

総合土砂管理計画

—— 姫川流域をモデル流砂系として ——

本郷国男* 梶木敏仁**

1. はじめに

我が国の国土は、地質が脆弱で地形も急峻なことから、山地の崩壊や侵食によって土砂生産が活発である。山地部で生産された土砂は、溪床では土石流等となって流下・堆積し、河道・河口・海岸では掃流や浮遊砂として流下・堆積している。このような土砂移動現象が続いた結果として、溪床部、河道部、河口部、海岸部の地形が形成されている。

明治以降の急激な人口増加と都市化により、土地利用が高度化した結果、国土の約10%しかない洪水の氾濫原に、人口の約50%、資産の約75%が集中するに至り、突発的な土砂の移動により人命や財産を失う甚大な土砂災害が発生している。

土砂は水と異なり、連続性をもって流れるものではなく、堆積と移動を繰り返しながら時間的・空間的にも不連続的に移動する特性をもっている。

このような土砂移動現象の特性と人間生活空間との関係から、土砂に関する問題は、山地・山麓部、扇状地部、平野部、河口・海岸部等のそれぞれの領域ごとに様々な形で発生している。例えば、山地部では、山腹崩壊、地すべり、土石流等による直接的な災害や荒廃地からの流出土砂による河床上昇が洪水氾濫の危険性を増大させており、河口・海岸部では、河床低下、河口閉塞、海岸線の後退等の問題が発生している。

一方、土砂に係わる問題は土砂災害への危険性や防災施設の機能低下をもたらすことばかりでなく、河川・海岸環境や散策、公園等利活用へも影響を及ぼすため、洪水時、平常時を問わず、河川や海岸の安全、自然環境、利活用の面と深く関わっている。

従来、このような問題に対しては、山地・山麓部、扇状地部、平野部、河口・海岸部等のそれぞれの領域での対応で解決が図られ、それぞれの効果が得られ

てきている。しかし、各領域からの土砂移動に関する原因と影響が広範囲の場合には、各領域の関係者間の意思疎通の問題もあり、領域ごとの対応では限界がある場合もある。このような場合も含めて、土砂に係わる問題を流域の源頭部から河口・海岸部を「流砂系」という概念で捉え、流砂系を一貫して長時間に及ぶ現象として捉えることが必要になっている。

このような状況の下で、平成10年度の新規施策の一環として、総合土砂管理計画に関する検討を行ってきた。ここでは長野県、新潟県にまたがる姫川流域をモデル流砂系として、検討成果を紹介するものである。本報告では特に、本川、河口部からみた各支川における整備目標土砂量の設定方法について述べることにする。

2. 総合土砂管理に関する経緯

総合土砂管理に関する経緯としては、平成7年3月河川審議会答申「今後の河川環境のあり方について」、平成8年6月の同答申「21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について」、及び平成8年12月の同答申「社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について」を受け、新たな河川行政が始動したことが挙げられる。新たな河川行政を実施するに際して、現行の水に関する行政の枠組みだけでは解決できない課題があった。この課題のひとつが「総合土砂管理」である。ちなみに、他の課題は「水循環」、「川に学ぶ」、「都市内河川」、「危機管理」である。

総合土砂管理に対する課題は、平成9年6月5日建設大臣から河川審議会へ、森林を含む山地部、山麓部、平野部、河口・海岸部等における堆積・侵食等の土砂に係わる環境面も含めた問題に対して、自然との調和を図った総合的な土砂管理の確立に向けた課題が諮問された。

河川審議会 総合土砂管理小委員会（委員長：高橋保 京都大学防災研究所教授）は平成9年9月19

* 建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所調査課長

** (財)砂防・地すべり技術センター砂防部主任技師

日から平成10年6月17日まで5回に及ぶ審議を踏まえ、小委員会報告をとりまとめている。その骨子は以下のとおりである。なお、報告については建設省HPにあるので、そこを参照されたい。

- ・総合土砂管理小委員会は、問題解決の新たな視点として流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域を「流砂系」という概念で捉え、総合的な土砂管理の考え方、具体的施策を実施する。
- ・総合的な土砂管理の目標として、それぞれの河川・海岸のもつ特性を踏まえ、土砂の移動による災害の防止(安全)、生態系、景観等の環境の保全(環境)、河川・海岸の適正な利活用(利活用)を図る。
- ・土砂管理上の問題が顕在化している流砂系において、モデル的に実態把握に基づき効果、影響を見る上での対策を実施するとともに、総合的な土砂管理計画の策定を目指して、土砂管理上問題が顕在化している流砂系において土砂の量及び質に関する流砂系一貫したモニタリングを組織的・体系的に実施。
- ・当面推進する施策として、モニタリング結果に基づき、「土砂を流す砂防」、「ダムにおける新たな土砂管理システムの確立」、堆積した土砂を侵食傾向にある河道、海岸に活用する「流砂系内土砂再生化システムの構築」等を行う。
- ・総合的な土砂管理を効率的かつ効果的に推進するため、砂防、森林、ダム、河川及び海岸等の関係行政機関の一層の連携を図り、学識経験者、地域住民等と意見交換する。
- ・今後さらに有効かつ効率的な総合的な土砂管理を推進すべく、予知・予測手法の検討や土砂の量と質のモニタリングを効率的に行うためのシステムを構築する。

