



NIES RESEARCH BOOKLET

環境儀

NO. 30 OCTOBER 2008

国立環境研究所の研究情報誌

河川生態系への 人為的影響に関する評価 よりよい流域環境を未来に残す

独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>

生息環境の劣化による魚類の多様性低下。
健全な流域環境を維持するために、
人為的な改変が河川生態系にもたらす
影響を調査しています。





河川流域の生態系保全を考える上で大切なことは、上流から下流までのタテのつながりと、川と陸地とのヨコのつながりを見ることです。タテ・ヨコいずれかのつながりが切れてしまえば、川は生物にとっては棲みにくいものになってしまいます。しかし、日本の多くの河川ではこの大切なつながりが分断されています。タテのつながりはダムなどの河川横断構造物により分断され、回遊魚の移動を妨げた結果、種の多様性が低下する傾向にあります。また、ヨコのつながりは河川の直線化によって分断され、魚の生息環境にとって欠かせない瀬淵やワンド（湾処：川の本流とつながっており、河川構造物などに囲まれて池のようになっている地形）が破壊され、氾濫原（洪水時に、河道から氾濫した水が広がる平野部分）の多くを喪失しています。

国立環境研究所では、人為的な河川とその流域の改変が河川生態系に及ぼす影響を研究しています。研究はまず、日本全国の流域分断マップの作成から始まり、日本の川がいかに河川横断構造物によって分断されているのかを明らかにしました。広域にわたるエリアを対象として、GIS（地理情報システム）を有効利用したことも本研究の特徴です。とくに回遊魚が多く分断の影響が出やすい北海道の河川を重点的に解析し、現在は日本全国、さらにはメコン川へとフィールドが拡大しています。そして、研究成果が希少種の保全や自然再生事業への科学的アプローチにつながることを目指しています。

本号では研究の目的や進め方、成果などについて広く紹介します。本誌を通じ、流域の生態系保全や自然再生を目標とするわれわれの研究姿勢（とくに野外調査と定量的解析の統合など）について理解を深めていただければと考えています。



C O N T E N T S



河川生態系への人為的影響に関する評価 よりよい流域環境を未来に残す

- Interview
研究者に聞く!!..... p4 ~ 9
- Summary
人為的な河川環境改変の影響... p10 ~ 11
- 研究をめぐって
流域生態系への人為的影響に関する
評価の現状..... p12 ~ 13
- 河川生態系への影響評価
研究のあゆみ..... p14

●本研究に関する成果は以下の URL で紹介されています。
http://www.nies.go.jp/asia/kenkyusha/fukushima_michio.html
 ●表紙写真：オホーツク沿岸の河川を遡上するサケ。

Interview 研究者に聞く!!

将来によりよい流域環境を残すために考えなければならないことは、これまでの治水・利水という目的に加え、環境という視点をしっかりと認識することです。そのためには、科学的なデータとその解析結果に基づいて議論する必要があります。今回は、人為的な河川改変が河川生態系に及ぼす影響を研究している亀山さんと福島さんに、研究の背景や進め方、成果、今後の展開などについてお聞きしました。



福島路生 / アジア自然共生研究グループ 流域生態系研究室主任研究員

魚類とその生息環境の多様性で見る 河川の健全性

1：タテとヨコのつながりの分断

Q:最初に、研究者を志した動機をお聞かせください。

亀山: 私は雨の少ない香川県の出身です。子どもの頃から、川には水を管理する堰が当然のように造られ、自然の川がなくなっていく現実直面してきました。次第に、自然豊かな川と地域の人たちの暮らしが天秤にかけているジレンマに関心が大きくなり、「どうすればこの2つの折り合いをつけることができるか?」ということに興味を持ち始めました。そして、最終的に大学院の博士課程では流域生態系管理を専攻することにしました。

大きなショックを受けたのは、1994年に釧路湿原に調査に訪れたとき、あまりにも幼少からのイメージとかけ離れていたことでした。大自然の原野をイメージしていたのですが、行ってみたら川が真っ直ぐで魚もいない。ここにこそ流域を考える大きな課題があると思い、川の直線化と湿原植生への影響に関する

研究を始めました。その後、学位を取得し、本格的に研究者として歩むことになりました。

福島: 釣りが好きで自然に憧れていた私は1980年代初めに北海道大学に進学し、入学後釣りのサークルに入りました。原付バイクで道内各地を回り釣りを楽しんだのですが、同じ川に再び訪れるとダムができていたり川が真っ直ぐになっていたり釣りにならず、悲しい思いをしたことが何度かあります。川の自然が急速に変わりつつあることに危機感を感じ、「(ダムによる)水力発電は果たして自然にやさしくクリーンなのか?」という疑問を持つようになりました。

大学院ではイトウという日本では北海道にしか生息しない希少な淡水魚の生態について研究しました。その後、より専門的な生態学、水産学の勉強をするために北米に留学し、サケについて研究しました。それ以来、魚類を介した人為影響の研究を続けています。

Q:人為的な河川改変が河川生態系に及ぼす影響について、研究に取り組んだ理由を教えてください。

Space for River とは

河川環境管理や応用生態工学の中では「川や湖のダイナミズムの再生のために、川のための空間を確保すること」という意味で“Space for River”という言葉が使われます。

“Space for River”の考えが最初に生まれたのはオランダです。1990年代前半、オランダは2度の大洪水を経験しました。そしてこの原因を、長年にわたり人間が川幅を狭めてきたことにあるとし、川にもっと空間を与える政策“Policy on Room for the River 1996”と洪水予防法“Flood Protection Act 1996”が生まれました。これがその後、“Space for River”というスローガンにつながり、ヨーロッパを中心に広まりました。

治水と利水を最優先に河川管理が行われていた過去の日

本では、長年、流域に降った雨はいち早く海まで流下させ、その要所所で人間が最適に利用してきました。しかし、1997年の河川法改正以降、環境に配慮した河川管理を考える上で、流域一貫の統合的な管理という概念が再認識され始めました。ここで見直されたのが、「健全な川を作るのは川そのものである」という考え方です。生態系の保全や再生を行う上では、川の再生力を人間が妨げず、あるときはそれを支えるべきである、という発想が重視されました。

川のタテ・ヨコ方向の連続性を確保し、生態学的相互作用を取り戻すためには、出水規模に応じて河川水が自由に動くことが必要です。そしてその結果として、長期的に川が一定の幅で蛇行を繰り返すためには、河川が本来占有していた空間を川に再度戻してあげることが最も根本的かつ重要であると近年は認識されています。



亀山 哲 / アジア自然共生研究グループ 流域生態系研究室主任研究員



亀山： 自然の流域が本来持つ、生態学的なタテのつながりとヨコのつながりをしっかり保つことです。この2つのつながりがしっかり維持されていることが、健全な流域の基本だと考えています。

