

## 第5章 河川環境

### 第1節 多自然川づくりの考え方

#### 1.1 基本的考え方

多自然川づくりは、自然と融和した川づくりを行うことにより、良好な河川環境を取り戻し、人と河川の関係性を再構築する取り組みである。

[ 解説 ]

これまでの治水対策の効率を優先した河川改修や国土の開発、都市化の進展は、河川の自然環境に大きな影響を及ぼしてきた。また、河川における生物の生息・生育・繁殖環境や景観の悪化は、長い時間をかけて育んできた人と河川の良い関係を断ち切ってしまった。

多自然川づくりは、自然と融和した川づくりを行うことにより、良好な河川環境を取り戻し、人と河川の関係性を再構築する取り組みである。河川改修を行う際、単に自然のものや自然に近いものを多く寄せ集めればよいということではなく、可能な限り自然の特性やメカニズムを活用していこうとするものである。

いまや多自然川づくりは、あらゆる治水事業、利水事業や河川管理において実践されるべきすべての川づくりの基本であり、これ以外の別の型の川づくりというものはありえない。これからの川づくりを進めるにあたり、まずこのことを改めて現場に徹底することが必要である。

まめ知識	多自然型川づくりと多自然川づくり
<p>建設省（当時）河川局は、平成２年に『多自然型川づくり』実施要領』をとりまとめ、『多自然型川づくり』の推進について」として全国に通達しました。これ以後、多自然型川づくりが、わが国において本格的に取り組まれることとなりました。この通達においては、「多自然型川づくり」は次のように定義されています。「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成育環境に配慮し、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。」</p> <p>当初、多自然型川づくりはパイロット的に実施するモデル事業として位置づけられ、代表的な河川における先進的な取り組みとして行われました。その内容は、自然石や空隙のあるコンクリートブロックを用いた低水護岸の工法を工夫する等、主に水際域の保全や復元を図るための個別箇所ごとの対応が中心でしたが、時代とともに進化し、現在では瀬や淵、河畔林等河川空間を構成する要素への配慮、河川全体を視野に入れた計画づくり、自然再生事業等における流域の視点からの川づくりへと、より広い視点から取り組まれるようになりました。</p> <p>また、平成９年には河川法が改正され、河川環境の整備と保全が河川法の目的として明確になるとともに、河川砂防技術基準（案）において「河道は多自然型川づくりを基本として計画する」ことが位置づけられ、現在では多自然型川づくりはすべての川づくりにおいて実施されるようになりました。</p> <p>しかし、これらの川づくりの中には、多自然型川づくりの趣旨を踏まえたものとして評価されている事例がある一方で、画一的な標準横断形で計画したり、河床や水際を単調にすることにより、かえって河川環境の劣化が懸念されるような課題が残る川づくりも多く見られるようになりました。また、多自然型川づくりを実施する際には、事前調査に基づく目標設定や施工後の事後調査による順応的管理の実施が重要であるにもかかわらず、事前調査や事後調査は必ずしも十分に行われていないのが実態です。さらには、河道の横断計画において、工事区間内を一律の標準横断形で施工している事例があったり、事業区間のすべての河岸について護岸が施工され、河道の自由な動きが規制されてしまうなど、自然の営みに基づいた川づくりを進めるといふ多自然型川づくりの基本的な考え方が十分に理解されていないことが危惧されるようになりました。</p> <p>このような状況に鑑み、国土交通省では平成１７年９月に「多自然型川づくりレビュー委員会」を設置し、川づくりの事例分析や現場担当者、河川工学・生態系の専門家、市民の意見の聴取を行うことにより、多自然型川づくりの課題を明らかにするとともに、多自然型川づくりをさらに高度なものに引上げるための提言「多自然川づくりへの展開（これからの川づくりの目指すべき方向性と推進のための施策）」（平成１８年５月）がなされました。「多自然川づくり」という概念はこの中で始めてできたものです。「多自然川づくり」は、個別箇所の多自然から河川全体の多自然へ、地域の暮らしや歴史・文化と結びついた川づくりへ、河川管理全般を視野に入れた多自然川づくりへ、という３つの基本事項を踏まえつつ、次のように定義されています。「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。」</p>	

「多自然型川づくり」と「多自然川づくり」、混同しそうなネーミングですが、あえてこのような名称にしたのは提言者の以下に示すような思いがあったからです。「多自然型川づくりが水際の工夫等の工事における局所的な生態系に対する配慮から始まった経緯のために、そのようなイメージがつきまっており、河川全体、河川管理全般を念頭に置いたこれからの川づくりを進めるためには、それらの内容をイメージさせる別の名称を考えた方が良いという考え方もある。しかし、多自然型川づくりは評価されている事例がある一方、種々の課題があるという現状を残したまま、これまでの取り組みをリセットしゼロから始めるということではなく、多自然型川づくりを源流とする川づくりを発展させていくというメッセージを、現場をはじめ関係者に伝えることが出来るように、多自然という名称を残すこととした。」

## 1.2 多自然川づくり推進のための2つの施策

多自然川づくりを効率的に進めていくための2つの基本的な施策は以下のとおりである。

(1) まず「個別河川における治水、利水、環境上の課題の解消」を目指して、現在までの知見や技術が現場において十分に活用されるような施策を進め、早急に成果を得るように努める。

(2) さらに川づくり全体の水準を向上させるため、中長期的に解決すべき課題も含めて、技術的な検討や仕組みづくりに取り組む施策を展開する。

これらは、多自然川づくりの両輪と位置づけられるものである。2つの施策を組み合わせる展開していくことが必要である。

### [ 解説 ]

#### (1) 個別河川における治水、利水、環境上の課題を解消するための施策

多自然川づくりを推進していくためには、まず関係者間で最低限留意すべき事項を再確認し、個別河川ごとにおおのこの課題を解消していく取り組みが重要である。このため、例えば「過度なショートカットをしない」、「画一的な標準横断形にして河床や水際を単調にしない」、「川幅を広く確保できるところは広く確保する」、「もともとの縦断形状にならった縦断計画とする」、「支川や流域との連続性を確保する」等、河川の自然の営みと治水対策との調和を図るために留意すべき事項が広く現場で実践されるよう徹底することが必要である。

#### (2) 川づくり全体の水準の向上

多自然川づくりは以下の3つの方向性を目指すことを関係者間で共通の認識とし、川づくり全体の水準のさらなる向上に向けた幅広い視点からの取り組みを実施していくことが必要である。

##### 個別箇所の多自然から河川全体の自然の営みを視野に入れた多自然へ

これまで多くの多自然型川づくりは、個別箇所の局所的な自然環境をいかに保全・整備するかという観点で実施されてきた。いわば区間ごとの多自然型河川工事になっており、河川全体を通じて自然環境をどのように保全・再生していくかといったビジョンには欠けていた。

多自然川づくりは、河川の自然の営みに基づいた川づくりであり、自然が川をつくるとともに、人間が生活を営むために適度に川に手を入れることを前提としている川づくりである。このため、土砂の移動や流量の変動等、河川の本来持っているダイナミズムの保全・回復や流域との連続性の確保に努めることが必要である。

河川全体の自然環境を理解し、良好な環境が残っているところをどのように保全し、悪化しているところをどのように再生していくのか等、全体として目指すべき一貫した目標のもと、川づくりを行うことが必要である。

##### 地域の暮らしや歴史・文化と結びついた川づくりへ

多自然川づくりが目指すのは、必ずしも手つかずの自然ではなく、人間生活の営みを色濃く反映した河川の自然環境である。生物の生息・生育・繁殖環境を保全・再生することはもちろんであるが、

地域の暮らしや歴史・文化が密接に結びつき、未来に向かって地域の歴史・文化が育まれていくような川づくりを行うことが必要である。

河川管理全般を視野に入れた多自然川づくりへ

これまでの多自然型川づくりは工事をすることが目的となってしまう懸念がある。川づくりは工事が完了した時点で終わるのではなく、その後の出水や自然環境の変化等、常に川の状態を監視し順応的に管理していくことが重要である。

