

良好な河川環境の保全・復元に向けて

CONSERVATION AND RESTORATION OF RIVER ENVIRONMENT

石橋良啓¹・池内幸司²・尾澤卓思³

Yoshihiro ISHIBASHI, Koji IKEUCHI and Takashi OZAWA

¹正会員 工修 (財)リバーフロント整備センター (〒102-0075 東京都千代田区三番町 3-8)

²正会員 工修 国土交通省河川局河川環境課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3)

³正会員 工修 (財)ダム水源地環境整備センター (〒102-0083 東京都千代田区麴町 2-14-2)

The river improvement policy was modified twelve years ago to address the conservation and restoration of the river environment in addition to flood control that had been given top priority. In 1997, the River Law was revised to add the "improvement and conservation of the river environment" as one of its objectives. The Environmental Impact Assessment Law was enforced in June 1999. Greater efforts are now required for conserving or restoring the river environment. To that end, the definition of the goal is important. Next, methods must be established for properly estimating and evaluating the response of the river environment to the impact of river improvement and other measures. Numerous studies have already been made in this respect.

This paper describes the issues related to the conservation and restoration of the river environment as well as introducing the papers presented at the symposium.

KeyWords: river environment, conservation, restoration, definition of goals, impact and response, habitat evaluation, estimation and evaluation, preliminary studies, follow-up studies

1. はじめに

治水優先の河川整備から河川環境の保全・復元をも併せ持った河川整備へ施策が転換されてから12年目を迎える。その間、環境に対する市民の意識の高まりとともに、身近な自然環境として河川環境に対する期待が高まっており、その分野の研究も多く積み重ねられている。今回のシンポジウムにおいても当セッションへの投稿論文は39に上った。ここでは、これまでの河川環境施策の変遷を振り返るとともに、良好な河川環境の保全・復元を図るための課題について、投稿された論文を交えながら整理した。

2. 河川環境施策の変遷とその背景

我が国では、戦後の荒廃した国土に梅雨や台風が毎年のように大きな洪水被害をもたらすとともに、高度経済成長に対応した急速な都市化は新たな都市型水害を発生させることとなった。これに対応するため、河川の整備は洪水から人命や資産を守ることを最優先に考

えられ、河川の直線化やコンクリート護岸による河岸の固定化が急速に進められた。その結果、河川の景観は単調で殺風景なものになるとともに、水質の悪化も伴って生物の良好な生息・生育環境が減少し、本来の川の姿を失ってしまったような河川が多く見られるようになった。このような事態に対処するため、1981年12月の河川審議会答申「河川環境管理のあり方について」においては、河川環境管理は治水及び利水の管理と並んで国民生活上極めて重要な課題であるとの認識が示され、河川環境管理基本計画を策定することとされた¹⁾。また、「河川が本来有している生物の良好な成育環境に配慮し、あわせて美しい自然環境を保全あるいは創出」する多自然型川づくりが1990年から試行的に実施されることになった。これと連動して同年より河川水辺の国勢調査が始まるとともに、翌年には魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業が創設されている。また、1991年12月の「今後の河川整備はいかにあるべきか」についての河川審議会の答申においても、「うるおいのある美しい水系環境の創造」を図るための具体策のひとつとして、多自然型川づくりの一層の展開が必要とされている²⁾。

その後、1992 年6月の環境と開発に関する国連会議（地球環境サミット）におけるアジェンダ21の採択を契機に環境問題に対する内外の関心は急速に高まり、建設省（現：国土交通省）においても、1993 年6月の豊かな環境づくり委員会の提言及び同年 11 月に公布・施行された環境基本法の基本理念を踏まえ、1994 年1月に環境政策大綱がとりまとめられた。ここでは、建設行政において「環境」が内部目的化され、豊かさが実感できるような環境の創造を目指して中長期的に展開すべき政策課題と施策の展開の方向が総合的にとりまとめられた³⁾。

一方、河川審議会においては、1995 年3月に「今後の河川環境のあり方について」の答申がなされ、「生物の多様な生息・生育環境の確保」がその基本方針のひとつとして示されている。そして、そのための施策として、多様な河川形状の採用、流域での自然の広がりを考慮した取組みの検討、河川における上下流方向の連続した環境条件の確保、貴重な動植物の絶滅を防止するための取組みの推進等を図っていくべきであるとしている⁴⁾。

