

河川総合研究所資料
第32号

河道の維持管理論

2016年11月

公益財団法人 河川財団
河川総合研究所

河道の維持管理論

公益財団法人河川財団

はじめに

ようやく、平成 23 年、国土交通省河川砂防技術基準 維持管理編が発刊された。平成 9 年の河川法の大規模な改正、平成時代の社会経済状況や河川管理組織体制を受けたものであり、いままで曖昧であった河川の維持管理の目的、維持管理計画、維持管理目標、河川の状態把握、河道の維持管理対策、施設の維持管理対策等の指針を示したものである。ここに行政行為としての河川の維持管理の在り方が規定された。

従来、維持管理というと巡視・点検を通じた河川構造物の機能劣化の発見と補修、河川の適切な利用の確保を目的としたものであり、点検技術、劣化に対応する方針が暗黙知として蓄積されており、その経験を維持管理編にルール化（第 6 章 施設の維持管理対策）したといえる。これに第 5 章 河道の維持管理対策が付加されている。河道地形や植生は、洪水や河川への人為的技術行為により変化・応答するものであるが、それに対して、河道形状および表層状態を技術行為により、ある維持水準に確保するという項が維持管理の体系の中に位置付けられたのである。

河道の維持管理に当たっては、河道の変化を読み取り、時間軸の中で、適切な対応をとることが求められる。これは、人工構造物である河川管理施設の維持管理と異なり、河道の過去、現在、未来に対する情報の整理と予測という高度な技術行為を必要とする。もちろん、人工構造物である河川管理施設もそれが設計された時点における河道状況（近未来を含む状況）を与件として設計されたものであり、維持管理に当たっては、与件として与えられた河道状況と現在および近未来の河道状況を比較する行為が必要であるが、河道の維持管理という行為を通してそれが担保されるのである。なお、河道の維持管理という行為より、河川構造物の補強や改造のほうが経済的であれば、河道の維持管理ルールの変更ということもあり得る。その意味で、河道の維持管理は河川構造物の維持管理と相互連関関係にあるものである。

本論は、新たな課題である河道の維持管理という視点から、河川の維持管理の在り方を問い、また、その方法・対策法を提示するものである。

なお、本論は、ここ 15 年余の河川維持管理に関する公益法人河川財団の実施した調査研究結果を踏まえ、財団が独自に編集・執筆したものであり、統制力を持つものでない。維持管理水準についての数値等は、河道の維持管理に関する議論の活性化のために暫定的に提案したものであり、今後、変わり得る。

編集・執筆者等名簿
(2016年3月現在)

本論は公益財団法人河川財団河川塾高等科の自主研究課題「河道の維持管理」（平成27年度）の検討成果をまとめたものである。

塾長が平成26年度後半に作成した討議用素稿を基に、研究会メンバーの討議と関連資料の追加を加えて完成させた。

河川塾高等科「河道の維持管理研究会」メンバー

山本晃一	公益財団法人河川財団	河川塾塾長
安原 達	公益財団法人河川財団	
鈴木克尚	公益財団法人河川財団	
山田 博	公益財団法人河川財団	
福井 治	公益財団法人河川財団	
吉田 勢	株式会社オリエンタルコンサルタンツ	
伊藤英恵	株式会社建設環境研究所	
須賀龍太郎	株式会社建設技術研究所	
佐藤功二	株式会社東京建設コンサルタント	
中出 悟	株式会社日水コン	
加藤授人	株式会社日水コン	
清原正道	パシフィックコンサルタンツ株式会社	

目次

はじめに

第1章 序論

1.1 河川管理と河川維持管理の関連性	1
1.2 河川砂防技術基準維持管理編の構成	1
1.3 維持管理編が必要とされた背景	6
1.4 河川維持管理と河道の維持管理の関係	10
1.5 河川維持管理計画における河道の維持管理の位置	12
1.6 河川整備計画, 河道計画, 河川環境管理計画との関係	14

第2章 河道の維持管理項目と維持管理目標

2.1 河道の維持管理項目と維持管理の原則	17
2.1.1 河道の維持管理項目の再構成	17
2.1.2 河道の維持管理の原則	17
2.2 河道の流下断面の維持管理目標と対応	18
2.3 流下能力の確保の観点からの河道内植生の維持管理の内容と目標	23
2.4 河床低下に対する維持管理の内容と目標	25
2.5 河岸の維持管理の内容と目標	26
2.6 河口部の維持管理の内容と目標	26
2.7 河道の維持管理から見た河道内施設との関係	27
2.8 河川環境の整備と保全と河道の維持管理の関係	27

第3章 河道の維持管理から見た河川の監視・記録

3.1 河川の状態把握と河道の維持管理	31
3.2 河道の維持管理に関わる基本データの収集・河川巡視・河川カルテ	39
3.3 河道特性情報集の編集と河道の維持管理	40
3.3.1 河道特性情報集の編集と内容	40
3.3.2 河道特性情報集の情報項目と情報の加工	42

第4章 河道の維持管理から見た河道状態の分析・評価

4.1 河道状態の分析・評価の目的	57
4.2 治水面での分析・評価の対象項目	57
4.3 治水面での河道状態の評価の検討手順	59
4.4 流下能力(器の大きさ)の分析・評価	59
4.4.1 流下能力評価の目的とランク付け	59
4.4.2 流下能力を低下させる要因の分析	60
4.4.3 流下能力判定手法	61
4.5 河道内樹木群の機能評価	68
4.6 河道の維持管理から見た堤防機能(器の質)評価	72
4.6.1 河道の維持管理から見た堤防機能(器の質)評価の方針	72
4.6.2 堤防機能(器の質)の評価	73
4.6.3 河床に粘性土・軟岩が露出する場合の堤防等の機能評価	85
4.7 横断構造物の機能の評価	85

4.8	洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間の河道変化	87
4.9	河口部機能の分析・評価	88
4.10	河道機能の低下要因の分析と評価結果の整理	90
第5章	河道の維持管理対策	97
5.1	河道の維持管理対策の対応レベル	97
5.2	流下能力不足区間における維持管理対策手法	102
5.2.1	流下能力不足区間における対応手段	102
5.2.2	河川整備計画としての流下能力不足区間の河道掘削	102
5.2.3	流下能力不足区間の河道管理と植生管理の関係	112
5.3	河道内植生の維持管理対策	112
5.3.1	植生管理の必要性和方法	112
5.3.2	樹木群の維持管理対策の検討	115
5.4	河床低下に対する維持管理対策	123
5.4.1	河床低下の原因と維持管理の必要性判断	123
5.4.2	平均河床高低下対策	124
5.4.3	局所洗掘対策	124
5.5	粘性土・軟岩露出区間の河道の維持管理対策	127
5.5.1	粘性土・軟岩が露出している場合、また近い未来に露出が予想される河道の河床低下対策	127
5.5.2	粘性土・軟岩露出区間の河道維持管理の対応方針の決定	129
5.5.3	粘性土・軟岩露出区間の河床低下に対する対処工法	129
5.5.4	側刻に対する対処工法	134
5.6	河岸の維持管理対策	135
5.6.1	河道計画における河岸侵食対策の考え方	135
5.6.2	護岸・水制による対処	140
5.6.3	砂州の掘削による対処	141
5.6.4	低水路法線の修正による対処	142
5.6.5	ベーン工による対処	142
5.7	河道の維持管理の観点から見た横断構造物の維持管理対策	145
5.8	河道の維持管理の観点から見た洪水調節池等の維持管理対策	145
5.9	河口部の対策	150
5.10	河道の維持管理対策後の河川の監視・記録	156
第6章	河川管理施設および許可工作物の機能確保の観点から見た河道の維持管理	159
6.1	河川管理施設の機能確保と河道の維持管理	159
6.2	堤防	160
6.3	護岸・水制	160
6.4	横断構造物	162
6.5	橋脚	166
6.6	取排水施設	167
第7章	今後の課題	169
7.1	維持管理費用の確保と維持管理の合理化	169
7.2	河川維持管理情報の編成・流通・統制	169

7.3	維持管理行為における判断基準の標準化	169
7.4	高水敷および低水路の粗度設定法の課題と方向	169
7.5	耕作放棄地の問題	170
7.6	コモンズとしての植生管理	171
7.7	観測・測定技術の高度化とその実体化	172

資料および参考資料

資料A	河道管理のための「河道特性情報集」編集	177
1.	「河道特性情報集」の意義	177
2.	概要	177
2.1.	目的	177
2.2.	対象項目および記述方針	177
3.	河道特性情報集編集方法	180
3.1.	基礎的条件	180
3.1.1.	河道を規定・制約する条件となる流域特性	180
3.2.	インパクト	194
3.2.1.	出水特性, 土砂供給特性	194
3.2.2.	改修履歴	196
3.3.	レスポンス	204
3.3.1.	河道特性	204
3.3.2.	河道特性要素の経年変化	213
3.4.	河道の機能の評価	231
3.4.1.	治水	231
参考資料B.1	河道特性の把握	233
B.1.1	河道特性調査の目的と内容	233
B.1.2	河道特性把握の基礎知識	236
参考資料B.2	河岸侵食位置の同定法	247
参考資料B.3	河岸侵食形態と侵食スケール	255
参考資料B.4	最深河床高の評価	263
参考資料B.5	人為インパクト・大洪水による河道状況変化の分析・評価	273
B.5.1	河道への人為インパクト要因	273
B.5.2	人為的インパクトによる河道の応答	276
B.5.3	河道地形変化の評価法	282
参考資料B.6	河川環境の維持管理と河道管理	289

第1章 序論

1.1 河川管理と河川維持管理の連関性

河川管理の目的および河川管理の原則は、河川法第一条および二条に規定されている。

第一条 この法律は、河川について、洪水、津波、高潮等による災害の発生が防止され、河川が適正に利用され、流水の正常な機能が維持され、及び河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理することにより、国土の保全と開発に寄与し、もって公共の安全を保持し、かつ、公共の福祉を増進することを目的とする。

第二条 河川は、公共用物であって、その保全、利用その他の管理は前条の目的が達成されるように適正に行なわれなければならない。

また、第十六条において、「河川管理者は、その管理する河川について、計画高水流量とその他当該河川の河川工事及び河川の維持（次条において「河川の整備」という。）について基本となるべき方針に関する事項（以下「河川整備基本方針」という。）を定めておかなければならない。」とし、また第十六条の二において、「河川管理者は、河川整備基本方針に沿って計画的に河川の整備を実施すべき区間について、当該河川の整備に関する計画（以下「河川整備計画」という。）を定めておかなければならない。」としている。

河川整備計画に定める事項としては、政令（河川法施行令） 第十条の三において

一 河川整備計画の目標に関する事項

二 河川の整備の実施に関する事項

イ 河川工事の目的、種類及び施行の場所並びに当該河川の施行により設置される河川管理施設の機能の概要

ロ 河川の維持の目的、種類及び施行の場所

としている。河川の維持管理を計画的に実施することが河川管理者に求められているのである。

平成23年5月に策定された「河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）」は、河川法に規定された河川の維持管理について具体的に定めたものであり、「河川維持管理に必要とされる主要な事項を定め、もって適正な管理に資することを目的とする。」としている。

なお、平成23年5月に策定された「河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）」は、平成27年4月、「河川砂防技術基準 調査編（平成24年編6月版）」の編集方針との整合が図られるよう、また内容を微修正して改定された。

1.2 河川砂防技術基準維持管理編の構成

昭和31年（1956）8月建設技監米田正文は、河川砂防、海岸の分野における技術基準書の作成を命じた。これを受けて建設省河川局河川計画課が事務局となり、河川局各課、各地方建設局、土木研究所の組織を動員し分担執筆した。何回かの打ち合わせ意見調整を行い、ようやく昭和33年（1958）5月最終稿が完成し、11月20日、日本河川協会から「建設省河川砂防技術基準」として発刊された。戦後の混乱期も終わり、多目的ダムの建設などの公共事業が増大する時期に当たり、また戦前、戦後の河川改修計画や施工に関する知見の増大により、河川技術の標準化・体系化が求められたのである。これは、その後の公共投資の増大、直営工事の終了（昭和30年代後半から始まり40年代前半に移行）による河川技術者の役割の変化を考えると、最も必要な時期のタイ

ミングの良い仕事であったと言えよう。

技術基準は、総則他、調査、計画、設計施工、維持管理の4編からなっている。第4編 維持管理は、第1章 河川維持、第2章 洪水予報、第3章 水防、第4章 応急仮締め切り工事、第5章 ダム管理、第6章 砂防維持管理 からなる。旧河川法(明治29年(1896)制定)の枠組みでの直轄河川工事の維持管理の概念・内容が示されている。

平成23年(2011)に策定された「河川砂防技術基準 維持管理編(河川編)」の内容と関連するのは、第1章および第3章であり、第1章は、第1節 総則、第2節 河川の維持 2.1 堤防の維持 2.2 護岸水制の維持 2.3 河川構造物の維持 2.4 河道の維持 からなる。本論の主題である河道の維持管理では 2.4.1 竹木、雑草類の除去、2.4.2 堆積土の除去、2.4.3 高水敷の整地からなる。記述内容は、定性的なもので「・・・なければならぬ。」で閉じ、維持し、修理し、更新し、埋め戻し、補充し、注意し、処理し等の言葉が前置されるものである。規定は定性的なものであり、量的な記述となっていない。

当時の改修計画および河川構造物の設計手法は、明治以降の近代化に伴う西洋力学思想の導入を受けたものであるが、流量、河床勾配、流速公式、粗度係数の関数関係を媒介とした洪水水位の算定を通じた堤防高の設定、コンクリート構造物の力学的設計法等を除けば、堤防断面形状、護岸水制、根固め工等の多くの河川構造物の設計は、長年の経験による場の特性値による定形化された形状である工種を選び、形状規定により建設・設置するものであった。それ故、設置された河川構造物の維持管理に当たっても、定量的な規定、たとえば構造物の変形量を計測し、その変形量に応じて維持・補修方針を規定するような体系とはなり得ず、構造物の変形・破損程度を判断材料とした現場担当者の経験および直感に基づいた維持管理対策をとっていた。直轄河川時代の工事及び監督を通じた現場技術者の工法、被災に対する経験に頼った規定と言える。

ところで、敗戦直後は、物資不足、激しいインフレーションは経済危機状態であり、昭和21年(1946)2月「経済危機緊急対策」を発表し、GHQ(連合軍総司令部)の承認を受け、経済計画、物資の統制を行う経済安定本部が発足した。公共投資は経済安定本部による強力な統制を受け、治水予算はそれまでの継続予算制度から単年度予算と大きく変わった。河川の維持管理についても予算の制約を受け、十分な維持管理は行えなかった。これに対しては、自然災害による公共施設の復旧に対して国の関与、予算補助の強化が図られていたが、昭和26年(1951)3月「公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法」が国会で可決された。昭和36年(1961)には「災害対策基本法」が制定され、その趣旨に基づき「激甚対策災害特別財政援助法」が制定された。このように災害復旧費用に対する国の負担は増加・制度化され、災害復旧事業の迅速かつ適切な遂行が保証されるようになった。一方で、この災害復旧制度は、河川整備が整備途上であるものが多く、また河川構造物の小破が洪水氾濫の直接的要因となることがまれであることにより、河川構造物の管理の瑕疵による災害被害に対する損害賠償を求められる事はなかった。これは、河川構造物の維持管理のシステム化・技術化を遅らせる一つの要因となったといえる。「災害待ち」という言葉がそれを表わしている。

昭和39年(1964)懸案であった河川法が戦後の政治経済システムの変化、国と地方政府の役割の変化、河川管理の目的の変化(水資源開発に対する対応、治水安全度の向上)に対応するよう大幅な改定がなされ、7月10日、法律第167号として交布された。河川法の大規模改定は、河川技術体系の改定を要求するが、容易には進まなかった。ようやく昭和52年(1977)、河川砂防技術

基準（案）計画編と調査編が大幅に改訂され、昭和 60 年（1985）には計画編が再改訂された。維持管理編は検討されたが策定に至らなかった。

平成 9 年（1997）に河川法の改定がなされ、河川法の目的に河川環境の整備と保全が付加された。こうした社会からの新たな要請を受け、河川砂防技術基準の改定が求められた。平成 17 年（2005）に計画編、平成 22 年（2010）に調査編、平成 23 年（2011）に維持管理編（河川編）が国土交通省水管理・国土保全局から公表された。

維持管理編の構成を目次で見てみる。目次は、章、節、小節、小小節の 4 段の階層構造となっているが、ここでは、章、節の 2 段までを記す。なお、平成 27 年 4 月の修正・付加された部分を括弧内に示した。構成に大きな変化はない。

目次

第 1 章 総説

第 1 節 目的

第 2 節 河川維持管理の基本方針

第 3 節 適用範囲

第 2 章 河川維持管理に関する計画

第 1 節 河川維持管理計画

第 2 節 サイクル型維持管理

第 3 章 河川維持管理目標

第 1 節 一般

第 2 節 河道流下断面（に係わる目標設定）

第 3 節 施設の維持管理（に係わる目標設定）

第 4 節 河川区域等の適正な利用（に係わる目標）

第 5 節 河川環境の整備と保全（に係わる目標）

第 4 章 河川の状態把握

第 1 節 一般

第 2 節 基本データの収集

第 3 節 堤防点検等のための環境整備

第 4 節 河川巡視

第 5 節 点検

第 6 節 河川カルテ

第 7 節 河川の状態把握の分析，評価

第 5 章 河道（流下断面）の維持管理（のための）対策

第 1 節 河道流下断面の確保・河床低下対策

第 2 節 河岸の対策

第 3 節 樹木の対策

第 4 節 河口部の対策

第 6 章 施設の維持管理（及び修繕・）対策

第 1 節 河川管理施設一般

第 2 節 堤防

- 第3節 護岸
- 第4節 根固工
- 第5節 水制工
- 第6節 樋門・水門
- 第7節 床止め・堰
- 第8節 排水機場
- 第9節 陸閘
- 第10節 河川管理施設の操作
- 第11節 許可工作物
- 第7章 河川区域等の維持管理対策
 - 第1節 一般
 - 第2節 不法行為への対策
 - 第3節 河川の適正な利用
- 第8章 河川環境の維持管理対策
- 第9章 水防等のための対策
 - 第1節 水防のための対策
 - 第2節 水質事故対策

平成23年(2011)に策定された維持管理編は、河川管理行為における維持管理の目的・範囲を規定し、河川管理行為の一環として、維持管理目標を定め、収集された維持管理情報を整理・蓄積し、河川状態を分析、評価し、維持管理対策の実行、河川整備計画の修正へ向けた方針策定という、一連のサイクル型管理体制を目指すものであるといえる。維持管理は、河川整備計画(河川法第十六条)および河川砂防技術基準 計画編(第三章、第五章)、調査編(第四章)、さらに構造物の設計(第五章、第六章)と密接にリンクするものとなった。すなわち、それら全体を繋ぐ共通項・役割として、河川に関わる情報の蓄積・記号化・流通という情報システムの重要性が増し、共通に使えるシステムの早急な構築をなさざるを得なくなり整備が進められている。

平成25年(2013)6月21日には、「水防法及び河川法の一部を改正する法律」が公布され、一部の規定を除き、同年7月11日に施行された。この改正法により河川管理施設又は許可工作物の維持又は修繕の義務が管理者に課せられた。なお、維持又は修繕に関する規定は同年12月11日に施行された。

この改定の背景は、高度成長期に整備された河川管理施設や許可工作物の老化や劣化が顕在化しつつある状態において、良好な状態に保たれるよう維持又は修繕の義務を明確化し、管理者が遵守すべき技術基準を定めたものである。以下にその概要を示す。

(1) 河川法の改正(河川管理施設等の維持又は修繕)

第十五条の二 河川管理者又は許可工作物の管理者は、河川管理施設又は許可工作物を良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって公共の安全が保持されるように努めなければならない。

2 河川管理施設又は許可工作物の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、政

令で定める。

- 3 前項の技術的基準は、河川管理施設又は許可工作物の修繕を効率的に行うための点検に関する基準を含むものでなければならない。

(2) 河川法施行令（河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準等）

第九条の三 法第十五条の二第二項の政令で定める河川管理施設又は許可工作物（以下この条において「河川管理施設等」という。）の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。

- 一 河川管理施設等の構造又は維持若しくは修繕の状況、河川の状況、河川管理施設等の存する地域の気象の状況その他の状況（次号において「河川管理施設等の構造等」という。）を勘案して、適切な時期に、河川管理施設等の巡視を行い、及び草刈り、障害物の処分その他の河川管理施設等の機能（許可工作物にあつては、河川管理上必要とされるものに限る。）を維持するために必要な措置を講ずること。
 - 二 河川管理施設等の点検は、河川管理施設等の構造等を勘案して、適切な時期に、目視その他適切な方法により行うこと。
 - 三 前号の点検は、ダム、堤防その他の国土交通省令で定める河川管理施設等にあつては、一年に一回以上の適切な頻度で行うこと。
 - 四 第二号の点検その他の方法により河川管理施設等の損傷、腐食その他の劣化その他の異状があることを把握したときは、河川管理施設等の効率的な維持及び修繕が図られるよう、必要な措置を講ずること。
- 2 前項に規定するもののほか、河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、国土交通省令で定める。

(3) 河川法施行規則（河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準等）

第七条の二 令第九条の三第一項第三号の国土交通省令で定める河川管理施設等は、次に掲げるものとする。

- 一 ダム（土砂の流出を防止し、及び調節するため設けるもの並びに基礎地盤から堤頂までの高さが十五メートル未満のものを除く。）
 - 二 堤防（堤内地盤高が計画高水位（津波区間にあつては計画津波水位、高潮区間にあつては計画高潮位、津波区間と高潮区間とが重複する区間にあつては、計画津波水位又は計画高潮位のうちいずれか高い水位）より高い区間に設置された盛土によるものを除く。）
 - 三 前号に掲げる堤防が存する区間に設置された可動堰
 - 四 第二号に掲げる堤防が存する区間に設置された水門、樋門その他の流水が河川外に流出することを防止する機能を有する河川管理施設等
- 2 令第九条の三第二項の国土交通省令で定める河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、同条第一項第二号の規定による点検（前項各号に掲げる河川管理施設等に係るものに限る。）を行った場合に、次に掲げる事項を記録し、これを次に点検を行うまでの期間（当該期間が一年未満の場合にあつては、一年間）保存することとする。

- 一 点検の年月日
- 二 点検を実施した者の氏名
- 三 点検の結果（可動部を有する河川管理施設等に係る点検については、可動部の作動状況の確認の結果を含む。）

1.3 維持管理編が必要とされた背景

河川管理行為とは、河川法第一条で規定される「河川について、洪水、津波、高潮等による災害の発生が防止され、河川が適正に利用され、流水の正常な機能が維持され、および河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理すること」に関わる河川管理者の行為の全てを指す。その一部である河川維持管理で対象とする河川行為は、河川砂防技術基準維持管理編 第1章 第2節 河川維持管理の基本方針 に以下のように記されている。

河川維持管理は、河道流下断面の確保、堤防等の施設の機能維持、河川区域等の適正な利用、河川環境の整備と保全等に関して設定する河川維持管理目標が達せられるよう、河川管理施設等の構造等を勘案して適切な時期に巡視、草刈り、障害物の処分その他の河川管理施設等の機能を維持するために必要な措置を講ずるとともに、適切な時期に点検を実施し、損傷、腐食その他の劣化その他の異状を把握した場合に必要な措置を講じるなど、適切かつ総合的に行う必要がある。

なお、状態把握の結果の分析や評価には確立された手法等がない場合が多いため、学識者等の助言を得られるように体制の整備等を行うことが必要である。

また、河道及び河川管理施設の維持管理は、長年にわたり経験を積み重ねながら実施されているため、管理経験者を活用して技術を継承しつつ、適切に点検等の状態把握や分析・評価、維持管理対策等を実施していくことが必要である。

河川の維持管理を計画的に実施するための技術基準が要求された技術的および社会的背景は、

① 河川管理施設のストック増とその劣化

河川管理施設は時間とともに劣化し、また構造物が設計された時点から河道が変化し、構造物の機能が低下することが多々ある。従来、洪水による構造物の破損に対して災害復旧、変形に対しては維持修繕で対処してきたが、基本的には構造物の被災を通して機能劣化を確認していたといえる。これは構造物が経験主義的な形状規定的設計体系であり、災害の予兆を論理的に発見し認知し得る技術システムでなかったこと、また河川構造物の被災、特に護岸・水制については破損しても、直接、堤内災害に至らず、河川内の被災で終わることが大部分であったことによる。

年間数千億円に達する災害復旧費は、実質的に維持管理費であるといえる。少子高齢化社会を向かえ、投資余力が急速に減少することが予測され、膨大な量に達した既存ストックの維持管理の高度化による河川構造物の延命化、維持管理費用の低減が望まれている。

② 河川構造物および計画技術の高度化

河川構造物（堤防、護岸）の設計および河道計画が、経験主義的なものから論理的・合理的なものに変わりつつある。すなわち、構造物の必要な機能を量的に記述し、それを確保するための構造物の形状および材料を論理的に演繹する体系に変わりつつある。

河道計画については「河道計画検討の手引き」（国土技術研究センター編、2002）が、堤防設計については「河川堤防設計指針」（国土交通省河川局治水課長通知、2004）、「河川堤防の構造検討の手引き」（国土技術研究センター、2006）が、護岸については「護岸の力学設計法」（国土技術

研究センター，1999），「護岸・水制の計画・設計」（山本編著，2003）等が通知・出版された。

このことは河川構造物の維持管理に当たって，従来実施されてきた構造物の形状変形の監視から，設計の論理に従った維持管理体制に変革せざるを得なくしている。より合理的な維持管理が求められたと言えよう。すなわち構造物のみならず設計条件の変化（河道の変化）を監視せざるを得ず，その情報を含めた評価による維持管理目標の確保が求められているのである。

また平成9年（1997）の河川法の改定に伴い河道計画・河川構造物の設計に河川生態系の保全や河川利用・景観などの要素が繰り込まれ，種々の解説，方針，指針が打ち出された。河川環境の維持についても河川環境機能を包含する計画的な維持管理対策が求められた。

③ 河川の変化の認知とモニタリング

従前の河川管理は，工事实施基本計画の目標水準（定規断面，計画河床高，計画粗度，正常流量，環境基準）を管理のための判断基準としてきた。平成9年（1997）の河川法改正は，生態系や河道の変化の許容，また，その変化の予測に不確実性（洪水発生頻度と規模，山地からの土砂供給量）が伴うことを認知し受け入れたことにより，その過去からの形態変化と速度の観測データを用いて蓋然的必然性を評価し，的確な対応をとることが河川管理の責務となったといえる。河川状況の把握と維持管理の観点から，河道の動態の分析・把握が必要とされたのである。

④ 公共事業の説明責任

平成の時代に入り，公共事業の実施体制，事業評価に対する批判が強くなり，行政運営の転換が求められた。河川管理行為においても計画，執行，維持管理の量・質に関する評価と効用の明示化，公開化が求められた。すなわち管理水準（安全度，環境の質）の明示化が必要とされている。現状の維持管理水準と近い将来の水準（河川整備計画など）の差異を明示化し，事業効果の評価を行い，かつ事業の執行と効用をモニターし，サイクリックに評価し，情報開示することが求められている。維持管理行為においても説明責任（アカウンタビリティ）が求められ，維持管理に関する「河川管理レポート」（⇒注1）の作成とその開示が行われることとなった。

⑤ 管理責任範囲の明確化の要求

河川管理者の管理の瑕疵に関する法的判断が治水裁判を通して明確化された。大東水害訴訟最高裁判決（昭和59年（1984））では，河川管理の瑕疵の有無を検討するに当たっては，「災害時における計画高水規模の流水の通常的作用により破壊が生じる危険を予測する事ができたかどうかを検討し，予測が可能な場合には，予測が可能になった時点を確認したうえで，その時点から災害時までの間に財政的，技術的及び社会的制約を考慮しても，なお改修，整備等の各措置を適切に講じていなかったことによって，当該箇所が同種・同規模の河川の管理の一般的水準及び社会的通念に照らして是認しうる安全性を欠いていたことになるかどうかを具体的に判断すべきである」としている。

また，多摩川水害訴訟最高裁判決（平成2年（1990））では，「工事实施基本計画に準拠して新規の改修，整備の必要がないものとされた河川における河川管理の瑕疵の有無は，同計画に定める規模の洪水における流水の通常的作用から予測される災害の発生を防止するに足りる安全性を備えているかどうかによって判断すべきである。」とされた。本事案は，取水堰直下流の堰取付け護岸の欠陥から護岸が破損し，そこから堰を取り付けてあった高水敷に駆け込みが生じ拡大し，本堤防を侵食し堤内側の住宅19棟が流出したものである。判決の主旨より，堰取付け護岸は定期的な安全性の照査に基づき，「同計画に定める規模の洪水における流水の通常的作用から予測され

る災害の発生を防止するに足る安全性を備えているかどうか」を判断し、安全性(その予見可能性および回避可能性がある)を欠いていれば、維持・修繕が必要であることを示したと言えよう。

この維持・修繕は、河川管理施設の設計論、設置された河川管理施設の基本形状・設計条件・材料に関する台帳情報、河川管理施設の機能照査法、河川巡視水準、関連河川情報の編集管理、河川管理組織、予算制度等と関連している。河川の維持管理システムの基本方針・制度設計が求められ、「河川砂防技術基準 維持管理編」が制定される一つ要因となった。

⑥ 分権・協働・合意形成

地域住民のニーズを踏まえた河川管理を効率的に実施するため、地方自治体、地域住民、NPOとの連携・協働が必要とされ、かつ河川管理水準や河川整備計画の策定に当たって、その策定プロセスの透明化が求められている。河川の維持管理計画に当たっても、地域住民組織、地方公共団体との協働活動を含め、その論拠性(河川をコモンズとする地域の関わり方)の説明と合意形成が求められている。

⑦ 河川管理組織の変化

1960年代後半から始まった河川管理に関わる官庁河川技術者、国および都道府県の土木系研究所の研究者、大学等の土木系高等教育機関の研究者、財団や建設コンサルタントおよび土木系建設会社の技術者の相対的位置関係、役割の変化は、平成の時代により進行し、各々の集団が抱える問題点がより深刻化すると同時に、それを解消しようという動きが加速した。

官庁技術者について言えば、発注業務量の増大や河川に関する新しい多様な河川機能(河川環境機能、親水機能など)に答えるための企画調整業務が急増する一方で、行政改革の流れのなかで職員数が徐々に減少し、従来、内部で行ってきた調査、設計業務が大幅に建設コンサルタント等の民間部門の仕事となり、通常業務の中で習熟していった通常の河川技術に関する経験不足、理解不足が生じてきた。これは避けられないものであり、河川管理者として求められる業務・技術内容は変化せざるを得ないのである。民間建設コンサルタント、維持管理受託組織への業務転嫁と業務リスク・管理責任の付加を行わざるを得なくしている(⇒注2)。また現場経験を持った河川技術者の減少は、維持管理行為の技術判断の標準化、様式化を図らざるを得なくしている。高度な技術判断が求められる場合は大学人を含めた検討会等の助言者集団の組織化が行われるようになった。官庁技術者は河川管理に関する情報の収集、編集、技術管理、予算管理、説明にエネルギーを集中せざるを得ないのである。

河川管理行為の迅速化、効率化のために、河川管理情報の様式化とそのストック・流通システムの電子化および情報の解釈組織の再編が始まっている。

通信およびコンピュータの技術の高度化は、河川管理の業務形態や情報編集とその伝達形態を急速に変えつつある。この情報化の流れは、河川の維持管理の情報システム化を強要し、維持管理の基準化を進めざるを得なくさせている。

これまでの河川事業は、我が国の高度経済成長期のインフラ整備を背景として河川整備に力を注いできたが、これらを背景に今後は維持管理の問題に対処することが課題となる。

維持管理対象物である河川構造物および河道の機能・安全性の変化の概念を示すと図1.3.1のようになろう。縦軸が機能(たとえば治水安全度)であり、横軸が時間である。河川構造物の維持管理では、人命や資産等の被害がある外力以下では被害が発生しないように、その対象となる

堤防、河川管理施設、許可工作物について、主に洪水時における安全性を維持する行動・行為であると言える。河川構造物の機能は、一般的に建設後の時間経過や洪水に伴う劣化とともに、徐々に機能が低下していくのが通例であり、機能がある管理水準以下に劣化しそうであれば補修することによって機能を確保する。このような機能低下に対し、**図 1.3.1**のように維持・修繕・改築を繰り返し、ある一定の機能を確保していく。

河川の維持管理では管理対象に河道が存在することが大きな特徴であり、河川の維持管理技術の中核でもある。普通は、コンクリート構造物のように、ある定められた外的なストレスによる構造物劣化を維持管理により修復する行為であるのに対して、河道の維持管理は、河道が洪水に伴う流砂により動的に変化する構造体であり、河川地形及び植生を含めた変化をある一定の維持水準に保つという維持行為が必要であるところに、構造物の維持管理との差異と特徴がある。なお、河床低下は流下能力の向上につながるが、河川構造物の安定性の低下、取水の不安定という施設の利水機能低下、堤防の安全性の低下等の種々の負の影響を及ぼす。

一方、河川構造物の維持管理は、**図 1.3.1**のように、長期にわたり供用を続ける堤防や施設等の構造物が、常に変化する河道状態のもとで、河川構造物の設置目的である治水・利水・環境機能の管理水準を満たしているのか、特に洪水時の機能を点検や解析結果を用いて評価し、維持管理行為の行動方針を定め、実行していくものである。

河川事業において計画や改修に加えて維持管理の重要性が増していく時代における河川技術体系は、計画や工事中心のものから維持管理中心のものに変わらざるを得ないのである。なお、**図 1.3.1**の概念図は、維持管理のみならず河川管理システム、河川整備計画の見直しシステムと同型のものである。すなわち河川の維持管理システムは、河川管理システムに包摂され、その情報管理・流通システムは河川管理システムの主要な部分として位置付けられなければならない。

河川維持管理計画はおおむね 5 年程度で見直され、その結果は河川整備計画の見直し計画に書き込まれるものとなる。その流れは

- ① 河川維持管理計画の策成・修正 (Plan)
- ② 河道及び施設の維持管理対策の実施 (Do)
- ③ 河川の状態把握と情報編集 (Do)

河川巡視、点検、調査研究、河川カルテの情報による、河道・環境特性情報集への編集・追加

- ④ 河川の状態把握の分析・評価 (Check) と緊急維持管理対策の実施 (Do)
- ⑤ 河川維持管理計画の見直し (Act)
- ⑥ 必要に応じて河川整備計画 (河道計画) の見直し・修正 (Act, Plan)

という、**図 1.3.2**に示す P D C A サイクルとなる。

維持管理システムは、河川管理の根幹的要素とならざるを得ないのである。

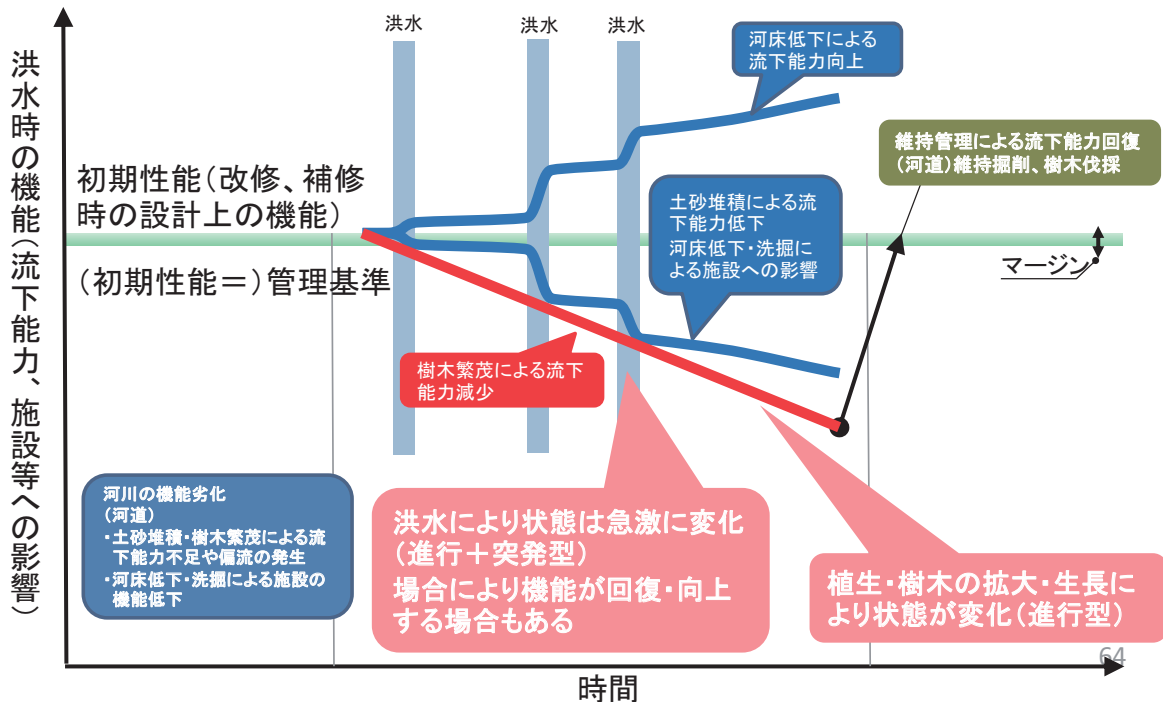


図 1.3.1 河道の機能・安全性変化の概念

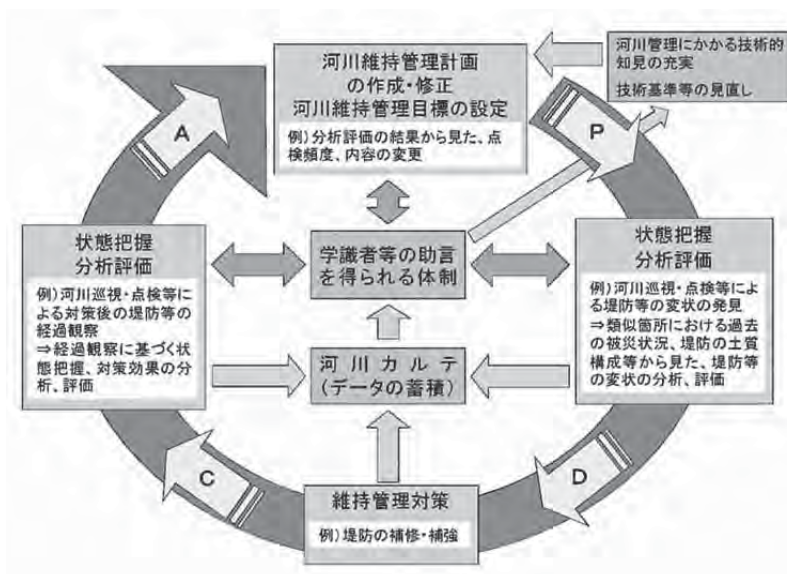


図 1.3.2 サイクル型河川施設管理の流れ

1.4 河川維持管理と河道の維持管理の関係

河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）には、維持管理対策として、第 5 章 河道（流下断面）の維持管理（のための）対策、第 6 章 施設の維持及び修繕・対策、第 7 章 河川区域等の維持管理対策、第 8 章 河川環境の維持管理対策、第 9 章 水防等のための対策 の 5 項目が挙げられている。

本論の検討対象項目は、河道の維持管理に関わるものである。すなわち、第 5 章に記された以下の項目

第 1 節 河道流下断面の確保・河床低下対策

第2節 河岸の対策

第3節 樹木の対策

第4節 河口部の対策

に対して、河道の河道形状（河道形状制御施設を含む）および河道内の樹木（草本も含む）という河道内の植被状態の維持管理，対策手法の一連の手続きおよび技術内容を記すものである。

この維持管理および対策は，河川整備計画の骨格ともなるものである。これらの維持管理・対策立案に当たっては，河川カルテ，点検に関わる情報のみでは対策・計画が立案できず，河川整備計画立案時に必要とされた河道特性情報・環境特性情報，河川整備計画と連動する河川環境管理計画に関する情報，流下能力判定・河床動態の変化量評価のための水理計算，大ダム等による洪水の流下や土地利用改変等流域に加えた人為作用による河道変化解析のためのインパクト・レスポンス解析・河床変動計算等の技術行為を必要とする。

ところで，河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）には，河道の維持管理対策と関連の強い「第6章 施設の維持及び修繕・対策」が挙げられている。「施設の維持及び修繕・対策」は，「河道の維持管理対策」を前提の上に，各河川施設が平常時を含めて洪水時に所定の機能が確保されるように，巡視・点検等による状態把握等により施設の劣化，変状を見つけ，その状態変化量が所定の閾値以上であれば，補修，補強，部品交換を行うものである。そこでは，施設そのものの劣化（機能低下）に対する維持管理対策を記述するものと解釈される。

人工構造物である河川管理施設は，その形状の変化および老朽化程度を基に維持管理行為を実施していくことを基本としているが，構造物が設計された時点における河道状況（設計された時点の近未来を含む状況）を与件として設計されたものであり，維持管理に当たっては，与件として与えられた河道状況と現在および近未来の河道状況を比較する行為が必要である。河道の維持管理という行為を通して，設計条件が担保され，あるいは設計条件の変化に対応した対策が取れるのである。そもそも河川は，河道と堤防と河川施設がそれぞれ独立に機能しているものでなく，相互に関連し合っているシステムとして機能しているものであり，河川システムを全体との関連性の中で治水・利水・環境という3つの機能低下を評価し，対策を実施していかなければならないものなのである。

メモ 1.1 維持管理における河川システムの捉え方

- ・河道と施設を一体的な河道システムとして捉え，一連区間の河道の変化に対応することで個別の施設の管理を最適化する手法についても検討することが求められる。
- ・一連の河川では堤防という線状に連続した施設をシステムと捉えて安全性を確保することが必要である。

河道の維持管理対策が適切になされていない場合，既設施設の状態変化量が所定の閾値以上に劣化する主要因となることが多い。また，河道機能の劣化は，施設の変状を媒介として認知されるものがほとんどあり，施設の機能の監視無くして河道の機能監視を行い得ない。

河川管理施設および許可工作物の安全性確保のための河道の維持管理対策は，河道の形状の人

為的制御（埋め立て、掘削・浚渫、土砂補給等）、植生管理、河床変動制御施設（床固め工、帯工、落差工、護岸・水制、ベーン工）の設置・補強である。

以上のように、河道の維持管理と施設の維持管理は相互に関連するものであり、明確に分離できるものではない。例えば、護岸水制は、河岸の侵食を防ぎ、河道位置を固定する施設であり、帯工、床止め工、落差工は、河道の縦断形状を規制する施設である。これらの施設は、河道形状を制御する構造物であり、河道の維持管理対策施設である。

河道の状態情報（地形情報、地被情報）のみでは河道の維持管理方針を決定できず、河道制御施設の状態情報、近未来の河道状況の予測情報を加え、河道制御施設の補強・修繕・新設を含めて河道の維持対策手段の効用評価と河川管理施設の維持管理コストの評価の上で、対応方針を決定せざるを得ないのである。これは、対応方針を踏まえた河川整備計画（河道計画）の見直しを伴う技術行為といえよう。河川整備計画、河川維持管理計画に、河道の維持管理目標、河川構造物の維持管理目標の変更点を書き込み、次期の行動指針として整合性の取れたものとする必要がある。

従って、河道の維持管理と施設の維持管理における河川の状態把握および維持管理対策は、相互に関連するもので、本来、一つのシステムとして、分析・評価・対策を実施せざるを得ないのであるが、本論では、河道の維持管理に密接に係わる施設の機能評価を河道の変化という観点からのみ記述する。

1.5 河川維持管理計画における河道の維持管理の位置

河川砂防技術基準維持管理編 河川編 第2章 河川維持管理に関する計画 において、「大河川においては、河川維持管理の具体的な内容を定める河川維持管理計画を策定するものとする。」とし、計画に定める事項として

- (1) 河川の概要
- (2) 河川維持管理上留意すべき事項
- (3) 河川の区間区分
- (4) 河川維持管理目標
- (5) 河川の状態把握
- (6) 具体的な維持管理対策
- (7) 地域連携等
- (8) 効率化・改善に向けた取り組み

の8事項を挙げている。

各項において河道の維持管理の上から特筆すべき内容を以下に記す。

(1) 河川の概要

概要として、以下の事項について記述するとしている。

- ① 河川の流域面積、幹川流路延長、管理延長、河床勾配等の諸元
- ② 流域の自然的、社会的特性
- ③ 河道特性、被災履歴、地形、地質、樹木等の状況
- ④ 土砂の生産域から河口部までの土砂移動特性等の状況

⑤ 生物や水量・水質，景観，河川空間の利用等管理上留意すべき河川環境の状況

⑥ その他必要な事項

上記事項に関する情報は，河川整備計画策定時に収集整理され，その多くは文章化，図表化されているはずである．その整理された情報に河川の維持管理の観点の情報を付加し，概要をまとめ表現化することになる．河道の維持管理の観点からは，6 事項すべてが必要とされる情報である．特に③，④，⑤については，空間的な地理情報のみならず，時間的な経年変化に関する情報について記載すべきである．すなわち，河川改修の歴史，流域・河川に加えた人為インパクト，河道・植生の変化状況等であり，それらを⑥の事項に書き込んでおく．また，河道特性としての河道部地質縦断特性・主要横断構造物の配置形状等も記述しておく．

(2) 河川維持管理上留意すべき事項

河道の維持管理上の観点から留意すべき河道特性（河床低下，局所洗掘，河岸侵食，樹林化，河口砂州による問題），地域特性，河川管理施設等の老朽化の状況等について記載する．

(3) 河川の区間区分

(2) を踏まえ河川の自然的・社会的特性に合わせて区分するもの〔維持管理編では，（氾濫形態，河川の背後地の人口，資産の状況や河道特性等に応じて，適切に設定することを基本する．）としている．重要区間と通常区間の2分類としているのが通例である．〕とするが，河道特性・社会特性の相違により河川の維持管理行為の差異がある場合は細区分し，維持管理計画に反映させる．

河川整備計画，河川環境管理計画，河道計画に当たっては，河道特性および環境特性の類似した空間単位を大セグメントおよび小セグメントに区分した河川特性の分析，解析がなされており，同じ河川に係わる計画においては同一空間概念を用いた方が好ましく思われる．河川維持管理計画においてもセグメント概念を土台として維持管理項目毎にそれを細分化した空間単位を用いることになろう．

(4) 河川維持管理目標

河川維持管理目標は，構造物そのものの劣化に対する維持管理に加え，河道の維持管理対策がなされなければそれが達成できない性質のものであり，1.4 で記した4つの維持管理項目に河道の維持管理の観点からの設定目標を書き込む．「河川環境の整備と保全」の目標については，河道の維持管理の観点からの設定目標（植生管理，河道地形管理）を書き込む．

(5) 河川の状態把握

河道の維持管理に当たっては，河川巡視，点検等の情報のみならず，維持管理編 第4章 第2節 基本データの収集 とその収集データを基にした河道特性および環境特性の整理解析情報の編集が必要であること記す．

(6) 具体的な維持管理対策

河道の維持管理対策（河道変化に伴う施設の維持管理対策を含む）について記載する．

(7) 地域連携等

河道の維持管理に当たって地域との連携に関わる事項を記載する。

(8) 効率化・改善に向けた取り組み

河道の維持管理の効率化，合理化，改善に対する取り組み，地域協働の取り組みについて記載する。

メモ 1.2 本論における維持管理に関する記述範囲

本論では，河道の維持管理に関連する河道以外の河川維持管理情報の整理手法，分析・評価手法についても言及する。河道の維持管理に関わる河道の変化および樹木（地表地披状態）の変化は，河川施設の機能・安全度に影響を与える。河川施設は，構造物の劣化のみならず，構造物設計条件の変化が安全度に及ぼす照査を通して対応策を検討・計画する必要がある。堤防，護岸水制，樋門・樋管，堰，許可工作物（橋梁，堰等）については，その考え方・方法論について記述する。さらに，河道の変化および樹木（地表地披状態）の変化は，河川環境の変化であり，その変化に対応する維持管理対策・計画について記述することとする。

なお，河道の維持管理に当たっては，計画の見直しという5年程度のサイクルに加えて，日々，月，年単位の判断行為と対応行為が生じる。その判断行為の閾値は，河道状況の変位度に応じた指標とし，それに応じて対応・対策を取るものとする。これについては，第5章 河道の維持管理対策にて記述する。

メモ 1.3 河川管理施設の維持管理におけるアセットマネジメント手法は可能か

河道は，変化とその速度の予測が難しく，また時間とともに劣化するものではない。時間軸を持つアセットマネジメント手法を適用しにくいのである。河道の維持管理により河道形状をある目標水準に固定できる，あるいはその変化速度が遅いのであれば，河川管理施設の維持管理にアセットマネジメント手法の適用が可能である。また，河道の変化について，いくつかのシナリオを想定し，それを制約条件とすれば，河川管理施設を含めたアセットマネジメント手法による維持管理計画を立案できよう。

1.6 河川整備計画，河道計画，河川環境管理計画との関係

河川整備計画は5年程度のサイクルで見直すものとしており，維持管理計画も当然5年程度のサイクルで見直される。1.3で記述したに河川のサイクル型維持管理システムの流れは，維持管理のみならず河川整備計画の見直しシステムの一環として組み込まれるべきものである。従って，河川整備計画と連動する河道計画，河川環境管理計画も，河川整備計画の見直しと同時進行型の見直しシステムとならざるを得ないのである。それらは，河川の維持管理システムから発せられる情報を基に書き加えられるのであり，河川の維持管理システムが河川管理の根幹システムとなる。

なお，見直しは，すでにある情報に加えて近過去5年の情報と河川に関する新たな知見が付加

され、見直し作業が行われるのであり、その作業量は多大なものとはならないであろう。

ところで、河川整備計画は、長期的な河川整備基本方針の整備方針目標という制約の中で、20～30年程度先の整備目標を掲げ、河道の基本的な形および整備に必要な河川工事の目的、種類及び施行の場所並びに河川管理施設の機能の概要を定めるものであり、河道計画は河川整備計画のうち河道の形（縦横断形、河道平面形）を計画するものである。一方、河道の維持管理は、河道の一連区間（⇒2.2）の維持管理目標を設定し、その維持管理目標が達成されるよう①河道流下断面の確保・河床低下対策 ②河岸の対策 ③樹木の対策 ④河口部の対策を実施するものである。

当然、河川整備計画の目標達成年と河道維持管理の目標達成年に差異が生じ、河道の維持管理目標は、5年程度で繰り返される評価時点における河道の整備水準を目標とせざるを得ない。

ここに、河川整備計画における河道計画と河道維持管理行為との関連性と連続性に関わる計画論上の整合性と合理性が求められる。河道の維持管理に当たっては、河川整備計画の目標と目標達成年を制約・考慮条件として計画する必要がある。河道の維持管理計画と河川整備計画（河道計画）は連動した同時計画とならざるを得ないのである。また、河川改修費、河川維持修繕費と配分の見直し、再区分も必要となる。

注

注 1)

近年の河川維持管理行為の必要性・重要性を鑑み、平成24年11月の事務連絡「河川の現場における適切な管理に係る取り組みの試行拡大について」において、河川管理レポートの作成が通達された。

河川管理レポートの作成が必要となる背景としては概ね以下のとおりである。

① 河川維持管理計画の策定

直轄河川においては、平成24年（2012）6月までに「河川維持管理計画」が策定され、同計画に基づき日々の河川管理を実施してきた。

② 河川管理行為の評価が必要

日々の河川管理行為の計画は策定されたが、河川管理行為を評価する方法・体制等が明確にされていない。

③ 河川管理行為の効果の発信が必要

河川管理への理解促進を図るためにも、改修とは異なり、通常、見えにくい河川管理に対する管理者の取り組みを対外的に発信していくことが必要となっている。

これらを踏まえ、河川管理レポートの目的を整理すると、以下の2つに集約される。

目的1：日々の維持管理行為を分析・評価したうえで、維持管理行為に対する情報を河川管理者が共有できるようにする。

目的2：河川管理者が日常取り組んでいる河川管理行為を地域に発信していく。

上記目的に対して、「河川の現場における適切な管理に係る取り組みの試行拡大について」においては、河川管理レポートに記載する内容は以下を基本とすることとされている。

a. 現場の諸課題

b. 対応目標

c. 河川維持管理計画に基づく維持管理の実施結果

d. 現場での諸課題に対する対応成果

注 2)

平成 27 年 (2015) 2 月 6 日, 一般社団法人河川技術者振興機構が設立された。その定款には, 次の記述がある。

(目的)

第 3 条 この法人は, 我が国の河川の総合的な管理により健全な状態を維持するため, 第 4 条に掲げる事業による河川技術の発展を通じ, 河川管理やこれに関連する業務に従事する技術者の技術に向上を図り, もって公共の福祉の向上に寄与することを目的とする。

(事業)

第 4 条 この法人は, 前条の目的を達成するため, 次の事業を行う。

- (1) 河川技術の向上と普及振興
- (2) 河川技術者教育の推進
- (3) 河川技術に関する検定試験の実施並びに技能度の登録及びその証明書の発行
- (4) 河川技術に関する講習会, 講演会などの開催
- (5) 河川技術に関する出版物の刊行
- (6) 河川技術に関する技術者並びに諸団体の連携及び情報交換
- (7) その他この法人の目的を達成するために必要な事業

2 前項の事業は, 本邦において行うものとする。

第2章 河道の維持管理項目と維持管理目標

2.1 河道の維持管理項目と維持管理の原則

2.1.1 河道の維持管理項目の再構成

河川砂防技術基準維持管理編において、河道の維持管理に関わる具体的項目として第5章に

第一節 河道流下断面の確保・河床低下対策

第二節 河岸の対策

第三節 樹木の対策

第四節 河口部の対策

が挙げられているが、本論ではこれらの持つ内容の共通性と差異および連関性の観点から、以下の5項目に再構成する。

- ①河道の流下断面の維持管理
- ②河道内植生の維持管理
- ③河床低下に対する維持管理
- ④河岸の維持管理
- ⑤河口部の維持管理

2.1.2 河道の維持管理の原則

河道の維持管理の原則を記しておく。

- ① 河川の河道形状および河川区域内の植生は、河川を流下する流水・土砂等により絶えず変化している。その変化速度は、上流山地部からの粒径集団別の供給土砂量と流量および各セグメントの長さ・位置によって異なる。
絶えず変化する河川地形および植生を、治水安全度、環境の質、河川区域内の適正な利用を保全・確保するように管理水準を定め、河川地形および植生をモニターし、管理水準が確保されているか評価し、不都合・不適正が生じればその不都合・不適正を解消するよう河道の維持管理・植生管理を行う。すなわちサイクル型（P D C A型）維持管理を実施する。
- ② 対象河川の河道の変遷と植生被覆状況の変化を自然および人為的インパクトとの応答として捉え、その関連性を分析・総合化し、その情報を経験知として河道の維持管理計画・対策に活かす。
- ③ 維持管理計画に当たっては、維持管理コストが少ない計画とする。必要であれば河川整備計画における河道計画を見直す。河川のなりたがる姿に川の形を合わせていくことは、維持管理費を低減する。河川環境管理計画において、自然ゾーン、生態系保全ゾーンを設定する区間では、植生変化や配置形状が変わっても、それが治水安全度を犯さないような余裕ある河道作りとする。
- ④ 河道計画における堤防護ラインおよび低水路河岸管理ライン（⇒5.6.1）は、空間管理計画と植生管理計画におけるゾーン配置を規制し、植生管理計画を策定する際の重要な要件であり、また河道の維持管理に当たって制約条件をなすものである。
- ⑤ 河川区域内の土地利用および土地所有形態は歴史的産物であり、これを条件（条件の変更は可能である）とし河道形状および河川区域内の植生管理を行う（⇒2.3）。

2.2 河道の流下断面の維持管理目標と対応

(1) 一連区間の設定

河川砂防技術基準維持管理編 第3章 第2節 河道流下断面に係る目標設定において「これまでの河川改修等により確保された現在の流下能力を維持することを基本とする。」と解説されている。流下能力は、河道形状（流下断面）のみならず河道の地披状況（植生、表層材料等）の関数であり、河道の維持管理の対象は、流下断面、植生、河道内河川管理施設および利用施設となる。すなわち維持管理目標流下能力（流量）を確保するように河積、植生、施設を管理することとなる。

一連の区間は、河川の改修状況（完成堤区間、未完成区間等）すなわち河川縦断方向の流下能力の差異に基づき設定することになる。すなわち、一連区間は、ほぼ同じ流下能力を持つ区間となる。

治水安全度の管理は、維持管理計画設定時において設定された一連区間の治水安全度に対応した管理用洪水流量（通常、河川整備計画流量であるが、それを下回る場合は一連区間の可能最大流下流量）を安全に流下させるように、すなわち管理目標である洪水位（通常は計画高水位）であるが、堤防が完成堤防でない区間は暫定的に管理用洪水位を設定し、それ以下に管理用洪水流量を流下させ、河道、植生、河川構造物を維持管理せざるを得ない。河道流下断面の確保の観点からの河道の維持管理は、河道形状管理と植生管理の2つからなるが、相互に流下能力に関連し、河道形状と植生の管理は流下能力評価という行為を通じた同時計画である。すなわち、河川区域内の土地所有者の土地利用および占有者の占有目的に応じた地被状態とその空間配置を考慮に入れた河道計画・河川空間管理計画に則り、それを制約条件として適切な河道形状の維持管理計画および植生管理計画を策定し維持管理を実施していくことになる。

(2) 河道の流下断面の維持管理目標

河道の流下断面の維持管理の目標は、管理用洪水流量を流下させるのに必要な断面を確保することが基本である。このためには、定期的または出水後に行う測量結果をもとに河道流下断面を把握し、断面が著しく減少している場合には、河床や高水敷等の河道掘削を行うことになる。この場合、河道内の地被状態（樹木、草本類、利用施設等）が確定（表層の粗度状況）されていなければ、必要な河道の流下断面を求めることができない。維持管理行為において河道内の樹木および草本類は制御対象物である。植生状態を変数とした河道河積の感度分析を行い、必要な河川機能を満たし、かつ維持管理コストが低くなるように植生および流下断面の維持管理対策を行うことになる。

(3) 管理用洪水位および管理用洪水流量の設定

具体的に管理用洪水位および管理用洪水流量の設定法について述べる。まず流下断面確保に関わる概念の定義を行う。

① 維持管理に関わる基準年

一定区間の管理用洪水位以下で流下可能な管理用洪水流量を評価した時点を基準年零年とする。西暦年であれば基本的には5年毎にずれることになるが、大洪水の発生などで流下能力を再評価した場合は、その年を基準年とする。

② 管理用洪水水位の設定

堤防の基本断面形状が確保されている場合（Ⅰ分類）と未確保の場合（Ⅱ分類）では、管理用洪水水位の設定が異なる。

Ⅰ分類：河川管理施設等構造令の堤防の構造の原則（第十八条）では、管理目標流量流下時の水位は計画高水位以下であることを前提にしているため、計画高水位とする。

Ⅱ分類：未完成堤防の場合は、流下能力評価時点の堤防天端高、堤防断面形状、越流氾濫した場合の堤内地の被災程度などを勘案して設定するが、一般的ルールがあるわけではない。

未完成堤防は計画高水位の流水の作用に対して構造的安全性を求められていないが、流下能力の確保という維持管理の観点から、

- i) 計画の堤防断面が存在するものとし、計画高水位以下の流下能力を評価しその流下能力を確保するものとする。
- ii) 堤防の完成度に応じて以下の方針をとるものとする。

- ・堤防天端高が計画高水位より低い場合

堤防天端高から計画堤防と未完成堤防（暫定堤防）の堤防高の差を引いた水位とする（河川構造物等構造令第三十二条の規定）。

- ・堤防天端高が計画高水位＋余裕高までであるが、堤防幅が不足している場合

堤防の構造的維持管理の基準としては堤防幅が不足しているため計画高水位以下とすべきであるが、流下断面の維持管理という観点からは計画高水位とする。

- ・堤防天端高が計画高水位より高いが余裕高が不足している場合、さらに堤防幅が不足している場合

堤防の構造的維持管理の基準としては余裕高および堤防幅が不足している。流下断面の維持管理という観点から、堤防天端高から計画堤防と未完成堤防（暫定堤防）の堤防高の差を引いた水位とする（河川構造物等構造令第三十二条の規定）。

流下断面の維持管理行為という観点からは i) の方針のほうが、簡潔でわかり易いが、その場合、管理用洪水流量は計画高水位水位相当流下能力とする必要があること、また河道内施設、特に堤防の機能管理の観点からは i) の方針は取り得ないことより、混乱を避けるため ii) の方針を取ることにする。

③ 基準年における一連区間の流下能力の分類による管理用洪水流量の設定

基準年における一定区間の管理用洪水水位は、②で設定された水位を基準とする。その水位に相当する流下能力の観点から次の3分類に一連区間を分類し、管理用洪水流量を設定する。

a 分類：流下能力が計画高水流量を超えている一連区間

b 分類：流下能力が計画高水流量を下回るが整備計画流量を超えている一連区間

c 分類：流下能力が整備計画流量を下回る一連区間

各分類に応じて流下断面確保に対する維持管理方針、河道監視レベルが異なる。

a 分類では、洪水流下能力が計画高水流量を超えている。管理用洪水流量は計画高水流量とする。

ただし、河川構造物の維持管理の基準水位は、計画高水位（HWL）を管理用洪水水位とする。

b, c 分類では、流下能力評価時点の流下可能流量を管理用洪水流量とする。

④ 河道の洪水流下能力の変化方向による分類

河道の流下断面（流下能力）は、河床の変化や植生の変化により5年間でも変化する。

α 分類：5 年の間において、流下能力が上昇する可能性の高い区間，例えば河床低下傾向にあり，樹林化の恐れのない区間

β 分類：5 年の間において、流下能力が低下する可能性の高い区間，例えば河床上昇や樹林化傾向にある区間

⑤ 管理用許容流下能力低下量

河道流下断面の確保の観点からは、維持管理行為を起こす閾値としての管理用許容流下能力低下量の概念が必要である。水理計算による流下能力の評価は基本的には 5 年毎に行われる。

β 分類の河道では、その間洪水流下能力が低下している。流下能力評価時点から 5 年以内においても、洪水による土砂の堆積や樹林化により流下能力が著しく減少し維持管理行為を行う必要とされる場合、どの程度の流下能力の低下が生じたら流下能力を確保する必要があるかの閾値が必要になる。

放水路流入点周辺の本川河道の流下断面の確保、遊水池越流堤付近の流下断面確保の維持管理行為は、別途対象施設下流部の治水安全性の観点からの管理基準を設定せざるを得ないが、通常の河道区間では以下のように考える。

河川管理施設等構造令の橋脚 第六十二条の解説において、「従来、一般的には、河積阻害率を 3%以内に治めることが努力目標とされてきた。・・・このような実態にかんがみ、河積阻害率は、原則として、5%を目安とするのが適当であると考えている。」と記述されている。河川管理の実態として 5%の河積阻害率はやむを得ざるとしているのである。なお、新幹線鉄道橋および高速自動車国道橋の河積阻害率は特例として 7%を目安としている。

今、管理用洪水水位を変えず、河床が ΔZ と上昇したとしよう。単断面河道であれば、河道が ΔZ 上昇した場合の流下能力の低下量 ΔQ の関係は、流量 Q を Manning 式で評価すれば

$$\Delta Q/Q \doteq 5/3 \cdot \Delta Z/H$$

となる。ここで、 H は河床上昇前の管理用洪水水位以下の水深である。 $\Delta Z/H$ は河積阻害率に相当するので、 $\Delta Z/H$ を 3% とすれば $\Delta Q/Q$ は 5%、5% とすれば 8.3% となる。河川維持管理の実態を考えると $\Delta Q/Q$ は、5~8% 程度であろう（そもそもこの程度以下に河川の洪水流量を正確に測定できない）。水深 10m で ΔZ は 0.3~0.5m、5m で 0.15~0.25m である。河川管理用洪水時水深によって維持管理用許容流下能力低下量 $\Delta Q/Q$ を求めて行くべきであるが煩雑になるので、 $\Delta Z=0.3$ m 程度に相当する $\Delta Q/Q$ が適当であろう（最小堤防余裕高 60 cm の 1/2 程度である）。

⑥ 維持管理方針の設定

次に、②により管理用洪水水位および維持管理用洪水量が設定された後の流下能力確保のための維持管理方針を③、④の分類毎に順に整理する。

1) 一連区間を③の a, b, c の分類群に区分する。

2) 河道の縦横断形状の時系列資料の分析結果（河道特性調査結果⇒3.3）および一次元河床変動結果より、一連区間を④の α 、 β の分類群に区分する。

3) α 分類区間：a, b, c 分類のいずれにおいても流下能力が増大するので、流下能力評価時点後 5 年間は河道および河道内植生状況を巡視等で監視し、洪水（5 年確率洪水洪水程度以上）後においては、河道の状況を巡視および空撮写真等で丁寧に判読（河岸侵食状況、植生変化状況、河川構造物の変状）し、必要があれば変状の大きな区間の河道変化を測量により量的に把握して、流下能力以外の河道管理項目に対する対策（例えば河岸侵食対策、河床低下対策）の方針判断の資料とする。

流下能力評価時点から 5 年後の流下能力評価時点では、その時点の流下能力に応じた一連区間

の①, ②, ③の区分の再分類を行い, 河川管理用の洪水水位および流量を再設定する. なお, a 分類区間で計画高水位が計画高水流量を用いて評価した水位との差異が 2mを超えるような場合は, 河川構造物の構造設計に過大な制約(過剰設計条件となる)を与える可能性があり, 超過洪水時に生じる諸現象を精査し計画高水位を変更(低下)することもあり得よう.