タテのつながりとは流域の上流・中流・下流を結び生態系相互作用のことを意味します。流域の各部分はその地理的・地形的条件に応じた形で、生物の生活史をしっかりと支え、維持する必要があります。上流・中流・下流の河川が連続して流れることが流域本来の姿です。しかし、ダムなどで川が分断されると流域はつながりを断たれて健全さを失い、さまざまな形で生態系に影響が出ます。

ヨコのつながりとは、川の水の流れる部分と陸地の氾濫原、またはそこに存在する河畔林部分との生態学的なつながりのことを言います。川と陸地は相互に栄養物質を受け渡す関係にあります。しかし、河道の直線化などによって川が改修されて護岸が進み河畔林が失われると、この関係は崩れ、生態系の物質循環や食物連鎖に影響を及ぼします。

亀山： いい流域を未来に残したいと思ったら、生態系が豊かで、人間の社会・文化活動も持続的にできる、いわば調和の取れた流域を目指す必要があります。しかし現状の河川管理は、資源や利水、経済効果を優先してダムを造るといったように人間の経済活動を優先しがちな傾向があります。こうした人間社会の価値観を中心に流域が変えられていくことに対し、警鐘を鳴らせればと思って取り組むことにしました。

Q： 河川生態系に影響を及ぼす人為的な改変にはどのようなものがあるのですか。

福島： 河川横断構造物と河川の直線化などがあげられます。河川横断構造物とはダムのように上流から下流までのつながりを分断するもので、回遊魚の移動を妨げます。また、河川の直線化は、洪水を速やかに海に流し、排水を促進するために、本来曲がって流れる川を真っ直ぐに改修するものです。曲がって流れる川には、浅く流れの速い瀬と、深く流れがゆったりした淵が形成されます。瀬には藻類や水生昆虫が育ち、魚に餌を提供します。サケの仲間には産卵場所にもなります。一方、淵は魚にとって瀬から流れる餌を効率よく捕る場所であり、また隠れ家、越冬などに使われます。しかし河川が直線化されるとそのような地形は失われます。

Q： 河川生態系を維持する上で重要なことは何ですか。

2：流域分断マップの作成

Q： この研究を進めるに当たっては、最初に何が必要とされたのでしょうか。

亀山： 日本全国規模で、流域が「いつ、どこで」ダムなどの河川横断構造物によって分断されたのかを空間的に把握することです。まず、これらをデジタル情報として整理し、次のステップで流域が分断された年代とその集水域を示した日本全国流域分断マップを作成し始めました。マップは2000年に作成を始め、2002年に完成しました(図1)。

河川横断構造物の現状

河川のタテのつながりを分断する河川横断構造物には、大きな貯水池を持ち家庭・工業・農業用水の供給や発電、また洪水対策などを想定したダム、土砂流出を調節する砂防堰堤、流域の森林の維持・造成を目的とした治山堰堤、河川や湖沼から農業用水を取水する取水堰(頭首工)、河口堰、などがあります。

日本のダム建設の歴史は古く、香川県の金倉川をせき止めて飛鳥時代に満濃池を造ったほどです。現在、ダムは全国で約3100基、砂防堰堤で5万5000基近くあるとされています。しかし、治山堰堤や農業用取水堰の数は、全国はおろか都道府県単位でも十分に把握されていないため、正確な数や位置を知ることが困難な状況です。

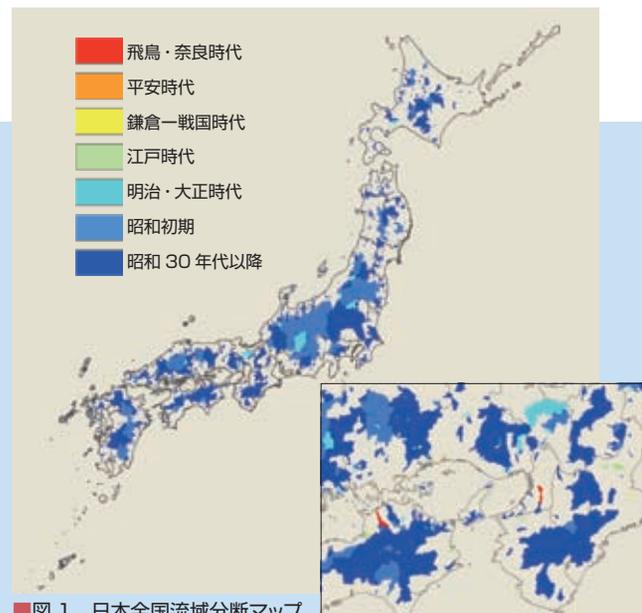


図1 日本全国流域分断マップ

Q：流域分断マップはどう作るのですか。

亀山：対象とする範囲が広く、膨大な数値情報を扱うためにGISを用いました（8ページコラム参照）。最初に、国土数値情報や北海道庁の河川横断構造物のデータを組み合わせ、名称や位置、竣工年、サイズ、形式などから構成されるダムデータベースを作ります。このダムデータベースと、流域のネットワークデータ（水系内の細かなすべての集水域に対して上流と下流の関係を与え、流域全体の河川のつながりを解析可能とした空間情報）の両方をインプットデータとし、GISを用いて空間的に解析することで流域分断マップを作ります。

Q：データベースに収められているダムの数はどの程度あるのですか。

福島：全国規模では国土交通省が管理する約3100基の高さ15m以上の大型のダム、また北海道については1000基以上の砂防ダムのデータを収録しています。ただ、国土数値情報の地点データの多くはダム湖の中心に地点データがありました。私たちの研究ではダム構造物自体に地点データがあることが望ましかったので、デジタルの地形図と国土数値情報のポイントデータをGIS上で重ね合わせ、ずれを1カ所ずつ補正しました。

Q：データの整備に苦労されたのですか。

亀山：もちろん、私たち2人ですべてのことをしている訳ではありません。魚類のデータベースが完成するまでも、さまざまな人の支援がありました。まず、魚類を調査・同定した人がいるのはもちろんのこと、その調査結果を長年保管している人がいたことによって、一次資料の散逸が防げるわけです。また、デジタル化の際には、その人たちから快く了承していただかなければ作業は進められません。そして最終的に、複雑なデータを入力・整理・チェックしていただける人たちが居てくれ、解析に進むことができます。

Q：魚のデータベースも整備されたのですか。



主な河川横断構造物。左がダムで、右が砂防堰堤。

亀山：国土交通省の「河川水辺の国勢調査」から調査地点、魚種、捕獲数などのデータをダウンロードしたほか、北海道で独自に行われた魚類調査から同様のデータを整理しています。私が使用した魚類調査地点は全国で5364地点です。

