

R-1-77

陸水域の富栄養化に関する 総合研究

—霞ヶ浦を対象域として—

昭和 51 年 度

環境庁 国立公害研究所



高浜入梶和崎周辺のリアルカラー
空中写真（部分）
1976年10月30日10時20分
（本文pp. 6—8；資料pp. 33—34, p. 54 参照）



高浜入梶和崎周辺の赤外カラー
空中写真（部分）
1976年10月27日11時40分
（本文pp. 6—8；資料p. 34, p. 55 参照）



高浜入梶和崎周辺のM²Sによる
磁気テープ記録からのカラー合成図
1976年11月26日11時00分
（本文pp. 48—66；資料p. 35, p. 57 参照）

目 次

第 1 章 序 (内藤正明)	1
第 2 章 プロジェクトの全体フレームワークと研究体制および 研究経過の概要 (内藤正明・相崎守弘)	3
2.1. 研究テーマのフレームワーク	3
2.2. 研究体制	4
2.3. 研究と調査の経過	5
第 3 章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査	9
3.1. 高浜入周辺地域の人間活動と汚濁負荷 (中杉修身)	9
3.1.1. はじめに	9
3.1.2. 高浜入周辺地域の産業活動	10
3.1.3. 高浜入周辺地域の汚濁負荷	15
3.1.4. おわりに	19
3.2. 霞ヶ浦周辺住民の水を中心とした環境に対する意識調査 (原料幸彦・ 青木陽二・森田恒幸・丹羽富士雄)	19
3.2.1. 調査の目的	19
3.2.2. 調査票の設計	19
3.2.3. 調査の実施	22
3.2.4. 全域での集計解析	23
3.2.5. 地点別の集計解析	32
3.2.6. その他の知見と調査の反省	44
3.2.7. 結果の要約と今後の展望	46
3.3. 遠隔計測による霞ヶ浦地域の現況解析 (安岡善文・宮崎忠国)	48
3.3.1. はじめに	48
3.3.2. データの収集および前処理	49
3.3.3. マルチスペクトル画像解析による土地利用分類の試み	57
3.3.4. マルチスペクトルデータによる水質の解析	61
3.3.5. まとめ	64
第 4 章 霞ヶ浦水質, 生物及び底質調査	67
4.1A. 霞ヶ浦高浜入の夏期における水質, 生物変動—I (相崎守弘・ 津野 洋・須藤隆一・合田 健)	67

4.1A.1.	はじめに	67
4.1A.2.	調査方法	69
4.1A.3.	結 果	69
4.1B.	霞ヶ浦高浜入の夏期における水質、生物変動—II (津野 洋・相崎守弘・須藤隆一・合田 健)	80
4.1B.1.	はじめに	80
4.1B.2.	表層水における生物組成	81
4.1B.3.	水深方向の変化	83
4.1B.4.	藻類の一次生産に伴う水質相互間の関係	85
4.1B.5.	動力学モデルによる水質変動特性のシミュレーション	86
4.1B.6.	おわりに	92
4.2.	霞ヶ浦高浜入における底生生物と動物プランクトン (安野正之・森下正彦・菅谷芳雄)	94
4.2.1.	霞ヶ浦高浜入における底生生物の季節変動	94
4.2.2.	霞ヶ浦高浜入における動物プランクトンの季節変動	95
4.3.	霞ヶ浦高浜入の湖底表面堆積物 (佐竹研一・河合崇欣)	107
4.3.1.	はじめに	107
4.3.2.	ペンシル型コアサンプラーによる底泥の採取	107
4.3.3.	結果と議論	107

第 5 章 霞ヶ浦環境保全のシステム分析例 (北畠能房・宮崎忠国・内藤正明)

		111
5.1.	はじめに	111
5.2.	ここで提案する水環境管理モデル	111
5.3.	具 体 例	113
5.3.1.	対象地域の概況およびデータの算出	113
5.3.2.	水質シミュレーション	115
5.3.3.	処理システムの最適設計	118
5.3.4.	水質保全目標間のトレードオフ関係の同定	128
5.3.5.	費用負担の公平化	129
5.4.	おわりに	135

第 6 章 昭和 51 年度研究を終わって今後の展望など (合田 健)

6.1.	はじめに	139
6.2.	霞ヶ浦の本格的研究に向けて	139
6.2.1.	江戸崎入について	141
6.2.2.	土浦入について	142
6.2.3.	高浜入について	143

6.2.4.	西浦のシステム構成	144
6.3.	地下水影響研究を例とした分担研究のポイント	144
6.4.	昭和 52 年度以降の研究サブテーマ	145
6.4.1.	水環境実験施設（アクアトロン）を用いる研究	146
6.4.2.	霞ヶ浦及びその他陸水域に関する研究	146
資料 1.	水質・生物調査資料（相崎守弘）	1
1.	測定地点	1
2.	調査方法	2
3.	作業分担	3
4.	調査結果	28
資料 2.	霞ヶ浦流域を対象とした画像情報としての空中写真および地図（宇都宮陽二郎）	29
1.	空中写真	29
2.	地 図	36
資料 3.	霞ヶ浦に関する解説分類書誌目録（1）（土屋 巖・白井邦彦）	65
1.	文献・資料の概観	65
2.	著者別書誌目録	76
3.	事項索引	129
資料 4.	霞ヶ浦周辺地域住民の環境に対する意識調査調査票	139

第 1 章 序

内 藤 正 明 (総合解析部)

今日わが国において、水環境に関する最大の課題は、閉鎖性水域におけるいわゆる富栄養化問題であろう。これは主として有機濁質と栄養塩の貯水性水系への長年の蓄積が原因となり、藻類の異常繁茂をもたらし、水域の価値を破壊する。現在わが国のほとんどの湖沼、内海でのその状況はきわめて深刻である。

このような事態に対して、行政的には新たに総量規制方式を導入するなどの手段で対応しようとしているが、富栄養化現象のメカニズム自体が未解明であるなどのため、相当の努力にもかかわらず、まだ具体的施策の決定に至っていない。

富栄養化の発生機構について多くの研究が多方面で実施されている。にもかかわらず、その解明が施策に取り入れられるほど進んでいない最大の理由は、富栄養化現象が水域への汚染質の流入移動の水理過程、水中での動植物生態の生物過程、地中浸透や底泥蓄積に関する物質移動過程等の諸過程によって惹起されるため、その解析に当たっては自然科学の多分野に係わる知見とともに、廃水発生の原因となる諸活動の解析や、汚濁影響の社会的・経済的・予測と評価等のための社会・人文科学的知見をも要求されるため従来の研究組織ではその総合的取り組みが困難であったことにある。

一方、当研究所では幸い理学、工学、生物学、農学等の自然科学部門のみならず、経済学、社会学等の社会科学部門をも有する。そこで、これら多分野の専門家から成る研究プロジェクト体制を確立することによって、富栄養化防止の研究に何らかの寄与が可能ではないかと考え、ここに陸水域の富栄養化現象を解明し、その防止方法を総合的に検討することを最終目標とした本プロジェクトに着手したものである。なお、本研究のフィールドは地理的条件等を考慮して霞ヶ浦を対象にした。

本総合研究は一応所内プロジェクトという形で着手し、今後の正式な特別研究発足のための準備作業という主旨も持っていた。したがってその作業の重点は、このような大規模かつ学際的な総合研究を実施するに際しての体制や運営のあり方の検討、および具体的研究課題の抽出とその予備的調査に置かれた。さらに新たな研究に着手するに当たっての当然の作業として、これまでに多方面に蓄積されている関連情報を収集、整備することにも努力を払った。

本報告書は以上のような主旨で行われた1年間の作業の成果を、次年度以降の本格的な研究実施に当たっての基礎資料の一つとして役立たせることを主目的にとりまとめたものである。したがって必ずしも全体として整った体裁を保つことに留意せず、又内容の疎密にもあえてそのまま、できるだけ今後の資料となるような形に収録したものである。この点をご了解いただいて、この報告書がその主旨通り、陸水域富栄養化研究(特に霞ヶ浦について)に関する研究に携わる人々の基礎資料とし

陸水域の富栄養化に関する総合研究

て、何らかのお役に立つことがあれば参加者全員の幸せである。

最後に、このような多くの異なる専門分野の研究者が協力することの必要性は最近特に強調されているものの、まだその成功例は多くを聞かない。このことは専門の異なる研究者間の意志疎通の難しさだけでなく、本テーマのようなプロジェクト研究には、多くの地道な、しかも現在の学会的評価の対象にならない種類のデータの蓄積を必要とするところにあると言えよう。この点は研究者個々人にとって言うまでもなく深刻な問題であるが、あえてそれをも十分認識した上で、このプロジェクトに着手することに全員が賛同した。その理由はひとえに、このような困難ながら重要な学際研究を実施することこそ、公害研究所の存在意義の一つであるというのが、大山義年初代所長のご意志であったこと、そしてその背景とし、なぜ巨費を投入してこのような新たな研究所が創設されたかという事情と、その意味を各自がそれぞれに思いを致したことにある。したがって予算やスタッフ数の制約条件下にもかかわらず、全員がこの一年間に相応の努力を払った。まだその成果は極めて不十分であるが、その第1報として本報告書を急逝された故大山前所長に捧げ、今後一層そのご意志を体現する努力を誓うものである。

第2章 プロジェクトの全体フレームワークと 研究体制および研究経過の概要

内藤 正明 (総合解析部)・相崎 守弘 (水質土壌環境部)

2.1. 研究テーマのフレームワーク

前章に記したごとく、霞ヶ浦という高汚染閉鎖性水域の汚染防止の総合的対策を見出すという目的に対して多方面から検討を加えるという本プロジェクトの主旨に基づき、そのテーマ全体のフレームワークを図1のように設定した。この全体構成図は次のような4つのサブプロセスすなわち、

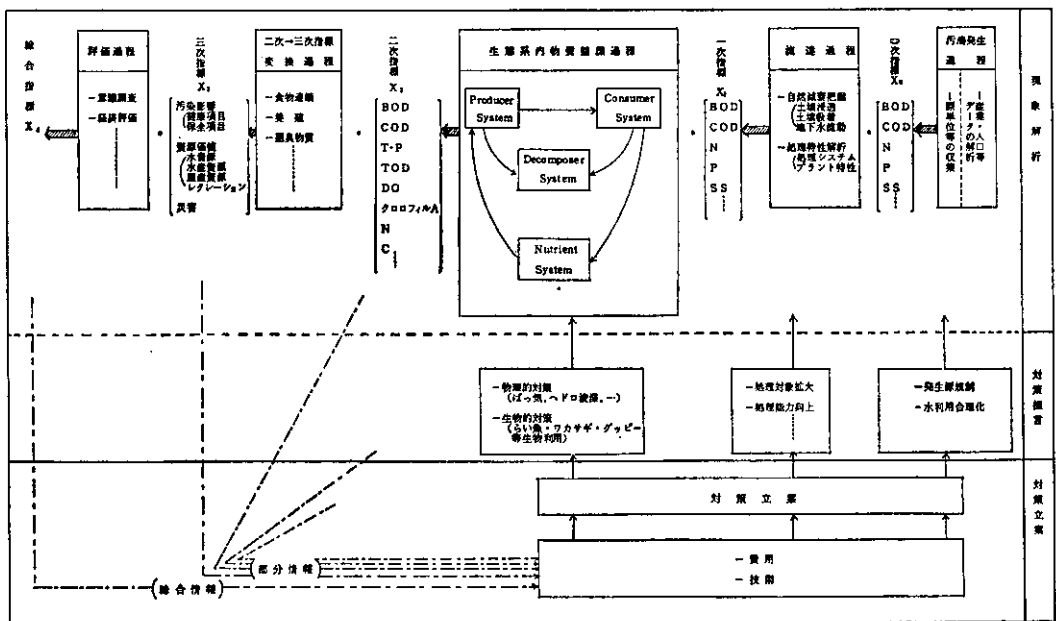


図1 プロジェクト全体のフレームワーク

- (イ) 周辺地域の社会、経済的諸活動が湖にもたらす汚染負荷の推定。
- (ロ) 湖内水の生物、物理、化学的性質の把握。
- (ハ) 湖内水質状況が周辺地域に及ぼす各種影響の評価。
- (ニ) 総合的評価に立った対策の立案。

という諸過程が一連のものとして、有機的につながっており、これを全体として整合性をもって調査、解析することによって、はじめて最終目標とする対策提言に至るものであることを示そうとしたものである。

その全体構成の中に見られるようにベクトルの形で0次～3次指標及び最終的な総合指標なるもの

陸水域の富栄養化に関する総合研究

を定義した。そして研究の第一段階は、これら状態ベクトルが各プロセスの中でどのように変換されて次の出力となって出てくるかという交換関係を定式化することである。この解析があるレベルに達した次の段階で、これら基礎データを踏まえながら経済的、社会的及び技術的側面を総合的に加味した汚濁防止対策が検討される。しかしその為には相当長期にわたる綿密なデータ収集と解析作業が必要であろうと思われる。

2. 2. 研究体制

上記のように設定された研究課題の全体フレームワークに取り組むには、「湖内の現象を解析する水理、水質、生物、計測等に関連する作業」、「周辺地域の社会活動を調査解析する経済、社会及びシ

総合課題	研究課題	三次課題	二次課題	一次課題	二次作	三次作	研究課題
		2次-3次課題関連	二次課題	生産基物質循環課題	一次課題	二次作	汚濁発生課題
シンボリズム期間 (5月頃) ←-----→ 湖の汚染計測期間 (3月中) ----->							
			Data -アオコの実験採集データ -山正川水質実測データ -魚類種化地質データ -ヘドロ実測データ -魚による除害(自れん)		Data -22河川測定水質データ -2河川負荷データ	Data -混合一般性水質	保存資料の例
-指標要素の抽出 -対策費用の評価 -仕度計画立案 -総合計画の立案	-湖内生物圏の水中への分節 -魚類に対するDOの影響 -湖内が分解するとき発生する臭気 -ヘドロの堆積 -DO収支	-湖内有機質に関する解析 ・有機質及びSSの移動・拡散・沈殿 ・湖内有機質の分解速度とそれを支配する要因 ・分解に関与する生物種とそれぞれの役割 ・湖内有機質の物質収支 ・混合成に関する解析 ・らん藻類を中心とした生物の制御要因 ・N、P、Fe、ビタミン、有機質などの濃度およびそれらのバランス、組成、組成など ・水生動物の制御要因 ・湖内環境と湖内、湖外生物、湖内、湖外生物との関係 ・生態系の評価指標 ・湖内および水生動物の分解速度及び分解を支配する条件 ・食物連鎖のそれぞれの影響 ・湖内環境の制御への湖内および湖外への影響 ・湖内での水生動物 ・湖内の沈殿・堆積(水質学的) ・湖内環境の物質収支 ・水の質の発生要因 ・湖内による富栄養化	-湖内環境の測定 -流域地理特性測定 -取捨データ収集 -汚濁源の測定				決定される調査・研究テーマの例
-地域調査			-ゴート湖入量 -フジノ湖入量 -湖内生物のクワター入量	-湖内ボーリング量 -湖内水質調査 -湖内水質調査	-地下水位測定 -湖内水質調査	-湖内水質調査 -湖内水質調査	調査
総合解析部			生物圏環境、水質土壌、計測技術部 (総合解析部)	水質土壌部	総合解析部 水質土壌部		主担当

(注) Dataは調査・観測データ委員会所有のデータ

図2 研究課題例と分担等

ステム工学的アプローチ、さらには「関連情報を体系的に収集、処理する情報的活動」等の協同が不可欠である。

図1のフレームワークに対応して、その全システムの各々の部分を担当する所内各部、及び具体的にその部分で考えられるテーマのいくつかを要約したのが図2である。そしてこれら各部分のテーマを大別して、

——汚濁の発生から湖への流達までの部分を解析する第1グループ、

第2章 プロジェクトの全体フレームワークと研究体制および研究経過の概要

- 湖内の生態系、水質現象を解析する第2グループ、
 - 湖周辺社会がどのように湖を認識しているかを調査する第3グループ、
- に大別した。その各グループメンバーと互いの関係を図3に示す。

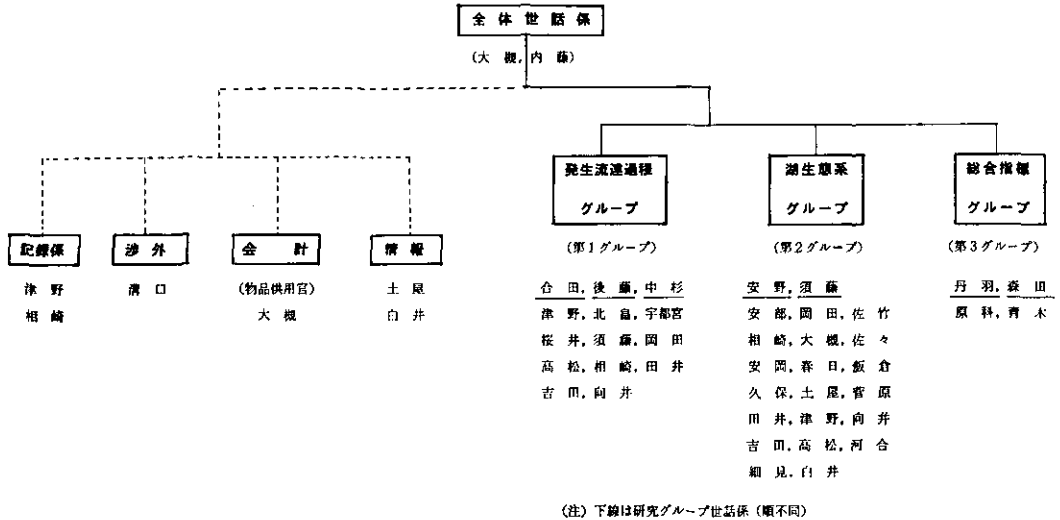


図3 研究組織

このような学際的協同研究が実現してはじめて本プロジェクトが“総合研究”と称するに値するものとなろう。このような学際研究が、言うに易く行くに難しいことは、過去にこのような総合的研究の成功例が極めて少ないことでも想像される。しかし幸い当研究所は上記多種の分野の専門研究者を必ずしも十分ではないにしても幅広く有し、それが緊密な協力体制をとりうる数少ない組織の一つであり、この点こそ当研究所の存在意義の一つがあるということについては全員の強い認識がある。

2. 3. 研究と調査の経過

前述の研究テーマ等の実施およびプロジェクトの開始について種々の内輪の相談を経て、研究所の所内プロジェクトとして進めたのであるが、その間の事情およびその後の経過を日誌風まとめると次のようになる。

1976年4月10日、霞ヶ浦プロジェクト(準備段階における通称)研究組織づくりの開始。研究所設立の目的にもあった(国立公害研究所設立準備委員会報告書, 昭和48年3月環境庁, 参照)総合的な研究プロジェクトチームとして、各部の特色を生かした共同研究として提案され、広く所内有志の参加を呼びかけたものである。

4月27日、陸水域の汚濁防止に関する総合研究——霞ヶ浦を対象として(略称、霞ヶ浦プロジェクト研究)——が、所内プロジェクトとして正式に承認された。

5月1日、霞ヶ浦に関連する文献および資料の収集と文献目録の作成を開始した。これはいわゆる

陸水域の富栄養化に関する総合研究

annotated bibliography (解説分類書誌目録) としてまとめられ、本報告書の資料篇に第1部が印刷されている。

6月5日、霞ヶ浦全域を含む2.5万分の1のメッシュ図作成を計画した。作業は日本地図センターに発注、7月1日切図46面、集成図1面が納品になった。図の仕様および作業の監修は宇都宮(環境情報部)が担当したが、さらに霞ヶ浦周辺の地形図および土地利用図を収集し、各グループの利用に供した。地図以外にも各種主題図や空中写真についての収集あるいは情報源の調査を進め、資料篇にそれらをまとめた(資料篇, pp. 29-64 参照)。

6月21日、霞ヶ浦プロジェクト研究は次年度より特別研究に移行する方針が決まった。

7月14日、水質土壌環境部はプロジェクトと並行する調査業務として、霞ヶ浦北部の高浜入水域の現地観測調査を開始した。以後、定期的な観測を続け、51年度中に次の表1に示す調査活動を行った。

表1 高浜入調査記録

(水質土壌環境部)

年・月・日	調査水域	調査内容
1976年7月14日	霞ヶ浦高浜入	クロロフィル量, 栄養塩類濃度, その他
7月19日	〃	〃
7月22日	〃	〃
7月26日	〃	〃
7月29日	〃	〃
8月2日	〃	〃
8月5日	〃	〃
8月9日	〃	〃
8月12日	〃	〃
8月16日	〃	〃
8月19日	〃	〃
8月23日	〃	〃
8月26日	〃	〃
8月30日	〃	〃
9月2日	〃	〃
9月6日	〃	〃
9月9日	〃	〃
9月16日	〃	〃
9月20日	〃	〃
10月29日	〃	〃

8月23~24日、文部省科研費「人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究——総合班」〔代表：佐々学(国立公害研究所副所長)〕の分担研究者は霞ヶ浦高浜入のリモート・センシングを実施したが、分担研究者のうち本プロジェクトに参加したメンバーは、グランド・トルース観測に協力した。同様の観測は11月に第2回目をを行い、その成果の一部は pp. 48-66 に示されている。

9月18, 24日, 10月27, 30日, 調査中の霞ヶ浦北部の現況を記録する目的で、リアルカラーと

第2章 プロジェクトの全体フレームワークと研究体制および研究経過の概要

赤外カラーによる航空写真の撮影が実施された。アジア航測(株)が受注したが、作業内容の検討と撮影の指揮は土屋(環境情報部)が担当した。

昭和51年度の現地調査は、高浜入を中心にして進められたので、航空写真は調査年次における全般的な地表状態の把握のための資料として、その撮影が計画されたものである。

環境情報としてのリアルカラー(real color または natural color とも言う)による航空写真は、モノクロに比べてはるかに有用な資料価値をもつものであるが、日本全体ではまだあまり撮影されておらず、国土庁による日本全土の数年計画による撮影(実施機関は国土地理院)が組織的なものとしてある程度と言える。霞ヶ浦地区については、1974年に湖岸を入れたものが同計画で実施されたが、湖水面を多くは含まず、また開発の進行中の湖岸周辺についても、1980年ごろまで数年以上の空白が予想されていた。

51年度の航空写真撮影はこのような状況を背景にして、過去および将来との環境変化比較資料としての内容を保持するため、国土地理院の仕様に準拠して行ったものである。

表2 霞ヶ浦北部流域撮影作業の内容

		リアルカラー写真	赤外カラー写真
使用機器	撮影機	エアロ コマンダー機	エアロ コマンダー機
	撮影カメラ	RMK-A f=153.04mm	RMK-A f=305.08mm
	フィルム現像機	コダック RT プロセッサー 1811	コダック RT プロセッサー 1811
	プリント焼付機	ダースト引伸機(ラボレーター 184)	ダースト引伸機(ラボレーター 184)
	プリント現像機	クレマチック, ローラートランスポートプロセッサー (CP-42-EK 3-2)	リワインド現像
フィルター		UV フィルター (紫外線カット)	D フィルター (530nm カット)
フィルム	フィルム	コダック エアロカラー ネガティブ フィルム 2445 (エステル ベース)	コダック エアロクローム インフラレッド フィルム 2443 (エステル ベース)
印画紙	印画紙	コダック 37RC ペーパー (24×26)	チバクローム CCT (ポジ対ポジ方式)
処理方法	フィルム	コダック C-22 ケミカル	コダック EA-5 ケミカル
	印画紙	エクタブリント 3Hc ケミカル	チバクローム CCT プリント処理 P-10

なお、国土地理院仕様にはなかった赤外カラーを2コースだけ試験的に重複させるようにした。これは赤外カラーがリモート・センシングの分野でも利用効果が学問的に立証されつつあり、またその撮影技術も向上してきたので、リアルカラーと赤外カラーを一部重複させて解析するためである。また、赤外カラー撮影コースの写真中央線について、赤外放射温度計(ナショナル ER-2002型)によって地表温度の記録をとった。

リアルカラーは、高浜入を含む流域全体を蔽密にカバーしたもので、わずかな雲があっても撮りなおしを行い、9月18日に開始して10月30日に終了した。赤外カラーについては、リアルカラーの

陸水域の富栄養化に関する総合研究

コース 11 とコース 12 に相当するところを、10 月 27 日に撮影した。コース標定図は別に示されるが（資料篇, pp. 54—55）、写真の規格等は表 2 に示した。なお、写真の一部を巻頭カラーページに紹介した。

11 月 16 日、第 2 グループは高浜入水域の観測調査を開始し、3 月までに次の作業を行った。

表 3 高 浜 入 調 査 記 録

(第 2 グループ)

年・月・日	調 査 水 域	調 査 内 容
1976 年 11 月 16 日	霞ヶ浦高浜入, 恋瀬川, 山王川	クロロフィル量, 栄養塩類濃度, その他
12 月 16 日	〃	〃
1977 年 1 月 19 日	〃	〃
3 月 3 日	〃	〃

11 月 24 日、霞ヶ浦底質調査の一環として、土浦入でボーリング調査を開始した。

11 月 26 日、文部省科研費による第 2 回リモート・センシングに対応するランド・トルース協力観測を 8 月の場合と同様に行った。

1977 年 2 月 24 日、国立公害研究所大型研究施設竣工記念の講演会（2 月 9、23 および 24 日）の第 3 部として、「霞ヶ浦水質の変遷と対策」がシンポジウムにとりあげられ、プロジェクト研究の一部が相崎（水質土壌環境部）（霞ヶ浦水質の変遷と現状）および北畠・中杉・内藤（総合解析部）・宮崎（環境情報部）（高浜入江周辺を対象とする浄化対策モデル手法の一考察）によって発表された。

第 3 章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

3. 1. 高浜入周辺地域の人間活動と汚濁負荷

中 杉 修 身 (総合解析部)

3.1.1. はじめに

霞ヶ浦 (北浦, 外浪逆浦を含む) は湖面積 220 Km² と琵琶湖に次いで全国第二の大きさを持ち, その流域面積は 2,169.3 Km² と茨城県全域の 35% に及んでおり, 44 市町村が関係している。そのうち霞ヶ浦西浦の面積は 171 Km² であり, その流域は土浦, 石岡両市をはじめとして 34 市町村に及んでいる。

4 章で詳しく述べるように, 霞ヶ浦の水質は近年, ますます悪化しており, 富栄養化の進行に伴って, 夏期には藻類の異常発生がしばしば起こるようになってきた。このため, 養殖鯉の大量へい死などの被害が生じている。

一方, 「水質汚濁に係る環境基準について」の規定に基づき, 昭和 47 年 11 月に A 水域類型の指定を受け, できるだけすみやかに達成することを求められている。しかしながら現在でも COD 平均 6.7 ppm と基準の 3 ppm に比べてかなり高い値を示している²⁾。

本研究では, 霞ヶ浦水質汚濁の発生源を同定し, 浄化対策についての指針を得るため, また水質シュミレーションを行うための基礎データを得るために, 霞ヶ浦周辺地域の人間活動およびその汚濁発生状況を調査している。本節では現在まで得られている成果を霞ヶ浦高浜入周辺地域について示す。高浜入水域は霞ヶ浦の中でも汚染がひどく, 浄化対策の上でも問題のあるところである。

高浜入流域には, 石岡市および玉里村の全域, 八郷町および千代田村のほ

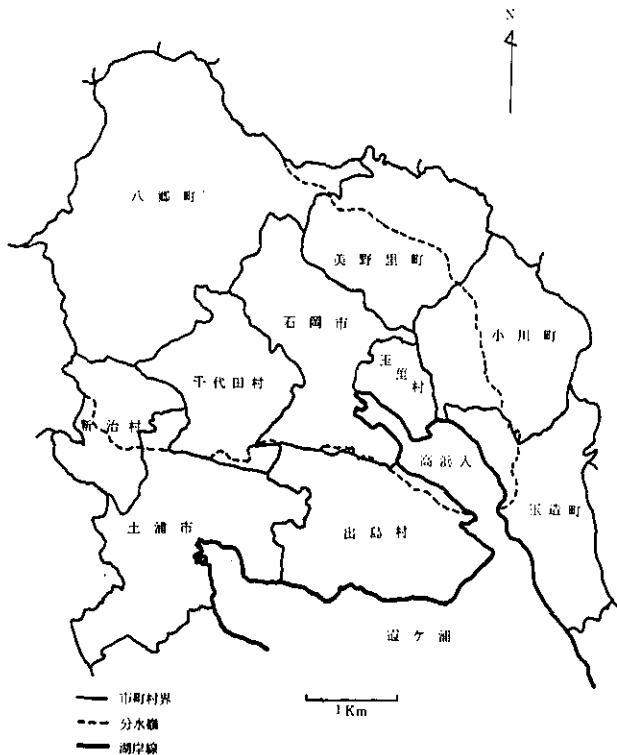


図 1 霞ヶ浦高浜入周辺地域

ほ全域、美野里町、小川町および新治村の約半分、および土浦市、出島村および玉造町の一部が含まれる（図1）。現在の段階ではデータのメッシュ化などによって、流域区分に基づいたデータ整理が行われていないので、ここでは市町村単位でデータを示すことにする。

3.1.2. 高浜入周辺地域の産業活動

茨城県は、農業粗生産額が全国一であり、農業県として有名である。特に畜産が盛んであり、豚飼育頭数も全国の8.4%（昭和50年）を占め、全国一である。しかしながら、一方、近年は鹿島工業地帯を始めとして工業化が進んでおり、製造品出荷額等も全国11位（昭和48年）となっている³⁾。国民所得と茨城県民所得の比較でもこの傾向が現れ、一次産業および二次産業において県民所得が国民所得を上回り、三次産業で県民所得が低くなっている⁴⁾。このような茨城県の概況を考慮しながら、高浜入周辺地域の状況についてみてみよう。

表1 高浜入周辺地域の人口と面積

	人 口 (人)	面 積 (Km ²)	人口密度 (人/Km ²)
茨 城 県	2,342,198 (100)%**	6,089.59 (100.0)%**	384.6
市 部	1,160,352 (49.5)	1,691.08 (27.8)	686.2
郡 部	1,181,846 (50.5)	4,398.51 (72.2)	268.7
土 浦 市	104,028 (4.4)	91.51 (1.5)	1,136.8
石 岡 市	43,679 (1.9)	63.34 (1.0)	689.6
小 川 町	17,251 (0.7)	64.37 (1.1)	268.0
美野里町	17,159 (0.7)	61.46 (1.0)	279.2
玉 造 町	13,361 (0.6)	69.38 (1.1)	192.6
出 島 村	17,152 (0.7)	110.80 (1.8)	154.8
玉 里 村	6,126 (0.3)	18.90 (0.3)	324.1
八 郷 町	27,483 (1.2)	152.32 (2.5)	180.4
千代田村	18,634 (0.8)	49.22 (0.8)	378.6
新 治 村	8,549 (0.4)	34.12 (0.6)	250.6
地 区 計	273,422 (11.7)	715.42 (11.7)	382.2

* 昭和50年度国勢調査による

** 茨城県全体に占める割合

まず人口、面積および人口密度を表1に示す。高浜入周辺地域の10市町村は面積および人口とも茨城県の11.7%を占めており、人口密度も茨城県の平均値を示している。しかし人口の半分以上は土浦および石岡の両市に集中しており、この両市、特に土浦市で人口密度が高くなっている。残りの9町村では人口密度が低く、特に玉造町、出島村および八郷町では郡部の平均人口密度をも大きく下回っている。

次に表2に示す就業人口の産業別構成比をみると、三次産業が多く、一次および二次産業がほぼ同じである。茨城県全域と比較すると、二次産業就業人口が平均より低く、一次および三次産業が平均より高くなっている。しかし、三次産業就業人口比率は土浦および石岡市で高く、この両市を除

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

表2 高浜入周辺地域の就業人口

	就業者数	一次産業***	二次産業***	三次産業***
茨城県	1,141,449 (100)%**	27.4%	31.5%	40.7%
市部	540,668 (47.4)	15.3	35.8	48.8
郡部	600,781 (52.6)	38.4	27.6	34.0
土浦市	47,820 (4.2)	10.4	29.5	59.7
石岡市	20,974 (1.8)	20.2	31.7	47.8
小川町	9,282 (0.8)	43.8	17.7	38.2
美野里町	8,781 (0.8)	44.3	26.8	28.6
玉造町	7,333 (0.6)	53.5	18.8	27.6
出島村	9,956 (0.9)	55.2	20.7	23.8
玉里村	2,927 (0.3)	35.8	30.6	33.5
八郷町	14,475 (1.3)	54.0	21.6	24.0
千代田村	9,366 (0.8)	29.9	37.7	32.0
新治村	4,693 (0.4)	45.4	21.5	32.7
地区計	135,607 (11.9)	29.8****	27.1****	42.9****

*昭和50年度国勢調査による
 **茨城県全体に占める割合
 ***就業人口産業別構成比
 ****地区平均

くと一次産業の比率が一番高くなって来る。特に人口密度の低い出島村、玉造町および八郷町の3町村では、一次産業就業人口が50%を越えている。二次産業の就業人口は土浦および石岡市と共に、両市に隣接して工業団地を有する玉里村と千代田村で大きな割合を占めている。特に千代田村では二次産業就業人口が一番多くなっている。

就業人口の産業別構成比からも、この地域では一次および三次産業の比率が高いことが示されているが、表3に示す高浜入周辺地域の産業活動の程度を示す指標からも同じような結果が得られる。農業粗生産額および商業年間販売額は共に当該地域が茨城県全域の15.3%を占め、人口比よりも大きな値を示している。また両者についての単位面積あたりの額も茨城県の平均を上回っている。特に農業粗生産額については郡部平均をも大きく上回っている。一方、製造業製品出荷額等の比率は人口の比率よりも小さくなっている。このことからこの地域では一次および三次産業の比率が高いことが分る。しかし土浦および石岡市を除くと、人口比5.4%に対し、農業粗生産額12.1%、製造業製品出荷額等3.4%、商業年間販売額2.5%と、就業人口の場合と同様、一次産業の比率はるかに大きくなる。製造業については土浦および石岡市と共に千代田村および玉里村で活動密度が高くなっている。

以上みてきたように当該10市町村については一次および三次産業の比率が高く、二次産業の比率が低いという結果が得られたが、厳密に高浜入流域に限ってみると様相がかなり異なってくる。二次

表 3 高浜入周辺地域の産業活動密度 (昭和 49 年)

	農業粗生産 百万円/ 額 Km ²	製造業製造 百万円/ 品出荷額等 Km ²	商業年間販 百万円/ 売額 Km ²	人 口 人/Km ²
茨城県	55.4 (100)%**	550.6 (100)%**	244.2 (100)%**	384.6 (100)%**
市 部	48.0 (24.1)	1,065.0 (53.7)	662.9 (75.4)	686.2 (49.5)
郡 部	58.2 (75.9)	352.9 (46.3)	83.2 (24.6)	268.7 (50.5)
土浦市	61.2 (1.7)	1,483.4 (4.0)	1,697.7 (10.3)	1,136.8 (4.4)
石岡市	84.2 (1.6)	635.6 (1.2)	581.1 (2.5)	689.6 (1.9)
小川町	70.7 (1.3)	42.2 (0.1)	76.0 (0.3)	268.0 (0.7)
美野里町	89.8 (1.6)	324.0 (0.6)	69.9 (0.3)	279.2 (0.7)
玉造町	56.5 (1.2)	60.7 (0.1)	49.7 (0.2)	192.6 (0.6)
出島村	75.4 (2.5)	176.9 (0.6)	28.0 (0.2)	154.8 (0.7)
玉里村	99.0 (0.6)	1,315.7 (0.7)	63.9 (0.1)	324.1 (0.3)
八郷町	61.3 (2.8)	23.0 (0.1)	32.1 (0.3)	180.4 (1.2)
千代田村	67.3 (1.0)	712.6 (1.0)	158.2 (0.5)	378.6 (0.8)
新治村	112.5 (1.1)	207.8 (0.2)	237.3 (0.5)	250.6 (0.4)
地区平均	72.2 (15.3)	409.5 (8.7)	319.0 (15.3)	382.2 (11.7)

*「昭和 51 年茨城県統計年鑑」のデータに基づき作成した

**各項目の茨城県全体に占める割合

および三次産業はどの指標をみても土浦市の値が特に大きく、全体がそれに引きずられている傾向にある。ところが、高浜入流域に含まれるのは、土浦市のごく一部、それも農村地帯だけである。それ故、高浜入流域という面で考えた場合、土浦市と同様に一部しか含まれない出島村および玉造町を除くことによる逆の効果を考慮しても、一次産業の比率がさらに大きくなってくるものと思われる。茨城県が全国的にみても農業の盛んな県であることから考えると、高浜入流域は全国的なレベルでも有数の農業地帯と考えることができる。

次に高浜入周辺地域の産業活動の内訳についてみる。表 4 に示す農業粗生産額の構成をみてみると、当該地域は畜産の比率が高いことが分る。特に高浜入流域に多くが含まれる市町村で畜産の比率が高い。茨城県が全国でも有数の畜産県であることを考えると、高浜入流域での畜産活動が非常に高いことが分る。

表 5 に示す家畜の飼育密度をみると、このことがさらにはっきりしてくる。当該地域は牛、豚、にわとりとも、茨城県の平均をはるかに越え、肉用牛を除く、乳用牛、豚、にわとりは茨城県の平均の 2 倍以上になっている。特に出島村、玉里村、八郷町および新治村では豚の飼育密度が人口密度より大きくなっている。

一方、畜産以外の農業では、表 6 から分るように稲作は平均よりも少なく、樹園地が多い構成になっている。特に千代田村では樹園地が水田および畑作を上回っており、特色となっている。

次に高浜入周辺地域の製造業についてみてみる。表 7 に製造業製品出荷額等の産業別構成比を示す。秘匿されている部分が多く分りにくい面もあるが、全般的な傾向としては、茨城県全体と比べて

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

表4 高浜入周辺地域の農業生産額の内訳 (昭和49年)

	耕種(%)	養蚕(%)	畜産(%)	加工農産物(%)	耕地10aあたり 生産額 (千円)
茨城県	67.6	2.1	30.0	0.3	80
土浦市	73.7	1.8	24.5	0.0	97
石岡市	49.7	1.8	48.5	0.0	69
小川町	54.9	4.3	40.8	0.0	79
美野里町	52.0	1.2	46.9	0.0	73
玉造町	70.7	4.6	24.7	0.0	87
出島村	47.8	3.1	49.1	0.0	85
玉里村	39.4	0.9	59.8	0.0	87
八郷町	47.9	3.8	48.3	0.0	70
千代田村	53.9	4.5	41.6	0.0	67
新治村	33.2	6.5	60.3	0.0	79
地区平均	52.6	3.2	44.2	0.0	

*「昭和51年度茨城県統計年鑑」に基づいて作表した

表5 高浜入周辺地域の家畜密度 (昭和49年)

	乳用牛 (頭/Km ²)	肉用牛 (頭/Km ²)	豚 (10頭/Km ²)	にわとり (100羽/Km ²)
茨城県	6.7 (100)%**	4.1 (100)%**	8.2 (100)%**	7.4 (100)%**
市部	4.3	3.4	5.9	6.6
郡部	7.7	4.3	9.1	7.8
土浦市	6.2 (1.4)	2.2 (0.8)	6.2 (1.1)	1.9 (0.4)
石岡市	12.2 (1.9)	1.7 (0.4)	26.7 (3.4)	5.2 (0.7)
小川町	14.8 (2.3)	2.8 (0.7)	7.0 (0.9)	14.9 (2.1)
美野里町	44.0 (6.6)	3.9 (1.0)	19.7 (2.4)	6.6 (0.9)
玉造町	5.3 (0.9)	5.4 (1.5)	6.8 (0.9)	5.2 (0.8)
出島村	19.6 (5.3)	10.3 (4.6)	31.1 (6.9)	19.5 (4.8)
玉里村	26.6 (1.2)	4.4 (0.3)	43.2 (1.6)	19.5 (0.8)
八郷町	13.8 (5.1)	5.6 (3.4)	19.9 (6.1)	23.4 (7.9)
千代田村	4.1 (0.5)	6.2 (1.2)	20.7 (2.0)	15.8 (1.7)
新治村	11.8 (1.0)	6.8 (0.9)	43.3 (3.0)	22.0 (1.7)
地区平均	15.0 (26.3)***	5.2 (15.0)***	19.8 (28.4)***	13.8 (21.8)***

*「茨城県統計年鑑 昭和51年」のデータを基に作表した

**飼育頭数の茨城県全体に対する割合

***地区計

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 6 高浜入周辺地域の耕地 (昭和 49 年)

	耕地(%)	田(%)	畑(%)	樹園地(%)
茨城県	31.2	16.9	12.0	2.3
市 部	28.7	16.9	10.0	1.8
郡 部	32.2	16.9	12.7	2.6
土浦市	34.4	17.5	12.3	4.6
石岡市	43.1	19.0	14.8	9.3
小川町	37.0	12.4	19.2	5.5
美野里町	46.6	13.2	20.8	12.6
玉造町	32.8	16.1	14.2	2.4
出島村	30.0	13.9	9.0	7.1
玉里村	35.3	19.5	9.2	6.7
八郷町	30.5	13.8	9.8	6.9
千代田村	41.3	15.7	6.5	19.0
新治村	41.2	20.0	10.6	10.7
地区平均	35.6	15.4	12.5	7.8

*「昭和 51 年茨城県統計年鑑」のデータに基づき作表した。

**各市町村面積に対する割合

表 7 高浜入周辺地域の製造業出荷額の産業別構成比

	茨城県	土浦市	石岡市	小川町	美野里町	玉造町	出島村	玉里村	八郷町	千代田村	新治村
食料	9.8	18.6	25.6	19.2	64.1	11.4	5.3	39.7	11.0	4.4	0.8
繊維	0.8	0.1	7.7	x	x	x	—	—	0.1	—	—
衣服	0.9	1.7	4.1	29.6	1.0	3.5	—	—	32.1	0.1	—
木材	2.0	0.7	2.4	0.8	0.2	3.4	1.8	x	12.3	x	1.9
家具	0.6	0.8	1.6	2.9	x	1.7	—	—	0.8	x	x
紙製品	2.5	0.4	2.3	x	—	1.6	x	x	—	2.6	x
印刷	0.3	0.7	0.3	—	—	x	—	—	7.4	—	x
化学	6.6	—	—	—	x	x	—	—	—	x	—
石油石炭	7.7	—	x	—	—	—	—	—	—	x	11.6
ゴム	0.7	—	x	—	x	x	x	—	—	—	—
皮革	0.3	0.7	x	—	x	x	—	x	—	—	—
窯業土石	4.9	3.1	1.2	12.1	11.2	3.1	0.2	x	6.1	8.3	41.4
鉄鋼	12.5	2.6	—	—	—	—	—	x	—	6.7	—
非鉄	11.9	24.0	x	—	—	—	—	—	—	x	—
金属	4.3	7.0	1.6	x	2.4	—	60.7	1.9	2.6	79.6	4.9
機械	9.8	28.4	4.2	—	0.1	x	8.9	x	1.1	19.2	x
電気	15.5	2.8	3.8	—	x	1.1	x	—	x	x	x
輸送機	2.8	0.3	0.7	9.3	—	x	0.3	—	x	x	x
精機	x	1.4	15.3	—	x	x	x	—	—	—	x
武器	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	5.1	6.7	4.6	22.7	2.9	0.9	20.5	24.1	3.9	24.1	16.2
秘匿欄	1.0	—	24.5	3.3	18.1	73.2	2.2	34.3	22.6	5.0	23.1

*「茨城の工業 (昭和 49 年)」のデータを基に作表した

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

場合、重化学工業よりも軽工業の比率が大きい。特に汚濁負荷発生量の多い食料品製造業関係が20%と茨城県平均の倍を越えているのが注目される。

3.1.3 高浜入周辺地域の汚濁負荷

前項で述べた人間活動に伴い、どの程度の汚濁負荷が発生するのだろうか。BOD および CODについて、高浜入周辺地域の汚濁負荷発生量を算出した。

まず、製造業に伴う汚濁負荷発生量を表8に示す。これは、各市町村毎に調査を行い、産業小分類別、従業員規模別に集計した事業所数を基に算定した。産業小分類別、従業員規模別の事業所の製品出荷額等を工業統計によって求め、これに環境庁の水質調査に基づく工業出荷額あたりの業種別汚濁負荷原単位を乗じて事業所あたりの汚濁負荷発生量を求めた。

表 8 製造業汚濁負荷発生量

	BOD t/d (t/d・Km ²)*		COD t/d (t/d・Km ²)*	
土 浦 市	16.94	(0.185)	11.19	(0.122)
石 岡 市	8.53	(0.135)	6.47	(0.102)
小 川 町	1.52	(0.024)	1.06	(0.016)
美野里町	7.90	(0.129)	6.47	(0.105)
玉 造 町	0.89	(0.013)	0.61	(0.009)
出 島 村	2.60	(0.023)	1.19	(0.011)
玉 里 村	2.99	(0.158)	2.38	(0.126)
八 郷 町	0.45	(0.003)	0.32	(0.002)
千代田村	8.40	(0.171)	8.78	(0.178)
新 治 村	0.62	(0.018)	0.50	(0.015)
地 区 計	50.84	(0.071)	38.97	(0.054)

*単位面積あたりの発生量 (発生量/市町村面積)

この製造業汚濁負荷発生量にはと殺場からの汚濁負荷も含まれている。これはと殺頭数(牛1頭は豚4頭に換算)を推定し、これに建設省の報告書⁹⁾における原単位を乗じて算出した。

これらの汚濁負荷発生量の推定値にはかなりの誤差が含まれるものと考えられるが、以下にこれらの推定値に基づいて議論を進めていくことにしよう。

表3で示される製品出荷額から予想されるように、土浦市、石岡市および千代田村において汚濁負荷発生量が多い。特に土浦市は当該地域の約1/3の汚濁負荷を発生している。次いで美野里町の汚濁負荷発生量が多いが、これは表7に見られるように、食料品製造業の比率が極端に高いためである。逆に出島村では食料品製造業の比率が低いため、製品出荷額に比べて汚濁負荷発生量が小さい。

また、玉里村の場合は食料品製造業の比率は高いが、その中でも汚濁負荷発生量が比較的少ない業種の製品出荷額が大きいため発生量が少ない。このように、産業中分類の段階でとどめず、産業小分類、さらには産業細分類にまで区分しないと、このような汚濁負荷算定方式ではかなり大きな誤差を生じる恐れがある。

一方、汚濁負荷発生密度は、土浦市、千代田村、玉里村、石岡市、美野里町の順で高く、工業団地を含む市町村の負荷が高くなっている。

次に、業種の違いによる汚濁負荷の発生状況をみると、全般に食料品製造業における発生量が多い。例えば、美野里町、玉里村、小川町および玉造町では BOD、COD とともに 95% 以上が食料品製造業において発生している。また、土浦および石岡両市でも 80~90% が食料品製造業で発生している。このことは BOD と COD の発生量の関係にもあらわれており、これらの市町村では食料品製造業における負荷原単位が大きい BOD の発生量が COD を上回っている。

一方、千代田村および新治村では食料品製造業関係の汚濁負荷発生量が小さくなっている。千代田村では、パルプ、紙、紙加工品製造業および化学工業における汚濁負荷発生量が多い。特に COD 負荷原単位の大きな化学工業の比率が多いため、千代田村では COD の発生量が BOD の発生量を上回っている。

土浦市、石岡市、千代田村、美野里町、玉里村の汚濁負荷発生量の多い 10 の事業所だけで、製造業関係の汚濁負荷発生量の 6 割近くを占めている。これら大手の、特に排水濃度の高い事業所の排水処理を行うことによって汚濁負荷がかなり軽減されることになる。

表 9 家庭汚濁負荷発生量

	BOD t/d (t/d · Km ²)*		COD t/d (t/d · Km ²)*	
土浦市	5.36	(0.059)	2.68	(0.029)
石岡市	2.25	(0.036)	1.13	(0.018)
小川町	0.89	(0.014)	0.44	(0.007)
美野里町	0.88	(0.014)	0.44	(0.007)
玉造町	0.69	(0.010)	0.34	(0.005)
出島村	0.88	(0.008)	0.44	(0.004)
玉里村	0.32	(0.017)	0.16	(0.008)
八郷町	1.42	(0.009)	0.71	(0.005)
千代田村	0.96	(0.019)	0.48	(0.010)
新治村	0.44	(0.013)	0.22	(0.006)
地区計	14.08	(0.020)	7.04	(0.010)

*単位面積あたりの発生量 (発生量/市町村面積)

次に家庭における生活排水からの汚濁負荷発生量を算定した。表 1 に示した、昭和 50 年度国勢調査による市町村別人口と 1 人あたり汚濁負荷単位⁵⁾ とから算出した。この場合、し尿および雑用水を合わせて 1 人あたりの汚濁負荷発生量とした。当然、人口の多い土浦および石岡両市での汚濁負荷発生量が多く、地域全体の半分以上を占めている。

次に前節でみたように当該地域での活動密度が高く、大きな汚濁発生源の 1 つと考えられる畜産に伴う汚濁負荷発生量を表 10 に示す。これは昭和 49 年度の市町村別の牛および豚の飼育頭数と汚濁負荷原単位⁵⁾ とから算出した。にわとりについては排泄物が肥料として回収されることから計算から除

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

表 10 畜産汚濁負荷発生量

	BOD t/d (t/d・Km ²)*		COD t/d (t/d・Km ²)*	
土浦市	1.64	(0.018)	1.15	(0.013)
石岡市	3.95	(0.062)	2.67	(0.042)
小川町	1.63	(0.025)	1.19	(0.018)
美野里町	4.30	(0.070)	3.13	(0.051)
玉造町	1.42	(0.020)	1.01	(0.015)
出島村	9.01	(0.081)	6.24	(0.056)
玉里村	2.01	(0.106)	1.37	(0.073)
八郷町	7.96	(0.052)	5.51	(0.036)
千代田村	2.36	(0.048)	1.59	(0.032)
新治村	3.36	(0.099)	2.26	(0.066)
地区計	37.63	(0.053)	26.11	(0.037)

*単位面積あたりの発生量(発生量/市町村面積)

外した。出島村、八郷町を始めとして美野里町、石岡市、新治村など各市町村ともかなりの汚濁負荷発生が見られる。また、畜産汚濁負荷発生密度は玉里村および新治村で高くなっている。

表 11 農、山地汚濁負荷発生量

	BOD t/d (t/d・Km ²)*		COD t/d (t/d・Km ²)*	
土浦市	0.18	(0.002)	0.54	(0.006)
石岡市	0.15	(0.002)	0.44	(0.007)
小川町	0.10	(0.002)	0.33	(0.005)
美野里町	0.11	(0.002)	0.37	(0.006)
玉造町	0.13	(0.002)	0.38	(0.006)
出島村	0.20	(0.002)	0.60	(0.005)
玉里村	0.04	(0.002)	0.12	(0.006)
八郷町	0.29	(0.002)	0.95	(0.006)
千代田村	0.10	(0.002)	0.31	(0.006)
新治村	0.08	(0.002)	0.24	(0.007)
地区計	1.39	(0.002)	4.28	(0.006)

*単位面積あたりの発生量(発生量/市町村面積)

次に表 11 に農地および山地における汚濁負荷発生量を示す。各市町村の田、畑および山地の面積に汚濁負荷原単位を乗じて算出した。水田および山地の汚濁負荷原単位は建設省の「霞ヶ浦水質現況調査報告書」⁹⁾における値を採用した。また畑地については山地に対する値を用いた。農、山地における汚濁負荷は、他の発生源からのものと異なり、BOD よりも COD が多くなっている。また、これらの汚濁は排水を処理することによって軽減することはできず、そのまま流出するものである。

以上、4つの発生源における汚濁負荷発生量を表 12 および表 13 にまとめて示す。高浜入周辺地域全域で BOD 約 100 t/d および COD 約 75 t/d が発生していると推定される。市町村別では土浦市が多く、1/4 (BOD) から 1/5 (COD) の汚濁負荷を発生している。しかしながら、高浜入流域に

表 12 高浜入周辺地域の BOD 発生量

	家 庭		製 造 業		畜 産		農 林 地		計	
	t/d	%*	t/d	%*	t/d	%*	t/d	%*	t/d	t/d・Km ² ***
土 浦 市	5.36	(22.2)	16.94	(70.2)	1.64	(6.8)	0.18	(0.7)	24.12	(0.264)
石 岡 市	2.25	(15.1)	8.53	(57.3)	3.95	(26.5)	0.15	(1.0)	14.88	(0.235)
小 川 町	0.89	(21.5)	1.52	(36.7)	1.63	(39.4)	0.10	(2.4)	4.14	(0.064)
美野里町	0.88	(6.7)	7.90	(59.9)	4.30	(32.6)	0.11	(0.8)	13.19	(0.215)
玉 造 町	0.69	(22.0)	0.89	(28.4)	1.42	(45.4)	0.13	(4.2)	3.13	(0.045)
出 島 村	0.88	(6.9)	2.60	(20.5)	9.01	(71.0)	0.20	(1.6)	12.69	(0.115)
玉 里 村	0.32	(6.0)	2.99	(55.8)	2.01	(37.5)	0.04	(0.7)	5.36	(0.284)
八 郷 町	1.42	(14.0)	0.45	(4.4)	7.96	(78.7)	0.29	(2.9)	10.12	(0.066)
千代田村	0.96	(8.1)	8.40	(71.1)	2.36	(20.0)	0.10	(0.8)	11.82	(0.240)
新 治 村	0.44	(9.8)	0.62	(13.8)	3.36	(74.7)	0.08	(1.8)	4.50	(0.132)
地 区 計	14.08	(13.5)***	50.84	(48.9)***	37.63	(36.2)***	1.39	(1.3)***	103.94	(0.145)***

*発生源別構成比

**単位面積あたりの発生量 (発生量/市町地面積)

***地区平均

表 13 高浜入周辺地域の COD 発生量

	家 庭		製 造 業		畜 産		農 林 地		計	
	t/d	%*	t/d	%*	t/d	%*	t/d	%*	t/d	t/d・Km ² ***
土 浦 市	2.68	(17.2)	11.19	(71.9)	1.15	(7.4)	0.54	(3.5)	15.56	(0.170)
石 岡 市	1.13	(10.6)	6.47	(60.4)	2.67	(24.9)	0.44	(4.1)	10.71	(0.169)
小 川 町	0.44	(14.6)	1.06	(35.1)	1.19	(39.4)	0.33	(10.9)	3.02	(0.047)
美野里町	0.44	(4.3)	6.47	(62.8)	3.13	(30.4)	0.37	(3.6)	10.31	(0.168)
玉 造 町	0.34	(14.5)	0.61	(26.1)	1.01	(43.2)	0.38	(16.2)	2.34	(0.034)
出 島 村	0.44	(5.2)	1.19	(14.0)	6.24	(73.7)	0.60	(7.1)	8.47	(0.076)
玉 里 村	0.16	(4.0)	2.38	(59.1)	1.37	(34.0)	0.12	(3.0)	4.03	(0.213)
八 郷 町	0.71	(9.5)	0.32	(4.3)	5.51	(73.6)	0.95	(12.7)	7.49	(0.049)
千代田村	0.48	(4.3)	8.78	(78.7)	1.59	(14.2)	0.31	(2.8)	11.16	(0.227)
新 治 村	0.22	(6.8)	0.50	(15.5)	2.26	(70.2)	0.24	(7.5)	3.22	(0.094)
地 区 計	7.04	(9.2)***	38.97	(51.0)***	26.11	(34.2)***	4.28	(5.6)***	76.40	(0.107)***

*発生源別構成比

**単位面積あたりの発生量 (発生量/市町村面積)

***地区平均

含まれるのは土浦市のごく一部であり、これらの負荷の大部分は土浦入の方へ流れるものと思われる。続いて石岡市、美野里町、出島村、千代田村および八郷町における汚濁負荷発生量が大きい。このうち、出島村の場合も高浜入に流れ込む汚濁負荷はごく一部のものと思われる。

次に汚濁負荷発生密度をみてみると、玉里村が一番高く、続いて土浦市、千代田村、石岡市および美野里町が高い。これらはいずれも常盤線沿いの市町村であり、都市化および工業化の進んだ地域ではやはり汚濁負荷発生密度が高くなっている。

発生源別の内訳では、製造業が約 50%、畜産が 35% と、この 2 つで汚濁負荷発生量の大部分を占

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

めている。それ故、この2つの発生源における排水処理がBODおよびCODの軽減に大きな効果を持つものと思われる。

市町村毎に発生源別のパターンを見ると、いくつかのグループに分類できる。まず、土浦市および千代田村の場合は製造業におけるものが7割以上と圧倒的に多くなっている。次のグループは石岡市、美野里町および玉里村で、製造業がやはり5割を超えるが、畜産の負荷もかなり多い場合である。さらに出島村、八郷町および新治村は畜産に伴う汚濁負荷が7割以上を占め、土浦市や千代田村とは逆の傾向を示している。

3.1.4 おわりに

以上、高浜入周辺地域について現在まで得られているBODおよびCODの汚濁負荷発生量の調査結果について述べてきたが、高浜入周辺地域の汚濁負荷発生は製造業および畜産におけるものが大きく、これらの排水の処理がBODおよびCODについては大きな効果を持つものであることが分った。

今後は、さらに窒素やリンなど、他の汚濁質についても同様な推定を行うと共に、データのメッシュ化などを行い、各流域毎の汚濁負荷量の算定を行いたい。

注

- 1) かすみ 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所 昭和50年6月
- 2) 昭和50年度環境白書 茨城県
- 3) 昭和51年茨城県勢要図
- 4) 茨城県農林水産統計年報 昭和49～50年 関東農政局茨城統計情報事務所
- 5) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 日本下水道協会 昭和49年
- 6) 霞ヶ浦水質現況調査報告書 建設省関東地方局霞ヶ浦工事事務所 昭和48年

3.2. 霞ヶ浦周辺住民の水を中心とした環境に対する意識調査

原科幸彦・青木陽二・森田恒幸・丹羽富士雄(総合解析部)

3.2.1 調査の目的

本プロジェクトは霞ヶ浦の水環境改善のための方策を明らかにすることを究極の目標としている。どのような方策が望ましいかの判断はその水環境と直接、間接に係わる主体により総合的になされなければならない。そのための水環境の総合評価方式の樹立が必要である。このために必要な研究課題は次の4つに分けられよう。第1に水環境評価項目の設定、第2に各項目の指標化とその測定方法の確立、第3にその予測方式の構築、第4に当該環境に関連する主体による評価方式の樹立である。これらのうち、第1の水環境評価項目設定のための基礎資料を得るために行ったのが、今回の意識調査である。この調査は霞ヶ浦周辺の住民が湖を中心とした現在の水環境に対してどのような点を重視し、どのような評価を行っているかを明らかにすることを目的としている。

3.2.2 調査票の設計

本調査では居住地の周辺環境に対する住民意識を把握するため次の二つの調査を同時に実施した。一つは通常のアンケート票による面接調査(A票)で、他は環境点検図(B票)作成による調査であ

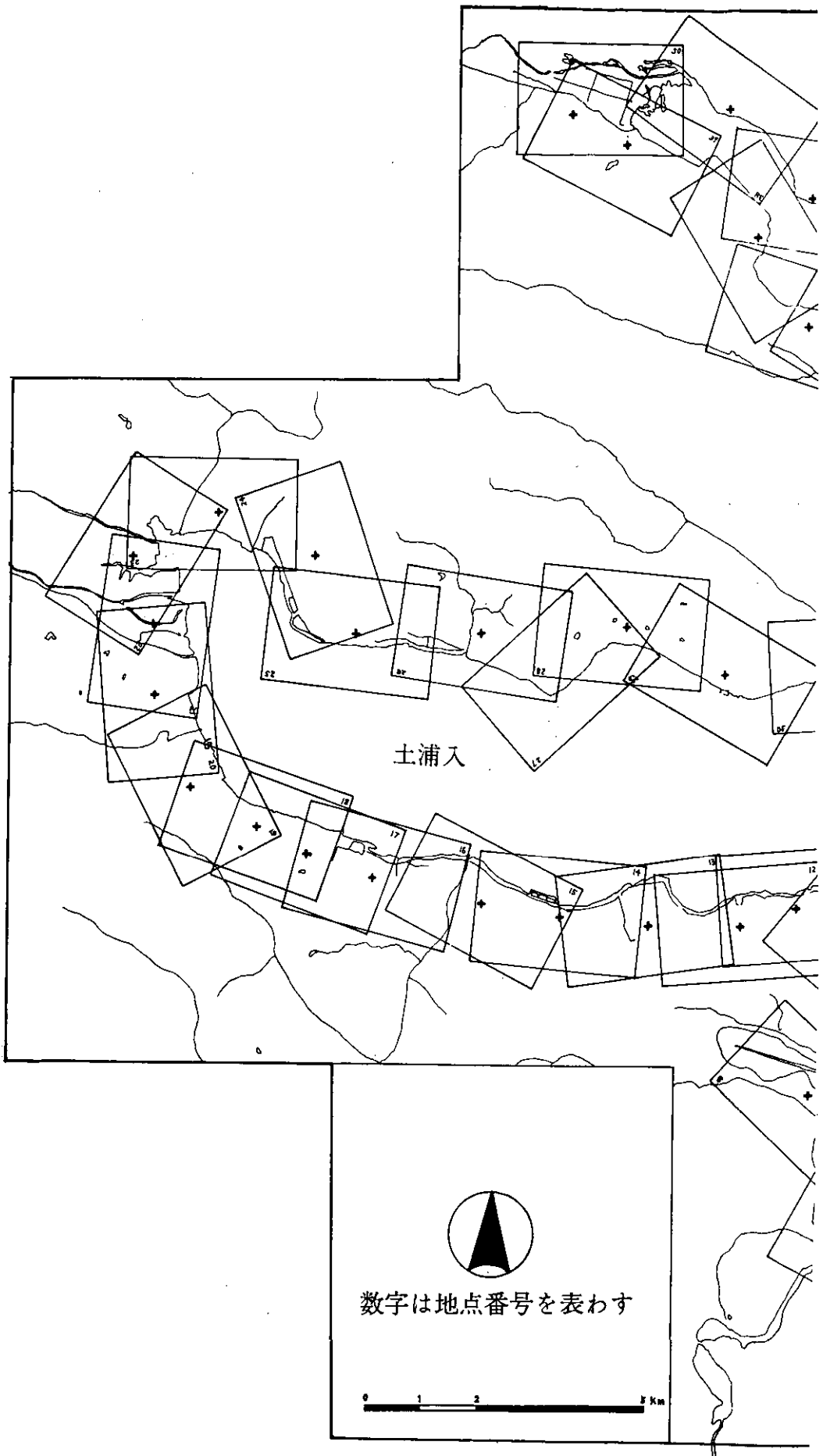
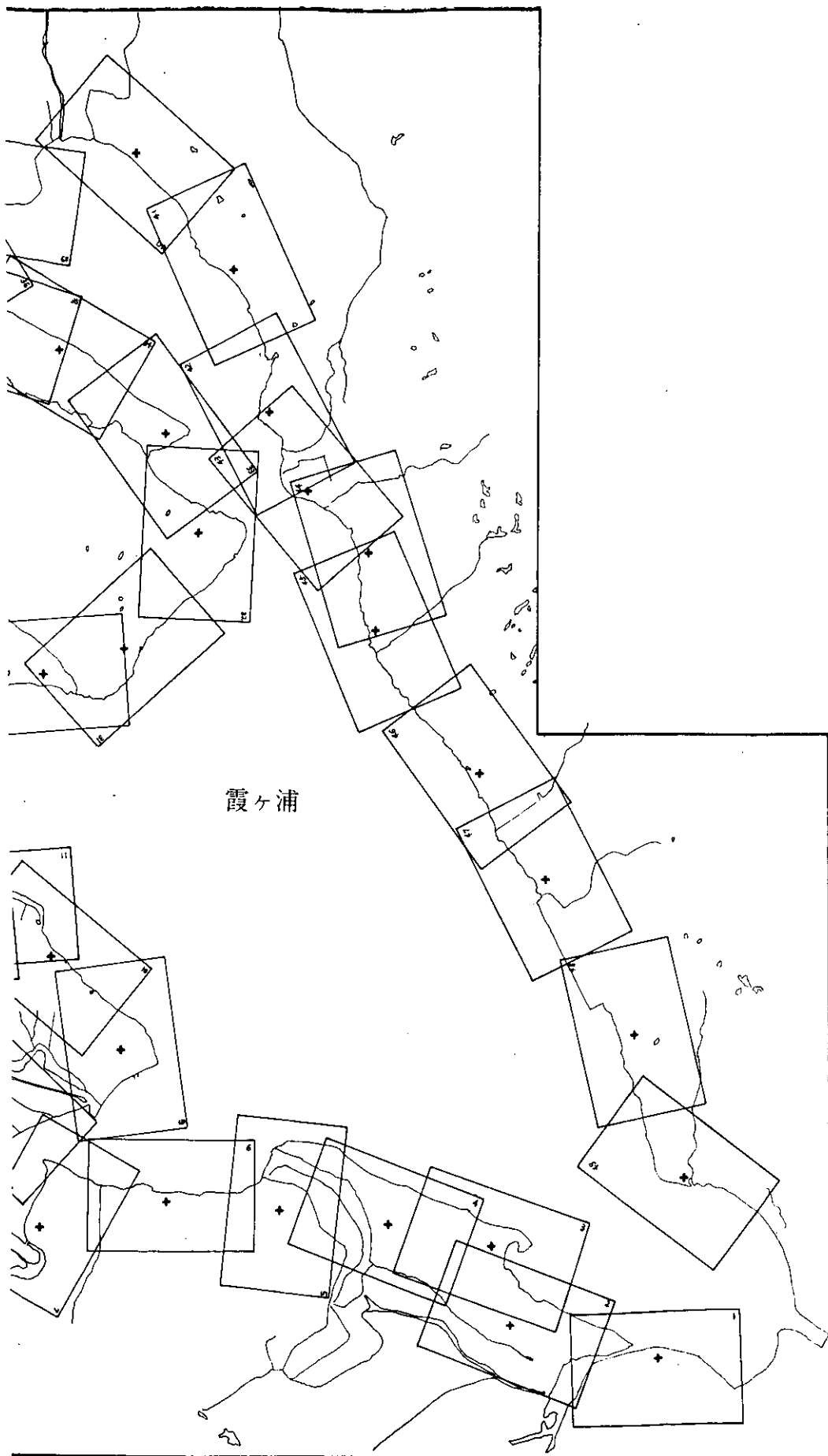


図 1 調査対象地域の地図



霞ヶ浦

10

11

12

る。

〔A票…環境意識アンケート調査〕

A票は居住地の個人単位にあらかじめ用意したアンケート票により面接調査するもので、その内容は以下のとおりである。

まず、地域の生活環境の満足感について質問し、5項目の個別設問の後に総合的満足感を聞いた。さらに、総合的満足感をとらえる別の方法として現在の居住地にずっと住み続けたいかという居住指向も質問した。

第二に、霞ヶ浦の水環境汚染に関する質問を8項目にわたり行い、その後で総合的な判断を聞いた。この質問は霞ヶ浦の水環境が悪化したかどうか、その認知を聞くものと、悪化したと答えた場合にはそれが暮らしにどの程度影響しているかを聞くものとなる。これによって特にどのような水環境汚染が地域住民にとって重要であるかを明らかにしようとした。

第三に、質問の範囲を霞ヶ浦の水質に絞って、水質汚染に対する認知と汚染原因の認知、さらに自分自身も汚染者と考えているかについて聞いた。特に何を汚染原因と考えているかがここでの重要なポイントである。

第四に、水質浄化のための対策についてどのような位置づけで考えているかを、他の諸公共政策との相対的優先度を聞くという形で問うた。

以上の質問を、生活環境全般(Q1)から始め、霞ヶ浦の水環境(Q2)に転じ、霞ヶ浦の水質に絞って(Q3)、その認知、汚染源の認知、さらには浄化対策の位置づけ(Q4)を問うて、最後に、定住指向(Q5)を問うという形に調査票を構成した。調査票は資料4(資料篇, pp. 139~145)にサンプルを示したが、全有効票数752であり、%表示を用いた。なお、DKは無回答を示す。

調査対象の属性を把握するためのフェイスシートとしては、年令、居住年数、前住地、職業(主婦、学生、無職の場合は世帯主の職業も)、下水処理方法、居住形態、性別である。

〔B票…環境点検図〕

B票は居住地の周辺半径1Km程の範囲内で環境の悪い地点、良い地点を地図上に示してもらうのである。地図は調査地点ごとに用意し、5000分の1の縮尺とした。質問項目は次の5つである。

- (1) 河や湖などで汚れのひどいところ
- (2) 悪臭のするところ
- (3) 泳げるところ…無ければ何年位まで泳げたか、その理由は何か
- (4) 河や湖などでつりや投網のできるところ…そこで獲れる魚の種類
- (5) 景色の良いところ

3.2.3 調査の実施

この調査を下記の要領により実施した。標本抽出および実査、単純集計までの作業は指名競争入札により財団法人日本システム開発研究所に委託して行われた。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

(1) 調査の要領

i) 対象地域 図1に示すように霞ヶ浦(西浦)湖岸1Km以内に立地する集落から50地点を選定した。この地域は次の11市町村に含まれる。——東村, 桜川村, 江戸崎町, 美浦村, 阿見町, 土浦市, 出島村, 石岡市, 玉里村, 玉造町, 麻生町。

ii) 調査対象 対象地域に居住する20~69才の男女個人。

iii) 対象数 50地点各20人, 総数で1,000人を標本抽出。

iv) 標本抽出方法 選挙人名簿を用いた系統抽出法。

v) 調査方法 A票(環境意識アンケート調査)は面接法。B票(環境点検図)は留置法を主とし, 一部面接法。

vi) 調査時点 昭和52年5月21日~28日

(2) 回収結果と集計解析の状況

i) 回収結果 有効回収票は752票(回収率75.2%)で, この種の調査では順当な成績である。実質的にはA票, B票の2種類の調査を同時に行っているのので, この点を考慮すると良好といえる。

回答者の属性分布は, 資料4(資料篇, pp. 139-145)に示すとおりで, 持家居住の人が多く(96%), 居住歴が長く(20年以上79%), 農業従事者が多い(47%)。

ii) 集計解析の状況 調査結果の集計解析はA票については一応終了したが, B票については現在集計作業中である。したがって今回の報告ではA票の集計解析結果のみを示す。

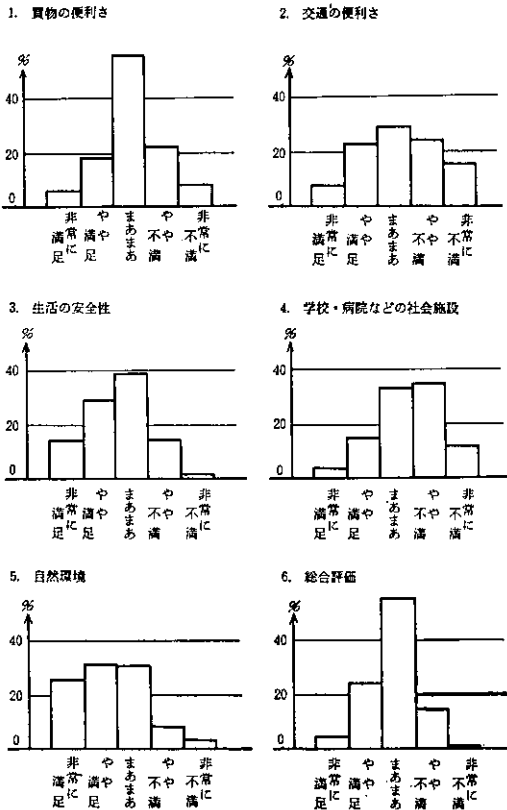


図2 生活環境の満足感の分布

15 報告ではA票の集計解析結果のみを示す。

3.2.4 全域での集計解析

調査結果のうちA票の集計解析結果をこの節と次節とで示す。この節は全域での傾向を質問項目順に示し, 次節で調査地点別の傾向を示す。この節で用いた解析手法は単純集計, 相関分析, 主成分分析, 数量化理論第II類である。

(1) 生活環境の満足感

生活環境の満足感に感しては, 買物の便利さ, 交通の便利さ, 生活の安全性, 学校病院などの社会施設, 自然環境の5項目について聞き, 最後に総合評価を聞いた。設問は満足から不満まで5段階評

価とした。

〔満足度の分布〕

全標本についての単純集計結果を見ると、総合評価としては満足が多く、満足側に 28% が入り、まあまあ以上では 84% となっている (図 2)。個別の項目別では自然環境に対して満足と答えた人が最も多く、非常に満足している人だけでも 26%、満足の合計では 58% に達する。次いで生活の安全性に対しても満足の比率は高く満足側に 43% である。不満の人が多いのは、交通の便利さと学校・病院などの社会施設で、それぞれ不満側に 41%、47% の人が答えている。普段の買物の便利さに対しては、満足と不満がほぼ対象で中央のまあまあと答えた人が 46% である。

〔属性との関連〕

属性によって生活環境の満足感に有意な差が見られるかを相関分析、適合度検定により調べた。有意水準 0.1% ではほとんどの属性との組み合わせについて有意な相関は見られなかったが、次の二つについては有意であった。

第 1 に、買物の便利さと年齢の間に負の相関が見られ、(クラマーのコンティジェンシー係数の平方根、 $\sqrt{Cr}=0.094$) 年齢の若い人程買物の便利さに不満を持っている。

第 2 に、社会施設と下水処理方法の間に正の相関が見られ ($\sqrt{Cr}=0.088$)、下水道のない人は社会施設に対し不満を持っている人が多い。

〔生活環境の満足感の構造〕

単純集計結果から、霞ヶ浦湖岸住民の生活環境に対する満足感は、自然環境に対し高く、社会施設や交通などの利便性項目で不満が多いことがわかった。これら 5 項目による情報を縮約するために主成分分析を行った。第 1 主成分と第 2 主成分で 61% の説明力があり、図 3 に見るように、第 1 主成分は生活環境の不満度を、第 2 主成分は自然環境か人工環境利便性かの相対的重みを示すようである。単純集計結果と考
え合わせるとこの二つの主成分により生活環境の満足感がはほとらえられるといえよう。

生活環境の満足感の総合評価に上の 5 項目のどれが効いているかを見るために、林の数量化理論第 II 類を適用した。外的基準としては総合評価の 5 段階をとった。その結果は、表 1 のように相関比が 0.64 で判別はかなりうまくいっている。項目別の偏相関は自然環境が 0.38 で最も高く、交通の便利さが次いでおり、カテゴリースコアの値に見るようにこれらの項目の満足度の大小が生活環境の総合満足度に特に効いているようである。

次に総合的満足感を示すと思われる別の指標として、定住指向について分析した。定住指向については Q 5 で聞いている。

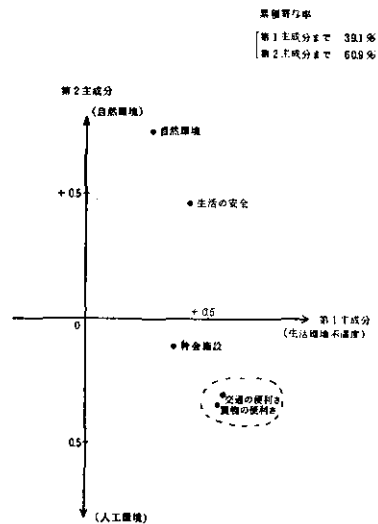


図 3 生活環境の満足感に関する主成分分析

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

表1 生活環境の総合満足度に関する要因（数量化理論Ⅱ類）

外的基準：生活環境の総合的満足（非常に満足から非常に不満まで5段階評価）

サンプル数：736，カテゴリー総数：25，相関比：0.64

要因	カテゴリー	スコア	偏相関
近くの自然環境	1	-2.5	0.38
	2	-1.1	
	3	1.3	
	4	4.9	
	5	7.2	
交通の便利さ	1	-3.4	0.26
	2	-1.7	
	3	-0.5	
	4	1.2	
	5	3.0	
普段の買物の便利さ	1	-2.1	0.20
	2	-1.9	
	3	-0.2	
	4	1.5	
	5	2.4	
防犯，防災等の生活の安全	1	-0.9	0.17
	2	-1.2	
	3	0.7	
	4	1.3	
	5	1.4	
学校，病院等の社会施設	1	-1.0	0.17
	2	-1.9	
	3	0.3	
	4	0.0	
	5	1.8	

カテゴリー 1：非常に満足 4：やや不満
 2：やや満足 5：非常に不満
 3：まあまあ

〔定住指向の分析〕

集計結果によると、現在の居住地に今後も住みたいと答えた人は95%にもものぼる。このことは、霞ヶ浦周辺の住民は定住指向が高く、比較的安定した社会構造を示していると言える。一面、定住指向は、生活環境の満足さを表す1つの指標と見ることができる。実際、表2によると、生活環境に満足しているほど、定住指向を示す人の割合が増加するという傾向が見られる。しかしながら、不満を持っている人の83%が定住したいと答えていることは、定住指向が単に生活環境の満足さを示す指標ではなく、社会構造の安定性をも示す指標と解釈すべきである。定住指向の高い人は、年齢が高い人に多く($\sqrt{Cr}=0.129$)、また居住年数が長い人に多い($\sqrt{Cr}=0.254$)という分析結果は、このこ

表 2 定住指向と総合的満足の関係

総合的満足感	定住指向	定住したい	他に移りたい	(計)
満足		203 (99%)	2 (1%)	205 (100%)
まあまあ		381 (96%)	15 (4%)	396 (100%)
不満		89 (83%)	18 (17%)	107 (100%)
(計)		673	35	708

$\chi^2=40.125$ (自由度 2)
 $\sqrt{Cr}=0.238$

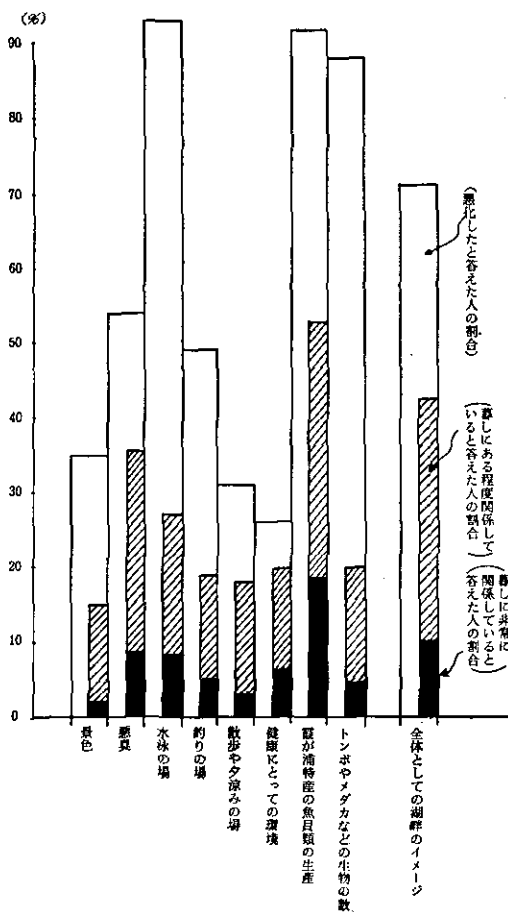


図 4 霞ヶ浦汚染の認知及び評価の分布

とを裏づける一つの事実である。

(2) 霞ヶ浦汚染の認知と評価

霞ヶ浦周辺の住民が現状の霞ヶ浦汚染をどのように認知し、評価しているかを分析するのが本節の目的である。そのため、霞ヶ浦汚染がもたらすと考えられる8つの影響項目(景色・悪臭・水泳の場・釣りの場・散歩や夕涼みの場・健康・特産魚貝類の生産・トンボやメダカ等の生物数)について、以前より悪化しているか否かの認知と、暮らしに影響を及ぼしているか否かの評価を調査した。また、全体としてのイメージの悪化(総合認知)、及び、全体としての暮らしへの影響(総合評価)も合わせて質問した。

[認知及び評価の分布]

集計結果より霞ヶ浦汚染の認知及び評価の分布を求めたのが図4である。この図より、まず汚染認知の分布を見ると、水泳の場の減少、霞ヶ浦特産の魚貝類の減少、トンボやメダカなどの生物の減少の3つの項目について、汚染を認知している人が極度に多い。また、50%程度の人が、悪臭及び釣

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

り場の悪化を認知している。これに対して、暮しに影響を及ぼすという側面からの認識については、水泳の場の減少及びトンボやメダカなどの減少という2つの項目の分布が比較的少なく、悪臭と特産魚貝類の減少が大きな割合を占めてくることがわかる。このように、汚染の認知の程度がそのまま評価の程度に結びつく訳ではなく、認知は少ないが評価が大きいもの（健康項目等の例）が読みとれよう。また、調査項目に入っていないもので、認知・評価ともに高かった項目として、ブユ（蟻子）の大量発生を検討する必要がある。

表 3 霞ヶ浦汚染の認知に関する要因（数量化理論Ⅱ類）
 外的基準：湖畔の全体的イメージの悪化（悪化しない—悪化した）
 サンプル数：729 カテゴリー総数：16 相関比：0.45

要 因	カテゴリー	スコア	偏 相 関
景 色	a	-2.2	0.19
	b	1.2	
悪 臭	a	-0.9	0.13
	b	1.1	
釣り場	a	-1.1	0.12
	b	1.1	
散歩・夕涼みの場	a	-1.6	0.12
	b	0.7	
健 康	a	-0.9	0.06
	b	0.3	
特産魚貝類	a	-0.1	0.05
	b	1.6	
水泳の場	a	-0.1	0.04
	b	1.3	
トンボ、メダカ等の生物	a	-0.0	0.01
	b	1.3	

カテゴリー a：悪化しない（or 減少しない）
 b：悪化した（or 減少した）

全体としての湖畔のイメージが悪化していると答えた人は70%以上にものぼり、それが生活に影響を及ぼしていると答えた人は、40%を越えている。

〔属性との関連〕

悪臭が生活に影響を及ぼしていると答えた人は漁業従事者に多く（ $\sqrt{Cr}=0.138$ ）、また、霞ヶ浦の汚染が全体として生活に影響を及ぼしていると答えた人も漁業従事者に多い（ $\sqrt{Cr}=0.155$ ）。このことは、漁業従事者の生活が、特に霞ヶ浦と密接に結びついていることを示している。その他の属性については、有意な相関は認められなかった。

表 4 霞ヶ浦汚染の評価に関する要因（数量化理論Ⅱ類）

外的基準：汚染が暮らしに及ぼす全体的影響（関係なし—ある程度関係あり—非常に関係あり）
 サンプル数：752 カテゴリー総数：24 相関比：0.65

要 因	カテゴリー	スコア	偏 相 関
特産魚貝類の減少	a	-2.1	0.31
	b	0.9	
	c	3.6	
悪 臭	a	-1.1	0.23
	b	1.5	
	c	3.7	
トンボ、メダカ等の生物の減少	a	-0.5	0.13
	b	1.8	
	c	2.2	
健康被害	a	-0.4	0.12
	b	1.9	
	c	1.5	
散歩、夕涼みの場の減少	a	-0.3	0.09
	b	1.3	
	c	1.6	
水泳の場の減少	a	-0.4	0.09
	b	0.5	
	c	1.6	
景色の悪化	a	-0.1	0.09
	b	0.2	
	c	3.4	
釣り場の減少	a	-0.1	0.06
	b	0.0	
	c	1.6	

カテゴリー a：暮らしに関係してない（悪化してないを含む）
 b： // ある程度関係している
 c： // 非常に関係している

〔認知及び評価の構造〕

次に、霞ヶ浦汚染の全体的認知及び全体的評価が、いかなる個別評価項目を重要視して形成されるかを把握するために、総合認知及び総合評価を外的基準とした、数量化Ⅱ類の分析を行った。これによると、まず、湖畔の全体的イメージの悪化を認知するに際しては、景色の悪化、悪臭、釣り場の減少、散歩夕涼みの場の減少の4項目のウェイトが高いことがわかった（表3参照）。これに対し、汚染が暮らしに及ぼす全体的影響を把握するに際しては、特産魚貝類の減少及び悪臭の2項目のウェイトが高いことがわかった（表4参照）。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

さらに、霞ヶ浦汚染を周辺住民が評価するに際して、いかなる観点をもとに評価しているかを把握するため、各項目の評価に関する主成分分析を行った。この結果、第1～第3主成分で63.2%の説明力があった。第1主成分は生活への影響度、第2主成分は湖水からの影響距離、第3主成分は被害の直接性（水—生物）と解することができ、これら3つの観点を中心に評価が形成されているといえる（図5 a, b）。

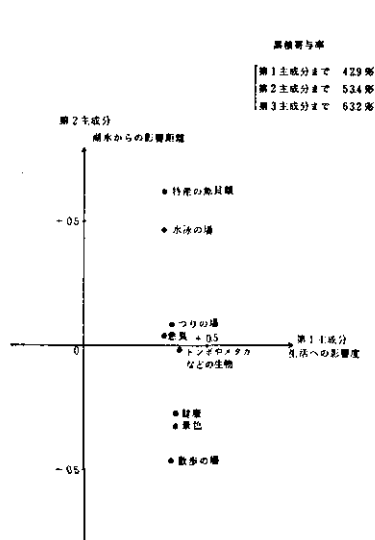


図5a 霞ヶ浦汚染の生活影響項目の主成分分析結果（第1、第2成分）

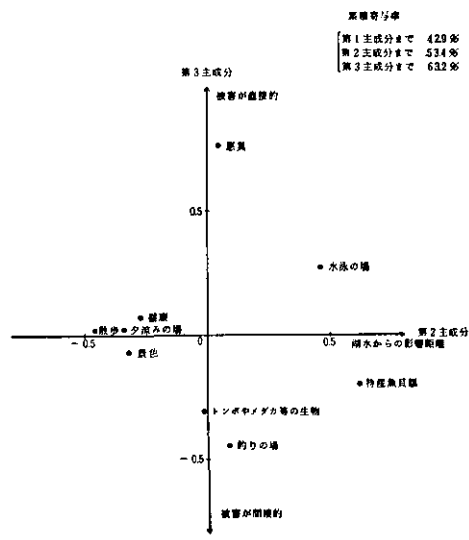


図5b 霞ヶ浦汚染の生活影響項目の主成分分析結果（第2、第3成分）

(3) 霞ヶ浦水質汚染の原因の認知

本調査結果によると霞ヶ浦の水が汚れていると答えた人は95%にもなる。そこで本節では、霞ヶ浦水質汚染の原因を、周辺住民がいかに把握しているかを分析する。このため、各種汚染源についての原因の認知、及び、自分自身を汚染源と認知しているかを質問した。

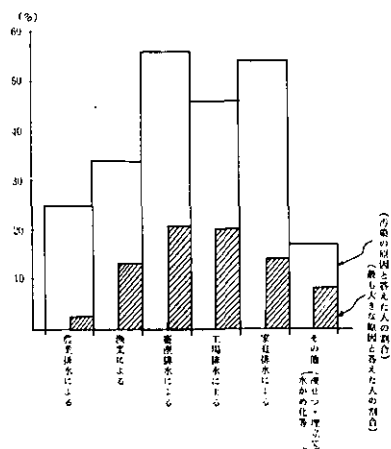


図6 霞ヶ浦の汚染源の認知についての分布

霞ヶ浦水質汚染の原因を、周辺住民がいかに把握しているかを分析する。このため、各種汚染源についての原因の認知、及び、自分自身を汚染源と認知しているかを質問した。

〔汚染源認知の分布〕

集計結果より、霞ヶ浦汚染源の認知の分布を求めたのが図6である。これによると、総数で見た場合は、畜産排水と家庭排水を汚染原因として認知している人が多い。3番目に工場排水がきている。これに対して、最大の原因として認知されているものは、畜産排水、工場排水の順である。このことから、第1の原因とみなされているものは畜産排水であり、第2の原因は、総数からみると家庭排水、

程度からみると工場排水であると把握されていることがわかる。また、その他の汚染源として、浚せつ、埋立て、水がめ化を挙げる人が多かった。

次に、自分自身が汚染の原因となっていると答えた人は 39% を占め、そのなかでは家庭排水が圧倒的に大きな分布を示した（図7参照）。また、本調査では全サンプルの 60% が農業従事者であるが、自分自身が農業によって汚染しているという意識の人はごくまれであった。

〔属性との関連〕

汚染原因が漁業にあると答えた人は下水道利用者に多かった（ $\sqrt{Cr}=0.141$ ）。このことは、下水道利用者が、霞ヶ浦汚染に関するある種の共通の情報を得ていることが予想される。また、自分自身を汚染者として認識している人は、現在の場所での居住年数が短い人に多かった（ $\sqrt{Cr}=0.104$ ）。このことは、居住年数の短い人ほど環境汚染に対する感度が高いと言えるかもしれない。他の属性に対しては有意な相関が認められなかった。

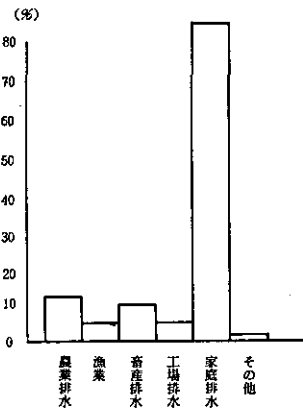


図7 自分自身を汚染者と認知している人のその汚染の原因分布

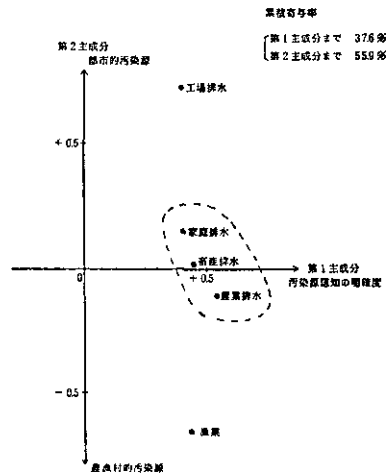


図8 霞ヶ浦水質汚染の原因の認知に関する主成分分析

〔汚染源認知の構造〕

次に、周辺住民の汚染源認知が、いかなる観点で形成されているかを把握するために、各汚染源認知に関する主成分分析を行った。この結果、第1、第2主成分で 55.9% の説明力があった。図8に両主成分による平面上での各質問項目の布置を示した。これによると第1主成分は汚染源認知の明確度、第2主成分は都市的汚染源か農漁村的汚染源かの軸と見ることができる。第2主成分は、工場排水と漁業が両極端に来ていることから、規制対象としての認識度の軸と見ることができよう。

(4) 水質浄化対策の相対的優先度

以上の霞ヶ浦汚染に対する意識分析をふまえて、霞ヶ浦汚染対策（水質浄化）が他の各種対策と比較してどのような位置づけにあるかを、周辺住民の意識から見出そうとするのが本節の目的である。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

このために、安全対策、交通対策、教育対策、住宅対策、雇用対策、余暇対策、緑地対策、コミュニティ対策のそれぞれの項目を抽出し、これらの対策と水質浄化との一対比較により、どちらをどの程度優先するかを調査した。

〔対策の優先度の分布〕

集計結果より、各一対比較における回答の分布を求めたのが図9である。これによると、安全対策のみが水質浄化に比べて優先する人が多く、他の対策については水質浄化の方を優先する人が多い。特に緑地対策とコミュニティ対策の優先度が低い。

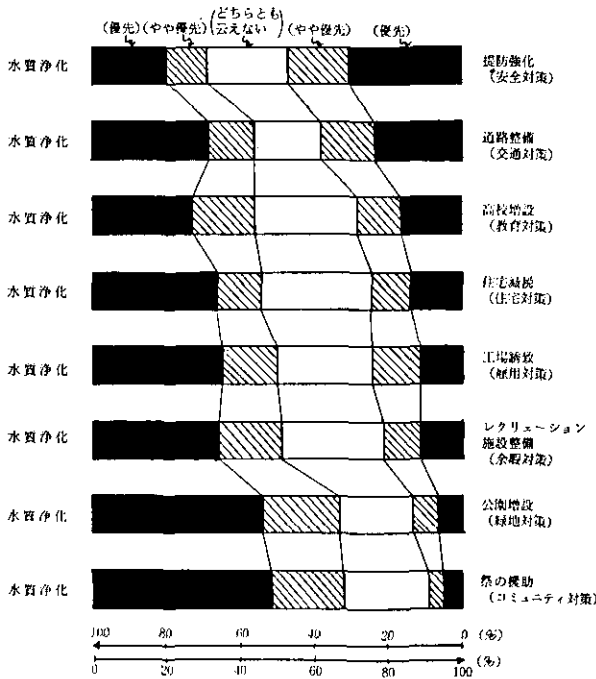


図9 水質浄化と比較した各種対策の優先度分布

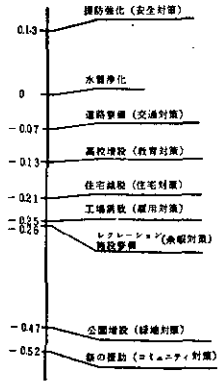


図10 各種対策の相対的優先度

次に、それぞれの一対比較について、水質浄化優先に -1 、やや優先に -0.5 、どちらとも言えないに 0 、他の対策をやや優先に $+0.5$ 、他の対策優先に $+1$ を与えて、全サンプルの平均値を求めたのが図10である。この図は各種対策の相対的優先度を示すものであり、平均的優先順位は 安全対策>水質浄化>交通対策>教育対策>住宅対策>雇用対策>余暇対策>緑地対策>コミュニティ対策であると解釈できる。この結果により、水質浄化は2番目に位置づけられた急を要する対策であるといえる。ただし、あくまでも平均的な優先度であり、各地域、各職業等によって異なるであろうことを認識しなければならない。

〔属性との関連〕

まず、道路を整備するよりも水質浄化を優先すると答えた人は漁業従事者に多い ($\sqrt{Cr}=0.099$)。

これは、漁民のかかえる問題は、生産物の輸送よりむしろ生産そのものであるということを示している。次に、水質浄化よりも公園増設や祭を盛んにする方を優先すると答えた人は、下水道利用者に多い ($\sqrt{Cr}=0.107, 0.098$)。下水道利用者は都市地域の住民であり、このことは、都市地域において、緑地対策やコミュニティ対策が必要になってきているものと解釈できる。また、水質浄化よりも堤防強化を優先すると答えた人は農業従事者に多い ($\sqrt{Cr}=0.086$)。農業従事者は、過去の洪水の体験から、特に洪水に対する危機感を持っていることがわかる。その他の属性に対しては有意な相関が認められなかった。

〔対策優先度の判断の構造〕

次に、水質浄化と比較した各種対策の相対的優先度を、周辺住民はいかなる観点で判断しているかを把握するために、各一対比較に関する主成分分析を行った。この結果、第1～第3主成分で、計

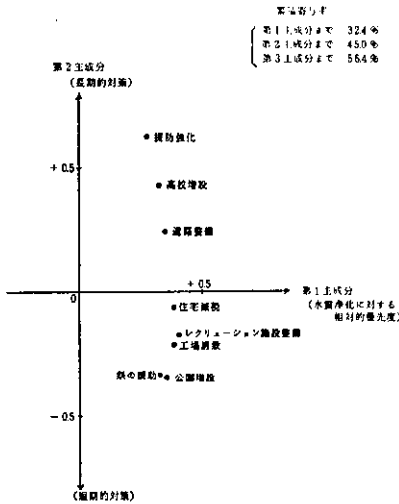


図 11 a 水質浄化と比較した対策優先度に関する主成分分析 (第1, 第2主成分)

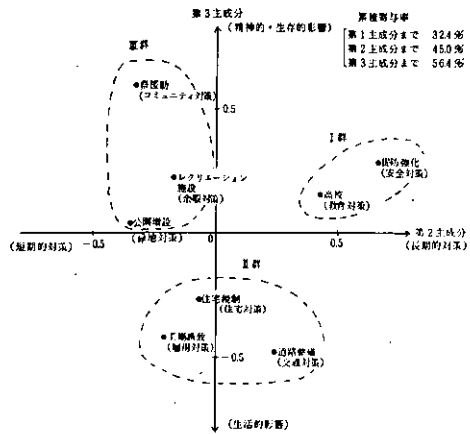


図 11 b 水質浄化と比較した対策優先度に関する主成分分析 (第2, 第3主成分)

56.4% の説明力があった。第1主成分は水質浄化に対する相対的優先度、第2主成分は長期的対策—短期的対策、第3主成分は各種対策が及ぼす影響の質 (生存的・精神的影響—生活的影響) と解釈でき、これら3つの観点を中心に、判断が行われているといえる (図 11 a, b 参照)。そして、各種対策は第2主成分及び第3主成分によって、生存的あるいは精神的影響を与える長期的対策の群 (I 群)、生活的影響を与える群 (II 群)、生存的あるいは精神的影響を与える短期的対策の群 (III 群) の計3つに類型化することができる (図 11 b 参照)。

3.2.5 地点別の集計解析

(1) 地点別集計

全体の単純集計による分析に対し、各地点における評価の違いを見る地点別集計分析では、地域的

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

差を持つ項目とそうでない全地点で同様な傾向を示す項目に分けられる。特に各地点によって差異が大きい場合、その差を現地に行って調べることにより、その評価をもたらず変量もしくは現象が分かる可能性をもつ。よってここでは各地点平均約15サンプルではあるが、各地点ごとにこれらを一まとまりの値として各項目に対し平均値を求め霞ヶ浦の地図上にプロットすることにした。

この分析では特に地点別の差を明らかにしたい。そのために Q1-6 と Q2 を選んだ。Q1-6 は生活環境の総合的満足感について、Q2 は霞ヶ浦汚染の認知について質問している。

