

第4章 河道特性調査

目次

第1節	総説	1
1.1	河道特性調査の目的と位置付け	1
1.2	河道特性調査の全体構成と本章の構成	2
1.3	河道特性調査の意義と活用	3
1.4	河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係	3
第2節	河道特性調査に際しての基本的捉え方	6
2.1	河道の階層構造と類型区分	6
2.1.1	河道の階層構造	6
2.1.2	河道の類型区分	7
2.1.3	沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型	8
2.2	河道構成材料の粒径分類と呼称	10
2.3	粒径集団に着目した土砂動態の捉え方	11
2.4	沖積河川の河床材料の捉え方	12
2.4.1	河道構成材料の大局的分類	12
2.4.2	代表粒径の設定	13
2.4.3	混合粒径河床材料の整理・分析について	15
第3節	各時点の河道状況	16
3.1	河道の形状	16
3.1.1	河川の地形測量	16
3.1.2	河口における地形測量	17
3.2	構造物の設置状況	17
3.3	河床形態	17
3.3.1	中規模河床形態	17
3.3.2	小規模河床形態	19
3.3.3	局所洗掘	19
3.4	表面・表層の状態	19
3.4.1	総説	19
3.4.2	河床材料の調査	20
3.4.3	河岸・高水敷の構成材料調査	21
3.4.4	岩盤、軟岩など固結物・半固結物の調査	21
3.4.5	粘着性を有する材料の調査	21
3.4.6	河口の河床材料調査	22
3.4.7	植物繁茂状況の調査	23
3.4.8	その他堆積物等の調査	23
3.5	平常時の水理環境	23
第4節	河道状況の時間的変化	24
4.1	時間的変化の捉え方	24
4.2	基本的な調査の進め方	25
4.3	着目する河道変化を起点にした調査の拡充	26

4. 4	経年変化の整理	28
4. 5	洪水による変化の調査	28
4. 5. 1	洪水前後の河道状況の比較による場合	28
4. 5. 2	洪水中の河床変化等の追跡による場合	29
第5節	洪水の作用	30
5. 1	基本水理量の整理	30
5. 2	洪水流観測による特性把握	31
第6節	土砂流送特性	32
6. 1	調査の組立ての基本	32
6. 2	基本水理量に基づく土砂流送形態の分析	33
6. 3	土砂流送観測	34
6. 3. 1	総論	34
6. 3. 2	掃流土砂量調査	34
6. 3. 3	浮遊土砂量調査	35
6. 3. 4	水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理	36
6. 4	土砂収支による調査	36
6. 5	総合観測による調査	36
第7節	河道を取り巻く諸状況	37
7. 1	流域・水系環境及びその変遷の整理	37
7. 1. 1	流域の概要	37
7. 1. 2	流域平面図と主要諸元	37
7. 1. 3	流域の地形・地質	37
7. 1. 4	水文特性	38
7. 1. 5	ダム・砂防堰堤等の整備状況	38
7. 2	河川整備及びその他の河道状況の整理	39
7. 2. 1	主たる出水と河道計画・河川改修履歴	39
7. 2. 2	河道変遷	39
7. 2. 3	河道掘削・砂利採取	40
7. 2. 4	河道表層下の土層構造調査	40
第8節	調査結果の取りまとめ及び包括分析	40
8. 1	河道特性調査結果の整理	40
8. 2	河道特性調査結果の包括分析	42

第4章 河道特性調査

第1節 総説

1.1 河道特性調査の目的と位置付け

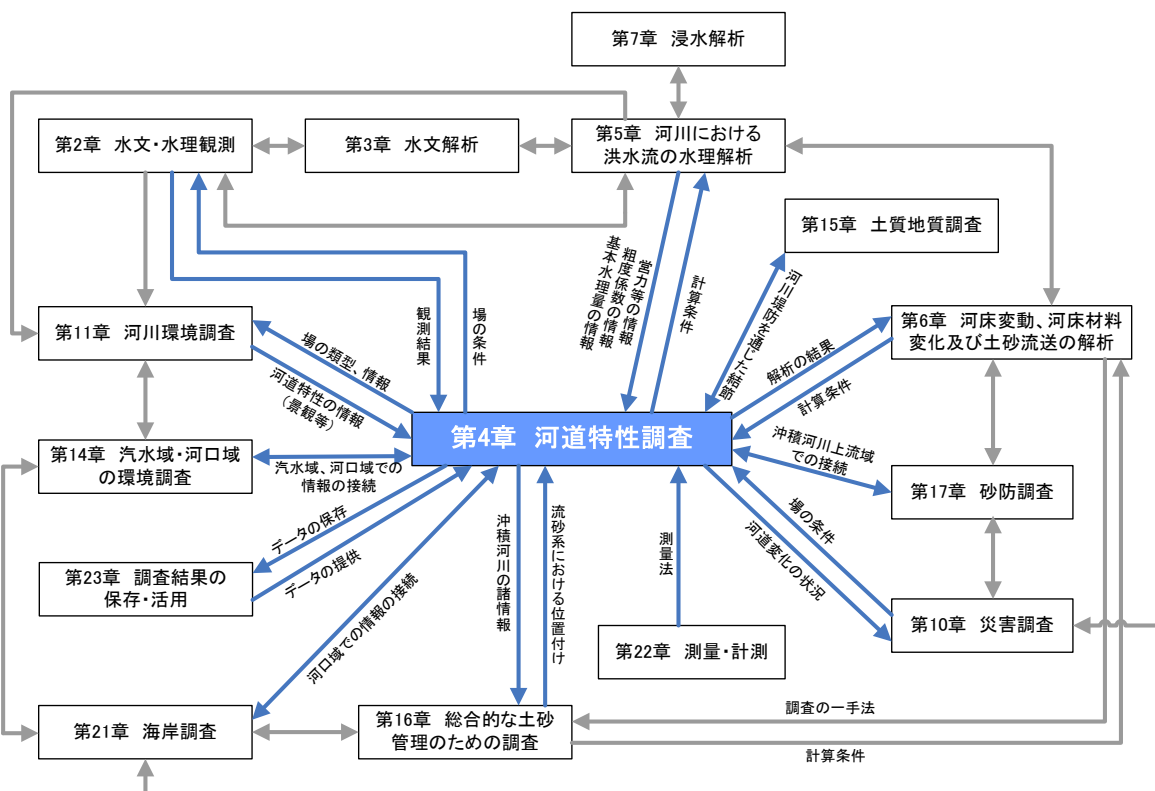
<考え方>

本章は、河道特性を構成する個々の要素の調査法と、それらの調査結果を組み合わせることで対象河道の特性を総合的に理解するための枠組みについて述べる。ここで河道特性とは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図る上で把握しておくべき「沖積河川の種々の姿の全体像」を指す。河道特性調査の全体構成とその活用については本節の1.2に示している。

沖積河川の姿には多くの側面があり、河道特性を構成する諸要素は、個々にばらばらに存在しているのではなく、相互に密接に関連し合って河道という1つのシステムを形成している。このため、計画、設計、維持管理等の検討を通じて河川へ様々な働きかけを行う際には、当該目的に直接関係する機能や特性、場所に限定して河川を調べることに加えて、あらかじめ対象河川の河道特性を把握し理解しておくことが重要である。

通常、河道特性の構成要素としては、河道自体及びそれと直接的関わりを持つ事象等が対象となる。本章においては、河道特性調査を幅広く捉え、流域や水系環境など沖積河川を取り巻く諸状況とその変遷も調査対象に含めて考えていく。また、河道形状や河床材料など河道に関する基本事項の調査手法についても本章で一体的に説明する。

上述の河道特性調査の性格から明らかなように、本章で記述する調査は対象河川の状況に関する基盤的な情報を得るものであり、その内容は、図4-1-1に示すとおり、他章の調査と密接な関係を持つ。本章の調査内容を起点とした調査体系の全体像も考慮しつつ、調査編で扱う河道に関わる諸調査を有機的に連携させながら適切かつ効率的に進めていくことが重要である。



※矢印は各章間での情報の受け渡しを表す

図4-1-1 河道特性調査と調査編各章との関係の俯瞰図

<参考となる資料>

河道特性の概念、その河川技術への体系的展開及び河道特性調査の基本論については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010.

1.2 河道特性調査の全体構成と本章の構成

<考え方>

図4-1-2に、河道特性調査の全体構成と本章の構成を示す。

まず第2節において、本章の調査に際して押さえておくべき共通的事項を述べる。この節は、たとえば「2.1 河道の階層構造と類型区分」が、第11章 河川環境調査における河道形状に関わる河川環境要素の抽出にも適用されるなど、他章の調査における道具ともなる内容を持つ。

第3～7節が河道特性調査を構成する個々の事項の説明であり、したがって、この部分が河道特性調査の全体構成に当たる。その内容は、各時点の河道状況に関する調査（第3節）、河道状況の時間的変化に関する調査（第4節）、河道の形成や変化の営力である洪水の作用に関する調査（第5節）、河道のシステムにおいて重要な役割を担う土砂流送特性に関する調査（第6節）、河道を取り巻く諸状況に関する調査（第7節）からなる。これらの節は、調査内容という面で相互に密接な関係を持ち、また互いの調査結果を利用する関係ともなっている。

第8節は、第3～7節に述べた調査の結果を河道に関する基盤的情報としての取りまとめと蓄積について述べ、また得られた調査結果の横断的、包括的な分析について記述したものである。

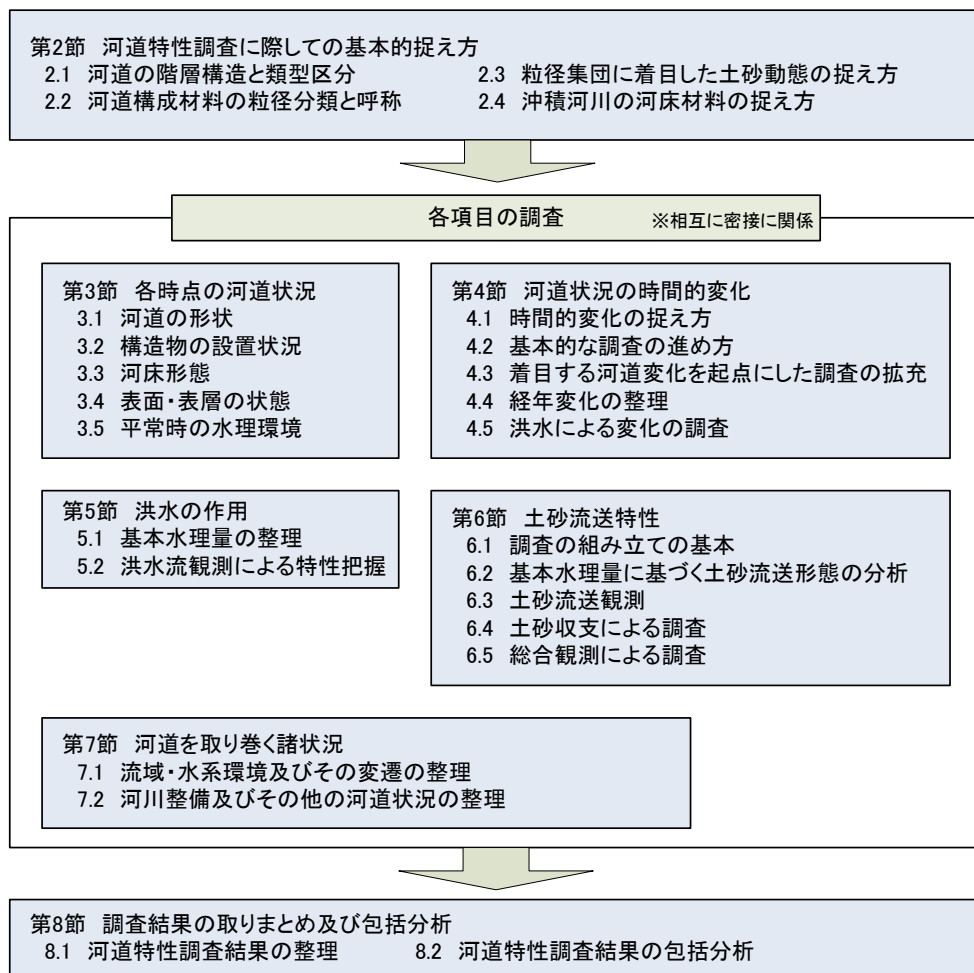


図4-1-2 河道特性調査の全体構成と本章の構成

1. 3 河道特性調査の意義と活用

<考え方>

河道特性調査は、河道の基本的な性質と特性を様々な側面について総体的に把握するものであり、

- 1) 流下能力確保などのための河道計画、
- 2) 洪水流に対する氾濫の危険性や堤防の安全性の評価、
- 3) 洪水を受けた際の河道の挙動と安定性の評価、
- 4) 種々の河道変化を見据えた河道管理の検討、
- 5) 河道の動きや土砂流送と関わりの深い河川構造物の設計とその維持管理、
- 6) 河道の物理環境や土砂流送の制御を基軸にした河川環境の保全と管理、
- 7) 流域・水系環境の変化を踏まえた河道管理、
- 8) これらの検討を包括した治水・利水・環境保全・維持管理にわたる統合的視点からの河道の在り方の検討

など、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施を図るための種々の技術検討を行う際に用意しておくべき共通的、基盤的な情報を提供するものである。

それだけに、河道特性調査の実施と、取りまとめは、一貫した方針の下、管理対象とする河川についてできるかぎり悉皆的に実施し、統一的な方式で取りまとめ、蓄積していくことが重要であり、そのために必要な事項を本章の 8.1 に述べる。

1. 4 河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係

<考え方>

河川堤防は、河川に関わる多くの事象に関わりを有しており、調査編における位置付けを理解しておくことは重要である。そこで、河川堤防に関わる各調査の相互関係についてここでまとめて記載する。

1) 河川堤防に関わる諸調査間の相互関係を理解することの重要性

河川堤防は河道を構成する主構成要素の 1 つではあるものの、原則として盛土により築造され、通常、維持管理が高頻度でなされる構造物であり、営力により変動することが常態である河床や河岸とは性質を異にする。このため、本章の第 3 節 各時点の河道状況 以降において河川堤防を直接的に取り上げることはしていない。しかし、河川堤防は、河道を構成し、洪水氾濫からの堤内地防御において直接的な役割を担う河川構造物であり、その本来的成り立ちから、河川に関わる多くの事象に関わりを有している。

このため、河川砂防技術基準全般（計画編、調査編、設計編、維持管理編）において河川堤防に係る多くの調査・検討事項が存在し、調査編も、直接・間接を含めると数多くの河川堤防に係る調査内容を含む。

このような河川堤防の技術的特徴を踏まえると、河川堤防に係る個々の、あるいは各分野（地盤工学、水工学、地形学など）の調査結果の活用を図ることはもちろん、各調査の位置付けや相互関係をよく理解し、それらを有機的につなげ、河川堤防の本来的、総体的役割に立脚した総合技術判断に結び付けるという基本スタンスが重要となる。

調査編は、第 1 章 総論 に記述しているとおり、「河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施」のために、他編（計画編、設計編、維持管理編）を介して、あるいは直接的に生じる必要性に応じて、適切な技術手法等を提供する役割を負っており、河川堤防に係る多様な内容を含む（第 1 章 総論 の表 1-3-1 参照）。

こうしたことから、河川堤防に関して、ここで、調査内容の相互関係について述べておくものである。

2) 河川堤防に関わる諸事象

河川堤防は、堤体と基盤を主構成要素とし、堤防近くの河道、堤防と一体的に設置される構造物（護岸、水制、水門、樋門・樋管など）も構成要素となる。また、基盤と空間的に連続する堤内地も、必要に応じて関連要素に含めて考える。