福島：北海道の魚類データについては、過去50年あまりに実施された魚類調査に関する文献を収集しました。文献の多くが公共事業を実施する際に行われた環境アセスメントの報告書で、その中に収録されている約7000件の調査結果からデータを抽出、既存の魚類データと一体化しました。

Q：データベースを作成するに当たって、北海道のデータを別途追加していますが、北海道に注目した特別な理由があるのですか。

福島：すべての河川が道内で完結していることに加え、回遊魚が多いからです。北海道には60～70種ほどの淡水魚が生息しますが、そのうちの半数近くが海と川を行き来するいわゆる「通し回遊魚」です。通し回遊魚が多いことはダムによる潜在的な影響が大きであろうと考え、北海道に注目しました。

もちろん私たち2人が北海道大学の出身で道内の河川に精通していることも理由の1つです。



●北海道での現地調査の様子。背中に背負っているのが、魚を捕獲するための電気ショッカー。

北海道での現地調査

北海道の魚類データとして1000を超える文献から約7000件の調査データを抽出しましたが、地図上に調査地点を重ねると、ほとんど調査がされていない空白地帯がありました。日高地方もその1つでした。そこで2001-2002年に、日高地方を流れる川の現地調査を実施しました。調査対象とした川は36本で、調査地点は125カ所にのびます。調査地点は下流側にダムがある箇所とない箇所、ダムに魚道がある箇所とない箇所というようにコントラストを持たせ、その組み合わせに応じてどのような影響が魚に表れるかを調べました。

この調査では、各地点にいる魚種と生息密度、体サイズなどを、実際に魚を捕まえて調べ、計測後すべて川に放流

しました。確実に、また効率よく魚を捕まえるため、投網と電気ショッカーを併用します。電気ショッカーとは電気で魚を一時的に気絶させて捕獲する装置で、使用するためには北海道からの許可が必要です。また2003年には、分断の前と後の状況を比較するために、ダム建設以前に魚類調査された地点をデータベースから抽出し、4河川44地点を再調査しました。



大小、などさまざまな環境要因、さらにダムの有無という人為的要因によって決定されると考えます。数千もの魚類の種数とこれら要因のデータの組み合わせがありますので、どの要因が種数に対してプラスに働くか、マイナスに働くか、その強弱はどの程度か、ということ数を数式で表すことができます。それをここではモデルと呼びます。でき上がったモデルで、実際には魚類調査の行われていない地点の種数を、その場所の環境要因から推定した結果が、淡水魚類の種の多様度マップになります(図2)。

Q: このほかに明らかになったことは何かありますか。

福島: 実際に現地を調べてわかったことですが、魚種ごとにダムの影響の実態が異なることでした。例えばサクラマスやアメマスは、魚道のあるダムで分断されてもその上流で生息が確認された地点がいくつかありました。しかし魚道がないダムの上流ではサクラマスはまったく確認できず、アメマスもそれに近い状態でした。遊泳力の乏しいウキゴリの仲間やエゾハナカジカに至っては、魚道の有無に関係なくダムの上流でまったく生息が確認できませんでした。多くの魚道、特に古いものは、水産資源として価値の高いサケマス類を想定して設計されているので、その効果が種により異なるのでしょう。

さらに、ダムの建設は外来魚の分布を広げる結果ももたらしました。オオクチバスなどに代表される外国

3: 魚種により異なるダムの影響

Q: データベースの整備が終わった後、研究はどういうプロセスで進めたのですか。

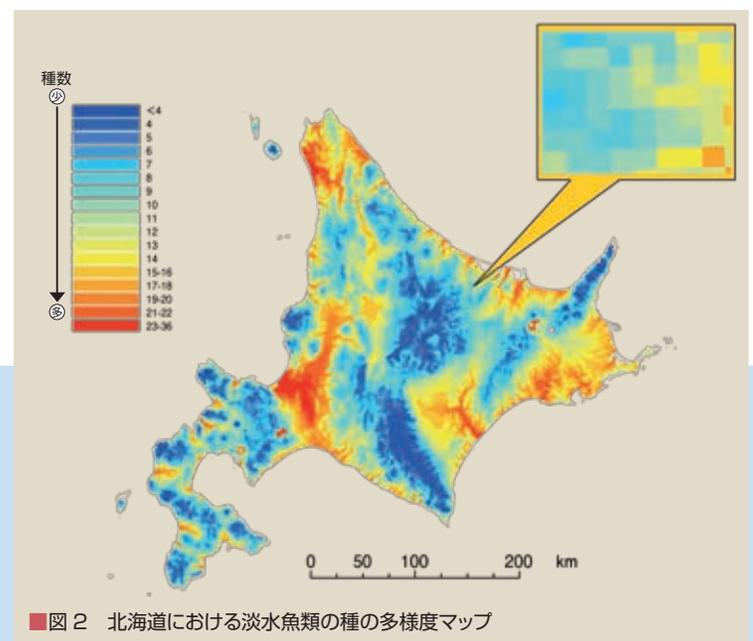
亀山: この後の作業は集約されたデータの解析と北海道での現地調査の2つがあります。ここでは、どちらかを先に実施するというよりは並行しながら行う形になります。北海道での現地調査はシーズンが限定されるためタイミングを見計らって現地へ赴き、調査を行いました。

Q: 生態系への影響はどのように評価したのですか。

福島: 先ほどの数千件の魚類調査の地点図を流域分断マップに重ね合わせ、すべての地点について調査年と分断年の前後関係から、「調査時に下流にダムがあり、海と分断されていたか?」を決定しました。そして各調査で獲れた魚類の種数を、ダムの有無、調査地点の標高、などさまざまな要因と合わせて統計モデルを用いて解析し、最終的にダムの影響をモデルから推定しました。

Q: 統計モデルとは一体どのようなものなのですか。

福島: ある地点の魚類の種数は、その標高や気温・降水量などの気象条件、また緯度・経度、流域面積の



■ 図2 北海道における淡水魚類の種の多様度マップ

ベニザケになるヒメマス

サケ科サケ属の一種で、一生淡水で暮らすヒメマスという魚がいます。ヒメマスはもともと北海道の阿寒湖とチミケップ湖が原産で、全長は20~30cmほど。現在は北海道のほか本州の湖にも広く移植されていますが、多くはダムや自然の滝などによって海との交流の途絶えた湖にいます。

実は、ヒメマスを海につながった北海道の川に放流すると降海し、その一部が数年後、体の大きなベニザケとなって再びもとの川に戻ってきます。ヒメマスはベニザケが陸封化され次第に小型化した魚です。かつては北海道にもベニザケが生息していましたが、氷河期以降の地球の温暖化とともに餌となるプランクトンを湖の中だけで十分にとることができるようになったことから陸封化されました。

