

小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き

令和 8 年 9 月

国土交通省

水管理・国土保全局河川環境課水防企画室

国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室

はじめに

水防法では、洪水時の円滑かつ迅速な避難を確保し、又は浸水を防止することにより、水災による被害の軽減を図ることを目的として、洪水浸水想定区域を指定することとなっている。洪水浸水想定区域の指定対象は従来、洪水予報河川及び水位周知河川であったが、令和元年東日本台風等による豪雨では、洪水予報河川又は水位周知河川に指定されていない一級河川及び二級河川（以下「小規模河川」という。）での氾濫被害が多数発生し、水害リスク情報の空白地帯が危険性のない地域であるとの誤解を住民等に与えるおそれがあるという課題が明らかになった。こうした課題を踏まえ、令和3年に水防法が改正され、洪水浸水想定区域の指定対象が住宅等の防護対象のある全ての一級河川及び二級河川に拡大された。これにより、新たに約19,000の小規模河川において、洪水浸水想定区域の指定や洪水ハザードマップの作成が必要となり、このうち洪水浸水想定区域の指定については令和8年3月に完了した。

小規模河川の数膨大であるため、それらすべてについて河道データや水位データを把握し、洪水浸水想定区域を指定するには多くの時間やコストを要する。そのため、一部の都道府県では、小規模河川についても、洪水時に浸水が推定される範囲等を独自の手法で推定し、公表する取組が行われている。また、国では、航空レーザ測量による三次元地形データを用いた無破堤・一次元不等流計算に基づく浸水解析手法の開発が行われてきた。

小規模河川においても水害リスク情報を把握し、ハザードマップ等を通じて住民等に周知していくため、浸水が想定される範囲の設定や、水害リスクの評価手法について技術的な検討を行うため「中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」を設置し、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」(平成27年7月 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室、国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室)等の既存のマニュアルを参考に「中小河川における簡易的な水害リスク情報作成の手引き」(平成30年12月同機関)を発展させ、小規模河川に係る流下型、貯留型、拡散型のそれぞれの氾濫形態における計算のための仮定や条件設定の考え方等を整理した「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」を、令和2年6月にとりまとめた。令和5年7月には、令和3年の水防法改正や調査研究の進展を踏まえ、同手引きを「小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き」と名称変更し、内容の一部を更新した。

また、平成29年7月九州北部豪雨や令和6年9月能登半島豪雨では、主に中山間地域を流れる小規模河川において、山地部で発生した大量の土砂や流木が洪水により流送され、流木が橋梁部で捕捉されるとともに、土砂が河道の長い区間にわたって堆積し、氾濫範囲が拡大するなど、被害が拡大した。

こうした土砂や流木の流送・堆積に伴う水位上昇や氾濫範囲の拡大については、これまで洪水浸水想定区域図において技術的に考慮することが困難であったが、その影響を評価する手法に関する調査研究が一定程度進展した。これに加え、「能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会」の提言を踏まえ、有識者からなる「土砂・流木を考慮し

た中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」を設置した。同検討会における検討を踏まえ、今回、「小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き」を改定した。

今後も、データの蓄積や新たな知見等を踏まえ、必要に応じてその内容を見直すものとする。

本手引きを参考にして、水防法に基づく小規模河川における洪水浸水想定区域に大量の土砂・流木堆積の影響が適切に反映されるとともに、その結果が洪水ハザードマップ等を通じて住民等に周知され、洪水時における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置が図られることを期待する。

なお、本手引きと異なる手法で小規模河川の洪水浸水想定区域の指定を行うことを妨げるものではない。

中小河川の水害リスク評価に関する

技術検討会 委員名簿（令和２年）

（有識者）

- | | |
|---------|--------------------------------|
| 安喰 靖 | 国土地理院 応用地理部 環境地理情報企画官 |
| ◎ 池内 幸司 | 東京大学大学院 工学系研究科 教授 |
| 浦瀬 俊郎 | 長崎県 土木部 河川課長 |
| 角田 秀樹 | 千葉県 県土整備部 河川環境課長（令和２年４月～） |
| （山口 浩 | 千葉県 県土整備部 河川環境課長（～令和２年３月）） |
| 黒良 龍太 | 気象庁 予報部 予報課 気象防災推進室長（令和２年４月～） |
| （大矢 正克 | 気象庁 予報部 予報課 気象防災推進室長（～令和２年３月）） |
| 小林 健一郎 | 神戸大学 都市安全研究センター 准教授 |
| 田中 茂信 | 京都大学 防災研究所 教授 |
| 田端 幸輔 | 中央大学 研究開発機構 准教授 |
| 永矢 貴之 | 建設コンサルタンツ協会 河川計画専門委員長 |
| 服部 敦 | 国土技術政策総合研究所 水防災システム研究官 |
| 速水 茂喜 | 滋賀県 土木交通部 流域政策局 流域治水政策室長 |
| 舩谷 成幸 | 宮城県 土木部 河川課長（令和２年４月～） |
| （大宮 敦 | 宮城県 土木部 河川課長（～令和２年３月）） |
| 光信 紀彦 | 静岡県 交通基盤部 河川砂防局長（令和２年４月～） |
| （太田 博文 | 静岡県 交通基盤部 河川砂防局長（～令和２年３月）） |

（敬称略、五十音順）

◎：座長

土砂・流木を考慮した中小河川の水害リスク評価に関する

技術検討会 委員名簿（令和7年～8年）

（有識者）

- ◎ 池内 幸司 東京大学 名誉教授、
一般財団法人 河川情報センター 理事長
- 内田 太郎 筑波大学 生命環境系 教授
- 加藤 千恵 建設コンサルタンツ協会 河川計画専門委員長
- 菊田 勇平 広島県 土木建築局 河川課長（令和8年4月～）
（水頭 顕治 広島県 土木建築局 河川課長（～令和8年3月））
- 呉 修一 富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 教授
- 小林 健一郎 埼玉大学 理工学研究科 教授
- 田中 尚人 石川県 土木部 次長兼河川課長
- 二瓶 泰雄 東京理科大学 創域理工学部 社会基盤工学科 教授
- 平井 賢二 福岡県 県土整備部 河川管理課長（令和8年4月～）
（中森 健一 福岡県 県土整備部 河川管理課長（～令和8年3月））
- 溝口 敦子 名城大学 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授
- 吉田 健一 岩手県 県土整備部 河川課総括課長（令和8年4月～）
（佐々木 雅章 岩手県 県土整備部 技術参事兼河川課総括課長（～令和8年3月））

（関係省庁）

- 阿久津 修 国土地理院 応用地理部 地理情報処理課長（令和8年4月～）
（岡本 勝浩 国土地理院 応用地理部 地理情報処理課長（～令和8年3月））
- 竹下 哲也 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水防災システム研究官、
筑波大学連携大学院 教授

（敬称略、五十音順）

◎：座長

内容

はじめに	1
1 総説.....	8
1.1 目的.....	8
1.2 適用範囲	9
1.3 用語の定義.....	9
1.4 留意事項	9
2 小規模河川の洪水浸水想定区域図作成のフローと本手引きの対象範囲	12
3 河道・氾濫原等のデータ	13
3.1 河道の縦横断測量データ	13
3.2 河道の粗度係数	15
3.3 氾濫原の地形測量データ	15
3.4 氾濫原の粗度係数.....	15
3.5 対象降雨・流域	16
4 検討対象流量の設定	17
4.1 対象流域	17
4.2 対象降雨	17

4.3	対象流量	18
5	氾濫解析	19
5.1	対象河川区間の設定	19
5.2	対象氾濫区域の設定	19
5.3	氾濫形態の分類	19
5.4	氾濫解析手法の選定	20
5.5	氾濫解析の条件設定	24
6	無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析手法	25
6.1	氾濫解析の適用範囲と手順	25
6.2	流下型氾濫	25
6.3	貯留型氾濫	27
6.4	拡散型氾濫	27
6.5	流下型氾濫と拡散型氾濫が連なる区間	28
6.6	平面二次元不定流解析におけるメッシュサイズ	28
7	大量の土砂・流木堆積の影響が見込まれる小規模河川の取り扱い	30
7.1	本章の趣旨	30
7.2	対象とする事象	31
7.3	大量の土砂・流木堆積の影響を受けやすい河川及び区間の抽出	34

7.4	大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水深分布の作成手法.....	37
7.4.1	本手法の手順	37
7.4.2	その他の留意点	47
8	小規模河川の洪水浸水想定区域図の表示・提供・保管	48
8.1	小規模河川の洪水浸水想定区域図の表示方法	48
8.2	浸水深の算定	48
8.3	浸水深のランク区分と表示色.....	48
8.4	小規模河川の洪水浸水想定区域図の縮尺と様式	49
8.5	小規模河川の洪水浸水想定区域図に明示する事項.....	50
8.6	データの保管・提供	50
9	現況確認による照査	53
9.1	浸水想定区域の漏れの確認	53
9.2	浸水想定区域の外縁線の処理について	53
9.3	氾濫流の伝播状況	54
10	今後の技術的課題	55

1 総説

1.1 目的

本手引きは、洪水予報河川や水位周知河川に指定されていない小規模河川における洪水浸水想定区域の指定促進を目的として、既存の地形データの最大限の活用や河道満杯流量を大きく超える想定最大規模の洪水時に応じた氾濫解析の条件・手法の導入によって、合理的かつ効率的に洪水浸水想定区域図を作成する手法を提示するものである。

氾濫解析については、河川・砂防技術基準調査編の第5章、第7章に記載されている。また、関連するマニュアル・手引きとしては以下のものを挙げることができる。

- 洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）（平成27年7月 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室：2017年10月6日部分改定）
- 中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）（平成28年3月 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室）
- 急流河川における浸水想定区域検討の手引き（平成15年9月 国土交通省北陸地方整備局）
- 氾濫シミュレーション・マニュアル（案）（平成8年2月 建設省土木研究所河川部都市河川研究室）
- 中小河川を対象とした洪水はん濫計算の手引き（案）（平成26年3月 国土交通省北海道開発局 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所）

これらのマニュアル・手引きに基づいて、全国の主要河川の洪水浸水想定区域図の作成・公表が進められているが、令和3年の水防法改正により新たに洪水浸水想定区域図作成の対象に追加された小規模河川については、その特性により上記のマニュアルに基づく洪水浸水想定区域図の作成が困難な場合がある。

小規模河川においては、河川水位計算のための基礎データである河道形状や粗度係数に関する調査成果が必ずしも十分ではないのが一般的である。また、水防法改正により新たに洪水浸水想定区域の指定が必要となった小規模河川は全国に約19,000河川あり、その総延長は膨大である。そのため、小規模河川の洪水浸水想定区域図の作成にあたっては、上述した基準・マニュアル・手引きに基づいた検討を実施することが推奨されるが、洪水浸水想定区域図の作成に必要な河道データの取得、氾濫解析や洪水浸水想定区域図作成等に必要予算・人員に限りがあることを考慮し、浸水深が0.5m程度の精度を必ずしも確保できないものの、本手引きを活用して検討されたい。

なお、個々の小規模河川の特性を勘案し、または複数河川を一括した氾濫解析実施等といった種々の工夫の導入により、洪水浸水想定区域図の作成に要する時

間短縮・労力削減が行えると判断される場合は、本手引きによらず他の独自の手法を用いることを妨げるものではない。

1.2 適用範囲

本手引きは、浸水深が 0.5m 程度の精度を必ずしも確保できないものの、氾濫発生時における避難の検討に資する浸水区域や浸水深の水害リスク情報を示すことができる小規模河川に適用する。

ただし、水防法施行規則第 2 条第 3 項に規定する浸水継続時間、並びに「早期の立退き避難が必要な区域」として家屋倒壊等氾濫想定区域の検討が必要な場合は、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版）」または「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」により検討を行われたい。

なお、本手引きの適用外の河川において、本手引きで示す手法を採用することを否定するものではない。

1.3 用語の定義

本手引きにおいて、以下に示す用語を以下のように定義する。

- 小規模河川：河川法が適用される 1 級河川及び 2 級河川（河川法第 3 条第 1 項）のうち洪水予報河川（水防法第 10 条第 2 項及び第 11 条第 1 項）又は水位周知河川（水防法第 13 条第 1 項及び第 13 条第 2 項）以外の河川
- 想定最大規模降雨：「想定しうる最大規模の降雨に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示」（平成 27 年国土交通省告示第 869 号）に基づく、想定し得る最大規模の降雨（計画規模を上回るもの）。
- 氾濫原：対象とする河川において溢水、越水、破堤による氾濫が発生した場合に、その氾濫流により浸水する可能性のある最大の区域のこと。

1.4 留意事項

小規模河川の洪水浸水想定区域図の作成にあたっては、以下の点に留意するものとする。

(1) 氾濫が推定される範囲外における浸水の可能性について

小規模河川の洪水浸水想定区域図は、水害リスク情報未提供区域の速やかな解消のために作成するものであるが、洪水浸水想定区域の指定対象となる小規模河川よりさらに規模の小さな支派川からの氾濫や山腹斜面からの雨水の表面流出等が発生した場合には、洪水浸水想定区域外においても浸水が発生しうる。

また、小規模河川の中には、大量の土砂・流木堆積の影響に伴う洪水氾濫が発生し得る中山間地域を流下するものもある。本手引きでは、橋梁部等における流木の捕捉や、比較的粒径の細かい土砂の長い区間にわたる堆積によって生ずる

河積縮小や河道埋塞と、これらに伴う水位上昇や氾濫への影響を考慮する手法を第7章に示しているが、これら以外の土砂・流木による影響については考慮していない。したがって、本手引きで考慮していない土砂・流木による影響により、本手引きに基づき作成した洪水浸水想定区域図に示される区域の外においても、浸水が発生する可能性がある。

(2) 複数河川からの氾濫による浸水が推定される区域について

小規模河川の一部または全川が洪水予報河川または水位周知河川の洪水浸水想定区域に含まれる場合は、それぞれの河川に想定最大規模降雨を与えた氾濫解析を行い、それらの浸水深のうちの最大値を用いて洪水浸水想定区域図を作成する必要がある。複数の小規模河川の洪水浸水想定区域が重複する場合には、複数の河川が同時に氾濫する可能性等を踏まえて、上記と同様にそれぞれの河川の氾濫解析から得られる浸水深の最大値、または同一洪水中に複数河川が氾濫する条件での解析から得られる氾濫範囲及び浸水深を用いて洪水浸水想定区域図を作成する必要がある。【技術参考 1-1】

(3) 土砂災害リスクについて

水防法第15条第3項の規定により、洪水浸水想定区域が記載されたハザードマップを提供する際には、土砂災害警戒区域等と併せて周知する。

(4) 市町村からの意見聴取について

本手引きによる洪水浸水想定区域図の公表に先立ち、氾濫範囲の推定に影響を及ぼしうる現地の状況について確認する等の観点から、現地に精通している関係市町村からあらかじめ意見を聴く必要がある。

(5) 洪水浸水想定区域図の更新について

小規模河川の洪水浸水想定区域図作成を早期に実施するために効率性を重視すると、データの収集・整理や氾濫解析に要する労力を軽減する必要に迫られ、解像度が低めの地形データや簡略的な氾濫解析手法が選定される傾向がある。そのため河川や氾濫の特性によっては、浸水深が0.5m程度の精度を確保できない可能性が高くなる。このように、効率性と精度を必要なレベルで両立させるのが困難な状況が生じうる。

そうした状況下においては、避難の判断のための水害リスク情報を早期に提供する重要性に鑑みて、当面は効率性を重視した手法により迅速に洪水浸水想定区域図を作成・提供し、その後、その活用の実績を踏まえてより精緻な水害リスク情報の必要性が生じた際には、より高精度な手法・高解像度のデータ等に基づく洪水浸水想定区域図に更新することが望ましい。

また、洪水浸水想定区域図の変更は、以下のような場合に行うよう努める。

- ① 洪水調整施設、放水路の供用や堤防整備等河川整備の進捗により洪水浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合

- ② 対象とする降雨等の外力の変更により洪水浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ③ 土地利用の大規模な変更、大規模構造物の建設、連続盛土の改変や地形の大規模な改変（地震による地形の隆起沈降による地形の変化を含む）、橋梁等の河川横断施設の新設等により、洪水浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ④ 技術の進歩等により地形測量や氾濫解析等の精度が向上したことで、洪水浸水想定区域の変更が必要と判断される場合
- ⑤ 上記のほか、洪水浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を講じるために必要と認められる場合

2 小規模河川の洪水浸水想定区域図作成のフローと本手引きの対象範囲

小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手順を図 2-1 に示す。本手引きの対象範囲の手順に入る前に、以下の2事項について検討する。これらは、主に5章に示す氾濫解析手法の選定のための検討に必要な基本情報となる。

● 対象河川の選定

管轄している小規模河川について、沿川の住家分布、避難関連施設・道路の有無等を踏まえ、洪水浸水想定区域を指定する河川区間（川沿いの道路等がない両岸山付き区間を除く全河川区間を原則とする）を選定する。その際、1.4(2)に示した留意事項を踏まえ、洪水予報河川または水位周知河川の洪水浸水想定区域を活用できる河川区間、複数河川からの氾濫が重複する範囲とその該当河川について整理することが望ましい。

● 作成期間の設定

対象河川において水害リスク情報を早期に提供する必要性とその基礎となる洪水浸水想定区域図の作成に要する労力等を鑑みて、計画的に水害リスク情報の提供を着実に進めるための作成期間を設定する。その際、1.4(4)に示した留意事項を踏まえて検討することが望ましい。

本手引きの対象範囲は言うまでもなく、その事前及び事後（ハザードマップなどの作成・提供・活用）を含めて、全国の水害リスク情報未提供区域の速やかな解消という本手引きの目的を十分に踏まえて、総合的に判断し、実施していくことが肝要である。

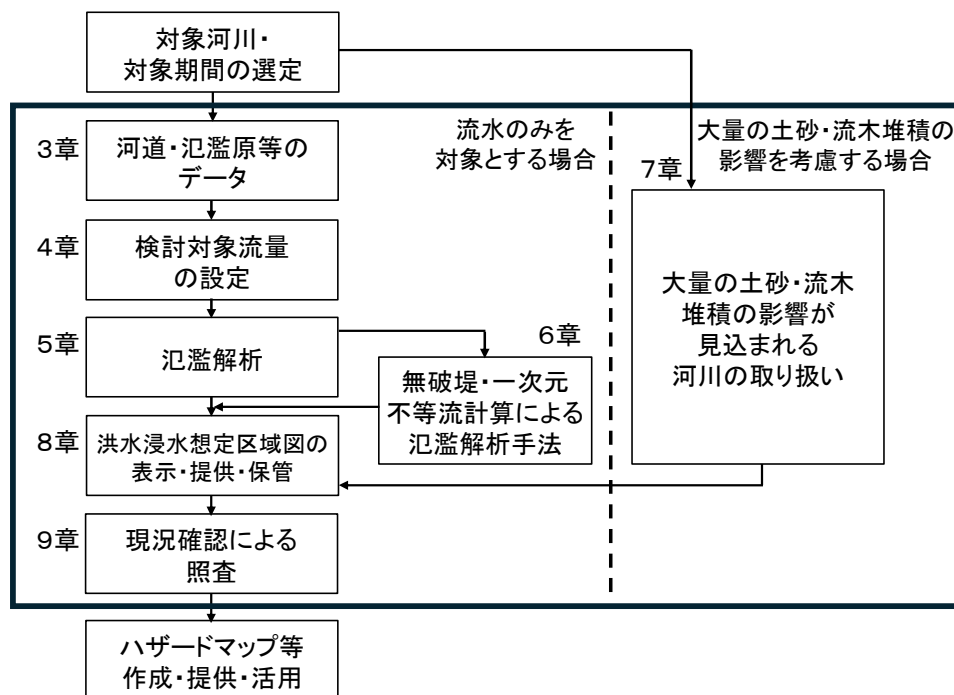


図 2-1 小規模河川の洪水浸水想定区域図作成手順

3 河道・氾濫原等のデータ

3.1 河道の縦横断測量データ

対象河川について、既存データを調査し、現況河道の縦横断図、平面図を入手する。既存データが存在しない河川や断面数が不足し補間が必要な河川区間、または測量データの更新が必要な場合には、下記の航空レーザ測量（LP）データを入手し、それをもとに縦横断測量データを作成することができる（図 3-1 参照）。

- 国土地理院 5mDEM（基盤地図情報数値標高モデル（5mメッシュ（標高））DEM5A）、国土地理院 1mDEM（基盤地図情報数値標高モデル（1mメッシュ（標高））DEM1A）
- 航空レーザ測量から得たグラウンドデータ（国土交通省河川局：航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案）：平成 19 年 3 月改訂参照）

ただし、航空レーザ測量では、1)地形標高データの測量密度に限界があり LP データの点群密度が川幅に対して粗である（図 3-2①参照）、2)レーザが適切に当たらない範囲では地盤高と異なる標高データである可能性が高い（図 3-2③、【技術参考 1-14】参照）、3)航空レーザ測量実施後に河道の形状が大きく変化している等により、現況河道を対象とした氾濫解析に用いることが不適切と判断される場合には、別途、測量を行う必要がある。その場合、新たに航空レーザ測量を行う以外に、下記の測量方法を適用することができる。

- UAV 写真測量（【技術参考 1-2】参照）
- 地上測量（「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」2.2.1、4(1)参照）
- 地上レーザスキャナ
- UAV レーザ測量

また、航空レーザ測量、UAV 写真測量、地上レーザスキャナ、UAV レーザ測量は水面下の標高を測量できないので、対象河川について有効河積の大半が常時水面下にあるような河川区間（図 3-2②参照）については、別途測量を行い上記の航空レーザ測量等の水面下を補完する必要がある（【技術参考 1-14】参照）。その手法としては、地上測量の他、グリーン・レーザーを用いた航空レーザ測量やマルチビーム音響測深器等を用いることができる。

なお、水位計算に用いる横断測線については「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」を参考に設定するもの（【技術参考 1-15】参照）とするが、断面急変箇所等を除き、原則として 100m 間隔として設定してよい。

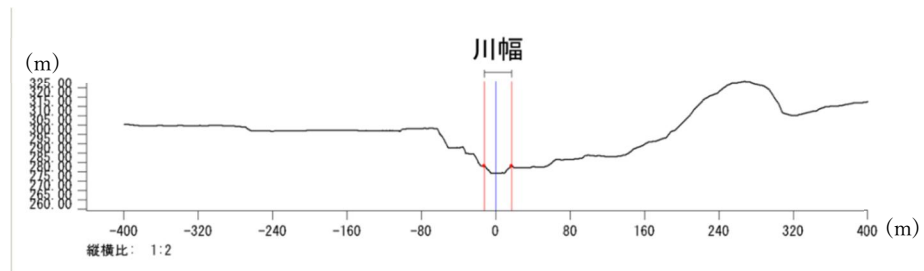
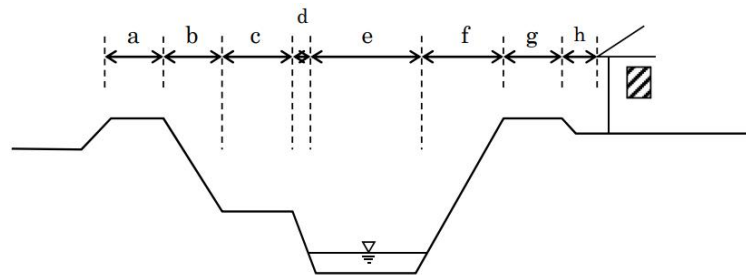
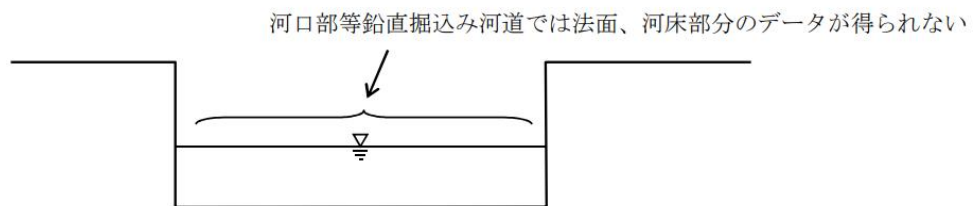


図 3-1 航空レーザ測量による河道横断測量の一例（川幅と示した区間が河道）

- ①標高データの密度による制約：例えば、レーザ測量データの点群密度が 1 点/ m^2 の場合は、下図の a～h の各幅が 1m 以上でないとデータが得られない。



- ②水面下の標高が取得されない。



- ③地物による遮蔽：建物、樹木等の遮蔽物によって航空レーザ測量時にレーザが地表面まで到達しない場合がある。多くの場合はフィルタリングによって有意な地盤高データを得ることができるが、建物が大規模な場合や、樹木が密集している場合は、地盤高と異なる測量データとなる可能性がある。

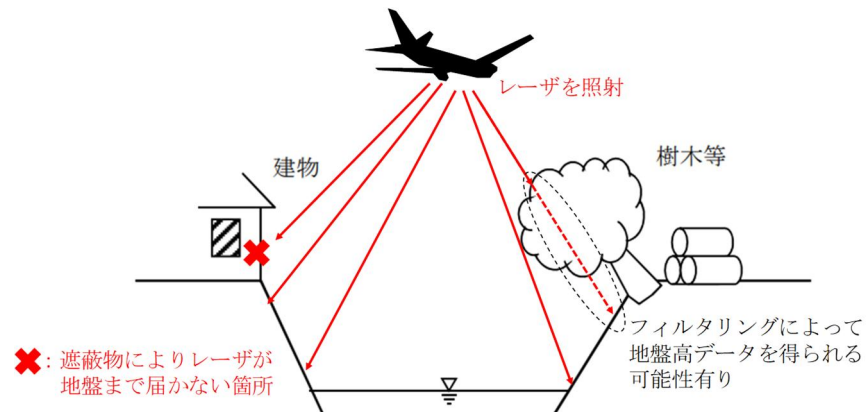


図 3-2 航空レーザ測量河道データ取得留意事項

3.2 河道の粗度係数

河道の粗度係数は、現況の河道状況（河床材料・樹木等の地被や河床勾配・横断形状など河道形状等）に関するデータを入手し、それに応じて設定するのを基本とする。ただし、河道計画等において設定されている粗度係数を用いることが妥当な場合は、この値とすることができる。

粗度係数は、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」（簡易版 B 表入力時の説明）に示された算出方法や類似河川の粗度係数等を参考にするなど、個々の河道状況に適した手法により適正に評価して設定する。

また、樹木群や背が高く茎の堅い草本植物群落（高茎草本）が形成されている区間については、洪水時の流れを勘案し、その範囲を死水域として設定してよい。

3.3 氾濫原の地形測量データ

5.3 に示すような氾濫形態を概略的に把握するため、地形図(1/25,000 等)や河川平面図を収集する。

また、氾濫解析に用いる現況の氾濫原の地形測量データとして、下記の航空レーザ測量データのいずれかを収集する。

- 国土地理院 5mDEM（基盤地図情報数値標高モデル（5mメッシュ（標高））DEM5A）、国土地理院 1mDEM（基盤地図情報数値標高モデル（1mメッシュ（標高））DEM1A）
- 航空レーザ測量から得たグラウンドデータ（国土交通省河川局：航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案）：平成 19 年 3 月改訂 参照）

なお、3.1 に示した河道測量データの作成のために収集する航空レーザ測量データを氾濫原の地形測量データとしても利用すれば、データ収集および地形データの作成を効率的に行うことができる。また、氾濫原の道路等の連続盛土構造物等の形状については、グラウンドデータを利用すると、より詳細に把握できる。

なお、航空レーザ測量では把握できない連続盛土に埋め込まれたボックスカルバート等については、事前に把握して氾濫解析に反映することが望ましいが、地形データ作成の効率性等のため一部の把握に留まる場合には、洪水浸水想定区域図を作成した後の現地確認（図 2-1 及び 9. 参照）での確認事項とし、その結果を受けて必要に応じて洪水浸水想定区域図を修正する必要がある。

3.4 氾濫原の粗度係数

氾濫原の粗度係数は、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ（国土交通省国土政策局）を入手し、土地利用区分に応じて設定するものとするが、氾濫原の大部分を占める土地利用区分や粗度係数が最大となる土地利用区分に基づき、安全側として均一に設定することにより作業を効率化することを妨げない。

粗度係数は、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」または「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」の設定方法や類似の土地利用区分の粗度係数等を参考にするなど、個々の氾濫原に適した手法により適正に評価して設定する。

3.5 対象降雨・流域

想定最大規模降雨、降雨波形の設定や対象流量を算定する流出解析等の実施にあたり、降雨資料（既往の主要な洪水の降雨波形等）や流域面積・流路長データ・土地利用区分など必要となる流域データを収集する。

河川計画検討等において整理されているデータが入手できる場合はこれを用いることができる。また、過去に河道計画検討などが行われておらず、今回新たに流出解析を行う河川においては、近隣の類似の流域で行われた河川計画検討等の資料が参考となる。

（出典）

- ✓ 中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版） 平成28年3月 国土交通省
水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室

4 検討対象流量の設定

4.1 対象流域

想定最大規模降雨を設定する対象流域は、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）（平成27年7月）」に基づき、各小規模河川の流域とするものとする。

複数の小規模河川からの浸水が想定される区域について、同一洪水中に複数河川から氾濫させる条件を与えた氾濫解析から洪水浸水想定区域図を作成する場合（1.4(2)参照）においても、上記を適用するのを基本とする。ただし、主要な氾濫原が複数河川の合流点周辺に位置するなど浸水特性や水害リスク情報活用を鑑みて、複数の河川流域の一部または全部を合わせた流域として設定することがより合理的と判断される場合には、複数流域を適切に組み合わせた流域として設定することができる【技術参考1-3】。

4.2 対象降雨

対象降雨は、「想定しうる最大規模の降雨に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示」（平成27年国土交通省告示第869号）に基づく想定最大規模の降雨量及び降雨波形を用いるものとする。

降雨量は、対象流域の面積、降雨継続時間より設定することを基本とする。降雨継続時間は、洪水のピーク流量に支配的な継続時間により決定することを基本とし、流域の大きさや流域の形状等を踏まえ、当該河川の洪水到達時間等を総合的に検討し、設定する。ただし、流域面積が小さく洪水到達時間が短い小規模河川において、上記により設定した降雨量が当該河川周辺の実績最大の降水量を下回る場合には、実績最大を含む記録的な降雨状況や流出特性等を総合的に検討し、告示に示された水収支の観点から豪雨の極値として見積もられている上限値を超えない範囲で、上記による降雨量を上回る降雨量を設定することができる【技術参考1-4】。

降雨波形は、最悪の事態を想定するため氾濫した際の被害が最大となるよう選定するものとし、河川計画検討等に用いた複数の降雨波形や既往の主要な洪水の降雨波形等を、想定最大規模の降雨量に等しくなるよう引き伸ばしを行い、それぞれの降雨波形による流出計算を実施し、任意の想定破堤点から氾濫した際の被害が最大となると考えられる降雨波形から選定することを基本とする。

なお、氾濫した際の被害が最大となるものとしては、洪水のピーク流量が最大となる降雨波形、または氾濫ボリュームが最大となると想定される降雨波形から、河川毎の流域・氾濫特性に応じて適切に選定するものとする。例えば、河川に沿った幅の狭い氾濫域に氾濫水が河道内の洪水と一体的に流下するような場合については洪水のピーク流量、流下してきた氾濫水が氾濫域内の標高の低い箇所に

において湛水するような場合については氾濫ボリュームによる影響が大きいと考えられる。

また、流域にダム等がなく計画にピーク流量のみを用いている河川や過去に河道計画検討などが行われておらず今回新たに流出解析を行う河川において、氾濫解析に流量ハイドログラフが必要な場合には、対象とする降雨波形として近隣の類似の流域で行われた河川計画検討等を参考として、中央集中型降雨波形（「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」＜技術参考3＞参照）等適切なものを設定する。

4.3 対象流量

対象流量は、河川計画検討等に用いている流出計算法により算出することを基本とするが、計画が定められていない河川では、近隣の類似の河川で行われた河川計画検討等の資料を参考にし、当該河川の特性にあった流出計算法により算出する。なお、土地利用やダム等の治水施設はすべて現況を条件とし、流出率や洪水到達時間等の流出計算に用いるパラメータを適切に設定する必要がある。たとえば、市街化が計画ほど進展していない場合には、現況の条件に対応した流出率や洪水到達時間を用いる必要がある。

いずれの方法で検討した場合でも、管内河川と比較した比流量図等により対象流量の妥当性を適宜検証しておくことが必要である。

合理式を用いている河川で、流量ハイドログラフが必要な場合には、合成合理式（「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」＜技術参考4＞参照）等を用い適切な流出計算を行うこととする。

流出計算を行う際には、計画規模を上回る外力に対して、管理区間より上流も含む流域全体の状況等を適切に反映することが推奨される（洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）＜参考資料3＞「計画規模を上回る洪水発生時の浸水解析の手引き（案）」参照）。

また、ダムや放水路等の河川管理施設は現況とし、洪水調節の方法は現行の操作規則による。ダムの異常洪水時防災操作（ただし書き操作）に移行する場合は洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）＜参考資料4＞「計画規模を上回る洪水発生時の浸水解析について（補足）」により計算を行うものとする。

5 氾濫解析

5.1 対象河川区間の設定

小規模河川の洪水浸水想定区域図を作成する対象区間は、2.において選定した河川区間とする。

5.2 対象氾濫区域の設定

対象河川区間での想定最大規模洪水時に氾濫が推定される最大範囲を包含できるように対象氾濫区域を設定する。

浸水区域は一般に地形条件や盛土構造物等の地物によって規定されるので、1/25,000 地形図や航空レーザ測量による地形図、河川平面図等を用い、以下の事項に留意して対象氾濫区域を設定する。

- ・ 対象流量に対する壁立て水位計算により算定される最高水位【技術参考1-5】を氾濫原に延長して地形標高と交わる範囲が対象氾濫区域の目安となる。ただし、下流低地では地形標高と交わらず過大となることがあるので、注意が必要である。
- ・ 等高線が疎らなところ（平坦な範囲）から密なところ（急に地形が隆起するところ）に変化する位置が氾濫範囲の境界になりやすい。
- ・ 河口付近の低位部では隣接する河川の堤防や盛土された鉄道・道路等の人工的な構造物が氾濫範囲の外縁線となる場合がある（鉄道や道路にカルバートが設けられていれば、そこを通じて隣接区域へも氾濫することがあるので注意が必要である）。
- ・ 同一洪水中に複数河川から氾濫する条件を与えた氾濫解析から洪水浸水想定区域図を作成する区域（1.4(2)参照）においては、各河川について上記の検討を行い、それらの結果を包含する範囲が対象氾濫区域の目安となる。

なお、対象氾濫区域の設定においては、既往洪水時の浸水実績図や治水地形分類図、土地条件図等の地形分類図に示されている氾濫平野等を参考とすることが望ましい。

5.3 氾濫形態の分類

対象氾濫区域の氾濫形態を、地形条件などを考慮し、以下に示す3タイプに分類する（図 5-1 参照）。

- ・ 流下型氾濫：氾濫水が河川に沿って流下する氾濫であり、氾濫水位が河川の縦断方向に水面勾配を持つのが特徴。
- ・ 貯留型氾濫：氾濫水が閉鎖型水域に貯留される氾濫であり、その水域内での氾濫水位はほぼ同一となる。地形的に貯留型であっても河川の縦断方向に水

面勾配を持つ場合は、流下型として評価する。

- ・ 拡散型氾濫：氾濫水が地形に応じて拡散する氾濫

氾濫形態への分類において、「壁立て水位計算による最高水位を氾濫原に延長して地形標高と交わる範囲」(5.2 参照) として得られる対象氾濫区域の外縁線と図 5-1 との対比を参考とすることが望ましい。

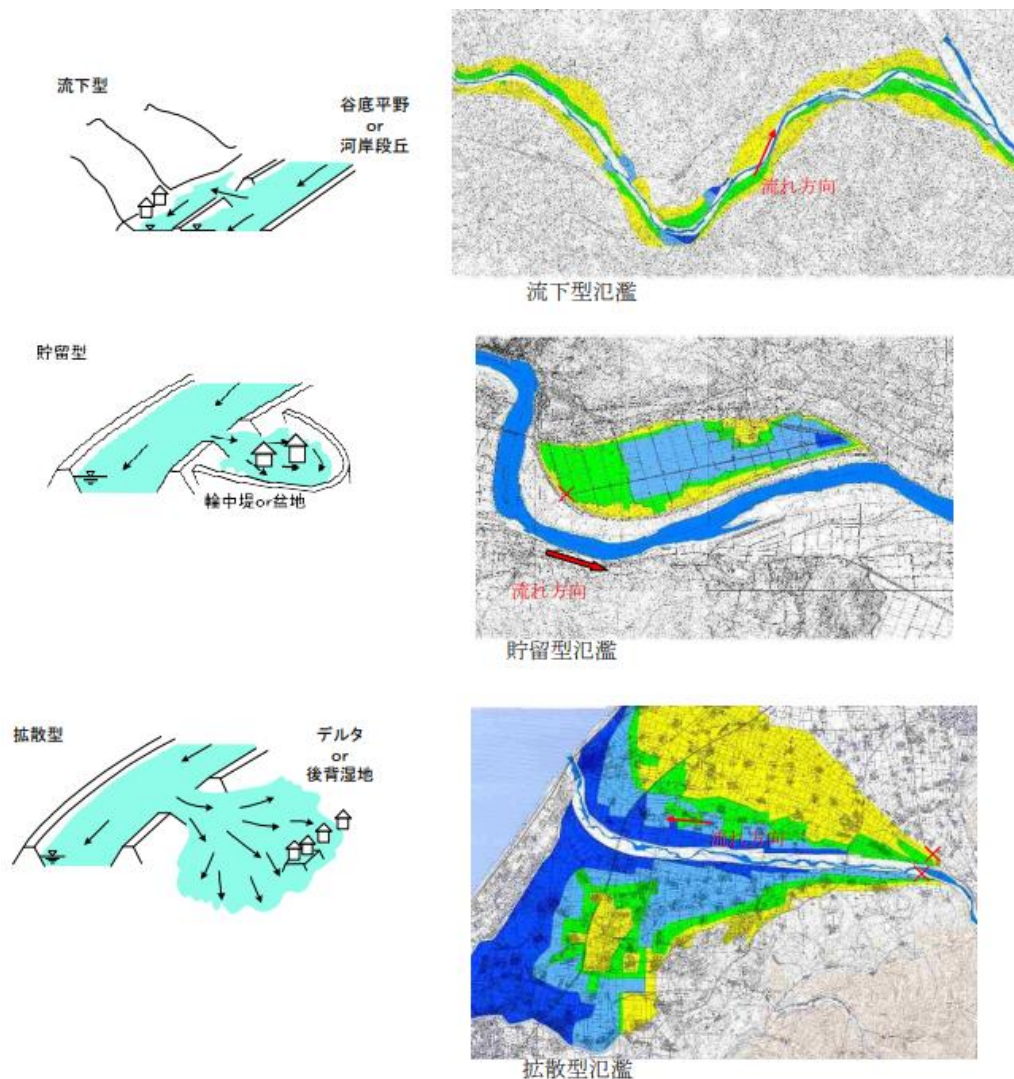


図 5-1 各氾濫形態の氾濫イメージ及び浸水シミュレーション例

5.4 氾濫解析手法の選定

氾濫解析の手法は、対象河川の氾濫状況（破堤氾濫、氾濫形態及び複数河川からの同時氾濫等）に対する適用性、氾濫解析から得られる情報の種類、洪水流・氾濫流の現象・特性の再現性、および解析に要する労力・時間等といった選定の基準となる項目を設定し、それらに対する適合性を複数の氾濫解析手法について判定し、その整理結果を比較し総合的に優劣を判断することで、適切な手法を選

定するものとする。

項目の設定と適合性判定の観点となる小項目については、以下に示す4項目・小項目を用いることを基本とするが、対象河川や避難に関わる地域の状況等に応じて追加・変更することができる。

総合的な判断においては、複数の対象河川に同一の氾濫解析手法を適用できる場合、該当する河川の河道・氾濫原データ等を与えて氾濫解析を一括して実施する等の種々の工夫の導入により、時間短縮・労力軽減が行えるか考慮することが推奨される。

① 氾濫状況に対する適用性

- ・ 破堤氾濫への適用性（破堤氾濫を対象とした解析の必要性）
- ・ 流下型・貯留型・拡散型への適用性
- ・ 上記の複合的な氾濫形態、または一連区間で氾濫形態が異なる（左右岸で異なる、上下流左右岸に入り組んだ形態分布となる等）氾濫状況への適用性
- ・ 複数河川からの同時氾濫に対する適用性
- ・ 河道水位計算への現況河道の流下能力の反映に関する適用性

② 氾濫解析から得られる情報の種類

- ・ 浸水域・浸水深のピーク値または時系列変化（時間軸の情報）
- ・ 浸水状況の平面的な変化（平面二次元解析）または河道縦断方向の変化（一次元解析）（空間的な情報）
- ・ 異なる洪水波形や氾濫発生箇所による浸水域・浸水深の差異

③ 洪水流・氾濫流の現象・特性の再現性

- ・ 河道からの氾濫及び浸水域からの戻り流れ（河道内流量の縦断分布の経時変化：上流での河道・浸水域間の流入出の程度によりその下流での洪水の最大流量や流量波形が低減、変化する現象）
- ・ 氾濫・決壊発生地点における河道水位の低下およびその上下流での水位縦断分布の変化（河道内水位の経時変化：水位縦断分布の変化とは、氾濫により河道流量が減少する氾濫・発生地点の下流のみならず、上流においても水位が低下する現象。上流での水位低下は緩勾配の河川・区間においてより長い区間に現れる傾向がある）

④ 解析に要する労力・時間

- ・ 設定した作成期間（2.参照）との比較
- ・ 予算との比較

氾濫解析手法の例を【技術参考 1-6】に、上記4項目に対する適用性の判定に

関わる特徴を表 5-1 に整理して示す。

なお、①小項目「破堤氾濫への適用性」については、想定最大規模の洪水時に堤防天端水位以下となる、または堤防天端水位を一連の区間にわたって大きく超えることのない対象河川においては、適用性を有する氾濫解析手法を用いる必要があると判定する。

表 5-1 氾濫解析手法選定の基準となる項目と各手法の特徴

氾濫解析手法			洪水浸水想定区域図作成マニュアル	中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き	小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き(本手引き6章)	降雨・流出・氾濫一体化モデル(土研RRJ)	降雨・流出・氾濫一体化モデル(群馬県)	降雨・流出・氾濫一体化モデル(RIC, 北海道庁)	備考
項目 1	適用性(氾濫形態・氾濫発生条件)		流下・貯留・拡散(複合も可) 溢水・越水・決壊	流下・貯留 決壊・溢水・越水	流下・貯留・拡散 溢水・越水(ピーク水位が河岸・堤防高を大きく上回る場合を対象)	流下・貯留・拡散(複合も可) 溢水・越水 堤防を河道・氾濫原境界として左右岸同一高さで設定可	流下・貯留・拡散(複合も可) 溢水・越水・決壊	流下・貯留・拡散(複合も可) 溢水・越水 堤防は数値標高モデルにより考慮	
	小項目	流下能力(実績・計画の反映)の設定	○	○～△	△	△	△	△	○: 設定手法あり △: なし・適用は可 ×: なし
		破堤氾濫への適用性	○	○、△(流下型)	×	×	○	×	○: あり(経時的に拡幅) △: 破堤幅考慮せず ×: なし
		氾濫形態別の適用性	○	△(流下、貯留)	△(流下、貯留、拡散) ※氾濫ブロック内の複合的な氾濫形態は適用外	○	○	○	○: 氾濫ブロック内の複合的な氾濫形態、複数ブロックで異なる形態の組み合わせに適用可 △: 3形態別
項目 2	氾濫解析により得られる情報		浸水域 浸水深分布 家屋倒壊(流速) 排水時間	浸水域 浸水深分布	浸水域 浸水深分布	浸水域 浸水深分布	浸水域 浸水深分布	浸水域 浸水深分布	
	小項目	氾濫状況の平面的変化の算定(2次元or1次元)	○	△(流速は流下型のみ)	△(流速は流下型のみ)	○	○	○	○: 平面分布 △: 平面分布(但し横断方向に水位一様を仮定)
		ピーク値または時系列変化	○	△	△	○	○	○	○: 経時変化(不定流解析) △: ピーク値のみ
		洪水波形・氾濫発生箇所等による浸水域・浸水深等の差異	○	△(貯留型)～×	△(貯留型)～×	△(波形のみ)	○	△(波形のみ)	○: 可 △: 可(簡易手法) ×: なし
		排水ポンプなどによる排水	○	×	×	×	×	×	○: 可 ×: なし
項目 3	考慮できる洪水・氾濫流現象		河道・氾濫域間の洪水の流入 決壊・溢水・越水による河道水位の変化	河道・氾濫域間の洪水の流入	河道・氾濫域間の洪水の流入	河道・氾濫域間の洪水の流入 溢水・越水による河道水位の変化	河道・氾濫域間の洪水の流入 決壊・溢水・越水による河道水位の変化	河道・氾濫域間の洪水の流入 溢水・越水による河道水位の変化	
	小項目	氾濫・氾濫戻りによる河道流量の増減	○	△(貯留は流出のみ)	△(貯留は流出のみ)	○	○	○	○: 可 △: 可(簡易手法)
		決壊・氾濫発生箇所での河道水位低下とその上下流での水位縦断分布の変化	○	×	×	○	○	○	○: 可 ×: なし
項目 4	氾濫解析に要する労力(検討対象流量の設定[雨量設定・流出解析]を除く)		大	中～小	小	中	大～中	中	大を基準として 中: 堤防形状・決壊条件の設定が不要「or」氾濫形態別の簡易手法 小: 上記2項目とも
	小項目	解析手法の詳細	表-5.2参照						

表 5-2 氾濫解析における各手法の一覧

手法	計算手法			特徴 ○特長 ●留意点
	流出	河道	氾濫	
洪水浸水想定区域図作成マニュアル	貯留関数法、Kinematic wave 合成合理式 等 分布型モデルも可	一次元不定流モデル	平面二次元モデル	○想定洪水規模に応じた浸水深・範囲の評価、時系列の浸水状況の把握が可能 ○破堤・越水や堤内地の盛土、カルバート、排水施設等詳細な条件を反映可能 ●河道計画との整合が図れる ●作成労力大
中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き	貯留関数法、Kinematic wave 合成合理式 等	流下型・貯留型：一次元不定流モデル等	流下型：一次元不等流モデル(河道-氾濫原一体型) 貯留型：池モデル氾濫原の H-V 関係より浸水深算定	○氾濫形態に応じて使い分けすることでマニュアルと比べて少ない労力で評価可能 ○破堤を反映可能 ●既存河道断面測量データの利用が前提
小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き(4～6章参照)	貯留関数法、Kinematic wave 合成合理式 等	流下型・貯留型・拡散型：一次元不等流モデル	流下型：一次元不等流モデル(河道-氾濫原一体型) 貯留型：池モデルいずれも破堤なし、越水-溢水を対象 拡散型：一次元不等流モデル(河道-氾濫原一体型)。平面二次元不定流モデルの適用が合理的となる場合あり。	○一次元計算のみを使用、破堤なし(破堤条件に応じた複数ケースの計算不要)等により少ない労力で作成可 ●LP データ等から河道断面設定 ●簡略計算であるため、浸水深・範囲の精度が低い場合あり
降雨-流出-氾濫一体化モデル(土木研究所 RRI モデルを活用)	平面二次元不定流 diffusion wave (メッシュに降雨を与える)	一次元不定流 Diffusion Wave	平面二次元モデル(破堤なし、越水・溢水を対象)	○降雨-流出-氾濫を一体化することにより広域の氾濫現象を表現可能 ○河道断面測量データが無くても国土数値情報やLP データによりモデル構築が可能 ○河道は矩形もしくは取得断面でも可能 ●簡略計算であるため、浸水深・範囲の精度が低い場合あり
降雨-流出-氾濫一体化モデル(平面二次元モデル)	平面二次元不定流 dynamic wave (メッシュに降雨を与える)	平面二次元モデル	平面二次元モデル	○降雨-流出-氾濫を一体化することにより広域の氾濫現象を表現可能 ○河道断面測量データが無くてもLP データによりモデル構築が可能 ●簡略計算であるため、浸水深・範囲の精度が低い場合あり
河道・氾濫一体化モデル(iRIC2DFlood を活用)	貯留関数法、Kinematic wave 合成合理式 等	平面二次元モデル(破堤なし、越水・溢水を対象)	平面二次元モデル	○汎用性のあるソフトウェアを用いて地形データや氾濫計算が容易に行える ○河道断面測量データが無くても国土数値情報によりモデル構築が可能 ○堤防等は障害物として取り扱うことで表現可能 ●簡略計算であるため、浸水深・範囲の精度が低い場合あり

