

特集 陸水域における生物多様性モニタリング

淡水域の保全、その政策を支える生物多様性評価の現状と課題

高村 典子*

国立研究開発法人国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター

Status and challenges of biodiversity assessment in freshwater ecosystems

Noriko Takamura*

Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, National Institute for Environmental Studies

Abstract: A research project assessing the state of freshwater biodiversity in East and Southeast Asia was conducted from 2011–2015 to underpin the biodiversity conservation policy of the Convention on Biological Diversity. We constructed a database on the distribution of aquatic organisms and their environments, selected priority sites for conservation, and determined the anthropogenic drivers of biodiversity loss in the freshwaters of Japan. This special issue shows a portion of our findings. For lakes, more than two-thirds of selected priority sites were located in areas that were already protected; however, our assessment revealed that the species richness of both freshwater fishes and aquatic plants decreased markedly after 2001 compared with previous years. The total area of protected rivers and ponds was far beyond that proposed by the Aichi target. There were large gaps between selected sites and protected areas with rivers and wetlands. The major drivers of biodiversity loss were exotic piscivorous fishes and eutrophication in lakes and ponds, and habitat fragmentation in rivers. We found that the distribution data of indicator species were insufficient for proper assessment, and were particularly lacking in static waters (lakes, ponds, and wetlands) for the past 10–20 years.

Keywords: Aichi Biodiversity Target, harmony with nature, science-policy linkage, IPBES

キーワード：愛知目標、自然共生、淡水生態系、IPBES

はじめに

アジア地域と我が国の生物多様性の保全政策を下支えする科学を進展させるために、2011～2015年環境省環境研究総合推進費にて、戦略研究開発プロジェクト「アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合研究」(矢原徹一代表)が実施された。その中には淡水域を対象としたサブテーマ「陸水生態系における生物多様性損失の定量的評価に関する研究」(高村典子代表)も設けられた。淡水生態系は、生物がその生命を維持するのにならぬ水を主要な媒体とするため、人間による過度の改変により、今や地球上で最も劣化した

生態系であると認識されている(Millennium Ecosystem Assessment 2005)。そのため、人類が今後もその生態系から多くの恩恵を受け続けていくためには、保全と利用のバランスをいかにとるかを最も真剣に考えるべき生態系でもある。我々のサブテーマでは、河川、湖沼、湿地、ため池等の淡水域を対象として、全国あるいは地域スケールでの生物多様性の評価、生物多様性への直接的な圧力を減少させるための駆動因解析、そして優先的に保全すべき場所の選択や現在の保護区とのギャップ分析などの研究を実施した。本特集号の論文は、特に日本を対象とした研究成果の一部を集めたものである。ここではその前置きとして、淡水域の生物分布の特徴や淡水生態系

* 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2 国立研究開発法人国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8506, Japan
e-mail: noriko-t@nies.go.jp 2016年2月18日受付、2016年7月14日受理

の恩恵と劣化の現状を概観し、生物多様性条約の政策を支える淡水域の生物多様性評価の現状と課題を述べる。

淡水生物種の分布の特徴

淡水域は地球上の表面積の0.8%を占めるにすぎない(Dudgeon et al. 2006)。しかし、この小面積に極めて多くの数の生物種が生活している。例えば、淡水の動物種は約126,000種が記載されているが、これは地球上の全記載動物種数の9.5%、全脊椎動物種の35%に相当する(Balian et al. 2008)。また、これまでに記載された32,500種の魚類の43%が淡水域で見られる種である(Nelson 2006)。いわゆる古代湖では固有種も多く、タンガニカ湖では240魚種の216種、マラウィ湖では545魚種のうちの523種、ビクトリア湖では288魚種のうちの263種が固有種とされる(Pitcher and Hart 1995)。このように淡水域は生物の種多様性が極めて高く、固有種が卓越するという特徴を有する系である。

淡水生態系の生物種の分布は、地質学的な成因だけでなく地理学的な特性や地形にも大きく依存する。例えば、河川争奪などを契機に地理的に小規模なスケールで生物種の分布が異なる場合もある。湖沼などの止水域は陸で切り離された「島」のような特徴を有し、年月が経つと限られた小空間で独自の種分化が進む。河川も連続性があるとはいえ、流域ごとに源流から下流へと一方向のヒエラルキー的な配置をしているため、生き物もそうしたネットワークの特徴に依存した分散をする(Benda et al. 2004)。甲殻類(十脚目)、貝類、水生昆虫などの水生生物種は、こうした環境に適応して移動や分散する能力が低いという特徴があり、たとえ地理的な距離が近くとも異なる流域間での行き来は制限される。特に、河川の源流域はすべての水生生物種にとっては孤立性が高いハビタットである(Gomi et al. 2002)。さらに、河川生物の分布は、滝、川の勾配、合流パターンなど、その河川に特徴的な地形にも左右される。このように、淡水域ではたとえ同じ地域内であっても湖盆間や流域間で β 多様性が高く、これが地域の種多様性に貢献している。淡水生態系の生物種のこうした特徴は、それらが気候変動や人為的なインパクトに極めて脆弱であることを意味しているだろう。