海洋と河川の生物生産のバランスは緯度に応じて変化します。分布の南限に生息するサケ科魚類ではしばしば、イワナやヤマメなどのように陸封された個体群を持つものが見られます。同じ種でも緯度が変われば、生活史の戦略は一樣ではありません。

産の魚類のほか、日本在来の魚でもその川には本来分布しないものが、いまでは各地のダム湖にごく普通に見られます。

亀山：淡水魚類の生態系の評価という意味では、統計モデルを用いて26の絶滅危惧淡水魚類の種類ごとに、生息確率（川の棲みやすさ）を推定し、その結果をGISを用い日本全国の約9000地点でデジタルマップにしました。私が魚類の生息地解析に使用したデータはダムのほかに、川の水質、その地点の気温、標高、傾斜、集水面積、などです。対象とする魚ごとに、ダムの有無や分断後の年数、また生息条件に合う水質や地形・気温などのデータを統計的に取捨選択することで予測モデルができ上がり、解析を行うことができます。入力データとして過去の情報をインプットし、その結果と現在の結果を比較すれば、魚の棲みやすさの変化が定量化できます。

例えば絶滅危惧種の1つにメダカがいます。メダカは一般的に、本州より南の比較的標高の低い地域で、昔はごく普通に見られたといわれています。メダカの生息確率を示す2002年の予測結果では、やはり西日本の平野部を中心に高めの値となっています（図3左上）。しかし、1977年と2002年の比較では、都市近郊部を中心に生息確率が小さくなった地点が多く見られました（図3右下、関東地域の拡大図）。

私の用いたパラメータだけでメダカの生息環境は、すべて説明できるものではありません。例えば農業な



釧路湿原に流入する久著呂川の中流部。河道が直線化された結果、

どの影響も無視できない要因です。しかし、広く日本全体というスケールで捉えた場合、メダカにとってはこの期間、棲みにくくなった河川が増えたという予測ができます。

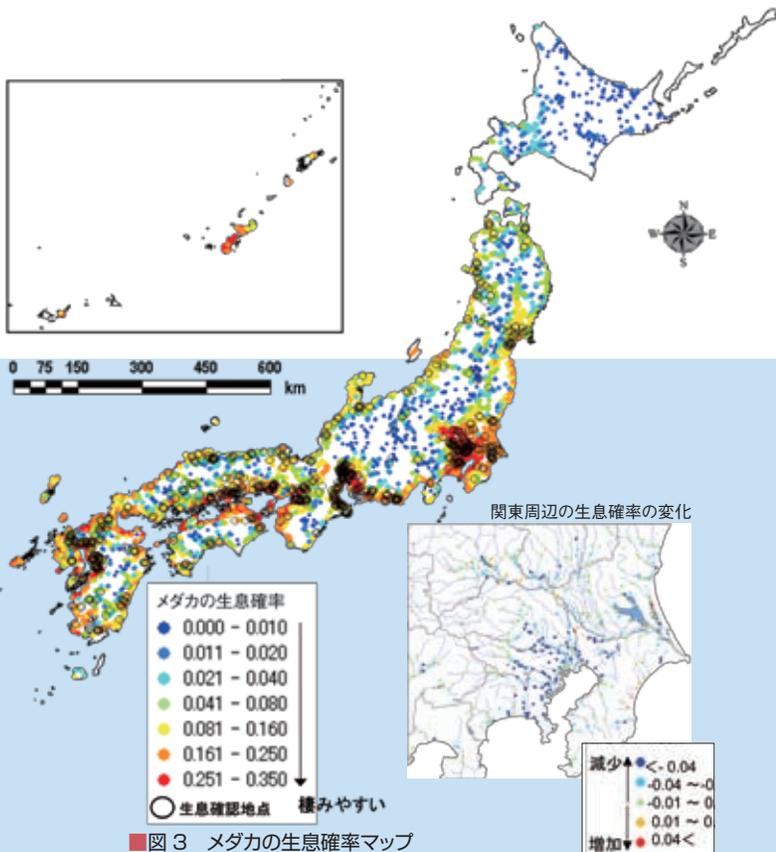
Q：ダムによる分断の影響はわかりました。では、河川の直線化による河川環境の変化についてはどのように調べたのですか。

福島：まず、北海道を流れる1級河川と2級河川のうち流路長が10km以上の159河川を対象に、大正時代と2000年代の地形図からそれぞれ、河川のラインをデジタル化し、それらをGIS上で重ね合わせました。こうすることによって、2つの時代間でどこまでの程度、流路がずれるかを定量化することができました。その結果、ほとんどの川の中下流域で、河川が直線化されていることがわかりました。その影響が淡水魚にどう表れるのかを明らかにするのが次の課題です。

4：科学的根拠に基づき環境への影響を評価

Q：現在、メコン川でも同様の研究プロジェクトに取り組んでいるとお聞きしていますが、日本と違って何か難しい面はありますか。

亀山：メコン川は中国、ミャンマー、ラオス、タイ、



GISの活用と解析

エリアが広範囲に及ぶ本研究で大きな役割を果たしたのがGISです。GISはGeographic Information Systemの略で、地理情報システムと呼ばれています。広範囲な地理情報を扱う研究、環境保全策の検討、影響評価方法の決定に必要な不可欠なものとなりました。

GISは紙で扱っていた河川や道路といった地理情報や生物生息情報をデジタル化し、コンピュータで空間的な解析を行うものです。データフォーマットも共通化される傾向にあることから、複数のデータを組み合わせることも可能で、情報の付加価値をさらに高めることができます。

GISを有効利用するカギは、データベースの構築、目的に適した解析、解析結果のマッピングと公開、という3



河床の急激な低下と河岸の崩壊を招いた（2002年撮影）。



Q：最後に、日本・海外に限らず研究成果の活用についてお考えがあればお聞かせください。

亀山：これまで多くの場合、流域の開発サイドと環境保全サイドが1つのテーブルにつき、将来の流域像について対等な立場で議論する機会が非常に少なかったと思います。しかし1997年に、日本では環境影響評価法が施行され、アセスメントの実施と地域住民への情報公開が義務づけられました。これが契機となり、両者が1つのテーブルにつくような状況が少しずつ生まれています。

このとき多くの場合、現状の環境維持を望むグループは、議論の根拠とする情報やデータをあまり持っていないことが多いものです。議論の場ですから、ニュートラルな立場から示されたデータや研究成果を使い、それを基に両者が公平に議論すべきです。そしていかなる場合も、どのような流域の未来像を選択するかは、現在の当事者が責任を持って決定しなければなりません。

