

災害復旧と環境の保全

Post-disaster river restoration and environmental conservation

島谷 幸宏

Yukihiro Shimatani

1. はじめに

現在の河川技術の課題の一つが環境技術と治水技術の統合である。これまでの河川改修時の環境への配慮は、まず治水ありきで、治水上破綻がない形で計画が立案された後、環境に配慮することが一般的であった。しかしながら、このような方法では環境は付加的なものであり本質的な環境配慮型の技術とはなりえない。また、河川環境に配慮するということは河川の自然特性に沿った改修を行うということであるから、治水上も合理的な計画ができる可能性がある。

筆者は大規模な災害復旧時の多自然川づくりアドバイザーとしてこの3年間、宮崎県の山付川、五ヶ瀬川、鹿児島県の米ノ津川、川内川、佐賀県の徳須恵川、東京都の石神井川、岩手県の元町川などを技術指導してきた。これらの経験を踏まえて、特に中小河川を対象とした災害復旧時の環境配慮の現状について報告する。

2. 全般的な事項

環境保全と災害復旧の考え方の基本となっているのは、「河道特性に対応した環境の基本構造が自律的に形成される仕組みを保持する」ということである。環境の基本構造としては、溪流部においてはステップ&プールと溪流林、扇状地部では河原や河畔林、自然堤防地帯では交互砂州や大きな瀬と淵、河口部では干潟などがあげられる。また局所的な岩や支川の合流部などにも重要な環境場である。このためには、河道の法線や水深が重要であり、①河道法線をなるべく変更せず、②川幅をなるべく広くし、③過剰に流速をあげないということが重要になる。このような配慮は治水的にも安全になる方向性である。この他、景観、歴史文化、人の利用、生物の重要な生息場にも十分に配慮した川づくりを実施することが重要である。

3. チェックリスト

河道改修時のチェックリストを示す。現在の激特事業ではおおむね以下の点について配慮しながら河川改修が行われている。

激特事業の多自然川づくりアドバイス時には以下の8項目について最初にヒアリングを行い、次に現地を見ながらチェックリストに見られる項目についてアドバイスを行っている。特に重要なのが、重要景観地点や生物にとって重要な場所の抽出であり、集中的な検

討が必要な場所として抽出する。

- ① 降雨状況、過去の水害との比較、降雨規模
- ② 過去の計画論との関係の把握
- ③ 氾濫形態についての説明
- ④ 被災原因についての理解
- ⑤ 流量計画の妥当性
- ⑥ 水位計画の妥当性
- ⑦ 環境情報図による重要な環境場、生物を把握する
- ⑧ 治水上の重要ポイントを把握する

3. 1 山間部（勾配急、ステップアンドプール）

溪流の基本形状は、河床波と考えられている階段状の河床形態にある。明瞭な階段状の形態を示す場合もあるし、示さない場合もあるが、自然の形態は縦断勾配は一律ではなく大きな岩が絡んだ階段状になったステップ部とそこからの落ち込んだ淵部で形成されていることを基本としている。そのような意味では、床止めのある縦断形状と似ているともいえる。このようなステップは大きな洪水で形成されたと考えられており、中小規模の洪水では基本的に動かないと考えられているが、その検証が十分になされているとはいいいがたい現状にある。とはいえ、現状では人工的に落差工を設置するのではなく、このステップ部を活用して縦断勾配を考えることを基本にアドバイスをを行っている。川幅という観点から見るとステップ部が狭くなって、それより上流が広がっていくのが一般的である。大規模な災害時には川幅が広がり溪畔林も崩壊していることがしばしば見られるが、通常時は溪畔林が生育するのが一般的である。そこで、溪畔林の保全と河岸域侵食の防止の両立をどのように図るかがポイントとなる。川幅を狭めすぎて河岸を固定すると河床は低下する。また、自然の溪流部の河道は、大きな岩や岩盤によって強制的に蛇行したり、また河道が固定されたりしているところも多い。そのような河道を固定しているポイントに対して手を加える時には河道バランスが崩れることがあるので注意を要する。

