

## 第 2 章 河 道 計 画

# 目 次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 総 論                                 | 1  |
| 第 1 章 あるべき姿                         | 2  |
| 1.1 河道の変遷                           | 2  |
| 1.2 淡海の川づくりのめざすべき姿                  | 3  |
| 第 2 章 現況把握の方法                       | 4  |
| 第 3 章 河道計画検討                        | 10 |
| 3.1 河道計画検討                          | 10 |
| 3.1.1 河道の平面形、縦横断形の設定                | 10 |
| 3.1.2 河道計画に用いる諸条件                   | 11 |
| 3.2 低水路横断形の設定方法                     | 13 |
| 3.2.1 非背水区間の低水路形状設定の考え方             | 13 |
| (1) 自然の営力で砂州が形成される条件                | 13 |
| (2) 植物の侵入を防ぐ程度に攪乱される条件              | 14 |
| (3) 低水路横断形状の設定手順                    | 17 |
| (4) 横断形状の設定フロー(非背水区間)と工夫例           | 20 |
| 3.3 背水区間(琵琶湖水位の影響がある区間)の低水路形状設定の考え方 | 23 |
| (1) 琵琶湖への土砂供給が確保される条件               | 23 |
| (2) 琵琶湖への土砂供給が維持される条件               | 27 |
| (3) 低水路横断形状の設定手順                    | 28 |
| (4) 横断形状の設定フロー(背水区間)と工夫例            | 29 |
| (5) 横断形状を修正する際の留意点                  | 30 |
| (6) ヨシ帯の特性を活かした低水路横断形状の再設定方法        | 30 |
| 第 4 章 評価指標と総合評価方法                   | 41 |
| 4.1 評価指標                            | 41 |
| (1) 評価項目及び評価指標                      | 41 |
| 4.2 総合評価方法                          | 42 |
| (1) 評価の方法                           | 42 |
| (2) 評価結果                            | 43 |
| 第 5 章 モデル河川への適用                     | 47 |
| 5.1 A川における適用                        | 47 |
| (1) 非背水区間の河道形状の検討                   | 47 |
| (2) 背水区間における検討                      | 51 |
| (3) 総合評価                            | 54 |
| (4) 現況断面での植生分布状況と水位、流量と植生分布の関係      | 57 |
| 用語の解説                               | 60 |
| 参考文献                                | 62 |
| 参考資料                                | 63 |

これまで、多自然川づくりや河川の自然再生の方向性は明確化してきたものの、滋賀県で見られるような中小河川において、それらを具体化するための河道計画・設計手法やその事業効果の評価方法は体系化されていません。そのため、川づくりが現場技術者の主観的な判断に委ねられ場合も見受けられ、適切に河川整備計画の内容を実践することが困難な状況にありました。

本手引きは、今後、滋賀県において川づくりを実践していくための基本的な考え方・方向性を記載したもので、以下の項目により構成されています。

1) あるべき姿

滋賀県の河道の変遷(川と人との関わりの中で築かれてきた2次の自然の状況)を踏まえ、淡海の川づくりのめざすべき姿(目標)を示しています。

2) 現況把握の方法

河道計画・設計を行う上で必要となる河川の状況及び物理的特性、河川環境等の現況把握を行い河道特性整理表としてとりまとめます。

3) 河道計画検討

目標を踏まえた河道計画を行う際に、琵琶湖の非背水区間、背水区間での具体的な河道計画・設計の実施手順を示しています。

4) 評価指標と総合評価方法

河道計画・設計段階において評価を実施するための評価指標とそれらの評価指標を用いた総合評価方法について示しています。

5) モデル河川への適用

3)の実施手順に従って、モデル河川で河道計画を検討した例について示しています。また、そのモデル河川において4)の総合評価方法を実施した例について示しています。

本手引きのねらい、適用範囲

本書に記載している計画および評価の手法は、滋賀県内の河川に適用することを念頭におきながら、全国の事例や既往研究の成果等を踏まえて、とりまとめたものです。

しかしながら、この中に示されている判断基準となる各数値は、滋賀県の河道データに基づいて設定・キャリブレーションされたものとはなっておりません。すなわち、本手引きで示す手法を用いて河道の計画や評価を行なったとしても、想定通りの結果にならない場合もあると考えられます。

したがって、今後、平常時の水位・流量や、施工前後での河道内の物理特性、動植物の分布の応答を十分モニタリングをして、その結果を順応的にフィードバックしつつ、事業過程においても、設計や評価の方法を逐次改善することが必要です。

さらに、各河川でのモニタリング結果を蓄積して、手引き書自体の内容も逐次見直す予定です。

# 第 1 章 あるべき姿

## 1.1 河道の変遷

昭和 30 年～40 年代、滋賀県下に流れる川の多くは、周辺地盤に対して河床高が高く、堤外は砂礫河原が広がり、水際は多様で流れには瀬・淵が見られた。これは、川と人との関わりの中で連綿と築かれてきた 2 次的自然(里川的自然)であり、この中で琵琶湖の集水域特有の生物相と生活文化が育まれてきた。

しかしながら、近年、急速に進む流域開発やそれに伴う水資源開発や河川改修、治山事業の進展等により、各河川の流況や土砂動態が変わり、河川環境が大きく変化してきた。

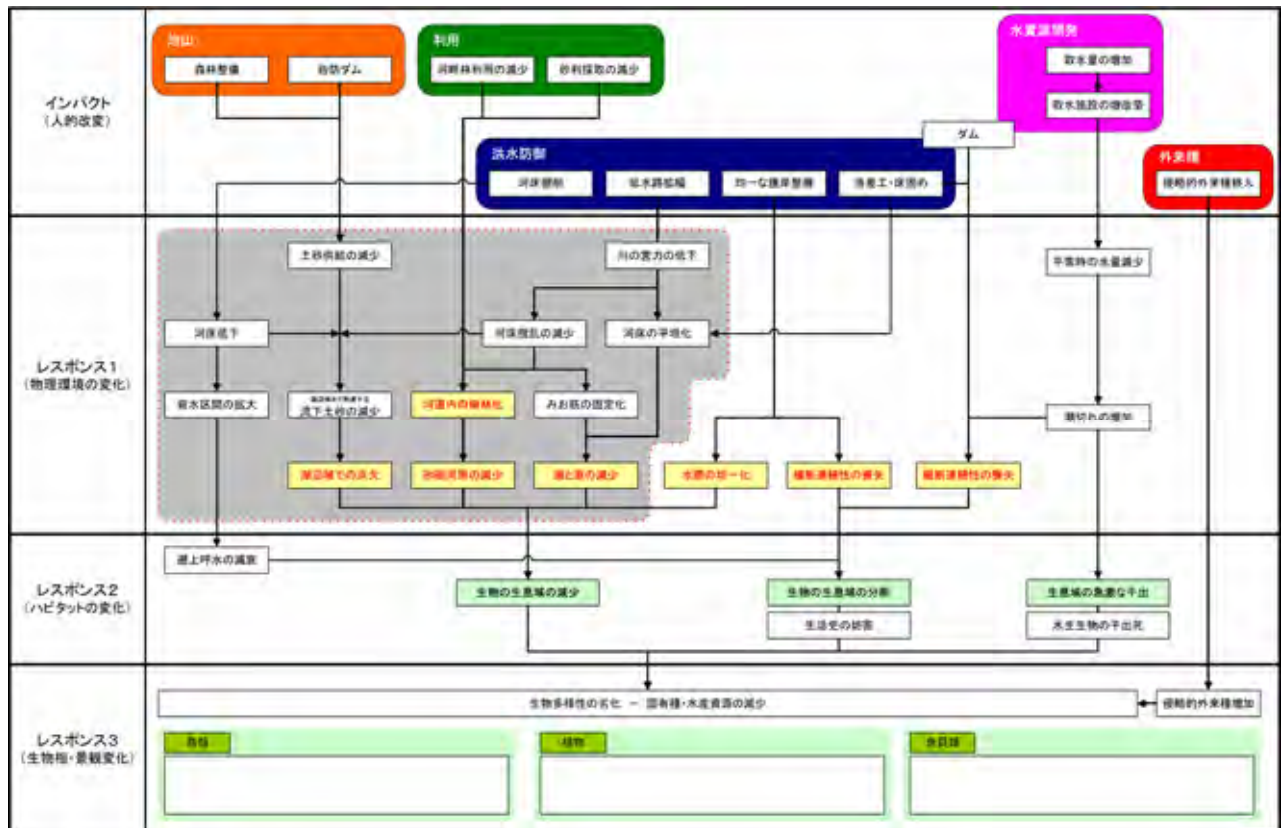


図 1 琵琶湖流入河川のインパクト - レスポンス関係の整理

特に、これまでの河川整備は、社会的ニーズに応えようと治水安全度を向上させ、洪水災害の頻度を減少させた一方で、河道内の物理環境を直接的に改変し、川に関わる生物相の劣化を招く一因となっていることが認識されるようになった。

河道の掘削や拡幅は、流況の変化や土砂供給量の減少とあいまって、川の営力を低下させ、砂礫河原や瀬と淵を減少させた。河床掘削によって河口部での堆積傾向が強まり、琵琶湖への土砂供給量が減少していることも指摘されている。さらに、琵琶湖の水位管理(冬期の高い水位管理)との相乗効果もあって、湖辺域の浜欠けの一因となると考えるに至っている。また均一な護岸整備は、多様な水際を減少させ、河岸から緩やかな水陸移行帯を奪わざるを得なかった。その結果として、2 次的自然状態の河川環境にハビタットを持つ生物相の劣化が進行した。

さらに、経済的な発展の中で人々のライフスタイルが変化し、このような河川環境の変化とともに、川と深い関わりをもつ生活文化や人々の川への関心は急速に失われてきた。

## 1.2 淡海の川づくりのめざすべき姿

このような状況を踏まえ、今後、淡海の川づくりの一端を担う河川管理者は、以下を目標とすることとする。

**“流域の特性に応じた適切な治水安全度を確保すること”**とあわせて、  
**“かつて2次的自然状態の河川環境が有していた機能を保全・再生”**する。

具体的には、“計画高水流量をより安全に流下させる河積”をもち、かつ、“自然の営力により、それぞれの川が本来有すべき河原、瀬・淵、多様な水際などの川相が形成・維持される河道”を実現できる河道計画を立案するよう努めなければならない。

近年では、河川環境の再生技術の進展に伴い、十分ではないもののある程度の知見が蓄積されつつある。また、直轄管理河川では、綿密な調査や検討を経て河川改修が実施されているが、予算規模が限られている県管理の中小河川では同レベルの検討はできない状況にある。しかし、人々の生活の身近にあって、人為的行為の影響を敏感に受けてきた中小河川においてこそ、再生が強く望まれているという現実もある。

そこで本手引きでは、これまで蓄積された河川環境の再生ための知見を最大限活用することに念頭に、中小河川における治水・河川環境の区別のない具体的な河道計画の手法を述べていく。

## 第 2 章 現況把握の方法

河川の状況及び物理的特性、河川環境、親水・空間利用状況、周辺環境などについて資料収集を行い、現況特性の把握を行う。収集した資料は、以下に示す河道特性整理表(様式-1 から様式-3)として整理し、これらをもとに河川整備計画における環境配慮次項についてとりまとめる。

上記の資料については最新の情報の他、河道の経年変化及び動植物の生息・生育状況については可能な限り経年変化等の情報についても収集する。

河道特性整理表

川水系

対象地区 滋賀 都道府県

市区町村

【現状】

|              |                                |                              |                   |          |                     |       |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|----------|---------------------|-------|
| 河川の状況及び物理的特性 | 河川状況                           | 流域面積                         | km <sup>2</sup>   | 河床勾配     | 1/                  |       |
|              |                                | 平面形状                         | 湾曲 20 ≦ 20 ≧      |          | 河床変動 上昇傾向・低下傾向・変化無し |       |
|              | 河道形状                           | 掘込・山付・有堤・無堤 複断面・単断面          |                   |          |                     |       |
|              |                                | 河道幅                          | m                 | 高水敷幅     | m ~ m               | 水面幅 m |
|              | セグメント                          | セグメントM                       | セグメント1            | セグメント2-1 | セグメント2-2            |       |
|              | 河床材料                           | シルト・砂・砂礫・礫・岩 代表粒径: mm        |                   |          |                     |       |
|              | 川幅水深比                          | B/H>20 ・ B/H<20              |                   |          |                     |       |
|              | 無次元掃流力                         | `>0.06 ・ `<0.06              |                   |          |                     |       |
|              | 砂州・河原                          | 有: 中州・寄州・砂礫地 ・ 無             |                   |          | 崖地                  | 有・無   |
|              | 横断構造物                          | 有: ダム・取水堰・落差工・床止め・その他( ) ・ 無 |                   |          |                     |       |
| 合流部          | 有: 支川・用排水路・水門・樋門・樋管・その他( ) ・ 無 |                              |                   |          |                     |       |
| 被災履歴         | 有: ・ 無                         |                              |                   |          |                     |       |
| 人的改变         | 有: ・ 無                         |                              |                   |          |                     |       |
| 流況           | 平均年最大流量:                       |                              | m <sup>3</sup> /s |          |                     |       |
|              | 1/10 濁水流量:                     |                              | m <sup>3</sup> /s |          |                     |       |

|      |          |                     |  |  |  |  |
|------|----------|---------------------|--|--|--|--|
| 河川環境 | 環境情報図    | 有(作成年度: 作成区間: ) ・ 無 |  |  |  |  |
|      | 河畔林      | 有: 左岸 m 右岸 m 無      |  |  |  |  |
|      | 貴重種・固有種  | 植物                  |  |  |  |  |
|      |          | ほ乳類                 |  |  |  |  |
|      |          | 鳥類                  |  |  |  |  |
|      |          | 両生類・は虫類             |  |  |  |  |
|      |          | 底生動物                |  |  |  |  |
| 魚類   | 産卵場: 有・無 |                     |  |  |  |  |
| 昆虫類  |          |                     |  |  |  |  |

|               |         |                 |  |  |  |
|---------------|---------|-----------------|--|--|--|
| 親水・空間利用       | 市民運動    | 有: 団体名( ) 無     |  |  |  |
|               | 利用空間    | 有: 左岸 m 右岸 m 無  |  |  |  |
|               | 堤防利用    | 有: 多い・少ない 無 用途: |  |  |  |
|               | 高水敷利用   | 有: 多い・少ない 無 用途: |  |  |  |
|               | 水辺利用    | 有: 多い・少ない 無 用途: |  |  |  |
| 配慮すべき歴史・文化・風土 | 有:( ) 無 |                 |  |  |  |

|      |            |                            |  |  |  |
|------|------------|----------------------------|--|--|--|
| 周辺環境 | 背後地状況      | 水田・畑・森林・住宅地・工業地・商業地・その他( ) |  |  |  |
|      | 公園指定       | 有: 国立公園・国定公園・都道府県立公園・その他 無 |  |  |  |
|      | 歴史的風土保全地区  | 有:( ) 無                    |  |  |  |
|      | 文化財・天然記念物  | 有:( ) 無                    |  |  |  |
|      | 周辺の注目すべき施設 | 公園・景勝地・学校等の教育施設・病院・その他( )  |  |  |  |

検討対象区間: k ~ k

様式-1

【河川整備計画における環境配慮事項】

|                  |  |
|------------------|--|
| 1) 残すべき<br>河川環境  |  |
| 2) 残すべき<br>景観要素  |  |
| 3) 注意すべき<br>河道環境 | (例: 河床低下傾向が続いているため、土砂をせき止める横断構造物の新設は好ましくない等) |
| 4) その他           | (その他注意、配慮すべき点)                               |

対象地区位置図



事業前河道における代表断面図

計画河道（事業後河道）における代表断面図

多自然工法の工種



川の検討対象区間の現況  
( 検討対象区間の空中写真、現地写真を用いて検討区間周辺の現況図を作成 )

川の検討対象区間の現況  
(対象河川の流下能力縦断面図、河床高(平均・最深)の経年変化、滞筋の経年変化等)



### 第 3 章 河道計画検討

河道計画については、「中小河川計画の手引き（案）～洪水防御計画を中心として～」(中小河川計画検討会) および本手引きによるものとする。

なお、本手引きでは、「中小河川計画の手引き（案）～洪水防御計画を中心として～」(中小河川計画検討会) の「5.5.4 横断計画」に関して、具体的な記載をしている。

#### 3.1.1 河道の平面形、縦横断形の設定

目指すべき川づくりを具体化する河道計画では、平常時に水が流れている低水路の形状に着目し、低水路内の川の営力をできるだけ保つように工夫する必要がある。また、ショートカット等による縦断勾配の変更は、川の営力を大きく変えてしまい、河川環境が全く異なるものになってしまう恐れがあることから、今後、新たに河道計画検討する場合には、低水路の大きな改変はできるだけ避けることが望ましい。

したがって、今後の河道計画では、図 2.2.1 に示す平面形状および縦断勾配は現況（一次改修が終了している河川については改修以前）の形状をできるだけ尊重して設定した上で、横断形状を検討することとなる。さらに横断形状の検討では、まず低水路形状を定めた上で全体の河積確保を考えるという流れになる。

後述（4.計画・設計手順および総合評価手法）では、図 2.2.2 の「河道の平面形、縦横断形の設定フロー」のうち、横断形状の設定方法について、具体的に述べていく。

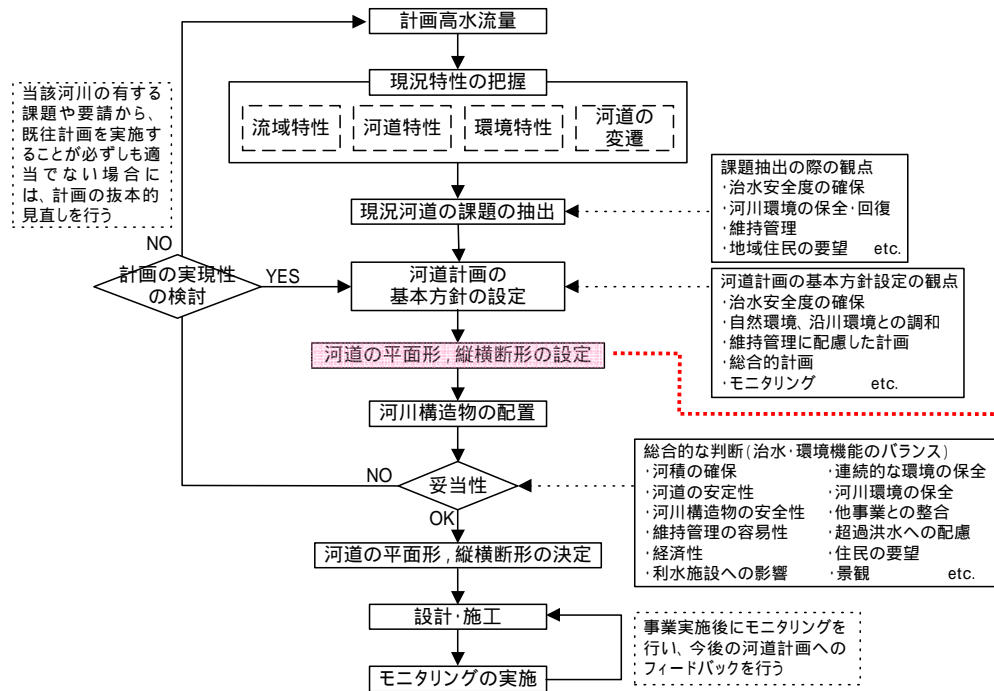


図 2.2.1 河道計画の策定フロー

(出典：中小河川計画の手引き ～洪水防御計画を中心として～)

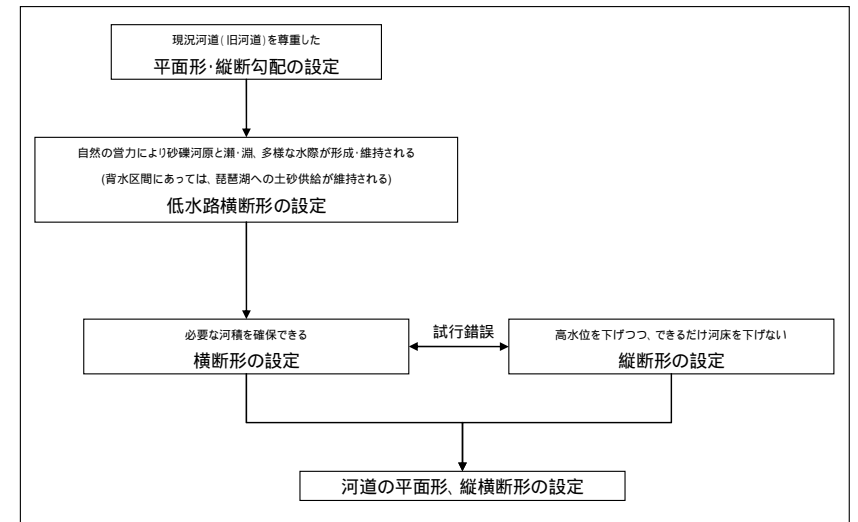


図 2.2.2 河道の平面形、縦横断形の設定フロー

### 3.1.2 河道計画に用いる諸条件

河道計画に用いる諸条件は、「中小河川計画の手引き(案)～洪水防御計画を中心として～」(中小河川計画検討会)にも記載があるが、滋賀県内の河川の河道計画を行う場合に必要となる諸条件を明示しておく。

#### 1. 琵琶湖流入河川の河口水位

琵琶湖流入河川の河口水位は、原則として、琵琶湖の基準水位+0.4m(TP+84.771m, OP+86.041m)とする。

#### 2. 粗度係数

粗度係数の設定は、「中小河川計画の手引き(案)～洪水防御計画を中心として～」(中小河川計画検討会) p118～により、行う。

なお、粗度係数を設定するためのデータ等が十分に存在しない場合は、原則として、次の値を用いてもよい。

| 河道の状況       | 粗度係数  |
|-------------|-------|
| 護岸を施工する完成河道 | 0.03  |
| 暫定素堀河道      | 0.035 |
| 三面ライニング河道   | 0.025 |

〔合成粗度係数の設定方法〕

「中小河川計画の手引(案)平成 11 年 9 月中小河川計画検討会 P120 から抜粋」

単断面の場合

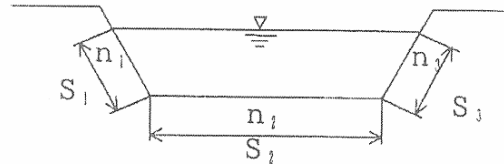
中小河川では川幅水深比が小さく、側壁の影響を無視できないことから、断面を河床部と護岸部（法面）に分けて粗度係数を設定し、下記の算出式にて合成粗度係数を算出する。

$$n = \left( \frac{\sum (n_i^{3/2} \cdot s_i)}{S} \right)^{2/3}$$

$$S = \sum s_i$$

$n_i$  : 各部位の粗度係数

$s_i$  : " 潤辺



各部位の粗度係数および潤辺のとり方（単断面）

複断面の場合

低水路、高水敷、護岸部に分けて粗度係数を設定し、下記の算出式にて合成粗度係数を求める。この式は、分割した各断面間で流れの干渉（せん断力）がなく、それぞれの断面で独立した流れが生じていると仮定して導かれている。

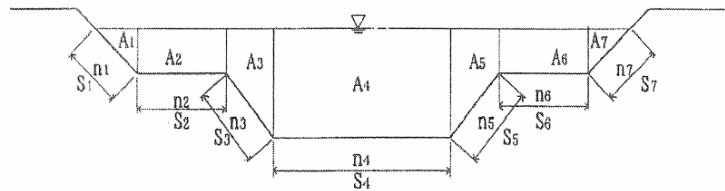
$$n = \frac{A \cdot R^{2/3}}{\sum \left( \frac{A_i \cdot R_i^{2/3}}{n_i} \right)}$$

$$A = \sum A_i$$

$$R = A/s = \sum A_i / \sum s_i$$

A : 全断面積

R : 径深



各部位の粗度係数および潤辺のとり方（複断面）

なお、河床部、護岸部の粗度係数算出方法及び合成粗度係数の算定方法については、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」（社団法人全国防災協会）巻末資料の粗度係数を参照のこと。

### 3.2 低水路横断形の設定方法

低水路横断形の設定は、「琵琶湖の非背水区間」「琵琶湖の背水区間」ごとに下記のとおり、行うこととする。

#### 3.2.1 非背水区間の低水路形状設定の考え方

非背水区間におけるめざすべき姿は“自然の営力により河原と瀬・淵、多様な水際が形成・維持される河道”である。このような環境を維持するためには、

- ・ 自然の営力で砂州が形成される環境(砂州が形成されることで瀬・淵、多様な水際も自然に形成)
- ・ 定期的に砂州が植物の進入を防ぐ程度に攪乱される環境が必要である。

#### (1) 自然の営力で砂州が形成される条件

砂州の形態は、大きく多列砂州、複列砂州、交互砂州に分けることができる。砂州の発生形態は、平均年最大流量時の  $B/H_L$  (低水路内の川幅水深比) で説明できる(表 1 参照)。また、河床材料や勾配などの河道条件から、砂州形態は概括的に表 2 のように整理できる。

表 1  $B/H$  と砂州形態

| 川幅水深比                 | 砂州形態   |
|-----------------------|--|
| $B/H_L < 30$          | 不完全な交互砂州で、砂州が形成されにくい領域である <sup>1)2)3)4)</sup>                        |
| $30 \leq B/H_L < 70$  | 交互砂州が形成されやすい領域である <sup>1)2)3)4)</sup>                                |
| $70 \leq B/H_L < 140$ | 交互砂州あるいは複列砂州が形成されやすい領域である <sup>4)</sup> (* $B/H_L = 100$ : 交互砂州発生限界) |
| $B/H_L \geq 140$      | 多列砂州が形成されやすい領域である <sup>4)</sup>                                      |

表 2 河道条件と砂州形態

| 地形区分  | ← 山間地 → ← 扇状地 →<br>← 谷底平野 →<br>← 自然堤防帯 →<br>← デルタ → |              |                 |              |             |
|-------|---|--------------|-----------------|--------------|-------------|
|       | 河床材料の代表粒径 $d_r$                                     | さまざま         | 2cm以上           | 3cm ~ 1cm    | 1cm ~ 0.3mm |
| 勾配の目安 | さまざま  | 1/60 ~ 1/400 | 1/400 ~ 1/5,000 | 1/5,000 ~ 水平 |             |
| 砂州タイプ | -   | 多列砂州<br>複列砂州 | 複列砂州<br>交互砂州    | 砂州は殆ど見られない   |             |

\* 河床材料の代表粒径は 60% 粒径値

(2) 植物の侵入を防ぐ程度に攪乱される条件

裸地域が維持されるためには、2、3年に1回程度は裸地部分が攪乱される状況である必要がある、という調査結果(文献5,6))から、平均的な河床材料が動く無次元掃流力  $\tau = 0.06$  と設定し、平均年最大流量時  $Q_m$  の無次元掃流力  $\tau$  が  $0.06$  を上回るか否かで評価することができる。

さらに、河床を構成する最大粒径程度まで動く無次元掃流力  $\tau = 0.10$  を上回ると、河原に生育する一年草程度の植生であれば、土砂が動き植生も同時に攪乱されることから、砂州の樹林化の拡大を防ぐことができると考えられる。(文献6,7,8,9))。(ただし、一旦樹林化が進んだ場合は、 $\tau$  が  $0.1$  を上回っている場合での破壊される可能性は少ない。)

したがって、まずは  $\tau$  が  $0.1$  を上回るように低水路形状を設定することが望ましい。

裸地が維持されるためには定期的に無次元掃流力が  $0.06$  以上となる出水が必要。

つき始めた植物を剥離して、裸地に戻すためには、無次元掃流力が  $0.10$  以上となる出水が必要。

植物が細粒土を補足し始めると、高水敷と低水路の高低差が拡大し始め、高水敷の陸地化、樹木化が始まる。

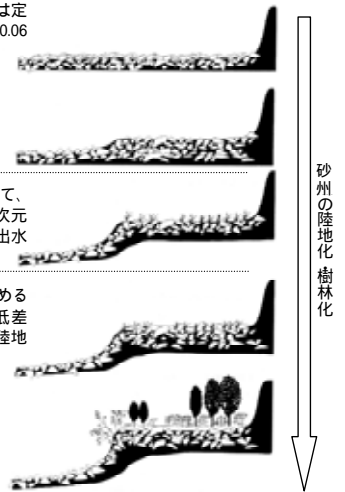


図 2 砂州の陸地化・樹林化の遷移フロー (出典)文献6),7)

