

第5編 その他砂防計画編

第1章 水系砂防等調査

第1節 総説

<考え方>

本編は、土砂災害発生機構・土砂移動現象の把握・分析、砂防基本計画の策定、砂防設備等の設計、総合的な土砂管理の検討、及び火山噴火時等における緊急的な対応を実施するための資料を得ることを目的とし、溪流、山地河道とその流域で生産される土砂及び流出する土砂に関する調査の技術的事項を定めるものである。

砂防基本計画は、水系砂防・土石流対策・流木対策・火山砂防・天然ダム等異常土砂災害対策計画からなり、多岐にわたる土砂移動現象を対象としたものである。このため、基礎的な調査により対象現象を明確にし、それぞれの計画及び対策に適した調査を実施することが必要である。

また、計画が対象とする現象により、生産土砂量や流出土砂量など計画で対象とする土砂量が異なる場合があることに注意が必要である。さらに、水系砂防や総合的な土砂管理の検討等に関する調査においては、下流との関係を考慮しながら、実施することに注意する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第1節-1

【解説】

調査項目は図 1.1 の通りである。

(1) 基礎的な調査
1) 計画基準点等
2) 地形、地質、社会状況等に関する調査
3) 土砂生産に関する調査
4) 土砂流出に関する調査
(2) 水系砂防調査
(3) 火山砂防調査
(4) 天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査
(5) 土砂災害に対するソフト対策調査
(6) 流域・水系における流木調査

図 1.1 砂防調査の項目

第2節 基礎的な調査

2.1 計画基準点等

<必須>

計画基準点は、水系砂防計画及び土石流対策計画で扱う土砂量等を決定する地点である。水系砂防計画で対象としている計画基準点は、計画区域の最下流地点又は河川計画との関連地点、保全対象の上流地点、土砂の生産が見込まれる地域の最下流地点などに設けるものとする。

また、土石流対策計画で対象としている計画基準点は、保全対象の上流等に設けるものとする。

なお、土砂の移動形態が変わる地点、支川内の保全対象の上流地点、本川と支川との合流点等の土砂移動の状況を把握する必要がある場合には、補助基準点を設けるものとする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-1

2.2 地形、地質、社会条件等に関する調査

2.2.1 地形調査

<標準>

基礎的な調査においては、流域の概括的な地形条件を把握し、水系砂防調査など本節以降の調査の基礎資料とするため、地形図、空中写真等を基に、流域区分、谷次数区分を行うとともに、傾斜、斜面形状、河床勾配等の調査を実施することを標準とする。

<例示>

地形調査に用いる手法は、資料調査、現地調査及び航空レーザ測量などがある。資料調査は、既存の地形図、数値標高モデルなどを用いた解析により地形を把握する。また、現地調査は、現地踏査、測量を行い、地形を把握する。

また、地形で明らかにする指標には、以下に示すようなものがある。

斜面形状は流水の集まりやすさ、表層物質の下方への移動に関係する因子である。斜面形状は、平面形状、縦断形状等があるが、一般的には縦断形状で区分する。上昇（凸）斜面、下降（凹）斜面、平衡（直線）斜面、及び複合斜面がある。豪雨型の崩壊が生じやすいのは下降斜面と複合斜面といわれている。

<参考となる資料>

基礎的な調査における地形調査については、下記の資料が参考となる。

- 1) 池谷浩, 吉松弘行, 南哲行, 寺田秀樹, 大野宏之: 現場技術者のための砂防・地すべりがけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック, 山海堂, 2001.
- 2) (社)砂防学会監修: 砂防学講座 第3巻 斜面の土砂移動現象, pp. 133-147, 山海堂, 1992.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-1

<標準>

基礎的な調査においては、2万5千分の1以上の縮尺の地形図を用いて、計画基準点より上流の流域を溪流ごとに区分し、それぞれの流域面積を求めることを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-2

2.2.2 水系図

<標準>

基礎的な調査においては、2万5千分の1以上の縮尺の地形図を用いて水系図を作成し、谷を次数ごとに区分することを標準とする。谷次数の区分は次数ごとの崩壊土砂量や流出土砂量との関係を把握するために利用するものであり、区分に当たっては Horton-Strahler の方法によることを標準とする。

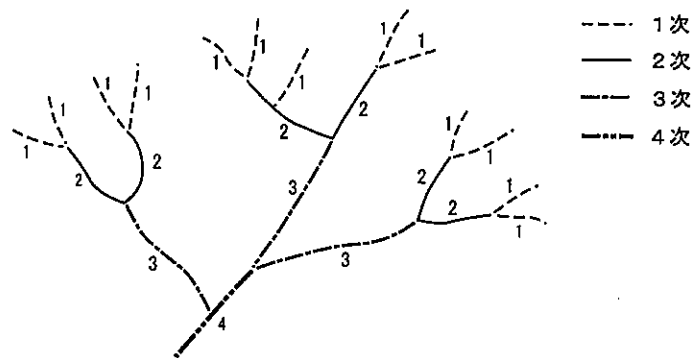
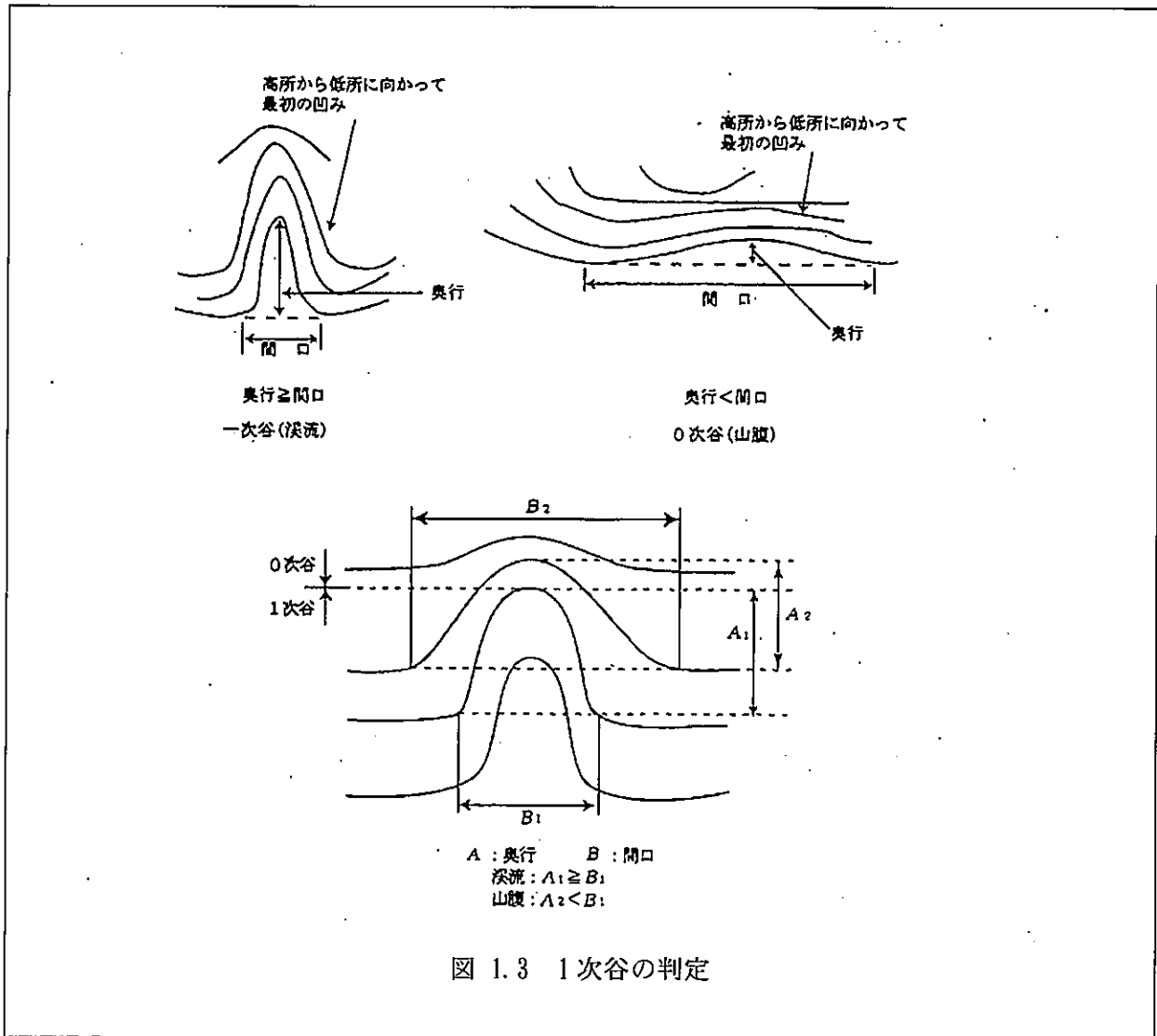


図 1.2 谷の次数区分



<参考となる資料>

谷次数（水流次数）については、下記の資料が参考となる。

1) (社) 砂防学会編集：改訂砂防用語集，p. 152，山海堂，2004。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-2

2.2.3 地質・土質調査

<標準>

砂防調査における地質・土質調査は、生産土砂量・流出土砂量の推定、斜面崩壊危険度に関する調査、対策施設の位置の選定、対策施設の設計のために

- ・ 資料調査（既往調査結果の活用、地質図による調査等）、
- ・ 現地調査（現地踏査、ボーリング調査、簡易貫入試験、弾性波探査等）、
- ・ 物理試験

によって行うことを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-2

<参考となる資料>

資料調査における深層崩壊に関する調査については、下記の資料が参考となる。

1) 田村圭司, 内田太郎, 鈴木隆司, 寺田秀樹, 栗原淳一 : 深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル (案), 土木研究所資料, 第 4115 号, 2008.

現地調査 (簡易貫入試験) 及び物理試験における表層崩壊に関する調査については、下記の資料が参考となる。

2) 田村圭司, 内田太郎, 秋山浩一, 盛伸行, 寺田秀樹 : 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル (案), 土木研究所資料, 第 4129 号, 2009.

現地調査 (簡易貫入試験) については、下記の資料が参考となる。

3) 小山内信智, 内田太郎, 曾我部匡敏, 寺田秀樹, 近藤浩一 : 簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第 261 号, 2005.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

◆地形地質調査

➤ 計画対象区域の地形図、地質図、空中写真などを収集し、地形・地質特性を把握する。

「土砂災害調査マニュアル」p75

【解説】

地形地質調査とは、既存の 1/2,500~1/5,000 程度の地形図、地質図、空中写真、現地踏査などにより対象区域の地形の成因、土質分布、傾斜 (山腹、溪床)、谷の状況、荒廃地などを把握し、砂防基本計画のための基礎資料とするものである。

なお、本県の地形および地質の概要については、第6編第1章第1節「滋賀県の概要」(p6-1)に示す。

2.2.4 降水量に関する調査

<標準>

降水量に関する調査は、降水量と生産土砂量・流出土砂量の関係の把握等のために実施するものであり、地上雨量計、レーダ雨量計のデータについて収集することを標準とする。その際、生産土砂量・流出土砂量と関連性の強い降雨指標（たとえば、時間雨量、日雨量、実効雨量）は、土砂生産・流出現象の形態により異なるため、過去の生産土砂量・流出土砂量と関連性の高い降雨指標を適切に選択する必要がある。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

2.2.5 社会状況等に関する調査

<標準>

基礎的な調査においては、計画基準点上下流の土石流及び土砂流出による洪水氾濫の被害想定区域における人口、人家、農地、公共施設、災害時要援護者施設、防災拠点等の保全対象の分布状況、土地利用実態、今後の開発計画等を調査することを標準とする。

また、基礎的な調査においては、既往文献等を基に流域の土砂災害の履歴を調査することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

◆災害履歴調査

➤ 災害の発生した流域もしくは近隣の流域で過去に発生した災害の状況をできるだけ詳細に調査する。

土石流災害調査法 p151 土砂災害防止に関する基礎調査指針（案）（土石流編第3版 H22.1）滋賀県 p8

【解説】

計画対象流域の位置する市町村において、災害史などの既存文献を用いて過去の災害履歴を調査する。この災害履歴の結果から、被災当時の崩壊地、浸水区域、被災人家戸数などを確認し、現状との比較を行い、砂防基本計画の基礎資料とする。

以下に調査項目および留意すべき点などを示す。

(1) 発生年月日、発生時刻、発生位置、災害発生誘因

1) 発生年月日

発生年月日については、西暦を用いる。

2) 発生時刻

発生時刻については、24時間法を用いて、分単位まで記録する。不明な場合は、「不明時」「不明分」とし、「夕方」「深夜」などのおおむねの時間がわかる場合は、その旨を記録する。

3) 発生位置

災害発生位置については、土石流の氾濫開始点の位置を地形図（1/2,500～1/5,000）に示す。

4) 災害発生誘因

土石流発生誘因となった降雨などの自然現象の状況（名称、発生時刻、継続時間、規模など）について記録する。

(2) 土石流などの規模

土石流や流木などの規模については、資料のある範囲内で災害報告の様式により、とりまとめる。

なお、氾濫区域などの位置は、下記により整理する。

1) 氾濫区域など………氾濫区域内における土石および土砂の堆積範囲、泥水などの浸水範囲が区別されていることが望ましい。

2) 災害家屋………家屋の位置および被災程度（全壊、半壊など）の情報があればこれを図面に記録する。

(3) 人的被害の状況（死者・負傷者の数）、被災家屋の構造（木造・非木造）、被害程度（全壊・半壊・一部破損）および被災戸数

1) 人的被害

人的被害については、当該崩壊による被災人数を記録し、死者、行方不明者、負傷者に区分する。

また、負傷者については、軽傷、重傷に区分し、区分が不可能な場合は、一括して負傷者として記録する。

2) 家屋被害

家屋被害については、当該崩壊による被災棟数を記録し、構造による区分（木造・非木造）、被害程度による区分（全壊・半壊・一部破損）を行い、区分が不可能な場合は、一括して記録する。

(4) 降雨量

降雨量については、土石流発生までの連続雨量、24時間雨量および土石流発生直前の1時間雨量、10分間雨量などについて調査を行う、記載にあたっては、いずれの値であるか明示する。

(5) 災害実績データとりまとめ

将来的に利用可能なデータとして蓄積するために、詳細かつ統一的な様式で整理する。

災害実績データのとりまとめ様式に関しては、第6編第4章第6節「土砂災害による被害状況の提出について」（p6-93）に記載されている災害報告の様式などによりとりまとめる。

なお、様式の項目以外の位置情報図、雨量情報などあれば、別添資料として添付する。

2.2.6 施設の現況

<標準>

基礎的な調査においては、砂防関係施設、治山施設、河川関係施設等の現況を、資料調査、現地調査及び航空レーザ測量による調査結果の解析等により把握することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

2.2.7 既設工作物調査

- ▶ 机上および現地調査により、対象流域内の既設工作物（位置、事業種別、施工年次、工種など）を調査する。

土砂災害防止に関する基礎調査指針（案）（土石流編第3版 H22.1）滋賀県 p56

【解説】

既設工作物を把握し、砂防基本計画のための基礎資料とする。

(1) 調査の方法、項目

調査は、机上および現地調査を行い、以下の情報を得ることとする。

なお、机上調査で利用可能なものとして以下の資料が挙げられる。

- ・砂防設備台帳
- ・治山台帳など

1) 位置

既存工作物の位置は、地形図（1/2,500～1/5,000）、設備台帳、空中写真などでその位置を把握し、現地調査により確認する。

また、現地調査を実施した際に新たに確認された施設についても、同様にその位置を記録する。

2) 事業種別

既設工作物の事業種別を以下のように区分し、把握する。

- (a) 砂防事業（国、県、市町村）
- (b) 治山事業（国、県、市町村）
- (c) その他の事業（国、県、市町村、公団、公社など）
- (d) 民間施設

3) 施工年次

既設工作物の竣工年次を把握する。

4) 工種、諸元

既設工作物に関する資料（地形図、設備台帳、空中写真、平面図など）や、現地調査により、工種、延長および規模について把握する。

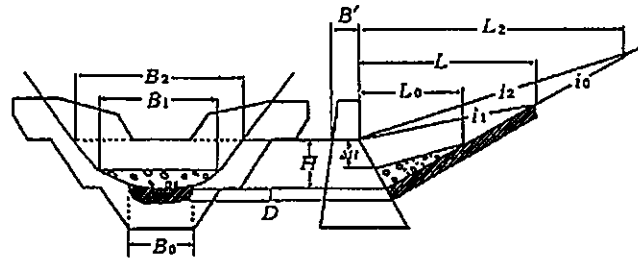
なお、調査項目および各工作物の諸元図は、図 1.4～図 1.6 に示す。

表 1.1 対策工の調査項目

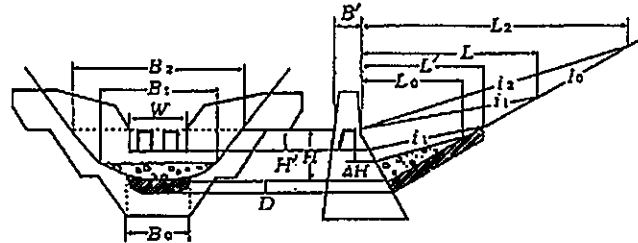
工種	項目	記号	単位	有効数字	
堰堤工	有効高	H	(m)	少数第1位	
	スリット高	H'	(m)	少数第1位	
	未満砂高	ΔH	(m)	少数第1位	
	元溪床幅	B_0	(m)	少数第1位	
	現況堆砂幅	B_1	(m)	整数	
	計画堆砂幅	B_2	(m)	整数	
	天端幅	B'	(m)	少数第1位	
	スリット幅	W	(m)	少数第1位	
	現況堆砂長	L_0	(m)	整数	
	平常時堆砂長	L	(m)	整数	
	計画堆砂長	L_2	(m)	整数	
	不透過部堆砂長	L'	(m)	整数	
	元溪床勾配	i_0	(m)	少数第1位	
	平常時堆砂勾配	i_1	—	少数第1位	
	計画堆砂勾配	i_2	—	少数第1位	
	平均侵食深	D	—	少数第1位	
	溪流保全工 および 床固工	延長	L''	(m)	少数第1位
		溪床幅	W'	(m)	少数第1位
抑制厚		D'	(m)	少数第1位	

注) 土石流堆積工、導流工については、砂防設備台帳および設計図書より、その規模及び構造を把握する。

〔不透過型堰堤〕



〔部分透過型堰堤〕



〔透過型堰堤〕

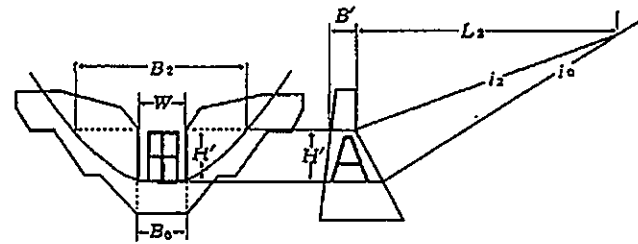


図 1.4 堰堤の諸元図

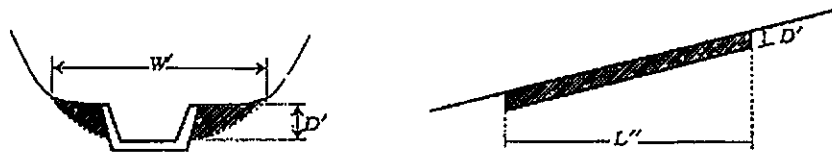


図 1.5 溪流保全工の諸元図

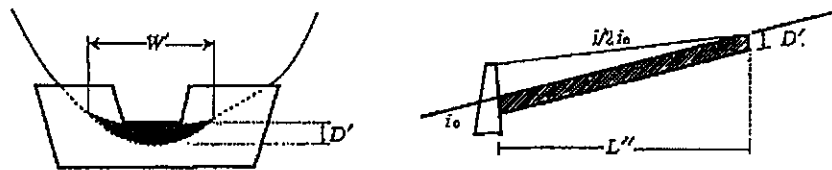


図 1.6 床固工の諸元図

2.3 土砂生産に関する調査

2.3.1 土砂生産に関する調査

<考え方>

土砂生産に関する調査は、荒廃地からの土砂生産、溪床に堆積した土砂の再移動、山腹及び溪岸における斜面崩壊による土砂生産を対象として行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

2.3.2 荒廃地からの土砂生産に関する調査

<標準>

荒廃地からの土砂生産に関する調査は、既存の崩壊地、とくしゃ地、火山噴火による荒廃地において、現地調査、空中写真を併用する方法で、荒廃状況及び表面侵食、拡大崩壊等による生産土砂量を把握する。また、現地調査、空中写真を用いて、土砂生産に関係する諸元を調査し、生産土砂量の測定結果及び既存資料を参照し、類似した条件の荒廃地からの生産土砂量を基に、推定することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-3

<例示>

荒廃地からの表面侵食による生産土砂量の測定方法としては、以下のような手法がある。

- ・小流域・斜面末端に土砂トラップを設置し、生産土砂量を直接計測する手法
- ・地上レーザ測量等による現地調査から侵食量を計測することにより生産土砂量を把握する手法
- ・既存の崩壊地の拡大崩壊による生産土砂量の測定方法としては、以下のような手法がある。
- ・複数時期の空中写真による崩壊地の判読・崩壊面積の計測及び現地調査による崩壊深の推定に基づき、崩壊土砂量を推定する手法
- ・複数時期の航空レーザ測量から拡大崩壊による生産土砂量を推定する手法。

<参考となる資料>

荒廃地からの表面侵食・崩壊地の拡大による土砂生産の測定の事例としては、下記の資料が参考となる。

- 1) 鈴木雅一, 福嶋義宏: 風化花崗岩山地における裸地と森林の土砂生産量 - 滋賀県南部、田上山の調査資料から - , 水利科学, Vol. 33 No. 5, pp. 89-100, 1989.
- 2) 松岡暁, 山越隆雄, 田村圭司, 長井義樹, 丸山準, 小竹利明, 小川紀一朗, 田方智: LiDAR データの差分処理による流域土砂動態把握の試み, 砂防学会誌, Vol. 62 No. 1, pp. 60-65, 2009.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-4

2.3.3 床堆積土砂の再移動に関する調査

<標準>

渓床堆積土砂の再移動に関する調査は、現地調査により、渓床土砂堆積量を求め、渓床堆積土砂の再移動による生産土砂量を推定することを標準とする。

<例示>

渓床土砂堆積量調査においては、堆積深は周囲の洗掘断面の観察等が推定の手掛かりともなるが、ボーリング調査に弾性波探査を併用して渓床岩盤の深さを推定する手法等もある。また、堆積深と谷幅から、各測点の渓床土砂堆積量を算出し、その量を河道距離に対してプロットして渓床土砂堆積量図に整理する方法等もある。溪流現況調査(2.4.2)においても同様の方法がある。さらに、出水前後の航空レーザ測量による調査結果の比較によって渓床堆積土砂の再移動による生産土砂量を求める手法等もある。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-4

2.3.4 山腹及び溪岸における斜面崩壊に関する調査

<標準>

山腹及び溪岸における斜面崩壊に関する調査は、現地調査、空中写真、既往文献を併用し、崩壊地等の位置、形状、規模、崩壊時期、崩壊原因、亀裂・変状の状況、土層厚、微地形等に関する調査を行い、山腹斜面及び溪岸・河岸における表層崩壊及び深層崩壊、地すべりによる生産土砂量をそれぞれ推定することを標準とする。なお、既存の崩壊地からの表面侵食、拡大崩壊等による土砂生産は、荒廃地からの土砂生産に関する調査(2.3.2)で扱うこととし、本項では、山腹及び溪岸において、新たな斜面崩壊により今後生じ得る生産土砂量を推定することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-4

<例示>

山腹及び溪岸における斜面崩壊に関する調査においては、空中写真による崩壊地の判読・崩壊面積の計測及び現地調査による崩壊深の推定に基づき、崩壊土砂量を推定する手法等がある。また、崩壊前後の航空レーザ測量による調査結果の比較によって、崩壊土砂量を求める手法等もある。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-5

<参考となる資料>

表層崩壊については、下記の資料が参考となる。

- 1) 田村圭司, 内田太郎, 秋山浩一, 盛伸行, 寺田秀樹 : 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル (案), 土木研究所資料, 第 4129 号, 2009.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-5

2.4 土砂流出に関する調査

2.4.1 土砂流出に関する調査

<考え方>

土砂流出に関する調査は、流域の監視、砂防基本計画の策定、総合土砂管理手法の検討のために、流出土砂量調査、溪流現況調査、水文観測、流砂観測、流出解析及び河床変動計算等によって行う。なお、流砂系全体の総合的な土砂管理のための調査については、河川砂防技術基準 H26.4 版 第 16 章 総合的な土砂管理のための調査によるものとする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-5

2.4.2 流出土砂量調査

<考え方>

流出土砂量に関する調査は、流域の監視、砂防基本計画の策定、総合土砂管理手法の検討のために、現地調査、航空レーザ測量によって行う。調査は、1 出水の流出土砂量を対象としたものと、1 年間等の中長期を対象としたものがある。

<例 示>

流出土砂量に関する現地調査においては、河床縦横断測量から流出土砂量を求める手法、砂防堰堤における堆砂量の変化から求める方法などがある。また、航空レーザ測量による方法では、出水前後の測量データの比較により、1 出水による流出土砂量を算出することができる。

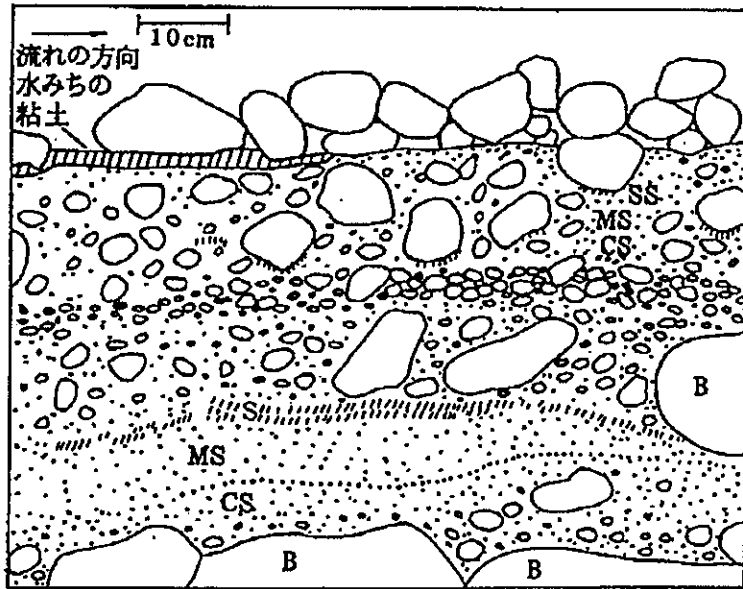
河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-5

2.4.3 溪流現況調査

<標準>

溪流現況調査は、計画基準点から上流に向かって本流及び支流の上流端（図 1.2 谷指数区分による）までを対象に実施することを標準とする。

溪流現況調査では、露岩箇所、土砂及び巨礫の堆積状況、平水時の流路、瀬と淵、景観・環境上の留意箇所を資料調査、現地調査により明らかにし、地形図上に示す。また、土砂・巨礫の堆積状況については、砂防設備建設時の資料による調査も行う。さらに、地形及び土砂・巨礫堆積形状と断面に関する調査から、施設設計の基礎資料とするために、土石流による堆積物と主として掃流状態の土砂運搬による堆積物とに区分することを標準とする。掃流堆積物スケッチ例を図 1.7 に示す。



マトリックスがぬけた部分(アーマーコート)

礫に粘土が付着するゾーンは、河床表面から30 cm程度の所に限られる。

このような粘土の付着の仕方は増水時の泥水の堆積によるものか掃流堆積物に特有のようである。

- B : 礫
- S : 砂
- SS : 細砂
- MS : シルト質砂
- CS : 砂質粘土

図 1.7 掃流堆積物スケッチ例

2.4.4 水文観測

<考え方>

水文観測は、降雨流出応答特性を把握するために実施する。

<標準>

水文観測は、現地における流量観測（水位観測及び流速観測）により行うことを標準とする。観測地点は、計画基準点の周辺地点に加えて、流域の監視上、砂防基本計画策定上、総合的な土砂管理上、流出土砂量を監視すべき地点において行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-6

<推奨>

観測候補箇所周辺に砂防堰堤等横断構造物がある場合は、横断構造物がある地点で観測することが望ましい。また、流量に換算するために、水位に併せて流速の観測をすることが望ましい。さらに、山地河道においては、大規模な出水により、機器の破損がしばしば生じるため、機器の十分な保護をするか、または非接触型の観測機器を設置することが望ましい。

<参考となる資料>

流砂水文観測については、下記の資料が参考となる。

- 1) 岡本敦，内田太郎，鈴木拓郎：山地河道における流砂水文観測の手引き（案），国土技術政策総合研究所資料，第686号，2012.