総合土砂管理小委員会等の報告を受けて、平成11年3月には河川審議会答申「新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方」が報告された。これらの報告を踏まえて、「流砂系総合土砂管理計画策定の手引き(案)調査編、計画編 平成11年3月 流砂系総合土砂管理研究会」や「土砂移動モニタリングガイドラインマニュアル(案)試行 平成11年7月 建設省河川局・建設省土木研究所」が策定されている。

さらに平成11年度から平成13年度の予定で、建設省技術研究会指定課題として「流砂系における土砂移動実態に関する研究」が実施され、土砂生産・移動モニタリング手法の開発やモデル流砂系での土砂

移動実態の解明が行われる。

3. 姫川の概要

(1) 流域概要

姫川は、長野県北安曇郡白馬村南部にその端を発生し、北流して小谷村、新潟県糸魚川市を経て日本海に注ぐ幹線流路長約50km、流域面積約720km²(砂防基準点上流(大正橋地点)686km²)を有する一級河川である。

姫川は日本列島を東西に分断する糸魚川-静岡構造線に沿って流下している。本川の西側の左岸流域は、中流域では第4紀の火山岩類、それ以外の古生層が形成する急峻な山岳地帯となっている。一方、対岸の右岸流域は、新第3紀層が形成するやや急峻な山岳地帯を呈している。

新第3紀層を有している流域では、岩石の風化、破碎及び粘土化が著しく発達しており、また全国的にも有数の地すべり地帯である。第4紀の地質を有している流域では河川の顕著な下刻作用による大規模な土砂生産が行われており、多量の土砂を本川に流入させている。図-1に流域位置図を示す。

(2) 平成7年災害

姫川流域では平成7年7月11～12日にかけて新

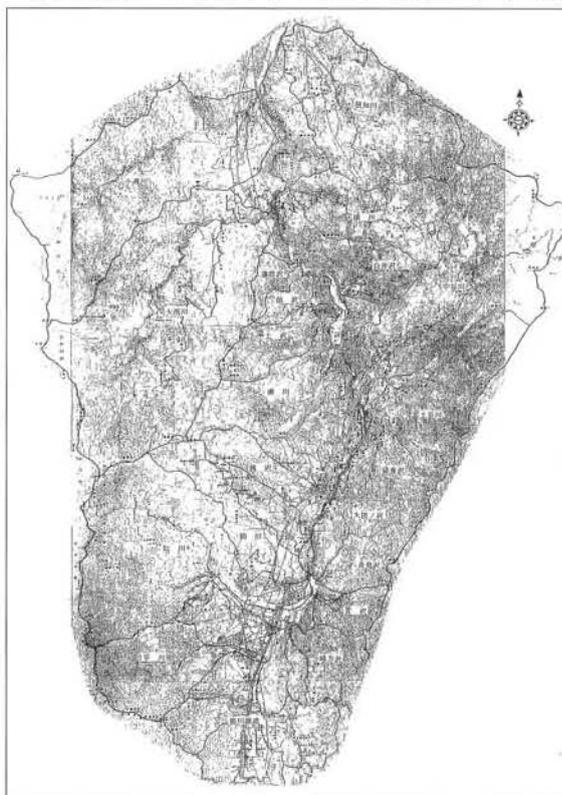


図-1 流域区分図

潟、長野、富山県境の白馬連山を中心に停滞した梅雨前線により400mmを超える集中豪雨に見舞われ、土石流、河岸の決壊、道路・鉄道の流失、家屋の埋没・倒壊など甚大な被害が発生した。しかし、幸いにも適切、迅速な避難行動により人的な被害は生じなかった。

流域平均連続雨量は392.3mmと観測史上最大規模の降雨を記録し、特に11日夕刻から夜半にかけては、時間雨量50mm前後の強い雨が続き、各地で山腹崩壊や土石流が発生した。このため、姫川流域では中上流域において山間部の支川からの大量の土砂流入や本川の河岸侵食により、姫川温泉上下流、JR大糸線小滝駅上流部等において異常な河床上昇、土砂堆積を生じさせた。

このような現象の時空間分布を把握するため、地域住民や防災担当者にヒアリングを行った。その結果、以下のような点が明らかとなった。

- ① 流域内の崩壊や土砂流出は11日17時～21時に集中している。しかし、中谷川の土砂流出は他の流域よりも遅く、12日午前中に集中的に発生している。土砂流出が遅く、流量も少なかったことから、中谷川本川には全区間で3～4 m程度の土砂が堆積したと考えられる。
- ② 本川の河岸侵食（洞門の倒壊等）は洪水前半に

発生したと考えられ、その後の土砂流出により本川河床には土砂が堆積したと考えられる。このことは各支川では洪水前半に土砂生産があったが、本川への土砂流出はまだ少なく、洪水ピーク以降に土砂流出が多かったことを示していると考えられる。

- ③ 小谷村雨中・糸魚川市山本橋地点のピーク水位は11日20時頃であるが、姫川温泉付近の最高水位は12日12時～15時であった。この時間帯は民家や旅館が流失した時間と一致している。このことから12日昼過ぎには多量の土砂が河床に堆積していたと考えられる。

これらを取りまとめると、平成7年災害は11日17時～21時頃に各支川で土砂生産が集中的に発生したが、本川への土砂流出は遅かったため、本川の河岸が侵食され、本川への土砂供給が多くなった。本川における土砂堆積は、本川の河岸侵食と各支川からの土砂流出により12日午後に顕著になった。本川での土砂堆積状況は洪水のピークと一致していなかった。また、地すべり地が多い中谷川の土砂流出は他の支川よりも半日程度遅かったため（洪水のピークよりも遅い）、中谷川での土砂堆積に影響を及ぼしたと考えられる。