5-1-1 生活の満足不満足の分布

Q1における生活の総合的満足度を各地点ごとの値として求めた。この値は非常に不満を5、やや

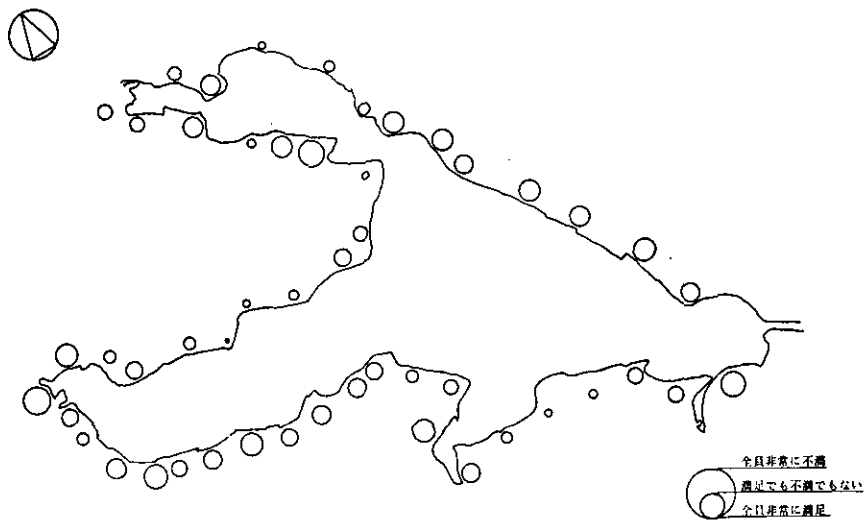


図 12 生活環境の総合的不満度

不満を4、まあまあを3、やや満足を2、満足を1として各地区におけるサンプルの平均値を求めたものである。その結果図 12 のように出島、桜川村では不満の割合が低い。その他の地区ではだいたいまあまあより満足している値に近い。

5-1-2 景色の悪化の分布

Q2における景色の悪化の有無を各地点ごとの値として求めた。この値は悪化したと答えたものを1、悪化していないと答えたものを0として平均を求めた。その結果図 13 のように石岡市八木において大きな値が得られた。この原因は現地における景観調査によって解明する予定である。また桜川村の古渡、飯出、阿見町の舟子、玉造町の手賀、荒宿、麻生町の島並、古宿でも悪化の回答がいくらかあり、現地調査が必要と思われる。

5-1-3 悪臭の分布

Q2における悪臭の評価項目で、ひどくなったと言う回答を1とし、ひどくならないを0として各地点ごとの平均を求めた。その結果図 14 のように各地点でひどくなっている。しかしながら高

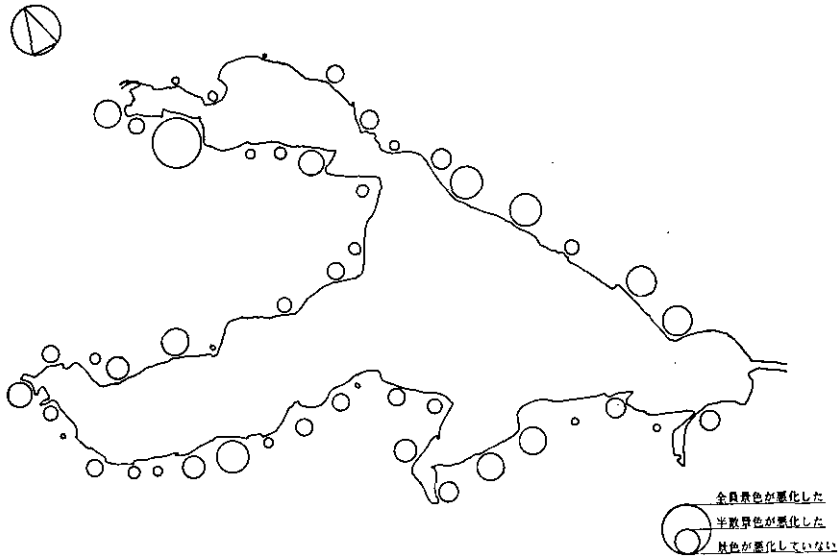


図 13 景色悪化度

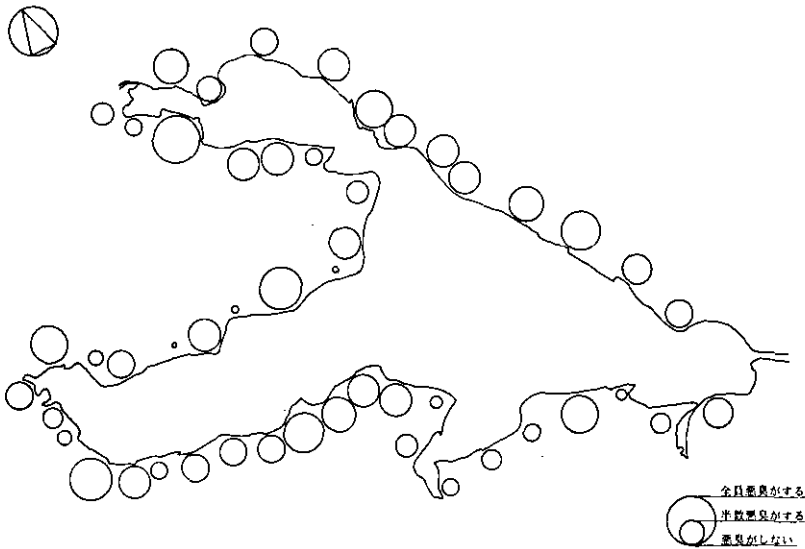


図 14 悪臭度

浜入や土浦入，小野川河口付近では必ずしもひどくなっていると答えていない。この結果はB票による悪臭源の指摘の結果と比べて考察し，現地調査が必要であると思われる。

5-1-4 水泳の場としての評価の分布

Q2における水泳の場としての評価で，悪化したと回答したものを1，悪化していないと回答したものを0として各地点ごとの平均値を求めた。その結果図 15 のように各地点で同じように悪化したと答えていて，震ヶ浦全体に悪化していると考えられる。

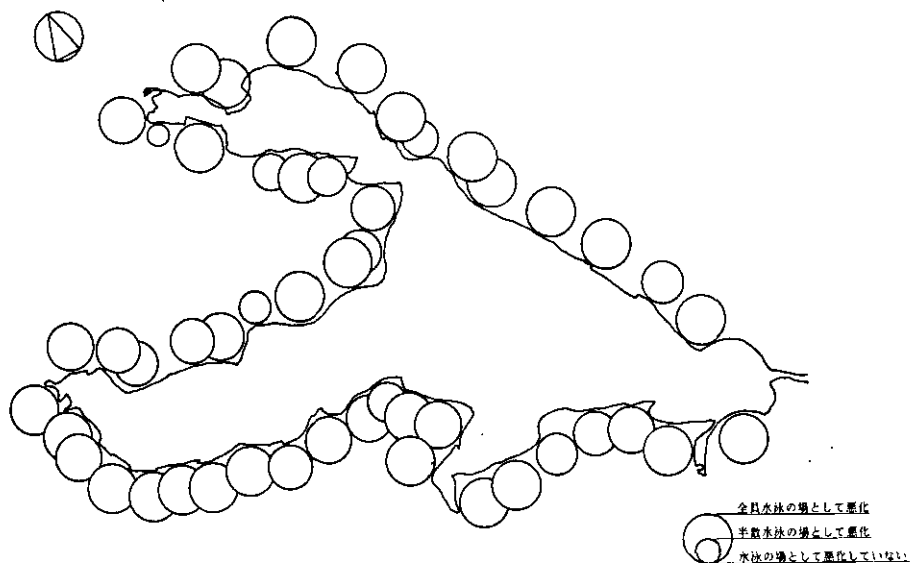


図 15 水泳の場としての評価

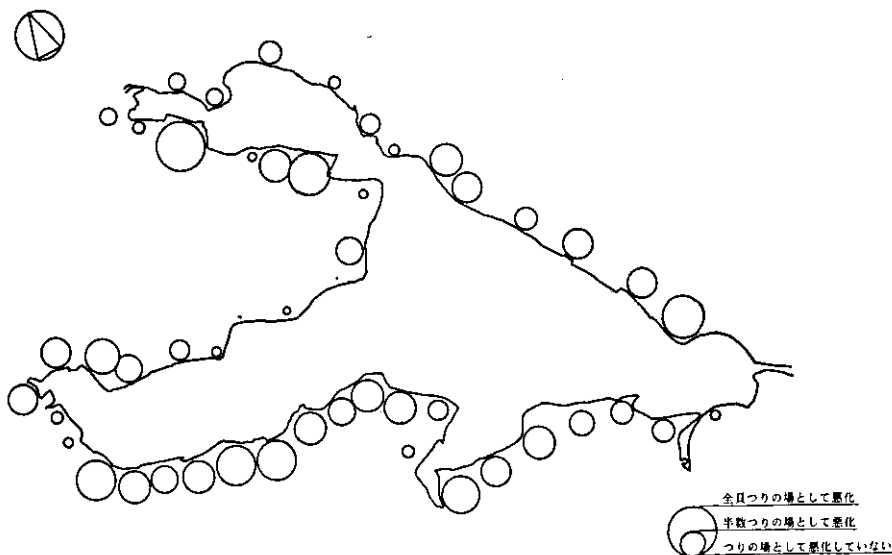


図 16 釣りの場としての評価

5-1-5 釣りの場としての評価の分布

Q2における釣りの場としての評価で、悪化したと回答したものを1、悪化していないと回答したものを0として各地点における平均値を求めた。その結果図16のように石岡市八木、出島村柏崎、小津、土浦市、阿見町、桜川村、麻生町、玉造町浜、高須において、悪化していると答えた者が多かった。

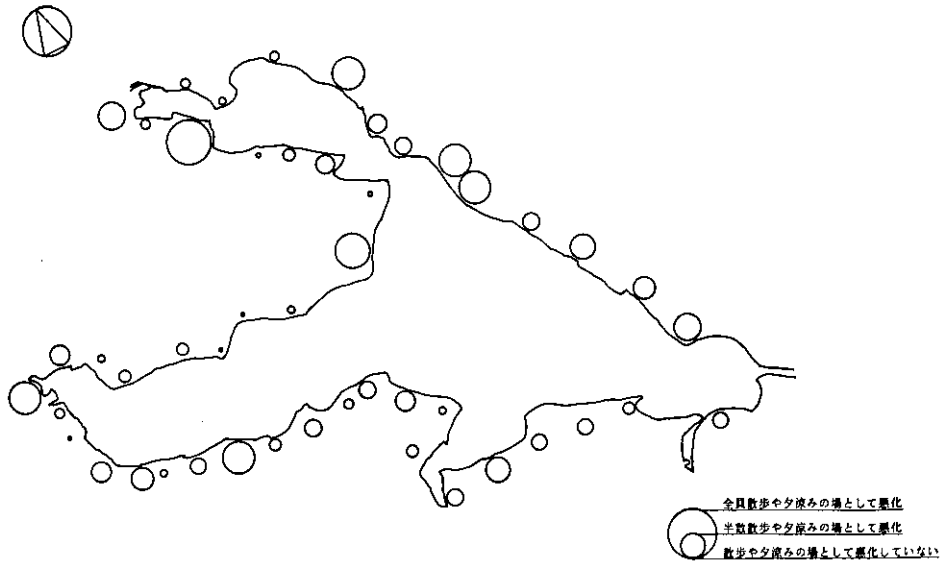


図 17 散歩や夕涼みの場としての評価

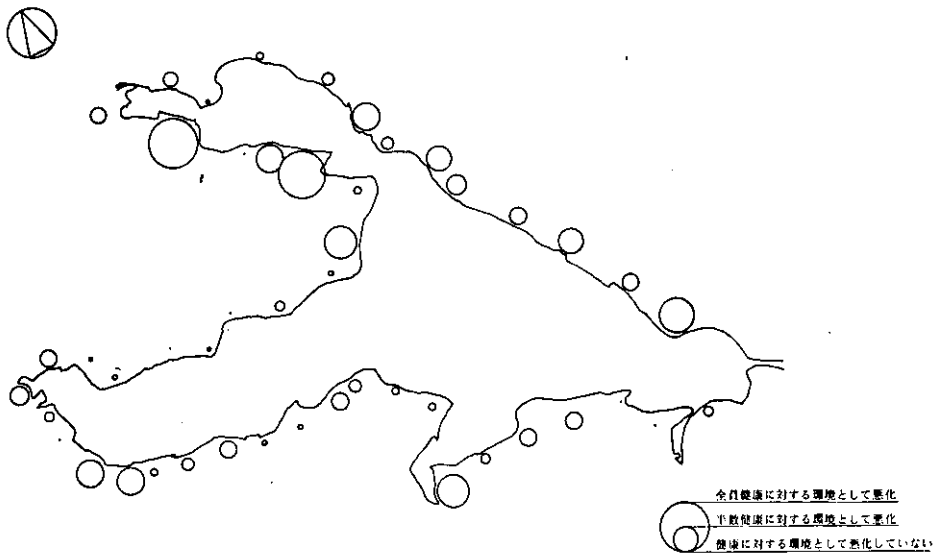


図 18 健康に対する環境としての評価

5-1-6 散歩や夕涼みの場としての評価の分布

Q2における散歩や夕涼みの場としての評価で、悪くなっていると回答したものを1とし、悪くなくないと回答したものを0として各地区において平均値を求めた。その結果図 17 のように石岡市八木、阿見町舟子、土浦市蓮河原町、出島村志戸崎、玉造町沖洲、手賀において悪化していると答えている。この結果は地点によってかなりバラツキがあり、現地調査によってその原因を確かめる必要がある。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

5-1-7 健康に対する評価の分布

Q2における健康に対する環境の評価で、悪化していると回答したものを1、悪化していないと回答しているものを0として、各地点の平均値を求めた。その結果図18のように石岡市石川、出島村柏崎、志戸崎、桜川村古渡、麻生町古宿で悪化していると答えている人が多かった。この結果は地理的に見ると悪化としていないという評価が近接しているため、その原因がかなり局地的なものだと推定されるが、現地における調査によって補わない限り明らかにならない。

5-1-8 魚貝類の生産に対する評価の分布

Q2における魚貝類の生産の減少に対する評価で、減少したと回答したものを1、しないと回答し

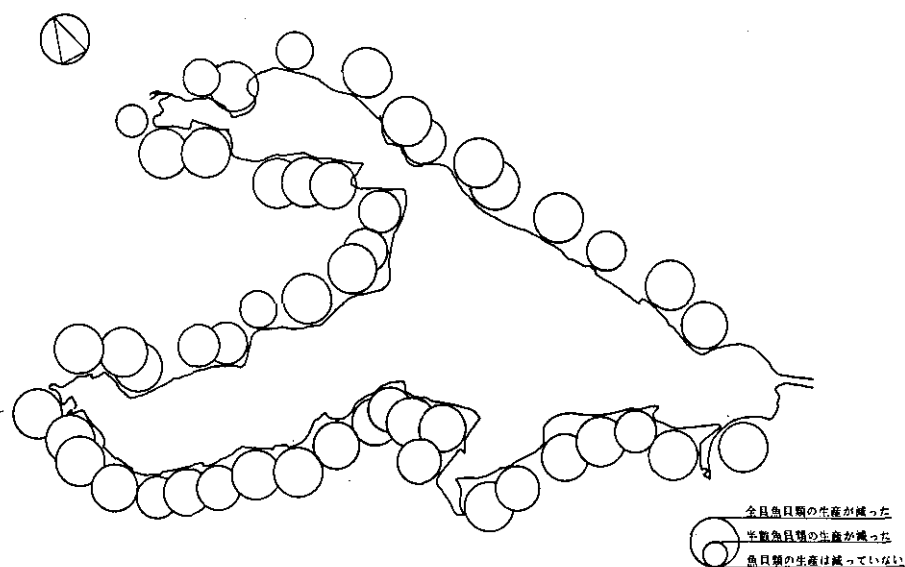


図19 魚貝類の生産

たものを0として各地点における平均値を求めた。その結果図19のように湖全体で減ったと答え、地点による差異は少なかった。

5-1-9 トンボやメダカなどの生物に対する評価の分布

Q2においてトンボやメダカなどの生物の減少に対する評価において、減少したと回答したものを1、減少していないと回答したものを0として各地区において平均値を求めた。その結果図20に示すように全部の地区で減少したと答えた者の方が多かった。このことは正確な数としての測定がないので明らかではなく、どのようにして住民が生物の減少を知ったかを調べる必要がある。

5-1-10 全体としてのイメージの評価の分布

Q2において湖全体としてのイメージの評価で、悪くなっていると回答したものを1、悪くなっていないと回答したものを0として、各地点において平均値を求めた。その結果図21のように、土浦市大岩田、阿見町廻戸、出島村崎浜、有河、玉造町沖洲を除いて、全体として悪くなったと答えた者

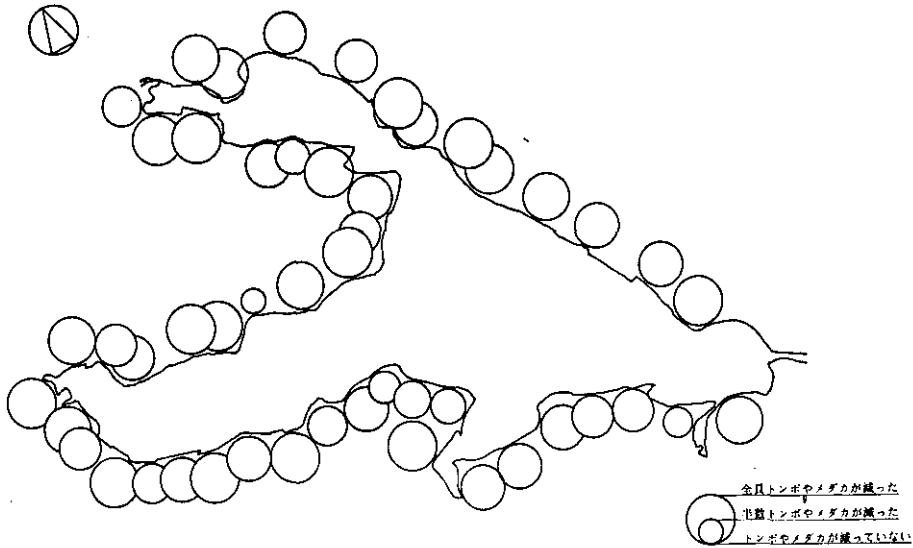


図 20 トンボやメダカ

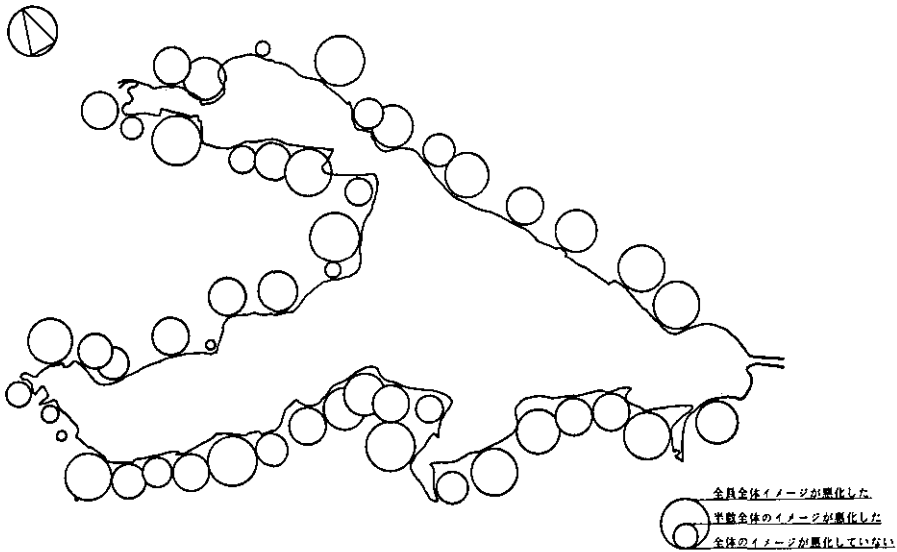


図 21 全体のイメージ

の方が多。これは全体としてのイメージなので各地点での属性や調査員による差も考慮した分析が必要であろう。

(2) 主成分分析による地点特性の把握

以上の他に、Q1～Q4に関して、回答の地点別特性を総合的に把握するため主成分分析を行った。この分析では各質問項目のカテゴリー番号を定量的変数とみなし、数値を次のように与え(表5)その地点別平値を用いた。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

表 5 各項目における各カテゴリーの得点

与えた数量 質問項目	1	2	3	4	5
Q1 生活環境の満足感	非常に満足している	やや満足している	まあまあ	やや不満である	非常に不満である
Q2 霞ヶ浦の汚染の認知	悪くなった	悪くなっていない			
Q3 霞ヶ浦の水質汚染原因の認知	原因でない	原因である			
Q4 水質浄化対策の相対的優先度	水質浄化対策を優先	水質浄化対策をどちらかといえば優先	どちらともいえない	他の対策をどちらかといえば優先	他の対策を優先

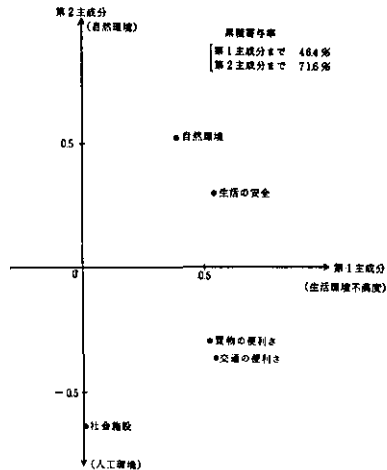


図 22 生活環境の満足感 (地点別平均) に関する主成分分析

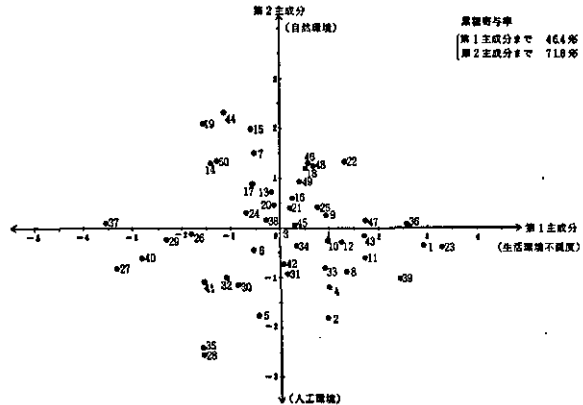


図 23 生活環境の満足感 (地点別平均) の地点別主成分得点

この結果を図 22~23 に示す。各質問に対し、第1主成分、第2主成分の項目別固有ベクトルと、地点別主成分得点を示した。

i) 生活環境の満足感の地点別分布

生活環境の満足感に対してはQ1の質問項目1~5に主成分分析をかけた。ここでは前述の地点別平均値を用いているので分析結果は図3とは若干異なっている。しかし、第1、第2主成分の意味づけは図3と同様に、第1主成分は生活環境不満足度、第2主成分は自然環境か人工環境の利便性かの程度を示すものといえる。第2主成分までの累積寄与率は71.6%で、この両主成分で生活環境の満足感に関する情報はほぼ要約できる(図22)。

両主成分の地点別の値を散布図に示したのが図23である。図中にふった番号は調査地点番号である。この散布図をもとに50の調査地点を4つにグループ分けした。散布図の各象限ごとに一つのグループを構成し、各グループ別にそのグループに含まれる地点を地図上に○印で示した(図24)。4つの地図は第1、第2主成分の座標内にレイアウトし、各グループの特性が明確にわかるようにした。

図 24 は、散布図の情報を地図上に表現したものであり、以下の Q2～Q3 の分析においても同様の方法で地点分類の地図を作成した。

図 24 を見ると、生活環境全体が不満で特に自然環境や生活安全の不満が高いのは、土浦市周辺及び阿見町の一部と、湖東の麻生町一帯である。全体的に不満でも特に人工環境の利便性の不満が高い地点は高浜入の入口の地点と、美浦村、湖南の地点である。全体的に満足で特に利便性の満足が高い地点は、土浦入の南岸地域に集中し、高浜入の奥にも多くなっている。同じく全体的に満足でも自然環境や生活安全の満足が高いのは、出島村一帯の地域と玉造町、桜川村の一部に見られる。このよう

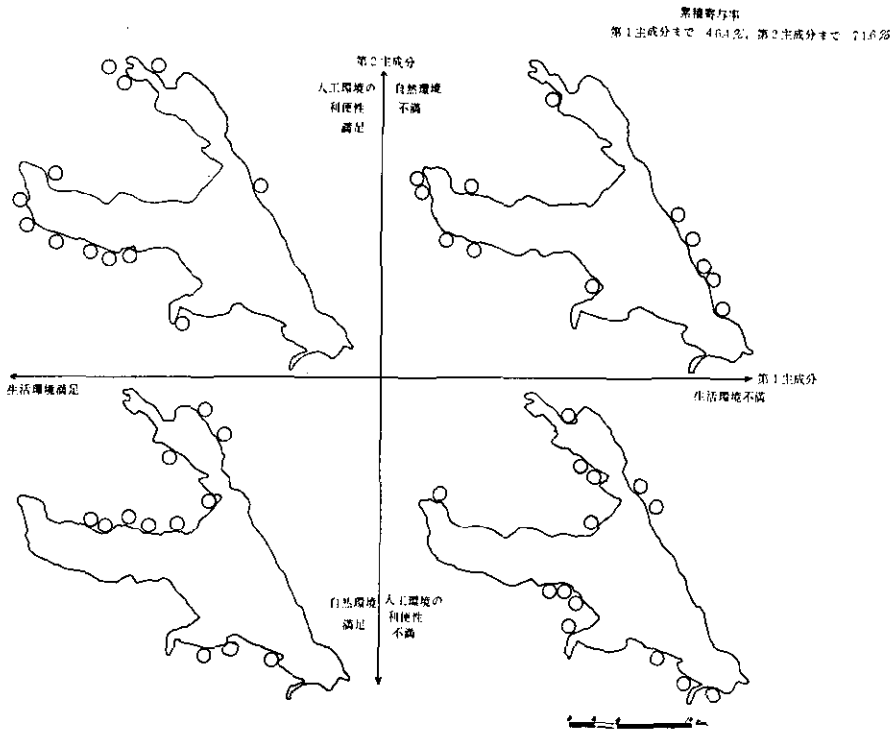


図 24 生活環境の満足感（地点別平均）の主成分特性による地点分類

に、生活環境の満足感に対する反応から地点をグループ分けしてみると、地域によってかなり明瞭な特性分けができる。

ii) 霞ヶ浦汚染の認知の地点別分布

霞ヶ浦の汚染の認知に関しては、Q2の質問1～8に主成分分析を行った。第1主成分、第2主成分の固有ベクトルの布置を図 25 に示す。これから第1主成分は環境悪化の程度を示すもの、第2主成分は生物環境の悪化か、散歩や健康のための環境悪化かの軸と見なすことができる。この二つの主成分による寄与率は 55.7% で Q1 よりかなり低い、全情報の半分以上は利用している (図 26)。

図 27 を見ると環境悪化がなく特に生物環境の悪化のないグループは地域的まとまりを示している

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

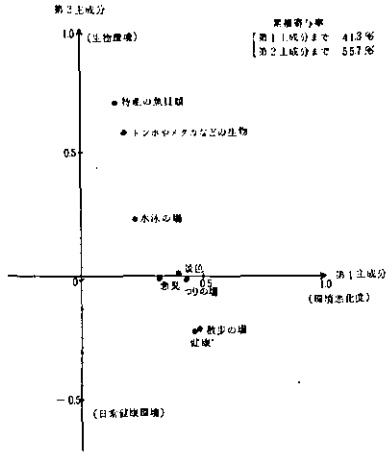


図 25 霞ヶ浦汚染の認知（地点別平均）に関する主成分分析

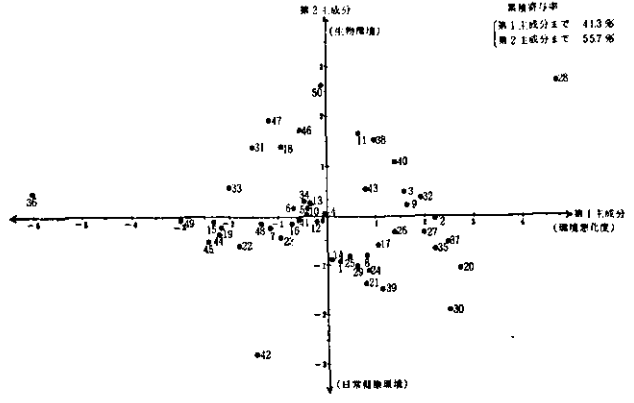


図 26 霞ヶ浦汚染の認知（地点別平均）の地点別主成分得点

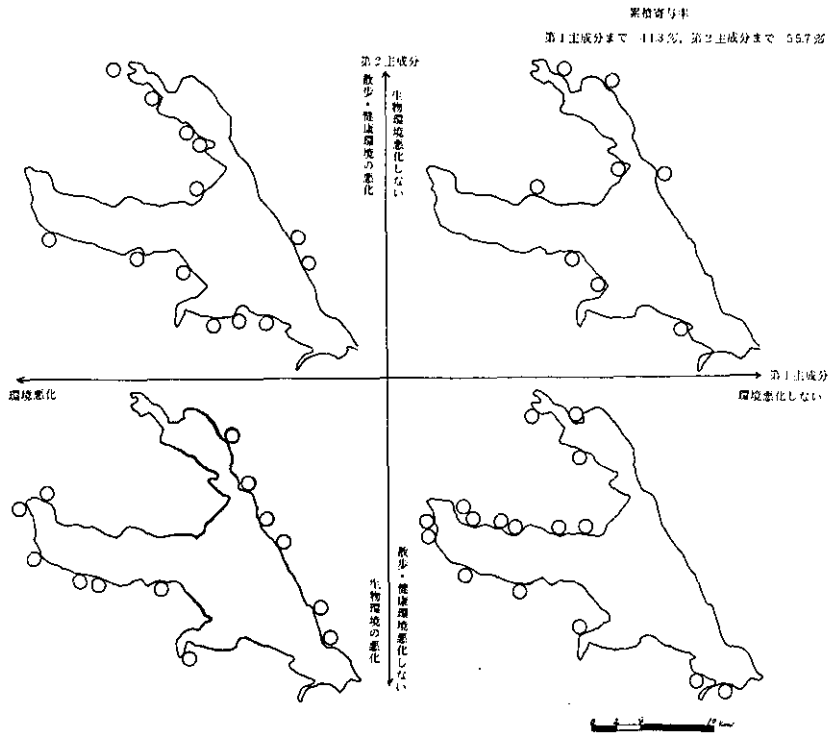


図 27 霞ヶ浦汚染の認知（地点別平均）の主成分特性による地点分類

いがその他のグループはまとまりを示している。環境悪化がなく特に散歩や健康の環境が悪化していない地点は土浦入の北岸一帯と南岸の一部及び、高浜入の奥に見られ、湖東地帯は皆無である。これに対し、環境悪化があり、特に生物環境の悪化が強いと答えたのは湖東全域と、土浦入南岸の一部で、霞ヶ浦の西と東で対象的になっている。また、環境悪化があり、散歩や健康環境に悪化の大きい地点は、高浜入の西岸、美浦村、桜川村、麻生町と散在している。

iii) 霞ヶ浦水質汚染の原因認知の地点別分布

水質汚染源の認知は、Q3の質問項目1～5に主成分分析を行った。第1主成分、第2主成分の固有ベクトルの布置が図28である。各回答に対する数値の与え方は表5に示したように、数値の大きい程汚染源としての認知度が高くなっている。図28を見ると、第1主成分に関してはほぼ縦に一列に並んでおり、汚染源と判断している割合を総合的に示しているものと言える。第2主成分は正の側

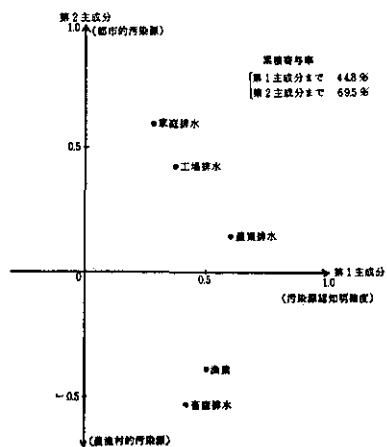


図28 霞ヶ浦水質汚染原因の認知(地点別平均)に関する主成分分析

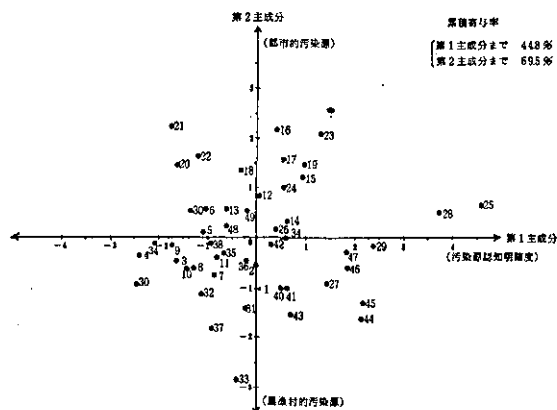


図29 霞ヶ浦水質汚染原因の認知(地点別平均)の地点別主成分得点

に家庭排水、工場排水という都市的汚染源が、負の側に畜産排水、漁業という農漁村的汚染源が集まっている。したがって第2主成分は汚染源が都市的なものか農漁村的なものかを示すものといえよう。この二主成分による累積寄与率は64.9%とかなりの高さである。

両主成分の地点別の値を散布図に示したのが図29である。これを両軸により分けられる4つのグループ別に地図上に示したものが図30である。これを見ると、各地域が4つのグループ別に明確に分離されていることがわかる。すなわち、土浦入周辺では、一番奥の土浦市を除いてほとんどが汚染源として家庭排水や工場排水の都市的汚染源を明確に意識しているグループに属する。また農漁村的汚染源を明確に意識しているグループは湖東地帯全域の地点である。汚染源としての意識が不明確でありながらも農漁村的汚染源の意識が見られる地域は高浜入西岸から出島村の半島の先端部にかけての地域と、湖南の美浦村、江戸崎町と桜川村の一部である。同じく汚染源の意識が薄弱でありながらも都市的汚染源の意識が見られるのは土浦入奥部の土浦市と、美浦村、桜川村の一部、麻生町南部の

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

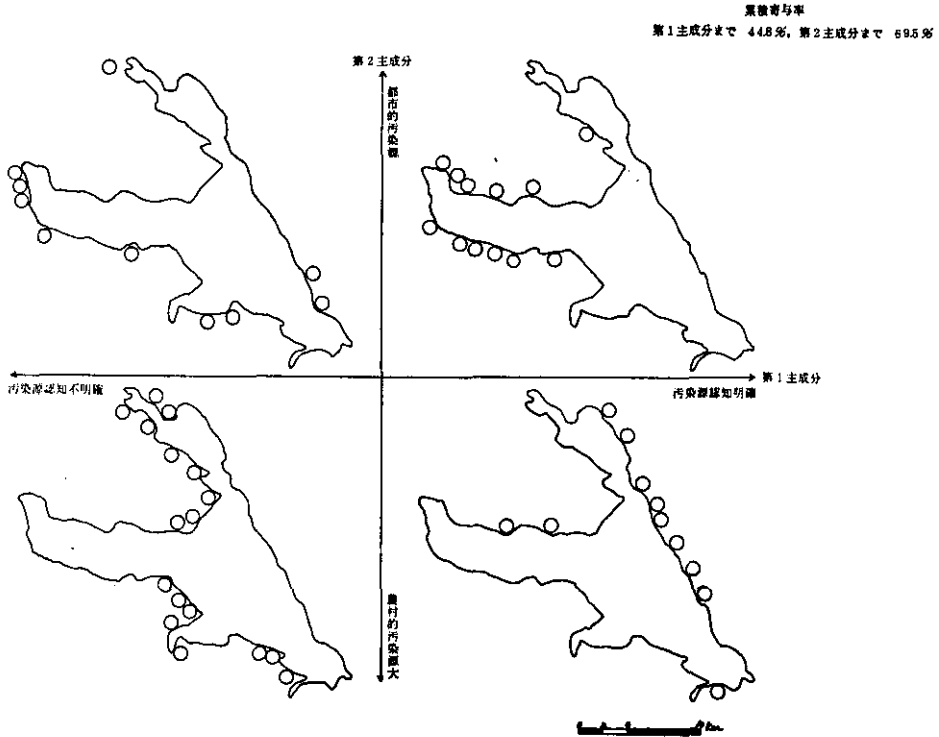


図 30 霞ヶ浦水質汚染原因の認知（地点別平均）の主成分特性による地点分類

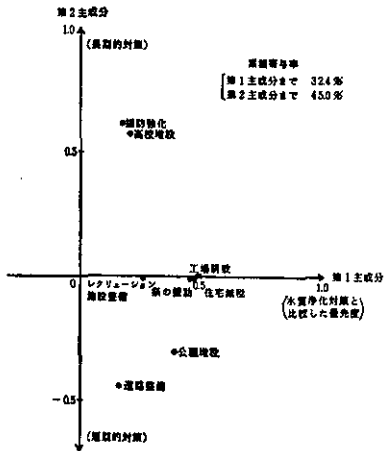


図 31 水質浄化対策の相対的優先度（地点別平均）に関する主成分分析

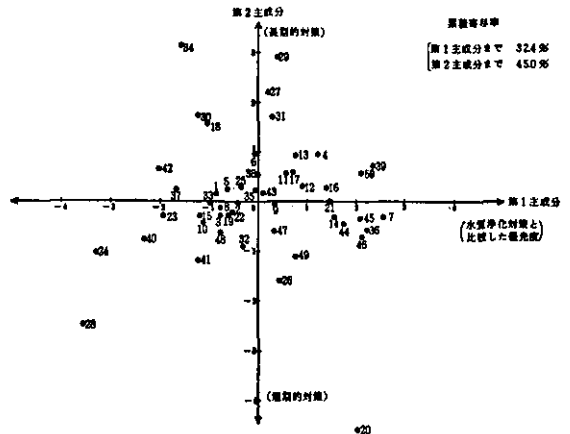


図 32 水質浄化対策の相対的優先度（地点別平均）の地点別主成分得点

地域である。

iv) 水質浄化対策の相対的優先度の地点別分布

公共政策の相対的優先度は、Q4の質問項目1～8に主成分分析を行った。第1、第2主成分の布置は図31である。これから第1主成分は水質浄化と他の政策との相対的優先度を示し、第2主成分は重点政策として何を求めているかを示すものといえる。第2主成分の正の側では堤防、高校といった長期的政策を、負の側では道路、公園といった短期的政策を求めている度合いが高い。第2主成分までの累積寄与率は45.5%と低い。

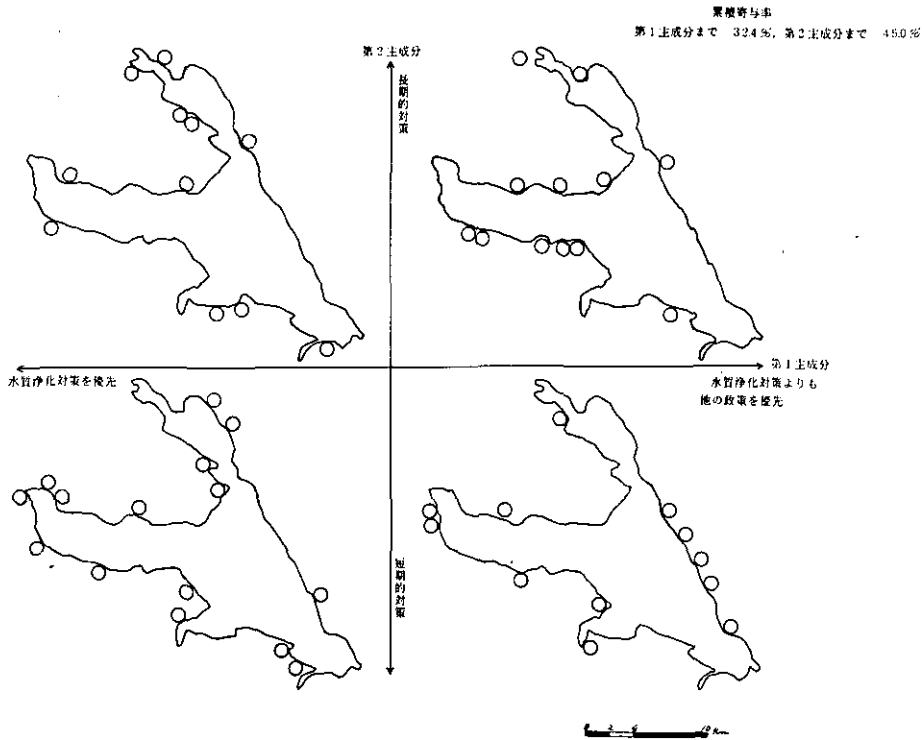


図 33 水質浄化対策の相対的優先度（地点別平均）の主成分特性による地点分類

第1、第2主成分によるグループ分けはこのためあまりうまくはいっていないようである。地図（図33）を概観すると地域的なまとまりはあまり見られないが、水質浄化以外の政策、特に短期的な政策を優先している地点は湖東地帯に多い。水質浄化に対する優先度は高浜入一帯と、土浦入の奥部に多い。土浦入の中央から入口にかけては水質浄化よりも長期的な政策の優先度が高い。

3.2.6 その他の知見と調査の反省

調査の結果判明する事がらとして大別して2つある。第1は調査項目への反応と第2は調査自身が持つ影響及び項目外の意見等がある。ここでは第2の調査周辺に起こった種々の事がらより知見の得られたものについて、調査表、及び調査員のメモ、調査員へのインタビューを通して得たものについ

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

て述べる。これらの内容は今までの結果と違い数値的には表れないものの、質的に重要な内容を持つ。

(1) その他の知見

まず調査自体の住民に対する反応として得られた知見について述べると、地点によって異なるが、全体として調査なれしていないせいか、親切であった。そして調査に対する期待があり、このような調査で何が良くなるのかと言う質問もあった。また調査の結果を知らせてほしいとの声もあった。一方一部の地点では干拓問題に関心が高く堤防建設に強い関心を示した。

次に調査項目に対する知見として、地点や世帯によって湖からの距離やアプローチが違い湖岸へ出ない人も多いので、湖との接触状態を調べる必要性のあることがわかった。また汚染の原因として砂取りによるものと水門、堤防による水がめ化を加える必要があることがわかった。Q2のサブクエスチョンでは、暮らしとの関連を聞いたが、これは意味の解釈がむずかしかったようである。Q4でも〔どちらかといえば優先〕と〔優先〕の区別がしにくく、特に老人の理解が得られなかったようである。また近年水がきれいになったとの意見もあり、汚れたと考えられるタイムスパンを例示する必要もあったようである。また豚小屋の近くにいても慣れてるので悪臭がひどいとは答えない問題もあった。

次に調査の方法について得られた知見では、東京の会社に対する住民の不安感があった。またサンプリングは均等に当たっていないとの指摘もあった。また調査時期が夏でないので悪臭などはひどく変わるのではないかと指摘もあった。またB票記入の統一を行わせるために、サインペンなどを配布してはとの意見もあった。また項目が多く重複しているとの意見もあった。B票の留め置きでは答えてくれないので、B票を先に渡しておいてA票とともに回収する方法が良いのではないかと意見があった。

(2) 調査の反省

調査の実施方法を中心として次の3点についての反省を述べる。

第1点は調査期間が短かったことに関するものである。今回の調査は報告書の締め切り等の関係から調査期間を短かくせざるを得なかった。そのため調査員教育の時間が十分にとれず、調査員と我々との間の意思疎通が不足し、調査途中で生じた各種の疑問に対し各調査員の間にも必ずしも統一的な判断が下されなかったようである。ただし、この点については調査員メモ等の形で補ったため、調査結果の解釈に大きな狂いは生じなかったものと思われる。また調査員が現地を歩く時間も短かったため、この地域に十分なじまず、センサーとしての調査員の感度があまり高まらないうちに調査が終ってしまった。この点でも調査期間にもう少しのゆとりが欲しかった。

第2点は調査基地の設定に関する問題である。この種の調査では調査組織がかなり大きくなるため実査作業の外部委託はやむを得ないことであり、今回も実査作業の部分は外部に委託した。そして、作業の混乱を避け、各調査員と作業受託者との連絡の便宜をはかるため調査基地は所内でなく外部に設けた。しかし、そのため我々と各調査員との間の連絡が十分にはとれなくなり、調査途中で生じた各種の事態への対応が必ずしもスムーズには行えなかった。今後はこのような外部委託の場合でも調

査基地はできるだけ所内に設置するよう努めたい。

第3点はA票とB票という性格の異なる二つの調査を同時に行ったことに関する反省である。まず、このため調査員の負担が必要以上に重くなってしまった。またA票は個人を対象、B票は家族を対象としたものであるが、標本抽出は個人単位で行ったためB票に対しては適切な標本抽出とはなっていないという難点が生じた。今回は作業能率を高めるという意味から二つの調査を同時に実施したが、今後はこのような場合はなるべく分けて行うようにしたい。

3.2.7 結果の要約と今後の展望

(1) 結果の要約

以上の集計解析から得られた知見を以下に要約する。

i) 全域での集計結果

[生活環境の満足感]

- (a) 生活環境は総合的評価としては満足感が高く、不満の人は16%に過ぎない。項目別には自然環境、生活の安全性は満足が高く、交通の利便さ、学校・病院などの社会施設は不満が高い。
- (b) 生活環境の総合的満足感は自然環境と交通利便さの二つによって特に強く規定されている。
- (c) 住民の定住指向は生活環境の満足感を示す別の指標とも考えられるが、95%の人が定住希望と答えた。しかし、生活環境に不満を持っている人でも83%が定住指向を示しており、これはむしろ社会構造の安定性を示す指標と考えるべきであろう。

[霞ヶ浦汚染の認知と評価]

- (a) 霞ヶ浦の汚染の進行は、70%以上の周辺住民によって認知され、かつ40%以上の住民の生活になんらかの影響を及ぼしている。特に、水泳の場の減少、特産の魚貝類の減少、トンボやメダカなどの生物の減少を認知している人が90%もある。
- (b) 霞ヶ浦汚染が周辺住民の生活に及ぼす影響のなかで、特産魚貝類の減少による影響が最も大きく、悪臭によるものが次に大きい。

[霞ヶ浦水質汚染の原因の認知]

- (a) 霞ヶ浦を汚している原因として、畜産排水を挙げた人が最も多く、工場排水と家庭排水がそれに続く。
- (b) 自分自身が霞ヶ浦の汚染者と認識している人は39%を占め、そのほとんどが家庭排水によって汚していると認識している。

[水質浄化対策の相対的優先度]

- (a) 霞ヶ浦の水をきれいにすることは、周辺住民にとって、優先順位が2番目に位置づけられた急を要する対策である。
- (b) 周辺住民にとって最も優先する対策は堤防強化であり、3番目以降は、交通、教育、住宅、雇用、余暇、緑地、コミュニティの各対策の順序である。これらの優先度は平均的なものであり、地域や職業によって部分的に変動する。

ii) 地点別の集計解析

〔生活環境の満足感〕

- (a) 総合的満足度に対する回答では全体的に満足の側にあり、中でも出島村、桜川村での満足が高い。主成分分析の結果からもこれら地区の満足度は高く、特に自然環境や生活の安全に対する満足が高い。
- (b) 全体的には湖の東側の地域に不満が高く西側で満足が高い。しかし、土浦市周辺では自然環境や生活の安全の不満がある。

〔霞ヶ浦汚染の認知〕

- (a) 霞ヶ浦汚染の認知について全域的に悪化を訴えている項目は、水泳の場としての環境、霞ヶ浦特産の魚貝類の生産、トンボやメダカなどの生物である。一部地域では悪化していないが全域的傾向では悪化しているのは、霞ヶ浦のイメージ、悪臭、釣りの場としての環境である。悪化、非悪化の地域差が大きいものは、景色、散歩の場、健康環境である。
- (b) 霞ヶ浦汚染の総合的認知で、環境悪化がないと答えた地点は出島村の土浦入側の地帯に集中している。環境悪化を答えた地点は湖東、湖南地帯に多く、湖東地帯では特に生物環境の悪化が大きい。

〔霞ヶ浦水質汚染の認知〕

- (a) 水質汚染源の認知は地域による差が明確である。汚染源の認知が明確なのは霞ヶ浦の東部地域と西部地域（土浦入周辺）で、両者には含まれる地域一帯では汚染源の認知が不明確である。
- (b) 家庭排水や工場排水の都市的汚染源を認知しているのは土浦入周辺の地域に集中し、畜産排水や漁業による農漁村的汚染源の認知の高いのはその他の地域、特に湖東地帯である。

〔水質浄化対策の相対的優先度〕

- (a) 水質浄化対策と他の諸政策との相対的優先度は地点ごとの差が著しい。大づかみに特徴を見ると、高浜入一帯及び土浦入奥部で水質浄化対策の優先度が高く、湖東地帯で道路、公園の他の政策の優先度が高くなっている。

その他の知見については 6-1 を参照されたい。

(2) 今後の展望

本調査に関連した今後の展望を以下の4点から述べよう。第1に本調査の集計解析の継続、第2に調査結果の住民への公表、第3に調査結果を水環境評価項目の設定への利用、第4にその延長として住民参加による環境の総合評価方式の樹立についてである。

まず、今回の報告は、霞ヶ浦周辺住民意識調査のA票についての集計解析だけで、B票の環境点検図についてはまだ解析は終わっていない。早急にこの解析を終える予定である。

第2の調査結果の住民への公表は、その他の知見でも述べたように住民からの要望もあり、われわれのプロジェクトの成果を地域に還元するという点から重要な意味を持つ。これによって地域住民との交流も進むものと期待される。そのための方法は、二つが考えられる。一つは新聞等の広報手段を

用いて地域全体に結果を公表する方法である。他は地域住民とより密着して、直接地域集会等を開いて調査結果を示すことである。この場合には調査結果に対する住民の反応を直接把握することができる。そのためには青年団等の地元住民団体との接触が必要である。

第3に、水環境評価項目の設定のためにはこの調査により得られた知見からどのような項目が重要かを明らかにする手掛りを得ることができる。各評価項目は具体的な指標化が必要であるが、そのためには水質に関する諸物理的変量との関連づけが明確になされなければならない。そのためには特定の地点を対象として、意識と物理的変量の関連づけの調査実験が必要である。実験現場の選定にはB票の分析結果を用い、特異な評価の得られた地点について、水質関係の専門家集団による現地調査を行い、評価と関連していると思われる物理的変量を明らかにし、その測定を行う。他方、これらの地点に対する住民の評価を、より精密に測定する実験方法の開発が必要であり、そのためには例えばグループアナライザー^(注)のような機器が必要となる。この実験結果と、先の物理的変量の測定結果をつき合わせ分析することにより、適切な水質評価指標の選択が可能となる。

第4の住民参加による環境の総合評価方式の樹立のためには、このグループアナライザーを用いた実験が特に重要である。このためには、専門家集団により霞ヶ浦周辺の水環境改善計画の代替案を複数作成し、これを住民や行政に提示しなければならない。これらの代替案を示しながら、環境改善のための、適切な住民参加方式を開発するための実験を行ってゆく予定である。住民や行政に示す代替案の環境影響の推定のためには、社会経済システムモデルや、水系システムモデルによるシミュレーションが必要であり、それらとの連動により、より実質的な環境総合評価方式の開発が可能となる。

3. 3. 遠隔計測による霞ヶ浦地域の現況解析

安岡善文・宮崎忠国(環境情報部)

3.3.1 はじめに

大気、水域といった広大で複雑な系を対象とする環境問題においては、対象の広域的かつ大局的把握が必要となることが多い。従来広域にわたる汚染状況は、いくつかの離散的測定点における点情報を基に解析されてきたが、広い対象を一部の局所的情報により把握することは困難であり、必ずしも有効な結果は得られなかった。近来開発されつつある遠隔計測手法(リモートセンシング手法)は、対象の種類、性質、形状などを非接触で、広域的、同時的に計測することを可能にするものであり、広域環境計測には有効と思われる。

遠隔計測手法では、計測対象の電磁放射または反射スペクトルを、二次元的に計測し(カメラまたはスキャナにより)、得られたマルチスペクトル画像をもとに、対象の定量的、定性的解析が行われる

(注) 集団反応解析器。会議や集会の場で参加者に質問を發し、その回答をその場で即時に集計解析して、再び参加者に表示するための装置。回答器と、集計解析器および結果の表示装置からなる。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

場合が多い。本研究では、遠隔計測手法を用いて、霞ヶ浦地域の環境状況を解析することを目的とし、その第一歩として、航空機から撮影されたマルチスペクトル画像データおよび湖上で観測された水質データをもとに、水質（特に“アオコ”）の二次元分布状況の解析、さらに湖周辺の土地利用状況の解析を試みた。研究の流れ図を図1に示す。

なお本研究は一部 51 年度文部省特定研究「人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究」（研究代表者 佐々 学）の総合班特別研究計画「環境遠隔診断に関する基礎的研究」グループ（グループ代表者 寺尾 満）と協同で行われたものである。また航空機によるデータ収集に際しては通産省公害資源研究所、鬼塚正光研究室長の御助力を賜った。関係各位に厚く感謝する次第である。

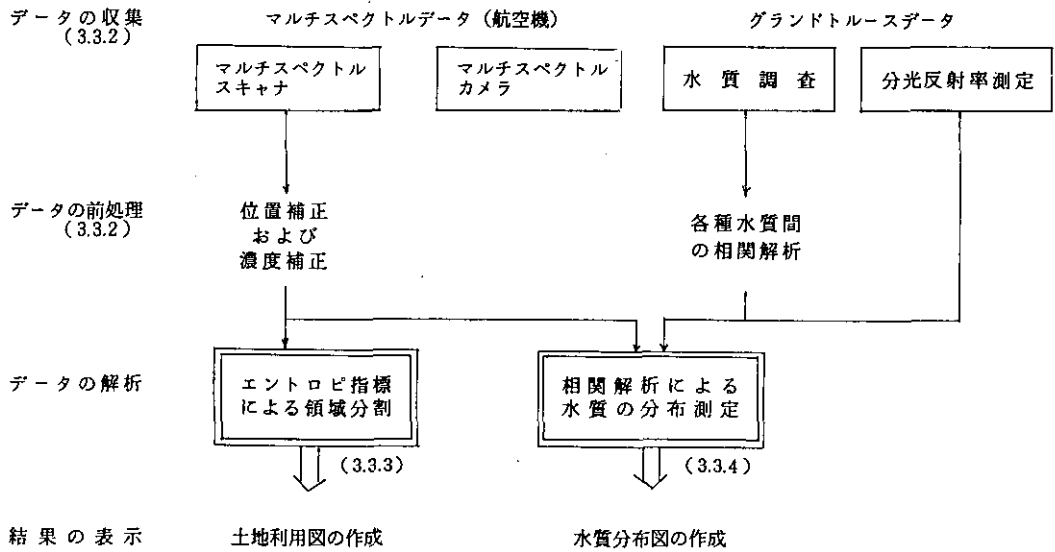


図1 遠隔計測手法による霞ヶ浦地域現況解析の流れ図

3.3.2 データの収集および前処理

昭和51年8月および11月～12月の2回にわたり、霞ヶ浦（高浜入江地区）を対象として遠隔計測実験を行い、航空機によるマルチスペクトル画像データの収集、湖上におけるグラウンドトゥースデータ（湖上観測データ）の収集が行われた。表1にデータ収集の概要を示す。

(1) 航空機によるマルチスペクトル画像の撮影

マルチスペクトルスキャナ（ベンディックス社製M²S）およびマルチスペクトルカメラ（ナック社製MB-490）により高浜入江地区の撮影が行われ、画像データが収集された。表2に撮影装置の仕様を、図2に画像データの一例を示す。（飛行コースおよび撮影記録の詳細は資料2（資料篇, pp. 34—35, pp. 56—58）を参照されたい。）

今回の撮影においては気象等の条件により一部不良データが得られた。特に夏季は霞ヶ浦特有のへ

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 1 遠隔計測実験の概要

実施日	対象地域	状 況	撮 影 装 置	湖上観測データ
昭和 51 年 8 月 23 日	霞ヶ浦高浜入江	晴れ(一部ヘイズ)	マルチスペクトルスキャナ	水質調査および分 光反射率測定
昭和 51 年 11 月 26 日	//	晴れ(ヘイズ強し)	マルチスペクトルスキャナおよびカラ ー写真	同 上
昭和 51 年 12 月 6 日	//	晴 れ	マルチスペクトルスキャナ, マルチス ペクトルカメラおよびカラー写真	水質調査

(8月, 11月ともに霞ヶ浦高浜入江地区以外に鹿島地区についても撮影が行われた。詳しくは附録を参照されたい。)

表 2 撮 影 装 置 の 仕 様

項 目	装 置 スキャナ(ペンディックス社製) M ² S	項 目	装 置 カメラ(ナック社製MB-490)
チャンネル数	11	レンズ	150 mm F2 4 個
チャンネル波長帯域 (μm)	1. $\lambda_c=0.410$ ($d\lambda=0.06$) 2. 0.465 (0.05) 3. 0.515 (0.04) 4. 0.560 (0.04) 5. 0.600 (0.04) 6. 0.640 (0.04) 7. 0.680 (0.04) 8. 0.720 (0.04) 9. 0.810 (0.10) 10. 1.015 (0.09) 14. 10~11	フィルター	青 #47B 緑 #57A 赤 #25 近赤外 #88A (#47B, #57A, #25には 赤外ブロッキングフィルタ ー併用)
走査本数(本/秒)	10~100(可変)	シャッター	ロータリー式
走査角度	100°±20°	使用フィルム	KODAK 赤外フィルム 2424
瞬間視野角	2.5 mrad		
熱赤外温度分解能	0.1°C		
検知素子(μm)	0.33~1.02 シリコン 2.0~14.0 HgCdTe 1.0~5.5 InSb		

イズのため広域にわたり良好なデータを得ることが困難であることが判明し、今後の問題点として残された。

(2) グランドトルース(湖上観測)データの収集

航空機による画像データ撮影とはほぼ同時刻に湖上観測を行った(表3)。各観測地点(約20ヶ所)には発泡スチロール製白色フロート(6m×6m)を設置し、画像データ中における湖上観測地点の位置づけが正確に行えるように配慮した(図3)。このことは(3.3.4)で述べるように画像データの相関解析を行う際、位置ずれによる誤差を少なくするために重要な意味を有するものである。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

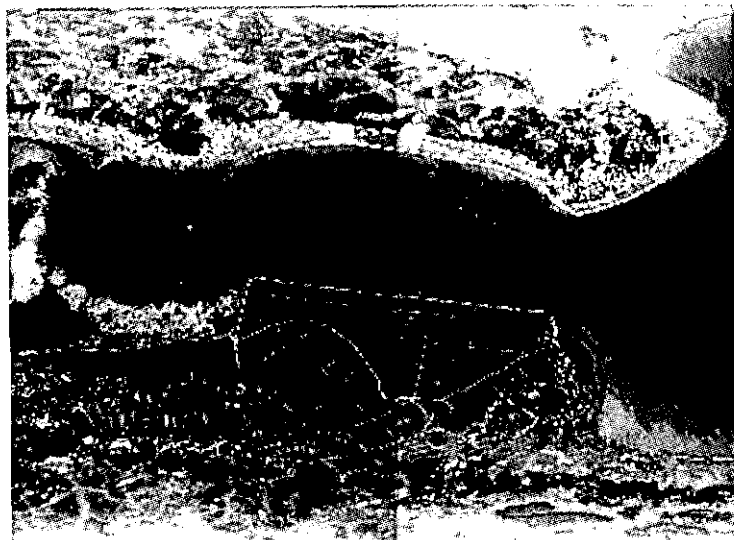
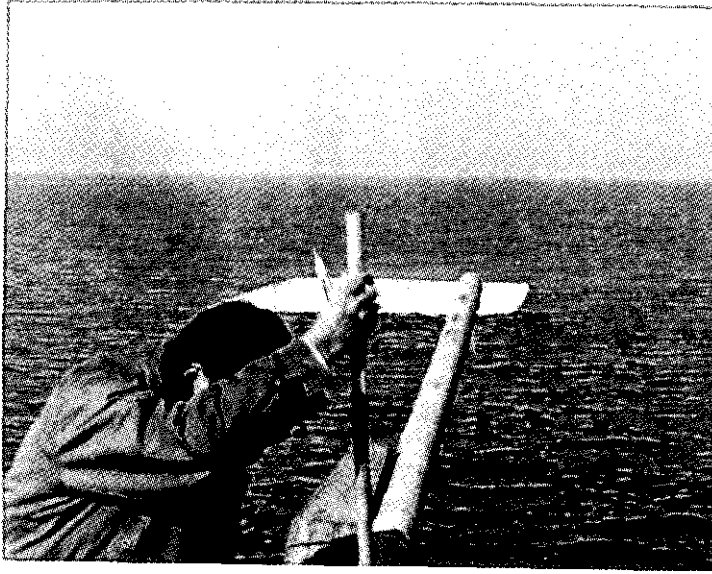


図2 マルチスペクトルスキャナによる画像データ例
(5チャンネル: 0.58~0.62 μm)

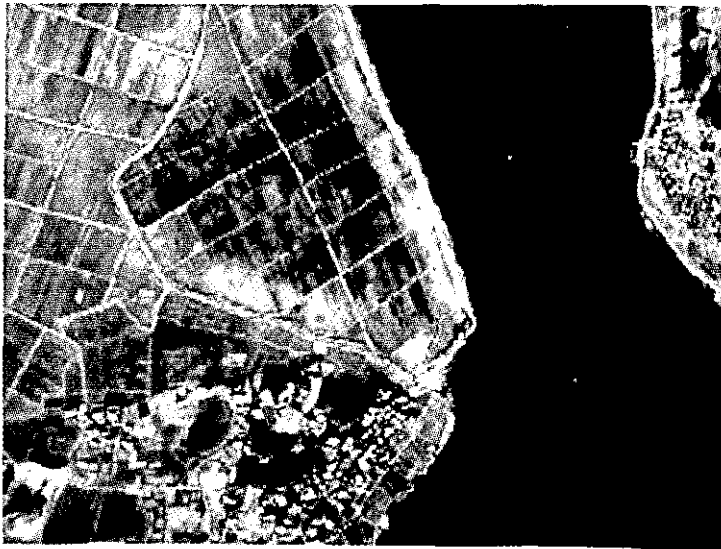
表3 湖上観測項目

	項目	観測および分析方法
気象	気温 風向, 風速 湿度	棒状温度計 (アルコール 1°C 目盛) 携帯用風向風速計 アサヒ式湿度計
湖象	水温 透明度 照度	棒状温度計 (水銀 0.2°C 目盛) 30 cm 透明度板 石川精機製 IU-2 B 型
水質分析	PH DO COD SS T-N K-N T-P クロロフィル プランクトン	JIS K 0102-8 (PH X-9) JIS K 0102-24 (アジ化ナトリウム変法) JIS K 0102-13 (100°C 30分加熱, 過マンガン酸カリウム酸性法) JIS K 0102-10.2 (ガラスファイバ フィルタペーパー法) K-N+NO ₂ -N+NO ₃ ケルダール法 EPA 法 陸生生物生産研究法 (アセトン抽出, 比色) 植物性プランクトンの定量
その他	分光反射率測定	ISCO 社製 モデルSR および シグマ電子社製 SAM 41

(注: 分光反射率測定以外は機建設技術研究所に委託)



(a)



(b)

図 3 湖上観測地点の目標物

- (a) 湖上の白色フロート
- (b) マルチスペクトル画像中に撮影されているフロート

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

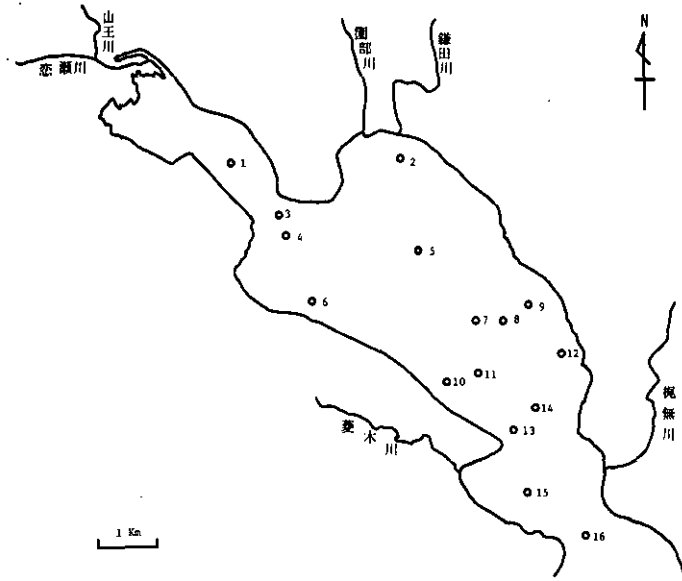


図4 霞ヶ浦水質調査地点概略図 (昭和51年8月23日)

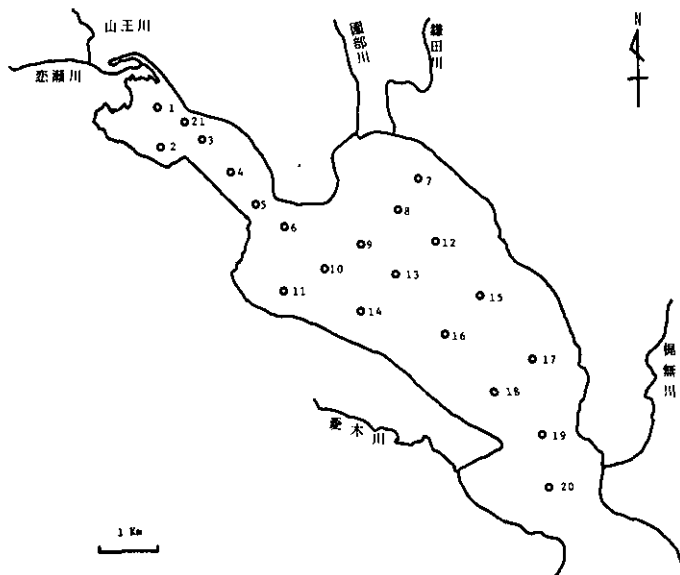


図5 霞ヶ浦水質調査地点概略図
(昭和51年11月26日, 12月6日)

表4 湖上観測結果(地点番号は図4中に示される番号に対応)

昭和51年8月23日

項目	地点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
時刻		11:48 ~57	13:07 ~17	12:00 ~10	12:25 ~35	13:30 ~30	12:40 ~47	13:53 ~	11:55 ~	12:05 ~10	13:05 ~10	12:55 ~	12:45 ~53	12:25 ~30	12:35 ~40	12:00 ~20	12:25 ~32	12:50 ~58	13:05 ~15	13:25 ~33	14:00 ~15
天候		晴															晴				
気温 °C		32.7	32.0	31.6	32.5	31.0	32.3	31.0	31.8	31.6	31.0	30.8	31.2	30.5	30.6	33.0	30.5	29.5	29.5	31.5	31.0
風向		S SW	S SW	S SW	S SW	S SW	S SW	S SW								SW	SW	S	SW	S	SW
風速 m/s		6.2	7.0	6.5	4.5	7.8	6.5	6.8								6.0	7.3	6.0	5.5	6.0	6.1
湿度 %		72	69	70	70	71	69	63	63	63	66	66	61	60	67	66	66	66	66	75	72
水深 m		3.0	3.8	3.5	4.0	4.0	3.4	4.0	4.5	4.6	4.4	4.7	4.4	5.3	5.0	4.4	6.1	5.6	6.2	6.7	6.4
採水水深 m		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
透明度 m		0.60	0.80	0.75	0.80	0.80	0.70	0.80	0.70	0.70	0.60	0.60	0.80	0.60	0.80	0.45	0.70	0.60	0.65	0.80	0.55
外観		緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色	濃緑色	濃緑色	濃緑色	濃緑色	濃緑色	濃緑色
水温 °C	0 m	29.9	29.9	29.5	29.6	28.8	28.8	29.2	28.8	29.0	28.4	28.8	29.2	28.2	28.6	28.5	28.5	28.0	27.9	27.8	28.5
	1	29.0	29.8	29.4	29.6	28.8	28.8	29.2	28.7	28.8	28.0	28.6	28.8	27.8	28.4	27.9	28.4	28.0	27.8	27.8	28.5
	3	29.1	28.6	28.5	28.4	28.8	27.4	28.4	28.4	28.7	26.6	28.0	28.8	27.4	28.4	27.5	28.3	27.8	27.8	27.8	28.5
照度 lux	0 m	9,000	23,000	3,900	34,000	23,000	4,100	3,700													
	1	1,200	2,100	900	3,200	4,400	1,100	460													
	3	0	36	20	22	90	7	26													
PH		9.9	9.9	9.9	10.0	9.6	9.8	9.9	9.8	9.6	9.7	9.9	9.6	9.7	9.5	9.6	9.4	9.3	8.9	8.9	8.1
DO	mg/l	11.1	11.2	11.5	12.7	10.1	10.6	12.8	10.5	10.2	12.6	9.6	8.6	11.2	9.6	10.1	8.5	7.6	9.0	8.3	6.4
COD	"	17.2	15.2	16.3	14.3	15.0	15.2	14.6	14.4	14.2	15.5	15.6	13.0	14.3	14.0	15.0	13.5	13.1	12.5	12.0	12.6
SS	"	31	16	18	19	16	18	1.7	18	17	19	19	15	22	16	20	13	14	10	11	12
T-N	"	1.46	1.82	1.23	1.47	1.11	1.01	1.17	1.37	1.02	1.29	1.27	1.16	0.95	1.02	1.13	0.87	0.83	0.56	0.64	1.08
K-N	"	1.45	1.81	1.20	1.45	1.10	0.96	1.17	1.35	1.02	1.29	1.27	1.16	0.95	1.02	1.13	0.87	0.83	0.56	0.64	1.08
NO ₂ -N	"	0.002	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ -N	"	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T-P	"	0.14	0.12	0.12	0.17	0.13	0.10	0.13	0.09	0.06	0.11	0.11	0.09	0.14	0.11	0.10	0.11	0.11	0.07	0.12	0.11
クロロフィル	a μg/l	72.1	58.0	57.0	50.5	49.0	50.5	33.7	38.9	34.5	40.5	40.0	37.8	48.3	35.1	42.0	30.3	31.3	21.6	25.5	35.9
	b "	5.2	4.3	6.0	5.5	4.5	6.3	3.5	3.6	2.9	3.1	6.8	3.8	2.7	22	2.6	1.0	2.8	3.0	3.2	4.3
	c "	8.5	5.1	11.7	14.3	7.9	14.0	9.9	14.1	13.2	15.5	14.2	9.1	8.3	8.3	13.7	7.5	6.0	5.1	7.1	5.3

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表5 湖上観測結果(地点番号は図5中に示される番号に対応)

昭和51年11月26日

項目	地点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
時刻		17:07 ~15	11:20 ~25	11:30 ~34	11:40 ~47	11:50 ~58	12:03 ~10	12:58 13:05	12:47 ~55	12:36 ~43	12:23 ~30	12:14 ~20	13:05 ~15	12:40 ~45	12:30 ~35	12:05 ~20	12:15 ~20	11:50 12:00	11:40 ~45	11:25 ~35	11:15 ~20	
天候		快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴
気温 °C		11.8	11.7	11.8	10.5	10.7	11.0	12.8	13.0	13.9	13.5	11.7	12.5	12.8	12.1	11.4	11.9	10.5	10.5	10.4	10.6	
風向		SW	SW	S	S	SSE	ENE	S	S	S	SW	SE	SSW	SE	SSW	S	SW	SSE	SE	SE	SE	
風速 m/s		3.4	2.1	3.0	3.0	3.4	3.3	0	3.8	3.2	4.8	3.4	4.8	2.2	4.0	3.7	3.4	3.0	2.8	2.3	1.8	
湿度 %		76	76	76	76	76	76	67	67	62	62	76	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
水深 m		7.0	1.8	7.4	3.2	3.5	3.8	3.7	3.8	3.9	4.0	3.4	3.8	4.1	4.1	4.3	4.3	4.5	4.8	5.5	5.2	
採水深 m		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
透明度 m		0.65	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.70	0.70	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80	0.70	0.72	0.71	0.70	0.75	0.75	
外観		緑色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色	緑色
水温 °C	0m	9.6	9.9	10.0	10.1	10.4	10.8	10.6	10.5	10.6	11.0	10.8	10.8	10.7	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.4	10.3
	1	9.6	9.7	9.9	10.0	10.3	10.8	10.4	10.3	10.6	10.8	10.6	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5	10.6	10.8	10.6	10.6	10.5
	3				9.8	9.7	10.1	10.3	9.9	10.1	10.1	10.0	10.5	10.2	10.2	10.6	10.3	10.5	10.3	10.3	10.3	10.3
照度 lux	0m	30,000	30,000	34,000	28,000	14,000	30,000	22,000	26,000	20,000	30,000	22,000										
	1	8,800	8,600	8,200	9,200	6,600	11,600	3,800	4,200	3,600	9,200	5,000										
	3				960	440	620	90	110	68	760	280										
PH		7.3	7.5	7.5	7.7	8.1	8.7	9.3	9.4	9.3	9.4	9.4	8.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.2	9.2
DO mg/l		9.9	11.1	10.7	11.4	11.3	12.6	13.4	13.9	13.5	14.1	13.4	13.8	13.4	13.8	13.3	13.3	12.9	13.4	12.2	12.3	
COD		3.7	5.0	4.7	6.1	6.8	6.9	10.0	9.7	8.3	9.9	8.5	9.5	8.7	9.5	9.3	9.3	9.4	9.3	9.6	9.4	
SS		6	8	7	9	9	11	17	17	17	15	14	16	15	16	17	18	18	18	17	18	
T-N		2.31	2.00	7.22	2.30	2.21	2.04	1.27	1.46	1.86	1.68	1.78	1.25	1.95	1.62	1.39	1.36	1.48	1.47	1.48	1.62	
K-N		0.77	0.59	0.60	0.92	0.90	0.88	0.99	1.02	1.15	0.95	0.93	0.96	1.10	1.01	1.08	1.01	1.05	1.10	1.08	1.13	
NO ₂ -N		0.034	0.033	0.037	0.036	0.036	0.033	0.017	0.024	0.033	0.028	0.029	0.016	0.034	0.027	0.017	0.018	0.021	0.020	0.020	0.019	
NO ₃ -N		1.51	1.38	1.58	1.34	1.27	1.13	0.26	0.42	0.68	0.70	0.82	0.27	0.82	0.58	0.29	0.33	0.41	0.35	0.38	0.47	
T-P		0.08	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	
クロロフィル	a μg/l	3.1	21.0	16.7	32.8	40.2	42.2	77.0	72.2	63.7	68.7	58.4	64.5	65.0	72.5	71.3	72.3	69.7	76.9	80.7	79.7	
	b "	2.8	5.3	4.5	5.0	4.1	4.9	3.1	5.6	0.0	6.7	4.8	8.9	4.5	4.0	4.4	5.1	4.2	4.5	4.0	4.4	
	c "	0.0	18.8	12.4	15.5	15.8	21.3	27.8	32.1	2.3	33.7	19.8	30.7	29.7	75.4	25.9	24.7	24.8	21.7	37.3	22.3	

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表6 湖上観測結果(地点番号は図5中の番号に対応) 昭和51年12月6日

項目 \ 地点No	1	2	3	4	5	6	9	10	11	21
時刻	11:30 ~35	11:40 ~45	12:03 ~10	12:14 ~20	12:24 ~31	12:35 ~43	13:15 ~20	13:00 ~08	12:44 ~55	11:55 ~ 12:00
天候	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴	快晴
気温 °C	10.3	10.0	10.3	10.2	10.0	9.8	9.6	9.8	10.2	10.2
風向	NW	NW	NNW	NNW	NNW	N	NW	NNW	N	N
風速 m/s	4.0	0.6	4.3	3.2	3.2	4.8	5.6	3.8	3.7	2.3
湿度 %	60	63	63	62	62	62	63	62	65	62
水深 m	2.0	1.6	2.3	3.1	3.3	3.5	3.9	4.0	3.2	2.2
採水水深 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
透明度 m	0.70	0.55	0.70	0.65	0.65	0.70	0.70	0.65	0.65	0.70
外観	緑茶色	緑茶色	緑茶色	緑茶色	緑茶色	緑茶色	緑褐色	緑褐色	緑褐色	緑茶色
水温 °C	0 m	9.0	9.0	8.7	8.6	8.5	9.0	8.9	8.9	9.0
	1	9.0	9.0	8.6	8.6	8.5	8.9	8.9	9.0	9.3
	3				8.6	8.4	8.7	8.9	9.0	9.1
昭度 lux	0 m	30,000	34,000	32,000	30,000	34,000	28,000	28,000	32,000	34,000
	1	7,400	6,000	6,200	6,000	7,000	5,600	4,000	5,600	6,000
	3				106	200	180	140	700	90
PH	7.8	7.8	8.9	8.8	8.8	9.1	9.5	9.5	9.4	8.8
DO mg/l	10.8	10.9	13.4	13.3	13.6	13.7	13.5	13.1	13.0	13.0
COD //	6.2	5.3	6.9	6.6	6.5	8.0	9.1	9.9	8.7	7.7
SS //	11	14	13	12	10	14	14	12	12	14
T-N //	2.26	7.14	2.30	2.57	2.32	7.05	1.53	1.18	1.68	2.67
K-N //	0.67	0.46	0.69	0.74	0.60	0.82	0.78	0.67	0.86	0.87
NO _x -N //	0.031	0.028	0.027	0.027	0.026	0.029	0.032	0.016	0.022	0.026
NO ₃ -N //	1.50	1.65	1.58	1.80	1.69	1.20	0.72	0.49	0.80	1.77
T-P //	0.13	0.12	0.09	0.09	0.07	0.10	0.07	0.05	0.06	0.11
クロロ a μg/l	33.0	27.5	54.8	48.3	35.3	40.8	83.6	73.4	69.7	52.4
フィル b //	7.2	7.4	10.4	9.1	10.9	11.7	7.5	9.3	7.2	6.4
c //	23.8	22.6	41.1	39.2	42.4	42.8	40.0	41.1	35.1	41.5

図4および図5に湖上観測地点配置図、表4、表5および表6に観測結果を示す。分光反射率測定結果については省略する。(表4~表6の湖上水質調査は機建設技術研究所に委託した。)

(3) マルチスペクトル画像データの補正

航空機から撮影された画像データは、計測装置の動作特性による歪み(例えばタンジェント歪み)、航空機の飛行状態による歪み(例えばローリング、ピッチング等による歪み)などの映像上の幾何学的変形の他に、大気散乱による影響などのエネルギー変化も受けており、補正が必要である。特に日本ではヘイズ、霧などによる影響が大きいため大気散乱効果の補正は重要となってくる。これらの補正は、異なった時期に撮影された2つの画像の比較、画像と地図の比較などに際して重要となる。しかしながらデータの変形、変化の過程が複雑であるため未だ説明されていない部分が多く、画像データの補正も今後の大きな課題として残されている。

本研究においては簡単のために、幾何学的変形補正、および濃度レベル補正（エネルギー補正）に関してつぎの操作のみ行った。

- (イ) 幾何学的変形補正：スキャナの特長によるタンジェント歪みの補正、航空機の飛行速度（V）、高度（H）およびスキャナの回転数（ r ）の関係から受ける進行方向の伸縮歪みの補正、および飛行偏流角による歪みの補正。
- (ロ) 濃度レベル補正：1～9チャンネルについては基準光源による補正、熱赤外チャンネルについては黒体温度による補正。

しかしながら、航空機の飛行パラメータの変動、さらに濃度レベル補正用データの誤差などにより、補正の結果も必ずしも良好とはいえず今後の問題として残された。

3.3.3 マルチスペクトル画像解析による土地利用分類の試み

航空写真、衛星写真などの画像データから対象地域の土地利用状況を解析する（地域を河川、田畑、森林、市街などに分類する）ことは、環境を大局的に把握していくうえで重要であり、すでに多くの報告がなされている^{(1)~(4)}。本研究では、マルチスペクトル画像において、画像の空間的特性を利用することにより、画像中の単一な濃度レベルを有する領域（物理的に“意味のある領域”と考えられる）を抽出し、つぎに抽出された領域のスペクトル特性を利用して対象地域の分類を行う手法を報告する⁽⁵⁾。

(1) エントロピ指標による領域の抽出

マルチスペクトル画像においては、湖、林、田畑、裸土などの一つの拡がりを持った“意味のある領域”は、比較的単一な濃度レベルを有する領域として表現される。したがってこのような領域を画像中から抽出することにより比較的簡単に対象領域を分類することができる。本研究では、画像中の小領域における濃度分布ヒストグラムより算出されるエントロピを用いて、画像中の単一な濃度レベルを有する領域を抽出する手法を示す。

画像を S 、 S 中の画素 (i, j) を中心とする正方小領域 $(n \times n)$ を S_{ij} 、 S_{ij} における濃度ヒストグラムを $\{h_e^{ij}\}_{e=1}^L$ とする。ここで L は画像の濃度レベル数、 h_e^{ij} は濃度レベル e に属する S_{ij} の画素数である。 (h_e^{ij}) は以後 h_e と略記する。この時小領域 S_{ij} におけるエントロピ指標 E_{ij} を、

$$E_{ij} = -\sum p_e \log p_e \quad (p_e = h_e/n^2) \quad (3.3.1)$$

で定義する。 E_{ij} は S_{ij} が単一な濃度レベルを有する領域であるとき小さな値をとり、逆に境界域のように分散した濃度レベルを有するとき大きな値となる。エントロピ指標 E_{ij} を用いて画像 S のエントロピパターン X を、

$$X = \{x_{ij}\}, \quad x_{ij} = \begin{cases} 1 : E_{ij} \leq E_{th} \\ 0 : E_{ij} > E_{th} \end{cases} \quad (3.3.2)$$

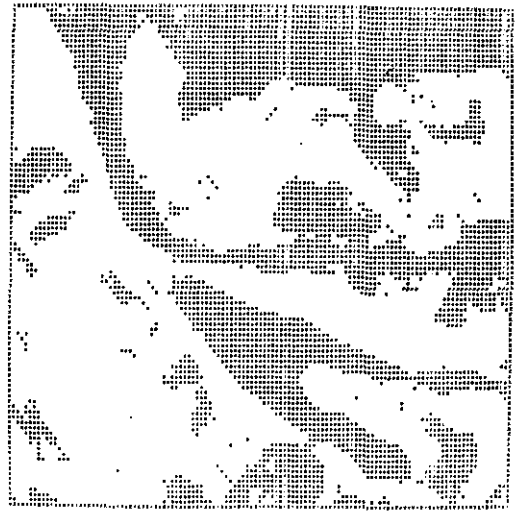
(注) 本稿は筆者等によって発表された論文を再構成したものであり、詳しくは Yasuoka ほか (1977)⁽⁵⁾ を参照されたい。



(a)



(b)



(c)

図 6 エントロピパターンの一例

- (a) は対象地域の写真 (原写真カラー)
- (b) はスキャナにより撮影された画像のプリントマップ (3チャンネル)
- (c) は (b) のエントロピパターン

で定義する。ここで E_{ih} は予め決定される閾値である。図6にエントロピパターンの例を示す。図6(a)は対象地域霞ヶ浦高浜入江のカラー航空写真、(b)はマルチスペクトルスキャナにより得られた画像データのプリントマップであり、(c)は(b)に与えられた画像のエントロピパターンである。図6(c)に示されるように、エントロピパターンにおいては、対象領域中の一様かつ均一な濃度レベルを有する点が抽出されている。複数枚の画像からなるマルチスペクトル画像に対しても拡張されたエントロピ指標(多次元エントロピ指標)を定義することができるが、ここでは詳細は省略する。

エントロピパターン $X(= \{x_{ij}\})$ において $x_{ij}=1$ なる点は近傍が比較的単一な濃度レベルを有する領域となっている。したがって隣接する $x_{ij}=1$ なる点を接続することにより、領域の分離、抽出を行うことができる。(手順は省略する。) 図7に抽出された領域を示す。画像中の数字は領域に付与された番号である。

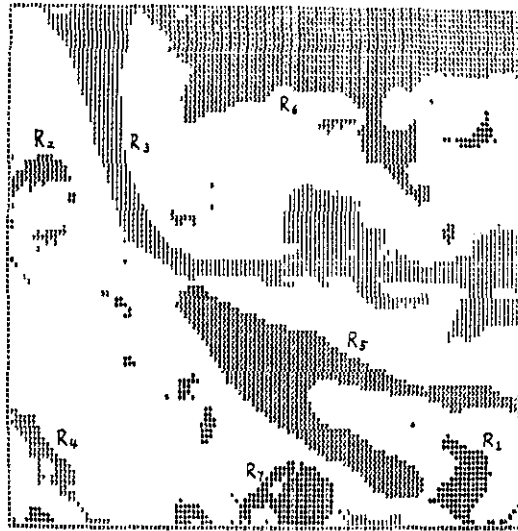


図7 エントロピ指標により抽出された領域
(図中の数字は領域番号)

(2) スペクトル特性による対象領域の分類

エントロピ指標により抽出された領域は、画像の空間的特性を利用して得られたものがある。つぎに抽出された領域のスペクトル特性を利用して、対象領域の分類を行う。

ここでは各領域のスペクトル特性を比較して、 t 検定、 F 検定により領域の結合、すなわち領域の編集を行った後、画像中の各画素が編集された領域 $\{R_i\}_{i=1}^n$ のいずれに属するかの判別を行った。判別は、各領域内での濃度分布が正規分布をなすと仮定し、ベイズの決定法を用いた。すなわち、各画素の濃度ベクトルを Z (要素 z_i は i チャンネルの濃度レベル) とする時、各領域に対して判別関数、

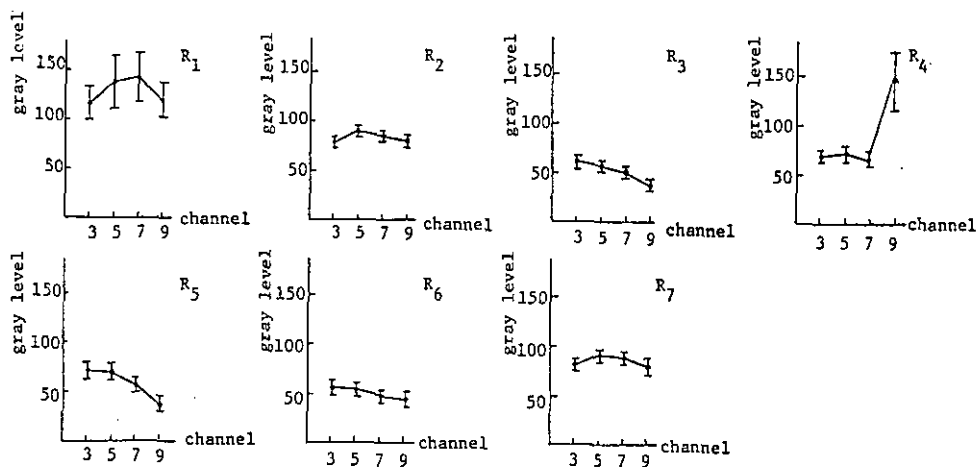


図 8 各領域におけるスペクトル特性 (R_i は図 5 に示された付号と対応する)

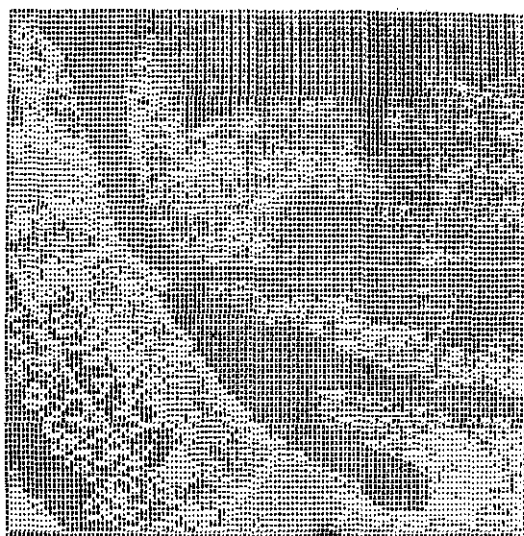


図 9 霞ヶ浦高浜地区の土地利用分類例：

湖(&), 河川(*), 池(x), 林(≡), 裸土(·), 草地(-, +), 不明(?)。

$$g_i(Z) = -\frac{1}{2}(Z - \mu_i)^t \Sigma^{-1}(Z - \mu_i) - \frac{1}{2} \log |\Sigma_i| \quad (i=1, 2, \dots, r) \quad (3.3.3)$$

を計算し、 $g_i(Z)$ を最大にする領域 R_i に画素 (Z) が属するものとした。ここで μ_i, Σ_i は領域 R_i の平均値ベクトル、分散行列とする。図 8 に図 7 で示された各領域のスペクトル特性を示し、図 9 にスペクトル特性により分類された結果を示す。図 9 に示される領域の意味づけ (湖、川、林など) は人間が行ったものであるが、これらの意味づけを参照データを用いて自動的に行う手法については現在検討中である。

国土土地利用状況の広域解析は年々の環境状況の変化を知るうえでも重要である。特に山奥、森林

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

など人間の探索が困難である地域に対しては遠隔計測の手法が有効であり、より実用的な方式の開発が必要と思われる。

3.3.4 マルチスペクトルデータによる水質の解析

本節では、データ収集(3.3.2)により得られた画像データ、水質データをもとに相関解析を行い、水質分布図、水温分布図を作成した結果について述べる。遠隔計測データより水質、樹木活性度等を定量的に計測する手法(モデルの構成)についていくつかの報告がなされている^{(1),(2),(6)-(8)}。

しかしながら、気象条件、地域の特殊性などにより、一つの実験により得られたモデルを他の地域に適用することができるような一般的なモデルはまだ得られていない。

霞ヶ浦高浜入の、水質データとマルチスペクトルデータの相関解析を行うために、水質データとして、湖の汚染と深い関係のある、透明度、COD、SS、クロロフィル a の4種および湖の表面水温を取り上げた。特にクロロフィル a は霞ヶ浦水域において“アオコ”として水質汚濁の重要なファクター

表7 データの概略

観測年月日	グランドトルース(水質調査)		マルチスペクトルデータ 使用チャンネル
	水質	測定点数	
51年8月23日	透明度, COD, SS, クロロフィル a 水温	11	2, 3, 5, 7, 9, 14
51年12月6日	透明度, COD, SS, クロロフィル a 水温	8	3, 4, 5, 7, 9, 14

となっているものである。ここで使用するマルチスペクトルデータは、気象状況が不安定であった11月6日のデータを除外し、8月23日および12月6日のデータにより相関解析を行った。表7は使用データの概略である。

水質データ(Y)との相関係数を計算するための変量(x)としてマルチスペクトルデータの各チャンネルの濃度レベル、あるいはチャンネル間の演算による次の変量をとった。

- (i) Ch(i) (i=1……6) iチャンネルの濃度レベル Ch(i) 6種
- (ii) 1/Ch(i) 逆数 6種
- (iii) log(Ch(i)) 対数 6種
- (iv) Ch(i)/Ch(j) (j=1……6, i≠j) 比 30種
- (v) Ch(i)-Ch(j) 差 30種
- (vi) Ch(i)/S $S = \sum_j^6 Ch(j)$ 正規化 6種
- (vii) (Ch(i)-Ch(j))/(Ch(i)+Ch(j)) 差と和の比 30種

このようにマルチスペクトルデータの各チャンネルの濃度レベルCh(i)、およびこれらの間の演算で得られる量114種に対して各水質との間の相関係数を計算した。その結果を表8に示す。なお、表

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 8 相 関 係 数 (1)

月日	水 質(Y)	マルチスペクトルデータ (x)	相関係数	回 帰 直 線
8/23	透 明 度 COD	Ch(9)/Ch(14)	-0.68	$Y = -1.54x + 1.71$
		Ch(9)/Ch(2)	0.75	$Y = 40.66x - 9.56$
		$(Ch(9) - Ch(2)) / (Ch(9) + Ch(2))$	0.75	$Y = 52.37x - 27.95$
	SS クロロフィル a	Ch(9)/Ch(2)	0.67	$Y = 138.41x - 63.98$
		Ch(2)/S	-0.75	$Y = -1791.93x + 362.53$
		Ch(3)/S	0.74	$Y = -2567.08x + 586.10$
	水 温	Ch(14)	0.97	$Y = 0.161x + 22.052$
12/6	透 明 度 COD	Ch(9)	-0.39	$Y = -0.06x + 2.46$
		Ch(14) - Ch(3)	0.84	$Y = 0.49x + 15.5$
		Ch(14) - Ch(5)	0.82	$Y = 0.38x + 13.35$
	SS クロロフィル a	Ch(7)/S	0.44	$Y = 561.06x - 71.10$
		Ch(14) - Ch(3)	0.84	$Y = 6.20x + 152.59$
		Ch(14) - Ch(5)	0.83	$Y = 4.91x + 127.05$
	水 温	Ch(14)	0.86	$Y = 0.087x + 4.964$

表 9 相 関 係 数 (2)

月日	水 質(log(Y))	マルチスペクトルデータ (x)	相関係数	回帰直線 (Y' = log(Y))
8/23	透 明 度 COD	$(Ch(14) - Ch(9)) / (Ch(10) + Ch(9))$	0.67	$Y' = 3.24x - 0.95$
		Ch(9)/Ch(2)	0.73	$Y' = 2.66x + 1.10$
		$(Ch(9) - Ch(2)) / (Ch(9) + Ch(2))$	0.73	$Y' = 3.42x + 3.55$
	SS クロロフィル a	Ch(9)/Ch(2)	0.63	$Y' = 6.25x - 0.83$
		Ch(2)/S	-0.75	$Y' = -38.30x + 10.56$
		Ch(3)/S	-0.72	$Y' = -53.40x + 15.03$
	水 温	Ch(14)	-0.97	$Y' = -10.48x + 3.61$
12/6	透 明 度 COD	Ch(9)	-0.38	$Y' = -0.10x + 2.45$
		Ch(14) - Ch(3)	0.82	$Y' = 0.07x + 3.13$
		Ch(14) - Ch(4)	0.80	$Y' = 0.05x + 3.35$
	SS クロロフィル a	Ch(7)/S	0.43	$Y' = 45.83x - 4.31$
		1/Ch(5)	0.84	$Y' = 280.34x - 0.85$
		1/Ch(7)	0.82	$Y' = 283.45x - 2.33$
	水 温	Ch(14)	0.86	$Y' = 0.087x + 4.964$

8は各演算を通して最大の相関係数を持つものおよび0.70以上の相関係数をもつもの数種を示したものである。次に各水質データの対数(log(Y))と変数(x)の相関係数を求めた。これを表9に示す。

以上の結果から次の事が判明した。

第3章 霞ヶ浦周辺地域の現況調査

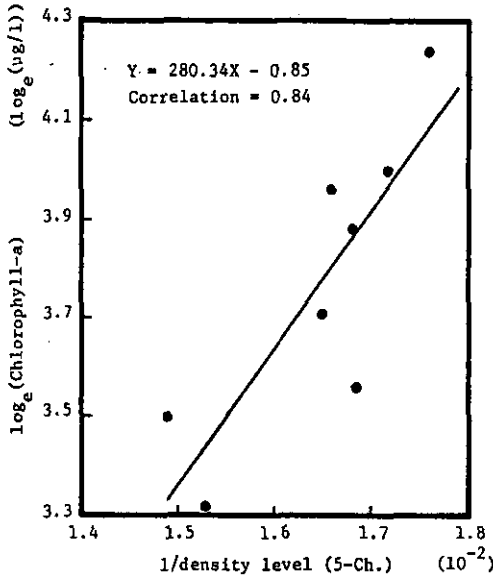


図 10 クロロフィル a と MSS (チャンネル5) データの相関

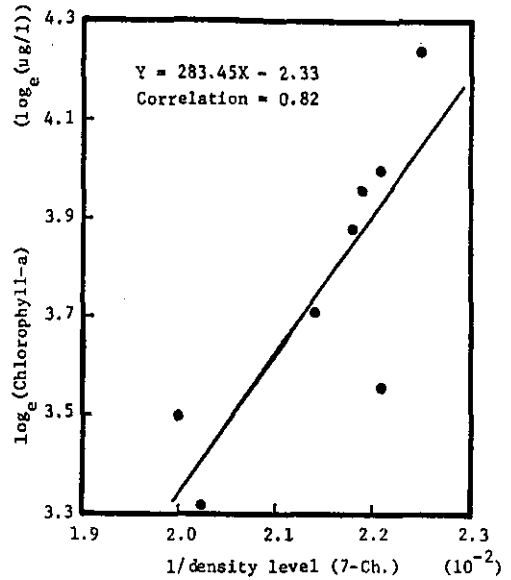


図 11 クロロフィル a と MSS (チャンネル7) データの相関

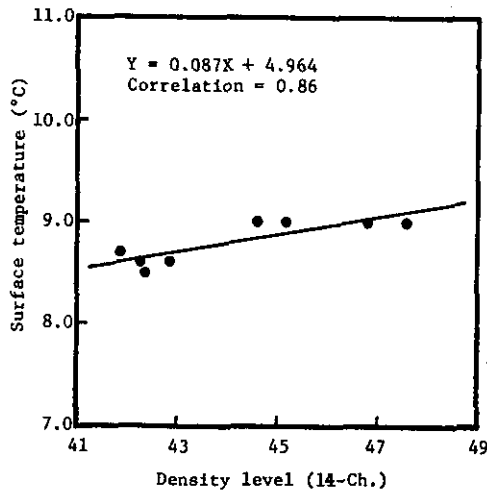


図 12 水温と MSS (14チャンネル) の相関

- (i) 透明度, SS についてはいずれの場合も良い相関が得られない。
- (ii) COD に関しては, 12月のデータと (Ch(14)-Ch(3)) との相関が最大で相関係数は 0.84 である。
- (iii) クロロフィル a については, クロロフィル a の対数と Ch(5) および Ch(7) の逆数が良い相関を示し相関係数はそれぞれ 0.84, 0.82 である。この結果を図 10, 図 11 に示す。
- (iv) チャンネル 14 (熱赤外データ) を黒体温度補正を行うことにより推定された水温は, 実際の

水温より $0.1^{\circ}\text{C}\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 程度低く出る。これは水面直下での水温と、表面から放射される熱エネルギーの間の差と思われる。ただし、センサーと水面の間の気柱による誤差要因と水面表皮層の役割については未解明の点が多い。水温とチャンネル 14 (補正前) の相関係数は 0.86 であり、図 12 に回帰直線を示す。

今回の実験においては、8月にはヘイズの影響、11月～12月は水面よりの反射エネルギーが低いことによる雑音の影響、などにより各水質について必ずしも良好な相関は得られていない。今後の実験の積み重ねが必要と思われる。

以上の相関関係(表8および表9)をもとにマルチスペクトル画像より推定された12月6日の水温、クロロフィルaの二次元分布パターンを図13～15に示す。図13は高浜入江のプリントマップ(チャンネル3)であり、図14は同区域のチャンネル5を用いて得られるクロロフィルaの二次元分布図、図15は水温分布図である。

