

地すべり対策事業による便益項目の検討

1. はじめに

地すべり対策地すべり対策事業における便益評価の項目の検討では、以下の手引き等を参考に項目の抽出を実施した。各便益評価項目について、譲原地区における既存検討での実績を照らし合わせた上で、未採用の項目について、採用の可能性を検討した。

○地すべり対策事業の費用便益分析マニュアル(案)：建設省河川局砂防部（平成12年1月）

○治水経済調査マニュアル(案)：国土交通省河川局（平成17年4月）

○林野公共事業における事前評価の手引き：(社)日本林業協会（平成19年度版）

また、他の地すべり業務について、便益項目の整理を行い、今後、譲原地区での計測可能な便益項目について検討した。

2. 地すべり対策事業の費用便益分析マニュアルと治水経済調査マニュアル

譲原地区で平成16年度に実施された事業評価時に採用した便益項目は、「地すべり対策事業の費用便益分析マニュアル(案)」と「治水経済調査マニュアル(案)」を基本としている。その結果、前回の事業評価項目から追加検討可能な項目は抽出されなかった。ただし、安心感向上効果については、CVM調査を実施すれば検討が可能である。

効果名	項目	既往業務での評価の有無	追加検討が可能な項目
直接的な被害軽減効果	家屋被害軽減効果	○	-
	耕地被害軽減効果	○	-
	公共・公益施設被害軽減効果	○	-
	生産施設被害軽減効果	○	-
	人命保護効果	○	-
間接的な被害軽減効果	機能低下被害軽減効果	○	-
	交通途絶被害軽減効果	○	-
	地すべり復旧被害軽減効果(土砂撤去費用)	○	-
地域経済等に及ぶ効果	安心感向上効果	×	□
	山地森林保全効果	×	×
	土地利用高度化効果	×	×
	土地利用可能地拡大効果	×	×
	産業立地進行効果	×	×
	定住人口維持効果	△	×
	地価に及ぼす影響効果	×	×
	雇用創出効果	×	×
	観光消費による影響効果	×	×

△：試算を実施した項目

□：CVM調査を実施すれば可能

2. 林野公共事業における事前評価の手引き（平成19年度）

譲原地区で適用性が考えられる「林野公共事業における事前評価の手引き」について、項目の抽出を実施した。その結果、下記の項目について試算が可能であることがわかった。

事業効果	項目	既往業務における 評価の有無	試算可能な項目
直接的効果	土砂流出防止	×	—
	土砂崩壊防止	×	—
	山地災害防止	○	○
間接的効果	炭素固定	×	○
	気候緩和	×	○
	騒音軽減	×	○
	大気浄化	×	×
	漁場保全	×	×
	生物多様性	×	○
	保健休養	×	○

3. 他地域の直轄地すべり地における評価便益

譲原地区及び他の直轄地すべり地における評価便益項目を下表に示す。滝坂地すべりにおいて評価されている「洪水防止便益」・「流域貯水便益」・「水質浄化便益」・「炭素固定便益」・「酸素供給便益」については、譲原地区でも評価を行うことが可能であると考えられる。

区分	項目	平根地すべり	黒瀬地すべり	譲原地すべり	入谷地すべり	此田地すべり	由比地すべり	滝坂地すべり	善徳地すべり	野田八畝地すべり	亀の瀬地すべり	基之助谷地すべり
被害区分	地すべり土塊移動に伴う被害	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	河道閉塞形成・決壊に伴う被害	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	洪水時の土砂流入に伴う被害	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
集約したマニュアル	治水経済調査マニュアル(案)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	地すべり対策事業費用便益マニュアル(案)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
計測した被害	直接被害											
	一般資産被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	農作物被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	公共土木施設等被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	人命保護効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	間接被害											
	事業所営業停止損失被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	事務所応急対策費軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	家庭酒類労働被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	家庭代替活動費出費軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	交通渋滞被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	機能低下被害軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	洪水防止便益							○				
	流域貯水便益								○			
水質浄化便益									○			
炭素固定便益										○		
酸素供給便益											○	
その他	別道内流出土砂捕捉費用軽減効果	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	安心感向上効果		○		○	○	○	○	○	○	○	○
	観光消費による波及効果		○		○	○	○	○	○	○	○	○
	地すべり地の高度化に伴う観光消費による波及効果		○		○	○	○	○	○	○	○	○
	貯水池保全効果				○							
交通事故損失便益				○								
定住人口維持便益				○								

4. 譲原地すべり地で考慮すべき便益項目

以上、マニュアルに挙げられている項目についての検討と他の地すべり地区の便益評価項目の整理を行った。譲原地区の便益項目について考えると、直接被害については、計測できる項目は既に計測・評価が行われており、あらたに追加できる項目はない。また、間接被害やその他の被害については、以下の便益項目を考慮すべきである。