4. 各支河川の整備目標土砂量の設定（必要土砂量の検討）

（1）検討方法

姫川流域では、前述したとおり平成7年災害時には各支川では土石流あるいは土砂流等で溪床が上昇し、本川河道においては各支川からの流出土砂や河岸侵食等によって河床上昇を引き起こした。一方、平成7年災害前の姫川流域では橋梁のピア等の局所洗掘に見られるように河床低下が卓越していた。

このように、土砂生産域である各支川からの流出土砂を検討する上では、大規模洪水時の土砂移動への対応と平時の土砂移動時を分けて考える必要がある。すなわち、大規模洪水時の土砂移動では計画許容高以内に抑えるような各支川での流出抑制を考えるとともに、平時の土砂移動では橋梁等の局所洗掘を防止するような土砂の供給（流出）を必要とすることが必要である。

そのためには、各支川における計画流出土砂量及び流出土砂の粒度組成を踏まえ、各支川における大規模洪水時あるいは平時の適切な流出土砂量、すなわち整備目標土砂量を検討し、設定することが肝要である。

姫川本川からみた各支川の整備目標土砂量について検討

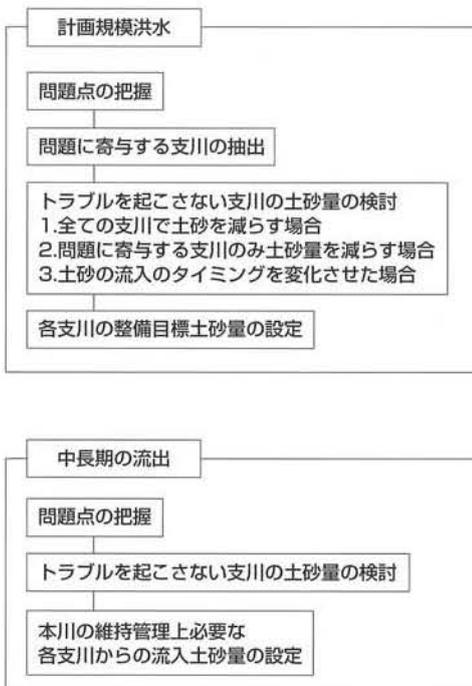


図-2 検討フローチャート

フローに従い以下の2つの観点から検討した。図-2には検討フローチャートを示す。

① 計画規模（短期）

計画規模としては様々なケースが考えられるが、今回は平成7年7月災害を計画規模とした。よって、計画規模時の整備目標土砂量としては平成7年7月災害と同様な土砂生産・流出が発生したときに、姫川本川で問題が発生しない各支川からの流入土砂量とした。

② 中長期の流出（10年間流出）

本川の治水上、利水上の機能の保全、かつ、望ましい河川環境の確保を図るために必要な各支川からの流入土砂量（姫川本川の維持管理に必要な流入土砂量）とした。

検討に際しては、1次元河床変動シミュレーションを用いて、整備目標土砂量を設定した。

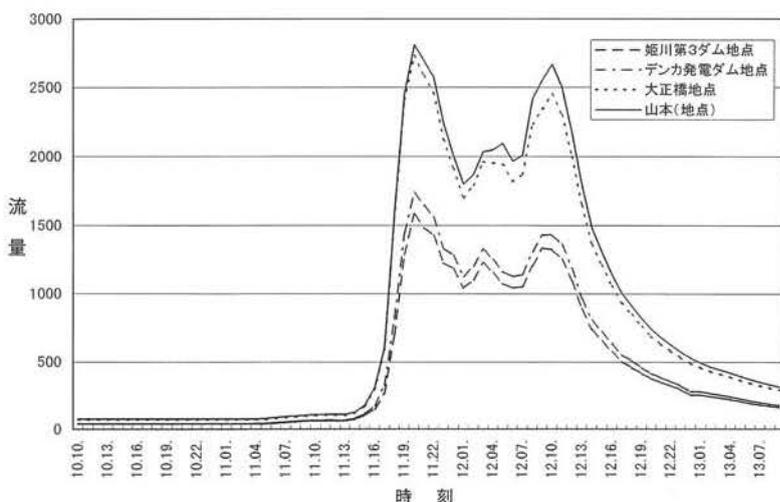


図-3 ハイドログラフ(H7.7再現)

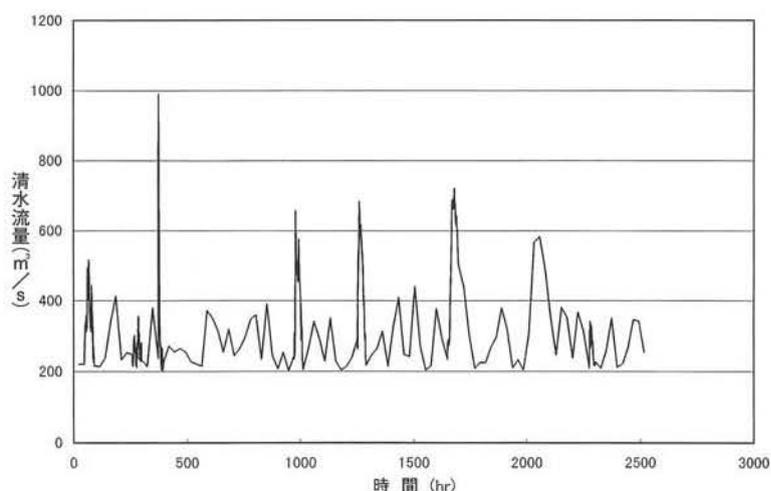


図-4 ハイドログラフ(中長期、10年間実績、200z/s以上)

