

生態系保全における河川工学・生態学の接点

COOPERATIVE DEVELOPMENT OF RIVER ENGINEERING AND ECOLOGY FOR RIVERINE ECO-SYSTEM CONSERVATION

辻本哲郎¹

Tetsuro TSUJIMOTO

¹正会員 工博 名古屋大学教授 工学研究科地圏環境工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

In 1997, the river law was revised and the environmental assessment law was established. In river management, eco-system conservation is focused on besides improvement of functions of rivers such as safety against flood, water resources utilization and amenity for human life. Hydraulics and river engineering must support such new/emerging concepts, by cooperative studies with ecology.

When a river eco-system is discussed from a viewpoint of management, several target-species are selected and physical conditions of their habitats are discussed. Mitigation in assessments and restoration in following-up processes are supported by habitat-suitability evaluation. New discipline has been developed in this decade, such as fluvial hydraulics in a stream with vegetation to describe riverine physical system, habitat hydraulics, etc., and furthermore new cooperation with ecology is undertaken.

Key Words : *Eco-system, river landscape, sustainability, habitat suitability, assessment, mitigation, restoration, impact and response, ecology and hydraulics*

1. まえがき

河川管理が、治水・利水・親水と生態系保全を目的としたものと位置づけられるようになり、河川域を舞台にした生態系保全という視点で河川工学・水理学と生態学の複合領域が注目され研究が進みつつある。こうした分野の研究が、1997年にスタートした「新しい河川整備と管理の理念とそれを支援する河川技術に関するシンポジウム」のシリーズで取り上げられてきたが、今回のシンポジウムでは関連する30編に近い応募論文があった。本文では、河川生態系保全学の背景と研究の動向、今後の課題などを総括したい。

2. 背景

河川管理という視点では、1981年12月の「河川環境管理のあり方」についての河川審議会答申を一つの契機として、治水・利水に加えて河川の環境面の管理への取り組みが始まった。河川環境管理基本計画の策定、河川水辺の国勢調査の実施の流れの中で、1990年「多自然型川づくり推進」の通達が出て自然を志向した河川整備・管理が根づいてきた。環境が優れた川のイメージはさまざま、荒れ放題の河川敷の人工的な整備やふるさ

との川づくり(1987~)に代表される眺望の良い河川や利用に便利な川づくりと、ある意味ではまぜこぜになり、

「多自然」といいながら、本来の自然とは相反するものも見られ、自然環境保全という視点からは批判を浴びた例も多い。それでも、自然の材料を志向した多自然工法が各地に出現し、「多自然型川づくり」がどのようなものであるべきかの議論は質的に向上してきたと評価できる。多自然型川づくりにおいては、植生や魚類の生息支援(魚道、ワンドの整備)にかかわるものが主であった。

1995年の「今後の河川環境のあり方」についての河川審議会答申では、生態系への配慮の視点が現れ、河川の自然は生態系保全と一体のものであるとの考えが普及し始め、1997年の河川法改正の基盤となった。生態系という視点になると、局所的な多自然工法から、より上・下流域を含むコリドーといった視点へ移るなど、河川の連続性やセグメントごとの個性とその連続といった観点が認識され、また、多自然創造というものから河川の自然復元(restoration)といった視点へと変化していった(たとえば、河川の自然復元に関する国際シンポジウム, 1998, 「応用生態工学」特集, Vol. 2-1, 1999)。こうした流れの中で、どの時点の自然レベルを復元目標とするのが議論された。これに関連して、潜在自然型河川といった概念も提案された^{1), 2)}。

上述のような視点が普及してきた背景には、こうした時点までに河川の水質がある程度回復したことがあげら

れる。逆に、水質基準遵守型の環境政策にひとつの行き詰まりがあったことも指摘できよう。国の環境政策としては、1993年に環境基本法が定められ、1997年には環境影響評価法が制定された。新しい環境影響評価法はそれまでの閣議決定アセスメントに比べて、公害防止型から自然環境保全型へ、希少種保全中心から生態系の保全へ（持続性を支える生物多様性保全の考え方）、環境基準遵守型から環境影響を回避・低減（代償）する努力を評価する方向へと質的に変わった³⁾。すなわち、土地改変事業によるインパクトに対する自然への影響を生態系のレスポンスとして評価し、それを回避・低減するという考え方である。また事業開始後のモニタリングが重要視されているが、さらに言えば、必要に応じてフォローアップするという考え方であろう。改正された河川法下での、河川の生態系保全機能の確保は、河川へのさまざまなインパクトによる生態系の変質（eco-system degradation）の回復で、その意味ではフォローアップに相当すると考えてよいだろう。