5.5 氾濫解析の条件設定

堤防満杯流量が小さく想定最大規模の洪水時に堤防天端水位を一連の区間にわたって大きく超える河川区間においては、堤防の破堤を考慮しなくてよいものとする。

また、上記以外の河川区間では、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」または「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」に基づいて破堤条件を設定するものとする。

なお、破堤させずに越水する条件の下で氾濫解析を実施した結果、浸水域・浸水深が過小に算定されていると判断される河川区間については、前記のマニュアル・手引きに基づいて破堤する条件に変更して、改めて氾濫解析を実施することとする。

氾濫解析における河道の下流端水位は、河口や合流点等の下流端の特徴に応じ、想定最大規模の洪水時の水位を適切に評価できるような条件（たとえば、本川に合流するような河川では本川の洪水浸水想定区域に対象河川が流入する箇所を河口と見立てて出発水位を設定する、河口では計画高潮位とし、洪水流量のピークと重なるように設定する等）を設定することとする。【技術参考 1-7】

（出典）

- ✓ 中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版） 平成28年3月 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室

6 無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析手法

6.1 氾濫解析の適用範囲と手順

本手法は、破堤させずに越水する（掘り込み河道は溢水する）条件の下で浸水域・浸水深を算定する氾濫解析であり、河道満杯流量（堤防区間では堤防満杯流量）が小さく、想定最大規模の洪水時には一連の区間にわたって河道満杯水位を大きく超える小規模河川における流下型氾濫、貯留型氾濫及び拡散型氾濫に適用するものである。基本とする氾濫解析の手順を図 6-1 に示す。

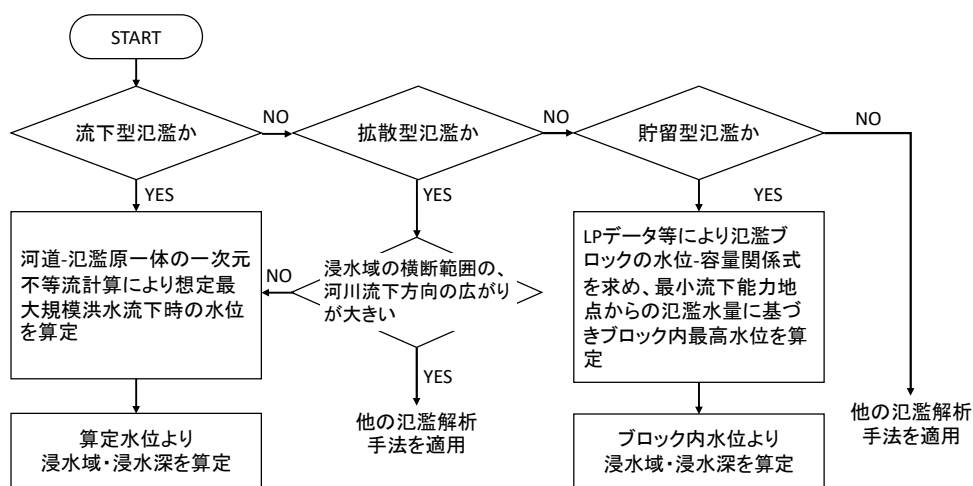


図 6-1 無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析の実施手順

対象氾濫区域が氾濫形態の異なる複数のブロックに分かれる場合には、ブロック毎に該当する氾濫形態の氾濫解析を行うことを基本とする。なお、左右岸の氾濫形態が一方は流下型で他方が貯留型等と異なる区間において、貯留型のブロックへの氾濫による河道ピーク流量の低減が大きく、それが流下型のブロックの氾濫水位に影響すると判断される場合には、一連区間で氾濫形態が異なる氾濫状況への適用性を有する氾濫解析手法（5.4 参照）を用いる必要がある。

また、ブロック分割を行うにあたり、氾濫解析における対象流量を設定し易いよう支川合流等により流量が変化する位置でブロックを分けることが望ましい。

6.2 流下型氾濫

河道-氾濫原一体型の一次元不等流計算により想定最大規模洪水時水位を算定し、その水位に基づき浸水域を、また水位と地表面標高との差として浸水深を算定するのを基本とする（図 6-2、図 6-3 参照）。

断面積が縦断的に大きく変化する場合には「河道計画検討の手引き（平成 14 年 2 月 国土技術研究センター）」を参考に死水域を設定してよい。

水位計算に与える流量は、対象河川区間に流下する最大流量とする。対象河川

区間の上流に貯留型又は拡散型氾濫ブロックがある場合は、貯留型又は拡散型氾濫による流量低減を考慮して、最大流量を設定してもよい（低減量の算定法については「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」及び「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」参照）。

横断測線間を 25m ピッチ等で内挿する節点を設定し、算定した横断測線ごとの水位を直線内挿することにより内挿節点ごとの水位を算定する（図 6-3）。さらに、横断測線及び内挿節点の水位をそれぞれ堤内地に延伸し、地表面との交点をそれぞれ抽出する。抽出された交点を上下流方向に滑らかに結ぶことにより洪水浸水想定区域の外縁線として描出する。ここで、河道湾曲部においては、「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」21 頁の図-5.5 を適宜参考とするものとする。なお、内挿する節点については、その間隔よりも小さい規模の小低地が沿川に存在する場合には適宜追加することが望ましい。

描出した浸水想定区域の外縁線の標高を地表面標高データより抽出し、自然近傍法等により内挿を行うことによって浸水位の平面分布を算定する【技術参考 1-8】。算定した浸水位と地表面標高の差分に基づき浸水深を算定し浸水深分布図を描出する。

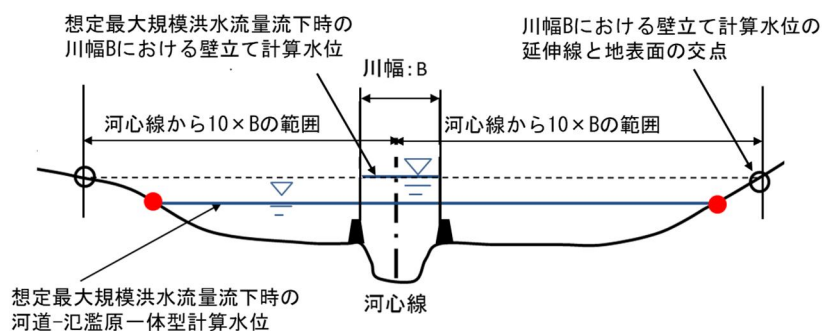


図 6-2 流下型氾濫域の浸水位算定手法概念図

（5.3 における壁立て計算水位の氾濫原への延伸線の地表面との交点が川幅 B の兩岸 10 倍以内の場合に流下型と分類した場合のイメージを合わせて示している）

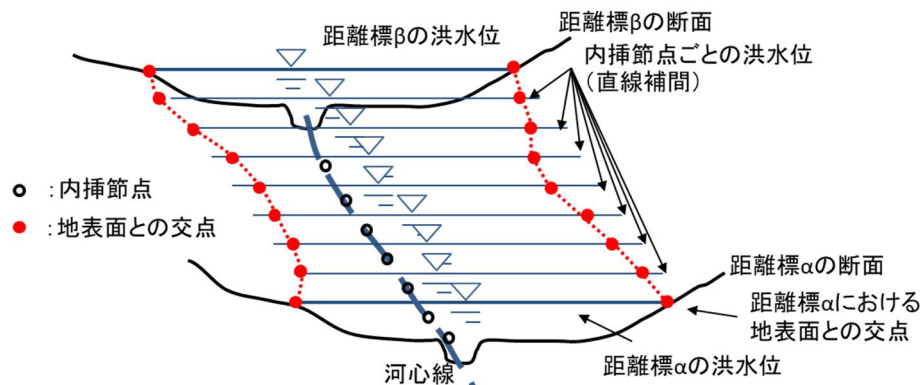


図 6-3 内挿節点ごとの洪水水位算定・概念図

6.3 貯留型氾濫

貯留型氾濫では、壁立て水位計算により水位－流量関係式（以下、H-Q 式と呼ぶ）を設定し、堤防高を超える水位以上の河川水が全て堤防を越水して氾濫ブロックに流入する条件（図 6-4）の下で貯留されうる最高水位を計算し、それと地形標高と交わる範囲として浸水域を、また最高水位と地形標高の差として浸水深を算定するのを基本とする。ここで、最高水位を 5.2 の壁立てで計算水位と比較することなどにより、妥当性を確認するものとする。ただし、破堤氾濫を考慮すべき場合には、「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」に基づいて算定することとする。

対象流量以下の様々な流量を与えた壁立て水位計算【技術参考 1-5】を行い、その結果から H-Q 式を作成する。なお、H-Q 式は当該河川区間内で、河道満杯流量が最小となる地点とする。その選定にあたっては、5.2 の壁立てで水位計算により算定される最高水位と堤防高の比高が最大の地点とすることができる。

また、航空レーザ測量データ等を利用して氾濫ブロックの水位－容量関係式（以下、H-V 式と呼ぶ）を作成する。

対象河川区間への流下流量として、4.3 で設定した流出解析による対象流量を用いるが、対象河川区間の上流に貯留型又は拡散型氾濫ブロックがある場合は、そのブロックに対して上記の算定を行うことで得られる「貯留又は拡散による流量低減後の流量」を用いてもよい。

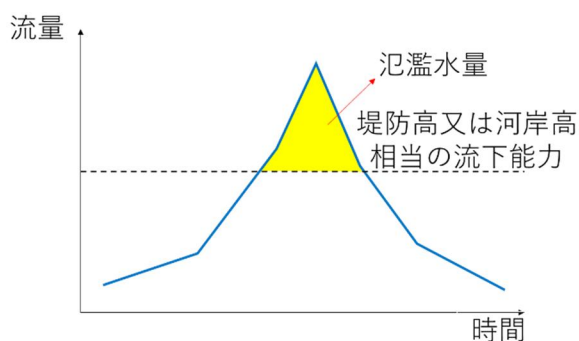


図 6-4 氾濫流量・概念図

6.4 拡散型氾濫

拡散型氾濫は、浸水域の横断範囲が、河川の流下方向に広がっていく地形的特徴を有している。

浸水域の横断範囲の、河川流下方向の広がりが大きくはなく、また高台等により浸水域の横断範囲が地形的な制約を受ける場合においては、流下型氾濫(6.2)と同様に、河道-氾濫原一体型の一次元不等流計算を用いた想定最大規模洪水時水位に基づき、浸水域及び浸水深を算定することを基本とする。

浸水域の横断範囲の広がり方が大きい場合、氾濫水が氾濫原を伝播していく非定常性や氾濫流向の二次元性が浸水深分布に与える影響が大きく、河道-氾濫原一体型の流れを前提とする一次元不等流計算では十分に氾濫現象を捉えることができず、平面二次元不定流解析の適用が合理的な場合があることに留意が必要である。この詳細については【技術参考 1-10】を参照されたい。

6.5 流下型氾濫と拡散型氾濫が連なる区間

小規模河川では、上流で流下型氾濫、下流で拡散型氾濫と、異なる氾濫形態となる区間が連なる場合がある。このとき、上流の流下型氾濫では河道-氾濫原一体型の一次元不等流計算が、下流の拡散型氾濫では 6.4 に示すように平面二次元不定流解析が適用される場合がある。

解析手法が異なれば、算定された浸水位及び浸水深も異なる。そのため、不連続を解消させるよう、異なる解析手法で算定された浸水深分布を接続することが必要となる（図 6-5）。この詳細については、【技術参考 1-11】を参照されたい。

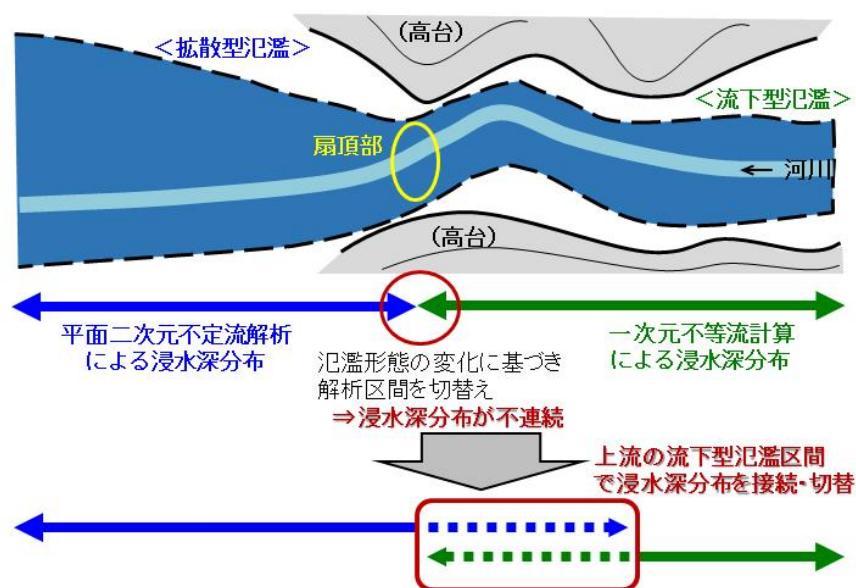


図 6-5 異なる解析手法で算定された浸水深分布の接続

6.6 平面二次元不定流解析におけるメッシュサイズ

中山間地域における流下型氾濫では、一般に、横断方向の浸水範囲が狭く、また、山地斜面の影響により入り組んだ地形への浸水がみられる場合が多い。このような区間に平面二次元不定流解析を適用する場合、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版）」＜参考資料 4＞にある、25m メッシュでの解析で算定された浸水深を、5m メッシュに換算する方法を適用すると、浸水深分布がまばらに表され、不適切となる場合が

ある。このため、中山間地域における流下型氾濫に平面二次元不定流解析を適用する場合は、解析のメッシュサイズを 5m にする等、留意が必要である（図 6-6）【技術参考 1-13】。

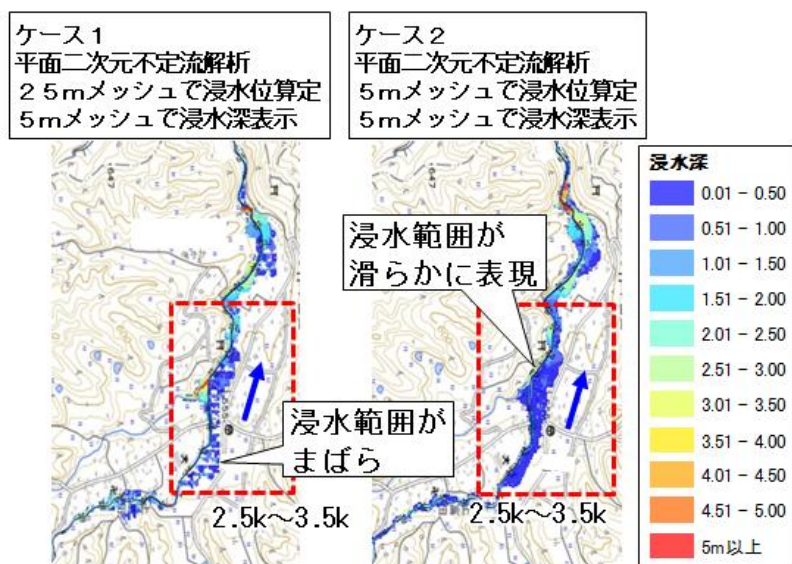


図 6-6 計算メッシュサイズの違いによる浸水深分布の差異

7 大量の土砂・流木堆積の影響が見込まれる小規模河川の取り扱い

7.1 本章の趣旨

改定前の本手引き（令和 5 年 7 月）では、洪水浸水想定区域図の作成に当たって、洪水（流水）のみを対象に氾濫解析を実施し、浸水深分布を算出する手法を示していた。一方、中山間地を流れる河川においては、近年、大量の土砂・流木が流送される洪水が発生し、大量の流木が橋梁部等で捕捉されるとともに、細粒土砂が長い区間にわたって河道に堆積し、河積縮小や河道埋塞が生じることにより、氾濫被害が増大する事例等が生じている。

本章では、これらの事例等を踏まえ、小規模河川において大量の土砂・流木を伴う洪水が流下する場合の洪水浸水想定区域図の作成手法を示す。なお、例えば【技術参考 2-1-1】に示すように、降雨を境界条件とし、山地からの土砂・流木の生産、下流河道での流下・堆積過程を一体的に取り扱うモデルに関する研究知見が蓄積されつつある。一方、これらのモデルは、山地斜面の侵食深や発生土砂の粒度分布の設定に課題が残るほか、高い空間解像度での斜面崩壊計算が必要となる。こうした技術的課題に加え、都道府県が数多くの河川流域を対象に洪水浸水想定区域図を作成する際の計算コスト等の制約を踏まえ、本章では、一定の技術的根拠を有しつつも、比較的簡便な方法を採用し、その具体的な方法を示すこととした。本章のポイントとなる事項を図 7-1 に示す。なお、本手引きと異なる手法を採用することを妨げるものではない。ただし、その場合は、採用する手法において、7.2 で示す事象が適切に考慮されていることを確認する必要がある。

対象とする事象（本事象）

洪水時に河道内を流送する大量の細粒土砂と流木が、流木捕捉橋梁等を起点として堆積し、長区間にわたって河積縮小・河道埋塞が生じる事象。

※本事象による洪水前後の河道縦横断形状の変化の例は図7-2、図7-3を参照



本事象の影響を受けやすい河川及び区間の抽出

- ・流域面積が 20km^2 程度以下
- ・山地面積割合が80%程度以上
- ・河床勾配が約1/20以下

大量の土砂・流木堆積影響を考慮した浸水深分布の作成手法

ポイント1) 河床変動計算は行わず、流木捕捉橋梁や土砂堆積の起点を抽出した上で、堆積後の河道形状を設定すること。

ポイント2) 堆積後河道・氾濫原地形に対して、流水のみの一次元不等流計算を行い、浸水深分布を算定すること。

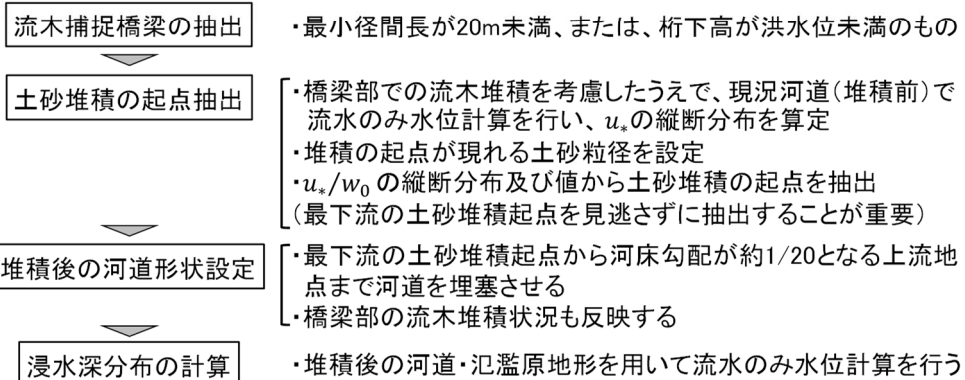


図 7-1 本章のポイント及び概略フロー

7.2 対象とする事象

本章では、通常、その河川の河床の主材料とはなりにくい細粒土砂と流木が、洪水により大量に流送され、橋梁部での流木の捕捉箇所や堰等を起点として土砂が堆積し、その堆積区間が上流方向に延伸することにより、長い区間にわたって河積縮小や河道埋塞が生じる事象（以下「本事象」という。）を対象とする。本事象により河道の流下能力は大きく減少するため、浸水位が上昇するとともに、浸水範囲が拡大する。

本事象の具体的な事例を示す。平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、筑後川水系赤谷川において、出水により 5km 以上にわたる長い区間で河道に土砂が堆積

した（図 7-2）。河道部には、概ね河岸高程度あるいはそれ以上まで土砂が堆積した（図 7-3）。堆積した土砂の主な粒径は粗砂～細礫（0.5～4mm 程度）であり、河床勾配と平均粒径の関係から推定される洪水前の河床主材料に比べ、1 オーダー以上小さいものであった。土砂水理実験及び河床変動計算により、この現象が、次のプロセスをたどることが明らかとなった¹⁾。詳細は【技術参考 2-1-2】を参照されたい。

Fr 数の大きな流れ場に、十分浮遊しながら流下する細粒土砂が大量に供給されたとき、

- 1) 水位のせき上げによって摩擦速度が局所的に低下する地点を起点として土砂が堆積し、
- 2) 土砂の堆積に伴って水位のせき上げ区間が上流方向に延伸し、
- 3) 新たに形成された水位のせき上げ区間に浮遊土砂が速やかに堆積する。
- 4) この 2) 及び 3) の過程を繰り返すことにより、堆積区間が上流方向へ速やかに延伸していく（図 7-4）。さらに、
- 5) 土砂の堆積区間が上流方向に延伸する過程において、土砂堆積に伴って氾濫流量が増大し、河道内流量が減少することで摩擦速度が低下し、土砂の過剰な堆積が生じ、やがて河岸高程度まで土砂が堆積する（図 7-5）

本事象以外にも、背後山地の斜面崩壊や土石流、掃流砂等の比較的粒径の大きい土砂の流送・堆積や、氾濫原での土砂や流木の堆積も生じ得るが、堆積後の河道及び氾濫域の状況を踏まえた粗度係数の設定（7.4.1⑨）を除き、本章ではこれらを対象としていないことに留意する必要がある。

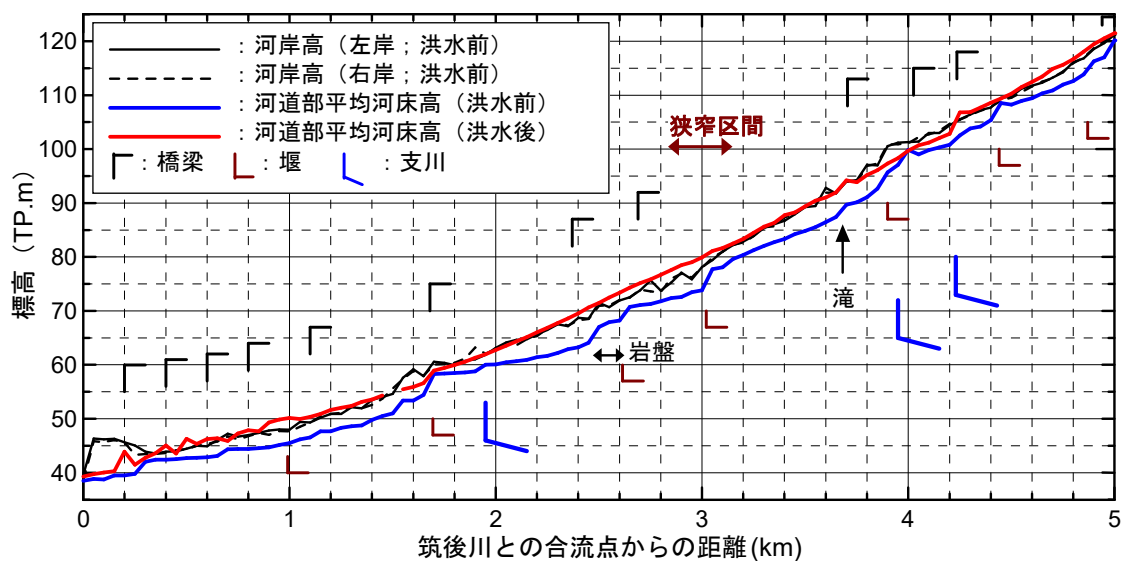


図 7-2 洪水前後の河床高縦断形の変化（赤谷川、平成 29 年 7 月九州北部豪雨）

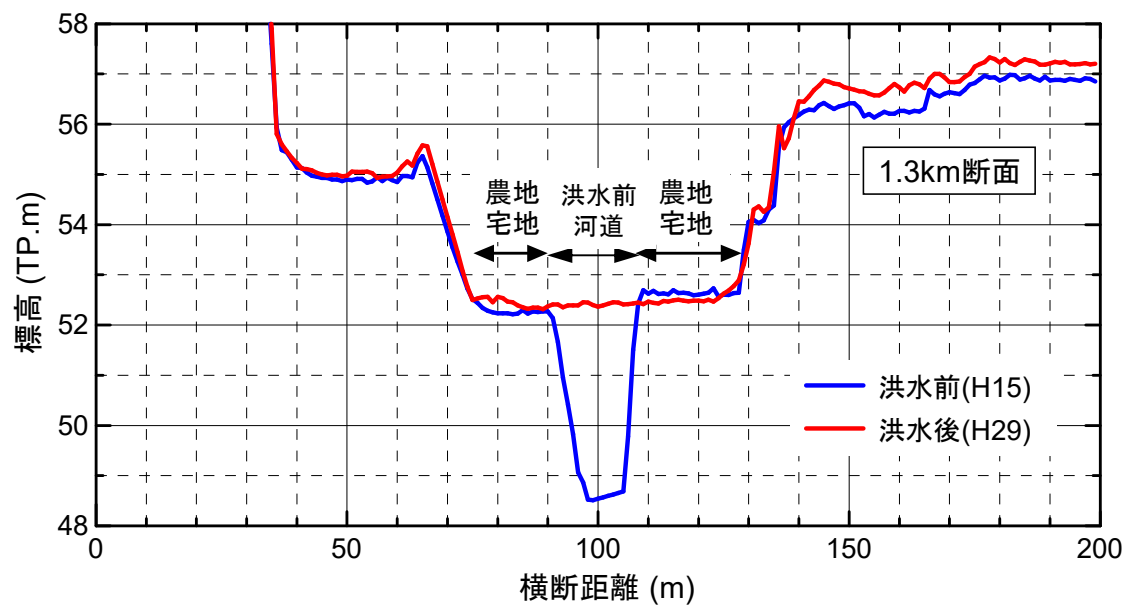


図 7-3 洪水前後の横断形状の変化（赤谷川、平成 29 年 7 月九州北部豪雨）

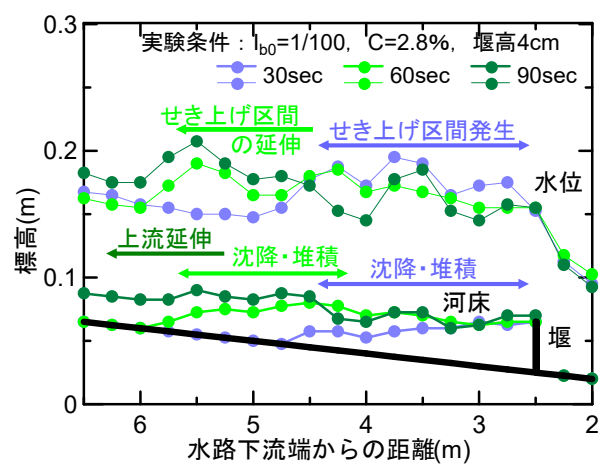


図 7-4 土砂堆積区間の上流延伸プロセス（実験結果）

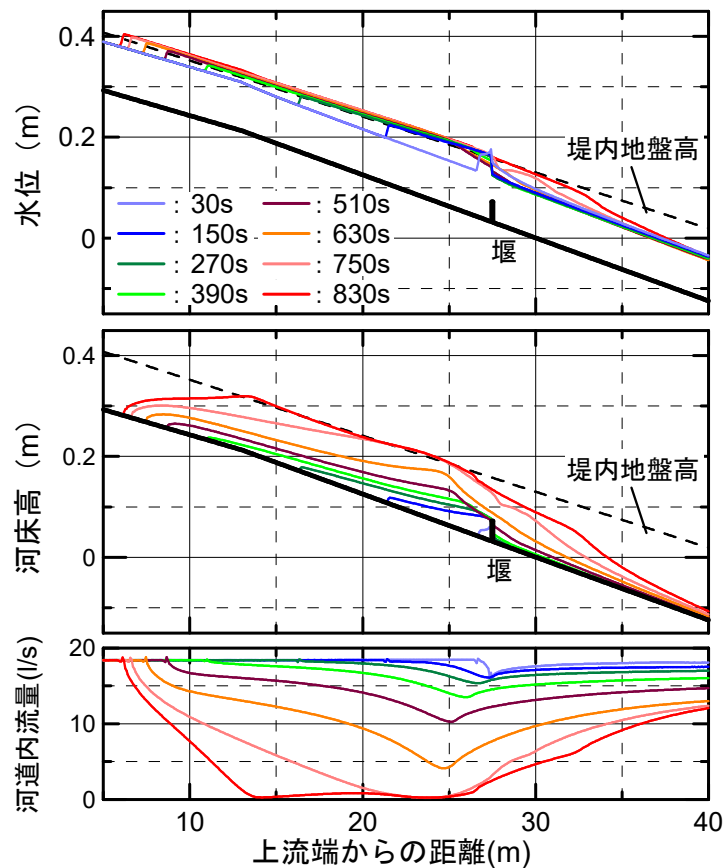


図 7-5 氾濫を伴う場合の土砂堆積区間の上流延伸及び河道埋塞プロセス（計算結果）

（出典）

- 1) 武内慶了・山本陽子・海老原友基・井上清敬・板垣修：急勾配河道区間に大量の細粒土砂が供給された場合の堆積・延伸過程，河川技術論文集，第 29 巻，pp.305-310，2023.

7.3 大量の土砂・流木堆積の影響を受けやすい河川及び区間の抽出

本章の手法の適用対象となる河川、すなわち本事象の影響を受けやすい河川の抽出にあたり、一次スクリーニングの目安となる指標を示す。なお、本節で示している一次スクリーニングは、机上の情報をもとに判定する簡易的なものであり、本章の手法の適用対象となる河川の抽出にあたっては、現地の状況や周辺地域を含む過去の本事象の発生状況等を必要に応じて確認して判断すること。

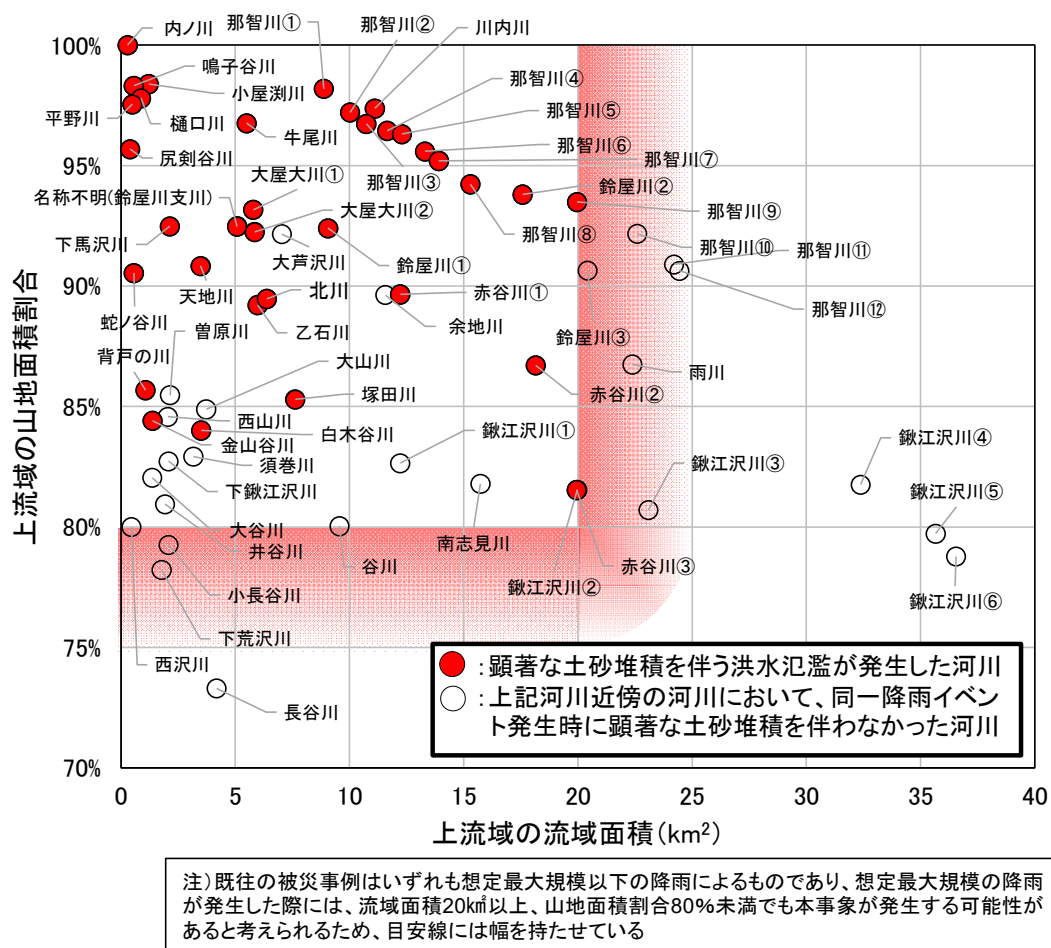


図 7-6 本事象が発生した河川における流域面積と山地面積割合の関係

過去の被災事例について、本事象が発生した地点より上流の流域面積と山地面積割合の関係を調べたところ、本事象が発生した河川は、河床勾配が約 1/20 より小さく、流域面積が 20km² 程度以下、かつ山地面積割合が 80% 程度以上の範囲に分布した(図 7-6)。なお、図 7-6 の山地面積割合については、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ(国土交通省国土政策局)を用い、流域内に占める森林及び荒地(しの地・荒地・がけ・岩・万年雪・湿地・採鉱地等)の面積割合の和として求めた。ただし、既往の被災事例はいずれも想定最大規模以下の降雨によるものであるため、想定最大規模の降雨が発生した際には、上記の流域面積及び山地面積割合の範囲外であっても本事象が発生し得ることに留意する必要がある。さらに、上流域に土砂が生産されやすい条件を有する場合には、上記の範囲外であっても、大量の土砂が流出し、本事象が発生する可能性がある。このような場合には、個別の状況を適切に把握・評価することが必要である。

次に、本事象の影響を考慮する対象区間を簡易的に抽出する方法（一次スクリーニング）を示す。また、本節の根拠となる知見を、【技術参考 2-1-3】に示す。

- 1) 本手引きに基づく小規模河川の洪水浸水想定区域図の作成対象河川を対象に、流域面積が 20km² 程度となる河川区間内の地点を抽出する。なお、河口部等（海域や合流先河川との接続地点）までの流域面積が 20km² 程度以下の河川については、当該河口部等を抽出する。
- 2) 抽出地点をもとに設定した流域を対象に、山地面積割合に基づく判定を行う。当該流域の流域面積が 20km² 程度以下であり、かつ山地面積割合が 80% 程度以上である場合、当該流域に含まれる河川区間は本事象の影響を考慮する対象区間として設定する。
- 3) 対象となった河川区間について、河床勾配を確認する。河床勾配に着目した既往事例の調査結果を踏まえ、河床勾配が約 1/20 となる地点を区間上流端の目安とする（注：河床勾配が 1/20 となる地点がなく、勾配変化点において 1/20 未満から 1/20 を超える河床勾配に変化する場合、勾配変化点を区間上流端として定めることとする）。河床勾配が約 1/20 より急な区間については、本事象の影響を考慮する対象区間から除外する。

図 7-7 に、上記 1) ～ 3) に示した手順の適用例を示す。

< 1) の適用例 >

A 川では、上流端の流域面積が 20km² 程度となる地点を★地点としている。★地点より上流で B 川及び C 川が合流しており、★地点より下流で D 川が合流している。説明のため、A 川上の★地点及び合流先河川との接続地点（●地点）をもとに、A 川を A 川-1 から A 川-5 までの区間に区分する。

B 川、C 川及び D 川は、上流端から合流先河川との接続地点までの流域面積が 20km² 程度以下であるため、合流先河川との接続地点（●地点）を対象とする区間の下流端として抽出する。

< 2) の適用例 >

抽出された地点をもとに設定した流域を対象に、山地面積割合に基づく判定を行う。B 川及び D 川は、山地面積割合が 80% 程度以上のため、本事象の影響を考慮する対象区間として設定する。一方 C 川は、山地面積割合が 80% 程度未満のため、本事象の影響を考慮する対象区間とは設定しない。

A 川について、A 川-1 は、B 川、C 川及び D 川と同様に流域を設定する。A 川-2 では、A 川-1、A 川-2 及び B 川の流域を合算したものを対象として、山地面積割合による判定を行う。このように、各区間の判定に当たっては、当該区間及びその上流区間に流入する支川の流域を合算したものを対象として山地面積割合を算定する。なお、A 川-4 及び A 川-5 のように、上流端からの

流域面積が 20km^2 程度を超える区間については、本事象の影響を考慮する対象区間とは設定しない。

< 3) の適用例 >

各河川の河床勾配を確認する。河床勾配が約 $1/20$ より急な区間については、本事象の影響を考慮する対象区間から除外する。

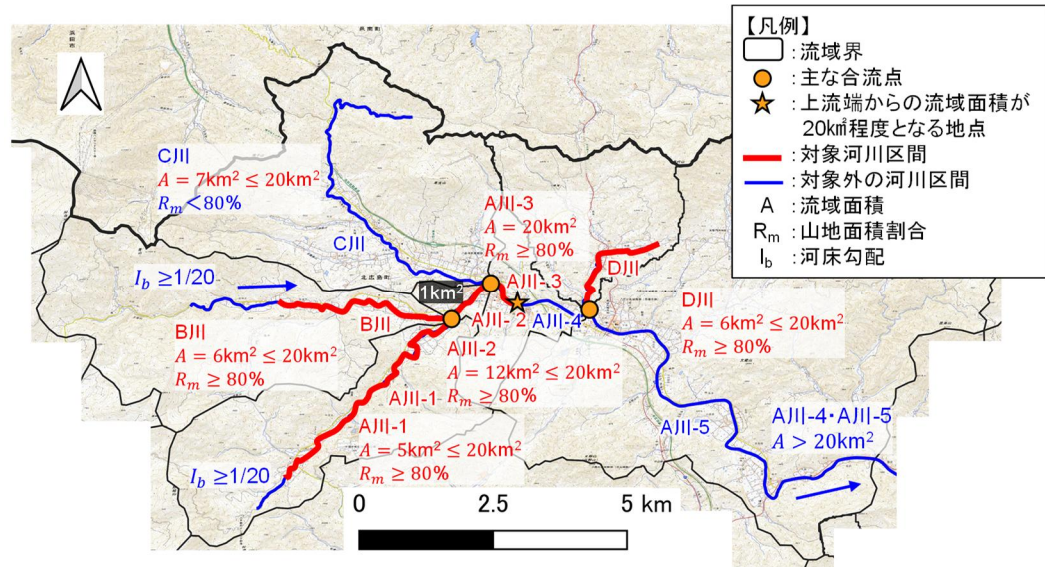


図 7-7 本事象が発生し得る河川の一次スクリーニングの結果例

7.4 大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水深分布の作成手法

小規模河川を管理する都道府県等における人員や財政上の制約を踏まえ、本節では、1次元不等流計算を用いて、大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した比較的簡便な浸水深分布の作成手法（以下「本手法」という。）を示す。本手法の根拠となる基礎的知見を【技術参考 2-1-2】に示す。

7.4.1 本手法の手順

本手法の手順を図 7-8 に示す。本手法の特徴は、一般的な河床変動計算を行わないことである。土砂・流木の堆積過程を逐次計算するのではなく、流水のみを対象とした流況や橋梁の形状等に基づき、流木の捕捉箇所や土砂堆積の起点及び範囲を評価し、堆積後の河道断面を設定した上で1次元不等流計算を行うことにより、浸水位の縦断分布を算定する。以下、図 7-8 に示す各手順について、その具体的な作業内容を示す。

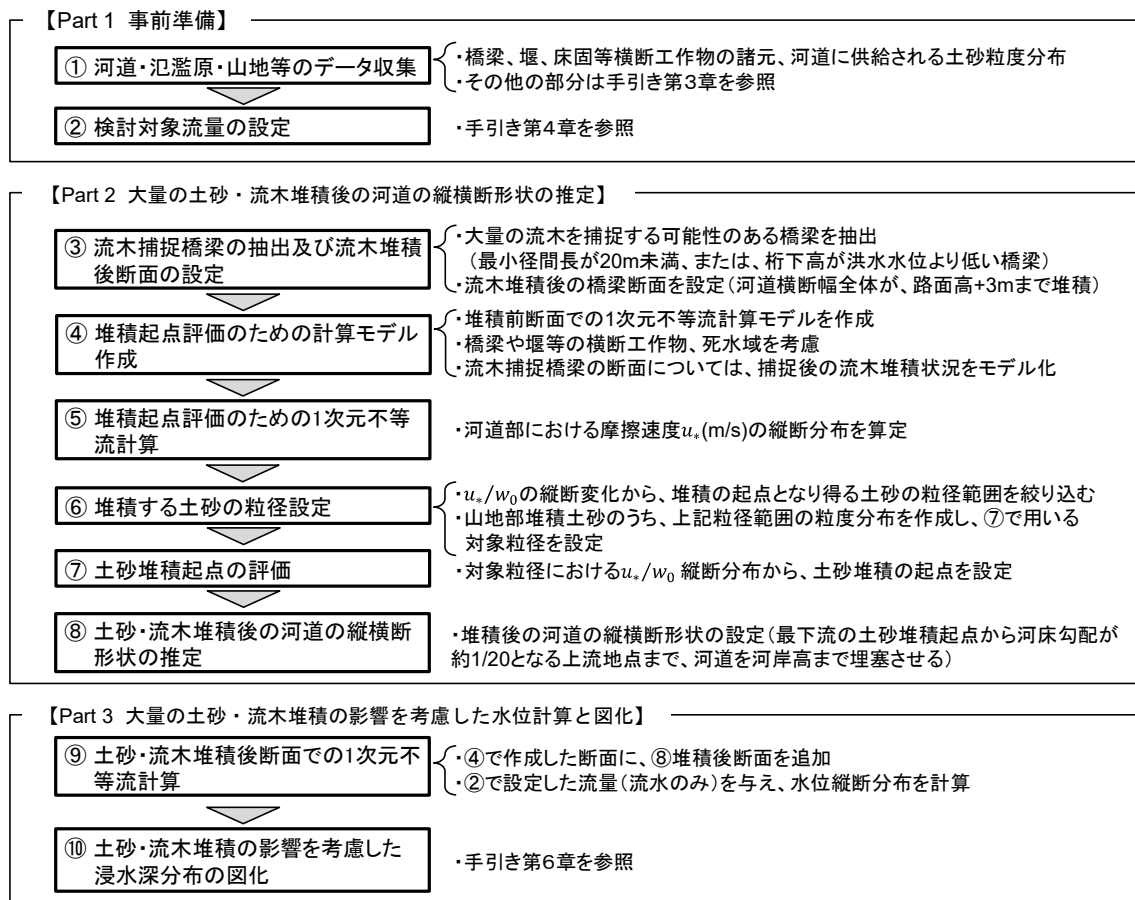


図 7-8 本手法のフロー

① 河道・氾濫原・山地等のデータ収集

以降の検討に必要なデータを収集・整理する。第3章に示す河道・氾濫原等のデータに加え、以下のデータを収集する。河川横断工作物について、諸元に関する資料がなく、詳細の確認が困難な場合は、現地確認や地形図からの読み取りで代替してもよい。

(追加で必要となるデータの例)

- ・対象河川に設置されている橋梁、堰堤、床固等の河川横断工作物の諸元
- ・河道に供給される土砂の粒度分布

② 検討対象流量の設定

第4章に基づき、検討対象流量を設定する。

③ 流木捕捉橋梁の抽出及び流木堆積後断面の設定

流木捕捉が発生する可能性のある橋梁を抽出するとともに、流木堆積後の断面

形状を設定する。

過去の流木捕捉事例に関する全国調査の結果、河道を埋塞するほどの流木堆積が生じた橋梁は、最小径間長が 20m 未満である、又は桁下高が洪水位を下回るものであることがわかった。この実態調査結果及び既往研究等を踏まえ、最小径間長が 20m 未満の橋梁、又は桁下高が流水のみを対象とした洪水位を下回る橋梁では、流木が捕捉・堆積するものとする（図 7-9）（注：ここでの径間長は、河川管理施設等構造令第 63 条 1 項に基づくものである）。なお、1 径間の橋梁の場合、河道幅が 20m 未満であれば、流木捕捉が発生する可能性のある橋梁として取り扱う。

橋梁部における堆積流木の横断形状は、横断方向には河道幅全体にわたり流木が堆積し、鉛直方向には橋梁路面から 3m 上方まで流木が堆積するものとする。

流木が堆積する橋梁部については、堆積流木の横断形状を地形として表現し、計算断面として設定する（図 7-10）。

なお、上記設定の根拠となる、橋梁の流木捕捉実態に関する全国調査結果及び既往研究成果を、【技術参考 2-1-4】に示す。

		最小径間長	
		20m以上	20m未満
桁下高	対象洪水の水位以上	非堆積	流木堆積
	対象洪水の水位未満	流木堆積	流木堆積

図 7-9 流木捕捉橋梁の諸元

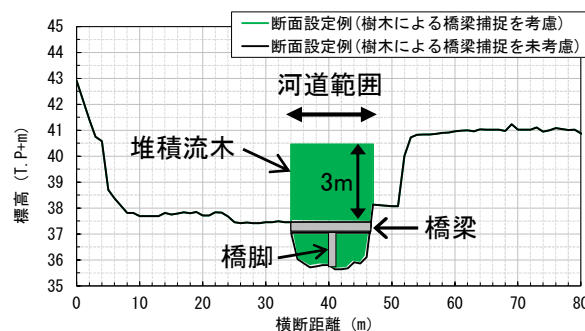


図 7-10 橋梁部における流木堆積後の断面形状の設定例

④ 堆積起点評価のための計算モデル作成

第 3 章に示す計算断面の設定を基本とし、以下に示すように追加断面を設定する。【技術参考 2-1-2】に示したとおり、土砂堆積の発生可能性を評価するため

には、土砂堆積の起点となり得る水位せき上げが生じる区間等、土砂の流送能力が局所的に変化する箇所を適切に把握することが重要である。急勾配の小規模河川においては、数十 m 程度の短い区間で水位のせき上げが生じる場合がある。100m 間隔で断面を設定した場合、このような局所的な水位のせき上げを計算上適切に表現することは困難である。このため、土砂堆積の起点となり得る箇所及びその周辺区間においては、計算断面の縦断間隔を小さく設定する必要がある。

このことを踏まえ、1)土砂堆積の起点となり得る箇所に追加断面を設定した上で、2)その上下流 50m 区間において、縦断方向に 10m 程度の間隔で追加断面を設定することが望ましい（図 7-11）。土砂堆積の可能性があり、追加断面の設定が必要となる箇所については、以下を参考に設定する。具体的な検討事例を【技術参考 2-1-5】に示す。