これからの川づくりにおいては、河川工事が自然環境や景観に対して与える影響を回避、低減することはもちろんのこと、調査、計画、設計、施工から維持管理までの河川管理のすべての段階において、河川に関係するすべての人々が協働して多自然川づくりに取り組んでいくことが必要である。

### 1.3 多自然川づくりを推進するための具体的な方策

多自然川づくりを効率的に、かつより高度に進めるための具体的な方策には以下のようなものが挙げられる。

#### (1) 個別河川における治水、利水、環境上の課題を解消するための施策

- 多自然川づくりの既往の知見のとりまとめ
- 多自然川づくりの技術的支援の実施
- 多自然川づくりの評価体制の構築
- 多自然川づくりの実施体制の見直し
- 市民の積極的な参画や多様な連携の仕組みの構築
- 多自然川づくりの普及
- 多自然川づくりを推進するための人材育成

#### (2) 川づくり全体の水準を向上させるための施策

- 多自然川づくりの計画・設計技術の向上
- 多自然川づくりの河川管理技術の向上
- 河川環境のモニタリング手法と川づくりの目標設定手法の確立
- 改変に対する環境の応答の科学的な解明

#### [ 解説 ]

上記の2つの施策を進めていく上での具体的な方策について以下に記す。

#### (1) 個別河川における治水、利水、環境上の課題を解消するための施策

##### 多自然川づくりの既往の知見のとりまとめ

既往の設計技術、学術的研究、市民参加の実践等を通じて得られた知見を中心にとりまとめたわかりやすい資料集を作成する。

##### 多自然川づくりの技術的支援の実施

とりまとめられた資料集を活用して研修を行う等、既往の知見や技術が十分に活用できるよう現場の技術者への普及を図る。また、平成17年度に創設した「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」の充実を図るとともに、災害復旧以外の川づくりにおいても広くアドバイザー制度を活用できるよう拡充を行う。さらに、これらの技術的支援が総合的かつ効率的に実施される仕組みを構築する。

##### 多自然川づくりの評価体制の構築

河川行政に携わる現場担当者がそれぞれの現場の情報や経験を共有し、多自然川づくりについて意見を交換し、研鑽を積むための仕組みを構築する。また、学識者や市民等が参加し、多自然川づくりを検討する仕組みを構築する。多自然川づくりの優良な事例については広く関係者や市民等に普及する。

##### 多自然川づくりの実施体制の見直し

計画、設計、施工、維持管理の各段階において、多自然川づくりの方針を決定し、また共有する仕組みを構築するとともに、順応的管理の実施に向けて事前・事後調査等の実施体制をととのえる。

#### 市民の積極的な参画や多様な連携の仕組みの構築

市民と行政との交流を促進するシンポジウムやワークショップ等を開き、河川環境に関する評価や情報の交換等の関係者間の連携を深めるとともに、川づくりの計画、設計、施工、維持管理の各段階に市民が積極的に参画できるような仕組みを構築する。

#### 多自然川づくりの普及

シンポジウムやワークショップ等を通じて、多自然川づくりを市民により広く周知し、理解を得るための活動を実施する。

#### 多自然川づくりを推進するための人材育成

多自然川づくりの現場における行政、建設コンサルタント、建設業に従事する技術者等を対象とした研修制度の導入を図り、人材育成を計画的に実施する。また、業務の中において、多自然川づくりの技術向上を図る OJT の仕組みを構築する。

### (2) 川づくり全体の水準を向上させるための施策

#### 多自然川づくりの計画・設計技術の向上

多自然川づくりのための河道の平面・横断・縦断計画の立案手法を確立するとともに、流域とのつながりや河道内樹木を考慮した河道計画等、自然環境の向上を目指した河川計画の策定手法を確立する。また、水際の適切な河岸工法に関する技術開発や構造物のデザイン手法の確立等、設計技術の向上を図る。

#### 多自然川づくりの河川管理技術の向上

河道内樹木等の管理方法や外来種対策、流量管理の方策等、河川管理技術の体系化を図る。

#### 河川環境のモニタリング手法と川づくりの目標設定手法の確立

河川水辺の国勢調査等河川環境の現状評価に関する調査・検討を継続・充実させるとともに、多自然川づくり推進のためのモニタリング手法を確立する。さらに、現状評価を踏まえ、適切な川づくりを行うための目標設定手法を確立する。

#### 改変に対する環境の応答の科学的な解明

河道や流域の改変に対する河川環境の応答に関する研究を継続、発展させるとともに、モデル河川でのケーススタディによる検討を通して解明に努める。

## 第2節 基本方針

### 2.1 急流河川の川づくりにおける基本方針の決定

山梨の河川の多くの区間は、洪水時に射流が発生するような急流である。このような区間では、水理条件を整えば単列砂州、複列砂州、網状砂州などの中規模砂州が形成させる。中規模砂州は、常時の流れを蛇行させ、背と淵を形成し、浮石と沈み石を生じさせるので、まさに急流河川の河相を決める支配的要素というべきものである。よって、中規模砂州が形成される河川では、川づくりの基本方針として中規模砂州の形成を基軸に置くことが自然かつ長期にわたって維持・管理のしやすい河川を構築する重要な要件となる。

[ 解説 ]

山梨の河川はその多くが洪水時に射流が発生するほどの急流であり、その中には自らが形成した扇状地の上を流れる「扇状地河川」が含まれる。こうした河川には単列砂州、複列砂州（多列のものは網状流路とも呼ばれる）などの中規模砂州が形成されることがある。中規模砂州が形成されるのは規模の大きな洪水時であるが、環境という視点では中規模砂州が大きな役割を果たすのは平水時である。平水時の流れは砂州の谷部に限定され、交互に形成された砂州に沿って蛇行する。その過程で背と淵、平瀬と早瀬、浮石と沈み石といった流れの多様性をもたらす要素を構成するのである。



写真 5.2.1 単列砂州

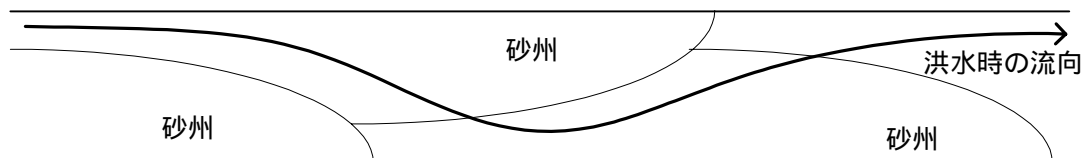


図 5.2.1 単列砂州河道における平水時の流れの模式図

したがって、中規模砂州が形成される河川では、中規模砂州の保全を川づくりの基軸とし（STAGE1、堤防防護ラインと低水路河岸防護ラインの設定を含む）、それから河川・流域の特性を反映して工法等



の選択にアレンジを加えていく (STAGE2) というプロセスを踏むのが望ましい。

中規模砂州が形成されない河川では、まず堤防 (河岸) ののり面勾配とみお筋の自然な蛇行についてを決定し (STAGE1、横断計画ということもできる) 次いで急流ならではの高速に耐える工法を選択しつつ、河川の多様性を追求したり、対象河川の生態的特性に合わせた工夫を行う (STAGE2) といったアプローチを取ることが望まれる。