1999年から新しい環境アセスを実際に施行していくにあたって、生態系保全をどのように捉えるかの議論が行われ、現時点では、（食物連鎖の）上位性、（環境類型での）典型性、特殊性、移動性を考慮して選ばれた種や群集に着目し、それらの生息環境（ハビタート）が事業によってどのように影響されるかを評価し、それについて生息場の減少を回避・低減し、それが困難な場合は代償する（mitigation）という方法論をとっている³⁾。

河川においても、場所、流況に改変を加える場合、このようにハビタートがどう影響されるかをアセスメントし、すでに影響を受けている場合についてはハビタートを復元するというシナリオが、今日的にわかりやすい河川の生態系保全であろう。

3. 河川域の階層性と河相・河川景観

河川という場を観るスケールとして代表的なものに、(i) リーチ、(ii) セグメント、(iii) 水系、(iv) 流域といった階層がある。リーチは砂州や瀬・淵などの河相を特徴づけるユニットを一对以上含む河道区間、セグメントはそれらの配列が統計的に均質な区間（沖積平野区間、扇状地区間など）、水系は水源山地から河口まで、流域は集水総面積である。さまざまなスケールでのインパクトに対する応答はさまざまなスケールでそれぞれに応じて現れるし、ハビタートもそれぞれの生物の行動圏との関連でさまざまなスケールで見る必要がある。生態系保全という視点はグローバルなものであるがせめて流域単位で対応すべきものである（Think globally, act at watershed）。とはいえ、堤内土地利用は人間活動を主体としてしか議論されていない今日、（流域管理の重要性は指摘されながらも）河川水系という限られた場での生態

系保全努力のもつ意義はきわめて高い。ここに、さまざまな問題点を抱えつつも多自然型川づくりを進める背景がある。

焦点を当てる課題によって、さまざまなスケールで研究やその結果としての環境評価がなされるが、個々のスケールでの議論を他のスケールにつないでおくことは非常に重要である。そのひとつの手段は、対象とする空間と外の空間との間の、水、土砂、さまざまな物質、生物、エネルギーなどのフラックスに注目した収支を明らかにしておくことである。

生態系保全を生息場保全の視点で観ると、河川の物理的環境をダイナミックに把握する必要がある。すなわち、水流、流砂、河道・河床地形、植生の相互作用系としての認識で、この系が、与えられた地質条件、気候条件下でそれに応じて変動する流量、土砂供給条件のもとでの動的なバランスでもって固有の特性を示している。ここではこれを河相と定義している²⁾（この物理環境がさまざまな生物相互作用系をささえている状況で「河相」を定義すべきであるとの考えも多いが、ここでは物理的相互作用系に入る部分で区切った。生物の中で植物は移動床水理系にフィードバックが働くのでここに入っている）。この仕組みを的確に記述・予測するのが河川水理学（(1) 開水路水理学、(2) 流砂機構、(3) 移動床水理、(4) 植生水理）の役割である。

著者²⁾はさらに、この河相の相互作用系の調整によって河川がさまざまな機能（治水、利水、親水、生態系保全）を担っている状況でもって「河川景観」を定義し（図-1参照）、河川景観管理こそこれからの河川管理であると考えている。河相がどのように治水、利水機能を支えているかの評価は従来の河川工学の課題であったが、生態系保全機能の評価は、河川工学・水理学と生態学の接点によって受け持たれるべき新しい課題といえる。

