

ISSN 1341-3643

国立環境研究所研究報告 第 146 号

Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No. 146, 1999

R-146-'99

十和田湖の生態系管理に向けて

Ecosystem Management Studies in Lake Towada



高村 典子 編

Edited by Noriko TAKAMURA

NIES



NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

国立環境研究所研究報告 第 146 号

Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No. 146, 1999

R-146-'99

十和田湖の生態系管理に向けて

Ecosystem Management Studies in Lake Towada

高村 典子 編

Edited by Noriko TAKAMURA

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

序

この報告書を読まれる方は、自然と人間がつくる壮大で緊迫した一場のドラマを観ているような感想をいだかれるのではないのでしょうか。

先覚者和井内貞行によってきよく美しくも不毛のみずうみに導入されたカパチエッポ（ヒメマス）。その大切なヒメマスの漁獲が、後に移入されたワカサギが増えると共に激減する。みずうみの水質劣化を示す徴しはかすかにあっても富栄養化を表わす窒素、リンの増加は、表面の水をすくって調べたかぎりではみとめられない。同じみずうみを対象とし、同じなやみを抱えながらも、お役所の水産部門と環境部門はおたがいに無関心である。ついに水質汚濁を示す決定的証拠ともいべき赤潮が発生し、漁夫、観光客、住民そして行政が衝撃をうける。

相談をうけた科学者たちが過去の記録を解析し、現場調査で見出したのは、水、窒素、リン、粒子などの「無生物的要因」と細菌、原生動物、動植物プランクトン、甲殻類、軟体動物、魚、ヒトなどの「生物的要因」とが一体となって構成する玄妙複雑な連鎖網でした。そのごく一面のみを述べるならば、十和田湖という閉鎖系の世界では、ヒメマスが多い時には大型のプランクトンが増加し、水の透明度は増す。ワカサギが増えると大型のプランクトンもヒメマスも減り、小型プランクトンが増え、透明度は減ります。もちろんプランクトンが増える基盤にはヒトがたれなげす窒素やリンが深みに貯留していた事情があります。それはあたかも仏教で「一物は万物に連がる」と説かれ「縁起」といわれる相互依存の法則が現前するかのようです。

国立環境研究所総合研究官高村典子さんはいつも研究のことで興奮し感激しているように見えます。その興奮に伝染したような文章になりました。読者の皆さまには人間が生態系の連鎖網にしっかりと組み入れられた存在であり、お釈迦さまの掌からは逃れないことお判りいただければと念じております。

平成 11 年 5 月

国立環境研究所
所長 大井 玄

研究の経緯と目標

発端は 1993 年秋、青森県環境保健センター公害部長（当時）早狩進さんの一本の電話である。十和田湖では 1987 年以降 COD 濃度が環境基準値の 1ppm を越え透明度が低下してきている。それに対し 1991 年から十和田湖特定環境保全公共下水道事業の一部供用が開始され、湖への生活排水の流入の削減に勤めているが水質の回復が認められない。淡水赤潮が認められる兆候もある。現在県は水質汚濁防止法で定められた公共用水域の水質調査を行っているにすぎないので、汚濁機構の解明に積極的に取り組みたい。については環境庁の公募研究に応募して共同研究を行いたい、とのことであった。

幸い環境庁環境研究技術課の判断で、この共同研究は 1995-1997 年国立機関公害防止等試験研究「湖沼での有機物の動態解析手法の開発に関する研究」の一部としてスタートすることができた。

我々は十和田湖沖域の水質とプランクトン群集についての調査を開始するとともに、十和田湖に関する情報収集を行った。十和田湖に関する調査報告はそのほとんどが水産資源に関するものである。十和田湖にはもともと魚類の棲息は認められなかった。しかし、人々の蛋白源を確保しようとの意図から複数の魚種の導入が試みられた。その中で和井内貞行氏が 1903 年に北海道支笏湖からヒメマスの種卵を移植し、ふ化放流を開始した。氏の私財を投じたヒメマス導入の苦勞話は小学校の教科書にも掲載された。現在、盛岡から十和田湖行き的高速バスに乗ると、十和田湖のほとりの最初の停留所が和井内である。そこに、十和田湖増殖漁業協同組合の建物があり、毎年秋にヒメマスの人工採卵と人工受精が行われ、翌年の初夏に仔魚を放流する。そのため秋には和井内に大量のヒメマスが産卵のために帰ってくるのだ。

十和田湖でのヒメマス増産事業は、1952 年に和井内貞行氏所有のふ化施設を借り受け水産庁十和田湖ふ化場が発足、1960 年に秋田・青森両県に移管、1981 年にふ化場の管理運営を十和田湖増殖漁業協同組合に委託、という経緯をたどって引き継がれてきている。十和田湖での調査研究はヒメマスの資源対策事業調査として 1967 年から複数の研究機関によって開始され、現在青森県内水面水産試験場と秋田県水産振興センターがこの調査を継続している。実は、1952 年以降順調に捕れ続けてきた十和田湖のヒメマス漁が、1985 年からワカサギが増えるのと逆に、極めて不振に陥ったが原因が特定できないでいた。一方、十和田湖の公共用水域の水質測定は 1972 年から青森県環境保健センターと秋田県環境技術センターにより行われている。しかしながら、前者は漁業振興課、後者は環境政策課の所轄で、同じ十和田湖で調査を行いながら、しかも双方ともに問題を抱えながら水産部門と環境部門の交流は全く行われていなかった。

魚の捕食の影響が食物連鎖を通して下位の植物プランクトンや水質まで順に影響することをトロフィック・カスケード (Trophic cascade) 効果と呼んでいる。18 年の長期にわたる漁獲量、ヒメマスの肥満度、ヒメマスとワカサギの食性、動物プランクトン種の密度および透明度のデータを解析することで、十和田湖の生態系がトロフィック・カスケード効果を強く受けた系であるこ

とが示唆された（高村ら 1999a）。つまり、1980 年代半ばに意図せずに導入されたワカサギが、餌（大型の動物プランクトン）をめぐるヒメマスと強い競争関係を引き起こした。その結果、動物プランクトン群集への捕食圧が上がり、動物プランクトンが大型のハリナガミジンコとヤマヒゲナガケンミジンコから小型のゾウミジンコとワムシにシフトした。そして、この動物プランクトン群集の小型化が透明度の低下をもたらした、と考えられた。さらにワカサギが小型の動物プランクトンを幾分食することができるのに反し、ヒメマスは食することができない、など摂餌生態の若干の違いがヒメマス漁の不振を際立たせたと考えられた。

しかし、この研究事例は、当初青森県環境政策課になかなか理解してもらえなかった。現場担当の研究者も半信半疑であった。ところが、1995-1997 年の調査の間、今度はワカサギからヒメマスへと優占魚種が反対に変化する機会に恵まれた。幸運にも（漁業者にも我々にも）、1996 年秋から大型の動物プランクトンが増えヒメマスが太り始めたのだ。「1997 年は絶対に透明度が上がる。」という高村の予言（？）が大当たりになった（高村ら 1999b）。十和田湖の事例は、トロフィック・カスケード効果が実際の湖沼で駆動していることを日本の湖沼で最初の実証できた例である。

ただし我々のこの結論は、十和田湖が富栄養化していない事を意味しているのではない。実際富栄養化の兆候は 1987 年以降の COD 濃度の上昇として現れている。しかし、富栄養化の原因物質である窒素やリンの量としての増加は検知されていない。正確には検知するのに適切な調査が行われてきていないのである。近年道路の整備が進み観光地化されることで日本各地の山間の湖も人為起源の汚濁負荷を大きく受けている。おそらく十和田湖もここ何十年か間に急激な汚濁負荷を受けたと考えてよい。根岸ら（1987）の排水調査によると、1985 年では全リン量として 0.564t、全窒素量として 3.86t が湖内に入っている。しかし、水質汚濁防止法にそった現在の公共用水域のモニタリング方法では、深い貧栄養湖沼の富栄養化現象を捉えるのに不十分である。すなわち、法律では湖沼表面の水の窒素やリンの濃度の測定を義務づけている。しかし、深い湖沼では成層期の窒素とリンは深層に貯まっており表面の水には現れてこないため、表面の水の物質量が代表値にならない。さらに、分析技術の問題で、貧栄養な水の窒素やリンの濃度が検出限界値付近であるため、手分析などでは富栄養化の過程を正確にとらえる精度の高い値を得ることがむずかしい。従って、5-11 月までの表面水の全リン量と全窒素量の年平均値の変化（高村ら 1999a 図 4）では、十和田湖の富栄養化を検知するのに適切でない。そうした数値を富栄養化の指標として用いている現状のモニタリング方法は早急に改善すべきである。最近では、オートアナライザーのような検出感度が高い自動分析機器も普及してきた。貧栄養な成層する深い湖沼では湖の循環期での水質の調査や、成層期での底層の酸素の減少等を正確に測定することで、より正確な富栄養化現象の検知ができるはずであり、こうした数値こそモニタリングすべきである。

3 年間の研究から、十和田湖での近年の透明度の低下とヒメマス漁の不振の原因は特定できた。さらに我々の研究結果は湖沼の生態系管理に適正な水産資源の管理を盛り込む必要性を示した。安易な魚の放流や導入を規制する必要を示した。これまで湖沼の環境問題は水質、特に富栄養化

だけが大きく取り扱われてきた嫌いがある。しかし、今後は富栄養化の問題も含め「健全な湖沼生態系の持続性の確保」を目標とした湖沼生態系管理の視点が必要となると考えている。システムとしての生態系の機能や持続性を決めるのは、その生物要素や環境要素だけでなく、それらの間に複雑に結ばれている多様な関係や相互作用である。つまり、その生態系を特徴づけるような固有で重要な関係や相互作用を損なわないようにすることが大切である。

現在十和田湖の生態系管理の実施を大いに意識して、水産庁さけ・ます資源管理センター、青森県環境保健センター、秋田県環境技術センター、青森県内水面水産試験場および秋田県水産振興センターと共同で 1998-2000 年国立機関公害防止等試験研究「生物間相互作用を考慮した適切な湖沼利用と総合的な湖沼保全を目指す基礎的研究」を行っている。本報告書は本プロジェクト研究の中間報告でもある。今回の研究を通して十和田湖でのヒメマスとワカサギの関係や魚が水質やプランクトン群集に与える影響が明確になった。ヒメマスの環境収容力が推定された。十和田湖の植物プランクトン、ピコ植物プランクトン、原生動物、細菌などのプランクトン群集、トゲオヨコエビや多くの底生動物の仲間などの生態系構成要素の分布や密度の変動は、はじめてその実態が明らかにされた。十和田湖の水生植物の調査は 30 年ぶりである。福島県以南の地域個体群は絶滅の恐れがある（環境庁 1999）とされている陸封型イトヨは、十和田湖ではヒメマスを脅かす害魚として、やはり 1980 年代半ばに十和田湖に侵入した。その生態も興味深い。なお、本報告書では研究論文のみならず、その重要性を鑑みモニタリングデータも資料として掲載した。

生態系管理では、最新の科学的知識に基づき、生態的過程や生態系の要素の相互連関性を理解することが求められる。そのため本研究プロジェクトでは、1) 魚類の適切な資源管理のための研究、2) 沖および沿岸域での生態系構造や生態系要素の相互関係に関する研究、および 3) 流入河川や集水域と湖沼生態系の連関性に関する研究、等を盛り込んでいる。この研究期間に青森県と秋田県において十和田湖での適切な生態系モニタリング手法を確立して実施する体制を整えたいと考えている。また、現時点までの研究結果をとりまとめ、保全のための提言を作り上げる所存である。プロジェクト提案時の水産庁さけ・ます資源管理センター帰山雅秀調査室長（現北海道東海大学教授）にはプロジェクトリーダーとしての責任を分担していただいている。

生態系管理では、行政、市民、研究者、湖沼の管理者、利用者（漁業者、観光業、電力会社等）が連携し、集水域の土地利用、流入河川の管理、漁業、水利用および水位変動などのあり方、そして湖と人々の生活等について議論を重ねていくことが重要とされる。すでに十和田湖においては、1987 年関係機関が集まり「十和田湖環境保全会議」が設立されている。その場では、新しい研究の知見やモニタリング結果の解析をぬきにした議論はありえないことは言うまでもない。1998 年度は青森県と秋田県の環境部門と水産部門の行政と研究者がはじめて合同で十和田湖に関する研究連絡会議を開催することができた。十和田湖の事例が日本の湖沼の生態系管理の良きモデルケースとなれば、それにかかわることのできた環境を専門とする研究者としてこれ以上の喜びはない。

謝辞

異質のサブテーマをかかえながら、お世話いただいた 1995-1997 年国立機関公害防止等試験研究「湖沼での有機物の動態解析手法の開発に関する研究」の研究代表者 福島武彦総合研究官（現広島大学教授）と今井章雄総合研究官に感謝します。

十和田湖にはいわゆる「臨湖実験施設」があるわけではない。毎回調査船を出していただき、多くの調査機材を置かせていただいている秋田県小坂町十和田湖鉛山さざなみ山荘の吉田伸一氏には大変お世話になっている。また、我々の調査研究の主旨を理解し、便宜を図っていただいている十和田湖増殖漁業協同組合および環境庁自然保護局東北地区野生生物事務所、十和田湖の水位データを提供していただいた（株）東北電力、客員研究員としての参加をお願いし、本報告書に寄稿いただいた森野浩茨城大学教授、大高明史弘前大学助教授、森誠一岐阜経済大学助教授、これらの方々に厚くお礼申し上げます。なお、本報告書の文章や図の割り付け作業は科学技術特別研究員加藤秀男氏が担当してくださった。記して感謝します。

引用文献

- 環境庁報道発表資料（1999）汽水・淡水魚類のレッドリストの見直しについて。自然保護局野生生物課。 <http://www.eic.or.jp/kisha/199902/55160.html>
- 高村典子・三上一・水谷寿・長崎勝康（1999a）ワカサギの導入に伴う十和田湖の生態系の変化について。国立環境研究所研究報告 146: 1-15.
- 高村典子・三上一・伯耆晶子・中川恵（1999b）ワカサギからヒメマスへ、1980年代と逆の優占魚種の変化がプランクトン群集と水質に及ぼした影響について。国立環境研究所研究報告 146: 16-26.
- 根岸勝信・佐藤信博・奈良忠明・工藤精一・田中貢・庄司博光・手代森光仁（1987）十和田湖周辺事業場の排水調査。青森県公害センター所報 8: 98-104.

1999年5月

国立環境研究所 地域環境研究グループ
総合研究官 高村典子

目次

I. 研究報告

1. ワカサギの導入に伴う十和田湖の生態系の変化について
高村典子・三上一・水谷寿・長崎勝康 1
2. ワカサギからヒメマスへ、1980年代と逆の優占魚種の変化がプランクトン群集と水質に及ぼした影響について-1995-1997年の調査結果から
高村典子・三上一・伯耆晶子・中川恵 16
3. 十和田湖におけるヒメマスおよびワカサギの個体群動態
鈴木俊哉・長崎勝康・水谷寿・帰山雅秀 27
4. 十和田湖のヒメマス資源管理
帰山雅秀 36
5. 十和田湖における動物プランクトン群集の季節変化 -1998年の結果から
牧野渡 41
6. 十和田湖の水生植物の現状 -1997年の調査結果から-
野原精一・加藤秀男・高村典子・三上一 49
7. 十和田湖の底生動物相
大高明史・加藤秀男・上野隆平・石田昭夫・安倍弘・井田宏一・森野浩 55
8. 十和田湖沿岸域における底生動物群集の特徴
加藤秀男・高村典子・三上一 72
9. 十和田湖沿岸域のユスリカ相
上野隆平・大高明史・高村典子 83
10. 十和田湖におけるトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) の分類・分布及び繁殖活動
森野浩・戸塚利明 87
11. 十和田湖沿岸域の魚類、特にイトヨの生態を中心に
森誠一 95

II. 県からのモニタリング報告

12. 十和田湖の水質 (1998年)
片野登・加藤潤・三上一・高村典子 110
13. 十和田湖の水位と流入河川の負荷量 (1998年)
三上一・工藤精一・松尾章・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉 117
14. 十和田湖資源対策調査結果 (1998年)
長崎勝康・沢目司 126

15. 十和田湖の生態系および資源対策調査結果 (1998 年) 水谷寿	137
III. 資料	
16. 十和田湖の水質及び光環境(1995～1997 年) 三上一・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉・石塚伸一・工藤健・大久保英樹	151
17. 十和田湖における Si (珪素) 量 (1995～1997 年) 高村典子・西川雅高	156
18. 十和田湖における懸濁態炭素 (POC)、懸濁態窒素 (PON) 及び懸濁態リン (POP) 量 (1995～1997 年) 高村典子	157
19. 十和田湖におけるサイズ別クロロフィル a 量 (1995～1997 年) 高村典子	160
20. 十和田湖における細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻及び従属性鞭毛虫の計数データ(1995～1997 年) 高村典子・中川恵	163
21. 十和田湖における植物プランクトンと繊毛虫の計数データ(1995～1997 年) 伯耆晶子・高村典子	170
22. 十和田湖における動物プランクトンの計数データ(1995～1997 年) 三上一・中川恵・謝平・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉・石塚伸一・工藤健・大久保英樹	185
23. 十和田湖における動物プランクトン計数データ (1998 年) 牧野渡	190
24. 十和田湖における魚類データ (1997 年) 長崎勝康・水谷寿・鈴木俊哉・帰山雅秀	203

Contents

I. Research reports

1. Did a drastic change in fish species from kokanee to pond smelt decrease the secchi disc transparency in the oligotrophic Lake Towada, Japan ?
Noriko TAKAMURA, Hajime MIKAMI, Hitoshi MIZUTANI and Masayasu NAGASAKI 1
2. How did replacement of the fish community dominant influence water quality and plankton community structure in an oligotrophic lake in Japan?
Noriko TAKAMURA, Hajime MIKAMI, Akiko HOUKI and Megumi NAKAGAWA 16
3. Lacustrine sockeye salmon and pond smelt population dynamics in Lake Towada
Toshiya SUZUKI, Masayasu NAGASAKI, Hitoshi MIZUTANI and Masahide KAERIYAMA 27
4. Protection and management of a lacustrine sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population in Lake Towada
Masahide KAERIYAMA 36
5. Zooplankton community of Lake Towada during the warm-water season in 1998
Wataru MAKINO 41
6. Aquatic higher plant vegetation studies in Lake Towada, results of a 1997 survey
Seiichi NOHARA, Hideo KATO, Noriko TAKAMURA and Hajime MIKAMI 49
7. Fauna and bathymetric distribution of zoobenthos in Lake Towada, northern Japan
Akifumi OHTAKA, Hideo KATO, Ryuhei UENO, Teruo ISHIDA, Hiroshi ABÉ, Koichi IDA, and Hiroshi MORINO 55
8. Macroinvertebrate communities of the littoral zone of Lake Towada
Hideo KATO, Noriko TAKAMURA and Hajime MIKAMI 72
9. Benthic fauna of the littoral zone of Lake Towada
Ryuhei UENO, Akifumi OHTAKA and Noriko TAKAMURA 83
10. Taxonomy, distribution and breeding activity of *Eogammarus kygi* (Crustacea: Amphipoda) in Lake Towada
Hiroshi MORINO and Toshiaki TOTSUKA 87
11. Studies of threespine stickleback and other fish in the littoral zone in the Lake Towada
Seiichi MORI 95

II. Monitoring reports

12. Water quality in Lake Towada of 1998
Noboru KATANO, Jun KATOU, Hajime MIKAMI and Noriko TAKAMURA 110
13. Water levels and inflow loadings to Lake Towada in 1998
Hajime MIKAMI, Seiichi KUDOU, Akira MATSUI, Ikuyo KUDOU, Naofumi NOZAWA and Toshiya MAEDA 117
14. Biological information on the fishes in Lake Towada during 1998
Masayasu NAGASAKI and Tsukasa SAWAME 126
15. Tagging information, food habits, and pathology of lacustrine sockeye salmon in the Lake Towada
Hitoshi MIZUTANI 137

III Data

16. Lake Towada water quality data from 1995 to 1997 Hajime MIKAMI, Ikuyo KUDOU, Naofumi NOZAWA, Toshiya MAEDA, Shinichi ISHIDUKA, Ken KUDOU and Hideki OHKUBO	151
17. Lake Towada Si concentrations from 1995 to 1997 Noriko TAKAMURA and Masataka NISHIKAWA	156
18. Lake Towada POC, PON and POP concentrations from 1995 to 1997 Noriko TAKAMURA	157
19. Lake Towada chlorophyll a concentrations from 1995 to 1997 Noriko TAKAMURA	160
20. Lake Towada bacteria, picophytoplankton, autotrophic nanoflagellates and heterotrophic nanoflagellates from 1995 to 1997 Noriko TAKAMURA and Megumi NAKAGAWA	163
21. Lake Towada phytoplankton and ciliates from 1995 to 1997 Akiko HOUKI and Noriko TAKAMURA	170
22. Lake Towada zooplankton from 1995 to 1997 Hajime MIKAMI, Megumi NAKAGAWA, Ping XIE, Ikuyo KUDOU, Naofumi NOZAWA, Toshiya MAEDA, Shinichi MAEDA, Ken KUDOU and Hideki OHKUBO	185
23. Zooplankton in Lake Towada during the warm season of 1998 Wataru MAKINO	190
24. Lake Towada lacustrine Sockeye Salmon data for 1997 Masayasu NAGASAKI, Hitoshi MIZUTANI, Toshiya SUZUKI and Masahide KAERIYAMA	203

ワカサギの導入に伴う十和田湖の生態系の変化について

高村典子¹・三上一²・水谷寿³・長崎勝康⁴

¹国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、²青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道1-1-1)、³秋田県水産振興センター (〒010-0531 男鹿市船川港台島字鶴の崎16)、⁴青森県内水面水産試験場 (〒034-0041 十和田市大字相坂字白上344-10)

Did a drastic change in fish species from kokanee to pond smelt decrease the secchi disc transparency in the oligotrophic Lake Towada, Japan?

Noriko TAKAMURA¹, Hajime MIKAMI², Hitoshi MIZUTANI³ and Masayasu NAGASAKI⁴

¹Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, Japan Environment Agency, Onogawa 16-2, Tsukuba 305-0053, Japan, ²Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566, Japan, ³Akita Prefectural Institute of Fishery and Fishery Management, Unosaki 16, Oga, Akita 010-0531, Japan and ⁴Aomori Prefectural Freshwater Fishery Research Center, Aisaka, Towada, Aomori 034-0041, Japan

はじめに

魚の捕食は動物プランクトン群集に様々なインパクトを与える (Gliwicz & Pijanowska 1989)。さらに、動物プランクトン群集の変化は、透明度や藻類の現存量、さらに湖水中の全リン濃度を変え (Post & McQueen 1987; Horn 1991; Sarnelle 1992)。こうした性質を富栄養湖の回復に積極的に利用する試みはバイオマニピュレーションと呼ばれ北米で広く行われている (Shapiro & Wright 1984; Findlay *et al.* 1994)。これは魚食魚を放ち、動物プランクトンを食べる魚を減らし、その結果大型の動物プランクトンを増やし、最終的に植物プランクトンの量を減らそうというものである。食物連鎖を経る間に効果がなくなる (Demelo *et al.* 1992) 等の失敗例も多く報告されている。しかし、たとえ失敗しても、魚食魚を放つためにスポーツフィッシングの振興になり、湖沼生態系の実験データが蓄積できると前向きに捉えられている (Carpenter *et al.* 1995)。

一方、スポーツフィッシングの振興や地域の食糧増産のために外来魚や外来性の甲殻類を導入したことが、生態系に予期せぬ攪乱を引き起こし

ている例も数多く報告されている。例えば、ピクトリア湖では食糧増産のために導入されたナイルパーチが固有のシクリッド科の魚を駆逐してしまった。近年、ピクトリア湖でアオコが発生するようになったのは、植物プランクトン食のシクリッド科の魚の消滅によるのではないかと考察されている (Goldschmidt *et al.* 1993)。また、ヒメマスの増産のため、その餌となるアミ目 *Mysis relicta* を放流したところ、逆に、このアミ目が動物プランクトンの枝角類を食べてしまったため、ヒメマスの餌が減りヒメマスが減ってしまったという失敗例もある (Morgan *et al.* 1978; Rieman & Falter 1981)。さらに、ヒメマスの減少はそれを食べる鳥、哺乳類、はてはサンクチュアリに訪れる人間の数をも減らすことになったとの報告もある (Spencer *et al.* 1991)。本報告では、十和田湖で同じような摂餌生態で知られる異種の動物プランクトン食魚が導入されたところ、動物プランクトン群集を変化させ、ヒメマス漁と透明度に悪影響を及ぼした事例を報告する。

十和田湖は青森県と秋田県にまたがる二重カルデラ湖である。湖面は標高400mに位置する。本湖は国立公園内にあり、その集水域の98.4%は森

林で被われている貧栄養湖で、その水は、電力、灌漑用水、飲料水に利用されている。また、現在年間約300万人の観光客が、観光やスポーツフィッシングを楽しむために訪れている。本湖はもともと魚の棲んでいない湖であった。ところが、1884-1945年の間に12種の魚の導入が試みられた。これらの魚の中で、1903年支笏湖から導入されたヒメマスが再生産に成功し、それ以後ヒメマス漁が本湖の重要な水産資源となっている。1952年からはヒメマスの放流事業が始められた。10月に成魚を捕獲し、人工採卵させ翌年の6-7月に毎年10万匹から300万匹の仔魚を湖に放流してきた。ヒメマスの漁獲量は1984年までは比較的安定しており毎年20-60tであった。

現在十和田湖は、おそらく1980年代前半に導入されたと考えられるワカサギの増加のため、ヒメマスが捕れなくなり総漁獲量が不安定になっている。また、同じ頃から透明度の低下やCOD濃度の上昇が認められている。

本報告では、現在までに十和田湖で調べられてきた漁獲量、動物プランクトン種の密度の変化、ヒメマスとワカサギの食性、透明度、全リン量、全窒素量のデータを解析し、十和田湖の生態系に何が起こったかを説明し、最近の透明度の低下やヒメマスの不振の原因を明らかにした。

十和田湖の概要

十和田湖は北緯 $40^{\circ}28'$ 、東経 $140^{\circ}53'$ 、湖面の標高は海拔400mに位置する。表面積 61.06km^2 、最大水深327.0m、平均水深71.0m、湖体積 4.19km^3 である。5月から11月の間は成層している。7-8月の表層の水温は $21-22^{\circ}\text{C}$ である。1995年から1997年までの湖の中央部での溶存酸素は水柱をとおして $8\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を下がることはなく貧栄養湖としての特性を維持している。湖には大小あわせて72の流入河川があるがその半数は頻繁に干上がる。流出河川は奥入瀬溪流のみである。しかし、青撫から電力用の水を取水している。十和田湖の水位は電力の需要と降水量のバランスで決まる。しかし、漁協の要求により湖面は海拔400mを基

準面として最大でも1.5m以上は下げないように配慮がなされている。最近では8-9月に1.0m程度下がることが多い。電力以外にも十和田湖の水は下流域の灌漑用水や飲料水として使われている。

方法

この報告で用いたほとんどのデータは青森県と秋田県の報告書等から引用した。湖盆の中央部(水深100m付近、図1の地点5付近)で測定された透明度のデータは、神戸海洋気象台(1936)、野村ら(1958)、十和田湖ふ化場協議会(1982、1986)及び青森・秋田両県で測定された公共用水域水質データ(1973-1996)から引用した。湖盆中央部表面水の全リンと全窒素の濃度は、同じく公共用水域水質データ(1981-1996)を用いた。検出限界値の値は統計処理の際、限界値の半分の値として処理した。漁獲量、ヒメマス雌の体重のデータは、蝦名ら(1983)、中西・小坂(1987)、榊ら(1995)に掲載されている値と長崎(未発表)による。動物プランクトンの密度とヒメマス、ワカサギおよびイトヨの各胃内容物の相対頻度のデータは、十和田湖ふ化場協議会(1982、1986)、原子(1989、1991)、水谷(1993、1995)、佐藤(1996)、渋谷・原子(1988)、原子・渋谷(1989)、水谷・伊勢谷

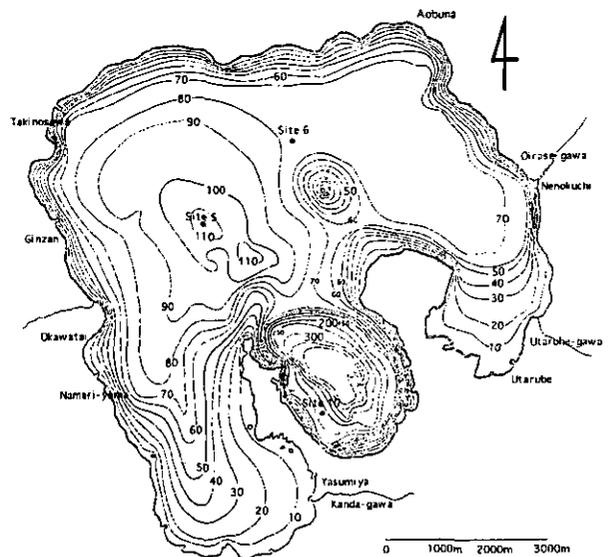


図1 十和田湖の等深線と調査地点(地点5、6、10)

(1994, 1998)、米谷・渋谷 (1991)、米谷ら (1992) を引用した。動物プランクトンは、94 μ mの目のプランクトンネットで水深16mから垂直引きして採集された。濾過効率は1と仮定して密度換算を行った。動物プランクトンは10地点で採集されていたが、本報告には地点5、6、10 (図1)の値のみを用いた。魚の胃内容物のデータは、多くの個体を解剖した信頼性の高いデータであるが、残念ながら平均値と調べた個体数しか記録されていなかったため統計処理はできなかった。

主成分分析はManly (1994)に従って行った。ここで用いたデータは1978年から1995年まで18年間の年平均値である。これらの変数は単位が異なるので標準偏差で割ることにより、値を標準化した後Systat (Systat Inc. 1992)を用いて計算した。

結果と考察

漁獲量の変化

十和田湖には現在20種以上の魚種がいる。しかし、この中ではヒメマスとワカサギが圧倒的に優占している。1974年から1984年までのヒメマスの漁獲量は比較的安定しており、326kg \cdot km²から1241kg \cdot km²の範囲で推移していた (図2a)。それ以前の報告書 (十和田湖ふ化場協議会 1982)をみても漁獲量は比較的高く、1960年から1973年の間では、1969年の213kg \cdot km²から1963年の753kg \cdot km²の範囲で推移した。しかし、1985年にヒメマスの漁獲量は突然119kg \cdot km²に落ち込んだ。1989年には一旦733kg \cdot km²に回復したが、1992年には再び98kg \cdot km²に落ち込み、1992年から1995年までは低いレベルに保たれた。漁師によるワカサギの捕獲は1982年にはじめて記録された (蝦名 1982)。1983年と1984年のワカサギの漁獲量の記録は低いですが、この間、かなりの数のワカサギが生息していたと考えられる。それ以後、ワカサギは1985年に1387kg \cdot km²、1991年に2329kg \cdot km²と爆発的に捕れたが、図2aに示すとおりその後の漁獲量は不安定である。

ここ21年のサクラマス (*Oncorhynchus masou*

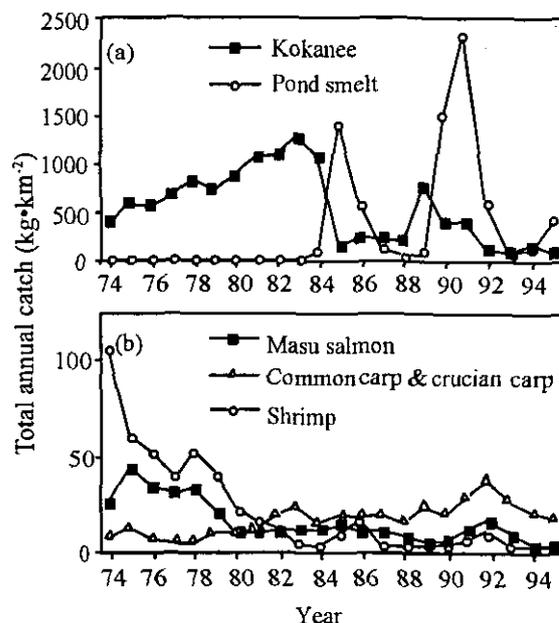


図2 遊漁を含むヒメマス、ワカサギ、サクラマス、コイ・フナ、およびテナガエビの漁獲量の変化

masou) とテナガエビ (*Palaemon paucidens*) の漁獲量は減少傾向であるが、コイ (*Cyprinus carpio*) とフナ (*Carassius auratus langsdorfi*) は増加傾向にある (図2b)。これは自然に増えたというより、人工放流のせいとも考えられる。長崎 (私信)によると、コイは1993年 (平成5年) までは毎年10万尾、1994年以降5万尾放流している。フナは1994年以降は放流していない、とのことで詳細な記録はない。十和田湖ではイトヨ (*Gasterosteus aculeatus*) が1983年か1984年に地元の漁師により初めて発見され (Mori & Takamura 1999)、それ以後、湖で再生産している。ワカサギと同じ頃に湖に導入された可能性がある。残念ながら、この魚種は商業的価値がないので漁獲のデータはない。しかし、産卵後沿岸に大量のイトヨの死体が打ち上げられているのが時々目撃されている。イトヨは餌をめぐるヒメマスとは競争関係にあると考えられる (Manzer 1976; O'Neill & Hyatt 1987) ので、ヒメマス個体群になんらかの影響を与えている可能性がある。

動物プランクトン群集の変化

十和田湖の動物プランクトンの優占種は二種

の枝角類 *Daphnia longispina* と *Bosmina longirostris*、カイアシ類の *Acanthodiaptomus pacificus* およびワムシ類の *Keratella quadrata* であった。*D. longispina* は1980年から1983年までと1989年から1992年まで、*A. pacificus* は1980年から1985年まで多く出現した。これらの時期はヒメマスの漁獲量が高い時期と一致していた(図3a,b)。*A. pacificus* のピークは *D. longispina* のピークに比べ遅れて出現したが、これはおそらく、*D. longispina* のほうが *A. pacificus* より対捕食者に感受性が強かったためと考えられる。*D. longispina* ($r=0.57, n=18, p<0.05$) と *A. pacificus* ($r=0.76, n=18, p<0.01$) の年平均密度は、どちらもヒメマスの漁獲量と正の相関があった。

1985年まで出現の記録のなかった *B. longirostris* は1986年以降、つまり、ワカサギが

本湖に導入されて以後普通に出現するようになった(図3d)。*B. longirostris* の年平均密度はワカサギの漁獲量と正の相関があった ($r=0.51, n=18, p<0.05$)。*K. quadrata* は本湖で最も頻繁に出現してきたワムシであるが、特に最近密度の上昇が認められた(図3e)。*Filinia terminalis* と *Polyarthra vulgaris* は、数は少ないがここ10年によく認められるようになった。

透明度、全リン量、全窒素量の変化

公共用水の測定が始まる以前の湖の中央部での透明度のデータは、1936年から1967年の間でたった6回あるにすぎない。報告されている値は6.3mから14mの間であるので、十和田湖で「過去に透明度が高かった」ということはない。公共用水の測定開始以後、1973年から1996年までの

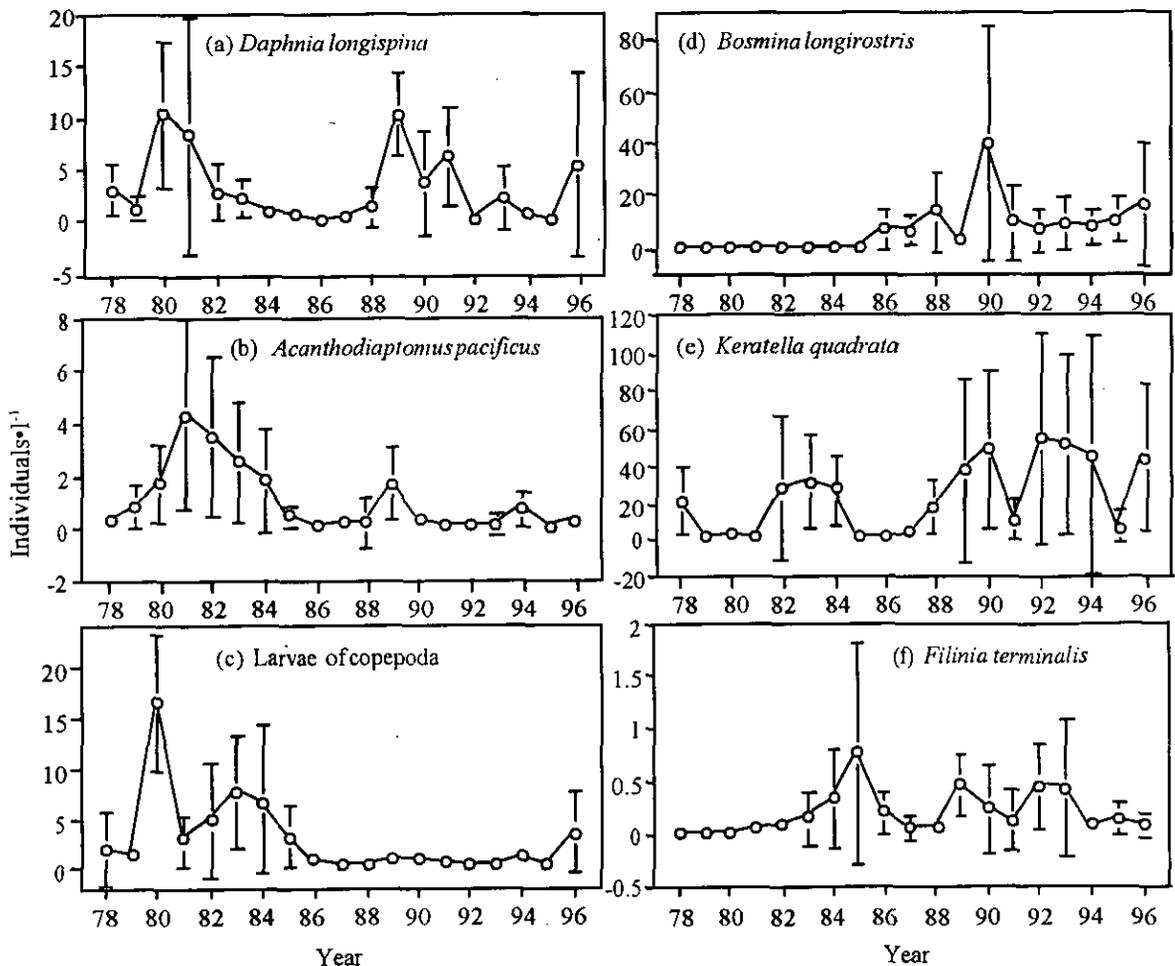


図3 地点5、6、10で採集された *Daphnia longispina* (a)、*Acanthodiaptomus pacificus* (b)、larvae of copepoda (c)、*Bosmina longirostris* (d)、*Keratella quadrata* (e) と *Filinia terminalis* (f) の年平均密度の変化。棒は標準偏差。

間の透明度の年平均値は1973年の13.8mから1993年の7.8mの間で変動していた。記録された最大値は1978年7月の23.0m、最低値は1975年の3.5mであった。1973年から1985年間の年平均値には幾分の変動はあったが、1985年までは明らかな増加や減少は認められなかった。しかし、1985年から1996年間に明確な透明度の低下が観察された(図4a)。

表層水の全リン量の年平均値は1981年から1996年間に2から7 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、全窒素量の年平均値は1984年から1996年間に32から82 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ の範囲で変化した。双方の量の変化は透明度の変化と対応しなかった(図4b, c)。

ヒメマス、ワカサギおよびイトヨの食性

ヒメマスの食性は時期、つまり利用可能な餌の状態により変化した。しかし、大型のヒメマスが若干、枝角類より魚や端脚類を好んでいる傾向があるものの、サイズにより食性が大きく変化する事はなかった。

ヒメマスの胃内容物はヒメマスがよく捕れていた1981年から1984年の間、1989年から1991年の間、および1996年の秋には、主に枝角類とカイアシ類で構成されていた(図5a)。一方、ヒメマスの漁獲量が低い1986年から1988年まで、ヒメマスは枝角類よりユスリカの幼虫や蛹、端脚類、陸生昆虫を食べていた。また、同じく1992年から1996年の夏までは陸生昆虫、端脚類および魚を食べていた。ユスリカの幼虫は1991年から1996年の間より1986年から1988年までの期間に頻度高くヒメマスに捕食されていた。

魚の胃内容分析では枝角類の種は同定されていない。しかし、*B. longirostris*とワムシ類が優占していたとき、ヒメマスの食性はユスリカ、端脚類、陸生昆虫と魚類に変化していた。従って、ヒメマスは動物プランクトンでも、*D. longispina*と*A. pacificus*を食べるが、*B. longirostris*やワムシ類は食うことができないと言える。ヒメマスがユスリカ、端脚類、陸生昆虫と魚類を餌としていた時のヒメマス雌の年平均体重は低かった(図6)ので、ヒメマスの高い漁獲量を維持するには、こ

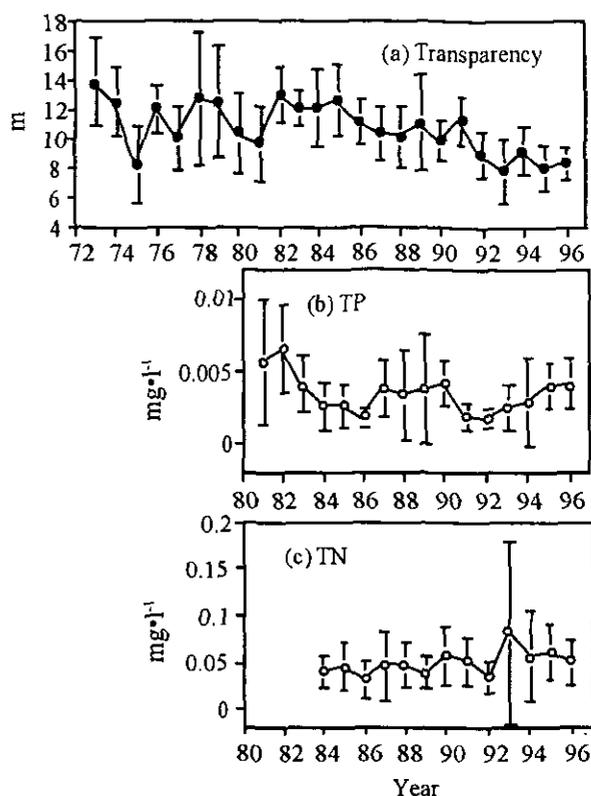


図4 1973年から1996年までの透明度(a)、1981年から1996年までの全リン量($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) (b)および1984年から1996年までの全窒素量($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) (c)の年平均値。棒は標準偏差。

れらの餌だけでは不十分であったといえる。十和田湖で観察されたヒメマスの餌はこれまでの報告例と矛盾していない(Northcote & Lorz 1966; 真山 1978)。真山(1978)は支笏湖でのヒメマスは、餌が不足しているときは*Alona*や*Chydorus*を食べていたが、*B. longirostris*と*Scapholeberis mucronata*は全く食べていなかったと報告している。また、Schneidervin & Hubert (1987)はヒメマスは*Daphnia*への選択性が強く、*Diatomus*と*Cyclops*を食べることができたが、*Bosmina*とワムシは、たとえ水中にたくさんいても食べなかったと報告している。また、体長が101-450mmの132匹のヒメマスの胃の内容物から、食べた*Daphnia pulex*のサイズを測定したところ、平均1.52mm (0.60mmから2.4mmの幅で変動)であったと報告している。1995年と1996年の我々の調査期間に十和田湖に出現した*B. longirostris*の平均体長は両年ともに0.33mm (SDは1995年が0.059mm、1996年が0.063mm)とヒメマスの鰓葉の間隔では留まるに

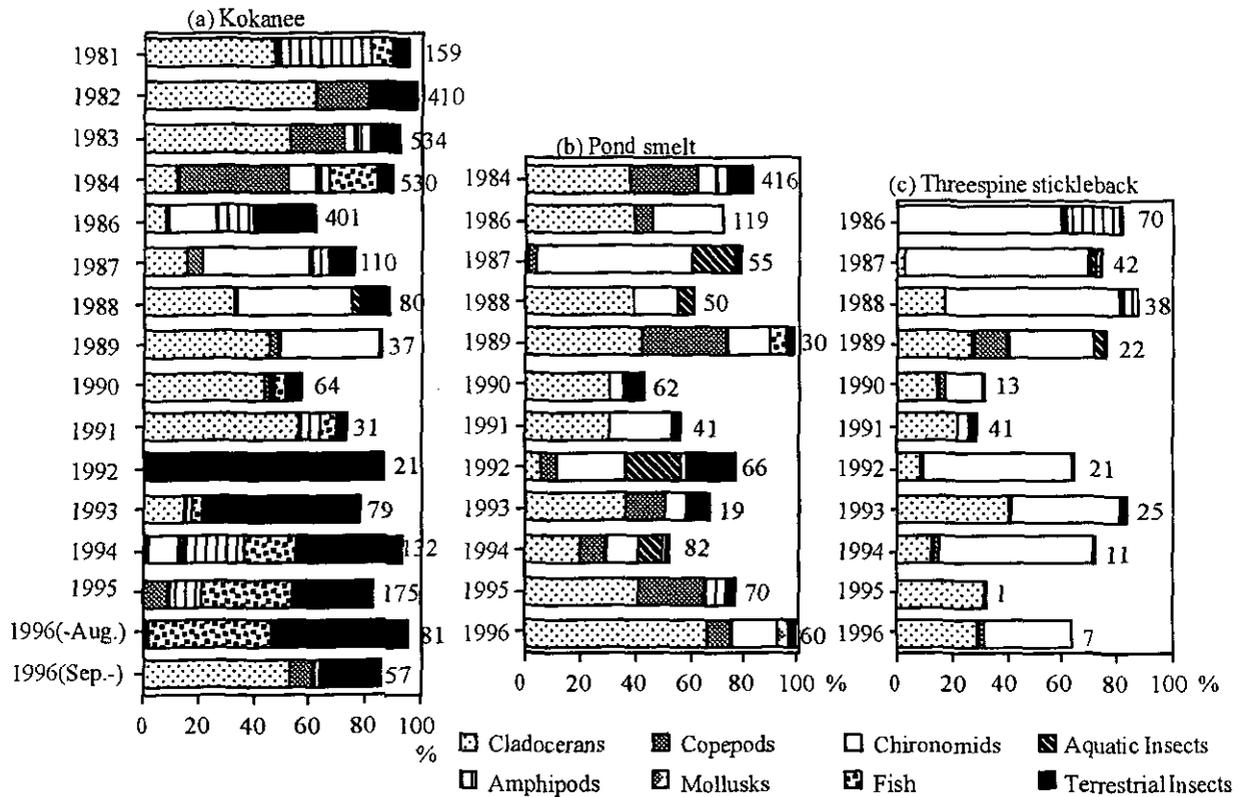


図5 1981年から1996年までのヒメマス (*Oncorhynchus nerka*)、1984年から1996年までのワカサギ (*Hypomesus transpacificus*)、1986年から1996年までのイトヨ (*Gasterosteus aculeatus*) の胃内容物の組成の年平均値。図中の数値は調査した魚の数を示す。

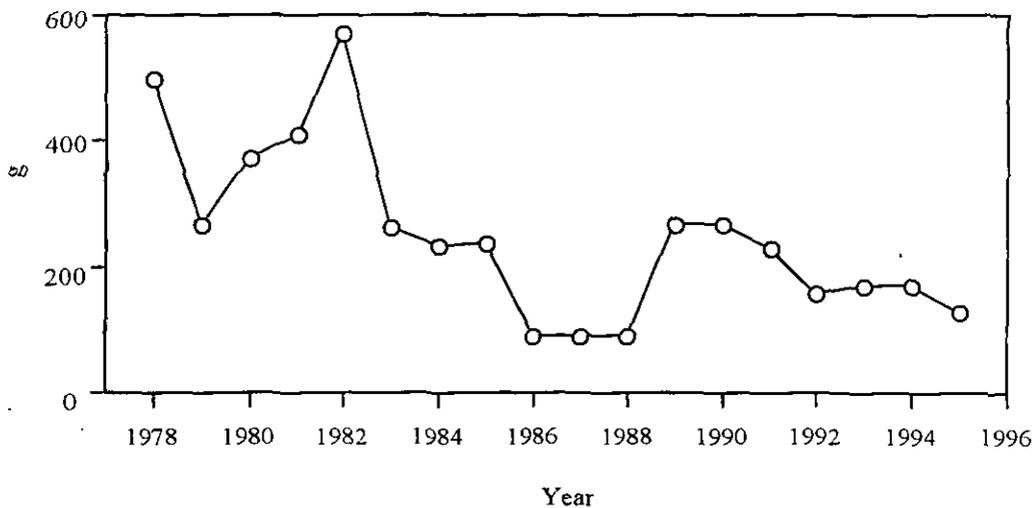


図6 1978-95年までのヒメマス雌の年平均体重の変化

は小さすぎた可能性が高い。Sibley & Chigbu (1994) もベニザケの幼魚が *Daphnia* は食べるが、*Bosmina* は食べることができないと報告している。しかし、Northcote & Lortz (1966) と O'Neill & Hyatt (1987) は、ヒメマスが *Bosmina* spp. を消費できたと報告しているため、ヒメマスが

Bosmina を食べれるか否かは、湖に生息しているヒメマスの鰓葉の間隔と *Bosmina* のサイズの組み合わせに依存するのであろう。

ワカサギは動物プランクトン食であることが知られている (白石 1960; Yoshioka et al. 1994)。また、メタプランクトンとして浮いてきた羽化前

のユスリカもよく食べる (白石 1960)。十和田湖ではワカサギはその漁獲量に関係なく枝角類、カイアシ類、ユスリカの幼虫と蛹をよく食べていた (図 5b)。従って、ワカサギは *D. longispina* や *A. pacificus* だけでなく *B. longirostris* も食べていたといえる。また、おそらく沿岸域を利用する繁殖期には、陸生昆虫、水生昆虫、端脚類も利用していたと考えられる。今回のデータにはワムシ類は胃内容物として観察されていないが、体長が 2-3cm の春先はワムシ類をよく利用すると報告されている (白石 1960; Yoshioka *et al.* 1994)。

イトヨは、ヒメマス の漁獲量が低かった 1986 年から 1989 年までと 1992 年はユスリカの幼虫と蛹を良く食べていた。1986 年から 1989 年までは端脚類もよく食べていた。また、*D. longispina* が優占した時期も、*B. longirostris* が優占した時期も枝角類をよく食べていた (図 5c)。本研究の結果はこれまでの他の研究の結果、つまりイトヨが底生の枝角類、貝ミジンコ、ユスリカの幼虫 (Sandlund *et al.* 1992)、枝角類、カイアシ類、ユスリカの幼虫と蛹 (Manzer 1976)、枝角類からワムシ類 (Hangelin & Vuorinen 1988)、小型の *B. longirostris* (Langeland & Nost 1995) を食べる、という報告と矛盾することはなかった。また、イトヨは捕食者がいないときは *D. longispina* を食べたが、捕食者がいるときは沿岸域に分布する小型の *B. longirostris* を食べていたとの報告例もある (Jakobsen *et al.* 1988)。

なぜ、ヒメマス漁は不振になったか？

十和田湖では、ヒメマス、ワカサギおよびイトヨの餌はかなりの部分重複していたといえる。しかし、相違点もあった。第一に、ヒメマスは他の二種の魚種と異なり *B. longirostris* をあまり食べなかった。第二に、イトヨは他の二種の魚種と異なり陸生昆虫をほとんど食べていなかった。第三に、ワカサギとイトヨはヒメマスより頻繁にユスリカを食べていた。第四に、ヒメマスだけがある程度魚を餌としていた。

もし、ワカサギの漁獲量はその前年の子魚の量を反映すると仮定すると、1984 年から 1995 年

までのヒメマス雌の年平均体重は、ワカサギの子魚の量と正の相関 ($r=0.66, n=13, p<0.05$) があった。従って、ワカサギの子魚はヒメマスに食べられ、ある程度ヒメマスの成長に寄与している可能性も考えられた。しかし、ヒメマス雌の平均体重が比較的高かった 1984 年と 1989 年から 1991 年までのヒメマスの胃内容物中に魚の占める割合は低く、この時ヒメマスは枝角類とカイアシ類を多く食べていた (図 5a)。ヒメマスの胃内容物に魚が多く認められた 1994 年、1995 年および 1996 年はヒメマス雌の体重は低かった。さらに、ヒメマス雌の年平均体重はワカサギ導入後明らかに低下した (図 6)。従って、ワカサギとヒメマスは *D. longispina* と *A. pacificus* という同じ餌をめぐる強い競争関係にあったと結論された。

ヒメマスは小型の動物プランクトンを食べることができない。従って、たとえヒメマスが多くいても、おそらく約 0.6 mm 以下の小型の *D. longispina* と *A. pacificus* はヒメマスに食べられることなく水中に残ることができたと考えられる。結果として、*D. longispina* と *A. pacificus* の個体群は、ワカサギとイトヨの導入前はヒメマスの捕食圧があっても再生産が比較的容易であったと考えられる。しかしながら、導入されたワカサギとイトヨは小型で若齢の *D. longispina* と *A. pacificus* をも食べてしまい個体群は崩壊したのであろう。そして、捕食圧の増加で動物プランクトン群集は、より小型の *B. longirostris* とワムシ類へとシフトしたと考えられる。こうした小型の動物プランクトン群集は、資源を使う速度は *Daphnia* より劣るが、捕食者に対しては *Daphnia* ほど感受性は高くはない (Brooks & Dodson 1965)。他の魚種について、例えば *Dorosoma* の幼魚は、まず、*Daphnia* を食べ、それから *Bosmina* と *Diaphanosoma* を食べると報告されている (Shahady 1993)。

湖で一旦 *B. longirostris* が優占すると、ヒメマスは小型の *B. longirostris* を摂食できないために成長できなかった。しかし、他の二魚種は *B. longirostris* を利用できたため、さらに、ユスリカを消費することにおいてヒメマスより優れていたため、よく成長したのではないかと考えられた。

表1 1978年から1995年まで18年間での11の変数の各主成分1から4までの各固有ベクトル値と寄与率

	component 1	component 2	component 3	component 4
Variance accounted for (%)	39.5	20.9	13.1	10.0
Cumulative (%)	39.5	60.4	73.6	83.6
Transparency	0.566	0.262	-0.593	-0.391
Total annual fish catch	0.106	0.922	-0.281	0.075
Total annual catch of kokanee	0.863	0.217	0.140	-0.288
Weight of female kokanee	0.751	0.353	0.095	-0.345
Total annual catch of pond smelt	-0.455	0.790	-0.283	0.245
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	0.868	0.062	0.315	0.187
Larvae of copepoda	0.643	0.050	0.185	0.46
<i>Daphnia longispina</i>	0.626	0.341	0.394	0.348
<i>Bosmina longirostris</i>	-0.726	0.372	0.368	0.048
<i>Keratella quadrata</i>	-0.325	0.258	0.664	-0.552
<i>Filinia terminalis</i>	-0.556	0.512	0.201	-0.011

漁獲量、動物プランクトン種の密度および透明度の主成分分析

主成分分析の結果を表1に示す。第1主成分では、ヒメマスの漁獲量、ヒメマス雌の体重、*A. pacificus*の密度、その幼生の密度および*D. longispina*の密度、これらの変数の固有ベクトル(eigenvector)の値が共に高い正の値を示した。一方、ワカサギの漁獲量、*B. longirostris*の密度および*K. quadrata*と*Filinia terminalis*の両ワムシの密度、これらの変数の固有ベクトルの値は負の値を示した。従って、第1主成分は、主にヒメマスとワカサギの食性に係わる因子と考えられる。ここで、透明度の固有ベクトルが高い正の値を示したことは、高い透明度が高いヒメマスの漁獲量や高い*D. longispina*と*A. pacificus*の密度と連動して変動し、低い透明度が高いワカサギの漁獲量と高い*B. longirostris*とワムシ類の密度と連動していたことを示す。第2主成分は、すべての固有ベクトルの値が正であった。総漁獲量とワカサギの漁獲量が高い正の値を示したので、第2主成分は魚の生産に関連した因子であろう。第3主成分は動物プランクトンの成分に関連しているようにみえる。第4主成分では固有ベクトルの値が0.5を越えることがほとんどなかった。第1主成分と第2主成

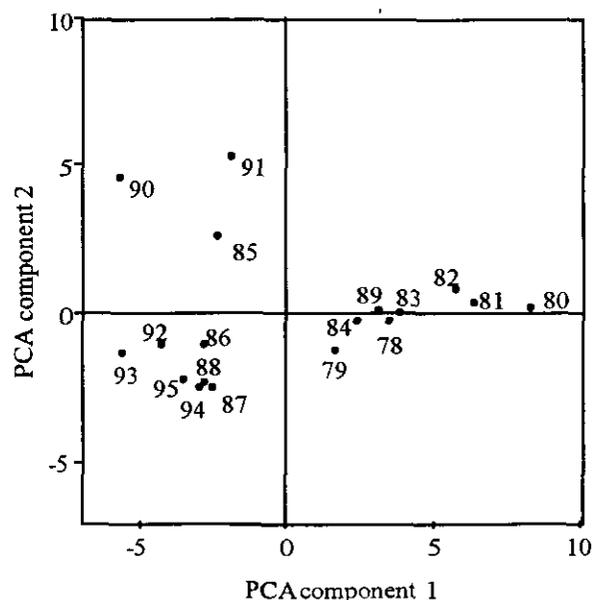


図7 主成分分析の結果(文中の説明を参照)

分は、おのおのがデータの変動の39.5%と20.9%を説明した。また、第4主成分までで全体の変動の84%を説明した。

図7は第1主成分(Z1)を横軸に、第2主成分(Z2)を縦軸として18年のZ1とZ2の値をプロットしたものである。これらの点は大きく3つのグループに分かれた。ワカサギが導入される以前の1978年から1984年までと1989年はZ1が正、Z2

が0付近に分布した。これらの年に共通の特徴はヒメマスの漁獲量が高いこと、*D. longispina*と*A. pacificus*の密度が高いこと、および透明度が高いことである。1985年、1990年および1991年はZ2が高くZ1が負であった。これらの年では、ワカサギの漁獲量が高く、*B. longirostris*とワムシ類の密度が高かった。その他の年はZ1、Z2ともに負の値であり、ヒメマスもワカサギも漁獲量が低く、*B. longirostris*とワムシ類の密度が高く、透明度が低いという共通の特徴があった。

Ohtaka *et al.* (1996) は、*D. longispina*と*A. pacificus*で構成される動物プランクトン群集が、白神山地の小湖沼群で魚が導入される以前、つまり1940年代以前にみられた、と述べている。また、魚のいない現在の同小湖沼群では*D. longispina*が優占していると報告している。ヒメマスが良く捕れている時の十和田湖の動物プランクトン群集の構造は、動物プランクトン食の魚がいない水域のそれに似ている。一方、*B. longirostris*とワムシ類はワカサギがいる幾つかの日本の湖沼で優占する事が報告されている(白石1960; Yoshioka *et al.* 1994; Ohtaka *et al.* 1996)。ワカサギ導入後の十和田湖の動物プランクトン群集構造は、ワカサギのいる日本の幾つかの湖沼と同様になったといえる。

動物プランクトン群集の変化に伴う透明度の変化

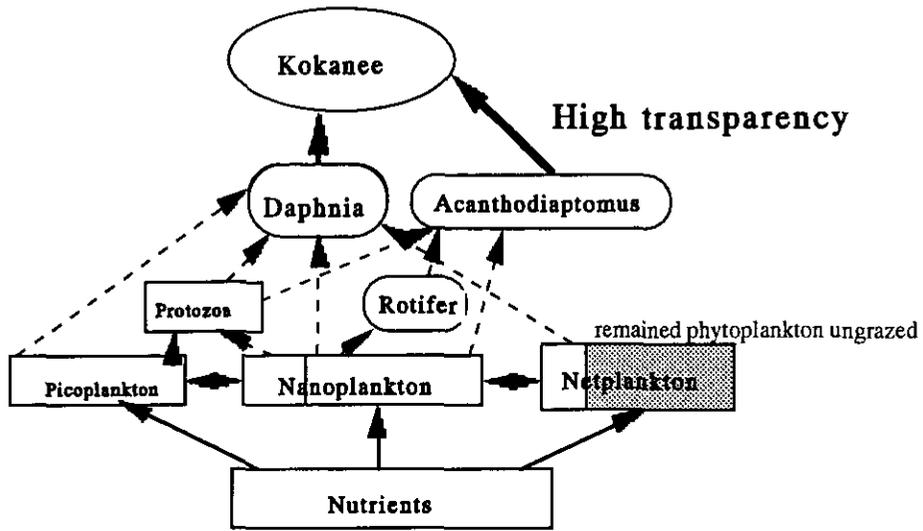
十和田湖の沖の生態系は、1985年以降魚種の変化に伴い劇的に変化した。1984年まで、つまりヒメマスが良く捕れていた時期は*D. longispina*と*A. pacificus*がヒメマスの生産を支えていた。大型の*Daphnia*は広い範囲のサイズの懸濁体粒子を高い効率で濾食することが知られている(Horn 1991; Jürgens 1994)。また、*Daphnia*は小型のナノ植物プランクトンだけでなく、50 μm 以下のサイズの、いわゆる「食べにくい」藻類も減らすことが可能であるとの報告もある(Sarnelle 1992)。湖水中のクロロフィルa量は大型の*Daphnia*がいる水域では、いない水域のほぼ1/4程度に抑えられると言われている(Mazumder 1994)。さらに、

*Daphnia*は、特に貧栄養な水域で重要であるといわれている、細菌(Kankaala 1988)、従属性鞭毛虫、小型の繊毛虫といった微生物食物連鎖の構成要素にも大きな影響を与える(Jürgens 1994; Jürgens & Stolpe 1995)。こうした微生物食物連鎖の構成要素も*Daphnia*を通して効率よくヒメマスに転換することができた、と言える。

*A. pacificus*は日本、樺太、韓国、千島列島に分布する。本種はプランクトン性の藻類やデトリタスだけでなく、底生のそれも食べることが報告されている(門田1971; 平1989)。また、原生動物やワムシ類も食べるとされている。おおよそ、4から37 μm の幅の粒子は食べることができるらしい(門田1971)。本種の摂餌生態が、ヨーロッパに広く分布する同属種、*A. denticornis*と似ていると仮定すると、*A. pacificus*の濾食速度(clearance rate)は*B. longirostris*や*K. quadrata*のそれよりも高いと考えられる(Lair 1992)。*A. denticornis*は繊毛虫やワムシ類を食べることが実験的に示されている(Lair 1990; Lair & Hilal 1992; Hartmann *et al.* 1993)。従って、ヒメマスがよく捕れていた時は、湖に出現する細菌、鞭毛虫、繊毛虫やワムシ類および広い範囲のサイズの植物プランクトンが、*D. longispina*と*A. pacificus*を通して、直接的に、しかも高い効率でヒメマスに転換していた結果、クロロフィルa量が低く抑えられ、高い透明度が維持されていたと考えられた(図8a)。

一方、ワカサギが導入された1985年以降、湖水中の全リンと全窒素の濃度は増加していないにもかかわらず透明度が減少してきた。Lair (1991; 1992)の論文によると、*B. longirostris*と*K. quadrata*の濾食速度(clearance rate)は*D. longispina*と*A. pacificus*のそれよりも低いと推察される。前者の動物プランクトンはMorgan (1980)によると、後者よりも小型のサイズの植物プランクトンしか利用できないと考えられる。*B. longirostris*はナノサイズの粒子(Burns 1968; Gliwicz 1969)、または28 μm 以下の粒子(Bleiwass & Stokes 1985)を利用するとされている。しかし、*B. longirostris*とワムシ類が優占して動物プランクトン食の魚が存在する水域では、*Daphnia*が

(a) Pelagic ecosystem until 1984 (stable)



(b) Pelagic ecosystem since 1985 (unstable)

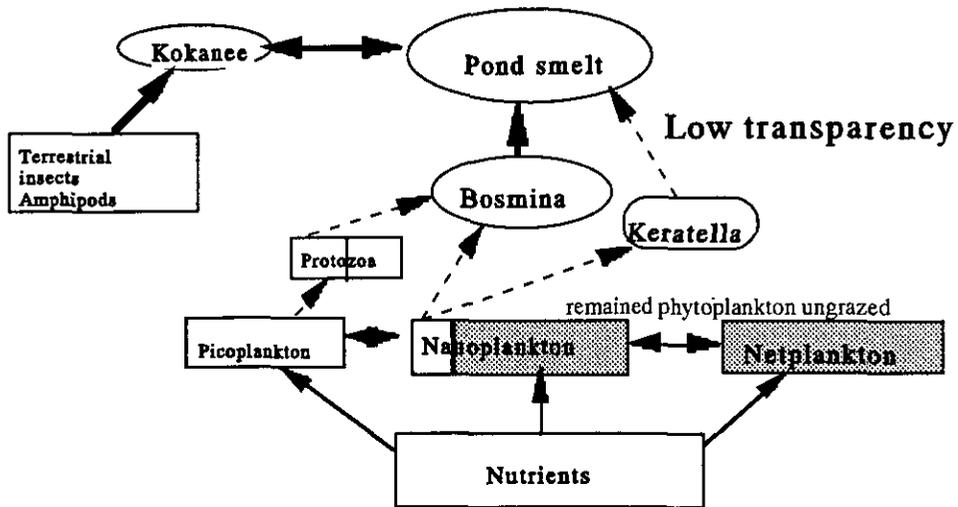


図8 1984年まで(a)と1985年から(b)の十和田湖の沖の食物網のモデル。太線は本研究で確認されたもの、点線は文献からの推察。

優占する魚がない水域に比べ、ナノプランクトンの現存量が多くなることも実験的に確かめられている (Mazumder *et al.* 1990a, b)。さらに、*Bosmina* は *Daphnia* ほど、胸肢上の細かい繊毛が発達していないので、細菌を効率よく集めることができない (Demott & Kerfoot 1982)。従って、*B. longirostris* とワムシ類がいる水域ではナノプランクトンを含むより多くの粒子が利用されないまま

残るため、透明度が下がると考えられる (図8b)。

因みに、*Bosmina*、*Diaphanosoma*、*Mesocyclops*、*Eodiaptomus*、*Cyclops* のような小型の動物プランクトンが優占する時は透明度は低いとの報告や (Horn 1991)、小型の動物プランクトンがいる水域は大型の動物プランクトンがいる水域よりも単位全リン量あたりのクロロフィルa量が多いという報告もある (Pace 1984)。

ワカサギを駆除することでヒメマス漁と高い透明度の双方が再び回復するか？

十和田湖で高いヒメマスの漁獲量と高い透明度を維持するためには、1984年までの *Daphnia* - *Acanthodiptomus* 群集を取り戻すことが必要である。しかし、すでにワカサギが侵入してしまい、動物プランクトン群集は *Bosmina*-ワムシ群集に変化してしまった。

現在、ワカサギを完全に取り除くことは極めて困難である。が、もし、ワカサギを完全に取り除くことができ、動物プランクトンへ過度の捕食圧をかけることがないようにヒメマスの適正な資源管理をすることができれば、おそらく、*B. longirostris* やワムシ類よりも効率的に餌資源を利用することができる *D. longispina* と *A. pacificus* が、すぐに回復すると考えられる。たとえ、餌が少なくなったとしても、Brooks & Dodson (1965) の size-efficiency 仮説に従えば、少ない餌資源を取るのに大型の *Daphnia* が小型の *Bosmina* より有利である。*B. longirostris* は *Daphnia* の導入で数が減ることが実験的に示されている (Vanni 1986)。しかし、幾つかの水域では *D. longispina* と *B. longirostris* が混在することも知られている (Demott & Kerfoot 1982; Pont & Amrani 1990)。餌の閾値仮説を適用すれば (Demott 1989)、また、餌が制限要因であるとき小型で成熟するのが有利と仮定すれば (Romanovsky 1985)、小型の *Bosmina* は大型の *Daphnia* より有利であるかもしれない。*Bosmina* は摂食方法が特殊化しているため *Daphnia* に駆逐されることはない (Demott & Kerfoot 1982) とも言われている。さらに、十和田湖では、*Bosmina* のみがヒメマスからの捕食圧を避けることができる。たとえ、*B. longirostris* と *D. longispina* が本湖で共存したとしても、1984年までに駆動していたと考えられる植物プランクトンからヒメマスへの効率の良いエネルギーの転換と高い透明度双方を、再び取り戻すことは極めて困難であるかもしれない。

引用文献

- 青森県 (1973) 公共用水域水質測定結果. pp. 148-155.
- 青森県 (1974) 公共用水域水質測定結果. pp. 194-199.
- 青森県 (1975) 公共用水域水質測定結果. pp. 219-225.
- 青森県 (1976) 公共用水域水質測定結果. pp. 201-207.
- 青森県 (1977) 公共用水域水質測定結果. pp. 390-395.
- 青森県 (1978) 公共用水域水質測定結果. pp. 443-460.
- 青森県 (1979) 公共用水域水質測定結果. pp. 399-404.
- 青森県 (1980) 公共用水域水質測定結果. pp. 696-701.
- 青森県 (1981) 公共用水域水質測定結果. pp. 633-638.
- 青森県 (1982) 公共用水域水質測定結果. pp. 592-609.
- 青森県 (1983) 公共用水域水質測定結果. pp. 574-591.
- 青森県 (1984) 公共用水域水質測定結果. pp. 580-597.
- 青森県 (1985) 公共用水域水質測定結果. pp. 577-594.
- 青森県 (1986) 公共用水域水質測定結果. pp. 560-577.
- 青森県 (1987) 公共用水域水質測定結果. pp. 572-589.
- 青森県 (1988) 公共用水域水質測定結果. pp. 571-588.
- 青森県 (1989) 公共用水域水質測定結果. pp. 489-506.
- 青森県 (1990) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 368-385.
- 青森県 (1991) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 366-383.
- 青森県 (1992) 公共用水域及び地下水の水質測定

- 結果. pp. 366-383.
- 青森県 (1993) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 359-376.
- 青森県 (1994) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 345-362.
- 青森県 (1995) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 168-194.
- 青森県 (1996) 公共用水域及び地下水の水質測定結果. pp. 353-370.
- Bleiwis A. H. & Stokes P. M. (1985) Collection of large and small food particles by *Bosmina*. *Limnology and Oceanography* **30**: 1090-1092.
- Brooks J. L. & Dodson S. I. (1965) Predation, body size, and composition of plankton. *Science* **150**: 28-35.
- Burns C. W. (1968) The relationship between body size of filter-feeding Cladocera and the maximum size of particle ingested. *Limnology and Oceanography* **14**: 693-700.
- Carpenter S. R., Christensen D. L., Cole J. J., Cottingham K. L., He X., Hodgson J. R., Kitchell J. F., Knight S. E., Pace M. L., Post D. M., Schindler D. E. & Voichick N. (1995) Biological control of eutrophication in lakes. *Environmental Science and Technology* **29**: 784-786.
- Demelo R., France R. & McQueen D. J. (1992) Biomanipulation: Hit or myth? *Limnology and Oceanography* **37**: 192-207.
- Demott W. R. & Kerfoot C. (1982) Competition among cladocerans: nature of the interaction between *Bosmina* and *Daphnia*. *Ecology* **63**: 1949-1966.
- Demott W. R. (1989) The role of competition in zooplankton succession. In: *Plankton ecology* (ed. U. Sommer), pp. 195-252. Springer-Verlag, New York.
- 蝦名政仁 (1982) 十和田湖のワカサギについて. 昭和57年度青森県内水面水産試験場事業概要: 129-132.
- 蝦名政仁・金澤宏重・原子保 (1983) 十和田湖資源対策事業調査. 昭和57年度青森県内水面水産試験場事業概要: 121-128.
- Findlay D. L., Kasian S. E. M., Hendzel L. L., Regehr G. W., Schindler E. U. & Shearer J. A. (1994) Biomanipulation of Lake 221 in the experimental lakes area (ELA): Effects on phytoplankton and nutrients. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**: 2794-2807.
- Gliwicz Z. M. (1969) Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekologia Polska* **17**: 663-708.
- Gliwicz Z. M. & Pijanowska J. (1989) The role of predation in zooplankton succession. In: *Plankton ecology* (ed. U. Sommer), pp. 253-296. Springer-Verlag, New York.
- Goldschmidt T., Witte F. & Wanink J. (1993) Cascading effects of the introduced Nile perch on the detritivorous/phytoplanktivorous species in the sublittoral areas of Lake Victoria. *Conservation Biology* **7**: 686-700.
- Hangelin C. & Vuorinen I. (1988) Food selection in juvenile three-spined sticklebacks studied in relation to size, abundance and biomass of prey. *Hydrobiologia* **157**: 169-177.
- 原子博 (1989) 十和田湖資源対策調査. 秋田県内水面水産指導所事業報告書. 秋田県内水面水産指導所 **15**: 262-270.
- 原子博 (1991) 十和田湖資源対策調査. 秋田県内水面水産指導所事業報告書. 秋田県内水面水産指導所 **16**: 287-300.
- 原子博・渋谷和治 (1989) 十和田湖資源対策調査. 秋田県内水面水産指導所事業報告書. 秋田県内水面水産指導所 **14**: 173-183.
- Hartmann H. G., Taleb H., Aleya L. & Lair N. (1993) Predation on ciliates by the suspension feeding calanoid copepod *Acanthodiptomus denticornis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**: 1382-1393.
- Horn W. (1991) The influence of biomass and structure of the crustacean plankton on the water transparency in the Saldenbach storage reservoir. *Hydrobiologia* **224**: 115-120.
- Jakobsen P. J., Johnsen G. H. & Larsson P. (1988)

- Effects of predation risk and parasitism on the feeding ecology, habitat use, and abundance of lacustrine threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **45**: 426-431.
- Jürgens K. (1994) Impact of *Daphnia* on planktonic microbial food webs-A review. *Marine Microbial Food Webs* **8**: 295-324.
- Jürgens K. & Stolpe G. (1995) Seasonal dynamics of crustacean zooplankton, heterotrophic nanoflagellates and bacteria in a shallow, eutrophic lake. *Freshwater Biology* **33**: 27-38.
- 門田定美 (1971) 高山湖沼における主要甲殻類プランクトンの生態に関する研究. 陸水学雑誌 **32**: 47-84.
- Kankaala P. (1988) The relative importance of algae and bacteria as food for *Daphnia longispina* (Cladocera) in a polyhumic lake. *Freshwater Biology* **19**: 285-296.
- 神戸海洋気象台 (1936) 十和田湖湖沼観測報告. 海洋時報 **12**: 1-23.
- Lair N. (1990) Effects of invertebrate predation on the seasonal succession of a zooplankton community: A two year study in Lake Aydat, France. *Hydrobiologia* **198**: 1-12.
- Lair N. (1991) Grazing and assimilation rates of natural populations of planktonic cladocerans *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Chydorus sphaericus* and *Daphnia longispina* in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* **215**: 51-61.
- Lair N. (1992) Daytime grazing and assimilation rates of planktonic copepods *Acanthodiptomus denticornis* and *Cyclopus vicinus vicinus*. Comparison of spacial and resource utilization by rotifers and cladoceran communities in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* **231**: 107-117.
- Lair N. & Hilal M. (1992) *Acanthodiptomus denticornis* another omnivorous calanoid copepod: description of its mouth appendages and feeding experiments on animal prey. *Hydrobiologia* **248**: 137-142.
- Langeland A. & Nost T. (1995) Gill raker structure and selective predation on zooplankton by particulate feeding fish. *Journal of Fish Biology* **47**: 719-732.
- Manly B. F. J. (1994) *Multivariate statistical methods*, Chapman & Hall, London.
- Manzer J. I. (1976) Distribution, food, and feeding of the threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, in Great Central Lake, Vancouver Island, with comments on competition for food with juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Fishery Bulletin* **74**: 647-668.
- 真山紘 (1975) 支笏湖におけるヒメマスの食性について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 **32**: 49-56.
- Mazumder A. (1994) Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**: 401-407.
- Mazumder A., Taylor W. D., McQueen D. J. & Lean D. R. S. (1990a) Effects of fish and plankton on lake temperature and mixing depth. *Science* **247**: 312-315.
- Mazumder A., Taylor W. D., McQueen D. J., Lean D. R. S. & Lafontaine N. R. (1990b) A comparison of lakes and lake enclosures with contrasting abundances of planktivorous fish. *Journal of Plankton Research* **12**: 109-124.
- 水谷寿 (1993) 十和田湖資源対策調査. 平成4年度秋田県水産振興センター事業報告書、秋田県水産振興センター: 306-340.
- 水谷寿 (1995) 十和田湖資源対策調査. 平成6年度秋田県水産振興センター事業報告書、秋田県水産振興センター: 236-269.
- 水谷寿・伊勢谷修弘 (1994) 十和田湖資源対策調査. 平成5年度秋田県水産振興センター事業報告書、秋田県水産振興センター: 242-263.
- 水谷寿・伊勢谷修弘 (1998) 十和田湖資源対策調査. 平成8年度秋田県水産振興センター事業報告書、秋田県水産振興センター: 248-270.

- Mori S. & Takamura N. (1999) Changes in morphological characteristics of an introduced threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, in Lake Towada, northern district of Japan. *Japanese Journal of Ichthyology* (in press).
- Morgan N. C. (1980) Secondary production. In: *The functioning of freshwater ecosystems* (eds. E. D. Lecren & R. H. Lowe-McConnell), pp. 247-340. Cambridge University Press, Cambridge.
- Morgan M. D., Threlkeld S. T. & Goldman C. R. (1978) Impact of the introduction of kokanee (*Oncorhynchus nerka*) and opossum shrimp (*Mysis relicta*) on a subalpine lake. *Journal of Fisheries Reserch Board of Canada* **35**: 1572-1579.
- 中西廣義・小坂善信 (1987) 十和田湖資源対策調査. 昭和60年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 61-76.
- 野村七録・白杵格・津幡文隆・白石景秀 (1958) 湖沼学の調査研究. 十和田湖環境調査研究報告書、青森県: 3-52.
- Northcote T. G. & Lorz H. W. (1966) Seasonal and diel changes in food of adult Kokanee (*Oncorhynchus nerka*) in Nicola Lake, British Columbia. *Journal of Fisheries Reserch Board of Canada* **23**: 1259-1263.
- Ohtaka A., Mori N. & Saito S. (1996) Zooplankton composition in the Tsugaru-Juniko lakes, northern Japan, with reference to predation impact. *Japanese Journal of Limnology* **57**: 15-26.
- O'Neill S. M. & Hyatt K. D. (1987) An experimental study of competition for food between sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) in a British Columbia coastal lake. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science* **96**: 143-160.
- Pace M. L. (1984) Zooplankton community structure, but not biomass, influences the phosphorus chlorophyll a relationship. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **41**: 1089-1096.
- Pont D. & Amrani J. (1990) The effects of selective fish predation on the horizontal distribution of pelagic Cladocera in a southern French reservoir. *Hydrobiologia* **207**: 259-267.
- Post J. R. & McQueen D. J. (1987) The impact of planktivorous fish on the structure of a plankton community. *Freshwater Biology* **17**: 79-89.
- Rieman B. E. & Falter C. M. (1981) Effects of the establishment of *Mysis relicta* on the macrozooplankton of a large lake. *Transactions of the American Fisheries Society* **110**: 613-620.
- Romanovsky Y. E. (1985) Food limitation and life history strategies in cladoceran crustacean. *Archiv für Hydrobiologie* **21**: 363-372.
- 榊昌文・長崎勝康・村井裕一 (1995) 十和田湖資源対策調査. 平成5年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 44-56.
- Sandlund O. T., Jonasson P. M., Jonsson B., Malmquist H. J., Skulason S. & Snorrason S. S. (1992) Threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* in Thingvallavatn: Habitat and food in a lake dominated by arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Oikos* **64**: 365-370.
- Sarnelle O. (1992) Nutrient enrichment and grazing effects on phytoplankton in lakes. *Ecology* **73**: 551-560.
- 佐藤時好 (1996) 十和田湖資源対策調査. 平成7年度秋田県水産振興センター事業報告書: 178-195.
- Schneidervin R. W. & Hubert W. A. (1987) Diet overlap among zooplanktophagous fishes in Flaming Gorge. *North American Journal of Fisheries Management* **7**: 379-385.
- Shahady T. D. (1993) Impact of larval *Drosoma* predation on *Daphnia parvula* dynamics. *Freshwater Biology* **30**: 279-287.
- Shapiro J. & Wright D. I. (1984) Lake restoration by biomanipulation: Round lake, Minnesota, the first two years. *Freshwater Biology* **14**: 371-383.
- 渋谷和治・原子博 (1988) 昭和61年度十和田湖資源対策調査. 秋田県内水面水産指導所事業

- 報告書、秋田県内水面水産指導所 13: 178-204.
- 白石芳一 (1960) ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究、水産庁淡水区水産研究所: 1-327.
- Sibley T. H. & Chigbu P. (1994) Feeding behavior of longfin smelt (*Spirinchus thaleichthys*) may affect water quality and salmon production in Lake Washington. *Lake and Reservoir Management* 9: 145-148.
- Spencer C. N., McClelland B. R. & Stanford J. A. (1991) Shrimp stocking, salmon collapse, and eagle displacement. *BioScience* 41: 14-21.
- Systat Inc. (1992) SYSTAT: statistics, version 5.2 edition. SYSTAT Inc., Evanston.
- 平誠 (1989) 高層湿原の地塘における甲殻類プランクトン群集の種組成と食性. 陸水学雑誌 50: 333-339.
- 十和田湖ふ化場協議会 (1982) 十和田湖資源対策事業資料: 167pp.
- 十和田湖ふ化場協議会 (1986) 十和田湖資源対策事業資料: 173pp.
- Vanni M. J. (1986) Competition in zooplankton communities: Suppression of small species by *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography* 31: 1039-1056.
- 米谷峰夫・渋谷和治 (1991) 十和田湖資源対策調査. 平成2年度秋田県水産振興センター事業報告書第17号: 83-108.
- 米谷峰夫・佐藤時好・伊勢谷修弘 (1992) 十和田湖資源対策調査. 平成3年度秋田県水産振興センター事業報告書: 243-273.
- Yoshioka T., Wada E. & Hayashi H. (1994) A stable isotope study on seasonal food web dynamics in a eutrophic lake. *Ecology* 75: 835-846.
- (本文は Takamura N., Mikami H., Mizutani H. & Nagasaki K. (1999) Did a drastic change in fish species from kokanee to pond smelt decrease the secchi disc transparency in the oligotrophic Lake Towada, Japan? *Archiv für Hydrobiologie* 144: 283-304 をもとに、日本語で加筆修正したものである。)

ワカサギからヒメマスへ、1980年代と逆の優占魚種の変化がプランクトン群集と水質に及ぼした影響について—1995-1997年の調査結果から

高村典子¹・三上一²・伯耆晶子³・中川恵⁴

¹ 国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川 16-2)、² 青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道 1-1-1)、³ 奈良女子大学理学部 (〒630-8263 奈良市北魚屋西町)、⁴ 株式会社環境研究センター (〒305-0028 つくば市妻木 210-4)

How did replacement of the fish community dominant influence water quality and plankton community structure in an oligotrophic lake in Japan?

Noriko TAKAMURA¹, Hajime MIKAMI², Akiko HOUKI³ and Megumi NAKAGAWA⁴

¹Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, Japan Environment Agency, Onogawa 16-2, Tsukuba 305-0053, Japan, ²Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566, Japan, ³Nara women's university, Kitaouya nishi-machi, Nara 630-8263, Japan and ⁴Environmental Research Center, Saiki 210-4, Tsukuba 305-0028, Japan

はじめに

十和田湖で1980年代半ばに、ワカサギの導入から透明度の低下やヒメマス漁の不振が起こった経緯はすでに説明した(高村ら1999)。ワカサギは餌である *Acanthodiptomus* と *Daphnia* といった比較的大型の動物プランクトンをめぐりヒメマスと強い競争関係を引き起こした。ワカサギの導入により、十和田湖では動物プランクトン群集に強い捕食圧がかかり、動物プランクトン群集は大型の *Daphnia-Acanthodiptomus* 群集から小型の *Bosmina-rotifer* 群集へと変化した。さらに、動物プランクトン群集の小型化は湖の透明度の低下をもたらした。ヒメマス漁の不振がきわだったのは、ヒメマスが小型の *Bosmina* を食べることができないのに対して、ワカサギは多少は食べることが可能である、という動物プランクトン食魚のわずかな摂餌生態の違いが原因と考えられた。

ワカサギが導入されて以来漁獲量は非常に不安定になった。つまり、爆発的にワカサギの漁獲量が高い年と、ヒメマスとワカサギの双方ともにまったく捕れない年が不定期に繰り返され予測が難しい状況にある。

我々は1995年から十和田湖沖の水質とプランクトン群集の調査研究を始めたが、ヒメマスが1996年秋から捕れ始めた。3年間の研究の期間に、今度はワカサギからヒメマスへと、以前とは逆に漁獲される優占魚種が変化した。本報告では3年間の漁獲量、プランクトン群集と環境要因のデータから、優占魚種の変化がどのようにプランクトン群集や水質に影響したかを考察する。

調査地点と方法

調査地点は高村ら(1999)の図1の地点5と同じである。調査は1995年から1997年まで原則として4月から11月まで毎月行った。採水はバンドン採水器で、0、5、10、15、20、50、70、100m(湖底直上)の深度で行った。細菌、従属栄養性鞭毛虫、繊毛虫、植物プランクトンの同定と計数に用いるサンプル水2 lは船上でグルタールアルデヒド(最終濃度が1%)で固定し、計数を行うまで冷蔵庫に保存した。ピコ植物プランクトン、細菌、従属栄養性鞭毛虫は2週間以内、他も6ヶ月以内に計数を完了した。動物プランクトンはバンドン2回分の水(計20 l)を目合が40 μ mの動物プラン

クトンネットで濾して集め、シュガーホルマリンで固定した (Haney & Hall 1973)。クロロフィルa量や栄養塩分析用のサンプル水21は、サンプル処理をするまで冷蔵保存を行い、速やかに分析を行った。

全クロロフィルa量のサンプルは0.2 μ mのヌクレオポアフィルター上に、ゆるやかな吸引濾過にて集めた。さらに、10 μ mと2 μ mのポアサイズのヌクレオポアフィルターを用いて10 μ m以上、2-10 μ m、2 μ m以下の3つのサイズ分画に分けた。クロロフィルa量の定量は、高村ら (1996) と同じ方法で液体クロマトグラフィーを用いて行った。検出器は日立F-1050蛍光検出器を用いた。水質の分析方法については、本報告書のデータ集を参照されたい。

細菌、ピコ植物プランクトン、従属栄養性鞭毛虫の計数はおのこの Hoff (1993)、MacIsaac & Stockner (1993) および Sherr *et al.* (1993) に従って行った。植物プランクトンの分類群別の数と全繊毛虫の数は Utermöhl (1958) の方法により倒立顕微鏡下で行った。動物プランクトン種の数はい実体顕微鏡下で計数した。同定に用いた文献は以下である。Xanthophyceae は Ettl (1978)、Cyanophyceae は Geitler (1932)、Chlorococcales は Komárek & Fott (1983)、Bacillariophyceae は Krammer & Lange-Bertalot (1991)、動物プランクトンと Volvocales は 水野・高橋 (1991)、Dinophyceae は Popovsky & Pfister (1990)、Chrysophyceae と Haptophyceae は Starmach (1985) を参照した。

漁獲量のデータは青森県内水面水産試験場の提供による。

主成分分析による座標づけは出現種と環境要因の関係をより明確にするために行った (ter Braak 1995)。対象はプランクトン種 (又は分類単位) で、変数は1995年から1997年までの21回の調査日である。用いたプランクトンの密度は、おのこの日の0、5、10、15、および20mの計数値の平均を有光層の代表値として用いた。分析には13の消費者 (動物プランクトンと細菌) の分類単位と30の植物プランクトンの分類単位を用い希

にしか出現しない種は省いた。計算は変数値を標準化したのち統計計算ソフト SYSTAT (Systat 1992) を用いて行った。

結果

動物プランクトン群集と魚の変化

1995年から1997年までのヒメマスとワカサギの漁獲量を図1に示す。ヒメマスは原則として冬の期間は漁獲されない (ただし、12月に自家消費のための採捕が特例として認められている)。ワカサギの漁獲は春だけである。従って、ワカサギの月別漁獲量は、その現存量を全く反映していない。しかし、ヒメマスの月別漁獲量は、ある程度月毎のヒメマスの量を反映する数値と考えられる。1997年のワカサギの総漁獲量は、1995年と1996年のそれよりも低かった。一方、ヒメマスの漁獲量は1997年に増加した。1995、1996および1997年のワカサギの総漁獲量は、順に380.2、422.1および135.6kg \cdot km²であった。一方ヒメマスの漁獲量は、順に69.4、89.0および231.9kg \cdot km²であった。

優占魚種の変化に伴って、動物プランクトンの優占種も変化した。つまり、1995年と1996年は小型の枝角類である *Bosmina longirostris*、ワムシ類の *Polyarthra vulgaris*、*Keratella quadrata* が優占したが、1996年秋から大型の *Acanthodiptomus pacificus* と *Daphnia longispina* が増え始め1997年はこれらが優占した (図2a)。

垂直分布をみると、ほとんどの枝角類、カイアシ類およびワムシ類は水深10-20m付近で多かつ

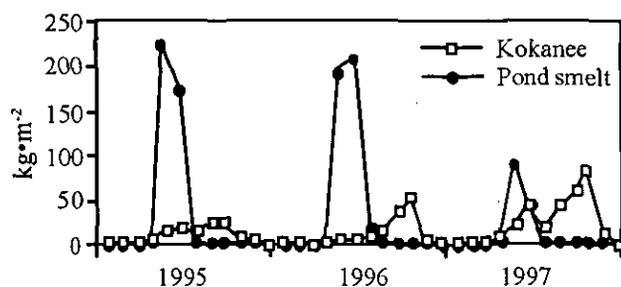


図1 1995年から1997年までの十和田湖のヒメマスとワカサギの漁獲量の変化

た。ただし、1997年は *Cyclops vicinus*、1996年は *Keratella cochlearis*、1995と1997年の両年は nauplius、これらが深層にも多く認められた。

細菌、従属栄養性鞭毛虫および繊毛虫の変化

細菌と従属栄養性鞭毛虫の密度は、魚種と動物プランクトン群集の変化に対応するように変化した。つまり、細菌の密度はヒメマスの漁獲量と大型の動物プランクトンの密度の増加に伴って増加したが、従属栄養性鞭毛虫の密度は小型の枝角類とワムシ類の増加に伴って増加した (図2b)。

繊毛虫の密度は従属栄養性鞭毛虫の密度と弱い正の相関を示した ($r=0.275, n=157, p<0.01$)。し

かし、細菌・従属栄養性鞭毛虫とは異なった変動パターンを示した。つまり繊毛虫は1996年5月と6月に水深15mで著しく密度が高くなった。

細菌・従属栄養性鞭毛虫・繊毛虫ともに成層期には水深5-20mの層に多く出現した。

消費者を構成する生物要素の主成分分析による座標づけ

図3に動物プランクトン各種、繊毛虫、従属栄養性鞭毛虫、細菌の座標づけの結果を示す。表1に示したように、第1主成分 (Z1) が28.4%、第2主成分 (Z2) が27.0%、第4主成分までに全変動の74.4%を説明した。第1主成分では1997年に

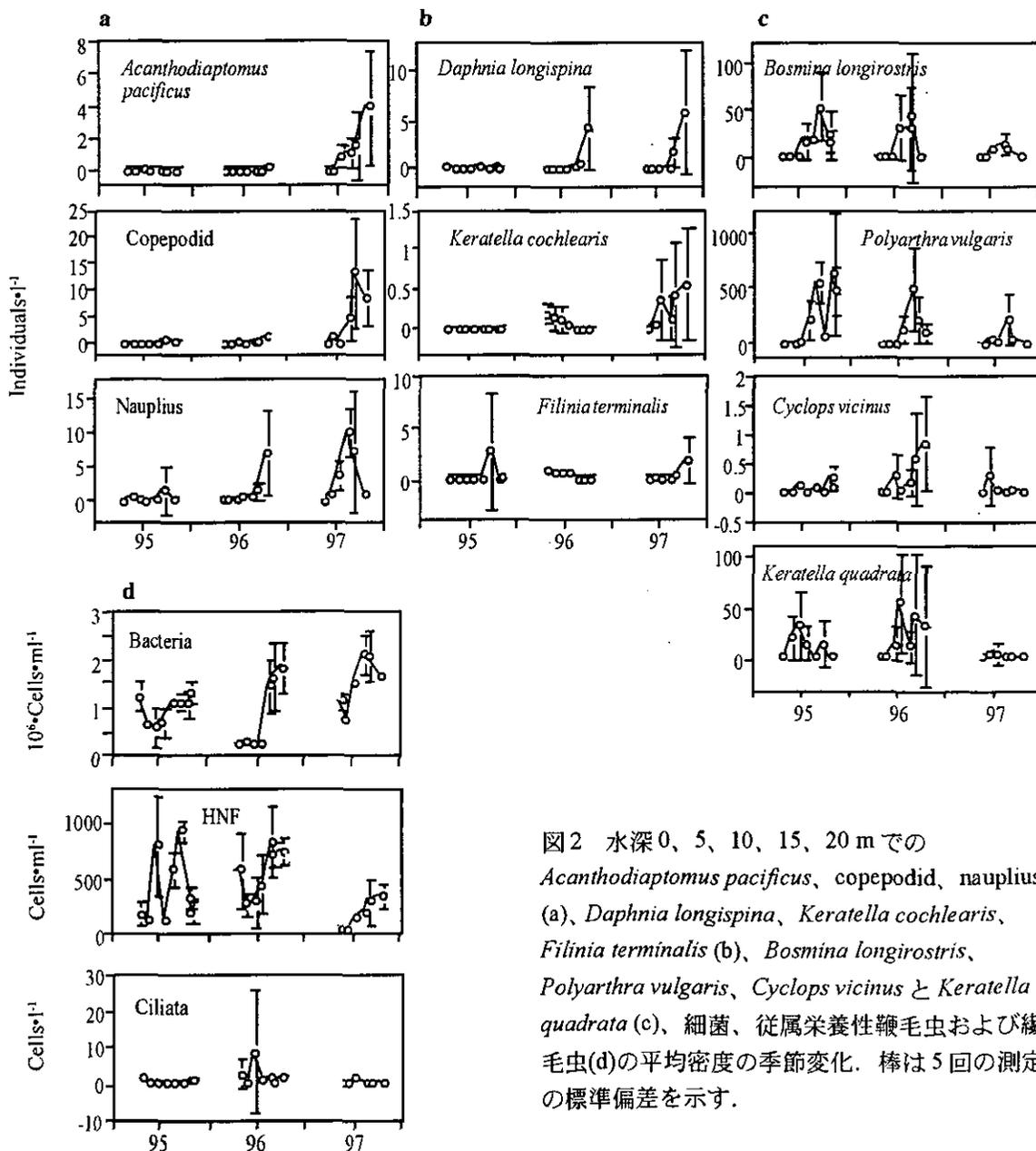


図2 水深0、5、10、15、20 mでの *Acanthodiptomus pacificus*、copepodid、nauplius (a)、*Daphnia longispina*、*Keratella cochlearis*、*Filinia terminalis* (b)、*Bosmina longirostris*、*Polyarthra vulgaris*、*Cyclops vicinus* と *Keratella quadrata* (c)、細菌、従属栄養性鞭毛虫および繊毛虫(d)の平均密度の季節変化。棒は5回の測定の標準偏差を示す。

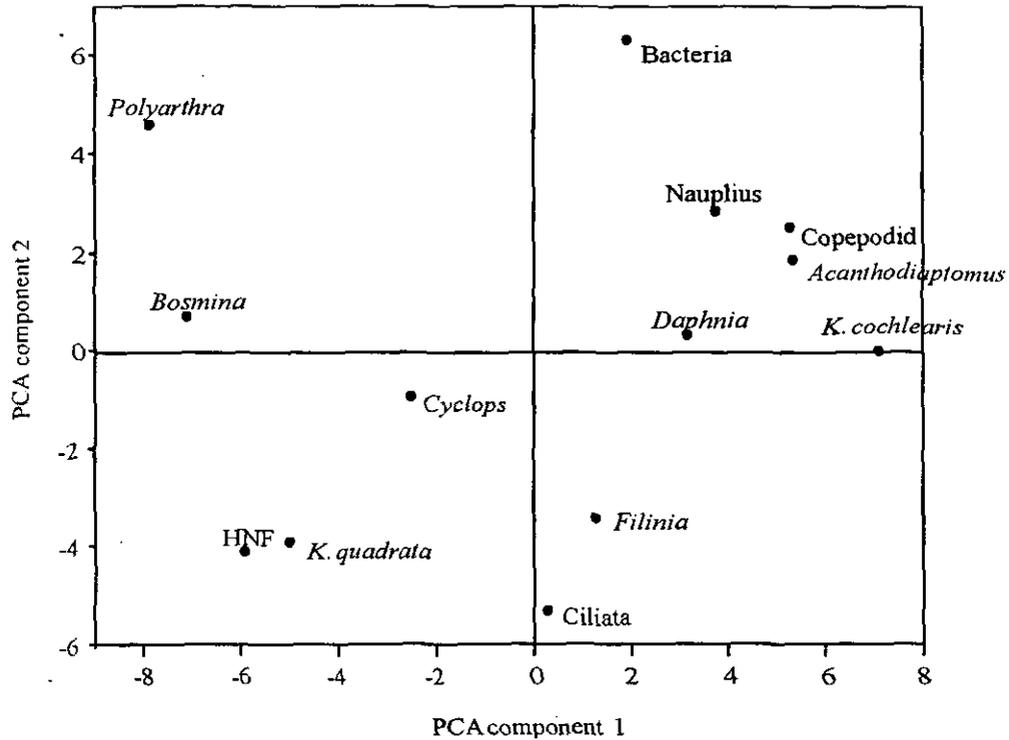


図3 消費者を構成する生物要素（動物プランクトン種、従属栄養性鞭毛虫、繊毛虫、細菌）の座標づけ

高い正の値、1995年と1996年の夏と秋には絶対値の大きい負の値を示した。従って、第1主成分はヒメマスの漁獲量に関連する因子であると考えられる。特記すべきことは第1主成分が環境因子の中では透明度と正の相関があったことである(表2)。第2主成分は、ワカサギの漁獲量、クロロフィルa量、特に $2\mu\text{m}$ 以下のクロロフィルa量と負の相関を示したので、季節性に関する因子と考えられた。

A. pacificus、その幼生および*D. longispina*はヒメマスとワカサギの良い餌と考えられる。これらと*K. cochlearis*及び細菌がZ1、Z2ともに正の値(座標軸の第1象限)に位置したが、*B. longirostris*と*P. vulgaris*はZ1が負、Z2が正に位置した。*K. quadrata*と従属栄養性鞭毛虫はZ1、Z2ともに負の値に位置した。繊毛虫はZ1が中間あたりZ2は負の値を示した(図3)。

従って、*A. pacificus*、その幼生、*D. longispina*、*K. cochlearis*及び細菌はヒメマスが良く捕れ、かつ透明度が高い時期に密度が高くなるような変動を示したのに対し、*B. longirostris*、*P. vulgaris*、*K. quadrata*と従属栄養性鞭毛虫は、ヒメマスの漁獲

が不振の時に密度が増えるような変動を示した。また、*K. quadrata*、従属栄養性鞭毛虫、繊毛虫の3つの生物要素は $2\mu\text{m}$ 以上のクロロフィルa濃度が高い時期に増える傾向を示した。

生産者を構成する生物要素の主成分分析による座標づけ

図4に植物プランクトンの分類単位ごとの座標づけの結果を示す。表3に示したように、第1主成分(Z1)が変動の22.6%、第2主成分(Z2)が13.4%を説明したが、第4主成分までに全変動の54.9%を説明したにすぎない。植物プランクトン種の出現をよく説明するためにはより多くの成分を加えなければならず、動物プランクトンの変動パターンに比べて複雑であった。

第1主成分では、5月、7月に絶対値の高い負の値を示し、秋に高くなる傾向があった。従って第1主成分は季節変動にかかわる因子であろう。Z1は水温と正の相関があり、透明度とワカサギの漁獲量と負の相関を示した(表2)。Z2は水温、透明度、ヒメマスの漁獲量と正の相関を示したが、クロロフィルa量と負の相関を示した。Z2の性格

表1 消費者を構成する13のtaxaについて21変数の主成分1から主成分4までのeigenvector値と寄与率

	component 1	component 2	component 3	component 4
Variance accounted for (%)	28.40	20.69	14.62	11.11
Cumulative(%)	28.40	49.13	63.33	74.44
April 95	0.472	0.019	-0.521	0.388
May 95	0.072	0.008	0.883	0.067
June 95	-0.399	-0.505	0.578	0.010
July 95	-0.663	0.332	0.425	-0.245
August 95	-0.769	0.337	-0.388	-0.220
Sep. 95	-0.313	-0.289	0.034	-0.518
Oct. 95	-0.641	0.517	-0.431	0.089
Nov. 95	-0.525	0.691	-0.411	0.040
April 96	0.138	-0.746	-0.242	-0.465
May 96	0.381	-0.694	-0.521	-0.112
June 96	0.157	-0.723	-0.478	0.384
July 96	-0.450	-0.560	0.271	0.049
August 96	-0.863	0.167	-0.377	0.025
Sep. 96	-0.680	-0.047	0.313	0.507
Oct. 96	-0.038	-0.124	0.243	0.706
May 97	0.586	0.649	0.123	0.123
June 97	0.475	0.039	-0.006	0.615
July 97	0.687	0.243	-0.076	-0.018
August 97	0.394	0.673	0.052	-0.052
Sep. 97	0.721	0.410	0.139	-0.223
Oct. 97	0.672	0.122	0.155	-0.460