また一方、研究成果やモニタリング結果に基づいて真摯な議論を行うことも重要ですが、人の行う将来予測と実際の生態学的応答が上手く一致しないことが往々に見られます。最近よく聞かれる「順応的管理」は、このような状況から生まれた発想です。保全や再生を目指す流域の具体像がある程度固まった段階で、その時点でベターだと考えられる管理方法にまず着手するというのも、一つの確かなアプローチです。

ただこの管理を行う上では、実施する事業の事前と事後の状況を比較し、その影響を客観的に評価する体制を予め定めておく必要があります。人々が望む流域の未来像は、時代背景や地域特性、または国内外の状況などによって多種多様です。その時代と流域に応じた、中立的でより良い環境評価方法を模索することが、自分としては流域管理に関わる研究者の一つの貢献かつ義務だと考えています。

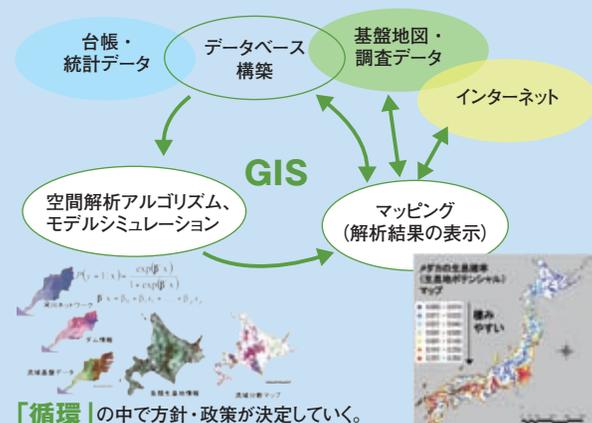
カンボジア、ベトナムの6カ国を流れるアジア最大の国際河川です。各国で主義主張の違いなどがあるため、同じ未来像を今の段階で各国が描いているわけではありません。とくに流域の開発行為に対しては利害関係が絡むために、関係国間の交渉と調整が不可欠です。そのとき、他国民であるわれわれが、たとえ科学的な調査結果に基づくと言えども、ベストの解を実際の流域管理に反映させることには、実際難しい現実があります。このような状況の中で、私は研究者として、特に中立的な立場から客観的に現地の状況に向き合うことを心がけています。

福島：一番の問題は、統一された魚類の分布データや統計がないに等しいことです。メコン流域6カ国の漁獲データなどを仮に統合できたとしても、日本で行ったような解析は無理でしょう。

ですので、メコンではまったく異なるアプローチからダムへの潜在的な影響を見ようとしています。それは、耳石という頭部にある骨に蓄積された微量な化学物質から、一匹一匹の魚の誕生から捕獲されるまでの間の環境の変化、つまり回遊の履歴を見ることです。これが定量的に示されれば、今後建設されるであろうダムがメコンの魚類と漁業に及ぼす影響が予測できるのです。

つを上手く循環させることを意識してシステムを構築することにあります。とくに、ここで重要なのがデータベースの構築です。官庁などの行政機関や研究機関が整備しているGISデータの入手やダウンロードは比較的簡単にできます。しかし、この他の紙ベースでしか残っていない情報は人手と時間というコストを膨大に使ってデジタル化する必要があります。これら2つのデータを統合することで、GISデータベースを充実させます。本研究で構築したダムのデータベースや魚類データベースは、日本で類を見ない情報量の多いものになりました。

データベースを構築後に解析を実施し、その結果をマッピングすることには、成果がひと目でわかるというメリットがあり、GISの醍醐味だといえます。本研究で作成したオリジナルの流域分断マップや魚の棲みややすさマップも、GISの解析結果をマッピングしたものです。



「循環」の中で方針・政策が決定していく。

●基本的なGISを使った研究・意思決定のフロー

人為的な河川

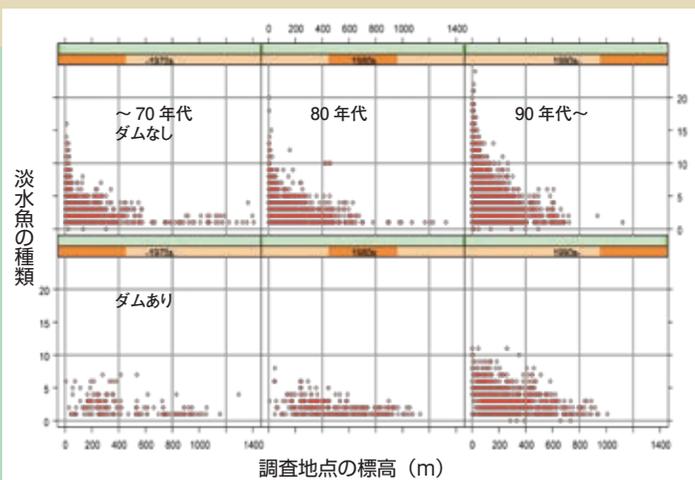
ダムによるタテの分断と直線化によるヨコの分断によって、河川に棲む魚の生息環境は大きく変化します。回遊魚の遡上や降下を妨げるダムと、瀬淵やワンド、河畔林を奪う直線化によって、魚類の種類や現存量がともに減少するという事態が避けられません。健全な流域環境を未来に残すために、まず現状を明らかにし、そして今後の自然再生にも貢献することを目指しています。

上流から中流、そして下流へと続き、最後は河口で海に注ぐ河川の生態系を考える際に重要なのは、タテのつながりとヨコのつながりを捉えることです。これらのつながりが分断されると流域は劣化し、生物の移動、物質の循環は著しく制限されます。タテのつながりを分断するものがダムに代表される河川横断構造物で、ヨコのつながりを分断するものが河川改修による直線化などです。

●ダムによる流域分断の現状

ダムの地点図など、ダムを点として捉え、その分布を表したものはよく目にします。本研究で作成した流域分断マップは、これらダムによって流域のどの部分がいつの時代から分断され海との交流が途絶えているかを面的に示したものです。(5 ページ図 1 参照)

現存する日本最古のダムは7世紀頃にできたものですが、古いダムは規模が小さく、分断する流域の面積もごくわずかです。日本の国土面積の大部分を分断するダムは主に昭和以降に建設された大型のものであり、関東から中部地方にかけてたほとんどの地域が、その下流にダムを持つ「分断された流域」であることがわか



