

巻末資料 1

現場で着目すべきポイントと水辺の見方

(仮称) 岐阜県自然共生川づくりの手引き 巻末資料 1

現場で着目すべきポイントと水辺の見方.....	1
1. 中小河川における自然共生川づくりと現場で着目すべきポイントと水辺の見方.....	1
2. 水理特性の整理.....	5
① 現況川幅 B_0 の把握.....	6
② 現況流下能力の把握.....	7
③ 等流計算・不等流計算.....	8
④ 粗度係数について.....	11
⑤ 掃流力について.....	13
⑥ 河道特性の流程区分.....	16
3. 川の働きで形成される多様な地形構造（河床形態を見抜く）.....	19
① 河床形態について.....	20
4. 瀬・淵構造（水域部の着目点）.....	23
① 瀬と早瀬に魚類等が多く生息している.....	24
② 瀬と淵の区分について.....	25
③ 瀬と淵のできる条件.....	27
5. 水際の構造（水際部の着目点）.....	30
① 水際植生について.....	33
② 水際空隙について.....	42
③ 砂州がつくこと、河岸が形成されると予測される場合は配慮不要.....	45
④ 法面植生の必要性.....	49
6. 河畔林など良好な風景について（陸域部の着目点）.....	50
① 陸域部の代表的な自然環境特性.....	50
② 良好な河畔林を保全する.....	53
7. 背後地及び周辺の土地利用（景観、歴史、文化、利用の観点）.....	54
① 河川景観を考える.....	55
② 河川景観の基礎知識.....	57
③ 河川景観の調査.....	66
④ 骨格のデザイン.....	72
⑤ 場のデザイン.....	75
8. 上下流の状況.....	78
① どういう川の姿を参考にするか.....	78
9. 河岸・水際部の計画・設計のポイント.....	80
① 良好な河岸・水際部の保全.....	82
② 護岸設置の必要性の判定.....	84
③ 護岸を設置しない場合の河岸・水際部の留意事項.....	86
④ 護岸を河岸の背後に控える場合の設計.....	87
⑤ 護岸を設置する場合の考え方.....	88
10. 河川環境特性整理票（A表の作成）.....	90

現場で着目すべきポイントと水辺の見方

本章では、自然共生川づくりをすすめるにあたって、河道特性¹（水理特性、環境特性）を把握するために必要な「現場で着目すべきポイントと水辺の見方」について解説します。

また、自然共生工法のカテゴリ区分毎に、現場で着目すべき構造と環境要素を自然共生研究センターなどの既往研究成果を紹介して、解説します。

1. 中小河川における自然共生川づくりと現場で着目すべきポイントと水辺の見方

中小河川の川づくりにおいては、改修に際して、現況流下能力の数倍の流量を改修目標とすることがあります。その際、河積の大幅な拡大が求められる場合がある一方で、周辺の土地利用等多くの制約の理由により、限られた川幅のなかで深く掘り下げるような河道計画となってしまう例が見受けられます。一律の断面で直線的な計画で水際を護岸で固めるなどの改修が行われると、川の流れが固定化し、多様な河川環境の復元が困難になるとともに、洪水時の流速が増加して、さらに河床が洗掘されるなど、治水上も課題が残る場合があります。

こうした現状を改善すべく、国土交通省河川局では、“現在の河岸やみお筋が良好な環境を形成している場合には、現況の平面形や横断形にならい、それをできるだけ保全することとしたうえで、改修後の流速をあまり増加させないこと“、“また、”河岸・水際部の計画・設計にあたっては“治水機能の確保とともに、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に行うこと”を基本として、多自然川づくりの考え方を整理し、「中小河川に関する河道計画の技術基準」を策定しました。（ポイントブックⅢ p. 1 より）

「中小河川に関する河道計画の技術基準」のポイントについて、次表に示します。

¹ 多自然川づくりポイントブックⅡでは、「河道特性」を「水理特性」と「環境特性」に分けて整理しています。本書では、ポイントブックⅡとの整合をとり、水理特性と環境特性の2つに分けて整理しました。

「中小河川に関する河道計画の技術基準について」のポイント(平成22年8月9日付け)

対象河川		流域面積が概ね200km ² 未満、河川の重要度がC級以下の河川
計画高水位の設定		・掘込河川の計画高水位は、地盤高との差をできるだけ小さく設定
法線及び川幅		・みお筋の自然環境が良好な場合は法線を極力変更しない ・流下能力の増大には原則として川幅拡幅で対応 ・河岸の自然環境が良好な場合は原則として片岸拡幅
横断形	河床幅	・川らしい良好な自然環境を形成するため、河床幅を十分確保
	河岸ののり勾配	・河床幅が横断形高さの3倍以上確保できる場合には2割以上を採用 ・川幅が小さい場合は、河床幅を確保するため5分程度を採用
	河床掘削	・川幅の確保が困難な場合には、平均的な掘削深として <u>60cmを上限</u> ・河床掘削する場合には、 <u>現況縦断形を平行移動</u>
縦断形		・床止め等の横断構造物は必要最小限の箇所に設置 ・河床掘削する場合には、 <u>現況河床を平行移動</u>
粗度係数		・現況が良好な状況の河川では、 <u>現況と同程度の粗度係数を設定</u>
管理通路		・管理用通路 ・管理用通路の幅、必要性を検討
アクセス		・適切な間隔で階段、坂路等を設置
維持管理		・地域住民、市民団体等との連携・協働による順応的管理
基本的な考え方		・河岸・水際部が本来持つ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に行う
護岸設置の必要性		・護岸は <u>必要な箇所に限定</u> して設置 ・対象箇所の河岸域の河道特性を踏まえて必要性を判断
護岸の環境上の機能の確保		・のり肩・水際部に植生を持つことが原則 ・直接人の目に触れる部分は極力小さくとする ・周辺と調和した <u>明度、彩度、テクスチャー</u> を有する ・護岸ののり肩、水際線等の境界の処理は、目立たず周囲と調和 ・生物の生息・生育場所の植生基盤となりうる空隙を持つ ・生物の生息・生育に適した <u>透水性・保水性</u> を持つ
水際部の環境上の機能の確保		・植生の基盤となる <u>土砂堆積を確保し水際部変化を与える</u> ・根固めはできるだけ露出しない高さに設置
掘込河川の護岸のり肩		・環境上の貴重な空間となる天端のり肩にできる土羽の空間の確保
CO2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
河畔樹木		・良好な河畔樹木の <u>保全</u> ・河畔樹木の <u>設置</u> の積極的な検討

下の図は、自然共生川づくりを実行するための概略の流れを示したものです。

この中で、現況の河道特性の把握を行い、目標を設定し、全体計画の基本的な河道形状を検討する過程は、自然共生川づくりを行う際に最も基本的な事項です。

そのため、水理特性や環境特性などの現況河道特性の把握は、河道計画の内容に大きく影響を及ぼすことから、十分に調査・検討を行う必要があります。

特に、地元調整等においては、「水理特性の整理」として、以下に示すような条件を先に絞り込んでから、意見聴取に望めるようにした方が、手戻りがなく実務的と思われます。

- ① 治水上の制約条件が厳しいものは、この程度の工夫ができると数案を示し、その範囲で意見を聴く。
- ② 治水上の制約がさほど厳しくないものは、工夫の余地が十分あるので、より自由度を持って意見を聴く。

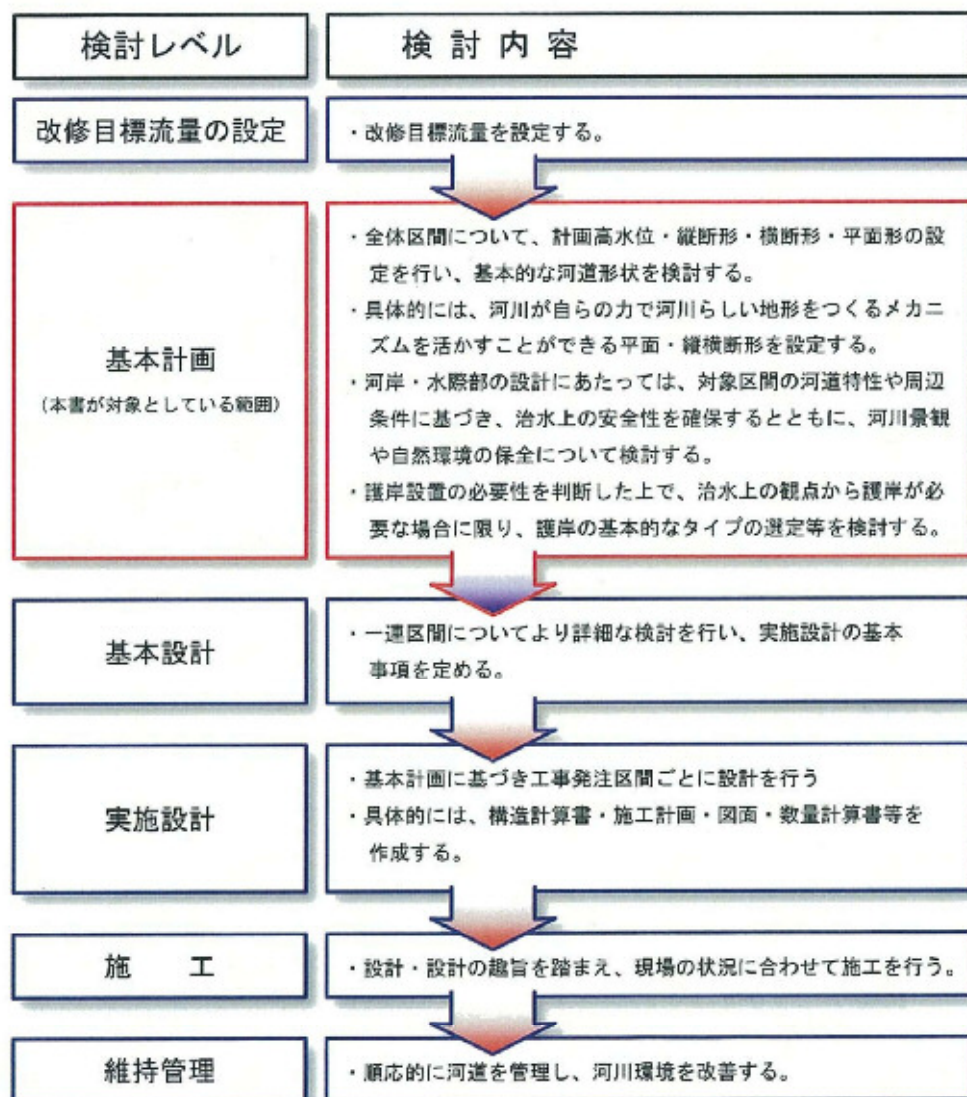


図 1-5 多自然川づくりの流れと本書の対象範囲

本章では、具体的にどのような項目に着目し、環境上価値のあるものが何か検討するため、現場で着目すべきポイントと水辺の見方について解説します。

特に「環境特性」について、川の営みを生かした川づくりを目指すためには、保全すべき環境要素や治水上の課題を見つけ、現地の地形構造を良く観察することが重要です。

さらに、「中小河川に関する河道計画の技術基準について（河岸・水際部の計画・設計に関する基本的考え方を追加する改訂）」を踏まえて、河岸・水際部の計画・設計における留意点についても今回の改訂を紹介します。

なお、岐阜県で進めている自然共生工法と連携を図るため、本書では横断地形区分に着目しました。本書と自然共生工法のカテゴリーとの関係は次のようになっています。

「水理特性の整理」

2. 水理特性の整理

「環境特性の整理」

①自然環境

3. 川の働きで形成される多様な地形構造（河床形態を見抜く）
4. 瀬・淵構造（水域部の着目点）
5. 水際の構造（水際部の着目点）
6. 河畔林など良好な風景について（陸域部の着目点）

②景観・歴史・文化

③利用

7. 背後地及び周辺の土地利用と景観への配慮
（景観・歴史・文化・利用の観点）
8. 上下流の状況 ～どういいう川の姿を参考にするか～

「河岸・水際部の計画・設計について」

9. 河岸・水際部の計画・設計のポイント

「災害復旧事業に対応した内容」

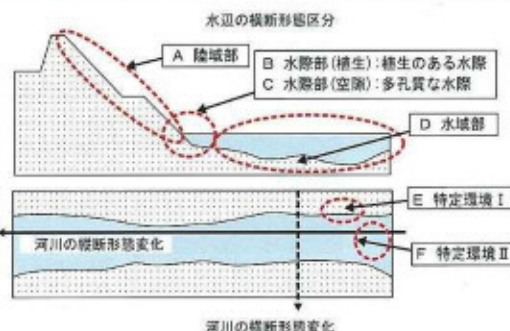
10. 河川環境特性整理票（A表の作成）

●自然共生工法のカテゴリーについて

岐阜県自然共生工法では、工法の適用箇所と目的により次の6つのカテゴリーを設けています。

- A 陸域部：河岸等における植生環境の保全・復元・創出を図る工法
- B 水際部(植生)：水際部における植生環境の保全・復元・創出を図る工法
- C 水際部(空隙)：水際部における多孔質空間の保全・復元・創出を図る工法
- D 水域部：流水部における河床の多様性の保全・復元・創出を図る工法
- E 特定環境Ⅰ：特定の生物の生息環境の保全・復元・創出を図る工法
- F 特定環境Ⅱ：特定の治水構造物周辺環境の回復・形成を図る工法

カテゴリーにより、工法に求められる機能と評価の視点が異なることから、一つの工法で複数のカテゴリーに認定登録されている工法もあります。



2. 水理特性の整理

河道計画や設計にあたっては、「川の働きによって形成される複雑な地形を保全・回復する」、「川の働きを許容する空間を確保する」、「川の連続性を保全回復する」ことを可能とするような平面形・縦横断形を設定することが必要です。

そのため、河道の水理特性に関して、主に以下の様な資料整理を行い、その特徴を把握することが必要です。

- ① 平面形・縦・横断形の最新測量成果より周辺の土地利用状況、堤内地盤高、各断面の横断形高さ H_0 (H. W. L の水面幅)・川幅 B_0 (H. W. L から平均河床高までの水深)、縦断勾配、横断構造物の位置、セグメント区分、**現況流下能力**、**流速**、**掃流力**等の諸元を把握する。
- ② また、平均年最大流量・被災実績、改修経緯や粗度係数を設定するための洪水時の痕跡水位や河床材料(代表粒径)もあわせて把握するのが望ましい。
- ③ 現況流下能力の把握にあたっては、**粗度係数**の設定が重要である。粗度係数の設定は、洪水時の痕跡水位等から逆算する、河床材料から推定する、あるいは一般的な値を採用する等など各手法の特徴や適用性を十分に踏まえ適切な方法を選定することが重要である。
- ④ 現況流下能力の把握は不等流計算もしくは等流計算により行う。また、現況流下能力の評価水位は計画高水位とする。
- ⑤ 算定した各地点の現況流下能力をもとに、流下能力図を作成し、現況河道の河積の過不足を明らかにする。
- ⑥ また、横断形のチェックを行う際の比較に使用するために、現況流下能力の計算結果をもとに流速や掃流力の縦断分布についても整理する。

現況河川の水理特性図を次に示します。

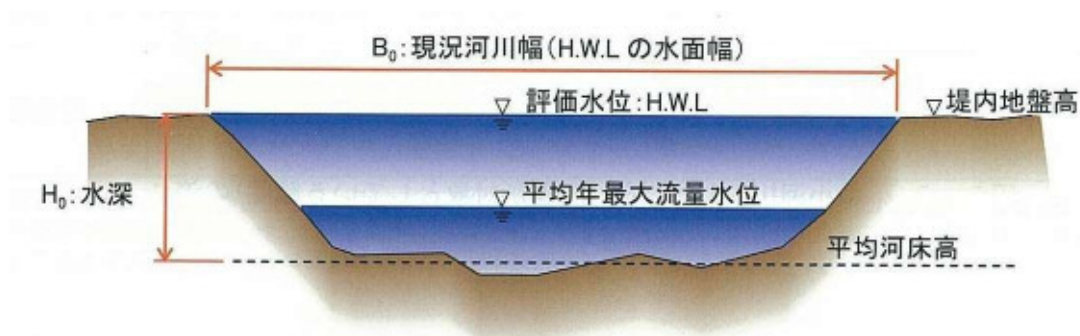


図2-32 水理特性の把握

① 現況川幅 B_0 の把握

現況川幅 B_0 とは、主に流下能力確保の観点から最低限必要とされる平均的な改修川幅 B_1 を検討するために整理するものです。

これまでの中小河川における河川改修では、周辺の土地利用など多くの制約を受けることから、結果的に限られた川幅の中で深く掘り下げるような河道計画となり、一律の断面で直線的に計画されるとともに、水際は護岸で固めている河川が多く見られました。

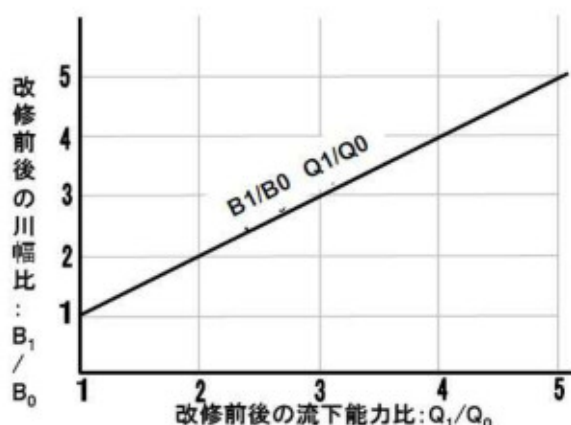
そのような結果として、川の流れが平瀬化、固定化し、川的作用によりもともと形成されていた多様な河川環境の復元が困難になるとともに、洪水時の流速が増加して河床が洗掘されるなど、治水上も課題が残る場合もありました。

これからの川づくりにおいては、河川が有している自然の復元力の活用を可能とするため、流下能力を増大する場合の河積の拡大は、原則として拡幅によって行い、河床掘削は避けることが望ましいとされています。

また、川幅を広く確保することは、環境面だけでなく、河床の安定、構造物の整備と維持管理に要する費用など、コスト面でも有利になる側面があります。

中小河川において拡幅を基本とする河積の拡大を行う場合には、下図に示すように、改修前の流量と改修後の計画流量との比 (Q_1/Q_0) をもとに、改修後の流速が改修前よりあまり大きくならないような川幅を検討することが基本となります。つまり、流量が2倍になれば、改修川幅 B_1 は、改修前の川幅 B_0 の概ね2倍として検討することになります。

ただし、ここで設定する改修後の川幅 B_1 は、主に流下能力確保の観点から最低限必要とされる平均的な川幅を示したものであるので、川幅 B_1 を出発点として、社会的、経済的な観点からの実現性などをふまえて河道計画を策定することが必要です。



改修後の流下能力を改修前の2倍、3倍とする場合には、川幅も2倍、3倍以上として一次設定を行う

② 現況流下能力の把握

現況流下能力とは、現在の河道の状況（堰の存在や砂の堆積状況等）における、河道の断面積に対して、どれくらいの洪水を安全に流せるのかを流量であらわしたものです。

また、現況流下能力を流下能力図に整理することによって、河道のネック箇所や、全川的な治水安全度バランスを把握し、現況河道の治水上の課題・問題点を明らかにすることができますので、河道計画を検討する前に必ず行う必要があります。

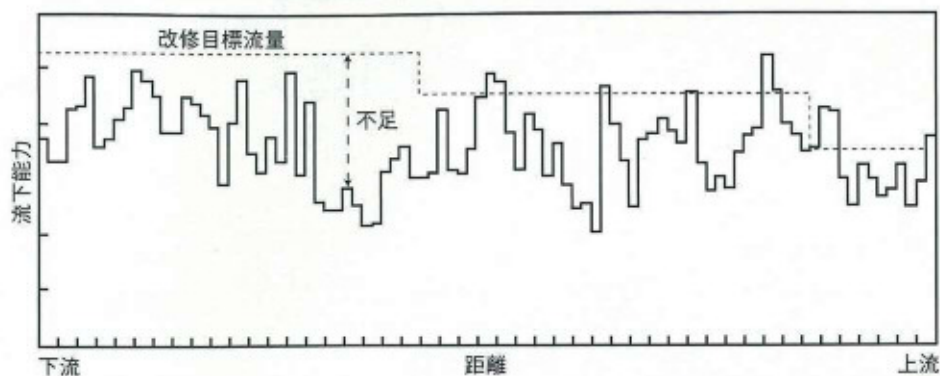


図2-33 流下能力図

なお、計画高水位の設定は、現況の堤防高から余裕高を引いた高さを基本としますが、掘込河川においては堤内地盤高を基本とします。

これは、上流部の掘込河川の流下能力を過小評価したために、河道を過度の掘込河道として改修して、計画規模を上回る洪水が下流の築堤区間に流下することを防ぐためです。

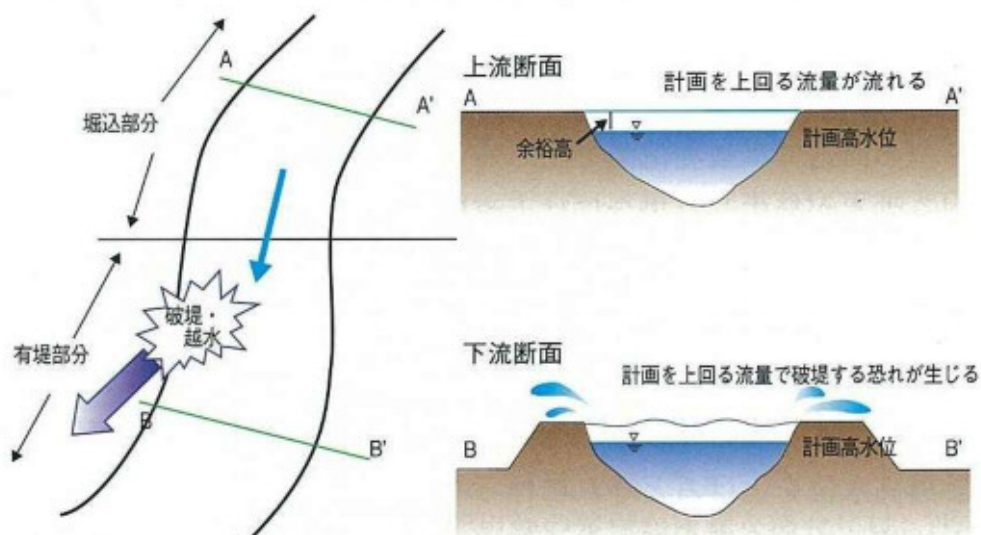


図2-1 堤内地盤高を下回る計画高水位の設定による下流への影響

③ 等流計算・不等流計算

等流計算、不等流計算は、現況流下能力の算定や、河道計画において、洪水が流れたときの、川の水位や流速を計算する手法のことです。

等流計算は、河道の形状（勾配、断面など）にあまり変化がなく、水深、流速が概ね一定とみなせる区間で使用できる簡易な計算方法です。等流計算を行う場合は、常流・射流の区別必要なく、平均流公式（マンニング式など）だけで計算できます。

一方、不等流計算は、河道の形状（勾配、断面など）に変化があり、水深、流速が一定とみなせない区間で用いられる計算方法です。

不等流計算は連続式とエネルギー保存則を用います。具体的には計算する区間にいくつかの断面を設けて、断面毎に水深と断面平均流速を逐次的に計算していきます。このとき、流れが常流の場合は下流から上流に向けて順次計算するのに対し、射流の場合は逆に上流から下流に向けて順次計算します。そのため、不等流計算では常流と射流の判定が必要になるわけです。

世の中に完全な等流は存在しませんが、断面が一定で勾配も一定であれば、流れを等流とみなして、等流計算で十分な答えが得られると思います。

○等流と不等流

- ・等 流・・・流速や水深が場所的にも変化しない流れをいいます。一定断面、一定勾配で摩擦抵抗も一定の水路で生じる流れです。
- ・不等流・・・流速や水深が場所的に変化する流れをいいます。場所によって断面が変化したり、勾配が変化したりすると生じる流れで、ごく一般的に見られる流れです。

○常流と射流

例えば、水面に真上から小石を落とした場合を考えましょう。小石を投げ込んだ点には小さな乱れが発生するでしょう。この小さな乱れのことを擾乱といいます。擾乱によって水面に波が発生します。水が静止している状態では、その波は同心円上に広がります。

それでは、流れがある状態ではどうなるでしょうか。波は上流側よりも流れとともに下流側に広がることが理解できるでしょう。流れの流速がどんどん速くなるにつれて上流への波の広がり小さくなり、波が伝わる速度より流速の方が速くなると、ついには、上流へは全く広がらなくなります。

擾乱による波が上下流に広がるような流れを常流、下流だけに広がるような流れを射流といいます。一般に、常流は、水深が深く流速が遅い流れで、緩勾配の水路で見られます。逆に、射流は、水深が浅く流速が速い流れで、急勾配の水路や、堰きとめられた流れが勢いよく流れるような箇所（急縮部）で見られます。

常流か射流かはフルード数（Fr）で判定できます。擾乱による波は、孤立波とか小重力波とよばれますが、この波の波速（c）は、次式で表されます。

$$c = \sqrt{g D}$$

ここに、g：重力加速度、D：水理学的水深

水理学的水深（D）は、矩形断面の開水路の場合、流水断面積（A）を水面幅（B）で除した値、すなわち、 $D = A / B$ です。

流速（V）と波速（c）の比をフルード数（Fr）といいます。すなわち、

$$F r = V / \sqrt{g D}$$

ここで、常流では擾乱による波が上下流に広がるので、 $V < c$ 、すなわち、 $F r < 1$ になり、射流では擾乱による波が下流だけに広がるので、 $V > c$ 、すなわち、 $F r > 1$ になります。また、 $Fr=1$ の流れを限界流といい、限界流の水深を限界水深、限界流が生じる水路勾配を限界勾配といいます。

○水位に影響を与える要素

水位に影響を与える要素としては、下表に示すような項目が挙げられますが、検討手法により考慮できるものとできないものがあります。

これからの川づくりでは、治水面だけでなく、環境面にも配慮した河道計画、つまり、一様な定規断面による河道計画ではなく、現況河道形状を重視し、実際の水理現象の再現性が高く、比較的精度良く水位を評価できる不等流計算が望ましいといえます。

直轄の大河川ではこれらの項目のうち、ほぼ全てを必須項目として水位計算に取り込んで河道計画を策定していますが、中小河川では計算に必要な資料の制約もあることから、検討目的、計算手法により検討項目を適宜、選定することが必要です。

表-5.5.1 各計算手法で検討できる項目

水位に影響を及ぼす要素	等流計算	不等流計算
断面形状	○	○
河床勾配	○	○
低水路・高水敷の粗度	○	○
護岸部の粗度	○	○
出発水位（河口、合流点水位）	×	○
急拡・急縮等の断面変化	×	○
合流	×	○
河川構造物（橋脚・堰等）	×	○
湾曲	○	○
砂州	○	○
植生	○	○
低水路と高水敷の流れの干渉	○	○
下（上）流の影響	×	○

ただし、以下の場合については、等流計算により水位を計算することができます。

- （i）急流河川で、常に射流が現れる
- （ii）特に河川構造物も無く、横断面形及び河床勾配が変化しない

巻末資料 1-10

ここで、射流が現れる目安となる河床勾配（限界勾配）は、フルード数 $F_r > 1$ の条件の下、マニング式より次式で求めることができます。

$$I > n^2 g R^{-1/3}$$

ここで、 I は河床勾配、 n は粗度係数、 g は重力加速度、 R は径深です。

仮に粗度係数を $0.03 \sim 0.05$ 、径深を $1 \sim 3\text{m}$ 、重力加速度を 9.8m/s^2 とすると、射流が現れる河床勾配は、 $I > 1/164 \sim 1/140$ 程度になります。

④ 粗度係数について

粗度係数は、水が接している河床や河岸の粗さの影響を表す係数です。

特に中小河川では、河岸が潤辺（法長＋河床長）に占める割合が大きいため、河岸が植生で覆われているか、護岸が整備されているかなど、河岸の状況によって粗度が大きく異なることに注意することが必要です。

例えば、粗度の大きい河畔林や河床の巨礫を伐採、撤去し、河岸にコンクリート護岸を整備すると、耐浸食性が増し、側方浸食を防ぐことができるようになる一方で、粗度係数が小さくなり、流速が増加するために河床の洗掘を助長して被災することもあります。

そのため、河道計画にあたっては洪水時の流速が改修前よりも大きくなるようにするため、現況の植生、河床材料などを勘案して、適切な粗度を設定する必要があります。

粗度係数については、洪水時の痕跡水位から逆算する、河床材料から推定するなどの方法がありますが、中小河川では一般にこうしたデータが得られない場合があります。

そのようなときには、「河川砂防技術基準（案）調査編」や「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に示される一般的な粗度係数や、類似河川の事例などを参考に粗度係数を設定することになります。

●「河川砂防技術基準（案）調査編」における代表的な粗度係数の値

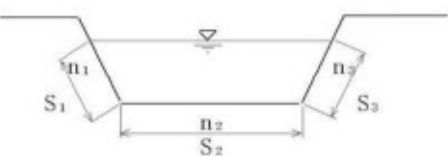
「河川砂防技術基準（案）調査編」では、単断面的な河道における粗度係数 n のおおよその範囲を、次のように示しています。

