

ISSN 1346-7328
国総研資料 第1048号
平成30年 11月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1048

November 2018

河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する
砂防施設配置検討の手引き（案）

内田 太郎・小松美緒・坂井佑介

Guideline for analysis of Sabo facilities planning against sediment and
flood damage using numerical simulation

Taro UCHIDA Mio KOMATSU Yusuke SAKAI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する砂防施設配置検討の手引き（案）

内田太郎* 小松美緒** 坂井佑介***

Guideline for analysis of Sabo facilities planning against sediment and flood damage using numerical simulation

Taro UCHIDA* Mio KOMATSU** Yusuke SAKAI***

概要

本資料は、上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫による被害に対する砂防施設配置検討手法についてとりまとめたものである。本資料では、山地流域の豪雨時の土砂動態の特徴、近年の調査・解析技術の進歩を踏まえ、数値計算による手法についてとりまとめた。また、解析技術の限界も考慮し、手法・条件設定に関する不確実性の検討手法についてもあわせて示した。

キーワード 土砂・洪水氾濫, 砂防施設配置計画, 土砂動態解析手法, 山地河川

Synopsis

This report is a guideline for analysis of Sabo facilities planning against sediment and flood damage due to riverbed aggradation. This report shows a method using the numerical simulation based on characteristics of sediment dynamics and the recent advances of research and technology on sediment dynamics in mountain area. Moreover, we considered limits of current technology and shows uncertainty analysis for analytical method and parameter setting.

Key Words; sediment and flood damage, Sabo facilities planning, sediment dynamics analysis method, mountain river

*土砂災害研究部 砂防研究室長 Head, SABO Planning Division, SABO Department

**土砂災害研究部 砂防研究室 交流研究員 Researcher, SABO Planning Division, SABO Department

***土砂災害研究部 砂防研究室 主任研究官 Senior Researcher, SABO Planning Division, SABO Department

河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する
砂防施設配置検討の手引き（案）

平成30年11月

国土技術政策総合研究所

土砂災害研究部 砂防研究室

河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する 砂防施設配置検討の手引き（案）

目 次

はじめに	1
第1編 概説	
1 基本的事項	
1.1 対象現象	3
1.2 評価手法	6
第2編 施設配置検討	
2 計算準備	
2.1 保全対象の抽出	7
2.2 計画生産土砂量の設定	9
2.3 河床変動計算の準備の概説	10
2.4 河床変動計算実施区間の設定	11
2.5 水・土砂供給地点の設定	12
2.6 河道形状の設定	15
2.7 河床条件の設定	17
2.8 施設の設定	18
3 水供給条件の設定	
3.1 計画降雨（降雨波形・降雨分布）の設定の考え方	20
3.2 計画降雨（降雨波形・降雨分布）の設定	21
3.3 流出解析の実施	22
3.4 入力ハイドログラフの設定	23
4 土砂供給条件の設定	
4.1 粒度分布の設定	24
4.2 供給土砂量の時系列データの設定	25
4.3 施設の効果評価	30
5 河床変動計算の実施	
5.1 河床変動計算の考え方	32

5. 2	計算の実施	33
6	土砂・洪水氾濫解析・被害推定の実施	
6. 1	氾濫開始点の設定	34
6. 2	土砂・洪水氾濫解析・被害推定の実施	34
7	施設配置計画の検討	
7. 1	施設配置計画の検討の考え方	35
7. 2	対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域・区間の抽出	36

第3編 再現計算の実施

8	既往災害の再現計算	
8. 1	基本的な考え方	38
8. 2	対象事象の抽出	38
8. 3	再現計算の準備	39
8. 3. 1	情報収集・現象の復元	39
8. 3. 2	計算準備	39
8. 4	再現計算の実施	40
8. 4. 1	実績と計算結果の整合性の検証	40
8. 4. 2	入力条件・解析手法の見直し	41

第4編 施設配置計画の照査

9	施設配置計画の照査	
9. 1	計画規模以下の現象に対する効果	42
9. 2	現況の河道断面における効果	42
9. 3	不確実性の評価	43
9. 3. 1	不確実性の考え方	43
9. 3. 2	降雨分布状況の違いによる影響	43
9. 3. 3	土砂供給条件の違いによる影響	44
9. 3. 4	気候変動等による降雨量の変化の影響	44
9. 3. 5	計算の条件の違いによる影響	45

はじめに

土砂移動による災害を防止するためには、将来生じうる土砂移動現象を予測しつつ、対策施設の効果評価を適切に行い、対策計画を立案することが重要である。これまで流域内の土砂移動現象に関する理論的研究、現地調査・観測、水路実験や数値解析など数多くの調査・研究が行われ、流域内の土砂移動現象の実態や機構及び砂防施設の効果が明らかになりつつある。さらに、土砂移動現象の実態や機構に関する知見に基づき、河床変動計算等の数値解析手法も開発されてきた。その結果、数値解析は将来生じうる土砂移動現象を予測する上で極めて有効なツールであることが確認されてきた。

一方、山地河川は平野部の下流河川と異なる特徴を有する^{1),2),3)}。特に、豪雨時の土砂動態は、中小出水時の土砂動態と大きく異なる。すなわち、中小出水時には、多くの場合、斜面崩壊や土石流が発生せず、斜面からの表面侵食による土砂供給や河道内にある土砂の再移動により土砂流出が生じると考えられる。一方、豪雨時には、斜面崩壊や土石流などによって大量の土砂が生産され、大量の土砂が河川に供給される。例えば、2017年7月の九州北部豪雨では、山腹斜面、溪流において、多数の斜面崩壊・土石流により大量の土砂が生産、流下・氾濫し、甚大な被害が生じた⁴⁾。

豪雨時の土砂・洪水氾濫被害を推定・評価するためには、河床変動計算等の数値解析手法が有効であると考えられるが、豪雨時の山地河川の土砂動態を評価するためには豪雨時の山地河川の土砂動態に則した解析手法を用いるとともに、適切に計算条件を設定する必要がある。

本手引きは、河川砂防技術基準（計画編）（平成17年版）に定める砂防計画を策定するにあたり、大量の土砂生産をともなうような豪雨時における河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫被害の推定手法及び対策施設の効果評価手法について、近年の当該分野における研究・技術開発の成果を踏まえてとりまとめたものである。

なお、本手引きにおいて「例示」として示した内容は、現時点において、考え得る手法を示したものであって、今後の研究・技術開発により、より目的にあった手法を開発していく必要がある項目が少なくない。そのため、いずれの項目においても、「例示」以外の手法を用いることを妨げるものではない。

[参考文献]

- 1) 水山高久（2015）：わかりやすい砂防技術，全国治水砂防協会
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2015）：豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点，国土技術政策総合研究所資料，第874号

- 3) 藤田光一ほか (2008) : 日本におけるダムと下流河川の物理環境との関係についての整理・分析 : ダムと下流河川の自然環境に関する議論の共通基盤づくりの一助として, 国土技術政策総合研究所資料, 第 445 号, 40-44
- 4) 例えば、丸谷知巳ほか (2017) : 2017 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害, 砂防学会誌, 70(4), 31-43

第1編 概説

1. 基本的事項

1.1 対象現象

【考え方】

山地域の土砂生産・流送に起因する災害は多岐にわたる。例えば、河川砂防技術基準（計画編）（平成17年版）¹⁾では、災害形態に基づき計画論の観点から

- ① 上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫
- ② 土石流災害
- ③ 流木災害
- ④ 火山地域における土砂災害
- ⑤ 深層崩壊・天然ダム等による異常土砂災害

と分類されてきた。

さらに、平成19年以降、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）²⁾において、土石流区間では土石流と流木は一体となって流下することから、土石流と流木は一体として取り扱われている。

また、河川砂防技術基準（計画編）（平成17年版）では、対策計画を検討する現象の継続する期間（時間スケール）から、短期、中期、長期の3期間に区分して対象とする土砂移動現象を設定することとされ、各期間は以下のように整理されてきた。

- ・短期は、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。
- ・中期は、短期の降雨により生産された土砂が移動する影響期間とし数年から数十年程度を目安に設定する。
- ・長期は、計画の対象とする必要がある、短期・中期を含む数十年程度またはそれ以上の期間を設定する。

以上を踏まえ、山地域の土砂生産・流送に起因する災害は、計画論、期間及び災害形態から図1.1のように分類することができる。すなわち、火山砂防、異常土砂災害対策を除くと図1.1のAにあたる1つの出水時の土砂等の流出に起因する災害を防ぐ対策（短期土砂流出対策）、Bにあたる中長期（1出水より長い期間）土砂流出に起因する災害等を防ぐ対策に分類できる。さらに、Aは、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）に基づく土石流・流木対策（土石流及び土石流とともに流下する流木の直接被害に対する対策）（A-1）、上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫に対する対策（A-2）、流木に起因する土砂・洪水氾濫に対する対策（上流からの流出した流木により河積が阻害されることなどにより引き起こされる土砂・洪水氾濫に対する対策）（A-3）に分類できる。一方、Bは、大規模土砂生産後の数ヶ月から数年間等の特に活発な土砂流出に対する対策（B-1）、流域の荒廃などによる、継続的に活発な土砂流出に対する対策（B-2）が考えられる。

本手引きでは、このような多岐にわたる山地域の土砂生産・流送に起因する災害形態のうち、図 1.1 における「短期（1 出水）の土砂流出」による現象のうちの A-2 の「上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫」（以下では単に「土砂・洪水氾濫」と呼ぶ。）について主な対象とする（写真 1.1）。また、ここで対象とする土砂・洪水氾濫による被害はいわゆる計画基準点の上流及び計画基準点の下流域の双方を含む（図 1.2）。

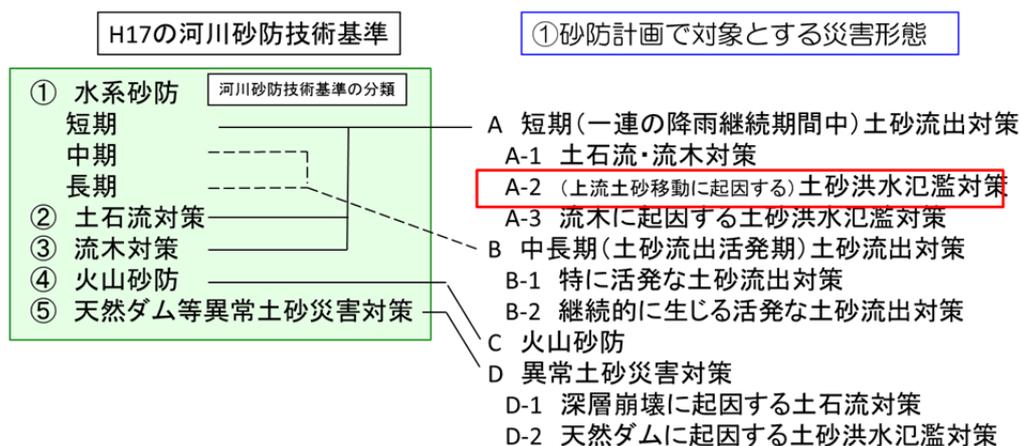


図 1.1 砂防基本計画で対象とする現象の分類
(国土技術政策総合研究所資料第 874 号³⁾の図を一部改訂)

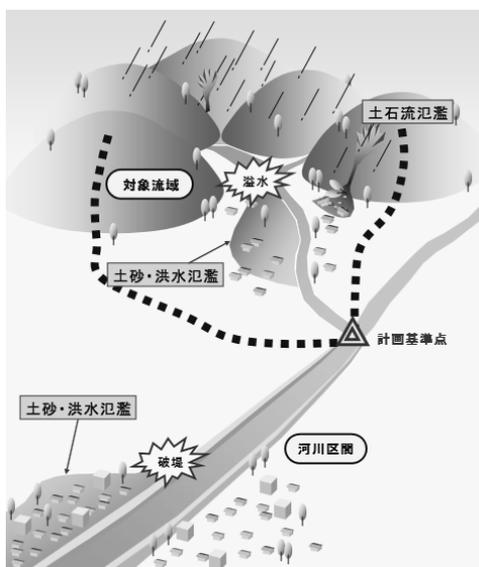


図 1.2 土砂・洪水氾濫のイメージ
(砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)⁴⁾より引用)