（土砂堆積の起点となる可能性があり、追加断面の設定が必要となる箇所の例）

- ・ 橋梁地点
- ・ 堰、床止め設置箇所
- ・ 支川合流点
- ・ 河床勾配の急変部
- ・ 河道幅又は氾濫原幅の急拡・急縮部

測線の平面位置については、6.2 及び【技術参考 1-15】に示すとおり、氾濫流の流向を考慮した上で、「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」に示す方法により適切に設定する。計算断面の横断幅の設定については第 6 章に基づくことを基本とするが、土砂・流木の堆積により氾濫範囲が拡大することもあるため、測線の端点位置の設定には留意が必要である。

また、氾濫原における建造物や樹木群による死水域を適切に設定することも重要である。これらの死水域の設定については、3.2 及び 6.2 のほか、【技術参考 2-1-5】に示す具体的な検討事例を参照されたい。

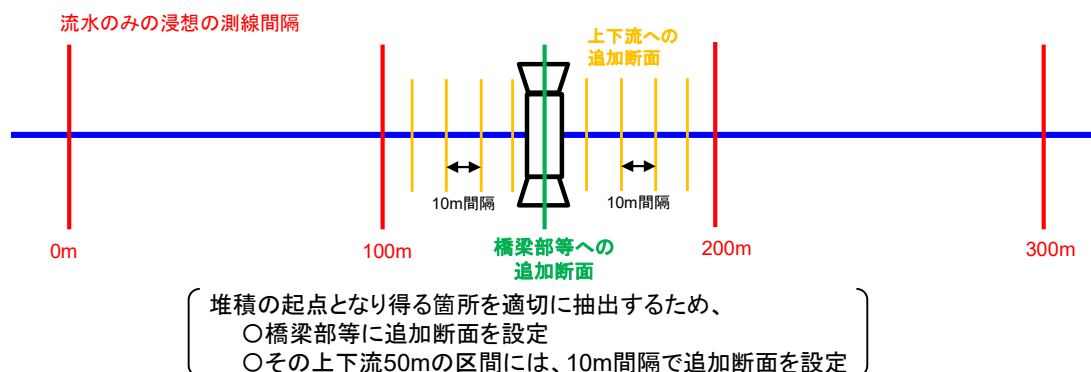


図 7-11 追加断面の設定方法

⑤ 堆積起点評価のための 1 次元不等流計算

土砂堆積の起点となり得る箇所を抽出するため、土砂堆積前の断面(現況断面)を基本とし 1 次元不等流計算を行う。ただし、流木捕捉が想定される橋梁については、流木堆積後の断面を設定する。第 6 章に示す方法(河道-氾濫原一体型の 1 次元不等流計算)を基本とし、③及び④で設定した流木堆積後の橋梁断面及び追加断面を計算モデルに反映する。

本手法で対象とする現象では、主として河道部に土砂が堆積するため、土砂堆積起点の評価に必要となる河道部の流況を適切に計算することが重要である。このため、計算断面に与える粗度係数は、河道部の河床材料や植生等に応じた値を用いることが望ましい。

計算により、河道部の摩擦速度 u_* (m/s)の縦断分布を算定する。 u_* の算定にあたっては、氾濫原を含めた計算断面全体の平均水深ではなく、河道部の水深を用いる必要がある。具体的な検討事例を【技術参考 2-1-5】に示す。

⑥ 堆積する土砂の粒径設定

本事象で堆積する土砂の粒径を、以下の 1)～4)の手順により設定する。この手順の模式図を図 7-12 に、本手順に基づく検討・調査事例を【技術参考 2-1-5】に示す。

- 1) 堆積し得る複数の粒径を幅広く設定し、Rubey 式等により算定した各粒径の土粒子の沈降速度 w_0 (m/s) を用いて、各粒径について u_*/w_0 の縦断分布を算定する。
- 2) u_*/w_0 が 5 を上回る区間と下回る区間が混在する粒径を、本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲と設定する。
- 3) 2) で得られた粒径範囲の土砂が、上流域の山地斜面に存在する土砂に十分含まれていることを確認する。以下 i) ～ iv) に示すいずれかの調査方法を基本とするが、これ以外の方法とすることを妨げない。なお、過去に本事象が確認され、河道部の堆積土砂の粒度分布調査が行われた河川や、その近隣に位置し、山地部の地質が類似する河川については、3) の確認を行う必要はなく、4) の検討に進んでもよい。

i) 山地斜面に堆積する土砂の粒度分布を新たに調査する

この場合、例えば「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)」(国土技術政策総合研究所資料)や「河川砂防技術基準 調査編 第 17 章 砂防調査」等が参考となる。

ii) 過去に行った山地斜面に堆積する土砂の粒度分布調査結果を用いる
過去に山地斜面に堆積する土砂の粒度分布の調査データを有して

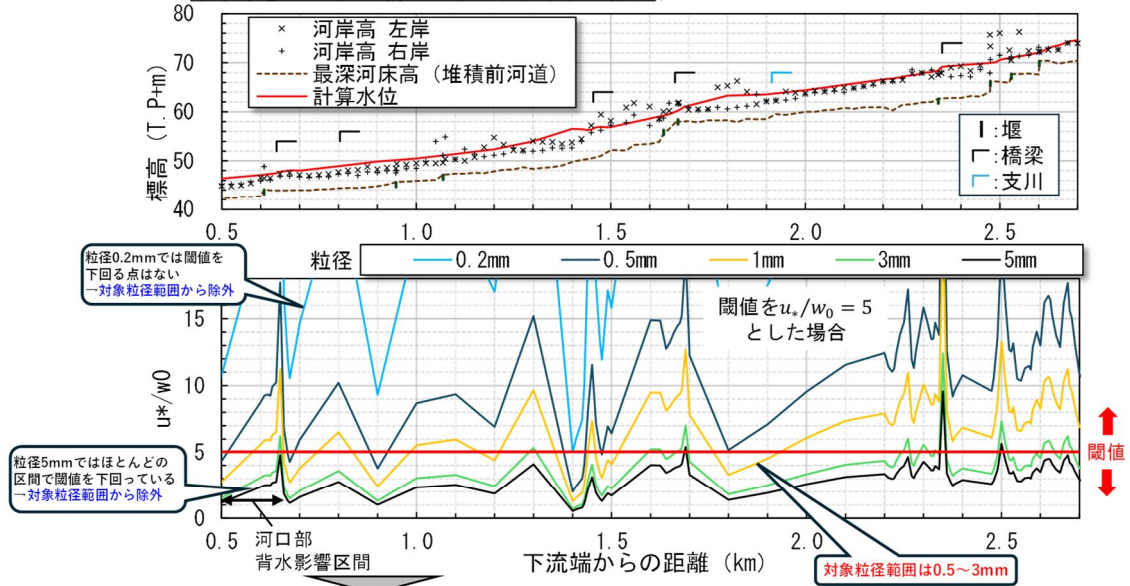
- いる河川については、そのデータを用いてよい。その際、当該データが、山地の代表的な地点で調査したものであることを確認すること。
- iii) ii) の河川の近隣に位置し、山地部の地質が類似する河川については、上記山地斜面の調査データを利用してよい。
- iv) その他

上記 i) ～ iii) に示すほか、【技術参考 2-1-6】に示す地質分類ごとの山地部堆積土砂の粒度分布を参考にして、2) で得られた粒径範囲の土砂が、上流域の山地斜面に存在する土砂に十分含まれていることを確認してよいものとする。

- 4) 3) で確認した山地斜面の堆積土砂の粒度分布のうち、2) で得られた粒径範囲に該当する部分を用いて粒度分布を作成し、当該粒度分布から得られる d_{60} を、対象粒径として設定する。ただし、対象粒径を一つに設定せず、3) で確認した粒度分布を用いて、⑦に示す土砂堆積の起点を設定してもよい。

なお、過去に本事象が確認され、河道部の堆積土砂の粒度分布調査が行われた河川や、その近隣に位置し、山地部の地質が類似する河川については、河道部の堆積土砂の粒度分布から得られる d_{60} を対象粒径として設定してもよい。

- 1) 複数の粒径を幅広く設定し、設定粒径ごとの u_*/w_0 縦断分布を得る。
- 2) u_*/w_0 が閾値を上回る区間と下回る区間が混在する粒径
⇒ 本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲と設定。



- 3) 得られた粒径範囲が、上流域の山地斜面土砂に少なからず含まれることを確認。
- 4) 得られた粒径範囲における粒度分布を作成し、 d_{60} を求める。

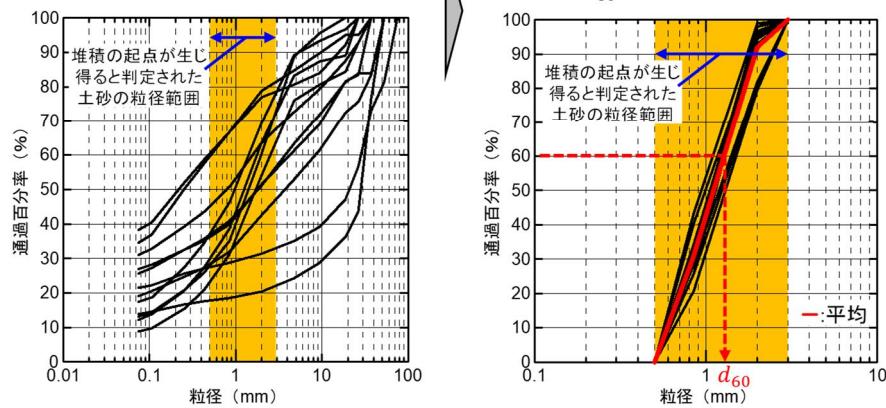


図 7-12 堆積する土砂の粒径設定手順

⑦ 土砂堆積起点の評価

⑥で設定した対象粒径 (d_{60}) に対する u_*/w_0 の縦断分布から、土砂堆積の起点を設定する。図 7-13 に示すように、 u_*/w_0 が、閾値より大きい区間から流下方向に減少し、閾値を下回る地点を土砂堆積の起点として抽出する（後述する背水影響区間を除く）。このとき、下流側で閾値を下回るのが、地点でなく区間として現れる場合、当該区間の下流端において土砂堆積の起点が現れるものとする。土砂堆積の起点の設定に関する具体事例を【技術参考 2-1-5】に示す。

なお、閾値については $u_*/w_0 = 5$ 程度を目安とする。この閾値は、【技術参考

2-1-2】に示す実験結果（図.技 2-1-2-10）や、【技術参考 2-1-5】に示す実河川への適用結果から設定したものである。しかし、【技術参考 2-1-5】に示すように、実際の洪水では土砂堆積の起点となったものの、計算結果では u_*/w_0 が5を若干上回る箇所が見られた。このような場合があったことを踏まえ、閾値を厳密に $u_*/w_0 = 5$ とするのではなく、5程度とし、堆積の起点を見落とさないことが重要である。

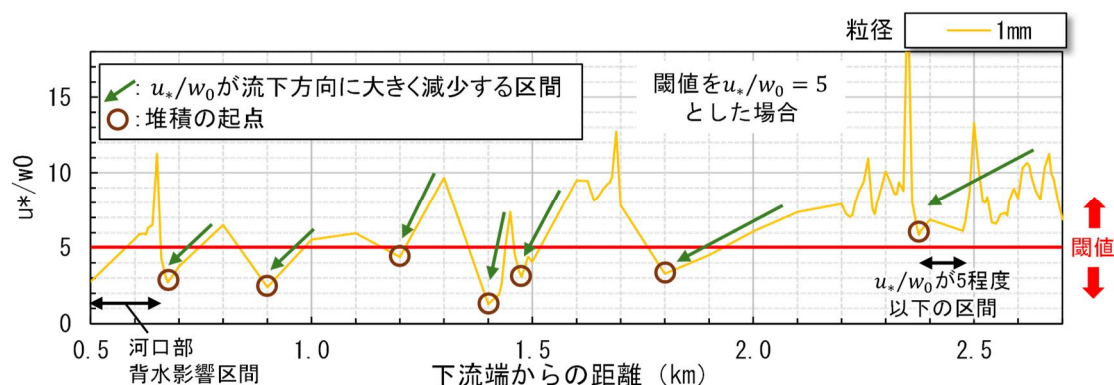


図 7-13 土砂堆積起点の評価

⑧ 土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状の推定

土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状を推定する。【技術参考 2-1-2】に示すように、本事象は、Fr 数の大きい急勾配河川に、十分に浮遊した状態で流送される細粒土砂が大量に供給され、摩擦速度が急激に低下する地点で土砂が初期堆積し、その地点を起点として堆積区間が上流方向に延伸していくプロセスを有する。また、堆積区間が上流方向に延伸する過程において、氾濫に伴い土砂が河道に過剰に堆積し、河道が埋塞していくこともわかっている。これらの知見を踏まえ、以下の手順で土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状を推定する。このとき、⑦において最下流の土砂堆積の起点が適切に抽出されていることが重要である。

この手順に基づく検討・調査事例を、【技術参考 2-1-5】に示す。

<土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状の推定方法>

- 1) 河道部において、⑦で抽出した土砂堆積の起点のうち、最下流の起点から上流方向に、河岸高まで土砂が堆積するものとして、堆積後の河床高を設定する。左右岸の河岸高が異なる場合は、低い側の河岸高まで河道部に土砂が堆積するものとする。土砂堆積の起点となる地点の断面も同様に設定する。
- 2) 堆積区間の上流端は、河床勾配が約 1/20 となる地点を目安として設定する。上流端より上流側については、上流端断面における堆積後河床

高から水平に延伸した線と現況河床高とが交わる地点までを堆積させる。これにより、堆積後の河床高の縦断分布が不連続とならないようにする（図 7-14）。

- 3) 河道内に土砂・流木が堆積し洪水流の流下方向が変化することに伴い、第 6 章の図 6-2, 6-3 に示すような現況河道を前提とした河心線、横断面の設定では浸水範囲・浸水深が過小となる可能性がある。このため、洪水浸水想定区域の外縁線となりうる兩岸地形の等高線等を参考に、横断面の再設定を行う。

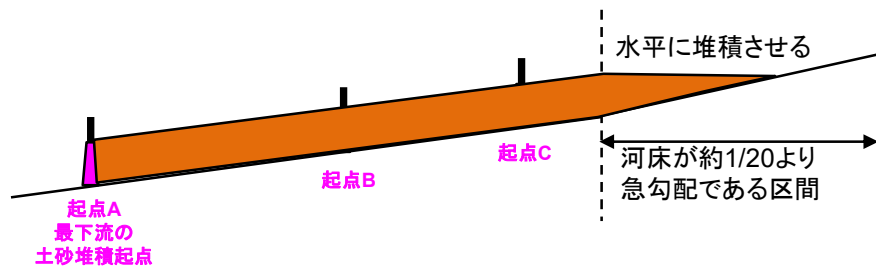


図 7-14 土砂・流木堆積後の河道の縦断形状の推定方法

<海域や合流先河川との接続区間における背水影響区間の扱い>

海域や合流先河川との接続区間では、背水影響区間等において掃流力が低下し、土砂堆積が生じる場合がある。 u_*/w_0 が一定の閾値を下回る一連区間において土砂堆積が生じるものとする。このとき、既往事例の堆積状況を踏まえ、河道部において河岸高まで土砂が堆積するものとする。土砂堆積が生じる区間の判定方法については、【技術参考 2-1-5】を参照されたい。また、海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間における土砂堆積状況の既往事例調査結果を、【技術参考 2-1-7】に示す。

⑨ 土砂・流木堆積後断面での 1 次元不等流計算

上記③及び⑧で推定した堆積後断面に対し、1 次元不等流計算を実施し、水位縦断分布を得る。なお、1 次元不等流計算は、⑧の河道の縦横断形状の上下流端に限定せず、対象河川区間及び対象氾濫区域全体を対象とする。想定最大流量流下時には、橋梁部への流木堆積や土砂による河道部の埋塞が生じているものとする（図 7-10、図 7-15）。【技術参考 2-1-2】に示すとおり、本事象は、土砂堆積の起点が形成されると、堆積区間の上流方向への延伸と、当該区間における河道の埋塞が速やかに進行することがわかっている。このため、土砂堆積の起点が形成される条件を満たす場合には、土砂堆積及び河道の埋塞が速やかに進行することを踏まえ、ピーク流量流下時には堆積後の河道形状となっているものとして計算

する。

測線の設定については、上記④（堆積起点評価のための計算モデル作成）における設定方法とは異なる点に留意する必要がある（図 7-16）。④においては、氾濫原全体を流下する氾濫流の流向に直交するように測線を配置することを基本としつつ、河道範囲については、河道法線に直交する断面形状に置き換えることにより、河道部における摩擦速度を適切に算定する方法としている。これに対し⑨では、河道部は河岸高まで土砂が堆積し、河道部と氾濫原との比高が非常になくなるため、河道範囲について④のような断面形状の置換を行う必要はない。このため、⑨では、河道部を含む氾濫原全体について、氾濫流の流向に直交するように測線を配置する。

1次元不等流計算に当たっては、⑤で設定した粗度係数をそのまま用いるのではなく、堆積後の河道及び氾濫原の状況を踏まえて粗度係数を設定する必要がある。堆積後断面を用いた計算においては、氾濫原が分担する流量の割合が大きくなることから、3.2 及び 3.4 を参照し、氾濫原における流木等の堆積を考慮した粗度係数を設定することが重要である（【技術参考 2-1-5】参照）。また、④と同様に、氾濫原における建造物や樹木群による死水域を設定することも重要である。

粗度係数及び建造物等による死水域の設定については、【技術参考 2-1-5】に示す具体的な検討事例を参照されたい。

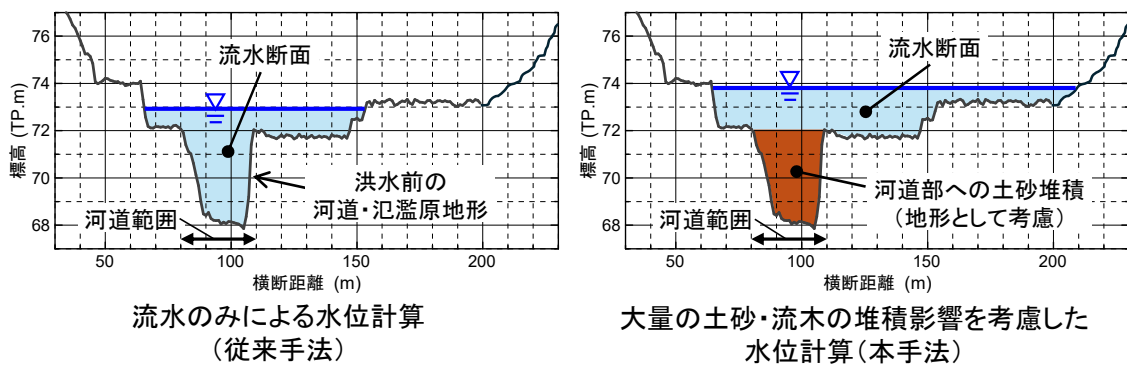
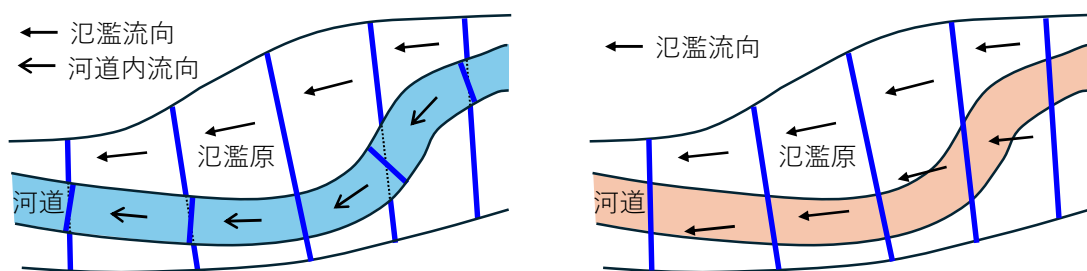


図 7-15 大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水位計算の考え方



左図：堆積起点評価時

右図：堆積後断面での水位評価時

図 7-16 堆積起点評価時と堆積後断面での水位評価時の測線配置

⑩ 土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水深分布の図化

⑨で得られた水位縦断分布を平面図化し、浸水深分布を作成する。具体的な作成手順については、第6章を参照すること。

7.4.2 その他の留意点

1) 本事象の影響が現れやすい地形的特徴について

本事象により浸水域の拡大等の影響が特に現れやすい地形的特徴を、【技術参考 2-1-8】に示している。管内河川における洪水浸水想定区域図の改定に着手する際の優先順位の検討等に当たって参考にされたい。

2) 家屋流失の危険性があるエリアについて

大量の土砂・流木を伴う洪水氾濫による家屋流失の危険性について、既往事例を地形的特徴に着目して分析し、定性的な評価を行った。その結果、家屋流失の危険性があるエリアを特定の地形条件を有するエリアに限定することは困難であり、氾濫域全域において家屋流失が生じる可能性があることが示された。定性的評価の方法及び定量的評価に向けた技術的課題に関する資料を、【技術参考 2-2-1】から【技術参考 2-2-4】に示す。

8 小規模河川の洪水浸水想定区域図の表示・提供・保管

8.1 小規模河川の洪水浸水想定区域図の表示方法

水防法第 14 条に基づき、国土交通大臣又は都道府県知事は、洪水浸水想定区域の指定又は変更をしたときは、指定の区域及び浸水した場合に想定される水深を公表するとともに、関係市町村の長に通知しなければならない。また、水防法施行規則第 3 条に基づき、洪水浸水想定区域及び浸水した場合に想定される水深の公表は、当該区域及び当該水深を定めた旨を官報又は都道府県の公報に掲載するとともに、これらを表示した図面を関係地方整備局若しくは北海道開発局又は都道府県知事の指定する場所において閲覧に供することにより行うものとされている。

小規模河川の洪水浸水想定区域図の浸水深等の表示方法については、8.2～8.5 に示すとおりとする。

8.2 浸水深の算定

浸水深については、氾濫解析結果に基づく最大浸水位（浸水深＋地盤高）から氾濫原の地盤高を差し引いたものを最大浸水深とする。なお、地盤高が最大浸水位を上回る場合は、浸水深を 0 とする。

ただし、流下型氾濫を「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版）」または本手引き 6 章に示した方法により解析する場合には、計算断面間の地形や氾濫流に影響する構造物を考慮し、内挿によって求めた氾濫水位から地盤高を引いて浸水深を求め、浸水想定区域の設定、浸水深の表示を行う。

なお、洪水浸水想定区域図に表示する最大浸水深（最大包絡の浸水深）については、5m メッシュに換算することを原則とするが、5m メッシュの地盤データがない場合は、地盤データの解像度に応じ、より大きなメッシュサイズのデータに変換する。

8.3 浸水深のランク区分と表示色

浸水深の閾値や配色については、住民のみならず旅行者や通勤・通学者がどこにいても水害リスクを認識し、避難行動を検討できるようにするため、災害種別ごとに原則として統一する必要がある。浸水深等の閾値は、一般的な家屋の 2 階が水没する 5m、2 階床下に相当する 3m、1 階床高に相当する 0.5m に加え、これを上回る浸水深を表現するため、必要に応じて 10m、20m を用いることを標準とする。

また、配色については、ISO 等の基準や色覚障がいのある人への配慮、他の防災情報の危険度表示との整合性も含めて検討した結果、以下の配色を標準とする。

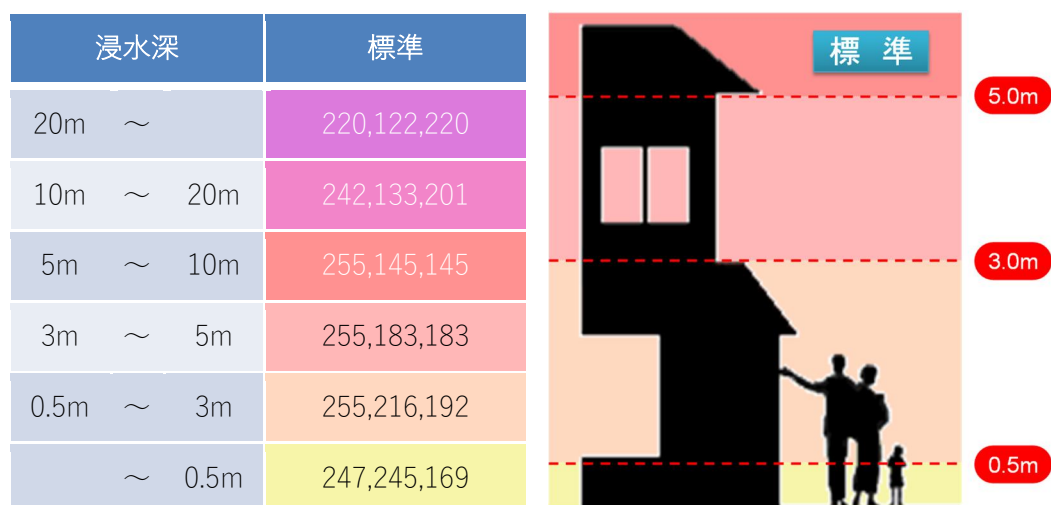


図 8-1 浸水深ランクによる色分け

なお、各浸水深ランクの配色について、指定の参考として具体の RGB 値等の例を以下に示す。

表 8-1 配色の参考値

浸水深	RGB	RGB と α (透過率)	CMYK
20m ～	220,122,220	187,0,187,122	0,45,0,14
10m ～ 20m	242,133,201	228,0,142,135	0,45,17,5
5m ～ 10m	255,145,145	255,0,0,145	0,43,43,0
3m ～ 5m	255,183,183	255,13,13,179	0,28,28,0
0.5m ～ 3m	255,216,192	255,125,45,179	0,15,25,0
0m ～ 0.5m	247,245,169	232,226,8,166	0,1,32,3

8.4 小規模河川の洪水浸水想定区域図の縮尺と様式

(1) 必要とする縮尺

小規模河川の洪水浸水想定区域図の背景地図は、地形に応じた氾濫状況が判読できる縮尺（概ね 1/10,000 縮尺程度で 1/2,500 縮尺相当の地形図の縮小編纂によるものが望ましい）を基本とする。

背景地図の複製・調整にあたっては、必要となる手続き（測量法、著作権法など）を行う。

（２）図面として閲覧に供する様式

図面として閲覧に供する場合には、水系・河川別及び公表する主体別に公表されたものを容易に重ね合わせることができるように、市町村として利用しやすい座標系に則った様式が望ましい。

（３）小規模河川の洪水浸水想定区域図に添付すべき事項

小規模河川の洪水浸水想定区域図には、タイトル、索引図（当該図の位置又は隣接図との接続関係を示す図）及び凡例を添付する必要がある。

8.5 小規模河川の洪水浸水想定区域図に明示する事項

小規模河川の洪水浸水想定区域図の公表にあたっては、水防法施行規則第 2 条に基づき、指定の区域、想定浸水深を図示し、長時間にわたり浸水するおそれのある場合には浸水継続時間を明示するほか、洪水浸水想定区域の指定の前提となる降雨を明示しなければならない。

また、「洪水浸水想定区域に指定されていない区域においても浸水が発生しうるものであること」等、必要な事項について、図面上において文章により明示する必要がある。

なお、本手引き第 7 章によって作成した洪水浸水想定区域図については、大量の土砂・流木堆積の影響を考慮している旨を明示する。

（例）このシミュレーションの実施に当たっては、橋梁部等における流木の捕捉や、河道部の土砂堆積による氾濫への影響を考慮しています。

8.6 データの保管・提供

洪水浸水想定区域図の作成等に使用・作成したメッシュごとのデータについては、浸水想定に関する情報をより有効に活用すること、河道や浸水域の将来の変化に応じた再計算等を前回の計算と整合性を確保しつつ容易に行うことを目的とし、作成主体において電子化し、保管する。

洪水浸水想定区域図等のデータは、市町村が洪水ハザードマップ作成に利用しやすいよう、また、浸水想定に関する情報を地理院地図などの WEB サイトでも利用しやすいよう、「浸水想定区域図データ電子化ガイドライン（第 5.1 版）」（以下、「電子化ガイドライン」という。）に基づいて CSV ファイル、シェープファイル形式で電子化し保管するものとする。

なお、電子化ガイドラインに基づき、表 8-2 については、市町村に提供するほか、洪水浸水想定区域図データについては、国土交通省が運営する「ハザードマップポータルサイト」や「浸水ナビ」などの各種サイトにおいて、氾濫が推定さ

れる範囲として情報提供が可能となるよう、国土地理院へ所定の方法により提供するものとする。

表 8-2 電子化ガイドラインに基づき市町村に提供するデータ一覧

	データ名	データ内容	データ形式	格納フォルダ	市区町村による利用場面
浸水想定区域図データ	浸水想定区域図 GIS データ	0.5, 3, 5, 10mの階級の浸水 想定区域を図化したデータ	シェープフ ァイル	浸水想定区域図_SHAPE	浸水想定区域と避難に関 する情報等の検討に利用
	浸水深（最大包絡） GIS データ（コンター）	最大包絡の浸水深を 0.5, 3, 5, 10m の階級区分)で示し たコンターデータ	シェープフ ァイル	MAXALL¥MAXALL_SHA PE	避難に関する情報等の検 討に利用
	浸水継続時間（最大包絡） GIS データ（コンター）	最大包絡の浸水継続時間を 示したコンターデータ	シェープフ ァイル	MAXALL¥MAXALL_SHA PE	
	浸水深（最大包絡） CSV データ（メッシュ）	最大包絡の浸水深、標高、 緯度経度の数値データ（地 盤高メッシュ（5m 等）で格 納）	CSV	MAXALL¥MAXALL_CSV	浸水想定区域と避難に関 する情報等の検討の際に 数値で利用
	浸水継続時間（最大包絡） CSV データ （メッシュ）	最大包絡の浸水深・浸水継 続時間、標高、緯度経度の 数値データ	CSV	MAXALL¥MAXALL_CSV	
	メタデータファイル	計算条件等を記したファイ ル	CSV	aaaaaaaaaa (河川番号フォルダ)	データ・計算条件の確認
その他の説明資料	浸水想定区域図データ 電子化ガイドライン	浸水想定区域図のデータフ ォーマットを規定している ガイドライン	PDF	浸水想定区域図	参考資料
	浸水想定区域図データ 電子化用ツール	浸水想定区域図データ作成 支援ツールの実行ファイル	EXE	浸水想定区域図	参考資料
	浸水想定区域図データ 電子化用ツール 操作マニュアル	支援ツールの操作マニユ アル	PDF	浸水想定区域図	参考資料
	水害ハザードマップ作成の ための「浸水想定区域図デー タ」利用ガイド	市区町村向けに浸水想定区 域図データを説明するガイ ド	PDF	浸水想定区域図	参考資料

（出典）浸水想定区域図データ電子化ガイドライン（第 5.1 版）令和 8 年 6 月国土交通省
水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室、下水道部、海岸室

9 現況確認による照査

9.1 浸水想定区域の漏れの確認

本手引きに基づいた浸水解析結果は、ボックスカルバートや道路を通じた氾濫水の流れを計算結果に反映できていない可能性があるため、住民等に対して公表する前に確認が必要である。【技術参考 1-9】

<特に現況確認が必要となる場合>

- ボックスカルバートが設置されている箇所
航空レーザ測量（LP）データにおいて、ボックスカルバートは連続盛り土構造物と同様に氾濫水の移動を妨げる物として認識され、氾濫解析にあたって浸水想定区域が過小評価されてしまう可能性がある。
- 川沿いを道路が上下流方向に走っている箇所
「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」または本手引き6章の氾濫解析手法では、川沿いの道路を氾濫流が流下する現象を反映することができない。このため、上流の道路区間に氾濫水が流入すると、道路上を氾濫水が流下することにより、上記手法では氾濫しないとされた箇所で実際には氾濫することがある。
- 山付区間等で川沿いに小規模の低地が存在する箇所
本手引き6章の氾濫解析手法では、河心線上に25メートル間隔で内挿節点を設定することにより、川沿いの微地形を反映した浸水想定を行っているが、この間隔（河道曲線部の外岸側においては内挿節点ごとの横断面の間隔が25メートルよりも大きくなる）よりも小さい規模の小低地が存在する場合、推定される氾濫範囲が過小評価となることがある。
- 山付区間等において浸水想定区域指定の対象外の小河川等が流入する箇所
山付区間等において、浸水想定区域指定の対象となっていない小河川等が流入する箇所では、当該小河川等に沿った低地部において、推定される氾濫範囲が過小評価となることがある。

また、洪水浸水想定区域が指定された後、大規模な水害が発生した場合、河川管理者等は、簡易水位計の情報や浸水実績図等を用い洪水浸水想定区域図の妥当性を検証することが望ましい。

9.2 浸水想定区域の外縁線の処理について

本手引きに基づいた氾濫解析結果は、計算メッシュの大きさによっては現地の地形状況を十分に反映していない場合がある。このような場合は以下のような地形を参考に洪水浸水想定区域図を必要に応じて修正すること。

- 山裾付近

氾濫水の挙動を想定しつつ山裾の等高線に沿って洪水浸水想定区域図を必要に応じて修正すること。

- 道路等の連続盛土付近

氾濫水の挙動を想定しつつ道路盛土に沿って洪水浸水想定区域図を必要に応じて修正すること。

9.3 氾濫流の伝播状況

流下型氾濫において、河道-氾濫原一体型の一次元不等流計算により浸水深分布を算定するとき、氾濫原の浸水深が小さい場合、微地形の影響により、上流側での氾濫が氾濫原を流下する状況を表現できない場合がある。このとき、氾濫原における浸水深分布が不連続に変化することがあるため、現地において連続盛土等の微地形を確認し、洪水浸水想定区域図を必要に応じて修正すること。【技術参考 1-12】

- 横断方向の連続盛土等の有無

横断方向に連続的な盛土等がなく、氾濫流の流下を阻害する微地形要因の存在が考えにくい場合、想定される氾濫流の流路に応じて、洪水浸水想定区域図を修正すること。

10 今後の技術的課題

本手引きは、小規模河川に係る流下型、貯留型、拡散型のそれぞれの氾濫形態における計算上の仮定や条件設定の考え方等について、現時点の知見を集約・整理したものである。今後、「中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」及び「土砂・流木を考慮した中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」において指摘された、現時点の知見では解決が困難な以下の技術的課題について、適用事例や関連データの蓄積・分析を進め、引き続き検討する必要がある。

- (1) 洪水中における土砂堆積の進行に伴う粗度係数の変化は、水位に影響を及ぼす可能性がある。洪水中における粗度係数の変化の取扱いについては今後の課題であり、本手引きでは、土砂堆積後の地形を初期条件として設定し、洪水中の粗度係数は変化しないものとして取り扱っている。
- (2) 水位計算に用いる横断測線の間隔については、限られた知見に基づき『『中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き(第2版)』を参考に設定するものとするが、断面急変箇所等を除き、原則として100m間隔として設定してよい』(第3章3.1)としているが、この横断側線間隔の妥当性については、引き続き検証が必要である。
- (3) 想定最大規模洪水時の浸水範囲及び浸水深の推定において、堤防の破堤を考慮しない氾濫解析手法を適用しても、破堤を考慮する手法に比べて浸水範囲及び浸水深が著しく過小評価とならない条件を定量的に示すことが望ましい。しかし、現時点では、このような条件を示すために必要な知見が得られていない。このため、本手引では、「堤防満杯流量が小さく想定最大規模の洪水時に一連の区間にわたって堤防天端水位を大きく超える河川区間においては、堤防の破堤を考慮しなくてよいものとする」(第5章5.5)としている。
- (4) 第5章5.5の下流端水位の設定手法については、十分な知見が得られていない。このため、本手引きでは、「河口や合流点等の下流端の特徴に応じ、想定最大規模の洪水時の水位を適切に評価できるような条件を設定することとする」としている。例えば、本川に合流する河川では、本川の洪水浸水想定区域に対象河川が流入する箇所を河口と見立てて出発水位を設定する方法や、河口では計画高潮位とし、洪水流量のピークと重なるように設定する方法等を示している。
- (5) 左右岸で流下型・貯留型の氾濫形態が混在する河川区間における無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析手法については、十分な知見が得られていない。このため、本手引では、「左右岸の氾濫形態が一方は流下型で他方が貯留型等と異なる区間において、貯留型のブロックへの氾濫による河道ピーク流量の低減が大きく、それが流下型のブロックの氾濫水位に影響すると判断される場合には、一連区間で氾濫形態が異なる氾濫状況への適用性を有する氾濫解析手法(5.4参照)を用いる必要がある」(第6章6.1)としている。

- (6) 第 6 章 6.2 の流下型氾濫の解析手法を適用できる河川区間を既存 LP データ等から効率的に判別するための目安については、十分な知見が得られていない。このため、図 6-2 に「5.3 における壁立て計算水位の氾濫原への延伸線の地表面との交点が川幅 B の兩岸 10 倍以内の場合に流下型と分類した場合のイメージ」を参考として示すにとどめている。
- (7) 第 6 章 6.3 の貯留型氾濫の解析手法における水位-容量関係式から算定される最高水位の妥当性の確認手法については、知見が限られている。このため、本手引きでは、「最高水位を 5.2 の壁立て計算水位と比較することなどにより、妥当性を確認するものとする」としている。
- (8) 第 7 章で示した大量の土砂・流木堆積の影響を考慮する手法については、細粒土砂が長区間にわたって河道を埋塞させる事象を対象としている。このため、これ以外の事象（例えば、粒径の大きい土砂による河道埋塞や氾濫原における土砂・流木の堆積等）の影響は本手法の対象としておらず、これらの事象を考慮する方法については、引き続き検討が必要である。また、海域や合流先河川との接続区間における土砂堆積のプロセスも十分に明らかにはなっておらず、引き続き知見の蓄積が必要である。
- (9) 大量の土砂・流木を伴う洪水氾濫による家屋流失の評価については、以下に示すように、多くの技術的課題が残されているため、引き続き検討が必要である。

<外力の評価に関する課題>

- 1) 洪水中の河床変動に伴う氾濫流況の変化の考慮
- 2) 土砂・流木を含む流れの密度・体積増加の影響評価
- 3) 河道・氾濫原境界付近で生じる三次元性の強い流れの考慮
- 4) 流木の衝突による家屋流失、及び家屋による流木捕捉に伴う流体力の増加の評価
- 5) 家屋流失に伴う流体力分布の時間変化（連担する家屋のうち、下流側の家屋に作用する流体力の評価）

<地形変化の評価に関する課題>

- 1) 氾濫原の地形変化（洗掘・堆積・側方侵食）の評価

<家屋の耐力評価に関する課題>

- 1) 生垣やブロック塀等の外構が家屋への流体力に及ぼす影響の評価

これらの技術的課題の検討を進め、洪水氾濫及び家屋流失のメカニズムをより詳細に把握するためには、痕跡水位や流失した家屋に関する各種データを継続的に蓄積することが必要である。

（蓄積が必要なデータの例）

- ・ 痕跡水位
- ・ 築年数
- ・ 家屋構造

- ・ 周辺家屋との距離やブロック塀の配置状況等が把握できる写真 等

また、その他の技術的課題として、第4章4.2で述べた「国土交通省告示に基づく想定しうる最大規模の降雨を上回る降雨」を考慮する場合の判断基準を明確にすることが挙げられる。具体的には、実績最大降雨をどの範囲まで考慮すべきか（地理的にどの程度離れた地点の実績値まで対象とするか）について、一定の考え方を示すことが望まれる。しかし、この点に関する知見は十分に蓄積されていないため、本手引きでは【技術参考 1-4】に事例を示すにとどめている。

これらの課題については、引き続き検討するとともに、氾濫解析の効率化に関する事例の収集を継続し、必要に応じて本手引きの見直し及び参考事例の追加を行うものとする。

技術参考 1. (共通編)

<技術参考 1-1：複数河川同時計算を行っている例>

【群馬県の事例】

群馬県では水位周知河川等以外の全ての河川において、浸水想定計算を実施し計算結果を公表している。計算に当たっては圏域ごとに一律な降雨を与えて、複数河川における同時越水を考慮している。河川ごとに複数の破堤地点を想定して計算した上で、地点ごとの浸水深は各計算結果の最大包絡値を採用している（図.技 1-1-1）。

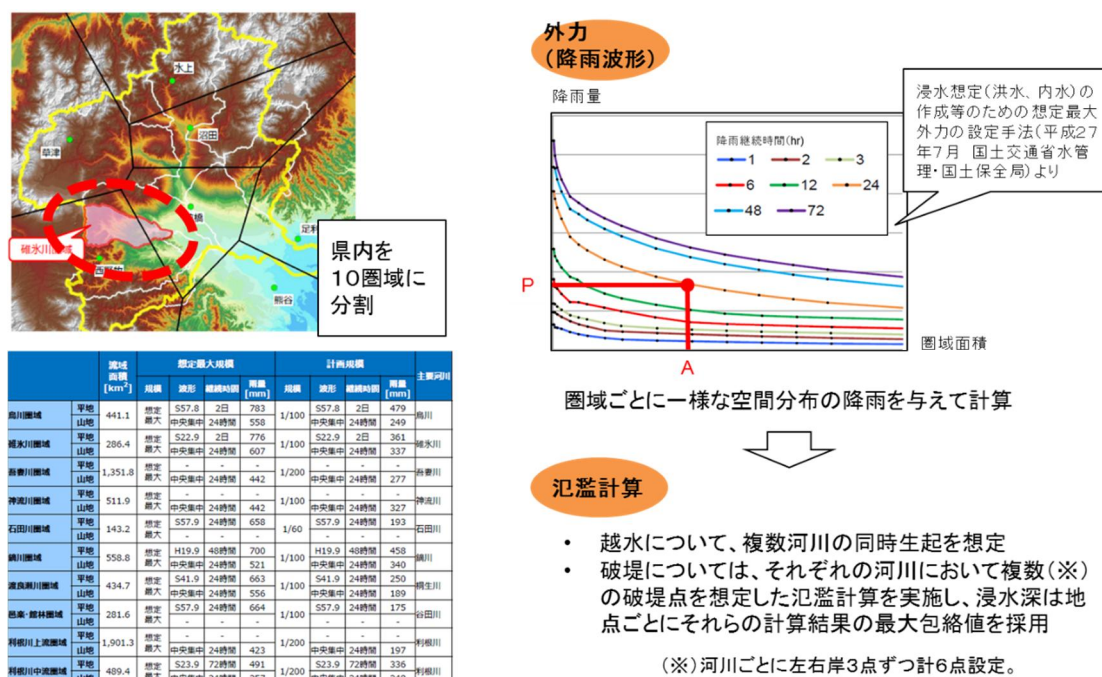


図.技 1-1-1 複数河川同時計算事例

(参考文献)

- ✓ 群馬県 県土整備部 河川課 資料
- ✓ 浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法 平成27年7月 国土交通省 水管理・国土保全局

＜技術参考 1-2 : UAV 写真測量＞

小規模河川において、横断測量が実施されていない場合が多いため、航空レーザ測量 (LP) から得られた河道断面データ (LP オリジナルデータ) を用いることを基本とする。

しかし、航空レーザ測量は以下の課題がある。

①LP データがない河道区間がある

- ✓ 国土面積約 38 万 km^2 のうち約 10 万 km^2 で航空レーザ測量データがない (H31.1 時点)

②川幅が狭い場合は、LP データの点群密度が河道形状を十分に捉えられない場合がある

- ✓ 航空レーザ測量の計測密度は、「航空レーザ測量データポータルサイト」(公益財団法人日本測量調査技術協会) で確認できる

③航空レーザ測量実施後に河道の形状が大きく変化している場合がある

- ✓ 定期的に航空測量が実施されていないことから、計測実施後に、大規模洪水の発生により河道形状が大きく変化している場合や、治水対策として河道の拡幅等を実施している場合がある

＜計測密度の制約＞

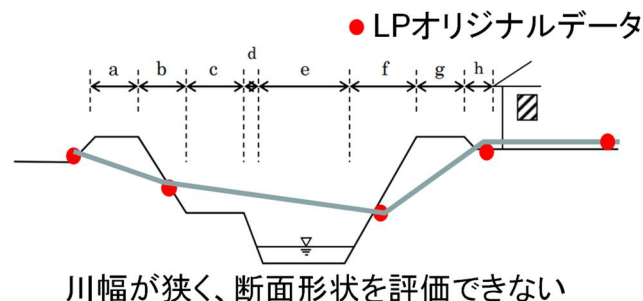


図.技 1-2-1 航空レーザ測量の計測密度の制約により河道形状が捉えられない例

上記の課題に対し、地表面の標高を把握する手法として、従来の地上横断測量に加え、Unmanned Aerial Vehicle (以下、UAV) とレーザを組み合わせた UAV レーザ測量が開発されているが、計測費用が高価である。

一方、UAV 搭載カメラで撮影した画像を用い、写真合成により 3 次元形状を復元する技術 (以下、SfM : Structure from Motion) により地形を把握する UAV 写真測量 (図.技 1-2-1) はコスト的に優れている (図.技 1-2-2)。対地高度 50m の距離で UAV を飛行させ、市販の 2,000 万画素のカメラを用い UAV 写真測量を行うと、地形の 3 次元点群は約 400 点/ m^2 の計測密度で取得でき、川幅が狭い場合でも十分なデータを得ることが可能である。

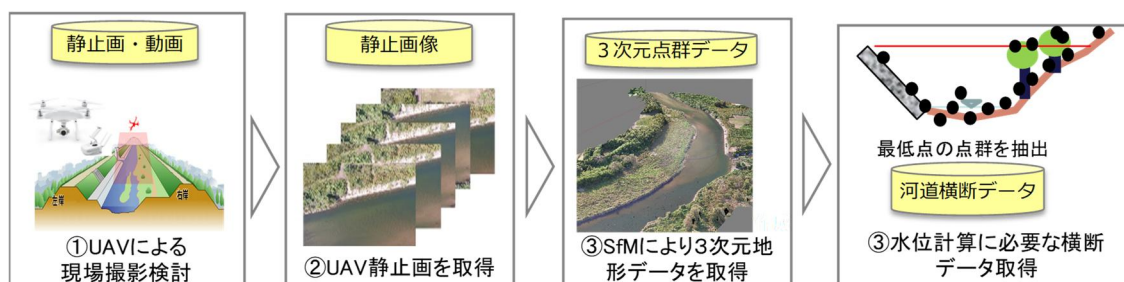


図.技 1-2-2 UAV 写真測量による河道断面データ取得（作業フロー）

区分	横断測量⇒横断面作成	UAV写真測量⇒横断面作成
内容	 ・地上測量、樹木調査 ・横断面図作成	 ・UAV写真測量、SfM処理 ・3次元点群抽出、横断面図作成
作業コスト	3	1
安全性	低い	高い
備 考	※調査対象の河川流路延長1.7km、川幅約10m	

図.技 1-2-3 UAV 写真測量と地上測量のコスト比較例

UAV 写真測量では、植生の影響を極力除外するために、写真撮影時期を冬季に実施すること、垂直写真に加え斜め写真を取得することが求められる（図.技 1-2-3 参照）。UAV 写真測量から得られた 3 次元点群の標高誤差は、植生の影響が少ない河川の場合、1.1～9.8%（実測値と UAV 写真測量値の RMSPE）であった（表.技 1-2-1 参照）。

なお、冬季でも落葉しない植生が繁茂している場合は、地表面を捉える点群がないため、手動による補正が必要である。

小規模河川における UAV 写真測量による河道断面データの取得方法の詳細については、以下の参考文献を参照されたい。



図.技 1-2-4 UAV 写真測量の計測方法

表.技 1-2-1 植生の影響が少ない河川での流下断面積の計測値の比較例

対象河川		精度 検証 項目	撮影ケース		
			①	②	③
			鉛直下方	鉛直下方	鉛直下方
			45m俯角80度	40m俯角70度	35m俯角60度
A県 K川	二級河川	流下断面積 RMSPE(%)	3.5	3.5	3.9
C県 N川	二級河川		1.1	1.1	2.0
C県 T川	一級河川		4.3	4.2	4.2
C県 N川	一級河川		9.8	8.8	8.5
平均RMSPE(%)			4.7	4.4	4.7

N=14 断面

(参考文献)

- ✓ 齋藤正徳, 市川健, 湧田雄基, 天谷香織, 那須野新, 小田嶋健太, 池内幸司, 石川雄章: UAV 写真測量における多時期計測データを用いた河道管理手法の検討, 河川技術論文集, 第 24 巻, pp.257-262, 2018.
- ✓ 市川健, 齋藤正徳, 那須野新, 天谷香織, 佐藤慶治, 檜舘晋, 山田和宏, 佐々木史恵, 池内幸司: 植生が繁茂した中小河川における UAV 写真測量を用いた河道形状把握手法の開発, 河川技術論文集, 第 26 巻, 2020.
- ✓ 国土地理院: UAV を用いた公共測量マニュアル (案), 2017.
- ✓ 国土地理院: UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案), 2020.
- ✓ 国土地理院: 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル (案), 2019.

