

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-A-8

中小河川における多自然川づくりの考え方 ー中小河川に関する河道計画の技術基準を中心としてー

土木研究所
自然共生センター センター長

萱場 祐一

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

中小河川における多自然川づくりの考え方

—中小河川に関する河道計画の技術基準を中心として—

An approach of nature-oriented river management

-focusing on technical standard of river planning for streams-

萱 場 祐一

Yuhichi KAYABA

1. はじめに

日本の河川延長は一級、二級合わせて124,000kmに及ぶ。その内訳を見ると、一級河川の指定区間は54%、二級河川は25%、準用河川は14%半数となり、地方自治体が管理する中小河川の延長は直轄区間と比較して著しく長い。これは、日本における中小河川の管理のあり方、具体的な管理方法が国土スケールにおける陸水域の生物多様性を支配する重要な要因であることを示している。特に、多自然型川づくりが通達される以前に実施されてきた中小河川改修（以下、従来型中小河川改修）では、河道の直線化や河床掘削等により河川の平面形状、縦横断形状を全く別のものに作り替える場合が多く、結果として、生息場所の消失・劣化や分断化、そして、生物多様性の損失を引き起こしてきたと考えられる。例えば、「生物多様性総合評価」では、陸水域における多様性の損失は顕著であり、環境省レッドリストに絶滅危惧種として掲載された1,002種のうち、50%以上は生活の全てもしくは一部を淡水域に依存し、淡水魚類の36%は絶滅のおそれがあること、そして、この数値は他の分類群と比較して高い傾向にあることを報告している。また、この要因の例として、河岸の人工化、河道の直線化を含む河川改修、河床低下、河岸の人工化に伴うエコトーンの消失と横断方向の連続性の低下等従来型中小河川改修と関連が深い項目を挙げている（環境省生物多様性評価委員会 2010）。従来型中小河川改修の問題は生物多様性の損失だけに留まらない。河床を掘り下げて河積を確保する方法は、洪水時の流速・掃流力を増大させて、河岸侵食、護岸の被災リスク、河床の露岩化のリスクを増大させ、また、直線化に伴う自然地形の改変や護岸の設置、河畔林の伐採等は河川景観の悪化も引き起こしてきた。

従来型中小河川改修は、1991年（平成2年）からパイロット的に始まった「多自然型川づくり」（建設省1992）、そして、2006年（平成18年）から実施された「多自然川づくり」によって改善が図られてきた（国土交通省2006）。その後、多自然型川づくりで多くの課題が指摘された中小河川については、具体的な川づくりの計画・設計方法を示した「中小河川に関する河道計画の技術基準」が示され、中小河川を巡る川づくりの思想や方法は大きく変わってきている（国土交通省2008,2010）

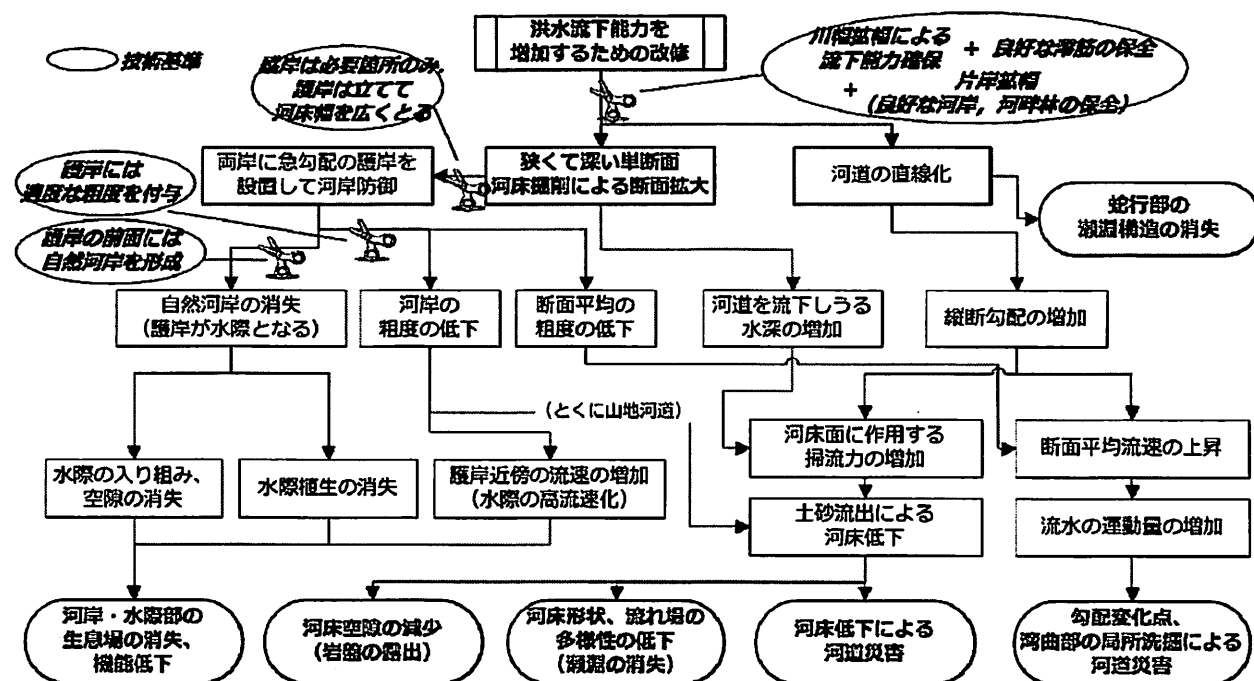
本テキストでは、従来型中小河川改修の問題を整理した上で、「中小河川に関する河道計画の技術基準」（以下、技術基準）およびこの解説書となるポイントブックⅢ（以下、PBⅢ）（多自然川づくり研究会2011）の内容を紹介し、技術基準とPBⅢ（以下、技術基準類）で示された方法が従来型河川改修の課題をどのように解決しようとしているかを解説する。特に、川幅の設定、河道内断面形状の設定、河岸・護岸・水際部の計画・設計については紙面を割いて詳細を説明する。

2. 中小河川改修の課題

2. 1 従来型中小河川改修の課題

従来型の河川改修方法を具体的に示す資料は乏しいが、多自然型川づくりを実施する以前においては、河道の直線化による疎通能力の向上、河床の掘削を中心とした河積確保、護岸の設置による河岸侵食の防止は

ごく一般的に行われていた改修方法であった。これは、後述する多自然川づくりの基本指針において、「過度のショートカットを避けること」、「川幅をできるだけ広く確保すること」、「護岸については、必要最低限の設置区間とし、生物の生息・生育・繁殖環境と多様な河川景観の保全・創出に配慮した適切な工法とすること」が留意事項として示されていることから推測できる。ここでは、これらの人為的インパクトが河川環境、河道の安定に及ぼす影響を概念的に整理する（図－１）。図中には、従来型中小河川改修の具体的方法を起点にレスポンスの経路を整理し、最終的に生じる河川環境に対する影響を、緑を背景とした赤文字で、河道に対する影響を、青を背景とした赤文字で示している。また、後述する技術基準が、この経路をどのように断ち切ろうとしているかを青文字で示している。