(2) 検討範囲

検討範囲は平川合流点から河口までの約51km区間の姫川本川を対象とした。本川の初期河床は河川改修後の計画河床とした。なお、その区間に存在する直轄砂防流域を含む19支川は1次元河床変動計算の計算範囲から除外したが、本川への土砂供給として設定した。

(3) 1次元河床変動シミュレーション

1次元河床変動シミュレーションでは、流砂量式は芦田・高橋・水山式を用い、粒径別無次元掃流力は修正 Egiazaroff 式を用いて求めた。

ハイドログラフや粒度分布等の計算条件は、下記のとおりである。

① ハイドログラフ

計画規模洪水の計算に用いたハイドログラフは、

平成7年災害の降雨実績から貯留関数法によって作成されたハイドログラフとした。また、中長期のハイドログラフについては、昭和61年から平成7年（10年間）の山本流量観測所で観測された実績流量から200 m³/s以上のものを抽出し、作成した。図-3、4には計画規模時のハイドログラフ、中小洪水時のハイドログラフをそれぞれ示す。

② 粒度分布

粒度分布は、支川からの流入土砂の粒度分布、本川における粒度分布に分けて、それぞれ設定した。

③ 粗度係数

粗度係数は河道計画に準じて上流域では0.045とし、下流域（直轄区間）では0.04とした。

(4) 検討ケース

検討ケースは平成7年災害（計画規模）と中長期の洪水の2つに分けて検討し、表-1(1)(2)（14頁）に示す計30ケースを対象とした。

(5) 検討結果

① 計画規模

図-5(1)(2)（15頁）には検討結果の一

研究成果

表-1(1) 計画規模での計算ケース

検討項目	CASENo.	土砂量	土砂の考え方	粒度分布	
計画規模でのトラブルスポットの抽出 各支川が本川に与える影響把握 (各支川からの土砂が無い場合の影響)	C-1-1	H 7 災害規模	H 7 災害再現と同じ。	崩壊土砂量考慮	
	C-1-2(1)~(2)	1 支川のみ H 7 災害規模の土砂量を与える。 他は 0		*	
	C-1-3	H 7 災害規模の1/2	C-1-1の流砂量を1/2とする。	*	
	C-1-4	H 7 災害規模の1/3	C-1-1の流砂量を1/3とする。	*	
	C-1-5	H 7 災害規模の3/4	C-1-1の流砂量を3/4とする。	*	
	本川で問題を生じない土砂量の検討	C-1-6	問題となる 8 支川のみ H 7 災害規模の1/2	問題となる支川のみ C-1-1の流砂量を1/2とする。	*
		C-1-7	問題となる 8 支川のみ H 7 災害規模の1/3	問題となる支川のみ C-1-1の流砂量を1/3とする。	*
		C-1-8	問題となる 8 支川のみ H 7 災害規模の3/4	問題となる支川のみ C-1-1の流砂量を3/4とする。	*
		土砂の流出のタイミングを考慮	C-1-6-2	C-1-6と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水前期に土砂を流出させる。
	C-1-6-3		C-1-6と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水後期に土砂を流出させる。	*
C-1-7-2	C-1-7と同じ		C-1-1と同じ流砂量で、洪水前期に土砂を流出させる。	*	
C-1-7-3	C-1-7と同じ		C-1-1と同じ流砂量で、洪水後期に土砂を流出させる。	*	

表-1(2) 中長期での計算ケース

検討項目	CASENo.	初期河床	土砂量	粒度分布	河床材料
支川からの土砂が無い場合の問題点の検討	C-3		無し	-	CASE-1
	C-6	計画河道	1年間でH 7 災害規模の土砂量	崩壊土砂を考慮せず	*
支川からの土砂量がある場合の問題点の検討	C-8-1		H 7 災害時の残留土砂量	*	*
	C-9-1	計画河道	下流が洗掘しないような土砂量 1	*	CASE-1
C-8-1の結果から、下流の洗掘が生じない土砂量を与える	C-9-2		下流が洗掘しないような土砂量 2	*	*
	C-9-3		下流が洗掘しないような土砂量 3	*	*
	C-8-2	計画河道	H 7 災害時の残留土砂量	*	CASE-2
	小滝川合流点下流区間の粒径を変化	C-11-1		下流が洗掘しないような土砂量 4	*
C-11-2			下流が洗掘しないような土砂量 5	*	*

例としてC-1-1の結果を示す。図-6(16頁)には各ケースにおけるトラブルスポットとその状況を示す。表-2(1)(2)(17~18頁)には各検討ケースの結果の概要を示す。

