

# 河川環境の劣化防止・保全・修復・再生に係わる河川技術の課題と展望

## THE SUBJECT AND VIEW OF RIVER ENGINEERING CONCERNING PREVENTION OF DEGRADATION, CONSERVATION, RIHABILITATION AND RESTORATION ON RIVER ENVIRONMENT

森吉尚<sup>1</sup>・渡邊康玄<sup>2</sup>・土屋十圀<sup>3</sup>

Yoshinao MORI, Yasuharu WATANABE and Mitsukuni TSUCHIYA

<sup>1</sup>正会員 工修 (財) リバーフロント整備センター 研究第4部(〒102-0075 東京都千代田区三番町3-8)

<sup>2</sup>正会員 工博 (独) 北海道開発土木研究所 河川研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3-1-34)

<sup>3</sup>正会員 工博 前橋工科大学教授 工学部建設工学科(〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1番地)

Recently, most substantial attention is paid to river environment and many measures and researches are treated year by year. In 2002, river restoration works were started in Japan, however, many themes are remained yet. In this report, we reviewed references pointed out the problems of ever nature-oriented river works in Japan, and introduced some examples of restoration project in the world. Then we considered subject and view of river engineering concerning prevention of degradation, conservation, rehabilitation and restoration on river environment.

**Key Words :** *River environment, nature-oriented river works, prevention of degradation, conservation, rehabilitation, restoration*

### 1. はじめに

近年、河川環境に対する意識はかつてないほどの高まりを見せており、本シンポジウムにおいても年を追うごとに数多くの環境関係の論文が寄せられるようになってきている。2002年は行政においても、自然再生事業が新設され、生物多様性国家戦略の策定や自然再生推進法が成立するなど、様々な新しい施策が打ち出され、ひとつの転機とも言える年であった。河川法が1997年に改正され、環境が、治水、利水と並ぶ3つの目的のひとつに加えられていたが、より主体的、本格的な取り組みが可能となる制度や施策がようやく整ってきたと言える。しかしながら、実際の現場においてはまだまだ多くの課題が残っている。多自然型川づくりが始まった初期の頃と比べれば、実績も積み重なり随分洗練されてはきた。しかし一方で、生物多様性や外来種問題、持続可能性やコスト縮減、専門家と市民の連携・協調など、国民の視点や求めるニーズがますます幅広く高度なものとなってきており、従来の劣化防止・保全から、修復、再生へと目標も益々進化している。これを支える河川技術の面に

おいても目覚ましい進歩は遂げているものの、まだまだデータが十分蓄積されていなかったり、研究が緒についたばかりという分野もある。本報では、このような現状に鑑み、個別の河川技術にとどまらず河川を流域単位とした流域管理と地域計画との連携、河川工学と生態学、都市計画の問題まで展望した議論をしたいと考えている。以下にあらためて従来の多自然型川づくりに対して指摘されている課題を振り返るとともに、世界の自然再生の事例や動向を参照し、我が国における河川環境の劣化防止・保全・修復・再生に関する現状の課題や今後の方向性を考えてみることにする。

### 2. 従来の多自然型川づくりの問題点

従来、わが国では水害や土砂災害の防護に対する要請が極めて強く、川の流れを技術的にコントロールする方法で河川の整備が進められてきた。限られた予算の中で効率的に対応するため、河道の直線化、定規断面化、河道の固定化、コンクリート護岸の整備等が進められ、治水上の観点からは一定の成果をあげてきたが、その代償

として、河川の自然環境や景観に大きな影響を与えてきた。このような状況を踏まえ、1990年には「多自然型川づくり」の推進について通達がなされ、「河川が本来有している生物の良好な生育環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全あるいは創出」する「多自然型川づくり」がパイロット的に実施されることとなった<sup>1)</sup>。それから13年を経過した今でもその理念は輝きを失っており、全国で多自然型川づくりとして実施される工事は毎年数千箇所にとぼっている。事業の進展に伴って多くの技術開発も行われ、多自然型川づくりの取り組みは河川環境の保全、修復を实践する強力なツールとして関連施策全体をリードする役割を果たしてきた。その功績は極めて大きい。一方で、あらためて今までの取り組みを振り返って見ると、幾つかの問題点も見えてくる。多自然型川づくりに関しては今までも様々な指摘があるが、ここでは既往の文献から、共通する主な指摘事項を抽出し、今後の課題を考えてみることにする。