写真 1.1 土砂・洪水氾濫による被害状況（平成 30 年 7 月豪雨 広島県呉市）

[参考文献]

- 1) 河川砂防技術基準（計画編）平成 17 年版（局長通知（平成 16 年 3 月 30 日付け））
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2016）：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説，国土技術政策総合研究所資料，第 904 号
- 3) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2015）：豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点，国土技術政策総合研究所資料，第 874 号
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部（2012）：砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）

1.2 評価手法

【考え方】

本手引きでは、対象地域における既往災害に対する再現計算を実施し、当該地域の災害を再現できることを確認した計算条件の設定手法（河床変動計算区間の設定、水・土砂供給地点の設定など）、解析手法（流出解析手法、河床変動計算手法など）を用いて、施設配置計画を検討することを基本とする。

一方、土砂・洪水氾濫に影響を及ぼす条件（降雨条件、土砂の粒径、土砂生産のタイミングなど）は多岐にわたり、全て十分な精度を有する予測ができるものではない。そこで、検討した施設配置計画について、土砂・洪水氾濫に影響を及ぼす条件の一部ないしは全てが想定した条件とは異なる条件になった場合についても、施設の効果について検証することとする（施設配置計画の照査）。

本手引きの構成は、検討の中心となる、「施設配置検討」を第2編として示した。その上で、「施設配置検討」に必要となる「再現計算の実施」、「施設配置計画の照査」をそれぞれ、第3編、第4編に示した。

第2編 施設配置検討

2. 計算準備

2.1 保全対象の抽出

【考え方】

土砂・洪水氾濫による被害を防止・軽減するための施設配置計画等の対策計画の検討にあたって、土砂・洪水氾濫で被害が生じるおそれのある主たる保全対象を抽出・設定する。被害が生じるおそれについては、既往の実績を基に検討することが考えられる。

一般に、土砂・洪水氾濫で被害が生じる可能性がある保全対象は立地から、①扇状地、②谷底平野、③下流平野等に大別されるが、保全対象の立地により被害の形態が異なる。そこで、保全対象ごとに、計画の対象とする現象（シナリオ）を設定することが望ましい。ただし、保全対象を細分化しすぎると、検討対象とする現象（シナリオ）が数多くなり、検討作業が膨大になるおそれがある。そこで、保全対象の立地条件などにより明らかに計画の対象とすべき現象（シナリオ）が異なる場合は、それぞれに対象とする現象（シナリオ）を設定することを基本とする。そのため、ここでは、立地条件に従った計画の対象とする現象（シナリオ）が設定できるように、保全対象を立地条件により分割する（図 2.1）。また、現象（シナリオ）を作成するにあたっては、保全対象の立地の観点から計画降雨を適切に設定する必要があり、そのイメージを表 2.1 に示す（詳細は 3.2 計画降雨（降雨波形・降雨分布）の設定を参照）。なお、扇状地における保全対象において、土石流・流木による直接被害に関する対策・評価については、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）¹⁾及び砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）²⁾により検討することを基本とし、ここでは対象としない。

【例示】

[保全対象を位置により分割するにあたっての考え方の例]

土砂・洪水氾濫の対策計画における保全対象の位置による分割は、

① 計画基準点、補助基準点の上流（扇状地、谷底平野など）、下流（下流平野など）による分割

② 大きな支川の合流点、本川と支川の合流点の上流下流による分割等を参照することが考えられる（図 2.1）。

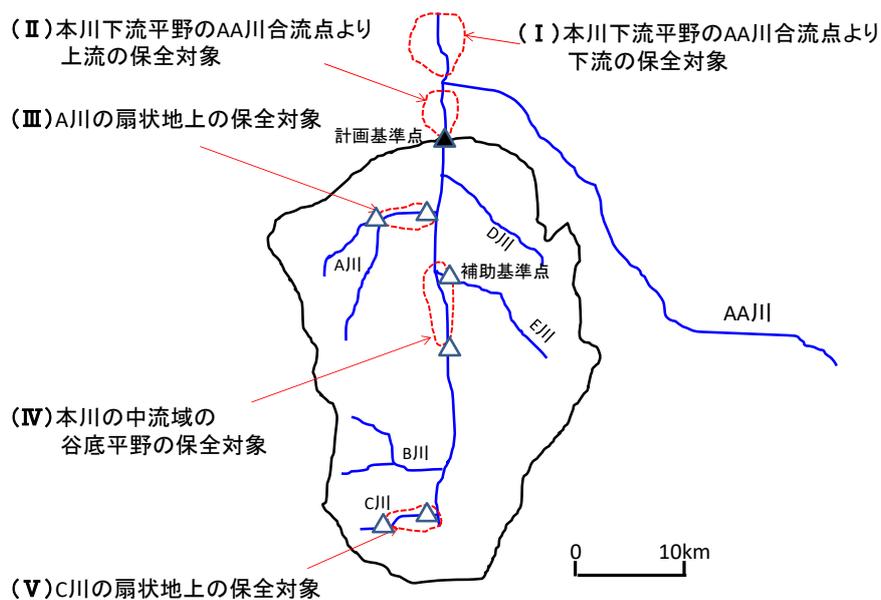


図 2.1 保全対象の立地条件により分割するイメージ

表2.1 保全対象ごとの計画降雨条件設定のイメージ

保全対象	計画規模	降雨分布・波形	備考
I 本川下流平野のAA川合流点より下流の保全対象	1/150	S57年型	河川整備基本方針流量算定時の降雨条件と整合
II 本川下流平野のAA川合流点より上流の保全対象	1/150	S57年型	
III A川の扇状地上の保全対象	1/100	H12年型	
IV 本川の中流域の谷底平野の保全対象	1/100	H7年型	
V C川の扇状地上の保全対象	1/100	H7年型	

[参考文献]

- 1) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室 (2016) : 砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 及び同解説, 国土技術政策総合研究所資料, 第 904 号
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部 (2012) : 砂防事業の費用便益分析マニュアル (案)

2.2 計画生産土砂量の設定

【考え方】

斜面崩壊、土石流、土砂流等の溪床・溪岸侵食等による計画生産土砂量は、過去の豪雨時の土砂生産の実態に則して設定することを基本とする。設定する規模の発生確率は、3.2 で設定する計画降雨の発生確率と整合するようにする。設定手法は、過去の実績に基づき経験的に設定する手法と数値計算など解析的に設定する手法及び両者の組み合わせ手法が考えられる。また、いずれの手法においても、過去の豪雨時の土砂生産の実態に関する調査や現地調査を行うことを基本とする。さらに、これらによらない方法で生産土砂量を設定する場合は、その妥当性を確認する。また、本手引きは土砂及び洪水を対象としたものであり、流木は対象としていない。

生産土砂量に関する調査については、河川砂防技術基準（調査編）の「砂防調査」を参考にする。

2.3 河床変動計算の準備の概説

【考え方】

河床変動計算実施のために、流域を分割する。河床変動計算の準備にあたっては、

① 河床変動計算実施区間

河床変動計算を実施し、流量、通過土砂量、河床変動高を河床変動計算により求める区間

② 上流域

河床変動計算実施区間の上流端における集水域

③ 支川流域

河床変動計算実施区間の上流端以外から流入する溪流・河川のうち流域面積が大きい流域

④ 残流域

対象流域のうち、①～③以外の範囲

に分割した上で、水・土砂供給地点を設定する（図 2.2）。さらに、①の河床変動計算実施区間については、河道形状及び河床条件を設定する。

本手引きでは、①～④への分割方法は 2.4 で示し、水・土砂供給地点の設定は 2.5 に示す。さらに、河道形状及び河床条件の設定はそれぞれ 2.6、2.7 に示す。

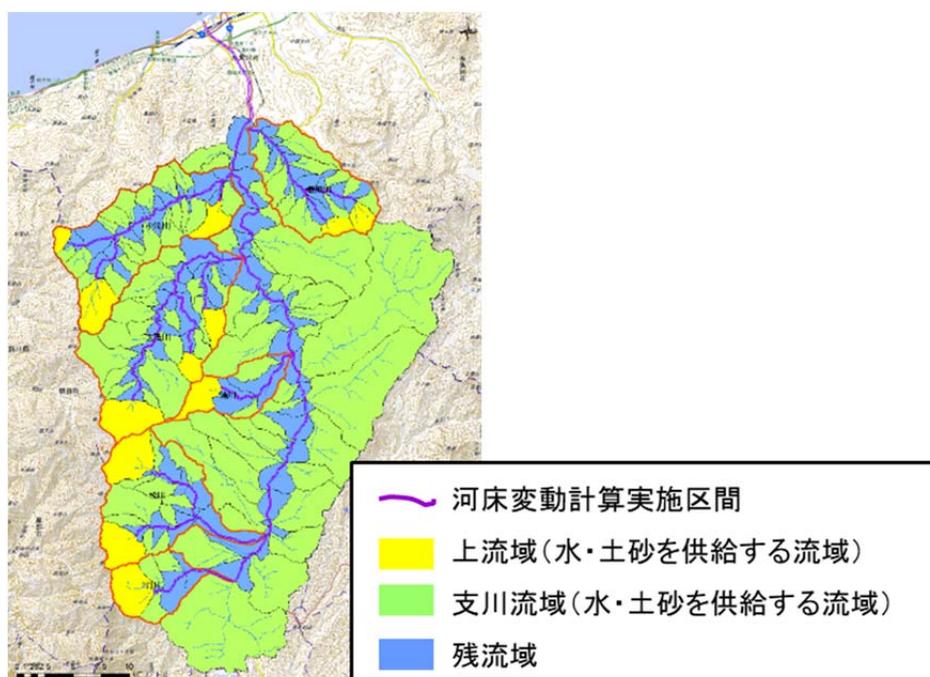


図 2.2 河床変動計算実施区間及び水・土砂供給地点の設定の例

2.4 河床変動計算実施区間の設定

【標準】

土砂・洪水氾濫に対する施設配置計画等の対策計画検討に関する河床変動計算の実施にあたっては、土砂生産の影響や対策施設の効果を直接的に評価するために、土砂生産源や砂防堰堤等の設置区間にあたる上流域を含むように河床変動計算実施区間（以下、「計算区間」という。）を設定することが望ましい。その上で、土砂・洪水氾濫に対する中期計画（概ね30年間の事業計画）等で設置予定の施設のうち、砂防堰堤等土砂流送制御を目的とした施設は計算区間に含むことを基本とする。また、2.1で設定した保全対象もこれら一連の計算区間に含まれるようにする。

計算区間は、一定の地形条件を満たす区間を計算区間として設定することが考えられる。具体的には、一定の河床勾配や流域面積を閾値として、計算区間の上流端を設定することを基本とする。すなわち、設定した閾値の勾配より河床勾配が緩い区間や閾値の面積より流域面積が広い区間は計算区間とし、河床変動計算を実施する。計算区間数が膨大になる場合、計算条件の設定、計算の実施に多くの労力が必要となることに留意し、閾値となる河床勾配や流域面積を設定する。また、河床勾配や流域面積が閾値より大きくても、保全対象がない又は砂防事業計画がない場合は、計算区間から除外することができる。ただし、計算区間の上流端より上流に土砂・洪水氾濫に関する保全対象がある場合は、当該保全対象の被害の有無を評価できない。このため計算区間上流に土砂・洪水氾濫による被害が想定される保全対象がある場合は、閾値によらず計算区間の上流端を例外的に引き上げることができる。

【例示】

[計算区間上流端とする河床勾配の考え方の例]