β 分類区間: a, b, c 分類のいずれにおいても流下能力が減少している可能性が大であるので, a, b 分類では流下能力評価時点後 5 年間は河道および河道内植生状況を通常の巡視等で監視し, c 分類は重点監視区間に指定する. 流下能力評価時点から 5 年後の流下能力評価時点では, その時点の流下能力に応じた一連区間の①, ②, ③の区分の再分類を行い, 河川管理用の洪水水位および流量を再設定する. b 分類および c 分類では再設定後の洪水管理用水位を 5 年前の洪水管理用水位を下回らないよう維持管理計画あるいは河道整備計画を見直し, 対策を実施する. a 分類では再設定後の洪水管理用水位が計画高水位を下回らないようにする.

洪水発生(5 年確率洪水洪水程度以上)後においては, 河道の状況を巡視および空撮写真等で丁寧に判読(河岸侵食状況, 植生変化状況, 河川構造物の変状), 変状の大きな区間の河道を測量して, 流下能力を量的に評価する. なお, 評価結果は流下能力以外の河道管理項目に対する対策(例えば河岸侵食対策, 河床低下対策)検討にも使用される. 許容流下能力低下量以上の流下能力の低減があれば, c, b 分類では樹木伐採, 河道掘削等の対策を, 河川整備計画の整備項目と調整・整合化を図り実施する. a 分類では計画高水位を洪水後の流下能力が計画高水流量を下回ったら計画高水流量が流下可能となるように対策を検討し, 実施時期を他の区間との優先度を考慮し設定し, 維持管理計画あるいは河川整備計画に位置付ける.

メモ 2.1 計画高水位, 管理用洪水水位, 余裕高について

堤防はある設計外力に対して耐えられるように構造設計する. 河川管理施設等構造令での構造の原則は, 「堤防は, 護岸, 水制その他これらに類する施設と一体として, 計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。」としている. すなわち, 堤防以外の護岸, 水制その他これに類する施設においても, 構造物の設計外力およびその維持管理において, 計画高水位以下の流水の通常的作用を設計・維持管理の指標とせざるを得ないのである. 構造物の設計に当たっては, 通常, 計画高水位以下の流水の通常的作用が設計条件(外力)となる.

1. 河川堤防とは(河川管理施設等構造令より)

(構造の原則)

第18条 堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として計画高水位(高潮区間にあつては、計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。

2 高規格堤防にあつては、前項の規定によるほか、高規格堤防特別区域内の土地が通常の利用に供されても、高規格堤防及びその地盤が、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、高規格堤防設計水位以下の水位の流水の作用に対して耐えることができるものとする。

河川管理施設等構造令の解説において「流水の通常的作用」とは、「洪水は自然現象であり、洪水の状況等によっては突如として水衝部が予想もしないほど変化し得るなどの現象が起こる。・・・その意味から堤防についてはあらゆる外力に対しての絶対的な安全確保は求め得べくもないので、・・・」としている。技術的には予想し得る現象と予想し得ない現象を区分し、予想し得る現象に対しては計画高水位の設定に繰り込むことになる。これは河川に生じる現象に関する知見の変化により繰り込むべき現象が変わり得ることを示す。

構造令第二十条において、堤防の高さの原則が規定されている。堤防の高さは、計画高水位に加えてある高さ以上有する必要があるとし、その量を規定している。それを堤防の余裕（余裕高）という。余裕高の必要な理由として、「洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇・・・。洪水時の巡視や水防を実施する場合の安全性の確保、流木等流下物への対応等様々な要素をカバーするためにもしかるべき余裕が必要である。」としている。また、「したがって当該値は、堤防の構造上必要とされる高さの余裕であり、計画上の余裕は含まれないものである」としている。

ところで、計画高水位は河道計画の検討の中で設定される。1990年代、計画高水位の設定のあり方をどうするのかということが課題として挙げられ、また平成9年（1997）に河川法の改定があって、環境の機能を河川の機能として評価して河川を管理していくという時代になり河道計画のあり方の検討がなされた。その中で余裕高とは何か、計画高水位に取り込まれるべき予期される水理現象とは何かというのが問われた。山本は、これに対して当時の技術状況および河川の改修状況を配慮して、図 2.2.1 のように整理した。

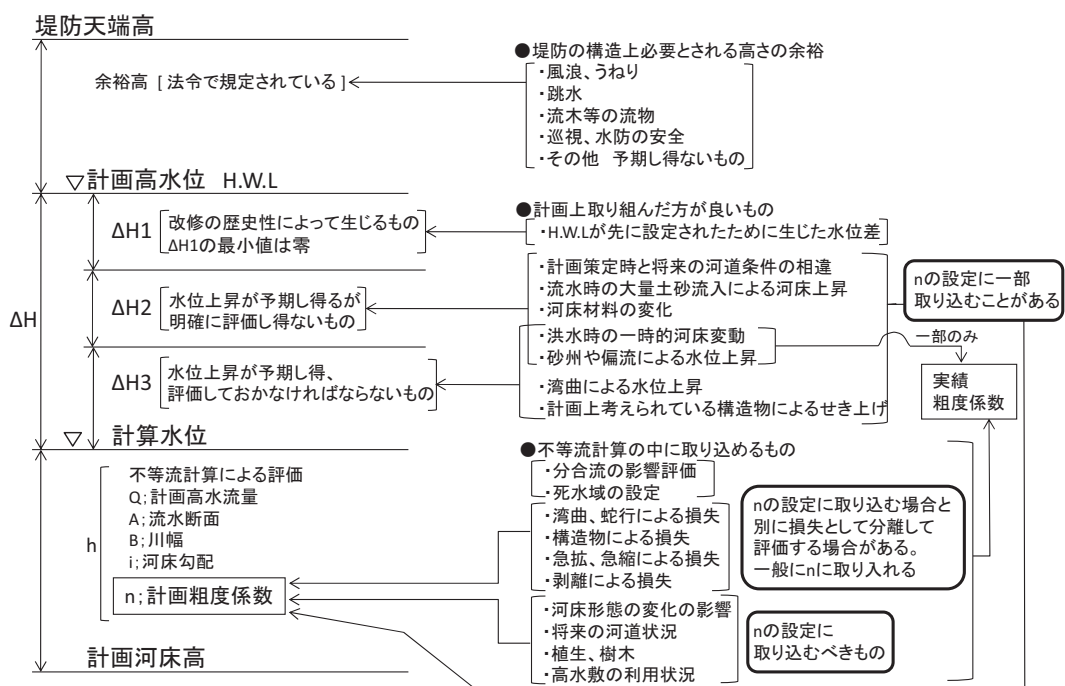


図 2.2.1 堤防，計画高水位， ΔH ，計算水位の関係

洪水時に生じる水位上昇現象として予期されるものとそうでないものを、当時の技術状況を反映させて定義し直し、また、当時、計画高水位は、工事実施基本計画で定まった水位がほぼ踏襲され、計画高水位以下で計画洪水流量が流下してしまう河川区間があり、これを位置づけたものである。水位に余裕があるからと言って計画高水位を変えることは、現実には難しく、これを改修の歴史的遺産として位置づけようとした。計画高水位は、河川施設・構造物の設計条件を規定し、橋の高さや周辺の地域計画、道路計画も計画高水位を見ながら種々の構造物が設計・建設されており、これを簡単には変えるわけにはいかない。空間的にみて流下能力に余裕が生じたからとて、計画高水位を下げようということにならない。現実的にあるこの差分をどうするのか、歴史性としてはっきり位置づけてしまったらどうかと提案した。しかし、この歴史性 ΔH1 は、現在受け入られていない。財団法人国土技術研究センターが編集した「河道計画検討の手引き」(2002)では、図 2.2.2 のように定義されている。

河道の維持管理計画を考える場合、この歴史的遺産をどう内部化するのか問われる。

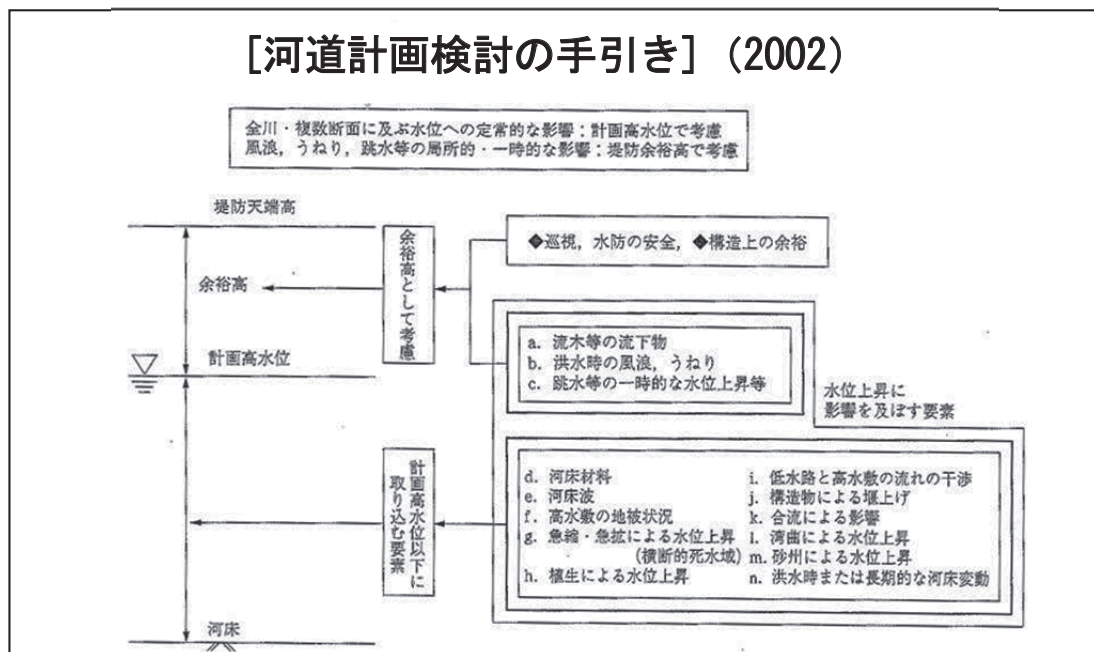


図 2.2.2 河道計画検討の手引き(2002)における余裕高，計画高水位の定義

2.3 流下能力の確保の観点からの河道内植生の維持管理の内容と目標

河川管理者の河川植生に関わる維持管理行為は、堤防等の河川管理施設の機能保全のために植生管理計画に則り除草・樹木伐採を行うこと、民地を含めて河川区域内の地被状態の監視・状況の把握を行い、治水安全度を評価し、必要な対応を実施していくことである。

植生管理計画は、上位計画である河川整備計画における河道計画と河川環境管理基本計画における空間管理計画と整合性が取れていなければならない。しかし、現実には、空間管理計画の各ゾーンにおける地被状態（植生等）と治水安全度の関係を評価し、整合性の取れた植生管理計画とする検討はなされていないものが多い。

地被状態は、河川水辺の国勢調査（5年ごとに行われて来たが、3順目からは10年ごととされ

た)による植生図, 航空写真による地被状態の把握, 河川巡視等による植生状況の把握により, 地被状態の変化を読み取る. それに基づいて流下能力, 河川生態環境, 景観の量的・質的变化を評価する.

評価によって治水安全度の質が管理水準を下回れば, その回復のため, 官地における除草・樹木の伐採・河道形状の変更(掘削), 占用地における植生管理の指導, 民地における除草・樹木の伐採・河道形状の変更(権原保有者への補償が必要)を河川管理行為として実施することになる. また, 環境の質が管理水準を下回れば, 環境の質の回復のため, 植生の管理(保全・回復)や植生生育環境の改善のため地形改変などを実施することになる.

現状の河川敷内植生管理の実態は, 以下のようである.

官地: 植生管理計画のあるもの(堤防, 堰・水門などの重要構造物周辺, 河川管理用通路, 緊急河川敷道路などは, その機能維持のため計画に則り植生管理が通常なされている.)

植生管理計画のないもの(1号地における草本・樹木, 上記以外の3号地)(⇒注1), ただし, 河川機能の維持のために必要に応じて植生の管理を実施することがある.

占用地: 占用目的に応じた植生管理を実施している. また植栽等については河川敷地占用許可準則(⇒注2)により規制されている.

民地: 民地所有者が土地利用目的に応じた植生管理を実施しているが, 利用放棄等により植生管理が行われず植生遷移に任せている例が増加している.

河川管理者はこの様な条件下において, 治水安全度・景観・河川利用の観点から植生状況の監視と河川植生管理の実行が求められている.

(1) 民地および占用地の植生の維持管理

民地(組合等所有地を含む)および他省庁所有地・地方公共団体所有地については, 河川法第二十七条による規制を受けながら所有者が土地利用目的に応じて植生管理を実施している. したがって河川管理者は河川巡視等を通じて土地の地被状況をモニタリングし, 適切な利用であるか監視することになる. 土地所有者による植生管理が利用放棄等により行われないと, 植生遷移が生じ藪化, 樹林化が進行し, 高水敷の粗度係数が増加する. それにより河道流下能力が減少する. 治水安全度が確保できないのであれば, 財産補償してでも伐採等の樹林管理が必要とされる.

占用地については, 占用目的に応じた土地利用および植生管理を実施しているかを, 河川巡視等によりモニタリングし, 適切でなければ指導監督することになる.

河川管理者以外の者の河川区域における植物の採取あるいは伐採行為は, 河川法第二十五条及び第二十七条により河川管理者の許可が必要である.

(第二十五条) 河川区域内の土地(河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地を除く.)において土石(砂を含む)及び竹木, あし, かや等を採取する行為.

(第二十七条) 河川区域内の土地において土砂の掘削, 盛土若しくは切土その他土地の形状を変更する行為又は竹木の植栽若しくは伐採する行為. ただし政令で定める軽易な行為については, この限りでない.

政令(河川法施行令)で定める軽易な行為については, 以下に規定されている.

(河川区域における土地の掘削等で許可を要しないもの)

(政令: 第十五条の四第三号) 地形, 地質, 河川管理施設及びその他の施設の設置状況その他の

状況からみて、竹木の現に有する治水上又は利水上の機能を確保する必要があると認められる区域として河川管理者が指定した区域及び樹林帯区域以外の土地における竹木の伐採

なお、河川管理者が、治水・利水・環境機能の保持のため、管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地の形質を変化させる場合は、土地の買い上げ、あるいは損失補償を行う必要がある。すなわち、河川土地の竹木を伐採するのは、権原を有するものとの協議と損失補償が必要である（⇒河川法第二十一条）。

河川区域内の土地所有の差異が河川植生管理のあり方に制約を与えるのである。

メモ 2.2 管理用洪水流量と植生管理について

高水敷の植生管理という維持管理行為を行うためには、管理用洪水流量(完成堤防では計画高水位相当流量)が必要とされる。しかし、管理用洪水流量に基づいて植生管理計画を策定するためには、種々の考慮条件・代替え条件があり、一律的に規約に則って策定できない。

① 空間管理計画におけるゾーニングごとの高水敷植生管理の制約性のレベル

植生生育空間として先取的に空間構造が規定され(例えば希少種の生育条件として)、その空間の範囲および植生構造を保全しなければならないのか、治水条件の緩和のために植生構造を改変しえるのか等、制約性のレベルが異なり、フレキシビリティがある。

② 河道流下能力の縦断方向変化

植生管理は、整備計画流量より流下能力が低い区間の現治水安全度を低下させないような管理方式を取るが、整備計画流量より流下能力の高い区間でも、管理用洪水流量に対して安全性が確保されるか検討が必要な場合がある。例えば、現状の植生状況が近い将来変化することにより粗度係数が増加し、河川整備計画対象流量が流下できなくなる恐れのある場合など。

流下能力が十分ある区間では、河川利用、河川景観、河川生態環境保全の観点から植生管理を実施できる。管理用洪水流量は、河川整備計画流量あるいは計画高水流量となる。

2.4 河床低下に対する維持管理の内容と目標

河道内には、既設の護岸水制、横断工作物、橋梁などの工作物が存在し、これらの構造物の機能が河床低下に伴い劣化し、河道内災害、ひいては堤防の損傷に至るので、また、遊水池や放水路の洪水調節機能に影響を及ぼすため、河床低下を監視し、河川管理上の支障となる場合は適切な対策を取る必要がある。

流下断面の確保の観点からは河床低下は流下能力を増加させることより、河道機能の劣化とはみなされないが、河床低下により重要横断構造物の被災や護岸基礎の洗掘による護岸の破壊しいては堤防の被災に及ぶことがあり、河床高の維持管理をせざるを得ない場合がある。この河床高の維持管理は河川管理施設および許可工作物の機能維持の観点から設定される維持管理目標であり、構造物周辺の河床高を制御・維持するものである。

2000年以前においては、河道計画において計画河床高という計画概念があり、その河床高を河道管理の指標としていたが、現在では河道は変化するものであることを前提とした流下能力管理に転換している。その意味で維持河床管理高を河川管理区間全川に設定するものとはなっていない。

河道内施設機能の維持と言う観点からは、対象施設ごとに維持管理河床高という目標を設定し、適切な対応策を取るのが前提であるが、重要河川構造物や一連区間の多くの河川構造物が河床低下によりその機能保全が難しくなり河床高の維持が求められたりする場合、河床低下により河床に沖積粘性土や軟岩が露出し、河川環境の質が劣化し対応策が求められたりする場合、河道の一定区間に維持管理河床高を設定し、その河床を維持するための対策として、床止め工群・落差工の設置、上流からの土砂の補給等の対応措置（河床高の維持管理対策）を取ることがある。

2.5 河岸の維持管理の内容と目標

河道計画においては堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインという概念が導入された（財団法人国土技術研究センター編，2002）。

堤防防護ラインは、洪水時の河岸侵食によって生ずる堤防の破壊を防止するために必要なラインであり、主に治水目的のために設定するラインである。したがってこのラインは、全川に亘って設定される。

この堤防防護ラインは、従来の計画低水路法線のように「計画」として、そのラインに低水路を固定するという積極的な意味を持つものでなく、低水路の移動により、このラインが侵食により犯された場合、あるいは犯される恐れが生じた場合に、防護のための措置が必要となるという消極的な意味を持つものである。いわば「計画」ではなく「管理」の目安となるものである。

低水路河岸管理ラインとは、河道内において治水、利水、環境等の面から期待される機能を確保するために措置（河岸侵食防止工）を講ずる必要がある区間を示すものであり、高水敷利用や河岸侵食に対する堤防防護の観点から、低水路を安定化させることを目的に設定するものである。

河岸の維持管理の目標水準は、この堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインを確保することである。

2.6 河口部の維持管理の内容と目標

河口部には、特有の河道の維持管理項目がある。それらを、以下に記す。

① 治水機能

外海に面した河口では、波浪により河口部に河口砂州が生じ、その存在により、洪水時、河口砂州直上流の水位が上昇する。河口砂州による水位上昇が、計画高水位に達する恐れのある河川では、

- ・砂州直上流部の水位、砂州の発達状況を監視し、維持管理河口砂州高・開口幅を設定し、砂州の掘削という維持対策の実施
- ・河口砂州形成を制御する構造物の設置（河口導流堤等）
- ・計画高水位の変更（堤防のかさ上げを伴う）

という対応のどれかをとる。

一方で、河口砂州は、波浪の河道内への進入を軽減し、河川構造物および河川汽水域環境の保全機能を持っており、その機能保全のために河口砂州形状の維持管理目標を設定する場合もあり得るが、事例はない。

② 海浜への土砂補給機能

河川は海へ土砂を吐き出す。吐き出された土砂の一部は、外海に面する河川では河口付近の

海浜構成材料となり、内海では河口干潟の構成材料となる。人為的および自然的要因で供給土砂量が減少すると、河口付近の海岸線の後退や河口干潟の変質が生じる。

そのような恐れのある河川では、河口付近の海岸線の変化や河口テラスの変化、河口干潟の地形および底質材料を監視し、対策（土砂補給）という対応を取らなければならないことがある。

③ 航路機能

河口の直上流部は、古くから河口港（湊）、漁港として利用されてきた。河口が航路である場合には、航路の安全性確認のため、航路水深の監視、航路水深維持のため浚渫や河口導流堤の建設等がなされてきた。港湾機能の維持の責任は港湾管理者であるが、河川管理者として河口地形の監視や河口導流堤（治水機能向上のため導流堤が設置され、それが航路機能を持つ場合がある）の機能維持のための監視・維持管理行為が必要とされる。

④ 生態系機能

河口付近は、海水という塩分や潮汐・波浪の影響により汽水域特有の植物・動物の生息場所であり、生態系の保全の対象空間となる場合が多い。河川汽水域は、陸と海の接点に位置し、淡水と海水が混合し、かつ周期的に発生する潮汐や波浪などの作用を受け、常に変動する特殊な環境を有している。このため、海域に生息する生物や淡水域に生息する生物に加え、汽水環境に耐ええる汽水域特有の生物が生息・生育する特殊な場となっている。

貴重な生物や絶滅種の保全のため汽水域環境の監視や保全対策が求められることがある。

以上の河口部の機能を踏まえた河口部の河道の維持管理目標水準を設定する。具体的には、河口上流部の維持管理河床高、維持管理河口砂州高・開口幅、人工的土砂補給量を設定するが、維持管理行為の生じない(少ない)河口処理計画および河道計画を立案することを原則としたい。

2.7 河道の維持管理から見た河道内施設との関係

河川砂防技術基準維持管理編 第6章 施設の維持及び修繕・対策 において、施設それ自体の機能確保の点から分析・評価することが求められている。当然、河道の維持管理から見た河道内施設の機能評価とは、その評価目的が異なるものである。河道の維持管理から見た河道内施設の機能評価とは、施設それ自体の機能評価項目のうち河道の維持管理(河道流下断面の確保、河床低下対策、河岸の対策、樹木の対策、河口部の対策)に関連・影響を受ける項目を抽出して、その評価により河道維持方針・対策を策定するものである。しかしながら、この評価項目は施設の維持管理と分離して評価できるものでない。

本論では、堤防、横断構造物、洪水調節施設を取り上げ、4章、5章においてその機能評価法と対策手法について特に記述することとする。

2.8 河川環境の整備と保全と河道の維持管理の関係

河川砂防技術基準維持管理編 第3章 第5節 河川環境の整備と保全に係る目標 において「当該河川における、生物の生息・生育・繁殖環境、河川利用、河川景観の状況等を踏まえ、河川環境の整備と保全に関する目標を設定することを基本とする。」とされている。

河川環境の整備と保全の観点から実施される対策には、その機能を達成・維持するために河道

形状および植生の維持管理対策を伴うものがあり、また本論で対象とする河道の維持管理項目(⇒2.1)においても常に河川環境の整備と保全の観点の検討を伴うものであり、両者を完全に分離できるものではない。河道の維持管理と河川環境の整備と保全対策は相互に関連し合うが、それらの各機能の価値が相反する場合が多い。河川管理における相反する機能の調整方式は、流域の社会経済、歴史文化状況の影響を受け、時代性を反映したものとならざるを得ないのであるが、現在、その調整様式の社会的合意が得られているとは言えず模索段階にある。

本論では必要に応じて河川環境の整備と保全の観点からの記述を付加することにする。

注

注1)

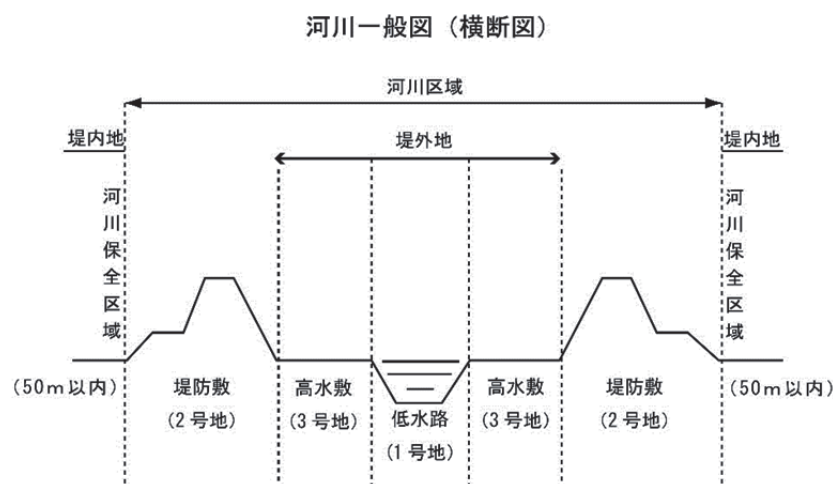
河川区域は、**図T2.1**に示す三種からなる。

- ①1号地：河川の流水が継続して存する土地(水面)及びこれに類する土地の現況を呈する土地で河岸の土地を含む区域
- ②2号地：河川管理施設(ダム、堰、堤防、護岸等)の敷地である土地の区域
- ③3号地：堤外の土地の区域のうち1号地と一体として管理を行う必要のあるものとして河川管理者が指定した土地の区域

通常、2号地は国有地であるが、1号地、3号地は、近世以来の土地開発史、土地制度史、河川法の変遷、河川改修の経緯により種々の土地所有者がいる。大きくは官地と民地に二分される。

河川局水政課調べによると、一級河川指定区間外(大臣管理区間)の面積および3号地の土地所有者の割合は、**図T2.2**のようである。また目的別占用地面積(河川法第二十四条により、河川管理者の許可を受けた土地面積)およびの目的別占有割合は、**表T2.1**、**図T2.3**のようである(吉田, 2008)。

河川管理者が所有する土地については、河川管理者がその権原に基づいて植生を管理するが、占用地は占用者が占有条件に基づき管理する。他省庁所有地、地方自治体所有地、民地については、河川法第二十七条(⇒2.3)による規制を受けるが、その所有権者が植生を管理することになる。



図T2.1 河川区域内の分類



図T2.2 一級河川・指定区間外の河川区域の面積の種別（平成19年（2007）4月30日現在，国土交通省河川局水政課調べ）

表T2.1 一級河川の目的別占有面積と割合（平成19年（2007）4月30日現在，国土交通省河川局水政課調べ）

〔単位：千ha・（％）〕

	公園緑地	運動場	ゴルフ場	採草地	田畑	その他	合計
指定区間外	7.8 (27.3)	3.6 (12.5)	1.6 (5.8)	7.4 (25.9)	5.9 (20.7)	2.3 (7.9)	28.6 (100.0)
指定区間	2.7 (22.4)	0.9 (7.2)	0.1 (0.5)	1.4 (11.4)	3.1 (24.4)	4.3 (34.1)	12.7 (100.0)
一級河川計	10.5 (25.8)	4.5 (10.9)	1.7 (4.1)	8.8 (21.4)	9.0 (21.8)	6.6 (16.0)	41.3 (100.0)

注) その他は，船舶係留施設，グライダー練習場等である。



単位：千ha

図T2.3 一級河川の目的別占有面積割合（吉田，2008）

注2) 河川敷地占有許可準則（平成11年8月5日建設省河政発第67号，別紙）

第八 工作物の設置，樹木の植栽等を伴う河川敷地の占有は，治水上又利水上の支障を生じないもので無ければならない。以下省略

現状の具体的樹木管理の技術面については，財団法人リバーフロント整備センター編「河川における樹木管理の手引き」（1999）を参照されたい。

参考文献

吉田大（2008）河川の維持管理基準とこれからの河川管理，第30回河川管理研修テキスト，社団法人河川協会，pp. 107-159.

第3章 河道の維持管理から見た河川の監視・記録

3.1 河川の状態把握と河道の維持管理

河道の維持管理の基本は、河道の監視（良く川を見る）、記録（それを情報として整理保存）、分析・評価（状態の解釈）、活用（対策の立案と対策の実施）というサイクル（PDCA）型の管理をルーチン化していくことである。この仕組みが「河道の維持管理システム」である。これは、総体である「河川維持管理システム」の主要な構成要素である。すなわち、「河道の維持管理システム」は、「河川維持管理システム」に内包されるのである。

河道の維持管理は、河道の監視（観察）、記録、分析・評価、活用の4要素からなる。本章では、河道の監視・観察（東北地方整備局河川部，2006）、記録（山本他，2007；財団法人河川環境管理財団，2007）について述べ、分析・評価は第4章、活用は第5章で記すものとする。

なお、河道の維持管理システムは、目視点検による河川の監視のみでは、その機能評価を的確に実施し得ず、**図 3.1.1** に示すような河道監視方式となろう。5年毎の河道機能の詳細評価を初期条件とし、通常時の一次点検を実施し、通常時の一次点検情報のみでは河道変化により生じた課題を解消できない場合に、課題に応じた調査項目の詳細調査を行うものである。**表 3.1.1** に、一次点検、詳細調査、評価の意味、**表 3.1.2** に点検の実施時期・頻度と確認できる変状の関係を示す。なお、**表 3.1.2** 中の「経年進行性」は、経年的に徐々に進行するもの、「洪水進行性」は洪水の作用により徐々に進行するもの、「突発性」は一洪水で健全な状態から要求機能を喪失するまで著しく進行するもの、である。

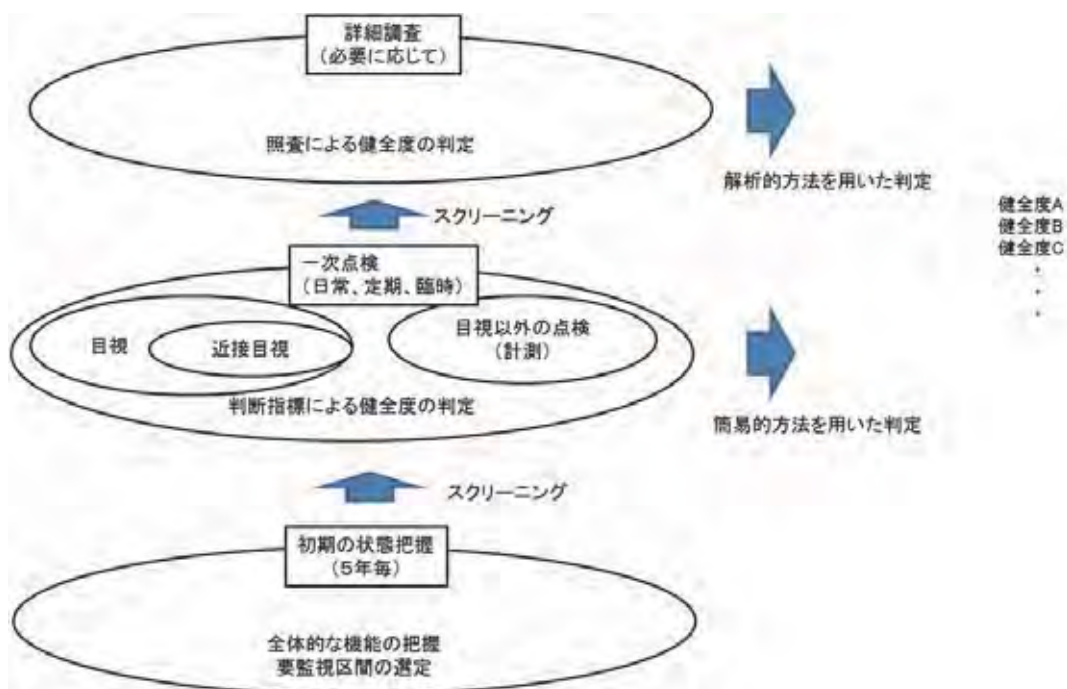


図 3.1.1 河道監視方式の考え方

表 3.1.1 一次点検，詳細調査，評価

項目	内容
一次点検	新たな変状や変状の進行を発見するために行われる点検
詳細調査	一次点検で発見された変状のうち洪水時に機能を喪失する可能性があると判断されたものについて，その原因の解明と機能低下の予測，措置の検討のために行われる点検や測量，観測，解析などの行為の総称
評価	状態把握の結果から，河川システムとしての機能や，措置の優先順位や監視の方針に関する考察

表 3.1.2 点検の実施時期，頻度と確認できる変状の関係

	経年進行性の機能低下による変状	洪水進行性の機能低下による変状		突発性機能低下による変状
		—	漏水など洪水後に確認できなくなるもの	
日常点検 (数日から1週間間隔)	○入念な目視を必要としないもののみ	○入念な目視を必要としないもののみ	×	×
定期点検 (毎年洪水期前後)	◎	○	×	
臨時点検	○	◎	×	
	洪水中	◎		◎

※凡例：◎その変状を最も確実に確認できる，○確認できる，×確認できない

(1) 河道監視（観察）の方法

① 目的と監視対象

河道の監視の段階で重要なことは，河道の流下断面の確保，施設の機能維持，河川利用，河川環境の整備・保全の観点から，河道形状および河川内植生（樹木）状況およびその変化，不法工作物・不法係留等の不法行為を監視・把握することである。

施設の機能維持については，河道の変化に伴う河床高および流速の変化を監視し，施設の安定性・機能評価のための情報とし，また施設の変動状況を観察することである。

② 監視の時期

河道の監視は，観察対象に合わせ，平常時，洪水期前，洪水時，洪水直後，および数年（3～5年）に一回，震度4以上の地震の発生後に行う（⇒図 3.1.2）。さらに，5年毎に実施される河道および河川構造物の機能評価に合わせて全体状況の監視（観察・調査）を実施する。

平常時は，河川巡視員による定期的な観察である。

洪水期前は，初夏の堤防草刈り後，堤防および河川構造物の点検を専門チームによって実施

する。

洪水時は水防情報の収集を含め、洪水による河川構造物の変形・変状の監視、洪水流況の観察を実施するものである。必要に応じて洪水時の航空写真撮影を実施し、洪水流れの状況を把握する。

洪水直後は、洪水による河道状況、植生状況、河川構造物の変状を視察・測量・写真撮影・航空写真撮影により観察・記録する。

河道の縦横断測量は必要に応じて数年～5年に一回程度および10年確率洪水程度以上の洪水後、河床材料調査は必要に応じて数年～5年に一回程度、動植物の空間配置情報は水辺の国勢調査により各項目5年に一回のローリング(3順目からは10年に一回)により収集されるものと河川巡視や航空写真測量による情報も活用する。

震度4以上の地震発生後は、地震による堤防、河川構造物の変状を調査し、記録するとされている(「直轄河川に係る地震発生時の点検について」(平成21年2月)河川局治水課)。

河道の全体状況把握は、5年に一回程度実施される河道および河川構造物の機能評価を行い河川維持管理計画の見直しに先だつて行う。全体状況把握は、前全体状況把握時のストック情報、さらに5年間に加えられた河道および河川構造物に関する情報により、必要な観察箇所・調査項目を決定し調査を行い、また、通常年において重点項目監視区間外の区間の監視を丁寧に行い、変状および問題点を発見するものである。

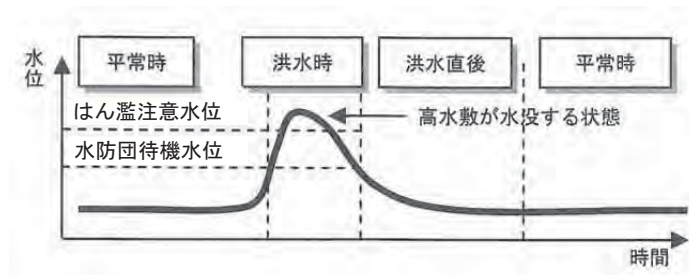


図 3.1.2 河道監視の時期の分類

③ 監視（観察）の場所

河道の監視（観察）は、河川管理者が管理している区間全体を対象として実施する。ただし、河道の監視に当たっては、維持管理行為の合理化のため「重点監視項目・箇所」を設定し、河道の流下断面の確保や施設の機能を損ねる要因に応じて、例えば測量の頻度や密度を増やし、巡視・点検の際にその項目にあった観察方法でより注意して観察する等の対応を取ることとする。

「重点監視項目・箇所」は、大きく分けて、河道および河道内植生の変化に伴う流下能力と施設の機能の2種類がある。なお、河川管理施設および許可工作物の機能維持のための河道の維持管理および対策は、河川施設の機能維持のために河道の形状を人為的制御（埋め立て、掘削）、植生管理、河床変動制御施設を設置することである。図 3.1.3 に「重点監視項目」とその現象形態例を示す。

表 3.1.3 に、平常時、洪水時、洪水直後の観察項目とその内容を示す。



図 3.1.3 「重点監視項目」とその現象形態

表 3.1.3 (1) 河道監視項目一覧 (平常時)

監視の様子を監視する	監視の目的	監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
流れの様子を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	水文観測業務規程に基づく水位・流量観測	・低水流量観測 ・水位観測 (従来のとおり実施)	—
	暴発に対して危険な流れが発生していないかを監視する	目視による流向の監視	—	—
	水防活動に際しての判断材料とする	水位観測所以外の箇所での時系列の水位観測 航空写真撮影	—	—
	洪水時の流れの形態を把握する 地上から流向・流速の分布を把握する 断水時の水理的特性を明らかにする 河道の各箇所のピーク水位を把握する	CCTV 撮影 樹木群内外での流況調査 洪水痕跡調査	—	—
河道形状の変化を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	縦横断面測量	・管轄区域全域を対象 ・特に注意して監視する項目(例えば床止工や堰の下流側等)で抽出された箇所では必要に応じて、距離標の間隔(200m)よりも短い間隔で測量 ・概ね5年程度に1回全川の横断面測量データが揃うようなサイクルで実施 ・5年以内に1回、秋季 ・前回撮影したときと同等度の水位の日 ・目的に応じて垂直写真と斜め写真を使い分ける	・特に注意して監視する項目で抽出された箇所では、5年以内に1回、デジタルカメラやビデオカメラやスマートフォンで撮影 ・河口砂州が問題となっている河川では、航空写真とともに河口部の浸没測量
施設的安全性を監視する	河道や施設の影響を及ぼし、時間とともに砂州と樹木群の変化を監視する	航空写真撮影 目視による砂州の監視	・管轄区域全域を対象 ・特に注意して監視する項目(砂州による、水位上昇・堤防の直接浸食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所を対象 ・年1回の特定巡回 ・デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影	・河口砂州が問題となっている河川では、航空写真とともに河口部の浸没測量
	地上から樹木群の変化を監視する	目視による樹木群の監視 目視による堤防の監視	・特に注意して監視する項目(樹木群による、水位上昇・堤防の直接浸食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所を対象 ・年1回の特定巡回 ・デジタルカメラで堤防上や橋梁上から定点撮影	—
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による堤防の監視	・特に注意して監視する項目(堤防浸透)で抽出された箇所を中心として管轄区域の堤防全区間 ・週2回の定常巡回 ・車上から監視 ・堤防構造物破損箇所では、年1回の特定巡回、堤防上から監視	—
施設的安全性を監視する	護岸、根固工等の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による低水路河岸の監視 目視による横断構造物周辺の監視	・特に注意して監視する項目(低水路局所洗掘、高水敷側方侵食)で抽出された箇所 ・年1回の特定巡回 ・地上から監視 ・必要に応じて潜水調査	・特に注意して監視する項目(低水路局所洗掘、高水敷側方侵食)で抽出された箇所 ・年1回の特定巡回 ・地上から監視
	護岸、根固工等の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による堤防の監視	—	—

表 3.1.3 (2) 河道監視項目一覧 (洪水時)

監視の種 子を監視 する	監視の目的	監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
河川管理の系統となるデータを継続的に取得する	堤防に対して危険な状況が発生していないかを監視する	水文観測業務用装置に基づく水位・流量観測 目視による堤防の監視	・高水浸透監視 ・水位観測 (従来のとおり実施) ・特に注意して監視する項目(砂州や樹木群による浸透に伴う堤防侵食、堤防構造物周辺の抽出された箇所) ・砂州や樹木群により流れがコンストリクツトされ、堤防に何かのずれや堤防冠の高度が変化していないか ・堤防上や堤防上から監視	・特に注意して監視する項目(砂州や樹木群による浸透に伴う堤防侵食、堤防構造物周辺の抽出された箇所) ・デジタルビデオで流れを撮影
水防活動に際しての判断材料とする	水防活動に際しての判断材料とする	水位観測所以外の場所での水位観測 航空写真撮影		・特に注意して監視する項目(河床不足、砂州・樹木群・積雪堆積物等による水位上昇) ・CCTV から確認できる高水位時や高水位時を撮影して、水位上昇時に計測高水位以下で低下しているかどうかの水位の変動を監視 ・管轄区画外 ・洪水の流れや河床の状態を定期的に把握するための監視写真 ・特に注意して監視する項目(堤防直下侵食、高水警報発令後、高水警報発令後、高水警報発令後、高水警報発令後)で抽出された箇所 ・堤防への浸食や崩壊の発生を監視する(堤防の浸食、及びその浸食の進行、堤防の崩壊) ・特に注意して監視する項目(堤防直下侵食、高水警報発令後、高水警報発令後、高水警報発令後)で抽出された箇所 ・堤防の浸食を監視 ・(樹林外)圧力式水位計等を樹林内に設置し、水位分布を把握 ・(樹林外)圧力式水位計等を樹林内に設置し、水位分布を把握
河道形状の変化を監視する	河道の各面所のピーク水位を把握する	洪水時内外での状況確認	洪水浸透調査 飛砂調査 航空写真撮影	
河道や堤防の侵食を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	目視による砂州・樹木群の変化を監視する	
堤防の安全性を監視する	堤防の危険性が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要時の判断材料とする	目視による堤防の監視	目視による砂州・樹木群の変化を監視する	・特に注意して監視する項目(堤防直下侵食、高水警報発令後、高水警報発令後) ・堤防の浸食を監視 ・(樹林外)圧力式水位計等を樹林内に設置し、水位分布を把握 ・(樹林外)圧力式水位計等を樹林内に設置し、水位分布を把握

表 3.1.1 (3) 河道監視項目一覧 (洪水直後)

監視の目的	監視項目	監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
流れの様子を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	水文観測業務規程に基づく水位・流量観測	-	-
	堤防に対して危険な流れが発生していないかを監視する	目視による流向の監視	-	-
	水防活動に際しての判断材料とする	水位観測所以外の箇所での時系列の水位観測 航空写真撮影	-	-
	洪水時の流れの把握を把握する	空から流向・流速の分布を把握する	-	-
	今後の対策に役立てる	地上から流向・流速の分布を把握する	-	-
	計画・管理等の対策につなげる	樹木群の物理的特性を明らかにする 河川の各箇所のピーク水位を把握する	-	-
河道形状の変化を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	縦横断測量	・管轄区域全域 ・概ね警戒水位以上 ・水位上昇の要因となる箇所周辺の、必要に応じて距離隔の間隔(200m)よりも細かい間隔で実施	・樹木伐採を委託した箇所で見守り、堆積が発生した箇所
	河道や嵩設の機能に影響を及ぼし、時間とともに砂州と樹木群の変化を監視する	航空写真撮影	・「特に注意して監視する項目」(流下能力、堤防直接侵食、高水敷側方侵食、低水路側方侵食、横断構造物等)で抽出された箇所 ・条件により低水路のみの測量も可 ・堤岸の基礎高や根固工の高さが最深河床高よりも低い位置にあるかどうかを監視	・「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所では、ラジコンヘリコプターやパワードパラグライダー等による低空写真、ビデオ撮影
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	・「特に注意して監視する項目」(砂州による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷側方侵食、高水敷側方侵食、低水路側方侵食)で抽出された箇所 ・河口砂州が問題となっている河川では河口部の航空写真	・河口砂州が問題となっている河川では河口部の係数測量
施設の安全性を監視する	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の判断材料とする	目視による砂州の監視	・「特に注意して監視する項目」(砂州による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷側方侵食、高水敷側方侵食、低水路側方侵食)で抽出された箇所 ・デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影	-
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の判断材料とする	目視による樹木群の変化を監視する	・「特に注意して監視する項目」(樹木群による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷側方侵食、高水敷側方侵食、低水路側方侵食)で抽出された箇所 ・デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影	・樹木が倒伏した箇所では倒伏した樹木及びその周辺で倒伏していない樹木の補充調査
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の判断材料とする	目視による堤防の監視	・「特に注意して監視する項目」(樹木群による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷側方侵食、高水敷側方侵食、低水路側方侵食)で抽出された箇所 ・デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影	-
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の判断材料とする	目視による低水路河岸の監視	・「特に注意して監視する項目」(着差のある横断構造物周囲や橋脚周囲等の低水路局所洗掘・高水敷側方侵食)で抽出された箇所 ・床土工や固定堰等の上下流の河岸の侵食と護岸の状況 ・橋脚周りの侵食と護岸の状況	・護岸設置箇所の上流端・下流端 ・河岸の変状の有無について、船上から監視

④ 監視手法

監視は、巡視員・職員による巡視・点検，外部委託による建設コンサルタント・測量会社等による測量，航空写真撮影，河床材料調査，水辺の国勢調査等の調査結果，さらに市民による通報・聞き取り情報による。

具体的監視手法については，河川砂防技術基準調査編や河道管理計画検討要領(案)〈河道の監視要領〉(東北地方整備局河川部，2006)を参照されたい。

⑤ 監視の具体的実施者と実施時期

監視の具体的実施者と実施時期の関係は，その目的により表 3.1.4 のように分類される。

表 3.1.4 目的別監視実施者と実施時期

実施時期	実施者	目的	項目
建設後初期 (初期)	点検業者 測量業者 維持業者	・新設構造物，部材の挙動 監視	入念な目視点検
全体状態把握 (定期，5年間隔)	点検業者 測量業者 維持業者	・(重点監視対象以外の) 全変状の把握 ・河川のシステムとしての 機能の把握 ・重点監視対象の設定 ・変状等についての措置方 針の決定	一次点検 (入念な目視) 詳細調査 分析 (測量，計測，探査， 解析)
洪水時 (臨時，高水敷冠 水程度以上 等)	維持業者 水防団	・重点監視対象の変状 (洪 水時のみに把握できる もの) の監視	一次点検 (車上目視)
洪水直後 (定期，毎年)	状況把握 業務	・変状 (洪水進行性機能低 下) の監視	一次点検 (入念な目視)
草刈り後 (定期，毎年)	維持業者	・重点監視対象の変状 (堤 防の表面に関するもの) の監視	一次点検 (入念な目視)
出水期前 (定期，毎年)	点検業務 水防団	・重点監視対象の変状 (経 年進行性に関するもの) の監視	一次点検 (入念な目視)
巡視 (日常，毎日～数 日毎)	巡視業者	・重点監視対象の変状の概 略的な監視	一次点検 (車上目視)

(2) 記録

記録の段階で重要なことは、河道の維持管理に必要な様々な情報を河道の維持管理の観点から、河道の状況変化や維持管理上の課題を見つけ出し、関連する要素間の関係および因果関係を解釈できるように、また活用できるように、体系的に整理、編集することである。関連する情報は、「河川カルテ」および「河道特性情報集」（河川維持管理情報集）として編集・作成する。河道特性情報集（河川維持管理情報集）については、3.3に詳述し、資料収集・整理例については「資料A 河道管理のための「河道特性情報集」編集に示した。

(3) 分析・評価

分析・評価の段階で重要なことは、「河川カルテ」および「河道特性情報集」を編集するために収集した情報から河道状態の変化を分析・評価し、活用（対策の立案と対策の実施）につなげることである。

分析・評価においては、分析・評価者、評価日時、評価結果、対応方針を記し、文書化する。さらに文書送付先（組織、責任者）を記し、文書管理、情報管理の確度と業務分担の責任を明確化する。

また観察結果や分析・評価の結果は、河道の維持管理のための重要な情報として、「河道特性情報集」に編集・付加する。

3.2 河道の維持管理に関わる基本データの収集・河川巡視・河川カルテ

(1) 基本データの収集

河川砂防技術基準 維持管理編においては、第4章 第2節 基本データの収集 において

- ・水文・水理等観測
- ・測量（縦横断測量、地形測量及び写真測量）
- ・河道の基本データ（河床材料調査、河道内樹木調査）
- ・河川環境の基本データ（河川水辺の国勢調査を中心に収集）
- ・観測施設、機器の点検

が挙げられているが、河道の維持管理の観点からは、これに加えて以下の情報が必要である。

- ・河床下の土質・地質層序構造調査

堤防の安定性評価のため、堤防下の土層構造および土質物性値の調査がなされている。土質・地質層序構造は、河道の変化を制約・規制する。河道の維持管理にとって必須の情報である。

- ・改修事業等の変遷（ダム、砂防堰堤、堰・床止めの設置履歴、築堤履歴、護岸設置履歴、河道掘削量及び砂利採取量）

河道に加えられた直接・間接の人為インパクトとして重要な情報である。

- ・ダム堆砂量

土砂供給に対する人為インパクトとして重要な情報である。

(2) 河川巡視・点検情報

河川巡視・点検の方法や実施責任者については、基準化が進んでいる。以下に従って実施する。

- ・河川巡視規程例について

事務連絡 平成 23 年 5 月 11 日，国土交通省河川局 水政課河川利用企画調整官，河川環境課河川保全企画室長 発

- ・堤防等河川管理施設および河道の点検要領

平成 24 年 5 月 国土交通省水管理国土保全局河川環境課

- ・許可工作物に係る施設維持管理技術ガイドライン

平成 23 年 5 月 河川局河川環境課河川保全企画室

- ・中小河川の堤防等河川管理施設及び河道の点検要領

平成 27 年 3 月 国土交通省水管理国土保全局河川環境課

(3) 河川カルテ

国河環保第 4 号 平成 23 年 5 月 11 日 河川局河川環境課河川保全企画室長 発「河川カルテの策定要領について」において，河川カルテの作成様式が規定されている．現在，電子化が進行中である．河川カルテの電子的なデータベース化している事例として河川維持管理データベースシステム（RMDIS: River Management Data Intelligent System）が挙げられる（鈴木他，2015）．

3.3 河道特性情報集の編集と河道の維持管理（山本他，2007；財団法人河川環境管理財団，2007）

3.3.1 河道特性情報集の編集と内容

(1) 河道特性情報集編集の目的

河川維持管理行為に最も必要なことは，河川維持管理に関わる情報を，的確に，素早く収集し，それを意味あるものに編集し，比較考量（判断行為）し得るシステムである．これまで分散・分断されて蓄積されてきた河川情報を河川維持管理と言う目的のために集約し，これを積極的に河川管理の判断行為に利用すべきである．

河川維持管理に関係する情報は，河川縦横断測量のような定期的な調査，特定の問題に関連した随時調査により，これまでに膨大な資料が蓄積されているが，河川の維持管理行為にすぐに役立つように体系的にかつ利用しやすい形に編集・整理されているとはいえない．

河川維持管理，特に河道の維持管理において，河道内に生じた（る）問題を素早く察知して，適切な対応取るためには，当該河道の状況を過不足なく迅速に把握できる体系的な情報が必要である．この体系的に編集された情報が「河道特性情報集」であり，河道管理システムの根幹に位置づけられるものである．

なお，情報編集に当たっては河道特性に関する情報（調査結果）が必要である．河道特性調査の枠組み，調査の視点，調査結果の整理法については，「河川砂防技術基準 調査編 第 4 章 河道特性調査」に詳述されている．

河道特性情報集を共通の基準・仕様で編集することにより，他河川との相互比較が容易となり，他河川の経験を利用する場合の技術的な議論をする共通基盤となり，また逆に個々の河川の特殊性・個性も知ることもできる．

河道特性情報集を基に河道の現状を評価し，近未来を予想し，必要な対応・対策を実行することとなるため，河道特性情報集の編集は，河道管理システムの基幹となす重要な作業である．

なお，河道特性情報集は，河川維持管理のみならず，河川管理一般に使用する根幹情報でもある．

河道の維持管理に関する情報は、河川の維持管理に関する部分集合であり、その多くは共通情報（一次情報、3.3.1(4)で詳述）である。従って河道の維持管理という単目的の情報集を編集するのではなく、河川の維持管理という目的のために編集された河道特性情報より、必要な情報（二次情報）を引き出すものとする。

以下、河川維持管理を対象とした河道特性情報集の編集方針を記す。具体的なイメージは「参考資料 A.1」参照のこと。

(2) 情報の階層性

情報は、編集行為により意味付けられ高度なものとなっていく。ここでは編集レベルを3階層に仕分けする。

一次情報：いわゆる「共有基盤」の情報であり、河川縦横断測量結果、水質データ、水文観測データ、河川カルテ等の基礎データ（データベースが出来上がりつつある）が該当する。

二次情報：一次情報を編集し、意味解釈をしたものであり、「河道特性情報集」（まとまりのある文・記号、記号群と記号群の連関を示し意味性を持ったもの）が該当する。

三次情報：二次情報を目的に合わせて総合化した情報であり、河川管理における判断行為のために、より高度化された抽象度の高い総合化された情報、イメージとしては河川整備計画のための説明資料、維持管理計画の具体的な行動指針（根拠）情報が該当する。

本章では、一次情報の編集方針については取り扱わない。基本的には二次情報の情報編集を考える。その際、三次情報の情報編集という目的に答えられるように意識して編集する。

三次情報は、河川管理（行為）の目的に合わせて二次情報を分析・評価するものである。具体的な分析・評価方法は、4章にて記述する。

(3) 河道特性情報集が対象とする河川管理項目

河道特性情報集は、河川管理行為の合理化、論理化、整合化、判断の迅速化のために編集するものである（財団法人河川環境管理財団、2007）。

河川の情報は、統合体としての河川が浮かび上がり、かつ必要なとき必要な情報がすばやく引き出せるように編集・システム化しなければならない。

なお、近い将来、河道特性情報集がデータベースとして電子情報システムに格納され、また通信装置を通じてそこに関係者がアクセスできるようになり、また情報を計算機上で自動編集されるようなシステムとなることが予想されることから、その状況を想定して編集する。

河道特性情報集が対象とする河川管理項目は、行動指針作成（計画、設計）、河川の機能評価、機能維持行為のための情報（二次情報、ストック情報）とする。具体的には、

- ・河川に関わる計画および設計

河川整備計画、利水計画、環境管理計画、維持管理計画、補修計画、災害復旧、構造物の設計

- ・治水安全度（流下能力、河川施設）の評価

流下能力と治水安全度（河川地形と植生の変化）、堤防の安全度、河道の安全度、構造物の安全度

- ・河川の維持管理

監視情報の編集と意味解釈結果

- ・河川環境管理
環境の質の評価(植生, 流量, 地形, 土砂)
- ・流域交流
流域住民・地方公共団体・市民団体との協働活動等
に係わるものである.

(4) 情報の編集方針

情報集は, 表出された記号(図表・書かれたもの)からなる. その情報を受け取った者は, それを単なる記号表示(シニフィアン)以上の観念・意味(シニフェ)として受け取る. その意味性(所与をそれ以上のあるものとして)は, 情報集に編集された他の情報項目やその序列, さらに, 情報を受けた者が身体化した知識, 受けたときの文脈(関心, 意欲, 場)により異なる. 記号とその意味(概念)に対する共通観念がないと情報の受発信者間で相互理解ができない(伝わらない). 技術情報として情報集を意味解釈するのは河川に対する共通認識(理論)が必要である.

受け手の知識不足・理解不足に対しては, 情報集の編集では解決しない. 情報の意味解釈(情報の読み方)のためには記号(語彙)の共有化が必要であるが, 本論では対象としない(⇒参考資料B. 1).

なお当面, 中核技術集団が意味を読み取り, 分析・評価し, 情報集に記載・付加するものとする(中核集団とは, 河川管理者, 建設コンサルタント・財団・大学等の専門家). 意味解釈のマニュアルを作るとすれば, 水理学, 土質力学, 沖積河川学, 構造物設計論, 河道計画, 河川に関わる法令, に関する基本的な知見が必要となる. これを担える人材の育成・教育システムづくり自体が別途の大きな仕事である. まずは, 用語集, 分類, 概念, 記号の解説, 相互関連性の解説, 最終的には目的別引用項目と解説に関する手引きの作成と教育が求められる.

本研究ではこれらの知見があるものとして, 以下の情報編集方針をとる.

- ・編集される情報の構造の明確化

河川管理行為の目的とリンクする各情報項目とその項目間の関連性を引き出せるものでなければならない.

- ・情報の階層性と序列

「大区分」, 「中区分」, 「項目」の3つの階層及びその関連性を明確化しグルーピングする.

- ・情報の分類とカテゴリーの考え方

二つの方向性がある.

① 行為の目的論(行為フローに沿って)から編集する.

② 情報の類似性からカテゴライズし, 大項目から小項目に編集する.

情報集は種々の河川管理項目に使えるようにするという意味から②で編集する.

3.3.2 河道特性情報集の情報項目と情報の加工

(1) 情報項目

河道特性情報集は, 河道の特徴が十分表現されており, 河道に求められる機能に問題が生じた場合に, その問題点が明確に分かるように記録されていなければならない. また, 事前・事後の評価, 対策や予測にも活用できなければならない.

編集項目の一例を表3.3.1に示す.

一つの河道管理項目に対し、複数の編集項目が必要となるのは、河道の変化や問題点が一つの編集項目のみでは記述できず、複数の情報を重ね合わせて総合的に解釈しなければ説明できないことを意味している。

ここで特に留意しなければならないことは、河道の特性や問題点は、河川毎に異なるばかりか、区間（セグメント）によっても異なる点である。本論に示す情報項目のみでは、各河川の特性や問題点の明確化に対して不足することも考えられることから、当該河川の「特徴と問題点」が浮き上がるように、情報の内容を変化させ、編集項目を適宜追加する必要がある。

表 3.3.1 河道管理のための河道特性情報集の編集対象項目

No	大区分	中区分	項目	重要度	備考	
1	基礎的条件	河道を規定・制約する条件となる流域特性	地形形成過程	○		
2			地質区分（流域の地質分布）	◎		
3			河床地質区分（地質の河川縦断分布）	○		
3	基礎的条件	河道を規定・制約する条件となる流域特性	主要流域ごとの標高，傾斜角度，地質区分割合（地質区分別流砂量）	△	流域ごとの地質が大きく異なり，支川流入による河床材料への影響を検証したい場合等	
4			出水特性，土砂供給特性	年最大流量（経年変化）	◎	ダムが設置されている場合は設置前後の期間で整理
5				ダム堆砂量	◎	土砂供給に対する人為インパクトとして整理
6	インパクト ※河道変化を促す要因とその経年的な変化	改修事業等の変遷	ダム設置履歴	◎		
7			砂防堰堤設置履歴	△	ダムが設置されていない場合の土砂供給への人為インパクト	
8			堰・床止め設置履歴	◎		
9			築堤履歴	○	可能であれば整理することが望ましい	
10			護岸設置履歴	○	可能であれば整理することが望ましい	
11			河道掘削量および砂利採取量	◎		
12	レスポンス	河道特性	セグメント区分（河床勾配，河床材料による縦断区分）	◎	同一の河道特性（同様のレスポンス）を示す区間区分．	
13			水理諸量（水深，水深粒径比，摩擦速度，無次元掃流力，川幅水深比）の縦断変化	◎	現況の縦断的な特性変化	
14	※インパクトに 応答した河道変化の 状況	河道特性要素の 経年変化	形状変化	平均河床高，最深河床高の経年変化	◎	横断形状の変化の整理から，河床高を把握
15				横断形状の経年変化	◎	
16				平面形状（川幅，砂州）の経年変化	◎	航空写真
17				河口砂州，河口付近汀線の経年変化	◎	
18			河床材料の経年変化	◎	調査時期と人為インパクトの前後関係から整理対象を設定	
19		植生	植生の経年変化（樹木等の繁茂状況）	◎	平面形状の経年変化と合せて整理	
20	河道機能の評価	治水	現況流下能力	◎		
21			堤防詳細点検結果	◎		
22		環境	貴重種・群落等の分布状況	○		

※「重要度」：その編集項目の情報の維持管理における基本的な活用度・重要度を下記の順で示す。ただし，当該河川における維持管理上の課題を踏まえて項目を決定すること。

◎：必須項目

○：必須項目と同等の重要度・活用度ではあるが，適切に整理された資料がない場合，情報編集および解釈の難易度が高い。

△：当該河川の特性や他項目の整理において把握された課題に応じて選択する。

(2) 基礎資料（一次情報）の収集

各編集項目の作成に必要な基礎資料（一次情報）を収集する。基礎資料は、基本的には既存資料から収集可能であり、情報集の作成のために新たに測量、観測、調査する必要はないと考えられる。

将来の河道の変化を予測して適切に河道管理を行うためには、過去の資料から河道の変化を読み取ること（一次情報の編集による二次情報の作成）が重要である。その精度を左右するものは、第一に長期間の資料の存在である。分析手法や分析能力が優れていても、資料がなければ河道の変化の実態を反映することすらできない。したがって、収集作業にあたっては、存在する過去の資料を収集するために、あらゆる努力をする必要がある。

(3) 一次情報の編集による二次情報の作成

河川縦横断測量結果や水文観測データ等の河川・流域に関する基礎資料は、加工することにより意味付けられ高度なものとなり、河道管理に役立つ情報となっていく。したがって、評価や対策の必要性の有無の判断、今後の河道形態の予測などの河道管理の目的・視点に合致するように加工する必要がある。

収集した一次情報を整理編集し、それぞれについて意味解釈をした上で必要な事項を記載するものとする。

図3.3.1～図3.3.3 に一次情報から二、三次情報への転換例を示す。このように、情報の加工レベルが上がると、より意味の高いものとなり、管理目的に答えられる情報となっていく。

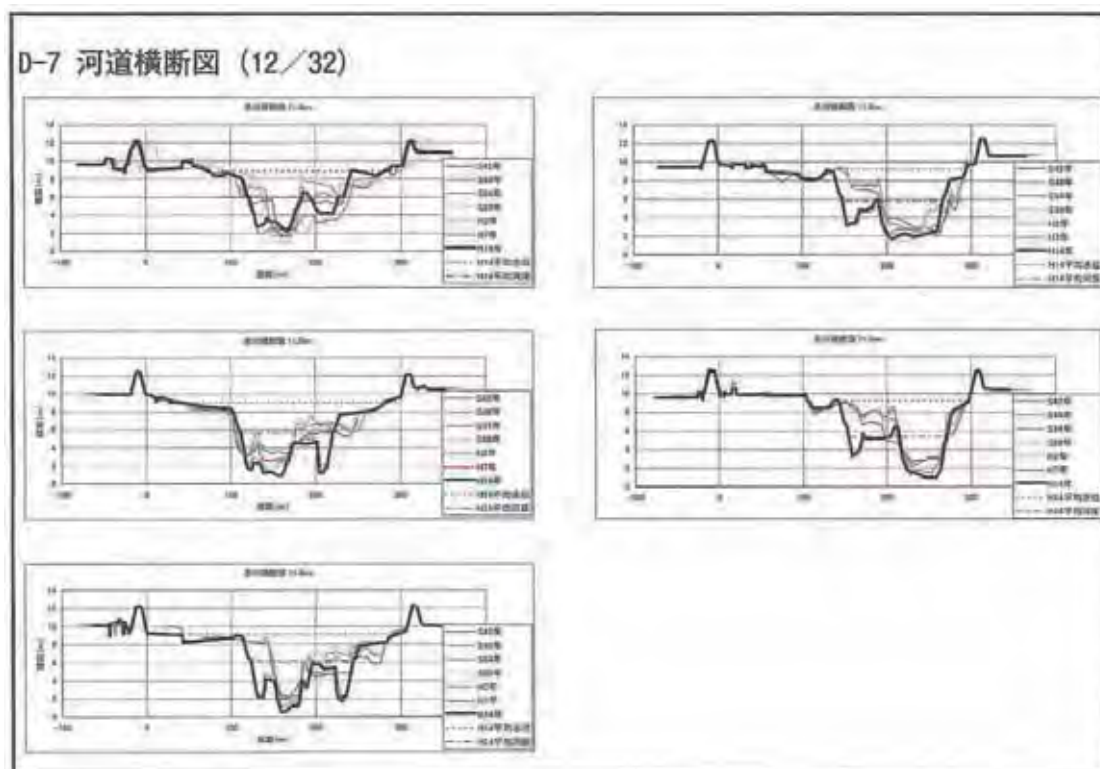


図 3.3.1 河道特性情報集制作例（二次情報，一次情報の加工）

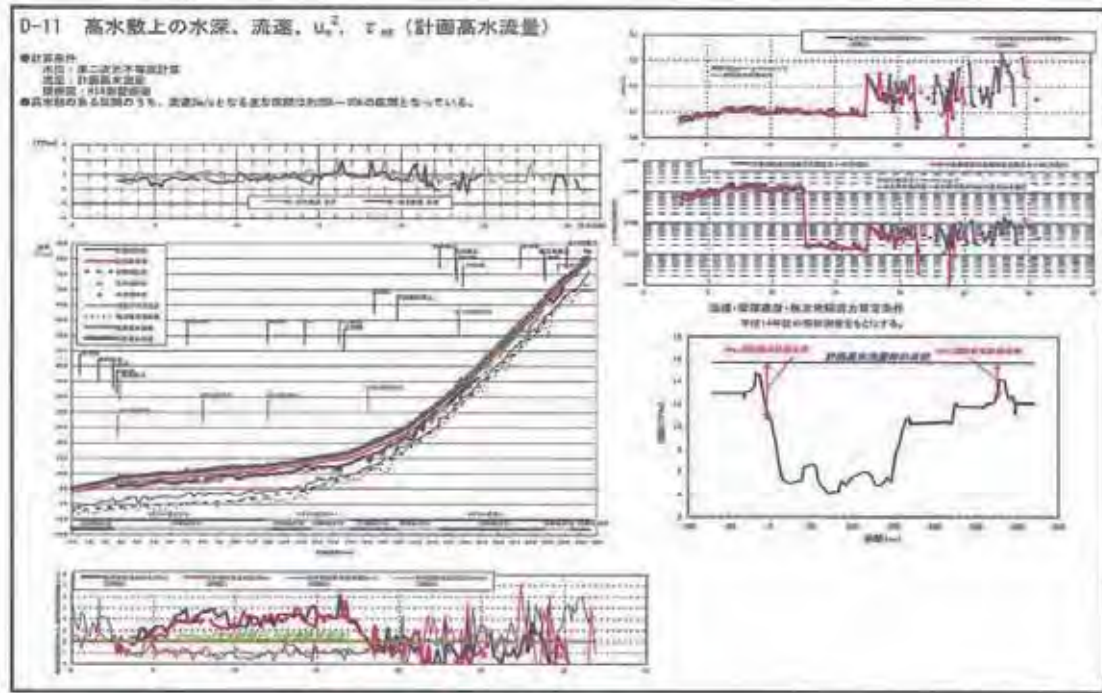


図 3.3.2 河道特性情報集制作例（二次情報，一次情報の加工）

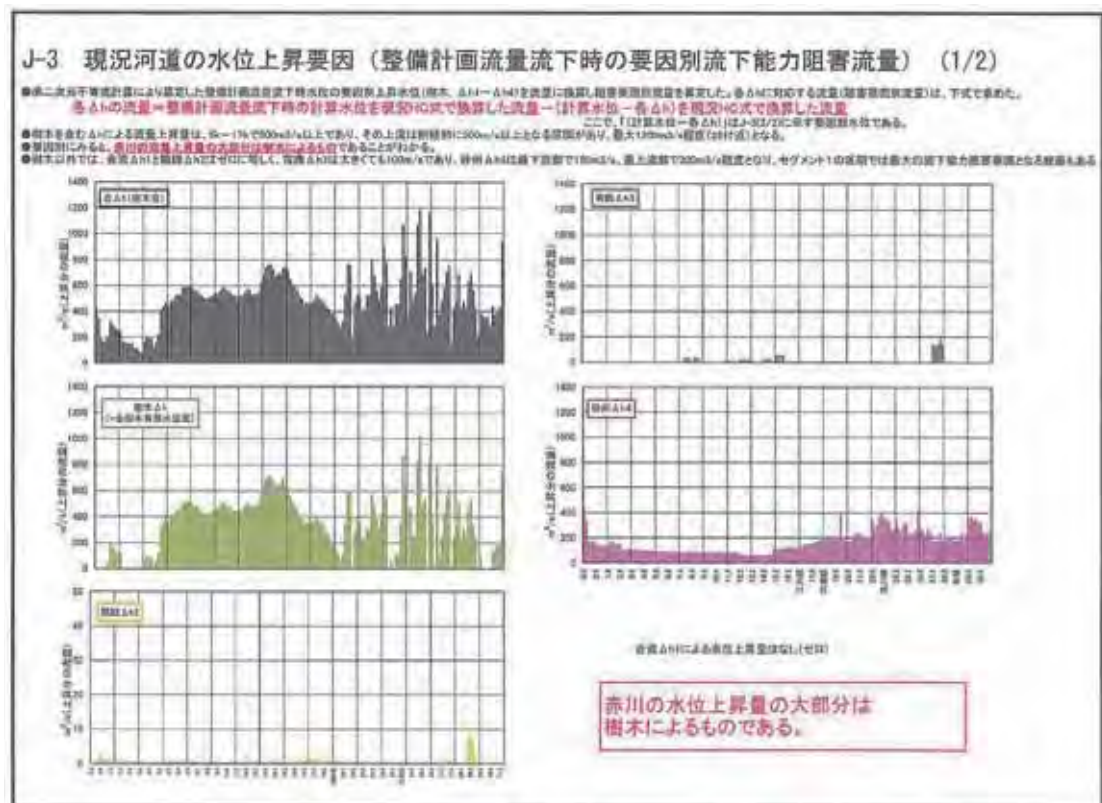


図 3.3.3 河道特性情報集による分析例（三次情報，二次情報の総合化（4章で詳述））

(4) 二次情報作成上の注意

河道管理に役立つ情報を編集するにあたり重要な作業となる二次情報の作成とは、具体的には一次情報（基礎情報）を管理目的にあった形に加工する際に、下記のような“何を知りたいのか”という情報編集の視点を意識して、各種情報を重ね合わせることである（図3.3.1～図3.3.2参照）。

- ・河道の特徴と課題を知る
- ・今後の被災箇所を予測するため過去の洪水における被災特性（形態，原因等）を知る
- ・河道の変化が河川環境の変化に及ぼす影響を予測する
- ・流下能力の阻害要因を分析する
- ・洗掘，側方侵食に対する河道の安全性を評価する

等

各種情報を重ね合わせることで，河道の特性，現状と課題，河道の変遷過程，河道に加えたインパクトと河道のレスポンスの関係，河道変化の将来の予測など，さまざまな新たな事実が浮かび上がり，河道管理情報としての価値が高まる．この情報の重ね合わせのテクニックの良否が河道の特徴・状態・予測の正しい理解，管理の方向性を大きく左右することになる．

情報の重ね合わせには，異なる種類のデータの空間軸・時間軸での重ね合わせ，その複合の重ね合わせがある．河道の変化や問題が生じた原因は何か，それを表現できる情報は何か，その問題と原因はいつから始まったかという視点で重ね合わせの方法を選定することが重要である．

(5) 追加更新時期

河道の監視要領に基づく調査，巡視・点検の実施後，その他調査の実施後に河道特性情報集を更新する．なお，河道の監視要領については，東北地方整備局河川部（2006）作成の監視要領が参考となる．

① 5年に1回更新されるもの

一般的に縦横断測量は対象区間を概ね5等分し，5年かけて全川の測量を終了するサイクルとなっている．そのため，全川での測量が終了した年（5年に1回）で，1度関連情報を整理し，河道特性情報集に反映する．

② 洪水の発生や調査などが実施された後に更新されるもの

洪水後，洪水直後などに実施される調査および巡視・点検結果については，それらの実施後に河道特性情報集に反映する．そのうち河道の監視要領に基づく洪水時，洪水直後の監視については，河川カルテに記録し，洪水による影響を評価する際に測量等の調査結果と合わせて河道特性情報集に反映させる．

③ その他の調査および巡視・点検を踏まえた追加更新時期

河道の監視要領以外で実施される調査や巡視・点検等が反映される項目については，基本的にそれら調査や巡視・点検が実施され，その結果の分析評価後に更新する．

メモ3.1 河道特性情報編集の様式化に関する参考資料

東北地方整備局河川部(2006) 河道管理計画検討要領(案) 河道特性情報集編集要領.

