

河川構造物にかかる河川工学の課題

ISSUES OF RIVER ENGINEERING AROUND RIVER STRUCTURES AND NECESSARY RESEARCH TOPICS

辻本哲郎¹・石野和男²・斎藤貢一³

Tetsuro TSUJIMOTO, Kazuo ISHONO and Koichi SAITO

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

²正会員 工博 大成建設(株)技術センター土木技術研究所海洋水理研究室
(〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1)

³正会員 (株)建設技術研究所 東京本社河川部
(〒103-8430 中央区日本橋本町4-9-11)

In the rivers a lot of structures are constructed and they play various functions; while they affects river flow, sediment transport, morphology and also the eco-system of rivers. Previously, our interests were on their functions and stabilities in active rivers, and we have attempted to plan, design and construct them optimally. In spite of recent advances in hydraulics and technology, many issues remain in planning, designing and construction and in order to solve them, research topics still remain for river engineering or hydraulics. In addition, environmental aspects such as eco-system preservation of rivers are current topics we have to tackle with.

Key Words : *River engineering, river structures, planning, designing and construction*

1. はじめに

河川工学は河川の整備や管理にかかる諸問題の解決を支援する学理・技術で、古くより、経験や多くの理学的知見の応用や新たな発見、実験・数値計算などの methodology の発展に支えられてきた。従来の目標は、対象構造物が、如何に目的に応じた機能を発揮するか、洪水や河床変動の激しい実河川で安定的に機能するかであった。われわれの先輩は多くの努力を重ね、蓄積した知見を、技術基準やガイドライン、マニュアル化し、その普及を図ってきた一方、規格適合型(仕様設計)でしかものを考えない悪弊も見られ、今日「性能設計」への転換に力を注ごうとしている。こうした中で、再度河川にどのような機能を必要とし、その機能をどのように発揮するか、これらを実河道でどう安定させるかを根本的に検討することが望まれている。まさに、河川構造物の計画・設計・施工をどう学理と技術で支援するかである。これらに加えて、構造物が河相(河川形態やそれがもたらす環境、さらに生態系に及ぶ)とどうなじませるか、構造物だけでなく、周辺環境も含めてどのように維持管理していくかの課題も際立ってきた。河川部会あるいは河川技術シンポジウムの学理・技術融合の視点にもっとも合致した課題である。にもかかわらず、必ずしもこうした視点

での研究の活性は、河川環境にかかわる課題や災害へのソフトな対応といった今日的に重要性が台頭してきたものの中に埋没して、必ずしも高くない。これが、今回のオーガナイズドセッションを設けた大きな背景である。

河川構造物は、ダム、堤防、水制・護岸、あるいは床止め、帯工・落差工などの治水構造物、取水堰とその付帯構造物、また河川を横断する目的の橋梁(橋脚・橋台)など、あるいは視点を変えると歴史的なもののから最新設計のものまでさまざまである。また治水、利水に加えて環境が河川に求める機能となった今日、親水施設や生態系保全支援施設(魚道やワンドなどがこれに属する)なども河川構造物として、その計画、設計、施工、維持管理の問題に答えていかねばならない上、構造物そのものだけでなく河相と一体としての管理も新しい課題になっている。

2. 河川構造物をめぐる河川工学・水工学的課題*

河川法が改正され、治水、利水、環境が等しく河川に求められるようになった今日、それぞれの構造物は、本来の目的に応じて適切な機能を果たすことが求められる一方、他の面への影響も的確に評価されねばならない状況である。個々の機能に対する性能設計化とともに、そ

の構造物がもたらすさまざまなインパクトを評価し、その上での施設（構造物）配置計画が重要な視点になってきている。これは、ダム・堰あるいは放水路など大規模事業におけるいわゆるアセスメントの考え方であるが、河川におけるダイナミズムを勘案すれば、規模の大小を問わずアセスメントの思想は、計画、設計、施工、維持管理の中で取り入れていく必要があると考えられ始めている。さらに、個々の設計と全体計画が一体のものとして認識されまた評価される必要性が出てきており、また計画・設計・施工へと進む流れが、そのあと、モニタリングを介して維持管理、場合によっては再度計画、設計にフィードバックするいわゆるアダプティブウマネジメントの考え方¹⁾が、河川構造物にも取り入れられてきた。