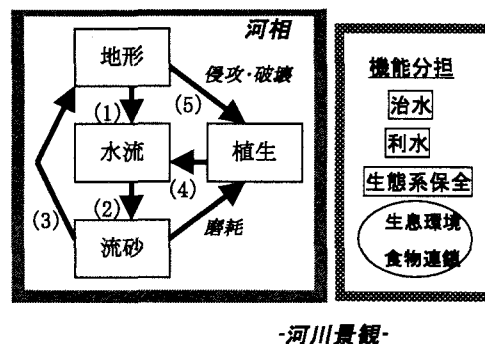


図-1 河相の相互作用系と河川景観

4. 河川生態学術研究

生態学的な観点から河川を理解し川のあるべき姿を探ることを目的として、1995年度から順次、多摩川、千曲

川、木津川(淀川水系)、北川(五ヶ瀬川水系)において河川生態学術研究会⁴⁾が組織され、とくにリーチに着目して生態学・河川工学の共同研究が進められている。そこで掲げられた調査研究目的は次のようである。(I)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。(II)ハビタートの類型化とその変動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。(III)特定区間における生物現存量、生物種構成、種の多様性、物質循環、エネルギーの流れを明らかにし河川生態系モデルを構築する。これらを用いて河川環境容量を推定し今後の河川管理に資する。(IV)河川に再自然化工法などのインパクトを与え、その効果の影響を明らかにし、評価の手法を確立し、河川の自然復元の手法を探る。

対象河川に選ばれた河川の中で、多摩川は人工的に流況が安定した礫床河川、千曲川はこれに比べると比較的自然的な礫床河川、木津川は頻繁に攪乱を受ける砂河川である。また北川は激甚災害復旧特別事業を、多自然型川づくりをとりいれて実施中のなかで、物理的インパクトが生態系に与える影響に焦点が当てられている。さまざまな分野からの研究成果が河道物理環境の上にオーバーレイされてきており、河川生態系の一面が概観できるようになってきたとはいえ、オーバーレイする情報をどのように論理的に関係づけて系の理解を進めるかが課題といえる。

5. 河川生態系の物理環境

河川生態系の物理環境は、図-1に示した河相相互作用系で、こうした植生を伴う移動床過程の研究はここ10年足らずの間に大きく進展した(たとえば、Tsujiimoto⁵⁾参照)。植生を伴う流れの研究が進み、植生周辺のさまざまな微地形形成と分級が議論された。水域の地形は流れ(流速・水深)、流砂状況を規定し、また流況の変動を認識すれば、河道の陸域地形といえども洪水時に冠水した河床として変動したものの結果である。このように、河道のさまざまな移動床過程は、河川の水域、陸域を問わずハビタートの特徴を規定している。

とくに植生は流れを微妙に変化させ複雑な地形をもたらすとともに、洪水時形成された地形は低水時の植生生育条件を規定している。洪水時の植生の破壊(流体力作用による破壊や立地地形の流失)や低水時の植生の成長や生育領域の拡大といった事象(図-1の矢印(5))を取り込まないで河相の変遷、言い換えれば生態系の物理環境の変遷を予測することは出来ないことが認識されてきた(辻本ら⁶⁾、清水・小葉竹ら)。こうした視点から植生の生育条件・破壊条件の研究が注目される。生育条件も、主として比高など生育地形条件依存性以外に土壌特性と結びつけたがって洪水時の微細砂堆積作用と関係づけて

議論されるようになってきた(藤田ら⁷⁾、清水ら⁸⁾、鷺見・荻島・片貝ら)。伐採後の樹形変化についても知見が加えられた⁹⁾。一方、破壊条件についても系統的な検討がされはじめた¹⁰⁾。高水敷の微細砂堆積やその流失は高水敷土壌の植生生育に関わるが、微細砂による栄養塩の輸送という視点¹¹⁾も注目される(戸田・池田ら)。

対象生物も、単に水域では魚類、陸域では植生であったのが広い範囲に拡大している。そのため、分級による細砂マウンド(アリジゴク)、伏流水(間隙性生物)といった物理環境についての研究も着手されている(木津川河川生態学術研究会H11年度研究成果総括より)。また、二次流路(secondary channel)、わんど、たまり(side pool)といった一時水域の重要性の認識(産卵・孵化、稚仔魚の生育場、洪水時の避難場)から、その実態、形成・維持機構が研究されつつある¹²⁻¹⁴⁾(辻本・寺本、鷺見・頼原ら)。こうした一時水域は近年の流況平滑化で特別な生息環境としての機能が喪失している(綾・紀平ら)。