これまでの改修は、ある粗度係数を設定し、その粗度係数に対して疎通能力見合いの河道を計画することがほとんどであった。その結果、粗度係数は一般に減少し、洪水時の流速も増大する。そのため、改修を実施したところで河床が低下する、流速が増大するため強固な護岸が必要になる、河道内に存在する巨石や樹林を取り除くため河道が単調になる、洪水伝播速度が大きくなり下流への負担が増大するなどの弊害が生じている。現況の粗度をなるべく維持し、流速を極力増加させない河川改修を実施することが望ましい。

粗度

① 過度に流速をあげる計画になっていないか？

これまでの河川改修では現状よりも粗度を小さくし、速やかに洪水を流下させることを基本としていた。前述したように、なるべく改修前の流速以上にならないことが望まし

い。

② 粗度の設定が小さすぎないか？

改修前の状態の粗度を参考にすべきである。流速を上昇させないこと、河道内の巨石を取り除かないこと、河道内の植生が繁茂することを抑制することは困難なことなどから粗度の設定には十分に注意する必要がある。

土砂バランス

前項目と関連するが、土砂の堆積や侵食がどのような理由で起こっているかを現場で確認、考察すること。溪流の場合、大規模な出水では土砂が流出し河床が上昇したり、掃流力の増加により河道が拡幅するのが一般的である。拡幅された河道は川幅を狭くしても同規模の洪水が来れば、河岸を固定しない限り川幅は拡大すると考えてよい。横に広がることが出来なければ河床は低下することが一般的である。(溪流区間で川幅を広げずに護岸を施工し流速を上げたことによって河床が低下し護岸が被災することをしばしば見かける)河床が低下している場合には原因について見極め河道計画を立案する必要がある。

(下流河川の河床低下の影響とか、上下流に比べて流速が何らかの原因で増大したとか)。

③ 河畔沿いの樹林帯は水害防備林の機能を持っていないか？それを伐採した場合に現状より危険にならないか？

山間部を流下する河川の場合、河川沿いに樹林帯が形成されていることが良くある。自然に形成されている場合もあるが、水害防備林としての機能を持たせている場合も多い。水害防備林の機能を持っている樹林帯を伐採する場合にはその機能が失われたときにかえって氾濫時に危険にならないか十分に判断する必要がある。場合によっては、樹林帯を再構築することも考えてよい。

環境重要ポイント

アドバイザーの任務として、環境上の要所を見極め、そこを重要ポイントとして設定することがきわめて重要である。重要ポイントに対しては、専門家を参加させ重点的に時間や資金を投資する。そうすることによって、たとえ激甚災害であろうとも質の高い改修を行うことができる。

④ 景観上重要な場所があるか？あった場合はそれを保全する必要があるか？その場合景観の専門家が参加し景観設計する必要があるか？(景観重要ポイント：要重点設計)

景観重要ポイントとは、歴史・文化・風景の観点から河川改修を進める上で、景観等の専門化が参加するほど重要な場所のことである。名所、史跡、祭事が行われる場所などが該当する。

⑤ 生物の重要な生息、繁殖場はあるか。ある場合は保全するための手立ては、別途、専門家が参加した重点設計を行う必要はあるか(生物重要ポイント)

生物重要ポイントとは、生物の繁殖や生息にとって重要な場所のことで、溪流部では大きな淵、溪流魚の産卵場、湿地、河畔林などがあげられる。現場で見ただけでは解らないことが多いので、生物の専門家や漁業関係者へのヒアリングが重要な情報となる。

空間形状

平面形は川なり改修を基本とし、直線は用いないことを原則とする。

- ⑥ 溪畔林を伐採する計画となっていないか
- ⑦ 川幅をなるべく確保する計画になっているか？
- ⑧ 河道の中に形成されたステップアンドプールを活かす計画となっているか？
- ⑨ 被災形態は川幅が広がろうとした結果か？どれぐらいの川幅になると侵食がとまっているか？その幅まで広げられないか？
- ⑩ 大きな淵、瀬などは保全されるか？保全するための手立ては？
- ⑪ 大きな岩を過度に取り除く計画となっていないか？
- ⑫ 人が利用するところは、川に下りやすい構造になっているか？