＜技術参考 1-3：複数河川をまとめた圏域単位で浸水想定を行う場合の考え方＞

河川単位で浸水想定を行うことを基本とするが、主要な氾濫原が複数河川の合流点周辺に位置するなど浸水特性や水害リスク情報活用を鑑みて、複数の河川流域の一部または全部を合わせた流域として設定することがより合理的と判断される場合には、複数流域を適切に組み合わせた流域として設定することができる。（図.技 1-3-1）

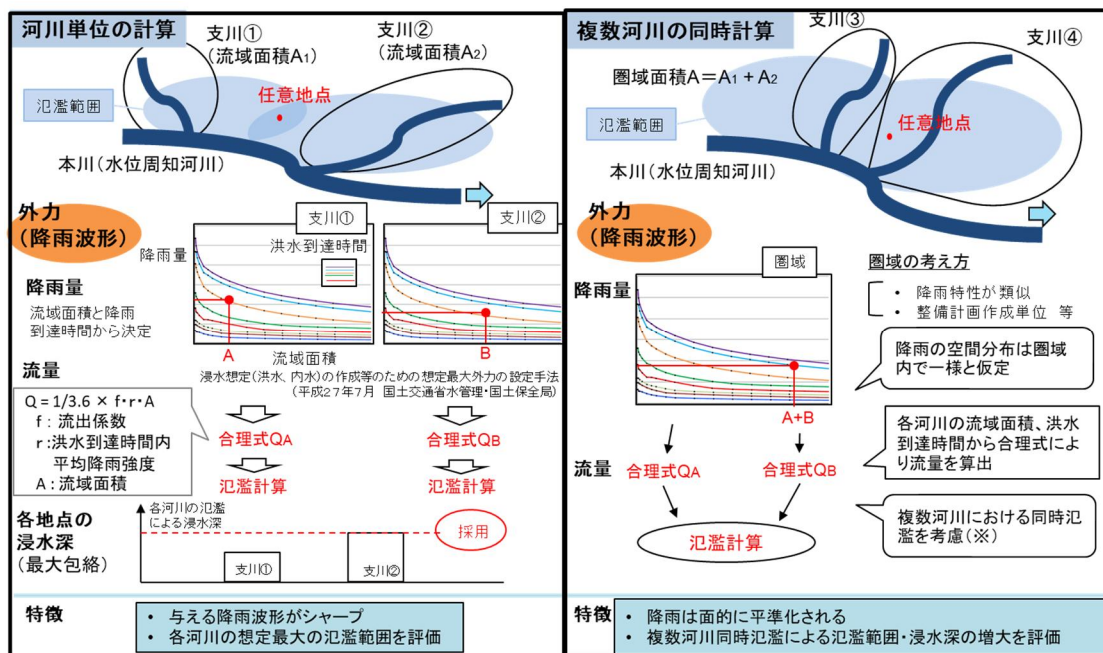


図.技 1-3-1 河川単位の浸水想定と複数河川一括での浸水想定の方の比較

(参考文献)

- ✓ 浸水想定 (洪水、内水) の作成等のための想定最大外力の設定手法 平成 27 年 7 月 国土交通省 水管理・国土保全局

＜技術参考 1-4：近隣河川で設定されている想定最大規模降雨、過去の実績降雨を踏まえた総合的判断により降雨強度を設定した事例＞

【長崎県の事例】

長崎県においては、実績降雨の引き延ばし等により設定している近隣の「水位周知河川等」の想定最大規模降雨を踏まえ、「浸水想定（洪水、内水）の作成のための想定最大外力の設定手法（平成 27 年 7 月 国土交通省水管理・国土保全局）」に基づく降雨強度 150mm/h 程度を上回る 210mm/h 程度を採用している。これは、昭和 57 年の長崎豪雨における実測降雨量 187mm/h を踏まえた総合的な判断に基づき設定したものである。

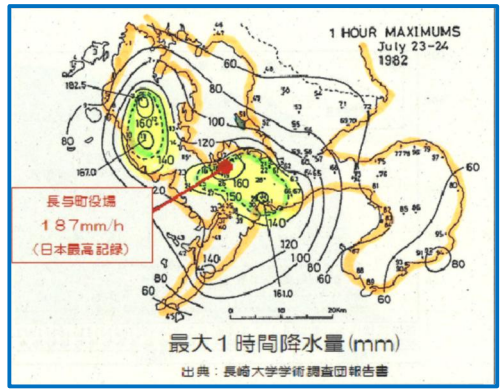
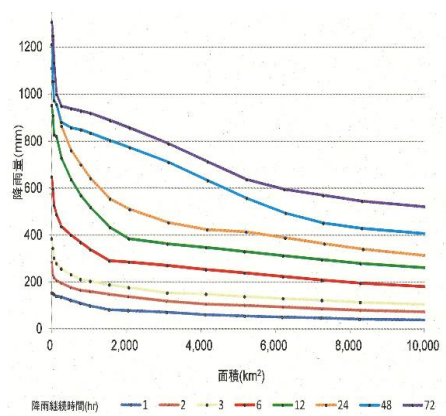


図.技 1-4-1 長崎豪雨時の雨量



地域ごとの最大降雨量(九州北西部)
単位:面積(km²)、雨量(mm)

1時間		2時間	
面積	雨量	面積	雨量
1	153	1	283
32	150	33	230
64	146	65	218
129	139	130	204

図.技 1-4-2 平成 27 年設定手法における九州北西部の想定最大規模降雨

(参考文献)

- ✓ 長崎県 土木部 河川課 資料
- ✓ 浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法 平成 27 年 7 月 国土交通省 水管理・国土保全局

＜技術参考 1-5: 対象流量に対する壁立て水位計算により算定される最高水位＞

現況河道に対象流量（4.3）で算定した最大流量を与えて、河道から洪水が溢れない壁立て条件（図.技 1-5-1 参照）の下で水位計算により最高水位を算定するものとする。

河道形状と粗度係数は、河道の縦横断測量データ（3.1）および河道の粗度係数（3.2）で設定した値を用いる。

水位計算手法としては、河川計画検討等で採用している水位計算法（一次元、準二次元不等流計算、等流計算等）、または当該河川の特性にあった計算方法を用いる。例えば、等流計算では勾配変化点や断面形状が急変する区間での水位計算精度が劣るので、不等流計算を用いることが望ましい。

不等流計算の下流端条件については、河口や合流点等の下流端の特徴に応じ、想定最大規模の洪水時の水位を適切に評価できるような条件（たとえば、本川に合流するような河川では本川の洪水浸水想定区域に対象河川が流入する箇所を河口と見立てて出発水位を設定する、河口では計画高潮位とし、洪水流量のピークと重なるように設定する等）を設定する。

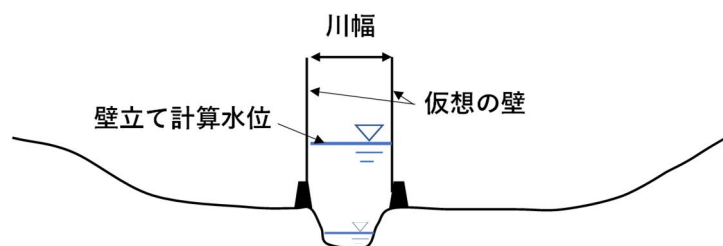


図.技 1-5-1 壁立て条件

＜技術参考 1-6：洪水浸水想定区域図作成のための氾濫解析手法例＞

【降雨－流出－氾濫一体化モデル（土木研究所 RRI モデルを活用）】

RRI モデルは、山地・平野を問わず、流域全体をグリッドセルに分割し、降雨流出から洪水氾濫まで流域を一体的に解析することを目的に土木研究所が開発した流出・氾濫一体型モデルである。

降雨分布や標高、土地利用などに関するデータを入力情報とし、河道流量や水位に加え、任意の氾濫原の浸水深なども出力が可能である。

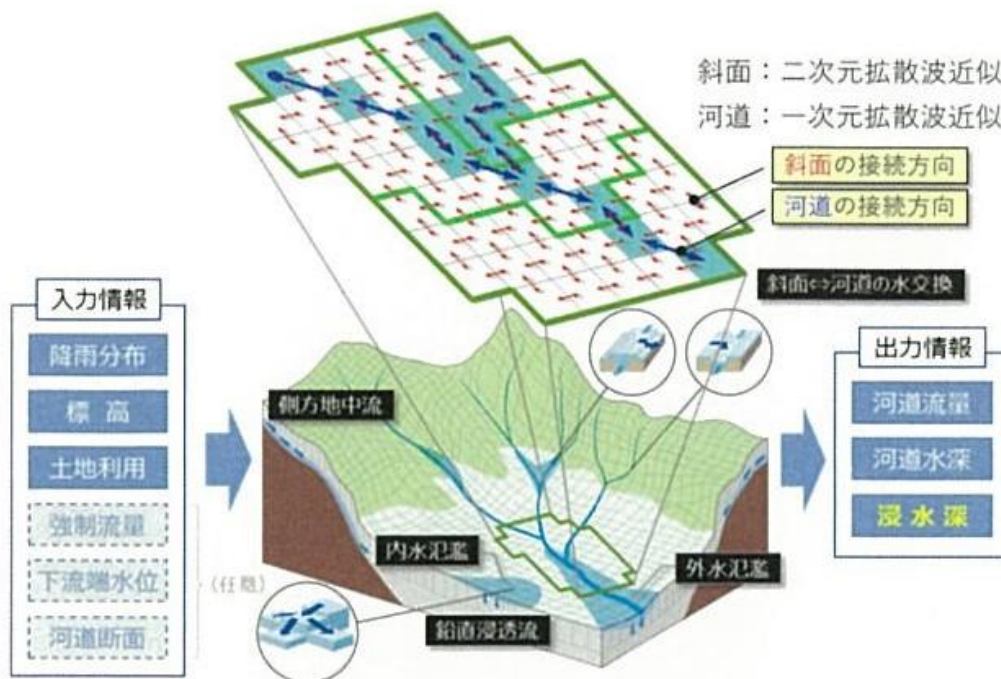


図.技 1-6-1 RRI モデルの概念図

（RRI モデルの特徴）

- ✓ 分布型モデルの発展形として、当該セルの浸水位と周辺のセルの浸水位を比較しながら、逐次流下方向を決定し、さらに河道と斜面との水交換も行う
- ✓ 地形起伏の複雑な山地域でも計算可能な二次元拡散波近似式を使用
- ✓ 降雨流出モデル、河道追跡モデル、洪水氾濫モデルを一体的に解析することで広域の洪水現象を容易かつ高速に再現できる
- ✓ 計算の迅速性に主眼を置き、氾濫解析は二次元拡散波近似式を用いているため、二次元不定流ほど厳密には解いていない

(参考文献等)

- ✓ 降雨流出氾濫（RRI）モデル, 土研新技術ショーケース 2016 in 東京
https://www.pwri.go.jp/jpn/results/2016/tokyosc/pdf/SC2016_tokyo09.pdf
- ✓ 栗林・大原・佐山・近者・澤野 (2017): 「洪水カルテ」による地区ごとの洪水脆弱性評価および対応案の検討手法の提案, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.73, No.1, 24-42.
- ✓ 近者・関本・阿部・岩崎・崔・小島・中村・佐山 (2019): 降雨流出氾濫一体解析を用いた全国ベースでの洪水予測の試み, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.75, No.2, I_1321- I_1326.

【降雨－流出－氾濫一体化モデル(平面二次元モデル)】※群馬県の事例

群馬県は、全ての河川を対象に山地部および平地部の洪水特性に応じた異なる浸水解析モデルを構築し、国土地理院の地形データ等をもとに氾濫解析を実施している。

想定最大規模及び計画規模の降雨により洪水が発生した際の浸水想定範囲を「群馬県水害リスク想定マップ」として作成。平地河川は横断測量データがあるため、国土交通省のマニュアルに基づき検討、一方、山地河川は河道・氾濫原一体の二次元不定流モデルにより解析を実施している。

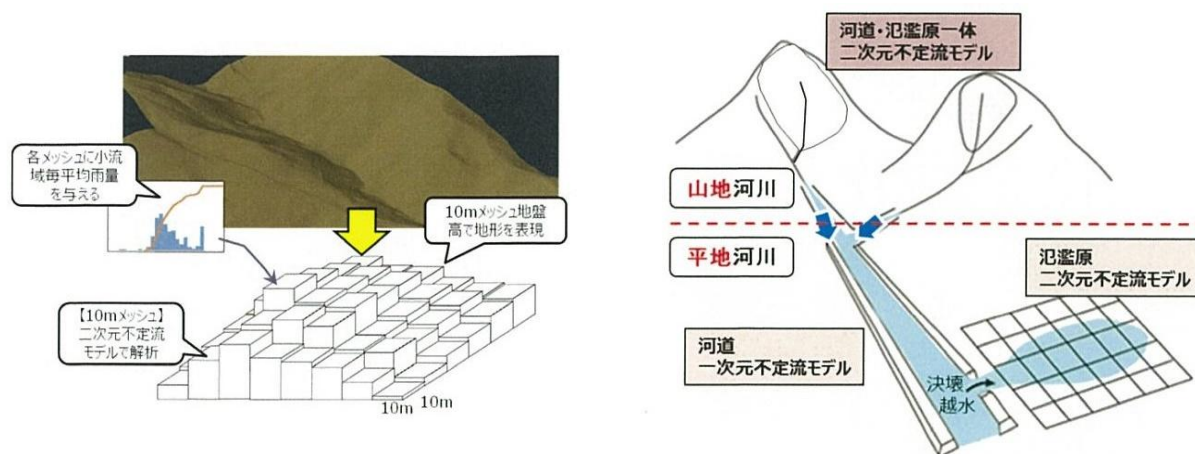


図.技 1-6-2 群馬県のモデルの概念図

(山地河川モデル)

- ✓ 国土地理院の数値標高データや国交省の LP データ等を用いて、10m メッシュの地盤高を表現
- ✓ 解析モデルは地下浸透を考慮せず、各メッシュに降雨を与え、河川と流域一体の平面二次元不定流計算を実施
- ✓ 代表的な流域で再現検証を行い、粗度係数を設定
- ✓ 流域内の水位観測所における常時水位から基底流量を推定し、河道上流部の初期流量とした
- ✓ 山地河川流域に位置する治水ダムはダム貯水池を別途モデル化（山地河川モデルによりダム流入量を計算し、ダム H-V、H-Q から放流量を算出し、ダム直下のメッシュに与えている）

(参考文献等)

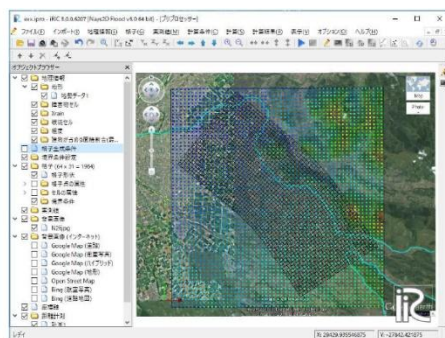
- ✓ 岡部隼也：県管理全河川における水害リスク調査について、関東地整平成 30 年度スキルアップセミナー発表資料

【河道・氾濫一体化モデル（iRIC2D Flood を活用）】※北海道の事例

iRIC（河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア）の平面二次元の河川流モデル「Nays2D」を氾濫解析用アレンジした「Nays2D Flood」は地形の高低差で氾濫が流れ拡がる現象を計算、上流端および左右岸の任意の複数の箇所から非定常流量の流入条件を容易に設定できる。

河道データを必要としないため、データが未取得な小規模河川などの氾濫形態の概略的な解析が可能。

計算格子の作成例



- 樋門・カルバート・ポンプ・建物障害率を考慮
- 堤防、道路、盛土は障害物として設定

氾濫計算の手順



結果の可視化例

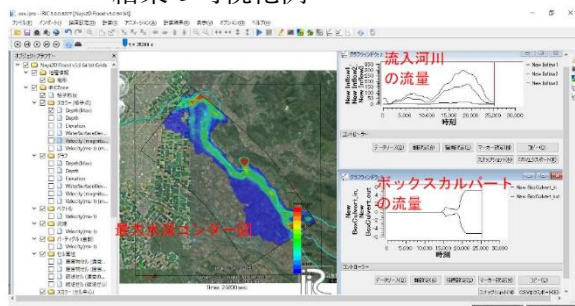


図.技 1-6-3 iRIC による氾濫計算の実施例

（出典）

- ✓ 中小河川を対象とした洪水はん濫計算の手引き（案）平成 26 年 3 月 国土交通省 北海道開発局、独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所
- ✓ iRIC ホームページ <https://i-ric.org/solvers/nays2dflood/>
一般社団法人 iRIC-UC 令和 5 年 7 月 4 日閲覧

＜技術参考 1-7：下流端水位の設定＞

下流端水位の設定に関しては、合流先の河川の水位状況等を踏まえて適切に設定することが重要である。本手引きで対象とする想定最大規模洪水の際に支川の流域面積等により合理式で求められる流量を支川下流端で与えた際の等流水深と、本川の想定最大規模洪水流下の際の最高水位を那珂川水系で比較した。

比較にあたっては、那珂川本川の直轄区間における想定最大規模洪水流下の際の最高水位と、那珂川本川に直接流入する支川における想定最大規模洪水流下の際に流域面積等により合理式で求められる流量から H-Q 式により求められる水位を対象とした。

図.技 1-7-1 に示すとおり、支川の下流端水位（等流水深から算定）の方が本川の最高水位よりも低い場合が確認され、支川単独では本川の水位の影響を反映できないことがあることが確認された。

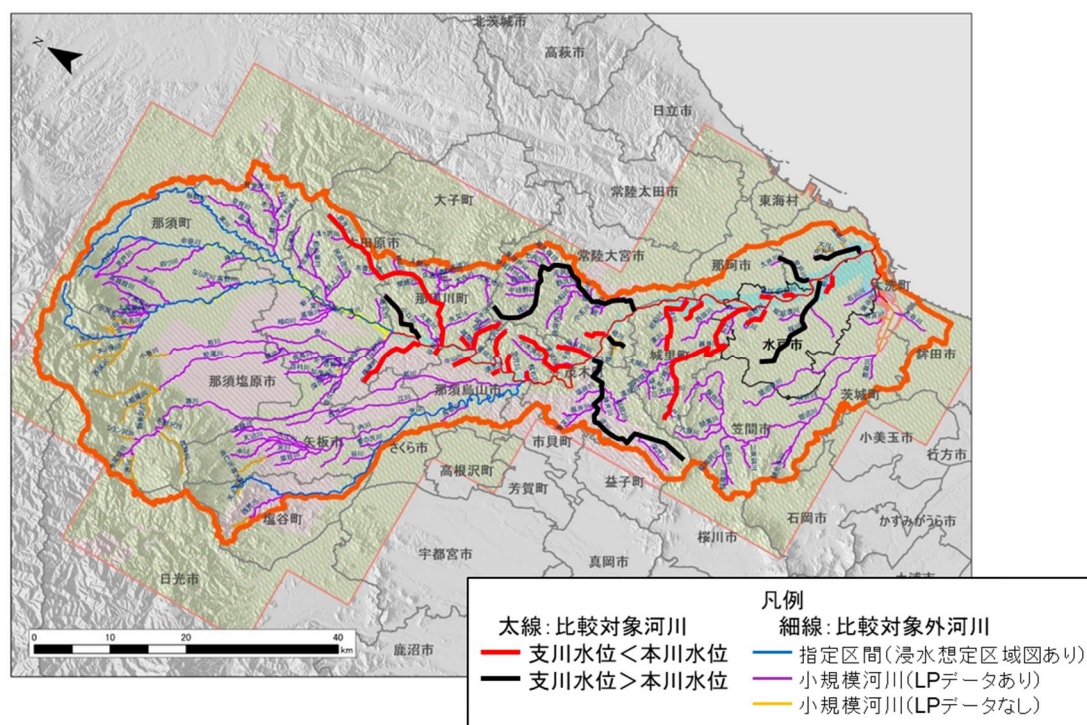


図.技 1-7-1 本川直轄区間最高水位と支川下流端水位（自己流の等流水深より）の比較結果

＜技術参考 1-8：流下型氾濫解析結果を用いた洪水浸水想定区域図の作成＞

第 6 章 6.2 の図 6-3 に示す手法のほか、「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き(第 2 版)」技術参考 11 を踏まえ、次のように浸水位・浸水深分布を算定することができる。

① 浸水想定区域の外縁線

上下流の水位計算断面における計算水位に基づき、それらの間に断面を内挿し、その水位と地形の交点を見出し、上下流を連続的に結び浸水想定区域の外縁線を作図する。なお、浸水想定区域の地形に凹凸や連続盛土構造物があり、上記交点が複数になる場合には、上下流の連続性を勘案して浸水想定区域の外縁線を設定する。

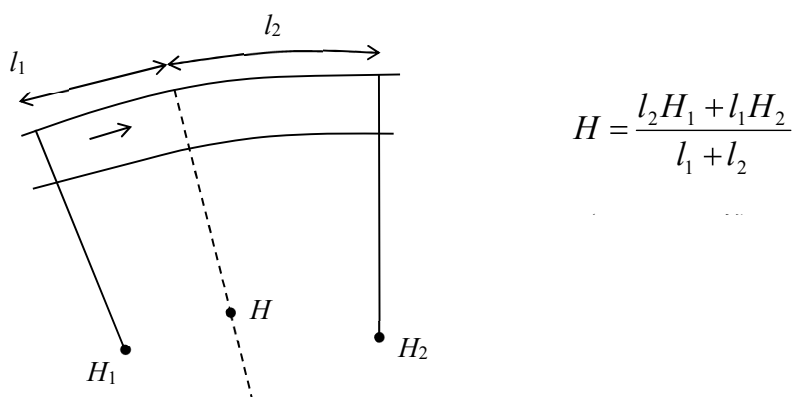


図.技 1-8-1 流下型氾濫の内挿断面ごとの浸水位算定

または、以下の方法で機械的に求めることができる。

② 任意点の浸水位・浸水深の算定方法

上下流の水位計算断面の間の任意点の水位 H は、上下流水位計算断面の水位 H1、H2 と各断面からの距離 L1、L2 を用い内挿により求めることができる。この水位から地盤高を引けば浸水深が得られる。したがって、地盤高メッシュデータを利用する場合、この方法により地盤高データ位置での浸水深を求めれば、比較的容易に浸水深の等値線を作図することができる。

- ・ 曲率が小さいとき

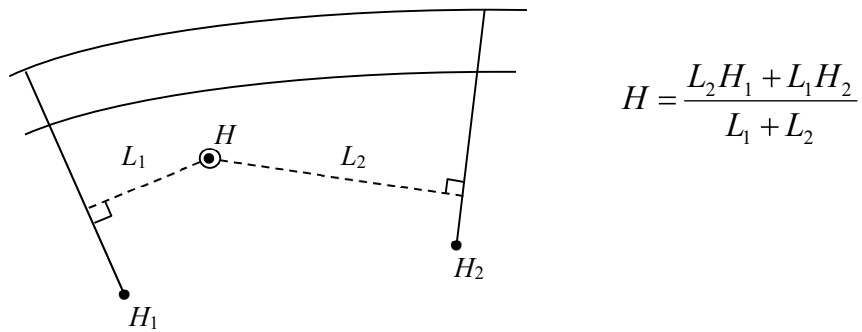


図.技 1-8-2 流下型氾濫の浸水位算定（曲率が小さい場合）

- ・ 曲率が大きく上記の方法では内挿に用いる距離が合理的でないとき

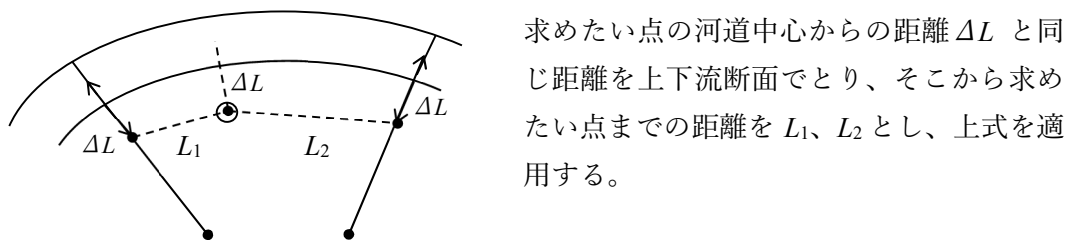


図.技 1-8-3 流下型氾濫の浸水位算定（曲率が大きい場合）

（参考文献）

- ✓ 中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第 2 版） 平成 28 年 3 月 国土交通省
水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室

＜技術参考 1-9：現況確認による照査＞

航空レーザ測量データを用いて機械的に計算した結果は、現地の地形状況を十分には反映できない場合があるため、公表する前に計算結果の確認が必要である。例を図.技 1-9-1 及び図.技 1-9-2 に示す。

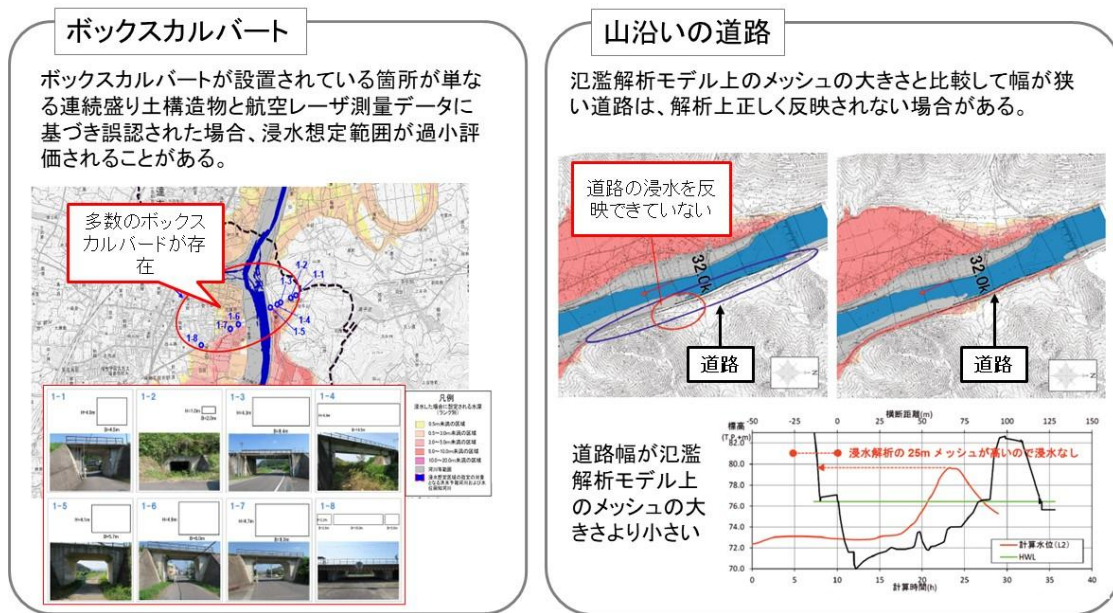


図.技 1-9-1 氾濫水の挙動を十分には反映できていない例

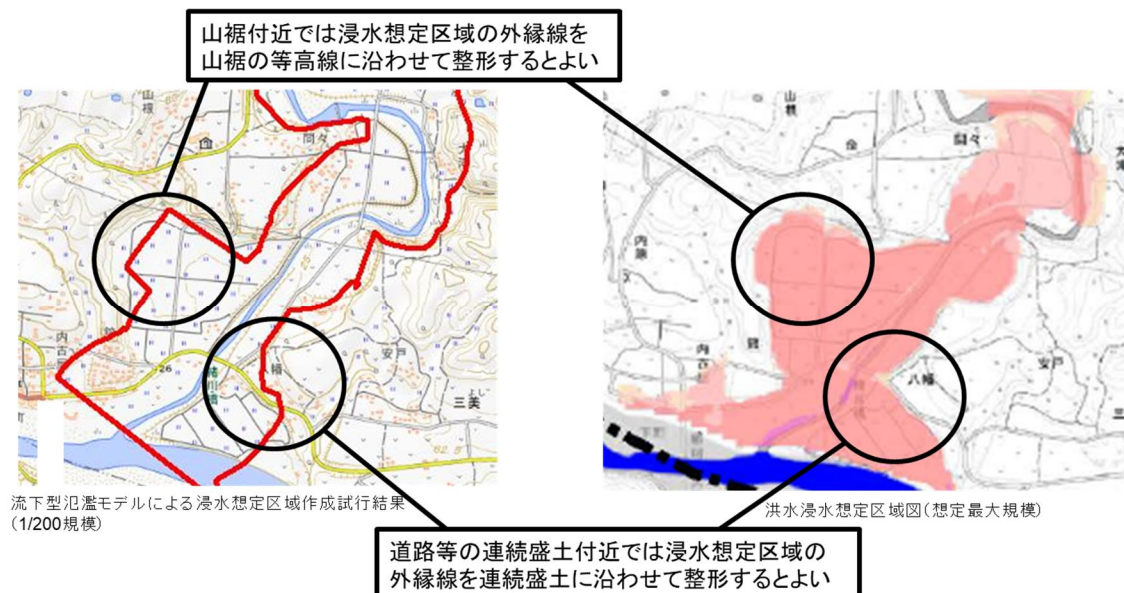


図.技 1-9-2 浸水想定区域の外縁線に地形・地物を十分には反映できていない例

＜技術参考 1-10：拡散型氾濫への一次元不等流計算の適用性＞

合理的かつ効率的な洪水浸水想定区域図作成のため、様々な工夫により検討が進められることが想定される。その中で、拡散型氾濫となる地域に、比較的簡便な方法である河道-氾濫原一体型の一次元不等流計算を適用し、その際、氾濫流の流下断面幅を便宜的に設定（壁立て）すること、工夫の一つとして考え得る。

本技術参考では、浸水域の横断範囲の、河川流下方向の広がり大きい拡散型氾濫地域に対し、壁立てにより氾濫流の流下幅を設定した一次元不等流計算（河道-氾濫原一体型）を適用した場合の留意事項を、事例とともに示す。

モデル流域の地形を図.技 1-10-1 に示す。浸水しうる範囲の横断幅が、河川流下方向に大きく広がっていく地形条件を有していることが理解される。

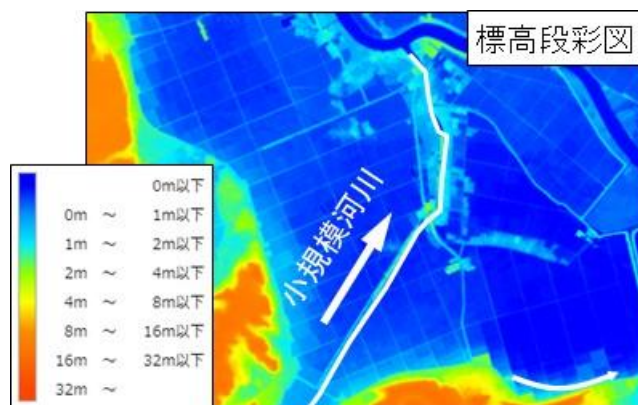


図.技 1-10-1 モデル流域の地形（標高段彩図）

本手引き図 6-2 を参考に、河心線から川幅の 10 倍の位置を端点（壁立て）として一次元不等流計算により得た浸水深分布を、図.技 1-10-2（左図）に示す。一方、平面二次元不定流計算により求めた浸水深分布を、図.技 1-10-2（右図）に示す。

1）浸水深分布の特徴

図.技 1-10-2（左図）に示す一次元不等流計算の結果は、その計算方法の特徴から各計算断面での水位横断分布が一様であり、平坦な地形から、浸水深は横断方向に明瞭な分布を持っていない。一方、図.技 1-10-2（右図）に示す平面二次元不定流解析の結果は、拡散型の氾濫形態となる地形分布が表現されていることから、河心線から横断方向に離れた場所ほど、浸水深が小さくなる傾向が見て取れる。

2）計算手法によって現れる浸水深分布の違い

計算手法によって現れる浸水深分布の違いは、特に河心線から横断方向に離れるほど大きく現れる傾向にある。河心線から横断方向に離れた範囲において、一次元不等流計算による浸水深は、平面二次元不定流解析による浸水深より大きくなっていることがわかる。これは、

一次元不等流計算において、流下範囲の端部を規定（壁立て）していること、また、氾濫流の向きが1方向（河心線の縦断方向のみ）であり、横断方向の氾濫流が生じない計算方法とされていることから、氾濫範囲内の単位幅流量が、平面二次元不定流解析より大きくなるためである。一方、一次元不等流計算の計算範囲外では浸水が発生しないため、平面二次元不定流解析より浸水深が小さくなる。

3) 留意事項

上記より、拡散型氾濫のうち、浸水域の横断範囲の広がり大きいことが想定される流域に、壁立てによる一次元不等流計算を適用することは、実際に生じうる浸水深分布と乖離があることに留意が必要である。そのため、氾濫形態の適切な判読に基づき、適応する解析手法を選択されたい。

標高が大きく変化せず、比較的平坦な地形において、一次元不等流計算による計算範囲の境界付近の浸水深が比較的大きい場合、浸水深の分布が横断方向に不連続となっている可能性がある。この場合、氾濫形態に適応した解析手法を選択していない可能性があるため注意が必要である。

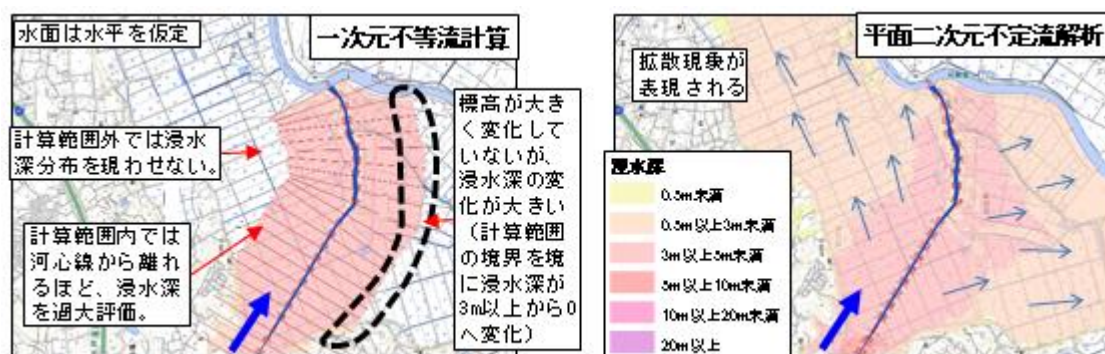


図.技 1-10-2 2つの解析手法による浸水深分布の比較例

＜技術参考 1-11：異なる解析手法により算定された浸水深分布の接続＞

【技術参考 1-10】に例示したように、上流側の氾濫形態は流下型氾濫、下流側の氾濫形態は拡散型氾濫となる場合、上流は本手引き 6 章による一次元不等流計算を、下流は「洪水浸水想定区域図マニュアル（第 4 版）」による平面二次元不定流解析といった、異なる解析手法を適用することも考えられる。このとき、適用した解析手法の切替区間において、浸水深分布の不連続性が大きくなる可能性がある。本技術参考では、異なる解析手法により算定された浸水深分布を連続的に接続する方法の考え方及び留意点を示す（図.技 1-11-1）。

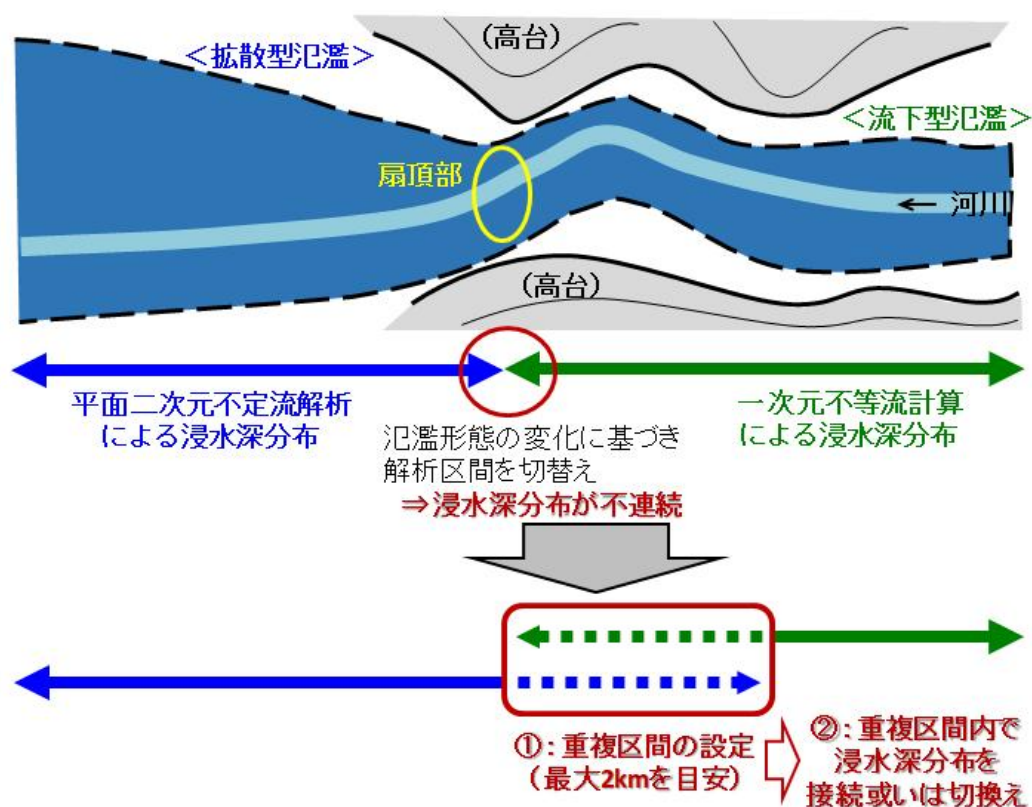


図.技 1-11-1 異なる解析手法により算定された浸水深分布の接続に関する課題

1) 接続方法①：解析区間の重複

異なる解析手法により算定された浸水深分布を接続する、或いは切り替えるため、解析の重複区間を設定する。設定にあたっては、下流側（拡散型氾濫）に適用する平面二次元不定流解析の計算区間を、最大 2km を目安として、上流側（流下型氾濫）の一部区間まで延伸させることを基本とする（図.技 1-11-1）。なお、延伸させる平面二次元不定流解析区間の上流端は、氾濫原の平面形状が直線的に分布する区間内に設定することが望ましい（図.技 1-11-2）。



図.技 1-11-2 流下型氾濫において氾濫原が直線的に分布する区間の例

2) 接続方法②：浸水深分布の接続・切替え

上記1)により、重複区間において、異なる解析手法により算定された2つの浸水位縦断分布が得られる。これら浸水位縦断分布の近接状況等を踏まえ、浸水位分布の接続・切替えを行った上で、浸水深分布を得ることを基本とする。

- i) 山付き等、浸水が途切れる区間がある場合、その区間で浸水深分布を切り替える。
- ii) 浸水位縦断分布が重なる区間がある場合、その区間で浸水深分布を切り替える。
- iii) 上記 i)、ii) 以外の場合、浸水位分布が近接する区間（以下、浸水位近接区間）を抽出し、その区間で浸水位分布を縦断方向に擦り付け、接続させることを基本とする。

3) 留意事項

【接続方法①：解析区間の重複】

- 流下型氾濫となる上流側に、重複区間を設定することが望ましい。
- 延伸させる平面二次元不定流解析区間の上流端は、氾濫原の平面形状が直線的に分布する区間に設定することが望ましい。

【接続方法②：浸水深分布の接続・切替え】

- 2) の iii) に示す、浸水位近接区間において浸水位分布を接続させる場合、a)～c)に示す方法等が考えられるが、選択する方法によって、浸水位近接区間内の浸水深分布

に差異が生じうる。このため、浸水位近接区間内の資産等分布状況を踏まえながら、浸水深分布の接続を行うよう、留意が必要である。

- a) 2つの浸水位の平均を与える方法
- b) 浸水位近接区間内における浸水位分布を線形に与える方法
- c) 縦断距離に応じて2つの浸水位の重みを変化させ擦り付けていく方法

＜技術参考 1-12：流下型氾濫形態における一次元不等流計算による氾濫流の伝播＞

本手引き 6 章 6.2 による一次元不等流計算では、氾濫形態が流下型であり、想定最大規模の洪水時において、一連の区間に渡って河道満杯水位を大きく超える流れが想定される場合の氾濫解析手法を示している。

本技術参考では、両岸の堤内地が山に囲まれており、氾濫形態が流下型で、河道水位の状況によっては氾濫流の分派が推察される河川を対象に、一次元不等流計算と平面二次元不定流解析の 2 つの解析手法による浸水深分布と断面図を図.技 1-12-1 に示す。

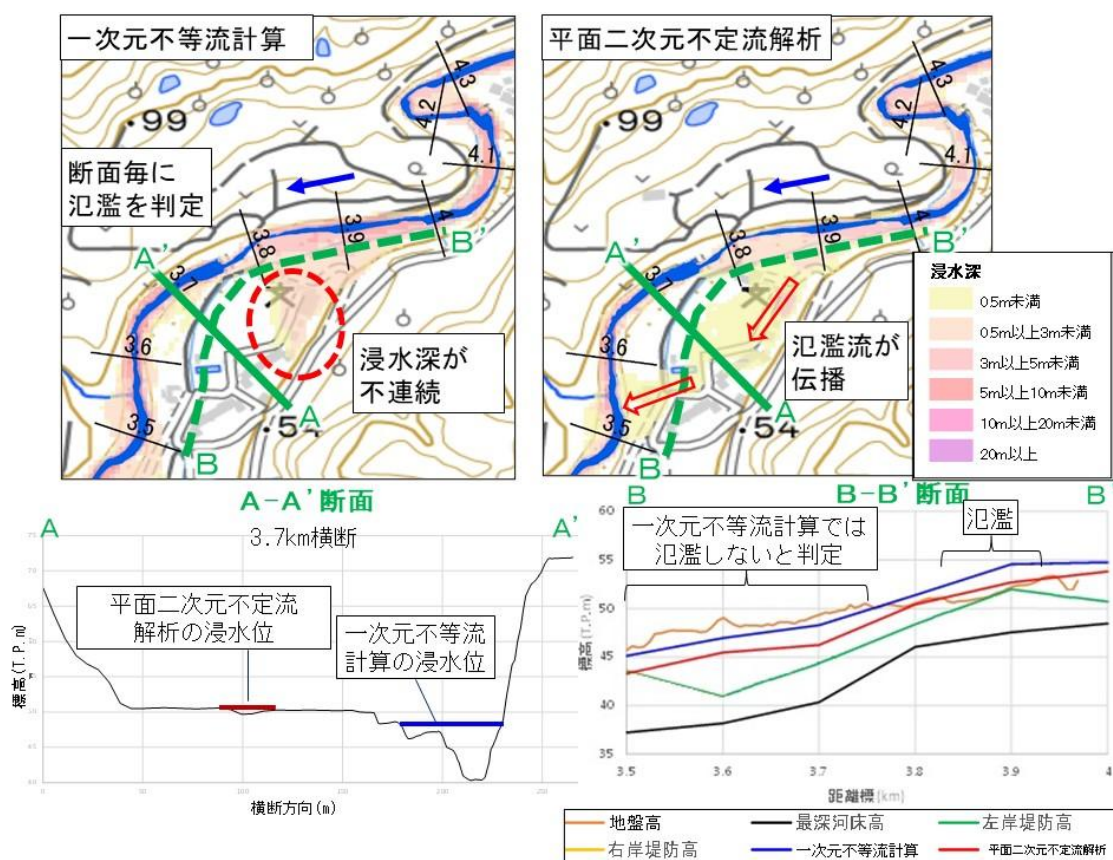


図.技 1-12-1 2つの解析手法による浸水深分布と断面図

1) 浸水深分布の特徴

図の左上に示す一次元不等流計算結果では、左岸側の堤内地において、3.8km 断面より上流側で浸水が生じているが、下流側では浸水が生じておらず、3.8km 断面を境に浸水深が不連続となっている。一方、図の右上に示す平面二次元不定流解析の結果は、3.5km 断面から 3.9km 断面の左岸側において、河道から離れた地点において連続して浸水が生じている。

2) 計算手法によって現れる浸水深分布の違い

計算によって現れる浸水深分布の違いは 3.5km 断面～3.8km 断面の左岸側の堤内地における浸水深分布に表れている。これは平面二次元不定流解析の計算では 3.8km～3.9km 付近左岸で生じた氾濫流が堤内地を流下し、3.5km～3.6km 付近において氾濫流が河道へ流入する現象が表現されているのに対し、一次元不等流計算では、一度氾濫した流水が、氾濫原をそのまま流下する現象を取り扱うことができず、平面二次元不定流解析の計算で氾濫流が流下した地点の標高より低い水位が算出されたためである（図の左下の断面図参照）。

3) 留意事項

上記より、一次元不等流計算では、平面二次元不定流解析では表現可能であった氾濫原上の氾濫流の伝播を表現できない可能性があることに留意が必要である。

一次元不等流計算から得られる浸水深分布において、氾濫原の浸水深が比較的小さく、計算断面の前後で浸水深分布が不連続に変化（ある断面を境に浸水深が急に 0 になる等）している場合、本技術参考で取り扱うようなことが生じている可能性がある。この場合、必ずしも平面二次元不定流解析を行う必要はないが、横断方向へ連続的な盛土（氾濫流の流下を阻害する要因）の存在等を確認するほか、周辺の資産状況等を踏まえつつ、適切な解析手法を選択されたい。

＜技術参考 1-13：平面二次元不定流解析におけるメッシュサイズの留意事項＞

洪水浸水想定区域図作成マニュアル（以下、マニュアル）では、平面二次元不定流解析の計算は 25m メッシュで行い、洪水浸水想定区域の指定に用いる最大浸水深データ（破堤地点別に算出された浸水深に対する最大包絡の浸水深データ）は 5m メッシュに換算したものをを用いることが原則とされている。

本技術参考では、小規模河川において、事例に基づき、マニュアルに記された計算手法及び浸水深分布の作成方法を適用した際に留意が必要となる事項等を示す。

事例として行った計算手法と浸水深分布の作成方法を表.技 1-13-1 へ示す。流下型氾濫に分類される小規模河川を対象に、異なる計算メッシュサイズが、同一解像度ケース 1 及びケース 2 による浸水深分布を作成し、結果を比較した。

表.技 1-13-1 計算手法と浸水深分布の作成方法

	計算手法	浸水深分布の作成方法	備考
ケース 1	平面二次元不定流解析 25m メッシュ	浸水位（25m メッシュ）を 5m メッシュの浸水深に換算	マニュアルと同一の手法
ケース 2	平面二次元不定流解析 5m メッシュ	浸水位（5m メッシュ）のメッシュサイズを変更せずに浸水深へ換算	

1) 計算メッシュサイズの違いによる浸水の有無

図.技 1-13-1 の上段に、ケース 1 と 2 の浸水深分布を示す。図中赤点線で表示した範囲において、25m メッシュで計算したケース 1 では浸水が生じておらず、ケース 2 では河道沿いに浸水が生じている。流下型氾濫に分類される小規模河川では、河道から横断方向に離れるに従い、地盤高が増加していく地形的特徴がある。このため、図.技 1-13-1 の下段に示す地盤高分布からもわかるように、計算メッシュサイズが 25m と大きい場合、高い地盤の影響を受けやすく、計算メッシュに与える地盤高が大きくなり、浸水が起こりにくい傾向となる。