表2 第1主成分と第2主成分と幾つかの環境要因との相関係数。*: significant < 0.05、**: significant < 0.01.

	consumers Z1	consumers Z2	producers Z1	producers Z2
Water Temperature	-0.404	0.374	0.474*	0.598**
DIN	0.191	-0.274	-0.354	-0.071
DIP	-0.089	0.358	0.259	-0.002
TN	0.430	0.069	-0.019	-0.300
TP	-0.303	-0.002	0.184	-0.040
Transparency	0.541*	0.340	-0.436*	0.433*
Chlorophyll a	-0.113	-0.687**	-0.107	-0.497*
Chlorophyll a (>10 μ m)	-0.044	-0.582**	-0.490*	-0.325
Chlorophyll a (2-10 μ m)	0.075	-0.633**	-0.328	-0.427
Chlorophyll a (<2 μ m)	-0.247	-0.093	0.731**	-0.225
Kokanee catch	0.406	0.252	0.239	0.451*
Pond smelt catch	0.169	-0.461*	-0.560**	-0.287

付けは困難であるが、ヒメマスの漁獲量と水温の双方に関連している因子と考えられた。

植物プランクトン種の出現は、おおまかではあるが次の4つのグループに分けることができた(図4)。

*1) *Fragilaria capucina* var. *gracilis*, *F. tenera* と *Ophiocytium capitatum* var. *longispinum*, 2) *Gloeocystis planktonica*, *Dinobryon* sp. と *Elakatothrix gelatinosa*, 3) *Pandorina morum* と *Oocystis parva*, これらはお互い近くに位置し、

優占魚種の変化がプランクトン群集と水質に及ぼす影響

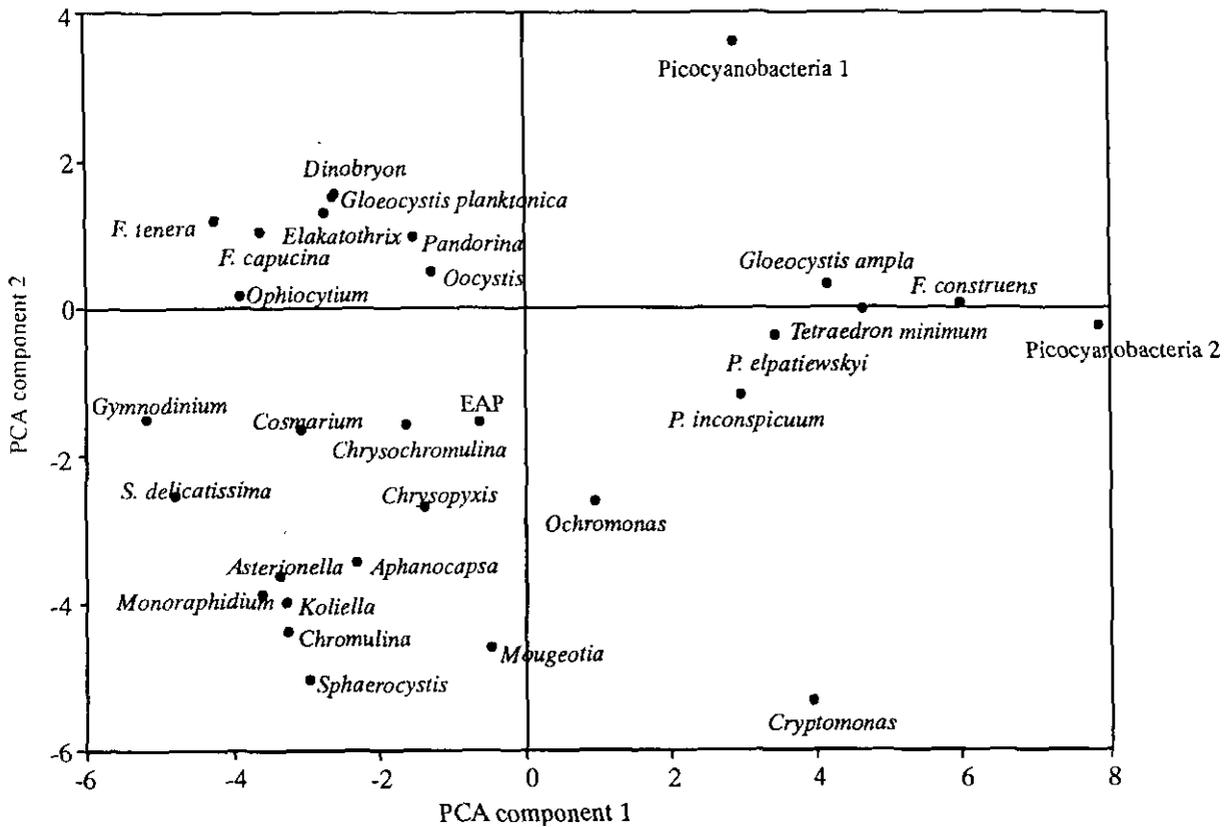


図4 植物プランクトンの分類単位の座標づけ。ピコシアノバクテリア1は棒状、ピコシアノバクテリア2は球状又は楕円体。

表3 生産者を構成する30のtaxaについて21変数の主成分1から主成分4までのeigenvector値と寄与率

	component 1	component 2	component 3	component 4
Variance accounted for (%)	22.55	13.41	10.45	8.48
Cumulative(%)	24.09	35.96	46.41	54.89
April 95	-0.159	-0.174	0.330	0.273
May 95	-0.457	0.398	0.385	0.170
June 95	-0.421	0.197	0.499	0.139
July 95	-0.504	0.596	0.051	0.146
August 95	0.474	0.496	0.035	-0.154
Sep. 95	0.700	0.058	0.030	0.296
Oct. 95	0.712	-0.251	0.062	0.407
Nov. 95	0.700	-0.081	-0.021	0.471
April 96	-0.172	-0.357	-0.423	0.118
May 96	-0.304	-0.518	-0.567	0.031
June 96	-0.485	-0.496	-0.119	-0.110
July 96	0.219	-0.093	0.387	-0.433
August 96	0.196	0.112	0.125	-0.543
Sep. 96	0.503	0.135	0.155	-0.501
Oct. 96	0.546	-0.369	0.217	-0.258
May 97	-0.399	-0.271	-0.414	-0.125
June 97	-0.717	0.269	-0.132	-0.068
July 97	-0.611	0.387	0.041	0.122
August 97	0.355	0.523	-0.613	-0.196
Sep. 97	0.272	0.593	-0.560	-0.154
Oct. 97	0.342	0.420	-0.218	0.461

Z1は負、Z2は正の値を示した。これらの植物プランクトン種は5月か6月に密度が最大になり、1996年と1997年よりは1995年に密度が高くなった。1996年の*Pandorina morum*と*Oocystis parva*のピークは8月に認められた。

***Aphanocapsa elachista*, *Asterionella formosa*, *Monoraphidium mirabile*, *Koliella elongata*, *Sphaerocystis schroeteri* および *Chromulina* sp., これらすべてはZ1, Z2双方ともに負の値を示した。これらの藻類は4月か5月にピークを持ち、その後密度が下がる傾向を示した。1995年と1997年より1996年の密度が高かった。

****Synedra delicatissima*, *Gymnodinium* sp., *Cosmarium* sp., *Chrysochromulina* sp., *Chrysopyxis* sp. および真核性ピコプランクトンは上のふたつのグループのまん中に位置した。先の3種については6月にピークがあった。

**** 棒状ならびに楕円または球状のピコシアノバクテリア, *Tetraedron minimum*, *Fragilaria construens*, *Peridinium elpatiewski*, *P. inconspicuum* と *Gloeocystis ampla* はZ1が正、Z2は中間に位置した。ただし、棒状のピコシアノバクテリアはZ2が高い座標、*Cryptomonas* sp. は低い座標に位置した。これらの藻類のピークは秋であった。

4番目のグループの幾つかの藻類の密度は、以下に示すようにおのの*B. longirostris*の密度と正の相関があった。つまり、楕円または球状のピコシアノバクテリア ($r=0.62$)、*Tetraedron minimum* ($r=0.70$)、*F. construens* ($r=0.50$)、*P. elpatiewski* ($r=0.43$)、及び*Gloeocystis ampla* ($r=0.59$)である。一方2番目のグループの*A. formosa*の密度は*B. longirostris*の密度と負の相関があった ($r=-0.43$)。これは、小型の動物プランクトンの存在下で*A. formosa*が減るという Bergquist et al. (1985) の報告と一致する。棒状のピコシアノバクテリアの密度は*A. pacificus* ($r=0.43$)、その幼生である copepodid ($r=0.87$)、nauplius ($r=0.62$) および *K. cochlearis* ($r=0.49$) と正の相関があった。それぞれの動物プランクトン群集への双方のタイプのピコシアノバクテリアの異なる反応は興味深い。

透明度、全リン量、全窒素量およびクロロフィルa量

1995年、1996年および1997年各年の透明度の測定値は、おのの7-12m、7-9.5m、9.3-14.5mの範囲で変化した。同じく、有光層のクロロフィルa量の平均値の範囲は、0.40-2.02、1.09-1.84、0.53-1.02 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ で変化した (図5c,d)。1997年の透明度の年平均値はその前年の2年に比べ有意に高く (ANOVA, $p=0.007$, Tukey test)、逆に1997年のクロロフィルa量のそれは有意に低かった (ANOVA, $p=0.006$, Tukey test)。しかしながら、全リン量と全窒素量の年平均値には有意な差は認められなかった (全リン量でANOVA, $p=0.18$, 全窒素量で $p=0.49$) (図5a,b)。3年間の各年の有光層での10 μm 以上のサイズのクロロフィルa量は、順に0.13-1.02、0.13-0.97、0.03-0.29 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ の範囲で

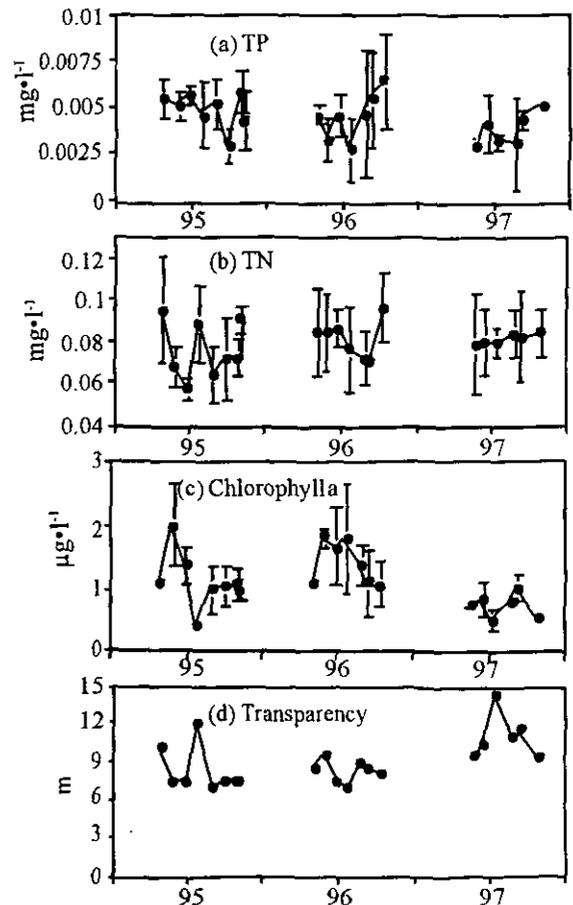


図5 透明度と水深0、5、10、15、20 mでのクロロフィルa量、全リン量、全窒素量の平均値。棒は5回の測定の標準偏差値。

あった。同じく2-10 μm のサイズのクロロフィルa量は0.16-0.63、0.17-0.87、0.14-0.43 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、2 μm 以下のサイズのクロロフィルa量は0.10-0.64、0.26-0.81、0.09-0.65 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ で変化した。従って、*Daphnia-Acanthodiantomus*群集への変化は10 μm 以上のサイズのクロロフィルa量を減らしたと考えられた。

考察

十和田湖では1995-1997年の間に、ワカサギの減少とヒメマスの増加に伴って動物プランクトン群集が*Bosmina-rotifer*群集から*Daphnia-Acanthodiantomus*群集に変化した。これは、1980年代中ほどに十和田湖でワカサギの導入によって起こった変化と反対の変化である。ワカサギの漁獲量がその前年の0才魚の量を反映すると仮定すると、動物プランクトン群集に対するワカサギの捕食圧は1996年は低かったと考えられ、これが*D. longispina*と*A. pacificus*の大型動物プランクトンの増加を可能にしたのではないかと考えられた。

十和田湖における枝角類、カイアシ類およびワムシ類の密度は捕食者のトップダウン効果により制御されていたといえる。興味深いのは細菌の密度が*D. longispina*と*A. pacificus*と同じような動きをするのに対し、従属栄養性鞭毛虫が*B. longirostris*とワムシ類と同様な動きを見せたことである。*Daphnia*又は枝角類と従属栄養性鞭毛虫、細菌の間の同様な関係は幾つかの富栄養湖でも報告されてきた(Jürgens & Stolpe 1995; Simek *et al.* 1997)。従属栄養性鞭毛虫は湖沼の細菌を最も効率よく食べると考えられている(Pernthaler *et al.* 1997; Simek *et al.* 1997)。*Daphnia*は従属栄養性鞭毛虫を効率よく摂食するが(Sanders *et al.* 1994)、従属栄養性鞭毛虫よりも細菌の消費者としてより重要ともいわれている(Boersheim & Andersen 1987; Jürgens 1994)。十和田湖では従属栄養性鞭毛虫の密度が、*Daphnia-Acanthodiantomus*群集により強く抑制されていた。また、細菌が*Daphnia*よりも従属栄養性鞭毛虫によりコントロールされ

ていた、と考えられた。

湖沼における繊毛虫の出現パターンは、*Daphnia-Acanthodiantomus*群集や*Bosmina-rotifer*群集と異なっていた。繊毛虫は1996年の5-6月に多かった。十和田湖で記録された繊毛虫の密度の最大値は、他の貧栄養湖で報告されている値の1桁高い値であった(Pace 1986; 高村ら 1996)。この時期の高い繊毛虫の密度は、同じ時期に動物プランクトンの密度が極端に少なかったためにおこり、また、細菌の密度の低下をもたらしたと考えられる。本湖の繊毛虫はそのほとんどが、50 μm 程度の*Strombolidium*と*Halteria*だった。実際、それらは従属栄養性鞭毛虫と細菌の重要な消費者と考えられている(Cleven 1996)。また、捕食(門田 1971)、餌をめぐる競争または干渉による競争(Wickham & Gilbert 1991)等を通して、*D. longispina*や*A. pacificus*の影響を十分受けるサイズである。十和田湖の細菌、従属栄養性鞭毛虫、繊毛虫など、微生物食物連鎖を構成する生物もトップダウン効果を強く受けていたと考えられた。

十和田湖では3種のワムシ、*P. vulgaris*、*K. quadrata*と*K. cochlearis*が異なった時期に出現した。*B. longirostris*はワムシ類や繊毛虫の成長を阻害することはない(Wickham & Gilbert 1991)と言われているが、大型の枝角類は、餌の取り合いと干渉型の競争を通してワムシ類を抑制する(MacIsaac & Gilbert 1991; Wickham & Gilbert 1991)とされている。本湖沼で*P. vulgaris*と*K. quadrata*が*D. longispina*でなく*B. longirostris*と同時に出現したことは、こうした報告と矛盾しない。一方、*K. cochlearis*は*D. longispina*と一緒に表れたが、その密度は前2種に比べてはるかに低かったので、本種も*D. longispina*に抑えられている可能性がある。Burns & Gilbert (1986)は、*Daphnia*が1.2mmより小型であるときは*K. cochlearis*への干渉型競争は無視できると報告している。十和田湖の*D. longispina*は長さが1.1mmなので、十和田湖では*K. cochlearis*は*Daphnia*による干渉作用はあまり受けていなかったと考えられるかもしれない。十和田湖で出現した代表的な2種のワムシは、*K.*

*quadrata*は春から出現したのに対し、*P. vulgaris*は春には出現しなかった。この2種のワムシの出現傾向の違いは良く説明できなかった。

よく知られているように(例えば、Theiss *et al.* 1990)、十和田湖でも大型の動物プランクトン群集への変化が、水中のクロロフィルa量の減少と透明度の上昇をもたらした。しかし、例えば、Pace (1984) や Mazumder (1994) が報告しているような、全リン量と全窒素量の減少は認められなかった。おそらく、これは藻類量が減少したが、細菌の密度が上がっていること、または、全リン量と全窒素量の濃度が検出限界値に近いための測定誤差により、明確な結果が出なかったためと考えられた。

動物プランクトンによる摂食は植物プランクトンの量と群集構造にも影響を与える (Gliwicz 1977)。*Daphnia*のように大型の動物プランクトンが優占する環境では、大型の植物プランクトンや、ゼラチン状の鞘や堅い細胞壁に囲まれた藻類が増えるが、小型の動物プランクトン群集が優占する環境では、小型で細胞膜が薄いタイプの藻類が増えると言われている (Bergquist *et al.* 1985; Vanni 1987)。

本研究での *Bosmina*-rotifer 群集から *Daphnia*-*Acanthodiatomus* 群集への入れ替わりにより、植物プランクトンの量は有意に減少した。しかし、動物プランクトン群集の変化に伴う植物プランクトン種の変化は明確でなかった。むしろ、大型の植物プランクトンを含む10 μ m以上の植物プランクトンの量が減少したが、10 μ m以下の植物プランクトンの量はほとんど変化しなかった。さらに、動物プランクトン群集の変化が、摂食に対して抵抗性のある形態をした植物プランクトン種を相対的に増加させる様な現象は認められなかった。植物プランクトン種の出現は、むしろ、季節的な因子により変化していたといえる。しかし、その因子も季節的に変化する、水温、栄養塩のようなひとつひとつの変数とは関連性を見いだすことはできなかった。

謝辞

十和田湖での毎月の現場調査は、青森県環境保健センターの石塚伸一・工藤健・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉・大久保英樹氏にお世話になりました。記して感謝します。

引用文献

- Bergquist A. M., Carpenter S. R. & Latino J. C. (1985) Shifts in phytoplankton size structure and community composition during grazing by contrasting zooplankton assemblages. *Limnology and Oceanography* 30: 1037-1045.
- Boersheim K. Y. & Andersen S. (1987) Grazing and food size selection by crustacean zooplankton compared to production of bacteria and phytoplankton in a shallow Norwegian mountain lake. *Journal of Plankton Research* 9: 367-379.
- Burns C. W. & Gilbert J. J. (1986) Direct observations of the mechanisms of interference between *Daphnia* and *Keratella cochlearis*. *Limnology and Oceanography* 31: 859-866.
- Cleven E. J. (1996) Indirectly fluorescently labelled flagellates (IFLF): A tool to estimate the predation on free-living heterotrophic flagellates. *Journal of Plankton Research* 18: 429-442.
- Ettl H. (1978) Xanthophyceae. In: *3.Süßwasserflora von Mitteleuropa* (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 530. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Geitler L. (1932) Cyanophyceae. In: *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 14 (ed. L. Rabenhorst), pp. 1056. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Gliwicz Z. M. (1977) Food size selection and seasonal succession of filter feeding zooplankton in a eutrophic lake. *Ekologia Polska* 25: 179-225.
- Haney J. F. & Hall D. J. (1973) Sugar-coated *Daphnia*: a preservation technique for Cladocera. *Limnology and Oceanography* 18: 331-333.

- Hoff K. A. (1993) Total and specific bacterial counts by simultaneous staining with DAPI and fluorochrome-labeled antibodies. In: *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (eds. P. F. Kemp, B. F. Sherr & J. J. Cole), pp. 149-154. Lewis Publishers, Tokyo.
- Jürgens K. (1994) Impact of *Daphnia* on planktonic microbial food webs-A review. *Marine Microbial Food Webs* 8: 295-324.
- Jürgens K. & Stolpe G. (1995) Seasonal dynamics of crustacean zooplankton, heterotrophic nanoflagellates and bacteria in a shallow, eutrophic lake. *Freshwater Biology* 33: 27-38.
- 門田定美 (1971) 高山湖沼における主要甲殻類プランクトンの生態に関する研究. 陸水学雑誌 32: 47-84.
- Komárek J. & Fott B. (1983) Chlorophyceae Ordnung: Chlorococcales. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers*, 7 (ed. G. Huber-Pestalozzi), pp. 1044. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1999) Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2/3 (eds. H. Ettl, J. Gerlo & H. Heynig), pp. 576. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- MacIsaac H. J. & Gilbert J. J. (1991) Discrimination between exploitative and interference competition between Cladocera and *Keratella cochlearis*. *Ecology* 72: 924-937.
- MacIsaac E. A. & Stockner J. G. (1993) Enumeration of phototrophic picoplankton by autofluorescence microscopy. In: *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (eds. P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr & J. J. Cole), pp. 187-198. Lewis Publishers, Tokyo.
- Mazumder A. (1994) Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification : predictions and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 401-407.
- 水野寿彦・高橋永治 (1991) 日本淡水プランクトン図鑑. 東海出版、東京.
- Pace M. L. (1984) Zooplankton community structure, but not biomass, influences the phosphorus-chlorophyll a relationship. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 1089-1096.
- Pace M. L. (1986) An empirical analysis of zooplankton community size structure across lake trophic gradients. *Limnology and Oceanography* 31: 45-55.
- Pernthaler J., Simek K., Sattler B., Schwarzenbacher A., Bobkova J. & Psenner R. (1996) Short-term changes of protozoan control on autotrophic picoplankton in an oligo-mesotrophic lake. *Journal of Plankton Research* 18: 443-462.
- Popovsky J. & Pfiester L. A. (1990) Dinophyceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 6 (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 272. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Sanders R. W., Leeper D. A., King C. H. & Porter K. G. (1994) Grazing by rotifers and crustacean zooplankton on nannoplanktonic protists. *Hydrobiologia* 288: 167-181.
- Sherr E. B., Carron D. A. & Sherr B. F. (1993) Staining of heterotrophic protists for visualization via epifluorescence microscopy. In: *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* (eds. P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr & J. J. Cole), pp. 207-212. Lewis Publishers, Tokyo.
- Simek K., Hartman P., Nedoma J., Pernthaler J., Springmann D., Vrba J. & Psenner R. (1997) Community structure, picoplankton grazing and zooplankton control of heterotrophic nanoflagellates in a eutrophic reservoir during the summer phytoplankton maximum. *Aquatic Microbial Ecology* 12: 49-63.
- Starmach K. (1985) Chrysophyceae und Haptophyceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 1 (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 515. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Systat Inc. (1992) SYSTAT: statistics, version 5.2 edition. Systat Inc., Evanston.

高村典子・石川靖・三上英敏・三上一・藤田幸生・樋口澄男・村瀬秀也・山中直・南條吉之・猪狩忠光・福島武彦 (1996) 日本の湖沼 34 水域の栄養塩レベルと細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻(虫)および繊毛虫の密度の関係. 陸水学雑誌 5: 245-259.

高村典子・三上一・水谷寿・長崎勝康 (1999) ワカサギの導入に伴う十和田湖の生態系の変化について. 国立環境研究所研究報告 146: 1-15.

ter Braak C. J. F. (1995) Ordination. In: *Data analysis in community and landscape ecology* (eds. R. H. G. Jongman, C. J. F. ter Braak & O. F. R. Vantongeren), pp. 91-173. Cambridge University Press.

Theiss J., Zielinski K. & Lang H. (1990) Biomanipulation by introduction of herbivorous zooplankton. A helpful shock for eutrophic lakes? *Hydrobiologia* 200: 59-68.

Utermöhl H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, Mitteilungen* 9: 1-38.

Vanni M. J. (1987) Effects of nutrients and zooplankton size on the structure of a phytoplankton community. *Ecology* 68: 624-635.

Wickham S. A. & Gilbert J. J. (1991) Relative vulnerabilities of natural rotifer and ciliate communities to cladocerans: laboratory and field experiments. *Freshwater Biology* 26: 77-86.

(本文は Takamura N., Mikami H., Houki A. & Nakagawa M. (1999) How did replacement of the fish community dominant influence water quality and plankton community structure in an oligotrophic lake in Japan? *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* (in press) をもとに、日本語で加筆修正したものである。)

十和田湖におけるヒメマスおよびワカサギの個体群動態

鈴木俊哉¹・長崎勝康²・水谷寿³・帰山雅秀⁴

¹水産庁さけ・ます資源管理センター (〒062-0922 札幌市豊平区中の島2-2)、²青森県内水面水産試験場 (〒034-0041 十和田市大字相坂字白上344-10)、³秋田県水産振興センター (〒010-0531 男鹿市船川港台島字鶴の崎16)、⁴北海道東海大学 (〒005-8601 札幌市南区南沢5条1丁目1-1)

Lacustrine sockeye salmon and pond smelt population dynamics in Lake Towada

Toshiya SUZUKI¹, Masayasu NAGASAKI², Hitoshi MIZUTANI³
and Masahide KAERIYAMA⁴

¹National Salmon Resources Center, 2-2 Nakanoshima, Toyohira, Sapporo 062-0922, Japan, ²Aomori Prefectural Freshwater Fishery Research Center, Aisaka, Towada, Aomori 034-0041, Japan, ³Akita Prefectural Institute of Fishery and Fishery Management, Unosaki 16, Oga, Akita 010-0531, Japan and ⁴Hokkaido Tokai University, Minamisawa 5-1-1-1, Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan

はじめに

十和田湖におけるヒメマス資源は、1980年代前半まで比較的高水準で安定した状態にあった。しかし、1985年にヒメマス漁獲量が著しく減少するとともにワカサギが大量に漁獲された後、両種は大きな資源変動を繰り返すようになり、現在その原因の解明が漁業資源管理上の重要課題となっている。また、十和田湖の水質も1980年代以後、透明度の低下およびCOD値の増加といった問題を抱えている。湖沼の水質は栄養塩負荷量だけでなく、生息する魚類を起点として、動・植物プランクトンに達する生物間相互作用にも影響されることが知られている。このため湖沼における魚類の個体群動態を明らかにすることは、湖沼環境の保全にも有用な資料を提供することが期待される。

一般に、魚類の死亡率は発育の初期段階において著しく大きいため、初期死亡率の多寡がその後の漁獲量に大きく影響すると考えられている。また、十和田湖においてある年に漁獲されるヒメマスとワカサギは、複数の年齢群から構成されることが知られている(青森県内水面水産試験場事業

報告参照)。これらのことから、同一年発生群(年級群)の初期生残率とそれを支配する要因を明らかにすることが、漁獲量の変動を解析する上で重要であることが示唆される。したがって本報では、青森県内水面水産試験場および秋田県水産振興センターがこれまで集めた資料を基に、ヒメマスおよびワカサギの年級群ごとの漁獲数を推定し、両種の初期生残率の変動要因および漁獲量変動との関係について検討することを目的とした。

方法

本報で用いたデータの種類と期間を表1に示した。

ヒメマスおよびワカサギの年級群漁獲数を年級群豊度の指標に用いた。年級群漁獲数は各年における年齢別漁獲数に基づいて算出された。ヒメマスとワカサギにおける年級群漁獲数の算出方法を表2と表3に示した。X年の秋に産卵受精したヒメマスは稚魚として翌春に浮上するため、X+1年において初めて1年魚となる。過去の調査からヒメマスは2年魚から6年魚で漁獲されることが知られている。したがって、表2における第1年級

表1 本研究で用いたデータの種類と期間

変数名	期間
ヒメマス漁獲量	1967-1998
ヒメマス年級群漁獲数	1965-75, 1983-91
ヒメマス他年級個体数	1985-1992
ヒメマス放流数	1965-1996
ワカサギ漁獲量	1984-1998
ワカサギ親魚数	1984-1998
ワカサギ年級別漁獲数	1983-1993
ワカサギ他年級個体数	1985-1992
動物プランクトン密度	1978-1997
年平均気温	1977-1997
5-11月の平均水温	1968-1997
年間日照時間	1977-1997
4-9月の降水量	1983-1997

表2 ヒメマスにおける年級群漁獲数および他年級群個体数の算出方法. $n_{i,j}$: i年におけるj年魚の漁獲数、1年級群漁獲数: 太線枠内の漁獲数の和、1年級群放流年の他年級群個体数: 細線枠内の漁獲数の和.

歴年	明け年齢				
	2	3	4	5	6
1	$n_{1,2}$	$n_{1,3}$	$n_{1,4}$	$n_{1,5}$	$n_{1,6}$
2	$n_{2,2}$	$n_{2,3}$	$n_{2,4}$	$n_{2,5}$	$n_{2,6}$
3	$n_{3,2}$	$n_{3,3}$	$n_{3,4}$	$n_{3,5}$	$n_{3,6}$
4	$n_{4,2}$	$n_{4,3}$	$n_{4,4}$	$n_{4,5}$	$n_{4,6}$
5	$n_{5,2}$	$n_{5,3}$	$n_{5,4}$	$n_{5,5}$	$n_{5,6}$
6	$n_{6,2}$	$n_{6,3}$	$n_{6,4}$	$n_{6,5}$	$n_{6,6}$
7	$n_{7,2}$	$n_{7,3}$	$n_{7,4}$	$n_{7,5}$	$n_{7,6}$

表3 ワカサギにおける年級群漁獲数および他年級群個体数の算出方法. $n_{i,j}$: i年におけるj年魚の漁獲数、1年級群漁獲数: 太線枠内の漁獲数の和、1年級群発生年の他年級群個体数: 細線枠内の漁獲数の和.

歴年	明け年齢			
	2	3	4	5
1	$n_{1,2}$	$n_{1,3}$	$n_{1,4}$	$n_{1,5}$
2	$n_{2,2}$	$n_{2,3}$	$n_{2,4}$	$n_{2,5}$
3	$n_{3,2}$	$n_{3,3}$	$n_{3,4}$	$n_{3,5}$
4	$n_{4,2}$	$n_{4,3}$	$n_{4,4}$	$n_{4,5}$
5	$n_{5,2}$	$n_{5,3}$	$n_{5,4}$	$n_{5,5}$

群の漁獲数 (KN_1) は、

$$KN_1 = n_{3,2} + n_{4,3} + n_{5,4} + n_{6,5} + n_{7,6}$$

により算出される。

一方、ワカサギは春に産卵・ふ化するためX年級群はX年に1年魚となる。十和田湖においてワカサギは2年魚から5年魚で漁獲されるため、表3における第1年級群の漁獲尾数 (SN_1) は、

$$SN_1 = n_{2,2} + n_{3,3} + n_{4,4} + n_{5,5}$$

により算出される。

ヒメマスおよびワカサギの他年級群個体数とは、ある年級群が発生あるいは放流された年に湖内に生息していた同種他年級群個体数の推定値である。表2においてヒメマス第1年級群放流年のヒメマス他年級群個体数 (KON_1) は、

$$KON_1 = \sum_{j=2}^6 n_{2,j} + \sum_{j=3}^6 n_{3,j} + \sum_{j=4}^6 n_{4,j} + \sum_{j=5}^6 n_{5,j} + n_{6,6}$$

により算出される。

また、表3においてワカサギ第1年級群発生年におけるワカサギ他年級群個体数 (SON_1) は、

$$SON_1 = \sum_{j=3}^5 n_{2,j} + \sum_{j=4}^5 n_{3,j} + n_{4,5}$$

により算出される。ここで第1年級群発生年におけるワカサギ他年級群個体数には、その年の漁獲数を含めない。その理由は、十和田湖においてワカサギは産卵親魚が5、6月を中心に漁獲されているため、親世代のワカサギと子世代のワカサギが湖内で共存する期間はごく短かく、その影響が少ないと考えられたためである。

ワカサギの漁獲数をその親魚数とした。これは、ワカサギの漁獲が産卵のために接岸する個体を対象としているためである。

動物プランクトン密度は年3回の調査結果(春季: 5-6月、夏季: 7-8月、秋季: 9-10月)の平均値で示した。動物プランクトンは湖内の10定点において北原式定量ネット(NXX13)により採集された。全定点において16mからの鉛直曳きをおこなうとともに、3定点では70mからの鉛直曳きも実施した。本報では、十和田湖における主要な動物プランクトンであるコシブトカメノコワムシ

(*Keratella quadrata*)、ハリナガミジンコ (*Daphnia longispina*)、ヤマヒゲナガケンミジンコ (*Acanthodiaptomus pacificus*)、ケンミジンコ類幼生およびゾウミジンコ (*Bosmina longirostris*) を分析対象とした。

気温、日照時間および降水量は、青森気象台の休屋における観測値に基づいた。十和田湖の水温はヒメマス孵化場前における午前10時の表面水温を用いた。平均水温と降水量のデータは、それぞれ、欠測値の少ない5-11月と4-9月の期間のものを使用した。

なお、本報で用いたデータは青森県内水面水産試験場および秋田県水産振興センターの調査結果と下記報告書に基づき整理、算出されたものである。

青森県内水面水産試験場事業報告：1982-1996年度。

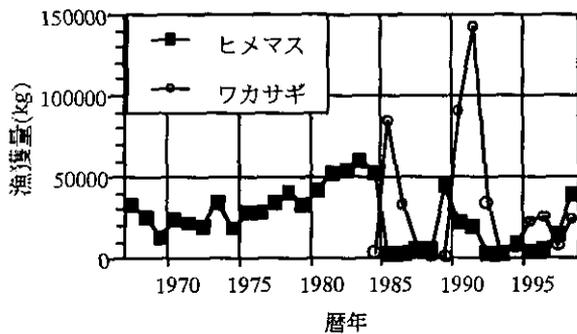


図1 十和田湖におけるヒメマスとワカサギの漁獲量の経年変化

秋田県内水面水産指導書事業報告：1978-1990年度。

秋田県水産振興センター事業報告：1991-1996年度。

十和田湖ふ化場協議会。十和田湖資源対策事業調査報告書：1972-1985年度。

結果と考察

十和田湖の経年変化

1. 漁獲量の経年変化 (図1)

ヒメマス漁獲量は、1970年代初めの20トン台から次第に増加し、1980年代前半には50トン台に達した。しかし、その漁獲量は1985年に2トンにまで激減し、その後一時的な回復がみられるものの、現在10トン以下の低水準で推移している。ワカサギは1982年に初めて観察され、1984年以後漁獲対象となった。ワカサギの漁獲量はヒメマスが激減した1985年に80トンに達した後、1990年前半までは著しい変動を繰り返したが、近年の変動幅は以前より小さくなっている。

2. ヒメマスの年級群漁獲数と放流数の経年変化 (図2)

1965-1975年級群と1983-1991年級群のヒメマスの年級群漁獲数を明らかにした。年級群漁獲数は、1960年代が10-15万尾程度であったが、1970年代に入ると著しく増加して30-40万尾に達する

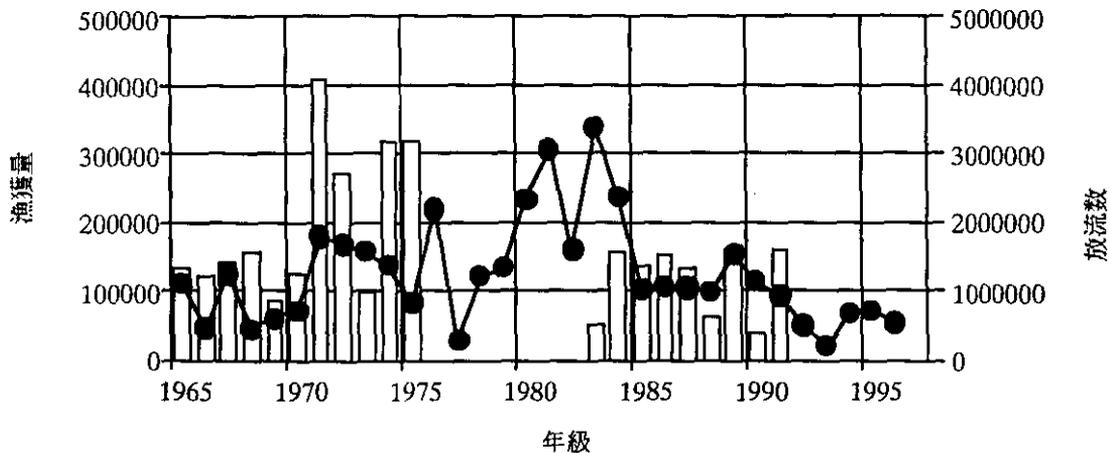


図2 十和田湖におけるヒメマスの年級群別漁獲尾数(白棒)と放流数(黒丸)。ただし、1976-1982年級群および1992年級群以後の漁獲尾数は明らかになっていない。

ようになった。ワカサギ出現後の1983年級群以後は、1983、1988および1990年級群の漁獲数が5万尾前後と少なかったが、それ以外の年級群の漁獲数は15万尾前後で推移していた。

放流数は、1960年代後半から増加傾向を示し、1980年代前半では200万尾を越えることが多かった。1983年級群は過去最大の約340万尾が放流された。1985-1991年級群の放流数は、1989年級群の約15万尾を除き、約10万尾で推移した。その後1996年級群までの放流数は5万尾前後に減少した。

3. ワカサギの年級群漁獲数と親魚漁獲数の経年変化 (図3)

1983-1993年級群のワカサギの年級群漁獲数を明らかにした。ワカサギは1984年級、1989年級および1990年級が卓越年級群となった。1984年級群の前後の年級群(1983および1985-1987年級群)は200万尾未満と低水準であった。これに対し、1990年級群の前後の年級群(1988および1991年級群)は300万尾を超えた。

親魚漁獲数の変動は、年級群漁獲数の1年遅れの変動パターンとおおむね一致した。しかし、1989年と1994年の親魚数は、前年の年級群数が前々年のそれに比べ増加したのにも関わらず、前年の親魚数よりも減少した。

4. 動物プランクトン密度の経年変化 (図4)

コシブトカメノコワムシの密度は、1982-1984年と1989-1996年に比較的多かったが、1985-1987年と1997年には減少した。ハリナガミジンコは、1980-1981年と1989-1991年に増加のピーク、1985年と1995年に減少のピークを示し、近年再び増加傾向にある。ヤマヒゲナガケンミジンコは、1980年代前半に比較的多かったが、その後減少して低い水準で推移している。しかし、その密度は1989年と1997年には以前の水準まで一時的に回復している。ケンミジンコ類幼生の密度は1986-1995年まで低水準で推移していたが、1996年以後再び増加傾向を示している。ゾウミジンコは1985年に初めて出現し、その後急激に増加した。

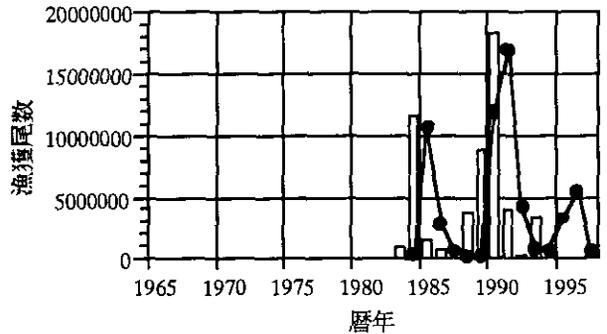


図3 十和田湖におけるワカサギの年級群別漁獲尾数(白棒)と親世代の漁獲尾数(黒丸)。ただし、1994年級群の以後の漁獲尾数は明らかになっていない。

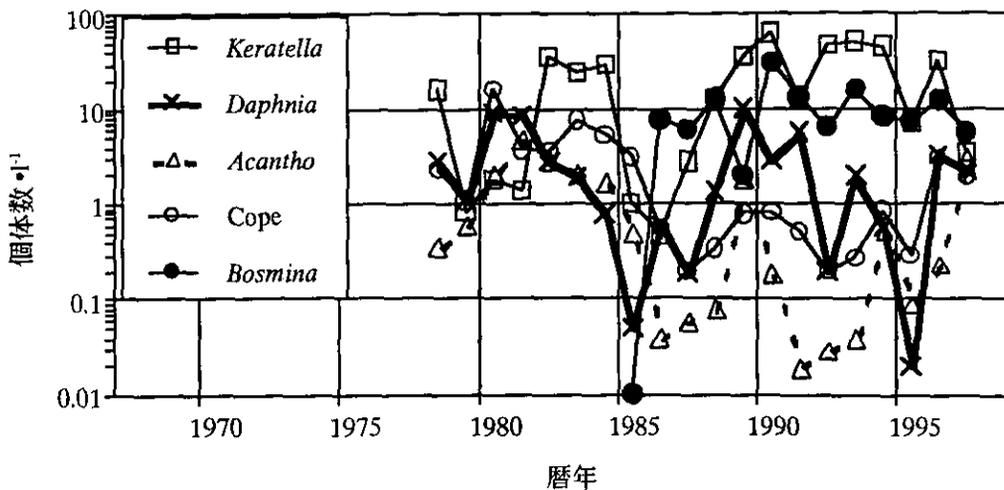


図4 十和田湖における動物プランクトン密度の経年変化. Keratella: コシブトカメノコワムシ、Daphnia: ハリナガミジンコ、Acantho: ヤマヒゲナガケンミジンコ、Cope: ケンミジンコ類幼生、Bosmina: ゾウミジンコ。

その密度は1989年に一時的に低下したものの、以後再び高水準のまま推移している。

5. 物理環境

十和田湖休屋における年平均気温は、1978-1988年において6-7℃台で推移していたが、その後上昇し、1989年以後7-8℃台を示している(図5)。十和田湖における5-11月の表面水温の平均値は、1967-1997年の間おおむね14-16℃の範囲で変動した(図5)。しかし1987-1992年は高温期が続き、平均水温が15℃を下回ることがなかった。

日照時間は、1977-1986年においておよそ1500-2000時間の範囲で変動していたが、1987-1988年にかけて急激に低下し、以後1200-1400時間の低い水準で推移している(図6)。

4-9月の降水量は、1983年以後おおむね700-1100mmの範囲内で変動し、1985年に最低値(580mm)、1995年に最大値(1262mm)を記録した(図6)。

魚類の個体群動態におよぼす個体群密度の影響

ヒメマスおよびワカサギの個体数変動におよぼす個体群密度の影響を明らかにするために、Maynard & Slatkin (1973)の式:

$$R = aC / \{1 + (bC)^z\} \quad (1)$$

を用いて、ヒメマスの競争関係およびワカサギの再生産関係について検討した。ここで競争関係とは、同一世代のある発育段階における個体数(C)と次の発育段階にいたるまで生存した個体数(R)との関係を示したもので、同一世代個体群における個体の生残過程に及ぼす個体群密度の影響評価に用いられる。また、再生産関係とはある世代の個体数(C)と次世代の個体数(R)との関係を示したもので、個体群の増殖過程における個体群密度の影響評価に用いられる。

(1)式におけるパラメータzは個体群増殖あるいは個体の生残に及ぼす密度効果の強さを表している。すなわちz=1の場合、密度効果は完全補償

となり、ある世代の密度がいくら増加しても次世代密度は一定のまま推移する。z>1の場合、密度効果は過大補償となり、ある世代の密度が一定水準を超えると、次世代密度は減少し全体として山形の曲線となる。z<1の場合、密度効果は過少補償となり、次世代密度が前世代の密度の増加とともに高まっていく。

ヒメマスの放流数(R)と年級群漁獲数(C)との競争関係を、ワカサギ出現以前の1965-1975年級群およびワカサギ出現後の1983-1991年級群について調べ、次式を得た(図7)。

1965-1975年級群:

$$R = 1.51C / \{1 + (0.151C)^{0.365}\}, r^2 = 0.276 \quad (2)$$

1983-1991年級群:

$$R = 0.109C / \{1 + (0.0000004C)^{6.29}\}, r^2 = 0.296 \quad (3)$$

(3)式より、1983-1991年級群のzは6.29を示

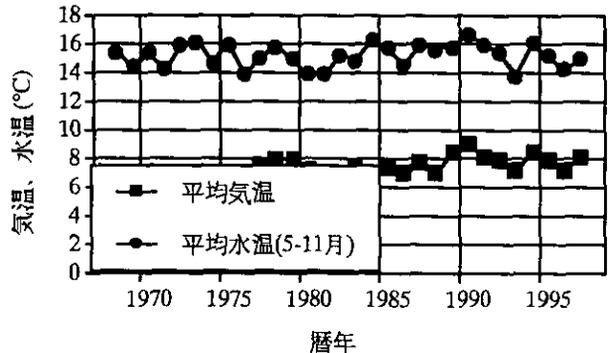


図5 十和田湖における平均気温と5-11月の平均表面水温の経年変化

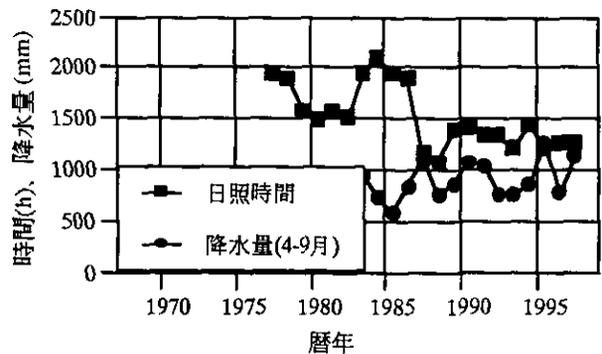


図6 十和田湖における年間日照時間と4-9月の降水量の経年変化

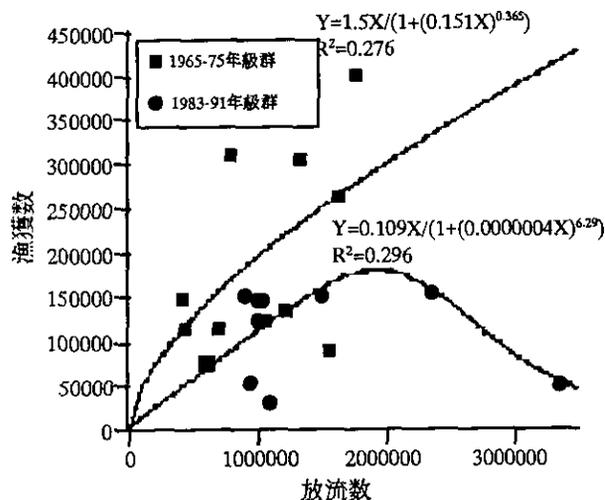


図7 十和田湖のヒメマス年級群における競争関係

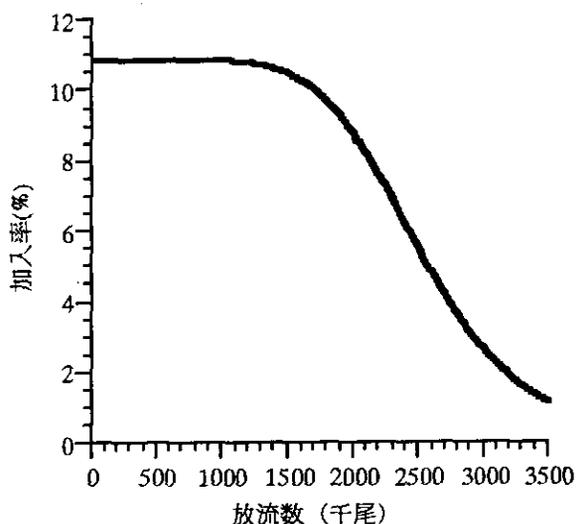


図8 十和田湖のヒメマスにおいて推定された放流量と漁獲加入率との関係

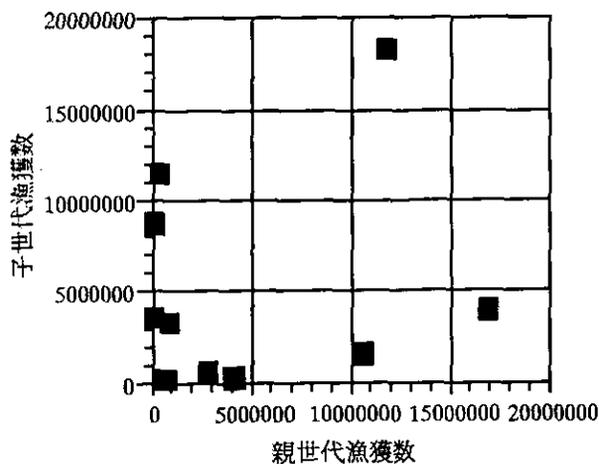


図9 十和田湖のワカサギ年級群における再生産関係

し、ヒメマス年級群の放流量と年級群漁獲数との関係は密度依存にして過大補償的に変化することが示唆された。過大補償型の競争関係は、共倒れ(スクランブル)型の種内競争とも呼ばれ、競争排除がないために個体群密度の増加にともない1個体の利用できる資源がどんどん減少し、どの個体も生存率や繁殖力が低下すると考えられている(伊藤ら 1992 参照)。

(3) 式より、放流量が1,918千尾のときに年級群漁獲数は最大(175,855尾)となることが知られた。また、(3) 式を基に加入率(年級群漁獲数/放流量、%)を計算し放流量との関係を調べた(図8)。加入率は、放流量が1062千尾に達するまではほぼ一定(約10.9%)で推移するが、その後減少し始め、放流量が2,000千尾を超えるところから急激に減少すると推定された。

(2) 式より、1965-1975年級群のzは1よりも小さく、競争曲線は過小補償となった。この結果の生物学的な理由は十分明らかでないが、ワカサギ存在の有無より、これらの年級群の放流量が比較的少なかったため(2,000千尾以下)に個体群密度による抑制効果が少なかったためと考えられる。

ワカサギ1983-1991年級群における親魚数(R)と年級群漁獲数(C)との再生産関係から次式が得られた(図9)。

$$R=13700000000C/\{1+(2839C)^{0.997}\}, r^2=0.00022 \quad (4)$$

(4) 式の決定係数(r^2)の値が極めて小さいことから、この結果はワカサギの再生産関係を説明するには不十分であると判断された。ワカサギの1983-1991年級群の再生産関係については明らかにすることができなかった。

魚類個体群動態と生息環境との関係

1985-1992年におけるヒメマスとワカサギの年級群漁獲数と、それらの年級群が放流あるいは発生した年の生息環境との関係を調べた。ヒメマスは秋に採卵・受精し、翌年の初夏に放流されるため、1984-1991年級が対象となった。また、ヒメ

マス年級群漁獲数は放流数と密度依存的な関係にあることから、ヒメマス年級群豊度の指標に競争曲線からの残差（以下、ヒメマス残差と記す）を用いた。これ以外に、ワカサギ年級群漁獲数、ワカサギ親魚数、ワカサギ他年級群個体数、ヒメマス他年級群個体数、動物プランクトン5種類の密度、平均気温、平均水温、日照時間および降水量を解析の対象とした。魚類数および動物プランクトン数は常用対数で変換した後使用した。

全ての変数を用いた主成分分析の結果、4つの主成分が抽出された（表4）。第1主成分はヤマヒゲナガケンミジンコとケンミジンコ類幼生の密度と正の相関をもち、ゾウミジンコ密度と負の相関をもつことから、動物プランクトン群集に関する因子であると考えられた（図10）。第2主成分は平均水温と平均気温が正の値で抽出されているこ

とから、温度環境に関する因子であると推測された。第3主成分は、ヒメマス残差のみが負の相関を示すとともにワカサギ年級群漁獲数が強い正の相関を示すことから、ヒメマスおよびワカサギの当歳魚における種間関係に関する因子であるとみなされた。第4主成分はワカサギ親魚数が正の値で、ヒメマス他年級個体獲数が負の値で抽出されており、ヒメマスおよびワカサギの当歳魚以外の種間関係に関する因子であると考えられた。これらの結果から、ヒメマスとワカサギは一方が増えると他方が減るという関係にあることが示唆された。

ヒメマス残差を目的変数（Y）として生息環境との関係を変数増減法による重回帰分析により検討した。その結果、ハリナガミジンコ密度（X）のみが説明変数として採用され、次式が得られた。

$$Y = -40856 \log(X) - 1361, r^2 = 0.505, p < 0.05 \quad (5)$$

表4 主成分分析結果

	固有値	寄与率	累積寄与率
第1主成分	4.910	0.351	0.351
第2主成分	3.736	0.267	0.618
第3主成分	2.043	0.146	0.764
第4主成分	1.347	0.096	0.860

(5)式はヒメマスの年級豊度はハリナガミジンコ密度が高い年に小さくなることを意味している。

次にワカサギ年級群漁獲数を目的変数（Y）として生息環境との関係を同様の方法により検討した。但し、ここではヒメマス残差のかわりにヒメマス年級群漁獲数を目的変数に用いた。その結

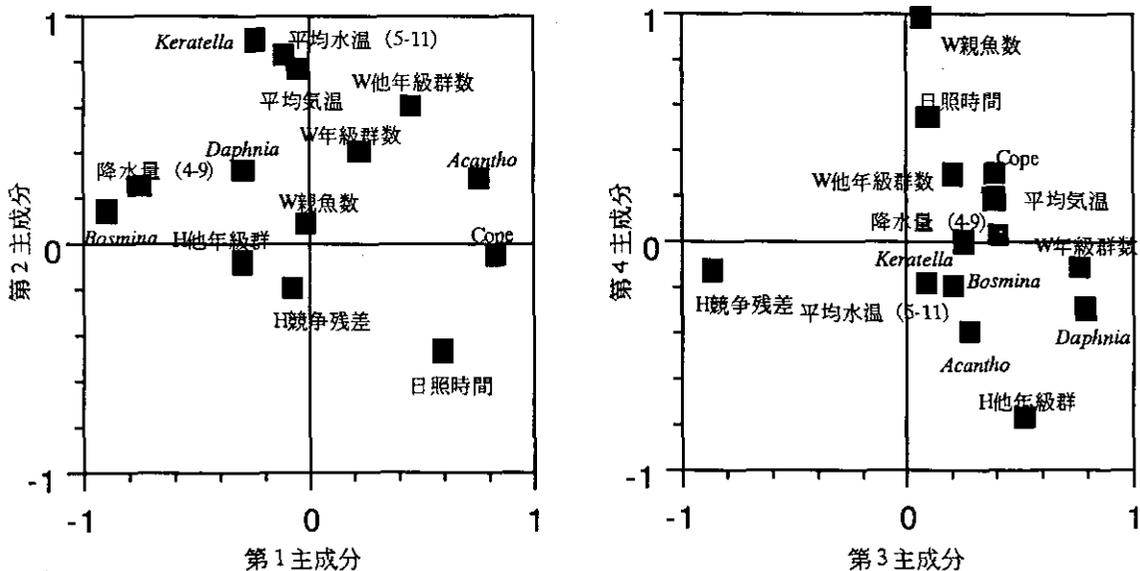


図10 1984-1992年の十和田湖生態系における諸変数の因子負荷プロット

果、ハリナガミジンコ密度 (X_1) とケンミジンコ類幼生密度 (X_2) が説明変数として採用され、次式が得られた。

$$\log(Y)=0.70\log(X_1)+1.05\log(X_2)+6.57, r^2=0.841, p<0.05 \quad (6)$$

(6) 式は、ワカサギの年級群漁獲数はハリナガミジンコやケンミジンコ類幼生の密度が多い年に増加することを示している。

以上の結果は、十和田湖におけるヒメマスとワカサギの個体群動態には、ハリナガミジンコの密度が重要な役割を担っていることを示唆している。しかし、ここではハリナガミジンコ密度の増加がヒメマスの減少およびワカサギの増加にどのように関係しているのかについては十分明らかにできなかった。

漁獲数変動と生息環境との関係

1984-1997年におけるヒメマスおよびワカサギの漁獲数と生息環境との関係を、変数増減法による重回帰分析により検討した。ワカサギは春季に産卵のため接岸し漁獲されるため、漁獲年の環境よりもその前年の生息環境に大きく影響されている可能性も考えられる。そのため、目的変数にはヒメマスの漁獲数とワカサギの1年後(1985-1998年)の漁獲数を加えた。説明変数には、動物プランクトン5種類の密度、平均気温、平均水温、日照時間および降水量を用いた。漁獲数と動物プランクトン数は常用対数値に変換した。

ヒメマス漁獲数を目的変数 (Y) として解析した結果、ハリナガミジンコ密度 (X_1)、水温 (X_2) およびヤマヒゲナガケンミジンコ密度 (X_3) が説明変数として採用され、次式が得られた。

$$\log(Y)=0.32\log(X_1)+0.29X_2+0.21\log(X_3)-0.29, r^2=0.799, p<0.01 \quad (6)$$

(6) 式は、ヒメマスの漁獲数が餌生物として重要な大型の動物プランクトン密度や水温が高い年、すなわちヒメマスの成長が良好な年に多いことを

示唆している。この結果は、十和田湖においてヒメマスが刺網の網目選択により体長19cm以上で漁獲対象となることから妥当であると考えられる。

次にワカサギの1年後の漁獲数を目的変数 (Y) として解析した結果、ヤマヒゲナガケンミジンコ密度 (X) のみが説明変数として採用され、次式が得られた。

$$\log(Y)=0.492\log(X)+4.57, r^2=0.344, p<0.05 \quad (7)$$

(7) 式は、ヤマヒゲナガケンミジンコ密度が高い年の翌春に、ワカサギの漁獲が多いことを示している。

これに対し、ワカサギの漁獲量を目的変数として解析した結果、どの変数も説明変数として採用されなかった。

また、ある年のヒメマス漁獲量とその1年後のワカサギ漁獲量との間には正の相関が認められた ($r=0.693, n=14, p<0.01$)。

以上のことから、ヒメマスとワカサギの漁獲量は、餌生物として重要な大型動物プランクトンの豊度に依存して変動することが示唆された。また、その変化は漁業形態の違いにより、ワカサギでは1年遅れて現れると考えられた。

結論

十和田湖におけるヒメマスおよびワカサギの個体群動態について検討し以下の結果を得た。

(1) ヒメマス年級群の放流数と年級群漁獲数との間には密度依存的な共倒れ型の競争関係が認められ、放流数が1,918千尾のときに年級群漁獲数が最大(175,855尾)となること、および加入率は放流数が1062千尾に達するまではほぼ一定(約10.9%)で推移するが、2,000千尾を超えると急激に減少すると推定された。また、ヒメマス年級群漁獲数は、放流年におけるハリナガミジンコ密度と負の相関関係を示した。

(2) ワカサギの年級群漁獲数は、発生年におけるハリナガミジンコやケンミジンコ類幼生の密度が

多い年に増加した。

(3) ヒメマスとワカサギの種間関係は、当歳魚間および2年魚以上の集団間において、一方が増えると他方が減る関係にあることが示唆された。

(4) ヒメマスとワカサギの漁獲量は、餌生物として重要なハリナガミジンコやヤマヒゲナガケンミジンコの豊度に依存して変動するが、ワカサギの変動は1年遅れて現れると考えられた。

したがって、ヒメマスの放流数を例年1000千尾程度に維持するとともに、漁獲物および動物プランクトン豊度をはじめとする生息環境について引き続きモニタリングしていくことが、十和田湖におけるヒメマスの資源管理において重要であると考えられる。

引用文献

伊藤嘉昭・山村則夫・嶋田正和 (1992) 動物生態学. 蒼樹書房、東京.

Maynard S. J. & Slatkin M (1973) The stability of predator-prey systems. *Ecology* 54: 384-391.

十和田湖のヒメマス資源管理

帰山雅秀

北海道東海大学 (〒005-8601 札幌市南区南沢 5-1-1)

Protection and management of a lacustrine sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population in Lake Towada

Masahide KAERIYAMA

Hokkaido Tokai University, Sapporo 005-8601, Japan

はじめに：ヒメマスの分類と定義

ヒメマスは、硬骨魚綱原棘鱗上目サケ目サケ科サケ属の湖沼型ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*) である。ベニザケの生活史パターンは、サケ属魚類のなかでも最も多様であり、降海型、残留型およびコカニー型に分かれ (Ricker 1940)、降海型はさらに湖沼形、河川形および海洋形に分類される (Wood *et al.* 1987)。ヒメマスは、ほとんどの個体が湖沼で一生涯を送るものの、降海型のスマルトが出現することから残留型である湖沼型と位置づけ、コカニー型とは区別される。

ヒメマスの生活史

ベニザケの産卵河川は主に北緯50-60度に分布し、わが国は分布の南限域を越えている。わが国におけるヒメマスの原産地は北海道の阿寒湖とチミケップ湖であり、田沢湖のクニマスも同じ仲間かと思われるが、現在すでに絶滅したのか、その姿を失って久しい。現在、ヒメマスのほとんどは人工孵化放流事業により再生産され、十和田湖、支笏湖、洞爺湖および阿寒湖などの貧栄養湖を中心に分布する。

形態的には鰓耙が細長く、その数が33-40本に及ぶことから他のサケ属魚類と区別できる。産卵期は10-11月で、親魚は雌雄ともに緑褐色と朱紅色の婚姻色を呈する。特に、雄は両顎がのびて吻端が伸長して曲がり、背部は隆起する。

親魚は、湧水が出ている湖岸か、湖に注ぐ小河川で産卵する。稚魚は翌春に産卵床から浮上し、しばらく付近に滞在するが、その後は湖全体に回遊分布するようになる。夏の高温時には、ヒメマスは水温躍層の直下に移動する。湖に大型の動物プランクトンが豊富な時は、ヒメマスはそれらを卓越的に摂餌するが、そうでない場合は水生昆虫や陸上性落下昆虫、さらに小型の魚類を摂食する。ヒメマスの年齢は、研究者により年齢査定法が異なるが、ここでは明け年齢法で示すこととする。すなわち、ヒメマスの産卵受精時 (秋季) を誕生日とし、翌春浮上時には1歳魚とする。従って、鱗などの年齢形質を表す硬組織では、年帯数に1年足した数その魚の年齢となる。

ベニザケの生活史戦略は、降海と残留の二つの戦略に基づく条件戦略である。餌や生息空間などの資源が十分得られるときは湖沼に残留するが、エネルギー代謝などホメオスタシスを維持する上で、資源が十分得られない場合は降海移動する。ヒメマスには、湖沼生活2-3年目にスマルト化して降海行動をとる個体が出現する。ヒメマスは他のサケ属魚類と同様に一回繁殖で、湖沼で3-4年生活した後、生まれた場所へ産卵回帰し、産卵後は全個体が死亡する (帰山 1994)。

湖沼におけるヒメマスの個体群動態

湖沼に生息するヒメマスは個体群密度効果の影響を受ける (帰山 1991)。例えば、支笏湖のヒメ

マスは、個体群サイズ（資源量）と体サイズとの間に顕著な負の相関が観察される。孕卵数は体サイズとの関数であるので、ヒメマスの出生率も個体群密度効果の影響を受けることとなる。それぞれの湖沼ではヒメマスを養育できる器の大きさが決まっており、それをヒメマスの環境収容力とよんでいる。環境収容力は、湖沼環境の長期的な変動と連動し変化する。この環境収容力は、親子関係である再生産曲線から推定することが可能である。例えば、支笏湖ヒメマスの親魚の環境収容力は最大で約12,000尾、現在では約4,000尾と推定され、環境収容力から計算した最大放流数は50-140万尾と算定されている（帰山 1991）。ヒメマスは、この環境収容力の範囲内で個体群の密度効果を受ける。密度効果による個体群の変動機構についてはストレス説、行動遺伝説、血縁選択説など様々な仮説がたてられているが、共通した現象としては個体群密度の増加に伴い個体レベルでの成長量の低下、高齢化、分布域の拡大、繁殖能力の低下、流行病の大発生および死亡率の増加へと進展し、最終的には個体群の崩壊が観察されている。支笏湖では、環境収容力を上回る幼稚魚の過放流による個体群の密度効果のため、これまでに個体群の崩壊、動物プランクトン群集と生態系の変化が二度観察されている。

湖沼におけるヒメマスと他魚種との 種間競争

安定した湖沼生態系における魚類群集では、各魚種はそれぞれの生態的ニッチを確保し共存している。しかし、人為的にそれまで生息していなかった魚種を移植したり、汚濁水の混入などにより生態系を変えられた場合、魚種の群集構造が変化することがある。特に、同じ生態的ニッチをもつ複数種が同所的に存在した場合、両者には種間競争が生じる。

ロッカ・ボルテラの競争式を用いて湖沼におけるヒメマスと他魚種との関係を調べると、支笏湖で観察されたようにベントス食であるアメマスのように餌ニッチが異なる種とは競争関係を示さず

共存している（帰山 1991）のに対して、同じ動物プランクトン食であるワカサギのように餌ニッチが同じ種とは顕著な競争関係を示すことが洞爺湖で観察されている（坂野 1998）。

孵化場魚が野生魚に及ぼすその他の 影響

人工的に再生産されて自然界へ放流された孵化場魚が野生魚に及ぼす影響についていろいろ問題となっている。生態学的には、先に述べたように過放流による個体群の崩壊や生態系の変化などがあり、遺伝学的には、小集団の長期的な選別によるボトルネック効果や移植による地域集団の固有性喪失などがあげられる。支笏湖ヒメマスの遺伝的変異性は野生魚に比べて著しく低く（多型率<10%、平均ヘテロ接合体率=0.028）、すでにボトルネック効果が発現している。孵化場魚は、高密度で集約的に飼育されるために野生魚に比べて大型で社会関係がへたで、自然環境への適応が苦手であるという行動学的リスクを負っている。また、孵化場魚は過密飼育、ハンドリングや移植などの環境ストレスにより免疫応答が低下している。さらに、最近、冷水病にみられるように人工採苗アユからオイカワなどの野生魚への魚病の感染が報告されるようになってきた。

十和田湖のヒメマス

十和田湖のヒメマス資源の変動を長崎・沢目（1999）をもとに分析した。十和田湖にヒメマスが支笏湖より移植されて100年近くが経過した。十和田湖のヒメマス資源は、1980年代前半までは安定した高い資源水準（10-60トン）を維持していたが、ワカサギが本格的に漁獲されるようになった1984年以後、著しい資源変動を示すようになった（図1）。ワカサギ漁獲量のピークはヒメマス漁獲量のピークの翌年に出現するケースが多い（1985年、1991年、1995年）。ワカサギが著しく増加したときに、ヒメマスが激減している（1985年、1990-1992年）。また、両種とも漁獲量の著しい増

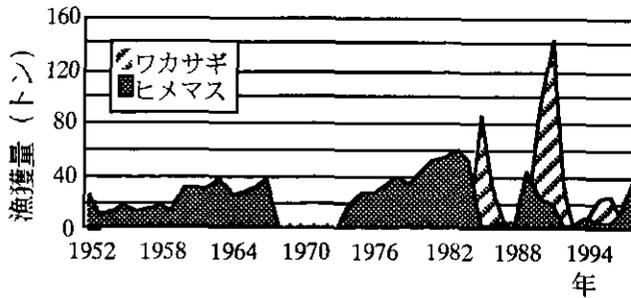


図1 1952-1998年、十和田湖におけるヒメマスとワカサギの漁獲量経年変化 (1968-1973年のヒメマス漁獲量は欠測)。

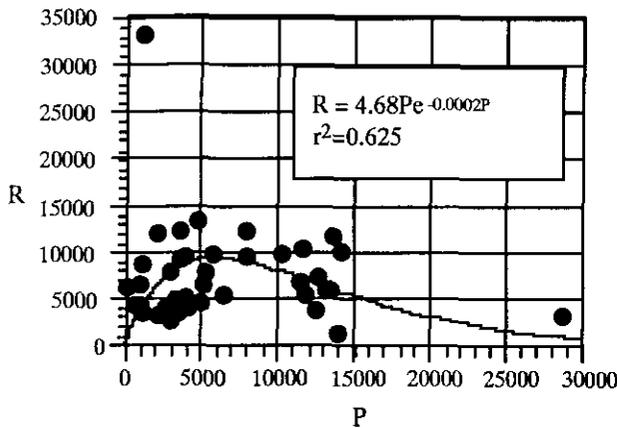


図2 十和田湖ヒメマスの再生産曲線. P:親の数, R:子の数.

加の直後に個体群のクラッシュをおこしている場合が多い。

1952年級群以降の再生産曲線から、十和田湖におけるヒメマスの親魚の環境収容力は約8,000尾と推定され、最大放流数は約160万尾と試算された(図2)。なお、再生産曲線のパラメータは、ヒメマス親魚の主な年齢構成が3-5歳であり、卓越年齢が4歳であることから、3年移動平均値の4年スライドによる親子関係をもとに、最小二乗法により初期パラメータを求めた後、反復計算アルゴリズムをLevenberg-Marquardt法により求めた。最大放流数は、親魚の性比を1:1、平均孕卵数を500粒/尾、受精から放流までの生残率を80%として計算した。

鈴木ら(1999)は、ワカサギ生息下の十和田湖におけるヒメマスの環境収容力を年級群の最大漁獲数に換算して約175千尾と算出し、200万尾以上放流すると生残率の指標である加入率が急激に減

少することを報告している。図2と鈴木らの結果は、十和田湖ではヒメマス160万尾以上の放流が個体群のクラッシュにつながる可能性の高いことを示唆している。

十和田湖におけるヒメマスの摂餌生態も他の湖沼と同様にプランクトン食性を示す。彼らの主要な餌生物は、ハリナガミジンコ(*Daphnia longispina*)やヤマヒゲナガケンミジンコ(*Acanthodiptomus pacificus*)などの大型動物プランクトンであり、それらが得られないときに落下昆虫や稚仔魚を摂餌している(水谷1999)。

図1に示したように、十和田湖におけるヒメマスとワカサギの漁獲量の経年変化では両者が拮抗しているように見える。そこで、十和田湖におけるヒメマスとワカサギとの種間関係を、ロッカ・ボルテラの競争式から検討した。様々な観点から分析した結果、図3に示したように、ある年(x年)に対してヒメマスは4年後(x+4年)の漁獲量、ワカサギは2年後(x+2年)の漁獲量とに最も高い相関が得られた($r^2=0.217$)。このことは、ベニザケとワカサギの種間関係が浮上時の初期生活期に最も強いことを表している。図3より、それぞれの環境収容力(K)と競争係数(a)は、ヒメマスが約59トン(K_j)と1.46(a_{ij})、ワカサギが約20トン(K_j)と0.15(a_{ij})と推定され、

$$K_j/a_{ij} > K_s, K_j/a_{js} > K_s, a_{ij} \cdot a_{js} < 1$$

が成立した。すなわち、両者がきわめて強い競争関係にあることを、図3は示している。

十和田湖のヒメマスの再生産に関する正確な情報はきわめて少ない。採卵に使用した親魚数、特に雄親魚数のデータがないために集団に有効な大きさがわからない。また、親魚の体サイズ、卵サイズや卵数といった繁殖形質に関する情報も断片的であり、集団の遺伝学的評価ができない。

秋田県の魚病検査結果によると、十和田湖のヒメマス親魚は細菌性腎臓病および冷水病に感染している(水谷1999)。両病気はきわめて感染力が高く、冷水病においては放流アユから野生のアユやオイカワに感染した例が報告されている(Iida & Mizokami 1996)。

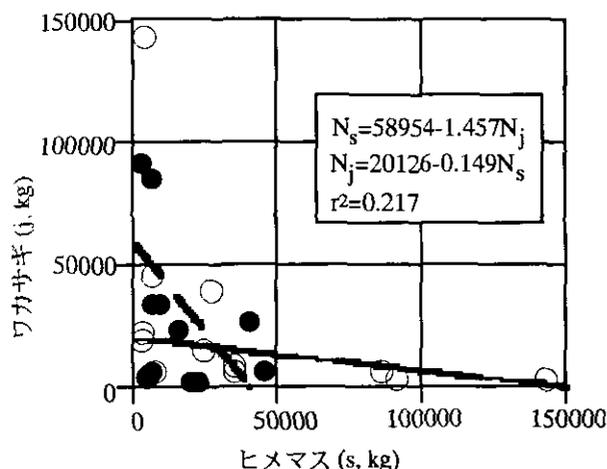


図3 十和田湖におけるヒメマスとワカサギの競争関係

結論：十和田湖におけるヒメマス資源管理のあり方

以上の結果から、十和田湖におけるヒメマス資源の管理と魚類群集の保存に関する方法について検討するとつぎのように結論される。

1. 十和田湖における魚類の環境収容力を種別に把握し、魚類個体群のクラッシュを起こさないように、ヒメマスの放流数を適切に制御すべきである。
2. 十和田湖においてヒメマスとワカサギはほぼ同じ生態的ニッチにあり、競争関係にある。両者はどちらも人為的に移植されたものと考えられるが、ヒメマスは再生産の場が人為コントロール下にあるのに対し、ワカサギは自然環境下で再生産している。そのため、ヒメマス資源のみを高位安定的に維持することは、きわめてむずかしい。今後は両種の共存を図る方策を探ることが肝要であろう。
3. 十和田湖のヒメマスに関する生物学的情報はきわめて乏しい。今後、以下の生物学的データの収集を重点とした生物モニタリングが、十和田湖におけるヒメマスをはじめとした魚類群集の保全にきわめて重要である。

遺伝学的情報：集団の有効な大きさ（雄雌使用親魚数）、集団の多型率と平均ヘテロ接合体率な

ど、

生態学的情報：正確な漁獲量、体サイズ（体長と体重）、成長（硬組織による成長履歴）、摂餌生態（胃内容量指数、胃内容物：出現頻度法、個体数法および重量法）、

繁殖形質情報：親魚の体サイズ（体長と体重）、生殖腺重量、卵数、卵サイズなど、

病理学的情報：病歴、免疫抗体性、代謝活性など、湖沼学的情報：水温、透明度、プランクトン現存量など、

他魚種の生物学的情報：ワカサギ、サクラマスなど他魚種の上記に示した生物学的情報を可能な限り収集すること。

4. 放流魚は、放流前に必ず健苗性のチェックをし、特に罹病の種苗は決して放流しない。

5. 上記を確認するために、年に数回、十和田湖魚類資源評価会議を開催し、十和田湖における健全な魚類群集構造の保全に勤めるべきである。

引用文献

- Iida Y. & Mizokami A. (1996) Outbreaks of coldwater disease in wild ayu and pale chub. *Fish Pathology* **31**: 157-164.
- 帰山雅秀 (1991) 支笏湖に生息する湖沼型ベニザケの個体群動態. さけ・ますふ化場研究報告 **45**: 1-24.
- 帰山雅秀 (1994) ベニザケの生活史戦略：生活史パタンの多様性と固有性. 川と海を回遊する淡水魚（後藤・塚本・前川編）, pp. 101-113. 東海大出版会, 東京.
- 水谷寿 (1999) 十和田湖生態系調査及び資源対策調査（1998年度）. 国立環境研研報 **146**: 137-150.
- 長崎勝康・沢目司 (1999) 十和田湖資源対策調査結果（1998年度）. 国立環境研研報 **146**: 126-136.
- Ricker W. E. (1940) On the origin of kokanee a freshwater type of sockeye salmon. *Transactions of the Royal Society of Canada* **34** (Section V): 121-135.

坂野博之 (1998) 洞爺湖ヒメマスの成長と魚種間関係の影響に関する生態学的研究. 北海道大学博士論文.

鈴木俊哉・長崎勝康・水谷寿・帰山雅秀 (1999) 十和田湖におけるヒメマスおよびワカサギの個体群動態.. 国立環境研研報 146: 27-35.

Wood C. C., Riddell B. E. & Rutherford D. T. (1987) Alternative juvenile life histories of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and their contribution to production in the Stikine river, northern British columbia. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 96: 12-24.

十和田湖における動物プランクトン群集の季節変化 ~1998年の結果から

牧野渡

北海道大学水産学部生物海洋学講座 (〒041-0821 北海道函館市港町3-1-1)

Zooplankton community of Lake Towada during the warm-water season in 1998

Wataru MAKINO

*Biological Oceanography, Faculty of Fisheries, Hokkaido University,
3-1-1 Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-0821, Japan*

はじめに

青森・秋田県境に位置する十和田湖は、カルデラ湖で典型的な貧栄養湖に類別される。十和田湖は風光明媚な観光地として有名であるが、近年、湖の栄養塩現存量が増加していないにもかかわらず透明度が低下する傾向にあり非常に憂慮されている (Takamura *et al.* 1999)。透明度は植物プランクトンの現存量とリンクしているため、栄養塩現存量との間に密接な関係があることがしばしば報告されているが (Wetzel 1983 を参照)、十和田湖の透明度は栄養塩現存量のみで決定されていないようである。このことは、漁業対象として移植されたプランクトン食魚のヒメマス、あるいは1985年頃から出現したワカサギを起点とし、動・植物プランクトンに達する生物間相互作用が、十和田湖の透明度に影響している可能性を示唆する (Takamura *et al.* 1999)。

動物プランクトンは、プランクトン食性魚が好む餌生物でもあるため、水界生態系において物質輸送の仲介者としての役割を担う (Wetzel 1983)。同時に、その摂餌行動や、排泄により水中に回帰される再生栄養塩を介して、植物プランクトン群集を調節するため、湖沼の水質にも深く関与している (Carpenter *et al.* 1985)。従って、動物プランクトン個体群の時間的・空間的変化と、それを支配する要因の関係を解析することは、漁業生産を管理する上で重要な情報を提供するだけでなく、湖沼環境保全の一助にもなり得ることが期待され

る。そこで、十和田湖における動物プランクトン群集の時空間的変動を詳細に把握するため、できるだけ短い間隔で野外採集を行った。甲殻類動物プランクトンは、湖に棲息するヒメマスおよびワカサギの主な餌生物であり (Takamura *et al.* 1999)、かつその大きな摂餌能力により懸濁粒子を高い速度で除去できるため透明度を制限している可能性が高い (Carpenter *et al.* 1985)。本稿では、その個体数変動要因についても考察した。また湖における輪虫類と甲殻類動物プランクトンの相互関係についても説明を試みた。

方法

調査は十和田湖沖合に設けた St.1 (水深約100m) において (図1)、1998年4月28日から10月28日にかけて、10-20日間隔で行った。動物プランクトンは、ろ水計を装着したプランクトンネット (口径30cm、目合0.1mm) による水深95mからの鉛直曳、あるいはバンドン採水器で得た湖水を目合40 μ mのメッシュネットでろ過して採集した。バンドン採水器による採水深度は、0、5、10、15、20、30、40、50、60、80m、および95mである。これとは別に、6月10日、7月23日、8月11日、および10月11日には、北原式閉鎖型プランクトンネット (口径30cm、目合0.1mm) を用いた鉛直区分採集を日中1回行い、甲殻類動物プランクトンの鉛直分布を詳細に調べた。採集層は、0-5、5-10、10-15、15-20、20-25、25-30、30-

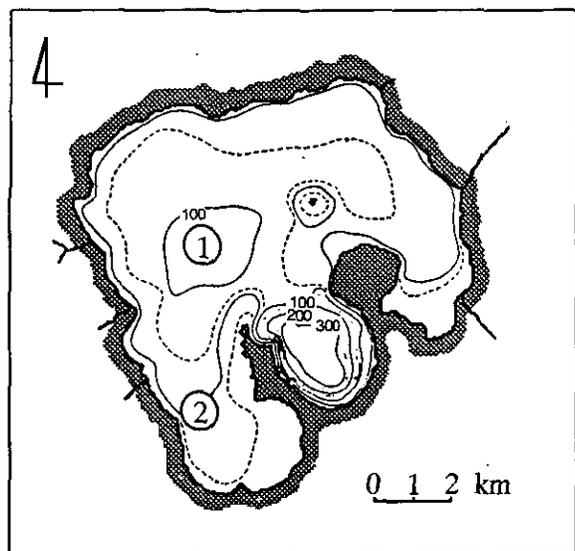


図1 十和田湖と本調査における採集地点 (①, St.1; ②, St.2)

40、40-50、50-60、60-70、70-80m、および80-95mの合計12層である。また7月23-24日には、鉛山沖合のSt.2(水深約70m)において(図1)、昼夜1回ずつ鉛直区分採集を行い、鉛直移動の有無を確認した。採集層は、0-5、5-10、10-15、15-20、20-25、25-30、30-40、40-50、50-65mの合計9層である。

いずれの採集時にも、得られた試料は直ちに炭酸水で麻酔し、5% サッカロースホルマリン(Haney & Hall 1973)で固定・保存した。これらを実験室に持ち帰り種毎に計数し、0-95m水柱あたりの個体数密度、および鉛直分布を求めた。なお甲殻類動物プランクトンについては、成体雌が保持している卵数も計数し、橈脚類については発育段階(卵、初期および後期ノープリウス幼生、初期および後期コペポダイト幼生、雌雄成体)を識別した。

結果

動物プランクトン現存量と組成、および鉛直分布

1) 甲殻類動物プランクトン

調査開始時の甲殻類動物プランクトン総個体数

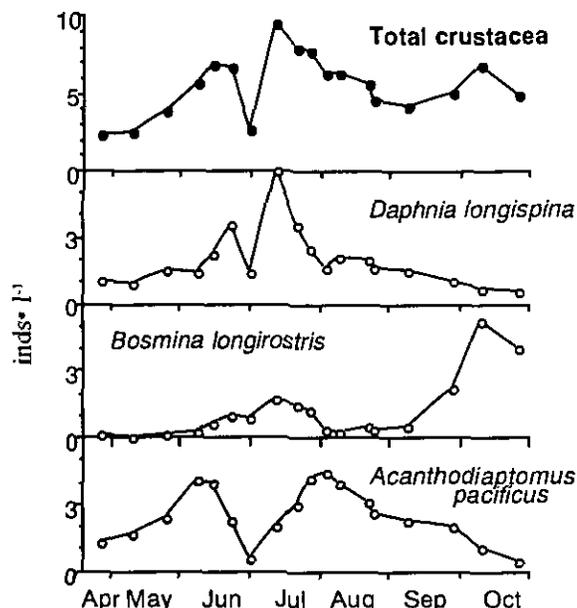


図2 St.1における甲殻類動物プランクトン個体数密度の季節変化(バンドン採水器およびプランクトンネットによる採集結果)

密度は2inds \cdot l $^{-1}$ 程度であったが、6月以降に急増し、7月中旬に最大値、約10inds \cdot l $^{-1}$ に達した(図2)。以後は徐々に減少し、9月以降は5-7inds \cdot l $^{-1}$ で推移した。調査期間を通して*Acanthodiaptomus pacificus*、*Daphnia longispina* および*Bosmina longirostris*が優占し、これら3種で甲殻類動物プランクトン総個体数のほとんど全てを占めた。ただし、個体数が増加した時期は種ごとに異なり、*D. longispina*では6-7月、*B. longirostris*では10月にそれぞれ個体数ピークが認められ、*A. pacificus*では6月と7-8月の2度の個体数ピークが認められた。

これら3種の6-10月の日中の分布深度は季節変化が小さく、いずれの種とも水面直下から水深20mにかけて主に分布し、30m以深には殆ど出現しなかった(図3)。このうち*A. pacificus*のノープリウス幼生は水面直下に強く集群する傾向を示し、0-5m層に出現した個体の割合は30-70%と最も高かった。7-10月には、水深10-20m付近に水温躍層が発達したが、いずれの種および発育段階とも、個体群のほとんどが表水層から水温躍層にかけて分布した。ただし7月の採集時には、*B. longirostris*が水面直下から水深40-50mにかけて分散し、*D. longispina*や*A. pacificus*よりも深層ま

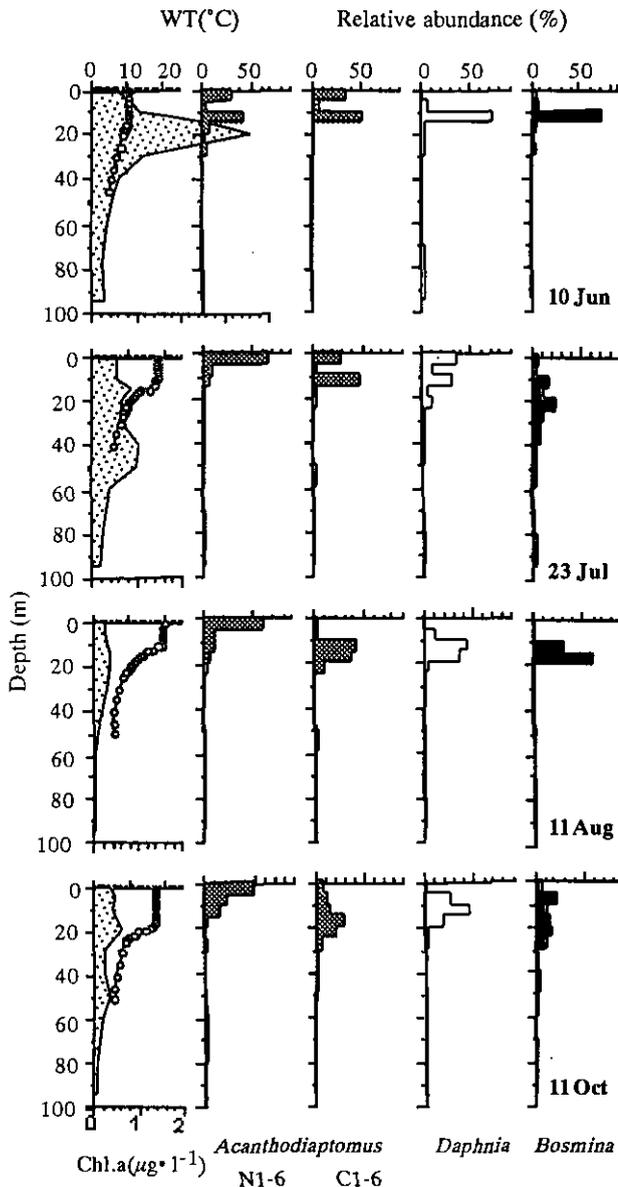


図3 St. 1における*A. pacificus*、*D. longispina*、および*B. longirostris*の日中の鉛直分布(北原式閉鎖型ネットによる採集結果)。*A. pacificus*については、ノープリウス・ステージとコペポダイト・ステージに分けて示した。左端は採集時の水温の鉛直(折れ線グラフ)、全クロロフィルa濃度(領域グラフ)の鉛直プロファイルを示す。

で出現した。なお、これら3種の鉛直分布は、クロロフィルa量のそれと必ずしも重複してはいなかった。

St.2において採集を行った7月23-24日には、日中の分布層は、いずれの種ともSt.1の場合とほぼ一致したが、夜間には3種とも強く水面直下に集群する、いわゆる日周鉛直移動を行っていた(図

4)。日周鉛直移動の結果、棲息水深の環境条件が日周的に変化することが指摘されているが(Williamson & Magnien 1982)、これら3種の移動はおもに表水層から水温躍層の範囲内で生じていたため、棲息水深水温の日周変化は、成層期においても顕著ではないことが予想される。

2) 輪虫類動物プランクトン

輪虫類総個体数密度は、5月中旬に調査期間中の最大値、約80inds·l⁻¹に達した後、6月末にかけて急減した(図5)。この時期には、*Synchaeta* spp.、*Ascomorpha* spp.等の被甲を持たない小型種が卓越し、水面直下から水深40mにかけて分布した。7-8月には、総個体数密度は10-20inds·l⁻¹程度であった。この時期の優占種は*Keratella cochlearis*で、表水層にはほとんど出現せず、水温躍層から水深40mにかけて分布していた。同属の*K. quadrata*は、*K. cochlearis*よりも若干浅い層に出現した。輪虫類の総個体数密度は9月以降再び増加し、調査終了時は約50inds·l⁻¹であった。この時期には、*K. cochlearis*および*Polyarthra vulgaris*で90%以上を占めた。*K. cochlearis*は、7-8月と同様に水温躍層から水深40mにかけて分布し、表水層にはほとんど出現しなかったのに対し、*P. vulgaris*は表水層内に高密度で分布した。なお輪虫類では、日周鉛直移動の程度は甲殻類動物プランクトンと比較してかなり小さいことが知られている(Hutchinson 1967; Wetzel 1983)。

甲殻類動物プランクトンの出生と死亡

D. longispina、*B. longirostris*については、Paloheimo (1974)に従い、egg ratio (= 卵数/雌個体数)と鉛直分布を考慮した棲息水深水温から瞬間出生率を算出し、これと個体群増殖率との差を求めて瞬間死亡率を見積もった(図6)。*D. longispina*では、egg ratioは4-6月上旬にかけては1-2.5と高く、同様に瞬間出生率も約0.1day⁻¹と高かった。ただし、瞬間死亡率も瞬間出生率と同程度であったため、この時期に個体数増加は見られていない(図2参照)。6月以降も、*D. longispina*の瞬間死亡率は、瞬間出生率と同等かあるいはそ

牧野

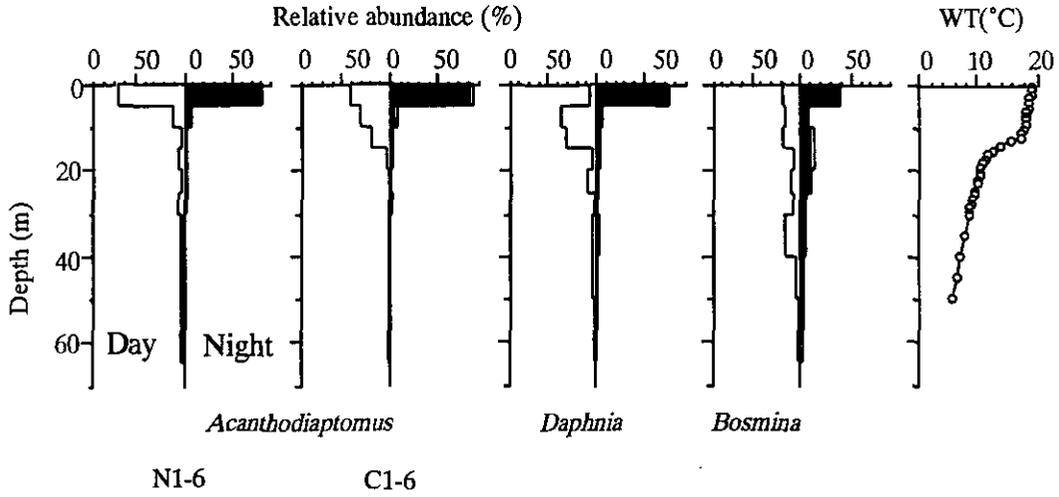


図4 St.2における*A. pacificus*、*D. longispina*、および*B. longirostris*の日中(7月24日;白)と夜間(7月23日;黒)の鉛直分布(北原式閉鎖型ネットによる採集結果)。*A. pacificus*については、ノープリウスステージとコペポダイトステージに分けて示した。右端は日中の採集時の水温の鉛直プロファイルを示す。

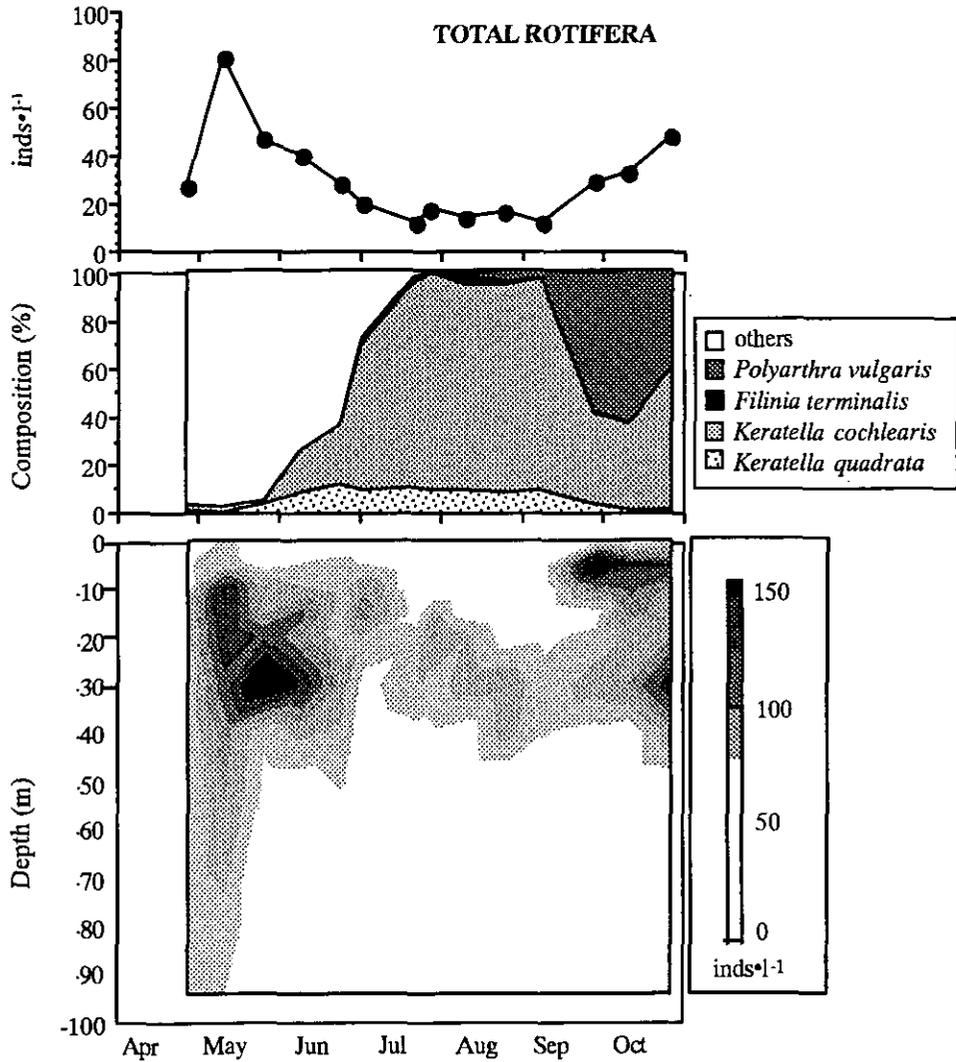


図5 St.1における輪虫類動物総個体数密度、輪虫類種組成、および日中の鉛直分布の季節変化(バンドン採水器による採集結果)

動物プランクトン群集の季節変化

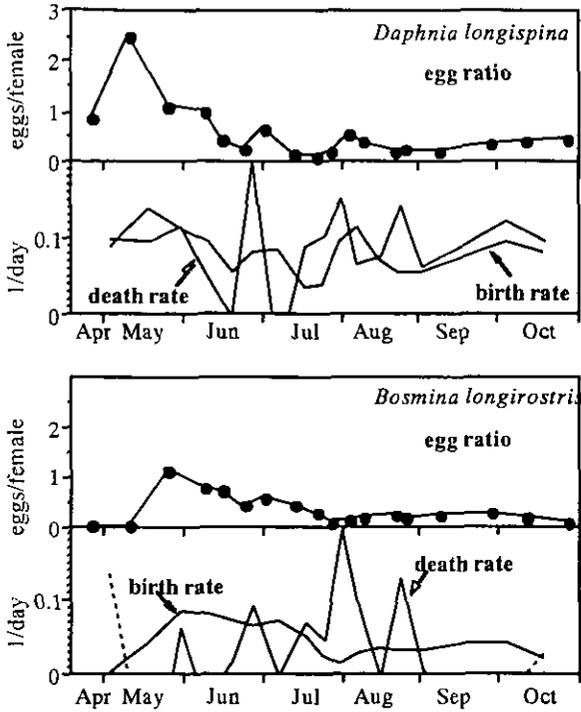


図6 St.1における*D. longispina*、*B. longirostris*の egg ratio、出生率および死亡率の季節変化

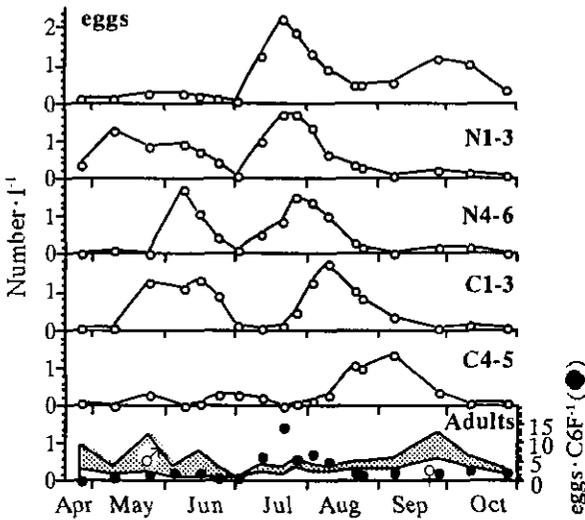


図7 St.1における*A. pacificus*各发育ステージの 個体数密度の季節変化

れ以上と高かったが、顕著な個体数増加がみられた6月下旬～7月上旬(図2参照)にかけては、間欠的な瞬間死亡率の低下が生じていた。*B. longirostris*では、egg ratio、瞬間出生率ともに7月まで相対的に高かったが、8月以降は半分程度まで低下した。個体数増加が顕著でなかった6-8月

(図2参照)にかけては瞬間死亡率が高く、最大で約 0.2day^{-1} に達した。9月以降は、相対的に低い出生率にもかかわらず個体数が急激に増加したが(図2参照)、この時期の瞬間死亡率は極端に低下していた。

*A. pacificus*については、個体数変動を发育段階ごとに調べた(図7)。卵数のピークは5-6月と7-8月、および9-10月にみられたため、これをコホート1、2、および3とし、それぞれ卵期以降の個体数ピークを追跡した。コホート1では、個体数ピークは5-6月の初期コペポダイト幼生までは明瞭に追跡できたが、6-7月の後期コペポダイト幼生(C4-5)以降では不明瞭となったことから、C4-5での死亡が大きかったことが読み取れる。コホート1の成体が産出したのがコホート2であり、これは卵期から成体まで個体数ピークを明瞭に追跡することができ、コホート1のようなC4-5での死亡の増大は生じなかったことが分かる。コホート2の成体が産出したのがコホート3であり、卵期以降の個体数が極端に少なかった。これは産出された卵のほとんどが、産卵直後にふ化する急発卵ではなく休眠卵であり、ふ化せず湖底に沈降したためであろう。*A. pacificus*が属するDiaptomidaeの多くの種が休眠卵を作ることはよく知られており(伴1998)、ドイツのTitiseeでは、夏季には急発卵を産していた*A. denticornis*が、秋季には休眠卵を産出したことが報告されている(Hutchinson 1967を参照)。

考察

甲殻類動物プランクトン個体数の変動要因

本調査における*D. longispina*、*B. longirostris*、*A. pacificus*の分布層はよく一致しており、棲息水深の環境条件の種間差も小さかったことが予想される。しかし、個体数が増加した時期は種ごとに異なり、*D. longispina*では6-7月、*B. longirostris*では10月に、*A. pacificus*では6月と7-8月の2度の個体数ピークが認められた。この原因のひとつとして、高い死亡が見られた時期が種間で異なった点が指摘される。すなわち、*D. longispina*の瞬間

死亡率は6-7月の一部を除き瞬間出生率と同程度と常に高かったが、*B. longirostris*の瞬間死亡率は夏季に高く秋季には著しく減少した。また、*A. pacificus*では、6-7月の後期コペポダイト幼生での死亡が大きかった。最近の研究では、湖や内湾などの閉鎖的な水域における個体数密度の制限要因は、水温などの非生物的要因よりも、むしろ餌不足や捕食といった生物的要因が重要であることを示している (Landry 1978; Sommer *et al.* 1986; Gilbert 1988; Burns 1992)。例えば、しばしば餌不足に苛まれる湖沼では、動物プランクトンの出生率や死亡率と餌密度との間に密接な関係が認められる (例えば、Hanazato & Yasuno 1985)。また、捕食者密度が高い時期に死亡率が増加するとの報告もある (例えば、Hanazato & Yasuno 1985; Hanazato 1992)。十和田湖ではどうだろうか。

本調査では、*D. longispina*、*B. longirostris*、*A. pacificus*の主な分布深度である0-30m水柱内の平均クロロフィルa濃度は、最高値を示した4-6月でも約 $2\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度と低かった (図8)。7-8月初旬は $0.5\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度と最も低く、8月下旬-9月には $1\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ を上回ったが、9月以降は $0.5\text{--}1\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ の範囲にあった。枝角類のegg ratioは餌条件の大まかな指標となる (例えば、Hanazato 1992) が、本調査では、4-6月に高く逆に7月に最小となり、瞬間出生率も同様の変化を示した。これらのことは、出生が餌条件に律速されていた (=餌不足) ことを意味する。また瞬間死亡率がいずれも7月中旬-8月初旬に最も高かったことは、飢餓により死亡が増加したことを暗示している。ただし*D. longispina*では瞬間出生率が高い時でも瞬間死亡率も同程度に高く、*B. longirostris*では9月以降もegg ratioの顕著な増加が見られなかったのに瞬間死亡率は減少した。これらのことは、飢餓が死亡要因の全てではないこと、すなわち、捕食による死亡も重要であることを暗示している。

ヒメマスやワカサギなどの視覚捕食者であるプランクトン食魚は、より目立ちやすい動物プランクトン (体サイズの大きな個体や抱卵個体など) を選択的に捕食する (Zaret 1980) ため、輪虫類よりも甲殻類動物プランクトンに対する捕食圧が

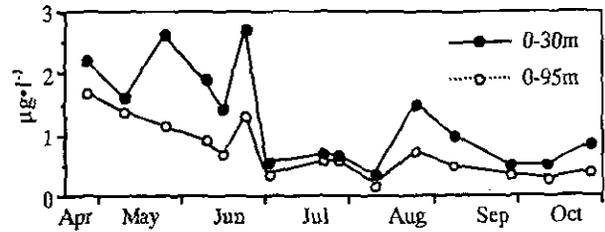


図8 St.1における0-30m水柱 (白丸) および0-95m水柱 (黒丸) 内平均クロロフィルa濃度 (全クロロフィルa) の季節変化

高い。実際に十和田湖では、ヒメマスは*D. longispina* および*A. pacificus*を、ワカサギはこれらに加えて*B. longirostris*も捕食すること、いずれも体サイズが最も大きくなる*D. longispina*をいちばん捕食することがわかっている (Takamura *et al.* 1999)。本調査でも、*D. longispina*の瞬間死亡率が調査期間のほとんどで高かったことは、これがヒメマスやワカサギに選択的に捕食され続けていたことを示しているのだろう。そして*B. longirostris*では、9月以降は捕食による死亡が減少したのではないだろうか。

Takamura *et al.* (1999) は、十和田湖産ヒメマス、ワカサギの消化管内容物を解析し、動物プランクトンのなかでは枝角類 (おそらく*D. longispina*) が最も多く出現するが、6-7月には橈脚類 (おそらく*A. pacificus*) の出現頻度が枝角類を上回ったことを報告した。本研究でも、6-7月に*D. longispina*の瞬間死亡率が間欠的に低下したが、これは*A. pacificus*の後期コペポダイト幼生の死亡が大きかった時期と一致した。これらの結果は、十和田湖の魚類はおもに*D. longispina*を捕食するが、6-7月に限り*A. pacificus*に対する選択性が増加することを示すのかも知れない。そして*A. pacificus*と*D. longispina*の分布深度がよく一致していたことは、魚類の餌選択性の変化が、餌生物の鉛直分布の変化以外の要因に依存していたことを示唆するのであろう。

甲殻類と輪虫類の相互関係

本調査では、輪虫類の総個体数密度は5月中旬に調査期間中最大値に達した後、6月末にかけて

急減し、7-8月に最も小さくなった。これに対して、甲殻類動物プランクトンの総個体数密度は6月以降に急増し、7月中旬に最大に達した。この増加は、*A. pacificus* と *D. longispina* の増加によるところが大きい。一般に、輪虫類の世代時間は甲殻類のそれよりも短いため、輪虫類は春季の水温・餌密度の増加に伴い、甲殻類よりも迅速に個体数を増加させることができる (Sommer *et al.* 1986; Gilbert 1988)。ただし餌をめぐる競争では大型の甲殻類、特に *Daphnia* が優位に立つため (Gilbert 1988)、輪虫類の個体数はこれらの甲殻類の増加に伴い減少することが、温帯域の様々な湖沼から数多く報告されている (例えば、Dawidowicz & Pijanowska 1984)。本調査の結果も、この考え方で説明できると思われる。

A. pacificus と *D. longispina* の増加が見られた時期は、被甲を持たない輪虫類の減少により、輪虫類の総個体数が減少した時期とよく一致した。最近の研究では、*Daphnia* などの枝角類や、カラノイダ模脚類の後期ステージが純粋な植食性ではなく、繊毛虫や小型の輪虫類も捕食する雑食性であることが指摘されている (Williamson & Butler 1986; Williamson 1987; Gilbert 1988)。なかでも模脚類は、*Keratella* 属などの固い被甲を持つ輪虫類よりも小型で被甲を持たない輪虫類を選択的に捕食することが分かっている (Williamson 1983)。また小型で被甲を持たない輪虫類は、*Daphnia* との干渉型の競争 (輪虫類が *Daphnia* の feeding chamber に餌粒子とともに混入し、胸脚の動きで傷つけられて死亡する現象、Gilbert 1988) に、被甲を持つ輪虫類よりも強く影響されることが知られている。これらのことは、本研究で5-6月に見られた輪虫類の減少には、甲殻類との餌をめぐる競争以外にも、*A. pacificus* による捕食や、*D. longispina* との干渉型の競争が関与していた可能性を示唆する。これは、7-8月には、甲殻類動物プランクトンの主な分布層である表水層には輪虫類がほとんど出現しなかった点や、優占種が *K. cochlearis* へと移行した点からも支持されるだろう。

9月以降は、*A. pacificus* と *D. longispina* は減少

傾向にあったが、逆に *B. longirostris* と輪虫類は個体数を増加させた。大型の *Daphnia* とは異なり、*B. longirostris* のような小型枝角類は、輪虫群集を抑圧しないらしい (Gilbert 1988)。本研究のように、*Daphnia* の少ない条件下で小型枝角類と輪虫類がともに高密度で共存する例は、他湖沼においてもしばしば観察されている (例えば、MacIsaac & Gilbert 1991)。

このように十和田湖の輪虫群集の現存量と種組成の遷移は、甲殻類動物プランクトンのそれと強くリンクしていた。一方、甲殻類動物プランクトンの現存量と種組成には、ヒメマス、ワカサギの捕食が大きく影響していたと考えられた。これらのことは、湖の最上位捕食者であるヒメマス、ワカサギの捕食は、甲殻類動物プランクトンの現存量と種組成を直接的に制限し、それにより輪虫類群集を間接的に制限すること意味している。

謝辞

三上一氏および青森県環境保健センターのスタッフの方々、片野登博士および秋田県環境技術センターのスタッフの方々、大高明史博士および弘前大学教育学部の方々、水谷寿氏および秋田県水産振興センターのスタッフの方々、国立環境研究所、加藤秀男博士、および北海道大学水産学部生物海洋学講座の大学院生諸氏には、動物プランクトン試料を採集していただいた。吉田伸一氏をはじめとする民宿さざ波山荘の皆様方には快適な調査環境を与えていただいた。国立環境研究所、高村典子博士には本研究に参加する機会を与えていただき、クロロフィルa量のデータを提供していただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Burns C. W. (1992) Population dynamics of crustacean zooplankton in a mesotrophic lake, with emphasis on *Boeckella hamata* Brehm (Copepoda: Calanoida). *Internationale Revue*

- der Gesamten Hydrobiologie* 77: 553-577.
- 伴 修平 (1998) 橈脚類の休眠. 海の研究 7: 21-34.
- Carpenter S. R., Kitchell J. F. & Hodgson J. R. (1985) Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35: 634-639.
- Dawidowicz P. & Pijanowska J. (1984) Population dynamics in cladoceran zooplankton in the presence and absence of fishes. *Journal of Plankton Research* 6: 953-959.
- Gilbert J. J. (1988) Suppression of rotifer population by *Daphnia*: A review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. *Limnology and Oceanography* 33: 1286-1303.
- Hanazato T. (1992) Direct and indirect effects of low-oxygen layers on lake zooplankton communities. *Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse der Limnologie* 35: 87-98.
- Hanazato T. & Yasuno M. (1985) Population dynamics and production of cladoceran zooplankton in the highly eutrophic Lake Kasumigaura. *Hydrobiologia* 124: 13-22.
- Haney J. F. & Hall D. J. (1973) Sugar-coated *Daphnia*: A preservation technique for Cladocera. *Limnology and Oceanography* 18: 331-333.
- Hutchinson G. E. (1967) *A treatise on limnology*, 2. *Introduction to lake biology and the limnoplankton*. J. Wiley & Sons, New York.
- Landry M. R. (1978) Population dynamics and production of a planktonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 63: 77-119.
- MacIsaac H. J. & Gilbert J. J. (1991) Discrimination between exploitative and interference competition between Cladocera and *Keratella cochlearis*. *Ecology* 72: 924-937.
- Paloheimo J. E. (1974) Calculation of instantaneous birth rate. *Limnology and Oceanography* 19: 692-694.
- Sommer U., Gliwicz Z. M., Lampert W. & Duncan A. (1986) The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie* 106: 433-471
- Takamura N., Mikami H., Mizutani H. & Nagasaki K. (1999) Did a drastic change in fish species from kokanee to pond smelt decrease the secchi disc transparency in the oligotrophic Lake Towada, Japan? *Archiv für Hydrobiologie* 144: 283-304.
- Wetzel R. G. (1983) *Limnology*, 2nd ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.
- Williamson C. E. (1983) Invertebrate predation on planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 104: 385-396.
- Williamson C. E. (1987) Predator-prey interactions between omnivorous diaptomid copepods and rotifers: the role of prey morphology and behavior. *Limnology and Oceanography* 32: 167-177.
- Williamson C. E. & Butler N. M. (1986) Predation on rotifers by the suspension-feeding calanoid copepod *Diaptomus pallidus*. *Limnology and Oceanography* 31: 393-402.
- Williamson C. E. & Magnien R. E. (1982) Diel vertical migration in *Mesocyclops edax*: implications for predation rate estimates. *Journal of Plankton Research* 4: 329-339.
- Zaret T. M. (1980) *Predation and Freshwater Communities*. Yale University Press, New Haven.