また、非接触型の流速計を水位計と併せて設置した事例について、下記の資料が参考となる。

- 2) 浅野友子，内田太郎，渡邊良広，井上広喜，辻和明，鴨田重裕：東京大学樹芸研究所青野研究林における山地河道の水理・水文観測，砂防学会誌，Vol. 65 No. 3, pp. 65-69, 2012.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-6

2.4.5 流砂観測

<考え方>

流砂観測は、掃流砂に関する調査及び浮遊砂・ウォッシュロード調査を行い、流砂の流性、変動特性を把握するものである。

<標準>

掃流砂調査の方法は、掃流採砂器等による直接的調査法と音響センサー（ハイドロフォン）等による間接的調査法を標準とする。また、浮遊砂・ウォッシュロード調査の方法は、採水器などの直接的調査法と濁度計による観測などの間接的調査法を標準とする。観測地点は、計画基準点の周辺地点に加えて、流域の監視上、砂防基本計画策定上、総合的な土砂管理上、流出土砂量を監視すべき地点において行う。また、流砂観測は、総合的な土砂管理手法の検討に資する平水時も含んだ1年間または数年間の積算流砂量などの中長期的な流砂量と砂防基本計画に資する大規模降雨時の短期的な流砂量の両方を把握する必要がある。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-7

<参考となる資料>

流砂観測については、下記の資料が参考となる。

1) 岡本敦，内田太郎，鈴木拓郎：山地河道における流砂水文観測の手引き（案），国土技政策総合研究所資料，第686号，2012.

流砂観測の事例については、下記の資料が参考となる。

2) 星野和彦，酒井哲也，水山高久，里深好文，小杉賢一朗，山下伸太郎，佐光洋一，野中理伸：流砂等計測システム（六甲住吉型）と観測事例，砂防学会誌，Vol. 56 No. 6，pp. 27-32，2004.

3) 判田乾一，地中浩，石川一栄，宮澤和久：姫川流域における土砂移動モニタリング，砂防学会誌，Vol. 66 No. 2，pp. 74-78，2013.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-7

2.4.6 流砂量調査結果のまとめ

<考え方>

流砂量調査結果は、調査位置図箇所の諸元、流砂量年表として取りまとめる。

<参考となる資料>

総合的な土砂管理のための調査については、下記の資料が参考となる。

1) 国土技術政策総合研究所：健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究，国総研プロジェクト研究報告，第16号，2007.

2) 水野秀明，小山内信智，清水武志，稲村貴志：流砂系の総合的な土砂管理支援システムの開発，土木技術資料，vol49 No7，pp. 26-31，2007.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-7

2.4.7 流出解析・河床変動計算

<考え方>

流出解析・河床変動計算は、溪流及び山地河道における水及び流砂の流出特性・変動特性を再現・予測するために用いる。溪流及び山地河道における土砂の移動現象は、沖積河川と異なり、非平衡性が強く、土砂濃度や勾配により流砂の形態が変化するなどの特徴を有するため、これらを適切に表現できる流砂量式等を組み合わせて行う。流砂の形態については、掃流砂及び浮遊砂、掃流状集合流動、土石流等を対象とし、対象区間の勾配に考慮した上で適切な式を用いる必要がある。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第2節-7

<例 示>

山地河道における流砂の流出特性・変動特性を再現・予測するために用いる流砂量式等としては、以下の式がある。また、このほか、新しく提案される式などについても適用条件等に注意して使うことができる。

1) 掃流砂

a) 限界掃流力に関する式

岩垣公式、修正 Egiazaroff 式

b) 掃流砂量式

芦田・道上式、Meyer-Peter・Muller 式、芦田・高橋・水山式

2) 浮遊砂

a) 浮遊砂量式（流速分布と濃度分布の組合せ）

Lane-Kalinske の式、板倉・岸の式

b) 基準面濃度式

Lane-Kalinske の式、板倉・岸の式、芦田・岡部・藤田の式、芦田・道上の式

3) 土石流

a) 土石流の抵抗則

高橋の式、江頭・宮本・伊藤の式

b) 土石流の濃度則

①平衡濃度式

高橋の式

②侵食・堆積速度式

高橋の式、江頭の式

4) 掃流状集合流動

a) 掃流状集合流動の抵抗則

高橋の式、江頭・宮本・伊藤の式

b) 掃流状集合流動の濃度則

①平衡濃度式

高橋の式、水山の式

②侵食・堆積速度式（土石流と同様）

高橋の式、江頭の式

5) 全流砂

a) 全流砂量式

Brown 式

なお、これらに加えて、土石流及び掃流状集合流動を統一的に扱える計算手法、掃流砂に対する非平衡性を考慮した計算手法、土石流中に含まれる細粒土砂の影響を評価する手法、砂防堰堤設置箇所における計算手法などに関する蓄積されつつある知見を適宜参考として、それぞれの対象地域・現象に適した式を用いることが大事である。

<関連通知等>

1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [平成 11 年版]，丸善，1999.

<参考となる資料>

砂防調査における河床変動計算で用いる式は、下記の資料が参考となる。

- 1) 高橋保，地質・砂防・土木技術者：研究者のための土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，2006.
- 2) 河村三郎：土砂水理学 1 (POD 版)，森北出版，2005.
- 3) (社) 砂防学会監修：砂防学講座第 4 巻 溪流の土砂移動現象，山海堂，1991.
- 4) 芦田和男，高橋保，道上正規：河川の土砂災害と対策，森北出版，1983.

掃流砂から、掃流状集合流動、土石流まで連続的に扱う手法及び掃流砂に対する非平衡性を考慮した計算手法は、下記の資料が参考となる。

- 5) 高橋保，地質・砂防・土木技術者：研究者のための土石流の機構と対策，近未来社，2004.

土石流及び掃流状集合流動を統一的に扱える計算手法は、下記の資料が参考となる。

- 6) 高濱淳一郎，藤田裕一郎，近藤康弘：土石流から掃流状集合流動に遷移する流れの解析法に関する研究，水工学論文集，No44，pp. 683-686，2000.

土石流中に含まれる細粒土砂の影響を評価する手法は、下記の資料が参考となる。

- 7) 西口幸希，内田太郎，石塚忠範，里深好文，中谷加奈：細粒土砂の挙動に着目した大規模土石流の流下過程に関する数値シミュレーション-深層崩壊に起因する土石流への適用-，砂防学会誌，Vol64 No3，pp. 11-20，2011.

砂防堰堤設置箇所における計算手法は、下記の資料が参考となる。

- 8) 里深好文，水山高久：砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，Vol58 No1，pp. 14-19，2005.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第 17 章 第 2 節-9

第3節 水系砂防調査

3.1 降雨量・流出調査

3.1.1 流域全体の調査

3.1.1.1 短期の降雨量の時間変化

<考え方>

流域全体の短期の降雨量の時間変化は、短期の流砂・洪水波形を計算するために、当該流域の既往の降雨資料により調査する。

なお、「短期」については、計画規模の現象が発生する一連の降雨継続時間を目安に設定する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-9

3.1.1.2 短期の流砂・洪水波形の計算

<考え方>

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

<例 示>

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、過去の実績を基に決定することができる。また、過去の詳細な情報が十分でない場合は、数値計算等で補完することができる。洪水波形については、流域の降雨分布を考慮した上で、流出解析により、求めることができる。

流砂量の波形を求める際の流砂量の合計については、流出土砂量調査(2.4.2)の結果によって求めることができる。また、流砂の発生のタイミングは、周辺住民に対するヒアリング調査などにより把握することができる。さらに、流砂の発生のタイミングは、流砂観測(2.4.4及び2.4.5)や土石流の観測(第1編第2章3.2.2)土石流災害後の流出・堆積状況調査(第1編第2章3.6.2)の結果からも把握することもできる。

数値計算を用いる場合は、流出解析・河床変動計算(2.4.7)に示した手法に準じる。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-9

<参考となる資料>

短期の流砂・洪水波形に関する検討事例として、下記の資料が参考となる。

1) 朽木敏仁, 水山高久, 佐藤一幸, 村上正人: 土砂生産のタイミングを考慮した土砂生産・流出に関する研究, 砂防学会誌, Vol. 59 No. 5, pp. 15-22, 2007.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-10

3.1.1.3 中長期の降雨量の時間変化

<考え方>

流域全体の中長期の降雨量の時間変化は、中長期の流砂・洪水波形を計算するために、当該流域の既往の降雨資料により調査する。

なお、「中長期」とは、短期の降雨により生産された土砂が移動する影響期間、流砂系の土砂生産域から流砂系末端までの土砂移動に要する期間及び計画の対象とする必要のある期間であり、数年から数十年程度、又はそれ以上の期間を設定する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-10

3.1.1.4 中長期の流砂・洪水波形の計算

<考え方>

流域全体の中長期の流砂・洪水波形は、土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

<例 示>

流域全体の短期の流砂・洪水波形は、過去の実績を基に決定することができる。また、過去の災害時の詳細な情報が十分でない場合は、数値計算等で補完することができる。洪水波形については、流域の降雨分布を考慮した上で、流出解析により、求めることができる。

流砂量の波形を求める際の流砂量の合計については、流出土砂量調査(2.4.2)の結果をもとに求めることができる。砂防堰堤等における土砂堆積量調査によって推定することができる。

また、流砂の発生のタイミングは、流砂観測(2.4.4及び2.4.5)や土石流の観測(第1編第2章3.2.2参照)の結果から把握することができる。

数値計算を用いる場合は、流出解析・河床変動計算(2.4.7)に示した手法に準じる。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-10

<参考となる資料>

中長期の流砂・洪水波形に関する検討事例として、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土技術政策総合研究所：健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究，国総研プロジェクト研究報告，第16号，2007.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-10

3.1.2 個別流域の調査

3.1.2.1 短期の降雨量の時間変化

<考え方>

個別流域の短期の降雨量の時間的変化は、個別流域直下の計画基準点における流砂・洪水波形を算出するために調査する。なお、個別流域は、主に土石流危険渓流、あるいはそれに準ずる渓流の流域で、土石流危険渓流の設定方法と、水系図(2.2.2)の流域区分を参考に設定する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-10

<関連通知等>

- 1) 土石流危険渓流及び土石流危険区域調査の実施について、平成11年4月16日、建設省河砂発第20号、建設省河川局長通達。
- 2) 土石流危険渓流及び土石流危険区域調査要領(案)平成11年4月、建設省河川局砂防部砂防課。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-11

3.1.2.2 短期の流砂・洪水波形の計算

<考え方>

個別流域の短期の流砂・洪水波形は、個別流域の土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-11

3.1.2.3 中長期の降雨量の時間変化

<考え方>

個別流域の中長期の降雨量の時間的変化は、個別流域直下の計画基準点における流砂・洪水波形を算出するために調査する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-11

3.1.2.4 中長期の流砂・洪水波形の計算

<考え方>

個別流域の中長期の流砂・洪水波形は、個別流域の土石流区間、及び掃流区間における計画土砂量等を算出するために資料調査、現地調査及び数値計算により求める。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-11

3.2 生産土砂量調査

3.2.1 調査対象

<考え方>

生産土砂量調査の対象は、土石流区間から土石流として流出してくる土砂量、掃流区間に直接流入する崩壊地やとくしゃ地より流出する土砂量、地すべりにより流出する土砂量等を基本とする。なお、流木については、土砂とは別に流木として算定・見積もることとし、流木調査は第7節(p5-42)を参照する。

<例示>

土石流区間と掃流区間の判断の目安は以下の図による。

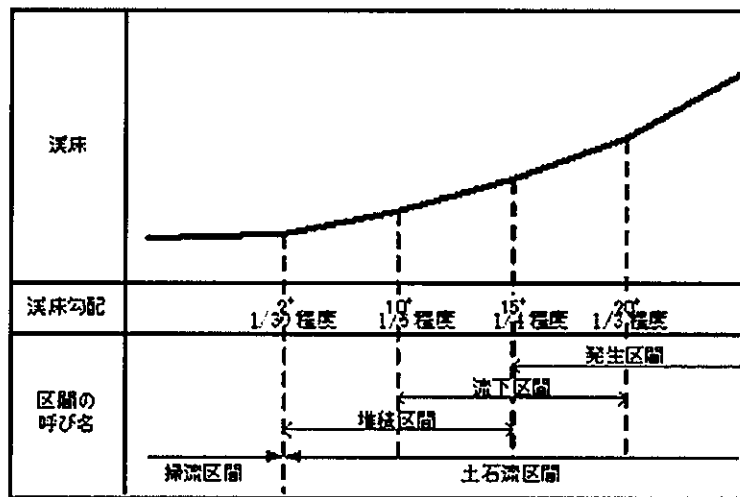


図 1.8 土砂移動の形態の渓床勾配による目安

出典：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，
国土技術政策総合研究所資料第904号，2016，P.9

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-11

3.2.2 短期の生産土砂量の調査

<考え方>

短期の生産土砂量の調査は、崩壊地等で生産される土砂量を把握するために行う。

<標準>

崩壊が的確に推定できる場合は、崩壊地等（崩壊地、とくしゃ地）で生産される土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

崩壊が的確に推定できない場合は、掃流区間の本支川に流入する1次谷の最上端から流域の最遠点までの流路沿いの土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-12

3.2.3 中長期の生産土砂量の調査

<考え方>

中長期の生産土砂量の調査は、土石流区間から流出してくる土砂量、崩壊地等で生産される土砂量を把握するために行う。

<標準>

短期の土砂生産量のうち、崩壊地を含めた土石流区間に残存した土砂を対象として、土石流区間から下流へ移動する中長期の土砂量を生産土砂量とすることを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-12

3.2.4 山腹材料調査

<考え方>

山腹材料調査は、流出土砂量算定、及び砂防設備の基本諸元の設定に必要な基礎資料を得るため、粒度分布、比重、空隙率などの調査を行う。

山腹材料とは、生産土砂として溪流に流出するものであり、溪流の河床材料とは異なるため、溪流の河床材料との違いを把握することも重要である。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-12

3.2.5 河床材料調査

<考え方>

河床材料調査は、流出土砂量の算定、及び砂防施設の基本諸元の設定に必要な基礎資料を得るため、粒度分布、比重、空隙率などの調査を行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3 流出土砂量調査

3.3.1 河床変動計算による流出土砂量の算出

<考え方>

流出土砂量は、流出解析及び河床変動計算を行って算出した流砂量を、時間で積分した値とする。なお、山地流域では土砂が非平衡的に移動するため、河床変動計算を行うに当たり、土砂生産の条件がその計算結果に影響を与えることに留意する。なお、流木については、土砂とは別に流木として算定・見積もることとし、流木調査は第7節(p5-42)を参照する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3.2 河床変動計算の検証等のための調査

<考え方>

河床変動計算の検証のための調査は、算出した流出土砂量が妥当であるか検証するための基礎資料とするとともに、本調査の結果を総合的な土砂管理を検討するための基礎資料とすることを目的として行う。

また、流出土砂量の調査には、砂防設備による流出土砂量の調節効果の把握や、その調節効果を向上させるための砂防設備の改良に資するための基礎資料を得ることも目的として含まれる。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3.3 河床変動調査

3.3.3.1 砂防堰堤への流入土砂量

<標準>

調査対象区間の適当な箇所に調査のための砂防堰堤が得られる場合には、その砂防堰堤への流入土砂量を平面的に測量して、その地点における流出土砂量を求めることを標準とする。

なお、砂防堰堤やダム等の施設に堆積した土砂を調査し、流出土砂量に関する情報を得る方法全般については、河川砂防技術基準調査編 第16章 総合的な土砂管理のための調査 2.3.2 施設等に堆積した土砂の調査による粒径集団別土砂移動量の時間積分値（一定期間の総和）の把握を参照されたい。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3.3.2 河床変動測量による流出土砂量の推定

<標準>

調査対象区間内の流砂量観測結果、及び河床変動測量結果を用いてその地点の全流砂量を推定することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3.3.3 河床変動量調査の整理

<標準>

河床変動量の調査結果は、期間当たりの流砂量、及び比流砂量（流域面積当たりの流出土砂量）について整理することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.3.4 流出土砂量調査のまとめ

<標準>

流出土砂量は、流出解析及び河床変動計算を行って算出した流砂量を、時間で積分して算出した流出土砂量と河床変動調査結果から得られる土砂量とを比較検証し、パラメータの妥当性等を確認することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-13

3.4 許容流出土砂量調査

<考え方>

許容流出土砂量調査は、計画基準点より下流において災害が発生することなく流れ得る土砂量でかつ下流において必要な土砂量を下流域を含めた河床変動計算により把握する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第3節-14

第4節 火山砂防調査

4.1 総説

<考え方>

火山砂防調査は、火山砂防計画を策定するための調査であり、火山泥流、溶岩流、火砕流及び降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流を対象として実施する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第5節-20

<標準>

火山砂防調査は、平常時に実施する調査と、緊急時に実施する調査から成る。ここで、緊急時とは、火山活動が活発化し、被害が発生するおそれがあると判断された時点から、噴火活動が終息し、降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流（以下、降灰後の土石流という）の集中的発生が減少したと判断された時点までの期間とすることを標準とする。

なお、土石流のうち、降灰後ではなく平常時に発生する土石流に関する計画のための調査は、本章 第2節 基礎的な調査(p5-2)、第1編 第2章 第3節 土石流対策調査(P1-22)による。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第5節-20

【解説】

滋賀県では、火山砂防事業は実施していないため、火山砂防調査に関わる項目は除外する。

第5節 天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査

5.1 対象とする現象

<考え方>

天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査で対象とする現象は、深層崩壊等に伴い、河道が閉塞して形成される天然ダム上流域の湛水・天然ダム決壊による大規模な水及び土砂の流出（土石流等）、深層崩壊に伴い発生する土石流等である。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-31

5.2 平常時に実施する調査

5.2.1 深層崩壊のおそれのある場所に関する調査

<考え方>

深層崩壊のおそれのある場所に関する調査は、天然ダム等異常土砂災害の対策が必要な場所を特定するために行う。

<標準>

崩壊のおそれのある場所に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・資料調査（発生実績調査等）
- ・机上調査（空中写真判読、地形解析等）

崩壊のおそれのある場所に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 深層崩壊の発生実績
- 2) 深層崩壊発生と関連のある地質構造及び微地形要素
- 3) 斜面勾配等の地形量

1)～3)に基づき、崩壊のおそれのある場所を推定することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-31

<参考となる資料>

深層崩壊のおそれのある場所に関わる調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 田村圭司，内田太郎，鈴木隆司，寺田秀樹，栗原淳一：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)，土木研究所資料，第4115号，2008.

5.2.3 天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査

<考え方>

平常時に実施する天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査は、天然ダム等異常土砂災害の対策の規模を設定するために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-32

<標準>

平常時から実施する天然ダム等異常土砂災害の規模の推定に関する調査は、1) 崩壊規模の推定に関する調査と、2) 天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査を行うことを標準とする。

1) 崩壊規模の推定に関する調査

崩壊規模の推定に関わる調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・資料調査
- ・現地調査（航空レーザ測量等による地形調査、地形・地盤調査等）

崩壊規模の推定に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- a) 過去に発生した深層崩壊や天然ダム、土石流の規模
- b) 過去に発生した深層崩壊斜面の地形、地質、地盤の特徴
- c) 深層崩壊の発生のおそれのある斜面の地形、地質、地盤の特徴

a)～c)に基づき、天然ダム等異常土砂災害の崩壊規模を推定することを標準とする。崩壊規模は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・崩壊土砂量
- ・崩壊斜面長
- ・崩壊幅

2) 天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・資料調査（過去の雨量データや発生事例の収集等）
- ・机上調査（地形データや空中写真を用いた地形調査等）
- ・現地調査（地形調査等）

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- a) 地形
- b) 流量
- c) 土質（粒度試験等）
- d) 降雨予測

a)～d)に基づき、天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模は、以下の解析手法によって推定することを標準とする。

- ・河床変動計算等の数値シミュレーション

天然ダムの決壊及び深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・流出土砂量
- ・土石流のピーク流量
- ・土石流の流速と水深

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-32

<参考となる資料>

深層崩壊に伴い発生する土石流等の規模の推定については、以下の資料が参考となる。

- 1) 石塚忠範，山越隆雄，内田太郎，西口幸希：深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算マニュアル(案)，土木研究所資料，第4240号，2012.

5.2.4 天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査

<考え方>

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、天然ダムの形成検知、天然ダム形成後に実施する対策を速やかに行うために行う。

<標準>

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・現地調査（流砂水文観測）
- ・机上調査

天然ダム形成前から実施する緊急対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 流量及び濁度の変化による天然ダム形成の確認
- 2) 流出解析に必要な係数の特定

5.3 天然ダム形成後の調査

5.3.1 天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査

<考え方>

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、大規模な降雨又は地震後に速やかに、天然ダムの形成場所の特定や対策の必要性を評価するために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-34

<標準>

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・雨量、流量、地盤振動等による大規模な土砂移動の統合監視
- ・衛星画像による天然ダム発生箇所の推定
- ・ヘリコプター等による目視

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 天然ダムの形成位置
- 2) 天然ダムの概略形状
- 3) 天然ダム上流の湛水の有無
- 4) 天然ダムからの越流の有無
- 5) 上下流域の保全対象の有無
- 6) 天然ダム形成に伴う被災の有無

1)～6)に基づき、災害の拡大の危険性について検討し、対策の必要性の評価を行うことを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-34

<参考となる資料>

天然ダムの形成確認と災害の拡大の危険性に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) (財)砂防フロンティア整備推進機構：大規模な天然ダムの形成・決壊を対象とした異常土砂災害対応マニュアル（案），2005.
- 2) 石塚忠範，山越隆雄，武澤永純：大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案），土木研究所資料，第4229号，2012.