魚道、わんどなどの生息環境支援施設についても、魚類に加え甲殻類なども対象となっている¹⁵⁾(安田ら)ほか、生物の行動との関係づけを充分意識した研究へと移り変わってきた^{12), 15), 16)}(泉・工藤・東ら、関谷・漆山・福井ら)。また築など水産施設についても同様である(中島ら)。

6. 生息環境評価

生態系はさまざまな種が互いに関係しあっているシステムで客体的なものであるが、評価にあっては、いくつかの種に注目し、それらを主体として相互関係を見るのがわかりやすい。アセスメントの手段として述べたように、こうした注目種の生息環境の評価から焦点を当てる。

物理環境に応じて生息環境をどのように評価するかについては、IFIM/PHABSIM¹⁷⁾という手法が知られる。IFIMはInstream Flow Incremental Methodologyの略称で、河道内流量を変化させて生息環境適性がどう変化するかを評価する手法全体を意味する。一方、PHABSIMはPhysical Habitat Simulationの略称で、それぞれの種、サイズについて、個々の物理環境指標 ξ_j (流速、水深、河床材料など)に対する選好曲線(preference curve) $f_j(\xi_j)$ (0~1の数値で不適から好適を表現)をあらかじめ求めておき、河道区間における環境指標の値の空間分布 ξ_{jk} (k は空間の1つのセルを表す)を生息適性値の分布 Ξ_k に変換する。

$$\Xi_k = \prod_j \{f_j(\xi_{jk})\}^{\gamma_j} \quad (1)$$

ここに、 $\sum \gamma_j = 1.0$ である。物理環境要素については、最近水深平均された平面2次元解析によって地形、河床材

*斜体文字での著者名は、本論文集登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)。

料特性、植生の局所的影響を取り込んだ流れが扱われ、さらに河床変動解析を組み込んで、これらの空間分布の時間的変化も表現できるようになっている¹⁹⁾。

IFIM/PHABSIMではしばしば、下記の式の右辺分子をWUA (weighted usable area) と呼ぶが、対象河道区間全体の平均値として以下のように規格化したWUA*を用いる方が良い¹⁹⁾。

$$WUA^* = \frac{\sum_k \left[\prod_j \{f_j(\xi_{jk})\}^{\gamma_j} \Delta A_k \right]}{\sum_k \Delta A_k} \quad (2)$$

ここに、 ΔA_k はセル面積で、 $\sum \Delta A_k$ は対象区間河道総面積である。なお、生息適性値 ξ_k の空間分布そのものを議論するのが良い¹⁹⁾。

IFIM/PHABSIMの枠組みでの研究は近年増加してきている。流量の変化に応じて生息環境評価ができる枠組みなので、アセスメントや自然復元の試みの評価への展望がひらける。その対象も魚類を中心に議論されてきたものが、底生生物などさまざまな生物へと広がりつつある(辻本²⁰⁾、大杉・福田・泉田)。

PHABSIMの中の生物特性をあらわす選好曲線の作成については、(i)図鑑的知識から概略的に作成するもの、(ii)現地調査によって統計的に作成するものがあり、検討がされている(小出水・藪木・中村)。また、選好性は相対的存在確率を示す程度のものと理解するものから、現存量 (biomass) そのものを表そうとするものまでさまざまな理解がある。

ところで、選好曲線を作成する対象となる物理環境指標(物理環境指標だけに限る必要はない)も、これまで多くは水深、流速、底質材料粒径の3つを採用することが多いが、辻本・永禮²¹⁾は底生魚では水深平均された流速よりむしろ摩擦速度を指標にすべきであること、空間的加速度も重要な物理指標であることを指摘し、これらを解析に取り込んでいる。空間的加速度は、一つの「環境傾度」(知花・玉井)である。また落下昆虫を餌とする魚の採餌環境として、落下浮遊物の収束する場を水理学的に検討する試みもされている(辻本・田代・伊藤)。