淡水生態系の恩恵と生態系への圧力

一方で、湖沼、河川そして湿地などの淡水域は、地球

上の様々な生態系の中でも、主として水の供給、水の制御、洪水などの調整、水の浄化などの生態系機能を通して、単位面積当たりに換算すると人々への恩恵(生態系サービス)が最も高いと価値づけされる生態系である(Costanza et al. 1997)。

生物多様性は、この生態系サービスの基盤となる生態系機能を駆動させる主体であり、地球上の物質循環を駆動する生物地球化学エンジンと考えることができる(Naeem et al. 2012)。生物多様性と生態系機能の関係については、これまで20年に及ぶ600以上の室内・野外実験による研究成果が総括され(Cardinale et al. 2012)、概ね、1)生物多様性の損失は、生産、分解、栄養塩循環などの生態系機能のすべての効率を下げる、2)生物多様性は、時間が経過することで生態系機能を安定化させる、3)生物多様性の生態系機能への効果は飽和型を示す、そのため、生物多様性の損失の生態系機能への影響は、初めは小さいが後に加速されて現れる、4)多様性が高い群集ほど生産性が高い、などが示されている。さらに、気候変動などの影響と考えられる「異常気象」に対する生態系の応答についても、種多様性の高いほうが群集はより安定で抵抗性があるとする研究がある(Isbell et al. 2015)。従って、生物多様性の損失は、生態系機能の劣化を通して、生態系サービスの低下を引き起こすと考えられる。

淡水域の幾つかの生態系サービスの中でも、安定した良質の水の供給は、安全や衛生面の向上や洪水等の災害防止とともに、社会経済の成長期には特に重要視された。しかし、水は地球上で偏在するという特質をもつため、不足しても過多になっても社会に深刻な悪影響をもたらす。そのため、淡水環境は、ダム建設、河川の直線化、堤防・護岸、流域を跨いだ移送水路や導水の建設など、水の制御や利用のために人為的に大きく改変されてきた(Meybeck 2003)。

浅い湖沼や湿地では、食料増産のため一部が干拓され、また農地へ転換するための排水溝が敷設された。流域の末端に位置する湖沼では、流域での森林伐採や都市化などの人間活動に伴い、流域が本来持っていた水の浄化機能が失われ、逆に汚染物質や生活排水・畜産排水・肥料などに起因する窒素・リンなどの栄養分の流入が増加し、富栄養化が進行した。一旦、富栄養化した湖沼は、負荷を削減した後もその生態系の特質により、水質の回復が難しい(高村 2009)。ため池や水田などの農業生態系では、現代的な洪水吐けや取水施設を備えたコンクリートの堤体への改変や圃場整備などが行われる一方で、農業

の担い手の高齢化や衰退と相まって、二次的自然への人の働きかけが著しく縮小した。さらに、淡水域全般に侵略的外来種の侵入や、希少となった生物種や有用種の過剰利用などが加わり、淡水生態系は複数の外的な圧力を大きく受け、その健全性は著しく損なわれている (Millennium Ecosystem Assessment 2005)。特に、地球規模での河川システムの改変は、生物多様性だけでなく、逆に人間の生命や健康に関わる社会への水の供給の安全をも著しく脅かすレベルに達している (Vörösmarty et al. 2010)。さらに今後、気候変動に起因する淡水域への直接的ならびに水利用等の変化による圧力の増加などの間接的な影響の増大が危惧されている。人類が生態系の恩恵を持続的に享受していくためには、回復が見込めない不可逆的な生態系の劣化を食い止める必要がある。中でも、淡水生態系の利用と保全・保護のバランスをいかに舵取りしていくかは 21 世紀の大きな課題のひとつとなっている。