財団法人河川環境管理財団(2007) ノート 河道・河川環境特性情報編集とその展開, 河川環境総合研究所資料第22号.

財団法人河川環境管理財団(2007) (資料) 河道・河川環境特性情報集, 河川環境総合研究所資料第22号.

国土交通省水管理・国土保全局(2012) 河川砂防技術基準調査編 第4章 河道特性調査.

メモ3.2 粘性土・軟岩区間の情報編集

近年, 河床低下により河床に沖積粘土層, 更新世や第三紀に堆積した堆積物からなる軟岩が露出する河道が多発し, 従来の移動床からなる河道と河道形状および変化形態が異なり, 新たな技術的対応が求められている(財団法人河川環境管理財団, 2010).

(1) 粘性土・軟岩露出可能性区間の発見手法

a. 土層・地層把握の視点

① 地史的把握

地質学・地形学における調査研究の進歩により, 流域の地質および地形が, 外的・内的営力を説明変数とする地史として描き出されるようになった. 1960年代のプレートテクトニクスの理論がパラダイムとして共通理論として受け入れられたこと, 堆積物の編年における測定技術の革新が大きい. 地形スケールの大きい, また時間スケールの大きい地質・地形については, どこに, どの時代の, どの様な質の地質が存在するか, どのように地形が形成されてきたかを, 既存の文献・著書より学び把握する必要がある.

しかしながら, 本論で対象とする沖積地の浅層の地下構造については, その空間スケールが小さいので, 調査担当者が既存のボーリング資料, 治水地形分類図, 堤防下土質層序図(絶対的に正しいものとせず, 吟味, 精査する), 河道特性調査, 現地踏査により, 沖積地の浅層地下構造を把握する必要がある.

さらに, 必要に応じて付加的なボーリング調査を実施し技術的課題に応えることもある. この場合, 同時に土層・軟岩の物性・化学的特性も把握する.

浅層地下構造を描き出すにあたっては, 当然, 第四紀における土砂の堆積過程とその現れ(層序と層相)を気候変化, 堆積環境の変化, 地殻変動を含めて推定することが求められる. しかしながら, これらに対する十分な知見のある技術者, 研究者も少ない. まずは, 現世における河川および海岸・海での土砂の堆積機構, 分級機構を学び, その現れである地質構造を, 少ない点情報と広域的な情報をリンクさせる技能を向上させることである.

以下の様なことの分析と評価・推定が必要である.

・セグメント毎に土層・地層の水平連続性の差異に関する認識(セグメント2-2, セグメント3の既存堤防下の土質層序図が適切でないものがある. パッチ状である河成の砂層の層序に間違いが多い).

- ・気候変動に伴う海水面位置の変化が陸側のどの地点まで影響を及ぼしたのかの評価
- ・段丘面（旧河道）の縦断形とセグメントの把握
- ・埋没段丘の推定
- ・谷地・汽水域の推定

② 河道特性調査による方法

河道特性調査において、河道の横断形状、縦断形状の変化を粘性土・軟岩の露出という観点から分析し、粘性土・軟岩の露出、侵食形態の異常性を、他の河道特性項目との関連性を含めて総合的に引き出し、侵食形態の特徴、侵食速度を把握する。さらに現地踏査を行い河道の特徴を把握し、必要に応じて、付加的なボーリング調査を実施し、技術的課題に的確に答へられる様にし、土層・軟岩の物性・化学的特性も把握する。

b. 堤防下土層縦断図のある河川（河床下 20mの範囲の情報）

① 粘性土・軟岩の露出箇所の発見は、堤防下土層縦断図の存在する河川では、**図 3.3.6**のように左岸および右岸堤防土層縦断図に最新の最深河床高縦断図を標高および距離標のスケールを同一として書き込み、最深河床高が軟岩・粘性土に切り込む地点を洗い出す。

② 一般に右岸と左岸の堤防下土層図は同じとならないので、ある土層の三次元構造を探る。

沖積層下に存在する第三紀層や更新世の堆積物は、沖積谷に埋没段丘として存在する可能性が高い。

沖積地の堆積構造に関する既往文献や治水地形分類図、表層地質図を用いて、河川が沖積谷に寄った地点の岩質および表層土質を評価する。また人為的河道位置の付け替え区間を古地図や河川改修史より同定し、そのような区間は河床下の浅い地点に粘性土・軟岩がある可能性が高いので、地形特性（河道変遷やセグメントの差異）により評価する。

地表に現れている段丘地形より同年代の段丘の縦断図を作成し、それが沖積層にもぐる地点下流についても、上流の勾配が続くとして段丘面上面の高さを推定する。

河川横断構造物設置地点のボーリング試料より地質構造と質を同定する。

③ 新第三紀・第四紀の地史を既往文献等を用いて把握し、三次元構造を推定する。

現代～近世（人為的河道位置の変更、埋め立て）、0.6 万年前（縄文最海進期）1 万年前（完新世初め、HBG層の高さ）、2 万年前（最終氷期の極期、BG層（基底礫層）の高さ）、6 万年前（武蔵野面）、12 万年前（下末吉面、5e）、43 万年前（上総層）、78 万年前（中期更新世の始め）、178 万年前（前期更新世の初め）、鮮新世（178～523 万年前）、中新世（5.23～2400 万年前）の地形変化に伴う地質構造を文献等により把握し、当該河川における土質・地質構造を推定する。

これより堆積物の質および層序面の標高を推定する

④ 航空写真による軟岩・粘性土の露出地点の探索を行う。

・砂利河川

新第三系の露出している場所は、地層が地殻の傾動運動、褶曲により水平の層序となっていないことが多く、泥岩と砂岩の侵食速度の差異により侵食抵抗のある層が斜めの線（凸部）として認識（色、水面波の差異として）できることがある。

下・中部更新統が露出している場所は、同様に色、波立ちなどの砂利河川との表層パターンの差異により判断しえる。

上部更新統の露出している地点の判定は難しいが、水深が浅ければ写真に写る河床の色の差異

により発見できることがある。

- ・砂河川

上部更新統が露出すると砂河床部との境に波立ちや水面模様の差異が見えることがある。写真上での水面模様により河床の異常地点を発見できることがある。

- ⑤ 横断図による軟岩・粘性土露出地点の探索

各セグメントにおける移動床における代表的横断形状との差異を用いて同定するものである。

- ⑥ 現地観察による軟岩・粘性土露出地点の探索

①～⑤の調査を行った上で現地河川の河岸および河床を観察することにより、軟岩・粘性土露出地点と地層構造を把握する。

- ⑦ 詳細調査

河川構造物の保護、橋脚の保護、河岸侵食対策など、河川管理上の必要に応じて詳細な調査を行う。目的に応じた調査計画を立案する。

c. 堤防下土層縦断図がない場合

(1) ②以下と同様の調査を行う。

(2) 粘性土・軟岩区間の河道特性の表現方法

粘性土・軟岩河道区間の情報編集様式について記す。

- ・河道平面形状変化図

撮影時期の異なる航空写真を用いて、河道平面形状、植生変化状況、粘性土・軟岩露出地点を把握分析する（⇒写真 3.3.1）。

- ・横断測量地点の横断形状重ね合わせ図（⇒図 3.3.4, 図 3.3.5）

左右岸沿いの土質・地質の層序情報を付加する。

- ・縦断方向地質層序図（⇒図 3.3.6）

堤防の安全度点検において作成した左右岸の堤防下地質縦断図に最新測量年の最深河床縦断図を書き込む。

- ・河床変化速度図

横断測量地点ごとに最深河床、平均河床経時変化図を作成する（⇒図 3.3.7）。左右岸の土質・地質の層序情報があれば縦軸（標高）に沿って書き込む。

- ・河床縦断形状変化図

平均河床高および最深河床高縦断図を一枚の図に書き込む（平均河床高と最深河床高の縦断形状変化図の1枚の図に書き込む（⇒図 3.3.7））。ただし、測量回数が多い場合は、変化速度を考慮し5縦断図程度を書き込む。必要に応じ縦断形状図に重要河川構造物の基礎高（基礎高位置をーで示す）を書き込む。なお平均河床高を評価するための低水路幅が測量年によって異なる場合が多いので注意が必要である。

これによって河床高の変化の少ない地点や河床低下が急速に進んだ地点などを探す。

- ・写真情報

全体（撮影位置固定）、部分〔風化様式がわかるもの、場所、地質情報（地層名、堆積年代・様式、風化程度、色調を付加）〕

・河道形状の三次元表示

河道平面図に横断形状を書き込む、あるいは等高線図を作成する（深掘れ形状と平面形状との関係の分析、侵食形態の把握が容易になる）。

それらを用いて以下のような分析・評価を行う。

- ・侵食様式を整理記述する。
- ・土層・地層ごとの低水路の平均下刻および側刻速度を評価する。
- ・土層・地層ごとに大洪水（20年確率洪水程度以上）における下刻および側刻速度を評価し、土質・地質物性情報と洪水外力との関係性を評価する。
- ・河道特性情報と合わせて侵食の要因・原因を探り、今後の河床変化方向・変化速度を評価する。
- ・近い将来生じると推定される問題点を探索し、モニタリング方針、対処方針を検討・確定する。

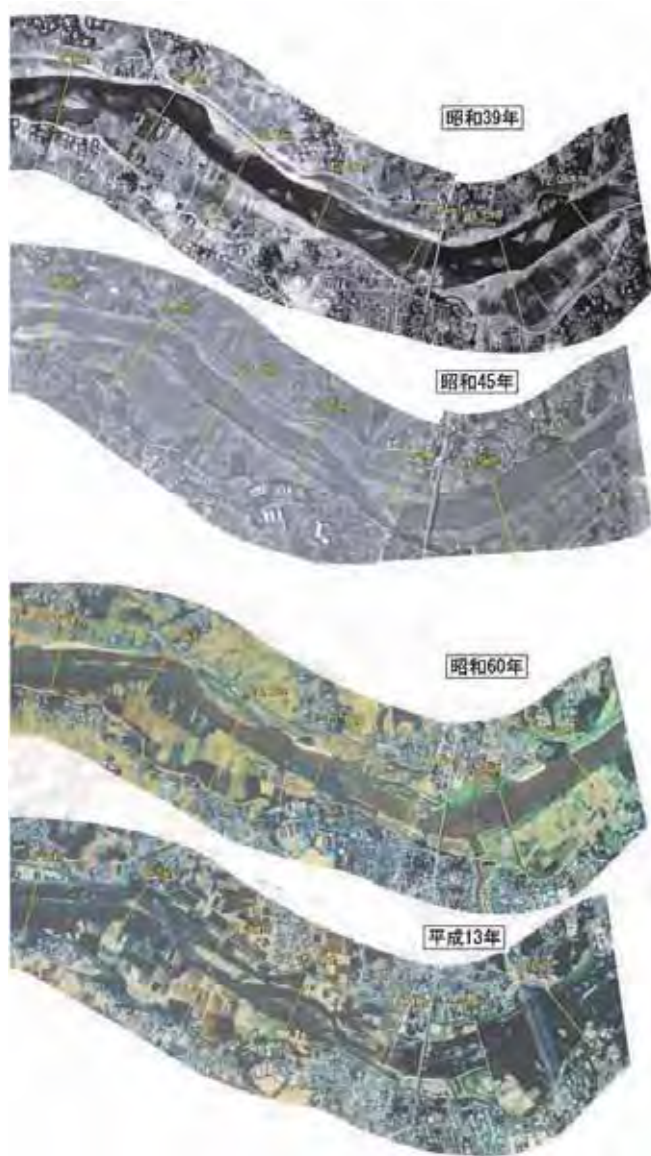


写真 3.3.1 航空写真（12～9km）による河道平面形状の変化

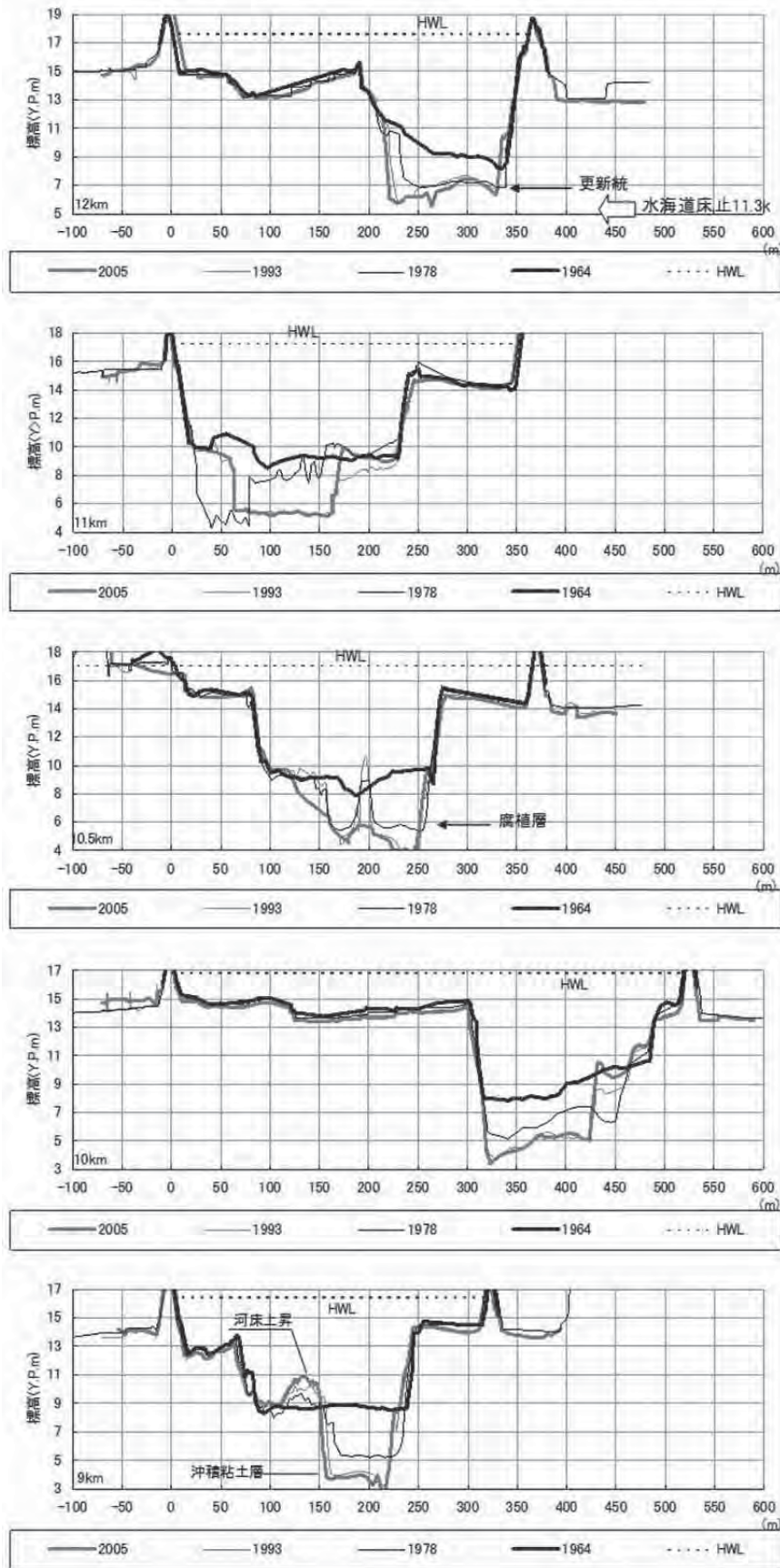


図 3.3.4 12, 11, 10.5, 10.9km 地点横断面図 (横軸は左岸堤防からの距離)

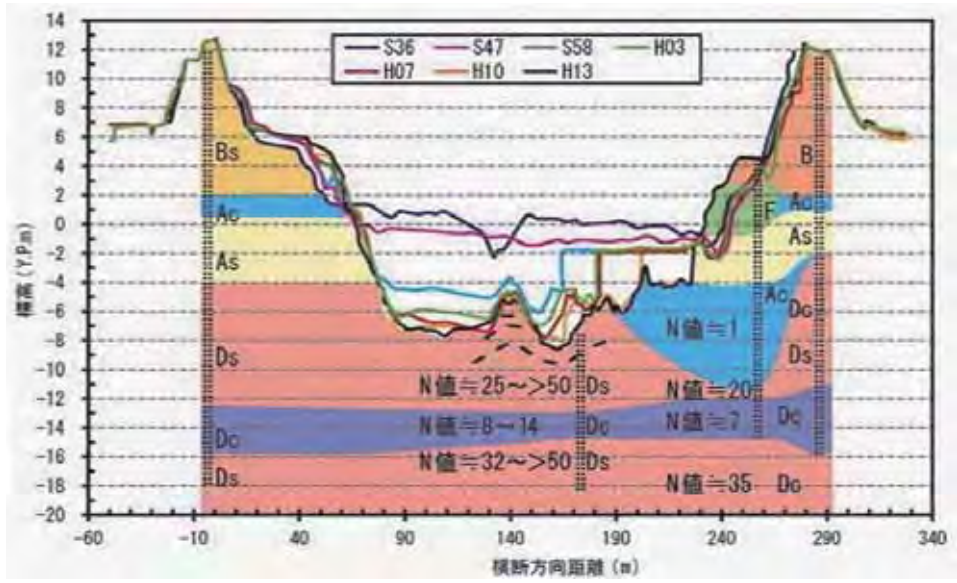


图 3.3.5 横断形状变化图

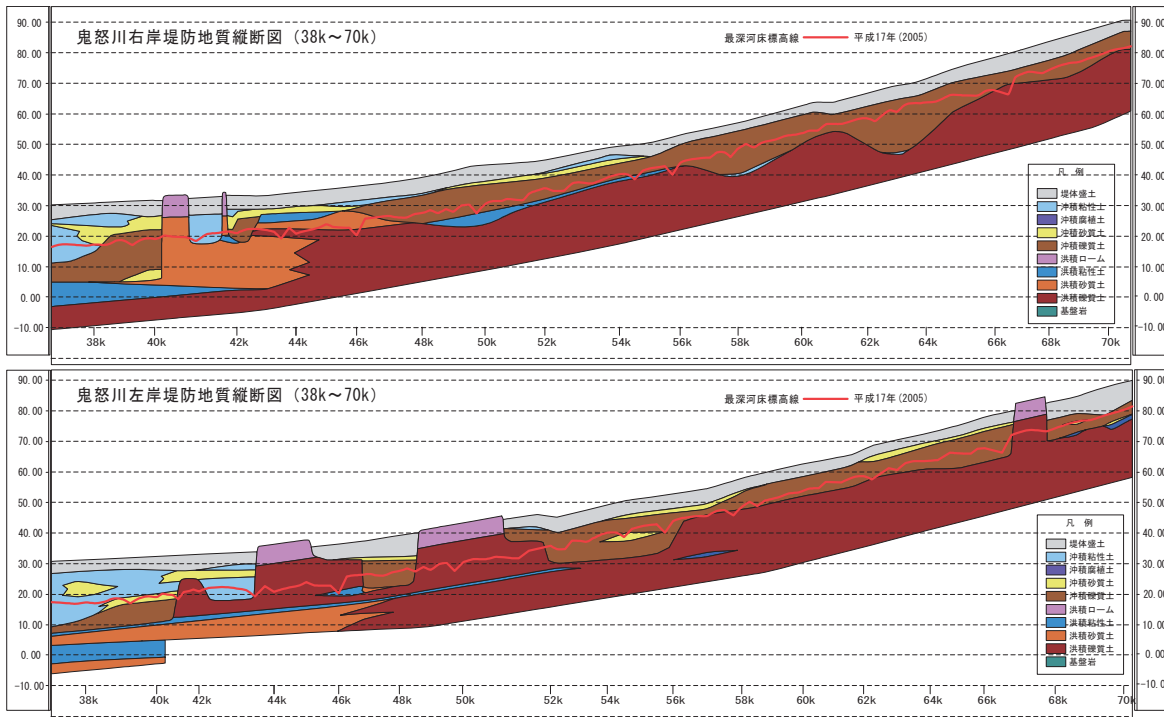
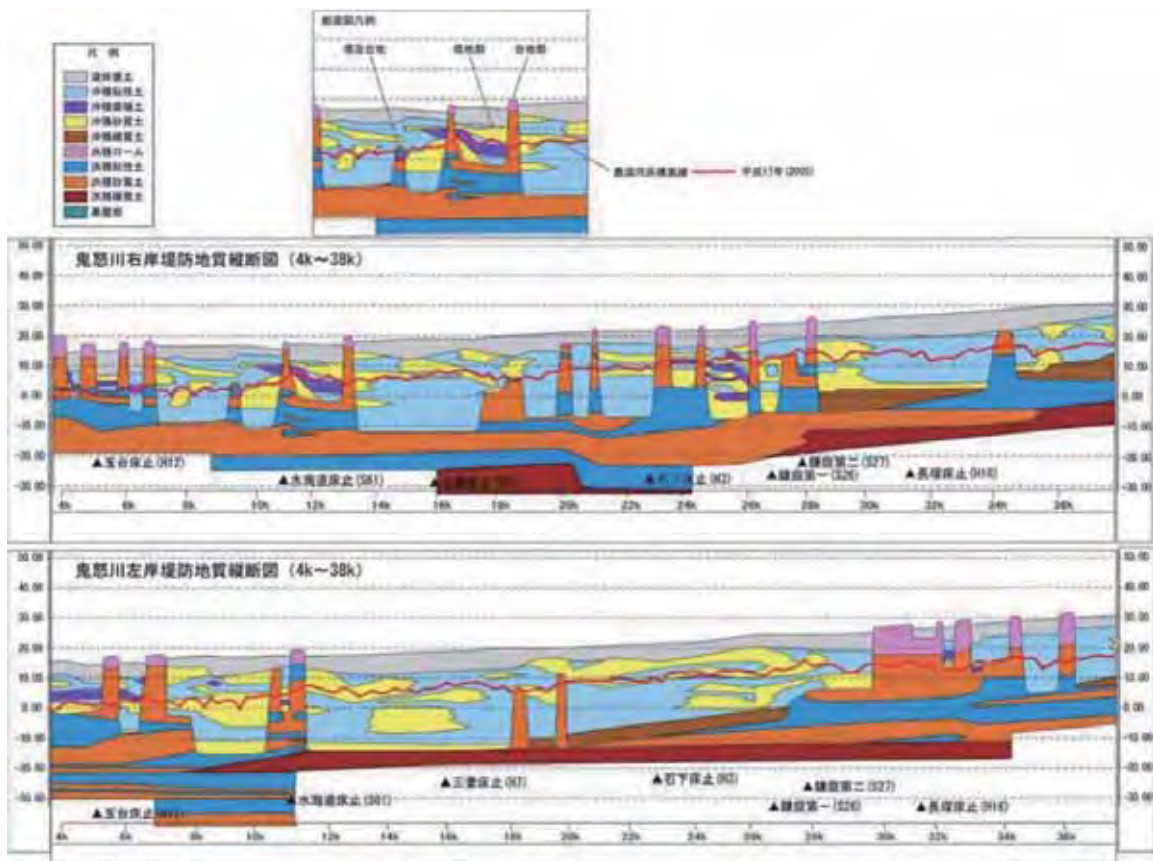


図 3.3.6 堤防下の地質縦断面図

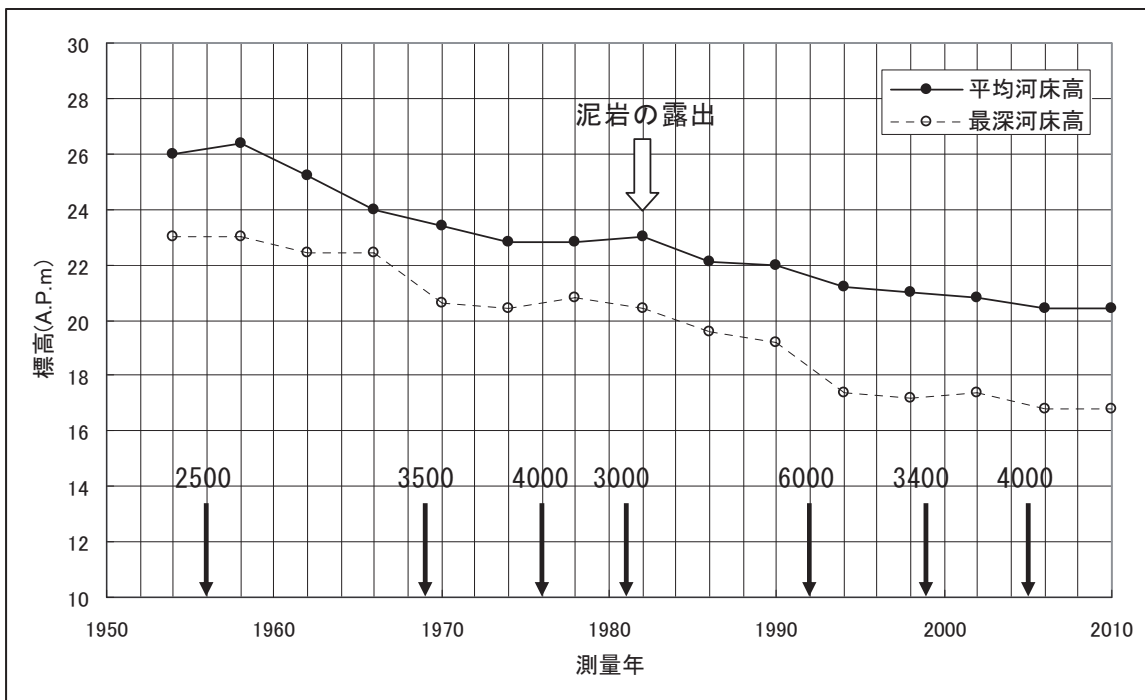


図 3.3.7 平均河床高および最深河床高経年変化 (↓は 2,500m³/s 以上の洪水の発生年および最大流量)

参考文献

- 財団法人河川環境管理財団 (2007) ノート 河道・河川環境特性情報編集とその展開, 河川環境総合研究所資料 第 22 号.
- 財団法人河川環境管理財団 (2010) 河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術, 河川環境総合研究所資料 第 29 号.
- 鈴木克尚, 河崎和明 (2015) 河川維持管理の高度化に向けた河川維持管理 DB システムの拡充について, 河川総合研究所報告 第 20 号.
- 国土交通省河川局治水課 (2009) 直轄河川に係る地震発生時の点検について.
- 東北地方整備局河川部 (2006) 河道管理計画検討要領(案)〈河道の監視要領〉.
- 山本晃一, 戸谷英雄, 阿左美敏和 (2007) 第 3 編 河道維持管理システムに関する検討, 河川環境総合研究所資料 第 18 号, pp.101-149.

第4章 河道の維持管理から見た河道状態の分析・評価

4.1 河道状態の分析・評価の目的

河道状態の分析・評価は、直接的には「河川カルテ」および「河道特性情報集」に編集された情報から河道状態の変化を分析・評価し、河道の維持管理対策に繋げることを目的とするものである。このため、この章で扱う情報は、「三次情報」の位置づけとなる。

河道状態の分析・評価は、河川カルテ・河道特性情報集の各種データを活用して河道状態の変化を分析・評価し、河道の維持管理対策を定めるための意味情報を生産することが基本であるが、問題の質によっては、別途、現地調査や数値計算等の検討を行い、河道の分析・評価を実施する。

河川において、何が要因となって、どこでどのような被災や課題が生じるかということは、現場での監視情報だけで判断することは困難であることが多い。河道の安全性・健全性を低下させる要因と変化を評価・予測するためには、対象河川の河道特性情報集から河道特性を分析し、過去の流域・河川に対する人為インパクトや洪水で生じた現象形態を生じさせた要因と関係を時系列に沿って分析・解釈し、今後どのような現象が起こり得るか要因を特定して予測する必要がある。

破堤に至るなど河道の安全性を低下させる現象は、「重点監視項目」として取り上げ、ある一定の基準(維持管理基準)により河道の持つべき安全度水準を適切な手法で定量的・定性的に4ランク程度に区分し、安全度水準のランク区分に応じて重点的、継続的に監視・維持管理対策を行うことにより効率的、効果的な河道の維持管理を実行するものとする。

河道状態の評価は、定期的(毎年)および大規模な出水の後に実施し、河道の維持管理対策(何を、如何に、何時)を決定する。さらに5年間隔に、河道の流下能力判定のための水理計算による検討を実施し、河道の維持管理計画の見直し(管理目標、重点監視項目、安全度水準のランク区分、維持管理対策、課題の抽出・整理)を行う。なお、必要に応じて河床変動計算等を実施して最深河床高や河積の変化を評価する場合もある。

評価結果は、河道管理のための重要な情報として、河道特性情報集に整理・蓄積し、再度、河道を評価する場合の情報として活用する。また、評価結果は、河川整備計画をはじめ、河川管理に関する各種の行動計画の見直し・修正に利用し、河道の維持管理計画と整合を図る。

すなわち、この分析・評価結果は、付带的に「河川の状態把握のための基礎データの収集計画」、「河川維持管理計画の見直し」、「水防計画の見直し」、「河川整備計画の修正や改定」のための情報としても活用される。

4.2 治水面での分析・評価の対象項目

河川砂防技術基準維持管理編に示された河道の維持管理項目は、2.1.1で記した ①河道の流下断面の維持管理、②河道内植生の維持管理、③河床低下に対する維持管理、④河岸の維持管理、⑤河口部の維持管理 の5項目である。分析・評価に当たっては、上記5項目を河道に期待される機能の観点から分析・評価する。

河道は、治水・利水・環境に関わる多面的な機能を持っているが、主に治水面での機能について以下に記す。

治水面は、2.2で定義付けした管理用洪水流量を管理用洪水位以下に流すための「器の大きさ(量的安全性)」と「器の質(質的安全性)」(堤防の侵食や洗掘等に対する安全性)の機能確保の

ための河道の分析と評価が対象となる。「器の大きさ」は、①河道の流下断面の維持管理 ②河道内植生の維持管理 ⑤河口部の維持管理 という3つの項目の維持管理対策のために、河道の流下能力の分析・評価を行うものである。

流下能力の評価は、一連区間の河道横断形状（河積）という「器の大きさ」と河道内植生という「河道内の地被状況」が分析評価の対象となる。評価結果は、相対的機能確保水準にランク分けし、上記4項目の河道の維持管理対策の指標とするものである。

「器の質」は、①河道の流下断面の維持管理、②河道内植生の維持管理、③河床低下に対する維持管理、④河岸の維持管理 という4つ項目の維持管理対策のために、河道内施設の機能確保水準を分析・評価するものである。堤防および横断構造物については、堤防直接侵食（②）、高水敷の表面侵食（①、②）、側方侵食（②、③、④）、低水路局所洗掘（③、④）等の「器の質」の問題が、洪水調節池の越流堤については、洪水調節施設等の機能の発現（①、③）に関連する問題が、護岸については、③河床低下に対する維持管理、④河岸の維持管理に関連する問題が分析・評価対象となる。

現在の河川技術水準、計画・設計論（堤防・護岸・横断構造物）等を踏まえた流下能力・河道内施設安全性の判断基準値（維持管理目標）との比較（分析）を行い、河川間や区間毎の相対比較が可能のように表4.2.1に示すようなランク分けし、治水面での機能を評価するものとする（山本他、2007）。なお、安全度のランクは維持管理（機能信頼性）レベルの評価に対応するものでもあり、ランク区分は維持管理区分でもある。

表 4.2.1 対象とする評価項目と評価方法、評価ランクの概要

評価項目		評価方法	評価ランク
流下能力（量的安全性）		堤防の安全性が確保できる計画高水位以下で整備計画流量が流下できるかどうか、及び堤防の断面形状が計画どおり確保されているかどうかにより評価する。流下能力が不足する区間は、その要因を特定する。	A～Dの4ランク A：安全 C～D：重点区間
施設（堤防等）の機能（質的安全性）	堤防の直接侵食	堤防法面近傍の流速と植生法面のせん断抵抗の比較によって評価する。	評価基準値以上か、未 満か
	堤防の浸透	すべり破壊と基礎地盤のパイピング破壊に対する堤防の安全性を照査した堤防の浸透の詳細点検結果に基づき評価する（未実施の場合は概略点検結果を活用）。	評価基準値以上か、未 満か*
	堤防に影響を及ぼす低水路河岸の側方侵食・局所洗掘	河道をセグメント、平面形状等の河道特性毎に区分し、各区間の過去の被災実績から予測される洗掘深、側方侵食幅と現況河道の護岸基礎高、高水敷幅との比較によって評価する。	A～Dの4ランク A, B：安全 C, D：重点区間
	横断構造物	構造・現状の状態を把握し、付帯する護床工、高水敷保護工、護岸等が構造令等の基準に対して適切に設置されているかで評価する。	構造令等の基準を満たしているか、いないか
		構造物の存在により洪水時に堤防に向かう流れ、局所洗掘、水位上昇などが生じ堤防の安全性に影響を及ぼさないかで評価する。	堤防に影響があるか、 ないか
洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間の河道変化		越流・分派に影響を及ぼす区間について、計画・設計時と現況の河道条件を比較し、遊水地・放水路等の洪水調節施設の機能（洪水調節量）が維持されているかを評価する。	機能が維持されているか、 いないか

*堤防の浸透については、堤防の概略点検ではA～Dの4ランク A, B:安全 C, D:重点区間

4.3 治水での河道状態の評価の検討手順（山本他，2007）

河道状態の評価にあたっては，基本的な情報として「河川カルテ」「河道特性情報集」を活用して，各種情報の加工・重ね合わせを行い，河道の変化傾向を把握・予測する．この情報を基に，河道がどのような条件・状態のときに治水での安全度が低下するのかを要因別に分析する．

その要因がもたらす河道機能の低下（流下能力の低下，施設の機能の低下）を「重点監視項目」として取りあげ，河道の安全性を定量的あるいは定性的に分析し，維持管理基準値との比較により安全性を評価し，ランク分けする．その評価結果をもとに，安全性が低い箇所を「重点監視箇所」として設定する．

以上の評価結果をもとに，河川管理者は，重点監視項目毎に抽出された重点監視箇所において緊急的な対策を必要とするのか，またはその経過を特に注意して監視していくのかの方針を決定し，対策または監視を着実に実施する．評価結果あるいは監視結果は，河道特性情報集に記録・追加していく．評価の手順を図4.3.1に示す．

なお，河道の安全度のランク区分および区分に応じた河道の維持管理対策方針の決定については，各河川事務所に設置した「（仮称）河川の維持管理検討会」において行うものとする．

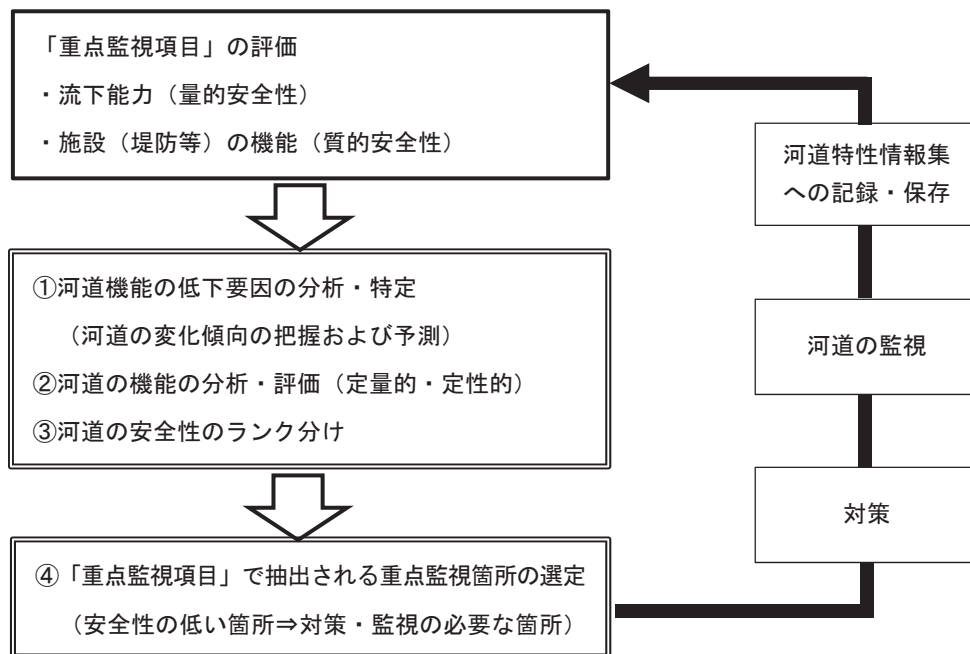


図 4.3.1 河道の評価手順

4.4 流下能力(器の大きさ)の分析・評価

4.4.1 流下能力評価の目的とランク付け

現況河道の流下能力および対策河道の流下能力を評価する目的は，

- ・現況河道の流下能力の量的安全性の評価および流下能力変化要因の把握

縦断方向の流下能力の評価と流下能力変化把握

要因別流下能力阻害要因の量的把握（河積変化，植生繁茂，構造物による堰上げ，湾曲による偏り，砂州による偏差，河床材料の変化による低水路の粗度係数の変化等）

河道の量的安全性のランク分け

- ・ 流下能力不足区間での対応方針・対策の決定
 - 監視，河道掘削，植生管理，構造物の改造等
 - ・ 流下能力不足に対する対応方針・対策の効果判定
- である。

2.2 で記したように一連区間の堤防の管理用洪水水位および管理用洪水流量は，堤防の整備状況（完成堤，堤防幅不足，堤防高不足），流下能力評価時点の洪水流下能力により変化する。流下能力の管理の目標は，管理用洪水水位以下に管理用洪水流量に安全に流下させることにある。

2.2 (3) で定義した管理用洪水水位に対する流下能力の区分である a, b, c 分類毎の管理用洪水水位に対する計画高水流量 (①) および整備計画流量時 (②) の管理用洪水水位に対する相対的水位は 図 4.4.1 に示す。洪水流下能力の観点から見た一定区間の安全度の評価ランクは，流下能力の時間変化の観点から見た α ， β 分類の評価を入れて，表 4.4.1 のように A, B, C, D の 4 ランクの段階に区分し，A, B, C, D のランク順に，監視頻度・方法，維持対策の対応方針（計画）を立案するものとする。

監視頻度・方法は，A, B ランクは通常の巡視，測量等を実施し，C, D ランクは重点監視箇所に設定し，樹木の拡大や河道河積の変化を巡視において注意して観察報告し，必要に応じて流下能力の算定を行い，維持管理行為（掘削，樹木伐採）の方針を策定し，実行していく。

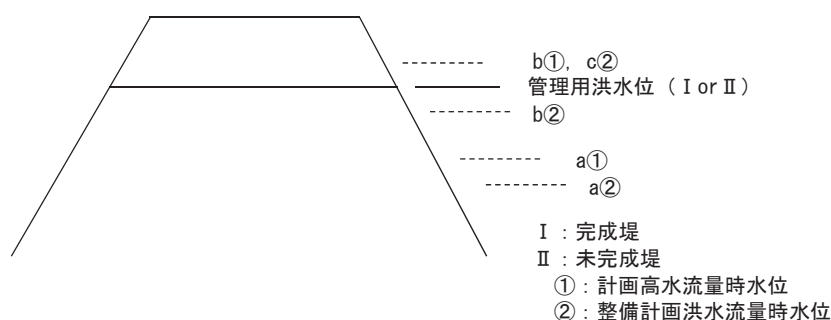


図 4.4.1 管理用洪水水位と流下能力分類との関係

表 4.4.1 流下能力からみた堤防安全度のランク区分

ランク区分	流下能力の分類	流下能力の状況と対応
A	a- α	計画高水数量の流下が可能
	a- β	河川整備計画期間内に計画高水流量時に管理用洪水時を超える可能性あり
B	b- α	整備計画、洪水流量の流下が可能
	b- β	河川整備計画期間内に維持対策として流下能力増を図る可能性あり
C	c- α	河川整備計画期間内に②を流下させる
D	d- β	5年以内に流下能力増を図る可能性あり、河川整備計画期間内に②を流下させる

※ II 分類では、ランク区分は D、C、B 区分に入るものが大部分である。

4.4.2 流下能力を低下させる要因の分析

流下能力の不足箇所では，不足要因を把握し，要因別・区間別の今後の対応方針・対策（監視，改修等の対策）を策定する。

流下能力を低下させる要因には，河積不足，河道内の樹木繁茂，支川の合流，河道内の構造物，湾曲による水面の偏り，砂州（中規模河床形態）による水位偏差等がある。それらが，河道内の

どこで生じ、どの程度の洪水流下阻害になっているかについては、上記要因の有無しでの不等流計算等を行うことによって把握することができる(財団法人国土技術研究センター編, 2002). 各要因が流下能力をどの程度阻害しているか断面毎に把握する.

なお、河道が山付きの箇所、かつ、がけ崩れや地すべり等の土砂災害が発生した場合、沖積谷幅の狭い河川での支川からの土砂供給量の増大がある場合、狭窄部上流部では、土砂が河道内に堆積し、水位が上がり、破堤に至る可能性がある。このような箇所では、過去の大洪水時の河床変化の分析や河道変動シミュレーションなどにより、河床上昇量を評価し、流下能力評価に反映させる。

4.4.3 流下能力判定手法

「河道計画の検討の手引き」(財団法人国土技術研究センター編, 2002)に従い、設定された高水敷の粗度および低水路の粗度を用い、計画高水流量および整備計画流量時の水位を準二次元不等流計算により求め、さらに①合流による水位上昇量 ②構造物の堰上げによる水位上昇量 ③湾曲による水位上昇量 ④砂州等による水位上昇量 を加え、流下能力の評価を行うものとする。

なお、より詳細な流況や流下能力を評価し得る二次元不定流計算を用いた流下能力評価手法を適用する場合は、計算に取り入られている水理現象(例えば、合流による水位上昇量、湾曲による水位上昇量、砂州による水位上昇量)が計算結果に反映されている。

一般に密生した樹木群内は低流速域となり、死水状態もしくはそれに近い状態となるため、流下能力算出にあたっては、樹木の粗・密判断を行った上で、流水の疎通に関係のない死水域とみなすが、高水敷上に繁茂する樹木群が下記の特徴を有する場合には、樹木群を死水域として取り扱おうと過大な水位上昇量となる恐れがあるため、樹木群内を低流速域として扱う不等流計算を行う必要がある。以下のような場合である。

- ・枝下高さが大きい、または繁茂密度が小さい樹木群である場合
 - ・その他の要因によって樹木群内を流下する流量を無視すると不等流計算の精度が悪くなる場合
- また、洪水の流速、流向、下流の河道状況等によっては、樹木が倒伏、流失する可能性があるため、それらの影響も考慮する必要がある。

死水域とするかの判定は、樹木群による粗度係数の評価結果および樹木群面積の河道面積の割合により判定することになるが定量化が難しい。以下に示す二次元不定流計算を行うことにより植生による水位上昇量をよりの確に把握できる。

(1) 樹木群透過係数の粗度係数への反映

樹木群透過係数は、以下の方法に従って粗度係数に換算する(財団法人国土技術研究センター編, 2002)。

$$K = \left(\frac{2g}{C_d N D_m} \right)^{0.5}$$

$$n = \left(n_b^2 + h^{4/3} / K^2 \right)^{0.5}$$

ここに、 K ; 樹木群透過係数 (m/s), g ; 重力加速度 (m/s^2), C_d ; 抗力係数=1.2,
 N ; 単位面積当たりの樹木本数, D_m ; 胸高直径 (m),
 n ; 透過係数を考慮して換算した粗度係数 ($m^{-1/3}s$),
 n_b ; 地表面粗度係数 ($m^{-1/3}s$) (下草あり...0.04, 下草なし...0.03),
 h ; 水深 (m) である.

準二次元不等流計算を行い、各樹木群における計算水位及び流速を算出し、その結果を元に流水によるモーメントが、樹木の倒伏限界モーメントより大となる場合、樹木が倒伏すると判断する。

流水による外力モーメントは以下の式を用いて算出する。

$$M_1 = \frac{1}{2} \rho_1 C_{D1} S_1 u_1^2 L_1 \quad (1)$$

ここに、 M_1 : 流水による外力モーメント ($kg \cdot m$)

ρ_1 : 水の密度 ($102kg \cdot S^2/m^4$)

C_{D1} : 樹木の抗力係数=1.2

S_1 : 流水中の樹木の投影面積 (m^2)

($S_1 = N \cdot d \cdot l$ N : 枝本数, d =枝の平均直径, l =枝 1 本の平均長さ)

U_1 : 流速 (m/s)

L_1 : 流水の作用中心の地表面からの高さ (m)

図 4.4.2 に樹木の倒伏限界モーメント (M_c) と胸高直径 (D) の関係を示す。使用する倒伏限界モーメント M_c は以下の 3 通りとし、流水による外力 M が $M > M_c$ のとき倒伏、流失すると判断する。

下限式 : $M_c = 2.5D^2$ (河川における樹木管理の手引きの記載式)

平均式 : $M_c = 7.8D^2$ (河川における樹木管理の手引きの記載式)

平均式はヤナギの上限式と概ね一致している

上限式 : $M_c = 40.0D^2$ (樹木流出後の計算水位を評価する際に危険側となる式)

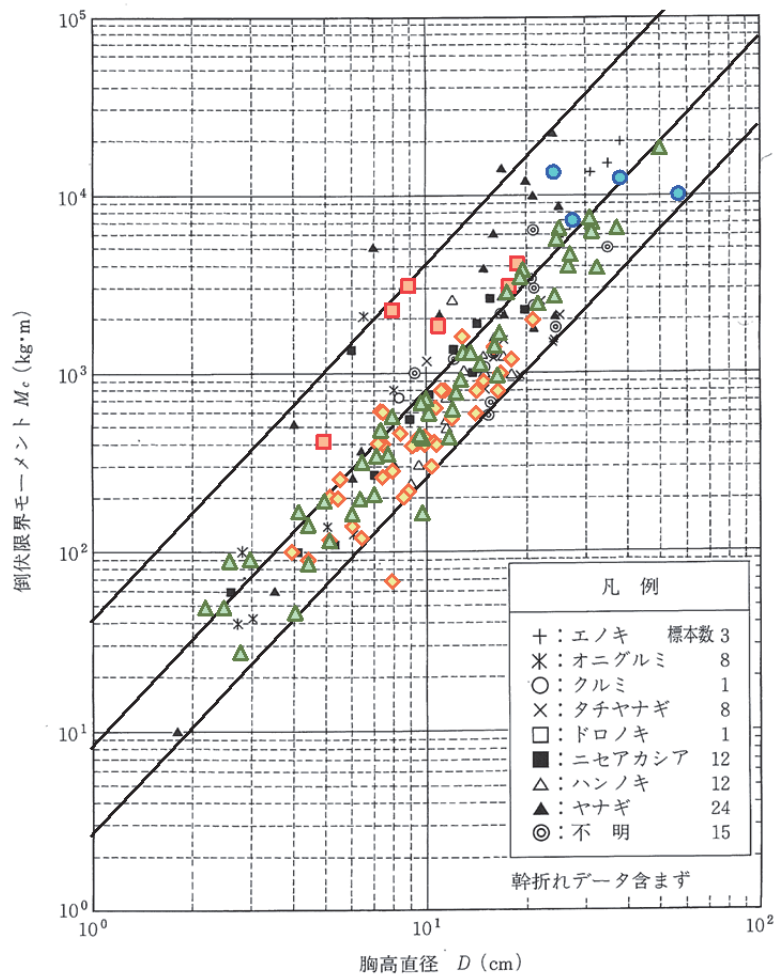


図 4.4.2 倒伏限界モーメントと胸高直径の関係 (財団法人リバーフロント整備センター, 1999)

(2) 二次元不定流計算による流下能力および流況把握手法

詳細に植生の影響や流速, 流向を評価しえる二次元不定流計算を用いた流下能力評価手法の事例を記し, 今後の流下能力評価の高度化を図る (財団法人河川環境管理財団, 2012)。

なお, 二次元不定流計算を用いるにあたっては, 実績洪水の再現性の検証を行う必要がある。その際, 縦断的な痕跡水位のみならず, 平面的 (横断的) な水位分布や流速分布が観測されていることがより精度の高いモデル構築となることから, これら観測が行われていることが望ましい。

評価モデルの作成を行ったのは小貝川 35.7~53.4 km の約 17.7 km 区間である。本区間は高水敷に樹林が多く, それにより水位が上昇する恐れのある区間である。

解析対象区間は, 小貝川の長峰橋上流の水位分布詳細観測箇所を含み, 境界条件として使用できる実績データがある区間である。

1) メッシュ分割

図 4.4.3 にメッシュ分割の一例を示す (財団法人河川環境管理財団, 2012)。分割は, 樹林繁茂のエリアの形状をメッシュによって概ね再現できる程度の空間の解像度および低水路内の深掘等の河床状況を反映できるメッシュ分割とし, 以下のとおりとした。

① 横断方向

- ・右岸高水敷 9 分割
- ・低水路 6 分割
- ・左岸高水敷 10 分割

② 縦断方向

- ・200m ピッチ測線を 10 分割
- ・メッシュサイズ=概ね 20m

2) 計算条件

① 河道条件

河道条件は、下記の定期横断測量成果および航空レーザ測量成果を用いた。

- ・平成 20 年（2008）度測量断面（200m ピッチ）
- ・平成 18 年（2006）航空レーザ測量成果

② 地盤高

平成 20 年（2008）横断測量成果を用いた。

測線と測線の間エリアについては、航空レーザ測量成果により補完した。ただし、低水路内は航空レーザ測量成果が存在しないので、低水路内の地盤高は、上下流の定期横断測量成果から内挿設定した。その際、左右岸の河岸法線を平面図から設定し、法線に沿って内挿断面を設定した。

③ 低水路粗度係数

平成 20 年（2008）出水時のピーク流量（上郷地点約 680m³/s（年平均最大流量の約 1.5 倍））、水位、既存の逆算粗度評価における同規模洪水流量時のマンニングの評価値 $n=0.030$ を用いて水位計算を行い、この程度の粗度でよいことを確認した。

$n=0.030$ という粗度係数は、小規模河床波が砂堆河床から遷移河床に移行するような状態の粗度係数である。代表粒径が 0.4mm 程度であり、計画高水流量時には平坦河床となり $n=0.020$ 程度になる可能性がある。ただし本検討区間は 10 世紀以前の鬼怒川が合流して流れていた時代の自然堤防間を迂曲して流れていた小貝川を人為的にショートカットした区間であり（山本他, 2009）、洪水時には河床に後背湿地性の粘性土、古鬼怒川の礫層が露出する可能性が高く、低水路の土層特性および洪水時の低水路流速の観測調査が必要と考える。

④ 高水敷粗度係数

高水敷粗度係数は、地被状況によって設定した。小貝川における代表的な高水敷の地被状況（土地利用状況）を勘案して、高水敷粗度係数は以下の分類ごとに設定した。具体的な値の設定方法は、以下に述べるとおりである。

a) 地被状況の区分

高水敷の地被状況は、河川環境情報図の植生図を参考に最新の航空写真（2000）と見比べながらメッシュごとの地被状態を表 4.4.2 の河川環境情報図による地被の分類に従い区分し、高水敷粗度係数の設定区分とした。

表 4.4.2 地被状況の分類

群落名	群落名	分類番号	解析上の扱い	群落名	群落名	分類番号	解析上の扱い	
沈水植物群落	ササバモ群落	016	草本	落葉広葉樹林	クヌギ群落	1417	樹木	
浮葉植物群落	ヨウホネ群落	021	草本		クヌギ群落(低木林)	1418	樹木	
	ヒシ群落	022	草本		ハンノキ群落	1421	樹木	
一年生草本群落	ミソソバ群落	058	草本		ヌルデ-アカメガシワ群落	1429	樹木	
	ヤナギタテ群落	059	草本		ヤマグワ群落	1431	樹木	
	オオイヌタテ-オオクサビキ群落	0510	草本		ヤマグワ群落(低木林)	1432	樹木	
	オオオナモミ群落	0512	草本		オニグルミ群落	1433	樹木	
	メヒシバ・エノコログサ群落	0514	草本		オニグルミ群落(低木林)	1434	樹木	
	ヒメムカシヨモギ-オオアレチノギク群落	0515	草本		ムクノキ-エノキ群落	1435	樹木	
	オオバクサ群落	0516	草本		ムクノキ-エノキ群落(低木林)	1436	樹木	
	アレチウリ群落	0524	草本		常緑広葉樹林	カラゴキカエデ群落	1443	樹木
	カナムグラ群落	0525	草本			シラカシ群落	164	樹木
	キタミソウ群落	05502	草本			アカマツ群落	173	樹木
多年生広葉草本群落	ヨモギ-メドハギ群落	064	草本	植林地		モウソウチク植林	181	樹木
	セイタカアワダチソウ群落	068	草本			マダケ植林	182	樹木
	カゼクサ-オオバコ群落	0614	草本			スギ・ヒノキ植林	191	樹木
イネ科草本群落	ヨシ群落	071	草本			ハリエンジュ群落	209	樹木
	ツルヨシ群落	081	草本	農耕地		植栽樹林群	2010	樹木
	オギ群落	091	草本			桑畑	211	樹木
	ウキヤガラ-マコモ群落	101	草本			果樹園	212	樹木
	ヒメガマ群落	104	草本			樹園地	213	樹木
	セイバンモロコシ群落	1028	草本			畑地(畑地雑草群落)	222	その他
	ススキ群落	1041	草本			水田	23	その他
ヤナギ高木林	タチヤナギ群集	125	樹木		人口草地系	人口草地	24	その他
	タチヤナギ群集(低木林)	126	樹木	公園・グラウンド		251	その他	
	ジャヤナギ-アカメヤナギ群集	127	樹木	人口裸地		253	その他	
	ジャヤナギ-アカメヤナギ群集(低木林)	128	樹木	人口構造物	構造物	261	その他	
	オノエヤナギ群落	1215	樹木		コンクリート構造物	262	その他	
	オノエヤナギ群落(低木林)	1216	樹木		道路	263	その他	
	カワヤナギ群落	1217	樹木	自然裸地	自然裸地	27	低水路	
	カワヤナギ群落(低木林)	1218	樹木		水域	早瀬		低水路
その他の低木林	メダケ群落	139	樹木	淵			低水路	
	アズマネザサ群落	1312	樹木	湛水域			低水路	
	クス群落	1315	樹木	池・ワンド・よどみ			低水路	

b) 樹木群の扱い

樹木群は、流水が流れる流水域とした。樹木群の粗度係数の設定は、(1) で述べた方法に従った。

実際の計算にあたっては、不定流計算のタイムステップ毎に得られる各メッシュの水深に応じて、粗度係数を算定し、次のタイムステップにおける流れの計算で、前時刻で算定した粗度係数を用いることとした。

c) 草本類の粗度係数

草本類の粗度係数の設定は、「河道計画検討の手引き」(財団法人国土技術研究センター編, 2002) に記された方法に従った。

洪水中の草は、作用する流体力の大きさと草が有する曲げ強さの大小に応じて、通常繁茂している場合と同じように直立している状態(直立状態)、流向に沿って倒伏している状態(倒伏状態)、さらにはそれらの中間的な状態(たわみ状態)を呈することになる。草の粗度としての大きさはこれらの状態によって変化する。草本の分類は、表 4.4.3 に示すように植生の種類によって「堅い草」「柔らかい草」に分類した。

表 4.4.3 草本類の分類

種別	群落名
堅い草	オギ群落, ヨシ群落, ヒメガマ群落
柔らかい草	メヒシバ・エノコログサ群落, アレチウリ群落, キタミソウ群落



図 4.4.3 メッシュ分割図例

d) その他の地被状況の粗度係数

高水敷上の畑地，堤防法面等の人工草地などの粗度係数は，下記の一般的な粗度係数を与え，水深によらず一定値とした．

- ・畑地の粗度： $n=0.030$
- ・人工草地： $n=0.025$

3) 境界条件

上流端は黒子地点の実績流量ハイドロ，下流端は上郷地点の実績水位ハイドロを設定した．水位，流量は，上流端および下流端の断面に対して観測水位を横断方向一定で与えた．

4) 評価モデルの検証

平成 20 年（2008）出水を対象として評価モデルの検証を行った．
 流向と流速について計算ベクトルを図 4.4.4 に示す．

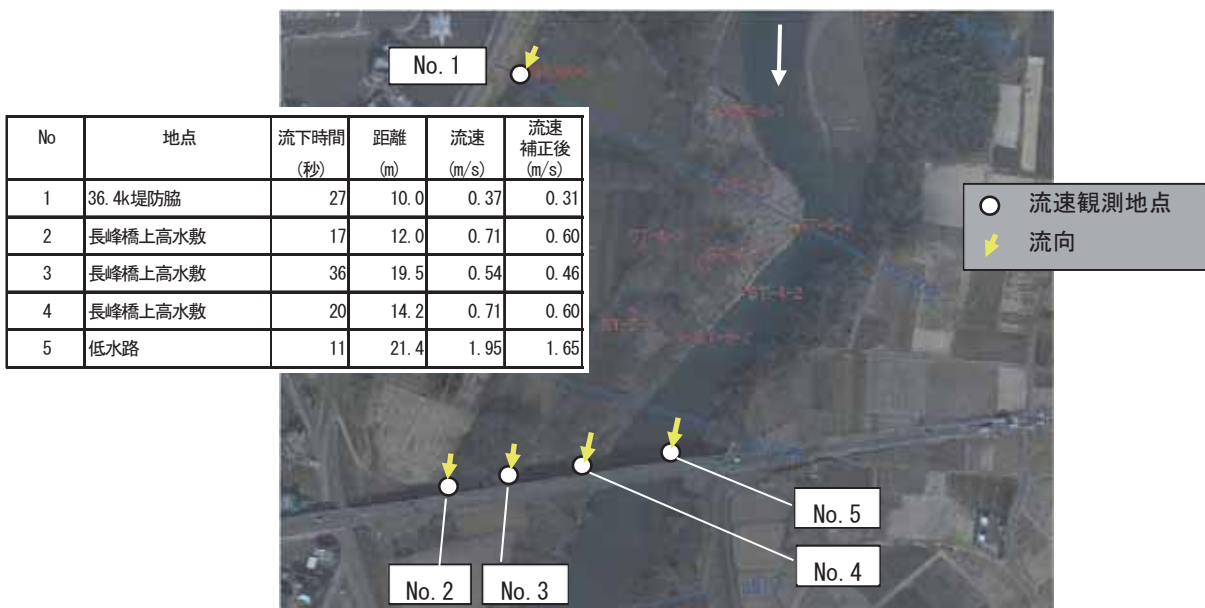
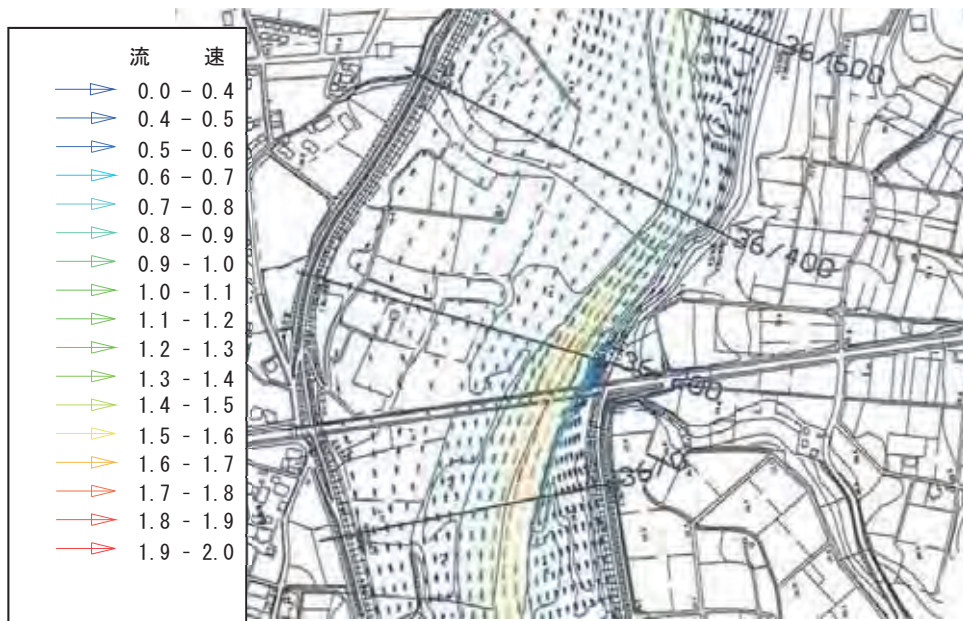