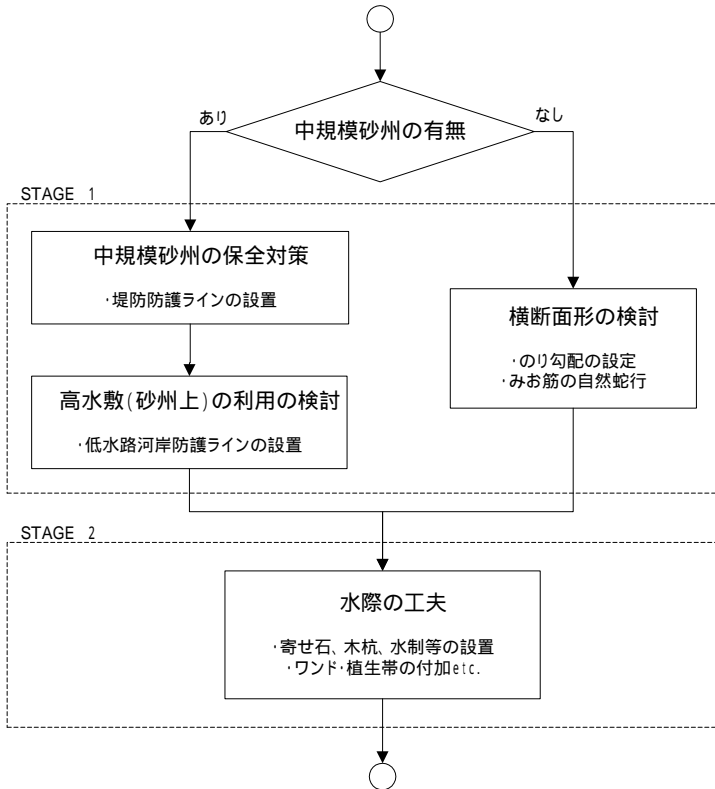


図 5.2.2 基本方針決定までのフロー

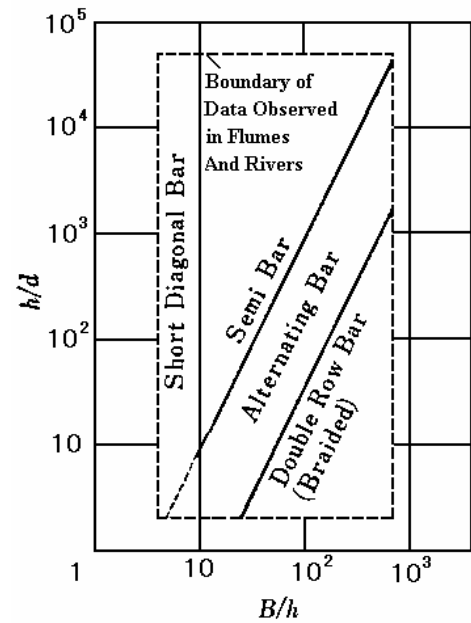


図 5.2.3 中規模砂州の領域区分図

なお、中規模砂州が形成されるか否かの評価については以下のように行う。

築堤河川の場合は低水路満杯、掘込河川の場合は流路満杯状態を想定し、そのときの代表的・平均的な水深  $h$ 、水面幅  $B$  を求める。

その場所の代表的な河床材料粒径  $d$  を求める。「代表的な」の意味としては、砂州を形成する河床材料を対象とした平均的な粒径のことである。具体的には、河床材料全体からシルト・粘土分を除いた分布を対象とした平均粒径であるが、現地で砂州を構成する土砂の粒度分布を観察し、平均的と見なせる粒径を概略決定するといった簡易的な手法で求めてもよい。

上記で求めた  $h$ 、 $d$ 、 $B$  を組み合わせて無次元量  $h/d$ 、 $B/h$  を求め、下図にプロットして形成される砂州を推定する。なお、下図以外にも中規模砂州の形成領域を示した研究成果はいろいろとあるので、特にプロットした点が形成領域～非形成領域の境界付近に来る場合は他の研究成果を併用するのが望ましい。

## 2.2 中規模砂州の形成される河川における川づくりの方策(STAGE 1)

中規模砂州が形成される河川では、「堤防防護ライン」、「低水路河岸管理ライン」の2つのラインを設け、河岸防御にあたる(STAGE 1)。「堤防防護ライン」を守る河岸防御工の設計に際しては治水安全度の確保を優先し、「低水路河岸管理ライン」を守る河岸防御工の設計に際しては「堤防防護ライン」の河岸防御工よりも河川環境保全指向を強める。

### [ 解説 ]

中規模砂州が形成される河川では、大洪水時、特に直線部において砂州が下流に移動する恐れがある。このことは、水衝部も移動することを意味するので、堤防を保護するには「堤防防護ライン」の概念を導入する必要がある。「堤防防護ライン」とは、このラインより堤防側の高水敷が侵食を受けると堤防の安定性に支障があると考えられる区間と、仮に侵食を受けても治水上の問題はないと考えられる区間との境界線であり、このラインより堤防側が侵食されないようラインに沿って河岸防御を施すことになる。この河岸防御工は治水安全度を確保する上での「最後の砦」のような位置づけとなるので、設計時には河川環境の保全よりも治水安全度の確保のほうを優先する。

高水敷は、堤防保護機能以外にも多くの機能を有しているので、「堤防防護ライン」は多くの区間で高水敷の中に埋め殺したような状態に設定される。つまり、「堤防防護ライン」と実際に水際となる位置とは一致しないことが多い。このような河道において例えば高水敷上を公園利用しようとする場合には、「堤防防護ライン」ほどに強固でないとしても現実の河岸付近である程度洪水時の河岸侵食を食い止める必要がある。この防護境界を「低水路河岸管理ライン」と称する。高水敷上の利用形態にもよるが一般に「低水路河岸管理ライン」は、「堤防防護ライン」よりも強固である必要はないこと、水際に近いこと、の2点から、このライン上に建設する河岸防御工は、「堤防防護ライン」の河岸防御工に比べより河川環境保全指向を強めて設計する。「堤防防護ライン」の河岸防御工の設計に際しては、設計対象河川の河道特性、環境特性を十分に把握するのはもちろんのこと、5.4 項に述べる各種工法の水理的な特徴をも十分に理解することが重要である。

なお、掘込河道の場合も、基本方針は築堤河道と同様であり、「堤防防護ライン」を「河岸防護ライン」、「低水路河岸防護ライン」を「水際防護ライン」と読みかえる。この際、治水的な安全性が確保されていれば、河岸を保護する護岸の基礎部分を「堤防防護ライン(河岸防護ライン)」と位置づけてもよい(図5.2.4 参照)。

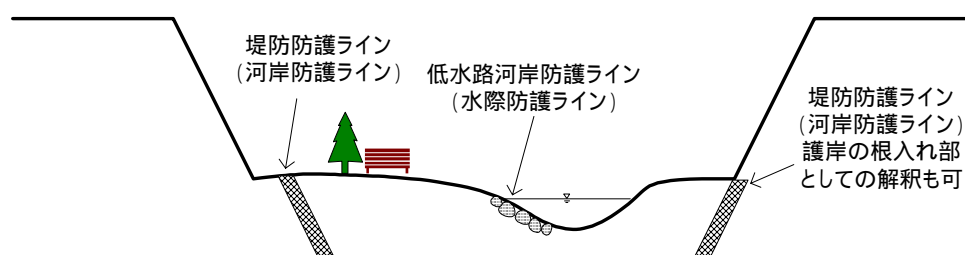
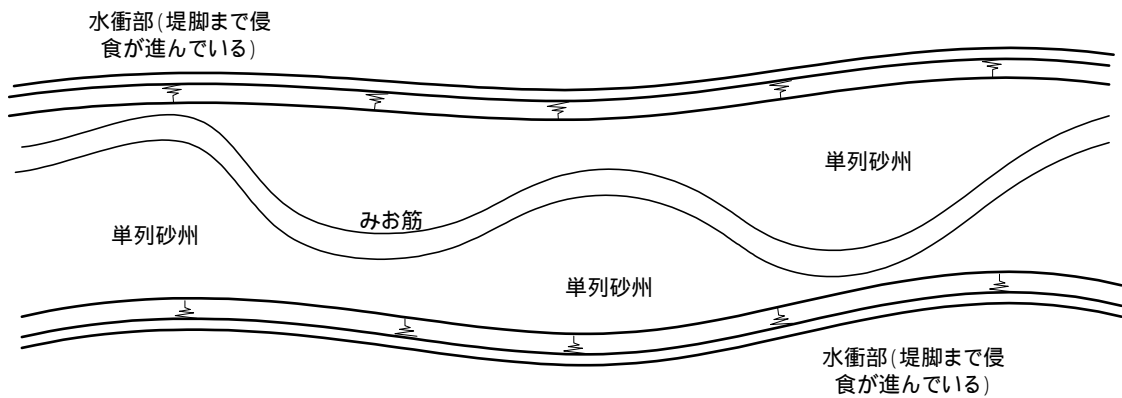