このなかで、「河川という動的自然系におかれた河川構造物という人工系の相互作用系」という捉え方は大事な視点である。しかも自然系は、水流、流砂、地形変化という物理要素のみの相互作用系でなく、生息場提供を通して生物相と係わり合い生物相は食物連鎖、共生・競争関係を通して生態系を構成しこれらも含んだ系である。

とりあえず、物理系の相互作用だけに絞っても、今日の水工学は、必ずしも河川構造物にかかる諸問題に的確に対応できているかといえば相当に不十分である。その理由はどこにあるのだろうか？得てして、河川構造物は3次元形状をしており周辺の流れの構造は複雑で、複雑な地形変化を伴う。そのため、経験やいわゆる水理実験でその機能や河道での安定性を検討して、計画・設計・施工がなされてきた。また計画、設計、施工とすすむにつれて概略から詳細へと現象の把握のレベルが変わっていくのが普通であった。経験や水理実験の結果は、マニュアルやガイドラインにまとめられ、「仕様設計化」が進んだといえる。

1960年代の水理学では、単純な円柱周辺の流れですら簡単には解析できなかった。その反面、何とかして現象を把握しようとする「物理屋」、「技術屋」の目は執拗で、巧みに問題の本質を見抜くこともあったかに思う。たとえば、Einsteinの研究室を引き継いでカリフォルニアパークレイの教授となったShenら²⁾は、「循環保存則」を適用して円柱の根元に形成される馬蹄形渦の強度を見積もるモデルを提示し、局所洗掘の研究を推進させた。こうしたアプローチは、複雑な現象がどのような「素過程」の集合体で形成されているかを技術者に認識させ、現象の近似的な記述を通して、予測のみならず、起こるべき現象（この場合は洗掘）の軽減工法を思いつくに至らしめている場合もある。円柱周辺ぐらいいと、今日の流れの数値解析技術の進展は、それを容易にした³⁾。しかしながら、さまざまな条件下で計算すればその条件での解が求められるだけで、現象全体への「見通し」に欠ける上、このような数値解析が提供する詳細な流れの情報に対応して、流砂モデルが具備しているかどうかといえ、心もとない。Douら³⁾の解析では、乱れ強

度の情報まで流れの解析結果が提供してくれるにもかかわらず、平坦河床の平衡掃流砂量式をわずかに修正して用いたにすぎない。洗掘が活発な領域あるいは渦運動の卓越した領域では、粗い粒子も流れに巻き込まれ砂面から離れて運動するので、河床との間断ない接触を本質として導かれた掃流砂量式の適用は不適切である。かといって、局所洗掘を駆動する大規模渦はいわゆる乱れと異なる性質のため、乱流拡散理論に基づいた浮遊砂モデルを適用するのもこれまた不適切である。流砂モデルについては、中川・辻本の研究⁴⁾に代表される非平衡性の考慮ということまで1980年代に進んだが、その後は、詳細な粒子運動の数値解析には進展が見られるものの、こうした場への適用性での進展は進んでいない。数値シミュレーションによる粒子運動の追跡⁵⁾は、渦領域での砂粒運動の解析には都合がいいが、軌跡はともかくどれくらいの輸送量になるかが見積もれないと洗掘量の記述には至れない。そうすると混相流的取り扱い⁶⁾はひとつの方向であろう。今日の流砂研究の分野でこうした局所流環境での流砂の量的記述が可能なモデル化という視点が十分でないのは残念なところである。まとめると、水流の解析が進展し、3次元性や時間的変動特性が記述されるようになってきた現在、こうした場での流砂フラックス予測に対し適切なモデルが強く求められている。

一方、構造物あるいは施設計画自体はなかなか、論文として出てきづらいが、先述したように、目的の多様化、目標設定とそれに応じた計画、当然その場合は機能を想定した性能設計が伴うべきで、設計のレベルまであるいは施工、維持管理の段階まで見通した計画が望まれる。そしてなお重要なことはこうした施設配置とその供用が河川水系を通しての動態にどうなじむか(どのようなインパクトを与えてどのようなレスポンスがあるか)の計画段階での評価であろう。少なくとも、従来の河川工学の範疇で、対象とする河川構造物が「河道動態になじむか」どうかであろう。今日では、やっと地先、地先で同じような構造物を計画するのではなく、セグメント⁷⁾の認識が定着し、セグメントに応じた計画・設計の方向性が定着してきたことはこうした視点の中で評価できる。河道を認識した河川構造物論が定着してきたとすれば、次は河相や生態系も含めたシステムの中での河川構造物論ということになるのだろう。そう見れば、分類した中で河川構造物に関わる論文の数の少なさはそんなに気になるものでもないが、ここでは、こうした視点でさまざまな水工学上の議論の活発化を訴えたい。