表 6-2 河川や水路の状況と粗度係数の範囲

河川や水路の状況		マンニングの n の範囲
人工水路・改修河川	コンクリート人工水路	0.014～0.020
	スパイラル半管水路	0.021～0.030
	両岸石張小水路（泥土床）	0.025（平均値）
	岩盤掘放し	0.035～0.05
	岩盤整正	0.025～0.04
	粘土性河床，洗堀のない程度の流速	0.016～0.022
	砂質ローム，粘土質ローム	0.020（平均値）
	ドラグライン掘しゅんせつ，雑草少	0.025～0.033
自然河川	平野の小流路，雑草なし	0.025～0.033
	平野の小流路，雑草，灌木有	0.030～0.040
	平野の小流路，雑草多，礫河床	0.040～0.055
	山地流路，砂利，玉石	0.030～0.050
	山地流路，玉石，大玉石	0.040 以上
	大流路，粘土，砂質床，蛇行少	0.018～0.035
	大流路，礫河床	0.025～0.040

●「美しい山河を守る災害復旧基本方針」における粗度係数の考え方

単断面の中小河川では、河床材料の他に河岸のり面粗度の影響も無視できないので、河床部、高水敷部と護岸部（のり面部）に分けて粗度係数（ n ）を設定し、これらを合成して求める合成粗度係数（ N ）を用いるものとしています。

$$N = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right)^{2/3} \quad \text{《参考 I-7 ページ参照》}$$
$$S = S_1 + \dots + S_m$$


このうち、河床部の粗度係数を求める方法の一つとして、河床部の代表粒径（河床材料の平均的な粒径）と粗度係数の関係として、下表を与えています。

表 I-1-1 河床部の代表粒径と粗度係数の関係

d _R ：代表粒径	n：粗度係数		AとBの区分法
	A	B	
岩盤	0.035～0.050		A：河床が平坦で砂州が目立たない。また表層に突出する粒径の大きな石が目立たない。
玉石（40cm～60cm）	0.037 ¹⁾	0.042 ²⁾	
〃（20cm～40cm）	0.034 ¹⁾		
〃（10cm～20cm）	0.030 ¹⁾		
粗礫〔大〕（5cm～10cm）	0.035 ²⁾		B：河床の凹凸が大きく粒径の大きな石が突出する。
〃〔小〕（2cm～5cm）	0.029 ²⁾	0.034	

注：1)はマング・ストリカーの式より求めた値。

2)は $\tau_*-\psi$ グラフより求めた値。

また、護岸部の粗度係数についても、護岸構造と粗度係数との関係として、下表を与えています。

表 I-1-2 護岸構造と粗度係数の関係

護岸構造	粗度係数
間知、張ブロック（ $k_s=0.04$ ）	0.024
連節ブロック（ $k_s=0.08$ ）	0.027
鉄線籠型護岸（詰石径=20cm程度）	0.032
草丈20cm程度の雑草	0.032
木柵護岸（詰石15～20cm程度）	0.030
玉石（径30cm程度）、水深（2～4 m）	0.025
玉石（径40cm程度）、水深（2 m）	0.027
〃（ 〃 ）、水深（3～4 m）	0.026
玉石（径50cm程度）、水深（2～3 m）	0.028
〃（ 〃 ）、水深（4 m）	0.027

注）木柵護岸の階段状の影響については、現在評価法がないので当面この表による。

⑤ 掃流力について

掃流力とは、流れによって河床面にせん断力が作用し、河床の土砂を押し流そうとする力です。

河川改修において、十分な拡幅をせずに河床を掘り下げると、水深の大きな川となり、その結果、掃流力が増して、河床低下が進行し易くなります。河床が低下すると護岸が被災し、復旧や後追いの構造物対策を繰り返すといった悪循環に陥り、結局は三面張り構造になってしまいます。

また、土砂供給量が多く堆積傾向にある川では、川幅を広くすると掃流力が小さくなり、堆積が進んで流下能力が低下する可能性があります。

そのため、河道計画を検討する際には、流下能力の確保や維持管理が容易な安定した河道形態が保たれるように、現況ならびに計画河道の掃流力を確認する必要があります。

●改修後の河道における掃流力のチェック

河床幅の設定に際しては、洪水時に限界掃流力以下とならないようにすることを目安に、河床材料と水深・流速の関係から以下のように、その妥当性をチェックします。

代表粒径 d_R に対する無次元掃流力 τ_{*R} を求め、 $\tau_{*R} \geq 0.05$ であることを確認する。

$$\tau_{*R} = u_*^2 / s * g * d_R$$

u_* : 摩擦速度

s : 河床構成材料の水中比重 (≒ 1.65)

g : 重力加速度

d_R : 河床構成材料の代表粒径 (ここでは 60%通過粒径 d_{60} とする)

ここで、

$$u_* = (g * H_L * I_e)^{0.5}$$

H_L : 平均年最大流量 (もしくは 1/3 洪水流量) 時の平均水深

I_e : 平均年最大流量時の不等流計算結果によって得られるエネルギー勾配

限界掃流力 τ_{*c} : 掃流力が河床にある土砂を押し流そうとしたとき、河床にある土砂は底面での摩擦力をうけこれに抵抗する。掃流力がこの摩擦力より小さい場合には土砂は移動せず、摩擦力より大きくなると土砂は活発に移動するようになる。この 2 つの力が釣り合った状態が、土砂が移動を開始する限界であり、このときの掃流力を限界掃流力という。

無次元掃流力 τ_* : 河床に作用する掃流力を無次元化した量。河床材料や捨石などの移動のし易さを示す指標として用いられる。

●簡便な河床変化のチェック（河道計画検討の手引き p154）

整備後の河床変化について、簡便には平均年最大流量時の u_* を算出し、現況 u_* からの変化をもとに将来的な河床変化傾向をチェックすることができます。

整備後の u_* が現況 u_* の 0.85～1.15 倍であれば、整備後の河床は安定すると判断できるとされています。

なお、整備後の河床安定の判断基準（現況 u_* の 0.85～1.15 倍）は、図に示す人工改変後（低水路拡幅や河床掘削等）の河道応答状況から求めたものです。

ただし、 u_* を算出するためのエネルギー勾配 I_0 については、河道特性が同一と考えられる区間の平均的な I_0 を用いることが望ましいとされています。

なお、低水路改変の規模が大きく、河床縦断形状の変動傾向が懸念される場合には、河床変動計算により、河床変動予測を行うことが必要です。

計算方法の詳細については、水理公式集、河川砂防技術基準（案）調査編等を参照してください。

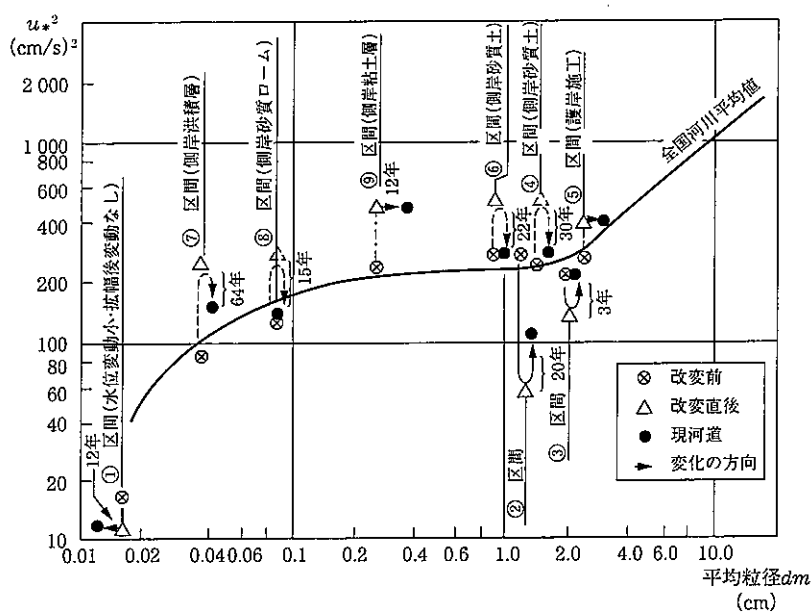


図 7-9 低水路川幅改変に伴う u_*^2 の変化³⁾

●河道の安定の見方（河道計画検討の手引き p63）

現状の河道が安定していることの確認は、原則として過去 10 年間程度の河道測量資料と、砂利採取等の人為的な影響を判断する資料や、河川横断構造物の建設状況をもとに実証的に判断する方法や、過去から現在までの空中写真から判断する方法があります。

河道測量資料等から判断する場合は、平均河床高の変化と低水路幅の変化を総合的に見て、低水路の安定性について判断を行うことが重要であり、平均河床高の変化から判断する場合には、セグメント毎に異なるが、10 年間で 30～40cm 程度以内の変化を一つの目安とすることができます。

また、空中写真から判断する方法とは、同一区間の過去から現在までを空中写真を古い順番に並べ、撮影年次の異なる空中写真間で生じたイベント（大規模出水、砂利採取、河川構造物の設置、河川整備等）を、空中写真の横に記述する方法です。

この方法を用いれば、洪水による砂州の移動現象や低水路法線の変化、河川構造物の整備による影響などを把握することができます。

●土砂生産量の多い川、少ない川の見分け方（中小河川における多自然型川づくり p12）

土砂生産量の多い川

- ①上流の土砂生産源に関して急峻な山がある。
 - ・土砂生産源に崩壊地帯がある。
 - ・土砂生産源に風化地帯がある。
- ②河床材料に関して
 - ・様々な粒径の河床材料から構成されている。
 - ・細かい河床材料(砂、砂利等)が目立つ。
 - ・河床がアーマー化していない。
- ③河床形態に関して
 - ・砂州や砂礫堆が発達している。

土砂生産量の少ない川

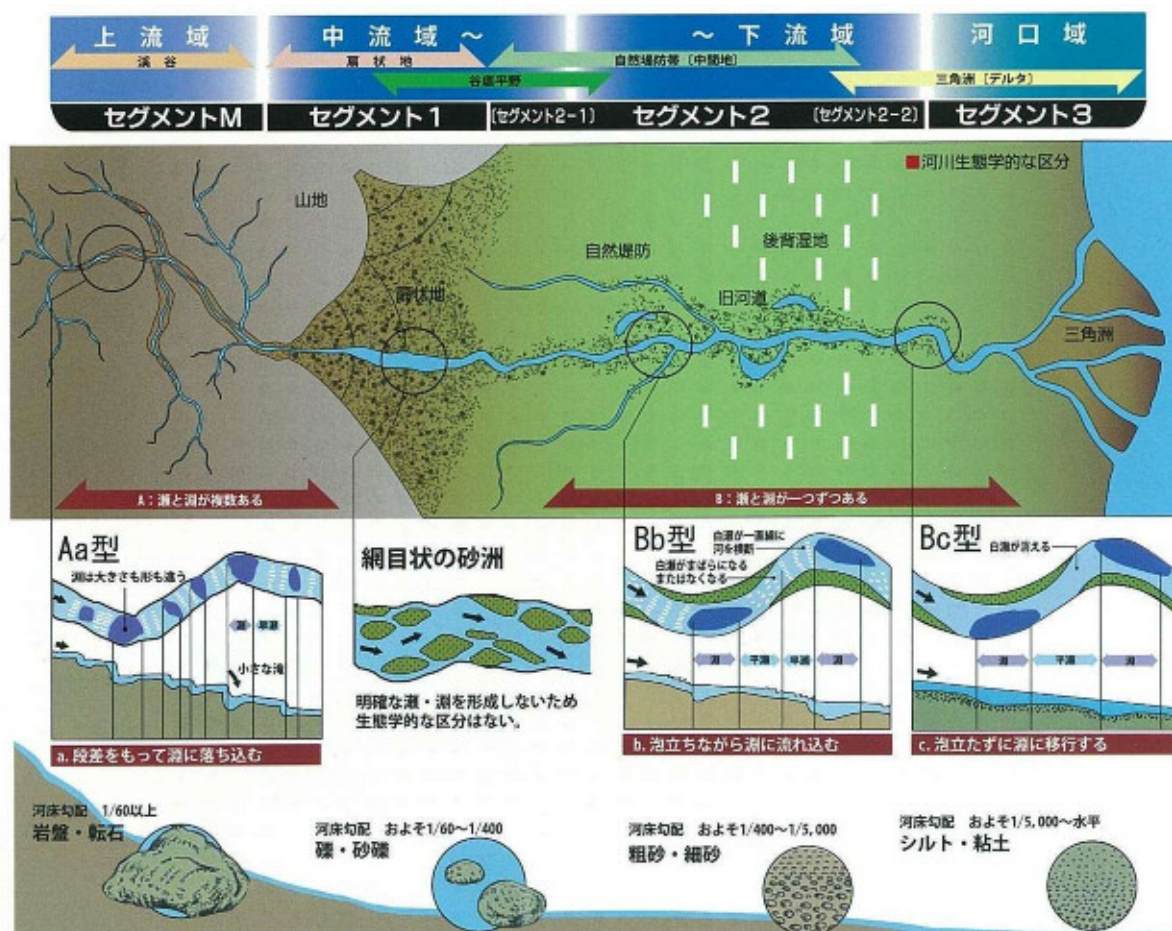
- 左記に該当しない河川、および次の項目に該当する河川は土砂生産量が少ない。
- ①河道内植生に関して
 - ・沈水植物や抽水植物等の河道内植生が多い（河道が安定していることを示す）。
- ②地形に関して
 - ・当該河川よりも大きな掃流力を持つ河川がつくった沖積地上を流れている。

⑥ 河道特性の流程区分

川を区分するときは、上流・中流・下流とよぶのが一般的です。しかし、どこまでが上流でどこからが中流なのか厳密に言えば明らかではありませんし、同じ下流でも場所によって川の状況や棲んでいる生き物がずいぶん違うことがあります。

このように、上流・中流・下流ということだけでは、川の姿を正確に表すことはできません。そこで、現在ではより客観的にとらえるため、川の勾配や地形に着目した「河川工学的な区分（セグメントによる区分）」と、川に棲む生き物や流れの様子、地形に着目した「河川生態学的な区分」の2つの面からの区分方法が用いられています。（参考：川の生物 p10）

河川の縦断方向の区分は分野により用語が異なりますが、各分野で用いている用語の対応は下の図を参照してください。



出典：財団法人リバーフロント整備センター編「川の生物」、山海堂、1996年

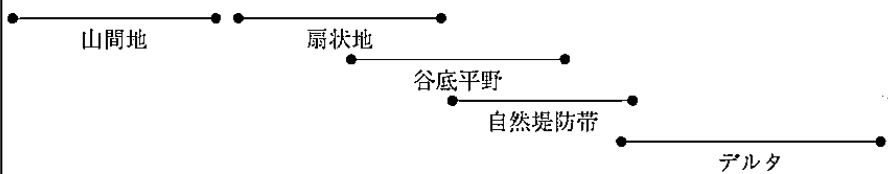
●河川工学的な区分

河川工学では、川をセグメントとよぶ区間に分けます。セグメントとは川でほぼ同じ勾配を持つ区間の集合です。川の地形は水の流れる勾配に左右されます。勾配が変わると水流の速さが変わり、浸食・運搬・堆積のバランスも変わります。このため、ほぼ同じ勾配を持つ区間では川の地形や河床材料（川底の石や砂）の特徴がだいたい似てきます。

このような河床勾配がほぼ同一である区間は、河床材料や河道の種々の特性が似ており、これをセグメントと呼んでいます。

これを地形区分に照らしあわせて考えると、上流の山間地域を一つのまとまりとしてセグメントM、山間部を出て扇状地を流下する区間をセグメント1、その下流の平野部に至る中間地（自然堤防帯）をセグメント2、さらに河口近くの三角州河道に相当するセグメント3に区分されます。（参考：川の生物 p11）

表 4-2 各セグメントとその特徴¹⁾

	セグメント M	セグメント 1	セグメント 2		セグメント 3
			2-1	2-2	
地形区分					
河床材料の代表粒径 d_R	さまざま	2 cm 以上	3 cm～ 1 cm	1 cm～ 0.3 mm	0.3 mm 以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト・粘土
勾配の目安	さまざま	1/60～1/400	1/400～1/5 000		1/5 000～水平
蛇行程度	さまざま	曲りが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは 8 字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱、ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	さまざま	0.5～3 m	2～8 m		3～8 m

（出典：河道計画検討の手引き p61）

●河川生態学的な区分

河川生態学では、可児藤吉（1944）が提案した方法が広く用いられています。この分類では、川の「淵：深くて流れの遅い部分」と「瀬：浅くて流れの速い部分」に着目し、さらに瀬を「早瀬」と「平瀬」に区分して、これらの要素が一定の区間でどのように分布しているかを基準に川の形態を分類しています。

瀬や淵の分布を基準にするのは、瀬や淵の作り出す流れの変化やこれに伴う川底の砂や石の構成が、水中の生物の生活にとっても深く関わっているからです。

典型的な川では、A a 型は上流域の山地溪流に、B b 型は中流域に、B c 型は下流域に対応しており、それぞれの型の中間的な領域をA a－B b 移行型、B b－B c 移行型としています。

瀬や淵の解説については、次項で詳しく述べることにします。

3. 川の働きで形成される多様な地形構造(河床形態を見抜く)

前章では「水理特性の整理」、本章以降は「環境特性の整理」について解説します。

川は浸食、運搬、堆積という働きによって複雑な地形を形成しています。川がつくる変化に富んだ地形が川らしさであり、多様な生き物の生息・生育・繁殖を支えています。

自然共生川づくりに際しては、川の働きを生かしながら、複雑な地形を保全・回復する視点が重要であり、当該区間の河床形態を見抜き、川の働きで形成される多様な地形構造を保全することが必要です。

川の働きで形成される多様な地形構造を保全するため、河床形態が変化する可能性について、砂州が形成されるかどうか（中規模河床形態の予測）、砂州により河岸が形成されるかどうかに着目して、河川の特性の把握と理解に努めてください。

■川の働きで形成される多様な地形構造を保全する。

*川の働きで、瀬や淵、州など変化に富んだ地形構造がつくられる。

*川がつくる複雑な地形は流速や水深の変化をもたらし、生物に多様なすみ場を提供している。

*川の働きで形成される多様な地形構造を保全回復するよう努める。

(出典:多自然川づくりポイントブックⅡ p.34)

① 河床形態について

河床の姿を観察すると、砂礫の移動によってさまざまな形態（河床波）が見られ、それに応じて流れの様子も異なっています。

河床波には、小規模河床波と中規模河床波の2種類があり、ある水理量の範囲では両方の河床波が共存可能です。

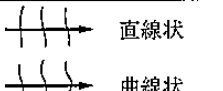
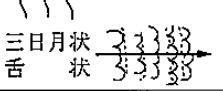
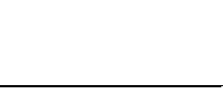
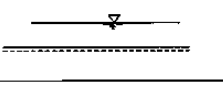
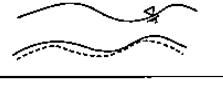
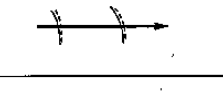
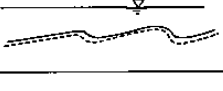
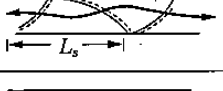
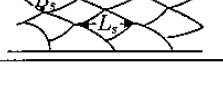
小規模河床波は、掃流力の変化に伴ってできる波動であり、洪水時の水深や流速によって砂漣、砂堆、遷移河床、平坦河床の順に変わり、さらに流速を大きくすると反砂堆に変化します。一般的に小規模河床波は中規模河床波よりも規模が小さい河床波です。

中規模河床波とはいわゆる砂州のことであり、わん曲部で見られる固定砂州(pointbars)や左右交互に周期的に現れる交互砂州、複列(多列)砂州、うろこ状砂州があります。

砂州が形成されると、ほぼ直線的な河道でも流れが蛇行したり、深掘れ部が発生する原因となります。つまり、流れは左右交互に現われる砂州の間を縫うように蛇行して流れるため、一方の岸から他方の岸に移る所には浅瀬が生じ、水は対岸にぶつかるように流れ落ち、水衝部を生ずる。水衝部は河床が洗掘されたり、川岸が浸食され易く、護岸の設置が必要になることがあります。

したがって、河川改修においては河床形態が変化する可能性について、砂州が形成されるかどうか（中規模河床形態の予測）、砂州により河岸が形成されるかどうかを事前に検討しておくことが重要です。

表 1-1 河床波の特徴と定義¹⁾

河床形態		形状・流れのパターン		移動方向	河床波の特性
		縦断面図	平面図		
小規模河床形態	砂 漣		直線状 	下流	河床波の移動速度は、流水の速度よりも小さい。砂漣の波長は河床材料の粒径の約 500～1 500倍である。
	砂 堆		曲線状 	下流	河床波の上流側斜面は、通常勾配の急な下流側斜面に比べると緩やかに傾斜している。砂堆の波長は水深の約 4～10倍である。
	遷移河床		三日月状 舌 状 		発達初期段階にある小さな砂漣と砂堆が、平坦河床の間に広がっている。
	平坦河床				多量の流砂が平坦な河床上を流れている。
	反砂堆			上流 停止 下流	河床波と同位相の水面波と強い相互干渉を持つ河床波
中規模河床形態	交互砂州			停止 下流	水流は水路内を曲がりくねって流れる。交互砂州の波長は水路幅の約 5～16倍である。
	複列砂州			下流	—
	うろこ状砂州			下流	うろこ状砂州のB/Hが非常に大きい領域で発生する。それは魚のうろこのように見える。

●砂州の形態と発生領域区分

砂州の形態には、流量や河床条件などによって、交互砂州、多列砂州(複列、うろこ状砂州)などがあります。

砂州の形成には川幅と水深(平均年最大流量時の平均水深、複断面水路の場合には低水路の水深程度)の比が支配的な要因であると考えられています。

この川幅水深比が10~20程度以上であれば砂州が発生し、10~100程度で交互砂州が形成されるといわれています。

また川幅水深比が70~100程度より大きくなると、交互砂州から複列砂州に変わり、さらに数百になるような扇状地区間ではうろこ状砂州が発生します。

なお、水深は流量によって変化するものであり、洪水時の水深が砂州の変形を規定することに注意が必要です。例えば砂利河川では、河床材料が全面的に動く程度の水深となる数年に1回発生するような洪水によって砂州のスケールが規定されますが、砂河川では小さい流量でも河床材料が動くため、平水時と洪水時の砂州のスケールが異なり、平水時の砂州の形態のみで水衝部や深掘れ部を判断することはできません。

これらの砂州は、直線状の河道であれば、流れの方向に移動するため、砂州の移動によって深掘れ部も移動することになります。特に多列砂州を持つ急流河川では、洪水時に砂礫の移動が激しく、洪水のたび毎に流路が変動します。ところが蛇行する河道では水衝部が固定され、砂州が前進しないことがあります。

したがって、川幅が人工的に改変されたり、蛇行の程度を変えたりすると、川幅水深比が変化することによって、砂州の形態が変形したり、停止していた砂州が移動し始めることがあるので、砂州が形成されるかどうかについて、把握することが重要です。

(参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p8)

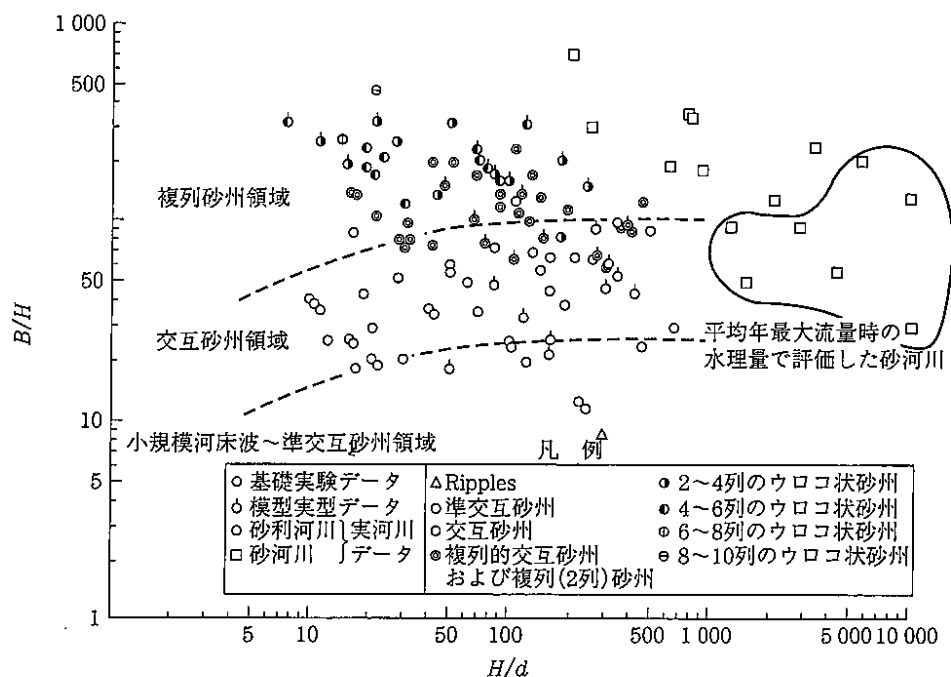


図 7-10 砂州の発生領域区分³⁾

●砂州と瀬・淵

河川生態学でいうM型の瀬と淵は、河川工学でいう砂州の概念によって、かなりの程度説明することができます。

すなわち、瀬と淵は砂州の形成によって生ずるものであり、その形態は水理量のほかに河道の屈曲、勾配、河床材料によって規定されるものなのです。

河道が蛇行している所にできる砂州は移動することが少なく、流水は集中と発散を繰り返して流れることになります。その結果、流れが集中して大きな掃流力が働く所では河床が深く掘れ、淵（河川工学でいえば水衝部）ができ、流れが発散する所では瀬が形成されます。

特に稼動が大きく曲がっている部分では、真っ直ぐに進もうとしている流れが無理やり曲げられるため、大きな淵が形成されることになります。このとき、河岸が岩盤など浸食されにくい材料で構成されていると、その前面に長年にわたって安定した大きな淵が形成されます。

また、河川改修などで川幅が拡幅されたり、直線化されたりすると、砂州の形態が変化したり移動し易くなったりするため、洪水時に流れが集中しにくくなります。したがって、小さな瀬と淵しか形成されず、河床が平坦化する原因の一つともなると考えられます。

水衝部などの深掘れの発生は、治水上はデメリットになりますが、魚類などの生息にとっては必要なものです。したがって、生物にとって良好な淵の規模はどの程度のものか、またそれは治水上からいえばどの程度の危険性を有しているのか、そしてどのような対策工をとれば淵の機能をそれほど損わずにすむのかなど、河川工学と河川生態学の立場から広範囲な検討が必要です。

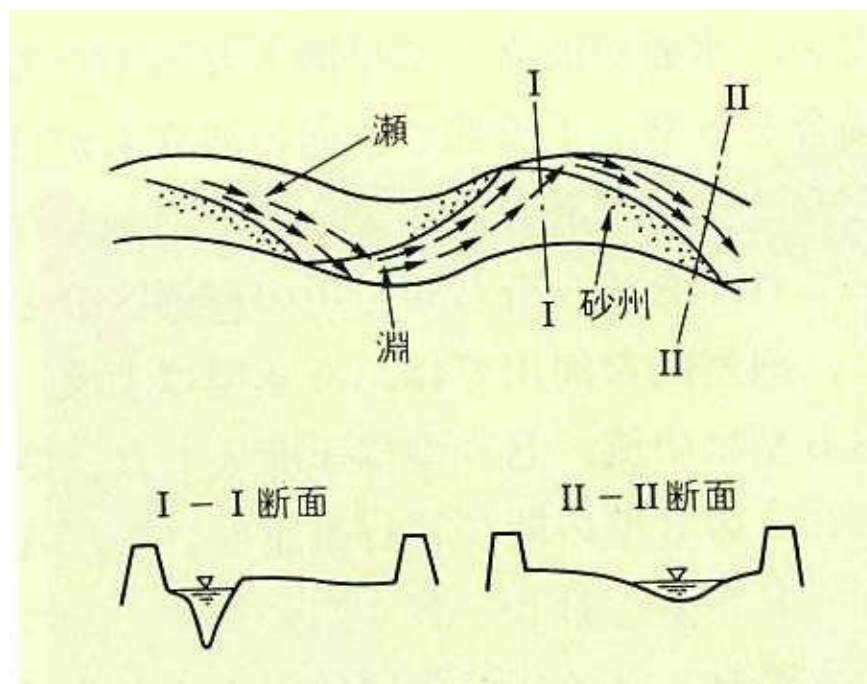


図 砂州と瀬・淵の関係（参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p18）

4. 瀬・淵構造(水域部の着目点)

早瀬・淵構造は、魚類等の生息環境として重要な役割を果たしています。

これまでの中小河川の河川改修では、定規断面により川底を平滑化するケースが多かったため、川全体が平瀬状になり、水深や流速、流れ方の多様性が失われ、生物の生息環境が劣化する場合があります。