図 4.4.4 観測流速と計算流速の比較（上：計算結果，下：観測結果）

計算流速と浮子による流速を比較すると、長峰橋付近では、低水路の計算流速は1.6m/sであり、観測流速は1.65m/sと概ね一致している。また、流向については概ね一致している。高水敷は、0.5m/s前後であり、観測値とほぼ一致している。流向については、計算値は橋梁に直角方向となっているが、観測値は右岸側に寄った流れとなっていて、多少異なった結果となった。

治水安全度評価としての水理モデルの今後の方向と課題を整理すると以下のようである。

現在、河道計画の策定に当たっては、計画高水流量（整備計画対象流量）時の水位を準二次元不等流計算により求め、流下能力の評価を行うのが標準である。本検討で使用した二次元不定流計算は、準二次不等流元計算より詳細に植生の影響や流速、流向を評価し得るのでより優れた手法といえる。今検討では縦断方向に多く水位計を設置し、また樹林内にADCP（流速プロファイラー）流速計を設置し、かつ航空レーザ測量成果による地形形状調査結果を取り入れ、植生状況（樹高、樹形等）も詳細に調査した結果を用いてシミュレーションを実施し検証したものである。通常の河川管理においては、ここまで詳細な情報の収集を行っておらず、5年毎の植生調査、250mピッチの横断測量、河床材料調査に基づいて水位評価を行わざるを得ず、準二次元不等流計算による評価手法を使用せざるを得ないといえる。

しかしながら、航空レーザ測量による地形測量のコストが低減し、横断測量にくらべて情報量も多く、さらには樹高データ等の植生に関するデータを取得できる可能性があり、今後、航空レーザ測量による地形測量が実施されることになろう。その時には、二次元不定流計算が用いられよう。

なお「河川水辺の国勢調査」における植生調査では、樹林群落名ごとに階層構造（Ⅰ.高木層、Ⅱ.亜高木層、Ⅲ.低木層、Ⅳ.草本層）の樹高、胸高直径、植被率の概略測定がなされ、粗度評価に関する情報となっている。高水敷および低水路の植被空間の粗度評価に情報を提供している。

高水敷の粗度評価に当たっては、河川水辺の国勢調査の植生図に基づいて、似たような粗度特性を持つ群落を区分（例えば表4.4.3のように柔らかい草、堅い草等）し、区分ごとに粗度を設定していくのが実用的であろう。区分ごとの粗度係数は、計画洪水流量時、整備計画流量時、1/10年確率洪水流量時における水深、掃流力より当該洪水時の草本および樹木の状態（直立、倒伏）を推定し、粗度係数を設定していくこととなろう。今後、区分ごとの標準の粗度係数を表示することが河川植生管理の合理化のために必要である。ただし樹木群落については、検討対象河川ごとに樹木状況調査を行い（間伐状況、枝払い状況、樹高、胸高直径、樹木の年齢構成等）、粗度係数の評価を行うことが、当面、必要であり、そのような技術行為による情報が蓄積していけば、樹木群落形態区分（類型）ごとに標準の粗度係数を設定することができよう。

4.5 河道内樹木群の機能評価

河道内で繁茂している樹木群は、水位上昇（流下能力の障害）の大きな要因となっており、放置した場合、多大な被害を及ぼす恐れがある。一方で、樹木群は、流勢の緩和による堤防の保護や野生生物の良好な生息環境の形成などの機能も有している。このように、樹木群は治水面及び環境面から様々なメリット・デメリットを有している。これら樹木群がもつ機能を評価したうえで、適切に樹木群を管理することにより、河道の安全性（健全性）を維持する必要がある（山本他、2007）。

河道内樹木群の機能評価項目とその評価手法を、以下に示す。

(1) 樹林化のプロセスの分析

今後の樹木管理のあり方を検討するためには、現在の樹木群が形成されてきたプロセスとそれを規定した要因を把握することが不可欠である。

河道特性情報集に掲載されている、航空写真による地形・植生の変化、横断形状の変化、河川事業の経緯、土砂の動態に関する資料、河川環境に関する資料等を活用して、現在の河道内樹木群がどのようなプロセスを経て形成されてきたのか分析する。分析手法および事例については、「河川植生管理論」（財団法人河川環境管理財団，2012）を参照されたい。

(2) 流下能力の視点からの樹木群の評価

準二次元不等流計算を用いて流下能力を算出し、樹木群の評価を行う。算出にあたっては、樹木を有する現況断面、樹木なしの断面の計算により、流下能力の縦断分布とそれに対する樹木群の影響を把握した後、主要区間毎に樹木群の有無による影響の検討・整理を行い、河川整備計画の目標流量が流下したときの水位が、5年後の樹木生育範囲および成長を考慮した樹木群による影響で計画高水位を超過する箇所を抽出・整理を行う。より精度よく詳細な検討（流れの偏り、横断方向の流速分布等）が必要である場合は、4.4.3の二次元不定流計算（現地における流速や水位データを用いて検証が必要）により評価する。この評価は、4.4.1の評価と連動して実施される。

樹木群により水位が管理用洪水水位を超える箇所では、どの樹木群を伐採することにより水位を計画高水位以下に低減させることができるかの感度分析を行い、流下能力向上のために伐採が必要な樹木群を特定しておく。

(3) 洗掘・侵食を視点とした樹木群の評価

洗掘・侵食を視点とした樹木群の評価は、河道特性情報集に記載されている航空写真、滲筋の変遷、河道特性、被災履歴等から、過去の被災や洪水時に推定される流れの状況と樹木群の関係を把握することにより行う。

定量的な評価が必要な場合には、樹木群周囲の水位・流向・流速等の水理諸元を把握するための詳細な観測及び解析（例えば二次元不等流計算）が必要である。

なお、河道内の樹木群には、洗掘・侵食を助長する場合もあるが、逆に侵食を防止する機能もある。樹木群の存在によるメリット、デメリットの両者を評価する。

(4) 環境面を視点とした樹木群の評価

樹木群が環境面に及ぼす影響は様々な要因があり、各河川で特性が異なるため、一律の基準で評価を行うことは難しい。

したがって、どのような環境が存在しているのか（＝場の特性）、どのような生物が生育・生息しているのか（＝生物の分布状況）、周辺社会の河道内樹林をどう価値づけているか（＝評価基準）を把握し、その川の河川環境の特性を整理したうえで、樹木群のもつ生態的機能を評価することが重要である。また、表4.5.1に示す河道内樹木群の環境面における一般的なメリット・デメリットも考慮し、対象河川の特性を考慮した評価を行うことが重要である。

表 4.5.1 樹木群の環境上のメリット・デメリット

メリット例	デメリット例
<ul style="list-style-type: none"> ・生態系保全機能 (動物の生息場、餌の供給、水温調整、避難場所、移動経路等) ・修景機能 (緑による精神的安息・充足) ・保健機能 (高水敷利用に対する日陰の提供) ・シンボル機能 (景観) 	<ul style="list-style-type: none"> ・侵略的外来種の侵入に伴う在来植物の生息環境の減少 ・樹林の繁茂による河川環境の単調化 ・樹木群内の土砂堆積の進行に伴い高水敷と低水路の比高差が増大し、高水敷の河川環境が変化

なお、河川環境の特性の整理にあたっては、河道特性情報集を活用し、セグメントや周辺地形等から、類似した環境を形成するブロックに分割し、ブロックごとに総合評価を行う。

① 場の特性の把握

場の特性は、河川区域を樹林地、草地、自然裸地、耕作地等の土地被覆状態で類型区分し、過去と現況を比較することにより把握する。

図4.5.2は、高度成長期以前で航空写真が残存する昭和22年(1947)と、現況植生(平成11年(1999))を比較した例である。本例では、過去の対象地区にはほとんど樹林はなく、事例河川の河川生態系は、自然裸地と草地が広く分布する礫河原の環境であることがわかる。現況の樹木群は必ずしも高度経済成長時代以前の生態系ではない。どのような場を形成するのかという価値を含む評価は、時間軸の上で変化するものであり、時代の価値規範に依存する。

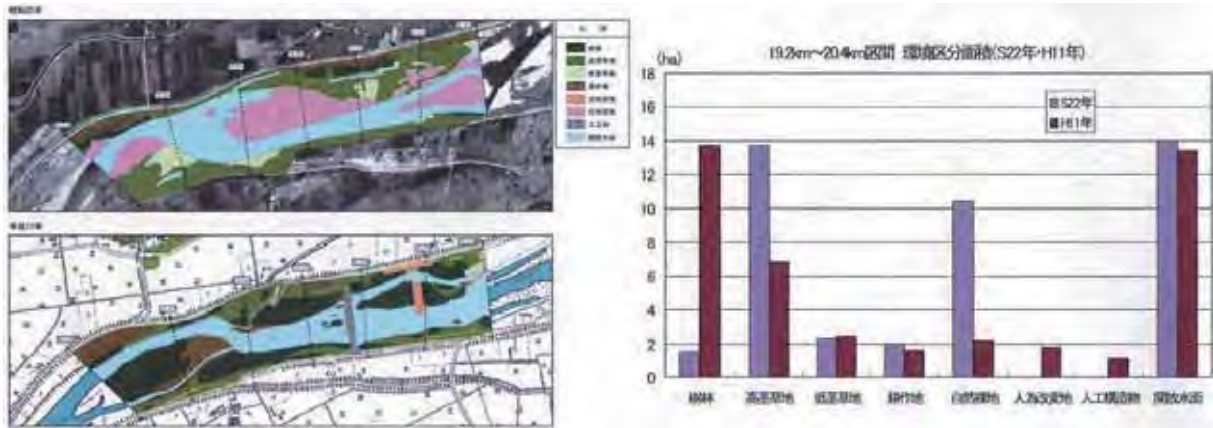


図 4.5.2 過去と現在の比較に用いる資料の例

② 生物の分布状況及び親水利用等の把握

生物の分布状況及び親水利用等は、「河川水辺の国勢調査」の結果、および調査結果等から作成された「河川水辺総括資料」や「河川環境検討シート」において整理される情報を活用して把握することとする。整理する内容及び視点を以下に示す。

- ・集団繁殖地や産卵床など代替性の低い生息環境
- ・希少性の高い植物・昆虫類の生育・生息地
- ・樹林を構成している群落の特徴
- ・環境区分と生物相の関連性

- ・特に重要な親水利用の状況
- ・地域や有識者からの要望等

③ 各ブロックの総合評価

以上の情報をもとに、セグメントや周辺地形等から類似した環境を形成するブロックに分割し、ブロックごとにそれぞれの特徴をとりまとめ、河川環境を総合的に評価する。

(5) 河川の巡視・点検を視点とした樹木群の評価

河川の一般巡視は通常週2回、堤防を通行する車上から実施する。後記4.6での評価により低水路局所洗掘、高水敷側方侵食等の項目で「重点監視箇所」と選定され、特に目視で確認すべき箇所がある場合に、高水敷に高木が繁茂して視界の妨げになっている場合は、巡視・点検の面で著しい支障となる。このような支障となる樹木群を抽出する。

メモ 4.1 河道掘削後の河道変化速度・植生遷移速度の把握とモデル化

対象河川の明治から現在までの河道形状、植生分布の変化を自然的・人為的インパクトの応答として分析整理することにより、地形変化速度、植生遷移過程を概略把握することができる。河道・環境特性調査を必ず実施すべきである（財団法人河川環境管理財団，2012，2010）。

なお、河道横断形状を変えた後の河道の断面形状を予測し得る河床変動モデルは完成していない。以下のような課題がある。

① 流量変動の変化評価の高度化

過去から現在までの植生状況の変化を追跡するためには、実績流量を与えればよいが、将来を予測するためには、流量変動発生モデルが必要である。雨を過去のパターン(20年)で繰り返すのが実用的であるが、高度化をねらうなら、確率統計分析を通じた外力発生シミュレータを開発し、その雨に流域の土地条件、ダム放流操作規則を入力した流出モデルを構築する。

② 流砂量評価式

混合粒径河床材料の粒径別流砂量式による流砂量評価の信頼性が乏しく、粒径集団別の流砂量の評価の精度は低い。A集団は評価できるが、B、C集団は難しい（山本，2010）。

③ 外力を入力条件とした河川地形の経時変化予測(力学的・化学的モデル化)

次のような要素モデルが必要である。

・二次元流況モデル

モデルは完成しているが、地状態に応じた流速係数の設定法の高度化を図らなければならない。

・二次元河道変化モデル

土砂の堆積-侵食と草本類との相互作用モデル、河岸侵食と形成モデル、植生遷移モデル、生物の生長-破壊モデルを組み込む必要がある。

要素モデルの開発に当たっては、混合粒径河床材料を持つ河床における粒径別流砂量評価の向上、生態系を規定する要因の実態と分析が必要であり、基礎研究なしには前進しない。特に地形

変化モデルの高度化が難しい。入力条件の不確定（偶然）性、河床変化における砂州の発生の不確定（偶然）性、浮遊砂・ウォッシュロード量の評価の困難性、堆積・侵食現象における粒径集団ごとの役割評価の困難・不明確性、植生遷移と土砂の相互関係などの不明確性、などにより地形変化を30年先まで確度良く予測することは困難である。

④ 植生変化モデル

地形、堆積物、河川水理量、水質、土壌の栄養塩と植物種別選好度・成長過程モデル、生物間相互作用モデルの開発と高度化が必要であるが、河床変動モデルと同様な問題点を抱え、早急に解決するのは困難である。

⑤ モデル化に当たっての隘路

モデル化に当たっての最大の隘路は、河道地形の変化を的確に予測することが難しいことである。

4.6 河道の維持管理から見た堤防機能(器の質)評価

4.6.1 河道の維持管理から見た堤防機能(器の質)評価の方針

堤防施設の機能評価は、堤防破堤要因より以下の項目が分析・評価される（山本他，2007）。

① 堤防越水

土質材料で構成される河川堤防は越水に対して極めて脆弱で、破堤原因の75%は越水に起因するものである。堤防の高さが確保されていても、樹林化や河床上昇による河積減少等様々な条件により流下能力が低下し、越水する可能性がある。よって、流下能力を評価することは極めて重要である。

評価手法および評価ランクは、4.4による。

② 堤防浸透

堤防が整備されてくると降雨あるいは流量が増大しても上流部が破堤しなくなり、増大した流量がそのまま下流部に流下する。特に、中流部から下流部の堤防は高い水位と長い洪水継続時間により浸透破壊の危険度が増加する。よって浸透破壊に対する堤防の安全性を評価することは重要である。

③ 堤防直接侵食、高水敷表面侵食

堤防植生には雨水や流水による法面等の侵食を保護する機能がある。地上部の葉や茎は、雨水や流水が与える法面への外力を和らげる働きがある。また、根系は地表面の根の間にある土粒子を保持し、雨水や流水から土粒子の流出を防止または軽減させる働きがある。土粒子が流出し流水が作用し続けると堤体が薄くなり、天端が崩壊し堤防破堤の危険度が増加する。よって堤防表面あるいは高水敷表面の流水による侵食に対する耐力を評価する必要がある。

④ 高水敷側方侵食、低水路局所洗掘

側方侵食は、流路平面形状が湾曲して水衝部になっている外岸側後半部で発生しやすいが、湾曲部上流部では内岸側で起こることもある。河川構造物や樹木群、砂州等により流向が変化すると湾曲部でなくても侵食が発生することがある。また、洪水中の水位の変化に応じて、流向が変化する場合があり、それによって水衝部も変化する。

低水路局所洗掘は、低水路護岸の脚部の河床洗掘によって護岸の根入れ不足が生じ、護岸の

基礎より下方から土の流出を起し、護岸基礎や護岸背面が緩む。そうすると、護岸が沈下、流出して破壊され、侵食に対して機能しなくなり、高水敷が側方侵食される。

高水敷側方侵食や低水路局所洗掘が生じると、堤防本体へ影響が及び、強いては破堤する可能性がある。よって高水敷側方侵食や低水路局所洗掘に対する堤防の安全性を評価する必要がある。

⑤ 横断構造物の影響

河道内に構造物が設置されると、洪水流下の阻害となり、構造物周辺において流れが局所的に変化し、それに伴って河床洗掘や河岸侵食等を引き起こす。その結果、堤防破堤につながることもあるため、構造物の影響による堤防の安全性を評価する必要がある。以下の現象を定量化し、堤防の安全性に対する影響を把握する。

- ・構造物付近における水位上昇
- ・構造物周辺の流向・流速の変化
- ・構造物付近の局所流による洗掘・堆積 等

4.6.2 堤防機能（器の質）の評価

ここでは、堤防浸透を含めて堤防の「器の質」（②から⑤）の機能分析・評価について記す。

なお、河川管理施設等構造令では「（構造の原則）第十八条 堤防は、護岸、水制その他これに類する施設と一体として、計画高水位（感潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。」としている。従って完成堤でない堤防は安全性を担保できないものであるが、維持管理においては未完成堤防であるからと行って維持管理行為を行わないというわけにはいかない。ここでは、まず、堤防を完成堤防（記号；Ⅰ）と未完成堤防（記号；Ⅱ）に二分し、管理用洪水位以下の流水の通常的作用に対して安全性を評価するものとする。

[1] 完成堤防（Ⅰ分類）に対する評価

管理用洪水位は、計画高水位として評価する。

(1) 堤防浸透の評価

① 既存の評価法

現在、堤防浸透の評価として、「堤防の概略点検」と「堤防の詳細点検」が行われている（完成堤防と高さを確保した暫定堤防に対して実施）。

河川堤防の浸透に対する概略点検（『河川堤防の浸透に対する安全性の概略点検について』、平成8年10月および平成9年1月付治水課事務連絡）は、主として既存の各種資料を収集整理し、堤体や基礎地盤の土質条件あるいは過去の被災履歴等をよりどころに浸透に対する堤防の安全性を概略的に評価したものである。この際に設定した安全性の概略評価ランクは、A（安全性が高い）、B（安全性がやや高い）、C（安全性がやや低い）、D（安全性が低い）の4段階である。

詳細点検（『河川堤防設計指針』、平成14年7月、治水課長通達）は、概略点検結果による安全性の評価を踏まえ、堤防強化の検討に向けて詳細な調査を実施したものである。評価結果は基準値を満たすか、満たさないかの判断のため、2段階評価である。

② 堤防浸透の評価方法

詳細点検は現時点で合理的と考えられる解析手法を導入し評価を行っているので、浸透に対する堤防の安全性評価結果は「詳細点検結果」を利用する。詳細点検が未実施の区間は「堤防の概略点検結果」を適用するものとする。

詳細点検結果により判断基準値を下回った区間を「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所とする。詳細点検を実施していない区間は概略点検結果のC ランク、D ランクを「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所として設定することを基本とする（図4.6.1）。

ただし、詳細点検結果が基準値を満足していない箇所であっても、詳細点検後の対策工が適切に実施されている場合は、安全性が増していると考えられるため「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所として設定しない。また、概略点検結果しかなく、C、Dランクに判断されている箇所は、たとえ何らかの既設対策工が実施されていても、詳細点検が未実施のため「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所として設定する（図4.6.2）。

メモ4.2 堤防土質内部構造の把握

堤防および堤防地盤の構造は、現地地盤調査により極めて不均質であることが認識されつつある。特に過去に増築あるいは復旧された堤防では、不均一であり、数10m離れただけでも土質性能に差異がある例がある。詳細調査によるボーリング調査によっても堤防土層構造を的確に把握できない可能性がある。

ランクCやランクDでは、電気探査や表面波探査による物理探査結果とボーリングデータおよび土質調査データとリンクさせ三次元土質層序構造を探査し、対応方針を決定したい。

最近、物理探査とボーリングによる土質調査結果を統合して土質物性を把握し、堤防の安全性を評価する技術が開発されている（稲崎，2017）。

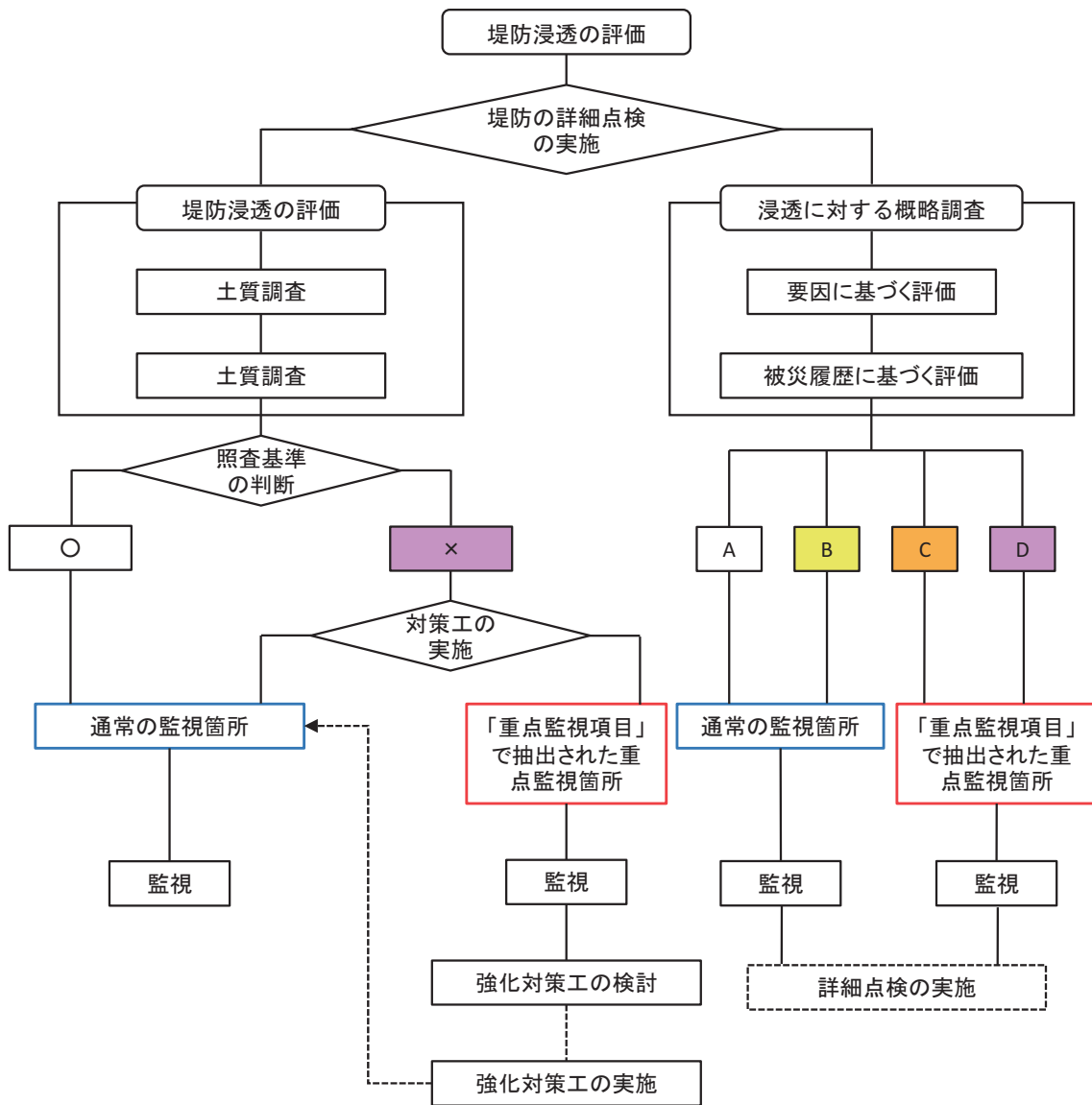


図 4.6.1 堤防浸透の評価フロー

距離	10	15	20
概略点検結果	B	C	D
既設対策工の実施			
詳細点検結果		基準値以下	基準値以上
詳細点検後の対策工の実施状況		×	○
最終的な評価結果	B	C	D
重点監視項目で抽出された重点監視箇所	通常	特注	通常

通常：通常の監視箇所 特注：「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所

図 4.6.2 既存の評価結果を活用した浸透評価の考え方の例(C及びD箇所を重点監視箇所とする)

(2) 堤防直接侵食，高水敷表面侵食の評価

洪水時には，堤防表表面や法尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生がはがれ，堤体を構成する土砂が流出して破堤に至ることがある。

植生の流水に対する耐力を評価する指標の一つとして，流速が挙げられる．張芝の侵食限

界流速は、**図4.6.3**に示すように2m/s程度（根の層厚10cmの場合）が目安となることから、堤防直接侵食に対する安全性評価は、現況河道での整備計画流量流下時の堤防前面流速とこの値とを比較することによって行う。ただし、根張りが悪い場合や堤体材料が砂質である場合は、限界流速を小さくする〔宇多他（1997）を参照〕。堤防近傍、高水敷表面の流速として、不等流計算によって算出した平均流速を使用する場合は、「護岸の力学設計法」による平面形状による方法で補正した流速を使用する。

高水護岸が設置されている場合は堤防の直接侵食は生じないものと考え、評価は行わない。

高水敷の表面侵食に対する安全性は、堤防侵食と同様に張芝の侵食限界流速（2m/s）と堤防近傍の高水敷流速を比較し評価する。セグメント1の河川で高水敷表面の土層が薄く、その下層の砂利層の代表粒径 d_R に対する無次元掃流力 τ_c が均一礫の無次元移動限界掃流力0.06以上を基準とする（堤防の安全度を低下させない程度の高水敷の多少の乱れ・荒れは許容する）。

河川利用形態等により、これらの流速や無次元掃流力による判断によりがたい土質・植生の場合は別途検討する（宇多他，1997）。

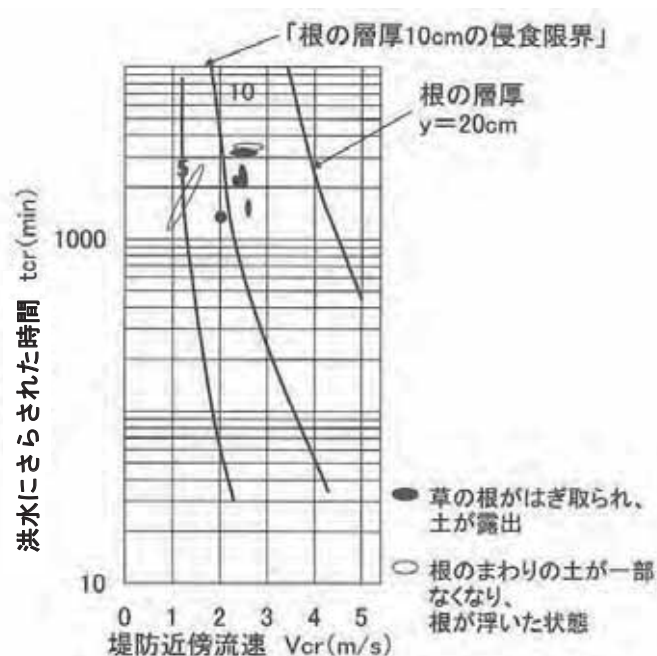


図 4.6.3 堤防近傍流速と張芝の侵食限界との関係(福岡他，1987)

(3) 高水敷側方侵食，低水路局所洗掘深の評価

1) 評価対象区間

高水敷側方侵食や低水路局所洗掘が生じると、堤防本体へ影響が及び、破堤が生じる可能性がある。被災が生じる箇所・区間は、河道特性の影響や横断構造物の上下流などによるところが大きく、すべての箇所・区間で生じるとは限らないため、河道特性等を踏まえて評価手法を変える必要がある。河岸侵食位置の同定（推定）は、**参考資料B.2** 河岸侵食位置の同定法 を参考にする。

側方侵食幅を評価する際には、侵食が生じやすい箇所が移動するか否かの観点および侵食速度の観点から対象区間を大セグメント（セグメント1, 2-1, 2-2）に分け、それぞれ評価する。**図4.6.4**に評価フローを示す。

河道が直線状のセグメント1の区間で多列砂州の発生している場合は、どの断面でも侵食、洗掘が生じる可能性があるとし、全区間を評価対象区間（「重点監視項目」で抽出される重点監視箇所）として設定するが、河道特性（河道の曲がり、河道のアーミング、河岸および河床における露岩等により河岸侵食の恐れが少ない区間もあり、過去の河道変化特性等も踏まえて評価対象区間を適切に設定する。

セグメント2-1および2-2では、侵食や洗掘が生じる区間は平面形状等の河道特性と密接に関わっていることから、全ての区間を評価対象とせず、河道特性及び過去の被災特性等を踏まえて右岸と左岸別に評価対象区間を設定する。

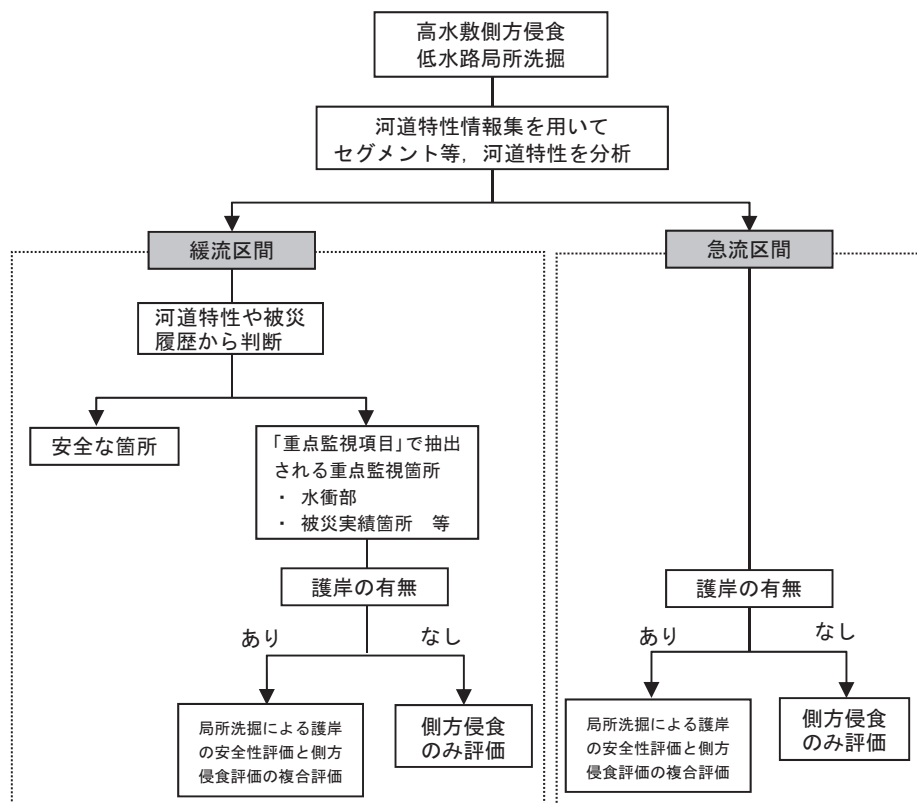


図 4.6.4 高水敷側方侵食・低水路の安定性の評価フロー

2) 被災パターンに応じた評価手法の選定

評価対象となった区間は、護岸の設置状況に応じた評価手法を選定する。

護岸設置区間に対する評価は、「側方侵食に対する評価」と「護岸基礎高に対する評価」とを複合して評価するものとする。これは、被災パターンとして、まず低水護岸または堤防護岸の基礎が洗掘被災し、その後、高水敷が横方向に侵食され、堤防の侵食被災に至る、という過程が想定されるためである。

したがって、洗掘評価は護岸基礎高評価（縦方向）と高水敷側方侵食評価（横方向）を複合して評価するものとする（⇒図4.6.5）。

低水護岸が設置されていない箇所については、側方侵食評価（横方向）のみの評価方法を用いることとする（⇒図4.6.6）。本来の正常な機能を有していない護岸（例えば、洪水流体力により移動・破損してしまうような護岸）は、護岸がないものとして、護岸がない場合の評価方法により検討する。

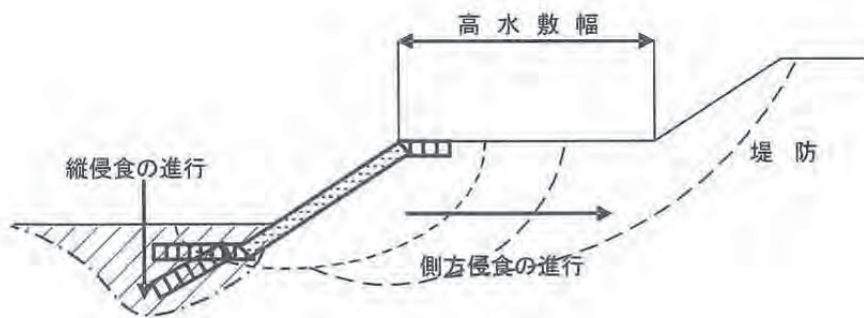


図 4.6.5 護岸のある断面の評価イメージ（総合評価）

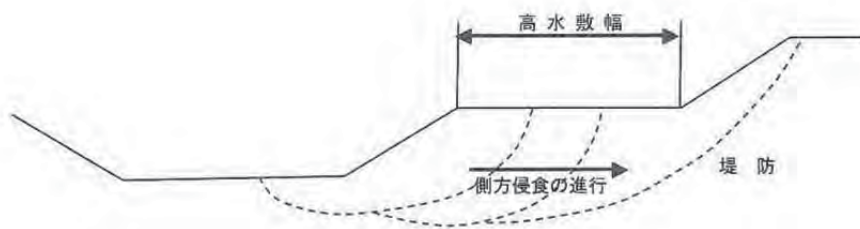


図 4.6.6 護岸のない断面の評価イメージ（側方侵食のみ評価）

3) セグメント1の区間の評価法（山本編著，2005）

セグメント1の区間で直線状の河道においては多列砂州が発生し、洗掘部の位置が移動するので、以下のように設定する。評価手順を図4.6.7に、評価方法の詳細を以下に示す。

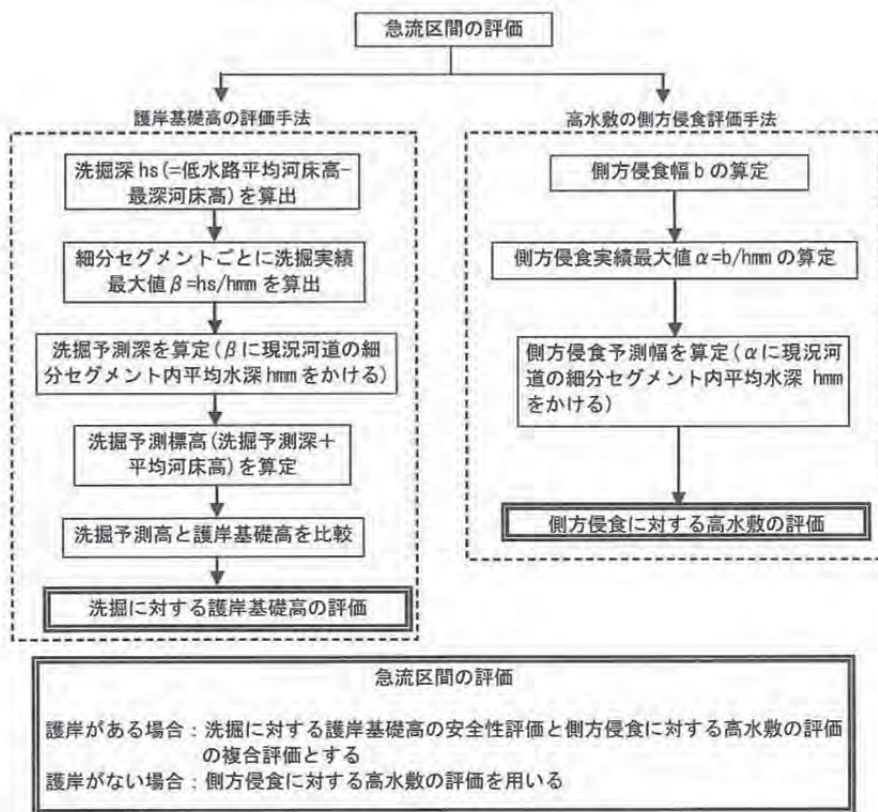


図 4.6.7 セグメント1の区間の評価の手順

① 洗掘深 h_s と側方侵食幅 b の考え方

洗掘深 h_s と側方侵食幅 b は砂州のスケールと関係がある。砂州のスケールはその川の河床材料が全面的に動く程度の流量や水位で規定されている。その流量は概ね平均年最大流量であると見られるため、平均年最大流量での水深 h_m と関連付けを行うこととする（⇒参考資料B.3, B.4）。

局所洗掘深 h_s , 側方侵食幅 b は、平均年最大流量時の平均水深 h_m との比（ $h_s/h_m, b/h_m$ ）で無次元化し、他の急流河川やセグメントと比較、適用する。

また、 $h_s/h_m, b/h_m$ の最大値は、河床勾配、河床材料等から区分したセグメントを水面幅、平均水深から更に細分化した「細分セグメント」ごとに一定と仮定し、砂州の移動により侵食・洗掘がいずれの地点でも発生する可能性があると考えられる。

② 側方侵食の評価

・細分セグメント区分

河床勾配、河床材料、水深、水面幅をもとにセグメントを更に細分し、細分セグメント区分を行う。

また、湾曲部は流水が集中する区間が生じ、侵食の可能性および侵食量も大きくなるので、細分セグメントとは別に区間を抽出し検討する。

・側方侵食幅 b の算定

既往の大規模な複数の洪水について、洪水前後の横断面図、災害復旧資料より側方侵食幅 b を図4.6.8のように算定する。側方侵食は平均年最大流量における水位以上の高さを高水敷と仮定し、これより高い部分において算定する。

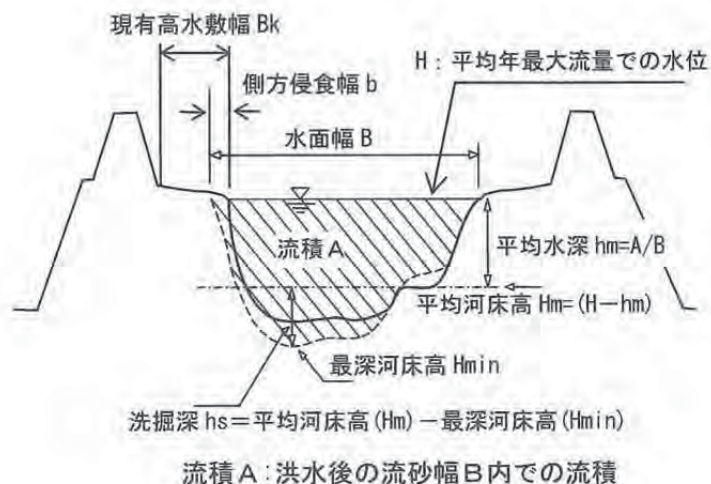


図 4.6.8 局所洗掘深 h_s , 平均水深 h_m , 侵食幅 b

・側方侵食実績、包絡値の算出

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 h_m の区間平均を h_{mm} とし、細分セグメント内の b/h_{mm} の最大値 $=\alpha$ を図4.6.9に示すように算出する。

湾曲部については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し、湾曲部での侵食特性を検討する。

水制、堰等の河道内に突起する構造物が原因となる側方侵食については、個別に検討する。また、砂州の形状の変化のように高水敷の侵食と見なされないものは対象外とする。

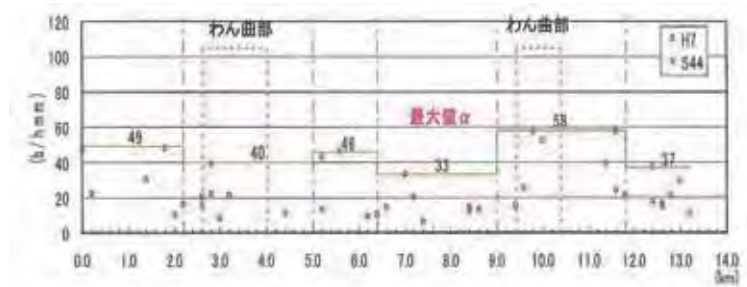


図 4.6.9 実績側方侵食幅 b と a の特性 (例)

・側方侵食予測幅の算定

最新 (検討対象) 年度の平均水深 h_{mm} に細分セグメントごとの α を乗じ、側方侵食予測幅を算定する。

$$b \text{ (側方侵食予測幅)} = \alpha \cdot h_{mm} \dots \dots \dots (4.6.1)$$

・側方侵食に対する安全評価

現況の高水敷幅と側方侵食予測幅を比較し、高水敷の側方侵食に対する安全性を「a」「b」「c」の3段階で評価する (⇒表4.6.1)。

表 4.6.1 高水敷の側方侵食の評価

評価	内容
a	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b より大
b	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b の 0.5～1.0 倍
c	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b の 0.5 倍未満

※護岸がない場合は「A,B,C」と表示する。

③ 洗掘深 h_s の評価

・細分セグメント区分

細分セグメント区分の考え方は前述 (3) ①と同様である。

・最深河床高の算出

既往の大規模な洪水に対し、洪水前後の横断面の重ね合わせにより図4.6.8に示したように最深河床高 H_{min} を算出する。

・洗掘実績包絡値の算出

平均河床高－最深河床高= 洗掘深 h_s と定義する。

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 h_m の区間平均を h_{mm} とし、細分セグメント内の h_s/h_{mm} の最大値= β を図4.6.10に示すように算出する。

ただし、砂州要因以外の湾曲については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し、湾曲部での洗掘、侵食特性を検討するものとする。

水制等の構造物による局所洗掘は個別に検討する。構造物による局所洗掘の予測は今後の課題とするが、簡便な方法としては、構造物周辺の経年的な最深河床高の最小値を基に設定する方法が考えられる。

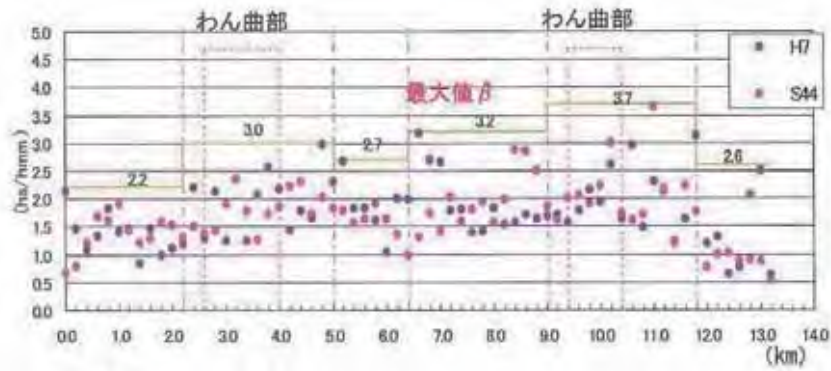


図 4.6.10 実績洗掘深 h_s と β の特性 (例)

・洗掘予測深の算定 (⇒参考資料B.4)

最新 (検討対象) 年度の平均水深 h_{mm} に β を乗じ、洗掘予測深 h_s を算定する。

$$\text{洗掘予測深 } h_s = \beta \cdot h_{mm} \dots \dots \dots (4.6.2)$$

洗掘予測河床高とピーク流量との関係は図4.6.11のようにピーク流量増加とともに低下すると考えられているが、急流河川では洪水波形がシャープであり大流量が流れる時間が短く、1洪水ハイドロでは砂州の列数は大きく変形しないこと、また実態調査によると洪水流量の差異により β に有意な差が見られことより、 β は図4.6.12のように一定と仮定する。

・洪水時平均河床高の算定

図4.6.13に示すように、一洪水中の平均河床高の変化が著しいと想定される場合は、検討対象河道に対して計画高水流量ハイドロに対する最も低い河床高を一次元河床変動計算等により求め、これを各流量における局所洗掘の基準としての平均河床高 (H_m) とすることが望ましい。

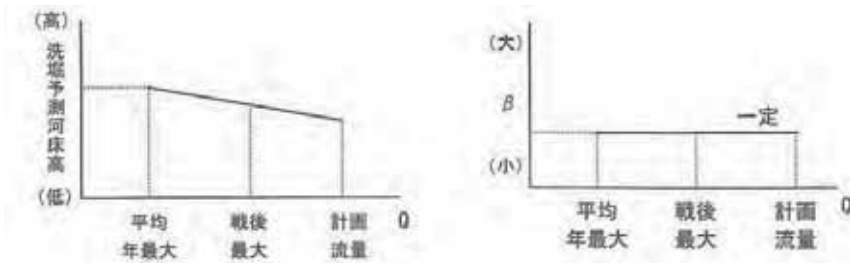


図 4.6.11 洗掘予測河床高とピーク流量の関係 図 4.6.12 $\beta (=h_s/h_m)$ とピーク流量の関係

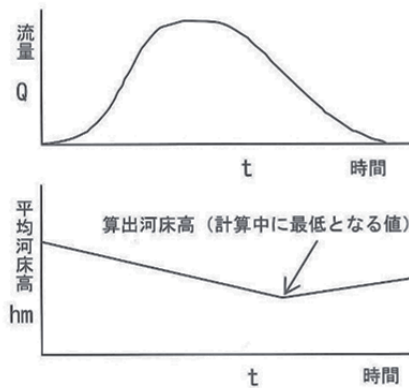


図 4.6.13 洪水時平均河床高 H_m 算定の概要

・洗掘深標高の予測

「洗掘予測深の算定」で求めた洗掘予測深 h_s を平均河床高 h_m から引いて、洗掘予測河床高（標高）を算定する。

・洗掘予測河床高（標高）と護岸基礎高等との比較

図4.6.14に示すように「洗掘深標高の予測」で求めた洗掘予測河床高（標高）と、護岸基礎高または根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さとを比較する。

・洗掘に対する護岸基礎高等の評価

「洗掘予測河床高（標高）と護岸基礎高等との比較」の結果を用いて、表4.6.2に示すように洗掘に対する護岸基礎高の安全性を「a」、「b」の2段階で評価する。なお、護岸、根固め工の部材は、洪水流体力に対して対処し得る形状および重量を持っているものとする。

表 4.6.2 洗掘に対する護岸基礎高等の評価

洗掘予測河床高の状態	評価
護岸基礎高等注) \leq 洗掘予測河床高 (が高い)	a (安全)
護岸基礎高等 > 洗掘予測河床高 (が低いが、根固工が屈撓して対処可能な範囲)	
護岸基礎高等 > 洗掘予測河床高 (が低く、根固工が屈撓しても対処できない範囲)	b

注) 護岸基礎高等とは、護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さのことを指す。

根固め工周辺の河床低下や洗掘が進行すると、敷設地点の横断形状は図4.6.14のように変形する。施設幅は、護岸基礎前面の河床が低下しない幅を確保する必要がある。すなわち、護岸前面に河床低下が生じても最低1列もしくは2m程度以上の平坦幅が確保されることが必要とされる。

したがって、施設幅 B_c は、根固め工敷設高と最深河床高の評価高の高低差 ΔZ を用いれば幾何学的に次式となる。

$$B_c = L_n + \Delta Z / \sin \theta \dots\dots\dots (4.6.3)$$

ここで、 L_n ：護岸前面の平坦幅（ブロック1列もしくは2m程度以上）（m）， θ ：河床洗掘時の斜面勾配（ $=30^\circ$ ）， ΔZ ：根固め工敷設高から最深河床高の評価高までの高低差（m），斜面勾配 θ は、河床材料の水中安息角程度になるが、安全を考えると一般に 30° とすればよい。

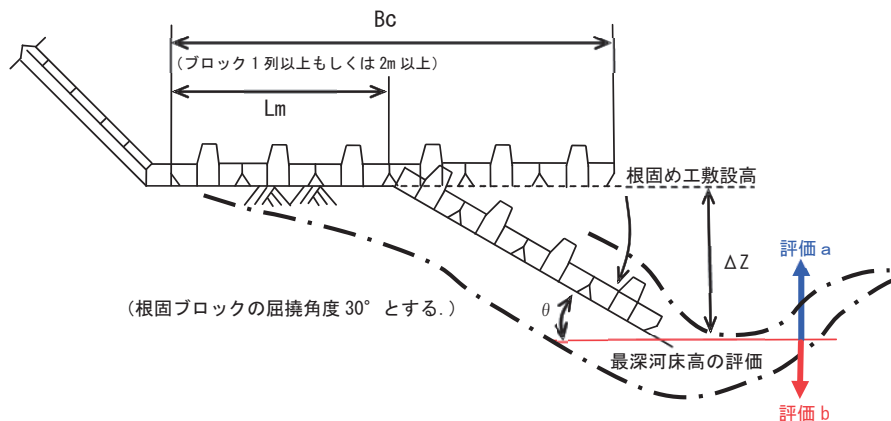


図 4.6.14 護岸基礎，根固め工屈撓と洗掘評価図

以上より、根固め工敷設高が設定されれば、最深河床高を評価することにより、照査の目標とする施設幅を算定できる。

・洗掘に対する安全性評価（複合評価）

洗掘に対する安全性評価は、高水敷幅と護岸基礎高等の2つの評価項目を組み合わせた表4.6.3に示す複合評価とする。

洗掘に対する安全性評価を複合して評価する理由は、低水護岸又は堤防護岸の基礎周辺が洗掘被災すると、その後、高水敷が横方向に侵食され、堤防の侵食被災に至る場合があるためである。

護岸基礎高等の評価がb、高水敷評価がc の場合が極めて危険であることから、評価をDとする。護岸のない場合は、側方侵食による評価A、Bを総合評価とする。

表 4.6.3 安全性評価（総合評価）

複合評価		側方侵食（高水敷評価）		
		a	b	c
局所洗掘	a	A	A	B
(護岸基礎高等の評価)	b	B	C	D

4) セグメント2-1および2-2での評価法

セグメント2-1および2-2の区間における評価手順を図4.6.15に示す。

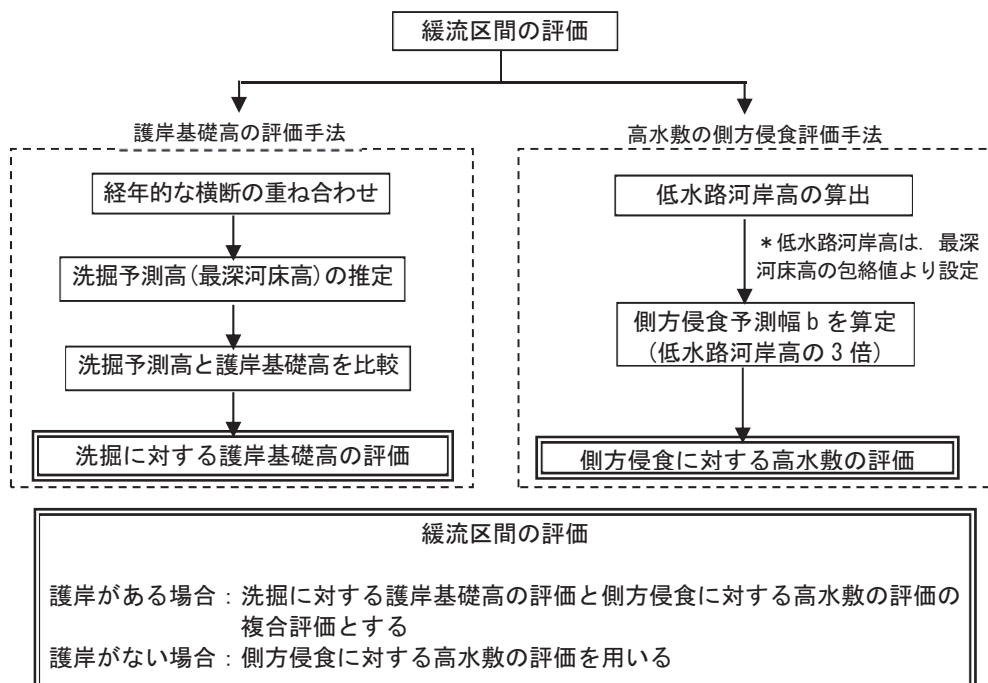


図 4.6.15 セグメント 2-1 および 2-2 の区間の評価の手順

評価方法の詳細を以下に示す。

① 側方侵食の評価

- ・低水路河岸高の算出

低水路河岸高は、各断面の低水路河岸の高水敷高と最深河床高の標高差より評価する。

- ・側方侵食予測幅 b の算定 (⇒参考資料B.3)

セグメント2-1の区間における側方侵食幅 b は、低水路河岸高の4倍程度、セグメント2-2の区間における側方侵食幅 b は、低水路河岸高の3倍程度として設定する。なお、当該河川において既往の洪水による高水敷の侵食幅が整理されている場合には、これらの実績を踏まえることとする。

- ・側方侵食に対する高水敷の安全評価

既存の高水敷幅 B_k 、側方侵食幅 b を比較し、高水敷の側方侵食に対する安全性を「a」「b」「c」の3段階で評価する (⇒表4.6.1)。

高水敷幅の評価は厳密には侵食予測幅以上に高水敷幅があるかないかで評価するものであるが、ここでは3段階で評価するものとして、0.5倍の幅を有するかどうかを区分の基準とする。

② 洗掘深の評価 (⇒参考資料B.4)

セグメント2および3においては、洗掘部の位置の移動が少ないので以下のように評価する。

- ・洗掘予測深の算定

洗掘が生じるような既往の複数洪水について、洪水前後の横断面の重ね合わせにより断面毎・洪水毎に洗掘予測深 h_s を算出する (⇒図4.6.16)。



図 4.6.16 洗掘予測深の算出

- ・洗掘予測高の予測

各洪水の洗掘予測深 h_s の最大値を現況平均河床高から引いて、洗掘予測高（標高）を算定する。

- ・洗掘予測高（標高）と護岸基礎高等との比較

「洗掘予測高の予測」で求めた洗掘予測高（標高）と、護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さとを比較する。

- ・洗掘に対する護岸基礎高等の評価

セグメント1区間における「洗掘に対する護岸基礎高等の評価」と同様の評価とする。

- ・洗掘に対する安全性評価（複合評価）

セグメント1区間における「洗掘に対する安全性評価（複合評価）」と同様に、高水敷幅と護岸基礎高等の2つの評価項目を組み合わせた表4.6.3に示す複合評価とする。

ノート セグメント3での評価法

セグメント2-2での評価法に倣うが、我が国においてはセグメント3の河道区間は感潮域にあり、セグメント3の河道区間を持つ河川は少ない。近代河川改修や河口付近の埋め立てや河床掘削によりセグメント3の河道特性を持つ河道となった場合が多い。河床下の土層構造、河岸の土層構造、さらには洪水外力のみならず、波浪、航走波、風浪、潮汐等の外力を受け、個々の河道の自然のおよび河川利用形態に差異があり、一般論で器の機能評価ができないところがあり、個々の河道の河道特性、堤防保護構造物の特性を把握し、評価していくべきである。

4.9 河口部機能の分析・評価とも密接に関連する。

[2] 未完成堤防（Ⅱ分類）の評価

管理用洪水位を2.2 (3) に従って設定し、その水位に対して[Ⅰ]と同様な評価を実施する。

4.6.3 河床に粘性土・軟岩が露出する場合の堤防等の機能評価

河床には粘性土および軟岩等が露出している場合の堤防等の機能の評価においても4.6.2の評価手順および評価方法は応用できるが、高水敷側方侵食、低水路局所洗掘の評価は、4.6.2で示した河床が移動床からなる場合とその侵食形態がことなるため、側方侵食量、局所洗掘深の評価手法が異なる。

河床には粘性土および軟岩等が露出している場合の、側方侵食量および局所洗掘深の評価法については、メモ3.2および「河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術 第4章 粘性土・軟岩の侵食形態と侵食速度」（財団法人河川環境管理財団、2010）を参照されたい。

4.7 横断構造物の機能の評価

(1) 横断構造物自体の評価

堰、床止工、橋梁等の横断構造物が被災すると河道の変化、堤防の破損等、治水安全度の低下が生じる危険性が増す。そのため、横断構造物の評価は、護床工、高水敷保護工、護岸等の施設が「河川管理施設等構造令」等に基づく基準に対して、適切に設置されているか、設計時の図面等により構造を確認することとする。

基準通り設置されていない構造物については、管理上注意（監視・対策）が必要な構造物として抽出する。なお、構造物設置後、河道の変化により外力が増した場合（例えば構造物下流の河床低下）は、外力変化による構造物の安定性を再評価する必要がある。

横断構造物等の河川管理施設の構造の安全性は、本来河川の特長や設置位置の状況に応じて判断しなければならないものである。構造令は一般的技術基準を定めるものであり、河川という公物の安全性確保のために最小限確保されなければならない基準値として設定されている。

しかし個別のケースによっては、構造令に定められている基準値以上の水準が必要とされる場合もあるため、横断構造物の構造的詳細評価は別途検討することとする。

(2) 横断構造物が河道・堤防に及ぼす影響の評価

横断構造物が河道に影響を及ぼす可能性がある箇所として、以下のものがあげられる。

- ・上下流で落差のある固定堰周辺
- ・横断構造物が原因となって被災したことがある箇所
- ・堰の存在により迂回流が生じ洗掘・侵食されると予想される箇所
- ・橋梁桁下の余裕高が十分に確保されていない橋梁
- ・橋脚周りの局所洗掘が河岸に及ぶと予想される箇所 等

堰等の横断構造物は洪水時の流下阻害要因となり、流向が変化し迂回流となる可能性がある。

迂回流は高水敷への乗り上げ流、低水路への落ち込み流となって高水敷側方侵食、低水路局所洗掘などの被害を生じさせ、堤防破堤に至る危険性がある(図4.7.1)。また、橋脚等に流木が引っ掛かると水位上昇の原因となり、浸水被害が生じることもある。

なお、頭首工、取水堰上流の河道掘削は、構造物下流への供給土砂量を減少させるので、構造物直下流の河床洗掘の要因となる。頭首工では固定堰と流量制御および取水口付近の土砂堆積防止のため水門の組み合わせ構造形式である場合が多い。水門部分の洪水時の流速が早く、濘筋が生じ、河岸あるいは堤防の破損の恐れが増すことがある。

このように横断構造物の存在によって河道に影響を及ぼすと予想される箇所は、「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所として設定する。

横断構造物の存在によって河道に影響を及ぼすと予想される箇所に対して、侵食危険性の詳細評価がなされ侵食対策工の施工がなされている場合はランクAとし、侵食対策工の施工がなされたが、その後の河道の変化により外力が増した場合は、安全性の低下度に応じランクB、ランクC、ランクDとする。詳細評価において侵食対策工の設置が必要とされる場合はランクDとする。

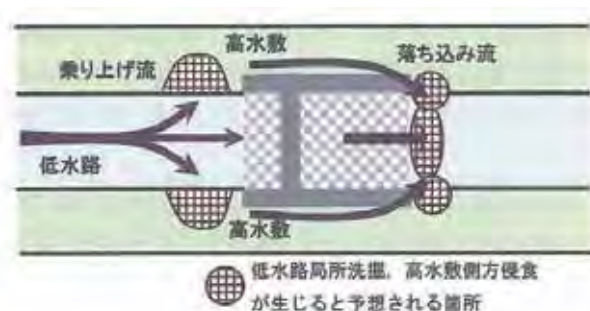


図 4.7.1 床止工や固定堰付近の流れによる洗掘が予想される箇所

メモ4.3 橋脚周りの洗掘防止工が及ぼす河床洗掘・河岸侵食

橋脚の設計において、橋脚周辺の深掘れを評価することは当然なされなければならない行為である。また河川管理においては、橋脚が河道・河川に及ぼす影響を評価し、対応方針を決定しなければならない。

これらについては以下の資料を参照されたい。

- ・「橋脚による局所洗掘進の予測と対策に関する水理的検討」(須賀他, 1982)

・「治水上から見た橋脚問題に関する検討」(宇多他, 1993)

なお、橋脚周りの洗掘による橋梁の被災を防止する責務は、橋梁管理者であるが、その工法・工事は河川管理者と協議して許可される。

近年の沖積地河川における河床低下は、橋脚基礎部の浮き上がりが生じ、橋梁被災を防止するために、橋脚周りの保護工の設置(橋脚周りに異形ブロックの投入・敷設)がなされたが、河床低下が止まらず、橋脚周りがブロックを含めた河床から浮き上がり橋脚周りが流水の流下阻害要因となり、橋脚保護工周りの河床洗掘が増加し、河岸侵食の要因となること、また、橋脚保護のため異形ブロックによる床固めを設置し、その一部が洪水等で被災・流出し、この部分の河床低下が急速に進み、河岸侵食の要因になることがあり、重点監視場所である。

4.8 洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間の河道変化 (山本他, 2007)

1) 評価の方針

近年、河川・流域への人為的なインパクトにより河道特性が時間の経過とともに変化してきている。その河道条件の変化により遊水地や放水路等の洪水調節施設、取水施設等の施設は、設計当初に比べ機能が低下しているものもある。

河道条件の変化による洪水調節施設・放水路の機能の低下(洪水調節量の低下)は、下流河道の洪水流量の負担を増加させ、下流流域の洪水氾濫に対する危険度を高めることになる。

施設の機能を維持していくためには、施設の機能に影響を及ぼす区間の河道の安定性(または変化)を監視して評価していく必要があり、今後このような施設機能の維持の観点からも河道管理を行っていく必要がある。

遊水地や放水路等の洪水調節施設は、通常、将来河道(計画河道)または設計時の現況河道の河道条件において、計画の効果量(最大効果量)が発揮されるように計画・設計される。よって、河川管理者には、最低限、計画・設計時の河道より洪水調節機能を低下せないような河道管理が求められることになる。将来河道の完成までに大規模な掘削等の河道改修を伴う場合は、5年程度毎に当該時点での河道状況を基に遊水池や放水路の機能評価を行い、分流施設および越流施設の施工時期、完成途中の施設の形状を計画し、また、日常の河道の維持管理として本川の河道形状および植生状況を監視、維持していく必要がある。ここでは大規模な改修的管理は対象外とし、計画・設計時の現況河道条件の維持管理を対象とする。

計画・設計時の洪水調節施設等の機能が現在も維持されているかどうかを評価するためには、計画・設計時と現況の河道条件を比較して大きな差異がないかどうかで判断する。河道条件の変化が大きく、洪水調節量への影響が懸念される場合は、別途、調節計算等、河道条件の変化を考慮した詳細な検討を実施し、対応を検討する。

なお、ここでの評価は詳細検討の必要性を判断するための評価である。

2) 評価方法

洪水調節施設は、河床高の変化、河道内樹木の繁茂、高水敷の地被状態等、河積・粗度が変化することによりその機能が変化する。このため、計画・設計時と現在までの縦横断面図、河積、 $H-Q$ 式(⇒図4.8.1)をそれぞれ経年的に重ね合わせてその変化量を把握し、施設機能に大きな影

響が及んでいないか水理検討により評価・判断する。この場合、放水路および遊水池を挟む上流および下流に水位・流量観測所を設け、上・下流の2点の水位・流量を監視すれば、水理計算によらず放水路や遊水池の機能が保全されているか評価できる、

なお、維持管理対策を実施すべきかの判断基準を一律的に定めることは困難なため、各河川の状況に応じて個別に検討し判断する。

評価の対象区間は、遊水池等の施設前面の河道区間だけではなく、施設前面の水位に影響を及ぼす下流区間までとする(⇒図4.8.2)。現況越流開始流量は、洪水実績または計算により求める。