計算区間の上流端とする河床勾配は、流域の地形を鑑みて設定することが重要である。例えば、比較的急峻な山地では、土石流流下区間の下端となる勾配（10°）¹⁾を目安にすることが考えられる。土石流流下区間では、施設による土砂の捕捉を除くと土砂の堆積量は一般に少ないと考えられるため、土石流流下区間の下流端に計算区間上流端を設定した場合、計算区間外の施設の取扱いが比較的容易となるという利点が期待される。一方、計算区間に含めないことにより、評価結果の検証が困難、土砂供給のタイミングの不確実性が生じる等の課題も考えられる。なお、計算区間外の施設の取扱いについては、4.3に示す。

[参考文献]

- 1) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2016）：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説，国土技術政策総合研究所資料，第904号

2.5 水・土砂供給地点の設定

【標準】

河床変動計算の水・土砂供給地点は、過去の災害時の崩壊や土石流の分布状況・生産土砂量の空間分布・土砂生産形態、各種の調査結果、計算区間の設定状況などを総合的に鑑み、適切に設定する必要がある。具体的には以下の方法に従い実施することを基本とする。

- ① 2.4 で設定した計算区間（図 2.2 の紫で着色した区間）の上流端は上流域（図 2.2 の黄色で着色した流域）から流出する水・土砂を河床変動計算に Input するための水・土砂供給地点とすることを基本とする。
- ② 保全対象がない又は砂防事業計画がない、流域面積が閾値より小さいなど河床変動計算を実施しない支川のうち、閾値よりは小さいものの流域面積が比較的大きい支川は土砂動態に及ぼす影響が大きいと考えられるため、計算区間との合流点には支川からの土砂を供給する水・土砂供給点を設けることを基本とする（図 2.2 の緑で着色した流域）。
- ③ さらに、流域面積によらず、土石流危険渓流などにおいて土石流対策のための砂防堰堤等の設置予定がある渓流は施設の効果を考慮するため支川流域（図 2.2 の緑色で着色した流域）として扱い、支川からの土砂を供給する水・土砂供給点を設けることを基本とする。
- ④ 上記①～③以外の領域（残流域）（図 2.2 の水色で着色した流域）は、土砂供給は行わないことを基本とする。ただし、過去の災害や地形的特徴から、溪岸侵食等による土砂供給を行うことが適切と考えられる場合には土砂供給地点を設定する。

上流域・支川流域のみから流域面積見合いで水を供給すると、水の供給量が過小評価となるため、土砂供給を行わない残流域においても流出する水のみ供給を行うこととする（図 2.3）。また、土砂供給地点は、4.2 に示す方法で供給土砂量を算出し、実績等に基づき設定された計画生産土砂量（2.2 参照）を大きく下回る場合や既往災害の再現計算（8 章参照）において、供給土砂量が実績の生産土砂量を大きく下回る場合は、実績との乖離が小さくなるように供給地点の位置、数を適宜見直す。

【例示】

[残流域から流出する水供給地点の設定方法の例]

残流域からの水を供給する地点を設定する方法としては以下の方法が考えられる。残流域から水を供給するにあたっては、図 2.3 に示すように当該残流域に接続する計算区間に均等に水量を分割して供給する手法などが考えられる。

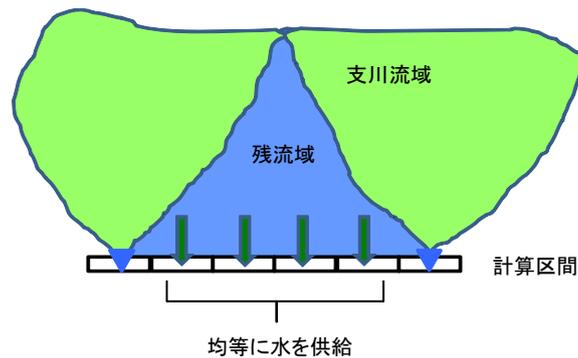


図 2.3 残流域からの水供給方法の例（イメージ）

[土砂供給点に関する留意点]

計算区間上流域（図 2.2 の黄色で着色した流域）および流域面積の大きい支川（図 2.2 の緑で着色した流域）から流出する土砂を供給する方法では、計算区間のように溪岸侵食や溪岸崩壊、小支溪の土石流等による土砂生産は表現できない。小支溪の土石流や溪岸侵食等による大量の土砂供給が考えられる場合は、上流域（図 2.2 で示す黄色で着色された流域）や支流域（図 2.2 で示す緑色で着色された流域）の出口以外の地点（残流域）において、直接河道に土砂を供給する地点を設定することが考えられる。

また、土砂供給地点の直上流または直下流に勾配変化点がある場合、勾配変化点において、急激な河床変動が生じ、土砂供給地点の勾配に変化が生じるおそれがあるため、土砂供給点は勾配変化点から一定程度の距離を確保することが望ましい（図 2.4）。



図 2.4 土砂堆積により土砂供給地点の勾配が変化するイメージ

[土砂供給点の見直しの例]

小起伏山地では、上流の流域面積が広い地点に土砂供給点を設定して平衡給砂を行った場合、勾配が緩く勾配見合いで決まる平衡土砂濃度が小さくなるため、土砂供給地点において供給土砂量が過去の実績に基づき設定された計画生産土砂量を大きく下回るなど、実績と乖離する場合がある。このような場合は、図 2.5 に示すように、土砂供給地点を増やす、土砂供給地点を上流に移動させるなどが考えられる（図 2.5 の赤破線及び黒破線の矢印の流域）。

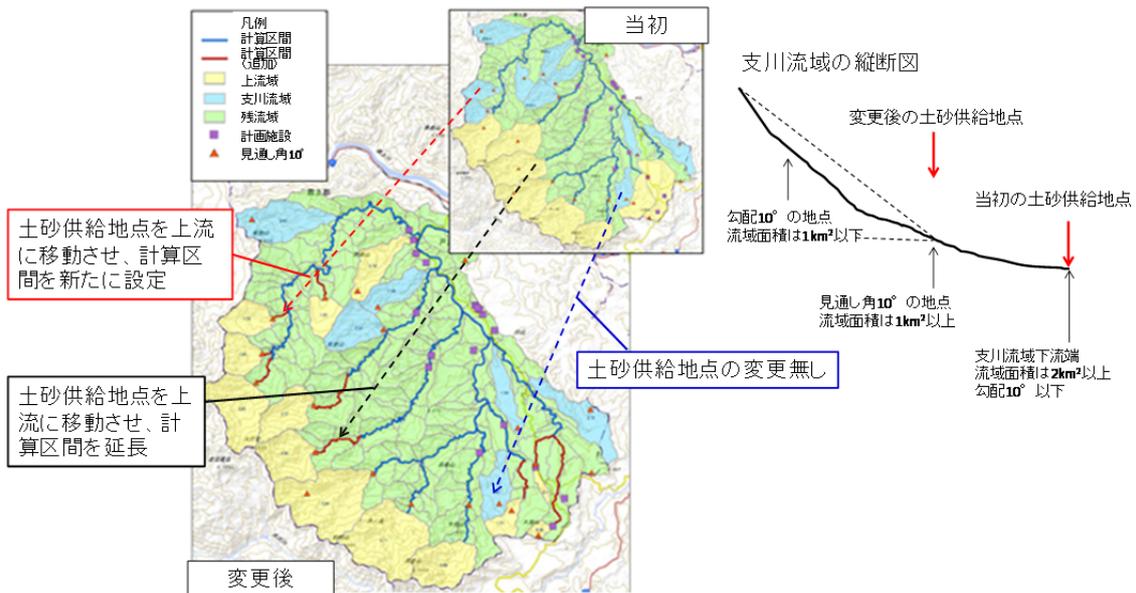


図 2.5 土砂供給点の見直しの例（土砂供給地点を上流に移動させた例）

*この例では、当初、集水面積が 2km^2 となる地点を土砂供給地点として設定した。しかしながら、供給土砂量が計画生産土砂量を大きく下回った。一方、計算区間上流端の河床勾配が 10° 以下となる地点とした場合、計算区間上流端の流域面積は小さく、数多くの計算区間が設定されることとなった。そこで、この例では、計算区間上流端の集水面積は概ね 1km^2 以上とし、流域上流端までの見通し角 10° 以上の地点を計算区間上流端とした。その結果、計算区間上流端が上流へ移動（図 2.5 の黒破線の矢印の流域）、支川における新たな計算区間の設定（図 2.5 の赤破線の矢印の流域）がされている。一方、見通し角 10° 地点が本流に近く計算区間が短くなる場合や見通し角 10° 地点が上流端に近く 1km^2 以上の流域面積が取れない場合は、当初通りの設定とし、土砂供給地点は変更していない（図 2.5 の青破線の矢印の流域）。

2.6 河道形状の設定

【考え方】

河道形状は、検討の目的に応じて設定することを基本とするが、施設配置計画の検討にあたっては、「砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）（平成 24 年 3 月）」における考え方に従い河道形状を設定する。「砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）」では、河道形状の設定について以下のようにある。

「治水対策として河川事業が展開されている区間については、河川整備基本方針等で示される計画流量規模に対応した河道断面を用いることを基本とする。ただし、このような河道断面が存在しない場合や、不明確な場合には現況河道断面を用いることができる。」

【標準】

計画基準点上流の山地河川等で河川整備基本方針に示されている流量（以下、「河川整備基本方針流量」と呼ぶ。）が定まっていない場合は、河道形状は、現況の河道形状とすることとし、航空レーザー測量結果等を活用し、設定することを基本とする。

一方、河川整備基本方針流量が定まっている区間は、河道幅は河川整備基本方針に準拠し、上流域の土砂移動の土砂・洪水氾濫への影響を評価するために河積を河川整備基本方針流量が流下できる最小断面とすることを基本とする。すなわち、3.3 で実施する流出解析に基づき供給流量を設定し、水のみ流下計算により断面を決定することを基本とする。

【例示】

[河道形状の設定方法の例]

1次元河床変動計算に用いる河道の横断面形状は矩形または台形に近似する又は任意断面（任意の横断面形状）とすることが考えられる。ただし、河道の横断面形状を台形とし、河床部のみで河床変動が生じる（斜辺部では河床変動が生じない）とした場合において、河道と河床幅が水面幅より著しく小さくなるような形状（図 2.6）を設定すると河床変動が生じる幅が著しく小さくなることに留意する。

また、上流域などにおいて、現況の河道幅が著しく広いなど、洪水時に流水が流下すると考えられる幅より地形上の河道幅が著しく広いと考えられる区間は、流水の流下幅を河道幅として設定する。流水の流下幅の設定にあたっては、レジーム則等を用いて設定することとし、時間ごとに流量から算定する方法や洪水時のピーク流量などを基に設定する手法などが考えられる¹⁾。

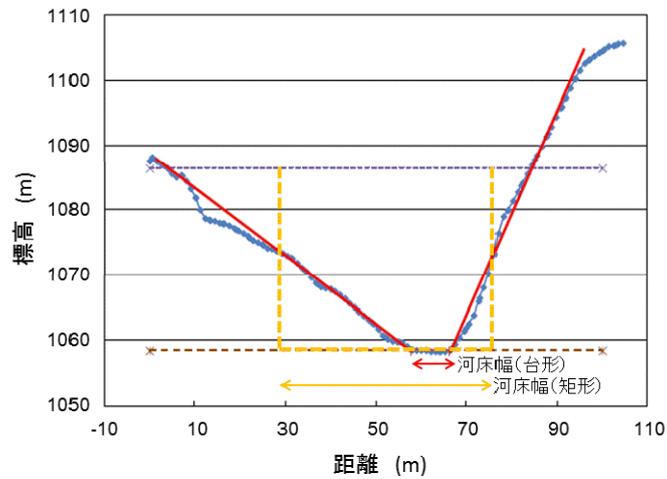


図 2.6 河道の横断面形状を台形に近似した例

*青線は標高データより作成した横断面、赤線が台形近似した計算区間の断面、オレンジ色の破線が矩形近似した例。台形近似の場合、河床幅は矩形の場合に比べて小さくなる。

[参考文献]

- 1) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室 (2015) : 豪雨時の土砂生産をとまなう土砂動態解析に関する留意点, 国土技術政策総合研究所資料, 第 874 号