また、1996 年6月に「21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について」が河川審議会から答申がなされ⁵⁾、その制度面での具体化策として、「社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について」が同年12月に提言され、それを受けて 1997 年6月に河川法が改正され、その目的に「河川環境の整備と保全」が位置付けられた。この改正では併せて、地域との連携による治水・利水・環境の総合的な河川整備の推進に向け、河川整備の計画を策定するにあたり、より地域の意向が反映されるよう手続制度が明文化された。

一方、1999 年6月には環境影響評価法が施行され、従来の閣議アセスと比べ、大きくその趣は異なるものとなった。すなわち、スコーピングの導入により調査・予測・評価の項目やその手法を個別に判断することとなったこと、方法書及び準備書の公告・縦覧により住民が関与する機会が増えたこと、生態系がアセスメントの対象に加えられたこと、従来の環境保全目標の達成型から環境影響をできる限り回避・低減し、更に必要に応じて代償処置を検討することとなったこと、必要な場合には事後調査を行うこと、など新しい考え方が盛り込まれている。この法律で環境影響評価の対象となる事業はある一定の規模以上のものとされているが、対象とならない事業においても環境影響をできる限り回避・低減していくという思想は自ずと必要となることはいうまでもない。

3. 「良好な河川環境の保全と復元」に向けた課題と研究の動向

(1) 目標の設定

良好な河川環境を保全・復元していくためには、目指すべき目標を明確に設定することが重要である。島谷⁶⁾

は、河川のどのような状態を目標に自然環境の保全、復元を考えるかということに関する国内外の学識者の意見をとりまとめた（表-1）。そのうえで、これらの意見は少しずつ異なるが、共通性は高く、共通点として、①全く人為の入っていない状況ではなく大きなインパクトのある前の状態を目標とする（高度成長期前、1950年代以前、ダムなどの大規模インパクト以前と少しずつ異なる）としていること、②攪乱などを含めた、生息環境が保たれるシステムを保全することを挙げている。

目指すべき目標を検討するにあたっては、文献調査や現地調査などによって得られた情報、ヒアリングなどによって得られた地域の意見や情報、当該河川の河川環境の歴史的な変遷も十分に踏まえる必要がある。大まかには現況の状態により次のように整理できる¹⁴⁾。

1) 現況の環境が比較的良好な場合

現況（工事施工前）の比較的良好な環境を規範とする。現況の特徴的なハビタットや生物が保全・復元の対象となる。

2) 既に環境が悪化している場合

人為的な影響が軽微であった時期の状態の環境を規範とする場合は、その時点における特徴的なハビタットや生物が保全・復元の対象となる。もしくは、河川環境に類似性があり、自然環境が良好に保たれている箇所（箇所）の環境を規範とする場合は、その箇所の特徴的なハビタットや生物が保全・復元の対象となる。

3) 新たな河道を掘削するなど既存の河川環境が存在しない場合

同じ河川の上下流あるいは類似の河川における、自然環境が良好に保たれている箇所（箇所）の環境を規範とし、その箇所の特徴的なハビタットや生物が保全・復元の対象となる。

このようにして定められた自然環境の観点から目指すべき目標は、治水や利水の観点からの目標と調整が図られ、総合的な視点に立った河川整備・管理の目標が定められることになる。

(2) インパクト-レスポンス

河川改修などの環境影響（インパクト）が与えられた場合に、それに対して河川環境がどのように応答（レスポンス）するかということ（予測）する手法及びその結果を評価する手法を確立する必要がある¹⁵⁾。そのためには、大規模な河川改修等が行われる際には事前に河川環境に関する調査を実施し、事業の実施が河川環境に及ぼす影響について予測・評価を行うとともに、事業実施後にモニタリング調査を行うことによってデータの蓄積を行い、これを分析する必要がある。図-1 に河川事業によるインパクト-レスポンスの予測の基本的な考え方を示す。