洪水調節施設等の機能に大きく影響を及ぼす流下能力の変化が予想される区間(ランクC、D)は「重点監視項目」で抽出される重点監視箇所として設定し、平常時、施設および植生状況の河道監視を行い、5年程度毎および大洪水後に機能評価を実施する(⇒図4.8.2)。

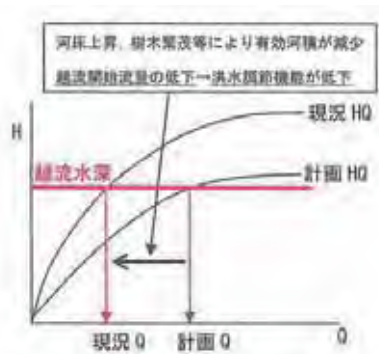


図 4.8.1 河道変化の分析例

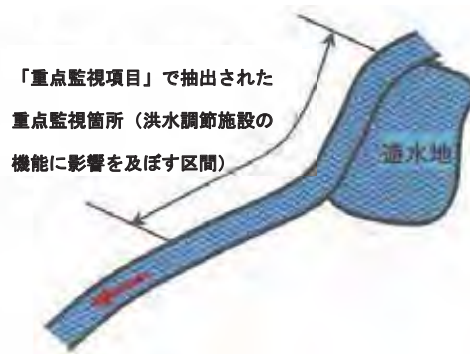


図 4.8.2 「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所の設定例

4.9 河口部機能の分析・評価

(1) 河口部の特殊性と河口部の機能

河川の河川汽水域は、陸と海の接点に位置し、淡水と海水が混合し、かつ周期的に発生する潮汐や波浪などの作用を受け、常に変動する特殊な環境を有している。このため、海域に生息する生物や淡水域に生息する生物に加え、汽水環境に耐える汽水域特有の生物が生息・生育する特殊な場となっている。

河川汽水域では河川縦断方向にも、また横断方向にも水質、河岸・底質材料および微地形が変化する環境傾度の大きい空間であり、その環境の質の差に応じて生物が棲み分ける特異な貴重な空間である。大洪水や人為的地形の改変など受けると淡水と海水のバランスや土砂の動態が変化し、それに伴って河口付近の河道および海岸の地形および生態系の変化が生じる変化速度の速い場所である。また人間との関わりが強い場所であったため、多くの河川汽水域がすでに人間により改変されてしまった半自然的な空間でもある。

そのため、河口付近上流と洪水および人為作用に対する応答が異なり、河口部特有の河道の維持管理項目がある。それらについては 2.6 で記した。

(2) 河口部の機能の評価

① 治水機能の評価

内湾に面し、波浪の影響が小さく河口砂州が存在しない河川の治水機能評価は、4.4の評価に

よるものとする。ただし、河口付近の堤防の設計は、高潮・津波および波浪に対する安全確保のため、高潮堤となっている場合がある。高潮・津波に対する安全度評価は、流下能力評価に用いる管理用洪水水位を計画高潮水位および計画津波水位に変える。なお、高潮堤については進入してくる波浪に対して安全である構造設計とするものとされている。

河口砂州が存在する場合は、砂州が存在することを前提に河口出発水位（河口に存在する砂州高+50cmより高い）が設定されている河川、河口導流堤などにより河口砂州の発生を抑制し、計画高水位以下の水位となるよう対応がなされ、かつ堤防が完成堤である河川は、ランクAとする。B, C, Dのランクは、表4.4.1に倣う。ただし、波浪に対する安全度評価は別途検討するものとし、ここでは評価法を示さない。

なお、河口砂州の存在する河川において砂州直上流の水位が観測され、水位と流量の関係が図4.9.1のように整理され、河口直上流の最高水位が河口砂州高で規定されていることが明白であり、計画高水流量生起時には砂州がフラッシュされ水位がそれより低い場合は、河口部の計画水位を最高水位生起時の洪水流量での不等流計算水位、もしくは既往最大流量時の砂州直上流水位を出発水位とした計画高水流量時の不等流計算水位のどちらか高い水位を河口付近の計画高水位として算定しても良いと考える。

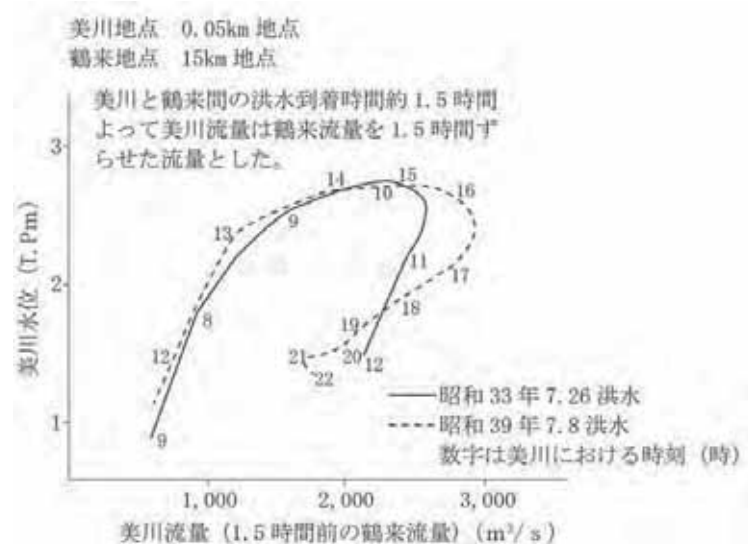


図 4.9.1 手取川の河口直上流の水位（美川水位）と流量の関係（山本，1978）

② 河口付近の海岸保全機能の評価

河口付近の海岸線が後退し前浜がなく海岸構造物および河口付近河川構造物が被災する恐れのある場合はランクDとする。海岸線が後退しつつあるが、前浜がある場合はランクC, Bとする。Cランクは前浜頂が海岸構造物あるいは民地から20m以下の場合とする。海岸線が前進傾向にあり、かつ前浜頂の位置が海岸構造物あるいは民地から20m以上の場合ランクAとする。

③ 航路機能の評価

航路水深が十分確保されている場合はAランクとし、航路用確保水深が確保されない恐れのある場合をDランクとする。B, Cランクは設定しないものとする。

④ 生態系機能の評価

生態系保全空間がない場合は、Aランクとし、生態系保全空間があるが保全対策を必要としな

い場合はBランクとする。生態系保全空間があり保全対策を必要とする場合は、保全対策の程度によりC, Dランクに区分する。

4.10 河道機能の低下要因の分析と評価結果の整理（山本他，2007）

(1) 河道機能の低下要因の分析

各項目の評価の結果，安全性が低い箇所では，その低下要因を把握し，要因別に今後の対応方針（監視，改修等の対策）に活用する。安全性の低下要因を把握することは，河道管理において極めて重要な行為であることから，十分に検討する必要がある。

過去に被災している箇所は，河道の中でも質的に弱い箇所であるが，仮に被災実績が無いからといって，質的に弱い箇所が存在しないわけではない。その弱点箇所を推測し，抽出するためには，河道特性情報集の記載情報を基に，平面形状（湾曲部，水衝部），横断形状（洗掘，侵食），航空写真，高水敷幅，低水路幅，川幅水深比，治水地形分類図，被災実績，外力（流況），工事履歴，河道特性に関する水理諸量等の各種情報を重ね合わせ，それらの経年変化を調べる必要がある。

水理諸量については，各評価で用いた判断基準値をはじめ，既往実験結果や経験からの耐侵食限界等判断基準値が存在するため，それらを目安として比較することも有効である。

堤防浸透，堤防直接侵食，高水敷側方侵食・局所洗掘等の現象が生じる要因は数多くあり，以下のようなものが挙げられる。

- ・樹林化の進行
- ・砂州の発達
- ・湾曲部，水衝部
- ・横断構造物周辺，上下流
- ・洪水流の高水敷への乗り上げ・落込み 等

なお，洪水時の水位の変化に応じて，流向が変化する場合があり，それによって危険箇所も変化するため水位変化も踏まえる必要がある。以下に要因分析の事例を示す。

① 樹木群の影響の例

堤防前面に樹木群が列状に発達すると高速流が生じ侵食破堤に繋がる可能性がある。下図は航空写真の経年変化から近年樹木群が繁茂した区間を抽出し，堤防前面に高速流が生じる可能性がある区間を抽出した事例である（図4.10.1）。

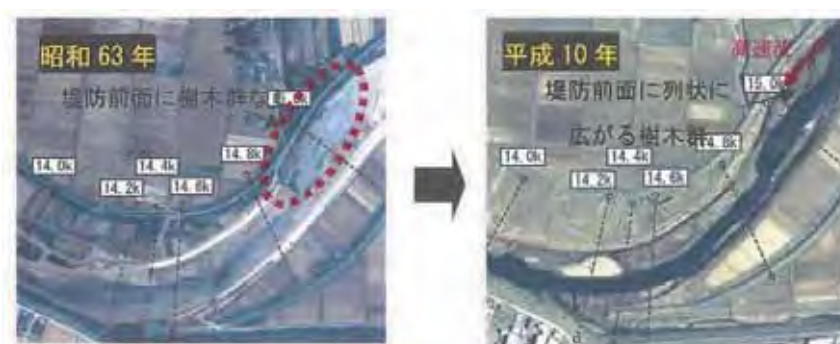


図 4.10.1 堤防前面に高速流の発生が予測される区間

② 砂州の影響の事例

発達した砂州は、洪水時に水衝部や高速流を発生させ深掘れの原因となる場合がある。

滲筋が低水路河岸や堤防に接近している箇所では、最深河床が低下して護岸の根入れ深にまで達し、被災する可能性がある。図4.10.2は航空写真の経年変化から近年砂州が発達傾向にある箇所を抽出し、横断図の重ね合わせによって局所的な深掘れの原因、実態を把握した事例である。

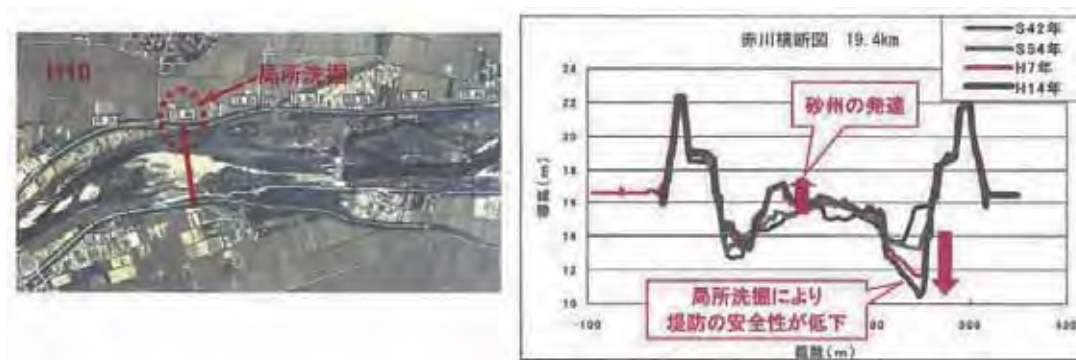


図 4.10.2 砂州発達により局所洗掘が見られる区間

(2) 「重点監視項目と重点監視箇所」の設定

ここでの評価は工学的な見地から河道の安全性が低い箇所を把握するものである。各評価項目（「重点監視項目」）での評価結果に基づき、評価項目毎に下記を勘案して「重点監視箇所」を設定するものとし、各評価項目の総合化は行わない。

- ・評価基準値を下回り、安全性が低下していると判断された箇所または影響が及ぶ範囲
- ・横断構造物とその影響の及ぶ上下流の一連区間
- ・「重要水防箇所」でA と評価されている区間
- ・上記以外で平面形状等から機能の低下が予想される箇所または区間

流下能力等の評価は、一般的に200m間隔の定期横断測量断面位置だけで行われるが、こうした情報は縦断的に不連続であって、それだけで河道の安全性を把握し得ない場合があることより、航空写真・平面形状、巡視・点検等の河道の連続性を表出する資料を加えて行う。

(3) 評価結果の整理・表示（アウトプット図の作成）

各項目の評価結果は、数値あるいは評価ランクとして得られることになるが、その評価結果は迅速かつ的確に監視や対策等の河道管理に活かされなければならない。そのためには、評価結果は現地の状況や河道特性と結びつけてわかり易く整理、表示する必要がある。このため下記のように整理した総括図と各項目の2種類のアウトプット図を作成するものとする。

アウトプット図の作成目的と方法を以下に示す。また、図4.10.3に評価結果の総括図、図4.10.4に堤防浸透の評価、図4.10.5に高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の評価のアウトプット図の例を示す。

① 評価結果総括図

評価結果総括図は、全ての評価結果を一覧に示したもので、作成目的は各評価結果を総合的に把握し、断面毎に監視すべきポイント（項目）を容易に把握することである。

- ・現地の状況や河道特性と評価結果が同時に理解できるように航空写真や平面図に「重点監視

項目」で抽出された重点監視箇所を記載する。

- ・各項目の結果（ランク）を評価断面毎に整理する。
- ・堤防の状況（堤防の基本断面形状確保・未確保）を航空写真に記載する。
- ・重要水防箇所のランクを記載し、本評価結果と相違を把握できるようにする。

② 各項目の評価結果

各項目の評価結果は、「評価結果総括図」よりも詳細な情報を航空写真に記載することで、評価結果と現地状況・河道特性、危険要因を関連づけて把握することを目的に作成するものである。

また、評価結果や安全性を低下させている要因分析の結果から、「河道の監視要領」における監視ポイントを記述することで、箇所毎に「何を監視する必要があるのか」がはっきりし、現地での河道監視にすぐに活用できるようになる。

- ・航空写真や平面図に評価結果と評価に用いたデータ（情報）を記載する。
- ・現地の状況や河道特性がわかるように航空写真や平面図に「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所を記載する。
- ・評価結果の解説や監視ポイントを記述する。
- ・必要に応じて、評価結果を補足するような横断図や現地写真等の情報を記載する。

(4) 評価結果の活用

① 評価結果の活用方法

本論に基づく流下能力、施設（堤防等）の機能評価により、河道のどの箇所の安全性がなぜ低いのが明らかとなる。その評価結果は、治水に関わる巡視・点検・測量等の監視（メリハリ）、水防活動、河川改修、あるいは投資の優先順位等の判断を行う際の基本的な情報として幅広く活用できる。

評価結果を活用する際には、河川整備計画をはじめ、河川管理に関する各種の行動計画と整合を図る必要がある。「重点監視項目」で抽出された重点監視箇所では、日常の監視箇所に加えて河道監視の頻度や密度等を適宜増やし、効果的、効率的な管理を行う。

② 河道の評価の検討時期

河道の状態は常に変化しているため、河道の評価の結果は、適切な時間間隔で更新していく必要がある。河道の評価は、原則として定期縦横断測量（5年サイクル）や大洪水後の横断測量後に実施する。

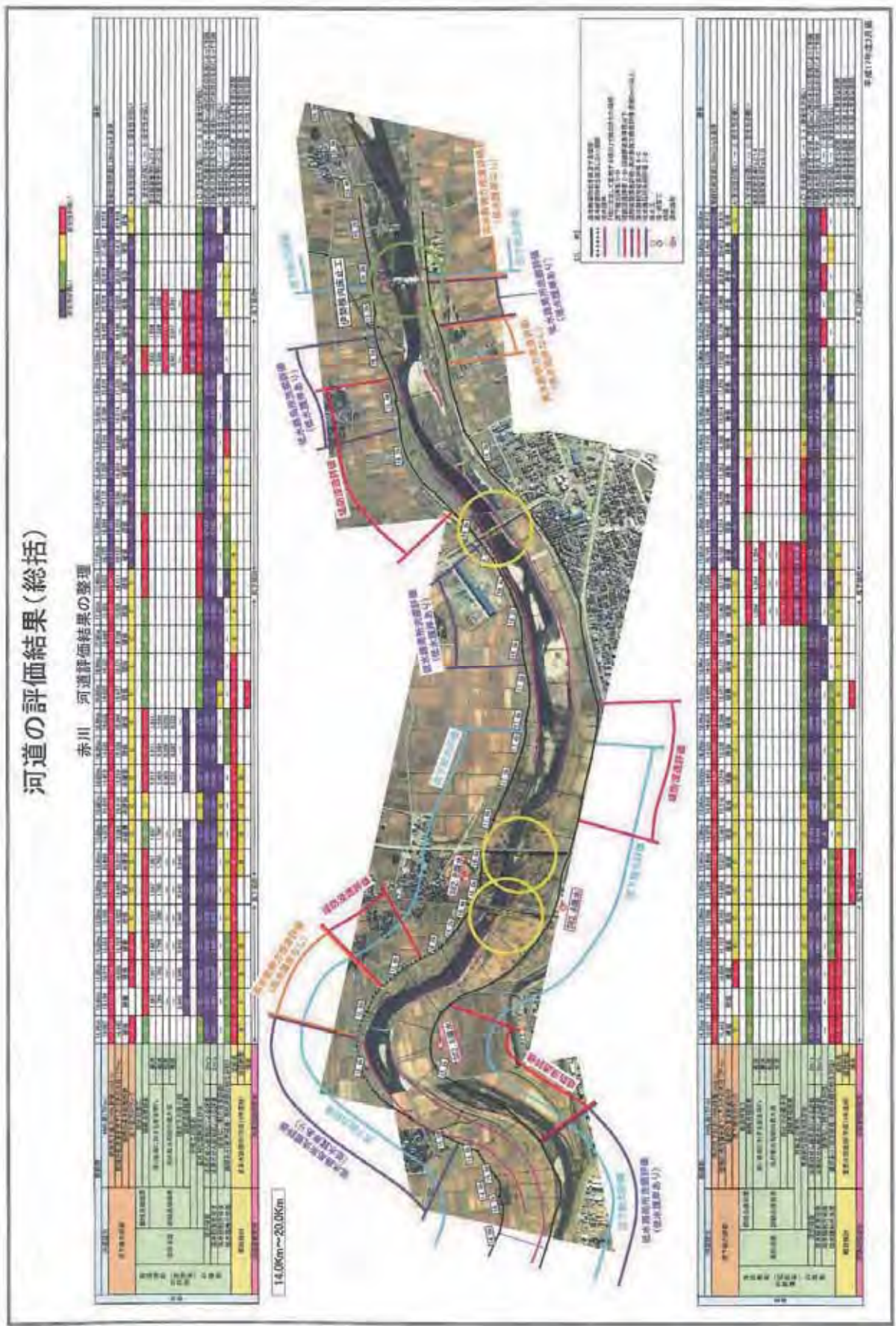


図 4.10.3 河道の評価結果総括図

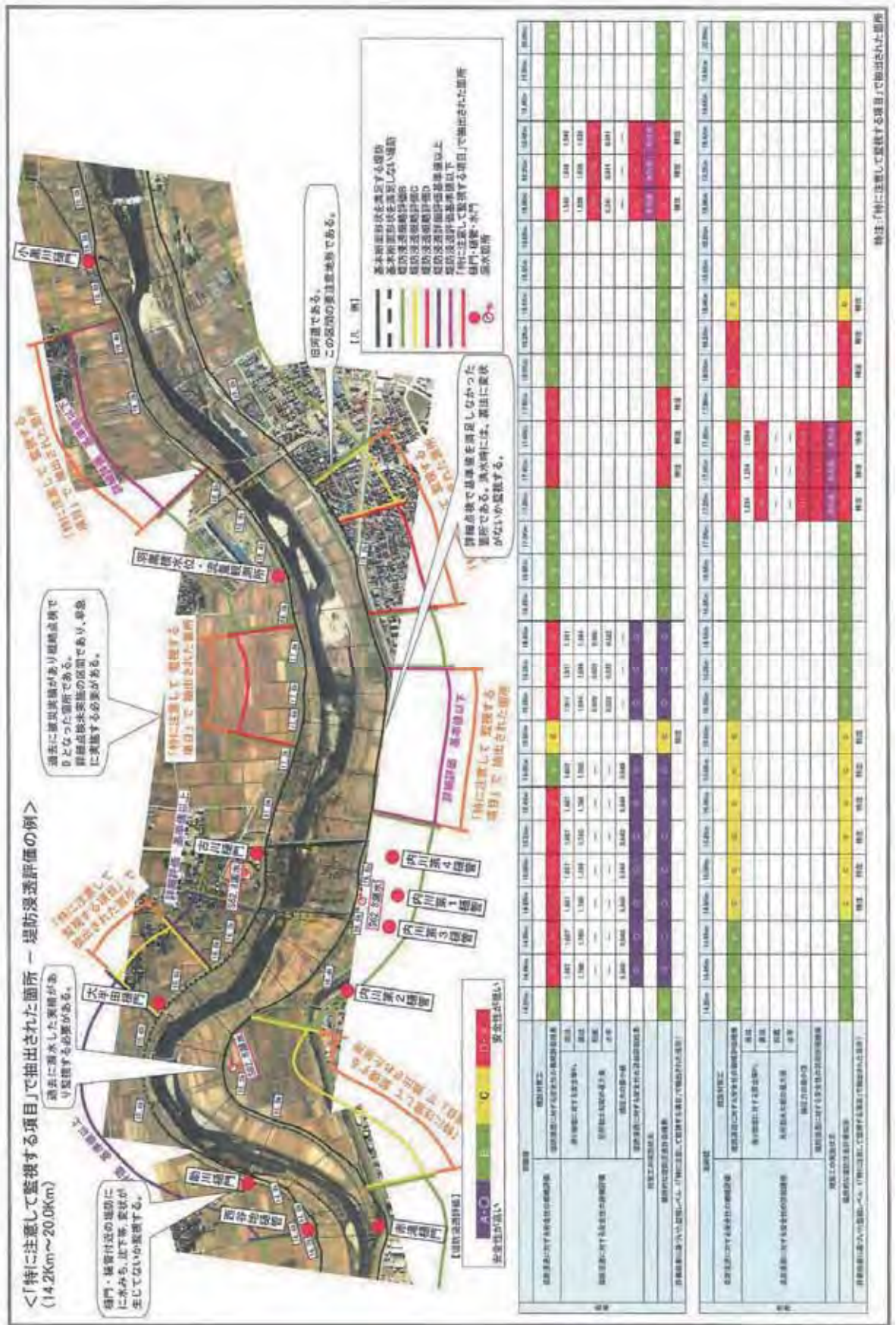


図 4.10.4 堤防浸透の評価結果

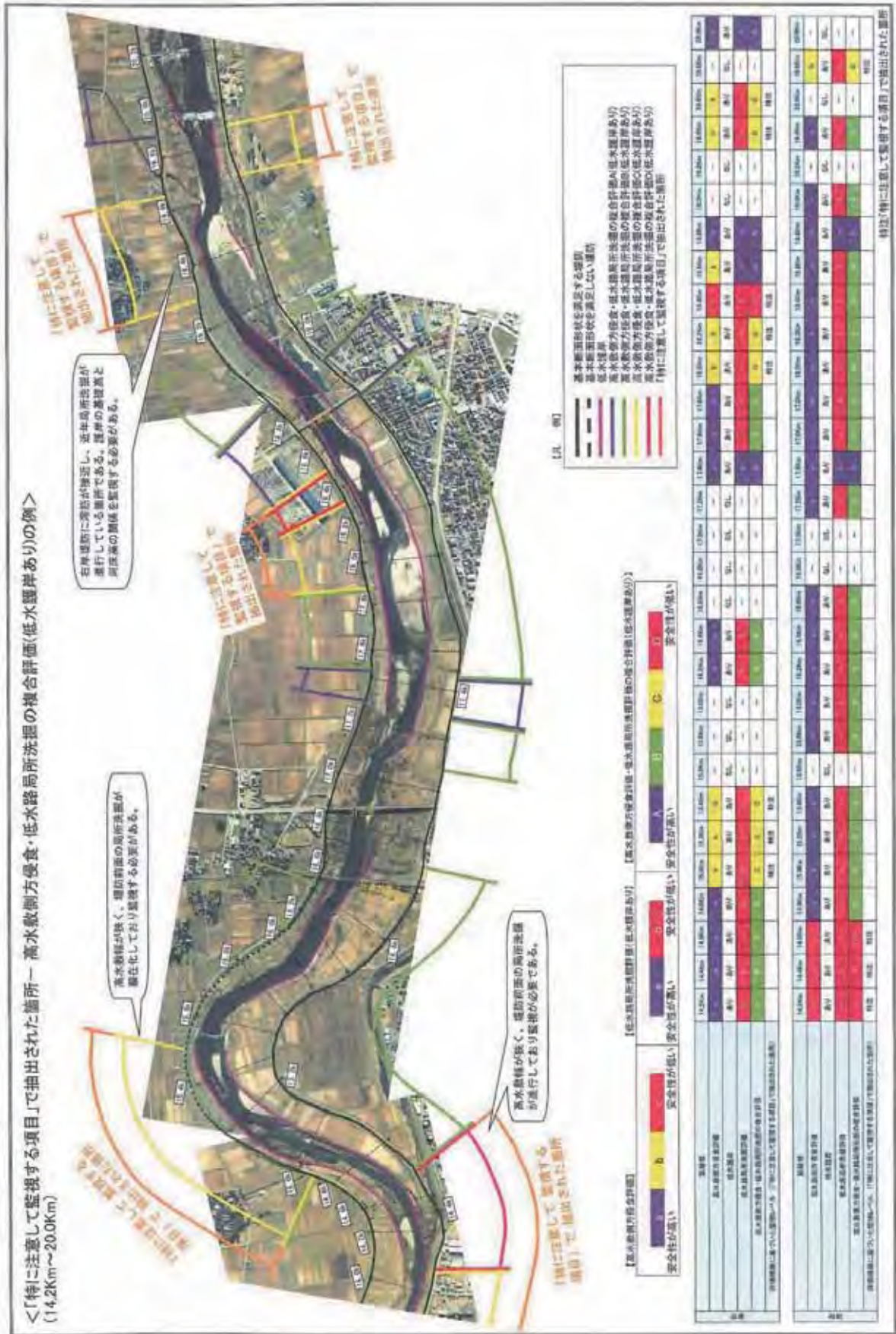


図 4.10.5 高水敷側方侵食・低水路局所洗堀の評価結果

参考文献

- 稲崎富士 (2017) 統合物理探査による河川堤防の安全性評価技術の開発, 河川整備基金事業報告, 助成番号26-113-002.
- 宇多高明, 高橋晃, 伊藤克雄 (1993) 治水上から見た橋脚問題に関する検討, 土木研究所資料第 1993 号.
- 宇多他 (1997) 洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動, 土木研究所資料第3489号.
- 建設省河川局治水課 (1998) 河川堤防の浸透に関する安全性の概略点検について (安全性の概略評価) .
- 国土交通省河川局治水課 (2002) 河川堤防設計指針.
- 財団法人河川環境管理財団 (2005) 流量変動と流送土砂量の変化が沖積河川生態系に及ぼす影響とその緩和技術, 河川環境総合研究所資料 第16号.
- 財団法人河川環境管理財団 (2010) 河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術, 河川環境総合研究所資料 第29号.
- 財団法人河川環境管理財団 (2012) 河川植生管理論, 河川環境総合研究所資料 第31号.
- 財団法人国土開発技術センター (1999) 護岸の力学設計法, 山海堂.
- 財団法人国土技術研究センター (2002) 河道計画検討の手引き, pp. 75-131.
- 財団法人国土技術研究センター (2002) 河川堤防の構造検討の手引き.
- 財団法人リバーフロント整備センター (1999) 河川における樹木管理の手引き, 山海堂.
- 須賀堯三, 西田祥文, 高橋晃, 坂野章 (1982) 橋脚による局所洗掘進の予測と対策に関する水理的検討, 土木研究所資料第 1797 号.
- 福岡捷二, 藤田光一, 加藤善明, 森田完史 (1987) 堤防法面の芝の耐侵食特性, 土木技術資料, Vol. 29, No12.
- 山本晃一 (2010) 沖積河川第2章, 技報堂出版.
- 山本晃一編著 (2005) 護岸・水制の計画・設計, 山海堂.
- 山本晃一, 戸谷英雄, 阿佐美敏和 (2007) 第 3 編 河道維持管理システムに関する検討, 河川環境総合研究所資料 第 18 号, pp. 101-149.
- 山本晃一, 阿佐美敏和, 田中成尚, 新清晃, 鈴木克尚 (2009) 鬼怒川の河道特性と河道管理の課題-沖積層の底が見える河川-, 河川環境総合研究所資料第 25 号

第5章 河道の維持管理対策

5.1 河道の維持管理対策の対応レベル

第4章において河道状態の分析・評価を行い、さらに河道状態の河道機能別ランク付け（水準）について記述した。本節においては、河道状態のランク付け（水準）に応じた河道の維持管理対策について記す。

従来、河道の維持管理対策として位置付けられていたものは、河道の監視、軽微な補修（構造物の補修、堆積土砂掘削、植生管理）であるが、ある一定以上の洪水で河岸侵食対策工である護岸・水制の被災、河岸侵食、堤防の被災、河道内土砂堆積により河積の減少など、維持管理目標を超える変状が生じた場合は、災害復旧として従前の河道機能の回復がなされてきた。災害復旧工事は実質的に維持管理行為であったといえる。維持修繕事業、災害復旧事業、改良復旧事業、激甚対策事業、河川改修事業等の事業毎に国と地方の負担率、予算制度が異なる。河川改修事業や維持修繕事業費の不足もあり、事業費の確保し易い災害復旧事業等の災害後対応事業に河川改修や維持修繕が肩代わりさせられていたといえる。災害待ちという言葉がそれを表わしている。これからの維持管理は、予防保全の観点を強め、全体としての河川災害被害額および修繕費の軽減を目指すべきなのである。必要な維持管理費を確保し得る予算システムへの改善が望まれる。

河道の維持管理対策の基本は、河道の維持管理目標に対する河道の状態の評価水準、すなわち河道機能別ランク付けに応じて河道の維持管理対策を実施するものである。河道の状態が、河道の維持管理目標を満足すれば、通常の定期的河川巡視および点検という維持管理に移行する。満足していなければ、その河道機能別ランク水準とその対応・対策レベル（規模）に応じて、重点監視、補修、復旧、改良復旧、河道計画（河川整備計画）による改修、という河川管理行為の水準を変えていく。

本章では、災害復旧工事までを維持管理対策と見なし、破堤等大きな災害を受け、河道機能の向上を含む対策を実施する改良復旧事業、激甚対策事業等は、計画目標、河道整備計画（河道計画）の変更を伴うので、維持管理行為を超える河川改修事業と見なす。ただし、本章では、維持管理行為を超える河川改修事業（河川整備計画の変更、河道計画の変更）による対処法についても記述している。

河道状態の変化により、既設構造物および河道形状の維持が困難になり、構造物の再配置・改築を伴う場合は、維持管理行為と改修事業の区別が難しいが、その対策規模に応じて区分するしれない。結局は、維持対策費としてどれだけの費用が制度的に確保されるかの問題、すなわち、予算確保の根拠とその社会的容認に関わる問題（法制度・財政制度、意思決定機構）に関わるのである。それについては、ここでは問わないことにする。

なお、河道の変化状態に応じて、河道の維持管理対策の実施、さらには河川改修事業に移行するかの判断行為は、維持管理行為と見なすものとする。

以上の行為を実行し、判断決定する主体は、河川事務所レベルでは事務所に設置される所長をトップとする〇〇川河川維持管理会議（必要に応じてリバーカウンセラー等の学識経験者が加わる）となるが、主要な対策には予算措置を伴うので、地方整備局河川部および本省の担当部局の承認を得る必要がある。なお、所内会議にかける案件・議案の作成や情報の整理、解析行為のサポートは建設コンサルタントが行うことになる。

以下に河道機能別ランク水準による河道の維持対策レベルと内容を記す。

(1) 流下断面の確保

4.4.1において、流下能力不足度と現況堤防の形状を踏まえて、流下能力の観点から図4.4.1および表4.4.1のようにA, B, C, Dの4ランクに段階表示し、そのランクに応じて、監視、対策の対応方針（計画）を立案するものとした。評価結果は、区間毎にこのまま現状を維持・監視していけば良いのか、あるいは築堤、掘削等改修していく必要があるのか等、今後の流下能力管理水準の判断情報として活用する。

評価結果Aランクは、現状では安全であるので通常の監視を行う。Bランクは、平常時は、通常の監視レベル、洪水時は「重点監視箇所」とする。CおよびDランクは、平常時および洪水時の「重点監視箇所」とする。重点監視箇所においては、監視項目、監視頻度、流下能力変化の評価基準等の策定を行い、維持管理行為として実行していく。なお、重点監視箇所は、水防計画における重要水防箇所の設定に反映させる。

まず、流下能力不足の要因分析による流下能力不足量評価結果より、維持管理行為として行う樹木管理、河道掘削等の対策案を策定し、管理目標流量を超える洪水による堤内地の氾濫被害状態に関する情報を加味し、原則ランクの低い区間、D, C, B順に維持対策（越水氾濫による堤内地による被害度により順番の変更があり得る）および河川整備計画に則った工事を施行する。

Ⅱ分類である堤防断面不足に対しては、D, C, Bランク順により、河川整備計画に則り、順次整備していく。

(2) 堤防の機能維持（河岸侵食対策を含む）

① 堤防浸透

4.6.2 (1) で記した方法、および図4.6.1の評価の流れにより、「重点監視項目」で抽出されたC, Dランクを「重点監視箇所」に設定し、洪水時および洪水後の監視・点検を重点的に実施する。他の箇所は「通常監視」とする。

詳細点検において対策工の必要性があると評価された区間は、「重点監視箇所」とし、順次強化対策工の検討および施工する。

洪水時および洪水後の監視・点検において堤防が変状被災したら直ちに応急復旧し、詳細点検を実施し本格復旧の必要性の判断、工法を検討し、必要であれば本復旧に当たる。その後、復旧工法に応じて、当該箇所のランク付けを変更する。

② 堤防・高水敷の直接侵食

4.6.2 (2) の方法により、侵食の恐れのある区間と恐れのない区間に分けし、恐れのない区間は「通常監視」とする。恐れのある区間は「重点監視箇所」とし、洪水時および洪水後の監視・点検を重点的に実施する。

洪水時および洪水後の監視・点検において表層侵食が生じた場合、詳細点検を実施し本格復旧の必要性の判断、工法を検討し、必要であれば本復旧に当たる。その後、復旧工法に応じて、当該箇所のランク付けを変更する。

なお、堤防表法尻付近の高水敷が侵食する恐れがある場合（暫定基準）、また生じた場合は、堤防機能保持工（堤防法尻補強工）の設置を検討し、対策工を実施する。

③ 側方侵食

4.6.2 (3) の方法により、高水敷幅と侵食予測幅により評価する。ここでは、側方侵食と局所洗掘に対する安全度の評価とし、表 4.6.3 による A, B, C, D の 4 段階を使用する。

A, B ランクについては「通常監視」、C, D ランクについては「重点監視箇所」に設定する。D ランクの河岸は、河岸侵食防止対策の検討を行い、予算要求を行い順次、対策を実施する。

A, B, C ランクについては、洪水後、高水敷が堤防防護ライン (⇒5.6.1) を割り込んだ場合は、災害復旧を含めて予算措置を取り、河岸侵食防止対策を実施する。その後、復旧工法に応じて、当該箇所のランク付けを変更する。予算措置の取れない間は D ランクに設定する。

④ 横断構造物

4.7 の方法により、「河川管理施設等構造令」等に基づく基準に対して、基準を満たす構造物は「通常監視」とし、基準に満たない構造物は「重点監視箇所」とした。

基準に満たない構造物は、安全性の詳細検討を行い、危険度に応じて順次、補強、改築という対策を実施する。なお、基準に満たない構造物の被災により堤防が破損する恐れが強い場合には、早急な対応をとるものとする。

(3) 洪水調節施設等の機能保持

遊水地や放水路の洪水調節機能に及ぼす河道区間については、4.8 で記した方法で評価し、「重点監視項目」として位置付け、河道変化および植生変化を「重点監視箇所」と位置付け監視していく。

遊水地および放水路の洪水調節能力が低減し、遊水地・放水路分派点下流の治水安全度が低下する場合、治水安全度の低下程度に応じて、河道掘削、樹木管理、河床低下対策を検討し実施する。どの時点において対策を実施するかは、当該河川の置かれた自然的・社会的条件により異なるので、対応方針は詳細検討を行い決定する。

(4) 河床低下対策

河床低下は流下能力を増加させることより、治水安全性の観点からは河道機能の劣化とは見なされないが、河道内には、既設の護岸水制、横断工作物、橋梁などの工作物が存在し、これらの構造物の機能が河床低下に伴い劣化し、河道内災害、ひいては堤防の損傷に至るので、また、遊水地や放水路の洪水調節機能に影響を及ぼすので、河床変化を監視し、河川管理上の支障となる場合は適切な対策を取る必要がある。

その場合、河床低下という現象が起こる空間スケールとその速度により対応が異なる。河床材料が移動床である場合は、過去の実績河道変化より人為的要因（河道掘削等）によらない平均河床高の年平均低下速度等の評価し、以下のように区分する。

A ランク：年低下速度が 2 cm/年以下、あるいは大洪水という一イベントによる低下量が 10 ~ 20 cm 以下である場合

B ランク：年低下速度が 2 ~ 20 cm/年、あるいは大洪水という一イベントによる低下量が 20 ~ 100 cm である場合

C ランク：年低下速度が 20 cm/年以上、あるいは大洪水という一イベントによる低下量が 100 cm 以上である場合

A ランクは、「通常監視」、B,C ランクは「重点監視箇所」とする。B ランクは、河道監視を強化（重点監視区間に設定）し、5～15 年以内に技術的対応方針を決定する。C ランクは、直ちに河床低下対策を検討し、対策を実施する。その場合、河床低下の要因を推定し、対応方針を的確なものとする。

河床に粘性土、軟岩の露出した場合には、最深河床高の変化速度を尺度基準とし、河川災害の発生ポテンシャル、技術的対応の容易さ（困難さ）の点から、以下のように設定する（財団法人河川環境管理財団，2010）。

難侵食層：年侵食速度（下刻速度）が 0.2 cm/年 （1000 年で 2m ）以下、あるいは大洪水という一イベントによる侵食量が 10 cm 以下である岩層

弱侵食層：年侵食速度が $0.2 \sim 2 \text{ cm/年}$ 、あるいは大洪水という一イベントによる侵食量が $10 \sim 50 \text{ cm}$ である岩層

中侵食層：年侵食速度が $2 \sim 20 \text{ cm/年}$ 、あるいは大洪水という一イベントによる侵食量が $20 \sim 100 \text{ cm}$ である土層・岩層

強侵食層：年侵食速度が 20 cm/年 以上、あるいは大洪水という一イベントによる侵食量が 100 cm 以上である土層・岩層

定義された各侵食層は、河川管理の観点から見ると、次のような技術対応に相当する。

難侵食層：基本的には通常のレベルの河道監視を実施し、問題が生じたら技術的対応を取る。

弱侵食層：河道監視を強化（重点監視区間に設定）し、問題が生じると想定された時点で技術的対応を取る。

中侵食層：河道監視を強化（重点監視区間に設定）し、5～10 年以内に技術的対応方針を決定する。

強侵食層：直ちに技術的対応方針を決定あるいは対応を取る。

表 5.1.1 に実河川における土層・岩質毎の下刻速度と侵食強度区分の例を示した。ここで u_*^2 , V_m , V_{\max} は、それぞれ平均年最大流量時の摩擦速度の 2 乗、低水路平均流速、1/100 年確率洪水時の推定低水路平均流速である。

表 5.1.1 土質・岩質毎の下刻速度と侵食強度区分

地質区分	土質・岩質	場所	u_w^2 (cm^2/s^2)	V_{in} (m/s)	推定 V_{max} (m/s)	下刻速度 (cm/年)	セグメント 区分	耐浸食区分	備考
完新世	腐植土 (Pt)	信濃川洗堰下流	80	1.2		500~600	2-2	強	この層の露出後急速に侵食
"	腐植土 (Pt)	鬼怒川10.5km	140	1.2~1.5		28	2-2	中	"
"	腐植土 (Pt)	鬼怒川5km	140	1.2~1.5		16		中	"
"	腐植土 (Pt)	夕張川放水路					2-2	強	泥炭層が急速に侵食、泥層で止まる
"	腐植土 (Pt)	雄物川10.8km	450	2.8 ($\phi=13$)	4.2		2-1 (1/500)	強	腐植土が溝状侵食
完新世	粘性土 (海成)	鬼怒川9.0km	140	1.2~1.5	2.8	1~2		2-2	弱
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	鬼怒川22.5km	140	1.2~1.5	2.8	35以上	2-2	中(強)	溝状侵食 (幅60m、深さ5m)
"	粘性土 (河成)	鬼怒川25~26km	140	1.2~1.5	2.8	1~5	2-2	中(弱)	Y.P.13mが侵食平坦面
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川58km	220	2	2.5*	28 (最深部)	2-1	強	
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川54km	196	2	2.5*	1~2	2-2	弱	1洪水で3m低下 *遊水地であることを考慮して V_{max} 1.2倍とした。
"	粘性土 (後背湿地堆積物)	荒川46km	196	2	2.5*	11	2-2	中	
後記更新世	泥岩 (下末吉期・海成)	鬼怒川3km	140	1.2~1.5	2.8	13	2-2	中	
"	砂岩 (武蔵期?)	鬼怒川12km	140	1.2~1.5	2.8	3.7	2-2	中	
"	小礫混じり砂岩 (下末吉期・海成)	荒川62km	220	2	2.5*	8	2-2	中	
"	シルト・砂岩 (河成・12万年前)	江戸川43~46km	120~130	1.5~1.7	2.4	2	2-2	弱	
完新世	砂層と判断 (河成・下末吉期)	江戸川51~54km	120~130	1.5~1.7	2.4	14	2-2	中	
後記更新世		利根川79km	150		3.1*		2-2	中	*観測実績より
"	泥岩	瀬沼川20~30km	205	1.7 ($\phi=12$)	2.6	あまり 変化せず	2-2	弱	礫混じり砂の河床に部分的に露出
"	砂・礫岩 (6万年前・河成?)	鬼怒川66.5km	800	3.7 ($\phi=13$)		7~8	1	中	溝状(幅90m、深さ3~4m)の部分の評価
"		久耨呂川					1	強	
中期更新世	砂・泥岩 (下総層群)	養老川20~31km	194	2.4 ($\phi=17$)	3.6			中**	**槽脚部の様子、放水路下流の様子より判断
前期更新世	泥・砂・礫岩 (上総層群)	多摩川53.2k	660	2.7		7	1	中	
"	"	多摩川51.0k	660	2.4		7	1	中	
"	"	多摩川47.0k	610	3		3	1	中	
"	"	多摩川45.0k	610	3.8		8	1	中	
"	"	多摩川44.0k	610	2.9		12	1	中	溝状の部分の評価 (幅30m、深さ2~3m)
"	"	多摩川43.0k	610	2.9		12	1	中	溝状の部分の評価 (幅50m、深さ3~4m)
"	"	多摩川42.0k	610	2.5		6	1	中	溝状の部分の評価 (幅40m、深さ2~3m)
中新世	泥岩 (中・上部中新統)	鬼怒川81~84km	600	2.5	3.7		1	弱・中	スレーキングで風化
"	砂・礫・シルト岩互層 (上部中新統・楊井層)	荒川83km (明戸サイフォン下)			5~8**	1~10	1	中	砂・礫層を差分侵食 **2次元平面流計算より
"	砂・礫・シルト岩互層 (上部中新統・土塩層)	荒川84km	625	2.5	3.8		1	弱	
"	砂・シルト岩 (寺泊層)	信濃川 石巻床止め下流 (大河津分水路内)	225		3.3	2.6	2-2	中	第二床止め下流3m15で侵食進む(深さ15m)
"	溶結凝灰岩 (下部中新統)	鬼怒川107km	1000	2.8 ($\phi=9$)	4.3		1	弱・中	ポットホール・縦筋有り

なお、粘性土の厚さが薄く、その下に砂層がある場合、粘性土の侵食が進み、砂層が露出すると、急激な局所的な洗掘が進むことがあるので注意が必要である（堤防下の土層構造図により、その可能性を判断する）。局所的河床低下による河岸の崩壊が堤防機能に影響を与える場合は、局所洗掘対策を取るものとする。

(5) 河口部の対策

1) 治水機能保全対策

河口が内湾に面し、波浪の影響が小さく河口砂州が存在しない河川の対策は、5.1 (1) に倣う。

河口が外海に面し、河口砂州が存在する場合も5.1 (1) に倣うが、C, Dランクに対しては河口導流堤等の河口処理工の設置や砂州の維持掘削などの対処工の設置などの対応計画を立案し、予算措置を取る。

河道監視に当たっては、砂州形状の変化を写真撮影や簡易測量などの手段を用いて監視し、河口部の特殊現象である砂州形状変化や河口デルタ変化等の基本データの収集を実施する。

2) 河口付近の海岸保全機能保全対策

4.9 (2) で規定したA, Bランクは「通常監視」とする。C, Dランクは「重点監視箇所」とする。Cランクは5~10年以内に海岸侵食対策工について検討し、対策を実施する。Dランクは、速やかに

対策工について検討し、予算措置を取り対策を実施する。

3) 航路機能の評価

4.9 (2) で規定したAランクは「通常監視」、Dランクは「重点監視箇所」とし、必要に応じて浚渫などの対応を取る。浚渫土砂は海岸侵食防止のため、系外に持ち出さず、河口付近の左右の海岸に投入する。

4) 生態系機能の保全対策

4.9 (2) で規定したA,Bランクは「通常監視」とする。C,Dランクは「重点監視箇所」とする。生態系保全空間があり保全対策を必要とする場合は、対策法を検討し、保全対策を実施する。

5.2 流下能力不足区間における維持管理対策手法

5.2.1 流下能力不足区間における対応手段

流下能力判定結果より、確保すべき流下能力が不足している区間および近い将来（5年程度）不足が生じると懸念される区間が存在する場合は、流下能力の確保のため対応方針を決定し、河川工事、植生管理行為を実施する必要がある。

対応手段としては、①堤防嵩上げ、②引き堤、③河道掘削・浚渫、④除草、⑤樹木の伐採・間伐、⑥樹木の枝払い、が考えられる。

①、②の手段は、通常、改修計画（河川整備計画）の一部であり、維持管理対策として取りあげられることはない。

③河道掘削・浚渫は、堆積土砂を掘削あるいは浚渫により除去する方法である。生態系の保全に配慮し掘削形状を決定するべきである。

維持管理としての河床掘削および浚渫は、大洪水後の土砂の異常堆積の除去、感潮区間における堆積土砂の浚渫（本来的に堆積空間であり、河床上昇速度を推定し、維持管理計画に組み込む必要があるか検討する）、島状化した砂州の掘削（樹林化対策を含むのが通例）である。

通常は、河川整備計画の中で掘削・浚渫は位置付けられる。掘削の方法としては低水路拡幅、低水路河床掘削、高水敷の掘削があり得る。低水路拡幅は土砂の堆積により低水路の縮小が生じ維持するのが難しい（セグメント2-1、2-2においては、10～30年程度で戻る）。低水路河床掘削は、既存施設（護岸・水制、横断構造物、橋梁橋脚・橋台）の補強が必要とされ、近年は控えられる方向にある。高水敷の掘削は、湿地あるいは河原環境の再生の目的と組み合わせられて実施される例が増えているが、その掘削標高により土砂の堆積や河岸の再生速度、植生進入状態が異なる。掘削標高を低水位程度とすると、植生の進入と浮遊砂の堆積により河岸の早急な再生が生じ維持管理に苦しむ。④は毎年の除草が必要となる。⑤、⑥は樹林の範囲や樹林密度を管理し、治水安全度を確保するものであり、河川の樹林化が進む河川で取られる手段である。

5.2.2 河川整備計画としての流下能力不足区間の河道掘削

(1) 掘削断面形状設定の基本

掘削は河道形状を人為的に変化させるものであり、河道はそれに対して応答変化する。望ましい掘削形状は、河積増大後の再堆積量が少なく維持管理が容易であり、かつ環境の改善となるようなものである。すなわち、河道の応答特性を的確に把握し、掘削形状を設計しなければならない。

設計に当たっては検討対象区間のセグメントのみならず、河川管理区間全川に亘る河道特性調査（山本，2010）を実施し、縦断方向の河床縦断形状、河床材料、掃流力、川幅、川幅水深比、水深粒径比、植生等を評価し、各セグメントの特徴を総括し、セグメント間の流送土砂の量・質、粗度係数、砂州形態、侵食形態、堆積形態の差異を把握しておく。

さらに流域や河道に加えられた人為的インパクト、大洪水のインパクトが当該セグメントにどのような応答を生じさせたか分析しておくことが肝要である。特に山地部での大ダム建設による洪水流量および流送土砂量の減少、河道掘削のインパクトが河道にどのような反応を生じさせたか、その反応速度がどの程度であるかを過去の河道形状の変化を分析することにより把握することは、必須な検討業務である。一級河川の指定区間外の河川においては、これを評価するための資料が存在し分析可能である（⇒参考資料B.5）。

なお、河道掘削形状の設定に当たって、以下のような検討対象区間の地質・土質および社会的制約条件を把握し、設計に反映させる必要がある。

例えば

- ・付近に道路・鉄道橋が存在し、掘削による橋脚回りの河床高が低下し橋脚の安定性に影響を与える。
- ・掘削により希少生物の生育に影響を与える。
- ・河床の浅い所に基岩が存在し、垂直方向の掘削は多大な費用が掛かる。

また、掘削後の掘削断面の変化および植生遷移を30年程度以上に亘って定性的にでも予測・イメージしておくことが大切である。これは当該河川の河道・環境特性調査および他河川の事例から抽出した蓋然的法則性を利用することにより予測できる（山本他，2005；山本編著，2014；山本，2010）。

メモ 5.1 粗度係数

自然再生時等の礫河原の維持・評価等の際など、平常時の流下能力の評価が求められることがある。この際問題となるのは、低水路内で十分納まり、水深が小さな場合の流れの粗度の設定方法である。低流量時は、底面の影響が洪水時よりも大きくなると考えられるため、洪水時とは粗度が異なると考えた方がよい。

具体的な手法としては、近傍の水位・流量観測所であつ低水まで観測している箇所でのH、Qの値あるいはH-Q式から断面特性を使って逆算することである程度の推測が可能となる。ただし、単断面の検証となるため等流計算とならざるを得ない。さらに流量が少ない場合ほど場所による流れの違いが大きいため、ある観測所に受け持ち区間を設定し一律に粗度を決定することは難しい。

このため、平常時の同時流観の実施、定期水質観測時に水位を測るなど調査地点を増やすこと、また必要な箇所で継続的な流量観測が実施されることが望まれる。

(2) 既往の河道掘削形状の問題点とその対処

河川整備計画に則り河道掘削が必要とされ、その際に河原環境（河原植生）や水辺環境（湿地環境）が復元・再生できるような掘削断面とする試み（計画）がなされている。以下のようなもの

であり種々の問題点がある．新たな形状設計の考え方を示す．

① セグメント1

現在、直轄河川のセグメント1の河道は下流セグメントの接合部を除き、1960年代、1970年代の河道掘削により低水路平均河床高が2～3m程度低下し、これに加えて、山地部における大ダムの建設、植林、砂防事業により洪水流量・土砂供給量が減少し、低水路幅が縮小している．これにより中州の樹林化、堤防沿いの樹林化が進行している河川が増加した．流下能力が不足している区間では樹林伐採、河道掘削等が計画される．

流下能力が確保されているが、強固な中州の発達（樹林化され島状となった砂州）により流路が二分され、大洪水時において低水路河岸の侵食が懸念され堤防安全度の確保の観点から固定化された中州の解消を図る河道形状への変更が企画されること、また水衝部が堤防に接近し水衝部の深掘れ軽減のため、その前面の砂州の一部を掘削し水衝作用を軽減させる計画が立案されることがある．礫河原再生のため掘削により河原の再生が、またハリエンジュ等の外来種駆除のため河道掘削されることがある（財団法人河川環境管理財団、2012）．

これらの掘削に当たっては、河原環境の復元となるように掘削形状が計画される．**図 5.2.1** にその掘削形状の典型例を示す．掘削底高は平水位以上とするのが普通である．

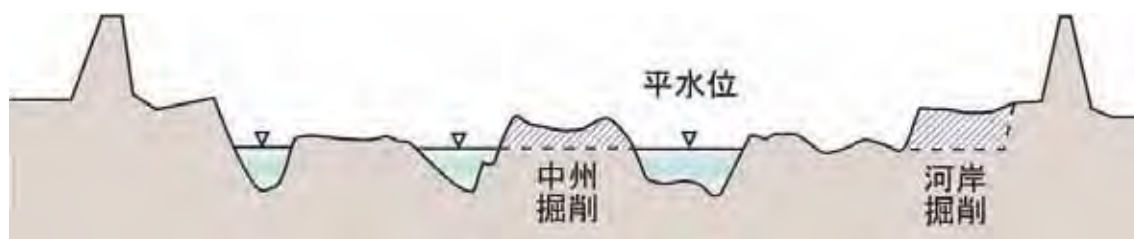


図 5.2.1 セグメント1の掘削イメージ

現河川の川幅は、洪水という自然の攪乱および河川流域に加えた人間の人為インパクトによる応答の結果であり必然である．この川幅を拡大する河道掘削は、河川がなりたがる河道からの乖離であり、掘削後の河道の応答変化を予測する必要がある．

川幅の人為的拡大は河床に働く掃流力の減少となるが、扇状地河川の川幅は広く、また洪水により川幅が変動するという特性を持つ．過去数十年の平均川幅の1割程度の川幅の増減は河道特性を大きく変えるものでない．より川幅を広げると川幅の縮小あるいは固定的な中州が生じると推定され、1.5割以上の川幅の拡大は控えるべきであろう．なお、低水路の掘削により平均河床高が低下後、砂州の再生により最深河床高は、平均河床高の低下量に相当する程度低下する．護岸の根継ぎが必要か判断・対処する必要がある．

大ダムの建設等により洪水流量、河床を構成するA集団材料の供給土砂量の減少により縮小した低水路川幅（樹林化した固定砂州・島状地形の発生を伴う分岐水路の和）を河原環境復元のために広げると、その後川幅の縮小が進む．この縮小速度が遅く、20年以上低水路川幅が確保できれば維持掘削費が大とならず、計画が受け入れられようが、持続可能性のない対応はなるべくなら避けたい．川幅縮小速度は、1960年代後半から1970年代前半の河床掘削および上流の大ダム建設後の洪水流量変化後の河道形状および植生状態の変化を分析することにより、概略見積もることができる．なお、分岐水路化すると流路の曲りが大きくなり、流水の分岐水路への集中により

最深河床高は平均河床高の低下量に相当する程度以上低下する可能性が大きくなるので、低水路水路を統合化するように河道を誘導することが好ましい（山本，2010；財団法人河川環境管理財団，2012）。

大ダムの建設により上流からの河床材料相当（A集団）の土砂補給が減少し、河床表層にC集団が残りアーマ化した河床は、上流からA集団を土砂補給しない限り、生きた河原環境を復元することは難しい。土砂補給が少ない場合には、広げた河道の一部が河床低下し、小段丘化を伴う川幅の縮小とアーマ化が生じる。

長期的に川幅が維持され、生きた河道（砂州の形成）とするためには、洪水流量の増大（貯水ダムの放流操作手続きの変更と放流設備の改良）と河床材料相当の粒径集団の土砂補給（土砂排砂技術の開発と設置）が必要である（山本他，2005）。

低水路幅を変えず平均河床高を ΔZ_m 低下させると、最深河床高の標高が同程度低下するので、河川構造物の基礎高設定および安全度の評価に反映させる必要がある。

河道掘削部は通常平坦化される。平坦化されると洪水時の流線が変わり、砂州の形成に伴う水衝部位置の変化が生じ、河岸侵食災害となることがあり注意が必要である。

② セグメント 2-1

セグメント 2-1 の低水路河道は自然河道であれば通常蛇行している。人為的に河道法線形を規制している場合でも緩やかに蛇行している場合が多い。河原面積を増加させるように図 5.2.2 のように湾曲部の滑走斜面および湾曲内岸高水敷を掘削する計画（複々断面化）がなされる事例が多い。



図 5.2.2 セグメント 2-1 の掘削イメージ

掘削による河積拡大は、洪水時、低水路に働く掃流力の減少であり、土砂の堆積を促す（山本，2010）。掘削後の平均年最大流量時の河床に働く掃流力が掘削前の 1 割程度（河岸高の数倍）以下の減少に押さえない。なお、内湾側の掘削高を平水時の水位に近いものとする、急激に掃流砂によるポイントバーの形成、さらに浮遊砂が堆積し（河畔堆積現象）、河岸の再形成（10～30 年程度）を促す（山本他，1990；藤田他，1996；川畑他，2013）。

流下能力が不足であり、かつ堤防の嵩上げや低水路の河床掘削が構造物の維持や軟岩の露出により難しい場合は、高水敷敷高を低下させるか、低水路河岸再生域を継続的に維持掘削する計画とする。

事例 5.1 川内川菱刈地区の掘削後の河道変化

川内川菱刈地区（九州河道管理研究会資料より）では、**図 5.2.3** に示すように昭和 54 年（1989）に捷水路工事が完成し、低水路の川幅が元の約 2 倍に広げられた。その後、洪水に伴い土砂堆積が進行し、低水路川幅が縮小した。過去の横断測量成果や、出水規模と河岸高上昇量の関係、航空写真からみた河岸の地被状態を整理した結果、以下のようなことがわかった。

- ・当初、平坦に近い形状であったが、時間の経過に伴い側岸に土砂が堆積し河岸が形成され、低水路幅が減少した。
- ・堆積部分は水路近傍が最も高く、水路から離れるに従って低くなる形状となっている。
- ・堆積部分の横断幅は、高水敷形成の初期の段階からほぼ一定である（一部側岸侵食により広がった箇所もあり）。
- ・堆積部分の河床高変化速度は、低水路部に比べ数倍早い。
- ・出水規模が大きいほど、河岸高の上昇速度は増加する傾向にある。
- ・河岸及び高水敷への堆積材料は細粒分であり、低水路河床材料に比べて明らかに小さい。
- ・堆積と同時に滲筋の河床低下が起きているところも見られる。

なお、平成 18 年（2006）7 月洪水の後、激特事業により菱刈地区では河道掘削が行われている。平成 18 年（2006）3 月から平成 19 年（2007）7 月の間に州の河床が大幅に下がっているのはそのためである。以上のような特徴を踏まえると、出水で浮遊している細粒分が植生域に入ってそこに沈降・堆積していると結論できる。

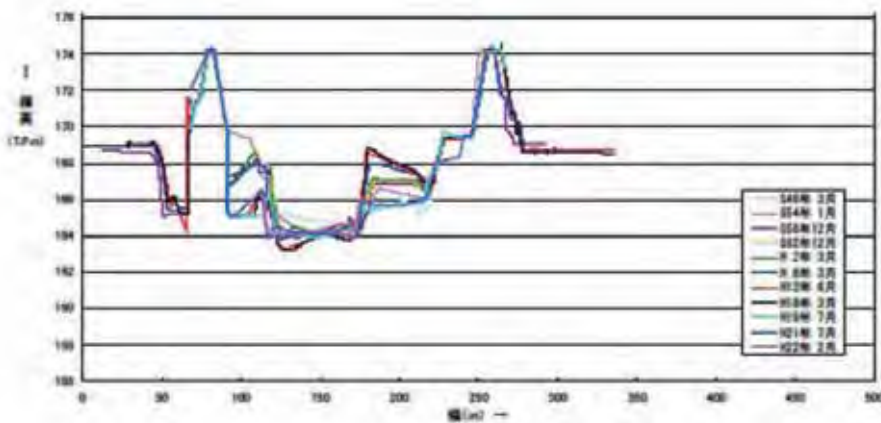


図 5.2.3 68.4k における横断図の重ね合わせ

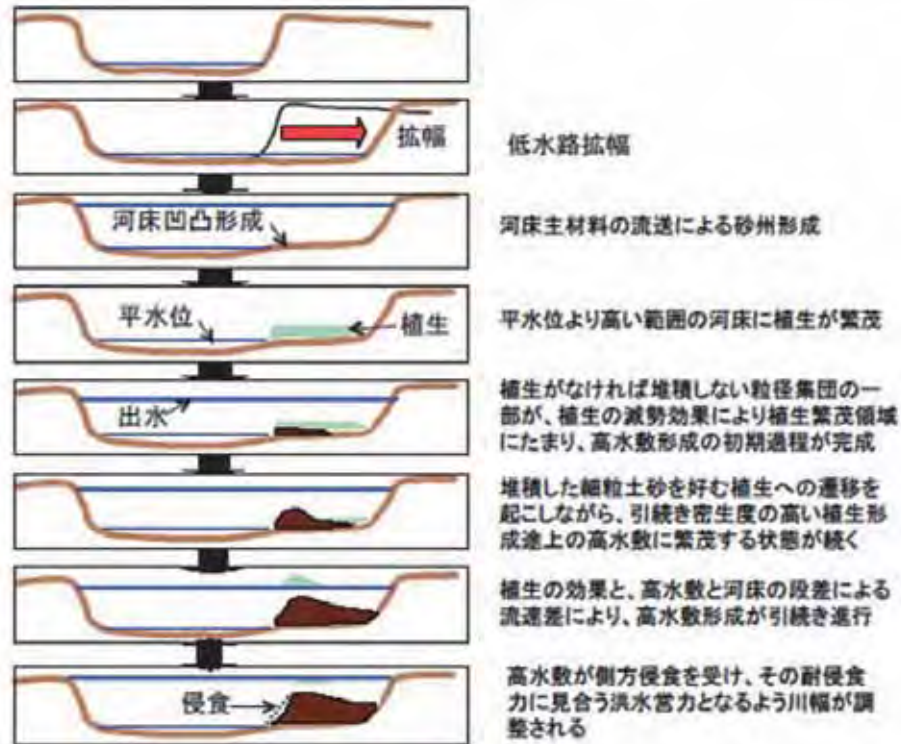


図 5.2.4 低水路拡幅後の変化過程（九州河川管理研究会資料）

当面の河道管理の考え方は以下による。

植生による細粒土砂の捕捉により、とりわけ大規模な出水時には土砂が堆積するという当該地区の特徴を踏まえ、以下の 3 項目のモニタリングを行い、河道管理基本シートを作成して、治水安全性の確認をこまめに（特に規模の大きな出水があった後）行う。

- ・ 植生域での土砂堆積を対象とした管理
 - 河積の減少に伴い、流下能力が基準を下回らないようにする。
- ・ 滲筋部の河床低下を対象とした管理
 - 河床洗掘により、堤防護岸の安全性に影響が生じないようにする。
- ・ 環境面での管理
 - 貴重種であるチスジノリの生息が確認されていることから、チスジノリが好む浅瀬や早瀬、細粒土砂が少ない付着基質（礫、岩盤、ブロック等）といった物理環境の状態について大きな変化が起きていないか確認する。

③ セグメント 2-2

河積不足のセグメント 2-2 の河道では、湿地性植生の生育基盤を造成するために、図 5.2.5 のように平水時水位より多少高い位置を掘削底面とした中水敷造成（複々断面化）を図る計画がなされることが多い。

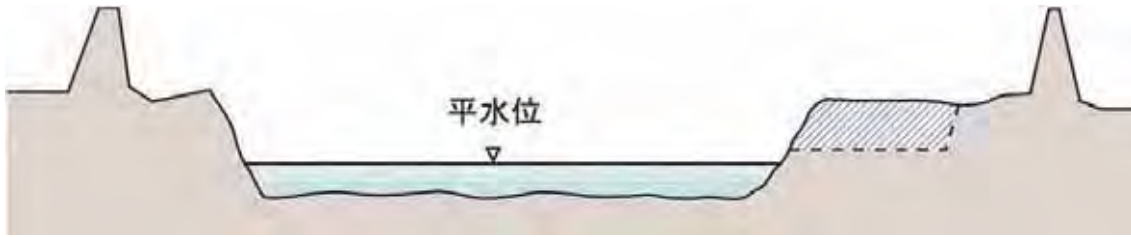


図 5.2.5 セグメント 2-2 の掘削イメージ

しかし，感潮域および堰等の湛水区間でなければ，中水敷に草本類がすぐに進入し浮遊砂が堆積するので，中水敷形状を維持することが難しい．事例によると 10～30 年後には氾濫原化する（山本他，2005；財団法人河川環境管理財団，2010）．再度の維持掘削が必要となる．

草本の侵入を避けるには，河床砂面高以上の高さを掘削とし，低水路の幅の拡大を掘削前の 15% 以下に押さえない．さらなる河積増のためには，引堤や堤防嵩上げという選択肢があるが，現実には不可能の場合が多く，低水路河床を下げざるを得ない．その場合には護岸の補強が必要となる．

④ セグメント 3

図 5.2.6 に利根川 21～22 k m の河積拡幅後の河道横断形状変化を示す（山本他，2010）．なお，18.5 k m にある利根川河口堰により水位が規制され川幅一杯に水面が在る．