また、川底を広げたため、主材料の動きが奪われ、低低水路などのみお筋を形成しておくなどの措置が必要となったケースもありました。

そのため、流路の直線化や画一的な定規断面化、河床の平滑化は避けなければなりません。

水域部の多様性は、河床形態の多様性、河床材料の多様性と多孔質（浮き石河床）の確保が重要となります。

3. の河床形態による水域部の名称（早瀬、平瀬、淵）や瀬や淵のできる条件等を解説し、川の形の基本的な見方と、現地河川に水域部の多様性を生み出すヒントを紹介します。

■瀬・淵構造を保全する

＊淵と早瀬に魚類等が多く生息している。

＊特に、瀬・淵構造の保全を重視する。

（出典：多自然川づくりポイントブックⅡ p.34）

① 淵と早瀬に魚類等が多く生息している

早瀬・淵構造は、魚類等の生息環境として重要な役割を果たしています。

瀬は魚類にとって餌料の供給場所や産卵場所であり、淵は休息場所や避難場所となっています。

また淵が消滅したり、小さくなったりすると、瀬も消滅したり、劣悪化したりする場合があります。

●「瀬と淵」、そして「水辺の植物」。

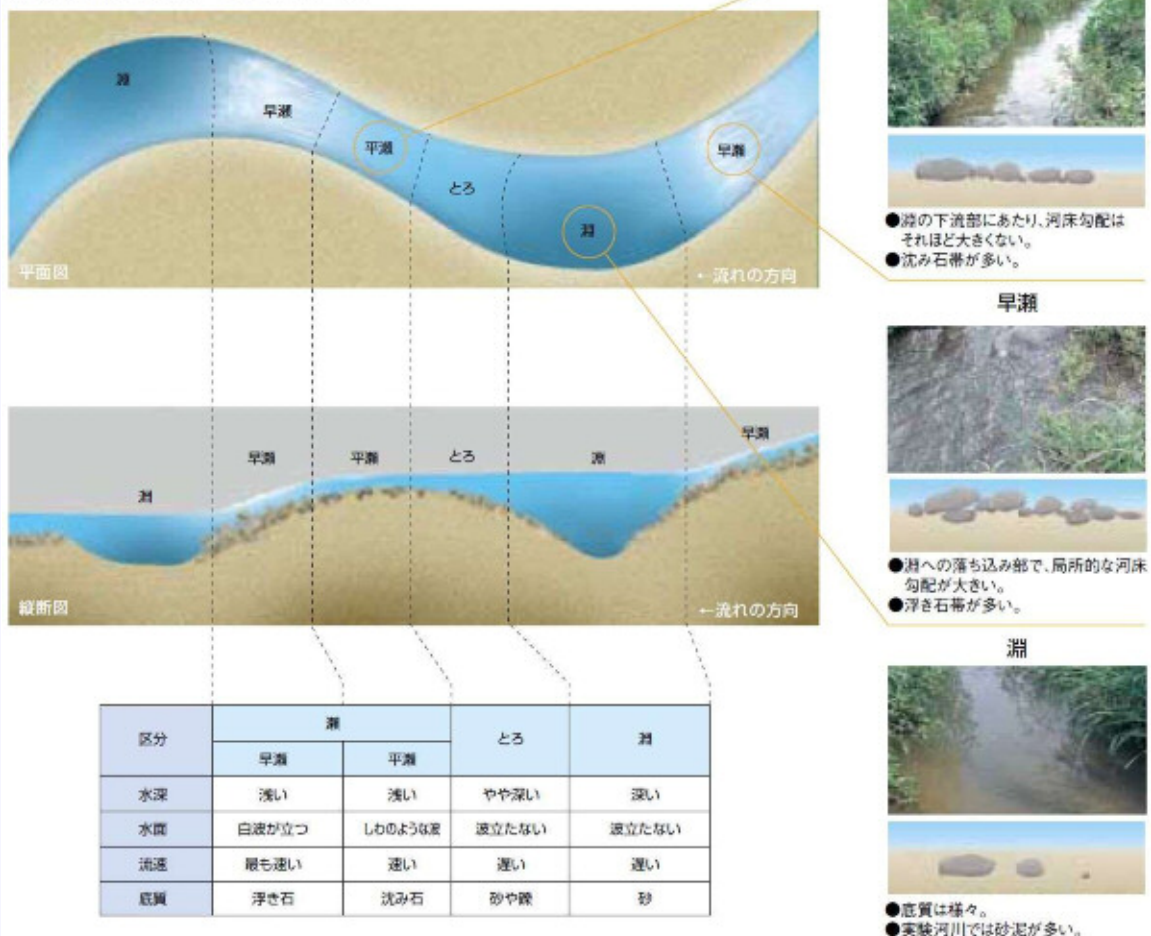
魚の生息場所と生息量には密接な関係がある。

魚類の生息場所を類型化し、これらと魚類の生息量との関係を調べたところ、両者には定量的な関係があることが分かった。生息量の多少はまず「早瀬、淵」および「平瀬、とろ」で二分され、後者はさらに水際植生率の大小によって区分される。結果としては、「早瀬」「淵」における生息量は他のタイプに比べて有意に大きく、実験河川のような小規模河川でも瀬と淵の生息量に及ぼす効果が確認できた。

ARRC NEWS NO.1 2000.9

川の基本的な形態と瀬と淵との関係の概念図

川が蛇行していると、一蛇行の中に瀬、とろ、平瀬、早瀬という典型的な生息場所が出現することが多い。
(右写真は自然共生研究センターハビタット研究ゾーン)



② 瀬と淵の区分について

上流域にみられる小さな滝の下や中流域の流れの曲り角、また大きな岩のまわりなどには淵があり、その間をつなぐ直線的な部分が瀬になっています。そして自然の川では瀬と淵が交互に存在しています。

一方、瀬と淵を明確に区分けすることが難しい場合も少なくありません。換言すれば、瀬と淵が明確に区別できる川には、良好な瀬と淵が形成されているとみなすことができます。（参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p16）

●河川生態学から見た瀬・淵の類型

河川生態学から見た分類としては、可児藤吉が提案した区分が一般に用いられています。

可児は平水時における河川を水深、流速、底質などの状態から瀬と淵に着目して分類し、さらに瀬を平瀬と早瀬にわけ、この3要素により類型化しています。

そして上流から平瀬、早瀬、淵と連なる一組を単位河床形態と名付けました。

また、可児は、河川の一つの蛇行区間の中に単位河床形態がいくつ出現するかによって、A、Bの2形態に区分しています。つまり、一つの蛇行区間に多くの瀬と淵が交互に出現する形態をA型とし、主として溪流にみられる瀬は全て早瀬です。これに対し、一つの蛇行区間内に瀬と淵が一つずつしか出現しない形態をB型としました。

さらに流れの状態に応じて細分し、溪流部で瀬から淵に変わるとき、小さな滝のように河床が縦断的に連続しないで落ち込む場合をa型、河川の上中流部で、瀬から淵への流れの変化が連続的となりなめらかになるが、河床勾配が急であるため、水面が波立って早瀬となっている場合をb型、下流部で水面の波立ちがほとんどない平瀬となる場合をc型としました。

これらを組み合わせて川の形態区分とし、典型的な河川では、A a型は上流、B b型は中流、B c型は下流としました。さらにこの3型の間に移行帯を設けて、A a－B b型、B b－B c型を加え、一つの水系を5タイプに類型化することができるとしています。

（参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p17）

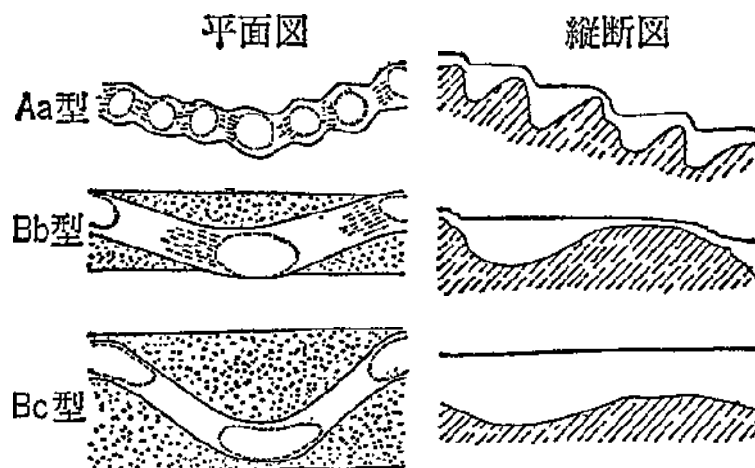


図 河川形態の3つの型（河川の生態学，1972より）

●淵の型

淵には、その形態と成因から、次の3つの基本形があります。

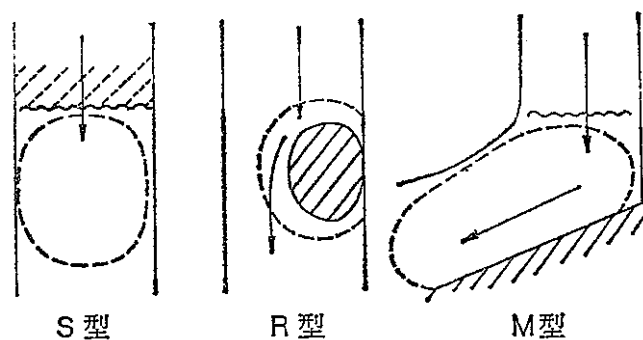
S型（基底変化型、Substrate type）は、川底の固さが異なると軟らかいほうの部分がえぐられて蛇行点でもないのに淵が生じることがあります。これは、滝つぼの淵が典型といえますが、堰や落差工などの下流などにもできることがあります。

R型（岩型、Rocktype）は、流れの真っ直な部分に巨大な岩があると、その周囲が深くえぐられて生じる淵です。また、直線部分の岸につらなる岩盤の一部が突き出ている所が凹んでいる部分にも深みが生じます。なお、橋脚などの構造物周辺にもできることがあります。

M型（蛇行型、Meandertype）は、流れの曲がる蛇行点に形成される淵であり、大規模な淵はほとんどこのタイプの淵です。

そのほか、堰堤などの上流側にできるD型(Damtype)の淵、本流と接続している淀みなどにできるP型(Pooltype)の淵などがあります。

（参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p17）



注) 斜線は岩・岩盤あるいはそれに類似した固い部分を示す。破線で囲われた部分が淵
図 淵の基本的な3つの型（河川の生態学, 1972 より）

③ 瀬と淵のできる条件

洪水により形成される砂州(砂礫でできた州も含めてこう呼ぶ)がつくる河床の凹凸に対応して、平水時には瀬と淵ができます。次の2つの条件が満たされれば、たとえ直線の河道でも、洪水により自然に砂州ができると考えてよいとされます。

1つは、川底の材料(河床材料)が洪水時に動くこと、もう1つは川幅 B と水深 H の比 B/H の値が一定以上であることです。

図によると、河床材料の動き易さを表す無次元掃流力 τ_* が0.05以上になって、はじめて河床材料が動き出すと考えられます。

河道の拡幅による掃流力減少の度合いが大きすぎると、支配的洪水流量(通常、平均年最大流量程度)においてさえ、 τ_* が0.05以下になってしまい、河床の動きが非常に鈍り、洪水による砂州の形成作用が極度に弱まります。

この条件で河床を平坦化させると、砂州形成による瀬・淵の再生に非常に時間がかかるか、再生自体が全く行われなくなります。

したがって、洪水の作用による瀬・淵の形成を期待するなら、支配的洪水流量時に河床がある程度活発に動くような τ_* を確保する必要があります。

例えば、図から、河床勾配 1 が $1/1000$ の場合、 $B/H < 30$ 程度の条件では砂州が非発生となります。この場合にも、やはり洪水により自然に砂州が形成される状況を望むなら、河道の平面形を適度に蛇行させる必要があります。

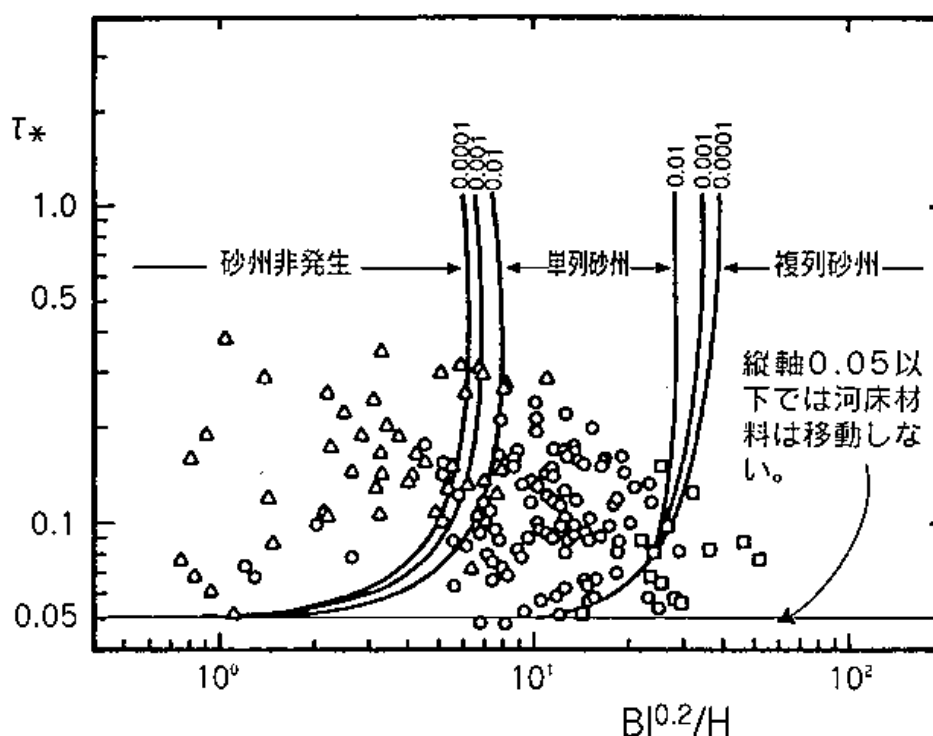


図 水理量の変化と砂州の発生状況(中小河川における多自然型川づくりより)

●湾極部の瀬と淵

河道が大きく蛇行している所では、一般に湾曲部の凸岸に沿って大きな砂州が発達し、水は凹岸に沿って流れます。このような河道に形成される砂州は、その位置がほとんど変化しない特徴があります。

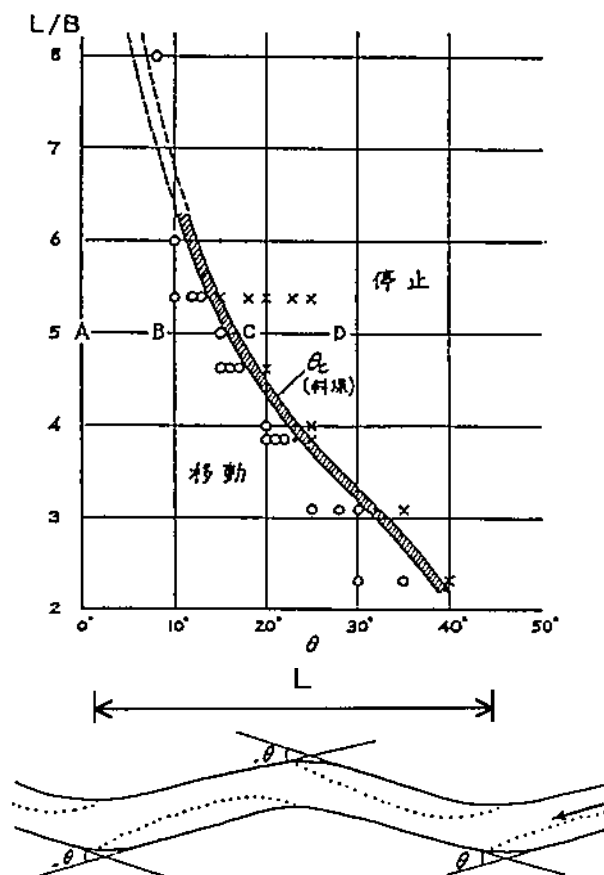
砂州が形成された湾曲部の横断形状は、凹岸側が深く洗掘され、凸岸側に州がついた特有の形状になるのです。（参考：まちと水辺に豊かな自然をⅡ p10）

河道湾曲部では、砂礫帯の移動速度が低下し、ある角度以上の偏角からなる蛇行水路では砂礫帯の移動は止まることになります。

この停止限界角度 θ_c は、図に示すように水路の蛇行波長・水路幅比 L/B によって変化することが実験によって明らかにされており、河川では、 $\theta_c = 20 \sim 25^\circ$ で河床勾配に関係しないことが見出されています。

また、 θ_c の偏角を持っている蛇行水路では、砂礫帯による局所洗掘深は直線水路と同程度であって、洗掘位置が安定しているとされています。

河川改修においては、このように蛇行に伴う河道の曲がりに応じて砂州が形成されることに留意することが必要です。（参考：中小河川における多自然型川づくり p13）



θ_c : 砂礫帯の移動が停止する屈出角 (θ) の限界角度

図 砂州の停止限界角度 θ_c (中小河川における多自然型川づくりより)

●コラム 自然共生研究センター活動レポート 1999

瀬や淵のある区間とない区間では、魚類の生息状況はどの程度異なるのでしょうか？

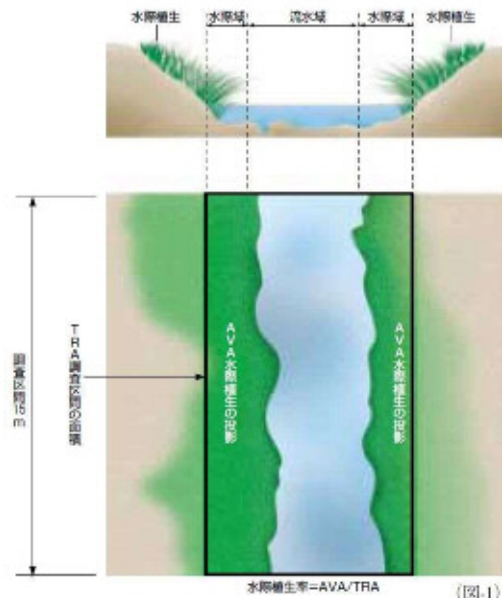
⇒瀬や淵がある区間では、魚の数も種類も多いことがわかりました。

(3) 生息場所の分類と調査

生息場所と生息状況との関連を調べるには、まず生息場所を分類しなければならない。ここでは、既往の分類に関する研究を参考に生息場所の分類を行った。

まず、河道を横断方向に流水域と水際域に分割した。流水域は水際の影響をあまり受けずに水が流れるところで、水面の形態、水深、流速の大小を考慮して「淵」、「早瀬」、「平瀬」、「とろ」に分類した。淵は水深が局所的に大きく流速が小さいところ、早瀬は水面が白く白波立ち流速が大きく水深が小さいところ、平瀬は水面がしわ立つが白波がたたないところ、とろは水面が鏡のようになめらかなところである。一般に早瀬、平瀬、とろの順に流速が小さく、水深が大きくなる。

水際域は水際に繁茂する植生の多少によって分類した。河川を真上からみて水際植生の水面への投影面積を測定し、これを水面積で除した百分率を水際植生率とした(図1)。あまり細かい数値は意味がない(植生の形状が変化しやすい)ので、ここでは、水際植生率が「10%未満」、「10%以上20%未満」、「20%以上」の3つにランク分けをした。



(図-1)

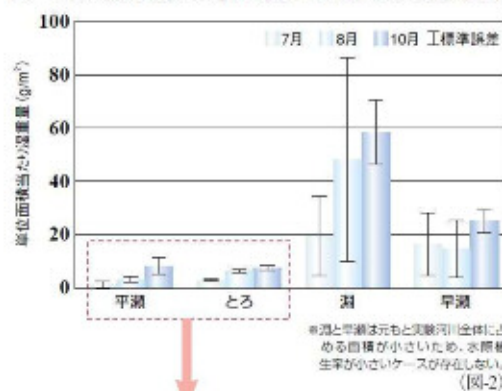
やっぱり、「早瀬」と「淵」に魚は多い。

まず、流水域における生息場所のタイプと生息量との関係をみてみよう。(図-2)ここで生息量とは各調査区間で行った3回の採捕で捕獲された魚類の総湿重量を調査区間の面積で除した単位面積当たりの湿重量を示す。なお、夏期に優占した魚類は、フナ類、タモロコ、オイカワの3種類である。各タイプと生息量との関係であるが、淵と早瀬で大きく、平瀬ととろでは小さい。その差は非常に大きく淵と平瀬・とろで比較すると10~20倍くらいの大きさになっている。

次に、平瀬ととろについてのみ水際植生率との関係をみてみよう(図-3)。淵と早瀬では水際植生率との組み合わせが少なく、水際植生率との関連性は解析できなかった。ここでも生息量の単位は単位面積当たりの湿重量を用いている。水際植生率が大きくなるにつれて生息量も大きくなっていることがわかる。「10%以下」に比べて、「20%以上」は、例えば10月の結果をみると5倍程度の湿重量に達している。

以上から、流水域と水際域における各生息場所と生息量については一定の関係がみられた。流水域は淵と早瀬の方が、水際域では水際に植生が繁茂している方が生息量が大きかった。しかし、流水域が平瀬やとろの場合水際にいくら植生が繁茂してもその生息量は淵や早瀬と比較してさしたるものではない。図-4にこの結果を概念的に示したが、平瀬やとろに植生が繁茂しても淵の生息量には到底及ばないものである。

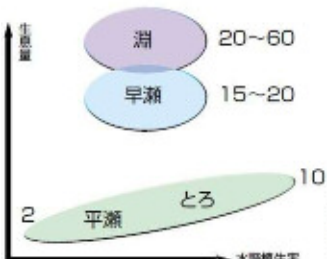
■7~10月における平瀬、とろ、淵、早瀬別の単位面積当たりの魚類の湿重量



(図-2)

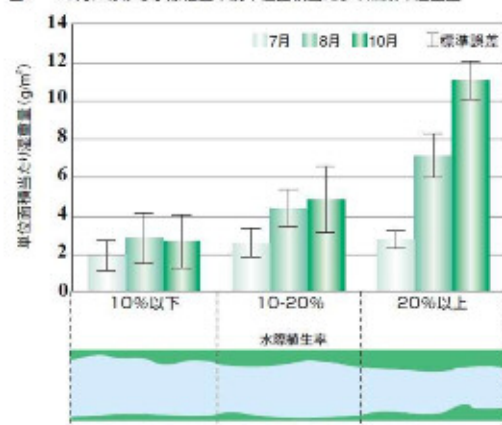
水際だけでなく、川底の形も大切なポイント。

河道の直線化は淵と早瀬の消失を招き、河岸をコンクリートで固めることは水際植生の繁茂を困難にする。本研究は、実験河川という限定された河川での調査結果であり、どこまで普遍性があるかはわからないが、淵と早瀬の消失が図-4の一番左下のような状況をもたらす可能性は否定できないだろう。水際だけでなく川底の形をどうするのか、多自然型川づくりにおける大きなテーマである。



(図-4)

■7~10月における水際植生率別単位面積当たりの魚類の湿重量



(図-3)

5. 水際の構造(水際部の着目点)

川に棲む生物の生息環境として、水際部の構造が重要です。

水際植生は、流速の遅い領域を生み出し、仔稚魚の生息場、洪水時の避難場、外敵からの隠れ家などとして機能します。つまり、水際植生や河畔林は景観的にも重要であるが、生物の生息環境としても重要なのです。

また、河川上中流域の河底や河岸には多くの石が存在します。石の形状や配置は流程によって特徴がある為、石によって形成される隙間も溪流、谷底河川、扇状地河川では異なります。魚達は各流程に分布する特徴的な間隙を棲家として、今日まで生き抜いてきたのです。

(参考：石の隙間を利用する魚たち ARRC NEWS NO.9 2007.3)

これからの川づくりでは、水際域の確保と水際構造の保全・回復が重要となります。これまでの中小河川の改修においては、画一的な定規断面で水路のような川となったケースもありましたが、今後は川の営みを基本とした自然な水際域を形成するという視点に立つことが必要です。

■水際の植生や入り組みなど、水際域の保全回復に努める

- * 水際植生は流速を低下させ水際を暗くする。
- * 水際の入り組みは流速や水深に変化をもたらす。
- * 流速の遅い水際域は、特に仔稚魚の生息環境として重要。

(出典:多自然川づくりポイントブックⅡ p.34)

自然共生工法では、水際域の構造を**水際植生**、**水際空隙**にカテゴリ分けしているので、その両方の特性を念頭に現場の把握に努めてください。

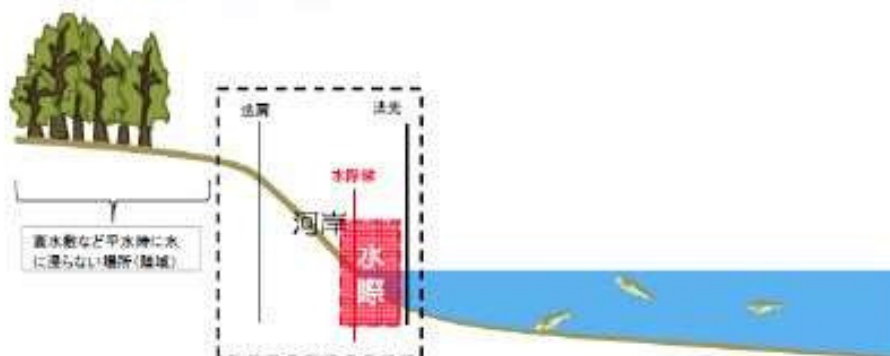
水際域の機能については自然共生研究センターの研究成果で、水際部に変化を持たせる方法についても事例等を紹介します。

●河岸域と水際域を区別する RFC vol. 62 より

河岸域とは水域から陸域にかけて法勾配が局所的に大きくなり、その前後の比高差が大きくなる場所と定義できるだろう。河岸域は短い距離で比高差が変化するため、乾湿条件を始めとする陸域から水域にかけての遷移区間の実距離は非常に短い。一方、水際域は平常時における水と陸との境界を含む領域であり、その領域は水位変動に応じて横断方向に移動する。

河岸前面（この場合、河岸から見て水域側）に砂州や堆積域が発生しなければ河岸法尻から法肩（以下、河岸域）にかけて水際域が位置し、河岸域と水際域に場所的なズレはあまりない（図-1（上））。しかし砂州や堆積域があると河岸域は水域から離れてしまい、河岸域と水際域は一致しなくなる（図-1（下））。この場合、水際域の横断勾配は緩やかになり、水際域の水域よりの場所では流速が小さく・浅い水域が形成され、陸域よりには洪水時の攪乱強度・頻度が大きく、湿潤から乾燥へと推移していく遷移領域が形成される。

河岸域と水際域が一致しているケース



河岸域と水際域が一致していないケース

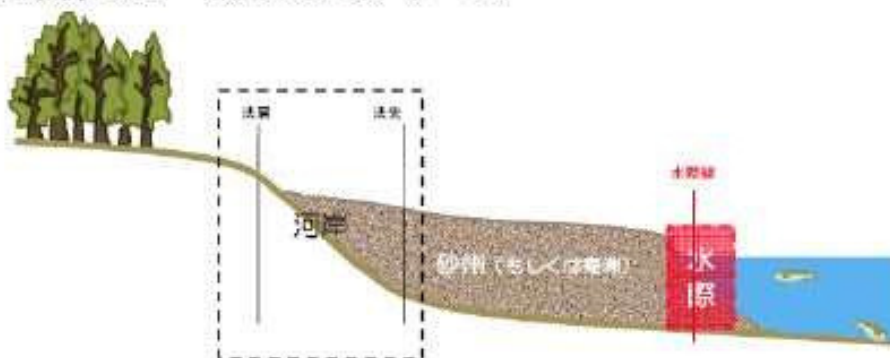


図-1 河岸域と水際域の区分 一致する場合（上）、一致しない場合（下）

河岸域と水際域の相対的な位置関係は、多自然川づくりにおいて重要な視点となる。河岸域と水際域が一致している場合は、陸域と水域が近接しているために陸域に河畔林が分布すれば、陸域からの餌資源供給・日陰の形成が期待できる。また、河岸そのものの形状や植物の繁茂状態は水際環境に影響する。一方、河岸域と水際域にズレが生じている場合には、河岸域の持つ生態的な意義は前者と比較して薄れてくるだろう。この場合は河岸前面に形成される水際域の形状や植物の繁茂がより重要であり、景観上の配慮を除けば河岸を改変する場合の留意事項は少なくなると考えて良い。

ところで、このような河岸域の前面の堆積域の形成、即ち河岸域と水際域に相対的な位置関係はどのように決まるのであろうか。ズレが生じるかどうかは流程や平面形状によって異なり、河床勾配が大きく、かつ、川幅が一定以上ある区間、湾曲部で湾曲角が大きく、かつ、曲率半径川幅比が小さい区間では、砂州や堆積域が形成されて、河岸と水際の位置は不一致となることが多い（写真－2）。また、河口干潟が形成される流程でも同様の現象が生じる。一方、上記条件に当てはまらない区間では河岸域と水際域は概ね一致し、平常時における低水路幅と水面幅は同程度となる（写真－2）。