縦断形

- ⑬ 落差工をなるべく入れない計画になっているか？
- ⑭ 河道内に形成されたステップを落差工がわりに活用するよう努力がなされているか？

平面形

- ⑮ 河道の屈曲は現状では何で決まっているか？河道線形を変える必要があるか？
- ⑯ 水衝部を固定している岩盤や巨石を撤去する計画となっていないか？
- ⑰ 山付部を山から離す計画となっていないか
- ⑱ 直線が多用されていないか

横断形

- ⑲ 河床を平らに計画する計画となっていないか？
- ⑳ 断面形状が一律となっていないか？

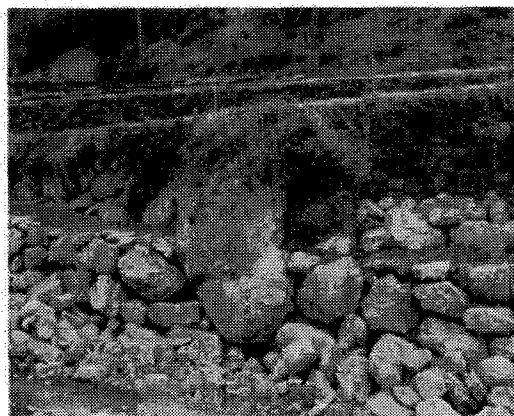
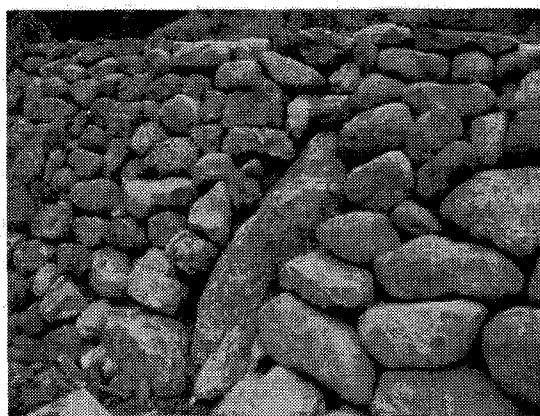
構造物

構造物に関しては、不必要なものをなるべく作らないことが基本である。現場の状況から見てたとえ溪流部であっても水裏部で護岸が不要なところもあるので、その様な目で現場を見ることが重要である。それからデザイン面に配慮してあるかどうか重要なポイントであるが、護岸は強度の問題もあり、石が利用できれば現場うちの植石コンクリートは無難な手法である。また、護岸天端の処理は重要で、コンクリートがむき出さないように1-2cm護岸天端よりさげて、土がたまるような工夫が必要である。