さて、魚類生息環境評価を行うにしても、種・行動ともさまざま、それぞれの適性環境は異なる。こうしたとき、魚類生息環境としてあるいは生態系全体としてどのように総合化するかが課題になっている。

すでに述べたように、多様性の観点を維持しながらも注目種について検討することから始めるスタンスがとられてきた。個々の種、サイズ、ステージ(定位、採餌、産卵、避難などの行動モード²²⁾)での物理環境適性を評価した後、これらを総合化する展開と、もう一つは、多様性指数などを直接物理指標と結びつける方法(大杉・福田・泉田)である。ステージの総合化について、前者のアプローチの例としては、採餌、産卵、洪水時の避難、渇水時の避難な

どの適性環境を個別に求める一方、その種の定位の適性環境との連結性をその種の行動圏スケールを利用して評価する方法が提案されている(辻本・田代・伊藤)。こうした方向の中で、餌環境は食われる側(たとえば底生生物であるとか付着藻類)の生息・生育環境として評価される。すなわち食物連鎖を通じて他生物との総合化が図られる可能性があり、魚類のみならず他の生物についての生息・生育環境評価がIFIM/PHABSIMのシナリオでの検討が進むことが期待される。陸域植生、魚類についての生育・生息適性はこれまでにある程度知見が蓄えられてきたが、底生生物の生息環境(辻本²⁰⁾、大杉・福田・泉田)、付着藻類の生育・破壊条件(赤松・戸田・池田、浅枝・Son・藤野、北村・加藤・辻本)についての研究も緒についてきた。

このようにハビタートの空間構造と食物連鎖構造で生態系を記述するという方向が示唆されているが、そのほか、生物相互作用(すみわけ、共生・競争)もさまざまな生息場の空間的近接度を考慮して取り込む方向が検討されてくるものと想像される。

IFIM/PHABSIMは、物理環境の変化とともに河道生態系がどのように変化するかを記述できるもので、次のような利用の仕方がある。①従来型河川改修や多自然型工法などによる場の物理環境の変化に対する生息適性の変化、②水利用による河川流量の変化による生息場の変化、③ダム操作による洪水の規模・頻度の変化による生息場の変化、④土砂供給の変化に伴う(河床低下・アーミング、微細砂堆積)生息環境の変化などの予測である。最近の研究からは、地形変化の前後での魚類生息適性の変化の検討²³⁾、正常流量の決定(島谷)、ダム建設による流況変化による魚類生息環境の変化予測(辻本・永禮²¹⁾、小出水・藪木・中村)、試験湛水による底生生物生息環境の変化とフラッシュ洪水による回復(辻本²⁰⁾、大杉・福田・泉田)などがIFIM/PHABSIMを適用した例としてあげられる。このような、インパクト(洪水、河道改修、ダム建設など)に対して生態系がどのように変化するかという視点(風間・土屋・平井)で、さまざまな生物の生息・生育条件についての知見が蓄積されていくことが望まれる。

7. 生物・生態特性の物理的把握

前章で述べたように、生態系の枠組みを生息環境と食物連鎖、すみわけ・共生関係などの立体構成でモデル化すれば、人的・自然的インパクトに応じた物理環境あるいは化学環境の変化に伴う生態系の変質がある程度定量的に描かれ、アセスメントあるいは代償・復元手法の開発とその評価に生かされる。前章では枠組みが述べられただけで、たとえば選好曲線、食物連鎖系、共生関係などについて生物・生態的知見が不足していたり、その物理的把握

と表現が十分でない面が多い。

植生については、物理環境基盤としての重要性からすでに述べたように生育環境、成長過程あるいは洪水時の破壊過程が研究されつつある。これまでは、物理基盤(比高、傾斜、冠水頻度)などと直接的にどう関連するかが調べられてきたが、伏流水面からの鉛直浸透やそれに伴う栄養塩の移動などプロセスが俎上に上がってきた。中小洪水での高水敷への微細砂の堆積で持ち込まれる栄養分(大出水時に流失)がそのような植物に利用され、植生状態が変化していくかが注目されつつある。河川水質やその起源と絡んだ研究も期待される。河川敷の植生の変化(河原植物の衰退、外来種の占有、樹林化)も、河川水系・流域へのインパクトに対するレスポンスとして認識されつつある。