C-1-1は本川におけるトラブルスポットを抽出したケースである。その結果、姫川第3ダム上流(著しい河床上昇)、姫川第3ダム~第5姫川橋梁区間(河床上昇による制限水位超過)、浦川~土沢合流区間(河床上昇による溢水)、デンカ発電ダム地点(溢水)、第6、5、4下姫川橋梁付近(河床上昇による溢水または制限水位超過)、第2、1下姫川橋梁付近(河床上昇による制限水位超過)がトラブルスポットとして抽出された。すなわち、本川河道部において河道改修を行ったとしても平成7年災害規模の土砂量、粒径が各支川から流出すると、本川部においても土砂災害が発生する可能性が高い結果となった。したがって、各支川からの土砂の抑制(土砂量の抑制、粒径の調整)を行う必要がある結果となった。

C-1-2(1)~(2)は、C-1-1で示されたトラブ

ルスポットがどの支川からの流出土砂による影響であるかを検討したケースである。検討方法としては、支川からの流出土砂は1つの支川のみとし、他の支川からの土砂は0とすることによって、支川からの流出土砂の影響を検討した。このケースによって、姫川第3ダム上流域の河床上昇には猿倉沢、土谷川が影響し、小谷橋付近(浦川~土沢間)の河床上昇には中谷川、浦川、土沢が影響し、姫川第7ダム上流域の河床上昇には蒲原沢、大所川、横川が影響している結果となった。さらに、全ての支川からの流出土砂量が無い場合には本川において顕著な洗掘が起こる結果となった。

C-1-3~C-1-5は各支川一律に土砂量を減少させたケースである。このケースでは、姫川第3ダムや小谷橋上流、姫川第7ダム上流の第4下姫川橋梁地点の著しい河床上昇を抑制するためには、土砂量を1/2~1/3とする結果となった。しかしながら、その場合、第5姫川橋梁や小滝川合流点下流で2m以上の河床洗掘が生じる結果となり、一律に流出土砂を減少させることは本川河

道に対して問題が発生することとなった。

C-1-6～C-1-8はC-1-2(1)～(20)の結果を受けて本川でトラブルを生じさせている8支川に対して、土砂量を変化させたケースである。姫川第3ダムの土砂堆積を抑制するためには、猿倉沢、土谷川、中谷川の土砂量を1/2程度、小谷橋上流での土砂堆積を防ぐためには、浦川・土沢の土砂量を1/2～3/4程度減らす必要がある結果となった。小滝川下流での河床低下防止かつ、姫川第7ダム上流の河床上昇（特に第4下姫川橋梁）

を抑制するためには、蒲原沢、大所川、横川の土砂量を1/2～1/3とする必要がある結果となった。

C-1-6-2～C-1-7-3は土砂供給のタイミングを変化させたケースである。第5姫川橋梁地点の洗掘と小谷橋上流の堆積では後半流出型が有効であり、小滝川下流の洗掘には前半流出型が有効である結果となった。

② 中長期

C-3～C-11-2は、計画河道下における平常時出水によって本川河床状況がどのように変化するかを把握するためのケースである。

各支川から土砂供給が無い場合(C-3)では、本川では断続的な河床低下を示したため、平時においては適度な土砂供給が必要である結果となった。C-6～C-11-2では、土砂量の相違によって河床上昇が生じる箇所、河床低下が生じる箇所が異なる結果となった。河床低下に関しては大所川、横川、小滝川、根知川からの供給土砂量が影響を及ぼしている結果となった。姫川第7ダム下流の粒径を $dm=6.8$ cmから $dm=9.52$ cmに変化させた場合(C-18～20)では、小滝川下流での洗掘が1 m程度となり、大所川、横川、小滝川、根知川の土砂量を変化させた場合にはトラブルスポットが無くなる結果となった。

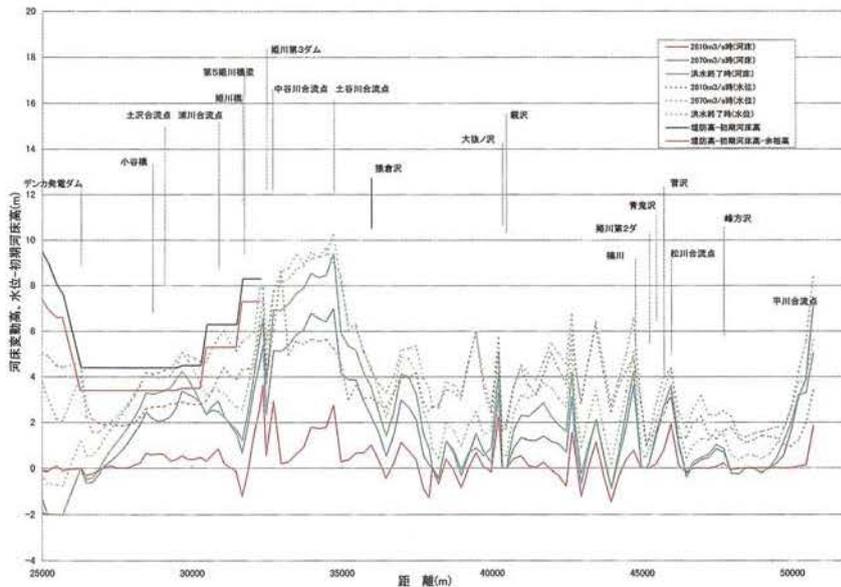


図-5(1) 河床変動高縦断面図 (計画規模C-1-1)