河川堤防は、場合によっては堤体－基盤－河道の相互作用も内包しつつ、種々の機構及びプロセスの下、所定の機能を発揮し、また変化・変状を起こし、更に過度の外力を受けた場合に破壊に至ることもある。機構及びプロセスの代表的類型としては、地盤工学、水工学それぞれにより分析されるものがあり、一般に、浸透や地震動による変化・変状・破壊は前者により、浸食による変化・変状・破壊は後者により扱われる。ただし、このような類型ごとのアプローチだけでは実現象を十分には分析できず、学際的なアプローチの充実が望まれる境界領域的現象が重要となる場合も考えられる。

河川堤防の機能発揮にしても、変化・変状・破壊にしても、それらは堤防自体の状況と堤防に対する諸作用等との関わりの中で決まってくる。したがって、調査の主なターゲットもそれに対応したものとなる。堤防の状況は諸元、特性、構造、状態（表面、内部）などで表される。堤防の状況に加えて、河道（堤外地）や周辺の堤内地の状況が関係してくる場合がある。一方、堤防に関わる作用や事象等には、以下に示すように様々な種類のものがあり、中には堤防と双方向作用の関係を持つものもある。

a) 洪水

洪水は、水位、流速、流水によるせん断力、水圧などの形で、堤防に対する外力として作用し、作用継続時間と相まって、場合によっては変更、更には破壊の原因となる。所定の洪水の作用に耐えることが、堤防が持つべき最も重要な機能である（河川管理施設等構造令第18条参照）。

一方、堤防は、堤内地を洪水氾濫から防ぐという本来の機能ゆえに、堤防がない場合に比較して洪水流を制御する。この制御の強さが大きくなれば、一般に、堤防に作用する洪水の作用も大きくなる。この点において、洪水と堤防は双方向的に作用し合う関係にある。このことは、たとえば、堤間幅と洪水時の水理量との関係という「川幅」の切り口から、更には堤防法線と洪水流との関係という「平面形」の切り口からの検討につながっていく。

b) 地下水の流れ

周辺の地下水の流れが、堤防の水分条件を規定する1要素になる可能性がある。逆に、地盤対策などが施された場合、対策工法によっては堤防が地下水の流れに影響を与えることもある。

c) 地震動、地殻変動

外的作用として堤防に影響する。地震動に対する安全性は、条件によって、堤防が持つべき重要な機能の1つとなる。

d) 河床変動

洪水流や氾濫流を介して土砂流送が起こり、それがしばしば地形変化を生じさせる。その地形変化が堤防の近傍に生じる場合には、堤防に対する外的作用となる。上記a)と合わせると、ここにおいて、堤防→洪水流→土砂流送→地形変化→堤防への外的作用という一連の相互作用系という視点の必要性が示唆される。そして、この視点は、河川堤防が洪水の作用を介して河道形成を一定程度支配し、そのことがひいては、物理環境形成を通じて河川環境形成とも関わりを持つという捉え方につながり得る（第11章 河川環境調査の1.4を参照）。

e) 時間の経過

外的作用には当たらないが、種々の堤防に内包されている変化・変状等の機構のうち、多

くのもは、時間の経過に従って発揮される。代表的な事例として、堤体の荷重による沈下及びそれに付随する事象が挙げられる。

f) 生物的作用

堤防表面に生育する植物は、葉茎や根毛による被覆作用により降雨や流水による表面浸食からの防護機能をもたらす一方、時間経過とともに増大すると考えられる根毛層の状態によっては、堤防機能の減耗につながるとの懸念も考えられる。動物については、モグラが代表的な考慮対象となる。これら生物的作用は、逆に、堤体の土質等の影響を受けると考えられ、この点で、生物的作用と堤防は双方向的関係にあると考えられる。

g) 気象など

降水、日射、気温などの気象条件、河口近くの堤防には影響する潮位などの海象条件、平水位の状況、更に広域地盤沈下などは、堤防に対しての外的作用あるいは環境条件と捉えることができる。このうち、たとえば、降水や平水位、潮位は通常時の堤防内の水分状況を規定し、洪水発生と同期した降雨は、浸透に起因する堤防破壊や変状を引き起こす外力を規定する有力なファクターとなる。日射の状況は f) における植物の生育に影響する。

h) 堤内地の状況

堤内地の内水や流下してきた洪水氾濫流が、たとえば支川や本川の堤防に遮られる状況となり、堤内地側からの浸透や浸食作用が生じることも考えられる。そのような場合には、堤内地に生じる浸水、氾濫の状況は堤防の安定に直接関連する検討事項になる。また、堤内地の土地利用の状況は、パイピングや浸透に直接的に影響を及ぼすことがある。堤内地の状況は、堤防の機能の様々な面に関係を持つので留意が必要である。

i) 人間活動、社会的インパクト

河川の利用は、その形態によっては堤防に影響を及ぼすことがある。

これらの作用等は互いに独立しているとは限らず、d) について a) との関連を説明したように、相互に関連しながら作用することがあり、更には堤防との相互作用も交えつつ、堤防の機能発揮や変化・変状・破壊に関わる様々な現象が生じることがある。

堤防は、堤防の強化、補修、維持管理等によっても直接改変を受け、河川改修等の堤防周辺の改変からも影響を受ける。これらは、河川等の計画、設計及び維持管理等の適正な実施という目的に従って必要な技術的検討を経て実施されるものであり、上記の a) ～ i) とは「作用」の性格が根本的に異なるが、その履歴を把握しておくべきことについては同様である。

3) 調査編の各調査との関係

第1章 総論 表 1-3-1 の堤防の欄及び上記 2) より、河川堤防に関連する調査が、調査編においても多岐に及んでいることが理解される。堤防の諸元、特性、構造、状態（表面、内部）については、土質・地質的側面での調査を中心に 第15章 土質地質調査の第2節 河川堤防の土質地質調査、第3節 河川構造物の土質・地質調査 に詳述されており、諸元（形状）の調査は本章の 第3節 各時点の河道状況 や 第22章 測量・計測 で触れられている。基盤及び周辺の堤内地（氾濫原）や河道（堤外地）の地形・地質的特性については、第15章 土質地質調査 第2節 河川堤防の土質地質調査 と本章 第2節 河道特性調査に際しての基本的捉え方、第3節 各時点の河道状況 で、その捉え方や調査法が述べられている。

上記の a) ～ i) の中で、b) は第2章 水文・水理観測の第6節 地下水観測、第3章 水文解析の第3節 地下水解析と関連性を持ち、a) と d) には、豪雨からの洪水生起と河道を流下する洪水流に関する調査手法を示す第2章 水文・水理観測、第3章 水文解析、第5章 河川における洪水流の水理解析が、また、洪水流による土砂流送と河床変動を扱う 第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 が密接に関係する。

洪水流の作用を含む河道特性と堤防との間の相互作用を検討するに際しては、本章の第 5 節 洪水の作用、第 6 節 土砂流送特性 の内容が役立つ。

h) に関しては 第 7 章 浸水解析 が関係する。

さらに g) に関係する調査の多くには 第 2 章 水文・水理観測 の内容が役立つ。

i) は 第 11 章 河川環境調査 第 14 節 河川空間利用実態調査 と関わりを持つ。

堤防の強化、補修、維持管理等については、既往の履歴を把握し蓄積保存するという点で、本章の 第 7 節 河道を取り巻く諸状況 と 第 23 章 調査結果の保存・活用 が関係する。

災害調査は河川堤防の技術に関しても重要な知見を提供し、また河川堤防の復旧等は重要な技術的判断の場であるので、第 10 章 災害調査の 2.1 と 第 15 章 土質地質調査の 2.3 は河川堤防とも密接に関係する。

調査編以外に、河川砂防技術基準維持管理編においては、基本データの収集、河川巡視、点検等による状態把握の内容が示されている。こうした調査の結果を踏まえ、必要に応じて、堤防の機能発揮に関わる診断、評価、照査、起こり得る事象の想定を所定の手法に基づき行い、技術的吟味を経て判断し、計画、設計、維持管理、水防・危機管理等の適正な実施につなげていくことが重要である。

以上に示してきたように、河川堤防に関する調査は多岐にわたり、それらが適切に組み合わせられて、河川堤防に関する総合的な技術的判断につながっていく。したがって、個別分野の調査を適切に実施し積み上げることはもちろん、河川堤防に関わる各調査の位置付けと相互の関係を理解しながら、各調査を有機的に連携させること、こうしたこと的前提として、河川堤防に関係する調査を十分幅広く捉えておくことが重要である。

その際には、種々の事象及び要素が相互に影響し合い、堤防と双方向的に影響し合う関係を持つ場合もあることから、河川堤防に関わる技術体系を、河道特性を扱う場合と同様にシステム的に捉えることが重要である。

第2節 河道特性調査に際しての基本的捉え方

2.1 河道の階層構造と類型区分

2.1.1 河道の階層構造

<考え方>

河道は、以下の階層構造を持つとする考え方がある。

- ・ 河道を空間的スケール及び形成・変化に要する時間スケールが異なる種々の構成要素（たとえば表 4-2-1 の類型）の集合体として捉える。
- ・ その集合体は代表スケールがオーダー単位で異なる階層に区分される。
- ・ 下位階層の構成要素群の形成・変化に対して、上位階層は所与の条件として取り扱える。

調査編では、この考えに基づいて、種々の類型をこの階層構造の下に設定する。

河川に関する調査の中でも、「場」に着目した調査を行う際には、様々な調査結果を共通的に活用できるようにするため、あるいは当該調査の位置付けが容易に理解されるように、対象とする場の類型を明確にしておくことが有用である。

一般に場の類型は、階層が異なれば、また、それが属する 1 つ上位の階層の類型によって、類型区分の構成も異なってくる。このことから、場の類型区分に際しては、河道の階層構造をあらかじめ考慮しておくことが必要である。

なお、同一階層の場であっても、着目した代表的事象により類型の呼称が異なる場合がある（たとえば、本節 2.1.2 に後述する河口域と汽水域）。同様に、着目した事象によってそれを捉えるのに適した代表長が異なるため、同一階層内でも異なる類型区分が採用される場合がある（たとえば、本節 2.1.2 に後述する沖積河道区間とセグメント区分）。

表4-2-1 河道の階層構造の説明

階層	スケール		類型の例	当該階層・スケールの類型出現に関わる代表的事象
	種別	代表長 ※nの目安は1~10		
上位	大規模 (セグメント)	平野幅 流域幅	地形区分, セグメント区分	河道縦断形形成, 地殻変動, 海水面変動
	中規模 (リーチ)	川幅 × n	砂州に伴う瀬・淵	砂州形成, 蛇行
	小規模 (ユニット)	出水時水深ある いは河岸高 × n	階段状河床に伴う瀬・淵, 構造物等の周りの淵, 河岸・水際・水域, 溪畔林, 河畔林, ワンド, たまり, 潮上帯・潮間帯・潮下帯	階段状河床の形成, 障害物周りの局所洗掘, 河岸・高水敷形成, 砂州・分岐流路の形成, 潮位変動
下位	微小規模 (マイクロ)	数cm~数十cm	浮き石・沈み石, 表層礫の空隙構造や細粒土砂充填度に関するもの, 小規模河床波が規定するもの	小規模河床波の消長, 混合粒径土砂の流送

2. 1. 2 河道の類型区分

<標準>

調査編では、河道の階層（表 4-2-1 参照）のうち大規模スケールについて、以下の類型区分を設定し、これを共通して用いることを標準とする。

- 1) 溪流区間
- 2) 山地河道区間
- 3) 沖積河道区間（更にセグメント区分を行う）
- 4) 河口域
- 5) 汽水域

なお3)の沖積河道区間については、同一階層の区分との位置付けで、さらにセグメント区分を行う。セグメント区分については本節 2.1.3 に記載する。1)～5)の定義等は次のとおりである。

1) 溪流区間

山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が土石流など高濃度・集合的な形態で移動が生じ得る河床縦断勾配が大きい区間である。あるいは、土石流区域と、掃流区域のうち山腹・沢からの土砂供給の影響が卓越する区間の河川である。

2) 山地河道区間

山地部を流下する河川で、生産され当該区間に供給された土砂が、土石流など高濃度・集合的な移動によってではなく、出水時に掃流・浮遊形態で流送される場であり、それが河床に堆積する状況となる。河岸の一定割合が山体を構成する岩により、又は支溪流や斜面崩壊により供給された巨岩によって構成され、それによって河岸位置や川幅が規定されている区間である。本節 2.1.3 で述べるように、山地河道区間と溪流区間とを併せてセグメント分類 M と総称する。

3) 沖積河道区間

沖積平野、谷底平野、盆地を貫流する河道区間である。ここで、谷底平野とは、河川の流路

幅に比べて数倍以上の幅を有する谷間に河川の運搬した砂礫で形成された低地である。これらの河道区間は、堤防や谷壁による洪水流の流下幅の制約や狭窄部での水位せき上げによる湛水など洪水流の流下特性には差異があるが、河岸が河成の堆積物で構成されており、河岸位置や川幅がその浸食・堆積作用のバランスの下で変動・調節される区間である。本節 2.1.3 で述べるように、セグメント区分に応じて、河床勾配、河床材料、川幅などの河道諸量が同様の幾つかのグループに分けることができる。

4) 河口域

地形形成に波浪、潮位、河川流の相互作用が卓越する河道～海岸領域である。河口域のうち河道側は、河口砂州のフラッシュ又は潮位変動に応じて出水時の河川水位にせき上げ・低下背水が現れる区間まで、海岸側は、岸沖方向では河口テラスの舌状に伸びた最遠点（移動限界水深に相当する等高線が目安）まで、汀線方向には河口テラスの幅、また、河口砂州がある場合には砂州のフラッシュ後、砂州再形成のための底質供給源となる範囲を目安とする。

5) 汽水域

潮位変動による塩水浸入によって塩分濃度の変化が生じる河道区間、及び河口からの淡水の流出によって塩分濃度の変化が顕在化している海岸側の領域である。4) の河口域や感潮区間と範囲が重なる場合が多いが、平時における水位変動、主に塩分濃度などの水質及び生物生息環境の観点を重視した区分である。

本章では、これらのうち主として3)、4)を扱い、一部2)もカバーする。5)は3)、4)に含まれ、本章では汽水環境を取り上げることはしないので、5)を直接の対象とはしていない。調査編の各章とこの類型区分との関係はおおむね以下のとおりである。

- 1) 溪流区間：第17章
 - 2) 山地河道区間：第4章、第5章、第6章、第11章、第17章
 - 3) 沖積河道：第4章、第5章、第6章、第11章
 - 4) 河口域：第4章、第14章、第21章
 - 5) 汽水域：第14章
- ※なお、第16章では、1)～4)を包含している。

<推奨>

以上に示した大規模スケールで区分されたそれぞれの類型の下に、中規模、更には小規模、微小規模の類型区分がなされることになる。

河道に関わる調査を行う際には、河川環境が主対象となる場合も含め、表4-2-1に示す階層構造を考慮しつつ、中規模以下の類型区分についても必要な共通化を図れるよう、場のタイプの記述を適切に行い、蓄積する情報に一貫した方法で表記していくことが望ましい。

2.1.3 沖積河道のセグメント区分とセグメントの類型

<標準>

河道特性調査に際しては、本節の2.1.2に示した沖積河道区間について、

- 1) 河床勾配がほぼ同じで、似たような特徴を持つ区間ごとに河道を縦断的に区分すること、
- 2) この区分をセグメント区分と呼び、区分された各河道区間に「セグメントー◎△」のようにセグメントを冠した識別のための呼称を与えること、
- 3) この区分を整理・分析において活用すること

を標準とする。

なお、セグメント区分は、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川等の計画・設計・維持管理等を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うものである。

<推 奨>

複数の河川を横断する視点から吟味するため、河川ごとに区分された各セグメントについて類型化を行い、各セグメントが有する一般的特徴と個別性を整理しておくことが望ましい。

<例 示>

区分された各セグメントの類型化については、以下に示す代表的手法がある。

河川におけるセグメントの数は、河川によって、また、河川をセグメント区分する目的（河道特性の違いを細かく見れば見るほどセグメントの数は多くなる）によって異なるが、比較的単純な河川の場合（山間部から堆積空間に出て、そのまま海に流れる河川で、大きな支川が入り込まない河川）には、山間部を出てからは、次の3つのタイプのセグメントに分かれることが多い。