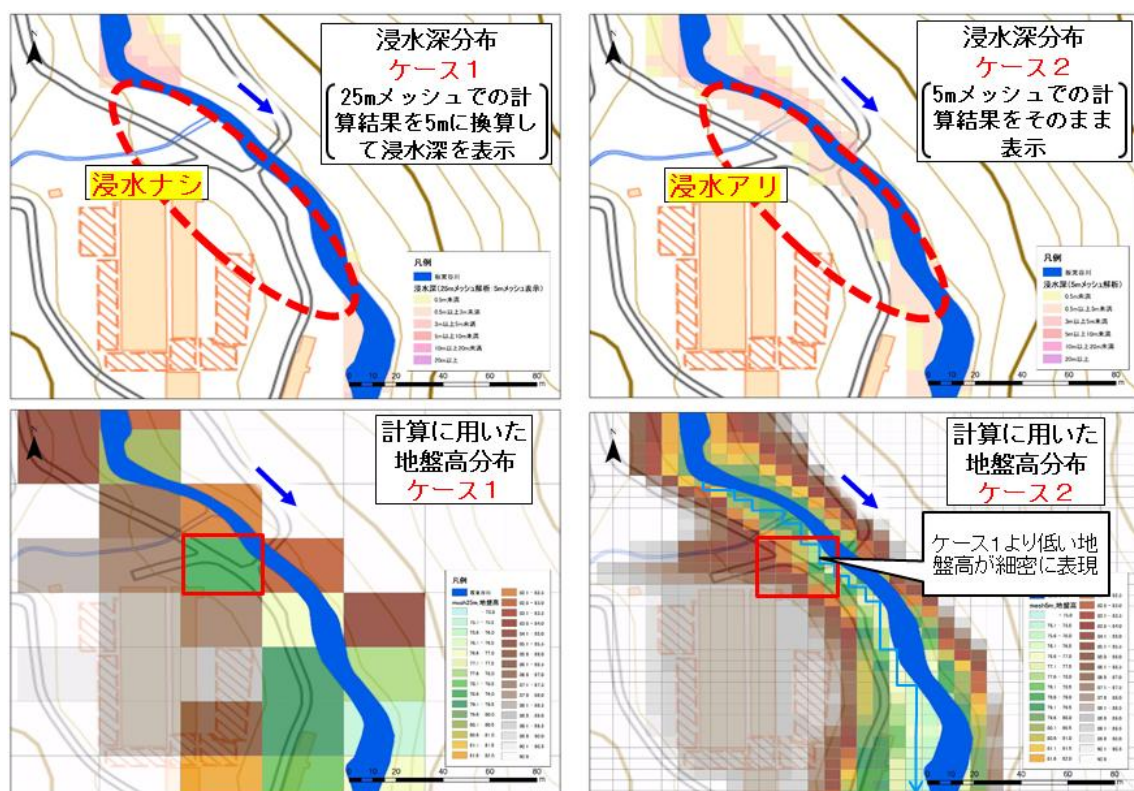


図.技 1-13-1 計算メッシュサイズの違いが浸水の有無に与える影響

2) 計算メッシュサイズの違いによる浸水深分布の差異

図.技 1-13-2 に、比較的勾配が大きく、流下型氾濫となる小規模河川を対象に、2つのケースを適用した結果を示す。急勾配のため、浸水深は小さくなる傾向にあり、ケース1（計算メッシュ 25m）で氾濫する結果が得られたとしても、その浸水深は小さい場合が多い。ケース1のように、浸水深を5mメッシュに換算して表示した場合、25mメッシュ内の地盤高変化が大きく、浸水深分布がまばらとなり、不適切に表現されることに注意が必要である。一方、ケース2（計算メッシュ 5m）では、計算段階から地盤高の変化を細密に捉えており、浸水深分布が連続的に表現され、氾濫流が氾濫原を連続的に流下している。

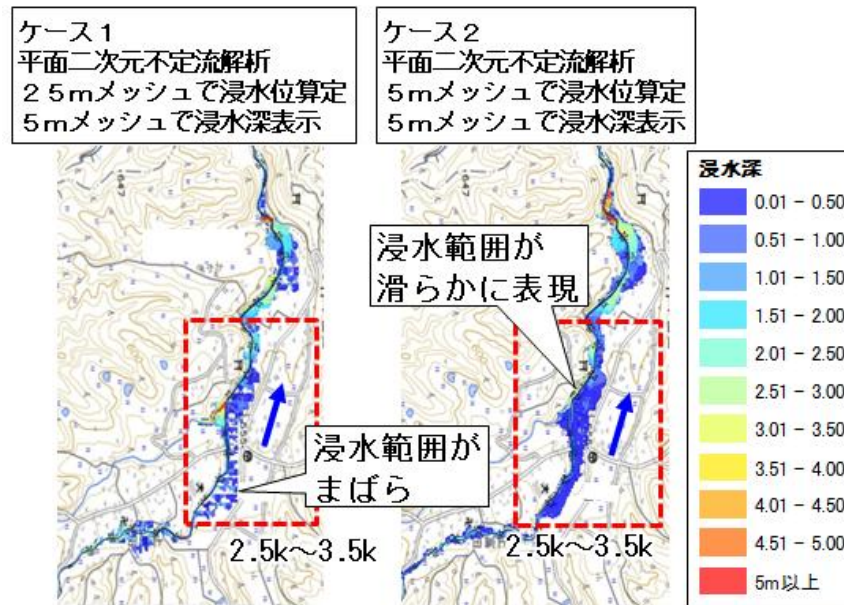


図.技 1-13-2 計算メッシュサイズの違いによる浸水深分布の差異

3) 留意事項

以上より、浸水の範囲が横断方向に小さく、比較的縦断勾配が大きく、地形変化が大きく表れる傾向にある流下型氾濫においては、マニュアルに示す方法（ケース1）ではなく、計算段階から5mメッシュを適用するケース2の方法が、より実際に近い浸水深分布を得られることに留意が必要である。

＜技術参考 1-14：航空レーザ測量データ使用時の留意事項＞

1) 樹木や橋梁等の障害物による航空レーザ測量（LP）データ計測密度の低下

航空レーザ測量（LP）による計測点の空間密度にはばらつきがある。特に、レーザ光が空隙を通過しにくい樹木繁茂域や、レーザ光が反射されにくい水面範囲では、計測された LP データの空間密度が著しく低下する場合がある（図.技 1-14-1）。また、河道を渡河する橋梁をレーザが通過することができず、橋梁下部の河床高を捉えることができない（図.技 1-14-1）。

このように地盤高や河床高の計測密度が著しく小さくなる場合、現地に見合う適切な標高が得られていない可能性がある。そのため、取得された航空レーザ測量による点データの空間分布を確認するとともに、測量と同時に撮影される航空写真を用いて障害物の有無についても確認し、必要に応じ、浸水深算定に用いる地形モデルを修正する必要がある。

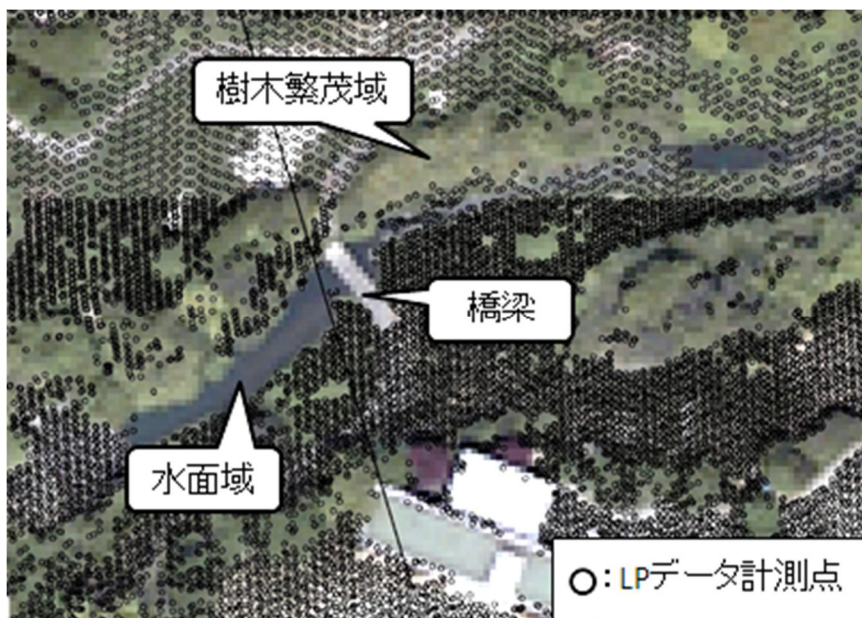


図.技 1-14-1 計測された LP データの空間分布と障害物の例

2) 計測密度の低い LP データから作成された 5mDEM データ

約 5m メッシュの中心点標高である 5mDEM データが、LP データから作成されている場合、5mDEM の標高の精度は、1) メッシュ内にレーザ測量の計測点がある場合で 0.3m 以内、2) 計測点がない場合で 2.0m 以内（ともに標準偏差）※1 とされている（図.技 1-14-2）。

基となる LP データの計測密度によって、5mDEM の標高精度が大きく変わり、浸水深算定に影響を及ぼす可能性がある。そのため、5mDEM を用いて浸水深算定の地形モデルを作成しようとする場合は、基となる LP データの空間分布を確認し、必要に応じ地形モデルを修正する必要がある。

※1 国土地理院 HP、基盤地図情報サイト FAQ、Q3-3

<https://www.gsi.go.jp/kiban/faq.html#3-3>

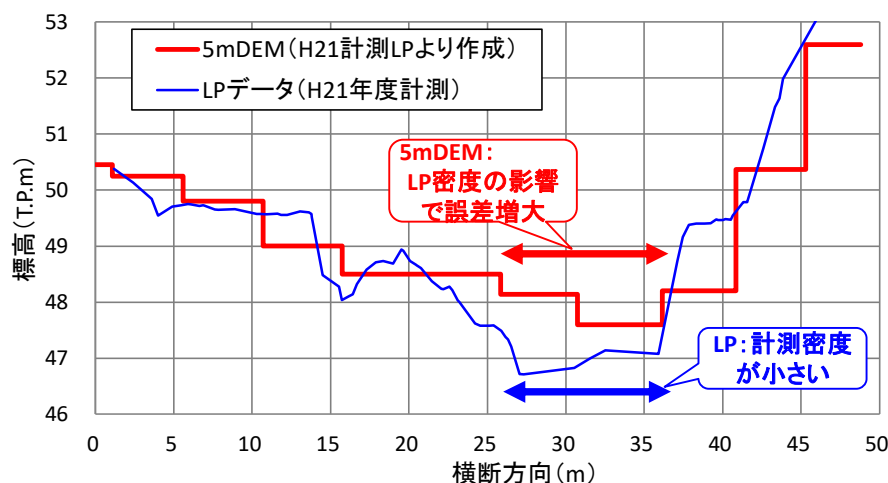


図.技 1-14-2 計測密度が低い LP データから作成された 5mDEM を用いた横断形状の例

3) 河床高の再現精度が計算結果に及ぼす影響

図.技 1-14-2 に例示した 5mDEM のように、河床高分布が実際より高く表現されたデータを用いて計算した場合、河道部分の流下能力が適切に評価されず、相対的に氾濫しやすくなることで浸水深が増大し、広範囲に浸水する結果となる場合がある。

このことから、より適切な浸水深分布を得るためには、1) 及び 2) で示すような状況が生じていないかを確認し、必要に応じて測量を別途行う、或いは、河道内の河床高を修正することが必要である。

4) 留意事項

- 樹木繁茂、橋梁、水面といったレーザ光の通過・反射を妨げるものがある場合、その範囲内における LP データの空間密度が小さくなり、地盤高あるいは河床高が適切に計測されていない場合がある。またこういった状況の LP データを基として作成された 5mDEM データの標高は、従属的に精度が低くなる。
- このため、計測された LP データの空間分布（密度）や、作成された地形モデルと実際の地形の乖離状況を確認し、必要に応じてデータの修正等を行う必要がある。

＜技術参考 1-15：測線設定に関する留意点＞

主に氾濫幅が山地で規定される谷底平野において、河道の流下能力に対して想定最大規模流量が十分大きい場合が多い。このような場では、想定最大規模流量流下時、河道および氾濫原を一体的に流下する洪水氾濫流が生じ、全体的な流向は、河道法線ではなく氾濫原の平面形状の影響を受けることが多い。そのため、流水のみを考慮した浸水位評価時、並びに本編第7章に示す土砂堆積の起点評価時の測線設定にあたっては、以下の点に留意することが重要である（図.技 1-15-1）。以下、「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」での記載内容を中心に解説する。

- 1) 「中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）」に基づき、氾濫流の流下方向に直交するよう、測線位置を設定する。
- 2) このとき、河道部分を横断する測線は河道法線に直交せず、河道部流下断面積が過大に評価され、浸水位が過小評価される場合がある。この場合、図.技 1-15-1 に示すように、河道範囲の測線部分を、河道法線に直交するよう角度補正する。

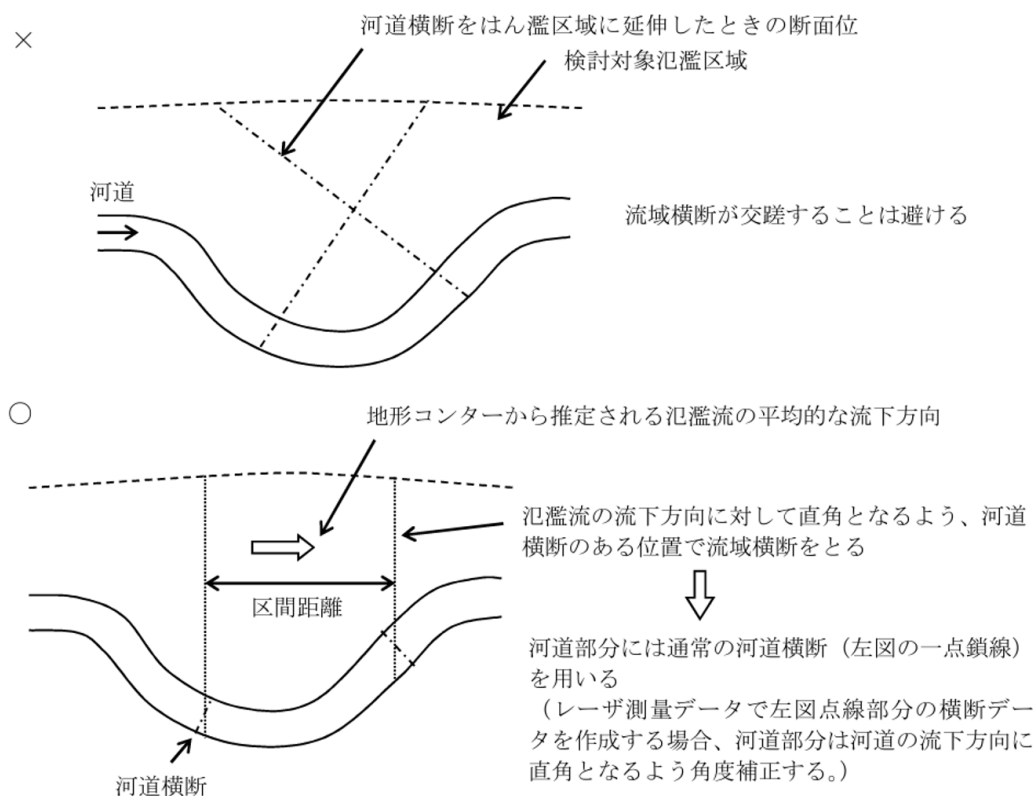


図.技 1-15-1 河道・氾濫原一体流れを対象とした場合の測線設定
（中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）、図-5.5）

技術参考 2-1. (大量の土砂・流木堆積の影響考慮 (浸水位評価) 編)

＜技術参考 2-1-1：山地からの土砂・流木生産、

下流河道での流下・堆積過程を一体的に取り扱うモデル＞

【iRIC ソルバー「RRI on iRIC」における降雨－土砂流出 (RSR) モデル】

降雨－土砂流出 (RSR) モデルは、RRI モデルに土砂・流木の生産・供給・輸送過程を拡張した流域一体型の解析モデルである。降雨に伴う斜面崩壊・土石流による土砂および流木の発生、河道への供給、下流への流出を一体的に解析し、得られた水・土砂・流木のハイドログラフを平面二次元河床変動計算等の境界条件として活用できる。

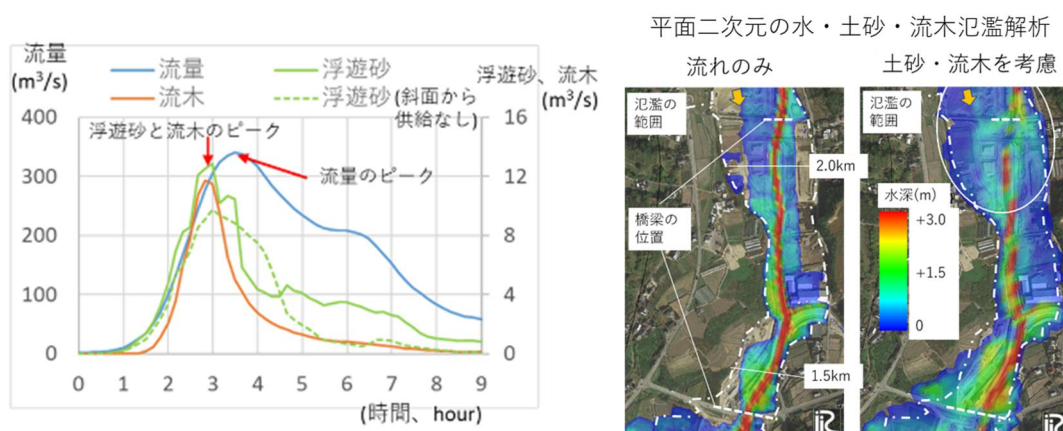


図.技 2-1-1-1 RSR モデルによる洪水・土砂・流木のハイドログラフ評価と
河道・氾濫原計算への活用イメージ

(RSR モデルの特徴)

- ・降雨流出、土砂・流木生産、河道への供給、下流への輸送を流域単位で一体的に解析できる。
- ・単位河道を直列・並列に配置し、流域任意地点の洪水流量、流砂量、流木量を時系列で評価できる。
- ・算出した水・土砂・流木のハイドログラフを、Nays2DH 等の平面二次元河床変動計算に引き継げる。
- ・ソルバーは RRI on iRIC として公開されており、既存の RRI 解析環境を活用しやすい。

(必要となるデータ、条件設定)

- ・対象期間の時空間的降雨データ
- ・RRI モデルの降雨流出計算に必要な河道条件およびパラメータ
- ・山地斜面および河床材料の粒度分布
- ・表層土壌厚、粘着力、等

- ・流木生産を扱う場合は、立木密度、等
- ・崩壊箇所を事前に指定する必要はない。

(留意事項)

土砂・流木生産領域から下流河道、氾濫域までの流下・堆積過程を一体的に取り扱うことが可能であり、土砂・流木の影響が大きい流域でのハザード評価に有効であるが、以下の点に留意する必要がある。

- ・モデルの構築にあたっては、河床の移動床厚さおよび山地斜面の最大侵食深、流入土砂粒度分布、立木密度のほか、ダム貯水池の堆砂、浮遊砂の濃度、河床変動など、可能な限り現地データを集めるとともに、レジーム則などにより川幅を設定し流砂・河床変動を検討した上で、必要に応じて川幅を変化させるなど、慎重に再現性を検討する必要があること。
- ・斜面崩壊計算を行う場合、地形データのメッシュサイズは 10 m 以下を目安とすること。

(参考文献)

- 1) Harada, D., & Egashira, S. (2023). Method to evaluate large-wood behavior in terms of the convection equation associated with sediment erosion and deposition. *Earth Surface Dynamics*, 11(6), 1183-1197.
- 2) iRIC ソルバー「RRI on iRIC」および降雨ー土砂流出（RSR）モデル関連資料.

＜技術参考 2-1-2：本事象に関する基礎的知見＞

1. 本事象に関する実態分析（筑後川水系赤谷川）

平成 29 年 7 月九州北部豪雨により、筑後川水系赤谷川で生じた河道等の変化実態を示す。

（1）出水前後の河床形状（縦断形、横断形）の変化¹⁾

出水前後の河道部平均河床高縦断分布の変化を図.技 2-1-2-1 に示す。出水前の赤谷川の河床勾配は筑後川合流点～1.7km 付近で約 1/100、1.7～4.0km で約 1/50、4.0km より上流では約 1/40 であった。これに対し出水後の平均河床高縦断分布は、河口から 5km 以上と長い区間において、概ね河岸高程度まで上昇していることがわかる。出水前後の河床横断形の変化例を図.技 2-1-2-2 に示す。主に河道部分について、河岸高程度まで土砂が堆積していることがわかる。1 出水中に大きな変化をもたらすことが本事象の特徴である。

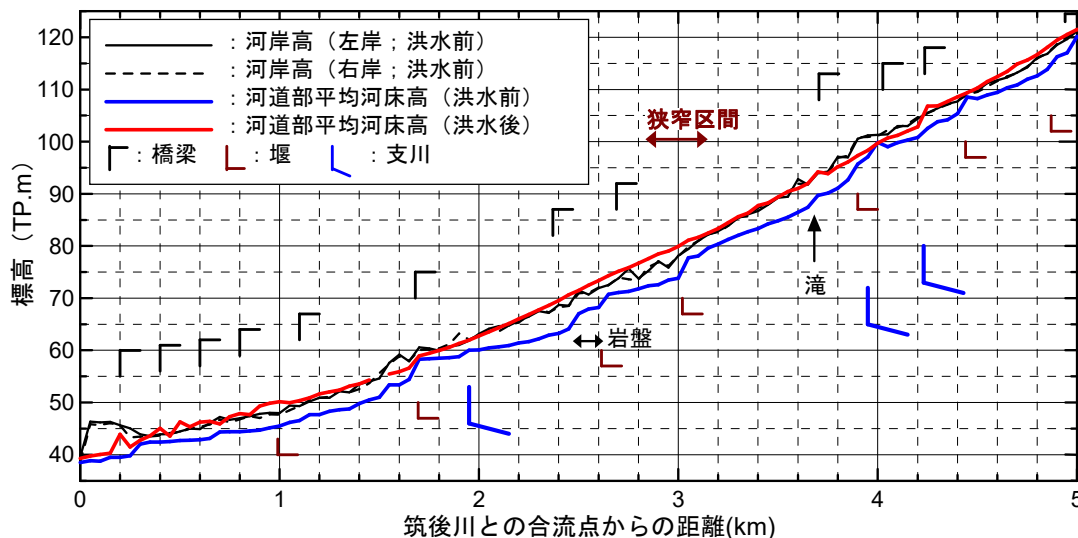


図.技 2-1-2-1 出水前後の河道部平均河床高縦断分布の変化
(赤谷川、平成 29 年 7 月九州北部豪雨)

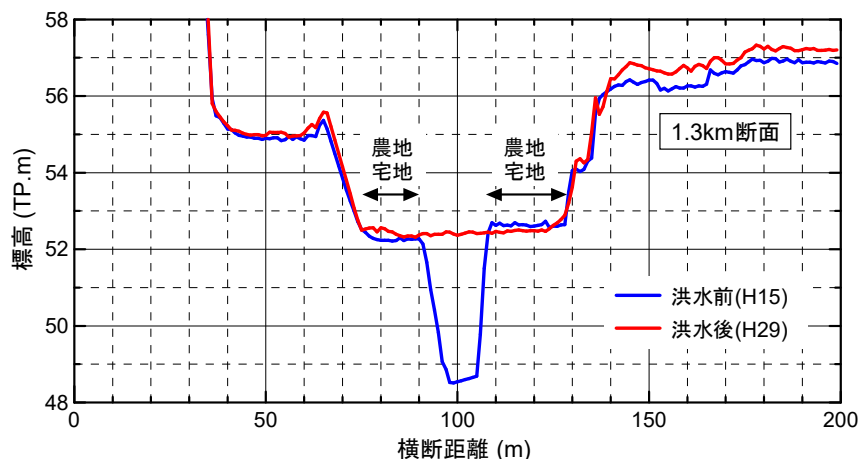


図.技 2-1-2-2 出水前後の河道・氾濫原横断形の変化（赤谷川）

(2) 堆積土砂の粒径

赤谷川河道部に堆積した土砂の粒度分布を図.技 2-1-2-3 に示す。主に中砂～粗砂、極粗砂～細礫が堆積していることがわかる。

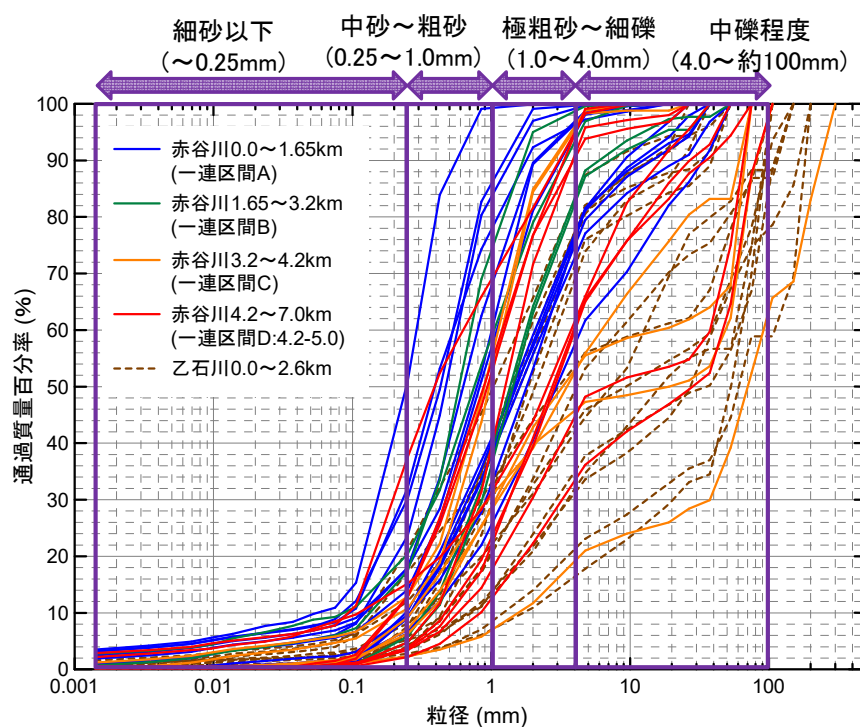


図.技 2-1-2-3 赤谷川河道部に堆積した土砂の粒度分布

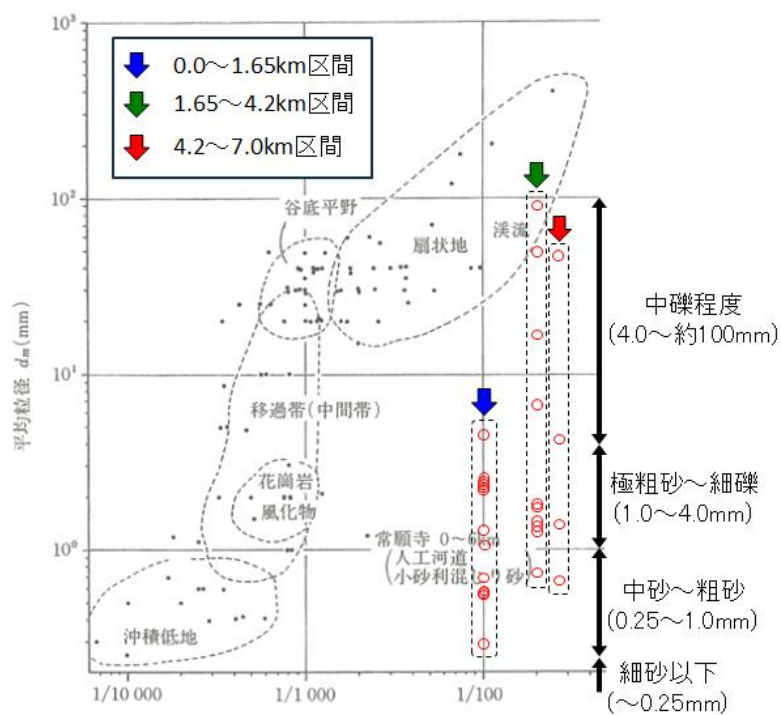


図.技 2-1-2-4 1 級水系河川の河床勾配～平均粒径の関係²⁾と赤谷川堆積土砂

出水前の河床材料データを入手できなかったため、山本²⁾による1級水系河川の平均粒径～河床勾配関係と、赤谷川河道部に堆積した土砂平均粒径を比較した(図.技 2-1-2-4)。この図から、赤谷川における出水前の河床に堆積していた平均粒径は100～200mm程度と推定される。一方、出水により長い河道区間に堆積した土砂は、推定された元の河床材料に比べ、1～2 オーダー小さいことが見て取れる。

(3) 赤谷川の実態から見てきた本事象の基本的特徴

上記(1)及び(2)から理解される本事象の特徴を、以下に記す。

- ✓ 河口から数 km (赤谷川では 5km 以上) と長い区間において大量の土砂が堆積し、概ね河岸高程度まで河道を埋塞する。
- ✓ 1 出水中という短い時間において、長い河道区間の土砂埋塞が進行する。
- ✓ 堆積した土砂の粒径は、元の河床主材料に比べ 1～2 オーダー小さい (赤谷川では中砂～細礫の粒径集団が堆積)。

2. 長い河道区間への土砂堆積プロセス

長い河道区間に及ぶ土砂堆積プロセスを把握するため、土砂水理実験を行った。前章において、元の河床主材料に比べ非常に小さい土砂(以下、細粒土砂)が堆積することがわかった。前述した赤谷川の河床勾配や基本的特徴を踏まえると、堆積する細粒土砂は、洪水中に十分な浮遊状態で、かつ高濃度で流送されることが考えられた。これらを踏まえ、フルード数が大きい流れ場において、浮遊状態で流送される高濃度の細粒土砂(0.11mm)を供給し、堆積プロセスを調べた。実験条件の詳細は参考文献¹⁾を参照されたい。

(1) 土砂堆積区間の上流延伸過程¹⁾

実験水路下流側に堰を設置し、土砂堆積の状況を観察した結果、以下に示す堆積区間の上流延伸過程を辿ることがわかった(図.技 2-1-2-5)。

- a) 堰直上流では水位せき上げが生じ、せき上げ区間に土砂が堆積する。
- b) 土砂堆積の影響により、水位せき上げ区間が上流に延伸する。
- c) 新たに生じた水位せき上げ区間に土砂が堆積する。
- d) 上記 b) 及び c) を繰り返し、堆積区間が上流方向に延伸する。

堆積区間が長い縦断延長となったすべてのケースにおいて、a)～d)に示す堆積区間の上流延伸過程を辿る。この堆積区間の上流延伸速度は、1時間あたり、水位のせき上げ影響を受けない等流区間の水深の500倍以上となり、細粒土砂の濃度が高いほど上流延伸速度が大きくなる(図.技 2-1-2-6)。図.技 2-1-2-2 の河岸高比高は河床から約4mであり、この断面で換算すると、土砂堆積区間の上流延伸は1時間に2km以上と速やかに進行する現象であることがわかる。

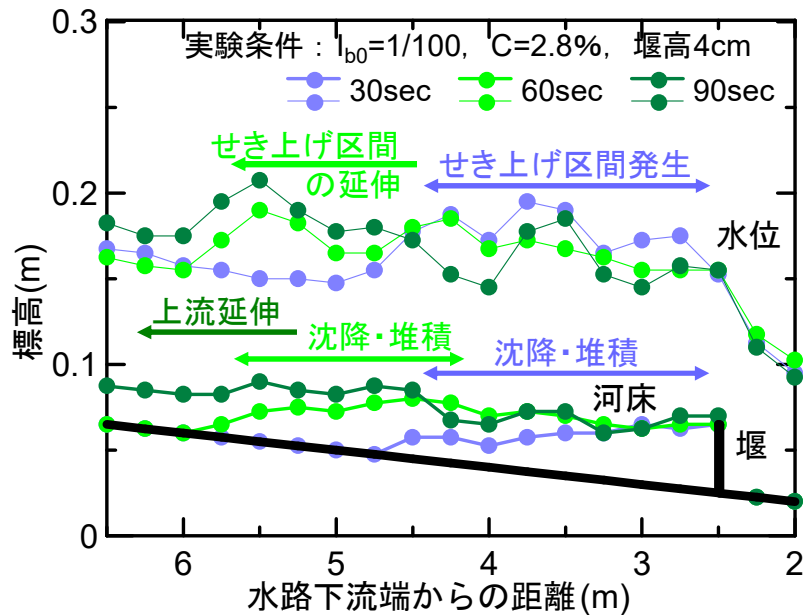


図.技 2-1-2-5 土砂堆積区間の上流延伸プロセス

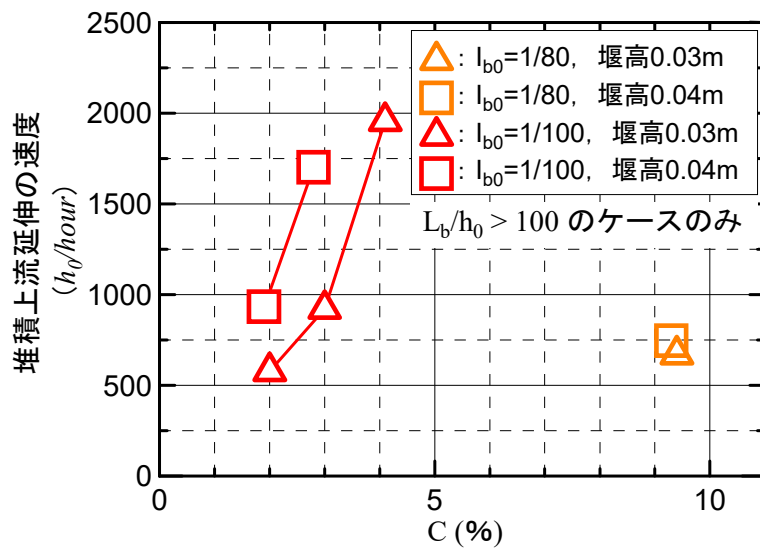


図.技 2-1-2-6 細粒土砂の濃度と堆積区間上流延伸速度

(L_b : 河床勾配、 h_0 : 水路の平均水深、 C : 土砂濃度)

流量及び土砂濃度が同一であっても、堰を設置しない場合は、土砂堆積は生じず、浮遊状態で流送される細粒土砂はそのまま流下していった。このことを踏まえると、局所的な土砂流送能力の減少区間が土砂堆積の起点となり、これが長い上流区間での土砂堆積状況の支配的要因となることが考えられる。したがって、この事象を評価するためには、土砂堆積の起点を適切に評価・抽出することが重要である。実験では堰が土砂堆積の起点となったが、例えば流木を捕捉した橋梁地点においても、浮遊土砂の流送能力が局所的に低下し、堆積の起点となり得ることが分かる。

(2) 土砂堆積区間の上流延伸過程の発生条件¹⁾

長い区間で土砂堆積が発生する条件、つまり、土砂堆積区間が、堆積の起点から上流方向に延伸する条件を示す。これまでに示した土砂堆積区間の上流延伸過程から、十分な浮遊状態で流送された細粒土砂が、水位せき上げなど局所的に流送能力が減少する区間において、土砂の運動形態が大きく変化し、この区間において急激に堆積が進行することで、土砂堆積の起点が発生する。このことを踏まえ、土砂の運動形態を説明する摩擦速度・沈降速度比 u_*/w_0 ³⁾ と、土砂濃度 C の関係に着目し、土砂堆積区間の上流延伸過程の発生条件を調べた。 u_*/w_0 と浮遊砂の河床変動モデルとの対応関係を図.技 2-1-2-7 に示す⁴⁾。浮遊土砂の濃度分布に Lane-Kalinske 分布⁵⁾を仮定し、底面濃度 C_b を算定した。高濃度土砂の沈降干渉を考慮した高橋・里深の式⁶⁾により、沈降速度 w_0' を算定し、堆積速度 $w_0' C_b$ を求めた。高橋・里深の式⁶⁾中の係数 β は、内田⁷⁾を参考に $\beta = 3.5$ とした。河床からの浮上量 q_{su} は板倉・岸の式⁸⁾により求めた。水深平均濃度は $C_0 = 2\%$ とした。図.技 2-1-2-7 から、高濃度土砂の場合、 u_*/w_0 が大きい範囲では浮遊砂は河床に堆積せず通過し、 u_*/w_0 が小さい区間では速やかに堆積することがわかる。

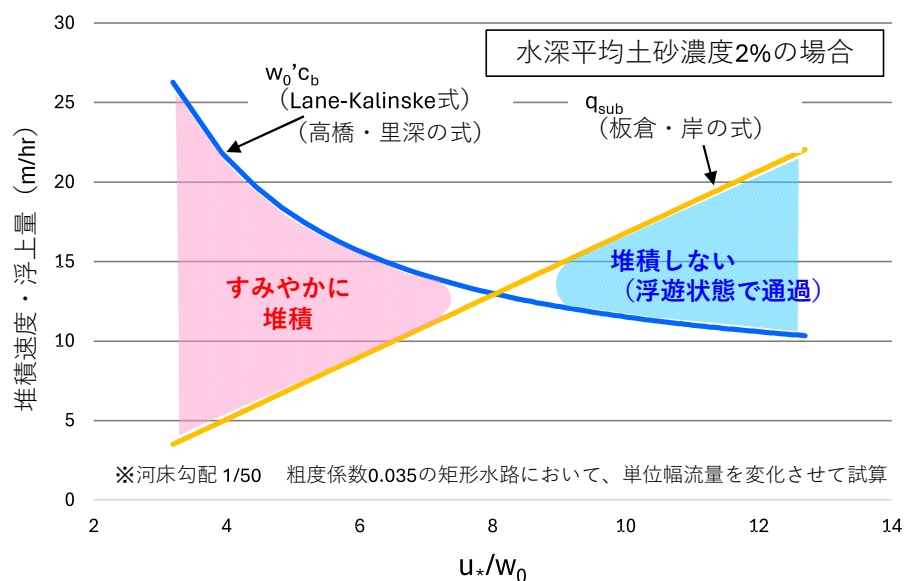


図.技 2-1-2-7 浮遊砂の河床変動モデルと u_*/w_0 の関係

土砂堆積区間の上流延伸が発生した実験ケースを対象に、 $u_*/w_0 \sim C$ の関係を調べた (図.技 2-1-2-8)。また、等流区間及び土砂堆積の起点の模式図を図.技 2-1-2-9 に示す。上流側にある等流区間 (図中◇) において上層と下層に多少の濃度差を持つ浮遊砂的運動形態³⁾ となるような u_*/w_0 (7~10 程度) であっても、 u_*/w_0 が局所的に減少する区間 (図中×) があれば、この区間を土砂堆積の起点として堆積区間が上流方向に延伸した。

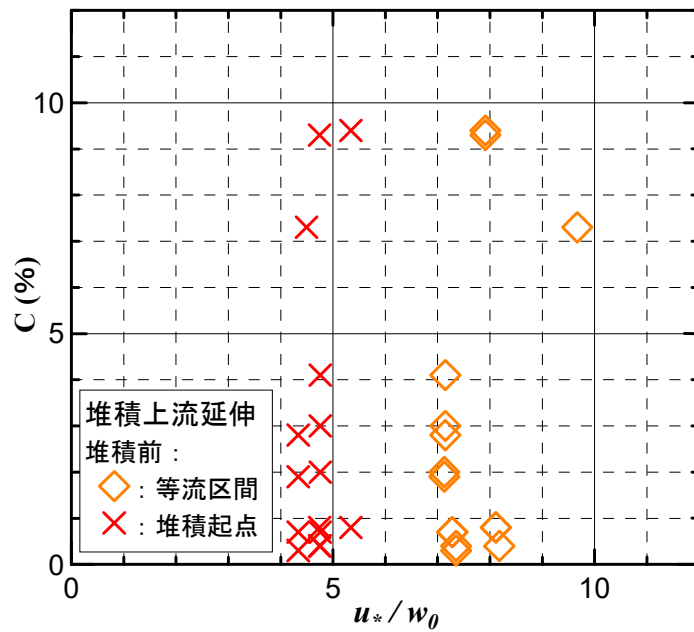


図.技 2-1-2-8 土砂堆積区間の上流延伸プロセス

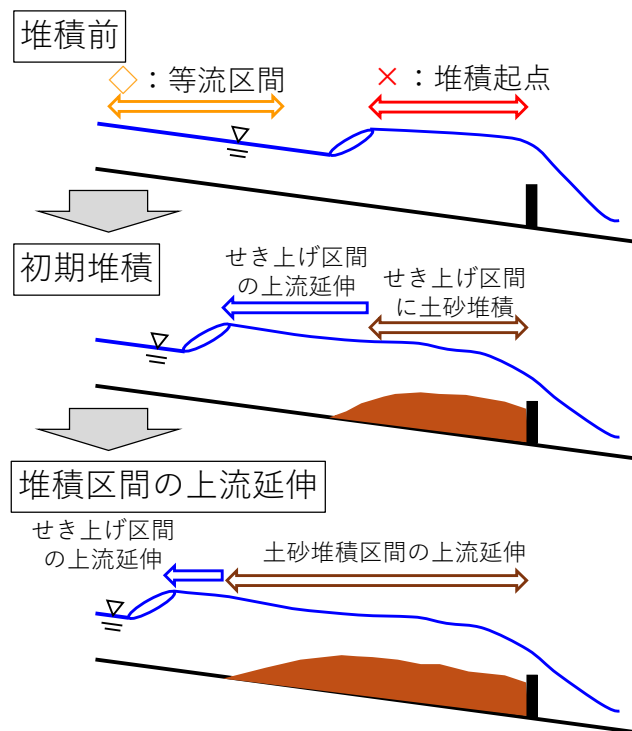


図.技 2-1-2-9 土砂堆積区間の上流延伸プロセスと
等流区間、土砂堆積の起点に関する模式図

土砂堆積区間の上流延伸プロセスが発生せず、長い土砂堆積区間とならなかった実験ケース（以下、非延伸ケース）との比較を示す。まず、土砂堆積の起点となり得る区間に着目した比較を図.技 2-1-2-10 に示す。全体の流況（等流区間の u_*/w_0 ）が類似していても、局所区間（堰直上流の u_*/w_0 ）で u_*/w_0 がある一定の数値より小さくなると（実験では $u_*/w_0 \leq 5$ ）、当該区間を起点として堆積区間が上流に延伸した。このことから、 u_*/w_0 が一定の閾値を下回った場合に、土砂堆積の起点となることがわかる。また、土砂濃度が大きくなっても、この閾値に変化が見られない。次に、等流区間に着目した比較を図.技 2-1-2-11 に示す。一方で、局所区間で、 u_*/w_0 が一定の数値より小さく、堆積の起点となりうる条件であっても、全体の流況に示す等流区間の u_*/w_0 が一定以上の場合、堆積区間の延伸が生じない。このことから、土砂堆積区間の上流延伸プロセスは、上流延伸範囲に上限を持ち、細粒土砂の流送能力が一定程度以上大きくなると、プロセスが進行しないことがわかる。土砂濃度が大きくなっても、この閾値に変化が見られない。例えば河床勾配が非常に大きくなる山地溪流等の河川では、 u_*/w_0 の値が大きくなり、土砂堆積区間の上流延伸プロセスが生じにくいことが考えられる。

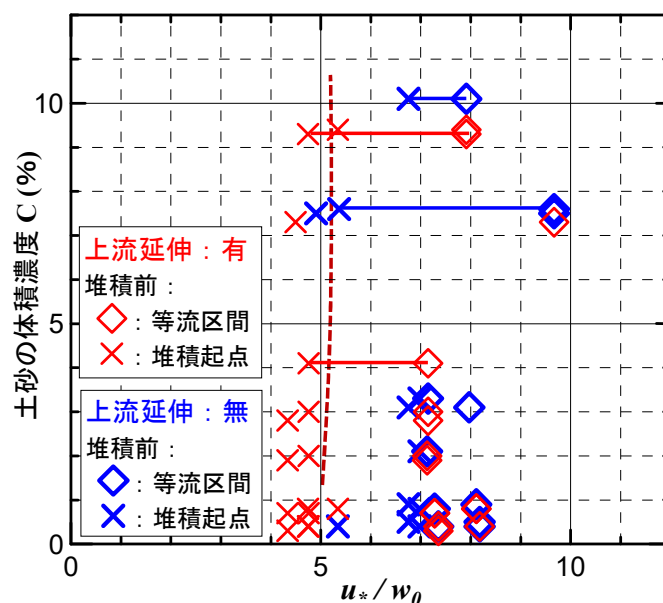


図.技 2-1-2-10 長い土砂堆積区間が生じなかったケースとの比較①
(堆積起点における u_*/w_0 の違い)

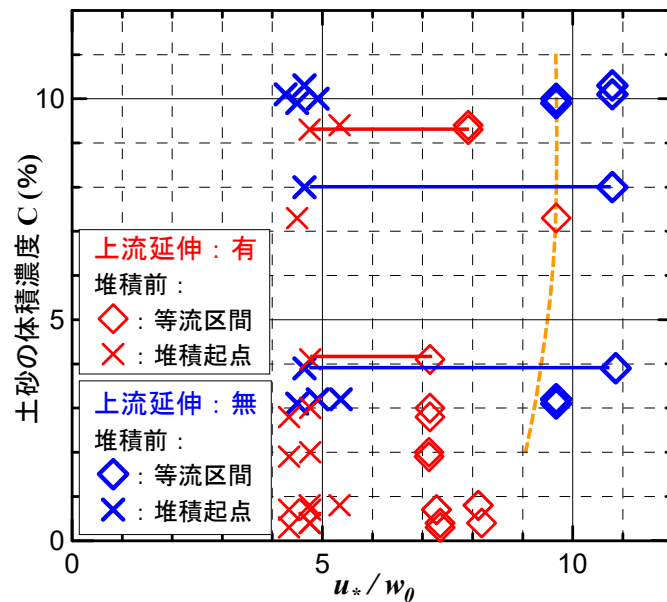


図.技 2-1-2-11 長い土砂堆積区間が生じなかったケースとの比較②
(等流区間における u_*/w_0 の違い)

以上を踏まえると、高濃度の細粒土砂が供給された場合、 u_*/w_0 に代表される水理量の条件が整えば、大きな流送能力となる洪水ピーク付近であっても土砂堆積の上流延伸プロセスが生じ、速やかに堆積が進行することが理解される。

(3) 上流延伸プロセス中の河道埋塞現象¹⁾

河道からの氾濫が土砂堆積状況に及ぼす影響を調べるため、(2)の実験ケースを基として、兩岸に氾濫原を有する掘込河道を設定し、平面2次元河床変動計算を行った。河床変動モデルのうち、浮遊砂については(2)で記した方法とし、掃流砂は芦田・道上の式⁹⁾を用いた。氾濫原においては固定床とし、堆積を考慮せずそのまま土砂が通過する条件とした。その他の条件詳細については、参考文献¹⁾を参照されたい。

計算結果を図.技 2-1-2-12 に示す。堰直上流区間への土砂堆積開始及び堆積上流延伸の初期(～150s)は、前述した土砂堆積区間の上流延伸プロセスが生じる。その後、堰上流での堆積区間延長の増大に伴い、氾濫による河道内通過流量が減少していき、堰上流の長い区間で堆積高が増大していく。やがて河道を埋塞し、堤内地を含めた単断面流れに移行した(～830s)。これは、土砂堆積区間の上流延伸プロセスの進行に伴い、氾濫流量の増加、つまり河道内流量の減少による掃流力の低下が、河道内における過剰堆積を引き起こし、やがて河道を埋塞する状態まで堆積したものと考えられる。また、氾濫流量の増大に伴い、堰下流区間においても、上流から下流方向に土砂堆積が進行していることがわかる。これは、河道部上流及び氾濫原から流送された土砂が、堰直下流区間における小さな河道内流量及び掃流

力の下で流送されずに堆積したためであり、土砂堆積区間の上流延伸プロセスに比べ、その進行速度は小さい。

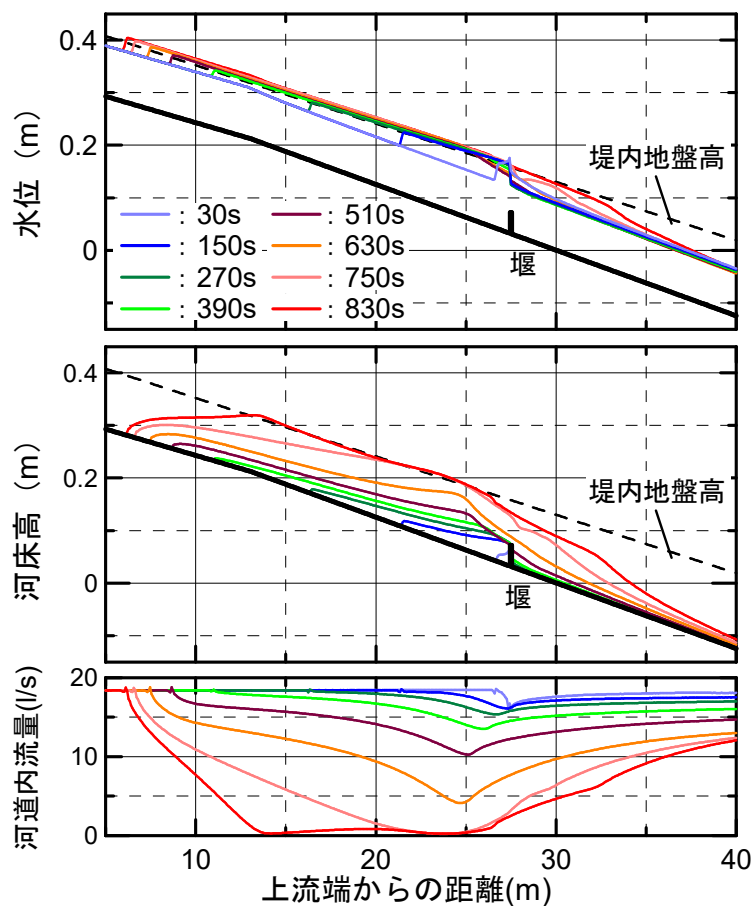


図.技 2-1-2-12 河道からの氾濫が堆積高に及ぼす影響の計算結果

3. 本事象に関する基礎的知見（まとめ）

<本事象の基本的特徴（実態分析）>

- ✓ 河口から数 km（赤谷川では 5km 以上）と長い区間において大量の土砂が堆積し、概ね河岸高程度まで河道を埋塞する。
- ✓ 1 出水中という短い時間において、長い河道区間の土砂埋塞が進行する。
- ✓ 堆積した土砂の粒径は、元の河床主材料に比べ 1～2 オーダー小さい（赤谷川では中砂～細礫の粒径集団が堆積）。

<本事象のプロセス（実験、計算）>

- ✓ 以下に示す堆積区間の上流延伸過程を辿る。
 - a) 堰直上流では水位せき上げが生じ、せき上げ区間に土砂が堆積する。
 - b) 土砂堆積の影響により、水位せき上げ区間が上流に延伸する。

- c) 新たに生じた水位せき上げ区間に土砂が堆積する。
- d) 上記 b) 及び c) を繰り返し、堆積区間が上流方向に延伸する。
- ✓ 堆積区間の上流延伸速度は、1 時間あたり、水位のせき上げ影響を受けない等流区間の水深の 500 倍以上となり、細粒土砂の濃度が高いほど上流延伸速度が大きくなる。
- ✓ 堆積区間の上流延伸過程において、土砂堆積により河道内流量が減少し、掃流力が低下することで、河道内における土砂の過剰堆積を引き起こす。やがて河岸高まで堆積し、河道を埋塞する状態に達する。

<本事象の発生条件（実験）>

- ✓ 本事象を評価するためには、土砂堆積の起点を適切に評価・抽出することが重要である。
- ✓ 本事象の発生条件は摩擦速度・沈降速度比 u_* / w_0 により評価が可能である。
- ✓ u_* / w_0 が大きく減少し、一定の閾値を下回った局所区間が、土砂堆積の起点となる。
- ✓ 堆積の起点となりうる地点があったとしても、全体の流況を表す等流区間の u_* / w_0 が一定以上の場合、堆積区間の上流延伸が生じない。
- ✓ 細粒土砂濃度が大きくなっても、土砂堆積の起点となる閾値、及び、上流延伸プロセスの上限となる閾値に変化が見られない。
- ✓ 高濃度の細粒土砂が供給された場合、 u_* / w_0 に代表される水理量の条件が整えば、大きな掃流力が生じる洪水ピーク付近であっても土砂堆積の上流延伸プロセスが生じ、速やかに堆積が進行することが理解される。

（参考文献）

- 1) 武内慶了・山本陽子・海老原友基・井上清敬・板垣修：急勾配河道区間に大量の細粒土砂が供給された場合の堆積・延伸過程，河川技術論文集，第 29 巻，pp.305-310，2023.
- 2) 山本晃一：沖積河川—構造と動態—，技報堂出版，p.101，2010.
- 3) 諏訪義雄・平舘治・谷口丞：澗沼川洪水観測施設における流砂観測結果の評価から明らかになった流砂観測の留意点，土木技術資料，第 44 巻，第 1 号，pp.62-67，2002.
- 4) 湯浅亮・大野純暉・中村賢人・小峯健太郎・村井雅姿・武内慶了：中小河川における大量の土砂・流木の影響を考慮した実用的な浸水範囲推定手法，河川技術論文集，第 32 巻，pp.481-486，2026.
- 5) Lane, E. W. and Kalinske, A. A. Engineering calculations of suspended sediment, Trans. AGU, Vol.22, pp.603-607, 1941.
- 6) 高橋保・里深好文：石礫型及び乱流型土石流の一般理論とその実用化モデル，砂防学会誌，Vol.55, No.3, pp.33-42, 2002.
- 7) 内田太郎：高濃度下の土粒子の沈降・流下について，基礎水理シンポジウム，土木学会，2016.