- |    |   |
|----|---|
| a) | $\tau < 0.10$ で、土砂が動き、十分な草本群落が発達しない。            |
| b) | $\tau > 0.06$ で、裸地が攪乱され、砂州は維持される。               |
| c) | $\tau < 0.06$ で、砂州を構成する砂礫の移動がなくなり、草地化、樹林化が進行する。 |

メモ 砂州の移動と河岸防御について

無次元掃流力  $\tau$  を大きくすることで、洪水時に土砂が活発に動き、河原が維持される。その際、砂州の移動に伴い水衝部河岸が移動する可能性があるため、河岸防御については、充分留意する必要がある。



メモ 交互砂州の閾値(下限値)の幅について

交互砂州の発生領域の閾値については、理論値、水理実験値からチェックし、実河川での経験的事実とあわせて、閾値を川幅水深比  $B/H_L > 30$  と設定している。

これは、既往研究成果のレビューより、交互砂州の閾値は川幅水深比  $B/H_L$  が 10~30 程度と幅を持った値となっているが、できるだけ確実に砂州を形成するため  $B/H_L$  の閾値を 30 以上とした。

ただし、用地制約条件の厳しい箇所等においては、\*との関係を確認したうえで適切に閾値を低めに見直すことも考えられる。

(1)水理実験値

図-1 は、水路実験結果と実河川を川幅水深比  $B/H_L$ 、水深粒径比  $H_L/d_R$  で整理した結果から得られたものであり<sup>10)</sup>、  
勾配の違いによる影響は小さいとされている。無次元掃流力  $\tau_b^* < 0.6$  の条件下では、砂州の形成限界を  $B/H_L=10$  としている。

(2)理論値

平面二次元浅水流解析と河床変動解析を行い、理論的に砂州の発達が求められ、その発達領域が定められている<sup>11)</sup>。

形成領域区分図の縦軸を無次元掃流力  $\tau_b^*$ 、横軸を川幅水深比の  $B/H_L$  の代わりに  $BI_b^{0.2}/H_L$  をとって図 3 の区分線をまとめている。 $\tau_b^* > 0.1$  ではさらに簡略化でき、砂州非発生領域の閾値は、 $B/H_L < 20 \sim 28$  程度となる。また  $0.06 < \tau_b^* < 0.1$  の範囲では、 $B/H_L$  の閾値が若干小さくなる傾向にある。

- ・河床勾配  $I_b$  が 0.01 では  $B I_b^{0.2}/H_L < 8$        $B/H_L < 28$
- ・河床勾配  $I_b$  が 0.001 では  $B I_b^{0.2}/H_L < 7$        $B/H_L < 20$

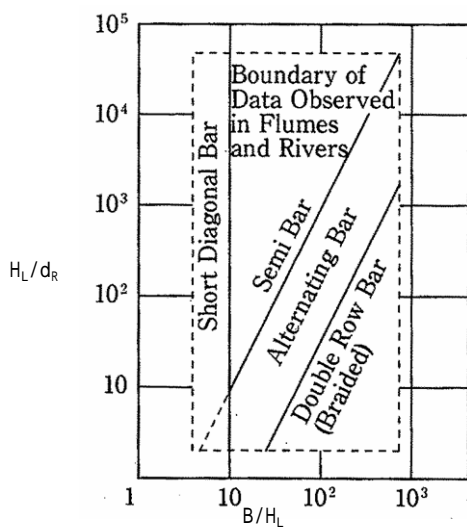


図 3 中規模河床形態の領域区分<sup>10)12)</sup>

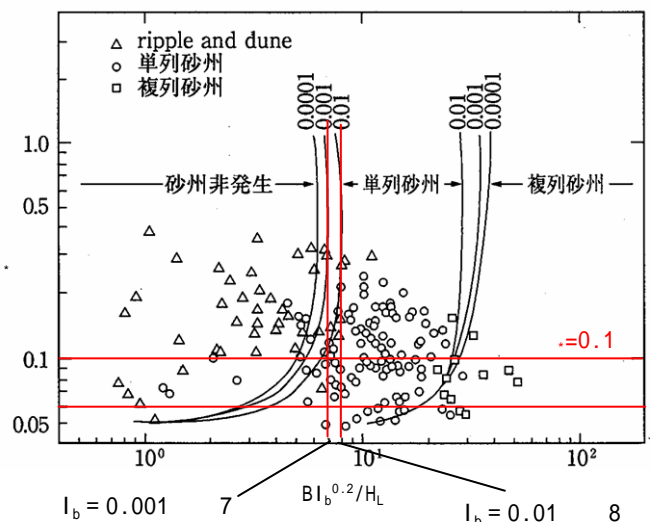


図 4 交互砂州の形成領域区分<sup>11)12)</sup>

- ・複列砂州(網状流路) : Duple Row Bar(Braided stream)
- ・交互砂州 : Alternating Bar
- ・準砂州 : Semi Bar
- ・短対角州(小規模河床形態) : Short Diagonal Bar

(3) 実河川での経験的事実

実河川での平均年最大流量時(ほぼ低水路満杯流量)の水量を使い、中規模河床波での砂州形態を区分している(図5)。これより、川幅水深比  $B/H_L$  が  $20 < B/H_L < 70$  で交互砂州、 $70 < B/H_L < 140$  で交互砂州あるいは複列砂州、 $140 < B/H_L$  で多列砂州が形成される。また交互砂州の発生限界は  $B/H_L = 100$  となる。

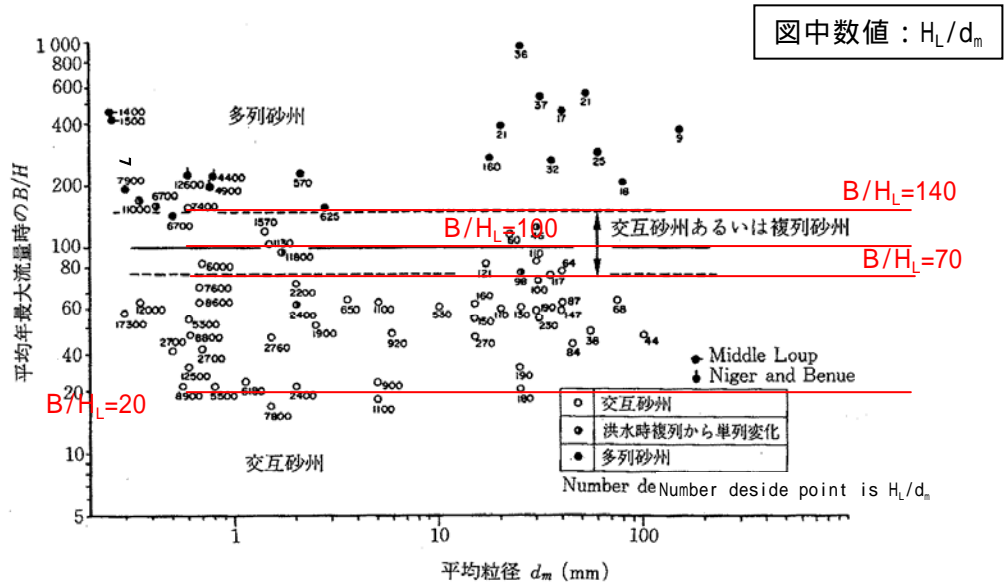


図5 砂州の形成区分<sup>13)</sup>

参考文献

- 10) 村本嘉雄・藤田裕一郎: 中規模河床形態の分類と形成条件、第22回水理講演会論文集 pp.375-382、1978.
- 11) 黒木幹男・岸力: 中規模河川形態の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集、第342号、pp.87-96、1984.
- 12) 土木学会: 水理公式集 平成11年版、丸善(株)、pp.184-185、1999.
- 13) 山本晃一: 沖積河川学、山海堂、pp.453-458、1994.

(3) 低水路横断形状の設定手順

現況河道の低水路形状で  $B/H_L$  , \* の条件を満足できない場合には、平均年最大流量時に次頁(式 1)あるいは(式 2)から算定した水位を満足するような河道を一次設定する。水理計算上、\*、 $B/H_L$  の両方を満足することが不可能な場合は、自然の営力によって河原、瀬・淵、多様な水際が再生・維持されない可能性が高い。

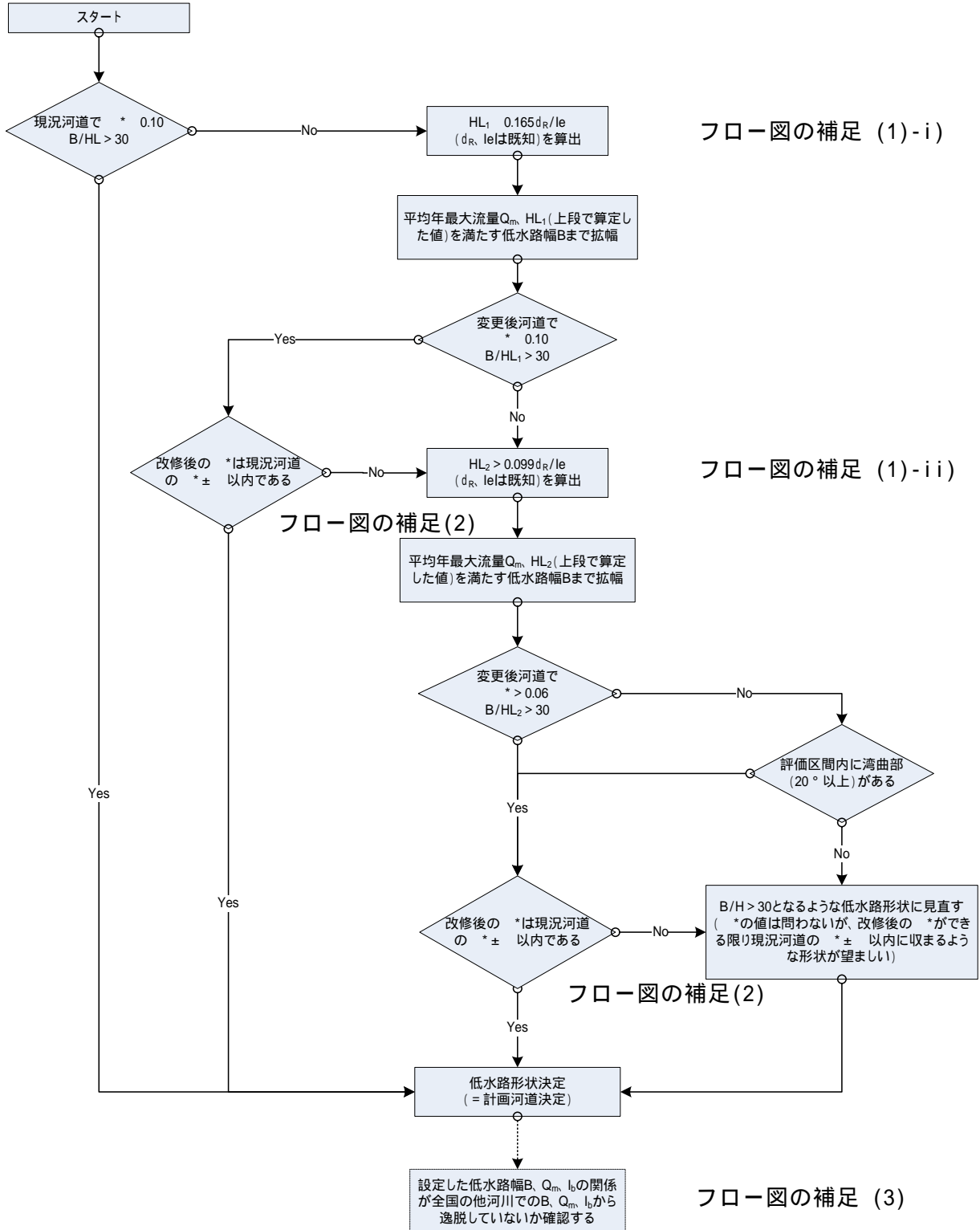


図 6 非背水区間における低水路横断形の設定フロー

参考 フロー図の補足

1) 低水路水位  $H_{L1}$  の一次算定

\*の条件を定めれば, その値を実現するために必要な低水路水位  $H_L$  の条件が決まる。

i) \*  $< 0.10$  の場合

$$\begin{aligned} * &= u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R) \\ &= g \cdot H_L \cdot I_e / (s \cdot g \cdot d_R) \\ &= H_L \cdot I_e / 1.65 d_R < 0.1 \end{aligned}$$

$$H_L < 0.165 d_R / I_e \quad (\text{式 1})$$

(  $d_R \cdot I_e$  (河床勾配  $I_b$ ) は共に既知値)

ii) \*  $> 0.06$  の場合

$$\begin{aligned} * &= u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R) \\ &= g \cdot H_L \cdot I_e / (s \cdot g \cdot d_R) \\ &= H_L \cdot I_e / 1.65 d_R > 0.06 \end{aligned}$$

$$H_L > 0.099 d_R / I_e \quad (\text{式 2})$$

(  $d_R \cdot I_e$  (河床勾配  $I_b$ ) は共に既知値)

$I_e$ : エネルギー勾配(洪水時の水面勾配)  
 $R$ : 径深(洪水時の平均水深  $H_L$  で代用する)(m)  
 $d_R$ : 平均粒径あるいは代表粒径(60%通過粒径)(m)  
 $s$ : 水中比重( 1.65)  
 $g$ : 重力加速度(9.8m/s<sup>2</sup>)

2) 改修後の河道安定の判断基準

改修後の河道安定は、図 7 に示す経験則を滋賀県の川にそのまま適用できるわけではない。本来、改修により低水路の河床縦断形状の変動傾向が懸念される場合は、一次元河床変動計算により、長期的な河床変動傾向を予測することが必要である。

ただし、一次元河床変動計算モデルで河床変動予測を行うには、実績の河床変動データ、河床材料等による流砂式等のモデルのパラメータ検証が必要であるが、滋賀県下の河川の多くは、これらデータが整備されている河川は少ない。

したがって、図 7 の実線データを滋賀県下の河川で、改修前、改修後の経年変化を含めたデータを蓄積し、これが適用できるかチェックしていく必要がある。本手引きでは、データ蓄積までの暫定的な考え方として、改修前後での掃流力を図 7 にプロットし、現況河道の無次元掃流力  $*_{\pm}$  (図 7 の経験則では  $\pm 30\%$ 程度) ならば、改修後の河道は安定すると考える。これと大きく乖離する場合は、一次元河床変動計算モデルで河床変動予測を実施することが望ましい。

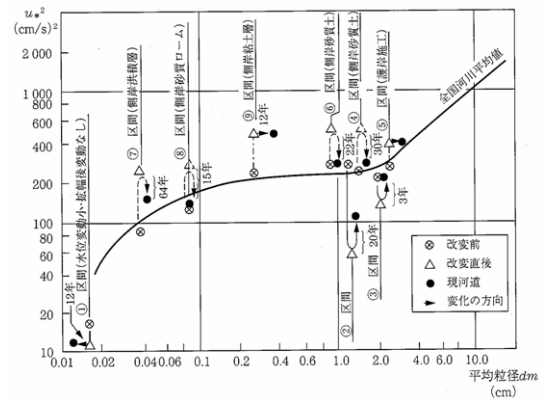


図 7 低水路川幅改変に伴う  $u_*^2$  の変化 (18)

3) 設定河道の  $Q_m$ 、 $B$ 、 $I_b$  の関係とその後の河道応答の方向性の確認

平均年最大流量  $Q_m$  と河床勾配  $I_b$  の積と低水路の幅  $d_R$  の値が決まれば大略比例しているとの研究結果があ  
 低水路幅  $B$  と同じ  $Q_m$ 、 $I_b$  に対応した全国のお他河川での水路幅が縮小傾向か拡大傾向か)を確認する。

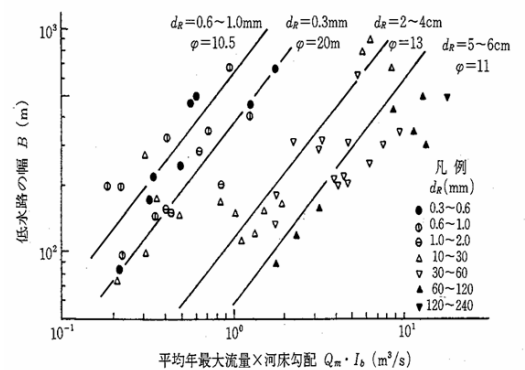
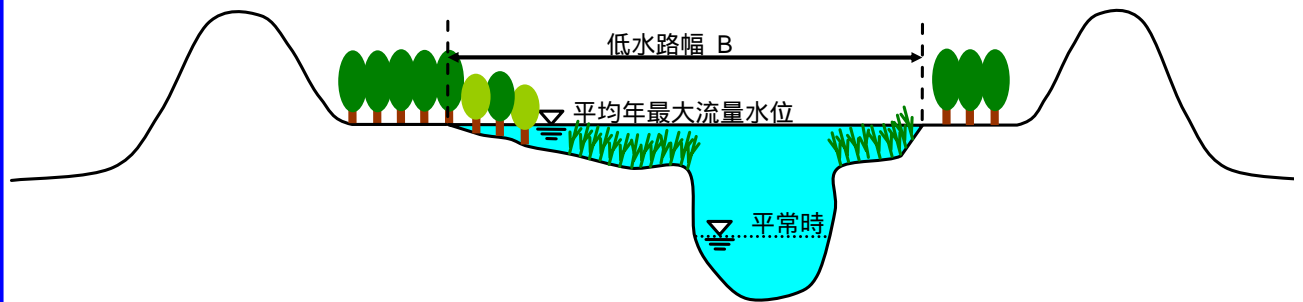


図 8 低水路幅  $B$  と  $Q_m \cdot I_b$  の関係 (沖積河川学、山本晃一、1994)

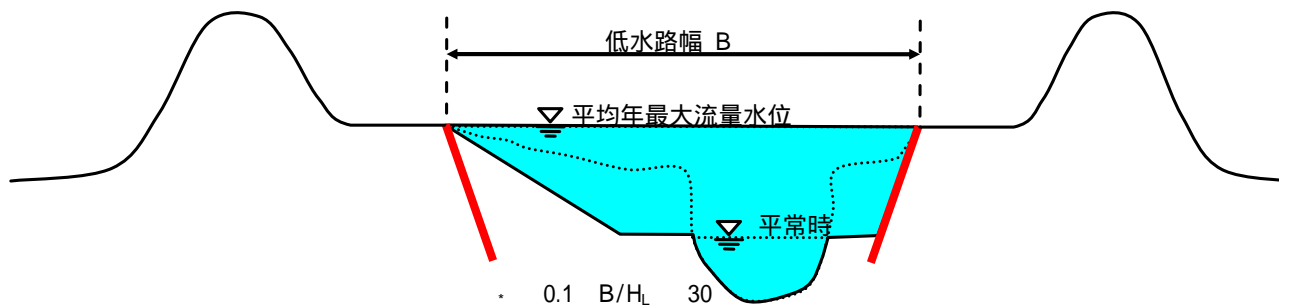
参考 整備前後での低水路の応答

整備前



現況河道の低水路形状で無次元掃流力  $\lambda$ 、川幅水深比  $B/H_L$  のチェックを行い、条件 ( $\lambda > 0.1$ 、 $B/H_L > 30$ ) を満足していれば、低水路形状は変更しない。

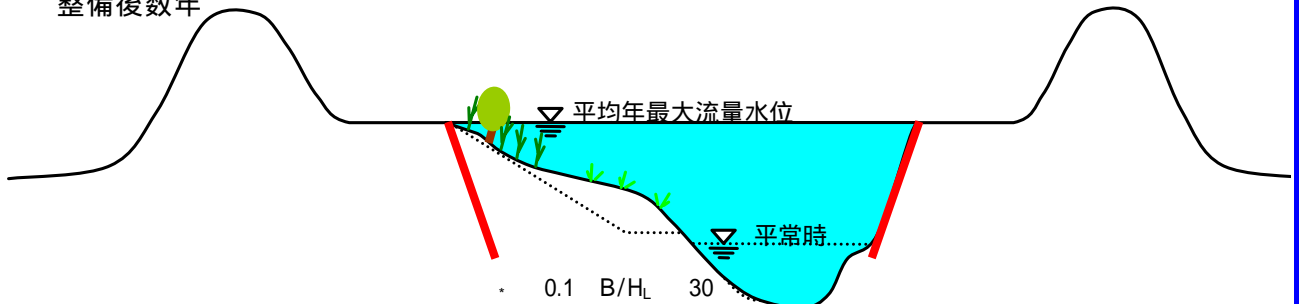
整備直後



条件を満足しない場合、低水路横断形状の設定フローに基づいて低水路形状を設定。設定した断面にあわせて施工する。

- ・平常時に流水のある部分は掘削しないなど、みお筋や水際部については極力変更しない。
- ・みお筋の固定化、低水路内の樹林化などが見られている箇所については、できるだけ陸域と水域の比高差を小さくするよう(緩やかな水陸移行帯となるよう)に断面を決定する。

整備後数年



何度か出水を経験し、川が川をつくる。自然の営力により砂州が形成され、瀬・淵や多様な水際が再生される。

\* 19) 中小河川における多自然型川づくり研究会 編著：中小河川における多自然型かわづくり - 河道計画の基礎技術 -、財団法人 リバーフロント整備センター 発行、2000.2.

(4) 横断形状の設定フロー(非背水区間)と工夫例

砂礫河原、瀬・淵、多様な水際を維持するために必要な低水路横断形を設定したうえで、目標とする流下能力を満足する横断形状(堤防高、高水敷幅等)を設定する。

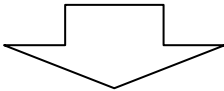
洪水防御および河川環境、周辺地下水を含む水循環系の保全の観点から、1次案(河道計画として最も望ましい案)として、河床掘削をせず現状のみお筋を保全しつつ、引堤のみで目標流量を流下させる方法を検討する。その際、破堤による壊滅的被害のリスクを低減するため、計画高水位が現況河道の可能最高水位(堤防満杯水位)を超えないように設定する必要がある。とはいうものの、ここで示す1次案は、従来の完全掘り込みを理想とする河道計画と比べると、河床掘削をできるだけ避ける方針であるため、相対的に出水時の水位が高くなり破堤リスクが残るということを理解しておく必要がある。

また、用地の制約がある場合は、以下を条件に横断形状を修正する。

【条件1】現況河道の最高水位(堤防満杯水位)より計画高水位が下回ること

【条件2】(自然の営力により本来有すべき河相を形成・維持できる)低水路横断形状を保持すること

メモ 河床掘削と留意すべき事項

| 掘削量 | 留意すべき事項   |
|-----|---|
| 小   | <ul style="list-style-type: none"> <li>河床掘削量が小さい場合(河床の改変が少ない場合)は、掘削量が大きい場合に比べると相対的に出水時の水位が高くなるため、破堤による壊滅的な被害の発生ポテンシャルが高くなる。</li> <li>築堤区間では堤防の質的強化、維持管理が恒久的に必要となり、あわせて洪水予報、ハザードマップの整備、水防組織の強化などのソフト対策も優先的に実施すべき箇所となる。</li> </ul>  |
|     |    |
| 大   | <ul style="list-style-type: none"> <li>周辺地下水位が低下するなど、水循環系のバランスが崩す恐れがある。</li> <li>縦横断連続性を損ったり、河床、水際を直接改変するなど、ハビタットの一時的(場合によっては半永久的)な破壊に至る恐れがある。</li> <li>(背水区間においては)河口部が堆積傾向となり、琵琶湖への土砂供給減少の度合いが大きい。河口堆積土砂の撤去や、湖辺域での基盤保全対策(養浜(サンドバイパス)、突堤などの対処療法的対策)が恒久的に必要となる。</li> </ul> |

[一次案] [工夫例 5]

[工夫例 3]

[工夫例 2]

[工夫例 4]

一定規模以上の河床掘削を行なうと、上記のように、河川環境や周辺の水循環系にマイナスの影響を与える可能性が高い。一方で、河床掘削を行わず天井河川を維持すると、破堤による壊滅的な被害の恐れが残されるなどマイナスの側面が考えられる。したがって、どのような河道計画を立案する場合にも、これらのマイナス面を十分評価し必要な対策を検討したうえで、最終的な判断を行なう必要がある。

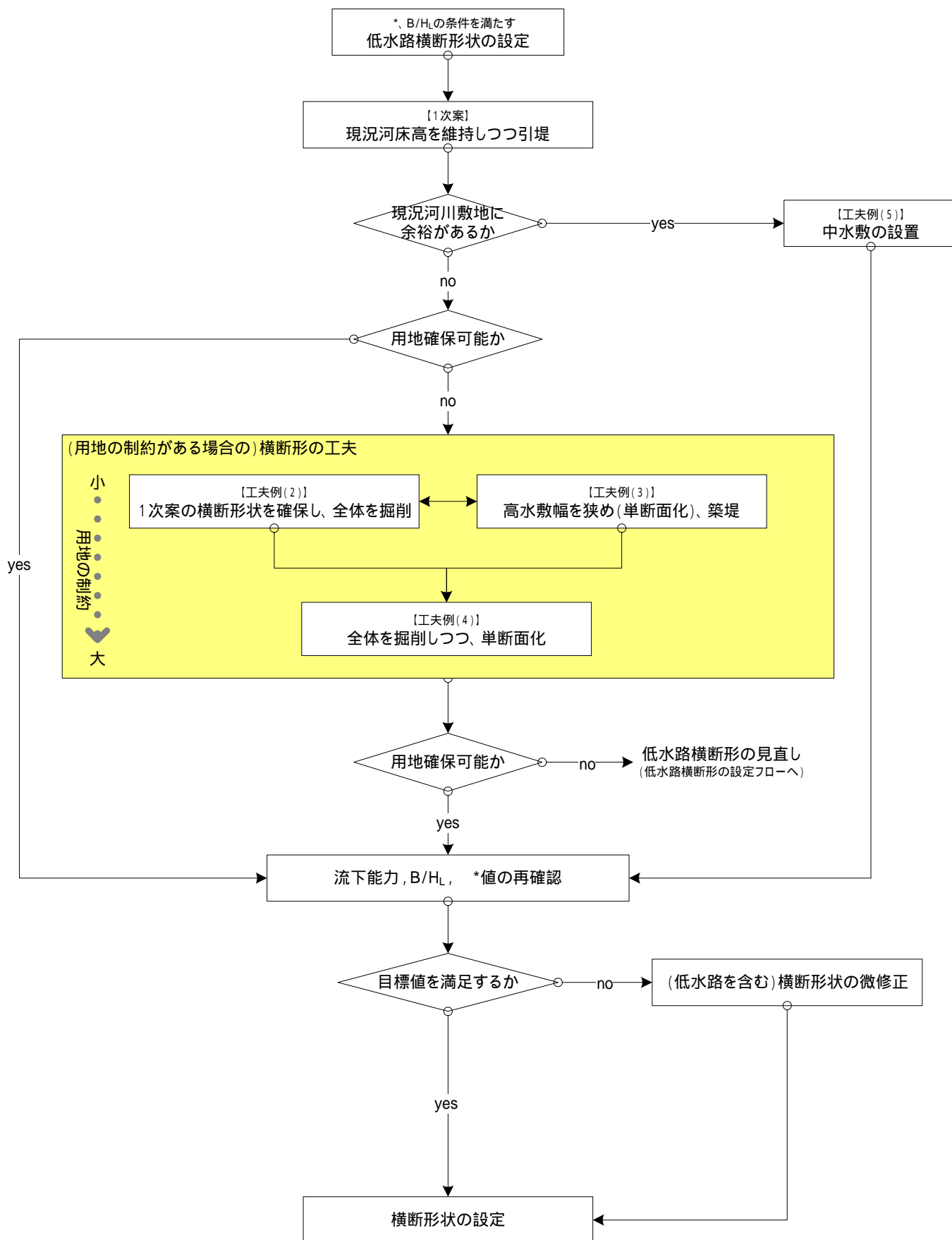


図 9 横断形状の設定フロー(非背水区間での河積確保の方法)