3. 河川構造物の設計の現状と課題**

河川構造物の設計に関して、従来の経験工学に基づく形状規定から近年種々の工学的知見の蓄積により新たな設計の基準となる指針が示されてきている。ここでは河

川構造物の中で、特に堤防及び護岸を主として、最近の設計に関する動向と今後の課題について述べる。

(1) 基準書類の改定及び策定

河川構造物の設計にあたり、様々な観点からのアプローチによる実験や構造モデルを用いた力学的な理論の構築、被災事例に基づく検証など工学的な知見が蓄積されてきた。さらに、河川構造物に要求される安全性、安定性といった性能とその照査方法を明示する性能規定へと設計の考え方が変化してきている。また、経済・社会環境の変化に伴い公共事業に対するコスト縮減、設計・施工の合理化が求められてきている。一方、1990年以降の多自然型川づくりへの取り組みや、1997年の河川法改正により河川管理の目的として「河川環境の整備と保全」が明示されたことから、河川構造物についても河川環境への配慮が重視されてきている。河川管理施設等構造令についても河川法改正に関連する部分、樹林帯や魚道の規定、橋の径間長の見直しを含む改正が1997年に行われた。

これらのことを背景として、まず河川構造物を設計する場合の一般的かつ基本的な規定を示した河川砂防技術基準（案）同解説が1997年に改訂された⁸⁾。それを契機に、河川技術マニュアル類の整備が進められ、解説・河川管理施設等構造令が2000年に改正された⁹⁾。堤防・護岸関連の技術マニュアルとして「護岸の力学設計法」(1999)¹⁰⁾、「河川堤防設計指針」(2000)¹¹⁾が発行されるとともに、災害復旧にあたっては河川環境の保全に配慮するため「美しい山河を守る災害復旧基本方針」(1998初版)¹²⁾が策定されている。

(2) 護岸の力学設計法

「護岸の力学設計法」では、護岸の力学的な安定性照査のガイドブック的な性格を持つものとして、護岸の被災形態を踏まえ、典型的被災形態を対象とした力学的検証モデルとその検討手法が示されている。その中で、設計外力（主に流速、水深、最大洗掘深等）の設定にあたっては、対象河川の河道特性を理解することが重要であると述べられている。

この設計法を支援する研究として中山ら¹³⁾は護岸設計に適用する際の不確実要因について研究し、竹内ら¹⁴⁾は扇状地河川での適用に関する研究を報告している。

(3) 河川堤防設計指針

堤防は洪水による被害を蒙るたびに、従来からある堤防を活用して嵩上げや拡幅等の補強が繰り返され、現在に至ったものが多く、内部の構造は複雑かつ不透明である。「河川堤防設計指針」は、主として既設堤防の強化に向けた堤防設計の基本的な考え方を示したもので、浸透、侵食、越水及び地震に対する安全性の照査方法及び強化工法の設計方法等が示されている。

(4) 美しい山河を守る災害復旧基本方針

災害復旧においても自然環境に配慮した河川整備を実施するため、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」が1998年に策定されて、これまで毎年新しい知見、事例などを盛り込みながら改定されている。

改定の内容としては、1999年改良復旧編の追加、管理カルテ（追跡調査）の追加、2000年自治体の意見反映、工法の適用条件や選定基準追加、2001年「河川生態の基礎知識編」の追加、環境保護ブロックの追加、2002年水制工法の適用条件や選定基準（案）追加等となっている。

(5) 今後の課題

構造物の設計論が性能規定を主流として変化してきている中で、これまでの経験工学を基盤とした河川構造物においては性能規定への移行は十分でない。求められる機能や安全性確保とライフサイクルコストの縮減を踏まえた性能設計に関する調査・研究が期待される。設計における外力設定はその適用条件等と合わせて技術マニュアルに示されているが、対象河川の河道特性と当該位置での条件を十分考慮しなければならないのは当然である。ただし、局所的な水理条件については不明な点が多く、今後の実験や現地観測等の研究が期待される。その中でも、被災箇所における外力の調査を行い、データの蓄積と力学的な検証を踏まえた研究が必要である。構造物の安定性は基礎地盤の状況と密接な関係があり、基礎地盤と一体となった構造物の安定性評価の研究も期待される。