淡水域の生物多様性評価の現状

淡水域の生物多様性の著しい劣化は Living Planet Index (McLellan et al. 2014) を指標として顕著に示されている。これは、科学者と公的機関により過去 40 年以上にわたりモニタリングされてきた脊椎動物 3,038 種以上、10,380 個体群を対象として、1970 年の状態を基点として各個体群の個体数の変動傾向を示したものである。最新 (1970 ~ 2010 年) の評価でも、前回の評価 (1970 ~ 2006 年) と同様に、淡水域での個体群の減少率は、陸域と海域での減少率 39% に比べ、76% と高かった。ただし、本評価の情報は脊椎動物のみを対象としたものであり、調査努力についてもヨーロッパと北米の調査地点が圧倒的に多いという偏りがあることに注意が必要である。日本でも、純淡水魚種の 63.4% にあたる 59 種 (環境省 2013)、角野 (2014) に記載された水生維管束植物の 40.1% にあたる 108 種 (環境省 2012a)、また淡水に大きく依存する両生類では 55.3% にあたる 42 種 (環境省 2012b) が絶滅の恐れがある野生生物として環境省第 4 次レッドリストに掲載されている。こうしたデータから、我が国の淡水域でも生物多様性の損失が深刻であることが窺える。

大陸レベルあるいは国レベルの保全政策の実施には、広域的なスケールでの生物多様性評価が有効である。1996/98 年の評価から継続的に進められている国際自然保護連合 (IUCN) の絶滅リスク評価では、魚類、トン

ボ類、貝類など淡水域の生物を対象とした評価も増えてきた (The IUCN Red List のウェブページ <http://www.iucnredlist.org/initiatives/freshwater>、2016 年 7 月 15 日確認)。しかし、2014 年に Nature に掲載された 'Life under threat' (Monastersky 2014) では、両生類はほぼ網羅されたものの、淡水脊椎動物の多くを占める淡水魚類については、まだ未評価の状態である。そのため淡水域の生物についての評価を加速し、それらのデータをもっと保全戦略に入れ込み、陸域との繋がりを重視し陸域と一体化した保全を進展させることが、地球規模で望まれている (Heilpern 2015)。最近になって IUCN の評価プロセスの進捗と連動するように淡水種の広域評価も公表されるようになってきた。例えば、Collen et al. (2014) は、哺乳類、爬虫類、両生類、魚類、カニ類、ザリガニ類の計 7083 淡水種について地球規模での生物多様性の地図化を試みたが、彼らが採用した空間スケールでは 6 つの分類グループの間で評価結果が一致しないことを示している。Markovic et al. (2014) は、ヨーロッパ全域を対象に計 1648 の淡水種を用い、気候変動による生物多様性への影響について、生物の分散能力の有無を仮定したシナリオでの将来予測や保護区との適合性評価を試みている。この研究では、淡水域の生物分布の特徴やそれらの管理を行う単位として最適と言える流域を単位とした広域評価がなされている点が優れている。2050 年には普通種ではその 6% が、希少種では 77% が現在の分布範囲の 90% 以上で生息地を失うことや、希少種の割合が高いことに加え移動分散力が低い軟体動物がより脆弱であることが示されている。

このような精度の高い予測研究がヨーロッパで可能であるのは、それを下支えする情報整備が進んでいるためである (Schmidt-Kloiber and Hering 2015)。一方で、最近是个別の生物種の分布情報が十分でなくとも、固有種や生息分布域の狭い生物はおのずと絶滅リスクが高いため、そのような生物分布特性をとりいれた優先保護区の選定や現有の保護区とのギャップ分析などがなされている (Pimm et al. 2014; Jenkins et al. 2015)。しかし、日本を含めアジア地域の淡水種の分布の情報は、生物多様性の現状評価や将来予測をするには、極めて不十分な状況であり、保護や保全の政策展開に向けての科学とそれを支える情報整備体制の構築が早急に必要とされている。

生物多様性条約とそれを支える科学

生物多様性条約の締約国は、生物多様性戦略計画

2011～2020（愛知目標）（生物多様性条約事務局、<https://www.cbd.int/sp/targets/>、2016年2月1日確認）の実現に向けての責務を負う。愛知目標では、次のように特に淡水域に言及した条文もある。目標6「2020年までに水生生物資源の持続可能な管理が実現される。」、目標11「2020年までに少なくとも内陸水域の17%が適切に保全・管理される。」、そして目標14「2020年までに、水に関連するサービス等、不可欠なサービスを提供し、人々の福利に貢献する生態系が回復され保護される。」である。こうした目標の実現には政策支援の科学が不可欠である。愛知目標の決議を受けて策定されたわが国の生物多様性国家戦略2012～2020（環境省2012c）においても5つの基本戦略のひとつとして「科学的基盤の強化」が書き込まれた。