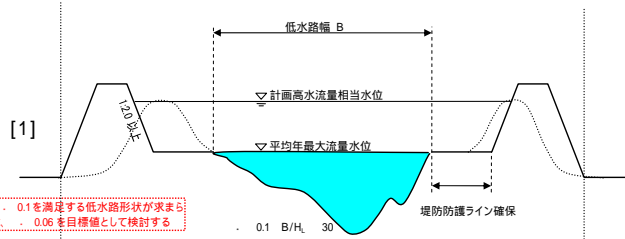


[1] 1次案の設定

- 河道計画の1次案は、現況河道の低水路形状で無次元掃流力 $*$ 、川幅水深比 $B/H_L$ のチェックを行い、満足していれば、低水路形状は改変しない。
- 現況河道の水流量が目標値( $* 0.1$ 、 $B/H_L 30$ )を満足しない場合、目標平均年最大流量 $Q_m$ 、河床勾配 $I_b$ 、代表粒径 $d_r$ の関係から低水路の水深と幅を設定し、無次元掃流力と川幅水深比を満足する低水路形状を検討し、1次断面を設定する。
- 引堤で流下能力を確保することとし、堤防防護ラインを確保しつつ、高水敷高は平均年最大高水位付近に設定する。

1次案 [1]

1次案で 0.1 を満足する低水路形状が求まらない場合は、0.06 を目標値として検討する。

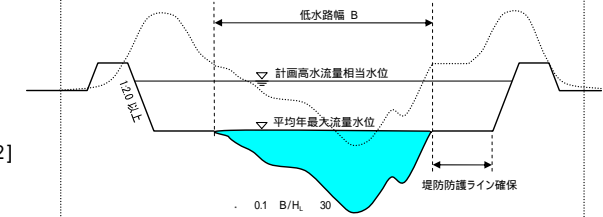


- 1次案で設定した低水路形状を前提とし、河川用地の制約の中で流下能力を確保する工夫例を [2] ~ [4] に示す。
- 河道検討の制約条件は、以下の2つとする。  
 【条件1】 現況の最高水位(堤防満杯水位)より計画洪水位が下回ること  
 【条件2】 (自然の営力により本来有すべき河相を形成・維持できる)低水路横断形状を保持すること

[2] 流下能力の確保方策: 1次案の横断形状を保持しつつ、全体を掘削

- 高水敷幅を狭めずに、河道全体を掘り下げる。
- 高水敷幅は、河岸防御ライン(1洪水による高水敷被災幅)を確保する。
- 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低々水路を設置する等の工夫をする。

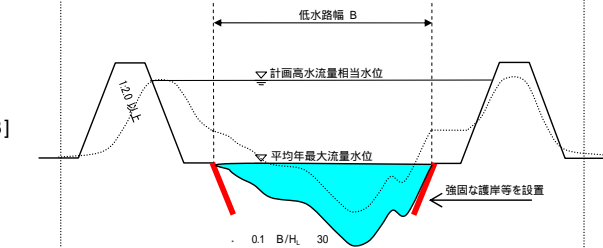
工夫例 [2]



[3] 流下能力の確保方策: 高水敷幅を狭め(単断面化)、築堤

- 高水敷幅を狭めつつ、築堤により、流下能力を確保する。(最終的には単断面となる。)
- 低水路形状を保持しつつ、計画高水位が現況堤防満杯水位以下になるまで、全体を最低限下げる。
- 堤防防護ライン以上に高水敷を掘削する場合、強固な護岸を設置する。
- 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低々水路を設置する等の工夫をする。

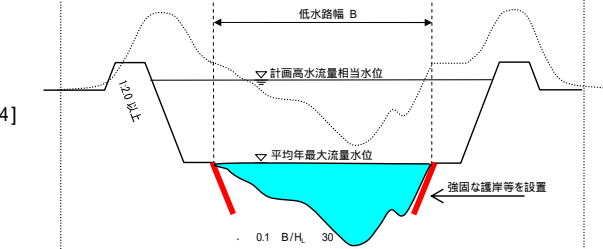
工夫例 [3]



[4] 流下能力の確保方策: 全体を掘削しつつ、単断面化

- [2] ~ [3] の場合よりさらに用地制約がある場合、[2][3] を組み合わせて、流下能力を確保する。(最終的には、完全掘込、単断面となる。)
- 堤防防護ライン以上に高水敷を掘削する場合、強固な護岸を設置する。
- 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低々水路を設置する等の工夫をする。

工夫例 [4]



[5] 流下能力の確保方策: 高水敷掘削(中水敷の設置)

- もともと幅広い高水敷を有する区間で、平均年最大流量時の水位よりも高い位置に高水敷がある河道で適用を考える。
- 平均年最大流量時の水位を目安に中水敷高を設定し、高水敷掘削で流下能力を確保する。
- 中水敷では、2~3年に1回程度の冠水環境は維持され、樹林化の進行を抑制する。

工夫例 [5]

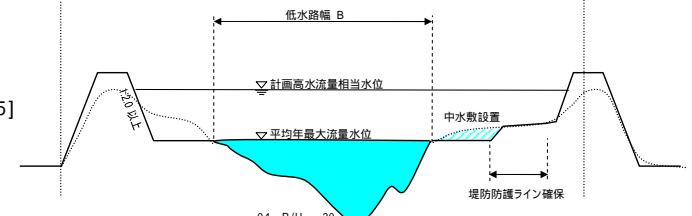


図 10 非背水区間の横断形状の工夫例



### 3.3 背水区間(琵琶湖水位の影響がある区間)の低水路形状設定の考え方

琵琶湖水位の影響がある区間(背水区間)においては“琵琶湖への土砂供給が維持される河道”である。このような環境を維持するため、「上流からの土砂をできるだけ堆積することなく琵琶湖へ流下させること」をこの区間の目標とする。

#### (1) 琵琶湖への土砂供給が確保される条件

未改修でかつ上流からある程度の土砂供給が期待できる河川の河口部では、琵琶湖の平均水位に対して背水区間が生じることはほとんどない。いわゆる背水区間は河口付近の河床掘削の結果として発生する。この河口部での河床掘削・低水路拡幅後の河道応答は、河積拡大による新たな堆積空間で堆砂が進行し、掘削前の川幅・河床高に戻ろうとする傾向となり、土砂収支の動的平衡状態を保てなくなる可能性が高い(図 11、図 12【背水区間の河道応答のメカニズム】参照)。

河口部からの琵琶湖への土砂供給の減少は、冬期に高い水位が維持される現在の水位管理とあいまって、湖辺域の浜欠けの一因となる(図 13【湖辺域における基盤流失のメカニズム】参照)。したがって、河口部で河床掘削や低水路拡幅を実施する場合は、その後のレスポンスとして想定される背水区間での土砂堆積・河床上昇(河口砂州の成長)、周辺湖辺域での基盤流失を抑制するため、河口テラス部分に堆積する土砂を掘削し、周辺湖辺に養浜するなどの対策を恒久的に実施し続けなければならない(図 14【砂浜保全対策】参照)。

このようなことから、背水区間が生じさせる場合には、上記のような恒久的かつ人為的な維持管理作業をできるだけ少なくするため、「平均年最大流量程度で主要な河床材料を流下できる状態」を低水路横断形状設定時の最低限の目標とする。

#### メモ 背水区間の河道応答のメカニズム

(図 11 参照)

- [1] 河口部の河道掘削により河積および水深が増加
- [2] 掘削区間の掃流力が低下し、掘削区間の土砂堆積速度が増加
  - ・河積、水深が増加するため洪水時の流速が低下し、河床面に作用する掃流力も低下する。
  - ・河床面に作用する掃流力が低下した結果、河道掘削区間の土砂輸送能力が低下し、上流から供給される土砂も掘削区間に堆積するようになる。
- [3] 河口から湖岸への土砂供給量が減少し、一時的に河口テラスが縮小、後退
  - ・上流からの供給土砂が河道掘削区間に堆積するため、河口から琵琶湖まで到達、供給される土砂量が減少し、一時的に河口テラスが縮小、後退する。

(図 12 参照)

- [4] 上流からの土砂供給が継続し、河口テラスが再形成
  - ・上流からの供給土砂が安定的に継続する河川では、長期的には琵琶湖に張り出す河口テラスが再形成される。河口部の水深が浅くなり、洪水時に堰上げ、掃流力低下が起こり、河床掘削区間に再び土砂が堆積・河床上昇が発生する。

参考 背水区間の河道応答のメカニズム

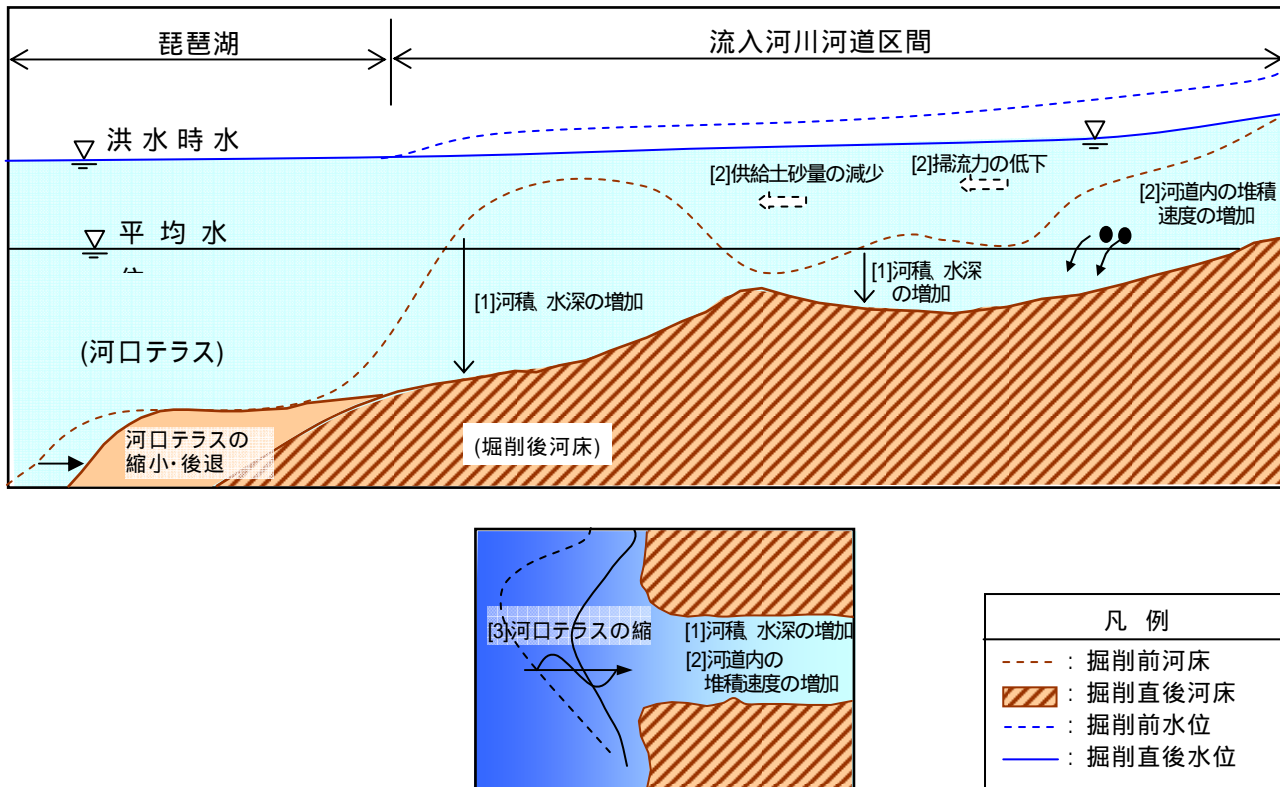


図 11 人為的なインパクトによる背水区間の発生と河道応答

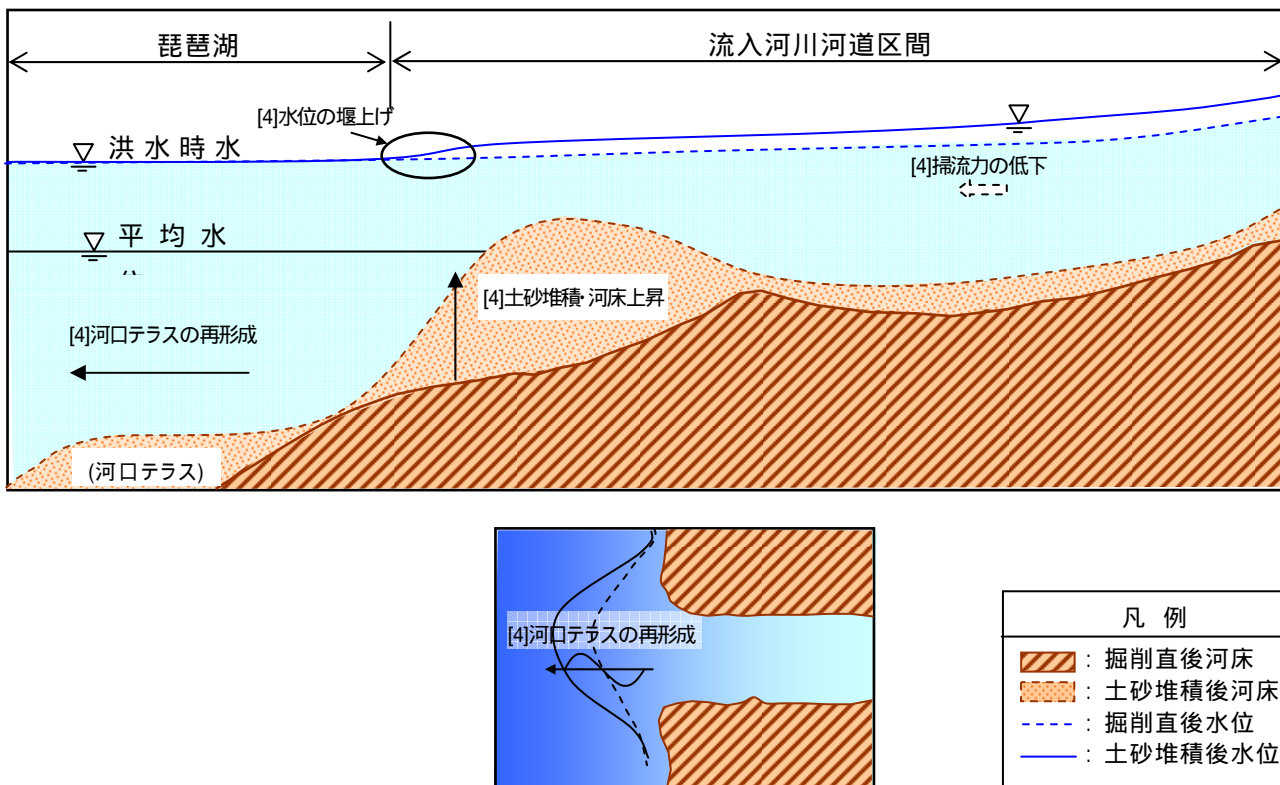


図 12 河口テラスの再形成による土砂堆積と河道応答

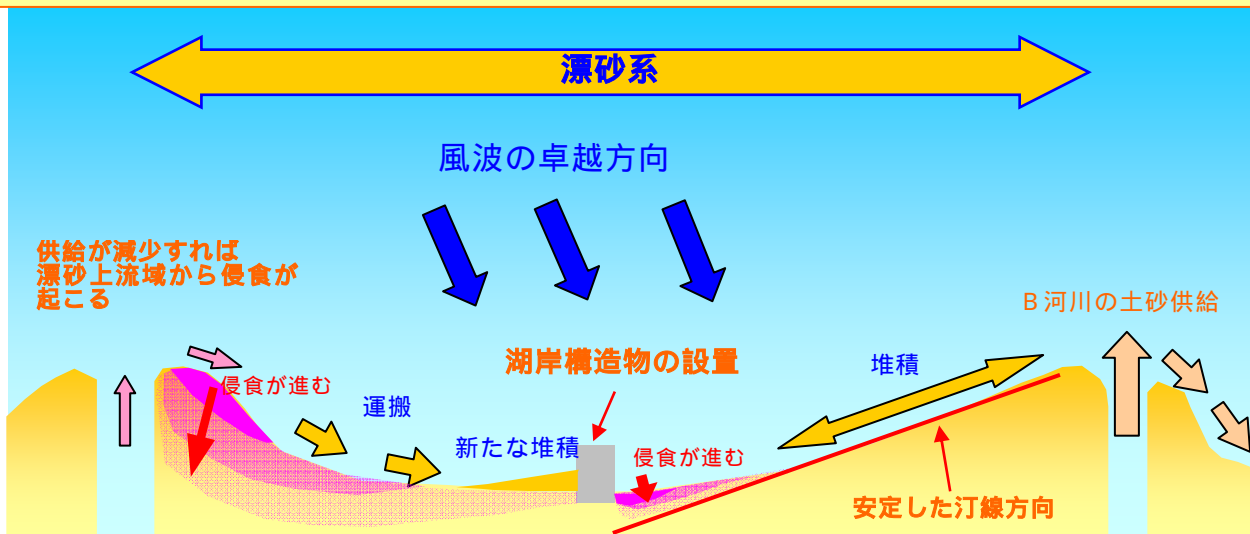
参考 湖辺域における基盤流失のメカニズム

湖岸域は、河川から供給された土砂が、沿岸漂砂となり湖岸の砂浜や植生帯の基盤を形成する。供給土砂が豊富であれば、砂浜や植生帯湖岸などは増加もしくは現状を維持するものと考えられている。しかし、上流域の森林整備(砂防ダム含む)、河川整備(ダム・堰含む)や大きな出水が近年減少していることなどにより、相対的に琵琶湖への供給土砂が減少していることが指摘されている。

特に近年、植生帯に比べ影響の受けやすい砂浜での侵食が顕在化している。また、湖岸構造物の設置や埋め立てなどにより、漂砂の動きが阻害され、漂砂下手側で基盤流失(侵食)が進んでいる。

また、高波浪と水位上昇の同時生起が基盤侵食を促進する要因となっていると考えられる。冬期には、風波が強い日が続き、瀬田川洗堰による水位管理のもと、琵琶湖水位が高く維持されるため、大規模な浜欠けが発生しやすい傾向にある。

湖岸域での砂の動きと侵食機構



水位上昇による侵食機構

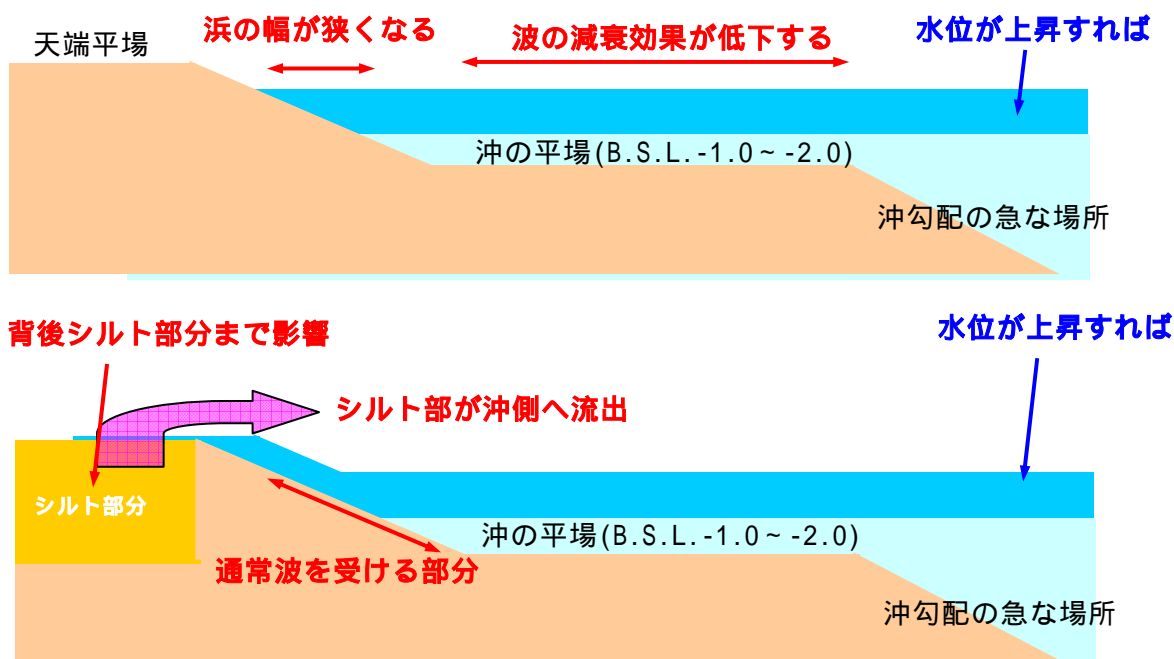


図 13 湖岸域での砂の動きと侵食機構、水位上昇による侵食機構

参考 砂浜保全対策

滋賀県は、県土および琵琶湖固有の景観を保全することなどを目的に湖岸保全事業(砂浜侵食対策)を実施してきた。湖岸保全事業はこれまでに 22 カ所を実施され、局所的(対処療法的)な保全対策は主要な箇所にて概成しつつある。

今後は、治水安全度の確保を目的に、河口テラスに堆積した土砂を除去する場合は、湖辺域の漂砂の状況を勘案しつつ、サンドバイパス等により本来の移動先に漂着できるように対策を講じる必要がある。さらに、流域における土砂供給システムの健全化を図り、自然の営力により湖辺域の基盤が維持・再生できるように、総合的な対策を緊急に検討する必要がある。



図 14 砂浜保全対策の実施状況

(2) 琵琶湖への土砂供給が維持される条件

限界掃流力  $u_{*c}^2 < (\text{平均年最大流量時に対応した})\text{掃流力 } u_*^2$

$Q_m$ : 平均年最大流量、  $u_{*c}$ : 移動限界摩擦速度、  $u_*$ : 摩擦速度、  $d_R$ : 代表粒径

限界掃流力  $u_{*c}^2$  の算定方法

1) 限界掃流力

砂面での砂粒の移動が連続的に見られる限界の掃流力を限界掃流力とよぶ。

無次元掃流力  $\tau_*$

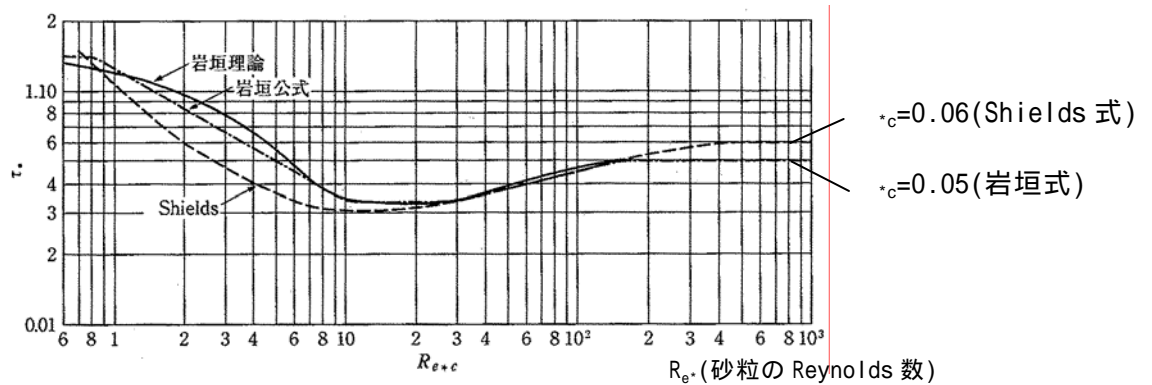


図 15 限界掃流力<sup>20)</sup>

2) 岩垣公式の適用<sup>20)</sup>

$$\begin{aligned}
 671.0 R_* & : \tau_{*c} = 0.05 \\
 162.7 R_* & : 671.0 : = 0.00849 R_*^{3/11} \\
 54.2 R_* & : 162.7 : = 0.034 \dots\dots\dots (1) \\
 2.14 R_* & : 54.2 : = 0.195 R_*^{-7/16} \\
 R_* & : 2.14 : = 0.14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.3030 d & : u_{*c}^2 = 80.9d \\
 0.1180 d & : 0.3030 : = 134.6d^{31/22} \\
 0.0565 d & : 0.1180 : = 55.0d \\
 0.0065 d & : 0.0565 : = 8.41d^{11/32} \\
 d & : 0.0065 : = 226d \\
 \text{なお上式の使用単位は cm-s である。}
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots (2)$$

20) (社)土木学会：水理公式集、平成 11 年版、丸善(株)、pp.158 ~ 159、1999.11.