図－１ 中小河川に対する人為的インパクトに伴う応答とその経路

河道の直線化、掘削による川幅水深比の減少は河道内の瀬・淵構造の単調化を引き起こす主要なインパクトであり、瀬・淵構造の消失は魚類をはじめとした水生生物に影響を及ぼすことが示されている（島谷・萱場・小栗 1994, 多自然川づくり研究会 2011）。具体的には流速・水深・底質の分布域の縮小が生じ、生息場タイプを減少する。特に、低流速・高水深域の消失は、生息できる魚種数を減らし、かつ、生息できる個体の最大サイズを小さくするだろう（森下 1997）。直線化に伴う縦断勾配の増加、掘削による水深の増加、護岸設置に伴う粗度の減少は河床面に働く掃流力の増加、流水の運動量の増加を招き、勾配変化点や湾曲部外岸側での局所洗掘深の増大、河床低下に伴う護岸の被災に繋がる。また、河床形状の単調化や岩盤の露出（露岩化）を引き起こし、河床に依存する底生動物や底生魚に影響を及ぼす（石山ほか 2009）。加えて、河床の露岩化は河床近傍に形成される低流速域を縮小させ、遊泳魚にも影響を及ぼすことが近年の研究から明らかになりつつある（未発表）。河床掘削に伴う川幅水深比の減少は砂州の形成を抑制し、水際の単調化、瀬・淵構造の消失に繋がる恐れがある。また、河岸の急勾配化は河岸の安定のための護岸の設置を必要とするため、護岸法面上が水際となり、水際の植物帯や凹部に形成される淀みが消失し、魚類等の水生生物の生息が困難になる（Kawaguchi et al 2008）。なお、図中には示していないが、自然河岸の消失や護岸の急勾配で露出した露出の高さの増加は河川景観の悪化を引き起こす要因である点にも留意する必要がある。

このように、従来型中小河川改修の実施が河道の安定、自然環境に及ぼす影響のプロセスは概念的に整理されつつある。また、これらの具体的な影響についても個別の場所を対象とした事例報告や研究成果が見ら

れるようになってきている。ただし、河床掘削をどの程度に抑えれば、そして、河岸の粗度をどの程度に保持すれば、これらの影響が緩和されるかについては、現段階では評価・予測手法が確率していない。後述する技術基準類においても、河積の確保は拡幅を原則としているが、ここから逸脱した場合、すなわち、河床掘削を回避できない場合にどの程度これを許容するかについては、「60cm」という目安が示されているだけで、この目安よりも掘削する場合の影響を評価する検討方法は示されていないのが現状である。この点については4章の課題のところでも再度説明したい。

2. 2 多自然型川づくりから多自然川づくりへ

多自然型川づくりは、1990年（平成2年）『多自然型川づくり』の推進について」の通達に始まり、多自然型川づくりがパイロット的に実施された後（建設省河川局 1990）、1997年に河川砂防技術基準（案）が改訂され、「河道は多自然型川づくりを基本として計画する」とこととなった。多自然型川づくりの実施件数を見ると1991年（平成3年）～1997年（平成9年）の6年間に於ける多自然型川づくりの増加数が9000件程度だったのに対し、1997年（平成9年）～2002年（平成14年）の5年間に於ける増加数は19,000件程度となり、多自然型川づくりが徐々に浸透して行った様子が伺える（多自然型川づくりレビュー委員会 2006）。しかし、個々の事例の中身を見ると、素晴らしい川づくりの取り組みがある一方で、場所毎の自然環境の特性への配慮を欠いた川づくり、環境に配慮した護岸ブロックを使用するだけの安易な川づくりも目立ち、多自然型川づくりの課題となっていた。その後、多自然型川づくりが始まってから15年の節目を迎えたことから、国土交通省は2005年（平成17年）に有識者からなる『多自然型川づくり』レビュー委員会を設置し、「多自然型川づくり」の検証を行った。また、レビュー委員会での提言「多自然川づくりへの展開」に基づき、2006年（平成18年）に「多自然川づくり基本指針」を通知している。

「多自然型川づくり」と「多自然川づくり」の差違を「定義」、「適用範囲」、「留意事項」の3点について確認し（表-1）、後述する技術基準類との関係を整理しよう。まず、「多自然型川づくり」が「生育環境の配慮」となっているのに対して、「多自然川づくり」では「自然の営みを視野に入れ」が定義の中に盛り込ま

表-1 多自然型川づくりと多自然川づくりの比較

	多自然型川づくり	多自然川づくり
定義	「多自然型川づくり」とは、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事業の実施をいう。	河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している生物の生息・生育・繁殖環境、並びに多様な河川風景を保全あるいは創出するために、河川の管理を行うこと。
適用範囲	・一級河川の指定区間、二級河川及び準用河川にあっては、既に着手している河川改修事業等の区間に含まれていること。 ・「多自然型川づくり」の対象範囲は、未改修区間のみではなく、既設構造物を改良する場合は、改修済区間についてもその対象に含めるものとする。 ・河川管理者は、河川改修事業のみならず、災害復旧事業を申請する場合においても従前の生物の良好な生育環境と自然景観の保全・創出に配慮するものとする。	・「多自然川づくり」はすべての川づくりの基本であり、すべての一級河川、二級河川及び準用河川における調査、計画、設計、施工、維持管理等の河川管理におけるすべての行為が対象となること。
留意事項	①平面計画については、現川改修に努め、過度のショートカットを避けることにより、現在の河川が有している多様性に富んだ環境の保全に努めること。 ②横断計画については、標準横断を設定したうえで上下流一律の川幅で計画することはできるだけ避け、川幅を広く確保できるところは広く確保し、河道流下能力を期待するとともに、広く確保した用地断面を活用し「多自然型川づくり」をすすめること。 ③護岸工法については、水理特性、背後地の状況等を十分踏まえた上で、生物の良好な生育環境と自然景観の保全・創出に配慮した適切な工法を選択すること。	①平面計画については、その河川が本来有している多様性に富んだ自然環境を保全・創出することを基本として定め、過度の整正又はショートカットを避けること。 ②縦断計画については、その河川が本来有している多様性に富んだ自然環境を保全・創出することを基本として定め、掘削等による河床材料や縦断形の変化や床止め等の横断工作物の採用は極力避けること。 ③横断計画については、河川が有している自然の復元力を活用するため、標準横断形による上下流一律の面一の形状での整備は避け、川幅をできるだけ広く確保するよう努めること。 ④護岸については、水理特性、背後地の地形・地質、土地利用などを十分踏まえた上で、必要最小限の設置区間とし、生物の生息・生育・繁殖環境と多様な河川景観の保全・創出に配慮した適切な工法とすること。 ⑤本川と支川又は水路との合流部分については、水面や河床の連続性を確保するよう努めること。落差工を設置せざるを得ない場合には、水生生物の自由な移動を確保するための工夫を行うこと。 ⑥河川管理用通路の設置については、山付き部や河畔林が連続する区間等の良好な自然環境を保全するとともに、川との横断方向の連続性が保全されるよう、平面計画に柔軟性を持たせる等の工夫を行うこと。 ⑦堰・水門・橋門等の人工構造物の設置については、地域の歴史・文化、周辺景観との調和に配慮した配置・設計を行うこと。 ⑧瀬と淵、ワンド、河畔林等の現存する良好な環境資源をできるだけ保全すること。