3.3.5 ま と め

遠隔計測手法を適用することにより広域にわたる環境状態を大局的に把握するための基礎研究とし

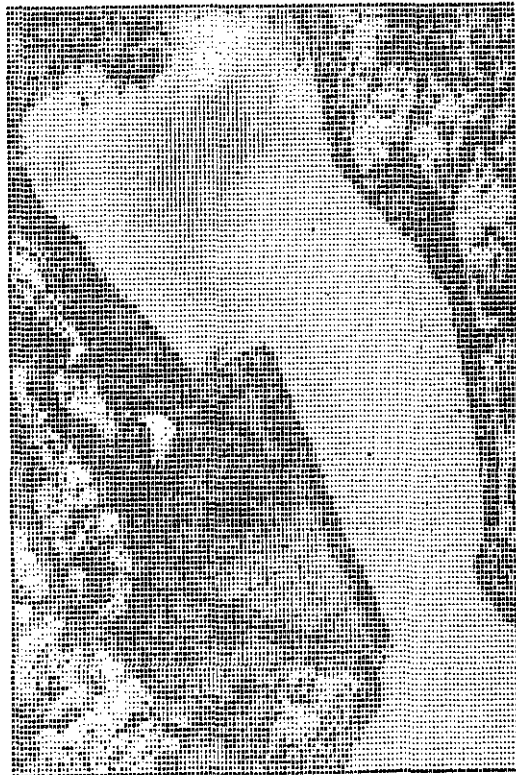


図 13 霞ヶ浦高浜入江 (マルチスペクトル画像、チャンネル3のプリントマップ)

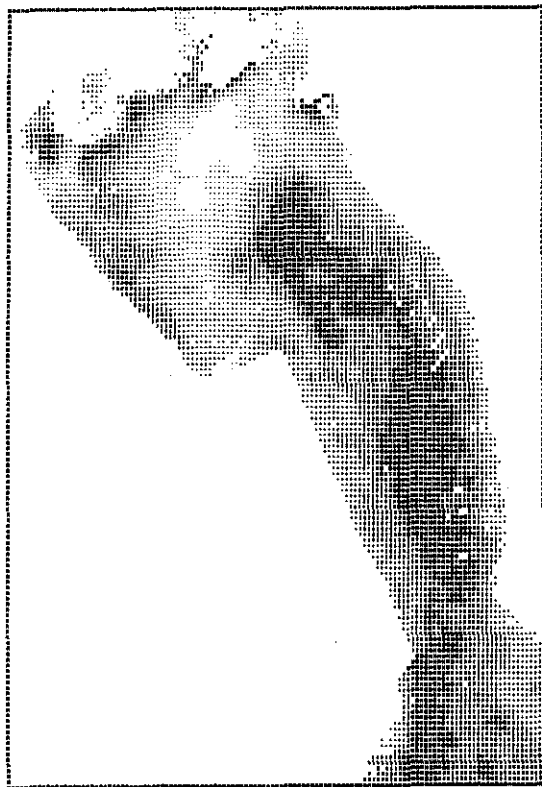


図 14 クロロフィル a の二次元分布図, 12月6日11時30分。
 (推定式は $Y=280.34x-0.85$, $Y=\log(\text{クロロフィル a})$,
 $x=1/\text{Ch}(5)$)

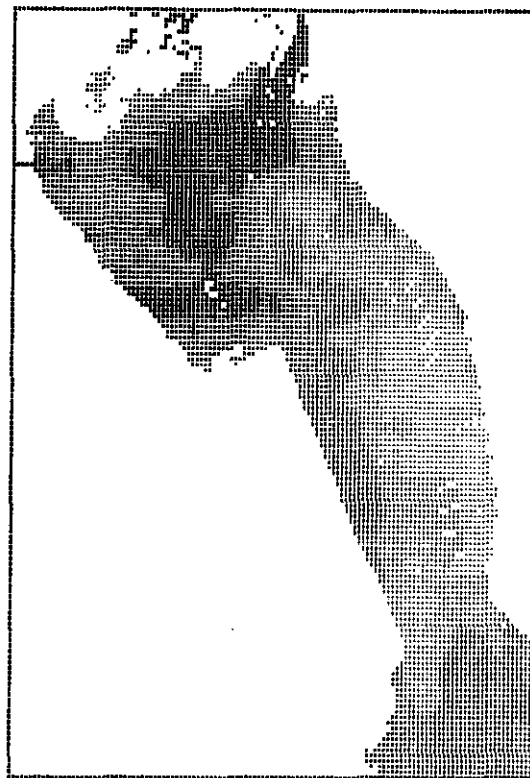


図 15 水温の二次元分布図, 12月6日11時30分。
 (推定式は, $Y=0.087x+4.964$, $Y=\text{水温}$, $x=\text{Ch}(14)$)

て、霞ヶ浦においてデータ収集を行い、いくつかのデータ処理および解析を試みた。その結果、水質分布の定量的二次元計測、対象領域の土地利用分類など広域環境計測の可能性が示されたが、一方基礎データの収集、データ補正など重要な問題点が提起された。

遠隔計測手法を実用的な環境観測法として確立するためには、

- i) 日本の気候を考慮し、全天候型の能動的計測手法（例えば、マイクロ波サイドルッキングレーダ、レーザーレーダ）の開発が必要である。
- ii) 計測対象に関する基礎データをつみ上げ、目的に応じた処理アルゴリズムの検討を行う。
- iii) 大気散乱過程などを考慮した、画像データとランドトールスデータを結びつける一般的なモデルを構成する手法を開発する（このためには一時的にせよ地上観測点の数を増し、データをつみ上げを行うことが必要である）。

などの今後の研究課題が提起された。

参 考 文 献

- (1) The American Society of Photogrammetry (1975): *Manual of Remote Sensing*, 2, 144 p.
- (2) E. C. Barret and L. F. Curtis (1976): *Introduction to Environmental Remote Sensing*, Chapman and Hall.
- (3) R. M. Haralick, K. Shanmugun and I. Dinstein: Textural Features for Image Classification, *IEEE Trans. Syst. Man, Cyber.*, vol. SMC-3, pp. 610~621, Nov. 1973.
- (4) J. S. Weszka, C. R. Dyer and A. Rosenfeld: Comparative Study of Textural Measures for Terrain Classification, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-6, pp. 269~285, Apr. 1976.
- (5) Y. Yasuoka, M. Tamura and T. Miyazaki (1977): Region Extraction and Classification of Multi-Spectral Images by Entropy Index, Preprint of IFAC Environmental System Symposium, Kyoto.
- (6) C. T. Wezarnak, F. J. Tanis and C. A. Bajza (1976): Trophic State Analysis of Inland Lakes, *Remote Sensing of Environment*, vol. 5, pp. 147~165.
- (7) W. R. McCluney (1976): Remote Measurement of Water Colour, *Remote Sensing of Environment*, vol. 5, pp. 3~33.
- (8) 建設省国土地理院「リモートセンシング情報利用技術の開発に関する総合研究（海域研究編）」昭和51年3月。

第 4 章 霞ヶ浦水質, 生物及び底質調査

4.1A. 霞ヶ浦高浜入の夏期における水質, 生物変動-I

相崎 守弘・津野 洋・須藤 隆一・合田 健 (水質土壌環境部)

4.1A.1. はじめに

霞ヶ浦は関東平野東南部に位置する日本第2の湖であり, 湖面積 218 Km², 湖水量 8 億 m³, 平均水深 4 m (最深 7 m) という比較的浅い湖である。昭和 38 年に常陸川逆水門が完成するまでは利根川を通して太平洋と直接結びついており, かなり海水の遡上もみられたようであるが, 完成後は湖の淡水化が計られ, 現在では霞ヶ浦を大きな水がめとして利用しようという考えが中心となっている。またこのころより湖の水質の悪化が顕著になってきており, 昭和 46 年に常陸利根川のシジミの全滅的被害, 霞ヶ浦水道のカビ臭, 塩分増が起こり, 48 年にはアオコの大量発生と養殖鯉 1,527 トンのへい死 (放鯉量の 58%), 49 年には下流水域の水稲の塩害など問題が多発している。

高浜入は図 1 に示すごとく, 霞ヶ浦の北東部に位置し, 一番奥の部分に恋瀬川, 山王川の 2 河川が流入している。この水域は, 毎年夏になるといわゆるアオコと呼ばれるミクロキスティスを中心とした藻類の大増殖がみられる。湖の富栄養化は流入河川によって運ばれる有機及び無機栄養塩類により引起されると考えられるが, 湖沼内においてこれらの流入した栄養塩類の挙動に関する研究は少ない。高浜入は延長約 10 Km で上記 2 河川と園部川以外には高濃度に汚染した河川の流入はなく, 流入栄養塩類の湖内での挙動を追うには最も適した水域と考えられる。本研究はこのような高浜入を対

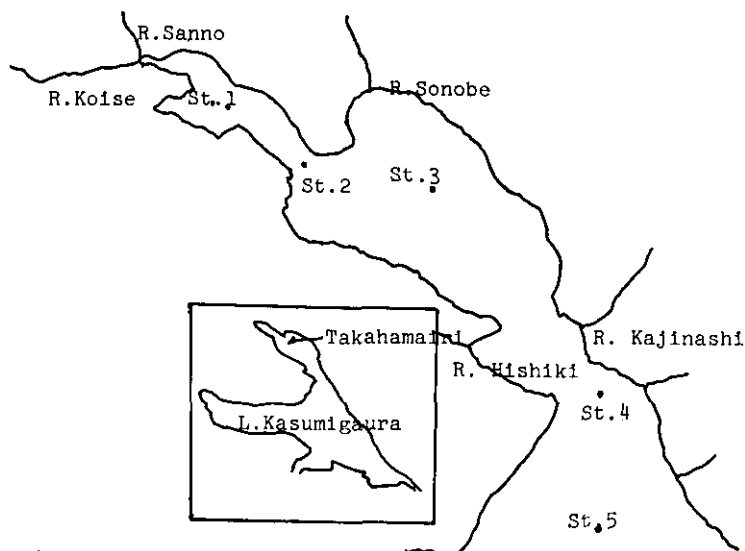


図 1 霞ヶ浦高浜入及び調査地点

陸水域の富栄養化に関する総合研究

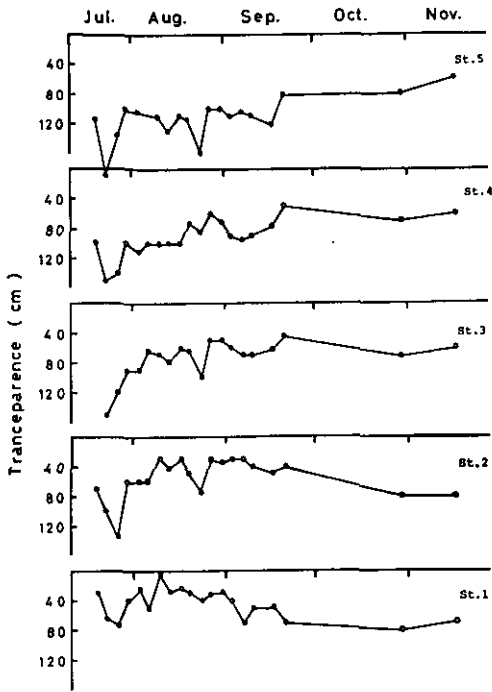


図 2 各地点における透明度の変化

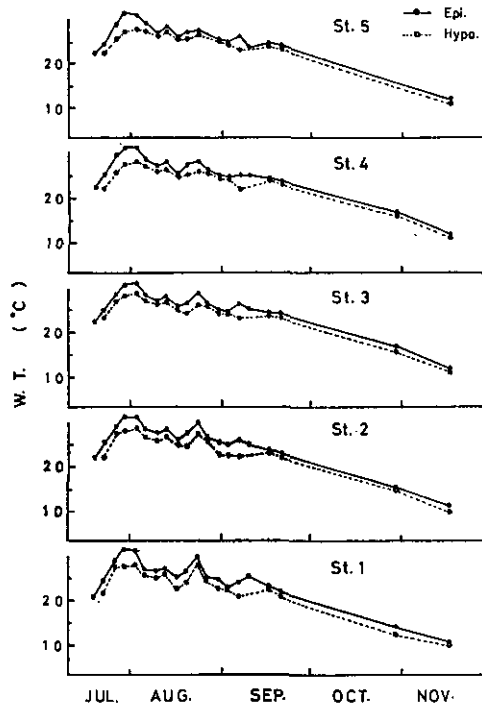


図 3 各地点における水温の変化(—上層, ……下層)

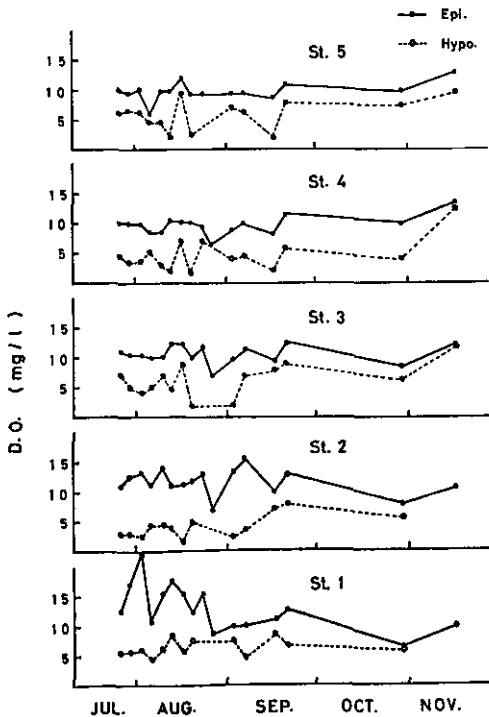


図 4 各地点における溶存酸素量の変化
(—上層, ……下層)

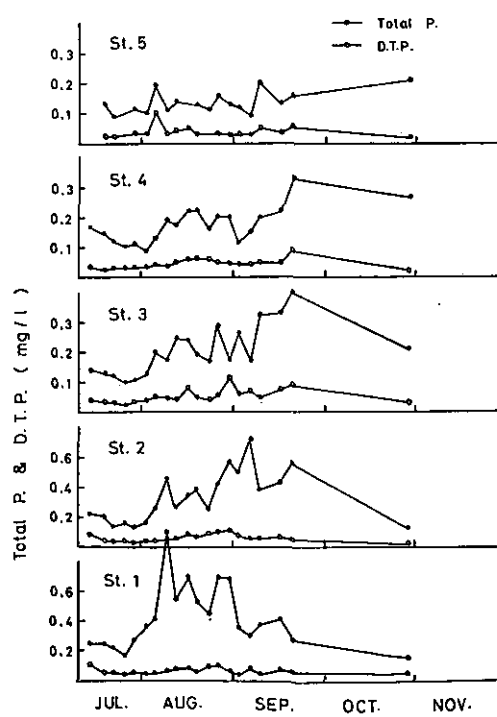


図 5 各地点における全磷及び溶存態磷濃度
の変化(—全磷, ……溶存態磷)

象として、流入栄養塩類の挙動を藻類の増殖との関係からとらえようとするものである。

調査は図1に示したごとく、恋瀬川、山王川の影響の強い St. 1, 2 から高浜入の中心である St. 3, 霞ヶ浦の最深点である St. 4, 流入河川の影響の少ない St. 5 までの5地点で行った。測定は1976年7月14日から開始し、9月20日までの夏の期間は生物活性も高く、激しい変化が予想されたので週2回の観測を行った。今回は主にこの夏期における調査結果について述べる。

4.1A.2. 調査方法

資料1（資料篇, pp. 1—28）を参照。

4.1A.3. 結果

(1) 水質

図2に各地点での透明度の変化を示す。湾奥の St. 1 では透明度は低く 80 cm 以下のことが多かった。最低は8月9日に得られた 3 cm という非常に低い値であったが、8月の他の期間は 30 cm 程度のことが多かった。一方、湖心に近い St. 5 では7月及び8月の間は 100 cm を越える透明度を示すことが多く、例年に比べて良好な値を示した。全般的にみると、St. 4, 5 では夏期に比べて秋期に透明度が低くなる傾向を示し、St. 1, 2 では逆に夏期に低く、秋期に高くなる傾向を示した。

図3に水温の変化を示す。水温は St. 1 から5まで大きな違いはみられず、8月初旬に日中の表面水温が 30°C を越えたが8月中旬以後9月中旬までは 22~26°C の間を変動した。また図からもわか

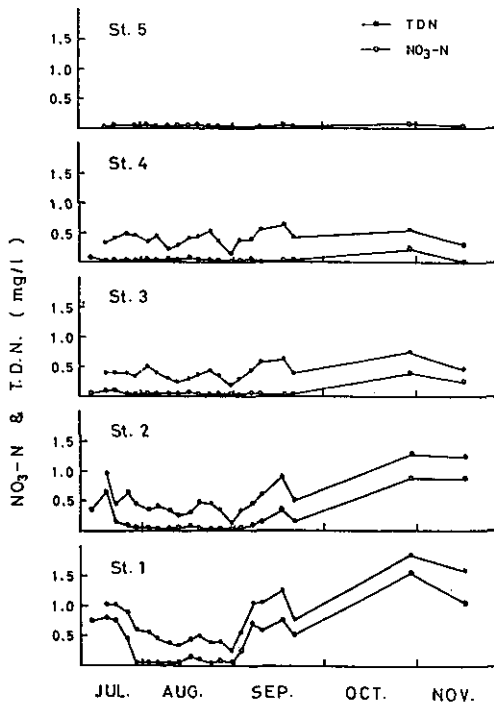


図6 各地点における硝酸態窒素及び溶存態全窒素量の変化
(—○—溶存態全窒素, —□—硝酸態窒素)

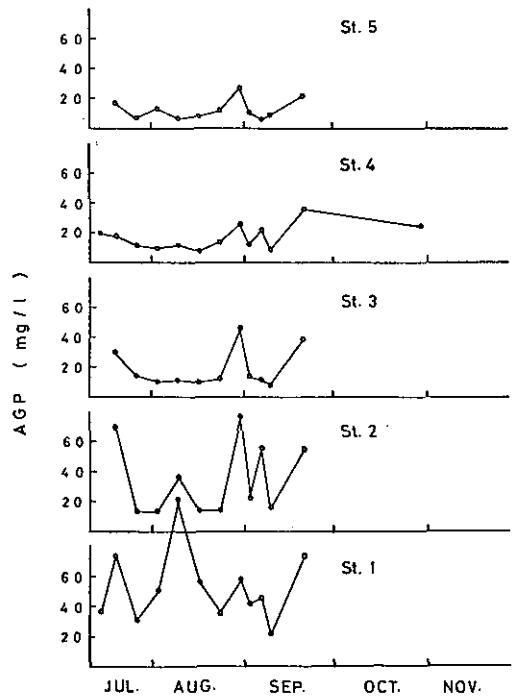


図7 各地点における AGP の変化

ることく、表層と下層で大きな温度差はみられず、8月初旬に約4°Cの違いがみられた以外は温度成層は認められなかった。このことは湖水の上下混合がかなりひんぱんに起きていたことを示唆している。しかしながら溶存酸素量は上層と下層とでかなりの違いがみられた(図4)。このことは植物プランクトンによる表層での光合成活性の高さ、下層での呼吸活性の高さを示すものと思われる。

溶存態のリン化合物は各地点で0.1 ppm以下と比較的低い値を示したが、全リンは生物現存量の増加とともに増え、St.1で8月初旬、St.2で9月初旬、St.3,4では9月中旬以後にピークを示した(図5)。最高値はSt.1の1.02 ppmであった。流入河川の影響の少ないSt.5では測定期間中ほとんど0.2 ppm以下を示し、湖心近くで水質がかなり良好であったことを示していた。溶存態の窒素化合物は夏の期間は各調査地点とも低く、特に硝酸態窒素は検出されないことが多かった(図6)。しかしながら、St.1,2では生物現存量の減少とともに9月初旬以後その値は高くなっており、10月29日にそれぞれ1.54 ppm, 0.90 ppmという非常に高い値を示した。一方、St.5では全期間を通して0.06 ppm以下という低い値であった。図7にAGP(algal growth potential)の変化を示す。生物現存量の高かったSt.1の8月初旬では約90 mg/lという著しく高い値を示したが、St.5では20 mg/l以下のことが多く各地点での水質の違いが顕著であった。しかしながらDOC(溶存有機炭素)の値は各地点で大きな違いはみられず4 mg/l前後の値を示すことが多かった(図8)。このことはDOCの起源が流入してきた一次汚染物であるよりも、湖沼内で生産された2次代謝産物であることを

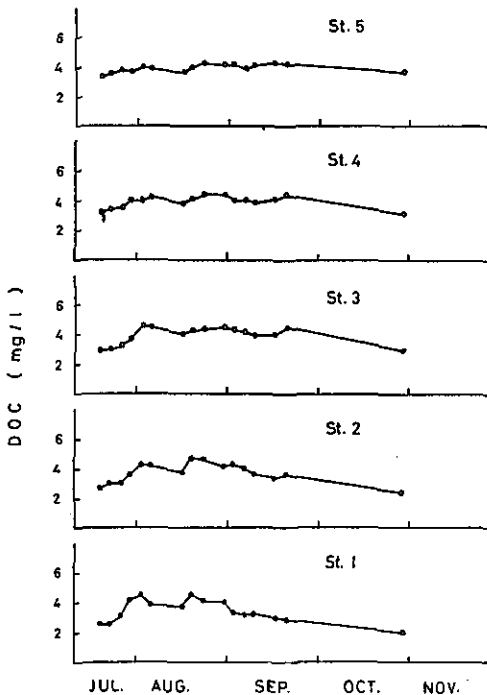


図8 各地点におけるDOCの変化

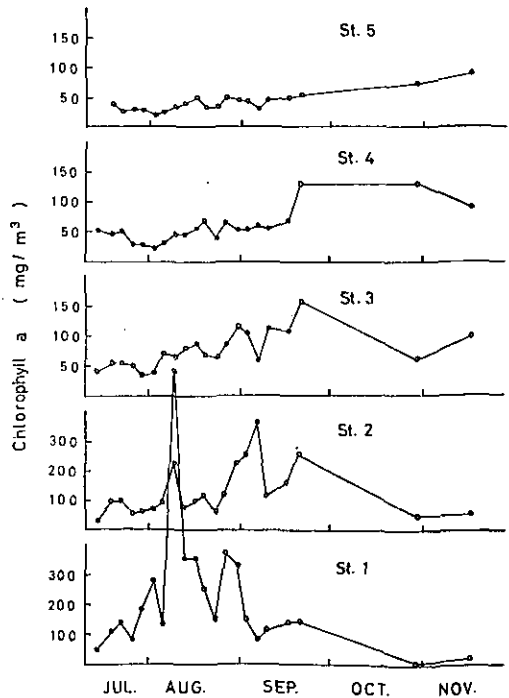


図9 各地点におけるクロロフィルa量の変化

示唆するものと思われる。

(2) 生物現存量

図9に各地点の表層水中のクロロフィルa量の変化を示す。図から明らかなごとく各地点でのピークは St.1 から5にかけて少しずつ遅れていることがわかる。すなわち St.1 では8月初旬、St.2 では9月初旬、St.3 では9月下旬、St.4 では9月下旬から10月にかけて、St.5 では11月にそのピークが認められた。最高値は8月9日に St.1 で得られた約 900 mg/m³ であった。St.4, 5 では8月初旬に現存量は低下し、約 20 mg/m³ という低い値を示した。POC (固形有機炭素) もクロロフィル現存量とはほぼ同様な変動を示した (図10)。クロロフィル量、POC とも特に目につくことは9月以後、

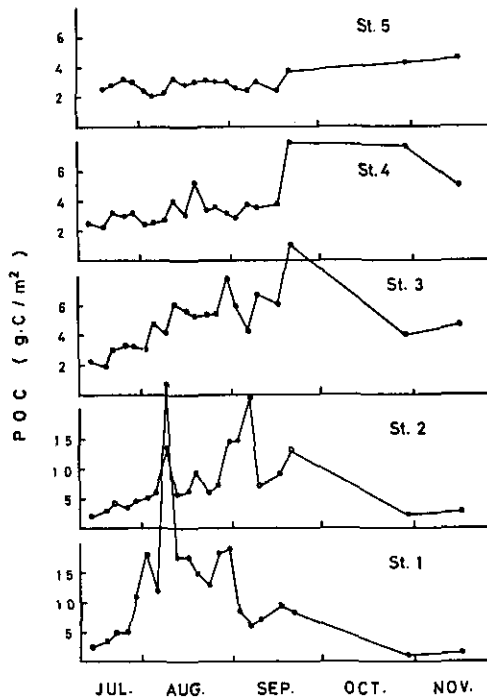


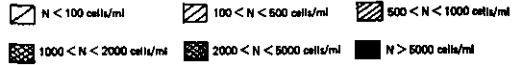
図 10 各調査地点における POC (固形有機炭素) 量の変化

St.1, 2 で現存量が著しく減少し、逆に St.3, 4, 5 では現存量が増加していることである。このことは恋瀬川、山王川等からの流入水量の増加及び水温の変化による藻類の増殖速度の変化等と深い関係があるものと考えられる。

表1, 2, 3, 4, 5に St.1, 2, 3, 4, 5における表層の微生物組成の変化を示す。St.1 では8月初旬に *Microcystis* sp. と *Anabaena* sp. の著しい増加が認められた。またこれらの藍藻類の増加する直前に *Chlamydomonas* sp. の増加がみられた。また St.3 では *Cyclotella* sp. が優先種であることが多く *Microcystis* sp. は8月下旬になって増加してきた。一方、湖心に近い St.5 では *Microcystis* sp. の増加はほとんどみられず、代わりに *Chroococcus* sp. が優先種であることが多か

陸水域の富栄養化に関する総合研究

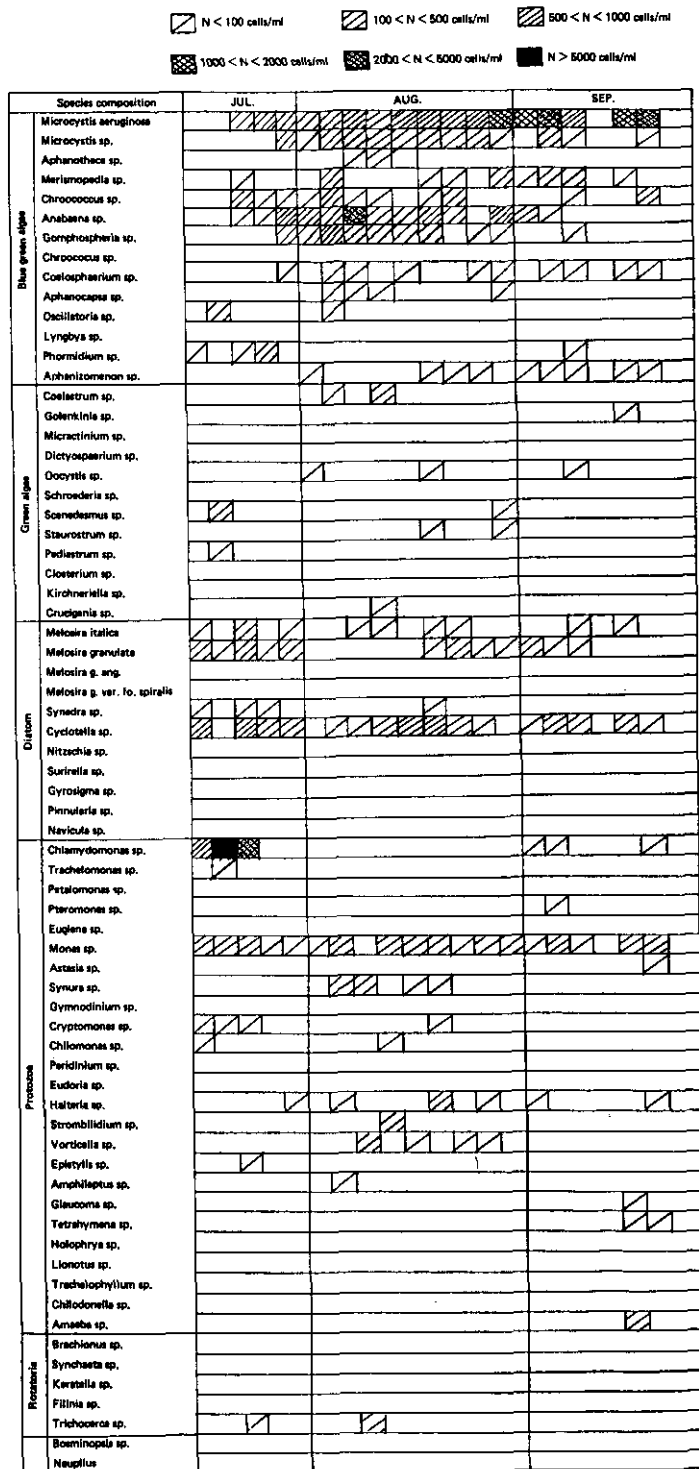
表 1 St. 1 における表層の微生物組成の変化



Species composition		JUL.	AUG.	SEP.
Blue green algae	<i>Microcystis aeruginosa</i>			
	<i>Microcystis</i> sp.			
	<i>Aphanothece</i> sp.			
	<i>Merismopedis</i> sp.			
	<i>Chroococcus</i> sp.			
	<i>Anabaena</i> sp.			
	<i>Gomphosphaeria</i> sp.			
	<i>Chroococcus</i> sp.			
	<i>Coelosphaerium</i> sp.			
	<i>Aphanocapsa</i> sp.			
	<i>Oscillatoria</i> sp.			
	<i>Lyngbya</i> sp.			
	<i>Phormidium</i> sp.			
<i>Aphanizomenon</i> sp.				
Green algae	<i>Coelastrum</i> sp.			
	<i>Golenkinia</i> sp.			
	<i>Microactinium</i> sp.			
	<i>Dictyosphaerium</i> sp.			
	<i>Oocystis</i> sp.			
	<i>Schroederia</i> sp.			
	<i>Somnodermis</i> sp.			
	<i>Staurastrum</i> sp.			
	<i>Pediastrum</i> sp.			
	<i>Closterium</i> sp.			
<i>Kirchneriella</i> sp.				
<i>Cruzeiria</i> sp.				
Diatom	<i>Melosira italica</i>			
	<i>Melosira granulata</i>			
	<i>Melosira</i> s. sp.			
	<i>Melosira</i> s. var. fo. <i>spiralis</i>			
	<i>Synedra</i> sp.			
	<i>Cyclotella</i> sp.			
	<i>Nitzschia</i> sp.			
	<i>Surirella</i> sp.			
	<i>Gyrosigma</i> sp.			
	<i>Pinularia</i> sp.			
	<i>Navicula</i> sp.			
Protozoa	<i>Chlamydomonas</i> sp.			
	<i>Trachalomonas</i> sp.			
	<i>Petalomonas</i> sp.			
	<i>Paeomonas</i> sp.			
	<i>Euglena</i> sp.			
	<i>Monas</i> sp.			
	<i>Astasia</i> sp.			
	<i>Synura</i> sp.			
	<i>Gymnodium</i> sp.			
	<i>Cryptomonas</i> sp.			
	<i>Chilomonas</i> sp.			
	<i>Peridinium</i> sp.			
	<i>Eudoria</i> sp.			
	<i>Halteria</i> sp.			
	<i>Strombolidium</i> sp.			
	<i>Vorticella</i> sp.			
	<i>Epiplatys</i> sp.			
	<i>Amphileptus</i> sp.			
	<i>Glaucoma</i> sp.			
	<i>Tetrahymena</i> sp.			
	<i>Holophrya</i> sp.			
	<i>Lionotus</i> sp.			
	<i>Trachelophyllum</i> sp.			
<i>Chilodonella</i> sp.				
<i>Amoeba</i> sp.				
Rotatoria	<i>Brachionus</i> sp.			
	<i>Synchaeta</i> sp.			
	<i>Keratella</i> sp.			
	<i>Filinia</i> sp.			
	<i>Trichocerca</i> sp.			
<i>Bosminopsis</i> sp.				
<i>Nauplius</i>				

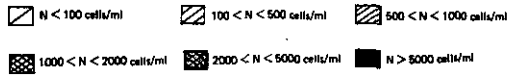
第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

表2 St. 2における表層の微生物組成の変化



陸水域の富栄養化に関する総合研究

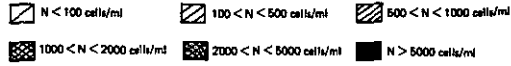
表 3 St. 3 における表層の微生物組成の変化



Species composition		JUL.	AUG.	SEP.
Blue green algae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	1000 < N < 2000 cells/ml	1000 < N < 2000 cells/ml	1000 < N < 2000 cells/ml
	<i>Microcystis</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Aphanotheca</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Merismopedia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Chroococcus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Anabaena</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Gomphosphaeria</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Chroococcus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Coelosphaerium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Aphanocapsa</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Oscillatoria</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Lyngbya</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Phormidium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Aphanizomenon</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
Green algae	<i>Coelastrum</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Golenkinia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Microactinium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Oocystis</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Schroederia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Scenedesmus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Staurastrum</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Pediastrum</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Cladocium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Kirchneriella</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
<i>Crucigenia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
Diatom	<i>Melosira italica</i>	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Melosira granulata</i>	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Melosira</i> g. ang.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Melosira</i> g. var. fo. spiralis	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Synedra</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Cyclotella</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Nitzschia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Saririlla</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Gyrodinium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Pinnularia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
<i>Nitzschia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
Protozoa	<i>Chlamydomonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Trachelomonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Petalomonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Paromonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Euglena</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Monas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Assia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Synura</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Gymnodinium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Cryptomonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Chilomonas</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Peridinium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Eudoria</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Halteria</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Strombolidium</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Vorticella</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Epistylis</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Amphileptus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Glaucocystis</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Tetrahymena</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Holophrys</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Lionotus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
<i>Trachelophyllum</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
<i>Chilodonella</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
<i>Amoeba</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
Rotifera	<i>Brachionus</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Synchaeta</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Keratella</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Filinia</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
	<i>Trichoocerca</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml
<i>Boeinopsis</i> sp.	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	
<i>Nauplius</i>	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	100 < N < 500 cells/ml	

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

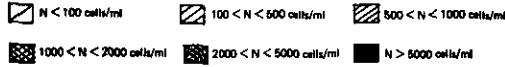
表4 St. 4における表層の微生物組成の変化



Species composition		JUL.	AUG.	SEP.
Blue-green algae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	▩	▩	▩
	<i>Microcystis</i> sp.	▩	▩	▩
	<i>Aphanotheca</i> sp.			▩
	<i>Maximopediella</i> sp.		▩	▩
	<i>Chroococcus</i> sp.		▩	▩
	<i>Anabaena</i> sp.		▩	▩
	<i>Gomphosphaeria</i> sp.		▩	▩
	<i>Chroococcus</i> sp.		▩	▩
	<i>Coelosphaerium</i> sp.		▩	▩
	<i>Aphanocapsa</i> sp.		▩	▩
	<i>Oscillatoria</i> sp.		▩	▩
	<i>Lyngbya</i> sp.		▩	▩
	<i>Phormidium</i> sp.		▩	▩
	<i>Aphanizomenon</i> sp.		▩	▩
Green algae	<i>Coelastrum</i> sp.			▩
	<i>Goelenkinkia</i> sp.			▩
	<i>Micractinium</i> sp.			▩
	<i>Dictyosphaerium</i> sp.			▩
	<i>Oocystis</i> sp.			▩
	<i>Schroederia</i> sp.			▩
	<i>Scolecococcus</i> sp.			▩
	<i>Staurastrum</i> sp.			▩
	<i>Pediastrum</i> sp.			▩
	<i>Closterium</i> sp.			▩
Diatom	<i>Kirchneriella</i> sp.			▩
	<i>Crucigania</i> sp.			▩
	<i>Melosira italica</i>	▩	▩	▩
	<i>Melosira granulata</i>	▩	▩	▩
	<i>Melosira</i> sp. ang.			▩
	<i>Melosira</i> sp. var. fo. spiralis			▩
	<i>Synedra</i> sp.	▩	▩	▩
	<i>Cyclotella</i> sp.	▩	▩	▩
	<i>Nitzschia</i> sp.			▩
	<i>Surirella</i> sp.			▩
Protozoa	<i>Gyrodinium</i> sp.			▩
	<i>Pinnularia</i> sp.			▩
	<i>Nauclia</i> sp.			▩
	<i>Chlamydomonas</i> sp.			▩
	<i>Trachelomonas</i> sp.			▩
	<i>Petalomonas</i> sp.			▩
	<i>Paromonas</i> sp.			▩
	<i>Euglena</i> sp.			▩
	<i>Monas</i> sp.	▩	▩	▩
	<i>Asteris</i> sp.			▩
	<i>Synura</i> sp.	▩	▩	▩
	<i>Gymnodinium</i> sp.			▩
	<i>Cryptomonas</i> sp.			▩
	<i>Chlorella</i> sp.			▩
	<i>Peridinium</i> sp.			▩
	<i>Eudoria</i> sp.			▩
	<i>Halteria</i> sp.			▩
	<i>Strombidium</i> sp.			▩
	<i>Verticella</i> sp.			▩
	<i>Epistylis</i> sp.			▩
	<i>Amphileptus</i> sp.			▩
	<i>Gisvuoria</i> sp.			▩
	<i>Tetrahymena</i> sp.			▩
	<i>Holophrya</i> sp.			▩
	<i>Litonotus</i> sp.			▩
<i>Trachelophyllum</i> sp.			▩	
<i>Chilodonella</i> sp.			▩	
<i>Amoeba</i> sp.			▩	
Rotiferia	<i>Brachionus</i> sp.			▩
	<i>Synchaeta</i> sp.			▩
	<i>Keratella</i> sp.			▩
	<i>Filinia</i> sp.			▩
	<i>Trichocerca</i> sp.			▩
<i>Boeckmannopsis</i> sp.			▩	
<i>Nauplius</i>			▩	

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 6 St. 5 における表層の微生物組成の変化



Species composition		JUL.	AUG.	SEP.
Blue green algae	<i>Microcystis aeruginosa</i>			
	<i>Microcystis</i> sp.			
	<i>Aphanotheca</i> sp.			
	<i>Merismopedia</i> sp.			
	<i>Chroococcus</i> sp.			
	<i>Anabaena</i> sp.			
	<i>Gomphosphaeria</i> sp.			
	<i>Chroococcus</i> sp.			
	<i>Coscofeatherium</i> sp.			
	<i>Aphanocapsa</i> sp.			
	<i>Ocellularia</i> sp.			
	<i>Lynghya</i> sp.			
	<i>Phormidium</i> sp.			
<i>Aphanizomenon</i> sp.				
Green algae	<i>Colelestrum</i> sp.			
	<i>Golenkioia</i> sp.			
	<i>Microactinium</i> sp.			
	<i>Dictyosphaerium</i> sp.			
	<i>Oocystis</i> sp.			
	<i>Schroederia</i> sp.			
	<i>Somedasmus</i> sp.			
	<i>Staurastrum</i> sp.			
	<i>Pediastrum</i> sp.			
	<i>Chlosterium</i> sp.			
	<i>Kirchneriella</i> sp.			
Diatom	<i>Crucigeria</i> sp.			
	<i>Melosira italica</i>			
	<i>Melosira granulata</i>			
	<i>Melosira</i> s. str.			
	<i>Melosira</i> s. var. fo. spiralis			
	<i>Synedra</i> sp.			
	<i>Cyclotella</i> sp.			
	<i>Nitzschia</i> sp.			
	<i>Surirella</i> sp.			
	<i>Gyrodinium</i> sp.			
Protozoa	<i>Pinnularia</i> sp.			
	<i>Navicula</i> sp.			
	<i>Chlamydomonas</i> sp.			
	<i>Trachelomonas</i> sp.			
	<i>Petalomonas</i> sp.			
	<i>Paezomonas</i> sp.			
	<i>Euglena</i> sp.			
	<i>Monas</i> sp.			
	<i>Astasia</i> sp.			
	<i>Synura</i> sp.			
	<i>Gymnodinium</i> sp.			
	<i>Cryptomonas</i> sp.			
	<i>Chilomonas</i> sp.			
	<i>Peridinium</i> sp.			
	<i>Eudoria</i> sp.			
	<i>Halteria</i> sp.			
	<i>Strombidium</i> sp.			
	<i>Vorticella</i> sp.			
	<i>Epirytis</i> sp.			
	<i>Amphileptus</i> sp.			
	<i>Glaucoma</i> sp.			
	<i>Tetrahymena</i> sp.			
	<i>Holophrys</i> sp.			
<i>Lionotus</i> sp.				
<i>Tracholophyllum</i> sp.				
<i>Chilodonella</i> sp.				
<i>Amoeba</i> sp.				
Rotifera	<i>Brachionus</i> sp.			
	<i>Synchaeta</i> sp.			
	<i>Keratella</i> sp.			
	<i>Filinia</i> sp.			
	<i>Trichocerca</i> sp.			
<i>Boermonopeltis</i> sp.				
<i>Nauplius</i>				

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

った。全体的にみて夏期には藍藻類が構成種の大半を占め、緑藻類は非常に少なかった。また珪藻類は藍藻類の増殖する前後にかなりの増加がみられた。今回の調査を通して、湖内の各水域で生物組成がかなり異なっていることが判明した。特に原生動物にその傾向が著しく、流入河川の影響の強い St. 1, 2 では種類数、個体数も多かったが、湖心に近づくに従って減少している傾向がみられた。このことは湖内での物質代謝を考えるうえで重要な示唆を与えるものと思われた。

(3) 一次生産

図 11, 12 に各調査地点での呼吸量、総生産量を示す。呼吸量は各地点とも $5 \sim 10 \text{ gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の

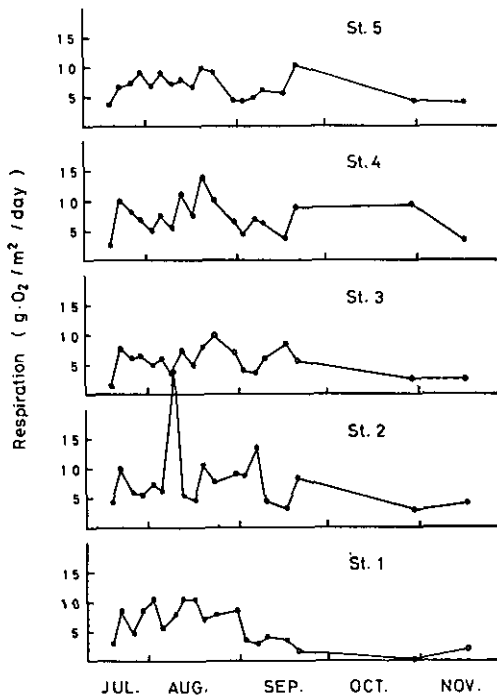


図 11 各地点における呼吸速度の変化

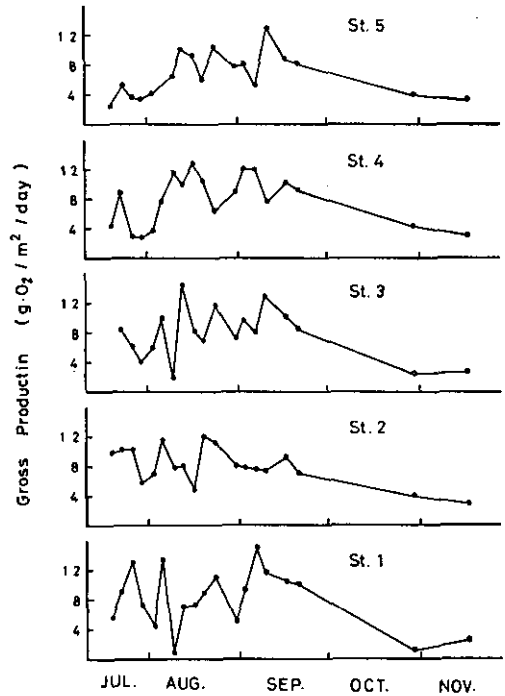


図 12 各地点における総生産量の変化

値を示すことが多かった。最高値は8月9日に St. 2 で得られた $27.8 \text{ gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ であった。総生産量は光の利用効率等の制約からか極端に高い値は認められず、各地点とも最高値で約 $12 \sim 14 \text{ gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の値を示した。総生産量から呼吸量を差し引いた純生産量は $-6 \sim 6 \text{ gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の間を変動することが多かった(図13)。特に8月9日には St. 1, 2 で著しく低い値を示しており、現存量の急激な減少を示唆していた。また7月下旬には St. 4, 5 で負の純生産を示しており、これらの時期における両地点での現存量の減少と一致した。全体的にみて現存量の増減とかなり良い一致を示した。

(4) 考 察

霞ヶ浦水域の環境調査は、昭和 25 年から茨城県内水面水産試験場及びその前身の機関によって行われており現在も継続調査されている。図 14, 15, 16 に外岡及び浜田¹⁾によってまとめられた木原

陸水域の富栄養化に関する総合研究

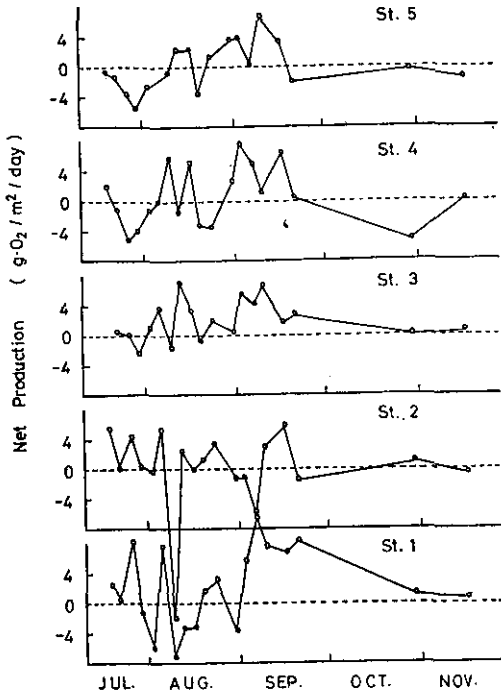


図 13 各地点における純生産量の変化

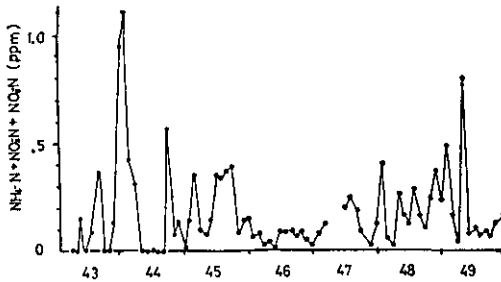


図 16 木原沖における無機態窒素化合物の経年変化 (外岡及び浜田¹⁾, 1975)

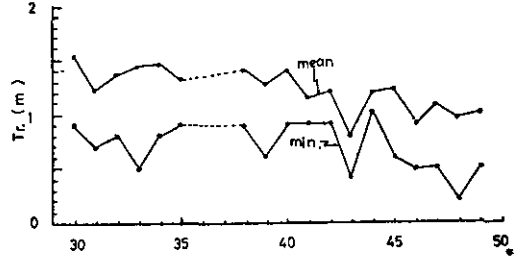


図 14 木原沖における透明度の経年変化 (外岡及び浜田¹⁾, 1975)

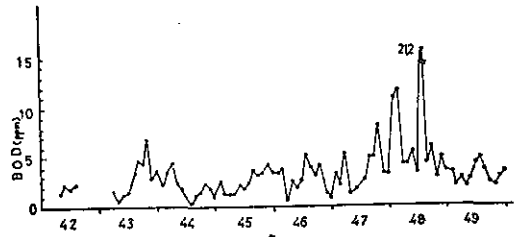


図 15 木原沖における BOD の経年変化 (外岡及び浜田¹⁾, 1975)

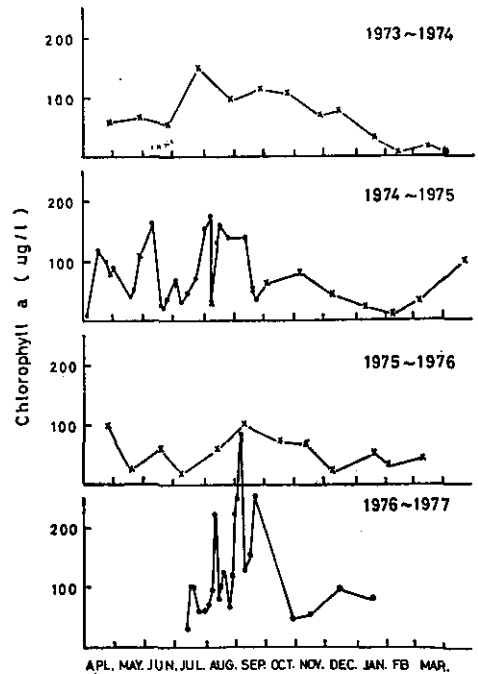


図 17 高崎沖におけるクロロフィル a 量の経年変化 (—×—茨城県の調査²⁾, —○—茨城県内水面水産試験場の調査¹⁾, —○—今回の調査)

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

沖における透明度、BOD、無機態窒素化合物の経年変化の様子を示す。透明度は昭和40年付近をさかいとして年々悪化している傾向がみられる。特に最も低い透明度をプロットした線に顕著である。BOD、無機態窒素化合物は、昭和43年以後のデータであるが、昭和48年前後に著しく高い値がみられ、同年のブルームのすさまじさがうかがえる。この他、霞ヶ浦水域の環境調査は、建設省、茨城県、国立公衆衛生院等によっても行われており、集約はされていないが多くのデータが存在している。図17にこれらのデータのうち、高崎沖におけるクロロフィルa量の測定値を茨城県内水面水産試験場調査研究報告書¹⁾、同じく茨城県の「公共水域の水質測定結果^{2),3)}」、及び今回の調査結果からプロットした図を示す。公共水域のデータは毎月1度、内水面のデータは約10日に1度、また今回の調査は3~4日に1度の頻度で測定を行っている。1974~1975年の図から明らかのように、月に1度の頻度では、この水域の状態を満足には把握しきれない。また今回の調査からも短期間で現存量が激しく変化していることがわかる。この水域が流入河川の影響を受けやすい水域であることを考慮しても、湖内の変動を調べるためには最低10日に1度、できれば週に1度程度の調査頻度が望まれる。

今回の調査では8月下旬に St.1 の部分で比較的安定した現存量が観察された。またこの時、この水域の栄養塩類はほとんど消費されていた。このことからこの水域がこの時期に連続培養系における

表6 連続培養系の定常状態であると仮定したときの8月中、下旬の St.1 における生産速度

Standing crop of POC (ton/area)	62.7
PON (ton/area)	11.2
POP (ton/area)	1.5
Surface area (Km ²)	2.68
Volume (m ³)	375×10 ⁴
Inflow from the Koise River and Sanno River	
Volume (m ³ /day)	367×10 ³ *
Total nitrogen (ton/day)	1.04*
Total phosphate (ton/day)	0.07*
Wash out rate	0.098
Doubling time (day)	7.1
Production rate	
POP (ton/area/day)	8.9
PON (ton/area/day)	1.6
POP (ton/area/day)	0.21
Pg (gO ₂ /m ² /day)	13.3
Pn (gO ₂ /m ² /day)	8.9
Nutrients input from other source	
Nitrogen (ton/area/day)	0.56
(g/m ² /day)	0.2
Phosphate (ton/area/day)	0.14
(g/m ² /day)	0.05

* from data of Ibaraki-ken (1974, 1975)

定常な状態にあるものと仮定できる。すなわち、恋瀬川、山王川から流入した栄養塩類は藻類の増殖にすべて利用され、藻類の増殖速度はこの水域の水の滞留時間に等しいものと仮定できる。そこでこのような仮定に基づき、藻類の生産量を算出してみた。結果を表6に示す。山王川、恋瀬川の流量は実測しなかったため、1974年及び1975年の茨城県のデータ²⁾³⁾を用いて算出した値を用いた。その結果、この水域の水の滞留時間は約10日と算出され、この値より藻類は約7日間で2倍に増加することが計算された。この値より生産速度を求めると、総生産量で約 $13 \text{ gO}_2/\text{m}^2\cdot\text{day}$ の生産が行われていると思われる。今回の調査で得られた測定値は約 $9 \text{ gO}_2/\text{m}^2\cdot\text{day}$ であったので、比較的近い値が得られた。また $13 \text{ gO}_2/\text{m}^2\cdot\text{day}$ という生産を維持するためには、流入河川から運ばれる栄養塩類だけではかなり不足することが予想され、底泥等の他の供給源からかなりの量の栄養塩類が供給されているものと考えられる。

(5) ま と め

湖沼の富栄養化に関してはこれまで多くのすぐれた研究が発表され、湖水中の窒素化合物、リン化合物等の栄養塩類の増加が富栄養化を引き起こしていることがほぼ明らかにされている。しかしながら湖沼内でこれらの栄養塩類がどのように移動し、生産に利用され、また環境に還元されているのかは必ずしも十分に研究が行われていない現状である。特に、霞ヶ浦、琵琶湖等の大きな湖においては、湖全体を均一な系として取扱うことは不可能であり、種々の水域の集合として考えていかざるを得ない。今回の調査においても、高浜入の最奥部のSt.1と湖心に近いSt.5では水質変動特性がまるで異なっており、湖の持つ多面性がうかがえた。今後このような湖の多面性に着目し、種々の構成要素を整理し、湖全体のイメージを作りあげていく必要があるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 外岡健夫・浜田篤信 (1975) : 霞ヶ浦・北浦湖沼観測結果について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 65-71.
- 2) 茨城県 (1975) : 「公共用水域の水質測定結果」, 昭和49年度.
- 3) 茨城県 (1976) : 「公共用水域の水質測定結果」, 昭和50年度.

4.1B. 霞ヶ浦高浜入の夏期における水質生物変動-II

津野 洋・相崎 守弘・須藤 隆一・合田 健 (水質土壌環境部)

4.1B.1. はじめに

現在日本各地の湖沼においては、窒素やリン等の栄養塩の流入負荷量の増加、およびこれに伴う春期や夏期の藻類の異常増殖 (bloom) 等の富栄養化現象が顕著となり、飲料水、漁業および生活環境へ悪影響を及ぼしている場合も少なくない。本研究の調査対象である霞ヶ浦高浜入においても、夏期における *Microcystis* (アオコ) の異常増殖が生じ、悪臭および魚のへい死等の問題が顕在化している。

本研究は、この夏期における、水質変動特性を把握するために行ったものであり、1976年7月14日より9月20日までの水質変動特性については、本研究 (I) で考察を試みた。ここでは、さらに

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

一歩進んだ特性把握のために、水質項目相互間の関係を中心に考察を試み、そして、調査地点1における藻類量および栄養塩(N,P)の変動特性のシミュレーションを動力学モデルを用いて試みる。なお、本調査期間中の水温および全日射量の平均はそれぞれ 27 °C および 356 cal/cm²/day であった。

4.1B.2. 表層水における生物組成

栄養塩の状態や光合成活性の状態により藻類中の組成は変化することが知られているが、ここでは夏期の調査期間中は比較的環境条件の変動が少ないとして、表層水のデータについて、サンプリング地点全体にわたる平均的な組成の算出を試みる。

図1には、浮遊物質(SS)濃度とクロロフィルaとの関係を示す。藻類量が大きくなるにつれて

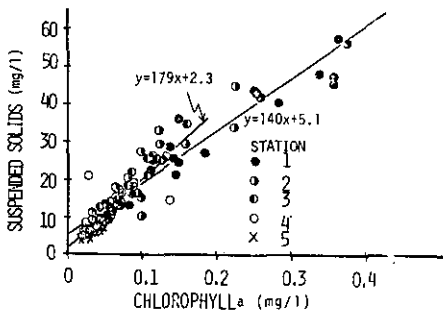


図1 SS とクロロフィル a との関係

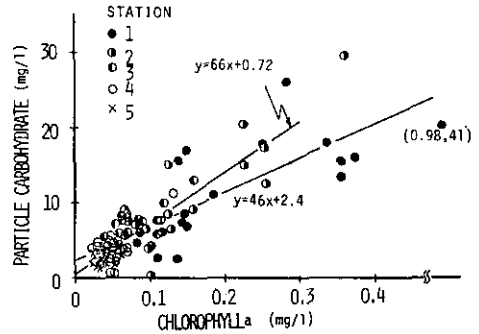


図2 SS 中の炭水化物量とクロロフィル a との関係

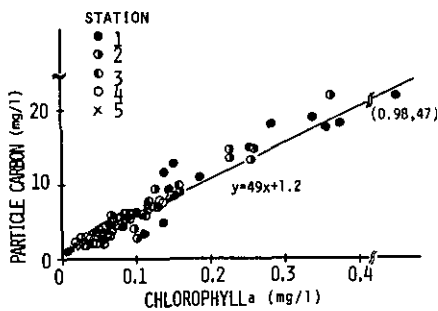


図3 SS 中の炭素量とクロロフィル a との関係

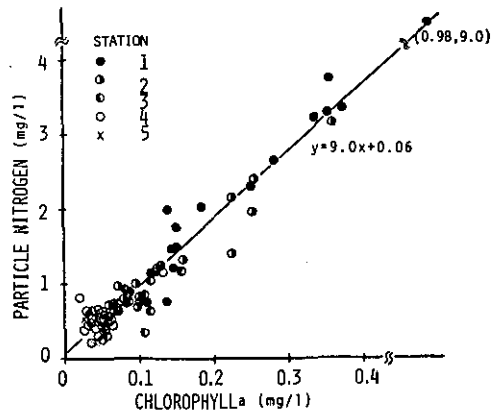


図4 SS 中の窒素とクロロフィル a との関係

SS 中のクロロフィル a の占める割合が大きくなることが示されるが、クロロフィル a が 150 μg/l 以下のデータに対しては 179 mgSS/mgChl. a (重相関係数 0.86) であり、全体のデータに対しては 140 mgSS/mgChl. a (重相関係数 0.94) であった。

図2には、SS 中の炭水化物の含有量とクロロフィル a との関係を示す。炭水化物量は光合成産物

であり光合成活性の状態により大きく変動するが、平均的な値を求めると、クロロフィル a が 300 $\mu\text{g/l}$ 以下のデータに対しては 66 mg 炭水化物/mgChl. a (重相関係数 0.83) であり、全体のデータに対しては 46 mg 炭水化物/mgChl. a (重相関係数 0.88) であった。

SS 中の炭素量とクロロフィル a との関係を図 3 に示す。SS 中の炭素含有量はあまり変動せずに 49 mgC/mgChl. a (重相関係数 0.98) であった。

SS 中の窒素あるいは磷とクロロフィル a との関係をそれぞれ図 4 および図 5 に示す。窒素含有率は 9.0 mgN/mgChl. a (重相関係数 0.98) で比較的一定であった。磷が過剰にある場合には藻類中に余分の磷が蓄積されることが知られているが、本調査においてもこの傾向がみられ、磷の含有率は

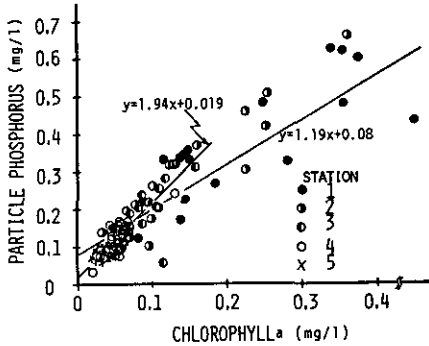


図 5 SS 中の磷とクロロフィル a との関係

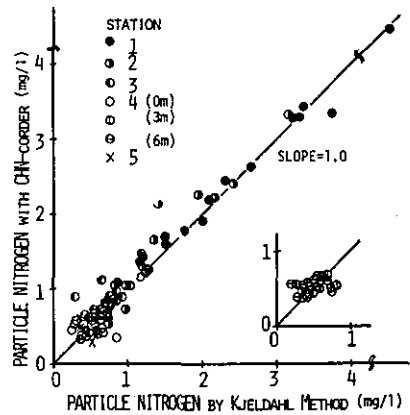


図 6 SS 中の窒素測定法の比較

表 1 藻類組成

(単位 mg/mg)

試料	乾燥重量当たりの割合					N/C	P/C	炭水化物/C	C/Chl. a	N/Chl. a	P/Chl. a	炭水化物/Chl. a	備考
	クロロフィル a	窒素	磷	炭素	炭水化物								
霞ヶ浦高浜入 (1976年夏)	0.0056	0.050	0.011	0.27	0.37	0.18	0.040	1.35	49	9.0	1.94	66	クロロフィル a が 150 $\mu\text{g/l}$ 以下
〃	0.0071	0.064	0.0086	0.35	0.33	0.18	0.024	0.94	49	9.0	1.19	46	すべてのサンプル
$\text{C}_{106}\text{N}_{16}\text{P}_1\text{H}_{263}\text{O}_{110}$ ¹⁾	—	0.063	0.0090	0.36	—	0.18	0.025	—	—	—	—	—	—
メンドタ湖 ²⁾	—	0.073 (0.093)	0.0093 (0.0052)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16種の平均 (Microcystis)
Shagawa 湖 ²⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.2	0.63	—	—
海水性藻類 ¹⁾ (Parsons, et al. 1961)	0.017*	0.063	0.016	0.39	0.23	0.16	0.041	0.59	23*	3.7*	0.94*	14*	11種の平均 *クロロフィルとカロチノイドの総和
<i>Chlorella</i> sp. ²⁾ (津野, 他 1976)	0.012	0.086	0.0084	—	0.55	—	—	—	—	7.2	0.70	46	磷が欠乏状態のとき

クロロフィル a が大きくなるにつれて小さくなる傾向が示され、クロロフィル a が 150 µg/l 以下のデータに対しては 1.94 mgP/mgChl. a (重相関係数 0.84), 全体のデータに対しては 1.19mgP/mgChl. a (重相関係数 0.91) であった。なお、SS 中の窒素量はケルダール法と CHN コーダによる方法との両方で測定したが、図 6 に示すように両者の間では測定値に差異はなかった。

本調査の水域において、SS 中のほとんどは藻類であるとして、以上得られた値を整理して藻類組成を示したのが表 1 である。なお、この表には、比較のためよく用いられる藻類組成の値や他の研究者による測定値も同時に示してある。これによると、クロロフィル a が 150 µg/l 以下のときの隣含有率が大きい以外は、他の研究者による値と同程度であった。

4.1B.3. 水深方向の変化

水深による影響としては、水温の変化、水中照度の減衰、底泥からの栄養塩類の溶出および水温躍層と混合状態等が考えられる。サンプリング地点においては、調査期間中の上層と底層の水温の差は

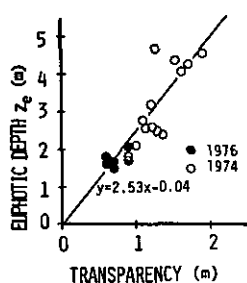


図 7 生産層深さと透明度との関係

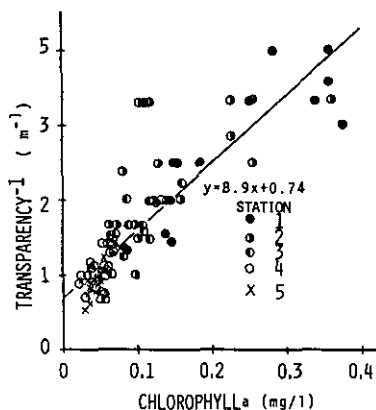


図 8 Tr^{-1} とクロロフィル a との関係

たかだか 4°C であったので、ここでは水中照度の減衰を中心に考察を試みる。水中での光の減衰は Lambert-Beer の法則によりつぎのように示される。

$$I_z = I_0 e^{-\epsilon z} \quad (1)$$

ここで、 I_z および I_0 はそれぞれ水深 Z m および 0 m での光の強さで、 ϵ は減衰係数 (m^{-1}) である。生産層の深さ Z_e は表面の光の強さの 1% が届く水深であるので、 $I = 0.01 I_0$ とおいて、 $Z_e = 4.6/\epsilon$ が得られる。減衰係数 ϵ は水中の藻類濃度 (M) により影響を受け、係数 m, n を用いて一般に $\epsilon = mM + n$ と表わされる。そして、図 7 に示されるように、 Z_e は透明度 (Tr) と、 $Z_e = 2.5 Tr$ ($\epsilon = 1.8/Tr$) という関係にあり、結局次式が成立する。

$$1/Tr = 0.54 mM + 0.54 n \quad (2)$$

クロロフィル a と $1/Tr$ との関係を図 8 に示す。これより、 $m = 16 m^{-1}(\text{Chl. a mg/l})^{-1}$, $n = 1.3 m^{-1}$ が得られ次式が成立する。

$$Z_e = 1/(3.5 M + 0.29) \quad (3)$$

この関係式によると、地点4での生産層の深さ Z_e は、クロロフィル a を $30 \mu\text{g/l}$ として 2.5 m 前後となる。図9には、地点4における水深方向の変化の一例を示すが、水深2~3 mにおいて、光合成活性の極端な減少による溶存酸素 (DO) および pH の減少が示されている。

図10には、地点4の表層、水深3 m および6 m の位置でのクロロフィル a と SS, SS 中炭水化物, SS 中炭素, SS 中窒素および SS 中リンとの関係を示す。これらの図における直線は、地点1から地点5までの表層のデータに対する平均的な関係を示すものである。クロロフィル a と SS および SS 中窒素との関係については表層水に関する関係と同様である。クロロフィル a と SS 中炭水化物および SS 中炭素との関係については、前述のように生産層の深さは 2.5 m 前後であるために、水深3 m から6 m になるにつれて表層での含有率より幾分小さくなる傾向が示されている。クロロフィル a と SS 中リンとの関係については、地点4でのデータは全体的に平均含有率より大きく、また深くなるにつれて大きくなる傾向が示される。後者の傾向については底泥からのリンの溶出の影響が考えられ、この点に関する調査が今後必要であろう。

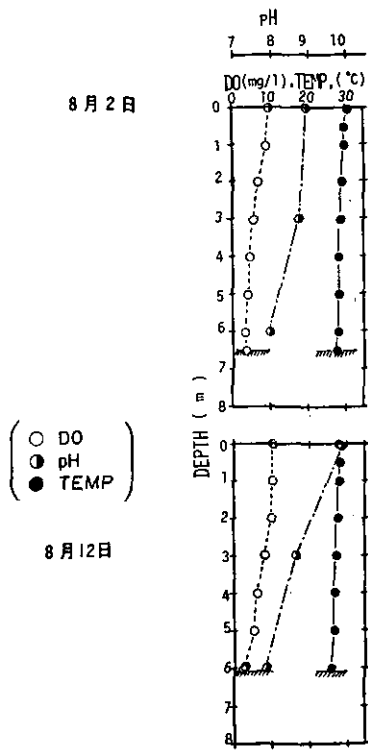


図9 水深方向の変化

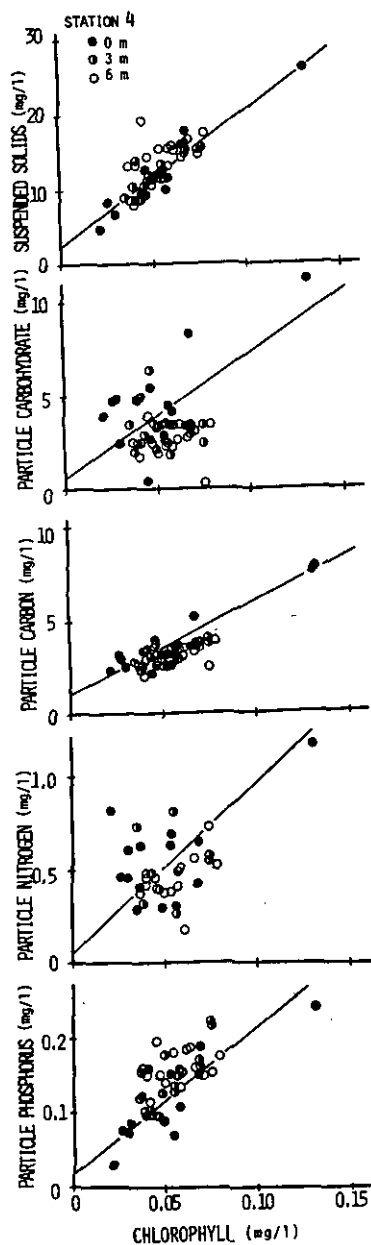


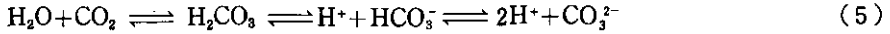
図10 生物組成の水深による影響

4.1B.4 藻類の一次生産に伴う水質相互間の関係

藻類による一次生産は、光合成反応に象徴され次式で示される。



一方、水中の二酸化炭素と炭酸塩濃度は pH の値によってつぎの解離式に従って存在している。



このように、藻類の一次生産によって二酸化炭素が消費され、炭水化物が合成され、酸素が放出され、そしてこれに伴って pH が上昇する。したがって、藻類の一次生産が活発な状態では、これら4つの水質項目の挙動は重要であり、特定の湖水においてはこれら四者の間には特有の関係があるものと考えられる。

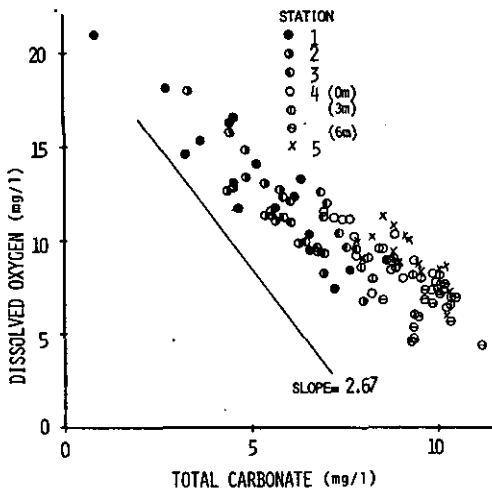


図 11 溶存酸素と全炭酸（炭素量）との関係

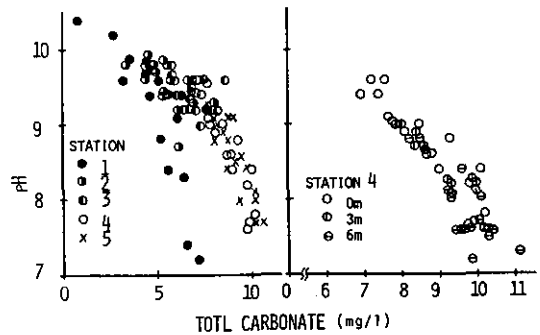


図 12 pH と全炭酸（炭素量）との関係

図 11 には、溶存酸素と全炭酸（炭素量表示）との関係を示す。溶存酸素は、全炭酸の消費に伴って増加している。図中には式 (4) で示される光合成式の光合成商が 1.0 である場合の化学量論的な関係を示す傾き 2.67 ($\text{mgO}_2/\text{mgCO}_3\text{-C}$) を有する直線を参考のために示してあるが、データはこの関係にはほぼ従うことがわかる。

特定の湖水の pH は、特異な流入水の影響の少ない場合には、主として微生物の活動によってもたらされる全炭酸の変動によって支配される。図 12 には pH と全炭酸（炭素量で表示）との関係を示す。各地点での緩衝作用により程度は異なるが、全炭酸の量が少なくなるにつれて pH が上昇し、その上昇の程度は pH 9 前後より幾分緩やかとなる傾向が示されている。

以上の三者の変化は藻類の光合成作用により主に支配されると考えられる。図 13 には、SS中の炭水化物量と溶存酸素との関係を示す。光合成産物である炭水化物量が増加するにつれて溶存酸素が増加する傾向が示されている。図 14 には光合成速度と溶存酸素との関係を示す。光合成速度の測定は

溶存酸素測定後に擬似現場法で行ったものであり、両者の間には、測定の時間的および場所的な差がある。そのためにデータはバラツキを示すが、光合成速度が大きいときには溶存酸素が高いという傾向が示されている。

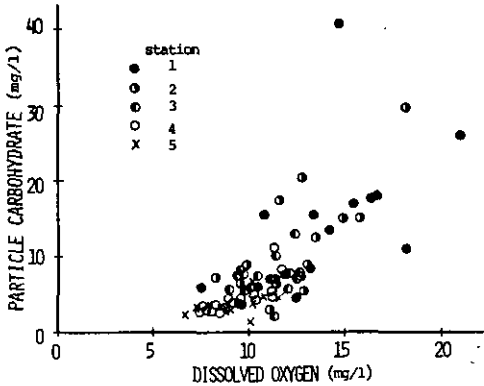


図 13 溶存酸素と SS 中の炭水化物量との関係

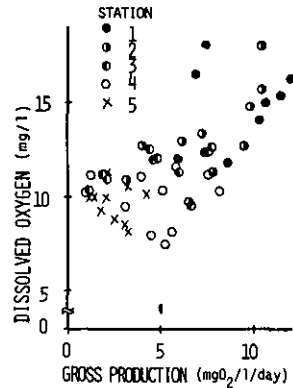


図 14 溶存酸素と光合成量との関係

4.1B.5 動力学モデルによる水質変動特性のシミュレーション

湖沼における漁業、レクリエーション、上水や工業用水源としての利用のための適切な水質管理のためには、湖沼への BOD や COD 等の負荷量の他に、窒素や磷等の栄養塩の負荷に伴う藻類量の増加も重要であり、富栄養化現象に関与する重要な環境因子の把握等を行う上でも、湖沼における藻類量や栄養塩等の変動特性をシミュレートしうるモデルの展開が望まれる。

ここでは、藻類の増殖に関する動力学モデルに及ぼす種々の環境因子の影響を検討し、藻類および栄養塩の変動に関して定式化を行い、高浜入における夏期の水質調査をもとにモデル式の係数値を算定し、調査地点 1 における夏期の水質変動に関するシミュレーション計算を試みる。

(1) 環境因子等^{7)~15)}

藻類の増殖に影響を及ぼす環境因子としては種々あるが、ここでは最も重要な因子である日射量、水温、および栄養塩等を考えることとする。

日射量については全日射量 (cal/cm²/day) で取り扱うこととし、その一次生産速度に及ぼす影響は比例する形で表示する。そして、光は水中で減衰するので、一次生産の生ずる水深までの平均全日射量を用いると、日射量の影響因子 F_R は、

$$F_R = R_m / R_b = \frac{R_0 \{1 - \exp(-\epsilon Z)\}}{R_0 \epsilon Z} \quad (6)$$

ただし、 $Z = \min. (Z_h, Z_e)$

ここで、 R_m ; 水深 Z_m までの平均日射量 (cal/cm²/day)

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

R_b ; 基準全日射量 (cal/cm²/day)

R_0 ; 水面での全日射量 (cal/cm²/day)

ϵ ; 光の減衰係数 (1/m), $\epsilon = mM + n$

m ; 藻類濃度による水中照度減衰係数への影響比を示す係数 (m⁻¹(クロロフィル a mg/l)⁻¹)

n ; 湖水自体の水中照度減衰係数 (1/m)

Z_h ; 平均水深 (m)

Z_0 ; 生産層の深さ (m)

水温 T の各速度定数に及ぼす影響も比例的に表示することとすると、その影響因子 F_T は、

$$F_T = T/T_b \quad (7)$$

ここで、 T_b : 基準水温 (°C)

栄養塩濃度の藻類増殖に及ぼす影響については、Michaelis-Menten 型で表示する。

湖沼への栄養塩の供給について、流入河川等の表流水の他、地下水、養殖魚への給飼、および底泥からの供給等が考えられるが、特に霞ヶ浦のような富栄養化し、水深の浅い湖においては底泥からの供給が大きいことが考えられる。霞ヶ浦において底泥からの栄養塩の供給に関する研究はほとんどない。他の湖における底泥からの栄養塩の供給速度に関する研究結果によると底泥の上層水が好気性の場合、溶出速度は全磷で 1~5 mg/m²/day、無機性窒素で 10 mg/m²/day と比較的少ないが、嫌気性の場合には10倍以上になることもあり¹⁶⁻¹⁸⁾ 上層水にかなりの影響を及ぼすものと考えられる。

藻類の沈降速度については水塊を理想沈殿池と考え、次式で示す。

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{\alpha \cdot A \cdot St}{Q} M \quad (8)$$

ここで、 α ; 沈降係数 (1.0 1/day) A ; 水面積 (m²)

St ; 沈降速度 (m/day)

Q ; 流量 (m³/day)

藻類の呼吸、死亡および捕食による減少の因子については、藻類を中心として考える場合、動物プランクトンの増減による捕食効果の増減を加味することもあるが、全部をまとめて藻類濃度に関する一次式で示されることも多い。すなわち、

$$\frac{dM}{dt} = -(Cr + Cd)M \quad (9)$$

ここで、 Cr ; 呼吸速度 (1/day)

Cd ; 死亡および捕食による減衰係数 (1/day)

M ; 藻類濃度 (Chl. a mg/l)

ただし、呼吸の場合は、栄養塩は水塊に回帰するものと考えられる。

藻類量が多くなると藻類の増殖速度が遅くなることが知られており、これは光の透過率の減少、および栄養塩の減少の他に pH の影響、密度効果等の影響等が考えられている。これは、スペース効果

β として言及されるが、ここでは、これを次式で示す。

$$\beta = \exp(-\gamma M) \quad (10)$$

ここで、 γ ；スペース効果係数 (1/Chl. a mg/l)

光合成速度の対数値とクロロフィル a との関係を調査地点 1 および 2 のデータについて図 15 に示す。両者の関係を最小二乗法により直線近似を試みると $\gamma = 3.85$ (クロロフィル a mg/l)⁻¹ (重相関係数 0.86) が得られる。

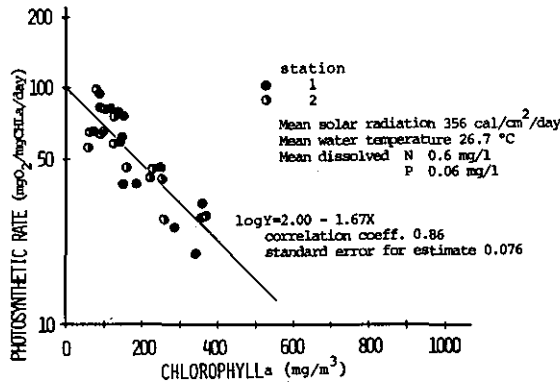


図 15 光合成速度とクロロフィル a との関係

(2) シミュレーションモデル式

ここでは、調査地点 1 を含む高浜入最奥部の区域 (水面積 2,680,000 m²) についてのみシミュレーション計算を行うものとし、系外からの入力条件としては全日射量および水温、栄養塩 (磷および窒素) の供給濃度、ならびに流入水量を考える。系内の変数としては、溶解性の窒素および磷濃度、ならびにクロロフィル a の濃度である。

前述の環境因子等の項での考察をもとに系内の変数に関するシミュレーションモデルの式示を試みるとつぎのようになる。なお、この場合、調査地点 1 を含む区域 (区画 1) は完全混合されているとして取り扱う。

$$V_1 \frac{dM_1}{dt} = -(Q_K + Q_S)M_1 + A_1 Z_1 G_1 M_1 - V_1 \left\{ (Cr + Cd)F_{T1} + \frac{\alpha \cdot A_1 \cdot St}{Q_K + Q_S} \right\} M_1 \quad (11)$$

$$V_1 \frac{dN_1}{dt} = Q_K N_K + Q_S N_S - (Q_K + Q_S)N_1 - a_N A_1 Z_1 G_1 M_1 + a_N V_1 Cr F_{T1} M_1 + S_{N1} A_1 \quad (12)$$

$$V_1 \frac{dP_1}{dt} = Q_K P_K + Q_S P_S - (Q_K + Q_S)P_1 - a_P A_1 Z_1 G_1 M_1 + a_P V_1 Cr F_{T1} M_1 + S_{P1} A_1 \quad (13)$$

$$G_1 = K F_{R1} F_{T1} \frac{P_1}{K_P + P_1} \frac{N_1}{K_N + N_1} \times \beta_1 \quad (14)$$

ここで、添字1；地点1を含む区画での変数を示す。

A_1 ；区画1の水表面積 (m^2)

a_N ；藻類細胞構成物としての窒素含有率 (mgN/mg クロロフィル a)

a_P ；藻類細胞構成物としての磷含有率 (mgP/mg クロロフィル a)

G_1 ；区画1における藻類増殖速度 ($1/day$)

K ； R_b , T_b での比増殖速度 ($1/day$)

K_N ；窒素に関する Michaelis 定数 (mg/l)

K_P ；磷に関する Michaelis 定数 (mg/l)

N_K ；恋瀬川の窒素濃度 (mg/l)

N_S ；山王川の窒素濃度 (mg/l)

N_1 ；区画1の溶解性窒素濃度 (mg/l)

P_K ；恋瀬川の磷濃度 (mg/l)

P_S ；山王川の磷濃度 (mg/l)

P_1 ；区画1の溶解性磷濃度 (mg/l)

Q_K ；恋瀬川の流量 (m^3/day)

Q_S ；山王川の流量 (m^3/day)

S_{N1} ；区画1での底泥からの窒素溶出速度 ($grN/m^2/day$)

S_{P1} ；区画1での底泥からの磷溶出速度 ($grP/m^2/day$)

t ；時間 (day)

V_1 ；区画1の容積 (m^3)

(3) シミュレーション計算

計算条件；

地理的因子；表 2²²⁾

流入河川の流量及び栄養塩濃度；表 3²³⁾

水温；4次の多項式近似 (図 16, 重相関係数 0.69, 標準誤差 $2.4^\circ C$)

$$T_1 = -40.7 \left(\frac{t}{100} \right)^4 + 200.7 \left(\frac{t}{100} \right)^3 - 209.5 \left(\frac{t}{100} \right)^2 + 63.6 \left(\frac{t}{100} \right) + 22.6 \quad (15)$$

全日射量²⁴⁾；4次の多項式近似 (図 17, 重相関係数 0.55, 標準誤差 $98 cal/cm^2/day$)

$$R_0 = -21462.3 \left(\frac{t}{100} \right)^4 + 36631.0 \left(\frac{t}{100} \right)^3 - 20855.1 \left(\frac{t}{100} \right)^2 + 4212.4 \left(\frac{t}{100} \right) + 149.5 \quad (16)$$

環境因子に関するパラメータ；表 4

モデルのパラメータ値；表 5

計算開始日；7月14日 (初期値として観測データを使用)

表 2 区画 1 の地理的因子

項目	値
水面積 $A_1(m^2)$	2,680,000
容積 $V(m^3)$	3,750,000
平均水深 $Zh_1(m)$	1.40

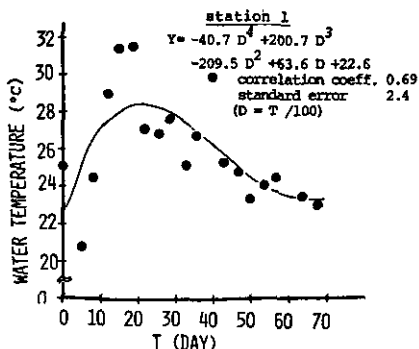


図 16 水温変化 (14th July~20th Sept.)

表 3 流入河川からの栄養塩の供給

河川名	流量 (m^3/day)	全窒素 (mg/l)	全磷 (mg/l)
恋瀬川	335,000	2.80	0.18
山王川	32,000	3.15	0.35

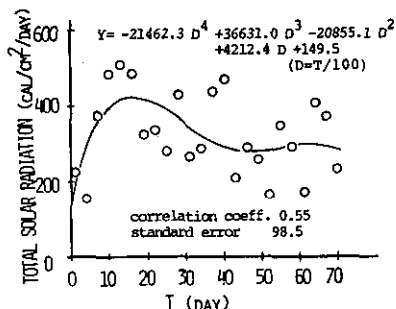


図 17 全日射量変化 (14th July~20th Sept.)