5.3.2 天然ダム形成後に実施するソフト対策に関する調査

5.3.2.1 天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査

<考え方>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、天然ダム上流の湛水による災害や天然ダムの決壊による土石流等による災害といった天然ダムによる新たな被害が急迫している場合において、天然ダムによる災害に対し、警戒すべき時期を示すために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-34

<必須>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の時期について推定しなければならない。

- ・天然ダム上流の湛水による災害が想定される時期
- ・天然ダムの決壊による土石流等による災害が想定される時期

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-34

<標準>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・現地調査（ヘリコプター等による目視、湛水位等の観測、監視カメラによる監視）
- ・資料調査（気象情報等）

天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 天然ダム上流域の降雨予測
- 2) 天然ダム上流の湛水位・流入流量
- 3) 天然ダムからの流出流量
- 4) 天然ダムの侵食状況
- 5) 天然ダムの形状変化
- 6) 天然ダムの決壊による土石流等発生状況

1)～6) 及び流出解析等に基づき、天然ダムによる災害が想定される時期を推定することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-35

第5編 その他砂防計画編 第1章 水系砂防等調査 第5節 天然ダム（河道閉塞）等異常土砂災害対策調査

<参考となる資料>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される時期に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）平成23年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，（独）土木研究所土砂管理研究グループ。
- 2) 田村圭司，山越隆雄，松岡暁，伊藤洋輔，田方智，柳町年輝；天然ダム監視技術マニュアル（案），土木研究所資料，第4121号，2008。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-35

5.3.2.2 天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査

<考え方>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、天然ダムによる新たな被害が急迫している場合において、天然ダム上流域の湛水、及び天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等による災害が想定される区域を設定するために行う。

<必須>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の区域について設定しなければならない。

- 1) 天然ダム上流の湛水による災害が想定される区域
- 2) 天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等による災害が想定される区域

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-35

<標準>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・現地調査（ヘリコプター等による目視、航空レーザ測量等による地形調査）

天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 天然ダムの形状
- 2) 天然ダムの構成材料（粒度分布等）
- 3) 天然ダム形成箇所周辺の地形
- 4) 上下流域の保全対象の状況

1)～4)に基づき、天然ダムによる災害が想定される区域の設定は、以下の解析手法によって行うことを標準とする。

- ・地形図又は地形データを用いた湛水区域の検討
- ・河床変動計算の数値シミュレーション

天然ダムによる災害が想定される区域は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダム上流の湛水区域
- ・天然ダムの決壊による氾濫区域

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-36

<参考となる資料>

天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域の推定に関する調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編），平成23年，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，（独）土木研究所土砂管理研究グループ。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-36

5.3.3 天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査

5.3.3.1 天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査

<考え方>

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、上流域の湛水・天然ダムの決壊に伴い発生する土石流等に対するハード対策の方針、及び規模を設定するために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-36

<標準>

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・資料調査
- ・現地調査（ヘリコプター等による目視、湛水位等の観測、航空レーザ測量等による地形調査）

天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 天然ダムの形状
- 2) 天然ダムの構成材料（粒度分布等）
- 3) 天然ダム形成箇所周辺の地形
- 4) 天然ダム上流の湛水位・流入流量
- 5) 天然ダムからの流出流量
- 6) 天然ダムの侵食状況
- 7) 上下流域の保全対象の状況

1)～7)に基づき、天然ダム形成後に実施するハード対策に関する調査は、河床変動計算等の数値シミュレーション等を用いて、以下の項目について把握することを標準とする。

- ・天然ダム堤体の侵食に対する安定性
- ・天然ダム決壊に伴い発生する土石流等の規模

5.3.3.2 応急的なハード対策に関する調査

<考え方>

応急的なハード対策に関する調査は、天然ダム形成後のハード対策を効果的かつ迅速に行うために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-37

<標準>

応急的なハード対策に関する調査は、応急的なハード対策の工種・工法や規模等を設定するために行う。応急的なハード対策に関する調査は、以下の手法のうち適切な手法により行うことを標準とする。

- ・現地調査（ヘリコプター等による目視、湛水位等の観測、航空レーザ測量等による地形調査、監視カメラ等による監視等）
- ・情報収集（道路状況、関連施設の状況等）

応急的なハード対策に関する調査は、以下の項目について行うことを標準とする。

- 1) 天然ダム地点の雨量、天然ダムの流入流量・湛水位
- 2) 天然ダムからの流出流量
- 3) 天然ダム及びその周辺への資機材の運搬手段や運搬路
- 4) 施工機械及び資材の調達及び在庫状況
- 5) 天然ダム下流の既設の砂防設備の状況と諸元
- 6) 崩壊部及びその周辺の斜面の安定性

5.3.2.2(p5-35)天然ダム形成後に実施する天然ダムによる災害が想定される区域に関する調査を踏まえた上で、1)～6)に基づき現場状況を把握し、応急的なハード対策の工種・工法や規模等を設定する。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第6節-37

5.4 深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査

<考え方>

深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査は、詳細な土砂災害に関するデータの蓄積を図り、警戒避難体制の検討等を実施するために行う。

<例 示>

深層崩壊による土石流等の災害後の調査は、以下の項目などについて行う場合がある。

- 1) 土石流発生場の概要
- 2) 土石流流下場の概要
- 3) 土石流堆積場の概要
- 4) 土石流発生場～流下場～堆積場の土砂収支

また、天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査は、以下の項目などについて行う場合がある。

- 1) 天然ダムの形成させた斜面崩壊・地すべりの概要
- 2) 天然ダムの概要
- 3) 天然ダム決壊に至るまでの降雨の概要
- 4) 土石流流下場の概要
- 5) 土石流堆積場の概要
- 6) 土石流発生場～流下場～堆積場の土砂収支

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第7節-38

<参考となる資料>

深層崩壊・天然ダム決壊による土石流等の災害後の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省砂防部監修：砂防関連事業災害対策の手引き，pp. 240-242，（社）全国治水砂防協会，2001.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第7節-38

第6節 土砂災害に対するソフト対策調査

6.1 土砂災害に対するソフト対策のための調査

<考え方>

土砂災害に対するソフト対策のための調査は、流域等において、発生が想定される土砂災害を防止・軽減するための対策（警戒避難体制の整備、土地利用規制等）を検討するための基礎資料を得るために行う。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第7節-38

<関連通知等>

- 1) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律,平成12年5月8日,法律第57号,最終改正:平成25年6月21日法律第54号.
- 2) 土砂災害防止対策基本指針,平成23年4月28日,国土交通省告示第439号,国土交通省.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第7節-38

<推 奨>

警戒避難体制の整備に係る主な調査項目を以下に示す。

- 1) 過去の主な土砂災害の発生状況（発生日時、地形、地質、降雨、前兆現象、被害状況等）
- 2) 土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況
- 3) 都道府県・市町村の地域防災計画
- 4) 地域の特性（人口、年齢構成等）
- 5) 緊急輸送路・避難路の把握と土砂災害危険箇所との関係
- 6) 広域避難地、一次避難地、広域防災拠点、地域防災拠点の把握と土砂災害危険箇所との関係
- 7) 防災行政無線、衛星携帯電話、無線通信施設等の整備状況
- 8) 災害時要援護者関連施設（施設名、所在地、利用者数、連絡先等）の把握と土砂災害危険箇所との関係
- 9) 土砂災害警戒情報の発表基準設定のための根拠資料、発表基準、情報伝達体制、発表実績等
- 10) 避難準備情報、避難勧告、避難指示等の具体的基準の設定状況、発令実績、情報伝達体制、住民の避難実績等
- 11) 土砂災害を想定した防災訓練の実施状況、防災意識啓発活動の状況
- 12) 降雨等、土砂災害発生の誘因となる現象の観測状況（テレメータ雨量計、レーダ雨量計、監視カメラ、水位計、ワイヤーセンサー、振動センサー、光ケーブル等の整備状況）
- 13) 土砂災害ハザードマップ及び土砂災害危険箇所マップの整備状況、公表・配布状況等
- 14) 自主防災組織、消防団等の設置・活動状況
- 15) 砂防ボランティア団体の設立・活動状況
- 16) 住民、自主防災組織、消防団等からの土砂災害の前兆現象等の情報伝達体制

土地利用規制・土地利用の誘導等に係る主な調査項目を以下に示す。

- 1) 都道府県・市町村の長期計画、土地利用計画等
- 2) 土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域の指定状況
- 3) 土砂災害防止法に基づく特定開発行為の申請・許可等の実績
- 4) 土砂災害防止法に基づく移転等の勧告の実績
- 5) 市街化区域・市街化調整区域と土砂災害危険箇所との関係
- 6) その他各種法令等に基づく土地利用規制の状況

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第7節-39

<参考となる資料>

警戒避難体制の整備については、下記の資料が参考となる。

- 1) 平成14年度土砂災害警戒情報のあり方と今後の施策に関する報告書，平成14年，土砂災害警戒情報に関する検討委員会。
- 2) 都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き，平成17年6月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部。
- 3) 国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案），平成17年6月，国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部，国土技術政策総合研究所。
- 4) 土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案），平成17年7月，国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター。
- 5) 土砂災害警戒避難ガイドライン，平成19年4月，国土交通省砂防部。

第7節 流域・水系における流木調査

7.1 生産流木量調査

7.1.1 生産流木量

<考え方>

生産流木量は、山腹から溪流に流れ込む流木量とする。

<標準>

生産流木量の調査では、流域現況調査、発生原因調査、発生場所・量・流木の長さ・直径等の調査を実施することを標準とする。

流域現況調査では、流出流木量を算出しようとする地点より上流域における立木、植生及び倒木（伐木、用材等を含む）を調査する。

流木の発生が予想される箇所に存在する樹木、流木等の量、長さ、直径等を直接的に調査する方法（現況調査法）においては、サンプリング調査法によることを標準とする。その際、地形図と空中写真を用いて、予想される崩壊、土石流の発生区間、流下区間内の樹木の密度（概算）、樹高、樹種等を判読し、この結果を基に、崩壊、土石流の発生・流下範囲を同一の植生、林相となるよう幾つかの地域に区分し、それらの地域ごとに現地踏査によるサンプリング調査（10×10m）を行い、各地域の樹木の本数、樹種、樹高、胸高直径等を調査することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-42

7.1.2 流木の最大長、最大直径の算出方法

<標準>

流木の最大長、及び最大直径は、生産流木量算出のための調査結果から推定することを標準とする。なお、流木の最大長は土石流の平均流下幅を考慮することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-43

7.1.3 流木の平均長、平均直径の算出方法

<標準>

流木の平均長及び平均直径は、生産流木量算出のための調査結果から推定することを標準とする。なお、流木の平均長は土石流の最小流下幅を考慮することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-43

7.2 流出流木量調査

<標準>

流出流木量は、推定された生産流木量に流木流出率を乗じて算出することを標準とする。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-43

<参考となる資料>

土石流区間における流木対策に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成28年4月，国土技術政策総合研究所資料第904号，国土技術政策総合研究所砂防研究室。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-43

7.3 流木実態把握に関する調査

<考え方>

流木実態把握に関する調査は、詳細な流木による災害に関するデータの蓄積を図り、流木対策計画の立案、対策施設の設計等を実施するために行う。

<標準>

流木実態把握に関する調査は、生産流木量、流木の最大長及び最大直径、流木の平均長及び平均直径、流出流木量、家屋等の物的被害状況を把握するために、大規模な流木の生産・流出が生じた後に速やかに行うことを標準とする。

- 1) 生産流木量調査

生産流木量の調査は、既存の生産流木量調査結果の整理・分析、現地調査及び空中写真による流木生産域の判読により行うこととする。

- 2) 流出流木量に関する調査

流出流木量に関する調査は、現地調査及び空中写真による流木堆積域の判読により行うこととする。また、生産流木量調査結果（7.1(p5-42)）に示した方法で推定した生産流木量と、谷出口への流出流木量（土石流・流木対策施設（砂防堰堤等）がない状態を想定する）の関係を整理する。

- 3) 流木の長さ及び直径に関する調査

流木の長さ及び直径に関する調査は、現地調査により、流木の最大長、最大直径、平均長、平均直径を把握する。

- 4) 流木実態把握に関する調査のまとめ

流木調査結果は、流木の生産、流下、堆積等について、流木収支図等に取りまとめる。

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-43

<例 示>

土砂災害又は流木災害の発生後、流出流木量を調査する方法には次のような事例がある。

1) 流木の谷出口への流出量の推定

谷出口までに堆積した流木量を現地にて測定する。ここで、谷出口とは、おおむね溪床勾配 3 度以下となる箇所を目安とする。河道に堆積しているものは、堆積位置を平面図に記入する。基本的に全本数・長さ・代表直径を測定して、総堆積量を計算する。

流木が集積して本数の確認が困難な場合は、見かけの全体容積 (V) を測定し、流木の純容積率から求める必要があるが、純容積率については、各現場で適切に判断する必要がある。但し、流木の純容積率を 30%と仮定して、以下の式により流木実材積量 V_{wn} を算出する場合がある。

$$V_{wn}=V\times 0.3$$

橋梁・カルバート・砂防構造物等により堆積した場合も、河道の場合と同様に流木量を計算する。流木が流下断面を閉塞して堆積した場合は、最大流木長と構造物の幅を測定する。計上した流木量を合計し「流下途中堆積流木量」とする。

2) 砂防堰堤における流木捕捉量の推定

透過型・部分透過型・不透過型に区分して、捕捉された流木本数、平均流木長、平均流木直径を計測し、流木幹材積を計算する。

また、透過型・部分透過型の場合、スリット水平方向間隔を整理する。不透過型の場合で副堰堤のある場合及び副堰堤等に流木を捕捉するための設備を設置している場合、本堤で捕捉された流木量と副堰堤等で捕捉された流木量を分けて整理する。砂防堰堤による土砂・流木の堆砂状況を、捕捉位置が分かるよう写真撮影する。砂防堰堤の計画貯砂量、計画捕捉量、水通し幅、砂防堰堤を建設する前の河床勾配、調査時点での堆砂勾配を整理する。

なお、土砂で埋まっている流木捕捉量の不可視部分の計測は困難であるため、除石する際にあわせて、堆積土砂量、流木量を計測することが望ましい。

また、家屋等の物的被害の調査として、家屋の破壊をもたらしたと考えられる流木の長さ、平均径、本数を計測する。家屋が残存している場合は、現地調査によって計測する。家屋が調査時点で既に撤去されている場合は写真等から計測する。

<参考となる資料>

流木実態把握に関する調査に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 石川芳治, 水山高久, 鈴木浩之: 崩壊・土石流に伴う流木の実態と調査法, 土木技術 資料, Vol. 31 No. 1, pp. 23-29, 1989.
- 2) 国土交通省砂防部監修: 砂防関連事業災害対策の手引き, pp. 244-245, (社) 全国治水砂防協会, 2001.

流木の長さ・直径に関する調査事例については、下記の資料が参考となる。

- 3) 渋谷一, 香月智, 大隅久, 國領ひろし: 平成 22 年 7 月 16 日に広島県庄原市で発生した豪雨災害における流木実態調査, 砂防学会誌, Vol. 64 No. 1, pp. 34-39, 2011.

流木収支による調査事例については、下記の資料が参考となる。

- 4) 国土技術政策総合研究所: 平成 15 年 7 月九州豪雨災害に関する調査報告会 (太宰府市原川における流木の発生・流下・堆積の実態), 国土技術政策総合研究所資料, 第 250 号, pp. 25-31, 2005.

河川砂防技術基準 調査編 H26.4 国土交通省 P-第17章 第9節-44

7.4 流木対策計画に関する調査

流出流木量を把握するために、流域現況調査、発生原因調査、発生場所・量、流木の長さ、直径などの調査、流出流木調査および流木による被害の推定調査を行う。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p20

【解説】

調査は、まず対象流域の流域現況調査を行い林相等の状況を把握する。次に、流域現況調査の結果を総合的に判断して、流木の発生原因を推定する。

さらに、流木の発生量、発生場所等を推定するための調査および流下、堆積する流木の量、長さ、直径の推定調査を行う。

これらの結果から流木による被害の推定を行い、対象とする流木の量、長さ、直径等を決定する。

7.5 流域現況調査

流出流木量を算定しようとする地点より上流域における立木、植生及び倒木（伐木、用材を除く）を調査する。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p20

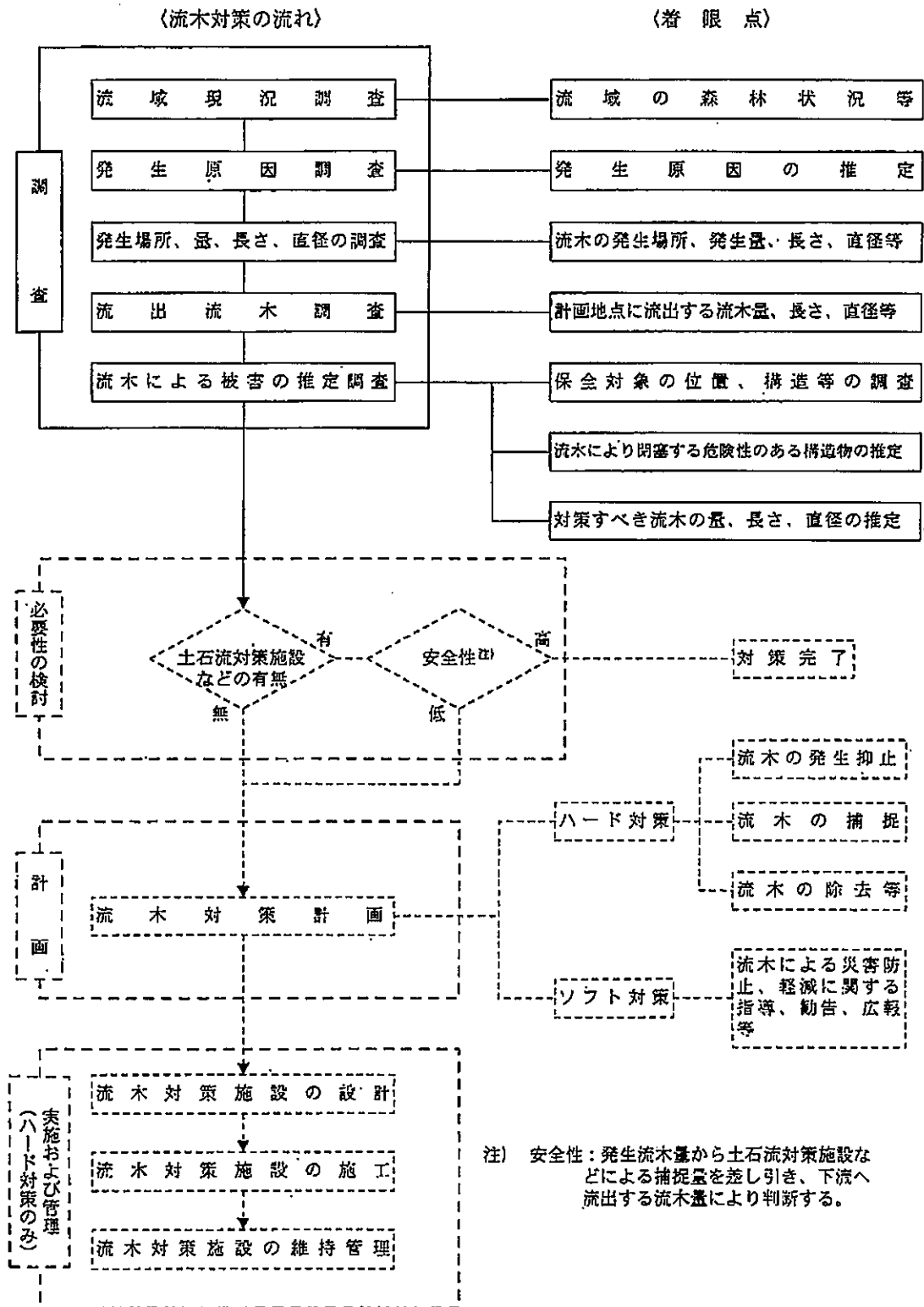


図 1.9 流木対策の流れと着眼点

7.6 流木発生原因の調査

流域現況調査結果を総合的に判断して、流木の発生原因を推定する。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p20

【解説】

流木の発生原因を推定することは、流木の発生場所、流木の量、長さ、直径および流木による被害などを推定する上で重要である。地形が急峻で脆弱な場合には、豪雨時に土石流や斜面崩壊が起こり易く、それに伴って地表を覆う樹木が溪流や河道に流入して流木となる。また、過去の流木災害の事例から流木の発生原因を推定することも有効な方法である。

表 1.2 流木の発生原因

流木の起源	流木の発生原因
立木の流出	①斜面崩壊の発生に伴う立木の滑落 ②土石流等の発生源での立木の滑落・流下 ③土石流等の流下に伴う溪岸・溪床の侵食による立木の流出
過去に発生した倒木等の流出	④病虫害や台風等により発生した倒木等の土石流等による流出 ⑤過去に流出して河床上に堆積したり河床堆積物中に埋没していた流木の土石流等による再移動 ⑥雪崩の発生・流下に伴う倒木の発生とその後の土石流等による下流への流出

7.7 流木の発生場所、発生量、長さ、直径などの調査

山腹斜面の現地踏査や、空中写真判読および過去の災害実態等をもとに、流木の発生原因を考慮して、流木の発生場所、発生量、長さ、直径等を調査する。ただし、倒木、伐木、溪床に堆積している流木で、伐木、用材の流出等人為の加わったものは発生流木量には含めないものとする。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」 p21

【解説】

(1) 発生原因、場所

現地踏査や空中写真判読、また過去の災害実態を把握して、流木の発生原因、発生場所を推定する。

(2) 現況調査法による発生流木量の算出

推定された流木の発生原因・場所を基に流木の長さ、直径を調査し、発生流木量を算出する。

原則として流木の発生が予想される箇所が存在する樹木、流木等の量、長さ、直径を直接的に調査する方法（以下、「現況調査法」と呼ぶ。）を用いる。

この方法は、発生流木の対象となる範囲の樹木や流木の全てを調査する方法（以下、「全数調査法」と呼ぶ。）とそれらの代表箇所のいくつかをサンプル調査する方法（以下、「サンプリング調査法」と呼ぶ。）に分かれる。実際には、全数調査法では調査範囲が広範囲にわたる場合が多いため、現況調査法のうちのサンプリング調査法を用いる。現況調査法では、崩壊および土石流にともない流木が発生する場所を推定する必要がある。土石流の発生、流下する範囲を推定する方法は原則として第2編2章2.7.1 (p. 2-15) を用いる。この方法により降雨時に発生・流下する崩壊、土石流の範囲が推定されれば次に、崩壊や土石流の発生、流下範囲に存在する立木、倒木および過去に発生して溪床等に堆積している流木等の量（本数、立積）や長さ、直径を調査することにより発生流木量、その長さおよび直径を推定することができる。調査方法としては現地踏査による方法と空中写真判読による方法があり、一般には両者を併用する。

まず地形図と空中写真を用いて予想される崩壊、土石流の発生区間・流下区間内の樹木の密度（概算）、樹高、樹種等を判読し、この結果をもとに崩壊、土石流の発生・流下範囲を同一の植生、林相となるようにいくつかの地域に区分する。次に、それらの地域毎に現地踏査によるサンプリング調査（10m×10mの範囲）を行い、各地域の樹木の本数、樹種、樹高、胸高直径等を調査する方法が用いられる。この時、現地踏査では、以下の項目について調査を行う。

- ①密度あるいは本数：樹木、伐木、倒木、流木等の 100m² あたりの本数
- ②直径：樹木の胸高直径、伐木、倒木、流木の平均直径
- ③長さ：樹木の高さあるいは伐木、倒木、流木の長さ

発生流木量は下記の手順、式を用いて算出することが出来る。崩壊および土石流の発生区間・流下区間が複数の林相からなる場合は、林相ごとに発生流木量（ V_{wy} ）を求め合計する。式中の0次谷、崩壊地の幅および長さは第2編2章2.7.1 (p2-15) に準拠する。

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \sum V_{wy2} \quad \text{式 1.1}$$

$$V_{wy2} = \pi \cdot H_w \cdot R_w^2 \cdot \frac{K_d}{4} \quad \text{式 1.2}$$

V_{wy} ：発生流木量（m³）

B_d ：土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅（m）

0次谷または崩壊地の幅（m）〔ただし、1次谷以上の場合は、侵食が予想される平均林地幅（ B_v ）〕

L_{dy13} : 発生流木量を算出する地点から流域の最遠点までの流路に沿って測った距離 (m)

0次谷または崩壊地の長さ (m) [ただし、1次谷以上の場合は、侵食が予想される河道延長 (L)]

V_{wy2} : 単木材積、

ΣV_{wy2} はサンプリング調査 100m²あたりの樹木材積 (m³/100m²)

Hw : 樹高 (m)

Rw : 胸高直径 (m)

Kd : 胸高係数 (表 1.3 参照)