また栄養塩などが植物体に取り込まれて、植物がどのように成長するか、枯死して分解されるかなどをモデル化しようとする試み²⁴⁾も行われている。こうした研究は物質循環をベースにした生態系モデルを組み立てる上で必要である一方、植生を用いた水質浄化工法の評価(浅枝ら²⁵⁾、酒匂・落合ら)にも応用できるものと思われる。

付着藻類は一次生産者として、またとくにアユの餌として魚類生息環境に関わるものでその生育環境が研究され始めている。たとえば、栄養塩と日射をコントロールできる室内実験によって藻類の増殖・剥離を調べたもの(赤松・戸田・池田)、光、栄養塩量を考慮した藻類成長モデル、生理的条件と流体力評価からなる剥離モデルを作成、珪藻から糸状藻類への遷移過程に適用するなどの議論(浅枝・Son・藤野)が見られる。またダムによる流送土砂の減少によって珪藻から糸状藻類に変化したためアユが減ったと推測される矢作川での例を対象に、珪藻の成長を阻害すると考えられる糸状藻を掃流砂によって剥ぎ取る過程が水路実験に基づいて解析された(北村・加藤・辻本)。

魚類についても、物理環境と生息を関係づける情報、また生活史、行動特性(楊・関根・浮田・今井)についての知見も加えられつつある。また、カブトガニの産卵場と幼生生息場を孵化幼生の分散機構を介して結合させた研究²⁶⁾も、生活史という生態学的側面と水理学との接点として今後の研究のヒントとして評価されよう。

8. 自然復元の試み(結びにかえて)

多自然型川づくりの枠組みで、あるいは環境フォローアップのシナリオの中で、さまざまなインパクトによる河川生態系の復元が話題になってきた。とくに、ダムという大きなインパクトが河道生態系にもたらした影響の認識とその復元は今日注目を浴びているトピックスである。

ダムのインパクトは、完成後まず湛水のためのきわめて小さな流量が継続することの影響(ウォッシュロードの河道への堆積)が出現し、その後次第に流況の変化(水

系変更のための減水、流況の平滑化、洪水の強度・頻度の低下)、流送土砂の激減による河床低下を通し、さらにこれらの複合として現れる河道の樹林化などを伴って、生態系の変質をもたらしている²⁷⁾。こうした生態系の質の低下(ecosystem degradation)を、事前にアセスメントとして回避・低減したり、フォローアップや多自然型河川整備の中で復元する(restoration)シナリオが検討され、試行されるようになってきている。その一つの画期的なものとして、米国グレンキャニオンダムの1996年4月の人工洪水があげられる^{28), 29)}。この実験ではとくに砂州のリフレッシュが注目される成果とされている。

わが国でも、ダム下流河道の自然復元を目的にいくつかの人工洪水の試みが始められ、詳細な調査分析がなされつつある。わが国では貯水池規模が小さく、せいぜい河床や高水敷の微細砂や劣化した藻類のフラッシュによる生息環境復元程度でしかないようだ(木津川水系比奈知ダム(辻本ら²⁰⁾、大杉・福田・泉田)、鬼怒川川俣ダム(大杉・尾澤・小笠原・角)、松浦川水系敵木ダム(皆川・清水・島谷))。流況変動の影響は、自然共生研究センターの実験河川でも検討中である(皆川ら)。

手取川の事例⁶⁾からも、樹林化を伴うような景観変質は、ダム建設以前の年平均最大流量規模の出水が数年に一度起きないとその傾向は阻止できないし、一旦成長した樹木は洪水時の破壊確率が小さく、樹林化が不可逆的に進行することになる。一方現在のように制御された流況内で人工洪水を想定すると非常に小規模のフラッシュ洪水しか可能でない。自然に來襲する中・大規模洪水の調節を利用したやり方を考えていくしかないだろう。