岩垣は砂粒1個に作用する力のつり合いから、限界掃流力を理論的に導く(図15の実線)とともに、実験結果をも参考にして、限界掃流力についての公式を提案した。式(1)において、

R.  $\sqrt{(\sigma/\rho-1)gd^3/\nu}$ であり、とくに $\sigma/\rho=2.65$ 、 $\nu=0.01\text{cm}^2/\text{s}$ 、 $g=980\text{cm}/\text{s}^2$ の場合は式(2)のようになり、頻用される。(図4.2.15の一点鎖線)

平均年最大流量 $Q_m$ 時の水理計算結果(水深 $H_L$ 、エネルギー勾配 $I_e$ )と当該区間の河床材料調査結果より求まる代表粒径 $d_R$ (60%通過粒径)をもとに、限界掃流力( $=u_{*c}^2$ )から土砂の掃流しやすさを判断する。

河床材料 $d_R=0.3030\text{cm}$ の場合、(2)式より限界掃流力は、(3)式により求まる。

$$u_{*c}^2 = 80.9 \cdot d_R \text{ (cm}^2/\text{s}^2) \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $d_R$  : 代表粒径(cm)

一方、改修前後の水理計算結果より求まる掃流力( $=u_*^2$ )は、(4)式により求まる。

$$u_*^2 = g \cdot H_L \cdot I_e \text{ (cm}^2/\text{s}^2) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $g$  : 重力加速度  $980\text{cm}/\text{s}^2$ 、 $H_L$  : 平均水深(cm)、 $I_e$  : エネルギー勾配  
これより、土砂の掃流しやすさの判断は、次式により判断する。

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| $u_*^2 > u_{*c}^2$ | 2 ~ 3 年に 1 度の出水で、琵琶湖への土砂供給が期待できる |
| $u_*^2 < u_{*c}^2$ | 河道内に土砂の堆積が進み、琵琶湖への流下土砂が少ない       |

### (3) 低水路横断形状の設定手順

平均年最大流量時の掃流力が移動限界掃流力以上となるように低水路横断形状を設定する。

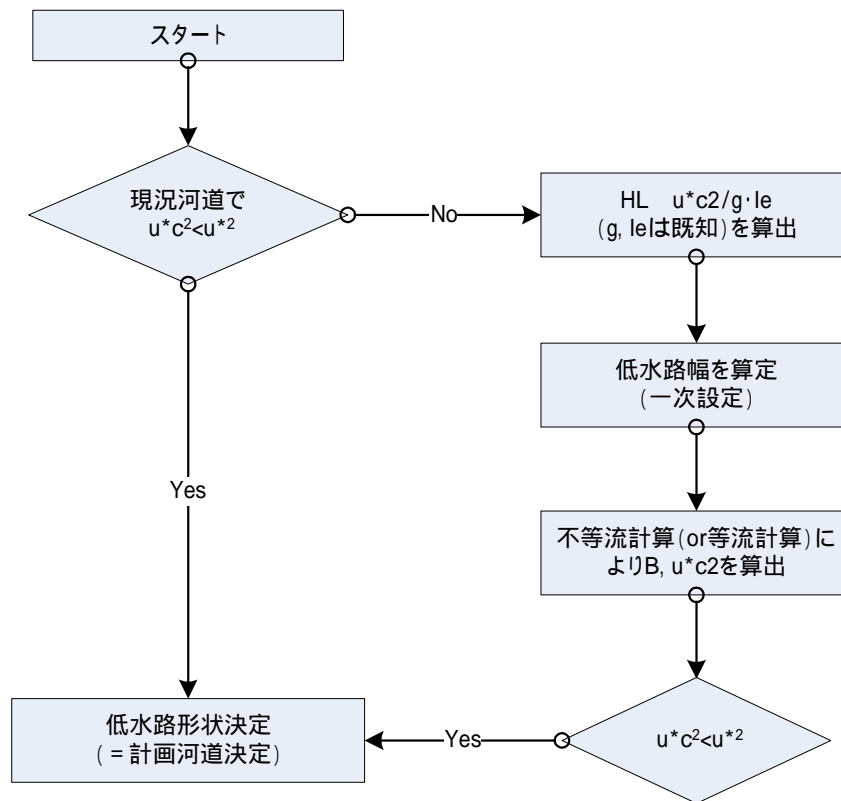


図 16 背水区間における低水路横断形の設定フロー

#### (4) 横断形状の設定フロー(背水区間)と工夫例

琵琶湖への土砂供給を維持できる低水路横断形を設定したうえで、目標とする流下能力を満足する横断形状(堤防高、高水敷幅等)を設定する。

洪水防御および河川環境、周辺地下水を含む水循環系の保全の観点から、1次案(河道計画として最も望ましい案)として、河床掘削をせず現状のみお筋を保全しつつ、引堤のみで目標流量を流下させる方法を検討する。その際、破堤による壊滅的被害のリスクを低減するため、計画高水位が現況河道の可能最高水位(堤防満杯水位)を超えないように設定する必要がある。

また、用地の制約がある場合は、以下を条件に横断形状を修正する。

【条件 1】現況河道の最高水位(堤防満杯水位)より計画高水位が下回ること

【条件 2】(琵琶湖への土砂供給を維持できる)低水路横断形状を保持すること

背水区間においては、一方的に土砂堆積が進行する。さらに、河口部での一方的な土砂堆積は、琵琶湖の水位管理(冬期の高い水位の維持)との相乗効果により湖辺域での基盤流失(浜欠け)を促進する。また、背水区間は出水時の流速を緩和するため、遡上魚(アユ・ビワマス等)の呼び水効果が小さくなることが指摘されている(河口付近まで天井川が残されている河川で、アユ・ビワマスなどの漁獲量が多い傾向にある。メモ 愛知川等のアユ産卵調査結果参照)。



そのため、縦断形状の変更を伴う修正(例えば河床掘削など)を行なうと、河川環境に与えるこれらのマイナスの影響がより大きくなるため、変更に伴うマイナス面を十分評価し、必要な対策を検討したうえで、最終的な判断を行なう必要がある。

#### (5) 横断形状を修正する際の留意点

背水区間においては、河床高を下げると、琵琶湖水位が河川水に与える影響が大きくなる(相対的に出発水位が高くなる)ため、河床高が高い河道に比べて土砂の掃流力が小さくなる。したがって、河床高の変更を伴う修正をする場合は、掘削深に応じて低水路横断形状を再設定する必要がある。

#### (6) ヨシ帯の特性を活かした低水路横断形状の再設定方法

琵琶湖湖辺域や流入河川の河口部には、ヨシ群落が多く見られ、琵琶湖流域の固有の生態系を育むとともに、特徴的な景観を織り成している。ヨシは流れに対して比較的強い高茎草本であり、直立状態ではほぼ死水域として働き、倒伏状態では河積を侵さない。この特徴を利用して低水路横断形状を再設定することができる。例えば、ヨシ帯が倒伏状態となる水位が平均年最大高水位と計画高水位との間にある場合、ヨシ帯部は平均年最大流量時には倒伏せずにほぼ死水域として働き、計画高水流量時には倒伏状態となりほとんど河積を侵さない。

このような条件を満足した場合、ヨシ帯が生育可能な基盤高の範囲で低水路を拡幅しても平均年最大流量時の摩擦速度  $u_c$  を維持することができる。そのような河道計画を実現するためには、低水路を拡幅した部分で以下の条件を満たす必要がある。

【条件 1】ヨシ帯の生育条件(基盤高・勾配・底質条件)を満たしていること

【条件 2】ヨシ帯が、平均年最大高水位では直立状態を保ち、計画高水位では倒伏すること

【条件 3】ヨシ帯が維持されること(ヨシ帯基盤内に砂質土が供給されること)

条件 1~3 を満たした低水路拡幅を行えば、河床掘削を伴わずに河積を拡大でき、用地幅を小さくすることができる。また、ヨシ帯はコイ科魚類等のハビタットとしての機能を有することから、背水区間化した河道を活かすことができる。以下では、1~3の条件を満足する低水路横断形状の設定方法について詳しく述べる。



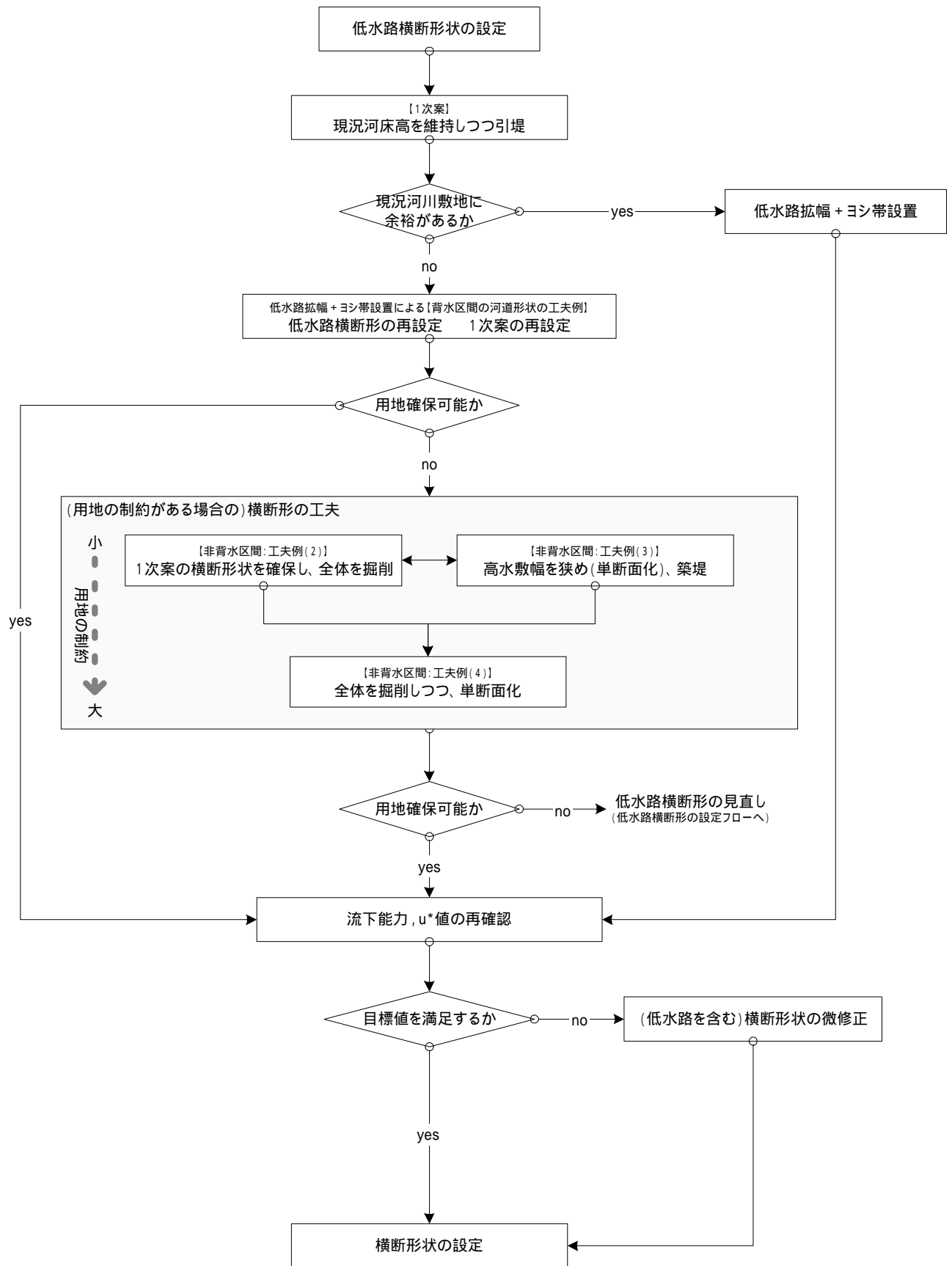


図 17 横断形状の設定フロー(背水区間での河積確保の方法)

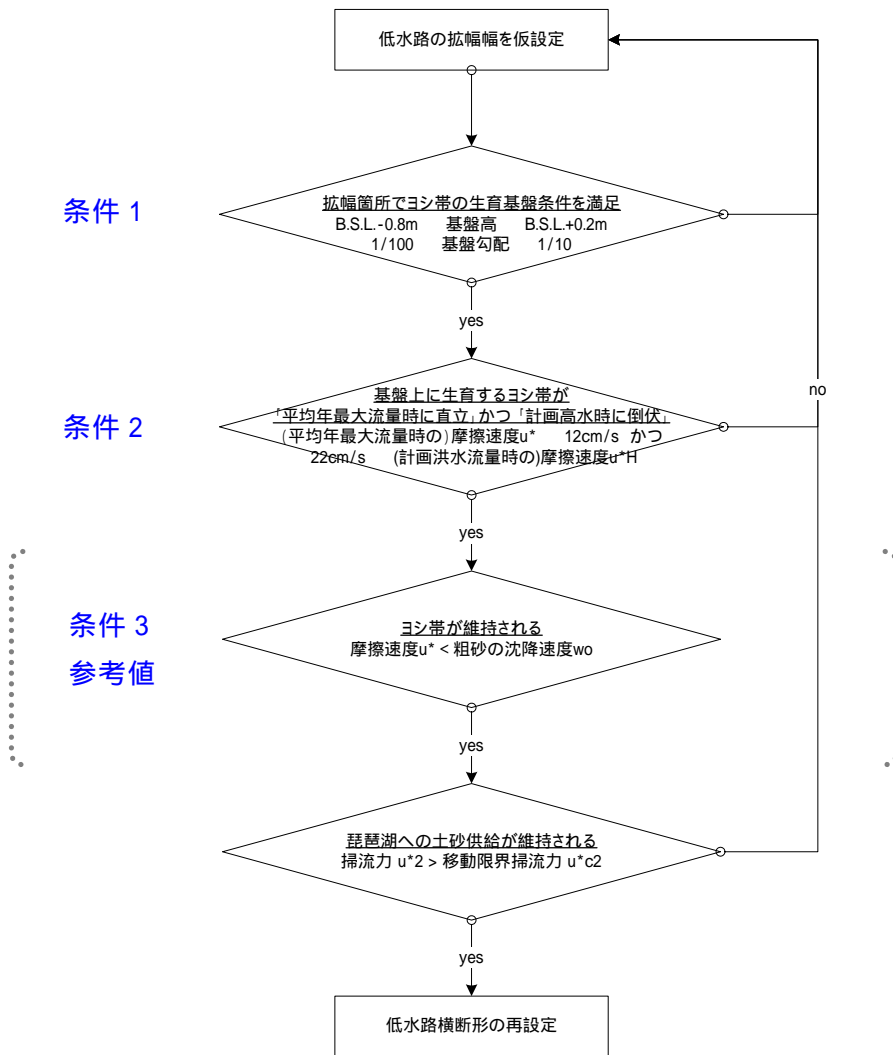


図 18 背水区間における低水路横断形状の再設定フロー

[1] 1次案の設定

- 河道計画の1次案は、現況河道の低水路形状で、 $u_c^2 < u^2$  (移動限界掃流力) < 掃流力  $u^2$  (掃流力) であれば、低水路形状は改変しない。
- 上記条件を満足しない場合、低水路形状を変更(低水路幅を狭めるか河床高を上げて琵琶湖水位の影響を小さくするなど)し、条件を満足する1次断面を設定する。
- 河積は引堤で確保することとし、堤防防護ラインを確保しつつ、高水敷高は平均年最大高水位付近に設定する。

・1次案で設定した低水路形状を前提とし、河川用地の制約の中で流下能力を確保する工夫例を以下に示す。  
 ・河道検討の制約条件は、現況の堤防満杯水位より計画洪水水位が下回ることとする。

[ ] 流下能力の確保方策: 低水路の拡幅

- ヨシ帯が生育できる基盤高が浅で低水路を拡幅する。さらに拡幅した箇所にヨシ帯を整備して、平均年最大流量時の低水路部での掃流力  $u^2$  が1次案と比較して低下しないようにする。
- ヨシ帯が倒伏状態となる水位が、平均年最大高水位と計画高水位との間にある場合、ヨシ帯部は、平均年最大流量時は倒伏せずほぼ死水域として働き、洪水流をヨシ前面の低水路部に集中させる。計画高水流量時には、倒伏状態となることで、ヨシ帯部での流水断面を確保する。(下記枠内「ヨシ帯の倒伏の有無と粗度係数の関連」参照)

ヨシ帯の倒伏の有無と粗度係数の関連

- 河川の中下流部の高水敷、河岸、中州に見られるヨシ群落、オギ群落(平均草丈1.5m以上、平均直径0.5cm以上)は、平均年最大流量時に倒伏しないと粗度係数は  $n=0.10^{21)}$ 、倒伏すると  $n=0.05 \sim 0.06^{21)}$  となるとの実験データがある。
- すなわち、平均年最大流量時にはヨシ帯が樹木死水域と同様に働き、流水を低水路部に集中させ、掃流力を高める効果が期待できる。
- 一方、計画高水流量時には、水深・流速がヨシ帯の倒伏条件の閾値  $^{22)23)}$  を満足すれば、倒伏により流水の支障にならない。

- 直立状態 :  $u_{sp} < 12\text{cm/s}$
- たわみ状態 :  $12\text{cm/s} < u_{sp} < 22\text{cm/s}$
- 倒伏状態 :  $22\text{cm/s} < u_{sp}$

高茎草本群落(ヨシ、オギの値)

21) 福岡捷二：洪水の水利と河道の設計法、森北出版株式会社、pp.333-340、2005.11.  
 22) (財)国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き、山海堂、pp.116-118、2002.2.  
 23) 河川における草本類管理に関する検討会：高茎草本の洪水時の挙動と河川管理上の留意点、2004.3.

[3] 流下能力の確保方策: その他の方法

- 非背水区間の河道形状の工夫例([2][3][4])に準じて、必要な低水路形状を保持しつつ、河積を確保できる横断面を設定する。
- ただし、背水区間では、河床を低くする場合、琵琶湖水位の影響で相対的に出水水位が高くなるため、摩擦速度  $u^*$  の値を再計算し、改めて、 $u^2 > u^*c^2$  を満足する低水路形状を設定する必要がある。

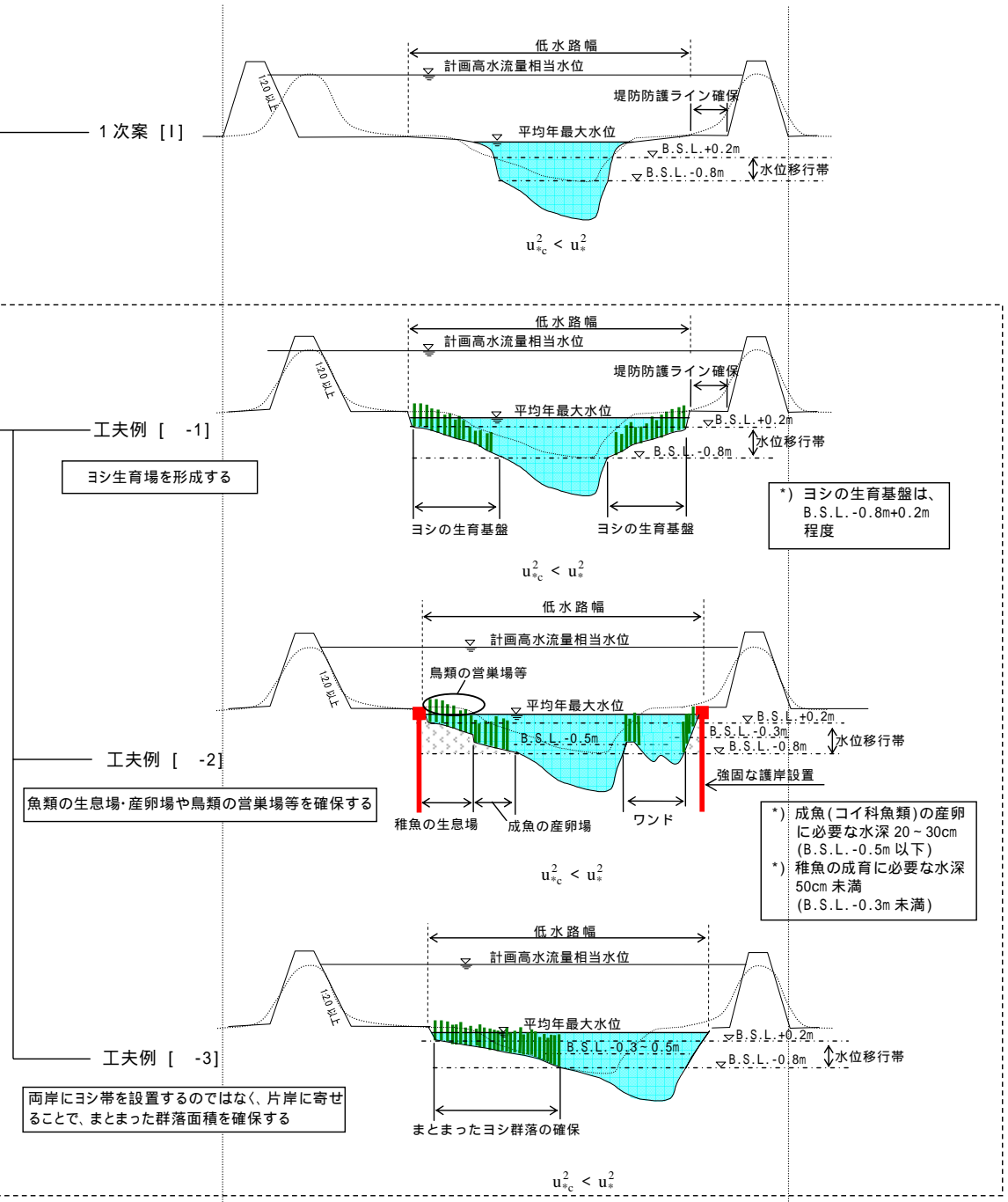


図 19 横断面形状の工夫例(背水区間)

【条件1】ヨシ帯生育条件(基盤高・勾配・底質)とハビタットとしての機能<sup>24)</sup>

以下に、ヨシ帯の生育基盤としての条件およびヨシ帯が生物生育場所(ハビタット)として持つ機能を整理する。

<ヨシ帯の生育基盤の条件>

- ・ 基盤高 : B.S.L. -0.8m ~ B.S.L. +0.2m 程度
- ・ 勾配 : 平均 1/50 (最大 1/20)
- ・ 底質 : 砂質土 : 初期条件としては d50 粒径が 1.0mm 程度を目安

<ヨシ帯の機能と必要規模>

- ・ 魚類(コイ・フナ等の成魚)が産卵のために必要な水深 : 20~30cm(B.S.L. -0.5m 以下)
- ・ 稚魚の生息環境に必要な水深 : 50cm 未満(B.S.L. -0.3m 未満)
- ・ 鳥類の良好なヨシ帯規模 : 面積 6,000m<sup>2</sup> 以上、植生帯幅 30m 以上

【ヨシ帯の生育基盤の条件】

適用にあたっての留意事項

ヨシの成育状況と冠水頻度には密接な関係があることが知られている。また、琵琶湖流入河川の河口部背水区間と湖辺域では、概ね基盤高別の冠水頻度は類似した傾向がある。そのため、本手引書では、河口部背水区間におけるヨシ帯の生育基盤の条件について、琵琶湖湖辺域の調査結果に基づいた数値を適用している。しかし厳密には、湖沼と河川では流水による影響の差があるため、冠水頻度ごとに群落構造を河川ごとに整理するなどして、河道特性に応じた基盤条件を検討する方が望ましい。

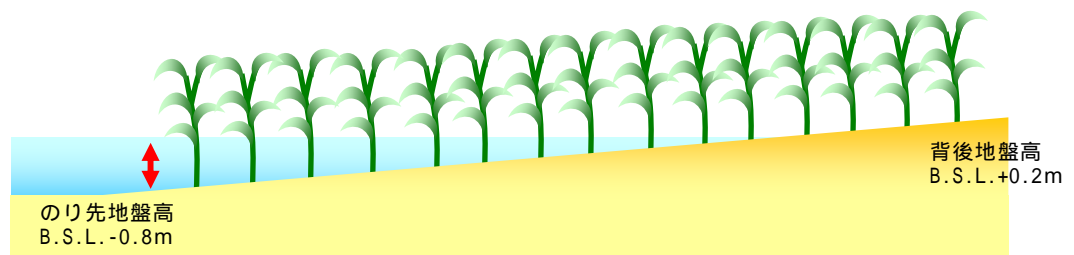
1) ヨシの生育している基盤高さ

既存文献による基盤の高さは以下に示される。

琵琶湖におけるヨシの生育基盤高は

|            |   |
|------------|---|
| 水資源開発公団調査  | B.S.L. -0.6m ~ B.S.L. +0.3m<br>(限界としては、B.S.L. -0.9m ~ B.S.L. +0.5m) |
| 滋賀県生活環境部調査 | B.S.L. -0.8m ~ B.S.L. +0.2m   |
| 霞ヶ浦調査      | 0m ~ 水深 0.7m  |
| ビットマンの知見から | B.S.L. -0.8m ~ B.S.L. -0.1m   |

以上の結果を総括すれば、琵琶湖において良好な状態で生育するヨシ原の生育基盤高さは B.S.L. -0.8m ~ B.S.L. +0.2m 程度と考えられる。



24) 滋賀県琵琶湖環境部自然保護課：生育条件と生物との関わり

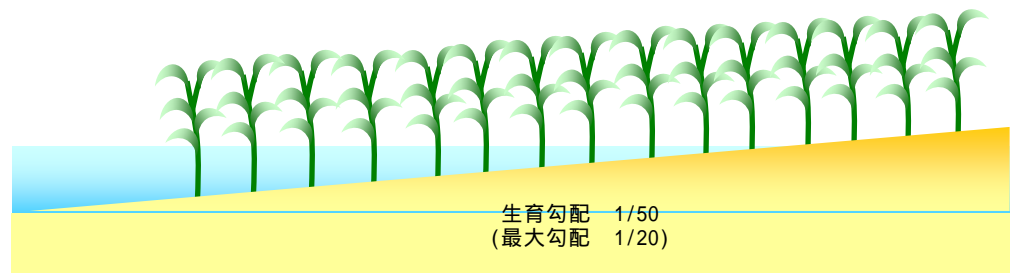
## 2) ヨシの生育している基盤の勾配

既存文献による基盤の勾配は以下に示される。

### 琵琶湖におけるヨシの生育基盤勾配は

|          |  |             |
|----------|--|-------------|
| 滋賀県河港課調査 | 湖西域 平均 1/50                              | 湖東域 平均 1/30 |
|          | 全体の平均としては 1/44 勾配<br>(範囲 : 1/10 ~ 1/100) |             |
| 霞ヶ浦調査    | 平均 1/50(最大勾配 1/20)                       |             |

以上の結果を総括すれば、ヨシ原の生育基盤勾配は、平均的に 1/50 勾配である。また、最大勾配としては 1/20 勾配程度である。

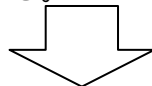


## 3) ヨシの生育している基盤の底質条件

既存文献による底質条件は以下に示される。ただし、より細かい砂分はヨシ帯形成後に補足されることから、初期条件としては d50 粒径で 1.0mm 程度を目安に整備を行う。

### 琵琶湖におけるヨシの生育基盤の底質条件は

- [1] 湖東域などの高波浪の地区については、d 50 粒径で 0.1mm ~ 1.0mm(微細粒 ~ 粗砂)の粒径で構成されている。(河港課調査)
- [2] ヨシ地内の底質は、0.425mm 以下の粒径が 15%以上含まれている必要がある。(滋賀県生活環境部調査)
- [3] 湖西域などの風波の弱い場所では、ヨシ帯内とその前面では粒度分布に変化があるが、湖東域では、ヨシ帯の内外で粒度分布がほとんど同じとなっている。
- [4] ヨシの優先する土壌条件は、砂質土が多くを占めている。泥質や砂泥質の割合が多くなれば、マコモなどが優先してくる。
- [5] これまでの湖辺域での基盤整備実績から、砂質土(0.1mm ~ 2.0mm 程度)であれば、ヨシ帯が定着することが経験的に知られている。



「微細砂 ~ 粗砂(0.1mm ~ 1.0mm)」かつ「0.425mm 以下の粒径が 15%以上」が  
ヨシ帯形成後の生育基盤として理想的な粒径条件

注) d50 は、底質の重量百分率の 50%にあたる粒径

## 【ハビタットとしてのヨシ帯の機能と必要な条件】

### 適用にあたっての留意事項

- ・ヨシ群落の密度差によりハビタットの機能は異なるが、ヨシの生育は極力自然に任せるものとし、必要に応じて維持管理の範囲で群落の形状を調整する。疎密が適度に混在する群落がハビタットとしては重要である。
- ・ヨシ群落の機能と必要規模は、湖辺域での調査結果に基づいていること、河口部でのヨシ帯整備の目的は掃流力の低下を抑制しつつ低水路を拡幅することであることから、ここで示される数値はあくまで参考値とする。

#### 1) 魚類のハビタットとしての機能

コイやフナは、3月～7月にかけてヨシ群落において産卵し、仔稚魚期を過ごす。仔稚魚期は、餌となる動物プランクトンが豊富なヨシ帯奥の低酸素状態の場所で生育する。魚類にとっての植生帯は以下の条件が必要となる。

水 深：仔稚魚については、水深が 50cm 未満

成魚については、体高を考慮し 20～30cm 以上必要

水底状況：枯れた植物が堆積し、分解の途上にあるリターが少なくとも 10cm は堆積した岸よりの場所が必要。

状 態：岸側が低酸素状態であり動物プランクトンが豊富な場所がある

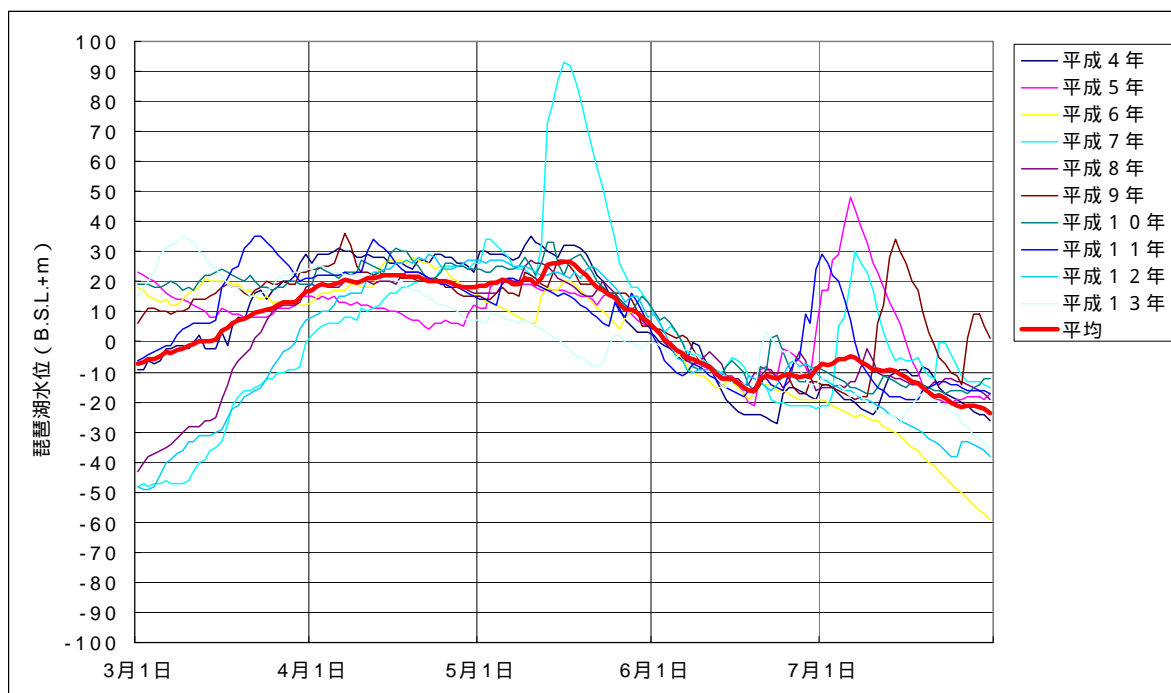


図 20 コイ科魚類等の産卵時期における琵琶湖水位の変遷

コイ・フナなどの産卵期は、3月～7月中旬までであるが、この時期の過去10年間(平成3年～平成12年)の琵琶湖水位は、図19に示すとおりである。この図によれば、水位が高い時期は4月～5月中旬にかけて B.S.L.+0.2m 程度であり、水位が低い時期は B.S.L.-0.2m 程度まで低下する。魚類が産卵のために成魚がヨシ原に進入するために必要な水深は、20cm～30cm であるため、近年の水位を基本とすればヨシ基盤ののり先の一番深いところは、B.S.L.-0.5m 以下の水深が必要であり、稚魚の生育環境としては、岸側の浅い部分の水位が、水位の高い時期に 50cm 未満の水深が確保できるよう B.S.L.-0.3m 以浅が必要である。