- 21 不必要な護岸を設計することになっていないか？
- 22 護岸の天端が目立つデザインになっていないか

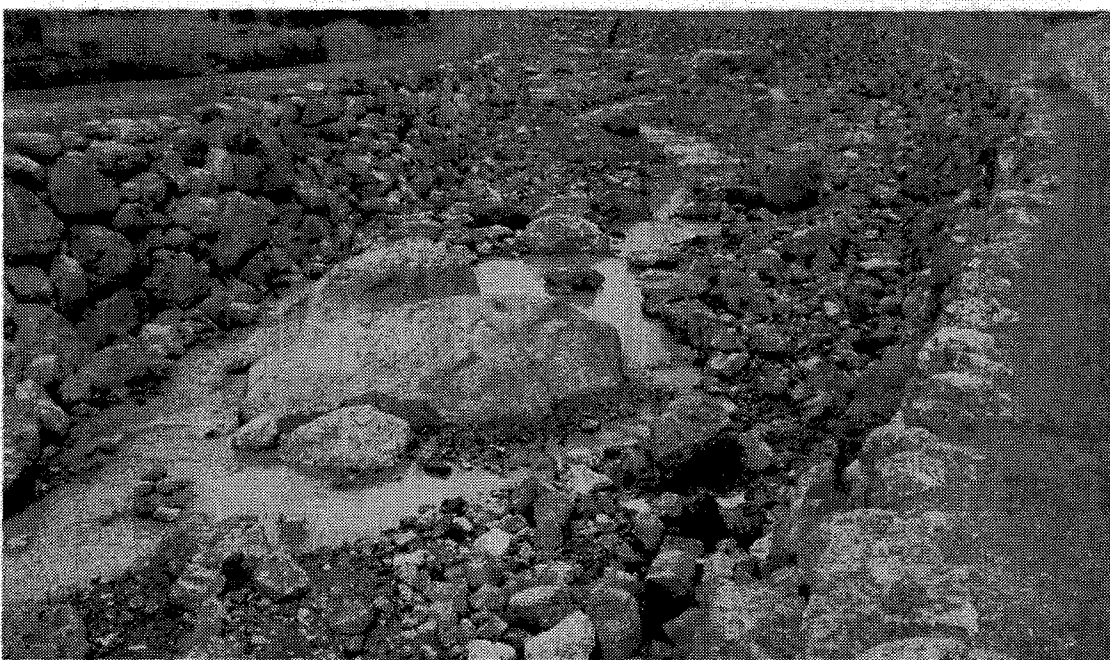
23 護岸のデザインは適切になされているか？

以下に平成 17 年度にアドバイスした五ヶ瀬川水系山附川の例を示す。

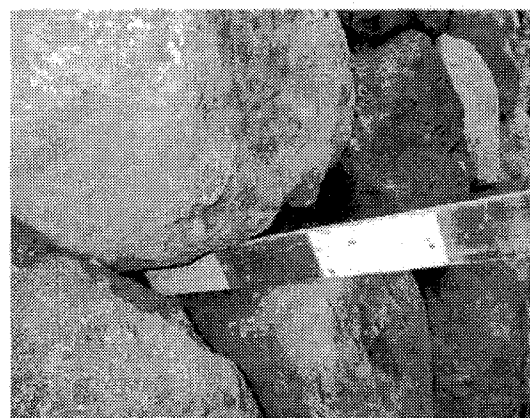
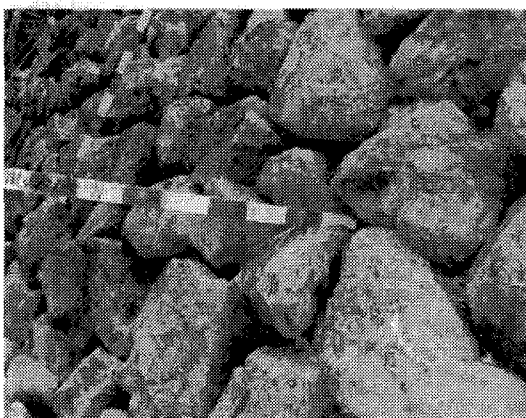


図一1 巨石を巻き込む

巨石を利用して護岸の安定を図る。(必要に応じて根巻き等で補強する。)



図一2 巨石を河道内に残す



図一3 深目地施工と石の使い分け

護岸の正面からコンクリートが見えないよう深目地で施工し 植物の植生し易い環境としている。空積護岸に見えるよう施工し 周辺環境になじませる。石の大小を使い分けてある。



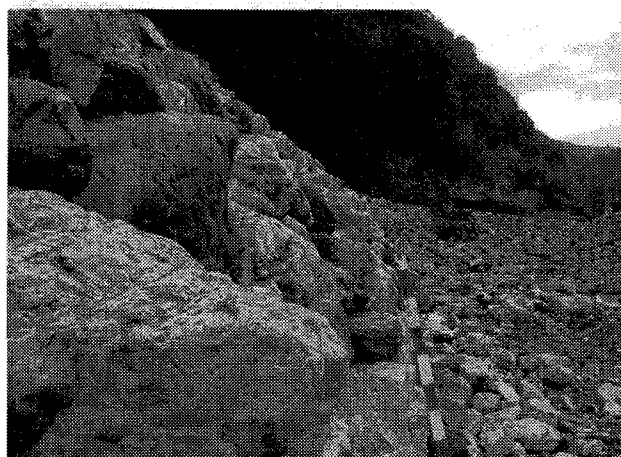
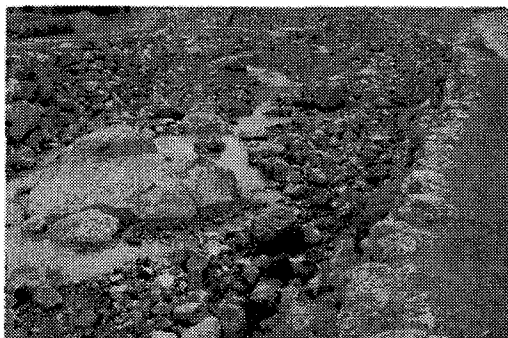
図一4 巨石の利用