### (1) 素材、工法の偏重

最も多い指摘のひとつは、「景観や親水性が重視され、コンクリートを石積みや多孔質の素材に変えることで自然が豊かになると錯誤している」<sup>2)</sup>というものである。自然や生物への配慮という視点を河川工学・技術の中で捉えることはなかなか困難で、自然的材料を用いる伝統方法や手法を再度踏襲することになったり、情緒的な景観の議論や何らかの特別な生物種の存在のみを不自然に意識したものとなるのもやむをえなかった<sup>3)</sup>という面もあるが、特に初期の頃は、参考となる情報や事例も少なく、「自然石や空隙に富むコンクリートブロックを用いた護岸工事」<sup>4)</sup>が目についたのは事実である。

このような工法を安直に導入した際に最も大きな問題となるのは、水際の連続性を分断しがちなことである。例えば、角野らが神戸市近郊の中小河川で植物相を調査した結果では、記録された植物の種数は「多自然型川づくり」を行った区間においてもっとも少なく、帰化植物の占める割合が最も高かったと報告されている。たとえ石積み護岸であっても、水辺の環境の連続性を分断すれば植物相を貧弱にし、また工事の過程で全体が裸地化されたことが帰化植物のいち早い侵入を促したと考えられている<sup>5)</sup>。また、「流失防止対策として覆土に種子を吹き付ける場合、その種子は外来種がほとんどである」<sup>6)</sup>という指摘もある。

かなり改善されてはきているが現在でも、限られた工法に施工例が偏る傾向は残っている。河川の流域特性、背後地の環境などその地域のプリミティブな自然度、多様度を基本に考えないとどこでも豊かな「多自然」を実現することは困難である。しかし、特に市街地の中にある中小河川では既定計画によって法線が決められ治水計画に余裕のない河川断面で河川整備工事が継続されてい

る場合が多いのが実状である<sup>6)</sup>。

### (2) 目標、評価軸

より根本的な課題は、目指すべき目標が明確でなかった場合が多いことだろう。「何のための多自然型川づくりなのか、という問いに対して明確な答えを持っていなかったこと、そして新たな技術に対して評価軸を持っていなかったことが、結果として工種・工法に偏重した多自然型川づくりを全国に生んでしまった理由だと思われる。」<sup>7)</sup>という指摘もある。自然環境の目標設定や評価を困難にしている理由のひとつは、個々の生物種にとって良い環境が必ずしも他の種にとって良い環境とは限らないことである。保全・復元目標の考え方としては、過去の大きなインパクトがある前の状況を目標とする、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といったことが提唱されている<sup>7)</sup>。しかし、かつては低地や湿地であった場所までが埋め立てなどによって高度な土地利用がされるに及び自然の氾濫原は消失していった。したがって、河川区域ではなかった氾濫原の自然が今では河川区域の中だけにしか残されていないことも多く、氾濫原の再生を具体化することとなると専門家の間でも議論の分かれる問題が数多く存在する。また、河川環境の復元においてもどの時点の河川環境に復元するかという問題も残っている。既に周辺の環境が大きく変化してしまっている今、その周辺まで含めて元の状態に戻すことは不可能に近いだろう。まさに、土地利用を含む都市計画の在り方と河川管理との連携が図られる必要がある。個人の価値観の変化や地域情勢にも左右される複雑な課題であるが、今や河川整備計画の策定時にも、環境影響評価が求められるようになり、実務的な必要性は今後益々高まっていくと思われる。