扇状地を持つ河川の場合は、扇状地を流下する河道区間に当たるセグメント類型1、その下流で粗砂あるいは中砂を河床材料に持つ自然堤防帯あるいはデルタに相当するセグメント類型2-2、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント3類型に分かれる。

扇状地を持たない河川では、山間部から出た河川は、直接自然堤防帯に入るが、河床材料が砂利であるセグメント類型2-1、その下流で粗砂・中砂を河床材料に持つセグメント類型2-2、その下流で細砂～シルトを河床材料に持つセグメント類型3に分かれる。

なお、扇状地を持たない河川の中には、粒径が1cm以下の河床材料からなるセグメントが優占的に存在する場合がある（風化花崗岩を流域に持つ河川など）。これはセグメント類型2-2の中に含まれるものとする。

また、下流における堆積空間の有無や大きさによって、セグメント類型1で終わる（海に到達する）、セグメント類型2-1で終わる河川もあることに留意する。

表4-2-2には上記のセグメント類型と地形区分との関係、また各セグメント類型と河床材料、河岸の構成材料、勾配、蛇行速度、河岸侵食程度、水路の深さとの概略の関係を示す。なお、本表では、セグメント類型1、2-1、2-2、3に加えて、溪流区間と山地河道区間を包含する区間をセグメント類型Mと総称し、河川水系全体を俯瞰できるようにしている。

対象とする河川についてセグメント区分を行った結果、得られた各セグメントが上記のタイプのいずれかに当てはまる場合は、類型名をそのまま当該セグメントの呼称に用い、セグメント区分とその類型化の結果が一括して把握できる方式としてもよい。たとえば、あるセグメントがセグメント類型2-2に属すると判断できる場合、そのセグメントを「セグメント2-2」と呼称するという方式である。

区分されたセグメントは、表4-2-2に示すように、地形区分と良い対応を示す場合が多い。ただし、セグメント区分は、前述のように、地形区分のために行うのではなく、あくまで、河川整備や管理を目的とした河道特性把握のための合理的な整理法として行うことが本旨である。このことから、必要に応じて、地形区分にこだわらず、適切な区分を行う。たとえば、扇状地河川において、セグメント1のタイプを持つセグメントを2つあるいは3つの小セグメントに分けることが必要な場合もある。また、セグメントMについては、その中を複数のセグメントに区分すべき場合がほとんどである。

表4-2-2 沖積河道区間についての代表的なセグメント類型とその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	←山間地 → ←扇状地 → ←谷底平野 → ←自然堤防帯 → ←デルタ →				
河床材料の代表粒径 d_R	多種多様	2cm 以上	3cm～1cm	1cm～0.3mm	0.3mm 以下
河岸の構成材料	河床河岸に岩が出てることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが、薄く、河床材料と同一物質が占める	細砂、シルト、粘土の混合材料。ただし下部では河床材料と同一		シルト、粘土
勾配の目安	多種多様	1/60～1/400	1/400～1/5,000		1/5,000～水平
蛇行程度	多種多様	曲がりがない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは8字蛇行又は島の発生	蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある	
河岸浸食程度	非常に激しい	非常に激しい	中 (河床材料が大きいほうが、水路がよく動く)		弱 (ほとんどの水路の位置は動かない)
低水路の平均深さ	多種多様	0.5～3m	2～8m		3～8m

※セグメントMは、沖積河道区間には当たらず、溪流区間と山地河道区間を包含するものであるが、河川水系全の状況を俯瞰するため、付け加えている。

<参考となる資料>

沖積河道区間のセグメント区分及び表 4-2-2 の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一:沖積河川—構造と動態—, (財)河川環境管理財団・企画, 技報堂出版, 2010.

2. 2 河道構成材料の粒径分類と呼称

<標準>

調査編においては、河道構成材料の粒径分類と呼称については、表 4-2-3 に従うことを標準とする。

表中で、左から二列目における中礫と細礫の境界 (4mm) と三列目における中礫と小礫の境界 (16mm) だけがずれている。このため、中礫の定義を厳密にする必要がある場合は、どちらに従った中礫の定義かが判別できるように「中礫 (□mm～)」と記すことを、標準とする。

また、幾つかの粒径分類を束ねて表現する呼称のうち、表 4-2-3 にないものについては、以下に従うことを標準とする。

「礫」：粒径が 2mm 以上の材料の総称。したがって、「礫」という場合、細礫あるいは小礫から巨礫までを含み得る。

「石礫」：上記に定義される「礫」の範疇にあり、かつ、大礫以上の粒径分類を有意に含む幅広い粒径で構成される材料。特に、大礫以上の粒径範囲の存在が河床変動に支配的な影響を及ぼし得る粒径分類であることを明示する場合に用いられる呼称である。

「砂礫」：上記に定義される「礫」と砂からなる材料。ただし実質上、砂から中礫までを含む材料の総称に使われることが多い。

表4-2-3 粒径の分類と呼称

日本で使用されている名称*		Udden-wentworth scale**	AGUの分類		粒径範囲(mm)		φ 尺度***
巨 礫	巨 礫	巨 礫	boulders	very large boulders large boulders medium boulders small boulders	4096~2048 2048~1024 1024~512 512~256		-11 -10 -9 -8
五 石	大 礫	大 礫	cobbles	large cobbles small cobbles	256~128 128~64		-7 -6
砂 利	中 礫 (pebbles)	中 礫 (pebble)	gravel	very coarse gravel coarse gravel medium gravel fine gravel very fine gravel	64~32 32~16 16~8 8~4 4~2		-5 -4 -3 -2 -1
	細 礫	小 礫 (gravel)					
砂	極粗砂	極粗砂	sand	very coarse sand	2~1	2~1	0
	粗砂	粗砂		coarse sand	1~1/2	1~0.5	1
	中砂	中砂		medium sand	1/2~1/4	0.5~0.25	2
	細砂	細砂		fine sand	1/4~1/8	0.25~0.125	3
	微細砂	微細砂	very fine sand	1/8~1/16	0.125~0.062	4	
シルト	粗粒シルト	シルト	silt	coarse silt	1/16~1/32	0.062~0.031	5
	中粒シルト			medium silt	1/32~1/64	0.031~0.016	6
	細粒シルト			fine silt	1/64~1/128	0.016~0.008	7
	微細粒シルト			very fine silt	1/128~1/256	0.008~0.004	8
粘土	粗粒粘土	粘土	clay	coarse clay	1/256~1/512	0.004~0.002	9
	中粒粘土			medium clay	1/512~1/1024	0.002~0.001	10
	細粒粘土			fine clay	1/1024~1/2048	0.001~0.0005	11
	微細粒粘土			very fine clay	1/2048~1/4096	0.0005~0.00024	

* 主として河川工学の分野で使用されている。土質工学の分野では、礫(2.0mm以上)、粗砂(2.0~0.42mm)、細砂(0.42~0.074mm)、シルト(0.074~0.005mm)、粘土(0.005~0.001mm)、コロイド(0.001mm以下)として分類している。

** 元々は地質学の分野で使用されていたが、Cummins(1962)が河川生態学の分野に採用した。

*** φ 尺度 φ = -log₂d (d: 土砂粒子の大きさ(mm))

<参考となる資料>

表 4-2-3 の作成に当たっての参考文献は下記のとおりである。

- 1) 河村三郎：土砂水理学 1， 森北出版， p. 3. ， 1982.
- 2) Cummins, K. W. : An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. American Midland Naturalist, 67, pp. 477-504. , 1962

<推 奨>

河道を、河川工学的視点から調査する場合と、生物の生息・生育場の物理環境という視点から調べる場合とで、異なる粒径分類・呼称が用いられてしまうと、同じ河道を調査したにもかかわらず、互いの結果の比較や統合が困難になり、河道特性の解釈や分析に不効率を招くおそれがあるので、極力同じ粒径分類・呼称を採用することが望ましい。

2. 3 粒径集団に着目した土砂動態の捉え方

<推 奨>

河道特性調査においては、広域的に土砂動態を捉えるための技術的枠組みの1つである「粒径集団」、「有効粒径集団」、「混合型」、「通過型」の概念を必要に応じて具体化して用いることが望ましい。

これらの定義と技術的意味については、第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 第 2 節 調査の基本的組立て方 2.2.1 土砂動態の捉え方 の沖積河川についての例示の記述内容を参照のこと。

2. 4 沖積河川の河床材料の捉え方

2. 4. 1 河道構成材料の大局的分類

<推 奨>

河道構成材料の調査や整理・分析は、対象とする河道を構成する材料の大局的分類である材料 m、s、t のいずれに当たるかを明確にした上で行うことを推奨する。

それぞれの定義は以下のとおりである。併せて、図 4-2-1 が参考となる。

1) 材料 m (main)

洪水営力を頻繁に受ける、主流路で相対的に低い河床領域を構成する材料である。通常、低水路の河床材料がこれに当たり、特に断りなく「河床材料」と言うときは一般に材料 m を指す。材料 m は、本節 2. 4. 2、2. 4. 3 に述べるように粒度範囲を大きく 3 つに区分 (A, B, C 集団) して、移動しやすさや流送形態について分析することができる。

2) 材料 s (sub)

材料 m が存在する主流路の脇の高い河床部分に存在する材料であり、その粒径範囲は材料 m の粒径範囲と重なる部分がないか又は小さく、材料 m の平均粒径より 1 オーダー以上小さい成分を多く含む。主流路内では浮遊形態で流送されるのが一般的である。

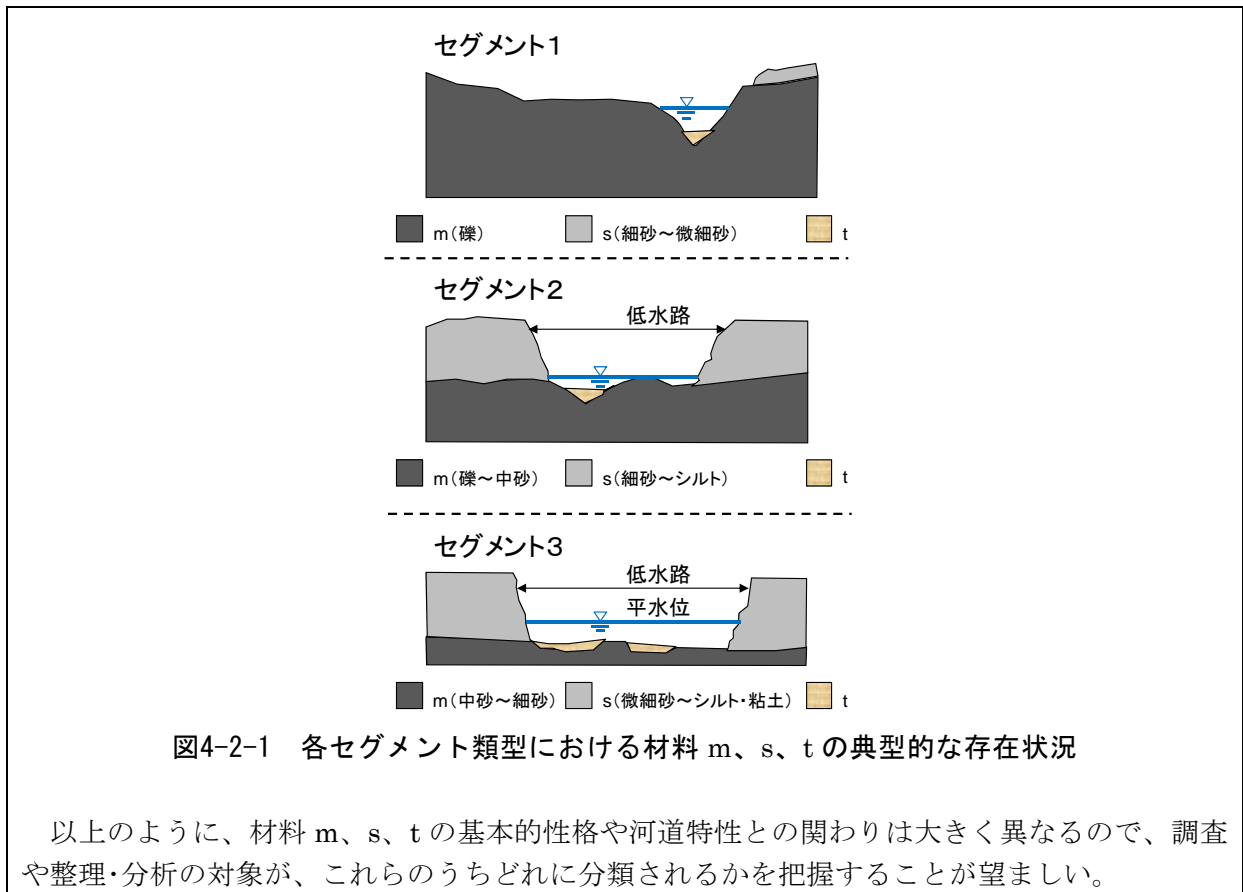
材料 s は、本節の 2. 1. 3 で述べたセグメント類型 2 と 3 では高水敷の本体を構成する。その材料がシルト・粘土を含み粘着力を発揮する場合には、河床材料とは異なる流送特性を示す。そのため材料 s に関する情報は、低水路河岸の浸食形態・速度の予測や護岸の必要性の判断、低水路川幅拡幅後の土砂堆積による川幅縮小の推定などに必要となる。

セグメント類型 1 での材料 s の堆積は、あっても一般に薄い。しかしそこでは、材料 m である礫が露出している場所に比べ植物がより生育しやすいので、植物の状況などを分析する際にも材料 s に関する情報が重要となる。

3) 材料 t (transient)

平水時に水面下となる河床部分 (材料 m) の上に (多くの場合薄く) 乗った材料であり、その粒径範囲は材料 s 程度あるいは更に細かい成分を含むことさえある。材料 t は、一時的で不安定なことが多く、ごく小規模の出水があるとフラッシュされ、あるいは増減する性質を持つ。

材料 m が一時的にせよ部分的にせよ材料 t に覆われることは、微小規模のハビタット構造の変化として重要となる場合があり、平水状況が長く続くときの物質循環にも影響を与え得る。粒状有機物の堆積も材料 t に分類される。



<参考となる資料>

河道構成材料の大局的分類（材料m、s、t）の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料第521号，土木研究所資料第4140号，2章2節．，2009.