巨石による自然の落差工が出来ている箇所は 極力残し 利用する。自然になじませるため 巨石を利用した 落差を再生する。



図一5 川なりの改修を行う

一定計画による改修をさけ 川なりの改修をおこなう。河川が広がろうとしているので 極力川幅を大きくする。平面線形を整えず 自然景観に配慮する。



図一6 曲線的施工

護岸法線（天端法線）を直線的にせず 柔らかみの感じられる曲線的施工をおこなう。護岸の法勾配を一定とせず 変化をもたせ 自然にマッチさせる。

沖積地

治水

沖積地においては扇状地と自然堤防地帯では河川の性格が異なることを頭に入れておく必要がある。扇状地の河川は河岸が砂礫でできており、側岸侵食がおきやすく、川幅も広く、水深も小さくなり、砂州は複列となるのが本来の川の性格である。したがって、扇状地河川の治水の要点は流路固定にあった。流路を固定するときに川幅を狭くしすぎると河床が上昇して天井川が形成されるため扇状地の河川処理では川幅を広く取られることが多いため、現状でも流下能力以上に川幅を広いところがみられる。したがって、現状で流下能力に比べて川幅が広い場合は上流からの土砂供給の状況を見極め、川幅を狭めない工夫が必要である。現場を見ただけでは解らないときには、別途、河床変動計算などの詳細検討が必要である。

自然堤防地帯になると、基本的に氾濫原であり農耕地では氾濫のさせ方をなるべく農地にダメージが少なくなるように工夫してあるところが少なくない。たとえば水害防備林や霞堤などが見られることもしばしばあるので、見落とさないように注意する必要がある。現状の治水システムをよく理解し、今回の改修でどこを変更しようとしているかを頭に入れる。現状よりも危険になるところが無いのかをチェックする。

沖積地は環境上は砂州の形成に伴う瀬や淵が形成され、また旧滞筋の後としてのワンドが形成される。これらの微地形が環境上重要なので、改修によって何がかわるのかを判断する。また、湿地的な環境や湧き水、支川との連続性が重要になるのでこれらの環境が現れた場合には、その成因を把握し保全に努める。

① 築堤となっている区間は水位を下げて掘り込みに出来ないか？

沖積地になると堤防を有する築堤河川となる場合も見られる。しかし、堤防河川と掘り込み河川を比べると掘り込み河川のほうが河川処理の観点からは処理が用意であるので、可能であれば掘り込み河川となるようにしたほうが良い。

② 被災形態は上下流の土砂バランスが壊れた結果か？そうであれば、それを防ぐ手立ては？

③ 氾濫形態は下流から水が入る背水型か直撃型か？その形態が変わったことによりかえって危険になっていないか？

特に自然堤防地帯において、過去の治水方式は、上流から水が入ることを嫌い、同じ氾濫する場合にでも下流から水が入る方式をとっていることが多い。そのため現在でも氾濫時には下流から氾濫するようになっているところがしばしば見られる。上流からの氾濫と下流からの氾濫では水のエネルギーが大きく異なるからである。改修によって超過洪水等が生じた場合、氾濫の仕方が変わり、直撃型の洪水になり、かえって危険になる場合もあるので、超過洪水時の氾濫の状況までも十分に考える必要がある。

- ④ 河畔沿いの樹林帯は水害防備林の機能を持っていないか？それを伐採した場合に現状より危険にならないか？

現在においても、河川沿いに樹林帯を持っている河川は多い。このような樹林帯は水害防備林として意図的に植えられているものもある。そして、それらの樹木群は氾濫時の流速の低減、土砂の抑制などに大きな効果をもたらす。したがって、改修によって、それらを伐採する場合には十分に注意が必要である。北川の激特事業では水害防備林を伐採したときには、その代替として樹林帯を植栽することを計画に入れた。