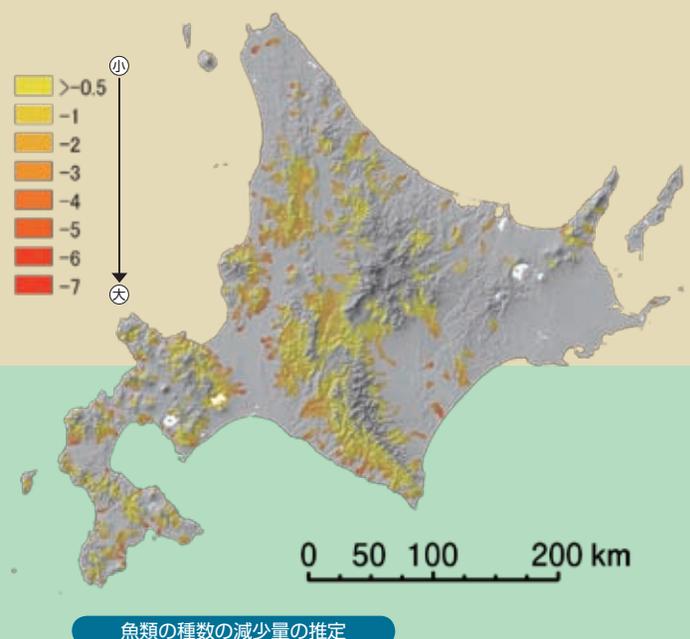
■図4 標高、調査時期、ダムの有無で比較した北海道における淡水魚の種類

ります。北海道は全国的に見れば分断流域が限られています。これは開発の歴史が浅いことや、全体的になだらかな地形が多いことによるものだと考えられます。

●ダムによる分断の魚類への影響

北海道で行われた過去の魚類調査(約7000件)の1件ごとについて、捕獲された魚類の種類を縦軸に、また調査地点を横軸にとって、調査の行われた時代ごとにプロットしてみました(図4)。すると、ダムで分断された調査地点の種類(下段)が、下流にダムのない地点の種類(上段)と比べ明らかに少ないことがわかります。とくに、標高の低いところで行われた魚類調査ほどダムによる種類の減少量が大きいのです。そもそも標高の低いところほど多種多様な魚類が生息しますので、さらにその下流にダムが造られると種の多様性は大幅に低下します。

淡水魚の種の多様度マップは、2つのシナリオで描くことが可能です。1つは北海道にダムが一つもない仮想的な条件で種数を推定したマップ、もう1つは実際のダムの分布とその影響を加味して推定したマップです。この2つをGIS上で重ね合わせて両者の種数の差分を



■図5 北海道におけるダムによる種数と生息確率の減少量。全道にひとつもダムがない場合の潜在的な種数分布、または種ごとの生息確率分布を推定し、それと実際のダムによる影響を加味した推定結果との差分を求め減少量を推定した。黄色から赤に変わるに従って減少量が大きい。



環境改変の影響

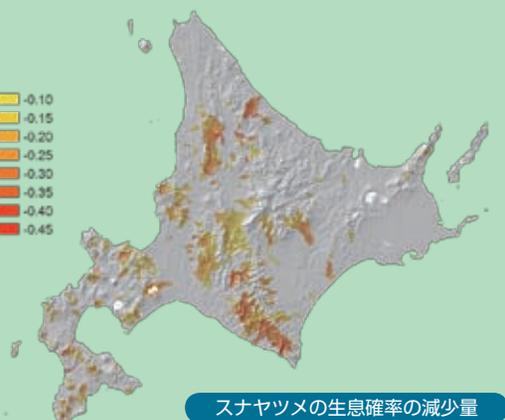
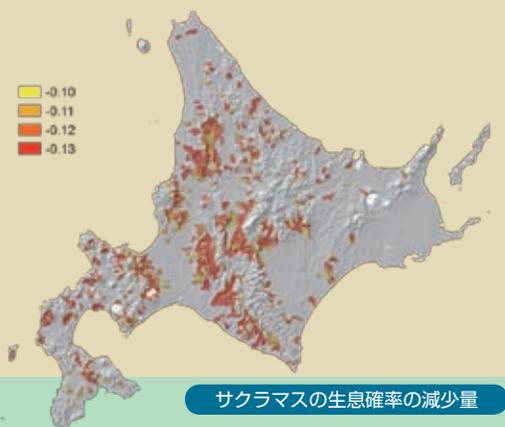
地域ごとに求めれば、それはダムによって減少したであろう淡水魚の種数の分布図となるわけです（図5）。

●河川直線化の定量的評価

河川のヨコのつながりを分断する河川の直線化についても、北海道の1級・2級河川を対象に調査しました。大正時代の地形図と2000年代の地形図のデータをGIS上で重ね合わせるという手法を使いました。

ここで明らかになったことは、道内を流れるほぼすべての河川が、部分的に直線化されていたことです。この傾向はとくに中流、下流で顕著でした。川が真っ直ぐになったことで河川地形が単調になり、地形の多様度を表すエントロピーが約73%にまで低下していました（図6）。

河川を直線化するのは洪水をいち早く下流に、そして海まで流すため、湿原河川などを排水路化し農地開発を進めるためです。これらの目的は達成されたといえるでしょう。しかし、直線化によって魚類の生息環境を支える瀬淵構造が破壊され、年月をかけて生育した河畔林が失われました。魚にとっては棲みにくい環境へと変貌しました。



●ダム湖と外来魚

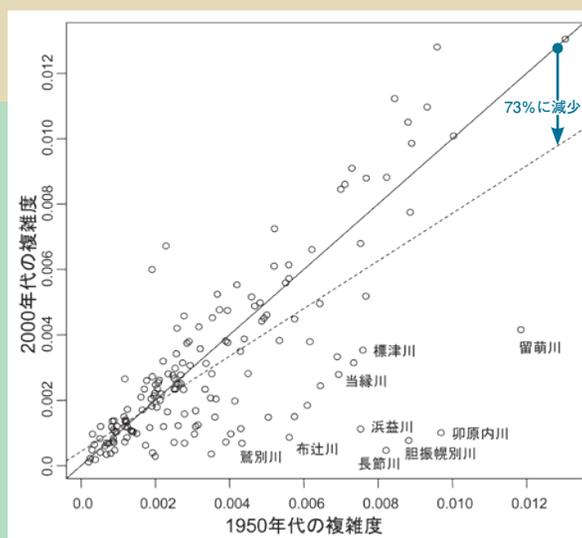
ダムによる生態系への影響は、在来の魚類だけに現れるものではありません。各地で問題を引き起こしている外来魚を増やす温床にもなります。

ダムの建設によってできた貯水池にその川には本来生息しない淡水魚を放流し、在来の魚種や生態系に影響を及ぼしていることが指摘されています。それはオクチバスやブルーギルといった外国産の魚に限らず、日本の魚でもコイ、フナ、ワカサギなどが本来の分布域を越えて国内に広く放流されてきました。

●絶滅危惧種の分布の推定

本研究で使用したGISの長所は、シミュレーションもできるということです。この長所を生かして現在、国内に生息する絶滅危惧淡水魚別に日本を流れる川の棲みやすさを、デジタルマップ化しています。