上記条件下でシミュレーション計算した結果を図18, 19に示す。底泥からの栄養塩の供給増加のない場合 (図18) は、クロロフィル a は計算初期に増加し、その後 St および Cd の係数の値によって減少あるいは維持する傾向がみられ、最大現存量あるいは現存量は、係数 St および Cd の値によって影響を受ける。溶解性の窒素は増加し一定値に近づく傾向を示している。溶解性の磷は、計算開始後数日間ほとんど無くなった。これより、このシミュレート計算では磷が制限栄養塩であることが示されている。

水温が 25°C になると底泥上層付近まで嫌気性となり、窒素および磷が溶出するとしてシミュレート計算した場合 (図 19) には、クロロフィル a の現存量および変動パターン、溶解性窒素および磷の変動パターン (特に 40~50 日前後の底泥からの溶出に起因する増加傾向) に関して測定値 (プロット点) をかなりシミュレートしている。この場合には、窒素と磷のバランスがとれているかあるいは

第4章 霞ヶ浦水質, 生物及び底質調査

表4 環境因子に関するパラメータの値

パラメータ	値	評価法	比較 ⁷⁾⁻¹⁵⁾
R _b 基準日射量	356 cal/cm ² /day	光合成速度を測定の際の 平均値より	Roptimum= 200~350 cal/cm ² /day
T _b 基準水温	27°C		Toptimum=25~35°C
γ スペース効果の程度を示す 係数	3.85 (mg/l クロロフィルa) ⁻¹	光合成速度とクロロフィ ルaとの関係より(図15)	---
m クロロフィルaの変化によ る光の水中減衰係数への影 響比	16.2 m ⁻¹ (mg/l クロロフィルa) ⁻¹	光の透過率とクロロフィ ルaとの相関関係(図 7, 8)	19 m ⁻¹ (mg/l クロロフィルa) ⁻¹
n 湖水自体のもつ光の水中減 衰係数	1.3 m ⁻¹		0.16 m ⁻¹
S _{N1} 底泥からの窒素の溶出速度*	(好気性) 0 grN/m ² /day	文献値	0.04~0.015 grN/m ² /day
	(嫌気性) 0 or 0.1 grP/m ² /day		0.1~0.15 grN/m ² /day
S _{P1} 底泥からの磷の溶出速度*	(好気性) 0 grN/m ² /day		0.001~0.005grP/m ² /day
	(嫌気性) 0 or 0.08 grP/m ² /day		0.03~0.15 grP/m ² /day

* 区画1では水温で25°Cを越えると底泥の上層部も嫌気性状態になるとした。形は、底泥からの供給の形と
なっているが、これに相当する分の栄養塩の負荷の増加があるとしての取扱いに相当する。

表5 モデル式のパラメータの値

パラメータ	値	算定法	比較 ⁷⁾⁻¹⁵⁾
K T _b , R _b のときの比増殖速 度定数	1.20 day ⁻¹	光合成速度の測定(図15)	Kmax=1~2 day ⁻¹
Cr 呼吸速度定数	0.01 day ⁻¹	呼吸速度の測定, および 文献値	0.05~0.3 day ⁻¹
Cd 死亡および捕食速度定数	0.01~0.11 day ⁻¹		
St 沈降速度	0~0.005 m/day	観察および文献値	(0.05~2 m/day)
a _N 窒素-クロロフィルaの生 産係数	9.0 mgN/mgChl. a	窒素含有率(図4)	7~10 mgN/mgChl. a
a _P 磷-クロロフィルaの生 産係数	1.94 mgP/mgChl. a	磷含有率(図5)	0.63~1.2 mgP/mgChl. a
K _N Michaelis 定数	0.1 mg/l	文献値	0.014~0.4 mg/l
K _P Michaelis 定数	0.02 mg/l		0.001~0.05 mg/l

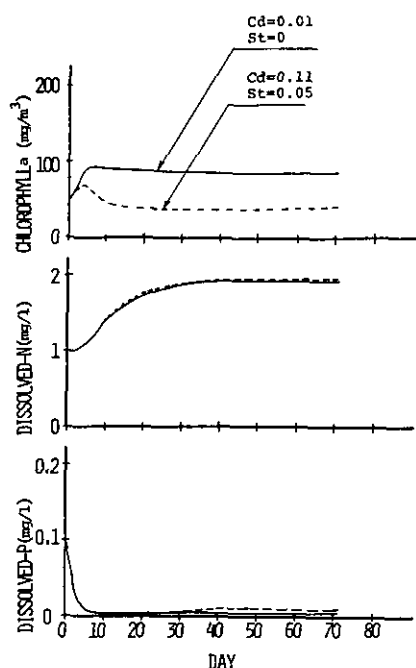


図 18 モデルによるシミュレーション
(底泥からの栄養塩の溶出なし)

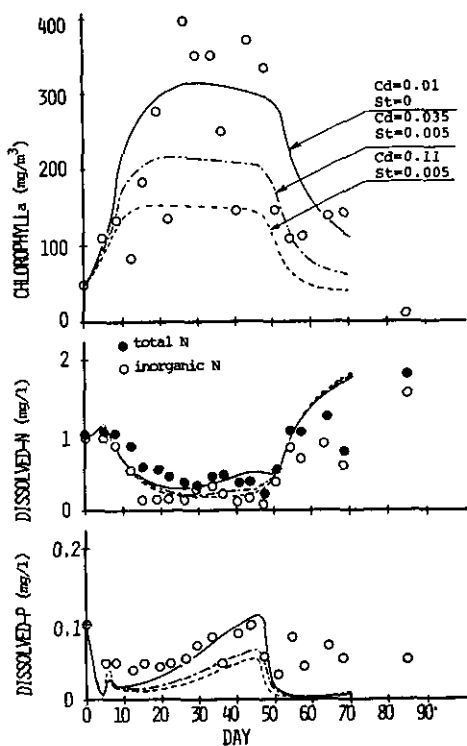


図 19 モデルによるシミュレーション
(底泥からの栄養塩の溶出あり)

幾分窒素が制限栄養塩である傾向にある。

霞ヶ浦のような浅く富栄養化している湖においては、底泥からの栄養塩の溶出あるいは藍藻による窒素の固定等による影響が非常に大きいことが示されており、この点に関する本格的な調査研究が必要であることが示されている。

4.1B.6 おわりに

湖沼の適正な水質管理のためには、湖沼における水質変動特性、とりわけ富栄養化現象に関連した水質の変動特性を把握することが必要であり、またこの現象の数値モデルによるシミュレーション計算も有益な情報を与えてくれる。

本研究では、このような観点で、霞ヶ浦高浜入を対象として、藻類増殖の活発な夏期に水質調査を行って、水質変動特性を把握し、水質相互間の関連性について検討を行い、これらをシュミレートする動力学モデル式の展開を試みた。以下、得られた結果を要約するとつぎのようである。

藻類中の物質とクロロフィル a や SS との相互関係について最小二乗法による直線近似により、霞ヶ浦高浜入における夏期藻類の平均的な化学的組成について検討を行い、全サンプルについての SS 中のクロロフィル a、窒素、磷、炭素、および炭水化物の含有率は各々、0.0071mg クロロフィル a / mgSS, 0.064 mgN/mgSS, 0.0086 mgP/mgSS, 0.35 mgC/mgSS および 0.33 mg 炭水化物/mgSS

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

であり、単位クロロフィルa当たりの磷の含有率が高い(クロロフィルaが低濃度になるとより顕著となるが)以外は、一般に知られる割合と同程度であった。

湖沼における水深による影響について、とくに水中照度の水深方向の減衰を中心に考察し、Lambert-Beerの法則に示される光の減衰係数は、藻類量と1次式の関係にあるとして数式表示を行い、クロロフィルa濃度、透明度、ならびに生産層の深さのデータより、これら各項目についての相互関係について検討を試み、クロロフィルaの変化による光の水中減衰係数への影響を示す比例定数の値として他の湖でも観察される程度の値である 16 m^{-1} (Chl. a mg/l^{-1}) を、また湖水自体の光の減衰程度を示す定数として透明な湖水の10倍程度大きな値である 1.3 m^{-1} を得、そして生産層の深さは透明度の2.5倍であること、および減衰係数は透明度の逆数の1.8倍であること等の結果を得た。この結果をもとに、各地点での水深方向の水質項目の変動について考察を行い、光合成層の水深付近を境にして光合成の程度を示す指標である溶存酸素およびpHは急激に低下することが知られた。また、水深による藻類の化学組成の変化についても考察したが、ほとんど表層での組成と同じであった。

クロロフィルaの増加、すなわち一次生産の増加に伴って、炭酸塩は低下し、溶存酸素は増加し、そしてpHが上昇するというこれら水質相互関係を図示し、そしてとくに炭酸塩の低下と溶存酸素の増加との関係は、光合成商を1.0としたときの関係2.67 (mgO_2/mgC) に近いことが示された。

そして最後に、調査地点1におけるクロロフィルaおよび栄養塩の変動をシミュレートする動力学モデル式を展開し、各々のモデル式のパラメータや環境条件式(光合成層の水深、日射量、水温、スペース効果等)を実験結果および文献考察をもとに算定し、シミュレート特性について考察した。その結果、最適に近い条件下での比増殖速度定数は1.20 (1/day) であること、モデルによってクロロフィルaや栄養塩の変動特性を比較的良くシミュレートしうること、クロロフィルaの現存量に沈降や捕食等による減衰速度定数の値が大きく影響すること、底泥からの栄養塩の溶出や窒素の固定等を含めて夏期に栄養塩の供給量の増加が重要な因子であることが示された。

以上により、夏期における高流入の水質変動特性についての概略を知ることができたとともに今後更なる研究、特に栄養塩負荷量の変動や底泥からの栄養塩の溶出機構についての研究が必要であることも知られた。

参 考 文 献

- (1) 西条八東他(1973):「海洋生化学」海洋科学基礎講座11, 東海大学出版会
- (2) D. P. Larsen, et al.: "Modeling the Eutrophication Process" ann arbor science
- (3) 土木学会:「琵琶湖の将来水質に関する調査報告書」
- (4) G. E. Fogg (1975): "Algal Cultures and Phytoplankton Ecology" the University of Wisconsin Press
- (5) 津野 洋, 合田 健(1976):「クロレラ種の増殖過程における窒素および磷濃度の影響に関する研究」土木学会第4回環境問題シンポジウム
- (6) 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所「霞ヶ浦生物調査報告書」
- (7) D. P. Larsen, H. T. Mercier and K. W. Malueg: "Modeling Algal Growth Dynamics in Shagawa

陸水域の富栄養化に関する総合研究

- Lake, Minnesota, with Comments Concerning Projected Restoration of the Lake" Modeling the Eutrophication Process, ann arbor science pp. 15~31
- (8) V. J. Bierman, F. H. Verhoff, et al.: "Multi-nutrient Dynamic Models of Algal Growth and Species Competition in Entrophic Lakes", Modeling the Eutrophication Process, ann arbor science, pp. 89~109
- (9) K. I. Dahl-Madsen and E. Gargas (1974): "A Preliminary Eutrophication Model of Shallow Fjords" the 7th International Conference on Water Pollution Research
- (10) 井上頼輝 (1975): 「水質汚濁の機構と富栄養化のモデルについて」第9回水質汚濁研究に関するシンポジウム講演集, 日本水質汚濁研究会
- (11) 海老瀬潜一 (1976): 「貯水池の水質変化に関する基礎的研究」京都大学学位論文
- (12) B. C. Patten, D. A. Igloff, et al. (1975): "Part II, 10, Total Ecosystem Model for Cove in Lake Texoma", Systems Analysis and Simulation in Ecology, Vol. III, pp. 206~423
- (13) D. M. D. Toro, D. J. O'Connor et al. (1975): "Part II, 11, Phytoplankton-Zooplankton Nutrient Interaction Model for Western Lake Erie", Systems Analysis and Simulation in Ecology, Vol. III, pp. 423~473
- (14) C. W. Chen and G. T. Orlob (1975): "Part II, 12, Ecologic Simulation for Aquatic Environments", Systems Analysis and Simulation in Ecology, Vol III, pp. 476~588
- (15) R. V. Thoman, D. M. D. Toro and D. J. O'Conner (1973): "Preliminary Model of Potomac Estuary Phytoplankton" Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, EE 3, pp. 699~715
- (16) J. Fillos and R. Swanson (1975): "The Release Rate of Nutrients from River and Lake Sediments", WPCF, Vol. 47, No. 5, pp. 1033~1042
- (17) 田中俊博 (1975): 「琵琶湖底泥からの栄養塩の溶出に関する基礎的研究」京都大学修士論文
- (18) 北尾高嶺他 (1976): 「湖沼底泥からのリンの溶出について」土木学会第31回年次学術講演会 第2部 pp. 560~561
- (19) 合田健編 (1976): 「水質工学, 応用編」
- (20) 島津康男 (1973): 「システム生態学」(生態学講座 36) 共立出版
- (21) K. Hozumi, M. Ishihara and K. Shinozaki (1976): "A Simple Mathematical Model for the One-Producer-One-Consumer System" Jap. J. Ecol., 26, pp. 191~197
- (22) 国土地理院発行地形図 (1/50,000)
- (23) 茨城県「公共用水域の水質測定結果」昭和49年度
" 昭和50年度
- (24) 気象庁高層気象台 (1976): 「地上気象観測日原簿, 7月, 8月, 9月」

4. 2. 霞ヶ浦高浜入における底生生物と動物プランクトン

安野正之(生物環境部)・森下正彦(生物環境部)・菅谷芳雄(茨大・理学部)

4. 2. 1 霞ヶ浦高浜入における底生生物の季節変動

76年11月から霞ヶ浦高浜入において月1回の定期採集を行った。採集場所は他の調査と同じで高浜入最奥部から同入江のすぐ外までの6地点であった(図1)。

標本は、15 cm×15 cm エクマンバージ型採泥器により底泥を採集し、実験室に持ち帰ったのち、メッシュ 0.25 mm のフルイを用いて泥を洗い流して動物をひろい出した。

標本採取は一地点につき4回行った。

ひろい出した底生生物はすべて10%ホルマリンで固定し、実体顕微鏡下で種の同定及び計数を行った。貧毛類の計数については、その体が切れやすいため頭部を用いた。

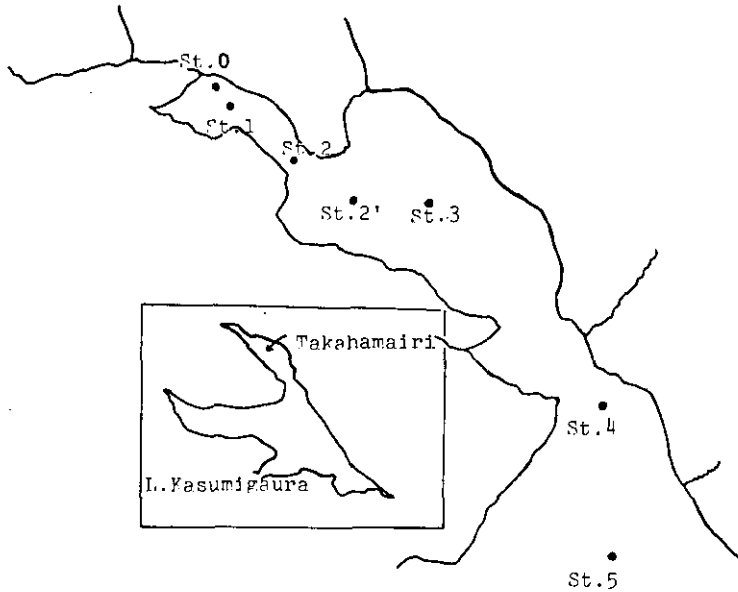


図1 霞ヶ浦高浜入における底生生物調査地

標本はユスリカ類、貧毛類、その他に分けてそれぞれの wet weight を求めた。調査結果は表1に示す。貧毛類は4種類でその内 *Limnodrilus* sp. と *Tubifex* sp. がこの調査地点では常に優占した。またこれらは、高浜入の最奥部である St.1 にかなりみられるが、St.2 で最も多く、St.3, 4 と外へ出るにしたがって少なくなっていた。

ユスリカは全部で5種類が採集された。その内大型のアカムシユスリカとオオユスリカの数が多く、その他の小型種はこの採集では、あまり多く入っていなかった。この二つの優占種の分布および数に季節変動が認められるが、今後の詳細な調査によって明らかにされるであろう。

4.2.2 霞ヶ浦高浜入における動物プランクトンの季節変動

霞ヶ浦高浜入における水質および植物プランクトン等の調査と並行して、動物プランクトンの季節変動が調べられた。したがって、採集地点は他の調査場所と同じである。1976年7月から同年10月までは水質土壌部が採集した標本に依り、それ以降は各月の定期採集によってもたらされる標本による。

St. 1, 2, 3, 5 では表層から、St. 4 では表層、2 m, 6 m の各層の水をバンドーン採水器で6 l とり、網目が 40 μ のプランクトンネットで濾過し、ホルマリン固定した。このサンプルを持ち帰り、自然沈殿させた後に検鏡した。結果は表1～8に示した。

種類数ではワムシの占める割合が大きく、7～11月は15種前後であるのに対して、ワムシが減る

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 1 霞ヶ浦高浜入における底生生物の現存量 (単位の明示のないものは

NOV. 16, 76		St. 0	St. 1	St. 2
CHIPONOMIDAE	<i>Spaniotoma akamusi</i>		10.5±4.8	3.0
	<i>Chironomus plumosus</i>		0	0
	<i>Pentaneura</i> sp.		0	0
	wet weight mg/15×15 cm ²		—	—
OLIGOCHHEATAE			19.3±9.2	26.0
Total wet weight mg/15×15 cm ²			360.0±196.1	200.0
DEC. 16, 76				
CHIRONOMIDAE	<i>Spaniotoma akamusi</i>	8.5±2.1	28.3±4.0	81.3±12.7
	<i>Chironomus plumosus</i>	0	0.5	7.0±2.2
	<i>Pentaneura</i> sp.	0	0.5	0.75
	wet weight mg/15×15 cm ²	107.6±2.1	318.8±114.0	457.1±107.9
OLIGOCHHEATAE	<i>Tubifex</i> sp.	0.5	7.0±4.2	23.5±8.8
	<i>Limnodrilus</i> sp.	3.5±0.7	16.3±12.7	61.8±9.6
	<i>Rhizodrilus</i> sp.	0	0.5	1.5±1.3
	<i>Branchiura</i> sp.	0	2.3±2.1	0
	wet weight mg/15×15 cm ²	30.5±21.9	229.0±54.5	466.7±107.9
NEMATODAE	sp. 1	0.5	1.0	1.5
	sp. 2	0	0	1.75
Total wet weight mg/15×15 cm ²		145.0±64.2	547.9±101.2	926.3±179.2
JAN. 19, 77				
CHIRONOMIDAE	<i>Spaniotoma akamusi</i>	26.8±3.8	72.3±30.2	73.0±30.8
	<i>Chironomus plumosus</i>	0	0	1.7
	<i>Pentaneura</i> sp.	0	0.5	0.7
	wet weight mg/15×15 cm ²	158.7±65.2	608.7±49.6	895.6±250.3
OLIGOCHHEATAE	<i>Tubifex</i> sp.	2.3±0.5	6.5±4.1	13.3±9.5
	<i>Limnodrilus</i> sp.	5.3±1.7	13.0±6.6	71.3±22.7
	<i>Rhizodrilus</i> sp.	0	0.25	6.7±2.5
	<i>Branchiura</i> sp.	1.0	2.0±1.2	0
	wet weight mg/15×15 cm ²	42.9±20.9	193.1±71.6	288.6±104.3
NEMATODA	sp. I	0	0.75	1.0
	sp. II	0	1.75	3.3±1.9
Total wet weight mg/15×15 cm ²		201.6±56.1	808.8±128.4	1185.6±323.3
MAR. 3, 77				
CHIRONOMIDAE	<i>Spaniotoma akamusi</i>	61.0±3.7	97.25±38.2	34.8±6.3
	<i>Chironomus plumosus</i>	0	0.25	1.25
	<i>Pentaneura</i> sp.	0	1.0	0.75
	wet weight mg/15×15 cm ²	750.8±62.0	1566.2±510.1	787.2±154.3
OLIGOCHHEATAE	<i>Tubifex</i> sp.	3.3±2.6	12.0±12.9	11.8
	<i>Limnodrilus</i> sp.	6.5±3.7	14.5±13.3	51.8±21.4
	<i>Rhizodrilus</i> sp.	0.75	1.25	9.8±3.9
	<i>Branchiura</i> sp.	0.25	0.25	0
	wet weight mg/15×15 cm ²	75.1±21.9	327.4±148.4	436.6±265.7
NEMATODA	sp. I	0	2.8	2.3±1.5
	sp. II	0	0.25	15.3
Total wet weight mg/15×15 cm ²		825.9±46.5	1899.0±368.9	1231.5±134.7

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

個体数 No./15 cm×15 cm)

St. 2'	St. 3	St. 4	St. 5
	0.25	0.25	2.5±2.4
	2.75±2.1	1.5±1.0	0.25
	0	0	0.25
	—	—	—
	4.5±1.7	1.75	4.0±2.6
	121.7±47.4	39.8±35.7	104.7±68.9
22.0±19.8	4.8±4.2	15.5±11.0	8.5±2.1
0.5	0.25	2.8±2.1	0.25
0	0	1.5	1.25
245.3±184.3	79.5±58.0	229.8±79.6	113.5±38.0
15.0±2.8	3.8±2.9	4.0±0.8	9.7±8.0
26.5±33.2	14.3±13.8	19.8±10.9	2.8±1.0
0	0	0	0
0	0	0	0
285.9±103.3	90.4±35.6	73.0±10.2	103.6±88.0
0	0	0	0
1.5	1.75	0	2.0
531.2±287.6	148.7±63.2	302.8±77.2	191.3±114.2
39.3±12.3	44.0±11.7	24.5±20.4	54.5±33.7
0.3	0	1.75±1.3	0.75
0	0.25	1.0	0
517.5±184.3	491.0±285.7	297.4±130.8	366.2±97.0
9.7±4.7	14.0±10.4	5.5±2.8	12.5±5.2
25.3±15.6	4.8±3.9	33.8±24.4	6.3±3.4
0	0.5	3.25±0.5	0
0	0	0	0
166.0±62.8	153.4±134.2	97.8±60.9	107.6±47.6
0.3	0	0	0.75
0.3	0.5	0.5	1.0
684.4±124.4	395.2±189.9	395.2±189.9	474.6±71.4
25.8±1.7	25.5±8.3	43.8±15.3	58.0±14.5
0.5	0.5	3.75±2.2	1.0
1.0±0.8	0	0.75	0.25
549.6±126.1	561.2±194.7	1054.9±350.6	959.7±243.5
19.8±4.9	3.75±3.0	0.75	2.0
33.3±11.6	0.75	25.5	2.25
5.3±3.2	0	1.0	0.5
0	0.25	0	0
355.6±77.4	47.3±40.3	71.8±142.2	35.5±54.5
0	0	0	0
16.5±7.2	1.75	0.75	0
905.2±170.4	608.5±189.5	1126.6±378.0	995.1±247.9

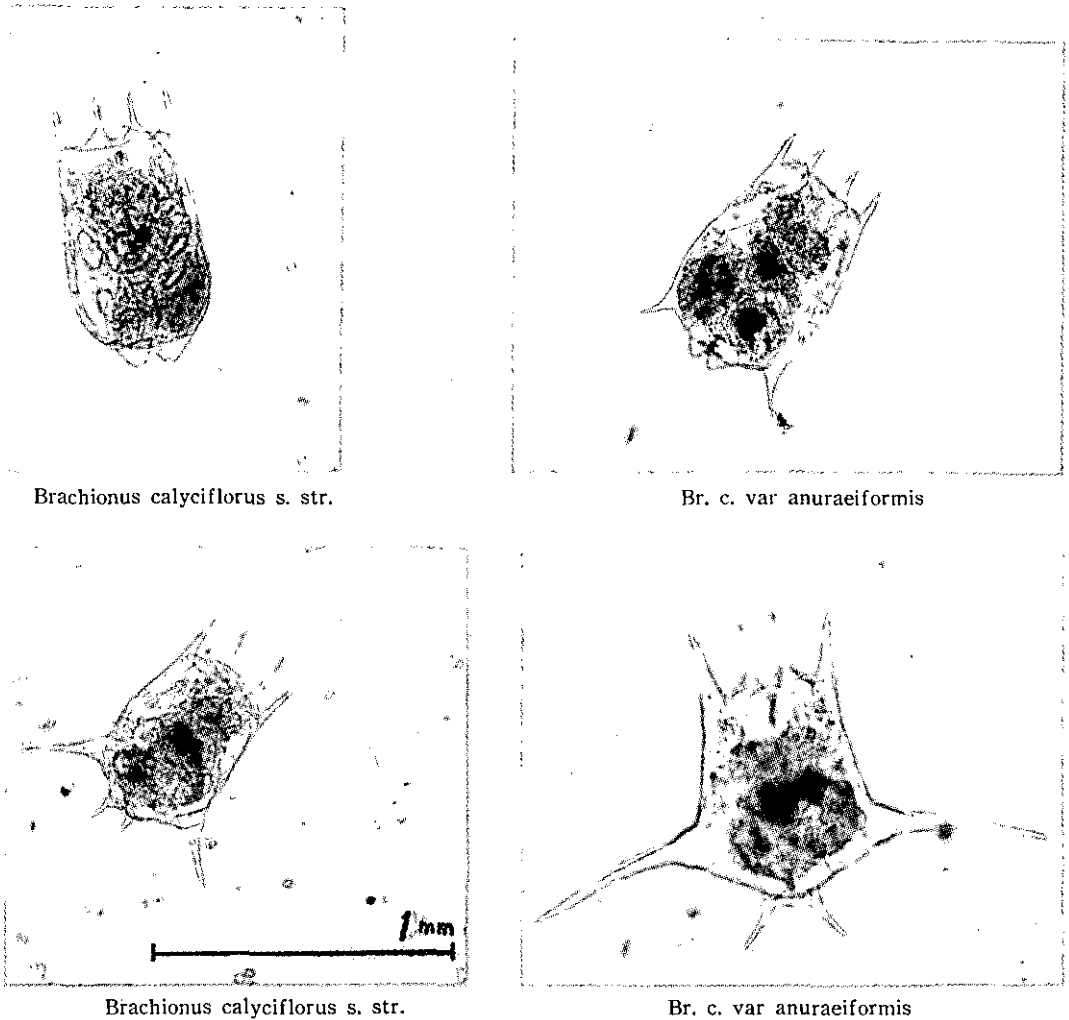


図 1 *Brachionus calyciflorus* の 4 変種

12~3月には半分の7種になる。*Filinia* や *Keratella quadrata* は夏のみ出現し、*Asplanchna* や *Polyarthra trigla*, *Brachionus diversicornis* は夏から秋に出現し、*Brachionus angularis* は冬のみ出現する。一方、*Brachionus calyciflorus* と *Keratella cochlearis* は通年出現する。*B. calyciflorus* は形態的に異なる4つの変種が夏秋冬のそれぞれの季節に出現している(図1)。枝角類の3種、*Diaphanosoma brachyurum*, *Moina rectirostris*, *Bosmina longirostris* は夏のみ出現し、*B. longirostris* が優占する。橈脚類では、*Cyclops vicinus* の成体が多く見られるのは11月と3月であるが、幼生は通年出現する。ヒゲナガケンミジンコ類では、夏は、*Eodiaptomus japonicus*, 冬は *Pseudodiaptomus inopinus* と種が入れ替る。

個体数のピークは、7、8月と12月に見られる。7、8月の場合は全体的に個体数が多いのに対し、12月の場合は *P. trigla* と *B. calyciflorus* のワムシ2種のみ多く、他の種は少ない。3月は全

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

表1 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年7月22日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Shnchaeta sp.							
Polyarthra trigla		3,330					
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris	4,080	1,670					
T. spp.		5,000					
Asplanchna spp.	85,600	6,670					
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis							
var. amphiceros	302,000	3,330	1,870				
B. budapestinensis							
B. caudatus	73,400	33,300	1,870		2,470		
B. angularis							
var. bides							
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis	8,150	3,330					
B. forficula							
B. spp.	4,080						
Keratella cochlearis var. tecta	4,080			3,500			1,750
var. tecta f. micracantha			9,380	4,670	17,300	5,170	
var. macrocantha		15,000			2,470	1,720	1,750
K. valga monstrosa		11,700					
asymmetrica	40,800	11,700	3,730				
tropica	8,150	30,000	11,200	2,330	4,930	1,720	
K. quadrata			5,600				
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta		10,000	3,730			1,720	
F. terminalis							1,750
Diaphanosoma brachyurum	8,150	1,670	5,600	2,330	29,600	8,610	1,750
Moina rectirostris		3,330	5,600	1,170	17,300		3,500
Bosmina longirostris			3,730	5,340	14,800		3,500
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus	48,900	23,300	29,900	2,330	44,400	5,170	
Cyclopus vicinus						1,720	
Copepodid	12,200	1,670	3,730	23,30	2,470	93,000	3,500
Nauplius	354,000	290,000	253,000	109,000	180,000	20,700	70,000

*数字は1 m³あたりの個体数を示す。 **St. 4(1), (2), (3)はそれぞれ表層, 2 m, 6 mを示す。(以下表 8 まで同じ)

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 2 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年8月16日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaea sp.							
Polyarthra trigla	3,540		5,740				
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio			2,870	2,070	2,360	7,500	
T. collaris						2,500	
T. birostris	46,000	19,200	57,400	31,100	87,300	87,500	24,200
T. spp.							
Asplanchna spp.	3,540	3,830	2,870			2,500	1,860
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis	10,600			37,300	26,000	2,500	11,200
var. amphiceros	145,000		5,740	10,400			5,580
B. budapestinensis							
B. caudatus				2,070	2,360	2,500	
B. angularis							
var. bides							
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis	103,000	3,830	20,100	8,280	2,360	2,500	
B. forficula							
B. spp.							
Keratella cochlearis var. tecta	3,540			4,140	4,720	2,500	1,860
var. tecta f. micracantha	17,700	3,830			2,360		9,300
var. macrocantha			2,870				
K. valga monstrosa							
asymmetrica							
tropica					4,720		
K. quadrata			2,870	2,070			
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta	35,400						
F. terminalis					4,720	5,000	1,860
Diaphansoma brachurum	17,700		5,740	2,070	37,800	40,000	
Moina rectirostris							
Bosmina longirostris	174,000	19,200	238,000	76,600	106,000	80,000	5,580
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus	24,800	42,100	37,300	22,800	23,600	40,000	5,580
Cyclopus vicinus						2,500	
Copepodid	14,200	3,830	8,610	2,070		10,000	
Nauplius	163,000	1,9200	11,500	116,000	94,000	32,500	301,000

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

表 3 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年9月16日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaeta sp.							
Polyarthra trigla		1,650		1,270			
Tricocerca capucina	5,350		6,420	2,540	2,480	2,130	3,480
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris					2,480		6,960
T. spp.							
Asplanchna spp.	1,070			1,270			1,740
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis							3,480
var. amphiceros		8,250	8,560	2,540			
B. budapestinensis							
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides							
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis	1,070	8,250	2,140	11,400	13,600	4,260	31,300
B. forficula				2,540			
B. spp.							
Keratella cochlearis var. tecta	2,140	6,600			1,240		
var. tecta f. micracantha		1,650		2,540	3,720		1,740
var. macrocantha							
K. valga monstrosa							
asymmetrica		1,650					
tropica			4,280	3,810		2,130	1,740
K. quadrata							
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta							
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum	7,490	4,950		12,700	21,100		6,960
Moina rectirostris		1,650	6,420	1,270	4,960	14,900	
Bosmina longirostris	19,300	116,000	208,000	141,000	226,000	91,600	29,600
Cydorus sp.					1,240		
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus	1,040	8,250	10,700	22,900	34,700	10,700	19,100
Cyclopus vicinus							
Copepodid	3,210	6,600	6,420	5,080	11,200	2,130	
Nauplius	25,700	36,300	27,800	27,900	31,000	10,700	134,000

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 4 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年10月29日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaeta sp.							
Polyarthra trigla	1,740	6,250	8,850	5,370			1,790
Tricocerca capucina		1,250					1,790
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							1,790
T. birostris	1,250						1,790
T. spp.							
Asplanchna spp.	2,900	20,000	14,200	1,790			
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis							
var. amphicerus		7,500					
B. budapestinensis			1,770				
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides							
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis		1,250					
B. forficula							
B. spp.							
Keratella cochlearis var. tecta			1,770	5,370			3,580
var. tecta f. micracantha		11,300	3,540	3,580			1,790
var. macrocantha		1,250					1,790
K. valga monstrosa							7,160
asymmetrica			1,770				1,790
tropica							
K. quadrata							
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta			1,770				
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum			1,770	3,580			
Moina rectirostris							
Bosmina longirostris		2,500	19,500	41,200			12,500
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus				1,790			8,950
Cyclopus vicinus			1,770	1,790			7,160
Copepodid			5,310	51,900			35,800
Nauplius	4,060	1,250	8,850	30,500			68,000

第4章 霞ヶ浦水質、生物及び底質調査

表 5 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年11月16日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae		5,510					
Rotalia vifioi				944			
Synchaeta sp.					8,350		
Polyarthra trigla	55,100	300,000	6,680	3,780	16,700		8,500
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris							
T. spp.				1,890		6,680	3,540
Asplanchna spp.	23,400	94,500	23,400	1,890			2,120
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis							
var. amphiceros	73,500	479,000					
B. budapestinensis							
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides							
B. quadridentatus				944			
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis							
B. forficula							
B. spp.				4,720			27,600
Keratella cochlearis var. tecta	1,670	11,000	3,340			3,340	708
var. tecta f. micracantha	10,000	55,600	13,400	944	16,700	3,340	1,420
var. macrocantha							
K. valga monstrosa							
asymmetrica							
tropica					29,200		
K. quadrata							
Lecane ludwigii		5,510					
Filinia longiseta							
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum						6,680	
Moina rectirostrostris							
Bosmina longirostris		5,510		944			
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus						3,340	708
Eodiaptomus japonicus							
Cyclopus vicinus			3,340		4,180	76,800	708
Copepodid				1,890			9,200
Nauplius			10,000	944	4,180	3,340	4,960

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 6 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1976年12月16日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaeta sp.							
Polyarthra trigla	1,160,000	328,000	8,670	4,140	3,390	1,860	803
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris							
T. spp.		3,380					
Asplanchna spp.	88,500	27,000	788			620	
Brachionus calyciflorus s. str.	713,000	230,000	7,880			3,720	
var. anuraeiformis							
var. amphiceros		3,380					
B. budapestinensis							
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides	11,100	13,500	2,350		1,130	1,240	
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis							
B. forficula							
B. spp.	11,100	3,380	2,360				16,900
Keratella cochlearis var. tecta		3,380	1,580				2,410
var. tecta f. micracantha		10,100	1,580		5,650	5,580	2,410
var. macrocantha							
K. valga monstrosa							
asymmetrica							
tropica							
K. quadrata							
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta							
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum							
Moina rectirostris							
Bosmina longirostris							
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus							
Cyclopus vicinus							
Copepodid	5,530				1,130	1,860	
Nauplius		6,760	16,500	2,760	3,390	1,860	803

第4章 霞ヶ浦水質, 生物及び底質調査

表7 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1977年1月19日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaeta sp.							
Polyarthra trigla							
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris		439					
T. spp.							
Asplanchna spp.					2,080	556	
Brachionus calyciflorus s. str.	94,300	34,700	5,000		2,080		
var. anuraeiformis							
var. amphiceros							
B. budapestinensis							
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides	10,500	5,710			1,040		
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris							
B. diversicornis							
B. forficula							
B. spp.	3,490						
Keratella cochlearis var. tecta	4,370	1,320	13,300	11,400			3,470
var. tecta f. micracantha	1,750	1,760	12,800	42,900	3,120	2,220	2,780
var. macrocantha							
K. valga monstrosa							
asymmetrica							
tropica							
K. quadrata							
Lecane ludwigii							
Filinia longiseta							
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum							
Moina rectirostris							
Bosmina longirostris							
Cydorus sp.				1,430	556	375	
Pseudodiaptomus inopinus							
Eodiaptomus japonicus							
Cyclopus vicinus	873		11,700	2,860	5,000	8,630	1,390
Copepodid	3,490	2,200		2,860		4,130	
Nauplius	41,900	49,200	67,800	58,600	5,600	23,300	4,860

陸水域の富栄養化に関する総合研究

表 8 霞ヶ浦高浜入の動物プランクトン (1977年3月3日)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4(1)	St. 4(2)	St. 4(3)	St. 5
Philodidae							
Rotalia vifioi							
Synchaeta sp.							
Polyarthra trigla							
Tricocerca capucina							
T. longiseta							
T. scipio							
T. collaris							
T. birostris							
T. spp.							
Asplanchna spp.	876	960					
Brachionus calyciflorus s. str.							
var. anuraeiformis							
var. amphicerus							
B. budapestinensis							
B. caudatus							
B. angularis							
var. bides	1,310						
B. quadridentatus							
var. brevispinus							
B. urceolaris	438				253		
B. diversicornis							
B. forficula							
B. spp.	2,190	1,540	334	154			
Keratella cochlearis var. tecta			334				
var. tecta f. micracantha							
var. macrocantha							
K. valga monstrosa							
asymmetrica							
tropica							
K. quadrata							
Lecane ludwigi							
Filinia longiseta							
F. terminalis							
Diaphanosoma brachyurum							
Moina rectirostris							
Bosmina longirostris							
Cydorus sp.							
Pseudodiaptomus inopinus					253	375	
Eodiaptomus japonicus							
Cyclopus vicinus	876	3,070	1,840	154	7,080	8,630	340
Copepodid	2,190	10,900	4,340	616	4,300	4,130	1,360
Nauplius	141,000	120,000	54,600	7,240	23,800	23,300	8,840

体的に個体数は少ない。この個体数の増加の時、つまり夏期には、*Asplanchna* や *B. calyciflorus*、*K. cochlearis* 等は高浜入最奥部の St. 1 と 2 に多く見られた。冬期においてもワムシ類は同様に St. 1 と 2 に多く見られた。これに対し、*B. longirostris* と *M. rectirostris* は高浜入の中心部 St. 3 と外側の St. 4 に多く認められた。

4. 3. 霞ヶ浦高浜入の湖底表面堆積物

佐竹 研一・河合 崇欣 (計測技術部)

4.3.1 はじめに

湖の中の物質代謝と湖底堆積物は密接な関係を持っている¹⁻⁵⁾。湖の富栄養化現象と湖底堆積物の相互関係においては、例えば、動植物プランクトンや外来性の有機懸濁粒子の湖底への沈降と蓄積、湖底表面での分解と栄養塩類の湖水中への回帰などが関係を持っている。

このような関係をうまく把握するにはまず“湖底表面の堆積物の構造を乱さないサンプリング”が必要である。ところがこれはかなり困難な問題である。現在湖底泥の採取に多く用いられている方法は、Ekman Birge 式採泥器による採取⁶⁾ や内径数 cm のコアホルダーを用いたコアサンプラーによる採取である⁷⁾。両方法による底泥の採取では、採泥器が着泥した時の衝撃による表面泥のかく乱、採泥器が泥中に進入する場合の表面泥のかく乱と泥中への持ち込み、採泥器を引き上げる時の採泥器の振れによる水の流動と表面泥のかく乱、といったことが主な原因となって少なくとも底泥表面の深さ数 mm まではずっかり乱されてしまう。

一般に湖の中の堆積速度は年間数 mm 程度のものが多いとされているので、従来の採泥方法では一年から数年かかって堆積した湖底堆積物は採泥に際してかきまぜられてしまうことになる。これでは季節的に変化する湖水中の物質代謝と湖底表面堆積物の関係を得られた試料について求めてみてもあまりはっきりした関係が得られないことになる。

4.3.2 ペンシル型コアサンプラーによる底泥の採取

そこで我々は霞ヶ浦高浜入の湖底堆積物を研究するに当たり、表面堆積物をできるだけ乱さずに採取するため、内径 8 mm、外径 12 mm 長さ 160 mm のガラス管をコアホルダーとして用いたコアサンプラーを製作し底泥の採取を試みた (図 1)。このサンプラーはサンプリング時の表面堆積物のかく乱の原因となる物理的衝撃をできるだけ少なくするため、従来の採泥器に付属していたバネ、ペン、ピストン等をはぶきできるだけ構造を単純にし、堆積物の引上げも泥と管壁の間の摩擦抵抗のみに依存するように工夫したものである。コアホルダーの管径を小さくしたのは泥との摩擦抵抗を増すためと管内での水の流動を小さくして表面堆積物のかく乱を小さいものにするを目的としている。

4.3.3 結果と議論

まだ若干の表面泥のかく乱と船上引上げ時の泥の保持に問題はあるにせよ、従来よく用いられてきた方法と比較するとペンシル型コアサンプラーによる採泥は操作が簡単であり、さらに従来確認され

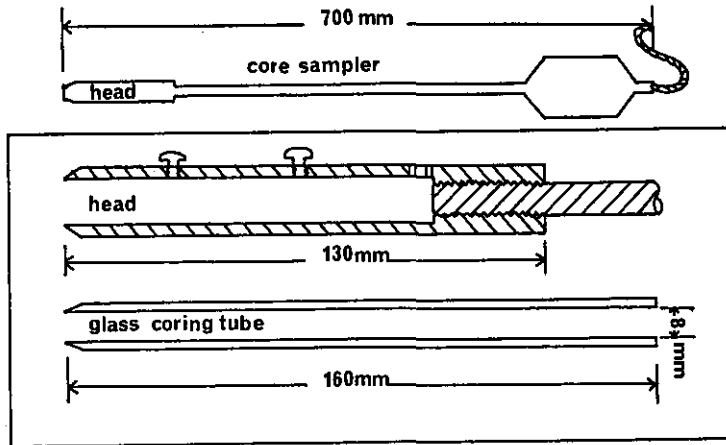


図 1 小型コアサンプラー（ペンシル型コアサンプラー）とその部品
(Small core sampler (pencil core sampler) and its parts.
The core holder is made of glass pipe.)



図 2 湖底表面の糞状沈澱物
(Pellet material accumulated on the surface of lake bottom.)

表1 魚の糞の沈澱速度
(Sinking ratio of fecal material obtained from fishes.)

name	diameter (mm)	length (mm)	sinking rate (m/min)
gold crucian carp	2.0	2.0	2.3
	2.0	2.5	2.6
	2.0	5.0	3.2
	2.0	8.5	3.4
deep crucian carp	1.5	4.7	2.6
	1.5	5.0	2.9
	1.5	9.7	2.7
floting goby	1.0	2.2	2.7
striped bighead	0.6	6.8	0.6

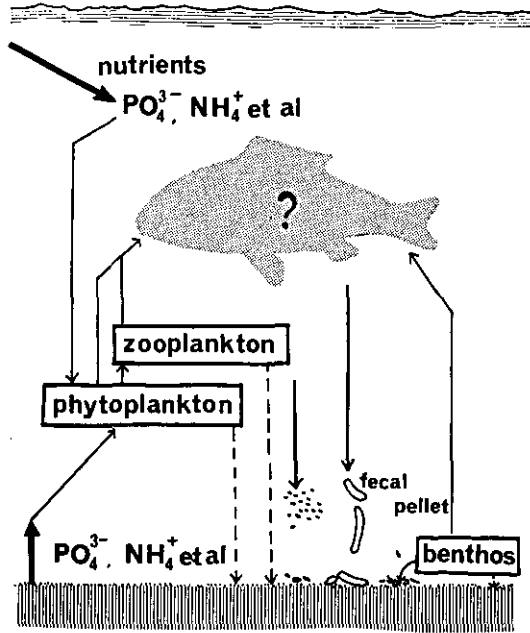


図3 湖底表面への糞の沈積と栄養塩の回帰
(Sedimentation of fecal material and return back of nutrients into the lake water.)

ていなかった“霞ヶ浦高浜入の湖底の表面に糞状沈澱物が存在することがある”ことが採泥の結果明らかとなった。この糞状沈澱物はやや黒みがかかった褐色で外径 1.5~2.5 mm であった (図2)。高浜入にはキンブナ、ギンブナ、ゲンゴロウブナ、ハクレン、コクレン、コイ、チチブ等多く種類の魚が存在するが³⁾、これらの魚の糞と湖底表面の糞状沈澱物の形状を比較すると、糞状沈澱物の形状はキンブナやギンブナ等のフナの糞に非常によく似ていた。一方高浜入には特にキンブナやギンブナ等が多数存在することはよく知られていることである。このようなことから少なくとも糞状沈澱物中にはキンブナやギンブナの糞が存在していると考えられる。高浜入で採取したフナ等の糞を顕微鏡で観

察すると中にはほとんど未分解の藻類等が多数観察されることがある。このとき糞の中には未分解のクロロフィルが多量に含まれている。

また個々の糞についてその沈澱速度を測定すると2~3 m/min (表1) となる。この速度は微細な動植物プランクトンが水中を沈降する速度と比較すると2桁ないし3桁速い値となっている⁹⁾¹⁰⁾。このような結果は、湖水中に分散している動植物プランクトンが魚の消化管を經由し、巨大な沈澱速度の速い粒子となって湖水中を落下し、湖底表面に集積し、ここで分解されて栄養塩が湖水中に回帰するプロセスがあることを示している (図3)。

湖底からの栄養塩の回帰を考える場合、糞の寄与は少なくないことが予想され、その量、分布、季節変化等、今後更に検討を行う必要があると思われる。

参 考 文 献

- (1) Mortimer, C. H. (1971) : Chemical exchanges between sediments and water in the Great lakes—speculations on probable regulatory Mechanisms. *Limnol. & Oceanog.* **16** : 387—404.
- (2) Shapiro, J., W. T. Edmondson, and D. E. Allison. (1971) : Changes in the chemical composition of sediments of lake Washington, 1958—1970. *Limnol. & Oceanog.* **16** : 437—452.
- (3) Dean, W. E., and E. Gorham. (1976) : Major chemical and mineral components of profundal surface sediments in Minnesota lakes. *Limnol. & Oceanog.* **21** : 259—283.
- (4) Serroya, C. (1971) : Lake Kinderet : The nutrient chemistry of the sediments. *Limnol. & Oceanog.* **16** : 510—521.
- (5) Kemp, A. L. W. and A. Mudrochova. (1972) : Distribution and forms of nitrogen in a lake Ontario sediment core. *Limnol. & Oceanog.* **17** : 855—867.
- (6) Rowe, G. T. and C. H. Clifford. (1972) : Modifications of the Birge-Ekman box corer for use with SCUBA or deep submergence research vessels. *Limnol. & Oceanog.* **17** : 172—175.
- (7) Hopkins, T. (1964) : A survey of marine bottom samples, pp. 215—256. In M. Sears [ed.], *Progress in Oceanography*, V. Z. Pergamon.
- (8) 茨城県, 茨城の水産 (昭和51年3月)
- (9) Fogg, G. E. (1975) : *Algal cultures and phytoplankton Ecology*, p. 78. The University of Wisconsin press.
- (10) Wiebe, P. H., S. H. Boyd., and C. Winget. (1976) : Particulate matter sinking to the deep-sea floor at 2000 m in the tongue of the Ocean, Bahamas, with a description of a new sedimentation trap. *J. Mar. Res.* **34** : 341—354.

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

北 島 能 房(総合解析部)・宮 崎 忠 国(環境情報部)・内 藤 正 明(総合解析部)

5. 1. はじめに

水域の汚染現象は、今日世界的にみても重要な環境問題であることは今更くり返すまでもない。特にその中でも、有機汚濁質による汚染は極めて広範に拡がり、多くの水系で深刻な問題を惹起している。ところで、そのような有機汚濁による水系汚染の防止策として現在最も現実的な手法は、水系へ流入する汚濁負荷をカットする為の廃水処理施設の設置である。しかし、これには多大の費用を要するため、その施設の計画、設計に当っては、出来るだけ効果的なものであるべく十分の配慮が必要である。そこでここ数年、廃水処理システムに関して、その最適性を検討することが強く要求されているが、これに関する研究はまだ歴史も浅く、成果もそれほど多くはない。この分野の研究が開始されたのは、ほぼ10年前ぐらいからであろうか。当初は計画の評価は、所要コストの最少化というような経済性に重点が置かれていた^{1) 2)}。そしてそれ以後、次第に水環境の汚濁防止効果というものが、束縛条件、又は評価関数の中に Explicit な形で取り入れられるようになってきた^{3)~5)}。しかし、下水道施設のような公共的な環境施策の策定に当っては、このような技術的な経済性及び環境保全性のみを考慮したのでは不十分であり、この施策を実施するに当って当然生じてくる、経済負担のあり方をも同時に考慮に入れることが必要と考えられる。これについては、汚染者負担原則 (PPP) 又はより広く、水環境という稀少資源の効率的利用にもとづくものが一般に考えられているが^{6)~9)}、近年、ジニ係数とか除去効率の均一化といった何らかの公平性指標にもとづいて経済負担の問題を論じようとする研究もあらわれてきた^{10) 11)}。そこで本研究は、我が国における社会的条件、地域環境の特殊性及び廃水処理技術の特異性等を出来るだけ現実に即した形で取り入れた上で、「環境保全性」、「経済合理性」及び「費用負担の公平性」という3つの基準を総合的に満たすような計画手順を提案することを目的としている。もちろん、まだ多くの検討すべき問題点を残しているが、この種の総合的な計画手法についてはまだ研究例も少ないようであり、1つの提案として未完成ではあるがあえて発表する次第である。

5. 2. ここで提案する水環境管理モデル

ある1つの水系を対象とするとき、その地域の特性にもよるが、多くの場合その中には数多くの、しかも多種多様の汚濁発生源が存在する。従ってそこから発生する汚濁負荷をカットするための処理システムの規模・内容についても多くの代替方式が考えられる。この中から最も望ましい案を選定することが、広域下水道計画の作業であるが、この作業に当って2つの大きな課題がある。その1つ

は、このような大規模な公共施設の最適性の基準を何に求め、これをいかに定式化するかという目的関数設定と、その複雑なシステムの解析に必要な手法の選定である。本研究の主要部分もこの2つの点に関する考察にあり、前者については先述の「環境安全性」、「経済合理性」、「費用負担の公平性」という3つを何らかの定式化によってとり込み、これを総合的に計画評価の基準とする。ただし水質保全水準については、水質が N, P, COD 等で規定される場合や、水域をいくつかのブロックに区切った場合の第 i 水域の COD と第 j 水域の COD にみられるように、トレード・オフ関係が存在しうる。このトレード・オフ関係の同定は、水質項目中の一部のもの(例えばCOD)のみに環境基準が設定されている場合に残りの水質項目(例えばN, P)中のどれを優先的に扱うかを、また局地的水環境への特定プロジェクトの影響も知りうる手だてとなりうる。このことに関連して、これら水質項目と内水面漁業、上水道等に及ぼす経済的被害関数の測定が可能ならば、これら経済的被害の程度と総処理費用とのバランスをとるものとしての水質保全基準という見方が可能になる。鯉のすむ水質よりもワカサギのすむ水質を欲するならば、それ相応の負担をしなくてはならないということである。いいかえればある水質保全水準を選択するという事は、発生源において生産されている製品と、水質汚染の被害をうける産業によって生産される製品との間のトレード・オフ関係を設定することになりうるのである。一方、後者の解析手法については、水環境モデルの分析にシミュレーション手法を、最適処理システムの設計には、プロセス式及び評価関数の非線型性を扱うために動的計画(DP)手法を、費用負担モデルには、公平性基準の非線型性のゆえに非線型計画(NLP)手法を用いた。

ここで採用した計画手法の概要を表1に要約して示す。この手順の特徴の1つは、ここに設定した3つの基準を順々に満たすような形で解析が進められるとこにあり、これは作業を分解可能にすると共に、各段階毎の作業に含まれる問題点を明確にする。

表1 地域水環境管理モデルの作業手順

Stage	作業手順	目的関数又は束縛条件	目的
Stage 1	水質保全水準設定 水質シミュレーション 排出負荷限界	水質環境基準を満たす	環境安全性
Stage 2	廃水処理システム設計 処理プラント毎の処理レベル	総処理費用(トータル建設費の現在価値プラス年間維持コスト)を最小とする	経済合理性
Stage 3	水質保全水準間のトレードオフ関係の導出 経済的被害関数の測定 最適な水質保全水準	総処理費用を一定とした場合に可能な水質保全水準の組み合わせを明らかにし、これら可能な組み合わせのうちから経済的被害の許容範囲にあり、かつ総処理費用を最小にするものを見つけ出す	環境安全性 経済合理性
Stage 4	各発生源毎への費用配分	公平性の指標に基づいて費用を配分する	費用負担の公平性

5.3. 具体例

上記の作業手順にもとづいての試行計算を霞ヶ浦高浜入水域を対象としておこなったが、まだ用いたデータの信頼性の不十分さや、前提とした仮定の不完全さもあって、得られた解は必ずしも現実的なものではない。現時点では解析手法の適用性をみるに止めたい。しかも作業手順3の最適な水質保全水準の設定については、経済的被害関数測定が間に合わず、本研究では省略してある。

5.3.1 対象地域の概況およびデータの算出

本研究における水環境保全計画が対象とする水域は、霞ヶ浦高浜入である。当水域およびその流域の概要図を図1に示す。霞ヶ浦は1972年に環境基準のA水域類型の指定を受け、5年以降までに

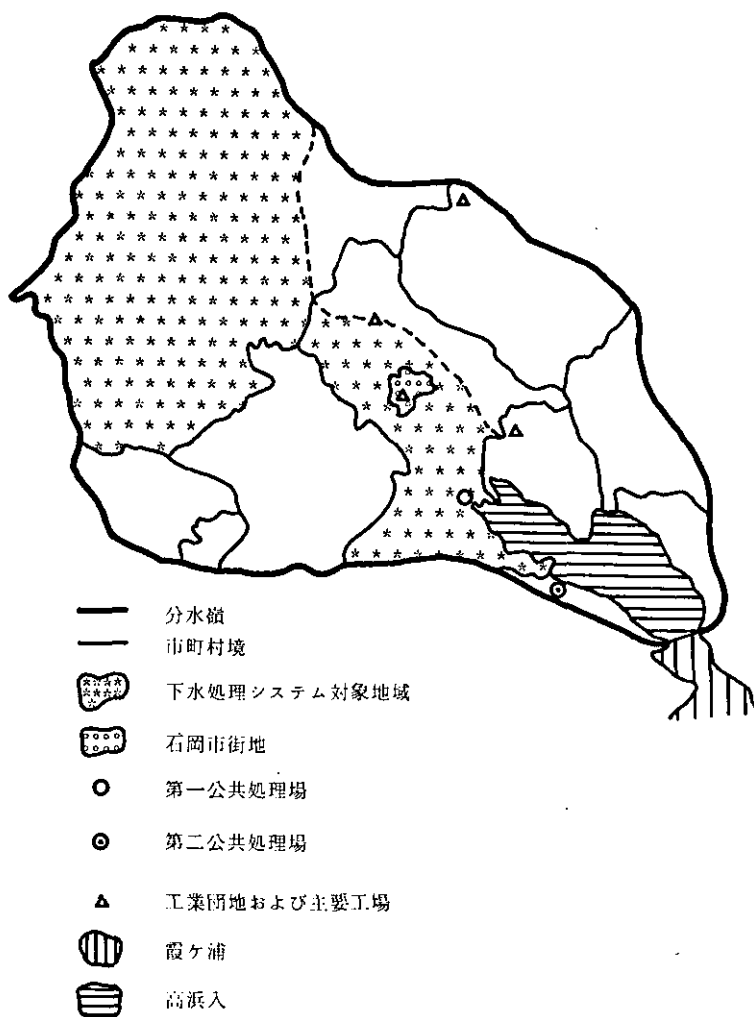


図1 高浜入流域

COD 3 ppm 以下にしなければならない。しかるに高浜入水域の水質は 1976 年に平均で COD 7~8 ppm と基準をはるかにオーバーしている。このような点および地形上 1 つの水域としてまとめて取扱い易い点から、当水域を対象として選んだ。

この水域に属する市町村は 2 市 8 町村である。この流域の汚濁発生負荷は発生要因別に、製造業廃水によるもの、家庭廃水によるもの、畜産廃水によるものおよび農林地からの自然負荷に基づくものの 4 種に大別することができる。それぞれによる COD 発生負荷量を表 2 に示す。

表 2 高浜入流域の COD 発生負荷量

発生要因	COD 発生負荷量 (ton/day)
製 造 業	31.0
家 庭	4.9
畜 産	14.2
農 林 地	2.0

表 3 霞ヶ浦水域排水基準

	区 分	排水基準 BOD 又は COD	規制対象排水量	適用の日又は期間	
工場又は事業場	新設のもの	10 ppm	20 m ³ 以上	—	
	既設のもの	暫定業種	20	50 以上	昭和50年5月1日 から
		暫定業種以外 のもの	20	50 以上	昭和50年5月1日 から
	し尿処理施設	新設のもの	10	501 人以上のし 尿処理施設	—
		既設のもの	20		昭和49年11月1日 から
		下水道終末処理施設	10	—	—
豚房施設	新設のもの	10 ppm	50 m ³ 以上	—	
牛房施設	既設のもの	45		昭和49年12月31日 まで	
馬房施設		20		昭和50年1月1日 から	

製造業廃水源としては、石岡市および玉里村の 2 つの工業団地と、石岡市内および美野里町の大手食品工場が主な排水源であり、4 つの大手食品工場だけで製造業廃水による COD 負荷の 3/4 を発生している。家庭廃水については、石岡市が流域人口の 40% を占め、大きな発生源となっている。さらにこの地域は、全国でも有数の養豚地帯であり、畜産廃水による COD 負荷量はかなり大きな割合を占めている。なお、現在、表 3 に示すような排水基準が霞ヶ浦流域の工場、事業所あるいは畜舎などを対象として設定されているので実際の COD 流出負荷量は表 2 に示したものよりかなり小さい値を示す。

本研究では、水環境保全計画の具体策として総合下水処理システムを考え、システムの対象地域として、廃水が湾奥部に流入する石岡市および八郷町を選び、その公共下水処理場の建設地は湾奥部と湾口へ5Kmの地点の2つの候補地を考えた。また下水処理対象は、製造業廃水および家庭廃水に限定し、畜産廃水、農林地からの流出、あるいは対象外の地域からの廃水は、湾へ流入する自然負荷として算出した。図2は下水処理対象地域および対象外地域の廃水のフローを示したものである。下

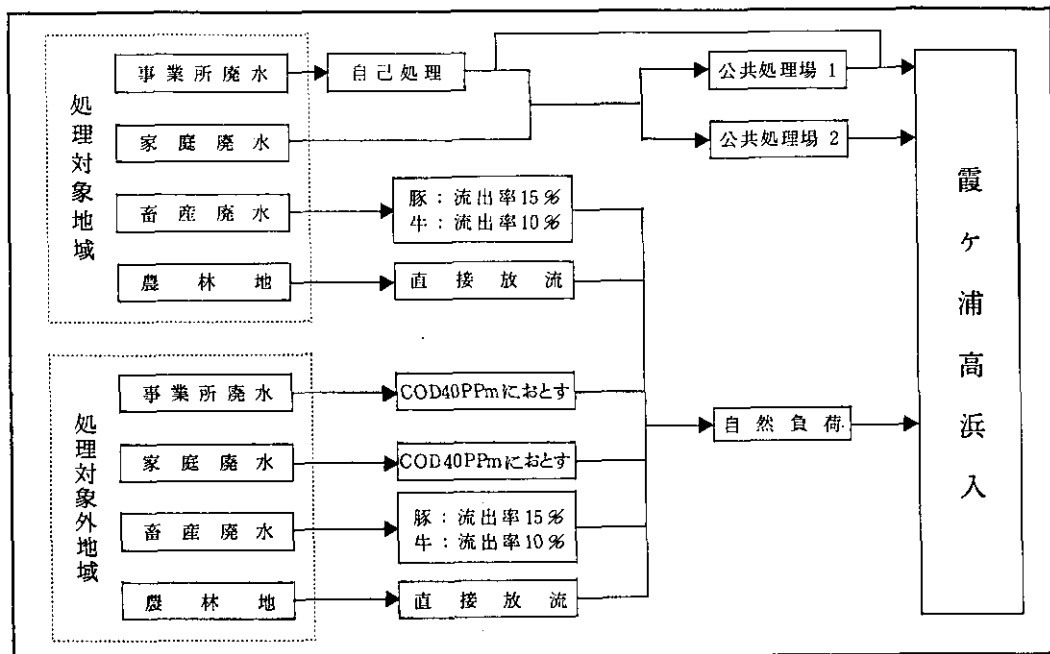


図2 対象水域への廃水の流入経路

水処理システムへのCOD負荷のうち、製造業廃水については、環境庁の調査¹²⁾による廃水量、およびCOD発生負荷原単位を用いて算出した。また家庭廃水については建設省の調査結果に基づき、農村還元や浄化槽の使用などを考慮して算出した。

一方、5.3.2における水質シミュレーションで使用したCODによる自然汚濁負荷量のうち、製造業廃水については、上記のように算出した排水量を廃水が全てCOD40ppmまで処理されるとして算出した。また、畜産廃水については、牛および豚の飼育頭数と建設省の調査に基づくCOD負荷原単位から発生負荷を求め、農村還元、その他の処理による削減を考慮（豚15%、牛10%の流出率）して算出した¹³⁾。さらに、林野、農地からの自然汚濁負荷量の算出は、建設省が当地域について調査した結果を用いた。この結果を表4に示す。

5.3.2 水質シミュレーション

本研究が対象としている霞ヶ浦高浜入のCODを指標とした汚染状態の予測は、図3のように高浜入を5つの水域に分割し、各水域は相互に流入、流出水量がある一定率であり、その水質は水域内で、均一

表 4 高浜入自然汚濁負荷量

水域番号	I	II	III	IV	V
自然汚濁負荷量 (トン/日)	2.381	0.072	1.904	0.013	0.035

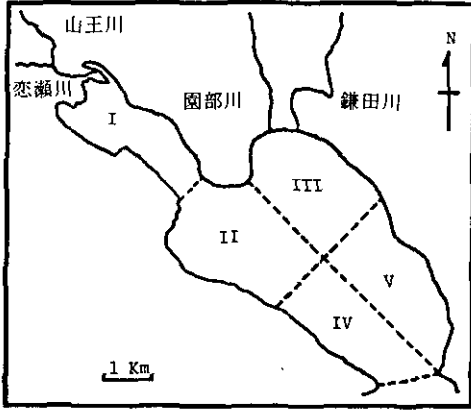


図 3 高浜入水域分割図

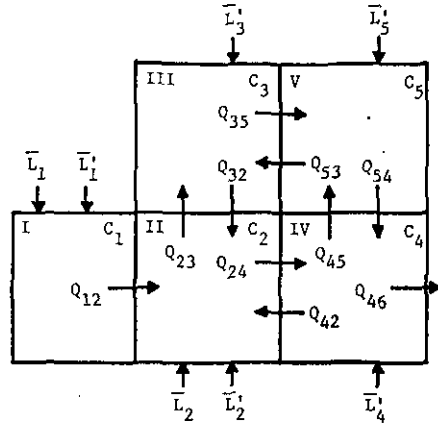


図 4 高浜入模型図

であると仮定したボックスモデルによって行われた。各水域での水質に関する物質収支を考えると、図 4 より次のような一次系モデルで表現することができる。

$$\frac{V_1 dC_1}{dt} = \bar{L}_1 + \bar{L}'_1 - Q_{12}C_1 + R_1V_1$$

$$\frac{V_2 dC_2}{dt} = \bar{L}_2 + \bar{L}'_2 - (Q_{23} + Q_{24})C_2 + Q_{12}C_1 + Q_{32}C_3 + Q_{42}C_4 + R_2V_2$$

$$\frac{V_3 dC_3}{dt} = \bar{L}_3' - (Q_{32} + Q_{35})C_3 + Q_{23}C_2 + Q_{53}C_5 + R_3V_3$$

$$\frac{V_4 dC_4}{dt} = \bar{L}_4' - (Q_{42} + Q_{45} + Q_{46})C_4 + Q_{24}C_2 + Q_{54}C_5 + R_4V_4$$

$$\frac{V_5 dC_5}{dt} = \bar{L}_5' - (Q_{53} + Q_{54})C_5 + Q_{35}C_3 + Q_{45}C_4 + R_5V_5$$

ここで $R_i = -k_{1i}C_i + k_{2i}P_i$ ($i=1 \dots 5$)

C_i = COD 濃度 (ppm)

V_i = 体積 (m^3)

\bar{L}_i = 下水負荷量 (ton/day)

\bar{L}'_i = 流入負荷量 (ton/day)

Q_{ij} = 流出, 流入水量 (m^3/day) ($j=2 \dots 6$)

k_{1i} = 減少係数 (1/day)

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

k_{2i} = 内部生産係数 (1/day)

P_i = 全リン濃度 (ppm)

上記の水質量収支式において、減少係数 k_{1i} は、沈降、吸着等による統括的な COD に対する減少係数であり、内部生産係数 k_{2i} は、植物プランクトンによる内部生産であり、全リン濃度に比例するものとした。これらの係数の決定は、昭和 47 年～50 年の実測データ^{13) 14)}に基づいて行われた。又、

表 5 係数および定数

水域番号	V 10 ⁸ m ³	\bar{L} ton/day	\bar{L}' ton/day	P ppm	k_1 1/day	k_2 1/day
I	5.489	0.1	2.381	0.08	0.05	0.00
II	15.23	0.1	0.072	0.08	0.02	0.64
III	12.87	—	1.904	0.08	0.03	0.64
IV	13.53	—	0.013	0.06	0.03	0.50
V	15.24	—	0.035	0.06	0.03	0.50

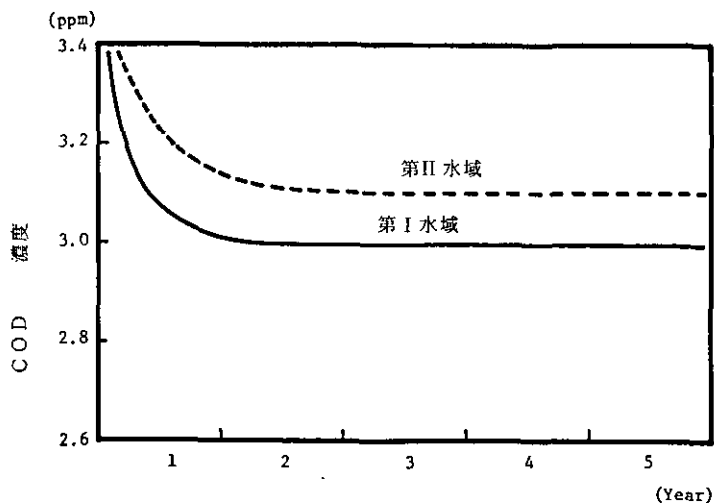


図 5 水域の COD 将来予測

流入、流出水量 Q_{ij} 、すなわち i 水域から j 水域への流量は、湖および流域への降雨量¹⁵⁾、湖からの蒸発量および吹送流¹⁶⁾ (霞ヶ浦の吹送流は、風速の 2～4% 程度である) から算出したものである。

表 5 に示すデータを用いて各水域での 5 年間にわたる COD を指標とした水質の変化の推定を行った結果を図 5 に示す。なお、初期条件として、 $t=0$ のとき $C_1=5.7$ 、 $C_2=7.6$ 、 $C_3=7.6$ 、 $C_4=7.9$ 、 $C_5=7.9$ ppm を使用した。

次に、下水負荷量が水域 I および II へ各々 $\bar{L}_1=0\sim 0.2$ 、 $\bar{L}_2=0\sim 0.2$ ton/day の範囲にあるものと仮定すると、湖に流入する下水負荷量と湖の 5 年後の COD 濃度との関係は図 6 に示したもののよう

陸水域の富栄養化に関する総合研究

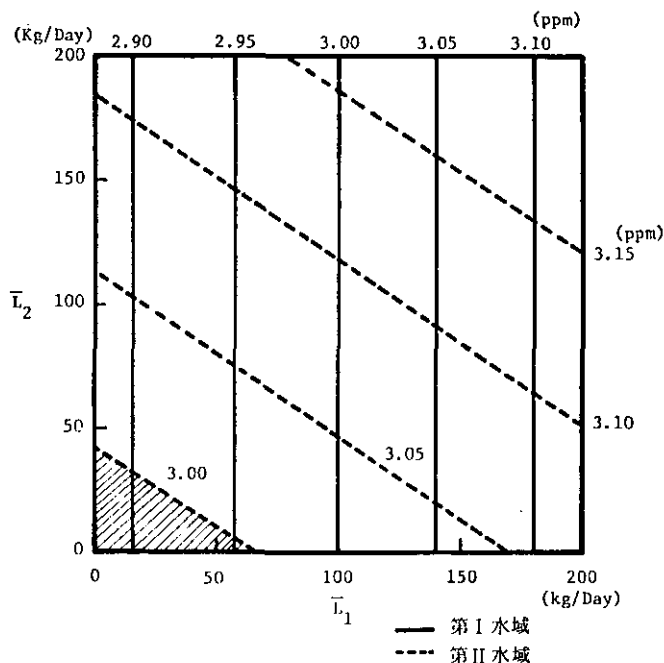


図 6 流入負荷量と水質の関係

になる。これによると第 I 水域の COD 濃度を 5 年以内に 3 ppm（環境基準の A 水域類型）以下におさえるためには \bar{L}_1 は COD で 100 kg/day 以下でなければならない。さらに第 II 水域を 3 ppm 以下にするには $\bar{L}_1=0$ として \bar{L}_2 は 40 kg/day 以下でなければならないことが判る。第 I および第 II 水域を同時に COD 3 ppm 以下に保つには、 $8\bar{L}_1+13\bar{L}_2\leq 520$ という式すなわち図 6 における斜線の部分に公共下水処理場からの流入負荷量がなければならない。

5.3.3 処理システムの最適設計

前述の水質シミュレーションにより、第 I 水域および第 II 水域への COD 総量（廃水負荷量）が与えられると、この総量のもとでの最適な廃水処理システムを設計することが本節での目的である。

表 6 事業所の廃水量と COD 濃度による分類

原水の COD 濃度 (ppm)	廃水量 (ton/day)		
	10	50	500
1,500	3	1	1
350	71	4	4
20	354	27	2

まず下水処理システム対象地域内の全事業所を廃水量と廃水中の COD の濃度によって分類すると表 6 のようになる。

以下の分析では表 6 によってあらわされる各事業所群を 1 つのグループとして扱い、又、家庭は全

体で1つのグループとして取り扱う。廃水処理に関しては主要な仮定として、同一グループに属する事業所は全て同一の処理方式に従うものとする。各グループのとりうる代替的な処理方式として次の3つがここでは考慮される。(1) グループ n ($n=1\sim 9$) 内の個々の事業所は表7に示された代替的な処理レベルのうちから1つを選んで、廃水を全量そのレベルまで自己処理し、処理水を全部第I水域に流れ込む河川に放流する。(2) グループ n 内の個々の事業所は表7の代替的な処理レベルのうちから1つを選んで、廃水を全量そのレベルまで前処理し、処理水を全部公共下水道に流し込む。(3) (1)と(2)の折衷案であり、グループ n 内の個々の事業所は、前処理(又は自己処理)された処理水の1部を第I水域に流れ込む河川に放流し、残りを公共下水道に流し込む。ただし原水の濃度が1,500 ppmであるグループ1, 3, 6については無処理の場合以外は廃水を4倍に稀釈して処理する

表7 処理レベルの代替案

グループ番号 (n)	原水の COD 濃度 (ppm)	処理レベルの代替案					廃水総量 $Q(n)$	平均排水量 $q(n)$	事業所総数 $p(n)$
		無処理	1	2	3	4			
1	1,500	1,500	350	80	10	4	30	10	3
2	350	350	80	10	4		710	10	71
3	1,500	1,500	350	80	10	4	50	50	1
4	350	350	80	10	4		200	50	4
5	350	350	80	10	4		2,000	500	4
6	1,500	1,500	350	80	10	4	500	500	1
7	20	20	10	4			3,540	10	354
8	20	20	10	4			1,350	50	27
9	20	20	10	4			1,000	500	2

ものとする。又家庭排水についてはその全量が公共下水道によって集められるとする。この公共下水道によって集められた廃水は、図1によって示された2カ所の公共処理場のいずれか又は両方で処理されるものとする。ただし第1処理場での処理水は第I水域に、第2処理場での処理水は第II水域に放流されるものとし、公共処理場での処理レベルは80, 10, 4 ppmのいずれかである。

以上の条件のもとで対象地域における処理システム最適設計の問題を次のように定式化する。

$$\min \sum_{n=1}^9 p(n)f_n(q(n); d_n, e_n) + f_{10}(Q''; Z, e_{10}) + f_{11}(e_{10}; d_{11}) + f_{12}(e_{10}; d_{12}) \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{n=1}^9 d_n(1-e_n)Q(n) + d_{11}(1-e_{10})(Z+Q'') \leq \bar{L}_1 \quad (2)$$

$$d_{12}e_{10}(Z+Q'') \leq \bar{L}_2 \quad (3)$$

$$\sum_{n=1}^9 d_n e_n Q(n) + C''Q'' \leq \gamma(Z+Q'') \quad (4)$$

$$Z = \sum_{n=1}^9 e_n Q(n) \quad (5)$$

ただし変数の意味は以下の通りである：

d_n = n 番目のグループの採用する処理レベル。

e_n = n 番目のグループの処理水の公共下水道への送流率, $0 \leq e_n \leq 1$ 。

$Q(n)$ = グループ n の廃水総量。

$q(n)$ = グループ n に属する個々の事業所の平均排水量。

$p(n)$ = グループ n に属する事業所の総数。

Z = 事業所 (グループ 1 ~ 9) 排水のうち公共下水道によって送られる総流量。

Q^H = 家庭排水の総量で、以下の計算では 1 人当り 300 l/day として、17,510 ton/day とされる。

C^H = 家庭排水の平均 COD 濃度で、以下の計算では 100 ppm とされる。

γ = 公共処理場への流入濃度の上限で、以下の計算では、500 ppm とされる。

$f_n(\dots)$ = グループ n に属する個々の事業所に課せられる費用関数で、これはグループ n によって採用される処理レベルに依存する処理費用と、公共下水道に送流する場合に公共下水道の本管に接続するための管渠費用関数から成っている。

e_{10} = 公共下水道によって集められた公共下水のうち第 2 処理場において処理される比率,
 $0 \leq e_{10} \leq 1$ 。

d_{11} = 第 1 処理場における処理レベル。

d_{12} = 第 2 処理場における処理レベル。

$f_{10}(\dots)$ = 公共下水道のための本管の管渠費用。

$f_{11}(\dots)$ = 第 1 処理場における処理費用。

$f_{12}(\dots)$ = 第 2 処理場における処理費用。

実際の計算に移るまえに、費用関数についての説明をする。まず管渠費用関数についてであるが、円形管建設費用関数¹²⁾の現在価値として

$$\{i(i+1)^l / ((i+1)^l - 1)\} (10.69 h + 0.3261) \exp\{(1.0145 - 0.0592 h)d\} \quad \text{千円/m}$$

ここで h = 土被り (m)

d = 管径 (m)

を採用する。これに

$$(d/2)^2 \pi X = q$$

X = 流速 (m/sec)

q = 流量 (m³/day)

を代入して流量の関数としたものを以下の計算で用いる。なお、パラメーターの値は、公共下水道の本管については、 $h=4$ m, $X=2$ m/sec, $i=0.07$, $l=30$ 年とおき、敷設距離は対象地域と第 1 公共処理場との平均距離を 10 km, 第 1 と第 2 公共処理場間は直線距離では 5 km であるがここでは余分に

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

みて 10 km と仮定する。又、公共下水道の本管に接続する支管については $h=2m$, $i=0.07$, $l=30$ 年, 敷設距離は一律に 0.5 km と仮定する。

次に処理費用についてであるが、未処理排水の COD 濃度及び処理レベルに応じた処理体系が表 8 にまとめてある。ただし記号の意味は

- BB = 4 倍に稀釈
- AA = スクリーニング
- A1 = 初沈
- C6 = 高速活性汚泥
- C1 = 活性汚泥
- F2 = 2 段凝沈
- D = ろ過
- E = 活性炭吸着
- I = イオン交換

である。

表 8 処 理 体 系

原水 COD 濃度 (ppm)	処理レベル COD (ppm)			
	350	80	10	4
1500	BB	BB + AA + A1 + C1	BB + AA + A1 + C1 + F2 + D + E	BB + AA + A1 + C1 + F2 + D + E + I
350~100		AA + A1 + C1	AA + A1 + C1 + F2 + D + E	AA + A1 + C1 + F2 + D + E + I
20			AA + A1 + C1 + F2 + D + E	AA + A1 + C1 + F2 + D + E + I

このうち BB を除いた各処理体系に応じた処理費用の式は、米国環境保護庁 (EPA) のテクニカルレポート EPA-430/9-75-002⁷⁾ 中の Appendix B にあるものをそのまま用いる。EPA の (長期) 費用関数は、労働、土地、資本、原材料という 4 つの生産要素に基づいて定式化されているので、経済分析には都合の良いものである。ただし償却年数 (20 年)、割引率 (7%) 以外の労賃、地価、卸売物価指数等のパラメーターは、米国の 1973 年における値を日本円に換算して用いたので、その時点が石油ショック以前であることをも考慮すると、我々の用いた費用関数は全体として幾分安く見積もられていると思われる。なお、BB の稀釈については、処理施設において新たに投じられた 3 倍分の水について 5 円/ton の費用が支払われるものとする。

図 7 には 350 ppm を 80 ppm におとす場合の費用関数が、図 8 には 350 ppm を 10 ppm におとす場合の費用関数が、図 9 には 350 ppm を 4 ppm におとす場合の費用関数がそれぞれプロットされている。これらの図において、横軸は 100 ton/day 単位できざまれ、縦軸は百万円単位である。又、図 10、図 11、図 12 にはそれぞれの場合の流量当り費用が、横軸が 100 ton/day、縦軸が 1 万円/ton/day としてプロットされている。

陸水域の富栄養化に関する総合研究

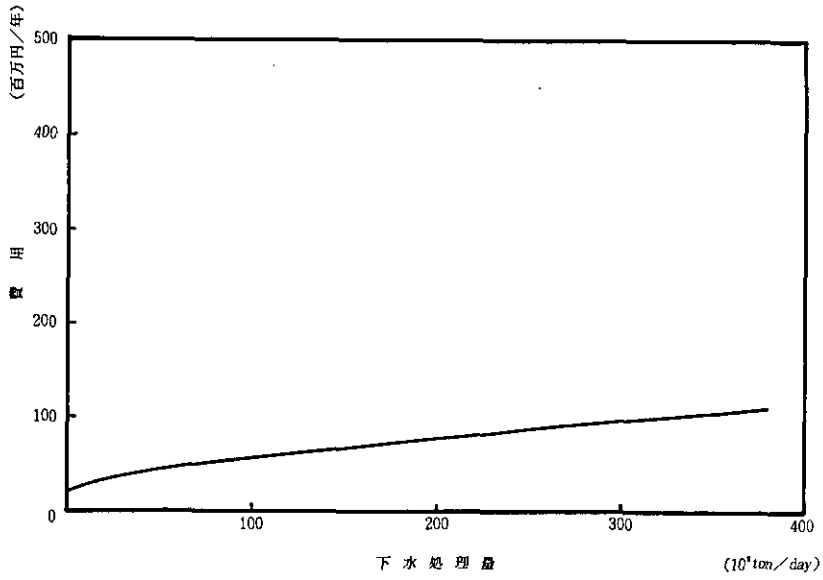


図 7 費用関数 (COD 350→80 ppm)

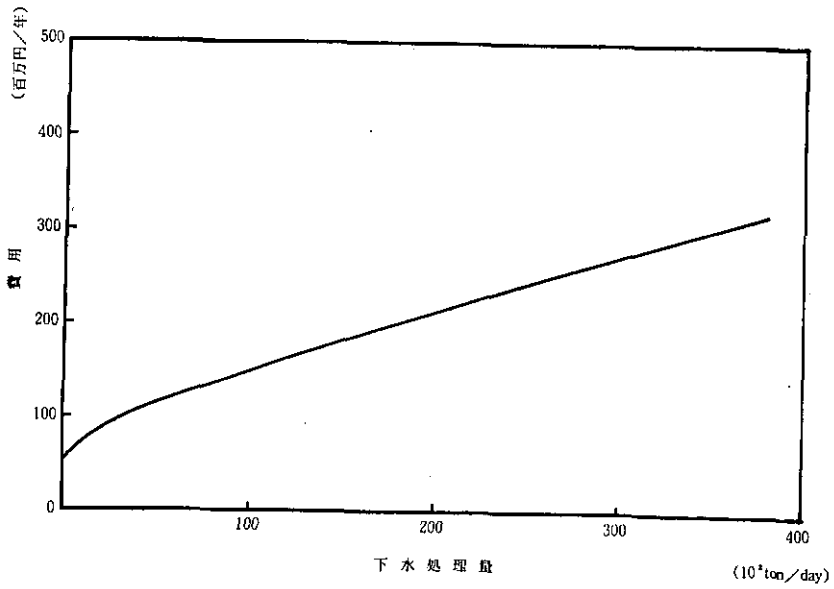


図 8 費用関数 (COD 350→10 ppm)

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

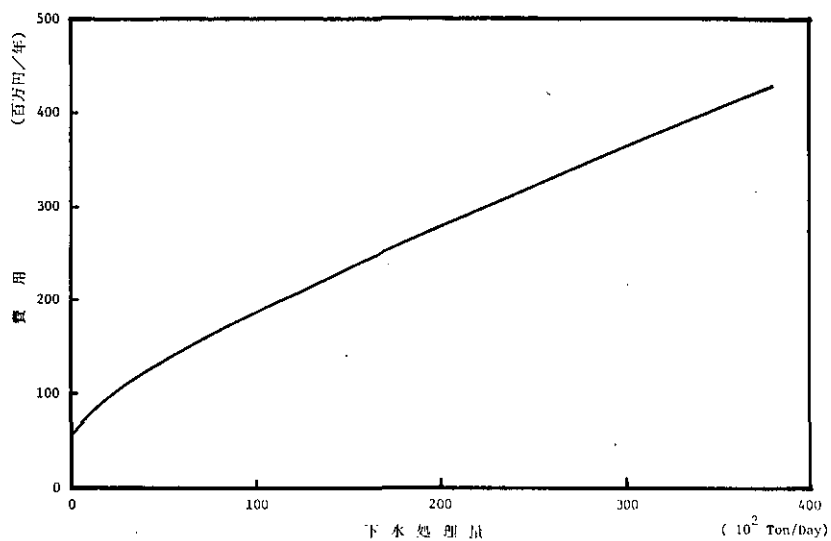


図9 費用関数 (COD 350→4 ppm)

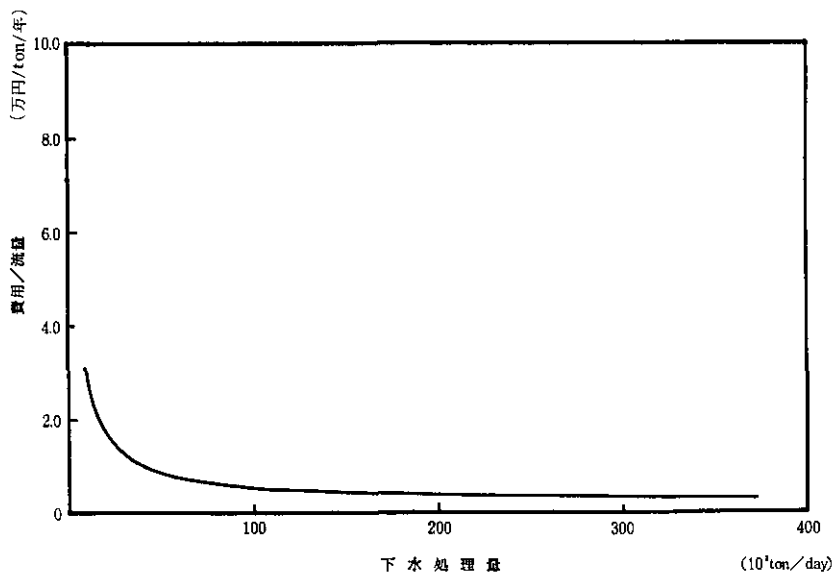


図10 流量当たりの費用 (COD 350→80 ppm)

陸水域の富栄養化に関する総合研究

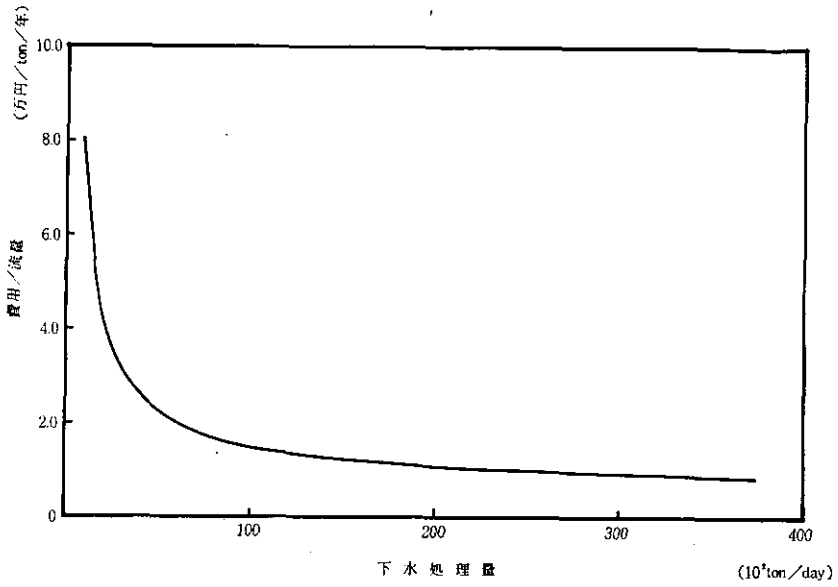


図 11 流量当たりの費用 (COD 350→10 ppm)

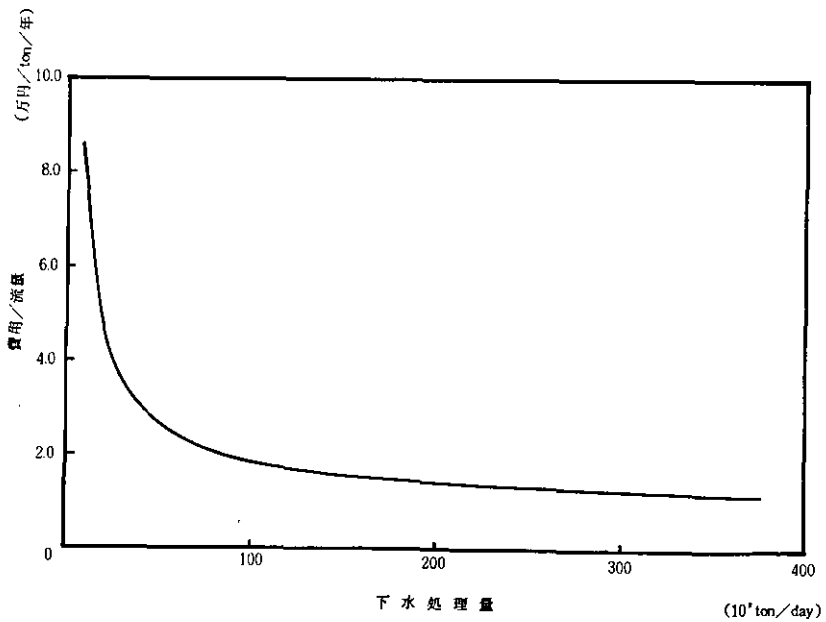


図 12 流量当たりの費用 (COD 350→4 ppm)

式 (1)~(5) を動的計画法によって解くために以下の漸化式を得る :

$$F_N(X_N, V_M, Z_N) = \text{Min}_{d_N} \{f_N(d_N, Z_N) + F_{N-1}(X_{N-1}, V_M, Z_{N-1})\} \quad (6)$$

$$F_{N-1}(X_{N-1}, V_M, Z_{N-1}) = \text{Min}_{W_{M-1}} \{f_{N-1}(Z_{N-1}, W_{M-1}; Q^H) + F_{N-2}(X_{N-2}, Y_{N-2}, Z_{N-2}) + G_M(V_M, W_{M-1})\} \quad (7)$$

ここで $G_M = \begin{cases} f_M(d_M, W_{M-1}) & W_{M-1} > 0 \text{ および } d_M = V_M/W_{M-1} \text{ の場合} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases} \quad (8)$

$$F_n(X_n, Y_n, Z_n) = \text{Min}_{d_n, e_n} \{p(n)f_n(d_n, e_n; q(n)) + F_{n-1}(X_{n-1}, Y_{n-1}, Z_{n-1})\} \quad (9)$$

$$n = 2, \dots, N-2$$

$$F_1(X_1, Y_1, Z_1) = \text{Min}_{d_1, e_1} \{p(1)f_1(d_1, e_1; q(1))\} \quad (10)$$

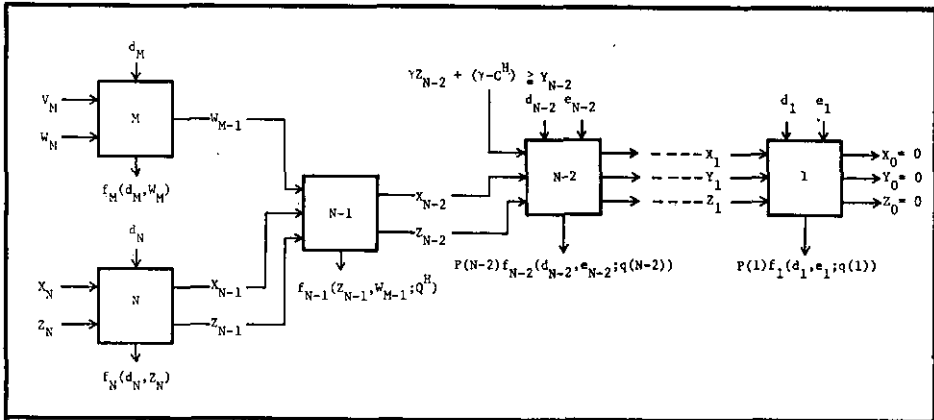


図 13 1つのコンバージング・ブランチを持つ多段決定問題の構造

この漸化式によってあらわされる多段階決定問題は、Converging Branch System¹⁹⁾と呼ばれるもので、図 13 のような構造をもっている。ただし Stage 1~ Stage (N-2) はグループ 1~9 によってあらわされる事業所群に、Stage (N-1) は公共下水道の終点である地点 (N-1) に、Stage N は地点 N における第 1 公共処理場、Stage M は地点 M における第 2 公共処理場に対応している。

漸化式 (6)~(10) 中の状態変数の意味は次の通りである。

V_M = 第 II 水域に課せられた COD の許容総量で $0 \leq V_M \leq \alpha_2$ の値をとる。

W_M = 地点 M の第 2 公共処理場で処理される排水の総量で $0 \leq W_M \leq Q = \sum_{n=1}^{10} Q(n)$ の値をとる。

X_N = 第 I 水域に課せられた COD の許容総量で $0 \leq X_N \leq \alpha_1$ の値をとる。

Z_N = 地点 N の第 1 公共処理場で処理される排水の総量で $0 \leq Z_N \leq Q$ の値をとる。ただし第 1 及び第 2 公共処理場で処理される排水量は地域の総排水量 Q を越えることはなく、しかも少くとも総家庭排水量よりも大きいから、 Z_N と W_M の間には $Q(10) \leq Z_N + W_M \leq Q$ という関

係が成り立っていなければならない。

X_n = グループ n , グループ $n-1$, …… , グループ 1 の処理水のうち河川に直接放流されて第 1 水域に流れ込んでくる分についての COD 許容総量である。

Z_n = グループ n , グループ $n-1$, …… グループ 1 の処理水のうち, 公共下水道の終点である地点 (N-1) に送られてくる総流量。

Y_n = グループ n , グループ $n-1$, …… グループ 1 によって公共処理場へ送られてくる総流量 Z_n に含まれる COD の総量をあらわす。それゆえ Y_{N-2} は全事業所グループ 1 ~ (N-2) によって公共処理場に送られてくる総流量 Z_{N-2} に含まれる COD の総量となりこれは公共処理場への流入濃度 γ (=500 ppm) 以下という規制によって上限を課せられている。すなわち $Y_{N-2} + C^H \times Q^H \leq 500(Z_{N-2} + Q^H)$ 又は $Y_{N-2} \leq 500 \times Z_{N-2} + \text{Const}$ ただし $\text{Const} = (500 - C^H) \times Q^H$ である。

次に状態変数の各段階ごとの変換式であるが, まず最もやっかいな公共処理場への流量をあらわす状態変数である Z, W については以下の通りである。ただし $Q(10) = Q^H$ である。

$$W_M \leq Q = \sum_{n=1}^{10} Q(n)$$

$$W_{M-1} = W_M$$

$$Z_N \leq Q = \sum_{n=1}^{10} Q(n)$$

$$Z_{N-1} = Z_N$$

$$Z_{N-2} = W_{M-1} + Z_{N-1} - Q(10) \quad (11)$$

$$Z_{N-3} = Z_{N-2} - e_{N-2} \times Q(N-2) \quad (12)$$

⋮

$$Z_1 = Z_2 - e_2 \times Q(2)$$

$$Z_0 = Z_1 - e_1 \times Q(1)$$

ただし Z_N と W_M は

$$Q(10) \leq Z_N + W_M \leq Q \quad (13)$$

で結ばれている。それゆえ (11) 式は (13) 式を用いて,

$$Z_{N-2} \leq \sum_{n=1}^{N-2} Q(n) \quad (14)$$

と書きあらわせる。(14) 式と (12) 式以下を両辺足し合わせると,

$$Z_0 + \sum_{n=1}^{N-2} e_n \times Q(n) \leq \sum_{n=1}^{N-2} Q(n) \quad (15)$$

$$Z_{N-2} = Z \quad (16)$$

を得る。(15) 式と (5) 式が等価であるためには,

$$Z_0=0 \tag{17}$$

でなければならない。次に COD 許容総量に関する状態変数 V, X については以下の変換式が成立する。

$$V_M \leq \alpha_2 \tag{18}$$

$$V_M = d_M \times W_{M-1} \tag{19}$$

$$X_N \leq \alpha_1 \tag{20}$$

$$X_{N-1} = X_N - d_N \times Z_N \tag{21}$$

$$X_{N-2} = X_{N-1}$$

$$X_{N-3} = X_{N-2} - \alpha_{N-2} \times (1 - e_{N-2}) \times Q(N-2)$$

⋮

$$X_1 = X_2 - d_2 \times (1 - e_2) \times Q(2)$$

$$X_0 = X_1 - d_1 \times (1 - e_1) \times Q(1)$$

ここで (16) 式を用いて

$$\begin{aligned} Z_N &= (1 - e_{N-1}) (Z_{N-2} + Q(10)) \\ &= (1 - e_{N-1}) (Z + Q(10)) \end{aligned} \tag{22}$$

とおいてみる。こうおいても (14) 式から $Q(10) \leq Z_N \leq Q$ となって Z_N の定義にかなっている。この (22) 式を (21) 式に代入し (20) 式以下の各式の両辺を足し合わせると、

$$X_0 + \sum_{n=1}^{N-2} d_n \times (1 - e_n) \times Q(n) + d_N \times (1 - e_{N-1}) \times (Z + Q(10)) \leq \alpha_1 \tag{23}$$

(23) 式と (2) 式が等価であるためには

$$X_0 = 0 \tag{24}$$

でなければならない。次に (22) 式を (11) 式に代入して得た

$$W_{M-1} = e_{N-1} (Z + Q(10)) \tag{25}$$

を (19) 式に代入して (18) 式と両辺足し合わせると

$$d_M \times e_{N-1} (Z + Q(10)) \leq \alpha_2 \tag{26}$$

が得られ、これは (3) 式に等価である。最後に状態変数 Y に関する変換式は

$$Y_{N-2} \leq 500 \times Z_{N-2} + \text{Const}$$

$$Y_{N-1} \leq Y_{N-2} - d_{N-2} \times e_{N-2} \times Q(N-2)$$

⋮

$$Y_1 = Y_2 - d_2 \times e_2 \times Q(2)$$

$$Y_0 = Y_1 - d_1 \times e_1 \times Q(1)$$

である。これら各式の両辺を足し合わせると

$$Y_0 + \sum_{n=1}^{N-2} d_n \times e_n \times Q(n) \leq 500 \times Z_{N-2} + \text{Const} \tag{27}$$

“Const” の定義と (16) 式より (27) 式は

$$Y_0=0 \tag{28}$$

が満たされれば、 $\gamma=500$ とおいた (4) 式と同じになる。それゆえ (24), (28), (17) 式が満たされるように漸化式 (6) ~ (10) を解くことは (1) ~ (5) の非線型計画問題を解くことと等価になる。

実際の計算は、Coarse Grid Approach¹⁸⁾ (pp. 104~111) によって、当公害研究所の HITAC 8450 を用いてなされた。ただし我々の問題では、公共処理場への流入濃度が 500 ppm を越えることはない

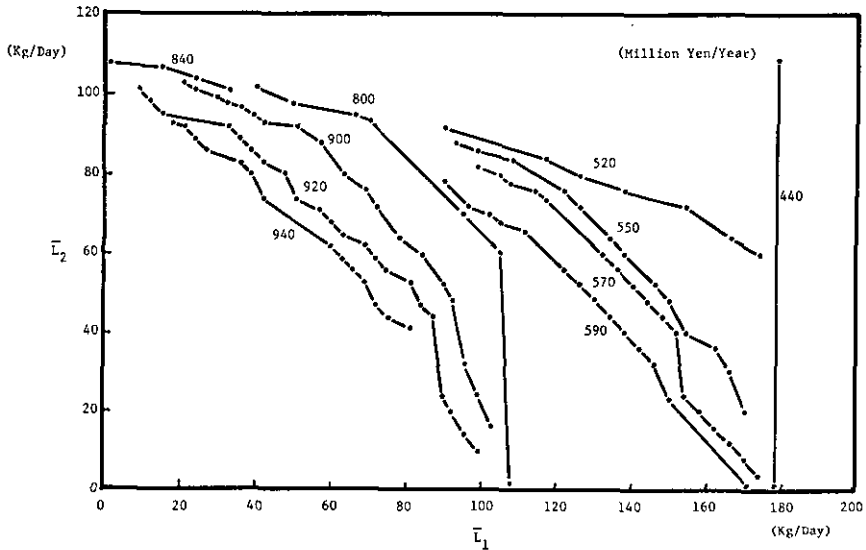


図 14 等年間総費用曲線

ということが事前に分かっていたので、濃度制約の式は実際の計算においては省かれている。図 14 に等年間総費用曲線 (Isocost Curves) が $0 \leq \bar{L}_1 \leq 180 \text{ kg/day}$, $0 \leq \bar{L}_2 \leq 110 \text{ kg/day}$ の関数としてプロットされている。ただし図中の等費用値は代表値であって実際は代表値 ± 9 (百万円/年) の範囲でばらついている。この等費用曲線の各点は、その点の \bar{L}_1 , \bar{L}_2 が与えられた時の最適 (年間総費用最少) 処理システムをあらわしている。表 9 は最適処理システムのいくつかの例を示したものである。ただし例 3 については幾分あい格子点上で計算されたために解の精度が他の例に比べて悪くなっている。

5.3.4 水質保全目標間のトレードオフ関係の同定

5.3.2 節の図 6 と 5.3.3 節の図 14 をいくつかの等費用曲線についてあわせると図 15 が得られる。これは総処理費用を一定とした場合に達成しうる第 I 水域の水質 (COD) と第 II 水域の水質 (COD) の可能な組み合わせを示している。総処理費用が増えれば曲線は右上方に移動し、このことは横軸、縦軸の目盛りのふり方からもわかるように両水域における水質の向上を意味している。

さて、本研究では省略せざるを得なかったが、5.2 節の表 1 に示されている作業手順 3 の経済的被

表9 最適処理システムの例示

	例 1	例 2	例 3	例 4
\bar{L}_1 (kg/day)	125	102	72	85
\bar{L}_2 (kg/day)	69	70	72	91.3
総費用(百万円/yr.)	549	586	906	497
(d_1, e_1)	(1500, 1)	(1500, 1)	(1500, 0.9)	(1500, 1)
(d_2, e_2)	(350, 0.99)	(350, 1)	(350, 0.98)	(350, 0.99)
(d_3, e_3)	(1500, 0.98)	(1500, 1)	(1500, 1)	(1500, 0.98)
(d_4, e_4)	(350, 0.99)	(350, 1)	(350, 0.93)	(350, 0.99)
(d_5, e_5)	(350, 1)	(350, 1)	(350, 1)	(350, 1)
(d_6, e_6)	(1500, 1)	(1500, 1)	(1500, 1)	(1500, 1)
(d_7, d_7)	(20, 0)	(20, 0)	(20, 1)	(20, 0)
(d_8, e_8)	(20, 0)	(20, 0.95)	(20, 0)	(20, 0.65)
(d_9, e_9)	(20, 0.7)	(20, 0.6)	(20, 0.96)	(20, 0.9)
(d_{11}, Z)	(4, 4450)	(4, 5400)	(4, 8562)	—
(d_{12}, W)	(4, 17250)	(4, 17500)	(4, 17124)	(4, 22750)

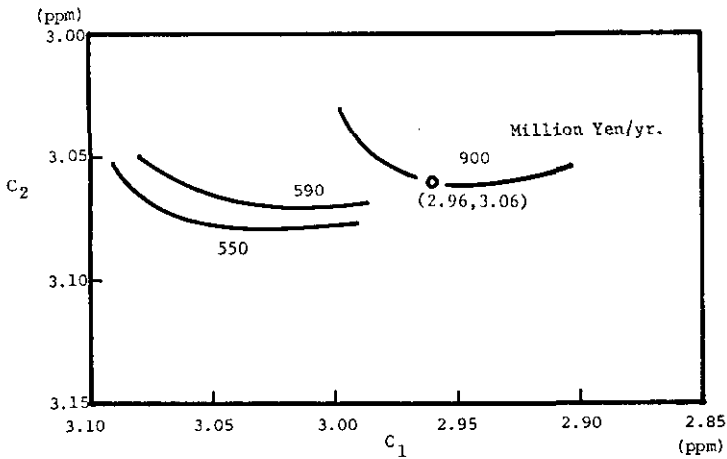


図 15 水質のトレードオフ曲線

害関数が測定出来るならば、等被害曲線をいくつかの許容レベルについて、図 15 にプロットすることが出来る。そして選ばれた許容レベルの範囲内において総処理費用の最少となる点（又は点の集合）が求める最適保全水準である。

5.3.5 費用負担の公平化

前節において、経済的被害関数の許容レベルを用いて、総処理費用の最少となるような、水域 I 及び水域 II の水質保全水準が求めたとする。各事業所グループ及び公共処理場は、5.3.3 節に求められた最適処理方式にもとづいて廃水の処理をおこなうのであるが、総処理費用の各排出源への配分の問題を扱うのが本節の目的である。

表 9 からわかるように、総費用最少で求められた処理方式は効率的な解ではあるが、費用負担の

観点からすれば公平性を欠いた解ではある。例えば、例1、例2、例4においては、7番目の発生源グループは無処理、直接放流のため費用負担ゼロである。これは、公共下水道に放流するための支管の費用関数を節約するためにこうなったのである。又、他のグループにしても規模の収益のために自己処理をせずに公共下水道へ送流する場合が大勢を占めている。このように、効率的な解には、民間と自治体との間でも費用負担の不公平がみられる。

総費用の配分に関しては、大別して次の2つの観点によるものが考えられる。

(1) 発生源の廃水の技術的特性

(2) 発生源の経済的特性

第1の方法は、廃水の水質、流量の関数として、費用負担額を決めようとするもので、これには、地域水環境管理のうえで制約要因となる(我々の例ではCODの総量)ものの、シャドープライスによる費用負担案¹⁹⁾もこれに含まれる。第2の方法は、発生源である事業所等の経済的特性(負担能力等)に着目して、負担額を決めようとするものである。現実には、これら2つの併用が多く、まず第1の方法によって費用配分をおこない、そのあとで、融資、利子補給等の公共的補助によって助成をおこなう場合がほとんどである。

本節で我々の取り扱うのは公共処理場の存在等によりシャドープライスによる負担案に難点があるので、主として第2の経済的要因にもとづいた費用配分についてである。ここでは、まず次の2つの費用負担公平化案について検討する。

(1) 基準となる処理体系を設定して、それにもとづいて各発生源に費用を配分し、5.5.3節の最適処理体系をとったために節約された費用を1種の財源とみなして、これを後述する公平化指標にもとづいて各発生源に再配分することによって実際費用負担額を求める。

(2) 各発生源の推定負担能力に応じて総費用を比例配分する。

(1)の基準となる処理体系とは、事業所廃水の公共処理場への送流を認めないで、発生源における自己処理だけで水域I、IIにおけるCODの総量規制を満たすような処理体系のことである。この処理体系を基準とした理由は、5.3.3節の例でもわかるように我々の最適処理体系は、公共処理場での廃水の大量処理で特徴づけられるので、事業所の費用負担の本来あるべき姿を明確にしたかったからである。以下においての目的は、まず(1)を2つの公平化指標を用いて解の性質を調べ、それらがとりも直さず(2)にほかならないことを示すことである。その上で(2)に基づく費用負担案を前節の例3の場合に適用して示すことにする。ただし公平化指標の満たすべき必要条件とされるピグー・ダルトン条件と費用負担方式の一般的な関係については、紙数の都合で本論では割愛せざるを得ない。

まず公共処理場への送流ゼロとした場合の処理方式についてであるが、この場合、各発生源グループの処理水は、第I水域にのみ流れ込んで、第II水域には流れ込まない。しかも我々の仮定では、各事業所は4ppmまでしか処理能力がないので、事業所全体の総流量(稀釈を含めて)11120tonに4ppmを掛けた44.48kg/day分の負荷までしか落とせない。それゆえ図14の $0 \leq \bar{L}_1 < 44.48$ については、基準となる処理方式は求められない。しかしここでは、この区間についての処理方式は \bar{L}_1

=44.48 の時と同様として論を進める。

表10に表9の例1, 例2及び例3に対応する処理方式及び各発生源グループへの(1事業所当り)費用負担額(百万円/年)(基準負担額とよぶ)が示されている。ただし公共処理場は, 家庭廃水の処理にのみあたる。

2つの表を比べてみるとすぐわかることは, 公共処理場への送流を許した例1, 例2及び例3の場合の方が, 総処理費用が1桁ないし2桁分も安いということである。それゆえ我々の第1の費用負担公平化案は, この節約された費用を一種の補助金として扱い, この補助金の総額を何らかの公平性の指標にもとづいて各発生源グループに配分しようとするものである。このため各発生源グループの実際負担額は表10に示された額より, 配分された補助金の額を差し引いたものとなる。

公平性の指標についてであるが, 本研究では次の2つの指標を採用する。

表10 自己処理のみを考えた場合の処理方式の例

	例1-1	例2-1	例3-1
\bar{I}_1 (kg/day)	125	100	75
\bar{I}_2 (kg/day)	70	70	70
総費用(負担額/yr)	5330	24331	25241
(d ₁ , 負担額)	(4, 58.0968)	(10, 57.6868)	(4, 58.096)
(d ₂ , 負担額)	(4, 56.262)	(80, 21.104)	(4, 56.292)
(d ₃ , 負担額)	(10, 62.2098)	(4, 63.6898)	(10, 62.2098)
(d ₄ , 負担額)	(10, 58.008)	(10, 58.008)	(10, 58.008)
(d ₅ , 負担額)	(4, 70.36)	(4, 70.36)	(4, 70.36)
(d ₆ , 負担額)	(4, 97.662)	(4, 97.662)	(4, 97.662)
(d ₇ , 負担額)	(20, 0)	(4, 56.262)	(4, 56.262)
(d ₈ , 負担額)	(20, 0)	(4, 58.498)	(20, 0)
(d ₉ , 負担額)	(4, 70.36)	(4, 70.36)	(10, 67.265)
(d ₁₁ , 負担額)	—	—	—
(d ₁₂ , 負担額)	(4, 347.68)	(4, 347.6)	(4, 347.68)

(1) Theil の指標

(2) 実際負担額・負担能力比の分散

まず, Theil の指標²⁰⁾についてであるが, これは一般に, 所得分布の不公平さを測るのに用いられる。この指標を用いて, 我々の費用負担公平化案を定式化すると, 評価関数である

$$\sum_{j=1}^n X(j) \log \left(\frac{X(j)}{N(j)/N} \right)$$

を以下の制約式のもとで最小にする補助金 S(j)を見つけることである。

$$S(j) \leq C(j) \quad j=1 \cdots n$$

$$\sum_{j=1}^n N(j)S(j) \leq CS$$

ただし

$$X(j) = N(j)(C(j) - S(j)) / T.C.$$

ここで

$C(j)$ = 発生源グループ j に属する個々の事業所に課せられた基準負担額。

$S(j)$ = 発生源グループ j に属する個々の事業所に与えられる補助金。

$N(j)$ = 発生源グループ j に属する事業所の数で、これは発生源グループ 1~9 については表 7 の $P(n)$ に等しく発生源グループ 10 の家庭は全体で 1 事業所として扱う。すなわち $N(10) = 1$ 。

$T.C.$ = 5.3.3 節で求められた最適な総費用。

CS = 補助金の総額。

$X(j)$ = 総費用に占める、 j 発生源グループの (実際) 費用負担額の割合。

N = 全事業所の数 (=469)

表 11 例 3 の Theil の指標による費用負担案

発生源グループ	補助金	実際負担額(百万円/yr)
1	56.1632	5.7984
2	54.3262	137.4402
3	60.3072	1.9026
4	56.0828	7.701
5	68.4348	7.701
6	95.7594	1.9026
7	54.3261	685.2984
8	-52.2762	52.2762
9	65.3171	3.8958
10	345.7774	1.9026

ただし、各発生源グループ内の事業所は同一の負担額を支払うとしてグループ内の不公平はないものとする。

目的関数である Theil の不公平指標は、 $N(j)/N$ の最も小さい発生源グループ 3, 6, 10 のどれか 1 つが全費用を負担した時に最大値 $\log N = 6.14$ をとり、各発生源グループ j が構成員比 $N(j)/N$ に等しい費用負担をした時に最低値ゼロをとる。我々の定式化では、補助金 $S(j)$ の符号に制約なしとすれば、Theil の指標が最低値ゼロをとる補助金体系が常に存在する。表 11 に例 3 に対応する解として各発生源グループの個々の事業所への補助金 $S(j)$ と実際費用負担額 $(C(j) - S(j))$ が示されている。

例 1 に適用すれば、発生源グループ 7 の基準負担額はゼロなので、第 7 グループへの補助金は負となりうる。この Theil の指標は、いわゆる費用の“比例配分案”を具現化しているものとみなしている。事業所数のかわりに流量をとれば、流量に比例して費用を負担するという案になるし、総量をとれば総量に比例した費用負担ということになる。ただし後者の場合、 $C(j)$ 、 $S(j)$ の定義は「事

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

業所当り^クからそれぞれ「流量当り^ク、総量当り^ク」と改められねばならない。

Theil の指標による比例配分案は、手続きが簡単であるという利点はあるが、これによる費用負担案が必ずしも各事業所の費用負担能力に見合ったものであるとは限らない。そこで、第2の公平性指標として、実際負担額・負担能力比の分散をとってみる。ただし実際負担額とは表10に示された基準負担額から補助金の額を差し引いたものである。ここで問題になるのは費用負担能力についてであるが、汚染者個々の費用負担能力を、客観的に推定することは非常に難しい。しかし、産業ごとの公害防止費用のストックに対する負担額の現状は、日本開発銀行のデータ²¹⁾があるので、これと売上

表 12 売上高当り水質汚濁防止投資額

中分類 番号	産業分類	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
		公害防止 投資額	売上高 (億円)	総設備投 資額(工 事ベース) (億円)	(3)/(2) 総設備投資額 売上高	(1)×(4) 公害防止投資額 売上高	水質関係投資額 公害防止投資額	(5)×(6) 水質関係投資額 売上高
18, 19	食料品製造業	0.09	38889	1919	0.0493	0.0044	0.73	0.003212
20, 21	繊維衣服	0.155	37838	1720	0.0455	0.0071	0.419	0.002975
22, 23	木材, 家具	0.173	1639	44	0.0268	0.0046	0.285*	0.001311
24	パルプ, 紙	0.289	15569	1820	0.1169	0.0338	0.535	0.018083
25	出版, 印刷	0.173	6372	310	0.0487	0.0084	0.285*	0.002394
26	化学工業	0.301	80776	8161	0.1010	0.0304	0.575	0.01748
27	石油, 石炭	0.388	101263	4034	0.0398	0.0155	0.082	0.00127
29	なめし皮, 毛皮					0.0101*	0.285*	0.002879
30	窯業, 土石	0.12	16476	2077	0.1261	0.0151	0.285*	0.004304
31	鉄 鋼	0.177	62909	9410	0.1496	0.0265	0.153	0.004055
32	非鉄金属	0.146	21352	2424	0.1135	0.0166	0.187	0.003104
33	金属製品	0.173	7841	849	0.1083	0.0187	0.285*	0.00533
34	一般機械器具	0.057	30967	2132	0.0688	0.0039	0.393	0.001533
35	電気機械器具	0.036	63932	2600	0.0407	0.0015	0.481	0.000722
36	輸送用機械器具	0.232	78958	6425	0.0814	0.0189	0.083	0.001569
37	精密機械器具	0.173	3799	204	0.0537	0.0093	0.285*	0.002651
39	そ の 他	0.117	15910	833	0.0524	0.0061	0.28	0.001708

(注) * 全産業平均

高データとを結びつけば、多少のデータの不斉合を許容するとすれば、各産業ごとに出荷額1単位についてどれくらい水質汚濁防止施設に投資しているかという比率が求まる。この比率を我々の対象地域に適用²²⁾すれば、産業ごとの個々の事業所の、費用負担能力の上限としての1つの値が求まる。これは、対象地域の事業所が、全国平均で水質汚濁防止施設に投資した時に支出する金額のことである。まず表に、参考文献²¹⁾にもとづいて、出荷額(売上高)1単位当たりの水質汚濁防止投資額が、業種番号別に示されている。表13に5.3.3節の表6に示された総数467の事業所を業種別および発生源グループ別に対応づけて表示してある。次に表14に5.3.1節における市町村別の事業所の業種、規模分類及び工業統計表の規模別、業種別出荷額にもとづいて産出された業種別総負担能力及

び事業所当り負担能力の公害防止投資費用にもとづいた推定値が示されている。

以上をもとにして「分散」にもとづいた費用負担公平化案を定式化すると、評価関数である

$$\sum_{i=1}^M \left(Y(i) - \frac{1}{M} \sum_{l=1}^M Y(l) \right)^2$$

を次の制約式のもとで最小にする補助金 $S(j)$ を見つけることである。

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^n N(i, j) S(i) \leq C S$$

ただし

$$Y(i) = \sum_{j=1}^n N(i, j) (C(j) - S(i)) / \left(\sum_{j=1}^n N(i, j) B(i) \right)$$

表 13 産業別、発生源グループ別分類

中分類番号	産業分類	発 生 源 グ ル ー プ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
18, 19	食 品	3	63	1	3	3		4	1	
20	織 維		4			1		17		
21	衣 服							114	1	
22	木 材							50	1	
23	家 具							47		
24	パ ル プ, 紙		3		1			1		
25	出 版, 印 刷							9		
26	化 学 工 業		1				1			
27	石 油, 石 炭								1	
28	ゴ ム									
29	なめし皮, 毛皮							6		
30	窯 業, 土 石							27	7	1
31	鉄 鋼									1
32	非 鉄 金 属								1	
33	金 属 製 品							24	3	
34	一 般 機 械 器 具							14	3	
35	電 気 機 械 器 具							5	2	
36	輸 送 機 械 器 具							2	1	
37	精 密 機 械 器 具							4	2	
39	そ の 他							30	4	

ここで

$C(j)$ = 発生源グループ j に属する個々の事業所に課せられた基準負担額, $j=1\sim 10$ 。

$S(i)$ = i 産業に属する個々の事業所に与えられる補助金 (正の場合) 又は課徴金 (負の場合),

ただし家庭は全体で1つの産業, 1つの事業所として取り扱う。

$B(i)$ = i 産業に属する個々の事業所の (推定) 負担能力。

$N(i, j)$ = 第 i 産業, 第 j 発生源グループに属する事業所数。

表 14 産業別事業所当り水質関係投資額

中分類番号	事業所数	製造品出荷額 (百万円)	水質関係投資額 (百万円)	事業所当り水質関係投資額 (百万円)
18, 19	78	5057.1	16.24	0.2082
20, 21	137	4862.1	14.46	0.1055
22, 23	98	1775.2	2.33	0.0238
24	5	829.1	14.99	2.998
25	9	161.6	0.39	0.0433
26	2	2572.3	44.96	22.48
27	1	370.0	0.47	0.47
29	6	44.7	0.13	0.0217
30	35	2021.0	8.7	0.2486
31	1	2264.6	9.18	9.18
32	1	246.4	0.76	0.76
33	27	1838.4	9.8	0.363
34	17	1729.5	2.65	0.1559
35	7	546.1	0.39	0.0557
36	3	122.3	0.19	0.0633
37	6	809.4	2.15	0.3583
39	34	1049.0	1.79	0.0526

$Y(i) = i$ 産業の事業所当り (平均) 実際負担額・負担能力比。

ただし家庭全体の負担能力については、60円/ton を各家庭が支払うという仮定のもとで算出した383.5(百万円) という値を用いる。

この問題は解析的に解かれ、その時の最適解は、各産業の負担能力に応じて総費用を各産業に比例配分し、このように配分された負担額を、当該産業に属する事業所が均等に負担するように各産業に補助金を支給するといものである。この場合の、各産業の (平均) 実際負担額・負担能力比 $Y(i)$ は、平均値である総費用・総負担能力比に等しく (分散ゼロ) になる。この解は又、負担能力による比例配分という Theil 解でもある。すなわち、本節のはじめで述べた第1の費用負担公平化案が我々の用いた2つの公平化指標のもとでは、第2の費用負担公平化案に等しいということである。

上記の結果にもとづいて、本研究で我々の採用する費用分担公平化案は次のようにいいかえうる：「5.3.3 節で求められた必要負担額を各事業所の推定負担能力に応じて比例配分せよ」。表14の産業別推定負担能力及び前述の家庭の推定負担能力にもとづいて5.3.3 節の例3に対応する費用負担額が表15に示されている。家庭については、処理対象地域人口58,367人で負担額を計算すると、1人1ヶ月当り970円(110円/ton)になる。これに対して事業所は1社平均、1ヶ月40,650円である。家庭に対して少々荷重に思えるこの結果は、事業所の推定負担能力が家庭のそれに比べて低く見積もられていることにのみ起因している。

5.3. おわりに

本研究では、まず水質シミュレーション、処理システムの最適設計、水質保全目標間のトレードオ

表 15 第 I 水域 2.96 ppm, 第 II 水域 3.06 ppm を達成する場合の費用負担案

中分類番号	事業所数	1 事業所当り負担額 (百円/年)
18, 19	78	0.36765
20, 21	137	0.18638
22, 23	98	0.04198
24	5	5.29389
25	9	0.07652
26	2	39.69533
27	1	0.82993
29	6	0.03826
30	35	0.43893
31	1	16.2101
32	1	1.34201
33	27	0.64092
34	17	0.27526
35	7	0.09838
36	3	0.11183
37	6	0.63275
39	34	0.09296
家庭	1	678.2046

フ関係の同定, 及び選択された水質保全目標を達成する為に必要な費用の発生源への公平な配分案の作成を骨子とする水環境管理モデルを提示し, これを霞ヶ浦高浜入水域に適用して試行計算をおこなった。

処理システムの対象地域としては, 高浜入流域のうち廃水が湾奥部に流入する石岡市の大部分と八郷町の大部分を選び, 下水処理対象は製造業廃水及び家庭廃水に限定した。畜産排水, 農林地からの流出あるいは, 処理対象外の地域からの廃水は湾へ流入する自然負荷として算出した。

水質シミュレーションは, 高浜入を 5 つの水域に分割した一次系モデルで表現され, 処理システム設計に関しては, 発生源における自己処理と 2 つの公共処理場での公共処理の併用のうちから, 流入水域における COD に関する総量を満しつつ, 総処理費用の最少となるような処理体系を選択するという DP モデルであらわされた。費用負担の公平化案については, いくつかの公平化案を検討した後, 各発生源の推定負担能力に応じて費用を比例配分するという案を採用した。

これらのモデルを高浜入水域に適用した試行計算の結果は次の通りである。高浜入の 5 つの水域のうち, 処理対象地域の廃水の流れ込む 2 つの水域の水質を, 5 年以内に環境基準である COD 3 ppm に落とす為には第 I 水域に放流される COD 負荷量を \bar{L}_1 (kg/day), 第 II 水域に放流される COD 負荷量を \bar{L}_2 (kg/day) とすると $8\bar{L}_1 + 13\bar{L}_2 \leq 520$ という式を満足しなければならない。これによると, 例えば, $\bar{L}_1 = 20$ kg/day, $\bar{L}_2 = 20$ kg/day というような値でなければならないが最も厳しい処理方式 4 ppm という我々の仮定のもとでは, これは不可能である。これを達成するには, 処理対象廃

第5章 霞ヶ浦水環境保全のシステム分析例

水及び処理対象地域を拡大するといった施策が必要である。しかし第Ⅱ水域の水質を幾分緩和して、5年以内に3.06 ppm以下ということにすれば、これを達成することは可能である。例えば第Ⅰ水域、第Ⅱ水域の水質がそれぞれ2.96 ppm、3.06 ppmの場合の総費用は906(百万円/年)で、この時の最適方式は、1部の事業所グループの無処理直接放流を除いて、2ヶ所の公共処理場での一括処理である。この時の費用負担の内容は、処理対象地域内の人口58,367人はそれぞれ1ヶ月当り970円を支払い、総数467社の事業所は1社平均1ヶ月40,650円負担するというものである。

本章で行ったような分析の結果の信頼性は、言うまでもなく基礎となるデータの信頼性に支配される。ところでここでの総合的な解析に必要なデータは“発生源に関するもの”、“流達に関するもの”“湖内での水質変化に関するもの”等多種多様のものがしかも同じレベルの精度をもって必要となる。しかし現時点でこれは極めて困難で、既存の資料に加えて、相当分を今回自らの足で収集しつつ解析を進めた。したがって上述の諸結果の現実性、実用性はまだ極めてとぼしいと言わざるをえない。ただここでは水域の水質保全対策を総合的に立案するに当たっての考え方と、具体的手法を検討することに主眼をおいたものと理解していただきたい。

参 考 文 献

- (1) Dysart, B. C. and W. M. Hines (1970): Control of water quality in a complex natural system. IEEE Trans., 6(4).
- (2) Futagami, T. (1970): Dynamic Programming for a sewage treatment system. 5th Int. Water Poll. Conf., Aug.
- (3) Shih, C. S. et al., (1968): Optimization models for river basin water quality management and waste treatment plant design. 4th National Water Res. Conf., Nov.
- (4) Naito, M. et al (1972): Optimum planning of sewage treatment systems for preserving stream quality. 5th IFAC Cong., Paris, June.
- (5) Revelle, C. S. et al., (1968): Linear programming applied to water quality management, Water Resources Res., 4(1).
- (6) Kneese, Allen V. and Blair T. Bower (1968): Managing Water Quality: Economics, Technology, Institutions, The Johns Hopkins Press, Baltimore, Ch. 10 and Ch. 12
- (7) 華山謙 (1971): 共同処理費用の振分けについて. 公害研究, 1(1), 32-39.
- (8) Organization for Economic Co-operation and Development (1975): The Polluter Pays Principle. OECD, Paris, pp. 99-117.
- (9) Idem. (1976): Pollution Charges. OECD, Paris, pp. 14-33.
- (10) 環境庁企画調整局防止計画課 (1973): 工場排水処理の費用効果と費用負担に関する研究報告 (昭和48年3月).
- (11) Brill, E. Downey Jr., et al (1976): Equity measures for exploring water quality management alternatives. Water Resources Res. 12, 845-851.
- (12) 日本下水道協会 (1972): 流域別下水道整備総合計画調査, 指針と解説.
- (13) 茨城県 (1972): 霞ヶ浦水質保全対策調査報告書第1報.
- (14) 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1973): 霞ヶ浦水質現況調査報告書 (昭和48年2月).
- (15) 気象庁 (1972): 全国気温, 降水量月別平年値表.
- (16) 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1975): 霞ヶ浦吹送流調査報告書 (昭和49年度).
- (17) Van Note, Robert H. et al. (1975): A guide to the selection of cost-effective wastewater treatment systems, EPA-430/9-75-002.