れている。ここで、「自然の営み」とは、流水と流砂の相互作用からなる地形形成作用を示しており、多自然川づくりが、この作用を活かして川づくりを行うことを重要視していることを示す。技術基準等においても川幅、河床幅を広くとり、地形形成作用を期待する他、護岸前面の河岸・水際部は浸食や堆積による変形を許容する等、基本指針に沿った川づくりを求めている。定義および適用範囲を見ると、「多自然型川づくり」では、自然環境を意図した内容となっているが、「多自然川づくり」では「地域の暮らしや歴史・文化との調和」が盛り込まれ、川づくりの対象が広がっている。また、「多自然型川づくり」が「事業の実施」のみであったのに対して、「多自然川づくり」は「河川管理すべての行為」が対象となり、維持管理も含めて川づくりを実施することとなっている。留意事項を見ると「多自然型川づくり」では、平面、横断、護岸の3項目が示されているのみだが、「多自然川づくり」では、これが8項目になっている。縦断形状の項目が追加され、掘削に伴う瀬・淵構造の消失、横断工作物を極力避けることなどが示されている。また、護岸については「多自然型川づくり」が工法の選定に留意していただけなのに対して、「多自然川づくり」では「必要最小限の設置」にも言及し、技術基準類においては護岸設置の判定条件が明確に示されている。「横断計画」では、「多自然型川づくり」では「川幅を広く確保できるところは広く」となっていて、標準断面を避けることのみを重要視していたが、「多自然川づくり」では「自然の復元力を活用」するため、「川幅を広く確保するよう務める」となり、川幅を確保することを「より意識」した内容となっており、技術基準類でも前述したとおり河積の確保は拡幅を原則とすることになっている。また、「多自然川づくり」では、横断方向の連続性や河畔林や山付き部等河川の堤内地方向に意識が向いたのも特徴である。技術基準類では「片岸拡幅」による自然河岸の保全、山付き部における管理用通路を設置しない等の考え方が示されている。

3. 中小河川に関する河道計画の技術基準の概要

3. 1 技術基準の概要とポイント

「中小河川に関する河道計画の技術基準」は平成20年3月に通知された後、平成22年8月に「河岸・護岸・水際部の計画・設計」の部分が追加されている。その後発刊された「ポイントブックⅢ」は、平成22年8月に通知された技術基準の解説書という位置付けだが、技術基準には記載されていない踏み込んだ内容も示されている。以下からは、前述した従来型中小河川改修の課題との関係を踏まえながら、技術基準類の内容を概説する

3. 2 技術基準のポイント

(1) 川づくりのプロセスにおける技術基準の位置付け

技術基準類は河道計画・設計、施工、維持管理といった一連のプロセスの中で、改修目標流量を設定した後の基本計画を設定する部分をカバーしている。基本設計以降のプロセスは対象外となっているが、実際の川づくりにおいては、実施設計や施工によって仕上がりが変化する。また、維持管理を念頭に置いた計画・設計とすることによって治水、環境への効果が長期間維持できる可能性もある。したがって、PBⅢに記述されている内容以外にも留意するポイントが多数あることに注意する必要がある。

技術基準類のポイントを示した(表-2)。多数の項目があるが、ここでは、多自然川づくりの思想を反映している項目として表中の着色をしている部分を対象として、その詳細を説明する。

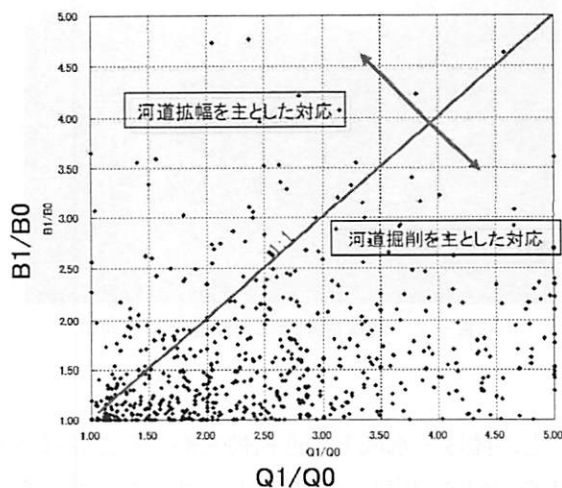
(2) 川幅・河床幅の確保および河道内断面形状の設定

1) 河積確保は拡幅を原則とする

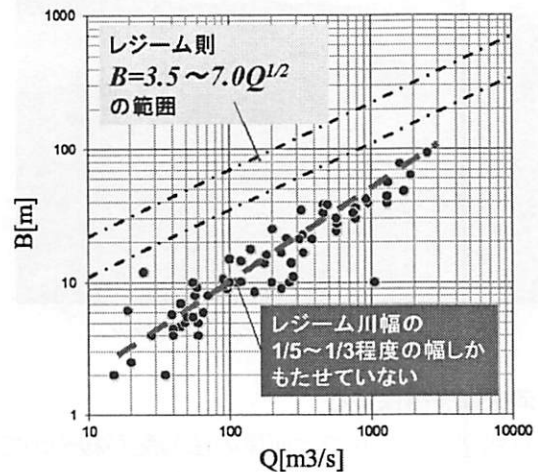
流下能力を増大する場合の河積の拡大は、2割のり勾配の河岸を前提として、拡幅することを原則としている。改修済みの多くの中小河川において河床掘削を中心とした河積確保が行われていたことが、この原則の前提である。例えば、流下能力の増大率に対する川幅の拡大率との関係を見ると、多くの河川において流下能力の増大率に対して川幅の拡大率はより小さい範囲にプロットされることが国土交通省の調査結果から