図5.2.4 掘込河道の場合における各種防護ラインの設定

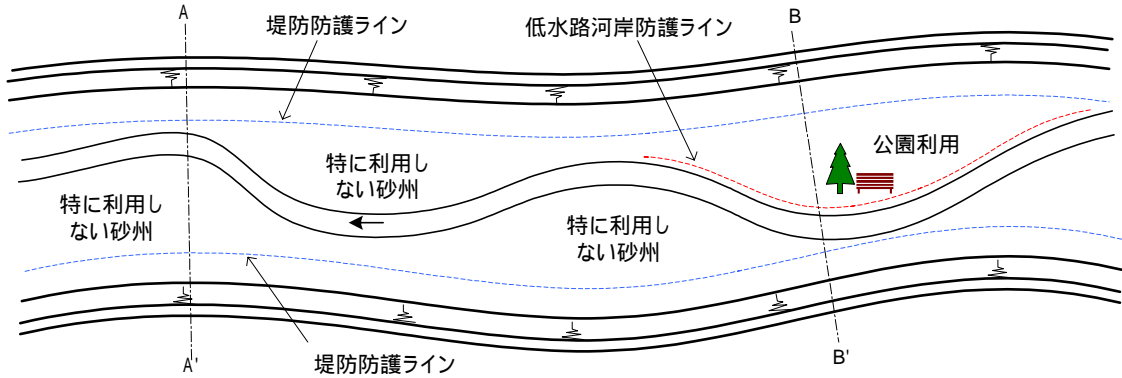
1. 基本的考え方

「堤防護ライン」と「低水路河岸管理ライン」は、河川法の改正と時期を同じくして世に出た「新河道計画」にみられる概念で、扇状地河川など洪水時においてその流路が無視できないほど変動する恐れのある河川における横断計画の基軸となります。

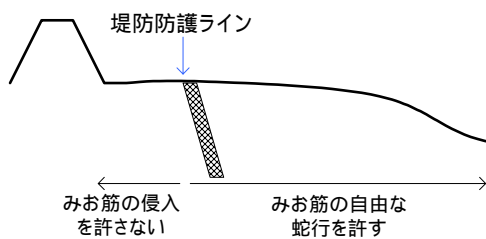
自然状態



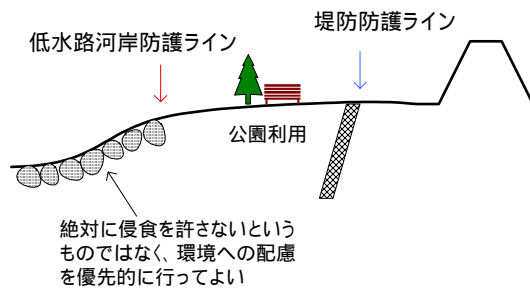
改修後



A-A 断面



B-B 断面



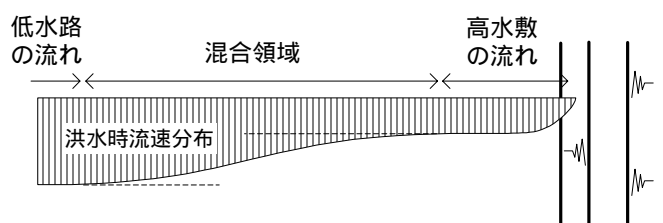
「堤防防護ライン」とは、仮に流路（みお筋）が洪水時に変動したとしても、このラインより堤防側の高水敷まで侵食させるのは絶対に許さないというラインです。逆にいうと、左右の「堤防防護ライン」にはさまれた区間では、流路（みお筋）は河川の自然な沖積作用にまかせて自由に変動しても構わないということになります。中規模砂州の形成と刷新、河床材料の移動、植生群落の繁茂と洪水時の破壊等を自然に任せることで自然のもつダイナミズムを保全し、ひいては自然環境を保全しようとするものです。なお、「堤防防護ライン」は、堤防を守ることを目的に設定されるものであるので、堤防がある区間では必ず設置する必要があります。このラインに沿って河岸防御工が築かれます。この河岸防御工は治水安全度を確保する上での「最後の砦」のような位置づけとなるので、設計時には河川環境の保全よりも治水安全度の確保のほうを優先します。

上記の方策で洪水時に堤防が危険にさらされるのを防ぐのですが、河川によっては高水敷の一部を親水活動、防災活動等に利用しているところもあり、こうした部分も洪水時に簡単に削られてしまうわけにはいきません。そのため、削れてしまっては困る特定の区間には「低水路河岸防護ライン」を設定し、「堤防防護ライン」とは独立に河岸防御を行うこととなります。この河岸防御工は、「堤防防護ライン」に設置した河岸防御工ほどに強固である必要はなく、河川環境保全に重要な意味のある水際におくという性格からも環境に十分配慮した設計がなされることが求められます。

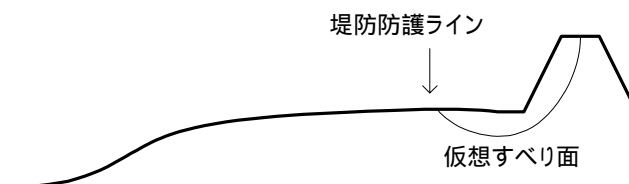
## 2. 設定方法

ここでは、まず「堤防防護ライン」をどの位置に設定すべきなのかについて説明します。考慮しなければならない主なことは、洪水時流速、堤防の土質的安定性、浸透流、各種法令や管理上の問題などです。以下に、これら4つについて個別に考察していきましょう。

低水路の高流速を堤防に伝えない



堤防の土質的安定性を失わない



洪水時、低水路に発生する高流速を堤防に伝えない

高水敷の機能として、「洪水時、低水路に発生する高流速を堤防に伝えない」というものがあります。複断面水路の場合、一般には低水路の流速が速く、高水敷の流速が遅くなります。高水敷上の流れは、最も低水路に近いところでは低水路の高流速に引っ張られて流速が速くなりますが、堤防に近づくにつれ高水敷上本来の流れに戻っていきます。図に示すように、低水路の流れを堤防に伝えないためには、「堤防防護ライン」を混合領域よりも堤防側に設定すればいいことになります。当然のことですが、元々低水路の流れが十分に遅い場合には、このことを考慮する必要はありません。

なお、こうした流速分布の評価方法は「護岸の力学設計法」に詳しく記されています。

堤防の土質的安定性を失わない

河岸侵食が堤脚まで迫れば当然堤防は土質的に崩壊する恐れが生じます。よって、図に示すように少なくとも堤防の仮想すべり面よりは遠くに「堤防防護ライン」を設定しなくてはなりません。その他、必要に応じて堤体・基盤共に液状化等についても同様の照査が求められます。

パイピングを防止する

天井川など、地形的な条件によっては、河岸侵食が進むとパイピング等の危険性が増すこともあり得ます。こうした危険のある河川では、「堤防防護ライン」の設定に際しては注意が必要です。山梨県には天井川とまでは言わないものの、河床が堤内地盤より上昇しているところは少なからず存在するので気をつけましょう。

種々の法令・規則、あるいは管理上の制約条件に配慮する

仮に ~ のような懸念がない場所であっても、堤防近傍の河川管理についてはいわゆる「2Hルール」など様々な法令・規則が存在します。「堤防防護ライン」を設定するということは、ここに河岸防御工を設置することになるので、こうした法令・規則は当然遵守しなければなりません。また、堤外水路などがあることもあるでしょうし、管理上の制約を受けることもあるでしょうが、こうしたものも考慮したうえで「堤防防護ライン」を設定する必要があります。