陸水域の富栄養化に関する総合研究

- (18) Nemhauser, George L. (1966) : Introduction to Dynamic Programming. John Wiley and Sons, New York, pp.194-197.
- (19) Hass, Jerome E. (1970) : Optimal taxing for the abatement of water pollution. Water Resources Res. 6(2).
- (20) Theil, H. (1967) : Economics and Information Theory. North-Holland Pub. Co., Amsterdam, Ch. 4.
- (21) 日本開発銀行 (1975) : 調査. No.12, Feb, pp. 22-26, 198-201, 208-210.
- (22) 茨城県総合開発部統計課 (1974) : 茨城の工業. 昭和49年版.

第6章 昭和51年度研究を終わって今後の展望など

合 田 健 (水質土壌環境部)

6. 1. はじめに

所内プロジェクト「陸水域の汚濁防止に関する総合研究」は、当研究所では「霞ヶ浦プロジェクト」と略称され、広汎な研究対象に対して、マルチデンプリナリーな研究アプローチを行う初めての試みとなった。

昭和51年度研究実施において注意した点の一つは、領域と対象の広さに埋没して、多くの研究がまちまちの方向に発散し、あるいは多極化が極端になって、焦点を見失ってしまうことであった。

このため、フィールド研究対象も初めは多くの陸水域を選ばず、霞ヶ浦、それも特に富栄養化の顕著な高浜入の部分に絞って、調査、解析を行うことにした。周辺社会活動や住民意識調査、トータルシステム解析、航空写真による情報収集分析に至るまで、この線に歩調を合わせたので、本報の各報告に見るごとく、全体としてかなり抑制された、いわば集約的な研究になった。

このような集約化も程度が過ぎると逆に、より大きな研究対象に取り組むに必要な視野に欠けることになるが、1年間の研究成果は、今後の研究展開に十分な展望を開いたと思う。また一方、昭和52年度以降、霞ヶ浦全体に多角的に取り組むに必要な事前情報、資料を、茨城県当局を初め、資料を保有する関係機関から得ることに努力した。この結果、例えば霞ヶ浦に関する最近の水文、水理、水質および各種事業などの情報で、今後の研究に必須のものが相当量入手できた。この点茨城県当局に特に謝意を表したい。

さて、総合解析部、環境情報部、計測技術部、水質土壌環境部、生物環境部の関係研究者が行った研究は多岐にわたっており、本報告に登載されたものはそれらを尽していない。一つの理由は、昭和52年度以降も続行して、データを集積、解析すべき性格のものが多いことで、例えば富栄養化評価指標の研究、湖内の水質-生物系相関の動力学解析などがある。前者では、クロロフィルa、 $PO_4\text{-P}$ のような従来から論じられてきた指標値による検討以外に、エントロピー~多様性指数のような総合的指標の意義についても具体的検討を進めてきた。後者のシステム動態解析については、システムモデル提示と、その高浜入に関する適用や常数の検討を一応行ったのであるが、今後集積される実測値を加味することを考慮して今回は割愛した。

6. 2. 霞ヶ浦の本格的研究に向けて

昭和52年度から、所内プロジェクトは特別研究「陸水域の富栄養化に関する総合研究」に発展し、フィールド研究対象として霞ヶ浦ほかいくつかの陸水域をとりあげることとなったが、初年度52年

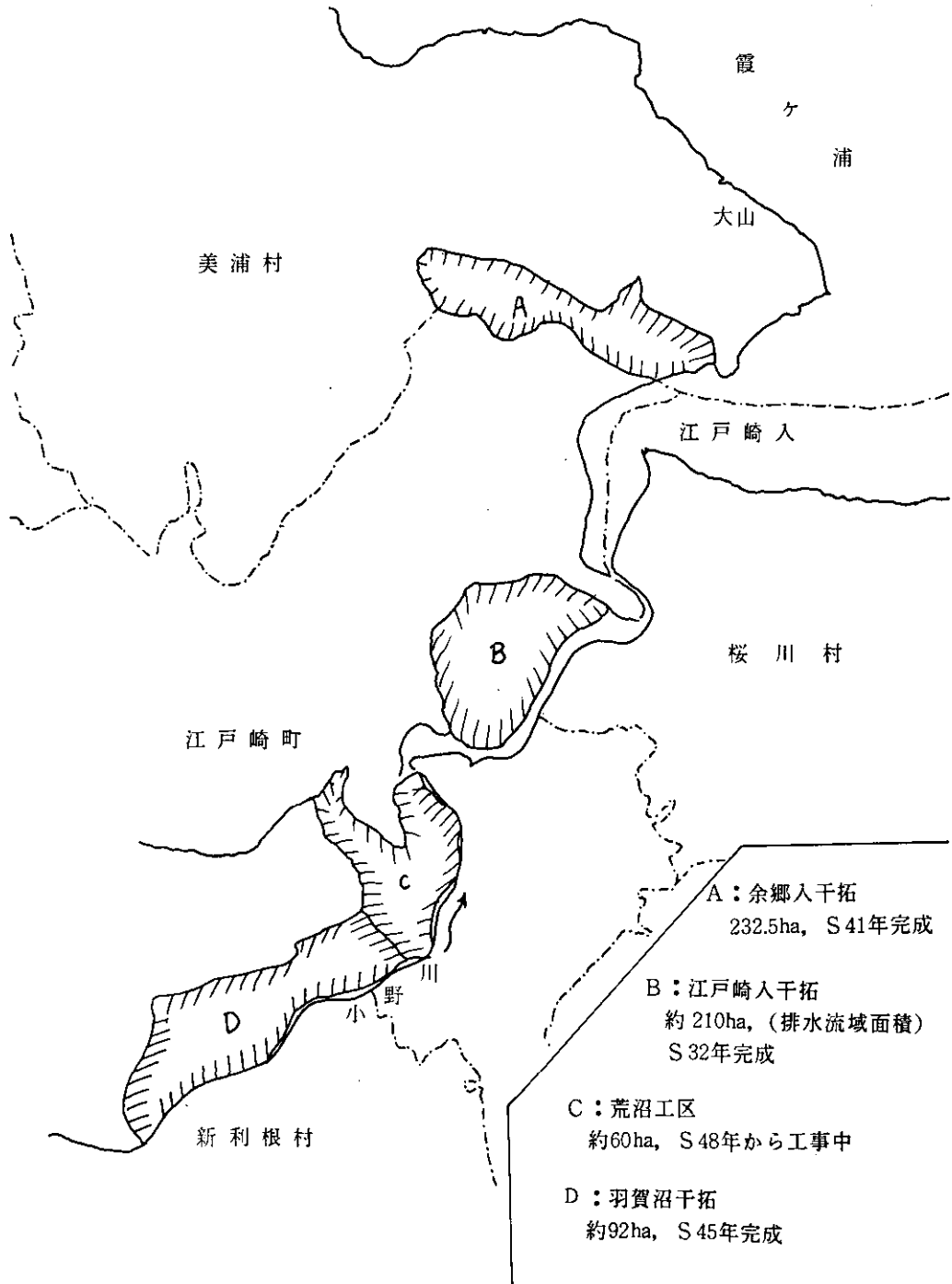


図 1 江戸崎入と干拓地

度としては、大部分の勢力は霞ヶ浦、とくに西浦におけるフィールド調査等に割くことが妥当というのが参加者多数の認識である。そこで霞ヶ浦西浦に本格的に取り組む前に、西浦の当面している環境情勢を考察した。

6.2.1. 江戸崎入について

西浦を形成する主要な入江を三つとみることができ、それぞれの特徴を考えてみる。なかんづく江戸崎入は、最も人工の加えられた estuary としてみることができよう。

図1にみるごとく、江戸崎入は元来、小野川と西浦をつなぐ奥深い入江で、桜川村西の州岬から入江最奥部の羽賀沼南西端まで、背水延長 12.5 km に及ぶ細長い estuary であった（ちなみに高浜入の延長は約 11 km）。ここに干拓工事が開始されたのは昭和 22 年に遡る。茨城県江戸崎土地改良事務所提供の資料によれば、羽賀沼干拓工事は昭和 22 年着工、最奥の羽賀沼工区干拓農地化は昭和 45 年完成し、荒沼工区は昭和 48 年工事開始し現在に至っており、それら干拓地のうち干陸面積は 152 ha に及ぶ。つぎに中央部の江戸崎入干拓区は昭和 22 年工事開始、昭和 32 年竣工で干陸面積は約 210 ha、

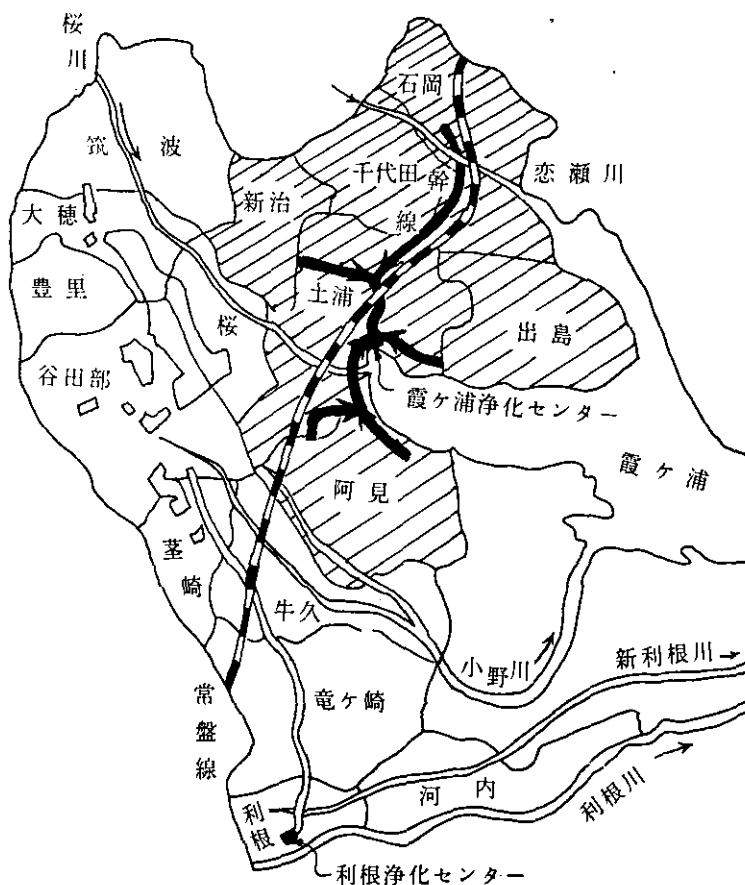


図 2 霞ヶ浦湖北流域下水道計画概要

また最北部の余郷入干拓事業は昭和38年開始され、昭和41年完成で干陸面積233haである。

これらの干拓事業による総干陸面積は595ha、すなわち約600haの水面がこれらの事業で陸地化された。これは、江戸崎入、また西浦の水質水理に少なからぬ影響を与えたと推察される。その影響を考察する場合、干拓、農地化による栄養塩類の流出形態や量の変化、また浅層地下水の挙動にも注意を払わねばならない。

6.2.2. 土浦入について

土浦入では、後背地の筑波研究学園都市開発の影響もさることながら、注目すべきは広域下水道および水道事業である。

霞ヶ浦湖北流域下水道は図2に示すように、土浦市、石岡市、阿見町、出島村、新治村、千代田村の6市町村にまたがるもので、流集下水が土浦地先に建設されつつある霞ヶ浦浄化センターに集まり、将来は三次処理まで行った上放流する計画である。三次処理は、N、P等の栄養塩除去を主体としたものが考慮されているので、その効果が期待されるが、下水道の全体規模は、処理対象人口43万人に対し、昭和65年時点での処理下水量500,000m³/日であり、土浦入 estuary としては major なインパクトと考えられる。

霞ヶ浦浄化センターはすでに一部完成し、供用開始が昭和52年9月と目され、本特別研究の開始と時期的にマッチしている。供用開始当初の処理水量は、同流域下水道建設事務所当局の予測によれば6,000m³/日程度で、これは土浦市内からの合流下水に限られる。

計画汚水量 500,000 m³/日、計画人口 430,000 人

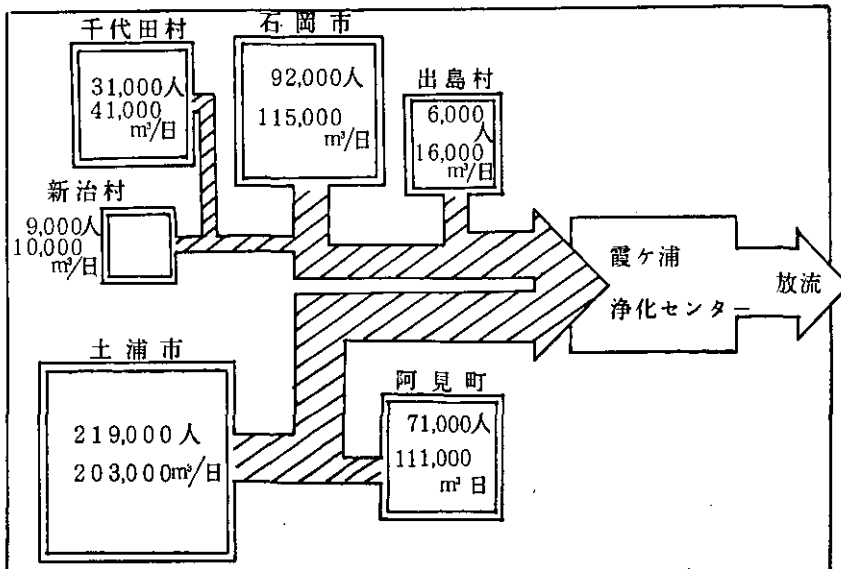


図3 湖北流域下水道の対象人口・規模

土浦入の estuary にとって、この流域下水道事業、浄化センターの機能が重要な意味をもつと考えられるが、放流地域よりわずかに下流側に位置する、茨城県企業局霞ヶ浦水道事務所にとっても強い関心事である。同局の霞ヶ浦水道の給水区域は竜ヶ崎市や研究学園都市を含む広汎な地域であり、同事務所では、昭和 54 年 3 月完成を目途として、新たに給水人口 100,000 人のため、別に表流湖水 92,000 m³/日を取水し浄化、配水する拡張事業を実施中である。

6.2.3. 高浜入について

高浜入が西浦の富栄養化問題において重要な意味をもつことは周知の通りであり、今更多言を要しない。この入江の現状なり、最近の水質変遷について多くのデータ蓄積がある。江戸崎入や土浦入と比較した場合、6.2.1 および 6.2.2 で述べたことが、この水域での研究課題に反映されることになる。

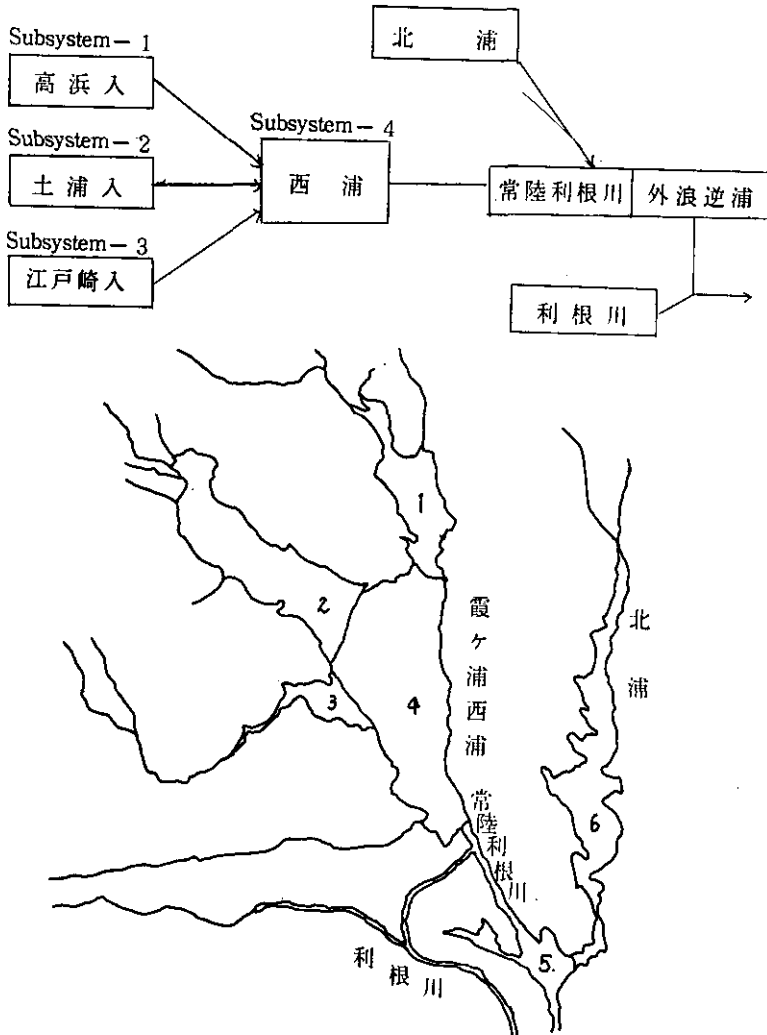


図 4 霞ヶ浦のサブシステム

- 1) 江戸崎入で行われたような干拓が、この estuary でも計画されていたが、現況をそうした意味で十分把握し、今後の各種事業の影響予測に資する。
- 2) 湖北流域下水道等の進捗に伴い、この estuary へ排出される有機物や栄養塩負荷が今後減少するはずであるが、その影響を実測観察する。
- 3) できれば、この水域をモデルとして、水質、生態系改善のあるべき方向を探究する。

6.2.4. 西浦のシステム構成

6.2.1~6.2.3 に考察した、西浦各 estuary の外的環境因子、水域特性から、高浜入のみに止めていた対象フィールドを西浦全体に拡大するとすれば、図4に示すようなサブシステムの連鎖関係をみる事ができよう。

当面の、昭和52年度から開始しようとする特別研究においては、一応図のサブシステム1~4の連鎖関係を考慮して、西浦全体をカバーする field survey を先ず行うことが必要であろう。これを基調として、同水域への栄養塩等の流達過程研究や、後背地の生活、産業活動との係わりなどを分析検討することになる。

6.3. 地下水影響研究を例とした分担研究のポイント

一般に湖沼のような陸水域の水質形成の研究には、流入地下水の影響の検討が重要であるにもかかわらずそれが極めて不十分な場合が多い。霞ヶ浦の場合もそうであるが、その研究のポイントについて、簡略化して説明するとつぎのようである。

すなわち、渇水状態で湖水を涵養する水量としては地下水が大きなシェアを占めるが、地下水には自然に流入するもの（浅層水）と、揚水により表流水、排水の形で流入するもの（浅層水、深層水）があり、この両者をチェックせねばならない。霞ヶ浦の場合、深層地下水に栄養塩が多いことが特徴なので、とりあえず後者の、揚水により湖に寄与されると思われる N, P について、どのような検討が必要か考察してみる。

霞ヶ浦の水面積(A)=220 km², うち西浦 170 km²

// 平均水深(H)=4 m

// 湖水容量(V)=8.8×10⁹ m³

// 流域面積(W)=2,169 km²

地下水揚水量について

茨城県農地部、関東農政局が詳細な調査を行っているが、計算に利用すべき資料は未だ入手していない。そこで比較のため、最近環境庁、建設省、愛知・岐阜・三重県合同調査で明らかになった濃尾平野の例*をとる。濃尾平野では、流域 1,300 km² に対し全地下水揚水量はほぼ 3.8×10⁹ m³/日である。このうち工業用が6割を占めているので、霞ヶ浦の場合とは農工の比率にかなり差があるのであろう。それに、濃尾平野の地下水は過剰揚水で相当の地盤沈下を惹起していることを考慮し、霞ヶ浦

*植下協：土木学会誌 昭51.4, 31~36頁。

第6章 昭和51年度研究を終って今後の展望など

の場合の地下揚水量を濃尾の場合の $\frac{1}{2}$ 量と見積ってみる(仮定-1)。しかれば、霞ヶ浦流域地下水揚水利用量は $1.9 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{日}$ 。

つぎに地下水中の N, P 含有率であるが、通常、浅層地下水には $5 \sim 10 \text{ mg/l}$ の T-N が含まれ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が多い。しかし当水質土壌環境部が昭和 51 年中に調査した所内深層地下水質分析結果では、T-N が 4 mg/l 前後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ や $\text{NH}_4\text{-N}$ は比較的少なかった。そこで以下の推算ではとりあえず T-N は、深層水、浅層水とも 4.0 mg/l としてみる(仮定-2)。

一方 P の方は、深層水にかなり高い値が出ることを確認している。公害研深井戸での測定値から、T-P ($\text{PO}_4\text{-P}$) = 0.3 mg/l と仮定する(仮定-3)。

これらの値を用いて湖へ流入する、地下水由来の栄養塩で揚水された分の T-N, T-P を求めてみる。

$$\text{T-N/日} : 4.0(\text{mg/l}) \times 1.9 \times 10^8 (\text{l}) = 7.6 \text{ t/日}$$

$$\text{T-P/日} : 0.3 \times 1.9 \times 10^8 \times \frac{1}{2} = 0.19 \text{ t/日}$$

T-P の数字に $\frac{1}{2}$ を乗じたのは、P が深層水に多いが、浅層水に少ないとして、深層水の利用率を $\frac{1}{2}$ としてみた(仮定-4)からである。

この T-N, P の日流入量による、霞ヶ浦の水質バックグラウンド値に対する寄与を計算してみる。滞留日数としては建設省霞ヶ浦工事事務所が用いている値、200 日をとると*

$$\text{T-N}_{200} = 7.6 \times 10^8 \times 200 = 1.52 \times 10^{12} (\text{mg})$$

$$\text{T-P}_{200} = 1.9 \times 10^8 \times 200 = 3.8 \times 10^{10} (\text{mg})$$

で、霞ヶ浦水塊の N, P 濃度への寄与値としては次のようになる。

$$\text{N}(\text{mg/l}) = \text{T-N}_{200}/v = 1.73$$

$$\text{P}(\text{mg/l}) = \text{T-P}_{200}/v = 0.043$$

陸水域において藻類増殖が刺激される限界値として、 $\text{T-N} = 0.15 \text{ mg/l}$ 、 $\text{T-P} = 0.02 \text{ mg/l}$ を標準とみれば、上の寄与値はそれらよりも高く、霞ヶ浦の富栄養化問題を考える時、バックグラウンド水質の形成ということが重要課題だ、ということが示唆される。これは浅層地下水の流入による寄与を加えて考えねばならぬし、上記の仮定があるほか、揚水された N, P が、地表・地下流出の過程でどう変化するか、といった問題もある。いずれにしても、このような仮定を具体的に詰めることが、今後の研究のポイントとなる。

これは揚水される地下水の問題を例にとりて説明したが、他の多くの研究サブテーマについても同様、今後の研究ポイントが昭和 51 年度のプロジェクト研究を通して確認されている。

6. 4. 昭和 52 年度以降の研究サブテーマ

昭和 51 年度末以来、52 年 4 月に関係各部の研究者が検討の結果、今後展開すべき研究のサブテーマが以下のごとく列挙された。

*T-N, T-P はすべて溶解性で、水塊と同じ挙動をすると仮定している。

水特研究計画（昭和 52 年度及び 53 年度以後）。

6.4.1. 水環境実験施設（アクアトロン）を用いる研究

- (1) 汚濁物質の物理化学的挙動
- (2) 微生物の増殖速度
- (3) 湖底表面沈積物
- (4) 底生生物の生育条件
- (5) 胎生メダカ類およびドジョウ科魚類による水質改善
- (6) 藻類増殖機構の解析
- (7) 富栄養化物質の処理
- (8) 単細胞藻類の増殖に及ぼす物質的要因
- (9) 富栄養化の制御指標

6.4.2. 霞ヶ浦及びその他陸水域に関する研究

○第 1 グループ（流達，湖内物理学的研究）

- (1) 霞ヶ浦周辺の微地形変化に関する研究
- (2) 河川における汚濁物質の流達に関する調査と研究
- (3) 霞ヶ浦湖面の蒸発量の算定
- (4) 湖内および流入河川の水理特性と物質挙動に関する研究
- (5) 地下水の霞ヶ浦の富栄養化に及ぼす影響

○第 2 グループ（湖内化学，生物学的研究）

- (1) 霞ヶ浦西浦全域調査
- (2) 高浜入における富栄養化状態の生態系モデリング
 - (A) Littoral zone system
 - (a) Production system
湖岸帯における水生高等植物群落の季節的消長
Periphyton による生産
 - (b) Consumer system
湖岸帯における遊泳動物群集の季節的消長
湖岸帯の水生植物群落内底生および付着性動物群集
 - (B) Pelagic zone system（高浜入）
 - (a) Production system
植物プランクトンの分布および季節的消長
光合成生産量および呼吸量および呼吸量の連続測定
窒素の固定と脱窒
 - (b) Consumer system

第6章 昭和51年度研究を終って今後の展望など

底生生物群集の研究

動物プランクトンの分布および季節的消長

(c) Decomposition system

底質の組成とその挙動

細菌および原生動物の分布および季節変化

底質有機物の近似分析

(d) Nutrient system

栄養塩の流入量および湖内存在量の季節的变化

大気降下物による湖水への栄養塩の供給量の推定

(3) 分析法の研究

原子吸光分光分析計を用いるリンの定量法の検討

ミクロキステスの発生およびコロニー形成機構解析のためのクロロフィル現場観測器の試作

(4) モデリング

(5) 富栄養化評価指標

○第3グループ (総合評価対策研究)

(1) 環境評価項目の設定に関する研究

(2) 環境変動予測モデルに関する研究

(パイロットモデルの構築)

(3) 環境評価方法に関する実験的研究

(方法論開発)

資 料 篇

資料 1

水質・生物調査資料

相崎 守弘 (水質土壌環境部)

1. 測定地点

霞ヶ浦高浜入における7地点, 恋瀬川1地点, 山王川1地点及び両河川の合流点の合計10地点で調査を行った(図1)。7月から10月までの期間は高浜入5地点でのみ調査を行った。調査を行った地点は, st. 5, 6, 8, 9, 10の5地点である(図1参照)。またst. 9については垂直分布を調べるために上中下の3層で調査を行った。

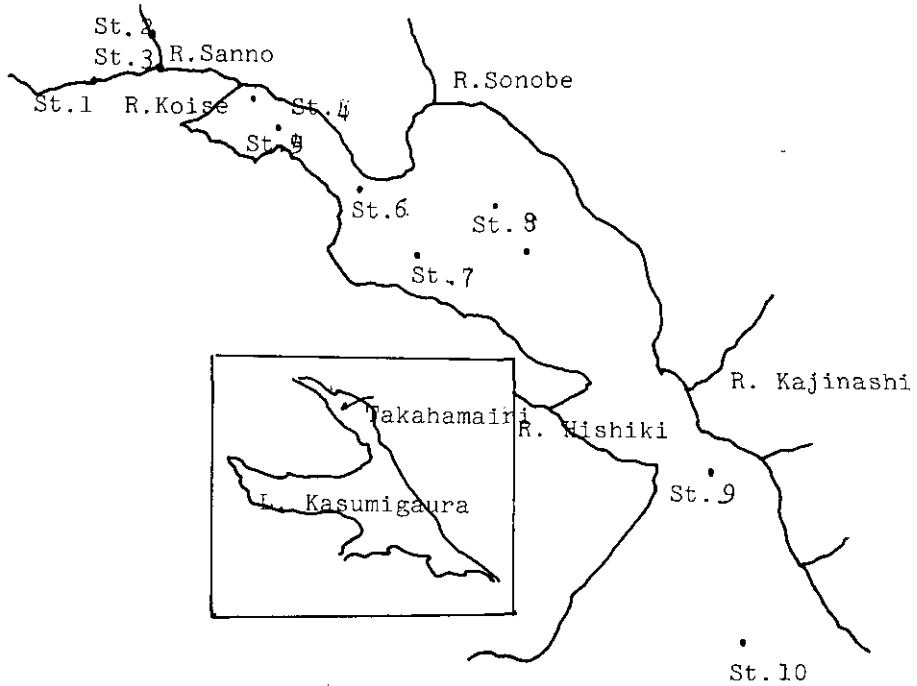


図1 測定地点分布図

2. 調査方法

Transparency (透明度) : 直径30cmのセッキ透明度板を用いて測定した。

Transparency* (透視度) : 長さ50cmの柱状の透視度計を用いて測定した。

Water Temp.(水温) : サーミスター温度計(離合社Co., 東邦電探Co.)を用いて測定を行った。

D. O.(溶存酸素) : 水中溶存酸素計(東芝ベックマンCo.)もしくはウィンクラー法を用いて測定を行った。

Light Intensity (水中照度) : 水中照度計(ラムダLI-185, ラムダCo.)を用いて測定した。

Conductivity (電気伝導度) : 実験室に持ち帰った試料について電気伝導度計(東亜電波Co.)を用いて測定した。

PH (Colorimetry) : 比色法により現場で測定した。

PH (pH meter) : 実験室に持ち帰った試料についてpHメーター(日立堀場Co., オリオンCo.)を用いて測定した。

PO₄-P(無機態磷) : 11月以後の試料につき測定を行った。実験室に持ち帰った試水を、あらかじめ450°C, 1時間の熱処理を行ったグラスファイバーフィルター(whatman GF/C)でろ過後、ろ過水についてモリブデン酸ブルー法¹⁾で測定を行った。

以下でのべるT. P.(filtrate), NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, K-N(filtrate), org-N, DOCについても上記したろ過水を用いて測定を行った。

T. P.(全磷酸) : 10月までの試料については過塩素酸を用いてホットプレート上で加熱分解後モリブデン酸ブルー法を用いて、また11月以後の試料については過硫酸カリを用いてオートクレーブで120°C, 1.5時間分解後同様な方法で測定した。

T. P.(filtrate)(溶存全磷酸) : 10月までの試料について行った。測定は全磷酸に使用した方法に準じた。

NH₄-N(アンモニア態窒素) : 10月までの試料についてはチルマン変法²⁾を、11月以後の試料についてはインドフェノール法³⁾を用いて測定を行った。

NO₂-N(亜硝酸態窒素) : 10月までの試料についてはグリスロイミン試薬で発色させ比色により、11月以後についてはスルファニルアミドとN-(I-ナフチル)エチレンジアミンで発色させ同様に比色法により測定した。

NO₃-N(硝酸態窒素) : 一定量の試料をホットプレート上で蒸発乾固させ、一定量に再溶解後、フェノール・ジスルホン酸で発色させ、比色によって測定した。

K-N(total)(ケールダール窒素) : 試料をケールダール法で分解後、10月までの試料についてはチルマン変法で、11月以後の試料についてはインドフェノール法で測定を行った。

K-N(filtrate)(溶存ケールダール窒素) : 10月までの試料につき、K-N(total)の測定に準じて行った。

org-N(溶存有機態窒素) : K-N(filtrate)からアンモニア態窒素を差し引いた値をorg-Nとした。

CO₂(無機態全炭素) : 実験室に持ち帰った試料について0524 B型全炭素システム(Oceanography International Co.)を用いて測定した。

DOC(溶存有機炭素) : Menzel and Vaccaroの方法⁴⁾を用いて測定した。測定には上記0524 B型全炭素システムを使用した。

Chlorophyll a(クロロフィルa), Chlorophyll b(クロロフィルb) : グラスファイバーろ紙(ミリ

ポア Co.) に濾し集めた懸濁物について UNESCO/SCOR 法¹⁾ を用いて測定した。

Pheophytin a (フェオフィチン a) : Lorenzen の方法⁵⁾ を用いて測定した。

S. S. (dry weight) (懸濁物, 乾重量) : ろ紙上の懸濁物を 80°C, 24時間乾燥後秤量した。

POC (固形有機炭素), PON (固形有機窒素) : あらかじめ 450°C, 1時間熱処理をしたグラスファイバーフィルター (ミリポア Co.) 上に濾し集めた懸濁物について CHN コーダー (柳本 Co.) を用いて測定した。

A. G. P. (最大藻類増殖量) : 実験室に持ち帰った試料を 121°C, 15分間オートクレーブ処理後, 1.2 μ のメンブランフィルター (ミリポア Co.) でろ過した試水について測定した。接種藻類には *Selenastrum capricornutum* を用い, 約 5000 lux の光を12時間間隔で照射し, 20°C, 14日間培養後の乾燥重量の増加量から求めた。

Total Hetero. Bac. (全従属栄養細菌) : 1%濃度の普通寒天培地 (Oxoid Co.) を用いて混釈法により測定した。菌数の計数は 20°C, 2週間培養後に行った。

Total Bac. (全菌数) : 0.4 μ のニクレオポアフィルター (野村マイクロサイエンス Co.) を用いてろ過した懸濁物を, 0.01%アクリジンオレンジで一晩染色後落射式蛍光顕微鏡 (オリンパス Co.) を用いて計数した。

Gross Production (総生産量), Net production (純生産量), Respiration (呼吸量) : 持ち帰った試水を酸素ビンにつめ, 研究所内の実験池で明暗ビン法で測定した。測定は24時間行い, 前後の溶存酸素濃度の差から求めた。溶存酸素はウインクラー法で測定した。

光-光合成曲線 : 島崎 (生物環境部) が担当し, st. 9 の表層水について, 11月以後の試料から酸素発生と光強度の関係を測定した。実験室に持ち帰った 1000 ml 又は 2000 ml の試料は水温と同一温度で遠心分離機によって 8 ml に濃縮し測定用の試料とした。酸素発生は, 一定量の光をあてながら, 酸素電極で測定した。光源はプロジェクターランプ (300 W) を用い, ニュートラルデンシーフィルターを用いて光量を調節した。測定水温は採水時の現場の水温にクールニクスにて調節した。結果は図 2 の通りである。

3. 作業分担

採水及び現地調査項目 : 10月までの調査については相崎, 津野, 須藤 (以上水質土壤環境部), 未広 (都立大・生物) 及び日高の 5 名で行った。11月以後の調査に関しては, 須藤, 相崎, 津野, 細見 (以上水質土壤環境部), 大槻, 佐竹, 河合 (以上計測技術部), 安野, 久保, 春日, 菅谷 (以上生物環境部), 土屋, 白井 (以上環境情報部) 及び日高の 14 名で行った。

各態磷 : 10月までの試料に関しては津野, それ以後は佐竹が担当した。

NO₃ - N : 津野

NO₃ - N を除く各態窒素 : 10月までの試料については津野, それ以後は大槻が担当した。

pH, CO₂ : 10月までの試料については相崎, それ以後は河合が担当した。

DOC : 10月までの試料については相崎, それ以後は安部, 横内 (計測技術部) が担当した。

光-光合成曲線 : 島崎 (生物環境部)

電気伝導度, SS, クロロフィル a, フェオフィチン a : 12月までの試料については相崎, それ以後は相崎及び細見が担当した。

POC, PON, 生菌数, 全菌数, 光合成生産量, 呼吸量 : 相崎

AGP : 須藤

表1 霞ヶ浦高浜入調査結果

注) データ中()内数字はBottomの値

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 7. 14

Item	Station No.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
	Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6
Sampling Time												
Weather												
Air Temp. (°C)												
Depth (m)												
Transparency (cm)												
Transparency* (cm)												
Water Temp. (°C) 0m												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
D.O. (mg/l) 0m						7.2						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Light Intensity 0m												
(lux) 0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)						147	179		289	320		
pH (colorimetry)						7.2						
pH (pH meter)												
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)						0.250	0.225		0.138	0.165		
T.P (filtrate) (mg/l)						0.100	0.085		0.043	0.035		
NH ₄ -N (mg/l)						0.21	0.28		0.07	0.02		
NO ₂ -N (mg/l)						0.050	0.040		0.013	0.010		
NO ₃ -N (mg/l)						0.750	0.360		0.040	0.070		
K.-N (total) (mg/l)												
K.-N (filtrate) (mg/l)												
CO ₂ (mg/l)												
DOC (mg/l)												
Chlorophyll a (μg/l)						47.9	33.1		41.2	52.3		
Chlorophyll b (μg/l)						16.5	4.9		0.9	0.4		
Pheophytine a (μg/l)												
S.S. (dry weight) (mg/l)												
POC (mg/l)						2.67	1.97		2.21	2.56		
POC (%)						19.6	17.2		17.7	21.4		
PON (mg/l)						0.34	0.27		0.27	0.40		
PON (%)						2.5	2.4		2.2	3.4		
C/N						7.9	7.3		8.1	-		
A.G.P. (mg/l)						36.8				18.8		
Total Hetero. Bac. (No./ml)												
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)												
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)												
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)												

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 7. 19

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:40~	11:50~		12:03~	12:28~			12:40~
Weather					雨	雨		雨	雨			
Air Temp. (°C)					19.0							
Depth (m)												
Transparency (cm)					30	70			100			115
Transparency* (cm)												
Water Temp. (°C) 0m					20.8	21.5		22.5	22.5			22.3
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
D.O. (mg/l) 0m												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					132	150		241	341			400
pH (colorimetry)												
pH (pH meter)					6.63	6.85		7.00	7.12			7.35
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.251	0.210		0.131	0.145			0.130
T.P (filtrate) (mg/l)					0.051	0.038		0.035	0.025			0.024
NH ₄ -N (mg/l)					0.14	0.08		0.05	0.04			0.04
NO ₂ -N (mg/l)					0.038	0.032		0.015	0.006			0.005
NO ₃ -N (mg/l)					0.79	0.66		0.11	0.03			0.01
K.-N (total) (mg/l)					0.95	1.00		0.65	0.95			0.80
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.20	0.26		0.27	0.29			0.28
CO ₂ (mg/l)					-	-		-	-			-
DOC (mg/l)					2.6	2.7		2.9	3.2			3.4
Chlorophyll a (μg/l)					110.9	99.9		53.7	44.0			41.2
Chlorophyll b (μg/l)					43.5	32.9		0.6	0			1.5
Pheophytine a (μg/l)												
S.S. (dry weight) (mg/l)					22.7	10.3		13.1	9.6			6.1
POC (mg/l)					3.54	2.83		1.91	2.24			2.59
POC (%)					15.6	27.5		14.5	23.3			42.3
PON (mg/l)					0.63	0.53		0.32	0.40			0.28
PON (%)					2.8	5.1		0.40	4.2			4.6
C/N					5.7	5.4		5.9	5.5			9.1
A.G.P. (mg/l)					74.0	69.5		30.6	18.2	22.6	28.2	17.0
Total Hetero. Bac. (No./ml)					1.0×10 ⁵	1.4×10 ⁴		1.3×10 ³	2.8×10 ³			1.3×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.6	5.7		3.0	1.8			1.0
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					6.1	4.5		2.6	1.4			0.5
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					1.5	1.2		0.4	0.4			0.5

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 7. 22

Item	Station No.												
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					10:51~	11:10~		11:30~	12:05~			12:35~	
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ			晴れ	
Air Temp. (°C)					28.5								
Depth (m)					2.5	3.9		4.1	7.6				
Transparency (cm)					65	100		150	150			190	
Transparency* (cm)													
Water Temp. (°C) 0m					24.4	25.3		24.9	25.1			24.5	
1					23.7	24.2		24.6	24.8			24.4	
2					21.9	24.0		23.7	23.7			24.1	
3					(21.1)	22.3		23.7	23.4			23.2	
4						(20.6)		23.6	23.2			23.0	
5								(22.4)	22.7			22.9	
6									22.4			22.4	
7									(22.1)				
D.O. (mg/l) 0m													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
Light Intensity (lux) 0m													
0.5													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
Conductivity (μS/cm)					144	213		238	330	367	308	352	
pH (colorimetry)					8.8	9.2		9.2	8.9	8.7	7.2	8.8	
pH (pH meter)					8.00	8.29		8.24	8.15	8.01	7.15	8.7	
PO ₄ -P (mg/l)													
T.P (total) (mg/l)					0.220	0.140		0.145	0.120	0.132	0.180	0.091	
T.P (filtrate) (mg/l)					0.050	0.040		0.064	0.030	0.035	0.028	0.025	
NH ₄ -N (mg/l)					0.080	0.065		0.040	0.035	0.050	0.050	0.081	
NO ₂ -N (mg/l)					0.038	0.025		0.022	0.006	0.008	0.011	0.007	
NO ₃ -N (mg/l)					0.75	0.16		0.13	0.020	0.035	0.060	0.050	
K.-N (total) (mg/l)					0.98	0.95		0.99	0.65	0.80	1.20	1.00	
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.24	0.27		0.29	0.40	0.31	0.47	0.39	
CO ₂ (mg/l)					5.2	6.1		6.7	8.1	8.4	9.9	8.1	
DOC (mg/l)					2.6	3.0		3.1	3.4	3.7	3.3	3.6	
Chlorophyll a (μg/l)					137.3	97.7		54.6	49.6	42.5	75.3	27.6	
Chlorophyll b (μg/l)					59.8	24.1		4.0	1.5	2.1	4.5	1.5	
Pheophytine a (μg/l)													
S.S.(dry weight) (mg/l)					14.6	15.4		13.7	11.4	8.4	14.7	6.8	
POC (mg/l)					4.89	4.24		2.98	3.24	3.10	2.46	2.78	
POC (%)					33.5	27.5		21.8	28.3	36.7	16.8	40.6	
PON (mg/l)					0.85	0.71		0.43	0.45	0.44	0.46	0.34	
PON (%)					5.8	4.6		3.2	4.0	5.2	3.1	5.0	
C/N					5.8	6.0		6.9	7.2	7.0	5.3	8.1	
A.G.P. (mg/l)													
Total Hetero. Bac. (No./ml)					1.8×10 ⁴	1.8×10 ³		1.0×10 ³	7.0×10 ²	5.0×10 ³	2.6×10 ³	3.0×10 ²	
Total Bac. (No./ml)													
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					5.7	4.1		2.3	2.4			1.15	
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					1.6	1.4		0.4	0.8			0.05	
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					4.1	2.7		1.9	1.6			1.1	

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAI

Date 1976. 7. 26

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:07~	11:24~		11:42~	12:12~			12:40~
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ			晴れ
Air Temp. (°C)					32.0							
Depth (m)					2.5	4.0		4.2	7.0			6.4
Transparency (cm)					73	135		120	140			135
Transparency* (cm)												
Water Temp. (°C) 0m					29.0	28.7		28.6	29.7			28.8
1					28.6	28.5		28.3	28.2			26.9
2					27.7	28.1		27.7	27.2			26.5
3					(25.7)	27.7		27.1	26.8			26.4
4						26.3		26.1	26.5			26.3
5						(24.6)		(25.3)	26.1			26.3
6									25.6			(24.1)
7									(24.6)			
D.O. (mg/l) 0m					12.4	11.0		11.0	10.2			10.1
1					—	—		—	—			—
2					—	10.5		9.4	—			—
3					(5.6)	—		—	9.0			8.5
4						(3.0)		(7.0)	—			—
5								—	—			—
6								—	—			6.1
7								—	4.5			—
Light Intensity 0m												
(lux) 0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μ S/cm)					182	242		267	361	360	320	392
pH (colorimetry)					9.1	9.4		9.4	9.1	9.0	8.1	9.0
pH (pH meter)					9.15	9.60		9.60	9.26	9.10	8.36	8.83
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.163	0.115		0.099	0.102	0.120	0.185	—
T.P (filtrate) (mg/l)					0.042	0.023		0.022	0.030	0.025	0.035	—
NH ₄ -N (mg/l)					0.082	0.070		0.043	0.040	0.082	0.090	—
NO ₂ -N (mg/l)					0.030	0.015		0.008	0.007	0.008	0.010	—
NO ₃ -N (mg/l)					0.450	0.080		0.018	0.020	0.016	0.040	—
K.-N (total) (mg/l)					1.15	—		1.00	0.925	—	—	—
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.402	0.544		0.393	0.467	0.469	0.577	—
CO ₂ (mg/l)					6.1	5.6		6.0	7.7	8.0	9.2	8.2
DOC (mg/l)					3.1	3.0		3.3	3.5	3.7	2.4	3.8
Chlorophyll a (μg/l)					82.9	56.3		51.7	27.8	45.5	70.4	29.2
Chlorophyll b (μg/l)					6.0	1.5		8.0	2.1	0.1	2.8	1.4
Pheophytine a (μg/l)												
S.S. (dry weight) (mg/l)					13.2	9.4		10.2	21.0	10.4	16.8	7.4
POC (mg/l)					4.50	3.38		3.36	2.99	3.78	3.62	3.18
POC (%)					34.1	36.1		33.1	14.2	36.2	21.5	42.7
PON (mg/l)					0.79	0.54		0.46	0.37	0.49	0.62	0.38
PON (%)					6.0	5.8		4.5	1.8	5.6	3.7	5.1
C/N					5.7	6.3		7.4	8.0	7.7	5.9	8.5
A.G.P. (mg/l)					30.9	14.0		13.7	11.1	18.0	17.1	7.2
Total Hetero. Bac. (No./ml)					7.0×10 ²	3.0×10 ²		1.0×10 ²	2.0×10 ²	3.5×10 ²	5.0×10 ²	1.3×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.3	3.1		2.1	0.9			1.1
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					5.0	1.5		0.6	-0.4			-0.1
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					2.3	1.6		1.5	1.3			1.2

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 7. 29

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					11:10~	11:32~		11:49~	12:21~		12:56~	
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ		晴れ	
Air Temp. (°C)					30.5							
Depth (m)					2.1	3.8		4.0	7.3		6.3	
Transparency (cm)					40	60		90	100		100	
Transparency* (cm)					20.3	35.8		37.0	31.0	31.0	29.0	36.0
Water Temp. (°C) 0m					31.4	31.0		30.6	31.2			31.5
1					29.1	29.5		29.4	29.2			28.2
2					27.6	29.1		28.9	28.2			28.0
3					(27.1)	28.1		28.6	28.1			27.9
4						(27.1)		27.3	28.1			27.9
5								(27.3)	27.9			27.9
6									27.6			27.6
7									(26.9)			(27.6)
D.O. (mg/l) 0m					17.0	12.5		10.5	10.1			9.5
1					—	—		—	—			—
2					—	8.9		9.5	—			—
3					(5.7)	—		—	7.2			7.0
4						(2.7)		(5.0)	—			—
5								—	—			—
6								—	—			6.5
7									3.7			—
Light Intensity 0m (lux)												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					139	219		239	305	280	250	304
pH (colorimetry)					9.8	9.8		9.8	9.6	9.0	8.8	9.2
pH (pH meter)					10.20	9.95		9.71	9.32	9.12	8.93	9.20
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.275	0.130		0.105	0.108	0.155	0.190	0.115
T.P (filtrate) (mg/l)					0.050	0.030		0.035	0.033	0.025	0.035	0.033
NH ₄ -N (mg/l)					0.110	0.070		0.048	0.050	0.052	0.070	0.100
NO ₂ -N (mg/l)					0.011	0.007		0.008	0.007	0.007	0.008	0.008
NO ₃ -N (mg/l)					0.042	0.036		0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
K.-N (total) (mg/l)					2.50	1.125		0.775	0.900	1.125	0.950	—
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.536	0.402		0.302	0.436	0.307	0.436	—
CO ₂ (mg/l)					2.7	4.5		5.8	7.2	7.9	8.5	7.8
DOC (mg/l)					4.2	3.6		3.7	4.0	3.5	3.7	3.7
Chlorophyll a (μg/l)					185.1	60.5		33.7	26.2	54.8	59.1	28.3
Chlorophyll b (μg/l)					0.0	0.7		0.4	0.3	2.6	2.7	0.0
Pheophytine a (μg/l)					11.5	4.6		30.4	4.0	11.0	14.6	2.4
S.S. (dry weight) (mg/l)					26.7	11.8		9.4	8.4	13.4	15.6	7.4
POC (mg/l)					11.01	4.63		3.30	3.24	3.55	3.63	3.04
POC (%)					42.9	39.4		35.0	38.7	26.4	23.3	41.1
PON (mg/l)					1.91	0.68		0.43	0.41	0.56	0.60	0.40
PON (%)					7.5	5.8		4.5	4.9	4.1	3.9	5.5
C/N					5.8	6.8		7.7	7.9	6.4	6.1	7.5
A.G.P. (mg/l)												
Total Hetero. Bac. (No./ml)					2.6×10 ³	1.6×10 ³		5.0×10 ²	2.8×10 ³	2.5×10 ³	2.3×10 ³	4.8×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.4	4.0		1.8	1.2			1.4
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					3.3	2.5		0.2	0.1			-0.1
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					4.1	1.5		1.6	1.1			1.5

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 2

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					11:12~	11:32~		11:49~	12:15~		12:48~	
Weather					曇り	曇り		曇り	晴れ		晴れ	
Air Temp. (°C)					31							
Depth (m)					-	3.5		3.6	6.5		5.5	
Transparency (cm)					25	60		90	110		105	
Transparency* (cm)					22	32		42	42	43	34	
Water Temp. (°C) 0m					31.5	31.2		31.2	31.1		31.3	
1					29.4	30.1		30.2	29.8		29.6	
2					(28.2)	29.8		29.9	29.1		28.8	
3						28.6		28.9	29.0		28.7	
4						(27.5)		(27.9)	28.6		28.7	
5									28.4		28.0	
6									28.1		(27.6)	
7									(27.5)			
D.O. (mg/l) 0m					22.0	13.3		10.5	10.3		10.2	
1					12.5	11.5		9.5	9.1		9.5	
2					(6.0)	10.0		8.2	6.9		8.0	
3						7.2		5.1	5.8		7.7	
4						(2.6)		(4.2)	5.0		7.4	
5									4.4		7.0	
6									3.5		(6.3)	
7									(3.5)			
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					268	275		280	333	319	297	368
pH (colorimetry)					9.8	9.6		9.2	9.0	8.8	8.0	9.1
pH (pH meter)					10.43	9.84		9.45	9.22	9.00	8.50	9.08
PO4-P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.369	0.168		0.130	0.085	0.155	0.171	0.099
T.P (filtrate) (mg/l)					0.045	0.043		0.039	0.035	0.034	0.055	0.029
NH4-N (mg/l)					0.082	0.082		0.090	0.050	0.042	0.081	0.048
NO2-N (mg/l)					0.007	0.007		0.007	-	-	-	-
NO3-N (mg/l)					0.060	0.042		0.040	0.042	0.042	0.042	0.044
K.-N (total) (mg/l)					3.15	1.30		1.05	1.15	1.05	0.90	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.486	0.319		0.472	0.314	0.319	0.486	-
CO2 (mg/l)					0.8	4.3		6.7	7.8	8.2	9.3	8.0
DOC (mg/l)					4.5	4.3		4.6	4.0	3.9	3.9	4.0
Chlorophyll a (μg/l)					282.6	70.9		37.5	21.1	34.7	40.5	22.4
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		1.4	0.5	0.1	0.9	0.3
Pheophytine a (μg/l)					15.4	6.1		9.6	6.1	8.1	5.7	8.1
S.S. (dry weight) (mg/l)					40.7	13.2		10.2	4.8	9.0	13.2	5.6
POC (mg/l)					18.15	5.05		3.03	2.36	2.81	2.89	2.44
POC (%)					44.6	38.4		29.6	48.8	31.1	22.0	43.6
PON (mg/l)					2.63	0.73		0.43	0.34	0.44	0.52	0.33
PON (%)					6.5	5.5		4.2	6.9	4.9	3.9	5.9
C/N					6.9	7.0		7.1	7.0	6.5	5.6	7.3
A.G.P. (mg/l)					51.3	13.4		10.0	9.3	15.3	18.4	13.3
Total Hetero. Bac. (No./ml)					2.2×10 ⁴	8×10 ²		7×10 ²	7×10 ²	8.1×10 ³	5.1×10 ³	2.3×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.3	4.7		2.7	1.4			1.6
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					2.2	2.7		1.5	0.6			0.5
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					5.1	2.0		1.2	0.8			1.1

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 5

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					11:35~	11:40~		11:55~	12:30~		12:55~	
Weather					曇り	曇り		曇り	曇り		曇り	
Air Temp. (°C)					28.2							
Depth (m)					2.1	3.5		4.1	6.1		5.9	
Transparency (cm)					50	60		65	100		>100	
Transparency* (cm)					18	26		28	45	40	27	
Water Temp. (°C) 0m					27.1	28.3		28.3	28.6		28.9	
1					26.0	27.9		28.2	28.1		28.4	
2					23.6	26.8		27.8	27.8		27.8	
3						24.8		27.7	27.5		27.7	
4								26.9	27.4		27.7	
5									27.1		27.6	
6									27.1		27.5	
7												
D.O. (mg/l) 0m					10.7	11.3		9.9	8.4		5.9	
1					7.7	10.3		9.2	8.2		5.7	
2					4.4	7.3		7.4	7.1		4.9	
3						4.6		6.6	6.0		4.7	
4								4.9	5.6		4.7	
5									5.6		4.4	
6									5.3		4.2	
7												
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μ Ω /cm)					207	249		271	338	292	282	323
pH (colorimetry)					9.4	9.4		9.2	8.6	8.2	8.0	8.0
pH (pH meter)					9.99	9.97		9.67	9.29	8.80	8.16	7.90
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.415	0.260		0.200	0.130	0.210	0.218	0.190
T.P (filtrate) (mg/l)					0.049	0.042		0.050	0.042	0.060	0.058	0.100
NH ₄ -N (mg/l)					0.110	0.050		0.080	0.010	0.050	0.065	0.078
NO ₂ -N (mg/l)					0.010	0.008		0.006	0.005	0.006	0.008	0.008
NO ₃ -N (mg/l)					0.041	0.020		0.020	0.020	0.024	0.032	0.022
K.-N (total) (mg/l)					2.47	1.37		1.10	1.02	0.845	0.870	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.405	0.380		0.380	0.421	0.522	0.497	-
CO ₂ (mg/l)					4.6	5.3		6.4	8.7	9.3	9.3	10.2
DOC (mg/l)					3.9	4.2		4.5	4.2	3.9	3.7	3.9
Chlorophyll a (μg/l)					137.9	94.2		70.2	30.2	38.5	37.3	25.7
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		1.1	1.1	1.7	4.3	2.7
Pheophytine a (μg/l)					48.6	16.7		29.7	6.2	13.2	13.2	16.3
S.S. (dry weight) (mg/l)					28.9	16.5		13.7	6.7	10.2	13.3	5.2
POC (mg/l)					11.81	6.15		4.77	2.54	2.56	2.64	2.16
POC (%)					40.9	37.4		34.7	37.9	25.0	19.8	41.2
PON (mg/l)					2.19	1.06		0.82	0.42	0.46	0.48	0.37
PON (%)					7.6	6.4		6.0	6.3	4.5	3.6	7.1
C/N					5.4	5.8		5.8	6.0	5.6	5.5	5.8
A.G.P. (mg/l)												
Total Hetero. Bac. (No./ml)					1.6×10 ⁴	4.2×10 ³		3.9×10 ³	1.6×10 ³	7.7×10 ³	1.1×10 ⁴	4.7×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					10.9	7.8		6.2	3.1			4.8
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					8.2	6.1		4.7	1.9			3.3
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					2.7	1.7		1.5	1.2			1.5

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 9

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					10:55~	11:10~		11:25~	11:50~		12:25~	
Weather					曇り	曇り		曇り				
Air Temp. (°C)					26							
Depth (m)					2.1	3.5		3.9	6.5		6.0	
Transparency (cm)					3	30		70	100		110	
Transparency* (cm)					5.5	16.5		42	49.5		49.5	
Water Temp. (°C) 0m					26.8	27.3		27.1	27.2		27.2	
1					26.5	27.0		26.8	27.2		27.2	
2					25.2	26.9		26.7	27.1		27.2	
3						25.9		26.6	27.0		27.0	
4						(24.8)		(26.2)	27.0		26.7	
5									26.5		26.5	
6									26.2		26.5	
7									(25.8)		(26.2)	
D.O. (mg/l) 0m						14.0		10.0	8.6		9.8	
1						10.8		9.5	8.4		9.5	
2						9.0		9.0	8.3		9.0	
3						4.8		8.5	8.0		7.6	
4						(4.5)		(6.8)	7.4		6.0	
5									4.7		5.0	
6									4.0		(4.6)	
7									(3.0)			
Light Intensity 0m (lux)												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					204	244		263	311	317	310	338
pH (colorimetry)					9.6	9.8		9.0	8.4	8.2	7.6	8.4
pH (pH meter)					9.36	9.67		9.05	8.53	8.48	7.92	8.74
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					1.02	0.460		0.175	0.192	0.145	0.205	0.110
T.P (filtrate) (mg/l)					0.058	0.056		0.045	0.035	0.042	0.045	0.030
NH ₄ -N (mg/l)					0.090	0.100		-0.050	0.055	0.050	0.080	0.040
NO ₂ -N (mg/l)					0.007	0.006		0.006	0.007	0.006	0.007	0.003
NO ₃ -N (mg/l)					0.042	0.042		0.040	0.041	0.042	0.042	0.030
K.-N (total) (mg/l)					9.36	2.46		0.887	0.787	-	0.687	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.337	0.298		0.265	0.162	-	0.231	-
CO ₂ (mg/l)					3.16	4.42		7.26	9.04	9.33	9.77	8.82
DOC (mg/l)					-	-		-	-	-	-	-
Chlorophyll a (μg/l)					982.8	225.8		65.5	46.2	37.9	39.6	34.5
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		1.1	2.2	4.8	1.7	2.3
Pheophytine a (μg/l)					18.2	11.3		16.8	15.3	15.7	10.9	11.1
S.S. (dry weight) (mg/l)					105.8	34.0		14.0	9.2	8.6	7.7	5.9
POC (mg/l)					46.76	13.55		4.19	2.68	2.52	2.00	2.29
POC (%)					44.2	39.8		30.0	29.3	29.3	26.0	38.6
PON (mg/l)					8.92	2.23		0.66	0.48	0.48	0.38	0.37
PON (%)					8.4	6.6		4.7	5.3	5.5	5.0	6.3
C/N					5.2	6.0		6.4	5.5	5.3	5.2	6.2
A.G.P. (mg/l)					111.6	36.5		11.5	11.9	10.6	8.3	7.2
Total Hetero. Bac. (No./ml)												
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					10.6	>10.4		1.1	4.7			2.4
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					6.8	2.9		0.2	3.8			1.2
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					3.8	>7.5		0.9	0.9			1.2

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 12

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:22~	11:50~		12:08~	12:40~			13:13~
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ			
Air Temp. (°C)					31.8							
Depth (m)					2.2	4		4.7	6.0			6.7
Transparency (cm)					28	42		80	100			130
Transparency* (cm)					15	25		27.5	37	37	34	41
Water Temp. (°C) 0m					27.6	28.3		28.1	28.3			28.3
1					26.9	28.1		28.0	28.2			28.2
2					26.0	27.6		27.8	27.7			28.1
3					(25.8)	26.8		27.2	27.1			27.9
4						(25.9)		27.0	26.8			27.5
5								(26.0)	26.4			27.2
6									(25.6)			27.1
7												(26.6)
D.O. (mg/l) 0m						11.0		12.5	10.5			9.8
1						10.3		12.0	10.2			9.0
2						-		12.0	9.8			8.5
3						4.5		9.5	8.0			8.0
4						(3.8)		7.5	6.2			7.2
5								(4.5)	5.2			6.5
6									2.5			2.8
7									(2.0)			(1.8)
Light Intensity (lux) 0m												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					175	217		237	259	271	257	301
pH (colorimetry)					9.6	9.8		9.8	9.8	8.6	7.8	9.6
pH (pH meter)					9.62	9.60		9.78	9.39	8.95	8.39	9.12
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.555	0.270		0.244	0.173	0.177	0.200	0.140
T.P (filtrate) (mg/l)					0.075	0.060		0.040	0.050	0.050	0.048	0.040
NH ₄ -N (mg/l)					0.130	0.110		0.080	0.080	0.085	0.085	0.085
NO ₂ -N (mg/l)					0.012	0.007		0.006	0.007	0.008	0.007	0.007
NO ₃ -N (mg/l)					0.060	0.050		0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
K.-N (total) (mg/l)					4.01	0.987		1.14	0.537	0.562	0.612	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.262	0.206		0.225	0.243	0.175	0.212	-
CO ₂ (mg/l)					5.1	5.5		10.9	7.4	8.7	18.2	8.8
DOC (mg/l)					-	-		-	-	-	-	-
Chlorophyll a (μg/l)					356.4	78.7		80.9	46.1	48.0	47.1	40.3
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		0.2	3.3	2.3	3.2	0.7
Pheophytine a (μg/l)					8.7	11.6		11.1	10.2	7.8	7.6	5.4
S.S. (dry weight) (mg/l)					45.5	20.5		18.4	12.8	11.2	14.6	9.5
POC (mg/l)					17.53	5.73		6.15	4.00	3.20	2.86	3.26
POC (%)					38.5	27.9		33.4	31.3	28.6	19.6	34.2
PON (mg/l)					3.34	0.87		0.89	0.55	0.52	0.53	0.46
PON (%)					7.3	4.2		4.8	4.3	4.6	3.7	4.9
C/N					5.2	6.6		6.9	7.3	6.2	5.3	7.0
A.G.P. (mg/l)												
Total Hetero. Bac. (No./ml)					1.4×10 ⁴	5.0×10 ³		1.4×10 ³	1.9×10 ³	3.3×10 ³	3.1×10 ³	9.6×10 ²
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					10.3	7.8		7.4	4.0			3.2
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					5.3	6.3		5.6	2.2			1.9
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					5.0	1.5		1.8	1.8			1.3

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 16

Item	Station No.												
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time						11:20~	11:42~		12:02~	12:32~		13:05~	
Weather						小雨	曇り		曇り	曇り		曇り	
Air Temp. (°C)						22.5							
Depth (m)						1.8	3.5		3.8	6.4		5.6	
Transparency (cm)						25	30		60	100		110	
Transparency* (cm)						17	20.5		29	49	50	42	50
Water Temp. (°C)0m						25.1	26.1		25.9	25.6			25.7
1						23.7	25.5		25.6	25.6			25.6
2						(22.7)	25.4		25.5	25.5			25.5
3							25.3		25.3	25.5			25.4
4							(25.4)		(25.3)	25.5			25.4
5										25.4			(25.4)
6										25.2			
7										(25.2)			
D.O. (mg/l) 0m						15.3	11.3		12.3	10.3			12.0
1						10.3	9.5		10.7	9.7			11.5
2						(5.8)	9.3		10.3	9.1			10.8
3							8.5		9.9	8.5			10.6
4							(1.3)		8.8	8.4			10.3
5										8.1			10.1
6										7.6			(9.5)
7										7.1			
Light Intensity (lux) 0m													
0.5													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
Conductivity (μS/cm)						186	245		266	318	335	313	317
pH (colorimetry)						9.7	9.3		9.3	7.6	7.6	7.5	8.0
pH (pH meter)						9.38	9.36		9.48	8.42	7.90	7.73	8.60
PO ₄ -P (mg/l)													
T.P (total) (mg/l)						0.708	0.350		0.240	0.220	0.210	0.225	-
T.P (filtrate) (mg/l)						0.085	0.090		0.080	0.060	0.060	0.090	0.049
NH ₄ -N (mg/l)						0.170	0.110		0.080	0.076	0.045	0.065	0.072
NO ₂ -N (mg/l)						0.025	0.007		0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
NO ₃ -N (mg/l)						0.150	0.080		0.078	0.078	0.078	0.076	0.062
K.-N (total) (mg/l)						3.56	1.04		0.962	0.612	0.687	0.812	-
K.-N (filtrate) (mg/l)						0.268	0.225		0.223	0.320	0.425	0.406	-
CO ₂ (mg/l)						6.3	6.9		6.9	9.8	10.2	10.3	9.4
DOC (mg/l)						3.7	4.1		4.0	3.8	3.8	4.0	3.7
Chlorophyll a (μg/l)						355.9	98.6		86.7	57.2	56.7	58.1	51.2
Chlorophyll b (μg/l)						0	0		1.2	4.5	2.1	2.4	2.3
Pheophytine a (μg/l)						27.3	24.7		29.0	19.9	19.5	13.5	11.8
S.S. (dry weight) (mg/l)						47.5	27.7		18.5	10.1	11.6	13.2	7.6
POC (mg/l)						17.54	6.33		5.62	3.10	2.91	2.91	2.84
POC (%)						36.9	22.8		30.3	30.5	25.1	22.0	37.3
PON (mg/l)						3.31	1.05		0.89	0.58	0.56	0.55	0.52
PON (%)						7.0	3.8		4.8	5.7	4.8	4.2	6.8
C/N						5.3	6.1		6.3	5.3	5.2	5.3	5.5
A.G.P. (mg/l)						57.7	14.7		9.4	7.1	9.2	9.9	8.1
Total Hetero. Bac. (No./ml)						9.0×10 ⁵	1.1×10 ⁵		4.0×10 ⁵	2.6×10 ⁵	5.2×10 ⁵	3.6×10 ⁵	1.0×10 ⁵
Total Bac. (No./ml)													
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)						11.9	6.5		5.6	5.2			3.4
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)						6.9	5.2		4.4	4.0			2.3
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)						5.0	1.3		1.2	1.2			1.1

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 19

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:15~	11:40~		12:10~	12:45~			13:25~
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ			晴れ
Air Temp. (°C)					31.0							
Depth (m)					1.8	3.5		4.7	6.5			7.5
Transparency (cm)					30	51		65	75			115
Transparency* (cm)					17	24		32	33	36	39	49
Water Temp. (°C) 0m					26.7	27.4		26.6	27.6			27.1
1					24.5	26.6		25.9	25.8			26.6
2					(24.0)	25.4		25.3	25.2			25.5
3						24.5		25.3	24.8			25.4
4						(24.3)		24.6	24.7			25.3
5								(24.5)	24.7			25.3
6									26.6			25.3
7									(24.6)			(24.6)
D.O. (mg/l) 0m					12.2	11.8		10.0	10.5			9.3
1					9.5	11.6		9.9	9.6			9.3
2					(7.5)	7.2		7.6	6.1			8.2
3						5.3		6.8	5.7			7.3
4						(4.8)		4.3	4.5			6.8
5								(1.7)	3.7			6.6
6									(1.8)			5.8
7												3.5
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					198	226		268	282	298	284	349
pH (colorimetry)					9.7	9.8		9.4	9.4	8.7	7.6	8.9
pH (pH meter)					9.95	10.11		9.70	9.62	8.91	8.32	9.13
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.535	0.390		0.190	0.225	0.212	0.232	0.130
T.P (filtrate) (mg/l)					0.050	0.070		0.048	0.059	0.061	0.048	0.031
NH ₄ -N (mg/l)					0.100	0.080		0.050	0.050	0.045	0.065	0.035
NO ₂ -N (mg/l)					0.007	0.006		0.006	0.006	0.006	0.007	0.006
NO ₃ -N (mg/l)					0.120	0.062		0.030	0.040	0.060	0.060	0.060
K.-N (total) (mg/l)					2.65	1.60		0.988	1.06	~	0.725	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.356	0.425		0.350	0.413	~	0.544	-
CO ₂ (mg/l)					4.4	4.8		6.8	6.9	8.8	9.4	8.5
DOC (mg/l)					4.5	4.7		4.3	4.1	4.5	4.4	4.0
Chlorophyll a (μg/l)					251.8	123.8		67.5	67.5	68.4	61.1	34.4
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		0.9	0	0.7	3.1	2.1
Pheophytine a (μg/l)					9.3	4.9		25.3	16.2	14.5	23.9	11.1
S.S. (dry weight) (mg/l)					43.7	29.6		17.7	18.0	15.0	16.1	7.7
POC (mg/l)					14.91	9.51		5.34	5.25	3.64	3.10	3.13
POC (%)					34.2	32.1		30.2	29.2	24.3	19.2	40.5
PON (mg/l)					2.44	1.31		0.71	0.72	0.77	0.58	0.44
PON (%)					5.6	4.4		4.0	4.0	5.1	3.6	5.7
C/N					6.1	7.3		7.5	7.3	4.7	5.4	7.1
A.G.P. (mg/l)												
Total Hetero. Bac. (No./ml)					7.2×10 ³	1.1×10 ³		3.9×10 ²	1.6×10 ³	7.5×10 ³	4.2×10 ³	1.3×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					11.9	9.6		4.4	5.8			2.1
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					8.5	6.7		2.5	3.6			0.5
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					3.4	2.9		1.9	2.2			1.6

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 23

Item	Station No.										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sampling Time					11:46~	11:30~		11:00~	10:20~		
Weather					晴れ	晴れ		晴れ	晴れ		
Air Temp. (°C)										10:00~	
Depth (m)										晴れ	
Transparency (cm)					40	75		100	85		
Transparency*(cm)					19	26		33	39		
Water Temp.(°C)0m					29.9	29.8		28.8	28.3	40	
1					29.8	29.7		28.7	28.2	32	
2					27.9	29.3		28.4	27.9	42	
3					(27.2)	27.3		27.2	27.9		
4						(26.0)		27.0	27.8		
5								26.6	27.5		
6								(25.4)	26.2		
7									(25.8)		
D.O. (mg/l) 0m					15.4	13.0		12.1	9.5		
1										9.3	
2											
3									9.6		
4											
5											
6											
7									7.3		
Light Intensity (lux) 0m											
0.5											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
Conductivity(μS/cm)					212	251		255	285	287	
pH (colorimetry)					9.9	9.4		9.6	9.0	8.9	
pH (pH meter)					10.31	10.00		9.82	9.23	9.18	
PO4- P (mg/l)										8.4	
T.P (total) (mg/l)					0.449	0.249		0.170	0.160	0.152	
T.P (filtrate) (mg/l)					0.090	0.049		0.038	0.060	0.049	
NH4- N (mg/l)					0.070	0.065		0.065	0.030	0.045	
NO2- N (mg/l)					0.006	0.007		0.006	0.005	0.005	
NO3- N (mg/l)					0.030	0.026		0.030	0.022	0.022	
K.- N (total) (mg/l)					2.08	1.19		0.988	0.913	0.850	
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.344	0.444		0.425	0.506	0.356	
CO2 (mg/l)					3.6	5.3		6.0	8.5	8.4	
DOC (mg/l)					4.1	4.7		4.4	4.4	4.2	
Chlorophyll a (μg/l)					149.3	65.0		63.5	38.6	40.7	
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		0	0.2	0.9	
Pheophytine a (μg/l)					9.3	12.1		4.1	20.5	10.5	
S.S.(dry weight) (mg/l)					35.9	17.9		15.4	8.6	14.0	
POC (mg/l)					12.87	6.11		5.40	3.37	3.45	
POC (%)					35.8	34.1		35.2	39.1	24.6	
PON (mg/l)					1.78	0.86		0.72	0.52	0.51	
PON (%)					5.0	4.8		4.7	6.1	3.6	
C/N					7.2	7.1		7.5	6.4	6.7	
A.G.P. (mg/l)					35.0	14.5		12.5	13.1	14.0	
Total Hetero. Bac. (No./ml)					9.0×10^3	1.4×10^3		2×10^2	9×10^2	3.6×10^3	
Total Bac. (No./ml)										5.3×10^3	
Gross Production(g O ₂ /m ³ /day)					11.4	6.1		4.8	3.1		
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.6	4.0		2.4	1.5		
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					3.8	2.1		2.4	1.6		
										2.7	
										1.2	
										1.5	

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 26

Item	Station No.											
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time						11:20~	11:45~		12:10~	12:45~		13:00~
Weather						曇り	曇り		曇り	曇り		曇り
Air Temp. (°C)						23.5						
Depth (m)						1.9	3.0		4.0	6.5		
Transparency (cm)						33	30		50	60		100
Transparency* (cm)						15	18.5		28	39		38
Water Temp. (°C) 0m						25.3	26.7		26.3	26.3		
1						25.3	26.7		26.3	26.3		
2						(25.4)	26.7		26.3	26.3		
3							26.7		26.3	26.3		
4									26.3	26.3		
5										26.3		
6										26.3		
7										(6.5)		
D.O. (mg/l) 0m						9.8	6.7		7.1	6.4		
1						9.8						
2						9.8						
3												
4												
5												
6												
7												
Light Intensity (lux) 0m												
1						0.5						
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)						180	250		281	327		358
pH (colorimetry)						9.2	9.3		9.2	7.8		
pH (pH meter)						9.18	9.10		9.30	8.49		8.41
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)						0.702	0.425		0.291	0.200		0.160
T.P (filtrate) (mg/l)						0.099	0.105		0.055	0.050		0.035
NH ₄ -N (mg/l)						0.092	0.090		0.050	0.070		0.085
NO ₂ -N (mg/l)						0.007	0.006		0.005	0.005		0.004
NO ₃ -N (mg/l)						0.080	0.034		0.040	0.034		0.030
K.-N (total) (mg/l)						3.68	1.55		1.13	0.850		0.688
K.-N (filtrate) (mg/l)						0.325	0.325		0.325	0.313		0.323
CO ₂ (mg/l)						7.6	8.0		8.2	10.2		10.6
DOC (mg/l)						-	-		-	-		-
Chlorophyll a (μg/l)						375.0	122.1		84.7	66.0		51.5
Chlorophyll b (μg/l)						0	0		0.7	0.5		1.6
Pheophytine a (μg/l)						34.7	19.1		27.0	14.4		11.6
S.S. (dry weight) (mg/l)						56.3	33.3		22.0	16.0		12.3
POC (mg/l)						18.28	7.21		5.41	3.62		3.02
POC (%)						32.5	21.6		24.5	22.7		30.7
PON (mg/l)						3.44	1.23		0.82	0.67		0.55
PON (%)						6.1	3.7		3.7	4.2		5.6
C/N						5.3	5.9		6.6	5.4		5.5
A.G.P. (mg/l)												
Total Hetero. Bac. (No./ml)						1.7×10 ⁴	3.1×10 ⁵		5×10 ²	5×10 ²		9×10 ²
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)												
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)												
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)												

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 8. 30

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					11:20~	11:45~		12:00~	12:35~		13:05~	
Weather					曇り	曇り		曇り	曇り		曇り	
Air Temp. (°C)					28.0							
Depth (m)					2.0	3.4		4.5	7.0		6.3	
Transparency (cm)					30	35		50	70		100	
Transparency* (cm)					17	19		26	43	39	31	
Water Temp. (°C) 0m					24.8	25.2		25.0	24.9		25.2	
1					23.7	24.7		25.0	24.9		25.2	
2					22.8	24.3		24.7	24.8		25.2	
3						23.4		24.5	24.6		25.2	
4						(22.7)		24.2	24.5		25.1	
5								(24.2)	24.5		24.7	
6									24.3		24.7	
7									(24.3)		(24.7)	
D.O. (mg/l) 0m					16.6	12.7		11.3	7.4		8.2	
1									-			
2									-			
3									6.9			
4									-			
5									-			
6									4.3			
7												
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					179	245		261	313	319	318	340
pH (colorimetry)					9.8	9.6		9.4	8.4	7.6	7.3	8.6
pH (pH meter)					9.82	9.82		9.63	8.40	8.19	7.56	8.80
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.690	0.569		0.171	0.198	0.225	0.239	0.130
T.P (filtrate) (mg/l)					0.061	0.110		0.115	0.045	0.048	0.060	0.029
NH ₄ -N (mg/l)					0.070	0.072		0.045	0.030	0.040	0.025	0.060
NO ₂ -N (mg/l)					0.007	0.006		0.006	0.007	0.007	0.008	0.006
NO ₃ -N (mg/l)					0.030	0.026		0.030	0.010	0.022	0.030	-
K.-N (total) (mg/l)					3.43	1.48		0.780	0.758	0.655	0.938	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.213	0.088		0.150	0.131	-	0.556	-
CO ₂ (mg/l)					4.5	5.7		6.9	10.1	10.3	11.1	9.5
DOC (mg/l)					4.1	4.5		4.8	4.4	4.3	4.2	4.2
Chlorophyll a (μg/l)					337.3	225.4		116.7	52.7	48.9	53.6	47.0
Chlorophyll b (μg/l)					0.6	1.2		0.3	2.7	3.2	2.2	1.3
Pheophytine a (μg/l)					32.2	29.7		10.8	10.4	17.1	17.4	16.9
S.S. (dry weight) (mg/l)					48.0	45.2		26.5	12.0	11.6	15.4	8.5
POC (mg/l)					19.12	14.65		7.82	3.16	2.87	2.83	2.99
POC (%)					39.8	32.4		29.6	26.4	24.8	18.3	35.2
PON (mg/l)					3.30	2.13		1.12	0.54	0.51	0.50	0.48
PON (%)					6.9	4.7		4.3	4.5	4.4	3.2	5.7
C/N					5.8	6.9		7.0	5.8	5.6	5.6	6.2
A.G.P. (mg/l)					58.5	77.5		46.4	26.1	14.6	39.9	27.3
Total Hetero. Bac. (No./ml)												
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					6.8	9.5		6.0	5.2			3.2
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					2.7	7.0		4.3	4.2			2.5
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					4.1	2.5		1.7	1.0			0.7

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 9. 2

Item	Station No.												
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time						11:00~	11:15~		11:30~	12:00~		12:30~	
Weather						曇り	曇り		曇り	曇り		曇り	
Air Temp. (°C)						23.0			4.2	6.0		6.0	
Depth (m)						2.1	4.0					6.0	
Transparency (cm)						40	30		60	90		110	
Transparency* (cm)						25	17		30	38.5	43.0	48.5	50
Water Temp. (°C) 0m						23.3	25.0		24.4	24.6		24.4	
	1					23.3	25.0		24.4	24.6		24.4	
	2					23.2	24.6		24.3	24.5		24.3	
	3								24.2	24.5		24.3	
	4								22.4	24.1		24.3	
	5									(24.1)		24.3	
	6									(24.3)		24.3	
	7												
D.O. (mg/l) 0m						9.8	13.3		9.8	8.6		9.5	
	1					9.0	13.0		9.6	8.6		9.5	
	2					(7.5)	12.4		9.2	8.4		9.4	
	3						10.5		8.8	8.0		9.2	
	4						4.0		(2.1)	7.4		9.0	
	5						(2.2)			5.6		8.9	
	6									(4.1)		(7.0)	
	7												
Light Intensity (lux) 0m													
	0.5												
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
Conductivity (μS/cm)						133	222		256	282	281	285	310
pH (colorimetry)						8.3	9.8		9.6	7.7	8.2	7.6	8.4
pH (pH meter)						8.36	10.20		9.52	8.83	8.60	8.49	8.79
PO ₄ -P (mg/l)													
T.P (total) (mg/l)						0.365	0.495		0.265	0.115	0.175	0.180	0.120
T.P (filtrate) (mg/l)						0.035	0.075		0.060	0.045	0.040	0.040	0.028
NH ₄ -N (mg/l)						0.125	0.072		0.072	0.045	0.075	0.045	0.049
NO ₂ -N (mg/l)						0.025	0.005		0.005	0.007	0.010	0.020	0.007
NO ₃ -N (mg/l)						0.240	0.030		0.020	0.020	0.020	0.010	-
K.-N (total) (mg/l)						1.79	2.24		1.14	0.931	-	0.744	-
K.-N (filtrate) (mg/l)						0.287	0.306		0.294	0.356	-	0.362	-
CO ₂ (mg/l)						6.5	5.5		8.6	9.9	10.0	10.3	10.0
DOC (mg/l)						3.4	4.3		4.2	4.0	4.1	4.1	4.2
Chlorophyll a (μg/l)						150.1	253.0		106.8	54.1	55.0	49.7	44.2
Chlorophyll b (μg/l)						0	0		0.1	2.0	2.0	2.4	2.0
Pheophytine a (μg/l)						14.8	23.1		9.9	15.0	16.4	22.5	17.8
S.S. (dry weight) (mg/l)						24.5	43.2		21.6	12.0	11.7	10.6	7.8
POC (mg/l)						8.43	14.71		5.97	2.87	2.88	2.62	2.59
POC (%)						34.4	34.1		27.7	23.9	24.5	24.7	33.0
PON (mg/l)						1.60	2.24		0.98	0.50	0.52	0.47	0.47
PON (%)						6.5	5.2		4.6	4.1	4.4	4.5	6.1
C/N						5.3	6.6		6.1	5.8	5.5	5.6	5.4
A.G.P. (mg/l)						42.4	22.1		13.7	11.7	11.7	14.1	9.7
Total Hetero. Bac. (No./ml)						4.8×10 ⁴	6.5×10 ³		1.3×10 ³	1.2×10 ³	5.4×10 ³	2.7×10 ³	1.6×10 ³
Total Bac. (No./ml)													
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)						9.5	10.7		6.5	5.5			3.0
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)						7.8	8.3		5.5	4.8			2.3
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)						1.7	2.4		1.0	0.7			0.7

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 9. 6

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:15~	11:35~			11:50~	12:20~		12:50~
Weather					晴れ	曇り			曇り時々 晴れ	晴れ		晴れ
Air Temp. (°C)					27.0							
Depth (m)					2.5	3.8		4.2	7.0			6.0
Transparency (cm)					75	30		70	95			105
Transparency*(cm)					35	20		34.5	43.5	39	33	>50
Water Temp. (°C) 0m					24.2	26.1		26.6	25.7			26.1
1					21.7	22.8		23.2	23.6			23.7
2					21.0	22.6		23.1	23.3			23.3
3					(21.2)	22.6		23.1	23.2			23.2
4						(22.2)		(23.1)	23.2			23.1
5									23.1			23.1
6									23.1			(23.1)
7									(23.1)			
D.O. (mg/l) 0m					10.0	15.4		11.4	9.8			9.5
1					7.6	8.5		8.7	9.5			10.7
2					4.9	7.9		7.8	7.2			9.4
3					(4.7)	6.8		7.4	6.5			7.6
4						(3.5)		(7.0)	6.3			7.0
5									5.8			6.5
6									5.2			(6.3)
7									(4.5)			
Light Intensity 0m (lux)	0m											
0.5	0.5											
1	1											
2	2											
3	3											
4	4											
5	5											
6	6											
7	7											
Conductivity (μS/cm)					139	230		258	312	305	300	329
pH (colorimetry)					7.4	9.8		9.6	8.6	7.6	7.6	8.5
pH (pH meter)					7.52	10.30		9.68	9.10	8.60	8.23	8.85
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.305	0.720		0.170	0.151	0.260	0.246	0.089
T.P (filtrate) (mg/l)					0.086	0.055		0.070	0.042	0.042	0.070	0.031
NH ₄ -N (mg/l)					0.088	0.085		0.090	0.050	0.040	0.080	0.045
NO ₂ -N (mg/l)					0.030	0.007		0.007	0.007	0.008	0.012	0.007
NO ₃ -N (mg/l)					0.720	0.080		0.042	0.042	0.042	0.030	-
K.-N (total) (mg/l)					1.13	3.53		0.869	0.844	1.03	1.04	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.306	0.369		0.394	0.350	0.456	0.526	-
CO ₂ (mg/l)					6.5	3.3		7.0	8.8	9.5	9.6	9.2
DOC (mg/l)					3.2	4.0		4.2	4.0	4.3	4.1	3.9
Chlorophyll a (μg/l)					85.0	361.6		57.7	57.6	75.1	78.5	32.5
Chlorophyll b (μg/l)					1.2	0		0	0.3	0.9	1.9	0
Pheophytine a (μg/l)					8.2	18.1		16.7	5.2	12.7	14.9	4.9
S.S. (dry weight) (mg/l)					16.0	57.4		15.1	11.4	15.2	17.5	4.4
POC (mg/l)					6.08	22.05		4.30	3.77	3.90	3.96	2.21
POC (%)					38.0	38.4		28.4	33.1	25.6	22.7	50.6
PON (mg/l)					1.09	3.32		0.61	0.63	0.71	0.72	0.34
PON (%)					6.8	5.8		4.0	5.6	4.7	4.1	7.3
C/N					5.6	6.6		7.1	5.9	5.5	5.5	6.9
A.G.P. (mg/l)					45.8	56.6		12.2	22.1	14.1	16.9	6.4
Total Hetero. Bac. (No./ml)					4.1×10 ⁴	1.7×10 ⁴		1.1×10 ³	4.3×10 ³	7.2×10 ³	8.9×10 ³	1.2×10 ³
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					8.2	10.4		4.6	5.1			2.0
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					6.8	6.7		3.7	4.0			1.2
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					1.4	3.7		0.9	1.1			0.8

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 9. 9

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time					11:15~	11:28~		11:44~	12:08~			12:25~
Weather					曇り	曇り		曇り	曇り			曇り
Air Temp. (°C)					29							
Depth (m)												
Transparency (cm)					50	40		70	90			110
Transparency* (cm)					20	23.5		28	38			34
Water Temp. (°C) 0m					24.5	25.5		25.0	25.5			25.0
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
D.O. (mg/l) 0m					7.4	9.4		9.6	8.9			7.3
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μ S/cm)					130	184		241	315			321
pH (colorimetry)					7.2	9.6		9.6	8.8			7.7
pH (pH meter)					7.17	9.18		9.49	8.98			8.41
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.382	0.378		0.327	0.198			0.205
T.P (filtrate) (mg/l)					0.048	0.060		0.048	0.048			0.052
NH ₄ -N (mg/l)					0.085	0.080		0.050	0.040			0.045
NO ₂ -N (mg/l)					0.025	0.015		0.005	0.005			0.007
NO ₃ -N (mg/l)					0.590	0.140		0.030	0.020			0.020
K.-N (total) (mg/l)					1.58	1.73		1.58	1.04			1.11
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.431	0.469		0.550	0.519			0.569
CO ₂ (mg/l)					7.2	6.7		7.5	9.3			10.2
DOC (mg/l)					3.3	3.6		4.0	3.9			4.1
Chlorophyll a (μg/l)					114.7	127.9		115.7	56.0			46.8
Chlorophyll b (μg/l)					0.6	0		0	0.8			1.4
Pheophytine a (μg/l)					19.5	31.7		7.2	10.3			8.5
S.S. (dry weight) (mg/l)					26.0	25.4		25.3	13.4			9.5
POC (mg/l)					7.25	7.01		6.77	3.61			3.05
POC (%)					27.9	27.6		26.7	27.0			32.2
PON (mg/l)					1.38	1.24		1.02	0.58			0.56
PON (%)					5.3	4.9		4.0	4.3			5.9
C/N					5.3	5.7		6.6	6.2			5.5
A.G.P. (mg/l)					21.2	16.2		8.6	8.0			8.4
Total Hetero. Bac. (No./ml)					1.6×10 ⁵	2.3×10 ⁴		4.1×10 ³	5.0×10 ³			1.2×10 ⁴
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					9.5	7.6		7.5	3.4			4.8
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					7.6	6.4		6.0	2.4			3.8
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					1.9	1.2		1.5	1.0			1.0