表－２ 中小河川に関する河道計画の技術基準のポイント

計画高水位の設定		- 掘込河川の計画高水位は、地盤高度とする。 - 既に計画高水位が定められた河川でも見直しを含めて検討する。
法線及び川幅		- 法線は平常時のみお筋の現況が良好な自然環境を形成している場合には法線は極力変更しない。 - 流下能力増大に必要な河積の確保は原則として川幅の拡幅により行う。 - 河岸の自然環境が良好な場合は原則として片岸を拡幅する。
横断面形	河床幅	川らしい良好な自然環境を形成することや河床に作用する流速を増大させないため、河床幅を十分に確保する。
	河岸ののり勾配	- 河床幅が横断面高の3倍以上確保できる場合に、2割以上ののり勾配を採用することが望ましい。 - ただし、2割ののり勾配の断面で十分な河床幅を確保できない場合には、あらかじめ2割ののり勾配で川幅を確保した上で、法肩から5分程度にたてることが望ましい。また、その際には広い河床幅を確保するために現状の川幅を狭くしない。
	河床掘削	- 用地等の制約等で川幅の確保が困難な場合には、平均的な掘削深として60cmを上限とすることを原則として、その掘削深を超える場合には、中長期的な河道変化や構造物、取排水への影響等を考慮して検討する必要がある。 - 掘削する場合の河床部の横断面形状は、河床に形成されたみお筋や縦横断方向の地形を平行移動する。
縦断面形		- 縦断面の計画に当たっては、河床の安定性と上下流間の生物移動の連続性の確保について十分に考慮する。 - 拡幅を基本とした河道計画を検討した上で、現況が良好な場合には縦断面は現況路幅が基本となり、縦断勾配を処理する床止め等は、必要最小限の箇所とする。 - 急流河川では、巨礫等の河床材料をできるだけ残留させる。
粗度係数		現況が良好な状況の河川では、現況と同程度の粗度係数を設定することを基本とし、少なくとも現況より小さくしないことを原則とする。
河岸・水際部の環境上の機能の確保に関する一般的留意事項		河岸・水際部の計画・設計にあたっては、治水機能の確保に加え、河岸・水際部が本来有する河川景観及び自然環境面での機能が十分発揮されるよう行う。
自然な河岸・水際の形成		河岸・水際部は、できる限り縦断的・横断的に自然な変化をもつようにする。
護岸設置の必要性の判定		対象箇所の河岸域の河道特性を踏まえ、護岸設置の必要性を慎重に判断する。
護岸を設置しない場合の河岸・水際部の留意点		掘削したのり面を土羽のまま放置するなど、川の営力に任せる。
護岸を設置する場合の設計上の留意点	護岸を河岸の背後に控えて設置する方法	護岸を背後に控えて設置し、護岸前面に自然な河岸・水際を形成する。
	護岸が露出する場合の設計	- 護岸は、のり肩・水際部に植生を持つことを原則とし、直接人の目に触れる部分を極力小さくすることが望ましい。 - 護岸は、周囲の景観との調和について以下の機能を持つことが望ましい。 - 護岸の素材が周囲と調和した明度、彩度、テクスチャーを有していること。 - 護岸のり肩、護岸の水際線等の境界の処理は目立たず周囲と調和していること。 - 護岸は、水際及び背後地を重要な生息空間とする生物が分布している場合は、生息・生育空間・移動経路として、以下の機能を持つことが望ましい。 - 生物の生息・生育場所や植生基盤となりうる空隙を持つこと。 - 生物の生息・生育に適した湿潤状態ののり面を確保するため、透水性・保水性を持つこと。
	護岸が露出する場合の河岸・水際部の設計	- 寄せ土や捨て石など現地で調達できる河岸・河床材料を有効活用し、水際部の植生の基盤となる土砂堆積を確保する。 - 根固めはできるだけ露出しない高さに設置し、露出した場合でも周辺の景観になじむような工夫を検討する。 - 水衝部の淵は、保全することが望ましい。
掘込河川の護岸のり肩の処理		天端のり肩にできる土羽の空間を確保するなど、河川環境の向上に努める。
CO ₂ 発生抑制		- 現地発生材料を用いた工法の検討など、CO₂発生抑制の観点に留意する。 - 良好な河畔樹木がある場合は、洪水に対する安全性などを十分に検討した上で、保全することが望ましい。
河畔樹木に関する基本的な考え方		川幅が広く死水域となっている箇所などには、樹木の設置を含め、河川景観・自然環境に配慮した構造物を積極的に検討する。
管理用通路等		- 掘込河川では、川幅の確保を十分に考慮し、管理用通路の必要性や幅を検討する。 - 都市河川においては、川とまちづくりの関係を十分考慮し、管理用通路を検討する。 - 河道内での維持管理や水辺活動のため、適切な間隔で階段工や坂路を設置する。
維持管理の考慮		- 良好な河川環境の実現のため、順応的に河道を管理し、改善していくことが基本となる。 - 長期的・広域的な取り組みを可能とするため、地域住民や市民団体等との連携・協働を推進する。



図－２ 流下能力の比を指標とした川幅の設定



図－３ レジーム則の川幅と実際の川幅

明らかになっている(図-2)。また、岐阜県の河川を対象とした流量と川幅との関係は、レジーム則に基づく流量と川幅との関係に対して、川幅が相対的に小さい範囲に位置していることが示されている(図-3)。つまり、河床を掘削し、洪水時の水深そして掃流力・流速を増加させ、川幅と水深の比を小さくすることにより起因する様々な課題の解決策として拡幅を求めている点を理解すべきである。技術基準に記述されている拡幅の効果(もしくは掘削の問題点)を整理すると以下のようになる。

- ① 中小河川は川幅が狭く護岸が直接平常時の流路を拘束している場合が多いため、改修による川幅の拡大は河川本来の姿を取り戻す貴重な機会になる。
 - ② 河床掘削を避けることにより洪水時の流速や掃流力を増大させないという河道管理上の意義を有している。例えば、河床や構造物の安定、さらには、それらに必要とされる対策の削減につながり、また河床の洗掘に対する維持管理も容易になる。
 - ③ 過去の堆積地形等を下刻あるいは開削して形成された場合が多く、掘削により河床の材料構成が激変する場合がある。
 - ④ 気候変動に伴う将来的な洪水流量の増加に対して、川幅を確保しておくことは柔軟な対応に繋がる
- ①については、1)掘削を避けることによる川幅水深比の増加が魚類を中心とした水生生物の生息場を多様にする効果を有するだけでなく、2)河岸高さを抑えることによる景観上の効果も期待できる。1)については、川幅水深比の増大が砂州地形の形成を促し、瀬・淵構造の発達とみお筋に沿った流速・水深の分布域の拡大に繋がり、多様な生息場が出現する(多自然川づくり研究会 2011)。また、形成された砂州は水際部に植生基盤を提供し水際植物帯の形成を促すため、横断方向の物理環境を多様にする効果を期待できる。2)については、川幅が増大し、河岸高さが減少することにより河岸を2割に設定できること、この結果として護岸前面に自然河岸を形成することが可能となることが二次的な効果として期待できる(詳細は(3) 河岸・護岸・水際部の計画・設計で説明)

②、③については、この事実を定量的に示すデータに乏しいが、河床掘削時に岩が露出するケースがある他(写真-1)、掘削後に河床低下が生じ、この結果として、護岸基礎の露出そして護岸の被災が生じるケースもある(写真-2)。被災に伴い経済的な損失が発生することは周知の事実であるが、これを予防するためには、河床の安定に関する検討に加え(例、掃流力の縦断分布、河床変動計算)、低下が予想される場合には帯工の設置に係わる計画・設計・施工等のコストがかかることも留意すべきである。また、帯工は上下流間の分断化、景観悪化を招く可能性もあり、環境に対する影響も懸念される。