また、2012年4月には生物多様性と生態系サービスのための科学と政策の間のインターフェース強化のためにIPBES（Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services）が設立された。IPBESが持つ4つの主機能、すなわち1）政策立案者が必要とする科学的知見を提供し、そのために新しい知識の生成を促進する、2）必要とされる地球規模、地域規模、テーマ別、または国レベルの科学的評価を進める、3）評価の結果がより効果的に適用されるために、政策支援ツールや手法の開発と利用を促進する、4）科学と政策の間のインターフェースを強化するために優先的に能力開発を進める、これらは、まさに現代の国際社会が保全生態学者に強く求めている役割と読むことができる。IPBESは、2015年8月現在で124カ国の参加を得て、2014～2018年に実施する作業計画のスケジュールにそって、約1000人の専門家が19のグループに分かれて作業を進めている。日本からも35名の専門家が参加している。

こうした動きと連動して、わが国とアジア地域の生物多様性の保全政策を下支えする科学を進展させるために、冒頭で述べた研究プロジェクトが実施された。我々の研究プロセスで明らかになったことのひとつに、淡水域の生物多様性評価のために必要とされる生物分布データの不足がある（Nishihira et al. 2014）。湖沼では環境庁第4回自然環境保全基礎調査（1991年度）以降、また、湿地環境については第5回自然環境保全基礎調査（1995年度）以降の全国的な調査が実施されていない。現在実施されているわが国の淡水域の公的な生物モニタリングとしては、全国の一級河川とダム湖を対象として1990年から開始された国土交通省「河川水辺の国勢調査」と

全国の湖沼・湿地を対象として2009年から開始された環境省「モニタリングサイト1000陸水域調査（湖沼・湿原）」がある。ただし、後者については予算上の制約から対象湖沼と湿地の数が、合計しても10箇所以下と極めて少数に限られている。

研究プロジェクトではこうした状況を踏まえて、湖沼・湿地においては生物多様性を指標するのに適切な生物分類群として、湖沼では純淡水魚と水生植物を、湿地では湿生植物を選定し、散逸している文献や標本情報を集め、それらの分布情報をデータベース化する作業を行い、生物多様性評価と優先保護区の選定を試みた（山ノ内ほか2016；鈴木ほか2016）。その結果、湖沼では2000年以前と2001年以降を比較して純淡水魚では平均約28%の種が、水生植物では平均約57%の種が消失していることが示された（Matsuzaki et al. 2016；Nishihira et al. 2014に収録したデータより算出）。消失の主たる駆動因は魚では魚食性外来魚の種数（Matsuzaki et al. 2016）、水生植物では富栄養化やソウギョの導入（環境省2016b）であった。また、農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」と「漁業センサス」を活用して過去50年におよぶ湖沼の水生生物資源量の変化を解析し、近年の資源量低下の現状を示すと共に魚食性外来魚の侵入が低下の主要因であることを明らかにした（Matsuzaki and Kadoya 2015）。さらに、国立環境研究所と地方環境研究所等との共同研究の枠組み（「地方環境研究所等との共同研究（国立環境研究所）」<https://www.nies.go.jp/kenkyu/chikanken/>、2016年2月1日確認）を活用し自治体研究者らと新たな調査を実施した（松崎ほか2016）。

河川については「河川水辺の国勢調査」や新たに収集したデータを活用した優先保護区の選定を行い、現保護区とのギャップが大きいことを示す（環境省2016b）とともに、「河川水辺の国勢調査」に関する問題点と改善すべき点を今後の学術研究への活用に向けて指摘した（末吉ほか2016）。また、生物多様性を減少させる駆動因として、ダム湖や堰などの縦方向の分断化に加え、護岸などの横方向の分断化が主因であることがわかった（環境省2016b）。

ため池などの小規模止水域には、これまで大幅に失われてきた氾濫原湿地の生物種が多く生息・生育している（Takamura 2012）。そのため、淡水の生物多様性の保全上、価値が高い水域になっている。ため池では既存の研究データがある兵庫県南部や東広島市のため池群を対象とした評価を実施した。兵庫県の調査から、生物多様性の減少を引き起こす水質悪化、生息地改変そして侵入種の3

表 1. 本州、四国、九州、北海道、沖縄における淡水域の属性別分布面積 (km²)。属性分類の根拠は^{1,2,3}に拠る。

地域	河川・入り江 ¹	天然湖 ¹	ダム湖 ¹	小規模止水域 ¹	強度管理池 ¹	湿地 ²	湿地 ³
本州	1507	1706	551	400	40	78	101
四国	137	0	51	40	2	1	0
九州	312	16	77	74	7	5	4
北海道	302	733	131	44	3	626	709
沖縄	10	1	8	4	0	0	7
全国	2267	2456	819	561	52	709	821