- ⑤ 輪中堤をつくるときに、樹林帯を除去しかえって洪水が直撃するような構造になっていないか？

2006年の鹿児島県の1級河川・川内川の激特事業では、輪中堤方式による治水対策が実施された。今後は輪中堤が作られる場面も増えてくると考えられるためその考え方を簡単に説明する。輪中とは堤防で、ある区域を取り囲み、その区域のみを洪水から防ぐ手法である。全国で輪中は見られるが、濃尾平野の輪中堤が有名である。濃尾平野の輪中は当初は、下流側が開放された尻抜け堤と呼ばれる不完全な輪中堤であった。これは、内水を排除するためには尻抜け堤のほうが都合がよいからである。開放部は当然、洪水にしばしばあうため土地は利用されていないのであるが、人口が増えてくると土地利用の高度化を図らなければならず、尻抜けて堤防は締め切れ輪中堤となったのである。したがって輪中堤を作るときにまず注意しなければならないのは内水の処理である。輪中堤内の面積が広くなると内水の問題が出てくる。また輪中堤の中に小河川を取り込むと内水処理が大変になるので、あらかじめ小河川を輪中の外に出すような工夫が必要である。また、これまで堤防が無かったところに輪中堤を築堤する場合、破堤時のダメージポテンシャルが上がるので十分に配慮が必要である。特に、以前は樹林帯があって洪水時にも樹林帯により洪水が人家に直撃しないような構造になっている場合、樹林帯を伐採して輪中堤が作るとかえって危険が増す場合もあるので、堤防の高さ、水位の設定、樹林帯の再整備など、十分な注意が必要である。