2.7 河床条件の設定

【標準】

山地河道内の河床の状況は多様である。そこで、河床材料の移動の可能性を考慮し、計算区間において一様にするのではなく、現況河床や履歴を調査区分した上で河床条件（固定床とするか、移動床とするか、及び移動床とする場合の河床材料の粒度分布、侵食可能深さ）を設定する。

河床が露岩している区間、砂防堰堤等の横断工作物がある箇所、大粒径の土石で覆われている区間など基本的に侵食が生じないと考えられる区間は、解析上、固定床として解析を行うことを基本とする。

一方、河床に移動可能な土砂が堆積している区間については、移動床として計算することを基本とする。また、侵食可能深、河床材料の粒度分布は、過去の実績や現地調査により設定することを基本とする。河床材料の粒度分布の設定にあたっては、細粒分の粒径階の刻みは流出土砂量などの計算結果に比較的大きな影響を与えることに留意し、粒径階を概ね5ないしはそれ以上とするなどし、既往災害実績を再現できるようにすることを基本とする。

また、砂防事業による対策が砂防計画基準点より下流の河床変動、土砂・洪水氾濫の防止・軽減に関する効果を河川事業等の効果・影響と分離して評価する場合は、砂防計画基準点より下流の河床を固定床として計算することを基本とする。

【例示】

[固定床区間の設定の例]

河床が露岩している区間、大粒径の土石で覆われている区間は空中写真等の判読により設定することが考えられる（図 2.7）。



図 2.7 固定床区間の設定例

*空中写真により河床が露岩している区間、大粒径の土石で覆われている区間を抽出している。

2.8 施設の設定

【標準】

計算区間内にある土砂流送制御を目的とした砂防堰堤については、下記の表 2.2 のように設定することを基本とする。

未満砂の堰堤においては、河床変動計算上、土砂を捕捉・堆積させる空間の詳細な地形が表現できないため、実際の地形から考えられる満砂時の堆砂空間の体積と河床変動計算上の近似した河道形状を用いて算出される満砂時の堆砂空間の体積に乖離がある場合、河道形状、計算空間刻みを見直すなどし、乖離を小さくするようにすることを基本とする。ただし、両者の満砂時の河床勾配は極力等しくなるように設定する。

表 2.2 一般的な計算区間内の砂防堰堤の取り扱いの例

堰堤種類	取扱い方法
不透過型(満砂)	堰堤本体箇所は固定床とし、堆砂域は堆砂域の地形を計算条件として設定する。
不透過型(未満砂)	里深・水山(2005) ¹⁾ による計算方法など。
土石流区間の透過型	不透過型(未満砂)と同じ
掃流区間の透過型	せき上げが表現できるように地形条件または境界条件を設定する。

【例示】

[施設により土砂を捕捉・堆積させる空間を適切に評価するための地形条件見直しの例]

河床変動計算の空間刻み(計算間隔)を一定とした場合、砂防堰堤等の施設の位置と計算上の計算点が一致しない場合や堆積域の河道形状を十分に表現できない場合がある。このような場合、計算上の河道幅を調整するなどして、効果量が実態に近づくようにすることが考えられる(図 2.8)。あるいは、堰堤付近において、河床変動計算の空間刻み(計算間隔)を細かくするなどして、効果量が実態に近づくようにすることが考えられる。

また、河道の横断面形状を矩形に設定した場合において、河道幅の設定によっては、効果量が実態より過小又は過大となる可能性が考えられる。このような場合、計算上の河道幅を調整するなどして、効果量が実態に近づくようにすることが考えられる。

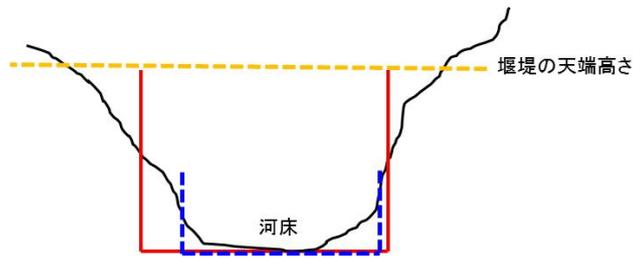


図 2.8 堰堤設置箇所の横断面のイメージ

*青破線で示した当初の矩形断面を用いた河道形状の場合、堰堤の容量が過小評価となる。堰堤の効果量を実態に近づけるためには、赤実線で示したような断面を設定する必要があると考えられる。

[参考文献]

- 1) 里深好文・水山高久 (2005) : 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, 58(1), 14-19

3. 水供給条件の設定

3.1 計画降雨（降雨波形・降雨分布）の設定の考え方

【考え方】

保全対象に関する土砂・洪水氾濫による被害の推定を行うにあたっては、保全対象の位置に応じ、降雨条件を設定する必要がある。検討対象とする保全対象のある地点より上流域の流域面積が小さい場合、雨域の狭い集中豪雨などにより、流域平均の降雨強度が非常に大きくなる可能性が考えられる（図3.1左 A川下流の保全対象）。

同じ降雨でも、検討対象とする保全対象のある地点より上流域の流域面積が大きい場合、流域内の一部で雨域の狭い集中豪雨が生じた場合であっても、流域内のその他の地域の降雨強度が小さいことにより、流域平均の降雨強度は小さくなる可能性がある（図3.1左 計画基準点下流の保全対象）。このような降雨分布の場合、当該保全対象が被害に遭う可能性は必ずしも高くない。一方、局所的に降雨強度が極めて強い領域がなくても、流域全体を覆うように強度の強い雨域が広い範囲でもたらされた場合、流域平均の降雨強度が大きくなり、当該保全対象が被害に遭う可能性は相対的に高くなる可能性が考えられる（図3.1右）。すなわち、同じ地域において同じ発生確率であっても、降雨条件や降雨波形により被害が生じる可能性がある保全対象の位置が異なる。

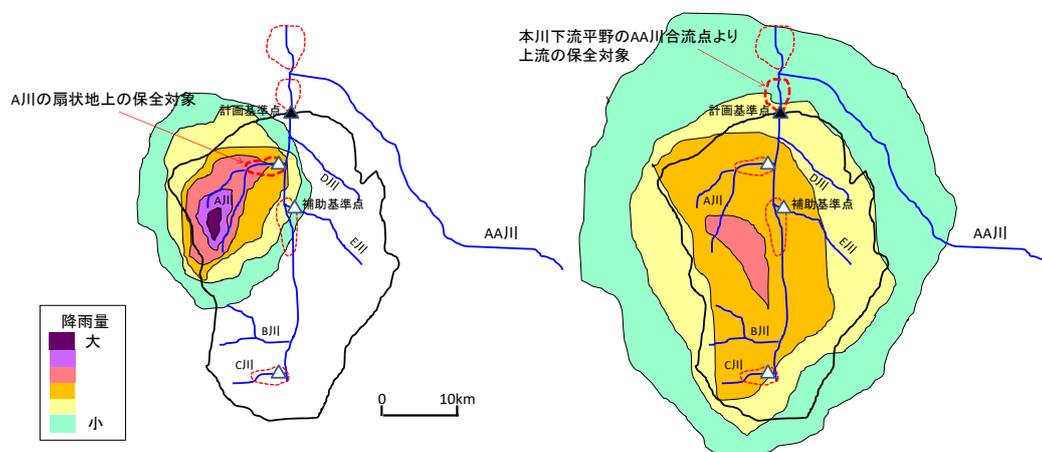


図3.1 計画降雨の降雨分布のイメージ

*左図はA川の扇状地上の保全対象を対象とした場合の計画降雨の降雨分布のイメージ。A川上流域で雨域が狭く、流域平均の降雨強度が非常に大きい降雨。右図は本川下流平野の保全対象を対象とした場合の計画降雨の降雨分布のイメージ。局所的に降雨強度が極めて強い領域がないが、流域全体を覆うような雨域の広い強度の強い降雨。

3.2 計画降雨（降雨波形・降雨分布）の設定

【標準】

既往降雨実績より、2.1で分類した保全対象ごとに計画降雨の条件として降雨波形と降雨分布を設定することを基本とする（表3.1参照）。保全対象周辺の河川において、河川整備基本方針流量が定まっている場合は、複数段階設定（費用対効果分析に必要な年平均被害額等を算出するため複数の確率規模で降雨条件を設定）する計画降雨の条件のうち最大の降雨条件（計画規模の降雨条件）は河川整備基本方針流量算出に用いられた降雨条件とすることを基本とする。河川整備基本方針流量が定まっていない場合は、既往実績から降雨条件を設定することとし、降雨の発生確率は砂防基本計画の計画規模とすることを基本とする。また、既往実績から決める場合であって、複数の降雨条件が候補となる場合、複数の降雨波形について解析を行い、検討対象とする保全対象における被害が最大となる降雨条件を設定することを基本とする。

表3.1 計画降雨条件設定のイメージ

保全対象	計画規模	降雨分布・波形	備考
I 本川下流平野のAA川合流点より下流の保全対象	1/150	S57年型	河川整備基本方針流量算定時の降雨条件と整合
II 本川下流平野のAA川合流点より上流の保全対象	1/150	S57年型	
III A川の扇状地上の保全対象	1/100	H12年型	
IV 本川の中流域の谷底平野の保全対象	1/100	H7年型	
V C川の扇状地上の保全対象	1/100	H7年型	

【例示】

[計画降雨設定時の留意点]

計画基準点上流において、24 時間雨量、日雨量などの指標に関しては、雨量規模が既往の砂防計画において設定されているが、計画の降雨波形が設定されていない場合がある。このような場合に、計画の降雨波形を設定するにあたっては、過去の豪雨時の降雨波形を参照に、24 時間雨量、日雨量などの指標が計画規模になるように実績の降雨波形を引き延ばす手法、継続時間と降雨強度の関係（雨量強度式）に基づき設定する手法が考えられる。なお、降雨波形を引き延ばすにあたっては、対象期間の全体を一律の割合で引き延ばす方法や降雨ピーク時付近を中心に引き延ばす方法など、複数の引き延ばし方法が考えられる。

3.3 流出解析の実施

【考え方】

流出解析は水供給地点の入力ハイドログラフを設定するために実施する。「砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）（平成24年3月）」には、流出解析について以下のようにある。

「計算に用いるハイドログラフは「治水経済調査マニュアル(案)」を参考に決定することを基本とするが、その手法で過去の災害実績等を十分に再現できない場合は、既往災害の降雨実績等を考慮して、より災害実績等の再現性の高いハイドログラフを設定するものとする。」

本手引きにおいてもこの考え方に従い流出解析を実施する。

【標準】

流出解析手法及び用いるパラメータは、可能な範囲で降雨規模の大きい豪雨時の観測結果に関して再現性が確認されたものを用いることを基本とする。流出解析は、3.2で設定した全ての降雨条件に対して実施することとする。下流域等で河川整備基本方針流量が定められている場合、流出解析手法及び用いるパラメータは、河川整備基本方針流量の設定手法を用いても良い。また、流出解析手法及び用いるパラメータは、降雨条件によらず、共通としてもよいが、河川整備基本方針流量の設定手法を用いた場合に上流域の再現性が十分に確保されない場合などにおいては、1つの流域で複数の流出解析手法及びパラメータを用いても良い。

3.4 入力ハイドログラフの設定

【標準】

各水供給地点の入力ハイドログラフは流出解析で求めたハイドログラフを用いることを基本とする。

下流河川の観測地点における流量規模を事前の想定や既往の観測結果などと整合するように解析条件（パラメータ）を同定・設定する場合は、伝播時間の違いのために下流で合成されるハイドログラフの形状に生じる変化によりピーク流量が減少する影響を考慮することを基本とする。また、計算区間上流端から当該地点までの区間における土砂の堆積にともない、河床に堆積した土砂の間隙に水が堆積することによる流水の水量の減少を考慮して計算区間上流端のハイドログラフの設定を行うことが重要である。