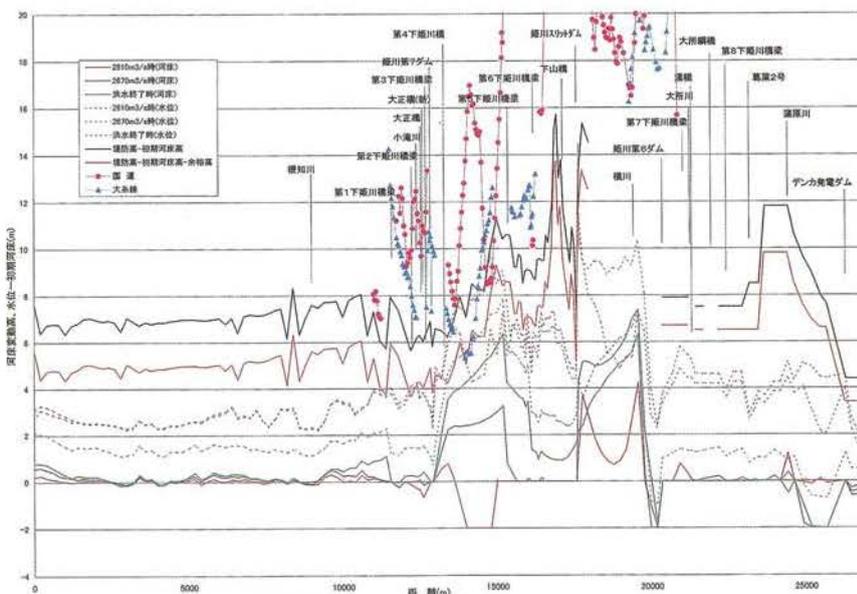


図-5(2) 河床変動高縦断面図 (計画規模C-1-1)

5. 考察

平成7年災害規模では、各支川の流出土砂量を一律に減少させると、河床上昇には対処できたが、逆に河床低下を引き起こす結果となった。したがって、全ての支川において土砂流出を一律に減少させるのではなく、本川と支川の位置、本川河道の状況、流出土砂量によって変えることが

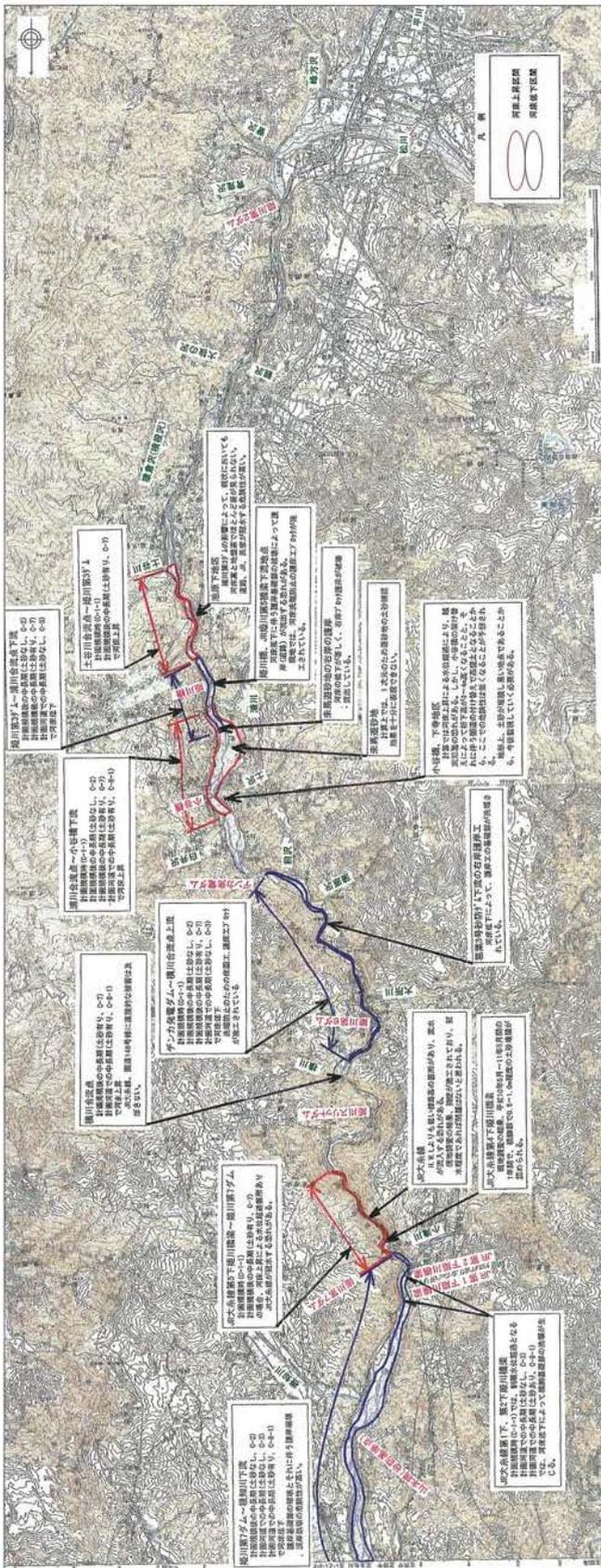


図-6 トラブルスポット地点

必要である。このことは、平成7年災害と同様な土砂災害に対応するためには、各支川で同様な土砂の整備を行うのではなく、支川ごとに対策方法や土砂整備の重要度が異なることを示している。具体的には、平成7年災害規模と同様な土砂災害に対応するためには、猿倉沢、土谷川、中谷川、浦川、土沢、蒲原沢、大所川、横川で平成7年災害規模の約1/2となるような対策を実施することが必要である。また、本川におけるトラブルに対応するためには、土砂流出のタイミングを考慮することで可能となる。