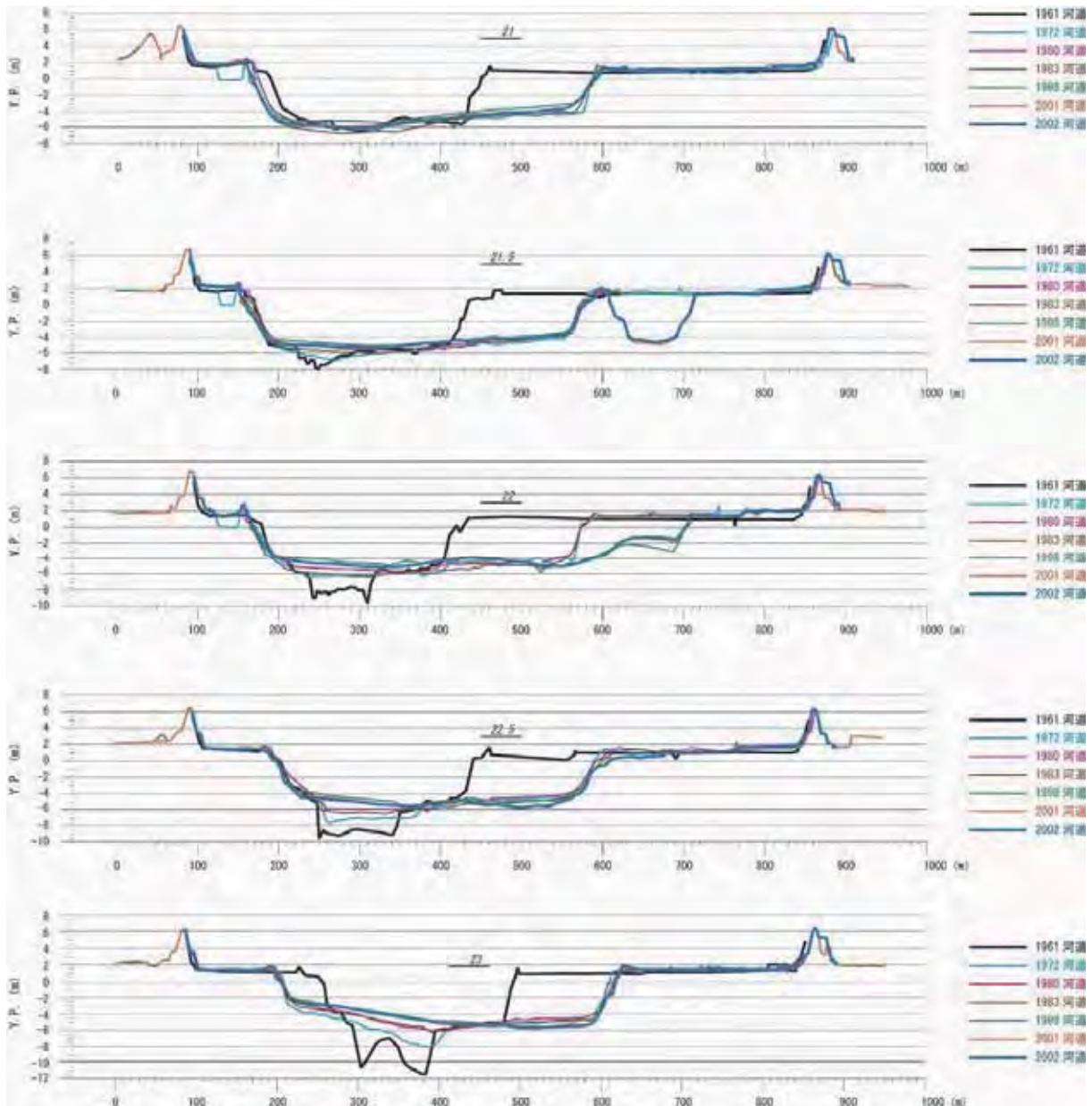


図 5.2.6 利根川下流における河床横断形の経年変化 (21.0km~23.0km)

21~22 km 区間は 30 年間において河床上昇が生じているが川幅は縮小していない。河道の曲がり
が小さいので、横断形状は逆台形状となっている。

セグメント 3 の河道拡幅部は、海水位の影響を受け水面下にあり、植生が河岸付近に生育しに
くく浮遊砂の堆積作用が弱く、拡幅川幅の縮小速度はセグメント 2-1 に比べ遅く 30 年程度は維持
できそうであるが、掃流力の低下により河床上昇や河床材料の細粒化が生じる。河道河積維持の
ための浚渫計画を立案しておくべきである。

なお、細粒砂・シルトを河岸の持つ潮汐流河川（潮位変動が 3m 以上あり潮汐流により河道上
流に細粒物質を運ぶ、ただし洪水により吐き出される）では、河積拡大後、再堆積速度が速く、
河積維持が難しい。

河積不足に対して汽水域環境の保全の観点からどのような断面形状で掘削したらよいかについ

ては、汽水域に生息・生育する汽水性動植物への影響を評価し、維持浚渫を含めて、策定されるべきである。

メモ 5.2 大洪水に異常堆積が予測される場合の対応

天竜川上流河道では、昭和 36 年（1961）洪水による支川から土砂供給による堆積、また狭窄部上流部で 1m オーダの河床上昇が生じた。釜無川では、昭和 34 年（1959）洪水時扇状地下流端において 1.5m 程度の河床上昇が生じた。現在、山地部の砂防ダムの整備、大ダムの建設により、このような大きな河床変動の生じる可能性が小さくなっているが、治水安全度の確保の観点から無視し得ない。

大洪水時に 0.5m オーダの河床上昇の実績があった河道区間では、河床変動計算により河床上昇の予測を行い、河床上昇により管理用洪水位をオーバーしそうであれば、何らかの対応措置を執る必要がある。

河床上昇により管理用洪水位をオーバーする水位分に相当する河床掘削を行い、その河床を維持管理する、あるいは、管理用洪水流量を下げる等の対策が求められる。

(3) 維持掘削後の河道安定性の検討

維持掘削を行う場合、掘削後の河道の安定性を検討することが重要である。検討に際しては、**図 5.2.7** に示す摩擦速度と代表粒径の関係により、掘削後の u_*^2 が掘削前の u_*^2 の 1 割減ぐらいであれば掘削後の川幅や平均河床高の変動は少ないと判断される（⇒**参考資料 B.1**）。なお、川幅の変化は評価できないが、一次元河床変動計算等を実施し縦断方向の中長期の河道安定性について問題が生じないかを検討できる。

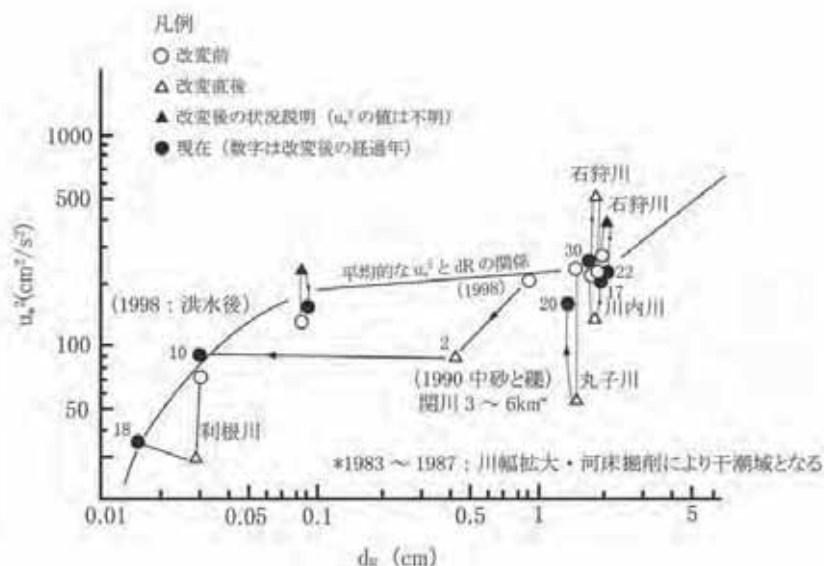


図 5.2.7 人工的河道改変後の河道の応答（山本，2010）

河道の横断形状、最深河床高の経年変化等を詳細に調べてみると、通常なら深掘れの発生する所であるにもかかわらず掘れていない所や予測されるより浅い深掘れの所、逆に深掘れの発達し

ていないと考えられる地点で掘れている所を多々見ることができる。この原因は、河床に河床材料とは異なった土質、地質のものが露出したり、大きな礫が集中したりして、深掘れが抑制されたり逆に異常な深掘れを発生させられたりしているためである。河床掘削にあたっては、河床材料がどのように変化するかを推測するとともに、下層の土層材料を把握しておく必要がある。

セグメントの接合部は勾配急変箇所であり、接合部直上流部は河床の上昇が生じやすい箇所である。そのような地点では、経年的に変化状態を把握しておく必要がある。

河道縦断形の長期変化は、変化の動向を見ながら維持・管理によって対処することが可能であるが、長期にわたりその変化が継続するという性格をもつ。河床の低下を起こす縦断形変化は護岸、橋脚等の河道内構造物の維持・管理、分流点・遊水地等流量コントロールを行う地点の機能維持にとって重要な問題である。

・砂利河道（セグメント 1, 2-1）

流域状態の変化から過去より供給土砂量の減少している河川では、これに伴うセグメント上流での河床低下が考えられる。一方勾配が急減するセグメント下流端では河床上昇が考えられる。これらの変化は橋脚、護岸等の構造物維持と疎通能力確保の面で課題となる。また、砂利河道では砂河道にはないアーミング現象があり、この現象による河床の低下量の減少、または低下速度の減少等が期待される。河床の上昇、低下それぞれの最終的な量と変化速度を予測し、これを踏まえた河道縦断形の設定あるいは河道管理のあり方を検討する必要がある。

・砂河道（セグメント 2-2）

砂利河道と同様、今後供給土砂量の減少が予測され、これに伴う河床縦断形変化、セグメント上流での河床低下が予測される。砂河川は河床材料の移動が砂利河川に比べて速くアーミング現象もほとんどないので縦断形の変化が早期に現れることが予想され、変化速度が速い場合には河道管理上対応が厳しくなることも考えられる。また、砂河川では河床下に難侵食層がある場合には、難侵食層が床止めの役割を果し河床の低下を防止することが期待される。砂河川の河道縦断形を予測し、河床高の設定、河床の管理の在り方を考える必要がある。

・デルタ河道（セグメント 3）と砂河道の接合点

デルタ河道は一般的に土砂の堆積空間であり、特にセグメント 2-2 との接合点では掃流力の急減により堆積が起こりやすい。したがってこの区間では流下能力の長期的な確保が問題となる。セグメント 2-2 との接合点における堆積速度を予測し、この堆積を河道計画、河道管理上へ反映する方法について検討する必要がある。

5.2.3 流下能力不足区間の河道管理と植生管理の関係

流下能力不足区間における植生管理の基本と手法を、低水路域と高水敷域に分けて整理記述する。

(1) 低水路域

河道計画においては、低水路には洪水時に植生が存在しないことが前提である。砂利川では草本類の生育が見られるが、洪水時には攪乱により植生が破壊されると考えられているのである。しかしながら、わが国の低水路と考えられてきた空間は、人為的要因により低水路の縮小や中島が植生の繁茂を伴いながら生じており、治水安全度の確保・河川生態系の保全の観点から除草・樹木の伐採を行わざるを得ない事例が増加している。

河道計画上は、与えられた自然的・人為的環境において河川自身がなりたがる低水路幅、高水敷の地被状態を設定して河道計画の修正を実施するのが維持管理上好ましいが、堤防の嵩上げ、引き堤、河道掘削等を行わないと治水安全度を確保できず、現実的な計画とならないことが多い。したがって維持管理行為として低水路の掘削（拡幅）を含めて樹木伐採を実施するのが普通である。低水路の拡幅部は、樹木の再繁茂期間を長期化させるため、表土層（浮遊堆積物層）を含め低水路平均河床高程度まで掘削してしまうのが好ましい。

(2) 高水敷域（⇒5.3）

高水敷の植生管理は、河川環境管理計画における河川空間管理計画のゾーンタイプ毎の植生景観のイメージに則り管理するべきであるが、流下能力不足区間では樹木の伐採、間伐を行わざるを得ないことがある。どの程度の伐採、間伐が必要であるかの決定は水理計算結果により判断する。伐採あるいは間伐後は、植生の再生状態を監視し、流下不足が懸念されたら再伐採あるいは間伐を行う。なお、高水敷を公園等の利用空間とすると、植生繁茂を制御しえるので、河川空間管理計画の決定に当たっては、流下能力の観点からの考慮を加えゾーンタイプの設定を行う。

なお、流下能力不足区間において草本類を除草し高水敷の粗度係数を低下させるという対応があり得る。しかし草本類の再生能力は高く年2回以上の除草を必要とし、除草による高水敷の粗度管理は公園利用等の利用空間以外は通常なされていない。

5.3 河道内植生の維持管理対策

5.3.1 植生管理の必要性と方法

河川管理者による河道の維持管理行為は、堤防等の河川管理施設の機能保全のために植生管理計画に則り除草・樹木伐採を行うこと、民地を含めて河川区域内の地被状態の監視・状態の把握を行い、治水安全度の評価し、必要な対応を実施していくことである（建設省河川局治水課，1998；財団法人リバーフロントセンター編，1999）。

河川区域内の民地および占用地以外の高水敷植生の管理主体は、河川管理者である。堰・床固め工等の横断構造物周辺は、構造物の機能監視および維持のために除草等の植生管理が為されるが、それ以外の所は、通常、定期的な植生管理は為されていない。植生管理が必要とされるのは次のような場合である（財団法人河川環境管理財団，2012）。

① 治水安全度の確保

河川整備計画で設定された治水安全度あるいは維持管理すべき安全度の水準を満たすように、樹木の成長・範囲を監視し、治水安全度を確保できるように樹木の伐採・間伐・枝打ち(洪水の流下を促進するため下層の枝を枝打ち)する。なお、間伐は残存された樹木の成長を促すことがあり、効果は伐採より短期間である。

従来、河川管理者の費用で伐採・処理されたが、近年は伐採木を河川工事用の資材として利用(岩木川)、市民に無償提供(千曲川、阿武隈川、米代川)し、処理費の軽減が図られている。

平成17年(2005)、千曲川では公募により樹木伐採を実施した。公募伐採の仕組みは、河川事務所で伐採場所を選定し、区画割りを行い、ホームページなどで伐採希望者を募集し、希望者は区画内の木を指定期間内に自分で伐採、小割り、積み込み、搬出するものである。処理された木は伐採希望者に無償提供された。ただし不要な枝葉は希望者が現地に一纏めし、それを河川管理者が撤去処分する。これにより樹木の伐採・処理費のコストが削減された。公募伐採の背景には、薪ストーブ燃料等の需要増加などが背景にある。平成19年(2007)の公募伐採面積24,000m²では約1,100万円のコスト削減効果があった(吉田, 2008)。

② 環境保全

環境保全のための植生管理は、市民団体との協働行為として実施する例が多い。以下に事例を示す。

・自然再生事業としての植生管理

荒川高水敷(上尾市平方)では、自然再生事業として三ツ又ビオトープが整備され(平成12年(2000)完成)、そこでは国土交通省荒川上流河川事務所が市民団体と協力して、セイタカアワダチソウ、オオブタクサの伐根除去作業を行った(外来種影響・対策研究会, 2003)。

・希少種保全

小貝川では、希少種オオムラサキの保全のため対象地区を公園化し、生息環境である樹林(エノキ)を市民団体が中心となり樹林管理をおこなっている(財団法人河川環境管理財団, 2012)。

加古川では、貴重種であるフジバカマの保全のため国土交通省姫路河川国道事務所、地元企業、有識者が連携し、企業が加古川自生種のフジバカマを敷地内で育成し、その株を加古川河川敷に移植した。

・外来種対策

天竜川左支川三峰川では市民団体等から「三峰川アレチウリ駆除大作戦実行委員会」が組織化され、年1回ボランティアによる抜き取りによる駆除が為された。国土交通省天竜上流河川事務所は後援し協力している。信濃川十日町下島地区では国土交通省信濃川河川事務所主催で市民が参加してアレチウリを駆除した(外来種影響・対策研究会, 2003)。

その他にも事例がある。

③ 防火・防犯対策

都市近郊の河川においては、地域からの要望により枯れ草の野火発生防止や防犯上の要請から、除草することがある。

④ 景観の保全・見栄えの改善

地域からの要請により実施することがある。

⑤ クレーム対策

地域住民から河川植生に関する種々のクレームに対する対応として植生管理を実施することがある。

以下に事例を示す。

- ・日陰等による農作物への影響懸念
- ・花粉症原因草本の除草要請

⑥ 人と河川との豊かなふれあい活動の場の維持・形成

ふれあい活動の場の環境の質の維持、利便性・快適性・安全性の確保のために植生管理を実施することがある。

ところで、高水敷の植生を人為的に攪乱せず放置すれば、高水敷植生はその場の環境条件（地形・気候・土壌・水分・洪水攪乱等）に応じて遷移していく。その遷移過程はセグメント毎に、また横断方向によっても異なるが、セグメント3以外では、最終的に樹林化する。

ところが1960年代以前の1級河川の高水敷は、水防林や薪炭林として樹林管理されていた空間以外は草地・畑地空間であった。高水敷草本は、屋根材として茅場、草肥や牛馬の餌の採草地として高度に利用されていた。これが大きく変わったのが1970年代である。近世以後、沖積地の高水敷は自然空間ではなく、ほとんどが農地・里山的な人間との干渉空間であったのであったのである。

河川環境管理基本計画における空間管理計画における自然生態保全ゾーンは、植生遷移を含めた変化を許容する管理が基本であるが、多摩川の自然生態保全ゾーンでは藪化し、何らかの人為的干渉を加えないと沿川住民が望む空間とならず、手を加えざるを得なくなっている（財団法人河川環境管理財団，2012）。河川環境管理基本計画における空間管理計画の策定に当たっては、各ゾーンのランドスケープイメージとその植生管理水準を策定せざるを得ないといえよう。

河川管理者が実質的管理主体となる河川区域内の民地および占用地以外の高水敷植生の植生管理メニューとしては以下のものがあり、実施方法、実施時期、管理頻度を策定する必要がある。

① 放置・自然攪乱

水際帯、河岸付近の植生帯、自然生態系保全ゾーンなど

② 除草（草刈）

樹林化防止、植生景観の連続性の確保（占用地間の官地の除草）、防火対策として、年1回（秋に実施）あるいは2回除草、

③ 選択的駆除

外来種対策として住民等と協働して実施

④ 皆伐・間伐・枝打ち

治水安全度の確保の観点から適宜実施、伐採木の有用資源化

河川管理用通路の確保のため枝打ち等を適宜実施

ハリエンジュ等の外来種対策として住民等と協働して実施

⑤ 踏圧・転圧

車輛・人による踏圧による草本繁茂の抑制

5.3.2 樹木群の維持管理対策の検討

(1) 対象樹木の生育特性の整理

対象樹木の生育条件、生長速度等を整理する。ただし、これらの知見については、現時点ではあまり整理されていないため、水辺の国勢調査(植生調査は5年間隔であったが10年間隔に変更)によって得られる情報の解析、航空写真による分析を行う。しかし、調査データの粗さにより十分な分析が困難であることにより、文献調査や林野系の調査結果も利用し、さらに、モニタリング調査等により、代表樹木(代表木)を選定し、樹高の変化、分布範囲等のデータを蓄積していくことが好ましい。

(2) 流下能力を視点とした維持管理対策

河川整備計画の目標流量を維持管理水準とし、対象とする断面の河積を指標として維持管理を行う。モニタリング調査は、有効河積の変化を把握する河積調査を基本とする。

縦横断測量は原則として5年以内に1回実施することとなっている。

河道の流下能力の算定は、測量の成果を用いて行うことから、流下能力の算定は5年に1回実施することとなる。

ただし、ハリエンジュやヤナギ類等の河道内樹木群の生長速度は速く、5年に1回の流下能力の定量的な評価だけでは、樹木群による流下能力の著しい低下の状態を把握することができない。

このため、測量を実施しない年においては、毎年目的別巡視で実施する平常時の樹木群の定点撮影結果を活用して、樹木群の拡大面積を大まかに捉え、流下能力の低下傾向を把握することとする。

そのために、測量結果に基づく準二次元不等流計算により求めた各断面の $H-Q$ 式と、 H (水位)と断面積との関係から、予め河積と流下能力との関係を把握しておく。このときに設定した樹木群の範囲をベースとして(樹木群の面積等による流下能力の感度分析結果)、毎年定点撮影からわかる樹木群の変化(それに伴う河積の減少)を用いて、流下能力の減少の程度を大まかに算定し、伐採等の対策を実施する際の判断材料とする。

(3) 洗掘・侵食の防止を視点とした維持管理対策

洪水時に、樹木群が堤防や河岸の洗掘・侵食に影響を与えているかどうかの観察・二次元の流況計算を行い、影響があると判断される場合には適切な維持管理方法を検討する。樹木群は、河道の平面形、すなわち低水路法線形(高水敷河岸線、河道内砂州の島状化)と密接な関係にあり、堤防や河岸の洗掘・侵食対策としては樹木群の生育する基盤をも含めて樹木と河道管理を検討せざるを得ない。現在、樹木群の繁茂が課題として認知されている課題と対処法は、

① セグメント1

山間部に大ダムが建設され、洪水流量の減少、供給土砂量の減少により、それ以前に存在した砂州の頂部付近の冠水頻度の減少に伴う草本類の侵入、浮遊砂の堆積、樹木の侵入という植生遷移が生じ、砂州の島状化により、中小洪水時の流水の分岐、集中化、さらに供給土砂の減少によるセグメント1の上流部の低水路の河床低下と河床材料の粗粒化が進み、洗掘深の増大による河岸侵食の恐れが増大、河原環境の減少が見られ、樹木群の維持管理計画が求められている。

対処工法として島状化した部分の樹木群伐採が実施されているが、分岐水路化した合計低水路

幅は、洪水流量の減少と供給土砂量の減少に伴う河床材料の粗粒化というインパクトの現れであり、樹木の伐採のみでは樹木の再生は免れない。低水路幅の縮小という現象は人為インパクトに対する河道の応答の現れであり、ダムの操作ルールおよびダム放流施設を変更しない限りこれを阻止することは難しい。

・対処法1

河道内の島状化を許容し、既存護岸の破損や低水路河岸の侵食の恐れが生じると想定されるところから順次護岸の根継ぎにより補強し、また、中州の樹林化により流水の集中が生じ河岸の侵食の恐れのある場合は伐採する。

・対処法2

平均年最大流量の減少に応じた低水路幅を評価し、その幅に応じた堤防防護ラインを設定し、左右岸の堤防防護ラインの中に低水路を追い込むように、分岐水路の締め切り、高水敷の造成、護岸・水制の設置を順応的に実施していく。樹木伐採を伴った島状部の部分掘削やパイロットチャンネルの掘削も好ましい低水路形状に誘導する手段であるが、高度の技術的判断を伴う。

② セグメント2-1, 2-2

セグメント2-1, 2-2の河道は、蛇行している単列砂州河道が多く、洪水流量の減少、供給土砂量の減少により川幅が縮小し、滲筋が河岸に寄った対岸側に土砂の堆積が生じ、そこが樹林化する。

流下能力上および環境上の問題が無ければ、放置しておいても良い。なお、高水敷の利用形態の変化により放置され樹林群が形成されると、高水敷堤防沿いの洪水時の流速が増大し堤防の侵食の恐れがある場合は、樹木の伐採により流速の緩和を図る。

川幅水深比が大きく低水路内に樹木を伴う島状地形が発達している場合で河岸侵食を助長する恐れのある場合は、樹木伐採を伴う島地形の掘削を検討する。

(4) 環境面を視点とした維持管理対策

「環境面からみた目標設定と樹木の配置計画」で定めた環境面の目標を維持管理水準とし、植生の面積を指標として維持管理を行う。モニタリング調査は、植生の状態を把握する植生調査と土砂の堆積状態を把握する土壌調査を基本とし、目的にあわせて調査を行う。

また、河川生態系は、洪水などによる自然的攪乱がもたらす動的状態において成立しているものであり、常にある場所に同じ植生が維持し続けることは有り得ない。攪乱が大きい箇所では、冠水頻度や比高、無次元掃流力などの基盤環境の変化もあわせて把握することが望ましい。

(5) 巡視・点検を視点とした維持管理対策

「巡視・点検からみた目標設定と樹木の配置計画」で定めた目標を維持管理水準とし、巡視・点検上の支障の有無を指標として維持管理を行う。支障が生じている場合には伐採等の管理を実施する。

(6) 樹木群の配置計画と樹木の維持管理計画の検討

河道内樹木を管理するにあたっては、河道特性情報集を活用し、現況の樹木群を流下能力阻害面、河川施設の維持管理面、河道の洗掘・侵食面、環境機能面から評価し、それぞれの視点から伐採・存置すべき樹木群を選定しつつ、総合的判断により樹木配置一次案を策定する。樹木配置

一次案は治水上の評価・修正を加え樹木配置案二次案とし、これを繰り返し、最終的に維持管理方針やモニタリング内容を整理した樹木管理計画図を作成する。

検討の流れを図5.3.1に示す。

現況評価をもとに、流下能力、洗掘・侵食、環境面、維持管理面それぞれの目標設定を行い、それぞれの視点から伐採・存置すべき樹木群を選定する。また、必要に応じて植樹が望ましい箇所を選定し、樹木配置一次案を作成する。この樹木配置一次案をもとに流下能力、洗掘・侵食の可能性の面から検証を行い、樹木配置最終案を設定する。

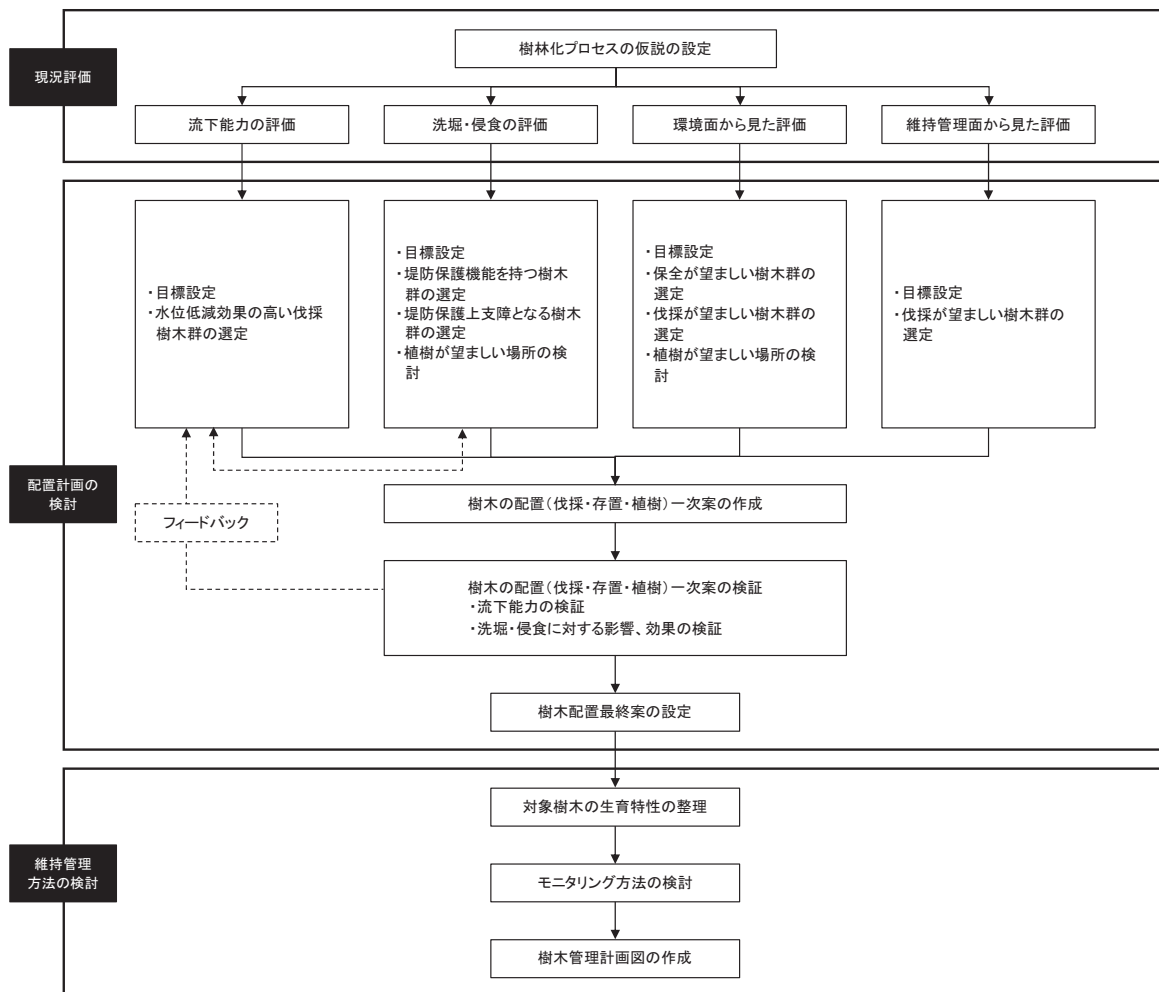


図 5.3.1 河道内樹木群の管理方針の検討手順

① 流下能力の目標設定と樹木の配置計画

2.2 (3) で抽出した管理用洪水流量を管理用洪水水位以下で流下させることができるような樹木の伐採箇所を、流下能力向上のための伐採箇所として位置づける。

現況流下能力が河川整備計画の目標流量を上回っている場合は、当面は流下能力の観点からは樹木を伐採する必要はない。

② 洗掘・侵食を視点とした目標設定と樹木の配置計画

洗掘・侵食面の目標は、堤防や護岸を河岸侵食や河床洗掘等の災害から防護することである。河岸防護の手法としては、護岸や水制等の工法が従来から用いられてきているが、河岸に生育

する柳等の樹林と一体となって河岸侵食の防止機能を担っているものがあり、その場合には樹木群を保全する。

一方、洗掘・侵食の観点から悪影響を与えている樹木群があり、そのような樹木群は伐採することを検討する。

また、高水敷が広く景観が単調な場所、利用者数が多いが木陰が少ない場所等においては、必要に応じて「河川区域内における樹木の伐採・植樹基準」（平成10年6月、建設省河川局治水課）を参考に、植樹が望ましい箇所を設定する。

③ 環境面からみた目標設定と樹木の配置計画

環境面の目標は、河川整備計画等で設定されている河川全体の目標像に照らし合わせて設定することが望ましい。ただし、特に目標像が設定されていない河川では、以下の視点から、実現可能な目標を設定し、保全が望ましい樹木群、伐採が望ましい樹木群を選定する。

- ・過去の場の特性から現在までの場の特性の変遷を自然的・人為的要因から分析し、これからの河川の姿を描出し、樹木群の配置計画の検討を行う。
- ・多様性および連続性の観点から、生物の良好な生息環境に大きく寄与していると判断される樹林は保全することが望ましい。逆に樹林が連続して単調な生息環境を形成している樹木群の伐採にあたっては、多様な生息環境を創出するよう配慮することが望ましい。
- ・集団繁殖地など代替性の低い環境は保全することが望ましい。
- ・希少性が高く、かつ移動能力の低い植物や昆虫類の生育・生息地は保全すること望ましい。
- ・在来の植物の生息環境を著しく脅かす外来種の樹林など、周辺の生態系に悪影響を及ぼす樹林については駆除等も検討する。農林省・環境省によって作成された「生態系被害防止外来種（平成27年3月）」に挙げられている樹木うち、河川で維持管理対象となりうる樹木群としてハリエンジュ、ニワウルシ等がある。
- ・多くの人が利用する場所から見える良好な景観は保全することが望ましい。逆に、地域の主要なランドスケープの眺望を阻害する樹林は伐採等も検討する。

また、河川特性によっては、植樹により、河畔林、コリドー、日陰、シンボル機能等を創出することが望ましい場合もあることから、必要に応じて植樹箇所を選定するものとする。

④ 河川の巡視・点検からみた目標設定と樹木の配置計画

河川の巡視・点検に関する樹木群の目標は、平常時に監視が必要な箇所が巡視路から確認できることである。河川の巡視・点検からの評価結果に基づき、伐採が望ましい樹木群を選定する。

⑤ 樹木の配置（伐採・存置・植樹）一次案の作成

流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各観点からの樹木群の配置案は、場合によっては相反する結果となる場合がある。各河川の各箇所における優先度を総合的に判断して樹木配置の一次案を作成する。

環境上重要だが治水上伐採が必要となる箇所では、代替となる環境を創出するなど、ミティゲーションも検討する。

⑥ 樹木の配置（伐採・存置・植樹）一次案の修正

上記で作成した一次案は、流下能力と流向・流速の水理計算（準二次元不等流計算等）により検討を行い、必要に応じてフィードバックを行って、最終案の作成につなげる。

樹木配置の一次案の評価により、流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各要

素が相反する場合は生じたときには、各要素の調整を行う必要がある。

一次案の評価結果により、流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各要素機能が確保できない場合には、各機能の重要性の差異を考慮して、再度樹木群の配置の修正案を作成し検討を続ける。

⑦ 樹木配置最終案の策定と樹木管理計画図の作成

樹木配置の一次案に対して検証を行った結果としての流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各観点の調和がとれた樹木配置最終案を策定する。

さらに、樹木の維持管理のために 以下のような情報を含む樹木管理計画図等の作成を行う。

区間毎に治水及び環境上の情報、伐採・保全対象樹木群等を記載した樹木管理計画図を作成する。樹木管理計画図は、以下に示す情報等を1/5,000 ～ 1/10,000程度の図面に図5.3.2のように記載することとする。

- ・治水に関する情報

目標流量を満足しているか否か、被災実績 等

- ・環境に関する情報

重要な生息環境、地域からの要望 等

- ・伐採計画

伐採樹木群、保全樹木群、伐採及び保全樹木群の評価結果 等

- ・モニタリング計画

モニタリング計画は、モニタリング調査の内容（目標や指標、注目すべき事項）、調査頻度等を整理する。また、伐採後からの時系列的な管理内容がわかるように記載する。



図 5.3.2 樹木管理計画図の作成例

⑧ アセットマネジメント的な考えを取り入れた樹木管理計画

ここで、樹木管理に、道路管理では良く取り入れられているアセットマネジメント（予防措置）を取り入れた場合の効果と費用発生のイメージを示してみる。

比較のため、周期的に伐採を繰り返す「ケース1」と予防措置を組み込んだ管理である「ケース

2」を併記した。

ケース1とケース2の具体の対策を以下に示す。

ケース1：周期的に伐採を繰り返す。予防措置は行わない。

このため、（伐採のコストを一定とすると）伐採周期に当たる年に同程度の費用が発生するがその他の年は費用が発生しない。

ケース2：優先順位をつけながら、ある期間を掛けて伐採（全伐）し、その期間以降は、ケース1より短い期間で伐採を繰り返しつつ、アセットマネジメント（予防措置）として河川管理施設の周囲等重要な箇所においては毎年剪定を行う。

このため、ある程度の費用が毎年発生する。

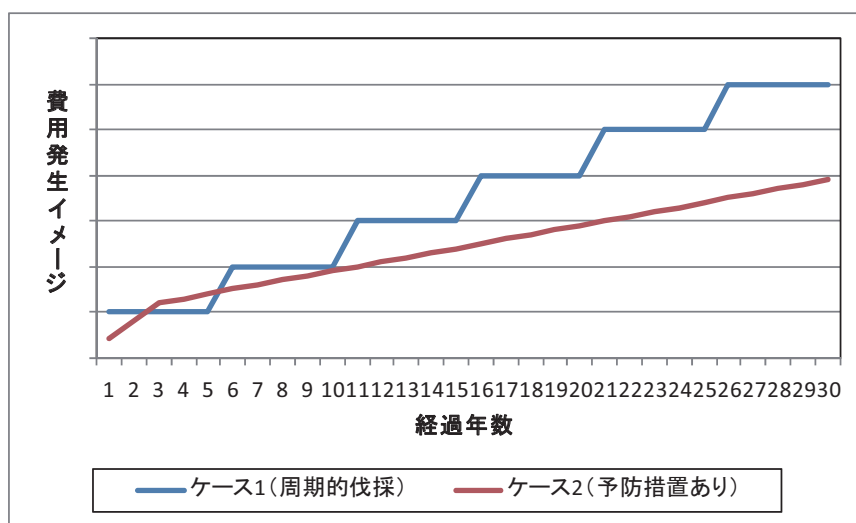


図 5.3.3 費用発生イメージ

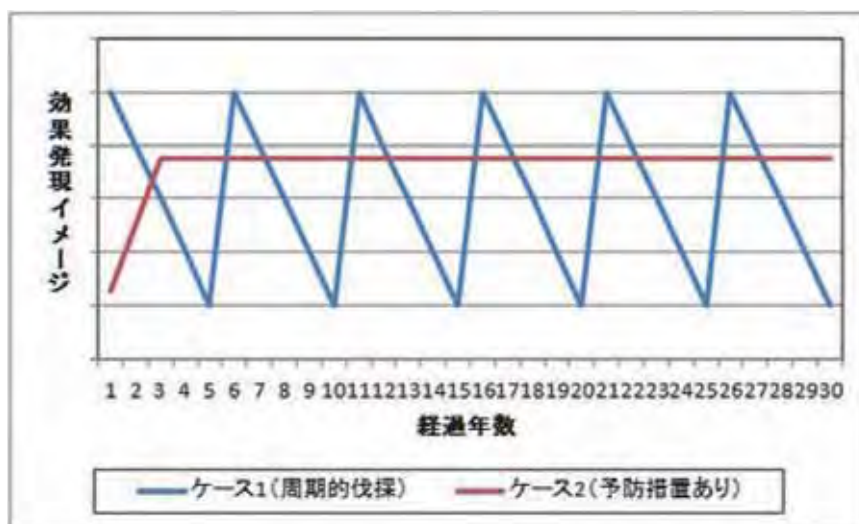


図 5.3.4 効果発現イメージ

費用面でケース1と2を比較すると、伐採周期が短い方が労力が少ないことから累積費用はケース2の方が安くなる。一方、その効果はケース2では毎年の剪定と短い周期の伐採により効果が一定に保たれるのに対し、ケース1では全伐した際の効果は大きいものの、経年的に劣化するというサイクルが繰り返されることとなる。

これらのことから、樹木管理にアセットマネジメント（予防措置）を取り入れることは費用削減と効果の継続につながり、有効であると考えられるが、対象植物の成長速度や剪定の手法などを検討し、最適なサイクルを設定する必要がある。

メモ 5.3 河道流下断面の確保の観点からの植生の維持管理目標と維持管理計画

河道流下断面の確保の観点からの河道の維持管理は、管理用洪水流量（通常は河川整備計画における計画洪水流量）を維持管理用洪水位（通常は河川整備計画における計画洪水位）以下に植生を維持管理することである。植生は時間経過において変化するものであり、変化を監視し、適切な時期に河道の掘削および植生の除草、樹木伐採を実施する必要がある。

ここで課題となるのは、管理用洪水流量を前提とした管理用洪水位を確保するための植生の除草・樹木伐採と言う行為の見直しサイクル期間 T（維持管理行為を繰り返す間隔年）の設定の考え方、および維持管理行為による流下能力回復量の設定の考え方である。

検討対象河道区間の流下能力が、管理目標流量を上回り、かつ流下能力が経年的に増加傾向にある場合には、流下能力確保のための維持管理行為は必要とされず、河川利用、景観・生態系の保全の観点から植生管理がなされる。

植生の成長・繁茂域の増大により流下能力が減少し、かつ近未来において管理用洪水位を超える恐れのある区間では、管理用洪水流量を確保するための河道の維持管理が必要とされる。この場合の見直しサイクル期間 T と流下能力回復量の設定は、以下のように考える。

サイクル期間 T は、河道形状および植生調査のインターバルは、それぞれ、概ね 5 年、10 年程度とされ、また河川整備計画のチェック・見直しは 5 年程度でなされると想定されるので、5 年程度が目安となろう。当然 T 年以内に大きな出水があり植生状態が大きく変われば、そこで河道の維持管理計画を見直すことになる。なお草本類は、河川利用、景観・生態系の保全の観点から植生管理を実施しなければならないことがある。流下能力減少率が一定であれば、流下能力減少分だけ、毎年、維持管理を実施した方が維持管理コストは小さくなるが、その差は大きなものでない。洪水の発生の偶然性や、樹木の高木化による樹木の繁茂密度の減少や阻害率の減少等も有り、未来の不確実性や流下能力評価の不確実性（粗度係数 10%の差異は評価水深の 6%の差異に相当する）を考えると、5 年程度の間隔での見直しが妥当であろう。P D C A サイクルに繰り返されるべきなのである。

流下能力回復量の設定は、近年の流下能力の減少量を過去の記録より算定し、5 年間の最大減少量を目安とすれば良い。

なお、現在生じている流下能力の減少は、高水敷耕作地の放棄地の樹林化、治水ダムによる洪水流量の減少に伴う低水路幅の縮小や砂州に固定化による樹木生育空間の拡大、流下能力拡大という治水目的による低水路幅の拡大や河床掘削の河道の応答としての低水路幅の縮小や河岸高の増加に伴う樹木生育空間の増大、昭和 30 年代前半まで行われていた草肥、燃料、建築資材として採取され管理されていた植生が生活様式や農業技術の変化により利用されなくなったという社会構造の変化に起因している。

植生と河道形状の管理を同時に行わざるを得ない場合が多いのである。

メモ 5.4 樹木伐採箇所および礫河原再生などの事業実施箇所の管理

樹木伐採箇所については、対象樹種が、例えばハリエンジュのような外来種等の場合、生命力・繁殖力が強いいため、1回の伐採で何年もその状態を保つことは困難である。

また、自然再生事業等によって再生された礫河原は、1～3年後にはその場所が冠水しないと草本が侵入する。河原に特徴的な植生ならば問題なく、その後の出水等で更新されていくと考えられるが、外来種や陸生の植生等が侵入した場合、出水が発生しても元の礫河原に戻ることは難しい。

このため、毎年決まった時期（若木を発見しやすい春期が望ましい）に対象箇所を巡視し、外来種や樹木を抜き取ることで河原、樹木伐採の状態を長期間維持できる。外来種や樹木は、1年目の若いものであれば、抜き取りなどの処理が比較的簡易で安価に行える。この方法は、毎年、維持管理費が発生するが長期的にトータルで見ると安く、良好な状態が保てるといえる。つまり、何年かに1回大規模に樹木伐採などを実施するよりもこまめに維持管理をするほうがコスト面においても環境維持的の面からも効果的である（アセットマネジメント的な考え方）。

なお、河川水辺の国勢調査の調査枠組みの変更によって、植生調査は1回/10年、河川環境基図作成調査が1回/5年となった。植生調査は出現種の調査となり、植生図は河川環境基図作成調査で作成することとなり、後者がモニタリングの資料としてはふさわしい。しかし、このスパンでは樹木伐採箇所等のモニタリングには間隔が開きすぎるものと考えられる。このため、これらの箇所については別途モニタリング計画を作成し、上記で述べたように1回/1年程度のモニタリングを実施し、アダプティブな管理を実施することが求められると考えられる。

樹木管理の方法としては、樹木伐採（全伐、伐開）、間伐、枝打ちが主な手法として考えられる。それぞれの特徴を比較すると下表のようになり、初期コストはかかるが伐採（全伐、伐開）するのが、一番効果が高いといえる。

樹木管理の手法	労力	効果の継続時間	伐採後の管理
伐採（全伐、伐開）	群落単位等で全伐のため、あまり労力がかからない（作業的には容易な作業）。	長	継続的に巡視。 若木を発見したらすぐ処理。
間伐	残木の選定があるため検討時間、作業時の労力がかかる。	↓	樹種によっては地下茎でつながっているため、元に戻りやすいことがある。残木の生長が早くなり幹が太く、樹高がたかくなりやすい。
枝打ち	1本1本への措置となるため、労力がかかる。		樹高が伸びやすい。 若い枝が生えやすくなるなどで元に戻りやすい。

図 5.3.5 樹木伐採・間伐・枝打ちの比較

5.4 河床低下に対する維持管理対策

5.4.1 河床低下の原因と維持管理の必要性判断

河床低下には河道全体的な低下（平均河床高の低下）と局所的な低下がある。本節においては、前者の平均河床高の低下に対する維持管理対策について記し、後者の局所洗掘対策は5.6の河岸の維持管理対策で論じる。また河床に粘性土や軟岩の露出した河道における河床低下に対する対策は、5.5にて論じる。

河床低下が生じる原因としては

① 河床掘削および浚渫

流下能力増大のために意図的に河床高を低下させるものである。これにより、通常、平均河床高の低下量相当程度の最深河床の低下が生じる。

② 上流域からの供給土砂量の変化

上流山地部における大ダムの建設、砂防ダム群の設置、治山工事は、沖積河川への土砂供給量を低減させ、河床低下の原因となる。

③ 横断構造物による土砂捕捉

既存の頭首工・落差工上流の河床掘削は、横断構造物上流に堆積空間を生じさせ、下流への土砂補給量を減少させ、河床低下の原因となる。

④ 河道内河川工事に伴う仮締め切り工の施行

護岸工事等ため、河道内に仮締め切り工を設置すると、出水時の洪水流向の変化や流水の集中により河床の洗掘が生じ既設構造物の被災の原因になることがある。

②、③の原因による河床低下はゆっくり進むものであり、その影響程度の予測が技術的に難しかったこともあり、河道計画に反映され河床低下に対する対処法が検討されている河川は少ない。ようやく、総合土砂管理の観点から対処が検討され始めた段階である（山本編著，2014）。

そもそも河床低下は流下能力の増大であり、河床低下による既存構造物の補強費用が安ければ河床低下を許容することになる。

現状は、橋梁の被災や護岸水制の被災が生じ、その護岸・水制被災が堤防被災につながる恐れがある場合、横断構造物下流の護床工の被災が生じた場合に、後追いの河床低下対策が取られているというのが実態である。

河床低下対策が必要となるのは、

- ・鉄道橋、道路橋のピヤーの変形が生じ、あるいは恐れのある場合
- ・頭首工や取水堰の下流が低下し、護床工の被災が生じ、あるいは恐れのある場合
- ・河床低下により既設の護岸水制の被災が生じ、また恐れがあり、かつ河川堤防や重要横断構造物の被災につながると予想される場合

等である。

河床低下による維持管理対策の必要性判断および維持管理対策の立案に当たっては、河床変化を予測し、どの時点で問題（被災）生じるかを個別（対象構造物の被災発生河床高とその被災が堤防に及ぼす影響を個別に分析）に検討する必要がある。河床変化の予測法については**参考資料 B.4**を参照されたい。

5.4.2 平均河床高低下対策

河床低下に対する具体的対策としては

① 床止め・落差工

橋梁橋脚の周辺の河床低下を防ぐため、橋梁部あるいは少し下流部に床止め工・落差工を設置し、河床侵食基準面として、その上流の河床低下を防ぐものである。

セグメント1においては、床止め工下流の河床低下を防げない。これに対しては護床工の追加で対処する。

セグメント2-2では、床止め工が浮き上がるので、床止め工を橋脚部下流に設置し、橋脚周辺に侵食防止工を併設するのが好ましい。河床変動計算により床止め工の浮き上がり量を評価し、浮き上がりに対処できる構造形式とする必要がある。

② 土砂補給

河床低下の原因となる上流部からの土砂供給減少に見合う、土砂補給を行うものである（⇒5.5.3 (2) ②）。総合土砂管理的視点が必要であり、技術開発途上にある（山本編著，2014）。

③ 護床工の補強

既存の落差工、固定堰は下流の河床低下により下流側の水位が低下するので、堰に働く流体力が増加する。構造物の設計条件が変化するので、安全性の照査を行い必要な補強を行う。

下流護床工の設置高、護床工長さ、構造形式、側方侵食に対する対策工、魚道を設計する。この場合、設計条件である護床工の耐用年内での下流の河床低下量を予測する。

④ 護岸・水制の補強

既存の護岸・水制については、今後、30年程度の河床低下量予測に基づいて、根固め工の補強、根継ぎ工を実施する。

5.4.3 局所洗掘対策

水衝部の局所洗掘深を軽減するために、低水路平面形状の変更（湾曲度の減少）による流れの集中の緩和、湾曲部外岸水衝部の洗掘深軽減のため内湾側ポイントバーの掘削あるいは洪水を内岸側に寄せるための水路掘削、中州の島状化・樹林化による河岸沿いの水衝部の発生や洗掘深の増加を抑制するための中州の掘削・樹木の伐採は、河道の維持管理対策と言える。なお、上記の対策を実施すると、水衝部位置の移動（通常下流に移動）、当該地点および下流の砂州形状の変化が生じるので、その対応についても検討し対策を検討する。なお、水衝部対岸あるいは中州河岸の堆積部の掘削は、その後、掘削部の堆積が生じるので維持管理面からの対応方針を定めておく。

通常、局所洗掘対策は河岸侵食対策工の設置を伴う。これについては5.6.2～5.6.5において詳述する。

事例 5.2 渡良瀬川，阿武隈川における局所洗掘深の軽減のための砂州の掘削

山地部での大ダム建設による洪水流量および流送土砂量の減少に伴い、河道の攪乱頻度が減少し、砂州の固定化が多くの中州でみられている。砂州の固定化等に起因する水衝部の発生や砂州の樹林化といった課題に対して、水衝部対岸砂州に掘削路を設置することにより、流れが分散し、

水衝作用の緩和や樹林化抑制が期待できる。その事例として、渡良瀬川と阿武隈川の対策を記載する。

(1) 渡良瀬川における掘削路設置による砂州の固定化対策

利根川支川渡良瀬川の昭和橋下流地点は、高水敷の造成、砂州及び外岸部低水路の固定化により、水衝部が発生し、堤防等への影響が懸念される状況であった。同地点（47.2k～47.8k）において、水衝作用の緩和のため、水衝部対岸の砂州に掘削路設置が行われている。この掘削路は、橋梁補強工事の仮排水路の利用や平面的な凹凸を設けるなどの工夫がなされている（清水他，2015）。

■抑制対策の諸元

- ・対 策：水衝部対岸砂州に掘削路を設置
- ・位 置：渡良瀬川 47.2k～47.8k
- ・施工年度：平成 24 年（2012）3 月
- ・河 床 高：現況砂州から 2m 程度下げる
- ・河床勾配：当該区間の河床勾配を踏襲（ $I=1/150\sim 1/200$ ）
- ・河 積：平均年最大流量時の河積の 10%程度
- ・法 線：右岸付近の砂州を縦断するように設定
- ・そ の 他：現況河道の水衝部にあたる河岸沿い深掘れの一部を袋詰め根固工と掘削発生土砂で埋め戻している

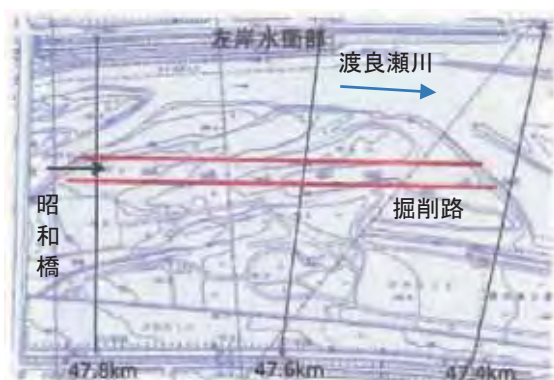


図 5.4.1 掘削路の位置



図 5.4.2 掘削路の施工状況

施工後、平成 24 年（2012）6 月と平成 25 年（2013）9 月に $1000\text{m}^3/\text{s}$ 規模の出水を受けたが、堆積等の問題はなく、平水時・洪水時とも主流になっており、水衝部における水衝作用の緩和が確認された。また、掘削路設置により、砂州の冠水頻度が増加することで、樹林化抑制に対しても少なからず効果が発揮されていると考えられる。

(2) 阿武隈川における掘削路設置による河床低下の抑制対策

阿武隈川の鎌田大橋地点は土砂が堆積しやすい湾曲部となっており、内湾部砂州の発達と外岸部低水路の固定化により、水衝部では河床低下及び河岸侵食が進行している状況であった。同地

点 (21.6k~22.4k) において、河床低下抑制のため、水衝部対岸の砂州に掘削路設置が行われている。

■抑制対策の諸元

- ・対 策：水衝部対岸砂州に掘削路を設置
- ・位 置：阿武隈川 21.6k~22.4k
- ・施工年度：平成 26 年 (2014) 4 月
- ・河 床 高：平水位程度を基本とする
- ・河床勾配：当該区間の河床勾配を踏襲 ($I=1/940$)
- ・河 積：平均年最大流量時の河積の 10%程度
- ・法 線：右岸付近の砂州を縦断するように設定



図 5.4.3 掘削路の施工状況

施工後、流れの集中が掘削水路へ分散され、河床低下の抑制効果が確認された。ただし、湾曲部上流端ではみお筋の鋭角化が進行しており、他箇所での河岸侵食の危険性が生じている。

なお、掘削路の設置効果については、河道勾配や砂州の構成材料、流況等の条件に依存すると考えられ、河川によっては十分な効果が得られない可能性があるため、個々の河川で検討が必要である。

5.5 粘性土・軟岩露出区間の河道の維持管理対策

5.5.1 粘性土・軟岩が露出している場合、また近い未来に露出が予想される河道の河床低下対策の流れ

ここでは、粘性土・軟岩が露出し、あるいは露出が予想される河道区間がある場合の河床低下の予測の考え方について記す（財団法人河川環境管理財団，2010）。

検討の流れは以下のようである。

① 検討対象河川の河道・環境特性を整理する。

整理法は、資料 A，参考資料 B.1，メモ 3.1 を参考にする。

② 軟岩および粘性土が露出し、あるいは露出が予想される場合、河床変動速度・低下量の評価を行う。

- ・最深河床高，平均河床高，河道横断形状の変化を調べる。
- ・変化を生じさせる要因（砂州の変化，河床掘削，山地部のダム等における堆積土砂，横断構造物）の抽出とそれに関する情報の整理を行う。
- ・地層層序図を作成あるいは修正する。河成・沼成の粘性土・腐植土は層厚が薄いことがあり，その層下の土質が的確に把握されているかチェックする。
- ・粘性土・軟岩露出区間および 30 年以内に露出しそうな区間を推定する。推定法はメモ 3.2 を参照する。
- ・粘性土・軟岩露出河道の河道変化形態と変動速度の実態分析を行う。
粘性土・軟岩露出河道に働く洪水時の掃流力に対して，粘性土・軟岩の侵食速度を評価・推定し，分類を行う（難侵食層，弱侵食層，中侵食層，強侵食層の 4 タイプ⇒5.1 (4)）。表 5.5.1 は，セグメント別に岩質ごとの想定されるタイプを示したものである。
- ・地層・岩質ごとにその物理特性を推察する。すなわち侵食形態，侵食耐力を評価する。評価法は，メモ 3.2 および文献（財団法人河川環境管理財団，2010）第 4 章，第 5 章を参照する。必要に応じて物性を調査する。

③ 河道の変化とその変化要因との関係について分析を行う。ここでは粘性土・軟岩露出部を含めた河道全体について 30 年後，100 年後の河道状態を定性的に評価する。

④ 生じるであろう問題点（治水，利水，環境）を予測し，対処手段（河床変化監視のみ，床止め，落差工，床固め，護岸根継ぎ，構造物等の根継ぎ，河床材料の置き換え，土砂供給，魚道の設置，土砂補給，等々）を検討する。

⑤ 必要に応じて河床変動計算により対処工法の持続時間や効果について評価する。

⑥ 対処工案を含む複数の河道計画案を作成し，コスト，持続性，安全性，生態環境，景観の評価を行う。

⑦ 専門家および流域住民等の意見を聴取し修正する。

表 5.5.1 地質およびセグメントによる侵食特性に関する 1 次判断の目安 (財団法人河川環境管理財団, 2010)

セグメント区分	地質年代・岩質	耐侵食区分
セグメント 1	上部・中部更新統： 河成堆積物 火砕流堆積物 岩砕流れ堆積物	中侵食層 溶結度により区分が変化, 圧縮強度 200kgf/cm ² 以上難侵食層 弱・中侵食層
	下部更新統・鮮新統： 河・海・湖沼成堆積物 火砕流堆積物 岩砕流れ堆積物	弱侵食層あるいは中侵食層 溶結度により区分が変化, 圧縮強度 200kgf/cm ² 以上難侵食層 弱・中侵食層
	新第三系 (中新統)： 海・河・湖沼成堆積岩	弱侵食層 ※スレーキングする泥岩 (水中で 3m/s 程度, 水際では溶ける, 小片化)
	古第三系: 堆積岩, 火成岩, 変成岩	難侵食層あるいは弱侵食層
	中・古生界： 堆積岩, 火成岩, 変成岩	難侵食層
	溶岩岩脈	通常難侵食層, ただし岩脈が薄いと節理がブ ロックとなり転動することがある
	風化岩 (マサ等), 破碎岩, 変質岩	弱・中侵食層
セグメント 2-1	沖積層	中侵食層
	上部・中部更新統： 海・河・沼成堆積物	中侵食層
	下部更新統・鮮新統： 海・河・湖沼堆積岩	弱侵食層 (岩質によって異なる) 溶結凝灰岩=難侵食層 シルト岩=弱侵食層および中侵食層 礫岩=弱侵食層
	新第三系： 海・河・湖沼成堆積岩, 火成岩	弱侵食層
	古第三系： 海・河成・湖沼堆積岩, 火成岩, 変成岩	弱侵食層
	中・古生界： 堆積岩, 火成岩, 変成岩	難侵食層
	溶岩岩脈	通常難侵食層, ただし岩脈が薄いと節理がブ ロックとなり転動することがある
	風化岩 (風化花崗岩), 破碎岩, 変質岩	中 (弱) 侵食層
セグメント 2-2	シラス層 (九州南部) 溶結部	中侵食層あるいは強侵食層 弱・中侵食層
	完新統: 粘性土	中侵食層 (Vc=2~3m/s), 弱侵食層 (Vc=3~4m/s)
	完新統: 泥炭	中侵食層あるいは強侵食層
	上・中部更新統： 海・河・湖沼成堆積物	中侵食層 (Vc=2~3m/s), 弱侵食層 (Vc=3~4m/s)
	下部更新統・鮮新統： 海・河・湖沼成堆積岩	難侵食層
	新第三系, 堆積岩, 火成岩	難侵食層
セグメント 3	古第三系	難侵食層
	海成・汽水成沖積粘性土	堆積後 500 年以上は難侵食層 橋脚周り, 構造物周りは弱侵食層
	泥炭	中侵食層
	上・中部更新統	難侵食層
	下部更新統・鮮新統, 堆積岩	難侵食層
	新第三系, 堆積岩, 火成岩	難侵食層
古第三系, 堆積岩, 火成岩	難侵食層	

注: Vc は耐侵食流速

5.5.2 粘性土・軟岩露出区間の河道維持管理の対応方針の決定

粘性土および軟岩が河床に露出する（した）区間が存在し、それにより治水・利水・環境という河川機能の障害が生じると認知されれば、河道変化の抑制、環境の質の改善を図るための対応方針を検討する。

① 粘性土および軟岩が難侵食層

通常、河道監視のみで済ませる。ただし、次のような場合には必要な対応を検討する。

i) 河床に礫が無い露出河床区間が長くなり、瀬・淵の消滅、産卵床の消滅など河川生態環境が悪化

・対応工法 再礫床化工法の採用、人為的な瀬淵の造成、

ii) 従前礫床であった区間が河床低下により難侵食層が露出し、そこが侵食基準面となり滝状地形が形成され、下流の河床低下が進行

・対応工法 難侵食層下流に護床工を設置、護岸の根継ぎ、人為的土砂供給、魚道の設置

② 粘性土および軟岩が弱難侵食層

通常、河道監視により河道変化を把握し、問題に応じて対応方針を決定する。

i) 山間谷底低地で河床が低下しても人間にとって害的側面がないなら、当面、放置し、河道の監視を行う。弱侵食層の堆積厚さを調査することにより可能侵食量を推定する。監視結果より侵食速度を評価し、今後の河道変化を予測する。それにより何らかの対応が必要であるか判断する。

ii) 露出河床が全体的に低下する。外的側面があるならば、対応方針を検討する。

・対応工法 床止め、落差工、河床被覆工、再礫床化工法

iii) 従前礫床であった区間が河床低下により弱難侵食層が露出し、そこが侵食基準面となり滝状地形が形成され、上流へ滝状地形が移動しているならば対応方針を検討する。

・対応工法 落差工+護床工

③ 粘性土および軟岩が中侵食層

通常、河道が洪水時に急変するので、早急に対応方針を決定する（災害復旧工事となる場合が多い）。

i) 中侵食層が薄い場合は河道監視し、その後の様子を見る。

中侵食層下部に砂層が存在する場合、粘性土が侵食により破壊されると急激な局所洗掘が生じる恐れがある。その場合の対応工を早急に決定しておく。

ii) 厚さがある程度あり、治水施設、利水施設に障害が生じるおそれのある場合には、対応方針検討しておく。

・対応工法 流路工、落差工+護床工、河床被覆工

④ 強侵食層

直ちに技術的対応方針を決め対応をとる。

5.5.3 粘性土・軟岩露出区間の河床低下に対する対応工法

ここでは河床および河岸の侵食による河川管理施設・許可工作物の被災回避、環境の質の劣化に対する対応工法を概説する。

(1) 床止め・落差工

「床止めの構造設計手引き」((財)国土開発技術研究センター編, 山海堂, 1998)を参照し, 粘性土・軟岩の侵食対策の目的に合わせて改編する. なお同書 p. 46-48 は落差工天端高が河床からほとんど突出しない急流河川を対象とした設計なので, セグメント 2 での設計に当たっては, 落差工突出部に働く動圧を考慮する. また護床工の設計に当たっては, 「護岸・水制の計画・設計」(山本晃一編著, 2003)を参考とする.

1) セグメント 1 および 2-1 の場合

① 強・中侵食層

強・中侵食層の露出により河床が溝状に侵食低下した場合, 地層の層序構造を把握し, 河道横断面形状の変化より今後の侵食量を予想する. 強侵食層・中侵食層が薄い場合, 治水・利水上の問題がなければ様子を見る. 治水・利水上の障害が発生しそうであれば対応措置をとる.

床止め工で河床低下を防止できるか判断する. 単に床止め工により侵食基準面を固定しても, その固定の影響範囲は短く床止め工は浮き上がってしまう. 河床に礫が堆積できるよう天端高を河床から浮かし, 床止めに落差をつけて河床勾配の緩和措置を図る. さらに河床を覆う礫の投入, 護床工が必要となる. ここで問題となるのが, 床止めによりそこで土砂の流下が途切れ, 床止め下流の侵食が進むことである. 一連区間の流路工化が必要となることがある.

溝状に河床が差別侵食され, その溝が上流に遡上するのを阻止するために床止め工・落差工を設置する場合は, 床止め工・落差工, 護床工により溝状地形に流水が集中しない形状とし, 今後の下流側の侵食量を評価し, 下流側の護床工の設置高や敷設長を設計する. 上流側は, 溝状地形が遡上しないように床止め工・落差工の天端高, 護床工の設計を行う.

② 弱侵食層

河床変化を監視し, 治水利水上の障害が生じると予想されたら, 対応措置をとる. 河床に礫が堆積できるよう天端高を河床から浮かし, 礫の堆積を待つ, あるいは礫の投入を行う. ただし床止め工による土砂堆積区間は短く, 床止め工下流の露岩域長を拡大させることがある. 床止め工の間隔を短くし, 補助的に礫(C集団)の投入を実施せざるを得ないであろう.

床止め工により河床低下を防ぐより, 現実を認め, 護岸の補強, 利水施設位置や改良も考えるべきである.

2) セグメント 2-2 および 3 の場合

① 強・中侵食層

地層の層序構造を把握し, 今後の侵食量を予想する. 強・中侵食層が薄い場合, 治水・利水上の問題がなければ様子を見る. 治水・利水上の障害が発生しそうであれば対応措置をとる.

床止め工で河床低下を防止できるかを判断する. 通常, 床止め工設置箇所直上流を除けば, 河床低下を防止するのは困難である. 侵食を防ぐには床止め工の天端高を河床から浮かし, 上流の流速を強・中侵食層破壊限界流速以下にすることが必要であるが, 実際上不可能であることが多い. 床止め工によるよりも, 護岸の補強, 利水施設の補強を図る方が現実的である. 橋脚の保護については (6) 参照.

② 弱侵食層

通常は河道監視行為を重点化し様子を見る.