写真-1 河床低下による護岸被災



写真-2 河床掘削時に岩が露出した河川

2) 河床幅を確保する

多自然型川づくりでは河岸の法勾配が緩やかであることが陸域と水域との連続性を高めると認識されてきた。このため、川幅が狭い場合においても河岸を2割勾配に設定し、結果として河床幅が狭くなって地形形成作用が低下し、河床が平坦になるケースが多かった。技術基準類では、この点に鑑み、以下の

手順で河床幅を設定することを求めている。すなわち、2割のりの勾配で流下能力を満足する河積を確保し、そのうえで、2割のりの勾配の断面で十分な河床幅を確保できない場合には、法肩から河岸の法勾配を5分程度に立てて河床幅を確保する（図－4）。河岸の法勾配を立てる目安として、河床幅に対する川の深さの比をとり、これが3を下回る場合としている。

3) 断面内形状を工夫する

基本的な川幅（単断面河道の場合は法肩から法肩）を設定したら、その中で横断面形状の設定が必要がある（河道内断面形状の設定）。技術基準類では、以下の2項目を判断材料として断面形状を設定するよう求めている。

① 拡幅に伴う地形形成能力の低下を判断する

拡幅時に河床材料の移動頻度が低下する可能性について言及し、拡幅した河道において平均年最大流量（もしくは1/3洪水流量）時の無次元掃流力を算出して河床材料の移動可能性を評価することを求めている。地形形成能力が低下している場合には、常時水が流れるみお筋を含む断面形状を設定する。

② みお筋の現況が良好かどうかを判断する

「みお筋の現況が良好」の定義は明確に記述されていないが、みお筋部の平均的な幅が平常時の流量から見て適切かどうか、そして、みお筋部の縦断形状の変化、すなわち、瀬・淵構造が発達しているかどうかのポイントとなるだろう。みお筋部の幅は平常時に水が流下する幅を示すが、この幅が狭すぎる場合、広すぎる場合には、流速・水深の分布は水生生物の生息にとって不適となる。また、広すぎて水深が低下した場合には流量感が低下し、川らしさが喪失するだけでなく、河床からツルヨシ等が繁茂し、維持管理が困難になる可能性がある。瀬と淵の重要性については既に多くの文献で紹介されているが、水深が全体的に小さい中小河川では、淵における現存量が他の生息場所タイプ（例えば、平瀬）と比較して著しく大きくなることが示されている（自然共生研究センター 2000）。なお、河床勾配が小さくなると、明確な瀬・淵構造は見られなくなるだけでなく、みお筋そのものが不明瞭になるため、「良好かどうか」の判断は河床勾配がある程度急な中流域以上の河川が対象となる点に注意したい。

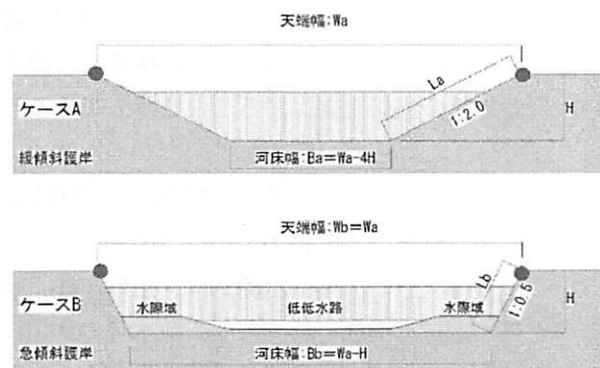
さて、技術基準類には、「みお筋の現況が良好」な場合には、みお筋の位置を極力変更しないように法線形状を設定するとともに、拡幅時にはみお筋以外の陸域部（テラス部）を掘削して、みお筋を保全することを求めている。一方、「川底が良好な環境にない場合」には、自然のメカニズムにより良好なみお筋が形成されるよう河床幅を確保し、更に、改修直後から環境機能が発揮できること、また、河床が平坦とすると河床からツルヨシ等が繁茂して維持管理が困難になることから、みお筋を含む断面形状の設定を工夫するよう求めている。

このように、技術基準類では①地形形成能力の大小、②みお筋の現況の善し悪しを判断し、この結果を断面形状の設定に反映するよう求めているが、具体的な断面形状の設定方法については、参考程度に幾つかの視点が示されているに留まっている。

（3）河岸・護岸・水際部の計画・設計

1) 基本的考え方

中小河川は川幅が狭く単断面形状であることが多い。このため、許容できる侵食幅を広く取ることができず護岸を設置するケースが多い。また、河岸・水際部が河道全体に占める割合が大河川と比較して大きく、護岸の設置が河川景観・自然環境に与える影響は大きい。このため、技術基準類では、護岸の設置を最小限に抑えるとともに、護岸を設置する場合には、この影響を緩和することを重要視している。



図－4 川幅が狭い場合の河床幅の設定方法

影響緩和の重要な視点の一つとして、河岸と護岸の機能を分離し、河岸には環境上の機能を、護岸には侵食対策の機能を確保することを示している。これまでは、これらが分離されていなかったため、河岸と護岸を同一のものと考え、標準断面の河岸前面に護岸を設置することが多かった（図-5①）。しかし、自然状態の河岸や水際部は、土砂・礫、植物など自然素材で形成されており、流水等の作用によって変形し、生育・生息場の異質性や柔らかい河川景観の形成に寄与している。一方、護岸は、河岸の侵食対策（堤内地防護）を目的として設置される硬い構造物であること、起伏に乏しく平板上の構造であることが多いことから、護岸の工夫によって生物の生育・生息空間を保持し、良好な河川景観を形成することは難しかった。技術基準類では、この点に鑑み、護岸と河岸を分離し、護岸は河岸の背後に控えて計画・設計することを最善の方法として示し（図-5②）、護岸が前面に露出する場合、すなわち、護岸そのものが河岸となる場合においては、護岸に必要な環境機能を付加することを次善の方法としている。

2) 計画・設計のフロー

河岸・護岸・水際部の計画・設計のフローを示す（図-6）。技術基準では、良好な河岸は法線設定を工夫して保全すること、拡幅は山付き部や崖地等良好な河岸を保全し、反対側の河岸を拡幅する「片岸拡幅」を行うことを求めている。人為的改変を行う場合には、護岸の必要性の判断を行った後に、護岸が必要な場合には、河岸と護岸を区別して河岸・護岸・水際部を計画・設計すること、そして、護岸が露出する場合には護岸に環境機能を付加すること等が留意事項として示されている。ここでは、片岸拡幅、護岸の必要性の判定方法、護岸を設置する場合の留意事項の3点についてポイントを紹介する。

