

河川・湖沼における自然環境の修復技術に関する研究

独立行政法人土木研究所河川生態チーム

あまの くにひこ
上席研究員 天野 邦彦

1. はじめに

本稿は土木研究所の技術開発の一例として、河川・湖沼における自然環境の修復技術について述べるものであるが、土木研究所で遂行されている当該技術開発について具体的に示す前に、日本における河川・湖沼の自然環境をとりまく状況について大まかに見ておく必要がある。山本¹⁾は、特に戦後、河川生態系に作用した主要な人為的影響（インパクト）として、①建設用骨材採取と洪水流下能力増大のための低水路の掘削・拡幅、②ダム建設、砂防事業の伸展に伴う流域からの土砂供給量変化、③ダム建設に伴う洪水流量・流況の変化、④河川横断工作物および護岸の設置による魚類の移動性阻害や水際環境の劣化、⑤水質の低下、⑥外来種の導入、遺伝子レベルの異なる種の地域間移動を挙げている。一方、湖沼について見ると、戦後の主要な人為的インパクトとして、干拓、湖岸堤の建設や水位管理方法の変更などが湖沼生態系に影響してきたと考えられる。

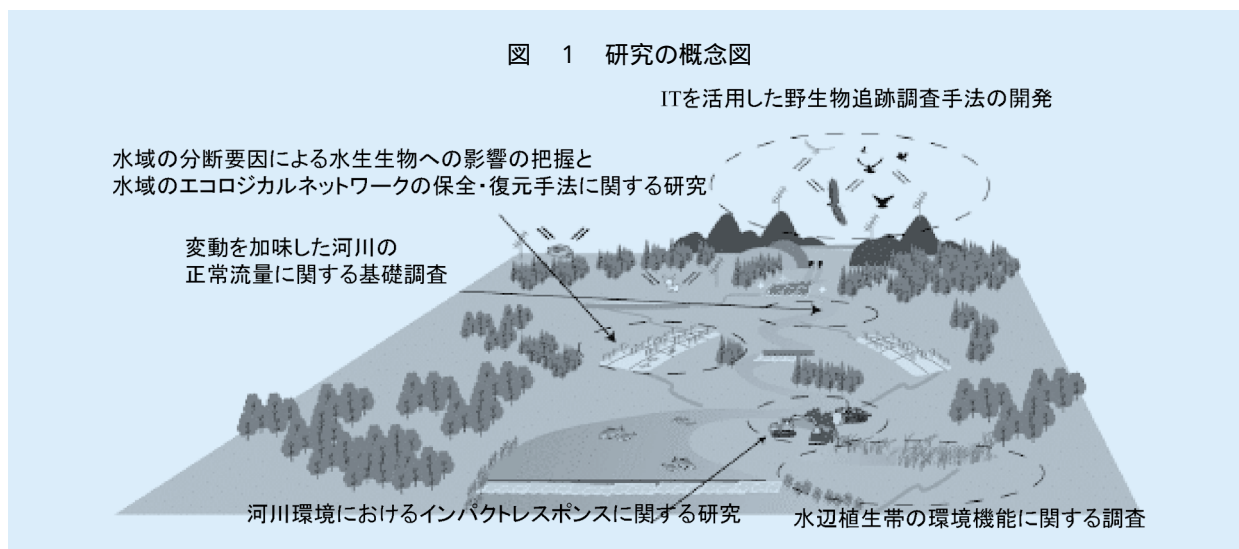
土木研究所における河川・湖沼における自然環境の修復技術に関する研究開発は、上記のような歴史的経緯を踏まえて、生物・生態系からの観点を重視しながら、人為的改変を受けた河川・湖沼の自然環境を現実的にどのように修復していくか

についての方策を探るという方向でとり行われている。ここではよく使用される復元という言葉を使わず、修復という言葉を使用しているが、復元は人為的攪乱が生じる前の状況に戻すことと定義されるため、日本の河川・湖沼のように人為的影響を排することが不可能な環境を改善する行為は修復と呼ぶにふさわしいためである。修復は、人為的影響がきわめて強く、人為的攪乱以前に戻すことが不可能な場合、重要な機能と生息場環境を提供する自立した生態系を目指して改良する方向として位置付けられており、修復はまさに日本の河川・湖沼の自然環境改善における現実的な方向である。

2. 主な研究テーマ

河川・湖沼の自然環境の修復を行うためには、まず河川・湖沼がもつ種々の特性が生態系に対して働きかける重要な機能と生物の生息場としての役割について可能な限り定量的に評価することが必要になる。このため土木研究所では現場調査、自然共生研究センターの施設を用いた実験、これらから得られたデータに基づく数値解析を組み合わせることで、河川の物理化学的環境と生物との関連性を可能な限り定量的に解明し、歴史的変遷を加味した上で、河川・湖沼環境の保全・修復を