写真－2 河岸域前面に水際域が形成されるケース

交互砂州（左上）、湾曲部内岸寄洲（右上）、両岸に堆積域が形成されるケース（左下）、形成されないケース（右下）

右下の例に見られるように川幅が狭く設定されると水際域の形成が抑制される。

① 水際植生について

水際植生について、自然共生研究センターの研究成果などで紹介します。

●水生生物にとっての水際域の機能 ARRC NEWS NO. 6 2003. 6

水際を構成する「陸上部」と「水中部」の植物。水際域の構造と水生生物の生息量には密接な関係がある。水際は陸上部の植物（陸上カバー）と水中部の植物（水中カバー）に分けられ、両者の有無は、水生生物（魚類・甲殻類）の分布に影響することが分かった。水中カバーがあると、水際の流速が低減し、そして水生生物の隠れ場が提供される。そのため、水中カバーの消失は水生生物の生息量に強く影響することが確認できた。

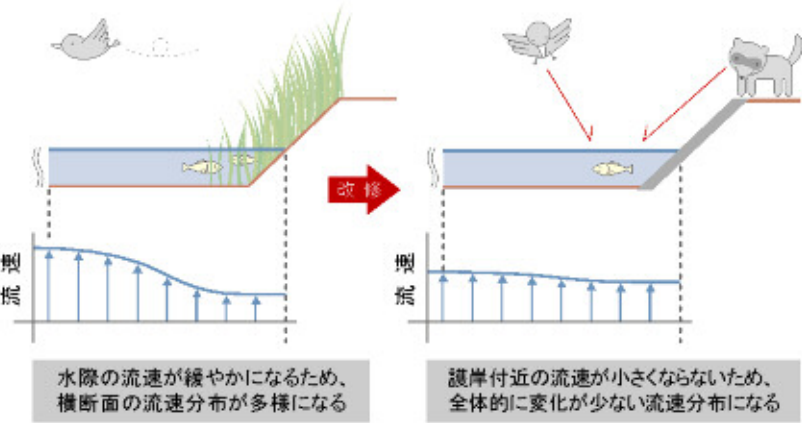
Question & Answer

Q 植物で覆われた川岸がコンクリート護岸になると、水生生物はどのように反応するでしょうか？

A 多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。



自然河岸とコンクリート護岸の特性の違い



	自然河岸	コンクリート護岸
水際の流速	緩やか	速い
横断面の流速分布	多様	単調
捕食圧	低い	高い
日陰効果	有	無
捕食者からの避難場	有	無
法面から川への餌供給	多い	少ない

●水草の機能を生かす ARRC NEWS NO.10 2008.3

水草、なかでも沈水植物は水をきれいにし、生き物のすみかとして機能します。
これらの機能を活用して、湖沼や池の水環境を改善する取り組みが始まっています。
水草の自然再生も国内外で進められています。

水草はいくつかのグループに分ける事ができます



水草には様々な機能があります



■水質浄化機能

沈水植物は高い浄化機能を有します。ヨシなどを利用した湿地浄化施設も建設されています。



■生物生息場機能

水草は、多くの生物のすみか、エサ場、産卵場、避難場として機能します。



■消波機能

繁殖した水草は消波機能があり、物質の沈降も促進します。



■景観機能

水草のある柔らかな水辺の風景は、心をいやしてくれます。



■エネルギー機能

かつて水草は肥料として利用されていました。今はエネルギーとして活用が検討されています。

●自然共生研究センター活動レポート 2002

植物の河岸がコンクリート護岸になると水生生物はどのように反応するでしょうか？

⇒多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。

研究目的

- ・自然植生からコンクリート護岸に変わった際に失った機能を把握することは、コンクリート護岸河川において、生物の生息環境改善を考える場合非常に重要になります。
- ・植生護岸の機能を、植物のカバー効果（陸上部・水中部）に注目し、それぞれの植物カバーがもつ機能を検証する実験を図1のように各処理区を設定して行いました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、9月中旬に各処理区の設定を行い、10月中旬にエレクトリックショッカーによる魚類そして甲殻類の生息量調査を行いました。

法面タイプによる魚類の生息量比較—図2

- ・魚類の分布にとって、陸上カバーより水中カバーの方が重要でした。また、コンクリート護岸の魚類生息量が最も小さくなりました。

法面タイプによる甲殻類の生息量比較—図3

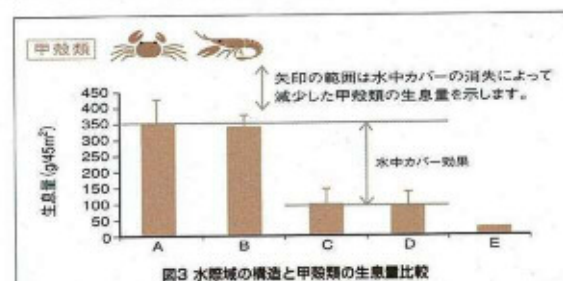
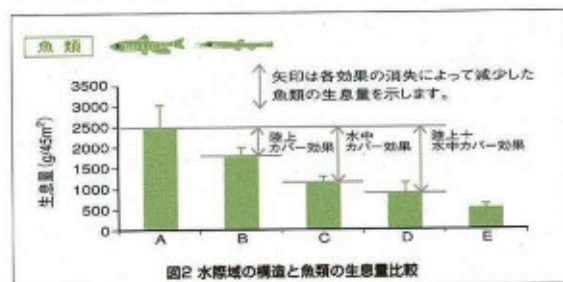
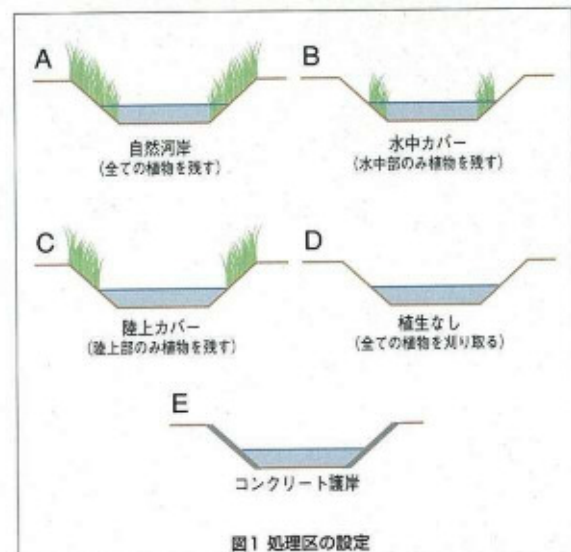
- ・甲殻類の分布には、水中カバーの存在が非常に重要でした。また、コンクリート護岸では甲殻類はほとんど生息していませんでした。

考察

- ・水際にある水中カバーの存在が、水生生物の分布に強く影響を与えることが実験によって示されました。
- ・水際に植物があると水際の流速が低減し、横断面の流速分布が複雑になります。さらに水生生物にとっての避難場である水中カバーを提供します。このような環境が水生生物にとって好ましいと考えられました。

今後の課題

今後はコンクリート護岸河川を対象に、どのような水中カバーが生物の生息環境改善に効果があるのか、実験的に検証することを検討しています。



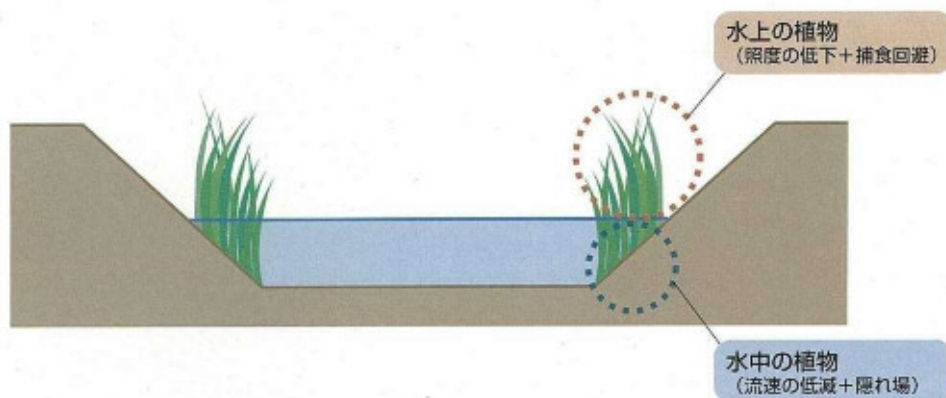
●自然共生研究センター活動レポート 2003

水際植物は水中部と水上部に分かれます。水上の植物は魚にとって必要でしょうか？

⇒水上の植物を取り除くと、多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。

Q

水際植物は水中部と水上部に分かれます。水上の植物は魚にとって必要でしょうか？



A

水上の植物を取り除くと、多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。

研究目的

- ・平成14年度に実験河川で行った研究から、左図で示されるような水際植物の存在が魚類や甲殻類の生息環境にとって重要であることが明らかになりました。
- ・水際植物も水中カバーと水上カバーに分かれます。それぞれのカバーと水生生物の生息量との関係を明らかにするため、図1のように処理区を設定し実験を行いました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、9月上旬に各処理区の設定を行い、10月上旬にエレクトリックショッカーによる水生生物の生息量調査を行いました。

結果と考察

- ・水上の植物を取り除くことによって、魚類そして甲殻類の生息量は小さくなりました。水中に植物があることによって水際の流速は減少し、魚の隠れ場が提供されます。しかし、単に水中の植物で作られる環境だけでなく、水上の植物によって作られる環境も水生生物にとって重要であることが示されました。

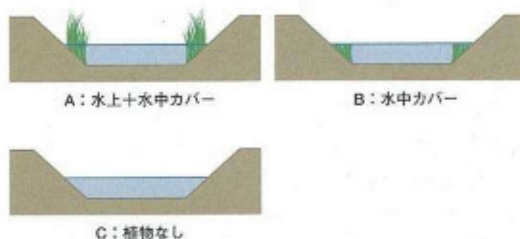


図1 処理区の設定

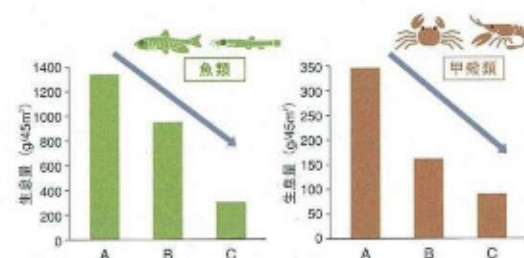


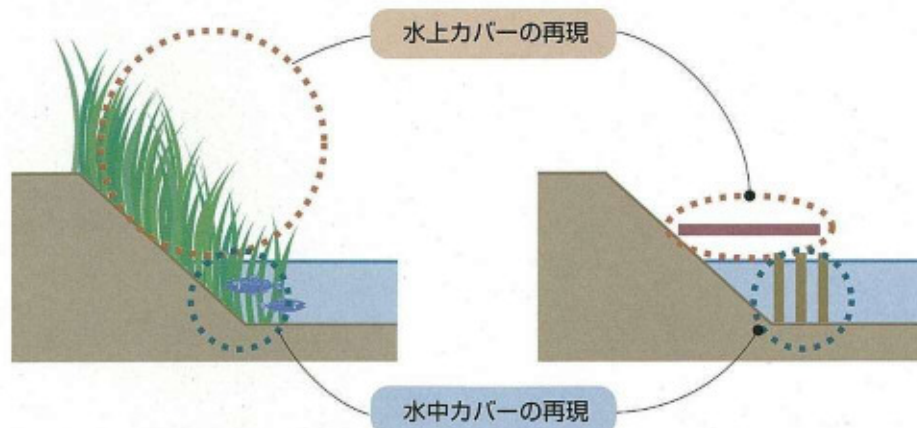
図2 植物の処理と魚類・甲殻類の生息量の関係

●自然共生研究センター活動レポート 2003

代替工作物で水際植物の機能は再現できるでしょうか？

⇒水上カバーの効果はみられたものの、水中カバーの効果は見られませんでした。

Q 代替工作物で水際植物の機能は再現できるでしょうか？



A 水中カバーの効果は見られたものの、水上カバーの効果は見られませんでした。

研究目的

- ・水際植物は水生生物にとって重要な生息場を提供します。しかしながら、河川の整備等で水際の植物が取り除かれ、場所によっては植生の回復が見込めない所もあります。そのような場所では、代替工作物による水際植物の機能復元が求められます。
- ・これまで明らかになった水際植物の機能を、水中カバーを木杭(間伐材)で、水上カバーをベニヤ板で再現させ、図3のような処理区を設定して水生生物の応答をみてみました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、10月中旬に各処理区の設定を行い、11月上旬にエレクトリックショッカーによる水生生物の生息量調査を行いました。

結果と考察

- ・木杭によって再現された水中カバーの効果は認められましたが、ベニヤ板によって再現された水上カバーの効果は認められませんでした。
- ・水際植物がどのような機能を持っているのか水中と水上で明らかにし、機能に注目した環境の復元を試みました。水上カバーの復元はうまくいきませんでした。このような機能に注目した生息環境の改善について、今後も検討したいと考えています。

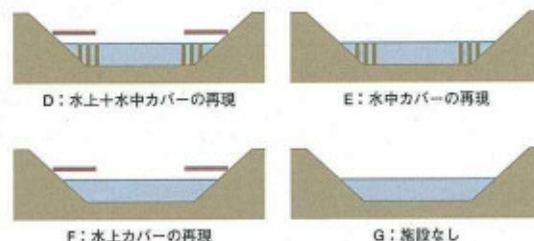


図3 処理区の設定

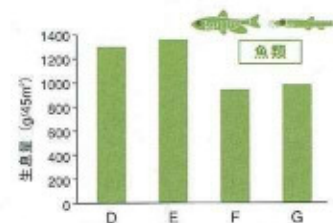


図4 水際機能の再現区と魚類生息量の関係

担当：河川 洋一・岡本 雅邦

●自然共生研究センター活動レポート 2003

コイ科魚類の子供たちの構造的な育成場所はどのような場所でしょうか？

⇒平水時、増水時でも流れが遅く保たれる「水際のくぼみ」でした。

川の魚のすみかとして、水際の植物や深みなどが大切だといわれていますが、そういった報告の多くは、成魚（大人）や未成魚（ほぼ大人）についてのものです。では、仔魚（新生児）や稚魚（幼児）は、どんな場所に

に棲むのでしょうか。これを明らかにするために、実験河川では、オйкаワ、タモロコといった本河川で産卵しているコイ科魚類を対象として、通常流している流量時（基底流量時）と人工的に増量して流した流量時（増水時）（写真1）に水深や流速等の物理環境調査と稚仔魚の捕獲調査を行いました。

その結果、稚仔魚は基底流量時には流れの遅いワンドと水際部のみで確認され、流れの速い流心部では確認されませんでした（図1）。一方、増水時にはワンドに生息が限定されただけではなく、仔魚の個体数が増水に伴い増加していきました（図2）。この理由としては、増水時には、流心部や水際部の流れが早くなるに対して、ワンド部はならないこと（図3）が関係しています。すなわち、水際部の流れが早くなり定位できなくなった仔魚が流れの遅いワンド内に流入してきたことが考えられました。従って、増水時でも流れが遅く保たれるくぼみは、稚仔魚の恒常的な生息場所として重要であるといえます。

しかし、こういったくぼみは、河岸の地形をまっすぐにする改修工事により失われ易い環境です。成魚や未成魚が棲み産卵できる環境も重要ですが、魚類が生活史をまっとうするためには、生まれた子供らの保育器やゆりかごとしての環境にも目を配ることが大切です。少子高齢化が問題視されている我々人間社会だけではなく、魚社会でも子供達が安心して生育できる川のバリアフリー化を進める必要があります。



写真1 基底流量時（左）および増水時（中、右）の状況

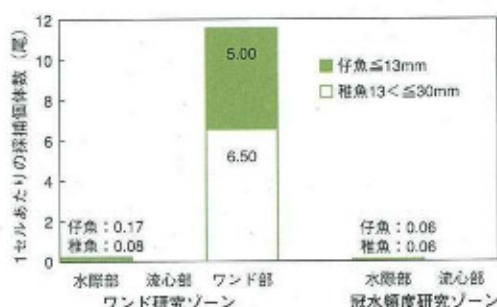


図1 基底流量時における稚仔魚の確認状況

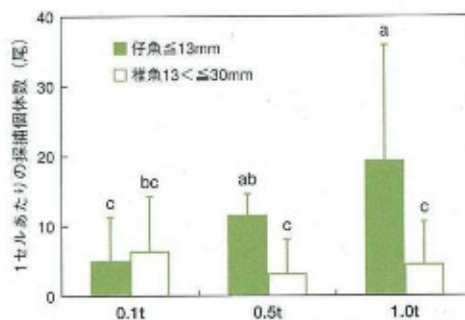


図2 増水時におけるワンド部での稚仔魚の確認状況

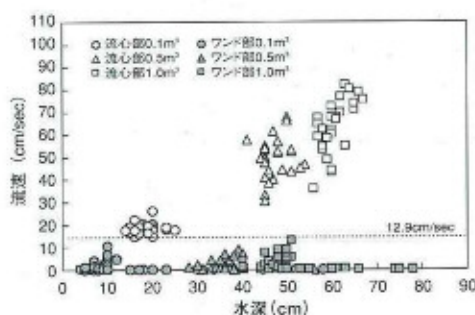


図3 増水に伴う水深および流速の変化

●自然共生研究センター活動レポート 2006

増水時、水際植生は魚類の定位場所として機能するのでしょうか？

⇒機能します。しかし、流量の違いにより程度は異なります。

■ 研究の背景と目的

当センターで過去に行った研究から、河川の水際植生域には流速や照度の低減効果があるため、平常時には魚類の生息に良好な環境になっていることが確認されています。では、増水時にも同様に機能するのでしょうか？その結果について報告します。

■ 方法

調査は実験河川Aで行いました。流量は $0.2\text{m}^3/\text{s}$ から $0.35\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ と2時間毎に変化させました（左写真）。左岸の草をすべて刈り取り、各流量で水際から1mを「裸地区」としました。右岸の草はそのまま残し、各流量で同様に「植生区」としました。各流量において植生区4地点と裸地区4地点を対象とし、電気ショッカーを用いた魚類調査を実施しました。

■ 結果

魚類調査の結果、増水時にも植生区は魚類の巡航速度以下に流速が保たれ、裸地区と比べ魚類の定位場所として機能していることと、魚類個体数は $0.2\text{m}^3/\text{s}$ ～ $0.5\text{m}^3/\text{s}$ までは流量が増加すると減少傾向を示しますが、 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ になると、増加することが明らかとなりました（図1）。

■ 考察

$0.2\text{m}^3/\text{s}$ ～ $0.5\text{m}^3/\text{s}$ にかけて個体数が減少した理由は、増水による水位変動が起こり、水が濁りはじめ、流速が大きくなることから、魚類はこれを避ける場所を探して上流へ移動したためと考えられます。 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ で個体数が増加した理由は、流心の流速が突進速度を超えられなくなった魚類は流速が巡航速度以下の植生区に寄ったためと考えられます（表1、図2）。

以上より、増水時には水際植生は魚類の定位場所として機能しているが、流量によって程度が異なることが明らかとなりました。

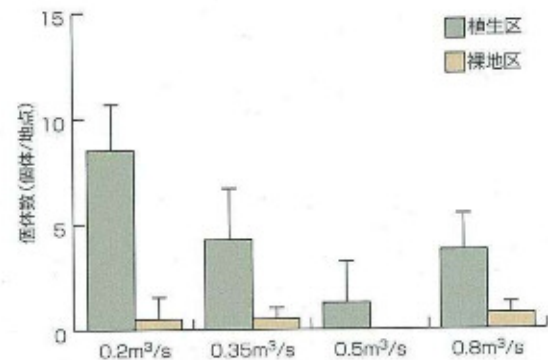


図1 魚類個体数推移

表1 突進速度と巡航速度

	維持時間	速度の目安	本調査での目安 (平均体長8.5cm)
突進速度	数時間	体長の10倍	65cm/s
巡航速度	数秒間	体長の2～3倍	19.5cm/s

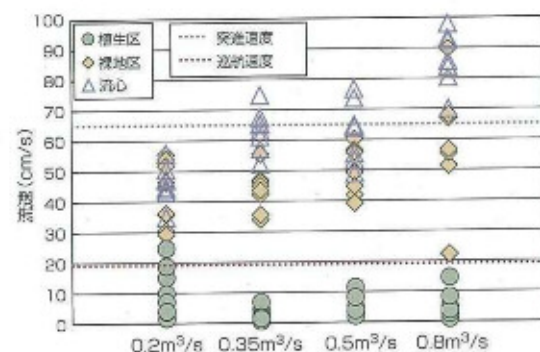


図2 流速推移

●自然共生研究センター活動レポート 2004

自然河岸と護岸では、水際の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？

⇒自然河岸には魚の生息に必要な環境を形成する重要な機能がありました。

一般に水際域は河道の直線化や拡幅など人為的な影響を受けやすい領域といえます。

現在広く用いられている環境保全型護岸については、自然状態の水際に持つ機能のどの部分が護岸構造によって創出できるのかを考えていくことが重要です。そのためにはまず、自然状態の河岸形状や、それぞれの河岸を特徴付ける物理環境要素、魚類による利用形態を理解する必要があります。

そこで岐阜県の牧田川において、写真1のようにツルヨシの繁茂する河岸（植生河岸）と水際に凹凸のある河岸（入り組み河岸）およびコンクリート護岸（コンクリート河岸）の3タイプの水際を取り上げ、潜水観察による魚類調査と物理環境調査を行いました。

その結果、魚類の生息量は植生河岸で最も多く確認され、コンクリート河岸ではごく僅かしか確認されませんでした（図1）。また、各水際タイプで確認された魚類の多くは稚魚や仔魚でした（図2）。物理環境としては、植生河岸と入り組み河岸には、流速が0に近い遅い領域があるのに対し（図3）、コンクリート河岸にはそのような領域がなかったことが大きな特徴と言えます。

したがって、流れの緩やかな水際域はとくに遊泳力の弱い稚仔魚にとって重要な空間であり、コンクリート河岸に見られた流れの速い場所は利用しにくい環境だったと考えられます。さらに、植生河岸のように植物が水面を覆い水際周辺の照度を低下させる環境は（図4）、捕食圧を低下させるなど生息環境を改善させていることが考えられます。このようなことから、実際の川づくりにおいても、水中では低流速域をつくる工夫や陸上では水面の照度を低下させる工夫といった、自然の水際に見られる事象を参考にした水際処理が望まれます。

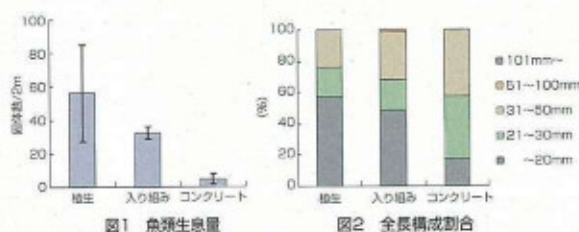


図1 魚類生息量

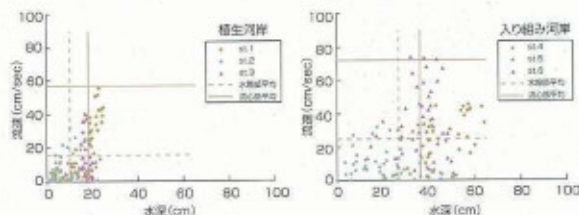


図2 全長構成割合

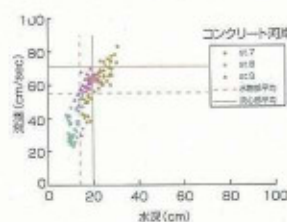


図3 水深・流速分布

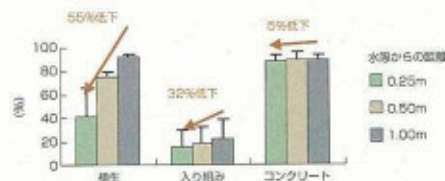


図4 相対照度



植生河岸



入り組み河岸



コンクリート河岸

写真1 調査サイト

●自然共生研究センター活動レポート 2005

水際タイプが異なると、魚類の生息状況に違いはあるのでしょうか？

⇒違いがあります。また、流速や川底の状況によっても異なります。

◆背景と目的

自然共生研究センターでは、実験河川や実河川において、水際域を対象とした調査を行っています。これはより良い川づくりを効果的に進めていくためには、一つでも多くの水際環境の調査を行い、その機能を明らかにしていくことが重要だと考えているからです。今回は水際植物の繁茂状況に注目し、それが異なる水際のタイプについて現地調査を行いましたので、その結果について報告します。

◆方 法

岐阜県の牧田川において、水際植物の繁茂状態が異なる4箇所を選定し、Type1～Type4に区分しました(図1)。それぞれのType毎に縦断方向6m、水際からの横断方向2mの調査区を5箇所設置し、それぞれの調査区を縦断方向2mのセルに3分割しました。その各セルについて、潜水観察による魚類調査と、物理環境調査として水深や流速、河床材料等を測定しました。

◆結果と考察

図2は1セル当たりの平均個体数を示しています。Type1(山付部カバー有)で最も多く、Type3(水中と陸上に植生有)が続きます。一方、最も少なかったのはType4(陸上のみ植生有)でした。次に、遊泳魚と底生魚の割合は、個体数の多いType1とType3では遊泳魚が80%程度を占めたのに対し、Type4では底生魚が80%程度を占めました(図3)。個体数別グループと各水際タイプのセル数では、同じType内の15セル(5調査区×3セル)における個体数が同数程度ではなく、ばらつきがあることが判りました(表1)。

なぜ同じ調査区でも各セルによって個体数にばらつきが見られたのでしょうか？物理環境調査の結果から、遊泳魚では個体数が多いセルは流速が抑えられていることが判りました。底生魚では礫の隙間といった極めて小さな空間の環境が重要であると考えられます。

したがって、川づくりにおいて水際処理を検討する際には、水際付近の工夫だけではなく、流速を抑える工夫や程良い河底の状況を作り出すことが望まれます。

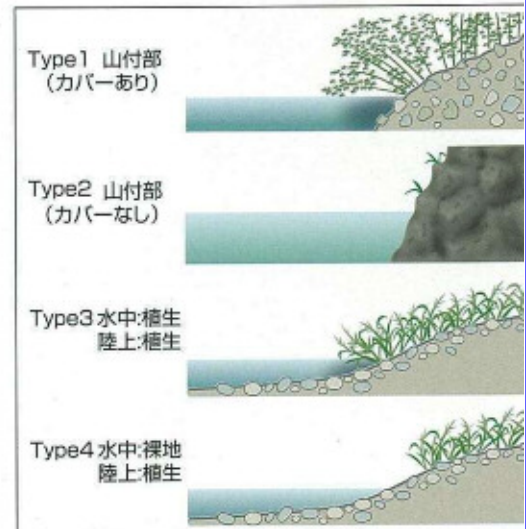


図1 水際タイプ区分

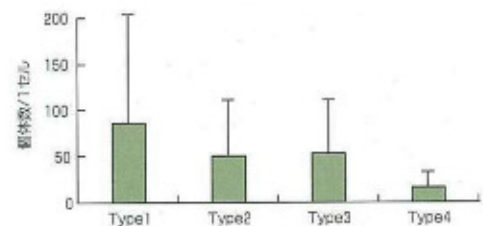


図2 魚類個体数(平均)

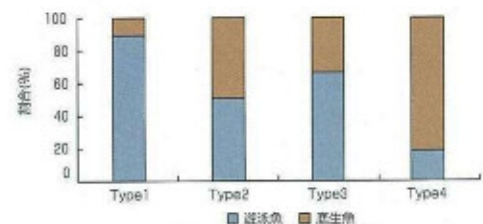


図3 遊泳魚と底生魚の割合

表1 個体数別グループと各水際タイプのセル数

遊泳魚		個体数		セル数	Type1	Type2	Type3	Type4
		I	II~IV					
Group1	30~200	15~132	9	4	1	4	0	
Group2	30~150	0~8	5	0	3	2	0	
Group3	0~15	10~31	10	8	0	2	0	
Group4	0~20	0~8	36	3	11	7	15	
底生魚								
		個体数		セル数	Type1	Type2	Type3	Type4
		I	II~IV					
Group1	10~50	9~30	12	1	8	3	2	
Group2	10~25	0~6	4	0	3	0	4	
Group3	0~8	7~24	10	5	1	4	0	
Group4	0~5	0~8	34	9	8	8	9	
全層 (I: <3cm II: 3~5cm III: 5~10cm IV: 10~20cm)								

全長(I:<3cm II:3~5cm III:5~10cm IV:10~20cm)