- 8) Itakura, T. and Kishi, T. Open channel flow with suspended sediment, Proc. of ASCE, J. of Hyd. Div., Vol.106, No.HY8, pp.1325-1343, 1980.
- 9) 芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集，第 206 号，pp.59-69，1972.

＜技術参考 2-1-3：本事象の影響を考慮することが望ましい流域及び河川区間＞

近年、顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生した事例等を調査し、本事象の影響を考慮することが望ましい流域及び河川区間について調べた。

（１）本事象の影響を考慮することが望ましい流域を調査する際の指標

近年、長い河川区間において顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生した河川を抽出した。同一イベントにおいて、その河川の近傍に位置するが同様の事象が発生しなかった河川および、その河川が合流するが同様の事象が発生しなかった河川も抽出し、当該事象発生の有無を説明する指標を分析した。顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が生じた河川には、全川ではなく一部区間でこれが生じた河川も存在した。このため、一部区間で生じた河川については、顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が生じた区間と生じなかった区間を分割した上で、指標の分析を行った。

1）流域面積～山地面積割合

上記抽出事例について、下流端における流域面積と山地面積割合の関係を調べた（本編、図 7-6）。流域面積については、国土数値情報流域界・非集水域データ（国土交通省国土政策局）から、GIS を用い調べた。山地面積割合については、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ（国土交通省国土政策局）を用い、当該流域内の森林と荒地の面積の合計を流域面積で除すことにより求めた。

図 7-6 より、流域面積が 20km² 程度以下、山地面積割合が 80% 程度以上の範囲で、顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生した河川が分布することがわかった。この指標が持つ物理的意味については、例えば以下が考えられる。まず、山地面積割合について述べる。同一規模の豪雨であっても、山地面積割合が増大するほど、山地斜面からの土砂供給量が増大するという土砂供給ポテンシャルを表しているものと考えられる。次に流域面積について述べる。一般に、流域面積が大きくなるほど、小流域のピーク流量発生時刻が分散し、ピーク比流量が小さくなる傾向となる。ピーク流量発生時刻の分散により、流域面積が大きい河川では、ピーク時の土砂供給濃度が高くなりにくい傾向にあると考えられる。また、流域面積が大きくなるほど支川数が増大し、大量の土砂が山地部から供給されたとしても、支川に一定程度堆積しやすくなり、その結果として大量の土砂が供給されにくくなると考えられる（図.技 2-1-3-1）。

一方、この範囲内に、顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生しなかった河川も分布する。この要因として、近隣の河川流域ではあるものの降雨規模が相対的に小さかったこと、上流域に砂防堰堤が敷設されており、山地部で生産された大量の土砂の一部が、砂防堰堤により捕捉され、堰堤下流の河川に多くの土砂が供給されなかったことが考えられる。

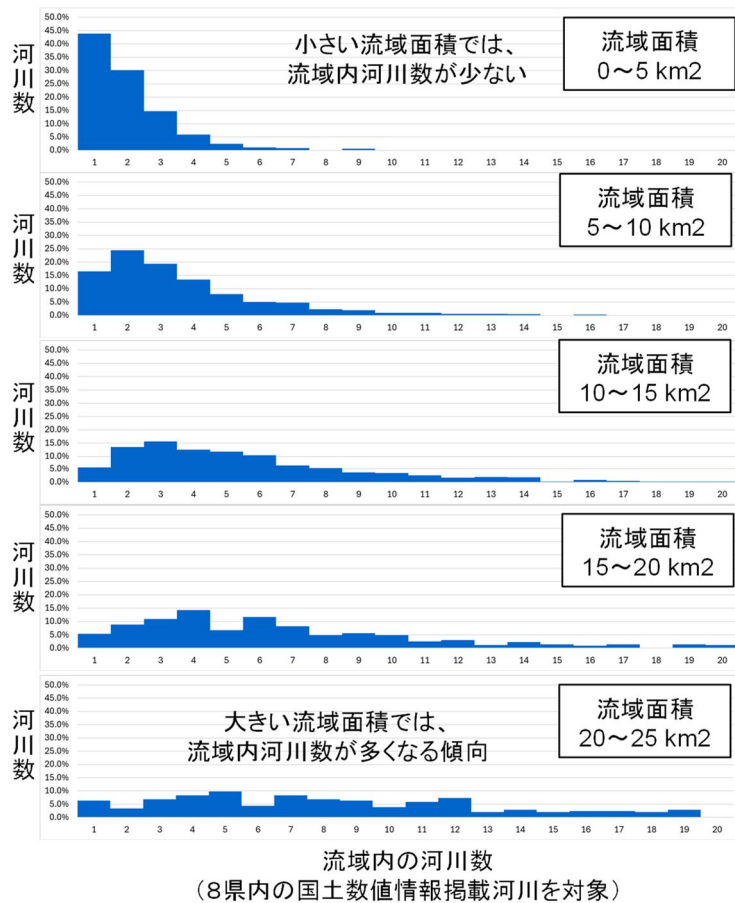


図.技 2-1-3-1 流域面積と流域内河川数の関係

2) 山地部の地質分類と発生状況

顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生した事例について、山地部地質分類との関係を調べた（図.技 2-1-3-2、図.技 2-1-3-3）。

顕著な土砂堆積を伴う洪水氾濫が発生した事例では、山地部の代表的な地質が堆積岩（砂岩、礫岩、泥岩等）や火成岩（花崗岩、花崗閃緑岩等）である場合が多いが、変成岩である場合も存在する。このことから、発生の有無を地質分類により判断することは困難であると考えられる。

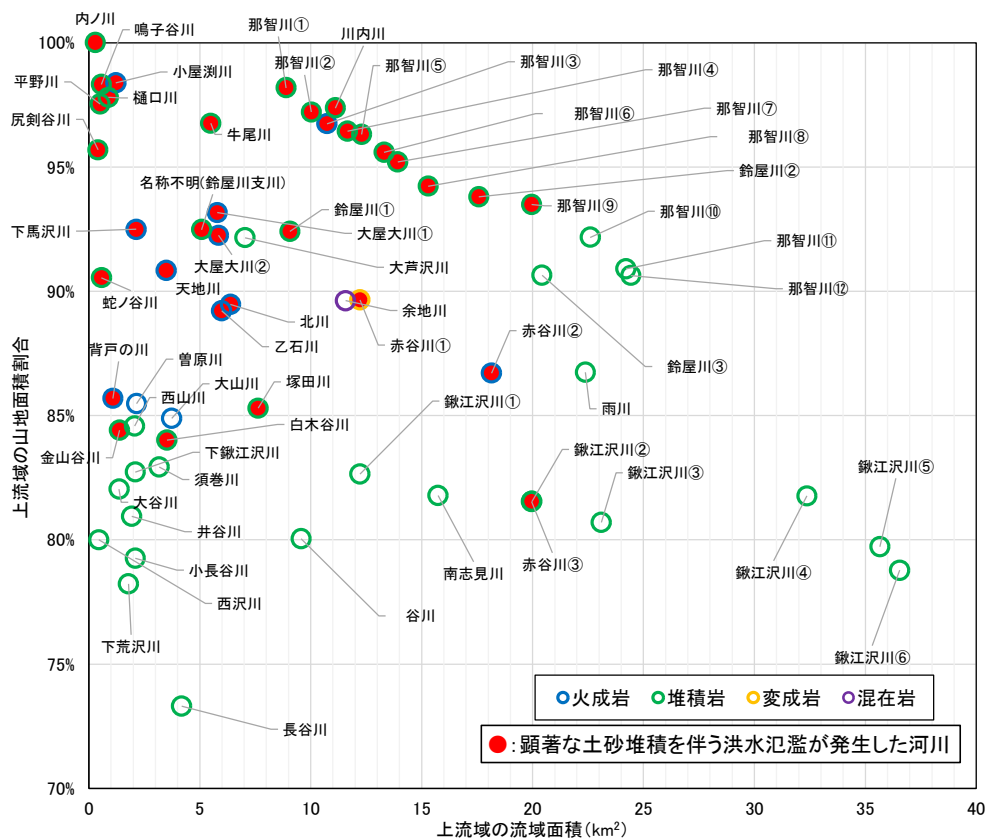


図.技 2-1-3-2 対象河川の流域における代表的な地質分類

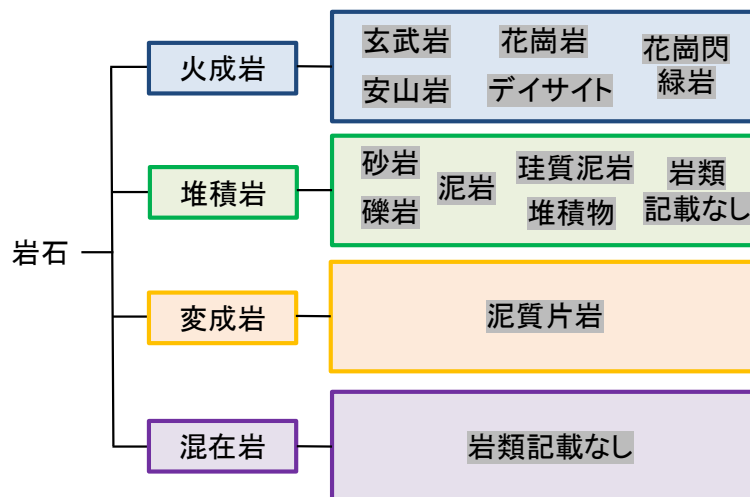


図.技 2-1-3-3 地質の分類（岩類）

（出典：産業技術総合研究所地質調査総合センター（GSI）：地質図 Navi）

（２）本事象の影響を考慮することが望ましい河川区間（上流端の河床勾配）

近年、本事象が発生した河川を対象とし、細粒土砂の堆積区間における、堆積前河床勾

配の最大値を調べた（表.技 2-1-3-1）。調査にあたっては、対象河川の河床高縦断分布や航空写真（いずれも堆積前後）から、堆積区間および河床勾配を読み取った。この堆積前河床勾配の最大値は、堆積区間の上流端における河床勾配と概ね一致する。当該河川に合流する支川・溪流からの土石流による堆積と判断された区間は、整理の対象から除外した。一方、抽出した各河川の堆積区間には、相対的に大きな粒径が掃流状に流送され、堆積した区間も含まれる。

表.技 2-1-3-1 より、本事象が生じ得る河川区間の上流端河床勾配は、1/20 程度と考えられた。

表.技 2-1-3-1 細粒土砂の堆積区間における河床勾配の最大値（堆積前河道）

河川名（都道府県）	発生年月	堆積区間における河床勾配の最大値
赤谷川（福岡県）	平成 29 年 7 月	1/30 程度以上
白木谷川（福岡県）	平成 29 年 7 月	1/19 程度
大屋大川（広島県）	平成 30 年 7 月	1/22 程度
五福谷川（宮城県）	令和元年 10 月	1/22 程度
塚田川（石川県）	令和 6 年 9 月	1/25 程度

＜技術参考 2-1-4：橋梁の流木捕捉実態に関する全国調査結果＞

（１）流木捕捉橋梁に関する全国実態調査の概要

流木が橋梁に捕捉され堆積した全国の事例を調査し、全 63 事例を収集した。調査概要を以下に示す。

＜調査対象橋梁が位置する河川＞

- ・一級水系のうち、国が管理する支川
- ・一級水系のうち、都道府県管理区間
- ・二級水系の河川

＜対象期間＞

- ・過去 10 年間に生じた事例（平成 27 年～令和 6 年）

＜調査項目＞

- ・対象期間内に流木捕捉が発生した橋梁・堰等の横断工作物の諸元
 - ・流木捕捉の状況を記録した写真・映像等
 - ・周辺の浸水状況、家屋被害状況、人的被害状況
 - ・当該河川の川幅・河床勾配・平面形状
- 等

（２）大量の流木堆積が生じた橋梁の条件

収集した 63 事例のうち、河道全体に流木が堆積し、橋梁から上流区間にも流木が広く堆積した状態が 19 事例あった（図.技 2-1-4-1）。本事象の土砂堆積起点となる可能性が高く、また、大量の流木堆積自体が周辺の浸水位上昇をもたらすことを踏まえ、抽出された 19 事例について、流木堆積が生じた条件を調べ、洪水浸水想定区域図作成に流木堆積の影響を考慮することが重要である。そのため、19 事例について、橋梁の諸元等条件を調べた。これらの橋梁は、最小径間長が 20m 未満であるか、最小径間長が 20m 以上であっても桁下高が当該洪水時の河道水位を下回っていた。この実態を踏まえ、本事象の土砂堆積起点となる可能性が高く、それ自体が周辺の浸水位上昇をもたらすような大量の流木堆積が生じる橋梁の条件は、1)最小径間長が 20m 未満の橋梁、又は、2)桁下高が当該地点の洪水水位より低い橋梁として設定することとした（本編、図 7-9）。解説・河川管理施設等構造令（技報堂出版）¹⁾には、大量の土砂の流出があった際の事例、流木が集団で流下した際の事例、及び計画高水位を超える出水により水位が桁下以上になった際の事例を除けば、最小径間長が 20m 以上ある橋が埋塞された事例は確認されていない、とされており、本技術参考で得られた知見と整合する。



図.技 2-1-4-1 大量の流木堆積が生じた事例

(3) 堆積後の流木堆積高

橋梁部への流木堆積状況に関する現地写真を調べた結果、大量に流木堆積した橋梁において、橋梁路面高から最大約 3m の高さまで流木が堆積していることがわかった（図.技 2-1-4-2）。



図.技 2-1-4-2 堆積流木の高さに関する事例

(参考文献)

- 1) 国土技術研究センター編：解説・河川管理施設等構造令，技報堂出版，2010.

＜技術参考 2-1-5：本手法のモデル河川への適用例＞

1. 筑後川水系赤谷川への適用例

本編 7.4 に示す大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水深分布の作成手法を、筑後川水系赤谷川に適用した事例を示す。本編の図 7-8（本手法のフロー）に示す手順に沿った構成としている。本稿では、平成 29 年 7 月九州北部豪雨で生じた被害実態に対する再現性を確認することにより、本手法の適用性を調べた。従って、対象流量は想定最大規模流量ではなく、当該洪水時のピーク流量を用いていることに留意が必要である。

① 河道・氾濫原・山地等のデータ収集

第 3 章に記された河道・氾濫原等のデータに加え、橋梁、堰堤、床固等横断構造物の諸元を収集した。また、上流山地斜面に堆積する土砂の粒径調査も実施した。粒度分布については⑥に示す。

② 検討対象流量の設定

本稿での事例は、実際に生じた洪水氾濫の再現性確認が目的であるため、想定最大規模流量でなく、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時のピーク流量を用いた。

③ 流木捕捉橋梁の抽出及び流木堆積後断面の設定

最小径間長が 20m 未満、又は、桁下高が対象洪水水位未満（土砂堆積前河道により水位を算定）の橋梁を抽出した。抽出された橋梁に対し、本編図 7-10 に例示するように、橋梁の横断範囲内において、橋梁路面高+3m の高さまで流木が堆積するものとして、橋梁部堆積流木の断面形状を設定した。抽出された流木捕捉橋梁を図.技 2-1-5-1 に示す。

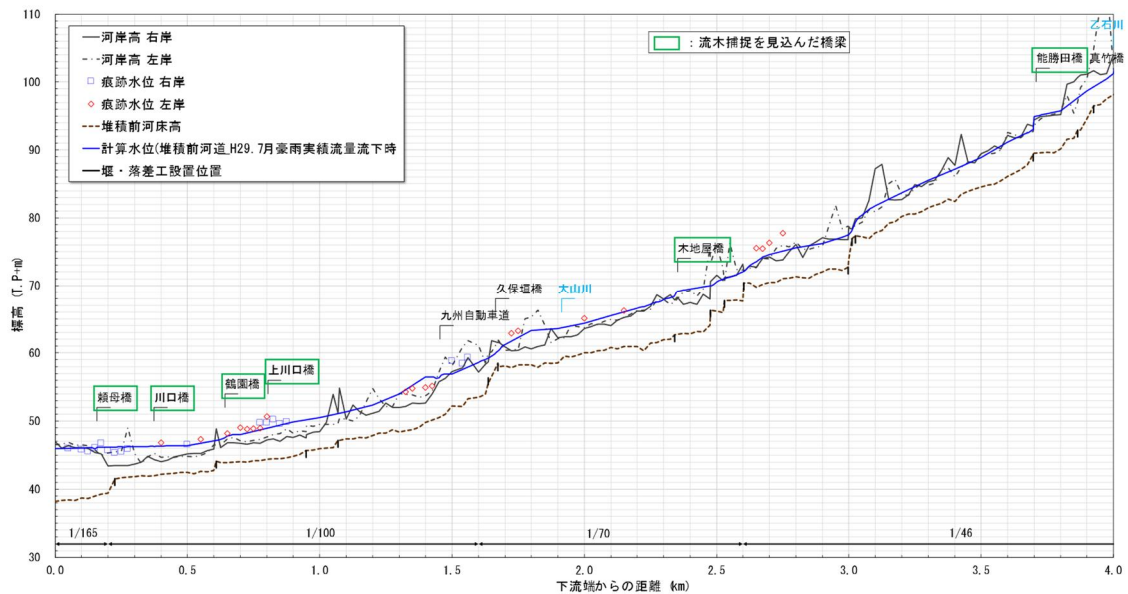


図.技 2-1-5-1 流木捕捉を見込んだ橋梁

④ 堆積起点評価のための計算モデル作成

100m 間隔の横断面設定を基本とし、本編 7.4.1④に示すとおり追加断面を設定した。土砂堆積の堆積起点となり得る地点（橋梁、堰、支川合流部等）のほか、その地点の上下流 50m 区間内において縦断方向に 10m 間隔で追加断面を設定した。

横断面形状については、洪水前の河道を与えた。流木堆積が生じ得る橋梁断面については、③に示すとおり、橋梁の横断範囲内において、橋梁路面高+3m の高さまで流木が堆積した状態を想定し、モデル化した。

また、氾濫原における建造物や樹木群の死水域を設定した（図.技 2-1-5-2）。

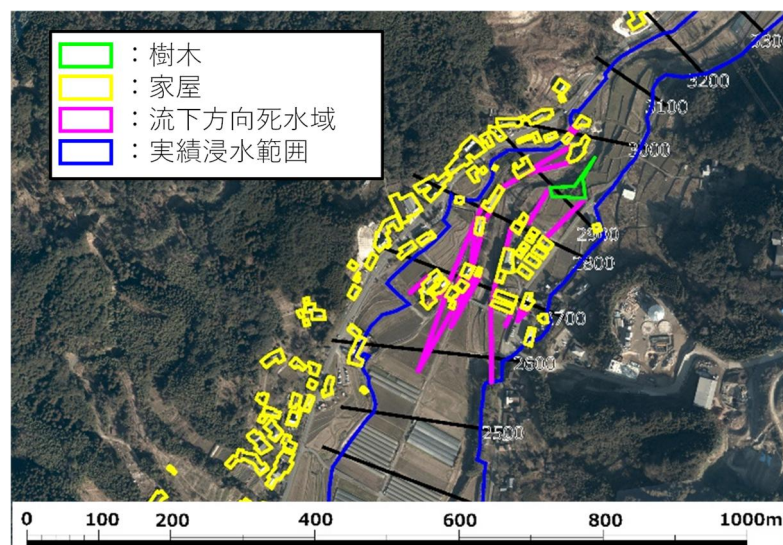


図.技 2-1-5-2 死水域の設定

⑤ 堆積起点評価のための 1 次元不等流計算

上記④で作成したモデルに対し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の実績流量（洪水浸水想定区域図作成にあたっては想定最大規模の流量）を与え、水位や河道部の摩擦速度 u_* (m/s) の縦断分布を計算した。このとき、土砂堆積の起点となる箇所の抽出を目的とすることから、計算断面に与える粗度係数は、河道部の状況に応じた粗度係数として、 $n=0.034$ を与えた。なお、流木が堆積すると推定された橋梁断面における u_* を算定する際、1 次元不等流計算により得られた水位と、流木堆積前の河床高の差分として得られる水深を用いた。 u_* の算定にあたっては、式(2-1-5-1)を用いた。

$$u_* = \sqrt{gh_r I} \quad (2-1-5-1)$$

ここに、 g ：重力加速度(m/s²)、 h_r ：河道部水深(=水位と河道部河床高の差、m)、 I ：流下断面全体でみたエネルギー勾配 () である。

⑥ 堆積する土砂の粒径設定

1) 堆積し得る複数の粒径を幅広く設定

細砂から中礫に渡る 10 通りの粒径を設定した (0.03mm、0.05 mm、0.07 mm、0.2 mm、0.5 mm、1.0 mm、2.0 mm、3.0 mm、5.0 mm、10.0 mm) なお、参考として、赤谷川の河床勾配は 1/165～1/46 であった (図.技 2-1-5-1)。

2) 本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲の把握

本事象が発生するためには、 u_*/w_0 が縦断的に大きく減少し、堆積の起点となる局所区間が存在することが必要である。上記 1) で設定した粒径の沈降速度 w_0 (m/s) 及び⑤で得た u_* (m/s) の縦断分布を用いて、 u_*/w_0 の縦断分布を算定した (図.技 2-1-5-3)。なお、 w_0 は式(2-1-5-2)に示す Rubey 式^{1),2)}を用いた。

$$w_0 = \left(\sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36}{d_*}} - \sqrt{\frac{36}{d_*}} \right) \sqrt{(\sigma_s - 1)gd} \quad (2-1-5-2)$$

ここに、 σ_s ：土粒子の比重、 $d_* = (\sigma_s - 1)gd^3/\nu^2$ 、 ν ：水の動粘性係数(m²/s)である。

堆積の起点が現れる粒径範囲の設定結果を図.技 2-1-5-3 に示す。 u_*/w_0 の閾値となる 5 を上回る区間と下回る区間が混在する粒径は、0.5～3mm であった。粒径 0.2mm の場合の u_*/w_0 は、閾値を下回る地点は存在しないため、対象粒径範囲から除外した。また、粒径 5mm の場合の u_*/w_0 は、ほとんどの区間で閾値を下回っているため、対象粒径範囲から除外している。以上より、堆積の起点となり得る粒径範囲を調べた結果、0.5～3.0mm の土砂粒径範囲が抽出された (図.技 2-1-5-3 下段)。

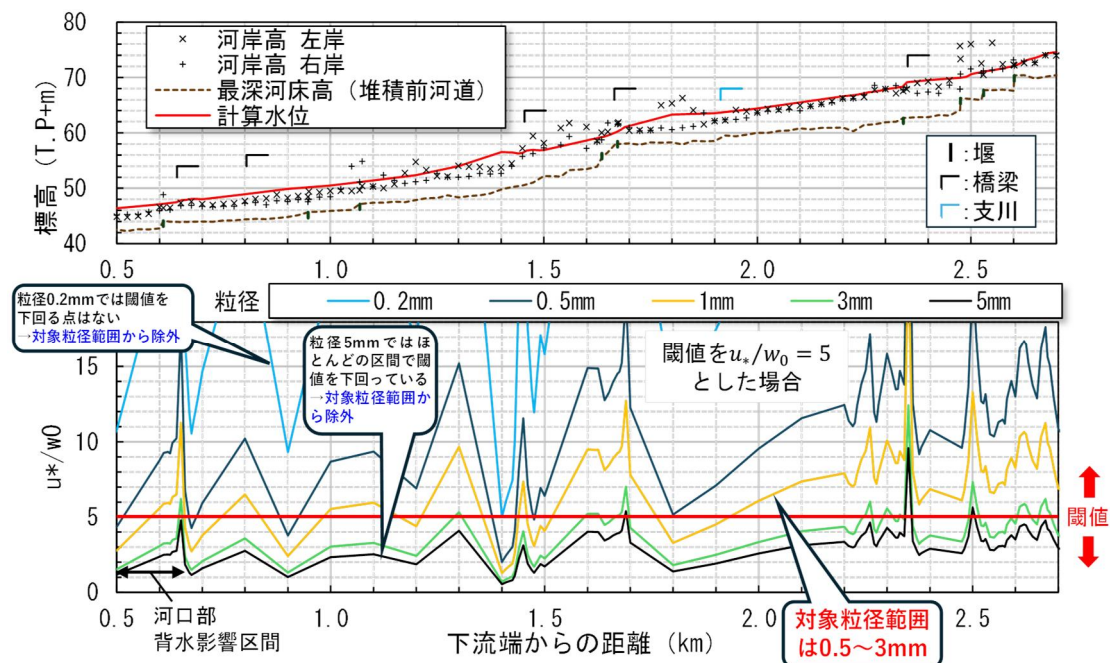


図.技 2-1-5-3 本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲の把握（赤谷川）

3) 得られた粒径範囲が山地斜面に少なからず堆積していることの確認

赤谷川上流域の山地斜面に堆積する土砂の粒度分布を図.技 2-1-5-4 に示す。変成岩、深成岩から成っており、それぞれの粒度分布をプロットしている。図.技 2-1-5-4 から、本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲（0.5～3.0mm）が、山地斜面土砂に少なからず含まれていることが確認できる。

4) 対象粒径の設定

山地部に堆積した土砂の粒度分布を、本事象を引き起こし得る土砂の粒径範囲内での粒度分布に修正する。新しく得られた粒度分布から得られる d_{60} を、対象粒径として設定した。本検討では、対象粒径を1mmとした。（図.技 2-1-5-5）

実際に赤谷川河道部に堆積した土砂の粒度分布と、⑥で求めた粒度分布の関係を図.技 2-1-5-6 及び図.技 2-1-5-7 に示す。赤谷川 4.0km 付近に合流する乙石川から供給され堆積した中礫程度（4～100mm）が多く含まれる 3.5km 及び 3.8km 地点を除き、多くの河道地点で、粒径範囲及び粒度分布が良く整合していることがわかる（図.技 2-1-5-6）。

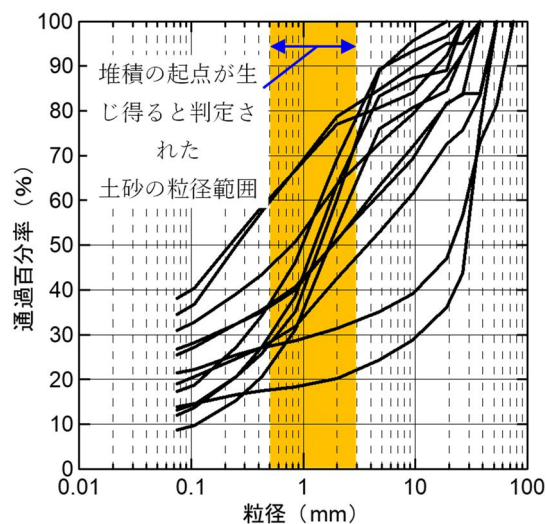


図.技 2-1-5-4 山地斜面に堆積する土砂の粒度分布（赤谷川）

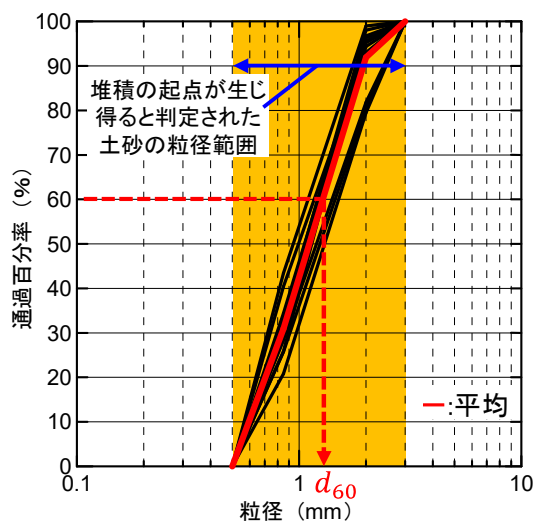


図.技 2-1-5-5 設定粒径範囲内での粒度分布（赤谷川）

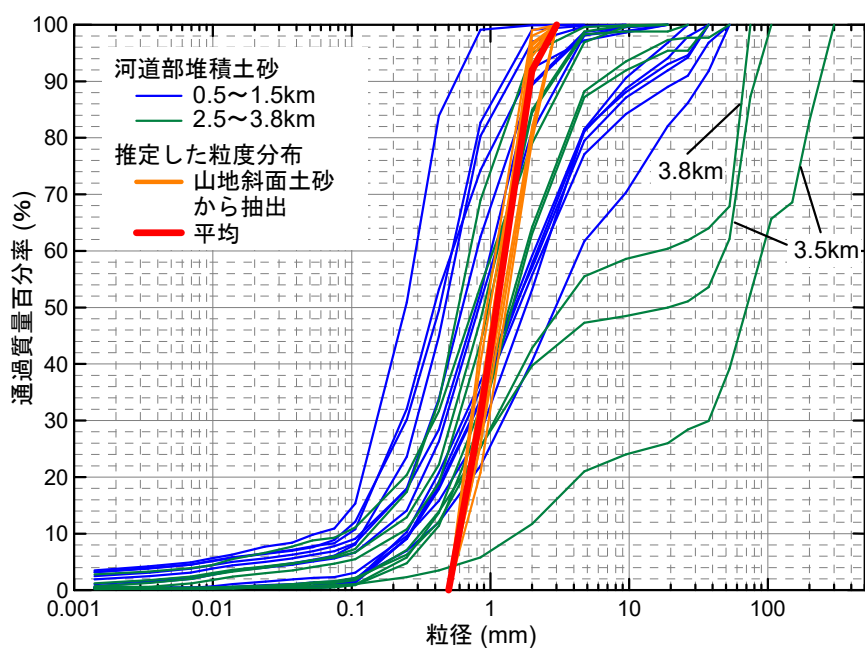


図.技 2-1-5-6 赤谷川河道部に堆積した土砂と推定土砂の粒度分布比較

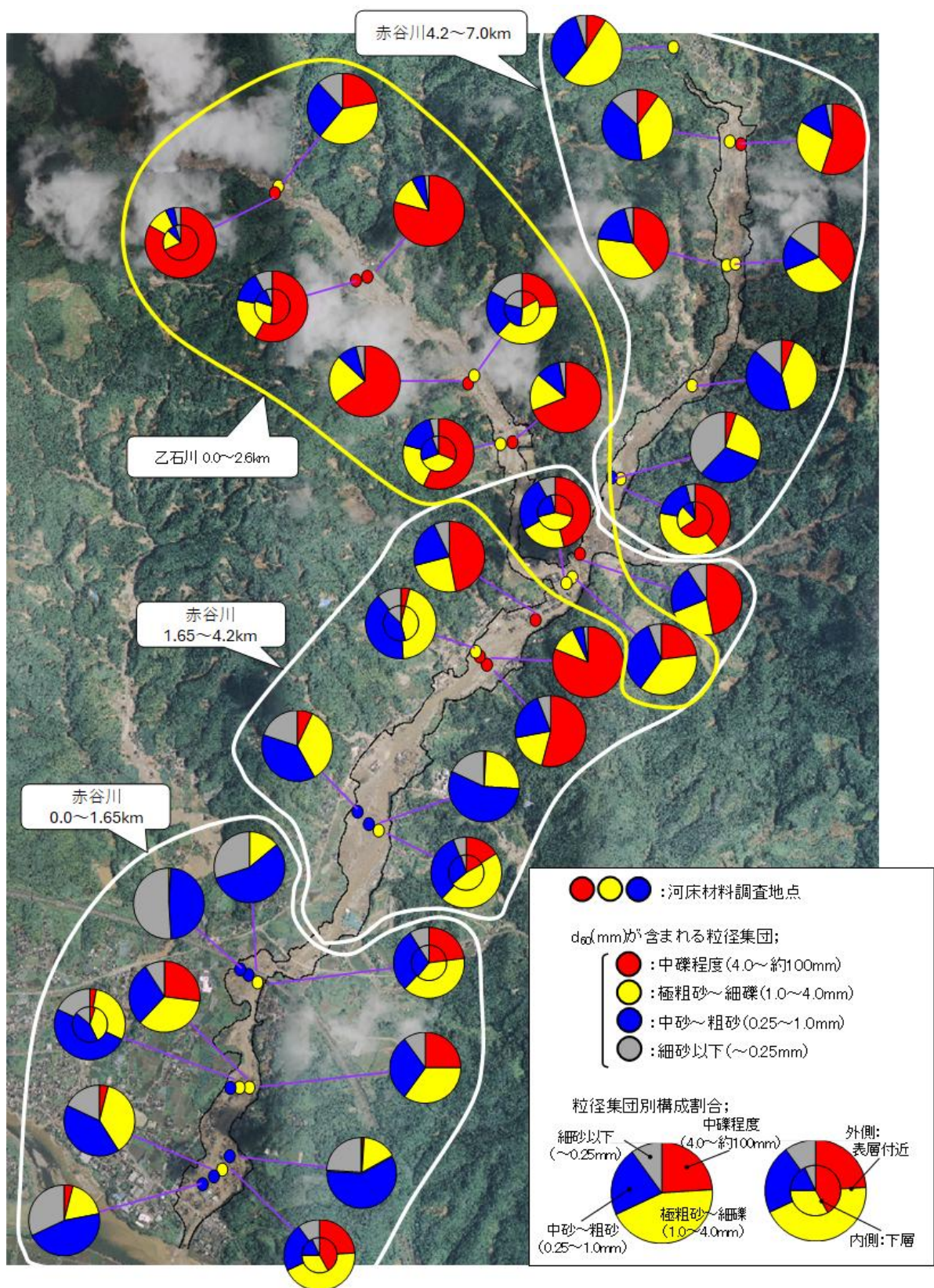


図.技 2-1-5-7 赤谷川河道部に堆積した土砂の粒径集団別構成割合とその平面分布

⑦ 土砂堆積起点の評価

対象粒径 (d_{60}) に対する u_*/w_0 の縦断分布から、土砂堆積の起点を設定した (図.技 2-1-5-8)。 u_*/w_0 が、閾値より大きい区間から流下方向に減少し、閾値 (5 程度) を下回る地点、すなわち土砂堆積の起点を抽出した (後述する背水影響区間を除く)。ここで、2.35～2.5km は、 u_*/w_0 が 5 を若干上回る区間となった。しかしながら、上流側から当該区間に向かって u_*/w_0 が減少していること、当該区間下流端には流木堆積を見込んだ橋梁が存在することから、 u_*/w_0 が 5 を若干上回っている場合でも、本事象における堆積起点になると判断することが、土砂堆積の起点を見落としなく抽出する上で重要となる。以上のことから、2.35～2.5km 区間の最下流点を、土砂堆積の起点として設定した。このような実河川への適用事例を踏まえれば、 u_*/w_0 の閾値を 5 と一概に設定することは困難であり、5 程度とやや幅を持たせて設定することが妥当と考えられる。

本事例では、河口部背水影響区間近傍の橋梁部 (0.65km 付近) が最下流の土砂堆積の起点として抽出された。⑧において土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状を適切に推定するために、最下流の土砂堆積の起点を見落とすことなく抽出することが重要である。

なお、図.技 2-1-5-8 に示す筑後川本川との接続区間における背水影響区間 (0.0～0.65km) については、区間全体の u_*/w_0 が 5 未満と小さく、高濃度の細粒土砂が優位に堆積する水理条件であることが図.技 2-1-2-7 から見て取れる。このため、筑後川本川との接続区間における背水影響区間については、土砂堆積するものとして設定した。

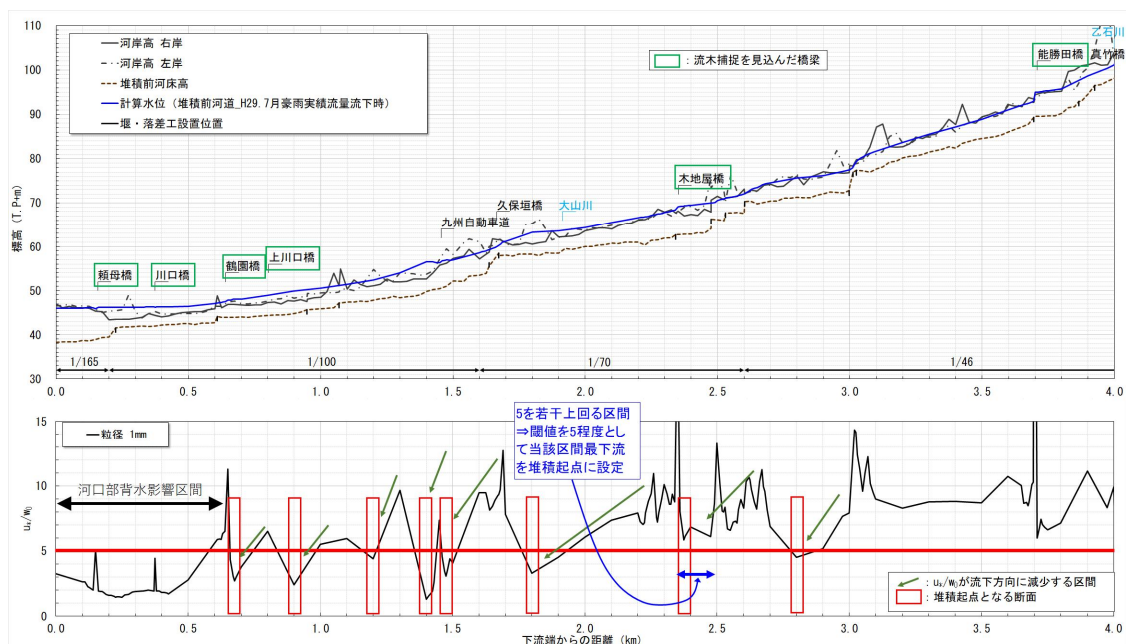


図.技 2-1-5-8 土砂堆積の起点推定結果 (赤谷川)

⑧ 土砂・流木堆積後の河道の縦横断形状の推定

土砂堆積の起点から上流方向に堆積区間が延伸し、河岸高まで埋塞するプロセスに基づき、また、筑後川本川との接続区間における背水影響区間に土砂が堆積するものとして、堆積後の河床高縦断分布を推定した(図.技 2-1-5-9)。上記④との違いは、河道部への土砂堆積の有無のみであり、橋梁部の流木堆積の考慮や氾濫原の地形は共通している。堆積後横断形状の推定結果例を図.技 2-1-5-10 に示す。赤谷川では、実洪水時に合流先河川水位が低かったため、河口区間には十分土砂が堆積しなかった。河口区間を除き、堆積後の河床高縦断形は、実績を概ね良く再現していることがわかる。

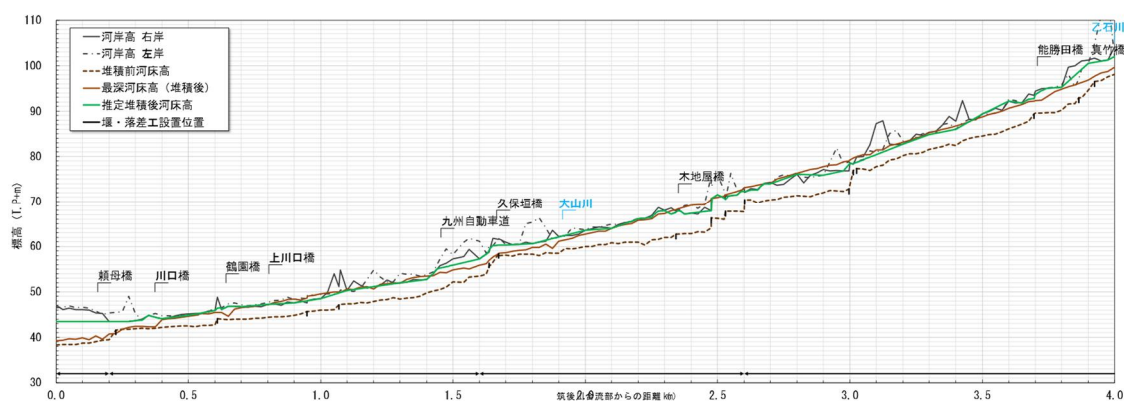


図.技 2-1-5-9 堆積後河床高縦断分布に関する推定値と実績値の比較 (赤谷川)

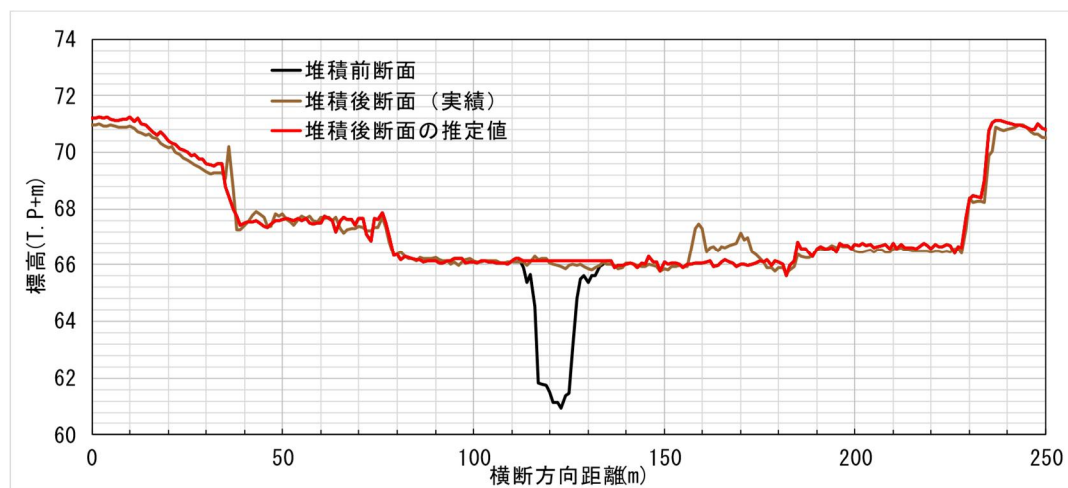


図.技 2-1-5-10 堆積後の横断面形状に関する推定値と実績値の比較 (赤谷川 2.2km)