インパクトは河道の変化や生物の生息・生育環境の消失・出現などの直接改変と、河道特性の変化や水質

表-1 河川の自然環境の保全・復元目標について

学 識 者	自然環境の保全、復元への意見
奥田重俊 ⁷⁾ ・植物社会学	河川空間の多様性を高めるためには、生物的に評価の高い地区を選定し、その保全対策を講じ、人工化により単調化した地形では変化に富んだ生物の生育環境の創出が早道であるとし、創出にあたっては目的とする生物をあまり限定せず河川の営みにゆだねるほうがよいとしている。
桜井善雄 ⁸⁾ ・生態学全般	生育、生息環境の復元にあたっては重要種を取り上げて個別的あるいは局所的に考えるのではなくすみ場所の仕組みを体系的に捉える必要があるとしている。
森誠一 ⁹⁾ ・魚類	河川改修計画の中で何を選択するのかは、例えば、生物がその河川の水利条件下で繁殖し摂食して、世代交代が維持できるような環境設定を目標として行われるといいとし、またとりあえず少し前（高度成長期前）を背景としつつ自然環境を現在の生活域にいかに取り込めるかを問題にするとしている。
玉井信行 ¹⁰⁾ ・河川工学	大規模河川復元工事の主要な目的は a) 自然の攪乱と更新 b) 縦・横方向の連続性 c) 河川形態の多様性に着目し、これらの要素に関する現在の水準を向上させることとしている。
辻本哲郎 ¹¹⁾ ・河川工学	ダム等の大規模、急激なインパクトが与えられなかった場合から現況を推定し「現時点での潜在自然河相」を目標にするという考え方を提案している。
Bravard et al ¹²⁾	欧州では 1950 年代よりも前の状態を基準とするのが实际的で、それよりも前の状態を基準とする時には 19 世紀から 20 世紀の人為攪乱前の状態を理解し、復元する事を意味するとして、河川復元の目標をまったく人間の手が入っていない無垢の状態に置くことはできないとしている。
National Research Council ¹³⁾	沖積地エコシステムの基本は物理的システムの動的平衡であり、それゆえ目標は河道や堤防の安定ではなく、河川の動的平衡の復元であるべきであると述べている。そして 4 つのゴールを示している。自然の土砂や流量レジームの復元 (restoration)、自然の河道の復元、自然の河畔植生の復元、地域固有の動植物の復元である。

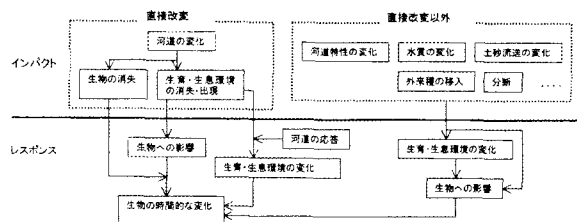


図-1 河川事業によるインパクト-レスポンスの予測の基本的考え方¹⁶⁾

の変化などの直接改変以外のものに分けられる。レスポンスとしては、直接改変では生育・生息環境の消失・出現による生物への直接的な影響、直接改変以外では水質の変化や土砂流送の変化などにより、間接的に生息・生育環境の変化をもたらす、その結果として生物への影響を及ぼすものである。これらの関連をより正確に把握するために、インパクトに対するレスポンスを予測する手法並びにその結果を評価する手法を確立する必要がある。そのためには、河川改修、洪水、土砂の排砂など各種のインパクトが生物にどのような影響を与えるのか（平井・土屋・風間、木下・水山・藤田ら）といった情報の蓄積が必要である。また、生物の生息基盤である物理的環境がどのように変化するかということも捉えることも重要である。特に、生物の多様性を保全・復元していくためには、場の多様性の保全・復元を図る必要がある。河川及びその周辺の微地形の存在が重要となる。河川の一定の区間について見たときに、流域という大きな器の中で上流から下流まで連続する環境の一部として捉えながらも、その中にある様々なスケールのハビタットにも着目していく必要がある。特に、瀬や淵、ワンド

やたまり、河原などに代表される河川特有の微地形の形成や変化を如何に予測していくかは重要な課題である（服部・瀬崎・吉田、北村・山田・辻本、篠田・水谷・松山ら）。また、それらの微地形の物理環境が生物の生息・生育環境を考える上で如何なる意味を持つのか（鷲見・岩崎・辻本、大木・中谷・綾）といった研究が進められており、これらの成果を生物学・生態学の研究分野に提示していくことも重要である。