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 9. 16

Item	Station No.									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sampling Time					11:20~	11:34~		11:49~	12:15~	
Weather					曇り	曇り		曇り	曇り	曇り
Air Temp. (°C)					23					
Depth (m)					2.0	4.0		4.2	7.0	
Transparency (cm)					50	50		63	75	
Transparency* (cm)					26	23.5		23.5	36	34
Water Temp. (°C) 0m					23.5	24.2		24.6	24.6	29
1					23.4	24.2		24.6	24.5	
2					23.0	24.2		24.5	24.5	
3					(22.9)	24.2		24.5	24.5	
4						24.1		24.4	24.4	
5									24.4	
6									24.4	
7									(24.4)	
D.O. (mg/l) 0m					10.8	9.7		9.4	8.3	
1					11.0	9.8		9.4	8.0	
2					8.5	9.7		9.4	8.0	
3						9.5		9.2	7.5	
4						7.0		9.0	7.3	
5								(8.0)	7.0	
6									5.9	
7									(2.0)	
Light Intensity 0m (lux)										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Conductivity (μS/cm)					144	172		250	307	302
pH (colorimetry)					8.4	8.7		9.2	8.2	8.1
pH (pH meter)					8.20	9.01		9.35	8.77	8.59
PO ₄ -P (mg/l)										
T.P (total) (mg/l)					0.422	0.428		0.330	0.240	0.225
T.P (filtrate) (mg/l)					0.075	0.060		0.077	0.050	0.055
NH ₄ -N (mg/l)					0.120	0.118		0.090	0.093	0.050
NO ₂ -N (mg/l)					0.025	0.022		0.007	0.007	0.008
NO ₃ -N (mg/l)					0.760	0.356		0.020	0.030	0.030
K.-N (total) (mg/l)					1.94	1.86		0.906	1.03	0.856
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.469	0.544		0.606	0.612	0.794
CO ₂ (mg/l)					5.6	6.2		7.8	9.8	10.0
DOC (mg/l)					3.0	3.4		4.0	4.1	4.3
Chlorophyll a (μg/l)					143.0	158.7		108.4	68.0	68.4
Chlorophyll b (μg/l)					0.2	0		0	0.7	1.8
Pheophytine a (μg/l)					20.3	15.4		5.1	5.5	5.3
S.S. (dry weight) (mg/l)					25.4	29.3		25.7	16.3	15.0
POC (mg/l)					9.52	9.12		6.08	3.80	3.76
POC (%)					37.5	31.1		23.6	23.3	25.0
PON (mg/l)					1.71	1.66		0.90	0.64	0.64
PON (%)					6.7	5.7		3.5	4.0	4.3
C/N					5.6	5.5		6.7	5.9	5.8
A.G.P. (mg/l)										
Total Hetero. Bac. (No./ml)					2.5×10 ⁴	7.0×10 ³		1.0×10 ³	1.2×10 ³	2.2×10 ³
Total Bac. (No./ml)										4.0×10 ³
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					8.6	7.5		6.6	5.6	
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					6.9	6.6		4.5	5.0	
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					1.7	0.9		2.1	0.6	

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 9. 20

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	
Sampling Time					11:32~	11:50~		12:00~	12:28~		12:55~	
Weather					曇り	曇り		曇り	曇り		曇り	
Air Temp. (°C)					23							
Depth (m)					2.3	4.0		4.0	6.8		6.5	
Transparency (cm)					70	40		45	50		80	
Transparency* (cm)					31	14		16	27	34	30	
Water Temp. (°C) 0m					23.1	23.7		24.1	24.4		24.3	
1					22.8	23.4		23.8	24.1		24.3	
2					21.5	23.2		23.6	23.8		24.3	
3						23.2		23.5	23.8		23.7	
4						23.1		23.5	23.8		23.7	
5									23.8		23.7	
6									23.8		23.7	
7									(23.2)		(23.7)	
D.O. (mg/l) 0m					12.5	12.8		12.6	11.6		11.0	
1					11.7	11.9		11.7	11.1		10.9	
2					6.6	10.3		9.2	7.6		9.8	
3						9.2		8.9	7.2		9.1	
4						(7.8)		(9.0)	7.2		8.5	
5									7.2		8.4	
6									6.6		8.1	
7									5.8		(8.0)	
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)					150	172		241	294	319	330	339
pH (colorimetry)					9.8	9.7		9.6	9.6	8.2	7.7	9.1
pH (pH meter)					9.51	9.60		9.71	9.41	8.65	8.39	9.11
PO ₄ -P (mg/l)												
T.P (total) (mg/l)					0.281	0.562		0.400	0.330	0.280	0.220	0.160
T.P (filtrate) (mg/l)					0.059	0.049		0.089	0.089	0.061	0.060	0.055
NH ₄ -N (mg/l)					0.050	0.080		0.040	0.048	0.010	0.050	0.005
NO ₂ -N (mg/l)					0.024	0.021		0.009	0.009	0.009	0.011	0.009
NO ₃ -N (mg/l)					0.520	0.160		0.025	0.030	0.030	0.020	0.020
K.-N (total) (mg/l)					1.43	2.73		1.49	1.56	0.944	0.944	-
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.231	0.325		0.353	0.394	0.399	0.388	-
CO ₂ (mg/l)					4.5	4.8		5.8	7.6	9.9	10.0	9.1
DOC (mg/l)					2.9	3.6		4.5	4.4	4.2	4.2	4.2
Chlorophyll a (μg/l)					146.3	255.9		158.0	131.5	74.8	66.0	56.4
Chlorophyll b (μg/l)					0	0		0	0	0.9	1.7	1.5
Pheophytine a (μg/l)					38.7	21.4		18.1	18.1	22.4	15.7	16.0
S.S. (dry weight) (mg/l)					21.3	42.5		34.9	26.2	15.5	14.6	12.6
POC (mg/l)					8.30	13.30		9.99	7.93	4.06	3.47	3.77
POC (%)					39.0	31.3		28.7	30.2	26.3	23.8	29.8
PON (mg/l)					1.43	2.39		1.48	1.16	0.72	0.62	0.52
PON (%)					6.7	5.6		4.2	4.4	4.7	4.2	4.1
C/N					5.8	5.6		6.8	6.8	5.6	5.6	7.3
A.G.P. (mg/l)					74.4	55.4		38.9	36.3	21.7	27.8	21.8
Total Hetero. Bac. (No./ml)					2.3×10 ⁹	2.0×10 ⁹		1.7×10 ⁹	1.0×10 ⁹	2.0×10 ⁹	2.9×10 ⁹	8.1×10 ⁹
Total Bac. (No./ml)												
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					5.9	7.2		7.7	7.5			4.2
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					5.1	4.9		6.3	6.1			2.5
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					0.8	2.3		1.4	1.4			1.7

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 10. 29

Item	Station No.									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sampling Time					11:10~	11:35~		11:55~	12:25~	
Weather					快晴	快晴		快晴	晴れ	
Air Temp. (°C)					18.5					
Depth (m)					2.2	3.8		3.9	3.8	
Transparency (cm)					80	80		70	70	
Transparency* (cm)					34.5	43		31	31	
Water Temp. (°C) 0m					14.1	15.7		17.1	17.1	
1					13.5	15.6		16.5	17.1	
2					12.9	15.3		16.1	17.1	
3						15.2		15.9	16.7	
4						(15.2)		(16.0)	(16.3)	
5										
6										
7										
D.O. (mg/l) 0m					6.5	7.8		8.6	9.8	9.8
1					6.1	7.6		8.4	9.8	9.5
2					5.8	7.4		8.0	9.8	9.4
3						6.8		7.9	9.5	9.2
4						(5.5)		(6.2)	9.2	8.5
5									4.0	7.5
6										
7										
Light Intensity 0m					54000	45000		47000	56000	
(lux) 0.5					14000	14000		11000	10000	
1					2700	5000		2900	2000	
2					350	680		240	150	
3										
4						110		17		
5										
6										
7										
Conductivity (μS/cm)					170	128		170	196	226
pH (colorimetry)					7.0	7.0		7.6	8.6	7.2
pH (pH meter)										
PO ₄ -P (mg/l)										
T.P (total) (mg/l)					0.160	0.130		0.205	0.285	0.213
T.P (filtrate) (mg/l)					0.055	0.023		0.030	0.020	0.019
NH ₄ -N (mg/l)					0.085	0.090		0.045	0.042	0.050
NO ₂ -N (mg/l)					0.045	0.030		0.057	0.043	0.050
NO ₃ -N (mg/l)					1.54	0.900		0.400	0.220	0.060
K.-N (total) (mg/l)					0.675	0.714		1.26	1.62	1.23
K.-N (filtrate) (mg/l)					0.244	0.369		0.294	0.288	0.375
CO ₂ (mg/l)					8.7	7.5		7.7	8.3	10.2
DOC (mg/l)					2.0	2.3		3.0	3.1	3.7
Chlorophyll a (μg/l)					6.8	43.7		62.7	131.0	75.6
Chlorophyll b (μg/l)					0	3.6		0	0	2.0
Pheophytine a (μg/l)					2.2	13.3		10.7	15.9	9.6
S.S. (dry weight) (mg/l)					12.1	9.7		17.0	24.7	14.1
POC (mg/l)					1.11	2.26		4.00	7.72	4.32
POC (%)					9.2	23.3		23.5	31.3	30.7
PON (mg/l)					0.14	0.36		0.66	1.31	0.76
PON (%)					1.2	3.7		3.9	5.32	5.4
C/N					7.7	6.3		6.1	5.9	5.7
A.G.P. (mg/l)					34.5	40.4		38.2	27.4	18.4
Total Hetero. Bac. (No./ml)					5.5×10 ⁴	6.5×10 ³		5.0×10 ³	5.6×10 ³	3.8×10 ³
Total Bac. (No./ml)										
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.7	2.0		1.5	2.5	2.0
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.65	1.2		0.9	1.0	1.3
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					0.05	0.8		0.6	1.5	0.7

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 11. 16

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time	10:20~	14:15~	13:10~	12:30~	12:10~	11:45~	11:20~	11:10~	11:50~			12:45~
Weather	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り			曇り
Air Temp. (°C)	11.8	10.9	12.2	11.6	11.1	—	9.5	10.5	11.0			10.0
Depth (m)			1	1	2	3.5	4.0	4.2	6.5			5.5
Transparency (cm)			100	100	70	80	85	60	60			60
Transparency* (cm)			>40	>40	30.5	34	30	27.5	33	35	31.5	34.5
Water Temp. (°C) 0m	8.1	13.6	10.6	10.6	10.8	11.4	11.7	11.4	11.9			12.1
1	8.1		8.5	9.8	10.5	10.8	11.3	11.3	11.8			11.9
2	8.1				10.2	10.45	11.25	11.2	11.7			11.7
3						9.9	11.2	11.1	11.6			11.6
4							12.3	11.1	11.6			11.6
5									11.5			11.5
6									11.6			(11.5)
7									(11.6)			
D.O. (mg/l) 0m	10.2	7.3	8.5	9.6	9.9	10.4	11.5	12.0	13.7			13.0
1								12.3	14.0			13.5
2								12.3	14.0			13.0
3								12.2	13.7			12.5
4								12.0	13.3			12.0
5									12.8			11.8
6									12.4			
7												
Light Intensity (lux) 0m								20000	29000			21000
0.5								5500	8000			3600
1								1300	2200			1050
2								100	225			130
3									25			18.5
4									2.6			2.5
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)	150	238	192	150	152	160	189	190	250	260	255	273
pH (colorimetry)	7.0~7.2	7.3	7.2	7.1	7.4	7.4	8.2~8.4	8.2	8.6	8.4	8.3	8.4
pH (pH meter)												
PO4-P (mg/l)	0.080	0.352	0.122	0.048	0.029	0.026	0.013	0.010	0.003	0.001	0.001	—
T.P (total) (mg/l)	0.128	0.496	0.314	0.064	0.086	0.086	0.093	0.093	0.070	0.070	0.083	0.074
T.P (filtrate) (mg/l)												
NH4-N (mg/l)	0.43	0.45	0.19	0.12	0.26	0.11	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>
NO2-N (mg/l)	0.021	0.102	0.054	0.028	0.033	0.035	0.022	0.021	0.002>	0.002>	0.002>	0.002>
NO3-N (mg/l)	1.46	1.64	1.51	1.39	1.04	0.89	0.33	0.24	0.010	0.010	0.060	0.030
K-N (total) (mg/l)												
org.-N (mg/l)	0.32	0.56	0.41	0.30*	0.25	0.23	0.30*	0.19	0.29	0.26	0.28*	0.34
CO2 (mg/l)	8.9		11.7	9.5	8.0	7.7	8.5	7.7	10.0	10.2	10.0	9.9
DOC (mg/l)	2.0	4.8	3.1	2.6	2.2	2.3	3.1	3.2	3.8	3.9	3.8	3.8
Chlorophyll a (μg/l)	0.7	0.8	1.0	0.7	24	54	83	96	83	79	88	85
Chlorophyll b (μg/l)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	2.5	1.7	3.9	2.5	3.1	3.4	3.2
Pheophytine a (μg/l)	—	—	—	—	5.5	15.7	9.9	10.2	15.3	12.0	8.2	12.7
S.S. (dry weight) (mg/l)	4.8	4.4	4.9	3.2	9.4	13.3	19.6	20.9	14.7	12.5	16.6	14.8
POC (mg/l)	1.04	1.45	1.21	0.49	1.69	2.83	4.21	4.72	5.10	4.46	4.32	4.68
POC (%)	21.6	46.7	24.6	15.3	17.9	21.2	21.4	22.6	34.7	35.6	26.1	31.6
PON (mg/l)	0.14	0.25	0.14	0.06	0.25	0.45	0.66	0.76	0.88	0.79	0.77	0.79
PON (%)	2.9	5.6	2.7	1.9	2.6	3.4	3.4	3.6	6.0	6.4	4.6	5.3
C/N	7.4	8.3	8.9	8.1	6.8	6.3	6.3	6.2	5.8	5.6	5.7	5.9
A.G.P. (mg/l)	85.4	171.0	82.4	86.1	43.7	24.7	33.9	19.2	12.8	16.4	13.3	18.1
Total Hetero. Bac. (No./ml)	3.0×10 ⁴	1.9×10 ⁵	8.0×10 ⁴	2.6×10 ⁴	8.3×10 ⁴	3.3×10 ⁴	3.2×10 ⁴	4.7×10 ³	1.3×10 ⁴	1.5×10 ⁴	4.6×10 ³	5.2×10 ³
Total Bac. (No./ml)	2.2×10 ⁵	1.3×10 ⁶	1.2×10 ⁶	7.4×10 ⁵	7.8×10 ⁵	1.4×10 ⁶	1.7×10 ⁶	2.3×10 ⁶	3.5×10 ⁶	3.1×10 ⁶	3.2×10 ⁶	2.6×10 ⁶
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					1.05	1.70		1.99	2.06			2.24
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.22	0.78		1.38	1.63			1.53
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					0.83	0.92		0.51	0.45			0.71

* バラツキ大

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1976. 12. 16

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sampling Time	11:00~ 11:25~			13:40~ 13:15~		12:45~ 12:07~		10:55~ 11:35~				
Weather	曇り	曇り		曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り		
Air Temp. (°C)	7.2	8.3		7.0	6.9	7.5	8.2	9.0	9.5			
Depth (m)	2.0	0.5		1.4	2.2	3.8	4.0	4.?				
Transparency (cm)				>100	95	100	100	110	100			
Transparency* (cm)				42	27	29	31	29	34			
Water Temp. (°C) 0m	6.2	11.3		7.7	7.15	7.2	7.35	7.3	7.5			
1				7.5	7.15	7.05	7.30	7.3	7.5			
2	6.2			(7.55)	7.10	7.0	7.25	7.3	7.5			
3				(7.45)	6.9	7.20	7.2	7.4				
4					(7.1)	7.20	7.3	7.5				
5								7.5				
6								7.5				
7								7.5				
D.O. (mg/l) 0m								12.4	11.3			
1								12.6	11.6			
2								12.5	11.7			
3								12.3	11.7			
4								11.8	11.5			
5									11.3			
6									11.2			
7												
Light Intensity (lux) 0m												
0.5												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
Conductivity (μS/cm)	120	269		150	111	161	190	199	261	255	250	253
pH (colorimetry)				7.2	8.9	9.1	9.4	9.6	8.9	8.8	8.6	8.8
pH (pH meter)				7.23	8.92	8.9 ₁	9.2 ₇	9.3 ₁	8.9 ₂	8.8 ₂	8.6 ₁	8.96
PO ₄ -P (mg/l)	0.070	0.406		0.083	0.035	0.019	0.016	0.013	0.006	0.006	0.006	0.006
T.P (total) (mg/l)	0.102	0.717		0.109	0.115	0.096	0.077	0.093	0.074	0.074	0.074	0.064
T.P (filtrate) (mg/l)												
NH ₄ -N (mg/l)	0.28	0.82		0.16	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>
NO ₂ -N (mg/l)	0.062	0.008		0.012	0.008	0.013	0.007	0.012	0.002>	0.002>	0.002>	0.002>
NO ₃ -N (mg/l)	1.10	0.650		0.836	0.650	0.436	0.200	0.236	0.020	0.020	0.010	0.010
K.-N (total) (mg/l)												
org.-N (mg/l)	0.48	0.84		0.32	0.32	0.37	0.35	0.33	0.34	0.33	0.35	0.41
CO ₂ (mg/l)	9.5	19.2		10.6	8.6	8.2	8.5	8.8	10.6	10.4	10.5	10.9
DOC (mg/l)	2.0	7.0		3.3	2.5	2.5	3.3	3.5	4.0	4.0	4.0	3.5
Chlorophyll a (μg/l)	2.3	5.1		2.4	93.8	98.8	90.4	97.1	67.2	70.6	70.5	69.3
Chlorophyll b (μg/l)	0.3	0.7		0.4	1.5	3.7	4.6	4.1	2.0	2.3	1.6	2.3
Pheophytine a (μg/l)	-	-		-	27.9	26.5	10.1	11.2	4.6	11.2	7.2	10.8
S.S. (dry weight) (mg/l)	4.2	12.6		3.9	13.6	12.3	11.7	13.0	9.8	9.7	9.2	9.3
POC (mg/l)	0.65	3.44		0.60	3.99	3.84	3.96	4.05	3.69	3.63	3.51	3.56
POC (%)	15.4	27.3		15.3	29.3	31.2	33.8	31.1	37.7	37.4	38.2	38.3
PON (mg/l)	0.11	0.52		0.10	0.69	0.64	0.68	0.700	0.62	0.62	0.61	0.61
PON (%)	2.5	4.1		2.7	5.1	5.2	5.8	5.4	6.3	6.4	6.6	6.6
C/N	6.2	6.6		5.7	5.8	6.0	5.8	5.8	6.0	5.9	5.8	5.8
A.G.P. (mg/l)	53.1	131.0		61.3	58.1	47.6	33.7	38.8	11.8	15.5	23.1	20.1
Total Hetero. Bac. (No./ml)	2.4×10 ⁴	1.2×10 ⁵		1.2×10 ⁴	1.7×10 ⁴	1.1×10 ⁴	7.3×10 ³	4.7×10 ³	7.2×10 ³	3.0×10 ³	1.2×10 ³	4.0×10 ³
Total Bac. (No./ml)	1.4×10 ⁶	2.4×10 ⁶		1.6×10 ⁶	1.6×10 ⁶	2.6×10 ⁶	3.1×10 ⁶	3.1×10 ⁶	2.7×10 ⁶	3.4×10 ⁶	2.1×10 ⁶	2.1×10 ⁶
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					1.27	0.86		0.89	0.59			0.54
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.26	-0.12		0.10	0.17			-0.10
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					1.01	0.98		0.79	0.42			0.64

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1977. 1. 19

Item	Station No.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time	12:00	11:35		13:40	13:20	13:00	12:35	10:50	11:30			12:20
Weather	曇り	曇り		晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り/雪	雪			曇りのち晴れ
Air Temp. (°C)		1		6.0	6.0	7.0	7.5	1.5	2.0			2.5
Depth (m)	2.1			1.5	0.85	3.4	4.5	約4	6.6			5
Transparency (cm)				70	85	90	90	105	130			180
Transparency*(cm)				-	33	29	30	25	31	33	38	50<
Water Temp. (°C)0m	4.0	10		4.20	3.72	3.65	3.5	3.3	3.2			3.2
1				4.1	3.72	3.6	3.4	3.3	3.2			3.2
2					3.99	3.58	3.4	3.3	3.2			3.2
3						3.58	3.4	3.3	3.2			3.2
4							4.0	(3.4)	3.2			3.2
5							(4.1)		3.2			(3.2)
6									(3.2)			
7												
D.O. (mg/l) 0m	10.56	3.87		9.67	10.6	10.7	12.0	13.2	13.2			13.2
1				9.47	10.4	10.7	11.4	13.4	13.0			12.3
2				9.20	10.0	10.7	11.7	13.3	13.0			12.3
3						10.0	11.7	13.4	13.0			12.2
4							9.3	(13.0)	13.0			12.3
5							(9.7)		12.9			(12.1)
6									(12.7)			
7												
Light Intensity 0m (lux)								9000	10000			59000
0.5								2800	3500			32000
1								1300	2200			21500
2								310	840			9500
3								94	330			4400
4									140			2100
5									62			
6												
7												
Conductivity (μS/cm)	141	300		161	167	185	205	222	260	265	265	290
pH (colorimetry)	7.1	7.0		7.3	8.4	8.9	9.1	9.2	7.8	7.8	7.6	7.3
pH (pH meter)												
PO4- P (mg/l)	0.186	0.691		0.058	0.016	0.006	0.006	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
T.P (total) (mg/l)	0.342	1.238		0.182	0.189	0.163	0.086	0.090	0.054	0.051	0.064	0.045
T.P (filtrate) (mg/l)												
NH4- N (mg/l)	1.92	1.38		0.46	0.16	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04
NO2- N (mg/l)	0.022	0.099		0.022	0.017	0.025	0.014	0.013	0.009	0.002>	0.002>	0.002>
NO3- N (mg/l)	0.88	0.34		0.48	0.36	0.12	0.08	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
K.- N (total) (mg/l)												
org.- N (mg/l)	(0.08)?	0.96		0.18	0.16	0.17	0.23	0.27	0.20	0.19	0.27	0.29
CO2 (mg/l)	12.0	23.6		10.4	9.0	8.7	8.0	8.7	10.4	10.6	10.5	11.4
DOC (mg/l)	4.7	7.6		2.2	2.1	2.7	2.9	3.2	3.9	3.4	3.5	3.5
Chlorophyll a (μg/l)	3.0	7.0		22.8	37.4	82.8	81.5	85.5	47.8	49.5	45.1	23.4
Chlorophyll b (μg/l)	0	0.8		0.7	0.9	0	1.9	0	0.9	1.6	1.7	2.1
Pheophytine a (μg/l)	1.7	1.4		6.9	6.0	2.3	0.1	3.9	4.7	2.9	3.5	9.0
S.S. (dry weight) (mg/l)	30.6	21.3		8.7	11.9	13.6	12.8	13.2	10.4	10.1	10.0	4.9
POC (mg/l)	3.83	8.33		1.83	2.78	3.95	4.00	4.10	3.12	3.10	3.04	2.02
POC (%)	12.5	39.1		21.0	23.4	29.0	31.3	31.1	30.0	30.8	30.4	41.2
PON (mg/l)	0.53	1.46		0.26	0.41	0.60	0.55	0.54	0.42	0.41	0.39	0.26
PON (%)	1.7	6.9		3.0	3.5	4.4	4.3	4.1	4.0	4.1	3.9	5.3
C/N	7.2	5.7		6.9	6.7	6.6	7.3	7.6	7.5	7.6	7.7	7.8
A.G.P. (mg/l)	56.8	103.0		27.2	27.8	21.3	11.2	10.6	6.5	8.0	6.5	7.3
Total Hetero. Bac. (No./ml)	5.1×10 ⁴	2.2×10 ⁵		3.7×10 ⁴	6.1×10 ⁴	4.7×10 ⁴	1.8×10 ⁴	1.6×10 ⁴	5.2×10 ³	9.5×10 ³	6.4×10 ³	1.7×10 ³
Total Bac. (No./ml)	9.4×10 ⁶	5.0×10 ⁶		3.5×10 ⁶	5.0×10 ⁶	7.5×10 ⁶	6.0×10 ⁶	5.6×10 ⁶	3.4×10 ⁶	3.1×10 ⁶	2.9×10 ⁶	1.4×10 ⁶
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					1.00	0.85		0.88	0.34			-0.13
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.62	0.25		0.21	-0.13			-0.35
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					0.38	0.60		0.67	0.47			0.22

RESEARCH DATA IN THE TAKAHAMAIRI

Date 1977. 3. 3

Item	Station No.										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Sampling Depth (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0
Sampling Time	10:35	11:15	13:15	12:55	12:25	12:00		10:55	11:30		12:10
Weather	曇り	曇り	小雨	小雨	曇り時々小雨	曇り		小雨	小雨		小雨
Air Temp. (°C)	10.2	9.7	8.0		9.8			8.0	7.5		6.5
Depth (m)	3	0.3	1.1	2.0	3.5	4.0		4.0	>6m		>5.0
Transparency (cm)				105	100	95		95	140		150
Transparency* (cm)			44	33	26			24	46	45	46
Water Temp. (°C) 0m	8.05	10.72	9.23	9.21	8.22	7.50		7.3	6.3		6.3
1	8.05	(10.72)	9.31	9.20	8.20	7.44		7.3	6.4		6.2
2	8.06		(9.20)	(9.13)	8.12	7.40		7.3	6.3		6.2
3	(8.05)				8.14	7.22		7.2	6.3		6.1
4					(7.98)	(7.20)		7.2	6.2		6.0
5								(7.1)	6.2		6.0
6									6.2		(6.0)
7									(6.2)		
D.O. (mg/l) 0m	8.7	6.4	7.2	11.7	13.2	10.8		12.8	10.7		9.7
1			5.0	11.5	13.3	12.0		12.3	10.7		9.5
2				11.3	13.2	11.0		12.3	10.7		9.5
3				10.0	13.4	10.5		12.3	10.7		9.6
4					12.0	9.8		12.0	10.7		9.6
5						(2.2)		(10.6)	10.5		9.5
6									10.3		(9.3)
7									(10.1)		
Light Intensity 0m (lux)								14000	9800		7900
0.5								5000	5900		4200
1								2300	4700		2800
2								430	2200		1350
3								95	1100		760
4								30	590		420
5									290		220
6									165		
7											
Conductivity (μS/cm)	160	225	180	172	207	230		233	275	280	284
pH (colorimetry)	7.1	7.1	7.3	7.5	8.7	8.8		8.0	7.2	7.2	7.2
pH (pH meter)											7.1
PO ₄ -P (mg/l)	0.259	0.384		0.086	0.038	0.019	0.006	0.006	0.003	0.003	0.003
T.P (total) (mg/l)	0.589	0.842		0.237	0.150	0.128	0.090	0.102	0.026	0.038	0.035
T.P (filtrate) (mg/l)											0.032
NH ₄ -N (mg/l)	2.40	1.36		0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>
NO ₂ -N (mg/l)	0.036	0.087		0.009	0.011	0.002>	0.002>	0.002	0.002	0.002	0.002
NO ₃ -N (mg/l)	0.93	0.56		0.34	0.16	0.050	0.050	0.025	-	-	0.050
K.-N (total) (mg/l)											
org.-N (mg/l)	0.76	1.08		0.70	0.18	0.16	0.16	0.24	0.28	0.26	0.36
CO ₂ (mg/l)											0.22
DOC (mg/l)	7.2	6.4		3.1	3.0	3.4	3.3	3.7	3.5	3.5	3.2
Chlorophyll a (μg/l)	3.8	22.5		8.6	40.9	57.7	37.3	46.5	23.7	18.7	20.1
Chlorophyll b (μg/l)	0.8	5.7		0.3	3.9	37.0	2.5	4.2	0.8	1.2	1.7
Pheophytine a (μg/l)	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
S.S. (dry weight) (mg/l)	27.6	20.5		5.35	11.1	14.9	15.4	17.3	7.6	7.3	7.0
POC (mg/l)	4.54	5.50		1.26	2.88	3.71	3.94	3.76	1.61	1.60	1.53
POC (%)	16.4	26.9		23.6	25.9	24.9	25.6	21.8	21.1	21.9	21.9
PON (mg/l)	0.68	0.81		0.22	0.45	0.59	0.52	0.54	0.23	0.24	0.23
PON (%)	2.5	4.0		4.1	4.0	3.9	3.4	3.1	3.1	3.3	3.3
C/N	6.7	6.8		5.7	6.5	6.3	7.6	7.0	6.9	6.6	6.6
A.G.P. (mg/l)	80.3	83.1		47.6	21.8	8.9	7.9	7.2	9.7	5.3	8.0
Total Hetero. Bac. (No./ml)	1.8×10 ⁵	5.0×10 ⁵		2.0×10 ⁵	7×10 ³	1.8×10 ⁴	1.4×10 ⁴	1.5×10 ⁴	1.2×10 ³	6.0×10 ³	9×10 ²
Total Bac. (No./ml)	1.0×10 ⁷	7.1×10 ⁶		7.4×10 ⁶	1.5×10 ⁶	2.7×10 ⁶	3.6×10 ⁶	3.3×10 ⁶	2.2×10 ⁶	1.6×10 ⁶	1.1×10 ⁶
Gross Production (g O ₂ /m ³ /day)					1.83	2.06		2.18	1.11		0.79
Net Production (g O ₂ /m ³ /day)					0.91	0.99		1.32	0.44		0.66
Respiration (g O ₂ /m ³ /day)					0.92	1.07		0.86	0.67		0.13

4. 調査結果

調査結果を表1に、また植物プランクトンの光-光合成曲線関係を表2と図2に示す。

図2 植物プランクトンの光-光合成曲線

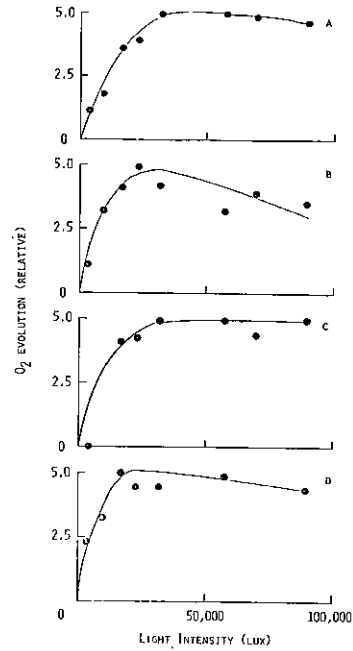


表2 O₂ evolution (relative)

月 日	温度(°C)	光強度 (lux)							
		3,600	9,400	16,800	23,000	32,000	58,000	70,000	90,000
11/16	11.9	2.31	3.22	5.00	4.46	4.46	4.85	—	4.37
12/16	7.8	~0	—	4.11	4.29	4.96	4.96	4.40	5.00
1/17	3.0	1.16	3.25	4.12	5.00	4.26	3.25	3.97	3.54
3/4	6.7	1.17	1.87	3.65	3.98	5.00	4.99	4.88	4.63

参 考 分 献

- 1) Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons (1965): A manual of sea water analysis (2nd ed.), Fish. Res. Board Canada Bulletin No 125.
- 2) 日本水道協会: 上水試験法, 1970年版。
- 3) Solorzano, L. (1969): Determination of ammonia in natural waters by the phenolhy po-chlorite method, Limnol. Oceanogr. Vol 14, p 799 ~ 801.
- 4) Menzel, D. W. and Vaccaro (1964): The measurement of dissolved organic and particulate carbon in sea water, Limnol. Oceanogr, Vol. 9, p 138 ~ 142.
- 5) Lorenzen, J. (1967): Determination of chlorophyll and pheo-pigment: Spectrophotometric equation, Limnol. Oceanogr, Vol. 12, p 343 ~ 346.

資料 2

霞ヶ浦流域を対象とした画像情報としての空中写真および地図

宇都宮 陽二郎（環境情報部）

1. 空中写真

霞ヶ浦流域を対象とした空中写真情報に関しては表示した20余のモノクロ・カラー等の撮影記録がある。その最も古い記録は米軍撮影によるモノクロ航空写真で、撮影年代別にみるとモノクロ、リアルカラー、赤外カラー、マルチスペクトル航空写真等の写真方式から、全く新しいラインスキャナー撮影方式によるMSSデータへと質的变化が認められ、画像情報の多様化が進みつつある。

収集した資料による撮影史を表1に示した。

これらの画像情報の特色は、数値情報が単一事象を表わすのと違い、地表上の特徴を総体として把握し、多事象のデータを提供する点にある。従って、それぞれの撮影時期における環境（景観）を立体的に記録する空中写真情報をもとにすると、それぞれの利用目的に応じた調査、たとえば過去と現在の土地環境の変化の比較にとって重要な資料になる。

図1～21にこれら空中写真類の標定図等を示した。

空中写真各説

1) 米軍撮影関東地区空中写真

撮影範囲：霞ヶ浦流域全域で第2次世界大戦後の日本の復興計画の基礎資料として、本邦全域を撮影した中の一部である。（図1）

撮影計画者：米軍

撮影年月：1947年

2) 国土基本図竜ヶ崎68地区空中写真

撮影範囲： $\frac{1}{6}$ 万地形図竜ヶ崎図幅全域、 $\frac{1}{6}$ 万地形図土浦図幅東半部、 $\frac{1}{6}$ 万地形図玉造図幅西半部で、国土基本図作成の基礎資料として撮影されたものである。（図2）

撮影計画者：建設省国土地理院

撮影作業者：大洋航空K. K.

撮影年月日：1968年6月7日～8月22日

使用カメラ：RC-8

画面距離：F：152.11mm

撮影高度：3300m

表1 霞ヶ浦流域に係る空中写真撮影史

撮影年月	撮影計画者	種類	縮尺	撮影地区番号	撮影地区名
1947	米 軍	モノクロ	1/40000		関東地区
1968 6~8	国土地理院	"	1/20000	KT 68-3 X	竜ヶ崎68地区
1969 5-6	"	"	"	KT 69-2 X	水戸69地区
1970 5	"	"	"	KT 70-1 X	真岡70地区
1972 7-10	"	"	"	KT 72-1 X	土浦18地区
1972 8-9	"	"	"	KT 72-3 X	成田21地区
1973 12	日本住宅公団	リアルカラー	1/10000		研究学園都市 計画地域
1974 5	国土地理院	モノクロ	1/20000	KT 74-3 X	霞ヶ浦北部地区
1975 74-12 75-2	"	リアルカラー	1/8000	CKT 74-10	常陸大宮地区
1975 74-12 75-1	"	"	"	CKT 74-11	真壁地区
1975 74-12 75-3	"	"	"	CKT 74-12	水戸地区
1975 74-12 75-3	"	"	"	CKT 74-13	千葉地区
1975 74-12 75-1	"	"	"	CKT 74-15	東京地区
1975 74-12 75-3	"	"	"	CKT 74-18	前橋地区
1976 8	佐々学(国立公害 研究所副所長)	M ² S		KS 76-1~4	霞ヶ浦地区
1976 8	"	"		KM 76-1	鹿島地区
1976 9~10	国立公害研究所	リアルカラー	1/12500		霞ヶ浦地区
1976 10	"	赤外カラー	1/12300		"
1976 11	佐々学(国立公害 研究所副所長)	マルチスペク トル写真	1/10000 1/5000	BC C 1~2	高浜地区
1976 11	"	M ² S		KS 76-5~7	高浜地区
1976 12	"	"		KM 76-2-1~3	鹿島地区

3) 国土基本図水戸69地区空中写真

撮影範囲 : 1/5万地形図水戸, 那珂湊図幅全域で国土基本図作成の基礎資料として撮影されたものである。(図3)

撮影計画者: 建設省国土地理院

撮影作業者: パシフィック航業K.K.

撮影年月日: 1969年5月8日~6月2日

使用カメラ: RC-8

画面距離 : F : 152.31mm

撮影高度 : 3200 m

4) 国土基本図真岡70地区空中写真

撮影範囲 : $\frac{1}{5}$ 万 地形図真岡図幅全域、ただし、図4の標定図には霞ヶ浦流域内に限定して図示した。

撮影計画者 : 建設省国土地理院

撮影作業者 : 八洲測量株式会社

撮影年月日 : 1970年5月12日

使用カメラ : RC - 8

画面距離 : F : 152.22mm

撮影高度 : 3300 m

5) 国土基本図土浦18地区空中写真

撮影範囲 : $\frac{1}{5}$ 万 地形図真壁、土浦図幅全域および $\frac{1}{5}$ 万 水戸図幅西部で、国土基本図作成の基礎資料として撮影されたものである。(図5)

撮影計画者 : 建設省国土地理院

撮影作業者 : 株式会社航空写真測量所

撮影年月日 : 1972年7月28日~10月8日

使用カメラ : RC - 8 15/23

画面距離 : F : 152.10mm

撮影高度 : 3300 m

6) 国土基本図成田21地区空中写真

撮影範囲 : $\frac{1}{5}$ 万 地形図佐原、潮来図幅全域で国土基本図作成の基礎資料として撮影されたものである。(図6)

撮影計画者 : 建設省国土地理院

撮影作業者 : 株式会社航空写真測量所

撮影年月日 : 1972年8月4日~9月27日

使用カメラ : RC - 8 15/23

画面距離 : F : 152.72mm

撮影高度 : 3000 m

7) 国土基本図霞ヶ浦北部地区空中写真

撮影範囲 : $\frac{1}{5}$ 万 地形図玉造、鉾田図幅全域で国土基本図作成の基礎資料として撮影されたものである。(図7)

撮影計画者 : 建設省国土地理院

撮影作業者 : 国際航業株式会社

撮影年月日 : 1974年5月17日

使用カメラ : RC - 8 15/23

画面距離 : F : 152.22mm

撮影高度 : 3000 m

8) 国土基本図常陸大宮地区空中写真

撮影範囲 : $\frac{1}{5}$ 万 地形図真岡図幅全域、ただし、図8の標定図には霞ヶ浦流域内に限定して図示した。この空中写真撮影は国土庁の国土情報整備事業の基礎資料収集の一環として実施された。

平野部は1/8,000、山地部は1/10,000～1/15,000を標準縮尺として、昭和49～52年の4ケ年間で全国を撮影される。

撮影計画者：建設省国土地理院

撮影作業者：中庭測量K.K.（日本航測K.K.）

撮影年月日：1974年12月27日～1975年2月12日

使用カメラ：RMK

画面距離：F：152.58mm, 153.20mm

撮影高度：1466m

写真縮尺：1/8,000

フィルム：リアルカラー

9) 真壁地区空中写真

撮影範囲：1/5万地形図真壁図幅全域で国土庁の国土情報整備事業の一環として撮影された。(図9)

撮影計画者：建設省国土地理院

撮影作業者：中庭測量株式会社

撮影年月日：1974年12月22日～1975年1月21日

使用カメラ：RC-8

画面距離：F：152.69mm

撮影高度：1600m

写真縮尺：1/8,000

フィルム：リアルカラー

10) 水戸地区空中写真

撮影範囲：1/5万地形図水戸、那珂湊、土浦、玉造、鉾田、竜ヶ崎、佐原、潮来の各図幅全域で、国土庁の国土情報整備事業の一環として撮影されたものである。ただし、霞ヶ浦の湖水部分については沿岸を除き未撮影となっている。(図10)

撮影計画者：建設省国土地理院

撮影作業者：中庭測量株式会社

撮影年月日：1974年12月31日～1975年3月31日

使用カメラ：RC-8

画面距離：F：152.69mm

撮影高度：1200m

写真縮尺：1/8,000

フィルム：リアルカラー

11) 千葉地区空中写真

撮影範囲：1/5万地形図銚子、八日市場図幅全域。ただし、図11の標定図には霞ヶ浦流域に関する補助地域に限り図示した。

撮影計画者：建設省国土地理院

撮影作業者：東北測量株式会社

撮影年月日：1974年12月26日～1975年3月31日

使用カメラ：RC-8

画面距離：F：152.35mm, F：152.50mm

撮影高度 : 1200 m
写真縮尺 : 1 / 8,000
フィルム : リアルカラー

12 東京地区空中写真

撮影範囲 : 1/6万 地形図野田図幅全域, ただし, 図12の標定図には霞ヶ浦流域に関する補助地域に限り図示した。この航空写真は国土庁の国土情報整備事業の一環として撮影されたものである。

撮影計画者 : 建設省国土地理院
撮影作業者 : 東北測量株式会社
撮影年月日 : 1974年12月25日~1975年1月31日
使用カメラ : RC - 8
画面距離 : F : 152.00mm, F : 152.50mm
撮影高度 : 1200 m
写真縮尺 : 1 / 8,000
フィルム : リアルカラー

13 前橋地区空中写真

撮影範囲 : 1/6万 地形図壬生, 小山, 水海道, 古河, 鴻ノ巣図幅全域, ただし, 図13の標定図には霞ヶ浦流域に関する補助地域に限り図示した。この航空写真は国土庁の国土情報整備事業の一環として撮影されたものである。

撮影計画者 : 建設省国土地理院
撮影作業者 : 株式会社協同測量社
撮影年月日 : 1974年12月26日~1975年3月2日
使用カメラ : RC - 10, RMK - A, RC - 10
画面距離 : F : 151.61mm, F : 153.20mm, F : 153.02mm
撮影高度 : 1200 m
写真縮尺 : 1 / 8,000
フィルム : リアルカラー

14 研究学園都市計画航空写真

撮影範囲 : 1/6万 地形図土浦図幅内で研究学園都市開発地域と若干の周辺地域が撮影されている。この撮影目的は各時期における学園都市の建設の状況を記録することにある。(図14)

撮影計画者 : 日本住宅公団
撮影作業者 : パシフィック航業株式会社
撮影年月日 : 1973年12月4日~12月5日
使用カメラ : RC - 8
画面距離 : F : 152.72mm
撮影高度 : 5300 ft
写真縮尺 : 1 / 10,000
フィルム : リアルカラー

15 霞ヶ浦地区リアルカラー航空写真

撮影範囲 : 1/6万 地形図真壁図幅東半部, 石岡図幅南西部, 土浦図幅北東部, 玉造図幅北半部にあり,

霞ヶ浦（高浜入）流入河川である菱木川，恋瀬川，園部川，梶無川流域で，一部，北浦を含む。なお，この航空写真は国立公害研究所所内プロジェクト研究の一環として撮影された。（図15）

撮影計画者：環境庁国立公害研究所

撮影作業者：アジア航測株式会社

撮影年月日：1976年9月18日～10月30日

使用カメラ：RMKA

画面距離：F：153.03mm

撮影高度：6400ft～6600ft

写真縮尺：1/12,500

フィルム：KODAK 2445 No 103～104, 121

16) 霞ヶ浦地区赤外カラー航空写真

撮影範囲： $\frac{1}{6}$ 地形図土浦図幅，新治村大畑から玉造図幅，出島村三ツ谷，高浜入をへて，鉾田図幅の北浦湖頭部，大洋村二重作に至る撮影コースと $\frac{1}{6}$ 地形図土浦図幅土浦市柏毛から霞ヶ浦（土浦入）湖頭部，玉造図幅出島村大和田，田伏，高浜入，北浦村稻荷平，鉾田図幅の北浦をへて大洋村札に至る撮影コースのそれぞれ東西の2コースにそって撮影されている。これも国立公害研究所所内プロジェクト研究の一環として撮影された。（図16）

撮影計画者：環境庁国立公害研究所

撮影作業者：アジア航測株式会社

撮影年月日：1976年10月27日

使用カメラ：RMKA

画面距離：F：305.08mm

撮影高度：12,300ft

フィルム：赤外カラー No 2443

17) 高浜地区マルチスペクトル航空写真

撮影範囲： $\frac{1}{6}$ 地形図玉造図幅，高浜入西半部を北西—南東方向に撮影している。これは文部省特定研究，人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究「総合班」研究費により撮影された。（図17）

撮影計画者：佐々学（国立公害研究所副所長）

撮影作業者：株式会社NAC

撮影年月日：1976年11月28日

使用カメラ：MB 490

画面距離：F：150mm

撮影高度：2590ft（C₁～C₂），5000ft（BC）

フィルム：KODAK 2424 E No 93-3

θ/L ， S/L ：30%

18) 霞ヶ浦地区M²S画像

撮影範囲： $\frac{1}{6}$ 地形図玉造図幅，高浜入の北西部を北西—南東方向，南東部を北東—南西方向に撮影している。これは文部省特定研究，人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究「総合班」研究費により撮影された。（図18）

撮影計画者：佐々学（国立公害研究所副所長）

撮影年月日等は表2に示した。

表2 霞ヶ浦地区M²S走査データ表

撮影年月日	コースNo	テープ No	撮影高度	S L C No	B A N D	撮影計画機関	撮影作業機関
1976. 8. 23	KS-76-1		2000 m			佐々学(国立公害研究所副所長)	(KK) (KK) NAC, 昭和航空
1976. 8. 23	KS-76-2		2000 m			"	" "
1976. 8. 23	KS-76-3		2000 m			"	" "
1976. 8. 23	KS-76-4		2000 m			"	" "

(1976年度 文部省特定研究費による)

19 霞ヶ浦地区M²S画像

撮影範囲：1/5万地形図玉造図幅，高浜入北西部を北西—南東方向に撮影している。これは文部省特定研究 人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究「総合班」研究費により撮影された。(図19)

撮影計画者：佐々学（国立公害研究所副所長）

撮影作業者：株式会社NAC

撮影年月日等は表3に示した。

表3 霞ヶ浦地区M²S走査データ表

撮影年月日	コースNo	テープ No	撮影高度	S L C No	B A N D	撮影計画機関	撮影作業機関
1976.11.26	KS-76-5-1		2000 ft	444000-444600	3,4,5,7,9,14	佐々学(国立公害研究所副所長)	(KK) (KK) NAC, 昭和航空
1976.11.26	KS-76-5-2		2000 ft	444350-444950	"	"	" "
1976.11.26	KS-76-6		5000 ft	422350-422950	"	"	" "
1976.11.26	KS-76-7-1		6600 ft	490000-490600	"	"	" "
1976.11.26	KS-76-7-2		6600 ft	490500-491100	"	"	" "
1976.11.26	KS-76-7-3		6600 ft	491000-491600	"	"	" "
1976.11.26	KS-76-8		5000 ft	142350-142950	"	"	" "

(1976年度 文部省特定研究費による)

20 鹿島地区M²S画像

撮影範囲：1/5万地形図潮来図幅，鹿島郡神栖町深芝—鹿島町田野辺にかけて北西—南東方向に撮影している。これは文部省特定研究 人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究「総合班」研究費により撮影された。(図20)

撮影計画者：佐々学（国立公害研究所副所長）

撮影作業者：株式会社NAC

撮影年月日等は表4に示した。

表4 鹿島地区M²S走査データ表

撮影年月日	コースNo	テープ No	撮影高度	S L C No	B A N D	撮影計画機関	撮影作業時間
1976. 8. 24	KM-76-1		2000 m			佐々学(国立公害 研究所副所長)	N A C KK 昭和航空 KK

(1976年度 文部省特定研究費による)

2) 鹿島地区M²S画像

撮影範囲 : 1/5万 地形図潮来図幅, 鹿島郡鹿島町根三田一銚田図幅, 大野村中村にかけて北西一南東方向に撮影している。これは文部省特定研究 人間生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究「総合班」研究費により撮影された。(図21)

撮影計画者: 佐々学(国立公害研究所副所長)

撮影作業者: 株式会社N A C

撮影年月日等は表5に示した。

表5 鹿島地区M²S走査データ表

撮影年月日	コースNo	テープ No	撮影高度	S L C No	B A N D	撮影計画機関	撮影作業時間
1976.12.06	KM-76-2-1		6600 ft	535600-536200	3,4,5,7,9,14	佐々学(国立公害 研究所副所長)	N A C KK 昭和航空 KK
1976.12.06	KM-76-2-2		6600 ft	536100-536700	"	"	"
1976.12.06	KM-76-2-3		6600 ft	536600-537200	"	"	"

(1976年度 文部省特定研究費による)

2. 地 図

霞ヶ浦流域に関する地図類は内容により, 一般図と主題図に分けられる。数量的にみれば一般図である地形図, 国土基本図類が大部分を占めている。これらの地図類を表6に示した。

作成年次その他については, 図22~25に対応するものを次のようにまとめた。

表6 霞ヶ浦流域の地図類一覧表

地図作成・編集機関	名 称	形 態	枚 数
国 土 地 理 院	1/50000 地形図	切 図	
"	1/25000 地形図	切 図	46 枚
"	1/5000 国土基本図	切 図	
"	1/2500 国土基本図	切 図	
"	1/5000 写真図	切 図	
国立公害研究所	1/25000 霞ヶ浦流域メッシュ図	切 図	46 枚
"	1/25000 霞ヶ浦メッシュ図	集成図	1 枚
国 土 地 理 院	1/25000 土地利用図	切 図	
"	1/10000 湖沼図	切 図	14 枚

1) 国土基本図・地図・写真図

写真図：写真図は千葉・南関東地区，東関東地区，水戸・勝田の3地区に分けて作成されている。

(図22)

地図：地図は野田・土浦地区，銚田海岸地区，水戸・勝田の3地区に分けて作成されている。

なお，昭和51年3月現在，国土地理院発行の国土基本図・地図・写真図一覧図より編図したものである。

2) 霞ヶ浦流域メッシュ図及び霞ヶ浦メッシュ図

i) 霞ヶ浦流域メッシュ図

本図は1/2.5万地形図を基図とし，行政管理庁の標準メッシュ仕様にもとずきメッシュ区画線，メッシュ番号を記入したものである。

メッシュの最小単位は8分割メッシュ区画で，メッシュ番号は基準メッシュまで表した。表7には1/2.5万地形図図幅名と2次メッシュコードを図23にはその作成範囲を示した。但し，祖母井図幅については図23の範囲外にあり図示していない。

表7 霞ヶ浦流域メッシュ図一覧表

1/2.5万地形図	2次メッシュコード	1/2.5万地形図	2次メッシュコード	1/2.5万地形図	2次メッシュコード
祖母井	544060	筑波	544020	武井	544004
茂木	544061	柿岡	544021	荒野	544005
上三川	543957	石岡	544022	藤代	534070
真岡	544050	下吉影	544023	牛久	534071
中飯	544051	徳宿	544024	江戸崎	534072
徳蔵	544052	石下	543917	麻生	534073
久下田	543947	上郷	544010	潮来	534074
岩瀬	544040	常陸藤沢	544011	常陸鹿島	534075
羽黒	544041	〃高浜	544012	取手	534060
笠間	544042	〃玉造	544013	龍ヶ崎	534061
下館	543937	銚田	544014	下総滑川	534062
真壁	544030	水海道	543907	佐原西部	534063
加波山	544031	谷田部	544000	佐原東部	534064
岩間	544032	土浦	544001	笹川	534065
小鶴	544033	木原	544002		
下妻	543927	西蓮寺	544003		

ii) 霞ヶ浦メッシュ図

本図は前記のメッシュ図を編図し、霞ヶ浦湖水を中心にしたメッシュ図を作成したものである。その作成範囲は図23に示した。

これらのメッシュ図は国立公害研究所の所内プロジェクト研究の基礎資料として重要であるため、新たに本所が企画し、作成したもので、前者については流域調査、後者は湖内の調査のベースマップとして利用されている。

3) 1/25000土地利用図

霞ヶ浦流域に関する国土地理院作成の土地利用図は表8及び図24に示した。図24によると霞ヶ浦全流域の土地利用図は作成されていない。本図は1974年撮影のリアルカラー航空写真の写真判読と現地調査および関連資料にもとずき作成され、最近の土地利用状況を示している。

なお、表8の地図番号は図24の凡例をも兼ねる。

表8 1/25000 土地利用図一覧表

地図番号	1/25000土地利用図	作成年	地図番号	1/25000土地利用図	作成年	地図番号	1/25000土地利用図	作成年
1	古河	S 51	14	流山	S 51	27	土浦	S 51
2	栗橋	"	15	真岡	"	28	牛久	"
3	久喜	"	16	岩瀬	"	29	龍ヶ崎	"
4	小山	"	17	真壁	"	30	小林	"
5	諸川	"	18	筑波	"	31	岩間	"
6	下総境	"	19	上郷	"	32	石岡	"
7	宝珠花	"	20	谷田部	"	33	小鶴	"
8	野田市	"	21	藤代	"	34	下吉影	"
9	下館	"	22	取手	"	35	那珂湊	"
10	下妻	"	23	白井	"	36	磯浜	"
11	石下	"	24	加波山	"	37	徳宿	"
12	水海道	"	25	柿岡	"			
13	守谷	"	26	常陸藤沢	"			

4) 1/10000 湖沼図霞ヶ浦

国土地理院作成の霞ヶ浦湖沼図は14図葉から成り、霞ヶ浦西浦は10図葉、北浦は4図葉で示されている。表9に湖沼図、図番号、図幅名、測量年度を、図25に作成範囲を示した。

なお、表9の図番号は図25の凡例を兼ねる。

表9 1/10000 湖沼図霞ヶ浦一覽表

図番号	湖 沼 図	図 幅 名	測量年
1-1	霞ヶ浦1号(1)	高 浜 入 1	S 35
1-2	" 1号(2)	高 浜 入 2	S 35
2-1	" 2号(1)	志 戸 崎 1	S 35
2-2	" 2号(2)	志 戸 崎 2	S 35
3-1	" 3号(1)	土 浦 入 1	S 34
3-2	" 3号(2)	土 浦 入 2	S 34
4	" 4号	三 叉 冲	S 35
5	" 5号	五 町 田	S 35
6	" 6号	大 山 入	S 45
7	" 7号	麻 生	S 33
8	" 8号	鉾 田	S 35
9	" 9号	白 浜	S 35
10	" 10号	大 生 原	S 35
11	" 11号	外 浪 逆 浦	S 35