図 1 研究の概念図



どのように行いか、という問いに答えるべく主に以下のテーマを中心に研究を行っている（図1）。また、これら研究に関連した各種の調査手法についても開発を行っている。

(1) 河川形状がもつ生態的意味の解明

河川・湖沼の自然環境を修復する際に、生態系の構造を理解した上で、現在欠けている機能を修復できれば、修復が成功する確率は非常に高いと言える。しかし、生態系中にはきわめて複雑な相互関係が多数存在するため、その構造をすべて把握し評価することは不可能と言ってよい。このため、河川における植物、動物、生態系の現状を評価するには、生息場の評価を通して行う場合が多い。生息場としての河川・湖沼を形状の観点から評価するために土木研究所では、河川・湖沼という水域を空間的スケールで分類して、それぞれのスケールにおいて生態的に重要な特性を明らかにするべく研究を進めている。スケールとしては、流域のスケールから徐々に小さなスケールに分解していくことになる。スケールの取り方には、いくつかの方法があるが、現在、土木研究所で行っている研究におけるスケールの取り方は、以下のとおりである。まず、形状がもつ機能として整理することが適切かどうかは議論の余地があるが、流域スケールの観点からは、水生生物にとっての水域の連続性（エコロジカルネットワーク）がもつ重要性について研究を行っている。流域の一つ下のスケールとしては、河川の上・中流域で

特に重要となる瀬や淵といった河川がもつ一連の構造的特性の生息域としての評価を行っている。さらにその下のスケールとしては、河床や水際域の状況が生物に与える影響に関して研究を行っている。ただし各スケールでの特性は、それぞれ独立に機能するわけではないので、関連付けて研究を行っている。例えば瀬淵の構造は、河床材料の粒径分布に影響するし、水際形状を決めるからである。各種生物の生息状況と各スケールにおける形状（構造的特性）とを比較することで、その生態的機能を調べている。

(2) 流量変動がもつ生態的意味の解明

河川生態系は、出水による物理的攪乱を受ける中で成立している系である。河川流量の変動は、この攪乱の程度を規定している。このため、ダムによる調整などにより流量変動の減少が生じて、この攪乱が減少すると生態系に対する影響として河床の付着藻類の量や質に変化が生じたり、河川周辺の氾濫域への冠水頻度が低下することで、湿地的環境の乾燥化や河原に樹木が増加する樹林化が起こったりする。さらにダムの下流では、土砂がダムに捕捉されるために流量変動の変化とともに土砂輸送量も変化する。このため、場合によっては河床材料が粗粒化するといった現象が生じることもあり、この生態系への影響についても検討を開始している。これらの現象解明に向けて大規模から小規模に至る河川流量変動特性が河川生態系に与える影響について、現地観測、実験に基づ

き検討しているところである。

(3) 水質が河川生態系に与える影響の解明

河川や湖沼の水質は、流域からの栄養塩類や有機物の負荷により大きく影響を受けている。これまで、湖沼や貯水池については流入する栄養塩類と生態系との関連について富栄養化という観点から多くの研究がなされてきているが、河川生態系についても流域レベルで河川水質の縦断的变化との比較を行うべく研究を進めている。このために、河川を流下する懸濁物、河床の付着藻類、水生昆虫や魚類について炭素や窒素の安定同位対比解析を行うとともに、GISによる流域特性解析を同時に行うことで流域の土地利用が河川生態系に水質を通してどのように作用するのかについて研究を進めている。

(4) 湖沼環境改善手法の開発

湖沼の環境問題は、従来富栄養化に伴う水質汚濁が主な関心事で、研究面でも水質改善を中心に検討されてきた。土木研究所では近年の生態系保全に関する意識の高まりに対応して湖沼生態系の保全の観点から湖沼の水生植物の修復手法に関する研究を行っている。沿岸域のヨシ帯による水質改善効果についての検討や、浅い湖沼における沈水植物の修復に関する研究を進めている。

3. 研究成果の例

上記の研究テーマの一つひとつについて記述することは紙面の都合から不可能であるため、ここ

では河川形状のもつ生態的重要性を評価する手法の一部について以下に紹介する。河川の形状とそれにより規定される流れを詳細に検討することで、河川がもつ生態的環境機能の定量的評価が行いやすくなってきている。例えば、河川形状についての詳細な情報の取得が、レーザープロファイラによる地形情報計測により可能になってきているが、この詳細地形情報と種々の解析や調査とを統合することで、有用な環境情報が得られる。