(2) 再礫床化

軟岩河床を魚が棲めるような環境に再生させるため、礫床化を図る工法である。上流から流下する礫をいかに捕捉し、そこに留められるように設計することが肝要である。

① 帯工・水制工による礫の堆積促進

北海道、真駒内川では、岩床化した河床（新第三系と推察）を礫床化するため帯工と水制工を図 5.5.1 のように設置し、帯工、水制工間に礫を堆積させる工法を実施した。実験区 2 においては、3 年後、岩盤床が 68% 占めていたものが、29% に減少した（NIKKEI CONSTRUCTION, 2009）。

礫が堆積するのは、帯工、水制工の突起により礫が停滞するものであるが、突起の高さが礫径程度であれば大洪水時には移動してしまおう。突起の高さが礫径の数倍あっても突起前面に礫が堆積してしまえば、実質的に突起が小さくなり移動しよう。移動しないようにするのは突起の間隔を短くする、あるいは人為的に C 集団礫以上の礫を敷き詰めてしまうなどの工夫が必要である。

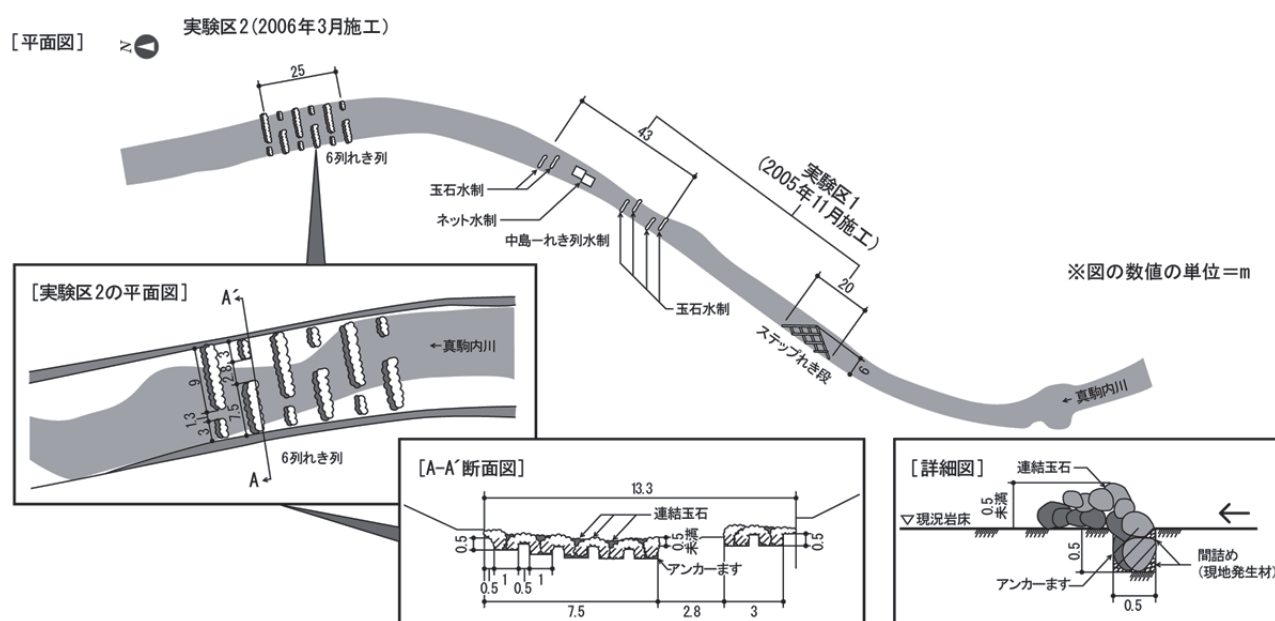


図 5.5.1 真駒内川における帯工と水制工の配置と形状（NIKKEI CONSTRUCTION, 2009. 8. 14）

② 上流からの土砂補給

岩床化した河道上流から岩床河道に堆積する材料を含む土砂を補給して礫床化を図る方法である。補給材料が入手可能なら好ましい。補給土砂の粒径集団の代表粒径に対する配慮が必要である（以前に存在した当該箇所より大きい粒径集団を含むものとする）。補給土砂量は最低でも、礫床面積×2×C 集団径直径÷補給土砂量に占める C 集団の割合が必要であろう。

粘性土・軟岩の露出は、流水による土砂の侵食・運搬・堆積と人間が河川・流域に働きかけた意識的・無意識的活動の表れである。粘性土・軟岩の露出による害的側面の解消・緩和に当たっては、流域全体を見据えた流域管理・河川管理の観点からの意識的人間活動（計画・規制、構造物の建設と維持管理）を適切・合理的なものとしていくことが好ましい。

本来、これは河川整備基本方針、河川整備計画の段階で、粘性土・軟岩の露出による害的側面が現れないように、また現れていれば解消・緩和できるように検討するべきものである（山本他, 2014）。

山間部からの流出土砂量は、山地の樹林地の増加、治山・砂防施設の増加、大ダムの増加により戦前に比べて減少している。これにより大ダムに近い下流河床材料のアーマ化等の現象、海岸侵食の一要因となっている。

砂防ダムは、専ら土砂の流出を減少させる目的で設置されてきたが、下流への土砂供給を確保するため、スリットダムなどの透過型ダムが設置された。これは、土石流や確率頻度の低い多量な土砂流出時に土砂の流出を抑制し、通常の出水時には土砂を流下させるような機能を持つものである。

大ダムは電源開発、水資源開発、治水対策のために山間地に設置されてきた。ダムにおける堆砂はダムの機能の損失であり、土砂の排除技術の開発は大きな課題であった。土砂の排除の方法として以下の方法が考えられている（角；2003，柏井；2004，中川；2004）。

- a 土砂排砂ゲート・門
- b 掘削・浚渫材料のダム下流へ移動
- c 土砂バイパス
- d 土砂フラッシング(水位低下による排砂)
- e サイフォンを利用した排砂

ダム高の低い電力ダムでは a の対応，治水容量の大きなダムでは d の対応，細粒分放出のためには c の対応がなされている。なお，b，c においてはダム湖上流端に貯砂ダムを設置し，粗粒材料をトラップし，排出の効率化を図ることがなされつつある。e は技術的検討がなされている。

また利水専用ダムと治水専用ダム(流水型ダム)の分離による土砂流送の連続性の確保なども改善の手段となりえよう（角他，2004）。

河川域における土砂管理については，河道掘削を河川環境管理および水系土砂管理の観点から最適なものとするのが肝要であるが，

- a. 堰・頭首工の可動堰化
- b. 土砂置き

などによって礫床化を図れる可能性がある。

メモ 5.5 貯水池の土砂管理

最近，Reservoir Sedimentation Hand Book :Design and Management of Dams, Reservoir and Watersheds for Sustainable Use by Gregory L. Morris and Jiahua Fan, The McGraw-Hill Companies が監修：角哲也，岡野眞久，監訳：Reservoir Sedimentation 研究会 により和訳され「貯水池土砂管理ハンドブック 流域対策・流砂技術・下流河川環境」（技報堂出版，2010）として出版された。

ダムにかかわる土砂技術（排砂技術等）が総合的に紹介されており，ダムからの土砂排砂を考える場合に役立つ情報に満ちている。

(3) 河床被覆工

山地小河川：流路工と併用した河床保護工（ブロック張り等），捨石工
砂川：粗朶沈床工，捨石工法，マット工法

メモ 5.6 捨石河床被覆工の設計

設計は捨石が流下しない粒径を評価し、捨石材料の平均粒径が設計粒径より大きくなる材料を投入、敷き均す。流下しない粒径の算定は、山本他（2003）を参考にして評価すると良い。

なお河床被覆工としての捨石工は護岸・根固め工ほどの安全性を確保する必要の無いこと、河床を覆うことにより単体とはなりにくいことより、捨石の総合安全係数 γ_1 は1/1.2程度としてもよいと考える。斜面勾配も10°程度でよいと考える。ただし、河床を2平均粒径以上覆うこと（河床は平坦でなく、また施工上きれいに敷ならせないで、当然それ以上の投入量が必要である）。

河床がほぼ水平なら、設計流量（計画高水流量あるいは整備計画流量）時の一次元の不等流計算により評価された（河床に働く摩擦速度の2乗 u_{*m}^2 ）に（最深河床部水深/平均水深）を乗じた値 u_{*M}^2 から、次式を用いて捨石材料の粒径 d_m を評価すればよい。ただし、長さの単位はcm、摩擦速度の単位はcm/sである。

$$d_m > 1/46 \cdot u_{*M}^2$$

中砂の河川では u_{*M}^2 が300~400 cm²/s²程度と推定されるので（⇒図 5.1.2）， $d_m > 6.5 \sim 8.7$ cmとなるが、砂の吸出し防止のための厚さを大とし、また混合粒径とする方が好ましい。

なお、被覆工は河床低下の防止に役立つが、瀬や淵を伴う砂州の形成をねらうものではない。従前の河床環境を回復するのは、総合土砂管理計画に基づく土砂補給が必要である。

(4) 既存横断構造物護床工の増設と構造物の補強

礫川：沈床工、ブロック層積み・乱積み、補助落差工

砂川：粗朶沈床工、ブロック層積み・乱積み

既存の落差工、固定堰については、下流の軟岩河床の低下により下流側の水位が低下するので、堰に働く流体力が増加する。構造物の設計条件が変化するので、安全性の照査を行い必要な補強を行う。

下流護床工の設置高、護床工長さ、構造形式、側方侵食に対する対策工、魚道を設計する。この場合、設計条件である護床工の耐用年内での下流の軟岩河床の低下量を予測する。

下流側が溝状に一部の軟岩が侵食している場合には、溝状侵食の原因を探索し、溝状侵食を緩和あるいは防止が可能か検討する（排砂水門の改善、バップルピアーの設置など）。

(5) 護岸の補強・改築

護岸の計画・設計は参考文献（山本他，2003）を参照し、以下の点に注意する。

① 難侵食層

- ・河岸に岩が露出しているのなら護岸を設置しない。
- ・河床に岩が露出するが、河岸は沖積土で側方侵食によりが河岸防護ラインに河岸が達すると予想される場合は、護岸を設置する。護岸基礎コンクリートで岩着させる。

② 弱侵食層

- ・河床低下速度に応じて護岸の根継ぎ、根固め工の補強を行う。更新統の礫岩が存在し、それが

弱侵食層である場合、沖積礫層であるとして深掘れ深を評価し、更新統礫層を掘削して護岸基礎・根固め工を設置すると、護岸設置コストが増加する。将来の平均河床高の低下量と低下速度を評価し、更新統礫層まで掘り込み、根固め工を配置するかどうか評価する。根固め工設置のため弱侵食層を掘削する場合は、掘削穴と根固め工の間は捨てコンクリートを打設あるいは捨石で保護する（掘削穴を存置させると、そこを流水、流砂（礫）が走り、洗掘を助長する）。根固め工の幅は、根固め工前面が一洪水で大きく洗掘される恐れがないので 2m程度でよからう。設置後は侵食量を監視し、必要に応じて根固め工の補強を行えばよい。

- ・護岸前面がスレーキングする軟岩である場合は、軟岩を渴水位以下 0.5m程度掘り込み、根固め工として現場打ちのコンクリートあるいはブロックを平積みとする。

③ 中侵食層

- ・セグメント 1 および 2-1 においては、護岸根継ぎ・根固め工の補強では治水安全度の確保が担保できない場合は、落差工、護床工などを検討する。

河床低下が生じても問題が生じないなら、落ち着くまで様子を見る。

- ・セグメント 2-2 においては、矢板護岸の補強、根固めブロック・捨石の投入を行う。

河岸低下が生じても低水路の中で溝状に低下し河岸付近に影響が及ばないようであれば、様子を見て変動が落ち着いてから対処する。河岸が侵食しても河岸防護ラインを超えないようなら様子を見て監視を続ける。

(6) 橋梁保護

N値が大で地耐力がある軟岩が侵食され、落橋した事例がある。橋脚および橋台の基礎高・基礎形式、土質・地質層序構造（N値等参照）より、河床低下により被災の恐れがあるか土質・地質特性より判断し、対象工法を立案する。なお河床付近の橋脚周辺の流速は、橋脚回りの洗掘がないと、接近流速の 1.8 倍程度となること、移動床であれば、橋脚幅程度以上の洗掘深となることに對する注意が必要である（須賀他，1982；宇多他，1993）。

対処工法としては、直下流に床止め工の設置、根固めブロックの設置、橋脚・橋台の根継ぎ、などがある。

通常、床止め工（護床工）を設置することが多い。侵食が橋脚付近まで進んでいる場合は、侵食部の埋め立てと河床保護工が必要となる。

(7) 露岩化による害的側面を生じさせないための配慮

① 捷水路

捷水路区間の土層構造を把握する。捷水路区間の掃流力と捷水路の上・下流区間の掃流力を評価して、捷水路区間の河床低下量を把握し、そこに現れる土層の耐侵食力との対比により、害的側面が大きければ捷水路形状（幅、勾配等）の再設定を行う。

② 河床掘削、河床玉石の利用

河床表層材料がアーマ層材料か判断し、アーマ化層であれば河床掘削や玉石の採取を行わない。

5.5.4 側刻に対する対処工法

河道が段丘崖や山脚に沿って流れている区間は、側刻による崖崩壊、崖侵食の可能性がある。

まず、可能性の判断を実施する。

1) 無堤部

- ・無対応：河岸が難侵食層であり河岸上部に平坦面がない。
- ・監視する：河岸が難侵食層であり河岸上部に平坦面があり、利用施設がある。
河岸が弱侵食層であり河岸上部に平坦面がない。あっても未利用地である。
- ・河岸侵食防護工を設置する：河岸が中侵食層であり河岸上部に平坦面があり、公共財がある。
費用の負担を調整する。民有地であれば利用施設の移設、利用形態の変更を指導・誘導か、河岸侵食防護工を設置する。

2) 有堤部

- ・監視する：河岸が難侵食層であり、軟岩層の上部に護岸工などがあり侵食の恐れがない。
河岸が弱侵食層あるいは中侵食層であるが、堤防と河岸の距離が1洪水の侵食幅より大きい。
- ・河岸侵食防護工を設置する：河岸が中侵食層であり、堤防と河岸の距離が1洪水の侵食幅より小さい。

側刻による崖や河岸の侵食に対しては、「沖積河川での護岸・水制の計画・設計法」（山本他，2003）を参照する。ただし以下の点に注意する。

① 基礎工・根固め工

予想深掘れ標高が基岩標高に達する場合は、護岸・水制の基礎工の設置高は、軟岩の侵食耐力および予測洗掘深を考慮して、経済的になるように設置高および基礎工保護工を設計する。

難侵食層であれば岩盤を少し切り込み基礎を据える。切り込んだ岩盤と基礎工の間隙はコンクリートで充填する。

弱侵食層であれば岩盤を切り込み基礎を据える。切り込んだ岩盤と基礎工の間隙はコンクリートあるいは移動しない大きさの捨石で充填する。さらに根固め工を護岸前面に設置する。

中侵食層であれば、河床低下量を評価し、評価量に応じて護岸形式を選定する。河床低下速度が速いと判断される場合は、河床低下対策を合わせて護岸形式を設計する。

② 景観設計

河道が崖線に沿っている場合、その区間は景観が優れていることが多い。景観の質を損なわない設計、デザインとする（⇒除石工，捨石工，水制工）。

③ 生態系への配慮

水生生物の生息や景観を考慮して、空隙が多く、また水際部に植生が繁茂し易い工法とする（⇒除石工，捨石工，水制工）。

5.6 河岸の維持管理対策

5.6.1 河道計画における河岸侵食対策の考え方

(1) 河道計画における堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインの概念

堤防および低水路河岸防護の必要性の判断は、本来河道計画の段階で行われる。この判断の論理は、当然、護岸・水制工の設計・維持管理に当たっても同じものとなるべきものである。

河道計画においては堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインという概念が導入された（財団法人国土技術研究センター編，2002）。

堤防防護ラインは、洪水時の河岸侵食によって生ずる堤防の破壊を防止するために必要なラインであり、主に治水目的のために設定するラインである。したがってこのラインは、全川に亘って設定される。

この堤防防護ラインは、従来の計画低水路法線のように「計画」として、そのラインに低水路を固定するという積極的な意味を持つものでなく、低水路の移動により、このラインが侵食により犯された場合、あるいは犯される恐れが生じた場合に、防護のための措置が必要となるという消極的な意味を持つものである。いわば「計画」ではなく「管理」の目安となるものである。

すなわち、エコシステムとしての河川を生かす、あるいは回復するために、河川自身が作り出す河川形態とそれと密接な関係性を持つ生態系を、両ラインのなかで自由に形成させようという意図のもとにこの概念が導入されたのである。もちろん河川は人間が働きかけた歴史化された自然であり、種々の制約のなかで、河道形状をコントロールされてきた。これからも同様、種々の制約条件下にある河道は、人間が考える許容範囲内でしか自由を与えられないが、できるだけ河川のダイナミズムを取り戻そうというのである。

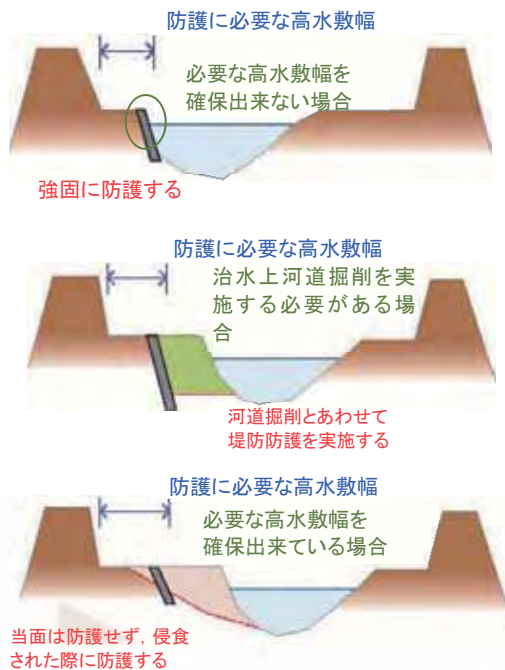
低水路河岸管理ラインとは、河道内において治水、利水、環境等の面から期待される機能を確保するために措置（河岸侵食防止工）を講ずる必要がある区間を示すものであり、高水敷利用や河岸侵食に対する堤防防護の観点から、低水路を安定化させることを目的に設定するものである。

(2) 堤防防護の観点から見た堤防防護ライン

堤防防護ラインとは、侵食・洗掘に対する堤防の安全性確保のため、河岸侵食が直接堤防侵食に繋がらないために必要な高水敷幅を確保するものである（堤防漏水対策として高水敷をブランケットと位置付けている場合、また地震による堤防の損傷対策として位置付けている場合は、これに必要な幅も確保する）。この幅の確保が、治水面からの必要河積の確保、河川環境（生態、景観等）の面から不可能な場合は、護岸・水制等による侵食対策を確実なものとし、さらに堤防の補強により対処する。このようにして求められた高水敷幅を確保したラインを堤防の防護の観点から見た堤防防護ラインという。

侵食・洗掘に対する堤防の安全性確保のための高水敷幅は、一回の出水によって生じる最大河岸侵食幅を目安とする（⇒4.5.2(3)）。

一回の出水によって生じる最大侵食幅は、これまでの被災事例などを基に判断する。その場合、河岸侵食の原因を勘案しながら過去の侵食データ（大洪水前後の河道横断面図や航空写真等）より、小セグメントごとに最大侵食幅を把握する。さらに侵食幅と湾曲度、砂州のスケールとの関係を分析する。



現在の高水敷の幅が必要高水敷幅に満たない場合は、強固に防護して河岸を侵食から守る。

現在の高水敷幅が必要高水敷幅以上であるが、洪水を安全に流すために当該区間で河道掘削を実施する必要がある場合があり、結果、必要高水敷幅が確保出来ない場合は河道掘削とあわせて堤防防護を実施する。

現在の高水敷幅が必要高水敷幅以上あるが、侵食されて必要高水敷幅以下に減少する恐れがある場合は、当面は防護せず、必要高水敷幅の位置まで侵食された際は強固に防護する。

図 5.6.1 高水敷幅による堤防防護の考え方

(3) 低水路側方移動防止の観点から見た低水路河岸管理ラインの設定

低水路河岸管理ラインは、現況河道の低水路平面形状の変動要因あるいは安定要因を分析し、河川整備によって河道の平面形状がどのように変化するかを予測・推定し、これに基づいて設定する。

たとえば、セグメント 2-1 および 2-2 では護岸がないと経年的に河岸侵食が生じ、低水路が蛇行し、その振幅が徐々に大きくなることがある。このような区間においては水衝部または局所洗掘の発生位置が移動することから、既往の定期横断測量結果や空中写真から、低水路法線の経年変化を把握し、低水路の近未来形を外挿し、堤防位置、蛇行振幅、低水路幅、川幅、堤外地の土地利用を勘案して平面形状を安定化（水衝部の固定化）するべきか判断する。平面形の安定化の方針をとる場合は、河道が自ら作り出す低水路幅を評価し、蛇行波長と低水路幅とが調和するように平面形状を設定する。すなわち低水路河岸管理ラインを定める。

低水路河岸管理ラインとは、低水路平面形状や水衝部の固定等を図るために、低水路形状を制限するラインである。低水路形状を制限する必要がないと判断される箇所・区間では低水路河岸管理ラインは不要であるため、必要とされる場所のみにラインが設定されることになる。

占用等により高水敷（複断面形状）が利用され高水敷の維持が必要とされる箇所・区間では低水路河岸管理ラインを設定する。単断面河道ではこのラインは不要となる。以下に詳細を述べる。

1) 低水路河岸管理ラインが必要な区間

- ・高水敷が整備されている複断面河道で、現況低水路内での掘削で流下能力を確保できる区間では、現況低水路の平面形状に問題がなく、かつ高水敷利用が進み河岸の移動を許容できない場合は、現況の低水路形状を低水路河岸管理ラインで維持する。
- ・複断面河道で落差工の改築（堰高の切下げ）に伴い低水路平面形を修正する区間では、適切な低水路幅を有する低水路平面形状を低水路河岸管理ラインで維持する。

- ・経年的に河岸侵食を生じさせながら低水路が河道内を蛇行している箇所においては、水衝部対策の観点から現状の低水路平面形状を維持する必要がある場合がある。このような場合には低水路河岸管理ラインを設定し、水衝部の固定化を図る。また、長期的な河岸侵食が堤防防護に影響を及ぼす可能性がある場合には、ある程度の河岸侵食の許容幅で河岸を防護する必要があり、その場合は、必要に応じて数年後の河岸侵食量を推定する必要がある。
- ・山付き区間であっても、高水敷の利用上、低水路平面形状を維持する必要がある場合には、低水路河岸管理ラインで維持する。

2) 低水路河岸管理ラインが不要

- ・低水路（移動床部分）の位置が安定しており、流下能力上も問題がなく、高水敷利用がなされていない箇所では、低水路平面形状を制限する理由が乏しい。
- ・この他、不測の事態（河岸決壊等による低水路平面形状や洪水流向の変化）や河川環境等を考慮しても低水路平面形状を制限する必要がないと判断される箇所では、低水路河岸管理ラインは不要である。
- ・左右岸の堤防防護ライン内において低水路の移動・変形を許容するという方針の基で、河岸が堤防防護ラインを犯した場合あるいは犯そうとした場合に堤防防護ラインに河岸侵食防止工を設置する場合は、低水路河岸管理ラインは不要である。

セグメント別の河道特性を考慮すると、例えば以下に示すような低水路河岸管理ライン設定の方針が考えられる。

- ・河床低下傾向にあるセグメント 1 の単断面河道で、かつての砂州に植生が繁茂する状態（中水敷あるいは高水敷状）となっており、流下能力も概ね十分である場合、特に低水路平面形状の安定化を図る必要はない。アーマ化した河道ではこのような状態となっていることが多い。
- ・セグメント 2-1 では、低水路平面形状の蛇行の発達を抑制すること（低水路の安定化）が、維持管理上および高水敷利用の保全上必要であることが多い。この場合には低水路肩を低水路河岸管理ラインとする。
- ・セグメント 2-2, 3 の複断面河道では河岸侵食量は軽微であり、基本的に河岸法尻の捨石工により自然河岸の保全が可能である。高水敷利用の保全も考慮しながら、低水路河岸管理ラインを設ける。ただし、高水敷利用がなく生態系保全の観点から河道の移動を許容する場合は、低水路河岸管理ラインは設定しない。

(4) 河道計画における河岸防護ライン

河道計画における河岸防護ラインは、上述した堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインの 2 つの観点から設定する。

低水路河岸管理ラインが設定されない区間は、堤防防護ラインを河道計画における河岸防護ラインとする。

低水路河岸管理ラインを設定した区間は、そのラインが堤防防護ラインより河身側にあれば、それを河道計画における河岸防護ラインとし、堤防側にあればそれを堤防防護ラインと位置付け直すとともにそれを河岸防護ラインとする。低水路河岸管理ラインは、一回の出水によって生じ

る最大侵幅より堤防から離すことが好ましいことは言うまでもないが、それが種々の制約により可能でない場合は、堤防の強化と強固な河岸侵食防止工の設置によって堤防を防護する。

メモ 5.7 堤防防御の観点から見た高水敷とは何か

堤防防護ラインの考え方には、高水敷は低水路の河岸侵食によってのみ侵食されるという前提がある。これは事実であろうか。自然に形成された低水路の河岸高はセグメント 3 を除き、通常平均年最大流量程度の時に低水路満杯となるような高さである。直轄河川（1 級河川の指定区間外）の計画洪水流量は年平均最大流量の 2~4 倍程度で、計画高水位に達する洪水が生じた時の高水敷上の水深は、平均年最大流量時の平均水深程度に達する。高水敷上の流速は速く高水敷が荒れてしまう恐れがあり、堤防防御の観点から無視できない。

特にセグメント 1 では河岸高が低いと大出水時に高水敷が川原となり堤防沿いに侵食が生じる恐れがある。このような場合、これを堤防防御のための高水敷と見なすことはできない。

高水敷と見なしてよいかどうかは、次のような検討を行ない判定する。

セグメント 1 の高水敷は、人工的に盛土したのでなければ表層を除けば、低水路河床材料と同様な材料からなる。したがって高水敷上の掃流力を評価して河床材料の代表粒径に対する無次元掃流力 τ_* を求めその値によって高水敷の土砂移動程度を判定する。 τ_* は

$$\tau_* = H_k \cdot I_e / (s \cdot d_R)$$

で評価できる。ここで H_k は計画高水位と高水敷高との差、 I_e は水面勾配、 s は 1.65、 d_R は河床材料の代表粒径である。 τ_* の値が 0.06 程度以下であれば高水敷と見なしてよいものとする。 d_R が移動する無次元限界掃流力は 0.05 程度であるが、 H_k の水位継続時間は長くないので 0.06 としたのである。高水敷は荒れるが、堤防の安全度を低下させるほどの堤防前面の侵食は生じない値と解釈している。高水敷の利用計画の面からは別な観点からの評価が必要である。

セグメント 2-1 では表層材料は氾濫原堆積物である粘土混じりのシルトあるいは粘土・シルト混じりの細砂となり、その厚さもある。計画高水位相当流量時には、高水敷上の流速が 3m/s 程度となることがあり、高水敷上に植生や水防林的樹木がないと高水敷が荒れる恐れがある。ただし、一般には堤防沿いに流水が集中しなければ高水敷の侵食が生じてもその量は大きくないので、高水敷を堤防安全度確保のための施設と見なしてよい。

セグメント 2-2 においては、計画高水位相当流量時には高水敷上の流速は 1.5~2m/s 程度であり、高水敷の侵食は特殊な所（例えば、橋脚などの直立構造物の周辺、人工的に埋め立てた高水敷で裸地の所）以外には生じないので、高水敷を堤防安全度確保のための施設と見なしてよい。

セグメント 3 では高水敷を堤防安全度確保のための施設と見なしてよい。

(5) 河岸侵食防止の重要度から見た河岸の区分と河岸侵食防止工

河岸侵食防止工の重要度から見た河岸のランク区分は、低水路河岸管理ラインを河岸侵食による堤防被災の可能性に強弱に応じて護岸の構造や強度を変えようとするために持ち込んだ概念である。すなわち河岸の持つ機能に応じて護岸・水制の性能規定を設定しようとする意図するものである。

河岸のランクは、検討対象時点における河道状態、堤防防護のための必要な高水敷幅、河岸侵

食の発生可能性、高水敷利用実態・計画などに基づいて区分する。

河岸侵食防止の重要度から見た河岸のランク区分は、以下のように定義する。

河岸の区分と侵食防止工との関係については、以下のように考える。

ランクⅠの区間：河岸防護ライン設定において、当面、河岸防護ラインにまで河岸侵食の恐れのない区間。河岸侵食防止工は設置しない。モニタリングにより河岸防護の必要性が生じた場合には設置する。河岸侵食防止工は、そのとき再評価した河岸のランク付けに従う。

ランクⅡの区間：河岸防護ライン設定において最大侵食幅を考慮した高水敷の幅がある場所で、河岸防護ラインにまで河岸の侵食が生じ、または次の洪水で侵食の恐れのある区間で高水敷の高度利用がなされていない区間。通常の河岸侵食防止工、あるいは通常のものより耐久性が低いもの、強度の弱いもの、変形を許容する構造でよいとする。

ランクⅢの区間：低水路河岸管理ラインが設定された区間。通常の河岸侵食防止工（根固め以外は基本的には変形を許容しない設計）とする。

ランクⅣの区間：低水路河岸管理ラインの設定において高水敷の無い区間および高水敷の幅に狭い（最大侵食幅より高水敷の幅が無い）区間。ここでは堤防、高水敷（小段）、低水路河岸を一体として設計する。計画高水位以下の流水の通常的作用に対して堤防の破壊を防ぐためには、低水路護岸の破壊は許されない。通常の河岸侵食防止工より確実かつ強度の強い侵食防止工を必要とする。設計に当っては必ず構造物の安全性の照査を行なう。

現在の護岸・水制の技術レベルでは、河岸のランクに応じた護岸・水制の定量的性能規定化は難しい。護岸・水制の工種や材料の選択において河岸のランクを指標とするぐらいしか役割を持たないが、無いよりましと考える。なお、4.6 おける河道の維持管理から見た河道内施設の機能評価における安全性の評価ランク区分の設定においては、河岸のランク区分の概念が組み込まれている。

5.6.2 護岸・水制による対処

(1) 護岸・水制による河岸の維持管理における管理用最深河床高の設定

護岸破壊のほとんどは、護岸前面の河床低下によるものである。また水制破壊の原因も砂州や河道の湾曲に伴う河床洗掘と水制自体による洗掘によるものが多い。従って、設置対象河岸付近の最深河床高（水制による局所洗掘は除く）の評価は、護岸・水制による河岸に維持において最も重要なものである。

最深河床高は、供給土砂量や流況の変化に伴う河床の長期的変化、人為的河床掘削、砂州の移動、洪水時における短期的河床の変化（河道の曲がり、川幅の変化、小規模河床波、水制などの河川構造物によるもの）によって時間的に変化する。この変化形態は河道のセグメントごとに異なる。洗掘現象の複雑さと定量的な評価に必要な現地観測が困難なこともあり、最深河床高の定量的評価は難しく、今までは河川の深掘れ状態、過去の経験に基づいて評価されてきた。

これまでの研究などから明らかになった成果などを基にして、河道特性に応じた最深河床高の設定法については、**参考資料B.4**（山本編著，2003）を参照されたい。

(2) 土圧・水圧・地震力の設定

土圧、水圧、地震力を設計に考慮する必要のある護岸形式は、擁壁護岸型、積み護岸型、矢板護岸型の3種である。外力の考え方が、それぞれ異なる。「護岸・水制の計画・設計」(山本編著, 2003)を参照されたい。

(3) 護岸・水制の構造安定性の評価

「護岸・水制の計画・設計」(山本編著, 2003) 参考にされたい。

事例 5.3 阿賀野川横越地区における水衝部対策事例

阿賀野川横越地区の水衝部では、堤脚付近に深い局所洗掘が発生しており、堤防及び護岸が危険な状態であることから、平成7年度から水制工、高水敷造成、深掘れ箇所の埋め戻し、対岸高水敷の掘削を行い、平成17年度に概成している。今後は、深掘れの状態や対策工の効果を確認するため、河床変動のモニタリングの継続が必要となり、モニタリング計画を策定している。

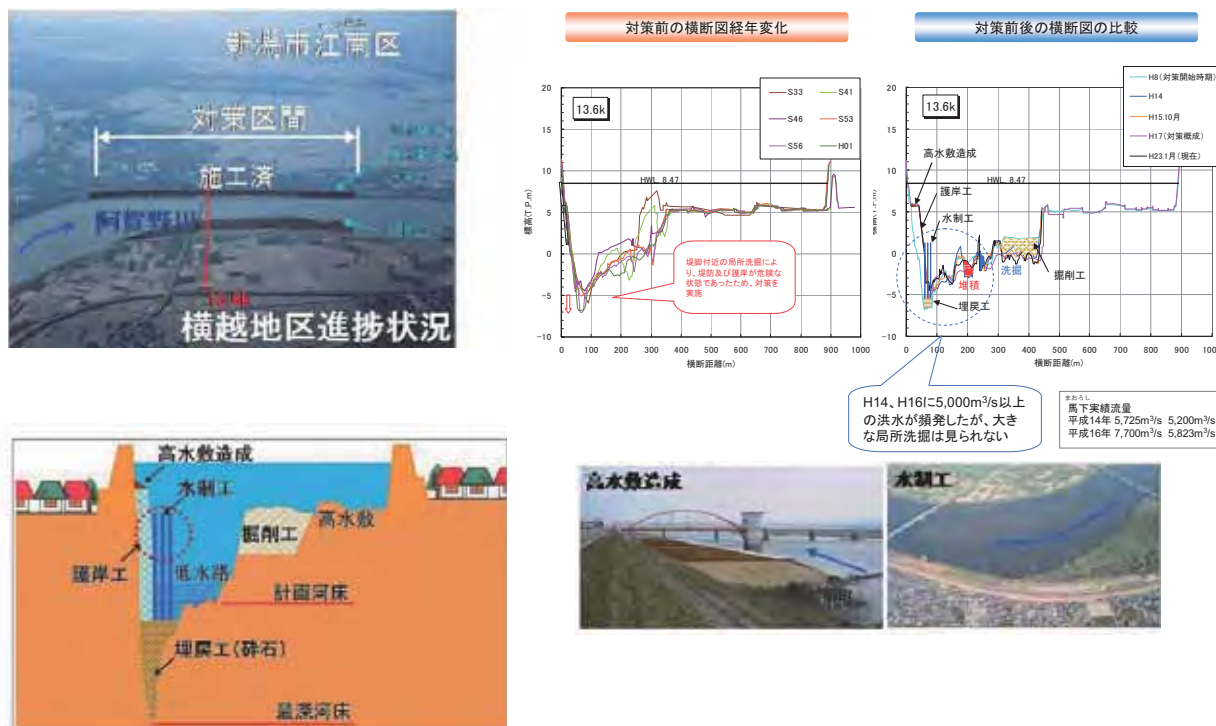


図 5.6.2 横越地区の水衝部対策の概要

5.6.3 砂州の掘削による対処

河岸侵食の原因となる流水の集中による局所洗掘を軽減するために、局所洗掘部の対岸の存在する砂州、固定砂州の頂部を掘削し、流水の集中を緩和するものである。この工法は持続性がなく、応急的な対策といえる。また砂州頂部の掘削による流水の流水集中の緩和は、下流の流線を変え、下流の流水集中位置を変化させるので、注意が必要である。

二次元の数値計算により、流水流向の変化、河床高変化の評価が可能である。

5.6.4 低水路法線の修正による対処

湾曲部の局所洗掘を軽減するために、湾曲角を小さくし、河道の曲り具合を修正するものである。低水路法線の修正は、水衝部位置および深掘れ位置を変化させるので注意が必要である。

5.6.5 ベーン工による対処

湾曲部の局所洗掘を軽減するために、湾曲部で発生する二次流を制御するベーン工を湾曲部外湾側に設置するものである。

その特徴とベーン工の機能は、図 5.6.3 に示される。湾曲部では、流れの遠心力の鉛直方向の変化（流速の早い上層の方が大きい）のために、主流の他に図 5.6.3 (a) のような横断面内で二次的な流れを生じる。この二次流のために底面付近の流体は内岸に向かうため、土砂もこの流れによって外岸から内岸に運ばれる。その結果、外岸の洗掘が、内岸に堆積が生じる。洗掘が生じている外岸側に図 5.6.3 (b) のようにベーン工を設置すると、図 5.6.4 のようにベーン工は流れに対してある角度（迎え角）で設置されるために、ベーン工に内岸側に押すように揚力を受ける。また、流体は反作用として揚力と反対向きに、すなわち湾曲による二次流と反対向きの二次流をベーン工の近辺に発生させる。これによりベーン工内側の土砂を外湾側に運び、洗掘を軽減する（渡辺，1991）。

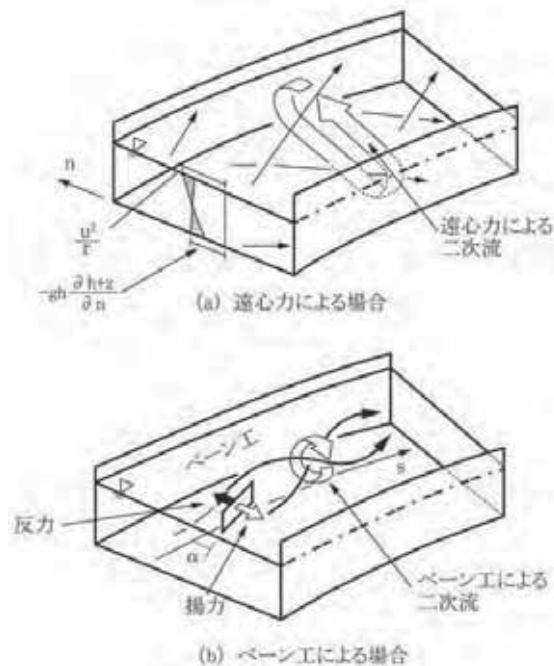


図 5.6.3 河床形状の変化（渡辺，1991）

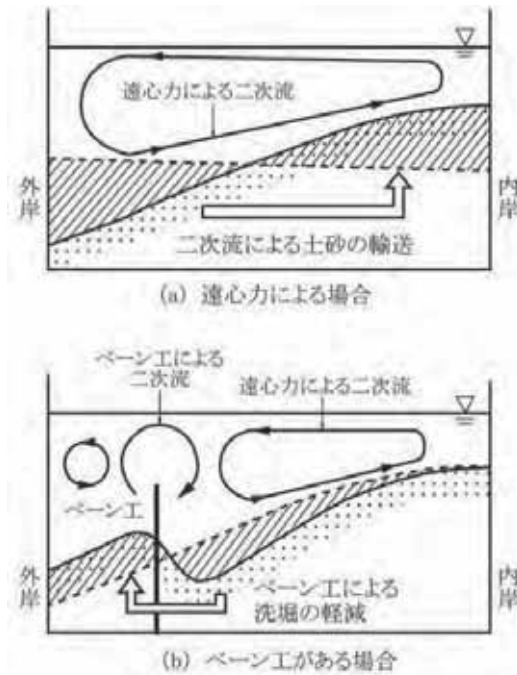


図 5.6.4 ベーン工による二次流の形成（渡辺，1991）

ベーン工の水理機能や配置等については、渡辺（1991）を参照されたい。なお、洗掘軽減量に及ぼすベーン工の形状、配置については、実施事例が少なく、水理的解析結果にすべて頼るのではなく、移動床模型実験や見試的な施工（何段階に分けて設置し、効果をチェックしながら追加していく）を試みた方がよい。また、過去の事例研究の分析結果を設計の参考（河道特性の差異に注意する）にするとよい。河道特性および施工性・建設コストの関係よりセグメント 2 の河川に適用される工法と言える。

湾曲部にベーン工を設置すると、主流の曲り角が緩和されるので、湾曲部下流部の河岸沿いの河床高が低下し、主流部の位置が変化するので注意が必要である。

事例 5.4 阿賀野川下流部（新潟県）の事例

新潟市を流下する一級河川阿賀野川は、平均河床高は、平成元年（1989）まで全川で急速に河床低下が進行している。また、最深河床高は、近年全川的に低下傾向にあり、局所洗掘が進行している箇所がある。特に、灰塚地区、横越地区及び中新田地区は阿賀野川の三大水衝部といわれている。

・ 灰塚地区におけるベーン工による水衝部対策

湾曲部の局所洗掘対策は、これまで水制工やベーン工が実施され、効果を上げてきている。建設省土木研究所では、9.0km～16.8km 区間を対象とした大型移動床模型実験によって横越と灰塚地区の局所洗掘対策について検討を行い、横越地区では水制工、灰塚地区ではベーン工の整備を提案している。

これは、灰塚地区は、湾曲河岸部の洗掘が大きく、低水路法線と堤防法線の位相がほぼ同じであり、また、上流に位置する横越地区の水制工により流況改善が成されるため、遠心力に起因す

る二次流が十分に発達することから、これに対して効果的な対策工としてベーン工を選定したものである。

平成 14 年（2002）度から水制工（ベーン工）の整備を行い、平成 21 年（2009）度に概成。土木研究所大型移動床模型実験によりベーン工の整備を提案、数値解析と施工順序について数値解析にて検討を行った。平成 16 年（2004）度より最も効果が期待できる箇所（一次施工）から実施し、河床変動測量および ADCP 等によるモニタリングを実施した。平成 18 年（2006）7 月出水前後で堆積域の延伸が確認され、また、ベーン工外岸部の堆積と内岸部の洗掘が見られ、河床の最深部が河道中心に変化していることを確認されている。

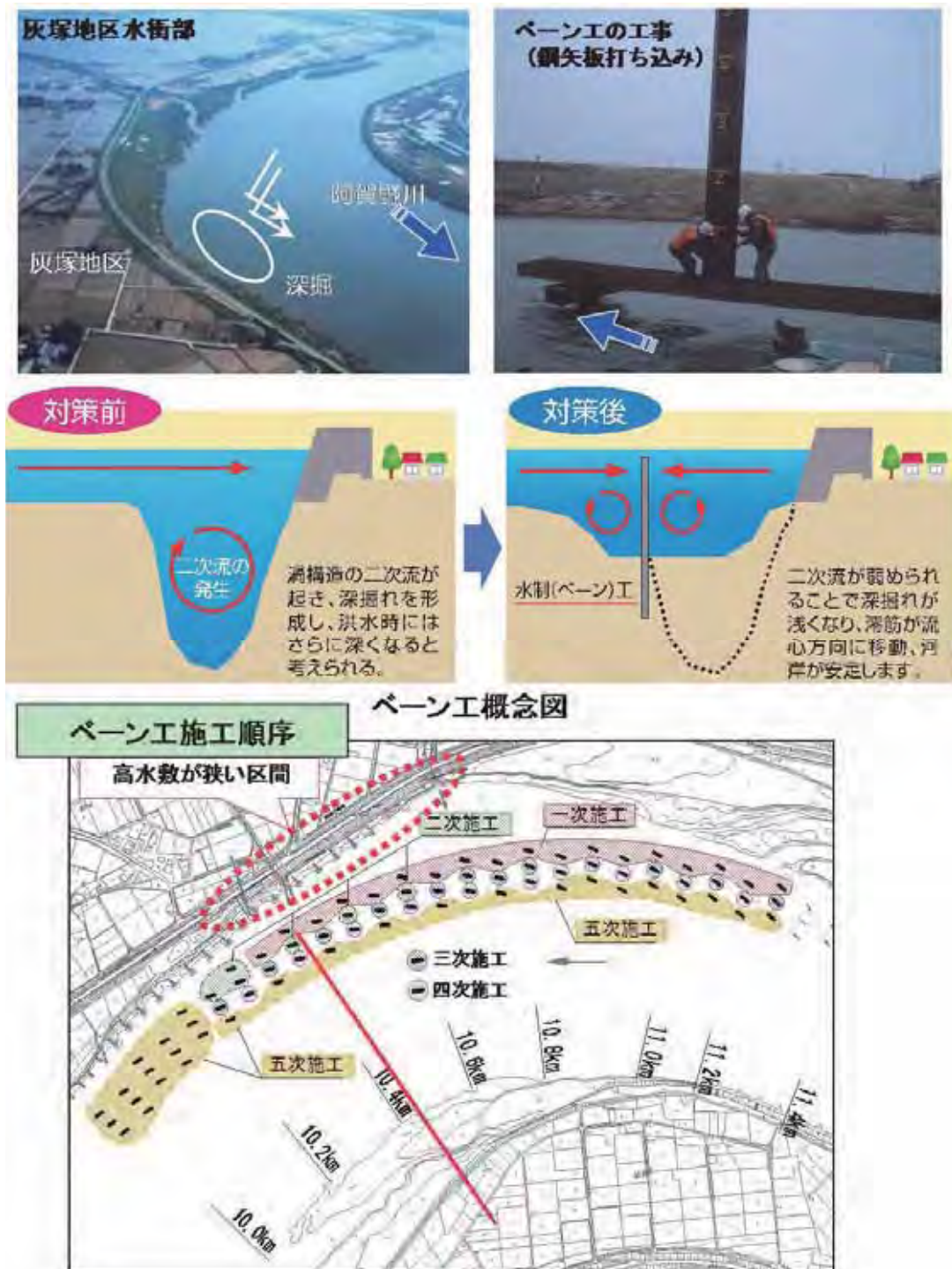


図 5.6.5 灰塚地区ベーン工概要図

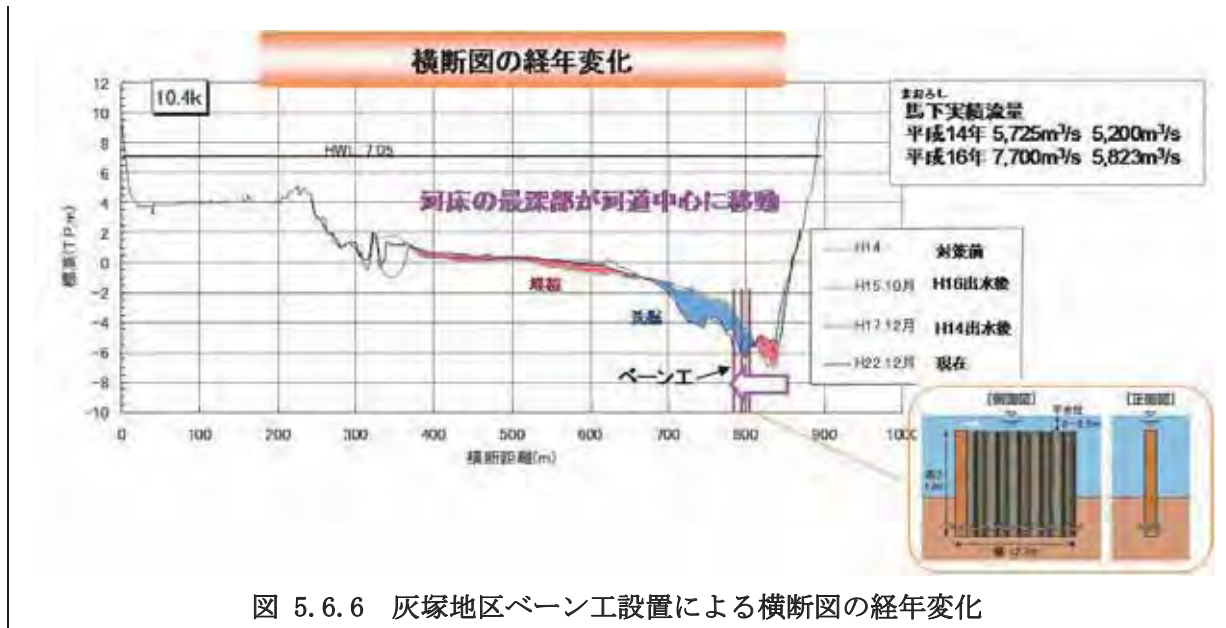


図 5.6.6 灰塚地区ベーン工設置による横断図の経年変化

5.7 河道の維持管理の観点から見た横断構造物の維持管理対策

横断構造物が河道に影響を及ぼす可能性がある箇所として、4.7において次のものがあげられた。

- ・上下流で落差のある固定堰周辺
- ・横断構造物が原因となって被災したことのある箇所
- ・堰の存在により迂回流が生じ洗掘・侵食されると予想される箇所
- ・橋梁桁下の余裕高が十分に確保されていない橋梁
- ・橋脚周りの局所洗掘が河岸に及ぶと予想される箇所 等

高水敷および堤防法面の侵食の可能性のあるランクCでは重点監視箇所として設定し、洪水後、侵食があれば侵食防止工により対策を行う。ランクDでは予算措置をとり、対策工を施行する。

橋梁桁下の余裕高が十分に確保されていない橋梁では、まずは重点監視箇所に設定し、水防計画に位置付け対応策を計画しておき、橋梁の機能向上、改築を図る。

なお、横断工作物は許可工作物であるものが大部分であり、維持管理は許可工作物管理者が実施・費用負担するのが原則である。工作物の機能向上、改築を迫られた場合、それが生じた原因によっては、河川管理者の負担を求め合意形成が困難であることがある。また、許可工作物管理者が維持管理費用の負担に耐えないことがあり、機能回復、修繕が遅れることがある。

5.8 河道の維持管理の観点から見た洪水調節池等の維持管理対策

洪水調節池・放水路は、調節池の洪水水を貯留し洪水波形を変形させ、調節池・放水路下流の治水安全度を増加させるものである。洪水調節効果は、調節池・放水路に設置される越流堤・放水ゲートの形状（天端高、越流幅）が変化しなくても、洪水波形や遊水地・放水路近くの河道形状と植生繁茂状況により変化してしまう。

洪水調節池・放水路においては、通常、越流開始流量が河道形状と植生繁茂状況の変化による変動幅をある一定の範囲に収まるように、河道形状と植生状況を維持管理することを維持管理目標とする。河床の上昇および植生繁茂に対しては、河道掘削および植生の伐採等により、その管

理目標を達成できるが、河床低下に対しては床止工の設置あるいは越流堤天端高の減高工事、水門改良工事が必要となる。

また、下流河道の整備の進展により最適越流量開始流量が変化することがあり、5年毎の越流堤機能評価時に、どのような対策が適切であるか、河川全体の安全性の向上という観点から見直すこともある。

事例 5.5 旭川・百間川放水路の越流流量管理

(1) 旭川、百間川放水路の概要

百間川分流部は、江戸時代に岡山城下の洪水被害軽減等を目的に、熊沢蕃山が越流堤と放水路を組み合わせた「川除けの法」を考案し、津田永忠により旭川下流部左岸から分流する百間川が築造され、貞享三年（1686年）に完成したと伝えられている。その際、百間川下流への流送土砂の抑制等により下流の被害を軽減させる施設として、越流堤である一の荒手、二の荒手が造られ、分派部の仕組みを伝える貴重な施設として今なお現存している。

これら施設については、現在も旭川から百間川へ洪水を分流する機能を担っており、平成20年（2008）1月に策定された河川整備基本方針において分派部の計画流量配分は、百間川に $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を分派し、旭川下流では河口まで $4,000\text{m}^3/\text{s}$ とする計画とされている。



図 5.8.1 旭川本川、百間川分流部

分流部付近においては、河道内の樹木繁茂や河床の状況により、分派地点における水理量は変動し、さらには、分流機能を直接的に担う一の荒手や背割堤の変状により、百間川への分流量が増加することとなり、流域の被害拡大が懸念される。

そのため、樹木、砂州、背割堤、一の荒手等の変状について、定期的な測量や河川巡視等により早期発見に努め、必要な対策を実施することにより、分流量に重大な支障を及ぼさないよう河道管理を行っていくこととしている。

(2) 分流比保持のための河道管理

1) 河道管理の対象とする事象

旭川・百間川放水路の分流に影響を及ぼす事象は、樹木繁茂に起因する流下断面の阻害、砂州形状及び河床高の変化に伴う河積の変動、さらには取水などのための堰の状況などが挙げられる。

このうち、砂州形状及び河床高についてはここ数十年大きな変動が無く、堰等についても大きな変状が無いと見られるため、樹木に着目して分派比保持のための河道管理を行うこととした。

旭川の樹木は、土砂供給量の減少や洪水流量の減少による河道内攪乱頻度の減少により、湍筋の低下、冠水頻度の減少により砂州上の植生が成長したことにより、近年著しく増加している。

これら樹木繁茂により、百間川への分流量は計画量の約 10%増加し、百間川流域における重大な災害が懸念される。一方、樹木をすべて伐採した場合は、旭川分流部周辺で 1m 程度水位が下がり、百間川への分派量が減少するため、旭川分流部下流へ流量が増加することとなり、旭川流域における重大な災害が懸念される。

したがって、流域の被害を軽減させるため、計画上の分派比を保持するための樹木管理基準を設定し、樹木繁茂状況を監視・点検し、維持基準以上の変状が確認された場合には、詳細な調査・検討を実施し、必要に応じて伐採等を実施する河道管理手法を検討した。

2) 検討方針

過去の樹木等の変遷分析結果や、発生頻度が高い事象を想定した一定期間内の分流量の増減パターン（河積及び樹木の変動）を設定する。

その状況に対して必要となる維持管理内容（樹木の伐採等）を検討し、一定期間内の対策コストを算出する。

対策コストの算出にあたっては、既往文献や過去に旭川で実施した維持浚渫、樹木伐採、その再繁茂状況等を参考に対策の費用や頻度を設定した。また、樹高別、樹種別の伐採・処分コストも考慮した。

以上により、検討ケース別の一定期間内における維持管理の発生頻度やライフサイクルコストを比較分析する。

3) 維持管理基準の考え方

策定済みの河川整備計画（計画規模=1/50）では、堤防整備等が順次実施され、整備計画の目標流量では破堤氾濫等は発生せず、この目標流量を対象として維持すべき基準を設定するのは、目標規模として小さいと想定する。よって、計画高水流量（計画規模=1/150）を目標の外力規模とする。

表 5.8.1 分派地点の流量配分

計画	分派後本川	百間川
整備計画 (1/50)	3,300 m ³ /s	2,000 m ³ /s
基本方針 (1/150)	4,000 m ³ /s	2,000 m ³ /s

計画高水流量時においては、河川整備計画の河道改修を前提にした場合、旭川本川では、通過流量 3700m³/s 程度で破堤が発生し、その後、流量規模に応じて徐々に被害が増大する傾向にある。一方、百間川は、河川整備計画において計画高水流量 2000m³/s まで整備され、これを上回る分流

量が流下した場合、あらゆる区間において破堤の可能性があり、被害は極めて増大すると想定される。

計画高水流量が流下時に、旭川本川・百間川をあわせた治水上のリスクが増大しないように、百間川への分流量が 2000m³/s を上回らないような維持すべき基準を検討する。

分流部周辺での樹木繁茂に伴って分流量が増加（劣化）しても計画分流量 2,000m³/s を超過しないよう、あらかじめ一定範囲の樹木伐採を実施して百間川への分流量を減少させておくものとし、計画分流量 2,000m³/s に対して、その数%減した分流量を設定するものとするが、この流量減分を維持管理基準と定義した。維持管理基準としては、分流量を大きく低下させないものとして、維持管理基準を 1～5%として設定した。

なお、維持管理基準 1～5%としたときの分流量 1,900～2,000m³/s の時の分派点周辺の樹木面積は下表のとおりである。現時点では 8.23ha なので、これら維持管理基準を満たすためには、0.16～1.30ha の伐採が必要である。

表 5.8.2 維持基準（想定分派量）に対する樹木繁茂面積

維持基準	想定分派量	樹木面積
1%	1,980m ³ /s	8.07ha
2%	1,960m ³ /s	7.89ha
3%	1,940m ³ /s	7.72ha
4%	1,920m ³ /s	7.44ha
5%	1,900m ³ /s	6.93ha

4) 維持管理基準と伐採頻度

維持管理基準ごとの伐採頻度を、樹木の生長に伴う分流量の劣化と維持管理に伴う分流量の回復から整理した。樹木の生長は、現地調査結果（平成 20 年（2008）、平成 25 年（2013））から 0.174ha/年とした。また、維持管理（伐採など）の実施に伴い、分流量は各維持管理基準に応じた初期状態に戻るものとした。

以上から、各維持管理基準の伐採頻度（維持管理頻度）は、以下のとおりとなる。

- ・維持管理基準 1%：1 回／1 年間
- ・維持管理基準 2%：1 回／2 年間
- ・維持管理基準 3%：1 回／3 年間
- ・維持管理基準 4%：1 回／5 年間
- ・維持管理基準 5%：1 回／8 年間

5) 伐採・処分コスト

維持管理基準に応じた伐採コストは、表 5.8.3 のとおりであり、20 年後の伐採費用の累計は表 5.8.2 のとおりになる。

表 5.8.3 維持基準（想定分派量）に対する樹木繁茂面積

維持基準	伐採面積	コスト
1%	2,332 (m ² /1年間)	354 (千円/1年間)
2%	4,618 (m ² /2年間)	716 (千円/2年間)
3%	6,853 (m ² /3年間)	1,111 (千円/3年間)
4%	10,734 (m ² /5年間)	2,036 (千円/5年間)
5%	15,105 (m ² /8年間)	4,140 (千円/8年間)

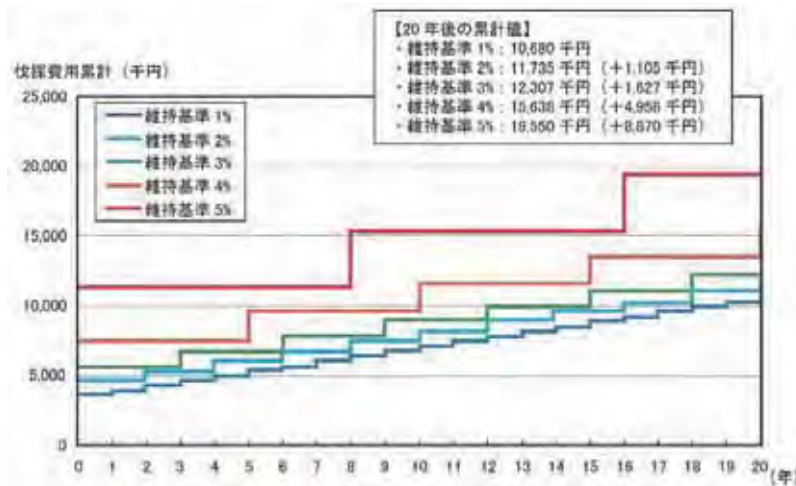


図 5.8.2 今後 20 年間ににおける維持管理コスト

それぞれの維持基準を設定した場合における，維持コスト，管理頻度，災害リスク（被害額）を定量評価する．各項目の関係を下図に示す．

整理結果から，維持から基準の違いによる被害額の変動は 130 億円程度あるが，被害額全体に占める割合は 3%程度と小さい（図 5.8.3 の左上の図の被害額（赤線）がほぼ横這い）．また，管理頻度は毎年から 8 年に 1 回までの違いがあり（図 5.8.3 の左上の図の管理頻度（青線）），維持コストは，約 1,100 万円～約 2,000 万円と，20 年間で 900 万円の違いが生じている（図 5.8.3 の右上）．

上記に示した維持基準の違いによる維持コスト，管理頻度，災害リスクへの影響程度を踏まえ，維持コストが急増せず，また管理頻度も比較的多くない維持基準 3%が望ましいと考えられる．

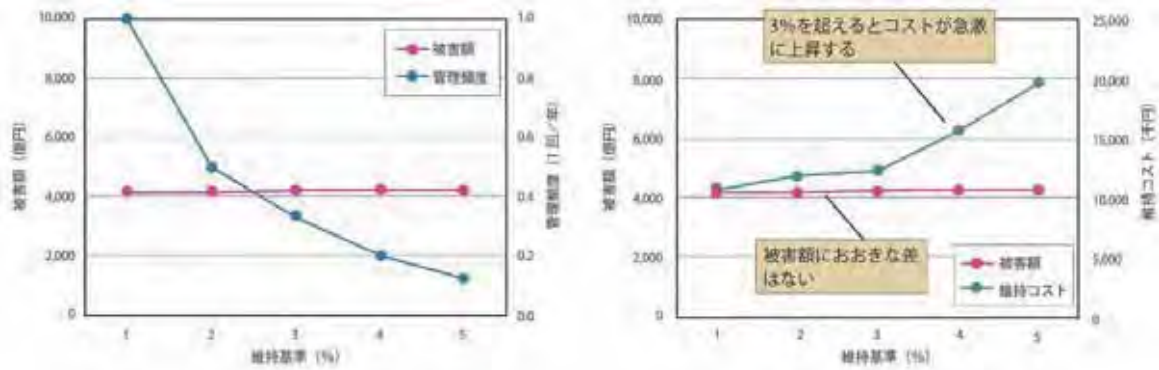


図 5.8.3 維持基準と被害額，管理頻度，維持コストの関係

以上までの検討結果（特に維持管理基準）は、机上の検討であり、実際の管理においては、モニタリングを中心に行い、分流部付近の樹木群の増減の監視を行い、必要に応じて伐採等行っているのが現状である。

メモ 5.8 リスク回避としての洪水調整池

調節池下流の堤防が非越流状態で危険にさらされ、緊急措置として下流河道の水位低下を狙い遊水地排水水門を開いたという事例がある。

リスク管理および河道変化・洪水ハイエトグラフの差異に対応するため、管理操作の責任リスクが増すが洪水調節池に流量制御機能を付加したらどうであろうか。

5.9 河口部の対策

(1) 河道内の土砂堆積対策

1) 河口部の土砂堆積現象と対策

セグメント 2-2 および 3 の河口域は河床勾配が緩く、また高度経済成長時代に流下能力向上のため掘削され河積が増加した。本来、この河道区間は堆積性の地形であり掘削すると河床上昇速度が増加する。また、塩水による細粒物質の凝集作用が働き、上流から運ばれてきたシルト・粘土などの微細土砂が堆積しやすくなり、河床材料の細粒化が生じた河川がある。河道の治水面から見ると河積が減少して洪水氾濫の危険性が増加し、また港湾や航路の維持の面から見ると航路が埋没して船舶航行に支障がでるといった問題も発生しやすい。そのため、河道管理の観点からは、洪水の疎通能力の維持や航路維持のための堆積土砂の浚渫が必要となる場合がある。

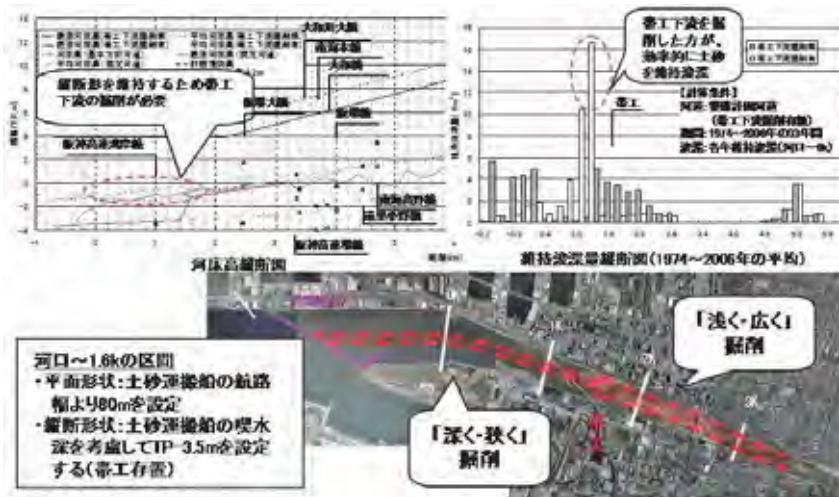
河口上流の土砂堆積により、治水安全度の確保のためには、浚渫、掘削する。浚渫および河床掘削による河道維持管理については、堆積速度を評価し、維持浚渫・掘削計画を策定する。

事例 5.6 大和川における対策事例

① 河道の維持管理方法

河口部は上流からの掃流土砂により堆積傾向にあることから、河積阻害を防止するための定期的な浚渫、掘削により、河道を維持している。

- ・河口部は、維持管理を行わないと、土砂堆積が進行する傾向にあり、河川整備後も土砂堆積による治水安全度の低下を回避するため、維持管理を必要とする。
- ・維持浚渫、施工面を勘案すると、現計画（河口～1.6k の区間）の河道形状が最適。
- ・1.6k m に設置されている帯工下流を溝掘することにより、帯工上流の再堆砂量が減少、下流で効率的に土砂を維持浚渫できる。



- ・維持浚渫 施工面を勘案すると、現計画(河口～1.6kの区間)の河道形状が最適
- ・帯工下流の掘削(溝掘)有無の維持浚渫量を比較した結果、帯工下流を掘削した方が、帯工上流の再堆砂量が減少し、下流で効率的に土砂を維持浚渫できる
- ・帯工上流の計画河床高を維持するためにも、帯工下流を掘削する必要がある
- ・施工面では、河口部における土砂の陸上運搬は困難であり、航路運搬が必要となる

図 5.9.1 大和川の河道維持計画の概要

② モニタリング計画

河口部の堆積や局所的な洗掘に対しては、継続的な水位観測や調査、測量等により、対策箇所を設定、実施後にモニタリングを実施し、次の河川管理のロードマップを策定する。

河口部～6k 付近は、継続的な測量調査による断面変化や粒径調査、底質調査により出水と堆積量の相関性等を把握する。6k～17k は、洪積粘土層上に堆積する砂層厚と流量の関係をモニタリングし、局所的深掘れ、構造物への影響の有無を調査する。特に現況で根入れが不足している橋梁の橋脚周辺の局所的深掘れに留意する。