根本的には、河川の自然とは何か。即ち、自然をどう評価するかという問題に対して、現場では河川環境整備のための一般的でかつ定量的な評価手法が必要となっている。それに対して、「潜在自然型の河川」を目標とした生息域適正度の定量的評価手法<sup>8)</sup>などが提案されている。また、「目標河川景観」という生態学的景観の概念を自然復元の目標とする<sup>9)</sup>などの提案もあり、実践を重ねながら更に、発展させる調査・研究が重要である。

### (3) 事後調査の不足

「多自然型川づくりが河川の生物相にどのような影響を与えているかについて検証を試みた例はきわめて限られる。特に生態学的な検証に耐えられるものはほとんどない」<sup>10)</sup>という指摘がある。河川に限らず土木工事全体に言えることではあるが、構造物完成後のモニタリングデータを取っている例は極めて限られるのが実状である。また、事後調査を実施しても事前のデータが乏しいために十分な分析ができない場合もある。洪水や渇水など変

動を特徴とする自然現象による攪乱と物理的環境が恒久的に固定化されることが多い人為的な攪乱は区分してることが重要である<sup>8)</sup>が、このような分析に耐え得る長期的、体系的なデータはほとんどないといっても良かった。このため、従来は「生物環境にかかわる水流や河川地形と生物が別個に議論されるものが多く、生物研究者の指導を得た生物データが書き加えられてはいても、十分な物理-生物相互作用系としての生態系の議論とは程遠い」<sup>11)</sup>という面もあった。しかしながら的確な計画設計を行うためには、「河川改修などを含めた、人為的なインパクトがどのように河川の自然環境に作用しているのか、どのような生物の生息空間に対して影響を与えやすいのか、そして生物がどのように影響を受けるのか、その場の生態系はどのように影響を受けるのかなど、インパクト-レスポンスの関係を明らかにする」<sup>12)</sup>ことは不可欠である。そのためにも、モニタリング調査の質、量の拡充を図るとともに、調査方法の改良や効率化、目標や評価軸に沿って絞込みあるいは重点化された調査や実河川における実証実験等、積極的に努力をしていく必要があるだろう。

#### (4) 自然の営力の活用と順応的管理

「川の地形というのは絶えず変化するのが自然の姿である。例えばワンドをつくりたいならば、どこかにワンドができるような仕掛けをつくり、あとは川の営みを待てばよい。河川事業の成否を本当に評価できるのは、何年か経ってからである。公共事業においても、そのような仕組みができないものだろうか」<sup>9)</sup>。「今後、多自然型川づくりが計画論も含めた技術的發展を遂げるためには、実験的検証とそれに基づく改良が必ず必要になる」<sup>10)</sup>という指摘がある。意欲的な取り組みの中には、既にこのような対応を実践している例もあるが、関係者の才覚や熱意によるところが多く、組織的な対応となると極めて限られるのが実状である。自然のメカニズムにはまだわかっていないことが多く、中長期的な視点を持ち、検証を繰り返しながら柔軟に対処する順応的管理のシステム<sup>4)</sup>も確立する必要がある。

ここで教訓とすべき視点は、自然の生態系は一つのまとまりにおいて環境と生物群集とは有機的な繋がりを持つシステムとして存在することである。このシステムは一見変化のないように見えても常に変化し、環境作用と環境形成作用という作用・反作用の関係が成立しており、結果として生態系自身も変化する。即ち「生態遷移」が時間とともに存在することである。「自然は不変のものである」という誤解から「自然は変化するもの」という認識が共通のものとなり、河川の自然再生とその管理が求められよう。