【例示】

[洪水波形の伝搬時間の違いを考慮する方法の例]

河川整備基本方針流量を設置するのに用いた流出解析手法・パラメータを用いて、下流河道における洪水波形を設定する場合には、水供給地点における水供給のタイミングを洪水波形の伝搬時間の違いを考慮して設定する必要がある場合がある。このとき、パラメータの同定に用いられた下流河川の観測地点から水供給地点までの距離等に応じて、下流河川の観測地点でピーク等が同期するように水供給地点に設定するハイドログラフに時間差を与えることが考えられる（図 3.2B）。

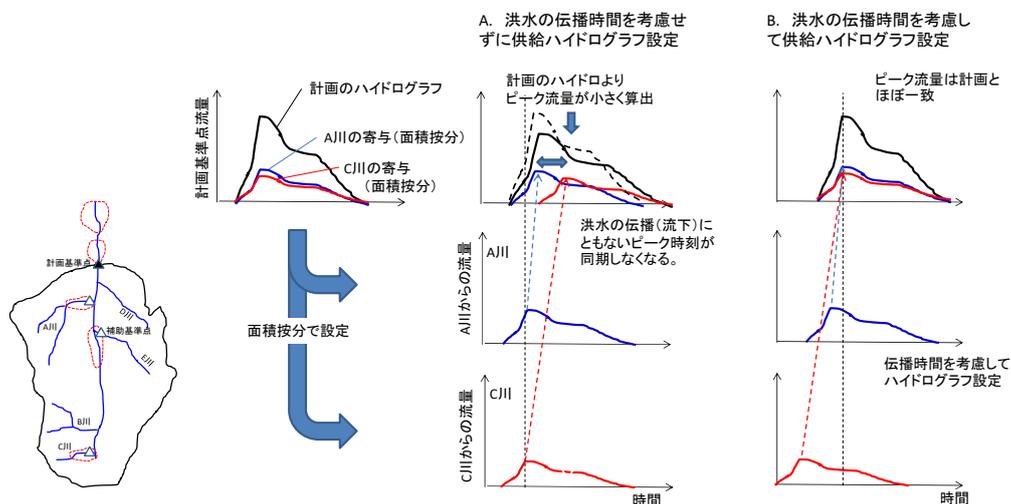


図3.2 洪水波形の伝搬時間の違いを考慮する例

*AIIやCIIから計画基準点までは距離があるため、洪水が遅れて到達する。このため、A.のように洪水の伝播時間を考慮せずに供給ハイドログラフ設定した場合、基準点におけるピーク流量が計画上の流量より小さくなることが考えられる。このような場合、B.のように、洪水の伝播時間を考慮して供給ハイドログラフを設定することが考えられる。

4. 土砂供給条件の設定

4.1 粒度分布の設定

【標準】

計算区間上流域（図 2.2 の黄色で示した流域）や支川（図 2.2 の緑で示した流域）から流出する土砂の粒度分布は生産土砂の粒度分布とすることを基本とする。生産土砂の粒度分布は、崩壊土砂や土石流堆積物の粒度分布に関する調査結果に基づき、河床堆積土砂の粒度分布との違いを考慮し、設定することを基本とする。設定にあたっては、生産源ごと、生産形態（例えば、土石流、斜面崩壊、溪岸侵食など）ごとに設定することを基本とするが、生産源による違い、生産形態による違いが明確でない場合は同じ粒度分布を用いることが考えられる。

供給土砂の粒度分布の設定にあたっては、河床材料と同様の粒径階とすることとし、粒径階を概ね 5 ないしはそれ以上とすることを基本とする。また、細かい粒径の粒径階の設定は解析結果に比較的大きな影響を及ぼす場合があるので留意する。

【例示】

[生産源ごとの供給土砂の設定の例]

図 4.1 に現地調査結果に基づき設定した生産土砂（供給土砂）、河床材料の粒度分布の例を示す。図に示すように、生産土砂の粒径は河床材料の粒径に比べて相当程度細かい。

また、当該流域は主として変成岩と深成岩が分布する（図 4.1 右）。この場合においては、地質により、比較的小さいものの粒度分布に違いがある（図 4.1 左）。地質や上流域の荒廃状況等より明らかに違いがある場合は、土砂供給地点ごとに異なる粒度分布を設定することも考えられる。

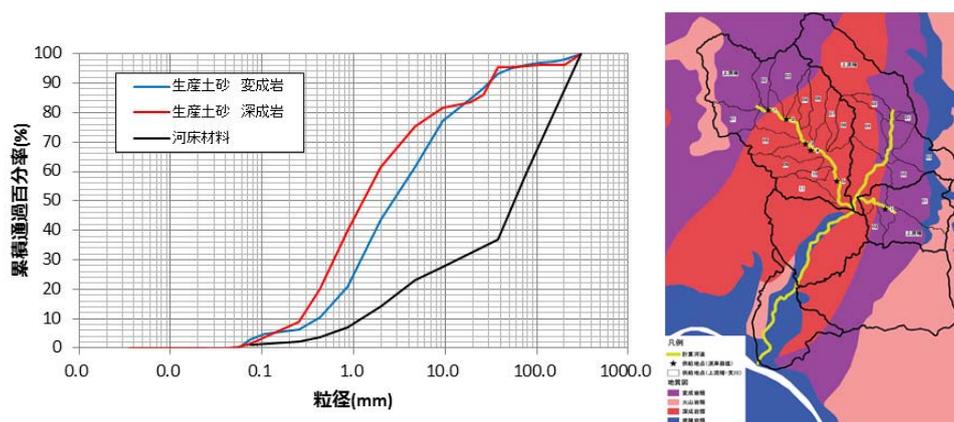


図 4.1 生産源ごと、生産形態ごとの供給土砂の粒度分布の設定例

4.2 供給土砂量の時系列データの設定

(1) 土砂供給期間の設定

【標準】

土砂供給地点の河床変動計算に入力する供給土砂量の時系列データは、土砂生産のタイミングを考慮して設定することを基本とする。すなわち、降雨条件や水理条件等が一定の基準を満たしている期間を土砂供給期間（土砂供給地点において土砂を供給する期間）として設定することを基本とする。

土砂供給期間は土砂供給地点により異なる場合も考えられる。また、溪岸侵食による土砂供給を考慮する場合においては、土砂生産のタイミングが結果に及ぼす影響を考慮することとし、9.3.3 で示す不確実性の評価を行うことを基本とする。

【例示】

[土石流発生に関する水理条件に基づく土砂供給期間設定の例]

土砂供給地点またはその上流域の水理条件が河床材料の移動条件を満たしているか否かを判定し、満たしている期間を土砂供給期間として設定する。判定は、既往の実績に基づく方法と理論式等による方法が考えられる。既往の実績に基づく方法では、既往実績から、土砂生産・流出が生じる流量を既往実績に基づき設定し、設定した流量を超過した期間を土砂供給期間と設定することが考えられる。

理論式等による方法のうち、土石流・土砂流区間は、下記の高橋の土石流発生条件の式¹⁾より判定することが考えられる。

$$\tan \theta \geq \frac{C_*(\sigma - \rho)}{C_*(\sigma - \rho) + \rho(1 + h/d)} \tan \phi \quad (\text{式 4.1})$$

ここで、 θ は土砂供給地点の勾配、 C_* は河床の容積土砂濃度、 σ は土石の密度、 ρ は表流水の密度、 h は表流水の水深、 d は河床の土石の粒径、 ϕ は土石の内部摩擦角である。なお、表流水の流量は流出解析で算出することとする。

[参考文献]

- 1) 高橋 保 (1977) : 土石流の発生と流動に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 20(B-2), 405-435

[崩壊・土石流発生降雨条件に基づく土砂供給期間設定の考え方の例]

降雨規模が当該地域の地形・地質・過去の気象条件による影響を受ける閾値を超過すると、崩壊や土石流の発生の危険性が高まることが知られている。そこで、降雨条件が崩壊・土石流の発生の可能性が高まる閾値を超過した時間帯を土砂供給期間と設定することが考えられる。閾値は当該地域の土砂災害警戒情報の検討成果を活用するなど考えられる。

(2) 土砂供給濃度の設定

【標準】

土砂供給地点の河床変動計算に入力する土砂濃度は土砂供給地点の勾配等で決まる平衡濃度とすることを基本とする。支川流域においても支川流域下流端の勾配を用いて平衡濃度を算出することを基本とする。

石礫型土石流は、比較的整然と層流状態で移動し、流れの骨格を形成している「土石」と土石の間隙を埋める「間隙水」とに分けて取り扱われてきた(図4.2)。さらに、土石流中の土砂のうちの細粒分は、間隙水と一体となって流下することが指摘されてきている¹⁾。この細粒土砂が間隙水と一体となって液相のように振る舞う現象は細粒土砂の「フェーズシフト」と呼ばれている(図4.2)。平衡濃度の算出にあたっては、細粒土砂のフェーズシフトを考慮し、フェーズシフトによる間隙流体密度の上昇による平衡濃度の上昇を評価することを基本とする。

ただし、供給土砂量が生産土砂量算出単位(単元流域)ごとで、2.2で設定した計画生産土砂量を上回らないように設定する。なお、細粒土砂のフェーズシフトを考慮する場合は、供給土砂量はフェーズシフトした細粒土砂の量とフェーズシフトしていない土石の量の和とする。すなわち、計画生産土砂量を供給土砂量の上限とする場合、フェーズシフトした細粒土砂の量とフェーズシフトしていない土石の量の和が計画生産土砂量を上回らないように土砂供給条件を設定する。

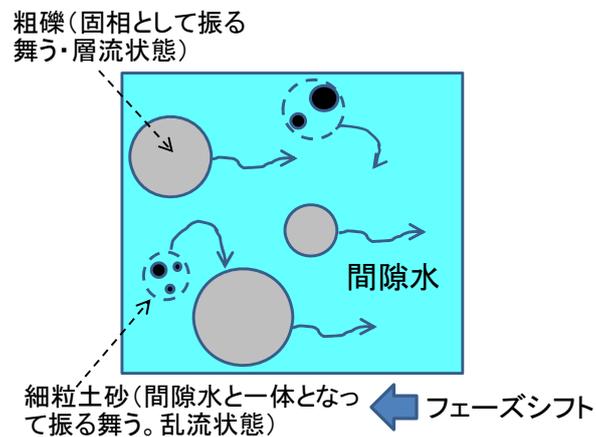


図4.2 石礫型土石流中の土砂移動形態のイメージ

【例示】

ここでは、フェーズシフトを考慮し、土石流中の土砂はフェーズシフトした細粒土砂とフェーズシフトしていない土石に分類できると考える（図 4.2）。そこで、土砂供給地点の土砂量（ v ）（空隙を含まない）は以下のように算出する。

$$v = v_f + v_c \quad (\text{式 4.2})$$

ここで、 v_f はフェーズシフトし間隙流体に取り込まれた細粒土砂の（空隙を含まない）量、 v_c はフェーズシフトしていない土石の（空隙を含まない）量である。このとき、水の量を V_w とすると間隙流体の密度 ρ_m は以下の式で算出できる。

$$\rho_m = \frac{\sigma v_f + \rho v_w}{v_f + v_w} \quad (\text{式 4.3})$$

ここで、 σ は土石の密度、 ρ は表流水の密度である。そこで、土石流区間においては土石流の平衡濃度式からフェーズシフトしていない土石の平衡濃度（ C_c ）は以下の式で求めることができる。

$$C_c = \frac{v_c}{v_c + v_f + v_w} = \frac{\rho_m \tan \theta}{(\sigma - \rho_m)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (\text{式 4.4})$$

ここで、 θ は勾配、 ϕ は土石の内部摩擦角である²⁾。すなわち、フェーズシフトする細粒土砂と固相として流下する土砂の比（ v_f/v_c ）を設定すれば、式 4.2～4.4 より、 v_c 及び v_f が水量（ v_w ）から算出できる。