3) 片岸拡幅

現況の流路にならった平面計画であっても、大幅な拡幅をとまなう場合、両側に拡幅しようとすると、環境に与えるダメージが大きい。これに対して片側だけに拡幅する計画にすると、片側の河岸やみお筋を保全することが可能になるうえ、保全を図る方の河岸が侵食されていない場合には、護岸の設置も最小限に留めることが可能となる。左右岸のどちら側

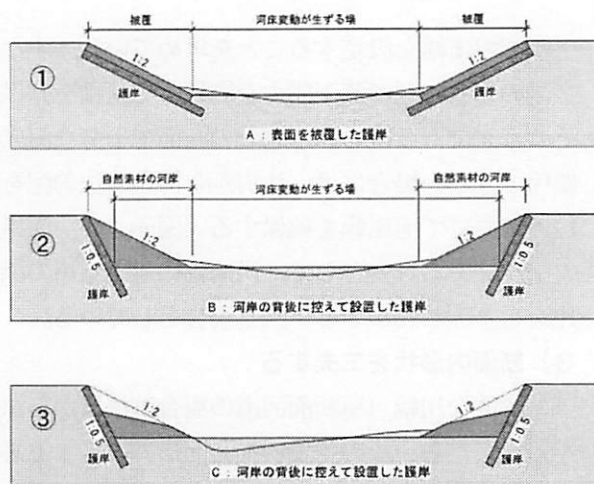


図-5 河岸と護岸の分離

河岸・水際部の計画・設計にあたっては、計画流量に対して必要な断面を持った河道を検討するなかで、治水機能と環境上の機能（河川景観及び自然環境面での機能）の両方が確保できるようにする。

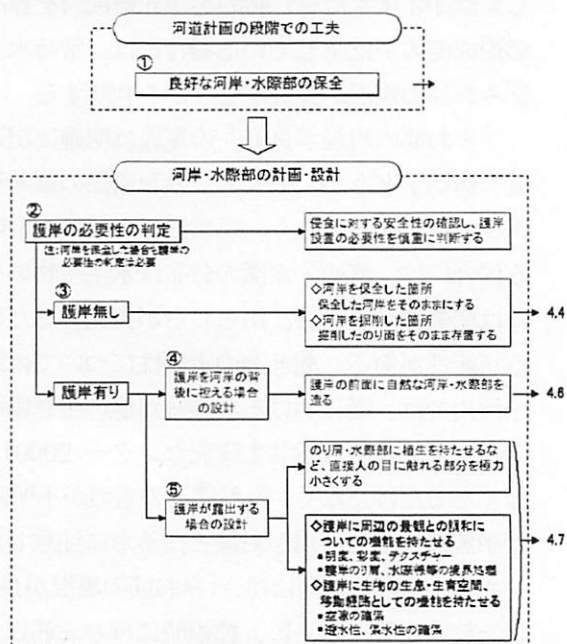


図-6 河岸等の計画・設計フロー

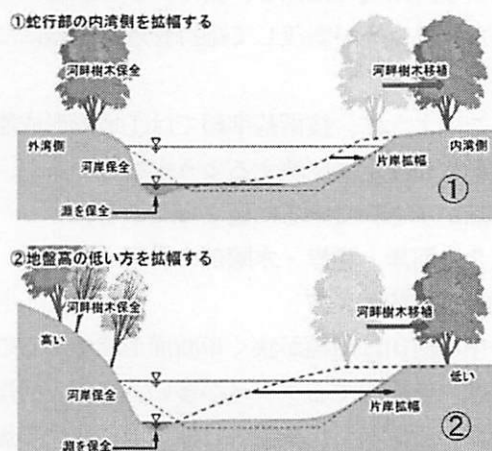


図-7 片岸拡幅の方法

を拡幅するかについては、以下がポイントとして示されている。

①蛇行部の内岸側を拡幅する（図－7①）

蛇行部では一般的に外岸側に淵が出来やすいことから、淵を保全するためにも内岸側を拡幅することを基本とする。また、外岸側は崖地や山付きとなり河岸としての環境が良好な場合が多く、保全を前提として考える。ただし、内岸側は砂州が堆積しやすいことから、改修後の河積の維持に留意する。

②地盤高の低い方を拡幅する（図－7②）

左右岸で堤内地盤高が異なる起伏のある地形では、地盤高の低い方を掘削すると掘削量は少なくなる。標高の高い方を拡幅すると掘削量や土留め擁壁等コストが増えるだけでなく、標高の高い方が崖地や山付きとなり河岸としての環境が良好な場合が多いことから、保全を前提として考える。

4) 護岸の必要性の判定

護岸の設置については、『改訂護岸の力学設計法』（(財)国土技術研究センター 2005）において、「洪水による河岸侵食で堤防の安全性が損なわれる恐れのない河岸については護岸設置の必要性を判断した上で所要箇所には護岸を設置する、侵食の可能性がほとんどないと判断される河岸について護岸は不要」としている。技術基準類においても、過去の河岸の侵食状況や河岸を構成する材料の耐力から一洪水による侵食幅が極めて小さく、さらに外力が軽減される箇所等、侵食が河川区域内に限定される箇所では、護岸を設置しないことを原則とした検討を行うこととしており、具体的な判定の材料として以下のア)～キ)を示している。

ア) 周辺の土地利用状況等から、河岸防御を行う必要性が低いと考えられる箇所

イ) 現状が自然河岸であって、既往洪水によって侵食が大きく進行した様子が無く、改修後の河道条件下でも河岸に働く外力を増大させる方向での流水の作用の変化が想定されない箇所

ウ) 現状が岩河岸等で侵食が急激に進行する恐れのない箇所

エ) 川幅が局所的に拡大し死水域となる箇所

オ) 湾曲部内岸側等の水裏部で河岸を十分な高さで覆うような寄州の発達が見られ、その状況が規模の大きな洪水によっても変わらない（例えば内岸を主流が走るようになって水裏部の寄州の一部が侵食されるような状況が生じない）と想定される箇所

カ) 改修後の代表流速が 1.8m/s 以下の箇所（河岸に裸地が残る可能性がある一方で、河岸が河岸を防御する機能を有する石礫で覆われていない箇所を除く。）

キ) 河岸防護が必要な箇所であっても、水制の設置その他の代替策を適用する方が良いと判断される

この中で、イ)、オ)、カ) については、解説が必要な内容を含むので、以下にその詳細を述べる。

イ) 自然河岸であって、既往洪水によって侵食が大きく進行した様子が無い場合

過去の洪水において、河岸全体の状況を見て削られていないことが確認される箇所では、今後も流水の作用により侵食される可能性は小さい。ただし、侵食は、拡幅により曲率半径/川幅比が変化する、交互砂州の発生領域が変化する等により水衝部の位置、局所洗掘の位置や深さが変化する可能性がある点に注意する。