十和田湖の水生植物の現状 -1997年の調査結果から-

野原精一¹・加藤秀男²・高村典子²・三上一³

¹ 国立環境研究所生物圏環境部 (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、

² 国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、

³ 青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道1-1-1)

Aquatic higher plant vegetation studies in Lake Towada, results of a 1997 survey

Seiichi NOHARA¹, Hideo KATO², Noriko TAKAMURA² and Hajime MIKAMI³

¹Environmental Biology Division, National Institute for Environmental studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053, Japan, ²Regional Environmental Division, National Institute for Environmental studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053, Japan and ³Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi1-1-1, Aomori 030-8566, Japan

はじめに

十和田湖は二重式の湖面積61.0km²のカルデラ湖である。そのため、周囲を急峻なカルデラ壁で囲まれ、集水域の面積は湖面積の割に小さく67.5km²しかない。湖の地形はお盆のような主湖盆と南岸から牛の角の様に突き出た2つの半島に特徴づけられる(沢村1991)。主湖盆には湖底平原がひろがり、西湖(内湖)・東湖(外湖)には小規模ながら流入河川により三角州が形成されている。宇樽部川、休屋全面地区に水深0-20mの浅瀬がわずかにあるほか、湖岸のほとんどは急に傾斜して急激に深くなるため水生植物の発達は良くない。

十和田湖の水生植物については、これまでに中野(1912)によって概略的調査がなされた。神保(1958)は湖沼調査の一環として植物生態学的研究を行い、その後の変化と環境条件との関係を得るために吉岡ら(1967)の調査が行われている。

1967年以来水生植物に関する本格的な調査はなされていない。そこでその後の水生植物の変化を知るために、本研究では過去の水生植物の種の多様性や現存量に関する調査を行い、過去の水生植物相との比較を行った。

調査地及び方法

調査は1997年6、7、8、9、10月に図1の2地点で行った。各地点に岸を0mとするライントランセクトを和井内(Line-W)と鉛山地先(Line-N)に設定した。岸から20、30、50、70mの地点に1~数個の50×50cmの方形区を設置し潜水により水生植物を採取した。また、1998年5、8月には採泥器で採取した表層の底質をカットした注射器で採取した。

採取した植物体は実験室に持ち帰り、種の分別を行い各々について種の同定のための乾燥標本作製した。分別した植物は紙袋に入れ、熱風乾燥機で85℃、3日間乾燥して重量を測定した。表層の底質は-20℃で凍結保存した後、凍結乾燥して底質サンプルを調整した。乾燥植物及び底質サンプルは粉碎したのち、るつぼに入れて電気炉で450℃で1日間燃焼した。その後、灰分重量を測定して灼熱減量を求めた。乾燥植物及び底質サンプルは30mg及び100mg程度を秤取り燃焼式炭素窒素分析計(スミグラフNC-90A)によって炭素及び窒素の含有量を測定した。

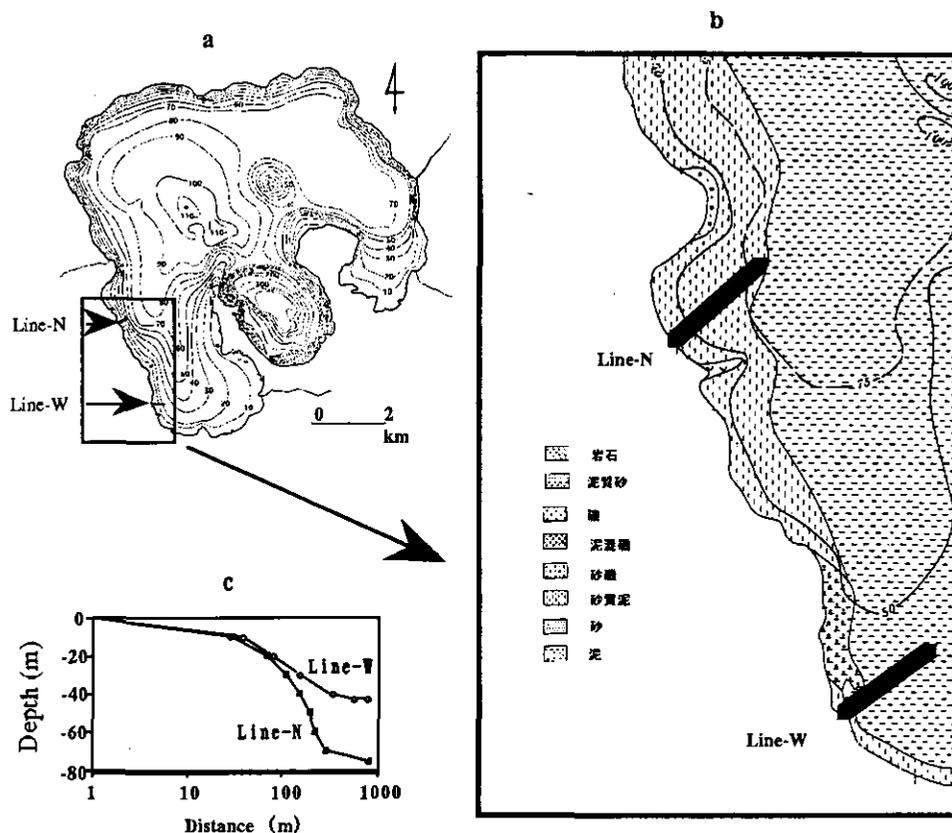


図1 トランセクト地点図. a: 湖盆図, b: 底質図 (部分), c: ライントランセクトの距離と水深との関係.

表1 十和田湖の水草の調査報告に見られる出現最大水深 (m) と採集確認 (+印)

	中野 (1912)	神保 (1958)	吉岡ほか (1967)	今回 (1997)
透明度 (m)		15	9-10	? 8
種数	11	9	8	11
ウキヤガラ	+			
ヒメホタルイ	+	0.5		
クロモ				+
バイカモ	+			+
ホソバヒルムシロ				+
ヒロハノエビモ	+	<5	4	+
エゾヒルムシロ	+	<5	4	+
センニンモ	+	8	8	+
ホザキノフサモ	+	8	8	+
リュウノヒゲモ	+	10	4	+
エゾヤナギモ	+	5	10	+
カタシャジクモ	+	16	13	+
ヒメフラスコモ	+	29	24	+

結果

十和田湖の水生植物については、これまでに中野 (1912)、神保 (1958)、吉岡ら (1967) の調査が行われており、ヨシのほか、ウキヤガラ、ヒメホタルイ、クロモ、バイカモ、ホソバヒルムシロ、ヒロハノエビモ、センニンモ、ホザキノフサモ、

リュウノヒゲモ、エゾヤナギモ、カタシャジクモ、ヒメフラスコモの13種が確認されている。1997年の潜水調査ではウキヤガラとヒメホタルイを除く11種が確認された (表1)。特に十和田湖固有の水生植物は見られないが、各地の池沼で絶滅している車軸藻類であるヒメフラスコモが確認できた。

水生植物の現状

現存量の最大になった10月の採集方形区における各種の出現頻度と現存量をまとめたのが図2である。出現頻度はホザキノフサモ、クロモ、カタシャジクモ、ホソバヒルムシロ、ヒメフラスコモ、センニンモの順に多かった。また、リュウノヒゲモ、ホソバヒルムシロ、ホザキノフサモ、ヒロハノエビモの順に現存量が高かった。車軸藻類は出現頻度が高くて現存量にはさほど寄与していなかった。

季節毎の現存量を示したのが図3である。季節的には8-10月に現存量が高い事や場所によるばらつきが大きかった。最大でも $135\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ を越える事はなく他の湖沼の水生植物現存量と比較して多いものではなかった。岸からの距離と水生植物種数及び現存量の関係を図4に示した。岸から20mの水深の浅い地点で現存量が高かった。一方方形区内の種数はさらに水深の深い場所で高いことがあり、最大で7種が確認された。岸から70mの場所では水深が15m程度である。およそ透明度が8mであるので、岸から70m付近は水生植物のほぼ分布限界域と考えられる。分布に不均一性が高いので、今後ライントランセクト以外の広範囲の場所での分布調査を併用して調査する必要がある。

採取した水生植物のうち比較的サンプル量が多かったリュウノヒゲモ、ホソバヒルムシロ、ホザキノフサモ、ヒロハノエビモ、ヒメフラスコモ、センニンモ、クロモ、カタシャジクモについて窒素及び炭素含有量を測定した(表2)。窒素は0.8%~3.4%で、炭素は37%~42%であった。特にヒメフラスコモやカタシャジクモは窒素含有量が高い。2つのラインに共通してサンプルがあるクロモ、ホザキノフサモの窒素含有量を比較するといずれも鉛山のライン(Line-N)のサンプルが高かった。一方、図1からより内湾に位置するLine-Wの底質は泥質、Line-Nは砂質泥であり、質的な違いが予想された。そこで植物体の窒素含有量の違いを説明するのは底質の違いであるという仮説を立て底質の分析を行った。次に底質の窒素・炭素含有量を示した(図5)。Line-Nには30m付近に極端に窒素や炭素の多い。リターなどの外来性

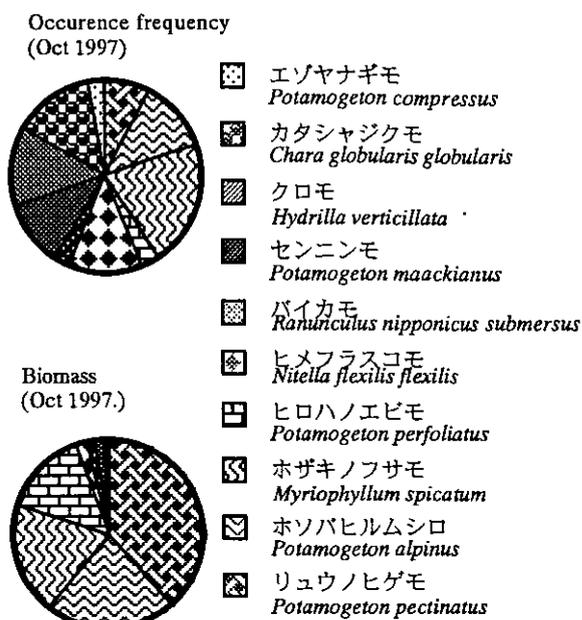


図2 方形区における水生植物の出現頻度と現存量

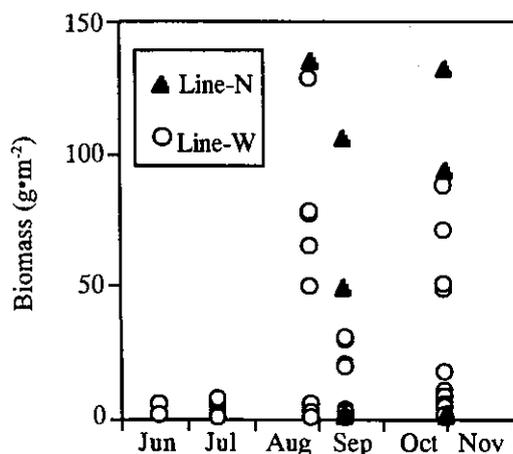


図3 現存量の季節変化

のものが貯まっていることから他の地点と異なっていた。その30m地点を除くとLine-Wの方がLine-Nよりも窒素・炭素の含有量が有意に高かった。一方植物体の含有量はLine-Nの方が高かった。単に底質の栄養塩類の量などで変化しているわけでは無かった。

考察

水生植物の分布変化

一般に水生植物の分布に最も影響を及ぼす要因

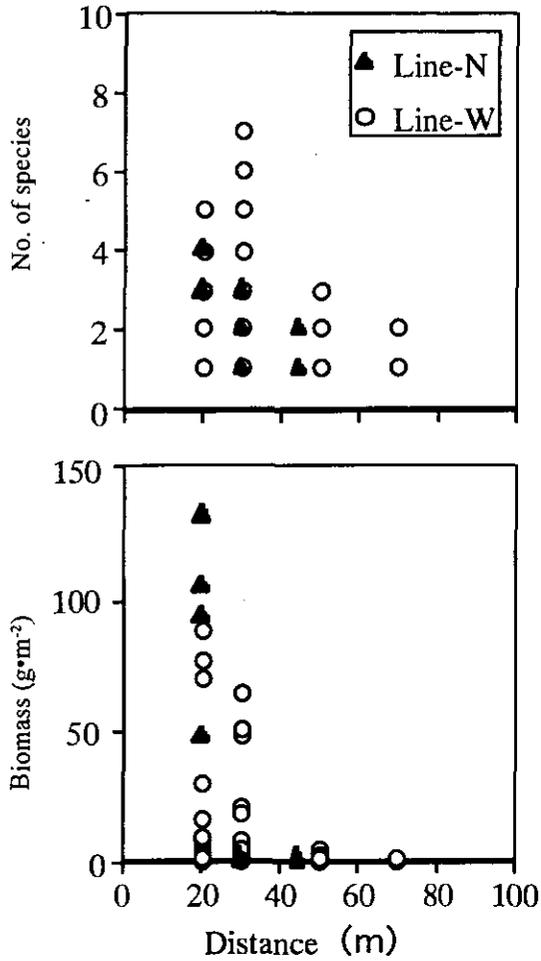


図4 現存量の場所による違い

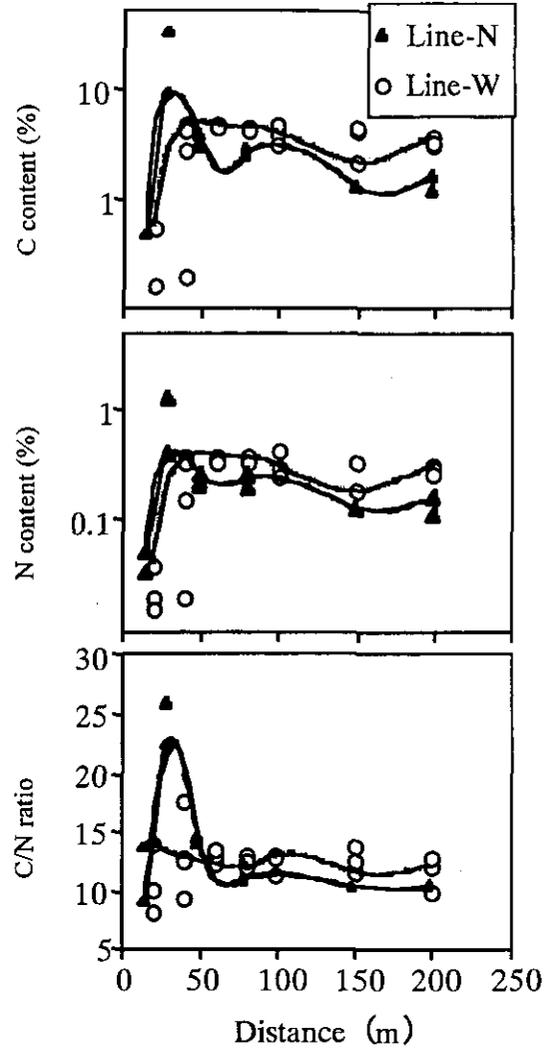


図5 底質の窒素、炭素含有量の場所による違い

表2 水生植物における窒素、炭素の含有量

Name of species	Site	N content (%)	C content (%)	C/N ratio
<i>Chara globularis</i> カタシヤジクモ	Line-W	2.14 ± 0.10	36.81 ± 1.16	17.55 ± 1.23
	Line-N	-	-	-
<i>Hydrilla verticillata</i> クロモ	Line-W	1.09 ± 0.19	37.84 ± 0.53	38.53 ± 8.05
	Line-N	2.54 ± 0.11	38.74 ± 1.16	15.23 ± 0.39
<i>Potamogeton maackianus</i> センニンモ	Line-W	-	-	-
	Line-N	2.44 ± 0.16	42.44 ± 0.37	17.71 ± 1.27
<i>Nitella flexilis flexilis</i> ヒメフラスコモ	Line-W	3.40 ± 0.13	41.02 ± 0.43	12.13 ± 0.48
	Line-N	-	-	-
<i>Potamogeton perfoliatus</i> ヒロハノエビモ	Line-W	-	-	-
	Line-N	2.05 ± 0.12	39.99 ± 0.68	19.58 ± 1.52
<i>Myriophyllum spicatum</i> ホザキノフサモ	Line-W	0.99 ± 0.09	40.69 ± 0.33	12.88 ± 3.01
	Line-N	2.42 ± 0.63	40.21 ± 1.16	18.76 ± 4.44
<i>Potamogeton alpinus</i> ホソバヒルムシロ	Line-W	1.01 ± 0.09	40.10 ± 0.30	42.35 ± 4.27
	Line-N	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i> リュウノヒゲモ	Line-W	0.80 ± 0.13	38.64 ± 0.17	53.29 ± 6.38
	Line-N	-	-	-

(mean ± SE)

の一つは透明度の変化である。十和田湖の透明度は田中（1992）によると季節変化は著しいが15-20mであるとした。1978年7月には23mであるが、1975年8月には3.5mが記録されている。透明度の年平均は1970年代初めには13-14mであったが、1990年代以降透明度が10mを下回る状況にある。近年の水質汚濁の進行に伴い透明度が低下しつつある。吉岡ら（1967）は神保（1958）の調査時に比べて深所のシャジクモ類の生育が著しく悪くなっていること、特に分布の下限が浅くなったことを報告している。1967年頃には15-20mの透明度が9-10mに低下していることことからその生育悪化の原因を透明度の悪化によるものと考察している。今回の調査は調査範囲が異なり潜水による採取である事を考慮しても1967年当時より更に悪化しているものと思われる。

十和田湖の水生植物の主な分布は内湖の神田川沖合いと外湖の宇樽部川左側沖合いである（吉岡ら1967）。今回の調査はそれらの分布域の中心ではないため、急峻な湖岸における水生植物を捉えていることになる。今後、広域的な分布調査を実施する必要がある。

十和田湖ではこれまで不定期の水生植物調査がなされてきている。そのなかでも吉岡ら（1967）の報告は採集地点の記載がしっかりしており長期変動を押さえるための貴重なデータである。一般に水生植物の現存量の変化は毎年、分布変動や傾向は10年の長いタイムスパンで見なければつかめない。そのため、以下に挙げたような調査を提案したい。調査時期は一般に現存量の最大になる8月から9月が望ましい。詳細は筆者の尾瀬沼での例（野原1998; 矢部・野原1998）を参考にされたい。

1. 永久トランセクト法によるモニタリング（毎年）

数本の永久ライントランセクトを設定して、水生植物の分布状況の把握を行う。その際、陸域にはっきりとした目印を設定し、航空写真にラインを記入する。毎年、200Hzの魚探（チャート紙にデータが残るもの）で低速で陸から船を走ら

せ、底質と水草を判別する。一定の場所数カ所で小型ドレッジによって種を確認する。種の同定のため標本は必ず押し葉にして残すこと。時間としては1日あれば十分であろう。ラインの最初と終了までデファレンシャルGPSを使ってラインの位置を特定する。GPSの位置は海上保安庁のラジオビーコンを用いるか、国土地理院の固定局データを用いる事で1m程度の精度で位置決めができる。この調査に必要な物としては魚探・デファレンシャルGPS・距離計・小型ドレッジが挙げられる。

2. 全域の分布調査（5年毎）

1のトランセクトを数を増やし、湖全体の湖岸で行う。その際、透明度の2倍の水深までは必ず実施する。経験から湖面全体での実施には約3日は最低必要とされる。場合によっては、潜水による現存量の調査を組み合わせる。

データとしてはライン下での位置・草丈・ドレッジによる種の確認が必要である。補助的に目玉カメラ（水中カメラ）は状況を知るのに有効である。1と同じく種の同定のため標本は必ず押し葉にして残すことが必要である。この調査に必要な物として1で挙げたものの他に目玉カメラが挙げられる。

水生植物の機能

水生植物の湖沼中での機能は一次生産・生物の生息場所や産卵場所の提供等の他に栄養塩の保持等の物質循環での役割（Barko & James 1997）が挙げられている。特に浅い湖沼の場合、栄養塩の保持が直接的に作用して、水質の向上につながり浄化機能として認識されている。十和田湖の場合、急峻な湖岸のためいわゆる水草帯の発達が顕著ではない。しかしながら、貧栄養湖沼の沿岸帯での水中の栄養塩を吸収・保持している事は浅い湖沼と同じように発揮されているものと推察される。富栄養湖の手賀沼のフサモ・セキシヨウモ・イバラモでは平均3.6%窒素含量があった（生嶋1972）。今回、十和田湖の沈水植物の窒素含量は0.8%~3.4%であった。特にヒメフラスコモ（3.4

%) やカタシャジクモ (2.1%) は窒素含有量が高かった。単細胞藻類の窒素含量は乾燥重量の6~10%程度と比較的高く、支持組織の多い大型水生植物では1.3~3.0%程度である(宝月1998)。今回の車軸藻類の値は単細胞藻類と大型水生植物の丁度中間にあたった。

今回の十和田湖の結果から沈水植物の最大現存量を約135 g・m²であるとする平均的には窒素含量は0.8%~3.4%であるから、1.1~4.6 g・m²の窒素を湖岸の水草帯には保持していることになる。霞ヶ浦の抽水植物帯や浮葉植物帯では9~25 g・m²及び1.5~4.2 g・m²の窒素現存量があった(野原ら1988)。十和田湖には抽水植物帯や浮葉植物帯の発達は顕著ではないが、発達している沈水植物帯では霞ヶ浦の浮葉植物帯に匹敵する栄養塩保持機能を有していると推定される。今後、十和田湖全体の水生植物分布と現存量調査を行い、流入負荷量との比較を行う事によって湖全体における水生植物の栄養塩保持機能を見積もることができると考えられる。

引用文献

- Barko J. W. & James W. F. (1997) Effects of submerged aquatic macrophytes on nutrient dynamics, sedimentation, and resuspension. In: *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. (eds. E. Jeppesen, M. Sondergaard, M. Sondergaard and K. Christoffersen), pp. 197-214. Springer, New York.
- 生嶋功 (1972) 水界植物群落の物質生産 I - 水生植物 -. 共立出版、東京.
- 宝月欣二 (1998) 湖沼生物の生態学、富栄養化と人の生活にふれて. 共立出版、東京.
- 沢村和彦 (1991) 十和田湖. 空から見る日本の湖沼. (奥田節夫・倉田亮・長岡正利・沢村和彦編) pp.67-70. 丸善、東京.
- 神保忠男 (1958) 植物生態学的調査研究. 青森県. 十和田湖環境調査研究報告書: 53-75.
- 田中正明 (1992) 十和田湖. 「日本湖沼誌」、pp.233-236. 名古屋大学出版会.
- 野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫・高村典子・相崎守弘・大槻晃 (1988) 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における栄養塩類の挙動. 国立公害研究所研究報告 117: 125-139.
- 野原精一 (1998) 尾瀬沼に始まったコカナダモの衰退現象について. 尾瀬の保護と復元 23: 39-46.
- 中野治房 (1912) 十和田湖生物調査報告 (吉岡ら1967からの引用).
- 矢部徹・野原精一 (1998) デファレンシャルGPSを活用した湖沼調査法-尾瀬沼における事例. 日本陸水学会第63回大会講演要旨集.
- 吉岡邦二・榎村利道・樋口利雄・斎藤員朗 (1967) 4. 十和田湖の植物生態学的調査. 秋田県・青森県、十和田湖資源対策事業調査報告書: 13-28.

十和田湖の底生動物相

大高明史¹・加藤秀男²・上野隆平³・石田昭夫⁴・
安倍弘⁵・井田宏一⁶・森野浩⁷

¹弘前大学教育学部 (〒036-8560 弘前市文京町1)、²国立環境研究所地域環境グループ (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、³国立環境研究所生物圏環境部 (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、⁴(〒046-0011 北海道余市町入舟町372)、⁵日本大学生物資源科学部 (〒252-8510 藤沢市亀井野1866)、⁶群馬県立勢多農林高校 (〒371-0017 前橋市日吉町2-25-1)、⁷茨城大学理学部 (〒310-8512 水戸市文京2-1-1)

Fauna and bathymetric distribution of zoobenthos in Lake Towada, northern Japan

Akifumi OHTAKA¹, Hideo KATO², Ryuhei UENO³, Teruo ISHIDA⁴, Hiroshi ABE⁵, Koichi IDA⁶, and Hiroshi MORINO⁷

¹Faculty of Education, Hirosaki University, Hirosaki 036-8560, Japan, ²Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan, ³Environmental Biology Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan, ⁴372 Irifuncho, Yoichi-cho 046-0011, Japan, ⁵College of Bioresource Sciences, Nihon University, Fujisawa 252-8510, Japan, ⁶Seta Agricultural and Forestry High School, Hiyoshimachi, Maebashi 371-0017, Japan and ⁷Faculty of Science, Ibaraki University, Mito 310-8512, Japan

はじめに

湖沼の底生動物群集は集水域の動物相や湖盆の地史的背景を反映するとともに、水温や溶存酸素をはじめとする湖底環境の影響を強く受ける。生産性の高い温帯湖では、成層期にしばしば深水層の溶存酸素濃度が低下し、これが底生動物の湖盆内での分布様式を決定する重要な要因となることが多い (Brinkhurst 1974)。これに対して、貧栄養湖は全層にわたって溶存酸素が豊富なために、一般に深底部まで好気性の動物群集が見られる。秋田・青森にまたがる貧栄養の十和田湖は、湖岸から急に深くなるカルデラ湖特有の湖盆形態を持ち、深底部が面積の大部分を占める。したがって、十和田湖では湖底の広い範囲にわたって好気性の動物群集が形成されていると期待される。

十和田湖の底生動物については、1930年代の宮地伝三郎による研究をはじめとして、これまでに何回か調査が行なわれてきた (Miyadi 1932; 北

川 1974; 十和田湖ふ化場協議会 1981、1986)。これらの研究によって、十和田湖深底部ではユスリカ類と貧毛類が優占することが明らかになっている。しかし、分類研究の遅れなどのために、種レベルで明らかになった底生動物はいまだ数えるほどしかない。さらに、これまでの調査対象は肉眼で識別できる大きさの動物に限られ、小形の動物の記録はほとんどない。このため、本研究では、メイオベントスも含めた底生動物相を明らかにするとともに、各種の湖盆内での分布を把握することを目的とした。

この研究を進めるにあたって、調査全体の統括をされた高村典子氏 (国立環境研究所) と調査船の便宜を図っていただいた吉田伸一氏 (十和田湖鉛山さざ波山荘)、および十和田湖関係の文献を提供していただいた三上一氏 (青森県環境保健センター) と田中克人氏 (青森県史編さん室) に感謝いたします。

調査方法

底生動物の構成と密度および現存量の深度変化を明らかにする目的で、1997年と1998年に計3回の定量調査を行なった。調査地点は、西湖から外湖に向かうラインに沿った水深5mから100mまでの7地点(W1~W7; 1997年6月6日)、東湖から外湖に向かうラインに沿った5mから100mまでの8地点(E1~E8; 1998年6月16日)、および最深部にあたる中湖の水深320m地点(C1; 1998年9月9日)である(図1)。いずれの調査も、地点ごとにエクマンバジ採泥器(15×15cm)を用いて底泥を定量的に3回採取し(図2)、それぞれ開口0.2mmのナイロン製の網でふるって動物を集め、10%ホルマリンを用いて現場で固定した。固定サンプルは実験室に持ち帰り、実体顕微鏡下で動物を拾い出したのち同定と計数を行なった。底生動物の採集時には調査地点の底泥(表層約5cm)を別に採取し、タイラーの標準ふるいを用いて粒度分析を行なった。この調査に加えて、1998年9月と12月に西岸の鉛山から沖(W7付近)に向かうラインに沿った水深5mから95mまでの7地点で、戸塚式トラップ(森野・戸塚1999)を用いてプラナリア類の採集を試みた。トラップには鶏レバーを入れ、アンカーを付けて湖底に一昼夜放置したのち回収した。加えて、小形甲殻類の

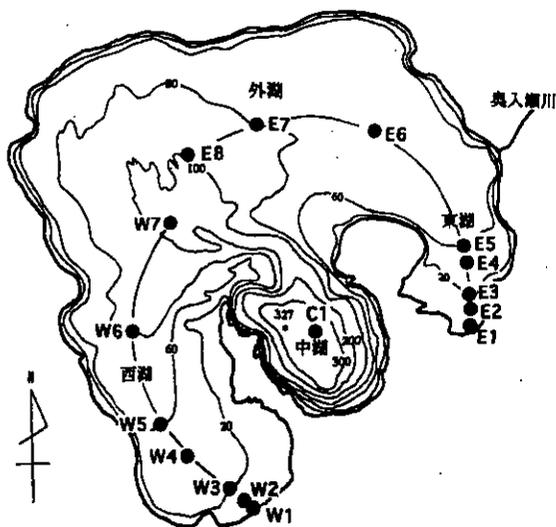


図1 十和田湖における底生動物定量調査地点

採集にはペレット状の熱帯魚飼料を入れた戸塚式トラップを併用し、さらに沿岸帯の動物については見つけどりによる補足的な採集を行なった。

採集された底生動物のうち、ユスリカ類は上野、カイアシ類は石田、ダニ類は安倍、貝形虫類は井田、ヨコエビ類は森野、その他は大高が同定した。これらの標本は同定者が保管している。本研究は沿岸域の調査が不十分である。沿岸域の環境と生物群集の特徴については、加藤ら(1999)および上野ら(1999)によって詳しく調べられている。なお、今回の研究のうち1997年度の結果の概要は大高(1998)によって報告されている。

結果

湖底環境

調査地点のうち、西湖盆の水深5m地点(W1)と東湖盆の水深5~10m地点(E1, E2)の湖底にはシャジクモ類が繁茂していたが、他の地点では水草は見られなかった。調査地点の湖底堆積物は、水草の見られる3地点では砂泥、他の地点はいずれも粒径が1/16mm以下の粒子が70%以上を占めるきめの細かい泥で、水深が大きい地点ほど細かい粒子の占める割合が増加する傾向が見られた(表1, 図4)。水草の繁茂する地点の底泥は黒色、その他の調査地点では底泥表面にはっきりとした赤褐色の酸化層が見られた(図3)。1998年9月9日に測定した中湖320mの湖底直上水の溶存酸素濃度は $10.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (飽和度92.3%)であった。

底生動物の密度と現存量の深度変化

調査地点における底生動物の総密度は $550\sim 8900\text{inds}\cdot\text{m}^{-2}$ の範囲であった(表2)。このうち、メイオファウナであるカイアシ類、貝形虫類、線虫類、ダニ類を除くマクロベントスの密度は $500\sim 8500\text{inds}\cdot\text{m}^{-2}$ である。底生動物の総密度には水深の変化に伴うはっきりとした増減の傾向は見られなかったが、他の地点に比べて中湖(C1)で顕著に高いことが指摘できる(図5)。底生動物群集の個体数に占める割合はユスリカ類と貧毛類で最も高く、総密度の16~98%、マクロベントスの密

底生動物相

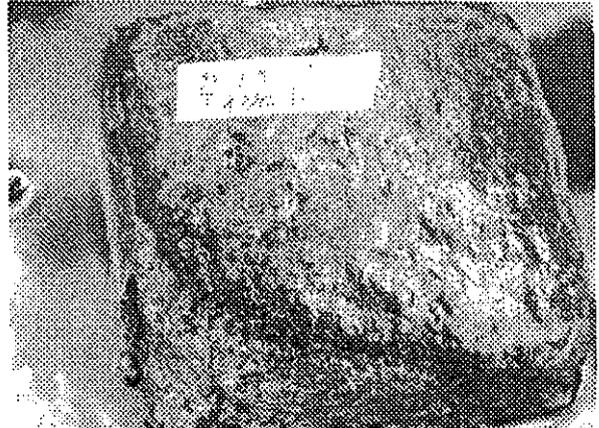


図2 エクマンバージ採泥器を用いた底生動物の採集. 1998年9月9日, 中湖C1での調査.

図3 十和田湖深底部 (W7; 水深100 m) の底泥. 1998年9月9日採取.

表1 十和田湖における湖底堆積物表層の粒度組成

Station	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	C1
Depth (m)	5	10	20	40	60	80	100	5	10	20	40	60	70	80	100	320
$\geq 2\text{mm}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$1 \leq < 2$	1.1	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	1.7	1.2	0.0	0.3	0.0	0.6	0.7	0.2	0.3
$0.5 \leq < 1$	0.2	0.1	0.4	0.3	1.1	0.3	0.0	0.9	0.2	0.1	0.3	2.1	2.3	1.4	1.8	0.9
$0.25 \leq < 0.5$	1.2	0.3	1.5	0.0	1.0	0.8	0.7	2.1	2.7	1.2	0.5	3.2	2.9	4.6	3.9	2.7
$0.125 \leq < 0.25$	8.2	9.4	6.7	6.0	4.1	5.3	1.2	10.6	12.7	10.3	3.5	7.3	3.8	2.4	6.1	11.3
$0.063 \leq < 0.125$	16.2	9.7	8.0	7.4	6.9	5.6	4.7	22.5	18.7	13.0	13.1	10.0	7.7	6.5	6.6	8.1
< 0.063	72.8	80.5	82.1	84.1	85.8	88.1	93.5	62.2	64.5	75.4	82.3	77.4	82.7	84.4	81.4	76.5

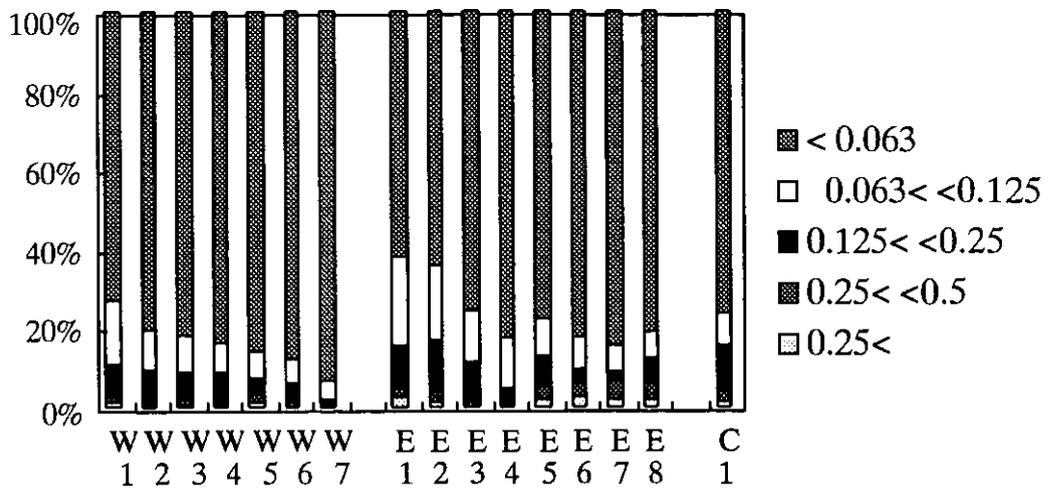


図4 十和田湖における湖底堆積物表層の粒度組成. 粒土の単位は mm.

表2 十和田湖における底生動物の密度と現存量(1997～1998年の調査結果)

Station	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	C1
Depth (m)	5	10	20	40	60	80	100	5	10	20	40	60	70	80	100	320
Density (No·m ⁻²)																
Tubificinae sp.	0	0	0	726	0	15	281	0	0	0	0	0	30	59	133	0
<i>Rhyacodrilus</i> sp. 1	0	0	0	1156	385	1215	252	0	0	0	178	1496	711	711	1526	0
<i>Rhyacodrilus</i> sp. 2	0	0	30	30	0	0	0	44	15	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhyacodrilus</i> non. det.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5970
<i>Tubifex tubifex</i>	0	89	178	0	0	0	0	252	193	548	0	178	0	0	0	2237
<i>Aulodrilus pigueti</i>	74	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	119	44	148	0	0	0	0	44	44	44	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus</i> immature	548	59	652	0	0	0	0	667	311	533	15	0	0	0	0	0
Other Tubificidae	74	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0
<i>Chaetogaster diastrophus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
<i>C. diaphanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Specaria josinae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	30	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
Oligochaeta cocoon	0	0	0	281	59	44	133	15	15	15	15	119	237	222	548	0
Oligochaeta total	815	222	1007	1911	385	1230	533	1081	681	1185	207	1674	741	770	1659	8207
Chironomidae spp.	1733	1526	252	637	104	15	44	889	681	178	44	0	0	0	0	296
<i>Ephemera orientalis</i>	193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eogammarus kygi</i>	0	0	0	30	15	0	15	0	0	0	0	0	44	44	30	30
Harpacticoida	0	0	0	1437	30	0	15	0	0	0	459	74	104	89	15	0
Cyclopoida	0	0	0	0	0	0	0	0	44	119	44	44	104	74	0	281
Ostracoda	0	0	44	178	0	0	0	89	59	74	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	30	0	59	15	59	0	163	519	726	785	0	30	15	15	119
Acarina	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	59	30	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	0	0	30	578	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
Total	2741	1778	1333	4889	548	1304	607	2326	2015	2281	1556	1793	1022	993	1719	8933
Biomass (g wet wt.·m ⁻²)																
Oligochaeta	1.04	0.12	2.04	1.41	0.18	0.90	0.10	1.23	0.47	2.73	0.07	0.58	0.24	0.15	0.50	4.07
Chironomidae	2.44	7.91	0.44	0.93	0.09	0	0.09	11.20	1.96	0.18	0.12	0	0	0	0	0.40
Other Insecta	0.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	0	0	0	0	0.01	0	1.13	0	0	0	0	0	0.36	0.37	0.04	0.12
Mollusca	0	0	0.03	0.62	0	0	0	0.71	3.97	0	0.03	0	0	0	0	0
Total	4.22	8.03	2.52	3.05	0.28	0.90	1.32	13.14	6.40	2.90	0.22	0.58	0.59	0.52	0.55	4.59

度の81~100%がこのふたつの動物群で占められていた。ユスリカ類の密度は沿岸から沖に向かって顕著に減少し、1998年6月の調査では水深60mから100m (E5からE8)の深底部では確認されなかった(図6)。しかし、中湖(C1)では低密度ながら採集されている。これに対して、貧毛類は湖盆全域に豊富に出現した。貧毛類全体の密度には水深に伴うはっきりとした傾向はみられないものの、中湖で最も高い値となった(図6)。ヨコエビ類は水深が40mよりも深い地点に広く出現したが、その密度は45inds・m²以下と低かった。

メイオベントスであるソコミジンコ類、ケンミジンコ類、貝形虫類、線虫類も湖盆に広く見られたが、その密度は1800inds・m²以下で、ユスリカ類や貧毛類を上回ることにはなかった。メイオベントスの中ではソコミジンコ類と線虫類の密度が高く、ソコミジンコ類は40m以深で、線虫類は湖盆

の全域で確認された。

調査地点における底生動物総現存量は0.5~13.5g wet weight・m²の範囲で変動した(図7)。この値にメイオベントスは含まれていないが、体サイズが小さいためにそれらの寄与は小さいと推測される。総現存量は沿岸から沖帯に向かって減少する傾向が見られたが、最深部のC1では再び増加し、水深10~20mに匹敵する高い値となった。深度の増加に伴う現存量の減少は特にユスリカ類で顕著に見られた(図8)。密度で卓越したユスリカ類と貧毛類の二群が総現存量に占める割合は15~100%と地点間で大きく変動した(図7)。残りの部分は現存量の大きな貝類(沿岸部)とヨコエビ類(40m以深)が大部分を占めていた。

底生動物の構成と深度分布

本調査で、扁形動物、線形動物、軟体動物、環

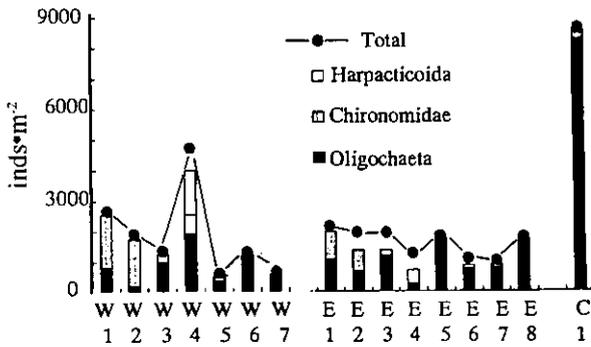


図5 十和田湖における底生動物の密度の深度変化

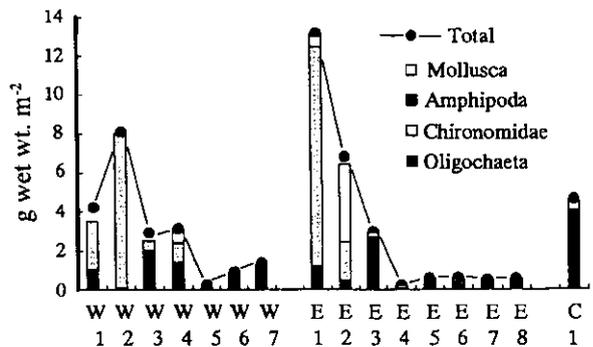


図7 十和田湖における底生動物現存量(ホルマリン湿重量)の深度変化

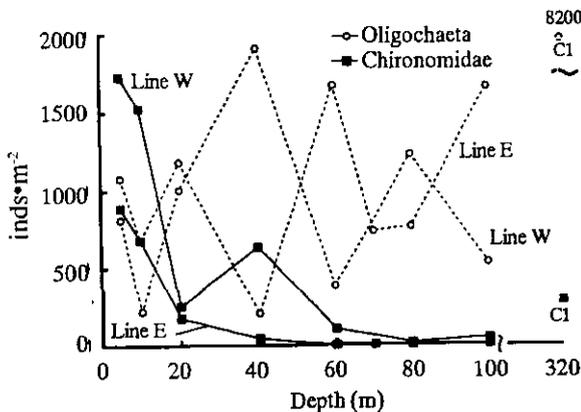


図6 十和田湖におけるユスリカと貧毛類の密度の深度変化

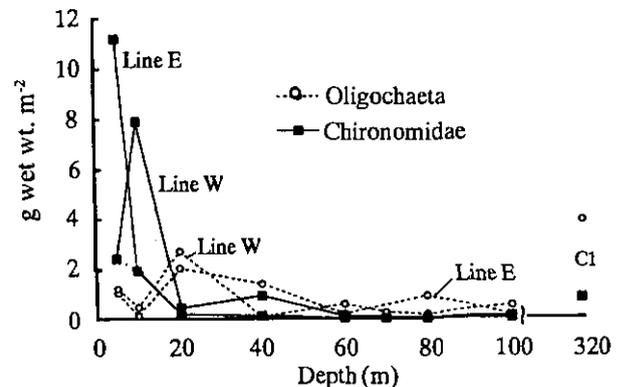


図8 十和田湖におけるユスリカと貧毛類の現存量(ホルマリン湿重量)の深度変化

大高ほか

表3 十和田湖における底生動物の深度分布. 1997~1998年に得られたすべてのサンプルをまとめて示した.

Depth (m)	≤20	20<≤40	40<≤60	60<≤80	0<≤100	320
Turbellaria (ウズムシ類)						
<i>Dugesia japonica</i> (ナミウズムシ)	+					
<i>Phagocata vivida</i> (ミヤマウズムシ)	+					
<i>Polycelis auriculata</i> (カズメウズムシ)	+					
Nematoda (線虫類)						
Nematoda non det.	+	+	+	+	+	+
Mollusca (軟体動物)						
Lymnaeidae gen sp. (モノアラガイ科の一種)	+					
<i>Gyraulus</i> sp. (ヒラマキガイ属の一種)	+					
<i>Pisidium</i> sp. (マメシジミ属の一種)	+	+				
Oligochaeta (ミミズ類)						
<i>Dero digitata</i> (ウチワミミズ属の一種)	+					
<i>Chaetogaster diastrophus</i> (チゴヤドリミミズ)	+					
<i>Chaetogaster diaphanus</i> (トックリヤドリミミズ)	+					
<i>Nais pardalis</i> (カワリミズミミズ)	+					
<i>Nais communis</i> (ナミミズミミズ)	+					
<i>Pristina aequisetata</i> (トガリミズミミズモドキ)	+					
<i>Pristinella amphibiotica</i>	+					
<i>Slavina appendiculata</i> (ヨゴレミズミミズ)	+					
<i>Specaria josinae</i>	+					
<i>Limnodrilus claparedianus</i> (モトムラユリミミズ)	+					
<i>Bothrioneurum vej dovskyanum</i> (フクロイト)	+					
<i>Branchiura sowerbyi</i> (エラミミズ)	+					
<i>Aulodrilus japonicus</i> (ヒメイトミミズ)	+					
<i>Aulodrilus pigueti</i> (ヘラヒメイトミミズ)	+					
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (ユリミミズ)	+					
<i>Rhyacodrilus</i> sp. 2 (ナガレイトミミズ属の一種 sp.2)	+	+	?+			
<i>Limnodrilus</i> spp. immature (ユリミミズ属未成)	+	+				
<i>Tubufex tubifex</i> (イトミミズ)	+	+	+	?+		
<i>Rhyacodrilus</i> sp. 1 (ナガレイトミミズ属の一種 sp.1)	+	+	+	+		
Tubificinae sp. (イトミミズ亜科の一種 sp.)	+	+	+	+		
<i>Lumbriculus</i> sp. (オヨギミミズ属の一種)	+					
Tardigrada (クマムシ類)						
Tardigrada non det.	+					
Acarina (ダニ類)						
<i>Soldanellonyx chappuisi</i>	+					
Copepoda (カイアシ類)						
<i>Acantodiaptomus pacificus</i>	+					
<i>Macrocylops albidus</i>	+					
<i>Eucyclops roseus</i>	+	+				
<i>Eucyclops serrulatus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	+	+				
<i>Cyclops kikuchii</i>	+	+				
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	+	+	+	+		
<i>Acanthocyclops robustus</i>	+	+	+			
<i>Canthocamptus macrosetifer</i>	+					
<i>Attheyella nakaii</i>	+	+	+	+		
<i>Bryocamptus calvus</i>	+					
Ostracoda (貝形虫類)						
Ostracoda non det.	+	+				
Amphipoda (ヨコエビ類)						
<i>Eogammarus kygi</i> (トゲオヨコエビ)	+	+	+	+	+	+
Chironomidae (ユスリカ幼虫)						
<i>Micropsectra</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Procladius</i> sp. (p.)	+	+	+			
<i>Polypedilum</i> sp.	+	+				
? <i>Trissopelopia</i> sp.	+					
<i>Monodiamesa</i> sp.	+					
<i>Cricotopus</i> sp.	+					
<i>Chironomus nipponensis</i>	+					
<i>Stictochironomus</i> sp.	+					
? <i>Cryptotendipes</i> sp.	+					
Other insecta (他の昆虫類)						
<i>Ephemera orientalis</i> (トウヨウモンカゲロウ)	+					

形動物、クマムシ動物、節足動物の6つの門にわたる53分類群の底生動物が十和田湖から確認された(表3)。動物群ごとの分類学的知見と湖盆内での分布の概要は以下のとおりである。

扁形動物門 (Platyhelminthes)

ウズムシ綱 (Turbellaria)

西湖・鉛山周辺の湖岸でナミウズムシ(*Dugesia japonica*)とカズメウズムシ(*Polycelis auriculata*)およびミヤマウズムシ(*Phogocata vivida*)が確認された。Kawakatsu *et al.* (1976)はキタシロカズメウズムシ(*Polycelis sapporo*)が十和田湖の深底部に広く生息することを見いだしている。今回の調査では、この生息を確認するためにレバートラップを用いた採集を試みたが、本種も含めてプラナリア類は全く採集されなかった。プラナリア類はエクマンバーシ採泥器による採集でも得られていない。

線形動物門 (Nematoda)

種類は不明だが、線虫類は沿岸から最深部までの湖盆全域で確認された。定量調査では東湖の40m以浅で最大790inds・m²と比較的高い密度が見られた。

軟体動物門 (Mollusca)

モノアラガイ科の一種(*Lymnaeidae* gen. sp.)、ヒラマキガイ属の一種(*Gyraulus* sp.; 図9A)およびマメシジミ属の一種(*Pisidium* sp.; 図9B)がエクマンサンプルから得られた。このうち、モノアラガイ科の一種とヒラマキガイ属の一種は東湖10m以浅で採集されたシャジクモに付着していたものである。一方、マメシジミ属の一種は水深20~40mの湖底に見られ、特に西湖の水深20m地点(W4)では580inds・m²と比較的高い密度を示した。

環形動物門 (Annelida)

貧毛綱 (Oligochaeta)

貧毛類(水生ミミズ類)は沿岸から最深部まで

広く出現した。ミズミミズ科、イトミミズ科およびオヨギミミズ科の3科にまたがる21分類群が十和田湖から確認されているが、種によって生息深度は大きく異なっていた(表3)。ミズミミズ科に属する9種(*Dero digitata*, *Chaetogaster diaphanus*, *C. diastrophus*, *Nais pardalis*, *N. communis*, *Pristina aequiseta*, *Pristinella amphibiotica*, *Slavina appendiculata*, *Specaria josinae*)は水深20m以浅にのみ出現した。このうち、*Pristinella amphibiotica*はこれまで日本から記録されていない種類である。イトミミズ科の*Limnodrilus claparedianus*, *Bothrioneurum vejvodskyanum*, *Branchiura sowerbyi*, *Aulodrilus japonicus*, *A. pigueti*, *Limnodrilus hoffmeisteri*(図9C)も同様に水深20m以浅の沿岸域に分布が限られていた。これに対して、水深が20mから60mまでに分布する貧毛類は、それよりも浅い場所からこの深度まで生息する種類(*Limnodrilus* spp., *Tubifex tubifex*(図9D), *Rhyacodrilus* sp. 2 (cf. *R. coccineus*))と、この深度からさらに深い沖帯にまで分布する種類(*Rhyacodrilus* sp. 1, *Tubificinae* sp.)の両者が混在していた。中湖を除く水深が60mを越す地点の貧毛類は、*Rhyacodrilus* sp. 1と*Tubificinae* sp.の2種からなる。この両種はまだ分類学的精査が完了していないが、いずれも日本からは未記録の種類である。このうち、*Rhyacodrilus* sp. 1は毛状剛毛を欠き、輸精管の一部が輸精管膨腔部と癒合した独特の形態を持つことから、1990年にロシア極東の山地溪流からTimm (1990)によって記載された*R. komarovi*である可能性が高い。*Tubificinae* sp.は、各体節の背側に長い毛状剛毛を備える小形のイトミミズで(図9E)、体腔細胞が見られないことからイトミミズ亜科に含まれると思われる。腹側剛毛束には先端が単一の剛毛と二分した剛毛が交互に並び(図9F)、第11体節の腹側には特異な形をした二種類の生殖剛毛が見られる。これらの特徴はこれまでに知られているどの種類にも見られないことから、本種は未記載種である可能性が高い。

一方、水深320mの中湖深底部(C1)で見られ

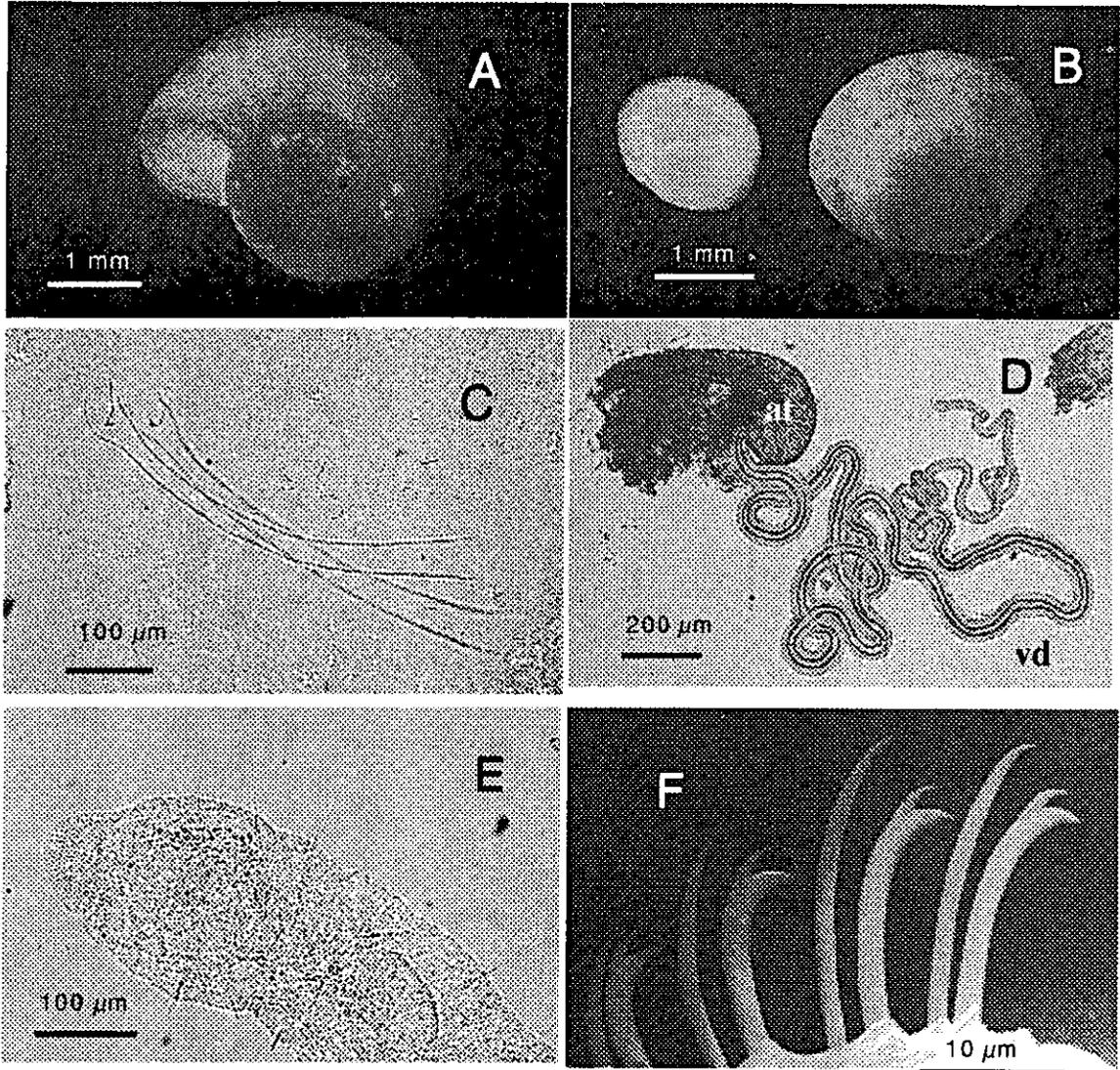


図9 十和田湖の底生動物。A, ヒラマキガイ属の一種 *Gyraulus* sp. (16 June 1998, E1); B, マメシジミ属の一種 *Pisidium* sp. (6 June 1997, W4); C, ユリミズ *Limnodrilus hoffmeisteri* の陰茎鞘 (12 June 1996, off Wainai, 2.8m depth); D, イトミズ *Tubifex tubifex* の輸精管 (vd) と輸精管膨腔部 (at) (10 June 1996, off Namariyama, 1.4 m depth); E, イトミズ亜科の一種 *Tubificinae* sp. の前方体節 (6 June 1997, W7); F, 同, 第4体節腹側剛毛束 (6 June 1997, W7)。

た貧毛類の構成は、湖盆の広い部分を占める外湖と全く異なっていた。この地点の貧毛類は3種からなるが、おそらく調査を行なった9月が繁殖時期からはずれていたために、成熟個体は全く得られていない。このため、いずれの種類も種レベルの同定が不可能だった。しかし、剛毛の形態から、最深部の貧毛類群集には外湖に出現する *Rhyacodrilus* sp. 1 と *Tubificinae* sp. の2種が含まれていないことは明らかである。生殖器官以外の分類形質を観察した限りでは、最深部の種類のうちのひとつはオヨギミズ科オヨギミズ属の一種

(*Lumbriculus* sp.) で、他の2つは東湖と西湖の沿岸から水深40mないし60mまでに分布するイトミズ科の *Tubifex tubifex* と *Rhyacodrilus* sp. 2 であると思われる。最深部の貧毛類については、別の時期に調査を行なって成熟個体を得たうえで種類を確定する必要がある。

十和田湖に出現する貧毛類はこれまで *Tubifex* sp. として記録されてきた (Miyadi 1932; 北川 1974; 十和田湖ふ化場協議会 1981, 1986)。しかし、これは日本の生態学者が近年まで、イトミズ科あるいは小形の貧毛類全体を慣習的に

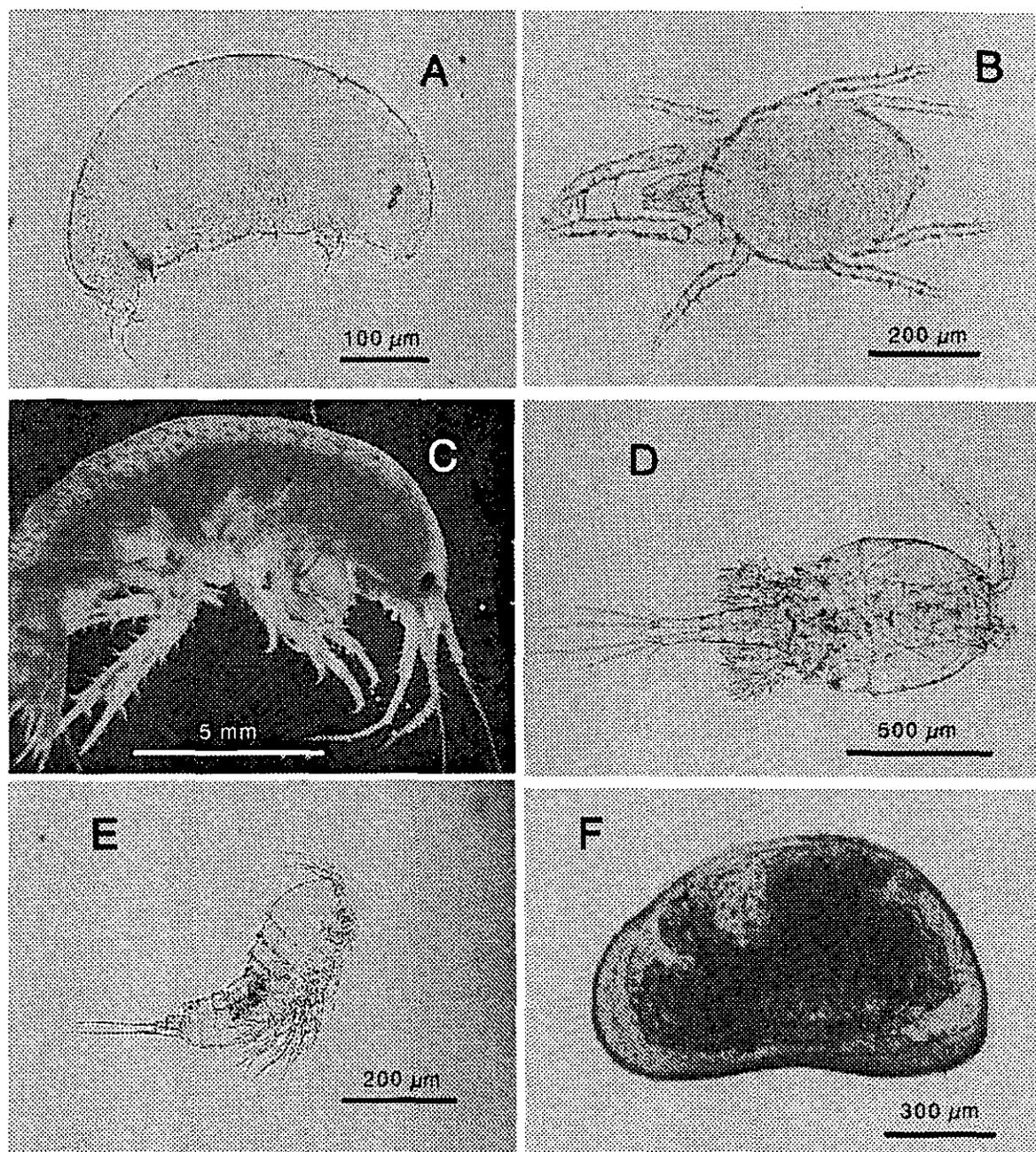


図10 十和田湖の底生動物。A, クマムシの一種 *Tardigrada* sp. (13 May 1998, off Namariyama, 20m depth); B, ウシオダニの一種 *Soldanellonyx chappuisi* (6 June 1997, W4); C, トゲオヨコエビ *Eogammarus kygi* (10 Sep. 1998, W6); D, ケンミジンコの一種 *Eucyclops serrulatus* (10 Sep. 1998, 40 m depth); E, ソコミジンコの一種 *Attheyella nakaii* (6 June 1997, W4); F, 貝形虫の一種 *Candona* sp. (10 Sep. 1998, off Namariyama, 20m depth).

Tubifex と呼んできたことによるもので、属を精査した上で用いられたものではない (Ohtaka & Iwakuma 1993)。

クマムシ動物門 (Tardigrada)

西湖鉛山沖の水深23mの底泥表層(1995年5月13日)から1個体が確認された(図10A)。種類

は不明である。

節足動物門 (Arthropoda)

クモ綱ダニ目 (Acarina)

1997年6月に西湖W4(水深40m)のエクマンサンプル中からウシオダニ科に属する *Soldanellonyx chappuisi* の第二若虫が採集された

(図10B)。本種は底生の水生ダニ類であるウシオダニ類の仲間で、山間部の河川、池、湖沼、地下水などの冷水域に生息するチカウシオダニ属の一種である。これまでにヨーロッパ、ロシア、北アメリカ、アジアから記録があり (Walter 1917; Motas 1935; Viets 1950; Imamura 1968; Green & Macquitty 1987; Bartsch 1975, 1996)、日本では静岡県富士宮市の洞穴の池から報告されているほか (Imamura 1971)、北海道札幌市近郊の沼でも生息が確認されている (安倍 未発表)。ドイツでは湖の水深 60m 地点から採集記録があるが (Walter 1917)、日本では 40m 以深から採集されたのは今回が初めてである。

甲殻綱 (Crustacea)

軟甲亜綱ヨコエビ目 (Amphipoda)

キタヨコエビ科トゲオヨコエビ属のトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) が、沿岸から最深部までに広く見いだされた (図10C)。ただし、夏期の成層期には表水層内には少数の幼若個体しか見られなかった。本種はこれまで北海道だけから知られていた種類である。十和田湖に生息するこのヨコエビの分類や生態の詳細については、森野・戸塚 (1999) によって報告されている。

カイアシ亜綱 (Copepoda)

エクマンバーツ採泥器および湖底に設置したトラップから多数のカイアシ類が採集された。これらには、カラヌス目 1 種 (*Acanthodiaptomus pacificus*)、ケンミジンコ目 7 種 (*Cyclops kikuchii*, *Eucyclops serrulatus* (図10D)、*E. roseus*, *Acanthocyclops vernalis*, *A. robustus*, *Paracyclops fimbriatus*, *Macrocyclus albidus*) およびソコミジンコ目 3 種 (*Attheyella nakaii* (図10E)、*Bryocamptus calvus*, *Canthocamptus macrosetifer*) の計 11 種が含まれていた。このうち、エクマンサンプルでの優占種はソコミジンコ目の *Attheyella nakaii* とケンミジンコ目の *Acanthocyclops* 属で、トラップサンプルではケンミジンコ目の *Eucyclops serrulatus* が卓越していた。これらのサンプルからカイアシ類の分布深度を種間で比較すると、

Eucyclops serrulatus, *Acanthocyclops robustus*, *A. vernalis*, *Cyclops kikuchii* および *Attheyella nakaii* の 5 種は幅広い深度で見いだされたが、他の 6 種は 60m 以浅にのみ出現した (表3)。中湖の水深 320m の湖底からは、*Cyclops kikuchii* の幼体と *Acanthocyclops robustus* の成体および幼体が採集された。ケンミジンコの幼体は浮遊生活を送るのが一般的であるが、深い深度の湖底での生息が確認されたことは重要である。*E. serrulatus* はわが国では川の源流部、段丘崖湧水などに高い密度で生息する種である (Ishida 1997)。その種が十和田湖で岸から最深部の湖底まで優占していることが確かめられた意義も大きい。いわゆる湖沼調査で慣習的に現在なされているプランクトンネット採集では全く知ることのできなかつたことだからである。

貝形虫亜綱 (Ostracoda)

エクマンサンプルでは沿岸域から水深 40m までに見られたほか、1998年9月に水深 20m に設置したトラップからも多数の個体が得られている。後者は、Hartmann & Puri (1974)、Bronstein (1988) および Delorme (1970) によると、カンドナ科 (*Candonidae*) に属するカンドナ属の一種 (*Candona* sp.; 図10F) であった。淡水の貝形虫類には単為生殖雌のみが知られている種類が多いが、カンドナ属では大部分の種で雄が知られている。しかし、このトラップサンプルは雌のみで構成されており (n=42)、本個体群は単為生殖を行っている可能性がある。

昆虫綱 (Insecta)

ユスリカ科の幼虫が沿岸部から最深部まで広く出現したが、その密度と現存量は沿岸部で高く、水深が深くなるにつれて顕著に減少した (図7、図8)。十和田湖ではこれまでに沿岸部を中心に 20 種以上のユスリカ類が分布していることが確認されている (上野ら 1999)。1997年6月の西湖盆から外湖のライン上 (W1-7) で採集されたユスリカ幼虫には 9 種が含まれていた (表3)。最も浅い地点 (W1, 5m) ではこれら 9 種が全て出現した

が、水深の増加に伴って種数が減少し、水深40m以深では *Procladius* sp. (p.)、*Polypedilum* sp.、*Micropsectra* sp. の3種に収められた。さらに深い外湖の80m (W6) と100m (W7) 地点に見られた種類は *Micropsectra* sp. だけとなった。また、1998年9月に中湖 (C1) で得られたユスリカ類も、外湖深底部と同様に *Micropsectra* sp. であると思われる。

この他に、昆虫としてトウヨウモンカゲロウの幼虫が西湖の水深5m地点のエクマンサンプルから得られている。本研究では調査を行っていないが、水深の浅い沿岸部では、カゲロウ目、トビケラ目、双翅目、広翅目、甲虫目など多くの水生昆虫が見られ、特に汀線付近の礫底では種多様性が高く機能的にも多様な群集が見られた(加藤ら1999)。

考察

十和田湖の湖盆は、底生動物群集の構成の違いから深度の異なる4つの区域に分けることができる。区分の妥当性については今後さらに検討が必要であるが、ここでは、それらを暫定的に沿岸部、垂沿岸部、深底部、中湖深底部と呼ぶ。それぞれの区域の概要とファウナの特徴は以下のとおりである。

I. 沿岸部：湖岸から水深が20m付近まで。十和田湖の平均透明度は約10mなので(三上ら1997)湖底は有光層である。底質は礫、砂、泥などを含み多様で、水草も見られる。成層期は表水層内に含まれるため湖底の年間水温変動幅はきわめて大きく、上部は波動の影響を受け水の動きが大きい。底生動物群集は多様な分類群を含み(44分類群)、機能的な多様性も高い。沿岸部は西湖の休屋と東湖の宇樽部沖に比較的広く存在するが、他ではごく狭い範囲に限られる。

II. 垂沿岸部：水深約20mから約60mまでの沿岸部と深底部の移行帯。底質はほとんど泥質で夏期の成層期には変水層に相当する。沿岸部と同様に西湖と東湖に比較的広く分布するが、外湖での

面積はごくわずかである。底生動物群集は22分類群からなり、貧毛類のイトミミズ (*Tubifex tubifex*) やユスリカ類の *Procladius* sp. (p.) のような沿岸部からこの深度まで生息する種類と、貧毛類の *Rhyacodrilus* sp. 1のようなここから深底部に向かって分布する種類とが共存している。

III. 深底部：中湖を除く水深60m以深の部分で、外湖の大部分が含まれる。湖底は泥質で、深水層内に含まれることから水温は通年ほぼ4℃を保っている(青森県環境保健センター、1997)。底生動物群集は少数の限られた種類から構成される(8分類群)。マクロベントスとしては、イトミミズ科の2種 (*Tubificinae* sp.、*Rhyacodrilus* sp. 1)、トゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) およびユスリカ類の1種 (*Micropsectra* sp.) がその構成種となっている。メイオベントスとしては、カイアシ類と線虫類が見られる。

IV. 中湖深底部：水深は300m以上と非常に大きい。湖底の水温は外湖の深底部よりも高い(庄司ら1985)。湖盆の落ち込みが急峻なため、水深の大きさに比して湖岸からの距離が近い。出現した底生動物は9分類群で、そのうちユスリカ類の1種 (*Micropsectra* sp.) とトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) は外湖の深底部と共通するものの、貧毛類の構成は外湖深底部とは全く異なり、むしろ垂沿岸部に近い。

これらの区分は成層期における湖水の層構造とおおまかに対応することから、底生動物の深度分布を規定する要因として水温が重要な役割を果していることがうかがえる。一方、ヨーロッパでは、古くからユスリカ類を中心とした底生動物の構成の違いに基づいた湖沼の生態学的類型化が行われてきた(上野1977参照)。Miyadi (1933) は日本の数多くの湖沼で同様にユスリカ類を中心とした底生動物相を調べ、ヨーロッパでの知見がおおよそ日本の湖沼にもあてはまることを明らかにしている。この中でMiyadi (1933) は十和田湖を貧栄養 *Tanytarsus* 型の湖沼とみなしている。*Tanytarsus* (= *Micropsectra*) が優占する十和田湖深底部のユスリカ相は、1972-73年に行なわれた北

川 (1974) の調査でも確認されており、さらに今回の調査でも同様であった。この点から、十和田湖のユスリカ相は 1930 年代から変化していないように見える。しかし、安野ら (1983) が指摘するように、過去の結果は近年のユスリカ分類学的知見の発展を反映した見直しが必要となっている。

貧毛類もユスリカと同じようにさまざまな性質の湖沼に幅広く見いだされるため、湖沼の性質によってその種組成が異なると予測される。貧毛類相が明らかにされている湖沼は日本では多くはないが、霞ヶ浦、北浦、諏訪湖、琵琶湖南湖のような平地に位置する浅い富栄養湖では群集の組成が互によく似ている。これらの湖沼の深底部ではユリミミズ属 (*Limnodrilus*) の 1 ないし数種が優占し、フユナガレイトミミズ (*Rhyacodrilus hiemalis*) やヒメイトミミズ属 (*Aulodrilus*) の 1 ないし数種、エラミミズ (*Branchiura sowerbyi*) などがそれに加わる (Ohtaka & Kikuchi 1997)。一方、山間に位置する富栄養湖の尾瀬沼や湯の湖、阿寒湖の深底部では、ユリミミズ属に加えてイトミミズ (*Tubifex tubifex*) が優占する (Ohtaka *et al.* 1988; Ohtaka & Iwakuma 1993; 大高 未発表)。中栄養段階の湖沼としては琵琶湖北湖が調べられており、深底部ではイトミミズとエラミミズが優占する (Ohtaka & Nishino 1995, 1999)。ただしこの 2 種はいずれも、おそらく湖盆の古さを反映して、琵琶湖に特有の形態変異が見られる。日本の富栄養湖の貧毛類相は現在のところ全く不明である。一方、ヨーロッパでは、栄養段階にかかわらず深底部でイトミミズ (*Tubifex tubifex*) が優占する湖沼がきわめて多く、これに同じくイトミミズ科のユリミミズ属やヒメイトミミズ属、*Potamothenix* 属、さらにオヨギミミズ科の *Stylodrilus heringianus* が加わることが多い (Brinkhurst 1964; Martinez-Ansemil & Prat 1984; Probst 1987; Reynodson 1990; Casellato & Caneva 1994; Timm 1996)。このうち、*Potamothenix* 属と *Stylodrilus heringianus* は東アジアには産しない分類群である。このような事例を比較する限りでは、広分布種であるイトミミズ (*Tubifex tubifex*)

の優占や、同様に広い分布を示すユリミミズ属やヒメイトミミズ属などの出現がどの地域でも共通している一方、東アジアのエラミミズやヨーロッパの *Potamothenix* 属と *Stylodrilus heringianus* など、湖沼の地理的位置に依存した種類がその構成種に加わっていることがうかがえる。

十和田湖の貧毛類相をこれらと比較すると、*Potamothenix* 属と *Stylodrilus heringianus* は欠くものの、深底部に出現することの多い他の種群はいずれも湖内で見いだされている。しかし十和田湖の場合、それらは深底部ではなく沿岸部または亜沿岸部 (そしておそらく中湖深底部) に限定されていた。一方、十和田湖深底部のファウナを構成しているイトミミズ科の 2 種 (*Tubificinae* sp., *Rhyacodrilus* sp.1) はいずれもこれまで湖沼からは報告のない種類であった。日本列島から千島列島やカムチャッカ半島に連なる環太平洋地域には多数のカルデラ湖が分布するが、深底部の貧毛類相が調べられた事例は今のところ今回の十和田湖のほかにはない。したがって、十和田湖深底部のファウナがどの程度一般的なものかについては今後の研究を待たなければならない。山地に形成されるカルデラ湖は集水域が極めて狭いために、湖沼に侵入する生物相は地理的な偏りがきわめて大きいと考えられる。こうしたボトルネック効果により、カルデラ湖深底部の底生動物相は湖沼ごとにかなり異なっている可能性が高い。

湖沼深底部に生息する底生動物は、その分布パターンから、沿岸部にも分布する“広深度分布種”と、沿岸部には見られない“真性の深底種”のふたつが区別される。これらの相対的な重要性は湖沼の歴史に大きく関係することが知られている (Brinkhurst 1974)。ヨーロッパや北アメリカの温帯湖の多くは氷河期の後に形成された歴史の短い湖沼で、その深底部に見られるファウナの多くは、沿岸に出現する種類のなかで深底部の環境にも生息可能な広深度分布種からなる。貧毛類ではイトミミズやユリミミズなどがこれに該当し、それらは地理的にも広い分布を示すことが多い。これに対して、古代湖と呼ばれるような長い歴史を持つ湖沼では真性の深底種が多くを占める。真性

の深底種の由来としては一般に、遺存種、地下水種、および深底部の環境に適応分化した新固有種の3つが区別される (Brinkhurst 1974)。

十和田湖の深底部に出現する底生動物のうち、ユスリカ類の *Micropsectra* sp. やカイアシ類の5種 (*Eucyclops serrulatus*, *Acanthocyclops robustus*, *A. vernalis*, *Cyclops kikuchii*, *Atthyella nakaii*) およびトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) は、沿岸部や亜沿岸部にも生息するために、広深度分布種とみなされる。これらは生活史の一部を陸上で過ごすか (ユスリカ)、あるいは浮遊生活も可能で移動能力の高い (甲殻類) 動物である。これに対して、終生底生生活を送る貧毛類の *Rhyacodrilus* sp.1 と Tubificinae sp. は、深底部を中心に分布し沿岸部には見られないことから真性の深底種とみなされる。

十和田湖は、約13000年前に起きた十和田火山の噴火によって現在のようなカルデラの概形となり、さらに5400年前に新たに噴火した火口がもとになって中湖ができた (Hayakawa 1985)。これは洪積世から完新世にかけての、最終氷期末期から温暖化に向かう時期に相当する。しかし、十和田火山はその前後にも約20回の噴火が起こっており (Hayakawa 1985)、さらに中湖形成時には主湖盆が完全に陸化したとの推測もあることから (大池 1976)、湖水そのものの変遷に関する詳細は不明である。いずれにせよ、一万年程度の短い歴史を考慮すると、湖内で分化をとげた固有種が存在するとは考えにくい。深底種は氷期遺存種か、あるいは地下水種のような低温狭温性種の一部の個体群が深底部に入り込んだものである可能性が高い。ただし、いずれの深底種も地理的分布の変遷に関する情報がないため、現時点ではこの両者を区別することはできない。十和田湖の位置する東北北部の多雪山間地には、水温の低い河川や湧水が豊富に存在するため、周辺の地下水や河川源頭部に生息する動物が湖内に侵入する機会が多いと推測される。

十和田湖の深底部に出現する貧毛類の *Rhyacodrilus* sp. 1 は、前述のように、ロシア極東から知られている *R. komarovi* である可能性が高

い。*R. komarovi* の基産地である Komarovka 川はウラジオストック西方の山間溪流で、冬季には4ヶ月以上結氷する。同じく *R. komarovi* とみなされる種類が北海道と東北北部から得られている (大高 未発表)。国内でのこれまでの産地は、恵庭市漁川上流 (1984年4月28日、水温4.2℃)、札幌市円山湧水、札幌市豊平川上流、白神山地大和沢川源頭部 (1993年8月8日、水温5.6℃) など、いずれも水温が極めて低い河川上流域や湧水帯である。また、Kawakatsu *et al.* (1976) は、十和田湖から採集されたプラナリア類を精査し、キタシロカズメウズムシ (*Polycelis sapporo*) が水深73~94mの深底部に広く分布することを明らかにしている。このプラナリアは北海道や青森県の河川上流域や湧水帯に広く分布するが、湖沼からの記録は十和田湖の他になく、十和田湖と白神山地をむすぶ地域がこの種の分布南限となっている。今回の調査ではこの種は確認されていないものの、その生息環境は *R. komarovi* と思われる貧毛類とたいへんよく似ており、両者はしばしば同所的に見られる。この両種は、水温が低く安定しているという点で本来の住み場の環境と似た十和田湖深底部に入り込んで定着した可能性が高い。また、湖盆全域で豊富に見られたカイアシ類の一種 *Eucyclops serrulatus* も、一般に河川源流部や湧水に出現する種類であり、さらに、水深40mに出現したチカウシオダニ属の一種 (*Soldanellonyx chappuisi*) もこれまで知られている生息地が山間の冷水や地下水なので、同様な由来が示唆される。真性の深底種とみなされる Tubificinae sp. は分類学的位置が不明で分布の情報が皆無なため、十和田湖の個体群の起源に関する手がかりはない。いずれにせよ、深底部の底生動物の由来を明らかにするためには、河川上流部をはじめとした集水域やその周辺、さらに北方地域における水生動物の分布を明らかにするとともに、湖の形成史と日本列島の地史や気候変動を詳細に対応させる必要がある。

十和田湖の中湖では、深水層の水温が下部で上昇するという変わった現象が以前から観測されている。庄司ら (1985) によると、中湖の湖底水温

表4 十和田湖深底部 (60< ≤100m) における底生動物密度 (No・m²) の記録。サンプル間の平均値と (レンジ) を示す。

Period Reference	1928-1930 Miyadi (1932)	1973 北川 (1974)	1997-1998 present study
No of samples	7	11	7
Chironomidae	205 (0-870)	345 (0-520)	23 (0-104)
Oligochaeteta	36 (0-102)	260 (0-470)	999 (533-1674)
Amphipoda	0.0	0.0	21 (0-44)
<i>Polycelis sapporo</i>	7 (0-51)	147 (0-520)	0.0

は約7.5℃で、外湖の深底部に比べて顕著に高い。原因の詳細は明らかではないが、湖底に何らかの熱源が存在するものと考えられている。中湖で見られる異常水温成層は塩分成層も伴っているため、深水層は年間を通して停滞している可能性がある (庄司ら 1985)。塩分成層によって深水層が停滞する湖沼では、しばしば底層の酸素が欠乏し底生動物群集が貧弱化する。しかし、十和田湖中湖の場合はそのような貧酸素化は見られていない。中湖の底生動物相は外湖と異なり、また密度や現存量も外湖深底部に比べて顕著に高かった。これには、好氣的でしかも高い水温条件が関係していると思われる。加えて、中湖は湖盆の落ち込みが急峻で、深底部でも湖岸からの距離が近いこと、湖底への有機物の供給量は外湖深底部に比して多いと思われる。中湖で見られた底生動物の高い現存量は良好な餌環境に支えられている可能性がある。

十和田湖では、1928-30年 (Miyadi 1932)、1972-73年 (北川 1974; Kawakatsu *et al.* 1976) および1975-85年 (十和田湖ふ化場協議会 1981、1986) に底生動物の調査が行なわれている。このうち、調査深度が明示されている前2者と今回の結果を比べると、深底部におけるユスリカ類の減少と貧毛類の増加が示唆される (表4)。しかし、これらの調査は季節が違っていたり、ふるいの目の大きさやソーティングの方法や精度が異なっていると思われることから、定量値の厳密な比較には限界がある。たとえば、今回深底部で優占したイトミミズ科の *Rhyacophilus sp. 1* は、体長が数ミリと小

さく、目の大きなふるいから抜け落ちたり、肉眼でのソーティングでは容易に見逃されてしまう。こうした小形の種類は、過去の調査で過少評価されていた可能性が高い。一方、ヨコエビ類とプラナリアでも長期的な変動が示唆される (表4)。Miyadi (1932) は1928-1930年の調査でヨコエビ類を採集していないが、十和田湖にはヨコエビ類がかつて豊富に生息しており、ヒメマスの移植後に急激に減少したことを付記している。北川 (1974) の調査でもヨコエビ類は採集されていない。一方、1975年から1985年にかけて行なわれた十和田湖ふ化場協議会 (1981、1986) による調査では、エクマンバージ1回あたりで0-3個体のヨコエビ類が採集されている。これは、今回の調査とおよそ同程度である。こうしたことから、ヨコエビ類はヒメマスの移植前に豊富に生息しており、その後いったん減少したのち1970年代の後半から再び増加して現在に至っている可能性がある。一方、Miyadi (1932) は1928年の調査で水深80mと305mの湖底からキタシロカズメウズムシを採集している。また、北川 (1974) も1973年の調査で31mから94mまでの湖底の広い範囲で本種を見いだしており、その密度もかなり高かったことがわかる (これらの調査で採集されたプラナリアがキタシロカズメウズムシであることは Kawakatsu *et al.* 1976による)。これに対して、1977年から1980年の調査では本種の記録はなく (十和田湖ふ化場協議会 1981、1986)、今回の調査でも生息は確認されなかった。キタシロカズメウズムシはヨコエビ類とは逆に、1970年代以降減

少しているようである。前述のように、十和田湖深底部に見られる動物群集は河川上流部や地下水生の種類を多数含んでいる。これはおそらく十和田湖の歴史が比較的新しいことと関係しており、現在見られる群集は深底部という新しい環境に生息可能な動物が集水域から独立に入り込んだ段階にあると考えられる。したがって、その群集構造は侵入の機会に依存する不安定なものと推測される。深底部の動物で示唆された生息密度の長期的変動は、このような群集の不安定さを反映したもののかもしれない。

底生動物のファウナを規定する要因としては一般に湖底の酸素環境が極めて重要である。十和田湖は現在のところ深層まで高い酸素濃度を保持している(庄司ら 1985)。その底生動物群集も、深底部までヨコエビ類やカイアシ類をはじめとする甲殻類や本来河川性と思われる貧毛類など、酸素要求性の高い種類で構成されていることから、湖盆全域で好気性の動物群集が成立しているとみなされる。しかし、1996年の観測によると、夏期の酸素飽和率は水深100m層ですでに70%台に低下している(青森県環境保健センター 1997)。将来、富栄養化が進行した場合、深底部の溶存酸素濃度がさらに低下することによって、現在見られる底生動物群集は大きな影響を受けると懸念される。

まとめ

1. 1997年と1998年の調査によって、十和田湖から6門にわたる53分類群の底生動物が確認された(沿岸部の水生昆虫を除く)。これには、未記載種と思われる1種(貧毛類のTubificinae sp.)と日本新記録種2種(貧毛類の*Pristinella amphibiotica*と*Rhyacodrilus* sp. 1)が含まれている。
2. 湖盆全域で好気性の底生動物群集が見られた。
3. 底生動物の総現存量は水深の増加とともに減少したが、最も水深の大きい中湖は総密度、総現存量ともに外湖深底部に比べて顕著に高かった。
4. マクロベントスとしてはユスリカ類と貧毛類

が優占し、ユスリカ類は沿岸部で、貧毛類は水深の大きい地点で優占度が高まった。

5. 十和田湖の湖底は、底生動物の構成から、沿岸部、亜沿岸部、深底部、中湖深底部の4つに区分できる。出現分類群数はそれぞれ、44、22、8、9 taxaで、深度とともに減少した。深底部の底生動物相はこれまで知られているどの湖沼とも異なっていた。

6. 深底部の底生動物群集は、広深度分布種と真性の深底種からなる。後者にはイトミミズ科の2種と文献上からキタシロカズメウズムシが該当し、本来地下水や河川源頭部に生息する低温狭温性の種類が深底部に定着したものである可能性が高い。

7. マクロベントスの一部で密度の長期変動が示唆された。

引用文献

- 青森県環境保健センター (1997) 平成8年度十和田湖水質汚濁機構解析調査報告書. 青森県環境保健センター.
- Bartsch I. (1975) Zur Kenntniss der Halacaridenfauna (Acari) der Quellenregion. I. Ein Beitrag zur Morphologie und Biologie dreier Arten aus dem Sphagnetum. *Gewässer und Abwässer* 57/58: 27-42.
- Bartsch I. (1996) Halacarids (Halacaroida, Acari) in freshwater. Multiple invasions from the Paleozoic onwards? *Journal of Natural History* 30: 67-99.
- Brinkhurst R.O. (1964) Observations on the biology of lake-dwelling Tubificidae. *Archiv für Hydrobiologie* 60: 385-418.
- Brinkhurst R. O. (1974) *The Benthos of Lakes*. Macmillan Press, London.
- Bronstein Z. S. (1988) *Fresh-water Ostracoda. Fauna of the USSR Crustaceans* Vol. II, No. 1. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Casellato S. & Caneva F. (1994) Composition and distribution of bottom oligochaete fauna of a north Italian eutrophic lake (Lake Ledro). *Hydrobiologia*

- 278: 87-92.
- Delorme L. D. (1970) Freshwater ostracoda of Canada. Part III. Family Candonidae. *Canadian Journal of Zoology* 48: 1099-1127.
- Green J. & Macquitty M. (1987) Halacarid mites. *Synopses of the British Fauna (New Series)* 36: 1-178.
- 加藤秀男・高村典子・三上一 (1999) 十和田湖沿岸域における底生動物群集の特徴. 国立環境研究所研究報告 146:72-82.
- Hayakawa Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada Volcano. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo* 60: 507-592.
- Hartmann G. & Puri H. S. (1974) Summary of Neontological and Paleontological classification of Ostracoda. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 70: 7-73.
- Ishida T. (1997) *Eucyclops roseus*, a new Eurasian copepod, and the *E. serrulatus* - *speratus* problem in Japan. *Japanese Journal of Limnology* 58: 349-358.
- Imamura T. (1968) Results of the speleological survey in south Korea. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo* 11: 281-284.
- Imamura T. (1971) The fauna of the lava caves around Mt. Fuji-san. V. Limnohalacaridae (Acari). *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo* 14: 333-336.
- Kawakatsu M., Teshirogi W. & Tokui T. (1976) Record of a freshwater planarian, *Polycelis sapporo* (Ijima et Kaburaki, 1916), from the bottom of Lake Towadako in north Japan, with a note on the southern limit of distribution of this species. *Physiological Ecology of Japan* 17: 477-483.
- 北川礼澄 (1974) 東北地方の7湖沼の底生動物相の研究. 陸水学雑誌 35: 162-172.
- Martinez-Ansemil E. & Prat N. (1984) Oligochaeta from profundal zone of Spanish reservoirs. *Hydrobiologia* 115: 223-230.
- 三上一・高村典子・奈良忠明 (1997) 十和田湖における透明度と生物群集の変遷. 青森県環境保健センター研究報告 8: 15-26.
- Miyadi D. (1932) Studies on the bottom fauna of Japanese lakes. VIII. Lakes of North Japan. *Japanese Journal of Zoology* 4: 253-287.
- Miyadi D. (1933) Studies on the bottom fauna of Japanese lakes. X. Regional characteristics and a system of Japanese lakes based on the bottom fauna. *Japanese Journal of Zoology* 4: 417-438.
- 森野浩・戸塚利明 (1999) 十和田湖におけるトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) の分類・分布及び繁殖活動. 国立環境研究所研究報告 146: 87-94.
- Motas C. (1935) Le premier Halacaride d'eau douce recueilli en Roumanie (*Soldanellonyx chappuisi* Walter). *Bulletin de la Section scientifique de l'Académie roumaine XVII* 7/8: 1-4.
- 大池昭二 (1976) 十和田湖の湖底谷—水底の謎を探る—。十和田湖科学博物館 2: 65-73.
- 大高明史 (1998) 十和田湖の湖底生物をさぐる。青森県史研究 2: 73-78.
- Ohtaka A., Ujiiye A. & Mawatari S. F. (1988) Composition and abundance of zoobenthos in the profundal zone of Lake Oze-numa in central Japan. *Japanese Journal of Limnology* 49: 109-117.
- Ohtaka A. & Iwakuma T. (1993) Redescription of *Ophidonais serpentina* (Müller, 1773) (Naididae, Oligochaeta) from Lake Yunoko, central Japan, with record of the oligochaete composition in the lake. *Japanese Journal of Limnology* 54: 251-259.
- Ohtaka A. & Kikuchi H. (1997) Composition and abundance of zoobenthos in the profundal region of Lake Kitaura, central Japan, during 1980-1985, with special reference to oligochaetes. *Publication of the Itako Hydrobiological Station* 9: 1-14.
- Ohtaka A. & Nishino M. (1999) Studies on the aquatic oligochaete fauna in Lake Biwa, central Japan. II. Records and taxonomic remarks on nine species. *Hydrobiologia* (in press).
- Probst L. (1987) Sublittoral and profundal Oligochaeta

- fauna of the Lake Constance (Bodensee-Obersee).
Hydrobiologia **155**: 277-282.
- Reynoldson T. B. (1990) Distribution patterns of oligochaetes in the English Lake District. *Archiv für Hydrobiologie* **118**: 303-339.
- 庄司博光・奈良忠明・小山田久美子・野田正志・早狩敏雄・野呂幸夫・佐藤信博 (1985) 十和田湖の水環境－鉛直構造－. 青森県公害センター所報 **7**: 90-94.
- Timm T. (1990) Aquatic Oligochaeta from the farthest south-east of the USSR. *Proceedings of the Estonian Academy of sciences, Biology* **39**: 55-67.
- Timm T. (1996) *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) (Oligochaeta, Tubificidae) in the profundal Estonian lakes. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* **81**: 589-596.
- 十和田湖ふ化場協議会 (編) (1981) 十和田湖資源対策事業調査報告書.
- 十和田湖ふ化場協議会 (編) (1986) 十和田湖資源対策事業調査報告書, 資料編.
- 上野益三 (1977) 陸水学史. 培風館、東京.
- 上野隆平・大高明史・高村典子 (1999) 十和田湖沿岸域のユスリカ相. 国立環境研究所研究報告 **146**: 83-86.
- Viets K. (1950) Porohalacaridae (Acari) aus der Grundwasserfauna des Maingebietes. *Archiv für Hydrobiologie* **43**: 247-257.
- Walter C. (1917) Schweizerische Süßwasserformen der Halacariden. *Revue suisse de Zoologie* **25**: 411-423.
- 安野正之・岩熊敏夫・菅谷芳雄・佐々学 (1983) 日本の各種栄養段階にある湖沼の底生動物－特にユスリカについて. 環境科学研究報告集 **B182-R12-17**: 21-48.