図1 米軍撮影 関東地区航空写真標定図

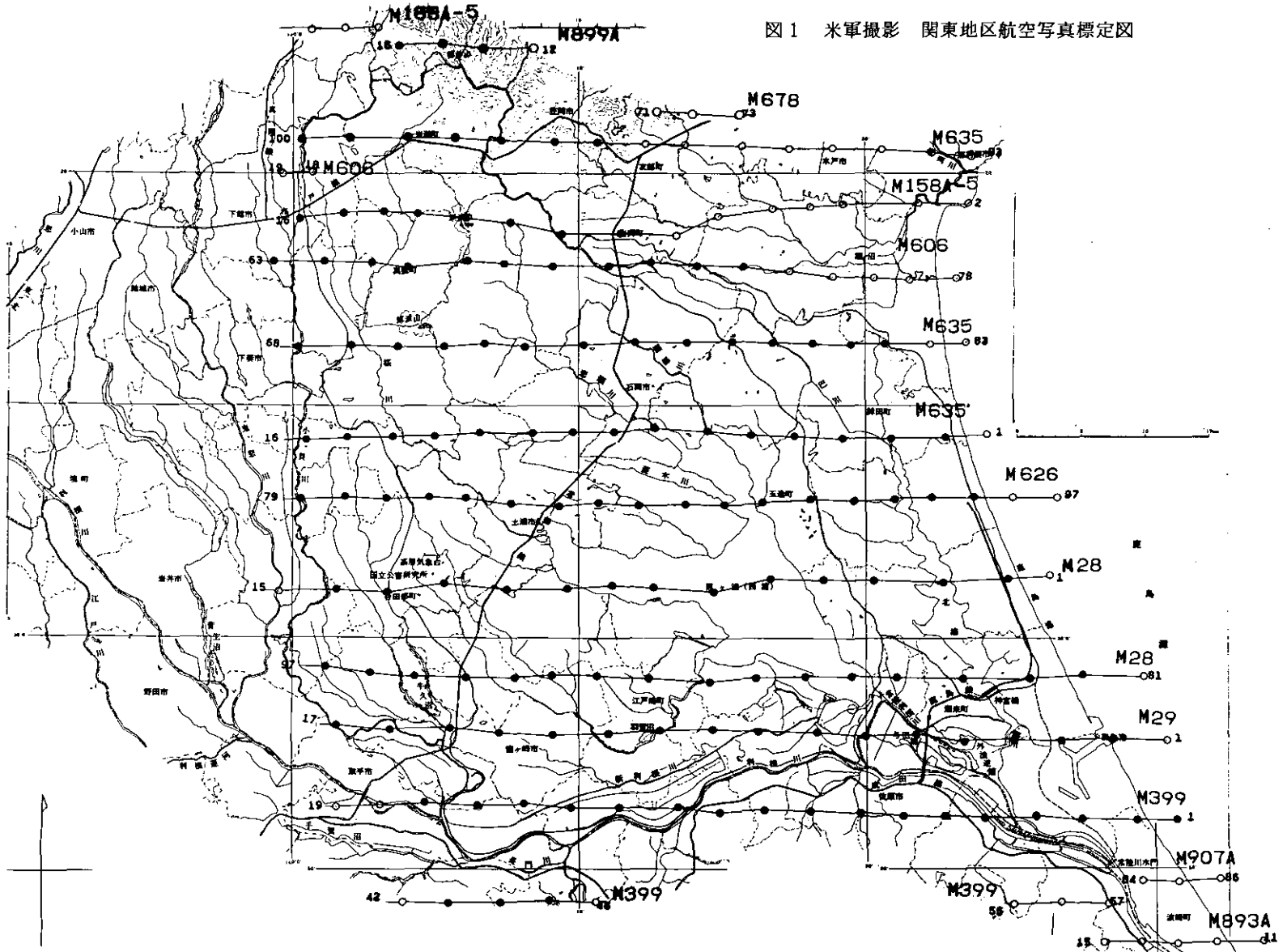


図2 KT-68-3X 国土基本図 竜ヶ崎68地区空中写真標定図

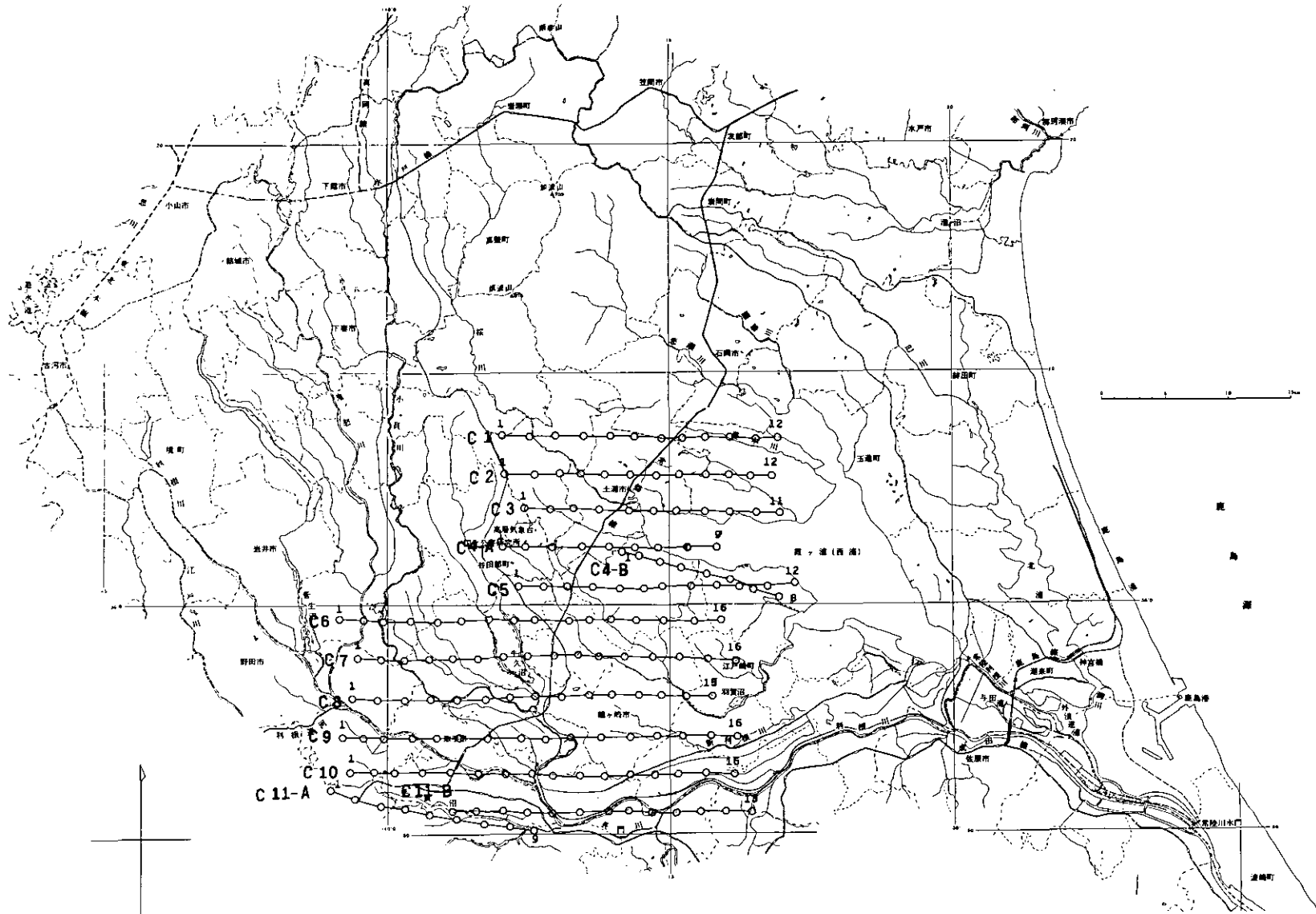


图3 KT-69-2X 国土基本图 水戸69地区空中写真標定図

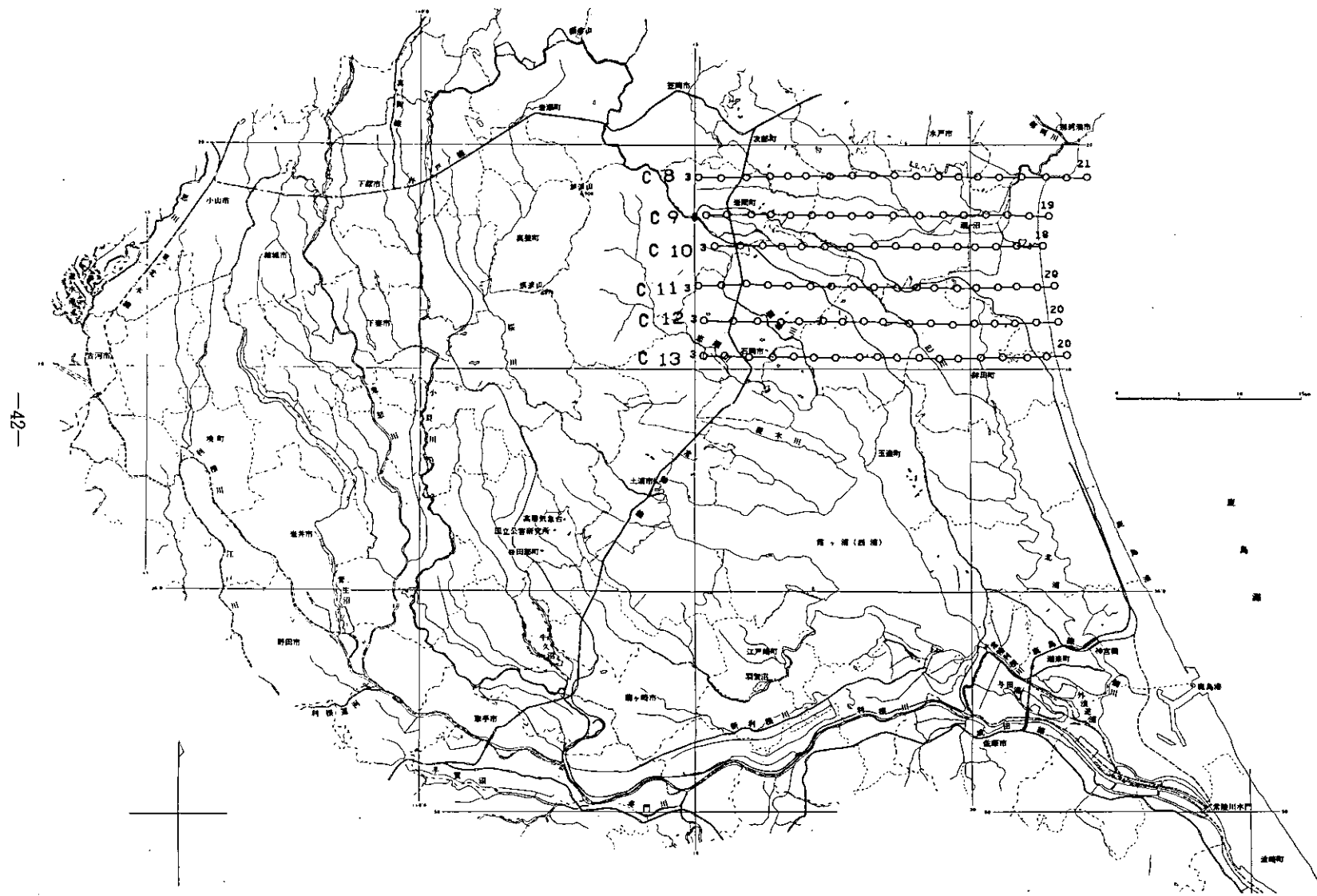


図5 KT-72-1X 国土基本図 土浦18地区空中写真標定図

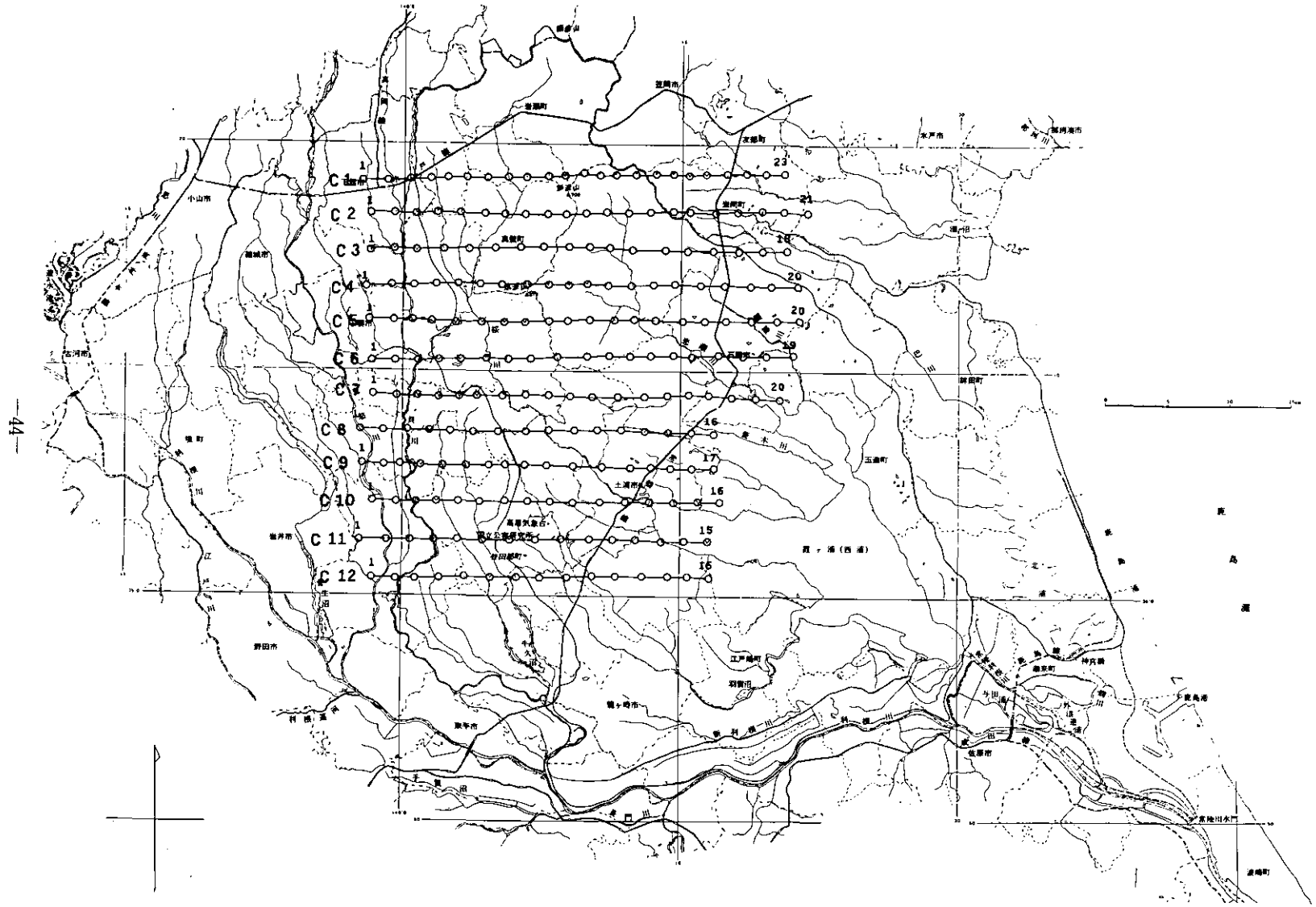


図6 KT-72-3X 国土基本図 成田21地区空中写真標定図

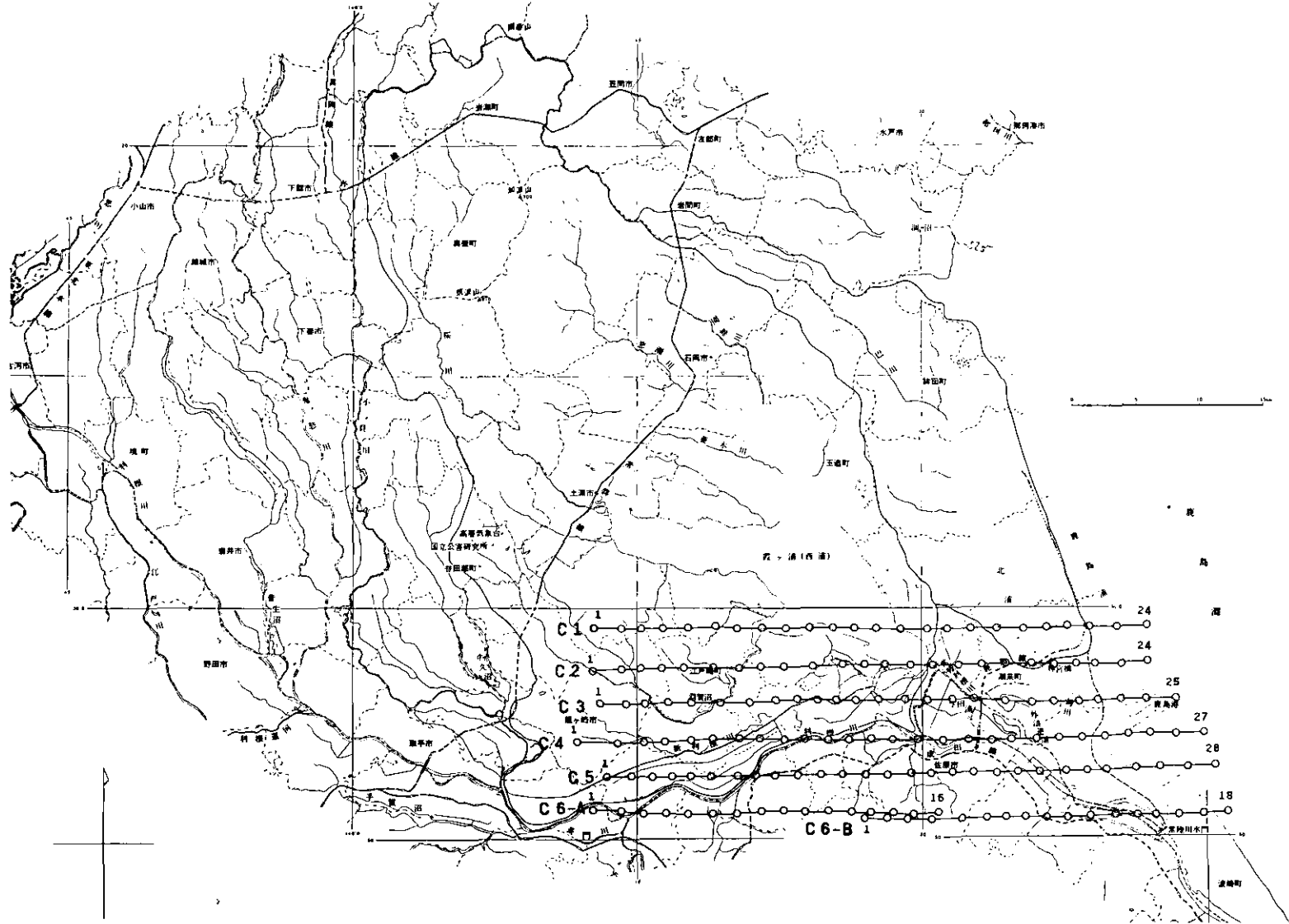


图7 KT-74-3X 国土基本图 霞ヶ浦北部地区空中写真标定图

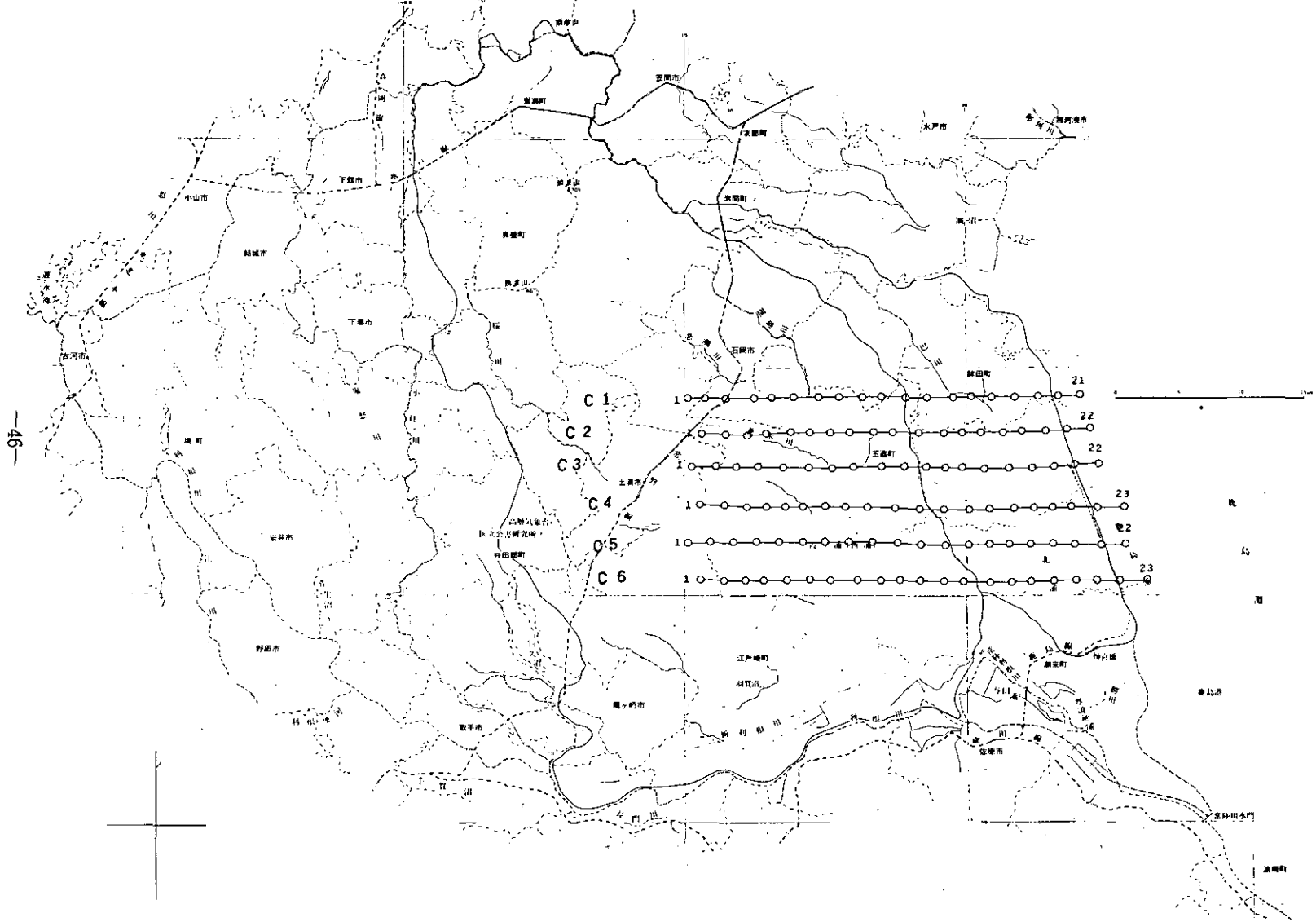


図8 CKT-74-10 常陸大宮地区空中写真標定図

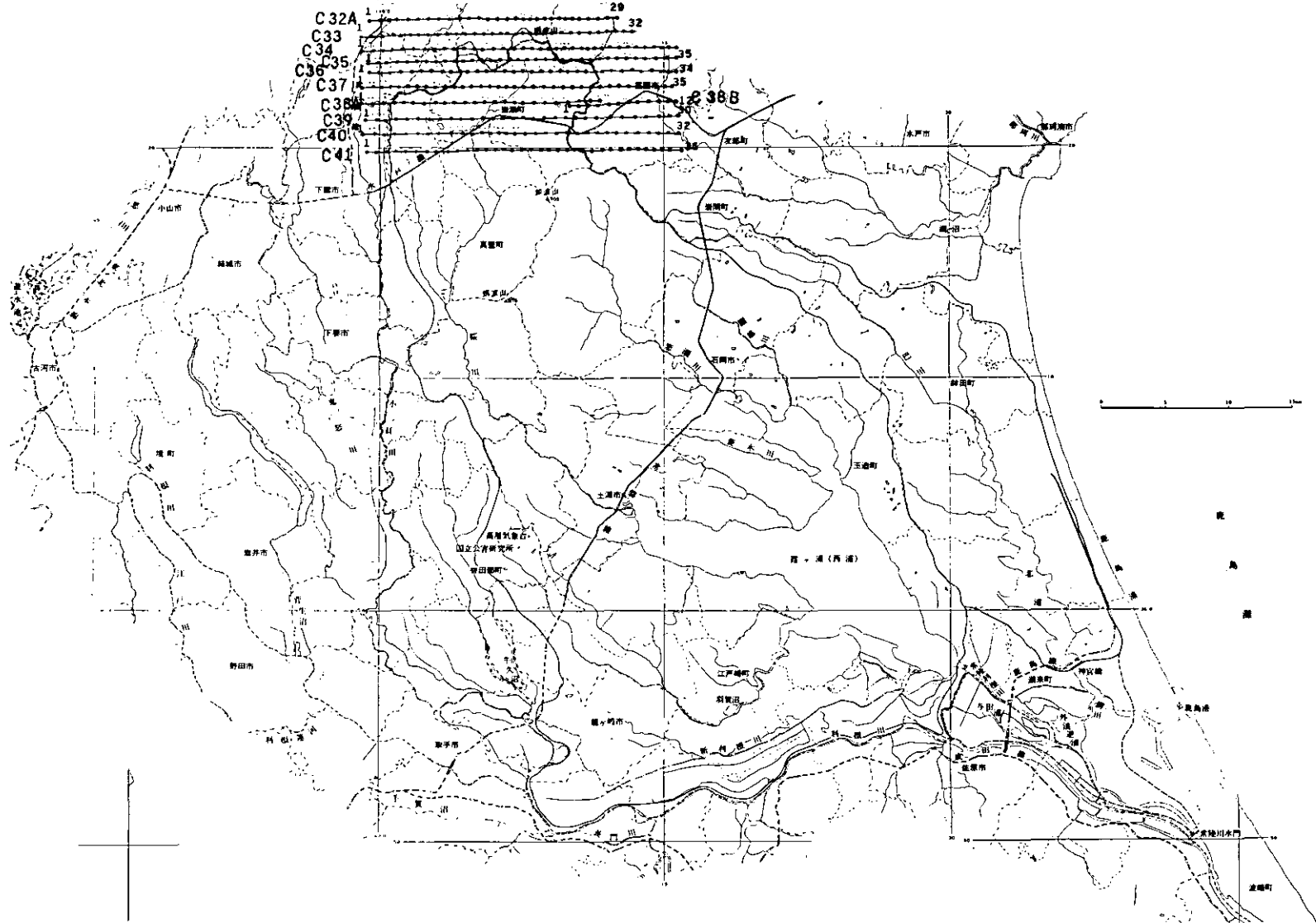


図9 CKT-74-11 真壁地区空中写真標定図

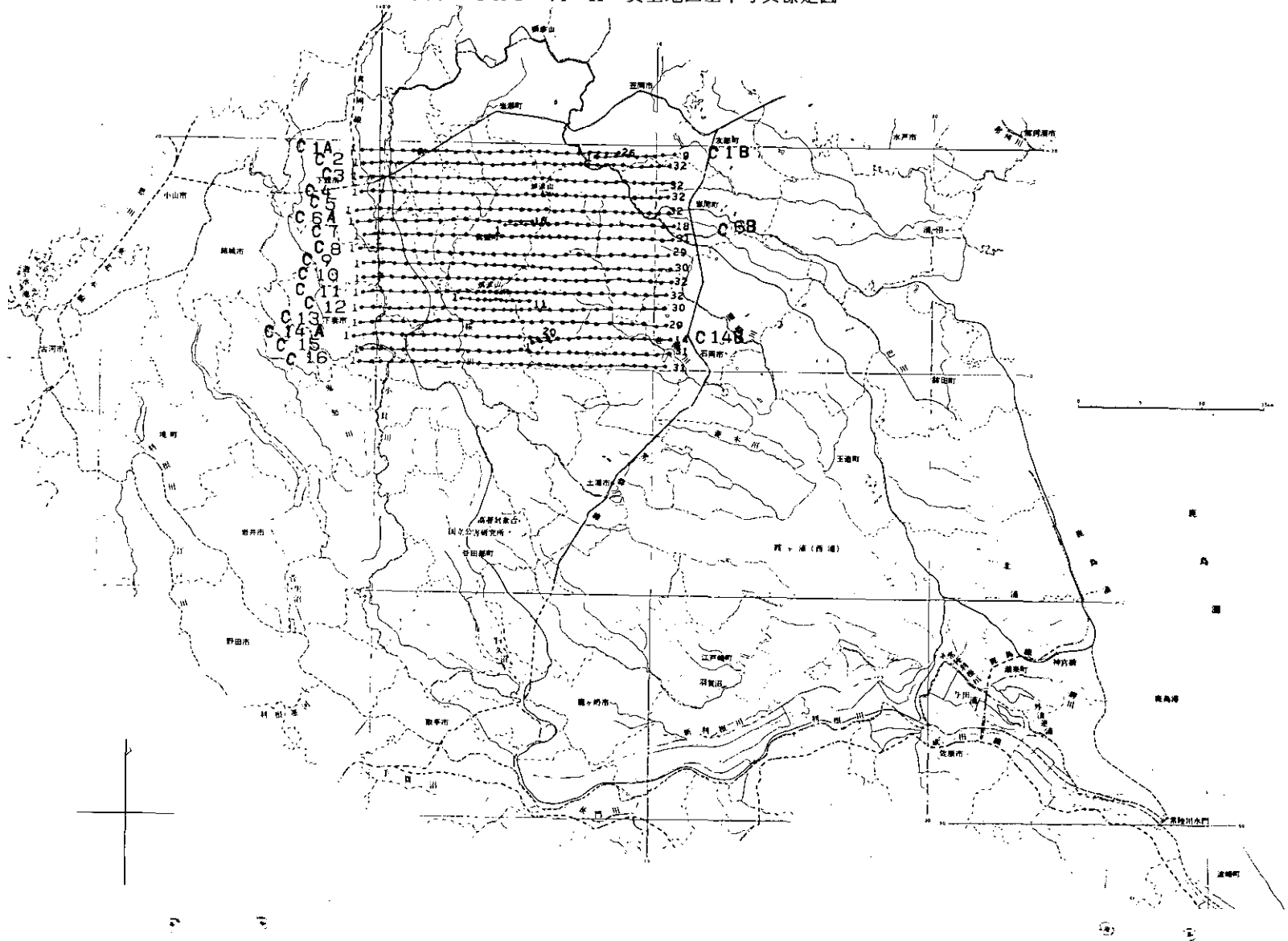


図10 CKT-74-12 水戸地区空中写真標定図

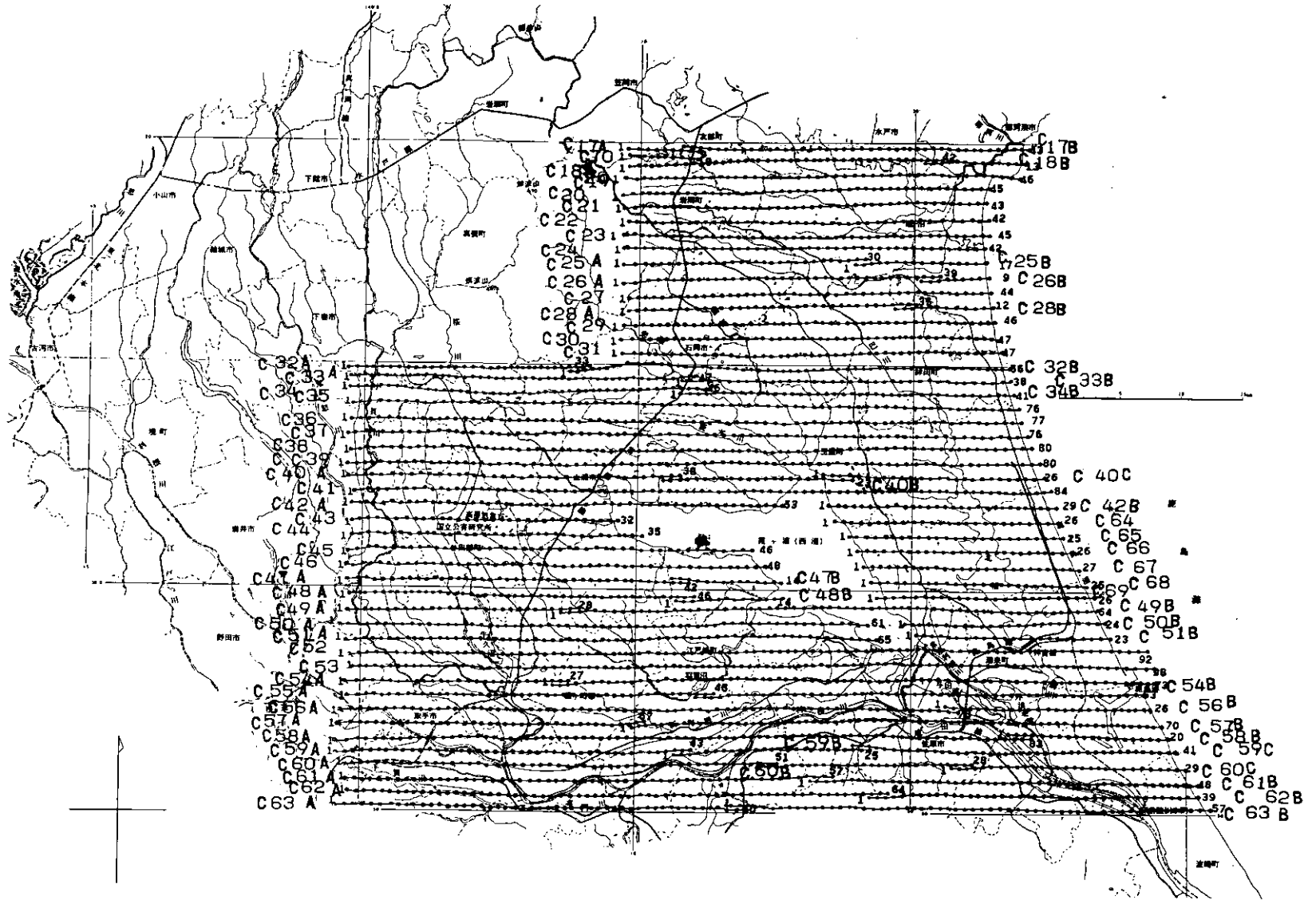


図11 CKT-74-13 千葉地区空中写真標定図

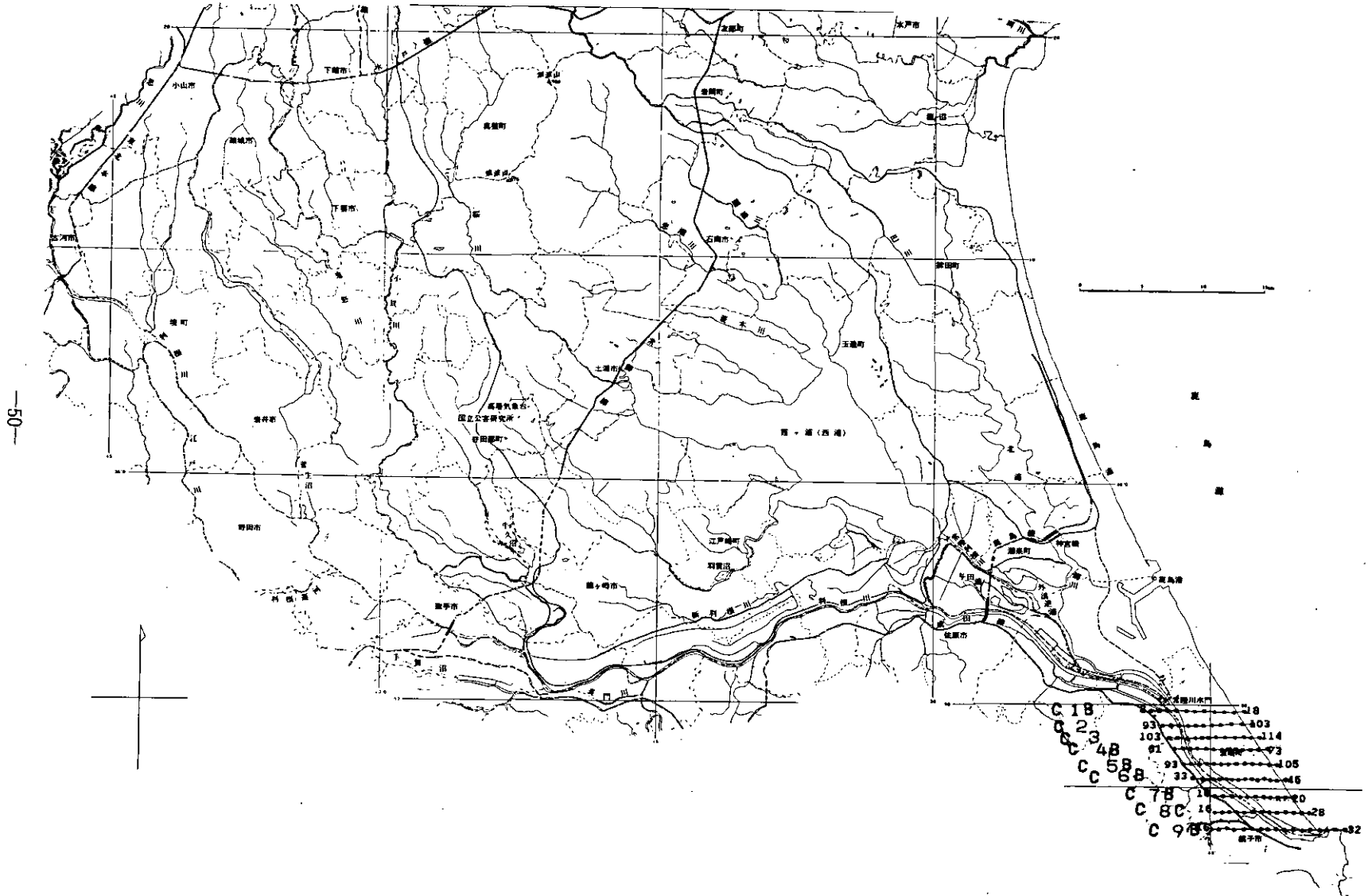


图12 CKT-74-14 东京地区空中写真标定图

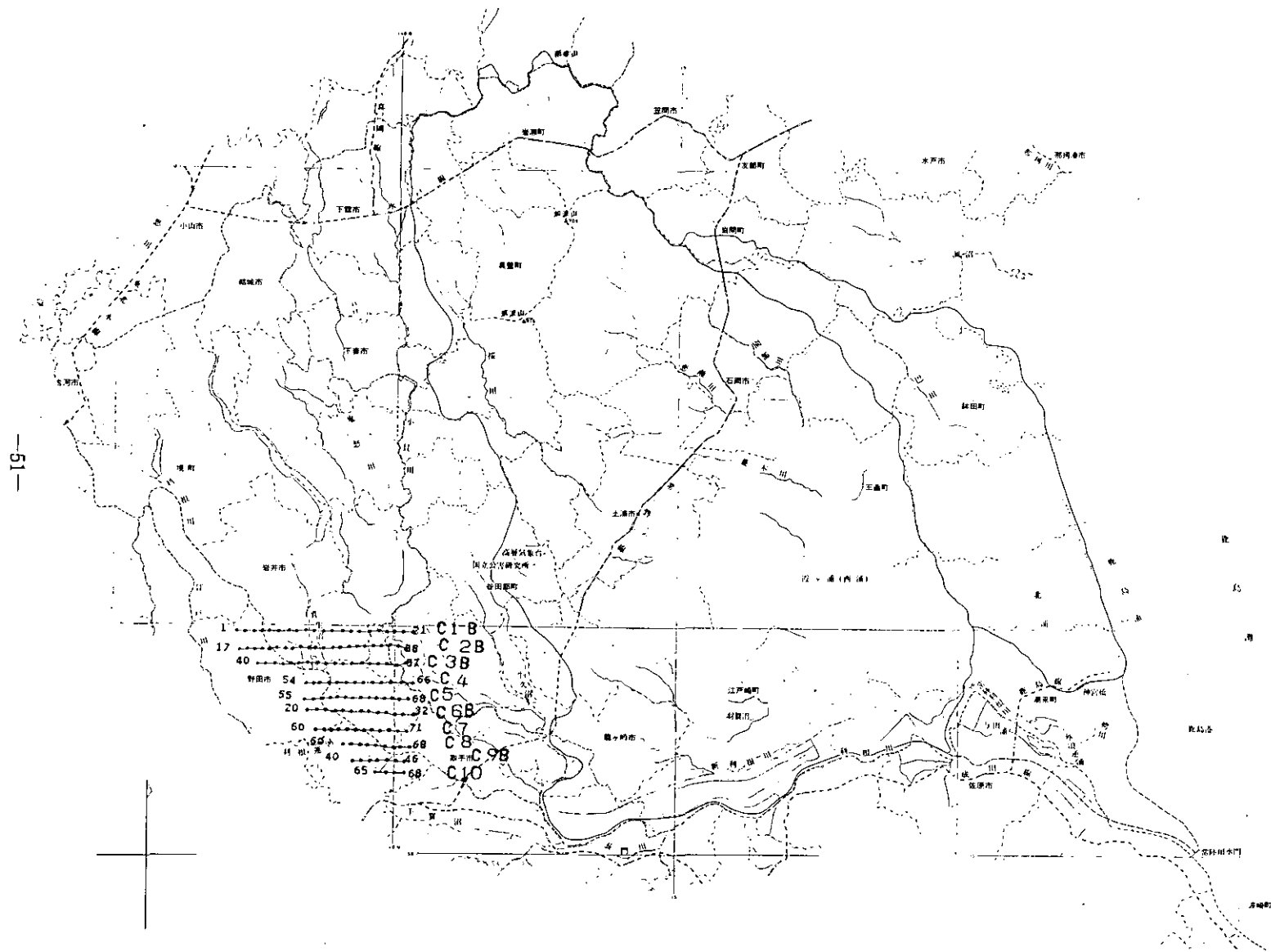


图13 CKT-74-18 前橋地区空中写真標定図

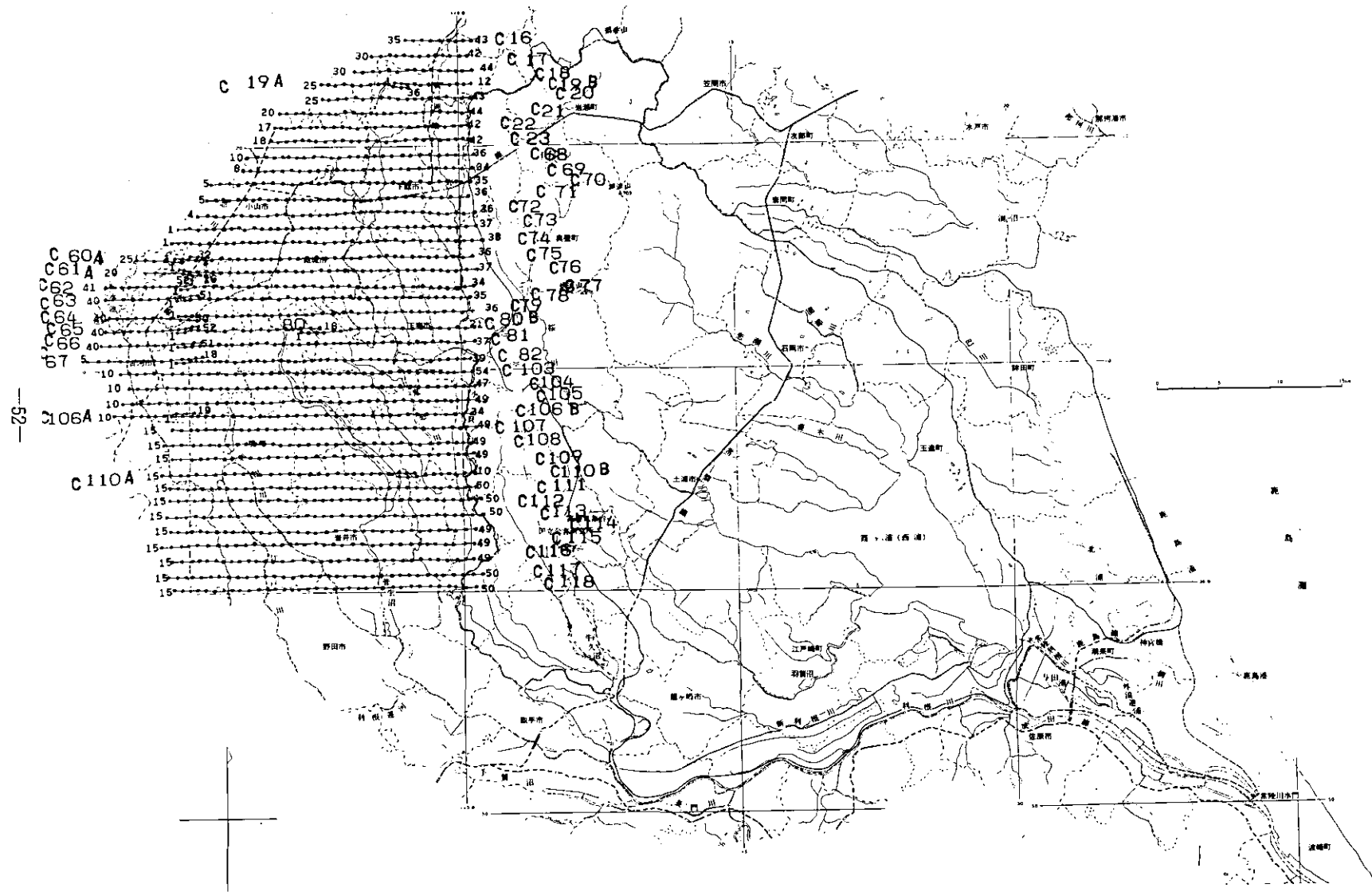


図14 研究学園都市計画航空写真標定図

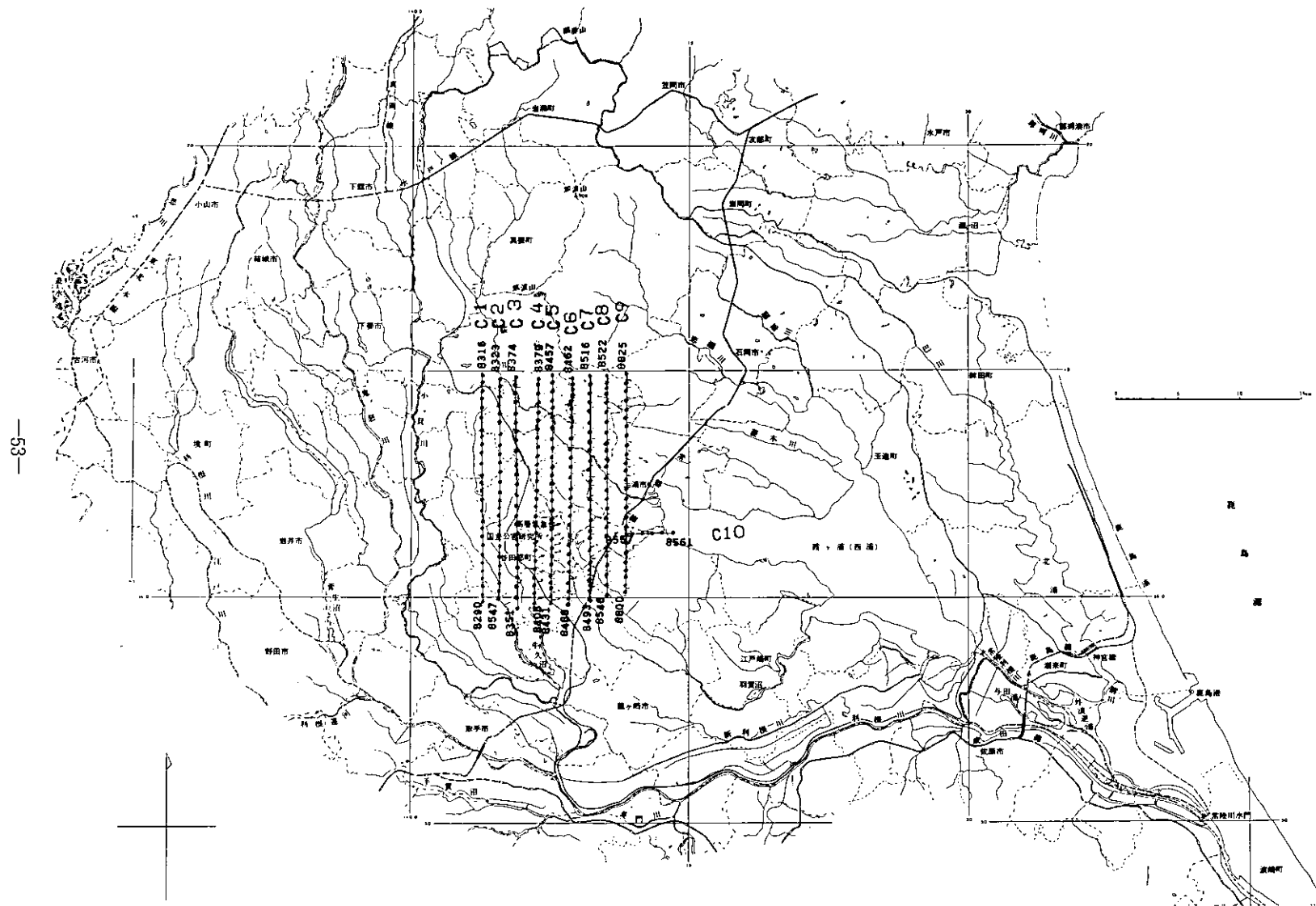


図16 霞ヶ浦地区赤外カラー航空写真標定図

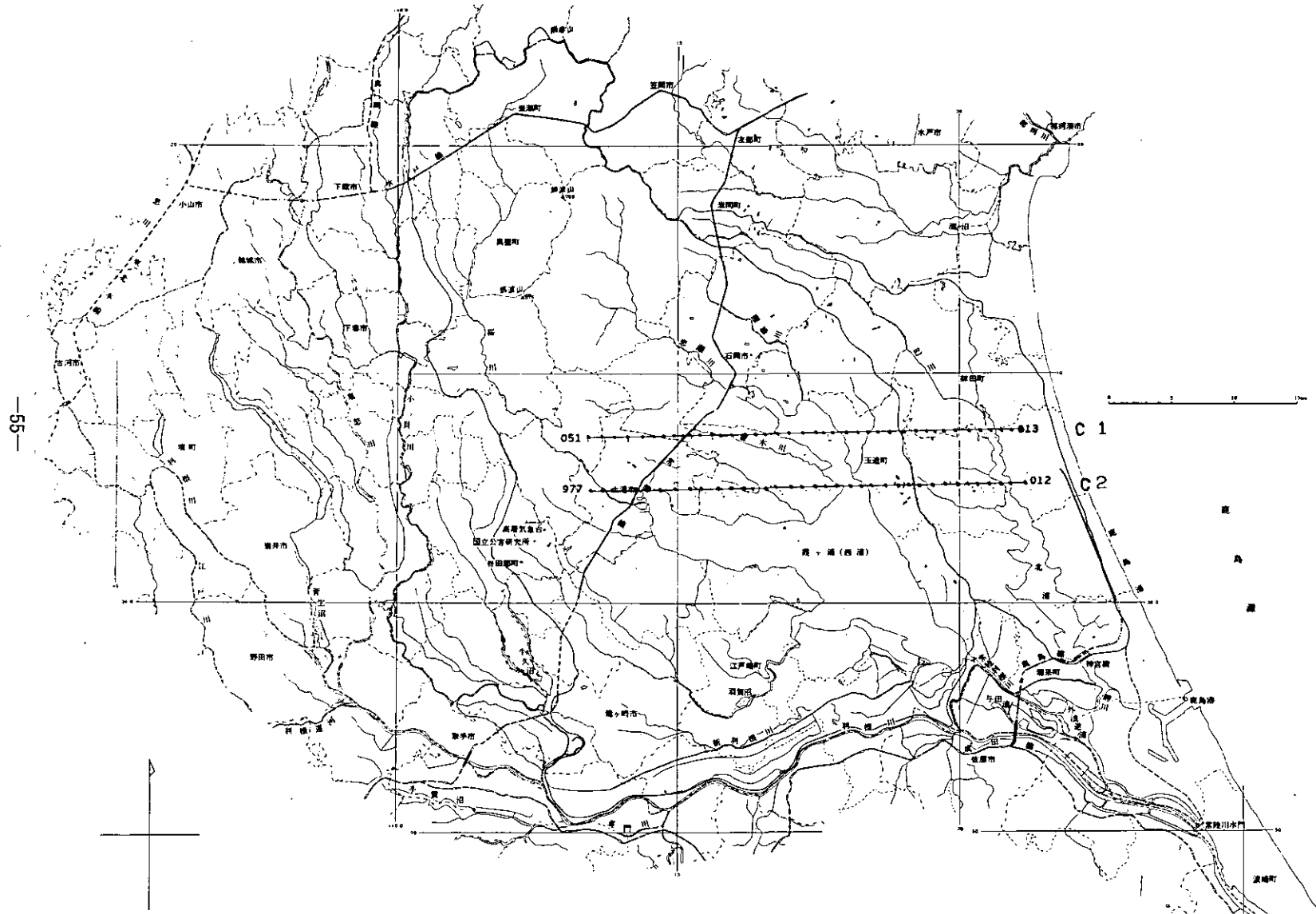


図17 高浜地区マルチスペクトル航空写真標定図

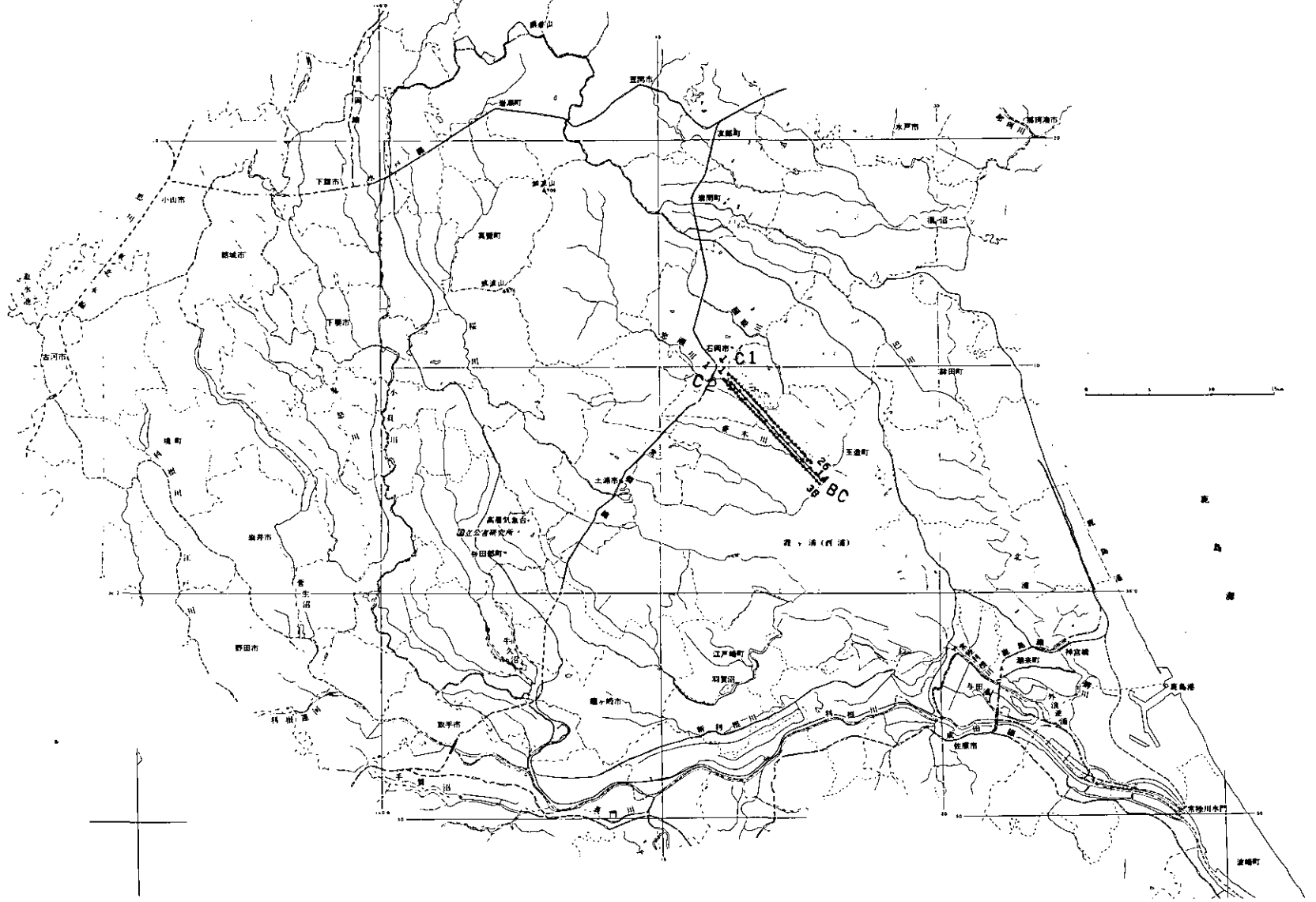


図18 霞ヶ浦地区M²S走査コース標定図

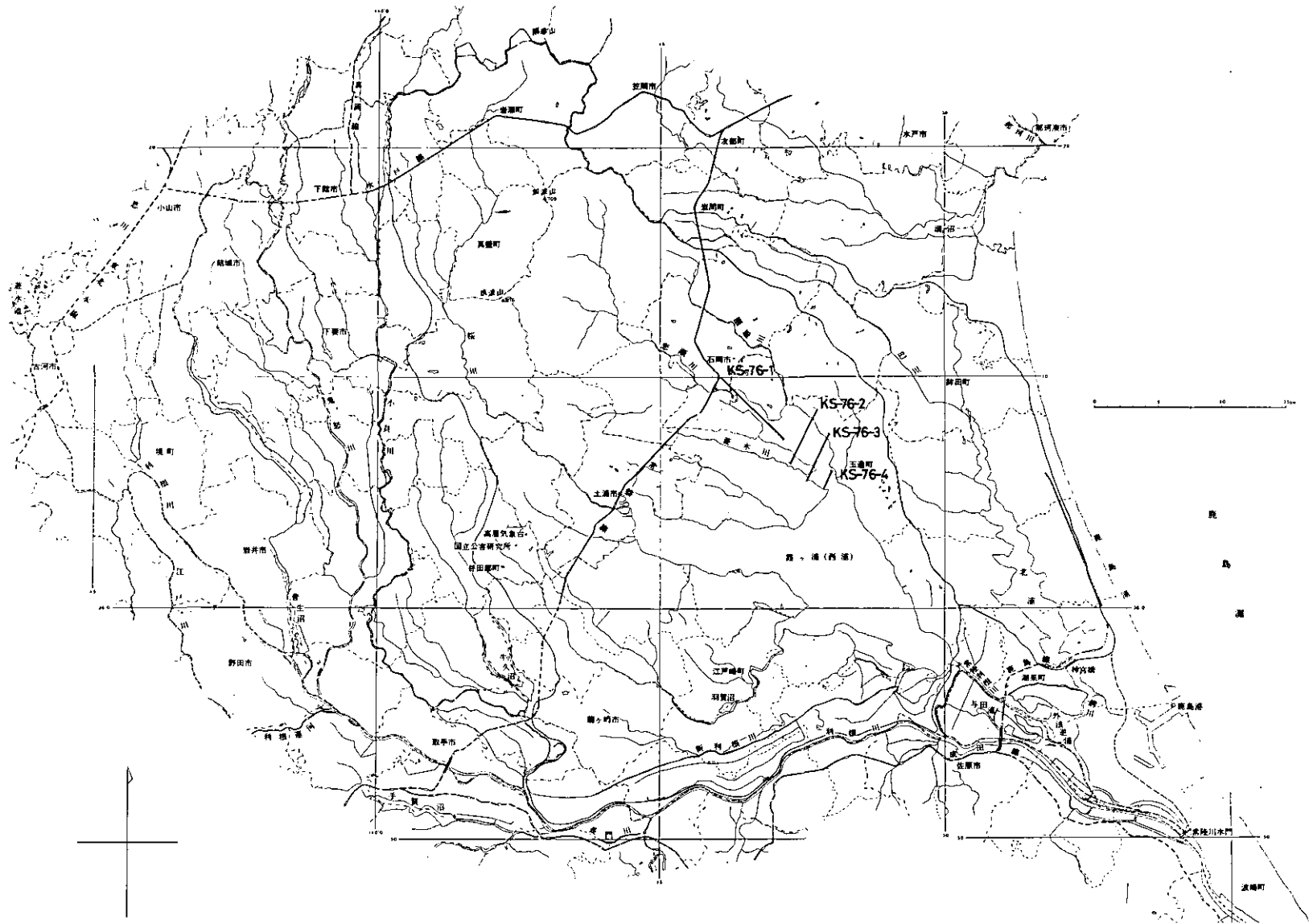


図20 鹿島地区M²S走査コース標定図

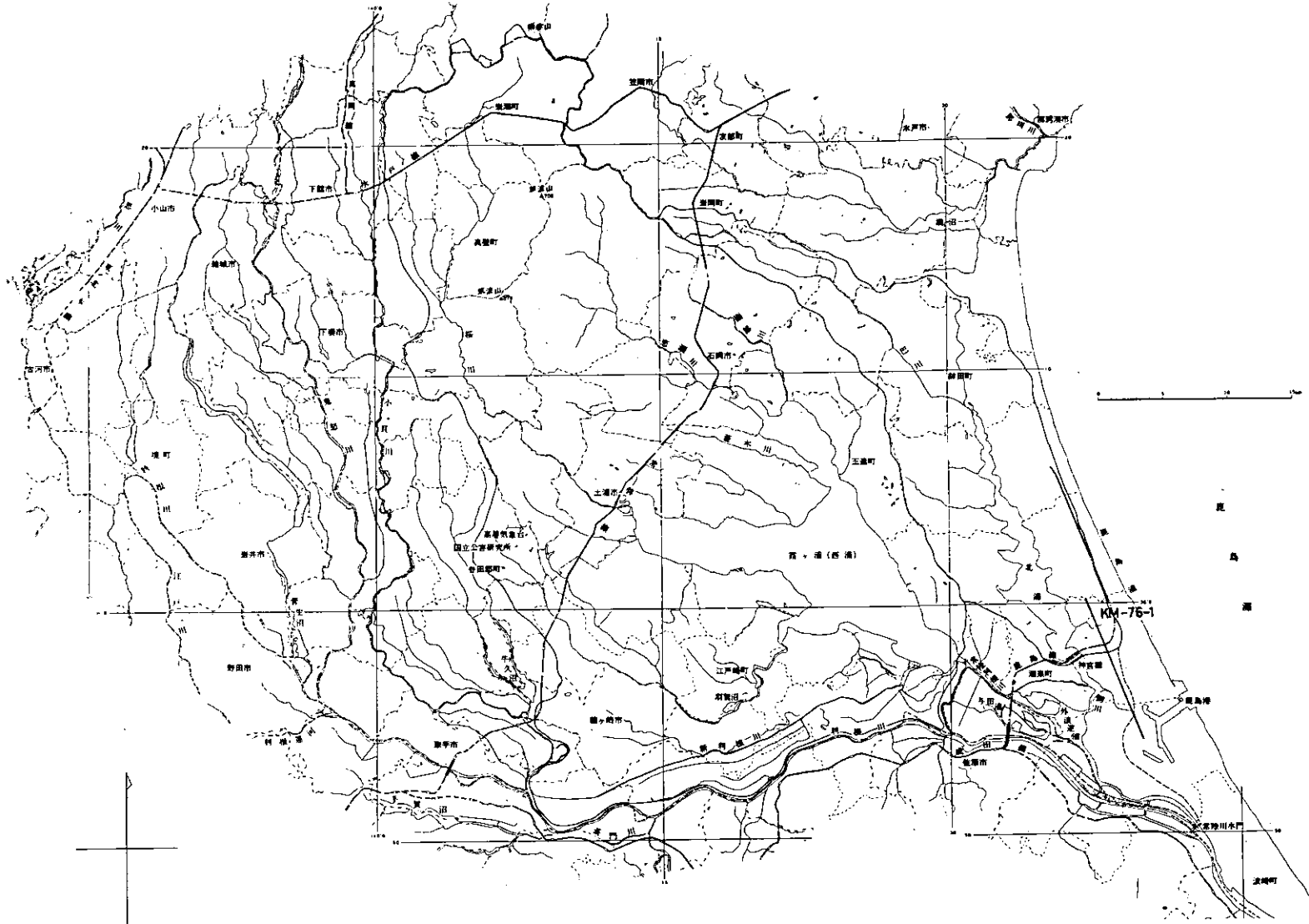
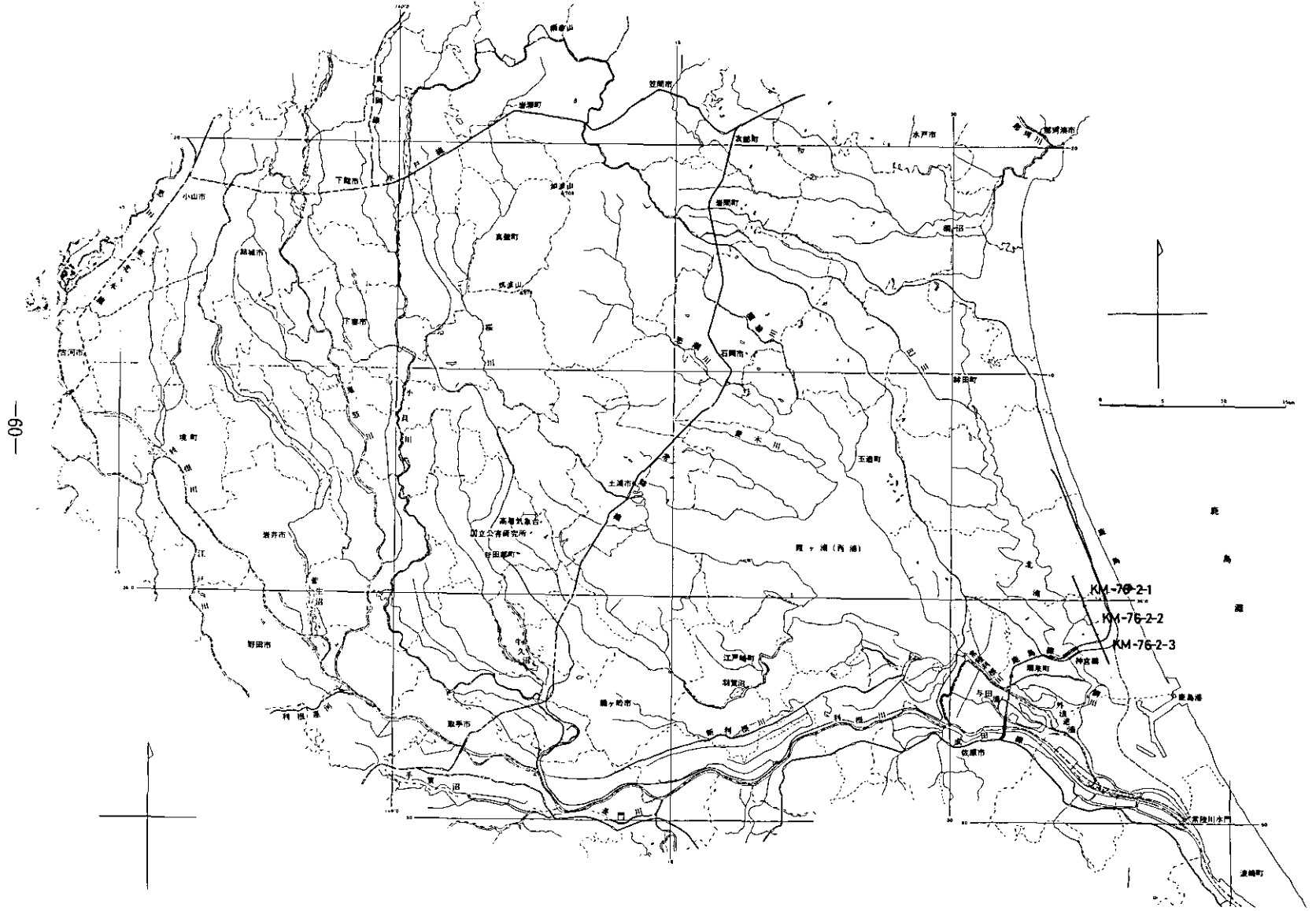


図21 鹿島地区M²S走査コース標定図



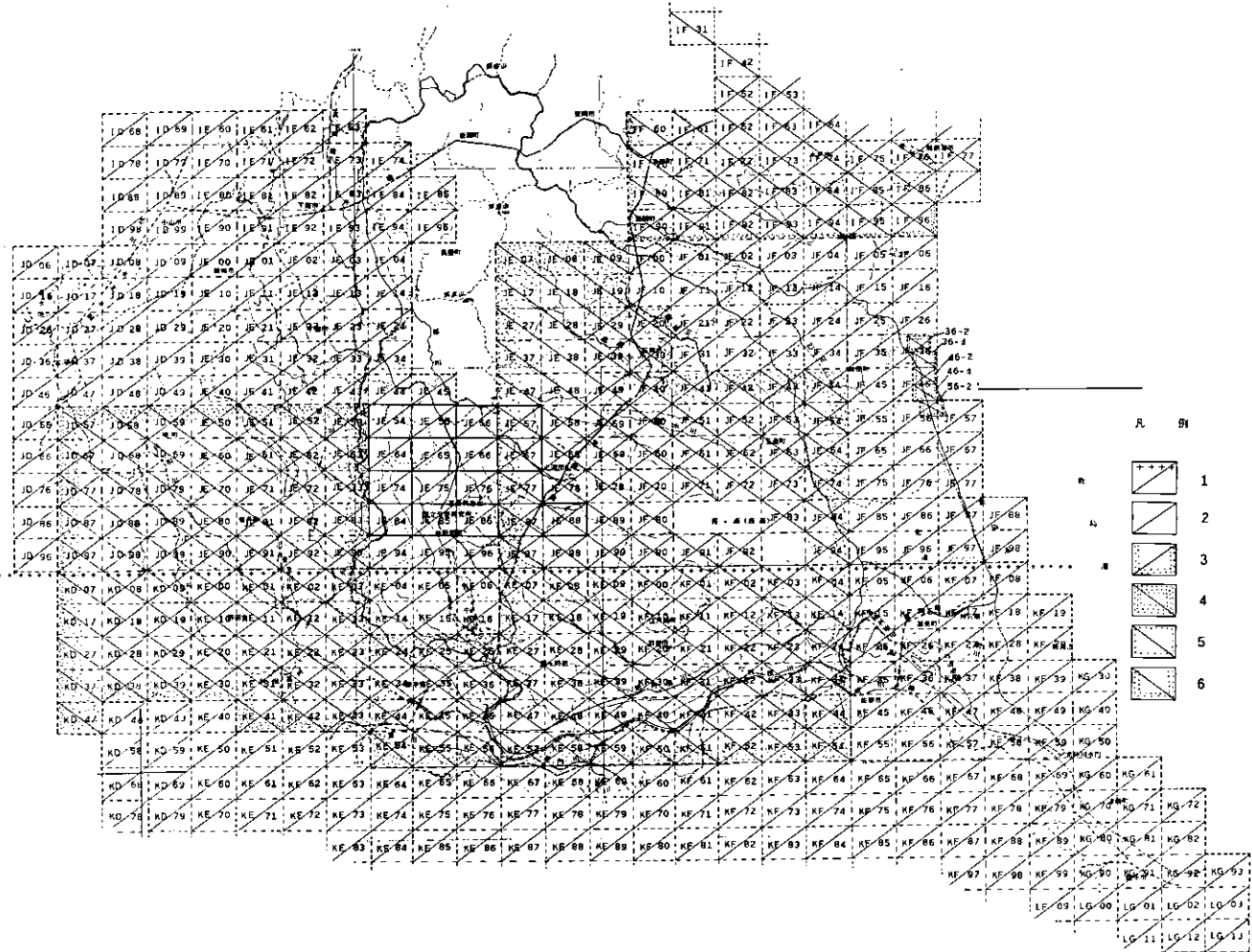


図22 1/5000 国土基本図 地図・写真図一覧図

凡例 1:1/5000 写真図 千葉南関東地区 2:1/5000 写真図 東関東地区 3:1/5000 写真図 水戸・勝田地区
 4:1/5000 地図 野田・土浦地区 5:1/2500 地図 銚田海岸地区 6:1/5000 地図 水戸・勝田地区
 地図番号KE-43, JE-43は正式にはIK-KE-43, IX-JE-43 (IXは省略)
 国土地理院, 国土基本図地図・写真図一覧図 (昭和51年3月現在) より編図

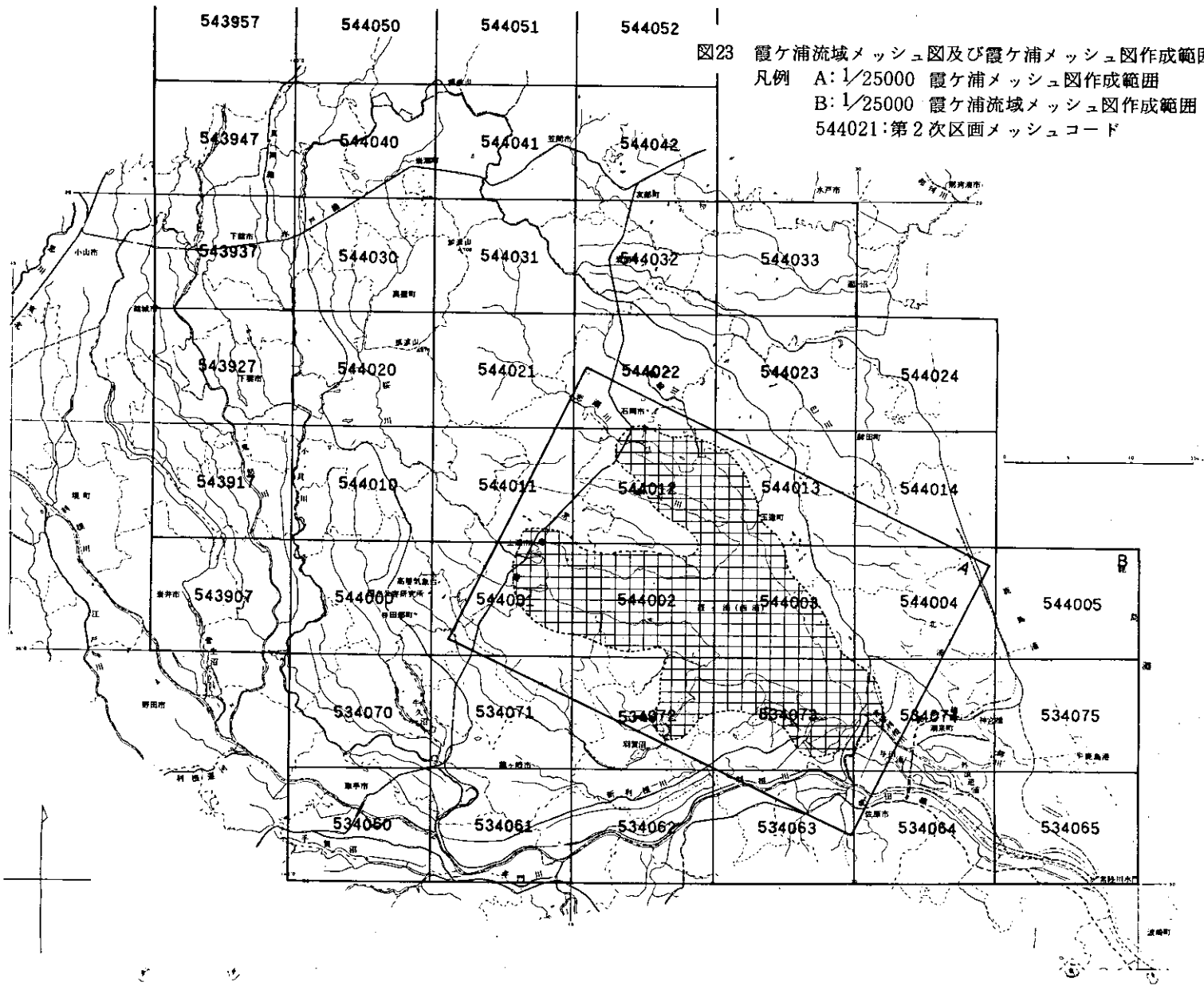


図24 1/25000 土地利用図 一覽図

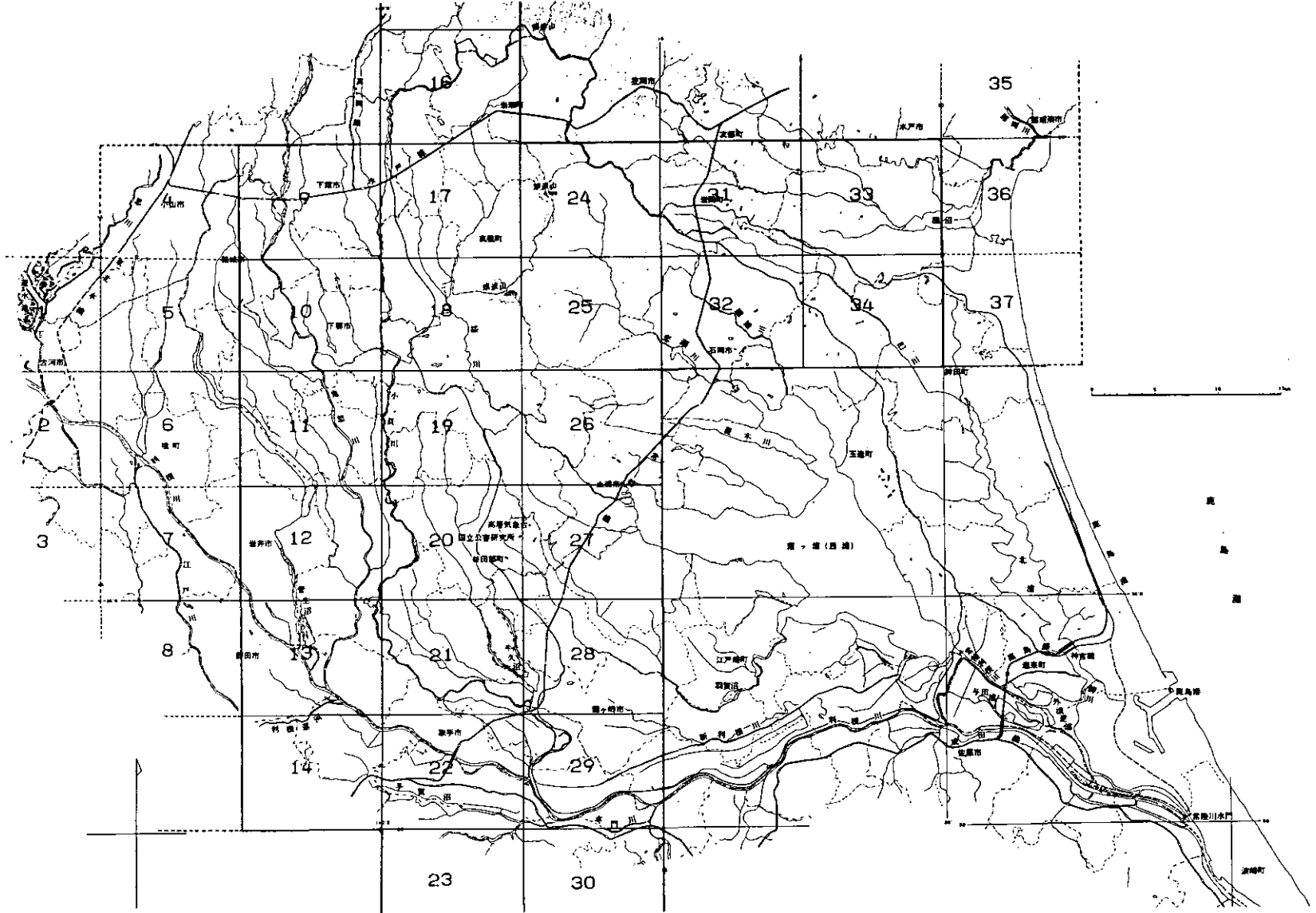
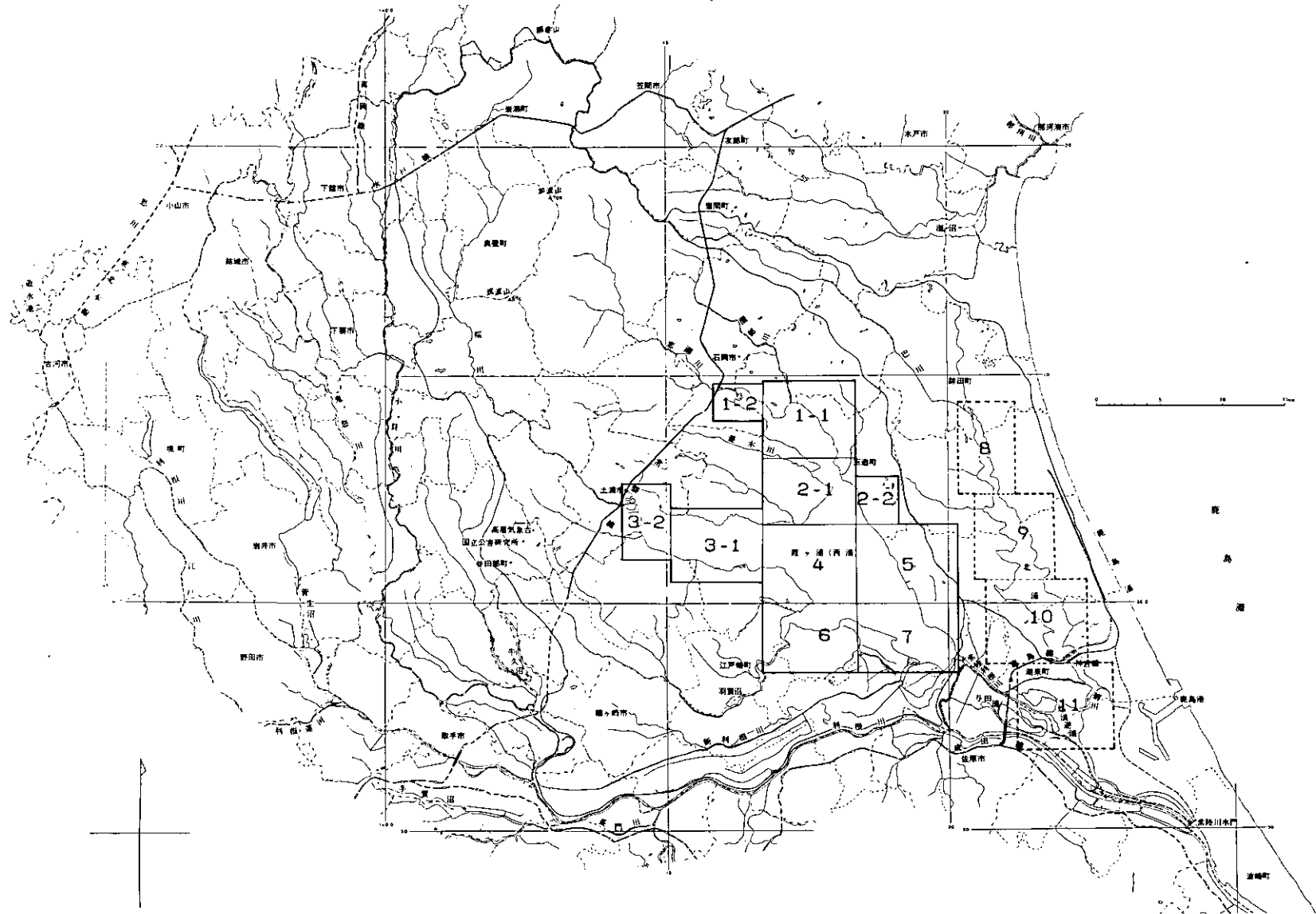


図25 1/10000 湖沼図 霞ヶ浦一覽図



資料 3

霞ヶ浦に関する解説分類書誌目録 (1)

土屋 巖・白井 邦彦
(環境情報部)

I 文献・資料の概観

1. はじめに
2. 霞ヶ浦開発史の展望
3. 霞ヶ浦研究史の展望
4. 霞ヶ浦関係資料の解説
 - A 継続的資料
 - B 非継続的資料
5. 霞ヶ浦を対象にした最近の調査研究事情と資料類
6. あとがき

II 著者別書誌目録

III 事項索引

I 文献・資料の概観

1. はじめに

この書類目録は、昭和51年度の国立公害研究所の調査研究業務の実施に当って、経常的な研究とは別に緊急の課題として取上げられ、二部以上の協力によって進められる所内プロジェクトとして始められた通称“霞ヶ浦プロジェクト”の一環として収集した霞ヶ浦関係の文献を整理したものである。

書誌目録はそれぞれの作成目的に合わせて編集され、目的に対する適合度の高いものが要請される。“霞ヶ浦プロジェクト”は正式名称“陸水域の富栄養化に関する総合研究”からもうかがえるように、陸水の汚濁に関連するものが中心課題であり、そのフィールドとして霞ヶ浦が選ばれたものである。したがってこの目録にも、水質汚濁に関連したものに重点が置かれることになるが、霞ヶ浦に関しての、長い調査研究の実績の上で、水質汚濁のみをテーマとした文献の多く発表されるようになったのは、ごく最近の1970年代以後であり、それ以前には霞ヶ浦の水産や湖沼学上の研究が多かった。しかし、汚濁の実態を知り、それを調査研究に生かすためには、汚濁問題が発生する以前からの各種の調査報告が重要な文献となることはもちろんである。

そして、水質汚濁についての調査研究が各分野でそして世界各地で進められるにつれて、汚濁に関連す

る多方面の複雑な要因が次つぎと提出されてきているので、単なる湖水の自然科学的記録だけでは、文献収集としてはきわめて不完全にならざるを得ない。そこで、文献収集の第一段階として、霞ヶ浦を対象とした全ての調査研究の報告書や資料類を収集することを目標にした。しかし、この作業に対しての限定された時間と人員のために、まず、水質汚濁に直接関係するものを中心にして、あわせて可能な限り周辺領域の文献を集め、あるいは資料類の所在を確認することにした。それでも、数百件の文献類を入手したので、調査研究に用いるための整理を進め、簡単な説明をつけた目録の第1集としてまとめた。

2. 霞ヶ浦開発史の展望

霞ヶ浦開発の初期の記録は奈良時代に編纂された「常陸風土記」であるが、豊崎（1961）の説明から引用すると、茨城郡の条に“郡より西南のかた、近くに河間あり、信筑の川と謂ふ。源は筑波の山より出で、西より東に流れ、郡の中を経りて、高浜の海に入る。”とあり、今の志筑は信筑川（現在の恋瀬川）の河口の村であり、高浜の海には塩水がいきこんでいたという。また高浜の条に、“夫れこの地は、芳菲（ハナ）の嘉辰（トキ）、揺落（モミジ）の涼候（オリ）、駕（ウマ）を命じて向ひ、舟に乗りて遊ぶ。春は則ち浦の花、千々に彩（ニホ）ひ、秋は、これ岸の葉、百（モモ）に色どる。鶯の歌を野の頭（ホトリ）に聞き、鶴の舞ふを、渚の干（ヒナタ）に覧る。……歌に曰く、「高浜に来寄する浪の沖つ波寄すともよらじ子等にし寄らば」……。”とある。

なお、志筑の五反田は条理制の遺称地とみられ、石岡市に常陸国府が置かれたことから、このあたりが常陸開発の中心地帯でもあったらしい。豊崎（1962, 1963）は、常陸風土記の行方郡の条を調べ、風土記成立の以前から湖岸のアシ原が開発されて新田になっていった事情を述べ、鹿島の条理制や古代製鉄所に触れている。

霞ヶ浦の古代からの変遷は吉田（1910）により、図1のように示され、浪逆（ナサカ）の考証もある。また、鹿島の堀割、居切堀など霞ヶ浦の利根川下流部と関連した事項も古文書からの論考によって示されている。

霞ヶ浦周辺開発にかかわる事項をまとめたものに、周辺市町村の市史や村史が多数あるが、その中では、土浦市史（市史刊行委員会、1975）が全体をよくまとめている。これによって、古墳時代以前からの考古学的資料に基づく、当時の社会情勢や自然の推定ができ、奈良、平安時代以後現代に至るまではかなり詳細な展望ができ、江戸時代の霞ヶ浦漁業の厳重な規制であると同時に漁業資源保存の法律「霞ヶ浦四十八津掟書」（慶安3年：西暦1650発布、その後3回の改訂）の解説もある。

土浦市史には、詳細な年表がついており、これによって近年の霞ヶ浦周辺の変化がわかるが、開発に関連した個々の事象については、「目で見るふるさと霞ヶ浦——その歴史と汚濁の現状」（坂本、1976）に、多数の写真が用いられており、開発の具体的な資料として重要である。

霞ヶ浦を中心とする「日本水郷」は昭和34年（1959）に国定公園に指定され、昭和44年（1969）には筑波山も含まれるに至り、霞ヶ浦の流域のかなりの部分が国定公園になった。このため、中心都市土浦周辺での観光開発が進んでおり、その間の事情は前記土浦市史に記されている。

霞ヶ浦の水を筑波台地にポンプアップして農業用水に使うという考え方は、昭和20年代の食糧増産が重要政策となっていた時代に進められたが、その後、茨城県（1966）は水利調整研究会（新沢ほか）に委託して「霞ヶ浦用水計画の研究」をまとめて、水利計画を進めるための問題点を詳細に分析した。この報告書は、県の「霞ヶ浦農業用水計画」という愛知用水にも匹敵する水利計画に関連する多くの利害関係を検討したものであるが、霞ヶ浦の調整池化を目標としている。当時、すでに鹿島臨海工業地帯用水の問題が発生していたが、この報告書ではその問題との調整は行わず、並列的に工業用水の計画を紹介したのにと

どめている。

圖定想脈水(年千約)代古海流河衣

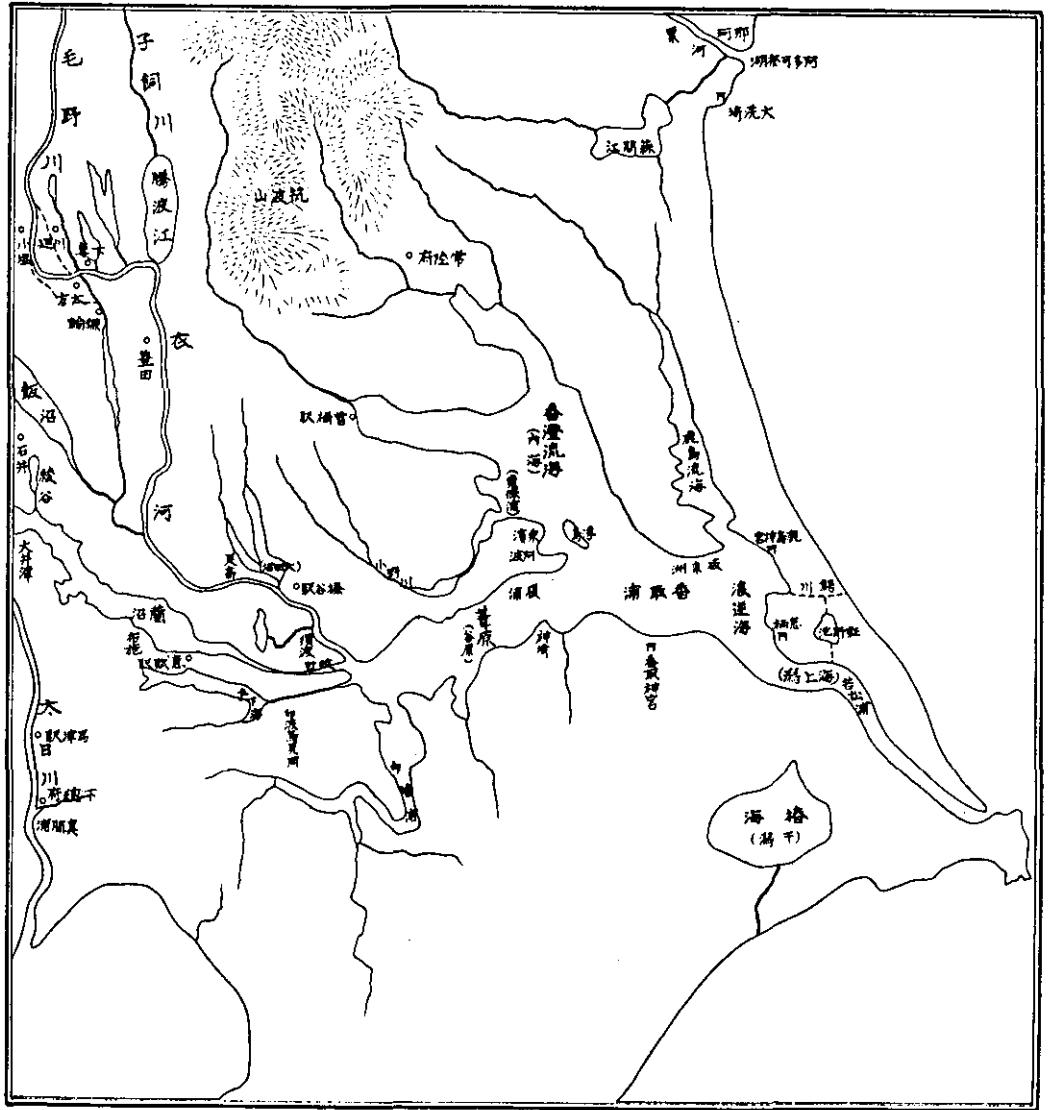


図1 古代(約千年前)の霞ヶ浦周辺(吉田, 1905)

1. かんがい方法の選択, 2. 開田技術と単位用水量, 3. 鬼怒川東部地区の用水計画, 4. 鬼怒川西部(利根取水)地区の用水計画, 5. 霞ヶ浦の水位変動に関する検討, 6. 総括と問題, および付録からなる内容は米増産から工業優先へと変わる時代の利水検討資料として重要である。

現在, この報告で検討された利水計画は大きく変わっており, 昭和10年代から検討されていた東京都の上水道源としての調査の流れが発展していった国の開発計画の中に組み込まれるようになった。すなわち, 関東甲信静越地方総合開発審議会の利根川, 荒川及び中川部会の下部機関として霞ヶ浦調査小委員会が, 1956年(昭和31年)6月に成立し, 翌年から調査を開始した。主要メンバーは建設省, 茨城県, 東京都および千葉県であり, 委員会は「霞ヶ浦総合利用調査報告書, 第1集」を1962年3月に刊行した。東京都が担当した水質調査(pp. 189 - 240)は, 32年度から35年度までのもので, 戦前以来の測定経験を生かした, 利水を目的とする最初の検討報告となっている。

1962年(昭和37年)4月, 霞ヶ浦は水資源開発促進法に基づく開発水系として指定された利根川の支川ということになった。計画は経済企画庁でまとめられ, ついて国土庁に移管され表1の形で推移した。これに合わせて, 県の計画も進められ, かつての「茨城県新総合振興計画」(1970年12月)では表2のようになっていたが, 1971年3月に事業主体は「水資源開発公団」に移り, 計画の修正もあった(表3・図2参照)(茨城県・千葉県, 1976)。

表1 霞ヶ浦開発事業

事業目的	この事業は, 既設の常陸川水門と合わせ湖周辺の洪水を防除するとともに, 茨城県石岡台地地区等の農地に対し必要な農業用水を確保し, 茨城県, 千葉県及び東京都の都市用水を確保するものとする。 なお, この事業の実施に当たっては水産業に及ぼす影響について十分配慮するものとする。
事業主体	水資源開発公団
河川名	霞ヶ浦
利水のための利用水深	約1.3メートル
予定工期	昭和43年度から昭和58年度まで

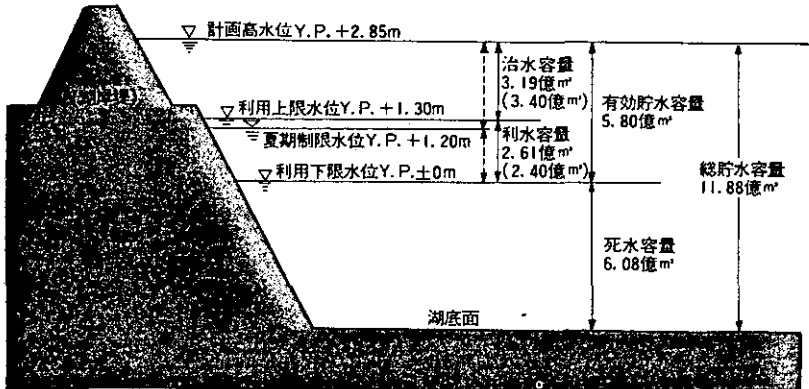
表2 霞ヶ浦周辺開発拠点一覧

		地区名	決定年次	備考
都市開発	工業整備特別地域	鹿島	昭和39年度	
	研究学園都市	筑波	38	
	首都圏市街地開発地域	土浦・阿見	38	
	“	石岡	39	
農業開発	大規模農業水利事業	鹿島南部	42	着工
	“	石岡台地	45	“
	“	北浦東部	46	“
	“	霞ヶ浦用水	45	調査
	農地基盤開発事業	高浜入	42	着工

表3 霞ヶ浦に関連した水資源開発

閣議決定 年月日	総理府告示		内 容
	年月日	番 号	
昭和	昭和		一利根川水系一
37. 4. 27	37. 4. 30	第12号	水系指定
37. 8. 17	37. 8. 20	第30号	計画決定(矢木沢ダム, 下久保ダム)
38. 3. 8	38. 3. 11	第10号	一部変更(利根導水路, 印旛沼開発の追加)
38. 8. 23	38. 8. 24	第34号	一部変更(群馬用水の追加)
39. 2. 28	39. 2. 29	第5号	一部変更(水需給計画の決定)
39. 10. 16	39. 10. 19	第38号	一部変更(利根川河口堰の追加)
40. 6. 25	40. 6. 29	第25号	一部変更(神戸ダムの追加)
43. 6. 18	43. 6. 20	第16号	一部変更(神戸を草木に名称変更)
45. 7. 7	45. 7. 9	第28号	全部変更(水需給計画の変更 利根川河口堰, 草木ダム, 北総東部用水, 房総導水路, 思川開発, 霞ヶ浦開発)
46. 6. 18	46. 6. 25	第26号	一部変更(成田用水の追加等)
49. 3. 26	49. 3. 30	第5号	一部変更(東総用水, 奈良俣ダムの追加)
			一荒川水系一
49. 12. 24	49. 12. 27	第41号	水系指定
51. 4. 16	51. 4. 21	第19号	利根川水系および荒川水系における水資源開 発基本計画の決定

霞ヶ浦容量配分図



注) ()は洪水貯留のための夏期制限期間内の治水容量と利水容量を示す。

図2 水資源開発公団による霞ヶ浦湖岸堤の計画

1963年、常陸川水門（通称、逆水門）が完成したが、当初は洪水時の利根川よりの流入水対策あるいは湖水面が干ばつ等により低下した際の塩水（海より）流入対策として計画されていたものである。前記開発事業計画の中にいれられて利水対策の施設としての役割を持たされることになった。この水門の操作に関して種々対立する見解があり、日本弁護士連合会水戸弁護士会公害対策委員会（1974）の「霞ヶ浦公害調査報告書」はその中で水門操作の問題点を指摘している。

また、県の計画にあった“高浜入干拓”は、湖岸堤とともに、霞ヶ浦開発の後半主事業を構成するものであるが、現在予定通りには進行していない。

1970年代にはいって、高度経済成長時代のしわよせともいえる公害現象が社会問題として重視されるようになったが、各種の開発に対する批判的見解も多く発表されるようになっていく。金関（1973-1974）：「鹿島・霞ヶ浦開発の歩み」、日本科学者会議茨城大学農学部分会（1974）：「霞ヶ浦の水利用と水質汚濁」などのように専門家による検討だけでなく、住民運動として“土浦の自然を守る会”（1972- ）：「桜川」はすでに10号を超える雑誌として、霞ヶ浦周辺開発の実態を報告し、また“霞ヶ浦を守る会”もまた住民運動の内容を報告している。

1971年以後は、国や自治体による調査も多く、茨城県（1972、1973）が国立公衆衛生院に委託して調査した結果をまとめた「霞ヶ浦水質保全対策調査報告書、No.1、No.2」は湖水の運動に関する吹送流シミュレーションを含むなど高度の内容になっている。また、建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所（1973- ）は、専門家に委託しての「霞ヶ浦生物調査報告書」をほぼ1年おきに発行している。なお、この報告の前に、水資源開発公団（1971）が、1965年4月～1971年3月までの調査を実施した資源科学研究所（前半は建設省関東地方建設局より、後半は水資源開発公団より委託されたもの）の成果を「霞ヶ浦・北浦水産生物調査報告書」として刊行した。いずれも、開発による環境変化調査の基礎資料になるものである。

なお、霞ヶ浦の水資源開発は他のいくつかの開発事業、たとえば筑波研究学園都市や鹿島臨海工業地帯との関係も注意しなければならない。鹿島については、1963年11月29日鹿島港起工式があり、重要港湾としての指定はすでに4月1日になされており、それ以後の開発事業はかなりの速さで進められた。

1967年には鹿島町に北浦からの水を導水しての浄水場が作られ、1969年には鹿島工業用水道として送水が始まった。同年10月15日に鹿島港開港式があり、4月10日の住友金属操業開始とともに、年ごとに工業生産が伸びることになり、北浦を中心にした霞ヶ浦水利用が盛になり、常陸川水門の閉鎖も増えて、水門より上流のシジミ（常陸川全域では当時全国の約3割を出荷していた）は、1966年8月の大量死以後次第に減産し、1973年にはほぼ全滅したといわれる。この間の事情は茨城大学地域総合研究所「鹿島開発」（古今書院、1974）、および高校地理教育談話会編「開発と地域の変貌——鹿島臨海工業地帯」（大明堂、1975）に詳しい。

しかし、学園都市を含めての広域的な霞ヶ浦水利用の将来については、計画そのものに修正の行われているものもあり、具体的な資料によって説明したものは知られていないといえる。

3. 霞ヶ浦研究史の展望

奈良時代条理制度の跡も残されているほど古代からの開拓の進んだ霞ヶ浦周辺については、社会学的自然科学的研究も古くから進められている。しかし、近年の開発に伴う環境変化に関連する研究を概観したものはまだないようである。ここでは、プロジェクトの目的に関連する研究に重点を置き、おもに昭和20年代以後の研究について、収集した文献を紹介する形でその概観を記述する。

昭和11～13年にかけて、東京都は上水道の水源としての調査を進めたが、この調査についての全体像は

現在のところまだ良くわかっていない。

湖沼学的な調査は、すでに田中阿歌磨(1907, 1910, 1918, 1927, 1929, 1931)の古典的研究に始まり、その中には大正6~7年の湖面結氷など近年にはない現象も報告されている。続いて吉村信吉は本格的な湖沼研究の場として、霞ヶ浦の調査をめざし、その計画指導のもとに、中央気象台付属霞ヶ浦湖沼研究所が昭和21年7月1日に発足し、ついでその業務は霞ヶ浦測候所に引き継がれ、両者を通じて4年間(1946-1949)の調査活動があった。成果のおもなものに桜井徳雄(1950)の「霞ヶ浦湖沼観測報告」があり、1948年7月~1949年3月までの毎月7~9回の湖沼観測表をはじめとする調査報告が含まれている。水質については、PH, O₂, Cl, 透明度程度であるが、当時の基準的調査内容であり、60点の水深測定もあって現在との比較のなし得る重要な資料である。なお、やや簡単な報告であるが、「中央気象台陸水報告第4号」は、前記報告以前の内容、すなわち、増沢・津村・松田(1947)が、1947年8月の46地点に及ぶ観測表を掲載しており、CO₂, SiO₂ およびPもはいつている。また、勝屋・増田(1974)の「霞ヶ浦・北浦の生物と底質調査報告第1報」もある。測候所は1950年に廃止され、湖沼観測はその後継続されなかった。

霞ヶ浦の水産業向上のための茨城県内水面水産試験場の前身茨城県水産振興場が発足したのは、1949年である。研究成果の報告は「茨城県水産振興場調査研究報告」として1956年に昭和28・29年度分を初号にまとめ、第4~9号は「茨城県霞ヶ浦・北浦水産事務所調査研究報告」となり、第10号以後「茨城県内水面水産試験場調査研究報告」として続いている。

国の事業としては中止された湖沼観測は、実質的には県の事業として再開した形になり、丹下・加瀬林・小出・林(1957)は1950年度の観測報告をまとめ、その後も一時的な中断はあったが、前述の機関誌に継続して発表されている。試験場(振興場以後を含む)の主要業績は、水産業の振興に関するものが中心であり、基本的な成果として加瀬林(1959)の「霞ヶ浦北浦における水産の現況」があげられる。

1958年に始まった県の霞ヶ浦・北浦水産資源増殖5ヶ年計画に与える悪影響がいくつか指摘されている。たとえば、北浦北部の澱粉工場廃水、霞ヶ浦高浜入のアルコール工場廃水および土浦入の醸造工場廃水が水質汚濁の主要因であるとしている。また増殖5ヶ年計画ではワカサギ・コイ・エビ・ヒガイが重点目標になったが、今後の問題として利水事業にともなう湖面低下と干拓の影響が注意されている。

同所の業務にも、次第に霞ヶ浦周辺開発にともなう水産業への影響を扱うものが多くなり、湖水の水質変化を組織的継続的に調査研究する施設としての比重が増えてきたことが、業績にも反映するようになった。たとえば、津田・浜田・赤野・鈴木・佐々木(1967)は、1963年に完成した常陸川水門の閉鎖によって1966年8月10日のシジミ大量斃死(常陸川のシジミ約7,500トンのうちその14.6%が斃死)が発生したことを明らかにした。

養殖ゴイの斃死現象は、1963年の養殖開始後にはじめて1973年夏に発生し、その主原因は湖水底層の溶存酸素が極端に減少したことであることを示したが、酸素の減少は植物プランクトン(Microcystis いわゆるアオコその他)の異常増殖であり、1968年ごろからめだってきた湖水の富栄養化を重視すべきで、1973年夏季の渇水によるのは問題であるとしている(赤野・佐々木・山崎・浜田, 1975; 熊丸, 1975)。

1958年2月19日、茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会が発足し、5年間の継続事業として、総合開発の進む湖周辺を社会学的調査を含め、自然・産業の多方面からの調査活動を広げた。研究会の活動は1963年3月をもって終わったが、その間の研究成果は、「霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書」第1~4集として発行された。

地域大学として茨城大10周年記念を考えた、教官グループの手弁当による自主的研究活動が支えになって発行された報告書であるが、開発が急に進み出す1960年代以前の霞ヶ浦についての数多くの学門的背景

を知ることができる。

茨城大学には、その設立時の1949年には涸沼（霞ヶ浦の北東約10km）で民家を借りての研究室が維持されてきて、1956年11月茨城町親沢に涸沼臨湖実験所が建設され、1967年6月理学部付属の官制となり、ついで1970年6月北浦南西部の潮来町大生（おおう）湖岸（現実験所分室）、1976年7月630㎡の本館が完成した。1972年5月には涸沼からの移転が進み、潮来（いたこ）臨湖実験所と改称された。現在、教授(併)1、講師1、助手1の陣容で魚類とベントス生態などが主テーマになっている。

4. 霞ヶ浦関係資料の解説

霞ヶ浦を対象にしての陸水域の富栄養化の研究では、富栄養化現象に関連する要因が、きわめて多種類になるため、必要な資料の選択と収集はかなり困難であった。その中で調べることのできた一部の中から重要と思われるものをここに紹介する。

A 継続的資料

(1) 全国公共用水域水質年鑑（1973— ）

環境庁水質保全局監修で、芙蓉情報センターが編集発行をしている。第1号は1975年版と表示してあるが、内容は1973年4月—1974年3月の資料を編集したものに、地点によっては、1971年と1972年の資料を追加したものである。第2号は1976年版と表示され1974年4月—1975年3月の資料である。

都道府県より届出のあった資料に基づいて、平均と極値を統計処理の上で示してあるが、霞ヶ浦水域（北浦と常陸川を含む）としては、1975年版の場合53地点がある。

(2) 水質年表（1960— ）

現在は、建設省河川局編集、関東建設弘済会発行となっているが、内容は前述の年鑑とはかなり違う。第14回（1973年）の場合観測方法と試験および分析方法に加えて測定責任機関名を明示し、測定時刻ごとの記録がすべて記載される。いわば測定記録原簿というべき内容で、1月に始まり12月に終る暦年方式である。地点数については、前述の年鑑よりかなり少なく、霞ヶ浦の対応する区域内で15地点である。

(3) 日本河川水質年鑑（1971— ）

建設省河川局監修日本河川協会編集山海堂発行で、1972年版が創刊号であり、1971年までの記録に基づいて編集されている。1973年版は1972年までの記録を使って、実態編・研究編・参考編・資料編をもって構成され、その年次までの水質関係重要事項等が解説され、前記年表を資料として使いこなし、かつ水質に関連する各種要素（流量・水利用等）を示し、また水質対策や研究の紹介をしている。霞ヶ浦区域は利根川の部に含まれるが、関連する図表等は全編にわたっている。とくに、1974年版には、林明男（1974）「霞ヶ浦の富栄養化の現状と対策」があり、かなり詳細な報告が豊富な資料に基づいてまとめられている。

(4) 流量年表（1938— ）

建設省河川局編集日本河川協会発行である。1974年の観測記録が第27回となっており、日表月年報の形をとった流量表とそれをグラフに表示した1観測所1ページで構成されたものに、統計結果としての流況表が加えられている。

霞ヶ浦に関連するものとして、利根川の観測記録があるが、霞ヶ浦からの流量記録はない。

(5) 雨量年表（1938— ）

建設省河川局編集日本河川協会発行とあるように、ここに収録された原データは建設省が、全国主要河川の利水と治水のために特別に設置した雨量観測所日表月年報である。目的が定められた施設であるから、上流地帯に多い。したがって、霞ヶ浦の直接的流域内には観測点がなく、利根川と鬼怒川の上流にはかなり多くある。利根川中下流の一部かつ霞ヶ浦と関連する場合に必要な資料となる。

(6) 公共用水域の水質測定結果(茨城県)(1971-)

前述の(1)の「全国公共用水域水質年鑑」に対応する測定原簿に相当する年報であり、測定時ごとの記録が示される。年鑑よりも記録項目は多い。4月に始まり3月に終る会計年度でまとめられている。編集は茨城県水質保全課である。

(7) 茨城県企業局水質年報(1969-)

県企業局編集で、水道用水および工業用水の水源としての霞ヶ浦と那珂川の水質測定記録集である。土浦入12地点の水質測定時ごとの記録や藻類の観測調査結果も含まれている。これも4月-3月の会計年度によるまとめとなっている。

(8) 茨城県統計年鑑(1879-)

土地・気象、人口、労働、農業、林業、水産業、鉱工業、建築・住宅、運輸・通信・公益事業、商業、金融、物価・家計、県民所得、社会保障、財政、衛生、教育・文化、公務員・選挙、司法・警察、消防・災害・公害および観光についての統計表である。水産業の部には霞ヶ浦・北浦の魚種別収量があり、資料の出所は農林省関東農政局茨城県統計情報事務所編集の「茨城農林水産統計年報」(茨城農林統計協会刊行:1952-)である。

うなぎ・わかさぎ・しらうおの減少、主要養殖魚のこいの増加が累年の記録によって認めることができる。また、農業の部の家畜の項で、霞ヶ浦周辺での著しい養豚事業の増加もわかるが、これは湖の汚濁に関係ありとされているものである。

茨城県統計課が編集し、茨城県統計協会が発行している。

(9) 茨城県公害技術センター年報(1968-)

業務年報と調査研究業績をまとめた報告であり、水質汚濁の項に霞ヶ浦の調査が含まれていて、(6)と(7)で説明した定型的測定以外の調査も含まれ、定常的な測定資料と併わせての解析結果も報告されている。

(10) 茨城県気象月報(1958-)

水戸地方気象台編集発行で、県内の区内観測所の気象観測の記録を日表月報の形にまとめたもので、霞ヶ浦流域では真壁、愛宕山(雨量)、柿岡、筑波山、美野里、銚田、土浦、館野、江戸崎(雨量)および鹿島の10地点がある。なお、県全体としての報告は明治30年に始まるが、霞ヶ浦周辺の区内観測所の整備が進んだのは、1950年代からである。

(11) 雨量報告(1926-)

気象庁編集発行で、前述した区内観測所の雨量について5年ごとの累年報としたものである。全国で約1,800地点あるが、降水量の面的調査や湖水の水収支年々変化算定に必要なものといえる。

(12) 気温報告(1916-)

前記雨量報告に対応するもので、気象庁編集発行の区内観測所5年累年報である。水収支算定資料として必要なもので、日最高と日最低の平均が記された月表形式をとっている。

B 非継続的資料

(1) 霞ヶ浦北浦湖沼観測報告(昭和38~46年)

1973年2月に茨城県内水面水産試験場が、従来の測定結果を日表原簿形式にしてまとめたものである。昭和38~41年は11地点、42~46年は26地点に増えている。観測項目、層別測定等標準的なもので、分析方法も明示された基本資料といえるものである。

(2) 茨城県の気候 184+27ページ

1959年3月に気象協会関東中部支部が発行したもので、水戸地方気象台が編集した。1958年までの県内気象機関の累年資料がまとめられ、かつ県全体の気候の解説がある。巻末27ページは気象災害の年表とな

っている。この報告と、前述の「茨城県気象月報」とによって霞ヶ浦周辺の基礎的な気象資料がわかる。

5. 霞ヶ浦を対象にした最近の調査研究事情と資料類

1970年代に環境問題に対する関心の高まりとともに、霞ヶ浦をフィールドとする研究計画が多数進められるようになった。しかし、調査の主体によっては、調査研究の成果がごく少数の印刷物によって公表あるいは未公開のままであったり、また現在進行中の調査研究については、中間報告あるいは観測資料等はなかなか公開の状態にならない。それらの中で、関係者の協力によって得られた、調査研究の状況と利用可能な報告等の存在を紹介する。

(1) 霞ヶ浦湖畔における蒸発観測

1969年12月9日-14日、1970年11月13-21日、1971年に浮島周辺で、東北大学・東大海洋研究所・京都大学・岡山大学・防災センター平塚支所・気象庁および気象研究所が、文部省科研費「蒸発による水損失とその抑制の研究」の一環として観測が行われた。

観測資料は現在整理中で印刷される予定といわれるが（連絡担当者、気象研究所 藤田敏夫）、この観測に基づく発表論文としては Mitsuta et al. (1970) があり、観測の事情も一部報告されている（根本, 1971）

(2) 霞ヶ浦における湖水の理化学的特性について

1972年8月3-5日と10月16-18の水質測定分析結果に基づいた研究で、文部省科研費「環境の破壊と保全に関する地理学的研究」の一部であり、論文としては標題のものが、市川正己ほか（1974）によって発表され、水質測定資料も掲載されている。

(3) 日本造船振興財団によるリモート・センシング探査

前身のB&G財団以来の「日本国土海洋総合学術診断委員会」が継続して、霞ヶ浦地区（一部鹿島を含む）を対象にした次のような航空機による探査が続けられている。現在のところこの探査資料による研究成果は公表されていないが、資料類は財団の定める規定によって利用できる

〒105 東京都港区虎ノ門1-15-16, 船舶振興ビル内, Tel.03-502-2371)

探査日時	使用機器	備 考
1974年11月22日	デーダラスMSS	6コース, カラー空中写真あり
1976年3月11日	〃	6コース, 〃
1976年8月29日	〃	5コース, 〃

(4) 国土開発(株)・アジア航測(株)によるリモート・センシング探査

霞ヶ浦高浜入をデーダラスMSSによって探査したもので、1975年8月13日9h15m~57m3コースにわたって実施され、湖面10点のグランド・トゥースも行われた。解析結果の発表は保科ほか（1976）があり、アオコの判定にチャンネル8すなわち0.70-0.79 μ m波長が適していると報告している。

(5) 国立公害研究所による霞ヶ浦の調査

昭和51年度所内特別研究として開始され、昭和52年度以降特別研究「陸水域の富栄養化に関する総合研究」の中に引き継がれている。研究内容および作成資料等の概要は、この記事を含んだ「国立公害研究所特別研究成果報告R-1」にあるが、原資料のうち航空写真（リアルカラーと赤外カラー）については、林野庁・国土庁・国土地理院の場合と同様の公開方法をとることを検討している。

6. おわりに

プロジェクトの開始に当って、他の同様の調査研究について常に直面するように、対象分野の関係文献資料類を収集整理することが重要課題になった。当研究所は設立以来ようやく2年を経過したばかりで、文献類の整備も始まったばかりであり、霞ヶ浦に関したものはほとんど無いといえる状態であった。

八郎潟の干拓が完成した現在、琵琶湖に次ぐ日本第2の面積と水量を有する霞ヶ浦は、すでに昭和のはじめには東京都の水資源として注目され、最近では首都圏の総合的な開発にとって重要な水資源として、その実態の調査研究は多くの機関によって進められてきた。しかし、そのうちの多くは印刷部数が限定され、あるいは配布が限られていて、貴重な調査結果も、多くの研究者に利用されないままになっているのが実情であった。

目録の編集に際しては、このような文献資料類を可能なかぎり入手することに努めた。幸い石沢淳子さんには非常勤として協力して頂き、収集作業とくに経験を生かしての、古くからの霞ヶ浦研究者との連絡によって、多数の所蔵報告書の寄贈を受けたり貸与して頂くことができた。

県の企業局、衛生研究所、公害技術センターおよび内水面水産試験場の各機関、土浦市、鹿島町および玉造町には出版物について種々の便宜を頂いたが、個人的にも加瀬林氏その他の方々にもいくつかの資料を提供して頂いた。また高層気象台の所蔵資料も利用させて頂き、当所と同様に新設ながら霞ヶ浦調査に意欲的な筑波大のいくつかの研究グループからの資料提供を受けた。なお、茨城大学の田淵俊雄助教授からは、霞ヶ浦水質汚濁に関する多数の研究成果を提供して頂いた。収集できた文献資料類にはまだ整理中のため、ここに掲載できなかったものもあるが、続く第2集でより充実させることによって、上記の方々の御好意に応えるようにしたい。

〔付 記〕

本稿をまとめた後で、茨城大学農学部霞ヶ浦研究会編の「霞ヶ浦」三共出版、203p. が三共科学選書7として1977年7月15日に発行された。1973年以来の同会の研究成果が、1969年からの農学部日本科学者会議グループの調査を引きついで形でまとめられたものである。開発に伴う水質汚濁の実態を精力的な調査によって、多数の図表を使って説明している。

Ⅱ 著者名別書誌目録

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>1 赤野誠之・佐々木道也・山崎 二郎・浜田篤信（1975）： 霞ヶ浦における網いけす養殖ゴイのへい死について(1). 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，12，25-48.</p>	<p>水産業，コイ</p>
<p>2 安芸皎一（1952）： 水害の日本. 岩波書店，</p>	<p>カスリン台風による利根川流域氾濫図. p.76にあり 洪水</p>
<p>3 青木三郎（1974）： 霞ヶ浦開発事業の概要. 農業土木学会誌，42，459-464.</p>	<p>開発</p>
<p>4 浅田芳宏ほか（1974）： 霞ヶ浦 一水質と水利用. 霞ヶ浦シンポジウム実行委員会，47p.</p>	<p>水質，水利用</p>
<p>5 浅田芳宏ほか（1973）： 霞ヶ浦流域企業排水水質調査報告. 茨城大学農学部学術報告，21，65-73.</p>	<p>工場排水，水質</p>
<p>6 朝倉書店（1968）： 霞ヶ浦. 日本地名大事典（関東），朝倉書店，pp.108-109.</p>	<p>地誌</p>
<p>7 浅野長雄・矢口正直・加瀬林成夫（1953）： 霞ヶ浦における池蝶貝について. 茨城県水産振興場.</p>	<p>水産業，貝</p>
<p>8 千葉県（1958）： 昭和32年度国土総合開発調査. 霞ヶ浦総合利水調査報告書（中間）.</p>	<p>流出量，水利用</p>

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>9 中央気象台海洋課・霞ヶ浦湖沼研究所（1947）： 中央気象台陸水報告，第4号，18p. 付図3，付表1，（日高孝次：霞ヶ浦湖沼研究所設立に就いて。 増沢謙太郎ほか：昭和22年夏季霞ヶ浦湖沼観測報告，第一報。 勝屋志郎・増田博：霞ヶ浦・北浦の生物と底質調査報告，第一報。）</p>	<p>論文集</p>
<p>10 江坂輝彌（1975）： 関東平野における貝塚遺跡から観た沖積区における海岸線の進退。 日本大学地理学科五十周年記念論文集－関東とその周辺， pp.69－74.</p>	<p>縄文時代の海岸線図に霞ヶ浦が含まれている。 地形</p>
<p>11 藤本治義（1951）： 常総台地。 日本地方地質誌（関東地方），pp.273－281.</p>	<p>地形</p>
<p>12 芙蓉情報センター（株）（1974）： 全国公共用水域水質年鑑－1975年版。 環境庁水質保全局監修，海洋出版，1035p.，（別冊）363p.</p>	<p>昭和48年度調査－4月～翌年3月－，46～47年度データ要約 水質測定資料</p>
<p>13 芙蓉情報センター（株）（1976）： 全国公共用水域水質年鑑－1976年版。 環境庁水質保全局監修，海洋出版，566p.，（別冊）247p.</p>	<p>昭和49年度－4月～翌年3月－調査 水質測定資料</p>
<p>14 芙蓉情報センター（株）（1977）： 全国公共用水域水質年鑑－1977年版。 環境庁水質保全局監修，海洋出版，657p.，（別冊）228p.</p>	<p>昭和50年度－4月～翌年3月－調査 水質測定資料</p>
<p>15 浜田篤信・津田勉（1976）： 霞ヶ浦の富栄養化に関する研究(3)窒素収支について。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，13，29－43.</p>	<p>水質</p>
<p>16 原田嘉兵衛（1960）： 利根川下流域の土地利用－小貝川下流と田中遊水池，地理， 5(3)，72－75.</p>	<p>土地利用</p>

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
17 橋谷尚志 (1958): 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究(4)食性について. 茨城県水産振興場調査研究報告, 3, 17-24.	水産業
18 林 明男 (1974): 霞ヶ浦の富栄養化の現状と対策. 日本河川水質年鑑-1974年版, 山海堂, 45-61.	水質
19 林 尚孝・塩 光輝 (1974): 地域メッシュ統計による流域人口の推定. 茨城大学農学部学術報告, 22, 57-63.	霞ヶ浦流入河川の流域と人口 社会
20 日高孝次 (1947): 霞ヶ浦湖沼研究所設立に就て. 中央气象台陸水報告, 4, 1-2.	研究機関
21 日南田静真 (1953): 霞ヶ浦漁業の構造. 茨城県漁業経済調査報告, pp.131-189.	水産業
22 日南田静真・高津戸昭三 (1962): 霞ヶ浦干拓の経済的諸問題. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 3, 115-171.	干拓
23 日南田静真・高津戸昭三 (1961): 平地林に関する研究(その2)-林野と耕地の関連性について. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 2, 187-206.	地誌, 農業
24 日南田静真・高津戸昭三 (1963): 霞ヶ浦干拓の農業経済的考察. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 4, 115-135.	農業, 干拓
25 平井佐吉郎 (1917): 茨城県霞ヶ浦北浦鯉仔放流成績, 水産研究誌, 12, 48-50.	水産業
26 広瀬利雄 (1973): 霞ヶ浦の水質保全について. 水温の研究, 17, 12-21.	水質

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>27 洞沢 勇 (1973): 霞ヶ浦常南広域下水道の調査研究(1)高度処理法に関する基本調査, 日本公害研究所報告書. 128 p.</p>	下水
<p>28 Horie, S. (1962): Morphometric features and the classification of all the lakes in Japan Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, B, 29(3), 191-262</p>	湖沼学
<p>29 堀江正治 (1964): 日本の湖—その自然と科学. 日経新書, 226 p.</p>	<p>霞ヶ浦・北浦, pp.122-123. 湖沼学, 北浦</p>
<p>30 堀口友一 (1959): 環境衛生の地理学的研究. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第1集. 135-138.</p>	環境衛生
<p>31 堀口友一 (1961): 霞ヶ浦・北浦周辺地域の環境衛生に関する地理学的研究. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第2集, 123-129.</p>	環境衛生
<p>32 保科幸二・田場 稔・田中邦一・横田道生 (1976): MSSによる霞ヶ浦の調査. 昭和51年度写真測量学術講演会予稿.</p>	リモート・センシング, アオコ
<p>33 保科利一・佐野徳夫・砂山真理子・中野 勇 (1958): ワカサギ卵に寄生する水生菌の防除に関する研究. 茨城県水産振興場調査研究報告, 第3号, 35-44.</p>	<p>霞ヶ浦のワカサギ卵 水産業, ワカサギ</p>
<p>34 茨城大学地域総合研究所 (1974): 鹿島開発. 古今書院, 334 p.</p>	<p>pp.70-99.霞ヶ浦の 水利問題に関連 水利用</p>
<p>35 茨城大学地域総合研究所 (1976): 茨城のすがた—その地域性. 文真堂, 324 p.</p>	<p>地誌, 開発, 水利用, 水 産業, 社会, 農業, 観光</p>

著者， 標 題 等	内容および索引事項
36 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会（1959）： 霞ヶ浦北浦地域総合研究報告書。 第1集，201p.	論文集
37 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会（1961）： 霞ヶ浦北浦地域総合研究報告書。 第2集，230p.	論文集
38 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会（1962）： 霞ヶ浦北浦地域総合研究報告書。 第3集，214p.	論文集
39 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会（1963）： 霞ヶ浦北浦地域総合研究報告書。 第4集，189p.	論文集
40 茨城県・千葉県（1951）： 植物景観国立公園候補地，日本水郷。	地誌，観光
41 茨城県・栃木県・群馬県・埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県 （1954）： 利根特定地域水質調査報告書一昭和28年度総合開発調査。 16p. +表・図	昭和28年5月～29年3月 霞ヶ浦の水質 表・図あり 水質
42 茨城県（1958）： 霞ヶ浦総合利水調査報告書（霞ヶ浦北浦流入量について）。	水収支，流入量
43 茨城県（1959）： 昭和34年度工場適地調査一霞ヶ浦地区。	開発
44 茨城県（1959）： 霞ヶ浦北浦における水産の現況。 84p.	水産業
45 茨城県（1959）： 霞ヶ浦における水位低下が水産生物に及ぼす影響の基礎的研究。 32p.	水産業

著者， 標題等	内容および索引事項
46 茨城県（1964）： 霞ヶ浦北浦地方振興計画調査報告書。	開発
47 茨城県（新沢嘉芽統）（1965）： 霞ヶ浦用水計画の研究。	水利用
48 茨城県（1965）： 昭和39年度水質汚濁防止対策調査報告書。 茨城県霞ヶ浦水産事務所。	水質
49 茨城県（1965）： 昭和39年度水質汚濁防止対策調査報告書，続報1。 茨城県霞ヶ浦水産事務所。	水質
50 茨城県（1970）： 茨城県新総合振興計画。 茨城県，206p. + 図表。	pp. 189 - 193. 霞ヶ浦総合開発の推進 開発
51 茨城県（1971）： 常陸川水門操作に伴う水象水質調査報告書（昭和46年）。	水質測定資料，常陸川
52 茨城県（1972）： 常陸川水門操作に伴う水象水質調査報告書（昭和47年）。	水質測定資料，常陸川
53 茨城県（1972）： 公共用水域の水質測定結果，昭和46年度。	水質測定資料
54 茨城県（南部祥一他）（1972）： 霞ヶ浦水質保全対策調査報告書，第1報。	論文集
55 茨城県（南部祥一他）（1973）： 霞ヶ浦水質保全対策調査報告書，第二報，91p.	論文集
56 茨城県（1973）： 常陸川水門操作に伴う水象水質調査報告書（昭和48年）。	水質測定資料，常陸川

著者， 標題等	内容および索引事項
57 茨城県（1973）： 公共用水域の水質測定結果，昭和47年度。 384p.	水質測定資料
58 茨城県（1973）： 霞ヶ浦総合開発基本計画（案），31p.	開発
59 茨城県（1974）： 環境白書，昭和48年度，322p.	総説
60 茨城県（1974）： 公共用水域の水質測定結果，昭和48年度，357p.	水質測定資料
61 茨城県（1974）： 茨城の水産.	水産業
62 茨城県・建設省・建設技研（1974）： 農地排水対策調査報告書，別冊（霞ヶ浦の農地排水実態調査編）.	農業排水，水利用
63 茨城県・建設省霞ヶ浦工事事務所（1974）： 山王川浄化に関する室内実験報告書.	水質
64 茨城県（1975）： 環境白書，昭和49年度。 276p.	総説（環境）
65 茨城県（1975）： 霞ヶ浦水質の現状と対策の概況.	水質
66 茨城県（1975）： 公共用水域の水質測定結果，昭和49年度。 345p.	水質測定資料
67 茨城県（1976）： 環境白書，昭和50年度。 280p.	総説（環境）

著者， 標題等	内容および索引事項
68 茨城県（1976）： 公共用水域の水質測定結果，昭和50年度， 360 p.	水質測定資料
69 茨城県・千葉県（1976）： 水源地域整備計画および参考資料.	開発
70 茨城県・千葉県（1976）： 水資源開発基本計画に基づく霞ヶ浦開発事業により建設される湖 沼水位調節施設に係る水源地域整備計画参考資料. 52 p.	開発，水位
71 茨城県衛生研究所（1970）： 研究学園都市水道調査第2号報告書（霞ヶ浦水質調査）. 62 p.	水質，水利用
72 茨城県開発部公害課（1968）： 霞ヶ浦水質許容限調査報告書. 114 p.	水質
73 茨城県開発部公害課（1970）： 霞ヶ浦の水質汚濁と対策. 工業用水，No 146.	水質
74 茨城県開発部公害対策課（1972）： 霞ヶ浦流入河川水質調査結果. 8 p.	水質測定資料
75 茨城県開発部公害対策課（1972）： 霞ヶ浦流域工場・事業場概況調査結果.	工場排水
76 茨城県環境局（1975）： 藻類発生機構調査報告. 第1報（微細藻類研究会，昭和50年3月，霞ヶ浦水質保全対策委 （1976.5）資料，No 1）	水質，アオコ

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>77 茨城県環境局（1975）： 湖沼富栄養化実態調査報告書。 （株）日本水道コンサルタント，昭和50年12月，霞ヶ浦水質保全 対策委（51.5）資料（1975.12）No.3，</p>	水質
<p>78 茨城県環境局（1976）： 茨城県水質環境基準類型指定図。</p>	水質
<p>79 茨城県環境局（1976）： 藻類発生機構調査報告。 第2報（微細藻類研究会，昭和51年3月，霞ヶ浦水質保全対策委 （1976.5）資料，No.2）</p>	水質，アオコ
<p>80 茨城県環境局（1976）； 霞ヶ浦水域汚濁負荷量削減計画。 （霞ヶ浦水質保全対策委（51.5）資料，No.4）</p>	水質
<p>81 茨城県環境局（1976）： 霞ヶ浦の水道原水としての水質。 （企業局霞ヶ浦水質保全対策委（51.5）資料（1976.5）， No.5）</p>	水質，水利用
<p>82 茨城県環境局（1976）： 水質現況と問題点（水産用水）。 （霞ヶ浦水質保全対策委（51.5）資料（1976.5），No.6）</p>	水質，水利用
<p>83 茨城県環境局（1976）： 霞ヶ浦における各種利水の水質現況と問題点について（農業用水）。 （霞ヶ浦水質保全対策委（51.5）資料（1976.5），No.7）</p>	水質，水利用
<p>84 茨城県環境局（1976）： 霞ヶ浦の生産限界について。 （霞ヶ浦水質保全対策委（1976.5）資料，No.8）</p>	水質，水産業
<p>85 茨城県環境局（1976）： 水道原水としての霞ヶ浦水質。 （霞ヶ浦水質保全対策委（1976.5）資料，No.9）</p>	水質，水利用

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>86 茨城県環境局（1976）： 霞ヶ浦水質保全対策専門委員会記録，（霞ヶ浦の富栄養化対策について）昭和51年2月14日。 （霞ヶ浦水質保全対策委資料，No10）</p>	水質
<p>87 茨城県霞ヶ浦北浦海区漁業調整委員会（1958）： 漁業調整委員会8年のあゆみ。 49 p.</p>	水産業
<p>88 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1958）： 霞ヶ浦における川地びき網漁業の実態について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査資料，第29号，38 p.</p>	水産業
<p>89 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1958）： 霞ヶ浦北浦における帆びき網漁業の実態について。 茨城県霞ヶ浦水産事務所調査資料，第30号，86 p.</p>	水産業，北浦
<p>90 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1958）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，（茨城県水産振興場調査研究報告改題通巻）第4号。 17 p.</p>	論文集
<p>91 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1960）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第5号，46 p.</p>	論文集
<p>92 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1961）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告。 第6号，78 p.</p>	論文集
<p>93 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1965）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第7号，43 p.</p>	論文集
<p>94 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1966）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第8号，60 p.</p>	論文集
<p>95 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1967）： 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第9号， 44 p. + 写真。</p>	論文集

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
96 茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所(1973): 霞ヶ浦(流域下水道の概況).	下水
97 茨城県霞ヶ浦水産事務所(1961): 霞ヶ浦・北浦における水産の概要.	水産業
98 茨城県霞ヶ浦水産事務所(1964): 昭和39年度水質汚濁防止対策調査報告書.	水質
99 茨城県企業局(1970): 茨城県水道事業及び工業用水道事業の概要.	水利用
100 茨城県企業局(1971): 霞ヶ浦水道.	水利用
101 茨城県企業局(1970): 企業局水質年報, 第1報, 昭和44年度.	水質測定資料
102 茨城県企業局(1971): 企業局水質年報, 第2報, 昭和45年度.	水質測定資料
103 茨城県企業局(1972): 企業局水質年報, 第3報, 昭和46年度.	水質測定資料
104 茨城県企業局(1973): 企業局水質年報, 第4報, 昭和47年度. 243p.	水質測定資料
105 茨城県企業局(1974): 企業局水質年報, 第5報, 昭和48年度, 268p.	水質測定資料
106 茨城県企業局(1975): 企業局水質年報, 第6報, 昭和49年度, 345p.	水質測定資料
107 茨城県企業局(1976): 企業局水質年報, 第7報, 昭和50年度, 362p.	水質測定資料

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
108 茨城県企業局鹿島浄水場 (1960): 鹿島浄水場の概要.	水利用
109 茨城県企画室 (1970): 霞ヶ浦総合開発. 8 p.	総合開発についての概要 説明. 開発
110 茨城県公害技術センター (1969): 茨城県公害技術センター年報, No.1, 昭和43年版, 76 p.	p.p. 31-65. 霞ヶ浦・北浦流入河川汚濁調査 水質測定資料
111 茨城県公害技術センター (1970): 茨城県公害技術センター年報, No.2, 昭和44年版, 85 p.	p.p. 62-73. 霞ヶ浦流入河川汚濁調査. 水質測定資料
112 茨城県公害技術センター (1971): 茨城県公害技術センター年報, No.3, 昭和45年度, 162 p.	pp. 123-133. 霞ヶ浦流入河川汚濁調査, 水質測定資料
113 茨城県公害技術センター (1971): 茨城県公害技術センター年報, No.4, 昭和46年度, 208 p.	pp. 132-136. 霞ヶ浦流入河川汚濁調査. 水質測定資料
114 茨城県公害技術センター (1972): 茨城県公害技術センター年報, No.5, 昭和47年度, 204 p.	pp. 125-168. 霞ヶ浦水質汚濁の測定(底質を含む)あり. 水質測定資料
115 茨城県公害技術センター (1974): 茨城県公害技術センター年報, No.6, 昭和48年度, 234 p.	pp. 125-134. 霞ヶ浦関係水質汚濁調査. 水質測定資料
116 茨城県公害技術センター (1975): 茨城県公害技術センター年報, No.7, 昭和49年度, 197 p.	pp. 99-158. 霞ヶ浦水質汚濁の測定(底質を含む)あり. 水質測定資料

著者， 標 題 等	内容および索引事項
117 茨城県公害技術センター（1976）： 茨城県公害技術センター年報，No.8，昭和50年度，237p.	pp.105-117. 霞ヶ浦の水質調査 水質測定資料
118 茨城県公害課（1968）： 水質汚濁観測年表.	水質
119 茨城県内水面水産試験場（1969）： 茨城県内水面水産試験場調査研究報告（茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告改題通巻），第10号，66p.	論文集
120 茨城県内水面水産試験場（1973）： 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第11号， 140p. + 写真.	論文集
121 茨城県内水面水産試験場（1973）： 霞ヶ浦北浦湖沼観測報告（昭和38-46年），137p.	湖沼観測
122 茨城県内水面水産試験場（1973）： 霞ヶ浦における網生質養殖ゴイ斃死原因調査中間報告書。 （昭和48年9月16日）.	水産業，コイ
123 茨城県内水面水産試験場（1975）： 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第12号，140p.	論文集
124 茨城県内水面水産試験場（1976）： 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第13号，101p.	論文集
125 茨城県農業試験場（1965）： 常陸川の水質調査の概要，常陸川の塩分変動について.	水質，常陸川
126 茨城県農業試験場（1973）： 農業用水水質調査報告書，1，2.	水質，水利用
127 茨城県総合開発事務局（1960）： 常陸川の塩水現象に関する考察.	水質，常陸川

著 者 ， 標 題 等	内容および索引事項
128 茨城県総合開発事務局（1961）： 霞ヶ浦総合利水調査報告，第1報，127p.	水利用
129 茨城県総合開発事務局（1961）： 霞ヶ浦総合利水について。 22p.	開発，水利用
130 茨城県総合開発部水資源対策課（1972）： 霞ヶ浦総合開発関係資料（昭和47年）。	開発
131 茨城県水産試験場（1912）： 霞ヶ浦北浦漁業基本調査報告，1。	水産業
132 茨城県水産試験場（1913）： 茨城県霞ヶ浦北浦漁業基本調査報告，Ⅱ。	水産業
133 茨城県水産試験場（1935）： 霞ヶ浦北浦の観測。 茨城県水産試験場昭和8年度事業報告，172-179。	湖沼観測
134 茨城県水産試験場（1935）： 霞ヶ浦北浦の浮遊生物調査。 茨城県水産試験場昭和8年度事業報告，179-205。	湖沼観測
135 茨城県水産振興場（1953）： 霞ヶ浦におけるわかさぎ刺網について。 茨城県水産振興場調査資料，第1号，1-4。	水産業，ワカサギ
136 茨城県水産振興場（1953）： 霞ヶ浦北浦におけるわかさぎ刺網の漁獲調査。 茨城県水産振興場調査資料，第2号，1-4。	水産業，ワカサギ
137 茨城県水産振興場（1953）： 霞ヶ浦水位の年変化について。 茨城県水産振興場調査資料，第5号，1-4。	水位

138	茨城県水産振興場（1953）： 北浦におけるソウギョ及びハクレンの漁況。 茨城県水産振興調査資料，第6号。 1-4.	水産業
139	茨城県水産振興場（1955）： 霞ヶ浦におけるエビ類の産卵期について。 茨城県水産振興場調査資料，第17号，1-5.	水産業，エビ
140	茨城県水産振興場（1955）： 醸造工場廃水に関する調査について。 石岡アルコール工場に関する調査。 茨城県水産振興場調査資料，第18号。	工場排水
141	茨城県水産振興場（1956）： 霞ヶ浦北浦及び利根川下流附近における中国移入魚の繁殖について。 12 p.	水産業
142	茨城県水産振興場（1956）： 茨城県水産振興場業務報告，昭和26～31年度。	水産業
143	茨城県水産振興場（1956）： 茨城県水産振興場調査研究報告，昭和28・29年度。	水産業，論文集
144	茨城県水産振興場（1957）： 茨城県水産振興場調査研究報告，第2号。	水産業，論文集
145	茨城県水産振興場（1957）： しらうお帆びき網に混獲されるワカサギについて。 茨城県水産振興場調査資料，第16号，1-9.	水産業，ワカサギ
146	茨城県水産振興場（1958）： 茨城県水産振興場調査研究報告，第3号。	水産業，論文集
147	茨城県水産振興場（1958）： ソウギョ及びハクレンの採苗調査報告。 11 p.	水産業

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
<p>148 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1958): 霞ヶ浦, 北浦および利根川下流の水の化学的調査と干拓の塩害対策について (第1, 第2報).</p>	水質, 干拓, 塩害
<p>149 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1959): 霞ヶ浦, 北浦および常陸川の水の化学的調査と塩害対策 (第3報).</p>	水質, 干拓, 塩害
<p>150 市川正巳・鈴木裕一・森 和紀・久保隆行 (1974): 霞ヶ浦における湖水の理化学的特性について. 東京教育大学地理学研究報告, No 18, 9-23.</p>	水質
<p>151 市川正巳・高山茂美・田中 正・田中雄作・佐倉保夫 (1977): 水文循環に及ぼす都市化の影響 (その1) - 筑波研究学園都市およびその周辺地域の場合. 日本地理学会予稿集, 12, 204-205.</p>	水収支
<p>152 Ichimura, S. (1961): On the spatial difference of the primary production in the lake and its relation to environmental factors. Bot. Mag. Tokyo, 74, 6-13.</p>	湖沼学
<p>153 位田俊臣 (1975): 霞ヶ浦の漁場設計に関する研究, II, ワカサギのふ化放流と漁期などの制限について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 第12号, 1-7.</p>	水産業, ワカサギ
<p>154 井出 潔 (1935): 肝蔵「ヂストマ」ノ第二中間宿主トシテわかさぎ (<i>Hypome- dus olidus (pallas)</i>) ヲ追加ス. 細菌学雑誌, No 470, 253-256 (付図1).</p>	寄生虫, 疾病, ワカサギ
<p>155 井出 潔 (1935): 肝蔵「ヂストマ」ノ第二中間宿主トシテ更ニにごひ [<i>Hemibarbus barbus (Temminck & Schlegl)</i>] ヲ追加ス. 細菌学雑誌, No 475, 700-701 (付図1).</p>	寄生虫, 疾病