ここで、仮に生産源の土砂の空隙が水で飽和していたと仮定すると、水量（ v_w ）は以下の式で表すことができる。

$$v_w = (v_f + v_c) \frac{1 - C_*}{C_*} + v_{sw} \quad (\text{式 4.5})$$

v_{sw} は表流水の体積で、流出解析から算出される水量とすることが考えられる。

また、計画生産土砂量（ V ）が空隙込みで算出されている場合、計画生産土砂量を供給土砂が上回らない条件は以下の式で評価できる。

$$V \geq \frac{v_f + v_c}{C_*} \quad (\text{式 4.6})$$

なお、図示したように掃流状集合流動（土砂流）区間においては水流層中に浮遊土砂が含まれている可能性が考えられ、いくつかの評価手法³⁾が提案されているが、評価方法が十分確立されているとは言いがたい（図 4.3）。一方、掃流状集合流動（土砂流）区

間においてもここでの考え方に従った河床変動計算により過去の災害が再現されていることから、ここで例示した手法を準用することも考えられる。

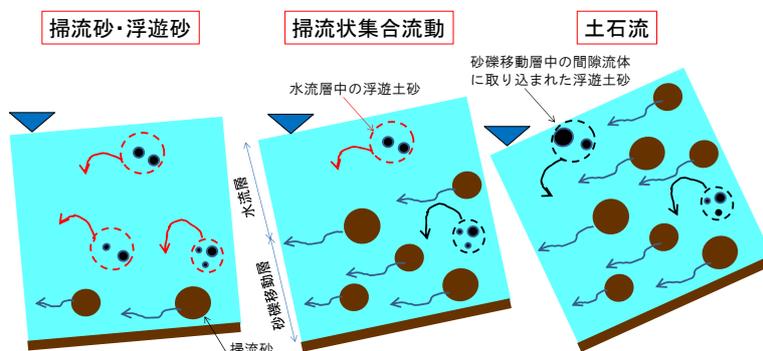


図 4.3 山地河川における土砂移動形態のイメージ

[参考文献]

- 1) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室 (2015)：豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点，国土技術政策総合研究所資料，第 874 号
- 2) 土木研究所 火山・土石流チーム (2012) 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
- 3) 丹羽 諭・内田 太郎・泉山 寛明・桜井 亘・大野 亮一・寺田 秀樹・里深 好文 (2018)：大規模土砂生産後の土砂流出を対象とした河床変動計算における流れ幅の設定の影響，砂防学会誌，70(6)，34-35

[緩勾配区間の土砂供給地点における土砂供給の考え方]

本手引きでは、「豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点」(国土技術政策総合研究所資料，第 874 号)の考え方に従い、できるだけ急勾配区間から連続して河床変動計算を行うことを想定している。しかしながら、地形条件の制約等によりやむを得ず掃流区間に土砂供給地点を設定する場合は、掃流砂、浮遊砂について勾配、水深、粒径で規定される平衡濃度、平衡流砂量を算出し、土砂供給することが考えられる。なお、この場合は土石流区間のように細粒土砂のフェーズシフトは考慮しない。

[計画生産土砂量に供給土砂量が達した場合の考え方]

土砂供給期間中、土砂を供給し続けると供給土砂量が計画生産土砂量を上回る場合は、土砂供給期間であっても、供給土砂量が計画生産土砂量に達した時点で土砂供給をやめる方法が考えられる(図 4.4A)。また、流域面積が大きく、多数の土砂生産源が存在する場合は、土砂供給期間中の供給土砂量が計画生産土砂量と等しくなるように土砂供給濃度を平衡濃度より低くすることも考えられる(図 4.4B)。また、土砂供給期間中、土

砂を供給し続けると供給土砂量が流量のピーク時刻以前に計画生産土砂量に達するなど計画生産土砂量に対して著しく大きくなる場合は、土砂供給期間の開始時刻、土砂供給期間の設定方法を見直し、計画生産土砂量を精査することなどが考えられる。

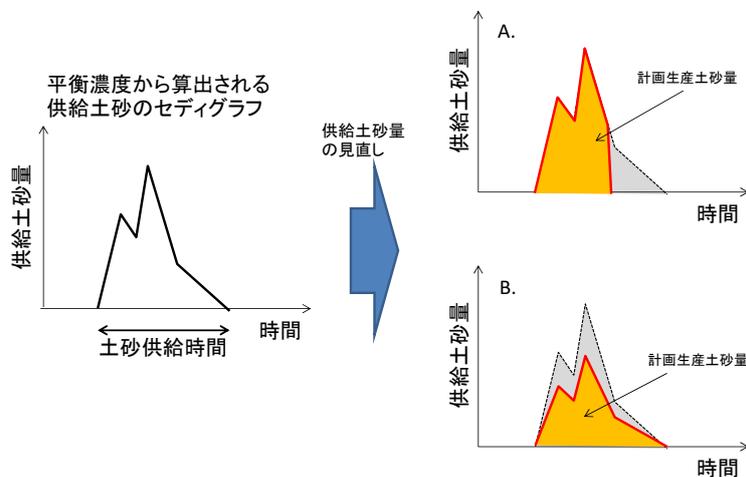


図 4.4 計画生産土砂量に供給土砂量が達した場合の土砂供給のイメージ

*赤線が供給土砂量の時系列データ

[異常堆積の確認]

土砂供給条件によっては、供給点直下に大量な土砂が堆積し、実態と著しく異なる異常堆積が生じることがある。このような場合、供給条件の土砂濃度を下げるなどして、異常堆積を生じさせないようにすることが考えられる。

4.3 施設の効果評価

【標準】

土砂生産抑制に関する効果が期待される施設が設置される場合は、計算区間への土砂の供給量を当該施設がない状態に比べて効果量分減ずることにより評価することを基本とする。また、土砂流送制御を主たる目的とした砂防堰堤であっても、溪岸侵食の制御など山脚固定効果が期待される場合がある。そこで、計算区間内の溪岸侵食等の防止が期待される施設に関しても、施設を設置した場合の解析においては、その効果量分を堰堤設置箇所の溪岸侵食等による生産土砂量から与えられる土砂の供給量から減ずることにより評価することを基本とする。ただし、効果量が当該箇所における溪岸侵食等による生産土砂量を上回らないように注意する。土砂の供給量を減ずる場合は、土砂生産形態に従い、施設がない場合の出水前半の供給土砂量を減ずる（図 4.5A）、又は、土砂供給時間の土砂濃度を一定割合で減ずる（図 4.5B）こととする。

計算区間外の土石流区間において、土砂を捕捉するために設置される堰堤についても、効果量分を施設がない場合の供給土砂量から減ずることにより評価することを基本とする。この場合は、施設がない場合の出水前半の供給土砂量を減ずることを基本とする（図 4.5A）。

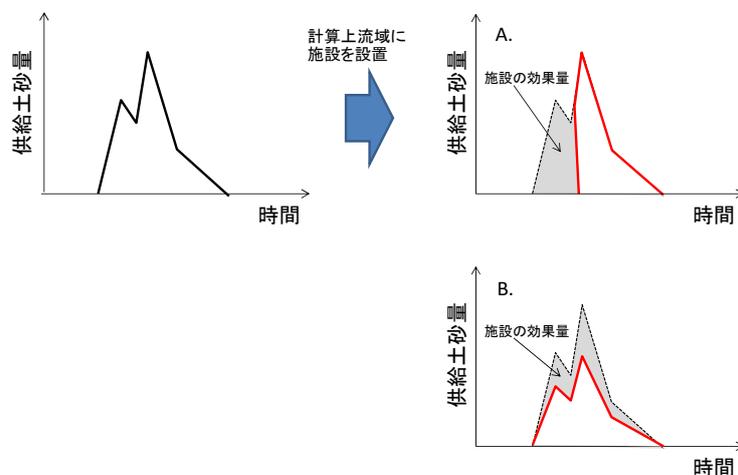


図 4.5 施設効果により供給土砂量を減じた供給土砂量の時系列データのイメージ

【例示】

[計算区間外の施設の土砂生産抑制に関する効果評価に関する考え方]

一般に土砂生産の場合は、荒廃地における表面侵食、拡大崩壊等による土砂生産、山腹斜面における斜面崩壊、溪床堆積土砂の再移動に分類される¹⁾。一方、生産土砂量を既往実績等に基づき設定した場合であっても、土砂生産が生じる場を詳細に予測することは難しい場合がある。特に、前述の分類のうち、山腹斜面における斜面崩壊による土砂

生産の場所ごとの土砂量を設定することは難しい。このような場合、施設の土砂生産抑制に関する効果は面積按分で設定することが考えられる。すなわち、評価対象とする上流域の山腹斜面の面積 (A_h)、山腹崩壊による計画生産土砂量 (V_h) とした場合であって、当該施設により土砂生産が抑制される範囲の面積を A_e とした場合、山腹崩壊による生産土砂量の減少分 (ΔV_h) は、以下の式で表すことができると考えられる。ただし、現時点では、生産土砂量を予測し、生産土砂量抑制に関する施設効果を十分に精度良く評価する技術がないため、簡便な方法を示しており、今後の研究・技術開発により適宜、見直す必要があると考えられる。

$$\Delta V_h = \frac{A_e}{A_h} V_h \quad (\text{式 4.7})$$

また、供給土砂量における当該施設の効果量 (図 4.5 における灰色でハッチングした部分) ΔV は以下の式で算出できると考えられる。

$$\Delta V = \frac{V}{V_y} \Delta V_h \quad (\text{式 4.8})$$

ここで、 V_y は当該土砂供給地点より上流域の計画生産土砂量、 V は 4.2 で設定した当該土砂供給地点の供給土砂の総量である。

また、荒廃地における表面侵食による土砂生産、溪床堆積土砂の再移動による土砂生産についても、斜面ごと、区間ごとの土砂生産量が特定されていない場合は、山腹崩壊による土砂生産同様、面積按分 (又は、区間長による按分) により求めることが考えられる。

一方、斜面ごと、区間ごとの生産土砂量が特定され、各斜面、区間の生産土砂量の積み上げにより、計画生産土砂量が設定されている場合は、当該施設により抑制される生産土砂量 (V_p) から、供給土砂量における当該施設の効果量 (ΔV) は以下の式で算出できると考えられる。

$$\Delta V = \frac{V}{V_y} V_p \quad (\text{式 4.9})$$

[参考文献]

- 1) 河川砂防技術基準 (調査編) 「砂防調査 2. 3 土砂生産に関する調査」

5. 河床変動計算の実施

5.1 河床変動計算の考え方

【考え方】

河床変動計算は、豪雨時の河床変動状況を予測し、土砂・洪水氾濫のおそれの有無及び施設の効果を評価するために実施する。

河川砂防技術基準（調査編）の「砂防調査 2. 4. 7 流出解析・河床変動計算」においては、以下のように示されている。

「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。」

また、「砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）（平成24年3月）」には、「第1節 土砂・洪水氾濫による想定氾濫区域」に河床変動計算手法について以下のようにある。

「流砂計算手法は、計算対象となる地区の地形状況を勘案して、想定される土砂移動現象に即した手法を用いることとし、過去の災害実績等に対し再現性がよい手法を用いるものとする。」

本手引きにおいてもこれらの考え方に従い河床変動計算を実施することとする。

【標準】

上記の考え方に従い、土砂生産をとまなうような豪雨時の河床変動計算には、以下の計算が可能な数値計算プログラムを用いることを基本とする。

- ・土石流から掃流砂までの土砂移動形態に則した平衡濃度・せん断応力の計算が可能
- ・掃流砂領域においては、浮遊砂の計算が可能
- ・掃流砂、浮遊砂は混合粒径の計算が可能
- ・土石流区間等における間隙流体中のフェーズシフトした細粒土砂の影響を考慮した計算が可能
- ・土石流、掃流状集合流動区間においては土砂の侵食・堆積速度を考慮した計算、浮遊砂については非平衡計算ができることが望ましい。
- ・各断面における侵食の発生・非発生の判定できる計算が可能