(3)河川生態学術研究会

物理的な場の変化が生物に対して及ぼす影響を予測するためには、まず場と生物の関係を理解する必要がある。そして、よりの確にそれを把握するためには、物理的な場の研究を中心に進めてきた河川工学者と、生物・生態学者とによる学際的な研究が大変意義のあるものとなる。このような取組みは、「河川生態学術研究会」として、1995 年に多摩川と千曲川で開始され、1998 年には淀川水系木津川（辻本）で、1999 年には五ヶ瀬川水系北川で研究が開始された。河川生態学術研究会は、生態学的な観点より河川を理解し、川のあるべき姿を探ることを目的として、以下のようなテーマを設定して研究が進められているものである¹⁷⁾。

- ①河川流域・河川構造の変貌に対する河川の応答を理解する。
- ②生物生息場所（ハビタット）の類型化とその変動（自然、人為による）あるいは適正な分布を明らかにし、今後の河道管理と流量管理の基礎資料を得る。
- ③特定区間における生物現存量、生物種構成、種の多

*斜体文字での著者名は、本論文集掲載論文と対応したもので、参考文献一覧からは除外した（論文集目次を参照）。

⑤①～④に関する結果を総合し、生態学的な観点より河川のあるべき姿を探る。

場と生物の関係を視覚的に捉え、河川環境を理解する上で有効なツールとして、「河川環境情報図」の作成が進められている。「河川環境情報図」とは、河川整備・管理を行う際に必要となる河川環境に関する情報を適切に把握することを目的として、河床形態や植生の状況、生物の確認状況、生物の生息・生育環境や生活史、地元からの聞き取り調査結果等の情報を分かりやすく図面上に整理したものである¹⁵⁾。河川環境情報図を作成することにより、環境情報を地図情報として一目で把握することができ、対象河川の全体的な環境の特性、特徴的な場所や生物の重要な生息・生育環境などを容易に把握することができるようになる。図-2にその例を示す。また、最近ではGISの活用により、河川水辺の国勢調査などによって把握された河川環境に関する情報や河道形状に関する情報などの整理・分析が効率的に行うことが可能になってきている。今後これらを利用した研究も期待されるところである。

場と生物の関係は定量的に捉えるため、近年、生息場評価に関する研究が多くなされている。現在、河川における生息場の評価手法としては、IFIM(Instream Flow Incremental Methodology)が認知され、その中でもPHABSIM(Physical Habitat Simulation)が多用されている(北村・田代・辻本)。PHABSIMは、ある種について、あらかじめ求めた流速や河床材料などの物理環境指標に対する選好曲線と、水理計算等によって求められた物理環境指標の値を組み合わせることによってWUA(Weighted Usable Area)を求めるものである。もともと米で開発されたものであるが、日本の河川にも適用されるようになり、それに伴い、同手法をより遊泳力の大きい生物への安定的な適用を可能にするための改良(黒田・玉井・知花)や、新たな物理環境指標として河床攪乱頻度の導入(北村・田代・辻本)などが試みられている。今後も同手法の応用に関する研究は進められるものと考えられるが、より適切な物理環境指標の設定が鍵となる。野上・渡邊・中津川らはハナカジカの生息環境に関する指標として現地実験から浮き石の割合とともにFr数の有効性についてその可能性を示している。また、魚類の生息環境評価に関して異なるアプローチとして、個体ベースモデルを用いて複雑な魚群行動を再現する試みも行われている(石川・足立・平野)。