⑨ 土砂・流木堆積後断面での 1 次元不等流計算

上記⑧で作成された地形に対し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の実績流量（洪水浸水想定区域図作成にあたっては想定最大流量）を与え、水位縦断分布を算定した（図.技 2-1-5-11）。

このとき、計算断面に与える粗度係数については、⑤と異なることに留意が必要である。堆積後の断面では、氾濫原が受け持つ流量の割合が増加するほか、氾濫原における流木等の堆積を考慮した粗度係数を与えることが重要となる。本検討において、感度分析により痕跡水位を良く再現する粗度係数を調べた結果、計算断面全体に与える粗度係数は $n=0.10$ 程度であった。粗度係数が比較的大きな要因として、氾濫原の地被状況も考慮した合成粗度や氾濫原に堆積する流木抵抗のほか、大量の土砂が流水に混入することによる単位時間当たりの通過体積量が増加していること等が考えられる。

河道部への土砂堆積を考慮することにより、堆積前に比べ水位が高くなっており、痕跡水位も良く説明できていることがわかる。

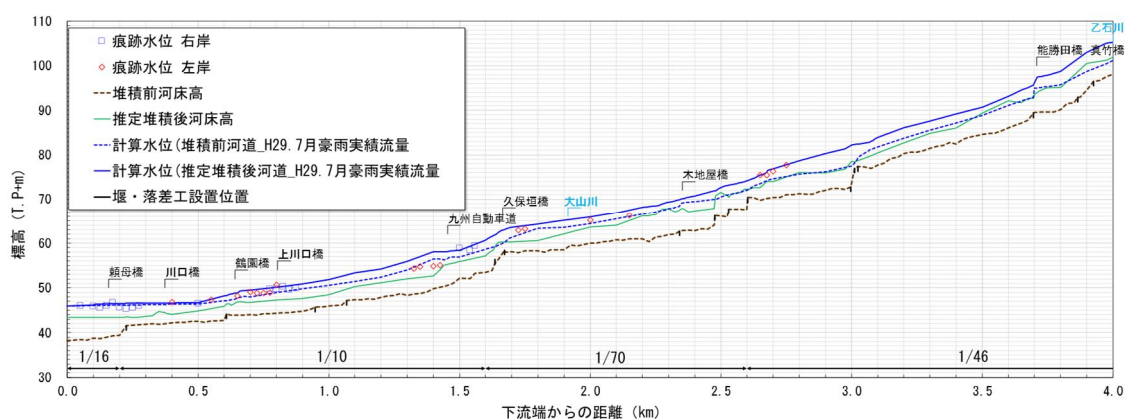


図.技 2-1-5-11 河道への土砂堆積を考慮した場合の水位縦断分布（赤谷川）

⑩ 土砂・流木堆積の影響を考慮した浸水深分布の図化

得られた水位縦断分布から、浸水範囲及び浸水深の平面分布図を作成した（図.技 2-1-5-12 及び図.技 2-1-5-13）。土砂・流木堆積の影響を考慮しない場合（左図）では、実績より小さい範囲での浸水範囲となっていることがわかる。一方、土砂・流木堆積の影響を推定した場合（右図）では、実績浸水範囲を良く再現できていることがわかる。但し、ごく一部の範囲で実績より小さい範囲の浸水となった。洪水後の航空写真等により詳細を調べた結果、これらの範囲は、周囲の氾濫原より一段高く、背後山地からの土砂流出による被害によるものであり、赤谷川からの洪水氾濫による浸水範囲ではないことが推定された。

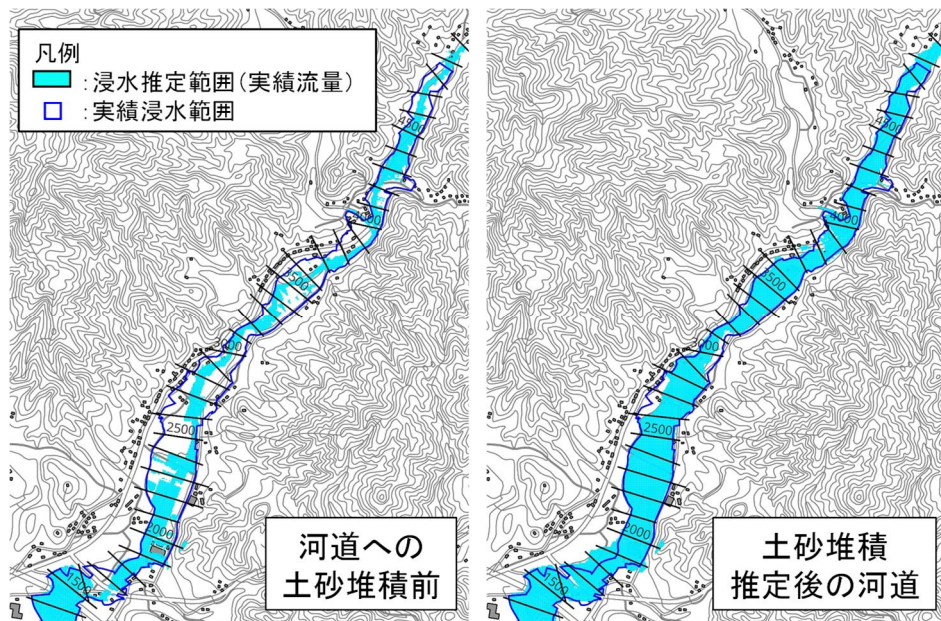


図.技 2-1-5-12 浸水範囲の図化（赤谷川）

（左図：河道への土砂堆積前、右図：土砂堆積推定後の河道）

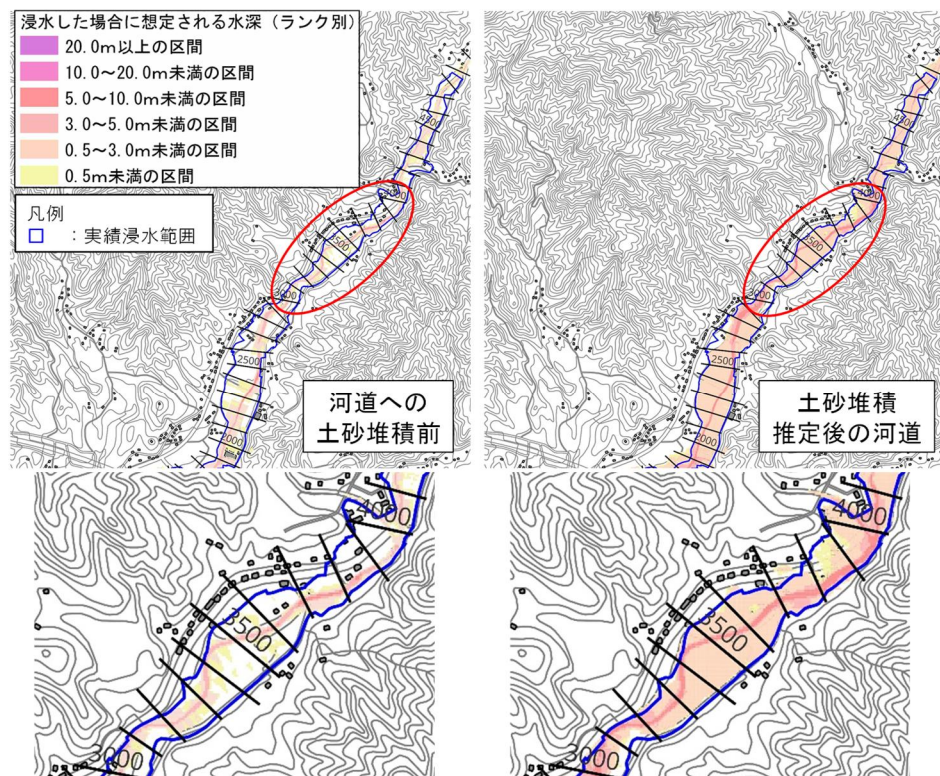


図.技 2-1-5-13 浸水深の図化（赤谷川）

（左図：河道への土砂堆積前、右図：土砂堆積推定後の河道）

2. 塚田川への適用例

(1) 堆積後の河床高縦断分布推定（塚田川）

令和6年9月能登半島豪雨後に実施した現地調査の土砂堆積状況から、対象粒径を $d = 1\text{mm}$ と設定した。最小径間長が20m未満、又は、桁下高が対象洪水水位未満（土砂堆積前河道により水位を算定）の橋梁に、流木を橋梁路面高+3mの高さまで堆積させ、堆積前河道と組み合わせてモデル化した。この河道において、 $d = 1\text{mm}$ を対象に、実績流量時の u_*/w_0 の縦断分布を算定した。この結果を用いて、閾値を $u_*/w_0 = 5$ として土砂堆積の起点を抽出した（図.技 2-1-5-14）。実際の洪水では土砂堆積の起点となっていた歩道橋（1.38km 付近）が、閾値を若干上回った。このような場合があり得るため、土砂堆積の起点を見落としなく抽出することを重視し、 u_*/w_0 を5程度とし、1.38km 付近を土砂堆積の起点として抽出した。計算モデルによる u_* 値の誤差や対象粒径の不確実性等により、 u_*/w_0 自体に幅を有する。このため、閾値を一意に定めることについては現状難しく、より長い河道区間での土砂堆積が推定されるよう、閾値を柔軟に見直す必要がある。このとき、対象区間のより下流側に、土砂堆積の起点が現れることが重要となる。令和6年能登半島地震により河口部が隆起し、河口部背水影響区間（0.0～0.065km）には低下背水が生じた結果、この区間の u_*/w_0 は大きく、有意な土砂堆積が生じにくい流況であった（図.技 2-1-5-14）。このため、塚田川では、河口部背水影響区間では土砂堆積が生じないものとし、最下流の堆積起点（0.07km 付近）から上流区間において土砂堆積する河道形状を推定した（図.技 2-1-5-15）。

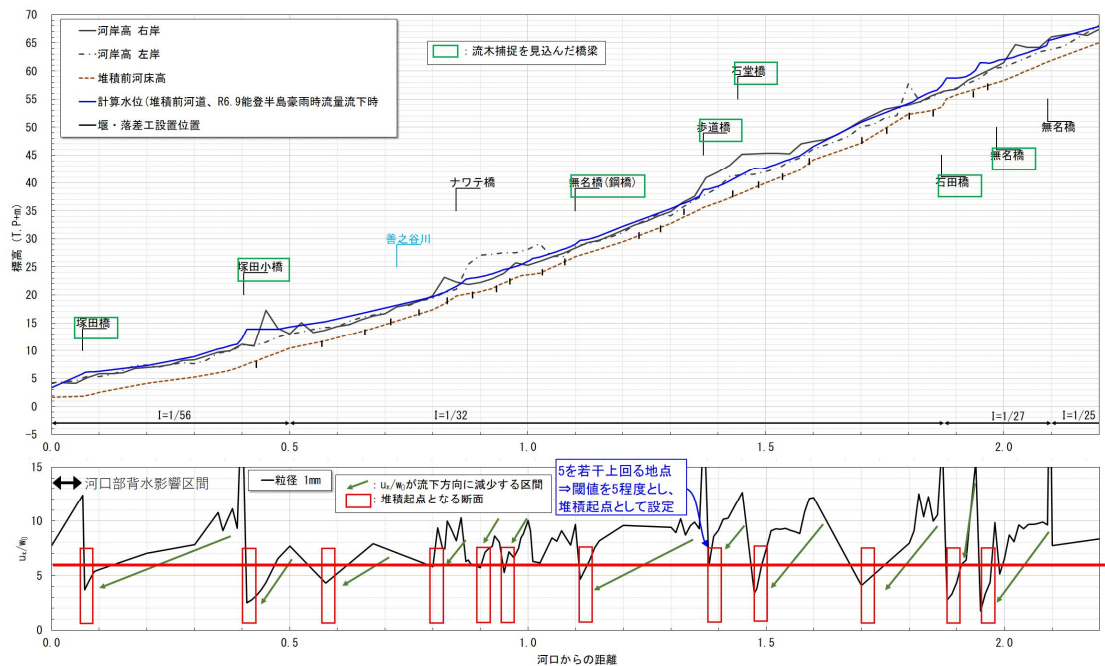


図.技 2-1-5-14 土砂堆積の起点の推定結果（塚田川）

(2) 土砂及び流木の河道堆積を考慮した 1 次元不等流計算 (塚田川)

赤谷川において、⑨堆積後断面での 1 次元不等流計算時に、計算断面全体に与える粗度係数は $n=0.10$ 程度であった。この設定値の妥当性を調べるため、塚田川（令和 6 年 9 月能登半島豪雨）においてもこの値を適用し、痕跡水位の再現性を確認した。

現地調査時の採取材料から対象粒径を $d=1\text{mm}$ と設定した。その上で、建物や樹木群の死水域設定、流木捕捉橋梁の推定、土砂堆積の起点評価、堆積後の河道の縦横断形状の推定については、手引き 7.4.1 に基づいた。なお、(1) に記したとおり、低下背水により閾値を上回る u_*/w_0 が連続する河口部背水影響区間 ($0.0\sim0.065\text{km}$) については、土砂堆積が生じないものとして堆積後断面を推定した。

計算断面には、氾濫原に流木堆積等が見られた塚田小橋 (0.4km) より上流区間の粗度係数は $n=0.10$ を、それより下流区間では $n=0.05$ を与え、1 次元不等流計算を実施した。図. 技 2-1-5-15 に示すとおり、痕跡水位を良く再現できていることが確認できる。粗度係数 $n=0.10$ としたことで高い再現性が得られた要因として、氾濫原の地被状況も考慮した合成粗度や氾濫原に堆積する流木抵抗のほか、大量の土砂が流水に混入することによる単位時間当たりの通過体積量が増加していること等が考えられる。

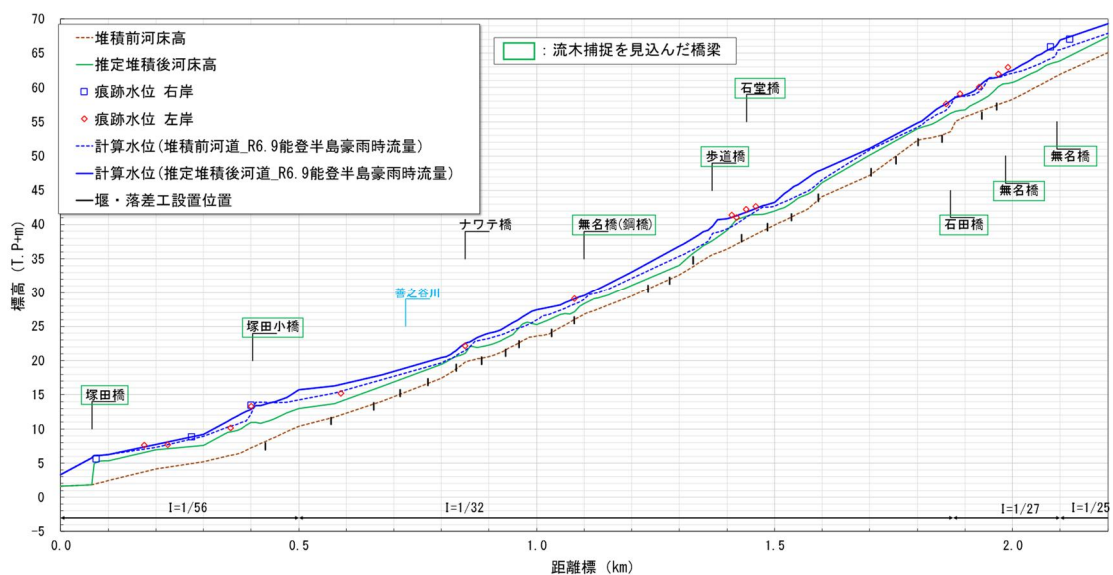


図. 技 2-1-5-15 河道への土砂堆積を考慮した場合の水位縦断分布 (塚田川)

(3) 浸水範囲の再現性

次に、得られた水位計算結果から、浸水範囲を図化した (図. 技 2-1-5-16)。土砂・流木堆積の影響を考慮しない場合 (上図) では、実績より小さい範囲での浸水範囲となり、氾濫原

の浸水深分布も小さいことがわかる。これに対し土砂・流木堆積の影響を推定した場合（下図）では、実績浸水範囲を良く再現できていることがわかる。

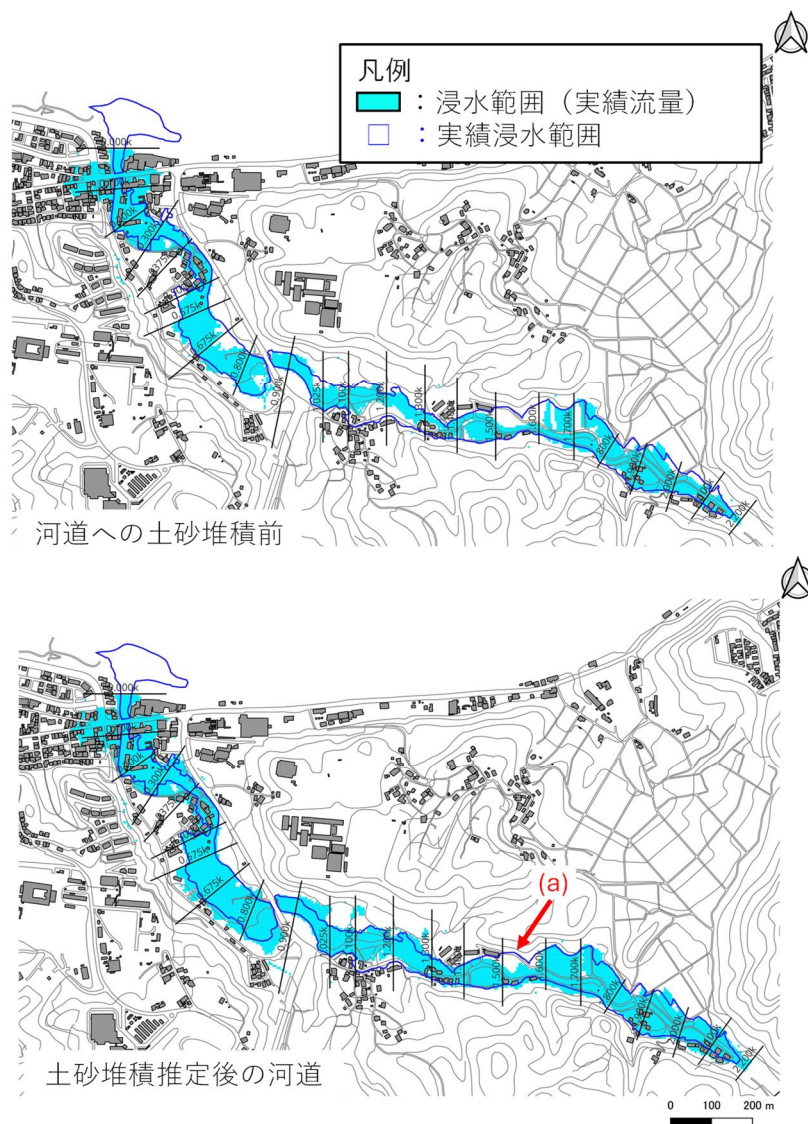


図.技 2-1-5-16 浸水範囲の図化（塚田川）
（上段：河道への土砂堆積前、下段：土砂堆積推定後の河道）

（４）上流での氾濫流が氾濫原を流下することによる浸水範囲（留意事項）

土砂・流木の堆積状況を推定した場合においても、一部範囲で浸水しない計算結果となる場合がある（図.技 2-1-5-16、下段の(a)）。この要因について示す。浸水しなかった範囲(a)の地盤高は、痕跡水位や土砂・流木の堆積推定後河道における計算水位より、一段高い位置にある（図.技 2-1-5-17）。洪水後の航空写真等を判読した結果、上流側 1.85km 付近の橋梁に流木が大量堆積し、右岸側の農地に氾濫した。この氾濫流は迂回するようにそのまま氾濫原を流下し、浸水しなかった範囲(a)に到達したことが読み取れた（図.技 2-1-5-17 下段、氾

濫流の流下イメージ)。この現象は1次元不等流計算では記述できない現象である。このため、以下のことに留意する必要がある。

【留意事項】

- ✓ 上流側で氾濫した流れは、一次元不等流計算水位よりも高い氾濫原をそのまま流下する場合がある。
- ✓ 当該区間において浸水が生じていない氾濫原が存在する場合、その氾濫原の上流側の氾濫原で浸水する計算結果が得られていれば、当該区間の算定水位よりも高い領域で氾濫流が氾濫原を流下する可能性を考慮する必要がある。
- ✓ 当該エリアの浸水位については、上流区間での氾濫流量を求め、等流近似、あるいは、畔等線状盛土高に越流水深を加える方法が考えられる。

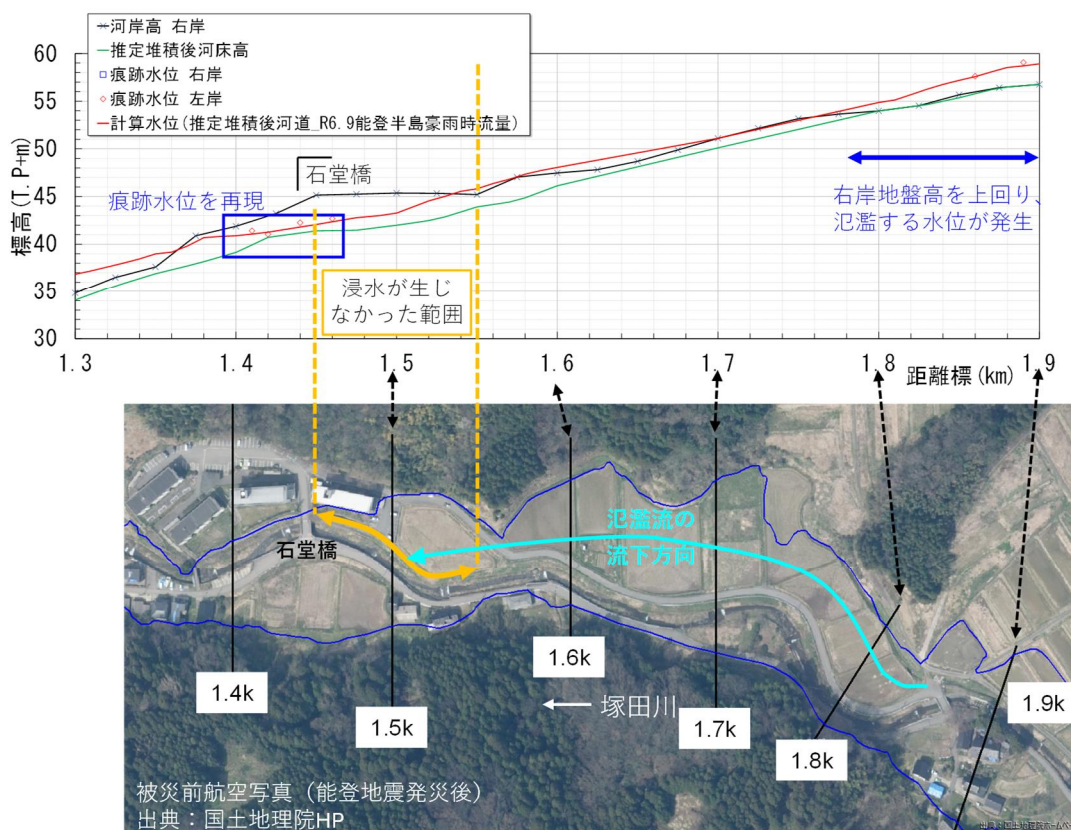


図.技 2-1-5-17 上流側での氾濫がそのまま氾濫原を流下する事例（塚田川）

3. 白木谷川、鈴屋川への適用例

(1) 白木谷川流域（筑後川水系、福岡県）への適用

上記1. 及び2. と同様の方法により、平成29年7月九州北部豪雨時に白木谷川流域で生じた浸水範囲の再現性を確認した。土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域に本事象による浸水範囲を重ね合わせた（図.技 2-1-5-18）。土砂・流木堆積の影響を推定したことにより、実績浸水範囲の再現性が向上したことが確認できる。しかし、一部範囲で浸水範囲を再現できなかった（図.技 2-1-5-19）。洪水後の航空写真から、浸水範囲を再現できなかった範囲では、氾濫原をそのまま流下したとみられる滞筋が複数確認できる。このことから、上流にある建物と樹木の間から氾濫流が生じ、氾濫原をそのまま流下したものと考えられる。この現象は、塚田川（2.（3））と同様と考えられる。

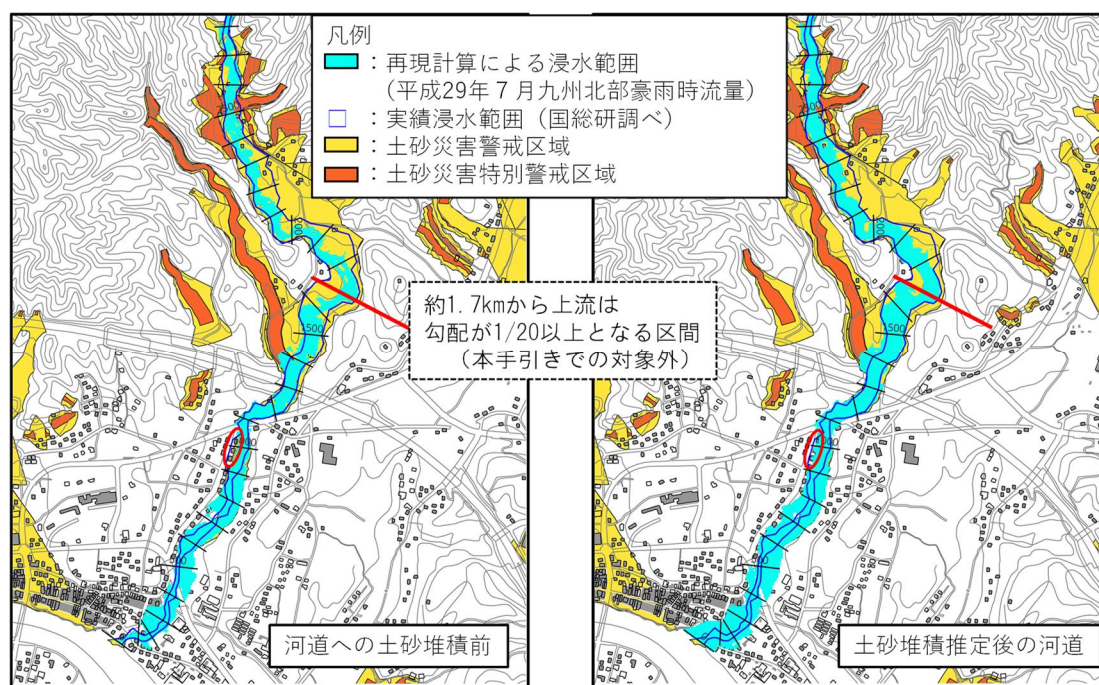
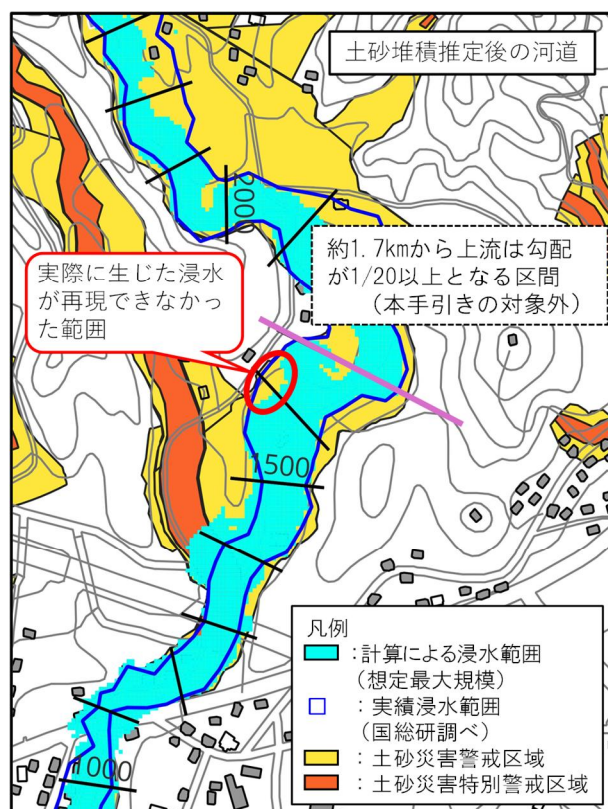
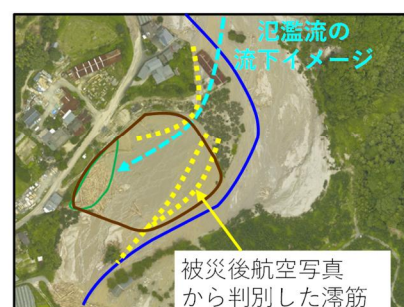


図.技 2-1-5-18 浸水範囲の図化（白木谷川）
（左図：河道への土砂堆積前、右図：土砂堆積推定後の河道）



- ・ 浸水しなかった範囲の被災後航空写真では、複数の滞筋が確認できる（黄色点線）。
- ・ 氾濫流の一部（水色点線）が建物・樹木間を通過し、塚田川と同様に上流部から棚田部を流下したと推定される。



被災後航空写真（2017年）
出典：国土地理院HP

図.技 2-1-5-19 上流側での氾濫がそのまま氾濫原を流下する事例（白木谷川）

（２）鈴屋川流域（町野川水系、石川県）への適用

上記１．及び２．と同様の方法により、令和６年９月能登半島豪雨時に鈴屋川流域で生じた浸水範囲の再現性を確認した。土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域に本事象による浸水範囲を重ね合わせた（図.技 2-1-5-20）。土砂・流木堆積の影響を考慮しない場合では、多くの箇所で実績を下回る浸水範囲となったが（図中赤丸の範囲）、土砂・流木堆積の影響を推定したことにより、実績浸水範囲の再現性が向上したことが確認できる。しかし、一部範囲で浸水範囲が再現されなかった（図中黒丸の範囲）。この範囲は、洪水前に発生した能登半島地震に伴う山地崩壊箇所である。地盤高を確認すると、最大で推定浸水位より7m 程度高い位置にあり、この範囲が洪水により浸水したとは考えにくい。このことから、鈴屋川において土砂・流木堆積の影響を推定したことにより、実績浸水範囲を十分再現した結果が得られたと言える。

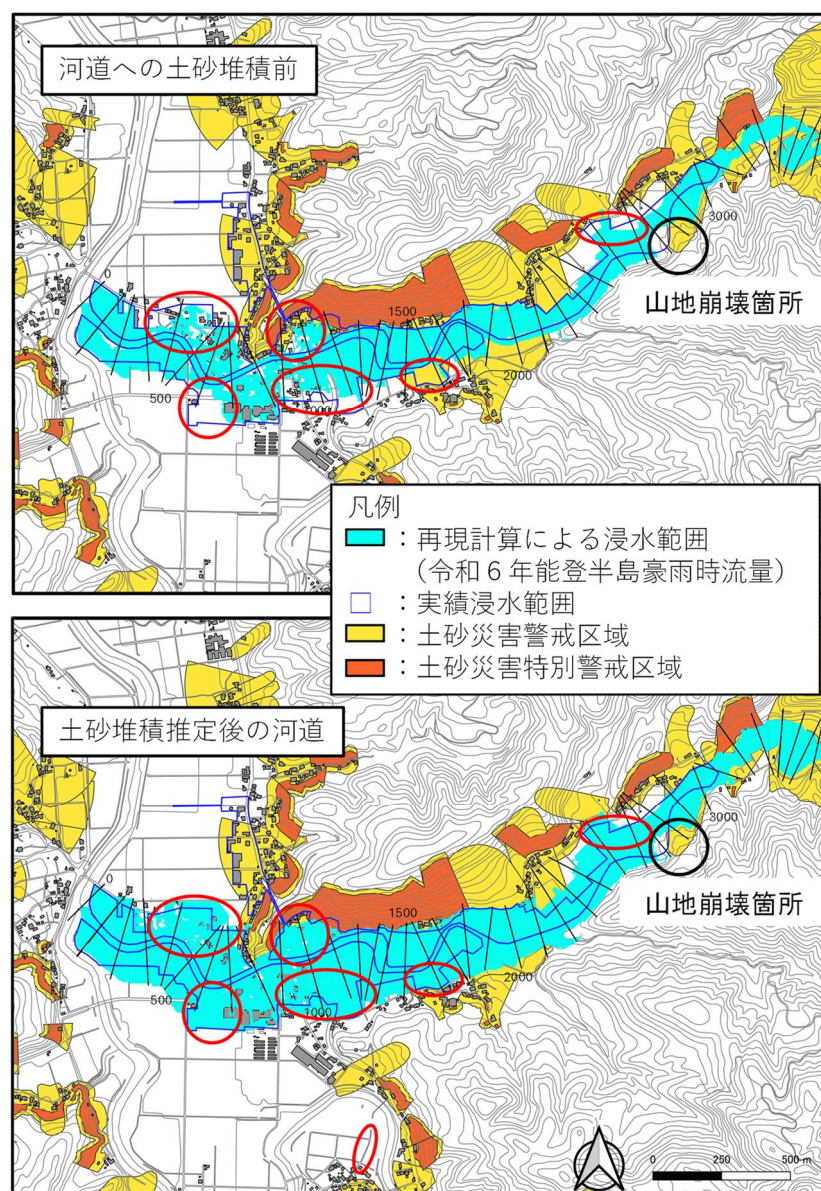


図.技 2-1-5-20 浸水範囲の図化（鈴屋川）
（上段：河道への土砂堆積前、下段：土砂堆積推定後の河道）

4. 地質分類に着目した本手法の適用性（まとめ）

筑後川水系赤谷川及び白木谷川（平成29年7月九州北部豪雨）、塚田川水系塚田川（令和6年能登半島豪雨）、町野川水系鈴屋川（令和6年9月能登半島豪雨）を対象に、手引きに示した本手法を適用し、河川水位や浸水範囲で見た再現性が高いことが確認された。対象とした4河川の山地部における主な地質分類を表.技 2-1-5-1 に示す。山地部の主な地質分類が異なるものの、浸水範囲から見た本手法の適用性が高いことが確認できる。なお、本手法

に基づき、河道に堆積する土砂の対象粒径を設定した結果、4つの河川とも1mm程度となった。

表.技 2-1-5-1 再現計算対象とした河川流域の山地部における主な地質分類

対象河川名	都道府県	豪雨災害	山地部の主な地質分類
赤谷川 (筑後川水系)	福岡県	平成 29 年 7 月 九州北部豪雨	火成岩、変成岩
白木谷川 (筑後川水系)	福岡県	平成 29 年 7 月 九州北部豪雨	火成岩
塚田川 (塚田川水系)	石川県	令和 6 年 9 月 能登半島豪雨	堆積岩
鈴屋川 (町野川水系)	石川県	令和 6 年 9 月 能登半島豪雨	堆積岩

(参考文献)

- 1) Rubey, W.W. : Settling Velocities of Gravel, Sand and Silt Particles, Amer. Jour. Sci., Vol.25, pp.325-338, 1933.
- 2) 土木学会水工学委員会水理公式集編集小委員会：水理公式集（2018 年版），土木学会，p.283，2019.

＜技術参考 2-1-6：地質分類ごとの粒径分布＞

図.技 2-1-3-3 に示す地質の分類ごとに、山地斜面に堆積する土砂の粒径分布の調査結果例を示す（図.技 2-1-6-1～図.技 2-1-6-3）。火成岩、変成岩については、主に崖錐堆積物（上層、中層、下層）の粒径分布を示している。なお、細粒分が少なからず流出していると考えられる土石流堆積物の粒径分布調査結果は対象外としている。堆積岩については、深層崩壊箇所の滑落崖面に付着していた破碎土壌の粒径分布を示している。

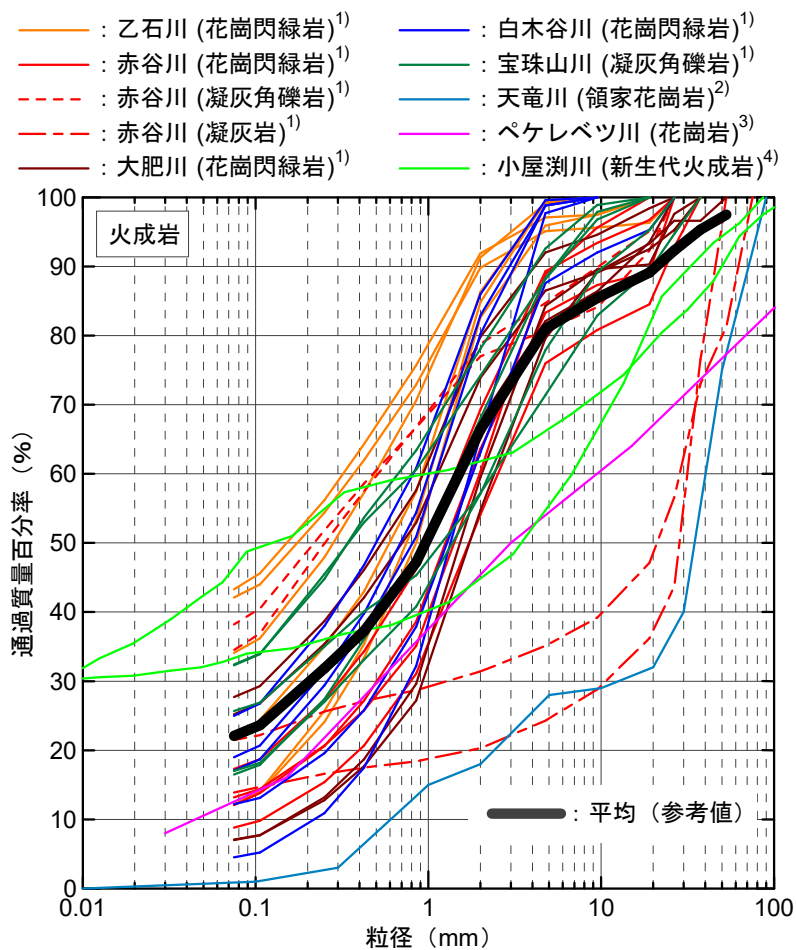


図.技 2-1-6-1 山地斜面に堆積する土砂の粒径分布の調査結果例（火成岩）

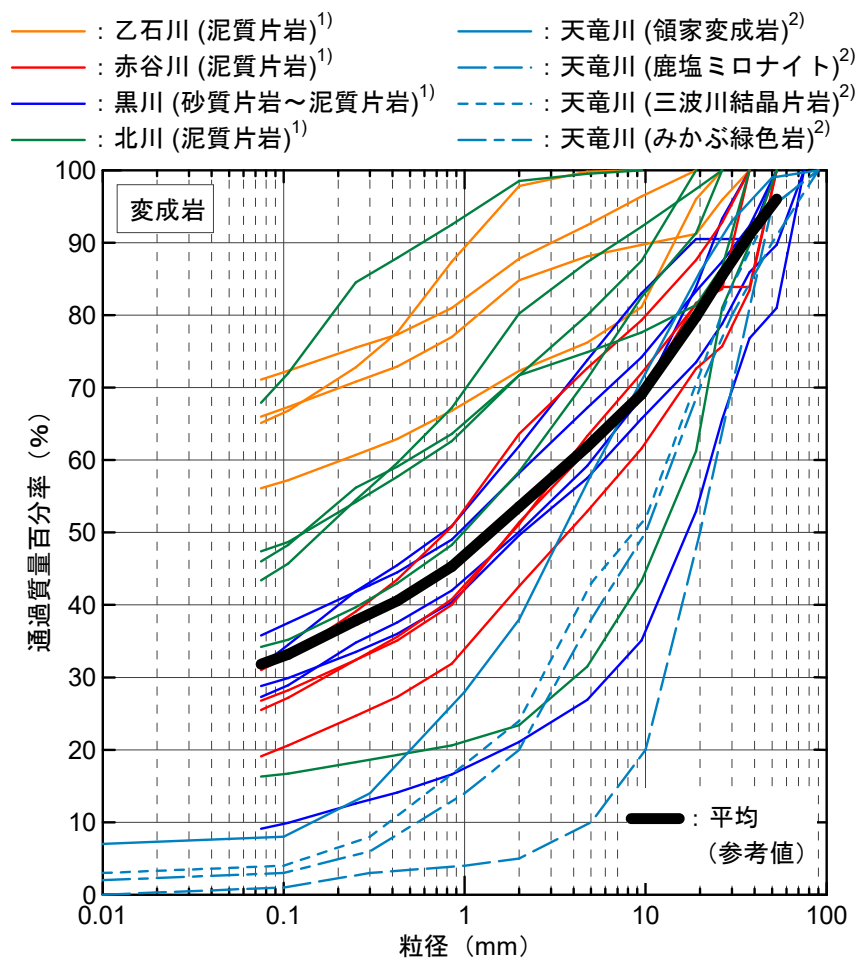


図.技 2-1-6-2 山地斜面に堆積する土砂の粒径分布の調査結果例 (変成岩)

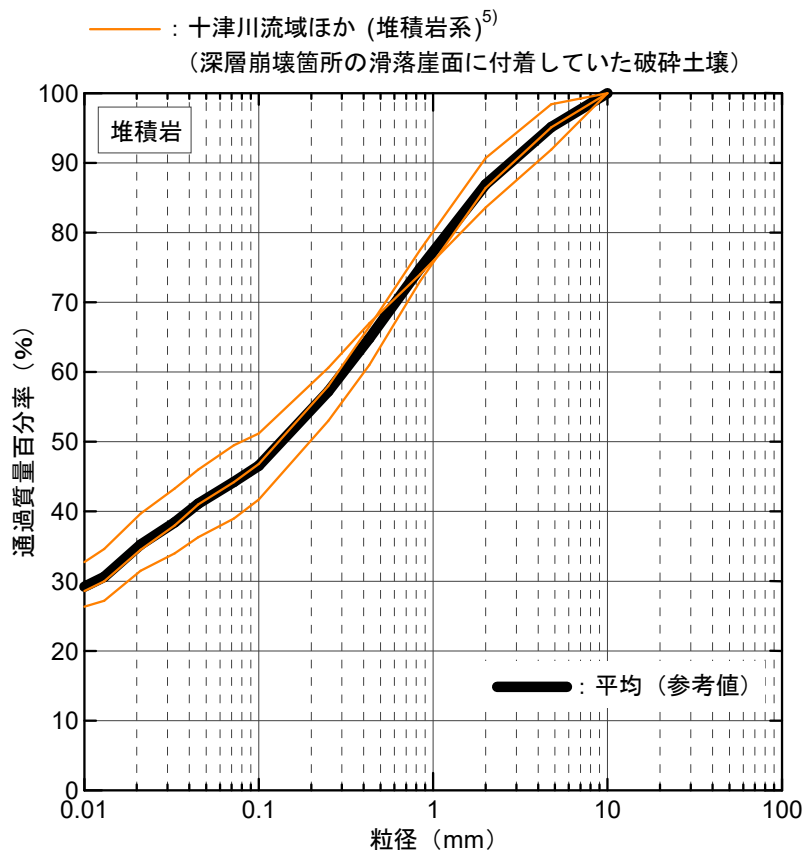


図.技 2-1-6-3 山地斜面に堆積する土砂の粒径分布の調査結果例 (堆積岩)

(参考文献)

- 1) 国総研水害研究室による調査結果 (2018 (H30))
- 2) 高秀秀信・久津見生哲・藤沢寛：水系における土砂動態システムについて，第 27 回水理講演会論文集，pp.767-772，1983.
- 3) 木戸理歩・井上卓也・山野井一輝：山地流域における河岸侵食による川幅の拡大と遮蔽効果を考慮した土砂流出モデル，土木学会論文集, Vol. 81, No. 16, 24-16056, 2025.
- 4) 小林拓也・高橋和樹：現地調査報告－令和 6 年 7 月の大雨に起因する災害調査－，sabo, Vol.137, pp.8-11, 2025.
- 5) 木下篤彦・北川眞一：平成 23 年台風 12 号による深層崩壊のメカニズムに関する検討，平成 24 年度近畿地方整備局研究発表会論文集，防災・保全部門，No.3, pp.1-6, 2012.