粗度

基本的な考え方は、溪流部に同じ。

- ⑥ 過度に流速をあげる計画になっていないか？なるべく改修前の流速以上にならないことが望ましい。
- ⑦ 粗度の設定が小さすぎないか

環境重要ポイント

- ⑧ 景観上重要な場所があるか？あった場合はそれを保全する必要があるか？その場合景観の専門家が参加し景観設計する必要があるか？（景観重要ポイント：要重点設計）

- ⑨ 生物の重要な生息、繁殖場はあるか。ある場合は保全するための手立ては、別途、専門家が参加した重点設計を行う必要はあるか（生物重要ポイント）

空間形状

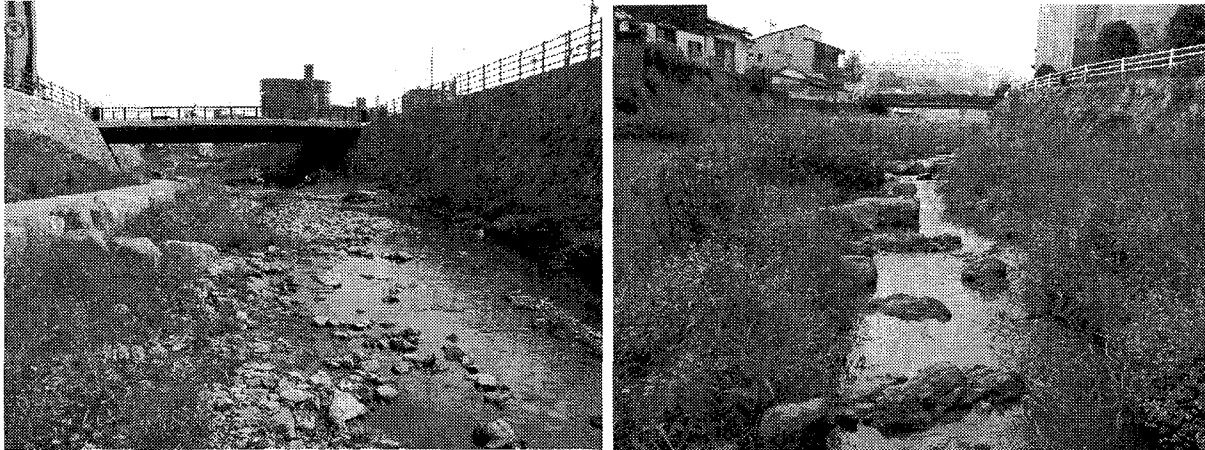


写真 同じ河川であるが川の中の大きな石を取り除く場合（左）と取り除かない場合（右）では、水深および流速の多様性が大きく異なり右の写真の区間の魚の種類が多い

- ⑩ 河畔林を伐採する計画となっていないか
- ⑪ 用地が確保できるところはなるべく川幅を広く取っているか？
- ⑫ 水衝部を固定している岩盤や巨石を撤去する計画になっていないか？
- ⑬ 被災形態は川幅が広がろうとした結果か？どれぐらいの川幅になると侵食がとまっているか？その幅まで広げられないか？
- ⑭ 河床の石を取り除く計画になっていないか？
- 中流部においては特に河床の石を取り除くことは河床形状の単調化につながるので好ましくない。大きな石の回りでは、流速の変化、河床材料の分級（粒径別に材料が分かれること、すなわち砂の河床のところができたり泥のところが出来たり礫のところができたりすること）が起こり環境は多様化する。
- ⑮ 支流との連続性は図られたか
- 中流部は氾濫原地帯であり、周辺の水域とのつながりが生物の生息にとっては重要である。支流や水路との連続性は積極的に図りたい。
- ⑯ 少なくとも河岸沿いには植物が生育できる空間が確保されたか？
- ⑰ 水際の入り組みは確保されたか
- ⑱ 直線的で平板な空間構造になっていないか？
- ⑲ 人が利用するところは、川に下りやすい構造になっているか？

現在の河川改修では河川に下りることが出来る構造になっていない場合が多い。100mに一箇所は最低、両岸に川にアクセスできる階段や板路を設けるべきである。

平面形

- ⑳ 河道の屈曲は現状では何で決まっているか？河道線形を変える必要があるか？
- ㉑ 山付部を山から離す計画になっていないか

横断形

- ㉒ 断面形状が一律になっていないか？台形を組み合わせたような形状になっていないか？
- ㉓ 河床を平らに計画する計画になっていないか？
河川にはもともと滞筋がある。
- ㉔ 川幅縮小短時間で起こる場合、過度の低水路の拡幅を行っていないか？

縦断形

- ㉕ 落差工をなるべく入れない計画になっているか？
- ㉖ 落差工はなるべく自然の岩組みの形状を基本にしているか？



岩手県 宮守川の整備された自然風の落差工

構造物

- 27 不必要な護岸を設計することになっていないか？
- 28 大きな淵、瀬などは保全されるか？保全するための手立ては？
- 29 固定堰の改廃にあたっては、拡幅、一部可動、可動などさまざまな案を検討したか？
- 30 堰がある場合、生物の移動が確保されているか？
- 31 護岸の天端が目立つデザインになっていないか
- 32 護岸のデザインは適切になされているか？
- 33 固定堰を作る場合、デザインに十分配慮したか？
- 34 魚道のデザインは適切か
- 35 堤外水路のデザインはきっちりとなされたか？

河口域

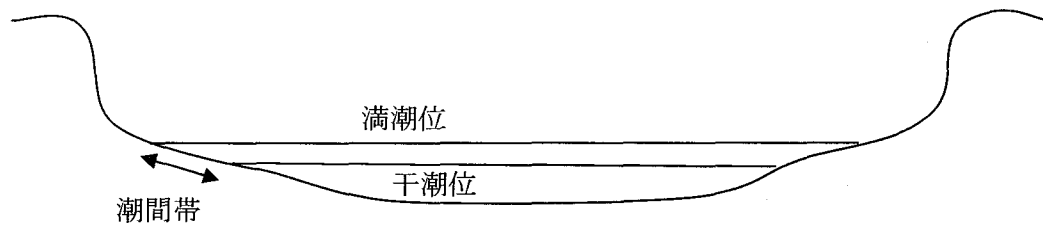
河口は海の影響を受けるため、その影響を見極めることが重要である。河床掘削をおこなうと潮が上流まで遡上し、生物にとって重要な塩水と淡水が交じり合う直前の瀬がなくなってしまう場合がある。