中長期の土砂流出に対しては、本川下流域で河床低下を生じさせないためには流域全体で100万m³/年程度(約1,400m³/年/km²)の土砂が必要である。特に、大所川、横川、小滝川、根知川においては平時から土砂を極力流す必要がある。さらに、粒径を変化させると、河床変動状況も変化するため、適切な粒径調整も行うことが肝要である。

このように、流砂系土砂管理計画における整備目標土砂を設定するためには、図-7のような設定方法を用いることによって可能となる。さらに、このような方法を用いることによって流出土砂を抑制すべき支川、土砂を流す必要がある支川を把握することが可能となる。図-7は平成7年災害時のような豪雨時ばかりでなく、平時でも同様である。

6. おわりに

本研究では、平成7年災害規模を対象として本川においてトラブルを生じさせる支川を抽出し、その整備目標土砂量を設定した。紙面の都合上割愛したが、大所川を例にして、整備目標

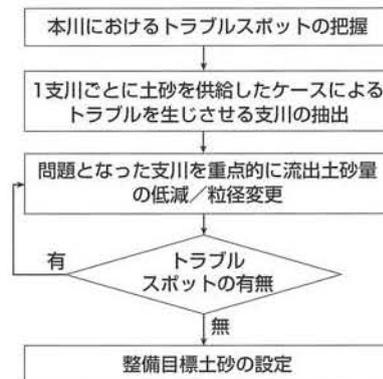


図-7 整備目標土砂の設定方法

表-2(1) 計画規模での検討結果

検討項目	CASE No.	土砂量	土砂の考え方	粒度分布	結果
計画規模でのトラブルスポットの抽出	C-1-1	H 7 災害規模	H 7 災害再現と同じ。	崩壊土砂量考慮	問題点（トラブルスポット）として ・姫川第3ダム上流（著しい河床上昇） ・姫川第3ダム～第5 姫川橋梁区間（河床上昇による制限水位超過） ・浦川～土沢合流区間（河床上昇による溢水） ・デンカ発電ダム地点（溢水） ・第6、5、4下姫川橋梁付近（河床上昇による溢水または制限水位超過） ・第2、1下姫川橋梁付近（河床上昇による制限水位超過）
	C-1-2(1)～(20)	1 支川のみ H 7 災害規模の土砂量を与える。他は 0		◇	問題点に寄与する支川として、 ・姫川第3ダム上流の河床上昇 → 猿倉沢、土谷川 ・小谷橋付近（浦川～土沢間）の河床上昇 → 中谷川、浦川、土沢 ・姫川第7ダム上流の河床上昇 → 蒲原沢、大所川、横川 また、各支川からの流出土砂量が無い場合、異常洗掘が起こる。
本川で問題を生じない土砂量の検討	C-1-3	H 7 災害規模の1/2	C-1-1の流砂量を1/2とする。	◇	土砂量をすべての支川で1/2、1/3、3/4とした結果 ・姫川第3ダムや小谷橋上流、姫川第7ダム上流の第4下姫川橋梁地点の著しい土砂堆積を抑制するためには、土砂量を1/2～1/3とする必要がある。しかしながら、その場合、第5 姫川橋梁や小滝川合流点下流で2 m以上の河床洗掘が生じる。
	C-1-4	H 7 災害規模の1/3	C-1-1の流砂量を1/3とする。	◇	
	C-1-5	H 7 災害規模の3/4	C-1-1の流砂量を3/4とする。	◇	
	C-1-6	問題となる8支川のみH 7 災害規模の1/2	問題となる支川のみC-1-1の流砂量を1/2とする。	◇	土砂量を以下の支川についてのみ1/2、1/3、3/4とした結果 猿倉沢、土谷川、中谷川、浦川、土沢、蒲原沢、大所沢、横川
	C-1-7	問題となる8支川のみH 7 災害規模の1/3	問題となる支川のみC-1-1の流砂量を1/3とする。	◇	・姫川第3ダムの土砂堆積を抑制するためには、猿倉沢、土谷川、中谷川の土砂量を1/2程度とする必要がある。
	C-1-8	問題となる8支川のみH 7 災害規模の3/4	問題となる支川のみC-1-1の流砂量を3/4とする。	◇	・小谷橋上流での土砂堆積を防ぐためには、浦川・土沢の土砂量を1/2、3/4程度減らす必要がある。 ・小滝川下流での洗掘が起こらないように、姫川第7ダム上流の土砂堆積（特に第4下姫川橋梁）を抑制するためには、蒲原沢、大所川、横川の土砂量を1/2～1/3とする必要がある。 ・すなわちC-1-6が妥当であると考える。
土砂の流出のタイミングを考慮	C-1-6-2	C-1-6と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水前期に土砂を流出させる。	◇	支川からの流出土砂のタイミングを ① C-1-1と土砂供給時間は同じで、土砂濃度を1/2（or1/3） ② C-1-1の供給開始時間と土砂濃度は同じとし、供給時間を短くする（前半流出型） ③ C-1-1の供給終了時間と土砂濃度を同じとし、供給時間を短くする（後半流出型） に変化させた結果 第5 姫川橋梁地点の洗掘と小谷橋上流の堆積 → 後半流出型が有効 小滝川下流の洗掘 → 前半流出型が有効 となる。よって、姫川本川の河床変動を考える上で、支川からの土砂の流出のタイミングは重要となる。
	C-1-6-3	C-1-6と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水後期に土砂を流出させる。	◇	
	C-1-7-2	C-1-7と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水前期に土砂を流出させる。	◇	
	C-1-7-3	C-1-7と同じ	C-1-1と同じ流砂量で、洪水後期に土砂を流出させる。	◇	