2.4.2 代表粒径の設定

<標準>

河道特性の整理・分析においては、材料 m を対象とした河床材料調査の結果に基づき、河床材料の動きやすさや流送される量を規定する河床材料粒径の代表値として、代表粒径 d_R をセグメントごとに設定することを標準とする。

<例示>

代表粒径 d_R は、以下の手法により設定することができる。

材料 m が砂主体であるセグメントの場合には、代表粒径に河床材料の d_{60} を用いることができる。

材料 m が砂礫や石礫であるセグメントの場合には、河床材料を以下の手順により A、B、C 集団に区分した上で、代表粒径を設定することができる。河床材料の区分については、図 4-2-2 が参考となる。

- 1) 容積法による河床材料の調査（本章 3.4.2 参照）によって得た当該セグメントの粒径分布を、横軸に粒径を対数表示し、縦軸に通過重量又は体積百分率を取った図面に、粒径

加積曲線として描く（図 4-2-2 参照）。

- 2) 粒径 2mm を区分粒径とし、粒径 2mm 以下の砂成分を B 集団とする。ただし、この付近の粒径加積曲線上に勾配の急変点が生じていれば（通常 1.0～2.0mm 辺り）、それを区分粒径とする。
- 3) 粒径加積曲線上で、もっとも大粒径よりの直線状（勾配一定）部分を C 集団とする。
- 4) B 集団と C 集団の間を A' 集団と仮置きする。B 集団と A' 集団、A' 集団と C 集団は、通常、粒径加積曲線の勾配急変点を隔てて接続することになる。
- 5) A' 集団の粒径加積曲線の中に勾配急変点が存在する場合には、仮置きした A' 集団を、そこで A' 集団と A'' 集団に分割する。場合によっては、この勾配急変点が明確でないことがある。この場合は、当該セグメントの滲筋部の表層材料の粒度分布（C 集団と A' 集団からなることが多い）により判断するか、C 集団と A' 集団の区分粒径の 8 分の 1 程度の粒径を A' 集団と A'' 集団の区分粒径として、仮置きした A' 集団を A' 集団と A'' 集団に分割する。更に、新設した A'' 集団の最大・最小粒径比が 15 を超える場合は、下流のセグメントの粒度分布形も参考にしながら、B 集団と隣接する A''' 集団を新たに挿入し、粒径の大きな順に A'、A''、A''' 集団とする。
- 6) 最後に対象河川の各小セグメントの区分粒径が、上下流で一致するように区分粒径を微調整する。
- 7) こうして得られた河床材料区分に基づき、C 集団と A' 集団のみから成る粒径加積曲線を新たに作成し、その 60% 通過粒径 d_{60} を求め、これを代表粒径 d_R とする。

A'' 集団以下の含有率が 20～30% 以下の場合には、河床材料調査によって得た粒度分布の d_{60} とその粒度分布に上記手順を適用して A'、C 集団から求めた代表粒径との差が一般に小さい。そのため、A'' 集団以下の含有率が 20～30% 以下の場合には、河床材料調査によって得た粒度分布の d_{60} を代表粒径とすることができる（すなわち、材料 m が砂主体であるセグメントの場合と同様に代表粒径の設定を行うこととなる）。

線格子法・面格子法による河床材料の調査（本章 3.4.2 参照）を行った場合には、A'' 集団以下の含有率が 20～30% 以下となる場合が多く、そのため上記手順を踏まずに河床材料の調査によって得た粒度分布の d_{60} として代表粒径を求めてよい。

なお、河口や堰の上流等の中小出水では掃流力が相対的に小さい箇所では、A'、C 集団より細粒の材料が多く堆積し、その箇所を含むセグメント内の他箇所に比べて細粒化している場合がある。そうした箇所を含むセグメントの代表粒径の設定においては、細粒化した箇所における河床材料の調査のデータは参考程度にとどめ、他箇所でのデータをより重視する。

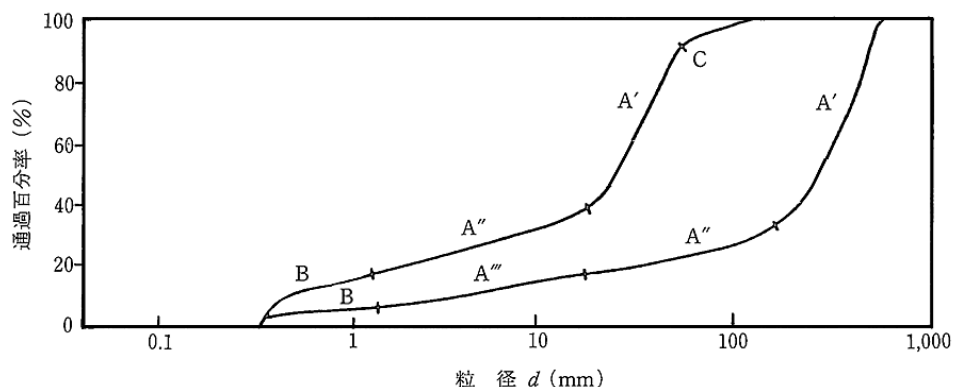


図4-2-2 粒径加積曲線に基づく河床材料の区分の例

<参考となる資料>

河床材料のA、B、C集団への区分の手法及び代表粒径の設定については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010.

2.4.3 混合粒径河床材料の整理・分析について

<考え方>

本節の2.4.2に示した代表粒径の設定手順で用いている材料mのA、B、C集団への区分という手法は、以下に示すように、混合粒径河床材料の捉え方にも資するものである。すなわち、A'集団は河床材料の主モード（主構成材料）であり、それより粒径の大きいC集団は、A'集団に比べ移動速度が遅く、河床に取り残されているような状況を呈するものである。河床変動に関係するのは主にCとA'集団であり、材料m全体の動きやすさを規定する主材料であることが一般的である。一方、B集団やA''、A'''集団は、大粒径間に存在するマトリクス集団で、河床変動にはあまり寄与しないことが一般的である。

以上から、本節の2.4.2において代表粒径 d_R をCとA'集団から算出することとしている。

各集団は、それぞれ異なる流送形態又は移動速度を持っている可能性が高く、したがって、集団ごとに移動性や移動量を評価することを通じて、当該セグメントの土砂動態や河床変動の特性についての理解を深めることにつながると期待される（本章6.3参照）。代表粒径 d_R 設定の手順もこの考え方の一環である。

また、近年は、比較的粒径分布の狭い十分混合された混合粒径材料に対して、砂礫から石礫までを含む材料で構成される河川については、掃流力によって流砂や河床変動を記述する従来の枠組みを修正・改良する必要があるという観点からの知見の蓄積が活発になっている。粒径分布の幅が広い、更には、その平面的不均一性も高いような河床材料については、従来の整理・分析・解析法の有効性が、比較的粒径分布の幅が狭い十分混合された材料を対象にする場合と異なり得ることに配慮しておくことが望まれる。

<参考となる資料>

河床材料の各集団の流送形態については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010.

粒径分布の幅が広く、その平面的不均一性も高いような砂礫から石礫にわたる河床材料の流送については、下記の資料が参考となる。

- 2) 福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，土木学会水工学委員会・海岸工学委員会，水工学シリーズ，08-A-1，2008.
- 3) 藤田正治，Sulaiman M.，Ikhsan，J.，堤大三：河床材料の空隙率の変化を考慮した河床変動モデルとその適用，河川技術論文集，第14巻，pp.13-18，2008.
- 4) 長田健吾，福岡捷二：石礫河川の土砂移動機構に着目した1次元河床変動解析法の開発，水工学論文集，第52巻，pp.625-630，2008.

河床の主構成材が礫であり、礫が移動しない状況下での礫間からの微細土砂の抜けだし・充填については、下記の資料が参考となる。

- 5) 芦田和男，藤田正治：平衡及び非平衡浮遊砂量算定の確率モデル，土木学会論文集，第375号／II-6，pp.107-116，1986.

第3節 各時点の河道状況

3.1 河道の形状

3.1.1 河川の地形測量

<標準>

河道形状の測量は、河川定期縦横断測量と空中写真測量により行い、第22章 測量・計測 に基づいて実施することを標準とする。

定期横断測線は河川ごとにある一定間隔で配置されており、この既定の測線に沿って河道横断測量を行うのを標準とする。

河川定期縦横断測量から以下を把握することを標準とする。

- ・ 平均河床縦断形
- ・ 最深河床縦断形
- ・ 河川縦断沿い各地点の河床横断形
- ・ 横断面内での最深河床の相対位置に関する縦断分布
- ・ 低水路川幅、堤間幅の縦断変化

また、空中写真測量から以下の図・写真を得ることを標準とする。

- ・ 河道平面図
- ・ 河川垂直空中写真

<推奨>

測線間隔が低水路幅に比較して大きくなるほど、縦断方向変化の測定密度が相対的に小さくなるために解像度が低くなる。特に、局所洗掘域などのスケールの小さい河道地形については、その発生範囲に掛かる測線本数が少なくなる。

このような場合には、測量の目的・用途に応じて横断測線の適宜追加など面的に河道形状を把握できる測量を行うことを推奨する。

<例示>

河床高を面的に把握する測量手法として、サイドスキャンソナーなど高解像度で河床面の凹凸が捉えられる一部の水中計測技術(第22章 測量・計測 3.5 参照)を利用することができる。

サイドスキャンソナーでは、小規模河床波、難侵食層の侵食に伴う特異な形状、乱積みされた根固ブロックなどをおおむね識別することができ、地形とともに河床表面の構成材の推定も可能な場合がある。

また、過去に測量実績がないか不足していて、定期横断測量の新規の実施が難しい河川では、航空レーザ測量(第22章 測量・計測 3.2 参照)を用いた河川測量が用いられる場合がある。この方法は、地上部に計測範囲が限られるが、調査が定期測量に比べ安価で早いことから、一部の平地河川において採用されている。

なお、航空レーザ測量は以下の点で課題が残されている。

- ・ 樹林が繁茂する山間溪谷部の横断形状把握が難しいこと。
 - ・ 水面下の形状が把握できないこと(ただし、山地河道では水深がさほど大きくないので、その点では有利である)
 - ・ 河道内植生をある程度認識できるが、その精度にばらつきがあること
- これらについては、今後一層の技術開発が必要となる。

<参考となる資料>

航空レーザ測量の河川測量への適用例として、下記の資料が参考となる。

- 1) 白井正孝, 藤田光一: LP 計測データによる中小河川の河道特性把握, 年次学術講演会講演概要集第 2 部, 第 64 巻, pp. 401-402, 2009.

3. 1. 2 河口における地形測量

<考え方>

河口部の地形測量は、河道縦横断測量、深淺測量、海浜測量、低潮線測量、河口部縦横断測量などにより構成される。深淺測量は汀線より沖側の海底地形の測量、海浜測量はほぼ平均干潮面汀線から後浜の範囲の地形測量、汀線測量は平均潮位における汀線位置の測量、河口部縦断測量は河口砂州の変動範囲における河床、海底、砂州の変化状況の測量である。

深淺測量、海浜測量、低潮線測量については 第 21 章 海岸調査、第 22 章 測量・計測 に基づいて実施する。

河口部縦横断測量によって出水その他による河口砂州流失直後の測量を行う場合、流失した砂州の回復が早い場合があるため、回復する前のできるだけ早い時期に実施することが重要である。

航空レーザ測量による河口砂州の測量は、データが得られる範囲が水面上に限られる反面、空間的な解像度の高さと迅速性において優れているため、特に流下能力の評価に関わる砂州高や洪水によるフラッシュの発生頻度の把握を目的とした適用事例が多い。

なお、河川からの土砂供給量の把握を目的とした河口テラスの測量については、第 21 章 海岸調査の 7.5.3 に基づいて実施する。

3. 2 構造物の設置状況

<標準>

護岸、水制、堰、床固工、落差工、帯工、及び河川堤防等について、河川管理施設台帳などに基づいて以下の事項について整理することを標準とする。

- ・ 各種構造物の設置位置と構造諸元
- ・ 堤防の整備状況（完成・暫定・無堤等に区分して）と点検結果（浸透に対する安全性の照査結果等）

3. 3 河床形態

3. 3. 1 中規模河床形態

<考え方>

中規模河床波（砂州）の調査においては、局所洗掘の形成と河岸浸食の発生との関連性を把握することが重要である。また、瀬淵は砂州の形態・形状と密接に関係していることが多く、そのため 第 11 章 河川環境調査 4.2 水域調査 で述べる瀬淵に関する調査において、以下に示す砂州調査と関連づけて整理することが、瀬淵の形成・変化について理解を深める上で効果的である。それらの実施に当たって踏まえるべき基本的観点として、以下が挙げられる。

1) 砂州形態の変化

交互、複列、多列及び非発生等に区分できる砂州形態は、出水規模や河道形状に応じて経時的に変化する場合がある。たとえば、大出水時には、多列・複列であった砂州の前縁線を包絡するように複列・交互砂州が共存するようになる場合がある。さらには、複列・交互砂州に移行することもある。その逆に、元々川幅水深比の小さい単断面の河道区間では、水深の増加に伴って交互砂州が不明瞭となる場合がある。また、複断面の場合には、高水敷を冠水させて堤間幅にわたって洪水が流下する場合には、低水路満杯規模の洪水時とは流況が異なるなどのために砂州形態・形状に変化が現れるとも考え得る。

2) 砂州の下流への移動に伴う局所洗掘・河岸浸食の位置の変化

砂州上での洪水時の平面的流況の特徴として、砂州形状の高低に応じた流れの集散が挙げられる。流れの集まる箇所が河岸際に形成されると、そこが水衝部となり、その付近において局所洗掘や河岸浸食が生じる。砂州の下流への移動に伴う水衝部の位置の変化に応じて、これまで局所洗掘や河岸侵食が生じていなかった、又は顕著でなかった箇所でそれらが顕在化し、進行する場合がある。

3) 流量の時間的变化に対する砂州の応答

上記した変化の現れ方は、河床材料の動きやすさや砂州スケールによって異なる。一般に、砂州の長さ、高さが大きく、又流砂量（又は掃流力）が小さい出水時ほど、砂州の形態・形状の変化や移動が緩慢となる。

礫床区間では、砂州の流量に追従した変化が一般に緩慢である。そのため、砂州が最大流量時の水理量に応じた砂州形態・形状まで十分に発達せず、また、減水期において流量の減少に砂州の変化が完全には追従しない。

砂床区間では、礫床区間に比較して流量変化に応じた砂州変化が一般により生じやすく、洪水流量変化に対する砂州の追従性が高い。特に、河床勾配が比較的大きい砂床区間では、出水後の砂州形状は減水期の影響を受けて変化しており、出水中の形状を保っていない。

<標準>

砂州形状とその配置を本節の 3.1.1 で取得した河川垂直空中写真から判読し、砂州前縁の平面分布を得るのを標準とする。砂州形態の判読に当たっては、砂州平面分布のみでなく河床横断形状を併せて参照するなど総合的に判別する。

<推奨>

上記で得た各時点での砂州の平面形状・配置を時系列に沿ってつなぎ合わせて、時間変化について分析することが望ましい。なお、その際には次のことに留意するとよい。

砂州が同一の形態のまま、形状を大きく変えずに下流方向に徐々に進行する場合には、各時点での砂州の平面形状・配置には時間的対応関係（時間を隔てていても同一の砂州を見ているという意味）があると捉えることができる。この場合、たとえば、対応する二時点の砂州前縁線の位置を比較することによって砂州の移動速度を見積もることができ、その間に発生した出水状況と比較することで、砂州の移動速度と洪水流量・継続時間との関係性などを検討することができる。

一方、二時点間で、砂州形態の遷移や砂州形状の大きな変化が生じている場合には、両時点での砂州の平面形状・配置に時間的対応関係が存在しなくなる。たとえば二時点で複列砂州が交互砂州に変化している場合、あるいは、同じ複列砂州であるが途中で交互砂州への遷移が起こっており、両時点の複列砂州の配置に直接的なつながりがない場合などが、こうしたケースに該当する。このように砂州形態の遷移あるいは大きな形状変化を起こす出水等のイベント（本章 4.1 参照）が生じた場合には、出水中の河床変動を追跡する調査（本章 4.5.2 参照）等を通じて、出水が砂州形態・形状に与えた影響を直接的に把握する必要性が増す。

<参考となる資料>

中規模河床波の挙動と局所洗掘・河岸浸食の関係については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010。

3.3.2 小規模河床形態

<例 示>

小規模河床波は、基本的に出水期間中の発達・変形が重要であり、その挙動と粗度係数や深掘れ（特に砂堆の発達に伴うもの）との関係把握を目的とした出水中観測（本章 4.5.2 の<例示>参照）を積極的に行うことが重要である。

出水後に残存した河床波は、必ずしも出水中の形状を表していないため、それを推測するための補助的な情報にとどまる。

ただし、礫床河川では比較的大きな出水後に砂堆が残存する場合があります、砂堆発達に伴う粗度係数の増加について検討する上で有効な情報となる場合がある。

また、山地河川では階段状河床波が形成される場合があります、その波長や段差について計測した事例がある。

砂床河川では、河口部近くの勾配の小さい河道区間等では、水位のせき上げによって減水期における小規模河床波の変形が比較的抑えられる場合がある。その場合には、出水により形成される小規模河床波の形態・形状に関する情報を得ることができる。

<参考となる資料>

小規模河床波の挙動と粗度係数及び深掘れの関係については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010.