また、河岸域にヨシ原が生育するのが一般的であるが、河床を平らにすると水際域の潮間帯が失われ、生物に大きな影響を及ぼす。

また、河口域の生物多様性が高いところを見ると、河岸法線の折れ曲がり点、支川の流入部、大きな岩などの突起物があるところなど地形の変曲点であることが多く、そのような場所に着目する必要がある。

- ① 下流端水位の設定は適切か？
- ② 河口閉塞の処理の考え方は適切か？
- ③ 河床掘削よりも川幅拡大を優先させたか？
- ④ 干潟の保全はなされたか？
- ⑤ 河岸域には少なくとも潮間帯が保全されたか？

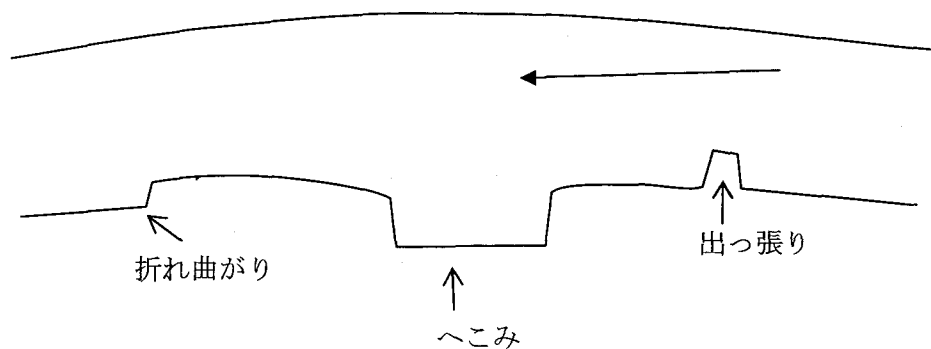
④、⑤はともに関連し、河口域では特に重要なポイントである。特に図に示すように、満潮時と干潮時の水位の間（潮間帯）の高さは重要であり、この高さの部分に緩やかな斜面を確保することを原則とする。潮間帯を一度なくすと、簡単に元に戻らないので注意を要する。



⑥ 河岸域の入り組がなくなっていないか？

これは、平面的な入り組みのことである。河口域では図のような、出っ張り、へこみ、折れ曲がりのような河岸域の入り組みによって、底質の分級、流れの多様化が起こり生物は多様になる。現況で図のような場所があった場合、極力その仕組みを改修後も保持するように留意する必要がある。

⑦ 塩生植物の分布は河道形態のどのような特性に依存しているか。改修によりその場の特徴は守られるか？





滞筋が折れ曲がったところにはヨシのほかにシバナなど他の塩生植物が見える。

- ⑧ 河畔林は保全されたか？
- ⑨ 用地が確保できるところはなるべく川幅を広く取っているか？
- ⑩ 不必要な護岸を設計することになっていないか？
- ⑪ 景観上重要な場所があるか？あった場合はそれを保全する必要があるか？その場合景観の専門家が参加し景観設計する必要があるか？（景観重要ポイント：要重点設計）
- ⑫ 生物の重要な生息、繁殖場はあるか。ある場合は保全するための手立ては、別途、専門家が参加した重点設計を行う必要はあるか（生物重要ポイント）
- ⑬ 河畔沿いの樹林帯は水害防備林の機能を持っていないか？それを伐採した場合に現状より危険にならないか？
- ⑭ 氾濫形態は下流から水が入る背水型か直撃型か？その形態が変わったことによりかえって危険になっていないか？
- ⑮ 断面形状が一律になっていないか？
- ⑯ 護岸の天端が目立つデザインになっていないか
- ⑰ 護岸のデザインは適切になされているか？
- ⑱ 固定堰を作る場合、デザインに十分配慮したか？
- ⑲ 魚道のデザインは適切が

⑳ 河床を平らに計画する計画になっていないか？

21 支流との連続性は図られたか

22 人が利用するところは、川に下りやすい構造になっているか？

河口域の場合、潮位変動に対する配慮が重要である。満潮のときと干潮のときその中間の潮位の時にそれぞれどのような状況になるのかを十分に配慮しておく必要がある。