研究成果

表 2(2) 中長期での検討結果

検討項目	CASE No.	初期河床	土砂量	粒度分布	河床材料	結果
中長期 (計画河道) 支川からの土砂が 無い場合の問題点 の検討	C-3	計画河道	無し	-	CASE-1	各河川から土砂の供給がない場合 姫川本川は本川は断続的な河床低下を 示す。よって、平時においては適度な土 砂供給が必要である。
	C-6		1年間で平成7年災害規 模の土砂量	崩壊土砂を考慮せず	〃	土砂量が多すぎて現実的ではない。
支川からの土砂量 がある場合の問題 点の検討	C-8-1	計画河道	平成7年災害時の残留土 砂量	〃	〃	・JR姫川下第5橋梁地点は、姫川第7ダ ムからの堆積遡上によって、H.W.L近 くまで土砂が堆積する。一方で、小滝 川～河口区間は時間の経過とともに河 床低下が進行する。
	C-9-1		計画河道	下流が洗掘しないよう な土砂量 1	〃	CASE-1
C-8-1の結果から、 下流の洗掘が生じ ない土砂量の検討	C-9-2	計画河道	下流が洗掘しないよう な土砂量 2	〃	〃	下流の洗掘土砂量を考慮して大所川、 横川、小滝川、根知川の土砂量を設定し た。姫川第7ダム上流の土砂堆積状況及 び小滝川下流の洗掘状況を考慮すると、 C-9-2程度の土砂量が必要となる(10年 間で必要な土砂量)。 大所川 1,673,700m ³ 、横川 466,000m ³ 小滝川 1,228,800m ³ 、根知川 715,400m ³
	C-9-3		下流が洗掘しないよう な土砂量 3	〃	〃	
	C-8-2		計画河道	平成7年災害時の残留土 砂量	〃	
小滝川合流点下流 区間の粒径を変化	C-11-1	計画河道	下流が洗掘しないよう な土砂量 4	〃	〃	姫川第7ダム下流の粒径をdn=6.8cmか らdn=9.52cmに変化させた場合、(C-8-2) は、小滝川下流での洗掘が1m程度とな る。さらに、大所川、横川、小滝川、根 知川の土砂量を変化させた場合は、トラ ブルスポットは無くなる。
	C-11-2		下流が洗掘しないよう な土砂量 5	〃	〃	

土砂に対する砂防設備の配置を検討すると、除石工、既設砂防ダムのスリット化、支浜における山腹工、砂防ダムを設置する必要があった。このような検討を踏まえて姫川流砂系土砂管理計画を策定することとなる。

しかし、姫川流砂系土砂管理計画を策定するには平成7年7月災害ばかりでなく、様々な土砂移動現象を想定した後、適切な計画規模を決定する必要がある。姫川流砂系で考えられる土砂移動現象としては、稗田山の大规模崩壊に見られるような大规模崩壊が発生した場合、地すべりが多発した場合、上流域の平川、松川からの流出土砂が多い場合等様々なケースが想定でき、それらを対象とし、管理のあり方や水準を検討することが肝要である。

さらに、流砂系土砂管理計画を策定するためには、洪水時や平常時を含めた土砂移動モニタリングを実施することによって土砂動態を把握し、計画に反映させることも重要である。平成7年災害の概要で示したとおり、各支川における地形・地質状況の違いによって土砂生産のタイミングは同一でなく、さらに支川から本川への土砂流出のタイミングも異なっている。この各支川の土砂移動の違いが支川内や本川における河床変動に影響を及ぼしている。また、姫川流砂系では崩壊、土石流、土砂流、地すべり等の様々な土砂移動現象があるため、それによって本川における河床変動も一義的でない。また、砂防設備の効果は流出土砂の調節あるいは粒径の調整が知

られているが、これらの効果についてもさらに明確する必要もある。姫川流砂系における土砂移動現象には不明な点がまだまだ多く、土砂移動モニタリングを積極的に実施することによって、これら土砂移動現象を解明することが必要である。

流砂系土砂管理を実現するためには土砂流出のタイミングを変化させる、流出土砂の粒径をコントロールする等が可能な砂防設備の開発も必要である。

以上、この他にも検討すべき項目が山積みとなっているが、今後はよりよい流砂系土砂管理計画を策定するため、流砂系土砂管理の実現のためにさらなる研究・検討が必要である。

参考文献

- 河川審議会(1995)：今後の河川環境のあり方について
- 河川審議会(1996)：21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について
- 河川審議会(1996)：社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について
- 総合土砂管理小委員会(1998)：流砂系の総合的な土砂管理に向けて
- 河川審議会(1999)：新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方
- 流砂系総合土砂管理研究会(1999)：流砂系総合土砂管理計画策定の手引き(案)調査編、計画編
- 建設省河川局・建設省土木研究所(1999)：土砂移動モニタリングガイドラインマニュアル(案)試行
- (財)砂防・地すべり技術センター(1998)：平成9年度姫川水系土砂管理計画検討業務報告書
- (財)砂防・地すべり技術センター(1999)：平成10年度姫川水系土砂管理計画検討業務報告書