オ) 湾曲部内岸側等の水裏部

水裏部では、流砂によって砂が堆積し、水深が小さくなることを主な原因として、侵食を受けにくい。ただし、湾曲部は洪水の規模が大きくなると主流の位置がずれ、今まで堆積していた内岸側の一部が侵食を受けたり、流速が早くなる側にシフトしたりする場合がある。特に湾曲部の入り口はそういう傾向が強いことが過去にも観察されているため、洪水の規模が大きくなった場合でも、内岸側に砂州が形成される場所かどうか確認する必要がある。仮に、洪水の規模が大きくなった場合に水衝部的になる場所では、護岸が一定区間で必要である。

ク) 改修後の代表流速が 1.8m/s 以下の箇所

この判定は堤防植生の耐浸食性に関する既往研究等に基づいている。シバ・イネ科雑草(年2回程度の草刈りの場合)については、 $1.0\sim 2.0\text{m/s}$ の範囲まで耐浸食力を有しており、ここでは中央値として 1.5m/s を採用する。しかし、この値は一定流量で通水した場合の結果なため、この値を洪水ピーク流量時に対応させると安全側に評価される。このため、『河川堤防の護岸検討の手引き』

(財)国土技術研究センター 2002)に基づき、冠水期間中の水位ピーク時に相当する最大流速 U_{max} の 0.82 倍を U_{ave} を用いて耐浸食性を評価することとした。すなわち、中央値「 1.5m/s 」の場合、ピーク時流速は $1.5\text{m/s}/0.82=1.8\text{m/s}$ となる。

4) 護岸を設置する場合の留意点

「1) 基本的な考え方」で述べてとおり、護岸の設置については①護岸を立てて控えて前面に自然河岸を形成する場合、②護岸が露出する場合、の2つのパターンがある。ただし、①と②の中間的な扱い、すなわち、③護岸の途中まで自然河岸とするパターンがあること、また、一連区間の中で両者が混在する場合もある点に留意することが必要である(図-5③)

①護岸を立てて控え前面に自然河岸を形成する場合

護岸は可能な限り後方に立てて設置し、護岸の前面に自然河岸を設けて法勾配を緩勾配とする。ただし、緩勾配の河岸とする場合には、現況の水際部は保全し、現況の河床を埋めないことを基本とする。この場合、護岸前面の自然河岸を撤去することで河積を増加させる余地が残ることは、将来的な気象変動対応の点からも有効である。また、護岸が河岸の背後に埋め込まれることにより護岸の露出面積が減り、人工構造物である護岸が河川景観に及ぼす影響を軽減できる。更に、環境に配慮した護岸ブロックのように護岸に環境機能を付加する必要がなくなるだけでなく、河岸形状を自由に設定でき、かつ、植物が繁茂するための十分な基盤を確保することができる(写真-3)。

②護岸が露出する場合

護岸が露出する場合には護岸に自然河岸が有していた環境機能を付加することが必要となる。ただし、一連区間の中で露出する延長が一部分である場合、③護岸の途中まで自然河岸が盛り立て露出する面積が小さい場合には、環境機能を付加する必要はない場合もある。露出部分が河川景観、自然環境に与える影響を一連区間全体で捉え、機能付加の必要性を判断することが必要である。技術基準類では付加すべき環境機能として「河川景観」そして「自然環境」の2つを挙げている。河川景観に関する機能は必須であるのに対して、自然環境に関する機能については「水際及び背後地を重要な生息空間とする生物が分布している場合は生息・生育空間・移動経路としての機能を持つことが望ましい」となっていて条件付きの機能となっている。これら2つの機能に関する具体的中身については、「水工学に関する夏期研修会」という本研修の主旨から随分と逸れてしまうので、PBⅢ等の参考文献を参照してほしい。

4. 技術基準類の課題と今後の展望

3章では技術基準類のポイントを幾つか説明してきたが、これらの計画・設計技術の現場への適用例は多くなく、発生するだろう技術的課題については十分把握されていない。ここでは、机上での想定として課題



写真-3 護岸を控えて全面に自然河岸を造成した例
(岩手県元町川)

になりそんなことを列挙し、現在（独）土木研究所で実施している関連する知見や研究成果そして今後の展望を紹介しよう。

（１）川幅の合理的な設定

実際の川づくりでは拡幅を原則としつつも掘削を伴う川づくりが行われる場合が多いだろう。技術基準類では、掘削の目安として60cm を上限とすることを目安としているが、この数値は定量的な検討の上で設定されたものではない。このため、「河床をどこまで掘削するとどのような問題が生じるか」についての知見の集積を図り、より合理的な川幅設定の技術を確立する必要がある。ここでは、川幅設定技術に資する基礎研究として、（独）土木研究所自然共生研究センターで実施した調査結果を紹介しよう。具体的には、岐阜県・三重県における中小河川の景観および地形測量に基づく河道パターンと川幅を含む河道特性量との関係を明らかにし、川幅の変化が河道パターンにどのように変化するかを事例として示した。

調査対象としたのは岐阜、三重県を流下する 80 河川、100 箇所であり、河川景観および横断形状を把握して河道タイプの類型化を行なった。また、各類型と河道特性との関係を調べるため、1 年降雨確率規模で算出した流量を元に河道特性量を算出し、各河道タイプと河道特性との関係を整理した。河床勾配 1/1200 以上の箇所を対象として河道タイプを区分した結果、大きく 4 つのタイプに類型化できた。4 つのタイプと河道特性量との関係を評価するため、横軸を黒木・岸（1984）の砂州発生領域区分に用いられる河道特性量 ($BI^{0.2}/H$)、縦軸を Fr 数として整理した（図-8）。4 つのタイプは、①Aa 型もしくは Aa-Bb 移行帯の瀬・淵が見られるタイプ、②Bb 型の瀬・淵が見られるタイプ、③岩盤が露出するタイプ、④河床が平坦で瀬・淵が不明瞭なタイプ、であり、①②は流心に沿って多様な環境（瀬・淵）が存在するだけでなく（流心方向の環境の異質例）、自然河岸に水面が接している延長割合が長く、良好な水際環境が保たれている（横断方向の環境の異質例）。一方、③は河床低下に伴い岩が露出し、瀬・淵構造が消失している場合が多かった。また、護岸の基礎の浮き上がり、根継ぎを行っている箇所も多く見られ、河道の安定という視点からも好ましとは言えない河道タイプであった。④は顕著な河床低下は発生していないが、瀬・淵構造が未発達であり、片岸にみお筋が固定されていた。また、③と④は護岸に水面が接している延長が長く、水際環境という視点からも良好とは言えない状況にあった。この 4 タイプと河道特性量との関係を見ると、 $BI^{0.2}/H$ は概ね 7、フルード数は概ね 0.8 で各類型が分類できることが分かった。ある箇所の川幅を拡大させた場合の河道特性量の軌跡を想定すると、例えば、③の類型にプロットされる箇所は水深が減少することにより Fr は下方方向に、そして、 $BI^{0.2}/H$ は右方向に移動し、①もしくは②の類型に変化して、自然環境および河道の安定の視点からより好ましい河道タイプへと移行する可能性もある。つまり、本調査結果に基づけば $BI^{0.2}/H$ が 7 を上回る川幅を設定できるかどうか、川幅設定の重要な視点の一つとなるだろう。