河川環境の保全・復元を図るための基礎的・応用的

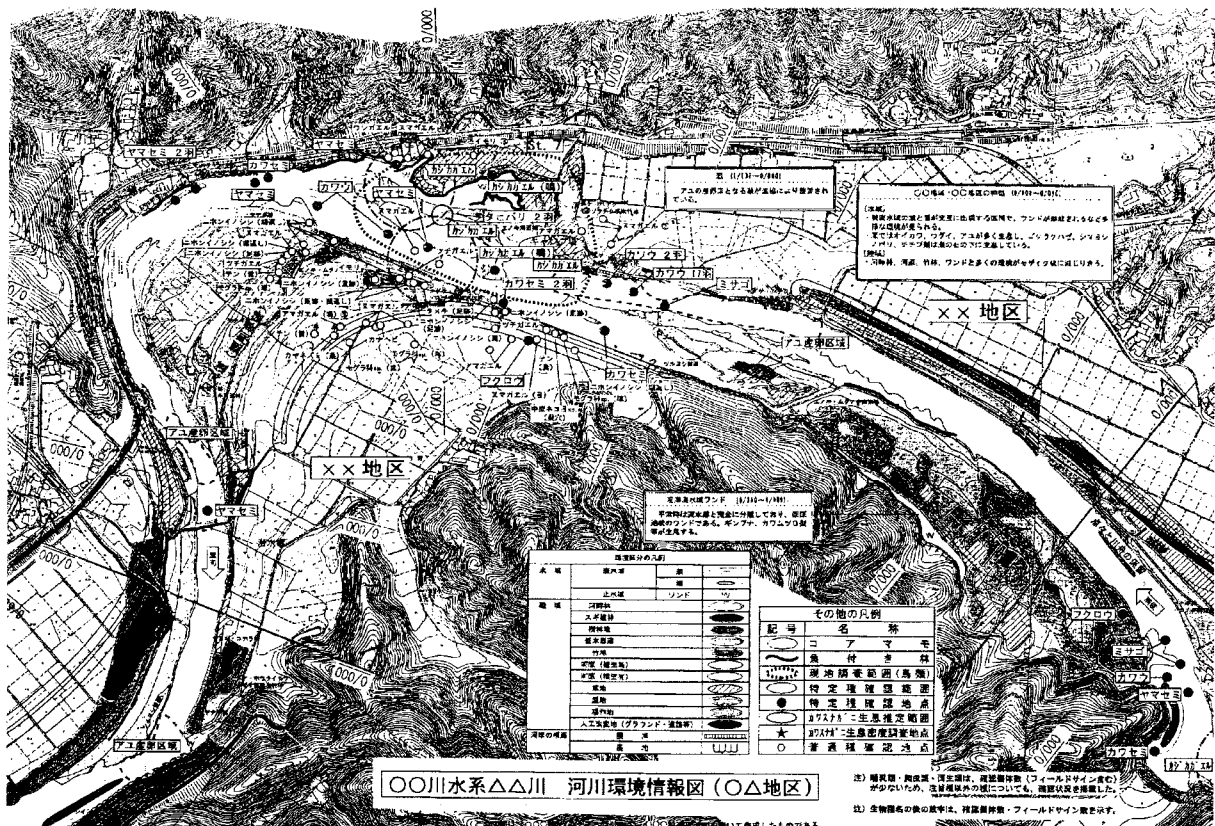


図-2 河川環境情報図の例¹⁸⁾

な研究をするための大規模な施設として、1998年に土木研究所自然共生研究センターが設けられている。当センターには、この種の施設としては世界最大級である延長800mの実験水路が3本設置されているほか、実験池も6箇所設置されている¹⁹⁾。流量等の条件を人為的にコントロールしながら、実際の現場に近いスケールで各種の実験が行われ、各種の復元手法に関する研究(萱場・傳田・田中ら)をはじめ、様々な研究がなされている。

また、実河川においても、ダムの弾力的管理試験や河原の再生などの取り組みも行われている。ダム下流区間においては流量減少や出水による攪乱の減少などの問題を抱える河川も多く、これらの改善を図ることは悪化した河川環境の回復という観点で重要な課題である。そのため、一部のダムで弾力的管理試験の試行が行われており、流量の増加により一定の水深が確保された結果、魚類の確認個体数の増加が検証されるなど効果が得られている(大杉・尾澤)。

多摩川では低水路の河床低下が進む一方で高水敷が外来性の樹木による樹林化が進んだ河道区間において、一昔前の多摩川の姿である河原を復元する取り組みが行われている(島谷・高野)。この取り組みは、生態学と河川工学の研究者の協力による研究をベースに、市民グループの代表者も交えて議論がなされており、研究の成果を現地に活かす新しいスタイルとしても注目される。

河川環境の保全・復元を図るための手法として施設による対応がある。そのうち堰等に設置される魚道は、上下流方向の連続性の寸断を防止し、河川を遡上・降河する生物にとって生活史を全うする上で重要な施設である。魚道はこれまでもいろんなタイプのものが設置されてきているが、最近は多様な水生生物の遡上・降河が可能なタイプのものや(安田・大津・浜野ら)、様々な水理条件に対しても効果のあるタイプのもの(泉・佐藤・工藤)が研究されている。また、排水口や取水口への魚の迷入を防ぐため魚の生態を考慮した対策の研究も行われている(関谷・福井・湯目)。