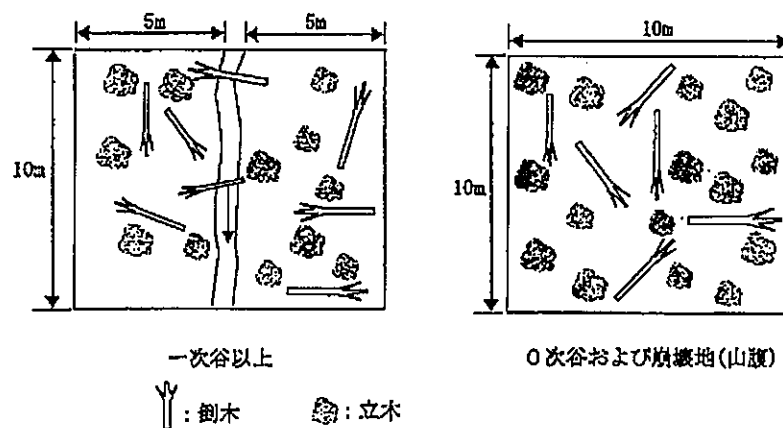


図 1.10 サンプリング調査範囲模式図

調査範囲に含まれる樹木の樹種・樹高・胸高直径・本数 (直径 4cm 以上) を測定し、幹材積を求める資料とする。

表 1.3 胸高係数表

樹高(m)	第一	第二	第三	hf(第三)	樹高(m)	第一	第二	第三	hf(第三)
5	0.6550	0.6529	0.6517	3.3	25	0.5066	0.4874	0.4524	11.3
6	0.6191	0.6138	0.6064	3.6	26	0.5054	0.4859	0.4505	11.7
7	0.5954	0.5878	0.5759	4.0	27	0.5043	0.4846	0.4487	12.1
8	0.5786	0.5692	0.5538	4.4	28	0.5032	0.4833	0.4470	12.5
9	0.5660	0.5552	0.5371	4.8	29	0.5023	0.4822	0.4454	12.9
10	0.5562	0.5442	0.5238	5.2	30	0.5014	0.4811	0.4440	13.3
11	0.5483	0.5354	0.5131	5.6	31	0.5005	0.4801	0.4426	13.7
12	0.5421	0.5282	0.5042	6.0	32	0.4997	0.4791	0.4413	14.1
13	0.5365	0.5221	0.4966	6.5	33	0.4990	0.4782	0.4401	14.5
14	0.5320	0.5169	0.4902	6.9	34	0.4983	0.4773	0.4389	14.9
15	0.5281	0.5124	0.4846	7.3	35	0.4976	0.4765	0.4378	15.3
16	0.5247	0.5085	0.4796	7.7	36	0.4970	0.4758	0.4367	15.7
17	0.5217	0.5050	0.4753	8.1	37	0.4964	0.4750	0.4357	16.1
18	0.5191	0.5020	0.4714	8.5	38	0.4958	0.4743	0.4348	16.5
19	0.5167	0.4992	0.4679	8.9	39	0.4953	0.4737	0.4339	16.9
20	0.5146	0.4968	0.4647	9.3	40	0.4948	0.4731	0.4330	17.3
21	0.5127	0.4945	0.4618	9.7	41	0.4943	0.4725	0.4321	17.7
22	0.5110	0.4925	0.4591	10.1	42	0.4938	0.4719	0.4314	18.1
23	0.5094	0.4907	0.4567	10.5	43	0.4934	0.4714	0.4306	18.5
24	0.5080	0.4890	0.4545	10.9	44	0.4930	0.4708	0.4299	18.9

(備考) 第一 エゾマツ、トドマツ

第二 ヒノキ、サワラ、アスナロ、コウヤマキ

第三 スギ、マツ、モミ、ツガその他の針葉樹および広葉樹

Hf (第三) 形状高

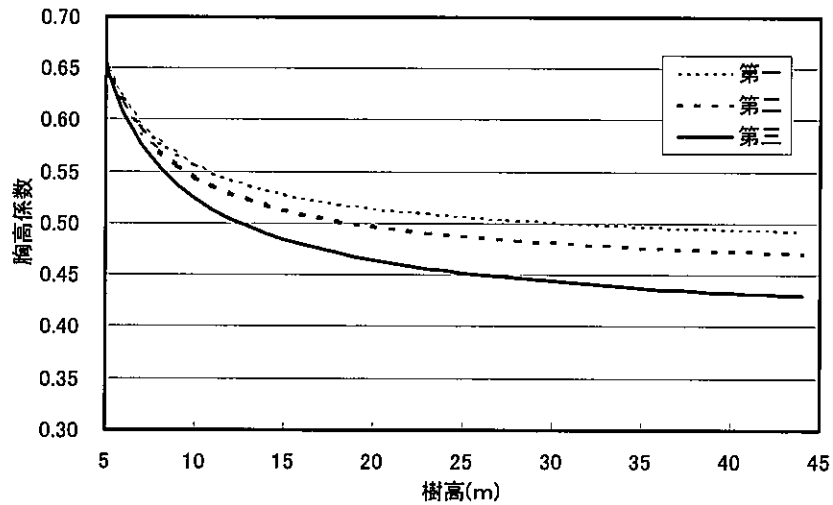


図 1.11 胸高係数

(3) 実測値に基づく流木発生量の算出

近傍に流木発生事例があり、これらの発生流木量に関するデータがある場合は、これから単位流域面積あたりの発生流木量 (V_{wy}) (m^3/km^2) を求め、式 1.3 で求めることができる。

$$V_{wy} = V_{wyj} \times A \quad \text{式 1.3}$$

A : 流域面積 (km^2) (溪床勾配 5° 以上の部分の流域面積)

参考として、過去に土石流とともに発生した流木の実態調査結果を図 1.12 に示す。図は、過去の災害実態調査結果をもとに、溪流の流域面積と針葉・広葉樹林別の流木発生量の関係を示したものである。

V_{wy} の値は図 1.12 より、針葉樹なら概ね $1,000m^3/km^2$ 程度、広葉樹なら概ね $100m^3/km^2$ 程度で包含できる。

なお、実績値に基づく方法は、流域の大部分が針葉樹、広葉樹等の森林により覆われているといった条件の溪流に適用できる。

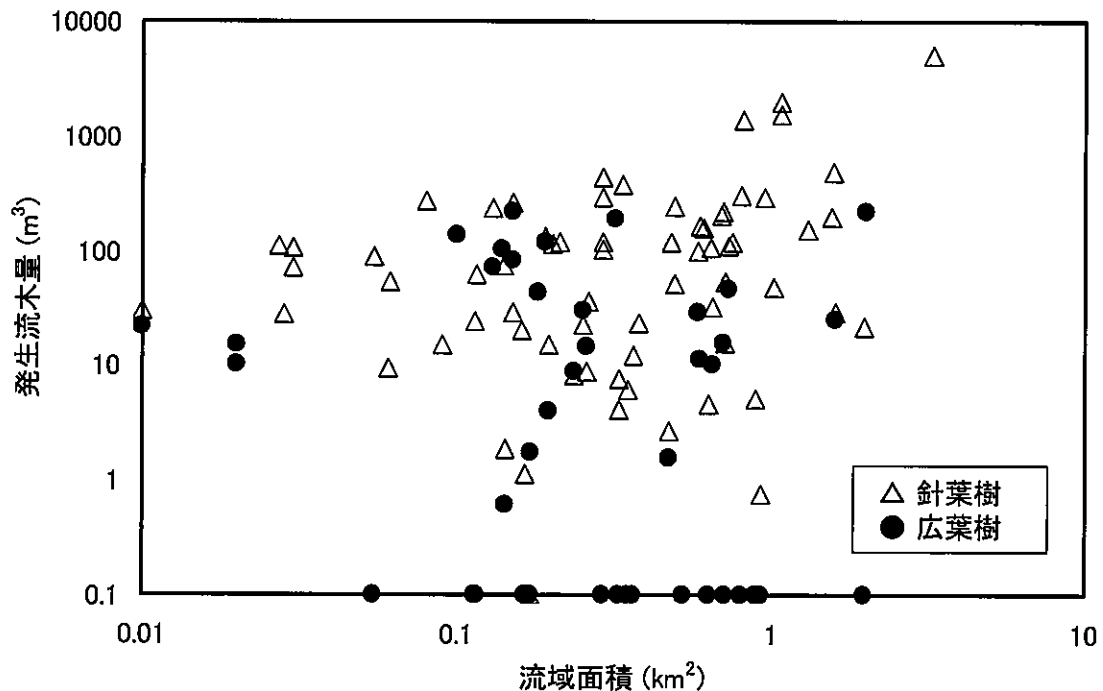


図 1.12 流域面積と流木発生量

7.8 流出流木調査に関わる調査法

推定される流木の発生量、場所、長さ、直径などをもとに砂防計画基準点などに流出する流木の量、長さ、直径などを推定する。

7.8.1 流木の最大長、最大直径

流木の最大長、および、最大直径は、流出流木量算出のための調査結果から推定する。なお、流木の最大長は土石流の平均流下幅を考慮するものとする。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p36

【解説】

流木の最大長 L_{wm} (m) は、土石流の平均流下幅を「土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅」 B_d (m)、上流から流出する立ち木の最大樹高を H_{wm} (m) とすると

$$\begin{aligned} H_{wm} \geq 1.3B_d \text{ の場合} & \quad L_{wm} \doteq 1.3B_d \\ H_{wm} < 1.3B_d \text{ の場合} & \quad L_{wm} \doteq H_{wm} \end{aligned}$$

として推定する。流木の最大直径 R_{wm} (m) は、上流域において流木となると予想される立木の最大胸高直径（流木となることが予想される立木のうち、大きなものから数えて5%の本数に当たる立木の胸高直径）とほぼ等しいとして推定する。

7.8.2 流木の平均長、平均直径

流木の平均長、および、平均直径は、流出流木量算出のための調査結果から推定する。なお、流木の平均長は土石流の最小流下幅を考慮するものとする。

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」p37

【解説】

流木の平均長 (L_{wa} (m)) は、土石流の最小流下幅を B_{dm} (m)、上流から流出する立木の平均樹高を h_{wa} (m) とすると、

$$\begin{aligned} h_{wa} \geq B_{dm} \text{ の場合} & \quad L_{wa} \doteq B_{dm} \\ h_{wa} < B_{dm} \text{ の場合} & \quad L_{wa} \doteq h_{wa} \end{aligned}$$

となる。

また、平均直径 R_{wa} (m) は、上流域において流木となると予想される立木の平均胸高直径とほぼ等しいとする。

7.9 木による被害の形態

流下してくる流木の量、長さ、直径などをもとに保全対象の受ける被害を想定する。

【解説】

流木の発生源調査、流下、堆積調査によって保全対象のある地区に流出してくる流木の量や長さ、直径を推定し、次に保全対象とする施設などへの被害を推定する。土砂とともに発生・流下する流木による被害の例としては、流木が溪流や河道を流下する際に狭窄部や橋梁、ボックスカルバートなどに詰まり、土石流、土砂流などの氾濫を引き起こして周辺地域の人命、人家、道路などに多大な被害を与える場合がある。

第8節 水系砂防調査手法

8.1 土砂量等の調査

8.1.1 現況調査

8.1.1.1 水源崩壊調査

(1) 調査対象

水源崩壊調査は山腹崩壊地と溪岸崩壊地およびその母体となる地域の他、本章 2.2.2 (p5-3) による1次谷の溪床を対象として行うものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-252

(2) 崩壊地の土砂量

流域内の全崩壊地について、踏査実測によるか空中写真を併用する方法で崩壊の状況と土砂生産に関係する諸元を調査し、現況における崩壊残土量と将来における拡大生産見込み土量とを推定する。

崩壊地から河道への土砂供給地点は河道距離で表す。ただし、土砂供給地点が本章 2.2.2 (p5-3) の1次谷になる場合は、1次谷の下流端の地点を土砂供給地点とする。

【解説】

本調査を行う対象は急峻な箇所であることから、踏査実測を行うにしてもポケットコンパス、ハンドレベル、クリノメータ、間なわなどの簡単な測器でよい。

空中写真を使用する場合は、1支溪の中で少なくとも1箇所は実測によって結果を照合しておかなければならない。調査項目は、例えば表 1.4 にあげるもので、この結果を表 1.4 のように取りまとめる。各項目について説明する。

1) 土砂供給地点

本文に示すとおりであるが、図 1.13 によって例示すると、崩壊地 A および B は河道距離 16.0km、C は 15.5km、D は 15.3km である。

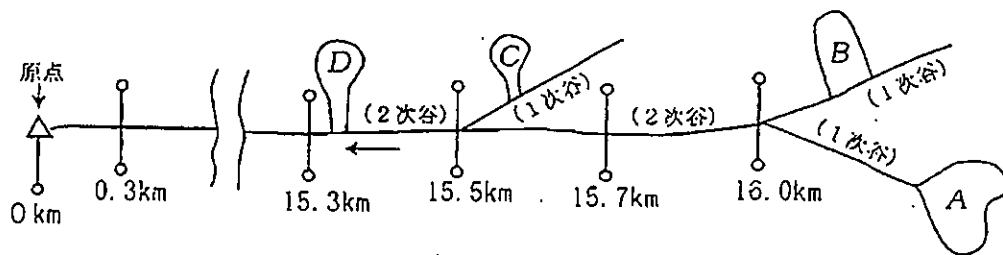


図 1.13 土砂供給地点の表示

2) 規 模

(a) 元斜面の設定

最初に崩壊が起こる前の元斜面を推定して設定する（図 1.14 参照）。この作業は個人差が出やすいので、できれば崩壊面に多数の縦横断線を設けて図面上で設定することが望ましい。図面上で設定する場合も、やむをえず目測で推定する場合も、崩壊地に接続する斜面の形状に準ずることが判断の基準となる。

(b) 平均幅、平均長、面積、平均深

平均幅および平均長は元斜面と崩壊面との交点間の平均長で表す。面積はこれらの交点をつなげた図形の内積であり、平均深は元斜面より崩壊面までの深さの平均である。これらは、崩壊土と残土について別に計上する。

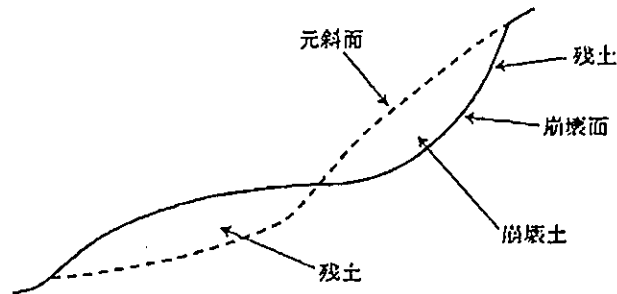


図 1.14 元斜面の設定

3) 崩壊土量、残土量、流出土砂量

崩壊面積×崩壊平均深＝崩壊土量（A）

残土面積×残土平均深＝残土量（B）

（A） - （B） = 流出土砂量

4) 拡大生産見込量

表 1.4 の地質より後にあげた項目を参考に、かつ現地を眺めて崩壊がどれだけ拡大するかを検討し、その場合に生産される(崩落する)土砂を推定する。

表 1.4 崩壊現況調査表

河川名		水系名		調査年月日					
溪流名	支溪名	土砂供給地点	山腹崩壊 溪岸崩壊別	規 模				崩壊土量	残土量
				平均幅	平均長	面積	平均深		
流出土砂量	拡大生産見込量	地質	勾配		わき水の 有 無	流心に対 する角度	形 状	崩 壊 時 期	原 因 摘 要
			頭 部	残 土					

*規模欄上段は崩壊土について、下段は残土について記す。

5) その他

表 1.4 の地質より後にあげる項目は、崩壊地における土砂量の推定に定性的に参考となる事項である。

(a) 地 質

崩壊を起こした地層が何であるかを調査する。分類は次のようである。

- ①崩積土……………崩落し堆積した土
- ②表 土……………表面の土
- ③風化残積土……………岩の風化物
- ④岩……………岩盤

③は、基岩の風化物であり、③、④については基岩の名称も必要とする。

(b) 流心に対する角度

溪岸崩壊地の中心線の方位と流心の方位との角度差である。

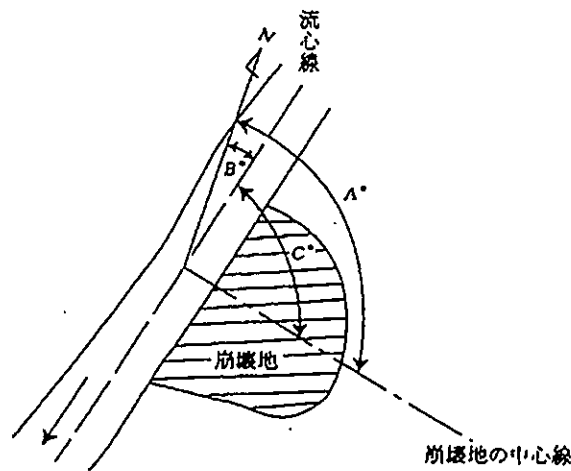


図 1.15 流心に対する角度

(c) 形 状

①半円筒状 ②樹枝状 ③スプーン状 ④三日月状等形状の特徴を捉えて簡単に表現する。

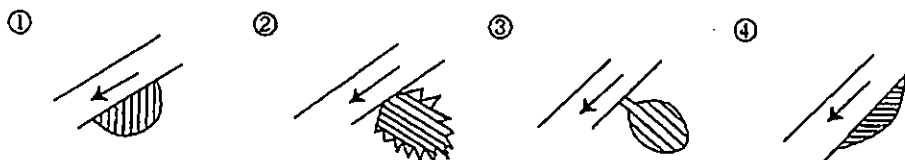


図 1.16 土砂崩壊形状

(3) 1次谷の溪床土砂堆積量

本章 2.2.2 (p5-3) の1次谷において、合流点から常時湧水点までの間の溪床土砂堆積量を求めるものとする。

1次谷の溪床土砂堆積量は便宜上1次谷の末端の地点におけるものとし、河道距離でその位置を表すこと。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-254

【解説】

調査の方法は、本章 8.1.1.2(3) (p5-62) 溪床土砂堆積量に準ずる。

(4) とくしゃ地の生産土砂量

いわゆる「とくしゃ地」からの生産土砂量を測定するには、原則として次の2つの方法のいずれかによるものとする。

①直接的方法

測定しようとする区域に2~5mメッシュの測線を設定し、その交点に杭を打つ。杭頭の地表面状の「出」を測定し、前回の測定値と差し引きして表土の移動深を求め、その杭の分担面積を乗じ、さらに区域を集計して生産土砂量を求めるものである。

②間接的方法

とくしゃ地から流出する土砂量を適当な「ます」で受けて測定しようとする方法で、一例として短侵食溪の下の堰堤を利用するものである。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-254

【解 説】

本文①、②いずれの方法も、本章 8. 1. 1. 3 (1) 1) (p5-66) 堰堤への流入土砂量などと同様に測量時期を選択することによって、1 洪水流砂量、平均流出土量を求めることができる。

直接的方法は、間接的方法に比して必ず大きな値となるようである。

林野庁で、昭和 26 年度から 28 年度にわたって荒廃地で調査した結果による、ごく大まかな目安程度の数値は次のようである。山腹面で年間に移動する土砂量は荒廃地の表土の深さにして 20~40mm 程度、普通の気象状態では、この移動量のうち現実に崩壊地の下端まで流送するものとなると減少して 20mm 前後、さらにやや下方の谷止めのある所まで流出する土砂量となると、5~10mm 程度となるようである。

林業試験場の川口が従来資料を統計的に整理したものによると、年流出表土深については、だいたい裸地（崩壊跡地を除く）が 10^0 mm、跡地が 10^{-1} mm、草地、林地が 10^{-2} mm のオーダーであり、これらを併せ考えると山地からの平均流出表土深は、だいたい年間 10^{-1} mm オーダーと思われる。

土壤侵食量と梅雨の関係について、土壤侵食量と 1 降雨量、最多 1 時間降雨量の重相関を求めたものは 0.6~0.9 の値を示し、侵食に降雨の量と質双方を考えることの妥当性を示している。

京都大学上加茂試験地の裸地試験区では、土壤侵食量は 5 分間雨量強度に比例するので、土壤侵食は 1 年に数回の強い降雨によってその大半が生ずるといふ。

(5) 地すべり性大規模崩壊

対象地域内における構造破碎帯の地区等、地すべり地の存在する地区を重点に、地すべり性の大規模崩壊が発生する地形、地質条件のある土地を空中写真、現地踏査等によって確認し、生産見込土砂量等を本章 8. 1. 1. 1 (2) (p5-55) の崩壊地の土砂量と同様に推定するものとする。

【解説】

地すべり性大規模崩壊発生に関する地質地形条件としての着目点は、次のようなものがある。

- ①構造破碎帯地域
- ②大規模斜面の存在
- ③山腹斜面変換線の存在
- ④地すべり性地形の存在

①については、御荷鉾破碎帯と著しい関係が推測されること、②については、大きな崩壊は大きな斜面で起きるものであり、崩壊が起きるときに滑落する部分は、一般には縦断方向は分水界から谷まで、横断方向には著しい谷や稜線で区切られた範囲であること。③については山腹斜面の縦断形として、山腹に傾斜変換線があつて相対的に緩い上部斜面と、急な下部斜面に分けられる斜面と、侵食が進み河口部急斜面のみで構成される斜面とでは、上部傾斜面を残す斜面は、そうでない斜面より、風化、変質して脆弱化している地層を残存させていること、緩斜面での雨水などの浸透能が大であること等の要素を有していることを考慮する必要があること。④については、大崩壊を起こした斜面には、頭部に弧状の小崖（引張亀裂）、斜面上部～中部に不整形微起伏が存在することが多いことなどがそれぞれ明らかになっている。

これらのことから、①～④は、共存の関係が推測され、破碎、変質、風化の進みやすい地質、地形の所では、浸透水が増加して表面流が減少し、表面侵食が微弱となり、侵食、開析が遅れ、単位斜面の規模は大きくなりやすい。浸透水の増加は地中での粘土生成を促進させ、あるいは溶脱作用により岩盤の脆弱化が進行し、スライド、クリープ、グライドなどが生じやすく、そのため、さらに浸透水が増加し、粘土化が促進されやすい斜面基部では斜面上部からの運搬堆積量が微少なので側侵食が進みやすく、下部斜面は後退して勾配は大きくなり、上、下斜面の差が増して不安定度が増大しやすいと考えられる。

8.1.1.2 溪流調査

(1) 範囲と測点

本章 8.1.1.2 (2) (p5-61) 以降についての調査の範囲は、原則として砂防計画基準点より上流に向かって本流および支溪の本章 2.2.2 (p5-3) による 2 次谷の上流端までとする。調査範囲内において、河道の形状および特性を表す調査地点を明示する目的で固定測点を設けるものとする。

河川砂防技術基準(案) 同解説 調査編 H9.10 建設省 P-255

【解説】

固定測点は、測点間隔を 50m の整数倍で、かつ、谷幅のおおむね 2 倍程度にとることを標準とし、谷幅の 4 倍を越えないように設ける。そして、河道縦断線に沿う累加距離を与えて、その測点の呼称とする。累加距離の基点は、砂防計画基準点をとるのもよいが、その近傍に河川距離標がある場合には、これと連結するのが望ましい。支溪については、その合流点より上流で支溪であることを表示する。(例 2.2km……本流、大谷 2.2km……支溪 大谷)

固定測点は、河道縦断線に沿う座標であるばかりでなく、一つの横断測線の位置をも表すものであるから、兩岸の堅固な場所にコンクリート杭や鉄びょう等で 1 対の測点を設ける。

測点の相互の位置関係は、三角測量などを行って明確にしておく。

(2) 谷幅と溪床勾配

固定測点を設けた地点(以下測点という)で谷幅と溪床勾配を測定し、これらを河道縦断線に沿う累加距離(以下河道距離という)に対してプロットし、谷幅および溪床勾配変化図に整理するものとする。

河川砂防技術基準(案) 同解説 調査編 H9.10 建設省 P-256

【解説】

谷幅は原則として現溪床高での地山間距離とする。ただし、段丘が形成されている場合には、その横断面で 100 年確率雨量を用いて流出量を求め、等流計算による水面以上の高さにある段丘は一応山地とみなす。

溪床勾配は平均河床高より算出する。

谷幅および溪床勾配変化図は、例えば図 1.17 のようである。

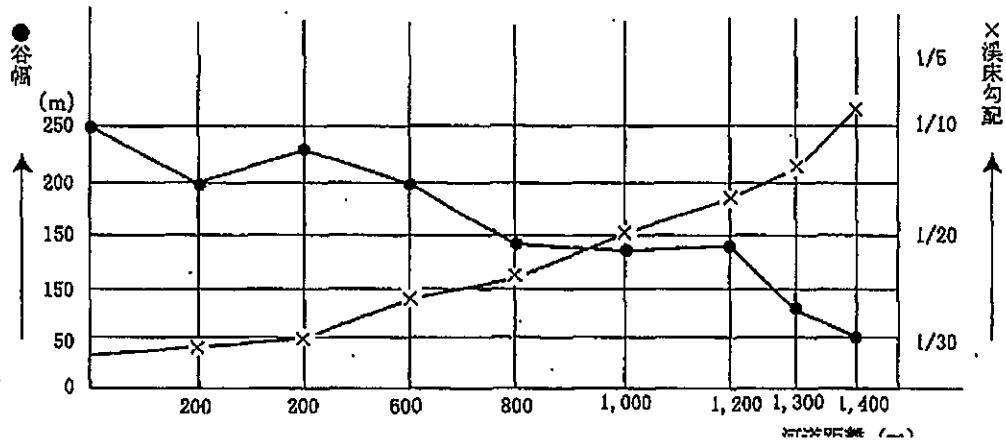


図 1.17 谷幅および溪床勾配変化図

(3) 溪床土砂堆積量

各測点で溪床堆積土砂の堆積深を求めて、各測点間の溪床土砂堆積量を算出し。河道距離に対してプロットして溪床土砂堆積量図に整理するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-256

【解説】

溪床土砂堆積量図は、溪床土砂の堆積に関する量と場所の情報をもたらすものである。堆積深は、堰堤等床堀り断面や周囲の洗掘断面の観察等が推定の手がかりともなるが、ボーリング調査に弾性波探査を併用して溪床岩盤の深さを判定することができる。堆積深と本章 8.1.1.2(2) (p5-61) の谷幅から各測点間の溪床土砂堆積量を算出し、その量を河道距離に対してプロットすると図 1.18 のような溪床土砂堆積量図を得る。この図と現地踏査を行った結果を併せて堆積地帯と流過地帯の区分をすることができる。