十和田湖沿岸域における底生動物群集の特徴

加藤秀男¹・高村典子¹・三上一²

¹国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、²青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道1-1-1)

Macroinvertebrate communities of the littoral zone of Lake Towada

Hideo KATO¹, Noriko TAKAMURA¹ and Hajime MIKAMI²

¹Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan and ²Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566, Japan

はじめに

湖沼の底生動物の分布や群集の特徴は浅い富・中栄養湖で多く研究されてきた。一般に底生動物群集は沿岸域で高い多様性と現存量を示す (Sephton *et al.* 1980; Wetzel 1983; Khan *et al.* 1996; Petridis & Sinis 1995)。これは沿岸域に発達する水生植物群落による直接的又は間接的な影響による場合が多い (例えば、Tabacchi *et al.* 1993; Charbonneau *et al.* 1994; Dobrowolski 1994; Palomäki & Hellsten 1996)。

一方、水深が深いカルデラ型貧栄養湖では、光条件が十分でも沿岸の勾配が急なため波動による浸食の頻度が高く水生植物群落が発達しないか (Rasmussen & Rowan 1997)、あるいは補償深度よりも浅い湖底が極端に少ないため湖沼総面積に水生植物群落が占める割合が低くなる。このような湖沼では水生植物が底生動物群集の多様性や現存量を支配する重要な要因ではないようである。

内部生産の低い貧栄養湖では集水域から導入する落葉が湖沼生態系のエネルギー源として重要であると言われている (例えば、Pieczynska 1986)。湖沼に導入した落葉は微生物による分解や底生動物の消費による腐食連鎖を通じて、湖沼に生息する魚類や動植物プランクトンに間接的に利用されると考えられる (Oertli 1993)。特に、底生動物は消費や粉碎を通じて落葉分解に大きく貢

献し (例えば、Cummins *et al.* 1973)、魚類や大型無脊椎動物の食物としても利用されるため (例えば、Horne & Goldman 1994)、陸上生態系と水界生態系を結ぶ中継者として重要な位置にあると考えられる。

しかし、湖沼の深底部では落葉など外来性有機物は底生動物の食物源としてさほど重要でなく (Jónasson 1984)、沈降した植物プランクトンが重要な食物源として考えられている (Lindegaard 1992)。大高 (1998) は十和田湖の水深40mよりも深い湖底では底生動物の現存量が著しく減少することを示した。従って、大型の貧栄養湖での底生動物群集の役割は沿岸域から垂沿岸域で重要であると考えられる。

現在、我々は十和田湖生態系における底生動物群集の役割について検討を進めている。本研究では十和田湖の底生動物群集の特徴を明らかにすることを目的に、沿岸域から垂沿岸域にかけて底生動物群集の現存量、多様性、種組成及び摂食機能群の組成について調査し、諸要因との関係について議論した。なお、貧毛類、ウズムシ類、ユスリカ科についてはそれぞれ1 taxonとして扱った。

調査地

十和田湖は本州北部の青森県と秋田県の県境の海拔400mに位置し、湖面積61.06km²、平均及び

最大水深それぞれ71.0m、327.0mを示すカルデラ型貧栄養湖である(図1)。集水域の98.4%は山林に覆われており自然状態がよく保たれている。この湖には大小72の河川が流入し、奥入瀬川へと流出している。湖沼の水位レベルは降雨と発電による取水のバランスで決まるが、漁協の要請により基準面(海拔400m)から1.5m以下に下げない様に操作されている。降雨の少ない夏期には水位はしばしば平常水位よりも1m位低下する。

湖底タイプは水深に対応して汀線から順に礫底(0-1.5m)、砂底(水深1.5-8m)、泥底(水深8m以上)が同心円上に分布する。また、夏期には水深1-15mの範囲に10種の沈水植物がパッチ状に分布し、特に水深1.5-3mの範囲にはクロモ、エゾヤナギ、ホザキノフサモなどの比較的大きい群落(1×1m)が部分的に見られた(野原ほか1999)。しかし、量的には少なく、すべての水深において湖底の大部分は露出していた。

方法

水深に伴った底生動物の変化を明らかにするために、湖の南西に位置する勾配の異なった2つの沿岸域(和井内及び鉛山)に調査地を設定した(図1)。それぞれの地点において、汀線から沖の水深約20m地点まで直線ラインを設定し、ライン上の水深及び構造が異なった和井内の6カ所(汀

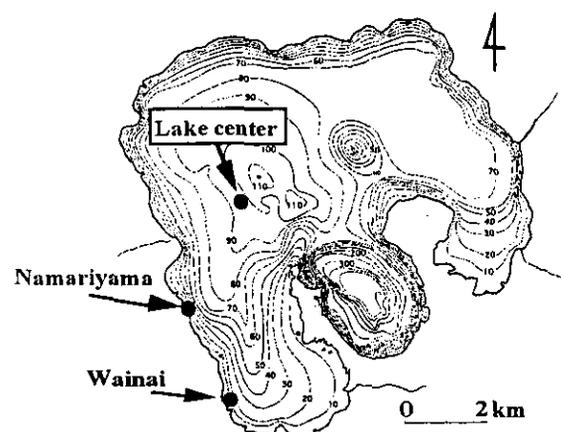


図1 調査地点の地図

線から5m、20m、40m、60m、80m、100mの地点)及び鉛山の5カ所(汀線から5m、15m、30m、50m、70m)に定点を設置した(表1)。また、沖域では湖心付近水深80mの泥底に1カ所定点を設置した。

底生動物の採集は1997年6月から10月に湖心で、1997年6月から1998年2月に和井内で、1997年8月から1998年2月に鉛山で行った。各定点の露出した湖底において底生動物を月毎に定量採集した。水深の浅い汀線付近の礫底(和井内5m及び鉛山5m地点)では調査期間を通じて、サーバ式ネット(25×25cm)を用いて採集した。水深が1m以上の沿岸の各定点では、6-10月の期間にスキューバダイビングによりコドラート(22.5×22.5cm)を湖底に設置し、コドラート内の底質(礫、砂、泥)を10cm掘り下げ、ナイロンメッシュに入れた。また、湖心地点と冬期の礫底を除く沿岸の定点では船上よりエクマンバージ採泥器(15×15cm)を使用して行った。底生動物の採集は各定点で3-4回繰り返し行った。採集したサンプルはナイロンメッシュ(0.2mm)でふるい細かい泥を落とした後、大きな礫を除きポリエチレンボトルに入れ、10%ホルマリンで固定した。

持ち帰ったサンプルは実体顕微鏡下で底生動物を拾い出した。拾い出した底生動物は可能な限り同定し、各分類群の個体数及び湿重量を求めた。得られたデータより各月・各定点の平均密度、平均現存量及び多様度指数(Shannon Index of Diversity)を求め地点間で比較した。また、底生動物は摂食機能群別(Merritt & Cummins 1996)に分類し、各機能群の割合から底生動物の生態的特徴についても検討した。

結果

これまで十和田湖で報告された底生動物は合計13 taxaにすぎない(Miyadi 1932; 佐藤 1958; 佐藤ほか 1967; 北川 1974; 遠藤ほか 1977; 渋谷・白幡 1977; 秋田県内水面水産指導所 1978, 1979; 十和田湖ふ化場協議 1982, 1984, 1986; 大高 1998)。しかし、今回の調査で出現した底生動物はカゲロウ目

表1 各採集地点における湖底の状態。水深は1997年8月に測定した値を示し、調査期間中に以下のレベルの+0.3mから-0.8mの範囲を変化した。湖心の水温は水深50mの水中の水温を示す。ND：データなし。

Region	Distance from shore (m)	Depth (m)	Water temperature			Bottom type
			Summer	Fall	Winter	
Wainai						
	5	0.4	19.3-21.1	12.1	5.5	Cobbles & pebbles
	20	1.4	19.1-21.7	11.9	ND	Pebbles and sand
	40	6.7	19-21.5	11.8	ND	Sand & mud
	60	12.5	14.8-21.4	11.8	ND	Mud
	80	15.7	9.5-16	11.8	ND	Mud
	120	22.5	ND	ND	ND	Mud
Namariyama						
	5	0.6	20.6-22.1	11.6	1.7	Cobbles & pebbles
	15	2	20.1-21.5	13	ND	Sand & leaf litter
	30	8.9	19.0-21.0	13	ND	Mud & leaf litter
	50	14.5	17-21	12	ND	Mud & leaf litter
	70	20.7	ND	ND	ND	Mud & leaf litter
Lake center						
		85	4.6	4.8	-	Mud

6taxa、カワゲラ目2taxa、トビケラ目8taxa、広翅目2taxa、甲虫目11taxon、双翅目2taxa、貧毛類11taxon、甲殻類1taxon、腹足類1taxon、二枚貝類11taxon、ウズムシ類11taxonの合計26taxaとなり、これまでの報告をはるかに上まわった(表2)。これは、これまで調査されていなかった汀線付近の礫底で多くの種類が認められたためである。また、本研究ではユスリカ科を1taxonとして扱ったが、現段階で22種が確認されている(上野ほか1999)。

ほとんどの分類群は沿岸の浅い地点から出現した。特にカゲロウ目のウエストントビロカゲロウ(*Paraleptophlebia westani*)、シロタニガワカゲロウ(*Ecdyonurus yoshidae*)及びコカゲロウ属の一種(*Baetis* sp.)、カワゲラ目のクロカワゲラ科に属する一種(*Capniidae* gen. sp.)、広翅目のタイリククロスジヘビトンボ(*Parachauliodes continentalis*)、トビケラ目のイワトビケラ科に属する一種(*Polycentropodidae* gen. sp.)、シマトビケラ属の一種(*Hydropsyche* sp.)、トワダナガレトビケラ(*Rhyacophila towadensis*)及びニンギョウトビケラ(*Goera japonica*)、甲虫目のコツブゲン

ゴロウ科に属する一種(*Noteridae* gen. sp.)、双翅目の*Antocha* sp.及び端脚目の*Eogammarus* sp.の12taxaは汀線付近の礫底(和井内5m及び鉛山5m地点)のみから出現した。一方、ユスリカ科幼虫及び貧毛類はすべての地点から出現した。

十和田湖の底生動物はその摂食生態によって、収集食者、収集-破砕食者、破砕食者、濾過食者、剥離食者及び捕食者の6つの摂食機能群に類別された(Merrit & Cummins 1994)。汀線付近の礫底から出現した分類群は、様々な摂食機能群に属しており生態的に多様な群集構造を示した(表2)。他の地点から出現した分類群の多くは収集食者に属した。ただし、オナシカワゲラ属の一種(*Nemoura* sp.)、マメシジミ属の一種(*Pisidium* sp.)、クサツミトビケラ属の一種(*Oecetis* sp.)、センブリ科に属する一種(*Sialidae* gen. sp.)、ウズムシ類、モノアラガイ科に属する一種(*Lymnaeidae* gen. sp.)の6taxaは他の機能群に属した。これら6taxaの内、濾過食者のマメシジミ属の一種と捕食者のウズムシ類の2taxaは比較的水深の深い地点まで分布したが、残りの4taxaは水深の増加に伴い消失した。

沿岸域の底生動物群集

表2 各採集地点における出現した分類群及び摂食機能群のリスト. 年平均密度を3つのランクで示した. ++:年平均 >1000 inds•m², +: >100 inds•m², r: <100 inds•m².

Functional feeding groups Distance from shore (m)	Wainai						Namariyama					Lake center
	5	20	40	60	80	100	5	15	30	50	70	
Collector gatherers												
Chironomidae	++	+	+	++	++	+	++	++	++	++	+	+
Oligochaeta	+	+	++	++	++	++	+	++	++	++	++	r
<i>Ephemera orientalis</i>	+	+	+	.	r	.	r	+	+	r	.	.
<i>Caenis</i> sp.	+	r	r	.	.	.	+	r	+	r	.	.
<i>Mystacides</i> sp.	r	r	r	.	.	.	.	.	+	r	.	.
<i>Paraleptophlebia westoni</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ephemera</i> sp.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Molanna moesta</i>	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.
Collector gatherers - shredders												
<i>Nemoura</i> sp.	+	r	r	.	.	.	+	.	+	r	.	.
Capniidae gen. sp.	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Shredders												
<i>Eogammarus kygi</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Collector filterers												
<i>Pisidium</i> sp.	.	r	+	.	r	+	.	.	.	r	+	.
<i>Hydropsyche</i> sp.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polycentropodidae gen. sp.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Antocha</i> sp.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Predators												
<i>Oecetis</i> sp.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Sialidae gen. sp.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Dugesia</i> sp.	r	.	r	.	r	.	.	.	.	r	.	.
<i>Rhyacophila towadensis</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Parachauliodes continentali</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Noteridae gen. sp.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scrapers												
<i>Apatania</i> sp.	+	r	.	.	.	.	+	r	+	.	.	.
<i>Goera japonica</i>	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Ecdyonurus yoshidae</i>	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Baetis</i> sp.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lymnaeidae gen. sp.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	.	.

優占的に出現した分類群は汀線付近の礫底とそれ以外の地点で大きく異なった(図2)。汀線付近の礫底では剥離食者に属するコエグリトビケラ属の一種(*Apatania* sp.)及びニンギョウトビケラの2taxaが底生動物の総現存量の78-91%を占めた。しかし、6月及び10月の和井内5m地点、10月及

び2月の鉛山5m地点のように、これら2taxaに加えて、ユスリカ科が比較的高い割合(23-38%)を占める月もあった。一方、他の地点においては、ユスリカ科と貧毛類が全現存量の52-100%を占めた。この割合は多くの月で沖に向かうにつれて増加し、和井内80mと鉛山50mで95-100%を占

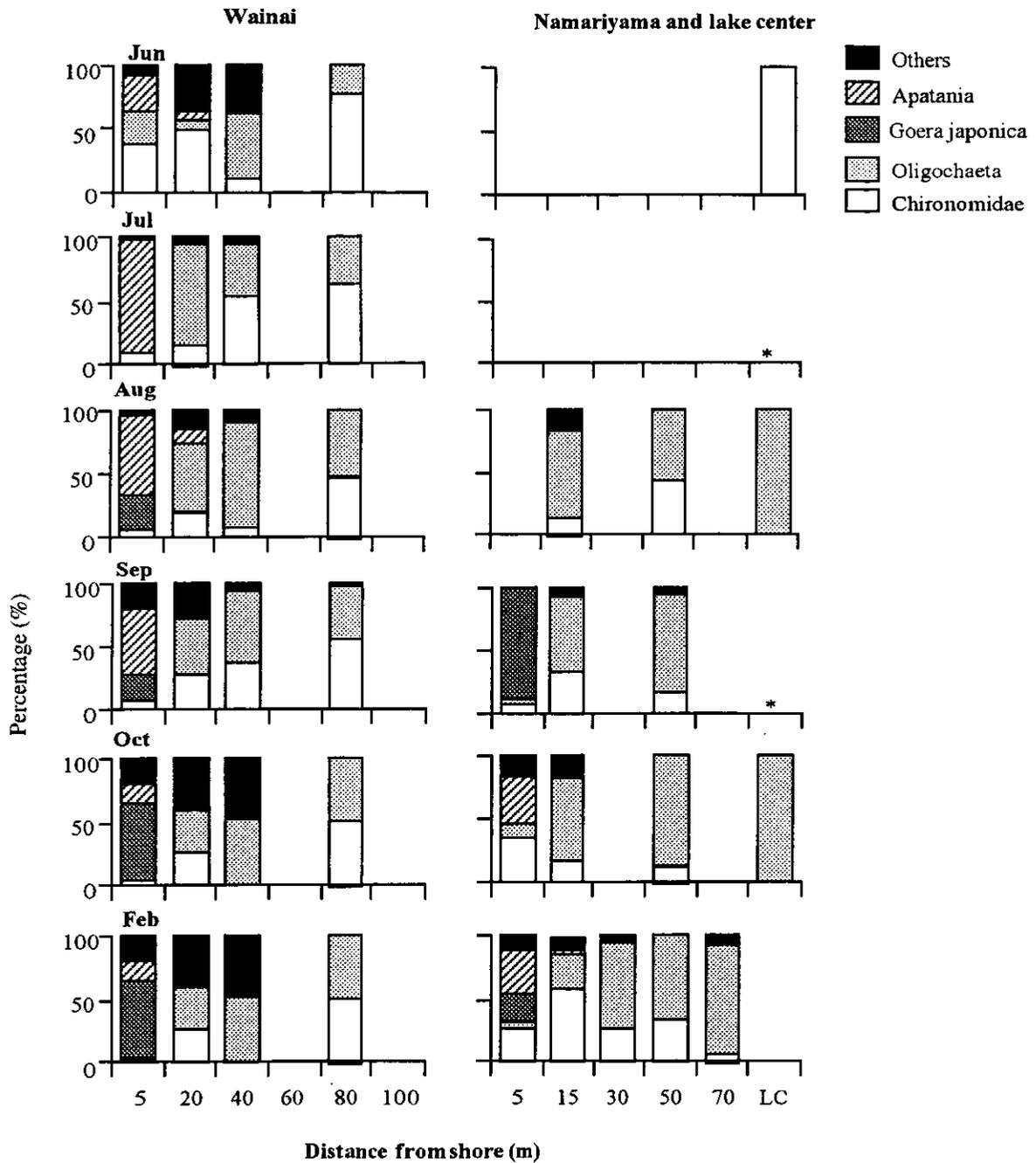


図2 優占して出現した4taxaの現存量の割合

めた。しかし、6月、10月及び2月の和井内20m及び40m地点では他の分類群の現存量も少し高い割合を占めた(約10-35%)。これは主にトウヨウモンカゲロウ (*Ephemerella orientalis*) など比較的サイズが大きい分類群が出現したためであった。また、湖心では調査期間を通じて、ユスリカ科と貧毛類しか出現しなかった。

沿岸から沖に向かった底生動物群集の多様度指数 (Shannon Index of Diversity) 及び現存量の変

化をそれぞれ図3と図4に示す。多様度指数は8月の鉛山を除いて共に沿岸で高く沖に向かうにつれて減少し、湖心では調査期間を通じて多様度指数は0であった。現存量は水深1.5-9mの浅い地点(和井内20m地点、鉛山5m、鉛山15m地点)と沖側の水深20m以上の深い地点(湖心、和井内120m、鉛山70m地点)で低い値を示した。特に湖心では現存量は著しく低く、常に $92\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下であった。現存量のピークは2月を除いて水深12-

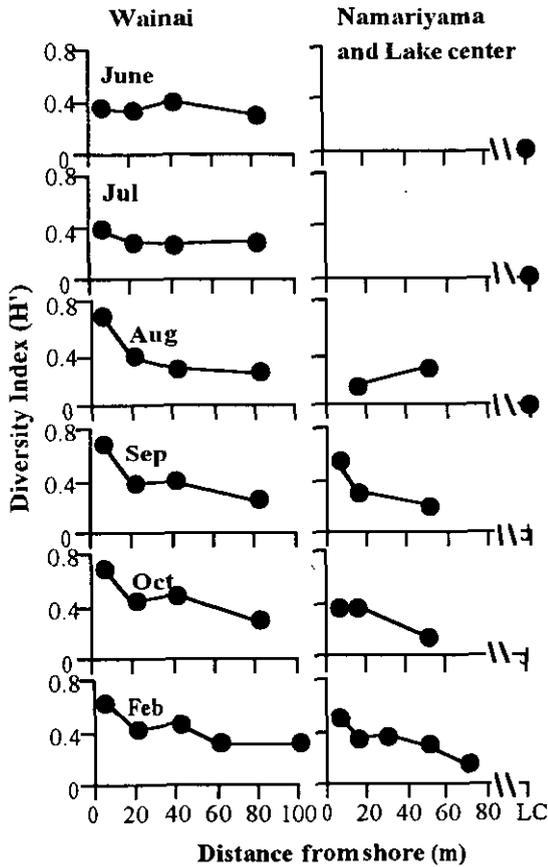


図3 沿岸から沖に向かった底生動物群集の多様度指数の変化

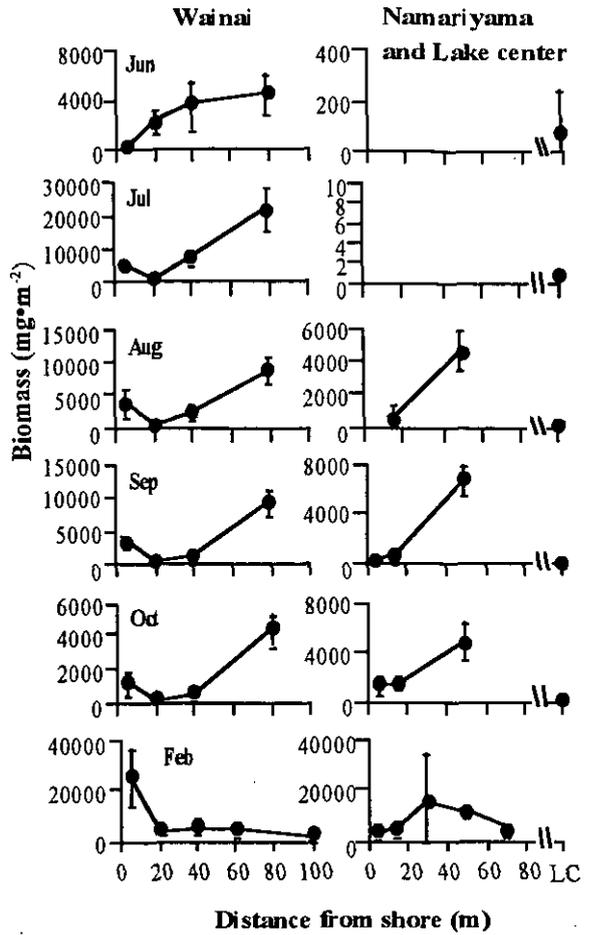


図4 沿岸から沖に向かった底生動物群集の現存量 (mg·m⁻²) の変化

15mの泥底(和井内80m及び鉛山の50m地点)で見られた。しかし、このピークは2月には水深9-13mの少し浅い地点(和井内60m地点及び鉛山30m地点)に移動した。和井内では上記ピークに加えて、汀線付近の礫底でも幾分高い現存量を示したが、鉛山では見られなかった。汀線付近・礫底における現存量は両地点共に他の地点よりも季節間で高い増減を示した。

考察

十和田湖の底生動物群集は広範囲にわたってユスリカ科幼虫及び貧毛類を中心に構成され、これまでに報告された他の湖沼の底生動物群集(例えば、Dobrowolski 1994; Petridis & Sinis 1995; Khan *et al.* 1996) と共通していた。しかし、汀線付近の礫底には、多様な分類群からなる機能的にも多

様な底生動物群集が年間を通して存在することが明らかになった。

Cohen (1986) はケニアのTurkana湖の底生動物群集が礫底と泥底で大きく異なり、沿岸の礫底で巻き貝や水生昆虫などを中心とした剥離食者が優占することを示し、利用できる食物の違いがこれらの群集を調節していると指摘した。同様に、十和田湖の汀線付近の礫底で優占したコエグリトビケラ属及びニンギョウトビケラ属は、石面藻類を摂食する剥離食者に属した。すなわち、汀線付近礫底の石面で生産される藻類がこのような群集の構成に大きく関係すると考えられる。

岸で生じる波動も底生動物群集に影響する重要な要因と言われている (Smith & Sinclair 1972; Smith 1979; Barton & Griffiths 1984; Palomäki & Hellsten 1996)。波動は底生動物に直接的なストレスを与え (McLachlan & McLachlan 1971)、特に

砂や泥の湖底では著しく底生動物の量を低下させると言われている (Khan *et al.* 1996)。波動は、また、生息場所構造をより不均一に、より複雑にし、生物の多様性を増加させる (Rasmussen & Rowan 1997)。

本研究において、汀線付近の礫底から出現した底生動物の大部分は流水の礫底で普通に見られる分類群と共通した。特に優占したコエグリトビケラ属やニンギョウトビケラ属は山地河川の瀬の石礫底でしばしば高い割合を占める。しかし、この群集は、石面に有機物が薄く堆積し、かつ波による攪乱の頻度が低い水深1m前後 (和井内15m地点及び鉛山8m地点) の礫底からは消失していた (加藤、未発表データ)。この結果は礫底構造だけでなく、波動による水流がこの群集の発達に不可欠であることを示す。従って、十和田湖汀線付近の礫底の底生動物群集は、1) 礫構造、2) 石面の付着藻類、3) 波動による止水性底生動物の排除と流水性底生動物の定着の増加等の複合的要因により形成されると考えられた。

ユスリカ科幼虫及び貧毛類等の沈殿有機物を摂食する収集食者の群集は、種類数、多様性指数ともに沿岸域で高く沖に向かうにつれて減少した。これはこれまでの報告 (Sephton *et al.* 1980; Wetzel 1983; Khan *et al.* 1996; Petridis & Sinis 1995) と一致した。一般に底生動物群集の多様性や種類数は不均一性の高い礫底、砂底、水生植物群落で泥底よりも高い値を示す (Dall *et al.* 1984)。本研究において、これら群集が高い多様性を示した地点は小礫底又は砂底であった。そのため、湖底構造が種類数及び多様性に大きく関係していると考えられた。

底生動物の現存量の分布パターンは沿岸域で高い値を示し、沖に向かって低下した後再び深底域で増加する場合 (Wetzel 1983; Dall *et al.* 1984; Petridis & Sinis 1995) と沿岸域のみで高い値を示す場合 (Sephton *et al.* 1980; Khan *et al.* 1996) が報告されている。十和田湖では、汀線付近の礫底を除き、その現存量は水深12-16mの泥底で増加し、沿岸の砂底と深底部の泥底で低下した。このような分布パターンは、水温や酸素濃度などの無

機環境因子、湖底の構造、餌資源の質と量、魚類や大型無脊椎動物による捕食などにより決まると考えられる (例えば、Minshall 1978; Thorp & Diggins 1982; Kondo & Suzuki 1982; Rasmussen 1988)。

水深に伴って変化する無機環境要因には、酸素濃度、pH及び水温が考えられる。例えば、富栄養湖では水深の深い地点では低い酸素濃度の影響を受け、底生動物の種類数及び現存量が低下する (Hamilton 1971; Dermott 1988)。しかし、十和田湖は年間を通じて深い地点まで十分に酸素があり、pHも大きく変化しないため (例えば、青森県環境保健センター 1996)、溶存酸素やpHはこれら群集の変化に影響する大きな要因ではない。大高 (1998) は十和田湖の各水深のイトミミズ類を中心とした底生動物の調査を行い、年間水温変動パターンの境界深度にあたる水深40m付近を境に種類組成が大きく変化することを示し、種による水温の適応性の違いが原因であると示唆した。今回の我々の研究では湖心地点を除き、主に水深22mよりも浅い地点を中心に調査したため、底生動物群集の変化に水温環境の違いが大きく影響したとは考えられない。

湖底の水深は底生動物の生活史とも関連し、生活史の一部を陸上で生息する水生昆虫は水深の増加に伴い減少し、生活史のすべてを水中で過ごす貧毛類などは逆に増加すると言われている (Ward 1992)。本研究においても貧毛類の割合が沖へ向かうにつれて増加する傾向を示した。

十和田湖の湖底構造は汀線付近の礫底に続いて、砂、泥の順に水深に対応して規則的に変化した。湖沼の底生動物群集が湖底の状態に対応して変化することはよく知られている (例えば、Cole & Weigmann 1983; Dobrowolski 1994; Petridis & Sinis 1995)。例えば、底生動物の密度と現存量は、基質内の水分含有率が高く内部に潜る空間を供給する泥で高くなり (Dall *et al.* 1984; Banziger 1995; Palomäki & Hellsten 1996)、砂底で低くなる (Arthington *et al.* 1986; Banziger 1995)。本研究でも砂底で低い現存量を示した。しかし、同じ泥底でも水深により現存量が異なったため、湖底構造

以外の要因も現存量の増減に大きく影響していると考えられた。

底生動物の現存量は食物となる有機物の質や量とも関係すると考えられる (Petridis & Sinis 1995)。一般に礫底や砂底では有機物量、窒素、リンの含量が泥底よりも低いことが知られている (Petridis & Sinis 1995)。また、貧栄養湖では浅い地点で枯死した水草や陸上起源の有機物の影響を受けて、いくつかの分類群の現存量が沿岸域で高くなるとの報告もある (Petridis & Sinis 1995)。しかし、今回の調査地における底泥中の灼熱減量とクロロフィルa量、沈殿物のセストン量、C/N比及びクロロフィルa量は底生動物の現存量と対応しなかった (加藤 未発表)。そのため、十和田湖において有機物の質と量は底生動物の現存量に影響する主要な要因ではないようである。

十和田湖には十数種類の魚類が生息している。近年、特に多いのは、ヒメマス、ワカサギ、イトヨ、ヌマチチブ、ウキゴリである (例えば、原子 1991; 米谷ほか 1992; 水谷 1993)。これらの魚類は、十和田湖において動物プランクトンや底生動物を摂食する。特にイトヨ、ヌマチチブ、ウキゴリなどの底生魚類は、季節を通じて主にユスリカ類、端脚類などの底生動物を摂食することが知られている (表3)。魚類による捕食は底生動物の現存量の低下や種類組成の変化を引き起こし、同時に底生動物間の競争を緩和させ、その結果パッチ状分布を作り、多様性を増加させる (例えば、Strayer & Linens 1986; Dermott 1988)。Post & Cucin

(1984) はイエローパーチ導入前後の Little Minnow 湖における底生動物群集を比較し、導入後にユスリカの現存量が有意に増加したことを示した。また、逆に酸性化などの理由により魚類が消失した湖沼ではトンボ類などの大型無セキツイ動物がトッププレデターとして魚類にとって変わり、その結果底生動物の種類組成が変化した例が多く報告されている (Hall *et al.* 1970; Eriksson *et al.* 1980; Dermott 1988)。加藤・岩熊 (1997) は尾瀬ヶ原の魚類が生息しない池の底生動物群集の現存量がトンボ類を中心とした大型無脊椎動物により占められることを示した。本研究で大型無脊椎動物が出現しなかった事実は、十和田湖の底生動物群集が魚類による捕食の影響を強く受けている可能性を示唆する。

底生動物の群集構造及び現存量に及ぼすイエローパーチの影響は、その摂食活動が最も高い沿岸域で顕著である (Post & Cucin 1984)。中西・小坂 (1987, 1988) 及び中西ほか (1989) は十和田湖における底生魚類の漁獲量を水深 10m 前後の沿岸域と 40m 前後の沖域で比較し、これら底生魚類が沿岸域でより多く漁獲されることを示した。本研究の調査時にも同様に春期から秋期にかけて、和井内及び鉛山の浅い地点 (水深 1-5m) で多数の底生魚類が観察された (加藤 未発表)。これらの水深は本研究で夏期から秋期にかけて底生動物の現存量が低下した和井内 20-40m 地点及び鉛山 15m 地点の水深 (約 1.5-7m) とほぼ対応した。さらに、これらの底生魚類は初夏から秋期にかけ

表3 ヒメマス、ワカサギ、イトヨ、ウキゴリ及びヌマチチブの消化管内容物の割合。各内容物の割合は Takamura *et al.* (1999)、原子 (1991)、米谷ほか (1992) 及び水谷 (1993) のデータより計算した。Cla: 枝角類, Cop: 橋脚類, Chi: ユスリカ科, Aqu: その他水生昆虫, Amp: ヨコエビ類, Mol: 腹足類, Ter: 陸上性昆虫, Oth: その他。

	Number of samples	Food items								Sampling periods
		Cla	Cop	Chi	Aqu	Amp	Mol	Fish	Ter	
<i>O. nerka</i>	2901	27.7	6.7	10.5	0.2	6.7	0.0	8.5	23.1	1981-1996
<i>H. transpacificus</i>	1075	32.9	11.0	17.5	4.4	1.6	0.3	0.5	4.2	1984-1996
<i>G. aculeatus</i>	285	18.7	1.9	38.7	0.8	2.7	0.2		0.4	1986-1996
<i>C. urotaenia</i>	6			10.0	3.4	33.3			24.8	1989, 1991-1992
<i>T. kuroiwae brevispini</i>	11			50.0					15.0	1991-1992

て多く採集されたが、初冬から春期にかけてはほとんど採集されなかった(中西・小坂1987, 1988; 中西ほか1989; 中西・松坂1990; 吉田・松坂1991; 菊谷・松坂1992; 長崎ほか1993; 村井ほか1994)。従って、十和田湖の底生魚類は、夏から秋にかけて水深1-10m前後の浅い地点で活動するらしい。本研究において、泥底で見られた現存量のピークが冬期に浅いところに移動した事実は、沿岸域において魚類の捕食圧が冬期に低下した可能性を示唆する。

引用文献

- 秋田県内水面指導所 (1978) 底生動物調査. 昭和53年度十和田湖資源対策調査報告書、十和田湖ふ化場協議会: 51-58.
- 秋田県内水面指導所 (1979) 底生動物調査. 昭和54年度十和田湖資源対策調査報告書、十和田湖ふ化場協議会: 47-48.
- 青森県環境保健センター (1996) 平成8年度十和田湖水質汚濁機構解析調査報告書: 116pp.
- Arthington A. H., Burton H. B., Williams R. W. & Outridge P. M. (1986) Ecology of humic & non-humic dune lakes, Fraser Island, with emphasis on the effects of sand infilling in Lake Wabby. *Australian Journal of Freshwater Research* 37: 743-764.
- Bänninger R. (1995) A comparative study of the zoobenthos of eight land-water interfaces (Lake of Geneva). *Hydrobiologia* 300-301: 133-140.
- Barton D. R. & Griffiths M. (1984) Benthic invertebrates of the near shore zone of western Lake Huron, Georgian Bay and North Channel. *Journal of Great Lakes Research* 10: 407-416.
- Charbonneau C. S., Drobney R. D. & Rabeni C. F. (1994) Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environmental Toxicology and Chemistry* 13: 267-279.
- Cohen A. S. (1986) Distribution and faunal associations of benthic invertebrates at Lake Turkana, Kenya. *Hydrobiologia* 141: 179-197.
- Cole R. A. & Weigmann D. L. (1983) Relationships among zoobenthos, sediments, and organic matter in littoral zones of western Lake Erie and Saginaw Bay. *Journal of Great Lakes Research* 9: 568-581.
- Cummins K. W., Peterson R. C., Howard F. O., Wuycheck J. C. & Holt V. I. (1973) Utilization of leaf litter by stream detritivores. *Ecology* 54: 336-345.
- Dall P. C., Lindegaard C., Jónsson E., Jónsson G. & Jónasson P. M. (1984) Invertebrate communities and their environment in the exposed littoral zone of Lake Esrom, Denmark. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 69: 477-524.
- Dermott R. M. (1988) Zoobenthic distribution and biomass in the Turkey Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 107-114.
- Dobrowolski Z. (1994) Occurrence of macrobenthos in different littoral habitats of the polymictic Lebsko lake. *Ekologia Polska* 42: 19-40.
- 遠藤実・安村明・白幡義広・米谷峰夫 (1977) 十和田湖の底生動物及びプランクトン調査. 昭和50・51年度十和田湖資源対策事業調査報告書: 58-89.
- Eriksson M. O., Henrikson L., Nilson B. I., Nyman G., Oscarson H. G. & Stenson A. E. (1980) Predatory-prey relations important for the biotic changes in acidified lakes. *Ambio* 9: 248-249.
- Hall D. J., Cooper W. E. & Werner E. E. (1970) An experimental approach to the production dynamics and structure of freshwater animal communities. *Limnology and Oceanography* 15: 839-928.
- Hamilton A. (1971) Zoobenthos of fifteen lakes in the experimental lakes area, northeastern Ontario. *Journal of Fisheries Research Board Canada* 28: 257-263.
- 原子博 (1991) 十和田湖資源対策調査. 平成元年度秋田県内水面水産指導所事業報告書、秋田県内水面指導所 16: 287-300.
- Horne A. J. & Goldman C. R. (1994) *Limnology*, 2nd

- edition. McGraw-Hill, Inc, New York.
- Jónasson P. M. (1984) The ecosystem of eutrophic Lake Esrom. In: *Lakes and Reservoirs* (ed. F. B. Taub), pp. 177-204. Elsevier Science, Amsterdam.
- 加藤秀男・岩熊敏夫 (1997) 8. 尾瀬ヶ原・中田代・池澮における底生動物の食性. 日本陸水学会誌 **58**: 119-122.
- Khan M. A. G., Chowdhury S. H. & Paul J. C. (1996) Community structure and ecology of macrobenthic invertebrate fauna of lake Kaptai, Bangladesh. *Tropical Ecology* **37**: 229-245.
- 菊谷尚久・松坂洋 (1992) 十和田湖資源対策調査. 平成2年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 14-28.
- 北川礼澄 (1974) 東北地方の7湖沼の底生動物相の研究. 陸水学雑誌 **35**: 162-172.
- Kondo S. & Suzuki T. (1982) Littoral survey of the Chironomidae in reservoirs of Nagoya City and suburbs. *Journal of Limnology* **43**: 275-279.
- Lindgaard C. (1992) Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. *Oikos* **64**: 257-304.
- McLachlan A. J. & McLachlan S. M. (1971) Benthic fauna and sediments in the newly created Lake Kariba (Central Africa). *Ecology* **52**: 800-809.
- Merrit R. W. & Cummins K. W. (ed.). (1996) *An introduction to the aquatic insects of North America*, 3rd edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Minshall G. W. (1978) Autotrophy in stream ecosystems. *BioScience* **28**: 767-771.
- Miyadi D. (1932) Bottom fauna of Japanese lake. VIII. Lakes of North Japan. *Japanese Journal of Zoology* **4-3**: 269-285.
- 水谷寿 (1993) 十和田湖資源対策調査. 平成4年度秋田県水産振興センター事業報告書, 秋田県水産振興センター: 306-340.
- 村井裕一・長崎勝康・菊谷尚久・松坂洋・沢目司 (1994) 十和田湖資源対策調査. 平成4年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 43-60.
- 中西廣義・小坂善信 (1987) 十和田湖資源対策調査. 昭和60年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 61-76.
- 中西廣義・小坂善信 (1988) 十和田湖資源対策調査. 昭和61年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 27-40.
- 中西廣義・松坂洋・伊藤秀明 (1989) 十和田湖資源対策調査. 昭和62年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 10-29.
- 中西廣義・松坂洋 (1990) 十和田湖資源対策調査. 昭和63年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 11-25.
- 長崎勝康・松坂洋・沢目司 (1993) 十和田湖資源対策調査. 平成3年度青森県内水面水産試験場事業報告書: 22-36.
- Oertli B. (1993) Leaf litter processing and energy flow through macroinvertebrates in a woodland pond (Switzerland). *Oecologia* **96**: 466-477.
- 大高明史 (1998) 十和田湖の湖底生物を探る. 青森県史研究 **2**: 31-36.
- 野原精一・加藤秀男・高村典子・三上一 (1999) 十和田湖の水生植物の現状. 国立環境研究所研究報告 **146**: 49-51.
- Petridis D. & Sinis A. (1995) Benthos of Lake Mikri Prespa (north Greece). *Hydrobiologia* **304**: 185-196.
- Palomäki R. & Hellsten S. (1996) Littoral macrozoobenthos biomass in a continuous habitat series. *Hydrobiologia* **339**: 85-92.
- Pieczynska (1986) Sources and fate of detritus in the shore zone of lakes. *Aquatic Botany* **25**: 153-166.
- Post J. R. & Cucin D. (1984) Change in the benthic community of a small Precambrian lake following introduction of yellow perch, *Perca flavescens*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **41**: 1496-1501.
- Rasmussen J. B. (1988) Littoral zoobenthic biomass in lakes, and its relationship to physical, chemical, and trophic factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **45**: 1436-1447.
- Rasmussen J. B. & Rowan D. J. (1997) Wave velocity

- thresholds for fine sediment accumulation in lakes, and their effect on zoobenthic biomass and composition. *Journal of North American Benthological Society* **16**: 449-465.
- 佐藤隆平 (1958) 4. 水産学的調査研究. 十和田湖環境調査研究報告書、青森県: 77-96.
- 佐藤隆平・高橋克成・沢木繁孝 (1967) 3. 湖沼生物学の調査. 昭和42年度十和田湖遼源対策事業調査報告書、秋田県・青森県: 9-12.
- Sepphton T. W., Paterson C. G. & Fernando C. H. (1980) Spatial interrelationships of bivalves and nonbivalve benthos in a small reservoir in New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Zoology* **58**: 852-859.
- 渋谷和治・白幡義広 (1977) 底生動物及びプランクトン調査. 昭和52年度十和田湖資源対策事業調査報告書: 30-44.
- Smith I. R. (1979) Hydraulic conditions in isothermal lakes. *Freshwater Biology* **9**: 119-145.
- Smith I. R. & Sinclair I. J. (1972) Deep-water waves in lakes. *Freshwater Biology* **9**: 387-399.
- Strayer D. & Linens G. E. (1986) An energy budget for the zoobenthos of Mirror Lake, New Hampshire. *Ecology* **67**: 303-313.
- Tabacchi E., Décamps H. & Thomas A. (1993) Substrate interstices as a habitat for larval *Thraulius bellus* (Ephemeroptera) in a temporary floodplain pond. *Freshwater Biology* **29**: 429-439.
- Takamura N., Mikami H., Mizutani H. & Nagasaki K. (1999) Did a drastic change in fish species from kokanee to pond smelt decrease the secchi disc transparency in the oligotrophic Lake Towada, Japan? *Archiv für Hydrobiologie* **144**: 283-304.
- Thorp J. H. & Diggins M. R. (1982) Factors affecting depth distribution of dragonflies and other benthic insects in a thermally destabilized reservoir. *Hydrobiologia* **87**: 33-44.
- 十和田湖ふ化場協議会 (1982) 十和田湖資源対策事業資料: 167pp.
- 十和田湖ふ化場協議会 (1984) 十和田湖資源対策事業資料: 173pp.
- 十和田湖ふ化場協議会 (1986) 十和田湖資源対策事業資料: 173pp.
- 上野隆平・大高明史・高村典子 (1999) 十和田湖沿岸域のユスリカ相. 国立環境研究所研究報告 **146**: 83-86.
- Ward J. W. (1992) *Aquatic insect ecology 1. Biology and habitat*. Wiley, New York.
- Wetzel R. G. (1983) *Limnology*, 2nd ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.
- 米谷峰夫・佐藤時好・伊勢谷修弘 (1992) 十和田湖資源対策調査. 平成3年度秋田県水産振興センター事業報告書: 243-273.
- 吉田秀雄・松坂洋 (1991) 十和田湖資源対策調査. 平成元年度青森県内水面水産試験場事業報告書、秋田県水産振興センター: 16-33.

十和田湖沿岸域のユスリカ相

上野隆平¹・大高明史²・高村典子³

¹国立環境研究所生物圏環境部 (〒305-0053 つくば市小野川16-2)、²弘前大学教育学部 (〒036-8560 弘前市文京町1)、³国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川16-2)

Benthic fauna of the littoral zone of Lake Towada

Ryuhei UENO¹, Akifumi OHTAKA² and Noriko TAKAMURA³

¹Environmental Biology Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan, ²Faculty of Education, Hirosaki University, Hirosaki 036-8560, Japan and ³Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan

はじめに

ユスリカとは双翅目ユスリカ科の昆虫の総称である。この分類群は非常に種類が多いことが知られており、日本産のものに限っても十分に調査されれば1000種を超えるであろうといわれている(森谷1990)。しかし、簡便な検索表が整備されなかったため、一まとめにして扱われることが多かった。また、ユスリカの仲間がワカサギやマス類の重要な餌動物であることは以前からよく知られている(松井・和井内1937、白石・高木1955、竹谷1959)。

十和田湖の底生動物については本報告書の中で沿岸帯については加藤ほか(1999)により、また沖帯も含めた全体の底生動物相については大高ほか(1999)により最新の調査結果が報告されている。ここでは、これらの報告で詳しく扱われなかったユスリカについて報告する。大高ほか(1999)で述べられているようにユスリカについては沿岸帯から沖帯への種の分布の違いがはっきりしているの、一部で沖帯のデータも示した。

調査地点および調査方法

調査は西湖で行った。底質の採集には0.1m²用のスミスマッキンタイア採泥器を用いた。1996

年6月10日鉛山で、1996年6月12日に和井内で、ともに岸から湖心方向に10、20、30、40、50mの距離の地点で各1サンプル、1996年10月10日に和井内で岸から湖心方向に0、10mの距離の地点で各3サンプル、30、50、80mの距離の地点で各4サンプル採取した。水草は潜水により1m²の枠内から刈り取った。1996年6月10日に鉛山の岸から20、30mの地点と1996年6月12日に和井内の岸から50mの地点で各1サンプル、1996年10月10日に和井内の岸から0mの地点で3サンプルを採取した。沿岸帯から水深100mの沖帯までのユスリカのデータは大高ほか(1999)による報告のサンプルの一部である。同時に採集された他の底生動物のデータも表中に含めた。表中の数値はすべて密度(inds・m⁻²)の平均値である。

結果と考察

1996年6月の調査では湖岸から水深12.5mまでが調査され、水深と種数の関係は和井内・鉛山ともにはっきりしなかった(表1、2)。一方、密度は和井内・鉛山のどちらでも水深3、5、12.5mの地点で高く1.5、8mでは低かった。1996年10月の和井内での調査でも種数と水深との関係ははっきりしなかった。密度は水深10mで最も高かった。一方、沿岸帯から水深100mまでのデータ(表

表1 和井内における沿岸帯の底生動物相

湖岸からの距離 (m)	96/6/12						96/10/10					
	泥			水草			泥			水草		
	10	20	30	40	50	50	0	10	30	50	80	0
LYMNAEIDAE gen. sp. モノアラガイ科							7	3				2
OLIGOCHAETA 貧毛綱 (イトミミズ)	230	192	136	49	5	267	207	233	25	88	363	2
ISOPODA 等脚目						1						
<i>Eogammarus kygi</i> トゲオヨコエビ	10			1		1						
<i>Caenis</i> sp. ヒメカゲロウ属							<1					
<i>Ephemera orientalis</i> トウヨウモンカゲロウ		2		9			13	47				3
<i>Nemoura</i> sp. オナシカワゲラ属												23
CHIRONOMIDAE ユスリカ科	300	81	74	17	62	134	176	144	176	470	49	28
<i>Procladius</i> sp. カユスリカ属	10			2	2	45	7			3	3	1
TANYPODINAE gen. sp. モンユスリカ亜科	20	3										
<i>Monodiamesa</i> sp. トゲヤマユスリカ属										3	5	
<i>Brillia</i> sp. ケブカエリユスリカ属			1									
<i>Cricotopus</i> sp. ツヤユスリカ属							3					2
<i>Orihocladius</i> sp. エリユスリカ属	40	1										
<i>Psectrocladius</i> sp. ヒメエリユスリカ属						3	40	7				24
<i>Chironomus ?nipponensis</i> ヤマトユスリカ?		11		1	30	42	53			354	18	
<i>Chironomus</i> sp. ユスリカ属		9										
<i>Cryptochironomus</i> sp.1 ユスリカ族		6	10	3	1	2	20	43	8			
<i>Cryptochironomus</i> sp.2 ユスリカ族	10	1						7				
<i>Fissimentum</i> sp. ユスリカ族		1	2				3	63	8			
<i>Microtendipes</i> sp. ユスリカ族				1								
? <i>Paracladopelma</i> sp. ユスリカ族							3					
<i>Polypedilum</i> sp. ハモンユスリカ属	20	27	12	6	4	4	17		10		10	
<i>Stictochironomus</i> sp. アシマダラユスリカ属	20	13	19		25	25	27		150	110	13	1
TANYTARSINI gen. sp(p). ナガスネユスリカ族	180	9	30	4		11	3	7				
unidentifiable その他同定不能なユスリカ						2	0	17				
TRICHOPTERA 毛翅目 (トビケラ)	90	20				10						1
LIMNephilidae gen. sp. エグリトビケラ科												1
<i>Apatania</i> sp. コエグリトビケラ属	40											
<i>Ceraclea</i> sp. ヒゲナガトビケラ科	10	10										
<i>Goera</i> sp. ニンキョウトビケラ属	40											
<i>Molanna</i> sp. ホソバトビケラ属		10										
<i>Oecetis</i> sp. クサツミトビケラ属						10						

3) では水深5mから100mに向かってはっきりと種数が減少する傾向が見られた。また、密度についても同様に水深が増すのに伴って減少する傾向が見られた。いくつかの優占種について水深

10m付近に分布のボーダーがあるように思われる。水深10m付近で湖水の化学的性質か底質の物理的性質(粒度など)に大きな変化があるのかもしれない。

沿岸域のユスリカ相

表2 鉛山における沿岸帯の底生動物相

湖岸からの距離 (m)	泥 10	20	30	40	50	水草 20	30
OLIGOCHAETA 貧毛綱(イトミミズ)	20	940	390	40	90	106	14
ISOPODA 等脚目					1		
<i>Eogammarus kygi</i> トゲオヨコエビ					1		
<i>Ephemera orientalis</i> トウヨウモンカゲロウ		30				12	
GOMPHIDAE gen. sp. サナエトンボ科						1	
CHIRONOMIDAE ユスリカ科	60	590	120	10	80	75	18
<i>Procladius</i> sp. カユスリカ属		30			10	3	2
TANYPODINAE gen. sp. モンユスリカ亜科	10	10					
<i>Monodiamesa</i> sp. トゲヤマユスリカ属	10	20				4	
<i>Epoicocladius</i> sp. カゲロウエリユスリカ属						1	
<i>Chironomus ?nipponensis</i> ヤマトユスリカ?			10	10			
<i>Cryptochironomus</i> sp.1 ユスリカ族						5	
<i>Polypedilum</i> sp. ハモンユスリカ属		40				5	8
<i>Stictochironomus</i> sp. アシマダラユスリカ属	10	40	90		70	24	2
<i>Fissimentum</i> sp. ユスリカ族	20	20				2	
TANYTARSINI gen. sp(p). ナガスネユスリカ族	10	430	20			31	6
TRICHOPTERA 毛翅目(トビケラ)							1
<i>Oecetis</i> sp. クサツミトビケラ属							1

表3 和井内における沿岸帯から深底帯にかけてのユスリカ相の変化

水深 (m)	5	10	20	40	60	80	100
<i>Procladius</i> sp(p). カユスリカ属	237	59		59	30		
? <i>Trissopelopia</i> sp. モンユスリカ亜科	30						
<i>Monodiamesa</i> sp. トゲヤマユスリカ属	44	15	74				
<i>Cricotopus</i> sp. ツヤユスリカ属	30	15					
<i>Chironomus ?nipponensis</i> ヤマトユスリカ?	119	489					
<i>Stictochironomus</i> sp. アシマダラユスリカ属	119	74	119				
<i>Polypedilum</i> sp. ハモンユスリカ属	193	711	30		30		
? <i>Cryptotendipes</i> sp. ユスリカ亜科	30						
<i>Microspectra</i> sp. ナガスネユスリカ属	844	74	30	74	44	15	44

調査を通じて少なくとも15属のユスリカ幼虫が採集された。この内、優占種などいくつかの種類についてコメントする。*Chironomus*ユスリカ属の幼虫は形態が湯の湖産の*C. nipponensis* ヤマトユスリカに似ていることと、Sasa (1991) によりヤマトユスリカの成虫が十和田湖岸において採集

されていることからヤマトユスリカであると考えられた。この種類は十和田湖のユスリカの中ではトゲヤマユスリカ属*Monodiamesa* sp. とともに最大の種類で、鉛山では少なく、和井内では6月、10月ともに水深10m付近で最も密度が高かった。この種類は現時点では日本固有種であり、日本各地

の湖沼で採集されている。日光湯の湖でのワカサギの餌動物についての竹谷 (1959) の研究によれば、初夏にはユスリカ属 *Chironomus* の幼虫が、春・秋にはヒゲユスリカ属 *Tanytarsus* の幼虫がそれぞれよく食われている。現在湯の湖で採集されるユスリカ属はヤマトユスリカであるので、十和田湖においてもヤマトユスリカがワカサギの重要な餌となっている可能性がある。アシマダラユスリカ属 *Stictochironomus* sp. とハモンユスリカ属 *Polypedilum* sp. はヤマトユスリカとともに水深 10m 付近で最も密度が高かった。これら 2 つの属は貧栄養湖から富栄養湖まで広く見られるユスリカである。ナガスネユスリカ属 *Micropsectra* sp. は最も深い場所まで分布しており水深 100m でも採集された。ヒゲユスリカ属またはナガスネユスリカ属がユスリカの中で最も深部まで分布している例はヨーロッパでも報告されている (Lundbeck 1936, cited in Thienemann 1974)。*Fissimentum* 属は優占種には含まれないが、アジア地域では未記録の属であり十和田湖はこの属の産地としては最も高緯度の記録となる。*Fissimentum* 属の既知の産地はブラジル・オーストラリアのみであるので (Cranston & Nolte 1996)、分類学上の新種の可能性がある。

本報告は幼虫標本に基づいているため属レベルの同定にとどまるが、生息場所や生活史は種ごとに異なるのでそれらを問題にする場合は種レベルで同定する必要がある。また、最近ではユスリカ相を報告する際、種レベルで報告することも珍しくないなので、他の地域のユスリカ相と比較する場合にも種レベルで同定する必要がある。種の同定には雄成虫が必要なので、幼虫から成虫まで飼育するか、羽化トラップなどを用いて成虫の標本をそろえることが次の課題である。成虫に基づいた研究には Sasa (1991) があり、十和田湖岸においてスウィーピングおよび灯火採集法によりユスリカ成虫を採集し、9 属 13 種を同定している。Sasa (1991) の報告と本報告を合わせると、十和田湖から 20 種以上のユスリカが報告されたことになる。

引用文献

- Cranston P. S. & Nolte U. (1996) *Fissimentum*, a new genus of drought-tolerant Chironomini (Diptera: Chironomidae) from the Americas and Australia. *Entomological News* 107: 1-15.
- 加藤秀男・高村典子・三上一 (1999) 十和田湖沿岸域における底生動物群集の特徴。国立環境研究所研究報告 146: 72-82.
- Lundbeck J. (1936) Untersuchungen über die Bodenbesiedelung der Alpenrandseen. *Archiv für Hydrobiologie. Supplement-Band* 10: 207-358.
- 松井魁・和井内貞一郎 (1937) 姫鱒の生態学的研究 (第 1 報). 夏季停滞期の十和田湖における姫鱒の遊泳層、食性および移動に就て。水産研究誌 32: 1-17.
- 森谷清樹 (1990) 衛生害虫の同定法 (18). ユスリカの分類. 1. ユスリカ類の概要と成虫の形態—その 1. 生活と環境 35: 77-82.
- 大高明史・加藤秀男・上野隆平・石田昭夫・安倍弘・井田宏一・森野浩 (1999) 十和田湖の底生動物相。国立環境研究所研究報告 146: 55-71.
- Sasa M. (1991) Chapter 5. Part 2. Studies on the chironomids of the Lake Towada Area, Aomori. In: *Some characteristics of nature conservation within the chief rivers in Toyama Prefecture (The upper reach of Jyoganji River, hayatsuki River and katakai River)*., pp. 68-81, Toyama Prefectural Environmental Pollution Research Center.
- 白石芳一・高木正浩 (1955) 日光湯ノ湖産マス類の食性よりみたる生態と形態の関係について。淡水区水産研究所研究報告 5: 11-30.
- 竹谷月江 (1959) 日光湯ノ湖産ワカサギに捕食されたユスリカ科幼虫について。淡水区水産研究所研究報告 9: 17-22.
- Thienemann A. (1974) *Bedeutung der Chironomiden. Die Binnengewässer* 20. *Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

十和田湖におけるトゲオヨコエビ (*Eogammarus kygi*) の分類・分布及び繁殖活動

森野浩・戸塚利明

茨城大学理学部地球生命環境科学科 (〒310-8512 水戸市文京 2-1-1)

Taxonomy, distribution and breeding activity of *Eogammarus kygi* (Crustacea: Amphipoda) in Lake Towada

Hiroshi MORINO and Toshiaki TOTSUKA

Faculty of Science, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito 310-8512, Japan

はじめに

日本の代表的なカルデラ湖である十和田湖にかつてヨコエビ類が生息していたことは1930年代に報告 (Miyadi 1932) があるが、その分類や生態に関してのまとまった研究報告は近年までなされてこなかった。最近になって、養殖魚であるヒメマス資源対策調査のなかでヒメマスの餌生物としてこのヨコエビ類が取り上げられるようになった (十和田湖ふ化場協議会 1981)。そこでは十和田湖のヨコエビをアナンデールヨコエビと同定し、他にもう一種出現するとしている。この同定は、近年になされたこのグループの分類学的再編 (Bousfield 1979) をふまえ、再検討する必要がある。また、その報告書でのヨコエビの生態に関する取り扱い、ヒメマスの餌生物としてのものではない。日本の淡水域には十数種のヨコエビ類が知られているが、それらは渓流域や湖岸域に出現するもので、Narita (1976) による琵琶湖のヨコエビについての先駆的な研究を除けば、深い湖沼の深底部に生息するヨコエビ類の研究は皆無である。一般に淡水のヨコエビ類は清涼な水域を好む (Morino 1994) ため、この動物が貧栄養湖の酸素の豊富な深底部にも出現する可能性は極めて大きい。日本では、東北地方から北海道にかけて多くのカルデ

ラ湖が発達しているが、これらの湖におけるヨコエビ類の実態を調べることは動物地理学的にも、また、種の生活という観点からも興味をもたれ、本格的な調査研究がのぞまれる。深い湖沼の大型底生動物調査を妨げてきた要因は、その採集の困難さにあり、簡便で且つ効率の良い採集具の開発がこれらの研究には不可欠である。本調査では、簡易トラップを考案し、様々な水深でヨコエビ類の採集を試みた。また、得られた標本に基づいて分類学的検討を行い、同時に、湖内での分布と成長・繁殖について予備的知見を得ることを目的とした。

この研究を進めるにあたって、プロジェクトのリーダーである高村典子氏 (国立環境研究所)、調査船の便宜を図っていただいた吉田伸一氏 (小坂町十和田湖さざ波山荘)、調査のお手伝いや文献の提供をしていただいた大高明史氏 (弘前大学教育学部)、加藤秀男氏 (国立環境研究所) 及び弘前大学、茨城大学の学生諸氏に感謝いたします。

方法

種の同定

下記の方法で得たサンプルを解剖し、原記載論文や関連論文を参照して種の同定をおこなった。

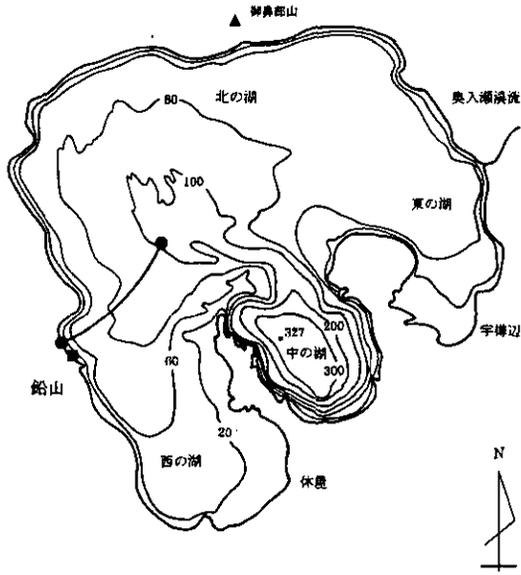


図1 十和田湖におけるトラップ調査地点及び湖岸におけるヨコエビ類採集地点。
●●はトラップ調査のライン、■は湖岸調査地点。

野外調査

下記の調査を鉛山（さざ波山荘前）から水深100mの定点を結んだライン上で行った（図1）。

1. 湖底の分布調査

沿岸部から深底部（大高ら1999）にかけての分布は戸塚式トラップを用いて調査した（図2）。このトラップは5個のペットボトル（容積1.6l；以下ボトルと呼ぶ）を1m間隔でロープ（トラップロープ）に付け、ロープの両端にはアンカーとおもりをつけてアンカーにはブイをつけたロープ（ブイロープ）を結んだものである。ブイロープの長さを変えて、様々な水深に設置可能である。各ボトルは口を切り取り、逆さにはめ込んで中に入った動物が逃げ出しにくくしてある。また、ボトルはトラップロープにシャコで付けてあり、簡

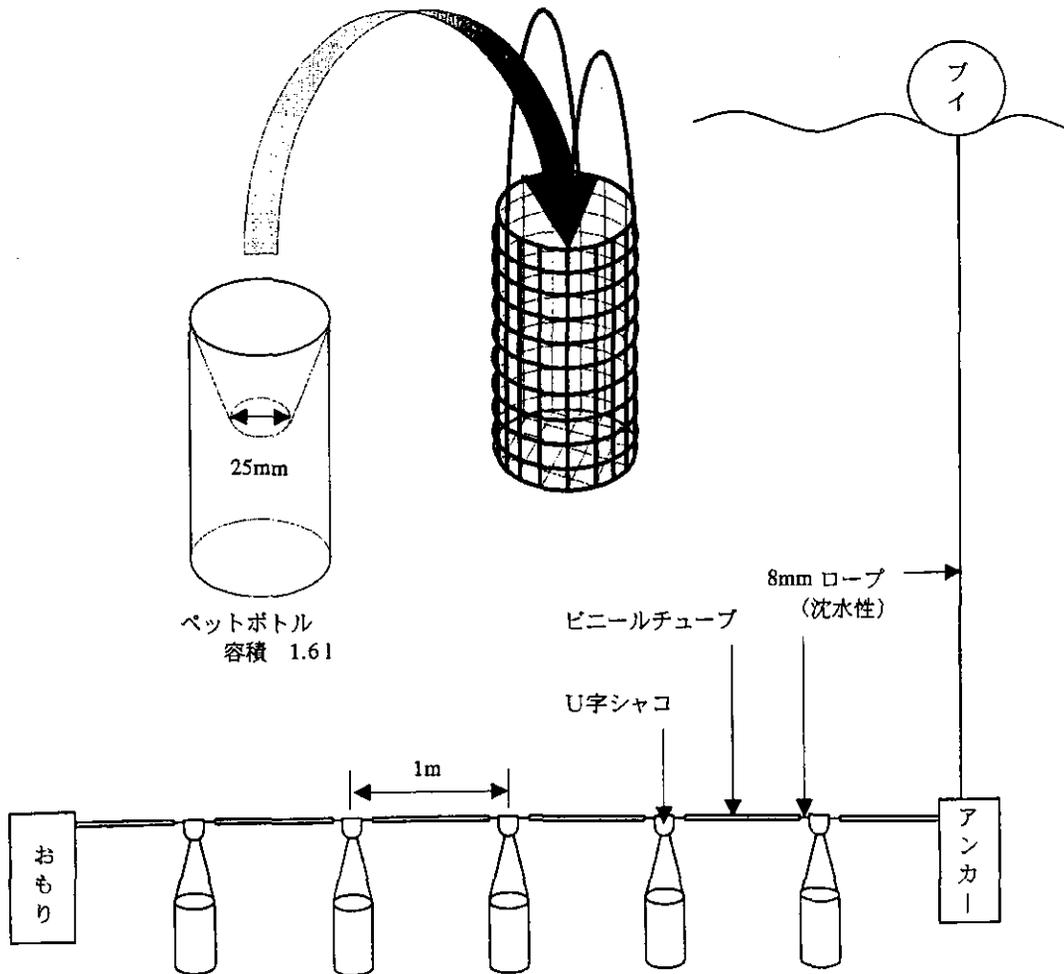


図2 戸塚式トラップ

単に取り外すことができる。調査時、ボトル内には隠れ場所として枯れ葉や笹の葉をいれ、さらに目的に応じて市販の甲殻類用飼料 (Tetra Min, Tetra Vita Pellet, コリドラス) や鶏のレバーをいれた。各調査地点では1セットのトラップを昼頃設置し、翌日の昼頃に回収した。この調査は1998年6月、9月、12月に行ったが、その詳細は以下の通りである。

1) 6月16-17日：水深10、20、40、100mの4地点。10、100m地点のトラップにはフレーク飼料、のこりの2地点ではフレーク飼料とペレット飼料を用いた。

2) 9月9-11日：水深5、10、20、30、40、50、100mの7地点。4個のトラップを2回にわけて設置した。従って各地点での設置日数は6月同様1昼夜である。餌は4個のボトルにはペレット飼料を、残りの1個にはレバーを用いた。各地点で底質をみるため、エクマン・バージ採泥器で底泥を採取した。

3) 12月4-5日：水深10、20、40、70mの4地点。天候が変わりやすかったため、地点数を4箇所にし、且つ、湖岸に近い70m地点で深底部を代表させた。3個のボトルにはペレット飼料、1個にはレバーをいれ、残りの1個には何も入れなかった。

各定点はGPSで決め、また、各調査時には気温、水温、水深 (HONDEX PS-7) を測った。9月には各地点で水深0.5m毎に50mまで水温を測った (東邦電探 ET-72X)。

このトラップ調査以外に、9月と12月には鉛山湖岸でヨコエビ類のを見つけ取り調査を行った。

2. 垂直分布調査

夜間におけるヨコエビの垂直移動を知る目的で、6月と9月には昼間各地点 (9月は40m地点のみ) で、夜間に水深40m地点で気象庁Cネット (口径51cm, NGG52) をもちいて10m毎の垂直曳きをおこなった。12月には水深40m地点で改良型戸塚式トラップ (5個のボトルを5m間隔で装着したもの) 1セットを鉛直方向に1昼夜設置し、湖底から中層までのヨコエビの鉛直分布を調べた。

サンプルの処理

分布調査で得たサンプルを用いて体長組成と繁殖活動を以下の方法で調べた。

各ボトルの内容物からヨコエビを現場で選別し、5%ホルマリンで固定したのち研究室に持ち帰り、1昼夜水道水で水洗した後、70%グリセリンアルコールで保存した。残りの内容物は弘前大学で微小動物を調べた。ヨコエビ各個体は第2次性徴を基準に、オス (雄性突起のあるもの)、メス (覆卵葉のあるもの)、ワカムシ (第二性徴のないもの) に分け、体長を計測した。メスはさらに次の4ステージに分けた：1) 未発達の覆卵葉をもつメス、2) 抱卵メス、3) 抱子 (ふ化幼生) メス、そして、4) 発達した覆卵葉をもつが卵もふ化幼生ももたないメス (これらは放子後のメスと考えられる)。なお、オス、メス両性の第2次性徴を示す個体は間性 (intersex) とした。体長は、ヨコエビをまっすぐにのばし、額角の先端から尾節板の後端までを実体顕微鏡下で0.1mm単位で計った。

結果

種の同定

本種は、キタヨコエビ科 (Anisogammaridae) のトゲオヨコエビ *Eogammarus kygi* の原記載 (Derzhavin 1923) および再記載 (Tzvetkova 1975) と一致した。トゲオヨコエビは、キタヨコエビ科の他の種から以下の形態的特徴で明瞭に区別される。

- 1) 第1および第2触角がほぼ等長である。
- 2) 第1触角の柄部第1節の末端にトゲをもつ。
- 3) 第2触角の柄部第4、5節の腹縁 (先端部を含む) に4セットの毛の束をもつ。毛の長さは柄部の幅の2倍前後である。
- 4) 第1、2、3尾節背面にはそれぞれ4、2、4対のトゲもしくはトゲの束をもつ。
- 5) 第6胸肢のエラには3個の附属エラをもつ。
- 6) 第7胸肢の第2節は後方にやや膨らみ、後縁には長い毛と短い毛が交互に生える。

7) 第3尾肢の内肢は短く、外肢の約1/5; 外肢の内縁には有毛の毛をもつ。

底質と水温の分布

1. 底質

水深10mから20mにかけて底質は大きく変化した。水深5mと10m地点の底質は砂および小石

であったが、20mから100mにかけての底質は泥であった。水深10mではシャジクモが多く採取された。湖岸は砂利および礫あるいは岩盤からなっている。なお、底質についての詳細は大高ら(1999)を参照のこと。

2. 水温の鉛直分布

9月における水温の鉛直分布を図3に示す。各水深での水温は地点間で大きな差は認められず、この時期、水深10mから40mにかけて水温躍層が発達することが判る。これは青森県環境保健センター(1997)による1995年、1996年の結果と一致している。

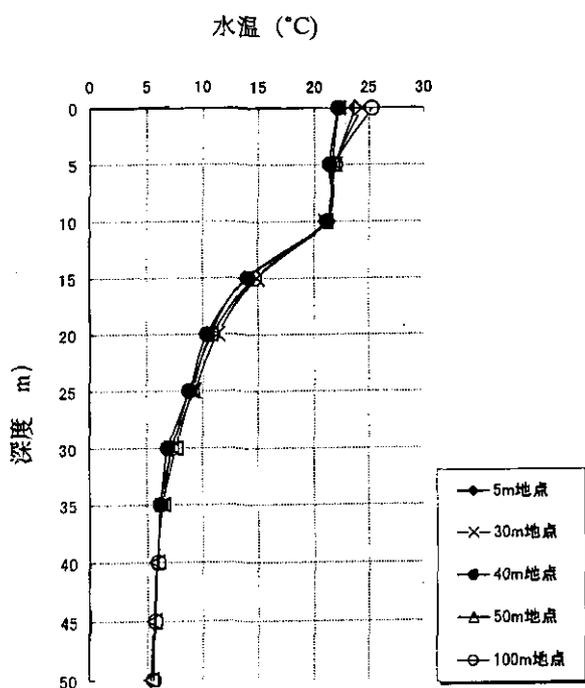


図3 十和田湖(1998年9月9~11日)における水温の鉛直分布

トゲオヨコエビの深度分布と鉛直分布

1. 深度分布

トラップで採取された全動物(顕微鏡サイズのものを除く)の種毎の個体数を表1に、トゲオヨコエビの個体数を図4に示した。今回の調査では魚類2種(トミヨとヌマチチブ)とトゲオヨコエビが採取された。トミヨは6月に、ヌマチチブは9月と12月にいずれも水深20m以下の沿岸域から採取された。ヌマチチブは特に9月に多数が採取されている。トゲオヨコエビは、6月の水深10m地点、9月の5m地点を除くとすべての調査地点

表1 十和田湖でトラップにより捕獲された大型動物の深度別個体数(1998年)

月・日	水深(m)	トゲオヨコエビ	ヌマチチブ	トミヨ
6月 16~17日	10	0	0	0
	20	49	0	2
	40	176	0	0
	100	5	0	0
9月 9~11日	5	0	23	0
	10	1	15	0
	20	14	0	0
	30	90	0	0
	40	820	0	0
	50	267	0	0
12月 4~5日	100	314	0	0
	10	1	0	0
	20	5	1	0
	40	34	0	0
	70	2595	0	0

トゲオヨコエビの分類・分布及び繁殖活動

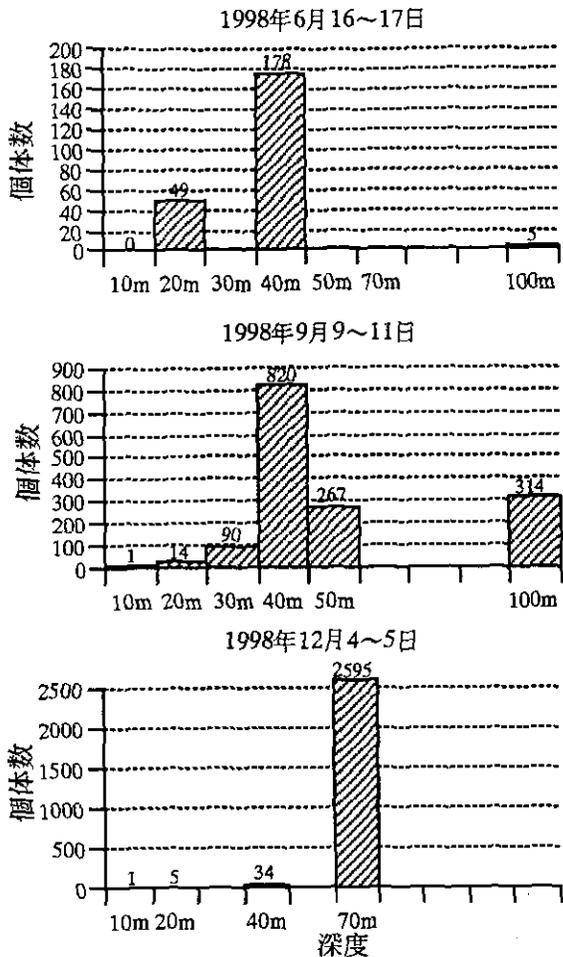


図4 トラップにより捕獲されたトゲオヨコエビの深度別個体数頻度分布。6月の採集深度：10m, 20m, 40m, 100m、9月の採集深度：5m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 100m、12月の採集深度：10m, 20m, 40m, 70m。

から採取された。6月と9月は水深40mに個体数のピークがあるが12月は70mに顕著なピークがみられた。

一方、湖岸での見つけ取り調査では、調査をおこなった9月、12月いずれの月にも、トゲオヨコエビが採取された。9月には湖岸に発達した岩盤の礫や小石の下から採取されたが個体数は少なかった。12月には5-10cmくらいの石の下やリターの間から多数のトゲオヨコエビが出現した。従って、十和田湖におけるトゲオヨコエビの深度分布は、秋から冬にかけては沿岸域の水深10mあたりを境にして分断されていることになる。

2. 鉛直分布

Cネットを用いた調査ではヨコエビは全く採取

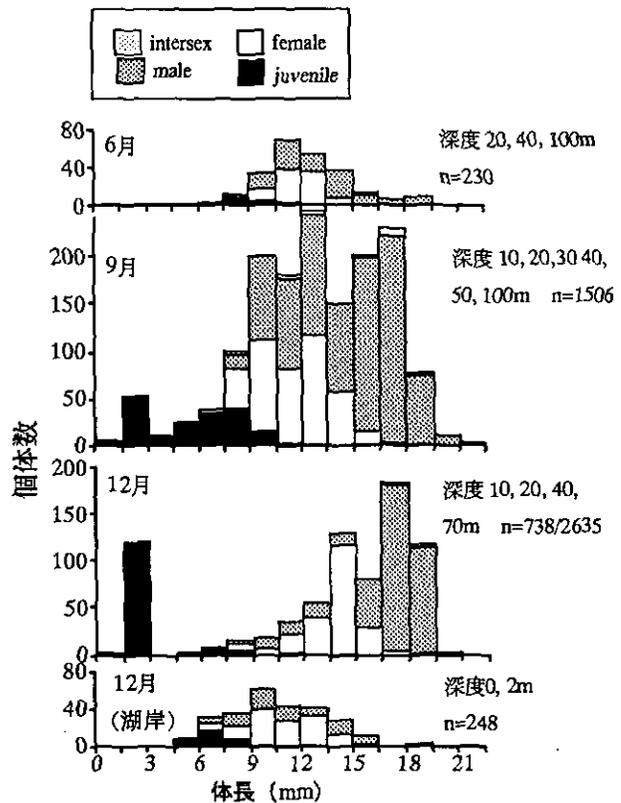


図5 十和田湖におけるトゲオヨコエビの月別体長頻度分布。nは個体数。

されなかった。一方、12月におこなったトラップによる調査では、水深40m（湖底）で2個体、水深35mと10mでそれぞれ1個体が採取された。

体長組成

各月のトラップで採取したトゲオヨコエビの体長組成を図5に示した。6月は体長11mmに一つのモードをもち、9月には2mm、13mm、17mmにそれぞれモードを示した。12月も同様に3つのモードを示している。最小サイズのモードはあきらかに新生個体のもので、新規加入が夏から冬にかけてみられることを示している。一方、大型サイズの2つのモードはメスの個体とオスの個体に対応し、オスがメスより大型であることを示している。

深度別の体長組成を図6（6月）、図7（9月）、図8（12月）に示した。図8には湖岸の個体群も示してある。6月には浅い地点で大型個体が多かったが、9月では逆に小型の個体が相対的に多

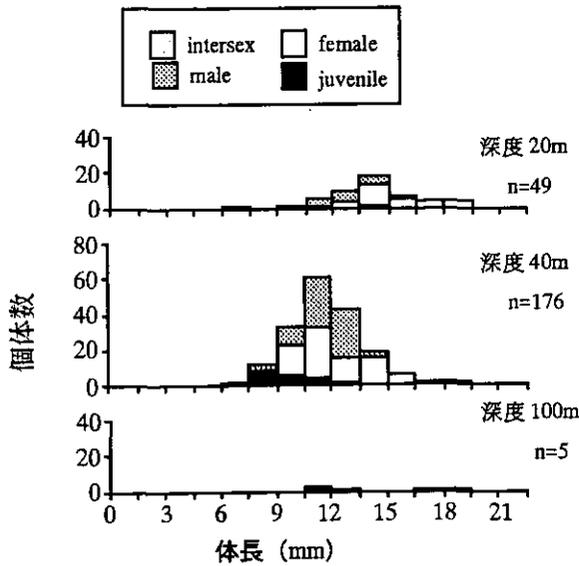


図6 十和田湖におけるトゲオヨコエビの深度別体長頻度分布 (1998年6月16~17日). nは個体数.

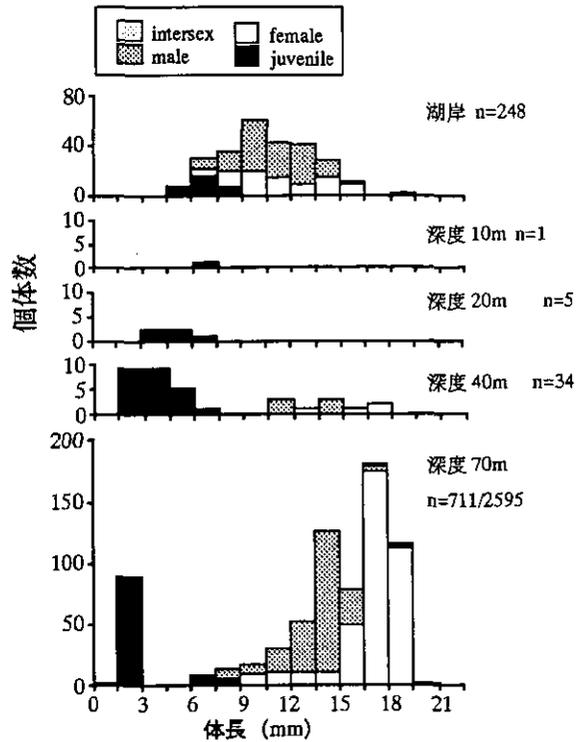


図8 十和田湖におけるトゲオヨコエビの深度別体長頻度分布 (1998年12月4~5日). nは個体数.

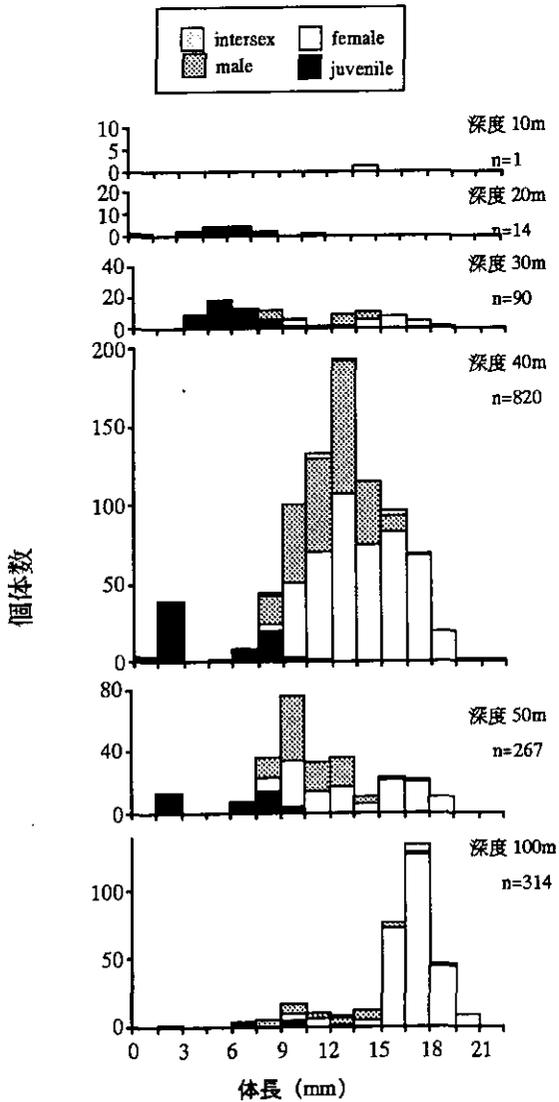


図7 十和田湖におけるトゲオヨコエビの深度別体長頻度分布 (1998年9月9~11日). nは個体数.

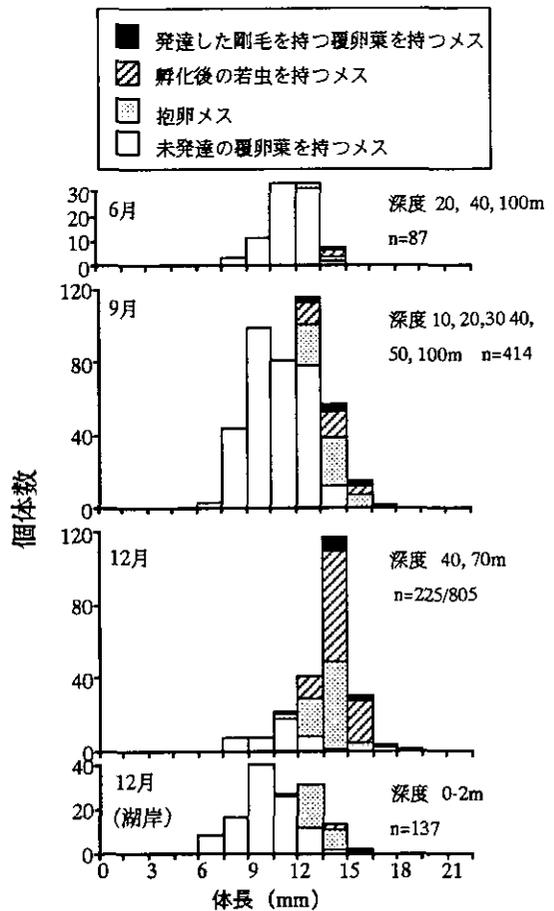


図9 十和田湖におけるトゲオヨコエビのメスの体長組成と繁殖ステージ. nは個体数.

い傾向が認められる。12月では水深20、40m地点では70m地点に比べて小型個体が相対的に多く、一方湖岸には体長9-10mmをモードとする中間サイズのヨコエビが分布していた。

繁殖活動

メスの体長別の繁殖ステージを図9に示した。成熟サイズは体長12mm前後であった。抱卵個体は6月から12月まで出現しているが、季節が進み、メスの平均体長の増加とともに繁殖メス(抱卵メス+抱子メス)の割合は増加し、繁殖活動がより活発になることを示している。

考察

トゲオヨコエビについて

トゲオヨコエビはDerzhavin (1923) によってカムチャトカ半島の河川および湖沼から最初に記載された。本種を再記載し、分布や生態をまとめたTzvetkova (1975) によると、分布域はベーリング海のアナジーリ川からオホーツク海、沿海州、北海道にかけての汽水域から淡水域に及んでいる。北千島のシムシル島では、海岸近くの汽水湖には本種が出現し、島中央部の淡水湖には*Gammarus pulex*が分布する(Uéno 1936)。このようなことから、本種は水温、塩分濃度に対して幅広い耐性をもっていると予想される。

日本からの最初の報告は、函館近くの湯ノ川からDerzhavin (1930a) によってなされ、汽水湖の網走湖とその近くの藻琴湖からも記録がある(Uéno 1938)。しかし、従来本州からの記録はなく(上野 1973)、本報告が最初である。十和田湖にどのような経路で侵入したかは興味深い問題であるが、下北半島にも本属が出現し(森野 未発表)、本種は数10kmにわたって河川を遡上することがある(Derzhavin 1930b) ことを考慮すると、河川を経て定着した可能性が高い。流出河川である奥入瀬川流域の調査が望まれる。

トラップによる採取

今回の調査ではトラップを用いて採集を試み

た。餌トラップでヨコエビや魚類を採取する試みは、貧栄養の深海域などでもしばしば行われている。本調査でも、効率よくヨコエビを採捕することができた。しかし、ヨコエビが餌の刺激に対して集合するのであれば、その集まる早さや(Takeuchi & Watanabe 1998) 餌に対する反応はヨコエビのサイズによって変わる可能性がある。12月の個体群の体長組成は、繁殖最盛期にもかかわらず大型個体に偏っていた。これらから新生個体と成体ではトラップの採取効率が異なっていたためと考えられるが、同時に新生個体の生息場所が成体と異なっている可能性もある。

十和田湖におけるトゲオヨコエビの分布と個体群の変動

トゲオヨコエビの十和田湖での分布は水温に大きく依存しているようである。6月と9月には主に水深20m以深に出現し、分布の中心は水深40mあたりにみられた。一方、12月には湖岸から水深70m地点まで分布していたが、水深10mから40mにかけては密度が低かった。例年十和田湖の6月は水温躍層が発達し始める時期であり、9月は最も発達する月である。いずれの月でも水深40mは躍層のすぐ下に相当している(青森県環境保健センター 1997; 図6)。12月には躍層はなくなり、全層で約5℃を示すと思われる。琵琶湖の深底部に出現するアナンデルヨコエビ(*Jesogammarus annandalei*) の分布もまた水温に大きく依存する。水温躍層の発達する夏は深水層に分布し、冬季は沿岸域まで分布を広げる(Narita 1976)。しかし、本種は6月でも未成熟個体が低密度ながら湖岸域にも出現した。发育ステージによって水温耐性が異なっている可能性がある。また、12月には湖岸の個体群と深底帯の個体群でサイズが大きく異なっており、深底部には大型で成熟している個体が多い傾向があった。これは9月でも同様である。今回は、水深を統一して分布を調査したわけではない。今後、湖岸域を含めての季節間で比較可能な調査を行う必要がある。

琵琶湖では、アナンデルヨコエビの垂直昼

夜移動が知られている(成田私信)。トゲオヨコエビも同様の行動を示すことが予想されるが、今回の調査結果からは明確な垂直移動を認めることはできなかった。採集方法の検討が必要である。

十和田湖においてトゲオヨコエビは長期的にかなりの個体数変動を示すようである。ヒメマス移入以前には多数のヨコエビが生息していたが、今世紀初頭の移入後著しく減少し、1970年代の後半からふたたび増加し現在に至っている(大高ら1999)。体重300g以上の大型のヒメマスはヨコエビ類を好んで捕食する(秋田県水産振興センター1999)。ところが、ヒメマスの漁獲高は1980年頃を境にして減少し、また同時期に親魚の平均体重も大きく減少した(加藤1998)。従って、トゲオヨコエビに対する捕食圧はかなり低下したはずである。この捕食圧の減少が、ヨコエビ個体群の回復に何らかの影響を及ぼしているものと思われる。

引用文献

秋田県水産振興センター(1999) 平成10年度十和田湖水質・生態系調査。資源対策調査合同会議資料。

青森県環境保健センター(1997) 平成8年度十和田湖水質汚濁機構解析調査報告書。

Bousfield E. L. (1979) The amphipod superfamily Gammaroidea in the northeastern Pacific region: Systematics and distributional ecology. *Bulletin of the Biological Society of Washington* 3: 297-357.

Derzhavin A. N. (1923) Fresh water Malacostraca from Kamchatka. *Russian Hydrobiological Journal* 2: 180-194. (In Russian)

Derzhavin A. N. (1930a) A note on the freshwater Amphipoda of Japan. *Russian Hydrobiological Journal* 9: 91-92.

Derzhavin A. N. (1930b) The freshwater Malacostraca of the Russian Far East. *Russian Hydrobiological Journal* 9: 1-8.

加藤禎一(1998) 成長の良くない魚の方が大型の

親魚になるヒメマスの話。第23回全国養鱒技術協議会 受賞記念講演資料。

Miyadi D. (1932) Studies on the bottom fauna of Japanese lakes. VIII. Lakes of North Japan. *Japanese Journal of Zoology* 4: 253-287.

Morino H. (1994) The phylogeny of *Jesogammarus* species (Amphipoda: Anisogammaridae) and life history features of two species endemic to Lake Biwa, Japan. *Archiv für Hydrobiologie Beihefte, Ergebnisse der Limnologie* 44: 257-266.

Narita T. (1976) Occurrence of two ecological forms of *Anisogammarus annandalei* (Tattersall) (Crustacea: Amphipoda) in Lake Biwa. *Physiology and Ecology of Japan* 17: 551-556.

大高 明史・加藤秀男・上野隆平・石田昭夫・安倍弘・井田宏一・森野 浩(1999) 十和田湖の底生動物相。国立環境研究所研究報告 146: 55-71.

Takeuchi I. & Watanabe K. (1998) Respiration rate and swimming speed of the macrophagous amphipod *Eurythenes gryllus* from Antarctic deep waters. *Marine Ecology Progress Series* 163: 285-288.

十和田湖ふ化場協議会(編)(1981) 十和田湖資源対策事業調査報告書。

Tzvetkova N. L. (1975) *Littoral Gammaridae of northern and far-eastern seas of the U. S. S. R. and adjacent waters*. Academia Nauk USSR, Zoological Institute, Leningrad. (In Russian)

Uéno M. (1936) Crustacea Malacostraca of the northern Kurile Islands. *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan* 6: 241-246.

Uéno M. (1938) Bottom fauna of Lake Abasiri and the neighbouring waters in Hokkaido. *Transactions of the Sapporo Natural History Society* 15: 142-167.