2) 鳥類のハビタットとしての機能

鳥類にとってのヨシ群落の機能としては、営巣地、越冬地、集団峙地、渡りの際の中継地などがある。

【滋賀県生活環境部のヨシ群落現存量等把握調査(鳥類調査編 平成4年3月)】

表3に示すような、ヨシ群落の規模と鳥類の繁殖状況との関連が示されている。これによれば、多様な生息域としては、6000m<sup>2</sup>以上の面積が必要であるとされている。

表3 ヨシ保全の規模と鳥類の繁殖状況との関連

| 面積                           | 繁殖状況   |
|------------------------------|--|
| ~ 300m <sup>2</sup>          | オオヨシキリの独身個体が出現したり、バンが営巣する場合もあるが、通常は営巣する鳥類は僅かで、鳥類各種にとっての営巣地としての意義は小さい   |
| 300 ~ 600m <sup>2</sup>      | 通常営巣し得るのはカイツブリとバンのみで、しかも繁殖期間中に多少の水位低下があっても、群落の一部が常に開水面に接していることが必須である。  |
| 600 ~ 2,000m <sup>2</sup>    | カイツブリに加えて、オオヨシキリの営巣可能性が高くなる(特に、ヨシの密度が高く、ヤナギが混生しているような群落)。また、概ね900m <sup>2</sup> 以上の群落では、オオバンが営巣する場合がある。  |
| 2,000 ~ 6,000m <sup>2</sup>  | オオヨシキリがほぼ確実に繁殖する。開水面に接してれば、カイツブリの営巣地となる確率も高く、ヨシゴイ、カルガモ、バン、オオバンが営巣する場合もある。<br>この程度の規模のヨシ群落に、どのような要素が加わればより多くの種に営巣地として利用されるかについては今後の調査課題。  |
| 6,000 ~ 40,000m <sup>2</sup> | カイツブリ、オオヨシキリが確実に繁殖し、バン、オオバンも営巣する場合が多く、ヨシゴイ、カルガモの営巣の可能性も高い。さらに、この規模の群落では、カンムリカイツブリやカッコウの繁殖といった学術的に興味深い現象がみられる場合がある。<br>これだけの規模の既存群落は少ないため、既存群落の保護に加え、植栽による育成も望まれる。                                      |
| 100,000m <sup>2</sup> ~      | これほどの規模のヨシ群落は、琵琶湖岸では草津市下物地区などに限られる。下物地区では、サンカノゴイやチュウヒの営巣も確認されており、学術的に貴重な存在となっている。ただし、これらの種の営巣に、湖岸堤の建設が深刻な影響を及ぼしているとの指摘(岡田ら, 1986)もあり、生息環境の保全のために残存群落を厳重に保護するとともに、これらの種の繁殖に通行車両などが与える影響を軽減するための対策が望まれる。 |

琵琶湖におけるヨシ群落環境と繁殖鳥類相の関係<sup>25)</sup>

少なくともオオヨシキリ、カイツブリ、オオバンの3種が安定して繁殖することのできるヨシ群落を琵琶湖岸において保全目標とするならば、オオバンが営巣可能な群落幅20m以上で群落面積が0.26ha以上、オオヨシキリの好む群落高の高いヨシ群落を、カイツブリが浮巣を造れるように水に浸かった状態で保全または再生すべきである。

25) 橋本、須川国際湿地再生シンポジウムポスターセッション資料



【条件2】 平均年最大流量時にヨシ帯が死水域として働く条件

ヨシ帯は、平均年最大流量時に倒伏しないと粗度係数は  $n=0.10^{21)}$ 、倒伏すると  $n=0.05 \sim 0.06^{21)}$  となるとの実験データがある。すなわち、平均年最大流量時にヨシ帯が倒伏せず直立状態を保てば、ヨシ帯部の抵抗(粗度係数)が大きいため、ヨシ帯がない部分に流れを集中させ掃流力を維持する効果が期待できる。一方、計画高水流量時には、下表に示す水深・流速がヨシの倒伏条件の閾値を満足すれば、倒伏により河積は確保でき、ほとんど流水の支障にならない。

表 4 ヨシ帯の倒伏条件<sup>22)</sup>

|       |  |
|-------|--|
| 直立状態  | $u_* \leq 12\text{cm/s}$                 |
| たわみ状態 | $12\text{cm/s} < u_* \leq 22\text{cm/s}$ |
| 倒伏状態  | $22\text{cm/s} < u_*$                    |

出典：21)福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法、森北出版株式会社、pp.333-340、2005.1.

22)(財)国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き、山海堂、pp.116-118、2002.2.

したがって、ヨシ帯が、平均年最大高水位で直立状態を保ち、かつ計画高水位で倒伏するための条件は、以下のように設定することができる。

|                        |                 |                       |
|------------------------|-----------------|-----------------------|
| 平均年最大流量時の摩擦速度 $u_{*p}$ | $12\text{cm/s}$ |                       |
|                        | $22\text{cm/s}$ | 計画高水流量時の摩擦速度 $u_{*H}$ |

メモ ヨシ帯の活用に関する留意事項

ヨシ帯の特性を活かした低水路横断形状の設定に際しては、以下の図に示すような関係があり、当該断面のエネルギー勾配によっては、ヨシ帯を活用することができない場合も生じる。ヨシ帯を活用することができるか否かは以下の手順により把握する。

1. 平均年最大流量時のエネルギー勾配から、ヨシ帯が直立状態となる水深の範囲を算定する。
2. 平均年最大流量時の水位から、上記のヨシ帯が直立状態となる水深を引いた地盤高が B.S.L.+0.2m ~ B.S.L.-0.8m の範囲となれば、ヨシ帯を活用することが可能であるが、範囲外である場合にはヨシ帯の活用はできない。
3. 計画高水流量時のエネルギー勾配から、ヨシ帯が倒伏する状態となる水深の範囲を算定し、計画高水流量時の水位から上記で設定した地盤高までの水深がこの範囲内になれば、ヨシ帯を活用することが可能となる。

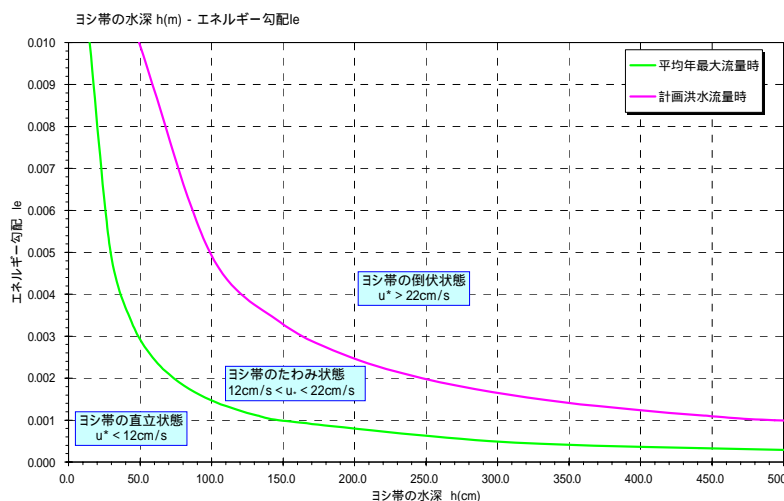


図 21 ヨシ帯の倒伏条件と  $h$ 、 $I_e$  の関係



**【条件3：参考値】ヨシ帯の生育基盤の底質条件について**

- ・ ヨシ帯の生育基盤は砂質土が主体となっており、琵琶湖湖辺域のヨシ帯の生育実績から判断すると、粗砂(d=1.0mm程度)がヨシ帯の生育基盤を整備するための初期粒径条件と考えられる(【条件1】参照)。
- ・ 背水区間の低水路設計において、平均年最大流量時のヨシは直立状態(摩擦速度  $u_* = 12\text{cm/s}$ )で計画している。次図に示す浮遊砂粒径-沈降速度のグラフからみると、摩擦速度が粒径  $d$  の沈降速度以下となると、浮遊砂が掃流砂になり、流水抵抗のあるヨシ帯に補足される。ヨシが直立状態にある摩擦速度  $u_*$  が  $12\text{cm/s}$  以下では粒径  $1\text{mm}$  前後以下の砂がヨシ帯内に堆積することになる。

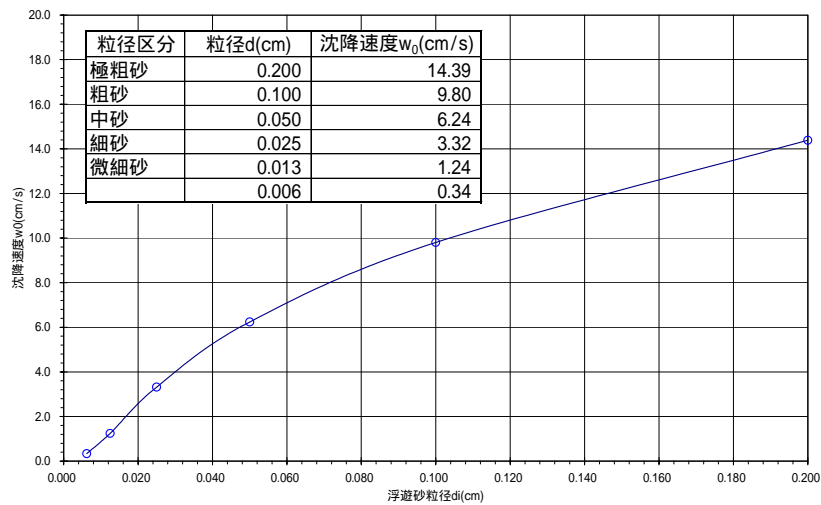


図 22 浮遊砂粒径と沈降速度の関係

$w_{0i}$  は  $d_i$  の沈降速度で Rubey(ルベエイ)<sup>26)</sup>の式から求める。

$$\frac{w_{0i}}{\sqrt{sgd_i}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd_i^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd_i^3}}$$

ここに、

$s$  :  $1.65 (= \frac{1}{0.6} - 1 = 2.65 - 1)$

$g$  : 重力加速度  $980\text{cm/s}^2$

$v$  : 動粘性係数  $0.01\text{cm}^2/\text{s}$

$d_i$  : 浮遊砂粒径  $d_i=0.1\text{cm}$

26) (社)土木学会：水理公式集、平成 11 年版、丸善(株)、pp、156～157、1999.11.

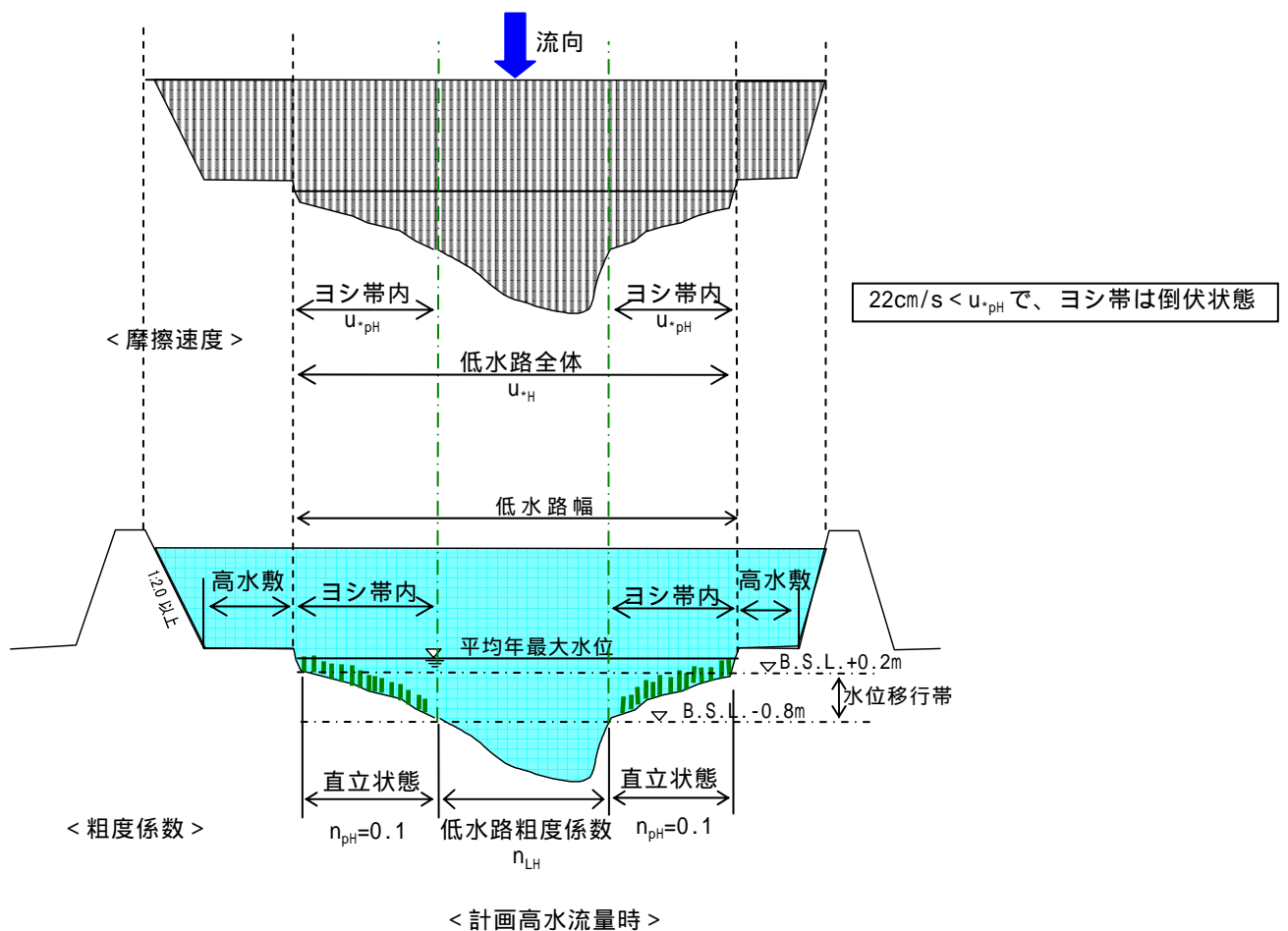
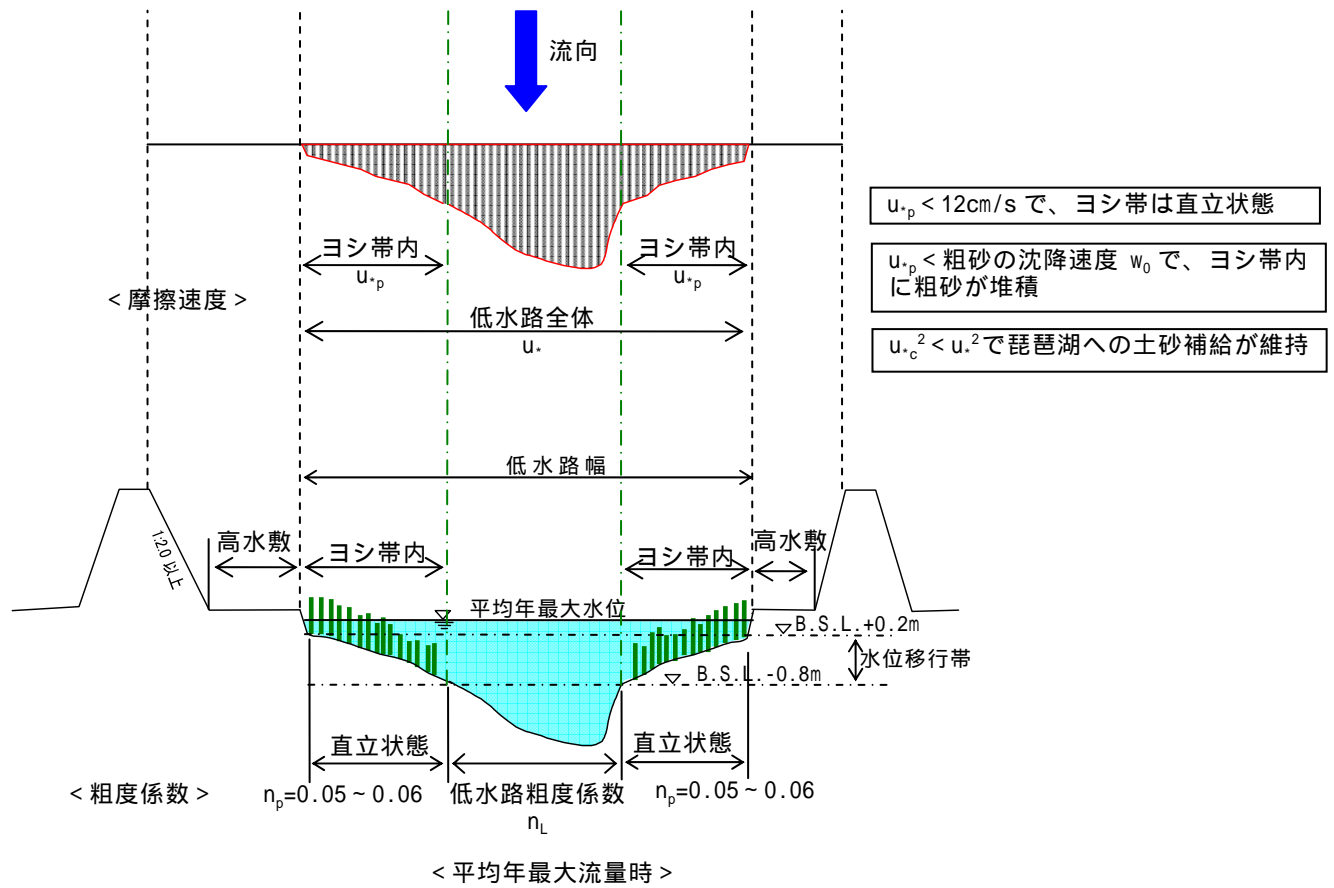


図 23 平均年最大流量時、計画高水流量時の低水路部の粗度係数・摩擦速度

## 第 4 章 評価指標と総合評価方法

### 4.1 評価指標

多自然川づくりの事業実施効果を客観的に説明し、また、効果的な多自然川づくりを計画するため、事前に多自然川づくりのレスポンスを予測できる実用的な評価指標を用いて評価を行う。評価結果は、適宜、河道計画説明資料として活用する。

#### (1) 評価項目及び評価指標

多自然川づくりの効果・影響を総合的に評価することのできる以下の評価項目を用いて、多自然川づくりの事業実施効果及び多自然川づくり計画を評価する。

具体的には、多自然工法が実施されている河川を一連区間（川幅の 10 倍程度）として捉え、量的安全、質的安全、水辺の多様性、縦断連続性、横断連続性等、全 8 項目 9 指標について環境評価を行う。

表 5 評価項目と評価指標の関係

| グループ            | 評価項目        | 評価指標                                      | 備考                                |
|-----------------|-------------|---|-----------------------------------|
| 安全度             | 量的安全        | 流下能力                                      |                                   |
|                 | 質的安全        | -1 堤防整備率（詳細版）<br>-2 堤防整備率（簡易版）            | 基本は -1で評価。<br>それが無理な場合は<br>-2で評価。 |
| 健康度<br>（多様度を含む） | 水辺の多様性      | -1 川幅水深比と無次元掃流力<br>（非背水区間）                |                                   |
|                 |             | -2 限界掃流力と掃流力<br>（背水区間）                    |                                   |
|                 |             | -3 瀬・淵・ワンドの数                              | -1および -2で低<br>評価の場合に使用            |
|                 |             | -4 河岸植生定着度                                | -1および -2で低<br>評価の場合に使用            |
|                 | 縦断連続性       | -1 水深・流速<br>（代表種の移動可否）                    | -1および -2で低<br>評価の場合に使用            |
|                 |             | -2 横断工作物の落差<br>（上下流の連続性）                  |                                   |
|                 | 横断連続性       | 合流部落差（水路との連続性）                            |                                   |
| 河畔林             | 河畔林幅（河畔林機能） | 保全すべき河畔林が<br>ある場合に使用                      |                                   |
| 利用度             | 利用空間        | 利用空間の面積                                   |                                   |
|                 | アクセス        | 人の利用から見た縦断連続性<br>人の利用から見た<br>横断連続性（堤防～水域） |                                   |

## 4.2 総合評価方法

### (1) 評価の方法

上記の評価指標を用いた総合評価方法は、評価対象によっては全 12 指標全てで評価できない指標もあることから、評価項目毎に平均値を求め行う。具体的には、以下のとおり行う。

ただし、ランク自体はそれぞれの目標達成度を一般化した値であり、川ごとに価値観が異なる中でこれらの数値を合算することは本質的な意味を成しておらず、総合評価で得られた結果はあくまでも河川環境の一側面を捉えているに過ぎないことを念頭においておく必要がある。

なお、滋賀県では冠水頻度と植生分布の関係についての基礎的資料はないが、これら 2 要素間の関係の概容整理から、河川改修後の断面での将来の植生状況のある程度予測し、整備後の維持管理の方針を検討する。具体的には、現況断面で植生分布の閾値となる水位・地盤高を求める。

評価指標 -1 あるいは -2 で高ランクの評価結果となる場合は、水辺の多様性に関する評価結果が 1 つになる。

評価指標 -1 あるいは -2 で低ランクの評価結果となる場合は、評価指標 -3 と -4 の双方の評価指標も使い、水辺の多様性に関する評価結果が 2 つとなる。(評価区間が背水区間から非背水区間にまたがっている場合は、評価結果は最小で 2、最大で 4 となる。)

高ランクの評価結果の項目数と数的な整合をとるため、評価指標 -3 と -4 の双方で評価した場合はその平均値とする。

評価区間が背水区間から非背水区間にまたがっている場合には、水辺の多様性についての評価結果は最小で 2、最大で 4 となるため、水辺の多様性に関する評価結果としては、区間延長の加重平均で評価結果を算定する。

以上より得られた評価項目毎の評価結果をもとに、安全度(治水)、健康度(多様度も含む)、利用度(利用)ごとに評価結果を平均(算術平均)し、総合評価を行う。また、現況断面で植生分布の閾値となる水位・地盤高を求め、将来の植生状況を予測する。

(2) 評価結果

上記の方法により、求まる総合評価を図示すると下図のようになる(A川の例)。

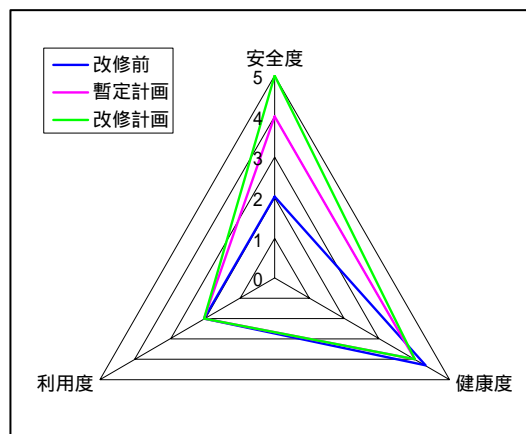
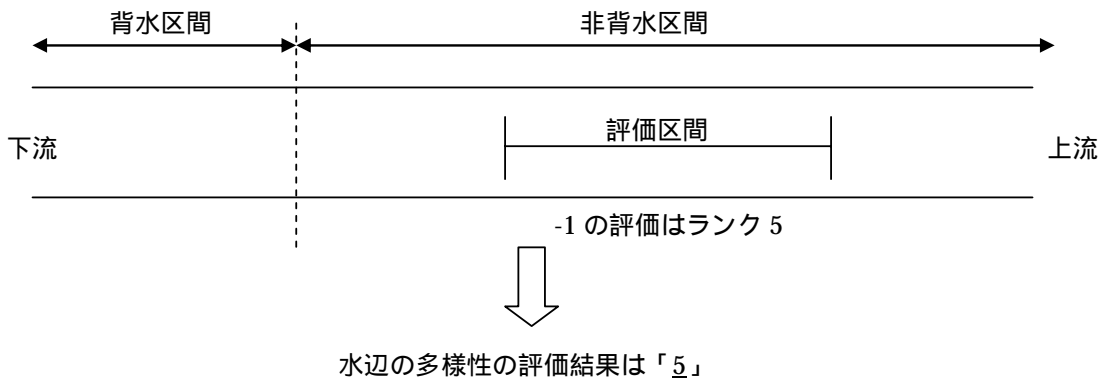
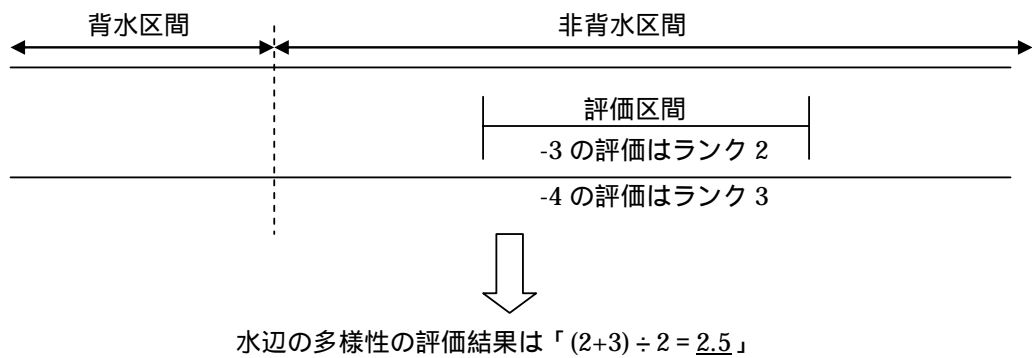


図 24 総合評価事例(A川)