わが国におけるダムの影響のもう一つの特徴は、下流河道への土砂供給の停止によるもので、河床低下・アーマー化などが進行し²⁷⁾、河道生態系も変質を余儀なくされる。手取川の例ではアーマー化のためダム建設前の平均年最大流量でも河床材料は移動しない⁶⁾。移動しなくなった礫床河道では、礫に付着する珪藻が更新されず劣化しあるいは糸状藻に遷移し、アユの餌環境が劣化すると言われる³⁰⁾。人工洪水で河床礫を移動させる流量を放流するのは大変であるが、砂投入とそれを流送する流量なら可能で、掃流砂によって糸状藻類剥ぎ取りを期待する復元工法も考えられている(田中³⁰⁾、北村・加藤・辻本)。

ダム貯水池の堆砂と下流河道への土砂供給停止は、河道生態系の視点だけでなく、ダムの機能持続の観点でも重要な課題で、水系一貫の視点での土砂制御の必要性が認識されている。排砂ゲート、土砂バイパスなどの技術的な問題は水工学上重要な研究課題となっている。貯水池で掘削・浚渫した土砂をダム直下に積み上げておいて、洪水とともに流下させる方法も試行されている。一方、排砂時の濁水による生態系への影響も指摘される(黒部川出平ダムなど)。どのような底質成分をどのような流量で流すのが適正かを検討できるシナリオづくりが急がれる。

人工洪水や貯水池堆砂の排出といった大掛かりなシナリオでの河道生態系復元は、一種の実験である。自然復元が期待できるシナリオを新しい生態学・水工学の成果に基づく仮説によってえがき、市民の合意を得て実行し、最新の学術を基礎としたモニタリングで効果を評価し、必要によっては再度、仮説・実験・モニタリングを繰り返す、順応的に自然環境管理を行っていくという考え方 (adaptive management^{27), 31)} が重要である。米国グレンキャニオンの試験洪水もこうした視点で繰り返される予定である。

また河口域でカブトガニ産卵場を人工造成する代償 (mitigation) の事例では、モニタリングに日常的・永続的で学習効果も期待される住民参加型が提案されている (清野・宇多・釘宮・綿末ら)。

河川法改正と環境影響評価法施行の流れの中で、生態学と水工学の接点に新しい知見が集積し、水系ひいては流域の生態系保全を支える技術が確立していくものと期待する。また論理的に整理されてきた生態系保全シナリオであっても、実際の具体的な場面で、その視点と現実の行政・市民の視点との間で、保全の価値観をどのように調整していくか問題は山積している (清野・宇多・森ら)。