#### (5) 流域からの視点

「河川の生態系の大部分は河道の動態で支えられ、それ無しにはあり得ない。したがって自然に近いものを造るのではなく、自然のダイナミズムを出来るだけ多く復元すべきである」<sup>3)</sup>ということが言われている。川らしい景観を取り戻し河川固有の生態系の保全を図っていくためには、河川の攪乱と更新のシステムも含めた再生が不可欠である。しかしながら、今までの多自然型川づくりは工事単位での局所的な取り組みが多く、「河川計画全体において多自然型の川づくりを視野に入れた取り組みは現在でも数が限られている」<sup>4)</sup>。「河川の自然再生を行おうと思えば河道だけでなく、流域の視点が不可欠である。流域の遊水・保水機能の保持、流域のほかの水域とのネットワーク、流域からの栄養塩類の除去なども含めた総合治水を発展させた、治水と環境保全が一体となった総合的な氾濫原管理の重要性を強く感じる。」<sup>12)</sup>、「森林（水辺林）と川とのつながり、上流から下流への物質移動のつながり、地表水と地下水脈のつながり、川と地域とのつながり、今失っているこれらのつながりをいかに回復していくかが、今後の川づくりの基本理念となりうる。」<sup>13)</sup>等、流域の視点からの広域的な取り組みを求める声は多い。山林や農地との連携など、今まで何度も提唱されながらなかなか実現しない困難な課題ではあるが、行政面、研究面、技術面が一体となった更なる努力が必要であろう。農地と河川の連携では北上川流域の支川において渡り鳥の生息地である蕪栗沼とその周辺の湿田である遊休農地の保全と治水的機能を評価した事例は今後の流域の視点から川づくりを行うモデルといえよう。

### 3. 自然再生の取り組みと課題

昨年度より、わが国でも人為によって失われた河川環境の再生を図る自然再生事業がスタートした。従来の河川事業と異なり、治水、利水の効果にかかわらず、環境を主目的として事業計画が立案できるのが特徴のひとつであるが、自然再生事業においては、前節で述べた課題も踏まえ、「流域の視点から計画を策定する」「順応的・段階的な事業の実施」「NPO等との連携」の3つのポイントが事業を進めていく上での留意点として示されている。わが国では自然再生事業は、緒についたばかりであるが、欧米諸国では既に成果を上げている事例も報告されている。次に、海外の事例の中から、キシミー川、スキヤーン川、ライン川の事例を紹介し、わが国における課題を考える上での参考としたい。

#### (1) キシミー川（アメリカ）

キシミー川は、アメリカ・フロリダ半島のキシミー湖に端を発し、15,700haに及ぶ湿地帯を貫流して全米第2のオキチョビ湖に注ぐ流域面積5,892km<sup>2</sup>の河川である。

元来、キシミー川は、幅 3~5km の氾濫原の間を 166km にわたって蛇行して流れていたが、1962 年から 1971 年にかけて農業や住宅開発をのための治水、舟運のために、直線流路に改修され、深さ 9m、幅 100m の運河へと姿を変えた。また、5つのダムが建設され一連の貯水池に分割された。その結果、多くの湿地が消失し、スポーツフィッシュの減少や渡り鳥の利用が 92%減少するなどの環境破壊が起こった。一般市民や議会の関心も高まり、1976 年には州議会がキシミー川復元法を制定し、復元措置を取るための評価が義務づけられた。この評価のプロセスでは、当初、河川の機能や個々の生物種ごとに目標を立てようとして失敗があったが、1988 年「生態学的な完全性の再確立」が全体的な目標として掲げられ、1992 年に復元計画が策定された。事業目標については「キシミー川生態系の生態的完全性を復元するためのガイドラインと基準」が策定され、「復元評価プログラム」や科学顧問パネル等の組織がつくられた。事業としては、以前の河道掘削の際に掘り出した土砂を再び 35km の区間にわたって埋め戻すとともに、14km にわたって旧河道を掘り起こし、2ヵ所の流量調節施設とそれらに関連する堤防の撤去等が計画されている。1998 年から開始された埋め戻しは、2001 年 6 月に第 1 段階が完了した。既に湿地性植物群落の回復等が認められており、現在 2010 年の完成を目指して更に事業が進められているところである。最終的には 70km の蛇行流路と 11,000ha の湿地ハビタットが再生し、320 種以上の魚類及び野生生物が恩恵を受けることが期待されている。沿川の事業用地は、ほとんどが氾濫原が排水・干拓された後に新しく創り出された牧草地であったが、100 年洪水で氾濫する約 2,800ha の範囲は南フロリダ州水管理公社に買い上げられ、農民の多くはその補償で新たに土地を求めて農業を続けている<sup>6)14)15)</sup>。