次に、「堤防防護ライン」に設置する河岸防御工の設計に際しての注意事項ですが、基本的には「堤防護岸」のつもりで設計します。形態的には低水護岸のようですが、その役割は堤防を守る「最後の砦」ですから最上級の安全度を有することが期待されます。「堤防防護ライン」に設定する河岸防御工は、多くの場合地中に埋め殺すような形になるので、景観等に配慮する必要はなく、その分治水に専念することができます。

「低水路河岸防護ライン」の設定法は、水際に決まっていますので特に説明は不要でしょう。

「低水路河岸防護ライン」上に設定する河岸防御工は、いわゆる低水護岸と同じ考え方で設計を行う必要があります。すなわち、水際という河川環境上最も重要な位置に置かれるものなので、河川環境に与えるインパクトについて十分に考える必要があります。バックに「堤防防護ライン」という強い味方がついていきますので、環境を優先する余力がありますよね。

## 2.3 中規模砂州の形成されない河川における川づくりの方策(STAGE 1)

中規模砂州が形成されない条件下にある河川では、  
河岸の法勾配をどう設定するか  
みお筋の蛇行を人工的に創出するか自然に任せるか  
を決めることが環境保全に配慮した川づくりの基軸となる（STAGE 1）。

### [ 解説 ]

山梨県の河川に限定すれば、中規模砂州が形成されない条件下にある河川の大半は川幅の狭い小規模河川であると言える。こうした河川における川づくりの基軸としては以下の2点が挙げられる。

#### 法勾配

掘込河道においては河岸、築堤河川においては堤防ののり勾配を、川幅が狭くならない程度にきつく、土質の安定性が低くならない程度に緩やかにするということになる（詳細については5.3項参照のこと）。

#### みお筋

水衝部を形成したり、洪水時に侵食されて維持が困難にならない程度に蛇行させ、瀬と淵、早瀬と平瀬を作るのが基本となる。ではどの程度曲げるかということになるが、この具体的な方策としては2つの考え方がある。

一つは河川の自然な沖積作用に任ずるもので、左右の河岸ののり尻を河岸防御工でしっかりと守り、左右ののり尻間ではみお筋の自然な蛇行の発達を妨げないという考え方である。この方法は、人為を加えずにいれば自然にみお筋の蛇行が進むような条件にある河川を対象にしなければ意味がないが、基本的には川幅が広いほど適しているといえる。

もう一つは人為的にみお筋を蛇行させてしまい、将来的にこれが移動しないように木杭等を配置して水際の侵食を防止する方法である。自らの作用でみお筋の蛇行を進行できない河川が対象となる。蛇行ピッチを川幅の数倍程度に設定することで比較的安定な状態が形成されるものと期待される。

## 2.4 水際での工夫（STAGE 2、中規模砂州のあるなしに関わらず共通事項として）

中規模砂州のある場合、ない場合共に、STAGE 1 で河川環境に配慮した川づくりの基軸を構築した。STAGE 2 はこの基軸上で、対象河川の水利特性、環境特性に合わせてより個性的かつ綿密な川づくりを目指し、専ら水際での工夫を行うものである。

### 〔解説〕

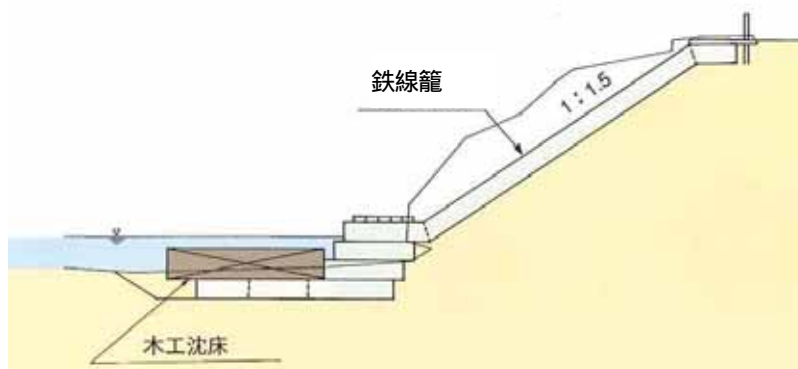
2.2～3項においては、中規模砂州のある場合、ない場合それぞれについて河川環境に配慮した川づくりの基軸の構築方法について述べた（STAGE 1）。STAGE 2 はこの基軸に大局的に従いつつ、より個性的かつ綿密な川づくりを目指し、対象河川の水利特性、環境特性に合わせてより詳細な検討を行う段階である。専ら水際に視点を移し、河川環境にいつそう配慮した検討がなされることになる。具体的には、次のような手順で検討を進めることになる。

まず、対象河川における貴重種・固有種の存在、環境的特徴、文化的背景、周辺住民の利用形態等を十分に明らかにした上で環境上の目標を明確にする。例えば天然記念物が生息する河川ではその保全を目標とすればよいが、貴重種のようにわかりやすい目標がない河川でも、「できるかぎりの多様化」を目指すとか、「50年前の川の状態に戻す」というような目標を立てることができる。

次に、「第3節 川づくりの具体的なポイント」、「第4節 各種工法の特徴と急流河川への適応性」、それ以外の文献等（河川環境について記した文献はいくらでもある）を参照しつつ、先に立てた目標をどうすれば達成できるかを考える。

なお、こうした作業についての評価は難しいので、上記の作業を行う場合にはできるだけ住民や生物、環境、社会学等各種分野の専門家の意見を聞くことが望ましい。

多自然川づくりの一環として建設される河川管理施設には、治水機能のみならず、環境や景観の保全・創生機能、親水機能など、さまざまな機能が求められます。こうした河川管理施設の設計に際しては、これを構成するパーツそれぞれがどんな機能を受け持っているのか明確にし、機能に応じた外力条件を与えて水理設計することが肝要です。例えば、以下の例を見てみましょう。鉄線籠による護岸本体+鉄線籠による根固工+木工沈床という構成です。この工法においては、護岸部分の鉄線籠が治水機能、環境保全・創生機能を、根固工が治水機能を、木工沈床が環境保全・創生機能を受け持っていると解釈できます。



さて、これらパーツの水理設計に際し、機能と外力条件との関係については次のように考えるのが一般的です。

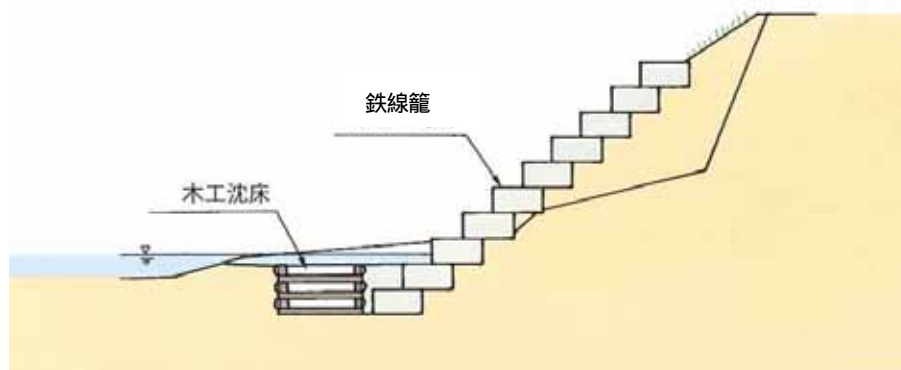
機能別パーツ	外力条件の考え方
治水機能を受け持つパーツ	計画高水流量の洪水に対して耐えるものでなくてはならない
治水機能以外の機能を受け持つパーツ	機能を発揮するのが平水時であるが、洪水のたびに壊れるのは問題なので、中小洪水に対して耐えるものとする。ただし、予定する機能を侵すことなく計画高水洪水まで持たせることができるのであればそうすべきである。