小規模河床波の発達に伴う粗度係数の変化、階段状河床に関する調査研究論文は、下記の資料が参考となる。

- 2) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文集，第 206 号，pp. 59-69，1972.
- 3) 長谷川和義，藤田睦博：ステップ・プールに視点をのこした山地河川の流れの抵抗，土木学会第 30 回会水理講演会論文集，pp. 79-84，1986.
- 4) 長谷川和義：河川上流域の河道地形，日本流体力学会誌「ながれ」，第 24 巻，pp. 15-26，2005.

3.3.3 局所洗掘

<標 準>

局所洗掘は、最深河床高の縦断分布において部分的に下に凸となる河床低下箇所として把握し、その箇所を中心とした上下流を含む一連の河道横断図を併せて用いて、局所洗掘の位置と深さに関する以下について把握することを標準とする。

- ・ 局所洗掘位置の平面分布
- ・ 洗掘深（平均河床高と最深河床高の差）の縦断分布

<推 奨>

堰、床止工、水制、橋脚等の構造物周辺の局所洗掘については、洗掘の位置と深さの平面分布、河床の縦横断形状等について把握することが望ましい。

3.4 表面・表層の状態

3.4.1 総説

<考え方>

表面・表層の状態の調査は、河床表面の構成材料（3.4.2～3.4.6）、植物の繁茂状況（3.4.7）

及びその他堆積物等（3.4.8）により構成される。河床表面の構成材料については、以下の3種類の調査がある。

- ・ 非粘着性の材料：粒度分布によってその流送特性が表される非粘着性の材料
- ・ 粘着性を有する材料：粒度分布も関係するがそれのみでは流送特性を評価できない材料
- ・ 岩盤、軟岩など難侵食性の材料：土粒子単位への分離が困難な固結・半固結堆積物

3.4.2 河床材料の調査

<標準>

主に材料mを対象とする河床材料調査は、以下の方法で粒度分布調査を実施することを標準とする。

1) 試験方法

河床表面の材料を対象として、材料 m が砂の場合には容積法、礫の場合には線格子法又は面格子法により粒度分布調査を行うのを標準とする。

ただし、必要に応じて河床表面を対象とした線格子法又は面格子法による粒度分布に加えて、表層を取り除いた下層を対象とした容積法による粒度分布調査を行う。そうした調査を行う場合として以下が挙げられる。

- ・ 過去に河床材料調査を行っていて、その調査方法が容積法による調査であり、その調査結果と比較して経年的な変化等を把握したい場合
- ・ アーマリングの進行度合いなどを把握するため、表層とその下の粒度分布を比較したい場合
- ・ 礫床河道区間を対象とした河床変動等解析（第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析）を行うに際して、表面に加えてその下の粒度分布の情報も必要な場合

なお、100mm以上の粒径を含有する河床材料を対象とした試料採取の場合には、大礫を含む容積法により実施することを標準とする。

河床材料に含まれる大粒径成分は、その含有率が小さい場合であっても、粒度分布調査の対象とすることを標準とする。ただし、大礫を含めた調査が著しく困難な場合には、調査地点の大礫の分布状況を写真などにおいて記録した資料と大粒径成分を除いた調査である旨を調査結果に必ず併記しなければならない。

2) 調査地点の選定

測定地点は、河床変動と関連させて粒径変化等についての検討を行えるように、河道定期横断測量測線上に設定することを標準とする。既往調査結果や現地概査により河道縦横断方向の分級などについて把握し、その状況を捉えられるように河道縦横断方向の測点間隔を設定する。一般的には、縦断方向 1km 間隔、横断方向に 3 箇所を目安とする。低水路幅が比較的狭い場合やセグメント長が短い場合、ダムの堆砂区域、支川の合流点など、局部的に河床材料の変化の激しい所では状況に応じて測定地点間隔（地点数）を増減させる。

3) 河床材料調査の整理

代表粒径の縦断分布及び試料採取地点ごとの粒径分布等を整理することを標準とする。

<関連通知等>

- ・容積法による粒度調査手法
 - 1) JIS A1204.

<参考となる資料>

- 各種の粒度分布試験については、下記の資料が参考となる。
- ・線格子・面格子法による粒度調査手法
 - 1) 河道計画検討の手引き：(財)国土技術研究センター編，2002.
 - ・大礫を含む場合の容積法による粒度調査手法
 - 2) 土木研究所資料：扇状地河川の河道特性と河道処理，第 3159 号，pp.27-31，1993.

<推 奨>

河床材料の平面分布について更に詳細な情報が必要となる場合には、例えば対象地域にメッシュ状に河床縦横断測線を設定し、それに沿って地形測量と河道構成材料調査を行うなど、平面的にきめ細かな調査を行うことが望ましい。

<参考となる資料>

- 平面的な河床材料調査については、下記の資料が参考となる。
- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料第 521 号，土木研究所資料第 4140 号，5 章 3 節，(2009).

3. 4. 3 河岸・高水敷の構成材料調査

<推 奨>

主に材料 s を対象とする河岸・高水敷の構成材料調査は、本節 3.4.2 の河床材料の調査の手法に準じて粒度分布調査を実施することを推奨する。

3. 4. 4 岩盤、軟岩など固結物・半固結物の調査

<標 準>

河床材料調査やその他現地踏査によって確認した河床、河岸、高水敷の表面に岩盤、固結・半固結物が露出している範囲について、河道平面図、平均・最深河床高縦断図、河床横断形状図に整理することを標準とする。

<参考となる資料>

- 調査成果の整理については、下記の資料が参考となる。
- 1) 山本晃一編著：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)河川環境管理財団河川環境総合研究所，489p.，2010.

3. 4. 5 粘着性を有する材料の調査

<例 示>

セグメント類型 2、3 の河岸や高水敷を構成する粘着性土、また河口域やセグメント類型 3 の河床に堆積している場合がある高含水の粘着性土について、その耐浸食性（浸食限界流速、浸食速度と掃流力の関係等）を把握する場合には、それぞれの土質に適した種々の耐浸食性の調査手法を用いた試験を行うことができる。

<参考となる資料>

粘性土の耐浸食性の調査手法については、下記の資料が参考となる。

高含水比の底泥の耐浸食性

- 1) 大坪国順, 村岡浩爾: 流れによる底泥の飛び出し率, 土木学会論文集, 第 375 号/II-6, pp. 43-52, 1985.
- 2) 関根正人, 西森研一郎, 藤尾健太, 片桐康博: 粘着性土の浸食進行過程と浸食速度式に関する考察, 水工学論文集, 第 47 巻, pp. 541-546, 2003.
- 3) 西森研一郎, 関根正人: 粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究, 土木学会論文集 B, Vol. 65, No. 2, pp. 127-140, 2009.

礫間土砂が粘着力を有する場合の砂礫の耐浸食性

- 4) 澤井健二, 芦田和男: 粘着性流路の浸食と横断形状に関する研究, 土木学会論文報告集, 第 266 号, pp. 73-86, 1977.

高水敷・河岸を構成する粘着性土の耐浸食性

- 5) 福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, pp. 195-220, 2005.
- 6) 宇多高明, 望月達也, 藤田光一, 平林柱, 佐々木克也, 服部敦, 藤井政人, 深谷渉, 平館治: 土木研究所資料, 第 3489 号, 1997.

3. 4. 6 河口の河床材料調査

(1) 河口砂州部の粒度分布調査

<標準>

河口砂州部においては、採取地点として汀線付近、波の打上げ部、砂州頂部、川側の 4 点を選ぶものとし、断面数は砂州の大きさに応じて決めるが少なくとも 3 断面以上とする。また深さ方向に分級が生じている場合には、表面と表面下とを対象とする二層の調査を行うことを標準とする。

<推奨>

砂州部において砂州が季節的に大きく変動する場合には、年に数回程度行うことが望ましい。また、河道内においても、洪水などによって状況が変化した場合には洪水後に調査を行うことが望ましい。

(2) 河口テラスの底質材料調査

<推奨>

河口テラスの底質材料調査は、砂州の形成要因を把握し、また、流出土砂量の算定のための基礎資料とするものである。底質材料調査の調査範囲は、河口中央を中心に左右岸方向にそれぞれ河幅程度の距離をとった範囲を、沖方向には水深 10m 程度までの範囲を含めることを推奨する。

海域では底質採取が容易でないが、波による砂移動に関する多くの有効な情報を知る上で重要である。底質は表層のものを採取すればよいが、引き上げるときに採取器からの流失を防除することに努める。なお、底質粒径の水深方向分布を求めると、移動限界水深の推定などに役立つ。

3. 4. 7 植物繁茂状況の調査

<標準>

第 11 章 河川環境調査の第 7 節 植物調査 による植生図を用いて、植物群落及び樹木群の平面分布を得ることを標準とする。

<推奨>

その際、河道横断面図や平面図と重ね合わせるための各群落の位置情報と、粗度特性に関わる樹高、草丈、繁茂密度に関する情報を併せて整理することを推奨する。

3. 4. 8 その他堆積物等の調査

<例示>

有機性の堆積物、礫面上への砂堆積等、以下に例示する種々の堆積物、堆積状況の重要性を明らかにする知見が近年蓄積されつつあるので、必要に応じて調査を実施することができる。

- ・ デブリ、流木などの固形有機物
- ・ 表面細粒土層（材料 m の礫を覆う材料 s、t の土砂で構成される表層）
- ・ 浮石、はまり石等の河床礫の状態

3. 5 平常時の水理環境

<考え方>

平常時の水位、流速等の水理環境は、砂州上への植物群落の形成、堰等の湛水範囲での土砂の挙動、河口域での潮位変化に伴う入退潮による土砂流送と細粒土砂の堆積、河口砂州を有する河口の開口幅、波浪による河口砂州の再形成等を調査する上で、物理的環境を表す基本的項目の一つである。

植生調査、河床材料調査、河口域の調査においては、本章の第 5 節 洪水の作用 で述べる出水時の営力や基本条件と併せて、平常時の水理環境に関わる基本的な水理量を整理しておくことは重要である。

<例示>

河川域と河口域において以下に例示する事項について整理する場合がある。

1) 河川域

- ・ 河状係数（年最大流量と年最小流量の比）
- ・ 水位観測所地点における位況
- ・ 平水時の代表的流量での水際線位置及び流量変化に応じた変動幅
- ・ 瀬淵や湛水範囲等での流速、水深（1次元、平面）

2) 河口域

a) 波浪及び潮位

当該河口付近における海岸において波高、周期、波向、潮位について調査する。第 21 章 第 4 節 海面変動調査 により実施する。

b) 水位

大潮、中潮、小潮時等の潮汐による水位変動や出水時水位等について調査する。自記水位計による通年観測については、第 2 章 水文・水理観測の第 3 節 水位観測 によるものとする。

c) 流量

河口域の流量は、河口域に流入する河川流量と河口からの入退潮量の影響を受けて時間的に変動している。河口域における流量調査についての一般的な方法は、第2章 水文・水理観測の第4節 流量観測 によるものとする。

d) 砂州や干潟等での流速、水深（1次元、平面）

河口域での調査項目や手法等の選定において、第14章 汽水域・河口域の環境調査 の第2節 汽水域・河口域の環境調査 を参考にすることができる。

第4節 河道状況の時間的変化

4.1 時間的変化の捉え方

<考え方>

沖積河川の本質的特徴の1つは河道状況が変化することであり、その実態把握は河道特性調査の根幹の1つをなす。本章の第3節 各時点の河道状況 に関する調査結果に基づき、また、必要な調査を加えながら、河道の時間変化を適切に把握することが重要である。

図4-4-1に示すように、河道状況の変化には複数のパターンがあり、対象とする変化のパターンを考慮して調査を組み立てることが求められる。

たとえば、同図のa)のように、変化が持続的に起こる場合は、一定時間間隔での河道状況把握に基づき経時変化を追跡することが基本となる。

b)のように、洪水などのイベント時に変化が進行する場合は、イベント前後の河道状況把握と比較が重要になる。ここでいうイベントとは、洪水のほか高潮・高波浪などの自然事象のほか、河道の掘削、維持浚渫や構造物の設置・改築などの人為的作用を含む。

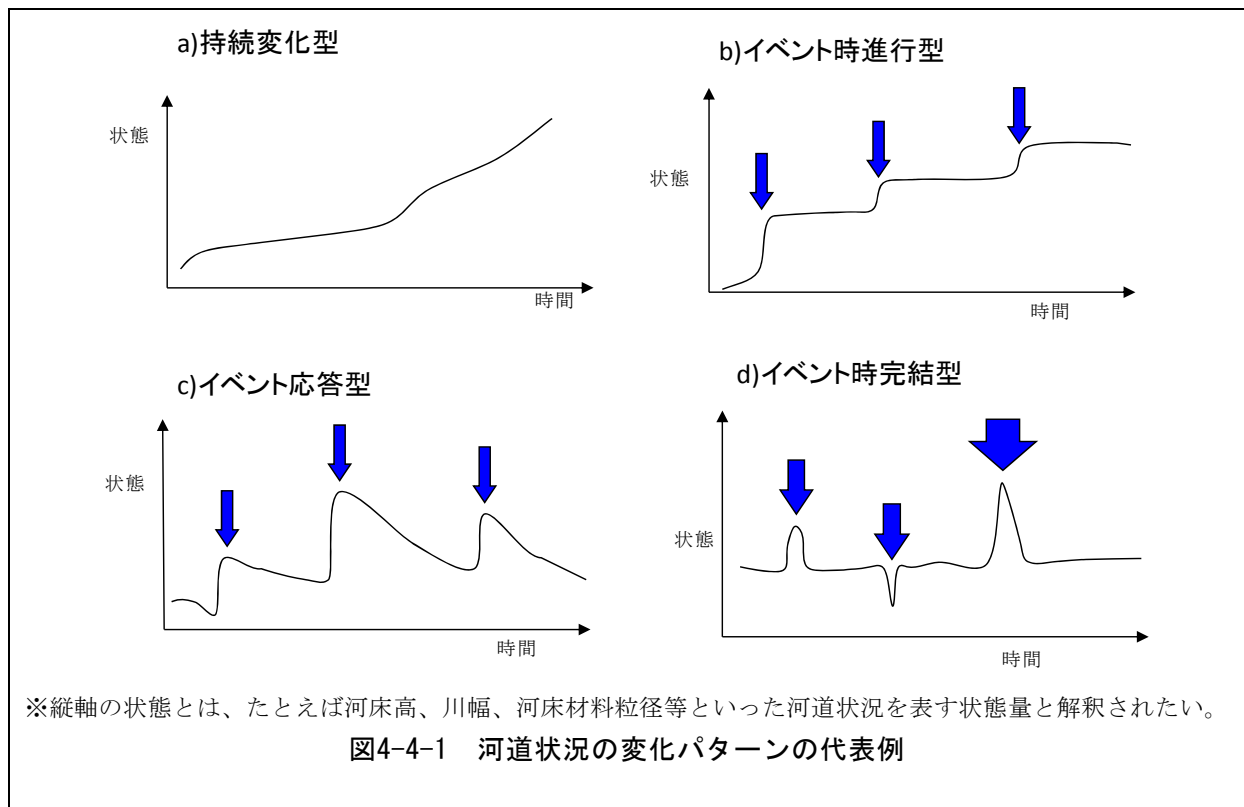
c)のように、イベントに応答するタイプを扱う場合には、経時的追跡とイベント前後の河道状況把握・比較を組み合わせる必要がある。

d)のように、洪水中に変化が生じ、しかもその変化の大部分が洪水中に完結する（元に戻る）場合には、変化を洪水中に追跡することが求められる。

実際には、図4-4-1に示したパターンの幾つかが共存したり、パターンが時期により入れ替わるなど、典型的なパターンとはならない場合も考えられる。特に堰・床固工等の構造物の周辺では、周囲の河道状況の変化やそれに応じた補強の履歴によって、パターンの共存や入れ替わりが起こり得ると考えられる。

また、同じセグメントであっても、着目する項目によって変化パターンが異なることも考えられる。さらに、同一のパターンであっても、イベントの大きさやその発生からの経過時間によってある一定期間内での変化進行の度合いが異なることも考えられる。