## (2) スキャン川 (デンマーク)

スキャン川は、流域面積 2,500km<sup>2</sup>、デンマーク西部のリンコウピンフィヨルドに注ぎ込むデンマーク最大の河川である。デンマークは、かつて酪農を中心とした農業立国であり、低平地の地下水位を下げ牧草地の拡大を実施してきた。スキャン川でも 19 世紀後半から農地開発のために河川の直線化と排水路の整備が始まり、1968 年までに河川の 95%が改変され、4,000ha の草地在耕地に変換された。スキャン川周辺には、空気に触れると有害物質と化す成分を含む黄土が分布している。このため、1970 年代にフィヨルドにおいて深刻な富栄養化や黄土の堆積が進行し、沈水植物が消え草食性の水鳥が激減した。これに対し国は 1982 年に流路法を制定し、まず流路を復元する法的枠組みを整えた。以来、小規模なものも含めると 1,000 以上の復元プロジェクトがデンマーク全土で実施されている。1987 年にはスキャン

川における対策の実施が議決され、1990 年には地方及び中央の政府や団体の代表から構成される諮問委員会が設置された。同時に用地買収もスタートし、最終的に合意を得た地権者の数は約 300 人、面積は 1,950ha にのぼった。河川の復元は市街地には影響を及ぼさない範囲で行われることとなり、市街地への氾濫の危険性が増さない、農地の排水機能の低下を招かない等の付帯条件が付けられた。さらに用地取得の促進のため、税制面で優遇や、氾濫原内において耕作をしない、施肥を行わない、草刈を行う、市民の立ち入りを認めるという条件付で農民の土地利用が認められている。1998 年、スキャン川復元プロジェクト法が可決され、1999 年 6 月に着工した。この事業は現在北ヨーロッパ最大の復元プロジェクトであり、直線化されたスキャン川下流部分の 19km にわたる再蛇行化や堤防の移設等が計画されている。工事はまず下流 9km の再蛇行化から始まり、以降順次施工区域を拡げて 2002 年 12 月に完成、1 年間のモニタリング期間を経て 2003 年に事業が完了する予定である。水質問題等の具体的な効果はまだ不明であるが、既にサケやカワウソ等が増加しており、地下水位の上昇等が認められている。一方で、河道の移動に伴い、水鳥の貴重な生息地である派川が閉塞する懸念が出てきている。人工的にこの派川を維持するのか、自然に任せるのか今後の課題となっている<sup>14)15)16)</sup>。

## (3) ライン川 (オランダ)

ライン川は、スイスのアルプスを源として、フランス、ドイツ、オランダを貫流する延長 1,320km、流域面積 185,000km<sup>2</sup> のヨーロッパを代表する河川のひとつである。ライン川では、過去数世紀にわたって堤防の嵩上げや断面の定規化が行われ、洪水疎通能力の向上や舟運に貢献してきた。しかし、1970 年代にはヨーロッパの下水道と揶揄されるほど水質は悪化の一途をたどった。1986 年にスイスのサントスで起きた化学工場火災に伴う水質事故を契機に、ようやく国際委員会による本格的な取り組みが始まり、1994 年までに約 90%の汚濁低減が達成され、サケも戻ってきた。1993 年、1995 年には 25 万人が避難を余儀なくされる洪水が起こり、政府は「ルーム・フォー・リバーズ」という国家政策と ICRP(ライン川保護のための国際委員会)行動計画を策定した。現在までに築堤土砂の採取を兼ねた二次流路の建設等が行われている。2018 年までに 25,000ha の氾濫原の農地を自然に戻そうとする政策も打ち出されているが、土地の取得は地主の自主的な売却を予定しており、まだ実行には移されていない。なお、欧州では 2000 年に「水枠組み指令」が欧州会議から出され、加盟各国は 2009 年を期限として人間活動が生態系に対して重大な影響を及ぼさない状態に河川流域を戻すことを目標とした河川流域管理計画の策定が義務付けられている。ライン川の計画は