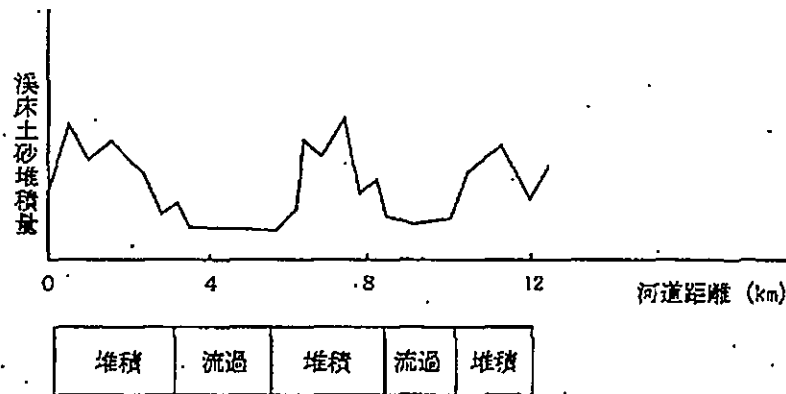


図 1.18 溪床土砂堆積量図

この際、本章 8.1.1.1(2) (p5-61) の谷幅および溪床勾配図を対象にしながら検討する。着眼点は谷幅が狭い所から急に広くなった所、広く連続する所、合流点の付近などである。

(4) 流出形態の判別

溪床土砂堆積地の形状と断面を観察および測定することによって、堆積が掃流によって形成されたものか、土石流によって形成されたものかを判断し、この結果を河道距離に対してプロットして、主として掃流状態で土砂運搬が行われる区域（掃流区域）と、そうでない区域（土石流区域）とに区分するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-257

【解説】

溪床土砂堆積地の形状には横断形、縦断形（図 1.19 参照）に特徴的な相違がみられる。また、堆積地の断面を堆積土砂の粒径の配列に着目して観察し、分級作用による層状構造の認められる場合を掃流的運搬区域とし、ランダムな場合を土石流的なものとしてみることができる（図 1.20 参照）。

なお、掃流堆積物のスケッチ例は図 1.7 に示す。

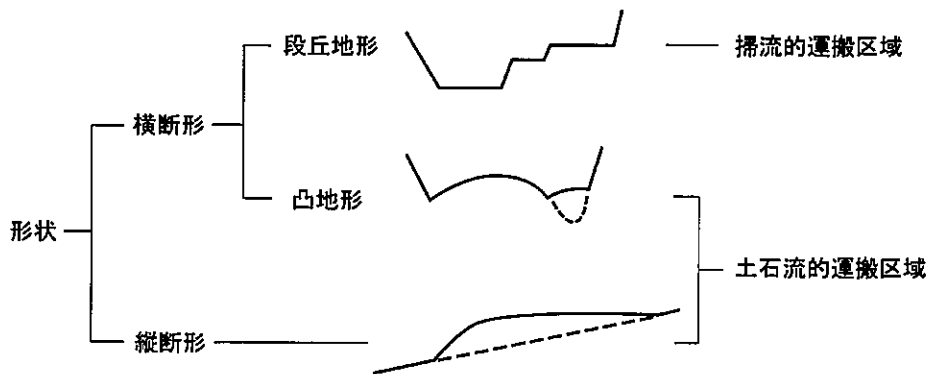


図 1.19 溪床土砂堆積地の形状による分類

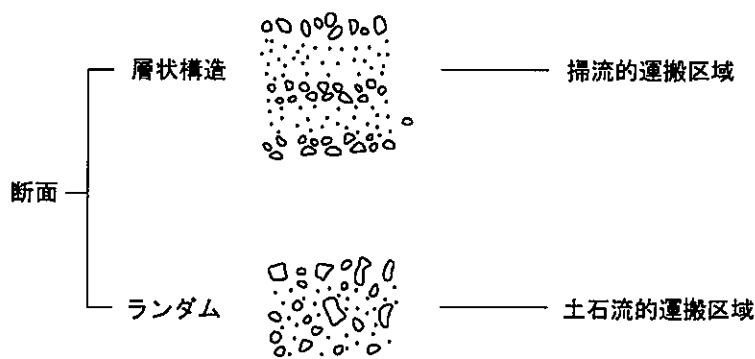


図 1.20 溪床堆積地の断面の粒径の配列による分類

河道距離に対してプロットした例を図 1.21 に示す。

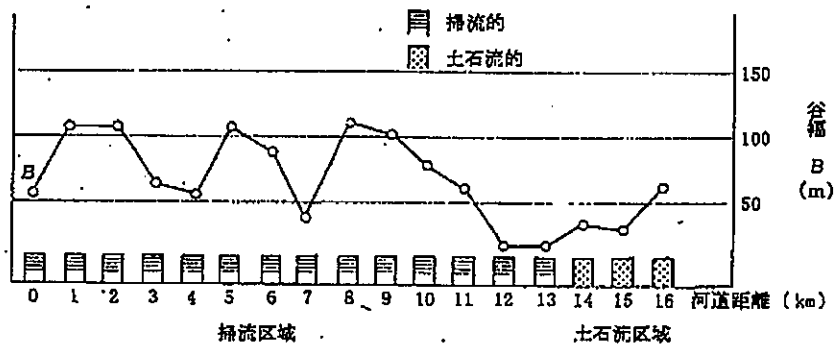


図 1.21 堆積物プロット例

(5) 溪床の土砂堆積地の形成年代および移動現象の繰返し方

溪床の土砂堆積地に木本科植物群落がある場合に限ってこの調査を行うことができる。溪床土砂堆積地の形状からみて累次の前後関係を判定し、その上に存在する木本科群落の年代調査を行って土砂の堆積年代を推定するものとする。調査地点の情報として得られた堆積年代を河道縦断距離に対してプロットし、溪床土砂の各年代ごとの移動傾向を推定するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-258

【解説】

木本科植物群落による年代調査は、林分の形態(天然性同令林分であること)が、林分を形成する個体が圧迫を受けた場合に現れる反応の特徴を、年輪から読み取って土砂の堆積年代を推定する方法である。

調査地点の情報に距離的要素を加えて、水系として解析するための図は図 1.22 のように作製する。この図から資料が多く蓄積されれば、堆積地の移動頻度、出水量と対応した移動距離、移動に関する水系のパターンによる堆積地帯と流過地帯の時間的確認など多くの事項が判明する可能性がある。

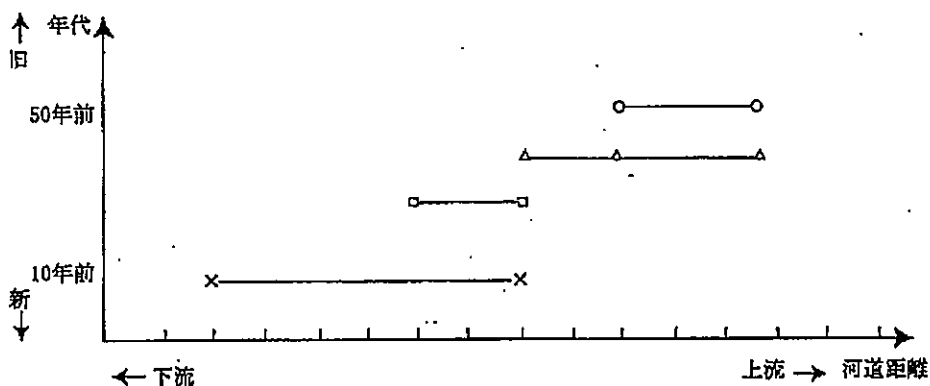


図 1.22 溪床(河岸段丘)における木本科植物の年代別分布図

(6) 現況調査のまとめ

水源崩壊地および溪流の現況調査により、次のような成果をとりまとめるものとする。

- ① 溪流における区間ごとの包蔵土砂量
- ② 堆積地帯と流過地帯の区分
- ③ 土石流区域と掃流区域の区分
- ④ 溪床土砂堆積地の移動現象の繰り返し方

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-259

【解説】

ここで区間ごとの包蔵土砂量というのは、本章 8.1.1.2(3) (p5-62) による 2 次谷より高次の谷の溪床土砂堆積量に、本章 8.1.1.1(2) (p5-55) による崩壊地の残土量と拡大生産見込量、本章 8.1.1.1(3) (p5-58) による 1 次谷・0 次谷の溪床土砂堆積量、本章 8.1.1.1(4) (p5-58) によるとくしゃ地の生産見込量および本章 8.1.1.1(5) (p5-59) の地すべり性大規模崩壊生産見込量をあわせたものである。

①～③の成果は、図 1.23 のように 1 枚の図にまとめると見やすい。

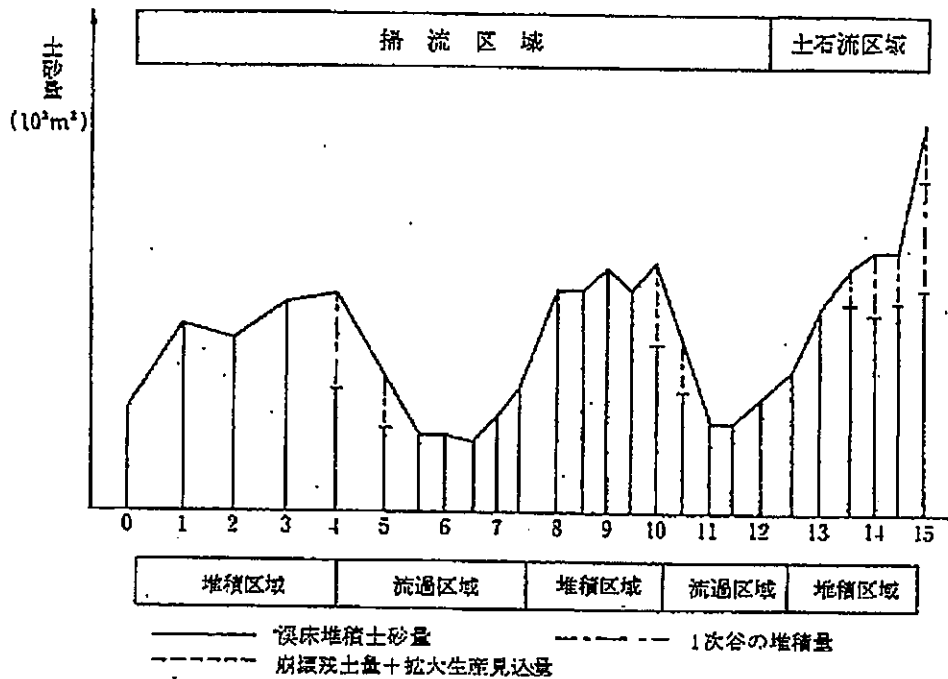


図 1.23 現況調査のまとめの例

8.1.1.3 変動調査

(1) 変動の実測に基づく流出土砂量の推定

1) 堰堤への流入土砂量

適当な箇所に調査堰堤が得られる場合には、堰堤への流入土砂量を測量してその地点における流出土砂量を求めるものとする。未満砂堰堤における調査は、測量時期を選択することにより1洪水流出土砂量および平均流出土砂量のいずれも求めることが可能で、流出土砂量推定方法として最も望ましい。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-260

【解説】

流出土砂量を求めようとする流域の最上部にある堰堤で、2時期に堆積土砂の測量を行い、その差をもって期間の流入土砂量、すなわち流出土砂量とする。

測量範囲は貯水池内と貯水池に接続する河道で、貯水池に河床の変動が支配される区域とする。

未満砂堰堤は、調査時期を洪水の前後に選べば1洪水流出土砂量が求まり、年間1回の測量を数回繰り返して回数で除せば、平均流出土砂量を求めることができ多面的な調査が可能である。

しかしながら条件を満たすような貯水堰堤は、おそらく非常に数少ないであろう。一方、砂防堰堤は数多く存在するが容量が小さく、したがって調査堰堤としての使用期間が短いということの他に、場合によっては1洪水流出土砂量をも貯めきれないことも考えられるが、流出土砂量調査としては、調査箇所がたくさん得られるのは何といても利点であって、この面から砂防堰堤は大きな価値がある。砂防堰堤が未満砂の間は、もちろん貯水堰堤と同様に取り扱い、満砂した後は流入土砂量の算定に精度の問題はあるとしても、堆砂勾配の変動を測定して流入土砂量を求める方法がある。ただし、この方法は1洪水流出土砂量を求めることに用いるのがよく、1年間とか長い期間の流出土砂量を求めるには、さらに多くの仮定を導入する必要がある、また評価手続きが複雑となるので、あまり適当ではない。

次にその方法を述べる。

(a) 算定方法

洪水前の堆砂縦断形、洪水後の堆砂縦断形をそれぞれ測量し、それぞれの縦断形を2次式で近似し、別途に谷幅と堆砂長を求め、これらの諸元を流砂量算定式に入れて計算する。

(b) 堆砂縦断形近似式

$$Z(x, t) = a(t)x + b(t)x^2 \quad \text{式 1.4}$$

ここに、 x ：堰堤天端から上流に向かって測った水平距離、 $Z(x, t)$ ：時間 t 、距離 x における堆積高、 $a(t)$ および $b(t)$ ： x および x^2 の係数で時間の関数

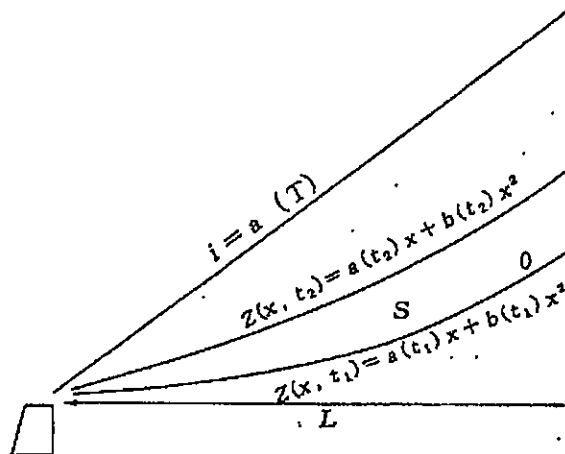


図 1.24 堆砂縦断系近似式の考え方

(c) 流砂量算定式

$$Q_B = F \cdot a(T) \cdot B \cdot L^2 \quad \text{式 1.5}$$

ここに、 Q_B ：1洪水（時間 $t_1 \sim t_2$ の間の流送土砂量）、 L ：堆砂変動区間長、 B ：計算上の谷幅を次式で表す。

$$B = V/S \quad \text{式 1.6}$$

ここに、 V ：時間 $t_1 \sim t_2$ の間で $x=0 \sim L$ の区間の堆砂変動量、 S ： $x=0 \sim L$ の区間の時間 t_1 と t_2 との近似曲線で囲まれた面積、 $a(T)$ ：動的平衡勾配で次式で表す。

$$a(T) = a(t_1) \cdot 2L \cdot b(t_1) \quad \text{式 1.7}$$

F は用いる流砂量公式によって値の異なる係数で、次のとおりである。

佐藤、吉川、芦田式

$$0.768 \log_{10} \left\{ \frac{3 \cdot S}{2 \cdot L^3 \cdot b(t_2)} + 1 \right\} \quad \text{式 1.8}$$

Brown 式

$$0.439 \log_{10} \left[\left\{ \frac{3 \cdot S + 2 \cdot L^3 \cdot b(t_2)}{L \cdot b(t_2)} \right\} \times \left\{ \frac{4 \cdot a(T) - 3 \cdot L \cdot b(t_2)}{8 \cdot a(T) - L^2 - 3(3 \cdot S + 2 \cdot L^3 \cdot b(t_2))} \right\} \right] \quad \text{式 1.9}$$

(d) 堆砂変動区間長の取り方

毎年の堆砂縦断形の変動記録を初期河床と比較しながら検討して、一様に変動しているとみられる区間とする。

(e) 谷幅 B の検討

谷幅 B は、 V/S で算出される。いわば、平均谷幅である。流砂量の算出は単位幅当たりの流砂量に谷幅 B を乗じるので、 B の精度は流砂量を大きく支配する。したがって B の検討は重要である。

今、この $B = V/S$ で算出した値を B_A とし、地形からみた谷幅を B_C として実際に計算してみると、 B_A がマイナス ($B_A < 0$) になったり、地形的にみて谷幅として理解し難い値 ($B_A > B_C$) になることがある。

こうした場合に安部川の事例では、以下のようにして B を決定した。ここで、 V が大きいというのは水みちを埋め、河床全体を変動させるほどの堆砂量と定義されている。

- a) $B_A > B_C$ の場合で V が S に比し大きい場合：もし山崩れなどによる土砂の側方供給や測量上の誤りがないとするならば、この原因は土石流による堆積のように、流量に比べて大量の土石流が堆積した場合が考えられる。この場合には谷幅は前面にわたって変動したことが予想されるので、横断図を検討の上、地形的に最大と思われる谷幅をとった。
- b) $B_A > B_C$ の場合で V 、 S ともに小さい場合：これは、 $B_A = V/S$ が $0/0$ に近づくために生じた場合であるので、当然変動したであろう河幅も小さかったと思われる。しかし、その値を決めるのは現在では不可能であるので、 B_C をもって、代用した。したがって、こういう場合は最も信頼性に乏しいと考えられる。
- c) $B_A < 0$ の場合：この原因は洪水後測量するまでの時間が長くて、みおすじが洗掘されてしまったり、数回の洪水が来襲し、堆砂変動を複雑にしていることが考えられる。そこで、その年の流量と対応して堆砂変動が行われたと考えて、その年の最大日流量と谷幅との関係（数年の実績値が必要である）から求めた。

B_A がマイナスとなる要因の一つに最低河床高を取っていることも考えられる。平均河床高によると S がプラスとなって、よい結果を示した例もあるので試みるとよい。

(f) 計算例

洪水前の堆砂縦断形：

$$Z(x, t_1) = 2.67 \times 10^{-2} x + 3.47 \times 10^{-6} x^2$$

洪水後の堆砂縦断形

$$Z(x, t_2) = 2.94 \times 10^{-2} x + 2.08 \times 10^{-6} x^2$$

計算区間L：1,000m

谷幅B：50m

上記の場合

$$a(t_1) = 2.67 \times 10^{-2}、$$

$$a(t_2) = 2.94 \times 10^{-2}、$$

$$b(t_1) = 3.47 \times 10^{-6}、$$

$$b(t_2) = 2.08 \times 10^{-6}$$

$$a(T) = a(t_2) + 2L \cdot b(t_2)$$

$$= 2.94 \times 10^{-2} + 2 \times 1,000 \times 2.08 \times 10^{-6}$$

$$= 3.36 \times 10^{-2}$$

$$S = \frac{2}{3} \cdot L^3 \cdot (b(t_1) - b(t_2))$$

$$= \frac{2}{3} \times 1,000^3 \times (3.47 \times 10^{-6} - 2.08 \times 10^{-6})$$

$$= 927.0 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$Q_B = 0.768 \cdot a(T) \cdot B \cdot L^2 \times \log_{10} \left\{ \frac{3S}{2 \cdot L^3 b(t_2)} + 1 \right\}$$

$$= 0.768 \times 10^{-1} \times 3.36 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^1 \times 1 \times 10^6$$

$$\times \log_{10} \left\{ \frac{3 \times 9.27 \times 10^2}{2 \times 1 \times 10^9 \times 2.08 \times 10^{-6}} + 1 \right\} = 2.86 \times 10^5 \text{ (m}^3\text{)}$$

2) 河床変動量解析による流出土砂量の推定

▶ 調査対象区間内の一部の地点で流砂量の実測が可能ならば、河床変動を河道断面間の平均的変動として捉え、次式による逐次計算を行って流出土砂量を推定するものとする。

$$\Delta Z = \frac{Q'_B - Q_B}{B \cdot \Delta x} \cdot \Delta t \quad \text{式 1.10}$$

$$\Delta Z = Z_{t+\Delta t} - Z_t \quad \text{式 1.11}$$

ここに、 ΔZ ：時間 Δt の間の河床変動高、 Q'_B ：上流断面での流入流砂量、 Q_B ：下流断面での流出流砂量、 B ：計算区間幅員、 Δx ：計算区間距離、 Z_t ：時刻 t のときの河床高、 $Z_{t+\Delta t}$ ：時刻 $t+\Delta t$ のときの河床高。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-262

【解 説】

河床変動は一般に流砂の場所的な不均衡によって生ずるものと考えられ、①河道断面間の平均的変動、②湾曲部や構造物周辺の局所の変動 Sand wave および③拡幅や蛇行などの平面的変動に分けられる。このうち、①については、いわゆる1次元解析法があるが、それ以外は一般的な解析法が確立されるに至っていない。1次元解析式は流砂に関する連続の方程式から導かれ、流量計算と流砂量計算を組み合わせ、数値計算を行うというのが元来の方法であるが、現在のところ溪流において適用し得る流砂量公式が確立されていないところから、流量と上下2断面の河床変動高(平均河床高の変化量)を実測して、あとは流砂量公式を適用しようというわけにはいかない。この方法を適用しようとするには、河床高の変動が測量できるほか、少なくとも、どちらかの断面で流砂量を何等かの方法で実測しなければならない。流砂量の測定には満足すべき方法がいまだ開発されていないが、例えば、1洪水中に何回かバケツですくって流砂量を実測するというだけでも問題の解決に役立つ。

ΔZ や Z_t のピッチもまだ標準化された段階ではなく、精度はともかくとして試みることによって発展を期す段階のものである。

計算の手順としては、初期溪床状態から始めて $t_0 \cdots \cdots t_n$ まで n 時間の逐次計算を行う。実際問題として、河床高を測定し得るのは、かなりの時間を経なければできないことと考えられるが、計算では変動が激しくて、その間を幾つかの十分小さな Δt に分けて計算しなければならない。溪床の粒度分布は計算期間中不変であると仮定する。幅員 B も1次で計算に効いてくるが、この時間的変化の取り方も工夫を要する。

このような点から現在のところ本方法は一般的とはいえないが、将来砂防溪流における流出土砂量調査はこの形で行われるべきであって、流砂量、河床高について洪水中での現場計測手法の開発が待たれる。

3) 河床変動量調査の利用

次の場合には、河床変動量調査（本章 8.1.2.2 (p5-76) 参照）を溪流に適用して、流出土砂量の推定を行うことができる。

①土石流区域について
土石流堆積物による河床変動量から土石流による1洪水流出土砂量を推定する場合。

②掃流砂区域について
調査対象区域の最下流端で土砂流出がおおむね阻止されるような状態、例えば、堰堤などが存在するような区域での河床変動量から1洪水流出土砂量あるいは1年間ごとの流出土砂量を推定する場合。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-263

【解説】

土石流区域で実測に基づいて、流出土砂量を求めようとするときまずこの方法しかない。1洪水期間中に発生した数回の土石流の土砂量は、土石流堆積物を測量して求めることができるが、土石流が停止して土石流堆積物となったものは水のほかに細粒分がかなり紛失してしまっているため、実際の土石流による流出土砂量は測量値より大きいことが考えられる。

調査区域の下流端で流出土砂が阻止されない場合には、河床変動の振幅が漸減していったらほぼ平衡に達している区間まで調査するなどして、その有効性を検討しておかなければならない。

調査区間の中には自然河道ばかりでなく、砂防堰堤や堰が存在し、河床変動が支配されている箇所が存在する場合が多い。溪流横断工作物も河道条件の一つとみなして、連続した調査区間を考えればよい。河道変動量調査の整理は、例えば表 1.5 のようにすればよい。この場合、表 1.5 において測点の何番から何番までは、砂防堰堤の堆砂地である旨を備考欄に示す。

表 1.5 河床高、河床土砂容積計算書

水系名		河川名		区域		測量期日		断面積を求めた方法	
測点	基準標高	幅	基準標高よりの断面積	平均河床高	最低河床高	平均断面積	距離	基準標高よりの体積	備考

河床変動量調査の通常の方法は縦横断測量によるが、空中写真を利用して行うのも記録を残せるとか、情報量が多いなどの利点がある。

縦横断測量による方法は「建設省河川砂防技術基準（案）調査編 H9.10 第14章流送土砂調査」に準じて行う。表 1.6 における平均河床高は河床が計算上設定した基準標高より下および上にある部分の断面積をそれぞれ正および負の値とし、その代数和によって基準標高よりの断面積を求め（基準標高）－（断面積/幅）で求めることができる。

空中写真を利用することについて、昭和41年に渡良瀬川の足尾ダム上流地域で行った調査の事例に基づいて要点を説明する。2時期の空中写真は、あり合わせの写真を用いるのではなく、この目的のために撮影したものであることが望ましい。理由は、撮影コースやモデル数が、はなはだしく異なる2種の写真上に、同一断面を設定するのが困難であること、共通の標高の明瞭な不動点を多数得ることが難しいという点にある。空中写真は、垂直撮影、パンクロ写真、普通角、撮影縮尺 1/5,000～1/10,000 のものである。断面を設定するには機械的に何百mピッチとせず、写真利用の利点を活かして堆砂形成のピッチを眺めて決定するとよい。

断面の設定の基図としては、縮尺 1/2,000 程度の図化を行う必要がある。1級図化機に写真をかけて、主として傾斜変化点で溪床の標高を測定し、2時期の断面積差を求める。断面積差に断面間隔を乗じて、区間変動量を求め、全区間について集計すれば調査区間の河床変動量となる。断面計測の誤差はオペレータの技能にもよるが 10～20cm にとどめ得る。しかし、精度を論ずるときに問題となるのは、断面間隔である。断面間隔というものは基準次第で有意な長さが幾通りにも取り得る。