こうしたことも踏まえつつ、対象とする河道区間及び項目が示し得る変化の特徴を適切に想定し、それに見合った頻度・タイミング等での調査実施により時間変化把握を行うことが重要である。



4. 2 基本的な調査の進め方

<標準>

河道状況の時間的変化の調査は、以下によることを標準とする。

- 1) 調査対象とする河道区間及び項目について、起こり得る河道状況変化パターンを踏まえつつ、ア)適切な時間間隔で把握した河道状況の比較、イ)洪水等のイベントの前後で把握された河道状況の比較、ウ)洪水等イベント生起中の変化等の追跡、のいずれか、あるいは、これらを必要に応じて組み合わせで行う。
- 2) 上記の基となる各時点の河道状況の把握は 本章 第 3 節 各時点の河道状況 の内容による。比較対象とする項目については、本章 第 3 節 各時点の河道状況 の内容に従い以下に関するものとする。
 - ・ 河道の形状
 - ・ 構造物の設置状況
 - ・ 河床形態
 - ・ 表面・表層の状態
 - ・ 平常時の水理環境
 比較対象項目についての各時点の調査法には、比較が適切に行える手法を一貫して選択する。
- 3) 上記のうちア)にある「適切な時間間隔」については、年単位を標準として変化進行の度合いに応じて適切に設定する。また、イ)にある「洪水等のイベント」については、対象としている項目について有意な変化を生じさせる規模のものを取り上げる。これらに併せて、本章の第 3 節 各時点の河道状況 の内容による河道状況把握の調査のタイミングを適切に設定する。
- 4) 洪水等のイベントがもたらす河道状況変化に着目する場合には、当該イベントの特性（洪水については、洪水の状況を表す基本的な水理・水文諸量）の把握を併せて行い、変化

とそれを起こしたイベントとの関係を分析できるようにする。この把握に際しては、第2章 水文・水理観測 及び本節 5.2 の内容を必要に応じ用いる。

- 5) 上記イ)に関して、当該イベントで災害が発生した場合には、必要に応じ、第10章 災害調査の 第2節 対象とする区域等に応じた災害調査 に記述されている災害調査と連携させる。
- 6) 各時点の河道状況の比較は、図化等を含む適切な整理・分析・表示法によるものとし、必要に応じて、洪水等のイベントの諸特性との関係を吟味できるようにする。

4.3 着目する河道変化を起点にした調査の拡充

<推奨>

本節の4.2に従い、時間を隔てた河道状況比較の対象項目は、本章の第3節 各時点の河道状況 の内容により調査された河道状況の項目に対応させることが基本となる。

ただし、河道状況の時間的変化を把握するという観点から、逆に、各時点の河道状況の中でも特に着目・重視すべき事項が出てくる場合もある。

したがって、本章の第3節 各時点の河道状況 による河道状況の把握結果から変化を整理・分析するという一方向的手順だけでなく、実際に起こった河道変化の観察などを通じて把握すべき重要な変化項目を見だし、それを、河道状況の把握やその結果の整理・分析の方法に反映させるという手順も必要に応じて採用していくことが望ましい。

こうした意味で、河道に変化を起こす最も重要なイベントである洪水等によって生じた状況変化を掴むための現地調査等を適切に行うことが望ましい。

<例示>

上記の観点を理解する助けとなるように、以下に、河道変化を起点にした河道状況把握という手順の具体例を示す。

1) 河岸浸食、河岸線の移動状況

低水路河岸などの浸食は、重要な河道特性の1つである。出水前後の定期横断測量や空中写真から低水路河岸の位置を読み取って、河岸浸食の生じた区間長、及び最大浸食幅について整理することなどが必要になる場合がある。

河岸浸食は、大出水時に大きくなるという関係性が必ずしも認められないので、様々な洪水規模について整理をすることが望ましい。また、定期横断測線が必ずしも最大浸食幅が生じる断面に位置しないことから、空中写真を併用することが望ましい。

2) 川幅の変化

上記の河岸線移動は、浸食（後退）だけでなく堆積（前進）も起こり得る。また、低水路川幅の変化（拡大、縮小）と捉えられる系統性を持って生じることもある。

川幅変化も把握すべき重要な項目であり、対象河道区間において川幅変化が有意に生じている場合には、その変化が適切に把握できるような河道状況把握（たとえば、低水路川幅を規定する河岸線位置の特性など）と時間的比較を行うことになる。

3) 河床材料の粒径変化及び置き換わり

河床材料の経年的変化は、以下の例のように河道の地形変化を規定し得るため、地形の経年的変化と対応させて把握すべき重要な項目である。

- ・ 供給土砂量の減少による礫床河道での河床低下に伴う粗粒化（アーマリング）
- ・ 局所洗掘や河床低下の進行に伴う岩盤や固結物・半固結物の露出

- ・ 礫床河道区間における局所洗掘の進行に伴う礫層の喪失、砂層への置き換わりによる洗掘の進行

対象河道区間において河床材料変化が有意に生じている場合には、経時的追跡調査とイベント前後での調査とを組み合わせ、その変化が適切に把握できるような河床材料調査を行うことになる。

4) 洪水流に対する植生等の変化

洪水時の河床材料の移動や植物体に作用する流体力による植物の破壊・流失、樹木の倒伏・流失等、それによる群落の流失や縮小は、場合によって把握すべき重要な項目となる。

流木に代表される植物体の集積なども同様である。出水前後の空中写真や河道内植物群落調査等から、植物群落の流失や変状の実態を整理することが基本になるが、実際に生じた変化と課題・目的を踏まえ、より詳細な変化状況を関連事象と併せて把握できるように、調査法を工夫・拡充する必要が出てくる場合もある。

これには、たとえば、個々の樹木等の変化まで追跡できるような調査の詳細度、位置精度の向上、洪水中の変状を感知する工夫、これらを含め、洪水生起前からの調査及び機器設置等の工夫・充実等がある。

5) 河口砂州のフラッシュ及びその後の回復

河口砂州については、洪水によるフラッシュの度合いと洪水規模等との関連性を把握すること、また、フラッシュ後の河口砂州の回復状況と海象や周辺初期地形を含む諸条件との関係を掴むことが重要であり、これらを各時点の砂州状況調査にも反映することが重要である。

これには、たとえば、形状把握の詳細度、形状調査の頻度とタイミング、河口テラスなど周辺地形の測定の範囲や詳細度の設定がある。

6) 河口開口部の変化・河口閉塞

河口砂州による開口部の縮小や河口閉塞は、平時・洪水時における水位のせき上げや汽水域の水質等の環境変化等に関連し、これらの観点から河道特性として把握すべき重要な事項となる場合がある。

平常時における河口開口幅（又は河口の最狭部断面の面積）については、河口部における河川の固有流量と入退潮量（潮汐プリズム）を合わせた河口流量（又は開口部の流速）、河口域の波浪等といった平常時の水理環境（本章 3.5）との関係が把握できるように、調査法を工夫・拡充する必要が出てくる場合もある。

これには、たとえば、平常時の水理環境に関わる各観測と合わせた河口部地形測量等の実施、その頻度と調査の範囲・詳細度の設定がある。

<参考となる資料>

上記に例示した具体例については、下記の資料が参考となる。

- 1) 末次忠司，藤田光一，服部敦，瀬崎智之，伊藤政彦，榎本真二：礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答・遷移及び群落拡大の特性-多摩川と千曲川の礫河原を対象として-，国土技術政策総合研究所資料，第 161 号，2004.
- 2) 山本晃一，藤田光一，佐々木克也，有澤俊治：低水路川幅変化における土砂と植生の役割，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，第 1 回，pp. 233-238，1993.
- 3) 山本晃一：河口処理論〔I〕-主に河口砂州を持つ河川の場合-，土木研究所資料，第 1394 号，1978.

- 4) 田中仁：河口域のながれと地形，ながれ，第24巻，pp. 37-46，2005.

4.4 経年変化の整理

<標準>

河道状況の経年変化の整理は、当該河道の変化の特徴を把握するための土台となるものである。以下の基本項目について、各時点のデータを図化し、経年変化が把握しやすい表示法を採用して重ね書きするなどして、河道状況の経年変化を容易に把握できるようにしておくことを標準とする。

- ・ 平均河床縦断形
- ・ 最深河床縦断形
- ・ 河川縦断沿い各地点の河床横断形
- ・ 横断面内での最深河床の相対位置に関する縦断分布
- ・ 垂直空中写真
- ・ 河道平面形状
- ・ 代表粒径 d_r の縦断分布（河床材料）
- ・ 各調査地点の粒径分布（河床材料）
- ・ 低水路川幅、堤間幅の縦断分布
- ・ 砂州前縁の平面分布
- ・ 局所洗掘位置の平面分布
- ・ 洗掘深の縦断分布
- ・ 植物群落の平面分布
- ・ 樹木群の平面分布
- ・ 構造物の設置位置

以上は、当該河川の河道変化に関する基本的な整理の段階に当たる。これに他の調査結果を加え、整理・分析を拡充して行うことにより、把握すべき河道変化の全体状況を明らかにしていくことになる。

<例示>

上記の整理結果を複数の項目について適切に組み合わせて表示することで、河道変化に関わる河道管理上の課題を比較的簡便かつ俯瞰的に把握できる道具として役立てることができる。

<参考となる資料>

調査結果の組合せとそれに基づく河道管理については、下記の資料が参考となる。

- 1) 藤田光一，田上敏博，天野邦彦，服部敦，浦山洋一，大沼克弘，武内慶了：現場での実践を通して河道管理技術を向上させる先駆的取り組み，河川技術論文集，土木学会水工学委員会河川部会，第17巻，pp. 539-544，2011.

4.5 洪水による変化の調査

4.5.1 洪水前後の河道状況の比較による場合

<標準>

図4-4-1のb)、c)に当たるような場合は、洪水前後の河道状況の比較によって、洪水によって生じた変化についての基本的な情報を得ることができる。このような河道変化について概括的情報を得る際には、本節の4.4に示した内容を、当該洪水の前後の比較に適用することを標準とする。

ただし、この方法では、変化の過程を把握することはできず、それも知る必要がある場合に

は、次項 4.5.2 の方法を取り入れるなどの検討が必要になってくる。

4.5.2 洪水中の河床変化等の追跡による場合

< 推 奨 >

対象とする河道変化が図 4-4-1 の d) のような特性を一定程度以上有している場合には、本節の 4.5.1 に示した方法によっては河道変化を把握することができず、洪水中の河道変化を追跡する調査が必要となってくる。

このような河道変化を特に起こしやすい条件としては、

- ・ 洪水流量が増大すると、土砂流送を起こす掃流力等の空間的不均衡が急激に出現し、その度合いが急増あるいは急変する。
- ・ 洪水流量の増大に伴い、河床波（中規模河床形態、小規模河床形態）のモードが急変する。

のいずれかの条件を満たし、かつ、

- ・ 洪水流量の変化に対する河床形状変化の追従性が高く、洪水流量が比較的小さい場合にも一定の土砂流送とそれに伴う河床地形形成が起こる

という条件を満たすことが挙げられる。

具体的には、1 番目の観点からは、橋脚、水制、堰、水門などの河川構造物の周りや水衝部など洪水中に局所洗掘が発達しやすい場所あるいは河口部付近で洪水時だけに低下背水が強く出現するような状況又は河口砂州のある河口部、更には分・合流地点などが、2 番目の観点からは、洪水の発生に伴い複列砂州から単列砂州へ中規模河床形態のモード変化が起こるような河道区間が、こうした特性を持ちやすいと言える。

また、3 点目の観点からは、洪水流量ハイドログが緩やかであること、河床材料（材料 m）が砂である河道区間（セグメント類型で言うと 2-2 や 3）であることが、そうでない場合よりも図 4-4-1 の d) の特性を持ちやすいと言える。

たとえば、洪水中的においてのみ局所洗掘が進行し、洪水後にはそれが元に戻ってしまう場合、その実態を把握していないと、構造物の安定性に関する判断が危険側になることも考えられる。こうしたことから、対象とする河道区間が起こし得る洪水中の河床変化の特性が、河道管理等にとってどのような意味を持つかを判断することが重要である。

洪水中の河道変化を追跡する調査は必ずしも容易なものではないが、それを把握する重要度が高いと判断される場合には、以下に示すような調査手法を活用するなどして、洪水中の河道変化を把握するよう努めることが望ましい。

< 例 示 >

洪水中の河床変動を測定する方法としては、河床にマーカーや計測器を埋め込むタイプ、音響測深機などの河床高計を用いるタイプがある。

最大洗掘深と埋め戻り深さは、リング法、埋設法などのマーカーを埋め込むタイプで調査できる。洗掘の時間的進行を調べる場合には、埋め込んだセンサーが洗掘深の増加に伴い反応する計測器を用いて調査できる。更に埋め戻りも含めた洗掘の時間的变化についても調べる場合には、音響測深機など河床高計を用いて調査できる。

いずれのタイプとも計測位置を固定する場合には、測定対象位置が明確である反面、その地点での変動調査にとどまる。したがって、調査対象地点を特定できる場合には有効である。

洗掘域が移動するなど、それに併せて調査対象地点を柔軟に変えていく必要がある調査や、面的に広い範囲で洗掘域の挙動を観測するためには、水面から計測する河床高計をラジコン船やフロートに搭載して水面を移動させる手法が有効である。

この場合、作業員の安全性確保や送受波器をのせるフロートの操作などに熟練を要し、その適用に当たっては十分な検討が必要である。

これらの方法の適用に当たっては、近年蓄積が進んできている調査・観測事例を踏まえつつ、当該河道の状況を考慮しながら、目的に応じて適切な手法を選択し、調査・観測の内容を組み立てていくことが重要である。

なお、洪水中の河床変動の把握については、ここで取り上げている直接的な観測法だけでなく、本章の 6.5 や第 16 章 総合的な土砂管理のための調査 の 2.3.6(1) の 4) で述べている「一定区間の水理量の詳細な時間・空間変化データと河床変動に関する情報を活用するアプローチ」の活用も考えられる。

<参考となる資料>

洪水中の河床変化の調査・観測手法については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会編：水理公式集 [平成 11 年版]，第 2 編 河川編，第 1 章 1.2.4 洪水中の河床高変化，pp.78-80, 1999.