② 水際空隙について

水際空隙について、自然共生研究センターの研究成果などで紹介します。

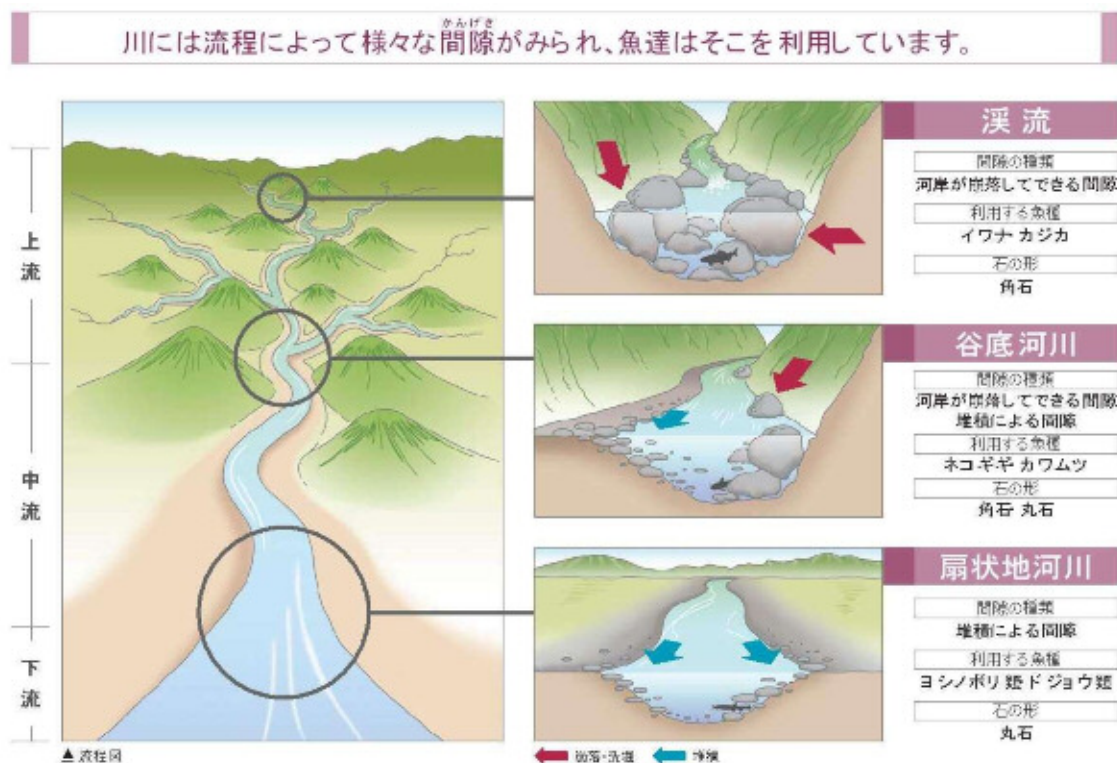
●水際機能の重要性 センターレポートより

石の隙間を利用する魚たち ARRC NEWS NO.9 2007.3

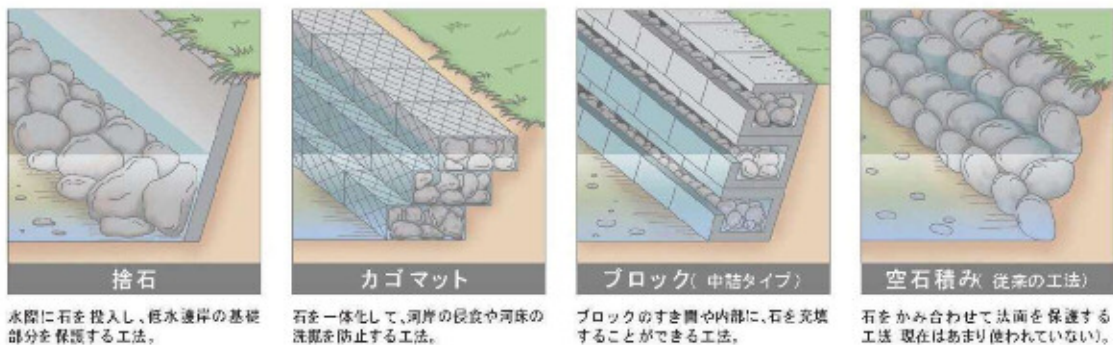
河川上中流域の河底や河岸には多くの石が存在します。

石の形状や配置は流程によって特徴がある為、石によって形成される隙間も溪流、谷底河川、扇状地河川では異なります。

魚達は各流程に分布する特徴的な間隙を棲家として、今日まで生き抜いてきたのです。



侵食から川岸を守る工法には間隙を形成するものがあります。



●自然共生研究センター活動レポート 2006

石の大きさが違うとその隙間を利用する魚類は異なるのでしょうか？

⇒定着する魚類は群集レベルで異なってきます。

■ 背景と目的

我が国では古来より、様々な方法で川に石を配置することによる治水対策が行われてきました。一方で石により形成される隙間は、魚類をはじめとする水生生物の隠れ場所としても機能してきました。近年ではこれらの機能を併せ持つ護岸（環境）ブロックが日本全国の河川工事に使用されています。しかし、これらの生物の隠れ場所としての設計基準は、生物の隠れ場所の好みは厳密には反映されておらず、設置後の科学的評価もなされていません。従って、環境ブロックを生物の棲み場所として機能させるには、生物にとっての石の隙間の好みを明確に評価して、護岸ブロック開発に反映させる必要があります。

■ 方法

2005年12月に実験河川Aに巨礫（径35cm）、大礫（径20cm）および中礫（径4cm）の3種類の礫を水辺に敷き積み、各礫に対する調査地を3箇所ずつ造成しました。そしてそのまま半年間河川に残置させてから、2006年の6月下旬に各調査地において魚類の捕獲調査を行いました。捕獲は、各調査地の礫部を覆うように網で仕切り、すべての礫を取り除いた上でエレクトリックショッカーを用いて行いました。また、取り除いた礫を一定容器内に積めて、水を充滿させることにより、各礫で形成された隙間の容積を算出しました。

■ 結果と考察

礫を水辺に設置することにより、どの礫サイズにおいても40-50%の隙間が形成されることがわかりました（図1）。また、礫1個あたりの隙間の容積は、巨礫が8.06ℓ、大礫が1.69ℓ、中礫が0.01ℓと大きく異なりました（図2）。

各調査地で捕獲された魚類群集は図3のように区分されました。グループAは中礫の3つの調査地が含まれ、底生魚であるシマドジョウ属とヨシノボリ属が代表種でした。また、グループBは、大礫の2つの調査地と巨礫の3つの調査地（大礫の1つの調査地を含む）に区分され、前者はウナギとウキゴリが、後者はタモロコ、モツゴおよびフナ属が代表種でした。以上より、礫により形成される水中の隙間は様々な魚類の棲家として機能しており、礫の大きさにより棲息する魚類の群集構造が異なることが示されました。

このような違いがみられる要因として、隙間の大きさ、形、流速、暗さ、水深などが影響していると考えられ、平成19年度には発展的研究として、以上の因子をコントロールして想定した魚類を定着させる実験を行っています（写真1）。

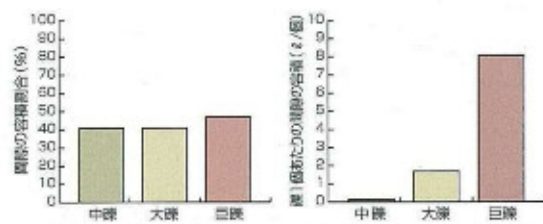


図1 隙間の容積割合

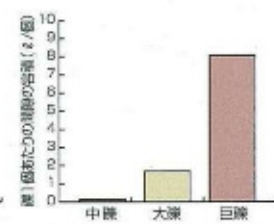


図2 礫1個あたりの隙間容積

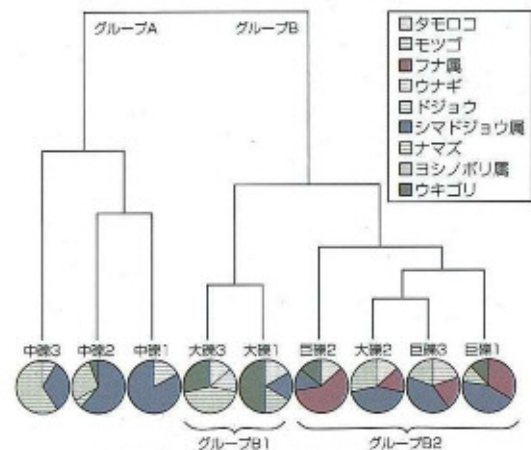


図3 各礫サイズに定着した魚類群集構造の区分



写真1 隙間実験の様子

●自然共生研究センター活動レポート 2000

単調な環境の河川で復元工法を実施すると魚類の生息状況はどのように変化するのでしょうか？

⇒復元工法の実施前後では魚の数・種類ともに増えていることがわかりました。

平成2年から「多自然型川づくり」が始まり、生態系に配慮した川づくりが行われるようになりましたが、それ以前に改修工事が行われ、単調な環境となっている中小河川も少なくありません。

今後は、こうした河川の環境を復元することも必要になると考えられます。ここでは、単調な環境の区間に様々な復元工法を実施した場合に、魚類の生息状況がどのように変化したかを比較してみましょう。

復元工法を実施した区間は河道が直線で川幅が他の標準的な区間よりも広がっていましたが（標準的な区間は川幅がおおよそ3mに対し、復元工法実施区間はおよそ6m）。また、河床が平坦なため、瀬や淵の見られない単調な区間でした。

復元工法は、ディフレクターという水制工を河岸から突き出し、平水時のみお筋を蛇行させるとともに、所々に淵を人為的に形成し、ここにベン工等の構造物を設置することにより淵における土砂の埋没を防止しています。更に、早瀬工を設置することにより、河道内に瀬・淵構造を再現しました。また、河岸沿いの土砂堆積促進と河岸植生の早期回復を目的として、木杭やマウンドを河岸沿いに設置しました。

復元工法を実施した区間では魚の個体数・種類数ともに実施前よりも増えていることがわかります。復元工法により水深・流速が多様な環境が創出されたためだと考えられます。

これらの復元工法は施工した時点で完成するのではなく、浸食・堆積といった河川の自然作用により、最終的に右のイラストのような姿になることを目標としています。

センターでは今後も継続的に調査を行い、復元工法の効果を検証する予定です。



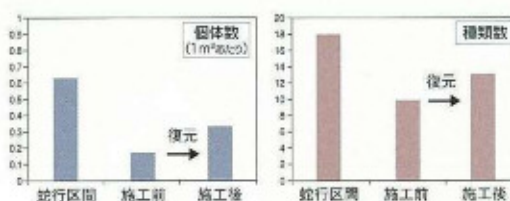
復元工法実施前の写真



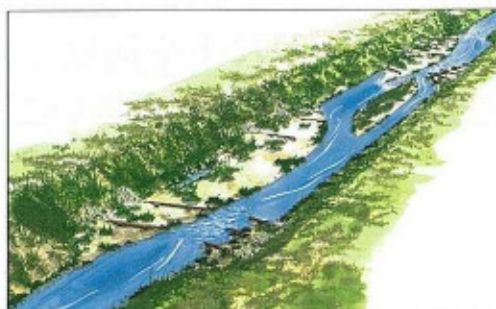
復元工法実施後の写真

工 法	効 果			概 要
	洗掘	堆積	流向・流速・水深	
ディフレクター (ミニ水制)	○		○	河岸から突き出した構造物で、流向・流速・水深を制御することで蛇行流の形成や流速・水深の確保が可能になります。また、下流側には泥みが形成されます。
ベン工	○			流れに対して20〜30度程度の鋭角を持たせた壁面なバレル状の構造物で、流れ場を変え入ることで洗掘を促進することができます。
木杭		○		斜で設置して流速の減速と土砂の堆積を促進させます。
マウンド		○		人工的な高水敷のことで、流速を減速させ浮遊物の沈降・堆積を促進させます。
早瀬工			○	石や岩、木杭を組み合わせてつくる鋭状の構造物で、上流側にとろ、下流側に早瀬を形成します。

■実験河川で用いられている復元工法



■復元工法による魚類の生息状況の回復程度 (8月の調査結果より)



■将来予想イラスト

③ 砂州がつくこと、河岸が形成されると予測される場合は配慮不要

水際への配慮が必要かどうかは、河岸前面に砂州等の堆積域が形成される場合と形成されない場合では異なります。したがって、河岸前面に堆積域が形成されるかどうかを見極め、堆積域が形成されない場合には、水際域への配慮を行う必要があります。

堆積域の形成の有無は流域・河道特性と関係し、どのような条件下で形成されるかについて、ある程度予測できることから、現地調査を踏まえて判断することが重要です。

堆積域が河岸前面に形成される場合の予測フローを次に示します。

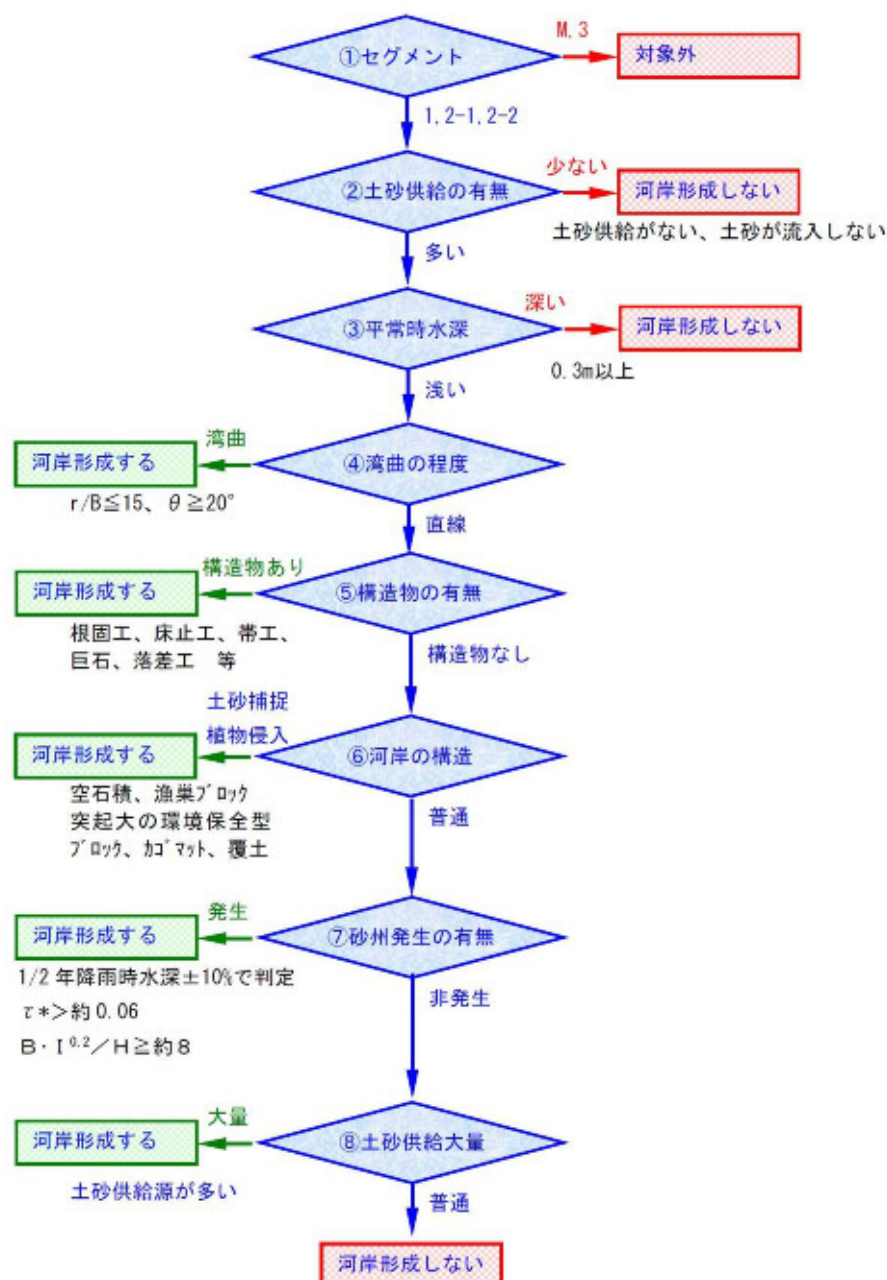


図 3.1.1 対象河川の河岸形成予測フロー

出典：自然作用を利用した河岸形成について(案)国土交通省中部技術事務所 H17.3

●河岸形成の予測フローについて

河岸形成の予測は、左図に示すフローに沿って行うこととする。まず、本予測方法は、①セグメント1及び2-1、2-2しか適用できない。それ以外は適用外とする。

その後、②土砂供給量がほとんど無い場合、③平常時水深が植生が侵入できない程深い場合は無条件で河岸形成しないと判定し、次に、④湾曲部、⑤構造物有り、⑥土砂を捕捉し植物が侵入する河岸、⑦砂州発生域、⑧大量の土砂供給のいずれかが適合できれば、河岸が形成すると判定することにした。

① セグメント分類

現地踏査の結果、セグメントM（山地部石、礫河川）は河床材が動いても植生の繁茂は大変少なく、セグメント3は河口のデルタ地帯であるため、湛水域や感潮区間となり植生の進入は期待できない。これによりこのセグメントMおよび3では河岸形成はほとんど発生しないことが現地調査で確認されているため、対象外とした。

次にセグメント2-2であるが、河床勾配が緩いとセグメント3に近い状況となり、平常時湛水している例が見られる。判断は難しいが単純に除外できないため、河岸形成すると判断した。

以上より、河岸形成が発生するセグメントとしては、セグメント1～2-1、2-2（一部）が主であると判断している。

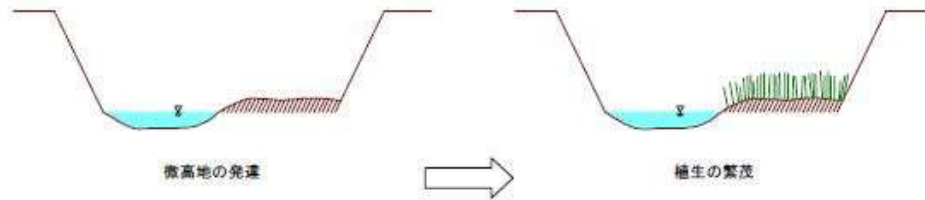
② 土砂供給量少の判定

土砂供給量が少ないため、場の条件に関係なく河岸形成しない河川の判定方法。

判定条件
①土砂捕捉や遮断されている流域は除く ②表層地質から判定した土砂供給量が少ないとなる河川 ③現地踏査、地形図調査の結果、土砂供給が見込めない河川 ・内水、天井、都市河川で、山岳地帯、畑・荒地がない。 （水田は土砂供給が期待できない。） → ②と③両方が適合する場合は、土砂供給量が少ないと判定し、 河岸形成しない河川

③ 植生侵入抑制水深

共生センター実験において、砂州等で発生したテラスが発達していくには、植生の繁茂が重要なことが分かった。よって発生した微高地に植生は侵入するかどうかは、平常時の水深より微高地が高くなっている必要がある。



平常時水深が 0.3m 以上であると、植生の侵入が阻害されて、土砂（主に浮遊砂）の堆積が進行しないため、河岸が発達しない。

そこで、現場踏査を行い、本川や海への合流上流によりまたはラバーゲートの堰上げ等により平常時の水深が 0.3m 以上かどうか調査する。

判定条件
平常時水深が 0.3m 以上の河川では河岸形成しない。 【注意点】 ・ 調査する時期は、植生が繁茂する夏期が望ましい。 ・ 灌漑用水として取水している時期は、水深が低下することもあるので確認する必要がある。 ・ 取水堰は、洪水時に倒伏するラバーゲートでは河岸形成しにくい、固定堰では土砂が堆積してしまい、平常時水深が浅くなり、植生の侵入が見られる。

④ 湾曲部の判定

湾曲部内湾は、流速の低下が発生し、土砂が堆積する。

現地調査の結果、湾曲部内湾で河岸形成することが確認されている。

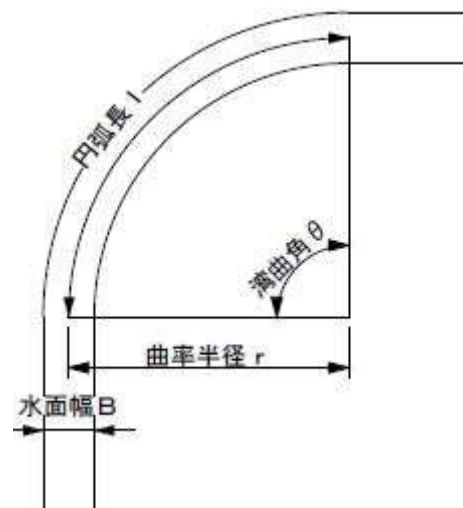
湾曲部の判断基準として、以下のように設定した。

本資料では湾曲部の判断基準として
 $\text{曲率半径 } r \text{ (m)} / \text{水面幅 } B \text{ (m)} \leq 14$

かつ 湾曲角 $\theta \geq 20$

の場合湾曲部であるとした。

ここで、水面幅 $B = 1/2$ 年確率流量水面幅 (m)



判定条件
湾曲による河岸形成条件。 $\text{曲率半径 } r \text{ (m)} / \text{水面幅 } B \text{ (m)} \leq 14$ かつ 湾曲角 $\theta \geq 20$ 水面幅 $B = 1/2$ 年確率流量水面幅 (m)

⑤ 構造物の有無

対象箇所以下に以下の構造物が存在する場合、それがきっかけで土砂が補足され、河床の凹凸が発生、植生が侵入し、河岸が形成されると判定した。

河岸形成が生じさせる構造物
・根固工、根固ブロック ・根固用連節ブロック ・床止工 ・帯工 ・枠工 ・巨石 ・落差工 ・取水堰（固定堰）

⑥ 河岸の構造

河岸が覆土などにより植生が繁茂している時や、空石積など土砂を捕捉し植生の繁茂する護岸は、植生により土砂の堆積を促進し、河岸が形成されると判定した。

河岸形成が生じさせる護岸構造
・空石積 ・大型連節ブロック ・漁巢ブロック ・突起の大きい環境保全型ブロック ・カゴマット ・覆土 ・護岸構造の変化点などによる凸凹がある箇所

⑦ 砂州発生の有無

砂州が発生すると、微高地が生じ、その微高地に植生が繁茂し、河岸形成が生じる。よって、砂州が発生する条件を河岸形成判断基準とした。

⑧ 土砂供給大量

土砂供給量が大量のため、場の条件に関係なく河岸形成してしまう河川の判定方法。

判定条件
①土砂捕捉や遮断されている流域は除く ②表層地質から判定した土砂供給量が多いとなる河川 （但し、富士山麓の火山灰地帯については、外す） （流砂形態が浮遊となる条件では、土砂供給大量によって河岸形成するとは限らない） ③地形図等より流域内に山地の斜面崩壊箇所がある河川 もしくは、現地踏査により、大量の土砂供給が推測される河川 → ②と③両方が適合する場合は、土砂が大量に供給されると判定し、 河岸形成する河川

（出典：自然作用を利用した河岸形成について（案）国土交通省中部技術事務所 H17.3）

④ 法面植生の必要性

河岸域は法勾配が局所的に大きくなり、その前後の比高差が大きくなる場所と定義され、陸域から水域にかけての乾湿条件を始めとする環境が非常に短い距離で変化するといえます。

したがって、河岸に求められる機能として、生物の生息・生育環境・繁殖環境維持のためには、透水性と保水性の確保は重要と考えられるので、現場においては、次の観点で河岸の状況を確認することが必要です。

③対象範囲

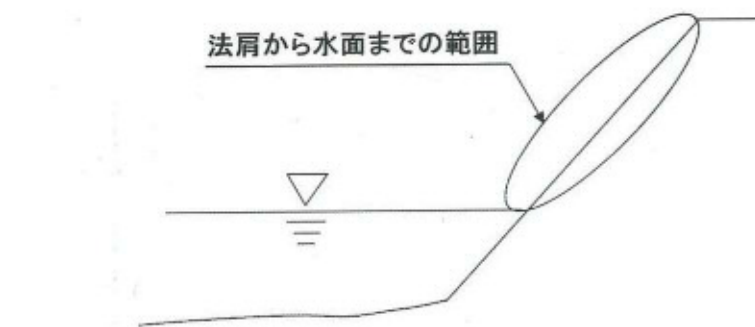


図 河岸の透水性と保水性を確認する対象範囲（災害復旧実施工法事例集より）

①法面植生が必要か

生態系としての魚類、鳥類、昆虫、両生類、爬虫類、哺乳類、甲殻類等への配慮、景観、背後地との連続性等の理由

法面植生の生育が必要と判断される場合は、植生生育を確保するため、背面の地山等からの水分供給の必要性、保水性の必要性

6. 河畔林など良好な風景について(陸域部の着目点)

河道拡幅などの河川改修によって、河畔林が失われるなど、河川の風景が大きく変貌している河畔林を含め、川を軸とする空間構造を保全していくという視点が重要です。

■ 河畔林は改修後の河川における治水上の(幅広い)機能をふまえつつ保全する

- * 河畔林は日射の遮断や陸生昆虫の供給など生態的な機能を持っている。
- * 河畔林は川の風景要素として重要な位置を占めている。

(出典:多自然川づくりポイントブックⅡ p.34)

① 陸域部の代表的な自然環境特性

陸域部の自然環境特性について、セグメントやロケーションに分けて解説するので、これらの特性を念頭に現場の把握に努めてください。

① 上流の渓流区間の例 (参考: 河川植生の基礎知識 p26)

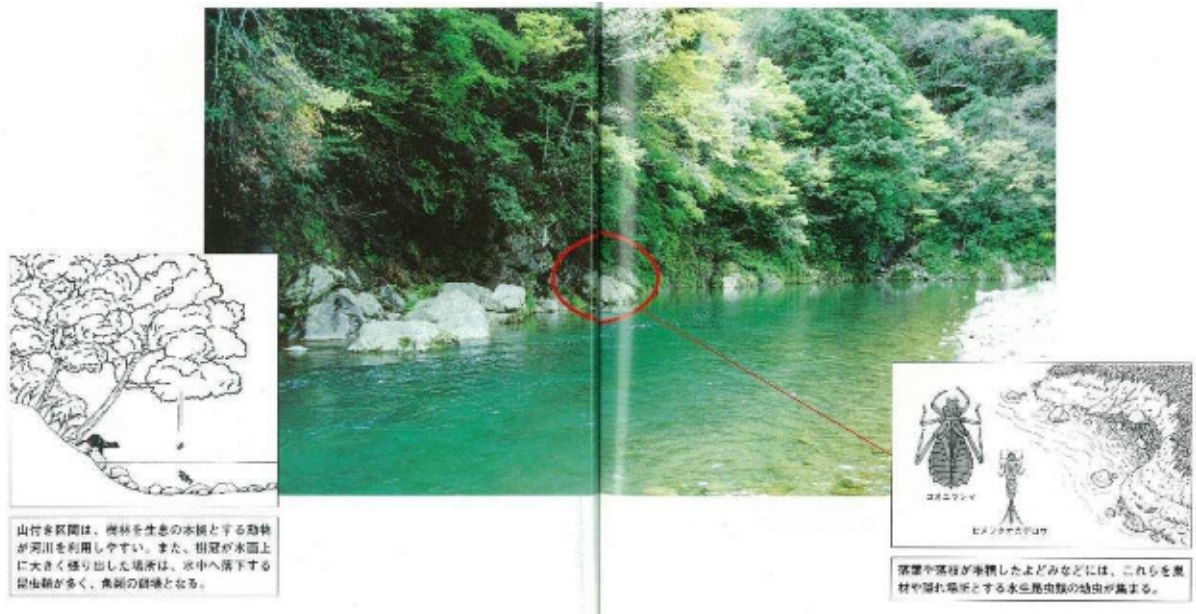
渓流区間でも、河床勾配がきつく流れが急で岩盤が目立つ渓流には、水際に植生はあまり見られません。

河床勾配が緩く、水量の少ない山間の小溪流には、河畔にサワグルミ、カワラハンノキなどの樹林が見られます。また、河畔林は周囲の山林へ連続しており、そこに生息する動物が利用し易い水辺環境となります。