¹ 木塚ほか (2016)

² 環境庁第 5 回自然環境保全基礎調査から高層湿原、中間湿原、低層湿原、湧水湿地、塩性湿地だけを抽出 (鈴木透 算出)

³ 「都道府県別の湿地面積の変化 (国土交通省国土地理院)」 http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/list_4.html、2016 年 4 月 22 日確認

つの要因では、富栄養化の影響が最も大きいこと (Kadoya et al. 2011)、また、ため池のブルーギルの分布は、上流のダム湖からの連結性の有無と道路からの視認性から予測可能であること (Kizuka et al. 2014) などが示された。水生植物については現存植生が失われた後でも土壌シードバンクから再生が可能な時間について検討し (西廣ほか 2016)、東広島市ため池群で水生植物の絶滅リスクの予測を実施した (環境省 2016b)。このほかにも、淡水域のサブテーマでは、衛星画像を活用した淡水域の植生判別手法の開発 (Oyama et al. 2015) やアジアでの研究者ネットワークと淡水魚データベース (Kano et al. 2013) の構築とそれに基づいたメコン流域の生物多様性評価も実施した。なお、環境省モニタリングサイト 1000 陸水域調査 (湖沼・湿地) (環境省生物多様性センター、http://www.biodic.go.jp/moni1000/lakes_new.html、2016 年 4 月 22 日確認) では、本研究プロジェクトで得られた全国の湖沼と生物分布情報を利用して、より適切な生物多様性モニタリングの実施に向け 2014 年度からの調査内容が大幅に改定された。

2010 年に出版された環境省「生物多様性総合評価報告 (Japan Biodiversity Outlook)」の陸水生生態系の評価においては、1) 生態系の規模・質、2) 河川・湖沼の連続性、3) 生息・生育する種の個体数・分布、の 3 つの指標について評価が行われた。これにより、過去 50 年でのわが国の陸水生生態系への圧力の強さがはじめて示されたものの、影響を受ける生き物の状況については、環境省のレッドリストの結果や「河川水辺の国勢調査」から外来種数の増加を示した程度に留まっていた。その改定版である「生物多様性及び生態系サービスの総合評価報告書 (JBO2)」 (環境省 2016a) での陸水生生態系の評価では、今回のプロジェクトの中間段階での研究成果が大幅に取り入れられた。淡水域に限らずこのような国の報告書に研究プロジェクトの成果が多く取り入れられ、その

ことにより生物多様性の現状と保全の課題について、多くの研究者と政策担当者間で情報が共有されたことは、今後の保全の展開に向けて極めて意義深いといえる。

淡水域保全上の課題

日本国土には 6154 km² の開水面がある (木塚ほか 2016)。これは全国土の 1.66% に相当する。島ごとに水域属性をみる (表 1) と、北海道と本州では、天然湖の面積がおおの 60%、41% と最も多いのに比べ、四国、九州、沖縄では、天然湖はほとんどない。そのために全体の開水面面積は低く抑えられており、河川・入江、ダム湖、ため池などの小規模止水域の割合が北海道や本州より大きい。湿地については、国土地理院が算出している全国の湿地総面積は 821 km² で、その 86% が北海道に、12% が本州にある (「都道府県別の湿地面積の変化 (国土交通省国土地理院)」 http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/list_4.html、2016 年 4 月 22 日確認) (表 1)。一方、環境庁第 5 回自然環境保全基礎調査 (1995 年度) で扱われた湿地 (干潟、マングローブ、人工湿地等を含む) から、高層湿原、中間湿原、低層湿原、湧水湿地、塩性湿地だけを抽出すると、その総面積 708.9 km² で、その 88% が北海道、11% が本州にある (鈴木透 算出)。このように、日本の河川、湖沼、湿地、ため池等、淡水域の分布は島により大きな偏りがある。おのおのの水域には、その環境に適応した異なった生物種が生息・生育するため、島ごとの淡水生物種の分布特性も、水域の分布特性の影響を受けると考えられる。

JBO2 では第 II 章第 1 節に「陸域及び内陸水域の約 20.3% が保護地域に指定されている」とあり、日本全土の内陸水の保護区は十分であるとの認識が示されている。表 2 は、日本の淡水域の属性別にみた保護区と非保護区の面積ならびにその比率を示す。保護区は、生物多