上野益三(編)(1973) 日本淡水生物学。図鑑の北隆館、東京。

十和田湖沿岸域の魚類、特にイトヨの生態を中心に

森誠一

岐阜経済大学生物学教室 (〒503-8550 大垣市北方町5-50)

Studies of threespine stickleback and other fish in the littoral zone in the Lake Towada

Seichi MORI

Gifu Keizai University, 5-50 Kitakatamachi, Oogaki, Gifu 503-8550, Japan

はじめに

十和田湖は北緯40度30分、東経141度にあり、太平洋岸から西へ50km、日本海岸から東へ80kmに位置する。十和田湖は約2000年前に、火山爆発によって形成されたカルデラ湖である。水面標高は400mであり、最大水深は300mを超え、面積約60km²、周囲約40km、南北横断距離約10kmである。真冬期にはしばしば凍結したが、近年はほとんど凍っていない。水位変動は年間1mあり、流出河川の水門や揚水発電ダムなどによって、水位管理がされている。流出河川は太平洋へ注ぐ奥入瀬川の1本だけである。この川は大小の多くの滝があり急流である。

概ね、湖岸から急深になっており、特に水深分布が変異に富み、水域容積はかなり大きいといえる。このことは水温、底質、溶存酸素量、栄養塩類などの物理・化学的な環境要素の場所的な複雑性をもたらし、同時に生物の生活にも影響を与え、その多様性を示唆する。

十和田湖に魚類は、移植される前には生息していなかったとされている。周辺住民によって、コイやフナなどの食用魚がおよそ200年前の江戸期から不規則に放流されている記録がある。県水産課や漁業組合は1900年頃より毎年、ヒメマスを十和田湖における重要な水産魚種として移入し増殖事業を行ってきた。他によく見られる魚種はワカサギ、イトヨ、ウキゴリ、チチブが知られている(青森県水産課1991)。

本報告は第一に、十和田湖の魚類相について解説し、魚種ごとの年間の個体数変動、魚類の生息場所と繁殖場所について概観する。次いで、十和田湖に生息するイトヨに特異な形態的な変化が生じていることを、体長の変動、寄生虫(*Schistocephalus*)の影響、鱗板数における左右非対称を中心に報告する。

十和田湖沿岸域の魚類

調査方法

- (1) おもな調査対象域は鉛山、和井内、休屋、宇樽部、子ノ口の岸沿いであり、それぞれで魚類を採集し目視をおこなった(図1)。
- (2) 1995年8月、10月、1996年6月、10月、1997年、1998年12月に、魚類相と魚種ごとの分布お

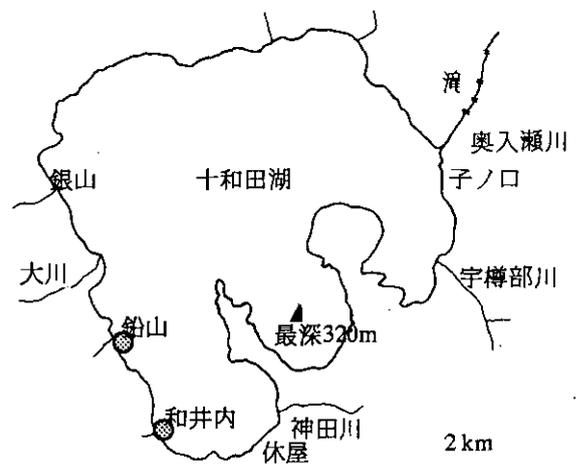


図1 十和田湖における調査地点

よび底質、水温などを記録した。

(3) 1996～1998年の4～10月まで、原則として各月ごとに、鉛山地区の沿岸で袋網と刺網(ともに定置網)による採集を地元漁師(鉛山地区在住の漁師吉田氏)に委託した。各月の中旬ごとに、袋網を早朝に仕掛けて翌朝揚げ、この採集物をサンプルとした。袋網は岸沿いから10mほどに、刺網は沖合い約500m(設置水深5～20m, 水深100m)に設置した。湖内を回遊するであろうサケ科とワカサギの遊泳場所を特定することできないが、サケ科魚類も岸沿いのレキ底で繁殖すると考えられる。そのため、沿岸域の環境と魚類の分布を中心に調査した。

(4) 1996年6月に鉛山と和井内で、離岸距離60m、水深20mの範囲で潜水調査(採泥、底質、水草、底生生物、魚介類の観察、写真およびビデオ撮影)を夜間を含めて実施した。

魚類相

鉛山沿岸の定置網で採集された魚種は、サケ科のヒメマス (*kokanee, Oncorhynchus nerka*) とヤマメ (*masu trout, Oncorhynchus masou*)、トゲウオ科のイトヨ (*threespine stickleback, Gasterosteus aculeatus*) とイバラトミヨ (*ninespine stickleback, Pungitius pungitius*)、ハゼ科のウキゴリ (*floating goby, Chaenogobius urotaenia*) とチチブ (*trident goby, Tridentiger kuroiwaie*)、キュウリウオ科ワカサギ (*smelt, Hypomesus transpacificus*)、コイ科のコイ (*carp, Cyprinus carpio*) とフナ属2種 (*crucian carps, ギンブナ Carassius auratus* とゲンゴロウブナ *C. cuvieri*) の10種を採集確認した。また、他の方法(投網、手網、聞き取り現認)でのサケ科イワナ (*char, Salvelinus leucomaenis* 2尾)、コイ科タイリクバラタナゴ、ドジョウ科ドジョウを含めて、合計13種を確認した。また、聞き込みによると、ウナギやカジカも生息しているらしい。この調査期間中で、タイリクバラタナゴは2尾、ドジョウは1尾を確認できただけであった。イワナは流入河川を調査した際に、稚魚や未成魚が捕獲および目視され、繁殖を行なっていることが考えられた。

魚種ごとの個体群変動

1996年の採集方法は沿岸の定置網漁に依存したので、湖内を遊泳するサケ科魚類と底生魚のハゼ科魚類の間では採集個体数間の比較はできない。しかし、ハゼ科のウキゴリは月変動が少なく、チチブに比べ数多く採集された(表1)。これはチチブよりウキゴリの方が浮かんで遊泳することがよく観察されたことと関連するだろう。

ワカサギ、イトヨおよびトミヨの間では彼らの生活史やこれまでの漁法と漁獲高の関係(ワカサギは袋網漁で捕獲)を考慮してみると、おおよその個体数の比較ができるものと思われる(表1)。ワカサギとトミヨの全採集個体数は、イトヨの10分の1以下であり、実際にイトヨ生息数が最多である可能性がある。

イトヨは全採集個体数の7割近くを占め圧倒的に多かった。特に、6月に多く採集され、これらの多くは繁殖のために接岸し移動してきた個体と考えられる。また、6月以降は体長40mm以下の個体の出現が目立つようになっている。8月は体長ヒストグラムにおいて、40～50mmの間に小さな山ができ、二峰性が認められるようになった(図2)。

ヒメマスは1996年の沿岸に設置した定置網による調査で、20尾ほどしか採集されなかった。10月にもっとも多く採集されたが、体長100mm前後の個体であり、体色や腹部の具合から判断すると産卵に参加できるような個体ではなかった。

夏から秋にかけてのイトヨ、ワカサギ、ウキゴリ、チチブ、トミヨ、ヒメマスの肥満度(CF=体

表1 十和田湖鉛山地区で採集(定置袋網)した魚種とその個体数

	4月	5月	6月	8月	9月	10月	総計
イトヨ	162	249	803	204	48	101	1567
トミヨ	15	11	71	21	14	9	141
ウキゴリ	23	10	92	42	67	54	288
チチブ	16	5	34	2	10	34	101
ワカサギ	9	1	13	76	10	23	132
ヒメマス	0	2	4	0	5	10	21
フナ	0	0	1	1	0	2	4
コイ	0	0	0	0	2	0	2
ヤマメ	0	0	0	0	0	1	1
ジュズカケハゼ	0	0	1	0	0	0	1

イトヨの生態

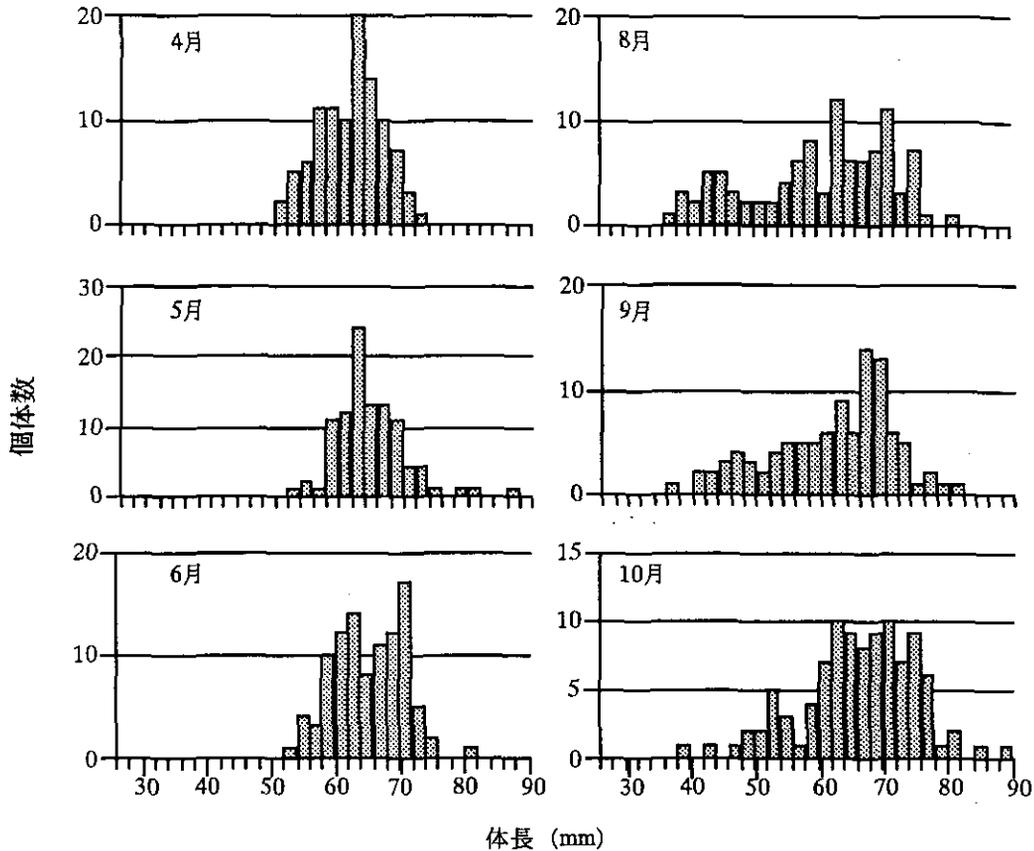


図2 イトヨの月別体長分布 (1996年)

重/体長³×1000)を比較した。各種ごとに3ヶ月間(8月、9月と10月)の有意差検定(Kruskal-Wallis' test, $p < 0.05$)をしたが、ワカサギ以外は有意ではなかった。特に8月のワカサギは肥満度が低く痩せた個体が多かった。また、イトヨとワカサギにおいて肥満度の比較をしたところ(両種の値を込みにして平均値が0になるように標準化した)、いずれの月もイトヨの方が肥満度が高かった。

また、これまでの青森県水産課の調査報告からすると、ワカサギ、イトヨ、トミヨの食性は重複している。ワカサギの摂餌量の増加によって、ヒメマスの餌生物の欠乏がその生産量を減少させたことが考えられている。その結果、ワカサギの増加とヒメマスの漁獲高の減少および小型化が関係付けられている。しかしながら、今回の調査結果からすると、イトヨの増加もヒメマスの生産に大きく関連をもつであろう。イトヨは、地元漁師によって、1983年に初めて採集された(青森県水産

課1986)。その後、ヒメマスが急激に減少し、逆にワカサギとともにイトヨが爆発的に増え、両者の増減の関係が示唆された。また、ワカサギ、ウキゴリ、チチブはイトヨにとって、捕食者としてはさほど重要な位置にはないと思われる。

以上のように個体数の多さ、肥満度の高さおよび餌生物の重複からすると、イトヨの十和田湖における生物生産量に占める割合は高いと言えそうである。少なくとも、沿岸域においてはワカサギやトミヨより、イトヨの方が十和田湖の生態系に及ぼす影響力が大きいと思われる。

魚類の生息場所と繁殖場所

鉛山、和井内、休屋、宇樽部、子ノ口の岸沿いでヒメマス、サクラマス、ワカサギ、イトヨ、ハゼ類が確認できた。1995年6月における和井内の沖合い(100m沖)での刺網調査(一晚設置)では、ヒメマス(300尾以上)が多く採集された。この刺網の目合いでは、体長十数cm以上の魚体で

ないと採集されない。

特に、和井内、宇樽部、子ノ口付近にはヒメマス、ワカサギ、イトヨの産卵場としても適している箇所があった。和井内および宇樽部付近の流入河川河口部の浅瀬では、ヒメマスなどのサケ類の稚魚や未成魚の群れがあった。しかしながら、実際に繁殖している場所は、イトヨとイバラトミヨだけについて確認できた。イバラトミヨの巣は、宇樽部川の下流域と宇樽部地区南部の湖岸のヨシ帯で確認した。おおよそ、トゲウオ科とハゼ科魚類は沿岸部や河川流入箇所を中心に生息・繁殖しており、ゆるやかで砂レキ底の浅瀬に多かった。

イトヨの営巣は鉛山の浅瀬、大川のプリンスホテル脇の小川の流入部、和井内の栈橋周辺、宇樽部川下流部で確認された。ただし、湖内の営巣地はイトヨの営巣する場所としては異例で1.5～2mと深かった。また、和井内の栈橋付近で、水深約1.5m、岸から約8mほど離れたところで営巣しているイトヨ雄を発見した。体長は9～10cmの中型のイトヨであった。イトヨの営巣される水深は一般に最大でも数十cmであり1mを超えることはほとんどない。しかしながら、十和田湖では数十cmの水深の湖岸沿いで波砕帯になるため営巣できないらしい。今後は潜水観察の必要がある。一方、流入河川においては水深20～30cmの岸沿いで営巣が認められた。これは営巣に関わる場所選択の個体群間の差異として興味深いテーマである (Kynard 1978)。個体数の割に岸に沿っての観察作業からは営巣数がまったく稼げなかった (繁殖期3期を通じて、イトヨ6個、イバラトミヨ2個)。これは全体的に深いところで営巣されている結果といえるだろう。また、8月前半でなお繁殖個体が確認されたのは、繁殖期の長期化によるのか遅れてずれているのか問題となるところである。

十和田湖に侵入したイトヨの生態

トゲウオ科イトヨ (*Gasterosteus aculeatus*) は、北緯35度以北の北半球の沿岸部と淡水域に分布する (池田 1933; Heuts 1947; Munzing 1963; Miller

& Hubbs 1969; Wootton 1976)。本種は標高100m以上にはほとんど分布しておらず、平地の緩やかな流れを中心に生息している。わが国では少数の個体群が標高100m以上の内陸の河川と池に住んでいる (山中 1971; Mori 1987; 森 1991, 1997)。十和田湖のイトヨは1983年に十和田湖漁業組合によって捕獲されたが、これは近年の放流 (1980年前後) によると考えられ、その結果、わが国では最も高い標高 (400m) に分布することになった。また、日本のイトヨ淡水型の生息地は激減の一途をたどっており、そのほとんどが局所的に分布しているが、同湖はわが国のイトヨ個体群の生息地としては、比較的大きいといえる。

イトヨには、サケと同じように海で成長して産卵期になると海から河川に遡ってくる遡河型と、一生を淡水域で過ごす淡水型とがいる。青森県および秋田県の沿岸周辺の淡水域にも、遡河型イトヨが春期になると繁殖のために遡ってくる。しかしながら、十和田湖は太平洋側に、滝がいくつもある急流の奥入瀬川が一本で流入するだけであるため、十和田湖のイトヨ個体群は完全に遡河型イトヨとは交流がなく、淡水型である。東アジアの中のイトヨ属29個体群に関するアイソザイム分析により、十和田湖のイトヨ個体群は、同湖の近くの青森県相坂地区の淡水型に最も類似したパターンを示した (未発表データ)。

イトヨの形態変異

イトヨの体長は個体群ごとに変異はあるものの4～8cmの範囲にあり、一般に遡河型イトヨ (6～8cm) の方が淡水型 (4～6cm) よりも大きい。しかしながら、本稿で報告する十和田湖のイトヨは遡河型より大きかった。淡水化することによって大型化した現象はきわめて珍しく、少なくともわが国においては初めての記録である。特に初めて記録された1980年代始めは顕著に体長が大きく、しかも、その後1990年代になると小型化していることを初めて報告する。さらに、その間に形態的特性の年変化が認められた。こうした形態的年変動が可塑的な性質をもつものか遺伝的な分岐を示すものであるかは興味深いものである。

1. 方法

使用したイトヨは十和田湖の西岸の和井内と鉛山で定置網によって繁殖期の6~8月に採集されたものである。体長70mmを境にして成熟と未成熟がおおよそ区分できたので、成熟魚を計測試料とした。1985年(雄35と雌55)と1992年(雄30と雌32)の形態比較をする。すべてのサンプルは7%ホルマリンで固定した。計数形質はアリザリンレッド水溶液で染色した。計量形質はデジタル・ノギスで0.1mmまで測った。雌雄ごとに兩年間の形態比較はMann-Whitney's test ($p < 0.05$)で検定をした。

兩年の間での計数形質の比較には、背鰭(DF)と尻鰭(AF)の軟条数、鰓耙数(GR)および左体側の鱗板数(LP)を用いた。トゲウオ類の胸鰭と尾鰭の軟条数はほとんど変異がないので解析からは除外した。兩年の間での計量形質の比較のために、数値は対数変換し標準化を行なった。兩年の間での形態比較の判別分析には、下記の15形質を用いた: 体長(SL)、頭長(HL)、体高(BD)、尾柄長(CPL)、尾柄高(CPD)、第2背トゲ長

(DSL)、腹トゲ長(PSL)、胸骨幅(腹帯幅, PGW)、胸鰭基底長(BLP)、背鰭基底長(BLD)、尻鰭基底長(BLA)、吻長(SnL)、口長(上顎長, ML)、眼径(ED)、鰓耙長(GRL)。体長に対するそれぞれの長さの比率を求めた(例えば、頭長比や眼径比)。卵径はそれぞれの雌からランダムに10個ずつ卵を取り出して計測をした。年間の形態変化の判別比較への貢献性をみるために、線形判別分析の係数のWilks' Lambda分析(石村1992)をした。

繁殖段階V(Nikolsky 1963)の雌については卵数を計数し、生殖腺重量比(GSI, %)は繁殖段階VIの雌の体重量(W)と生殖腺重量(GW)を用いて、 $\parallel GSI = 100 \times GW / (W - GW) \parallel$ として計算した。対数変換された卵数と体長の間、および生殖腺重量比と体長の間、および生殖腺重量比と体長との回帰関係を兩年で比較した。婚姻色のある雄を用いて腎臓比を $1000 \times$ 腎臓重量/体重量として示した。

2. 結果

計数形質の平均値には性差が認められなかつ

表2 十和田湖イトヨの1985年と1992年の形態比較。平均値±標準偏差(範囲)。r: 体長に対する比(ratio), *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, NS: not significant ($p > 0.05$)。

	1985	1992	Significance
Pectoral fin rays	10.0±0.3 8 (9-11)	10.1±0.3 (10-11)	NS
Caudal fin rays	12.0±0.3 (12-13)	12	NS
Dorsal fin rays	11.8±0.7 (7-11)	11.8±0.8 (10-14)	NS
Anal fin rays	8.7±0.7 (7-11)	8.5±0.8 (7-10)	NS
Gill rakers	21.5±1.6 (18-24)	21.2±1.2 (20-24)	NS
Lateral plates	32.5±1.0 (28-34)	33.0±0.7 (32-34)	NS
SL	80.3±3.0 (76.0-86.8)	77.9±3.2 (72.2-82.0)	NS
Female	90.2±6.1 (77.7-100.4)	86.5±6.1 (74.5-98.8)	**
HLr	0.338±0.0083	0.349±0.0060	**
Female	0.303±0.0067	0.312±0.0087	**
BDr	0.244±0.0064	0.244±0.0063	NS
Female	0.239±0.012	0.231±0.0013	*
PSLr	0.153±0.0065	0.150±0.0057	NS
Female	0.147±0.0086	0.144±0.011	NS
DSLr	0.111±0.0100	0.107±0.0066	NS
Female	0.110±0.0071	0.124±0.0094	NS
BLPr	0.056±0.0029	0.059±0.0021	NS
Female	0.052±0.0039	0.055±0.0042	NS
SnLr	0.022±0.0025	0.024±0.0021	NS
Female	0.020±0.0023	0.019±0.0016	NS
MLr	0.091±0.0046	0.095±0.0028	NS
Female	0.077±0.0047	0.077±0.0030	NS
Edr	0.065±0.0032	0.074±0.0025	**
Female	0.059±0.0025	0.066±0.0047	**
GRLr ¹⁾	0.596±0.064	0.726±0.098	**
Female	0.577±0.098	0.658±0.044	**

1) gill raker length/SL × 100 として説明。

た。さらに、計数形質の判別分析では年間の相違が認められなかった ($Z = -0.148GR - 0.220DF + 0.381AF - 0.679LP$, 誤判別率 = 65.3%)。

計量形質のいくつかの変数における性的な相違の一覧を示す(表2)。それぞれの性の体長分布は1985年より、1992年に小さい値に移行した(図3)。

両性の頭長比、眼径比、鰓耙長比 ($p < 0.01$) と雌の体高比 ($p < 0.05$) の平均は両年の間で有意な差が認められた。鰓耙長は食性など摂餌特性と深く関係し、今後の食物連鎖におけるイトヨの役割を解析していく上で重要と思われるので、実測値の平均と標準偏差を示す。鰓耙長はそれぞれの性で1985年(雄: $0.48 \pm 0.011\text{mm}$, 雌: $0.52 \pm 0.022\text{mm}$) よりも1992年(雄: $0.56 \pm 0.011\text{mm}$, 雌: $0.57 \pm 0.021\text{mm}$) の方が有意に長かった ($p < 0.01$)。

形態の判別分析は、性ごとに両年間で明白な相違を示した(図4)。この判別分析によって、判別率が雌100%で、雄は95.9%であったことが示された(表3)。Wilks' Lambda分析は尾柄高(F値 = 0.088)と口長(F値 = 0.101)だけが、両年間で有意ではないことを示した。

両年とも、雌の卵数は体長とともに有意に増加はしなかった(1985年: $r = 0.196$, 1992年: $r = 0.093$)。体長1mmごとの卵数は、両年間で有意な差はなかった(表4)。しかしながら、卵数と体長の回帰は年間で有意な差があった(ANCOVA, $p < 0.05$)。雌のGSI平均値の年間差は有意であった(表4)。これは体長が小さくなったにもかかわらず、1992年のイトヨが高い多産性を示すゆえである。卵径の平均値は両年間に差異はなく、また体長と相関していなかった。

雄のGSI平均値は、両年間で有意な差異はなかった(1985年: $0.25 \pm 0.136\%$, 1992年: $0.22 \pm 0.078\%$)。腎臓重量比も両年間の差は有意ではなかった(1985年: $0.25 \pm 0.096\%$, 1992年: $0.28 \pm 0.160\%$)。十和田湖では、イトヨ雄の典型的な明るい赤い婚姻色はほとんど観察されず、微かな赤味がうっすらとある雄個体が多かった。また、1985年の雄35尾中2尾は、体側の上部にメラニン色素が発達していた。

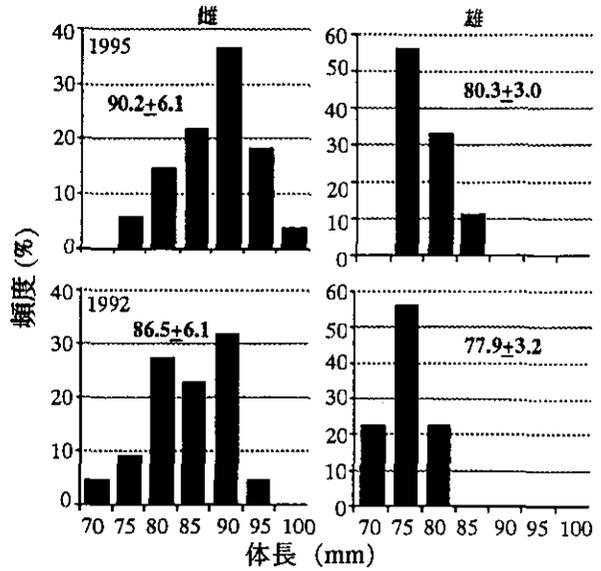


図3 イトヨにおける1985年と1992年の雌雄別の体長分布の比較

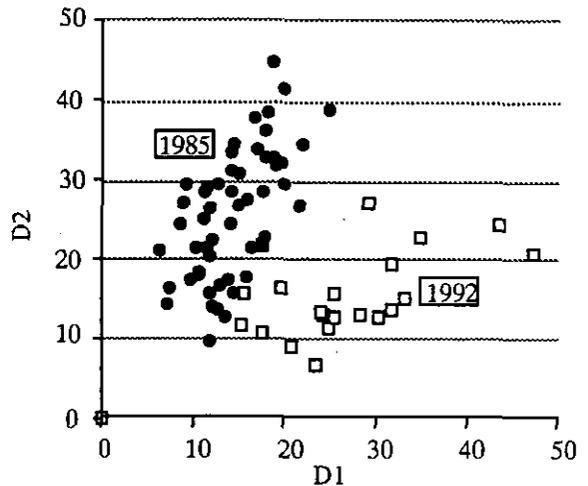


図4 イトヨ雌における1985年と1992年の形態の判別分析図。D1とD2は、それぞれマハラノビス距離を示す。

表3 十和田湖イトヨ形態の1985年と1992年の間における判別分析の係数

形態部位	雌	雄
SL	-0.799	6.360
HL	3.667	8.255
BD	-1.616	-18.802
CPL	-2.691	-15.410
CPD	-0.124	2.215
DSL	-1.329	11.848
PSL	-0.730	4.291
PGW	-0.522	7.655
BLP	0.776	9.590
BLD	-1.459	-2.624
BLA	-0.989	-7.401
SnL	-0.393	0.648
ML	-0.093	-8.360
ED	3.626	10.637
GRL	0.639	-2.023
Constant	2.600	1.778

表4 十和田湖イトヨ雌の繁殖特性の平均値±SD (範囲)

	1985 平均値±SD (範囲)	1992 平均値±SD (範囲)	有意性
卵数	395±131 (204-790)	406±135 (213-541)	NS
卵数/SL	4.59±1.34 (2.67-8.32)	5.03±1.62 (2.90-6.68)	NS
GSI ¹⁾	12.51±2.94 (7.87-13.58)	15.40±4.98 (10.87-21.86)	p=0.019

1) GSI= 生殖腺重量/体重 (g) × 100

3. 考察

遡河型と淡水型の生活史を持っている魚種において、体サイズは一般的に遡河型よりも淡水型の個体群の方が小さくなる (Northcote 1988; Potts & Wootton 1984; Baker 1994)。回遊性の魚は回遊に多くのエネルギー需要を許容するために、非回遊性の魚種よりも遅く成熟し、より大きくなるべきである。遡河型と淡水型の両方をもつイトヨ属は、北半球の北部域に広く分布している。本種は、形態、生活史、行動において個体群間で遺伝的な多様性を大いに示している (Wootton 1976; Snyder 1990; Bell & Foster 1994)。

十和田湖のイトヨにおいて、特に興味深いのは、その体長である。この個体群は1980年代前半に、体長110mmを超える個体が採取された。これは記録されたイトヨの中での最大体長である。イトヨの体長は100mmを超えることは記録されていないが、そうした成熟個体が十和田湖産では2割程度を占めた。この湖産個体群の体長は他の湖産、河川産、池、湧水地産だけでなく、遡河型よりも大きいものである。13個の形態的形質を他の個体群と比較して多変量解析を行なった(図5)。これによると、十和田湖のイトヨは形態的に特異な位置にあることがわかる。これは概ね、大型化していることと関連し、かつ太平洋型の遺伝的クレード (Clade) であることが示唆される。

これはかつての十和田湖産イトヨは現在の個体群よりも小さかったことを意味し、体長は移植後に大型化したと考えられる。移入後の初期段階の十和田湖イトヨにおける大型化は、大きい湖で離岸的にプランクトン摂餌をする回遊的な生活史に有利であるかもしれない。また、十和田湖にはイトヨ成魚にとって、重大な捕食者は生息していな

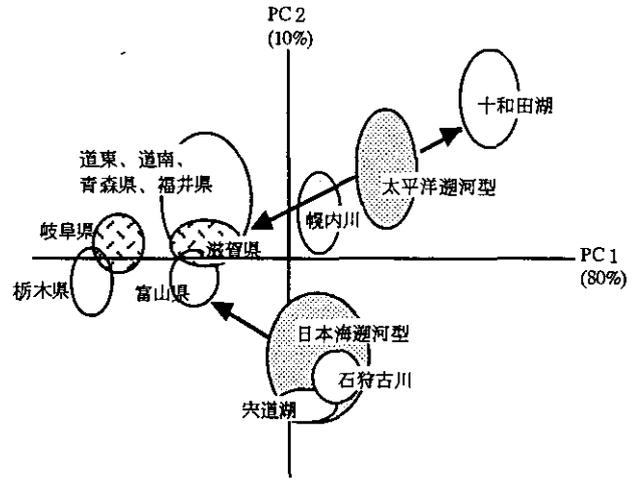


図5 日本産イトヨ属の個体群ごとの主成分分析を用いた形態比較

いので、大きい体長は捕食者への防御的な適応 (Moodie 1972; Reimchen 1990, 1994) ではないだろう。

1980年代初期と1990年代初期の間で、計数形質においては差異がまったく認められなかったが、いくつかの計量形質に有意な差異があった。また、両年間の差異が15の計量形質を用いた多変量解析によって認められた。残念ながら、いつ、どこからイトヨが十和田湖に移植されたかは正確にはわかっていないが、そうした情報は祖型からの形態変化について評価する上で重要である。もしその場所と時期がわかれば、他の個体群との形態的かつ遺伝的な類似性を通して、変化過程を追跡することを試みることができよう。十和田湖において、移植後わずか数年での有意な体長の減少は餌の供給と餌生物の変化によるかもしれない。

広い湖に生息するイトヨはプランクトンをおもに食することが知られている (Hynes 1950)。1992

年に採集されたイトヨの鰓耙長はプランクトン食への適応として長くなったのだろう (Nikolsky 1963)。つまり、プランクトン食の効果を上げるために、その個体群は鰓耙長を長くすることに強い選択が作用したのかもしれない (Hagen 1973; Bell 1982; McPhail 1984)。

計量形質の相対比 (頭長比、眼径、繁殖努力) は 1992 年の方が有意に大きかった。これらの差異は、1985 年と 1992 年の餌量の違いに基づいた成長率の減退を反映しているのかもしれない。

イトヨへの寄生虫 (*Schistocephalus*) の影響

寄生生活をする条虫 *Schistocephalus solidus* のイトヨへの寄生率を 1985 年と 1995 年とを比較して、イトヨの体長及び繁殖形質と寄生率との関係を記述する。寄生されたイトヨと非寄生のイトヨとの比較は、イトヨの成長や生活史などへの寄生虫影響の様式を示すと思われる。採集場所は和井内と鉛山地区である。1985 年のイトヨ個体は筆者によって当時に採集されたものである。

1. イトヨと寄生虫

1995 年の多くのイトヨが寄生虫に冒されていた。この *S. solidus* はイトヨの寄生虫としては普通種であり、ヨーロッパ (Vik 1954; Chappell 1969a, b; Meakins & Walkey 1975) や北アメリカ (Threlfall 1968; Lester 1974; Reimchen 1982) では広く記載されているが、これまでわが国のイトヨについては報告がない。イトヨから確認された寄生虫はすべて条虫 (以下、寄生虫と呼ぶ) であった。Chappell (1969a, b) がイギリスの Yorkshire Pond において行った研究では、イトヨには *S. solidus* を含む 8 種の寄生虫が確認されているが、十和田湖では、*S. solidus* のみであった。この寄生虫は止水域のイトヨ個体群において普通であるが、流水域に生息する個体群ではほとんど報告されていない (Pennycuick 1971; Reimchen 1982)。

採集されたイトヨ個体の 60~70% (1995 年と 1996 年) が *Schistocephalus solidus* に寄生されて、腹部が大きく腫れていた (図 6、ここでは断わらない限り、寄生虫はこの *S. solidus* を指す)。した

がって、婚姻色は悪く、きわめて鈍い動きを示した。

S. solidus は魚を食べる鳥の消化管で成熟して、卵が鳥の糞とともに水域に分散する条虫である (図 7)。その後、おもにケンミジンコで proceroid として過ごし、次いでイトヨに最初の宿主と共に食される。イトヨの腹腔内で大きくなり (大きい場合はイトヨの体重の半分以上)、plerocercoid 段階に発達する (Hopkins & Smyth 1951; Clarke 1954)。寄生の結果、イトヨの遊泳が鈍くなる。イトヨは水面近くをふらふらと泳ぐようになり、鳥に摂餌されやすいようになる。鳥の体内で成熟するためであるかのように、寄生虫はイトヨの行動を支配するともいえる。つまり、ここにおいて、イトヨの行動は寄生虫の成長に抑制されているのである。

また、寄生虫が付いた雌は繁殖能力が低下し、有意に抱卵数が減少した。さらに、イトヨの小型化がかなりの速度で進行しており、かつて (1985 年) の体長 10cm を超える個体はまったく採集されなかった。ハゼ類にも寄生虫 (*S. solidus* ではない) は付いていた。ただ、少なくとも、この *S.*

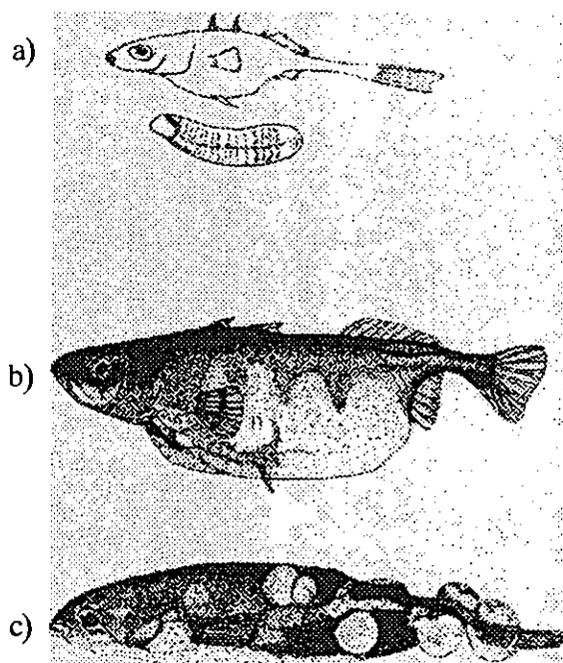


図 6 条虫 *Schistocephalus solidus* と寄生されたイトヨ (上 2 点)

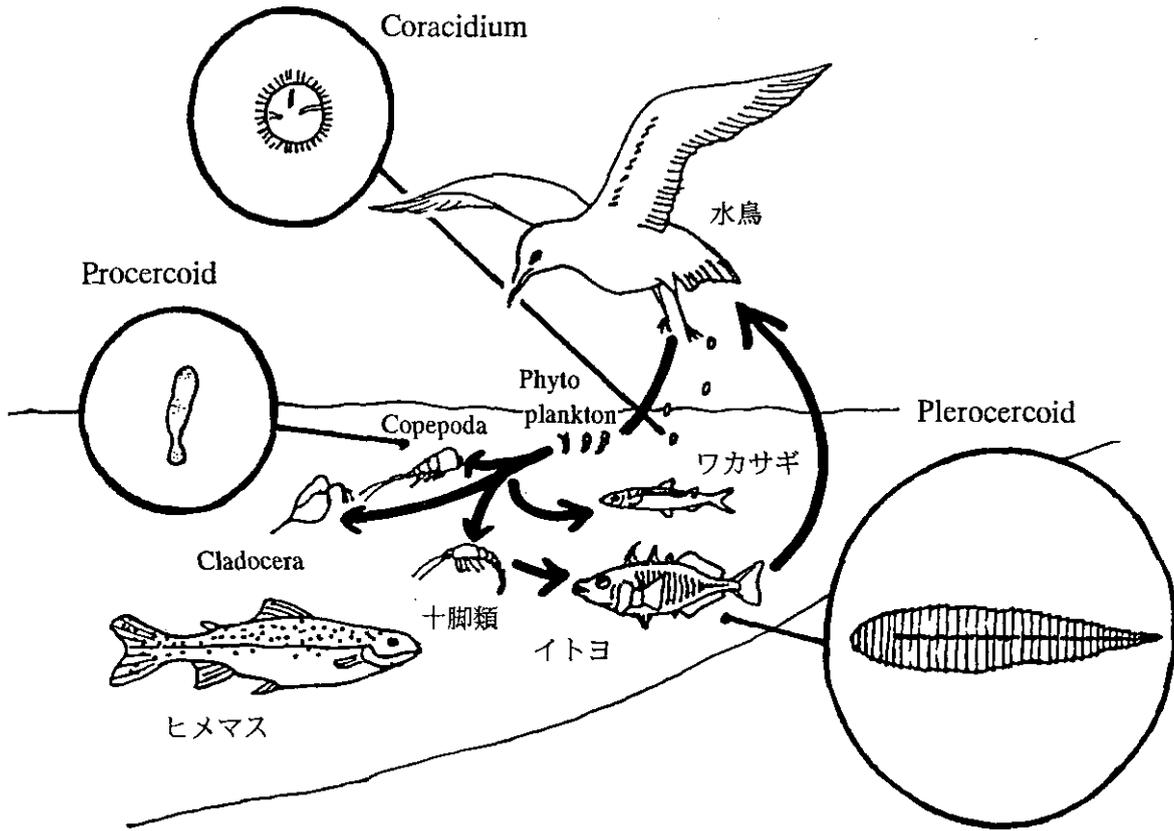


図7 十和田湖の生態系における登場人物と糸虫 *Schistocephalus solidus* の生活史

solidus は、1991年以前に採集されたコイ、ヒメマス、ヤマメ、ワカサギ、ハゼ類では確認されなかった（未発表データ）。

2. 十和田湖のイトヨ個体群

十和田湖のイトヨは漁師によって、1985年に沖合いで大群で回遊していることが目視されている。繁殖期の後8月に、沿岸に大量のイトヨ死体が打上がり、異臭を放つほどであったという。1992～1998年の4～10月に、私は岸に沿って、小集団（1数個体～数十個体）のイトヨを観察した。体長は明らかに、1980年代よりは小さくなっていた。地元漁師の聞き込みによっても、岸沿いに多くの体長約50mm以上のイトヨがしばしば見つけられている。

3. 1980年代と1990年代の体長と寄生虫の比較

成熟魚の体長（平均値±SD, 個体数）は1995年

（雄：71.9±2.2mm, N=24; 雌：78.5±4.1mm, N=42）の方が1985年（雄：80.3±3.0mm, N=28; 雌：90.2±6.1mm, N=48）よりも有意に小さかった（Mann-Whitney's U-test, $p < 0.01$ ）。1992年（雄：77.9±3.2mm, 雌：86.5±6.1mm）の場合よりも1995年の方がさらに小さかった。これらのデータには、寄生された個体と非寄生の個体の体長を含んでいる。1985年は1尾だけが軽く寄生されていた（125尾のうち0.8%）が、1995年には59.4%が plerocercoid として寄生されていた（図8）。

1995年に集められたイトヨの標準体長について、寄生個体（51.9±11.6mm, N=272）と非寄生個体（51.4±10.9mm, N=186）における有意な差異はなかった（Mann-Whitney's U-test）。

4. 寄生虫の効果

寄生虫の振る舞いによる宿主（ホスト）への生理的な影響は多くの生物学者の関心を集めてきた

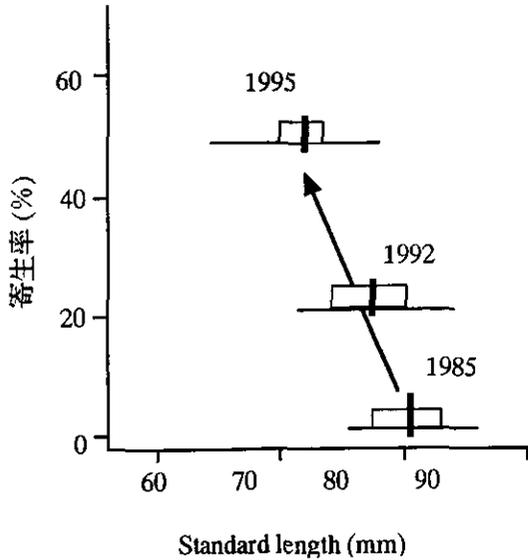


図8 1985～1995年までのイトヨの体長の変化(小型化)と寄生率(%)

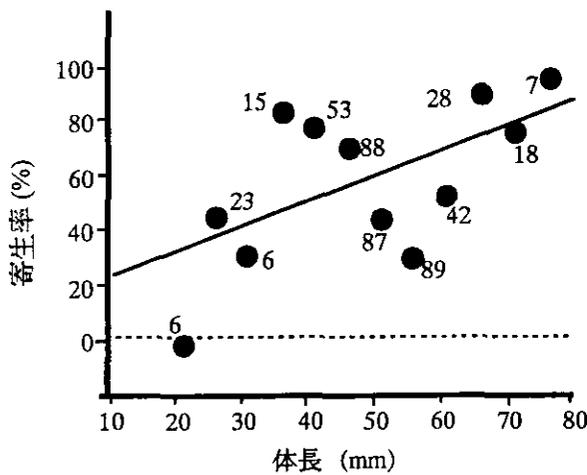


図9 イトヨ体長クラスごとの寄生率(%). 数値は匹数.

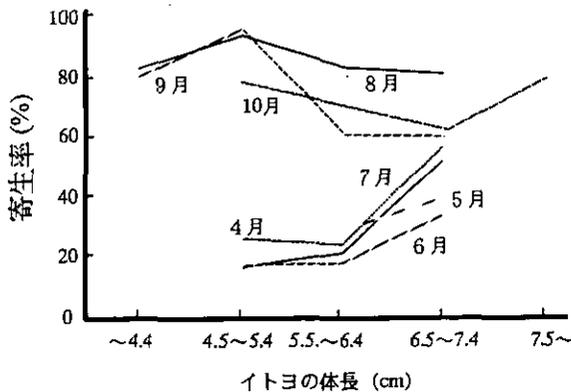


図10 月別の体長クラスごとの寄生率(%)

(Holmes & Bethel 1972; Wootton 1976)。寄生虫は宿主からエネルギーを受けて、卵巣を発達させながらも中間宿主の致死をもたらさない程度に宿主を利用する生活史をもつ (Sindermann 1987)。

寄生個体の体重(平均値±SD, 2.89±1.92g)は、非寄生個体(2.42±1.32g, Kolmogorov-Smirnov test, $\chi^2=23.79, p<0.001$)と寄生虫を取り除いた体重(2.43±1.65g, $\chi^2=16.00, p<0.01$)双方との間に有意な差異が認められた。寄生個体の肥満度(condition factor)の平均値(±SD)は1.49(±0.19)であり、非寄生個体の1.57(±0.18)よりも小さかった(Kolmogorov-Smirnov test, $\chi^2=19.42, p<0.01$)。これは前者の体条件が悪いことを示唆するのかもしれない。婚姻色のある雄は繁殖個体とみなされるが、36尾のうち77.8%が非寄生個体であった。卵をもった雌はほとんど非寄生個体であった(42尾のうち97.6%)。これらの結果は、*S. solidus*のplero cercoidはイトヨの繁殖活動に影響を与えることを示している。

イトヨ1尾当たりの寄生虫の平均個体数(±SD)は1.63(±0.95)で、最多が7個体であった。イトヨの体長クラスごとに、寄生虫の平均数は有意な差があった(Spearman's rank correlation, $\rho=0.214, p<0.01, N=272$)。*S. solidus*の平均体重は0.434g(±0.341g)であり、0.012～1.794gの範囲があった。イトヨ1尾ごとの寄生虫の総体重は、イトヨの体長につれて増加した($r=0.598, N=272, p<0.001$)。また、寄生虫の体重は寄生個体の体重($r=0.717, p<0.001$)と真の体重(寄生虫を取り除いた体重, $r=0.586, p<0.001$)とともに増加した。イトヨの体重に対する寄生虫の体重の割合は16.0±9.9%(平均値±SD)であり、0.2～43.1%の変異があった。寄生虫の数と体重($\rho=0.280, p<0.01$)および真の体重($\rho=0.211, p<0.01$)には有意な正の関係があった。しかしながら、イトヨの体重に対する寄生虫の割合は、対数変換した体長と負の相関が認められた($r=-0.224, p<0.01$)。

5. 月別の体長と寄生率

体長クラスが大きくなるにつれて*S. solidus*の出現頻度が0%から100%の範囲で増加する傾向が

表5 性別ごとの寄生率の月変動. 寄生個体数/個体数 (寄生率%)

	Female	Male	Sex-undetermined	Total
Apr	18/61 (29.5)	11/31 (35.5)	1/8 (12.5)	30/100 (30.0)
May	13/48 (27.1)	16/51 (31.4)	.	29/99 (29.3)
Jun	12/59 (20.3)	11/40 (27.5)	.	23/99 (23.2)
Jul	17/55 (30.9)	16/44 (36.4)	.	33/99 (33.3)
Aug	35/44 (79.5)	27/35 (77.1)	20/21 (95.2)	82/100 (82.0)
Sep	32/47 (68.1)	20/34 (58.8)	17/19 (89.5)	69/100 (69.0)
Oct	23/47 (48.9)	38/45 (84.4)	8/8 (100)	69/100 (69.0)

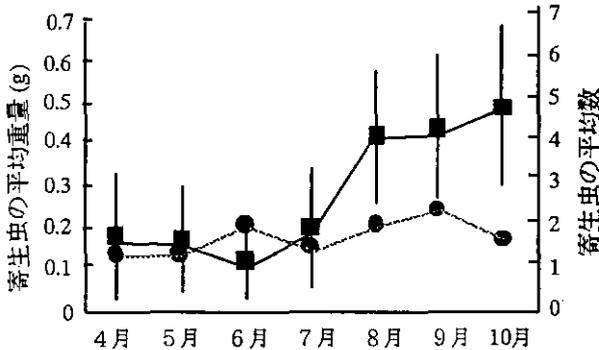


図11 寄生虫1個体の平均重量と個体数の月変動

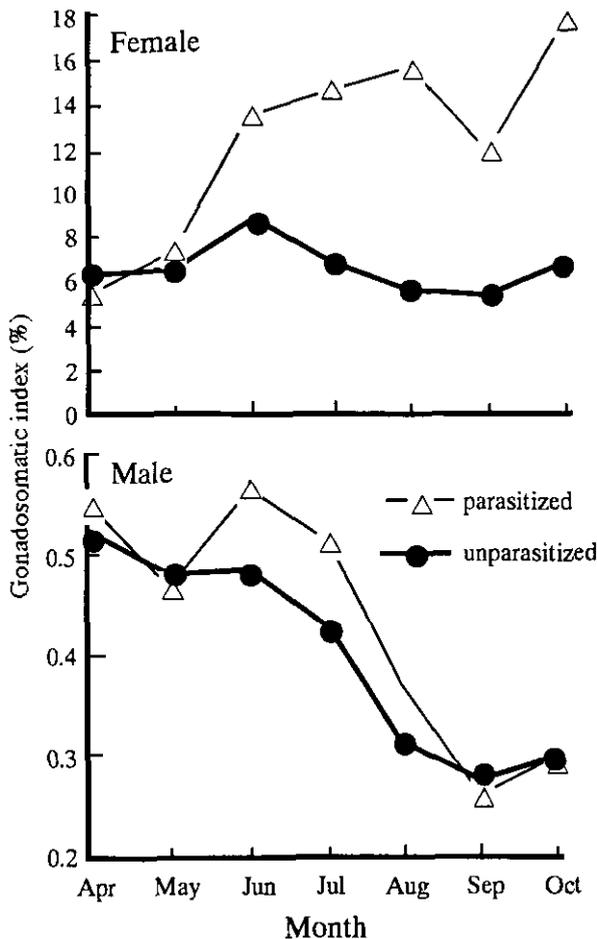


図12 寄生個体と非寄生個体の生殖腺指数 (GSI) における雌雄別の月別変動

あった (Pearson's 相関係数: $r=0.617, p<0.05$, 図9)。イトヨの体長を5段階に分け、それぞれの月別の寄生率を図10に示した。7月以前は体長の大きいイトヨに高い寄生が認められ、8月以降には体長に関係なく寄生率が高い傾向がある。いずれの月においても雌雄との間に寄生率の差がなかった。体長55mm以上のイトヨについて、寄生されている個体と寄生されていない個体の寄生率を表5に示した。一般にトゲウオでは雄より雌の方が体長が大きいが、雌雄間に寄生率の差は認められなかった。また、寄生されている個体の間にも体長差は認められなかった。

6. 月別の寄生虫の平均個体数、平均体重と寄生率

8月以降に出現する性別不明の個体のほとんどのが体長50mm未満であり、当才魚だと考えられる。イトヨの寄生率はイトヨ雌雄間での差はなく、7月から8月に寄生率は増加した(表5)。

各月の寄生虫1個体の平均体重とイトヨ1個体当りに寄生する寄生虫の平均個体数を図11に示した。寄生虫1個体の体重は7月から8月に増加し、7月までの値の約2倍であった。イトヨ1個体当りの寄生虫の平均個体数は変動がほとんどなく1~2個体であり、稀に10個体以上寄生がみられた。

7. イトヨの生殖腺指数と寄生虫の関係

各月のイトヨの生殖腺指数 (GSI) の変化を雌雄別に、寄生されている個体と寄生されていない個体に分けて図示した(図12)。雄では寄生されている個体と寄生されていない個体で生殖腺指数の間にほとんど差がない。しかし、雌においては

6月以降寄生されていない個体の生殖腺指数が増加するのに対し、寄生されている個体の生殖腺指数はむしろ減少する傾向がある。

8. イトヨへの寄生虫についての考察

十和田湖では、イトヨの条虫 *S. solidus* の寄生率は7月から8月に、イトヨの雌雄に関係なく増加することが明らかになった。Chappell (1969a, b) はイギリスの Yorkshire Pond で行った研究で、寄生虫の寄生率に性差はなく体長の大きい個体ほど寄生率が高いことを報告している。しかし、本研究では寄生率が増加する以前の4月から7月までは体長の大きい個体の寄生率が高くなるが、8月以降はイトヨの体長の大小にかかわらず寄生率は全体的に高かった。このよう体長による寄生率の差は、それぞれの成長段階における摂餌量と関係しているとも考えられ、摂餌量が多い大きい個体の寄生率が高くなることが予想される。8月以降は寄生率が全体的に増加し、イトヨの個体の大きさに関係なく寄生が起こっていることを示唆している。

1個体当たりの寄生虫の数が10以上のイトヨがいたが、ほとんどの場合の数は1~2であった。これは寄生虫間での競争の結果であると考えられる。一方、寄生虫1個の平均重量は7~8月に急激に上昇し、10月まで徐々に増加している。このことから寄生虫がイトヨに寄生してから、イトヨの体腔内でその体重を増大させ続けていることになる。寄生虫1個の重量が安定する値や時期などがわかれば、十和田湖の生態系における条虫の寄生状態がさらに明らかになるだろう。

これまで多くの論文が、イトヨの生理的代謝や遊泳行動に *S. solidus* が影響することを記載している。イトヨ成魚はその plerocercoid とともに生存できるが、雌における成熟の遅滞や不良などの様々な生理的ストレスを与える (Meakins 1974)。両性とも、非寄生個体と比較すると、成長遅滞と成熟不良が認められている (Pennycuik 1971)。この差異はおそらく寄生虫が栄養を得る際に、宿主に対して直接的な、かなりの負担をかけるためと思われる。さらに、*S. solidus* による栄養分の減

少が大きい場合は、宿主のイトヨを致死させる (Threlfall 1968)。寄生虫の数とイトヨの体重には有意な正の関係があったが、体重に対する寄生虫の割合は、体長との間に負の相関が認められた。これは大きい個体では、寄生虫の負荷が小さいことを示しているのかもしれない。

体長55mm以上のイトヨについて寄生されている個体と寄生されていない個体の平均体長には差が認められないこと、およびそれぞれ4月から10月にかけて体長の増加が認められ、肥満度においても寄生されている個体と寄生されていない個体の間に差はないことから、条虫の寄生による直接的な生命の危険はないものと考えられる。しかし、寄生された雌個体の生殖腺は7月以降寄生によって発達が阻害されており、寄生虫がイトヨ雌の生殖腺発達のためのエネルギーをその成長のために奪い取っているのかもしれない。これは、寄生された雌個体のほとんどが成熟卵を保持していないことから示唆される。ただし、稀に寄生をうけているにもかかわらず、完熟卵をもつ雌個体も認められた。

寄生個体は酸素消費量が増大し、水面近くに移動する傾向がある (Lester 1974)。また、非寄生個体と比べて頭上への刺激に対する反応が鈍ることが知られている (Giles 1987)。それゆえに寄生虫の増大は宿主の生殖腺不良や移動力の抑制などを引き起こす。その結果、実際に1995年は小さな手網 (13 × 10cm) でイトヨが容易く採集できた。この行動の変化は鳥類による捕食をより増加させると思われる。イトヨの体長は寄生率と関連しているため、その頻度は、寄生された端脚類やカイアシ類を食する宿主イトヨの行動の変化によっても影響を受けるかもしれない。すなわち、イトヨの未成熟、成熟、繁殖後などの成長段階に基づく餌や場所の選択性に差異があるかもしれない。

十和田湖沿岸の5人の漁師と3人のバードウオッチャーへの聞き込みによれば、水鳥 (鶺鴒やカモメ類) の群れは以前には生息していなかったが、1990年辺りからしばしば観察されるようになったという。それゆえ、十和田湖で確認された

寄生虫は、1990年以降に寄生虫 *S. solidus* をもった鳥類の飛来により移入された可能性がある。1985年に採集されたイトヨのほとんどは、*S. solidus* の plerocercoid をもっていなかったが、1995年のイトヨの60%は寄生されていた。

イトヨの鱗板数における左右非対称 (Fluctuating Asymmetry)

遺伝的多様性の低下によって、左右性のある形質において非対称性 (FA) が現われることが考えられている。1992年に採集した31個体について、左体側で32~34枚、平均33枚 (SD=0.68) の鱗板があった。左右の差は-1~+1で、FA率は22.6%であった。

1995年に採集した81個体について、左体側の鱗板数が31~34枚、最頻値33枚であった。左右の差は-1~+1で、FA率は24.3%であった。これは他の個体群サイズの大きい遼河型イトヨの率 (12~18%) より高い値である。実際に、1985年に採集した個体のFA率は16.6% (56尾) であり、より低い値であった。このことはわずか10年の間で、遺伝的多様性の低下を示しているものであるかもしれない。いずれにしても、当初の移入個体数はおそらく少なかったと推察されるため、元来から多様性は乏しいと思われる。

参考文献

- 青森県水産課 (1986~1991) 内水面報告書。
- Baker J. A. (1994) Life history in female threespine stickleback. In: *the evolutionary biology of the threespine stickleback*. (eds. M. A. Bell and S. A. Foster), pp.144-187. Oxford Science Publications.
- Bell M. A. (1982) Melanism in a high elevation stream population of *Gasterosteus aculeatus*. *Copeia* **1982**: 859-835.
- Bell M. A. & Foster S. A. (ed.) (1994) *The evolutionary biology of the threespine stickleback*. Oxford Science Publications.
- Chappell L. H. (1969a) The parasites of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. from a Yorkshire pond. I. Seasonal variation in the parasitic fauna. *Journal of Fish Biology* **1**: 137-152.
- Chappell L. H. (1969b) The parasites of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. from a Yorkshire pond. II. Variation of the parasite fauna with sex and size of fish. *Journal of Fish Biology* **1**: 339-347.
- Clarke A. S. (1954) Studies on the life history of the pseudophyllidean cestode *Schistocephalus solidus*. *Proceedings of Zoological Society of London* **124**: 257-302.
- Giles N. (1987) A comparison of the behavioural responses of parasitized and non-parasitized three spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., to progressive hypoxia. *Journal of Fish Biology* **30**: 631-638.
- Hagen D. W. (1973) Inheritance of numbers of lateral plates and gill rakers in *Gasterosteus aculeatus*. *Heredity* **30**: 303-312.
- Heuts M. J. (1947) Experimental studies on adaptive evolution in *Gasterosteus aculeatus* L. *Evolution* **1**: 89-102.
- Holmes C. J. & Bethel W. M. (1972) *Modification of intermediate host behaviour by parasites*. In: *Behavioural aspects of parasite transmission*. (eds. E. U. Canning and C. A. Wright), *Zoological Journal of the Linnean Society* **15** (suppl. 1) Academic Press, London.
- Hopkins C. A. & Smyth J. D. (1951) Notes on the morphology and life history of *Schistocephalus solidus* (Cestoda: Diphyllbothriidae). *Parasitology* **41**: 283-291.
- Hynes H. B. N. (1950) The food of freshwater stickleback (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of the

- methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology* **19**: 36-58.
- 池田嘉平 (1933) トゲウオの変異とその分布. 動物学雑誌 **5** : 135-157.
- 石村貞夫 (1992) すぐわかる多変量解析. 東京図書、東京.
- Kynard B. E. (1978) Breeding behaviour of a lacustrine population of threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Behaviour* **67**: 178-207.
- Lester R. J. G. (1974) The influence of *Schistocephalus plerocercoides* on the respiration of *Gasterosteus* and possible resulting effect upon the behaviour of the fish. *Canadian Journal of Zoology* **49**: 361-366.
- McPhail J. D. (1984) Ecology and evolution of sympatric sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*): morphological and genetic evidence for a species pairs in Enos Lake, British Columbia. *Canadian Journal Zoology* **62**: 1402-1408.
- Meakins R. H. (1974) A quantitative approach to the effects of the plerocercoid of *Schistocephalus solidus* Muller 1776 on the ovarian maturation of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *Zeitschrift für Parasitenkunde* **44**: 73-79.
- Meakins R. H. & Walkey M. (1975) The effect of parasitism by the plerocercoid of *Schistocephalus solidus* Muller 1776 (Pseudophyllidea) on the respiration of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. *Journal of Fish Biology* **7**: 817-824.
- Miller R. R. & Hubbs C. L. (1969) Systematics of *Gasterosteus aculeatus* with particular reference to integradation and introgression along the pacific coast of North America: a commentary on a recent contribution. *Copeia* **1969**: 52-59.
- Moodie G. E. E. (1972) Morphology, life history and ecology of an unusual stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) in the Queen Charlotte Islands, Canada. *Canadian Journal Zoology* **50**: 721-732.
- Mori S. (1987) Geographical variations in freshwater populations of the three-spined stickleback. *Japanese Journal of Ichthyology* **34**: 33-46.
- 森誠一 (1991) イトヨ属-繁殖システムの多様性. 1991 陸水生物学報 **6**: 1-10.
- 森誠一 (1997) トゲウオのいる川: 淡水の生態系を守る. 中央公論社・中公新書、東京.
- Munzing J. (1963) The evolution of variation and distributional patterns in european populations of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Evolution* **17**: 320-332.
- Nikolsky G. V. (1963) *The ecology of fishes*. Academic Press, London.
- Northcote T. G. (1988) Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: a top-down view. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **45**: 361-379.
- Pennycuik L. (1971) Differences in the parasite infections in three-spined sticklebacks of different sex, age and size. *Parasitology* **63**: 407-418.
- Potts, G. E. & Wootton, R. J. (ed.) (1984) Fish reproduction: strategies and tactics. Academic Press, London.
- Reimchen T. E. (1982) Incidence and intensity of *Cyathocephalus truncatus* and *Schistocephalus solidus* infection in *Gasterosteus aculeatus*. *Canadian Journal of Zoology* **60**: 1091-1095.
- Reimchen T. E. (1990) Size-structured mortality in a threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) - cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*) community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **47**: 1194-1205.
- Reimchen T. E. (1994) Predators and morphological

- evolution in threespine stickleback. In: *the evolutionary biology of the threespine stickleback*. (eds. M. A. Bell and S. A. Foster), pp. 240-276. Oxford Science Publications.
- Sindermann C. J. (1987) Effects of parasites on fish populations: practical considerations. *International Journal for Parasitology* 17: 371-382.
- Snyder R. J. (1990) Clutch size of anadromous and freshwater sticklebacks: a reassessment. *Canadian Journal Zoology* 68: 2027-2030.
- Threlfall W. (1968) A mass die-off of three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.) caused by parasites. *Canadian Journal of Zoology* 46: 105-106.
- Vik R. (1954) Investigations on the pseudophyllidean cestodes on fish, birds and mammals in the Anoya water system in Trondelag. I. *Cyathocephalus truncatus* and *Schistocephalus solidus*. *Nytt. Mag. Zool.* 2: 5-51.
- Wootton R. J. (1976) *The biology of the sticklebacks*. Academic Press, London.
- 山中実 (1971) 会津地方におけるイトヨの分布と生態. *動物と自然* 1: 7-11.

モニタリング報告

十和田湖の水質 (1998年)

片野登¹・加藤潤¹・三上一²・高村典子³

¹秋田県環境技術センター (〒010-0975 秋田市八橋字下八橋 191-18)、²青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道 1-1-1)、³国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 つくば市小野川 16-2)

Water quality in Lake Towada of 1998

Noboru KATANO¹, Jun KATOU¹, Hajime MIKAMI² and Noriko TAKAMURA³

¹Akita Prefectural Institute of Environmental Science, Shimoyatsunashi 191-18, Yatsunashi, Akita 010-0975, Japan, ²Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566 Japan and ³Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, Japan Environment Agency, Onogawa 16-2, Tsukuba 305-0053, Japan

はじめに

十和田湖は八甲田火山群の南、秋田県と青森県の県境に位置する二重式カルデラ湖である。湖は湖面海拔400m、湖面積61.06km²、最大水深327m、平均水深71.0mの大湖で、奥入瀬溪流の水源となっている。十和田・八幡平国立公園の中にあつて風光明媚なことから、四季を問わず多くの観光客を集めている。1975年には年間約210万人であった観光客は、1991年には年間約326万人に達し年々増加している。

十和田湖の水質調査については、公共用水域水質測定計画に基づき青森県と秋田県が分担して行ってきた。1980年代は1.0mg・l⁻¹の環境基準を上回ることの無かったCODが1987年から急激に上昇し、十和田湖における水質汚濁の進行が懸念され始めた(片野ほか1992)。それと並行して、透明度の低下が進行した(図1)。ここ2、3年はCODの濃度は上昇するものの、透明度も高くなるという従来あまり見られなかった現象も起きている。十和田湖の汚濁機構解明を含めた生態系機構解明を目的に、本年度(1998年度)より開始された『十和田湖の水質と水産の管理技術に関する基礎研

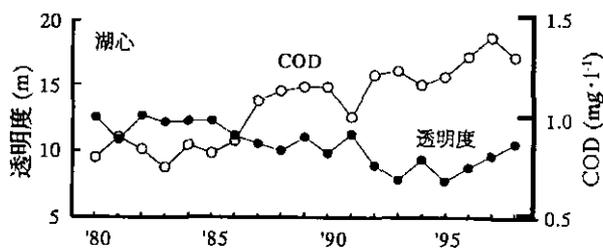


図1 十和田湖のCOD濃度と透明度の経年変化(平均値)

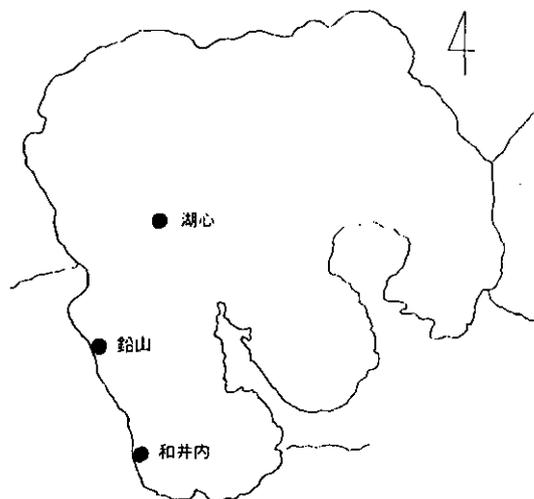


図2 十和田湖の調査地点

表1 水質測定項目および測定方法

項目	測定方法	出典
水温	水深水温計による	
透明度	セッキ板による	海洋観測指針(1990)
COD	過マンガン酸カリ法	JIS K 0102(1998)
T-N	水質自動分析装置	
DTN	(Auto Analyzer)による Whatman GF/F によるろ過後、水 質自動分析装置による	
NH ₄ -N	水質自動分析装置による	
NO ₂ -N	水質自動分析装置による	
NO ₃ -N	水質自動分析装置による	
T-P	水質自動分析装置による	
DTP	Whatman GF/F によるろ過後、 水質自動分析装置による	
PO ₄ -P	水質自動分析装置による	
カドミウム	Nuclepore フィルターで分画後、 液体クロマトグラフ法による	

究』の一環として、水質調査を行ったのでその結果を報告する。

方法

湖心の11箇所(0m、5m、10m、15m、20m、30m、40m、50m、60m、80m、100m)と鉛山および和井内の3箇所(0m、7.5m、15m)で採水を行い、実験室に持ち帰り分析を行った(図2)。測定項目および測定方法は表1のとおりである。

結果

気候

十和田湖周辺の1998年の平均気温は、3~5月、9、10月および12月は平均気温を上回り、年平均でも10.2℃と高めに推移した(図3)。降水量についてみると、2、3、4、7月以外は各月の平均値を上回り、特に6月と8月の降水量が平均値を大きく上回った。年平均をみても極めて降水量の多い年であったといえる(図3)。

十和田湖の水温

1998年4月から10月までの十和田湖湖心部の表層の水温は、5.5~20.9℃の範囲にあって、8月に最も高くなる。また50m層の水温は、4.0~5.5℃の範囲にあって変動の幅は極めて小さくなる。50m以深については測定できなかったが、4.0℃

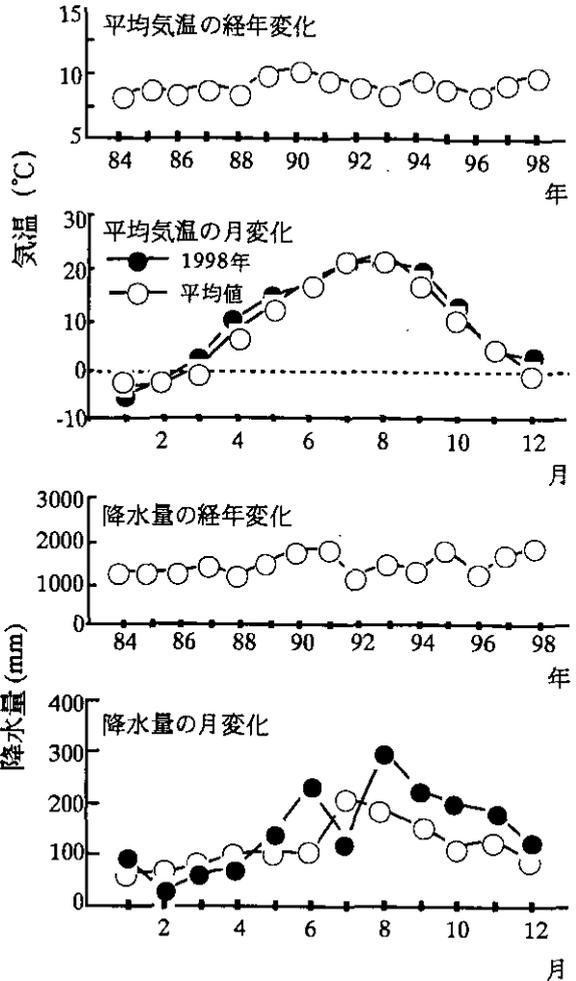


図3 十和田湖周辺の気候

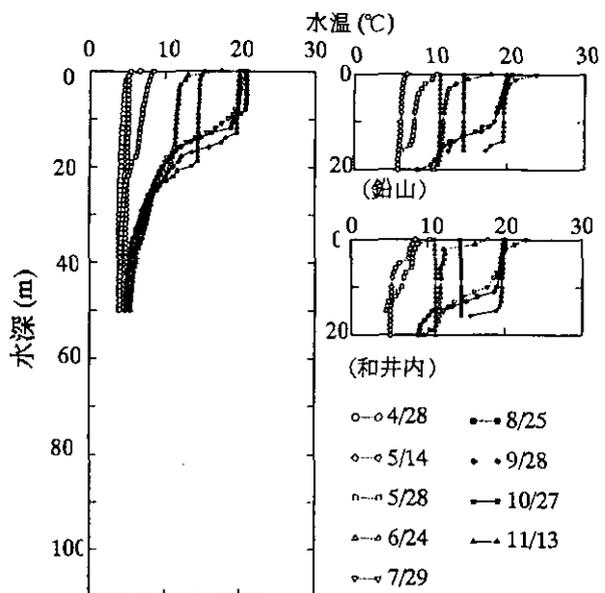


図4 十和田湖の水温の垂直分布(1998)

前後でほとんど変動のないまま経過するものと思われる(図4)。水温躍層は6~10月に10~20m層の間で形成される。

クロロフィル a

クロロフィルaの湖心部における垂直分布をみると(図5)、濃度は最大でも $3.7\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ で極めて低い濃度であった。プランクトンの大きさを $>10\mu\text{m}$ 、 $2\sim 10\mu\text{m}$ および $<2\mu\text{m}$ の3型に区分し、それぞれのクロロフィルa量から、その分布を推定した。その結果、4月には $>10\mu\text{m}$ の比較的大型の植物プランクトンが表層から深層にわたって広く分布し、 $2\sim 10\mu\text{m}$ および $<2\mu\text{m}$ の小型の植物プランクトンも大型のものに比較して量的には少ないものの大型のものと同様に表層から深層にわたって広く分布していたが、5月以降は大型の植物プランクトンが徐々に減少し、5月下旬には代わって $2\sim 10\mu\text{m}$ および $<2\mu\text{m}$ のサイズの植物プランクトンが上層とりわけ15m層付近を中心に増加した。6月になると $>10\mu\text{m}$ の大型の植物プランクトンは更に減少し、一方 $2\sim 10\mu\text{m}$ および $<2\mu\text{m}$ の植物プランクトンは20m層を中心として分布域を拡大し、表層から深層まで分布するようになった。7月下旬には、これら3型のサイズの

植物プランクトンのいずれもの数も減少したが、8月下旬には再び $>10\mu\text{m}$ の大型の植物プランクトンの数が10m層付近をピークとして増加した。9月以降は $>10\mu\text{m}$ の大型の植物プランクトンの数は減少し、10月には $<2\mu\text{m}$ の小型の植物プランクトンが10m層付近をピークとしてやや増加した(図5)。沿岸域の和井内と鉛山においても同様の傾向が観察された(図6)。

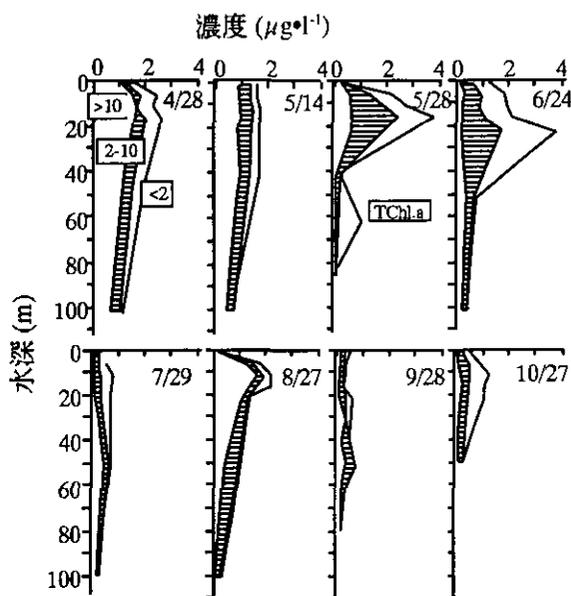


図5 十和田湖(湖心)のChl.a量の垂直分布(1998)

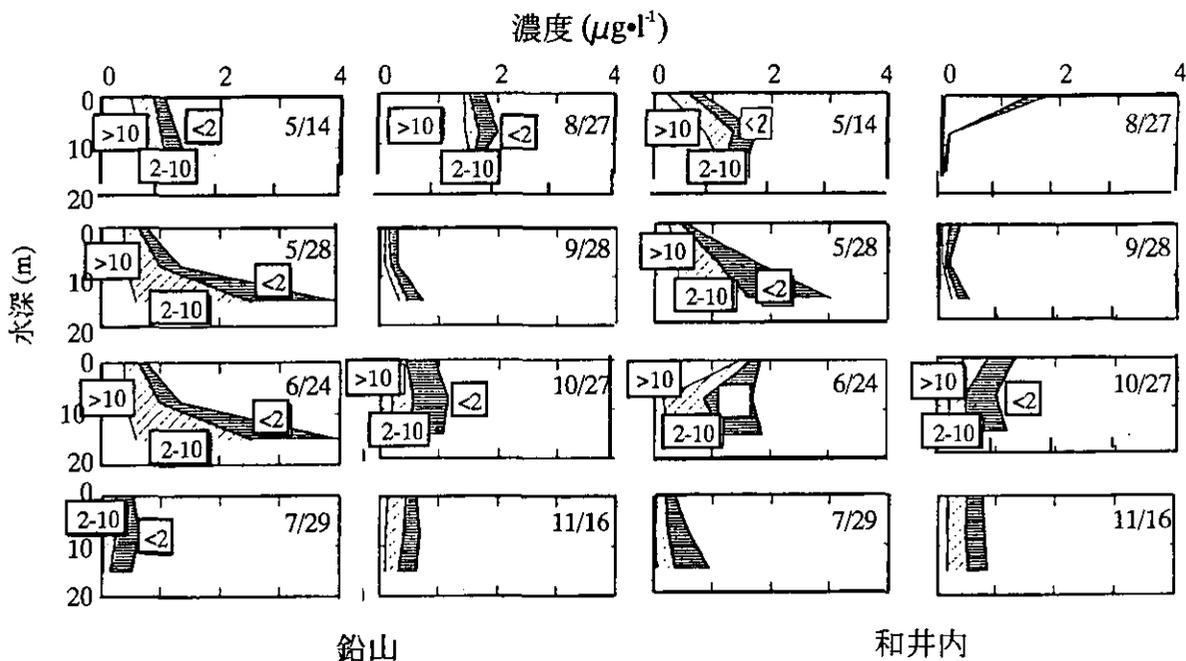


図6 十和田湖(鉛山・和井内)のChl.aの垂直分布(1998)

COD、BOD

湖心部におけるCODおよびBOD垂直分布をみると（図7）、CODの濃度は $0.7 \sim 2.0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲にあり、5、7、9月の濃度がやや高くなる傾向を示した。上層と下層の間で極端な濃度の差はみられず、6月と10月に20m層を境として上層はやや高く、下層はやや低くなる傾向がみられた。また、CODと溶存態COD（DCOD）の差は5、7、9

月でやや大きく、それ以外の月は極めて小さかった。

BODの湖心部における垂直分布をみると、濃度は $0.04 \sim 1.08 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲にあり、5月下旬では下層に比較して上層が高く、逆に9月は上層に比較して下層が高くなる傾向を示したが、それ以外の月は上層と下層の濃度はほぼ同じであった。7月のBODは極端に減少した。

沿岸域におけるCODは5～7月は湖心部に比較して低い濃度で推移したが、8～10月は湖心部に比較して若干高めになった（図8）。

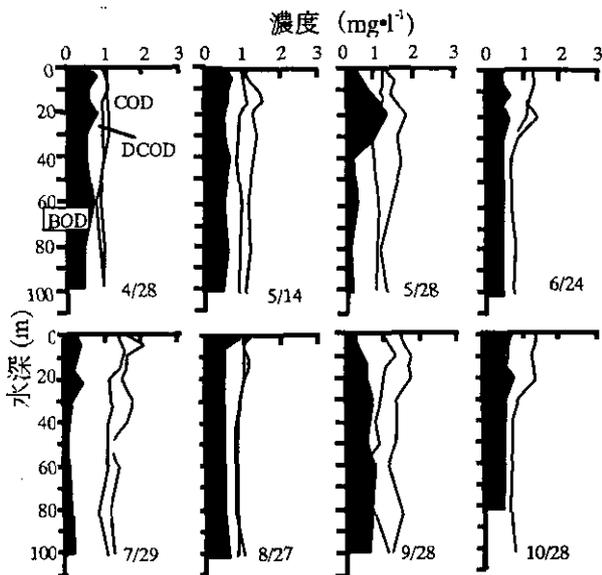


図7 十和田湖（湖心）のCODとBOD垂直分布（1998）

窒素

湖心部における全窒素の垂直分布をみると（図9）、濃度は $23.6 \sim 349.5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲にあり、5月上旬と7月を除いて上下層の間の濃度に大きな差はみられなかった。7月の5m層の全窒素は、 $349.5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ と異常に高い濃度を示した。また、6月の全窒素濃度は特に上層部で著しく低下した。アンモニア態窒素の濃度は全般に極めて低く、上層から下層まで分布したが、9、10月はほぼ上層のみに分布した。硝酸態窒素・亜硝酸態窒素は4～7月は比較的低い濃度で上層から下層まで分布したが、8月以降は下層に向かうほど濃度が高

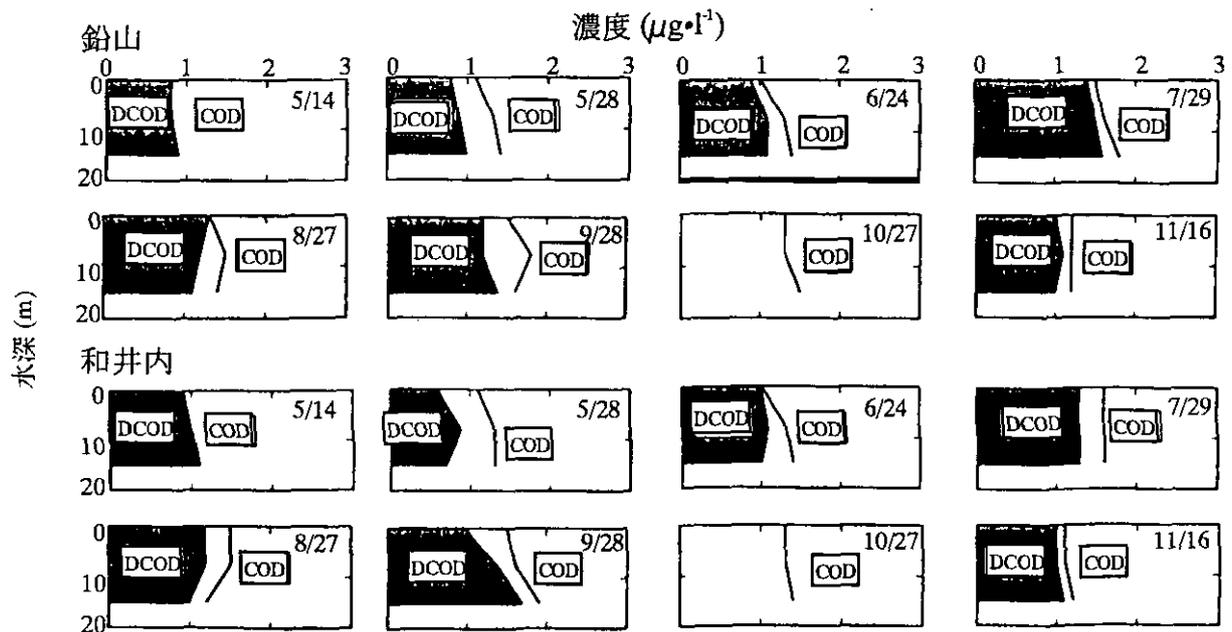


図8 十和田湖（鉛山・和井内）のCODとBODの垂直分布

くなる傾向を示し、100m層の濃度は8月が $80.2\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 、10月が $87.7\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。この傾向は1995、1996年の調査においても観測された(青森県環境保健センター1996)。

沿岸部においては、全窒素はほぼ湖心部と同

様の変動を示したが、6、7月はかなり低下する傾向がみられた。アンモニア態窒素の濃度は極めて低く、また、硝酸態窒素・亜硝酸態窒素の濃度も5月上旬に僅かに確認できる程度で、それ以外では極めて低い濃度であった(図10)。

リン

湖心部における全リンの垂直分布をみると(図11)、濃度は $2.00\sim 8.92\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ の範囲にあり、5~7月では上層部、特に10~20m層で高くなる傾向を示し、4月と8~10月では逆に下層部で高くなる傾向を示した。この傾向は1995、1996年の調査においても観測された(青森県環境保健センター1996)。リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)は硝酸態窒素・亜硝酸態窒素と同様に、4~7月の間は比較的低い濃度で上層から下層まで分布していたが、8月以降は下層ほど濃度が高くなる傾向を示し、9月、10月とすすむに従って下層部の濃度は高くなり、特に50m層以深における濃度の上昇が著しかった。

沿岸部においては全リンはほぼ湖心部と同様の変動を示したが、リン酸態リンについては、鉛山、和井内とも10月に最も濃度が高くなり、次いで4月、11月の濃度が高くなった(図12)。

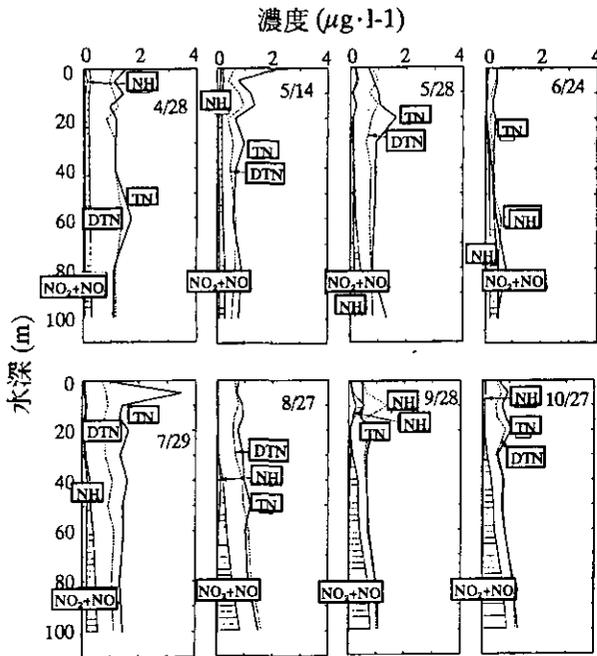


図9 湖心の窒素の垂直分布 (1998)

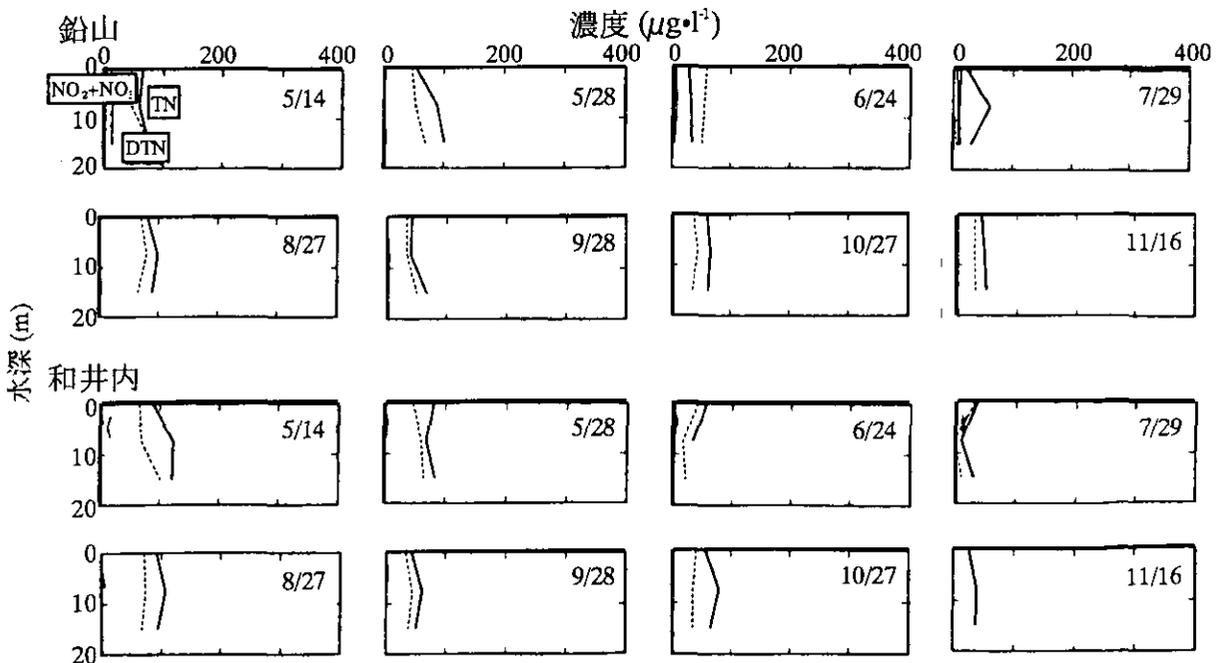


図10 鉛山・和井内の窒素の垂直分布 (1998)

透明度

本調査と公共用水域水質調査の透明度の結果を合わせて図13に示した。これによると、ほぼ9m程度であった透明度は7月16日から8月25日の間に15m程に上昇した。それ以降は再び10m前後に戻ったが、公共用水域水質調査の年平均値も10.5mで、近年では最も高い平均値である。

考察

クロロフィルa濃度の全層の平均値の変動を図13に示した。大きき別の分面を行わず全クロロフィルa濃度のみを測定した場合もあったことから、全クロロフィルa濃度は点線で示した。夏季にみられた全クロロフィルa濃度の減少と透明度の上昇は、時期的な一致がみられることから、何らかの相互関係があるものと思われる。また、植物プランクトンの増減と栄養塩については、明確な対応関係がみつからなかった。すなわち、全窒素が減少した6月においてクロロフィルa濃度は高い値を示しており、全窒素量が高くなった7月においてクロロフィルa濃度は減少している。このことに関して牧野(1999)は、*Daphia longispina*の消長と関係があると指摘している。

5月下旬の上層部におけるクロロフィルa濃度の増大とBODの増大、7月のクロロフィルa濃度の減少とBODの減少は極めて一致しており、クロロフィルa濃度とBODは比較的相関するようと思われる。なお、7月においては、COD濃度は比較的高い濃度を示し、BODとは異なる挙動を示した(図14)。COD濃度がいかなる物質に対応

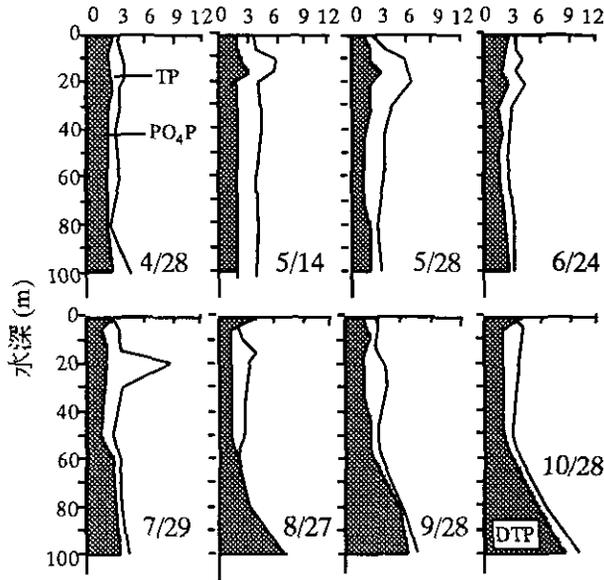


図11 十和田湖(湖心)のリンの垂直分布(1998)

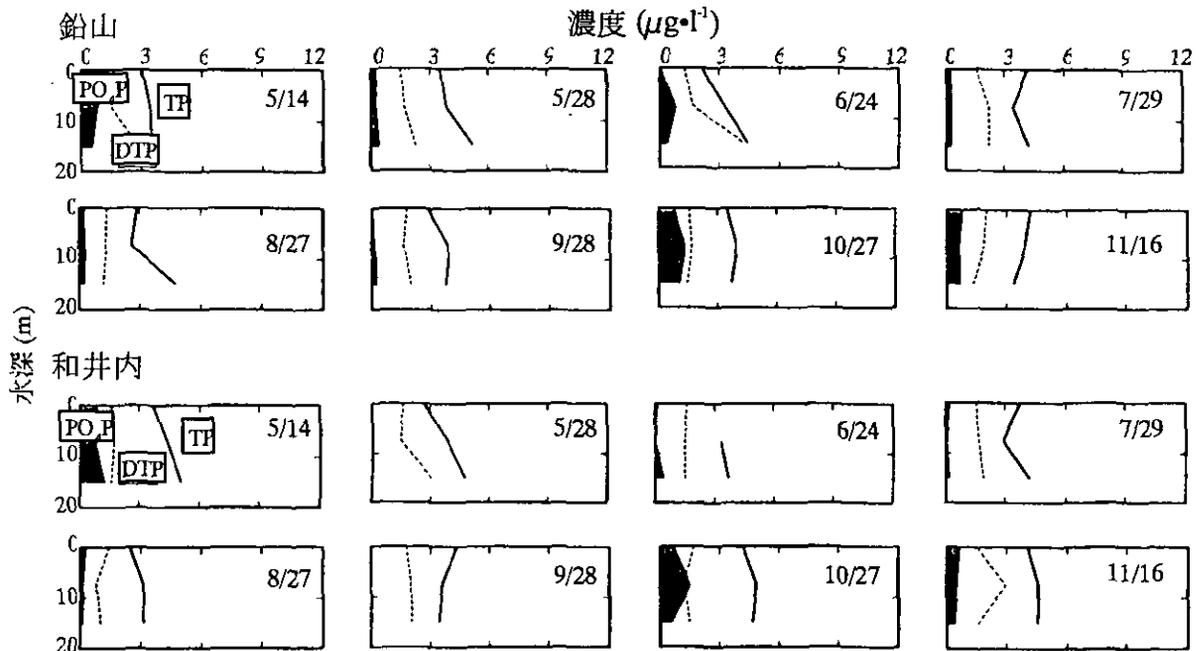


図12 十和田湖(鉛山・和井内)のリンの垂直分布(1998)

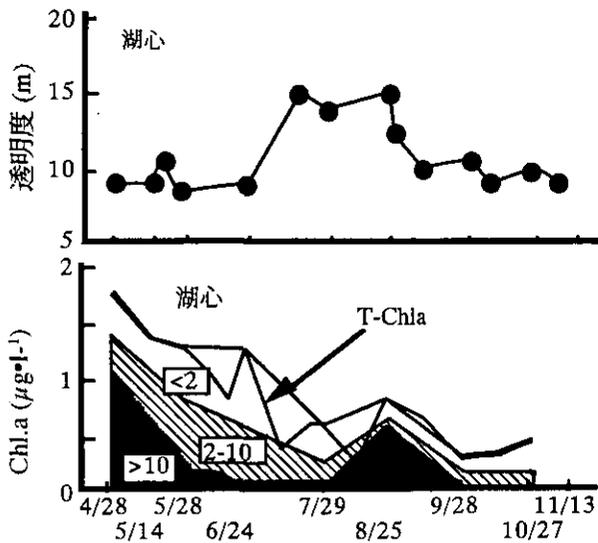


図13 十和田湖の平均クロロフィル濃度と透明度 (1998)

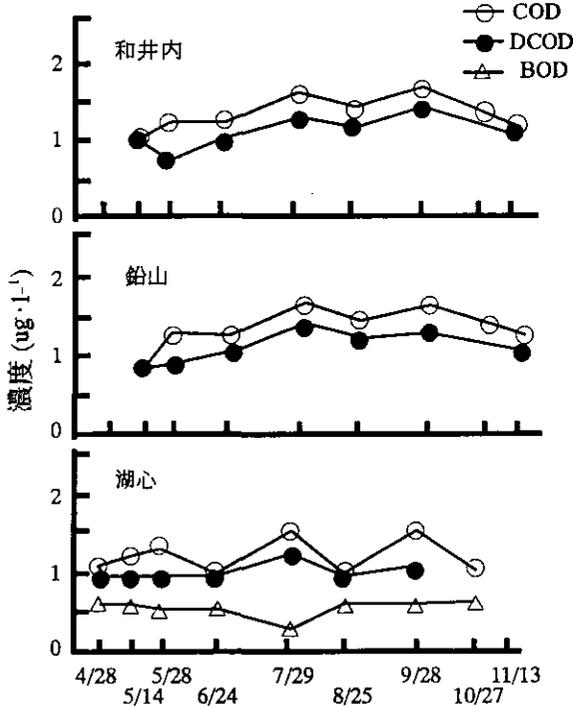


図14 十和田湖のCODの平均濃度 (1998)

して変化しているのかは、今回の調査では明らかにできなかった。今後さらに調査を進める中で検討すべき課題の1つと思われる。

窒素およびリンについては、8～10月に湖心部下層で $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の増大が観察された。一般に水温躍層が形成される富栄養化した湖沼においては、夏季に底質中の有機物の分解により酸素が消費され貧酸素水塊が形成され

ることによって $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ が溶出することはよく知られているが、十和田湖においては夏季の100m層での酸素飽和度が70%台(青森県環境保健センター1996)であることから、この原因が溶出とは断定しがたい。この現象は過去にも観察されていることから、この原因についてさらに調査を進める必要があると思われる。

参考文献

- 青森県環境保健センター (1996) 平成8年度十和田湖水質汚濁機構解析調査報告書: 17-18.
- 片野登・加藤潤・高橋佐紀子 (1992) 十和田湖の水質について. 秋田県環境技術センター年報 20: 123.
- 牧野渡 (1999) 十和田湖における動物プランクトン群集の季節変化 ~1998年の結果から. 国立環境研究所研究報告 146: 41-48.

モニタリング報告

十和田湖の水位と流入河川の負荷量 (1998年)

三上一・工藤精一・松尾章・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉

青森県環境保健センター (〒030-8566 青森市東造道1-1-1)

Water levels and inflow loadings to Lake Towada in 1998

Hajime MIKAMI, Seiichi KUDOU, Akira MATSUO, Ikuyo KUDOU,
Naofumi NOZAWA and Toshiya MAEDA

Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment,
Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566, Japan

はじめに

十和田湖は清澄な湖水とヒメマスに象徴され、年間300万人が訪れる県内有数の観光地である((財)自然環境研究センター編1992)。しかしながら、近年、水質汚濁の進行により十和田湖は現在、三つの問題を抱えている。つまり、(1) CODが1986年以降、環境基準値(AA類型: $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下)を達成できないこと、(2) 透明度の低下、(3) ヒメマス漁獲量の落ち込み、である。このため、青森県ではこれらの要因を明らかにするため、1995~97年度に国立環境研究所と「十和田湖水質汚濁機構解明調査」を実施した(青森県環境保健センター1998)。

一方、十和田湖では青森・秋田両県の環境部門は公共用水域測定計画により水質モニタリングを、水産部門はヒメマス資源対策調査として動物プランクトン調査と魚類調査を20年以上にわたり実施している。これら一連のモニタリング結果から、十和田湖の水質は魚類によるトロフィックカスケード効果(Takamura *et al.* 1999a; 三上ら1997)を強く受けていることが明らかになった。

1995~97年度調査では、ワカサギ-*Bosmina* 優占系からヒメマス-*Daphnia* 優占系に生態系が変化したことにより有意な透明度の上昇とクロロフィルa量の低下が認められた(Takamura *et al.* 1999b)。しかし、水質行政で最も問題となるCOD

は、依然として改善が認められないままである。近年、琵琶湖をはじめとする多くの湖沼では発生源対策にかかわらず、難分解性の溶存態有機物によるCODの上昇が問題となっている(今井ら1998; 和田ら1999)。十和田湖においても下水道の整備にもかかわらず、顕著なCODの改善が認められないことやCODの大部分が溶解性CODであること等から、CODの構成成分の検討と発生源の特定及び負荷量収支の把握が必要になるものと考えられる。

今後、十和田湖の保全に取り組むための視点として、(1) 生物のもつ浄化機能を十分に発揮させるような環境を創ること。(2) 浄化機能を上回る流入負荷量を削減すること。この二点が大切と考えられる。このためには、ヒメマス-*Daphnia* 優占系を回復、維持させる湖沼生態系管理法の確立(花里1999)と、COD等の負荷量収支を正確に把握することが必要になる。

ここでは、負荷量収支に大きく寄与していると考えられる平水時および降雨時における河川の負荷量調査について報告する。

十和田湖の概況

十和田湖は青森・秋田両県に跨る湖面積が61.06km²、最大水深327m、平均水深71mで、休屋前面、宇樽部川前面の遠浅には水草が繁茂する

表1 十和田湖の諸元

緯度	40° 28'	流域人口 (人) *	693
経度	140° 53'	戸数 (戸)	361
成因	二重カルデラ	主な流入河川	8
海拔高度 (m)	400	流出河川	1
湖面積 (km ²)	61.06	牛頭数密度 (頭・km ⁻²)	0.02
流域面積 (km ²)	128.6	豚頭数密度 (頭・m ⁻²) *	0.0
最大水深 (m)	327	鶏頭数密度 (頭・km ⁻²) *	0.0
平均水深 (m)	71	水田面積率 (%) *	0.9
湖周囲 (km)	48.1	畑地面積率 (%) *	0.3
湖容積 (km ³)	4.19	山林面積率 (%) *	98.4
滞留時間 (年)	8.5	その他面積率 (%) *	0.4

(*: 1985年青森県調べ)

ほかは急激に落ち込むという湖盆形態をもつ二重式カルデラ湖である(表1)。十和田湖と子ノ口を源流とする奥入瀬溪流は我が国を代表する景勝地で、周辺地域のブナ・ミズナラ等の落葉広葉樹林は保護林として指定され、98%以上が森林で、良好に自然が保全されている。

十和田湖には大小72河川が流入するといわれ、宇樽部川、銀山川、大川岱川、神田川等7河川が主な流入河川で、東岸の奥入瀬川は唯一の流出河川である。北東岸の青撫(あおぶな)では水力発電用の取水が行われているが、過大な取水は湖水位を低下させ、ヒメマスの天然産卵場を干上らせることから、基準水面を400mとし、1,667m(5尺5寸)を最高下限とする覚え書きが漁協との間に結ばれている。

調査方法

対象河川は流入7河川(No.1~7)、流出1河川(No.8)で、降雨時は1998年7月23日、平水時は9月9日に河川調査を行い、水質特性と負荷量収支について検討した(図1)。降雨時調査では、当日9~12時に35mmの降雨が記録されている(青森地方気象台調べ)。分析方法等は本報告書資料の三上ほか(1999)を参照されたい。

結果と考察

水収支

十和田湖における水収支は、流入経路として河

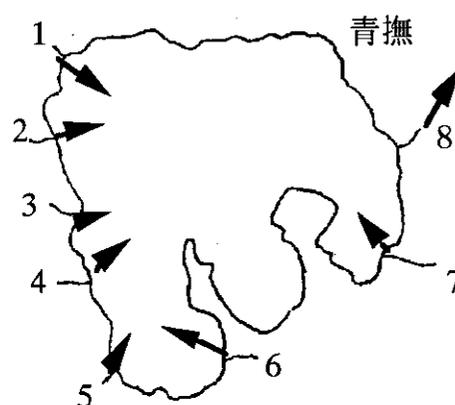


図1 調査地点図。1: 滝ノ沢川、2: 銀山川、3: 大川岱川、4: 鉛山沢川、5: 和井内沢川、6: 神田川、7: 宇樽部川、8: 子の口橋(奥入瀬川)。1~7までは流入河川、8のみ流出河川。図6以降河川はこの番号で示す。

川、逆送水、湧水と降雨、流出経路として発電用取水、子ノ口放流と湖面蒸発量から成り立っていると考えられる。なお、逆送水とは月毎の基準水面(表2)を満たすように水位調節するため、主に融雪期の4、5月と台風による洪水に備えて9~12月は湖内に戻している渓流水である。

十和田湖での正確な水収支は把握されていないが、「月報: 十和田湖水位その他に関する報告書」と「気象データ」がある。「月報: 十和田湖水位その他に関する報告書」は東北電力(株)で刊行しているもので、この報告書から毎日の発電用取水量、逆送水量、子ノ口放流量および水位を(図2)、「気象データ」から降雨が湖面に直接降り注ぐ水量を知ることが出来る。ここでは、1981~96

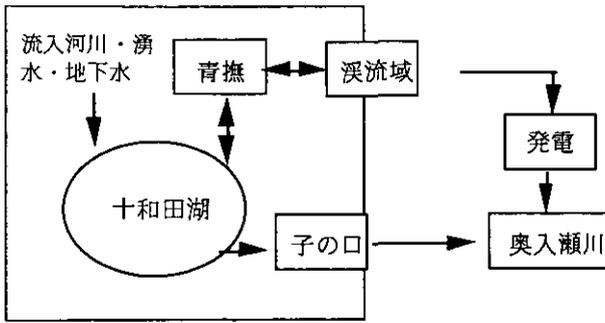


図2 十和田湖の水収支概略図

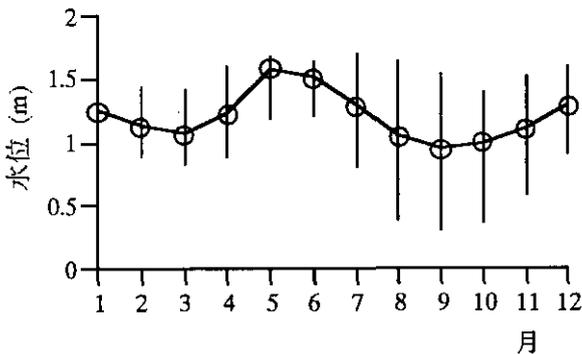


図3 利用水位の変動パターン

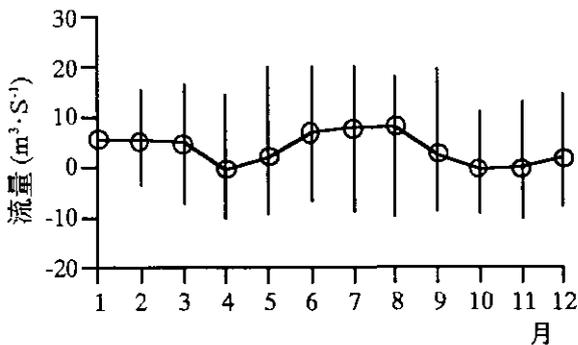


図4 青撫における日流量の変動パターン (1981-96年)

表2 十和田湖における月別の基準水面

月日	水位 (m)	月日	水位 (m)
6月1日	1.617	9月1日	0.987
7月1日	1.527	10月1日	1.247
8月1日	1.227	11月1日	1.337

年度の報告書により、利用水位、青撫及び子ノ口における流出量の月別の日変動を調べた。

利用水位の日平均は1.205m (0.315～1.703m)である。6月1日に最高水位に達するように4月頃から徐々に湛水しはじめ、5月には水位が最も高い。その後、台風による洪水調整に備えて9～11月には最低水位になり、水位変動幅も大きい(図3)。ワカサギ産卵期は最高水位時で、ヒメマス産卵期は最低水位時である。

青撫における流出量は平均 $3.64\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$ (-10.14～ $19.88\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$)である(図4)。青撫では水力発電用取水のため湖水を揚水しているが、マイナスは逆送水である。十和田湖周辺域はブナ・ミズナラなどの落葉広葉樹が主な植生である。この逆送水を集める渓流域では昭和40年代初頭に大規模な伐採が行われ、杉を中心とする針葉樹林が植林されたといわれている。逆送水は植生の違いにより他の河川水とは異なる水質成分をもつ可能性があること、逆送水の集水域は外輪山の外側にあり、十和田湖本来の集水域と異なること、更に、融雪期、台風の時期に湖内に河川水量を上回る水量が流入する可能性があること等、湖水に与える影響が大きいことが予想されるが、その影響については判然としないことから実態を把握する必要がある(工藤ら1989)。

子ノ口からの流出量は平均 $1.58\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$ (0～ $10.00\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$)で、4～11月の昼に放流されているが、水門により放流量が調整されているため、毎年ほぼ同じ変動パターンを示すようである(図5)。子ノ口放流門での流量調整により降雨時においても流量が一定に保たれている。

今後の課題として、河川、湧水、湖面蒸発量、降雨時、或いは、融雪期に陸域からの流入量を明らかにすることが必要である。

水質特性

1. 流量

平水時(7月23日)、降雨時(9月9日)における流量についてみると、平水時の流入7河川の平均流量は $0.17\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$ (0.01～ $0.56\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$)、降雨時の流入7河川の平均流量は $0.39\text{m}^3\cdot\text{S}^{-1}$ (0.02～0.99

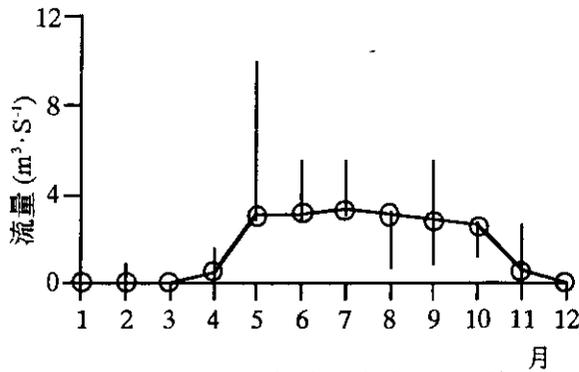


図5 子の口における流量の日変動パターン (1981-96年)

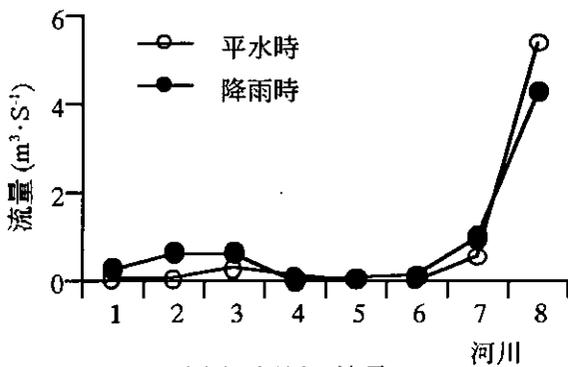


図6 河川の流量

表3 水位及び流出入量

	降雨量 (mm)	水位 (m)	青撫 ($m^3 \cdot S^{-1}$)	子ノ口 ($m^3 \cdot S^{-1}$)
7月22日	0	1.428	9.75	3.21
23日	13	1.414	1.97	3.21
24日	19	1.443	5.56	3.21
9月8日	1	0.992	6.05	2.99
9日	0	0.980	6.06	2.99
10日	0	0.972	6.17	2.99

$m^3 \cdot S^{-1}$)であった。流入量合計は平水時は $1.16 m^3 \cdot S^{-1}$ 、降雨時は $2.76 m^3 \cdot S^{-1}$ で、子ノ口橋での流出量は平水時は $5.40 m^3 \cdot S^{-1}$ 、降雨時は $4.27 m^3 \cdot S^{-1}$ で、放流量が多いことから対象とした7河川以外からの流入水の存在が示唆された。

降雨時調査の当日は9~12時に35mmという比較的大量の降雨にもかかわらず、流入7河川の合計流量は平水時の2倍ほどで、集水域が小さく、落葉広葉樹林で占められていることから降雨時で

も流入量の変化が少ないようである。子ノ口から流出量は水門により調整されているためか、降雨時でも少なかった(図6)。

「月報」により、調査が行われた7月23日、9月9日の当日と前後における青撫、子ノ口での流量をみると(表3)、その合計は7河川の流入量を上回っていた。十和田湖には大小70河川ほどが流入し、更に、湧水の存在が指摘されていることから(吉村1971)、正確な水収支と負荷量を知るうえで、これらの河川の流量と水質を測定する必要が認められた。

2.COD

十和田湖の環境基準がCODで規制されていることから、流入7河川のCODをみると、平水時の平均CODは $1.9 mg \cdot l^{-1}$ ($0.5 \sim 2.7 mg \cdot l^{-1}$)、降雨時の平均CODは $8.2 mg \cdot l^{-1}$ ($0.9 \sim 15 mg \cdot l^{-1}$)であった。平水時においても和井内沢川を除いて、十和田湖のCODが環境基準値である $1 mg \cdot l^{-1}$ 以下を超えており、降雨時では大幅に増加していた。

近年、湖沼では難分解性有機物(DOC)によるCODの上昇が問題となっていることから(和田ら1999)、CODを溶解性COD(D-COD)と懸濁態COD(P-COD: T-CODからD-CODを差し引いたCOD)に区分すると、和井内沢川を除いては平水時でもD-CODが $1 mg \cdot l^{-1}$ を超えていた。一方、降雨時にはP-CODがD-CODを卓越する傾向がみられるが、D-CODは平水時に比べて大幅に増加していた(図7、8)。CODはDOCと密接に関連しており、DOCの構成成分は発生源の特定に有用であるとされている(福島ら1997 a, b; 今井ら1998)。今後の課題は、河川、逆送水及び湖水のDOC分画成分とCODの関係や負荷量収支を明らかにし、流入負荷量が湖内の浄化能を上回る場合、効果的な発生源対策を打ち立てることが重要である。

一方、D-CODとともにCODの構成成分であるP-CODについてみると、降雨時にはP-CODの増加が著しく、SS濃度に比例して増加する傾向がみられた。P-COD削減にはSS除去に向けた対策が有効で、特に、改修河川である滝ノ沢川、銀山

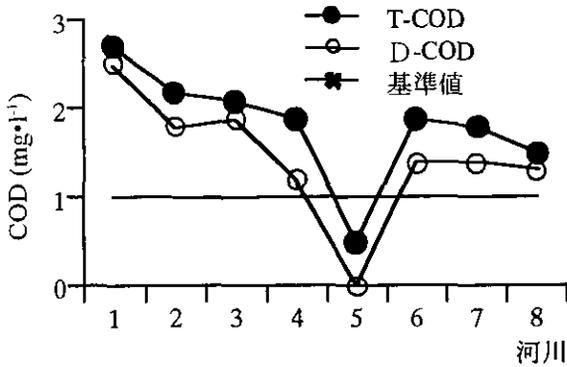


図7 平水時における形態別 COD 濃度の推移

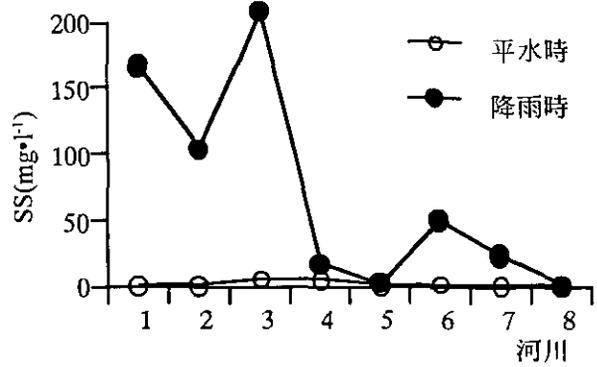


図9 平水時、降雨時における SS 濃度の推移

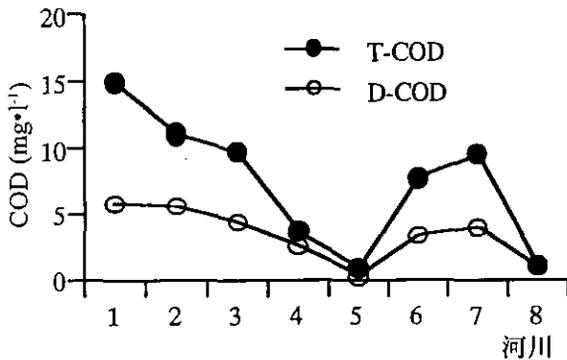


図8 降雨時における形態別 COD 濃度の推移

川、大川岱川ではその傾向が強いようである(図9)。

これまで、十和田湖は国立公園で、森林伐採などを伴う開発行為は厳しく規制され、自然が良好に保全されていることから、河川から汚濁物質の流入量に大きな変化がないものと考えられている。しかし、地元住民の話では、宇樽部川を除いては河川改修が昭和40年代に行われた以後、降雨時には濁水が流入するようになったこと、秋には産卵のために魚が遡上したこと、ほぼ同時期に逆送水を集水する渓流域では森林伐採が行われたこと等が言われている。貧栄養湖は緩衝能に乏しく、集水域の僅かの変化にも反応することから(日野ら1997)、このような河川、集水域を巡る環境の変化は、浄化能を上回るCODの湖内への流入を招いたと考えられる。河川、集水域の改変の履歴も知ることは重要である。

3.SS

SSをみると、平水時は大川岱川、鉛山沢川で幾

分高いほかは、いずれも低い値で推移していた。降雨時には滝ノ沢川、銀山、大川岱川、神田川ではSSが著しく増加していた(図9)。

4.窒素と磷

河川における全窒素は、平水時での平均は0.13 mg·l⁻¹ (0.08~0.18 mg·l⁻¹)、降雨時での平均は0.77 mg·l⁻¹ (0.16~1.4 mg·l⁻¹)であった。平水時での河川における全窒素濃度レベルは湖内とほぼ同じか、これを僅かに上回るレベルであった。一方、降雨時には和井内沢川を除いた河川では全窒素濃度は増加が著しかった。

河川における硝酸性窒素は、平水時での平均は0.072 mg·l⁻¹ (0.032~0.11 mg·l⁻¹)、降雨時での平均は0.15 mg·l⁻¹ (0.10~0.30 mg·l⁻¹)であった。硝酸性窒素は植物プランクトンの栄養塩類であるが、河川における硝酸性窒素濃度は湖内レベルに比べると高く、河川が硝酸性窒素の重要な供給源となっていることがわかる。

平水時と降雨時における全窒素と硝酸性窒素をみると、両者ともに降雨時には濃度が高くなるが、和井内沢川、鉛山沢川を除いた河川での全窒素の増加はSSと似た挙動を示していることから、降雨時の全窒素増加はSS由来と考えられた(図10、11)。なお、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素ともに不検出か、検出下限値付近であった。

河川における全磷は、平水時での平均は0.034 mg·l⁻¹ (0.008~0.053 mg·l⁻¹)、降雨時での平均は0.091 mg·l⁻¹ (0.020~0.16 mg·l⁻¹)であった。河川における全磷濃度レベルは鉛山沢川を除いて

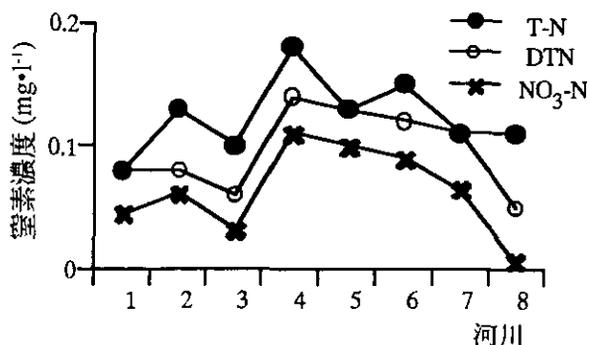


図10 平水時における形態別窒素の推移

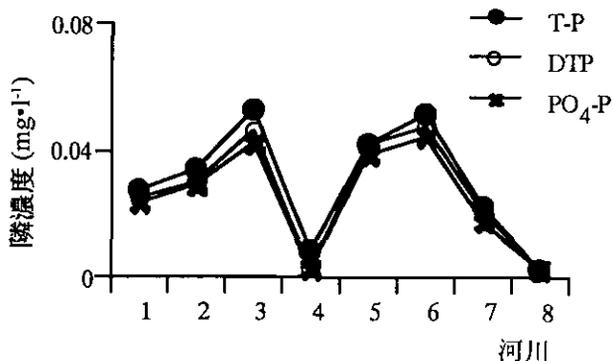


図12 平水時における形態別磷濃度の推移

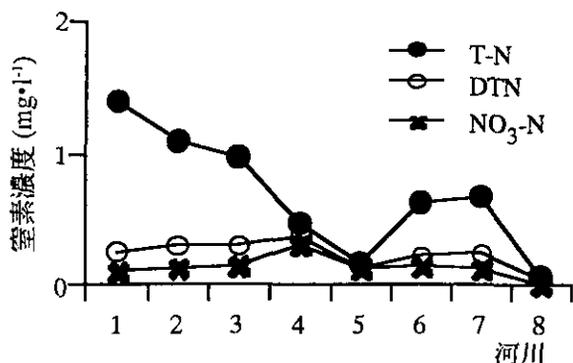


図11 降雨時における形態別窒素の推移

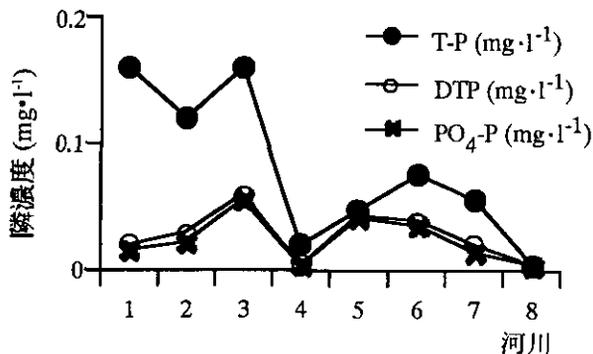


図13 降雨時における形態別磷濃度の推移

は、いずれも湖内レベルを大幅に超え、全窒素とは大きく異なっていた。

河川における磷酸態磷は、平水時での平均は $0.030 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上 ($0.003 \sim 0.045 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$)、降雨時での平均は $0.026 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ($<0.003 \sim 0.055 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) であった。全磷と磷酸態磷をみると、平水時では全磷の大部分が磷酸態磷であるが、降雨時では全窒素と同様にSS由来の懸濁態磷の増加が認められた(図12、13)。

T-N/T-P比をみると、平水時での平均は4.9 (1.1 ~ 17.5)、降雨時での平均は10.2 (3.3 ~ 23.5) である(図14)、湖内のT-N/T-P比より低かった。

負荷量調査

1. COD 負荷量

流入 T-COD 負荷量の合計は、平水時では $194 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ 、降雨時では $2420 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ 、子ノ口橋の流出負荷量は平水時は $700 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ 、降雨時は $369 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$

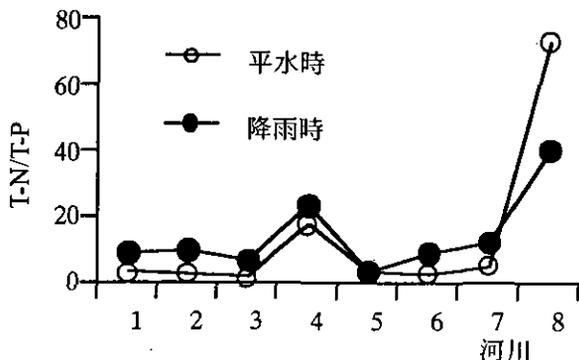


図14 T-N/T-P の推移

で、降雨時には流入 COD 負荷量が子ノ口からの流出 COD 負荷量を著しく上回っていた。

ここで、降雨時における河川別の流入負荷量をみると、滝ノ沢川、銀山、大川岱川、宇樽部川からの各々の流入負荷量は子ノ口橋の流出負荷量を上回るか、ほぼ同じレベルであった。これらの河川では、DOCと密接に関連すると考えられるD-CODもT-CODと同様に降雨時に大量に流入していることから、降雨時における河川からの流入負

荷量の評価が必要である。特に、宇樽部川は銀山、大川岱川、滝ノ沢川の3河川に比べて、SS負荷量が少ないにもかかわらず、COD負荷量が大きいことから河川形態のあり方にも考慮することが求められるかもしれない。更に、これまで融雪期での雪解けにより発生する濁水の影響について何ら検討されていないことから、融雪による影響についても考える必要がある。

2. 窒素と磷の負荷量

全窒素の負荷量をみると、平水時では流入負荷量は流出負荷量に比べて少ないが、降雨時ではCODと同様に4河川からの流入負荷量が大きいため、流出負荷量を上回っていた。

全磷の負荷量をみると、平水時では大川岱川、宇樽部川の2河川からの流入負荷量が大きかった。湖内では磷が増殖、成長の制限因子となっている可能性が大きいことから、大川岱川、宇樽部川の2河川は磷の供給源となっていることが考えられた。これと関連して、十和田湖の流入河川水

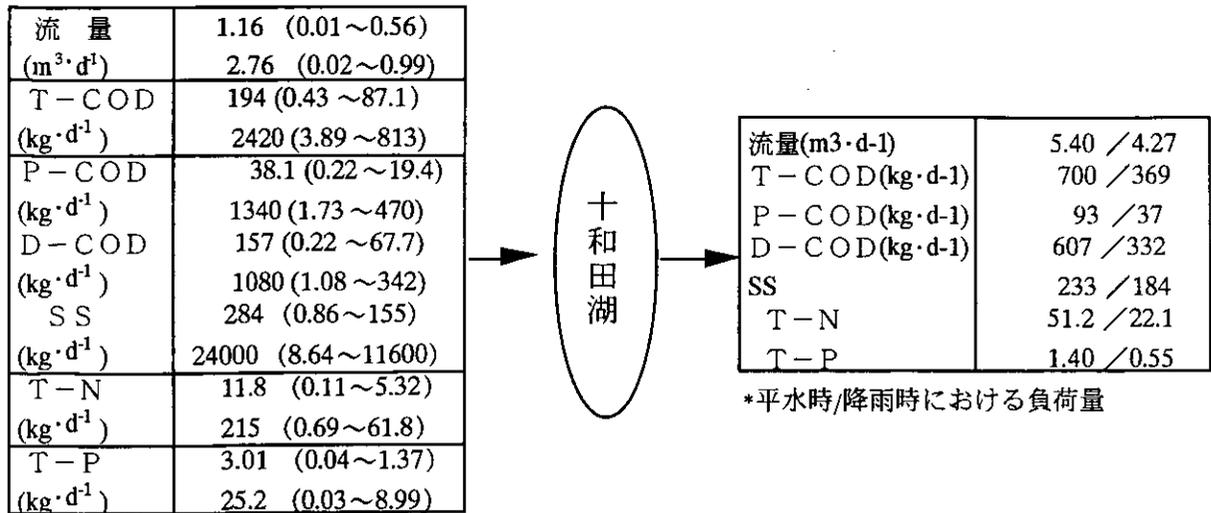
には比較的高濃度の磷酸態磷が含まれていることが特徴で、その成因に興味もたれる。

今後の対策に向けて、十和田湖において正確な水収支、物質収支に係る収支図を作成することが重要な課題になることから、平水時、降雨時における流入河川及び子ノ口橋でのCOD、窒素・磷負荷量収支の概略について述べた(表4)。CODの収支図をみると、降雨時には河川、特に、改修河川からの負荷量が著しく高くなることがわかる(図15)。それと同時に、著しいSS負荷量の増加が透明度や生態系に与える影響が心配される等、新たな問題点を抽出することができると思われる。

今後、湖沼で問題となっているDOCや降雨(雪)からの負荷量等の水質に由来する負荷量のほかに、十和田湖では漁獲による湖外への除去をはじめとする生物が関与する負荷量も無視できないものと考えられることから、これらを含めた負荷量収支を作成し、流出入負荷量の均衡を図ることが必要である。

表4 1998年度十和田湖における河川の負荷量調査結果

No 地店名	1 滝ノ沢川	2 銀山川	3 大川岱川	4 鉛山沢川	5 和井内沢川	6 神田川	7 宇樽部川	8 子ノ口橋
平水時								
T-COD(kg・d ⁻¹)	11.7	11.4	54.4	24.6	0.4	4.9	87.1	699.8
D-COD(kg・d ⁻¹)	10.8	9.3	49.2	15.6	0.2	3.6	67.7	606.5
SS(kg・d ⁻¹)	4.3	5.2	155.5	64.8	0.9	5.2	48.4	233.3
T-N(kg・d ⁻¹)	0.35	0.67	2.59	2.33	0.11	0.39	5.32	51.32
DTN(kg・d ⁻¹)	0.35	0.41	1.56	1.81	0.11	0.31	5.32	11.71
NO ₃ -N(kg・d ⁻¹)	0.19	0.32	0.83	1.43	0.09	0.23	3.14	3.27
T-P(kg・d ⁻¹)	0.121	0.176	1.374	0.104	0.036	0.135	1.113	1.400
DTP(kg・d ⁻¹)	0.108	0.156	1.192	0.019	0.036	0.124	1.016	0.700
PO ₄ -P(kg・d ⁻¹)	0.104	0.150	1.089	0.019	0.034	0.117	0.871	0.700
降雨時								
T-COD(kg・d ⁻¹)	349.9	617.8	544.8	6.2	3.9	86.5	812.6	368.9
D-COD(kg・d ⁻¹)	135.3	314.5	247.1	4.5	1.1	38.2	342.1	332.0
SS(kg・d ⁻¹)	3895.8	5840.6	11681.3	29.4	8.6	561.6	2052.9	184.5
T-N(kg・d ⁻¹)	32.66	61.78	54.48	0.81	0.69	6.96	57.31	22.14
DTN(kg・d ⁻¹)	5.83	16.85	16.85	0.64	0.56	2.47	20.53	9.22
NO ₃ -N(kg・d ⁻¹)	2.33	7.30	7.86	0.52	0.52	1.57	10.26	0.55
T-P(kg・d ⁻¹)	3.732	6.739	8.986	0.035	0.207	0.842	4.704	0.553
DTP(kg・d ⁻¹)	0.467	1.629	3.313	0.003	0.190	0.438	1.711	0.553
PO ₄ -P(kg・d ⁻¹)	0.350	1.179	3.089	0.003	0.181	0.393	1.198	0.553



*上段は平水時、下段は降雨時における負荷量

図 15 十和田湖における平水時と降雨時の負荷量收支図

まとめ

今回、十和田湖に流入する主な流入7河川と子ノ口橋を対象に、平水時と降雨時における河川の負荷量調査を行った。その結果、

- (1) COD は和井内沢川を除いた河川では平水時でも十和田湖の環境基準値である COD $1mg \cdot l^{-1}$ 以下を超えていた。
- (2) COD を形態別にみると、湖沼の有機物汚濁に関与する DOC と D-COD も $1mg \cdot l^{-1}$ を超えていた。
- (3) 降雨時には改修河川において、SS に由来する COD、窒素、燐濃度及び負荷量の増加が著しかった。
- (4) 河川水と湖水の窒素・燐濃度を比べると、窒素はほぼ同じ濃度レベルであるが、燐は河川水では高かった。
- (5) 負荷量收支図では、降雨時には COD、SS の流入負荷量が著しく増加していたことから、降雨時における影響評価が必要である。
- (6) 今後は水収支を詳細に把握し、全流入河川、青撫での発電用取水を対象とした調査が必要である。さらに、発生源からの負荷量収支を把握し、効果的な対策を行うことが重要である。

引用文献

青森県環境保健センター (1998) 十和田湖水質汚濁機構解明調査報告書 (平成7~9年度) .