【評価区間が非背水区間にあり、高ランク評価の場合】



【評価区間が非背水区間にあり、低ランク評価の場合】



【評価区間が背水～非背水区間の場合】

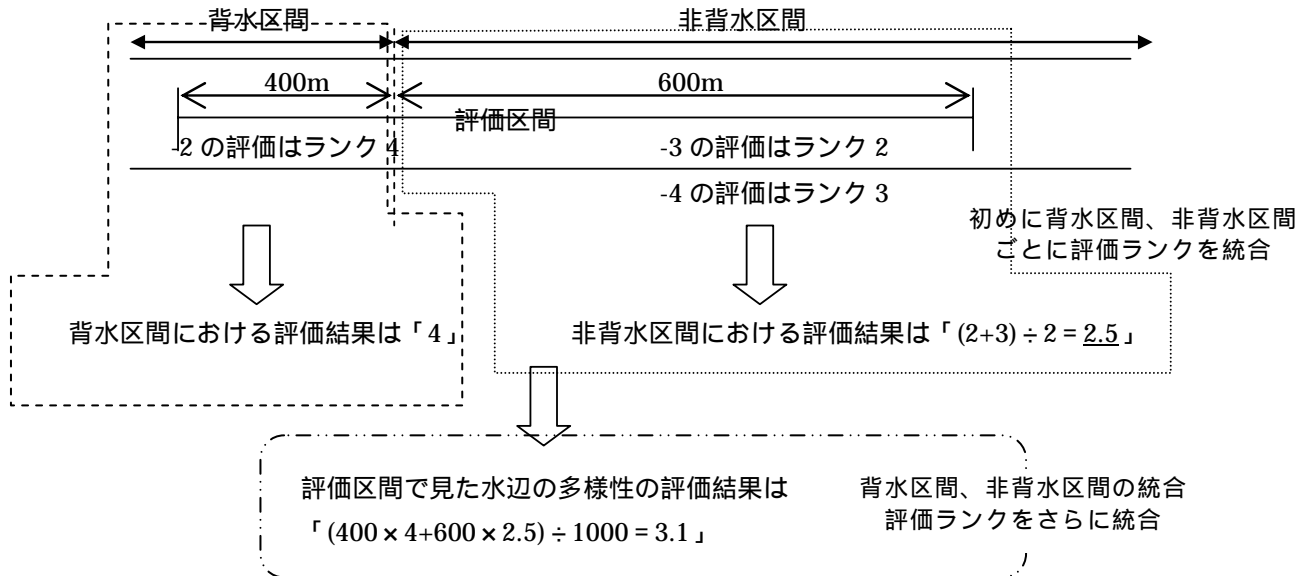


図 25 評価項目「水辺の多様性」における評価ランクの算定イメージ

表 6(1) 評価項目毎の評価方法の概要

|                       | 評価項目   | 評価指標   | 評価方法   |
|-----------------------|--------|--|--|
| 安全度                   | 量的安全度  | 流下能力   | 堤防高をもとに断面毎の現況流下能力を求め、流下能力確保率(流下能力/目標流下能力)を算定し、その平均をもって評価する。  |
|                       | 質的安全度  | -1 堤防整備率<br>(詳細版)  | 浸透、側方侵食、直接侵食のそれぞれに対する強度評価を行い、評価区間に対して強度が十分であると認められた距離の平均をもって堤防の質的安全性を評価する。堤防点検マニュアルに即したデータがある場合のみ実施。                                     |
|                       | 水辺の多様性 | -2 堤防整備率<br>(簡易版)  | 堤防断面の確保状況(構造令で示されている高さ、天端幅、法面勾配の達成度合い)と護岸整備状況(計画護岸整備距離に対する現況の護岸距離の割合)から評価を行う。ただし、山付けや掘り込み河道等は天端幅確保率、余裕高確保率、法勾配確保率は100%とみなす。              |
|                       |        | -1 川幅水深比と無次元掃流力(非背水区間)   | 評価区間の川幅水深比(B/H)、無次元掃流力(*)を求め、 $* > 0.1$ , $B/H > 30$ (ランク5)、 $* > 0.06$ , $B/H > 20$ (ランク4)以外は -3で再評価                                    |
|                       |        | -2 限界掃流力と掃流力(背水区間)   | 評価区間の摩擦速度( $u^*$ )と移動限界速度( $U^*c$ )を求め、 $u^* > U^*c$ (ランク4)以外は -4で再評価  |
|                       |        | -3 瀬・淵・ワンドの数   | 砂州の形成の有無を評価する。砂州が形成されない場合には、瀬・淵・ワンドの数を評価する。  |
|                       |        | -4 河岸植生定着度   | 平水位±1m程度の範囲で植物が生育し易い(定着し易い)区間、空隙の区間が評価区間延長に占める割合を目視により把握し、セグメントにふさわしいかにより判断する。   |
|                       | 縦断連続性  | -1 水深・流速<br>(代表種の移動可否)   | 自然の営力により砂州形成が有る場合(-1)は、検討不要。その他の場合、評価区間における滋賀県の河川で標準的な魚のアユの移動に必要な水深が確保できているかで評価する。評価は現在の河川で区間を通して移動できるか否かで行う。(産卵場所は、産卵時に必要な水深・流速についても評価) |
|                       |        | -2 横断構造物の落差<br>(上下流の連続性)   | 河道の横断構造物による落差を魚類がのぼれるかどうかで評価する。複数の横断構造物がある場合は、全ての構造物に対して評価を行う。評価落差は30cmとする。遡上可能な魚道が設置されている場合は、施設の落差に関係なく、遡上可能とする。                        |
|                       | 横断連続性  | 合流部落差<br>(水路との連続性)   | 水田に繋がっている支川や用水と本川との合流部分の落差から移動障害箇所を求め、評価を行う。なお、合流部に遡上可能な魚道が設置されている場合は、落差の大きさに関係なく遡上可能とする。  |
|                       | 河畔林    | 河畔林幅<br>(河畔林機能)  | 河畔林機能のうち日光遮断機能、有機物供給機能、生物の生息環境提供機能に着目して、望ましい河畔林幅を10mとしてその延長率を算定することにより評価を行う。   |
|                       | 利用空間   | 利用空間の面積  | 人の視点からの項目として高水敷の利活用が行われていれば評価が高いものとして、評価区間内の高水敷の利用延長で評価する。評価区間延長、高水敷利用延長はともに左右岸を合わせたトータルとして考える。  |
| アクセス<br>人の利用からみた縦断連続性 |        | 草本類が繁茂しておらず、縦断方向へ散策可能な距離を用いて評価する。ただし、評価区間延長、散策可能な距離ともに左右岸を合わせたトータルとして考える。  |  |
| 人の利用からみた横断連続性         |        | 堤防から高水敷までのアクセス性(3割以上の法勾配の堤防延長)と高水敷から水面までのアクセス性から評価を行う。<br>ただし、3割未満であっても、階段・坂路があれば、アクセス性を有しているとして評価する。階段・坂路がカバーできる範囲は、人が歩行しなくなる限界(180m)をもとに前後100mとする。<br>高水敷から水面へのアクセス性は、高水敷肩と水面までの比高差が0.5m以下、階段がある、捨石等が護岸の前面に存在する、といった状況であれば降り易いと判断し、前後100mの範囲はアクセス可能とみなす。また、河岸の勾配が10割以上ある区間についてもアクセス性があるとみなす。 |  |

【検討すべき評価指標】

| 評価項目       | 評価指標                       | 事業前（現況）                           |     |              |               | 事業後（将来予測）                          |     |              |               |
|------------|----------------------------|-----------------------------------|-----|--------------|---------------|------------------------------------|-----|--------------|---------------|
|            |                            | 評価生値                              | ランク | 評価項目別<br>ランク | グループ別<br>評価結果 | 評価生値                               | ランク | 評価項目別<br>ランク | グループ別<br>評価結果 |
| 量的安全       | 流下能力                       | 確保率 %                             |     |              |               | %                                  |     |              |               |
| 質的安全       | -1 堤防整備率（詳細版）              | 整備率 %                             |     |              |               | %                                  |     |              |               |
|            | -2 堤防整備率（簡易版）              | 整備率 %                             |     |              |               | %                                  |     |              |               |
| 水辺の<br>多様性 | -1 川幅水深比と無次元掃流<br>力（非背水区間） | $B/H=$<br>$*=$                    |     | （加重平均）       |               | $B/H=$<br>$*=$                     |     | （加重平均）       |               |
|            | -2 限界掃流力と掃流力<br>（背水区間）     | $U^*_c^2=$<br>$U^{*2}=$           |     |              |               | $U^*_c^2=$<br>$U^{*2}=$            |     |              |               |
|            | -3 瀬・淵・ワンドの数               | 無<br>有（1 蛇行中瀬 箇所）<br>（1 蛇行中淵 箇所）  |     |              |               | 無<br>有（1 蛇行中瀬 箇所）<br>（1 蛇行中淵 箇所）   |     |              |               |
|            | -4 河岸植生定着度                 | 評価点 点                             |     |              |               | 評価点 点                              |     |              |               |
| 縦断<br>連続性  | -1 水深・流速（代表種の移動<br>可否）     | 最小流速 m/s<br>最小水深 cm               |     |              |               | 最小流速 m/s<br>最小水深 cm                |     |              |               |
|            | -2 横断構造物の落差<br>（上下流の連続性）   | 無（注1）<br>有（最大落差：30cm未満<br>30cm以上） |     |              |               | 無（注1）<br>有（最大落差：30cm未満・<br>30cm以上） |     |              |               |
| 横断<br>連続性  | 合流部落差<br>（水路との連続性）         | 連続性確保数/合流水路数<br>/                 |     |              |               | /                                  |     |              |               |
| 河畔林        | 河畔林幅（河畔林機能）                | 10m以上の延長/評価区間<br>/                |     |              |               | /                                  |     |              |               |
| 利用空間       | 利用空間の面積                    | 高水敷利用区間延長/評価区間<br>/               |     |              |               | /                                  |     |              |               |
| アクセス       | 人の利用から見た<br>縦断連続性          | 縦断方向散策可能距離/評価区間<br>/              |     |              |               | /                                  |     |              |               |
|            | 人の利用から見た<br>横断連続性          | カバー率 %                            |     |              |               | %                                  |     |              |               |

（注1）魚道が設置され、かつその機能が損なわれていない場合は、上下流の連続性に問題がないことから、「落差なし」と評価する

：評価指標として用いない  
\*：調査データがない



## 第 5 章 モデル河川への適用

### 5.1 A 川における適用

#### (1) 非背水区間の河道形状の検討

##### 1) 計算条件

A 川における計算条件は、以下のとおりである。

##### a) 整備計画流量、平均年最大流量

- ・A 河川の平均年最大流量は、流量の連続観測地点がないため、流出解析モデルを用いて算出したものである。
- ・整備計画は、戦後最大洪水を安全に流下できるように、昭和 34 年 8 月・9 月台風、昭和 50 年 8 月洪水を対象とした。

表 7 整備計画流量・平均年最大流量

| 区間          |             | 流量配分                           |                             |
|-------------|-------------|--------------------------------|-----------------------------|
|             |             | 平均年最大<br>流量(m <sup>3</sup> /s) | 整備計画<br>(m <sup>3</sup> /s) |
| 河口～B川合流点    | 0.0～3.2k    | 486                            | 1400                        |
| B川合流点～C川合流点 | 3.3～8.0k    | 207                            | 980                         |
| C川合流点～      | 8.1～12.54k  | 139                            | 700                         |
| ～           | 12.64～6.46k | 139                            | 700                         |

##### b) セグメント区分、粗度係数

表 8 セグメント区分・粗度係数

| 区間              |                  | 河床勾配  | 代表粒径<br>(mm) | セグメント | 粗度係数  |       | 現況断面      |
|-----------------|------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-----------|
|                 |                  |       |              |       | 低水路   | 高水敷   | 測量年       |
| 河口～<br>B川合流点    | 0.0～3.2k         | 1/725 | 20           | 2-1   | 0.034 | 0.035 | 平成14年測量断面 |
| B川合流点<br>～C川合流点 | 3.3～8.0k         | 1/293 | 30           | 1-    | 0.038 | 0.035 | 平成2年測量断面  |
| C川合流点<br>～      | 8.1～12.54k       | 1/173 | 35           | 1-    | 0.040 | 0.035 | 〃         |
| ～               | 12.64～<br>16.46k | 1/119 | 30           | 1-    | 0.040 | 0.035 | 〃         |

##### 2) 検討断面

検討断面は、以下に示す 5.4k で整備計画では引堤箇所となっている。

##### 3) 1 次案の設定

###### 【低水路形状の設定】

現況河道の 5.4k において、平均年最大流量 207 m<sup>3</sup>/s 流下時の水理計算(等流計算)結果は、以下のとおりとなる。

###### 【無次元掃流力 \* 0.10 を確保するために必要な水深 H<sub>L</sub>】

$$\cdot H_L = 0.165 \cdot d_R / I_e$$

$$\cdot d_R = 30.0\text{mm} = 30.0 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$\cdot I_e = 1/293 (3.3 \sim 8.0\text{km})$$

$$\cdot H_L = 0.165 \times d_R / I_e = 0.165 \times 30.0 \times 10^{-3} / (1/293) = 1.45\text{m} \quad \text{現況河道の平均水深 } 1.72\text{m} \text{ で満足}$$

###### 【平均年最大流量 Q<sub>m</sub>、H<sub>L</sub> を満たす低水路幅 B の算出】

$$\begin{aligned} \cdot Q_m = A \cdot V &= (B \cdot H_L) \cdot \left( \frac{1}{n} \cdot H_L^{\frac{2}{3}} \cdot I_e^{\frac{1}{2}} \right) = (55.4 \times 1.72) \cdot \left( \frac{1}{0.035} \times 1.72^{\frac{2}{3}} \times \left( \frac{1}{293} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \\ &= 228 \text{ m}^3/\text{s} > \text{平均年最大流量 } 207 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

この結果、低水路横断形状の設定フローに従い1次案を検討すると、\* = 0.12 0.10、  
B/H = 32 > 30 であることから、低水路形状は変更しない。

表 9 A川 5.4k の水理計算結果

|      | 平均年最大流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 水面幅 B<br>(m) | 平均水深<br>H(m) | 川幅水深<br>B/H | 無次元掃流力<br>* | 水位<br>(T.P.m) |
|------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 現況河道 | 207                            | 55.4         | 1.72         | 32          | 0.12        | 95.753        |

**【流下能力の確保】**

1次案の流下能力の確保は、引堤を基本とする。なお、5.4kの横断は比較的流下能力が大きいいため、以降の検討では流下能力は1,900 m<sup>3</sup>/sと仮定して流下能力の確保のための検討を実施する。

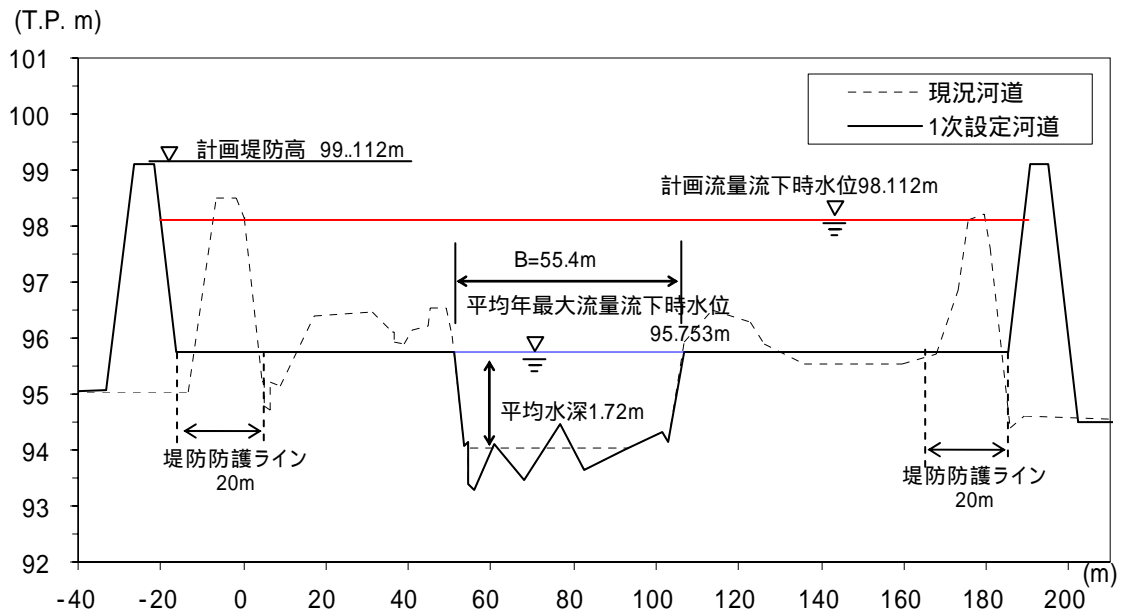
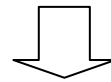
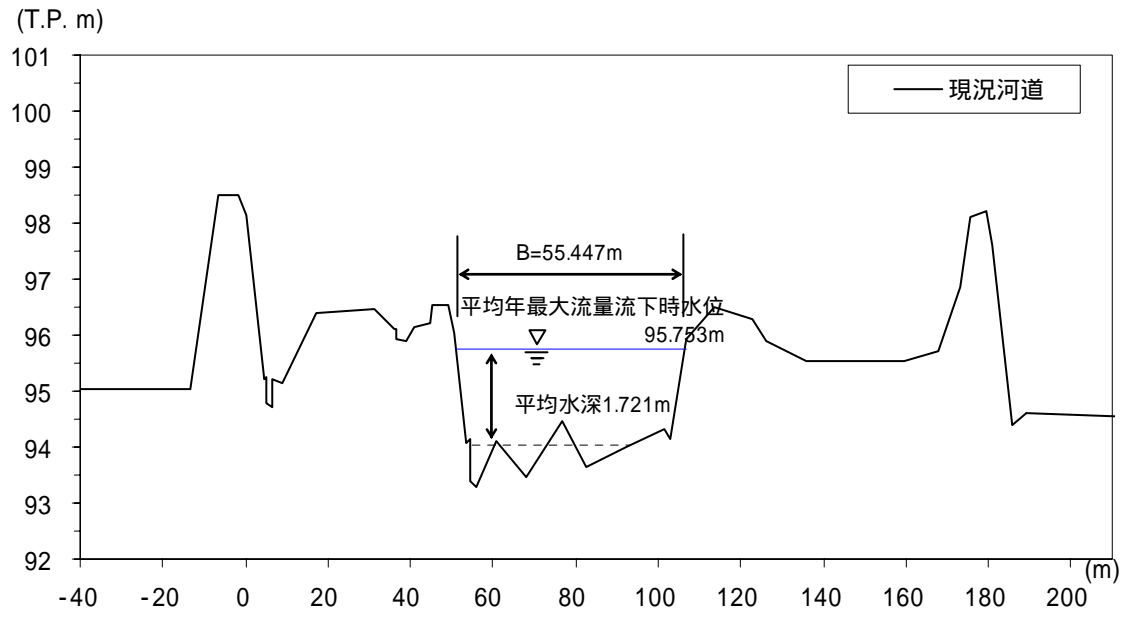


図 26 A川 5.4k 現況及び1次設定河道

#### 4) 工夫例

資料3のフローに従い工夫例を検討した結果は、右図に示すとおりである。

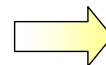
なお、各工夫例により引堤等に伴い必要となる用地幅は、以下のとおりとなる。

表 10 各工夫例により必要な用地幅

|      | 引堤等により必要となる用地幅 (m) |      |      |
|------|--------------------|------|------|
|      | 左岸                 | 右岸   | 合計   |
| 1次案  | 19.8               | 16.4 | 36.2 |
| 工夫例2 | 15.8               | 12.8 | 28.6 |
| 工夫例3 | 0.0                | 0.0  | 0.0  |
| 工夫例4 | -4.1               | -4.2 | -8.3 |

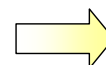
[2] 流下能力の確保方策: 1次案の横断形状を保持しつつ、全体を掘削

- ・ 高水敷幅を狭めずに、河道全体を掘り下げる。
- ・ 高水敷幅は、河岸防護ライン(1洪水による高水敷被災幅)を確保する。
- ・ 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低水々路を設置する等の工夫をする。



[3] 流下能力の確保方策: 高水敷幅を狭め、築堤

- ・ 高水敷幅を狭めつつ、築堤により、流下能力を確保する。(最終的には単断面となる。)
- ・ 低水路形状を保持しつつ、計画高水位が現況堤防満杯水位以下になるまで、全体を最低限下げる。
- ・ 堤防護ライン以上に高水敷を掘削する場合、強固な護岸を設置する。
- ・ 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低水々路を設置する等の工夫をする。



[4] 流下能力の確保方策: 全体を掘削

- ・ [2] ~ [3]の場合よりさらに用地制約がある場合、[2][3]を組み合わせ、流下能力を確保する。
- ・ 堤防護ライン以上に高水敷を掘削する場合、強固な護岸を設置する。
- ・ 低水路部は、現況のみお筋幅を参考に低水々路を設置する等の工夫をする。

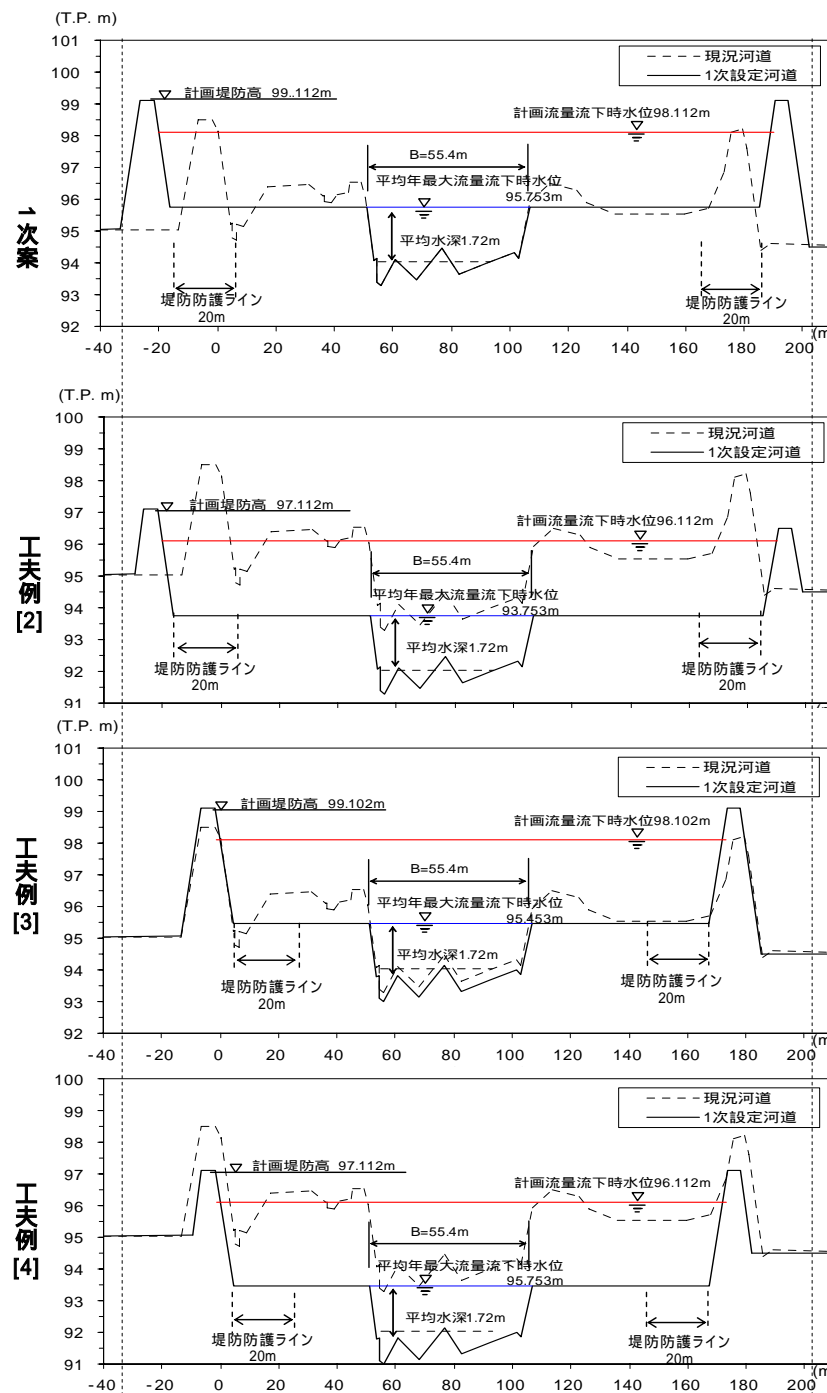
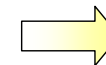


図 27 A川 5.4k 工夫例の横断及び計算水位

(2) 背水区間における検討

1) 計算条件

A川における計算条件は、基本的に表 8、表 9 の非背水区間の計算条件に準じるが、不等流計算の出発水位は以下のとおりとする。

表 11 出発水位

|       | 流量                      | 出発水位                       |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| 平均年最大 | 486 m <sup>3</sup> /s   | B.S.L +0.4m (T.P.+84.471m) |
| 計画    | 1,400 m <sup>3</sup> /s | B.S.L +0.4m (T.P.+84.771m) |

\*) 土木交通部河港課長通達：設計便覧(案)河川編の訂正について、平成 15 年 3 月 31 日。琵琶湖流入河川の河口水位は、原則として、琵琶湖の基準水位 B.S.L.+0.4m(T.P.+84.771m)とする。

2) 検討断面

検討断面は、琵琶湖の背水区間となる 0.1k とする。

3) 1 次案の設定

【低水路形状の設定】

現況河道の 0.1k において、平均年最大流量 486 m<sup>3</sup>/s 流下時の水理計算(不等流計算)結果は、以下のとおりとなり、平均年最大流量流下時の  $u_*^2$  が移動限界掃流力  $u_{*c}^2$  より大きくなる。よって、低水路横断形状の設定に従い低水路形状は現状のままとする。

|   |
|---|
| 平均年最大流量流下時 $u_*^2 > \text{移動限界掃流力 } u_{*c}^2$ |
|---|

表 12 A 川 0.1k 現況河道の水理計算結果

| 平均年最大流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 平均水深<br>H(m) | 移動限界掃流力<br>$u_{*c}^2$ (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ) | 掃流力<br>$u_*^2$ (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|--------------|---|--|
| 486                            | 1.590        | 0.008   | 0.030  |

注) 平均水深は低水路部の平均水深である。

4) 流下能力の確保方策(1 次案[1])

c) 引堤による流下能力の確保

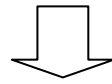
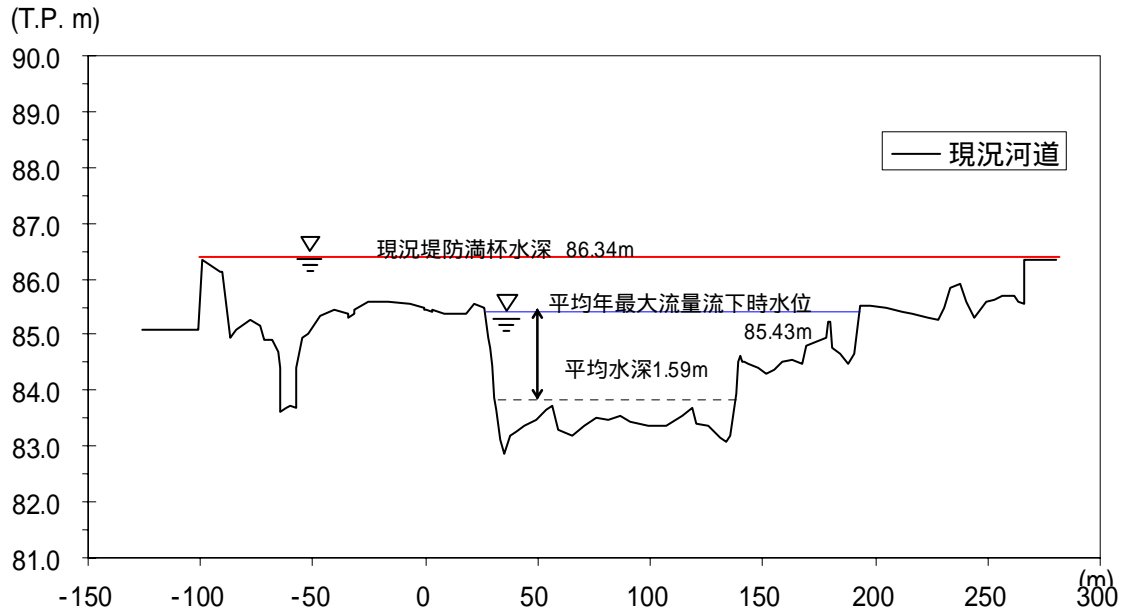
上記の低水路形状において、流下能力を確保するための確保方策として引堤(1 次案[1])を検討する。

左岸側 15.0m の引堤を行うことにより、0.1k の流下能力は表 5.2.7 に示すとおりとなり、計画高水位は現況河道の可能最高水位(堤防満杯水位)を下回り流下能力が確保される。

表 13 A 川 0.4k 1 次設定河道 + 築堤の水理計算結果

|            | 計画流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 現況堤防満杯水位<br>(T.P.m) | 計画高水位<br>(T.P.m) | 計画堤防高<br>(T.P.m) |
|------------|-----------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| 引堤(1次案[1]) | 1,400                       | 86.340              | 86.290           | 87.290           |