断面線は、原則として兩岸に直角に設定するが、屈曲や谷幅次第で必ずしも兩岸に直角に設定できるとは限らず、まして全断面線を平行に引くことはできないので断面間隔は一儀的でなく、土砂計算を行うのに土砂差の配分がアンバランスになっていることは十分にあり得る。したがって、算出された土量が、どの桁まで信用できるか明確でない。そこで、土量計算作業の条件を幾つか想定して有効桁数を決めておくことよい。原理的には断面間隔を導入しない方法、例えば等高線断面積法などで解決されることになる。

河床変動量は、区間ごとに増加量と減少量を河道距離に対応してプロットした河床変動量図、上流から下流に向かって河床変動量を加算して河道距離に対応してプロットした河床変動量累加曲線図に整理すると変動状況の把握が容易である。

表 1.6 河床変動量調査

水系名	河川名	区域	前回測量期日	今回測量期日						
測点	最低河床高			平均河床高			基準標高よりの体積			備考
	前回	今回	変動	前回	今回	変動	前回	今回	変動	

(2) 流域の諸特性値による流送土砂量の推定

調査しようとする流域の特性が、いわゆる流出土砂量算定式の適合度の高い条件に合致する場合には、流出土砂量算定式による流出土砂量の推定を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-265

【解説】

流出土砂量算定式の適用性については、式を導いた資料を取得した流域の特性と、算定しようとする流域の特性とが異なる場合に得られる値に大差が生ずるものとして、一般性に欠けるものとされ、また資料の多くが大流域面積で得られているところから、広範囲な地域全体の流出土砂量の傾向を非常に巨視的に知る意義はあるが、通常 100km² を割るような砂防計画対象流域においては、算定式によって算出された流出土砂量に意義がある場合は少ないと評価される。

ところが、全国的に収集した砂防堰堤堆砂量調査の中から 103 箇所を抽出して、村野が導いた年平均 1km² 当たりの堆砂量（比堆砂量）を求める算定式（村野式・1967）は、幾つかの地質条件に関しては、かなりよい相関が得られている。村野式は次のようである。

$$\log q_s = a + b \log A + c \log R + d \log M_f + e \log R_r \quad \text{式 1.12}$$

ここに、 q_s : 比堆砂量 (m³/年/km²) A : 流域面積 (km²)
 R : 長期間の年平均雨量 (mm) M_f : 流域平均高度 (m)
 R_r : 起伏量比 (無単位)
 $a \sim e$: 重回帰分析で求めた各項の係数で表 1.7 による。

表 1.7 村野式の重回帰分析係数表

地質 \ 係数	a	b	c	d	e	相関係数
I	-8.5498	-0.3926	1.3380	0.2523	0.0955	0.6669
III	-2.7844	-0.0618	2.0970	0.1071	1.8900	0.8342
IV	-2.9090	-0.3928	0.9728	0.9631	-0.2270	0.6059

- ここに、Ⅰ：古期堆積岩（古生層、中正層）からなる流域、
 Ⅱ：主として古期堆積岩の変成岩（結晶片岩類）からなる流域
 Ⅲ：主として新期堆積岩類（第三紀層、第四期層、火山碎屑物）からなる流域
 Ⅳ：主として噴出岩類（安山岩、石英粗面岩など）からなる流域
 Ⅴ：堆積岩類と化成岩類の30～70%ずつからなる流域

である。

村野式の係数の表に相関係数を示したように、相関係数が0.6を上回るところのⅠ、Ⅲ、Ⅳの地質よりなる流域に関していえば、これをもって計画量として年平均流出土砂量を決定するには問題があるとしても、かなり信頼性のある平均流出土砂量を得ることができる。

流域の諸特性値のうち、起伏量比というのは、流域内の主流路に沿った最高点と、谷の出口との高度差（起伏量、m単位）を主流路延長（m単位）で除して無次元化した値である。

流出土砂量算定式のうち、注目すべきものに江崎式（1966）がある。

江崎式は、

$$V_s = 8.85 I S^2 + 7.83 I (A_d/A) D^2 \quad \text{式 1.13}$$

である。

ここに、 V_s ：Ⅰの期間によって定まる期間内貯水池総堆砂量（ m^3 ）

I ：期間内洪水総流入量（ m^3 ）

S ：貯水池流入端付近の平均河床勾配

A_d ：流域内の崩壊地面積（ km^2 ）

A ：流域面積（ km^2 ）

D ：崩壊地の平均勾配

である。

式は北海道、四国を除く我が国河川の最上流発電用貯水池（容量 10^7m^3 以上）で、流域面積が $41\sim 3,827km^2$ のものについて28の資料から得られた結果である。 $I \cdot S^2$ 項に比して、 $I(A_d/A) D^2$ 項の比重が大きく、崩壊地からの土砂流入の重要性を指摘しているのが特徴である。

本式により流出土砂量の目安を知ることができる。

(3) 変動調査のまとめ

調査量に基づいて計画流出土砂量を決定する場合の基幹となるものは変動調査による調査量である。

変動調査の調査量は、調査地点での流出土砂量、あるいは調査区間での土砂の移動収支の姿で得られるものであるから、それを支配する条件との関係を考察して計画基準点における流出土砂量を推定するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-266

【解説】

この方針に沿って作業を行う手法は、実は完成されたものではないが、作業はまず地点または区間で得た調査量を河道の縦断距離に沿ってプロットするところから始める。

1 洪水流出土砂量であれば同一年に測定した資料を用いてプロットする。

この際に調査地点（区間から得たものであれば代表地点を抜き出す）の流域面積、谷幅、溪床勾配、溪床礫の平均径を併せてプロットする。この流出土砂量の場所的变化を表すグラフは、例えば溪流の下流に向かうにしたがって流出土砂量が次第に増加してくるような形にはならないで、一見ランダムな折線図となっている場合が多いと思われる。そこで、基礎調査を現況調査から得られた資料、すなわち流出土砂を支配する条件を導入して、なぜそうなるのかの考察を行う。

条件としては、河床変動状況、溪流区間ごとの土砂包蔵量、流砂形態などが考えられる。

このようにしてみれば調査量を水系編成したり、その後、計画基準点における流出土砂量を推定する上での問題点が明らかになり、幾つかの仮定を導入するとしてもある程度説明がつくものと考えられる。

計画基準点における調査量から計画流出土砂量を決定する場合、将来起こる土砂流出も過去に発生した洪水と同様の洪水がある場合には同様に流出するであろうとの再現性の期待を前提とする。計画の策定に当たっては、指定される土石流の規模あるいは計画降雨の規模に基づく洪水流量から計画流出土砂量を決定する。この際にも現況調査から求めた溪流区間ごとの包蔵土砂量、溪床堆積地の移動減少の繰返し方などを考慮する必要がある。

計画量は調査量をもとに決定すべきものであるという趣旨からすると、当然調査量の積み上げが必要であるが、現状では1洪水の変動量調査によって得られた一回だけの調査量によって計画を求めざるを得ない場合も多いと考えられる。こうした場合にも上記の考え方にしたがって、得られた資料に現象の時間的経過と場所的条件を導入して考察を進めるとよい。

8.1.2 流送土砂量調査

8.1.2.1 総 則

(1) 総 則

流送土砂量調査は、流送土砂調査を行うにあたって必要となる標準的な手法を定めるものである。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-271

【解 説】

一般に河道は流水によって運ばれ堆積した土砂により構成されており、出水があればこれらの土砂は再び流送され、上流から流送されてくる土砂におきかえられる。

放水路計画、低水路計画などの河道設計や、ダム、貯水池、堰、水門などの構造物の設計においては流送土砂の移動特性や、これに関する河床の堆積や洗掘などの変動現象を十分認識することが必要である。流送土砂調査では、これらの目的のために必要な基礎的調査として、河床変動量調査、流送土砂量調査、河床材料調査について、その具体的な調査方法を示す。

(2) 調査の項目

流送土砂量調査においては、必要に応じ、次の調査を行うものとする。

- ①河床変動量調査
- ②流送土砂量調査
- ③河床材料調査

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-271

8.1.2.2 河床変動量調査

(1) 調査の目的と項目

河床変動量調査は、河床の変動が洪水の疎通能力および護岸、水制、橋脚などの河川構造物の安全性や機能に与える影響の検討、さらには、河口から周辺湖岸への供給土砂量の検討などのために行うものであり、必要に応じ次の調査を行うものとする。

- ①縦横断測量調査
- ②水位調査
- ③河床変動計算
- ④人為的要因による河床変動量調査
- ⑤洪水時河床変動調査

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-271

(2) 縦横断測量調査

1) 縦横断測量調査の方法

縦横断測量調査は、同一測点について一定期間をおいて行う2回の測量結果を比較し、その期間内の変動量を求めるものであり、基準水位としては計画高水位または平均低水位を用いるものとする。縦横断測量についての一般的な方法は、河川砂防技術基準（案）調査編第21章測量によるものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-272

【解説】

流送土砂調査における縦横断測量は、河床変動の実態を把握するために行うものである。基準水位は、高水敷の場合は計画高水位とし、低水路の場合には平水位付近の水位を基準として、これを毎年度変えないことが重要である。

2) 縦横断測量調査の範囲および時期

縦横断測量調査の範囲、断面および時期は、原則として表 1.8 のとおりとする。

表 1.8 縦横断測量調査の範囲および時期

調査項目	調査範囲	調査箇所	調査時期
河道における変動量	横断測量の範囲は、調査対象区間が対象区域内のとき改修計画の河川敷の範囲。また、改修区域外では洪水時に土砂の移動が予想される範囲。	距離標と一致する横断面をとり、200m間隔を標準とする。	年1回同一時期に洪水のあった場合はその直後。
ダム（砂防堰堤を含む）による変動量	ダムによって生ずる土砂の堆積の及ぶ範囲、および下流の河床低下の生ずる範囲。	ダムの場合には50～200m間隔。 砂防堰堤の場合には20～50mの範囲で変化量の大小、縦断的变化の状況に応じて間隔を決定する。	洪水の前後。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-272

3) データ処理

河道における測量調査結果は表 1.9 および表 1.10 に、砂防堰堤においては、表 1.11 に、ダム貯水池については、表 1.12 に、それぞれ必要に応じ整理するものとする。

表 1.9 平均河床高表

水系名		河川名		区域		測量年 月	
杆 杭	計 画 高 水 位	左 岸 側 高 水 敷			低水路また は全断面	右 岸 側 高 水 敷	最 低 河 床 高
		水面幅	平均河床高	断面間距離			

表 1.10 河床変動高、変動量表

水系名		河川名		区域		測 量 年 月		前回測 量年月	
杆 杭	基準水位	水面幅	平 均 河 床 高	前回測量	前回測量	変動高	断面間 距 離	変動量	土 砂 採取量
				水面幅	平均河床高				

表 1.11 砂防堰堤、堆砂量調査表

番 号	河川名	堰堤名	調 査 年 月			堆砂勾配		現堆砂量	今 期 堆砂量	堆積物質 の最大径	平 均 見かけ 比 重
			前回	今回	期間	前回	今回				

表 1.12 貯水池堆砂量調査表

ダム名	河川名	前 回 調 査		今 回 調 査		前 回 ~ 今 回		1ヶ年 堆砂量	1km ² あたり 1ヶ年 堆砂量	総貯水量 に対する 堆積比	年間流入 (または流 出) 土 砂 量	土 砂 捕獲率	堆積率 見かけ 比 重
		総堆 砂量	年 月	総堆 砂量	年 月	堆 砂 量	期 間						

【解説】

1) 河道における変動量調査資料の整理

河道における測量結果を用いて、平均河床高、変動高、変動量を求め表 1.9 および表 1.10 に整理する。

表 1.9 は、複断面または複々断面などの河川に使用し、表 1.10 は前回の測量結果と併せて変動高や変動量を表示する場合に使用するもので、複断面水路では低水敷、高水敷別に作成する。

平均河床高は、

$$\left(\begin{array}{l} \text{計画高水位または} \\ \text{基準水位} \end{array} \right) - \left(\frac{\text{河積}}{\text{水面幅}} \right)$$

として求め、絶対標高で記入する（河積はその水位以下の河道面積）。

断面間の距離は、それぞれ高水敷や低水敷の代表長を求めるように注意する。

なお、河床変動量調査区間内の縦断面図に次の事項を記入のうえ添付する。

最低河床高、高水敷および低水敷平均河床高、用水堰、床止め、洗堰など河床変動に影響を及ぼす構造物の名称、位置、敷高、築造年月、掘削年月、計画築堤高、計画高水位、管理河床高、支派川の分合流点、水位標位置

2) ダム（砂防堰堤を含む）による変動量調査資料の整理

縦横断測量の成果を砂防堰堤については表 1.11 により、ダム貯水池については表 1.12 により整理する。

表 1.11 の現堆砂量は今回測量の全堆砂量であり、今期堆砂量は前回測量の全堆砂量との差である。

表 1.12 の 1km²あたりの 1 ヶ年堆砂量は、上流に貯水施設がある場合には残流域に対するものとする。ダム貯水池への年間流入土砂量または流出土砂量を土砂量の計算を適用するなどして求め、これと 1 ヶ年堆砂量から土砂捕獲率、すなわち

$$\frac{\text{堆砂土砂全量}}{\text{流入土砂全量}} \times 100 (\%) \text{ を求める}$$

砂防堰堤またはダム貯水池の平均堆砂面の縦断面を添付することが望ましい。

(3) 水位資料の調査

縦横測量資料が十分ない場合には水位資料の調査を行い、平均低水位の変化または水位、流量観測地点における水位一流量曲線の経年的変化により河床変動状況を推定するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-274

【解 説】

十分な横断測量の資料がない場合には、年平均低水位や年平均水位を経年的に比較することによって、水位観測点付近下流部の河床変動を推定することができる。しかし、この方法は年雨量の影響を受けるから、渇水年など低水位流量の大小に注意しなければならない。

また、流量観測所における、経年的な水位流量曲線の変動から河床高の変化を推定することができる。すなわち、ある一定流量に対する水位を求め、これらを経年的に比較すれば河床高の変化を求めることができる。

(4) 河床変動計算

1) 河床変動計算の目的と方法

河床変動計算は河床変動に生じた原因の推定や河川構造物を新設したことの影響の把握、将来の河道安定性の予測などのために、一般に不等流計算と流砂量計算を組合せた数値計算により行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-275

【解 説】

流砂量の縦断的不均衡に基づく河床変動の計算には、式 1.14 を用いる。

$$\Delta Z = Z_{t+1} - Z_t = \frac{Q_{B1} - Q_{B2}}{B\Delta x(1-\lambda)} \Delta t \quad \text{式 1.14}$$

ΔZ : Δt 時間内の河床変動量

Z : 河床高

Q_{B1} , Q_{B2} : 上、下流断面の通過流砂量

B : 河床変動を生ずる河幅

λ : 河床砂の空隙率

Δx : 区間距離

式 1.14 は流砂量の連続の条件を表したものであり、各地点の各時刻における流砂量を精度よく見積もることができれば、河床変動の推定精度も高い。

通常、計算の手順は次のとおりである。まず、初期河床について t_0 の時刻の流量を用いて不等流計算を行い、各断面での摩擦速度 U_* を求める。この値と河床材料の粒度分布から流砂量式により各断面での流砂量を求め、式 1.14 から Δt 時間後の河床高 Z_{t+1} を計算

する。以下逐次 n 時間までの計算を繰り返して t_n 時間の河床高が得られる。

河床変動計算では、河床材料の粒度分布の変化やアーミング効果の取り扱い、境界条件の設定の適否などによって計算結果に差異を生ずる場合があるので、これらについては十分検討しておかねばならない。

◎参考：流砂量算定法

河床変動に考慮すべき流砂量は、通常浮遊砂と掃流砂とするものとする。ダム貯水池の中の変動など流速の変化が大きい場合には、wash load についての検討も行わなければならない。また、掃流力と河床の粒度分布の関係から掃流砂量または浮遊砂量のうちどちらか一方が卓越している場合には、その流砂量式のみを用いてよいものとする。流砂量の推定にあたっては、小規模河床形態の特性を反映させるとともに、河床形態に応じた摩擦速度、有効摩擦速度比を用い Lower regime、Upper regime ごとの流砂量を算出するものとする。

通常用いられる流砂量式は次のようなものがある。

1) 掃流砂量

(a) 佐藤・吉川・芦田の式

$$q_B = \frac{u_*^3}{\left(\frac{\sigma}{\rho} - 1\right)g} \cdot \phi \cdot F(\tau_0/\tau_c) \quad \text{式 1.15}$$

q_B : 単位幅単位時間当たりの掃流砂量

σ : 砂の密度

ρ : 水の密度

g : 重力の加速度

u_* : 摩擦速度 = $\sqrt{gHI_e}$

H : 水深

I_e : エネルギー勾配

ψ は、 $n \geq 0.025$ で $\psi = 0.623$

$$n < 0.025 \text{ で } \psi = 0.623 (40n)^{-3.5} \quad \text{式 1.16}$$

(ただし、 n : マニングの粗度係数)

また、 F は図 1.25 に示すような τ_0/τ_c の関数である。

ここで、 τ_0 は底面に働く掃流力で、 $\rho g H I_e$ 、 τ_c はシールズ (Shields) ダイアグラム、岩垣式などにより河床材料から求まる無次元移動限界掃流力である。

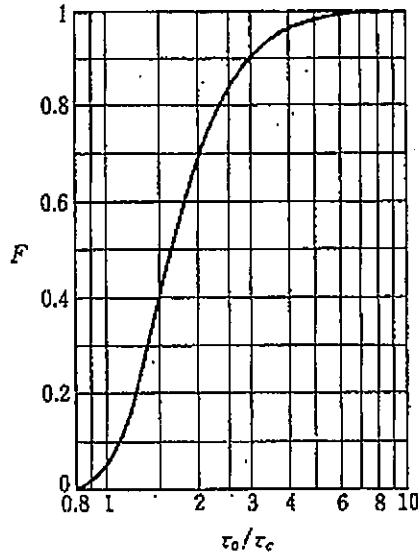


図 1.25 土砂移動の形態の溪床勾配による目安
佐藤、吉川、芦田の式における F と τ_0/τ_c の関係

(b) Einstein (アインシュタイン) の式

a) 一様粒径

$$\frac{q_B}{\sqrt{\{(\sigma/\rho)-1\}gd^3}} = \frac{f(\psi_e)}{43.5\{1-f(\psi_e)\}} \quad \text{式 1.17}$$

q_B : 単位幅、単位時間あたりの掃流砂量の容積

d : 粒径

$$f(\psi_e) = 1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-0.143(1/\psi_e)^{-2}}^{0.143(1/\psi_e)^{-2}} e^{-t^2} dt \quad \text{式 1.18}$$

$$\psi_e = u_{*e}^2 / \{(\sigma/\rho)-1\}gd \quad \text{式 1.19}$$

u_{*e} : 有効掃流力に対する摩擦速度で次式により求める。

$$u_{*e} = \sqrt{gR_b I_e} \quad \text{式 1.20}$$

R_d は次式より求められる。

$$\frac{v}{\sqrt{gR_b I_e}} = 5.75 \log_{10}(12.27R_b \cdot x/d) \quad \text{式 1.21}$$

v : 平均流速

x : 図 1.26 に示す関数で、 $du_{*e}/11.6v > 10$ に対して $x=1$ である。

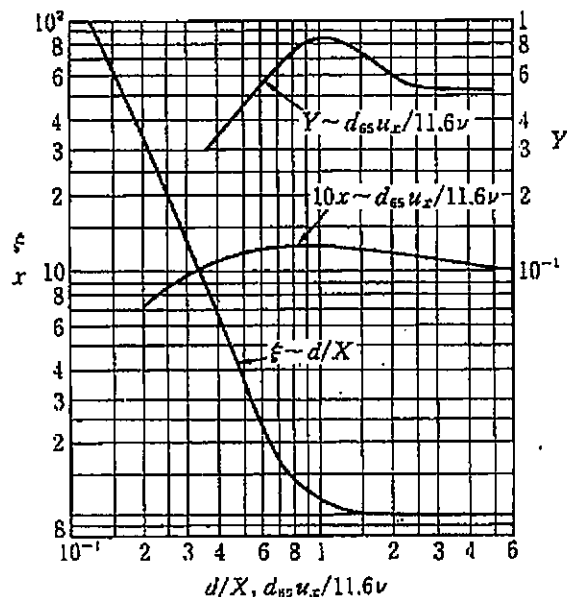


図 1.26 土砂移動の形態の溪床勾配による目安
ξ ; x および Y を求める図表

b) 混合粒径

前式の q_B 、 ψ_e の代わりに

$$q'_B = q_B \cdot i_B / i_b, \psi'_e = \frac{1}{\xi Y (\beta^2 / \beta_x^2)} \psi_e \quad \text{式 1.22}$$

とすれば、そのまま適用できる。

i_b i_B : 与えられた粒径範囲の砂がそれぞれ河床および掃流砂において占める割合

ξ : しゃへい係数で砂礫が層流底層にしゃへいされるか、細かい砂が粗い砂に遮蔽されるための補正係数 (図 1.26 のとおり d/X の関数)

$$d_{65} u_{*c} / (11.6 \nu_x) > 1.80 : X = 0.77 d_{65} / x \quad \text{式 1.23}$$

$$d_{65} u_{*c} / (11.6 \nu_x) < 1.80 : X = 1.39 (11.6 \nu / u_*) \quad \text{式 1.24}$$

Y : 揚圧力の補正係数で図 1.26 のとおり、 $d_{65} u_{*c} / 11.6 \nu$ の関数。

$$\beta^2 / \beta_x^2 = \{ \log_{10} 10.6 / \log_{10} 10.6 (X \cdot x / d_{65}) \}^2 \quad \text{式 1.25}$$

(c) 芦田・道上の式

a) 一様粒径

$$\frac{q_s}{U_{*e}} = \frac{q_s}{\sqrt{sgd^3}} \cdot \tau_*^{-1/2} = 17\tau_{*c}^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right) \quad \text{式 1.26}$$

$$\tau_* : u_*^2 / s g d$$

$$\tau_{*c} : u_{*c}^2 / s g d$$

$$\tau_{*c} = u_{*c}^2 / s g d$$

$$s = \sigma / \rho - 1$$

u_{*c} : 有効摩擦速度

なお、式 1.26 中の τ_* 、 u_* は、それぞれ理論式における τ_{*c} および u_{*c} を、実験値との適合性がさらに良くなるように修正したものである。

q_B : 単位幅、単位時間あたりの掃流砂量の容積

d : 粒径

u_* : 摩擦速度

有効摩擦速度は

$$u/u_{*c} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d(1+2\tau_*)} \quad \text{式 1.27}$$

で求められる。

b) 混合粒径

混合粒径の流砂量は、式 1.26 中の τ_* 、 u_* として粒径別の値を用いて求められる。

$$\frac{q_{Bi}}{f_0(d_i)u_{*e}d_i} = 17\tau_{*ci} \left(1 - \frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*i}}\right) \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_{*i}}\right) \quad \text{式 1.28}$$

ただし、混合砂の粒径別限界掃流力は次のとおり。

$$\frac{d_i}{d_m} \geq 0.4 : \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = \left\{ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10}(19d_i/d_m)} \right\}^2 \frac{d_i}{d_m} \quad \text{式 1.29}$$

$$\frac{d_i}{d_m} < 0.4 : \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = 0.85 \quad \text{式 1.30}$$

q_{Bi} : 粒径 d_i の砂礫の流砂量

$F_0(d_i)$: 粒径 d_i の砂礫が河床において占める割合

$$\tau_{*ei} = u_{*e}^2 / (\sigma / \rho_0 - 1) g d_i$$

$$\tau_{*i} = u_*^2 / (\sigma / \rho - 1) g d_i$$

$$\tau_{*ci} = u_{*ci}^2 / (\sigma / \rho - 1) g d_i$$

$$\tau_{ci} = \rho u_{*ei}^2$$

$$\tau_{cm} = \rho u_{*cm}^2$$

$$\tau_{cm} \doteq 0.05 (\sigma - \rho) g d_m$$

なお、有効摩擦速度 u_{*e} は式 1.31 により求める。

$$\frac{U}{u_{*e}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{d_m (1 + 2\tau_*)} \quad \text{式 1.31}$$

U : 平均流速

2) 浮遊流砂

(a) Lane・Kalinske (レイン・カリンスキ) の式

$$q_s = q C_a P \exp\left(\frac{6a_0 w_0}{k h u_*}\right), \quad P = \int_0^1 \left[1 + \frac{1}{k\psi} (1 + \ln \eta)\right] \exp\left(-\frac{6w_0}{k u_*} \eta\right) d\eta \quad \text{式 1.32}$$

$$q_s = q C_0 P, \quad C_0 = a \Delta F(w_0) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{u_*}{w_0}\right) \exp\left\{-\left(\frac{w_0}{u_*}\right)^2\right\} \right]^n \quad \text{式 1.33}$$

q_s : 単位幅、単位時間あたりの浮遊砂量

q : 単位幅流量

P : 図 1.27 に示すように w_0/u_* 、カルマン定数 k および $\psi = v/u_*$ の関数

C_a : 基準点 $x = a_0$ における濃度

C_0 : 河床濃度 (ppm)