表 2. 日本の淡水域の属性別にみた保護区*と非保護区の面積ならびにその比率。

(km ²)	河川・入り江 ¹	天然湖 ¹	ダム湖 ¹	小規模止水域 ¹	強度管理池 ¹	総開水面	湿地 ²
保護区*	187	2113	272	41	2	2614	235
非保護区	2081	343	547	520	49	3541	474
合計	2268	2456	819	561	52	6155	709

(%)	河川・入り江 ¹	天然湖 ¹	ダム湖 ¹	小規模止水域 ¹	強度管理池 ¹	総開水面	湿地 ²
保護区*	8	86	33	7	4	42	33
非保護区	92	14	67	93	96	58	67

保護区*については（「生物多様性評価地図一覧 17 保護地域の指定状況（環境省）」、<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/map/map17/index.html>、2016年4月22日確認）のうち、開発行為や動植物の捕獲採取が許可制等により規制されている区域と届出制の区域を合わせたポリゴンデータ（緑色+黄色）を用いた。

^{1,2} 淡水域の属性の算出は表1と同じ

様性センターが公表している地図（「生物多様性評価地図一覧 17 保護地域の指定状況（環境省）」<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/map/map17/index.html>、2016年4月22日確認）を用いた。これによると、面積でみて日本国土の総開水面の42%、そして湿地（高層湿原、中間湿原、低層湿原、湧水湿地、塩性湿地）の33%は保護区にある。しかし、保護区とされる開水面の多くは天然湖（86%）で、河川・入り江や小規模止水域では、おのおの8%、7%に留まっている。天然湖や湿地では、琵琶湖や釧路湿原のような大面積を持つフィールドが保護面積の比率に大きく寄与している。

一方、我々のプロジェクトで実施した保全優先区の選定ならびに既存の保護区とのギャップ分析の結果では、琵琶湖を除いて選定された44の湖沼のうち、26が国立公園、ラムサール条約登録湿地、もしくは天然記念物指定などの既存の保護区に位置していた（山ノ内ほか2016）。これに対し、選定された28箇所の保全優先湿地のうち、厳格に保護されている自然公園の特別保護地区に指定されている湿地は4箇所のみで、ラムサール条約登録湿地が10箇所（うち特別保護地区との重複が3箇所）のみであった（鈴木ほか2016）。また、全国の河川では、選ばれた地点の約1/3が保護区に位置するに留まった（赤坂卓美 私信）。このように河川や湿地では既存の保護区とのギャップが大きかった。

日本の淡水域では、保護区全体の面積は愛知目標の17%を上回っているが、河川や小規模止水域に限ると、その面積は目標値を大きく下回っている。その上、河川や湿地では優先的に保護すべき場所と既存の保護区とのギャップが大きいことが明らかになった。そのため、特に湿地や河川については本プロジェクトの成果に基づいた保護区の再設定を行うこと、また、前節で述べたよう

におおのこの水域で生物多様性を減少させている駆動因の影響を緩和することで、生物多様性の状況を大きく改善することが可能である。一方で、保護区面積は極めて大きいにもかかわらず、湖沼では淡水魚や水生植物について、2000年以前に比べ2001年以降では顕著な種の減少が認められた。この事実は、保護区であっても生物多様性の減少を止めるための保全が適切になされていないことを示している。湖沼、湿地、ため池などは、集水域の下流末端に位置することが多い。そのため、富栄養化など、生物多様性を減少させる主要な駆動因が集水域の土地利用に起因する場合には、湖沼、湿地、ため池だけを保護しても十分ではなく、集水域での規制等が必要となる。同様に、河川においても、下流域は上流の影響を大きく受け、栄養塩や汚染物質のみならず侵略的外来種の侵入にも極めて脆弱である。このように、淡水域の保全は、集水域を単位として、陸域と一体化した保全戦略の再構築が強く望まれる。

淡水生態系は、すでにその劣化が著しいため、その保全と回復に取り組むには、モニタリング、情報収集・整備、評価、そしてそれを政策に繋げる一連の努力が、この先長期的に継続される必要があるだろう。本研究プロジェクトでは、そのプロセスにおいて、特に湖沼、湿地、小規模止水域において、生物多様性を指標する生物情報の不足が極めて深刻であることが判明した。また、2001年以降、その情報がそれ以前に比べ減少していることも明らかになった（Nishihiro et al. 2014；山ノ内ほか2016）。湿地ではこの30年の間で時間的な変化を言及できるような情報は得られなかった（鈴木ほか2016）。淡水生態系は富栄養化により生態系の不可逆的な変化が起こりやすい（高村2009）。また、変化のスピードも速いため、長くとも10年毎での現状評価が可能なモニタリ