計画高水位は現況堤防満杯水位より低く設定



$u > u_c^2$  のため、低水路形状は現状のままとする

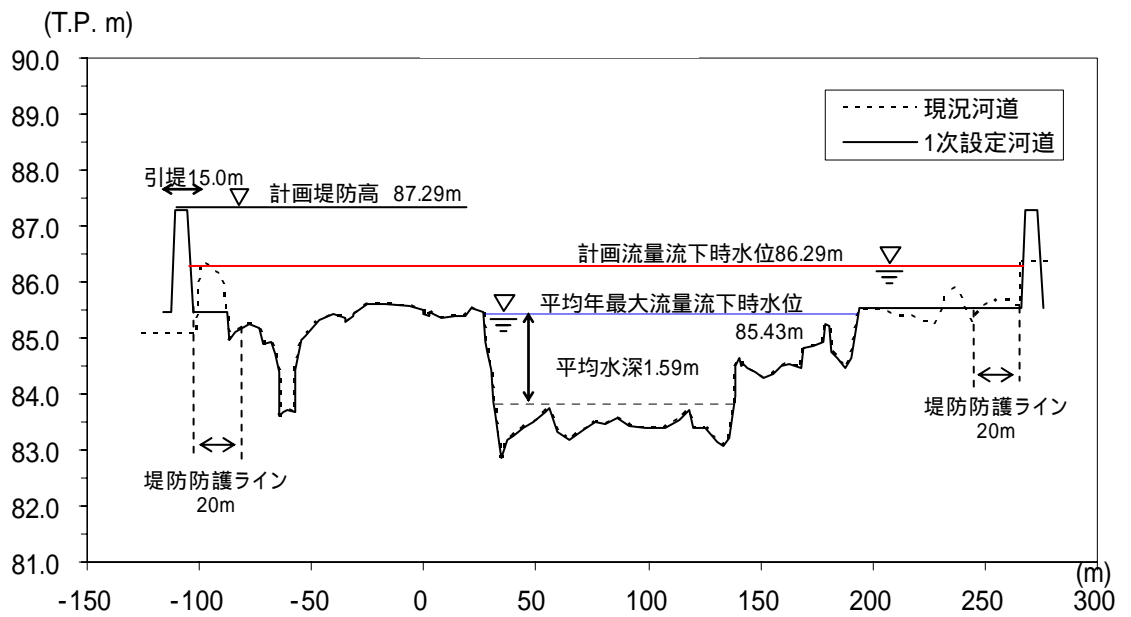


図 28 A川 0.1k 現況河道及び1次案(引堤)

d) 工夫例：

【流下能力の確保】

0.1kにおいて河川用地の制約がある場合を仮定し、流下能力を確保する工夫例を作成する。工夫例の作成は、低水路横断面形状の設定に従い以下のとおり実施する。

- ・ 左右岸の高水敷をヨシ帯が生育できる基盤高(B.S.L.+0.2m)まで掘削する(中水敷の設置)。ただし、両岸とも河岸防護ライン幅(20m)を確保する。なお、工夫例2は、左岸のみの掘削とし、ヨシの群落としての面積規模を最大となるような断面とした。
- ・ ヨシ帯の粗度は、低水路全体の粗度係数として合成粗度として水力計算(等流計算)を行う。ただし、計画流量流下時にはヨシ帯は倒伏する( $n=0.05$ )ものとする。
- ・ 水力計算の結果、計画流量時のヨシ帯の部分の $u_{ph}=22\text{cm/s}$ となり、ヨシ帯が倒伏状態にあることが評価でき、かつ、計画流量を計画高水位以下で流下できることを確認した。

表 14 A川 0.4k 工夫例の水力計算結果

|       | 計画流量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 現況堤防満杯水深<br>(T.P.m) | 計画高水位<br>(T.P.m) | ヨシ帯部分                           |                                    | エネルギー<br>勾配<br>$le$ |
|-------|-----------------------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|
|       |                                   |                     |                  | 流速 $V_{ph}$<br>( $\text{m/s}$ ) | 摩擦速度 $u_{ph}$<br>( $\text{cm/s}$ ) |                     |
| 工夫例 1 | 1,400                             | 86.340              | 86.310           | 1.51                            | 約 22                               | 2.68E-03            |
| 工夫例 2 | 1,400                             | 86.340              | 86.310           | 1.52                            | 約 22                               |                     |

【平均年最大流量流下時の確認】

- ・ 上記の工夫例において、平均年最大流量流下時にヨシ帯が直立状態を保ち、かつ掃流力  $u_*^2$  が移動限界掃流力を上回ることを確認する。ただし、平均年最大流量流下時にはヨシ帯は倒伏しない( $n=0.1$ )ものとする。
- ・ 水力計算の結果、平均年最大流量時のヨシ帯部分の $u_*^2=12\text{cm/s}$ となり、ヨシ帯が直立状態にあることが評価できた。
- ・ また、低水路全体(ヨシ帯含む)での掃流力  $u_*^2=0.021$ (工夫例1)  $>$   $0.025$ (工夫例2)  $>$   $u_{*c}^2=80.9 \times 20 \times 10^{-3}=0.016$  となり、琵琶湖への土砂供給が維持されることが確認できた。

表 15 A川 0.1k 工夫例の水力計算結果(代表粒径  $d_r=20\text{mm}$  で評価した場合)

|      | 平均年<br>最大流<br>量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | ヨシ帯部分                        |                                 | 低水路部全体  |  | 備考                     |
|------|--|------------------------------|---------------------------------|---|--|------------------------|
|      |  | 流速 $V_p$<br>( $\text{m/s}$ ) | 摩擦速度 $u_p$<br>( $\text{cm/s}$ ) | 掃流力<br>$u_*^2$<br>( $\text{m}^2/\text{s}^2$ ) | 移動限界掃流力<br>$u_{*c}^2$<br>( $\text{m}^2/\text{s}^2$ ) |                        |
| 工夫例1 | 486  | 0.384                        | 約12                             | 0.021   | 0.016  | $le = 1.74\text{E}-03$ |
| 工夫例2 |  | 0.390                        | 約12                             | 0.021   |  |                        |

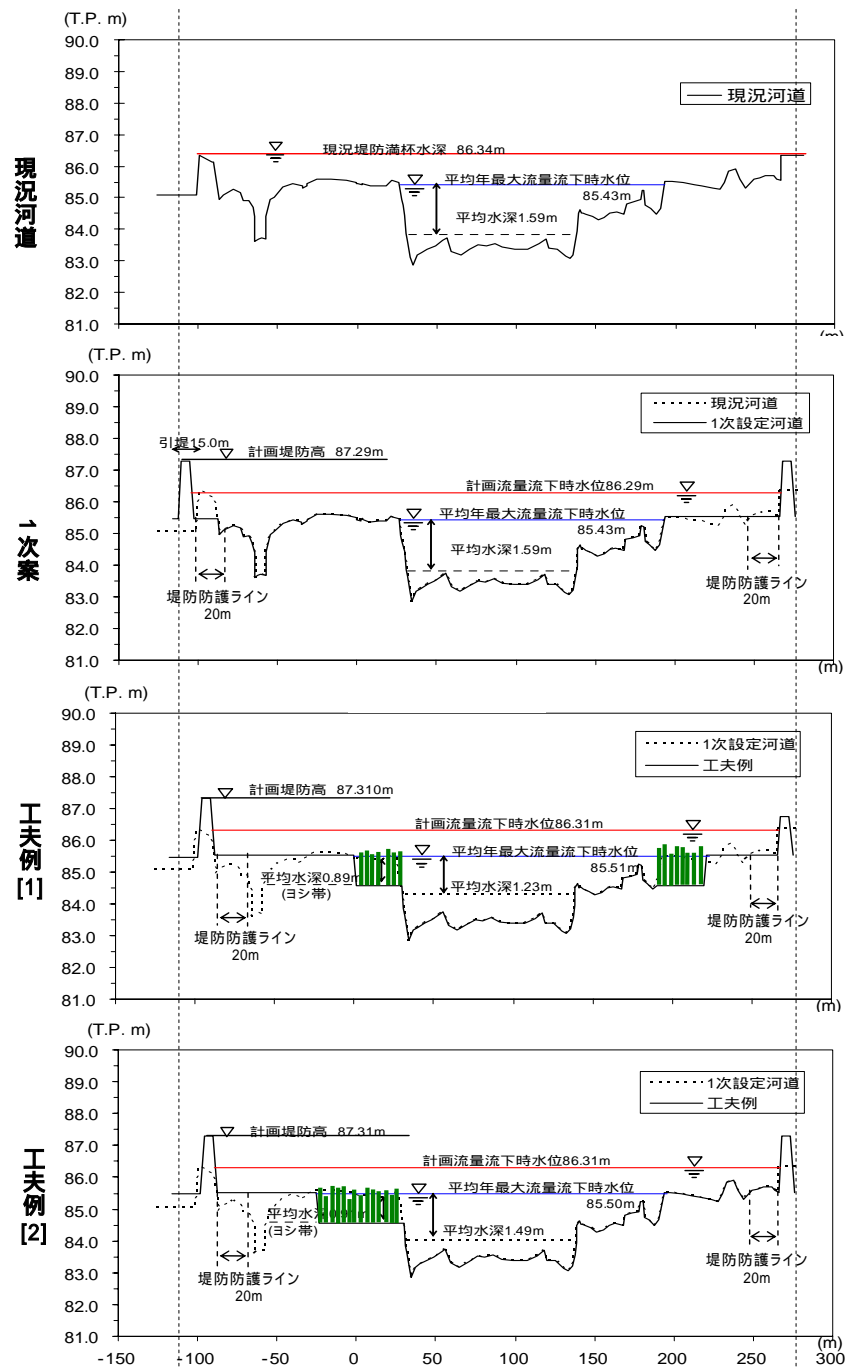


図 29 A川 0.1k の河道横断及び計算水位(計画流量)

### (3) 総合評価

鴨川をモデル河川として、評価指標による評価と総合評価による検証を行った結果を示す。なお、詳細な環境情報図がなかったため、改修後の植生分布予測は実施していない。

#### 【鴨川】

- ・ 安全度の面では事業の進捗に伴って高評価となっており、事業効果を適切に把握できている。
- ・ 暫定計画では水際まで繁茂した河畔林をある一定の幅を残して伐採する方法を採用しており、新規にできるオープンスペースの効果を適切に把握できている。
- ・ 改修計画断面では自然の営力による砂州形成が可能となると予測された。その効果が健康度で適切に把握できている。

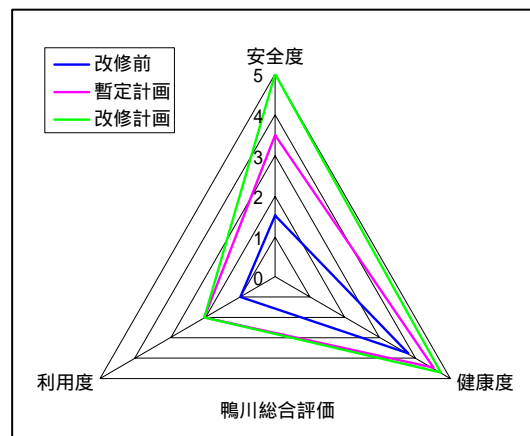




表 16(1) 鴨川における見直し後評価結果および総合評価結果

| 評価項目       | 評価指標                       | 改修前                                  |     |              |                                      | 暫定計画                 |     |              |               |
|------------|----------------------------|--------------------------------------|-----|--------------|--------------------------------------|----------------------|-----|--------------|---------------|
|            |                            | 評価生値                                 | ランク | 評価項目別<br>ランク | グループ別<br>評価結果                        | 評価生値                 | ランク | 評価項目別<br>ランク | グループ別<br>評価結果 |
| 量的安全       | 流下能力                       | 確保率 15 %                             | 1   | 1            | 1.5                                  | 65 %                 | 2   | 2            | 3.5           |
| 質的安全       | -1 堤防整備率（詳細版）              | 整備率 %                                | -   | 2            |                                      | %                    | *   | 5            |               |
|            | -2 堤防整備率（簡易版）              | 整備率 70 %                             | 2   |              |                                      | 100 %                | 5   |              |               |
| 水辺の<br>多様性 | -1 川幅水深比と無次元掃流<br>力（非背水区間） | B/H= 8<br>*= 0.21                    | -   | -            | 1.5                                  | B/H=16<br>*=0.17     | -   | -            | 3.5           |
|            | -2 限界掃流力と掃流力<br>（背水区間）     | $U^*c^2=$<br>$U^{*2}=$               |     |              |                                      |                      |     |              |               |
|            | -3 瀬・淵・ワンドの数               | 無<br>有（1 蛇行中瀬 1 箇所）<br>（1 蛇行中淵 1 箇所） | 2   | 1.5          | 無<br>有（1 蛇行中瀬 1 箇所）<br>（1 蛇行中淵 1 箇所） | 2                    | 3.5 |              |               |
|            | -4 河岸植生定着度                 | 評価点 50 点                             | 1   |              | 評価点 100 点                            | 5                    |     |              |               |
| 縦断<br>連続性  | -1 水深・流速（代表種の移動<br>可否）     | 最小流速 m/s<br>最小水深 cm                  | *   | 5            | 3.8                                  | 最小流速 m/s<br>最小水深 cm  | *   | 5            |               |
|            | -2 横断構造物の落差<br>（上下流の連続性）   | 無（注1）<br>有（最大落差：30 cm）               | 5   |              |                                      | 無（注1）<br>有（最大落差： cm） | 5   |              |               |
| 横断<br>連続性  | 合流部落差<br>（水路との連続性）         | 連続性確保数/合流水路数<br>/                    | -   | -            | /                                    | -                    | -   |              |               |
| 河畔林        | 河畔林幅（河畔林機能）                | 10m以上の延長/評価区間<br>2.4k/2.4k           | 5   | 5            | 2.4k/2.4k                            | 5                    | 5   |              |               |
| 利用空間       | 利用空間の面積                    | 高水敷利用区間延長/評価区間<br>0k/2.4k            | 1   | 1            | 0k/1.2k                              | 1                    | 1   |              |               |
| アクセス       | 人の利用から見た<br>縦断連続性          | 縦断方向散策可能距離/評価区間<br>0k/2.4k           | 1   | 1            | 1                                    | 2.4k/2.4k            | 5   | 3            |               |
|            | 人の利用から見た<br>横断連続性          | カバー率 2.5 %                           | 1   |              |                                      | 0 %                  | 1   |              |               |

：評価指標として用いない

\*：調査データがない

表 16(2) 鴨川における見直し後評価結果および総合評価結果

| 評価項目       | 評価指標                       | 改修計画                              |     |              |               |
|------------|----------------------------|-----------------------------------|-----|--------------|---------------|
|            |                            | 評価生値                              | ランク | 評価項目別<br>ランク | グループ別<br>評価結果 |
| 量的安全       | 流下能力                       | 確保率 100 %                         | 5   | 5            | 5             |
| 質的安全       | -1 堤防整備率(詳細版)              | 整備率 %                             | *   | 5            |               |
|            | -2 堤防整備率(簡易版)              | 整備率 100 %                         | 5   |              |               |
| 水辺の<br>多様性 | -1 川幅水深比と無次元掃流<br>力(非背水区間) | B/H=23<br>*=0.15                  | 4   | 4<br>(加重平均)  | 4.7           |
|            | -2 限界掃流力と掃流力<br>(背水区間)     | $U^*_c^2=$<br>$U^{*2}=$           |     |              |               |
|            | -3 瀬・淵・ワンドの数               | 無<br>有(1 蛇行中瀬 箇所)<br>(1 蛇行中淵 箇所)  | -   | -            |               |
|            | -4 河岸植生定着度                 | 評価点 点                             | -   |              |               |
| 縦断<br>連続性  | -1 水深・流速(代表種の移動<br>可否)     | 最小流速 m/s<br>最小水深 cm               | *   | 5            |               |
|            | -2 横断構造物の落差<br>(上下流の連続性)   | 無(注1)<br>有(最大落差:30cm未満<br>30cm以上) | 5   |              |               |
| 横断<br>連続性  | 合流部落差<br>(水路との連続性)         | 連続性確保数/合流水路数<br>/                 | -   | -            |               |
| 河畔林        | 河畔林幅(河畔林機能)                | 10m以上の延長/評価区間<br>2.4k/2.4k        | 5   | 5            |               |
| 利用空間       | 利用空間の面積                    | 高水敷利用区間延長/評価区間<br>0k/1.2k         | 1   | 1            | 2             |
| アクセス       | 人の利用から見た<br>縦断連続性          | 縦断方向散策可能距離/評価区間<br>2.4k/2.4k      | 5   | 3            |               |
|            | 人の利用から見た<br>横断連続性          | カバー率 0 %                          | 1   |              |               |

：評価指標として用いない

\*：調査データがない

#### (4) 現況断面での植生分布状況と水位、流量と植生分布の関係

以下の手順にもとづき、現況断面での植生分布状況と水位、流量と植生分布の関係から将来の植生分布を予測する。

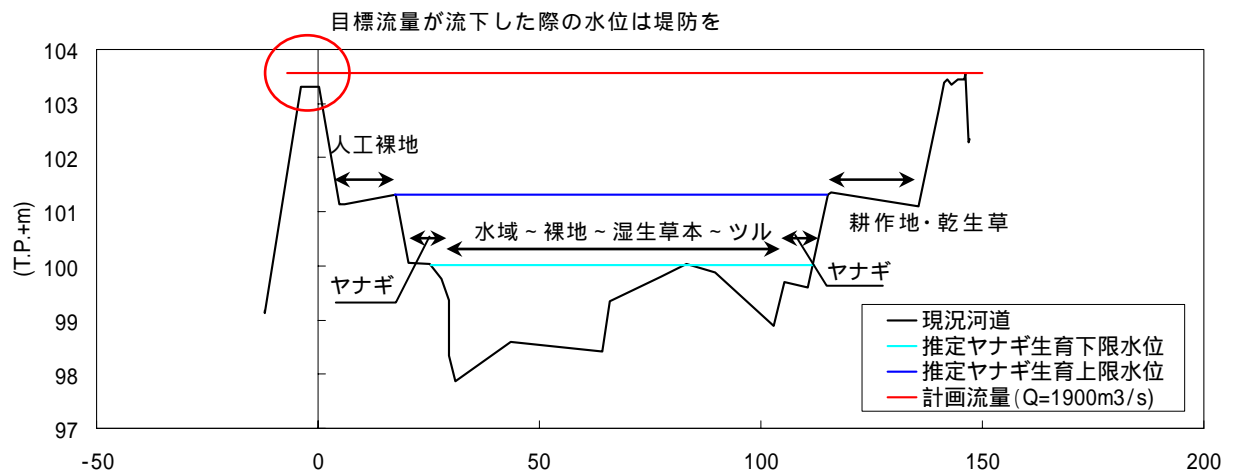
手順 1) 現況断面の植生分布の境界水位の決定

手順 2) 不等流計算で得られた HQ 式あるいは等流計算から境界水位相当の流量を把握

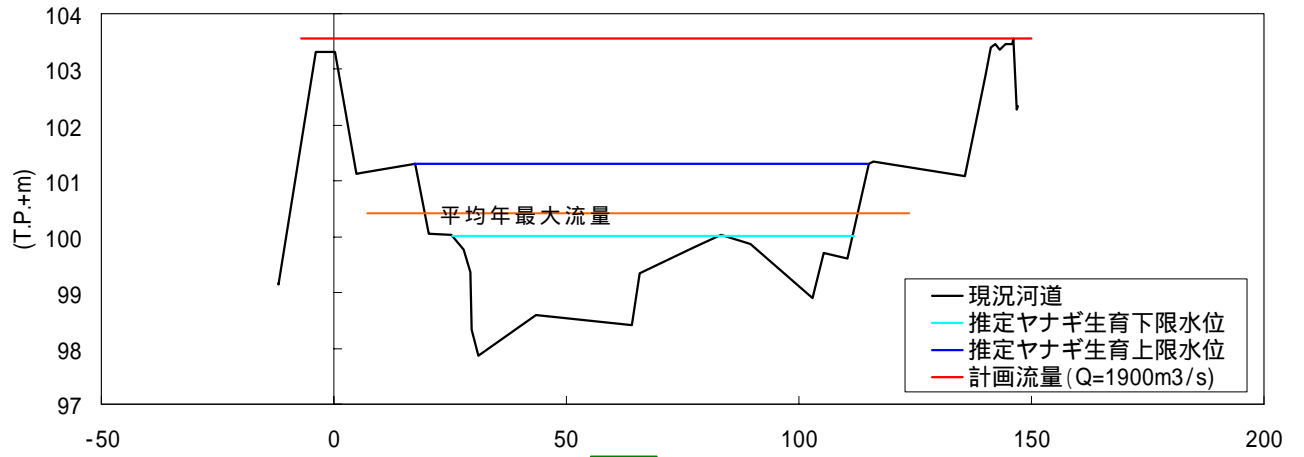
手順 3) 改修計画に手順 2 で得られた流量を与えて水位を算定し、改修前後で植生の分布エリアがどのように変化するか予想する

検証断面の横断形状を植生分布の状況は図 31 のようになっている。検証断面におけるヤナギの植生エリアから生育可能流量は  $110\text{m}^3/\text{s} \sim 380\text{m}^3/\text{s}$  と推定できる。これを改修後断面に与えて水位を計算したところ、図 30 のようになった。この結果から、次のような予測が得られる。

- ・ 低水路部分を切り下げることから、水域～裸地～湿生草本～ツルヨシの生育エリアが減少すると予測される。(減少量はわずか。)
- ・ 高水敷は平均年最大流量相当水位まで切り下げるため、高水敷はヤナギ林の生息エリアに変化すると予測される。



現況河道における植生分布境界水位 (A川 6.9km)



引堤をせずに堤外を全体に下げることによって流下能力を確保。  
 その際、低水路の形状は変化させず。

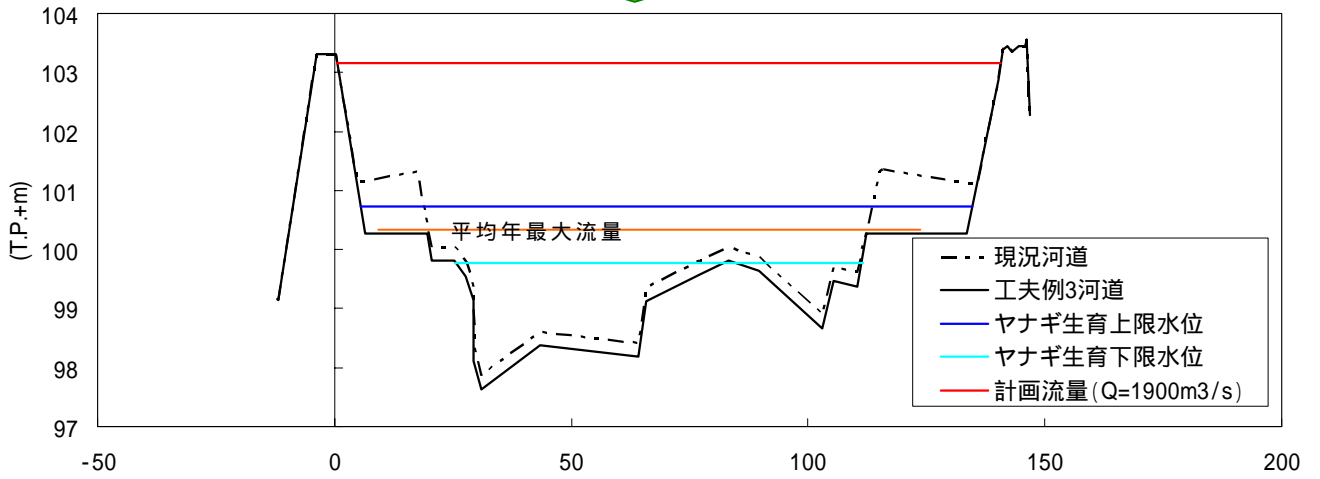


図 30 改修後の植生分布境界の予測水位 (A川 6.9km)



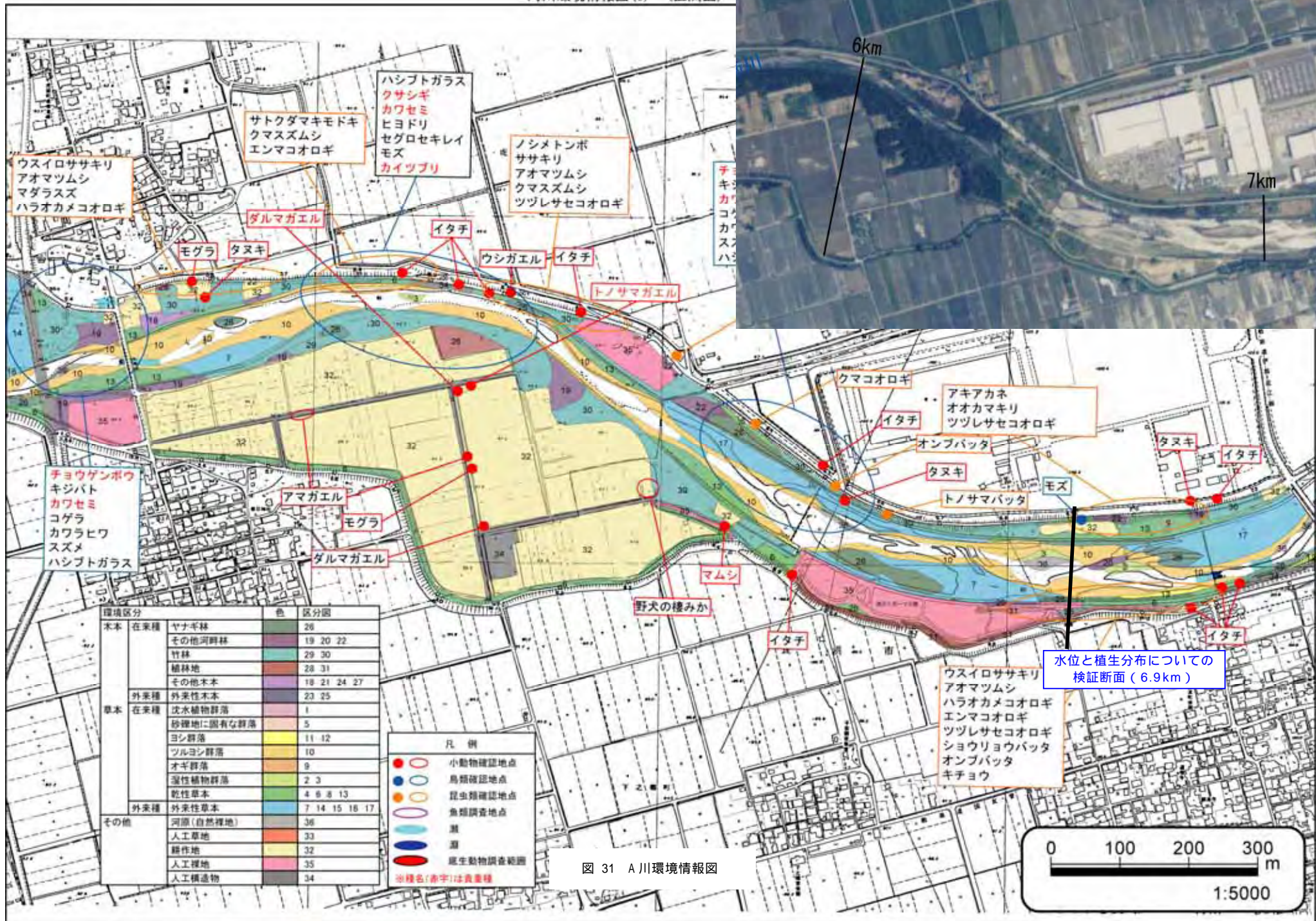


図 31 A川環境情報図



## 【用語の解説】

### 平均年最大流量

河道の砂州形状や平面形態は、経験的に平均年最大流量との相関が強いことが知られている。そのため、河川の自然環境の保全・復元の際に重要となる河道の低水路計画の検討には平均年最大流量を用いる。

平均年最大流量というのは、1年間を通して流れた流量の最大値を平均した流量のことであるが、県管理河川では流量観測を行っていないので、その値は直接には分からない。そこで、河川計画の計画降雨の設定に使用する「年最大日雨量、年最大時間雨量」からその値を推計する。河道の流量は降雨量から推計することから、平均年最大流量に対応する降雨は、「平均年最大日・時間雨量」と考えて差し支えない。

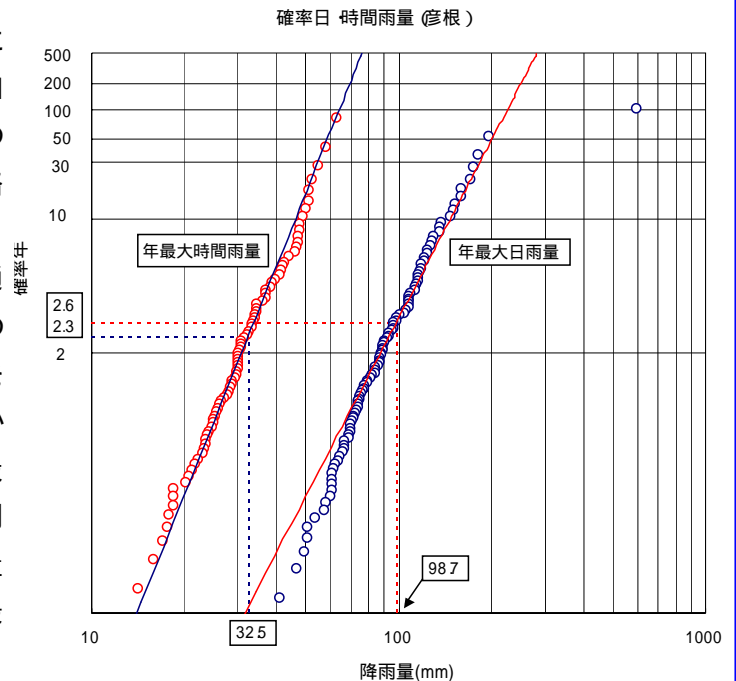
彦根地方気象台の観測データから、岩井

平均年最大日雨量  $R_d=98.7\text{mm}$  確率年 2.6年 [ 1894-1998 : n=105 ]