福島武彦・相崎守弘・松重一夫・今井章雄 (1997) 湖沼の有機物指標. 水環境学会誌 **20**: 238-245.

福島武彦・今井章雄・松重一夫・井上隆信・小澤秀明 (1997) 湖水溶存有機物の紫外線吸光度: DOC比の特性とその水質管理への利用. 水環境学会誌 **20**: 397-403.

今井章雄・福島武彦・松重一夫・井上隆信・石橋敏昌 (1998) 琵琶湖湖水および流入河川水中の溶存有機物の分画. 陸水学雑誌 **59**: 53-68.

花里孝幸 (1999) パイオマニピュレーションの概念. 水環境学会誌 **22**: 2-7.

日野修次 (1997) 日本陸水学会第61回大会シンポジウム課題講演報告「今、なぜ貧栄養湖研究なのか? 貧栄養湖研究の現状と未来」. 陸水学雑誌 **58**: 83-84.

三上一・高村典子・奈良忠明 (1997) 十和田湖における透明度と生物群集の変遷. 青森県環境保健センター研究報告 **8**: 15-26.

三上一・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉・石塚伸一・工藤健・大久保英樹 (1999) 十和田湖の水質及び光環境 (1995~1997年). 国立環境

研究所研究報告 146: 151-155.

工藤健・佐藤信博・工藤精一・根岸勝信・柞木田
むつみ・荒屋敷秀俊・手代森光仁・対馬和浩
(1989) 十和田湖の水質汚濁に関する考察. 青
森県公害センター所報 9: 48-57.

(財) 自然環境研究センター (編) (1992) 新・美
しい自然公園 5. 十和田湖八幡平国立公園十和
田湖. (財) 自然公園美化管理財団.

Takamura N., Mikami H., Mizutani H. & Nagasaki K.
(1999a) Did a drastic change in fish species from
kokanee to pond smelt decrease the secchi disc
transparency in the oligotrophic Lake Towada,
Japan? *Archiv für Hydrobiologie*. 144: 283-304.

Takamura N., Mikami H., Houki A. & Nakagawa M.
(1999b) How did replacement of the fish
community dominant influence water quality and
plankton community structure in an oligotrophic
lake in Japan? *Internationale Vereinigung für
Theoretische und Angewandte Limnologie* (in
press).

和田英太郎・安成哲三 (編) (1999) 岩波講座—
地球環境学4: 水・物質循環系の変化. pp. 229-
142. 岩波書店、東京.

吉村信吉 (1971) 増補版—湖沼学. pp.142-144. 生
産技術センター、東京.

モニタリング報告

十和田湖資源対策調査結果 (1998年)

長崎勝康・沢目司

青森県内水面水産試験場 (〒034-0041 十和田市大字相坂字白上 344-10)

Biological information on the fishes in Lake Towada during 1998

Masayasu NAGASAKI and Tsukasa SAWAME

Aomori Prefectural Freshwater Fishery Research Center, 344-10 Aisaka, Towada, Aomori 034-0041, Japan

この調査は、1967年以降、秋田、青森両県にまたがる十和田湖のヒメマス資源の安定化を図ることを目的に秋田県水産振興センターと共同で調査を実施している。本県においては十和田湖の環境調査(表面水温、降水量とりまとめ)、ヒメマスおよびワカサギの漁獲量調査、生態調査(漁獲量とりまとめ、回帰親魚調査、刺網調査等)を実施している。

調査期間: 1998年4月～1999年3月

1. 十和田湖環境調査 方法

湖水温のとりまとめ

ふ化場管理人(杉山氏、相川氏ら)によるふ化場前生出棧橋での午前10時の表面水温測定のとりまとめをおこなった。

降水量

青森地方気象台の休屋における観測値のとりまとめをおこなった。

結果

十和田湖環境調査

1. 湖水温

1998年のふ化場前生出棧橋前における午前10時の表面水温の旬別平均水温と1988-1997年の平均水温を図1に示した。例年であれば最高水温を記録する8月の水温が低く、その後9月に入って平均水温を上回る日が続いた。

2. 降水量

青森気象台の休屋における観測値を表1および図2、3に示した。5、6、8月の夏期に降水量が多かった。

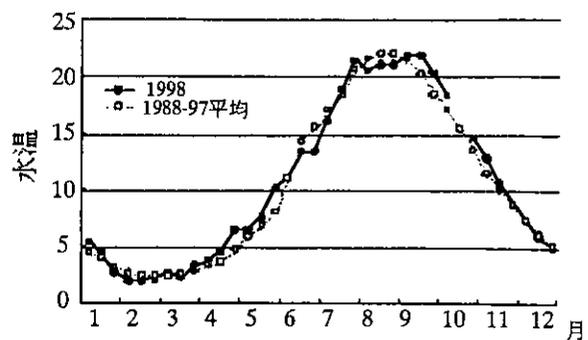


図1 十和田湖表面水温の変化

表1 十和田湖休屋における1998年及び1988-97年の平均降水量(資料: 青森地方気象台)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
1998	75	29	51	77	138	276	166	321	271	252	194	123	1973
1988-97	61.7	74.2	81.6	118	122	118	179	210	189	119	124	85.4	1472

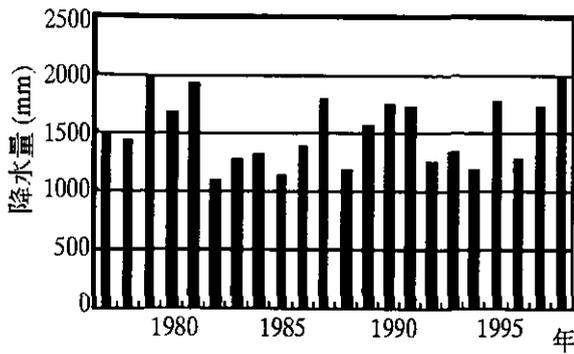


図2 十和田湖休屋における年間降水量

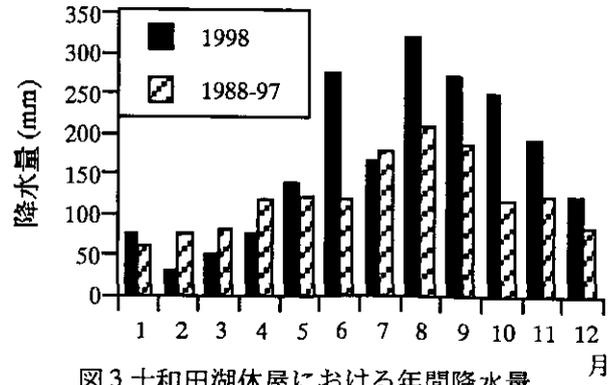


図3 十和田湖休屋における年間降水量

表2 ヒメマスの集荷場別月別取扱数量 (1998年)

(単位：kg)

集荷場	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
大川岱	191.8	1437.4	1526.7	1307.7	2683.1	1656.6	2091.8	215.7	11110.8
休屋	682.6	1759.5	1665.6	1701.9	3739.0	2506.7	2691.0	244.4	14990.7
宇樽部	406.6	1710.9	1541.1	1881.3	3047.6	1966.7	2275.3	161.6	12991.1
合計	1281.0	4907.8	4733.4	4890.9	9469.7	6130.0	7058.1	621.7	39092.6
× 1.1	1409.1	5398.6	5206.7	5380.0	10416.7	6743.0	7763.9	683.9	43001.9

(ヒメマスは内蔵除去後出荷されるため内蔵を加味するために1.1倍した)

表3 1989-1988年のヒメマスの集荷場別月別取扱数量

(単位：kg)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
1989	1561.0	10516.0	7732.0	4271.0	8083.0	8355.0	8696.0		49214.0
1990	365.8	3825.3	2709.3	1054.4	2572.7	6822.4	5322.1	224.5	22896.5
1991	625.7	1945.6	1106.6	2485.0	4482.0	5267.2	4987.5	277.6	21177.2
1992	202.6	1068.8	692.3	265.2	203.8	169.8	153.3	2.6	2758.4
1993	6.1	16.5	110.1	52.4	195.0	1053.8	1341.3	151.7	2926.9
1994	157.1	447.5	252.7	620.7	2010.4	2369.6	3147.9	431.8	9437.7
1995	74.0	603.4	877.0	474.2	1115.5	1132.6	349.6	32.7	4659.0
1996	15.5	148.3	166.9	310.5	569.6	1801.4	2837.2	126.8	5976.2
1997	70.2	1057.4	2403.8	800.5	2180.3	3428.8	4934.7	666.3	15542.0
1998	1409.1	5398.6	5206.7	5380.0	10416.7	6743.0	7763.9	683.9	43001.9

2. 漁獲量調査

方法

漁業者漁獲量

大川岱、休屋、宇樽部の集荷場におけるヒメマス、ワカサギの漁獲量(取扱量)の集計をおこなった。

遊漁者状況

遊漁券の発行状況の集計をおこなった。

回帰親魚漁獲量

ふ化場前の引き網による回帰親魚採捕量の集計をおこなった。また採卵時に親魚の測定を実施し、その平均体重から回帰親魚重量を推定した。

結果

漁業者漁獲量

ヒメマスの集荷場取扱数量を表2に、また1989-1998年の月別取扱数量を表3に示した。ヒメマスの漁獲量は昨年秋に引き続き豊漁が続き、8月に

は1ヶ月間で9.5トンと平成元年5月以来の大漁となった。年間漁獲量も39.1トンと平成元年以来の数量となった。そのため、ヒメマスは十和田湖以外の地域にも出荷され、十和田市などのスーパーマーケットでも販売されていた。また集荷場では鮮度の良いヒメマスのみ取り扱うために、7月から9月の高水温期には、取上げまでに傷みが進み集荷場に出荷されないヒメマスが相当量あった。ワカサギの集荷場別漁獲量を表4に示した。漁獲量は合計で25.3トンと昨年度の8.3トンを上回った。

遊漁者状況

遊漁券の発行枚数はヒメマス4,399枚、コイ、フナ532枚であった。(1998年10月27日現在) 昨

年のヒメマス遊漁券発行枚数と比べて約2,000枚の増加であった。

回帰親魚調査

今年度は、ふ化場から湖への排水口に9月下旬から親魚が大量に遡上し、ふ化場蓄養池に収容できず、排水口付近から排水路に真っ黒に群れている状態が続いた。

表5に、ふ化場前における親魚の採捕数を示したが、この値は採卵用に採捕した尾数のみである。その他に約6万尾の親魚(雌雄混)を採卵せずに販売した。ふ化場での総採捕数は、約8.5万尾、総重量は約19.3トンにおよぶものと考えられる。またその他に、湖内各地の沢に親魚が集まり遊漁者により多数採捕されていたようである。

**3. ヒメマス生態調査
方法**

表4 1998年十和田湖におけるワカサギの集荷場取扱数量 (単位: kg)

集荷場	4月	5月	6月	7月	合計
大川岱	772.0	3854.0	2271.0	0.0	6897.0
休屋	1166.0	2375.4	1226.9	8.0	4776.3
字樽部	3013.0	8616.0	2025.0	0.0	13654.0
合計	4951.0	14845.4	5522.9	8.0	25327.3

表5 ヒメマス親魚の採捕数と体サイズ

	採捕尾数 (尾)	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	採捕重量 (kg)
雌親魚	10506	25.2	220.2	2313.4
雄親魚	14556	25.1	232.7	33887.2
	25062			5700.6

表6 ヒメマス放流稚魚の体サイズおよび放流数

池 No.	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	平均肥満度	放流数 (千尾)
1	5.3 ± 0.9	1.7 ± 0.8	10.3 ± 0.7	125.6
2	5.2 ± 0.7	1.4 ± 0.7	9.5 ± 0.8	178.5
3	6.1 ± 0.8	2.4 ± 1.0	10.5 ± 0.8	168.1
4	5.8 ± 0.8	2.8 ± 1.2	14.0 ± 0.8	161.7
ふ化室	4.8 ± 0.7	1.2 ± 0.6	10.7 ± 1.1	92.5
平均	5.5	2.0	11.0	
合計				726.4

放流用稚魚の測定

放流稚魚は7月3日に飼育池毎に120尾づつ体長と体重を測定された。放流数を池毎に重量法により求めた。

大川岱集荷場におけるヒメマスの魚体測定

集荷場におけるヒメマスの漁獲サイズ、年齢を把握するために、4月から10月の間、毎月1回、大川岱集荷場で魚体測定、採鱗をおこない、鱗標本から年齢査定もおこなった。

回帰親魚測定

回帰親魚のサイズ、年齢を把握するために、10月14、22、30日の採卵時に魚体測定をおこなった。また同時に、標識魚の確認もおこなった。

刺網調査

漁業者の採捕できない小型魚の採捕および、胃内容物調査のサンプリングのために4、6、8、10月にふ化場前湖面において刺網による採捕を実施した。さまざまなサイズのサンプルを得るために、刺網の目合は16、23、30、38、51mmの5種

類を使用した。サンプルは魚体測定、採鱗をおこない、鱗標本から年齢査定をおこなった。また胃は胃内容物調査用サンプルとしてホルマリン固定後、秋田県水産振興センターに送付した。

体長は5.5cm、平均体重は、2.0gであった。また稚魚の総尾数を重量法によって計算した結果、総尾数は、726千尾となった。

結果

放流稚魚の測定結果

稚魚測定結果を表6に示した。放流稚魚の平均

集荷場におけるヒメマススの測定結果

大川岱集荷場における魚体測定結果を表7に示した。4月から7月まで徐々に魚体は大型化していき、8-9月にやや小型化し、10月にはまた大型化した。ヒメマススの月別取扱い数量を図4に、年

表7 大川岱集荷場におけるヒメマス魚体測定結果

測定日	測定数		体長 (cm)	体重 (g)	体重 × 1.1 (g)	平均肥満度 (1.1 倍後)
98.4.27	60	平均値	21.2 ± 0.7	106 ± 9.4	117.1 ± 10.4	12.4 ± 0.7
		範囲	18.8-22.8	75.0-124.6	82.5-137.1	11.3-14.7
98.5.19	60	平均値	21.8 ± 0.9	123.4 ± 16.2	135.8 ± 17.8	13.1 ± 0.6
		範囲	19.8-25.2	88.6-181.8	97.5-200.0	11.9-14.6
98.6.16	60	平均値	22.9 ± 0.8	143.1 ± 13.9	157.4 ± 15.3	13.0 ± 1.0
		範囲	19.5-26.4	111.3-205.3	122.4-225.8	11.7-18.2
98.7.14	60	平均値	23.1 ± 1.0	150.7 ± 22.4	165.8 ± 24.7	13.4 ± 0.8
		範囲	19.5-25.2	87.6-189.2	96.4-208.1	11.3-14.8
98.8.6	60	平均値	22.8 ± 1.4	142.0 ± 27.9	156.2 ± 30.7	13.1 ± 0.8
		範囲	19.2-24.5	20.0-26.2	77.8-187.9	11.5-14.8
98.9.18	60	平均値	22.2 ± 1.44	130.2 ± 25.7	143.2 ± 28.3	12.9 ± 0.7
		範囲	19.7-24.5	87.8-184.1	96.6-202.5	11.7-14.6
98.10.14	60	平均値	23.1 ± 1.2	145.5 ± 22.3	160.1 ± 24.5	13.0 ± 0.7
		範囲	20.9-26.0	105.4-206.0	115.9-226.6	11.8-16.0

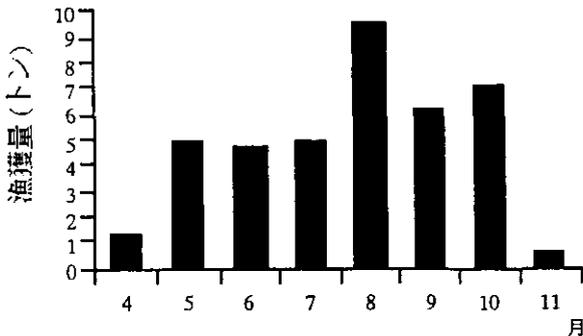


図4 ヒメマススの月別集荷場取扱数量 (1998年)

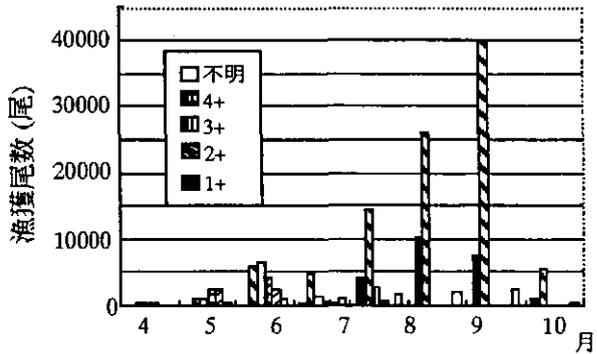


図6 集荷場におけるヒメマススの年齢組成

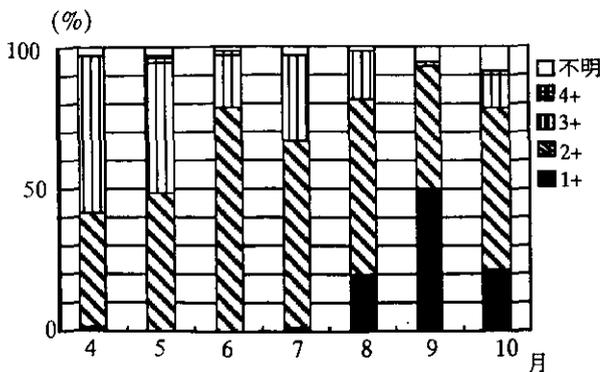


図5 ヒメマススの月別年齢別漁獲数 (1998年)

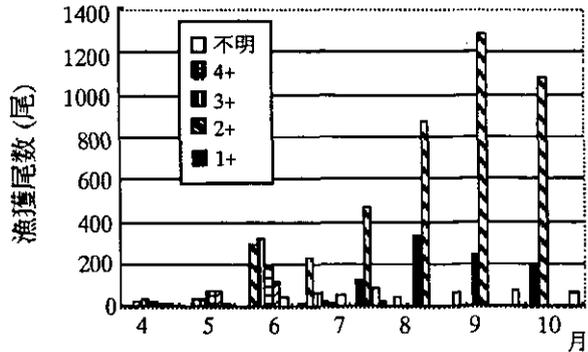


図7 月別年齢別の1日あたりのヒメマススの漁獲数 (1998年)

年齢組成を図5に、月別年齢別の漁獲尾数を図6に、また、月によりヒメマスの操業日数が異なるために1日当りの尾数に換算したものを図7に示した。(本報告において年齢を表す場合、受精から3年後に成熟した個体を3年魚、未成熟の個体については、0^{*}、1^{*}と記して、それぞれ受精後0-1年、1-2年であることを表した。)

4月から7月は2^{*}、3^{*}が主として漁獲されており、4月から7月と徐々に魚体が大型になっている。8月からは、1^{*}が漁獲され始めた。このため平均の体長、体重は、減少した。9月には1^{*}の割合が増えてさらに平均体長、体重は減少した。10月には1^{*}群の割合が減り、また同群の成長により大型化がみられた。

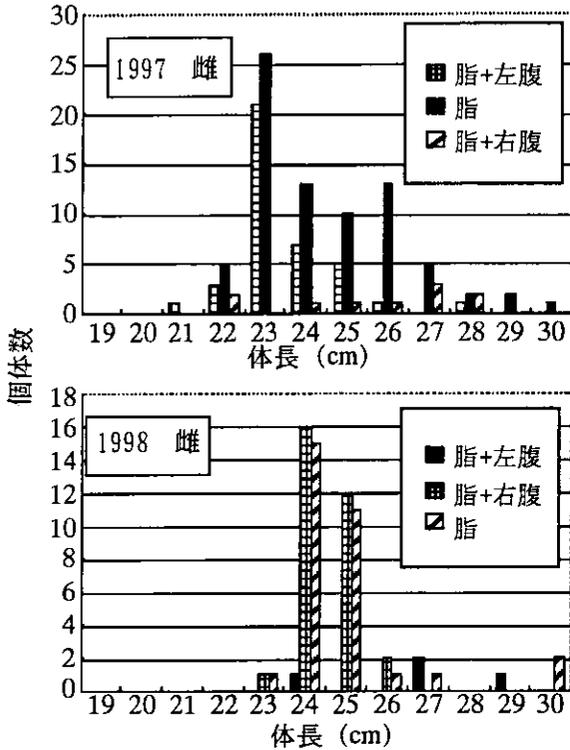


図8 標識ヒメマス雌親魚の体長組成

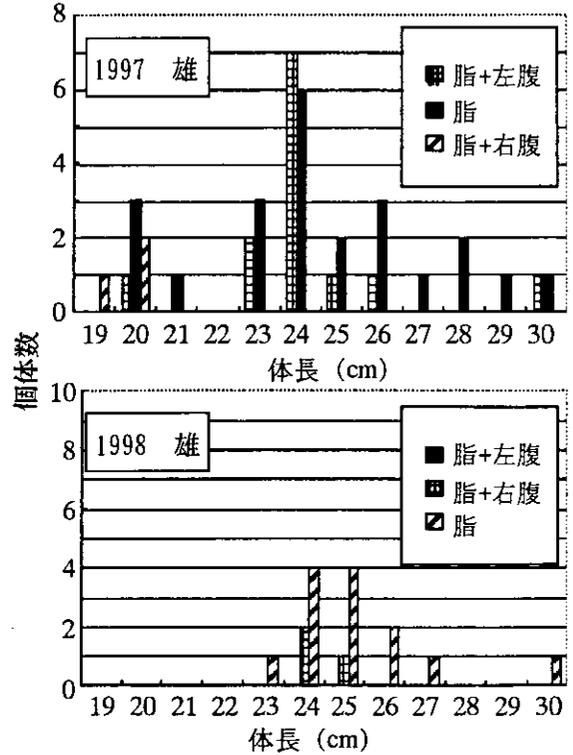


図9 標識ヒメマス雄親魚の体長組成

表8 ヒメマス回帰親魚測定結果

測定日	測定数 (尾)		体長 (cm)	体重 (g)	肥満度	総尾数 (尾)
雌 10月3日	120	平均 範囲	25.2 ± 1.1 23.5-31.8	220 ± 37 188-464	13.6 ± 0.7 12.3-14.9	1456
雄 10月2日	60	平均 範囲	25.1 ± 1.4 23.0-32.0	232.7 ± 51.3 178.7-522.6	14.6 ± 0.8 12.5-16.0	

表9 標識魚の再捕状況

調査日	調査 尾数 (尾)	脂鰭 (尾)	脂鰭 + 右腹鰭 切除 (尾)	脂鰭 + 左腹鰭 切除 (尾)	合計 (尾)	標識率 (%)
雌 10月3日	1456	31	31	5	67	4.6
雄 10月3日	174	13	3	0	16	9.2

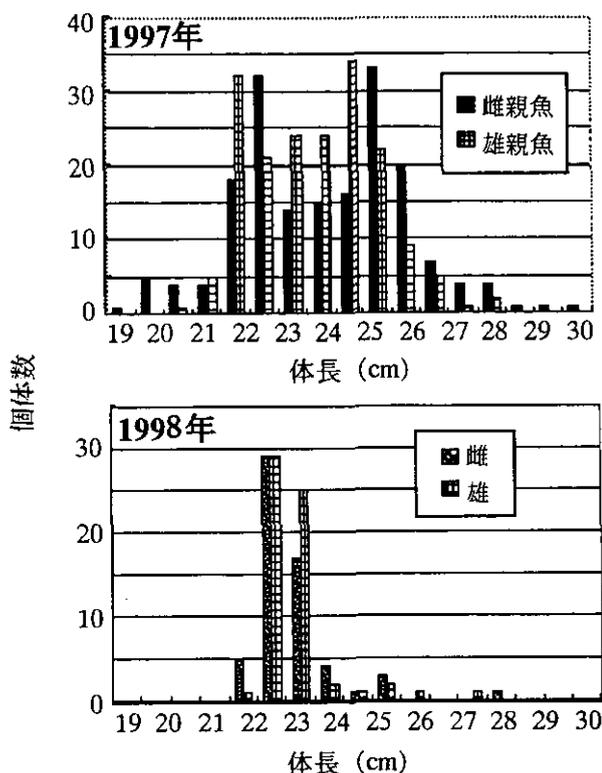


図10 ヒメマス親魚の雄雌別体長組成

表 10 目合別刺網試験結果

採捕日	魚種	目合	16	23	30	38	51	合計
98/5/19	ヒメマス	0	4	125	474	65	668	
	ワカサギ	71	723	14	1	0	809	
	イトヨ	2	2	6	1	0	11	
98/6/19	ヒメマス	5	31	114	117	105	372	
	ワカサギ	94	12	2	0	0	108	
	イトヨ	6	3	1	0	0	10	
98/8/6	ヒメマス	0	0	33	21	65	119	
	ワカサギ	231	115	0	12	0	358	
	イトヨ	7	26	0	2	0	35	
	サクラマス	0	0	2	1	1	4	
	ギンブナ	0	0	0	17	0	17	
98/10/14	ヒメマス	0	0	2	76	608	686	
	ワカサギ	175	14	0	0	0	189	
	イトヨ	0	0	0	0	1	1	
	サクラマス	0	0	1	4	2	7	
	ギンブナ	0	0	0	42	65	107	

回帰親魚測定および採卵状況

回帰親魚の測定結果を表8に示した。平均体重は、昨年の平均体重（雌 257.3g、雄 281.4g）と比較して小型であった。

採卵に使用した雌は7,486尾で、総採卵数は3,372千粒であった。発眼卵数は、約2,576千粒で、795千粒を発眼卵で出荷し1,781千粒をふ化室に収容した。

回帰親魚の標識状況を表10に示した。また雌雄それぞれの1997年と1998年の標識魚の体長組成を図8、9に示した。昨年度と今年度の雌雄別親魚の体長組成を図9に示した。

雌親魚では脂鰭切除群（3年魚）と脂鰭+右腹鰭切除群（4年魚）が多く、脂鰭+左腹鰭切除群（5年魚）と続いている。体長組成では、脂鰭切除群（3年魚）と脂鰭+右腹鰭切除群（4年魚）には、差が認められず、2*の成長の早い個体が3*に追いつき成熟に向かったと考えられる。

昨年度の雌親魚の主群は、4年魚（脂鰭+左腹鰭切除群）と5年魚（脂鰭切除群）であったが、今年度は、主群が4年魚と3年魚で親魚年齢が若くなった。そのために平均体長、体重とも昨年より小型になった。年級群別に体長を比較した場合、昨年度の4年魚（脂鰭+左腹鰭切除群）ではモードが23cmにあるが、今年度の4年魚（脂鰭+右腹鰭切除群）では24-25cmにモードがあり、同年級で比較した場合には今年度の方が大型であった。

雄親魚ではサンプル数が少なかったが、脂鰭切除群（3年魚）が多く、次いで脂鰭+右腹鰭切除群（4年魚）が多かった。また体長組成をみても差はなく雌同様に2*の成長の早い個体が3*の体長に追いついたものと考えられる。

刺網調査

5、6、8、10月に実施した目合別刺網調査の採捕結果を表10に示した。

4. ワカサギの生態調査
方法

十和田湖におけるワカサギの状況

これまでの青森県内水面水産試験場事業報告書（以下事業報告書）、十和田湖資源対策会議報告会資料（以下会議資料）からワカサギに関する情報を取りまとめた。

ワカサギ産卵状況調査

宇樽部川、銀山沢、鉛沢等において、ワカサギ

表 11 十和田湖におけるワカサギ漁獲量 (kg)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計	データ元
1982	10月23日初確認され翌年3月までに19尾採捕された。									*1:S57
1983	5、7、9月の試験網で採捕された。									*1:S58
1984	5、6月で漁獲									4000 *1:S59
1985	4、5月合計	45097	37371	1754					84222	*1:S6
1986	4、5月合計	24573	8510	726					33808	*1:S61
1987		1255	4878						6133	*1:S62
1988		1567	244						1811	*1:S63
1989	1	1155	679						1835	*1:H1
1990	10274	50430	30085				7		90796	*1:H2
1991	26041	88382	27758						142181	*1:H3
1992	47	26074	7936						34057	*1:H4
1993	10	1825	1845						3680	*1:H5
1994	0	3876	2035						5911	*1:H6
1995	15	13488	10434						23937	*1:H7
1996	26	11734	12701	1137		2			25600	*1:H8
1997	2	5624	2655						8280	*1:H9
1998	4951	14845	5523	8					25327	*1:H10

表 12 ワカサギの産卵状況

4月27日(朝)	大川岱集荷場でのワカサギは大型群が多く、殆どの雌が排卵していた。
5月18日(16:30)	鉛沢 こぶし大の石に付着卵確認(水温 沢 11.6℃、湖水 9.5℃)
(16:45)	銀山沢 石表面に付着卵確認(水温 沢 12.2℃、湖面 7.6~8.5℃)
5月19日(15:30)	宇樽部川 少量の付着卵確認(水温 川 12.2℃)
6月18日(11:50)	宇樽部川 付着卵少数確認(水温 川 13.9℃、河口 14.1℃)
(17:20)	鉛沢 付着卵少数確認(水温 沢 12.5℃、湖水 17.1℃)
(17:40)	銀山沢 付着卵極少数確認(水温 沢 12.4℃)

の産卵状況の調査を実施した。調査は、目視により実施した。

ワカサギの成長および休止帯の形成について

1997年~1998年に、刺網調査や集荷場で収集したワカサギの測定結果および鱗サンプルについて検討した。

結果

十和田湖におけるワカサギの採捕状況等

ワカサギの採捕状況を次に示した。また、1982年からの漁獲量を表 11 に示した。

昭和 57 年度事業報告書より：

昭和 57 年(1982)10 月 23 日試験網にて 2 尾を初めて採捕(18mm 目合)、その後 3 月までに計 19 尾採捕。

昭和 58 年度事業報告書より：

昭和 58 年(1983)5、7、9 月の刺網試験にて捕獲。

5 月 6 日から宇樽部地区の小川で産卵確認(産

卵のピークは 5 月 9~13 日)。

昭和 59 年度報告会資料より：

宇樽部、休屋、大川岱、滝ノ沢地区の小川、沢、湖内で産卵確認。

漁協で小型定置網によりワカサギ採捕(漁協により 4,000kg、遊漁により 2,000kg 採捕)。5 月から 6 月の産卵期にはオスの割合が高く、北方の湖沼に生息するワカサギの特徴として表れていた。産卵初期にみられていた年齢 1* の個体は、6 月になるとみられなくなり、大型個体から産卵していくことがわかる。産卵のほぼ終了した 7 月 23 日には産卵、放精後と思われる萎縮した卵巣、精巣を有する個体が採捕された。これらが 11 月には体長 11~13.5cm に成長して翌年 2 回目の再生産に参加する個体もあるものと思われる。

昭和 60 年度事業報告書より：

性比、抱卵状態より産卵期間は 5~7 月頃で、盛期は 6 月と推定される。

産卵場所は河川および湖岸の砂礫等で、水深は 10~30cm 前後と思われる(鉛山から滝ノ沢、宇

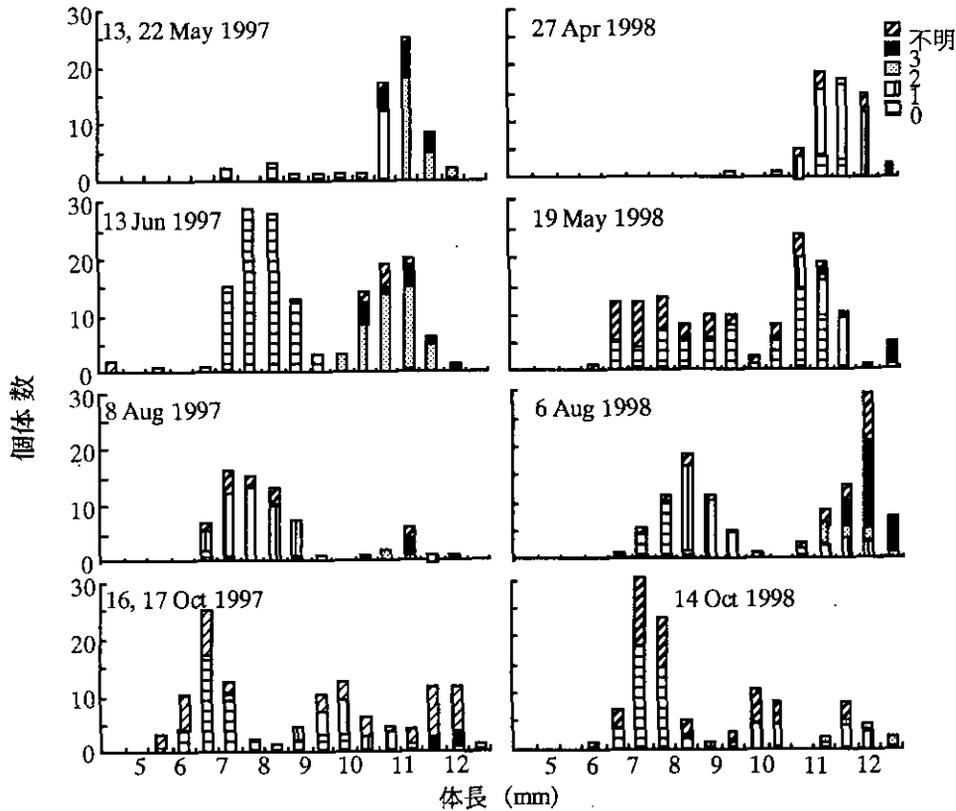


図11 十和田湖におけるワカサギの体長組成と休止帯数 (1997、1998年)

樽部の地先で確認)。

平成9年度報告会資料より：

産卵場所は、河口付近の比較的流れのある場所で、水深は20-30cm程度であった。卵は、川の底石(直径数cm～十数cm)や枯れ葉に産み付けられていた。卵は発眼している卵と発眼していない卵があり産卵日が異なるものと考えらる。産卵は6月12日から7月8日に主として行われていた。また確認できた付着卵は、河川、沢の河口部であり昭和60年の報告にある湖岸では確認できなかった。

ワカサギ産卵状況調査

表12にワカサギの産卵状況を示した。昨年度の産卵のピークは6月中旬から7月上旬であったが、今年度は、5月が産卵のピークであった。大型群(高齢群)は、産卵時期が早い傾向があることと、4月、5月の水温が高めに推移したことにより産卵時期が早くなったものと考えられる。

8月には、目視により湖岸から10m程度の沖合

にかけて大量のワカサギ稚魚(全長2～3cm)が群泳するのが観察された。稚魚は鉛沢前、和井内ふ化場前、さざなみ山荘前(鉛山)の岸で確認され、おそらく湖内全域に広がっているものと思われた。

ワカサギの成長および休止帯の形成について

1997年から1998年におけるワカサギの体長組成および休止帯数について図11に示した。各年度の10、11月の体長組成をみるとその年によって1～3のモードをもち、それらのモードは鱗の休止帯数から考えると多くの場合それぞれ1つの年級群を示している。また、休止帯は春から秋にかけて形成されていることがわかる。

春に生まれたワカサギは、その年の10、11月には休止帯0のグループとして採捕され、翌年春に休止帯0のグループ(1年魚)として産卵する。産卵後に生残できたワカサギは、6月から8月の間に休止帯を1本増やして8月以降に休止帯1のグループとなる。そして、その休止帯1のグルー

プは、翌年の春にも休止帯1のグループ(2年魚)として再び産卵に参加する。2年魚で産卵に参加したグループの中には、産卵後に生残する個体もあり、3年魚として産卵に参加する個体もあるようである。

昨年度と体長を比較してみると、休止帯1のグループで8月の体長のピークは、1997年7.5cm、1998年8.0cm、休止帯0のグループで10月のピークは、1997年6.5cm、1998年7.0cmと一回り大型であった。

5. その他

昨年度十和田湖内においてブラックバスが1尾採捕されたが、その後、刺網その他での採捕された情報は無い。

考察

ヒメマスとワカサギの漁獲について

1974年からのヒメマスとワカサギの漁獲量の

推移を図12に示した。1984年ワカサギが漁獲されるようになってから、ヒメマスの漁獲が大きくな増減を示すようになった。またワカサギも同様に1985、1990、1991年の爆発的な繁殖とその後の衰退が繰り返されている。

今年度のヒメマスは、3⁺(1994年級群)、2⁺(1995年級群)、1⁺(1996年級群)が漁獲主群となり、親魚は、4年魚(3⁺)、と3年魚(2⁺)が主群となった。今までは、漁獲主群が3⁺を中心に2⁺、4⁺の場合が多かったが、今年度は成長が早かったために1年づつ年齢が若くなった。そのために、親魚回帰後の湖内には、1995年級群(来年度の3⁺)の一部と1996年級群(来年度の2⁺)、1997年級群(来年度の1⁺)が存在しており、それ以上の高齢魚はほとんどいないものと考えられる。昨年度、今年度と同様な成長を、来年度も持続できれば良いが、今後数年の間に湖内で餌不足の状況になった場合、成長が遅れることにより漁獲量が減るとともに、3年魚で成熟する個体が減り、深刻な親魚不足の状況になる事が予想される。

付表1 十和田湖におけるヒメマスなどの魚類漁獲量の経年変化(十和田湖増殖漁業協同組合集計より)

年	漁獲量 (kg)					遊魚券販売数 (枚)	
	ヒメマス	ワカサギ	サクラマス	コイ・フナ	エビ	ヒメマス	コイ
1974	18,488		1,399	306	6,403	1,429	6
1975	27,627		2,550	684	3,600	4,746	42
1976	27,985		1,930	252	3,106	3,802	40
1977	34,213		1,691	104	2,260	4,429	89
1978	40,518		1,880	124	3,084	7,230	90
1979	32,814		1,141	422	2,398	9,915	190
1980	41,923		476	426	1,221	10,264	356
1981	52,772		462	535	886	11,914	547
1982	53,368		541	1,092	654	12,405	607
1983	60,259		604	1,312	95	15,575	858
1984	52,266		541	835	48	12,790	1,001
1985	2,306	84,672	768	1,070	450	4,984	
1986	3,008	33,817	490	1,004	873	10,320	
1987	5,526	5,944	506	1,064	22	6,467	
1988	5,933	1,904	401	813	31	3,880	
1989	44,740	1,804	206	1,238	69	7,886	
1990	21,722	90,788	219	1,071	92	6,430	
1991	19,252	142,181	542	1,561	240	5,068	831
1992	2,508	34,079	870	2,231	518	3,504	785
1993	3,654	3,765	420	1,526		1,792	
1994	8,564	6,304	105	1,119		2,703	
1995	4,236	23,217	120	585		3,158	
1996	5,433	25,771	128	570		1,813	802
1997	14,129	8,280	162	590		2,399	700
1998	39,093	25,327				4,399	532

モニタリング報告：十和田湖資源対策調査

付表2 十和田湖におけるヒメマス親魚の採捕状況

年	採捕数 (尾)		使用親魚数 (尾)					採卵数 (千粒)	雌親魚の平均体重 (kg)	平均採卵数 (粒)
	雌	雄	計	湖産雌	池産雌	湖産雄	池産			
1952	344	210	554	307		182	155		505	
1953	2,265	1,035	3,300	1,032		496	501		485	
1954	556	291	847	436		255	327		750	
1955	656	340	996	366		166	309		843	
1956	2,827	1,201	4,028	1,942		772	1,255		646	
1957	5,734	2,114	7,848	2,890		1,010	2,083		724	
1958	1,378	563	1,941	681		107	597		875	
1959	2,959	640	3,599	1,240		350	1,106		892	
1960	9,383	4,641	14,024				3,300			
1961	9,532	1,779	11,311				5,250			
1962	9,625	2,044	11,669	7,000			5,575	388	779	
1963	10,124	3,025	13,149	7,529			5,536	388	735	
1964	2,620	513	3,133	1,588			1,185	388	746	
1965	11,903	1,947	13,850	3,906			1,512	209	387	
1966	2,288	1,528	3,816	1,896			600	209	316	
1967	10,466	2,920	13,386	3,835			1,560	201	396	
1968	59	47	106	42			20	314	593	
1969	696	348	1,044	674			623	435	940	
1970	1,233	1,401	2,634	787			681	409	854	
1971	5,900	5,870	11,770	3,613			2,175	351	615	
1972	1,997	924	2,921	1,623	25		1,775	602	1,093	
1973	2,161	1,915	4,076	1,494			1,706	458	1,142	
1974	2,389	962	3,351	2,125			1,355	260	638	
1975	2,609	2,462	5,071	2,001	35		1,025	210	512	
1976	5,523	2,345	7,868	4,940			3,599	0	729	
1977	439	664	1,103	420			353	0	840	
1978	1,956	1,537	3,493	1,803	242		1,411	164	782	
1979	2,222	3,540	5,762	2,063	213		1,475	182	715	
1980	5,402	4,849	10,251	4,903	30		3,462	20	706	
1981	6,256	6,251	12,507	5,617			5,456	?	971	
1982	1,891	1,303	3,194	1,790			1,763	?	985	
1983	8,861	3,552	12,413	8,143			5,667	?	696	
1984	10,902	2,766	13,668	10,211			5,633	?	552	
1985	2,566	917	3,483	2,533			1,401	?	553	
1986	3,659	1,093	4,752	3,570	4,127		1,015	2,566	284	
1987	1,004	3,717	4,721	852	4,743		182	3,709	215	
1988	790	1,280	2,070	779	3,833		154	2,727	200	
1989	15,901	12,745	28,646	6,538	1,491		3,333	1,263	509	
1990	4,350	2,067	6,417	4,136			1,797	0	434	
1991	2,221	2,921	5,142	2,059			972	0	472	
1992	1,861	996	2,857	1,582			619	0	391	
1993	294	805	1,099	252			75	0	298	
1994	2,878	2,559	5,437	2,640	917		982	941	372	
1995	7,286	1,986	9,272	6,611	910		1,784	958	270	
1996	6,071	2,494	8,565	4,945	0		1,033	0	208	
1997	3,211	2,670	5,881	2,783			1,206	0	433	
1998	10,506	14,556	85,000*	7,486	0		3,372	0	450	

* 捕獲数合計 (25,562 尾) に捕獲外予想遡上数

付表3 十和田湖におけるヒメマスの放流状況

年級群	総放流数 (千尾)	放流日	放流内訳放流数 (尾)	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	備考
1952	137		137,000			
1953	370		370,000			
1954	237		237,000			
1955	250		250,000			
1956	700		700,000			
1957	1,027		1,027,000			
1958	2,148		2,148,000			
1959	1,707		1,707,000			
1960	2,620		2,620,000			
1961	3,582		3,582,000			
1962	3,800		3,800,000			
1963	4,300		4,300,000			

長崎・沢目

付表3 続き

年級群総放流数 (千尾)	放流日	放流内訳 放流数(尾)	平均体長(cm)	平均体重(g)	備考
1964		1,250,000			
1965		1,100,000			
1966	1966.4.20	463,000			
1967	1967.5.10	1,250,000			
1968	1968/5/7, 7/12	460,000		0.52	
1969	1969.7.4	606,000			
1970	1970.6.24	730,000			
1971	1971/6/13,26	1,800,000			
1972	1972/6/3,20,7/10	1,680,000		0.76	
1973	1973/6/17,18	1,580,000		0.51	
1974	1974/6/1, 12	1,375,000		0.49	
1975	1975/5/23,6/5,11	832,000	4.91	0.81	
1976	1976.6.9	2,169,800	4.83	0.86	
	1977.5.2	17,191			
1977	1977.6.10	282	4.61	1.08	
1978	1978.6.2	1,225,000		0.83	
1979	1979/5/29-6/9	430,000	4.5	1.53	
	1980.5.29	910,000	5.15	1.52	
1980	1980.6.11	784,000	2.55	0.21	
	1981.4.11	1,526,800	4.7	1.5	
	1981.6.2	3,520	12.8	40	
1981	1981.12.11	1,825,000	3.26	0.49	
	1982.4.27	398,000			
	1982.5.25	827,400	4.26	1.04	
1982	1982.6.4	1,200,000	4.91	1.66	
	1983.6.4	400,000	3.91	0.91	
1983	1983.6.10	1,581,000	4.3	1.28	
	1984.5.12	1,400,000	3.41	0.69	
	1984.6.5	75,000			
	1984.6.10	52,567	4.45	1.18	
	1984.7.2	265,433	6.68	4.45	
	1984.8.7	5,300	7.02	5.02	
	1984.8.23	10,000	17.98	78.35	
1984	1985.4.25	60,000			
	1985.6.1	2,000,000	5.03	1.93	
	1985.6.17	265,000	5.03	1.93	
	1985.6.19	27,485	8.82	11.02	
	1985.9.16	19,614	11.05	21.19	
1985	1985.12.9	700,000	4.6	1.1	
	1986.6.20	14,098	4.31	1.06	
	1986.6.21	16,733	4.31	1.06	
	1986.7.1	300,000	8.1	5.8	
	1986.8.2	5,300	8.2	7.8	
1986	1986.9.13	1,042,000	5.7	2.9	
	1987.6.20	30,000			
1987	1987.6.26	350,000	5.62	2.47	
	1988.6.13	670,000	6.26	3.35	
	1988.6.20	30,000	6.5	3.5	
1988	1988/6/23-28	950,000	5.61	2.14	
	1989.6.20	30,639	6.1	3.34	
1989	1989/6/29-7/3	1,500,000	5.75	2.21	
	1990.6.29	39,640	6.15	2.01	
1990	1990.7.1	1,141,000	4.06	0.76	
1991	1991.7.1	936,000	5	1.46	
1992	1992.7.3	500,000	5.4	1.8	
1993	1993.7.7	35,000	6.2	2.9	
	1994.7.7	173,000	6.1	2.6	
	1994.7.7	1,100	9.2	8.6	
1994	1994.7.7	567,000	4.88	1.45	
	1995.7.5	109,000	5.89	2.33	
1995	1995.7.5	684,000	4.8	1.4	
	1996.7.5	45,000			
1996	1996.7.9	5,075,540	5.2	1.5	
	1997.7.8	39,460			
1997	1997.7.9	726,000	5.5	2	
	1998.7.10				

湖産
中岩湖
山手産
寺産
湖産

モニタリング報告

十和田湖の生態系および資源対策調査結果 (1998年)

水谷寿

秋田県水産振興センター (〒010-0531 男鹿市船川港台島字鶴の崎16)

Tagging information, food habits, and pathology of lacustrine sockeye salmon
 in the Lake Towada

Hitoshi MIZUTANI

Akita Prefectural Institute for Fisheries and Fisheries Management, 16 Unosaki, Oga, Akita 010-0531, Japan

1. 標識放流試験

目的

放流魚の一部に標識を施し、ヒメマス¹の漁獲魚の年齢を正確に把握することにより、資源評価、成長等の検討資料とすることを目的とする。

内容

池中で飼育したヒメマス幼魚を3,000倍希釈の安

表1 放流魚の計測結果

		体長(mm)	体重(g)	*肥満度
ふ化室	平均	48 ± 7	1.2 ± 0.6	10.7 ± 1.1
	範囲	32 ~ 64	0.3 ~ 2.9	7.8 ~ 13.8
1号池	平均	53 ± 9	1.7 ± 0.8	10.3 ± 0.7
	範囲	37 ~ 74	0.5 ~ 4.1	8.4 ~ 12.0
2号池	平均	52 ± 7	1.4 ± 0.7	9.5 ± 0.8
	範囲	35 ~ 77	0.5 ~ 3.2	7.2 ~ 11.0
3号池	平均	61 ± 8	2.4 ± 1.0	10.5 ± 0.8
	範囲	47 ~ 82	1.1 ~ 5.6	9.0 ~ 12.8
4号池	平均	58 ± 8	2.8 ± 1.2	14.0 ± 0.8
	範囲	39 ~ 78	0.8 ~ 5.8	12.2 ~ 15.6
合計	平均	54 ± 9	1.9 ± 1.0	11.0 ± 1.7
	範囲	32 ~ 88	0.3 ~ 5.8	7.2 ~ 15.6
'97年	平均	52	1.5	10.1
'96年	平均	48	1.4	11.3
'95年	平均	49	1.5	12.9
'94年	平均	62	2.9	11.7
'93年	平均	54	1.8	11.1
'92年	平均	46	1.3	11.7
'91年	平均	44	0.9	9.9
'90年	平均	53	2.0	12.9
'89年	平均	61	3.3	14.0

*肥満度 = {体重(g) / (体長(mm) / 10³)} × 1000
 測定尾数: 各120尾 (年は放流年)

息香酸エチルで麻酔し、脂鰭及び右腹鰭を切除する標識を施した。標識作業は1998年7月2日~8日に行い、7月10日に約37,500個体を無標識魚約689,000個体とともに放流した。標識率は約5.2%であった。

放流魚の魚体測定結果を表1に、体長組成を図1にそれぞれ示す。今年度の放流魚は、1989~1997年までの平均値である体長52mm、体重1.8g、肥満度11.7と比較すると、体長、体重は平年をやや上回ったものの、肥満度の値は小さかった。また、重量法による個体数計数結果(青森県内水試調べ)では、1号池が125.6千個体、2号池が178.5千個体、3号池が168.1千個体、4号池が161.7千個体、ふ化室が92.5千個体と、前年度と比較して収容密度に大きな差はなかったが、池による体長、体重の差は大きく、この原因は採卵時期の違いによるものと思われた。

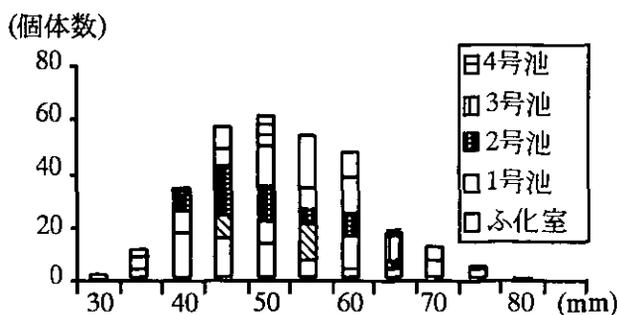


図1 放流魚の体長組成

2. 消化管内容物調査

目的

餌料の種類や量は、生物の成長及び生残に直接関与する重要な資源変動要因である。そこで、ヒメマス、ワカサギ、イトヨ等の消化管内容物を調査した。

方法

青森県内水面水産試験場の資源調査で刺網で採捕したヒメマス、ワカサギ、イトヨ、サクラマス等のうち、当該調査用としてホルマリン固定した消化管（主に胃部）を試料として、胃内容重量、出現種及び出現種の容積比の分析を行った。今年度の資料は、1998年5月19日、6月19日、8月5日、10月14日に採集したものである。また、今年度は十和田湖増殖漁協の組合長の杉山氏及び同理事の相川氏が2月から7月に刺網やふくべ網で漁獲したヒメマス、ワカサギ等（以下、漁獲魚とする）の一部についても調査した。

表及び図中の胃内容組成比率は、それぞれの個体の胃内容重量に胃内容物の種類別容積比を乗じて、各調査区（魚種、採捕日、採捕漁具、体重等で区分）ごとに合計したものを百分率であらわした。胃内容重量は、従来の方法に従い、未処理の胃重量と内容物を取り出した後の空胃重量との差から求め、摂餌率（胃内容重量/体重×100）を算出した。便宜上クモ類については陸生昆虫として扱った。なお、魚、動物プランクトンの同定には宮地（1981）、水野（1964）及び高橋（1991）に基づいて行った。

結果

ヒメマス

表2に各体重区分毎の胃内容物集計結果を、表3に餌料種類毎の捕食率（ある餌料生物を捕食していた対象魚の個体数/何等かの生物を捕食していた個体数×100）を、図2に胃内容物組成をそれぞれ

示す。以下に各体重区毎の結果を記す。

<体重 30g 未満>

30g 未満については、5月、6月、8月の試料、合計15個体を得た。5月は調査した8個体のすべてからハリナガミジンコが認められ、その中の5個体がユスリカ類の蛹を、4個体がヤマヒゲナガケンミジンコを主体としたカイアシ類を摂餌していた。胃内容物中に占めるハリナガミジンコとユスリカ類の蛹の割合は個体により様々であったが、総量と

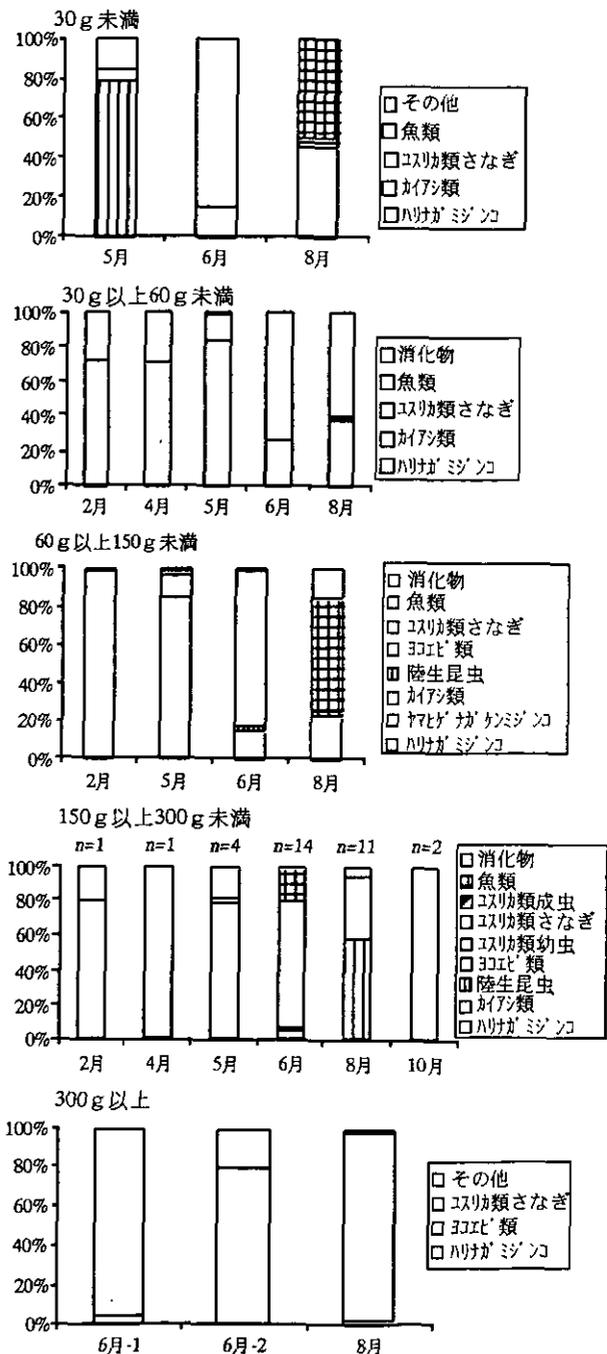


図2 ヒメマスの胃内容物組成

表2 ヒメマス胃内容物集計結果, DI:ハリナガミジンコ, Cop: カイアシ類, Ga: ヨコエビ類, Ter: 陸生昆虫, Ch-l: ユスリカ幼虫, Ch-p: ユスリカ蛹, Ch-a: ユスリカ成虫, Fis: 魚類, Oth: その他, N.I: 消化物.

(30g 未満)

採捕年月日	尾数	摂食個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	餌資料の比率 (%)					備考
							DI	Cop	Ch-p	Fis	Oth	
5/19	8	8 0	12.2 ± 0.4	26.5 ± 2.4	347.3 ± 0.2 空胃率 0%	1.297 ± 0.79	79.2	5.1	15.5	.	0.2	ワカサギ卵
6/19	3	3 0	13.1 ± 0.6	28.1 ± 2.3	0.58 ± 0.13 空胃率 0%	2.063 ± 0.36	15.0	0.6	84.4	.	.	
8/6	4	1 3	17.0 13.0 ± 0.2	18.4 28.5 ± 0.4	1.2 空胃率 75%	6.4	45.0	5.0	.	50.0	.	

(30g 以上 60g 未満)

採捕年月日	尾数	摂食個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	餌資料の比率 (%)					備考
							DI	Cop	Ch-p	fis	N.I	
5月 (漁獲魚)	2	2 0	13.8	38.9	0.4 空胃率 0%	0.0	72.5	27.5	.	.	.	
4/30 (漁獲魚)	2	2 0	14.6	48.0	0.5 空胃率 0%	0.0	70.6	29.4	.	.	.	
5/19	10	10 0	15.1 ± 1.1	49.6 ± 9.9	0.85 ± 0.33 空胃率 0%	1.727 ± 0.64	84.2	15.0	0.8	.	.	
6/15 (漁獲魚)	1	0 1	.	.	空胃率 100%	.	.	.	.	.	.
6/19	6	6 0	15.6 ± 1.3	48.9 ± 10.0	0.53 ± 0.37 空胃率 0%	1.045 ± 0.64	26.6	0.2	73.2	.	.	
8/6	11	7 4	15.3 ± 1.1 15.4 ± 1.4	46.7 ± 8.8 46.6 ± 11.1	0.69 ± 0.70 空胃率 0%	1.401 ± 1.33	38.8	0.8	0.3	59.8	0.3	
10/14	1	0 1	15.4	48.0	空胃率 100%	.	.	.	.	.	.

表2 続き(1)

(60g 以上 150g 未満)

採捕 年月日	尾 数	摂食個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	餌資料の比率 (%)						備考				
							Dl	Cop	Ga	Ter	Ch-p	Fis		N.I			
4/4 (漁獲魚)	10	8 2		106.9 ± 16.8 115.0	0.68 ± 0.23 空胃率 20%	0.65 ± 0.25	99.2	0.8									COP=マヒガナガケミジンコ
5/19	14	14 0	203. ± 19	115.9 ± 31.3	1.03 ± 0.48 空胃率 0%	1.0 ± 0.56	85.4	11.2			2.4					1.0	
6/15 (漁獲魚)	1	0 1	210	128.4	空胃率 100%												
6/19	18	15 3	200 ± 23 223 ± 2	101.2 ± 29.5 138.3 ± 2.1	0.47 ± 0.37 空胃率 16.7%	0.55 ± 0.56	14.8	0.3		2.9	81.5					0.5	
8/6	5	5 0	196 ± 31	92.0 ± 29.5	0.93 ± 0.97 空胃率 0%	1.30 ± 1.49	23.1	0.4	1.7				59.7			15.1	

(150g 以上 300g 未満)

採捕 年月日	尾 数	摂食個体 摂食個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	餌資料の比率 (%)						備考				
							Dl	Cop	Ga	Ter	Ch-l	Ch-p		Ch-a	Fis	N.I	
2/25 (漁獲魚)	1	1 0	222	156.7	0.1 空胃率 0%	0.0	80.0	20.0									
4/28 (漁獲魚)	1	1 0	232	175.2	0.5 空胃率 0%	0.3	100										
5/19	4	4 0	226 ± 14	166.2 ± 22.2	0.47 ± 0.41 空胃率 0%	0.29 ± 0.26	78.5	3.4				17.1				1.0	
6/19	26	14 12	233 ± 4 233 ± 6	166.2 ± 8.7 163.3 ± 8.4	0.98 ± 0.69 空胃率 46.2%	0.60 ± 0.43	5.4	0.1	0.1	1.4	73.3	0.1	18.4	1.2	9		
6/20 (漁獲魚)	1	0 1	248	185.2	空胃率 100%												
8/6	18	11 7	241 ± 3 241 ± 5	208.6 ± 7.9 194.2 ± 14.0	0.39 ± 0.28 空胃率 38.9%	0.19 ± 0.14	58.4			35.8	0.0	5.8					
10/14	11	2 9	249 242 ± 6	219.6 202.6 ± 20.7	0.1 空胃率 81.8%	0.3										100	

表2 続き(2)
(300g以上)

採捕年月日	尾数	摂食個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容量(g)		摂餌率		餌資料の比率(%)				備考
					平均±SD	SD	平均±SD	SD	Di	Ga	Ch-p	Oth	
6/14 (漁獲魚)	1	1 0	284	392.2	11.9 空胃率 0%	3.0	5.0	95.0					魚類内蔵
6/19	1	1 0	290	376.5	4.5 空胃率 0%	1.2	80.0	20.0					
8/6	4	4 0	303 ± 12 210	435.0 ± 42.3 128.4	2.4 ± 2.3 空胃率 0%	0.52 ± 0.48	1.4	97.2	1.2	0.2			

してはハリナガミジンコが多く、これが主餌料になっていると推察された。カイアシ類についてはほとんどがハリナガミジンコに混じるといった状態であった。6月には調査した3個体のすべてがユスリカ類の蛹を摂餌し、うち1個体はハリナガミジンコとカイアシ類も摂餌しており、5月とは餌料種類はほぼ同じながら量的には逆転した摂餌傾向を示していた。8月には調査した4個体のうち3個体が空胃で、1個体はワカサギと思われる魚類稚魚とハリナガミジンコを主体とした動物プランクトンをほぼ同量ずつ摂餌していた。

<体重 30g 以上 60g 未満>

5月から10月までの合計28個体の試験刺網による試料のほか、2月、4月、6月の漁獲魚合計5個体の試料を得た。2月と4月はほとんどの個体でハリナガミジンコが優占していたが、ヤマヒゲナガケンミジンコも個体により20~60%程度混じっており、胃内容物のすべてがこれらの大型動物プランクトンであった。5月も全個体がハリナガミジンコと若干のカイアシ類を摂餌していたが、うち1個体はユスリカ類の蛹も捕食していた。6月は空胃であった漁獲魚を除くすべての個体(6個体)でユスリカ類の蛹が認められ、うち2個体はハリナガミジンコの量が多かったが、その他はユスリカ類の蛹が優占するという30g未満の同期と同様の傾向であった。8月は11個体中4個体が空胃であった。摂餌個体のすべてからハリナガミジンコを認めたがプランクトンを専食していたのは1個体のみで、その他はユスリカ類の蛹(1個体)やほとんどがワカサギ稚魚と思われる魚類(4個体)と共に摂餌されており、量的には魚類が最も多かった。10月は1個体のみを試料で、それも空胃であった。

<体重 60g 以上 150g 未満>

5月から8月までの試験刺網による37個体のほか、2月、6月に漁獲魚11個体の試料を得た。2月は同時期の30~60gと同様にハリナガミジンコが優占していたが、30~60gの個体に比較してカイアシ類の割合が小さく、ほとんどハリナガミジンコ1種のみを専食している状態であった。5月も調査個体のすべてで若干のカイアシ類を含んでハリナガミジンコが優占し、個体によってはユスリカ類の

水谷

表3 ヒメマス胃内容物の捕食率。Nは個体数、FRは捕食率(%)を示す(30g未満)。

	5/19		試験さし網 6/19		8/6	
	N	FR	N	FR	N	FR
枝角類	8	100	1	33	1	100
カゲシ類	4	50	1	33	1	100
ユスリカ類	5	63	3	100		
魚類					1	100
ワカギ	1	13				
不明						
合計	18	225	5	167	3	300
採餌個体	8		3		1	
空胃個体	0		0		3	

(30g以上 60g未満)

	5/19		試験さし網 6/19		8/6		10/14		持ち込み魚 2/22, 25		4/30		6/15	
	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR
枝角類	10	100	5.0	83	7	100			2	100	2	100		
カゲシ類									2	100				
ユスリカ類	10	100	3.0	50	5	71			2	100	2	100		
魚類	1	10	6.0	100	1	14								
陸生昆虫					3	43								
不明														
合計	21	210	14	233	19	229			6	300	4	200		
採餌個体	10		6		7		0		2		2		0	
空胃個体	0		0		4		1		0		0		1	

(60g以上 150g未満)

	5/19		試験さし網 6/19		8/6		持ち込み魚 2/21-14		6/15	
	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR
不明消化物	2	14			1	20				
枝角類	14	100	6	40	4	80	8	100		
カゲシ類							4	50		
ユスリカ類	4	29	13	87						
陸生昆虫			5	33						
魚類					3	60				
ワカギ					1	20				
不明										
合計	34	243	28	187	10	200	12	150		
採餌個体	14		15		5		8		0	
空胃個体	0		3		0		2		1	

(150g以上 300g未満)

	5/19		試験さし網 6/19		8/6		10/14		持ち込み魚 2/25		4/28		6/20	
	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR
不明消化物	1	25	2	14.3										
枝角類	4	100	3	21	8	73			1	100	1	100		
カゲシ類	3	75	2	14					1	100				
ユスリカ類					1	9								
幼虫	3	75	14	100	6	55								
成虫							1	50						
陸生昆虫			2	14	3	27	1	50						
魚類			1	7										
端脚類			1	7										
不明														
合計	11	275	25	179	18	164	2	100	2	200	1	100		
採餌個体	4		14		11		2		1		1		0	
空胃個体	0		12		7		9		0		0		1	

(300g以上)

	5/19		試験さし網 6/19		8/6	
	N	FR	N	FR	N	FR
不明消化物					2	50
枝角類					1	25
ユスリカ類	1	100	1	100	1	25
端脚類			1	100	4	100
魚の内臓	1	100				
不明						
合計	2	200	2	200	8	200
採餌個体	1		1		4	
空胃個体	0		0		0	

蛹も摂餌しているといった状況であった。6月は18個体中3個体が空胃で、2個体は陸生昆虫のみを摂餌していたがその摂餌率は極めて低かった。その他の13個体のすべてがユスリカ類の蛹を摂餌しており、うち6個体はユスリカ類の蛹を専食、残りの7個体はユスリカ類の蛹と共にハリナガミジンコや陸生昆虫を摂餌していた。8月はヨコエビ類のみを摂餌しているもの、ハリナガミジンコのみを摂餌しているものが1個体ずついたが、ワカサギの稚魚を主体とした魚類にハリナガミジンコなどが混じるといった状態のものが3個体と比較的多かった。

< 150g以上 300g未満 >

5月、6月、8月、10月の試験刺網による試料59個体と、2月、4月、6月の漁獲魚合計3個体の試料を得た。2月と4月については各1個体だけの試料で、2月はハリナガミジンコを主体としたプランクトン、4月はハリナガミジンコのみを摂餌していた。5月は調査した4個体のすべてが主にハリナガミジンコを摂餌し、それにユスリカ類の蛹とカイアシ類が混じるといった状況であった。6月は漁獲魚1個体と試験刺網による試料26個体中12個体(46.2%)が空胃であった。摂餌個体ではほとんどワカサギの稚魚のみを専食していた1個体、陸生昆虫が優占していた1個体、ハリナガミジンコが優占していた2個体を除くと、ほぼユスリカ類の蛹を専食していた。8月も38.9%と空胃率は比較的高めで、陸生昆虫をほぼ専食していた3個体、ユスリカ類の蛹が優占していた2個体を除く6個体はほとんどハリナガミジンコのみを摂餌していた。10月は11個体中9個体が空胃で、残る2個体も微量の昆虫様消化物(1個体はユスリカ類の成虫、もう1個体はトンボ類の尾部と思われる)を確認したのみであったが、いずれの個体も生殖腺指数は高く積極的な摂餌は行っていなかったものと推察される。

< 300g以上 >

試料として試験刺網による6月、8月の合計5個体のほか、6月の漁獲魚1個体を得た。6月、8月の試験刺網による試料ではいずれの個体でもヨコエビ類が卓越し、その他に6月の1個体はユスリカ類の蛹を、8月の1個体はハリナガミジンコを摂餌していた。また、6月の漁獲魚1個体ではヒメマスの

ものと思われる魚の内臓数個体分を確認した。これはおそらく遊漁者か漁業者により投棄された内臓を、たまたまヒメマスが捕食したものと推察される。

ワカサギ

表4に体重区分ごとの胃内容物集計結果を、表5に餌料種類毎の捕食率を、図3に胃内容物組成をそれぞれ示す。2月から10月までの合計109個体の試料のほか、6月にプランクトンネットで混獲された11個体の仔魚と8月に手網等を用いて採捕した多数の稚魚(うち40個体について調査を実施)を得た。

< 仔・稚魚 >

6月の仔魚のふ化後の経過日数は全長から0~25日程度と推察される。ワカサギの場合はふ化後4日目ぐらいのまだ卵黄を持っているうちから藻類やワムシ類を捕食し、全長6.5mmを超える頃にはケンミジンコやゾウミジンコなどを捕食するとされるが、今回調査した仔魚については消化管はまだ直線に近く内容物も確認できなかった。8月の稚魚のふ化後の経過日数は全長から50~65日程度と推察され、湖岸付近の水深5mよりも浅い沿岸域に群れている様子を確認した。40個体について胃内容物の調査を行ったところ、空胃個体は10(空胃率25%)で比較的小型のものに空胃個体が多かった。胃内容物として確認される生物の中で最も個体数の多かったのはハリナガミジンコで、ヤマヒゲナガケンミジンコがそれよりもやや少なく、次いでカイアシ類の幼生であった。その他にも多種の枝角類、カイアシ類、ユスリカ類の幼虫や蛹などを確認したが、いずれもその数はそれほど多くなかった。また、6個体が全長5~9mm程度のヌマチチブの仔魚と思われる魚類を摂餌していたが、それらは調査個体の中では比較的大型のものが多かった。

< 10g未満 >

5月から10月に試験刺網による合計42個体の試料を得た。5月には調査個体のすべてがハリナガミジンコとヤマヒゲナガケンミジンコを主体としたカイアシ類を摂餌しており、その他にユスリカ類の蛹を摂餌している個体もいた。ハリナガミジン

表4 ワカサギ胃内容物集計結果。DI:ハリナガミジンコ、BI:ゾウミジンコ、AI:シカクミジンコ属、Ap:ヤマヒゲナガケンミジンコ、Cv:オナガケンミジンコ、Har:ソコムジンコ科、Cop:カイアシ類、Nau:カイアシ類幼生、Cop?:不明カイアシ類、Ch-l:ユスリカ幼虫、Ch-p:ユスリカ蛹

(仔・稚魚)

採捕年月日	尾数	摂餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	DI	BI	餌料種類の個体数										備考			
									AI	Ap	Cv	Har	Nau	Cop?	Ch-l	Ch-p	Fis	N.I		oth		
6/18	11	0 11	7.4 ± 1.2		空胃率 100%																	
8/5	40	30 10	26.7 ± 2.3 23.5 ± 2.2	101.0 ± 41.0 54.0 ± 17.0	2.0 ± 2.0 空胃率 25%	2.251 ± 2.06	145	7	18	129	4	30	76	5	1	2	10	8	1			その他=イトミミズ?

(10g未満)

採捕年月日	尾数	摂餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	DI	BI	餌料種類の比率 (%)					備考								
									AI	Cl	Cop	Ch-l	Ch-p		fis	N.I						
5/19	9 0	9	77.0 ± 8.0	5.8 ± 2.0	0.04 ± 0.02 空胃率 0%	0.57 ± 0.21	52.4				38.5		9.1									
6/19	14	9 5	81.0 ± 5.0 82.0 ± 6.0	5.9 ± 0.9 6.4 ± 0.9	0.03 ± 0.03 空胃率 35.7%	0.46 ± 0.43	38.7	18.0		0.2	34.3		4.5		4.3							
8/6	10	8 2	85.0 ± 3.0 77.0	6.9 ± 0.6 5.3	0.03 ± 0.03 空胃率 20%	0.43 ± 0.40	35.6	2.5	24.4	1.5	5.4		8.1	22.5								魚類;ワカサギ
10/14	9	2 9	80.0 76.0 ± 3.0	5.6 4.9 ± 0.6	0.0 空胃率 77.8%	0.5	14.1	17.6	51.8		10.0	6.5										

(10g以上)

採捕年月日	尾数	摂餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	摂餌率 平均±SD	DI	BI	餌料種類の比率 (%)					備考								
									AI	Cl	Cop	Har	Ch-l		Ch-p	Fis	Oth					
2/21-22 (漁獲魚)	3	3 0	112.0 ± 12.0	19.9 ± 4.3	0.15 ± 0.18 空胃率 0%	0.65 ± 0.71	74.1				25.9											
3/18-19 (漁獲魚)	4	4 0	114.0 ± 9.0	20.9 ± 5.5	0.04 ± 0.02 空胃率 0%	0.17 ± 0.08	30.9				69.1											
5/19	24	19 5	114.0 ± 9.0 108.0 ± 2.0	21.6 ± 4.8 20.8 ± 3.2	0.16 ± 0.21 空胃率 20.8%	0.73 ± 0.77	63.6				22.5			13.8		0.1						
6/19	12	2 10	119.0 ± 13.0 116.0 ± 6.0	16.8 ± 7.5 17.8 ± 2.5	0.04 ± 0.03 空胃率 81.8%	0.33 ± 0.34				30.6	22.9			46.5								
8/6	14	5 9	120.0 ± 3.0 120.0 ± 6.0	19.0 ± 1.9 18.3 ± 2.6	0.05 ± 0.03 空胃率 64.3%	0.24 ± 0.18	54.6		1.2		1.2		20.2	21.0	1.8							魚類;ワカサギ
10/14	10	7 3	119.0 ± 5.0 120.0 ± 5.0	18.0 ± 1.7 19.2 ± 0.3	0.07 ± 0.03 空胃率 30%	0.42 ± 0.21	1.5	14.9	52.2		12.6	0.6	18.2									

モニタリング報告：資源対策調査

表5 ワカサギの捕食率。Nは個体数、FRは捕食率(%)を示す。

(10g未満)

	5/19		試験さし網 6/19				10/14		持ち込み魚 6/18		8/5	
	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR
不明消化物			3	33	4	50					8	27
枝角類	ハリナガミジンコ	9	100	6	67	7	88	1	50		17	57
	シカクミジンコ					1	13	1	50		9	30
	ゾウミジンコ			6	67			1	50		6	20
カイアシ類	不明			1	11							
	ヤマトカイアシ科			1	11						16	53
	その他			1	11						9	30
	不明										8	27
ユスリカ類	幼虫	9	100	8	89	6	75	2	100		2	7
	ササガ	4	44	3	33	1	13	1	50		1	3
	成虫					3	38				2	7
陸生昆虫												
水生昆虫	カゲロウ類											
	トビケラ類											
不明昆虫												
魚類	ワカサギ					3	38					
	ウキゴリ										6	20
	マチチチ											
	不明他科											
端脚類												
長尾類											1	3
不明卵												
合計	22	244	29	322	25	313	6	300			85	283
摂餌個体	9		9		8		2		0		30	
空胃個体	0		5		2		7		11		10	

(10g以上)

	5/19		試験さし網 6/19				10/14		持ち込み魚 2/21-22		3/18-19	
	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR	N	FR
不明消化物	19	100			4	80	2	29	3	100	4	100
枝角類	ハリナガミジンコ				2	40	7	100				
	シカクミジンコ						6	86				
	ゾウミジンコ			1	50							
カイアシ類	不明											
	ヤマトカイアシ科											
	その他							1	14			
	不明	14	74	1	50	3	60	4	57	3	100	4	100
ユスリカ類	幼虫				2	40	5	71				
	ササガ	7	37	2	100	4	80					
	成虫											
陸生昆虫												
水生昆虫	カゲロウ類											
	トビケラ類											
不明昆虫												
魚類	ワカサギ					1	20					
	ウキゴリ											
	マチチチ											
	不明他科											
端脚類												
ワカサギ卵												
不明卵												
合計	40	211	4	200	16	320	25	357	6	200	8	200
摂餌個体	19		2		5		7		3		4	
空胃個体	5		10		9		3		0		0	

コとカイアシ類の比率は個体により異なり、ほとんどハリナガミジンコのみを摂餌しているものからカイアシ類をハリナガミジンコの2倍以上摂餌しているものまで多様であった。6月も5月とほぼ同様の傾向であったが、量的にはそれほど多くないものの多くの個体がハリナガミジンコやカイアシ

類と共にゾウミジンコも摂餌していた。8月も5、6月とほぼ同様の傾向であったが、ゾウミジンコは認められず、シカクミジンコ属の1種を摂餌していた個体が1個体、ウキゴリの仔魚と思われる魚類を摂餌していた個体が3個体あった。10月では調査した9個体中7個体が空胃であった。摂餌個体は2個

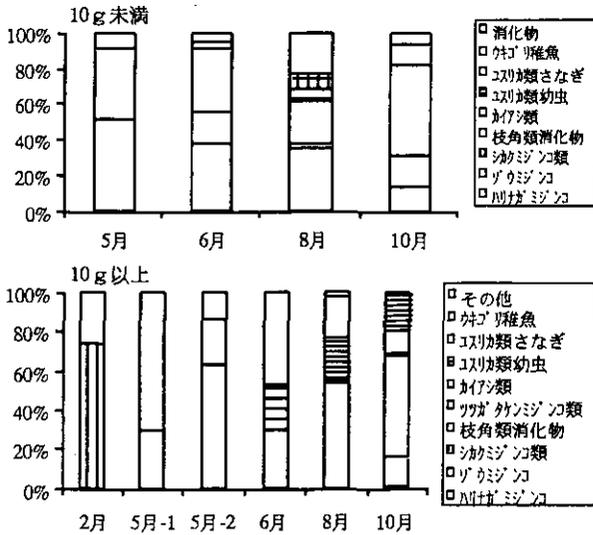


図3 ワカサギの胃内容物組成

体のみであったが1個体はゾウミジンコが最も多く、それよりもやや少ないハリナガミジンコと少量のカイアシ類を摂餌、もう1個体はシカクミジンコ属が卓越していた。

< 10g 以上 >

5月から10月の試験刺網による合計60個体のほか、2月と3月の漁獲魚合計7個体の試料を得た。2月の3個体が摂餌していたのはハリナガミジンコとカイアシ類で、いずれの個体でもハリナガミジンコが卓越していた。3月の4個体も餌料種類は同様であったが、3個体はカイアシ類が卓越していた。5月では摂餌個体19個体のすべてがハリナガミジンコを摂餌し、そのうち12個体は同種が優占していた。その他はカイアシ類が優占していた個体が多く、ユスリカ類の蛹を比較的多く摂餌している個体も少数認められた。6月では12個体中10個体が空胃で、摂餌個体のうち1個体はユスリカ類の蛹のみを、もう1個体は枝角類、カイアシ類、ユスリカ類の蛹をほぼ同量ずつ摂餌していた。8月も14個体中9個体と空胃率が高かった。胃内容物としてはハリナガミジンコとそれよりもやや少ないユスリカ類の蛹のほか少量のシカクミジンコ属、カイアシ類などが認められるという個体が多かったが、ユスリカ類の幼虫のみを摂餌している個体も1個体見られた。10月は摂餌個体7個体のすべてからシカクミジンコ属が認められたが同種が優占していたのは3個体だけで、ゾウミジンコ、カイアシ類、ユ

スリカ類の幼虫も相対的に多く認められた。

サクラマス

表6に調査結果を、表7に餌料種類毎の捕食率を、図4に胃内容物組成をそれぞれ示す。8月と10月の試験刺網による合計5個体の試料のほか、4月、5月、7月の漁獲魚合計15個体の試料を得た。4月の1個体は空胃であった。5月の4個体は摂餌傾向がそれぞれ異なり、イバラトミヨと思われる魚類、陸生昆虫、ヒメマスの胃内容物でも見られたヒメマスのもと思われる魚の内臓がそれぞれ卓越した個体、ヨコエビ類とそれよりやや少ないユスリカの蛹を摂餌している個体が認められた。7月は陸生昆虫を摂餌している個体が最も多く、ほかにイバラトミヨなどの魚類、ユスリカ類の蛹が優占している個体も認められた。8月は摂餌個体3個体のうち2個体が魚類(それぞれイトヨのみ、ワカサギのみ)を摂餌し、もう1個体は胃内容物自体が少量であったがトビケラの蛹、ユスリカ類の幼虫と蛹などを摂餌していた。10月の1個体は体長3~4cm程度のワカサギを2個体摂餌していた。

イトヨ

表8に調査結果を、表9に餌料種類毎の捕食率を、図5に胃内容物組成をそれぞれ示す。5月、6月、8月の合計35個体の試料を得た。5月はユスリカの蛹、ハリナガミジンコ、カイアシ類を複合的に摂餌している個体が8個体と多かったが、量としてはユスリカ類の蛹が多くプランクトンのみを摂餌している個体も2個体見られた。6月は8個体中4個体がハリナガミジンコを専食しており、その他もユスリカ類の幼虫と蛹を主に摂餌していた1個体以外は、枝角類が主体と思われるの消化物が多かった。8月はユスリカ類の蛹のみが認められた2個体と魚類(種類は不明)のみが認められた1個体を除く8個体はハリナガミジンコが優占していた。また、シカクミジンコ属を摂餌していた個体も5個体あり、うち1個体はハリナガミジンコとシカクミジンコ属がほぼ同程度の量であった。5月、6月には空胃個体はいなかったが、8月は17個体中6個体が空胃であった。

表6 サクラマス胃内容物集計結果、Ter:陸生昆虫、Tr-p:トビケラ類、Ep:モンカゲロウ、Ga:ヨコエビ類、Cr:エビ類、Ch-1:ユスリカ幼虫、Ch-p:ユスリカ蛹、Fis:魚類、Oth:その他、N.I:消化物

採捕年月日	尾数	摂餌個体数	空胃個体数	体長(mm)平均±SD	体重(g)平均±SD	胃内容重量(g)平均±SD	摂餌率平均±SD	餌資料の比率(%)							備考				
								Ter	Tr-p	Ep	Ga	Cr	Ch-1	Ch-p		Fis	Oth	N.I	
4月	1	0	1	210	124.6	空胃率 100%													
5月	4	4	0	198±10	2.6±11	4.477±2.245	3.679±1.62	24.2				11	19.6	12.5	32.7				魚類内蔵
7月	10	9	1	201±20	28.5±36	3.185±2.136	2.670±1.85	61.7	0.1	2.5			8.5	27.2					
8/6	4	3	1	231±69	6.3±227	1.766±2.732	0.455±0.464	0.5	0.2	0.1			1.1						
10/14	1	1	0	159	71.3	0.417	0.585												100

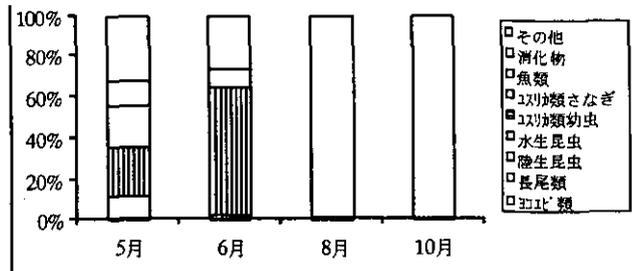


図4 サクラマスの胃内容組成

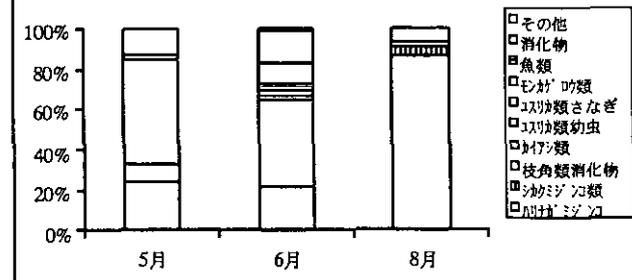


図5 イトヨの胃内容組成

ウキゴリ・ヌマチチブ

表10にウキゴリの調査結果、表11にヌマチチブの調査結果を、表9に餌料種類毎の捕食率を、図6にウキゴリの胃内容物組成を、図7にヌマチチブの胃内容物組成をそれぞれ示す。ウキゴリは、6月の4個体の試料と、8月にワカサギの稚魚と共に採捕した稚魚20個体について調査した。6月は4個体中2個体でヨコエビ類が卓越し、1個体はスジエビとヨコエビ類、もう1個体は少量のユスリカ類の蛹が確認された。8月の稚魚では空胃個体はなく、ほとんどはヌマチチブの仔魚と思われる魚類を摂餌していたほか、ハリナガミジンコ1個体、ヤマヒゲナガケンミジンコ2個体のみを摂餌している個体も認められた。

ヌマチチブについては、6月の4個体を試料として得て、そのうち3個体はワカサギの卵を、残る1個体はヨコエビ類を捕食していた。

3. 魚病対策

飼育中のヒメマス幼魚28個体について、腎臓組織塗抹標本の間接蛍光抗体法によるBKD(細菌性腎臓病)検査を実施した。7月10日に取り上げた供試魚は、平均尾叉長56mm(39~80mm)、平

水谷

表7 サクラマスの子食率。Nは個体数、FRは捕食率(%)を示す。

	試験さし網				持ち込み魚					
	N	8/6 FR	10/16 N	FR	N	4月 FR	5月 N	FR	N	7月 FR
不明消化物	1	33	.	.	.	.	.	.	.	.
枝角類										
カサギ										
カサギ										
カサギ										
不明										
カサギ										
その他										
不明										
ユスリカ類	1	33	.	.	.	.	.	.	.	.
幼虫	1	33	.	.	.	.	3	75	3	33
ササギ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
成虫	.	.	.	.	.	.	3	75	8	89
陸生昆虫	.	.	.	.	.	.	.	.	1	11
水生昆虫	1	33	.	.	.	.	.	.	.	.
カサギ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヒメカサギ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
カサギ科	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
その他	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
不明昆虫	1	33	1	100	.	.	.	.	1	11
魚類										
ワカサギ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ウキゴリ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヌマチチブ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
不明カサギ科	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イトヨ	1	33	.	.	.	.	.	.	1	11
イトヨ	.	.	.	.	.	.	1	25	1	11
イトヨ	.	.	.	.	.	.	.	.	1	11
不明	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
端脚類	1	25	1	11	.	.	.	.	.	.
スジエビ	1	33	.	.	.	.	.	.	.	.
魚の内臓	.	.	.	.	1	25	.	.	.	.
合計	7	233	1	100	.	.	9	225	17	189
採餌個体	3	.	1	.	0	.	4	.	9	.
空腹個体	1	.	0	.	1	.	0	.	1	.

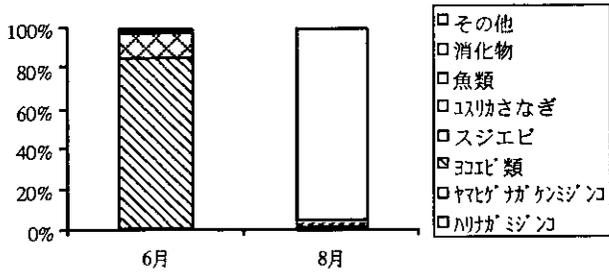


図6 ウキゴリの胃内容組成

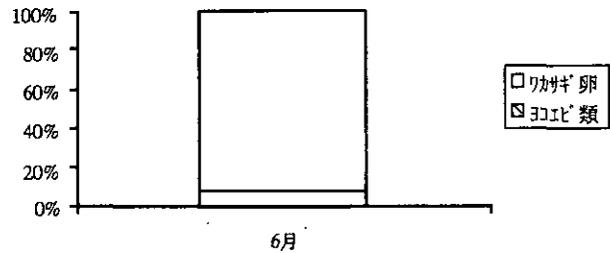


図7 ヌマチチブの胃内容組成

均体重1.7g (0.5~4.1g)であった。検査の結果はすべての個体が陽性であった。10月28日に十和田湖増殖漁協が採捕した回帰親魚の雌8個体、雄23個体について、BKD、冷水病、ヘルペスウイルス感染症の診断を実施した。供試魚は平均尾叉長261mm (232~380mm)、平均体重203g (81~600g)で、BKDについては腎臓組織塗抹標本による間接蛍光抗体法、冷水病についてはサイトファガ選択寒天培地により培養(腎臓組織を接種)した細菌による間接蛍光抗体法、ヘルペスウイルスについては腎臓組織のRTG-2及びCHSE細胞への接種による細胞毒性の観察によりそれぞれ検査した。

その結果、BKDでは全個体が陽性、冷水病では1個体が陰性で他はすべて陽性、ヘルペスウイルス感染症ではすべて陰性であった。

4. その他

調査項目と直接関係もなく定量的なものではないが、今期の十和田湖で観察した特異的と思われる事柄について列記する。

①プランクトンネットによりワカサギの仔魚が採集された。

②6月のプランクトン調査の際、水面付近を跳ね

表8 イトヨ胃内容物集計結果。Di:ハリナガミジンコ、Al:シカクミジンコ属、Cla:枝角類、Cop:カイアシ類、Ep:モンカゲロウ、Ch-I:ユスリカ幼虫、Ch-P:ユスリカ成虫、Fis:魚類、Oth:その他、N.I:消化物

採捕年月日	尾数	摂餌個体数	摂餌個体空胃個体	体長(mm)平均±SD	体重(g)平均±SD	胃内容重量(g)平均±SD	摂餌率平均±SD	Di	Al	Cla	餌資料の比率(%)					備考	
											Cop	Ep	Ch-I	Ch-P	Fis		Oth	N.I
5/19	10	10	0	82 ± 17	11.4 ± 5.8	0.190 ± 0.216 空胃率 0%	1.531 ± 1.30	23.5	.	.	9.9	2.1	.	51.4	.	.	13.1
6/19	8	8	0	66 ± 17	5.8 ± 4.3	0.092 ± 0.131 空胃率 0%	1.391 ± 0.88	21.6	.	42.6	1.2	.	7.2	10.2	.	1	16.2
8/6	17	11	6	77 ± 16 73 ± 22	8.2 ± 4.7 7.3 ± 6.1	0.233 ± 0.260 空胃率 35.2%	2.434 ± 2.07	86.2	4.9	0.3	.	.	1.8	6.8	.	.	.

るヒメマスが見られなかった。

③6月下旬から7月頃、湖岸のごく近くを多数のコイやギンブナが群で遊泳しているのが観察された。

④例年10m前後である7月20日頃のヒメマスの遊泳層が20m前後と深かった。

⑤8月に潜水目視により多数のワカサギの稚魚が回遊するのが観察された。

⑥秋、極めて大量のヒメマス親魚が接岸した。サクラマス親魚の量も多かった。

文献

- 水野寿彦(著)(1964)日本淡水プランクトン図鑑、保育社、大阪。
- 水野寿彦・高橋永治(編)(1991)日本淡水動物プランクトン検索図説、東海大学出版会、東京。
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦(1981)、原色日本淡水魚類図鑑、保育社。

水谷

表9 イトヨ, ウキゴリ, ヌマチチブの捕食率. Nは個体数, FRは捕食率(%)を示す.