ング体制の構築が望まれる。本研究プロジェクトでは、日本の淡水域の生物多様性評価に向けての第一歩を踏み出すことができた。この第一歩で構築した情報や知識を、多くの関係者や次の世代の研究者とも継続的に共有し、淡水域の保全政策に活用されるようにしていくための、さらなる努力が必要である。

謝 辞

本稿は 2011 ～ 2015 年環境省環境研究総合推進費 戦略研究開発プロジェクト「アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合研究」のサブテーマ「陸水生態系における生物多様性損失の定量的評価に関する研究」の資金援助を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- Balian EV, Segers H, Lévêque C, Martens K (2008) The freshwater animal diversity assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia*, 595:627-637
- Benda L, Poff NL, Miller D, Dunne T, Reeves G, Pess G, Pollock M (2004) The network dynamics hypothesis: How channel networks structure riverine habitats. *NioScience*, 54:413-427
- Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, Hooper DU, Perrings C, Venail P, Narwani A, Georgina M, Mace GM, Tilman D, Wardle DA, Kinzig AP, Daily GC, Loreau M, Grace JB, Larigauderie A, Srivastava DS, Naeem S (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486:59-67
- Collen B, Whitton F, Dyer EE, Baillie JEM, Cumberlidge N, Darwall WRT, Pollock C, Richman NI, Soulsby AM, Böhm M (2014) Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography*, 23:40-51
- Costanza R, d'Arge R, deGroot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253-260
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Leveque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA (2006) Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81:163-182
- Gomi T, Sidle RC, Richardson JS (2002) Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*, 52:905-916
- Heilpern S (2015) Biodiversity: Include freshwater species. *Nature* 518:167-167
- Isbell F, Craven D, Connolly J, Loreau M, Schmid B, Beierkuhnlein C, Bezemer TM, Bonin C, Bruehlheide H, de Luca E (2015) Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate change. *Nature*, 526:574-577
- Jenkins CN, van Houtan KS, Stuart L, Pimm SL, Sexton JO (2015) US protected lands mismatch biodiversity priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112:5081-5086
- 角野 康郎 (2014) 日本の水草. 文一総合出版, 東京
- Kadoya T, Akasaka M, Aoki T, Takamura N (2011) A proposal of framework to obtain an integrated biodiversity indicator for agricultural ponds incorporating the simultaneous effects of multiple pressures. *Ecological Indicators*, 11:1396-1402
- 環境省 (2012a)「環境省第4次レッドリスト【植物 I (維管束植物)】」 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/20557.pdf>, 2016年2月1日確認
- 環境省 (2012b)「環境省第4次レッドリスト【両生類】」 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/20553.pdf>, 2016年2月1日確認
- 環境省 (2012c)「生物多様性国家戦略2012～2020」 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/20763.pdf>, 2016年2月1日確認
- 環境省 (2013)「環境省第4次レッドリスト【汽水・淡水魚類】」 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/21437.pdf>, 2016年2月1日確認
- 環境省 (2016a)「生物多様性及び生態系サービスの総合評価報告書 (JBO2)」 http://www.env.go.jp/nature/biodic/jbo2/pamph01_full.pdf, 2016年4月22日確認
- 環境省 (2016b) H27年度終了成果報告書 アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合研究. 環境省, 東京
- Kano Y, Adnan MS, Grudpan C, Grudpan J, Magtoon W, Musikasinthorn P, Natori Y, Ottomanski S, Praxaysonbath B, Phongsak K, Rangsiruji A, Shibukawa K, Shimatani Y, So N, Suvarnaraksha A, Thach P, Thanh PN, Tran DD, Utsugi K, Yamashita T (2013) An online database on freshwater fish diversity and distribution in Mainland Southeast Asia. *Ichthyological Research*, 60:293-295
- Kizuka T, Akasaka M, Kadoya T, Takamura N (2014) Visibility from roads predict the distribution of invasive fishes in agricultural ponds. *PLoS ONE* 9(6): e99709. doi:10.1371/journal.pone.0099709
- 木塚 俊和, 石田 真也, 角谷 拓, 赤坂 宗光, 高村 典子 (2016) 地理空間情報から推定した野生生物の生育・生息場所としての小規模止水域の空間分布. *保全生態学研究*, 21:181-192
- Markovic D, Carrizo S, Freyh J, Cid N, Lengyel S, Schloz M, Kasperdius H, Darwall W (2014) Europe's freshwater biodiversity under change: Distribution shifts and conservation needs. *Diversity and Distributions*, 20:1-11