4. 河川構造物の施工の現状と課題***

わが国において、河川工事のほとんどが官庁発注工事であり、官庁発注工事は設計、施工が分離されている。このため、設計は官庁とコンサルタントが行い、施工はそれに建設会社が加わって行われている。

このような状況で、官庁発注の河川工事に関連して、建設会社の水理研究部門に問いかけられる問題は、工事前においては、設計のチェックおよび施工計画時に施工中の問題点の予測とその解決策の立案、設計変更にともなう問題点の予測とその解決である。しかし、これらの検討はまれにしかなく、工事中に発生した不具合の解決のための対応・後処理がほとんどである。なお、電鉄会社等の民間が管理する橋脚に関連する工事に関しては、その洗掘防止工に関する検討等が依頼されることがある。

次に河川工事の中で、大手の建設会社が受注する工事のほとんどは、大河川でのダム、堰、水路トンネル等である。これらの工事のほとんどは、事前に設計者側で水理計算や水理実験等を用いて工事中および工事後の安全性が検討されているため問題の発生も少ない。なお、最近では、工事中の安全性の検討が不十分で、洗掘等の問

題が発生する事例が散見されている。また、大河川の護岸堤防工事は、災害復旧工事を受注する程度である。災害復旧工事を除いた護岸堤防工事は、地元の建設会社が施工している。

一方、都市河川においては、護岸改修およびそれにもなう橋梁の架替工事、地下放水路、調整池、遊水地等の工事を受注している。

このような検討状況の中で、次には筆者の経験を基に、

- (1) 都市河川の工事の問題点と対応策
- (2) 災害復旧河川工事の問題点と対応策
- (3) 渇水期河川工事の問題点と対応策
- (4) 施工完了後の対応策
- (5) 河川工事の問題と対応策の伝承についてを示す。

(1) 都市河川の工事の問題点と対応策

都市河川工事中の溢水被害に関する訴訟事例の紹介については、昭和50年代の管沼¹⁵⁾の報告が唯一見られる。本報告から、昭和50年代当時の水理計算に対する裁判所の見解が読み取ることができ、これは貴重な報告である。なお、管沼¹⁵⁾の報告の中で、水理に関連する部分の裁判所の判決は、石野¹⁶⁾に抜粋してある。また、石野¹⁷⁾は、平成2年から平成12年までに通年施工された横浜市内の宮川橋梁架替工事の水防対策検討等を通じて培ってきたノウハウを、実際の工事計画および工事管理方法に沿ってまとめている。この他、神田川の激特災害対応工事では、通年施工中の河川内に仮設棧橋を設置せずに移動式台車を用いた画期的な施工方法を採用している¹⁸⁾。さらに、兵庫県南部地震の災害対策として実施された神戸市新湊川改修工事では、通年施工中に2回の溢水が発生し、住民との間で裁判が行われている¹⁹⁾。一方、日経コンストラクション等には、河川工事関連の記事が数例報告されている。ただし、流量、水位、河川断面等の水理諸元が掲載されていないものが多い。土木関連雑誌等に掲載された工事は、本シンポジウムに河川工事の問題改善内容を投稿されることを期待したい。

(2) 災害復旧河川工事の問題点と対応策

災害復旧河川工事の例としては、1996年からの姫川災害復旧工事が挙げられる。本工事は、早急に民有地を復旧・防護することおよび、長野オリンピックの交通ルートを確保する等のために、通年施工で実施された。施工開始後の1996年6月26日には、前年の大災害が発生した出水に匹敵する出水が発生した。工事開始から出水までに施工された河川構造物および仮設構造物のほとんどが大打撃を受けたが、幸いなことに人災は発生しなかった。一方、この年の12月には、姫川上流の蒲原沢で尊い人命が失われる災害が発生した。本災害後、砂防工事では、雨量観測等が義務付けられているが、出水による災害の危険性のある河川工事においても、雨量観測等の災害防

止策の実施が望まれる。

(3) 渇水期河川工事の問題点と対応策

一般的に都市河川や災害復旧河川工事を除く河川工事では、渇水期に施工が行われている。しかし、渇水期にも増水期に匹敵する洪水が発生することを認識させられる事態が発生している。