溪流及び山地河道における土石流や掃流状集合流動では、細粒土砂がいわゆるフェーズシフトして間隙流体として一体となって流出することが考えられる。一方、掃流砂・浮遊砂の領域では、細粒土砂のフェーズシフトを考慮すると、フェーズシフトしている細粒土砂と浮遊砂が2重計上となり実態と乖離する可能性が高いため、掃流砂・浮遊砂の領域では、細粒土砂のフェーズシフトを考慮しないことを基本とする。

【例示】

土砂生産をともなうような豪雨時の河床変動計算において考慮すべき事項については、下記の参考文献^{1),2)}に例示されている。

[参考文献]

- 1) 河川砂防技術基準（調査編） 「砂防調査 2. 4. 7 流出解析・河床変動計算」
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2015）：豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点，国土技術政策総合研究所資料，第 874 号

5.2 計算の実施

【標準】

河床変動による土砂・洪水氾濫の有無を判定及び施設の効果を評価するために河床変動計算を実施する。河床変動計算手法および入力条件は、当該流域において土砂生産・流出による土砂・洪水氾濫による災害時の土砂動態・災害状況に関する再現性が確認されたものを用いることを基本とする。再現性の確認手法の詳細は 8 章を参照する。

6. 土砂・洪水氾濫解析・被害推定の実施

6.1 氾濫開始点の設定

【標準】

氾濫開始点の設定は、2.6 で設定した河道断面および 5.2 の河床変動計算結果に基づき、越水・溢水が生じる地点を氾濫開始点の候補として設定する。ただし、両岸が山地斜面と接しているなど越水・溢水が生じると想定されにくい地点は氾濫開始点を設定しないこととする。氾濫開始点の設定は「治水経済調査マニュアル（案）」に準拠することを基本とする。

6.2 土砂・洪水氾濫解析・被害推定の実施

【考え方】

ここでは、越水・溢水が生じると考えられる氾濫開始点において、土砂・洪水氾濫が生じた際の被害推定を実施する。被害の大小は土砂の氾濫堆積のみならず、泥水の氾濫や泥の堆積の影響を受けると考えられる。

【標準】

前項で設定した氾濫開始点ごとに、2次元土砂・洪水氾濫計算を行う。メッシュサイズは 50m×50m を目安とするが、地形を踏まえ最適なサイズを選定する。その上で、「砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）」、「治水経済調査マニュアル（案）」に従って、被害額の算定を行うことを基本とする。

7. 施設配置計画の検討

7.1 施設配置計画の検討の考え方

【考え方】

施設配置計画の検討は、現地調査、資料調査による施工の実効性の検討等とともに、施設の効果評価を数値解析により行うことを基本とする。検討した施設配置計画では十分な効果が得られないと判断された場合、施設配置計画を見直して、再度、数値解析・河床変動計算により効果評価を行う。

従来、砂防堰堤では、出水時に流出土砂が河床勾配に応じた勾配まで堆積すると仮定し、効果量が算出されることが多かった。しかし、砂防堰堤における堆砂勾配は、砂防堰堤の堆砂域に流入する土砂濃度やハイドログラフの影響を受ける。このため、砂防堰堤の効果を評価するために、堆砂域に流入する土砂濃度やハイドログラフの影響の評価が可能な河床変動計算により施設の土砂流送制御効果を評価することが重要となる。

施設配置は土砂生産抑制を主な目的とする施設（砂防堰堤、溪流保全工、山腹工など）と土砂流送制御を主な目的とする施設（砂防堰堤、溪流保全工、遊砂土工など）のそれぞれについて検討する。なお、土砂生産抑制および土砂流送制御を主な目的とする施設の分類については、河川砂防技術基準（計画編）の「施設配置計画編」を参照する。施設配置の検討においては、施設の概略位置、概略の規模、施設の型式について検討することを基本とする。施設の概略位置の検討にあたっては、対象領域内の施設効果の大きい箇所を抽出し、施設効果の大きい箇所から優先的に施設配置を検討するなど効果的な施設配置を目指す。一般的に、土砂流送制御を目的とした施設においては以下のような施設は効果が大きいと考えられる。

- ・ 空き容量が確保されている（大きい）堰堤
- ・ 保全対象に近い位置にある施設
- ・ 対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域・区間の施設
- ・ 無施設状態で河床変動計算を実施した場合に侵食が生じる区間にある施設

また、土砂生産抑制を目的とした施設においても土砂流送制御を目的とした施設同様以下のような施設は効果が大きいと考えられる。

- ・ 保全対象に近い位置にある施設
- ・ 対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域の施設

また、第1編に示したように山地域の土砂生産・流送に起因する災害は多岐にわたるが、本手引きでは、上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫のみを対象としている（1.1 参照）。そこで、施設配置を検討するにあたっては、対象地域において生じる可能性がある土石流・流木等などその他の山地域の土砂生産・流送に起因する災害に対する施設配置を考慮した上で、対策が当該地域の災害軽減に効果的になるようにする。

7.2 対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域・区間の抽出

【標準】

対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域に施設を設置することが有効である。そこで、施設配置の検討においては、河床変動計算により、対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与の大きさを評価することを基本とする。

【例示】

[対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域の抽出の考え方]

対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域の抽出にあたっては以下の手法が考えられる。

- ① 検討対象とする各種条件（降雨条件、土砂供給条件など）を決める（以下、「当初条件」と呼ぶ）。
- ② 対象とする保全対象の上流域を分割する。
- ③ ある分割した支流からの流出土砂量が 0 となった場合を想定し、当該保全対象周辺の通過土砂量を算出する。このとき、当該支流（流出土砂量を 0 とした流域）以外の流域からの流出土砂量は当初条件と同じとする。
- ④ 当初条件時の通過土砂量と当該支流からの流出土砂量を 0 とした場合の通過土砂量の差（以下、「通過土砂量減少量」と呼ぶ）を算出する。
- ⑤ 順次、他の支流についても③、④の検討を行い、各支流の「通過土砂量減少量」を算出する。
- ⑥ 通過土砂減少量の大きい支流を対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域とする。

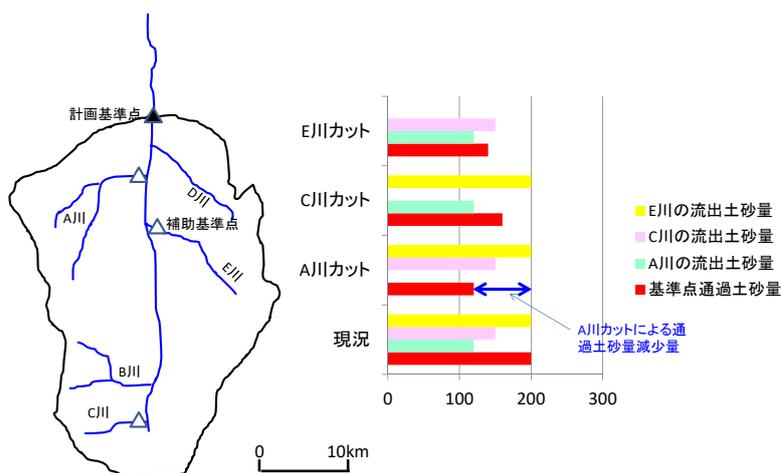


図 7.1 対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい支川流域の抽出イメージ

*下流平野の保全対象を対象とした場合の対象保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい支川流域の抽出のイメージ。A 川流域からの流出土砂量が 0 となった時、最も通過土砂量減少量が大きく、E 川流域、C 川流域の順に大きい。

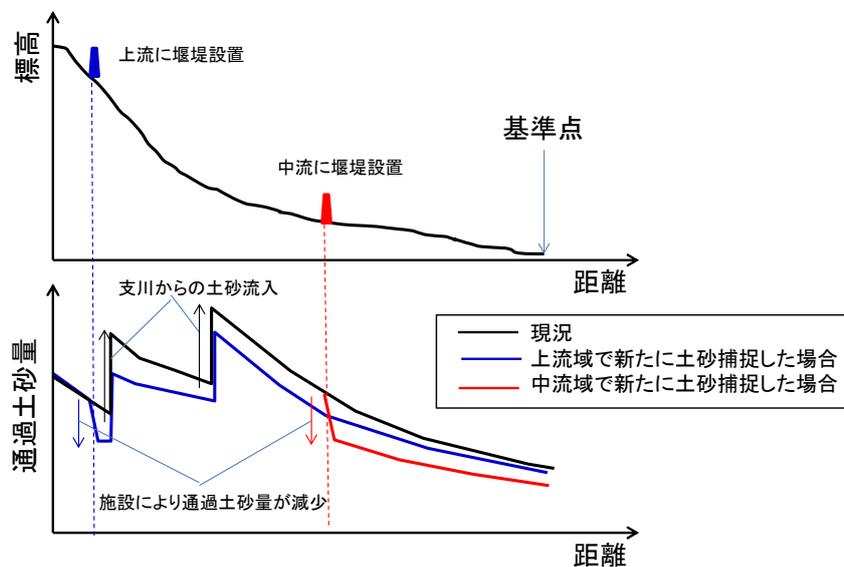


図 7.2 効果の大きい区間の検討イメージ

*上図のような縦断地形の流域における通過土砂量の縦断変化のイメージ（下図）。上流域（青線）また中流域（赤線）でそれぞれ等しい量の土砂を捕捉した際の通過土砂量の縦断変化を示す。この例においては、上流域で堰堤を設置した場合、無施設時であっても、当該堰堤から基準点までの区間の河道に堆積し基準点に達しない土砂を多く堰堤で捕捉することになる。一方、中流域で堰堤を設置した場合、当該堰堤で捕捉される土砂は、無施設時には大半が基準点から流出する。このような場合、設置される堰堤が等しい土砂量を捕捉するのであれば、中流域で堰堤を設置した方が、上流域で堰堤を設置した場合よりも基準点における通過土砂量の低減量が大きく、効果的であると期待される。

第3編 再現計算の実施

8. 既往災害の再現計算

8.1 基本的な考え方

【考え方】

既往災害に関する再現計算は、第2編の施設配置計画の検討に用いる計算条件（計算区間の設定、水・土砂供給地点の設定など）、解析手法（流出解析手法、河床変動計算手法など）を決定するために、施設配置計画の検討に先だって実施する。ただし、再現計算のみでは、十分に妥当性が検証できない条件が残ることが考えられる。このような条件については、第4編の9.3.2、9.3.3、9.3.5に示すように、当該条件の不確実性について照査することとする。

8.2 対象事象の抽出

【考え方】

再現対象事象を抽出するにあたっては、

- a. 降雨状況、土砂生産状況、土砂動態（河床変動量、流出土砂量）が計画（検討）で対象とする現象に類似しているか否か
- b. 降雨状況、土砂生産状況、土砂動態に関する情報（河床変動量、流出土砂量）に関する情報の有無

の観点が考えられる。山地河川の土砂動態は、水理状況、土砂生産の有無により、劇的に変化するため、a.の条件を優先し、再現対象事象を抽出する。

本手引きでは、「短期の土砂流出」による現象のうちの「上流からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる土砂・洪水氾濫」について主な対象としている。そこで、再現計算も、計画（検討）で対象とする現象に近い過去の事象を対象に再現計算を実施することが望ましい。すなわち、当該流域において斜面崩壊・土石流等による土砂生産・流出が生じ、これにより中下流域で土砂・洪水氾濫による災害が発生した豪雨時の土砂動態・災害状況を再現対象とすることが望ましい。

当該流域において土砂生産・流出による土砂・洪水氾濫に関する確かな災害記録がない場合、土砂流出に関する情報（例えば、貯水ダムの堆砂量、河床変動量に関する調査など）が取得されている豪雨時などを対象に再現計算を実施する。

8.3 再現計算の準備

8.3.1 情報収集・現象の復元

【標準】

再現対象とする事象について以下の情報を収集する。

- ① 降雨状況（降雨波形、降雨分布など）
- ② 水流出状況（洪水流量、ハイドログラフなど）
- ③ 土砂生産状況（崩壊土砂量、生産土砂量、単元流域からの流出土砂量など）
- ④ 土砂動態に関する情報（河床変動状況、流出土砂量、粒度分布など）
- ⑤ 土砂・洪水氾濫状況（氾濫箇所・範囲、土砂堆積状況など）