- Matsuzaki SS, Kadoya T (2015) Trends and stability of inland fishery resources in Japanese lakes: Introduction of exotic piscivores as a driver. *Ecological Applications*, 25:1420-1432
- Matsuzaki SS, Sasaki T, Akasaka M (2016) Invasion of exotic piscivores causes losses of functional diversity and functionally unique species in Japanese lakes. *Freshwater Biology*, 61:1128-1142
- 松崎 慎一郎, 西廣 淳, 山ノ内 崇志, 森 明寛, 蛭名 政仁, 榎本 昌宏, 福田 照美, 福井 利憲, 福本 一彦, 後藤 裕康, 萩原 華, 長谷川 裕弥, 五十嵐 聖貴, 井上 栄壮, 神谷 宏, 金子 有子, 小日向 寿夫, 紺野 香織, 松村 俊幸, 三上 英敏, 森山 充, 永田 貴丸, 中川 圭太, 大内 孝雄, 尾辻 裕一, 小山 信, 榊原 靖, 佐藤 晋一, 佐藤 利幸, 清水 美登里, 清水 稔, 勢村 均, 下中 邦俊, 戸井田 伸一, 吉澤 一家, 湯田 達也, 渡部 正弘, 中川 恵, 高村 典子 (2016) 純淡水魚と水生植物を指標とした湖沼の生物多様性広域評価の試み. *保全生態学研究*, 21:155-165
- McLellan R, Ilyenger L, Jeffries B, Oerlemans N (eds) (2014) *Living Planet Report 2014: Species and Spaces, People and Places*. WWF, Gland
- Meybeck M (2003) Global analysis of river systems: From earth system controls to Anthropocene syndromes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 358:1935-1955
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, USA.
- Monastersky R (2014) Biodiversity: Life-a status report. *Nature*, 516:158-161
- Naem S, Duffy JE, Zavaleta E (2012) The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science*, 336:1401-1406
- Nelson JS (2006) *Fishes of the world*, 4th edition. Wiley, New York
- Nishihiro J, Akasaka M, Ogawa M, Takamura N (2014) Aquatic vascular plants in Japanese lakes. *Ecological Research*, 29:369
- 西廣 淳, 赤坂 宗光, 山ノ内 崇志, 高村 典子 (2016) 散布体バンクを含む湖沼底質からの水生植物再生可能性の時間的低下. *保全生態学研究*, 21:147-154
- Oyama Y, Matsushita B, Fukushima T (2015) Distinguishing surface cyanobacterial blooms and aquatic macrophytes using Landsat/TM and ETM+ shortwave infrared bands. *Remote Sensing of Environment*, 157:35-47
- Pimm SL, Jenkins CN, Abell R, Brooks TM, Gittleman JL, Joppa LN, Raven PH, Roberts CM, Sexton JO (2014) The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344:987-997
- Pitcher TJ, Hart PJB (1995) *The impact of species changes in African lakes*. Chapman & Hall, London
- Schimidt-Kloiber A, Hering D (2015) www.freshwaterecology.info-An online tool that unifies, standardizes and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. *Ecological Indicators*, 53:271-282
- 末吉 正尚, 赤坂 卓美, 森 照貴, 石山 信雄, 川本 朋慶, 竹川 有哉, 井上 幹生, 三橋 弘宗, 河口 洋一, 鬼倉 徳雄, 三宅 洋, 片野 泉, 中村 太士 (2016) 河川水辺の国勢調査を保全に活かす—データがもつ課題と研究例. *保全生態学研究*, 21:167-180
- 鈴木 透, 富士田 裕子, 小林 春毅, 李 娥英, 新美 恵理子, 小野 理 (2016) 北海道の湿地における植物データベースの構築と保全優先湿地の選定. *保全生態学研究*, 21:125-134
- 高村 典子 (2009) 湖沼という環境. (高村 典子 編) *生態系再生の新しい視点*, 3-48. 共立出版, 東京
- Takamura N (2012) Status of biodiversity loss in lakes and ponds in Japan. In: Nakano S, Yahara T, Nakashizuka T (eds), *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region: Toward Further Development of Monitoring*, 133-148. Springer Japan, Tokyo
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, Glidden S, Bunn SE, Sullivan CA, Reidy Liermann C, Davies PM (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467:555-561
- 山ノ内 崇志, 赤坂 宗光, 西廣 淳, 角野 康郎, 高村 典子 (2016) 水生植物保全の視点に基づく保全上重要な湖沼選定の試み. *保全生態学研究*, 21:135-146