第5節 洪水の作用

5.1 基本水理量の整理

<標準>

河道に変化を引き起こす、また、河道を形成する営力として、洪水の作用に関わる基本的水理量を整理しておくことは重要である。ここでは、以下に示す方法に従って、洪水に関する基本水理量を整理することを標準とする。

1) 対象区間

沖積河道区間～河口域を対象とする。必要に応じて、山地河道区間あるいはその一部を含める。

2) 整理対象の洪水規模

平均年最大流量を対象とすることを標準とする。その上で、計画高水流量に対応する洪水流量を対象に加え、また、必要に応じ、この洪水流量と平均年最大流量との間の洪水規模を数段階設定する。

さらに、平均年最大流量より小さい規模の出水の影響を考慮すべき場合には、平均年最大流量より小さい出水規模を 1～2 段階設定する。

ここで、平均年最大流量の下での水理量は、いわゆる河道形成代表流量時の状況把握に、計画高水流量に対応する洪水流量の下での水理量は、河川整備で対象とする洪水発生時の状況把握に、平均年最大流量より小さな規模の出水流量の下での水理量は、主として、平常時から洪水時にかけての河床形態のモード変化特性などの把握に、役立つものである。

3) 算出する水理量

以下の項目を、河道縦断方向の各点で算出することを標準とする。

- ・ 低水路内平均水深 h ：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷平均水深 h_{fp}
- ・ 低水路内平均流速 v ：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷平均流速 v_{fp}
- ・ 低水路内の流れについてのフルード数 F_r
- ・ 低水路に関する摩擦速度 u_* ：複断面流れとなっている場合、必要に応じて高水敷での摩擦速度 u_{*fp}
- ・ 低水路に関する無次元掃流力 τ_{*R} ：算出の際、粒径には代表粒径 d_R を用いる。

- ・ 低水路幅を B としたとき、 B/h ：複断面流れの場合、 B_T/h も必要に応じ算出。ここで B_T は堤間幅。
- ・ B/B_T （複断面流れの場合、必要に応じ算出）
- ・ h/d_R
- ・ 相対水深 $Dr=h_{fp}/h$ （複断面でありかつ蛇行する河道区間の場合、必要に応じて算出）

4) 算出法

基本水理量の算出には、第 5 章 河川における洪水流の水理解析 の表 5-3-1 に示した河道特性の把握のための水理環境・水理条件の算定を目的とした計算手法を用いるものとする。

5) 整理法

算出した水理量は、本章の 2.1.3 で説明しているセグメント区分を示す形で、河川沿いの縦断分布として整理・図化することを標準とする。

また、セグメント区分ごとに各諸量の平均値を整理する。複数の基本水理量を適切に組み合わせて図化するなどして、目的にあった分析が行えるように、更に整理を進めるものとする。

6) 特定の場所についての留意事項

河口部や分合流地点、河川構造物等による堰上げの影響が及ぶ区間及びその周辺においては、水理量が洪水流量と一意の関係を持たず、同じ流量の下でも他の条件によって水理量が有意に変わり得る。

このことが、河道特性に与える洪水の作用の分析において重要となる場合がある。

このため、上記のような場所を対象にする場合には、水理量に影響を与える洪水流量以外の他の条件を複数設定するなどして、起こり得る洪水の作用を適切に検討できるようにするものとする。

この例として、河口部付近の水理量算定において潮位変動幅に応じて河口出発水位を複数設定する、合流地点において流量合流パターンを複数設定する、水門等の操作のパターンを加味した水理量算定を行うなどがある。

<参考となる資料>

基本水理量のそれぞれの技術的意味等については、下記の資料が参考となる。

- 1) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，山海堂，2002。
- 2) 土木学会水理委員会編：水理公式集 [平成 11 年版]，1999。
- 3) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010。

5. 2 洪水流観測による特性把握

<考え方>

洪水流の観測については、第 2 章 水文・水理観測の第 3 節 水位観測及び第 4 節 流量観測で述べているカテゴリー 1（基盤・汎用観測）として行われる流量及び水位についての種々の観測と、同章の 3.9 で述べているカテゴリー 2（特定目的観測）として行われる洪水痕跡水位調査が、河道特性調査において洪水の作用を把握するための基盤となる情報を提供する。

本節の 5.1 に述べている基本水理量の整理は、これらの情報と第 5 章 河川における洪水流の水理解析に記述されている洪水流の水理解析手法によって成されるものである。

したがって、河道特性調査を適切に行うという観点からは、まず、上記のような洪水流に関する基本的情報が提供される状況にあることを確認する、あるいはそうした状況を確保することが必要となる。

その上で、基本的な情報だけでは不十分と判断される場合には、河道特性を適切に把握するという目的で、洪水流に関して行うべき観測を能動的に組み立て実施することも求められる。そのようなことが生じる場合の代表として、以下の2つが考えられる。

第一は、水位観測を時間・空間の両面で短い間隔で行うことが必要となる場合である。第2章 水文・水理観測でカテゴリ1として記述している水位観測は、時間変化は細かいピッチで追うものの、その設置間隔は数 km 以上と一般に大きい。洪水痕跡水位は、縦断方向ピッチは数百 m と細かいものの、高い精度は期待できない場合があり、また、最高水位の情報しか得られないという大きな制約がある。

したがって、水位観測について、これらが提供する基本的情報だけでは不十分と判断される場合には、第2章 水文・水理観測の第7節 河川の流れの総合的把握 で記述しているカテゴリ3（総合観測）の「河川の流れの総合的把握」のための洪水観測を適切に実施することが必要となる。

つまり、ここにおいて、河川の流れの総合的把握の実施が、河道特性調査から必要となる場合があると理解される。こうした検討が必要となる可能性がある場所として、本章の4.5.2で例示した、また、本節の5.1で「特定の場所」として例示した河道区間等が挙げられる。

第二は、水位や流量観測以外の水理量を詳細に把握すべき場合であり、その代表的事例として、表面流速の平面分布が挙げられる。

水位の縦断分布とともに表面流速の平面分布は、洪水流を介して、その時点の河道の諸状況を直接的、包括的に反映するものであり、河道特性に関わる諸事項を検討する上で有用な情報である。表面流速の平面分布の観測については、必要に応じて適切な手法を用いて実施するとよい。

以上のように、通常の洪水観測実施体系で得られる情報が、対象とする河川の河道特性の調査にとって十分かどうかを吟味し、不十分な場合には、河道特性調査という観点から付加すべき洪水流観測内容を見だし、適切な手法で実施していくというスタンスが重要である。

<参考となる資料>

洪水流の表面流速の平面分布の観測手法については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会編：水理公式集 [平成11年版]，第2編 河川編，第1章4節 高度画像解析技術を用いた洪水流況の分析，1999.
- 2) 藤田一郎，河村三郎：ビデオ画像解析による河川表面流計測の試み，水工学論文集，Vol. 38，pp. 733-738，1994.
- 3) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術，2003年度（第39回）水工学に関する夏期研修会講義集，Aコース，pp. A-2-1 - A-2-20，2003.
- 4) 木下良作，宇民正，上野鉄男：画像処理による洪水流解析-阿賀野川における並列らせん流について-，水工学論文集，第36巻，pp. 181-186，1992.
- 5) 宇民正，上野鉄男：複断面蛇行河道における洪水流況と土砂輸送，水工学論文集，第40巻，pp. 933-940，1996.

第6節 土砂流送特性

6.1 調査の組立ての基本

<考え方>

土砂流送特性に関する調査として、河道における土砂収支や上流からの流入土砂量、基準点など代表地点における通過土砂量等の把握のために、必要に応じて以下の調査を行うものとする。

- 1) 基本水理量に基づく土砂流送形態の分析
- 2) 流砂量観測による調査
- 3) 土砂収支による調査
- 4) 総合観測による調査

1) は河床材料の移動が生じる流量規模と流送形態（掃流・浮遊等）を基本水理量から推定し、出水時における河床材料の動き方の特徴を捉えるものである。

2) は出水時に流送土砂を捕捉することで単位時間あたりの流送量（流砂量）を観測するものであり、観測時の水理量との関係として整理するものである。

3) はある調査対象とした河道区間における、所定の期間内における河床変動、掘削などによる河道外搬出、土砂流入など各量の収支を計算するものであり、年当たりの平均的な土砂移動量や河床変動を引き起こした要因の把握を行うものである。

4) は出水期間中における水位の時間変化の観測を河道縦断方向の複数点で実施し、これら水位の経時変化を河床変動の影響も考慮して一致するように実施した河床変動等解析法（第6章）により土砂移動量を明らかにするものである。

1) は、図 4-4-1 に示した各変化パターンに共通して適用される基礎的情報として用いられる。2)、4) は、変化パターン b) ～ d) の出水等イベント単位での変化に関する調査として用いられる。また、3) は変化パターン a) ～ c) の中～長期的な変化に関する調査として用いられる。なお、2)、4) において土砂流送量と流量等の洪水時における水理量との関係が得られた場合（6.3.4 参照）には、3) と同様にある一定期間における土砂量を算出できるため、中～長期的な変化に関する調査としても用いられる。

上記の各種方法は、得られる情報の質と実施に当たっての労力が異なる。流送土砂量調査は、必ずしも現地観測に限定することはなく、目的に応じて上記方法から選択又は組み合わせて実施することが重要である。

6.2 基本水理量に基づく土砂流送形態の分析

<標準>

河床材料（材料 m）を対象に、A、B、C 集団（本章 2.4.2、2.4.3 参照）ごとに出水時における流送形態を推定するものである。その手順としては以下に示すものを標準とする。

1) 対象区間

各セグメント区分を対象とする。

2) 整理対象の洪水規模

平均年最大流量を対象とする。その上で、計画高水流量に対応する洪水流量を対象に加え、また、必要に応じ、この洪水流量と平均年最大流量との間の洪水規模を数段階設定する。

3) 推定対象とする流送形態

- ・ 移動の有無（A、C 集団のみ）
 - 掃流・浮遊（濃度分布あり、一様）の判別

4) 推定法

- ・ 本章 5.1 により基本水理量を算出する。
- ・ 材料 m を本章の 2.4.2 に述べた方法で A、B、C 集団に区分する。
- ・ 各集団の粒径範囲が 100% となるように粒度分布を引き延ばし、 d_{60} に相当する粒径を得

る。

- ・各集団の d_{60} 相当粒径を用いて、各出水規模における基本水理量から各集団の流送形態を以下に基づいて推定する。

移動の有無の判定（A、C 集団のみ）

- ・A（又はA'）集団：一様粒径の場合には岩垣式（第6章の式(6-3-15)）により評価した限界掃流力と基本水理量として算定した掃流力を比較して、移動の有無を判定
- ・C 集団：修正 Egiazaroff 式（第6章の式(6-3-25)）により評価した限界掃流力と基本水理量として算定した掃流力を比較して、移動の有無を判定

掃流・浮遊（濃度分布あり、一様）の判定

- ・各集団の d_{60} 相当粒径の沈降速度 w_0 を Rubey 式（第6章の式(6-3-33)）又は鶴見式（同じく式(6-3-34)）により評価し、基本水理量として算定した摩擦速度と比較して、以下のように流送形態を判定

掃流のみ $: u_* / w_0 < 1$

掃流と浮遊（水深方向濃度分布あり） $: u_* / w_0 < 15$

掃流と浮遊（水深方向の浮遊土砂濃度分布がほぼ一様） $: u_* / w_0 \geq 15$

5) 整理法

評価した移動の有無、流送形態は、各流量に対して算定した掃流力（摩擦速度）の縦断分布に移動判定に用いた限界掃流力及び掃流・浮遊の判定に用いた沈降速度を重ね書きした図として整理する。

なお、 d_{84}/d_{16} が大きいなど粒径範囲が広い河床材料、二峰性の粒度分布を有する河床材料、及び石礫で構成される河床材料などへの修正 Egiazaroff 式の適用性について知見が蓄積されてきている。このような知見も適宜参考として、各セグメント区分に適した判定手法を用いることが重要である。

6. 3 土砂流送観測

6. 3. 1 総論

<考え方>

土砂流送観測は、洪水時に洪水流によって流送されている土砂を直接採取し、代表的な試料を選定して粒度分析を行い、その結果から洪水時に流送される土砂量を粒径集団別に推定するものである。

この調査の位置付け、基本的考え方、調査の組立てについては第16章 総合的な土砂管理のための調査の2.3.6に記載されており、これらを踏まえて調査を実施する。

ここでは、調査に用いる観測機器とそれを用いた観測の方法、及び水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理の仕方について示す。

6. 3. 2 掃流土砂量調査

<推奨>

掃流土砂量調査は、掃流土砂量を観測して、掃流砂量と掃流力との関係を把握することを目的とするものであり、以下に基づき実施することが望ましい。

掃流採砂器は、掃流土砂量の観測目的に応じて適当なものを使用するものとし、また、掃流砂量と掃流力との関係を求めるため、水深、水面勾配、流速、流量、横断面形状等の測定及び河床材料調査を行う。

採砂器の具備すべき条件は、流れを乱さずに掃流砂の移動状況を変えないで採砂できることであり、このためには、流入口でできるだけ抵抗の小さいことと採取口が河床にうまく接地す

ることが重要である。

観測記録より単位時間当たりの土砂流送量（掃流砂量）などについて整理するものとする。また、採取した試料を乾燥器で乾燥させた後秤量し、更に、代表的な試料を選定して粒度分析を行う。

- ・ 掃流土砂量調査の観測回数、調査断面

平水時には、同一流量同一地点で原則として10回以上、洪水時には横断方向に2点以上の測点を設けて、できる限り多数回、それぞれ採取を行う。

調査断面の選定においては、採砂器の操作が容易なことや、水理量の観測も同時に行える地点であることなども考慮する。

6.3.3 浮遊土砂量調査

<推奨>

浮遊土砂量調査は、浮遊砂量を観測して浮遊砂量と掃流力や流量との関係を把握しようとするものであり、以下に基づき実施することが望ましい。

浮遊土砂量の観測に当たっては、適当な採水器を使用する。また、浮遊砂量と掃流力や流量との関係を求めるため、水深、水面勾配、流速分布、流量、横断面形状等を測定する。

採水器の具備すべき条件は、乱されない資料が採取できること、流れの乱れの規模に応じ、ある程度平均的な土砂濃度で採取できるように採水時間の長いこと、採取口径は浮遊土砂最大粒径の少なくとも5倍以上であることなどである。また、資料を資料ビンに移すときに採砂器内に砂粒が残らないようにする必要があり、資料ビンから取り出すときにも同様な注意が必要である。

浮遊土砂の観測は、採水器による鉛直方向の濃度分布の測定により行うものとし、同時に鉛直方向の流速分布を測定しておくものとする。なお、水深方向の濃度分布が一様とみなせる水理量（本節6.2参照）の下では、水深方向分布の測定を簡略化することができる。

- ・ 浮遊土砂の観測、調査断面

横断方向の測線数は、河川の状況に応じて選定するものとするが、原則として3測線以上とする。

観測に当たって、流砂の濃度が大きくなる河床付近の測定は、河床からの高さ、流速測定とともに特に精度の確保に努める。なお、測定においては、採水時刻、採水量、採水時間、採水点の流速、水深、水面勾配、水温等を記録し、採取した資料を全量採水ビンに移しかえる。調査地点においては、河床材料調査を実施する。

観測記録から単位幅当たりの浮遊土砂量（浮遊砂量）を整理する。まず、採水した資料からその含砂率を測定する。含砂率を求めるには、たとえば、採取した水の重量を測定し、水が澄むまで最小限24時間静置し、次に上澄液を排除し、後に残った沈澱物を乾燥し秤量する。浮遊土砂量は、各点における含砂率と流速の積を算定し、それを水深方向に積分することで求める。

<参考となる資料>

流砂量観測を実施する際には、下記の資料が参考となる。

- 1) ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，土木技術政策総合研究所資料，第521号，第5章 調査・分析に関する事項，pp.5-50-5-53，2009.

6. 3. 4 水理量と土砂流送量観測結果の関係の整理

<例 示>

各観測地点における水理量(掃流力、摩擦速度)と掃流砂量及び浮遊砂量との関係を第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析の3.5、3.7に例示した式から算定される掃流砂量及び浮遊砂量と比較できるように整理し、流砂量の直接観測結果の補完を行うための流砂量式の設定のための参考データとすることができる。

なお、通過型の土砂を扱う場合、その場所の河床に作用する力に関わる水理量及び河床材料と土砂流送量との対応関係は薄くなるので、上記の関係整理に代えて流量と土砂流送量の関係として整理する。

6. 4 土砂収支による調査

<例 示>

土砂収支による調査は、セグメントスケールの一連の河道区間を対象として、その区間への流入土砂量、区間内での河床変動量及び河道掘削等による土砂の河道内外への搬入・搬出量について収支を計算し、その差分として区間下流への粒径集団別の土砂流送量を推算するものである。

本調査では、セグメントスケールでの地形変化が有意に生じると期待される10年オーダーの期間にわたる河床変動等に関するデータを用いて、その期間内の平均的な年当たり土砂流送量を粒径集団別に推算するのが一般的である。ただし、大規模出水によりセグメントスケールで顕著な河床変動が生じた場合には、その出水前後の河床形状等データから当該出水による土砂流送状況を推定することにも適用できる。

流入土砂量は、たとえば当該区間の上流域に設置されたダム貯水池などへの土砂堆積量に、その施設上流の流域面積と残流域の面積の比を乗じることにより推定することができる。施設などへの土砂堆積量、区間内の河床変動量、河道内外への搬入・搬出量といった各項目の調査の基本的な考え方等については、第16章 総合的な土砂管理のための調査の2.3.2、2.3.3、2.3.5に記載している。

<参考となる資料>

大規模出水による土砂流送状況の推定の事例として下記の資料が参考となる。

- 1) 高橋邦治, 服部敦, 藤田光一, 宇多高明: 大規模洪水による粒径集団別の水系内土砂移動, 土木学会, 第51回年次講演会, pp. 624-625, 1996.