しかしながら、当該流域において斜面崩壊・土石流等による土砂生産・流出が生じ、これにより中下流域で土砂・洪水氾濫による災害の事例がある場合であっても、災害発生からの経過年数が長いなどの理由により、③～⑤について定量的なデータが得られない場合がある。このような場合、災害状況の写真や空中写真、災害史などの文献情報を基に土砂移動状況・災害状況を復元し、③～⑤の情報を収集し、再現対象とする。過去の災害時の状況を復元する場合、定量的に土砂移動状況・災害状況を復元することに努めるが、定性的な情報であっても収集し、再現計算の再現性の確認に用いる。

8.3.2 計算準備

【標準】

再現対象の準備は、本手引き 2 章の「計算準備」に従うことを基本とするが、河道形状、河床状況、施設の配置状況などは再現対象事象発生時の状況にあわせることを基本とする。

8.4 再現計算の実施

8.4.1 実績と計算結果の整合性の検証

【標準】

再現計算は、本手引きの3章から5章（土砂・洪水氾濫状況に関する再現性を検証できる場合は6章）に示した手法に従い実施する。以下の項目について検証し、解析手法・入力条件の妥当性を検証する。

(1) 水流出状況（洪水流量、ハイドログラフなど）の実績と計算結果の整合性

(2) 土砂生産状況と計算の供給土砂量の整合性

(3) 河床変動状況・流出土砂量及び土砂・洪水氾濫状況の実績と計算結果の整合性

なお、実績と計算結果の整合性の検証は(1)から順次行うこととする。すなわち、(1)の整合性が確認された入力条件、解析手法で(2)の整合性を検証し、(1)、(2)の整合性が確認された入力条件、解析手法で、(3)の整合性を検証する。また、整合性の検証にあたっては、1つの観測結果・調査結果のみの整合性を確認するのではなく、収集できた全ての情報について整合性を総合的に確認することを基本とする。

【例示】

[計算期間の設定の考え方]

一般に出水期間中の地形変化の情報は得られにくい。河床変動状況・流出土砂量に関する情報が得られた場合であっても、出水前後の河床変動状況、出水期間中の流出土砂量であることが一般的である。一方、河床変動計算においては、出水後半に水・土砂供給地点から、土砂濃度が低い流れ又は清水を供給すると、上流域で侵食が生じ、出水期間中の流出土砂量が大きくなる可能性がある。しかし、このような出水後半の侵食過程においては、実際には澱筋の固定化、河床のアーマーコート化により、侵食が抑制される場合もあるなど河床変動計算で十分に表現できていないプロセスが影響している可能性が考えられる。すなわち、出水の後半以降、長期間河床変動計算を実施すると実績を大きく上回る流出土砂量が算出される場合がある。このため、計算結果の整合性を検証するにあたっては、計算期間の設定に留意する必要がある。例えば、出水後半の複数の時期の計算結果と実績を比較するなどが考えられる。

8.4.2 入力条件・解析手法の見直し

【標準】

再現計算が不十分と考えられる場合は、入力条件・解析手法を適宜見直し、実績と計算結果の整合性が確保される入力条件、解析手法を探索することを基本とする。見直しを行う場合であっても、既往の他流域の再現計算事例などを参照し、設定する入力条件（パラメータ）が既往の他流域の再現計算事例と著しく乖離しないように留意することとするが、対象流域における実績と計算結果の整合性の確保を優先する。

【例示】

[供給土砂量の設定結果に関する入力条件・解析手法の見直しの考え方]

供給土砂量の設定結果に関する入力条件・解析手法の見直しについては、土砂供給地点の数や位置（2.5 参照）、土砂供給期間の設定手法（4.2(1)参照）、フェーズシフトする土砂の条件（4.2(2)参照）を見直すことが考えられる。

[河床変動状況・流出土砂量及び土砂・洪水氾濫状況の計算結果の見直しの考え方]

河床変動状況・流出土砂量及び土砂・洪水氾濫状況の計算結果の見直しにおいては、下記の資料^{1),2)}が参考となる。

また、溪流及び山地河道における土石流や掃流状集合流動では、沖積河川の掃流砂と異なり、非平衡性が強いと考えられるが、一方で、掃流砂は沖積河川等においては非平衡性が小さいと考えられてきている³⁾。そこで、掃流砂に強い非平衡性を持たせると実態と乖離する可能性が高いため、掃流砂は基本的に平衡状態を想定することが考えられる。

[参考文献]

- 1) 河川砂防技術基準（調査編） 「砂防調査 2. 4. 7 流出解析・河床変動計算」
- 2) 砂防研究室（2015）：豪雨時の土砂生産をともなう土砂動態解析に関する留意点，国土技術政策総合研究所資料，第 874 号
- 3) 例えば、竹林洋史（2014）：河川工学，コロナ社，P.58

第4編 施設配置計画の照査

9. 施設配置計画の照査

9.1 計画規模以下の現象に対する効果

【標準】

計画規模以下の降雨であっても、土砂流出により土砂・洪水氾濫による被害が生じることがある。また、計画規模以下の現象は、被害の程度は計画規模の現象に比べて被害の程度が小さい場合であっても、被害の発生頻度は高くなる。そこで、計画規模以下の現象に対する施設の効果を評価・検証することは重要である。

施設の効果を評価・検証する降雨条件は、治水経済調査マニュアル（案）に準じて発生確率の違いにより、設定することを基本とする。また、土砂供給条件は、既往の実績に基づき、降雨条件ごとの生産土砂量を設定することを基本とする。

降雨条件、水・土砂供給条件以外の解析手法、入力条件は計画規模の現象に対する解析に用いた手法・条件と同一とすることを基本とする。

9.2 現況の河道断面における効果

【標準】

本手引きでは、2.6で示したように、河川整備基本方針流量が定まっている区間は、河道幅は河川整備基本方針に準拠し、上流域の土砂移動の土砂・洪水氾濫への影響を評価するために河積を河川整備基本方針流量が流下できる最小断面とすることを基本とし、施設配置計画を検討してきた。一方、現況の河道断面は、2.6で設定した断面より小さい可能性が考えられる。仮に、現況の河道断面が2.6で設定した断面より小さい場合、土砂・洪水氾濫の生じやすさや被害の規模を過小評価してしまうおそれがある。そこで、本手引きにおいては、第2編での検討に基づき作成された施設配置案に対して、現況の河道断面の場合の効果評価結果の違いを検討しておくことを基本とする。

9.3 不確実性の評価

9.3.1 不確実性の考え方

【考え方】

過去の災害事例を対象に再現計算による入力条件・解析手法の検証を十分に行った場合であっても、山地流域の土砂動態については、現象が複雑である上に、少しの入力条件の違いが解析結果に大きく影響を及ぼすことがあるため、評価結果は不確実性を含んでいると考えられる。さらに、今後、気候変動による降雨量の増加が引き起こされた場合、降雨量の増大の程度によっては、将来における土砂・洪水氾濫の発生確率や当該発生確率の規模を過小評価してしまう場合があることが考えられる。

そこで、本手引きにおいては、第2編での検討に基づき作成された施設配置案に対して、入力条件の違いによる施設の効果評価結果の違いを検討しておくことを基本とする。不確実性の検討結果から、条件の違いにより、施設の効果が著しく低下する条件が存在する場合は、再度、施設配置を検討し直すことを基本とする。

不確実性を有する項目は多岐にわたるが、代表的なものとして、以下の例が考えられる。

- (1) 降雨分布状況の違いによる影響
- (2) 土砂供給条件の違いによる影響
- (3) 気候変動等による降雨量の変化の影響
- (4) 計算の条件の違いによる影響

9.3.2 降雨分布状況の違いによる影響

【標準】

降雨波形・降雨分布は山地流域の土砂動態に大きな影響を及ぼす。また、将来生じうる降雨波形・降雨分布を1つに確定することは困難である。そこで、既往実績を基に、複数の降雨波形・降雨分布を想定(3.2参照)し、複数の降雨条件を対象に解析を行い、計画降雨の設定の不確実性について検討する。

特に、合流点においては、本支川の出水のタイミングの違いによって、本川ないし支川のいずれかの河川において、合流点上流に背水が生じ、堆積遡上による河床上昇が引き起こされる場合がある。そこで、保全対象近傍にある合流点においては、降雨分布の違いによる出水のタイミングについて検討する。

検討の結果、施設の効果が著しく低下する降雨波形・降雨分布が確認された場合は、再度、施設配置を検討し直すことを基本とする。

【例示】

[出水のタイミングの違いによる合流点における解析の考え方]

本支川の出水のタイミングの違いが河床変動に及ぼす影響については、下記の資料が参考となる。

[参考文献]

- 1) 増田 覚・水山高久・小田 晃・大槻英樹 (2008) : 本支川の出水のずれによる合流点の河床変動に関する研究, 砂防学会誌, 61(4), 27-31
- 2) 水山高久 (2003) : わかりやすい砂防技術 (4) 土砂の流出, 堆積, 砂防と治水, 36(3), 74-75
- 3) 砂防研究室 (2015) : 豪雨時の土砂生産をとまなう土砂動態解析に関する留意点, 2.7 合流点の影響, 国土技術政策総合研究所資料, 第 874 号

9.3.3 土砂供給条件の違いによる影響

【標準】

土砂供給条件は流出土砂量・河床変動状況に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、土砂供給条件の影響については複数のシナリオを想定し感度分析を行うことを基本とする。例えば、供給土砂量や供給土砂の粒径、土砂生産形態（溪岸侵食による影響の有無・大小など）やフェーズシフトする細粒土砂の割合（4.2(2)参照）などは、流出土砂量・河床変動状況に大きな影響を及ぼすと考えられる。

さらに、土砂生産のタイミングにより生産土砂量が同じ場合であっても、流出土砂量・河床変動状況は変化すると考えられる。そこで、土砂生産のタイミングに関する十分な情報が得られない場合は、想定される範囲で感度分析を行うことを基本とする。

9.3.4 気候変動等による降雨量の変化の影響

【標準】

今後、気候変動により豪雨の頻度が高まることが懸念されている。また、「砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)」では、対策施設の事業実施後の供用期間は 50 年が想定されている。このため、供用期間中に気候変動により降雨規模が増大した場合を想定し、従来想定されている規模より大きな降雨が生じた場合についても、検討した施設の効果を確認・評価することを基本とする。すなわち、計画規模以上の降雨時の被害推定・施設の効果評価を実施することを基本とする。実施にあたっては、流出解析、河床変動計算、氾濫計算は、計画規模の現象を対象に行った方法と同じとし、水・土砂供給条件を降雨量の変化に併せて変化させる。ただし、計画規模以上の降雨時の生産土砂量につ

いて十分な情報が得られない場合は、複数の生産土砂量を想定するなどして検討することとする。

9.3.5 計算の条件の違いによる影響

【標準】

評価に用いる流出解析、河床変動計算に用いる解析手法や入力条件は計画（検討）で対象とする現象に近い過去の事象を対象に再現計算を実施し、実績と計算結果の整合性を確認することを基本とする。しかしながら、解析手法（流出解析手法、土砂供給条件設定手法、河床変動計算モデルなど）や入力条件（地形条件、降雨条件、水・土砂供給地点の設定、河床材料の粒径、供給土砂の粒径など）の全てにおいて、十分な整合性の検討が困難な場合がある。このような場合、計算の手法や条件について想定される範囲で感度分析を行うことを基本とする。感度分析においては、対象とする保全対象周辺の河床変動量や流出土砂量に大きな影響を及ぼす条件を抽出し、それについて、詳細に検討することで、効率的に結果の信頼性の検証などが出来ることが期待される。ただし、流域の特性に応じて、支配的な条件は異なると考えられる。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No. 1048 November 2018

編集・発行 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675