$\Delta F(w_0)$: 沈降速度 w_0 になる砂粒が河床砂礫中に占める割合 (%)

a, n : 定数 ($a = 5.55$ 、 $n = 1.61$)、 $\eta = z/h$

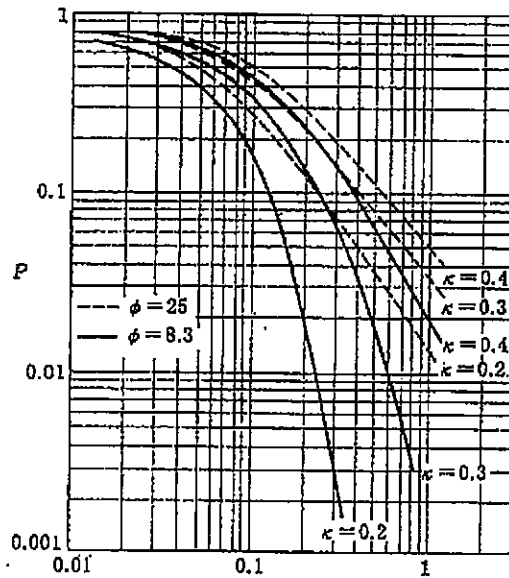


図 1.27 土砂移動の形態の溪床勾配による目安
Lane・KalinskeにおけるPの値
(芦田による)

(b) Einstein (アインシュタイン) の式

$$i_s q_s = i_b q_b \frac{0.4}{k} (P_1 I_1 + I_2) \quad \text{式 1.34}$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= 8.5k + 2.3 \log_{10} \frac{h}{k_s} \\ I_1 &= 0.216 \frac{A^{z-1}}{(1-A^z)} \int_A^1 \left\{ \frac{1-\eta}{\eta} \right\}^z d\eta \\ I_2 &= 0.216 \frac{A^{z-1}}{(1-A^z)} \int_A^1 \left\{ \frac{1-\eta}{\eta} \right\}^z I_n \eta d\eta \end{aligned} \right\} \quad \text{式 1.35}$$

$$A = a_* / h \quad , \quad z = w_b / \beta \cdot k \cdot u_*$$

であり、

a_* : 浮遊限界点

k_s : 相当粗度

I_1 および I_2 : 図 1.28 および図 1.29 に示すように z をパラメータとした $A = a_* / h$ の関数 i_s および i_b それぞれ浮遊砂量、掃流砂量において与えられた粒径範囲の砂粒が占める割合である。

Einstein の式では z 中の u_* の代わりに、 $u_{*c} = \sqrt{gR'I_e}$ を用いる。

また、 $k=0.4$ 、 $\beta=1.0$ 、 $K_s=d_{65}/x$ 、 $P1=2.3031\log_{10}30.2xh/d_{65}$ とし、浮遊限界点は $a_* = 2d$ にとるものとする。

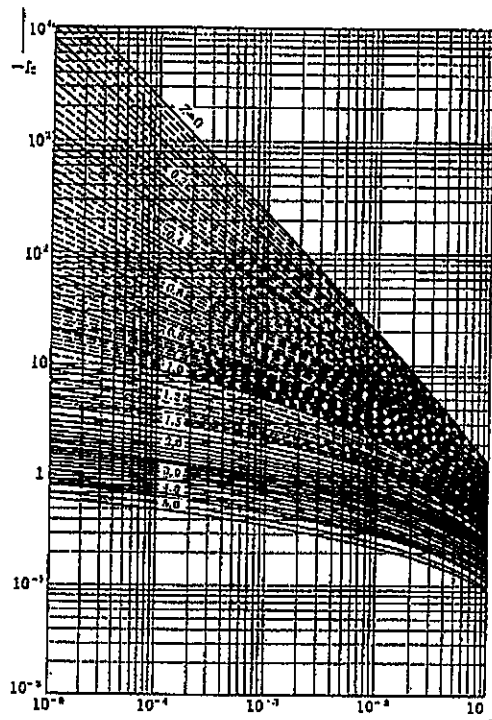


図 1.28 Einstein の式における I_2 と Z および a_*/h との関係

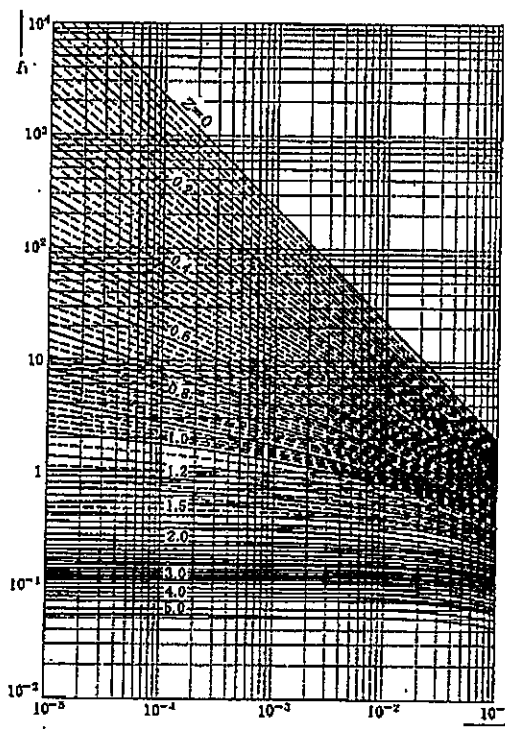


図 1.29 Einstein の式における I_1 と Z および a_*/h との関係

3) 全流砂量

(a) Laursen (ロールセン) の式

$$\frac{\bar{C}}{\left(\frac{d}{h}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau_0'}{\tau_c} - 1\right)} = f\left(\frac{u_*'}{w_0}\right), \quad \frac{\tau_0'}{\rho} = \frac{v^2}{(7.66)^2} \left(\frac{d}{h}\right)^{1/3}, \quad \tau_c / \rho = \phi_c \cdot (\sigma / \rho - 1) g d \quad \text{式 1.36}$$

\bar{C} : 重量で表した平均濃度 (%) すなわち、 $C = 265 q_r / q$ 、 $f\left(\frac{u_*'}{w_0}\right)$: 図 1.30 に示すよ

うな u_*' / w_0 の関数、 τ_0' : 有効掃流力、 τ_c : 限界掃流力、 ϕ_c : 限界掃流力の無次元表示 (ϕ_c : 0.03~0.05)、 q_r : 単位幅あたりの全流域砂量、 q : 単位幅流量

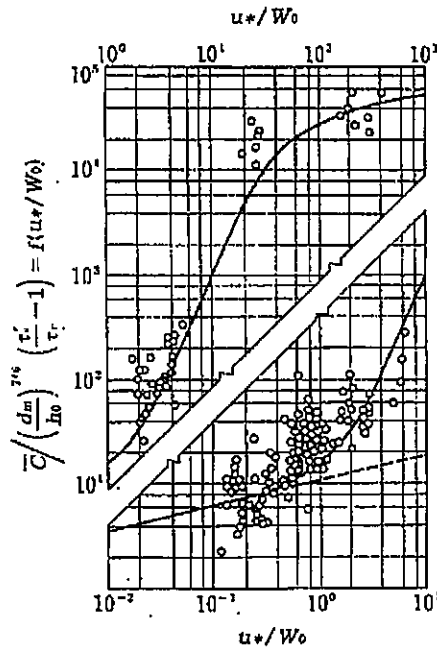


図 1.30 Laursen の図表

(b) Kalinske・Brown (カリンスキ・ブラウン) の式

$$q_B / u_*' d = f(u_*'^2 / (\sigma / \rho - 1) g d)^2 \quad \text{式 1.37}$$

または

$$q_B / u_*' d = 10 (u_*'^2 / (\sigma / \rho - 1) g d)^2 \quad \text{式 1.38}$$

q_B : 全流砂量

u_*' : 摩擦速度

d : 砂の粒径

σ : 砂の密度

ρ : 水の密度

g : 重力の加速度

4) Wash load

$$Q_s = (4 \times 10^{-8} \sim 6 \times 10^{-6}) Q^2 \quad \text{式 1.39}$$

Q_s : Wash load (m³/s)

Q : 河川流量 (m³/s)

流砂量算定の精度は河床変動計算の精度に影響するところが極めて大きいので、算定式の選択やその適用法については十分検討を行うことが必要である。

流砂は、流れ（流水抵抗）、河床形態、流砂量の3者が相互に影響を及ぼし合う1つの系の中での現象であり、したがって流砂量の予測も流水抵抗、河床形態と関連付けて考える必要がある。

流砂量については前述のように多くの推定式が提案されているが、それぞれが流水抵抗特性と河床形態についての限定された局面を想定し、しかもその局面が必ずしも同一でないことから、各流砂量式の間にはかなり大きなバラツキがあるのが現状である。また、河床形態や流水抵抗に関して幅広い局面を持つ実河川に適用する際には、一つの流砂量予測式で対応できるものではない。

幅広い水理条件の下での、実測に基づく流砂量と各種予測式との比較〔土研資料、3099号〕によれば、流砂量の推定にあつては、小規模河床形態の特性を反映するとともに、河床形態に応じた摩擦速度、有効摩擦速度比を用いることにより算定することとしている。以上の検討をもとに、Lower regime、Upper regime 流砂量について、例えば表 1.13、表 1.14の予測方式などが提案されている。

実際の計算では、計算区間の全域について、流量を変えて数種類の不等流計算を行い掃流砂量、浮遊差量を算出して比較し、河床変動を支配する流砂形態を明らかにする。また、その場合に流量時系列をも考慮して使用すべき最小流量や、区分流量、不等流計算繰返しの単位期間の選定などの検討もしておかねばならない。

流砂量算定式の選定は、その河川の現地流砂量観測結果や河床変動の解析結果など実測値に基づく資料によって検討することが望ましいが、それらの資料が得られない場合には、ここにあげた算定式のなかから選定する。

これらの算定式の適用の仕方や特徴については、多くの文献があるので参照されたい。掃流砂量の算定式では、芦田・道上式がよく用いられている。Einsteinの式とともに均一粒径の場合、混合粒径の場合、いずれにも適用されるが、混合粒径で粒度分布の範囲が広い場合にはEinsteinの方法では、しゃへい効果の補正係数が過大になり、細粒径の流砂量を過小に見積もることが指摘されている。

浮遊砂量の算定式においては、Einsteinの算定式では、計算された掃流砂量を用いて浮遊砂量を求めるので、混合粒径の場合には前述した理由で精度が低い。実測資料に基づく浮遊砂量式は、Lane Kalinskeの式であるが、これはアメリカのミシシッピー河やミズリ一河など数河川の資料を用いて、その係数値を定めたものである。

Wash Load については、多くの直轄河川で出水時に観測された結果を図 1.31 に示す。この資料は浮遊砂の観測として採水されたものであるが、採取された資料の粒度構成から判断すると、浮遊砂ではなくて Wash Load と考えるべきものである。全国平均としては $Q_s = 10^{-7} Q^2$ の関係にある。

表 1.13 Lower regime 流砂量の予測法

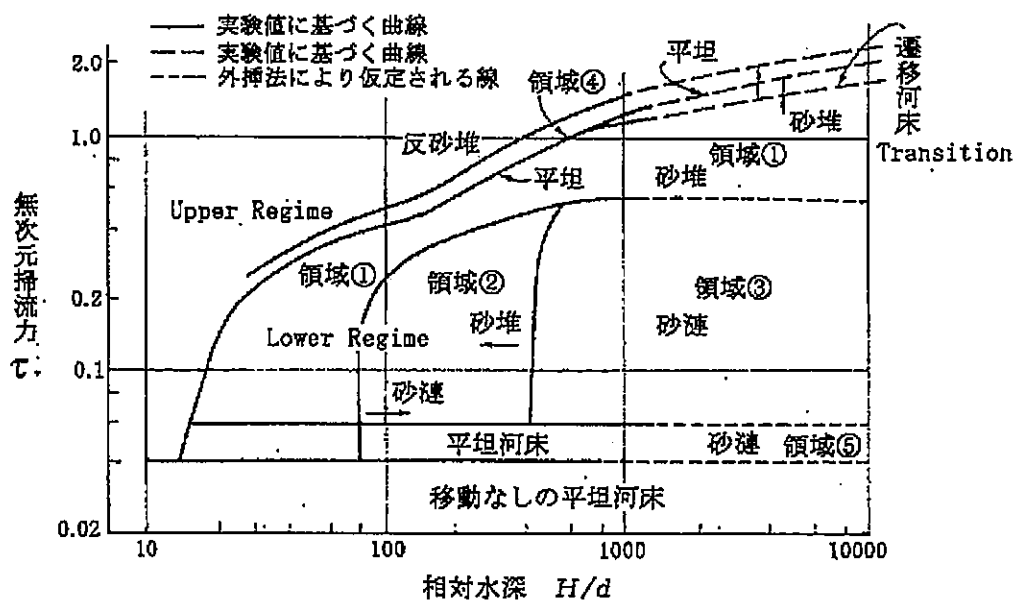
領域	河床形態	掃流砂量式	浮遊砂量式	備考
領域①	砂堆	Lower regime 芦田・道上式 佐藤・吉川・芦田式	底面濃度式に芦田・道上式の有効摩擦速度を考慮した Lane-Kalinske 式(河床形状による流れの抵抗を考慮)	芦田・道上式は堆砂領域に適している
領域②	砂堆、砂漣 ($H/d < 450$)	芦田・道上式	"	τ_* が 0.1~0.3 では砂漣が発生することがある
領域③	砂漣 ($H/d \geq 450$)	$d=0.02\text{cm}$ に対して $q_s/u_*d=11.4\tau_*^{5.4}$ $d=0.03\text{cm}$ に対して $q_s/u_*d=14.6\tau_*^{4.6}$ $d=0.05\text{cm}$ に対して $q_s/u_*d=7.99\tau_*^{4.25}$	用いない	・この領域は H/d による流砂量の違いはない ・Ripple 領域の流砂量を検証しているデータが少ない

表 1.14 Upper regime 流砂量の予測法

領域	河床形態	掃流砂量式	浮遊砂量式	備考
領域④	平坦	Upper regime 芦田・道上式	Lane-Kalinske 式	無次元掃流力に対する流砂量の傾きが実際に比べて緩い場合がある
		Brown 式	用いない	掃流砂量式に浮遊砂量を含んでいる
		Upper regime	Upper regime Einstein 式	流砂量の傾きは実際とよく一致

注) Upper regime $u_* = u_{*c}$

Lower regime $u_* > u_{*c}$ 流砂量算定に有効掃流力を用いる。



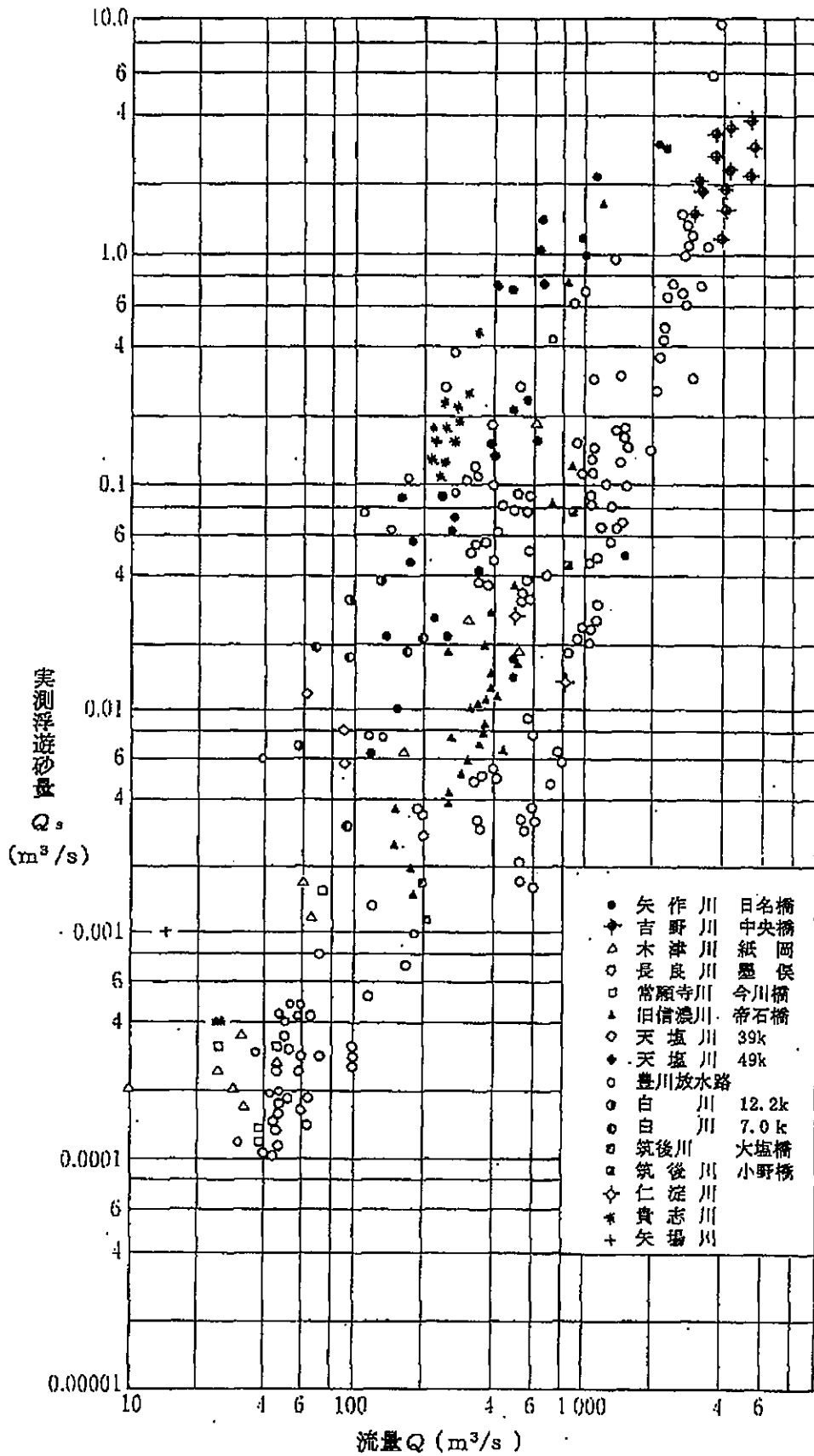


図 1.31 実測浮遊砂量と流量の関係

2) 平面河床変動計算

平面河床変動計算は、現在生じている河床変動の原因を明らかにしたり、河道の将来予測をする場合に行うほか、河道の線形の変更や構造物の設置に伴う河床形状の変化とそれに伴う流れ場の変化を予測するために行うものであり、主に洪水中の河床の縦断形・横断形の時間変化を平面流解析によって求められた流れ場と平面2次元における流砂量式と流砂の連続式に基づいて解析するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-283

【解説】

洪水中には河道の平面形状や構造物に起因した流れの集中・発散などに伴って、河床変動が生じる。

平面河床変動は、「建設省河川砂防技術基準（案）調査編 H9.10 第6章7節」の平面流計算法により得られた3次元流れから河床面に作用するせん断力ベクトル、流砂量ベクトル、浮遊砂量などを算定し、流砂量の出入りから平面2次元的な河床変動を求めるものであり、主に川幅スケールで生じる中規模的な河床変動を予測するために用いられる。

平面河床変動計算を行うことによって、河床洗掘などの河床変動が生じている原因や将来的な洗掘深、堆積高などを予測することができる。河床変動計算を行う場合には、河床材料や流れに対する流砂量について十分な検討を行っておく必要がある。

この他、河道計算を策定する場合に平面流計算と平面河床変動計算を行うことによって将来的な河床の状況を予測し、適切な河道平面形や構造物配置を求めるために役立てることも可能である。河床変動解析における流れ場の解析には2次元解析法を用いる。

平面河床変動計算は、平面流計算を適用する「建設省河川砂防技術基準（案）調査編 H9.10 第6章7.2解説1.2.」の場合のほか、河道形状や構造物・樹木などに起因する。

- ①川幅スケールでの河床洗掘や土砂堆積の位置と量
- ②砂州の形成や移動・停止
- ③河岸や河床に作用する力
- ④停滞性水域における流入土砂の流動

などを予測・評価する場合に用いられる。

複雑な圧力変動が河床形状の変化に影響を及ぼす場合や構造物近傍の河床変動、河口砂州の形成など、河床変動に対する流れが局所的に作用したり、流れの3次元性が高い現象を取り扱う場合については、模型実験を行うことが望ましい。また、基礎的な現象が十分明らかにされていない場合には、大型実験もしくは模型実験などを行う必要がある。

◎参考：流砂量式の選定

流砂量調査および河床変動解析などの結果を通じて、対象とする河道区間に適した流砂量式と補正係数（時間歪）等を選定するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-284

【解 説】

平面二次元河床変動に用いる流砂量式は、河床材料や洪水時の水理量などを参考に選定する。

流砂量式の検証に用いる河床変動解析は、1次元または2次元解析とする。

種々の流砂量式を用いて、実洪水時の河床変動を求めると計算値と実測値とが、かなり異なることがある。このような場合には、解析時に生じる河床変動が現地における河床変動と一致するように対象とする水理量の範囲内で流砂量式を補正（時間歪など）して用いる。

さらに、礫河川などで河床変動解析にあたって、解析対象とする粒度やアーミングの発生とアーマコートの粒度についても調査し、河床変動の抑制機構について検討しておく。これらの検証を行う場合には、事前に十分かつ綿密な河床材料調査や河床横断測量を行っておくことが必要である。また、ボーリング調査などによって河床における河床材料の堆積厚について調査しておく。ボーリング調査については、調査区間の近傍に設けられた橋脚工事などにおける既存の調査結果を用いてもよい。

◎参考：流砂量ベクトルの算定

流砂量ベクトルは、底面での流速の向き・底面せん断力・河床の縦横断勾配などを考慮して定められたものを用いるものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-284

【解 説】

平面河床変動計算を行う場合には、流れと河床形状に応じた流砂量ベクトルを決める必要がある。

計算を簡単化するために、主流方向の流砂量を流砂量公式から求め、河床面に働くせん断力と重力の斜面方向成分を考慮して横断方向の流砂量成分を求めることが多い。

◎参考：流砂の連続式と解析方法

河床高の変動は、掃流土砂、浮遊土砂量の出入りの差を変動とする流砂の連続式を用いて求めるものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-284

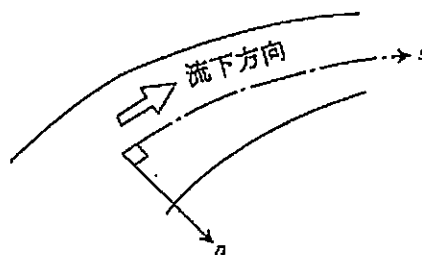
【解 説】

流下方向を s 、それと直角の横断方向を n 、 $s-n$ 平面と垂直に水深方向を z とした場合、流砂の連続式は以下のように表される。

$$(1-\lambda)\frac{\Delta Z}{\Delta t} + \frac{\Delta q_{BS}}{\Delta s} + \frac{\Delta B_n}{\Delta n} + (q_{su} - \omega C_o) = 0 \quad \text{式 1.40}$$

Owen 型モデル、Shen 型モデル

- λ : 空隙率
- Z : 河床高
- q_B : 掃流砂量 (q_{BS} , q_{Bn} は s , n 方向の掃流砂量)
- q_{su} : 巻き上げ量
- ω : 浮遊砂の沈降速度
- C_o : 浮遊砂の底面濃度



解析は、流れ場と同様に空間を離散化して河床変動を時間積分することによって行う。時間積分において河床に関する時間刻みと流れ場に関する時間刻みを変えても良いが、その場合には河床変動の時間積分は基本的に陰解法を用いるものとする。

ここで、浮遊土砂については浮遊土砂の移流拡散方程式を解くことによって求める。浮遊土砂の巻き上げ量については「流砂の水理学」（吉川秀夫編、昭和 60 年）に従う。ウォッシュロードの取り扱いについては、十分注意する。

特に閉鎖性水域や感潮域の河口部においてはウォッシュロードの堆積が生じる。

◎参考：構造物の影響

通常は、構造物の配置による流れ場の全体とこれに伴う河床形状の変化を求めるものとする。構造物周りの流れや河床の詳細な状況については、別途に検討を行うものとする。

「河川砂防技術基準（案）同解説. 調査編 H9.10 建設相」p285

【解 説】

水制や床止めなどの構造物周りの流れは 3 次元である。取り扱う領域を小さくし、3 次元解析を行うことによって構造物周りの流れを求めることは可能である。しかしながら、構造物の周りでは底面に作用するせん断力と圧力変動の関係などが通常の流れ場のものと異なるなどの理由のために、流砂量に関してピックアップレイトなどが変化する。したがって、流砂の取り扱いについて模型実験結果などと比較を行うなど十分な検討を要する。

(5) 人為的要因による河床変動量の調査

人為的要因による河床変動量の調査は、河床変動に影響を及ぼす、砂、砂利採取の影響を調査することを目的とするものである。このため、砂、砂利の採取許可数量などを調査し、経年的に各区間における砂、砂利採取量および河床低下量を算出するものとする。

なお、本章 8.1.2.2(2) (p. 5-77) に定めた河道における縦横断測量により、砂、砂利採取が河床変動に及ぼす影響を把握しておくものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-285

【解 説】

砂、砂利などの採取が河床変動の要因となっている場合があるので、必要に応じ、その影響を把握しておく必要がある。

(6) 洪水時河床変動調査

洪水時の局所洗掘や河床変動の実態を調査する必要がある場合には、洪水時河床変動調査を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-285

【解 説】

橋脚、水制、堰、水門などの河川構造物の周辺や湾曲部など流れの集中する所、2次流の発生する所では洪水中に局所洗掘が発達する。また、一般の河道でも、洪水中は河床変動が大きい。局所洗掘などは洪水後に埋め戻され、洪水後の観測では洪水中の状況を把握することができない。このため、洪水中に連続してこれらの変動を観測することが必要である。