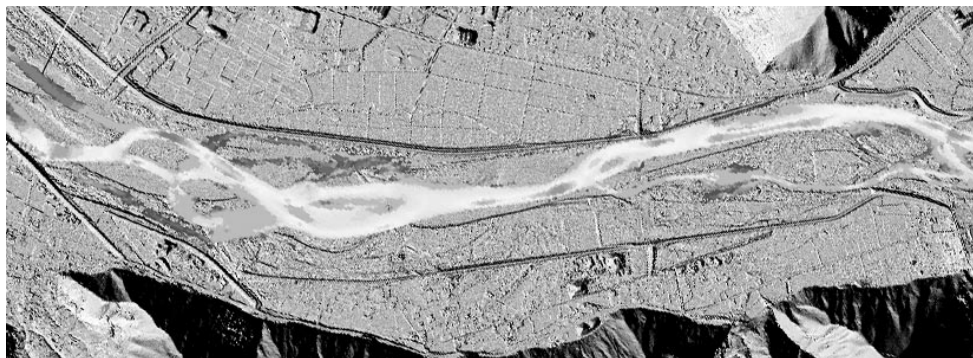
レーザーパルスに対する反射のファーストパルスとラストパルスとを比較することで、地表面標高のデータ (Digital Elevation Model, DEM) と樹木や建物の頂上の標高データ (Digital Surface Model, DSM) の二つが作成可能である。この二つのデータの比較から、高水敷上の樹木の高さを推定できる。図 2 は千曲川で得られた地形情報の例である。DSM の立体画像を見ると、砂州上や高水敷上に樹木群を示す凸部が見られるが、裸地と樹林が占めている場所の2カ所で DSM と DEM の標高差の分布を調べると、そこに繁茂する樹木の高さを反映した結果が得られる²⁾。この情報を用いることで植生の規模や生育状況の評価が可能であるし、樹林化が生じている場所の水面に対する相対的高さや河川の流れとの関係を整理することで樹林化を防止し河原を保全するためには高水敷をどれほど切り下げるべきかについての知見を得ることができる。

さらに高水敷形状の詳細情報は、出水時の流動特性解析と併せて用いることで、高水敷形状と相まって形成されるワンドやタマリなどといった空

図 2 千曲川鼠橋地点の DSM



図 3 出水時の流速分布計算結果



間の魚類への生態的意義についての解析に使用することが可能である²⁾。大規模出水時の流速分布は水理計算で再現することが可能であるが、主流部の流速は、2 m/s 以上となり、魚類が主流部にとどまることはほぼ不可能であると考えられる結果を示す。しかしワンドが存在する部分などの流速は、比較的緩やかになっており、魚類が出水時の避難場所として利用可能であった可能性が示されている。現地での魚類調査でも、通常本川でしか採捕できないアユが、出水時にはワンド内でも採捕されているなど、流動解析結果を裏付けている。流速分布は、河床形状、河道の縦横断形状等に規定されることから、河川の微地形 GIS と流動シミュレーションを利用することで、出水時の待避場所となりうる地点が特定できる。魚類の待避場所等として使用される可能性が高い地点を、GIS 上に展開することで、今まであまり考慮されてこなかった、魚類のハビタットとしての高水敷地形の重要性についても評価できる可能性が出てきている。

また、流速は河床の物理的環境を強く規定するものであるため、詳細な流速分布解析は、河床や水際の物理的環境特性の時空間的分布を定量的に示すことが可能である。流量変動のもつ生態的意味について検討した例として、自然共生センターで行われた実験から、出水による剥離により更新された付着藻類をアユが選択的に捕食する結果が得られている³⁾。このような結果も、流量変動に伴う詳細な流速分布解析と統合的に検討することで、例えばダムの弾力的運用による放流量を生態

的な意味を担保しつつ、適切に決定することにも利用することができる。

4. まとめ

土木研究所では、河川や湖沼の自然環境修復のために、これらがもつ形状と水の流れの相互作用による生物や生態系への影響を定量的に評価するための方法を開発してきている。ここでは紙面の都合から、一部のみをきわめて簡単な紹介に終わっているが、土木研究所河川生態チームでは自然環境修復に際して、開発された評価手法を用いていくことで、事業がより河川生態系に配慮したものとなるよう技術協力を行うとともに、新たな知見を蓄積して河川・湖沼の自然環境修復技術の向上に努めていく。ホームページにも情報が掲載されているので、こちらを、参照されたい。

<http://www.pwri.go.jp/team/kasenseitai/ja/index.htm>

【参考文献】

- 1) 山本晃一, (財)河川環境管理財団編, 自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系の関係に関する研究, 平成14年
- 2) 天野邦彦, 傳田正利, 時岡利和, 対馬孝治, 河川環境評価における流域特性や河川地形からの視点と新技術の適用, 土木技術資料, v 46, n 5, pp 26 31, 平成16年
- 3) 皆川朋子, 設置期間の異なる基質を用いた河床付着物の魚類の餌資源としての評価, 平成15年度自然共生研究センター報告書, 土木研究所資料 No 3946, pp. 32 41, 平成16年