これより以前から進められていたが、これにより現在河川管理の視点を流域にひ広げた河川の自然再生事業が進められつつある。<sup>14)15)</sup>

以上、欧米の3つの事例を紹介したが、これらの大規模な自然再生事業に共通していることは、用地の確保が事業実施にあたっての最も困難な課題と認識されていること、治水計画との統合はもちろん総合的な治水効果の向上を目指していること、様々な試行錯誤と長期にわたる議論を経て本格的な事業実施に至っていることなどである。欧米諸国とわが国では、自然条件や社会条件が異なり、欧米の事例をそのままでは適用できない場合が多い。特にわが国では、高度な土地利用を可能にするため効率的な河川改修に心血を注いできた歴史があり、沿川の土地利用形態や国民の土地に対する考え方は欧米諸国のそれとは決定的に異なっている。このことから今回の事例はわが国とは必ずしも比較にならない一面もある。しかし、欧米においても大規模な取り組みはごく最近始まったばかりであり、最初はマイナーレステーションと呼ばれるごく小さな取り組みから始まっている。小さな成功を積み重ねて世論の支持を得、長い年月と多くの試行錯誤や法制度の整備を経て、ようやくここまでたどりついたのである。その背景にある様々な小規模事業や合意形成の過程、国を越えた流域全体の総合的な計画の枠組み等のエッセンスを参考とすることは十分可能であろう。これらの事業がわが国の従来の取り組みと根元的に違うのは、河川の個別技術に終わらせていないこと、流域のマスタープランと河川の自然復元事業がリンクしていることだろう<sup>16)</sup>。欧米においても財政難等の事情は同じであり、近年の頻発する異常洪水に対する優位性や維持管理も含めたコストの優位性が自然再生に向けた活動を後押ししているとのことである。わが国においても、近年は河道内の樹木伐採があまり見られなくなったが、一方では滞筋の固定化とその深掘れ、高水敷の乾陸化と樹林化が急速に進行している。また、年々ダムなどの大規模事業は計画どおりの実施が難しくなってきたり、その代替を流域対策などの新たな計画に求めざるを得なくなっている。治水計画上も、将来の維持管理を考える上でも、河川環境目標の明確化や環境とバランスのとれた計画の立案は避けては通れない課題になりつつある。近年、北川（五ヶ瀬川水系）など異常洪水に際し、大規模な掘削や構造物を伴う従前の計画を見直し、霞堤などの採用により一定の氾濫を許しつつ環境の保全を図る事例も出てきている。流域内の計画の統合を図った上で、まずは個別の箇所や限定した小流域での取り組みも含め、できるところから社会的な評価を高め、ノウハウの確立を図っていくことが必要だろう。

#### 4. 今後の河川環境技術の課題と方向性

以上、河川環境に関する課題を中心に述べてきたが、既に「多自然型川づくりは、河川の生態系保全を大きな尺度として、自然環境への人的インパクトの低減・回避・代償あるいはフォローアップにおける自然復元の中でとらえられるものへと質的变化を遂げている」<sup>3)</sup>のも事実であり、今後目指すべき方向性についての意見は概ね一致していると言っても良いだろう。今後求められる河川環境技術の中で特に実務的な必要性の高い項目を列記するとすれば、河川環境の保全・復元の目標設定と評価手法の開発、治水・環境両面からの総合的な河川計画の検討、変動や攪乱を取り入れた河川整備、管理手法の確立、河川環境情報図の作成と活用、インパクト・レスポンスに関する予測・評価手法の確立と生物に関する情報の整理・分析、流域の視点に立った河川環境の保全・復元手法の確立、順応的な河川整備・管理手法の確立といったものがあげられる<sup>1)</sup>。またその方向を事業の実施段階ごとにまとめれば下記のようなことが考えられる。