＜技術参考 2-1-7：海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間における土砂堆積状況＞

海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間は、区間全体の掃流力が小さくなる傾向にあることから、技術参考 2-1-2 とは異なり、掃流力が急激かつ局所的に減少することによる堆積の起点がなく、本事象が生じない場合がある。このため、長い河道区間において大量の土砂及び流木が堆積した事例を調査し、実態から背水影響区間の堆積高を設定する方法とした。

海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間の堆積後河床高と河岸高との関係を整理した結果を図.技 2-1-7-1 に示す。海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間では、合流先河川とのピーク水位発生の時間差や合流点形状の違い等により、洪水後の堆積形状にばらつきがあった。この中で、堆積後河床高の最大値は、河岸高と同等であった（図中、下馬沢川）。下馬沢川河口部の洪水後の状況を図.技 2-1-7-2 に示す。想定最大規模における洪水浸水想定区域図作成の趣旨に鑑みれば、起こり得る最大の被害を見積もることが重要である。このことから、既往事例で生じた、河岸高を基準とした堆積後河床高の最大値を設定することが合理的である。

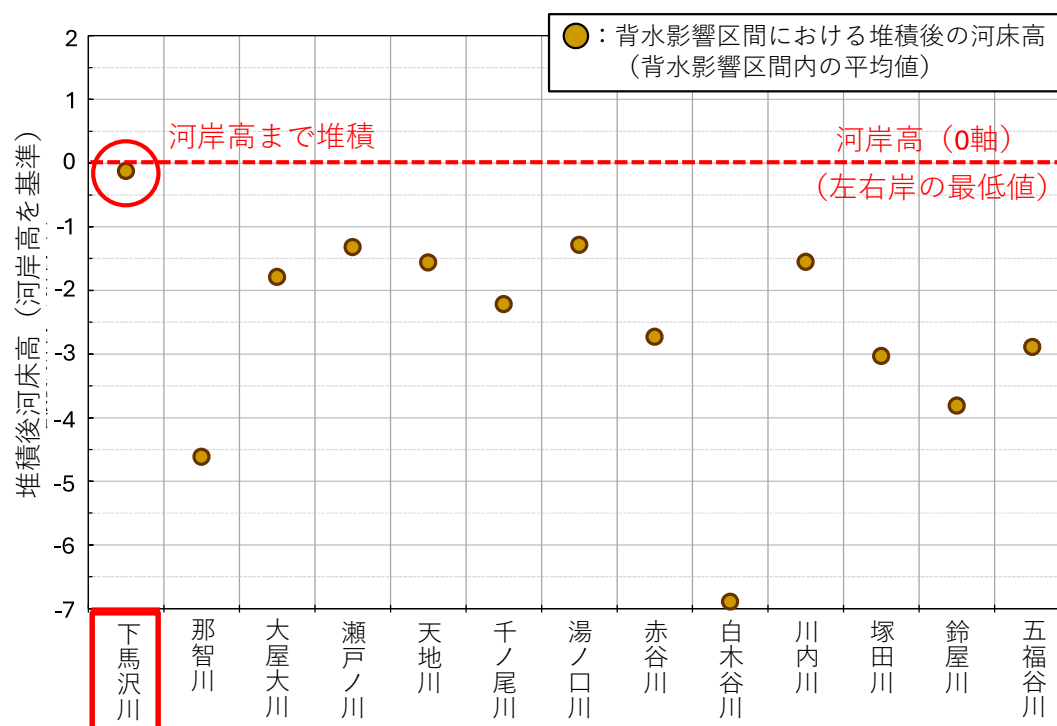


図.技 2-1-7-1 海域や合流先河川との接続区間の背水影響区間における河岸高を基準とした堆積後河床高の実績



図.技 2-1-7-2 下馬沢川（天竜川水系、長野県）河口部における洪水後の土砂堆積状況

＜技術参考 2-1-8：本事象の影響が現れやすい地形的特徴＞

大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した場合としなかった場合の1次元不等流計算結果から得られた浸水範囲の比較を図.技 2-1-5-12、図.技 2-1-5-13（赤谷川）に示す。評価結果としての浸水範囲が拡大したのは、河道幅に比べて氾濫原幅が大きい区間に多く見られる。一方、山付き等、氾濫原幅が小さい区間では、浸水深は大きくなるものの、浸水範囲が拡大しにくいことがわかる。一般に、氾濫原幅が広い区間には建物等資産が分布する場合が多いことから、このような地形を持つ区間において、大量の土砂・流木堆積の影響を考慮した洪水浸水想定区域図を作成することが望ましい。

＜技術参考 2-1-9：その他の留意事項＞

1) 河道・氾濫原一体型の平面 2 次元不定流計算を用いる場合

河道・氾濫原一体の平面 2 次元不定流モデルを採用する場合、7.4.1 ⑤（堆積起点評価のための 1 次元不等流計算）に示す、河道部における摩擦速度 u_* (m/s)の縦断分布算定時において留意が必要となる。河道部における u_* (m/s)の縦断分布は、土砂堆積の起点となり得る地点を見落としなく抽出するために重要である。そのため、河道横断方向に複数の計算メッシュが存在する場合、 u_* (m/s)の最小値を抽出することが望ましい。

なお、河道・氾濫原一体型の平面 2 次元不定流計算による浸水深分布評価事例（橋梁部の流木堆積、河道部土砂堆積による浸水範囲の変化）を、図.技 2-1-9-1 に示す。

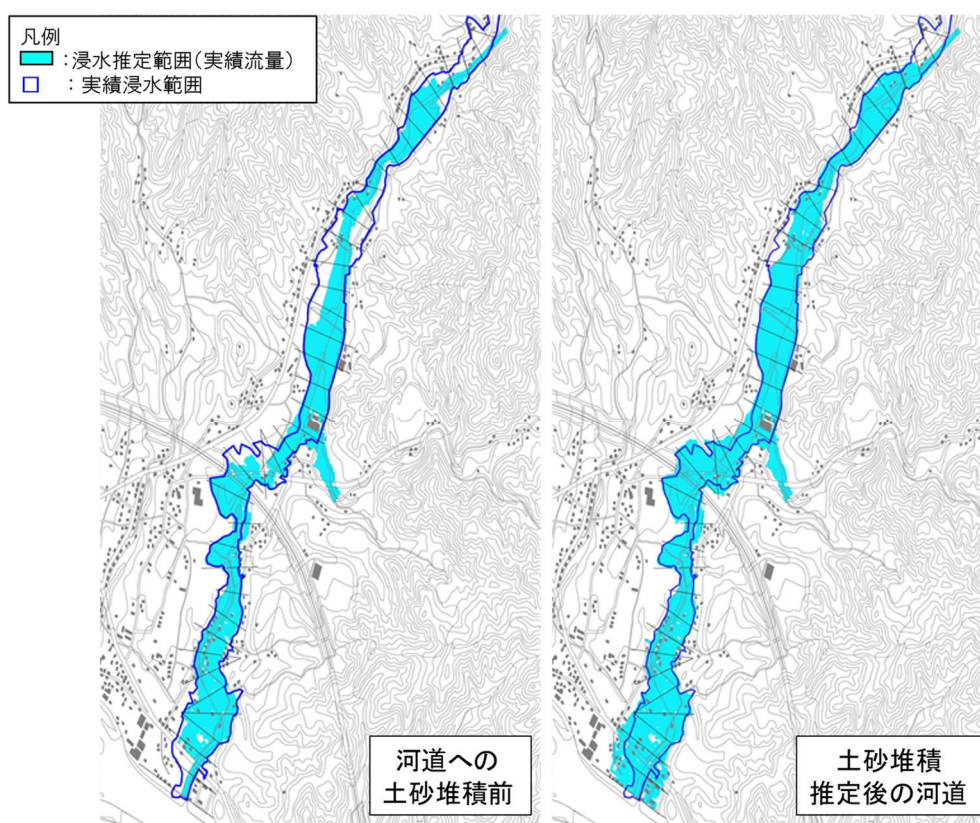


図.技 2-1-9-1 河道・氾濫原一体型の平面 2 次元不定流計算結果を用いた実績浸水範囲の再現性確認事例（赤谷川）

〔左図：河道への土砂堆積前、右図：土砂堆積推定後の河道
河道への土砂・流木状況（右図）は、1 次元不等流計算結果に基づき推定〕

2) 1次元不定流計算と平面2次元不定流計算を組み合わせる場合

河道を1次元不定流計算、氾濫原を平面2次元不定流計算により計算を行っている場合には、7.4.1 ⑨（土砂・流木堆積後断面での1次元不等流計算）の実施時に留意が必要である。橋梁部の流木堆積、河道部の土砂堆積を考慮した水位計算を行う際、河道部通過流量が大きく減少し得ることから、河道からの氾濫流量を、越流公式等により別途計算することの合理性が小さくなる。また、片側の氾濫原から河道部に横流入してきた流れが対岸の氾濫原に移流するなど、平面二次元性の高い流れ場になることが想定される。このような事象は、計算水位や浸水範囲に影響を与えるため、河道・氾濫原一体の平面2次元不定流モデルに変更する等の対応が望ましい。

技術参考 2-2. (大量の土砂・流木堆積の影響考慮(家屋流失評価)編)

<技術参考 2-2-1: 大量の土砂・流木を伴う洪水氾濫による家屋流失の状況>

筑後川水系赤谷川(平成 29 年 7 月九州北部豪雨:福岡県)及び塚田川水系塚田川(令和 6 年能登半島豪雨:石川県)において、大量の土砂・流木を伴う洪水氾濫により流失した家屋の分布を図.技 2-2-1-1 及び図.技 2-2-1-2 に示す。被災前後の航空写真を比較し、被災前には確認できた家屋が、被災後には確認できないものを家屋流失事例として整理した。両図から、家屋流失は上流・下流に関係なく生じていることが確認できる。



図.技 2-2-1-1 家屋流失の状況(筑後川水系赤谷川・平成 29 年 7 月九州北部豪雨)



図.技 2-2-1-2 家屋流失の状況（塚田川水系塚田川・令和 6 年能登半島豪雨）

＜技術参考 2-2-2：家屋流失が発生しやすいエリアの地形的特徴＞

平成 29 年 7 月九州北部豪雨での筑後川右岸支川流域（赤谷川・白木谷川・寒水川・北川・奈良ヶ谷川）における家屋流失事例（N=51）をもとに、家屋流失が比較的発生しやすいエリアの地形的特徴を定性的に分析・整理した。家屋が流失するほどの強い氾濫流の発生要因を、地形と関係づけて考察した結果、以下に示す 6 つの地形的特徴を有するエリアに分類した。

＜地形的特徴＞

- A 橋梁の近傍エリア（図.技 2-2-2-1）
 - B 氾濫原の幅が狭いエリア（図.技 2-2-2-2）
 - C 氾濫原における周囲より一段低いエリア（図.技 2-2-2-3）
 - D 湾曲部外岸下流側のエリア（図.技 2-2-2-4）
 - E 氾濫原の幅が急拡幅しているエリア（図.技 2-2-2-5）
 - F 湾曲部内岸側のエリア（図.技 2-2-2-6）
- （この他、河道の側方侵食に伴い流失した家屋あり）

※それぞれのエリアの事例は次頁より掲載する。

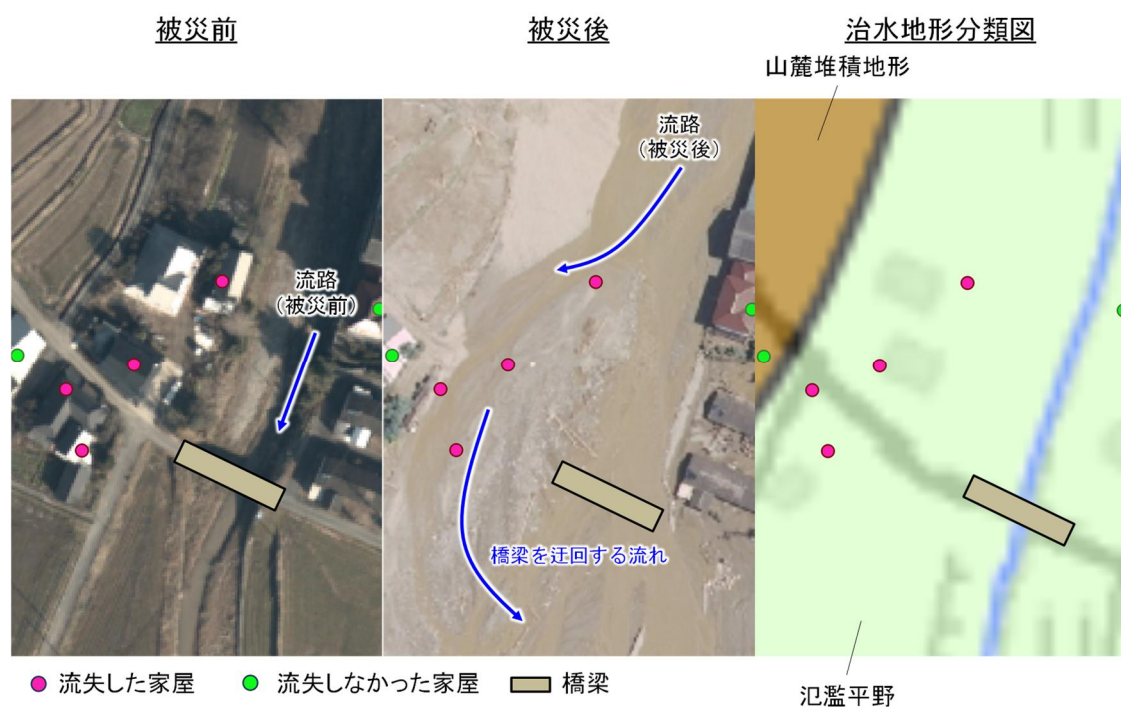


図.技 2-2-2-1 地形的特徴 A の事例（橋梁の近傍エリア）

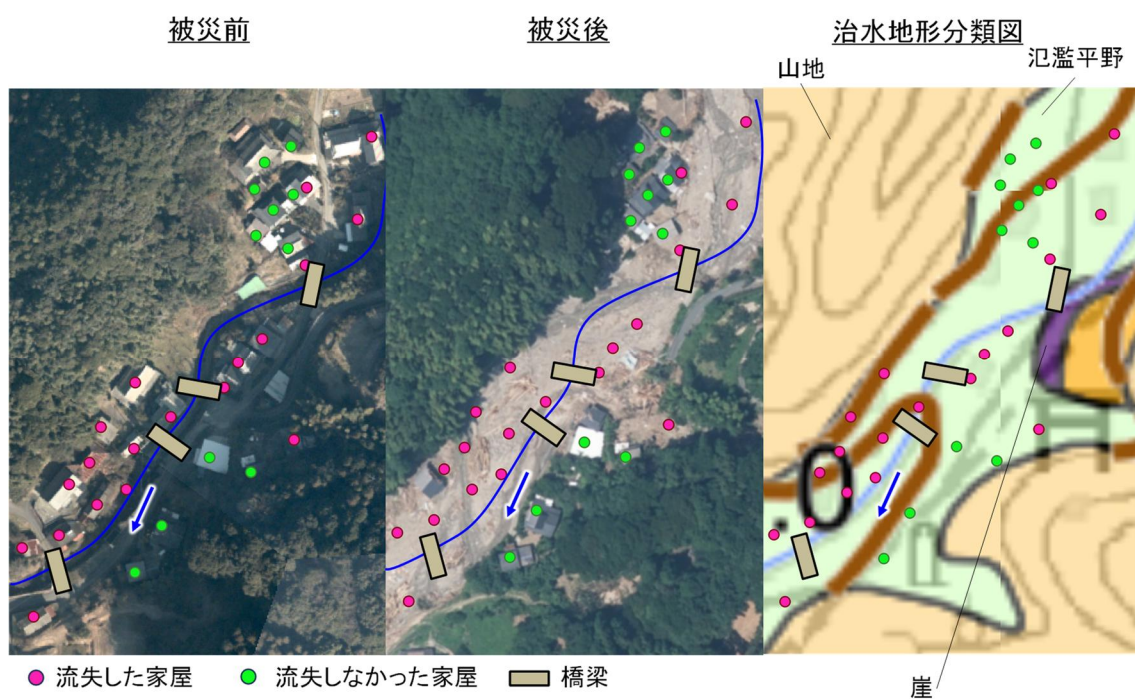


図.技 2-2-2-2 地形的特徴 B の事例（氾濫原の幅が狭いエリア）

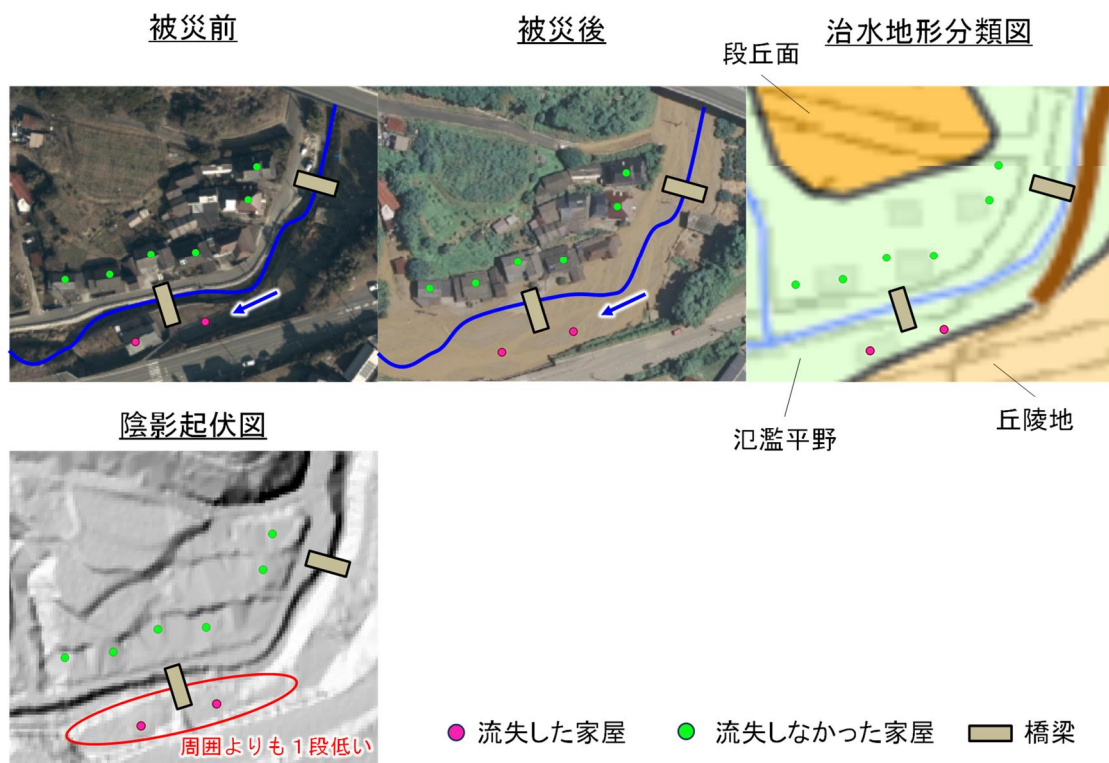


図.技 2-2-2-3 地形的特徴 C の事例（氾濫原における周囲より一段低いエリア）

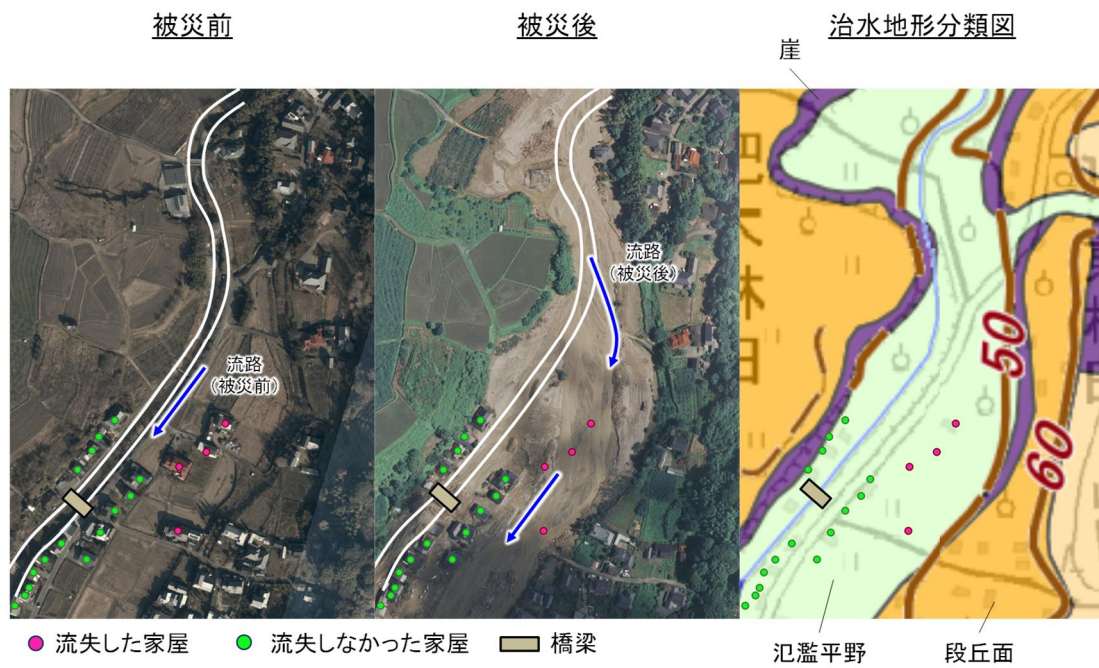


図.技 2-2-2-4 地形的特徴 D の事例（湾曲部外岸下流側のエリア）

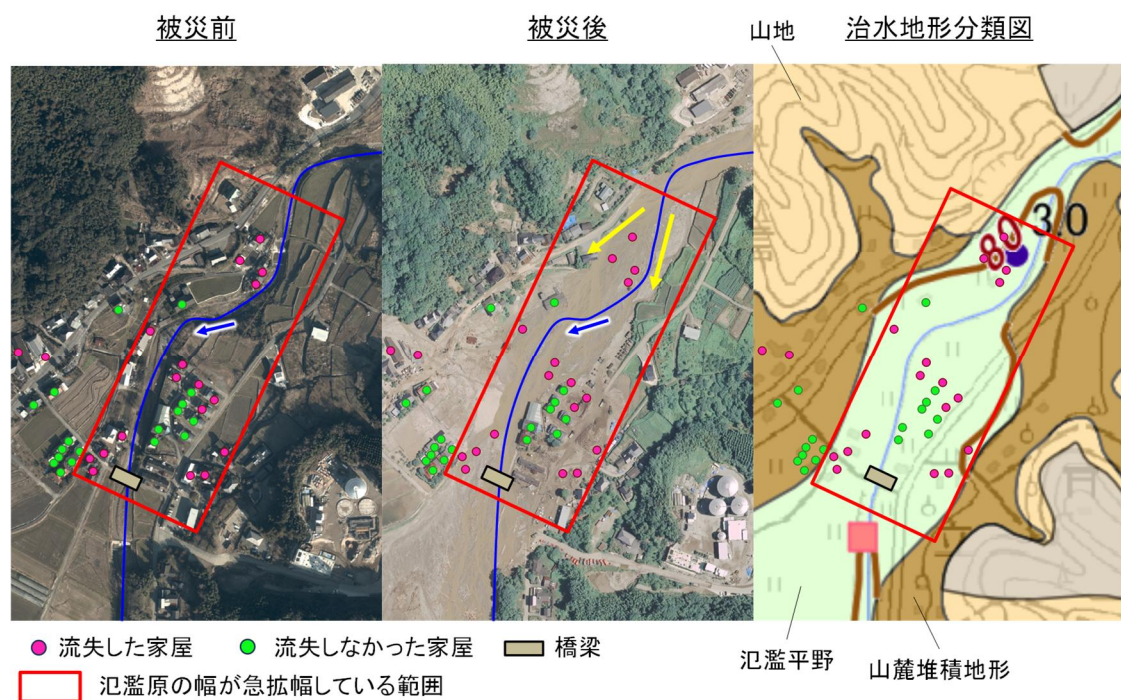


図.技 2-2-2-5 地形的特徴 E の事例（氾濫原の幅が急拡幅しているエリア）

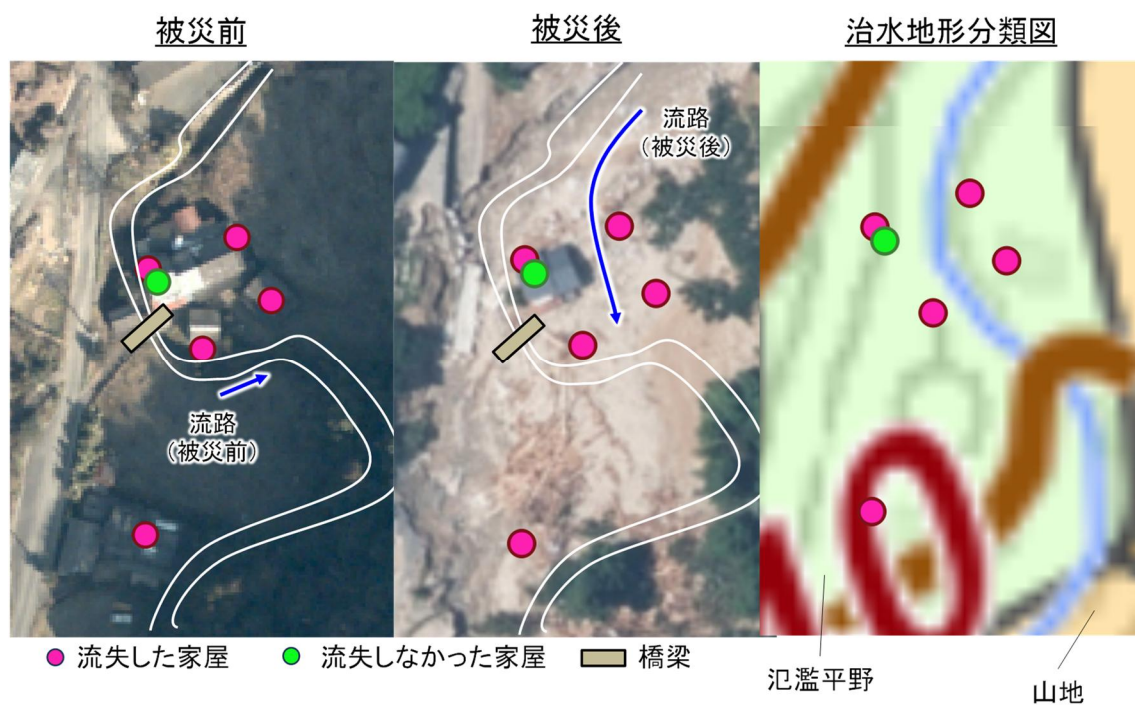


図.技 2-2-2-6 地形的特徴 F の事例（湾曲部内岸側のエリア）

地形的特徴に基づく分類を、筑後川水系赤谷川及び塚田川水系塚田川に適用し、家屋流失が生じうるエリアを推定した。結果を図.技 2-2-2-7 及び図.技 2-2-2-8 に示す。両図より、流失した家屋がいずれかの分類に含まれており、この地形的特徴に基づく分類の妥当性が確認できる。また、概ね氾濫原の全域がいずれかの分類に含まれていることも確認された。

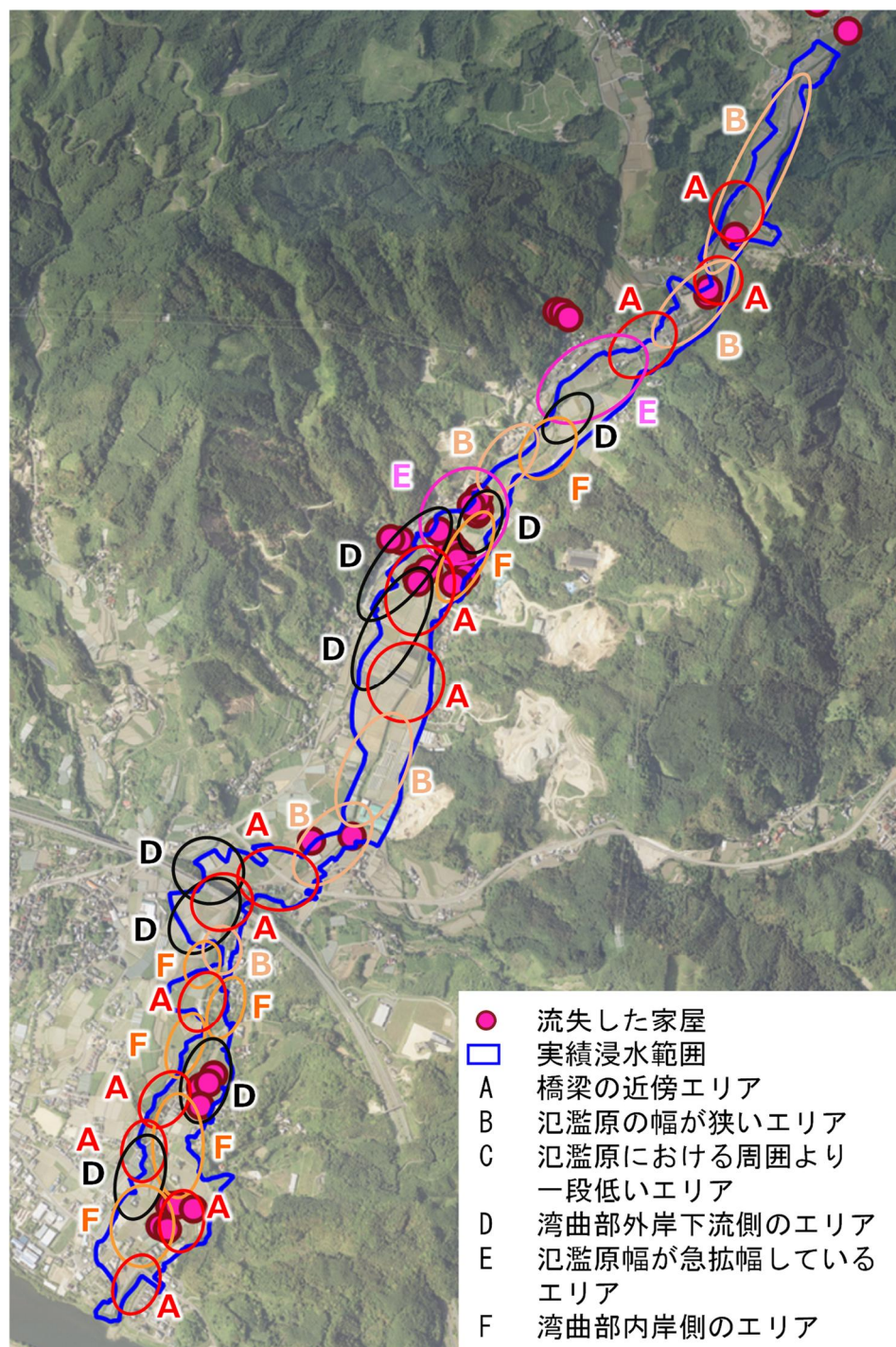


図.技 2-2-2-7 筑後川水系赤谷川に適用した結果

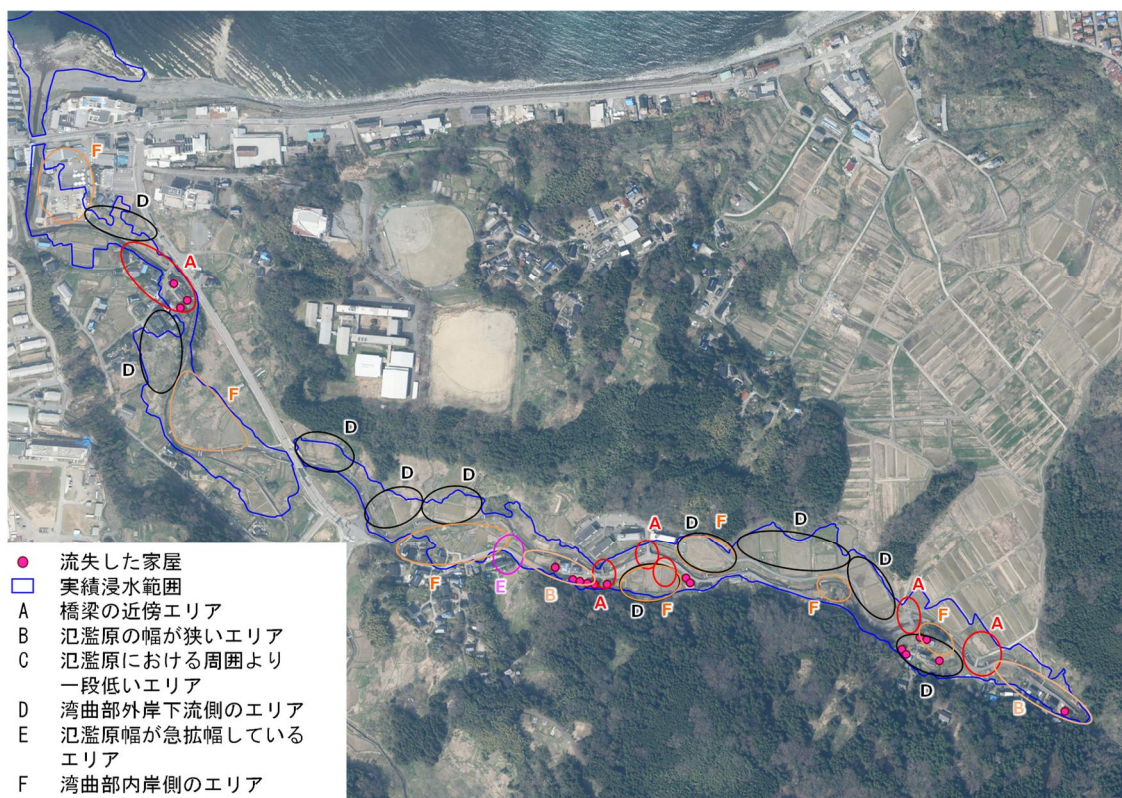


図.技 2-2-2-8 塚田川水系塚田川に適用した結果

なお、周囲よりも高い位置にあるものの、家屋が流失している事例（図.技 2-2-2-9）、家屋周辺の地盤が洗掘され、家屋が流失している事例が認められた。

以上より、地形的特徴に基づく定性的な評価を行った結果、氾濫平野のほぼ全域で家屋流失の危険があることが確認された。

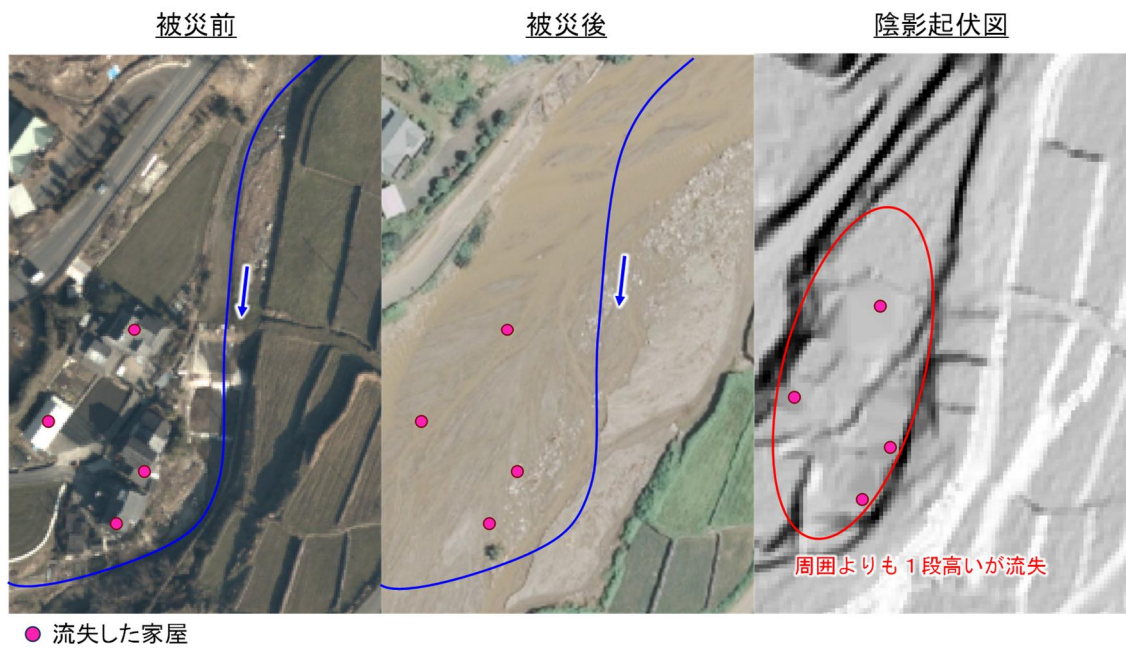


図.技 2-2-2-9 周囲より高い位置にあるものの家屋が流失している事例

(出典)

- 1) 大野純暉・中村賢人・湯浅亮・白山昌義・土屋大輔・武内慶了：中山間地流域における家屋流失評価に向けた河道埋塞を伴う氾濫流についての水理的考察，河川技術論文集，第 32 巻，pp.475-480，2026.

＜技術参考 2-2-3：建築物の耐力と家屋流失の関係性＞

建築物の耐力に関する定性的な評価として、筑後川水系赤谷川を対象に、インターネットで公開されている外観に関する情報や航空写真を用いて、目視で把握した建築物の外観をもとに建築年代を推定した。そのうえで、平成 29 年 7 月九州北部豪雨による建築物の流失・非流失との関係を確認した。表.技 2-2-3-1 に、航空写真から流失・非流失の状態が確認された建築物の件数と、そのうちインターネットで外観を把握できた建築物（分析対象とする建築物）の件数を整理したものを示す。分析の結果、流失した建築物は比較的古い年代のものが、流失しなかった建築物は比較的新しい年代のものが、それぞれやや多い傾向にあった（表.技 2-2-3-2）。

一方、大きな氾濫流が発生したと思われる場所において、建築年代が比較的新しいと思われる建築物でも流失している事例、建築年代が比較的古いと思われる建築物でも流失していない事例の両方が見受けられた。

表.技 2-2-3-1 分析対象とする建築物の件数整理

	航空写真から流失・非流失の状態が確認された建築物の件数※	うちインターネットで外観を把握できた建築物の件数
流失した建築物	43 件	26 件（60.5%）
流失しなかった建築物	146 件	111 件（76.0%）

※土石流による流失可能性が考えられる支川の乙石川、小河内川、大山川流域での事象を除いた件数

表.技 2-2-3-2 建築物の建築年代と流失・非流失との関係

	建築年代が比較的古い建築物（n=66）	建築年代が比較的新しい建築物（n=71）
流失した建築物（n=26）	16 件（61.5%）	10 件（38.5%）
流失しなかった建築物（n=111）	50 件（45.0%）	61 件（55.0%）

このほか、建築物の耐力が流失の有無に関係したと考えられる事例として、生け垣やブロック塀等の外構の存在や、建築物の連担の有無が流失に影響したと考えられる事例もある。

以上より、相対的に安全な建築物を提示するためには、

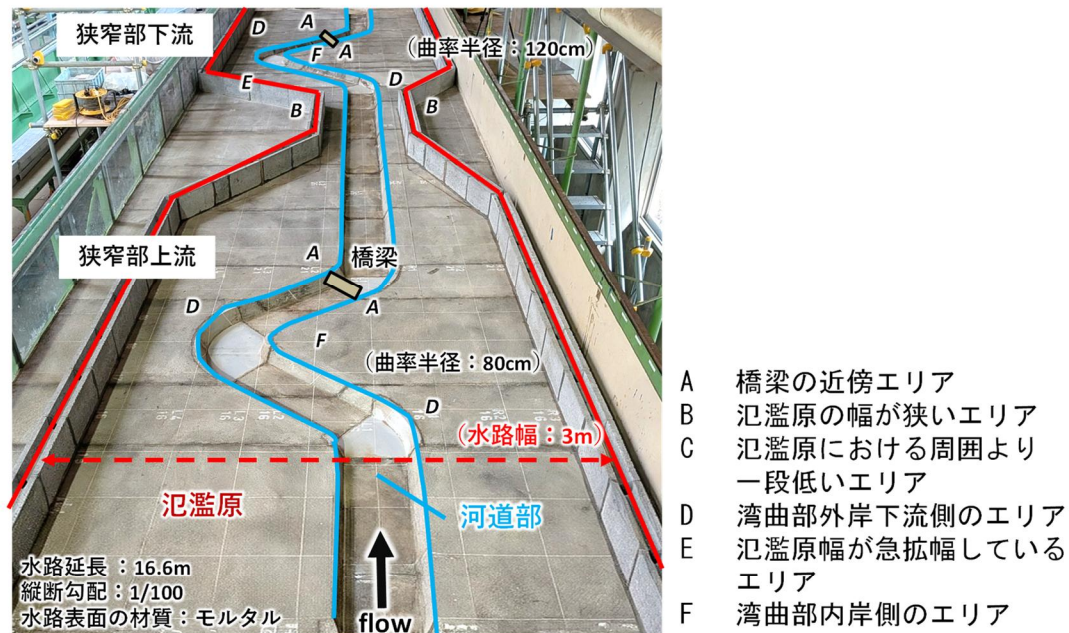
- ・ 建築物周辺の水位・流速を適切に説明する流況解析結果（外力）
 - ・ 建築物の建築構造や建築年代、周辺のブロック塀や生垣の存在状況等（耐力）
- を重ね合わせ分析した事例の蓄積が必要である。

＜技術参考 2-2-4：水理模型実験による現象の把握＞

家屋流失が発生しやすい地形的特徴＜技術参考 2-2-2＞をモデル化し、水理模型実験により、地形的特徴の分類ごとに氾濫流況を調べた。

＜実験水路の概要及び実験条件＞

図.技 2-2-4-1 及び表.技 2-2-4-1 に、実験水路の概要及び実験条件を示す。橋梁を設置した部分の断面は、流木の堆積を考慮し、河道範囲全域を埋塞させる形とした。土砂堆積は、河道埋塞を考慮する形で、氾濫原と同じ高さになるようにした。なお、表.技 2-2-4-1 における河道地形の③・④については、各橋梁を起点として、土砂・流木の堆積に伴い、河道埋塞区間が延伸する過程の一時点における断面を表現している。



水路横断形状（横断勾配は水平）

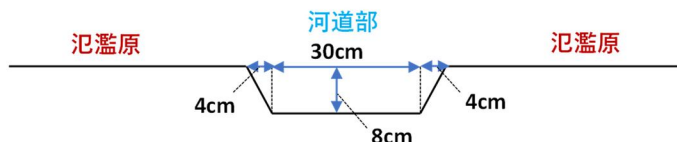
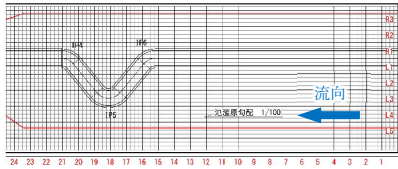
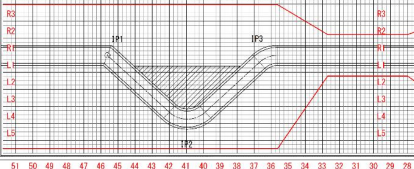
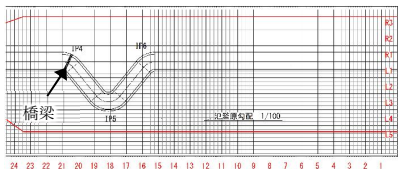
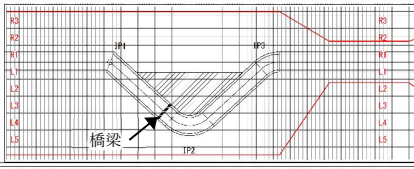
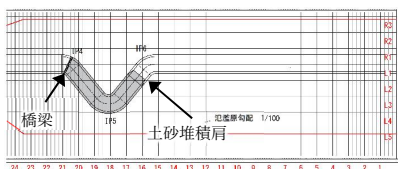
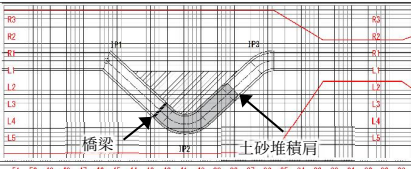
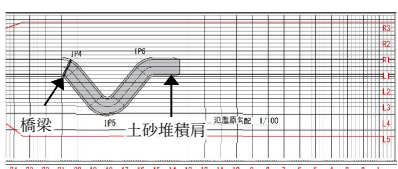
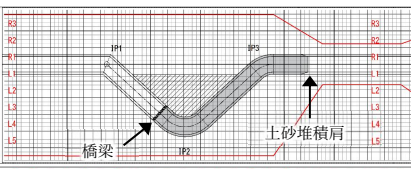


図.技 2-2-4-1 実験水路の概要

（図中 A～F は、技術参考 2-2-2 で整理した地形的特徴の分類と対応している）

表.技 2-2-4-1 実験条件（流量・河道地形）

流量（定常 2 ケース）		
① 河道部の直線区間で河道満杯となる流量（Q1）		
② 想定最大規模を想定した流量（Q2）		
河道地形（固定床 4 ケース）		
	狭窄部上流	狭窄部下流
① 土砂堆積なし		
② 上下流区間の湾曲に橋梁を1基ずつ設置（土砂堆積なし）		
③ ②の条件下で、一部区間に土砂堆積		
④ ②の条件下で、長い区間に土砂堆積		

<実験結果>

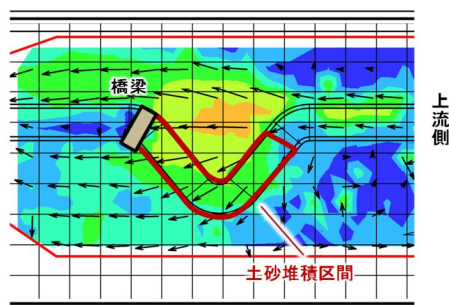
1) 流量規模の違いが氾濫流況に及ぼす影響

図.技 2-2-4-2 に、同一の土砂堆積条件のもとで、流量規模を変えた場合の氾濫流況の違いを示す。下流側に狭窄部があり、下流方向に氾濫原幅が狭くなる場合、流量が大きくなるほど背水影響区間が広がるため、流量が小さい時の方がかえって強い氾濫流が発生する範囲や氾濫流の流速が大きくなる場合があることが明らかになった。なお、この特徴は橋梁や土砂堆積の有無によらず生じたことから、流量規模によって高流速域が変化することが考えられる。これらのことから、氾濫流の高流速域を定量的に評価するためには、幅の広い流量規模を考慮する必要があると考えられる。

流量: Q1 (河道満杯流量)

河道地形: 一部区間に土砂堆積

流速値(m/s) 1.6 1.4 1.2 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2



流量: Q2 (想定最大規模流量)

河道地形: 一部区間に土砂堆積

流速値(m/s) 1.6 1.4 1.2 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2

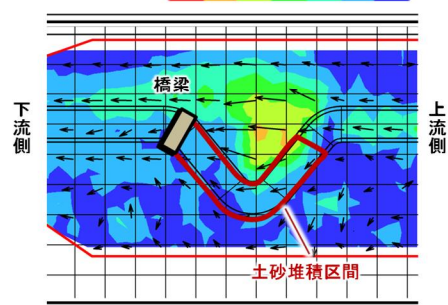


図.技 2-2-4-2 流量規模の違いが氾濫流況に及ぼす影響

(図はいずれも狭窄部上流)

2) 河道部の土砂堆積区間の違いが氾濫流況に及ぼす影響

図.技 2-2-4-3 に、同一の流量条件のもとで、土砂堆積区間長を変えた場合の氾濫流況の違いを示す。同じ流量流下時においても、土砂堆積区間の違いによって高流速域となる範囲が異なる。これより、氾濫流の高流速域を定量的に示すためには、洪水中に時々刻々と変化する土砂・流木の堆積状況を考慮する必要がある。

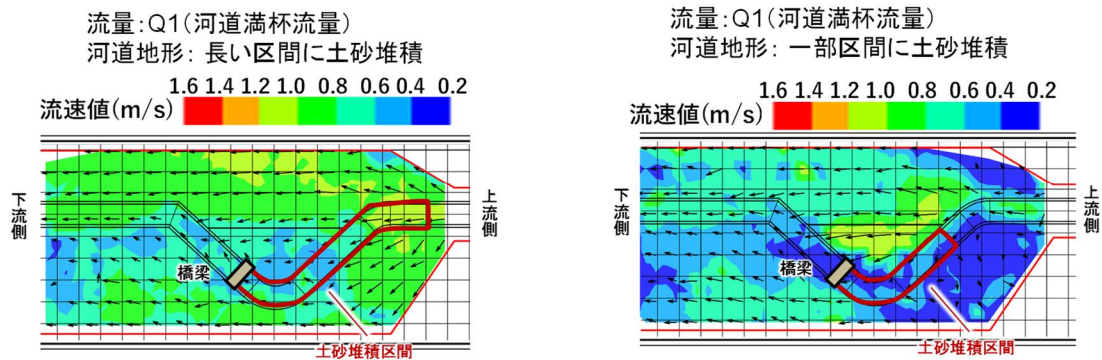


図.技 2-2-4-3 堆積区間の違いが氾濫流況に及ぼす影響

(図はいずれも狭窄部下流)

3) 河道からの氾濫開始地点において発生する局所的な上昇流

図.技 2-2-4-2 や図.技 2-2-4-3 で示した高流速域の上流側では、図.技 2-2-4-4 に示すように、流れの剥離によって死水域が生じていることや、水衝部となっている氾濫開始エリアにおいて鉛直方向の流れが卓越することによる局所的な水位上昇が生じていた。家屋流失が生じるような高流速域を定量的に評価するためには、局所的な水位上昇を計算可能な手法を用いる必要があると考えられる。

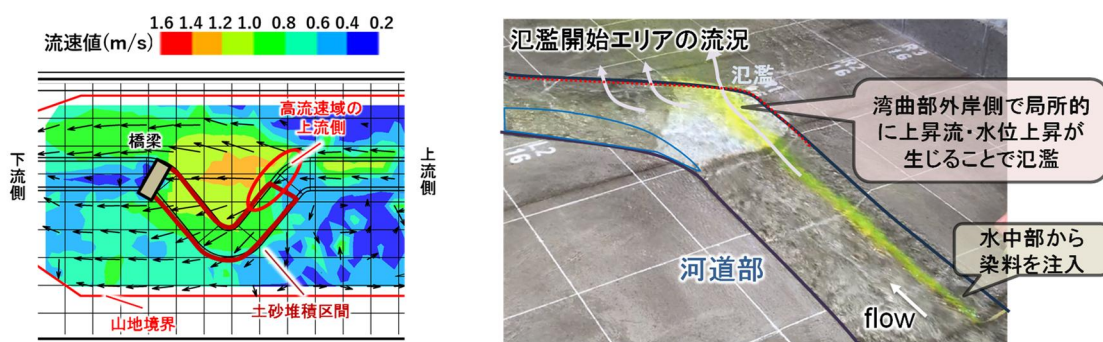


図.技 2-2-4-4 河道満杯流量流下時の湾曲部入口部における流況

(参考文献)

- 1) 大野純暉・中村賢人・湯浅亮・白山昌義・土屋大輔・武内慶了：中山間地流域における家屋流失評価に向けた河道埋塞を伴う氾濫流についての水理的考察，河川技術論文集，第 32 巻，pp.475-480，2026.