②上流の山付区間の例（参考：河川植生の基礎知識 p28）

河川が山沿いを流れる区間には、ケヤキやイロハモミジなどの樹林が水際付近まで迫っており、この樹林に生息する動物が河川を利用し易い状況となります。



③礫河原の例（参考：河川植生の基礎知識 p32）

河川敷が広く頻繁に増水し掃流作用を受け易い場所は、礫や砂礫からなる河原が広がり、植物がまばらに生育しています。

特徴的な動物の植生利用の例 コアジサシ（河原の砂礫地などにコロニーを形成する）



④中下流部の州の樹林の例（河川植生の基礎知識 p36）

中下流部の州などには、タチヤナギやカワヤナギなどのヤナギ類を主体とした樹林が見られることが多い。

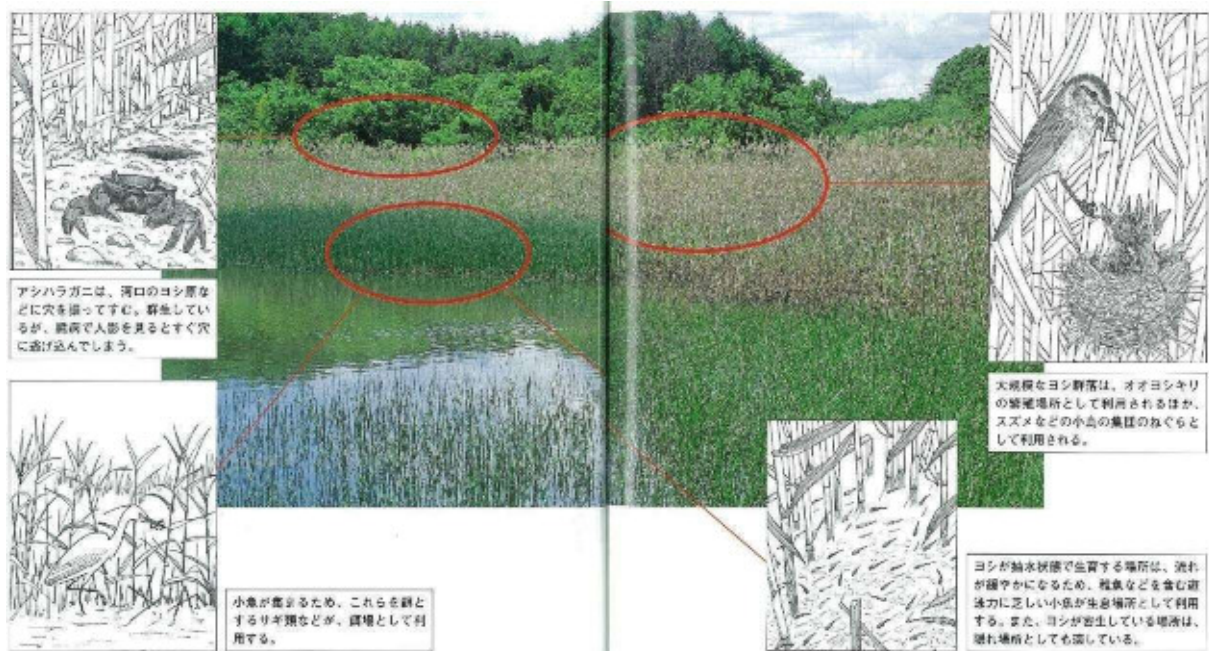
特徴的な動物の植生利用の例 ゴイサギ（ヤナギ林、竹林などにコロニーを形成する）



⑤下流域のヨシ原の例（参考：河川植生の基礎知識 p38）

下流域の流れの緩やかな場所は、土砂が堆積し水深が浅くなり、ヨシなどの抽水植物が生育し易い場所となります。

特徴的な動物の植生利用の例 オオヨシキリ（ヨシ原などで繁殖する）



② 良好な河畔林を保全する

画一的な定規断面による河川改修で、河畔林が失われるケースが多い。計画段階で、河畔林を保全するという視点から検討することが重要である。既往の計画がすでにある場合でも、平面形や横断面、河川管理用通路の設置位置などを再検討することによって保全できるケースがある。

河畔林の重要性

河畔林、あるいは水辺林の生態的機能としては、日射の遮断、落ち葉・落下昆虫の供給（魚類等水生生物の餌）、倒木供給（淵の形成）、栄養元素の交換（水質を保持する緩衝帯）、流下物捕捉（フィルター効果）があげられる。

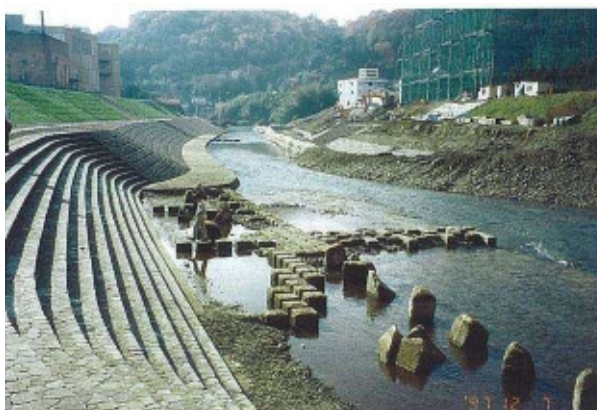
堤防や護岸整備が施された河川の多くは、河畔林や並木がない。木陰一つなく、夏場は川沿いを散歩することも困難である。

河畔林はまた、川の風景を美しくする。河町林の保全や川沿いの並木を求める市民の要望も根強くある。

現存する河畔林を大事に扱うという視点が重要である。



（Ⅰ川改修前）



（Ⅰ川改修後）

上記は、河川改修によって河畔林が失われたケースである。複断面を単断面に変更する、あるいは、左岸(写真左)の識岸を立てるなど、定規断面にこだわらなければ、河畔林を保全できたかもしれない。

（出典：多自然川づくりポイントブック p65）

7. 背後地及び周辺の土地利用(景観、歴史、文化、利用の観点)

「多自然川づくり」とは、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・繁殖環境及び多様な河川景観を保全・創出するために、河川管理を行うことをいいます。(多自然川づくり基本方針)

したがって、その川の川らしさを自然環境、景観、歴史・文化等の観点から把握し、その川らしさができる限り保全・創出されるよう努め、事前・事後調査及び順応的管理を十分に実施する視点が重要です。

ここでは、「河川景観の形成と保全の考え方」及び「河川景観デザイン」の中から、特に河川景観の捉え方について、その基礎知識を紹介します。

また、これまでの、河川のある一定区間の空間設計や護岸等の構造物の形状、色彩等への配慮など、個別の景観要素を考え、ある場所における河川空間を整えること(場のデザイン)に加え、河川を上流から下流までの大きなスケールで捉えた際の、河川流量、河道形状や周辺の土地利用、まちづくり等の河川景観の大きな骨組みとなる要素への配慮(骨格のデザイン)の、双方が重要であるとされていますので、それぞれの配慮事項等を紹介します。

■河川景観の形成と保全の考え方・河川景観デザイン

「河川景観の形成と保全の考え方・河川景観デザイン」は、『それぞれの河川や地域の自然・歴史・文化・生活にふさわしい河川景観の形成や保全をはかる』ことを目的として、川づくりに関わる人々が、河川および河川景観の成り立ちや特性を学び、河川景観の形成と保全についての方針や計画を定め、設計、整備、維持管理等を行うために、必要な視点、考える手順、整理すべき情報、活用すべき手法等を示したものである。

① 河川景観を考える

河川景観とは

私たちが目にする河川景観には、その背景に、過去から現在までの自然の営みや長年にわたり人間が流域や河川に働きかけた結果が内包されている。その意味で、河川景観とは、単にいま現在目に映る景色だけを指すものではなく、また、個別・単一の物体や事象だけを指すものでもない。

すなわち河川景観とは、「地形、地質、気候、植生等様々な自然環境や人間の活動、それらの時間的・空間的な関係や相互作用、そしてその履歴等も含んだ環境の総体的な姿」として考えるべきものである。

また、この場合の景観とは、見る人の心的現象でもあり、河川景観を考えるということは、それを成り立たせている自然的な条件や歴史・文化・生活等の社会的背景を含めて五感や心を通じて捉え、知覚することである。

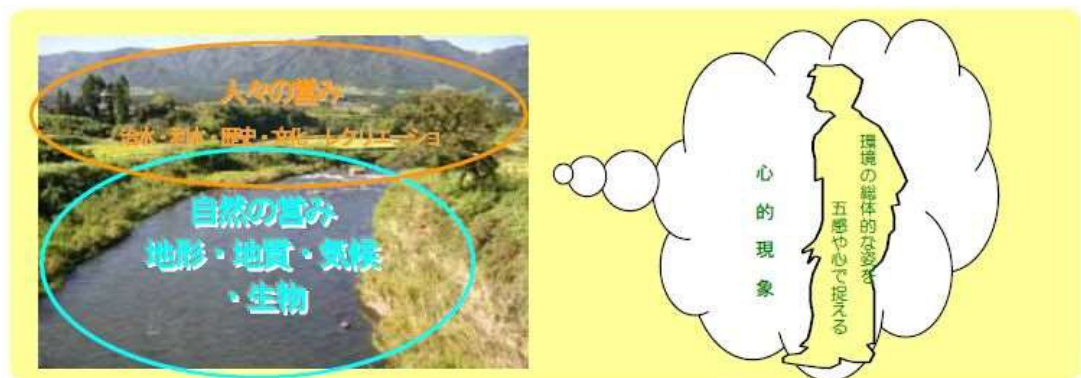


図-河川景観の捉え方

河川景観デザインの心得

河川景観ならではの特徴を活かし、連続する良好な河川景観を形成・保全する際には、「河川景観デザインの心得」として以下の点を心がけることが大切である。



図-河川デザインの心得

河川景観の特徴

山間部や都市域等、様々な地域を流下しながら上流から下流まで連続した景観を呈する河川景観は、ダイナミックな自然の力が形成した景観であるとともに、地域社会の歴史の中で人間が様々に関わることによってかたちづけられた景観である。そこには、以下に示す「河川ならではの」と言える特徴が見られる。河川景観の形成と保全に際しては、このような特徴を理解したうえで、それを活かし、またその特徴に応じた配慮を行っていくことが大切である。



自然の営力が織りなす景観¹⁾

【要素】自然堤防、後背湿地、蛇行、砂州、河口干潟等



固有の生態系を有する景観

【要素】瀬・淵、ワンド、河畔林、感潮区間、重要種等



表情豊かに流れる水が存在する景観

【要素】流速、水深、水の色、波立ち、水音、倒景等



広がりや連続性を感じさせる景観

【要素】空、遠景の山並み、森林等



時間により移ろう景観²⁾ 【要素】洪水による攪乱、四季の変化等



人間の営みが反映された景観

【要素】放水路、水制、ダム、堰、渡船等



流域文化に彩られた景観

【要素】水神、灯籠流し、歴史的建造物、友禅流し等



水との触れあいと賑わいのある景観³⁾

【要素】河岸、橋梁、河川公園、船、水遊び、川床等

図-河川景観の特徴

② 河川景観の基礎知識

自然の営みがかたちづかった河川景観

河川景観の本質は自然の営みや人々の営みによってかたちづけられた河川の姿を心的現象として捉えることにある。

地質や地形等が似通った地域の河川にはある程度共通した景観的な特徴が見られる。流域の気候、地形、地質、水流、流砂、植生等、自然の営みがかたちづくる河川景観の特徴を理解するためには、以下の視点から基礎的な知見を理解しておくことが大切である。

- (1) 地質によって異なる河川の姿
- (2) 地形によって異なる河川の姿
- (3) 河川の微地形
- (4) 河川の動態



山間地河道¹⁾



扇状地河道²⁾



中間地河道³⁾



感潮域～河口⁴⁾

図-地形によって異なる河川の姿

流程毎の河川景観の特徴は、「河川風景デザイン」や「水辺の景観設計」によると、次頁のように整理されている。

水系における地形の中の風景

水系での主要な河道分類	河道の特徴			周辺の特徴
	水の表情	河道	河床	
山間地河道 ・山地部を流下する河川風景である。両側の山、河床の岩、滝等により自然性に満ち、水の動きを感じさせる風景を呈する。	動的 ↑ 急瀬、よどみ、滝等変化に富む	河道狭い・深い ↑ 流路は幾度も急角的に方向を変える。	岩、急勾配 ↑ 大きな石や岩が露出	自然的 ↑ ・山間部 ・周辺の地形とともに景勝地になることが多い ・自然性に満ちている
扇状地河道 ・谷あいより平地部に出る河川風景で、みおは複列になり、広大な河原を形成する。 ・砂礫が支配的な景観	流速は早く、水のしぶきや波立ち	広大な河道 みお筋は複列になる。	砂礫堆が発達 1/60-1/250	・谷あいより平地部に出る所
中間地(自然堤防)河道 ・自然堤防帯の河川風景、河道内には大きな砂州が発達し、砂州や瀬・淵等が重要となる。	瀬や淵が交互に発達する	河道には大きな砂州が発達する。	上砂の堆積 1/400-1/4000	・河道周辺に自然堤防 ・背後に後背湿地帯 ・水田等の耕作多し
感潮河道 ・感潮域あるいは自然堤防河道の感潮域に対応し、砂州は明瞭でない。 ・水面幅が広く広大であるが、空間的な変化に乏しい。	流速も遅く、瀬や砂州の発達には明瞭でなく、広大である。潮位の影響を受ける。	大きな砂州は発達しない。みお筋は一つにまとまり水深も比較的深い。	砂・シルト 1/5000-level	・感潮区間に対応 ・舟運利用多し ・町が発達
河口 ・海に接する部分であり、雄大な風景を呈し、砂嘴、海の波浪等が重要である。	雄大 海の波浪 ↓ 静的	海に接する ↓ 広い、平たい	砂・シルト ↓ シルト、緩勾配	・港が発達 ↓ 都会的

河川の分類(流水、河状等の特徴)

溪谷河川	・河道……………深い谷間の底を流れるV字谷を形成 ・河床材料……………岩、礫、砂礫、岩盤 ・平常時の流れ…瀬と淵、滝等 ・洪水時の流れ…急流、破壊力大、下方侵食力大、土石流となることもある	・谷の側面の土砂崩壊防止対策、砂防工事 ・河床からの土砂流出抑制、砂防ダム ・安定斜面に集落の立地
河川段丘	・河道……………蛇行し、谷間に河岸段丘が形成され、さらに深く谷が掘れる ・河床材料……………砂礫質、岩盤 ・洪水時の流れ…下方、側方侵食	・段丘側面の土砂崩壊防止 ・河床の土砂流出抑制 ・段丘上の安全な立地に集落立地
扇状地河川	・河道……………浅く、川幅広い ・河床材料……………砂礫質 ・平常時の流れ…網の目状の乱流、伏流して水無川化、扇端での湧水	・洪水時の流れ…急流で破壊力大、横侵食力大、放射状流路の形成 ・霞堤の存在(支川への逆流問題なし) ・水制……………牛柵類、大型コンクリート製水制
(自然堤防帯河川) 移化帯河川	・河道……………深くなり流路まとまり、高水敷ができる ・河床材料……………砂質 ・洪水時の流れ…横への氾濫により自然堤防が形成されやすく、地形的拘束なき場合大変流を起こす	・高水敷……………砂質であるため耕作しやすく、水田、畑、果樹園等に利用される ・支川への逆流問題発生…背割堤、水門、ポンプの必要性 ・水制……………杭出し水制 ・輪中堤の発達
三角州河川	・河道……………深いが、流速遅く、川幅やや大 ・河床材料……………細砂、シルト、粘土(下方侵食卓越) ・東北日本…内湾・湖沼の陸化、大きく蛇曲が発生するが変流は鈍い ・西南日本…外海の陸化、放射状に分岐する	・干満の影響を受ける。日本海側と太平洋側の相違 ・排水はポンプ依存、自然取水もむずかしくなり、ポンプ取水が多くなる ・氾濫流の水深大、湛水期間の長期化

人々の営みがかたちづかった河川景観

文明は河川との関わりを抜きにしては成立せず、人々は長い年月にわたって治水や利水の目的で河川と関わり、河川に手を加えてきた。すなわち、河川景観は人々の営みによってかたちづけられたものでもある。

この長い時間を経て築かれてきた人と河川との関わりは、その河川、その地域固有の歴史や文化を育み、その履歴が地域にふさわしい河川の景観を形成してきた。

しかし、河川の流域における近年の急激な都市化、近代化は、ともすればこうした歴史・文化に配慮することなく進められ、そのことが河川景観に対しても様々な影響を与えてきたことは否めない。

人々の営みがかたちづかった河川景観を理解するためには、以下の視点から基礎的な知見を理解しておくことが大切である。

- (1) 河川と人との関わりの歴史と河川景観
- (2) 河川地形に応じて営まれた人々の暮らしと河川景観
- (3) 人々の営みにより形成された歴史的景観・文化的景観とその保全・再生
- (4) 近年の河川景観の変化と取り組み



近年の河川景観の変化

上：直線化等で自然度の低下した地方の河川
下：三面張の排水路と化した都市河川



歴史に残る最古の築堤工事と伝えられる淀川・茨田堤⁵⁾



良好な河川景観への取り組み

左：北川の多自然型川づくり⁶⁾
右：太田川の護岸の景観設計⁷⁾

心的現象からみた河川景観

景観とは、人が対象を眺めるときに生じる心的現象である。

また、人は視覚のみによって対象や空間を捉えているのではなく、音や匂い等、その他の感覚によっても対象や空間を体験している。

したがって、河川景観を理解するためには、人の心的現象としての景観の捉え方を理解しておくことが大切である。

心的現象からみた河川景観

視覚で捉える河川景観

- ・眺める対象が持っている属性（大きさ、色、形等）
- ・視点としての眺める人と眺められる対象との関係（距離や角度等）
- ・対象相互の関係

視覚以外で捉える河川景観

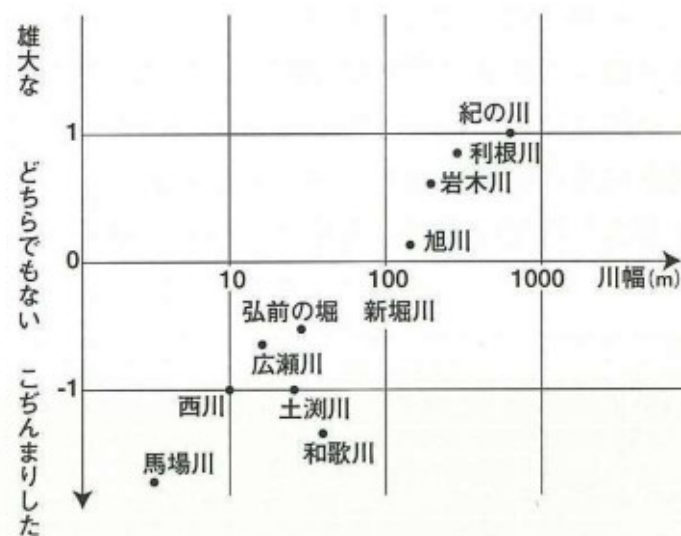
- ・サウンドスケープ（音風景・音環境）
- ・スメルスケープ（嗅覚風景・嗅覚環境）

視覚で捉える河川景観について

対象の属性や視点と対象の関係、対象相互の関係等、景観を分析するにあたっての基礎的な知識については、様々な文献で解説されているので、詳細はそれらに譲ることとするが、ここでは、心的現象としての河川景観を理解するための視点を、いくつか紹介することとする。

①河川の大小とスケール感

地形等が同じ自然条件の中を流れる河川でも、大河川と小河川等、河川の大きさの違いによってその景観は大きく異なってくる。景観対象としての河川の大きさを示す指標としては水面幅や河川敷幅があり、これによって河川のスケール感や開放感等、河川ならではの景観の特徴は大きく左右される。



「雄大な」大河川の流輪景



「こじんまりとした」小河川の流輪景

②河川空間のバランス

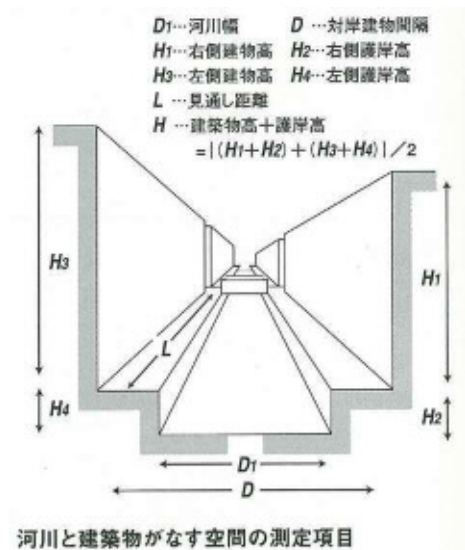
都市河川の空間においては、河川の幅や河川周辺の建物の高さ等で規定される、その河川空間のバランス感が景観に大きく影響している。広場や街路の分野では、建物の高さや空間の広さ等、空間のバランスに関する研究が古くから行なわれてきた。島谷らは、これを都市河川に応用して、河川の幅や建物の高さや河川空間のイメージについての研究を行った。すなわち、河川兩岸の建物の間隔 D と、建物高+護岸高 H とを用いて、 D/H と河川空間のイメージ(空間のバランス感)を評価した。その結果、都市の堀込み河川の場合、以下のことが明らかとなっている。

$D/H < 1.5$ あたりで谷間のような印象を受ける

$2.0 < D/H < 3.5$ あたりで適度なバランス感を得る

$4.0 < D/H$ になると広がり感が卓越し開放的な印象を受ける

$D/H > 1.5$ で、 $H < 7.0\text{m}$ あたりだと、 D/H によらず広がり感が卓越し、開放的な印象を受ける



水面に映る建物が幅を狭く見せている。



護岸高が大きく河川空間のバランス感に影響を与えている。

③河川景観を構成する要素の形

河川景観を構成する基本的な要素は、土砂、水、植生等の自然要素である。河道の蛇行、水際線の入り組み、河床や砂州の起伏、河岸の植生等はすべて不整形を為しており、直線からなる形はない。これに対して、同じ土や草であっても人工物である堤防や、護岸等の構造物は、いずれも直線的であったり、規則性を持った形をしていたりすることが多いため、異質なものと判断され、周辺とは際だった存在となる。このため、構造物の設計にあたっては、周辺の自然景観との違和感をなくし、目立たないものとなるよう、形や色や肌理を工夫することが必要である。

参考：肌理：

肌理とは、物体表面の状態から受ける印象を指すものであり、質感とも呼ばれる。景観要素の素材を考える時に重要になる。肌理は、つや、表面の構造、表面の凹凸などによる光の反射特性との関係が深い。河川景観を構成する地形のひだや樹木などの自然的要素は、いずれも柔らかな肌理を持っているのに対して、護岸などのコンクリート構造物や橋梁等の鋼構造物では、コンクリートやスチールの表面は粒子が細かくのっぺりした印象になり易い。このように、色や形と同様、素材の面においても、河川景観の基本的な要素である自然要素と人工構造物では異質なものとなることが多く、景観デザインにあたっては、それらの調和に留意することが必要である。

④河川の色彩と景観

河川景観を構成する要素の多くは自然物であることから、人工構造物を設置するにあたっては、色彩(色相、明度、彩度)等、周辺との調和に留意することが必要である。また、水質(透視度等)も重要な要素となる。

【河川の自然物と明度・彩度】

島谷らの研究によると、河川景観を構成する水面、石材、芝生、樹木等の自然物の色彩を測定した結果、明度、彩度が極めて低いものであることが明らかにされている、

このように河川においては、景観を構成する自然的要素としての水面や石材、芝生等の明度、彩度が低いことから、人工構造物として、明度の高い真っ白な護岸が施工されると周辺との対比で際だってしまい、不自然さが感じられる景観となってしまう。したがって、周辺との明度差を抑えるため、こうした構造物は明度(例えば6以下)、彩度(例えば2以下)を抑えることが望まれる。

自然要素		色相	明度	彩度
水面	水面の色は空、周辺、水自体の色の組み合わせにより決まる	黄～緑～青～青紫	4～8	0.5～2
石材	護岸および花崗岩、玄武岩、チャート等の石垣	橙色～黄色～黄緑	3～6	0.2～2.8
芝生		黄緑	約5	5
樹木	森になっている場合	黄～黄緑～青緑	約4	3～4
花	河川の自然材の中では極めて彩度が高く、彩りを与えている		菜の花8.5 たんぽぽ8.5 桜9	菜の花15 たんぽぽ11 桜2

【河川風景デザイン】より作成

参考：色彩：

色彩は、一般に、色相(色合い、色調、いわゆる色)、明度(色の明るさの度合い)、彩度(色の鮮やかさの度合い)の色彩3属性で表される。

土木構造物が周囲の景観の中で目立つかどうかは、明度や彩度による所が大きいことから、景観を考える場合には、色相よりも明度や彩度の方により注意を払うべきであるとされている。

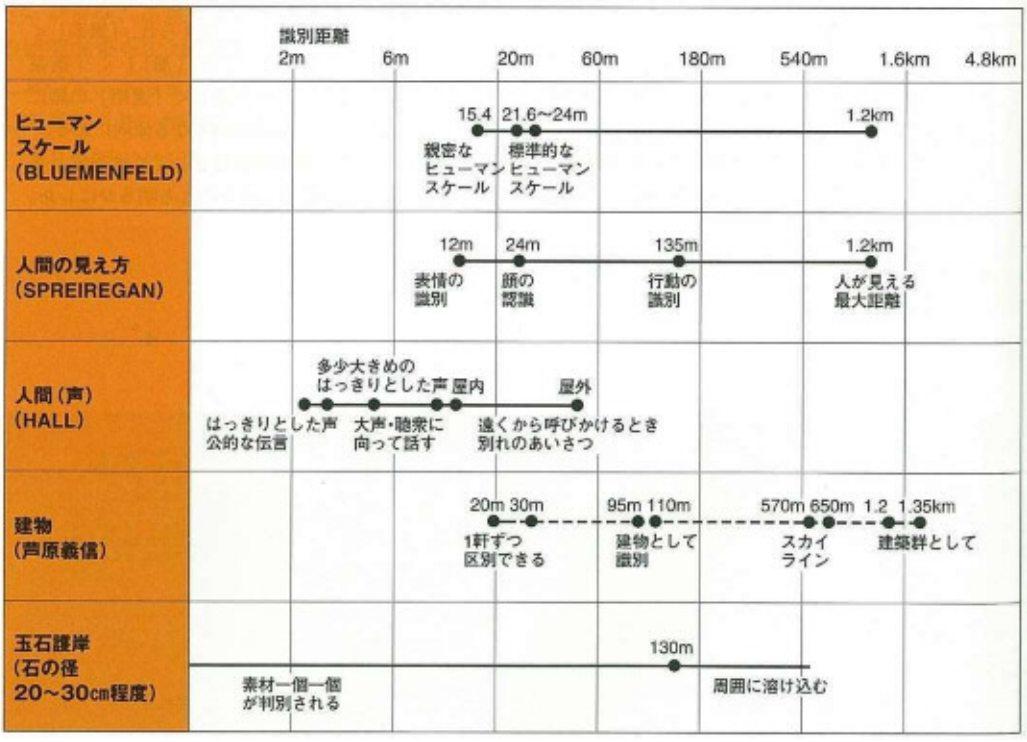
参考：「新体系土木工学 59 土木景観計画」

視点としての眺める人と眺められる対象との関係

①視距離による見え方

川岸から見た対岸の景観を考えた場合、川幅の遠いは視点と対象との間の距離の違いとなる。すなわち、建物、樹木、人物等は、それぞれの大きさはあまり変わらなくても、それを見る対岸からの距離(川幅)によって見え方が規定される。距離による見え方の違いについてはいくつかの研究例があり、表のように整理されている。

視距離による見え方



距離による護岸の見えの変化

距離	コンクリート 現場打ち	コンクリート 平型ブロック	コンクリート 凸型ブロック	コンクリート 凹型ブロック	玉石	割栗石 間知石含
代表的形状	1~1.5m	45~30cm	45~30cm	15×45cm	20~30cm	30~30cm
100m	素材 一個一個が 判別される	素材 一個一個が 判別される	素材 一個一個が 判別される	素材 一個一個が 判別される	素材 一個一個が 判別される	素材 一個一個が 判別される
150m						
200m						
300m	一本の 帯状に 見える	一本の 帯状に 見える	一本の 帯状に 見える	一本の 帯状に 見える	周囲に 溶け込む	* 一本の 帯状に 見える
400m						
500m						
600m						

*：周囲に溶け込むものも見られる

対象相互の関係

複数の対象を眺める場合、対象同士がお互いに干渉するために、対象を単独で眺める場合とは見え方が異なる。対象の相互関係については、「図と地」や図の相互作用（群化や錯視）等があげられるが、ここでは、「図と地」の概念について解説する。

【図と地】

河川景観は一般に様々な対象から構成されているが、これらの対象はお互いに干渉しあうことから、個々の対象を単独で見ると見え方が異なってくる。

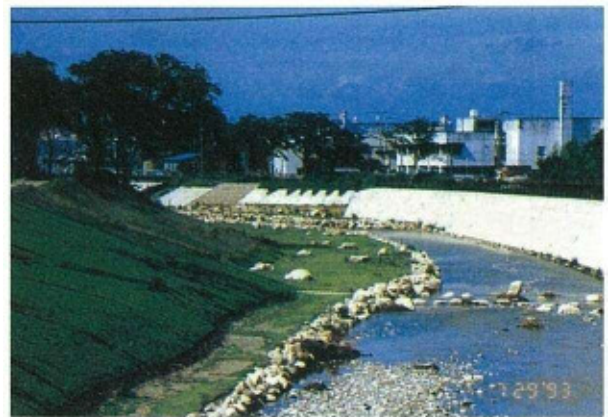
対象同士の中で、背景として認知されるものを「地」、図柄として認知されるものを「図」と呼んでいる。景観デザインにおいては、何を「地」とし、何を「図」とするかが重要となる。

自然度の高い河川においては、その河川景観の特徴を活かすためには、護岸等の人工構造物設計は目立たない「地」となることが望ましい。したがって、周囲よりも明度を落とすか、地味な色としたり、境界をぼかしたりする等の工夫が必要である。

一方、河川周辺に人に構造物・建造物が張り付いた都市の巾を流れる河川では、水面や河岸の植生等は、都市域における貴重な自然空間として人々に憩いや安らぎを与えるものであり、「図」としてデザインされるが、その場合も、ある程度人の手による管理を行うことによって、周辺環境との調和に配慮することが必要である。