①計画では流域の特性、川の個性を把握し、自然復元の目標を明確化するとともに、保全生物の対象を明らかにする。その際、エコロジストなど専門家を加えた検討を行う。

②調査においては河川流域とその規模、土地利用の形態ごとに自然度、多様度が異なるため生物調査、河床の形態（瀬、淵など）、水量、流速、土砂の組成、水質、光量など非生物的環境を含む施工前後の調査を継続して行う。

③設計では河川の特性に適合した個別の工法の検討とともに、植生の繁茂による流水抵抗の増大による粗度係数を含む水理的検討、及び土砂洗掘による河床変動の考察を図り、計画高水流量（水位）が確保できるよう設計検討を行う。

④維持管理では河岸植生の除草などにあたってはいきものの保全を考慮し、季節と成長過程を考慮した管理を行う。同時に、沿川の住民参加と協力が得られるシステムをつくる。<sup>16)</sup>

#### 5. おわりに

ここ10年ほどの間に、河川環境に関する論文数や研究者数は河川はもとより他分野についても飛躍的に増加してきた。生態学、生物学をはじめとする他分野との学際研究や官学民、住民との共同研究も年々増えてきている。環境のような総合的なテーマにおいては、様々な分野、階層からの参加と交流は不可欠であり、その意味においても本シンポジウムの果たしてきた役割は極めて大きいと言える。河川環境の再生という新たなニーズに応えていくためには、今後、河川区域外の、都市、山林や農地、海域等面的な協調・連携がますます重要になってくると考えられる。従来どちらかと言えば、近くて遠

い存在となりがちであったこれらの分野と連携した研究の更なる進展が望まれる。

#### 参考文献

- 1) 池内幸司, 金尾健司: 日本における河川環境の保全・復元の取り組みと今後の課題, 応用生態工学, 5(2), pp. 205-216, 2003
- 2) 角野康郎: 「多自然型川づくり」の現場, 河川 2001-11 月号, pp3-5, 2001
- 3) 辻本哲郎: 多自然型川づくりの歩みを支える河川工学, 河川 2001-11 月号, pp6-10
- 4) 玉井信行: 多自然型川づくりから自然復元へ, 河川 2001-11 月号: 2001-11 月号, pp11-14, 2001
- 5) 中村太士: 多自然型川づくりの歩みと今後の展望, 河川 2001-11 月号, pp15-19, 2001
- 6) 土屋十匳: 多自然型川づくりの適用と課題, 応用生態工学 2, pp21-27, 1999
- 7) 島谷幸宏: 河川環境の保全と復元, 鹿島出版会, pp12-13, 2000
- 8) 玉井信行, 奥田重俊, 中村俊六: 河川生態環境評価法, 東京大学出版会, 2000
- 9) 辻本哲郎: 新しい河川景観の概念とその整備, 第 5 回水資源に関するシンポジウム論文集, pp 625-630, 1997.
- 10) 脇平崇浩・宮部 満・角野康郎: 都市近郊の中小河川伊川(神戸市)の植物相ー「多自然型川づくり」に関する一考察, 奥田重俊先生退官記念論文集『沖積地植生の研究』, pp117-126, 2001
- 11) 辻本哲郎: 木津川砂州をフィールドとした河川生態に関する生態学・河川水理学共同研究, 河川技術論文集, 第 8 巻, pp7-12, 2002
- 12) 島谷幸宏: 自然をこわさない改修は可能か, 科学 1999-12 月号, pp 1041-1051, 1999.
- 13) 中村太士: 流域の視点から河川環境を考える, 土木学会誌 1998-4 月号, pp37-39, 1998
- 14) 川の自然再生シンポジウム実行委員会: 国際シンポジウム川の自然再生〜第 3 回世界水フォーラムに向けて〜講演録, リバーフロント整備センター, pp58-99, 2003
- 15) 川の自然再生シンポジウム実行委員会: 川の自然再生事例集, 国土交通省河川局河川環境課, pp125-170, pp257-320, 2003
- 16) 渡邊康玄: 欧州における川の自然再生への取り組み事例調査報告, 北海道開発土木研究所河川研究室ホームページ, <http://s-pulse.ceri.go.jp/kasen/>

(2003. 4. 11 受付)