A川流域では、渇水期の10月に時間雨量40mmの降雨が発生し、高水敷を越流する流量が発生した。

この状況で、河川中央に設置されていた二重締切の基部と対岸（右岸）の幅の狭い高水敷が洗掘されている状況が観察された。なお、二重締切と右岸の間には低水路が、二重締切と左岸の間には高水敷が存在しており、流れは低水路に集中して流れ洗掘が発生した。このように仮締切施工時には、仮締切の基部だけでなく、対岸の洗掘の有無も事前に検討する必要がある。一方、A川の過去最大流量は、約1600m³/sであり、1994年の9月30日に発生している。また、1990年の12月1日には、過去最大流量に匹敵する1570m³/sが発生している。このように、場所によっては渇水期にも増水期に匹敵する洪水が発生することを認識し、十分な事前検討が必要である。

(4) 施工完了後の対応策

台風等の出水期には、堤防の決壊や溢水の危険性の高い場所を防護するために建設会社が動員される。この目的は、堤防の決壊や溢水の防護が目的であるが、可能であれば堤防の決壊や溢水発生時の時刻、水位等の記録と状況ビデオの撮影が望まれる。阿武隈川の堤防の決壊の状況ビデオは、災害復旧事業の計画に役立ったと推察される。一方、わが国の河川の中では、土器川のように約15年前に大出水による災害があった後、大きな出水が見られない河川もある。河床低下の問題が発生しない限り、河川構造物の決壊や溢水の問題は、出水時に発生する。水理委員会の河川懇談会でも、四万十川等の洗掘状況調査解析²⁰⁾を始めているが、大きな出水に遭遇していない。したがって、実物の河川構造物の問題解決には、地道な努力が必要と認識させられる。須賀が、基礎工の特集「構造物と洗掘」の巻頭言²¹⁾に示した示唆に富む多くの課題に対して、河川技術者は立ち向かい、安全な河川構造物の建設に努力する必要がある。なお、同特集には、多数の河川構造物の問題解決に関する報告が掲載されているので参照されたい。

(5) 河川工事の問題と対応策の伝承について

河川工事に関する問題点の対処方法を記述した書物としては、「河川工事ポケットブック²²⁾」、「河川構造物の基礎と仮設²³⁾」があげられる。また、河川工事に関する問題点の対処方法を記述した論文は、菅沼¹⁵⁾、山本ら²⁴⁾、大谷ら²⁵⁾、竹束ら²⁶⁾、石野¹⁶⁾、¹⁷⁾と他の分野の研究論文に比べ極端に少ない。この原因を探ることは、ここ

では行わないが、いずれにしろ、河川工事に関する問題点が公にされ、または、活字として残されることは少なかった。

また、高橋²⁷⁾が「失敗例を集め分析すること」を推奨しているにも拘わらず、河川構造物の倒壊を活字とした文書は、上述の他に古くは大河津分水堰²⁸⁾、村上²⁹⁾、等わずかである。さらに、著者が先輩の土木技術者から聞いた河川工事に関する問題点は断片的な事項のみである。

このように、河川工事に関する問題点が公にされるまたは、活字として残されることは少なかったため、技術の伝承は、わずかの技術論文と技術者間の言い伝えによるしかなく、技術の伝承が行われているとは言い難い。

今後は、本河川シンポジウム等を通じて、河川工事に関する問題点とその対策事例が活字として残されることを期待する。なお、本年から、2年間の予定で、河川部会の分科会として、「河川技術向上に関する情報交換会」を開設する予定であり、多くの参加が期待される。

5. 河川構造物にかかる研究動向

本章では今回の河川技術論文集に掲載された論文中、河川構造物にかかる論文・報告等をレビューする。

(1) 河川構造物の計画論*

河川構造物の施設計画に直接関わる論文・報告は本巻には見当たらないし、これまでもきわめて研究例が少ない。しいてあげれば、第2章に述べたように、今後はさまざまな施設がどのように河道になじむかを計画の段階から検討する必要が出てきていること、計画・設計・施工から維持管理のプロセスまでを通した視点あるいはフィードバックも重要になってきているという認識の中で、さまざまな構造物・施設の「河道へのなじみ方」についての見当はこの範疇に入るものと思われる。