	イトヨ				ウキゴリ				ヌマチチブ			
	N	5/19 FR	N	6/19 FR	N	8/6 FR	N	6/19 FR	N	8/5* FR	N	6/19 FR
不明消化物	3	30	3	38	.	.	1	25	2	10	.	.
枝角類												
ハナガミジンコ	7	70	5	63	8	73	.	.	1	5	.	.
シカミジンコ	.	.	4	50	5	46	.	.	.	.	.	.
リリシジンコ	.	.	4	50	.	.	.	.	.	.	.	.
不明	.	.	1	13	.	.	.	.	.	.	.	.
カサネ類												
ヤマヒゲナガケンミジンコ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
その他	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ユスリカ類	6	60	.	.	1	9	.	.	1	5	.	.
不明幼虫	1	10	1	13	.	.	.	.	.	.	.	.
ササ成虫	8	80	2	25	5	46	1	25	.	.	.	.
陸生昆虫												
水生昆虫												
カサネ類	1	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
トビケラ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
カガキ類	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
カガキ科	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
その他	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
不明昆虫	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
魚類												
ワカサギ	.	.	.	.	1	9	.	.	.	.	.	.
ウキゴリ	.	.	.	.	1	9	.	.	.	.	.	.
ヌマチチブ	.	.	.	.	.	.	.	.	17	85	.	.
不明ハシ科	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イトヨ	.	.	.	.	1	9.1	.	.	.	.	.	.
不明	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
端脚類	.	.	.	.	.	.	3	75	.	.	1	25
スジエビ	.	.	.	.	.	.	1	25	.	.	.	.
ワカサギ	.	.	1	13	.	.	.	.	.	.	3	75
その他	.	.	1	13	.	.	1	25	.	.	.	.
合計	26	260	22	275	22	200	7	175	21	105	4	100
採餌個体	10	.	8	.	11	.	4	.	20	.	4	.
空胃個体	0	.	0	.	6	.	0	.	0	.	0	.

* ; 仔魚

表10 ウキゴリ胃内容物集計結果. DI: ハリナガミジンコ, Ap: ヤマヒゲナガケンミジンコ, Ga: ヨコエビ類, Cr: スジエビ, Ch-p: ヌスリカ蛹, Fis: 魚類, Oth: その他, N.I: 消化物

採捕 年月日	尾 数	採餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	採餌率(%) 平均±SD	備考				
							Ga	Cr	Ch-p	Oth	N.I
6/19	4	4 0.0	91 ± 26	0.9 ± 12.	0.525 ± 0.41	2.050 ± 1.30	84	12	0.2	1.9	0.5
空胃率 0%											
採捕 年月日	尾 数	採餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	採餌率(%) 平均±SD	備考				
8/5	20	20 0	16.1 ± 1.5	31 ± 9	1.3 ± 1.3	3.916 ± 3.88	1.2	3.8	95	.	.
空胃率 0%											

表11 ヌマチチブ胃内容物集計結果

採捕 年月日	尾 数	採餌個体 空胃個体	体長(mm) 平均±SD	体重(g) 平均±SD	胃内容重量(g) 平均±SD	採餌率(%) 平均±SD	備考	
							イトヨ	ササ卵
6/19	4	4 0.0	67 ± 7	1.3 ± 4.	0.360 ± 0.21	0.143 ± 1.53	7.4	92
空胃率 0%								

III. 資料

資料

十和田湖の水質及び光環境(1995～1997年)

三上一・工藤幾代・野澤直史・前田寿哉・石塚伸一・工藤健・大久保英樹

青森県環境保健センター (〒030-8566 青森県青森市東造道1丁目1-1)

Lake Towada water quality data from 1995 to 1997

Hajime MIKAMI, Ikuyo KUDOU, Naofumi NOZAWA, Toshiya MAEDA, Shinichi ISHIDUKA, Ken KUDOU and Hideki OHKUBO

Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1, Aomori 030-8566, Japan

調査方法

本報は、1995～1997年までの、十和田湖湖心における現場測定及び水質調査結果である。表1は現場及び水質調査の結果、表2は光量子の消散係数である。調査方法は、透明度は海洋観測指針(1970)、大腸菌群数は上水試験法(1985)、CODはJIS K 0102(1993)、その他の調査項目はJIS K 0101(1991)に従った。層別採水はバンドン採水器で行った。

水温、照度(光量子計で測定、Biosherical Inst. Inc., USA)、透明度、pH、は現場にて測定した。DOはウインクラー-アジ化ナトリウム変法、CODは過マンガン酸カリウム法、SS(懸濁物量)はWhatman GF/Fによるろ過法、大腸菌群数は最確数(MPN)法、TN、DTNはペルオキシ二硫化カリウム分解-紫外吸光光度法、NH₄-Nはインドフェノール青法、NO₃-Nは銅・カドミウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法、NO₂-Nはナフチルエチレンジアミン吸光光度法、TP、DTPはペルオキシ二硫化カリウム分解-モリブデン青-DIBK抽出吸光光度法、PO₄-Pはモリブデン青-DIBK抽出吸光光度法、Clはイオンクロマトグラフ法で行った。

引用文献

海洋観測指針(1970) 気象庁 編。
上水試験法(1985) 日本水道協会 編。
JISハンドブック(1991) 日本規格協会 編。

表1 湖心における環境測定結果。Fはfine、Cはcloudy、Rはrainyを示す。n.d.はno dataを示す。

Depth (m)	95/4/25								95/5/29							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Sampling time	11:15	11:15	11:15	n.d.	11:15	11:15	11:15	11:15	13:20	13:20	13:20	13:20	n.d.	13:20	13:20	11:20
Weather	F	F	F	n.d.	F	F	F	F	F	F	F	F	n.d.	F	F	F
Air temperature (°C)	10	10	10	n.d.	10	10	10	10	18	18	18	18	n.d.	18	18	18
Water temperature (°C)	4	5	5	n.d.	5	5	5	4	12	8	7	6	n.d.	5	5	5
Foul odor	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.	-	-	-
Color	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.	-	-	-
Transparensy (m)	10	-	-	n.d.	-	-	-	-	8	-	-	-	n.d.	-	-	-
pH	7	7	7	n.d.	7	7	7	7	7	8	8	8	n.d.	8	8	7
DO (mg·L ⁻¹)	12	12	12	n.d.	12	12	12	12	11	11	12	12	n.d.	12	12	11
DO saturation (%)	96	97	98	n.d.	95	98	96	93	107	96	98	97	n.d.	94	103	91
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	n.d.	1	1	1	2	1	1	1	1	n.d.	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	1	<1	n.d.	<1	1	1	1	<1	1	<1	<1	n.d.	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	n.d.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n.d.	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	<0.05	<0.05	<0.05	n.d.	<0.05	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	<0.01	0	<0.01	<0.01	n.d.	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	<0.003	<0.003	0	<0.003	n.d.	0	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	n.d.	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	n.d.	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	n.d.	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	n.d.	<0.003	<0.003	<0.003
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	n.d.	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	n.d.	<0.003	<0.003	<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	19	19	17	n.d.	17	17	17	18	18	18	18	18	n.d.	17	20	21
95/6/28																
Sampling time	14:45	14:45	14:45	14:45	14:45	14:45	14:45	12:30	13:15	13:05	12:55	12:45	12:35	12:15	11:55	11:25
Weather	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Air temperature (°C)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	23	23	23	23	23	23	23	23
Water temperature (°C)	15	14	12	10	7	5	5	5	21	20	14	11	8	5	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparensy (m)	8	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-
pH	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
DO (mg·L ⁻¹)	10	10	11	12	12	12	12	11	8	8	10	11	12	11	11	10
DO saturation (%)	103	99	104	109	102	100	100	93	91	93	104	99	101	90	87	83
COD (mg·L ⁻¹)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	<0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	0	0	<0.01	0	<0.01	0	0	0	0	0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	21	17	18	18	17	18	17	19	19	24	17	20	18	17	19	18
95/8/31																
Sampling time	14:20	14:10	14:00	13:50	13:30	13:00	12:40	12:15	12:25	12:45	12:35	12:30	12:15	12:07	11:50	11:30
Weather	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Air temperature (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21
Water temperature (°C)	22	22	22	12	9	5	5	5	18	18	18	16	9	5	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparensy (m)	7	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
pH	8	8	8	7	8	7	8	7	8	8	8	8	8	7	8	7
DO (mg·L ⁻¹)	8	8	8	12	12	11	11	10	9	9	9	9	11	11	11	10
DO saturation (%)	96	96	94	111	106	92	91	77	96	96	98	96	99	92	90	80
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	<0.05	<0.05	0	<0.05	<0.05	<0.05	0	0	<0.05	0	<0.05	0	<0.05	<0.05	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	<0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0.003	0	0	0	<0.003	<0.003	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	16	17	17	18	19	18	18	20	17	17	17	17	17	17	18	19

表1 続き (1)

Depth (m)	95/10/30								95/11/6							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Sampling time	10:50	12:15	12:07	12:00	11:50	11:35	11:20	10:50	10:45	12:05	11:55	11:50	11:45	11:30	11:15	10:50
Weather	F	F	F	F	F	F	F	F	R~C	R~C	R~C	R~C	R~C	R~C	R~C	R~C
Air temperature (°C)	19	19	19	19	19	19	19	19	10	10	10	10	10	10	10	10
Water temperature (°C)	14	14	14	13	12	5	5	5	12	12	12	12	12	12	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparency (m)	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
pH	7	8	8	8	8	8	7	7	7	7	8	8	8	7	7	7
DO (mg·L ⁻¹)	9	10	9	9	10	11	11	9	10	10	10	10	10	11	11	9
DO saturation (%)	92	98	94	93	93	90	86	74	94	94	94	94	95	89	89	74
COD (mg·L ⁻¹)	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	<0.05	<0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	<0.01	0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0.003	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	0	<0.003	0	<0.003	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
Cl (mg·L ⁻¹)	16	17	18	17	18	17	18	20	20	17	17	17	18	19	18	20
				96/5/7								96/5/29				
Sampling time	11:10	11:07	11:37	11:20	11:45	12:00		12:15	12:52	12:58	13:05	13:15	13:25	13:35		13:50
Weather	C	C	C	C	C	C		C	F	F	F	F	F	F		F
Air temperature (°C)	9	10	9	9	10	10		10	27	27	27	27	27	27		27
Water temperature (°C)	3	3	3	3	3	3		5	11	6	5	5	4	4		5
Foul odor	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-
Color	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-
Transparency (m)	9	-	-	-	-	-		-	10	-	-	-	-	-		-
pH	7	7	7	7	7	8		8	7	8	8	8	8	8		7
DO (mg·L ⁻¹)	12	13	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12		12
DO saturation (%)	94	97	94	94	94	95		97	113	101	99	97	97	94		94
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	<0.05	<0.05		<0.05	0	0	0	0	0	0		0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	<0.003	0	0	0	0	0		0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	15	15	15	15	15	16		15	14	15	15	15	15	14		15
				96/6/27								96/7/23				
Sampling time	13:06	13:10	13:18	13:24	13:35	13:45		14:00	8:15	8:20	8:27	8:35	8:43	8:54		9:28
Weather	F	F	F	F	F	F		F	C~R	C~R	C~R	C~R	C~R	C~R		C~R
Air temperature (°C)	25	25	25	25	25	25		25	21	21	21	21	21	22		22
Water temperature (°C)	18	12	10	8	6	5		5	19	18	12	8	7	5		5
Foul odor	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-
Color	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-
Transparency (m)	8	-	-	-	-	-		-	7	-	-	-	-	-		-
pH	8	8	8	8	8	8		8	8	8	8	8	8	8		7
DO (mg·L ⁻¹)	11	11	12	12	12	12		12	9	9	10	11	12	12		11
DO saturation (%)	114	105	106	103	100	98		95	102	100	93	96	100	100		90
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0		0	0	0	<0.01	0	0	0		0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	0	<0.003	0	<0.003	0	0		0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0		0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0		0	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0		0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	0		0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	15	14	14	14	14	15		15	17	16	17	17	18	18		18

表1 続き (2)

Depth (m)	96/8/30							96/9/11						
	0	5	10	15	20	50	100	0	5	10	15	20	50	100
Sampling time	8:15	8:15	8:25	8:30	8:45	9:05	9:17	9:07	9:15	9:23	9:28	9:31	9:50	10:04
Weather	C	C	C	C	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F
Air temperature (°C)	21	21	22	22	22	21	23	20	20	20	20	20	19	19
Water temperature (°C)	21	20	20	11	7	5	5	20	20	20	10	7	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparency (m)	9	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-
pH	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7
DO (mg·L ⁻¹)	8	8	9	10	11	12	11	8	8	9	11	12	12	10
DO saturation (%)	97	97	98	98	98	93	86	92	96	96	102	103	93	77
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	<0.05	<0.05	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	<0.05	0	0	0	<0.05	0	0	<0.05	<0.05	<0.05	0	<0.05	<0.05	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	<0.01	<0.01	0	<0.01	<0.01	0	0	<0.01
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	0	0	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	0	0	<0.003	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	18	18	18	17	17	18	20	17	17	17	18	18	18	18
96/10/15														
Sampling time	12:55	13:00	13:15	13:05	13:20	13:30	13:45	13:20	13:30	13:45	14:00	14:20	14:35	15:00
Weather	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Air temperature (°C)	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18	18
Water temperature (°C)	16	16	16	12	8	5	5	8	7	6	6	6	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparency (m)	8	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
pH	7	8	8	8	8	8	7	7	7	8	7	7	8	8
DO (mg·L ⁻¹)	9	9	9	10	11	11	9	12	12	13	12	12	12	10
DO saturation (%)	95	97	99	93	97	92	75	103	102	105	98	100	94	80
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	0	0	<0.01	<0.01	0	0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0.003
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	0	0	0	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003
Cl (mg·L ⁻¹)	17	17	17	17	18	18	19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
97/6/18														
Sampling time	8:58	9:10	9:18	9:30	9:45	10:00	10:22	12:55	13:05	13:15	13:25	13:35	13:50	14:10
Weather	F	F	F	F	F	F	F	R	R	R	C	C	C	C
Air temperature (°C)	22	22	22	22	23	23	23	21	21	21	21	21	21	21
Water temperature (°C)	16	13	9	8	8	7	5	20	18	14	10	8	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparency (m)	11	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-
pH	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7
DO (mg·L ⁻¹)	11	11	11	12	12	12	11	9	9	10	12	12	12	11
DO saturation (%)	117	107	103	101	100	105	86	103	98	96	107	102	93	85
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	<0.01	0	0	0	0	0	<0.01	0	0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	0	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	0
Cl (mg·L ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

表1 続き (3)

Depth (m)	97/8/27						97/9/11						100	
	0	5	10	15	20	50	100	0	5	10	15	20		50
Sampling time	14:00	14:10	14:20	14:25	14:35	14:50	15:05	8:30	8:40	8:50	9:05	9:15	9:30	9:45
Weather	C~R	C~R	C~R	C~R	C~R	C~R	C~R	C	C	C	C	C	C	C
Air temperature (°C)	23	23	23	23	22	21	22	26	26	26	26	26	26	26
Water temperature (°C)	21	21	20	14	11	5	5	22	21	21	14	10	5	5
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparensy (m)	11	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-
pH	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	7	7	7
DO (mg·L ⁻¹)	9	9	9	10	12	12	10	9	9	9	11	11	12	10
DO saturation (%)	100	98	98	103	107	95	78	99	98	99	105	103	95	78
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	5	2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	<0.05	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	0	0	<0.01	0	<0.01	0	0	<0.01	0	<0.01	<0.01	<0.01	0	0
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
TP (mg·L ⁻¹)	<0.003	0	<0.003	<0.003	0	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	0
DTP (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	0	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	n.d.
Cl (mg·L ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
97/10/28														
Sampling time	13:40	13:55	14:05	14:10	14:15	14:25	14:45							
Weather	C	C	C	C	C	C	C							
Air temperature (°C)	10	10	10	10	10	10	10							
Water temperature (°C)	12	12	12	12	12	5	5							
Foul odor	-	-	-	-	-	-	-							
Color	-	-	-	-	-	-	-							
Transparensy (m)	9	-	-	-	-	-	-							
pH	8	8	8	8	8	8	7							
DO (mg·L ⁻¹)	10	10	10	10	11	12	9							
DO saturation (%)	94	96	96	96	108	93	72							
COD (mg·L ⁻¹)	1	1	1	1	1	1	1							
SS (mg·L ⁻¹)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1							
MPN·100ml ⁻¹	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2							
TN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0							
DTN (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0							
NH ₄ -N (mg·L ⁻¹)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
NO ₃ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0	0							
NO ₂ -N (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003							
TP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0							
DTP (mg·L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0							
PO ₄ -P (mg·L ⁻¹)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003							
Cl (mg·L ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.							

表2 湖心における光の減衰. k:消散係数,

I₀=I_ze^{-kz}, D:水深 (m).

Depth (m)	time	k value
95/5/29	13:25	0.157
95/7/26	13:45	0.141
95/8/31	15:30	0.121
95/9/29	13:20	0.196
95/10/30	12:40	0.245
95/11/6	12:40	0.749
96/5/3	14:50	0.233
96/5/7	13:00	0.141
96/6/3	15:00	0.359
96/7/2	10:15	0.393
96/8/30	9:55	0.173
96/9/1	11:20	0.179
97/5/29	16:20	0.160
97/6/18	11:10	0.142
97/7/16	14:50	0.135
97/8/27	13:50	0.121
97/9/11	10:00	0.163

資料

十和田湖における Si (珪素) 量 (1995 ~ 1997 年)

高村典子・西川雅高

国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2)

Lake Towada Si concentrations from 1995 to 1997

Noriko TAKAMURA and Masataka NISHIKAWA

Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖沖と沿岸域（鉛山と和井内）の各水深における珪素 (Si) 濃度の測定結果である。表1は湖心、表2は鉛山、表3は和井内である。地点は本報告書の加藤ら (図1) を参照されたい。採水はバンドン採水器で行った。

測定方法

湖水は GF/F フィルターで濾過し、ろ液をプラズマ発光分析により Si 濃度を測定した。

1995年は分析装置はセイコー電子工業 JY-48PVH を使用した。

1996年は、分析装置は Thermo Jarrell-Ash 社 ICAP-61E Trace を使用した。

1997年は、分析装置は Thermo Jarrell-Ash 社 IRIS を使用した。

表1 湖心における Si 濃度 (mg·l⁻¹) . n. d. は no data を示す.

	Depth (m)							
	0	5	10	15	20	50	70	100
95/4/25	10.2	10.1	10.1	n.d.	10.0	10.0	10.1	10.2
95/5/29	10.0	9.9	10.0	9.9	n.d.	10.0	9.9	9.9
95/6/28	9.7	9.6	9.6	9.6	9.7	9.8	9.9	10.2
95/7/26	9.5	9.4	9.5	9.6	9.6	9.9	9.9	10.7
95/8/31	9.3	0.2	9.2	9.7	9.6	9.9	10.0	10.9
95/9/29	9.8	9.7	9.9	9.9	10.2	10.5	10.6	11.2
95/10/17	10.0	10.0	10.1	10.1	10.2	10.5	10.7	11.8
95/11/6	10.2	10.3	10.3	10.4	10.4	10.7	10.7	11.8
96/5/7	10.0	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	n.d.	10.0
96/5/29	10.0	9.9	10.0	10.0	10.0	10.0	n.d.	10.1
96/6/27	9.8	10.0	9.8	9.9	9.8	9.9	n.d.	10.1
96/7/23	9.5	9.5	9.5	9.9	9.8	9.9	n.d.	10.0
96/8/30	9.5	9.5	9.5	9.7	9.7	9.9	n.d.	10.3
96/9/11	9.5	9.5	9.5	9.8	9.8	9.9	n.d.	10.3
96/10/15	9.6	9.5	9.6	9.6	9.8	9.9	n.d.	10.4
97/5/29	9.9	9.5	9.6	9.7	9.7	9.8	n.d.	9.8
97/6/18	9.6	9.4	9.4	9.4	9.5	9.5	n.d.	9.8
97/7/16	9.3	9.3	9.3	9.5	9.3	9.5	n.d.	9.8
97/8/27	9.2	9.1	8.9	9.0	0.1	9.1	n.d.	9.4
97/9/11	8.5	8.5	8.6	8.9	8.8	9.3	n.d.	9.4
97/10/28	9.3	9.2	9.3	9.2	9.3	9.4	n.d.	10.1

表2 鉛山における Si 濃度 (mg·l⁻¹) . n. d. は no data を示す.

	Depth (m)		
	0	4	8
96/6/14	9.8	9.9	9.9

表3 和井内における Si 濃度 (mg·l⁻¹) . n. d. は no data を示す.

	Depth (m)					
	0	2	5	10	14	15
96/6/14	9.8	n.d.	9.9	9.9	n.d.	n.d.
96/10/10	9.5	9.5	9.5	9.6	9.6	n.d.
97/6/17	9.5	n.d.	9.4	9.3	n.d.	9.6
97/7/16	9.3	n.d.	9.3	9.4	n.d.	9.5
97/8/27	8.7	n.d.	8.6	8.9	n.d.	9.1
97/9/11	9.1	n.d.	9.0	9.0	n.d.	9.3
97/10/29	9.0	n.d.	9.0	9.0	n.d.	9.1

資料

十和田湖における懸濁態炭素 (POC)、懸濁態窒素 (PON) 及び懸濁態リン (POP) 量 (1995 ~ 1997年)

高村典子

国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2)

Lake Towada POC, PON and POP concentrations from 1995 to 1997

Noriko TAKAMURA

*Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies,
16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan*

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖沖と沿岸域(鉛山と和井内)の各水深における懸濁態炭素(POC)、懸濁態窒素(PON)及び懸濁態リン(POP)の濃度の測定結果である。表1は湖心、表2は鉛山、表3は和井内である。地点は本報告書の加藤ら(図1)を参照されたい。採水はバンドン採水器で行った。

方法

POCとPON

試料湖水3lをあらかじめ450℃で3時間焼いたGF/Fフィルター上で濾過し、40-60℃で一日乾燥させた後、元素分析装置(ヤナコCHNコーダーMT-5)にて分析した。検量線作成はP-nitroanilineを用いた。

POP

試料湖水100mlをヌクレオポアフィルター(ポアサイズ0.2 μ m)上に濾過し、予めミリQで洗浄してある50mlポリプロピレン瓶に入れた。これにミリQ25mlを加えた後、4%過硫酸カリウム溶液5mlを加え、オートクレーブ(20℃、40分)で分解した。分解溶液が室温に下がった後、ブランルーベ社オートアナライザーAACS IIにてリン濃度を測定した。なお、POPは同じ操作を2度繰り返した平均の値を示した。

表1 湖心における POC、PON 及び POP (mg·l⁻¹). n. d. は no data を示す.

Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
POC	95/4/25 0.144	0.178	0.161	n.d.	0.157	0.130	0.190	0.423	95/5/29 0.167	0.227	0.256	0.230	n.d.	0.165	0.179	0.194
PON	0.022	0.027	0.025	n.d.	0.023	0.019	0.028	0.055	0.027	0.036	0.038	0.036	n.d.	0.025	0.023	0.025
POC	95/6/28 0.078	0.102	0.181	0.134	0.144	0.213	0.147	0.124	95/7/26 0.103	0.143	0.140	0.157	0.127	0.108	0.089	0.077
PON	0.013	0.018	0.032	0.024	0.025	0.035	0.025	0.019	0.017	0.025	0.024	0.027	0.021	0.020	0.015	0.014
Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	2	5	10	15	20	25	
POC	95/8/31 0.169	0.187	0.200	0.201	0.189	0.067	0.070	0.167	95/9/19 0.228	0.240	0.274	0.264	0.278	0.169	0.195	
PON	0.027	0.029	0.032	0.033	0.031	0.008	0.010	0.021	0.057	0.032	0.039	0.050	0.044	0.026	0.026	
Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
POC	95/9/29 0.073	0.279	0.196	0.192	0.181	0.059	0.052	0.100	95/10/30 0.188	0.219	0.254	0.222	0.173	0.071	0.083	0.121
PON	0.009	0.042	0.026	0.027	0.026	0.023	0.006	0.010	0.026	0.033	0.040	0.034	0.026	0.012	0.012	0.017
POC	95/11/6 0.217	0.202	0.213	0.203	0.214	0.075	0.076	0.140	96/5/7 0.192	0.294	0.208	0.248	0.201	0.205	n.d.	0.215
PON	0.033	0.032	0.033	0.031	0.033	0.012	0.014	0.022	0.027	0.033	0.030	0.032	0.032	0.033	n.d.	0.034
POC	96/5/29 0.163	0.220	0.226	0.241	0.230	0.179	n.d.	0.179	96/6/27 0.229	0.347	0.310	0.303	0.240	0.146	n.d.	0.148
PON	0.045	0.030	0.030	0.036	0.032	0.026	n.d.	0.027	0.032	0.047	0.061	0.076	0.039	0.022	n.d.	0.023
POC	96/7/23 0.165	0.199	0.184	0.195	0.119	0.220	n.d.	0.123	96/8/30 0.112	0.149	0.142	0.227	0.169	0.093	n.d.	0.099
PON	0.026	0.030	0.038	0.031	0.018	0.035	n.d.	0.018	0.017	0.043	0.022	0.046	0.033	0.020	n.d.	0.032
POC	96/9/11 0.140	0.170	0.170	0.217	0.145	0.080	n.d.	0.092	96/10/15 0.128	0.173	0.145	0.193	0.190	0.065	n.d.	0.128
PON	0.022	0.066	0.029	0.038	0.024	0.010	n.d.	0.028	0.019	0.032	0.021	0.036	0.031	0.015	n.d.	0.012
POC	97/5/29 0.148	0.156	0.155	0.176	0.157	0.125	n.d.	0.152	97/6/18 0.109	0.195	0.197	0.193	0.206	0.118	n.d.	0.144
PON	0.022	0.023	0.023	0.026	0.022	0.019	n.d.	0.026	0.014	0.026	0.030	0.029	0.032	0.017	n.d.	0.023
POP	0.011	0.008	0.009	0.008	0.008	0.006	n.d.	0.007	0.005	0.007	0.011	0.008	0.009	0.008	n.d.	0.011
POC	97/7/15 0.102	0.143	0.117	0.117	0.121	0.081	n.d.	0.112	97/8/27 0.109	0.138	0.161	0.194	0.135	0.077	n.d.	0.102
PON	0.017	0.024	0.020	0.019	0.019	0.012	n.d.	0.014	0.019	0.024	0.030	0.034	0.023	0.013	n.d.	0.013
POP	0.009	0.007	0.007	0.010	0.013	0.008	n.d.	0.011	0.006	0.011	0.027	0.010	0.014	0.005	n.d.	0.009
POC	97/9/11 0.128	0.189	0.166	0.187	0.214	0.054	n.d.	0.123	97/10/29 0.179	0.225	0.175	0.197	0.171	0.067	n.d.	0.186
PON	0.024	0.038	0.032	0.039	0.045	0.008	n.d.	0.014	0.026	0.033	0.028	0.033	0.029	0.009	n.d.	0.021
POP	0.005	0.006	0.006	0.008	0.010	0.003	n.d.	0.005	0.006	0.005	0.007	0.008	0.008	0.004	n.d.	0.008

表2 鉛山における POC、PON 及び POP (mg·l⁻¹).

Depth (m)	0	4	8
96/6/14			
POC	0.146	0.210	0.214
PON	0.026	0.031	0.032

表3 和井内における POC、PON 及び POP (mg·l⁻¹). n. d. は no data を示す.

Depth (m)	0	2	5	10	15	0	2	5	10	15
96/6/14					96/10/10					
POC	0.147	n.d.	0.195	0.261	n.d.	0.151	0.166	0.179	0.175	0.220
PON	0.020	n.d.	0.028	0.041	n.d.	0.021	0.023	0.025	0.025	0.035
POP	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
97/6/17					97/7/16					
POC	0.100	n.d.	0.219	0.173	0.165	0.100	n.d.	0.117	0.130	0.126
PON	0.013	n.d.	0.029	0.024	0.023	0.016	n.d.	0.020	0.022	0.021
POP	0.004	n.d.	0.005	0.005	0.006	0.006	n.d.	0.006	0.013	0.007
97/8/28					97/9/10					
POC	0.120	n.d.	0.161	0.170	0.158	0.155	n.d.	0.167	0.183	0.176
PON	0.023	n.d.	0.034	0.035	0.032	0.029	n.d.	0.028	0.030	0.032
POP	0.006	n.d.	0.011	0.011	0.013	0.005	n.d.	0.004	0.005	0.008
97/10/29										
POC	0.153	n.d.	0.244	0.251	0.259					
PON	0.024	n.d.	0.043	0.042	0.045					
POP	0.005	n.d.	0.009	0.008	0.009					

資料

十和田湖におけるサイズ別クロロフィル a 量 (1995 ~ 1997 年)

高村典子

国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2)

Lake Towada chlorophyll a concentrations from 1995 to 1997

Noriko TAKAMURA

*Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies,
16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan*

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖沖と沿岸域(鉛山と和井内)の各水深におけるクロロフィル a 量の測定結果である。表1は湖心、表2は鉛山、表3は和井内である。地点は本報告書の加藤ら(図1)を参照されたい。採水はバンドン採水器で行った。

サンプルの収集

各サイズ別のサンプルは以下の通り集めた。Total: 湖水 100 ml をゆるやかな吸引濾過によってヌクレオポアフィルター (0.2 μ m) 上に集めた。10 μ m <: 湖水 500 ~ 1000 ml をヌクレオポアフィルター (10 μ m) 上に濾過して集めた。2-10 μ m: 上記のろ液を、更にヌクレオポアフィルター (2 μ m) 上に濾過して集めた。< 2 μ m: 上記のろ液を、更にヌクレオポアフィルター (0.2 μ m) 上に濾過して集めた。

測定方法

フィルター上の植物プランクトンは、-20 $^{\circ}$ Cで24時間 100% メタノールに浸けて抽出した。クロロフィル a の濃度は、高速液体クロマトグラフィー (HPLC、ウォーターズ社の LC モジュール 1) を用いて測定した。検出器は日立 F-1050 の蛍光分光光度計で、励起波長 430 nm、放出波長 670 nm で測定した。サンプル注入後、溶媒システム A (メタノール: イオンペアー溶液: 蒸留水を体積比で 90:5:5 に混合したもの) を 10 分、その後、溶媒システム B (メ

タノール: エタノールを体積比で 80:20 に混合したもの) を 25 分を分速 1.0 ml の速さで流した。イオンペアー溶液 (Mantoura & Llewellyn 1983) は、蒸留水 100 ml に 0.5M の水酸化テトラブチルアンモニウム 10ml と酢酸アンモニウム 7.7 g をとかし、最終的に酢酸で pH7.1 に調節した。カラムはガスクロ工業社の Unisil NQ C18 (直径 5 μ m の Octadecylchlorosilane bonded beads) を使用した。クロロフィル a 量のキャリブレーションは、クロロフィル a の標準品 (シグマ社) を 100% アセトンに溶かし、分光光度計を用いて吸光係数を求め、Lichtenthaler (1987) に報告されている値を用いて重量換算を行った。

なお、サイズ分画の操作の過程で懸濁粒子のロスが生じる。そのため、サイズ分画の値は相対頻度のみを使用し、全クロロフィル a 量の値で標準化した。

引用文献

- Lichtenthaler H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: *Methods in Enzymology*, 148. (eds. L. Packer & R. Douce), pp.351-382. Academic Press, London.
- Mantoura R.F.C. & Llewellyn C. A. (1983) The rapid determination of algal chlorophyll and carotenoid pigments and their breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Analytica chimica Acta* 151: 291-314.

表1 湖心におけるクロロフィルa量 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) . n. d. は no data を示す.

Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
95/4/25								95/5/29								
Total	1.12	1.07	1.17	n.d.	1.08	1.29	1.19	1.48	1.06	2.37	2.42	2.23	n.d.	2.17	1.87	1.62
10 μm <	0.45	0.35	0.40	n.d.	0.37	0.45	0.52	0.56	0.50	1.12	1.25	1.21	n.d.	1.21	1.04	1.16
2-10 μm	0.23	0.31	0.27	n.d.	0.26	0.30	0.25	0.51	0.40	0.69	0.74	0.69	n.d.	0.58	0.54	0.30
2 μm >	0.44	0.41	0.50	n.d.	0.45	0.53	0.41	0.40	0.16	0.55	0.44	0.33	n.d.	0.38	0.29	0.16
95/6/28								95/7/26								
Total	1.23	1.42	0.97	1.59	1.71	2.09	0.55	0.99	0.23	0.36	0.54	0.45	0.40	0.45	0.20	0.12
10 μm <	0.60	0.98	0.47	0.79	0.83	1.32	0.29	0.46	0.07	0.13	0.19	0.17	0.14	0.28	0.13	0.09
2-10 μm	0.46	0.31	0.23	0.32	0.41	0.43	0.17	0.37	0.10	0.14	0.22	0.17	0.15	0.12	0.05	0.01
2 μm >	0.17	0.14	0.28	0.48	0.47	0.34	0.09	0.16	0.07	0.09	0.13	0.11	0.11	0.05	0.02	0.02
Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	2	5	10	15	20	25	
95/8/31								95/9/19								
Total	0.87	0.87	0.52	1.27	1.54	0.38	0.27	0.15	0.95	0.99	1.50	1.32	1.14	0.50	0.74	
10 μm <	0.22	0.24	0.11	0.23	0.28	0.22	0.15	0.07	0.14	0.14	0.17	0.23	0.16	0.12	0.74	
2-10 μm	0.35	0.33	0.27	0.52	0.55	0.12	0.10	0.06	0.26	0.30	0.53	0.42	0.31	0.14	0.00	
2 μm >	0.30	0.30	0.15	0.52	0.71	0.05	0.02	0.03	0.55	0.55	0.79	0.68	0.66	0.24	0.00	
95/9/29								95/10/17								
Total	0.92	1.49	1.19	0.90	0.94	n.d.	0.08	0.46	1.05	1.01	0.90	1.18	0.77	0.17	0.12	0.08
10 μm <	0.17	0.28	0.22	0.21	0.22	n.d.	0.03	0.29	0.13	0.13	0.16	0.15	0.09	0.07	0.05	0.02
2-10 μm	0.22	0.51	0.30	0.28	0.21	n.d.	0.03	0.10	0.29	0.38	0.33	0.39	0.19	0.08	0.05	0.03
2 μm >	0.54	0.70	0.67	0.41	0.50	n.d.	0.01	0.06	0.63	0.50	0.41	0.64	0.50	0.02	0.03	0.03
95/11/6								96/5/7								
Total	1.23	1.15	1.01	0.96	1.16	0.21	0.17	0.18	1.78	1.96	1.66	1.80	2.00	1.60	n.d.	2.10
10 μm <	0.23	0.20	0.16	0.15	0.21	0.06	0.06	0.08	0.32	0.27	0.34	0.31	0.33	0.33	n.d.	0.37
2-10 μm	0.36	0.21	0.21	0.25	0.32	0.09	0.05	0.05	0.84	1.01	0.61	0.84	1.06	0.65	n.d.	0.94
2 μm >	0.64	0.73	0.64	0.56	0.62	0.06	0.06	0.06	0.62	0.68	0.71	0.65	0.60	0.61	n.d.	0.79
96/5/29								96/6/27								
Total	0.66	1.66	1.77	2.29	2.00	1.79	n.d.	1.66	1.02	1.33	1.68	1.88	3.20	0.82	n.d.	0.32
10 μm <	0.24	0.58	0.56	0.75	0.68	0.48	n.d.	0.54	0.66	0.76	1.08	0.89	1.47	0.32	n.d.	0.18
2-10 μm	0.24	0.67	0.74	0.99	0.73	0.69	n.d.	0.63	0.32	0.31	0.41	0.62	1.29	0.28	n.d.	0.09
2 μm >	0.18	0.41	0.47	0.55	0.59	0.63	n.d.	0.49	0.05	0.25	0.18	0.37	0.45	0.21	n.d.	0.05
96/7/23								96/8/30								
Total	1.69	1.61	1.05	1.05	1.57	1.42	n.d.	0.73	0.60	0.80	0.85	1.49	1.87	0.45	n.d.	0.19
10 μm <	0.32	0.47	0.32	0.41	0.68	0.69	n.d.	0.32	0.22	0.30	0.43	0.40	0.48	0.32	n.d.	0.88
2-10 μm	0.78	0.71	0.49	0.41	0.51	0.52	n.d.	0.27	0.23	0.32	0.30	0.35	0.37	0.09	n.d.	0.48
2 μm >	0.58	0.43	0.23	0.23	0.38	0.22	n.d.	0.14	0.15	0.19	0.13	0.74	1.02	0.04	n.d.	0.27
96/9/11								96/10/15								
Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Total	0.89	0.92	0.97	1.71	2.22	0.29	n.d.	0.14	0.90	0.81	0.82	1.36	1.56	0.18	n.d.	0.11
10 μm <	0.15	0.17	0.16	0.30	0.24	0.21	n.d.	0.22	0.19	0.16	0.10	0.11	0.08	0.08	n.d.	0.06
2-10 μm	0.37	0.35	0.38	0.26	0.28	0.04	n.d.	0.14	0.19	0.15	0.14	0.20	0.15	0.06	n.d.	0.14
2 μm >	0.37	0.40	0.43	1.15	1.70	0.04	n.d.	0.09	0.51	0.51	0.58	1.05	1.32	0.04	n.d.	0.09
97/5/29								97/6/18								
Total	0.73	0.73	0.70	0.85	0.71	0.83	n.d.	0.69	0.78	1.29	0.68	0.77	0.71	0.47	n.d.	0.46
10 μm <	0.33	0.26	0.27	0.31	0.31	0.31	n.d.	0.29	0.20	0.26	0.18	0.18	0.21	0.12	n.d.	0.13
2-10 μm	0.34	0.38	0.35	0.44	0.31	0.38	n.d.	0.28	0.41	0.64	0.31	0.40	0.38	0.18	n.d.	0.21
2 μm >	0.06	0.09	0.09	0.10	0.10	0.14	n.d.	0.12	0.17	0.39	0.19	0.19	0.11	0.17	n.d.	0.12
97/7/15								97/8/27								
Total	0.44	0.37	0.42	0.58	0.81	0.84	n.d.	0.26	0.65	0.67	0.83	0.87	0.89	0.30	n.d.	0.10
10 μm <	0.09	0.05	0.09	0.19	0.28	0.35	n.d.	0.10	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.07	n.d.	0.04
2-10 μm	0.19	0.20	0.17	0.29	0.37	0.36	n.d.	0.13	0.28	0.27	0.28	0.33	0.30	0.11	n.d.	0.04
2 μm >	0.16	0.13	0.16	0.10	0.16	0.13	n.d.	0.03	0.34	0.38	0.51	0.51	0.54	0.11	n.d.	0.03
97/9/11								97/10/29								
Total	0.92	0.97	0.79	1.10	1.34	0.20	n.d.	0.15	0.80	0.49	0.50	0.55	0.58	0.14	n.d.	0.09
10 μm <	0.01	0.03	0.03	0.09	0.03	0.06	n.d.	0.05	0.11	0.08	0.08	0.13	0.05	0.05	n.d.	0.03
2-10 μm	0.31	0.39	0.25	0.29	0.41	0.11	n.d.	0.05	0.16	0.10	0.13	0.16	0.17	0.06	n.d.	0.02
2 μm >	0.59	0.55	0.51	0.72	0.90	0.03	n.d.	0.05	0.53	0.31	0.30	0.27	0.36	0.03	n.d.	0.03

表2 鉛山におけるクロロフィル a 量 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) .

Depth (m)	0	5	10
	96/5/29		
Total	0.81	1.73	2.10
10 μm <	0.32	0.66	1.16
2-10 μm	0.29	0.58	0.29
2 μm >	0.20	0.50	0.65

表3 和井内におけるクロロフィル a 量 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) .

Depth (m)	0	5	10		0	2	5	10	14
	96/5/29				96/10/10				
Total	0.76	0.32	2.21		1.03	1.07	1.16	1.83	1.73
10 μm <	0.32	0.14	0.83		0.18	0.19	0.23	0.19	0.33
2-10 μm	0.30	0.13	0.97		0.24	0.22	0.27	0.28	0.31
2 μm >	0.14	0.05	0.40		0.60	0.66	0.67	1.37	1.09
Depth (m)	0	5	10	15	0	5	10	15	
	97/6/17				97/7/16				
Total	0.39	1.77	1.21	1.37	0.61	0.57	0.47	0.53	
10 μm <	0.10	0.40	0.19	0.42	0.07	0.11	0.16	0.16	
2-10 μm	0.18	0.66	0.66	0.47	0.23	0.25	0.24	0.23	
2 μm >	0.10	0.72	0.36	0.48	0.31	0.21	0.06	0.15	
	97/8/27				97/9/11				
Total	0.74	0.80	1.09	0.78	1.33	1.09	1.22	1.04	
10 μm <	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	
2-10 μm	0.32	0.38	0.44	0.30	0.41	0.41	0.43	0.39	
2 μm >	0.40	0.40	0.63	0.42	0.86	0.66	0.76	0.62	
	97/10/29								
Total	0.71	0.59	0.53	0.51					
10 μm <	0.17	0.12	0.09	0.10					
2-10 μ m	0.24	0.17	0.18	0.14					
2 μm >	0.31	0.30	0.26	0.27					

資料

十和田湖における細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻 及び従属性鞭毛虫の計数データ (1995 ~ 1997年)

高村典子¹・中川恵²

¹ 国立環境研究所地域環境研究グループ (〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2)

² (株) 環境研究センター (〒305-0028 茨城県つくば市妻木210-4)

Lake Towada bacteria, picophytoplankton, autotrophic nanoflagellates and heterotrophic
nanoflagellates from 1995 to 1997

Noriko TAKAMURA¹ and Megumi NAKAGAWA²

¹Regional Environmental Division, National Institute for Environmental Studies,
16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan and ²Environmental Research Center Co.Ltd.,
210-4 Saiki, Tsukuba 305-0028, Japan

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖
沖と沿岸域(鉛山と和井内)の各水深における細
菌、ピコ植物プランクトン(ピコシアノバクテリ
ア(球状若しくは楕円体の形状をしたものと棍棒
状の2種)、真核性ピコプランクトン)、鞭毛藻、
従属性鞭毛虫の計数結果である。表1は湖心、表
2は鉛山、表3は和井内である。地点は本報告書
の加藤ら(図1)を参照されたい。

採集方法

各水深の採水はバンドン採水器で行い、直ちに
グルタールアルデヒドを最終濃度が1%になるよ
うに固定し冷蔵保存した。なお、計数はすべて2
週間以内に行った。

計数方法

細菌

予めスタンブラックBで染色しておいたヌクレ
オポアフィルター(ポアサイズ0.2 μ m)上に試料
を均一になるように濾過した。そのフィルター上
をDAPI溶液で満たし、1分以上放置した。余分
なDAPI溶液を取り除いた後、エマルジョンオイ

ルで包埋し、プレパラートを作成した。対物レン
ズ100倍を設置した蛍光顕微鏡下でU-励起フィ
ルターを使用した時に、強い青紫に蛍光を発する
細胞を計測した。この時、計測範囲は10 \times 10の
グリッドを利用し、1サンプル当たり1000細胞以
上になるまで計測することによって1ml当たりの
細胞数に換算した。

ピコシアノバクテリア

同様に濾過したフィルターをエマルジョンオイ
ルで包埋し、プレパラートを作成した。対物レン
ズ100倍を設置した蛍光顕微鏡下でG-励起フィ
ルターを使用した時に、強烈な赤色の蛍光を発す
る細胞を計測した。この時、小型で球状若しくは
楕円状の細胞と長径が5 μ mほどの棍棒状の細胞
とに分けて計数した。計測範囲は視野全体で、1
サンプル当たり400細胞以上になるまで計測する
ことによって1ml当たりの細胞数に換算した。

真核性ピコプランクトン

ピコシアノバクテリアと同様にプレパラート
を作成し、対物レンズ100倍を設置した蛍光顕微鏡
下でBV-励起フィルターを使用した時に垂球形の
朱赤色に蛍光し、核が確認できる細胞を計測し

た。計測範囲は視野全体で、1サンプル当たり100細胞以上になるまで計測することによって1ml当たりの細胞数に換算した。

鞭毛藻および従属性鞭毛虫

同様に濾過したフィルター上に FITC 溶液で満たし、1分以上放置した。余分な FITC 溶液を取り除き、更にりん酸緩衝液で良く洗浄した後、それをエマルジョンオイルで包埋し、プレパラートを作成した。対物レンズ100倍を設置した蛍光顕微鏡下でBV-励起フィルターを使用した時に従属性鞭毛虫として計測した。計測範囲は視野全体で、1サンプル当たり100細胞以上になるまで計測することによって1ml当たりの細胞数に換算した。

表1 湖心における細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻及び鞭毛虫の密度 (cells·ml⁻¹). n.d. は no data を示す.

		Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100
95/4/25										
Bacteria	total		896784	1387880	1570000	n.d.	985960	1212040	885480	540080
Picocyanobacteria	coccolidal		2256	2840	1353	n.d.	1551	2521	746	1819
	bacilliform		94	0	28	0	18	33	50	21
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	0	0	0	0
ANF	total		260	1461	634	n.d.	662	1163	490	106
HNF	total		65	346	173	n.d.	129	305	200	0
95/5/29										
Bacteria	total		787093	592832	634280	621720	n.d.	671960	527520	521240
Picocyanobacteria	coccolidal		1480	1178	1555	1216	n.d.	1100	1809	1458
	bacilliform		106	363	96	159	0	85	141	15
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	0	0	0	0
ANF	total		0	167	218	1518	0	1118	613	665
HNF	total		n.d.	89	121	159	n.d.	483	204	463
95/6/28										
Bacteria	total		761973	251200	1243440	496120	241152	646840	462208	577760
Picocyanobacteria	coccolidal		6	6	396	1523	1927	247	370	378
	bacilliform		0	0	559	317	470	18	8	94
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	0	0	0	0
ANF	total		124	50	230	412	501	25	15	124
HNF	total		1070	1381	846	328	282	118	44	224
95/7/26										
Bacteria	total		379940	527520	1124120	935720	669867	671960	473093	514960
Picocyanobacteria	coccolidal		761	936	2375	3422	1873	338	23	25
	bacilliform		4102	3383	2863	7882	1974	34	9	8
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	0	495	338	389
ANF	total		88	48	90	96	423	10	0	0
HNF	total		44	121	128	144	755	41	52	42
95/8/31										
Bacteria	total		1042480	1120980	1164940	1050016	992240	600787	552640	511820
Picocyanobacteria	coccolidal		41023	45887	11983	11842	37006	1080	670	957
	bacilliform		22203	17974	15014	13585	21146	153	18	161
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	0	149	447	96
ANF	total		102	194	62	97	190	0	0	0
HNF	total		491	370	536	737	973	144	34	56
95/9/19										
		Depth (m)	0	2	5	10	15	20	25	
Bacteria	total		1023640	1075973	1237160	1394160	1498827	1088533	741040	
Picocyanobacteria	coccolidal		115457	180798	180798	143088	116655	35420	9272	
	bacilliform		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Eucaryotic picoplankton	total		0	n.d.	0	0	0	n.d.	n.d.	
ANF	total		45	40	0	56	203	39	0	
HNF	total		1530	1915	931	2504	569	862	451	
95/9/29										
		Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100
Bacteria	total		971307	962096	926300	1356480	1215180	77035	106760	102155
Picocyanobacteria	coccolidal		49286	37436	70432	59017	66213	881	586	574
	bacilliform		1301	1488	2440	2018	3965	57	48	76
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	52	167	173	130
ANF	total		0	88	33	806	113	0	0	0
HNF	total		1010	1050	790	859	103	83	0	0
95/10/17										
Bacteria	total		1268560	653120	1343920	1011080	1155520	665680	628000	887573
Picocyanobacteria	coccolidal		61928	103615	106523	60900	39985	332	1330	1745
	bacilliform		967	1801	925	1309	2014	855	14	1
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ANF	total		370	53	107	492	192	0	0	0
HNF	total		370	178	356	354	223	10	30	0

表1 続き (1)

		Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100
95/11/6										
Bacteria	total		1456960	1511387	1029920	1343920	1205760	502400	609160	468907
Picocyanobacteria	coccolidal		71436	59534	48787	58055	46803	798	821	1077
	bacilliform		1175	1464	1208	2691	1551	169	57	5
Eucaryotic picoplankton	total		0	0	0	0	n.d.	21	27	60
ANF	total		104	112	95	109	141	0	0	12
	total		391	155	137	166	245	12	13	36
96/4/23										
Bacteria	total		303664	245319	207703	210976	226286	253385	n.d.	79641
Picocyanobacteria	coccolidal		9684	11405	11805	10388	12044	11270	n.d.	10283
	bacilliform		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
Eucaryotic picoplankton	total		638	4237	3687	7972	6684	10358	n.d.	9274
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		22	44	22	24	40	55	n.d.	12
	<i>Crysochromurina</i> sp.		0	7	0	0	0	0	n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Chroomonas</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Gymnodinium</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Chromulina ovata</i>		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Others		73	73	59	16	40	12	n.d.	102
	HNF	2 μ m >		690	682	1012	241	712	512	n.d.	542
	2 μ m <		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
96/5/29										
Bacteria	total		243463	359967	390587	308436	259146	231514	n.d.	99327
Picocyanobacteria	coccolidal		10693	16339	20354	16099	24048	18748	n.d.	15858
	bacilliform		36	602	241	803	361	602	n.d.	201
Eucaryotic picoplankton	total		15657	20957	16500	16561	22161	17514	n.d.	13248
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	6	20	80	56	n.d.	54
	<i>Crysochromurina</i> sp.		56	72	115	60	136	120	n.d.	187
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Chroomonas</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Gymnodinium</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Chromulina ovata</i>		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Others		0	0	57	33	24	56	n.d.	13
	HNF	2 μ m >		434	225	166	248	361	650	n.d.	816
	2 μ m <		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
96/6/27										
Bacteria	total		162433	252052	253919	276323	242094	202264	n.d.	165047
Picocyanobacteria	coccolidal		538	7126	6481	6122	7066	7026	n.d.	10906
	bacilliform		0	0	115	1037	361	268	n.d.	100
Eucaryotic picoplankton	total		22041	13168	20354	24088	19752	10117	n.d.	2489
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		24	20	72	225	32	24	n.d.	0
	<i>Crysochromurina</i> sp.		28	0	64	72	64	20	n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Chroomonas</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Gymnodinium</i> sp.		0	4	40	16	16	0	n.d.	0
	<i>Chromulina ovata</i>		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Others		28	0	217	233	136	0	n.d.	0
	HNF	2 μ m >		108	24	64	393	937	442	n.d.
	2 μ m <		0	20	96	145	32	136	n.d.	48
96/7/23										
Bacteria	total		197907	171768	211350	283680	266615	216578	n.d.	153098
Picocyanobacteria	coccolidal		2690	3788	16345	19012	20174	8069	n.d.	9899
	bacilliform		3412	4535	10323	7140	5119	301	n.d.	0
Eucaryotic picoplankton	total		332	189	674	745	3914	2976	n.d.	1131
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	7	0	0	7	n.d.	0
	<i>Crysochromurina</i> sp.		0	14	0	20	16	0	n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
	<i>Chroomonas</i> sp.		8	28	21	80	72	54	n.d.	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
	<i>Chromulina ovata</i>		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Others		112	704	0	30	8	7	n.d.	80
	HNF	2 μ m >		161	105	42	251	128	40	n.d.	30
	2 μ m <		201	155	97	452	522	248	n.d.	662

表1 続き (2)

		Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100
96/8/27										
Bacteria	total	675567	1199598	1335112	2096126	1882508	1126501		n.d.	1091454
Picocyanobacteria	coccoidal	11268	14857	13995	157825	158458	3092		n.d.	8763
	bacilliform	3445	4665	4306	3876	336	32		n.d.	11
Eucaryotic picoplankton	total	209	287	431	5742	310411	766		n.d.	850
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	7	4	14	14	0		n.d.	0
	<i>Crysochromurina</i> sp.	14	36	33	611	301	0		n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	7	0	4	0	0	0		n.d.	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	287	50	28	35	57	0		n.d.	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	2		n.d.	0
	<i>Chromulina ovata</i>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	Others	208	115	102	21	22	0		n.d.	0
HNF	2 μ m >	517	947	142	222	144	1		n.d.	3
	2 μ m <	237	337	248	639	330	72		n.d.	54
96/9/11										
Bacteria	total	1189918	1055907	1287214	1792388	2837113	914552		n.d.	1001334
Picocyanobacteria	coccoidal	9042	9473	34278	81685	56968	2356		n.d.	3605
	bacilliform	3283	2620	3962	9824	1525	65		n.d.	40
Eucaryotic picoplankton	total	129	129	191	2118	3203	280		n.d.	1001
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	9	4	0	14	11	0		n.d.	0
	<i>Crysochromurina</i> sp.	0	4	9	172	5	0		n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	4	4	0	0	0		n.d.	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	18	9	93	16	0		n.d.	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.	0	18	0	0	0	0		n.d.	2
	<i>Chromulina ovata</i>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	Others	0	197	292	36	5	2		n.d.	2
HNF	2 μ m >	247	305	404	115	70	13		n.d.	7
	2 μ m <	314	422	256	696	554	43		n.d.	45
96/10/16										
Bacteria	total	1471404	1337893	1604916	2191718	2581216	1260012		n.d.	1540942
Picocyanobacteria	coccoidal	21288	15865	27775	22136	55106	2669		n.d.	4562
	bacilliform	7940	9285	4979	8478	3499	11		n.d.	32
Eucaryotic picoplankton	total	1176	1077	3858	1117	9792	258		n.d.	581
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	9	9	13	22	0		n.d.	0
	<i>Crysochromurina</i> sp.	718	534	478	912	168	2		n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0		n.d.	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	108	86	810	144	345	0		n.d.	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	4	13	0		n.d.	0
	<i>Chromulina ovata</i>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	<i>Uroglena</i> sp.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
	Others	179	220	65	384	17	2		n.d.	6
HNF	2 μ m >	431	366	349	469	439	20		n.d.	7
	2 μ m <	273	263	314	380	1193	102		n.d.	8
97/5/29										
Bacteria	total	1218009	1018090	800117	1299033	1222853	1325455		n.d.	1550033
Picocyanobacteria	coccoidal	64	89	232	235	153	161		n.d.	80
	bacilliform	5	16	0	0	5	5		n.d.	0
Eucaryotic picoplankton	total	5278	6200	6580	6616	6670	5929		n.d.	7465
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0	1	2	2	5		n.d.	1
	<i>Crysochromurina</i> sp.	0	0	1	1	1	1		n.d.	1
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0		n.d.	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	0	2	5	1	6		n.d.	3
	<i>Gymnodinium</i> sp.	6	17	19	16	8	2		n.d.	2
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	3	3	0	2		n.d.	5
	<i>Uroglena</i> sp.	0	11	6	1	1	0		n.d.	0
	Others	0	1	3	0	1	2		n.d.	0
HNF	2 μ m >	13	8	7	2	21	15		n.d.	17
	2 μ m <	23	22	28	15	21	44		n.d.	38
97/6/18										
Bacteria	total	701415	647944	776275	692608	888879	1259716		n.d.	1830599
Picocyanobacteria	coccoidal	24	24	63	241	228	130		n.d.	102
	bacilliform	9	9	8	19	5	11		n.d.	0
Eucaryotic picoplankton	total	1663	1684	2352	5257	3796	4832		n.d.	4859
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	1	0	0	3	6		n.d.	3
	<i>Crysochromurina</i> sp.	26	29	16	21	18	0		n.d.	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	1	0		n.d.	1
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	0	0	1	6	13		n.d.	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.	2	24	10	8	15	0		n.d.	1
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	0	0	0	6		n.d.	2
	<i>Uroglena</i> sp.	1576	2755	1388	245	331	0		n.d.	1
	Others	0	0	0	0	1	0		n.d.	2
HNF	2 μ m >	2	2	1	0	0	0		n.d.	0
	2 μ m <	16	39	39	28	40	98		n.d.	257

表1 続き (3)

		Depth (m)	0	5	10	15	20	50	70	100	
97/7/15											
Bacteria	total		1329858	1492788	1712229	1525814	1623425	1340867	n.d.	2265602	
Picocyanobacteria	coccolidal		102	139	306	503	386	151	n.d.	105	
	bacilliform		91	135	232	231	196	23	n.d.	5	
Eucaryotic picoplankton	total		162	210	911	2995	4077	3299	n.d.	2905	
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	0	0	2	2	n.d.	0	
	<i>Crysochromurina</i> sp.		505	293	214	81	119	47	n.d.	0	
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	0	1	0	0	0	n.d.	0	
	<i>Chroomonas</i> sp.		0	0	3	8	12	1	n.d.	0	
	<i>Gymnodinium</i> sp.		50	23	49	13	43	1	n.d.	0	
	<i>Chromulina ovata</i>		0	0	0	0	0	5	n.d.	1	
	<i>Uroglena</i> sp.		482	494	85	405	526	13	n.d.	2	
	Others		19	15	10	0	0	2	n.d.	1	
	HNF	2 μ m >		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
		2 μ m <		139	116	176	114	162	184	n.d.	114
97/8/27											
Bacteria	total		1694300	1887216	1832565	2580243	2319571	1208762	n.d.	1207294	
Picocyanobacteria	coccolidal		3329	5727	7519	85801	42341	118	n.d.	53	
	bacilliform		24037	27765	30368	16003	4475	29	n.d.	0	
Eucaryotic picoplankton	total		81	35	292	11858	1928	718	n.d.	1273	
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	0	20	17	6	n.d.	0	
	<i>Crysochromurina</i> sp.		298	385	367	323	756	0	n.d.	0	
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	0	0	0	0	0	n.d.	0	
	<i>Chroomonas</i> sp.		0	0	3	0	10	0	n.d.	0	
	<i>Gymnodinium</i> sp.		6	0	0	0	1	1	n.d.	0	
	<i>Chromulina ovata</i>		0	0	0	0	0	15	n.d.	5	
	<i>Uroglena</i> sp.		133	133	93	31	15	0	n.d.	0	
	Others		40	20	23	17	4	0	n.d.	1	
	HNF	2 μ m >		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
		2 μ m <		162	133	185	272	181	113	n.d.	50
97/9/10											
Bacteria	total		1431768	1752594	1611132	2437889	2520062	939833	n.d.	1499707	
Picocyanobacteria	coccolidal		6885	7210	3775	79477	147161	299	n.d.	266	
	bacilliform		73809	76064	82601	55646	23600	214	n.d.	140	
Eucaryotic picoplankton	total		135	42	26	3811	6833	687	n.d.	922	
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		1	0	0	1	9	0	n.d.	0	
	<i>Crysochromurina</i> sp.		67	0	67	49	125	2	n.d.	0	
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	0	0	0	0	0	n.d.	0	
	<i>Chroomonas</i> sp.		1	1	3	7	0	0	n.d.	0	
	<i>Gymnodinium</i> sp.		1	3	0	1	21	0	n.d.	0	
	<i>Chromulina ovata</i>		0	0	0	0	0	9	n.d.	1	
	<i>Uroglena</i> sp.		39	59	41	2	4	1	n.d.	0	
	Others		12	33	18	3	0	2	n.d.	0	
	HNF	2 μ m >		0	0	0	0	0	0	n.d.	0
		2 μ m <		94	158	158	525	624	49	n.d.	30
97/10/29											
Bacteria	total		1559721	1702688	1519838	1792226	1566546	1027903	n.d.	1195866	
Picocyanobacteria	coccolidal		14866	16601	15155	15791	10585	1118	n.d.	1228	
	bacilliform		13304	12060	12060	11829	10036	140	n.d.	26	
Eucaryotic picoplankton	total		2162	949	1479	1368	2675	803	n.d.	1165	
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	2	0	1	0	n.d.	0	
	<i>Crysochromurina</i> sp.		90	143	68	83	6	1	n.d.	0	
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	2	0	2	0	0	n.d.	0	
	<i>Chroomonas</i> sp.		35	74	61	77	30	0	n.d.	0	
	<i>Gymnodinium</i> sp.		0	0	0	0	0	0	n.d.	0	
	<i>Chromulina ovata</i>		0	0	0	0	1	17	n.d.	1	
	<i>Uroglena</i> sp.		7	8	7	4	0	0	n.d.	0	
	Others		6	10	0	0	0	2	n.d.	2	
	HNF	2 μ m >		319	483	215	312	264	38	n.d.	27
		2 μ m <		7	6	13	12	12	24	n.d.	8

表2 鉛山における細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻及び鞭毛虫の密度 (cells·ml⁻¹) .

		Depth (m)	0	5	10
96/6/14					
Bacteria	total		88600	167288	185211
Picocyanobacteria	coccolidal		626	2753	7058
	bacilliform		29	138	482
Eucaryotic picoplankton	total		2268	12965	17980
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.		0	0	48
	<i>Crysochromurina</i> sp.		352	316	92
	<i>Chlamydomonas</i> spp.		0	0	0
	<i>Chroomonas</i> sp.		0	0	0
	<i>Gymnodinium</i> sp.		0	0	0
	<i>Chromulina ovata</i>		0	0	0
	<i>Uroglena</i> sp.		0	0	0
	Others		24	1295	72
HNF	total		848	699	409

表3 和井内における細菌、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻及び鞭毛虫の密度 (cells·ml⁻¹) .

		96/6/14			96/10/10				
		Depth (m)	0	4	8	0	2	5	10	14
Bacteria	total	163553	270349	238235	2180683	1855249	1832997	1287827	1132064
Picocyanobacteria	cocoidal	203	1365	9755	33834	20239	18503	24828	40041
	bacilliform	17	233	181	8411	7334	6325	4777	3364
Eucaryotic picoplankton	total	5487	9564	15829	1753	1744	2297	5569	10299
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0	24	17	26	9	27	22
	<i>Crysochromurina</i> sp.	568	0	56	728	3682	465	345	207
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	0	0	181	969	129	538	445
	<i>Gymnodinium</i> so.	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Uroglena</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	Others	154	6	297	189	969	155	92	57
HNF	total	732	84	546	775	797	672	920	2103
		97/6/17				97/7/16			
		Depth (m)	0	5	10	15	0	5	10	15
Bacteria	total	564907	518775	586295	862667	1529483	1915524	1824308	1639571
Picocyanobacteria	cocoidal	31	61	90	268	116	83	297	449
	bacilliform	5	2	20	22	132	136	236	322
Eucaryotic picoplankton	total	3342	3355	4473	5206	155	179	281	2029
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Crysochromurina</i> sp.	30	2	15	11	758	405	332	97
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	0	0	3	0	0	0	11
	<i>Gymnodinium</i> so.	8	3	2	11	13	25	36	14
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Uroglena</i> sp.	538	4435	2017	994	272	131	96	250
	Others	0	0	0	0	133	108	19	14
HNF	total	18	22	19	20	382	112	266	178
		97/8/28				97/9/11			
		Depth (m)	0	5	10	15	0	5	10	15
Bacteria	total	1826405	1950589	1776080	3152795	1195237	1402830	1083262	1745045
Picocyanobacteria	cocoidal	5727	8214	14519	59810	5536	5072	4725	66424
	bacilliform	37309	36846	50324	16370	82500	99563	95665	54952
Eucaryotic picoplankton	total	186	205	409	15271	53	112	145	3523
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Crysochromurina</i> sp.	416	529	320	93	0	69	79	0
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chroomonas</i> sp.	0	9	0	9	1	0	0	5
	<i>Gymnodinium</i> so.	3	0	4	0	1	0	3	2
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Uroglena</i> sp.	58	178	39	14	33	21	20	5
	Others	20	49	35	69	8	7	8	2
HNF	total	156	294	220	318	72	161	179	375
		97/10/28							
		Depth (m)	0	5	10	15			
Bacteria	total	1479577	2047629	1790758	1632819				
Picocyanobacteria	cocoidal	14808	16312	13564	16283				
	bacilliform	11193	11829	10788	11164				
Eucaryotic picoplankton	total	1766	1008	1533	1425				
ANF	<i>Cryptomonas</i> sp.	0	2	0	4				
	<i>Crysochromurina</i> sp.	129	178	218	150				
	<i>Chlamydomonas</i> spp.	2	3	0	0				
	<i>Chroomonas</i> sp.	24	111	100	80				
	<i>Gymnodinium</i> so.	0	0	0	0				
	<i>Chromulina ovata</i>	0	0	0	0				
	<i>Uroglena</i> sp.	4	24	15	1				
	Others	7	9	2	1				
HNF	total	601	686	600	448				

資料

十和田湖における植物プランクトンと繊毛虫の計数データ (1995～1997年)

伯耆晶子¹・高村典子²

¹奈良女子大学理学部 (〒630-8263 奈良県奈良市北魚屋西町)、²国立環境研究所地域環境研究グループ
(〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2)

Lake Towada phytoplankton and ciliates from 1995 to 1997

Akiko HOUKI¹ and Noriko TAKAMURA²

¹Nara Women's University, Kitauoya nishimachi, Nara 630-8263, Japan and ²Regional Environmental Division,
National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖沖と沿岸域(鉛山と和井内)の各水深に出現した植物プランクトンと繊毛虫の計数結果である。表1は湖心、表2は鉛山、表3は和井内である。地点は本報告書の加藤ら(図1)を参照されたい。採水はバンドン採水器で行った。単位は全て cells・ml⁻¹ で示した。

採集方法

各水深の採水はバンドン採水器で行い、直ちにグルタルアルデヒドを最終濃度が1%になるように固定し冷蔵保存した。なお、計数はすべて3ヶ月以内に行った。

計数方法

Utermöhl (1958) のチャンバーに10-100mlの湖水を入れて24時間沈降させ、上水を取り除いた。対物レンズ40倍を設置した倒立顕微鏡下にて各分類単位ごとの数を計数した。植物プランクトンは総数が1サンプル当たり400細胞以上になるまで計数することによって1ml当たりの細胞数に換算した。また、繊毛虫は総数が1サンプル当たり40細胞以上になるまで計数することによって1ml当たりの細胞数に換算した。

同定に用いた文献は以下である。Xanthophyceae は Ettl (1978)、Cyanophyceae は Geitler (1932)、Chlorococcales は Komárek & Fott (1983)、Bacillariophyceae は Krammer & Lange-Bertalot (1991)、動物プランクトンと Volvocales は 水野 & 高橋 (1991)、Dinophyceae は Popovsky & Pfiester (1990)、Chrysophyceae と Haptophyceae は Starmach (1985) を参照した。

引用文献

- Ettl H. (1978) Xanthophyceae. In: *3. Süßwasserflora von Mitteleuropa* (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 530. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Geitler L. (1932) Cyanophyceae. In: *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 14 (ed. L. Rabenhorst), pp. 1056. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Komárek J. & Fott B. (1983) Chlorophyceae Ordnung: Chlorococcales. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers*, 7 (ed. G. Huber-Pestalozzi), pp. 1044. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991) Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales,

Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2/3 (eds. H. Ettl, J. Gerlo & H. Heynig), pp. 576. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

水野寿彦・高橋永治 (1991) 日本淡水プランクトン図鑑. 東海出版、東京.

Popovsky J. & Pfiester L. A. (1990) Dinophyceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 6 (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 272. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Starmach K. (1985) Chrysophyceae und Haptophyceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 1 (eds. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig), pp. 515. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Utermöhl H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, Mitteilungen* 9: 1-38.

表1 湖心における植物プランクトンと繊毛虫の密度 (cells·ml⁻¹) . n. d. は no data を示す.

	95/4/25								95/5/26							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	1135	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	40	0	0	35	n.d.	0	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	9	14	0	n.d.	2	2	1	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	73	169	0	n.d.	18	69	35	n.d.	0	0	10	0	n.d.	0	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	14	7	n.d.	4	10	6	n.d.	0	0	0	12	n.d.	21	34	17
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	9	14	0	n.d.	6	6	6	n.d.	81	26	10	198	n.d.	42	29	17
<i>Ochromonas</i> spp.	23	28	2	n.d.	3	16	6	n.d.	0	0	0	35	n.d.	26	24	17
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Stelemonas</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	8	26	n.d.	6	5	0	n.d.	12	0	10	0	n.d.	0	5	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	14	28	1	n.d.	1	7	2	n.d.	29	7	16	122	n.d.	48	5	6
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	5	0	n.d.	0	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	168	197	163	n.d.	112	213	159	n.d.	0	0	0	0	n.d.	32	68	11
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	7	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	23	52	36	n.d.	50	42	31	n.d.	771	1062	825	767	n.d.	688	368	182
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	4	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	187
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	50	75	62	n.d.	47	48	40	n.d.	639	878	877	570	n.d.	482	372	346
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	27	14	12	n.d.	2	0	1	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	5	17
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	n.d.	1	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	5	5	10	n.d.	18	4	6	n.d.	46	92	42	29	n.d.	32	63	17
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	23	0	3	n.d.	3	4	5	n.d.	0	26	10	12	n.d.	0	24	6
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	5	14	0	n.d.	0	1	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	6	n.d.	0	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	5	0	1	n.d.	0	0	0	n.d.	6	0	0	0	n.d.	0	10	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	5	0	n.d.	0	0	1	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	6
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	n.d.	0	0	2	n.d.	0	0	0	35	n.d.	0	39	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	29	n.d.	26	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	5	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	5	0	n.d.	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	1166	1058	242	n.d.	224	185	158	n.d.	2579	531	903	3505	n.d.	1635	1659	834
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	19	0
<i>Koliella elongata</i>	0	37	20	n.d.	34	24	7	n.d.	6	7	10	17	n.d.	21	10	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	1	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	12	n.d.	2	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	4	1	n.d.	0	0	0	n.d.	6	7	0	0	n.d.	0	5	6
<i>Mougeotia</i> sp.	0	23	4	n.d.	6	0	1	n.d.	0	0	0	0	n.d.	26	44	23
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Nephrocytium lunatum</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Pandorina morum</i>	73	75	134	n.d.	49	106	60	n.d.	92	210	83	93	n.d.	85	310	34
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	n.d.	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	n.d.	0	0	1	n.d.	0	0	0	0	n.d.	0	0	0
Ciliates																
	0.6	3.0	3.8	3.1	2.5	2.3	1.5	0.0	0.6	0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2

表1 続き (1)

	Depth (m)															
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
	95/6/28								95/7/26							
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	1
Crysochyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	34	23	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	0	28	21	146	0	0	10	0	1	0	0	7	0	1	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stelexomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	3	27	0	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	10	37	5	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	177	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	1088	1382	860	193	832	12	27	261	79	62	28	22	70	76	16	13
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	973	1231	1080	1209	832	50	40	301	48	53	35	27	129	111	47	32
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	10	183	383	21	0	4	13	30	0	0	0	4	0	4	1	1
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	38	96	70	96	75	25	15	15	0	0	0	1	0	9	8	8
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	24	59	28	32	35	0	0	0	0	1	8	13	11	2	2	1
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	5	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	2	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> \emptyset cyst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorobion braunii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	16	9	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	5	13	23	16	18	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	221	448	173	733	934	6	88	417	0	5	4	20	162	434	303	116
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	5	5	5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandorina morum</i>	153	220	150	0	177	0	44	80	0	59	0	8	0	47	60	9
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciliates	0.8	0.8	0.6	1.0	1.0	1.0	1.4	1.0	0.1	0.4	0.6	0.6	1.3	1.4	0.4	0.0

表1 続き (2)

	95/8/31								95/9/29							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	6	0	8	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	9	11	5	0	0	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	7	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	1	2	18	15	13	4	0	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stelaxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	4	0	0	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	23	11	15	1	4	17	14	15	10	2	6	1	1	29	10	2
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	31	4	0	7	4	0	35	2	19	0	9	23
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	12	0	2	1	8	44	21	40	3	1	0	8	0	74	27	4
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	1	0	8	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	0	10	3	10	0	0	0	1	1	1	0	1
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	4	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Peridinium</i> sp.	2	1	1	4	1	0	0	0	5	2	0	0	1	2	0	0
<i>Peridinium</i> Ⓞ cyst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	4	0	0	1	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorobion braunii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	7	131	36	59	38	3	49	48	37	33	100	0	0	2
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0
<i>Nephrocitium agardhianum</i>	7	0	0	16	0	0	0	0	4	0	0	7	0	0	0	0
<i>Nephrocitium lunatum</i>	15	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandorina morum</i>	90	8	0	49	38	31	17	41	44	46	48	40	30	0	15	15
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	9	1	6	0	0	0	0	0	10	5	13	4	6	0	0	0
Ciliates																
	0.6	0.4	0.6	1.0	4.6	0.3	0.1	0.0	1.0	0.9	1.4	2.7	1.5	0.0	0.2	0.1

表1 続き (3)

	Depth (m)								Depth (m)							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
	95/10/31								95/11/6							
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	13	4	0	0	0	4	14	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	0	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	2	6	1	6	8	0	0	0	2	7	4	3	5	2	0	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	10	16	8	43	38	2	0	0	24	6	10	1	4	0	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stelaxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	0	0	0	0	1	15	28	2	0	0	0	0	0	6	5	3
<i>Fragilaria construens</i>	0	3	0	6	13	19	0	15	0	6	27	13	0	6	22	29
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	0	0	0	0	3	44	44	7	0	0	1	1	0	8	11	3
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	2	3	1	5	10	0	0	0	3	2	5	0	4	1	0	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	1	6	2	1	1	0	0	0	0	3	0	4	4	1	0	0
<i>Peridinium</i> Ⓞ cyst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	2	1	0	0	0	11	1	0	3	0	1	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	5	3	0	0	1	0	0	0	4	2	0	3	1	0	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Golenkinea radiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	10	2	9	0	10	0	0	0	7	14	11	0	0	3	0	0
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrocytium lunatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandorina morum</i>	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	5	0	3	1	0	0	0	0	1	2	10	0	0	0	0
Ciliates																
	1.1	1.7	1.2	2.5	1.6	0.6	0.2	0.1	1.3	2.0	1.0	2.3	0.8	0.4	0.4	0.5

表1 続き (4)

	Depth (m)															
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
	96/4/23								96/5/29							
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	2	5	4	6	4	n.d.	1	0	0	0	0	0	1	n.d.	1	1
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	1	0	0	0	0	n.d.	1	1	0	1	0	1	1	n.d.	1	0
Crysochyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	4	1	n.d.	5	5	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	3	5	5	13	n.d.	0	0	0	0	0	0	1	n.d.	0	0
<i>Chrysoyxis</i> spp.	27	237	45	23	66	n.d.	2	26	4	6	3	1	2	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	7	1	3	0	4	n.d.	1	1	0	0	0	4	2	n.d.	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	1	1	0	1	0	1	0	n.d.	0	0
<i>Stelxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	1	0	1	1	1	0	n.d.	10	12
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	2	1
<i>Asterionella formosa</i>	148	178	175	152	258	n.d.	37	58	6	31	17	33	19	n.d.	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	2	0	n.d.	3	2
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	21	33	30	15	18	n.d.	7	32	5	6	1	4	5	n.d.	0	1
<i>Fragilaria construens</i>	0	1	0	0	0	n.d.	0	2	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	42	47	50	11	31	n.d.	14	14	2	5	3	6	3	n.d.	0	0
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	5	9	0	0	0	n.d.	1	1	1	0	0	3	1	n.d.	16	2
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	3	1	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	1	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	7	6	11	11	3	n.d.	2	4	4	6	4	10	5	n.d.	1	0
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	3	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	4	4	5	7	6	n.d.	1	1	0	0	0	0	1	n.d.	0	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	1	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	5	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Pracinochyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	4
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	8	5
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	3	3	6	10	9	n.d.	5	3	38	30	57	75	25	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	1	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	1	0	1	3	0	n.d.	0	0	1	1	2	1	2	n.d.	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	29	12	10	5	6	n.d.	3	1	2	2	3	3	2	n.d.	0	1
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Pandorina morum</i>	18	6	9	7	12	n.d.	1	2	0	0	2	0	1	n.d.	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	21	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	2	12	1	0	6	n.d.	1	1	1	1	2	1	2	n.d.	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	1
Ciliates																
	0.6	10.3	1.4	8.5	2.2	n.d.	3.5	0.5	0.5	0.4	1.1	10.9	3.1	n.d.	1.3	1.7

表1 続き (5)

	96/6/27								96/7/23							
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	1	0	1	3	0	n.d.	0	0	0	1	0	14	15	n.d.	2	7
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	2	0	2	2	0	n.d.	0	0	0	21	1	0	0	n.d.	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	1	n.d.	2	0	0	0	0	0	0	n.d.	12	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	1	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	0	1	5	1	n.d.	0	0	0	8	5	6	12	n.d.	8	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	1	0	0	0	1	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Stelemonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	5	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	1	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	73	4	10	2	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	1	0	3	2	0	n.d.	0	0	5	4	0	0	0	n.d.	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	1	0	6	5	6	n.d.	1	1	0	2	1	6	18	n.d.	6	6
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	20	15	9	8	7	n.d.	2	1	232	261	189	133	85	n.d.	29	5
<i>Fragilaria construens</i>	0	1	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	0	1	1	n.d.	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	11	16	15	10	10	n.d.	5	1	20	35	50	90	101	n.d.	47	10
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	4	4	4	4	2	n.d.	1	0	36	95	40	64	43	n.d.	3	1
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	12	29	17	2	18	n.d.	4	2	0	1	0	23	98	n.d.	27	21
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	4	0	6	7	2	n.d.	0	0	1	1	1	5	5	n.d.	7	1
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	1	7	3	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	3	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	3	6	3	5	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> (?) cyst	0	0	0	1	0	n.d.	0	0	1	0	0	1	2	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chlorobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	1	3	0	n.d.	0	0	0	4	0	3	1	n.d.	1	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	33	0	35	33	12	n.d.	5	21	0	0	0	0	6	n.d.	25	6
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	1
<i>Monoraphidium mirabile</i>	1	0	1	1	1	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	5	1
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	1	1	0	n.d.	0	1	0	1	0	1	0	n.d.	1	0
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	2	0	n.d.	0	0
<i>Pandorina morum</i>	0	0	0	3	1	n.d.	0	0	10	26	23	1	33	n.d.	45	10
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	0	0	1	2	5	n.d.	0	0	1	13	3	1	13	n.d.	0	1
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Ciliates																
	3.2	0.0	39.0	20.9	7.7	n.d.	3.9	0.9	0.4	1.5	0.9	5.3	7.3	n.d.	0.5	0.5

表1 続き (6)

	96/8/27								96/9/11							
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	5	0	4	4	5	n.d.	1	0	2	4	4	3	3	n.d.	1	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	0	5	1	0	n.d.	0	0	0	4	0	1	0	n.d.	0	2
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	1	n.d.	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	2	n.d.	1	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	2	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	2	1	4	5	n.d.	0	0	0	4	0	14	1	n.d.	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	1	1	n.d.	0	0
<i>Stelexomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	5	43	18	0	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	0	0	n.d.	2	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	77	84	100	34	34	n.d.	13	1	2	8	13	4	17	n.d.	21	3
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	1	0	0	0	0	1	n.d.	6	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	2	0	1	0	0	n.d.	12	7	0	0	0	0	1	n.d.	20	3
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	47	37	52	21	7	n.d.	5	1	8	13	6	0	3	n.d.	3	1
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	4	2	0	0	0	0	0	n.d.	1	1
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	2	1	2	4	0	1	4	n.d.	0	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	1	1	1	0	0	n.d.	0	0	2	1	1	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	1	n.d.	0	0	1	1	1	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	0	0	0	0	1	n.d.	0	0	1	2	0	0	0	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Pracinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	24	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	1	n.d.	1	1
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	2	2	n.d.	0	0	0	0	0	2	0	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	4	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	1	0	0	0	0	0	n.d.	1	1
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	1	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	1	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	1	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	2	2	1	3	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	2	4	5	1	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	11	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	2	0	n.d.	0	0
<i>Pandorina morum</i>	26	80	97	87	87	n.d.	36	5	24	38	38	76	77	n.d.	36	3
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	4	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	42	24	7	1	n.d.	0	0	20	34	22	5	1	n.d.	1	0
Ciliates																
	1.1	5.6	2.1	4.0	1.6	n.d.	0.2	0.5	1.5	1.0	1.0	5.7	1.5	n.d.	1.7	0.1

表1 続き (7)

	Depth (m)															
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
	96/10/16								97/5/29							
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	460	527	962	547	535	n.d.	223	120
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	4	2	15	9	13	n.d.	0	0	1	1	1	1	1	n.d.	1	2
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	1	0	7	10	2	n.d.	0	0	0	0	9	4	0	n.d.	1	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	1	0	4	n.d.	0	0	0	0	1	1	1	n.d.	2	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	2	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	15	4	63	36	33	n.d.	0	0	2	1	3	1	1	n.d.	2	2
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Stelaxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	2	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	6	4	1	n.d.	2	1
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	2	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	1	0	0	n.d.	2	0	440	353	365	306	247	n.d.	141	124
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	11	0	8	0	n.d.	1	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	1	0	0	n.d.	1	0	0	0	0	1	0	n.d.	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	5	10	8	10	2	n.d.	15	0	17	28	22	19	18	n.d.	7	4
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	2	1	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Fragilaria tenera</i>	1	0	1	0	1	n.d.	14	0	41	42	35	49	35	n.d.	17	19
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1	1	2	0	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	1	1	0	0	n.d.	0	0	2	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	1	n.d.	1	0	5	5	6	4	2	n.d.	3	2
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	3	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	1	1	1	1	7	n.d.	1	0	9	8	6	3	4	n.d.	4	0
<i>Peridinium elpatewskyi</i>	1	1	0	3	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	1	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> O cyst	1	1	0	2	0	n.d.	0	0	1	1	1	1	0	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	2	3	2	4	1	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	2	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	2	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	7	0
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	87	66	96	133	70	n.d.	39	23
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	2	2	1	1	n.d.	1	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Pandorina morum</i>	3	4	5	47	7	n.d.	5	1	0	1	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	16	11	2	1	0	n.d.	0	0	55	1	5	1	2	n.d.	1	0
<i>Tetraedron minimum</i>	9	5	2	9	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Ciliates																
	2.9	1.6	3.1	1.3	5.4	n.d.	0.3	2.6	0.4	1.3	1.3	0.5	0.8	n.d.	0.9	0.3

表1 続き (8)

Depth (m)	97/7/15								97/8/27							
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	5	11	9	114	98	n.d.	70	228	0	0	0	0	0	n.d.	7	62
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	1	1	0	n.d.	1	0	0	0	0	6	7	n.d.	3	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	6	20	2	2	1	n.d.	0	0	1	1	2	0	0	n.d.	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	1	0	0	0	n.d.	5	0	0	0	0	0	0	n.d.	3	1
<i>Chrysoyxis</i> spp.	0	0	0	0	1	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	22	0	0	0	0	n.d.	1	1	1	1	0	3	0	n.d.	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Stelaxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	2	1	0	1	1	n.d.	0	0	2	1	0	1	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	7	0	n.d.	1	20	0	0	0	1	0	n.d.	1	1
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	2	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	1	1	1	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	21	35	34	43	27	n.d.	9	1	4	8	5	11	0	n.d.	3	1
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	1	n.d.	1	0	0	0	0	1	2	n.d.	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	20	19	66	101	96	n.d.	59	11	1	1	0	3	5	n.d.	29	4
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	1	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	1	5	4	n.d.	16	6	0	0	0	0	0	n.d.	0	3
<i>Synedra rumpens</i>	1	0	0	0	1	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	7	4	23	5	2	n.d.	4	0	0	0	0	0	1	n.d.	1	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> (♂) cyst	0	0	6	1	5	n.d.	2	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Pracinothryx																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chlorolobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	4	0	0	1	2	2	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	4	1	0	n.d.	0	0
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	1	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	13	10	n.d.	20	0	0	0	0	0	0	n.d.	1	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	1	1	0	n.d.	1	1	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	1	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	1	0	n.d.	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocystium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	2	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Pandorina morum</i>	0	0	0	0	1	n.d.	1	0	0	0	0	1	1	n.d.	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	2	1	0	0	n.d.	0	0
Ciliates																
	2.3	2.4	1.7	2.3	1.5	n.d.	1.1	2.0	0.7	0.4	0.5	1.1	3.8	n.d.	0.4	1.3

表1 続き (9)

	Depth (m)															
	0	5	10	15	20	70	50	100	0	5	10	15	20	70	50	100
	97/9/10								97/10/29							
Cyanophyceae																
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	n.d.	217	20	0	0	0	0	0	n.d.	63	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Cryptophyceae																
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	0	1	4	n.d.	0	0	1	1	1	2	1	n.d.	0	0
Haptophyceae																
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	1	0	3	0	n.d.	0	0	1	0	0	0	1	n.d.	0	0
Crysophyceae																
<i>Bicosoeca</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	1	n.d.	6	0	0	0	0	0	0	n.d.	4	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Dinobryon</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	1	0	2	0	n.d.	1	0	2	5	9	36	23	n.d.	0	0
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Stelaxomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Uroglena</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Xanthophyceae																
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Ophiocytium capitatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Bacillariophyceae																
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	1	0	0	0	0	n.d.	0	5	1	0	0	0	0	n.d.	1	10
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	0	5	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Eumotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	0	0	0	2	42	n.d.	3	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	4
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	3	1	2	3	1	9	6	n.d.	8	33
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	1	1	0	0	29	n.d.	28	10	1	0	0	0	2	n.d.	8	34
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	1	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	2	0	0	0	0	0	n.d.	0	1
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	3	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Dinophyceae																
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium elpaitewskyi</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Euglenophyceae																
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Prasinophyceae																
<i>Nephroselmis</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
Chlorophyceae																
<i>Chlamydomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Chlorobion braunii</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Crucigenia</i> spp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	1	15	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Euastrum</i> sp.?	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Franceia ovalis</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	4	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	1	1	0	2	1	n.d.	0	0
<i>Gloeocystis planctonica</i>	6	2	1	24	45	n.d.	0	0	424	194	282	553	241	n.d.	25	0
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Kirchneriella</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	n.d.	15	2	0	0	0	0	0	n.d.	1	5
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	n.d.	1	1	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	1	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Nephrocytium lunatum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Oocystis parva</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Pandorina morum</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	n.d.	0	0	0	0	0	0	0	n.d.	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	1	0	n.d.	0	0	1	0	0	0	0	n.d.	0	0
Ciliates																
	1.2	1.2	1.0	1.3	2.0	n.d.	0.2	0.2	0.8	1.2	0.3	1.0	0.7	n.d.	0.2	0.1

表2 鉛山における植物プランクトンと繊毛虫の密度 (cells·ml⁻¹) .

	Depth (m)		
	0	4	8
	96/6/14		
Cyanophyceae			
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0
Cryptophyceae			
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	1
Chrysophyceae			
<i>Bicoserca</i> sp.	1	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	4
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	0	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	1	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	2	2
<i>Stelexomonas</i> sp.	0	1	0
Xanthophyceae			
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0
<i>Ophiocytinium pitatum</i>	0	9	18
Bacillariophyceae			
<i>Achnanthes</i> spp.	1	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	14	23	11
<i>Fragilaria capucina</i>	22	31	33
<i>Fragilaria construens</i>	1	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	15	26	35
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	5	7	2
<i>Melosira varians</i>	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	1	0	2
<i>Synedra delicatissima</i>	30	6	60
<i>Synedra rumpens</i>	1	0	0
Dinophyceae			
<i>Gymnodinium</i> sp.	2	6	2
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0
<i>Peridinium</i> の cyst	0	0	0
Chlorophyceae			
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0
<i>Curcigenia</i> sp.	0	0	1
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0
<i>Glenkinia radiosa</i>	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0
<i>Gloeocystis planktonica</i>	0	0	0
<i>Koliella elongata</i>	69	75	78
<i>Monoraphidium contortum</i>	2	1	1
<i>Monoraphidium mirabile</i>	1	1	3
<i>Mougeotia</i> sp.	3	4	4
<i>Pandrina morum</i>	0	2	10
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	7	35	6
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0
Ciliates			
	0.0	9.4	4.0

表3 和井内における植物プランクトンと繊毛虫の密度 (cells·ml⁻¹) .

Depth (m)	96/6/14			96/10/10					97/7/16			
	0	5	10	0	2	5	10	14	0	5	10	15
Cyanophyceae												
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	25	62	57	80
Cryptophyceae												
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	6	3	10	7	13	12	0	0	0	1
Chrysophyceae												
<i>Bicoserca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	1	0	0	0	0	0	0	0	70	42	0	4
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	0	4	34	16	23	90	35	2	0	0	0
<i>Stelexomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xanthophyceae												
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	21	8	0	1
<i>Ophiocytinium pitatum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae												
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	7	7	50	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Fragilaria capucina</i>	24	5	42	8	20	11	12	14	27	37	44	33
<i>Fragilaria construens</i>	1	1	1	7	5	1	4	7	0	1	26	6
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	18	2	56	0	0	1	0	0	15	31	82	48
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	16	1	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Synedra acus</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Synedra delicatissima</i>	26	0	94	0	0	0	0	2	0	0	1	1
<i>Synedra rumpens</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Dinophyceae												
<i>Gymnodinium</i> sp.	5	0	6	5	4	5	5	3	3	28	12	3
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
Chlorophyceae												
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Curcigenia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glenkinia radiosa</i>	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis planktonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	49	45	3	0
<i>Koliella elongata</i>	100	0	201	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandrina morum</i>	0	0	13	6	6	4	1	5	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	7	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	4	26	23	20	25	11	0	0	0	0
Ciliates	0.1	0.5	15.9	1.2	0.9	1.1	3.3	2.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

表3 続き

	Depth (m)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
	97/8/28				97/9/11				97/10/29			
Cyanophyceae												
<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptophyceae												
<i>Cryptomonas</i> spp.	0	0	1	6	12	0	0	1	1	0	0	1
Chrysophyceae				0								
<i>Bicoserca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chromulina ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysochromulina</i> sp.?	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysopyxis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Ochromonas</i> spp.	0	1	0	1	0	0	1	1	1	4	5	11
<i>Stelexomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xanthophyceae												
<i>Bumilleriopsis</i> sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiocytinium pitatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacillariophyceae												
<i>Achnanthes</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	5	6	8	20	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	3	6	3	1	7	1	6	22	2	24
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	1	0	1	13	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra delicatissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra rumpens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinophyceae												
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium</i> ♂ cyst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophyceae												
<i>Cosmarium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Curcigenia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Glenkinia radiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gloeocystis ampla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Gloeocystis gigas</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1
<i>Gloeocystis planktonica</i>	2	2	1	1	1	2	3	20	130	177	129	322
<i>Koliella elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium mirabile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mougeotia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandrina morum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	2	8	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0

資料

十和田湖における動物プランクトンの計数データ (1995～1997年)

三上一¹・中川恵²・謝平³・工藤幾代¹・野澤直史¹・
前田寿哉¹・石塚伸一¹・工藤健¹・大久保英樹¹

¹青森県環境保健センター (〒030-8566 青森県青森市東造道1丁目1-1)、²(株)環境
研究センター (〒305-0028 茨城県つくば市妻木210-4)、³中国科学院水生生物研究所
東湖湖沼生態系統実験站 (〒430072 中国湖北省武漢市武昌珞珈山)

Lake Towada zooplankton from 1995 to 1997

Hajime MIKAMI¹, Megumi NAKAGAWA², Ping XIE³, Ikuyo KUDOU¹, Naofumi NOZAWA¹,
Toshiya MAEDA¹, Sinichi MAEDA¹, Ken KUDOU¹ and Hideki OHKUBO¹

¹Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment, Higashitsukurimichi 1-1-1,
Aomori 030-8566, Japan, ²Environmental Research Center Co.Ltd., 210-4 Saiki, Tsukuba 305-0028,
Japan and ³Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072, P.R.China

本報は、1995年から1997年までの、十和田湖沖と沿岸域(和井内)の各水深に出現した動物プランクトン種の計数結果である。表1は湖心、表2は和井内である。地点は本報告書の加藤ら(図1)を参照されたい。採水はバンドン採水器で行い、目合が40 μ mのネットで濾して集めシュガーホルマリン(Haney & Hall 1973)で固定した。単位は全て inds \cdot l⁻¹で示した。

試料はサンプル瓶のまま24時間沈降させ、上澄みを取り除いた後の体積を測定した。その中から1mlを野線付き計数盤上にとり、各動物プランクトン種の個体数を実体顕微鏡、あるいは倒立顕微鏡下にて計数した。1サンプル当たり100個体以上になるまで計数することによって1l当たりの個体数に換算した。

同定に用いた文献は水野・高橋(1991)である。

引用文献

- Haney J. F. & Hall D. J. (1973) Sugar-coated *Daphnia*: a preservation technique for Cladocera. *Limnology and Oceanography* **18**: 331-333.
水野寿彦・高橋永治(1991)日本淡水プランクトン図鑑. 東海出版、東京。

表1 湖心における動物プランクトンの個体数密度 (inds·l⁻¹). n. d. は no data を示す.

Depth (m)	95/4/25								95/5/26							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Copepoda																
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
Copepodid	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
Nauplius	.	.	0.1	n.d.	.	0.2	n.d.	n.d.	.	2.0	0.6	0.3	n.d.	.	.	
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	1.8	2.3	0.6	n.d.	0.7	.	n.d.	n.d.	.	0.2	0.2	0.5	n.d.	.	.	
<i>Daphnia longispina</i>	.	0.1	.	n.d.	0.1	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Keratella quadrata</i>	0.7	1.9	1.4	n.d.	1.4	0.8	n.d.	n.d.	0.8	41.0	45.5	18.2	n.d.	.	.	
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	n.d.	.	.	n.d.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.
95/6/28																
Copepoda																
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	0.2	0.3	0.2	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.
Copepodid	.	0.2	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7.5	.	0.3
Nauplius	0.5	.	0.2	0.9	0.6	.	0.2	8.2	.	.	.	.	.	.	.	2.2
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	0.8	1.0	2.7	0.5	0.2	.	0.2	.	.	1.2	19.9	20.3	46.6	1.5	13.1	0.2
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella quadrata</i>	2.7	13.3	39.4	18.7	88.2	5.2	2.2	1.6	0.2	3.4	42.8	23.3	12.5	58.7	17.9	0.9
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	9.6	8.8	9.3	3.0	20.8	6.3	1.8	0.5	1.0	253.5	413.7	278.2	52.8	45.8	53.1	1.6
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
95/8/31																
Copepoda																
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	0.2	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Copepodid	.	.	.	.	.	0.3	0.3	.	0.5	1.9	.	1.4	.	0.2	0.5	.
Nauplius	.	.	0.2	0.3	0.9	.	.	0.2	.	.	.	.	8.0	.	.	12.7
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	16.6	13.9	22.7	20.2	22.5	7.8	12.4	13.1	0.3	71.0	54.7	96.0	38.0	2.5	1.2	0.6
<i>Daphnia longispina</i>	0.3	0.3	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0	12.8	0.2	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella quadrata</i>	.	0.2	0.2	3.7	7.9	3.4	3.7	0.3	.	0.5	1.0	48.0	26.8	0.3	0.1	0.5
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	753.1	632.5	490.1	547.4	255.2	253.7	144.7	62.7	1.3	136.3	59.0	32.6	28.8	0.2	.	.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
95/10/31																
Copepoda																
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	0.2	0.3	0.6	0.1	.	.	.	0.1	0.3	0.1	.	.	0.1	.	.	.
Copepodid	0.1	.	0.3	0.1	0.1	0.1	.	.	.	0.1	0.2	.	0.7	.	0.3	0.4
Nauplius	.	0.4	0.3	0.2	0.5	0.1	0.1	2.2	0.2	0.3	0.9	0.1	0.5	0.5	22.7	8.8
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	0.3	24.6	62.6	17.3	6.8	0.9	0.8	1.7	0.2	10.4	31.4	20.4	22.9	7.0	10.3	25.0
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	0.2	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella quadrata</i>	0.2	0.3	1.2	0.5	4.8	0.3	0.4	1.1	1.0	2.5	3.2	1.3	5.2	1.3	3.7	2.0
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	389.5	636.0	1551	287.0	199.0	29.7	14.7	18.5	221.4	345.5	806.2	431.9	544.0	333.1	371	377.4
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

表1 続き (1)

	Depth (m)	96/4/23							96/5/29								
		0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Copepoda																	
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Copepodid	.	.	0.1	0.1	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Nauplius	0.1	0.2	0.4	0.7	0.3	0.1	n.d.	0.4	.	.	0.1	0.1	0.3	0.4	n.d.	0.7	
Cladocera																	
<i>Bosmina longirostris</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	0.1	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Rotifer																	
<i>Filinia terminalis</i>	0.4	0.6	0.5	1.6	0.6	0.5	n.d.	0.6	.	0.1	0.3	1.3	1.5	1.2	n.d.	0.4	
<i>Keratella cochlearis</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	n.d.	0.4	.	.	0.1	0.3	0.3	0.8	n.d.	1.7	
<i>Keratella quadrata</i>	0.8	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	n.d.	0.2	.	0.2	0.5	0.2	0.6	.	n.d.	0.2	
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	0.2	0.1	.	.	.	n.d.	.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
96/6/27																	
Copepoda																	
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	0.1	.	0.3	0.4	0.1	0.1	n.d.	.	0.1	.	.	.	.	0.2	n.d.	.	
Copepodid	.	0.4	0.2	.	0.2	0.1	n.d.	.	0.1	.	0.1	0.1	0.3	0.1	n.d.	.	
Nauplius	.	.	0.2	0.3	0.1	.	n.d.	0.1	0.1	0.4	0.4	1.1	0.4	0.4	n.d.	0.9	
Cladocera																	
<i>Bosmina longirostris</i>	.	2.8	1.0	0.3	0.1	.	n.d.	.	2.1	9.4	85.2	51.8	14.9	0.7	n.d.	0.3	
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Rotifer																	
<i>Filinia terminalis</i>	.	0.1	0.7	1.0	1.3	0.3	n.d.	0.1	.	.	0.1	1.2	1.2	.	n.d.	.	
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	0.1	0.2	0.4	0.8	n.d.	0.9	0.1	0.1	.	0.1	.	0.2	n.d.	0.1	
<i>Keratella quadrata</i>	.	25.5	37.9	8.4	3.2	0.5	n.d.	0.1	2.1	7.6	62.0	109.5	97.9	4.3	n.d.	0.9	
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	1.0
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	0.4	11.4	1.6	0.5	0.1	0.1	n.d.	0.1	257.1	231.8	42.7	33.7	29.0	30.8	n.d.	23.3	
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
96/7/23																	
Copepoda																	
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	0.5	0.4	0.5	n.d.	0.3	0.1	.	.	1.8	0.9	0.3	n.d.	0.1	
Copepodid	.	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	n.d.	0.2	0.3	0.1	.	0.8	0.2	0.1	n.d.	0.1	
Nauplius	0.1	0.2	0.2	0.9	1.7	.	n.d.	1.5	0.4	1.4	.	2.5	3.0	1.3	n.d.	2.4	
Cladocera																	
<i>Bosmina longirostris</i>	2.6	3.3	14.8	104.8	28.7	4.5	n.d.	3.6	0.3	13.3	.	159.0	37.5	1.2	n.d.	1.3	
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	.	0.1	0.1	.	n.d.	.	.	.	.	1.7	0.1	.	n.d.	.	
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Rotifer																	
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella quadrata</i>	2.8	0.9	2.6	21.7	36.7	53.6	n.d.	27.9	2.8	3.2	.	93.7	125.0	49.8	n.d.	28.2	
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	204.4	414.0	440.3	1126	211.3	1.6	n.d.	2.9	79.3	506.5	.	328.7	118.0	3.0	n.d.	1.6	
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
96/8/27																	
Copepoda																	
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	n.d.	0.4	0.3	.	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	0.1	n.d.	0.9	1.5	1.8	0.9	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
Copepodid	0.7	n.d.	0.3	1.0	3.5	0.1	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
Nauplius	4.3	n.d.	5.0	9.9	15.8	3.0	n.d.	5.5	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Cladocera																	
<i>Bosmina longirostris</i>	1.1	n.d.	2.1	2.5	6.4	1.0	n.d.	0.5	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Daphnia longispina</i>	1.2	n.d.	5.0	11.0	3.2	.	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Rotifer																	
<i>Filinia terminalis</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella quadrata</i>	5.3	n.d.	5.4	17.8	138.5	37.5	n.d.	7.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Lecane</i> sp.	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	168.3	n.d.	211.7	85.3	11.2	0.9	n.d.	6.6	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
96/10/16																	
Copepoda																	
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>	.	n.d.	0.4	0.3	.	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	0.1	n.d.	0.9	1.5	1.8	0.9	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
Copepodid	0.7	n.d.	0.3	1.0	3.5	0.1	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
Nauplius	4.3	n.d.	5.0	9.9	15.8	3.0	n.d.	5.5	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Cladocera																	
<i>Bosmina longirostris</i>	1.1	n.d.	2.1	2.5	6.4	1.0	n.d.	0.5	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Daphnia longispina</i>	1.2	n.d.	5.0	11.0	3.2	.	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
Rotifer																	
<i>Filinia terminalis</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Keratella quadrata</i>	5.3	n.d.	5.4	17.8	138.5	37.5	n.d.	7.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Lecane</i> sp.	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca acuminata</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	n.d.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Polyarthra</i> spp.	168.3	n.d.	211.7	85.3	11.2	0.9	n.d.	6.6	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	n.d.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.