6. 5 総合観測による調査

<考え方>

カテゴリ-3.1「河川の流れの総合的把握」(第2章 水文・水理観測 第1節 総説 参照)に属する調査であり、水位の簡易観測(第2章 第3節 水位観測 参照)により得た多点での水位連続観測データと河床変動等の解析手法(第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 参照)とを組み合わせて流送土砂量の推定を行うものである。その手法の概略は以下のとおりである。

使用する現地観測データは、多点に設置された水位計による水位縦断分布の時間変化、その観測区間内又は近傍において同期間に観測した流量の時間変化、及び出水前後の河床形状である。そのほかに必要な情報として、流れの解析に用いる粗度係数及び樹木群等の配置等、及び河床変動等の解析に用いる河床材料等の各解析に入力するデータ一式である。

これらデータ・情報に基づいて、対象河道の河床変動特性に応じた適切な河床変動等の解析手法を選定し、出水前の河床形状を初期河床形状として、水位・流量の観測データを境界条件

として河床変動等の計算を実施する。また、出水中の各時点における水位縦断分布と出水後の河床形状とを比較し、十分な再現性が得られるよう、必要に応じて河床変動等の解析の較正を行う。

これら手順を経た解析結果は、出水中の河床変動、土砂流送についてもある一定の水準で再現しているとの考え方に基づいて、解析結果として得た流送土砂量を整理する。

この手法から推定される土砂流送量は、混合型（河床材料起源の流送土砂）のみである。

本手法は主に水位縦断分布の時間変化を介して河床状況を推定するものであるため、流れの解析においては特に粗度係数を適切に設定することが重要である。

また、河床変動等の解析について直接的に再現性を検証しているのは出水後の河床形状のみであるため、必要に応じて出水中の河床変動及び土砂流送量を観測して検証に加えることで、土砂流送量の推定精度を確認し、さらに向上につなげていくことが望ましい（第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 5.3 参照）。

第7節 河道を取り巻く諸状況

7.1 流域・水系環境及びその変遷の整理

7.1.1 流域の概要

<考え方>

調査対象とする河川の全体像を俯瞰的に把握するためには、その流域に関する基礎情報を収集・整理することが有用である。そのような情報として以下の項目が挙げられる。

- 1) 流域平面図と主要諸元
- 2) 流域の地形・地質
- 3) 水文特性
- 4) ダム・砂防堰堤等の整備状況

7.1.2 流域平面図と主要諸元

<標準>

調査対象とする河道区間の流域全体の河道網における位置とその区間に接続する支川を把握するために流域平面図を活用するとともに、各川からの降雨流出や土砂供給に関わる影響の大きさを推定するに当たっての基礎情報となる以下の事項について整理することを標準とする。

- 1) 本支川の流域面積と山地が占める割合（又は面積）・幹線流路延長
- 2) 想定氾濫区域の面積と人口
- 3) 既設ダムの流域面積とそれが各川の山地面積に占める割合
- 4) 流域の土地利用状況

7.1.3 流域の地形・地質

<標準>

流域の山地部からの降雨流出及び土砂供給の相対的な大きさについて定性的に把握するために以下の事項について整理することを標準とする。

- 1) 地盤高
- 2) 表層地質（地質分類）

また、平野部については、洪水氾濫特性や河道変遷に伴う微地形等を把握するために有用な以下の事項について整理することを標準とする。

- 1) 治水地形分類
- 2) 推定氾濫域

<参考となる資料>

流域の地形・地質等の把握には、下記の資料が参考となる。

- ・ 地形図（国土地理院監修）、メッシュ情報（国土細密数値情報）（国土地理院監修）
- ・ 土木地質図（各都道府県）（経済企画庁監修）
- ・ 表層地質図（各都道府県）（経済企画庁監修）
- ・ 治水地形分類（<http://disaportal.gsi.go.jp/tisuitikei/index.html>）

7. 1. 4 水文特性

<推奨>

調査対象とした河道区間に接続する各流域からの出水をもたらした既往の降雨イベントごとの寄与の大きさについて大まかに把握するための基礎情報として、既往最大の流量・降水量を記録した出水等の主たる出水を対象として、以下の事項について整理することを推奨する。

- ・ 各降雨イベントの総雨量等の平面分布図
- ・ 主要基準点やダム流域等のハイトグラフ

また、各河川の流量観測地点の年最大流量の経年変化について整理する。

以上の整理に当たっては、第2章 水文・水理観測の第2節 降水量観測によるデータを用いる。なお、流量観測データが存在しない場合は、流出計算に基づき算出した値をもって整理することが望ましい。

7. 1. 5 ダム・砂防堰堤等の整備状況

<推奨>

ダム、砂防堰堤の整備進捗に伴って山地部からの土砂供給量や出水規模による土砂供給量の変動を平準化するなどの供給パターンの変化に対して河道が応答することも考えられる。

これらに対する検討のための基礎情報として以下の事項について整理することを推奨する。

- ・ 砂防堰堤（不透過型、透過型）
- ・ 既設ダム（貯留型ダム、流水型ダム）
- ・ 利水用取水施設（農・工・上水用、発電用）

(1) 砂防堰堤（不透過型・透過型）

<推奨>

調査対象区間の河道区間上流等に設置されている砂防堰堤は、現在の土砂供給特性を把握するために重要な情報であることから、以下について調査を行うことが望ましい。

- ・ 堰堤の構造
- ・ 堆砂の状況（堆積する土砂粒径、堆砂形状、堆砂量）

- ・ 堰堤上下流（いずれも流水区間）の河床材料
- ・ 砂防指定区域の状況

（２） 既設ダム（貯留型ダム、流水型ダム）

<推 奨>

調査対象の河道区間上流にダムが存在する場合、ダム供用年数にもよるが、既にその河道区間は既設ダムの影響を受けた区間である場合が考えられる。既設ダムが存在する場合は、以下について調査を行うことが望ましい。

- ・ 既設ダムの建設年、供用期間
- ・ 既設ダムの洪水調節方式（計画）及び流量調節実績
- ・ 既設ダムの平常時放流量及び減水区間の有無とその延長
- ・ 既設ダムの堆砂状況

（３） 利水用取水施設

<推 奨>

利水用取水施設は、大きく「ダム型」と「堰堤型」に分けられる。このうちダム型は、主に農業用ダムや水力発電用ダムとして供用されており、堤高 15m 以上の貯留型構造である。

ダム型は土砂を止めるという観点で見れば、基本的に前出の（２）既設ダムと同じインパクトであることから、（２）既設ダムと同様に調査を行うことが望ましい。「堰堤型」については、以下では「利水堰」と呼ぶこととし、存在する場合には、以下の状況について調査することが望ましい。

- ・ 利水堰の建設年、使用期間
- ・ 利水堰の構造（ゲート敷高と河床高の関係）
- ・ 利水堰の運用方法（開閉操作規定）
- ・ 湛水池の堆砂状況（湛水池河床高、堆砂量と経年変化）
- ・ 湛水池の河床材料
- ・ 湛水池上下流（いずれも流水区間）の河床材料

7. 2 河川整備及びその他の河道状況の整理

7. 2. 1 主たる出水と河道計画・河川改修履歴

<推 奨>

河川等の計画の改定の契機となった出水、浸水被害の大きな出水等と河道計画・河川改修に関する基礎情報として、以下の事項について年表形式等で整理することを推奨する。

- ・ 主たる出水の最大流量、被害の概略（7. 2. 2 に述べる主たる出水時の破堤地点と氾濫浸水域に関する情報と併せて整理することが望ましい）
- ・ 河道計画の変遷史（計画改定の時期と概要）
- ・ 河川改修履歴（ダム竣工や河道改修の竣工年）

7. 2. 2 河道変遷

<推 奨>

現況河道に至るまでの河道の幅や平面形状の人的改変の度合いや、河道の位置が長期間にわたって動きが少なく安定している箇所等について河道変遷を把握するための基礎情報として、

地形発達史、歴史的記録、治水地形分類図、迅速図や空中写真などに基づいて河道平面形状の変遷について図化して整理することを推奨する。

また、歴史的な大出水について歴史的記録を収集し、被害の状況や破堤地点及び氾濫範囲等について整理するのが望ましい。

7. 2. 3 河道掘削・砂利採取

<推奨>

河道掘削、砂利採取などの影響について把握することを目的として、以下の調査を行うことが望ましい。

- ・ 工事範囲及びその工法（仮設工法を含む）
- ・ 過去（近年）の工事実施の有無
- ・ 土砂掘削位置及びその期間
- ・ 土砂掘削量及びその時期
- ・ 掘削した材料の粒径

7. 2. 4 河道表層下の土層構造調査

<推奨>

表層の河床材料の層厚、及び表層下の岩盤、軟岩など固結物・半固結物、粘性土、砂層など表層とは異なる材料で構成される層の上面の深さと層厚について河道縦断方向の分布を把握するため、表層下の土層構造について調査することを推奨する。

一般的には、河川堤防の基礎地盤ボーリング調査結果など既存資料を活用して地質縦断分布を左右岸に分けて整理するのが望ましい。その際、岩盤等の露出箇所（本章の 3. 4. 4 参照）を地質縦断分布図に記載し、露出している層を特定することを推奨する。

第8節 調査結果の取りまとめ及び包括分析

8. 1 河道特性調査結果の整理

<標準>

河道特性調査の結果は調査項目ごとに整理し、各種調査の実施に併せて適宜更新することを標準とする。その書式については統一しておき、空間的变化（縦断方向の変化）・時間的变化の分析が容易なように整理する。それらの実施に当たっては 第 23 章 調査結果の保存・活用に基づくことを標準とする。

<例示>

河道特性調査の整理項目を以下に例示する。

①河道状況に関する基礎データ（測量・調査データの蓄積）

- ・ 河道形状（横断測量、平面測量、空中写真）
- ・ 河口部の地形（深浅測量、海浜測量、汀線測量、河口部縦横断測量）
- ・ 河床材料
- ・ 河岸・高水敷材料
- ・ 岩盤・軟岸など固形物・半固形物、粘着性材料調査
- ・ 河口の河床・底質材料
- ・ 植生繁茂状況
- ・ 平常時の水理環境

- ・ 土砂流送（土砂流送観測、土砂収支調査、総合観測調査）
- ・ 河道表層下の土層構造
- ・ 構造物の設置状況
- ・ その他

②河道の現況と経年変化に関する情報（基礎データの整理）

- ・ 河床高縦断形（平均・最深）
- ・ 各地点の河道横断形状
- ・ 最深河床の位置を示した平面分布
- ・ 低水路川幅、堤間幅の縦断変化
- ・ 河道平面図
- ・ 河川垂直空中写真
- ・ 河口砂州の平面形状
- ・ 河口砂州の最高部に沿った横断形状
- ・ 中規模河床波の平面分布
- ・ 局所洗掘位置の平面分布
- ・ 洗掘深（平均と最深の差）の縦断分布
- ・ 河床材料の代表粒径縦断分布・各地点の粒度分布
- ・ 河口砂州・河口テラスの粒度分布
- ・ 河口砂州のフラッシュ
- ・ 河口開口幅（河口閉塞）
- ・ その他

③洪水の営力・土砂流送に関する情報

- ・ 平均水深 h （低水路・高水敷）
- ・ 平均流速 v （低水路・高水敷）
- ・ フルード数 F_r （低水路）
- ・ 摩擦速度 u_* （低水路・高水敷）
- ・ 河床代表粒径に対する無次元掃流力 τ_{*R}
- ・ エネルギー勾配 I_e
- ・ 低水路の幅と平均水深の比、堤間の幅と堤間平均水深の比
- ・ 水深と代表粒径の比（低水路）
- ・ 相対水 D_r （複断面でありかつ蛇行する河道区間が対象）
- ・ 掃流力（摩擦速度）に河床材料の限界掃流力及び沈降速度の比較図
- ・ その他

④流域・河道の変遷・水文特性に関する情報

- ・ 流域概要（流域の主要諸元、地形・地質、ダム・砂防堰堤の整備状況等）
- ・ 水文特性（主たる出水の降水量、流量と水位等）
- ・ 河川整備及び河道状況（主たる出水及び河道計画・河川改修の履歴、河道変遷、河道掘削・砂利採取、堤防・河川構造物の整備状況等）
- ・ その他

<参考となる資料>

河道特性調査の整理については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一ほか：ノート 河道・河川環境特性情報情報編集とその展開，第 22 号，河川環境総合研究所資料，(財)河川環境管理財団，2007.

8. 2 河道特性調査結果の包括分析

<考え方>

河道特性に関する第3～7節の調査結果を総合して、以下の包括分析を行う。

1) 現況河道に関する分析

現況の河道を対象として、河道の各構成要素の諸元（本節 8.1 の①、②）と基本水理量（同じく③）との関連性について分析する。この場合、基本水理量としては、いわゆる河道形成に関わる代表値として、平均年最大流量時の値を用いてよい。なお、多様な流量規模の影響については、2) において別途検討する。

関連性の把握は、河道の階層構造の考え方（本章 2.1.1 参照）に基づいて階層単位で行うこととする。すなわち、同一階層に属する構成要素を一つのグループとして、それら相互作用も考慮して、各要素と基本水理量との関係について調べる。その際、より上位階層に属する構成要素の諸元については所与の条件として取り扱ってよい。

2) 出水の規模・履歴に応じた河道変化に関する分析

洪水に起因する河道の変化に関する調査結果（たとえば本章 4.3 の調査）を対象として、出水前後の各諸元と当該出水時の基本水理量との関係について分析する。その際、1) の関係と重ね合わせて、各諸元が現況での関係からどのような方向・大きさで変化が生じるのか、出水の大きさに応じて把握することが重要である。さらに、その変化を既往出水の履歴に沿って追跡することで、どのような経路で現況の関係に到達したのか理解することは、今後の中長期の河道応答を予測する上で役に立つ。

3) 河道の経年変化に関する分析

流域の変遷や河川整備等（本節 8.1 の③）に付随して河道特性に経年的な変化が生じている。まず、その実態を明らかにする目的で、河床高、河床材料、川幅、河道平面形状、砂州等の個々の経年変化と、それらを組み合わせた河道の全体的な変化履歴を整理することが重要である。さらに、この変化履歴に関する情報を用いて、2) の出水規模・履歴に応じた河道変化の分析において、流域の変遷や河川整備等の影響についても一体的に検討することが望ましい。

4) 他河川との比較

こうして得た情報について、他河川の同一セグメント類型に属する河道区間と比較することにより、複数河川で共通する特性と当該河川のみに見られる個別の特性に区分することができる。共通する特性について複数河川の情報と総合することは、より普遍的な特性把握とそれに基づくより確度の高い技術的判断に繋がるため、積極的に実施することが重要である。また、個別の特性については、それを生じせしめる原因や規定している要因を見いだすことが、当該河川に適合した計画・設計・維持管理等を行っていく上で重要である。

上記の包括分析の具体の手法については、各河川の河道特性や既得の情報レベルに応じて変化するので、定型的な手法の整理には馴染まず、それらに応じて分析手法を適宜設定する。

包括分析によって得た情報について、洪水流・流砂に関する水理的知見に基づいて解釈を深めて普遍性を高めること、さらに解析モデル化して定量的に再現・予測を行うことが必要とされる場合がある。その際には、第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析 に基づいて検討するとよい。

<参考となる資料>

河道特性調査の包括的分析については、下記の資料が参考となる。

- 1) 山本晃一：沖積河川－構造と動態－，(財)河川環境管理財団・企画，技報堂出版，2010.
- 2) 福岡捷二：治水と環境の調和した治水適用策としての河幅，断面形の検討方法，河川技術論文集，第16巻，pp.5-10，2010.
- 3) Biedenharn, D.S., Watson, C.C. and Thorne, C.R. : Fundamentals of Fluvial Geomorphology, Sedimentation Engineering, Chapter 6, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No.110, pp.355-386, 2007.