護岸が「地」に溶け込んだ事例



護岸が目立ち「図」となっている事例

③ 河川景観の調査

河川景観を読む

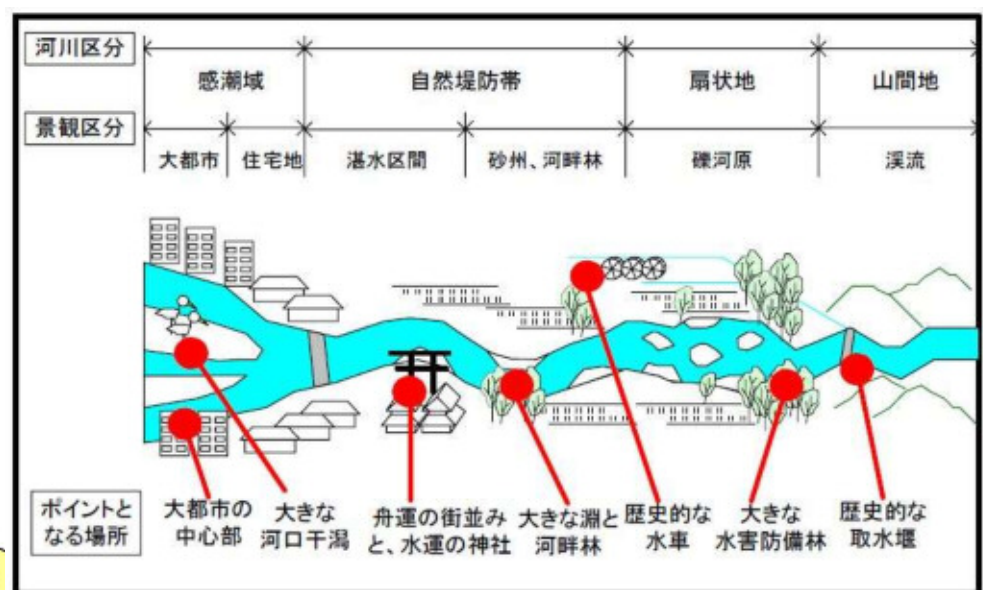
「河川景観を読む」とは、その河川景観の特徴を把握・理解することであり、以下の2つの意味合いを有している。

- (1) 河川景観の情調（全体的な雰囲気）をつかみ取り、何が大切なのかを言語化して表現すること
- (2) その河川景観の成り立ちについて、自然や歴史・文化の視点から分析すること

河川景観を読むということは、手引きに沿って、機械的に河川景観に関する情報を整理すれば良いというものではない。その河川の情調や魅力を、自らの五感を通じて発掘することが何よりも大切である。

その河川的环境が現在は悪化し、景観が人工的で単調になっている場合でも、過去において良好であった景観を紐解いたり、河川周辺の公園等河川と連携できる施設を見つけたりすることで、その景観を良くするための手がかりを見つけることができる。

「河川景観を読む」に際しては、文献調査と現地調査を通じて、その景観の特徴や区分を把握し、ポイントとなる場所を明らかにすることが大切である。



河川景観の類似した景観区分を設定して、区分毎の景観の特徴を把握しよう。

河川景観のポイントとなる場所（良い場所、拠点となるべき場所、改善すべき場所等）を把握しよう。



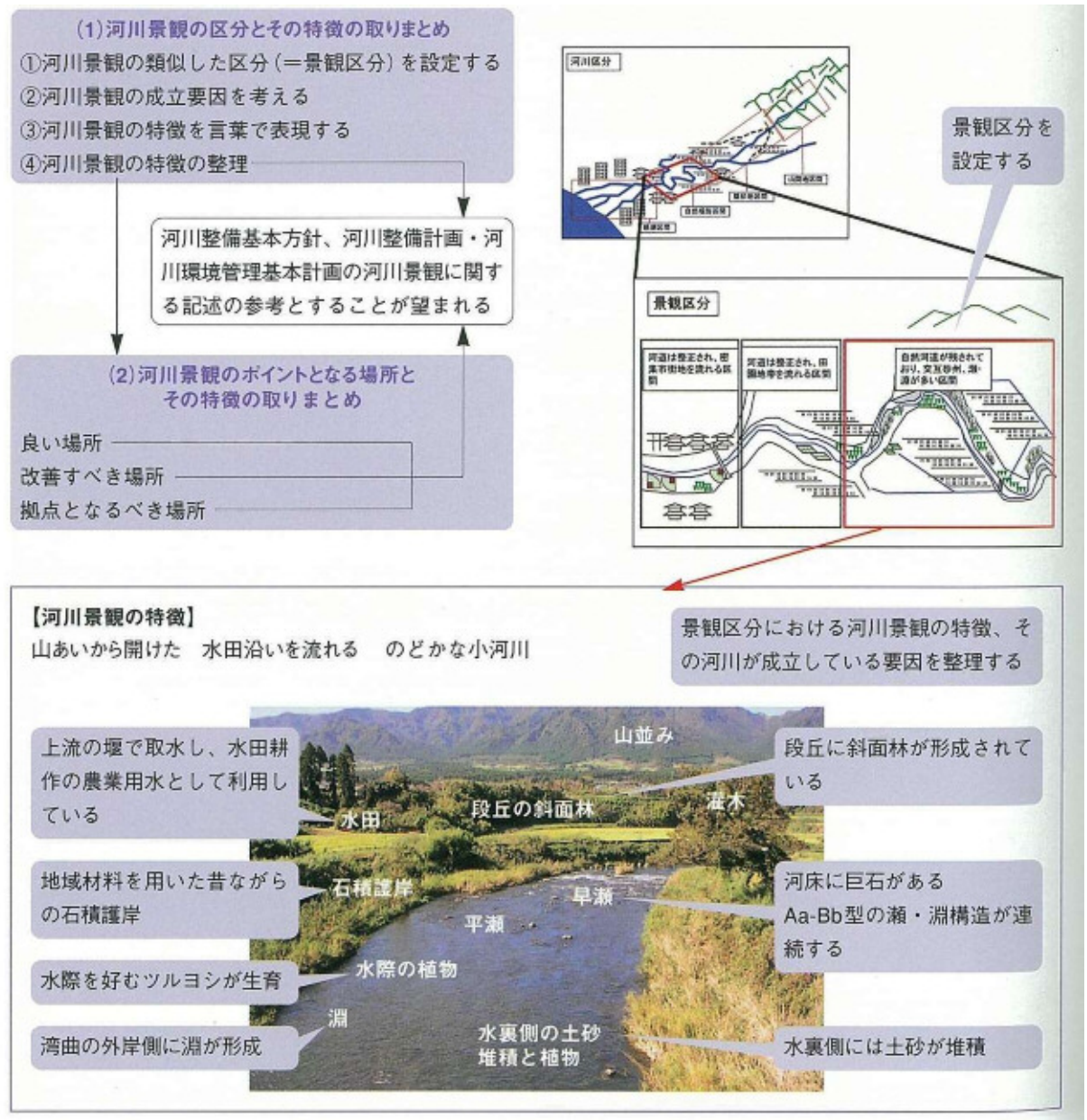
河川景観の特徴の整理

文献調査および現地調査の結果を踏まえ、以下の項目について河川景観の特徴を整理する。

- (1) 景観区分とその特徴の取りまとめ
- (2) 河川景観のポイントとなる場所と、その特徴の取りまとめ

景観区分とその特徴の取りまとめ

現地調査と文献調査の結果から、河川景観の類似した区分を設定し、その区間にみられる一般的な河川景観について、河川景観の特徴、その河川景観が成立している要因等を整理する。



①河川景観の類似した区分(=景観区分)の設定

現地調査で確認した河川景観の「情調」が変化する地点(河川景観の雰囲気が変わる所)から、河川景観の類似した区分(=景観区分)を設定する。

この景観区分の設定は、現地調査で確認した結果を基本として、文献調査で把握しておいた地形や土地利用を用いて説明するものであり、文献調査における地形や土地利用等の把握結果だけで河川景観を区分するものではない。

河川景観は、たとえ同じような流程(=河川区分)であっても、河川の規模や河川周辺の土地利用の状況によって異なっているので、現地調査と文献調査の結果をもとに、河川の流程、河川の規模、河川周辺の土地利用等をみながら、その河川景観の地域性を理解し、景観区分を設定することが必要である。



参考：情調

情調とは、『広辞苑』によると「①おもむき、気分、②喜怒哀楽等の感情」とされている。「水辺の景観設計」では、「河川景観の全体的な印象」を「基本情調」と呼び、河川の流程と沿川の市街化の程度から大きく河川景観を12に分類し、その基本情調を下記のように例示している。

位置	周辺空間	市街化の程度			
		粗 (無・数軒)	中 (小集落)	密 (市街地)	
上流 (溪谷・河岸段丘)	山地	渓流 (清閑、静か、幽遠、自然な、神秘的)	清水 (静寂、寂寥)	山間小川 (孤愁、寂寥)	
	平地	細流 (静寂、優雅、まとまった)	小川 (静寂、寂寥、のどかな)	温泉集落 (孤愁、寂寥)	
中流 (扇状地)	山地	山紫水明 (閑雅、静かな、落ち着いた、美しい)			
	平地	野川 (長閑、のどかな、落ち着いた)	里川 (のどかな、長閑、落ち着いた)	都市河川 (快活、華麗、人工的、典雅)	
下流 (自然堤防帯、三角州)	山地				
	平地	河口 (広々とした、のびのびとした、茫洋)	大河 (広々とした、蒼茫、茫洋、のびのびとした)	水郷 (散漫、人工的、明るい、快活)	

②河川景観の成立要因を考える(何が大切な、何が失われたか)

河川景観の類似した区間の中で、自然や歴史・文化等河川景観の特徴の観点から、その河川の景観について、何が良好に維持され、何に変化してきたかを明らかにする。

河川景観の変化を明らかにするにあたっては、景観を構成する要素および河川と人々との関係について整理すると理解し易い。

(検討の視点の例)

景観を構成する要素:

良好に維持されている景観要素

悪化したもしくは失われた景観要素

新たに創出されてきた景観要素

河川と人との関係:

過去から現在まで引き継がれてきた関係

悪化したもしくは失われた関係

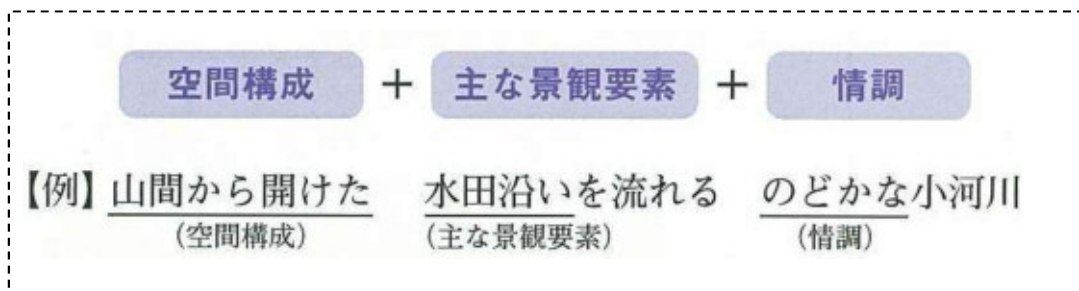
新たに創出された良好な関係

景観を構成する要素については、まず、河道内、河川周辺、流域でのそれぞれの景観要素を把握する。次いで、何が要因で現在その景観要素が成立しているのか、歴史的な履歴を踏まえ自然や歴史・文化の視点から要因を把握する、水循環や土砂生産等の流域との関連性に関する知見は不足している部分もあるが、学識者ヒアリングや、河川景観の履歴の結果をもとに、できるだけ明らかにする。このことは、「河川景観の目標」を抽出・設定するうえで重要である。

河川と人々との関係については、市民にどのような河川景観が好まれているのか、文献調査の結果や各種の市民意識調査、地方公共団体の広報誌・パンフレット、観光パンフレット等も参考になる。

③河川景観の特徴を言葉で表現する

景観区分の特徴を、簡潔かつ雰囲気イメージできる言葉で表現する。特徴の表現に際しては、下記のように、その河川景観を構成する空間、代表的な景観要素および情調を織り込むと分かり易い。



④河川景観の特徴の整理

以上の検討結果をとりまとめ、景観区分における河川景観の特徴の整理の一例を下に示した。まず、現地調査で撮影した写真の中から、景観区分に見られる一般的な場所の代表的な写真を選定する。

次に、選定した写真(あるいは写真を地図上に盤理したもの)に景観の構成要素を記入し、その場の景観の特徴を記載する。景観要素については、良好な景観要素と悪い景観要素を整理しておく。そして、景観要素の成立要因、河川と人々との関係等を記述する。

【河川区分：中流 景観区分：都市的景観(23～30km)】

河川景観の特徴 久留米市に隣接し、湛水面と公園のある人工的で開放的な大河川

景観要素 広い水面(湛水域)、高水敷の利用(ゴルフ場、グラウンド)、左岸側の久留米市街地、水天宮、梅林寺、水田地帯、遠くの山並み



河川景観の特徴(空間構成+主な景観要素+情調)と、水域、水際、陸域、河川周辺、中景、遠景の景観要素を記入する

「6.2.2現地調査」で整理した景観特性図の中から、その景観区分を代表する一般的な写真や図を選定する

【景観要素と成立要因】

景観要素	成立要因
水域 広い水面 (○)	筑後大堰 筑後大堰設置後は湛水区分となり、流れのない広い水面が広がっている。
水際 護岸が露出した水際線 (×)	河川改修 河川改修により、水際の砂州や水制等が消失し、護岸が露出している。
陸域 グラウンド・ゴルフ場等の利用地	筑後大堰 筑後大堰の湛水区分で水深が深く、水際に砂州・干潟等はみられない。 湿地 かつて、日本住血吸虫の中間宿主であった宮入貝撲滅のため、低水護岸の整備、湿地の乾燥化が行われたところでもある。 乾燥化 久留米市街地に隣接した高水敷の「リバーサイドパーク」整備が進められ、グラウンド、ゴルフ場等に利用されている。 湿地 かつて、日本住血吸虫の中間宿主であった宮入貝撲滅のため、低水護岸の整備、湿地の乾燥化が行われたところでもある。
近景 河川周辺の工場等 (×) 水天宮・梅林寺の樹林 (○) 水田	まちづくり 左岸側の市街地の河川周辺の開発。歴史的な水天宮、梅林寺の緑地が河川と連続している。 土地利用 堤内地は、かつては干栗堤防等遊水地的な治水方策により氾濫原と思われる未利用地が広がっていたが、流路沿いの築堤が進んでかつての堤防はほとんど姿を消した。明治以降のポンプ取水が進み、堤内地は水田として利用されている。
中景 久留米市街地 自地形 堤防上の街並み	久留米市街地は、矢部川の影響を受けた扇状地上に発達している。旧川沿いに自然堤防があり、街並みが見える。
遠景 遠くの山並み (○) 地形	三方を山に囲まれており、遠くに山並みが見える。

○：良い景観要素、×：改善すべき景観要素

良い景観要素、改善すべき景観要素を整理する

河道特性、河川改修の歴史等を踏まえ、河川の水域・水際・陸域の景観要素の成立要因を記入する

地形、治水対策の歴史的な変化、流域の土地利用等の経緯等を踏まえ、堤内地の景観要素の成立要因を記入する

【河川と人々との関係】

●盛んな利用、「リバーサイドパーク」の整備

- ・この区間は久留米市の中心市街地が隣接することもある、活動的なレクリエーションと、歴史・文化の体験が楽しめる、バラエティに富んだ水辺の観光・拠点として「リバーサイドパーク」の整備が進められている。
- ・高水敷は、グラウンド、ゴルフ場として利用され、また遊覧船や、花火大会等が催されている。
- ・なかでも花火大会は、水天宮落成祝賀を始まりとし350年以上の歴史を持つ西日本屈指の大会であり、観覧席のある河川敷は毎年見物客で賑わう。

●民家での水防の歴史の名残（水屋、揚げ舟、屋敷盛、屋敷森）

- ・かつては水害常習地帯であり、民家では水屋、揚げ舟や、屋敷盛、屋敷森といった堤内地側の工夫がなされ、現在でもわずかに見ることができるものもある。ただ屋敷森は第2次世界大戦をはさんで燃料等に使われ現在ではほとんど見ることはできない。

●河川周辺は遊水地的な土地利用から水田地帯へと変化

- ・堤防は、かつて千栗堤防、安武堤防といった遊水地的な堤防や、氾濫した水から久留米を守るための控堤等であった。明治以降、連続堤と捷水路による洪水時の水位低下工法がとられた。また、ポンプ揚水による灌漑が進んでから、筑後川河川周辺は、以前は畑、桑園、森林、竹林だったが、水田として利用されるようになった。

●舟運の歴史と、川にまつわる寺社（水天宮）

- ・筑後川はかつて、上流から木材を筏で下流に運搬する等といった舟運の歴史があった。また、海運守護、安産の神として有名な「水天宮」の総本宮がある。筑後各地にある水天宮では毎年5月に川祭りが行われる。

●病気との闘い（宮入貝の撲滅）

- ・かつて、日本住血吸虫の中間宿主であった宮入貝を撲滅するため、その生息場である湿地の乾燥化を進めてきた歴史がある。そのため、高水敷は湿地的な環境がなく、利用のニーズと相まって人工的に整備されている。新宝満川のほとりには宮入貝供養碑が立てられている。

現在の利用状況の特徴を記入する

アンケート調査結果や、地方公共団体の広報誌等から、人気のある景観やイベント等を記入する

治水や利水の歴史を踏まえ、その地域にみられる治水・利水に関する文化や建物の特徴、流域の土地利用の特徴を記入する

河川や水に関わる、寺社仏閣、伝説、伝統行事、人々の生活、特産品、舟運の歴史等を記入する

④ 骨格のデザイン

河川の景観は、水の流れ、瀬や淵、河原等の微地形、堤防や河畔林、周辺の建物や背景となる山並み等、多くの要素から構成されている。これらの要素の多くは、一つ一つが無関係に存在し、配置されているものではなく、河道形状や川と人との関わりを含めたまちづくり等によって規定される河川とその周辺の空間構造が大きな骨組みとなり、その中で個別の要素が存在している。

したがって、河川の景観を考える際には、これら個別の要素について、その形や色彩、素材を整えることを考えることも必要だが、河川の骨格ともいうべき、平面形状や計画流量を流下させるための横断面形状等の河道形状、周辺の土地利用等、河川とその周辺の空間構造の形成や維持管理について考えることも大切である。

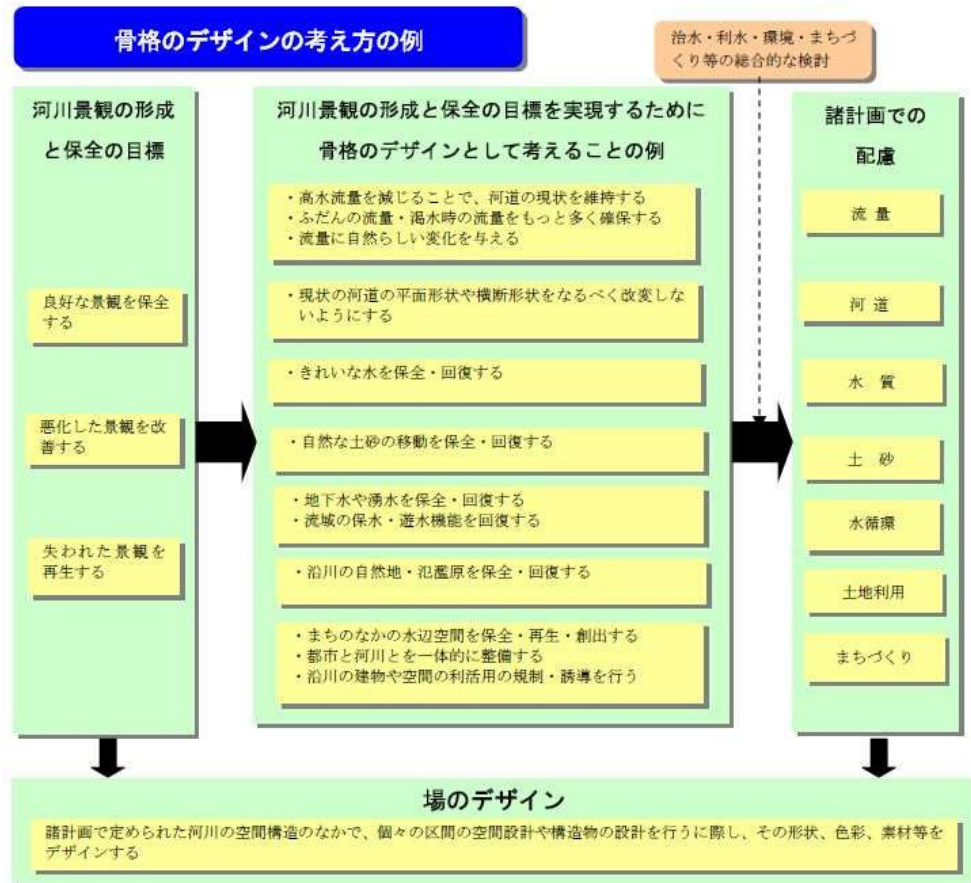
河川景観の形成と保全においては、当該箇所に対する配慮だけではなく、上下流も含めたスケールで河川およびその周辺の空間に影響を及ぼす事項について配慮することが大切であり、これを、河川における骨格のデザインと呼ぶこととする。

骨格のデザインは、特に以下の場合において大切である。

- (1) 河川管理者が主体的に策定する河川関係の計画が河川景観の形成に対して支配的な場合
- (2) 河川周辺の土地利用やまちづくりのあり方が河川景観の形成に対して支配的な場合
- (3) 河川激甚災害対策特別緊急事業や改良復旧事業等、大規模かつ緊急に河川空間の骨格を変更する事業を実施する場合

河川およびその周辺の空間構造に影響する要素への配慮

河川およびその周辺の空間構造に影響する要素への配慮に際しては、当該河川で設定した河川景観の形成と保全の目標の実現に向けて、こうした要素がどのように影響しているかを見極めたうえで、治水、利水、環境、まちづくり等の視点から総合的に検討するとともに、すべての関係者が連携・協働して取り組むことが大切である。



河川管理者が主体的に策定する河川関係の計画が景観形成に対して支配的な場合

主に河川管理者が主体的に計画する以下の事項は、河川およびその周辺の空間構造に影響を及ぼす要素であり、河川景観の形成に大きな影響を与えている。このため、これらの計画に際しては、河川景観への影響にも配慮することが大切である。

骨格のデザインに関わる河川の諸計画

- (1) 流量
- (2) 河道
- (3) 水質
- (4) 土砂
- (5) 水循環



境川改修計画変更の経緯²⁾



河畔林と蛇行形状を保全した河川改修（境川）

河川周辺の土地利用やまちづくりのあり方が景観形成に対して支配的な場合

河川周辺の土地利用やまちづくりのあり方、水路網のあり方も、河川およびその周辺の空間構造に影響を及ぼす要素であり、河川景観の形成に大きな影響を与えている。このため、河川景観を考えるに際しては、河川周辺の土地利用やまちづくりとの連携をはかっていくことが大切である。

なお、水質や水循環は、河川周辺の土地利用やまちづくりのあり方とも密接に関わっている。このため、水質や水循環の面から河川景観の形成を考える際には、流域の地方公共団体、下水道管理者等と十分に連携をはかっていくことが大切である。



古都の魅力を支える水路網

左：祇園白川

右：高瀬川



骨格のデザインに関わる流域の要素

- (1) 河川周辺の土地利用
- (2) まちづくり
- (3) 都市のなかの水網

災害復旧と河川景観

河川激甚災害対策特別緊急事業や河川等災害復旧助成事業等では、一連区間の河川改修が3～5年程度の短期間で実施される。すなわち、大規模な災害を受けた場合には、ごく短期間において、河道の規模や形状等の河川空間の骨格が急激に改変されることとなり、河川景観に与える影響も大きい。したがって、災害復旧においても、景観形成に十分な配慮を行うことが大切である。



アドバイザーによる現地視察

平成17年10月より運用された『激特事業及び災害助成事業等における多自然型川づくりアドバイザー制度』を活用し、河川景観の形成と保全の視点からもアドバイスを受けることが望まれる。

提供・出典：1) 長崎県土木部河川課

2) 中村太士：境川、都市に残された緑の回廊を守る、FRONT、2000.8

⑤ 場のデザイン

河川の微地形や構造物の配置、規模、形状、材質、色彩等を考え、ある場所における河川空間を整えるデザインのことを「場のデザイン」と呼ぶこととする。

「場のデザイン」の対象は、河川整備計画等に基づき個々の地先で検討される一定区間の改修計画や具体的な河川管理施設等の計画・設計等である。具体的には、堰や堤防等の構造物の設計、ある場所における構造物や植物等の配置計画等が該当する。

場のデザインにおいては、「2.3 河川景観デザインの心得」に示した8つの心得のほか、河川の安全性の確保とともに、以下の点に配慮することが大切である。

場のデザインの留意点

(1) 立体的デザイン

設計する際に標準横断だけで考えてしまうと、どこかの断面で切っても同じ断面となって、単調な空間は見た目にも生態的にも好ましくないデザインとなってしまう。自然的な河川においては元々あった自然の河道の変化を参考にする、都市的な河川においても親水性、視点場、その他都市の様々な活動が可能となるような場を組み合わせること等により立体的なデザインを行うことが大切である。

(2) 連続と分節のバランス

場のデザインにおいては、対象の周囲にある空間に対する連続・分節の影響力を認識し、連続と分節のバランスをとってデザインを行うことが大切である。例えば堤防は堤内地と堤外地の境界となるものであるが、水面から水際、堤防、沿川の街並みに連続性を感じられるように素材や形状に統一感を持たせることが「連続」であり、逆に堤防上の空間を、護岸の形状や植栽によって、人の利活用を重視した空間と自然性を重視した空間に分けることが「分節」であり、どちらか一方に偏るのではなく、対象地の特性に応じてバランスよく計画することが大切である。

(3) 風土にあった色彩や素材

河川景観は、自然の営み・人の営みによって形成されるものであり、景観構成要素である河原の石、屋根の瓦等の色彩や素材は、その土地の風土が形になって現れたものとも言える。場のデザインに際しては、この風土を理解し、風土にあった色彩と素材を使うことが大切である。

(4) 自然の形態の理解と表現

河川は自然の変動の上に成り立っているものであり、水の流れも砂州も植物も変化し続けるものである。人が自然の営みを無視して河川をデザインしても、自然の営力とかみ合わないものになってしまう。水の流れ等の自然の形態を理解し、それを活かしたデザインを行うことが大切である。例えば流れの速い水際に、河口部にあるようなヨシ原を整備しようとしても流されて当初の目標像には至らないことから、その場所に応じた植生の回復を行うべきである。

(5) 人々の利用への配慮

人々の利用が考えられる場所については、活動のしやすさ、居心地の良さ、動線等を十分に考慮したデザインを行うことが大切である。

地域性と場のデザイン

河川景観は、流域の自然の営みや人々の営みが相互に関係しながらかたちづくられてきたものであり、流域や地域の自然の特性や社会の特性が多様であるように、極めて地域性が高く、それが個々の河川における景観の特徴となっている。

場のデザインにおいては、その河川の地域性を理解し、「河川景観の特徴」を参考として、特に配慮すべき特徴を把握したうえで、具体的な方策を考えていくことが大切である。



地域性
河川景観の特徴

自然が残された下流河川（北川）¹⁾
悠々と流れる水面、河畔林、ヨシ原

配慮事項

- ・適度な攪乱を考慮した掘削による河川特有の植生等の維持
- ・掘削によって失われるワンド、ヨシ原を別の場所に復元 等



都市を流れる下流河川（太田川）
人々の生活、近代的な街並み

- ・護岸に階段、水制、堤防小段を設けて水辺に近づきやすくする
- ・歴史的なイメージを大切にするため既存の水制を活かしたデザインとする 等

都市空間と水辺のデザイン

都市を流れる河川や水路等の水辺は、河川周辺の建築物、都市空間の多様な表情、利用に合わせてデザインを行うことが大切である。

都市における水辺のデザインにおいては、都市特有の課題があることから、特に以下の点に配慮することが大切である。

- (1) 都市計画との連携
- (2) 都市空間の魅力の向上
- (3) 周辺の建築物との調和



拠点のデザイン

堰やダム、閘門等の構造物は、河川景観の中でシンボリックな役割を果たす場合があり、これを拠点として周辺環境を整備することによって河川空間の魅力を一層増すことが可能となる。

これらの大規模な構造物等を中心とした拠点のデザインを行うに際しては、周辺景観との調和に配慮しつつ、それらの施設の特徴を活かした、魅力的な河川景観の形成をはかることが大切である。



管理所や頂部構造を含むダム、周辺の道路、橋梁、トンネル等が総合的にデザインされている事例（苦田ダム）³⁾

要素のデザイン

堤防、水門、護岸等の個別の景観要素は、河川景観に対して固有の影響力を持つことから、その設計に際しては施設の特性に応じた配慮が大切である。



堤防の法尻を曲線とすることによって柔らかな印象を与える⁴⁾

8. 上下流の状況

自然共生川づくりのヒントは、改修区間および上下流の「良好な」環境を把握することですが、上下流の改修済み区間との整合性を確認することも重要です。

ただ、改修済み区間との整合性を重視するあまり、これまでの改修を単に踏襲するのではなく、「中小河川技術基準」に則し、何ができるのか、何ができないのかを整理することが必要です。