表1 続き (2)

Depth (m)	97/5/29								97/6/18							
	0	5	10	15	20	50	70	100	0	5	10	15	20	50	70	100
Copepoda																
<i>Acanthodiaptomus pacificus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	0.1	.	0.2	.	.	n.d.
Copepodid	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1	0.7	1.5	1.4	1.3	0.2	n.d.	0.1
Nauplius	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	2.3	0.9	1.0	0.7	.	n.d.	12.4
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	0.3	0.3	0.1	0.1	.	.	n.d.
<i>Daphnia longispina</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	1.3	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	0.5	0.1	n.d.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	0.3	0.1	.	.	n.d.
<i>Keratella quadrata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	6.4	10.7	7.4	1.0	n.d.	2.0
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.2	.	.	.	.	0.1	n.d.	5.4
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	0.1	0.4	.	.	n.d.	0.8	.	.	.	0.1	0.2	0.3	n.d.
<i>Polyarthra</i> spp.	0.1	.	.	.	4.0	.	.	n.d.	.	0.3	26.3	44.9	25.0	35.5	2.1	n.d.
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	2.8	1.0	3.2	0.1	.	n.d.	0.3	.	.	.	.	.	.	n.d.
97/7/15																
Copepoda																
<i>Acanthodiaptomus pacificus</i>	.	1.4	1.4	1.1	.	.	.	n.d.	.	0.5	0.9	2.2	1.5	.	.	n.d.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	.	0.2	0.4	n.d.	1.4	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
Copepodid	.	.	0.1	.	0.2	0.1	n.d.	0.2	.	4.2	10.7	3.9	4.1	.	n.d.	0.3
Nauplius	5.9	5.6	1.7	1.4	2.9	2.0	n.d.	23.7	10.3	13.5	13.3	8.1	4.9	1.2	n.d.	24.5
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	0.1	4.9	10.9	11.4	12.1	0.4	n.d.	0.4	.	2.9	21.0	27.0	19.1	2.8	n.d.	4.2
<i>Daphnia longispina</i>	.	0.1	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Scapholeberis mucronata</i>	0.1	.	.	.	.	.	.	n.d.	0.1	0.1	.	.	.	.	.	n.d.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	.	.	.	.	0.1	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Keratella cochlearis</i>	.	.	.	1.0	0.8	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	0.6	.	.	n.d.
<i>Keratella quadrata</i>	.	0.1	4.9	2.5	22.4	3.7	n.d.	0.6	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	0.1	n.d.	0.5	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Polyarthra</i> spp.	4.4	3.7	3.3	27.6	42.9	19.0	n.d.	2.2	81.0	631.2	136.8	81.2	116.1	6.2	n.d.	20.6
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	0.1	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
97/8/27																
Copepoda																
<i>Acanthodiaptomus pacificus</i>	.	0.5	0.2	1.6	5.0	.	.	n.d.	.	1.7	2.8	6.5	8.6	0.1	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	.	0.3	0.2	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
Copepodid	0.5	4.7	14.2	24.6	20.6	0.3	n.d.	0.7	1.6	6.0	11.1	15.5	7.8	.	n.d.	
Nauplius	2.5	1.9	2.8	6.7	22.5	0.9	n.d.	13.9	0.5	1.7	1.2	0.3	0.1	0.2	n.d.	11.2
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	0.1	2.7	11.0	6.9	15.2	0.2	n.d.	0.3	0.1	1.3	5.4	4.5	0.4	0.1	n.d.	0.1
<i>Daphnia longispina</i>	0.1	1.0	3.8	2.6	0.3	.	.	n.d.	.	0.5	8.0	15.7	4.5	.	n.d.	0.1
<i>Scapholeberis mucronata</i>	0.1	0.6	0.2	.	.	0.1	n.d.	0.1	0.1	.	.	.	.	.	.	n.d.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	0.1	.	1.0	.	.	.	n.d.	0.1	0.2	1.7	5.5	1.3	0.4	n.d.	0.1
<i>Keratella cochlearis</i>	0.1	.	.	0.5	1.5	.	.	n.d.	0.1	0.1	0.3	0.5	1.8	.	n.d.	0.4
<i>Keratella quadrata</i>	.	.	.	.	0.6	0.1	n.d.	0.6	.	.	0.1	0.5	.	0.1	n.d.	0.5
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	0.1	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Polyarthra</i> spp.	11.5	25.9	35.5	43.7	29.7	1.2	n.d.	0.2	0.9	2.0	0.7	1.3	.	.	n.d.	
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	0.2	.	.	.	n.d.
97/9/10																
Copepoda																
<i>Acanthodiaptomus pacificus</i>	.	0.5	0.2	1.6	5.0	.	.	n.d.	.	1.7	2.8	6.5	8.6	0.1	n.d.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	.	.	.	.	0.3	0.2	n.d.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
Copepodid	0.5	4.7	14.2	24.6	20.6	0.3	n.d.	0.7	1.6	6.0	11.1	15.5	7.8	.	n.d.	
Nauplius	2.5	1.9	2.8	6.7	22.5	0.9	n.d.	13.9	0.5	1.7	1.2	0.3	0.1	0.2	n.d.	11.2
Cladocera																
<i>Bosmina longirostris</i>	0.1	2.7	11.0	6.9	15.2	0.2	n.d.	0.3	0.1	1.3	5.4	4.5	0.4	0.1	n.d.	0.1
<i>Daphnia longispina</i>	0.1	1.0	3.8	2.6	0.3	.	.	n.d.	.	0.5	8.0	15.7	4.5	.	n.d.	0.1
<i>Scapholeberis mucronata</i>	0.1	0.6	0.2	.	.	0.1	n.d.	0.1	0.1	.	.	.	.	.	.	n.d.
Rotifer																
<i>Filinia terminalis</i>	.	0.1	.	1.0	.	.	.	n.d.	0.1	0.2	1.7	5.5	1.3	0.4	n.d.	0.1
<i>Keratella cochlearis</i>	0.1	.	.	0.5	1.5	.	.	n.d.	0.1	0.1	0.3	0.5	1.8	.	n.d.	0.4
<i>Keratella quadrata</i>	.	.	.	.	0.6	0.1	n.d.	0.6	.	.	0.1	0.5	.	0.1	n.d.	0.5
<i>Lecane</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Notholca acuminata</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	0.1	.	n.d.	.
<i>Notholca squamula</i>	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.
<i>Polyarthra</i> spp.	11.5	25.9	35.5	43.7	29.7	1.2	n.d.	0.2	0.9	2.0	0.7	1.3	.	.	n.d.	
<i>Synchaeta</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	n.d.	.	.	.	0.2	.	.	.	n.d.
97/10/29																

表2 和井内における動物プランクトンの個体数密度 (inds·l⁻¹) .

	Depth (m)	97/6/17				97/7/16			
		0	5	10	15	0	5	10	15
Copepoda									
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>		0.3	2.8	2.5
<i>Cyclops vicinus</i>	
Copepodid		0.2	27.1	4.7	2.0	.	0.3	0.7	1.0
Nauplius		0.2	17.3	3.5	2.5	3.3	10.8	2.7	4.7
Cladocera									
<i>Bosmina longirostris</i>		.	1.8	1.2	.	1.5	2.0	40.1	20.6
<i>Daphnia longispina</i>	
Rotifer									
<i>Filinia terminalis</i>	
<i>Keratella cochlearis</i>		.	.	0.3	0.4	.	.	.	0.8
<i>Keratella quadrata</i>		4.2	10.2	16.0	10.9	.	.	1.6	26.4
<i>Polyarthra</i> spp.		2.0	16.9	18.4	29.9	5.0	13.1	1.6	16.1
<i>Lecane</i> sp.		0.2	.	.
97/8/28									
Copepoda									
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>		.	4.7	2.3	5.2	.	.	0.4	3.8
<i>Cyclops vicinus</i>	
Copepodid		.	5.7	10.8	7.8	0.2	0.3	2.1	24.2
Nauplius		0.7	48.6	46.7	15.0	2.2	2.7	2.5	16.7
Cladocera									
<i>Bosmina longirostris</i>		0.7	3.8	7.7	18.7	0.5	1.2	1.3	3.1
<i>Daphnia longispina</i>		0.5	.
Rotifer									
<i>Filinia terminalis</i>		2.7
<i>Keratella cochlearis</i>		0.2	1.2
<i>Keratella quadrata</i>	
<i>Polyarthra</i> spp.		7.5	2156.3	1903.5	519.9	.	.	.	.
<i>Lecane</i> sp.		17.2	31.9	93.3	218.6
97/10/18									
Copepoda									
<i>Acanthodiptomus pacificus</i>		.	12.6	12.9	10.1	.	.	.	.
<i>Cyclops vicinus</i>	
Copepodid		1.3	43.4	46.1	34.3	.	.	.	.
Nauplius		0.5	1.0	2.3	1.8	.	.	.	.
Cladocera									
<i>Bosmina longirostris</i>		.	9.0	35.7	20.4	.	.	.	.
<i>Daphnia longispina</i>		2.5	15.0	20.3	27.1	.	.	.	.
Rotifer									
<i>Filinia terminalis</i>		.	2.0	1.3	3.6	.	.	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>		0.2	0.7	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella quadrata</i>	
<i>Polyarthra</i> spp.	
<i>Lecane</i> sp.		0.7	0.3	0.3	0.9	.	.	.	.

資料

十和田湖における動物プランクトン計数データ (1998年)

牧野 渡

北海道大学水産学部 生物海洋学講座 (〒041-0821 函館市港町3-1-1)

Zooplankton in Lake Towada during the warm season of 1998

Wataru MAKINO

*Biological Oceanography, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho,
Hakodate 041-0821, Japan*

本報は1998年十和田湖沖と沿岸域(鉛山と和井内)の各水深に出現した動物プランクトン類の計数結果である。詳しくは本報告書の牧野を参照されたい。

方法

湖心における甲殻類動物プランクトン定量採集データ (表1)

6月11日からは、ろ水計を装着したプランクトンネット(口径30cm、目合0.1mm)による水深95mからの鉛直曳、それ以前はバンドン採水器で得た湖水10lを、目合40 μ mのメッシュネットですろ過して採集した。バンドン採水器による採水深度は、0、5、10、15、20、30、40、50、60、80mおよび95mである。データは0-95m水柱あたりの個体数密度で表した。なお、この表の算出に用いた生データは表7に示した。

湖心における輪虫類動物プランクトン定量採集データ (表2)

バンドン採水器で得た湖水9-10lを目合40 μ mのメッシュネットですろ過して採集した。バンドン採水器による採水深度は、上と同じである。データは0-95m水柱あたりの個体数密度で表した。この表の算出に用いた生データは表7に示した。

鉛山における動物プランクトン(甲殻類及び輪虫類) 定量採集データ (表3)

バンドン採水器で得た湖水10lを目合40 μ mのメッシュネットですろ過して採集した。バンドン採水器による採水深度は、0、7.5m、および15mである。データは0-15m水柱あたりの個体数密度で表した。

和井内における動物プランクトン(甲殻類及び輪虫類) 定量採集データ (表4)

鉛山における場合と同じである。

甲殻類動物プランクトン鉛直区分採集データ (表5)

6月10日、7月23日、8月11日及び10月11日のそれぞれの日に湖心地点(st.1)で北原式閉鎖型プランクトンネット(口径30cm、目合0.1mm)を用いた鉛直区分採集を湖心にて日中1回行った。採集層は、0-5、5-10、10-15、15-20、20-25、25-30、30-40、40-50、50-60、60-70、70-80m、および80-95mの合計12層である。また7月23-24日には、さざ波山荘沖合(水深約70m、st.2)において、昼夜1回ずつ鉛直区分採集を行い、鉛直移動の有無を確認した。採集層は、0-5、5-10、10-15、15-20、20-25、25-30、30-40、40-50、50-65mの合計9層である。それぞれネットのろ水率を1と仮定し、各水深での個体数密度を求めて表示した。

表1 湖心における甲殻類動物プランクトン定量採集データ. 0-95m水柱平均個体数密度 (inds·l⁻¹).

*) バンドン採水器で得られた試料を計数. nd) no data, ld) low density (< 0.001 inds·l⁻¹).

採集日	<i>Acanthodiatomus pacificus</i>						<i>Daphnia</i>		<i>Bosmina</i>		
	N1-3*	N4-6*	C1-3	C4-5	C6		egg	<i>longispina</i> female	<i>longirostris</i>		egg
					male	female			egg	female	
28 Apr 1998*	0.29	ld	ld	0.03	0.65	0.28	0.07	0.97	0.79	0.06	ld
13 May*	1.20	0.05	ld	ld	0.23	0.14	0.08	0.81	2.01	0.01	ld
27 May*	0.79	0.00	1.20	0.28	0.99	0.21	0.23	1.41	1.51	0.12	0.13
10 Jun	0.92	1.68	1.04	0.01	0.24	0.10	0.23	1.33	1.32	0.15	0.11
17 Jun	nd	nd	1.26	0.06	0.73	0.06	0.13	2.22	0.93	0.62	0.42
25 Jun	0.41	0.39	0.85	0.24	0.31	0.06	0.06	3.48	0.76	0.93	0.35
3 Jul	0.05	0.08	0.06	0.25	0.05	0.04	0.03	1.33	0.84	0.76	0.43
14 Jul	nd	nd	0.01	0.16	0.21	0.20	1.23	5.87	0.90	1.62	0.68
23 Jul	1.65	0.84	0.07	0.00	0.19	0.15	2.17	3.51	0.30	1.37	0.29
29 Jul	1.62	1.49	0.43	0.02	0.25	0.32	1.86	2.40	0.42	1.19	0.05
5 Aug	nd	nd	1.22	0.09	0.22	0.20	1.32	1.58	0.86	0.34	0.03
11 Aug	0.58	0.96	1.70	0.26	0.18	0.18	0.85	2.11	0.75	0.22	0.04
23 Aug	nd	nd	0.99	1.00	0.26	0.25	0.45	2.00	0.36	0.38	0.07
26 Aug	0.27	0.12	0.81	0.93	0.23	0.25	0.42	1.53	0.32	0.29	0.04
9 Sep	0.08	0.02	0.30	1.30	0.29	0.28	0.51	1.40	0.25	0.42	0.08
29 Sep	0.15	0.11	0.03	0.35	0.67	0.59	1.16	0.96	0.31	2.15	0.52
12 Oct	0.09	0.11	0.09	0.06	0.34	0.33	0.99	0.66	0.25	5.09	0.85
28 Oct	0.01	0.02	0.03	0.03	0.15	0.14	0.32	0.52	0.23	3.95	0.23

表2 湖心における輪虫類動物プランクトン定量採集データ. 0-95m水柱平均個体数密度 (inds·l⁻¹).

Kq; *Keratella quadrata*、Kc; *Keratella cochlearis*、Ft; *Filinia terminalis*、Psp; *Polyarthra vulgaris*、Others; その他 (主に *Synchaeta* spp. などのloricaを持たない種類). ld) low density (< 0.001 inds·l⁻¹).

採集日	Kq	Kc	Ft	Psp
28 Apr 1998	0.21	0.64	0.07	ld
13 May	0.31	0.66	0.02	0.01
27 May	1.31	0.66	0.01	0.01
10 Jun	3.02	7.23	0.04	0.02
25 Jun	3.23	6.76	0.04	0.04
3 Jul	1.83	11.73	0.01	0.17
23 Jul	1.26	10.05	0.16	0.11
29 Jul	1.52	15.34	ld	ld
11 Aug	1.27	11.63	0.46	0.23
26 Aug	1.20	13.82	0.18	0.64
9 Sep	0.96	10.17	0.01	0.27
29 Sep	0.74	10.94	0.04	16.44
12 Oct	0.17	11.75	0.07	20.65
28 Oct	0.41	28.53	0.15	18.64

表3 鉛山における動物プランクトン定量採集データ. 0-95m水柱平均個体数密度 (inds·l⁻¹). Kq; *Keratella quadrata*、Kc; *Keratella cochlearis*、Ft; *Filinia terminalis*、Psp; *Polyarthra vulgaris*、Others; その他 (主に *Synchaeta* spp. などのloricaを持たない種類). ld low density (< 0.001 inds·l⁻¹).

甲殻類 採集日	<i>Acanthodiptomus pacificus</i>						egg	<i>Daphnia longispina</i>		<i>Bosmina longirostris</i>	
	N1-3	N4-6	C1-3	C4-5	C6 male	C6 female		female	egg	female	egg
13 May 1998	1.98	0.40	ld	ld	0.25	0.15	ld	0.03	ld	0.03	ld
27 May	0.63	0.53	ld	0.03	0.10	0.05	0.10	0.65	1.03	0.03	ld
25 Jun	0.45	0.25	0.70	0.13	0.10	0.10	0.10	2.35	0.40	1.18	0.10
29 Jul	9.95	3.95	0.40	0.03	0.28	0.65	2.08	1.43	0.23	1.00	0.10
25 Aug	1.00	0.35	1.08	1.68	0.33	0.40	0.35	3.43	0.78	0.33	0.03
29 Sep	0.23	0.35	0.10	0.70	0.75	0.28	0.83	2.95	0.58	5.18	1.15
27 Oct	0.05	0.08	0.08	ld	ld	ld	ld	0.05	ld	4.78	0.43
12 Nov	ld	0.03	0.08	0.10	0.03	0.13	0.53	0.85	0.15	11.25	3.53

輪虫類 採集日	Kq	Kc	Ft	Psp	Others
13 May 1998	0.33	1.20	0.03	0.03	17.70
27 May	0.60	2.73	ld	0.05	21.20
25 Jun	3.43	0.10	0.08	ld	8.55
29 Jul	1.60	2.60	ld	0.25	0.55
25 Aug	0.28	0.53	0.10	2.60	0.25
29 Sep	0.03	0.18	ld	81.00	0.35
27 Oct	0.03	15.00	0.08	88.25	0.28
12 Nov	ld	62.40	0.35	109.00	0.50

表4 和井内における動物プランクトン定量採集データ. 0-95m水柱平均個体数密度 (inds·l⁻¹). Kq; *Keratella quadrata*、Kc; *Keratella cochlearis*、Ft; *Filinia terminalis*、Psp; *Polyarthra vulgaris*、Others; その他 (主に *Synchaeta* spp. などのloricaを持たない種類). ld low density (< 0.001 inds·l⁻¹).

甲殻類 採集日	<i>Acanthodiptomus pacificus</i>						egg	<i>Daphnia longispina</i>		<i>Bosmina longirostris</i>	
	N1-3	N4-6	C1-3	C4-5	C6 male	C6 female		female	egg	female	egg
13 May 1998	1.10	0.08	ld	ld	0.03	0.25	0.20	0.20	0.28	ld	ld
27 May	3.28	2.85	0.20	0.08	1.40	0.43	0.53	1.28	1.23	0.38	0.08
25 Jun	1.08	0.70	5.30	0.85	2.53	0.20	0.15	7.73	1.38	1.63	0.43
29 Jul	7.73	3.08	0.15	0.03	0.10	0.20	1.55	2.05	1.20	1.65	0.35
25 Aug	0.25	0.33	1.40	0.65	0.03	0.15	0.25	4.35	1.08	0.40	0.13
29 Sep	0.18	0.13	0.13	0.35	0.78	0.05	0.13	0.68	0.25	1.35	0.30
27 Oct	ld	0.18	0.13	0.10	0.08	0.20	0.50	0.45	0.15	12.73	2.03
12 Nov	ld	0.08	0.08	0.05	ld	ld	ld	0.48	0.20	10.23	3.88

輪虫類 採集日	Kq	Kc	Ft	Psp	Others
13 May 1998	0.48	1.75	0.03	ld	143.70
27 May	1.60	16.15	0.05	0.05	58.78
25 Jun	5.25	0.08	0.13	0.13	3.30
29 Jul	2.65	3.68	ld	0.18	0.50
25 Aug	0.43	1.75	0.25	1.55	0.45
29 Sep	0.25	0.40	ld	149.30	0.40
27 Oct	ld	16.60	0.10	133.80	0.25
12 Nov	ld	21.55	0.55	146.00	0.35

表5 甲殻類動物プランクトン鉛直区分採集データ. 個体数密度はネットのろ水率を1と仮定して算出. Ap; *Acanthodiaptomus pacificus*, np; nauplii, cp; copepodites, DI; *Daphnia longispina*, BI; *Bosmina longirostris*.

採集日時	採集深度 (m)	個体数密度 (number·m ⁻³)		DI	BI
		Ap np	cp		
St. 1 (湖心: 6-10月)					
10 Jun 1998 10:30	0-5	1758	2573	0	51
	5-10	248	446	45	70
	10-15	2497	3720	389	624
	15-20	497	178	19	51
	20-25	178	102	32	13
	25-30	363	121	102	51
	30-40	67	52	61	0
	40-50	25	25	32	0
	50-60	35	51	76	0
	60-70	41	10	35	0
	70-80	70	40	70	0
80-95	89	41	131	0	
23 Jul 10:30	0-5	16083	1013	9140	529
	5-10	2178	178	2701	280
	10-15	1580	1669	7949	1166
	15-20	580	153	1580	796
	20-25	777	102	2815	1599
	25-30	599	32	452	879
	30-40	669	75	1048	637
	40-50	283	16	471	347
	50-60	162	102	150	197
	60-70	89	5	38	54
	70-80	366	51	137	166
80-95	163	51	115	117	
11 Aug 10:30	0-5	8567	401	19	0
	5-10	1580	548	1236	6
	10-15	1631	6293	5032	248
	15-20	732	5331	4140	503
	20-25	338	1459	338	19
	25-30	236	255	159	13
	30-40	89	67	204	13
	40-50	64	48	86	6
	50-60	118	134	67	6
	60-70	143	56	35	6
	70-80	150	37	41	3
80-95	57	23	149	2	
12 Oct 10:30	0-5	299	280	38	497
	5-10	140	541	656	1783
	10-15	89	631	1159	917
	15-20	13	1268	478	1293
	20-25	0	968	76	1401
	25-30	19	350	76	955
	30-40	3	84	25	255
	40-50	6	64	35	373
	50-60	3	29	19	134
	60-70	6	10	10	73
	70-80	3	22	13	131
80-95	2	13	11	104	
St. 2 (鉛山: 7月)					
23 Jul 1998 20:00	0-5	10828	962	459	688
	5-10	1561	707	2611	605
	10-15	662	459	2121	669
	15-20	879	108	299	376
	20-25	637	38	707	420
	25-30	758	57	236	293
	30-40	376	32	392	570
	40-50	159	16	306	220
	50-65	138	6	210	113
	24 Jul 9:00	0-5	10446	3318	15159	2516
5-10		834	299	1140	471
10-15		293	102	860	758
15-20		344	83	885	745
20-25		452	51	70	561
25-30		357	70	567	389
30-40		220	32	707	382
40-50		240	22	510	264
50-65		174	8	208	98

表6 鉛山および和井内におけるバンドン採集：各層ごとの計数結果（生データ）。各月共に採水量は10リットル。Othersは主に *Synchaeta* spp. 等の lorica を持たない種。

Species name	Categories	鉛山 0m	7.5m	15m	和井内 0m	7.5m	15m
採集日：5月13日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	5	20	34	0	19	6
	N4-6	1	5	5	0	1	1
	C1-3	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	1	8	0	0	1
	C6 Female	0	3	0	0	3	4
	eggs	0	0	0	0	0	8
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	1	1
	C1-6	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	0	1	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	0	1	1	3	1
	eggs	0	0	0	4	3	1
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	4	5	0	6	7
<i>Keratella cochlearis</i>		2	14	18	1	29	11
<i>Filinia</i>		1	0	0	0	0	1
<i>Polyarthra</i>		1	0	0	0	0	0
Others		32	184	308	19	1710	2310
採集日：5月28日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	2	21	0	60	11
	N4-6	0	3	15	0	56	2
	C1-3	0	0	0	0	4	0
	C4-5	0	0	1	0	1	1
	C6 Male	0	0	4	0	6	44
	C6 Female	0	0	2	0	3	11
	eggs	0	0	4	0	4	13
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	5	5
	C1-6	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	0	1	1	3	8
	eggs	0	0	0	0	0	3
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	0	26	1	5	40
	eggs	0	0	41	0	0	49
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	1	22	12	8	36
<i>Keratella cochlearis</i>		1	2	104	18	44	540
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	1	0
<i>Polyarthra</i>		0	1	0	0	1	0
Others		6	36	770	11	640	1060
採集日：6月24日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	7	4	0	20	3
	N4-6	0	4	2	0	10	8
	C1-3	0	5	18	0	93	26
	C4-5	0	1	3	0	14	6
	C6 Male	0	1	2	0	41	19
	C6 Female	0	2	0	0	3	2
	eggs	0	2	0	0	0	6
cyclopoids	N1-6	0	0	1	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	6	35	0	14	37
	eggs	0	0	4	0	6	5
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	6	82	0	73	163
	eggs	0	4	8	0	17	21
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		1	52	32	2	79	50
<i>Keratella cochlearis</i>		0	1	2	0	1	1
<i>Filinia</i>		0	1	1	0	2	1
<i>Polyarthra</i>		0	0	0	0	2	1
Others		14	114	100	10	35	52

表6 続き (1)

Species name	Categories	銀山			和井内		
		0m	7.5m	15m	0m	7.5m	15m
採集日: 7月29日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	125	108	57	198	47	17
	N4-6	42	19	78	61	7	48
	C1-3	3	4	5	0	1	4
	C4-5	0	0	1	0	0	1
	C6 Male	1	0	10	0	1	2
	C6 Female	2	9	6	2	3	0
	eggs	17	24	18	28	17	0
cyclopoids	N1-6	1	0	6	1	5	7
	C1-6	1	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	12	16	0	27	12
	eggs	0	1	2	0	5	4
<i>D. longispina</i>	male	0	0	0	0	0	0
	female	0	16	25	0	37	8
	eggs	0	4	1	0	23	2
<i>Scapholeberis mucronata</i>	male	0	0	0	0	0	0
	female	1	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>	male	0	0	0	0	0	0
	female	1	0	0	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		0	1	62	2	1	102
<i>Filinia</i>		2	1	100	3	2	140
<i>Polyarthra</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		10	0	0	4	1	1
Others		14	2	4	5	5	5
採集日: 8月24日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	1	16	7	1	2	5
	N4-6	2	4	4	0	3	7
	C1-3	2	5	31	1	1	53
	C4-5	0	26	15	1	1	23
	C6 Male	0	5	3	0	0	1
	C6 Female	0	7	2	0	2	2
	eggs	0	4	6	0	5	0
cyclopoids	N1-6	0	0	6	0	1	2
	C1-6	0	0	0	0	1	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	4	5	2	1	12
	eggs	0	0	1	0	0	5
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	27	83	0	72	30
	eggs	0	9	13	0	20	3
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	1	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		1	1	8	0	0	17
<i>Keratella cochlearis</i>		0	0	21	2	6	56
<i>Filinia</i>		0	1	2	0	0	10
<i>Polyarthra</i>		75	5	19	3	7	45
Others		2	2	4	4	4	6
採集日: 9月29日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	2	3	1	2	2	1
	N4-6	1	6	1	2	1	1
	C1-3	0	1	2	0	2	1
	C4-5	0	1	26	0	7	0
	C6 Male	0	3	24	0	15	1
	C6 Female	0	3	5	0	0	2
	eggs	0	12	9	0	0	5
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	1	1
	C1-6	1	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	24	159	2	22	8
	eggs	0	9	28	2	4	2
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	1	38	41	0	4	19
	eggs	0	7	9	0	2	6
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	6	1	0	0	0	0
	eggs	2	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	0	1	0	5	0
<i>Keratella cochlearis</i>		1	2	2	1	5	5
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		980	1050	160	1820	650	2850
Others		6	4	0	4	4	4

表6 続き (2)

Species name	Categories	鉛山			和井内		
		0m	7.5m	15m	0m	7.5m	15m
採集日: 10月27日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	1	0	0	0	0
	N4-6	0	1	1	0	3	1
	C1-3	1	1	0	1	1	2
	C4-5	0	0	0	1	1	1
	C6 Male	0	0	0	0	1	1
	C6 Female	0	0	0	0	3	2
	eggs	0	0	0	0	8	4
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	1
<i>B. longirositris</i>	female	9	60	62	75	139	156
	eggs	1	6	4	15	19	28
<i>D. longispina</i>	male	0	0	1	0	0	0
	female	0	1	0	0	8	2
	eggs	0	0	0	0	3	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	male	0	0	0	0	0	0
	female	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	0	1	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		160	132	176	116	174	200
<i>Filinia</i>		1	0	2	2	1	0
<i>Polyarthra</i>		660	1140	590	1010	1430	1480
Others		3	3	2	2	2	4
採集日: 11月12日							
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	0	0	0	0	0
	N4-6	1	0	0	1	1	0
	C1-3	1	1	0	1	0	2
	C4-5	1	1	1	1	0	1
	C6 Male	0	0	1	0	0	0
	C6 Female	0	2	1	0	0	0
	eggs	0	8	5	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	1	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	36	133	148	36	131	111
	eggs	9	38	56	9	54	38
	male	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	2	10	12	2	4	9
	eggs	0	0	6	0	3	2
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		156	720	900	156	226	254
<i>Filinia</i>		2	2	8	2	7	6
<i>Polyarthra</i>		1000	1200	960	1000	1580	1680
Others		2	6	6	2	4	4

表7 湖心におけるバンドン採集：各層ごとの計数結果（生データ）。Othersは主に*Synchaeta* spp. 等のloricaを持たない種。

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m
98/04/28 (採水量：10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	5	14	2	10	2	1	-	1	2	1
	N4-6	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	C1-3	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	C4-5	0	0	1	0	0	2	0	-	0	0	0
	C6 Male	0	1	7	54	29	7	0	-	1	0	0
	C6 Female	0	1	1	12	13	6	1	-	1	0	0
	eggs	0	0	0	5	5	0	0	-	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	1	1	0	1	1	2	-	0	0	2
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	0	1	6	1	0	1	-	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	1	0	1	6	9	15	14	-	13	3	19
	eggs	0	0	0	2	2	7	11	-	19	2	10
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	8	6	6	6	5	0	-	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		0	24	17	26	19	9	2	-	0	0	1
<i>Filinia</i>		0	0	0	1	0	3	2	-	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
Others		2	189	186	456	360	201	276	-	198	240	395
98/05/12 (採水量：10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	14	14	27	16	19	15	12	-	6	8	12
	N4-6	2	0	0	1	0	2	0	-	1	0	0
	C1-3	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	C4-5	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	C6 Male	0	1	9	7	4	4	1	-	1	1	1
	C6 Female	0	1	2	3	2	1	4	-	1	0	0
	eggs	0	4	6	6	0	0	0	-	0	0	0
cyclopoids	N1-6	1	0	1	0	0	2	1	-	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	1	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	0	1	2	1	5	3	-	18	8	20
	eggs	0	0	0	0	0	13	8	-	50	18	46
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		1	4	5	8	8	7	4	-	0	0	2
<i>Keratella cochlearis</i>		19	8	18	21	17	13	3	-	1	1	1
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	0	2	0	0	0	0	-	0	0	0
Others		310	380	1500	1480	1480	1140	820	-	710	402	248
98/05/27 (採水量：10リットル, 95mのみ6リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	9	23	7	2	3	6	-	3	3	6
	N4-6	0	6	24	2	3	1	0	-	0	0	3
	C1-3	0	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
	C4-5	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	C6 Male	1	2	14	103	36	1	0	-	0	0	8
	C6 Female	0	0	10	10	7	0	1	-	1	0	2
	eggs	0	0	12	13	11	0	0	-	0	0	2
cyclopoids	N1-6	0	0	0	2	0	0	0	-	0	0	0
	C1-6	0	0	1	1	0	0	0	-	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	0	0	13	2	0	2	0	-	0	0	2
	eggs	0	0	22	2	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	0	17	82	67	3	3	-	5	6	8
	eggs	0	0	0	65	21	6	11	-	10	20	23
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0

表7 続き (1)

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m*
98/05/27の続き												
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		3	9	87	55	37	13	2	-	0	0	6
<i>Keratella cochlearis</i>		6	1	19	37	38	1	0	-	1	0	1
<i>Filinia</i>		0	0	0	1	0	0	0	-	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
Others		1	65	590	600	1090	1960	307	-	43	44	224
98/06/10 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	14	26	47	35	4	1	0	1	0	3
	N4-6	0	20	18	65	106	13	0	0	0	0	0
	C1-3	0	36	62	44	20	0	1	0	0	0	0
	C4-5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	10	21	14	7	1	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	1	0	8	6	0	0	0	0	1	0
	eggs	0	0	0	21	13	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	4	0	1	0	2	0	0
	C1-6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>B. longirostris</i>	female	0	0	8	13	7	2	0	0	12	0	0
	eggs	0	0	5	9	0	7	0	0	13	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	5	45	81	69	4	2	5	1	2	17
	eggs	0	0	0	27	37	6	3	9	2	0	46
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	37	67	185	42	67	8	3	1	0	3
<i>Keratella cochlearis</i>		2	19	53	530	393	10	4	1	2	2	1
<i>Filinia</i>		0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Others		0	180	335	240	247	1200	500	143	60	17	19
稚魚		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
98/06/25 (採水量: 10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	19	18	8	2	2	2	3	1	3	1
	N4-6	0	9	18	12	13	5	2	1	0	0	0
	C1-3	0	35	57	28	14	3	0	0	0	0	0
	C4-5	0	3	5	10	5	1	2	0	0	0	0
	C6 Male	2	5	21	5	3	2	0	0	0	0	1
	C6 Female	0	0	2	2	0	0	1	0	1	1	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	2	0	0	0	0	0	1	0	6	0
	C1-6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i>	female	0	15	39	43	17	13	2	2	0	0	0
	eggs	0	4	12	15	6	3	1	2	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	1	16	220	104	40	21	14	6	2	2	12
	eggs	0	2	28	14	10	15	8	7	0	0	25
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		1	75	115	48	75	60	40	22	4	0	5
<i>Keratella cochlearis</i>		0	0	2	3	29	370	160	42	18	6	11
<i>Filinia</i>		0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0
Others		60	270	290	300	215	190	250	220	100	110	87
98/07/03 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	-
	N4-6	1	2	2	1	1	1	1	0	0	0	-
	C1-3	1	2	2	4	2	0	0	0	0	0	-
	C4-5	1	8	11	11	2	0	0	0	0	0	-
	C6 Male	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	-
	C6 Female	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	-
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

表7 続き (2)

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m
98/07/03の続き												
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	0	1	0	2	0	9	-
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>B. longirostris</i>	female	3	49	51	39	28	9	0	2	1	0	-
	eggs	0	9	19	18	18	6	0	1	0	0	-
<i>D. longispina</i>	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	female	9	81	32	56	46	1	0	2	1	0	-
	eggs	0	15	18	53	48	0	0	0	3	0	-
<i>Scapholeberis mucronata</i>	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>Keratella quadrata</i>	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>Keratella quadrata</i>		21	35	62	51	31	17	5	3	0	4	-
<i>Keratella cochlearis</i>		13	24	280	680	300	75	19	11	8	7	-
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
<i>Polyarthra</i>		2	1	5	3	4	0	4	0	0	0	-
Others		30	146	310	88	65	24	22	7	3	0	-
98/07/23 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	106	144	55	14	3	2	1	1	0	0	2
	N4-6	45	77	37	1	4	0	0	0	0	0	0
	C1-3	1	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	7	1	3	30	6	0	0	0	0	0	0
	C6 Female	9	11	3	11	3	0	0	0	0	0	0
	eggs	70	104	7	100	27	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	2	0	1	1	1	0	2	0
	C1-6	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i>	female	12	13	11	65	64	31	30	26	2	2	2
	eggs	0	0	1	8	20	7	9	4	0	2	2
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	42	129	127	209	64	14	15	8	3	3	0
	eggs	3	14	7	15	3	3	5	7	1	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	2	1	34	44	21	21	11	2	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		0	0	0	42	238	404	134	87	15	4	7
<i>Filinia</i>		0	0	0	19	1	2	1	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		2	2	1	2	4	1	1	1	0	0	0
Others		0	11	2	9	6	2	-1	0	0	0	0
98/07/29 (採水量: 10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	30	129	82	59	4	1	1	0	0	3	2
	N4-6	20	51	47	144	19	1	1	0	0	0	1
	C1-3	0	6	15	16	5	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	1	4	25	7	0	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	4	7	8	2	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	25	59	45	21	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	1	0	2	4	0	0	0	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i>	female	1	12	22	58	32	9	12	6	7	3	1
	eggs	0	0	1	1	6	2	1	1	1	0	1
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	2	62	60	16	8	22	11	3	4	1
	eggs	0	2	14	8	3	1	7	5	1	1	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	2	1	80	50	21	28	9	3	1	1
<i>Keratella cochlearis</i>		0	1	3	450	740	340	180	55	39	16	19
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Others		0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0

表7 続き(3)

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m
98/08/11 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	11	53	20	15	2	0	0	1	0	0	0
	N4-6	8	72	33	34	13	1	0	0	0	0	0
	C1-3	0	19	35	136	67	2	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	3	15	14	2	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	0	0	8	6	2	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	14	4	25	21	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	1	1	1	3	1	0	1	0	3	0
	C1-6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>B. longirostris</i>	female	0	0	0	12	5	0	1	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	9	65	101	40	7	4	1	0	0	4
	eggs	0	2	37	13	1	8	4	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	1	0	39	8	41	37	1	1	0	3
<i>Keratella cochlearis</i>		2	0	0	21	435	530	69	15	11	11	10
<i>Filinia</i>		0	0	0	11	12	1	1	1	0	12	1
<i>Polyarthra</i>		0	19	6	3	4	2	1	0	0	0	0
Others		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
稚魚		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98/08/26 (採水量: 10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	6	7	9	10	5	2	1	1	1		2
	N4-6	1	5	1	1	9	1	0	0	0	0	0
	C1-3	0	0	2	11	48	33	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	3	42	44	60	13	1	0	0	0
	C6 Male	0	5	5	15	17	10	3	1	0	0	0
	C6 Female	0	1	6	28	12	9	3	0	0	0	0
	eggs	0	0	13	80	34	0	5	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	1	0	2	0	2	10	3	2	1	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1
<i>B. longirostris</i>	female	0	1	4	6	4	2	5	2	0	2	1
	eggs	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	1	16	50	113	67	26	2	3	0	1	0
	eggs	0	2	11	20	11	18	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	2	0	0	17	54	22	2	5	0	20
<i>Keratella cochlearis</i>		1	1	0	2	73	600	590	42	8	6	2
<i>Filinia</i>		0	0	0	1	9	5	2	0	2	0	0
<i>Polyarthra</i>		15	48	7	5	7	6	6	5	3	0	0
Others		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98/09/09 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0
	N4-6	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	C1-3	0	0	2	16	17	5	3	0	0	0	0
	C4-5	0	1	5	26	34	38	12	6	0	0	0
	C6 Male	0	0	1	7	9	3	2	0	0	0	0
	C6 Female	0	0	2	4	8	4	3	1	0	0	0
	eggs	0	0	6	8	14	7	6	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	0	0	3	2	0	2	0
	C1-6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i>	female	0	0	27	18	3	1	1	0	0	0	0
	eggs	0	0	8	5	0	0	1	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	0	45	60	67	29	2	2	1	1	2
	eggs	0	0	13	10	10	12	1	0	1	0	1
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表7 続き (4)

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m
98/09/09 続き												
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	0	0	8	70	20	4	0	1	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>		0	0	0	7	101	284	238	148	61	12	10
<i>Filinia</i>		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		0	30	8	2	0	2	0	1	0	0	0
Others		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
稚魚		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98/09/29 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	14	7	5	0	0	0	0	1	0	0
	N4-6	2	9	9	0	0	0	0	1	0	0	0
	C1-3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	3	12	16	7	3	0	0	0	0
	C6 Male	0	2	5	29	19	8	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	1	13	5	9	12	0	1	0	0	0
	eggs	0	0	52	15	31	8	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	1	3	3	0	1	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. longirostris</i>	female	0	10	29	58	149	49	11	6	7	2	1
	eggs	0	2	4	22	48	6	0	2	1	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. longispina</i>	female	0	19	75	42	23	1	0	0	0	0	0
	eggs	0	2	27	9	14	2	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		0	0	0	2	60	18	1	3	1	0	1
<i>Keratella cochlearis</i>		0	0	0	1	244	618	154	41	6	10	22
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0
<i>Polyarthra</i>		184	1890	910	103	15	0	3	40	3	3	0
Others		6	3	1	2	0	0	0	2	2	0	0
98/10/12 (採水量: 9リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	2	2	1	0	1	1	0	1	1	0
	N4-6	0	9	7	4	0	0	0	0	0	0	0
	C1-3	0	5	5	4	3	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	1	9	16	39	3	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	6	10	13	13	3	0	0	0	0	0
	eggs	0	27	40	53	33	0	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i>	female	0	49	122	194	200	33	9	3	7	8	7
	eggs	0	1	21	40	37	3	0	0	1	1	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	5	31	56	17	2	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	10	20	9	2	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>mucronata</i>	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		2	1	1	1	4	4	1	0	1	1	2
<i>Keratella cochlearis</i>		2	1	1	1	280	515	68	68	37	25	57
<i>Filinia</i>		0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1
<i>Polyarthra</i>		23	1160	955	750	200	163	13	1	0	0	1
Others		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表7 続き (5)

Species name	Categories	0m	5m	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m	80m	95m
98/10/28 (採水量: 10リットル)												
<i>A. pacificus</i>	N1-3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	N4-6	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	C1-3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	C4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6 Male	0	1	1	3	2	3	0	0	0	0	0
	C6 Female	0	2	0	2	1	3	1	0	0	0	0
	eggs	0	4	0	0	8	2	0	0	0	0	0
cyclopoids	N1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C1-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirositris</i>	female	4	75	181	115	62	5	7	2	1	1	2
	eggs	0	1	11	4	4	0	1	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>D. longispina</i>	female	0	6	12	22	36	1	1	0	0	0	0
	eggs	0	8	9	2	26	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	female	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	male	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella quadrata</i>		1	1	0	1	1	14	9	5	1	3	3
<i>Keratella cochlearis</i>		37	21	115	194	425	1290	548	90	32	28	256
<i>Filinia</i>		1	1	0	2	10	2	1	0	1	0	0
<i>Polyarthra</i>		126	1240	520	400	294	205	95	61	31	13	11
Others		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料

十和田湖における魚類データ(1997年)

長崎勝康¹・水谷寿²・鈴木俊哉³・帰山雅秀⁴

¹青森県内水面水産試験場(〒034-0041 十和田市大字相坂字白上344-10)、²秋田県水産振興センター(〒010-0531 男鹿市船川港台島字鶴の崎16)、³水産庁さけ・ます資源管理センター(〒062-0922 札幌市豊平区中の島2-2)、⁴北海道東海大学(〒005-8601 札幌市南区南沢5条1丁目1-1)

Lake Towada lacustrine Sockeye Salmon data for 1997

Masayasu NAGASAKI¹, Hitoshi MIZUTANI², Toshiya SUZUKI³ and Masahide KAERIYAMA⁴

¹Aomori Prefectural Freshwater Fishery Research Center, 344-10 Aisaka, Towada, Aomori 034-0041, Japan,

²Akita Prefectural Institute of Fishery and Fishery Management, 16 Unosaki, Oga, Akita 010-0531, Japan,

³National Salmon Resources Center, 2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062-0922, Japan and ⁴Hokkaido

Tokai University, 5-1-1 Minamisawa, Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan

本報は、1997年度に十和田湖において青森県内水面水産試験場により採集されたヒメマス(湖沼型ベニザケ、*Oncorhynchus nerka*)とその他の魚類(ワカサギ、イトヨ等)の生物情報に関する体サイズ及び胃内容物等のデータベースである。本年度は、残念ながら漁業者及び遊魚者により漁(釣)獲された標本の情報は得られなかった。

表1は採集日毎の採集場所と刺網のそれぞれの目合で獲られた魚類の個体数と網数を示す。各行にはそれぞれシート番号が付けられている。また、漁具の項の記号と数値は刺網(G)と目合サイズ(mm)を表す。

表2は、採集された各魚類の個体毎の体サイズ、性別、生殖腺重量、年齢、胃内容物を示す。シート番号は表1のシート番号と一致する。漁具は必要に応じて刺網(G)、曳網(P)、投網(C)などに分類されるが、1997年度の漁具は刺網のみである。漁具の項の数値は目合サイズ(mm)を表す。

体サイズは体長(標準体長BL(cm))と体重(BW(g))で示してある。性は雄を1、雌を0で示した。左右両方の生殖腺の重量を生殖腺重量(g)とした。年齢は、明け(+)年齢で示した。取り出した胃内容物は出現頻度法により算出し

た。胃内容物において、最も卓越する餌生物を優占種1とし、次いで多く出現した餌生物を優占種2とした。備考に、その他の生物情報(例えば、標識の有無と部位)を記した。

表1 十和田湖魚類採集情報

	年月日	採集場所	採集者	漁具	反数	ヒメマス	ワカサギ	サクラマス	イトヨ	ギンツナ	ウキゴリ	合計
1	97/5/22	和井内	青森内水試	刺網51	1	8	0	0	0	0	0	8
2	97/5/22	和井内	青森内水試	刺網38	1	10	0	0	0	0	0	10
3	97/5/22	和井内	青森内水試	刺網30	1	8	0	0	0	0	0	8
4	97/5/22	和井内	青森内水試	刺網23	1	2	4	0	2	0	0	8
5	97/5/22	和井内	青森内水試	刺網16	1	0	2	0	0	0	0	2
6	97/6/13	和井内	青森内水試	刺網51	1	2	0	0	0	0	0	2
7	97/6/13	和井内	青森内水試	刺網38	1	110	0	0	0	0	0	110
8	97/6/13	和井内	青森内水試	刺網30	1	75	0	0	0	0	0	75
9	97/6/13	和井内	青森内水試	刺網23	1	12	32	0	2	0	0	46
10	97/6/13	和井内	青森内水試	刺網16	1	1	253	0	0	0	0	254
11	97/8/8	和井内	青森内水試	刺網51	1	31	0	0	0	0	0	31
12	97/8/8	和井内	青森内水試	刺網38	1	34	0	0	0	0	1	35
13	97/8/8	和井内	青森内水試	刺網30	1	31	0	0	3	90	1	125
14	97/8/8	和井内	青森内水試	刺網23	1	12	10	0	15	0	0	37
15	97/8/8	和井内	青森内水試	刺網16	1	0	120	0	1	0	0	121
16	97/10/16	和井内	青森内水試	刺網51	1	2	0	0	0	9	0	11
17	97/10/16	和井内	青森内水試	刺網38	1	31	0	0	0	6	0	37
18	97/10/16	和井内	青森内水試	刺網30	1	12	0	0	0	0	0	12
19	97/10/16	和井内	青森内水試	刺網23	1	8	28	1	3	0	0	40
20	97/10/16	和井内	青森内水試	刺網16	1	0	25	0	0	0	0	25

表2 和井内で採集された各魚類の体サイズ及び胃内容物. n. d. は no data を示す. 胃内容物重量の0は <1mg, e は empty を示す.

シ-ト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容物重量	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	mg	優占種1	優占種2
1	1	97/5/22	G51	ヒメマス	23.2	152.4	0	3.28	5	n.d.	
2	1	97/5/22	G51	ヒメマス	23.4	146.2	1	0.03	3	63	ユスリカ蛹
3	1	97/5/22	G51	ヒメマス	23.2	148.2	0	1.29	5	n.d.	
4	1	97/5/22	G51	ヒメマス	20.3	93.0	1	0.04	3	230	ユスリカ蛹
5	1	97/5/22	G51	ヒメマス	22.1	129.8	1	0.30	5	410	ユスリカ蛹
6	1	97/5/22	G51	ヒメマス	22.7	137.2	0	0.56	4	637	ユスリカ蛹 陸生昆虫
7	1	97/5/22	G51	ヒメマス	19.5	88.2	1	0.02	n.d.	250	ユスリカ蛹
8	1	97/5/22	G51	ヒメマス	20.7	118.0	1	0.18	3	2050	ユスリカ蛹 昆虫
9	2	97/5/22	G38	ヒメマス	18.9	85.1	1	0.12	2	629	ユスリカ蛹 昆虫
10	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.9	57.6	0	0.07	2	322	ユスリカ蛹 昆虫
11	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.7	54.5	1	0.01	2	30	ユスリカ蛹
12	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.6	53.0	1	0.01	2	233	ユスリカ蛹 陸生昆虫
13	2	97/5/22	G38	ヒメマス	17.3	59.8	1	0.01	n.d.	294	ユスリカ蛹 陸生昆虫
14	2	97/5/22	G38	ヒメマス	15.3	37.1	1	0.01	2	50	ユスリカ蛹
15	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.3	52.0	0	0.07	2	438	ユスリカ蛹
16	2	97/5/22	G38	ヒメマス	19.1	86.5	1	0.11	3	398	ユスリカ蛹 昆虫
17	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.8	56.5	1	0.01	2	211	ユスリカ蛹
18	2	97/5/22	G38	ヒメマス	16.7	50.6	1	0.01	1	67	ユスリカ蛹
19	3	97/5/22	G30	ヒメマス	14.9	37.4	0	0.04	1	109	ユスリカ蛹
20	3	97/5/22	G30	ヒメマス	13.4	25.6	1	0.01	1	237	ユスリカ蛹 昆虫
21	3	97/5/22	G30	ヒメマス	16.0	48.9	0	0.05	2	255	ユスリカ蛹 陸生昆虫
22	3	97/5/22	G30	ヒメマス	13.7	29.0	1	0.01	1	110	ユスリカ蛹
23	3	97/5/22	G30	ヒメマス	13.7	28.5	0	0.05	n.d.	355	ユスリカ蛹 陸生昆虫
24	3	97/5/22	G30	ヒメマス	13.1	24.9	1	0.01	1	92	ユスリカ蛹
25	3	97/5/22	G30	ヒメマス	14.0	29.2	1	0.01	1	113	ユスリカ蛹
26	3	97/5/22	G30	ヒメマス	14.1	28.3	1	0.01	1	118	ユスリカ蛹
27	4	97/5/22	G28	ヒメマス	13.9	24.1	1	0.01	1	55	ユスリカ蛹
28	4	97/5/22	G28	ヒメマス	12.5	22.6	1	0.01	1	115	ユスリカ蛹 陸生昆虫
29	4	97/5/22	G23	ワカサギ	11.0	14.6	0	2.92	n.d.	10	Copepoda 昆虫
30	4	97/5/22	G23	ワカサギ	10.6	14.8	0	4.78	n.d.	39	ユスリカ蛹
31	4	97/5/22	G23	ワカサギ	10.9	16.3	0	4.65	n.d.	5	ユスリカ蛹
32	4	97/5/22	G23	ワカサギ	10.8	15.8	0	4.54	n.d.	e	

表2 続き (1)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2
33	4	97/5/22	G23	イトヨ	9.2	10.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
34	4	97/5/22	G23	イトヨ	9.1	11.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
35	5	97/5/22	G18	ワカサギ	7.3	3.4	n.d.	n.d.	n.d.	6	Copepoda
36	5	97/5/22	G18	ワカサギ	7.0	3.4	n.d.	n.d.	n.d.	27	Copepoda
37	6	97/6/13	G51	ヒメマス	22.7	133.1	0	0.53	5	177	陸生昆虫
38	6	97/6/13	G51	ヒメマス	18.5	72.9	0	0.18	n.d.	210	陸生昆虫
39	6	97/6/13	G51	ワカサギ	10.5	11.8	1	0.25	n.d.	e	
40	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.8	82.2	0	0.16	2	95	陸生昆虫
41	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.4	65.8	1	0.02	2	197	陸生昆虫
42	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	78.1	0	0.25	n.d.	273	陸生昆虫
43	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	76.7	0	0.18	2	406	陸生昆虫
44	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.5	66.2	0	0.14	2	41	Bosmina
45	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	78.4	0	0.16	2	275	陸生昆虫
46	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	77.6	0	0.16	2	516	陸生昆虫
47	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.0	61.7	1	0.01	2	69	Bosmina
48	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	72.4	1	0.01	n.d.	43	昆虫
49	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	81.7	0	0.15	2	576	陸生昆虫
50	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	73.5	1	0.01	n.d.	n.d.	
51	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	70.9	0	0.10	2	n.d.	
52	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.2	70.3	1	0.01	2	n.d.	
53	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.5	85.8	n.d.	n.d.	2	n.d.	
54	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	79.2	1	0.01	2	n.d.	
55	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	75.6	0	0.16	n.d.	n.d.	
56	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.7	85.8	0	0.18	n.d.	n.d.	
57	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	77.0	0	0.22	n.d.	n.d.	
58	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.1	68.8	0	0.12	2	n.d.	
59	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.7	73.8	1	0.01	2	445	陸生昆虫
60	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.1	80.4	1	0.02	2	n.d.	
61	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	75.1	0	0.20	n.d.	n.d.	
62	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	70.1	0	0.12	n.d.	n.d.	
63	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	74.6	1	0.01	3	n.d.	
64	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	67.2	0	0.12	2	n.d.	
65	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	84.0	1	0.01	2	1007	陸生昆虫
66	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.1	82.0	0	0.20	2	n.d.	
67	7	97/6/13	G38	ヒメマス	16.7	52.7	0	0.09	2	n.d.	
68	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.3	92.5	0	0.20	3	n.d.	
69	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.2	73.5	0	0.16	n.d.	634	陸生昆虫
70	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	72.7	0	n.d.	n.d.	n.d.	
71	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	75.6	0	n.d.	n.d.	n.d.	
72	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.5	65.9	0	n.d.	n.d.	n.d.	
73	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	73.4	1	n.d.	n.d.	n.d.	
74	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.8	105.2	1	n.d.	n.d.	n.d.	
75	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.9	84.3	0	n.d.	n.d.	n.d.	
76	7	97/6/13	G38	ヒメマス	22.9	163.1	0	0.63	n.d.	1120	陸生昆虫
77	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.5	88.3	0	n.d.	n.d.	n.d.	
78	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.6	85.3	0	n.d.	n.d.	n.d.	
79	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.2	74.6	1	n.d.	n.d.	n.d.	
80	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.0	82.9	0	n.d.	n.d.	n.d.	
81	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	82.6	1	n.d.	n.d.	n.d.	
82	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	75.2	1	n.d.	n.d.	n.d.	
83	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.1	81.8	0	n.d.	n.d.	n.d.	
84	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	69.6	1	n.d.	n.d.	n.d.	
85	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	70.8	1	n.d.	n.d.	n.d.	
86	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	73.8	0	n.d.	n.d.	301	陸生昆虫
87	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.7	72.6	0	n.d.	n.d.	n.d.	
88	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.5	72.9	1	n.d.	n.d.	n.d.	
89	7	97/6/13	G38	ヒメマス	21.0	96.5	1	n.d.	n.d.	n.d.	
90	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	72.3	1	n.d.	n.d.	n.d.	

表2 続き (2)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容物重量	胃内容物	胃内容物	
												No.	mm	g	M=1 F=0	重量	X+	mg	優占種1	優占種2
91	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	75.5	0	n.d.	n.d.	n.d.		
92	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.8	88.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
93	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	73.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
94	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.2	63.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
95	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.4	90.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
96	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.7	87.0	1	n.d.	n.d.	n.d.		
97	7	97/6/13	G38	ヒメマス	17.2	56.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
98	7	97/6/13	G38	ヒメマス	17.6	59.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
99	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.0	92.6	0	n.d.	n.d.	n.d.		
100	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	78.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
101	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	77.1	0	n.d.	n.d.	n.d.		
102	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.0	67.3	1	n.d.	n.d.	n.d.		
103	7	97/6/13	G38	ヒメマス	17.5	63.7	0	n.d.	n.d.	n.d.		
104	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.5	80.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
105	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.7	86.7	0	n.d.	n.d.	n.d.		
106	7	97/6/13	G38	ヒメマス	23.3	140.5	0	n.d.	n.d.	2632	陸生昆虫	
107	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	83.3	0	n.d.	n.d.	n.d.		
108	7	97/6/13	G38	ヒメマス	22.2	129.7	0	n.d.	n.d.	1151	陸生昆虫	
109	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.7	89.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
110	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.3	89.6	1	n.d.	n.d.	n.d.		
111	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	77.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
112	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.3	93.3	0	n.d.	n.d.	n.d.		
113	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	81.3	?	n.d.	n.d.	n.d.		
114	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	74.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
115	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	76.3	0	n.d.	n.d.	n.d.		
116	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	73.8	0	n.d.	n.d.	n.d.		
117	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.6	81.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
118	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.7	87.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
119	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	70.8	0	n.d.	n.d.	n.d.		
120	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	81.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
121	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	75.6	1	n.d.	n.d.	n.d.		
122	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	66.0	1	n.d.	n.d.	n.d.		
123	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.6	74.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
124	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.5	68.6	0	n.d.	n.d.	n.d.		
125	7	97/6/13	G38	ヒメマス	16.7	53.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
126	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	81.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
127	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	74.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
128	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	76.1	0	n.d.	n.d.	n.d.		
129	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	82.6	1	n.d.	n.d.	n.d.		
130	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.5	84.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
131	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.7	74.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
132	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.3	80.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
133	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	82.8	0	n.d.	n.d.	n.d.		
134	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.3	65.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
135	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.2	67.7	1	n.d.	n.d.	n.d.		
136	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	77.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
137	7	97/6/13	G38	ヒメマス	20.0	88.0	1	n.d.	n.d.	n.d.		
138	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.8	76.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
139	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.0	78.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
140	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	77.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
141	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.2	84.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
142	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	73.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
143	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.5	77.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
144	7	97/6/13	G38	ヒメマス	23.4	133.6	0	n.d.	3	n.d.		
145	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.5	81.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
146	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.6	85.7	0	n.d.	n.d.	n.d.		
147	7	97/6/13	G38	ヒメマス	18.9	77.7	0	n.d.	n.d.	n.d.		
148	7	97/6/13	G38	ヒメマス	17.8	67.5	0	n.d.	n.d.	n.d.		

表2 続き (3)

No.	シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
					mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2
149	7	97/6/13	G38	ヒメマス	19.4	79.7	1	n.d.	n.d.	n.d.		
150	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	77.6	1	n.d.	n.d.	580	陸生昆虫	
151	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.6	60.6	0	n.d.	n.d.	476	陸生昆虫	ユスリカ蛹
152	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.2	65.6	1	n.d.	n.d.	395	陸生昆虫	
153	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.6	82.7	1	n.d.	n.d.	222	陸生昆虫	
154	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.7	58.8	0	n.d.	n.d.	132	陸生昆虫	
155	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.1	65.4	0	n.d.	n.d.	148	陸生昆虫	
156	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.6	83.4	n.d.	n.d.	n.d.	516	陸生昆虫	
157	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.3	80.3	0	n.d.	n.d.	251	陸生昆虫	
158	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.1	78.6	0	n.d.	n.d.	240	陸生昆虫	ユスリカ蛹
159	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.2	86.8	0	n.d.	n.d.	583	陸生昆虫	
160	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.4	66.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
161	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.5	71.7	0	n.d.	n.d.	n.d.		
162	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.0	67.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
163	8	97/6/13	G30	ヒメマス	14.7	37.3	n.d.	n.d.	1	289	陸生昆虫	Copepoda
164	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.2	76.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
165	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	73.5	1	n.d.	n.d.	n.d.		
166	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.2	68.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
167	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.5	72.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
168	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.4	70.5	0	n.d.	n.d.	n.d.		
169	8	97/6/13	G30	ヒメマス	21.9	113.2	0	0.43	5	602	陸生昆虫	
170	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	75.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
171	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.5	71.3	0	n.d.	n.d.	n.d.		
172	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.4	57.1	0	n.d.	n.d.	n.d.		
173	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.5	78.0	0	n.d.	n.d.	n.d.		
174	8	97/6/13	G30	ヒメマス	20.3	92.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
175	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.1	74.6	1	n.d.	n.d.	n.d.		
176	8	97/6/13	G30	ヒメマス	16.5	49.8	1	n.d.	1	115	陸生昆虫	ユスリカ蛹
177	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.3	54.1	0	n.d.	1	37	陸生昆虫	
178	8	97/6/13	G30	ヒメマス	16.8	53.9	1	n.d.	2	134	陸生昆虫	
179	8	97/6/13	G30	ヒメマス	13.6	29.0	0	n.d.	1	69	陸生昆虫	
180	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.9	74.3	1	n.d.	n.d.	n.d.		
181	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.3	79.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
182	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	72.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
183	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.3	61.9	0	n.d.	n.d.	n.d.		
184	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.8	67.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
185	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.7	70.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
186	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.9	77.6	0	n.d.	n.d.	n.d.		
187	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	65.5	0	n.d.	3	n.d.		
188	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.7	85.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
189	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.3	78.7	1	n.d.	n.d.	n.d.		
190	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	79.3	0	n.d.	n.d.	n.d.		
191	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.3	66.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
192	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.3	69.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
193	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.8	84.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
194	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.7	75.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
195	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	71.5	0	n.d.	n.d.	n.d.		
196	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.5	70.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
197	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	77.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
198	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.8	81.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
199	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	73.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
200	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.7	88.9	1	n.d.	n.d.	n.d.		
201	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	74.1	0	n.d.	n.d.	n.d.		
202	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.7	73.2	0	n.d.	n.d.	n.d.		
203	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.0	76.8	1	n.d.	n.d.	n.d.		
204	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	71.0	1	n.d.	n.d.	n.d.		
205	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.0	55.4	0	n.d.	n.d.	186	陸生昆虫	
206	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.4	62.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		

表2 続き (4)

No.	シト	年月日	漁具	魚種	体長 mm	体重 g	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
							M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2
207	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.0	58.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
208	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.6	58.6	1	n.d.	n.d.	n.d.		
209	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.0	78.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
210	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.3	69.7	1	n.d.	n.d.	n.d.		
211	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.3	78.4	1	n.d.	n.d.	n.d.		
212	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.7	74.2	1	n.d.	n.d.	n.d.		
213	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.5	78.4	0	n.d.	n.d.	n.d.		
214	8	97/6/13	G30	ヒメマス	20.0	86.3	1	n.d.	n.d.	n.d.		
215	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.2	68.7	1	n.d.	2	n.d.		
216	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	73.9	0	n.d.	2	n.d.		
217	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.8	75.3	0	n.d.	2	n.d.		
218	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.5	79.5	0	n.d.	2	n.d.		
219	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.7	71.9	0	n.d.	2	n.d.		
221	8	97/6/13	G30	ヒメマス	18.6	72.9	0	n.d.	2	n.d.		
222	8	97/6/13	G30	ヒメマス	19.0	73.3	0	n.d.	2	n.d.		
223	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.3	60.3	0	n.d.	2	n.d.		
224	8	97/6/13	G30	ヒメマス	17.9	63.6	0	n.d.	2	n.d.		
225	9	97/6/13	G23	ヒメマス	19.3	82.0	0	n.d.	2	358	陸生昆虫	
226	9	97/6/13	G23	ヒメマス	16.6	53.3	0	n.d.	2	109	陸生昆虫	
227	9	97/6/13	G23	ヒメマス	19.0	81.8	0	n.d.	2	342	陸生昆虫	
228	9	97/6/13	G23	ヒメマス	18.7	72.7	1	n.d.	2	175	陸生昆虫	
229	9	97/6/13	G23	ヒメマス	17.0	56.7	1	n.d.	n.d.	196	陸生昆虫	
230	9	97/6/13	G23	ヒメマス	18.6	70.0	0	n.d.	2	252	陸生昆虫	
231	9	97/6/13	G23	ヒメマス	19.3	82.9	1	n.d.	n.d.	624	陸生昆虫	
232	9	97/6/13	G23	ヒメマス	15.2	38.5	0	n.d.	1	72	陸生昆虫	
233	9	97/6/13	G23	ヒメマス	18.8	77.8	1	n.d.	2	345	陸生昆虫	
234	9	97/6/13	G23	ヒメマス	11.3	15.5	1	n.d.	1	61	ユスリカ蛹	陸生昆虫
235	9	97/6/13	G23	ヒメマス	14.2	31.4	1	n.d.	1	85	陸生昆虫	ユスリカ蛹
236	9	97/6/13	G23	ヒメマス	11.2	19.0	0	n.d.	1	40	ユスリカ蛹	
237	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.8	16.7	0	4.64	n.d.	e		
238	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.3	14.5	0	3.44	n.d.	5	Copepoda	
239	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.0	13.8	0	4.55	n.d.	e		
240	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.7	16.8	1	0.33	n.d.	71	Copepoda	ワカサギ卵
241	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.1	16.4	0	4.00	n.d.	e		
242	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.1	12.3	n.d.	0.06	n.d.	e		
243	9	97/6/13	G23	ワカサギ	12.0	18.9	n.d.	0.03	n.d.	n.d.		
244	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.3	12.9	n.d.	0.10	n.d.	e		
245	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.6	16.6	0	5.68	n.d.	e		
246	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.4	12.4	n.d.	0.07	n.d.	e		
247	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.4	14.8	0	3.34	n.d.	n.d.		
248	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.0	15.1	0	4.44	n.d.	n.d.		
249	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.8	15.8	1	0.89	n.d.	n.d.		
250	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.2	17.1	1	0.74	n.d.	n.d.		
251	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.5	13.0	0	2.66	n.d.	n.d.		
252	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.0	10.0	0	3.10	n.d.	n.d.		
253	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.2	17.4	0	3.93	n.d.	n.d.		
254	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.4	17.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
255	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.9	14.0	n.d.	0.07	n.d.	n.d.		
256	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.2	14.5	n.d.	0.05	n.d.	n.d.		
257	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.0	14.6	0	4.59	n.d.	n.d.		
258	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.7	16.4	1	0.43	n.d.	n.d.		
259	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.5	15.2	0	2.94	n.d.	n.d.		
260	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.4	15.9	0	3.72	n.d.	n.d.		
261	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.3	15.7	n.d.	0.06	n.d.	n.d.		
262	9	97/6/13	G23	ワカサギ	9.8	13.9	0	3.74	n.d.	n.d.		
263	9	97/6/13	G23	ワカサギ	9.8	11.8	0	2.67	n.d.	n.d.		
264	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.7	15.8	n.d.	0.05	n.d.	n.d.		
265	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.1	17.8	0	3.51	n.d.	n.d.		

表2 続き (5)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量	X+	物重量	優占種1	優占種2
266	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.5	14.5	1	0.42	n.d.	n.d.	
267	9	97/6/13	G23	ワカサギ	10.1	13.3	0	3.97	n.d.	n.d.	
268	9	97/6/13	G23	ワカサギ	11.1	16.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
269	9	97/6/13	G23	イトヨ	9.1	12.5	0	1.24	n.d.	n.d.	
270	9	97/6/13	G23	イトヨ	8.1	10.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
271	10	97/6/13	G16	ヒメマス	18.7	81.2	n.d.	n.d.	2	n.d.	
272	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	5.6	0	0.75	n.d.	e	
273	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	5.2	0	0.68	n.d.	e	
274	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	4.2	0	0.70	n.d.	e	
275	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.3	1	0.07	n.d.	e	
276	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	4.8	1	0.14	n.d.	2	Copepoda
277	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	7.9	0	1.47	n.d.	8	ユスリカ蟻
278	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	5.0	1	0.11	n.d.	e	
279	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.4	5.1	0	0.87	n.d.	e	
280	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	5.8	1	0.16	n.d.	e	
281	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.9	6.7	0	1.32	n.d.	e	
282	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	7.2	0	1.08	n.d.	n.d.	
283	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	6.9	0	0.98	n.d.	n.d.	
284	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.6	6.5	1	0.03	n.d.	n.d.	
285	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.4	4.2	1	0.05	n.d.	n.d.	
286	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	6.3	1	0.11	n.d.	n.d.	
287	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.6	4.0	1	0.08	n.d.	n.d.	
288	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	6.6	0	1.21	n.d.	n.d.	
289	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.6	5.1	1	0.10	n.d.	n.d.	
290	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	6.4	0	1.23	n.d.	n.d.	
291	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	6.4	0	0.95	n.d.	n.d.	
292	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.5	5.3	0	0.53	n.d.	n.d.	
293	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.2	1	0.08	n.d.	n.d.	
294	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.4	4.8	0	0.99	n.d.	n.d.	
295	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	4.7	0	1.08	n.d.	n.d.	
296	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	6.0	0	0.92	n.d.	n.d.	
297	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	6.2	0	0.96	n.d.	n.d.	
298	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.1	1	0.12	n.d.	n.d.	
299	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.8	0	0.54	n.d.	n.d.	
300	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	6.2	0	1.05	n.d.	n.d.	
301	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.6	1	0.09	n.d.	n.d.	
302	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	6.1	0	1.20	n.d.	n.d.	
303	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.6	5.6	1	0.11	n.d.	n.d.	
304	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	5.9	1	0.10	n.d.	n.d.	
305	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.9	5.9	1	0.10	n.d.	n.d.	
306	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.2	0	0.95	n.d.	n.d.	
307	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	5.4	1	0.09	n.d.	n.d.	
308	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	4.9	1	0.09	n.d.	n.d.	
309	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	6.2	0	1.21	n.d.	n.d.	
310	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.6	4.6	0	0.88	n.d.	n.d.	
311	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.4	4.8	0	0.82	n.d.	n.d.	
312	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	4.3	0	0.63	n.d.	n.d.	
313	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	5.7	1	0.10	n.d.	n.d.	
314	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	5.6	0	0.88	n.d.	n.d.	
315	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	4.3	0	0.03	n.d.	n.d.	
316	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.5	4.7	0	0.68	n.d.	n.d.	
317	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	6.5	0	1.02	n.d.	n.d.	
318	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	4.5	0	0.32	n.d.	n.d.	
319	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.6	5.4	0	0.92	n.d.	n.d.	
320	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.3	6.7	0	1.42	n.d.	n.d.	
321	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.0	5.6	1	0.11	n.d.	n.d.	
322	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	5.9	0	1.32	n.d.	n.d.	
323	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	4.5	1	0.09	n.d.	n.d.	

表2 続き (6)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量	X+	物重量	優占種1	優占種2
324	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.1	6.3	0	0.96	n.d.	n.d.	
325	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	5.4	0	0.92	n.d.	n.d.	
326	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.3	4.4	0	0.79	n.d.	n.d.	
327	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	6.2	1	0.11	n.d.	n.d.	
328	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	6.2	0	1.11	n.d.	n.d.	
329	10	97/6/13	G16	ワカサギ	8.2	7.2	1	0.12	n.d.	n.d.	
330	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.7	5.4	1	0.14	n.d.	n.d.	
331	10	97/6/13	G16	ワカサギ	7.8	5.6	0	1.05	n.d.	n.d.	
332	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.2	174.0	1	10.57	4	243	ユスリカ蟻
333	11	97/8/8	G51	ヒメマス	25.6	248.6	0	23.29	4	e	
334	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.8	181.5	1	8.82	3	1215	Copepoda
335	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.6	211.8	1	15.34	4	e	
336	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.2	167.7	1	8.32	4	e	
337	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.6	167.0	1	9.20	5	e	
338	11	97/8/8	G51	ヒメマス	22.7	148.2	0	9.43	n.d.	92	Copepoda
339	11	97/8/8	G51	ヒメマス	19.0	93.0	1	5.31	2	e	ユスリカ蟻
340	11	97/8/8	G51	ヒメマス	22.9	154.1	1	7.49	3	133	Copepoda
341	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.2	176.1	0	5.03	3	163	Copepoda
342	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.8	117.5	1	8.57	n.d.	n.d.	昆虫
343	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.3	160.2	0	4.75	4	n.d.	
344	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.2	94.2	0	0.25	2	n.d.	
345	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.5	109.0	1	6.17	2	n.d.	
346	11	97/8/8	G51	ヒメマス	19.6	96.7	1	6.70	2	n.d.	
347	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.3	116.2	1	7.47	2	121	Copepoda
348	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.2	109.4	1	6.95	2	n.d.	
349	11	97/8/8	G51	ヒメマス	27.8	313.1	0	24.30	5	n.d.	
350	11	97/8/8	G51	ヒメマス	24.6	190.5	1	9.85	3	n.d.	
351	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.5	204.7	0	19.95	5	3843	Gammarus
352	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.6	169.2	1	7.68	3	n.d.	
353	11	97/8/8	G51	ヒメマス	22.5	175.7	0	12.34	5	3501	Gammarus
354	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.3	109.4	1	7.24	2	n.d.	ユスリカ蟻
355	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.0	154.3	0	9.26	4	n.d.	
356	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.7	114.2	1	6.60	2	n.d.	
357	11	97/8/8	G51	ヒメマス	20.6	108.5	1	8.25	2	n.d.	
358	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.1	169.9	1	6.92	3	n.d.	
359	11	97/8/8	G51	ヒメマス	22.1	141.9	0	9.44	4	n.d.	
360	11	97/8/8	G51	ヒメマス	23.2	147.0	1	0.10	3	n.d.	
361	11	97/8/8	G51	ヒメマス	19.5	83.6	1	0.02	2	n.d.	
362	11	97/8/8	G51	ヒメマス	18.5	70.1	1	0.02	n.d.	n.d.	
363	12	97/8/8	G38	ヒメマス	31.5	503.2	1	24.08	5	329	ハゼ類
364	12	97/8/8	G38	ヒメマス	31.5	473.9	1	22.30	5	e	ユスリカ蟻
365	12	97/8/8	G38	ヒメマス	27.7	334.0	0	31.62	5	1819	Gammarus
366	12	97/8/8	G38	ヒメマス	28.6	363.8	0	24.91	5	n.d.	
367	12	97/8/8	G38	ヒメマス	26.3	277.1	0	17.31	4	e	
368	12	97/8/8	G38	ヒメマス	25.1	217.8	0	10.52	5	2783	Gammarus
369	12	97/8/8	G38	ヒメマス	24.6	213.2	0	13.41	n.d.	161	Gammarus
370	12	97/8/8	G38	ヒメマス	22.2	145.2	1	7.48	3	365	Copepoda
371	12	97/8/8	G38	ヒメマス	20.6	106.1	1	5.55	3	e	陸生昆虫
372	12	97/8/8	G38	ヒメマス	15.8	51.4	0	0.04	1	640	ハゼ類
373	12	97/8/8	G38	ヒメマス	28.2	335.5	1	13.22	n.d.	n.d.	Copepoda
374	12	97/8/8	G38	ヒメマス	26.6	289.0	0	14.42	4	3215	Gammarus
375	12	97/8/8	G38	ヒメマス	25.0	226.2	1	13.62	4	n.d.	
376	12	97/8/8	G38	ヒメマス	22.7	175.5	0	21.21	4	n.d.	
377	12	97/8/8	G38	ヒメマス	22.2	159.0	1	11.30	3	n.d.	
378	12	97/8/8	G38	ヒメマス	17.2	60.7	n.d.	n.d.	1	654	Copepoda
379	12	97/8/8	G38	ヒメマス	26.3	277.3	0	20.64	4	n.d.	ハゼ類
380	12	97/8/8	G38	ヒメマス	28.2	312.9	1	15.61	n.d.	n.d.	
381	12	97/8/8	G38	ヒメマス	24.1	204.0	0	11.05	4	n.d.	

表2 続き (7)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物	
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2	
382	12	97/8/8	G38	ヒメマス	25.1	246.0	1	15.32	5	n.d.		
383	12	97/8/8	G38	ヒメマス	23.1	163.8	1	9.43	4	n.d.		
384	12	97/8/8	G38	ヒメマス	26.1	263.8	0	15.46	4	n.d.		
385	12	97/8/8	G38	ヒメマス	24.0	174.7	1	7.42	4	n.d.		
386	12	97/8/8	G38	ヒメマス	23.6	166.7	0	8.19	4	n.d.		
387	12	97/8/8	G38	ヒメマス	23.8	189.8	0	6.40	n.d.	1989	Gammarus	
388	12	97/8/8	G38	ヒメマス	20.1	120.4	1	7.26	2	n.d.		
389	12	97/8/8	G38	ヒメマス	23.6	177.9	1	8.72	3	n.d.		
390	12	97/8/8	G38	ヒメマス	19.8	105.6	1	6.60	2	n.d.		
391	12	97/8/8	G38	ヒメマス	20.5	93.6	1	0.01	2	n.d.		
392	12	97/8/8	G38	ヒメマス	18.0	69.6	1	0.01	2	252	Copepoda	
393	12	97/8/8	G38	ヒメマス	19.1	87.1	1	0.02	1	1720	ハゼ類	Copepoda
394	12	97/8/8	G38	ヒメマス	18.0	62.8	0	0.09	1	e		
395	12	97/8/8	G38	ヒメマス	15.3	46.2	1	0.01	1	249	魚類	
396	12	97/8/8	G38	ヒメマス	7.8	5.6	n.d.	n.d.	0	143	Copepoda	
397	12	97/8/8	G38	ワカサギ	7.7	5.6	n.d.	n.d.	n.d.	90	Copepoda	Bosmina
398	12	97/8/8	G38	ワカサギ	10.2	9.1	n.d.	n.d.	n.d.	19	Bosmina	ユスリカ蛹
399	12	97/8/8	G38	ワカサギ	10.6	10.6	0	0.04	n.d.	9	枝角類	昆虫
400	12	97/8/8	G38	ワカサギ	11.0	13.6	1	0.03	n.d.	e		
401	12	97/8/8	G38	ワカサギ	11.2	14.5	n.d.	n.d.	n.d.	11	枝角類	
402	12	97/8/8	G38	イトヨ	8.6	7.9	0	0.55	n.d.	n.d.		
403	12	97/8/8	G38	イトヨ	8.8	12.0	0	1.28	n.d.	144	ユスリカ幼虫	
404	12	97/8/8	G38	イトヨ	8.6	8.8	0	0.57	n.d.	12	ユスリカ蛹	Copepoda
405	12	97/8/8	G38	ウキゴリ	11.8	36.1	1	0.09	n.d.	2152	イトヨ	
406	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	24.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
407	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.3	33.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
408	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	27.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
409	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	26.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
410	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	32.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
411	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.8	21.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
412	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	27.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
413	12	97/8/8	G38	ギンブナ	11.3	46.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
414	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	26.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
415	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	28.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
416	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.4	25.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
417	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	26.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
418	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	27.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
419	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.3	31.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
420	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.3	31.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
421	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	24.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
422	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	28.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
423	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.3	37.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
424	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	28.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
425	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.5	26.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
426	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	29.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
427	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	32.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
428	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	25.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
429	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	29.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
430	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	24.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
431	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	33.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
432	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	23.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
433	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.7	29.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
434	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.4	32.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
435	12	97/8/8	G38	ギンブナ	11.3	37.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
436	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.5	27.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
437	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	27.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
438	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.9	30.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
439	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	28.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		

表2 続き (8)

シート	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2
440	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	28.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
441	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	22.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
442	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.7	24.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
443	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.1	26.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
444	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	25.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
445	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.7	25.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
446	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.9	29.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
447	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	30.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
448	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	28.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
449	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.8	36.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
450	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.8	34.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
451	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	28.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
452	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	27.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
453	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.9	29.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
454	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.4	29.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
455	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.8	35.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
456	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	23.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
457	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.7	19.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
458	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.7	24.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
459	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	26.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
460	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.2	21.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
461	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	29.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
462	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.2	25.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
463	12	97/8/8	G38	ギンブナ	11.3	39.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
464	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.9	28.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
465	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.8	27.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
466	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	28.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
467	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.9	21.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
468	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	22.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
469	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	31.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
470	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.7	20.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
471	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.6	22.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
472	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.8	25.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
473	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	28.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
474	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	25.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
475	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.3	32.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
476	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	29.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
477	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	27.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
478	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.2	25.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
479	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	34.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
480	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.5	25.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
481	12	97/8/8	G38	ギンブナ	8.7	20.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
482	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.8	37.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
483	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.3	24.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
484	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.5	29.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
485	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	28.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
486	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.1	30.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
487	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.4	31.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
488	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.7	36.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
489	12	97/8/8	G38	ギンブナ	9.6	25.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
490	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.4	31.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
491	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	32.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
492	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.2	33.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
493	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.4	28.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
494	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	30.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
495	12	97/8/8	G38	ギンブナ	10.0	30.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
496	13	97/8/8	G30	ヒメマス	14.6	37.0	0	0.04	1	334	ハゼ類
497	13	97/8/8	G30	ヒメマス	16.1	50.0	1	0.01	1	e	Copepoda

表2 続き (9)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物	
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2	
498	13	97/8/8	G30	ヒメマス	16.0	49.6	0	0.20	1	197	Gammarus	ユスリカ蟻
499	13	97/8/8	G30	ヒメマス	18.9	72.6	1	0.01	2	253	魚類	Copepoda
500	13	97/8/8	G30	ヒメマス	18.4	75.9	1	0.01	1	e		
501	13	97/8/8	G30	ヒメマス	17.6	60.8	1	0.02	1	328	ユスリカ幼虫	
502	13	97/8/8	G30	ヒメマス	19.6	89.0	1	5.00	2	63	陸生昆虫	
503	13	97/8/8	G30	ヒメマス	20.6	101.7	1	0.02	n.d.	636	陸生昆虫	Copepoda
504	13	97/8/8	G30	ヒメマス	19.7	91.0	1	5.64	2	247		Copepoda
505	13	97/8/8	G30	ヒメマス	19.6	97.1	1	0.02	2	e		
506	13	97/8/8	G30	ヒメマス	19.6	84.9	1	0.01	n.d.	402		Copepoda
507	13	97/8/8	G30	ヒメマス	19.2	79.4	1	0.01	2	515	ハゼ類	
508	13	97/8/8	G30	ヒメマス	18.4	66.0	1	0.02	2	n.d.		
509	13	97/8/8	G30	ヒメマス	18.3	74.6	1	0.01	n.d.	n.d.		
510	13	97/8/8	G30	ヒメマス	15.2	43.2	0	0.04	1	n.d.		
511	13	97/8/8	G30	ヒメマス	14.9	38.9	n.d.	n.d.	1	n.d.		
512	13	97/8/8	G30	ヒメマス	25.4	225.7	1	13.23	4	n.d.		
513	13	97/8/8	G30	ヒメマス	16.0	46.5	1	0.01	1	n.d.		
514	13	97/8/8	G30	ヒメマス	12.9	24.8	1	0.01	1	n.d.		
515	13	97/8/8	G30	ヒメマス	14.3	33.3	0	0.10	1	n.d.		
516	13	97/8/8	G30	ヒメマス	16.6	54.8	1	0.01	1	345	Copepoda	
517	13	97/8/8	G30	ヒメマス	14.3	37.0	1	0.01	1	143	魚類	Copepoda
518	13	97/8/8	G30	ヒメマス	14.8	39.7	1	0.01	1	n.d.		
519	13	97/8/8	G30	ヒメマス	13.0	26.6	0	0.08	1	n.d.		
520	13	97/8/8	G30	ヒメマス	13.5	30.2	1	0.01	1	218	Copepoda	魚類
521	13	97/8/8	G30	ヒメマス	18.6	30.8	1	0.01	1	484	魚類	Copepoda
522	13	97/8/8	G30	ヒメマス	12.7	23.6	1	0.01	n.d.	85	Copepoda	ユスリカ幼虫
523	13	97/8/8	G30	ヒメマス	12.9	24.8	n.d.	n.d.	1	n.d.		
524	13	97/8/8	G30	ヒメマス	12.7	23.5	0	0.03	n.d.	n.d.		
525	13	97/8/8	G30	ヒメマス	13.5	28.3	0	0.07	1	n.d.		
526	13	97/8/8	G30	ヒメマス	13.2	26.2	0	0.08	1	56	Copepoda	
527	13	97/8/8	G30	ウキゴリ	12.1	41.2	0	0.45	n.d.	13	ユスリカ	昆虫
528	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.4	13.7	0	0.04	1	27	Copepoda	Bosmina
529	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.7	14.6	1	0.01	0	53	Copepoda	Bosmina
530	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.8	15.4	0	0.04	n.d.	73	Copepoda	Bosmina
531	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.3	14.2	0	0.04	n.d.	80	Copepoda	Bosmina
532	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.8	15.9	0	n.d.	n.d.	67	Copepoda	Bosmina
533	14	97/8/8	G23	ヒメマス	13.5	28.6	0	n.d.	n.d.	163		
534	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.8	16.1	1	n.d.	n.d.	e		
535	14	97/8/8	G23	ヒメマス	11.0	14.9	1	n.d.	n.d.	54	Copepoda	Bosmina
536	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.3	12.5	1	n.d.	n.d.	35	ユスリカ幼虫	
537	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.5	13.5	0	n.d.	n.d.	71	Copepoda	Bosmina
538	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.9	15.7	0	n.d.	n.d.	0		
539	14	97/8/8	G23	ヒメマス	10.8	15.3	1	n.d.	n.d.	0		
540	14	97/8/8	G23	ワカサギ	11.2	17.0	n.d.	n.d.	n.d.	22	ユスリカ幼虫	Copepoda
541	14	97/8/8	G23	ワカサギ	11.3	16.0	0	0.04	n.d.	32	Bosmina	Copepoda
542	14	97/8/8	G23	ワカサギ	11.4	18.4	n.d.	n.d.	n.d.	e		
543	14	97/8/8	G23	ワカサギ	12.2	19.5	1	0.06	n.d.	25	Bosmina	Copepoda
544	14	97/8/8	G23	ワカサギ	11.8	20.2	n.d.	n.d.	n.d.	63	ユスリカ幼虫	
545	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.3	11.4	0	2.37	n.d.	21	枝角類	
546	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.8	10.7	0	1.54	n.d.	61	Copepoda	
547	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.6	10.5	1	0.08	n.d.	15	ユスリカ蟻	Copepoda
548	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.3	9.8	0	1.23	n.d.	55	Copepoda	ユスリカ幼虫
549	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.6	9.8	0	1.47	n.d.	n.d.		
550	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.8	10.4	1	0.26	n.d.	37	Copepoda	
551	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.7	9.6	0	0.58	n.d.	59	Copepoda	
552	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.0	9.5	0	1.79	n.d.	19		
553	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.4	8.2	0	0.61	n.d.	24	Copepoda	ユスリカ幼虫
554	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.7	10.0	0	0.44	n.d.	67	Copepoda	ユスリカ蟻
555	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.7	9.8	0	n.d.	n.d.	n.d.		

表2 続き (10)

シート	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量	X+	物重量	優占種1	優占種2
556	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.4	8.7	0	n.d.	n.d.	n.d.	
557	14	97/8/8	G23	イトヨ	9.0	11.7	0	n.d.	n.d.	n.d.	
558	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.7	9.6	0	n.d.	n.d.	n.d.	
559	14	97/8/8	G23	イトヨ	8.4	8.7	0	n.d.	n.d.	n.d.	
560	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	6.4	n.d.	0.01	n.d.	23	<i>Bosmina</i> Copepoda
561	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	5.5	n.d.	0.00	n.d.	20	Copepoda <i>Bosmina</i>
562	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.5	n.d.	0.01	n.d.	14	<i>Bosmina</i> ヌスリカ蝨
563	15	97/8/8	G16	ワカサギ	11.0	14.4	n.d.	0.06	n.d.	19	<i>Alona</i> Copepoda
564	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.6	n.d.	0.00	n.d.	e	
565	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	5.3	n.d.	0.01	n.d.	27	<i>Bosmina</i>
566	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.0	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	28	Copepoda <i>Bosmina</i>
567	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	e	
568	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	5.4	n.d.	n.d.	n.d.	e	
569	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.4	n.d.	n.d.	n.d.	e	
570	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	4.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
571	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	5.7	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	
572	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	5.9	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	
573	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.4	n.d.	0.00	n.d.	n.d.	
574	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	4.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
575	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.3	6.5	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	
576	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.7	3.7	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	
577	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	4.7	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	
578	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.3	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	
579	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	5.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
580	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.3	6.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
581	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.8	7.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
582	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	6.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
583	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.7	6.7	0	0.02	n.d.	n.d.	
584	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
585	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	6.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
586	15	97/8/8	G16	ワカサギ	10.7	13.4	0	0.04	n.d.	n.d.	
587	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
588	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	5.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
589	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	6.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
590	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	6.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
591	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.0	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
592	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.9	6.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
593	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.9	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
594	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
595	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
596	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.9	4.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
597	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
598	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	5.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
599	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.7	7.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
600	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	5.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
601	15	97/8/8	G16	ワカサギ	9.3	9.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
602	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.7	7.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
603	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.7	3.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
604	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	6.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
605	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
606	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
607	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
608	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	6.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
609	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	5.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
610	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.9	7.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
611	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	3.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
612	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.7	3.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
613	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	

表2 続き (11)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容物	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量	X+	物重量	優占種1	優占種2
614	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	5.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
615	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.0	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
616	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.7	3.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
617	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	3.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
618	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.6	6.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
619	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
620	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
621	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	4.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
622	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.9	7.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
623	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
624	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	6.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
625	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.4	2.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
626	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	5.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
627	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.5	5.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
628	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
629	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.7	3.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
630	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
631	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.8	7.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
632	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.0	5.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
633	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	5.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
634	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.7	6.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
635	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	3.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
636	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
637	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
638	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	3.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
639	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
640	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	4.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
641	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	3.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
642	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
643	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.3	6.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
644	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	5.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
645	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
646	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.6	6.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
647	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
648	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	3.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
649	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	5.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
650	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.7	7.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
651	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.3	5.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
652	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.7	8.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
653	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
654	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.0	5.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
655	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.9	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
656	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.3	5.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
657	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.5	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
658	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.4	5.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
659	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.9	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
660	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.8	5.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
661	15	97/8/8	G16	ワカサギ	9.1	7.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
662	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.0	5.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
663	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
664	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
665	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.6	6.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
666	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	6.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
667	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
668	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	3.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
669	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	3.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
670	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.9	6.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	

表2 続き (12)

シート	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容物	胃内容物	胃内容物
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2
671	15	97/8/8	G16	ワカサギ	6.8	4.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
672	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.6	5.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
673	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.2	4.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
674	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
675	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.1	4.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
676	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.2	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
677	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.1	5.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
678	15	97/8/8	G16	ワカサギ	8.4	6.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
679	15	97/8/8	G16	ワカサギ	7.5	5.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
680	15	97/8/8	G16	イトヨ	5.1	2.1	n.d.	n.d.	n.d.	e	
681	16	97/10/16	G51	ヒメマス	23.2	160.8	0	0.19	4	265	Daphnia
682	16	97/10/16	G51	ヒメマス	18.3	76.3	1	0.10	1	1000	Daphnia
683	16	97/10/16	G51	ギンブナ	14.2	83.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
684	16	97/10/16	G51	ギンブナ	12.8	55.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
685	16	97/10/16	G51	ギンブナ	12.7	61.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
686	16	97/10/16	G51	ギンブナ	13.5	72.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
687	16	97/10/16	G51	ギンブナ	12.0	53.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
688	16	97/10/16	G51	ギンブナ	13.6	75.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
689	16	97/10/16	G51	ギンブナ	12.5	50.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
690	16	97/10/16	G51	ギンブナ	13.7	73.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
691	16	97/10/16	G51	ギンブナ	13.8	70.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
692	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.1	73.5	0	0.14	1	259	Daphnia
693	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.0	69.3	0	n.d.	n.d.	267	Daphnia
694	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.9	71.4	1	n.d.	1	48	Daphnia
695	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.0	73.2	1	n.d.	1	942	Daphnia
696	17	97/10/16	G38	ヒメマス	15.9	50.8	1	n.d.	2	742	Daphnia
697	17	97/10/16	G38	ヒメマス	16.1	52.4	1	0.10	1	759	Daphnia
698	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.3	55.1	0	n.d.	1	e	
699	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.4	68.9	1	n.d.	1	504	Daphnia
700	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.0	78.3	1	n.d.	1	1234	Daphnia
701	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.1	74.8	0	0.03	1	1549	Daphnia
702	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.8	85.6	0	0.42	2	605	Daphnia
703	17	97/10/16	G38	ヒメマス	20.4	104.9	1	0.02	2	651	Daphnia
704	17	97/10/16	G38	ヒメマス	19.0	84.1	0	0.21	1	481	Daphnia
705	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.3	74.5	1	n.d.	1	292	Daphnia
706	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.3	72.7	0	0.13	1	820	Daphnia
707	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.5	77.4	0	0.12	1	n.d.	
708	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.1	72.5	0	0.08	1	n.d.	
709	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.3	72.8	0	0.11	1	n.d.	
710	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.4	63.4	0	0.09	1	n.d.	
711	17	97/10/16	G38	ヒメマス	19.6	91.8	0	0.23	2	n.d.	
712	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.8	70.3	0	0.08	1	n.d.	
713	17	97/10/16	G38	ヒメマス	19.4	82.5	0	0.31	2	n.d.	
714	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.0	61.5	1	n.d.	1	n.d.	
715	17	97/10/16	G38	ヒメマス	16.4	54.8	1	n.d.	1	n.d.	
716	17	97/10/16	G38	ヒメマス	19.0	72.1	0	0.26	2	n.d.	
717	17	97/10/16	G38	ヒメマス	17.0	63.8	?	n.d.	1	n.d.	
718	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.1	72.0	?	n.d.	1	n.d.	
719	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.0	71.3	?	n.d.	1	n.d.	
720	17	97/10/16	G38	ヒメマス	16.1	50.6	?	n.d.	1	n.d.	
721	17	97/10/16	G38	ヒメマス	16.9	55.6	?	n.d.	1	n.d.	
722	17	97/10/16	G38	ヒメマス	18.4	67.4	1	n.d.	1	n.d.	
723	17	97/10/16	G38	ギンブナ	10.8	17.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
724	17	97/10/16	G38	ギンブナ	11.0	36.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
725	17	97/10/16	G38	ギンブナ	10.6	28.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
726	17	97/10/16	G38	ギンブナ	9.6	24.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
727	17	97/10/16	G38	ギンブナ	9.7	23.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
728	17	97/10/16	G38	ギンブナ	10.0	25.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	

表2 続き (13)

シト	年月日	漁具	魚種	体長	体重	性別	生殖腺	年齢	胃内容	胃内容物	胃内容物	
No.				mm	g	M=1 F=0	重量 g	X+	物重量 mg	優占種1	優占種2	
729	18	97/10/16	G30	ヒメマス	17.8	71.6	1	n.d.	1	830	<i>Daphnia</i>	
730	18	97/10/16	G30	ヒメマス	20.4	96.6	1	n.d.	2	862	<i>Daphnia</i>	
731	18	97/10/16	G30	ヒメマス	20.3	94.1	1	n.d.	2	713	<i>Daphnia</i>	
732	18	97/10/16	G30	ヒメマス	18.6	78.0	1	n.d.	1	997	<i>Daphnia</i>	
733	18	97/10/16	G30	ヒメマス	17.3	63.5	0	0.12	1	784	<i>Daphnia</i>	
734	18	97/10/16	G30	ヒメマス	16.7	53.2	1	n.d.	1	n.d.		
735	18	97/10/16	G30	ヒメマス	16.3	52.6	1	n.d.	1	917	<i>Daphnia</i>	
736	18	97/10/16	G30	ヒメマス	16.7	57.2	1	n.d.	1	331	<i>Daphnia</i>	
737	18	97/10/16	G30	ヒメマス	15.7	48.9	1	n.d.	1	824	<i>Daphnia</i>	
738	18	97/10/16	G30	ヒメマス	16.8	46.3	1	n.d.	1	703	<i>Daphnia</i>	
739	18	97/10/16	G30	ヒメマス	14.4	37.9	1	n.d.	1	848	<i>Daphnia</i>	
740	18	97/10/16	G30	ヒメマス	12.3	22.0	?	n.d.	0	190	<i>Daphnia</i>	
741	19	97/10/16	G23	ヒメマス	12.9	25.3	?	n.d.	1	1311	<i>Daphnia</i>	
742	19	97/10/16	G23	ヒメマス	11.5	16.4	0	0.02	1	61	<i>Daphnia</i>	
743	19	97/10/16	G23	ヒメマス	11.0	15.4	0	0.02	0	269	<i>Daphnia</i>	
744	19	97/10/16	G23	ヒメマス	11.2	16.3	?	n.d.	0	13	<i>Daphnia</i>	
745	19	97/10/16	G23	ヒメマス	10.5	12.7	?	n.d.	0	328	<i>Daphnia</i>	
746	19	97/10/16	G23	ヒメマス	10.6	13.6	0	0.02	0	12	<i>Daphnia</i>	
747	19	97/10/16	G23	ヒメマス	10.0	12.2	?	n.d.	1	279	<i>Daphnia</i>	Copepoda
748	19	97/10/16	G23	ヒメマス	10.3	13.3	?	n.d.	0	77	<i>Daphnia</i>	Copepoda
749	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.0	16.7	0	0.10	n.d.	172	<i>Daphnia</i>	Copepoda
750	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.3	17.5	0	0.25	n.d.	e		
751	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.0	18.1	0	0.19	n.d.	n.d.		
752	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.9	17.3	0	0.29	n.d.	e		
753	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.6	16.0	0	0.16	n.d.	230	<i>Daphnia</i>	Copepoda
754	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.7	16.0	0	0.10	n.d.	e		
755	19	97/10/16	G23	ワカサギ	10.4	12.5	0	0.17	n.d.	153	<i>Daphnia</i>	Copepoda
756	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.2	17.7	0	0.20	n.d.	153	<i>Daphnia</i>	
757	19	97/10/16	G23	ワカサギ	10.7	13.8	1	0.55	n.d.	43	<i>Daphnia</i>	Copepoda
758	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.0	16.2	0	0.24	n.d.	11	<i>Daphnia</i>	
759	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.4	15.8	?	n.d.	n.d.	n.d.		
760	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.6	21.0	0	0.12	n.d.	n.d.		
761	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.1	16.9	0	0.23	n.d.	n.d.		
762	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.9	17.0	0	0.13	n.d.	n.d.		
763	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.6	16.2	0	0.23	n.d.	n.d.		
764	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.4	19.5	0	0.23	n.d.	n.d.		
765	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.2	18.6	0	0.13	n.d.	n.d.		
766	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.3	18.6	0	0.15	n.d.	n.d.		
767	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.1	16.3	0	0.19	n.d.	n.d.		
768	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.9	16.4	0	0.19	n.d.	n.d.		
769	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.6	16.5	0	0.14	n.d.	n.d.		
770	19	97/10/16	G23	ワカサギ	10.8	15.4	0	0.24	n.d.	n.d.		
771	19	97/10/16	G23	ワカサギ	10.2	12.7	1	0.54	n.d.	n.d.		
772	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.3	16.3	?	n.d.	n.d.	n.d.		
773	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.9	15.9	0	0.34	n.d.	n.d.		
774	19	97/10/16	G23	ワカサギ	11.7	16.0	0	0.14	n.d.	n.d.		
775	19	97/10/16	G23	ワカサギ	10.3	13.4	1	0.38	n.d.	n.d.		
776	19	97/10/16	G23	ワカサギ	12.3	18.7	0	0.19	n.d.	n.d.		
777	19	97/10/16	G23	イトヨ	9.0	8.7	n.d.	n.d.	n.d.	14	<i>Daphnia</i>	Copepoda
778	19	97/10/16	G23	イトヨ	9.4	8.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
779	19	97/10/16	G23	イトヨ	8.6	6.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
780	19	97/10/16	G23	サクラマス	15.3	52.0	1	3.95	n.d.	133	陸生昆虫	ユスリカ
781	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.6	4.5	?	n.d.	n.d.	15	<i>Daphnia</i>	
782	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.3	4.2	?	n.d.	n.d.	121	Copepoda	<i>Daphnia</i>
783	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.7	2.9	?	n.d.	n.d.	62	<i>Daphnia</i>	Copepoda
784	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.7	4.4	1	0.05	n.d.	9	<i>Daphnia</i>	Copepoda
785	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.7	3.2	?	n.d.	n.d.	95	<i>Daphnia</i>	Copepoda
786	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.9	3.1	0	0.01	n.d.	n.d.		

表2 続き (14)

No.	シ-ト	年月日	漁具	魚種	体長 mm	体重 g	性別		生殖腺 重量 g	年齢 X+	胃内容 物重量 mg	胃内容物	
							M=1 F=0	?				優占種1	優占種2
787	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.0	3.5		?	n.d.	n.d.	49	<i>Daphnia</i>	Copepoda
788	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.2	3.7	1		0.03	n.d.	104	<i>Daphnia</i>	Copepoda
789	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.7	3.1	0		0.01	n.d.	22	<i>Daphnia</i>	Copepoda
790	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.8	3.3	0		0.02	n.d.	102	<i>Daphnia</i>	Copepoda
791	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.7	3.4	1		0.05	n.d.	n.d.		
792	20	97/10/16	G16	ワカサギ	7.1	3.9	0		0.02	n.d.	n.d.		
793	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.6	3.4	1		0.01	n.d.	n.d.		
794	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.9	3.1		?	n.d.	n.d.	n.d.		
795	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.8	3.5	0		0.02	n.d.	n.d.		
796	20	97/10/16	G16	ワカサギ	6.7	3.1		?	n.d.	n.d.	n.d.		
797	20	97/10/16	G16	ワカサギ	8.7	7.1	0		0.06	n.d.	n.d.		
798	20	97/10/16	G16	ワカサギ	9.1	8.7	1		0.19	n.d.	n.d.		
799	20	97/10/16	G16	ワカサギ	9.5	10.7	1		0.31	n.d.	n.d.		
800	20	97/10/16	G16	ワカサギ	9.1	8.7	0		0.06	n.d.	n.d.		
801	20	97/10/16	G16	ワカサギ	11.7	15.5	0		0.20	n.d.	n.d.		
802	20	97/10/16	G16	ワカサギ	10.6	14.4	0		0.18	n.d.	n.d.		
803	20	97/10/16	G16	ワカサギ	8.0	5.6	0		0.04	n.d.	n.d.		
804	20	97/10/16	G16	ワカサギ	9.3	9.0	1		0.20	n.d.	n.d.		
805	20	97/10/16	G16	ワカサギ	9.4	9.1	0		0.07	n.d.	n.d.		

RESEARCH REPORT FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

No. 146

国立環境研究所研究報告 第146号
(R-146-'99)

【平成11年5月13日編集委員会受付】

【平成11年5月19日編集委員会受理】

平成11年5月31日発行

発行 環境庁 国立環境研究所

〒305-0053 茨城県つくば市小野川16番2

電話 0298-50-2343(ダイヤルイン)

印刷 株式会社 イセブ

〒305-0005 茨城県つくば市天久保 2-11-20

Published by the National Institute for Environmental Studies
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053 Japan
May 1999

本報告書は再生紙を使用しています。