平均年最大時間雨量  $R_h=32.5\text{mm}$  確率年 2.3年 [ 1916-1998 : n= 83 ]

以上から、平均年最大流量は、各河川において2～3年確率流量を目安とする。

(「滋賀県公共事業環境こだわり指針 平成 15 年 11 月」を一部修正)



平均年最大日雨量  $R_d=98.7\text{mm}$  確率年 2.6年 [ 1894-1998 : n=105 ]  
 平均年最大時間雨量  $R_h=32.5\text{mm}$  確率年 2.3年 [ 1916-1998 : n= 83 ]  
 (岩井法)

### 摩擦速度( $u_*$ )

摩擦速度は壁面の剪断応力(流体から見たときは掃流力)を水の密度で除した値であり次式で算定される。ここで考えている摩擦速度は平均年最大流量時の水理諸量をもとに算定する。

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

### 無次元掃流力( $\tau_{*R}$ )

無次元掃流力( $\tau_{*R}$ )は河道の安定に関わる河床構成材料の移動のし易さを無次元化して現したものであり、流れが河床構成材料に及ぼす掃流力と抵抗力との比で示している。このときの河床構成材料は代表粒径で評価する。

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

$u_*$ : 摩擦速度

$s$ : 河床構成材料の水中比重( 1.65)

$d_R$ : 河床構成材料の代表粒径

$g$ : 重力の加速度

### 混合砂礫の限界掃流力

平均粒径  $d_m$  に対応する無次元掃流力  $\tau_{*m}$  が 0.1 以上の時には、最大粒径  $d_{max}$  に対応する無次元掃流力  $\tau_{*cmax}$  が 0.05 ~ 0.06 程度で、大半の河床材料が動いていると考えられる。これは、図 32 粒径別の限界掃流力の実績値と理論値<sup>15)16)</sup>に示す縦軸 ( $\tau_{*ci} / \tau_{*m}$ ) が 0.85 以上 (=  $\tau_{*cmax} / \tau_{*m}$ ) で、横軸 ( $d_i / d_m$ ) の平均粒径  $d_m$  と最大粒径  $d_{max}$  の比率が 10 以下の範囲では、この状態が発生すると想定される。

$$\tau_{*cmax} / \tau_{*m} > 0.85 \quad \tau_{*m} > (0.05 \sim 0.06) / 0.1 = 0.5 \sim 0.6$$

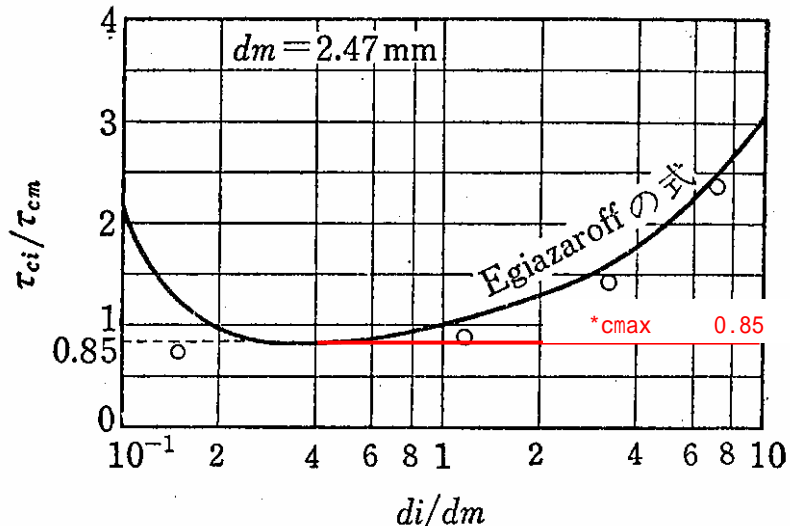


図 32 粒径別の限界掃流力の実績値と理論値<sup>15)16)</sup>

混合砂礫床の限界掃流力が粒径ごとに異なる。式(1)はEgiazaroff<sup>16)</sup>によって導かれた式を  $d_i / d_m < 0.4$  の細粒分について芦田・道上<sup>14)15)17)</sup>が修正したものである。図 32 粒径別の限界掃流力の実績値と理論値<sup>15)16)</sup>は、混合粒径砂の粒径別限界掃流力の理論値と実験値を比較したものである。

$$\frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*m}} = \begin{cases} \left\{ \frac{\log 19}{\log(19d_i / d_m)} \right\} & (d_i / d_m < 0.4) \\ 0.85 & (d_i / d_m \geq 0.4) \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $d_i$  : 第  $i$  クラスの砂の粒径、 $\tau_{*ci}$  : 第  $i$  クラスの砂の粒径別無次元掃流力、 $\tau_{*cm}$  : 平均粒径の砂の粒径別無次元限界掃流力

### 参考文献

- 14) 土木学会:水理公式集 平成 11 年版、丸善(株)、pp.158-159、1999.
- 15) 土木学会:水理公式集 昭和 60 年版、丸善(株)、pp.158-159、1985.
- 16) 芦田和男・道上正規:移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告書、第 206 号、土木学会、pp.59-69、1972.
- 17) Egiazaroff, I.V.:Calculation of nonuniform sediment concentration, J. of Hyd. Div., ASCE, Vol. 91, HY4, pp.225-247、1965.

## 参考文献

- 1) 村本嘉雄・藤田裕一郎：中規模河床形態の分類と形成条件、第 22 回水理講演会論文集、pp.375-382、1978.
- 2) 黒木幹男・岸力：中規模河川形態の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集、第 342 号、pp.87-96、1984.
- 3) 土木学会：水理公式集 平成 11 年版、丸善(株)、pp.184-185、1999.
- 4) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、pp.453-458、1994.9.
- 5) 芦田、道上：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第 206 号、土木学会、pp.59~69、1972 .
- 6) 瀬崎、服部、近藤、徳田、藤田、吉田：礫州上草本植生の流出機構に関する現地観測と考察、水工学論文集、第 44 巻、pp.825-830、2000.
- 7) 服部、瀬崎、伊藤、末次：河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元 - 多摩川永田地区を事例として -、河川技術論文集、第 9 巻、pp.85-90、2003.
- 8) 鎌田、小島、岡部：河川砂州上に侵入したシナダレスズメガヤを除去するために必要な洪水営力、応用生態工学論文集、Vol.8.pp.97-98、2004.
- 9) 福田、鎌田：洪水によるシナダレスズメガヤの除去効果及びそれに対するヤナギ群落の阻害効果、応用生態工学論文集、Vol.8-2.pp.187-190、2005.
- 10) 村本嘉雄・藤田裕一郎：中規模河床形態の分類と形成条件、第 22 回水理講演会論文集 pp.375-382、1978.
- 11) 黒木幹男・岸力：中規模河川形態の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集、第 342 号、pp.87-96、1984.
- 12) 土木学会：水理公式集 平成 11 年版、丸善(株)、pp.184-185、1999.
- 13) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、pp.453-458、1994.
- 14) 土木学会：水理公式集 平成 11 年版、丸善(株)、pp.158-159、1999.
- 15) 土木学会：水理公式集 昭和 60 年版、丸善(株)、pp.158-159、1985.
- 16) 芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告書、第 206 号、土木学会、pp.59-69、1972.
- 17) Egiararoff, I.V.: Calculation of nonuniform sediment concentration, J. of Hyd. Div., ASCE, Vol.91, HY4, pp.225-247、1965.
- 18) 河道特性に関する研究 - その 3 -、～河床変動と河道計画に関する研究～ 第 46 回建設省技術研究会報告、1992.
- 19) 中小河川における多自然型川づくり研究会 編著：中小河川における多自然型かわづくり - 河道計画の基礎技術 -、財団法人 リバーフロント整備センター 発行、2000.2.
- 20) (社)土木学会：水理公式集、平成 11 年版、丸善(株)、pp.158~159、1999.11.
- 21) 岡捷二：洪水の水理と河道の設計法、森北出版株式会社、pp.333-340、2005.1.
- 22) 国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き、山海堂、pp.116-118、2002.2.
- 24) 滋賀県琵琶湖環境部自然保護課：生育条件と生物との関わり
- 25) 橋本、須川国際湿地再生シンポジウムポスターセッション資料
- 26) (社)土木学会：水理公式集、平成 11 年版、丸善(株)、pp. 156~157、1999.11.
- 27) 滋賀県農政水産部水産課資料
- 28) 第 1 回姉川・高時川河川環境ワーキンググループ：資料 - 3 丹生ダム計画に関する調査検討(中間報告)、pp.42、2004.7.2



## 参考資料

この参考資料は、従前の「設計便覧(案)河川編」(平成13年4月滋賀県土木交通部)における「第3編 計画 第2章 河道計画」の記載内容であり、河道計画検討時に参考となる項目があるため添付するものである。

### 第2章 河道計画

河道計画については本章によるものとするが、「中小河川計画の手引き(案)～洪水防御計画を中心として～」(中小河川計画検討会)の「5. 河道計画」を適宜参考として計画する。

#### 2-1 中小河川の河道計画上の特徴

- ① 流域全体の排水を考慮すること。
- ② 大河川の支川である場合、バック堤、水門ポンプ等について検討すること。
- ③ 流域全体を見つめ、必ずしも現河道にとらわれる必要のないこと。
- ④ 大規模な工作物、利水施設の少ないこと。
- ⑤ 上流からの浮遊物等の大きさは大河川とあまり変化はないため、河道断面は閉塞に対し、安全度が低いこと。

#### 2-2 河道位置の決定

##### (1) 水理上

- ① 流域内で最も低い位置を通すこと。
- ② 支川処理が容易であること。

##### (2) 工事費上

- ① 補償物件、工作物等の少ない所。
- ② 土質の良い所。
- ③ 岩盤掘削の少ない所。

##### (3) 効果の点

- ① 現在、将来とも土地利用が容易な位置であること。
- ② 破堤、溢水による氾濫被害の危険度の低い所。
- ③ 他の事業計画に対し、重大な支障とならない所。
- ④ 環境、史跡、景観を保護する位置。

等があげられる。このような観点から現河道を通すのが良いか、新たに付け替えるのが良いか比較検討する。

#### 2-3 河道計画の順序

一般に、河道計画は次の手順によって進める。

- ① 河道の計画高水流量を設定する。
- ② 改修を必要とする理由に応じ、計画区間を設定する。
- ③ 計画の法線を設定する。
- ④ 河道の縦断形を設定する。
- ⑤ 河道の横断形を設定する。
- ⑥ 改修効果の検討を行う。

②以下の各段階において見直しを行い、計画全体が均整のとれた計画となるまで必要な修正を繰り返すものとする。

計画高水流量は「第1章 合理式による計画高水流量の決定」によって算出する。

河道計画は河川改修計画で定める目的に合致するよう策定するものである。その手順はまず、改修を必要とする理由及び区間を調査する。流過能力が不足しているのか、用水堰、橋梁等のためにネックとなっているのか、河道の法線が不良なのか、過去の主要な災害の原因は何であったか、等を調査解析して、改修の方針を決定する。

河道の平面形、縦断形、横断形はそれぞれ独立に仮定するものではなく、実際の手順としてはまずこれらを仮に設定して、各部分をチェックしながら最終的にその河川にとって最良の河道計画を決定する。また、改修効果の検討については改修後の投資事業費との関係だけでなく、災害防除区域の重要性、改修工事中の各段階における効果、環境に対する影響(地下水、生態系等)等、種々の要因を検討するものとする。

2-4 平面計画

2-4-1 河道のルート選定

改修を必要とする計画区間において、現河道沿いルートを中心として、必要があれば新川開削を組み込んだルートと比較検討し、最良の河道改修ルートを選定するものとする。

一般的には河川改修工事は、現河道沿いの地形形成状態、土地利用形態、用地取得の難易度等を勘案して、現河川沿いに実施されている場合が多い。

しかし、現河道の屈曲の著しい河川、あるいは、現河道沿いに大規模な家屋連たん地域が形成されている河川等については、放水路、捷水路等の新川開削を組み込んだルートを検討すべき場合もある。このような場合については、現河道利用部分と新川開削部分を組み合わせた数ルートを設定し、それぞれについて、地形、地質上の合理性、現在並びに将来の土地利用に対する配慮、行政区画、用排水路系統、地下水位への影響、生態系への影響、内水対策、計画区間の上下流への影響、改修事業費、改修後の維持管理費等を勘案して最良のルートを選定するものとする。

改修ルート設定に当たっては、主として次の各事項について検討するものとする。

- ① 法線形は、湾曲の少ない、できるだけなめらかな曲線とする。
- ② 河道は人口稠密区域からできるだけ離す。
- ③ 有堤部にあつては、できるだけ山付堤とする。
- ④ 急流河川では、できるだけ霞堤を設ける。

2-4-2 法線設定の原則

法線は沿川の土地利用状況、洪水時の流況、現況の河道、将来の河道の維持、工事費等を検討し、できるだけなめらかなるよう定めるものとする。

河道の法線の決定に当たっては、次の各点を総合的に検討しなければならない。

- ① 現況の河道が十分な川幅のある区間でも一般には遊水効果を考慮してできるだけ、その河幅を確保することが望ましい。
- ② 洪水時における流水の方向、水衝りの位置を検討して、流水ができるだけ抵抗なく流下できるように定める。一般に急流河川では直線に近い形状とする場合が多い。  
また、中小河川では、極端なSカーブを避け、全体として平滑な形状とする。大河川では水衝部を固定し、水裏の護岸が省略できること、河川そのものが蛇行する性格を有することなどから、緩やかな曲線で計画することが多い。
- ③ 水衝部となる位置は現状の河道、背後の地形・地質の状況、土地利用状況等を考慮して定めるものとする。人家の連たん区域や旧川の締切箇所などは努めて避けるものとする。
- ④ 曲線部では、曲がりの内側の法線は後退させて河幅を広くして水衝を緩和するのが望ましい。

なお、低水路法線については、一般には河道の維持、環境への配慮、河川の利用等を検討して定め、必ずしも堤防法線と平行でなくても良い。

2-4-3 計画川幅の目安

河川の計画河幅は、計画高水流量に応じて、河川の縦断勾配、地形・地質、沿川の土地利用状況等を勘案して定めるものとする。

河道計画の立案に当たっては、次の値を目安として検討を行うと良い。

| 計画高水流量(m <sup>3</sup> /s) | 100           | 300           | 500           | 800           | 1,000          | 1,500           | 2,000           | 5,000           |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 計画河幅(m)                   | 20<br>~<br>40 | 40<br>~<br>60 | 60<br>~<br>80 | 80<br>~<br>90 | 90<br>~<br>120 | 120<br>~<br>160 | 160<br>~<br>220 | 350<br>~<br>450 |

2-4-4 湾曲部の法線

① 曲線半径

河川の場合、曲線半径よりも曲線半径と河幅の比が大きな影響を及ぼす。次図におい

## 参考資料

て、 $R/B$ に相当するものである。ここに $B$ は、河川を矩形断面としたときの河幅と考えればよい。実験的に $R/B$ を3.0以下にすると、影響が大きくなるといわれている。河道計画においては

$$R/B = 10 \sim 20$$

程度とるのが望ましい。やむを得ない場合でも、

$$R/B > 5.0 \text{ を目安とする。}$$

### ② 湾曲度

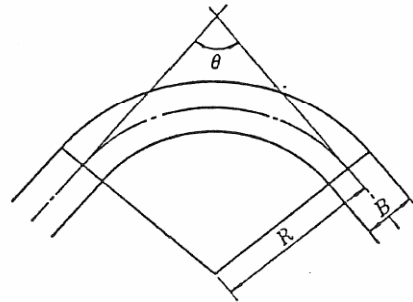
湾曲部の水理的影響は、ほとんど $R/B$ と $\theta$ に左右されるといわれている。河道計画においては、

$$\theta > 60^\circ \text{ 程度を目安とする。}$$

### ③ 湾曲部の拡幅

曲線半径または湾曲度を大きくとっても、直線部と同様に洪水が流れるとは限らず、やはり水位上昇、堆積は避けられない。そのために湾曲部は必ず拡幅しなければならない。

|                     |   |     |     |
|---------------------|---|-----|-----|
| $R/B > 10$          | } | の場合 | 10% |
| $\theta > 60^\circ$ |   |     |     |
| $R/B < 10$          | } | の場合 | 20% |
| $\theta > 60^\circ$ |   |     |     |
| または、                |   |     |     |
| $R/B > 10$          | } | の場合 | 30% |
| $\theta < 60^\circ$ |   |     |     |
| $R/B < 10$          |   |     |     |
| $\theta < 60^\circ$ |   |     |     |



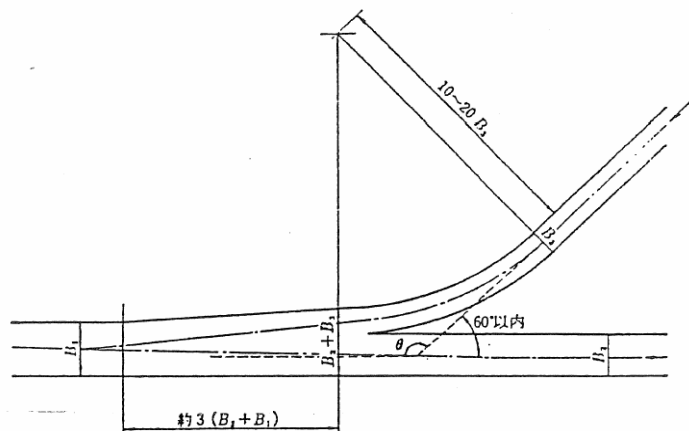
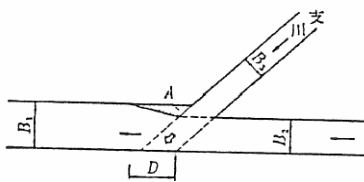
を目安とし、曲線の内側に拡幅し、河幅（ $B$ ）の3倍以上の長さで上下流に取り付ける。河幅の3倍程度という意味は、開水路の水流がほぼ同じ流れ方をする距離が、経験的に水路幅の3倍程度といわれていることによる。

### 2-4-5 支川の合流線形

支川が合流する場合、下図のように鋭角で合流するときは、本川と支川とでは洪水の合流時差があるため、本川の高水流量が到達しない間に支川の高水流量が流入し、本川の対岸に激突し、災害を招く恐れがある。また、合流直下流右岸に土砂の堆積が起こる。土砂の堆積は直接、流下能力に影響を与えるので、計画高水流量に対して十分な河積がとれなくなってしまうことになる。したがって、支川の合流線形を考える場合は、次のような点に留意する。

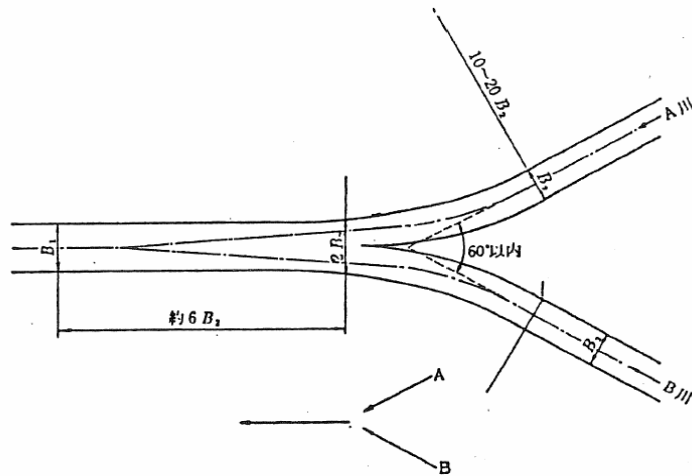
① 湾曲部と同じ方式で合流線形を流水になじむようにしなければならない。

また、合流直後の河幅は、支川と本川の河幅の和（ $B_2 + B_3$ ）とする。

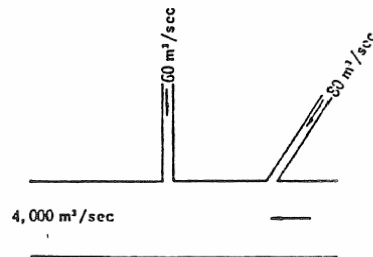


## 参考資料

- ② 同じ程度の規模の河川が合流する場合は、合力のベクトル方向に合流後の法線を設定する。



- ③ 河川の規模が極端に違うような場合の合流線形については、本川の法線を主体とした合流線形とする。（本川に対し直角となっても支障はない。）しかし、本川の流水が支川に逆流する線形はとるべきではない。



## 2-5 縦断計画

### 2-5-1 計画河床勾配

計画河床勾配は、計画河床高と関連させて河床の維持、工事費を考慮して定めるが、一般には現況の平均河床勾配を重視して定める。一般の河川では上流から下流に向かって急から緩となるように漸変させるものとする。この際、次の各点に留意する。

- ① 短区間に分けて計画しない。
- ② 勾配の変化点は、支川の合流点、地形の変化、想定 of 河幅の変化等を考慮して決定する。
- ③ 河床勾配が急変すると河床が安定しないことが多いので、一般には河床勾配変曲点の上下流の勾配の比を2程度以下に抑えるのが望ましい。

### 2-5-2 計画河床高

計画河床高は、計画河床勾配、計画横断形と関連させて堤内地盤高を考慮して定めるが、地下水位、用水の取水高、既設の重要構造物の敷高などにも配慮するものとする。

計画河床高は、計画河床勾配及び計画横断形を試算的に定めながら決定する。試算は次の条件により行う。

- ① 計画高水位はできるだけ堤内地盤高に近付けるべきこと。
- ② 重要構造物の敷高、用水の取水高、支川であれば合流点の本川計画河床高、岩盤露出地点河床高、周辺地下水位等に十分配慮すること。

## 参考資料

- ③ 支川の合流点の計画河床高を決定する際、本川の計画河床高が設定されていない場合、本川の現況河床を合流点上下流の適当な区間について測量し、当面の対策として本川の将来の河床高を想定して、支川の河川構造物の手戻り（護岸の根入れ等）が最小となるようにすること。

なお、必要に応じ河床の状況等を考慮して、河床を安定させるように床止めを設けるものとする。この場合、位置・方向については河道の平面形状を配慮するものとする。

### 2-5-3 計画水深の目安

堤防の安全性から、緩流河川では平均流速 2～3 m/s、急流河川で 4 m/s程度となる水深を求め、計画水深の目安とする。

### 2-5-4 計画高水位

計画高水位は、計画高水流量、河道の縦断形、横断形と関連して定めるが、その際次の各点に留意する。

- ① 計画高水位は堤内地盤高程度とする。
- ② 琵琶湖流入河川の河口水位は、原則として琵琶湖の基準水位+0.4m (TP+84.771m、OP+86.041m) とする。
- ③ 河道の屈曲区間において屈曲の影響が無視できない場合、屈曲による水位上昇を考慮するものとする。
- ④ 本川の背水区間内の支川の計画高水位は、合流点の本川の計画高水位に対して水平の水位とする。（背水区間はバック堤の区間で、本川堤防高を水平に支川の自己流堤にすり付けた点までの区間となる。：図-A）  
ただし、本川の計画高水位若しくはそれに近い水位に対して支川が同時合流するような場合には、本川の計画高水位を出発水位として不等流計算によって求められる水位とする。（バック堤も、この支川の計画高水位に応じて自己流堤にすり付けた点までの区間となる。：図-B）

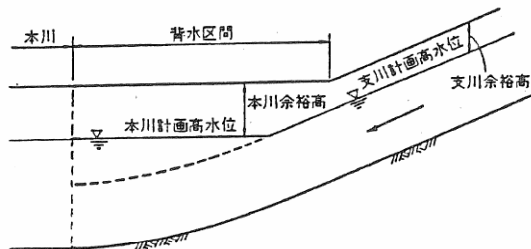


図-A

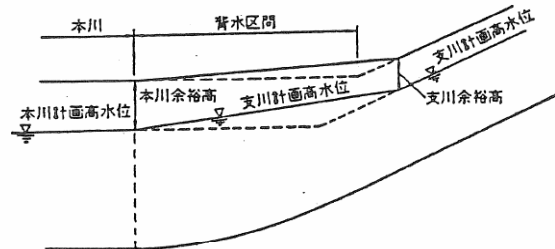


図-B

## 2-6 横断計画

### 2-6-1 計画横断形

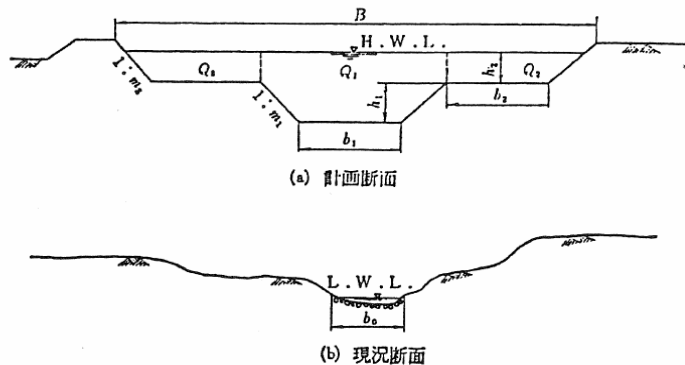
河道の計画横断形は、河道の状況や維持の難易等を考慮して定めるものとするが、その際次の各点に留意する。

- ① 河道の計画横断形は、一般に単断面を用いるが、計画高水流量が300～500 m<sup>3</sup>/s程度の河川については、その河川の特성에応じて単断面若しくは複断面の両案について検討する。計画高水流量が500 m<sup>3</sup>/s程度以上の河川の場合は、複断面を基本とする。
- ② 複断面河道の場合、低水路幅は一般に現状を重視して現況河道で常時浸水する河床幅（水草のあまり繁茂していない河道部分）の1.5倍以下として定める。  
次図の記号では、[  $b_0 < b_1 < 1.5b_0$  ] となる。
- ③ 複断面河道の場合、高水敷の高さは冠水頻度を年1～3回程度となるような高さとし、高水敷上の設計流速は2 m/s程度となるようにする。

## 参考資料

また、高水敷には、雨水等の排水を速やかに行うため堤防の法尻から低水路に向かって1/100~1/300の勾配をつける。

- ④ 堤防ののり勾配は、2割以上の緩やかなものとする。



### 2-6-2 計画河幅、計画水深

「2-4-3 計画河幅の目安」及び「2-5-3 計画水深の目安」を参照のこと。

### 2-6-3 流速公式

河道の流過能力算定には、河道の状況に応じて等流又は不等流計算を行うものとする。

また、平均流速公式にはManning公式を用いる。

大河川の場合や、中小河川で生態系に配慮する場合等で、現状の河道を重視して改修する場合には、洪水の流下方向における河道断面や河状の変化が大きいため、流速の縦断方向の変化が無視できないので、流過能力の計算は原則として不等流計算による。

中小河川の改修や新川設定では、現状の河道にこだわらずに河道を設定する機会が多いが、この場合に河道断面や河状の変化がほとんどないような区間（一様断面とみなせる区間）における河道計画では、流速の縦断方向の変化はほとんど無視できる。このような場合には、流下能力の計算は原則として等流計算による。

河口部の琵琶湖水位の背水の影響を受ける区間、局部的な狭窄部の上流の背水区間等において背水の影響を特に考慮する必要がある場合においては、必ず不等流計算による検討を行う必要がある。

#### Manning公式

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad \left[ Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad : \text{等流の場合} \right]$$

V : 平均流速(m/s)

Q : 流量(m<sup>3</sup>/s)

n : Manningの粗度係数

R : 径深(m) R=A/P

I : 水面勾配(河床勾配)

A : 流水断面積(m<sup>2</sup>)

P : 潤辺長(m)

注1) 設計流速は緩流河川で2~3m/s、急流河川で4m/s程度、複断面高水敷上で2m/s程度となるようにする。決して射流となってはならない。

注2) Manning公式によって求めた流速と、降雨強度算定に用いた河道の平均流速W(1-5 洪水到達時間の設定)とに大差がある場合は、河道の設計平均流速を見直すこと。