次に、河岸浸食を防ぐ施設として護岸の設置が必要な場合においても、植生の回復やそれを基盤とした生物の生息環境の保全・復元を図る必要がある。河道断面に余裕のある河川では、護岸を施工した上に覆土し、植生の回復を目指した工法がよく用いられる。一方、覆土が実施できない箇所において植生を復元する材料の一つとしてポーラスコンクリートがある。高い植被率を得るためにはポーラスコンクリートに一定の空隙率が必要なこと(宇田川・中村・玉井ら)、水中に設置された空隙径の大きなポーラスコンクリートは水生昆虫にハビタットを提供していること(ZOUAGHI・田口・井出)などが確認されている。

また、潮の干満や航走波の影響を受ける水際におけ

るヨシ原の保全・復元についての研究(望月・後藤・安住、田端・大手・江上ら)が行われている一方、逆に河岸の浸食防止工としてのヨシ群落の機能に着目し、その効果の定量化に関する研究(福岡・仲本・細川ら)も進められている。

特定の生物を対象にしてその保全を図ることを目的に、ホタル護岸やカワセミ護岸などの施設が各地で設置されているが、関根・宮本・後藤らや坂内・関・白河は、これらについて設置後のモニタリング調査を実施し、その有効性を評価するとともに必要な改善へと繋げている。愛知県では東海豪雨後に多自然型川づくりのフォローアップ調査が実施されている(安部・近藤)。このように、施設の設置後のモニタリング調査及びその評価のデータを蓄積していくことは、河川改修や洪水などのインパクトに対するレスポンスを予測する手法を確立していく上でも極めて重要なことである。

(7) 水質

河川環境の重要な要素の一つとして水質がある。水質は、生物の生息環境を規定するとともに、水の利用あるいは景観の面からも重要であり、その知見の蓄積が必要である。河川の水質は流域の地質やそこでの人間活動の影響を強く受け、また、湖沼や沿岸域の水質に影響を与える。すなわち、流域、河川、湖沼や沿岸域は水を媒介にして物質循環の中で相互に影響を及ぼしており、その広域での水、土砂、栄養塩類等の物質循環を明らかにすることが必要であるとされている(山下・菅沼・橘ら)。このような視点から、出水時に流域や河川から湖沼や沿岸域に供給される物質の挙動特性に関する研究が進められている(二瓶・大竹・河島ら、山下・菅沼・橘ら、太田・中津川・齋藤)。また、河口域において水利用や生物相への影響という観点から重要な塩水遡上特性(安達・稲寺・小松ら)に関する研究や、新たな問題提起として農村地域での水環境改善として進められている農村集落排水事業が河川水質に与える影響(矢島・道上・樽谷ら)に関する研究が進められている。一方、水質改善対策としては、ハードな対策として礫間浄化施設などによる浄化が各地で実施されているが、ダム貯水池におけ濁水濁水対策としての貯砂ダムの効果(堀田・金内・東海林)に関する研究や、ヨシなどの植生を活かした水質浄化の効果(酒匂・柴田・桜井ら)に関する研究が進められている。

(8) 景観

景観は環境アセスメントの中においても一つの環境要素としてあげられ、河川環境を考える上でも重要な要素の一つである。特にダムのような大規模構造物を設置する場合には、それが自然景観に与える影響を評価し、必要に応じてその影響の軽減策を検討することになる。人の視覚に与える影響として、視角や輝度といった

客観的な指標によって数値化することは可能ではあるが、その善し悪しの評価はそれぞれの人の主観により異なる。そのため、一般的には被験者による評価をアンケートによりデータとして蓄積し、客観的な指標との関係を求めることになる。色彩の変化と河畔林を持つ河川の景観評価に及ぼす効果(山下・下沢)や、ダム等の人工構造物の存在する河川景観の評価(井出・須田)に関する検討がなされている。今後はより客観的に評価する手法の開発が望まれる。