治水機能を受け持つパーツ、先の事例でいえば鉄線籠による護岸と根固工ですが、これらが計画高水流量に対して安定であることは説明するまでもありませんが、治水機能以外の機能を受け持つパーツの設計外力についてはわかりにくいのでもう少し詳しく解説してみます。例えば巨石を河床に配置して景観を向上させようとしたとします。巨石の粒径を洪水に対して動かないように決めるのが水理設計の役割となりますが、この際に外力条件を計画高水流量相当にすると、ひょっとしてその河川には絶対にあり得ないような大きなものになってしまうかもしれません。これではかえって景観を悪化させてしまったことになります。こうした場合は、例え大洪水時には流失してしまう恐れがあったとしても、景観的に違和感のない粒径のものを選ぶべきです。



ここで、上記の例における木工沈床に目を向けてみます。この例においては、木工沈床は中に玉石などを詰めて多孔質な空間を創出することがその役割となります。水理設計では、玉石が洪水時に移動しないようにその粒径を決めることとなりますが、この粒径が多少大きくなろうが小さくなろうが多孔質であることにかわりありませんから、外力条件は比較的自由に設定できます。実質的には、その現場で安く購入できる玉石の粒径を調べ、それが外力条件としてどの程度の洪水規模まで耐えられるかを逆算し、求められた外力条件が洪水として小規模すぎなければよいのではないのでしょうか。

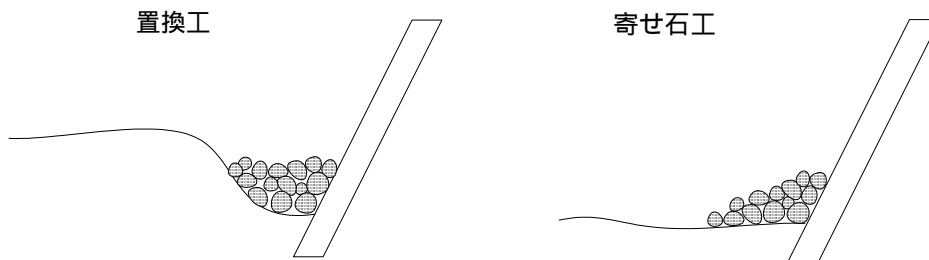
多自然川づくりの水理設計に際して、もう一点重要なことがあります。それは、パーツとそれに付加される機能が1対1対応ではなく、設計思想によって変わり得るということです。例えば以下の事例に着目してみましょう。



これは、前の例と似ていますが、多段積みの鉄線籠を護岸とし、木工沈床を根固工とするもので、木工沈床に環境保全・創生機能だけでなく治水機能をも持たせている点が前例と異なるところです。こちらのほうでは玉石の粒径を自由には選択できません。水理設計を適用し、計画高水流量のもとでも移動しないような粒径のものを選択しなければなりません。

このように、同じ木工沈床であっても設計の思想が違えば与えられる機能も変わり、ひいては水理設計の考え方も変わります。多自然川づくりでは、柔軟な思考が必要になりますね。

河川管理施設の主役は護岸、根固工、床止工、樋門・樋管などであり、古くからそれぞれ水理設計法が構築されており、実際にそれに沿って設計がなされてきました。多自然川づくりが前面に押し出されてきた昨今では、伝統工法として位置づけられた、すなわち一時期忘れかけられていた工法が、河川の水理環境にアクセントを与えるような様々な「脇役」として再注目をされるようになってきました。それに伴い、こうした工法の設計に際しても水理的な手法の導入が求められています。ここでは置換工、寄せ石工の水理設計法について提案してみたいと思います。



< 置換工 >

$$d > \frac{u_{*0}^2}{s \cdot g \cdot \tau_{*c}}$$

$$u_{*0} = \frac{V_0}{\phi}$$

$$\phi = 6.0 + 5.75 \log_{10} \left( \frac{H_d}{k_s} \right)$$

$$k_s = 2.5d$$

以上を総括して、

$$d > \frac{V_0^2}{s \cdot g \cdot \tau_{*c} \left( 6.0 + 5.75 \log_{10} \left( \frac{H_d}{2.5d} \right) \right)^2}$$

ここに、

$d$ : 置換工材料の粒径、

$u_{*0}$ : 摩擦速度、

$s$ : 置換工材料の水中比重、

$g$ : 重力加速度、

$\tau_{*c}$ : 無次元限界掃流力 (= 0.06)

$V_0$ : 代表流速、

$\phi$ : 流速係数、

$H_d$ : 設計水深、

$k_s$ : 相当粗度、

である。

ここで、(4)式に示す相当粗度と粒径との関係は、「鉄線籠型多段積護岸工法設計・施工技術基準（試行案）」で示されている水理設計法の値を流用したものです。現地の状況からしてよりふさわしい評価法があればそちらを用いて構いません。

代表流速  $V_0$  の計算方法は、「護岸の力学設計法」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を参照するものとします。

< 寄せ石工 >

寄せ石工の水理設計法も基本的には同様ですが、置換工との違いは横断方向に勾配を有することがあることです。勾配を有する場合、上記の式中、無次元限界掃流力  $\tau_{*c}$  の値が変わります。具体的には、以下に示す Lane の式により  $\tau_{*c}$  の値を補正します。

$$\frac{\tau_{*c\theta}}{\tau_{*c}} = \cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}}$$

$\tau_{*c\theta}$ : 傾斜角  $\theta$  の斜面上の限界掃流力

$\tau_{*c}$ : 水平河床上の限界掃流力

$\theta$ : 斜面の傾き

$\phi$ : 寄せ石材料の水中安息角

## 第3節 川づくりの具体的なポイント

### 3.1 概要

第3節は、急流河川に焦点を置きながらも、河川環境に配慮した川づくりの共通認識となるべき事項をなるべく具体的に示したものである。

## 3.2 具体的なポイント

ここでは、川づくりにおける共通認識として、

- 1) 法勾配はできるだけ緩くする
- 2) 植生の保全に努める
- 3) みお筋・低水路の幅をあまり変えないように掘削する
- 4) 水際は固めない
- 5) 山付け部は極力保全する

についてなるべく具体的に記述する。ただし、川づくりについては多角的に考えるほどよい成果が得られると考えられるので、ここに記した事項以外の情報も積極的に取り込むことが望ましい。

[ 解説 ]

- 1) 法勾配はできるだけ緩くする

河岸の法勾配は、以下に示すメリットがあるので、できるだけ緩くするのが望ましい。

- 河岸の土質的安定性がアップし、河岸の治水安全度を向上することができる
- 河川を越えた行動圏をもつ生物にとって必要な横断方向の地形的な連続性を確保することができる
- 河道内で多様な河川形状を保全・復元するための様々な工夫がやりやすくなる

ただし、川幅がもともと小さい河道では、法勾配を緩くすると実際の河川部分が狭くなってしまうので、こうした河川においては法勾配を立て、みお筋を自由に蛇行させて水際域の多様性の向上を図るほうが得策になる。

なお、川らしい景観を踏まえた横断形のあり方から検討すると、河床幅が横断形高さの3倍以上を確保できる場合に、2割以上ののり勾配を採用することが望ましい。

- 2) 植生の保全に努める

河畔林や河畔の樹木は、哺乳類や鳥類、昆虫等の通路(コリドー)、鳥や昆虫などの生息の場(ハビタット)、水中の魚類等への餌の供給源となりうる。河畔林や河畔の樹木の伐採は河川から日陰を奪い、水棲生物の隠れ場所を奪うことになる。日射量の増加は藻類や植物相に大きな変化を与えるだけでなく、水温の上昇を招き水域における物理環境にも影響を与える。このようなことから、河畔林・樹木を保全することは河川環境上極めて重要である。やむを得ず拡幅する場合には片岸だけでも河畔林を残す工夫をする。

その反面、河道内の樹木は洪水時に水位の上昇を引き起こすため、樹木を保全する場合には、水利計算等によりチェックを行い、洪水の流下能力が確保できることを確認しておく必要がある。なお、堤外に樹木を保全・復元する場合には、堤内地の樹林(堤内地の河畔林や隣接する森林など)との繋がりをもたせることが大切である。