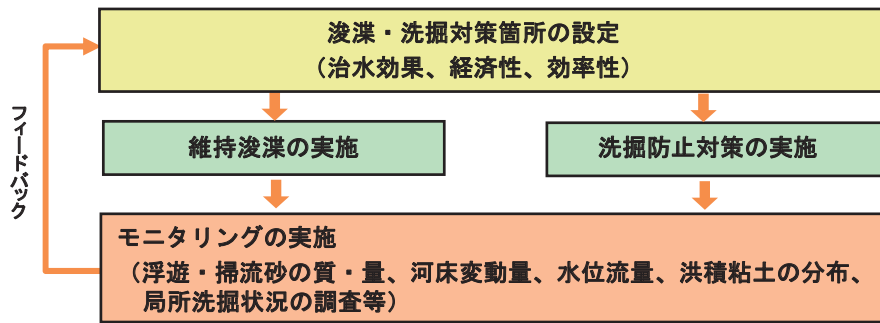


図 5.9.2 モニタリングの考え方

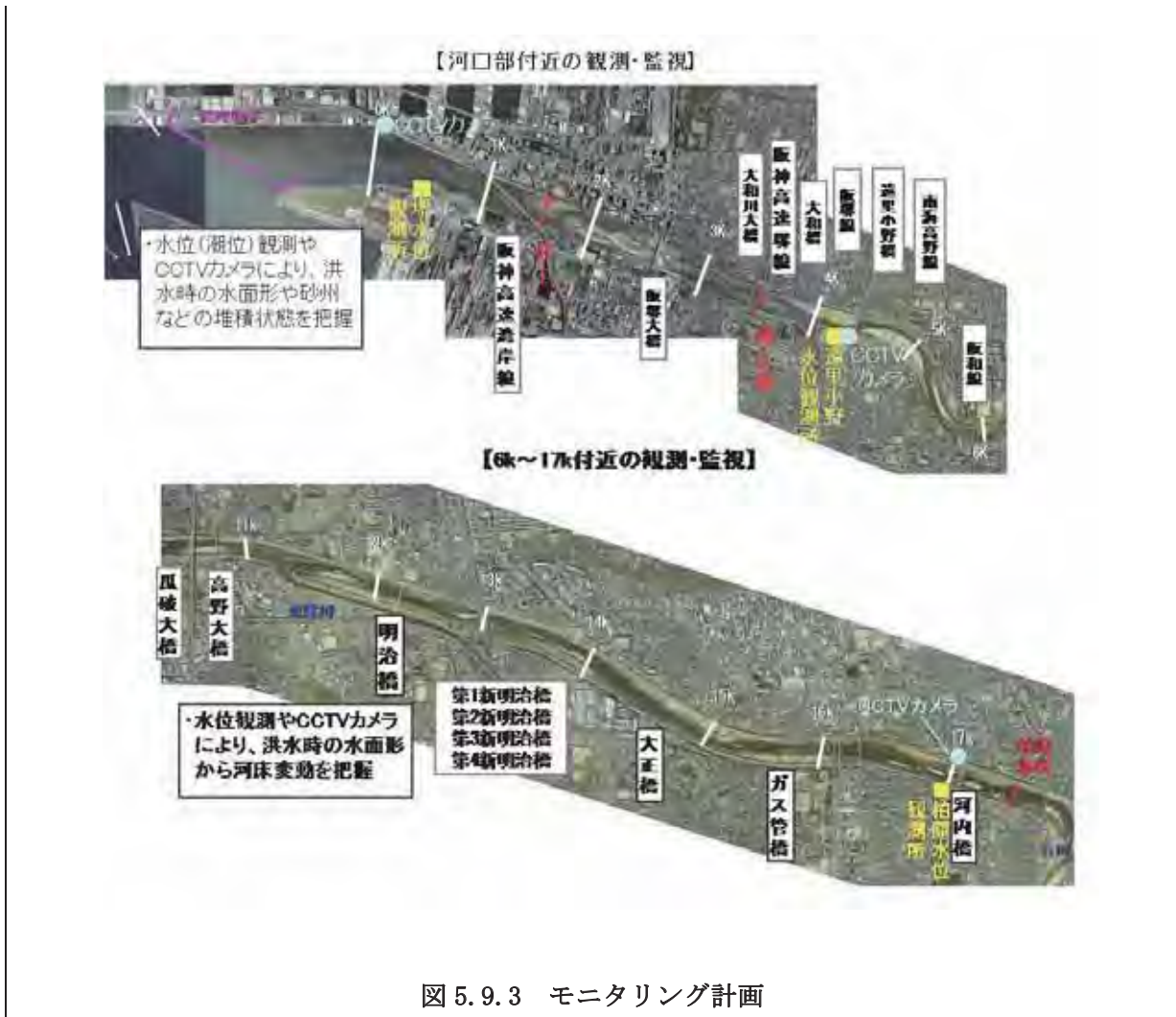


図 5.9.3 モニタリング計画

(2) 河口砂州対策 (山本, 1978 ; 山本他, 1988 : 財団法人河川環境管理財団編, 2008)

1) 河口地形

外海に流出する河川の河口部には、波浪・潮汐流・河川流などの複数の外力が作用し、さらに密度流効果も重なるために、その地形変化はきわめて複雑である。洪水時には河川の流速と水深の増により、河床に働く掃流力が大きくなって、河床の堆積土砂がフラッシュされる。洪水時の水位上昇が緩やかで、河口が開口している場合は、側岸侵食により砂州が徐々にフラッシュされる。完全閉塞している河口や部分的に開口している河口であっても、洪水時の水位上昇が速い場合には、洪水により水位が砂州を越えるようになり、砂州全体が一挙にフラッシュされる。このときの水位は、流量の増加に伴う砂州部開口河積の拡大が追従できないため、急激に上昇し、流量ピーク以前に河口水位のピークが現われる。このような現象は、中小河川でその傾向が強く、流量ハイドログラフの立ち上がり部分の流量変化速度や河口砂州高が大きく影響する。

河川から流出した土砂は、河口部における潮汐流と碎波に伴う海浜流とによって再度河口砂州を形成する。土砂供給の大きい河川では出水時に流出した土砂により河口テラスが形成される。内湾に面した河川においては、波による変形は少ないが、外海に面した河川の河口テラスは、波により河口砂州の再生材料として打ち上げられ、また汀線方向に運ばれ海浜材料となり、縮小する。

河口砂州の高さは波浪の波高，周期，海浜材料の粒径，海浜勾配に依存して変化し，波高が高く，周期が長く，かつ粒径が大きいほど砂州高は高くなる。

河口の開口部の位置は，河川流量や波浪条件の変化に応じて変動する。沿岸漂砂の卓越する海岸では，河口位置が沿岸漂砂の下手側に移動し，また元に戻るといった変動を示す場合も多い。

導流堤等によって沿岸方向の土砂移動が阻止される場合には河口位置の変動幅は小さくなる。沿岸漂砂が卓越している場合には上手側に土砂が溜り，下手側は河岸侵食が生じる。

河川からの流出土砂が多い場合には，河口部に土砂が堆積して河口が沖へ移動し，反対に河口上流での河床掘削などにより供給土砂量が減少し，沿岸漂砂によって運び去られる量との均衡が失われると，河口砂州は陸側（河道内）へ移動する。なお，外海に面している河口では，掘削によって河口砂州を取り除いても，沿岸漂砂が河道内に入り込み，砂州が再発達する。

開口部の幅や断面積は，潮汐流および河川流の作用によって広くなり，波浪の作用によって狭くなるといった変動を繰り返す。

2) 河口砂州対策工法

以下の方法がある。

① 維持掘削

河口砂州の発達により，治水安全度が確保できない場合（計画高水位を超える）は，砂州の一部を人工的に切り開き河水の排除を容易ならしめ，また洪水の砂州越流時期を早め，砂州フラッシュさせ，水位の低下を図る。掘削土砂は，河口付近の海浜に置き土し，河口域外に持ち出さない。

なお，河口付近の流下能力増強のために，砂州および砂州上流部を掘削すると洪水時の掃流力が掘削前より低下し，そこに土砂がたまるため河口からの流出土砂量が減少し，また河口砂州の再生に河口テラス材料が使われるため，河口付近の海岸侵食および河口砂州位置の陸側への後退が生じる。河口砂州および河口付近の河床掘削は避けるべきである。

② 河口部計画水位の変更

河口砂州が存在することを前提とし，河口部の計画高水位を変更する。堤防のかさ上げを伴う。

③ 河口導流堤の設置

河口導流堤により砂州の成長を抑制し，水位の低下を図る。砂州上流の河道幅で両側に導流堤を設置しても河口砂州の発生は防げない。波浪が導流堤内で減少するような平面形とする必要がある。

④ 河口暗渠工等の設置

中小河川では河口暗渠工による排水や水門と排水ポンプの設置により，河川水を排水する工法が取られることがある。

メモ 5.9 河口処理工の計画・設計法に関する参考資料

- ・建設省河川局治水課，建設省土木研究所河川部，1975；河口処理対策指針（案）。
- ・山本晃一，1978；河口処理論[1]－主に河口砂州を持つ河川の場合－，土木研究所資料第1394号。
- ・山本晃一，1978；河川の流量改定に伴う河口処理の問題点，土木技術資料第20-2。

事例 5.7 荒川における維持対策事例

① 河口砂州の変遷

荒川河口部の砂州は，右岸より発達し開口部は左岸側約 130m 程度，砂州幅は 80m～120m で，近年においては，縮小化・後退傾向にある。

昭和 50 年（1975）までは，砂州開口部は右岸側，位置は-0.25k より海側にあったが，昭和 50 年（1975）以降，開口部は左岸側，位置は-0.25k まで後退している。（昭和 50 年（1975）より整備された突堤・離岸堤・緩傾斜護岸（特に平成 6 年（1994）の塩谷海岸突堤）の影響）

荒川河口部の波浪は冬季季節風に起因するため，北西方向が卓越し，波浪エネルギーは冬季に大きい。

砂州の開口幅が広いと冬季風浪が河川内に進入し，低水路護岸等の洗掘の可能性が高まる．現状で波浪による洗掘被害は生じていない（冬季最大開口幅 150m）が，150m を上回る場合には波浪による影響の可能性はある。

平成 16 年（2004）7 月の出水（4000m³/s）により河口砂州は全面的にフラッシュしたが，それ以前の洪水では砂州はフラッシュしていない。



図 5.9.4 河口砂州の変遷

② 河口砂州の現状と課題

現在の河口砂州は、洪水時の流下阻害、砂州位置の後退による支川堀川合流点の閉塞、が問題となっている。一方で、砂州の存在は、冬季風浪から低水護岸などの河川施設を防護する機能もあるため、「通常時は砂州が存在し、洪水時にフラッシュされるような維持管理の実施」が課題である。

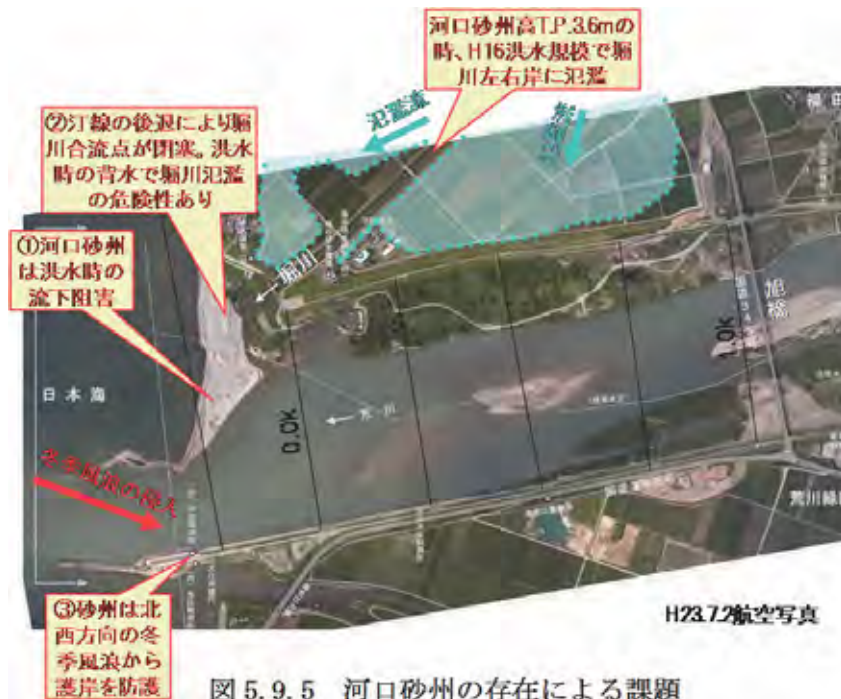


図 5.9.5 河口砂州の存在による課題

③ 河口砂州の管理方針

現況河道では、砂州高が T. P. 3.1m を超えると砂州が越流フラッシュせず、また、堀川からの氾濫量が増大すると予想されるため、T. P. 2.5m(0.5m の余裕確保) で砂州高を管理する。さらに、砂州のフラッシュを誘発するため、横断掘削幅 50m、管理高 T. P. 2.0m の掘削（トレンチ）を実施する。ただし、旭橋架替(平成 26 年 (2014))までは、暫定管理高 T. P. 2.0m で管理し、対策の効果を検証する。

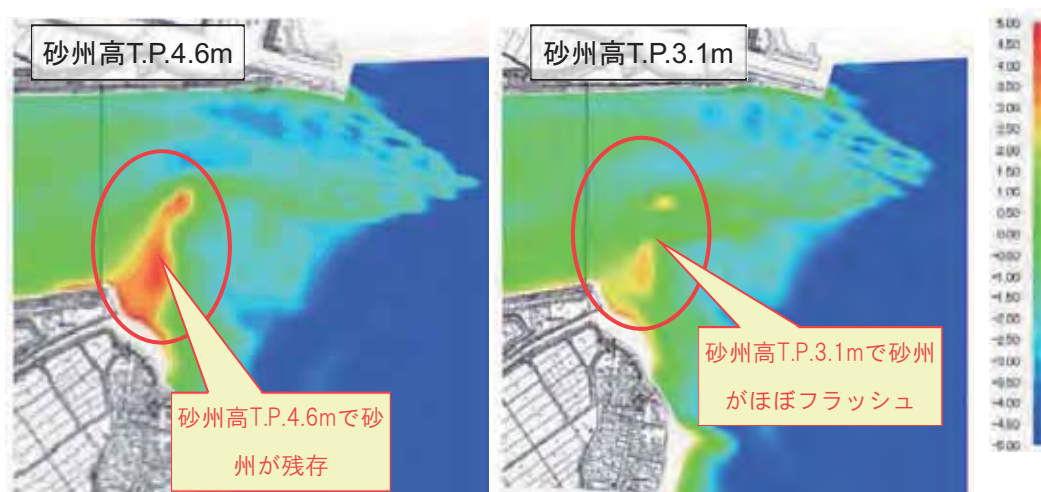


図 5.9.6 通水後河床高コンター

④ モニタリング計画

経済的かつ効率的なモニタリングを行うため、下記のモニタリング計画を考案した。

砂州平面形状の変遷把握のため GPS を用いた簡易観測を月 1 回実施し、砂州の変動を把握する。冬期風浪による砂州の変動も、GPS による平面形状の計測を基本とする。

これまで年 2 回（10 月，3 月）実施していた砂州形状，河道横断など詳細なモニタリングは出水期前の 5 月を基本として実施し，砂州高が維持管理高を上回る場合は砂州の維持掘削を行う。

出水期にフラッシュを伴う洪水が発生した場合は，砂州のフラッシュ状態，砂州規模の変遷，河口テラスの変化などを把握するために詳細な洪水後調査を実施する。この結果を用いて，砂州フラッシュメカニズムを把握し，河道計画の出水水位の検討などの基礎資料を収集し，今後の河道計画に反映させる。

洪水後モニタリングでは，河道の横断測量に加え，河口テラス区域の海底形状の連続した把握が必要であり，河口域での計測区域の深淺測量を実施する。

(4) 河口砂州・河口付近海岸侵食後退対策

河川からの供給土砂量の減少は，河口砂州の陸側への後退，河口付近の海岸侵食を生じさせる大きな原因である。必要に応じ以下の対策を実施し，その効果をモニタリングする。

- ・養浜

河口付近・河口テラスに河口砂州の構成材料相当粒径を持つ土砂を養浜する。

- ・堤防および護岸の補強

波浪の進入による堤防および護岸が破壊されないよう強化する。また消波工を設置する。

- ・海岸堤防・離岸堤・突堤の補強

海岸構造物による侵食防止を行う。

5.10 河道の維持管理対策後の河川の監視・記録

河道の維持管理対策の実施後は，河道のランク付けはアップし，ランク A あるいは B となるが，対策により河道の変化が予想される場合は，対策の効果判定や問題点の発見のため重点監視箇所として位置付け，河道のモニタリングを 5 年程度実施し，その後，通常の監視体制に入るものとした。

注.

注 1) 河川敷地占用許可準則（平成 11 年 8 月 5 日建設省河政発第 67 号，別紙）

第八 工作物の設置，樹木の植栽等を伴う河川敷地の占用は，治水上又利水上の支障を生じないもので無ければならない。以下省略

現状の具体的樹木植栽の技術面については，財団法人リバーフロント整備センター編（1999）「河川における樹木管理の手引き」を参照。

参考文献

- 宇多高明, 高橋晃, 伊藤克雄(1993) 治水上から見た橋脚問題に関する検討, 土木研究所資料第 3225 号.
- 外来種影響・対策研究会 (2003) 河川における外来種対策の考え方とその事例, リバーフロント整備センター.
- 柏井条介 (2004) 堆砂対策によるダム貯水地の持続的利用, 土木技術資料 47-1, pp. 46-51.
- 川畑理恵, 鈴木克尚, 山本晃一 (2013) 烏川における河道の応答を考慮した河道掘削について, 河川技術論文集 Vol. 18, pp197-202.
- 建設省河川局治水課 (1998) 河川区域内における樹木の伐採・植樹基準.
- 建設省河川局治水課, 建設省土木研究所河川部 (1975) 河口処理対策指針 (案).
- 財団法人河川環境管理財団編 (2008) 河川汽水域 第 4 章河川汽水域における物理環境とその変動, 技報堂, pp. 61-129.
- 財団法人河川環境管理財団 (2010) 河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術, 河川環境総合研究所資料第 29 号, pp. 136-164, 250-257.
- 財団法人河川環境管理財団 (2012) 河川植生管理論, 河川環境総合研究所資料第 31 号.
- 財団法人国土技術研究センター編 (2002) 河道計画検討の手引き, 山海堂.
- 財団法人国土技術研究センター編 (2008) 床止めの構造設計の手引き, 山海堂.
- 財団法人リバーフロント整備センター (1999) 河川における樹木管理の手引き, 山海堂.
- 清水義彦, 岩見収次, 大山修 (2015) 固定砂州の掘削による中小洪水営力を用いた樹林化抑制と水衝部対策, 河川技術論文集第 21 巻.
- 須賀堯三, 西田祥文, 高橋晃. 坂野章(1982) 橋脚による局所洗掘深の予測と対策に関する水理的検討, 土木研究所資料第 1797 号.
- 角哲也 (2003) 日本における貯水池土砂管理, 流域一貫の土砂管理, 第 3 回世界水フォーラム 統合的流域および水資源管理分科会, (財) ダム水源地環境管理センター, pp. 103-118.
- 角哲也, 高田康史, 岡野真久 (2004) 土砂管理の軽減を目的とした治水利水分離型ダム事業のライフサイクルコストに関する研究, 河川技術論文集, Vol. 11, pp. 209-214.
- 中川一 (2004) 流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究, 3. 2. 1 土砂生産・流出の総合管理システム, 財団法人河川環境管理財団, pp. 41-44.
- 藤田光一, J. A. Moody., 宇田高明, 藤井政人 (1996) ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小, 土木学会論文集 No. 551/II-37, pp. 47-62.
- 山本晃一 (1978) 河口処理論[1], 土木研究所資料第 1394 号.
- 山本晃一編著 (2002) 護岸・水制の計画・設計, 山海堂.
- 山本晃一編著 (2014) 総合土砂管理論, 技報堂出版.
- 山本晃一 (2010) 沖積河川, 技報堂出版, p. 334, pp. 455-575.
- 山本晃一, 高橋晃 (1988) 河口処理論[2], 土木研究所資料第 2677 号.
- 山本晃一, 高橋晃, 佐藤英治 (1989) 河道平面形状と砂州の関係に関する基礎調査, 土木研究所資料第 2806 号, pp. 312-368.
- 山本晃一, 白川直樹, 大塚士郎, 伊藤英恵, 内田士郎 (2005) 流量変動と流送土砂の変化が沖積河川の生態系の及ぼす影響とその緩和技術, 河川環境総合研究所資料第 16 号.

- 山本晃一，阿佐美敏和，田中成尚，新清晃，鈴木克尚（2009）鬼怒川の河道特性と河道管理の課題，河川環境総合研究所資料第 25 号.
- 山本晃一，戸谷英雄，阿佐美敏和（2007）河道維持管理システムに関する検討，河川環境総合研究所第 18 号，pp. 101-149.
- 山本晃一他（1990）澗沼川洪水観測所レポート {1} 1988～1989，土木研究所資料第 2895 号，pp. 197-216.
- 吉田大（2008）河川の維持管理基準とこれからの河川管理，第 30 回河川管理研修テキスト，社団法人河川協会.
- 渡辺明英（1991）ベーン工の設計法に関する調査，土木研究所資料第 2956 号.
- NIKKEI CONSTRUCTION（2009.8.14）帯工と水制工でよみがえる魚のすみか，pp. 12-17.

第6章 河川管理施設および許可工作物の機能確保の観点から見た河道の維持管理

6.1 河川管理施設の機能確保と河道の維持管理

代表的な河川管理施設である堤防をはじめ、護岸、床止め等の河川管理施設は、洪水に伴う河床変動や流体力の増加に起因する転倒・滑動等による破損、河川利用に伴う変状・損傷、また経時的な施設構成材料の劣化を生じる。これらは、樋門、樋管、水門、堰、排水機場等の構造物や機器、許可工作物についても同様である。

維持すべき施設の機能に支障を及ぼす変状・劣化の度合いについては、施設構造物の力学的設計法が大部分の施設種について完成されており、力学的照査法が可能である。しかし、施設構造物の材料の劣化程度の指標化が成立している河川構造物は多くなく、現状では一部を除いて定量的に劣化度合いを評価するのは困難であり、変状・劣化の時系列変化を把握しつつ、洪水による機能損傷を予見しながら機能維持行為を実施している。河川管理者の持つ経験的知見という主観的（非定量的）要素に頼っているところがあり、合理的な判断基準が策定されているとは言えない。従って、施設毎に目視を中心とした点検を適切な時期に行い、日常の河川巡視とも相まって施設の状態を把握し、その変状・劣化程度による施設の機能評価を行い、財政的、技術的および社会的制約を考慮して、当該施設が同種、同規模の河川の管理の一般的水準及び社会的通念に照らして是認しうる安全性を欠いているかを判断し、必要な対策を実施するというプロセスが取られてきた。判断基準（河川管理瑕疵の判断基準）は、「当該施設が同種、同規模の河川の管理の一般的水準及び社会的通念に照らして是認しうる安全性」となるが、その是認程度は河川技術界における経験を通じた（歴史化された）共同主観に基づいている。

施設の機能維持に関する目標は、堤防、護岸、根固め工、水制工、床止め工、堰、水門、樋門、樋管、排水機場等の機能維持が図れるよう、河道特性の差異を表出する河道セグメント、施設の種別等に応じて設定することが基本である。また、河川の状態把握の基本となる水文・水理観測施設の観測精度の確保も重要である。さらに、施設の機能維持を実施する際には、河川の利用や河川環境の整備と保全に関する目標と整合させることも重要であり、目標設定に当たって留意する必要がある。

ところで、河川管理施設および許可工作物の安全性と機能維持に当たっては、施設設計時に想定された施設を囲む地形条件および外力条件と現状との差異を評価し、施設の安全性および機能の劣化程度を施設設置当時の技術基準や理論水準と現時点の差異を含めて評価し、河道の維持管理対策および施設の維持管理対策（補強対策）を実施する必要がある。

河川管理施設および許可工作物の安全性確保のための維持管理および対策の範囲は、狭義には施設の機能維持のために河道の変化およびそれに伴う施設に働く外力の変化に応じて施設の補強、基礎工の根接ぎや増設を行う構造物の機能維持であるが、広義には河道の形状を人為的に制御（埋め立て、掘削、平面形の変更）する、植生の管理を実施する、河床変動制御施設を設置する、という河道の維持管理対策と合わせて対処する場合もある。

前者の河川構造物そのものの維持管理は、構造物設置場という空間（ローカル場）であるが、後者の河川管理施設および許可工作物の安全性確保のための河道の維持管理および対策の対象空間場は、河川構造物を含むリーチスケール場、小セグメントスケール場であり、そのスケール場を規制する流砂系場の制御を含む場合もあり、より維持対象空間が広い。

なお、河川管理施設および許可工作物の河道の変化による機能劣化に対する施設の補強対策は、

施設の維持管理対策の範疇に入るが、河道の維持管理対策と見なされる場合もあり得る。例えば、河床低下を抑制するために新たに設置する床止め工やベーン工、捨て石は、河道の維持管理対策とも言える。

なお、河川管理者が管理する河川管理施設は、河川管理者が維持管理を行う。許可工作物については、「設置者により河川管理施設に準じた適切な維持管理がなされるよう、（河川管理者は）許可に当たっては必要な許可条件を付加するとともに、設置後の状況によっては必要に応じて指導・監督等を実施する。」（「河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）」）とされている。なお、許可工作物の点検は、設置者により実施されるのが基本であるが、河川巡視等により許可工作物についても概括的な状態把握に努める。許可工作物と堤防等の河川管理施設の接合部は弱点となりやすいので、そのような箇所については各々の施設の点検の中で河川管理者が必要な点検を実施することを基本としている。

6.2 堤防

5.1 (2) で記した堤防の機能の劣化が生じた場合の河道の維持対策について具体的対策を提示する。

1) 堤防浸透

河道の維持管理からの堤防浸透対策として考えられるものは、高水敷幅の拡大および高水敷高の増加があるが、その効果は顕著なものでない。また、堤防防護ラインの変更、低水路平面形の変更を伴うので、河道計画と整合および調整を図る必要がある。

一般に構造物の維持管理対策（浸透防止シートパイルの打設、堤防敷幅の拡大、ドレーンの設置等）で対処する。

2) 堤防・高水敷の侵食

河道の維持管理からの堤防および堤防付近高水敷の侵食対策は、流速が侵食限界以下（1.5～2 m/s 以下）となるように河道形状を変更・制御することである。

具体的には低水路に対する相対的高水敷高の増加（低水路平均水深の増加）、堤防近傍の樹木管理（樹木による流速低減対策）が考えられる。流速を低減できない場合は、堤防護岸の設置により対処する。

3) 側方侵食

洪水時の河岸侵食によって生じる堤防の破壊を防止するため、堤防防護ラインを設けて、河道の変化（低水路の移動）により、このラインが侵食された場合、あるいは侵食されるおそれがある場合に河岸侵食防止対策を実施する。

4) 横断工作物

横断工作物の存在により堤防への影響が懸念される場合は、堤防構造の補強対策がなされるのが通例である。

6.3 護岸・水制

護岸・水制の破壊原因の大部分は、河床が長期的に低下し、または洪水によって一時的に洗掘され、その結果、根入れが浅くなり、ついには法先から崩壊する、いわゆる法先洗掘崩壊が大部分である。このため、法先の崩壊を予測し、事前に対策を実施することが破堤リスクの軽減はもちろんのこと、河岸侵食防護対策コストの縮減にも繋がる。

護岸・水制の維持管理は、以下の流れで実施する。

① 河床高（平均・最深）の経年的変化の把握

護岸前面等、施設の基礎周辺の河床高の変化を定期縦横断測量成果から把握し、特に低下傾向（全体的な低下傾向、局所的な低下傾向）にある場合には、注意して密に横断測量を実施する等、モニタリングを継続し、監視する。

特に、低水路の湾曲部外岸側は、外岸湾曲部の下流に生じる強制渦によって流速が速くなり、深掘れが生じる。このため、定期的な測量のみならず、出水後の状況を確認する等の継続的なモニタリングが必要となる。湾曲部の上流では内岸に生じる自由渦により内湾側が侵食されることがあり、注意が必要である。

なお、河道内に水制工が設置されている場合には、水制工の前面で局所的に水位上昇が生じ、その部分の痕跡水位が大きくなるため、全体的な水位縦断から見ると過大な左右岸水位差を生じたようになることがあることから、構造物と痕跡水位との位置関係についても留意する必要がある。

② 構造物の根入れ高と根固め工幅の把握

河岸、水制構造物の根入れ高が判る「根入れ高縦断図」「根固め工幅縦断図」等を作成し、施設が更新されると同時に随時見直しを行い、①での横断図、縦断図との比較を行うことで現在の構造物の安全度（破損危険度）の判断情報とする。

③ 目視点検による護岸・水制の変状把握

護岸・水制は、河道内の流水による河岸の侵食や河床の洗掘に対して、低水路河岸および高水敷、堤防等を保護する目的で設置される構造物である。洪水により、河床の洗掘、河岸の侵食により護岸が被災すると、河岸沿いの管理用通路・高水敷の保全や堤防等への悪影響を及ぼし、強いては堤防の決壊等へと繋がる場合がある。

そのような場所は重点監視区間に設定し、護岸・水制ブロックのはらみだし、めくれ、欠損、クラック等の変状を監視するとともに、護岸・水制ブロックの沈下や、目地の開き等の空洞化の予兆となる変状をよく観察・記録し、①、②での分析結果と合わせ、護岸・水制の機能保持が可能か判断する。

④ 維持対策

護岸・水制が破損してそれにより堤防が損壊する恐れ、高水敷の機能が失われる恐れがある場合[⇒4.6.2(3)]、深掘れ部に捨て石の投入、護岸・水制の破損箇所の補修、根継ぎ、根固め工の補強、深掘れ軽減工法等の対策を実施するのが通例である。

護岸・水制前面の局所侵食深を軽減するために、低水路平面形状の変更、横断形状の変更（堆積部の掘削）は、河道の維持管理対策である。

メモ 6.1 護岸・水制の設計と設計対象河床高

護岸・水制の設計の考え方および設計のための河床高の考え方については、「護岸・水制の計画・設計」（山本晃一編著、山海堂、2003）を、参照されたい。設計法が構造物の維持管理の評価基準となるはずであり、設計時の設計外力条件と現況および近未来の外力条件との差異に関する情報が、維持管理方針および維持管理対策決定の根拠性になるはずである。なお、水制は河床から突出するので、それ自体の存在により水制周りに洗掘が生じる。水制設計に当たっては、この局所洗

掘に対応できる構造設計としなければならない。河川構造物の維持管理として、その差異をどこまで許容するか判断基準が必要となる。

必要な判断項目は

- ① 構造物周辺の最深河床高と設計河床高の差異
- ② 構造物に働く流体力および土圧の設計時との差異
- ③ 護岸・水制必要設置範囲の設計時との差異（流況、流向の差異）

の3項目であるが、護岸・水制では①が判断項目となるのが大部分である。

護岸・水制の設計においては、本体の基礎工（基礎工高）まで河床が掘れても構造物が破壊されないように根固め工が基礎工周辺に敷設されるが、設計当時の技術的知見および財政的制約により、そうっていないものもある。根固め工の前面の河床洗掘により根固め工の破壊および流出が生じる洗掘深が許容洗掘深となる[⇒4.6.2(3)]。

6.4 横断構造物

堰等の横断構造物では、上下流河道の河床変動、局所流、偏流の発生等による河床洗掘、および土砂の吸出し、流水や転石による衝撃等により、堰本体・護床工・取り付け部の沈下・不陸や流出・堰本体の損傷を受ける場合がある。

また、落差を持つ堰、床止めは、上流からの流水の高水敷への乗り上げ、低水路部への落ち込みの発生（迂回流の発生）により河岸の侵食や高水敷の侵食の発生、さらに進行すると、堤防の決壊等へとつながる危険性がある。

堰の下流河床が低下し、洪水流水の越流形態が潜り越流から完全越流型に変わり、構造物に働く流体力が大きくなり構造物が被災した事例がある。

伏せ越し（サイフォン）は、設置当時の河床が低下し、伏せ越し天端の露出による床止め機能を持つものとなり、河道の維持管理の観点から対処せざるを得なくなっている事例がある。

維持管理対策の流れは、以下のようである。

① 上下流河道の河床変化の把握

固定堰や床止め等により、その上流部では水位の堰上げが生じ、土砂の堆積・固定化に伴う洪水時の流下阻害が懸念される。

このため、定期縦横断測量結果の重ね合わせによる土砂動態の把握を行うとともに、河床変動、流下能力等河道の状況を確認し、必要に応じて維持掘削等の対策を行う必要がある。

一方、本体及び水叩き部は、下流から洗掘を受けて吸出しの被害を受けやすい。このため、横断測量、航空写真等により河床高の把握に努めるとともに、護床工の変状等についても合わせて把握する。

② 目視点検による護岸等の変状の把握

①でのデータによる把握と合わせて、堰本体、水叩き、擁壁部の損傷状況を把握するとともに、護床工の沈下・不陸、流出等の変状、上下流河道の河床洗掘状況を把握する。

③ 維持対策

上記把握情報に基づいて横断構造物設計当初の設計外力および周辺地形条件と現時点での外力および境界条件の差異を調べ、構造物の被災に対する安全性をチェックする。

河道の維持管理対策としては、横断構造物下流に床止めを設置、深掘れ部に異形ブロックあるいは捨て石を投入、水系土砂管理の視点から、上流からの土砂補給が考えられる。横断構造物自体が劣化あるいは必要強度に満たない場合には、補強・補修・改良と言う施設の維持管理対策を行う。

事例 6.1 阿賀野川渡場床固の維持管理対策

阿賀野川河川事務所では、阿賀野川および早出川の両岸で総延長約 75.1km に及ぶ堤防をはじめ、水門・閘門、樋門・樋管、排水機場、陸閘の 25 施設、渡場床固、沢海第一床固・第二床固を維持管理している。

維持管理計画の内容の骨子は、

① 異常洗掘調査

- ・異常洗掘に起因する根固、護岸の変状に注視した目視巡視や臨時巡視を行い、必要に応じて水深測量等の詳細調査を実施することとする。
- ・定期横断測量結果等を併せて活用することで、洗掘の発生状況やその原因を評価できる場合があるため、巡視にあたっての参考とする。
- ・水位や流量など外力の発生状況に応じた異常洗掘発生を想定できる場合には、前述の実施の頻度にかかわらず実施する。

② 状況把握

- ・沢海床固および渡場床固周辺の深掘れ状況については、定期横断測量及び出水後など、必要に応じて深浅測量を行い監視するものとする。
- ・また、毎年、出水期前、最渇水期（異形ブロックが露出した時）、出水後など必要に応じて、両床固における異形ブロックの流失、変位が把握できるよう定点写真撮影（河川巡視、堤防点検と兼ねる）を行い、過去からの変化が容易にわかるようにまとめるものとする。

③ 維持管理対策

- ・渡場床固・沢海床固の維持管理については、大きな出水後には測量等の調査を実施して変位・深掘れ等の変状把握を行い必要な措置をとる。
- ・目視確認できる変状があり、河床変動、施設の老朽化等により対象施設が所定の機能を維持できなくなった場合に対策の可否を検討し補修する。
- ・渡場床固については、下流の河床高が施設の安定計算より求められた基準高を下回った場合を目安とする。
- ・その他、継続監視により、大きな年変動（沈下量の増加、クラック幅の拡大等）の有無も判断材料とする。

なお、渡場床固は、旧河道が蛇行し、流路変動を繰り返したところに設置されており、河道の安定と河床洗掘防止のため、昭和 29 年（1954）～32 年（1957）にかけて設置された。昭和 51 年（1976）～52 年（1977）には深掘れ対策として、8t～16t の異型ブロックを約 3,400 個設置して大補修を行っている。



図 6.4.1 現在の渡場床固

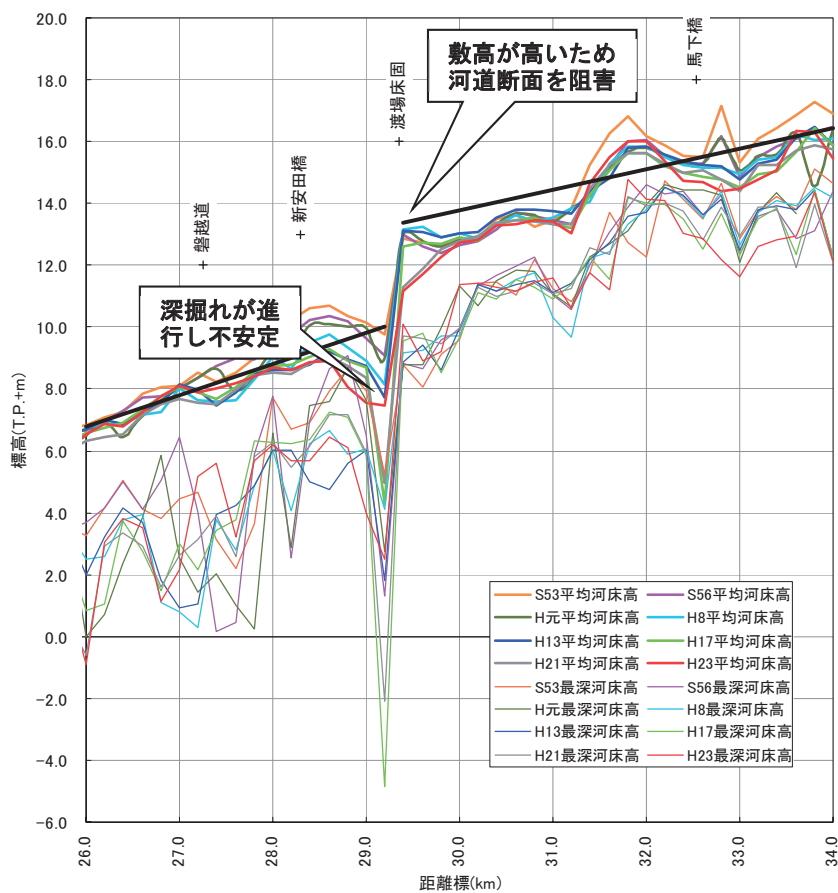


図 6.4.2 河床高の経年変化

事例 6.2 黒部川愛本床止め護床工の被災と維持管理

黒部川（富山県黒部市）愛本地点は黒部川扇状地の扇頂端に位置し、治水の要となる地点であるが、平成 23 年 6 月洪水（流量 約 1,000m³/s）により愛本堰堤下流部において河床が洗掘され、根固ブロックが流出した。

維持管理の考え方

愛本床止め護床工の被災は、護床工下流の一連区間の河床低下によるものが大きい。このため、再度被災の防止にあたっては、以下に示す維持管理（河道状態の把握）を確実にを行い、異常と判断された場合に詳細な調査を実施し対策方針を定めるものとした。

- ・平均・最深河床高の経年的・縦断的整理（傾向の把握）
- ・横断重ね合わせによる低下傾向の把握
- ・航空写真による河道変遷（砂州、植生：樹木群）の把握
- ・洪水後の河床変化の状況（横断測量、航空写真、目視での確認等）



図 6.4.3 愛本床止め護床工被災の状況

メモ 6.2 床止めの設計に関する参考資料

- ・財団法人国土開発技術研究センター，1998；床止めの構造設計手引き，山海堂。

注：構造設計に当たっては，床止め頭部の上流河床からの浮き上がり高および下流河床低下高を河床変動計算等により評価し，その評価結果を用いて構造物に働く外力を設定し構造設計しなければならない。

6.5 橋脚

河道内に橋脚が設置されると，橋脚周辺において流れが局所的に変化し，それに伴って河床洗掘や河岸侵食を引き起こす。橋脚による影響の主なものは次の通りである。

① 橋脚付近における水位上昇と上流側での堰上げ

河道内に橋脚が存在すると，その構造物の流体抵抗により水位上昇が引き起こされる（図 6.5.1 参照）。

② 橋脚周辺の流向・流速の変化と洗掘

河道内に設置された橋脚の前面では水位の堰上げが生じ，橋脚の側面では高流速が発生する。このような流れが生じると堤防近傍に設置された橋脚においては堤防の侵食等が生じる原因となる恐れがある。



図 6.5.1 出水時における橋脚周辺の水面状況（姫川）

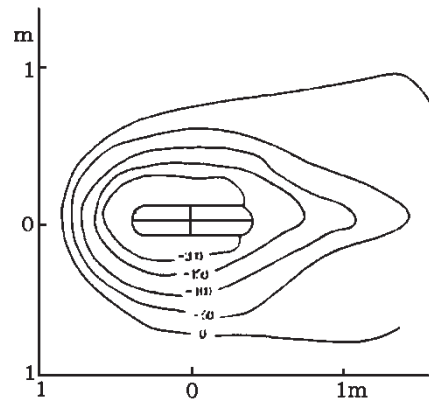


図 6.5.2 移動床模型橋脚による洗掘深形状の例

③ 橋脚付近の局所流による洗掘・堆積

橋脚の周辺では，局所的な流れの変化によって河床が図 6.5.2 に示すようにすりばち状に洗掘される。

④ 維持管理の考え方

橋脚は，その構造物自体で生じる構造物周辺の河床および流水の変化に対して安全性が確保されるように設計されている。しかし，河道の変化（平均河床高の変化，低水路法線形の変化等）により，構造物の設計条件である外力条件，設計対象河床高が変わり，構造物の安全性が確保で

きなくなる恐れがある場合は、構造物周辺の洗掘に耐えられるように、根固め工の追設、基礎工の補強を実施するのが通例である。橋脚保護のため直下流に床固め工、落差工を設置することもある。

メモ 6.3 橋脚周りの洗掘深の評価の参考資料

橋脚周りの洗掘深の評価の参考資料については、メモ 4.3 を参照されたい。

6.6 取排水施設

樋管、樋門等の堤防横断工作物は、沿川の基礎地盤が軟弱な場所に設置される場合が多く、堤防や周辺地盤の不等沈下、流水や流下物による衝撃、地震等により、変形や損傷等を受けやすい。また、前面の土砂堆積、河床低下に伴う水位低下による取水不能および構造物の被災による施設機能の喪失が生じる。

このため、航空写真等を用いた河道の変遷により、流向、水衝部の変化状況を把握するとともに、定期縦横断測量成果を用いて経年的な河床高の変化から土砂移動の状況を把握し、取水等への影響や変形、損傷等の受けやすさについて、また、必要に応じて水理計算（準二次元不等流計算、平面二次元不定流計算）等を行い、当該施設及びその周辺の流速、（流向）を把握し、施設の機能について分析・評価する必要がある。

堆積土砂による機能障害に対する維持対策としては、取水施設付近に堆積する土砂の掘削、堆積量を軽減させるような周辺砂州の掘削、低水路法線の修正等がある。

水位低下による取水障害に対しては、上流に向けた導水路掘削とその維持、あるいは導水構造物の設置等の対策が考えられる。

メモ 6.4 構造物維持管理用河床高の設定

現在、河川整備計画立案における河道計画には計画河床高という概念はない。平成9年（1997）の河川法改定前の工事实施基本計画には計画河床高という概念があり、この河床高と成るように河川工事を実施し維持管理を行うという前提であった。

平成の時代に入り、河川の河道形状は変化するものであり、変化が河川環境（河川生態系）のユニークさ、生物多様性の根拠であるという観点が強くなり、河道形状管理から流下能力管理に技術体系がシフトした。

しかし、河川構造物の安全度の確保という維持管理行為に当たっては、構造物基礎工周辺の河道高変化が構造の破損・損傷する可能性があるかないかの判定が必要である。この判定用の河床高を維持管理用河床高とすることにする。

河川構造物は設置当時の河道状況および設計基準に則り設置されたものである。従って、河川構造物の維持管理用河床高の設定に当たっては、個々の河川構造物の設置当時の設計基準、設計条件およびその後の補強工事、現状河道の状況という情報をもとに設定する必要がある。

重要構造物である橋梁、堰等の横断構造物については、個々の構造物ごとに維持管理用河床高

を評価する必要がある、評価のための基礎情報は取得可能である。

一方、護岸・水制は評価対象構造物が多く、また設置から50年以上経過しているものもある。これらは、評価のための情報が不確かで、評価するのが困難であるものが多い。このため、古い護岸・水制は維持管理用河床高の設定が困難であり、変状情報に基づいて、その必要性の判定、修復費用の判定を得て、維持管理方針を取らざるを得ない。

参考文献

宇多高明，高橋晃，伊藤克夫(1993) 治水上から見た橋脚問題に関する検討，土木研究所資料第3225号。

財団法人国土開発技術研究センター（1999）護岸の力学設計法，山海堂。

須賀堯三，西田祥文，高橋晃，坂野章(1982) 橋脚による局所洗掘深の予測と対策に関する水理的検討，土木研究所資料第1797号。

山本晃一（1996）日本の水制，山海堂，pp.407-413。

山本晃一（2003）護岸・水制の計画・設計，山海堂。

第7章 今後の課題

7.1 維持管理費用の確保と維持管理の合理化

バブル景気に沸いた昭和末期から平成初期の時代は終わり、平成不況が続き公共投資により景気刺激対策を実施したが景気の回復は遅く、公共投資の経済波及効果の低下が言われ、無駄の多い公共投資が多いという批判がなされた。国債発行残高の急増は国家財政の危機となり、平成7年(1995)「財政危機宣言」が出され、公共事業投資縮減、公共事業の効率的実施、コスト削減が強調されだす。回復の兆しが見えていた日本経済は、金融不安、アジアの経済危機、平成9年(1997)度からの消費税の3%から5%のアップによる消費の落ち込みなどにより再び不況に見舞われた。公共事業のコスト削減が強く求められ、また既計画の事業再評価や新規事業の投資効果分析の必要性が強調され、その制度化が図られた。その流れは現在も続き、公共調達手続きの改革、行財政改革が為され、河川に関わる行政投資の削減、それに伴う技術職員の削減、維持管理費の削減が為されている。

一方で、阪神淡路大震災、東日本大震災を契機とした危機管理システムの高度化が求められ、国民が安心して暮らせる社会への要望は強い。さらに膨大にストックされた河川施設は老朽化の時期に入り、その機能を維持するため管理費用が増大する。河川の機能を確保するために必要な維持管理費用については、その根拠性を公表し、河川機能の劣化が生じないような予算措置を図るよう要求するのは当然としながらも、維持管理行為の合理化、コスト削減技術・手法(ハード、ソフト)を創出していかなければならない。

最低限、河川機能の劣化が生じないような維持管理を為すというのは、公物管理者としての河川管理者の責務であろう。劣化の放置は社会的に許容されまい。河川維持管理システム(維持管理実施、行為判断責任、維持管理費用負担、法制度、技術の伝達と教育制度、技術開発)を担う主体が誰かを含め、現社会経済状況を踏まえ早急に体系化しなければならない。

7.2 河川維持管理情報の編成・流通・統制

河道の維持管理をPDCAサイクルで回しながら的確に実行して行くには、特に河道状況の評価や対策の実施に関して、河川に係わる多種の関連情報を必要とする。判断行為を素早く的確に実施するために関連情報データベースの構築とIT化が求められる。まずは必要な情報の種類とその表現様式の標準化が必要である。河川維持管理に関わる技術情報の編成・流通、統制方式を早急に詰めなければならない。

7.3 維持管理行為における判断基準の標準化

河道状況のランク区分、ランク区分に応じた対策手法の選択は、経験に基づく主観的判断で対応しなければならない面が多々あるが、これを科学的・社会経済学的観点から調査研究を加え、判断基準の標準化を図る。これは技術の官僚化(マニュアル化)であるが、避けて通れない。

7.4 高水敷および低水路の粗度設定法の課題と方向

(1) 高水敷群落別粗度係数の標準値の設定

植生群落区分ごとの標準の粗度係数を設定しておくことが、治水安全度の評価、河川植生管理

の合理化・効率化のために必要である。統制のとれた組織のもとで早急に標準値の設定、図表の作成を行うべきである。

樹木状況調査（間伐状況、枝払い状況等、樹木の年齢構成）の調査項目、調査法、粗度係数設定手法についての標準的な手引き書の作成も必要である。これにより、河川植生の維持管理の効率化・合理化が進む。

(2) 低水路粗度係数設定の課題と方向

低水路粗度係数設定に当たって、次のような問題点が生じている。なお、以下の文章は今後の技術的方向を示す。

① 移動床と見なされない河道の増加（財団法人河川環境管理財団，2010）

近年、沖積地河道に基岩、洪積層、粘性土の露出する事例が増加し、そのような区間の粗度係数の設定が必要となっている。低水路満杯程度の流量時における水位縦断形、流速、流量の観測により粗度係数の実態の把握が必要となっている。

また、アーマ化している河床では河床表層材料の粒度調査が必要である。

② 泥質の河床材料の河川における粗度設定

観測資料が不足している。そもそも泥質の河道が少ない。⇒技術上の要請も少ないが、必要であれば洪水観測を行い粗度の解析を行なうべきである。なお潮位の影響を受ける場合は水位の時間変化を観測し、不定流計算によるデータの解釈が必要である。

③ 低水路における植生の繁茂

平均年最大流量に届かない小洪水が何年か継続すると砂州上に草本が侵入し、さらにはヤナギ類等の樹木の進入を見る例が多くなっている。中および大洪水時にこれらの植生被覆空間が流水により裸地の戻るかの判定が必要になっている。

④ 洪水時の粒径集団の変化

大洪水時の表層河床材料のA集団が、平水時の粒径集団のB集団あるいはC集団に変化してしまうことがある。

感潮域では河床掘削により掃流力が小さくなり掘削前の河床材料のB集団がA集団となっている河川がある。このような河川では大洪水時の河床低下により河床の主粒径集団が変化してしまうことがある。河床の底質層序構造をボーリング等により把握し、その情報を取り入れた洪水ハイドロが流下した場合の河床変動計算などを実施して何が起こるか評価することが必要である。

7.5 耕作放棄地の問題

河川堤外地の民地（高水敷，3号地）は、そのほとんどが農地（水田，畑，果樹園）として利用され、その利用目的に応じて植生管理（農作物収穫のための管理）が為されてきたが、減反政策による水田の休耕作地化、後継者不足、農業経営の困難さ、などにより、河川敷の耕作放棄地が増えている。耕作放棄地ではヨシやオギなどの高茎植物が繁茂し、樹木の進入も見られるようになり、耕作放棄地の植生管理が課題となりつつある。

農業経営が成り立つような制度的基盤整備や河川敷で生育しえる高換金作物への転換が可能であれば、農地として存続の可能性があるが、堤内地に比較して耕作条件が良くない場所が多く、現状の趨勢を変えることは難しく思われる。河川管理の観点からは、国有地として取得すること

が好ましいが、今の財政難の中で買収費を予算計上するのは難しい。

治水安全度の観点から、民地の植生管理が必要とされる時点で除草・樹木伐採を河川管理行為として実施していかざるを得なくなろう。

7.6 コモンズとしての植生管理

河川植生管理に当たっても、上記のような社会経済状況を踏まえた河川管理システムの改革の動きと連動せざるを得ないのである。そのためにも各種河川機能の維持管理水準の確定と社会的認定がなされ、そのもとで河川植生管理が為される体制に早急に移行し、管理費用の削減努力が求められる。

そもそも河川植生管理は、だれが、だれの費用で行うべきなのか。1960年代の燃料革命（石油依存）、肥料革命、都市化以前においては、河川内植生は堆肥用・飼料用・燃料用として集落秩序の基で周辺農民に刈られ、収集、利用されていた。水防林も集落単位で維持管理されていた。入会地的な利用であったが、誰でも利用、収穫できるもので無く、封建権力からの承認・許可が為され慣行化し、他集落の利用の拒否、集落内での維持負担関係について厳しいルールがあった。これが、経済の高度成長に伴う賃金労働者の増大、市場経済の蔓延、商品肥料への転換、燃料の変化により、急激に一掃されてしまったのである。

これへの反動であろうか、昭和末のバブル景気の中、世の中の価値観は底流で大きく変わり、感性、歴史、文化、自然、豊かさ、ゆとり、などという言葉が時代のキーワードとなった。市場の力が強まり個々の人間が分断される中、人々は無意識のうちに人と人との繋がり、共同性を求め、地域と空間価値を共有し社会とつながりたいという欲求が芽生え始めたのである。NPO、NGO活動、阪神淡路震災を契機としたボランティア活動が社会の一要素として見え出したのである。これは公共財の管理のありかたに変化を与えた。

平成9年（1997）の河川法の改正は、河川整備計画に地域の意見を取り入れるものに改定されたのは一つ動きといえる。都市公園の維持管理に地域住民のボランティア活動の参画が意識的・積極的になされたのもこの時代である。参画者は、子供のため、地域社会貢献のため、社会に参画しているという精神的満足を得る一方、公園管理費という社会的費用の軽減となったのである。

河川空間の維持管理についても河川管理者の方から、このような方法が模索されたのが、平成12年（2000）頃である。占用地でない高水敷の植生管理については、利用者が不法に家庭菜園的に利用したり、ラジコンヘリ・飛行機の利用用地として草刈したりしたが、河川管理者と協働で為されたものでなく、むしろ河川管理上の問題・課題（不法占用）と認識されたが、一方で河川管理者との協働のもと市民団体が河川高水敷にコスモスを育て管理し名物になったりした。また運動公園利用者が利用施設および周辺を草刈したりする事例が見られるようになったが、大きくは広がらなかった。

河川植生生育空間をコモンズ（社会的共通資本）として地域の参画（労働力・知恵提供、資金負担、運営主体として）により植生管理する道はあるのだろうか。農村的社会で普通河川が用排水機能を持つ場合には、旧来の慣行により集落管理されている事例があるが、都市空間では地方自治体である市町が占用し、公園として管理せざるを得ない。河川管理者が管理している空間では、地域住民の希少動植物の保護運動としての植生管理への参画、河川環境教育の場として植生管理への参画、自主的草花管理（アダプト制度による住人の自主活動）という事例を除けば、こ

の市場化された社会において無償(社会参加・奉仕として)で植生管理に参画する主体はほとんど無いというのが実情であろう。植生管理に地域住民・団体が参画するには、市場経済的価値外の価値(企業のイメージアップ等, 社会的評価), 精神的満足性(自然とのふれあい, 人々とのつながりなど)が必要なのである。

河川3号地の占用地化(自然公園, 運動公園, 水辺公園)は, 占用者・利用者が植生管理費用を負担するので河川管理者の維持管理費用の軽減となる。自然公園, 運動公園, 水辺公園における公園機能の維持管理(植生管理)については, 利用者, 市民活動団体, NPO, 企業, 学校, 地元自治体, 河川管理者等々の参加・協働のもとで実施し得る可能性がある。利用施設(運動公園等)の利用料の徴収は, 植生管理や協働活動の運営資金となろう。

樹林化した森や旧水防林などでは, 人々がより近づき易い緑の空間(景観の向上, 散策路の維持整備等)とするために, 下草刈り, 笹刈り, 落ち葉掻きなどの保全・再生活動や, 希少植物の保全活動などは, 参加・協働活動の対象となり易い。協働の仕組みを公園管理における事例収集・分析を通して探る必要がある。農村的環境区域では, 農業政策とリンクした高水敷の牧草地化なども考えてみるべきである。

7月は河川愛護月間である。動員型であるが河川清掃活動などが地域の協力で実施されている。戦前の河川愛護運動では, 河川構造物の維持管理, 堤防の草刈, 河川障害木の除去なども地域住民が参画した事例がある(安井, 2011)。

水防は, 今でも地域が水防管理団体(水害予防組合, 水防事務組合, 普通地方公共団体)が支えている(山本他, 1984)。ただし無償ではない。

民主党政権下, 平成23年(2011)度から直轄河川の維持管理費に対する地方負担が無くなることとなった。これは河川空間を国家に預けるという方向であり, 時代の方向に反するように思える。

7.7 観測・測定技術の高度化とその実体化

これまで河川の維持管理では河川巡視において目視により変状を把握して維持管理上の対応を行うことが基本であった。加えて, 河道管理においては, 定期横断測量や航空写真等から深掘や砂州形状の変化を把握することが基本であった。

一方, 水中の変状である護岸根固めの変状や河道における局所洗掘等は, 目視による把握が難しい分野である。これらは, 目視で把握が困難な変状を把握できる技術開発が求められ, 現在, 以下に示す技術開発され, 実用化されつつある。

(1) 航空レーザ測深

航空レーザ測深では, 航空機にGNSS/IMU, レーザスキャナ(グリーンレーザと近赤外レーザを照射), デジタルカメラを搭載し, 上空から河床形状の計測を行う。計測された地形データを解析することで局所洗掘等の発見が可能であり, 河道の機能低下状態を把握することに有効である。

計測原理は, グリーンレーザ光が照射されてから河床で反射し再び戻ってくるまでの時間と, 近赤外レーザ光が照射され水面で反射して戻ってくるまでの時間を測定する。この2つの時間差(Δt)から, 水の屈折率(n)を考慮し, 水深データ(d)を作成する。この情報に, GNSS/IMU計測している航空機の位置と姿勢情報を加え, 最終的な河床地形データを生成する。

このように、航空レーザ測深は上空から河床に生じた変状の検出が可能である。水の濁りによりデータが取得できない場合もあるが、音響測深に比べて一度に広域の計測が可能であるため、基本データ収集の段階で、広範囲の河床地形を詳細に把握する技術として期待されている。

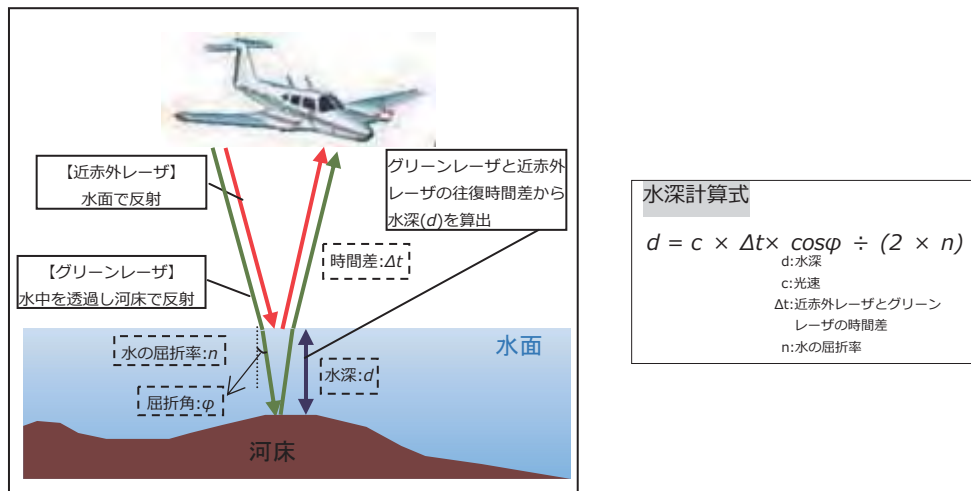


図 7.7.1 航空レーザ測深の計測原理

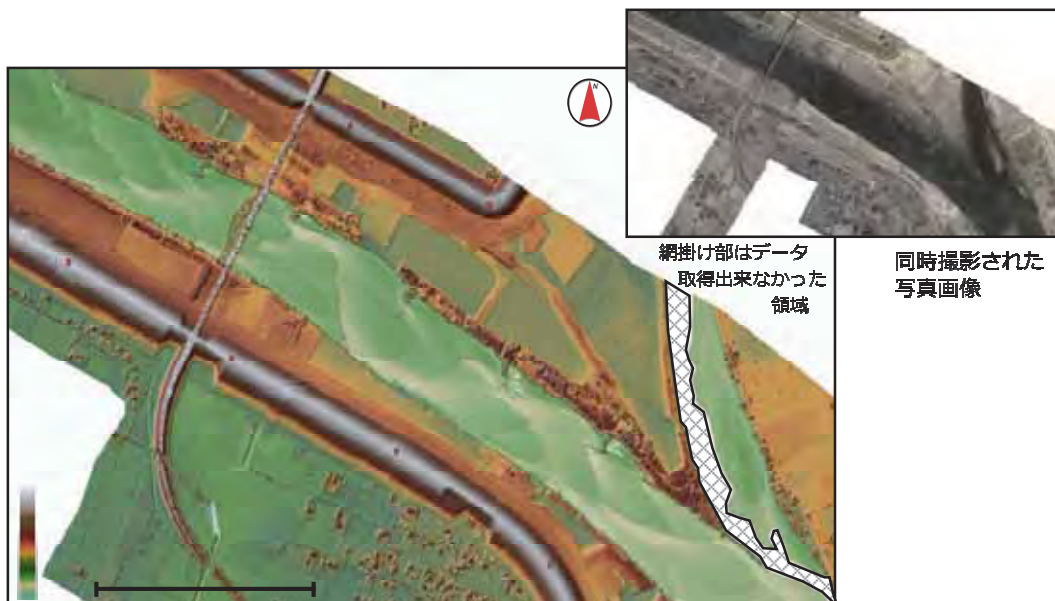


図 7.7.2 航空レーザ測深による利根川の計測事例

(2) 音響測深

音響測深では、船に計測機器を搭載し、水面上を移動しながら河床地形を計測するシステムである。船には自己位置を取得する GNSS、船の姿勢を検知する動揺センサー、水底の地形情報を取得する音響測深機が搭載されている。音響測深には、音波を発射してから河床で反射され、戻ってくるまでの時間（ Δt ）を測定して水深（ d ）を計測する方法（クロスファンビーム方式）と、音波の位相差を使い水深を計測する方法（インターフェロメトリ方式）があり、最終的には船の位置情報と水深から河床地形データを生成する。また、その測深方法により、単素子音響測深、多素子音響測深、マルチビーム測深の 3 種類に分類される。

現在実施されている河床地形の計測方法（深淺測量）は、測量を行う作業員が、標尺とよばれる目盛の付いた物差しをもって川に入り、一定の間隔で河床の高さを測っていた。しかし、この方法では広い範囲の河床の高さを高密度に取得することが難しく、河床地形を詳細に把握することが困難であった。

音響測深では、水深の数倍程度の範囲の河床地形を高密度に計測することができる。取得された計測データを解析することで、河床地形の変化を検出することが可能であり、河床の変動を把握する技術として有効である。

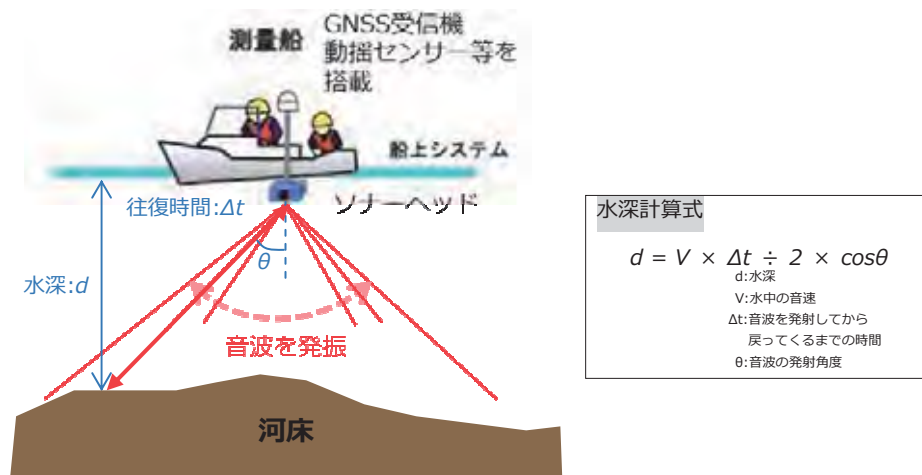


図 7.7.3 マルチビーム測深（クロスファンビーム方式）の概念図

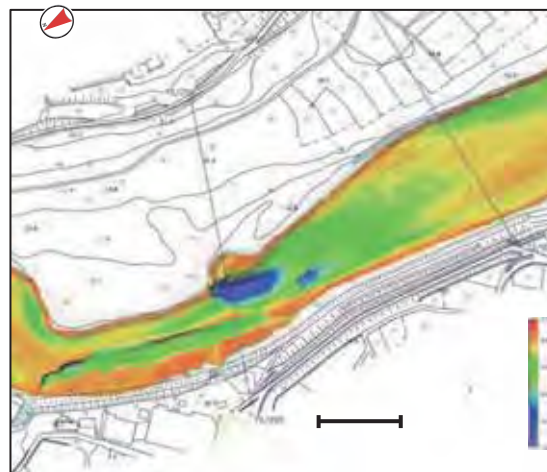


図 7.7.4 マルチビーム測深による鬼怒川の河床計測事例

参考文献

- 財団法人河川環境管理財団（2007）ノート 河道・河川環境特性情報編集とその展開，河川環境総合研究所資料第 22 号.
- 財団法人河川環境管理財団（2010）河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術，河川環境総合研究所資料第 29 号.
- 財団法人河川環境管理財団（2012）河川植生管理論—堤防植生を除く—，河川環境総合研究所資料第 31 号.

- 財団法人国土技術研究センター編（2002）河道計画検討の手引き，山海堂，pp.97-118.
- 安井雅彦（2011）雑誌「水利と土木」記事閲覧サービスから見える治水の歴史～河川愛護の普及徹底～，河川文化，第55号，pp.22-23.
- 山本晃一（2003）護岸・水制の計画・設計，山海堂，pp.319-325.
- 山本晃一（2010）沖積河川 第7章 洪水時の小規模河床波と粗度，技報堂出版，pp.133-156.
- 山本晃一，末次忠司，桐生祝男（1984）水防体制の現状とその問題点，土木研究所資料第2059号.