参考文献

- 1) 玉井信行：潜在自然型河川の特性とそれに関する研究・河川管理のあり方について、第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 147-152, 1997.
- 2) 辻本哲郎：河川景観の変質とその潜在自然への回復, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 147-152, 1998.
- 3) 環境庁環境影響評価技術検討委員会：自然環境のアセスメント技術 (I), 358p., 1999.
- 4) 河川生態学研究会：川の自然環境の解明に向けて、リバーフロント整備センター, 10p., 1997.
- 5) Tsujimoto, T.: Fluvial processes in streams with vegetation, *Jour. Hydraul. Res.*, IAHR, Vol.4, No.6, pp.789-803, 1999.
- 6) 辻本哲郎・村上陽子・安井辰弥：手取川における樹林化と大出水時の植生破壊, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 99-104, 1999.
- 7) 藤田光一・渡辺敏・李参熙・塚原隆夫：礫床河川の植生繁茂に及ぼす土砂堆積作用の重要度, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 117-122, 1998.
- 8) 清水義彦・小葉竹重機・赤羽忠志・藤田浩・小松みわ子：渡良瀬川中流域における河道特性と河道内樹林化について, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 129-134, 1998.
- 9) 坂井一浩・渡邊康玄・吉井厚志：伐採による河畔林の樹形特性, 水工学論文集, Vol. 44, pp. 1221-1226, 2000.
- 10) 瀬崎智之・服部敦・近藤和仁・徳田真・藤田光一・吉田昌樹：礫州上草本植生の流失機構に関する現地観測と考察, 水工学論文集, Vol. 44, pp. 825-830, 2000.
- 11) 戸田祐嗣・池田駿介・熊谷兼太郎：礫床河川における洪水前後の高水敷植生の変化と栄養塩・有機物の輸送に関する現地観測, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 71-76, 1999.
- 12) 河川環境管理財団大阪研究所 (編)：わんどの機能と保造, 254p., 1999.
- 13) 松波由佳・綾史郎・矢田敏晃：淀川ワンド群の形成・衰退とその生態学的意義, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 93-104, 1999.
- 14) 原田守博・西村智樹・武井剛・太刀川恭子：砂州における溜まりや植生の立地環境特性と伏流水との係わり, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 87-92, 1999.
- 15) 浜野龍雄・三矢恭彦・石崎勝義：河川横断工作物がエビ・カニ類に及ぼす影響とその個体群の復元について, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 183-188, 1998.
- 16) 和田清・東信行・小出水規行・中村俊六：稚アユの遡上行動からみた仮設用ストリーム型魚道に関する一考察, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 159-164, 1999.
- 17) 林田寿文・本田隆秀・萱場祐一・島谷幸宏：階段式魚道のプール内流況とウグイの遊泳行動, 水工学論文集, Vol. 44, pp. 825-830, 2000.
- 18) Nestler, J.M., R.T. Milhaus and J.B. Kayser: Instream habitat modeling techniques, *Alternative in Regulated River Management*, edited by J.A. Gore and G.E. Petts, CDC Press, 1989.
- 19) 辻本哲郎：河川の生態環境水理学序説, 第34回水工学に関する夏期研修会講義集, A-1, 20p., 1998.
- 20) 辻本哲郎・増田健一・寺本敦子・田代喬：試験湛水時のダム下流河道の生息環境の変質とその復元のためのフラッシュの効果の評価, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 81-86, 1999.
- 21) 辻本哲郎・永禮大：魚類生息環境変質の評価のシナリオ, 水工学論文集, Vol. 43, pp. 947-952, 1999.
- 22) 楊継東・関根雅彦・浮田正夫・今井剛：行動モードを考慮した魚の環境選好性に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 636/VII-13, pp.35-45, 1999.
- 23) 須藤達美・永瀬恭一・道上正規・檜谷治：PHABSIMを用いた純淡水魚類生息場の定量評価に関するケーススタディ, 水工学論文集, Vol. 44, pp. 1203-1208, 2000.
- 24) 浅枝隆・藤野毅・Vu Kien Trung：水生生物の生長・枯死・分解過程の定量的評価解析, 河川技術に関する論文集, Vol. 5, pp. 65-70, 1999.
- 25) 浅枝隆・Shiromi Karunaratne・藤野毅：アシ *Phragmites australis* の生長の予測モデルと水質改善に対する効果, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp. 225-230, 1998.
- 26) 清野聡子・宇多高明・前田耕作・山路和雄：守江湾内の八坂川河口沖干潟におけるカブトガニ孵化幼生の分散機構の解析, 水工学論文集, Vol. 44, pp. 1209-1214, 2000.
- 27) 辻本哲郎：ダムが河川の物理的環境に与える影響 - 河川工学及び水理学的視点から -, 応用生態工学, Vol. 2, No. 2, pp. 103-112, 1999.
- 28) 辻本哲郎：米国グレンキャニオンダムの試験洪水と比奈知ダムを例とした流況変動研究について, 第1回水源地生態研究セミナー講演集, ダム水源地環境整備センター, pp. 61-74, 1998.
- 29) 辻本哲郎：人工洪水による河川生態系保全機能復元の試み, 土木学会誌, Vol. 84, No. 12, pp. 104-107, 1999.
- 30) 田中蕃：砂利投入による河床構造回復の試みとその効果, 矢作川研究, No. 1, pp. 175-202, 1997.
- 31) 驚谷いずみ：生態管理におけるadaptive managementについて, 第1回水源地生態研究セミナー講演集, ダム水源地環境整備センター, pp. 8-21, 1998.

(2000. 4. 17受付)