### 3) みお筋・低水路の幅をあまり変えないように掘削する

疎通能力の向上させる主たる方法としては河道掘削が挙げられるが、この際にはみお筋や低水路の幅を変えず、特に事情がない限りは高水敷の掘削を中心に行うものとする。これは、みお筋や低水路の幅が河川の水理特性に応じて形成されたものであり、仮に人為的にこれを改変すると再び元の幅に戻ろうとする作用が働きみお筋や低水路内への土砂の堆積等が起こりやすくなると考えられているからである。

### 4) 水際はなるべく固めない

水際は、土壌の水分、日光の照度、温度、湿度などが比較的限られた空間の中で大きく変化するので、そこに育つ植物や動物の種類も多様になり、生物の活発な営みがくりひろげられ、周辺の地域の自然環境にも好ましい影響を与えているため、治水上許される限りなるべくコンクリート等で固定しないように配慮する。

山梨県の急流河川ではなかなかそのような場に恵まれないが、植生や土だけでも洪水時の流速に十分耐えられる河岸や、山付け部などで土地利用上の問題がない区間を見極め、護岸の設置区間をできるだけ少なくし、良好な水際域を創出・復元する。仮に、コンクリート護岸等にせざるを得ない場所であっても、隙間や透水性をもたせ、多様な生物環境を創出・復元するとともに良好な水循環を確保するように努める。

### 5) 山付け部は極力保全する

崖線や山林等が河川と隣接している山付け部は日陰を提供し、河畔林からの栄養供給や、落下昆虫等の食物を提供するなど、河川と周辺環境が一体となった貴重な空間である。また、山付け部では河床に岩が露頭し、その周りに自然の淵が形成されていることも多い。加えて、特別な場合を除き仮に洪水時に侵食作用を受けても流域に災害をもたらすことは稀であるので、山付け部は極力そのままに保全するようにする。

## 第 4 節 各種工法の特徴と急流河川への適応性

### 4.1 概要

第 4 節は、各種工法の特徴と急流河川への適応性について記したもので、2.4 項で述べた河川環境計画の STAGE 2 における工法選択に寄与する情報を提供することを目標としている。

## 4.2 各種工法の特徴と急流河川への適応性

ここでは、急流河川に使われることの多い以下の6工法について、水理的、環境的特徴と急流河川に適用したときのなじみ具合、生じ得る問題点等について記す。なお、護岸・根固め工等、第4章において既に水理設計法が詳細に述べられている工法についてはここで触れないものとする。

1) 覆土 2) 寄せ石工 3) 置石 4) 水制 5) 帯工 6) 鉄線籠 7) 袋詰め工

[ 解説 ]

### 1) 覆土

コンクリート護岸などは、景観上・環境上問題のある工作物であるが、非常に強固であるという特徴があるため、治水上どうしてもある一定以上の強度が求められる場合に設置される。覆土は、こうした護岸の景観・環境の改善を意図して護岸を覆い、埋めるように設置されるもので、基本的に土羽である。一般的には現地発生土を用いることで元の植生の再生が期待されるが、雨水等による侵食が懸念される場合などは施工時に表面に植栽がなされることもある。

急流河川では、洪水時にこの覆土を流失しないようにすることは極めて難しいが、

一般に、洪水時の流速が大きく護岸にはコンクリートブロックを使わざるを得ない場合が多く、これを覆い隠す何らかの措置が求められること

覆土は安価でかつ外来種の侵入を阻止し元の環境を保全できること等の理由から、洪水時における多少の流出を覚悟してでも積極的に活用したい工法である。

覆土は、表面に植生が十分繁茂すると耐侵食性が向上することがある(ただし、その強度は繁茂した植生の種、繁茂後の管理状況等に左右されるが)。しかしながら、例えば堤防のり面に覆土を施した場合、堤脚付近はそれより上の部分に比べ水に浸かる頻度が高いので十分に植生が回復せず、それゆえ耐侵食強度が向上しないという問題が生じる。この問題の対策としては、例えば寄せ石工と組み合わせ、洪水時に比較的水没する頻度の高いのり面の下部は寄せ石、めったに流水にさらされない上部は覆土とすることで流失の危険性を多少でも軽減することは可能である。

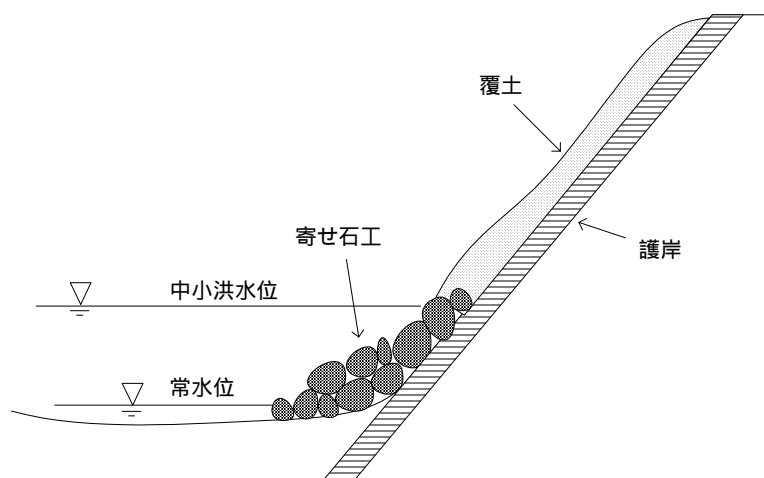


図 5.4.1 寄せ石と覆土の組合せ例



## 2) 寄せ石工

寄せ石工は、護岸等ののり尻付近に洪水時でも移動しないような粒径の石を積上げ、根固工のようにのり尻近傍の河床を固める工法である。基本的に石を積上げたものなので、河床変動に対する屈撓性が豊かであり、急流河川で河床変動が著しい山梨の河川には有効な工法であると言える。また、冠水頻度にもよるが、平水位よりも高い部分では石の間隙から植生の再生が期待できる。しかも、山梨県では寄せ石工の材料となる礫が比較的容易に入手できるので、経済的にも有利な工法であるといえる。ただし、寄せ石工を構成する土砂に細粒分が多く混入していると、洪水時にその一部が流失することが起こりうるので、施工後に定期的にモニタリングを行い、材料の流失が目立つようであれば粒径の大きな材料を足す等の管理を継続的に行っていくべきである。

## 3) 置石

平水時に流路となる位置に巨石を置く工法で、主として景観を向上させたり、巨石周りに局所洗掘を引き起こすことによって淵を形成するなどの目的で設置されることが多い。武田信玄の「16石」のように、洪水流を制御する目的で置石がなされることは極めてまれであり、あくまで環境改善を目的とした工法と位置づけるべきである。また、緩流河川では河床に巨石は見られないことが普通なので、置石は急流河川ならではの工法であるといえる。

この工法を計画・設計する際、上記の目的を達成しつつかつ洪水に対して安定な置石とするにはどのような粒径を選択するかが問題となる。一般に、急流河川の河床に自然状態で孤立する巨石は、かつて発生した歴史的な規模の土石流で運ばれたものが多い。こうしたものの多くは、通常の洪水では到底運び得ない大きさを呈しているが、こうしたいわば特殊事情で運搬されたものがその河川固有の景観を構成していることがあるからである。置石を設計する際、洪水時に移動し得ないという水理的な条件だけで粒径を選択すると、施工後に「不自然さ」を感じさせるようなものになってしまうことがあることの原因の一つはこれである。また、置石の周りには局所洗掘が発生することが多いが、置石を河岸に近づけて配置すると、周辺に発生する局所洗掘が近傍の河岸侵食を引き起こす可能性があるため、その配置を計画・設計する際には注意が必要である。