近代河川工事の中には100年近く経過したものも多く、それらが河道にどうなじんできたかを把握することは今後の河道計画、治水施設計画の上で重要な知見となる。庄川・小矢部川の河口分離工事もそのひとつの事例で、国土交通省富山工事事務所で新川開削部の河道動態の変遷を調査し、水制工の治水機能保持とともに自然環境創出・保全効果などの検討結果が報告された(久保田ほか)。また、那珂川支川余笹川、黒川を例に谷底沖積地蛇行と護岸・水制また河道のアーマー化との関係を調査検討し、これまでの治水対策の維持管理の問題点の指摘を行ったものが報告されている(三品ほか)。治水構造物と河道動態は構造物の維持管理の上から重要な課題である。また、井上らはフィリピンの河川を例に扇状地区間無堤河道部の河道動態を検討、築堤、水制等の配置と蛇行などの流路形態の関係を議論した。堤防や水制・護岸設置計画に大きな示唆を与えている(井上ら)。このように、治水施

設計画は、河道動態と密接に関係があり、その把握は重要な課題となっている。

(2) 河川構造物・堤防、護岸等の設計**

護岸の設計法を支援するものとして、球体に作用する流体力の解析モデルを応用したかご工の水理設計法が報告されている(平林ら)。牛枠工について実験により抵抗特性を検討し、粗度係数としての評価を行っている(諸田ら)。利根川での水制による高水敷の形成と環境への関わりについて報告され(白井ら)、それを検証するものとして連続した水制による土砂捕捉機能について実験されている(武藤ら)。

また、日本の風土と先人の知恵が生み出した伝統河川工法が見直され、治水機能や環境機能の評価や水理的な検証が試みられている。肥後における「轡塘」の治水機能について実験により検証している(大本ら)。

設計や河川管理に必要な外力や変形特性の計測技術は日々進化してきているが、光ファイバセンサを用いた堤防の変形監視への適用について実験が行われている(海野ら)。

(3) 河川横断構造物等の設計***

河川横断構造物としては、堰、護床工、落差工、橋脚等が挙げられる。これらの水理上の問題点は、構造物による水位・流速変化状況、構造物を構成する材料の安定、構造物の基部の洗掘、構造物の上・下流の洗掘・河床変動等である。これらの水理上の問題点を解決する目的で、古くからの研究が行われている。

護床工の基部からの土砂の抜け出しに関して、跳水の発生の下で河床面に作用する強度の変動水圧が洗掘の進行と最終洗掘深を増加させることに着目し、強度の変動水圧が作用する場合における土砂の抜け出し防止に及ぼす石礫層フィルターの効果が模型実験を用いて検討されている(前野、藤田)。

小さな段差を連続して構成する石組み構造の落差工を「斜路式石組み落差工」と称して、その環境機能に関する検討では、水質浄化機能、魚類等の生物機能、景観機能への影響について、一段式越流型落差工との比較が行われている。また、落差工本体の安定性の検討では、斜路式石組み落差工の模型実験を行い、ステップ下流のプール河床の礫の移動限界を考察するとともに、落差工ステップ部の石に働く抗力が調べられている(赤司ら)。

堰に設置されるゲートの中で、引き上げ式ゲートのようにゲートを巻き上げるためのピアが不要となる構造形式のゲートとしてアンダーフロー式のライジングセクタゲートを取り上げ、二次元の抽出模型を用いて、水理特性および荷重特性が把握され、操作荷重軽減のための水抜き孔の配置が検討されている(渡部ら)。

渓流取水堰の越流部に張り出した曲率部が設けられ、曲率部での流水の付着力の働きにより下層流水の一部を

自動的に集水溝に取り込む構造の堰としてOverhanging堰が取り上げられ、その取水特性と、落葉・石レキ混入特性が模型実験により調べられている（黄ら）。

本川から排水口へのアユの迷入防止装置の計画・設計に関して、既発表報告に、ランダムウォークモデルを利用した魚の挙動追跡モデルに視覚による行動特性を追加し、流水中での挙動の再現性だけでなく迷入防止装置に対する魚の反応を再現できるモデルが構築されている。また、流れの解析モデルと組み合わせから、迷入防止装置の最適設置箇所・規模が求められている（福井ら）。

なお、本論文集に登載されている論文・報告は、その本文中における引用に当たっては、その著者名を斜体字で表すこととし、参考文献一覧から除外した。当該論文・報告については、本論文集の目次を参照されたい。

6. あとがき

もっともクラシックな意味での河川技術がこの「河川構造物にかかる水工学」でありながら、今回いざオーガナイズドセッションとして取り上げると、真正面からこれに取り組むことは意外と難しい面が残っており、一方新しい視点での取り組みの必要性も出てきている。本総説がひとつの導入部となって、今後の技術の発展に貢献できる議論につながれば幸いである。なお、本文は、*辻本，**斎藤，***石野が分担執筆した。