本調査は限られた地域での結果であり、他の地域ではここで示した類型には合致しない河道も存在するだろう。また、上流からの土砂供給量の多寡によって同一の河道特性量でも同じ類型にはならないケースもあるだろう。今後、調査箇所数を増やす等して、川幅に関連する河道特性量と河道タイプとの関係を詳細に調べ、合理的な川幅設定技術の確立に活用する必要がある。

（２）河道内断面の設定について

（１）で述べた河道は勾配が比較的急であり、洪水によって地形形成能力が期待できる区間と考えられる。

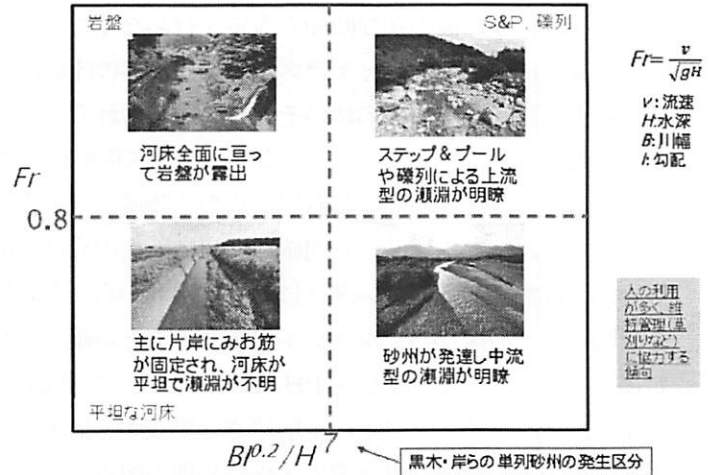


図-8 河道タイプと河道特性量との関係
(未発表のため実際のプロットは省略)

したがって、改修後の初期断面の設定を行わなくても、その後の洪水によって河床が変形し、交互砂州等の地形形成に応じたみお筋とテラス（みお筋以外の陸域部）の形成が期待できる。一方、勾配が緩やかな区間では初期に設定した断面形状がその後も維持されることが多く、初期断面がその後の環境の状態そして維持管理の難易を決めてしまうため、より慎重に初期形状を設定する必要がある。特に、「みお筋の現況が良好でない場合」には、みお筋の左右岸に広がる陸域部（以下、テラス部）の形状だけでなくみお筋の幅や深さも決定しなければならず、より明確な河道内断面の設計根拠が求められる。この点についての新しい知見は乏しいが、自然共生研究センターにおける実験から、みお筋については、みお筋の平常時の水深が概ね 30cm を下回ると、河床からツルヨシが繁茂することが確認されている。また、同センターでは、みお筋の幅の設定によって魚類の生息環境を PHABSIM によって評価する手法の検討を行っている。テラス部については、テラス部の高さやテラス上の土壌厚さと繁茂する植生タイプとの関係を整理し、この結果を一部 PBⅢにも掲載している。今後、自然環境・維持管理の観点から、テラス形状の設定方法を取りまとめ、みお筋の形状と併せて河道内断面形状を設定する方法を提案する必要がある。

（3）河岸・護岸・水際部の計画・設計技術

技術基準類では河岸と護岸の概念を分けることを明確にし、護岸は河岸の一部として捉えて設計を行うことを求めている。この考え方は、縦断方向に変化に富む河岸を設計する上で重要な視点だが、具体的な河岸設計方法が示されているわけではない。例えば、局所的に川幅が広がる場合の河岸形状の設定方法、湾曲区間から直線区間、直線区間から湾曲区間へ移行する際の河岸形状及び護岸と河岸との摺り合わせの方法等は明確になっていない。今後、河道法線形状や川幅の変化に応じた河岸形状、護岸と河岸の摺り合わせの方法等をパターン化し、これを設計法として明示することが必要になる。また、護岸を控えて全面に自然護岸を設定する方法についても、自然河岸が洪水時に流出せず、維持できるかどうかの定量的な判定方法が示されていない。今後の検討課題として残されている。

5. おわりに

本テキストでは、「中小河川に関する河道計画の技術基準」、「ポイントブックⅢ」を取り上げ、川幅の設定、河道内断面形状の設定、河岸・水際部・護岸の計画設計の3点について、その内容を概説した。技術基準類は未だ適用事例が少なく、課題の抽出は今後も継続して行う必要がある。本テキストで示した課題および解決策については、今後も適宜フォローを行い、解決すべき技術的課題の抽出と調査・研究の実施を行っていく必要があるだろう。このためには、中小河川の改修後の状況を長期的に監視し、データを取得し続ける体制も必要となる。中小河川の管理に必要な財源に限りがあることを考えると、自治体等と研究機関が連携する等の工夫を行うことも中小河川改修の技術向上には必須なのかも知れない。今後視野に入れた取り組みが必要になるだろう。

参考文献

- Kawaguchi, Y., Saiki, M., Mizuno, T. and Kayaba, Y. (2006): Effects of different bank types on aquatic organisms in an experimental stream: contrasting vegetation cover with a concrete revetment. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 1472-1432.
- 石山信雄・渡辺恵三・永山滋也・中村太士・剣持浩高・高橋浩揮・丸岡昇・岩瀬晴夫(2009): 河床の岩盤化が河川性魚類の生息環境に及ぼす影響と礫河床の復元に向けた現地実験の評価. *応用生態工学*, 12: 55-66.
- 環境省生物多様性総合評価検討委員会 (2010): 生物多様性総合評価報告書.
- 黒木幹男・岸力: 沖積河道の流路形態の領域区分に関する研究(1982). *水理講演会論文報告集*, 26, pp.51-56.

建設省河川局（1990）：『「多自然型川づくり」の推進』について
 建設省河川局（1997）：建設省河川砂防技術基準（案）同解説計画編．日本河川協会編集．
 国土交通省河川局(2008)：中小河川に関する河道計画の技術基準について．
 国土交通省河川局(2010)：中小河川に関する河道計画の技術基準について．
 森下郁子・森下依里子(1997)：川と湖の博物館－生物からのメッセージ(8)、共生の自然学．山海堂．東京．
 島谷幸宏，小栗幸雄，萱場祐一(1994)：中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化，水工学論文集，
 38：337-342．
 自然共生研究センター(2000)：魚の棲む川へ．ARRC NEWS No.1．
 多自然川づくり研究会(2011)：多自然川づくりポイントブックⅢ－川の営みを活かした川づくり、河道計画
 の基本から水際部の設計まで－．国土交通省河川局河川環境課・治水課・防災課（編集協力）．
 多自然型川づくりレビュー委員会（2006）：多自然型川づくりレビュー委員会提言（案）．
 （財）国土技術研究センター（2005）：改訂護岸の力学設計法．山海堂．東京．
 （財）国土技術研究センター（2002）：河川堤防の護岸検討の手引き