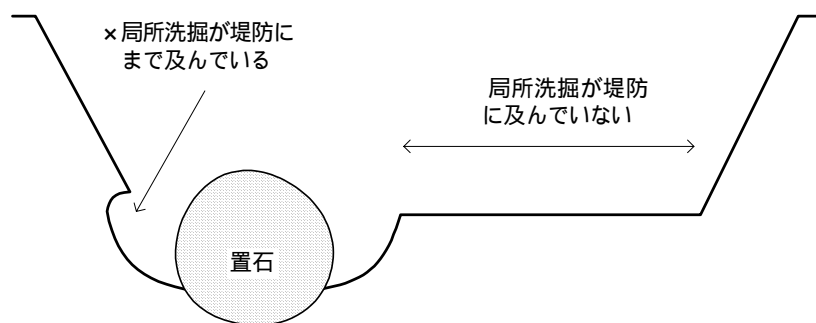


図 5.4.2 置石の配置上の留意点

#### 4) 水制

水制は、本来河岸・堤防を保護するために洪水流の流向を変えたり（水はね効果）流速を減じたり（流速低減効果）する、つまりは洪水時に活躍を期待される工法であった。ところが、近年では平水時においても周辺の流れを多様化して生態系に良好な影響を与えることが明らかとなり、現実に平水時の機能を期待して水制が設置される事例も増加してきた。

一般に、急流河川に水制をおいた場合、周辺の局所洗掘が著しくなりやすく、如何にして自らの維持を達成するかが計画・設計上の課題となる。その方策としては、北陸地方でよく見られるピストル水制のように洪水流にもびくともしない強固な水制を築く道と、武田信玄の聖牛のように透過性として局所洗掘の発生を軽減する道とがある。一般に、強固なタイプは洪水時にも所定の機能を発揮するものの建設にかかる費用が高く、またもともとの河川景観を著しく損ねるという欠点がある。透過水制タイプは比較的安価であるが洪水時に破壊されてしまう恐れがある。前者の工法が現在にまでも継承され、実際に洪水防御の基幹をなしているのに対し、後者が近世以降すたれてしまった原因の一つにはその脆弱さが挙げられるであろう。

しかしながら、先にも述べたとおり、現在の河川環境への意識の高まりは、水制に「平水時における流れの多様化」という新たな役割を加えた。正確には「平水時の機能の再発見」というべきであろうか。ともかく、水制には平水時の流れを多様化する効果が期待できる。より具体的に言えば、透過型の水制は周辺の流速を遅め流れを多様化するとともに土砂を堆積させ、植生を繁茂させる効果がある。また強固なタイプについても水制の先端で局所洗掘が形成されるので、ここが淵となって流れを多様化することが期待できる。このように、水制が本来的に持つ機能は多様であり、工夫次第でその用途も多様である。ただし、急流河川では水制が壊れやすいという事実は変わらないので、水制が洪水時に破壊されないためには、水制自身を強固に設計し、かつ周辺河床を根固工で十分に固めるなどの補強がどうしても必要となる。



写真 5.4.1 黒部川のピストル水制（東京工業大学大学院池田研究室 HP より引用）

## 5) 帯工

帯工は、基本的に維持したい河床高に天端を合わせて施工する帯状の横断工作物である。洪水時に流れが射流となるような急流河川では、河床変動は原理的に下流から上流に伝達するので、洗掘箇所に帯工を設置すれば、洗掘を埋め戻す効果が期待できる（ただし、この作用は対象河川で上流からの土砂供給が十分にあるところでのみ起こりうるものである）。逆に、洪水時に流れが常流となる河川でかつ上流からの土砂供給が少ない場合、仮に帯工を設置してもその直下で河床低下が生じ、これが次第に下流に伝達されるので、ある程度河床変動を抑制する効果は期待できるとしても帯工が河床変動対策の決定打となるのは難しい。このことから、帯工はまさしく急流河川に適した工法であるといえることができる。ただし、帯工に限らず河川を横断する工作物は、土砂移動の連続性に影響を与えるので、その計画・設計は難しい。また、生態系に与えるインパクトも無視できないので、帯工は他に有効な河床変動対策が見出せない場合の切り札的存在と位置づけるべきであろう。

## 6) 鉄線籠

鉄線籠は、玉石等を直方体の鉄線カゴに詰め込んだもので、積み重ねて擁壁として利用したり、のり面にもたれかけて護岸ののり覆工のように利用したり、河床に敷き詰めて護床工としたりすることができる。鉄線籠は、鉄線が切れると中の玉石が流失してその機能を失うので、一般に高流速にさらされる場所で護岸あるいは護床工として設置することは好ましくないとされている。しかしながら、鉄線籠は他の工法と比較して屈撓性が断然に豊かであることから、河床変動が著しい河川などで護床工を設置する場合、少々この限界流速を超えても鉄線籠を採用するほうが、連結したコンクリートブロックを用いるよりもよい効果を発揮することがある。

いずれにせよ、鉄線籠を計画・設計する場合には、金網が切れるとその機能が低下するという性質があることを忘れてはならない。具体的には、

かごが壊れても人命を脅かすような被害を招かないような場所になるべく設置する

設置後は定期的に、特に洪水後はモニタリング調査を行い、鉄線の腐食・破段の有無、中詰め材の片寄りの有無等を確認する

等の配慮を行うのが望ましい。

## 7) 袋詰め工

そのままでは洪水によって流されてしまう河床材料などを袋詰めし、これを河床の洗掘箇所等に敷き詰めることで、根固めブロック・護床工等と同等の効果を発揮させようとするものである。一般に袋にはコンクリートブロックのような長期供用性を期待できないので、この工法は仮設工法として位置づけられる。河道内工事のための仮締切工の隅角部の河床に置いて局所洗掘の発生を防止する等の利用方法が考えられる。

## 第5節 施工上の注意

図面どおりに施工するのではなく、現場の判断で法線形や対策工の配置の微修正を許すことが重要である。

施工業者が上記のような工夫を行い易い環境作りをすることも必要である。

完成後数年が経過した状態を想像しながら施工する。

### [ 解説 ]

多自然川づくりにおいて、施工時に重要なのは図面どおりに施工することではなく、現場の判断で水際線や構造物の配置の微修正を許すことである。しかしながら、施工業者はこの意図がわかっていたとしても、完成後の検査での失格を恐れて図面から外れた施工を嫌がる傾向にある。これを防止するには、施工前に検査官を含めた形で打合せを行い、施工方針について確認を取るなど、施工業者の自由な発想が活かせる環境づくりをすることも重要である。

また、施工後数年が経過した状態を想定しながら施工することも重要である。なぜなら、将来の土砂堆積、植生の繁茂等を期しつつ、施工時にはそのきっかけとなるものだけを設置するような川づくりのありかたもあるからである。施工に際しては、発注者・設計者の意図が十分に施工業者に伝達されることが重要である。

## 第6節 フィードバック（追跡調査と改良）

多自然川づくりにおいては、施工後のフィードバックが重要である。このため、簡略的な方法でもよいので施工後の追跡調査を行い、その結果をもとに修正を施すことが重要である。

### 〔解説〕

多自然川づくりの基本的かつ根源的な考え方の一つとして、河川の持つダイナミズムを保全し、砂州や蛇行の形成などは「川のしたいようにさせる」というものがある。このことは、施工完了後に河道がその姿を変えていくことを是認したうえで、人間は河川にその生活を脅かされないよういわば「ツボ」だけをコントロールしようとするものであると言い換えることもできる。しかしながら、いくらか的確に「ツボ」をおさえたとはいっても、その未来の姿まで完全にコントロールできるものではない。例えば施工した翌年にいきなり大きな洪水が来襲した場合と、小さな洪水が何年も続いた場合では川の将来形もずいぶん違ったものになるであろう。

このように、多自然川づくりが施工時に「完成形」を構築するものでない以上、河道の将来の姿は設計者が当初意図したものとは違った形になることがあるのも当然である。であるから、施工後にモニタリングを行い、河川に起こる変化が当初予測したものと合致しているかどうかを調べ、仮に違うようであればしかもそれが容認し難いものであれば必要な対策を講じ修正を施す必要がある（フィードバック）。

なお、追跡調査の方法については、「多自然型川づくり実施状況調査・追跡調査要領」（国土交通省河川局河川環境課・治水課・防災課）を参照することもできる（この方法に基づいて実施された追跡調査の結果は国土交通省河川局においてデータベース化され、今後の設計基準等に反映させる予定である）。