4. おわりに

河川は、魚類をはじめ多くの生物にとっての生息・生育の場として、あるいはその生活史上の一部を過ごす場として重要であるとともに、人間にとっても身近に残された貴重な自然環境であることから、良好な河川環境の保全が強く望まれている。また、過去の河川改修などによって本来の河川環境が損なわれてしまったような河川では、その復元が期待されている。このような中、河川環境の保全・復元を目的とした研究が積み重ねられており、多くの成果も出てきている。また、土木工学と生物学・生態学の分野が連携した研究も進められてきており、今後もこのような取組みに対する期待は高いものと考えられる。

今後は、河川環境の保全・復元に関する技術をさらに蓄積していくとともに、生物の生息・生育環境の保全・復元という観点からは、生物の生息・生育環境の基盤となる場の予測・評価が重要である。従来、土木の分野では大きな現象を捉えるのに平均的な場を中心に捉えてきたが、河川環境の保全・復元を検討する際には、そこに棲む生物のハビタットレベルで場がどのように変化するかを捉える必要がある。そのため、治水上の観点からは実務的には一次元の場で十分であったものが、生物の生息・生育環境としての場の予測を行う場合には、二次元あるいは三次元的な場の予測及びその精度もより高いものが求められる。すなわち、瀬や淵の形成、河床波の二次元的な広がり、分級された河床材料の分布など、よりきめ細やかな場の予測・評価が可能な手法の確立が課題としてあげられる。そして、それに向けてインパクト・レスポンスに関する情報の蓄積が必要であり、そのためには仮定・検証型の事前調査及び事後調査を行う必要がある。

また、河川域と海域の境界領域である汽水域は、干潟などが広がる環境を有しており多様な生物の生息・生育の場として注目されている。しかし、河川域から見れば海域との境界であること、あるいはその場で生じている物理現象の複雑性もあって、必ずしも研究が十分進んでいるとは言えないのではないだろうか。汽水域は上流域でのさまざまなインパクトを最終的に受ける場であるとともに、海域の条件とも相まって、そのレスポンスは

複雑になる。微妙なバランスの中で多様な生物の生息・生育の場としての汽水域を保全していくためにも、今後、汽水域の研究がより積極的に行われていくことが望まれる。

参考文献

- 1)河川審議会：河川環境管理のあり方について(答申)，1981。
- 2)河川審議会：「今後の河川整備は、いかにあるべきか」について(答申)，1991。
- 3)建設省：環境政策大綱，1994。
- 4)河川審議会：今後の河川環境のあり方について(答申)，1995。
- 5)河川審議会：21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について(答申)，1996。
- 6)島谷幸宏：河川管理にける自然環境の保全についての基本的な考え方，応用生態工学2(1)，pp.47-50，1999。
- 7)奥田重俊：日本における氾濫原植生の特性，河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集，pp109-115，1998。
- 8)桜井善雄：河川における生息環境の保全・復元の基礎としてのビオトープ階層論的手法，河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集，pp.155-160，1998。
- 9)森誠一：自然への配慮としての復元生態学と地域性，応用生態工学1(1)，pp.43-50，1998。
- 10)玉井信行：河川の自然特性と潜在自然型河川改修の基礎体系について，河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集，pp.77-85，1998。
- 11)辻本哲郎：河床低下による河川景観の変質とその回復，河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集，pp.167-172，1998。
- 12)Bravard J.P., Landon N., and Piegay H.: Examlle of River Restoration in Braided Rivers of Europe, 河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集，pp.61-70，1998。
- 13)National Research Council : Restoration of Aquatic Ecosystems, Academy Press, pp206-207, 1992。
- 14)小林，池内，松田，遠藤：多自然型川づくりモニタリング調査について，リバーフロント研究所報告第 11 号，pp.179-192，リバーフロント整備センター，2000。
- 15)池内幸司：良好な河川環境の保全と復元，河川 No.656，pp54-61，(社)日本河川協会，2001。
- 16)建設省河川局河川環境課，土木研究所環境部河川環境研究室：河川環境に関するインパクト及びレスポンスに関する研究，建設省技術研究会，2000。
- 17)河川生態学術研究会：川の自然環境の解明に向けて 河川生態学術研究の概要，1997。
- 18)(財)リバーフロント整備センター：河川環境表現の手引き(案)，1999。
- 19)土木研究所：自然共生研究センター，1999。

(2001. 4. 16 受付)