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
<p>156 井出 潔 (1936): 茨城県下ニ於ケル肝蔵「ヂストマ」ノ分布ニ就テ. 細菌学雑誌, No 487, 608-619.</p>	寄生虫, 疾病
<p>157 池田 宏ほか (1976): 鬼怒川の流路変更と筑波研究学園都市周辺の地形発達. 地理予, 10 (1976), 83-84.</p>	霞ヶ浦, 桜川河谷の地形. 地形
<p>158 生田美和子 (1975): 霞ヶ浦. 津田松苗編「日本湖沼の診断」, 共立出版, pp. 82-93.</p>	湖沼学, 水質
<p>159 Imamura, T. (1956): Water-Mites from lakes Kasumigaura and Kitaura. 茨城大学文理学部紀要 (自然科学), 24-26.</p>	湖沼学, プランクトン
<p>160 稲葉伝三郎 (1950): 利根川水系における草魚・レンギョの繁殖について. 日本水産学会東北支部会報.</p>	水産業
<p>161 稲葉伝三郎 (1954): 淡水養殖における移入種とその繁殖, 利根川荒川水系の中国移入 魚の繁殖状況. 楽水, 3号.</p>	水産業
<p>162 入江勇治・安羅岡一男・横川宗雄・小島荘明・飯岡敏夫・荒川洲三・ 山崎セイ (1975): 茨城県麻生町における横川吸虫の感染状況とカマラによる駆虫成 績, 寄生虫学雑誌, 11.</p>	寄生虫, 疾病
<p>163 石崎清松他 (1961): 霞ヶ浦の水利用に関する試案. 農業土木学会誌, 28 (7).</p>	水利用
<p>164 石崎三郎・谷萩秀夫 (1976): 霞ヶ浦流域における豚ふん尿の処理状況. 茨城大学農学部学術報告, 第23号, 7-12.</p>	養豚業, 畜産排水

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>165 巖 靖子 (1968): 北浦の水質汚濁とプランクトン. 日本水処理生物学会誌, 4 (1).</p>	水質, プランクトン
<p>166 岩崎岩次 (1970): 霞ヶ浦の水質. 工業用水, No.146.</p>	水質
<p>167 簗 益夫 (1959): 霞ヶ浦・北浦周辺の気候. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第1集, 27-28.</p>	気象
<p>168 籠瀬良明 (1975): 隆起砂州上の潮来 — 古鬼怒湾の海面高. 地理, 20 (8), 104-105.</p>	地形
<p>169 籠瀬良明 (1975): 茨城県の綿作農家 — 自然堤防と砂州. 地理, 20 (6), 120-121.</p>	地形
<p>170 籠瀬良明 (1975): 関東および周辺の戦後の綿作地域. 日本大学地理学科五十周年記念論文集 — 関東とその周辺, 51-66.</p>	<p>pp. 59-65. 霞ヶ浦沿岸沖積低地上の 綿作, 島畑, 土地利用. 土地利用</p>
<p>171 籠瀬良明 (1976): 北浦・霞ヶ浦岸の条理水田と用水. 地理予, 10, 216-217.</p>	土地利用, 水利用
<p>172 神谷一男 (1930): 霞ヶ浦産竜虫科目録. 昆虫, 4, 135.</p>	昆虫
<p>173 鴨脚七郎 (1912): 霞ヶ浦の蝦に就て. 親潮, 7, 49-56.</p>	エビ, 水産業

- | | | |
|-----|--|--|
| 174 | 神原信一郎（1934）：
開東平野の湖沼の生因に就て。
陸水学雑誌，4，70-71. | 湖沼学 |
| 175 | 金関義則（1973）：
首都圏における<鹿島・霞が浦>開発の役割，（鹿島・霞が浦開発の歩み-1）。
青と緑，1973，12月号，62-66. | 開発，水利用 |
| 176 | 金関義則（1974）：
蝦夷征伐と常陸国，（鹿島・霞が浦開発の歩み-2）。
青と緑，1974，1月号，62-66. | 中世の霞ヶ浦。
開発，歴史 |
| 177 | 金関義則（1974）：
利根川改修と霞が浦地域，（鹿島・霞が浦開発の歩み-3）。
青と緑，1974，2月号，62-66. | 開発，水利用 |
| 178 | 金関義則（1974）：
利根川改修と霞が浦地域（続），（鹿島・霞が浦開発の歩み-4）。
青と緑，1974，3月号，62-66. | 開発，水利用 |
| 179 | 金関義則（1974）：
高度成長時代の大規模開発，— その典型としての茨城県地域開発 —（鹿島・霞が浦開発の歩み—最終回）。
青と緑，1974，4月号，48-52. | 開発，水利用 |
| 180 | 関東第四紀研究グループ（1969）：
南関東の第四系と海水湾変動。
日本の第四系。
173-200. | 古東京湾東部(pp. 188-192)に地形・地質の説明あり。
地形 |
| 181 | 関東甲信静越地方総合開発審議会霞ヶ浦調査小委員会（1962）：
霞ヶ浦総合利水調査報告書。
第1集，313p. | 151件の霞ヶ浦関連文献リストあり。
地形，
水収支，流出量，流入量，水質，水産業，波浪 |
| 182 | 関東農政局（1975）：
霞ヶ浦地域における畜産経営環境保全調査報告集。 | 畜産 |

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>183 笠井新也（1914）： 霞ヶ浦地方に於ける古代水上住民の遺風に就いて。 人類学雑誌， 29， 390-397.</p>	歴史， 考古学
<p>184 加崎英男（1957）： 茨城県下の車軸藻類。 植物研究雑誌， 32， 124-125.</p>	植物
<p>185 加瀬林成夫（1954）： 霞ヶ浦北浦における水族の移殖記録。 茨城県水産振興場調査資料， 第10号.</p>	水産業
<p>186 加瀬林成夫・芹田 茂（1956）： Shelter の効果に関する基礎的研究。 茨城県水産振興場調査研究報告書， 昭和28・29年度， 11-18.</p>	霞ヶ浦において Shelter に 潜入する水族の組成・季 節的变化。 水産業
<p>187 加瀬林成夫（1957）： 網代によるマハゼの漁獲について。 茨城県水産振興場調査資料， 第26号， 6p.</p>	水産業
<p>188 加瀬林成夫ほか（1957）： 昭和25年度霞ヶ浦湖沼観測報告。 茨城県水産振興場調査研究報告， 2， 1-10.</p>	湖沼観測
<p>189 加瀬林成夫・須能正美・中野 勇（1957）： 昭和30年度霞ヶ浦北浦湖沼観測報告。 茨城県水産振興場調査研究報告， 2， 11-19.</p>	湖沼観測
<p>190 加瀬林成夫（1957）： カムルチー <i>Channa argus</i> (Cantor) の食性について。 茨城県水産振興場調査研究報告， 2， 20-25.</p>	水産業
<p>191 加瀬林成夫・三浦紀人（1957）： 霞ヶ浦北浦にて漁獲された小形のアオウオ <i>Mylopharyngodon</i>- <i>piceus</i> (Richardson) について。 茨城県水産振興場調査研究報告， 2， 26-29.</p>	水産業

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>192 加瀬林成夫（1957）： 霞ヶ浦北浦に移殖された水族の記録およびその経過について。 茨城県水産振興場調査研究報告，2，30-36.</p>	水産業
<p>193 加瀬林成夫・須能正美・中野 勇（1957）： 霞ヶ浦北浦周辺におけるパラチオン剤の使用状況及びそれが水産動物に及ぼす影響について。 茨城県水産振興場調査資料，25，1-11.</p>	水質，農業排水，農薬
<p>194 加瀬林成夫・中野 勇（1958）： 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究，Ⅲ。 茨城県水産振興場調査研究報告，3，1-16.</p>	水産業，ワカサギ
<p>195 加瀬林成夫（1958）： 霞ヶ浦北浦産魚類目録の追加。 茨城県水産振興場調査研究報告，3，45-46.</p>	水産業
<p>196 加瀬林成夫・須能正美・中野 勇（1958）： 昭和31年度霞ヶ浦湖沼観測報告。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，4，1-10.</p>	湖沼観測
<p>197 加瀬林成夫・須能正美・中野 勇・橋谷尚志（1958）： 昭和32年度霞ヶ浦湖沼観測報告。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，4，11-17.</p>	湖沼観測
<p>198 加瀬林成夫・須能正美・中野 勇・橋谷尚志（1959）： 霞ヶ浦における水位変化が水産生物に及ぼす影響の基礎的研究。 茨城県，47p.</p>	水位，水産業
<p>199 加瀬林成夫（1959）： 霞ヶ浦北浦における水産の現況。 茨城県，84p.</p>	水産業
<p>200 加瀬林成夫（1960）： 利根川水系における種ウナギの供給について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，5，1-11.</p>	水産業

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
<p>201 加瀬林成夫・中野 勇 (1960): 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究, V. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第5号, 19-28.</p>	水産業, ワカサギ
<p>202 加瀬林成夫・中野 勇 (1961): 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究 VI. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第6号, 1-64.</p>	水産業, ワカサギ
<p>203 加瀬林成夫 (1965): 霞ヶ浦北浦におけるウナギ・スズキ及びボラの遡河について. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第6号, 65-79.</p>	水産業
<p>204 加瀬林成夫 (1965): 霞ヶ浦におけるイケチョウガイの繁殖について. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第7号, 1-9.</p>	水産業, 貝
<p>205 加瀬林成夫・加福竹一郎・中野 勇 (1966): 利根川水系におけるソウギョ・ハクレンの未成魚の生態について. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第8号, 1-37.</p>	水産業
<p>206 加瀬林成夫 (1966): 霞ヶ浦北浦におけるハスおよびワタカの繁殖について. 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第8号, 38-41.</p>	水産業
<p>207 加瀬林成夫 (1966): 霞ヶ浦におけるイケチョウガイ glochidium の附着魚について (予報). 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第8号, 42-47.</p>	水産業, 貝
<p>208 加瀬林成夫 (1967): 霞ヶ浦におけるシラウオ <i>Salangichthys microdon</i> の天然餌料について (予報). 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告, 第9号, 9-14.</p>	水産業, シラウオ
<p>209 加瀬林成夫・浜田篤信・佐々木道也 (1969): 霞ヶ浦北浦におけるヤマトシジミの分布について. 茨城県内水面水産試調査研究報告, 第10号, 52-56.</p>	水産業, 貝

著 者 ， 標 題 等	内容および索引事項
<p>210 加瀬林成夫・浜田篤信（1973）： 霞ヶ浦におけるワカサギ資源とその管理。 茨城県内水面水産試調査研究報告，第11号，1-22。</p>	水産業，ワカサギ
<p>211 加瀬林成夫・浜田篤信（1973）： 霞ヶ浦におけるシラウオ資源とその管理。 茨城県内水面水産試調査研究報告，第11号，23-33。</p>	水産業，シラウオ
<p>212 鹿島町農業委員会（1976）： 鹿島町農業利水総合対策調査報告書。 （委託先）茨城大学地域総合研究所，220p。</p>	開発，塩害，水質
<p>213 鹿島町産業課（1974）： 塩害井戸堀調べ。</p>	塩害
<p>214 霞ヶ浦シンポジウム実行委員会（1974）： 霞ヶ浦の水質と水利用。 霞ヶ浦シンポジウム実行委員会，茨城大学農学部内，47p。</p>	水質，開発，水利用
<p>215 霞ヶ浦水質保全対策専門委（1974）： 霞ヶ浦の水質汚濁現象の原因と対策（資料編）。</p>	水質
<p>216 霞ヶ浦水質研究会（1972）： 霞ヶ浦水質汚濁現況及び将来予測結果（第2次試算）。</p>	水質
<p>217 勝屋志朗・増田 博（1947）： 霞ヶ浦北浦の生物と底質調査報告，第1報。 中央气象台陸水報告，第4号，14-18。</p>	底質調査，生物
<p>218 川田弘二（1974）： 霞ヶ浦総合開発事業と地域開発計画。 農業土木学会誌，42，465-473。</p>	水質保全計画を含む。 水質，開発
<p>219 河村 武（1976）： 南関東における局地風系の立体構造。 日本地理学会予稿集，10（1976），99-100。</p>	霞ヶ浦周辺の常設・臨時 の気象観測施設分布図を 含む。 気象

著者，標題等	内容および索引事項
220 河村 武（1977）： 関東平野の局地風系の気候特性。 日本地理学会予稿集，12，250-251.	気象
221 経済企画庁（1970）： 利根川水系における水資源開発基本計画。	昭和45年7月7日，閣議 決定，昭和45年7月9日 総理府告示第28号， 開発，水資源
222 経済企画庁（1971）： 利根川水系における水資源開発基本計画。	開発，水資源
223 経済企画庁総合開発局（1973）： 土地分類図（茨城県）縮尺1：200,000.	9 maps, 附属資料 土地利用
224 建設省（1970）： 霞ヶ浦周辺土質調査取まとめ報告書。	土壌，底質調査
225 建設省（1975）： 霞ヶ浦汚濁制御調査報告書。	水質
226 建設省関東地方建設局（1960）： 昭和34年度霞ヶ浦流出量調査（中間）報告書，其ノ一，二。	水収支，流出量
227 建設省霞ヶ浦工事事務所（1970）： 霞ヶ浦水質対策調査報告書。	水質
228 建設省霞ヶ浦工事事務所（1971）： 霞ヶ浦総合開発。	開発
229 建設省霞ヶ浦工事事務所（1972）： 霞ヶ浦水質既往資料集（その1）。	水質
230 建設省霞ヶ浦工事事務所（1973）： 霞ヶ浦水質保全対策調査報告書（中間報告）。	水質
231 建設省霞ヶ浦工事事務所（1973）： 霞ヶ浦水質対策調査報告書。	水質

著 者 , 標 題 等	内容および索引事項
<p>232 建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所 (1973): 霞ヶ浦生物調査報告書. 191p.</p>	<p>論文集, 生物</p>
<p>233 建設省霞ヶ浦工事事務所・茨城県(1973): 農地排水調査報告書.</p>	<p>農業排水</p>
<p>234 建設省霞ヶ浦工事事務所(1973): 霞ヶ浦水質現況調査報告書, 第3分冊.</p>	<p>水質</p>
<p>235 建設省霞ヶ浦工事事務所(1973): 霞ヶ浦へドロ室内実験報告書.</p>	<p>底質</p>
<p>236 建設省霞ヶ浦工事事務所(1974): 霞ヶ浦底泥溶出調査報告書.</p>	<p>底質</p>
<p>237 建設省霞ヶ浦工事事務所(1974): 霞ヶ浦へドロ室外実験報告書.</p>	<p>底質</p>
<p>238 建設省霞ヶ浦工事事務所・茨城県(1974): 山王川浄化に関する屋外実験報告書.</p>	<p>水質</p>
<p>239 建設省霞ヶ浦工事事務所(1974): 霞ヶ浦湖心水質自動監視所基礎工事.</p>	<p>水質, 観測所</p>
<p>240 建設省霞ヶ浦工事事務所(1974): 霞ヶ浦の水質保全について.</p>	<p>水質</p>
<p>241 建設省霞ヶ浦工事事務所(津田松苗他)(1975): 霞ヶ浦生物調査報告書. 昭和49年度 117p.</p>	<p>論文集, 生物</p>
<p>242 建設省利根川下流工事事務所(1959): 昭和33年国土総合開発調査霞ヶ浦総合利水調査報告書(中間) 昭和34年3月.</p>	<p>開発, 水利用</p>

- | | | |
|-----|---|-----------|
| 243 | 吉川昭雄・大崎和二・森泉昭治・吉田 徹（1975）：
霞ヶ浦流域における農畜産業と河川汚濁の関連，第2報，主要河川流域の家畜糞尿量と河川比負荷の関連。
茨城大学農学部学術報告，23，101-105. | 農業排水，畜産排水 |
| 244 | 菊地 史（1961）：
霞ヶ浦南岸における水生植物群落と動物群集との関係。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，17-30. | 植物，動物 |
| 245 | 木本英人（1959）：
浮島住民のパーソナリティ言語生活からのアプローチ。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，65-90. | 社会 |
| 246 | 北原多作（1894）：
霞ヶ浦漁業報告。
水産調査所事業報告. | 水産業 |
| 247 | 北原多作（1895）：
霞ヶ浦の動物について。
動物学雑誌7，84-90，179-181，120-124，
141-144，358-362. | 動物 |
| 248 | 小林三衛（1959）：
霞ヶ浦・北浦地域における農業水利権（1）。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，139-199. | 水利用，水利権 |
| 249 | 小林三衛（1961）：
霞ヶ浦北浦地域における農業水利権（2）。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，207-230. | 水利用，水利権 |
| 250 | 小林三衛（1962）：
霞ヶ浦・北浦地域における農業水利権（3）。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，173-200. | 水利用，水利権 |
| 251 | 小林三衛（1963）：
霞ヶ浦・北浦地域における農業水利権（4）。
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第4集，137-183. | 水利用，水利権 |

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>252 小林 嵩（1938）： 茨城県における湖沼の干拓不良土並にその改良に就いて，第1報， 干拓土壤の反応に就いて。 日本土壤肥料化学雑誌，12，308-311.</p>	土地利用，干拓
<p>253 国土庁（1976）： 利根川水系及び荒川水系における水資源開発基本計画。 11p</p>	<p>昭和51年4月16日閣議決定 昭和51年4月21日総理府告示第19号。 霞ヶ浦開発計画。 開発</p>
<p>254 小宮義孝・伊藤二郎・山本 茂（1958）： 霞ヶ浦地方のシラウオに寄生する横川吸虫の研究。 寄生虫学雑誌，7（1），7-11.</p>	疾病，寄生虫，シラウオ
<p>255 近藤準子（1972）： 鹿島一「公害なき開発」の終末点。 展望，No167.</p>	<p>霞ヶ浦の水汚染。 開発</p>
<p>256 今野寅吉（1911）： 霞ヶ浦の漁業。 水産学会報，No341，34-37，No342，21-24.</p>	水産業
<p>257 久保伊津男（1946）： 北浦産公魚の魚群系統。 生物，1（4），227-229.</p>	水産業，ワカサギ
<p>258 久保伊津男・高木和徳（1946）： 霞ヶ浦に於ける有用魚族の漁獲高と降水量及び気温との関係に就いて，1，公魚。 資源研短報，21.</p>	水産業，気象
<p>259 久保伊津男（1948）： 霞ヶ浦産テナガエビの地域性について。 水産研究会報，1，206-210.</p>	水産業，エビ

著者，標題等

内容および索引事項

- | | | |
|-----|--|--|
| 260 | 久保伊津男（1950）：
テナガエビの生態学的研究(2)―霞ヶ浦産テナガエビの地域性について。
水産学会誌，15（10），125-139. | 水産業，エビ |
| 261 | 久保伊津男（1950）：
霞ヶ浦産テナガエビの生態学的研究。
水産動物の研究，1，125-139. | 水産業，エビ |
| 262 | 熊丸敦郎（1973）：
霞ヶ浦周辺に発生した魚類のカビ病について。
茨城県内水面水産試験調査研究報告，第11号，129-140. | 水産業 |
| 263 | 熊丸敦郎（1975）：
霞ヶ浦における網いけす養殖ゴイの斃死について，II。
茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第12号，49-64. | 水産業，コイ |
| 264 | 国包章一・南部祥一・金子光美（1976）：
湖沼の水質におよぼす植物プランクトンの影響。
第12回衛生工学研究討論会講演論文集（土木学会・衛生工学委員会）。 | 霞ヶ浦の水質の季節変動特性。
霞ヶ浦の懸濁成分の特性とその評価。
水質，植物プランクトン |
| 265 | 栗原良輔（1971）：
利根川治水史。
菴書房，（官界公論社版，1943，345p. の複製版） | 霞ヶ浦の干拓。
開発，干拓，洪水 |
| 266 | 黒田 保（1895）：
霞ヶ浦淡水産貝類。
動物学雑誌，7，76. | 水産業，貝 |
| 267 | 黒田 侃（1899）
霞ヶ浦産植物。
植物学雑誌，144号，51-53. | 植物 |
| 268 | 町田善弘・里見至弘・山内典子・矢口正直・須能正美（1954）：
北浦北部における澱粉工場排水の影響。
水産増殖，2，23-38. | 工場排水，水産業 |

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>269 町田善弘・里見至弘・山内典子・矢口正直・須能正美（1954）. 北浦北部における澱粉工場廃水の影響. 茨城県科学技術研究所.</p>	工場排水，水産業
<p>270 前田 修ほか（1964）： 霞ヶ浦流域における消費水量. 農土研究，32（6）.</p>	水利用
<p>271 前田 修・岩本伸一・山口征矢（1974）： 霞ヶ浦の富栄養化に関する二，三の考察 隆水学雑誌，35，53-59.</p>	水質
<p>272 前島郁雄（1967） 利根川流域の水文気候的特性. 人類科学，No 21，1-8.</p>	霞ヶ浦周辺の地中水分など， 水収支
<p>273 丸山 宰（1961）： 霞ヶ浦の水利用に関する試案. 土地改良，11（4）.</p>	水利用
<p>274 増沢讓太郎・津村義幸・松田能臣（1947）： 昭和22年夏季霞ヶ浦北浦観測報告，第1報. 中央气象台陸水報告，4，3-10.</p>	湖沼観測
<p>275 松原喜代松（1946）： 北浦産ワカサギの系統に関する研究， 資源研短報，20.</p>	水産業，ワカサギ
<p>276 松江吉行ほか（1956）： 農薬の水産動物に対する影響とその対策に関する研究. 東京大学農学部水産学教室.</p>	水産業，農業排水，農薬
<p>277 水戸地方气象台（1959）： 茨城県の気候. 184+27p.</p>	1958までの県内気候 統計と気候誌 気象

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>278 Mitsuta, Yasushi・Tatsuo Hanafusa・Toshihiko Maitani and Tokunosuke Fujitani (1970): Turbulent fluxes over the Lake Kasumigaura. Special Contributions, Geophysical Institute, Kyoto Univ., No 10, 75-84.</p>	気象
<p>279 宮地伝三郎 (1930): 関東平野の湖沼に於ける湖底生物相の発達. 応用動物学雑誌, 2, 17-36.</p>	生物
<p>280 Miyadi, D. (1932): Studies on the bottom fauna of Japanese lakes, III, Lakes of Kwanto Plain. Jap, Jour, Zool., 4 (1), 1-39.</p>	動物
<p>281 宮本秀明 (1936): 霞ヶ浦に於ける白魚帆曳網の模型実験. 水産学会報, 4 (5), 310-314.</p>	水産業, シラウオ
<p>282 宮内武雄 (1935): 霞ヶ浦のプランクトン. 陸水学雑誌, 5 (1), 26-32</p>	プランクトン
<p>283 水 光生 (1932): 霞ヶ浦. 帝水, 11 (5), 3-11.</p>	地誌
<p>284 水資源開発公団 (1971): 霞ヶ浦・北浦水産生物調査報告書.</p>	(財)水資源科学研究所の調査したもの. 論文集
<p>285 水資源開発公団 (1971): 霞ヶ浦開発事業に関する事業実施計画.</p>	開発
<p>286 水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所 (1972): 霞ヶ浦開発事業概要書, 昭和46年度.</p>	開発

- | | | |
|-----|---|--------------|
| 287 | <p>初山泰一（1971）：
霞ヶ浦・北浦の Potamogeton.
霞ヶ浦・北浦水産生物調査報告書， 1-21.</p> | 生物 |
| 288 | <p>森泉昭治・大崎和二・吉川昭雄（1976）：
霞ヶ浦流域における農畜産業と河川汚濁の関連， 第1報—主要
河川流域の施肥料と河川比負荷の関連.
茨城大学農学部学術報告， 第23号， 89-99.</p> | 農業排水 |
| 289 | <p>盛下 勇（1973）：
原生動物.
霞ヶ浦生物調査報告書， 建設省霞ヶ浦工事事務所.
149-170.</p> | 動物 |
| 290 | <p>盛下 勇（1974）：
付着生物調査.
霞ヶ浦生物調査報告， II， 建設省霞ヶ浦工事事務所.</p> | 生物 |
| 291 | <p>盛下 勇（1975）：
付着生物.
霞ヶ浦生物調査報告書（昭和49年度）， 建設省霞ヶ浦工事事務所.
48-79.</p> | 生物 |
| 292 | <p>元木 靖（1977）：
霞ヶ浦湖岸低地の蓮根栽培—その稲作からの転換の構造.
日本地理学会予稿集， 12， 142-143.</p> | 農業 |
| 293 | <p>仲田聡次郎（1940）：
霞ヶ浦の水量について.
水道協会雑誌， 80， 48-57.</p> | 水利用 |
| 294 | <p>中村 誠（1976）：
霞ヶ浦北浦の底生生物について—特にイトミミズ類およびユス
リカ幼虫の個体数について.
茨城県内水面水産試験場調査研究報告， 第13号， 45-54.</p> | 生物， 底生生物， 北浦 |

著者，標題等	内容および索引事項
295 中西 弘・浮田正夫（1976）： 環境における富栄養化物質の制御。 第12回衛生工学研究討論会講演論文集，169-177.	水質
296 中西準子（1973）： 鹿島の水にみる国家権力。 経済評論.	水利用，水質
297 中西準子（1975）： 霞ヶ浦の富栄養化と取水計画。 技術と人間，50年12月号，42-51.	水利用，水質
298 中西準子ほか（1976）： 霞ヶ浦の取水計画と富栄養化。 第12回衛生工学研究討論会講演論文集（土木学会・衛生工学委員会），48-53.	水利用，水質
299 中西準子・杉淵 武・浜田 弘（1976）： 鹿島コンビナートの環境破壊と事前調査。 公害研究，6（2），53-65.	霞ヶ浦の水汚染。 水利用，水質
300 中野 勇（1955）： 霞ヶ浦のワカサギ漁業解禁日におけるワカサギの全長及び年令組織について。 茨城県水産振興場調査資料，第19号，1-7.	水産業，ワカサギ
301 中野 勇（1960）： 霞ヶ浦におけるコイの増殖効果について，標識放流について（予報）。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第5号，29-36.	水産業，コイ
302 南部祥一ほか（1973） 霞ヶ浦水質保全対策調査報告書，1，2.	茨城県（南部ほか）を見よ。 54，55
303 南部祥一・真柄泰基・国包章一・田畑日出男（1974）： 霞ヶ浦の水質におよぼす吹送流と底質の影響。 用水と廃水，16，159-168.	水質，底質，湖流

著者， 標題等	内容および索引事項
304 根本 茂(1971): 霞ヶ浦湖畔における蒸発観測. 気象研究所ニュース, 1971(1), 2-3.	気象
305 日本弁護士連合会水戸弁護士会公害対策委員会(1974) 霞ヶ浦公害調査報告書. 40 p.	総説, 水質
306 日本大学国土総合開発研究所(1960): 霞ヶ浦利用可能量の算定報告書.	水利用, 開発
307 日本科学者会議茨城支部(1971): 茨城の公害, No.1.	霞ヶ浦の水質汚濁 水質
308 日本科学者会議茨城支部(1972): 茨城の公害, No.2.	霞ヶ浦の水質汚濁 水質
309 日本科学者会議茨城大学農学部分会(1974): 霞ヶ浦の水利用と水質汚濁. 日本の科学者, 9, 168-172.	水利用, 水質
310 日本河川協会(1973): 日本河川水質年鑑. 建設省河川局監修, 山海堂, 826 p.	pp. 195-208. 霞ヶ浦の水質 水質測定資料
311 日本河川協会(1974): 日本河川水質年鑑. 建設省河川局監修. 山海堂, 885 p.	pp. 45-61, 霞ヶ浦の 富栄養化, pp. 234- 249, 霞ヶ浦の水質 水質, 水質測定資料
312 日本河川協会(1975): 日本河川水質年鑑. 建設省河川局監修, 山海堂, 806 p.	pp. 212-224. 霞ヶ浦の水質. 水質測定資料
313 日本建設コンサルタント(1965): 鹿島工業用水道事業計画に伴う水質の検討.	水利用, 水質

著者， 標題 等	内容および索引事項
314 日本工業用水協会（社団法人）（1969）： 霞ヶ浦水質調査報告書（昭和43年度）。 60 p.	水質測定資料
315 日本工業用水協会（1970）： 霞ヶ浦水質調査報告書。	水質測定資料
316 日本水産資源保護協会（1971）： 霞ヶ浦総合開発水産影響調査報告書。	開発，水産業
317 西口 猛ほか（1964） 霞ヶ浦・利根川の相互水利用計画。 農土研究，32（6）。	水利用
318 西口 猛ほか（1965）： 霞ヶ浦調整池利用に関する一試案。 農土誌，33（12），555。	水利用
319 野口正三（1973）： 茨城県出島台地の水収支， 水温の研究，16（5），3-12。	水収支
320 野口保一郎（1939）： 常陸浮島について。 地理学，7，850-862，1003-1010， 1206-1217。	地誌，浮島
321 農業土木学会誌（1974）： 湖沼開発のあり方を探る。 農業土木学会誌，42，475-483。	座談会—琵琶湖・霞ヶ浦 関係。 開発
322 農林省農林経済局統計情報部（1976）： 第5次漁業センサス，第14報内水面漁業都道府県総括図。 〔農林水産統計報告51-7（水統-1）〕。 103 p.	pp. 24-25に茨城県， 霞ヶ浦の市町村別統計と 地図。 水産業

著者， 標題 等	内容および索引事項
323 野崎 武・勝村陽子・会沢正男（1974）： 公共用水域の水質調査。 茨城県公害技術センター年報，No.6，123-153.	水質測定資料
324 野崎 武・勝村陽子・木所清治（1975）： 公共用水域の水質調査について。 茨城県公害技術センター年報，No.7，100-122.	水質測定資料
325 大賀守也・城戸陽子・唐沢貞次・会沢正男（1973）： 公共用水域の水質調査。 茨城県公害技術センター年報，No.5，127-168.	水質測定資料
326 大賀守也・唐沢貞次（1976）： 化学物質環境調査について。 茨城県公害技術センター年報，No.8，122-131.	水質，環境調査
327 萩原基衛（1959）： 化学工業の立地とその可能性。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，107-110.	開発
328 大宮録郎（1959）： 浮島住民のパーソナリティ，生活慣習に対する態度を通して。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，47-63.	社会，浮島
329 大宮録郎・木本英人・海野悦子（1961）： 霞ヶ浦における漁業従事者の意識調査。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，39-99.	水産業
330 大宮録郎・木本英人・白幡悦子（1962）： 常陸川逆水門についての漁業従事者の意識調査。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，37-95.	水産業
331 大宮録郎ほか（1963）： 水と農業経営 — 霞ヶ浦周辺農村における — 意識調査。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第4集，33-88.	水利用，農業

著者、標題等

内容および索引事項

- | 著者、標題等 | 内容および索引事項 |
|---|---------------------------------|
| <p>332 大森房吉(1918):
大正6年9月30日, 10月1日暴風と利根川筋及び霞ヶ浦北浦の
水位.
震災予報調査会報告, 89, 49-56.
土木学会誌, 4, 731-741.</p> | 洪水, 水位, 気象 |
| <p>333 御勢久右衛門(1970):
北浦の水質汚濁と底生動物.
日本水処理生物学会誌, 6, 1-6.</p> | 水質, 動物 |
| <p>334 大竹一彦(1963):
潮来付近.
地理, 8 (11), 84-85.</p> | 地誌 |
| <p>335 大槻文彦(1900):
常陸霞ヶ浦の地変.
歴史地理, 1, 173-175.</p> | 地形 |
| <p>336 大矢雅彦(1975):
地形分類による関東地方の河成平野の比較研究.
日本大学地理学科五十周年記念論文集 - 関東とその周辺,
75-89.</p> | pp. 85-86.
桜川平野の地形

地形 |
| <p>337 大山年次(1959):
霞ヶ浦水資源の研究.
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第1集, 23-26.</p> | 水資源, 水利用 |
| <p>338 大山年次(1962):
県南工場地帯水資源の問題.
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第3集, 1-12.</p> | 水資源, 水利用 |
| <p>339 大山年次(1963):
霞ヶ浦水資源についての考察.
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第4集, 3-7.</p> | 水資源, 水利用 |
| <p>340 齊藤登志雄(1959):
霞ヶ浦地域の自然立地条件.
霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第1集, 1-21.</p> | 地誌, 地形 |

著 者 ， 標 題 等	内容および索引事項
341 齊藤登志雄（1961）： 霞ヶ浦付近の天然ガス。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，1-8	地誌
342 齊藤登志雄（1962）： 霞ヶ浦付近の天然ガス（その2）。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，13-19。	地誌
343 齊藤登志雄（1963）： 茨城県鹿島郡南部の地質学的考察。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第4集，8-13。	地質
344 坂本 清（1976）： 目で見るふるさと霞ヶ浦 — その歴史と汚濁の現状。 審書房（流山市），237p.	地誌，水質，観光，歴史
345 桜井明俊（1959）： 湖畔地域の営農構造の変化。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，111-127。	農業
346 桜井明俊（1961）： 出島村の畑作農業について。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，101-122。	農業
347 桜井明俊（1962）： 霞ヶ浦沿岸台地の営農構造の変化（第4報）。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，97-104。	農業
348 桜井明俊（1963）： 鹿島南部の畑作農業について。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第4集，89-96。	農業
349 桜井徳雄（1950）： 霞ヶ浦湖沼観測報告。 東京管区気象研究会誌，7，98-129。	湖沼観測

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>350 桜井善雄・林 一六・渡辺義人・天白精子・大橋通成（1973）： 水生植物。 霞ヶ浦生物調査報告（建設省霞ヶ浦工事事務所）. 78-148.</p>	植物
<p>351 桜井善雄（1975）： 水生植物。 霞ヶ浦生物調査報告書，昭和49年度，（建設省霞ヶ浦工事事務所） 26-47.</p>	植物
<p>352 佐々木道也（1969）： 霞ヶ浦の水塊構成について，Ⅰ，模型実験による水塊の形成。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第10号，57-60.</p>	湖流，湖沼学
<p>353 佐々木道也（1975）： 霞ヶ浦・北浦における酸素欠乏状態の発生機構に関する一考察。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第12号，13-16.</p>	水質
<p>354 佐々木道也（1975）： アオコ（<i>Microcystis</i> sp.）の増殖に関する諸要因について。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第12号，17-24.</p>	水質，植物プランクトン
<p>355 佐々木道也・浜田篤信・赤野誠之（1976）： 霞ヶ浦の富栄養化に関する研究，Ⅱ，底泥からの窒素回帰について。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第13号，19-27.</p>	水質，底質
<p>356 佐藤正巳・鈴木昌友（1959）： 霞ヶ浦の水生植物。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，29-38.</p>	植物
<p>357 佐藤正巳・鈴木昌友（1961）： 神の池の水生植物。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，9-15.</p>	植物，神の池
<p>358 佐藤正巳（1962）： 水郷固定公園の観光資源。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，201-214.</p>	地誌，観光

著者， 標題等	内容および索引事項
359 瀬谷義彦（1959）： 近世における霞ヶ浦周辺の組合村の一例，霞ヶ浦・北浦地域総合 研究報告書，第1集，41-45.	農業，社会，歴史
360 資源科学研究所（1971）： 霞ヶ浦・北浦水産生物調査報告書，水資源開発公団発行.	第1編 魚介類調査，第 2編 水生植物調査，第 3編 環境調査，129p. +写真多数， 論文集
361 繁藤富男（1954）： 北浦における帆曳網業者の自家加工について， 茨城県水産振興場調査資料，第9号，1-16.	水産業
362 商業近代化委員会土浦地域部会（1974）： 土浦地域商業近代化地域計画報告書， 403p.	土浦市と学園都との関係， 霞ヶ浦の利用， 水利用
363 新沢嘉芽統（1965）： 霞ヶ浦用水計画の研究， 茨城県.	水利用
364 塩 光輝（1975）： 塩害と逆水門， 農業土木学会誌，43（3），142-144.	塩害
365 外岡健夫・津田 勉（1973）： 霞ヶ浦北浦の水質について， 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第11号，91-114.	水質
366 外岡健夫・浜田篤信（1975）： 霞ヶ浦・北浦湖沼観測結果について， 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第12号，65-140.	湖沼観測，北浦
367 外岡健夫・熊丸敦郎・浜田篤信・津田 勉（1976）： 霞ヶ浦の富栄養化に関する研究，I，堆積に関する研究， 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第13号，1-17.	水質

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>368 外岡健夫（1976）： 昭和50年度霞ヶ浦北浦湖沼観測報告。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第13号，67-101.</p>	湖沼観測
<p>369 須藤清次・高村義親・田淵俊雄（1974）： 霞ヶ浦の水ガメ化と水質汚濁。 公害研究，4（2），25-36.</p>	水質，水利用
<p>370 須藤清次（1974）： 湖沼の干陸と築造。 農業土木学会誌，42（7）.</p>	干拓，開発
<p>371 須藤清次（1975）： 霞ヶ浦の塩分・富栄養化の条件。 農業土木学会誌，43（8），511-516.</p>	水質
<p>372 須能正美（1955）： 醸造工場廃水に関する調査（予報），茨城県石岡アルコール工場 について。 茨城県水産振興場調査資料，14号.</p>	工場排水.
<p>373 須能正美（1955）： 醸造工場廃水に関する調査（予報），茨城県第1醸造株式会社阿 見工場について。 茨城県水産振興場調査資料，第15号，1-7.</p>	工場排水
<p>374 須能正美（1958）： 霞ヶ浦北浦における水産加工業者のアンケート調査について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査資料，第28号，1-10.</p>	水産業
<p>375 須能正美・加瀬林成夫・橋谷尚志（1958）： 霞ヶ浦高浜入水域におけるアルコール工場廃水の影響について。 茨城県水産振興場調査研究報告，第3号，25-34</p>	工場排水
<p>376 須能正美・中野 勇・橋谷尚志・加瀬林成夫（1960）： 昭和33年度霞ヶ浦・北浦湖沼観測報告。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第5号，37-45.</p>	湖沼観測

著者, 標題等	内容および索引事項
377 鈴木 清 (1901): 常陸国潮来附近植物. 植物学雑誌, 15 , 250-255, 271~275.	植物
378 鈴木昌友 (1962): 霞ヶ浦のヒルムシロ属植物. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第3集, 21-26.	植物
379 鈴木静夫 (1968, 改版; 1963, 初版) 日本の湖沼 — 湖沼学入門. 内田老鶴圃新社, 244p.	霞ヶ浦: p. 19, 27, 31, 32, 56, 61, 62, 76, 97, 107. 地誌, 湖沼学
380 田淵俊雄 (1974): 農地汚濁説への驚きと疑問. 水温の研究, 18 (1), 32-34.	霞ヶ浦への農地からの COD流入負荷. 農業排水, 水質
381 田淵俊雄ほか (1974): 花室川の水質汚濁に関する研究. 農業土木学会論文集, 51 , 41-47.	水質
382 Tabuchi, Toshio et al. (1975): Effect of drainage water from urban area on the discharge and the water quality of some streams in the Kasumigaura Lake Basin. Association Internationale des Sciences Hydrologiques, Symposium de Tokyo. Pub. 117, 549-555.	水質
383 田淵俊雄 (1975): 農地排水と水質汚濁. 農業土木学会誌, 43 (8), 525-529.	農業排水, 水質
384 田淵俊雄 (1976): 水田肥料の流出 — NとPの水田への流入と流出. 土壤の物理性, 第33号, 16-20.	農業排水, 水質

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>385 田淵俊雄・高村義親（1975）： 正月の河川水質と流出負荷。 用水と廃水， 17（3）， 3-9.</p>	<p>霞ヶ浦流入河川の水質汚濁への工場排水の影響。 工場排水， 水質</p>
<p>386 田淵俊雄ほか（1975）： 比負荷による点源負荷と面源負荷の分離 — 霞ヶ浦流入河川の水質汚濁と流出負荷に関する研究（1）。 農業土木学会論文集， 56， 13-20.</p>	<p>水質</p>
<p>387 田淵俊雄ほか（1975）： 河川流下負荷量の流程変化におよぼす点汚濁源の影響 — 霞ヶ浦流入河川の水質汚濁と流出負荷に関する研究（II）。 農業土木学会論文集， 57， 8-13.</p>	<p>水質</p>
<p>388 田淵俊雄ほか（1975）： 水田施肥期の河川水質と流出負荷 — 霞ヶ浦流入河川の水質汚濁と流出負荷に関する研究（III）。 農業土木学会論文集， 58， 7-13.</p>	<p>水質</p>
<p>389 田淵俊雄ほか（1975）： 霞ヶ浦からのカンガイ用水が河川水質と流出負荷に与える影響 — 霞ヶ浦流入河川の水質汚濁と流出負荷に関する研究（IV）。 農業土木学会論文集， 59， 30-34.</p>	<p>農業排水， 水質</p>
<p>390 立石友男・沢田徹明（1975） 関東地方における林地とその開発。 日本大学地理学科五十周年記念論文集 — 関東とその周辺， 15-34.</p>	<p>pp. 23-28 土浦付近の平地林の開発と開発の現況。 開発</p>
<p>391 高木勇夫（1975）： 関東地方における河川下流域の地形面と条理について。 日本大学地理学科五十周年記念論文集 — 関東とその周辺， 91-101.</p>	<p>pp. 95-97. 桜川下流域の地形面と条理， pp. 100-101. 地形面の関係と条理（桜川下流域と他地域との比較）。 地形</p>

著者，標題等	内容および索引事項
<p>392 高橋 勝 (1924): 霞ヶ浦附近の地勢と製塩. 歴史地理, 4, 45-54.</p>	地形, 地誌, 歴史
<p>393 高橋六郎 (1939): 勘十郎運河の史的検討 (1). 土木工学, 8, 894-901.</p>	<p>涸沼と北浦を結ぶ運河. 水運, 歴史</p>
<p>394 高橋 栄 (1952): 霞ヶ浦北浦に於ける水産地理学的研究, 第1部. 水産庁内水面漁業資料, 22.</p>	水産業
<p>395 高橋 栄 (1953): 霞ヶ浦湖岸集落の地理的研究, 第1部, 行方郡手賀村新田の場合. 茨城大学教育学部紀要, 第2号, 61-73.</p>	歴史, 社会, 農業
<p>396 高橋 栄 (1955): 茨城県漁村経済調査報告, 第1部, 霞ヶ浦の漁村構造について. 茨城県, 90p.</p>	水産業, 歴史, 社会
<p>397 高橋 栄 (1959): 浮島の漁業. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第1集, 129-133.</p>	水産業, 浮島
<p>398 高橋 栄 (1961): 霞ヶ浦における漁獲物の流通に関する調査報告. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第2集, 131-148.</p>	水産業
<p>399 高橋 栄 (1962): 常陸川水門と溯上・降旅魚族の問題. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第3集, 105-112.</p>	水産業, 常陸川
<p>400 高橋 栄 (1963): 霞ヶ浦・北浦漁民階層化の地域的考察. 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書, 第4集, 97-114.</p>	水産業, 社会
<p>401 高橋庄一 (1952-1976, 改訂第11輯) 霞ヶ浦に於ける魚類図並目録解説. 土浦市立郷土資料館, 茨城生物の会, 70p.</p>	魚類

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>402 高村弘毅・山口雅功（1974） 関東地方における地下水の用途別揚水量の現況について。 地理予， 6（1974）， 192-193.</p>	<p>市町村単位地下水揚水高， 霞ヶ浦周辺を含む。 地下水， 水利用</p>
<p>403 高村義親ほか（1973）： 霞ヶ浦流入河川の水質汚濁について。 茨城大学農学部学術報告， No 21. 53-63.</p>	<p>水質</p>
<p>404 Takamura, Yoshichika et al. (1976): Fates and budgets for nitrogen and phosphorus of paddy fields in the Kasumigaura Lake Basin. 文部省特定研究シンポジウム， Effect of fertilizers on water quality (1976), 5-14.</p>	<p>水質， 農業排水</p>
<p>405 高津戸昭三（1961）： 平地林に関する研究（その1）—林野の営農利用。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書， 第2集， 149-186.</p>	<p>農業</p>
<p>406 高塚半衛（1933）： 霞ヶ浦北浦浪逆浦の魚類。 全国中等学校博物教育会会報， 1（2）， 23-34.</p>	<p>魚類</p>
<p>407 田中阿歌磨（1907）： 霞ヶ浦及び神の池湖沼学調査。 地学雑誌， 19， 58-59.</p>	<p>湖沼観測， 神の池</p>
<p>408 田中阿歌磨（1910）： 利根下流大湖沼。 地学雑誌， 22， 559-560.</p>	<p>地誌， 湖沼学</p>
<p>409 田中阿歌磨（1918）： 大正6～7年霞ヶ浦の結氷。 地学雑誌， 30， 385-386.</p>	<p>湖沼学， 気象</p>
<p>410 田中阿歌磨（1927）： 湖沼巡礼。</p>	<p>pp. 151-160に霞 ヶ浦・北浦あり。 地誌， 湖沼学</p>

著者 , 標 題 等	内容および索引事項
411 田中阿歌磨 (1929): 湖沼 (関東地方及び奥羽地方). 日本地理風俗大系, 6, 48-68.	地誌
412 田中阿歌磨 (1931): 湖沼 (関東地方). 日本地理風俗大系, 1, 82-104.	地誌
413 田中雄作 (1977): 水文循環に及ぼす都市化の影響 (その2) - 都市化による河川水 および地下水の水質に及ぼす影響. 日本地理学会予稿集, 12, 206-207.	水収支, 水質, 地下水
414 丹下 孚 (1948): 霞ヶ浦に於けるソウギョ及びハクレンの繁殖について (予報). 茨城県水産振興場.	水産業
415 丹下 孚 (1949): 霞ヶ浦北浦附近に於けるソウギョ及びハクレンの繁殖に就て. 水産庁資料課調査資料12	水産業
416 丹下 孚 (1949): 北浦より得たるカライワシ <i>Elops saurs limne</i> について. 自然茨城, 2, 11.	動物
417 丹下 孚・加瀬林成夫・小出悟郎・林 忠彦 (1950): 昭和25年度霞ヶ浦湖沼観測報告. 茨城県水産振興場調査研究報告, 第2号, 1-10.	湖沼観測
418 丹下 孚・加瀬林成夫 (1950): 霞ヶ浦のワカサギ資源 (予報), 茨城県水産振興場.	水産業, ワカサギ
419 丹下 孚・加瀬林成夫 (1950): 昭和24年度ソウギョの繁殖状況調査報告. 茨城県水産振興場.	水産業

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>420 丹下孚・加瀬林成夫（1950）： 茨城県内水面漁具漁法調査報告，茨城県。 86 p.</p>	水産業
<p>421 丹下 孚・加瀬林成夫・鈴木彰一・石川貞二（1951）： 霞ヶ浦に於けるワカサギの生態に関する研究。 茨城県水産振興場。</p>	水産業，ワカサギ
<p>422 丹下 孚・加瀬林成夫（1951）： 昭和25年度草魚採苗試験調査報告。 茨城県水産振興場。</p>	水産業
<p>423 丹下 孚 （1953）： 北浦におけるソウギョ及びハクレンの漁況 茨城県水産振興場調査資料，第6号。</p>	水産業
<p>424 丹下 孚 （1953）： 霞ヶ浦・北浦水産研究の歩み 茨城県水産振興場調査資料，第7，昭和28，29年度， 19-28。</p>	水産業
<p>425 丹下 孚・加瀬林成夫（1953）： 霞ヶ浦北浦における水産加工業実態調査。 茨城県水産振興場調査資料，第9号，1-16。</p>	水産業
<p>426 丹下 孚・加瀬林成夫（1954）： 霞ヶ浦北浦産ワカサギの成長度について。 茨城県水産振興場調査資料，第12号，1-9。</p>	水産業，ワカサギ
<p>427 丹下 孚・加瀬林成夫（1955）： 霞ヶ浦北浦コイ掛網漁業調査報告。 茨城県水産振興場調査資料，第13号，1-53。</p>	水産業，コイ
<p>428 丹下 孚・加瀬林成夫（1956）： 霞ヶ浦北浦魚類目録。 茨城県水産振興場調査研究報告，昭和28，29年度，1-10。</p>	魚類

- | | | |
|-----|--|----------|
| 429 | 丹下 孚・加瀬林成夫・中野 勇（1956）：
霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究，I.
茨城県水産振興場調査研究報告，昭和28.29年度，19-28. | 水産業，ワカサギ |
| 430 | 田内森三郎・三善清旭（1936）：
琵琶湖・霞ヶ浦・北浦・諏訪湖の水産増殖に就て。
水産学会誌，4（5），331-334. | 水産業 |
| 431 | 田内森三郎・三善清旭（1936）：
琵琶湖・霞ヶ浦・北浦・諏訪湖の水産増殖に就て（続報）。
水産学会誌，5（2），106-108. | 水産業 |
| 432 | 寺尾 新（1911）：
霞ヶ浦「1口」について。
動物学雑誌，23，589-591. | 動物 |
| 433 | 手塚泰彦ほか（1973）
水質と細菌の分布および一次生産。
霞ヶ浦生物調査報告，（建設省霞ヶ浦工事事務所）171-191. | 水質，生物，細菌 |
| 434 | 手塚泰彦（1975）：
細菌および一次生産。
霞ヶ浦生物調査報告書，（建設省霞ヶ浦工事事務所）（昭和49年度）
80-117. | 水質，生物，細菌 |
| 435 | 東木竜七（1928）：
侵蝕面の発達史より見たる霞ヶ浦地方の地殻運動。
地理学評論，4，15-174. | 地形 |
| 436 | 東京都（1959）：
昭和33年度国土総合開発調査，
霞ヶ浦総合利水調査（水質調査）。 | 水質測定資料 |
| 437 | 東京都（1960）：
昭和34年度国土総合開発調査
霞ヶ浦総合利水調査（水質調査）。 | 水質測定資料 |

著者，標題等	内容および索引事項
<p>438 東京都広報渉外局首都建設部（1958）： 昭和32年度霞ヶ浦総合利水調査結果報告書。</p>	<p>昭和32年4月～33年2月の霞ヶ浦流入河川水質調査成績。</p>
	<p>水質測定資料</p>
<p>439 豊崎 卓（1959）： 手賀の長者屋敷。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，39～40。</p>	<p>歴史</p>
<p>440 豊崎 卓（1961）： 霞ヶ浦開発史。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第2集，31～38。</p>	<p>開発，歴史</p>
<p>441 豊崎 卓（1962）： 霞ヶ浦開発史（その2）。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第3集，27～36。</p>	<p>開発，歴史</p>
<p>442 豊崎 卓（1963）： 霞ヶ浦開発史（3）。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第4集，14～32。</p>	<p>開発，歴史</p>
<p>443 土浦市生活環境部公害課（1973）： 公害対策の概要。 109 p.</p>	<p>霞ヶ浦の水質汚濁防止対策。 水質</p>
<p>444 土浦市生活環境部公害課（1975）： 公害対策の概要。 土浦市生活環境部公害課，99 p.</p>	<p>霞ヶ浦の水質汚濁。 水質</p>
<p>445 土浦市生活環境部公害課（1974）： 公害対策の概要。 土浦市生活環境部公害課，97 p.</p>	<p>霞ヶ浦の水質汚濁。 水質</p>
<p>446 土浦市史編さん委員会（1975）： 土浦市史。 土浦市役所市史刊行会，1156 p. + 付図</p>	<p>霞ヶ浦との歴史的関係，洪水・干ばつの記事，p.652～とp.1047～に詳しい。</p>
	<p>歴史，洪水，干ばつ</p>

著 者 ， 標 題 等	内容および索引事項
<p>447 土屋 巖 (1975): 自然改造の報復 ― 気候と災害. 日経新書, 173p.</p>	<p>pp. 120-125. 霞ヶ浦の水利用. 水収支, 水利用</p>
<p>448 津田松苗・森下郁子ほか (1973): プランクトン. 霞ヶ浦生物調査報告書, 建設省霞ヶ浦工事事務所. 3-45.</p>	<p>プランクトン</p>
<p>449 津田松苗・森下郁子・北川礼澄 (1973): 底生動物. 霞ヶ浦生物調査報告書, 建設省霞ヶ浦工事事務所. 46-55.</p>	<p>底生生物</p>
<p>450 津田松苗・森下郁子 (1973): 沿岸部の底生動物. 霞ヶ浦生物調査報告書, 建設省霞ヶ浦工事事務所. 56-62.</p>	<p>底生生物</p>
<p>451 津田松苗・森下郁子・上原由紀子 (1973): 魚類の食性. 霞ヶ浦生物調査報告書, 建設省霞ヶ浦工事事務所. 75-77.</p>	<p>魚類, 水産物</p>
<p>452 津田松苗・生田美和子 (1974): 霞ヶ浦のプランクトンの季節変化. 陸水富栄養化の基礎的研究, 第3報, 2p.</p>	<p>プランクトン</p>
<p>453 津田松苗 (1975): プランクトンおよび底生動物. 霞ヶ浦生物調査報告書 (昭和49年度), 建設省霞ヶ浦工事事務所.</p>	<p>プランクトン, 底生生物</p>
<p>454 津田松苗 (1975): 日本湖沼の診断 ― 富栄養化の現状. 共立出版, 232p.</p>	<p>pp. 82-93. 霞ヶ浦・北浦に関する記述あり. 湖沼学, 水質</p>

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>455 津田 勉・清水当午・加瀬林成夫・浜田篤信（1965）： 北浦の水質について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第7号，19-33.</p>	水質
<p>456 津田 勉・浜田篤信・赤野誠之・鈴木紀夫・佐々木道也（1967）： 常陸川水門の操作が附近漁場の環境に及ぼす影響について - I 常陸川におけるシジミの斃死について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第9号，23-31.</p>	水質
<p>457 津田 勉・浜田篤信・加瀬林成夫（1967）： 霞ヶ浦のワカサギ資源について。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告，第9号，1-8.</p>	水産業，ワカサギ
<p>458 津田 勉・浜田篤信・佐々木道也（1969）： 昭和43年夏季における霞ヶ浦高浜入の水塊構成について。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第10号，41-51.</p>	水質
<p>459 津田 勉・浜田篤信（1973）： 漁業設計に関する研究，I，区画の役割について。 茨城県内水面水産試験場調査研究報告，第11号，35-43.</p>	水産業
<p>460 辻村初来・蒲原春一（1946）： 霞ヶ浦とその流域に関する研究の文献。 採集と飼育，8（3，4，5），84-85.</p>	文献目録
<p>461 筑波大学筑波環境研究グループ（1976）： 筑波の環境研究，1. 139p.</p>	論文集
<p>462 堤 一郎ほか（1976）： 玉造町史料写真集。 玉造町教育委員会（玉造町郷土文化研究会），108p.</p>	歴史，社会
<p>463 海野悦子（1959）： 浮島住民のパーソナリティ，消極性についての一考察。 霞ヶ浦・北浦地域総合研究報告書，第1集，91-105.</p>	社会，浮島

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>464 運輸省港湾技術研究所（1967）： 霞ヶ浦の土質調査および湖底の土性について。 港湾技研資， No 27， 1-66.</p>	底質
<p>465 渡辺 操（1953）： 関東地帯。 日本地理新大系， 3， 河出書房， 66-67.</p>	地誌
<p>466 渡辺守一（1917）： 霞ヶ浦の津浪。 地学雑誌， 29， 748-749</p>	湖沼学， 水位， つなみ
<p>467 渡辺仁治（1973） 霞ヶ浦， 北浦の付着生物による湖岸の生物学的な水質判定。 霞ヶ浦生物調査報告， 建設省霞ヶ浦工事事務所， 63-74.</p>	水質， 生物
<p>468 矢口正直（1956）： 霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究， II， ワカサギの産卵場について。 茨城県水産振興場調査研究報告， 昭和28・29年度， 29-32.</p>	水産業， ワカサギ
<p>469 矢口正直ほか（1961）： 霞ヶ浦北浦湖沼観測報告。 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告， No 6， 81-105.</p>	湖沼観測
<p>470 山岸 宏・沖野外輝夫（1974）： 湖沼の汚染。 築地書館， 142p.</p>	霞ヶ浦関連記事： p. 6, 10, 61, 82, 89, 94 水質
<p>471 山本熊太郎（1937）： 茨城県。 新日本地誌， I， 200-208.</p>	地誌
<p>472 山本哲也・大賀守也・唐沢貞次（1975）： 霞ヶ浦の水質汚濁調査。 茨城県公害技術センター年報， 7， 123-133.</p>	水質測定資料

著者， 標題等	内容および索引事項
<p>473 山本哲也・大賀守也・唐沢貞次（1975）： 霞ヶ浦の底質環境調査。 茨城県公害技術センター年報， 7， 134-138.</p>	底質
<p>474 山本哲也・大賀守也・勝村陽子（1976）： 霞ヶ浦水域の汚濁源系統調査（園部川）。 茨城県公害技術センター年報， 8， 105-110.</p>	水質
<p>475 山本哲也・大賀守也・勝村陽子（1976）： 霞ヶ浦の水質汚濁調査（第二報）， 茨城県公害技術センター年報， 8， 111-117.</p>	水質測定資料
<p>476 山内 文（1971）： 霞ヶ浦・北浦の水草の解剖学的所見。 霞ヶ浦・北浦水産生物調査報告書， 第2編， 1-21.</p>	植物
<p>477 安羅岡一男・入江勇治（1976）： 茨城県に特に見られる疾病， ならびに急激な環境の都市化によっ て予想される疾病の疫学的研究—霞ヶ浦地方における横川吸虫症 と肝吸虫症， 筑波の環境研究， 1， 筑波大学筑波環境研究グループ， 110-113.</p>	寄生虫， 疾病
<p>478 谷田川正三（1958）： 霞ヶ浦・北浦および利根川下流の水の化学的調査と塩害について （第1， 2報）。 茨城県鹿島高等学校化学クラブ，</p>	水質， 塩害
<p>479 谷田川正三（1959）： 霞ヶ浦， 北浦および常陸川の水の化学的調査と塩害対策 （第3報）。 茨城県立鹿島高等学校。</p>	水質， 塩害
<p>480 吉田東伍（1905）： 利根川本支変遷考。 歴史地理， 7， 109-120， 200-206， 273- 278， 457-469， 552-558， 633-635， 722-739.</p>	歴史

著者， 標 題 等	内容および索引事項
<p>481 吉田東伍（1910）： 利根川治水論考。 日本歴史地理学会，（影印版，1974，流山市，崙書房） 254 p.</p>	<p>古代より近世に至る霞ヶ 浦の変遷を扱う部分あり。 洪水，歴史</p>
<p>482 吉門 洋（1976）： 鹿島灘系海風の構造。 天気，23，88-93.</p>	<p>霞ヶ浦の湖風を含む。 気象</p>
<p>483 吉川博也（1975）： 環境アセスメント（IV）－ケース・スタディー（その2）。 公害と対策，11，739-749.</p>	<p>(4)霞ヶ浦開発プロジェク トのアセスメント。 開発，環境アセスメント</p>
<p>484 吉川博也編著（1975）： 環境アセスメントの基礎手法－地域計画への導入。 鹿島出版会，378 p. 霞ヶ浦プロジェクトの概要と特性，pp.301-326.</p>	<p>開発，環境アセスメント</p>
<p>485 吉村信吉（1942）： 関東地方の湖沼。 日本地誌学，1，162-194.</p>	<p>地誌，湖沼学</p>
<p>486 吉村信吉（1976，1937，初版） 湖沼学（増補版）。 生産技術センター，439 p. + 付録69 p.，索引25 p.</p>	<p>霞ヶ浦関係：p. 2, 53, 56, 57, 98, 235, 250, 306, 317, 319, 336, 351. 湖沼学</p>
<p>487 吉野正敏他3名（1976）： 筑波研究学園都市の気温分布。 地理予，10，87-88.</p>	<p>霞ヶ浦周辺，学園都市の 気温分布。 気象</p>
<p>488 吉野正敏・高橋浩一郎・小林 守・甲斐啓子・林 陽生（1977）： 晴れた日の関東地方における気流系と気温分布。 日本地理学会予稿集，12，252-253.</p>	<p>気象</p>

Ⅲ 事項索引 (文献番号・著者)

- アオコ**
- 32 保科ほか (1976)
- 76 茨城県環境局 (1975)
- 79 茨城県環境局 (1976)
- 354 佐々木 (1975)
- 文献目録**
- 460 辻村・蒲原 (1946)
- 地下水**
- 402 高村・山口 (1974)
- 413 田中 (1977)
- 地形**
- 10 江坂 (1975)
- 11 藤本 (1951)
- 157 池田ほか (1976)
- 168 籠瀬 (1975)
- 169 籠瀬 (1975)
- 180 関東第四紀研究グループ (1969)
- 181 関東甲信静越地総合開発審議会霞ヶ浦調査小委員会 (1962)
- 335 大槻 (1900)
- 336 大矢 (1975)
- 340 斉藤 (1959)
- 391 高木 (1975)
- 392 高橋 (1924)
- 435 東木 (1928)
- 畜産 (関連事項: 養豚業, 畜産排水)**
- 182 関東農政局 (1975)
- 畜産排水 (関連事項: 養豚, 畜産)**
- 164 石崎・谷萩 (1976)
- 243 吉川ほか (1975)
- 247 北原 (1895)
- 280 Miyadi (1932)
- 289 盛下 (1973)
- 333 御勢 (1970)
- 416 丹下 (1949)
- 432 寺尾 (1911)
- 地誌**
- 6 朝倉「日本地名大事典」(1968)
- 23 日南田 (1961)
- 35 茨城大学地域総合研究所 (1976)
- 40 茨城県・千葉県 (1951)
- 283 水 (1932)
- 320 野口 (1939)
- 334 大竹 (1963)
- 340 斉藤 (1959)
- 341 斉藤 (1961)
- 342 斉藤 (1962)
- 344 坂本 (1976)
- 358 佐藤 (1962)
- 379 鈴木 (1968, 改版; 1963, 初版)
- 392 高橋 (1924)
- 408 田中 (1910)
- 410 田中 (1927)
- 411 田中 (1929)
- 412 田中 (1931)
- 465 渡辺 (1953)
- 471 山本 (1937)
- 485 吉村 (1942)
- 地質**
- 343 斉藤 (1963)
- 動物**
- 244 菊地 (1961)
- 土壌**
- 224 建設省 (1970)
- エビ**
- 139 茨城県水産振興場 (1955)
- 259 久保 (1948)
- 260 久保 (1950)
- 261 久保 (1950)
- 塩害**
- 148 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1958)
- 149 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1959)
- 212 鹿島町農業委員会 (1976)
- 213 鹿島町産業課 (1974)
- 364 塩 (1975)
- 478 谷田川 (1958)
- 479 谷田川 (1959)
- 下水**
- 27 洞沢 (1973)
- 96 茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所 (1973)
- 神 (ゴ-) の池**

- 357 佐藤・鈴木 (1961)
- 407 田中 (1907)
- 魚類**
- 401 高橋 (1952 ; 1976, 改訂第11輯)
- 406 高塚 (1933)
- 428 丹下・加瀬 (1956)
- 451 津田ほか (1973)
- 波浪 (関連事項 : つなみ)**
- 181 関東甲信静越地方総合開発審議会霞ヶ浦調査小委員会 (1962)
- 常陸川**
- 51 茨城県 (1971)
- 52 茨城県 (1972)
- 56 茨城県 (1973)
- 125 茨城県農業試験場 (1965)
- 127 茨城県総合開発事務局 (1961)
- 399 高橋 (1962)
- 456 津田ほか (1967)
- 貝**
- 7 浅野ほか (1953)
- 204 加瀬林 (1965)
- 207 加瀬林 (1966)
- 209 加瀬林ほか (1969)
- 266 黒田 (1895)
- 開発**
- 3 青木 (1974)
- 35 茨城大学地域総合研究所 (1976)
- 43 茨城県 (1959)
- 45 茨城県 (1959)
- 50 茨城県 (1970)
- 58 茨城県 (1973)
- 69 茨城県・千葉県 (1976)
- 70 茨城県・千葉県 (1976)
- 109 茨城県企画室 (1970)
- 129 茨城県総合開発事務局 (1961)
- 130 茨城県総合開発部水資源対策課 (1972)
- 175 金関 (1973)
- 176 金関 (1974)
- 177 金関 (1974)
- 178 金関 (1974)
- 179 金関 (1974)
- 212 鹿島町農業委員会 (1976)
- 214 霞ヶ浦シンポジウム実行委員会 (1974)
- 218 川田 (1974)
- 221 経済企画庁 (1970)
- 222 経済企画庁 (1971)
- 228 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1971)
- 242 建設省利根川下流工事事務所 (1959)
- 253 国土庁 (1976)
- 255 近藤 (1972)
- 265 栗原 (1971)
- 285 水資源開発公団 (1971)
- 286 水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所
- 306 日本大学国土総合開発研究所 (1960)
- 316 日本水産資源保護協会 (1971)
- 321 農業土木学会誌 (1974)
- 327 萩原 (1959)
- 370 須藤 (1974)
- 390 立石・沢田 (1975)
- 440 豊崎 (1961)
- 441 豊崎 (1962)
- 442 豊崎 (1963)
- 483 吉川 (1975)
- 484 吉川 (1975)
- 干ばつ**
- 446 土浦市史編さん委員会 (1975)
- 観光**
- 35 茨城大学地域総合研究所 (1976)
- 40 茨城県・千葉県 (1951)
- 344 坂本 (1976)
- 358 佐藤 (1962)
- 環境アセスメント**
- 483 吉川 (1975)
- 484 吉川 (1975)
- 環境調査**
- 326 大賀・唐沢 (1976)
- 環境衛生**
- 30 堀口 (1959)
- 31 堀口 (1961)
- 干拓**
- 22 日南田・高津戸 (1962)
- 24 日南田・高津戸 (1963)
- 148 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1958)
- 149 茨城県立鹿島高校化学クラブ (1959)
- 252 小林 (1938)
- 265 栗原 (1971)
- 370 須藤 (1974)

- 寄生虫**
- 154 井出 (1935)
 155 井出 (1935)
 156 井出 (1936)
 162 入江ほか (1975)
 254 小宮 (1958)
 477 安羅岡・入江 (1976)

- 気象**
- 167 籾 (1959)
 219 河村 (1976)
 220 河村 (1976)
 258 久保・高木 (1946)
 277 水戸地方気象台 (1959)
 278 Mitsutaほか (1970)
 304 根本 (1971)
 332 大森 (1918)
 409 田中 (1918)
 482 吉門 (1976)
 487 吉野 (1976)
 488 吉野ほか (1977)

- 北浦**
- 29 堀江 (1964)
 89 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1958)
 138 茨城県水産振興場 (1953)
 141 茨城県水産振興場 (1956)
 189 加瀬林 (1957)
 191 加瀬林・三浦 (1957)
 192 加瀬林 (1957)
 193 加瀬林ほか (1957)
 199 加瀬林 (1959)
 203 加瀬林 (1961)
 206 加瀬林 (1966)
 209 加瀬林 (1969)

- 274 増沢 (1947)
 294 中村 (1976)
 361 繁藤 (1954)
 365 外岡・津田 (1973)
 366 外岡・浜田 (1975)
 368 外岡 (1976)
 376 須能ほか (1960)
 393 高橋 (1939)
 394 高橋 (1952)
 400 高橋 (1963)
 406 高塚 (1933)
 410 田中 (1927)
 415 丹下 (1949)
 416 丹下 (1949)
 423 丹下 (1953)
 424 丹下 (1953)
 425 丹下・加瀬林 (1953)
 426 丹下・加瀬林 (1954)
 427 丹下・加瀬林 (1955)
 428 丹下・加瀬林 (1956)
 430 田内・三善 (1936)
 431 田内・三善 (1936)
 454 津田 (1975)
 455 津田ほか (1965)
 469 矢口 (1961)
 478 谷田川 (1958)
 479 谷田川 (1959)

コイ

- 1 赤野ほか (1975)
 122 茨城県内水面水産試験場 (1973)
 263 熊丸 (1975)
 301 中野 (1960)
 427 丹下・加瀬林 (1955)

工場排水

- 5 浅田ほか (1973)

- 75 茨城県開発部公害対策課 (1972)
 140 茨城県水産振興場 (1955)
 268 町田ほか (1954)
 269 町田ほか (1954)
 372 須能 (1955)
 373 須能 (1955)
 375 須能 (1958)
 385 田淵・高村 (1975)

考古学

- 183 笠井 (1914)

昆虫

- 172 神谷 (1930)

湖流

- 303 南部 (1974)
 352 佐々木 (1969)

湖沼学

- 28 堀江 (1962)
 29 堀江 (1964)
 152 Ichimura (1961)
 158 生田 (1975)
 159 Imamura (1956)
 174 神原 (1934)
 352 佐々木 (1969)
 379 鈴木 (1968)
 408 田中 (1910)
 409 田中 (1918)
 410 田中 (1927)
 454 津田 (1975)
 466 渡辺 (1917)
 485 吉村 (1942)
 486 吉村 (1976 ; 1937, 初版)

湖沼観測		47 茨城県 (1964)	306 日本大学国土総合開発研究所 (1960)
121	茨城県内水面水産試験場 (1973)	62 茨城県・建設省・建設技研 (1974)	309 日本科学者会議茨城大学農学部分会 (1974)
133	茨城県水産試験場 (1935)	71 茨城県衛生研究所 (1970)	313 日本建設コンサルタント (1965)
134	茨城県水産試験場 (1935)	81 茨城県環境局 (1976)	317 西口ほか (1964)
188	加瀬林 (1957)	82 茨城県環境局 (1976)	318 西口ほか (1965)
189	加瀬林 (1957)	83 茨城県環境局 (1976)	330 大宮ほか (1962)
196	加瀬林ほか (1958)	85 茨城県環境局 (1976)	337 大山 (1959)
197	加瀬林ほか (1958)	99 茨城県企業局 (1970)	338 大山 (1962)
274	増沢ほか (1947)	100 茨城県企業局 (1971)	339 大山 (1963)
349	桜井 (1950)	108 茨城県企業局鹿島浄水場 (1960)	362 商業近代化委員会土浦地域部会 (1974)
366	外岡・浜田 (1975)	126 茨城県農業試験場 (1973)	363 新沢 (1965)
368	外岡 (1976)	128 茨城県総合開発事務局 (1961)	369 須藤ほか (1974)
376	須能ほか (1960)	129 茨城県総合開発事務局 (1961)	402 高村・山口 (1974)
407	田中 (1907)	163 石崎 (1961)	447 土屋 (1975)
417	丹下ほか (1950)	171 籠瀬 (1976)	
469	矢口 (1961)	175 金関 (1973)	水資源
湖沼観測所 (研究所)		177 金関 (1974)	221 経済企画庁 (1970)
20	日高 (1947)	178 金関 (1974)	222 経済企画庁 (1971)
239	建設省霞ヶ浦工事事務所 (1974)	179 金関 (1974)	337 大山 (1959)
洪水		214 霞ヶ浦シンポジウム実行委員会 (1974)	338 大山 (1962)
2	安芸 (1952)	242 建設省利根川下流工事事務所 (1959)	339 大山 (1963)
265	栗原 (1971)	248 小林 (1959)	水収支
332	大森 (1918)	249 小林 (1961)	42 茨城県 (1958)
446	土浦市史編さん委員会 (1975)	250 小林 (1962)	151 市川ほか (1977)
481	吉田 (1910)	251 小林 (1963)	181 関東甲信静越地方総合開発審議会 霞ヶ浦調査小委員会 (1962)
水利用		270 前田ほか(1964)	226 建設省関東地方建設局 (1960)
4	浅田ほか (1974)	273 丸山 (1961)	272 前島 (1967)
8	千葉県 (1958)	293 仲田 (1940)	319 野口 (1973)
34	茨城大学地域総合研究所 (1974)	296 中西 (1973)	413 田中 (1977)
35	茨城大学地域総合研究所 (1976)	297 中西 (1975)	447 土屋 (1975)
		298 中西ほか (1976)	
		299 中西ほか (1976)	

- 浪逆(ナサカ)浦**
- 406 高塚 (1933)
- 農業**
- 23 日南田・高津戸 (1962)
- 24 日南田・高津戸 (1963)
- 35 茨城大学地域総合研究所 (1976)
- 292 元木 (1977)
- 331 大宮 (1963)
- 345 桜井 (1959)
- 346 桜井 (1961)
- 347 桜井 (1962)
- 348 桜井 (1963)
- 359 瀬谷 (1959)
- 395 高橋 (1953)
- 405 高津戸 (1961)
- 農業排水**
- 62 茨城県ほか (1974)
- 193 加瀬林ほか (1957)
- 233 建設省霞ヶ浦工事事務所・茨城県 (1973)
- 243 吉川ほか (1975)
- 276 松江 (1956)
- 288 森泉 (1976)
- 380 田淵 (1974)
- 383 田淵 (1975)
- 384 田淵 (1976)
- 389 田淵ほか (1975)
- 404 Takamura (1976)
- 農薬**
- 193 加瀬林ほか (1957)
- 276 松江ほか (1956)
- プランクトン**
- 159 Imamura (1956)
- 165 巖 (1968)
- 282 宮内 (1935)
- 448 津田 (1973)
- 452 津田ほか (1974)
- 453 津田 (1975)
- 歴史**
- 176 金関 (1974)
- 183 笠井 (1914)
- 344 坂本 (1976)
- 359 瀬谷 (1959)
- 391 高木 (1975)
- 392 高橋 (1924)
- 393 高橋 (1939)
- 395 高橋 (1953)
- 396 高橋 (1955)
- 439 豊崎 (1959)
- 440 豊崎 (1961)
- 441 豊崎 (1962)
- 442 豊崎 (1963)
- 446 土浦市史編さん委員会 (1975)
- 462 堤ほか (1976)
- 480 吉田 (1905)
- 481 吉田 (1910)
- リモート・センシング**
- 32 保科ほか (1976)
- 論文集**
- 9 中央気象台海洋課・霞ヶ浦湖沼研究所 (1947)
- 36 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会 (1959)
- 37 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会 (1961)
- 38 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会 (1962)
- 39 茨城大学霞ヶ浦北浦地域総合研究会 (1963)
- 54 茨城県 (1972)
- 55 茨城県 (1973)
- 90 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1958)
- 91 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1960)
- 92 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1961)
- 93 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1965)
- 94 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1966)
- 95 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 (1967)
- 119 茨城県内水面水産試験場 (1969)
- 120 茨城県内水面水産試験場 (1973)
- 123 茨城県内水面水産試験場 (1975)
- 124 茨城県内水面水産試験場 (1976)
- 143 茨城県水産振興場 (1956)
- 144 茨城県水産振興場 (1957)
- 146 茨城県水産振興場 (1958)
- 181 関東甲信静越地方総合開発審議会 霞ヶ浦調査小委員会 (1962)
- 232 建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団・霞ヶ浦開発建設所 (1973)
- 241 建設省霞ヶ浦工事事務所 (津田ほか) (1975)
- 284 水資源開発公団 (1971)
- 360 資源科学研究所 (1971)
- 461 筑波大学筑波環境研究グループ (1976)

	流入量	328 大宮 (1959)		総説 (環境・公害)
42	茨城県 (1958)	359 瀬谷 (1959)	59	茨城県 (1973)
181	関東甲信静越地方総合 開発審議会 霞ヶ浦 調査小委員会 (1962)	395 高橋 (1953)	64	茨城県 (1975)
		396 高橋 (1955)	67	茨城県 (1975)
		400 高橋 (1963)		
		462 堤ほか (1976)		水位
	流出量	463 海野 (1959)	70	茨城県・千葉県 (1976)
8	千葉県 (1958)		137	茨城県水産振興場 (1953)
181	関東甲信静越地方総合 開発審議会 霞ヶ浦 調査小委員会 (1962)	シラウオ	198	加瀬林 (1959)
226	建設省関東地方建設局 (1960)	208 加瀬林 (1967)	332	大森 (1918)
		254 小宮ほか (1958)	466	渡辺 (1917)
		281 宮本 (1936)		
	細菌			水利権
433	手塚 (1973)	疾病 (関連事項 : 寄生虫)	248	小林 (1959)
434	手塚 (1975)	154 井出 (1935)	249	小林 (1961)
		155 井出 (1935)	250	小林 (1962)
	生物	156 井出 (1936)	251	小林 (1963)
217	勝屋・増田 (1947)	162 入江ほか (1954)		
232	建設省霞ヶ浦工事事務 所・水資源開発公団 ・霞ヶ浦開発建設所 (1973)	254 小宮ほか (1958)		水産業
241	建設省霞ヶ浦工事事務 所 (津田ほか) (1975)	477 安羅岡・入江 (1976)	1	赤野ほか (1975)
279	宮地 (1930)		7	浅野ほか (1953)
287	靱山 (1971)	植物	17	橋谷 (1958)
290	盛下 (1974)	184 加崎 (1957)	21	日南田 (1953)
291	盛下 (1975)	244 菊地 (1961)	25	平井 (1917)
294	中村 (1976)	267 黒田 (1899)	33	保科ほか (1958)
433	手塚ほか (1973)	350 桜井ほか (1973)	35	茨城大学地域総合研究 所 (1976)
434	手塚 (1974)	351 桜井 (1975)	44	茨城県 (1959)
467	渡辺 (1973)	356 佐藤・鈴木 (1959)	45	茨城県 (1959)
		357 佐藤・鈴木 (1959)	61	茨城県 (1974)
		377 鈴木 (1901)	84	茨城県環境局 (1976)
		378 鈴木 (1962)	87	茨城県霞ヶ浦北浦海区 漁業調整委員会 (1958)
		476 山内 (1971)	88	茨城県霞ヶ浦北浦水産 事務所 (1958)
	社会	植物プランクトン	89	茨城県霞ヶ浦北浦水産 事務所 (1958)
19	林・塩 (1974)	264 国包ほか (1976)		
35	茨城大学地域総合研究 所 (1976)	354 佐々木 (1975)		
245	木本 (1959)			

97	茨城県霞ヶ浦水産事務所 (1961)	194	加瀬林・中野 (1958)	330	大宮ほか (1962)
122	茨城県内水面水産試験場 (1973)	195	加瀬林 (1958)	361	繁藤 (1954)
131	茨城県水産試験場 (1912)	198	加瀬林ほか (1959)	374	須能 (1958)
132	茨城県水産試験場 (1913)	199	加瀬林 (1959)	394	高橋 (1952)
135	茨城県水産振興場 (1953)	200	加瀬林 (1960)	396	高橋 (1955)
136	茨城県水産振興場 (1953)	201	加瀬林・中野 (1960)	397	高橋 (1959)
138	茨城県水産振興場 (1953)	202	加瀬林・中野 (1961)	398	高橋 (1961)
139	茨城県水産振興場 (1955)	203	加瀬林 (1961)	399	高橋 (1962)
141	茨城県水産振興場 (1956)	204	加瀬林 (1965)	400	高橋 (1963)
142	茨城県水産振興場 (1956)	205	加瀬林ほか (1966)	414	丹下 (1948)
143	茨城県水産振興場 (1956)	206	加瀬林 (1966)	415	丹下 (1949)
144	茨城県水産振興場 (1957)	207	加瀬林 (1966)	418	丹下・加瀬林 (1950)
145	茨城県水産振興場 (1957)	208	加瀬林 (1967)	419	丹下・加瀬林 (1950)
146	茨城県水産振興場 (1958)	209	加瀬林ほか (1969)	420	丹下・加瀬林 (1950)
147	茨城県水産振興場 (1958)	210	加瀬林・浜田 (1973)	422	丹下・加瀬林 (1951)
153	位田 (1935)	211	加瀬林・浜田 (1973)	423	丹下 (1953)
160	稲葉 (1950)	246	北原 (1894)	424	丹下 (1953)
161	稲葉 (1954)	256	今野 (1911)	425	丹下・加瀬林 (1953)
173	鴨脚 (1912)	257	久保 (1946)	426	丹下・加瀬林 (1954)
181	関東甲信静越地方総合開発審議会 霞ヶ浦調査小委員会 (1962)	258	久保・高木 (1946)	427	丹下・加瀬林 (1955)
185	加瀬林 (1954)	259	久保 (1948)	429	丹下ほか (1956)
186	加瀬林・芹田 (1956)	260	久保 (1950)	430	田内・三善 (1936)
187	加瀬林 (1957)	261	久保 (1950)	431	田内・三善 (1936)
190	加瀬林 (1957)	262	熊丸 (1973)	446	土浦市史編さん委員会 (1975)
191	加瀬林・三浦 (1957)	263	熊丸 (1975)	451	津田ほか (1973)
192	加瀬林 (1957)	266	黒田 (1895)	456	津田ほか (1967)
		268	町田ほか (1954)	457	津田ほか (1967)
		269	町田ほか (1954)	459	津田・浜田 (1973)
		275	松原 (1946)	468	矢口 (1956)
		276	松江 (1956)		
		281	宮本 (1936)		
		300	中野 (1955)		
		301	中野 (1960)		
		316	日本水産資源保護協会 (1971)		
		322	農林省農林経済局統計情報部 (1976)		
		329	大宮ほか (1961)		
					水質 (水質汚濁, 富栄養化 関連事項: 水質測定資料)
				4	浅田ほか (1974)
				5	浅田ほか (1973)
				15	浜田・津田 (1976)
				18	林 (1974)

- | | | | | | |
|-----|----------------------------|-----|--|-----|-----------------------------|
| 26 | 広瀬 (1973) | 181 | 関東甲信静越地方総合
開発審議会 霞ヶ浦
調査小委員会 (1962) | 308 | 日本科学者会議茨城支
部 (1972) |
| 48 | 茨城県 (1965) | 193 | 加瀬林ほか (1957) | 309 | 日本科学者会議茨城大
学農学部分会 (1974) |
| 49 | 茨城県 (1965) | 212 | 鹿島町農業委員会
(1976) | 313 | 日本建設コンサルタン
ト (1965) |
| 63 | 茨城県・建設省霞ヶ浦
工事事務所 (1974) | 214 | 霞ヶ浦シンポジウム実
行委員会 (1974) | 311 | 日本河川協会 (1974) |
| 65 | 茨城県 (1975) | 215 | 霞ヶ浦水質保全対策専
門委 (1974) | 333 | 御勢 (1970) |
| 71 | 茨城県衛生研究所
(1970) | 216 | 霞ヶ浦水質研究会
(1972) | 344 | 坂本 (1976) |
| 72 | 茨城県開発部公害課
(1968) | 218 | 川田 (1974) | 353 | 佐々木 (1969) |
| 73 | 茨城県開発部公害課
(1970) | 225 | 建設省 (1975) | 354 | 佐々木 (1975) |
| 76 | 茨城県環境局 (1975) | 227 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1970) | 355 | 佐々木ほか (1976) |
| 77 | 茨城県環境局 (1975) | 229 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1972) | 365 | 外岡・津田 (1973) |
| 78 | 茨城県環境局 (1976) | 230 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1973) | 367 | 外岡ほか (1976) |
| 79 | 茨城県環境局 (1976) | 231 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1973) | 369 | 須藤ほか (1974) |
| 80 | 茨城県環境局 (1976) | 234 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1973) | 371 | 須藤 (1975) |
| 81 | 茨城県環境局 (1976) | 238 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所・茨城県 (1974) | 380 | 田淵 (1974) |
| 82 | 茨城県環境局 (1976) | 239 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1974) | 381 | 田淵 (1974) |
| 83 | 茨城県環境局 (1976) | 240 | 建設省霞ヶ浦工事事務
所 (1974) | 382 | 田淵 (1975) |
| 84 | 茨城県環境局 (1976) | 264 | 国包ほか (1976) | 383 | 田淵 (1975) |
| 85 | 茨城県環境局 (1976) | 271 | 前田ほか (1974) | 384 | 田淵 (1976) |
| 86 | 茨城県環境局 (1976) | 295 | 中西ほか (1976) | 385 | 田淵・高村 (1975) |
| 98 | 茨城県霞ヶ浦水産事務
所 (1964) | 296 | 中西 (1973) | 386 | 田淵 (1975) |
| 118 | 茨城県公害課 (1968) | 297 | 中西 (1975) | 387 | 田淵 (1975) |
| 125 | 茨城県農業試験場
(1965) | 298 | 中西ほか (1976) | 388 | 田淵 (1975) |
| 126 | 茨城県農業試験場
(1973) | 299 | 中西ほか (1976) | 389 | 田淵 (1975) |
| 127 | 茨城県総合開発事務局
(1960) | 303 | 南部ほか (1974) | 403 | 高村ほか (1973) |
| 148 | 茨城県立鹿島高校化学
クラブ (1958) | 305 | 日本弁護士連合会 水
戸弁護士会公害対策
委員会 (1974) | 404 | 高村 (1976) |
| 149 | 茨城県立鹿島高校化学
クラブ (1959) | 307 | 日本科学者会議茨城支
部 (1971) | 413 | 田中 (1977) |
| 150 | 市川ほか (1974) | | | 433 | 手塚ほか (1973) |
| 158 | 生田 (1975) | | | 434 | 手塚 (1975) |
| 165 | 巖 (1968) | | | 443 | 土浦市生活環境部公害
課 (1973) |
| 166 | 岩崎 (1970) | | | 444 | 土浦市生活環境部公害
課 (1975) |
| | | | | 445 | 土浦市生活環境部公害
課 (1975) |
| | | | | 454 | 津田 (1975) |
| | | | | 455 | 津田ほか (1965) |

456	津田ほか (1967)	113	茨城県公害技術センタ ー (1971)		底質
458	津田ほか (1969)			235	建設省霞ヶ浦工事事務 所 (1973)
470	山岸・沖野 (1974)	114	茨城県 (1972)		
474	山本ほか (1976)	115	茨城県公害技術センタ ー (1974)	236	建設省霞ヶ浦工事事務 所 (1974)
478	谷田川 (1958)	116	茨城県公害技術センタ ー (1975)	237	建設省霞ヶ浦工事事務 所 (1974)
479	谷田川 (1959)			303	南部ほか (1974)
	水質測定資料 (関連事 項: 水質)	117	茨城県公害技術センタ ー (1976)	355	佐々木ほか (1976)
12	芙蓉情報センター(株) (1974)	310	日本河川協会 (1973)	464	運輸省港湾技術研究所 (1967)
13	芙蓉情報センター(株) (1976)	311	日本河川協会 (1974)	473	山本ほか (1975)
14	芙蓉情報センター(株) (1977)	312	日本河川協会 (1975)		底質調査
41	茨城県・栃木県・群馬 県・埼玉県・千葉県 ・東京都・神奈川県 (1954)	314	日本工業用水協会 (1969)	217	勝屋・増田 (1947)
51	茨城県 (1971)	315	日本工業用水協会 (1970)	224	建設省 (1970)
52	茨城県 (1972)	323	野崎ほか (1974)	464	運輸省港湾技術研究所 (1967)
53	茨城県 (1972)	324	野崎ほか (1975)		土地利用
56	茨城県 (1973)	325	大賀ほか (1973)	16	原田 (1960)
57	茨城県 (1973)	436	東京都 (1959)	170	籠瀬 (1975)
60	茨城県 (1974)	437	東京都 (1960)	171	籠瀬 (1976)
66	茨城県 (1975)	438	東京都広報渉外局首都 建設部 (1958)	223	経済企画庁総合開発局 (1973)
68	茨城県 (1976)	472	山本ほか (1975)	252	小林 (1938)
74	茨城県開発部公害対策 課 (1972)	475	山本ほか (1976b)		つなみ
101	茨城県企業局 (1970)		水運	466	渡辺 (1917)
102	茨城県企業局 (1971)	393	高橋 (1939)		浮島
103	茨城県企業局 (1972)		高浜入	320	野口 (1939)
104	茨城県企業局 (1973)	458	津田ほか (1969)	328	大宮 (1959)
105	茨城県企業局 (1974)		玉造町	397	高橋 (1955)
106	茨城県企業局 (1975)	462	堤ほか (1976)	463	海野 (1959)
107	茨城県企業局 (1976)		底生生物		ワカサギ
110	茨城県公害技術センタ ー (1969)	294	中村 (1976)	33	保科ほか (1958)
111	茨城県公害技術センタ ー (1970)	449	津田ほか (1973)	135	茨城県水産振興場 (1953)
112	茨城県公害技術センタ ー (1971)	450	津田・森下 (1973)		
		453	津田 (1975)		

- 136 茨城県水産振興場
(1953)
- 145 茨城県水産振興場
(1957)
- 153 位田 (1975)
- 154 井出 (1935)
- 194 加瀬林・中野 (1958)
- 201 加瀬林・中野 (1960)
- 202 加瀬林・中野 (1961)
- 210 加瀬林・浜田 (1973)
- 211 加瀬林・浜田 (1973)
- 257 久保 (1946)
- 275 松原 (1946)
- 300 中野 (1955)
- 418 丹下・加瀬林 (1950)
- 421 丹下ほか (1951)
- 426 丹下・加瀬林 (1954)
- 429 丹下ほか (1956)
- 457 津田ほか (1967)
- 468 矢口 (1956)

養豚業

- 164 石崎・谷萩 (1976)

資料4

地	区	番	サンプルNo.	カ ド No
①	②	③	④	

霞が浦周辺地域住民の環境に対する意識調査

対象者 氏名	
対象者 住所	Tel.

調査員氏名

訪 問 状 況	ハガキの回収	面接時間
第1日訪問 月 日		分位
第2日 " 月 日		分位
第3日 " 月 日		分位
第4日 " 月 日		分位
第5日 " 月 日		分位

訪問先の確認方法

Q1 お宅様での普段の暮らしについてお伺い致します。

この地域の生活環境について、あなたはどの程度満足なさっていますか。(リスト1提示)

	非常に満足している	やや満足している	まあまあ	やや不満足である	非常に不満足である	DK
1. 普段のお買物の便利さは	6	18	46	22	8	0.4
2. 交通の便利さは	7	23	29	25	16	0.4
3. 防犯、防災などの生活の安全は	14	29	39	15	2	0.5
4. 学校、病院などの社会施設は	4	15	33	35	12	0.4
5. お近くの自然環境は	26	32	31	8	3	0.7
6. それでは、生活環境を総合的にみて	4	24	56	15	1	0.9

Q2 霞が浦の印象についておたずねします。

SQ-1 霞が浦の汚染状況について次に読み上げます中で以前より悪くなったと思えるものがございますらお知らせ下さい。

<p>1. 景色は</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>⑫ 35 悪くなった 65 悪くなっていない</p> </div> <p>0.7DK</p>	<p>260票</p> <p>→それはあなたの暮らしに (リスト2提示)</p>	<p>⑬ 55 関係していない 37 ある程度関係している 8 非常に関係している</p> <p>0.4DK</p>	<p>11</p>
<p>2. 悪臭は</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>⑭ 54 ひどくなった 46 ひどくなっていない</p> </div> <p>0.5DK</p>	<p>403票</p> <p>→それはあなたの暮らしに (リスト2提示)</p>	<p>⑮ 34 関係していない 50 ある程度関係している 16 非常に関係している</p> <p>1.2DK</p>	<p>11</p>
<p>3. 水泳の場としての環境は</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>⑯ 93 悪くなった 6 悪くなっていない</p> </div> <p>0.7DK</p>	<p>700票</p> <p>→それはあなたの暮らしに (リスト2提示)</p>	<p>⑰ 57 関係していない 31 ある程度関係している 9 非常に関係している</p> <p>2.9DK</p>	<p>11</p>
<p>4. つりの場としての環境は</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>⑱ 49 悪くなった 51 悪くなっていない</p> </div> <p>0.8DK</p>	<p>365票</p> <p>→それはあなたの暮らしに (リスト2提示)</p>	<p>⑲ 60 関係していない 29 ある程度関係している 10 非常に関係している</p> <p>0.8DK</p>	<p>17</p>
<p>5. 散歩や夕涼みの場としての環境は</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>⑳ 31 悪くなった 68 悪くなっていない</p> </div> <p>1.1DK</p>	<p>233票</p> <p>→それはあなたの暮らしに (リスト2提示)</p>	<p>㉑ 40 関係していない 49 ある程度関係している 11 非常に関係している</p> <p>1.3DK</p>	<p>11</p>

表示は% (全有効票数 752 票)

6. 健康に対する環境は

② 26 悪くなった
73 悪くなっていない
1.2DK

→ 196票
それはあなたの暮しに (リスト2提示)

③ 23 関係していない
52 ある程度関係している
24 非常に関係している
1.5DK

7. 霞が浦特産の魚貝類の生産は

④ 92 少なくなった
7 少なくなっていない
0.9DK

→ 692票
それはあなたの暮しに (リスト2提示)

⑤ 42 関係していない
37 ある程度関係している
20 非常に関係している
0.7DK

8. トンボやメダカなどの生物は

⑥ 88 少なくなった
11 少なくなっていない
0.8DK

→ 662票
それはあなたの暮しに (リスト2提示)

⑦ 76 関係していない
18 ある程度関係している
5 非常に関係している
1.4DK

9. それでは全体として湖畔のイメージは

⑧ 71 悪くなった
28 悪くなっていない
0.8DK

→ 537票
それはあなたの暮しに (リスト2提示)

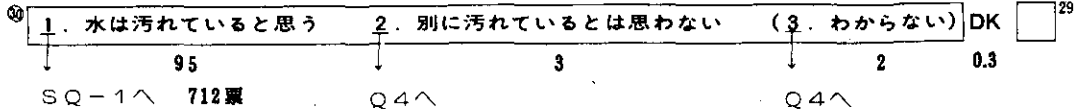
⑨ 37 関係していない
46 ある程度関係している
14 非常に関係している
2.2DK

SQ-2 その他、霞が浦について何かお気づきのことがございましたらどんなことでも結構ですから聞かせて下さい。

表示は% (全有効票数 752 票)

Q3 霞が浦の水の汚れについておたずねします。

現在、霞が浦の水は汚れていると思いますか。



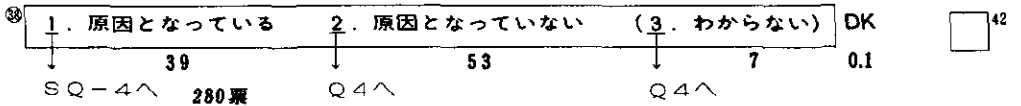
SQ-1 霞が浦の水の汚れの原因にはどんなものがあると思いますか。(M・A)(リスト3提示)

SQ-2 まだ、水の汚れの原因を2つ以上お答えいただいた方に、その中で汚れの原因で、大きいと思う順位をお知らせ下さい。

⑪

SQ-1 汚水の原因	SQ-2 順位						DK
	1	2	3	4	5	6	
25 農業排水による(はず畑や水田など)	10.	29.	24.	15.	19.	1	1.2
34 漁業による(コイやワカサギなど)	39.	30.	10.	12.	8.	—	1.8
56 畜産排水による(養豚、牧牛など)	37.	38.	14.	7.	3.	—	2.5
46 工場排水による	44.	30.	14.	3.	5.	1	2.7
54 家庭排水による	26.	35.	25.	10.	3.	—	1.2
17 その他(具体的に記入) ()	49.	27.	12.	3.	—	9	1.5

SQ-3 失礼ですがあなた自身及びお宅様が、何等かの形で汚れの原因をなしていると思われ
ますか。



SQ-4 ではどんな形で汚れの原因となっていると思いますか。(M・A)(リスト3提示)

⑬

12 農業排水による	5 工場排水による
5 漁業による	85 家庭排水による
10 畜産排水による	2 その他(具体的に)
0.4DK	()

Q4 あなたの暮らしを良くするための生活環境の改善としては、霞が浦の水の浄化(きれいにすること)だ
けでなく道路の整備や公園の増設といった、公共施設の整備などがあります。どちらもあなたの暮らし
に重要だと思いますが、特にどちらかを優先させなければならないとすればあなたはどちらを優先さ
せてほしいと思われるか。(リスト4提示)

表示は% (全有効票数752票)

F 3 あなたのご職業は
(リスト5)

46 農業	2 畜産業	5 漁業	4 自営(工業)	60 <input type="checkbox"/>
6 自営(商業)	17 会社員	6 公務員		
14 主婦	0.4 学生	5 無職	3 その他()	

0.1DK

147票

→ (8. 主婦、9. 学生、0. 無職、と答えた人に)

ではお宅で中心になって働いている方の職業は (リスト5提示)

38 農業	1 畜産業	3 漁業	7 自営(工業)	8 自営(商業)	2.0DK <input type="checkbox"/>
32 会社員	11 公務員	4 その他()			

F 4 お宅様の下水処理の方法は怎么样了か。

23 下水道を使っている	6 浄化槽を使っている	68 下水道も浄化槽も使っていない	2.0DK <input type="checkbox"/>
--------------	-------------	-------------------	--------------------------------

F 5 お住いは

96 持家	0.7DK <input type="checkbox"/>
3 借家 (一戸建)	
1 借家 (アパート、下宿)	

F 6 性別

55 男	45 女	64 <input type="checkbox"/>
------	------	--------------------------------

長い間、アンケートの御協力を賜わり誠にありがとうございました。

「霞が浦周辺環境調査のお願い」

この度霞が浦の周辺環境に関する5つの質問を5枚の地図に用意いたしました。各質問毎にお宅様の近くの環境についてお答え下さい。お忙しいと存じますが御協力よろしく願います。なお、何か御不審の点がございましたら、調査員もしくは _____ へ連絡して下さい。

1. お宅様の近くの河や湖などで水の汚れのひどいところがありましたら、地図上に×印でその場所をお教え下さい。何か所でも結構です。

2. お宅様の近くで悪臭のある場所がありましたら、地図上に×印でその場所をお教え下さい。何か所でも結構です。また、それは何の臭いか（あるいは何に似た臭いか）をご記入下さい。

3. お宅様の近くの河や湖などで現在水泳の可能な場所がありましたら、地図上に○印でお教え下さい。何か所でも結構です。

3-1（水泳の場所が全くないとお答えの方に）何年前位まで水泳が可能でしたか。

1. () 年前位まで
2. ずっと前から泳げなかった

3-2（前問で1と答えた方に）泳げなくなった理由は何だと思われますか。具体的に記入下さい。

4. お宅様の近くの河や湖で釣りや投網のできる場所がありましたら、地図上に○印でお教え下さい。何か所でも結構です。また、そこで採れる魚の種類がわかりましたら、その名前もご記入下さい。

5. お宅様の近くで景色が良いと思われる場所を地図上に○印でお教え下さい。何か所でも結構です。また、どの方向から見ると良いのか、方向を → でお教え下さい。

〔国立公害研究所特別研究成果報告 R-1〕

陸水域の富栄養化に関する総合研究

—霞ヶ浦を対象域として—

昭和51年度

昭和52年10月31日発行

編集・発行 国立公害研究所
茨城県筑波郡谷田部町大字館野

印刷 株式会社 イセブ印刷
茨城県筑波郡筑波町北条31