魚が好む生息環境は、種ごとに異なります。GIS上に構築したデータベースと生息に欠かせない種ごとの環境要因（水温、気温、地形条件など）に関するデータを統合して解析すると、種ごとに川の棲みやすさを判定することができます。棲みやすい/棲みにくいを表す指数を色別に表示することで、どこで・何が棲みやすい/棲みにくいかがわかり、棲みにくいところが多ければ絶滅の危険性が事前に想定できます。その上で、その種が生息するのに欠かせない環境要因に配慮しながら川の再生に取り組むことも可能になります。



■図6 北海道の河川直線化による地形の複雑度の低下（エントロピーの時代比較）

〈流域生態系への人為的

河川は貴重な生物の生息環境であると同時に、人間社会にとって欠くことのできない水資源です。
ここに河川の治水・利水、そして環境の保全を



■世界では

海外では、先進国と発展途上国、また都市域と人口の少ない地方とで大きく異なった流域管理が行われています。

「ダム時代は終わった」というスローガンの下、1999年までに500基近いダムを撤去したアメリカや、2005年以降ハングフリード河口堰の開放を行ったデンマークなどは先進国タイプの流域管理といえます。特徴としては、安定した経済レベルと多岐にわたるエネルギー需給手段を有していること、治水事業が高度化されて水害に強い都市が実現していること、などがあげられます。このような国々では、自然再生事業などに世論が動きやすく、脆弱な自然に対する保全にも熱心です。しかし逆の見方をすれば、「ダムの恩恵を受け終わった国々」と考えることもできます。

一方、その対極にあるのはラオスやカンボジアといった国々です。これらの国では電力需要が急増する中、発電は水力が中心です。この結果、自国の電力需要への対応や電力輸出による外貨獲得のために、発電用ダムの建設が推進されています。かつての日本がそうであったように、ダムで失われる漁業資源や生物多様性に対する経済的価値をほとんど評価していない、あるいは評価できないといった社会背景もあります。

1998年、IUCN（国際自然保護連合）と世界銀行が共同出資し、国際的なダム問題を複合的に検証する世界ダム委員会（WCD）を設立しました。WCDでは、大型ダムの計画から運用に至るまでの意思決定過程やダム建設による経済効果、また社会・環境問題などを検討し、将来のダム建設に対する指針を提示しています。2000年にWCDが取りまとめた報告書（Thematic Review, Environmental Issues II.1「ダム、生態系機能と環境再生」）の中で、ダムによる流域生態系への影響について次のように述べられています。

「過去10年の間、ダムの影響緩和のための対策と

整備に膨大な調査が実施され、ダムの計画、設計、建設、操作において多くの改良がなされた。しかし、今日でも課題は数多く、広範囲にわたっている。（中略）ダムは、広範囲にわたる自然生態系とそれらに生計を依存して暮らす人々に対し、継続的かつ広範囲に深刻な負の影響（例えば、河川の季節的な出水の時期的変化や土砂・栄養分の輸送パターンの変化、また淡水魚の生息地環境の劣化、など）を与え続ける」

以上のことから、流域の環境保全とダム開発の両立がいかに困難であるかが分かります。さらに本報告書は、流域の生態系劣化が経済・社会システムにも間接的に影響をもたらすが、生態系機能の価値を厳密に市場経済価値に換算することが難しいとも指摘しています。

■日本では

国内では、1993年に生物多様性条約の加盟と環境基本法の制定、1997年に河川法の改正と環境影響評価実施要領の提出がありました。日本は流域環境政策において、アメリカ・ヨーロッパと発展途上国の中間に位置していると考えられます。同じ日本国内とはいえども、特定の保全地域や都市域とで、流域の環境保全の重要性に対する認識に温度差があるほか、流域の保全に取り組む組織やグループ間で必ずしも十分に合意



●魚サンプルの購入交渉（ラオス・コーン島）

影響に関する評価の現状

有効に活用し、さらに洪水などの突発的な災害から生命・財産を守り続ける必要があります。
両立させることの難しさがあります。



形成が図られていないためです。

例えば 2002 年に自然再生推進法が成立し、環境省を中心に釧路湿原などで自然再生事業が実施されています。他にも湿地や自然河川の再生を目指している渡良瀬湧水地、標津川、荒川などの事例もあります。しかしその半面、国内には建設計画途中のダムも多くあり、河川の開発と生態系保全・漁業被害への懸念など社会問題が各地で後を絶ちません。現在の国内の状況を端的に言えば、自然再生と自然破壊を伴う流域開発が同時進行している状態といえます。

流域構造を改変せざるを得ない場合、科学的な長期モニタリング、臨機応変で柔軟な対応、客観的な事後評価とそのフィードバックを可能とする「順応的管理」を行うことが重要です。日本でも次第に認識され始めていますが、まだ十分に浸透しているとはいえない状況です。

■ 国立環境研究所では

国立環境研究所では、2006～2010 年度にアジア自然共生研究グループの中核プロジェクトとして、アジアのメコン川流域を対象に、流域生態系に与える人為的影響に関する研究を継続しています。

1990 年代後半以降、ASEAN（東南アジア諸国

連合）と日本の結びつきが急速に進展し、この中でメコン川の開発に大きな注目が集まっています。しかし、開発計画と実施を担うだけでは片面だけの国際協力であり、影響評価に関しても同様に先進国としての責任を果たすべきであると私たちは考えています。

2006 年以降、われわれの研究チームでは、今回紹介した国内研究を発展させるとともに、ダムにより直接影響を受ける回遊魚の生態、また水文シミュレーションを用いたダム建設と河川の流況変動の関係などについて研究しています。

メコン川の流域面積は日本の約 2 倍あります。また 6 カ国を流れる国際河川のため、文化や歴史、民族、国家主義体制、経済レベルなど実に多様です。

流域生態系とダム問題の面で言えば、環境影響に関心の強まるタイ、未だエネルギー需要が切迫している中国、外貨獲得と電力開発に重きを置くらオス・カンボジア、などがあり、多様な価値観が混在しています。このように複雑な国際情勢を抱えている実情もあり、順応的な流域管理のステップで言えば、まだモニタリングや現状把握の段階です。開発と保全というバランスをいかにとるべきか？ またそのためにどのような技術や研究成果が必要なのか？ 信頼性の高い情報の提供や効果的な影響評価手法の開発などを通して、これらの問いに答えていくつもりです。



●市場での魚の計測。市場で魚を買うときは耳石（頭部にある骨）を採るために、頭部だけ購入することもあります（カンボジア・ストゥントレン）



●カンボジア北部を流れるメコン川の支流（セコン川）での河川水のサンプリング

河川生態系への影響評価研究のあゆみ

本号で紹介した研究は次のような流れで進められました。

課題名

湖沼・河川等、淡水環境の生態系保全と移行・周辺帯の環境管理に関する研究 (2000～2002年度)