① どういう川の姿を参考にするか

「中小河川における多自然型川づくり」●河道計画の基礎技術●

「中小河川における多自然型川づくり」では、計画を行う際に参考とする川の姿として、次の例をあげています。

- ① 大幅な改修が行われる以前の「もともとの川」の姿(例えば、高度経済成長期以前の大幅な改修が行われる前の川の姿)。
- ② 川づくりを行う地点の上下流にあって、人為的な影響が少なく、良好な自然環境が保たれている川の姿。
- ③ 地形や気候が類似し、人為的な影響が少なく、良好な自然環境が保たれている他の川の姿。

「河川景観デザイン」

また、「河川景観デザイン」では、良い風景として、次の例をあげています。

歩く→心で感じる→良い所を見つける→それに学ぶ→聞く

現場をよく歩き、その川の良い風景を心で感じる。その際、河川だけに目を奪われず周辺の風景のことも併せて感じとること。そして、風景上の良い所を見つけることが必要であろう。良い所の例としては下記に示した。そして、風景上の良い対象物、それが成立している物理的・生物的原理、美しい形などについて現場から学ぶ。何よりも現場を歩き発見し、学ぶことが基本であろう。

【風景上の良い所の例】

- ・ 曲がり
- ・ 入り組んだ河岸
- ・ やわらかい(植生等)河岸
- ・ 変化のある水面(瀬と淵)
- ・ 変化のある川幅
- ・ 曲がっている河道
- ・ 樹木によって囲まれた河道
- ・ 崖地
- ・ 川辺林、屋敷林
- ・ ワンド、クリーク
- ・ 砂州
- ・ 湧水
- ・ 沈水植物
- ・ 河岸の植物帯
- ・ 趣のある護岸(苔むした護岸、古い護岸、積み方がおもしろい護岸)
- ・ 趣のある河川構造物(水制、堰、水門、樋門、閘門、落差工)
- ・ 鳥居、神社
- ・ 河港
- ・ 水辺への階段(古い階段)
- ・ 山(良くみえる場合には隠さないようにするという意味で)
- ・ 広い水面
- ・ 夕日
- ・ 季節を彩る風物誌
- ・ 落水

良好な区間の見つけ方については、「2. 5 STEP 3: 目標設定のための現地踏査」で解説しています。

9. 河岸・水際部の計画・設計のポイント

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）の両方を確保することが重要です。

なお、河岸防護を必要とする場合には、護岸等を設置することとなるが、護岸設計は、河岸設計と同義ではなく、あくまでも、河岸・水際部の設計の一部として護岸設計するものであるということを認識する必要があります。

河岸・水際部及び護岸の計画・設計にあたっては、次の考え方によるものとします。

①自然な河岸・水際部の形成を目標とする

河岸・水際部の自然環境が良好な場合は、河道法線形や河道横断形等の検討により改修の影響を回避し保全を行うことが可能か、河道計画の段階で検討します。

また、拡幅のみによる川幅の確保が困難な場合には、最小限の河床掘削を検討し、さらに、護岸の設置が必要になった場合でも自然な河岸・水際部になるようにします。

②護岸設置の必要性を慎重に判断し、護岸は必要最小限の範囲とする

侵食対策のための護岸については、流水の外力や河岸の耐力、河道の形状等を考慮し、護岸設置の必要性を慎重に判断したうえで、必要最小限の箇所とすることとします。

③保全した河岸や掘削したのり面をそのまま存置する

拡幅のため河岸・水際部を掘削する場合でも、掘削のり面をそのまま存置し、侵食・堆積等の川の営力や植物の生育により、自然な変化を持つ河岸・水際部を自然に形成させる方法を検討することが基本です。

なお、植生で覆われるまでに侵食等の影響が大きいと判断される場合には、捨て石工や植生マットの設置等、耐侵食性をあらかじめ高める工夫が必要です。

④護岸はできるだけ河岸の背後に控えて設置する

護岸を設置する場合でも、川の営力により自然な変化を持つ河岸・水際部が形成されるようにします。一つの方法として、護岸は河岸の背後に控えて設置し、その前に土砂、礫等の自然素材の河岸が形成されるよう検討することが望ましい。

ただし、寄せ土や捨て石とする土砂、礫等の自然素材については、現時点では洪水時の挙動（流出、堆積）について様々な状況に活用できる普遍的な技術が確立していないことから、適用にあたっては個々の現場の状況を十分に検討することが必要です。

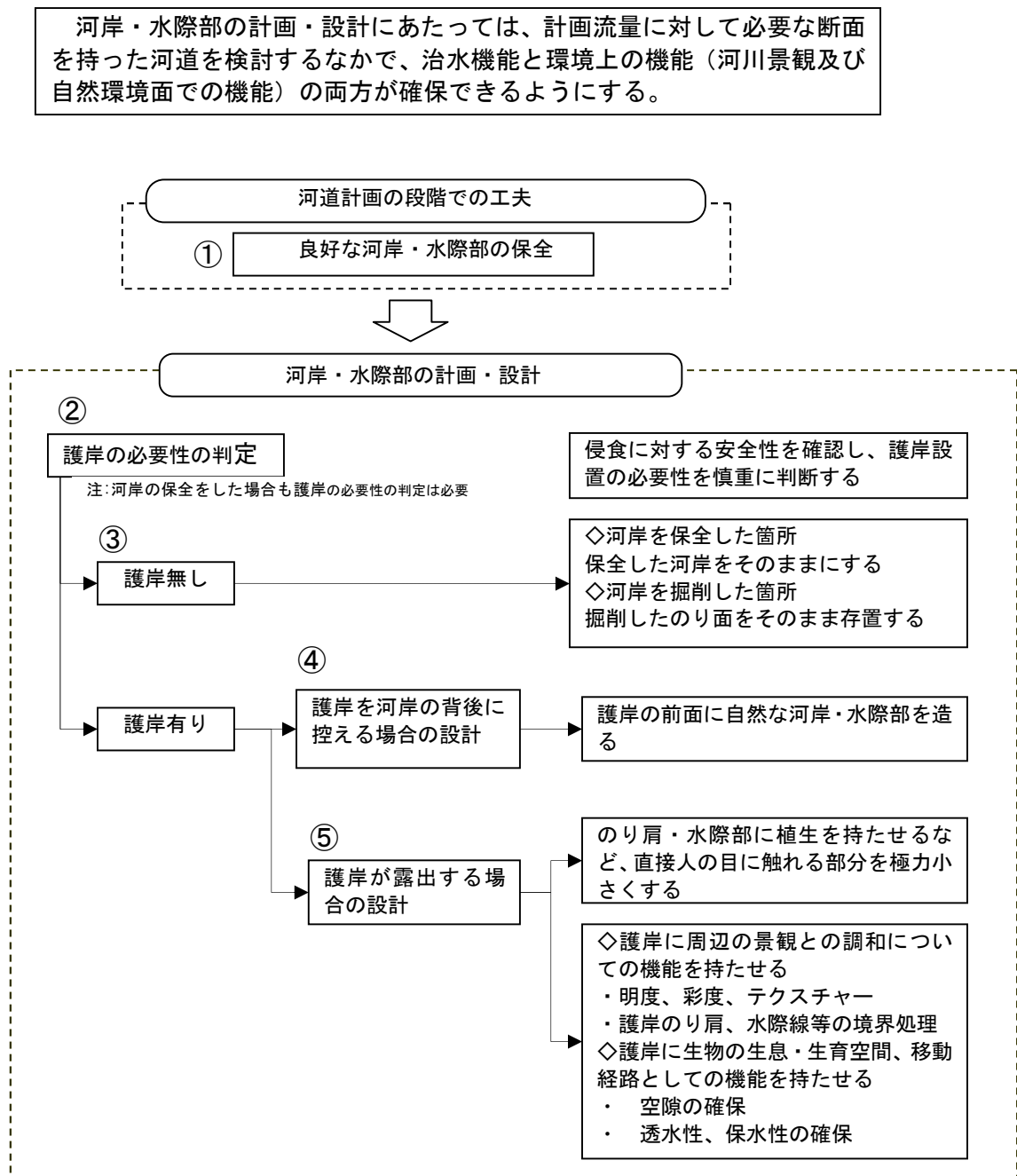
⑤護岸が露出する場合には環境上の機能に配慮する

設置した護岸が露出する場合でも、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、護岸のり肩、水際線等の境界が目立たず周囲と調和するよう工夫することが望まし。

また、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、のり面に生息・生息空間・移動経路としての機能を持つことなど、できる限りの工夫することが望ましい。

（多自然川づくりポイントブックⅢ p. 90 より）

前頁で示した河岸・水際部の計画・設計の考え方の流れをまとめると、次図のとおりとなります。



（多自然川づくりポイントブックⅢ p. 91 より）

ポイントブックⅢより、河岸・水際部の計画・設計のポイントを紹介します。

① 良好な河岸・水際部の保全

自然状態の河岸では、湾曲部の外岸側が急勾配となり水際部には淵を形成し、内岸側が緩勾配となり水際部には砂州を形成するなど、流量や河床勾配・河岸材料等の河道特性に合わせてのり勾配や形状が多様に変化します。

このことから、河岸・水際部を設計する際には、同じのり勾配で平坦な河川にするのではなく河道特性や自然環境上の特性を十分に踏まえ、できる限り縦断的・横断的に自然な変化をもつ河岸・水際部になるようにします。

また、自然な水際部を形成するため、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することにより、水際部の植生の基盤となる土砂堆積を確保するとともに水際部に変化を与えることができます。

このような方策を講じること等により、できるだけ、工事完成後の自然の働きにより植生が水際部を覆って水際部の境界が明瞭に視認できないようにするとともに、水際部を、直線又は単純な幾何形状が連続したものにしなないようにします。

なお、水際部の植生は、稚仔魚の生息場所や水際部を好む鳥類、昆虫類等の動物の生息場所として重要です。また、陸域と水域の間の生物の移動経路の確保や、魚類等への陸域からの餌資源供給の確保の観点からも水際部の植生は重要です。寄せ土や捨て石の効果的な配置は、魚類等の生息環境上重要な低流速域を作り出す効果もある。以上の点についても十分留意することが必要です。

自然な変化を持つ河岸・水際

良好な自然状態の河岸・水際部では、湾曲部の外岸側は侵食作用を受けて後退し、淵が形成され、内岸側は土砂が堆積するなど浅い流れとなる。湾曲部外岸側の河岸は切り立ち、河岸がそのまま流水と接する形となり、内岸側の河岸は緩やかで、流水は堆積した土砂と接する形になる。

平面的に見ると、淵と淵を結ぶ最深河床ラインは蛇行流路に沿って左右に移動し、最深河床ラインは必ずしも河道の中心にあるわけではない。縦断方向で見ると、瀬、淵が連続し、凹凸した形状をしている。このように、良好な自然状態の川の形状は、変化に富んでいる。

要するに、湾曲部の河岸のり勾配が左右岸で同じであったり、湾曲部外岸側の河岸が緩やかであったり、また、みお筋が常に河道の中心位置にあったり、川底が平らであったりするのは、不自然といえる。

また、蛇行流路の平面形を保全しても、外岸側の不利を保全しなければ良好な自然状態に近づけることにはならない。淵を形成するという流水の作用を活用することが多自然川づくりの本筋であり、護岸の根入りを心配して淵

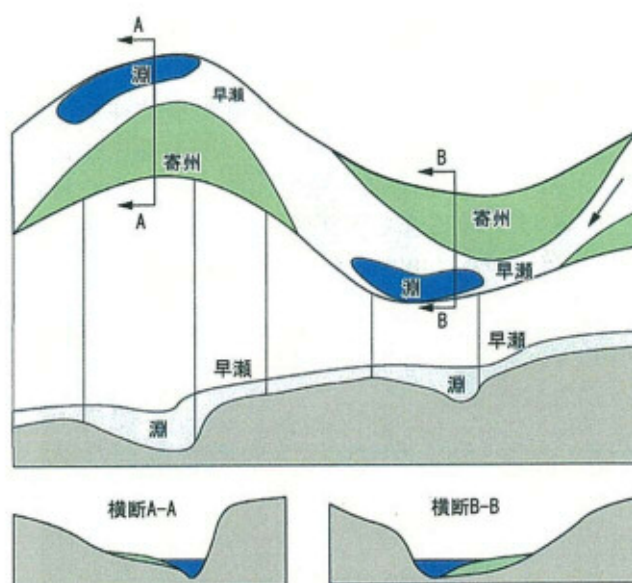


図 4-2 蛇行河川の平面・縦断・横断形

を埋めるのではなく、深掘れによる影響が護岸や背後地に及ばないように設計することが重要である。

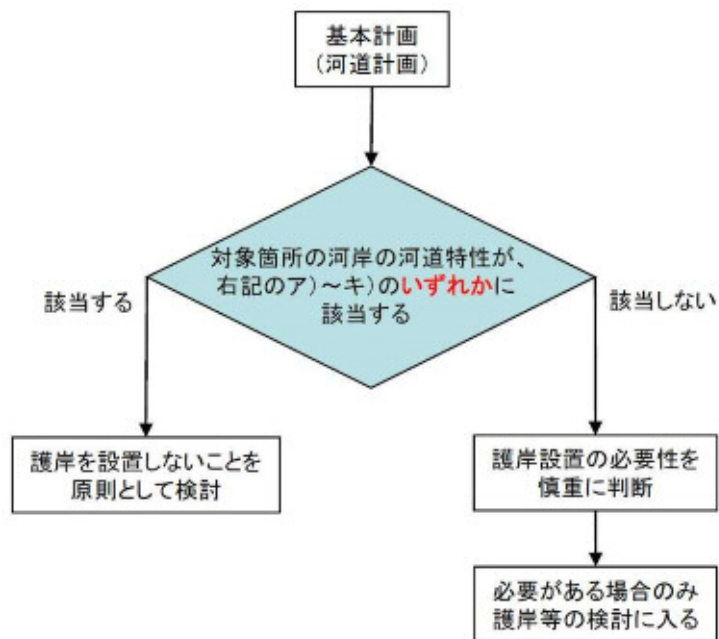
よって定規断面単調な河道を計画するのではなく、川の営力により形成される“縦断的・横断的に自然な変化をもつ河岸・水際”を目指すこととする。

(多自然川づくりポイントブックⅢ p. 85 より)

② 護岸設置の必要性の判定

護岸は必要な箇所限定して設置するものとします。

対象箇所の河岸域の河道特性が以下のア)～キ)のいずれかに該当する場合は、侵食対策のための護岸を設置しないことを原則とした検討を行います。

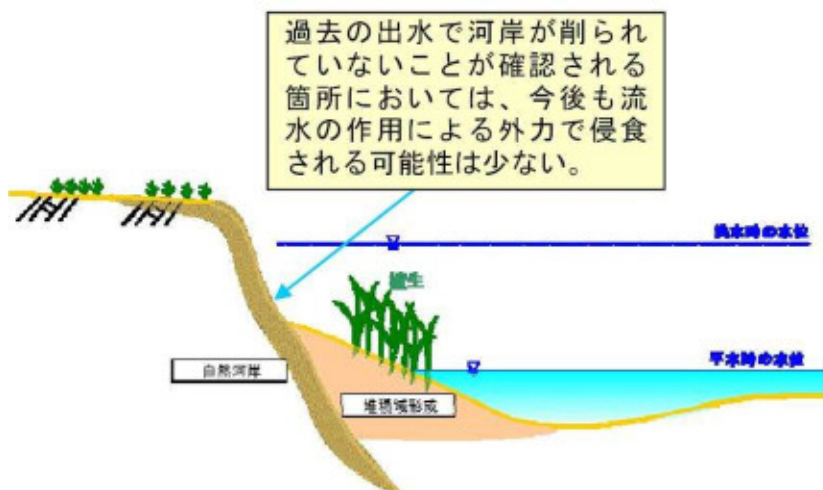


護岸設置の必要性判定フロー

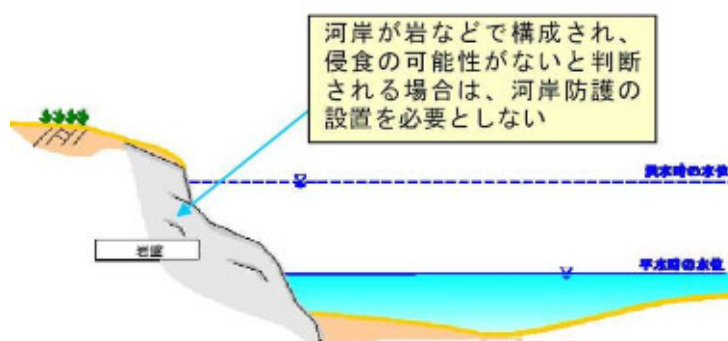
(中小河川に関する河道計画の技術基準について 通達説明資料より)

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

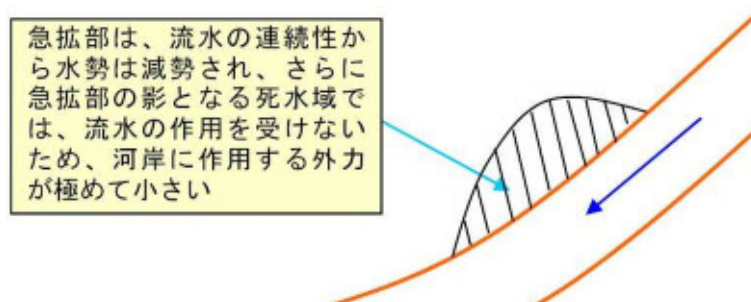
イ) 現状が自然河岸であって、既往洪水によって侵食が大きく進行した様子が無く、改修後の河道条件下でも河岸に働く外力を増大させる方向での流水の作用の変化が想定されない箇所



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箇所

③ 護岸を設置しない場合の河岸・水際部の留意事項

護岸設置の必要性の判定」で述べたように、護岸設置の必要性を判定して、護岸設置の必要性が低いと判断されるところには護岸を設置しないものとします。

その場合には、流水による侵食の可能性が小さい箇所であるため、改修により掘削したのり面を土羽のまま存置するなど、川の営力による侵食・堆積や植物の生育で河岸を自然に形成させる方法を検討します。

なお、河岸・水際部については、「①良好な河岸・水際の形成における基本的な考え方」のポイントを踏まえて造り、経過を見ながら以下の対応を行うこととなります。

河岸については、土羽ののり面に植物が根付くまでは、少なからず侵食される可能性がある。この場合には、張芝や植生ネットなどが有効であると考えられるが、適用にあたっては、現地に馴染み、また、植物が根付くまでの一時的なものであることに留意する必要がある。なお、設置後の経過については慎重に観察していく必要がある。

水際部についても、川の営力により自然な地形になることを目指すものであるため、置き石等により人工的に作りすぎたり、固めすぎたりしないことが基本である。その上で、水際部が安定するまでの対策としては、寄せ石、水際への捨て石等の処理が考えられるが、その際にも、水際部は、その河川の表情を決定してしまう重要な部分であり、生物の生息環境としても重要なところであるため、のり面を守る意識が強くなりすぎ、必要以上に強固な水際をつくらないように注意する必要がある。

(多自然川づくりポイントブックⅢ p. 101 より)

④ 護岸を河岸の背後に控える場合の設計

護岸設置の必要性があると判断され、護岸を設置する場合、護岸と河岸・水際部を区別してできる限り自然な変化を持つ河岸・水際部となるようにします。

ここでは、護岸を河岸の背後に控えて設置する方法について紹介します。

護岸を河岸の背後に控えて設置する方法

護岸を河岸の背後に控えて設置し、護岸前面に自然な河岸・水際を形成するための設計法である。設計にあたっては、洪水時の挙動について検討する必要があるが、考え方としては以下の通りである。

従来は、護岸表面に被覆して河岸を緑化するという方法が多くとられてきた(図 4-19A)。河岸緑化という点では効果があるが、河岸が護岸でほぼ固定されているため、河岸・水際部の流水の作用による変化は抑制され、また、画一的な断面が連続するという課題が残る。

そこで、護岸を河岸の背後に控えて立てて設置し、護岸の前面に自然な河岸を形成するという方法が考えられ、この場合には、流水の作用による変化を許容できる領域が増えることになる(図 4-19B)。

図 4-19C は、護岸前面の河岸形状に変化を持たせた設計例である。護岸前面の河岸は、安定性を考慮しつつ、河道の平面形やみお筋にあわせて河岸を設計し、画一的な断面にならないよう工夫する。

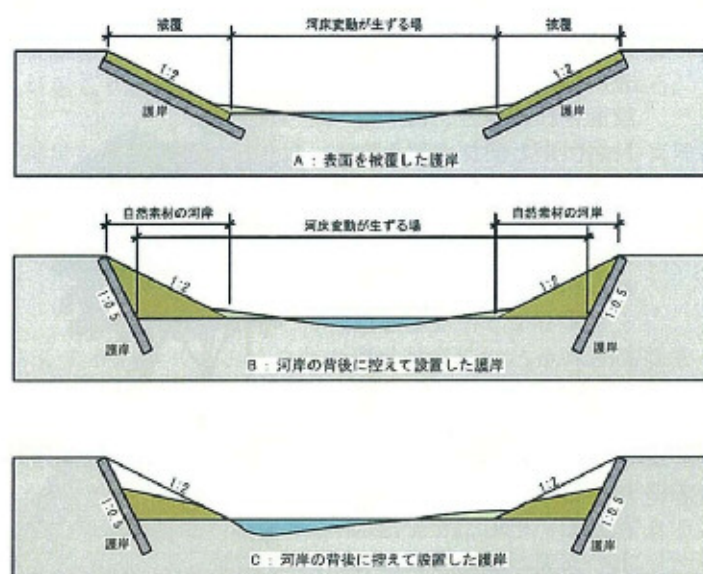


図 4-19 護岸と河岸の区別

【自然河岸形成の効果】

護岸前面に自然河岸を形成することで、以下の効果が期待される。

- ①適度な透水性・保水性が確保された河岸・水際部が形成される。
- ②流水の侵食・堆積作用による変化を許容し、河岸・水際部に自然の河川と同様の入り組みや凹凸が形成されるため、動植物の生息・生育・繁殖空間及び移動経路となりうる。
- ③護岸を立てることで緩勾配の護岸と比べて護岸の設置面積が小さくなり、コスト縮減につながる。

なお、護岸前面の自然素材の河岸については、現時点では洪水時の土砂の挙動(流出、堆積)について普遍的な技術が確立していないことから、洪水時の土砂の挙動について十分に検討するものとする。

(多自然川づくりポイントブックⅢ p. 105 より)

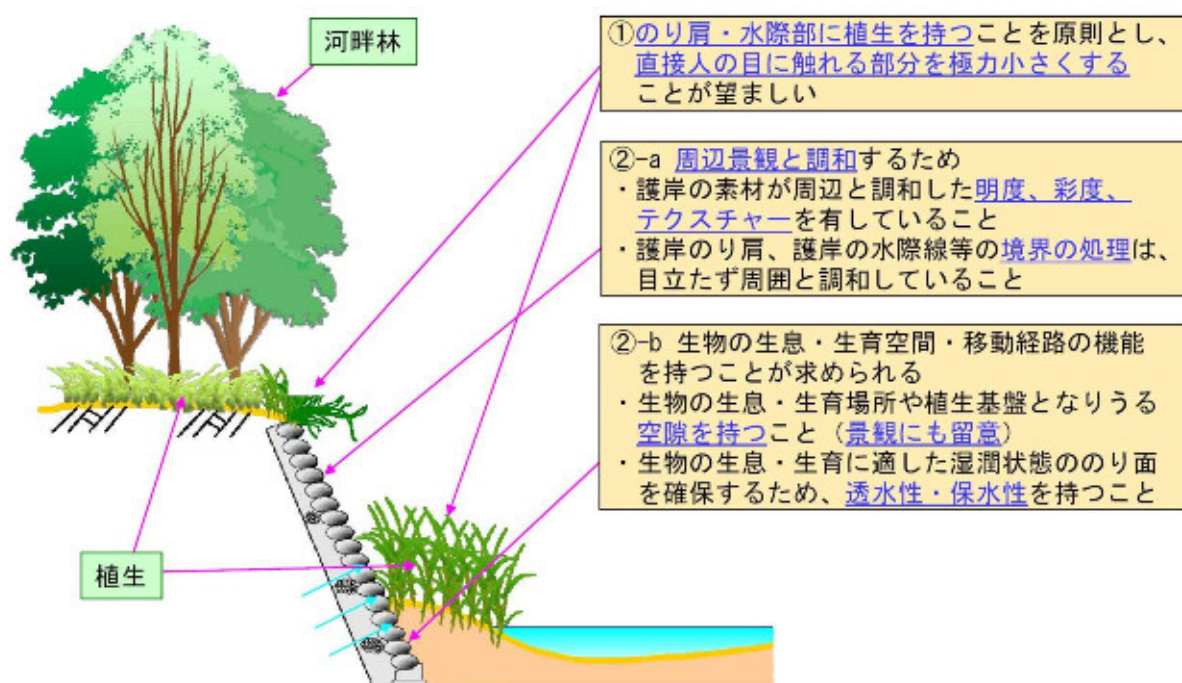
⑤ 護岸を設置する場合の考え方

護岸は、河岸・水際部の計画・設計を行う際の手段の一つであり、治水上の観点から河岸防護が必要な場合に限り適切に活用していくというスタンスが基本となります。

護岸は、治水上の安全性を確保しながら、想定される河川環境への影響を緩和するように必要な機能を確保することが必要です。

大河川と比較して川幅が狭い中小河川では、護岸が非常に目立つ存在となります。

そのため、護岸が露出する場合は、護岸乗り方や水際部に植生を持つこと、護岸が直接人の目に触れる部分を極力小さくすること、護岸素材の明度・彩度・テクスチャーを周辺環境に調和させることなどの配慮が重要です。



(中小河川に関する河道計画の技術基準について 通達説明資料より)

① 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

人工的な素材の護岸がのり面に露出する場合、護岸の見えるの高さが大きくなると景観への影響が大きい。

このため、のり肩や水際部の植生が生育するようにし、護岸のり肩や水際部の植生が生育するようにし、護岸のり面を隠し、護岸の見えるの高さを抑える必要がある。



②-a 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

明度が高いコンクリート護岸や鮮やかに彩色された安全柵などの設置は、その部分が周囲から浮き上がり景観へ与える影響が大きい。

このため、護岸に使用する素材は、周囲との明度・彩度の差を小さくする必要がある。



(参考) 河川景観の明度・彩度

石礫、土、植物など、河川景観を構成する要素の多くは自然物であり、一般に明度（明るさ）や彩度（鮮やかさ）は比較的低いものが多い。土木研究所の研究によると、明度、彩度ともに5以下のものが多いとされている。

10. 河川環境特性整理票(A表の作成)

災害復旧事業は、現に災害を受けた施設を復旧するための事業であることから、通常の河川改修事業とは実施の考え方が異なる部分があり、種々の制約があります。

しかし、コンクリートむき出しの護岸による復旧は、改正された河川法の趣旨から考えてみれば不相当であるといわざるをえません。

そこで、平成 10 年 6 月に、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を策定して河川環境の保全に配慮した災害復旧を実施することとし、そのための基本事項が示されました。

また、平成18年6月には、「提言『多自然川づくりへの展開』について」の方向性を踏まえた再編が行われました。

今後はこの基本方針にもとづいて、河道特性を踏まえ、被災原因への対応のみならず、河川環境の保全・復元が可能な復旧工法により、災害復旧事業を行うこととされています。

河川環境特性整理表（A表）は、適切な災害復旧工法の選定のため、現地において災害復旧箇所の河川特性および被災原因を把握し、調査結果を表にとりまとめるものです。

しかし、記入結果から河川特性を保全に活かす検討するプロセスが具体的に明示されていないことから、今後は本書の検討プロセスを参考に作成することが望ましいと考えられます。

[illegible]

A表の作成方法の詳細については、「美しい山河を守る基本方針」や「美しい山河を守る基本方針・解説版」を参考にしてください。

参考：原形復旧工法の評価項目・評価手法について

災害復旧事業における工法選定にあたっては、治水面や環境面等の評価項目と、その評価項目を使って段階的に工法を選定して行く手法が必要となる。

つまり、復旧工法の骨格を決めるべき「必須評価項目」により工法を選定し、さらに適切な工法を絞り込むために「河岸に求められる生態的な機能」や「現場要件」に対して評価することとする。

こうした検討成果で、適用可能工法を数案抽出し、これら工法に対し、護岸の力学設計法より「構造」の照査を行い、さらに「経済性」から復旧工法を決定することとなる。

このような一連の評価にて抽出された復旧工法に対して、「施工時の配慮事項」を理解することで、最適な復旧が行われるものとする。

－評価項目の一覧－

＜必須評価項目＞ 復旧工法の骨格を決定する項目

●治水強度 再度災害防止上、必要とする護岸強度

●景観 人々が心地よく受け入れられる景観

＜選定評価項目＞ 上記骨格どなる工法に、必要な項目を選定し、さらに付加する項目

●生物の生息・生育環境・繁殖環境維持のための「透水性」と「保水性」
. 生態系としての魚類や鳥類等への配慮から、
法面や護岸自体に水分供給を図る

●空 隙 水際に植生や魚類のための生息環境の保持

●生態的な河畔林の保全
. 法面や水際に魚類への緑陰や落下昆虫、あるいは鳥類の営巣等を確保できる河畔林の保全

●現場要件 階段等の利用面や在材の活用、地場産業の振興、さらには護岸材料の特性による採用制限