洪水中の河床変動を測定する方法としては、音響測深機、 γ 線密度計、電気抵抗式洗掘計などが用いられている。広い範囲を移動して観測するためには音響測深機が使われているが、観測船の安全性や送受波器をのせるフロートの操作などについての十分な検討が必要である。また、 γ 線密度計や電気抵抗式洗掘計は、河床中にパイプや杭を打ち込む関係上固定式であり、構造物周辺の洗掘調査に適している。また、これらの機器は観測の自動化も可能である。最大洗掘深のみを知る方法としては、リング法、埋設法などがあり、比較的簡便である。

これらの方法の適用にあたっては、その調査目的に応じて選択し、河川の状況を考慮して計画することが重要である。

8.1.2.3 流送土砂量調査

(1) 流送土砂量調査の目的と方法

河床変動の合理的な推定や河道への流入土砂量、海への流送土砂量などの流砂量の把握のために必要に応じ次の調査を行うものとする。

- ①流砂量観測による調査
- ②河床掘削による調査
- ③ダム貯水池などの堆砂量測定による調査
- ④河口部深浅測量データによる調査

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-286

【解説】

流送土砂量は河床材料が掃流力によって支配され、これらの関係を一般的に規定する流砂量算定式も既に多くのものが発表されているが、実河川におけるこれらの適用性については、まだ多くの問題点が残されており、それぞれの河川で観測や実測を行ってこれらの適用性を確かめ、また、精度を高めることが必要である。

流砂量の調査方法としては、流砂量の観測による方法、河床を人為的に掘削しておいて出水による埋戻し量と流砂量とを関係づける方法、砂防堰堤や貯水池など未満砂の貯水池において出水時の堆砂量から求める方法、あるいは河口部での洪水前後の深浅測量データから求める方法など各種の方法があり、河川の特性或観測地点の状況などを勘案して確実な方法を選択する必要がある。

(2) 流砂量観測による方法

1) 掃流土砂量調査

a) 掃流土砂量調査の方法

掃流土砂量調査は、掃流土砂量を観測して、送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る。掃流採砂器は、掃流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、横断面形状などの測定および河床材料調査を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-286

【解 説】

採砂器としては、改良型土研式掃流採砂器 A 型または B 型などが適当である。そのほか現地に適するような適当な採砂器を製作使用してもよい。

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必要である。

なお、掃流土砂量は、水深、水面勾配、河床材料、河床状態などに関係して変動するから、これらについての調査も行っておく必要がある。調査方法については、「建設省河川砂防技術基準（案）調査編 H9.10 第2章水位調査、第3章流量調査」などを参照する。

b) 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ものとする。

調査断面は、本章 8.1.2.3(2) 1) a) (p5-98) に記した諸水理量をよく代表する地点に選ぶものとする。

「河川砂防技術基準（案）同解説. 調査編」 p287

【解 説】

観測時期および観測地点は、目的に応じて適切に選定する。採取と同時に測定し記録すべきものは、採取地点の位置、測定時刻、採取時間、水深、水面勾配、採砂器の種類などである。

本章 8.1.2.3(2) 1) a) 解説 (p5-98) にも記したように掃流土砂量は、水深、水面勾配、河床材料、河床状態などに関係して変動するから、調査区間において、掃流土砂量および上述した諸水理量を代表する地点を選んで観測を行えば、その河川の掃流力と掃流砂量との関係を把握できる。したがって、調査断面としては、このような条件を満足するとともに、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も考慮する必要がある。

c) データ整理

観測記録より単位時間あたりの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に秤量し、さらに代表的な試料を選定して粒度分析を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-287

【解説】

観測記録の結果は、表 1.15 のように整理する。

表 1.15 掃流土砂量計算表例 浮遊土砂量計算表例

水系名	河川名		観測箇所		建設管理部		観測器具 (土砂式採取器)										概要								
	河床砂平均粒径	河床砂	断面	相度係数	断面	相度係数	測定時間 (時分)	水位 (m)	水深 (m)	平均流速 V (m/s)	単位掃流量 Q (m ³ /s/m)	採取量 (kg)	採取時間 (S)	単位時間掃流砂量 (kg/s)	単位幅あたり掃流砂量 Q _u (m ³ /s/m)	流砂濃度 Q _a /Q		測定代表する掃流幅	掃流量 (m ³ /s)	全断面平均流速 (m/s)	全断面積 (m ²)	流量 (m ³ /s)	水面勾配		
年月日	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号																		水温=	

水系名	河川名		観測箇所		建設管理部		観測器具 (土砂式採取器)										概要								
	河床砂平均粒径	河床砂	断面	相度係数	断面	相度係数	測定時間 (時分)	水位 (m)	水深 (m)	採取量 (cc)	浮遊土砂乾燥重量 (kg)	含砂量 (mg/cc = kg/m ³)	採水点の流速 (m/s)	採水点の有効水深 (m)	採水点の流速あたり単位掃流砂量 (kg/s/m ²)	測線上の単位幅あたり流速 (kg/s/m ²)		流速計	探水器	全断面平均流速 (m/s)	全断面積 (m ²)	流量 (m ³ /s)	水面勾配		
年月日	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号	測線番号																			水温=

d) 掃流砂量算定式の決定

本章 8.1.2.3(2) 1)c) (p5-99) によるデータの整理の結果から、その河川またはその地点に適合する掃流砂量算定式を決定するものとする。

河川砂防技術基準(案) 同解説 調査編 H9.10 建設省 P-287

【解説】

既に発表されている種々の算定式との適合性を見るためには、観測された資料の平均粒径を用い、流砂量と掃流力の無次元表示の関係をグラフで表すのがよい。すなわち、

$$\frac{q_B}{u_* d} \sim \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d} \quad \text{式 1.41}$$

q_B : 単位幅単位時間あたりの掃流砂量の容積

u_* : 摩擦速度 $\sqrt{gHI_e}$

H : 水深

I_e : エネルギー勾配

σ : 砂の密度

ρ : 水の密度

g : 重力の加速度

の関係を求めて各種の算定式と比較する。

係数の修正は、式 1.15 において ψ の値を変化させて観測資料に適合できるか否かを検討するものである。

2) 浮遊土砂量調査

a) 浮遊土砂量調査の方法

浮遊土砂量調査は、浮遊砂量を観測して、浮遊砂量と掃流力および流量との関係を把握しようとするもので、浮遊砂量の観測にあたっては、適当な採水器を使用するものとする。また、浮遊砂量と掃流力および流量との関係を求めるため、水深、水面勾配、流速分布、流量、横断面形状などを測定しておくものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-290

【解説】

採水器としては、簡易採水器B型などがあるが、その他目的に応じて製作された採水器を使用してよい。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、ある程度平均的な流砂濃度が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。

b) 浮遊土砂の観測、調査断面

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

なお、調査断面は、本章8.1.2.3(2) 1)c) (p5-99) に記した諸水理量をよく代表する地点を選ぶものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-290

【解説】

観測にあたって、流砂の濃度は河床付近で一番大きくなるので、特に河床付近の測定には、河床からの高さや流速測定とあわせて綿密な注意が必要である。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、水温などを記録し、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しておくことが必要である。

c) データ整理

観測記録より単位幅あたりの流砂量などについて整理するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-290

【解説】

観測記録の結果を表 1.15 の例にならって整理する。

まず、採取した試料からその含砂率を測定する。含砂率を求めるには、例えば、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、後に残った沈殿物を乾燥し秤量する。

浮遊土砂量は含砂率と流速の積より求める。

単位幅あたり浮遊土砂量は、1 測線について各点の浮遊土砂量を水深方向に加算して求める。

d) 遊砂量算定式の決定

本章 8.1.2.3(2) 2) c) (p5-103) によるデータ整理の結果から、その河川(または、その地点)に適合する浮遊砂量算定式を決定するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-290

【解説】

既に発表されている浮遊砂量算定式の調査地点における適合性を調べるためには、当該地点の河床材料や水量を用いて浮遊砂量を算出し、これと実測値とを比較する。適合性のよい場合や軽微な修正で算定式が求められる場合はよいが、算定式が求められない場合は、実測資料を用いて式 1.42、式 1.43 のような整理を行い、平均的な値として常数を決定してよい。

$$q_s = k q^n \quad \text{式 1.42}$$

q_s : 単位幅あたり浮遊土砂量

q : 単位幅あたりの流量

k : 河川によって異なる常数

n : 定数 (≈ 2)

$$q_s = A H^m I \quad \text{式 1.43}$$

A : 河川によって異なる常数

H : 水深

m : 定数 ($\approx 2 \sim 5$)

I : 水面勾配

(3) 河床掘削による方法

河床掘削による方法においては、一回の出水で完全に埋め戻されない程度の大規模な河床掘削を行い、洪水前後の測量および洪水時の水深、水面勾配、流速などの観測により流送土砂量と掃流力との関係を把握するものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-291

【解 説】

この方法は河川に人為的に掃流力の差を生じさせ、掘削孔内に堆積した土砂と掃流力の関係から流砂量を検討しようとするものである。したがって、洪水時に掘削した箇所が完全に埋め戻されないことが必要である。このため、掘削孔の規模を決める場合には、あらかじめ洪水規模を想定し、その場合の埋戻し量を◎参考：流砂量算定法（p5-81）によって検討し、掘削孔の寸法を決めることが重要である。

掘削孔は3m以深を原則とするが、作業の難易や掘削が周辺に及ぼす影響なども考慮して決定する。

調査地点としては、できるだけ直線部で断面形状が整正であり、縦断方向にも河床形状の変化の少ない所を選ぶ。また、水理量の観測が必要であるから、既設の水理調査地点の近傍などが望ましい。

掘削孔の深さが大きい場合でも、掘削箇所の流砂量が完全に0になることはまれであり、流入した流砂のうち下流に流出していく流砂があるので、堆積土砂量は、掘削箇所およびその上、下流の掃流力との差で評価することが必要である。掘削孔内の堆積土砂量が多い場合には、これが掘削箇所の掃流力に影響を与えるので、流砂量算定式を仮定して河床変動計算を行い、実測の変動状況と照合して算定式を検討する手法が必要である。

(4) ダム貯水池などの堆砂量測定による方法

ダム貯水池などの堆砂量測定による方法は未満砂の砂防堰堤やダム貯水池における土砂の堆積量の調査観測結果を利用して、流送土砂量を求めるものである。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-291

【解 説】

この方法では、一般に流送土砂としては、掃流砂と浮遊砂の両者が含まれることが多い。

ダム貯水池などでは、大きな出水の前後に河床の縦横断測量を行って堆積土砂量を調査している所が多いので、一つの洪水による堆積土砂量を知ることができる。この土砂は、洪水時にダム地点を流下した浮遊土砂を除いた全流入土砂であるから、ダム下流で浮遊砂の観測を行えば流入土砂全量を求めることができる。また、貯水池への流入河川で水理量の観測を行って掃流力を求め、流砂量計算を行って洪水時の通過流砂量を算出し、これと流入土砂量とを比較することにより流砂量算定式の適合性を検討したり、流砂量の実用公式を求めたりすることができるわけである。

(5) 河口部深浅測量データによる調査

河口部深浅測量データによる調査では、洪水前後に実施した河口部深浅測量データを比較して河口部への堆積土砂量を推定するものとする。これより砂州部の侵食土砂量を差し引けば流送土砂量の推定が可能である。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-292

【解説】

洪水前後に河口部深浅測量を実施すれば、それらの比較により1洪水による流送土砂量の推定が可能である。ただし、深浅測量の間隔はその間の波による漂砂があって河口部の土砂が運び去られる可能性があるため、できる限り短く、例えば1～2週間に設定することが必要とされる。この方法は河川流出土砂量が周辺海岸へ及ぼす影響を評価する際には有効な方法である。

(6) 河床材料調査

河床材料調査では、流送土砂量算定に必要な基礎資料やその他河道計画や河川工事のための基礎資料を得るために粒度分布、比重、空隙率などの調査を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-292

【解説】

河床材料調査は、河道を構成する砂礫の物理的性質のうちで、流砂の移動量や河床の変動、河道設計などにもっとも関係する粒度分布、比重、沈降速度、空隙率などの測定を行うものである。これらのうち沈降速度については、粒径から公式などを用いて推定することが多い。また、礫床河川などでは、表層河床材料調査も行われる。

(7) 河床材料調査の調査地点と回数

河床材料調査の調査地点は、原則として河川の縦断方向については1km間隔、1断面について3点以上をとるものとする。堰堤の堆砂区間、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実状に応じて採取地点間隔を決定するものとする。

調査回数は、原則として3年に1回とするが、貯水池での堆砂や堰堤下流の河床低下などで大きな河床変動の見られる地点では、年1回行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-292

【解説】

粒度分布および粒度分布の調査については、河川砂防技術基準（案）調査編9章2.6.2海域の底質材料調査および2.6.3データ整理を参照のこと。

(8) 表層河床材料のサンプリング法

表層河床材料調査では、面積格子法、線格子法、平面採取法、写真測定法などがあるので、これらの中から最適な手法を選んで行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-292

【解説】

1) 面積格子法（補足）

図 1.32 のように適当な大きさの木枠を用いて、測定対象河床上の最大礫径間隔程度で糸を張り、糸の交点下の石を採取する。

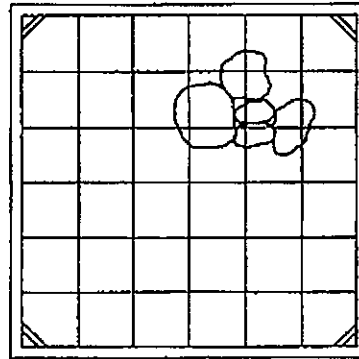


図 1.32 面積格子法によるサンプリング

2) 線格子法（補足）

図 1.33 のように河床上に巻尺などで直線を張り、一定間隔（河床材料の最大径以上）に区分し、その直下にある石を採取する。

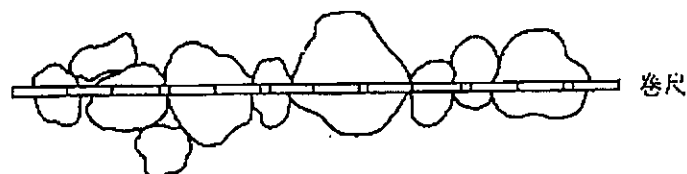


図 1.33 線格子法によるサンプリング

3) 平面採取法（補足）

一定表面積中にある表面に露出した全礫を採取する。

河床面を写真に写し、それを読み取る。

これらのうち、2)の線格子法は必要な道具の数量が最も少なく、また河床礫のランダムな標本抽出という面からも2)がすすめられる。なお、粒径の小さい場合は1)の方法が正確であり、局所的な表面粒度の変化を把握できる。平面採取法は、すべての石を採取するから、一見優れているように見えるが、採取すべき対象の石を見分けられない欠点をもつ。特に小粒径では表層と表層の下の石の区別がつかなくなってしまう。現場での石の採取に時間がとれないときには、河床の写真を撮り、写真上で1)の方法を取るとよい。

(9) データ整理

データ整理については、河川砂防技術基準(案)調査編(平成9年10月建設省)第9章2.6.3データ整理によるものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-293

(10) 比重測定

粒度分布を測定するために採取した資料を用いて比重の測定を行うものとする。砂などの比重はJIS A 1109により、礫はJIS A 1110により、また土粒子についてはJIS A 1202の試験法によるものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-293

(11) 沈降速度の算出

沈降速度は、特別に実測する必要がある場合を除き、計算式または計算図より粒子の径および水温を与えて求めるものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-294

【解説】

沈降速度の実測は、透明な円筒状容器に水を入れ、これに砂粒または礫を落下させその沈降速度を測定するが、一般には、粒子を球体とみなしてレイノルズ数 $U \cdot d / \nu$ (U : 沈降速度、 d : 粒子の直径、 ν : 水の動粘性係数) が1以下の細砂については Stokes の式を適用し、レイノルズ数が1より大きい場合には、抵抗係数を用いた鶴見公式などが適用される。図 1.34 は、これらを計算して示したものである。

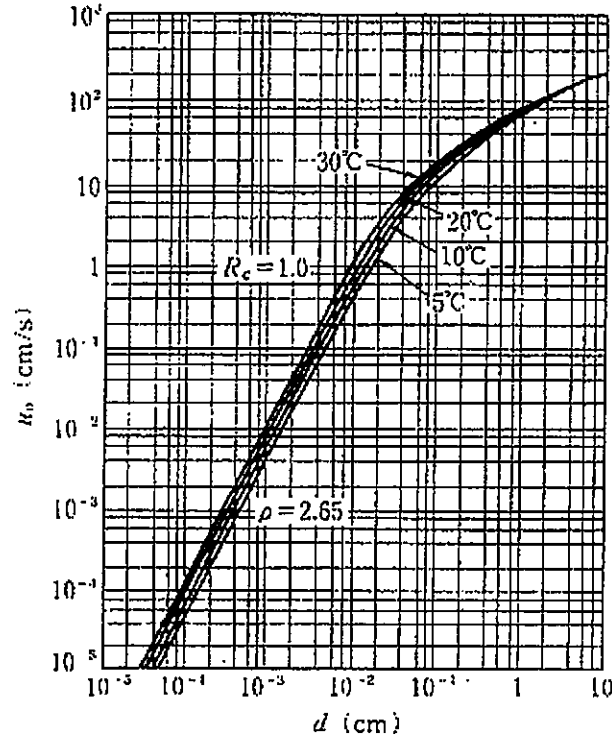


図 1.34 沈降速度と粒径

Stokes の式では、

$$U = \frac{1}{18} \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) \frac{g}{\nu} d^2 \quad \text{式 1.44}$$

U : 粒子の沈降速度

σ : 粒子の密度

ρ : 水の密度

g : 重力の加速度

ν : 水の動粘性係数

鶴見公式 ($\sigma = 2.65$, 水温 25°C に対して求めたもの) では次のようになる。

$$d > 0.015 \text{ cm} \quad U = 11,940 d^2 \text{ (cm/s)} \quad \text{式 1.45}$$

$$0.015 \text{ cm} < d < 0.11 \text{ cm} \quad U = 171.5 d \quad \text{式 1.46}$$

$$0.11 \text{ cm} < d < 0.58 \text{ cm} \quad U = 81.5 d^{0.667} \quad \text{式 1.47}$$

$$0.58 \text{ cm} < d \quad U = 73.2 d^{0.5} \quad \text{式 1.48}$$

第9節 地質調査に関する参考

9.1 室内試験

計画および設計については、必要に応じて岩石の室内試験を行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-417

【解説】

サンプリングを行う場合には、サンプルができる限り岩盤の性質を代表するよう偏りのないサンプリングを行うように注意する。

基礎岩盤の強度や変形特性の目安を得るためには、普通一軸圧縮試験が行われるが、軟岩の場合には三軸圧縮試験を行うことがある。

また、亀裂係数を求めるには、岩片の弾性波伝播速度（超音波速度測定法による）を測定する。

さらに粘土の検定にはX線解析による試験が普通で、電子顕微鏡による判定や示差熱分析が行われることがある。

このほか、必要に応じて物理試験や含有物地質分析が行われることがある。

9.2 物理探査

9.2.1 物理探査法

物理探査は、一般に弾性波探査または電気探査により行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-432

【解説】

物理探査法には弾性波探査や電気探査のほかに重力探査や磁気探査などがあるが、特殊な場合を除いて弾性波探査と電気探査を用いる。

弾性波探査は、大きな地質構造、岩質、断層、風下層、地すべりなどの調査に、電気探査は、表土や砂礫層などの未固結堆積物の調査や地下水の調査に適する。

9.2.2 弾性波探査

弾性波探査は屈折波法による。調査にあたっては、調査の目的、調査の段階、地形および地質条件によって最も適する測線配置、起振点間隔および受振点間隔を決めるものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-433

【解説】

弾性波探査は、岩石や地層の動弾性的性質や重なり方によって、弾性波の伝播速度や伝播経路が異なることを利用して地質調査を行う方法である。弾性波探査にはいろいろな方法があるが、最もよく用いられているのは屈折法である。なお、反射法や直接波法も目的によっては実施される場合がある。

弾性波探査によって岩石や地層の硬さ、固結の程度、亀裂破碎、変質、風化の程度などが推定できる。また、岩石や地層の境界の位置や厚さ、断層、破碎帯、軟弱層などの位置、幅、厚さなどがわかる。

屈折法による弾性波探査の概要は次のとおりである。

(1) 測線配置

測線は直線状に配置する。堰堤の調査では、測線を格子状に設置する 경우가多いが、通常の調査では1～3本の主測線と数本の副測線からなる。副測線は地形上谷や凹地、断層、破碎帯、厚い表層堆積物、地層の境界、主測線の解析が困難な地点などで、主測線に交差あるいは平行して設けられる。なお、地層の凹凸による解析誤差を少なくするために、できるだけ起伏の小さい所を選び、また、地層や断層、特に異方性の強い岩石などは方向によって弾性波の速度が異なるので、あらかじめ地質踏査をよく行い、これらを考慮して測線配置をしなければならない。

測線長は対象とする深度の5～10倍程度とする。

(2) 起振点間隔

起振点間隔は30m程度とするが、急峻な地形、断層、厚い風下層や未固結堆積物など地形や地質に問題があり、特に表層の地質を知りたい場合には20m程度とする。

起振は発破によって行う。通常は土発破で行うが、起振点間隔が100mを越える場合には溪流や谷川の中で行う水中発破や、2～3mのオーガーやボーリング孔で行う孔中発破を用い振動が遠くまで達するようにする。

(3) 受振点間隔

受振点間隔は5mを標準とする。間隔を広げれば精度が落ち、断層などの検出が困難となる。また、低速度層の場合を除いて3m以下に間隔を狭めても測定機の精度が追従できない。

起振点間隔は30m程度とするが、急峻な地形、断層、厚い風化層や未固結堆積物など地形や地質に問題があり、特に表層の地質を知りたい場合には20m程度とする。

(4) データ整理

調査の結果は次のように整理する。

1) 報告書

地表地質踏査、ボーリング調査結果なども含めて総合的に解析して、測定および解析上の問題点を明記し、その後の調査に指針を与えるものである。

2) 測線配置図、走時曲線図（ハギトリ線を含む）、地質断面図（速度層断面図）縮尺は1/200～1/1,000程度とする。

3) 測定原記録またはその鮮明なコピー

9.2.3 電気探査

電気探査は、調査の目的、調査の段階、地形および地質条件などによって最も適する測線配置、測点配置、電極間隔を決定して行うものとする。

河川砂防技術基準（案）同解説 調査編 H9.10 建設省 P-433

【解説】

電気探査法は、電気抵抗や自然電位が岩石や地層によって異なることを用いて、地質や地質構造を解析するものであり、さまざまな方法がある。使用実績が多いのは比抵抗法であり、主として未固結堆積物の厚さや成層状態、地下水探査、地すべり、比較的簡単な地質構造などの調査に適する。

(1) 測線配置

地形の起伏が大きい場合には解析が困難となるので、一般に測線は地形的に平坦な所を選んで配置する。

(2) 測点配置

測点は測線上に配置する。測点間隔は、5～50mで、地質、調査深度、測線長によって決める。

(3) 電極間隔

電極間隔、測定範囲は、地質や調査深度などによって決める。

垂直探査の場合の電極間隔は、0.5、1.0、1.5、2、3、4、6、8、10、13、16、20m以降5m間隔とする。水平探査の場合は任意で、同じ測線上で3種類くらいに変えて測定する。

(4) データ整理

調査の結果は次のように整理する。

1) 報告書

地表地質踏査やボーリング調査結果などを含めて総合的に解析して、測定および解析上の問題点を明記し、その後の調査に指針を与えるものである。

2) 測線配置図

3) $\rho \sim a$ 曲線比抵抗断面図

9.3 透水試験

堰堤の基礎地盤の透水性は、ルジオンテストまたは、これにかわる適切な方法を用いて把握するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-419

【解説】

基礎地盤の透水性は基礎地盤のしゃ水方法、しゃ水の範囲を決定するため、事前に十分把握しておかなければならない。ボーリングを実施した場合には必ずルジオンテストを行い、ステージごと(5mとすることが多い)のルジオン値を求める。ルジオンテストの方法は、「河川砂防技術基準(案)調査編第17章8.3透水試験」に準ずる。また、未固結な地盤等でルジオンテストによって正確な透水性を求めることが困難な場合には、ピット法等の適切な方法によって、その透水性を求めるものとする。

9.4 総合解析

計画や設計に必要な調査が終了した段階では、実施したすべての地質調査および試験の成果を整理し、得られた地質情報について総合解析を行なって、設計、施工、維持管理に対して基本資料となるべき報告書を作成するものとする。

河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 H9.10 建設省 P-420

【解説】

堰堤の設計のために行われる種々の地質調査および試験は、それぞれの方法によって得られる地質情報の性質が異なる。そこで、それらを集大成し、相互に関連付けて、地質条件の最終結論をまとめる。地質技術者のみならず、設計技術者の所見も加えて、基礎岩盤の工学的性質を明らかにし、堰堤本体の設計、施工のみでなく、堰堤建設に関連する種々の条件に対処しえるように準備をしておく必要がある。総合解析において特に必要な事項には次のようなものがある。また、さらに検討の余地のある問題点についても明記する必要がある。

- (1) 堰堤計画箇所および堆砂敷の地質構造の概要(地質図、岩級区分図、ルジオンマップ)
- (2) 堰堤の安定上問題になる地質状況
- (3) 岩級区分の判定基準
- (4) 岩盤の諸試験の結果
- (5) 柱状図、コア写真等