淡水魚類の生息環境について、魚類の分布と河川の蛇行、瀬淵構造、河畔林、倒流木などさまざまな物理的構成要素との空間的な関係を、ランドスケープスケールで解析しました。

課題名

生物多様性の減少機構の解明と保全 (2001～2005年度) サブテーマ 流域ランドスケープにおける生物多様性の維持機構に関する研究

北海道の淡水魚類の種の多様性とそれに対する人為的な影響について、主に統計モデルを用いた定量的な評価を行いました。

課題名

ダムによる生息環境分断が淡水魚類の多様性に及ぼす影響の広域的評価 (2002年度)

北海道で過去に行われた魚類調査に関する文献を収集し、淡水魚類の種ごとの分布と確認された年代などについて GIS を用いて整備し、データベースを作成しました。

課題名

淡水魚類生息環境のダムによる分断と河道直線化による均質化による影響評価 (2003～2004年度)

上記2つのテーマについて、北海道で行った現地調査や作成したデータベースを基にデータの解析を行いました。

課題名

流域生態系の再生プラン支援を目的とした河川ネットワーク解析技術の開発 (2004～2005年度)

全国の地方環境研究所と共同で、河川ネットワーク、生物データ、河川横断構造物に関する情報をデータベースとして整備しました。また河川ネットワークの解析、ダムによる流域分断図作成、淡水魚の潜在生息分布の推定などに関する解析ツールを開発しました。

課題名

全国を対象とした淡水魚類生息地ポテンシャルの時空間解析と流域再生支援システム (2006～2008年度)

日本全国の主要水系における絶滅危惧淡水魚類を対象として、4分野のデータ(河川水辺の国勢調査淡水魚類、ダムによる流域分断マップ、公共用水域水質、生息地物理環境)を統合し、生息地ポテンシャル(生息確率)の推定を行うシステムを開発しました。これを用いて1977～2002年の間の生息地環境(魚の棲みやすさ)の変化を推定し、全国マップとして示しました。

これらの研究は以下のスタッフ・組織の協力のもと実施されました(敬称略。所属は協力時点でのもの)。

<研究担当者>

福島 路生、亀山 哲

<所内研究協力者>

高村 典子、椿 宜高、島崎 彦人、宮下 七重

<所外研究協力者>

Ashley Steel (NOAA NMFS、米国)、雨宮 護・韓 美徳・福島 武彦(筑波大学)、岩館 知寛・金子 正美・矢吹 哲夫(酪農学園大学)、
卜部 浩一・下田 和孝(北海道立水産孵化場)、岸 大弼・小泉 逸郎・前川 光司・吉川 大輔(北海道大学)、北川 理恵・高田 雅之・
福山 龍次(北海道環境科学研究センター)、高山 肇(阿寒町)、中尾 勝哉(社団法人北海道栽培漁業振興公社)、三橋 弘宗(兵庫県人と自然の博物館)、三宅 洋(岐阜大学)

<研究協力機関>

NPO 法人 EnVision 環境保全事務所、神奈川県環境科学センター、環境省自然環境局生物多様性センター、岐阜県保健環境研究所、
財団法人ダム水源地環境整備センター、財団法人リバーフロント整備センター、長野県環境保全研究所、北海道建設部、北海道水産林務部、
山形県環境科学研究センター



川は、私たちの日常の行動圏のなかにあることから、「自然」を実感するのに格好の対象です。日本では、水質汚濁に一定の歯止めがかかった一方、洪水防止などの治水、あるいは灌漑、上水道供給、水力発電などの利水を目的に、多くの川にさまざまなダムがつくられてきました。排水促進のために河道が直線化された川もあります。

最近、自然からもたらされる恩恵の再認識、よりよい環境を未来世代に残そうとする意識が、ヨーロッパ諸国を中心に高まってきましたし、日本でも里山などの身近な環境を見直す動きが活発になってきました。ところが、河川生態系に与える人為的な改変の影響を科学的に評価する方法は確立していません。

本号は、さまざまな情報を地理情報システム（GIS）上で重ね合わせる研究成果を紹介します。研究者たちは、北海道について日本全国を対象に、ダムなどの人工物に着目し生息する魚類の種数などに関連づけてきました。モデル分析に利用された魚類調査を含む環境アセスメントの報告書の数は、北海道だけでも7000に及んでいます。現地調査を繰り返しモデル分析に活用したことも、この研究の大きな特徴です。

河川生態系の人為的な改変は、工業・農業が急成長を続けるアジア諸国で、かつてない規模と速度で進んでいます。研究者たちは日本での成果をもとに、メコン川流域の自然共生を目指すプロジェクトにも取り組んでいます。

この特集が、よりよい流域環境を考える契機になることを期待しています。

2008年10月
理事長 大塚柳太郎

環境儀 No.30

—国立環境研究所の研究情報誌—

2008年10月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG:村上正吾、亀山哲、福島路生、大迫政宏、玉置雅紀、植弘崇嗣、岸部和美)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所情報企画室 029 (850) 2343

(出版物の内容) // 広報・国際室 029 (850) 2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 社団法人国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

「環境儀」既刊の紹介

NO.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
NO.2	地球温暖化の影響と対策— AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
NO.3	干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
NO.4	熱帯林—持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
NO.5	VOC—揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
NO.6	海の呼吸—北太平洋海洋表層のCO ₂ 吸収に関する研究	2002年 10月
NO.7	バイオ・エコエンジニアリング—開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
NO.8	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
NO.9	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
NO.10	オゾン層変動の機構解明—宇宙から探る 地球の大気を探る	2003年 10月
NO.11	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	2004年 1月
NO.12	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	2004年 4月
NO.13	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
NO.14	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	2004年 10月
NO.15	干潟の生態系—その機能評価と類型化	2005年 1月
NO.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
NO.17	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	2005年 7月
NO.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
NO.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
NO.20	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	2006年 4月
NO.21	中国の都市大気汚染と健康影響	2006年 7月
NO.22	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	2006年 10月
NO.23	地球規模の海洋汚染—観測と実態	2007年 1月
NO.24	21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	2007年 4月
NO.25	環境知覚研究の勤め—好ましい環境をめざして	2007年 7月
NO.26	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	2007年 10月
NO.27	アレルギー性疾患への環境科学物質の影響	2008年 1月
NO.28	森の息づかいを測る—森林生態系のCO ₂ フラックス観測研究	2008年 4月
NO.29	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	2008年 7月

「環境儀」

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一
(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。
N=波(大気と水)、I=木(生命)、E・Sで構成されるOで地球(世界)を表現しています。
ロゴマーク全体が風を切っただけ進むように見える動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。