参考文献

- 1) たとえば、辻本哲郎：河川の自然復元－目標景観，応用生態工学，2(1)，pp.7-14，1999。
- 2) Shen, H.W., V.R. Schneider and S. Karaki : Local scour around bridge piers, *Jour. Hydraul. Div.*, ASCE, Vol.95, HY6, pp.1919-1940, 1969.
- 3) たとえば、Dou, X, S. Jones and S.S.Y. Wang : Stochastic turbulence model and its application to pier local scour simulation, *Management of Landscapes disturbed by channel incision*, edited by S.S.Y. Wang, E.J. Langendoen and F.D. Shields, The Univ. Miss., pp.917-922, 1997.
- 4) Nakagawa, H. and T. Tsujimoto : Sand bed instability due to bed load motion, *Jour. Hydraul. Div.*, 106(12), pp.2029-2051, 1980.
- 5) 後藤仁志・辻本哲郎・中川博次：粒状体モデルによる掃流粒子群の挙動に関する数値解析，水工学論文集，土木学会，第37巻，pp.611-616，1993。
- 6) 後藤仁志・辻本哲郎・中川博次：掃流層における粒子間衝突の流動機構に果たす役割，土木学会論文集，No.515/II-31，pp. 67-76，1995。
- 7) 山本晃一：沖積河川学，山海堂，pp.5-7，1994。
- 8) (社)日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準（案）同解説，山海堂，1997
- 9) (財)国土開発技術研究センター編：解説・河川管理施設等構造令，山海堂，2000
- 10) (財)国土開発技術研究センター編：護岸の力学設計法，山海堂，1999
- 11) 建設省河川局治水課：河川堤防設計指針 第3稿，2000
- 12) (社)全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針，1998～2002
- 13) 中山修ほか：「護岸の力学設計法」の適用にあたって考慮すべき不確定要因，河川技術論文集，第7巻，pp.115-120,2001
- 14) 竹内義幸ほか：扇状地河川での「護岸の力学設計法」の適用性に関する実践的研究，河川技術論文集，第8巻，pp.25-30,2002
- 15) 管沼 弘：河川暗渠化工事における訴訟事例，土木学会環境問題シンポジウム講演集，1975
- 16) 石野和男：都市河川の水理，水防対策，水理講演会10年の歩みとこれからの基礎水理学の展開－土木学会水理委員会基礎水理部会，pp111-116，1999
- 17) 石野和男：都市河川工事中の水防対策における水理上の留意点，第4回河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，土木学会水理委員会，pp51-58，1998
- 18) 加藤光男：ズームアップ・護岸を軌道にした自走式ステージー東京都・神田川改修工事ー，日経コンストラクション 1996.11.8，pp88-94
- 19) 高津尚悟，小原隆，中野目純一：特集・自然災害からの宿題ー兵庫・新湊川の改修工事ー，日経コンストラクション 2000.6.9，pp52-55
- 20) 門田章宏，竹林洋史ほか：四万十川橋・橋脚周辺の局所洗掘に関する現地調査，水工学論文集，第47巻，pp949-954，2003.2
- 21) 須賀如川：特集ー構造物と洗掘ー「巻頭言ー基礎と洗掘」，基礎工，p1,2001.9号
- 22) 藤井友竝編著：現場技術者のための河川工事ポケットブック，山海堂，p79，2000.2
- 23) 日本河川協会編著：河川構造物の基礎と仮設，山海堂，1993.3
- 24) 山本弥四郎，黒羽公明；H鋼杭設置時における河道水理特性について，都土木技研年報，1997。
- 25) 大谷英夫，石野和男ほか：都市河川工事の水防対策，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，pp51-58，1997.6
- 26) 竹束正孝，和泉 清，吉川秀夫；可搬式加速装置による河川狭さく部上流水位低下現地実験，水工学論文集，第35巻，pp319-325，1991.2
- 27) 高橋定雄：多自然型川づくりについて思うこと，リバーフロント整備センター研究所報告VOL35，pp8-11
- 28) 峯崎 淳：日本の土木を歩くー大河津分水，建設業界 Vol51, Number1-7，2002.1
- 29) 村上温：鉄道橋の洪水時被害機構と安全管理に関する研究，鉄道技術報告，1986

(2003. 4. 11受付)