炭素固定便益、気候緩和便益、騒音軽減便益、生物多様性便益、保健休養便益、洪水防止便益、流域貯水便益、水質浄化便益、酸素供給便益

ただし、これらの中には定量的な評価が困難な便益もあり、その適用にあたっては、他地区業務での算出手順を参照する等、十分な注意が必要である。

H19 下の沢土砂生産観測解析業務

関東地方整備局 日光砂防事務所

1. はじめに

砂防基本計画の策定にあたっては、土砂生産の場所・規模・タイミングを適切に評価した上で、山地流域からの基本土砂量を算出することが求められており、山地流域における土砂生産量の推定手法の精度向上が課題として挙げられている。

そこで、短期・中長期の生産土砂量の推定手法を開発するために必要なデータ取得を目的として、H17年8月～H19年11月の期間で、鬼怒川水系下の沢流域を対象として、観測機器による土砂移動実態調査を実施してきた。過去2年間では、下の沢流域で取得したデータを用いて、短期・中長期の土砂生産現象の推定手法を構築し、またこの際作成した解析モデルを用いて再現計算等を実施した。この結果と実際の推測値を比較し、モデルの妥当性の高さを検証した。

H19年度業務においては、観測期間中のH19年9月4～7日に台風9号による豪雨(図1)に見舞われた。この際に発生した土石流等の状況を含めて、構築したモデルにより解析するとともに、土砂移動実態を明らかにした。この解析結果について報告する。

2. 調査概要

2. 1 対象地域の概要

下の沢は、栃木県日光市に位置する鬼怒川水系大谷川流域荒沢支流である。流域面積は約0.81km²、流路延長は約2.13km、平均溪床勾配は1/2.5である。

2. 2 短期の土砂生産現象推定調査の概要

短期の土砂生産現象の推定手法を検討するために、モデル斜面を設定し(図2)、解析モデルを構築した。観測地点Aにおける簡易貫入試験等の調査結果より、モデル斜面の地層は、上位から黒ボク層(Nd=1～2)、軽石層(Nd=5)、ローム層(Nd=2～4)、礫まじりローム層(Nd=10～)の4層で構成されていることがわかっている。

観測地点Bに多層式土壌水分計を設置し、モデル斜面の土層内部における水分量の変化を観測し、土壌水分特性を把握した。観測地点Cに孔内傾斜計を設置し、モデル斜面の微小な変動を観測し、斜面変動特性を把握した。観測より得た土壌水分特性、斜面変動特性は、三次元FEM解析(浸透流解析、弾塑性解析)結果の妥当性検証に用いた。

2. 3 中長期の土砂生産現象推定調査の概要

中長期の土砂生産現象の推定手法を検討するために、下の沢流域の地形特性を把握し、河床変動解析モデルを構築した。

地形特性を把握するために航空レーザー計測を実施し、差分解析より得た土砂移動実態、雨量データ等を用いて、河床変動解析を実施し、モデルの妥当性について検証した。

3. 調査結果

3. 1 短期の土砂生産現象推定調査

①流域特性の把握(土壌水分特性・斜面変動量特性)

図3に示すモデル斜面の6深度(10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 60cm, 100cm)における土壌水分の観測結果によれば、各深度で降雨に反応はするものの、反応時間に差がある。深度10cm

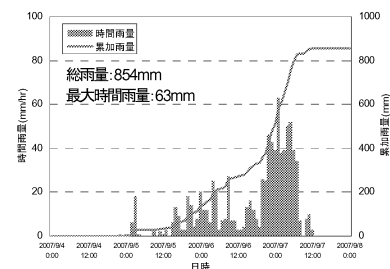


図1 唐沢小屋雨量観測所期間降水量(台風9号:9月4～7日)

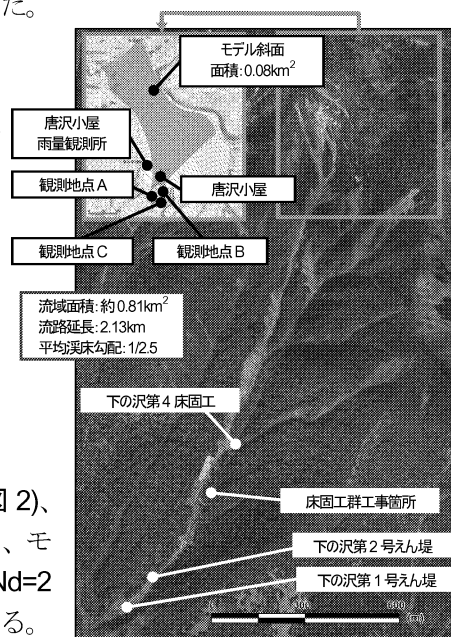


図2 対象地域の概要

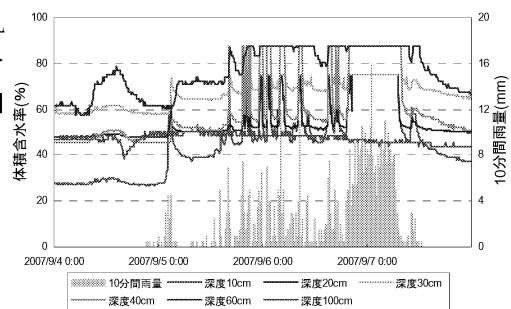


図3 土壌水分観測結果(台風9号)

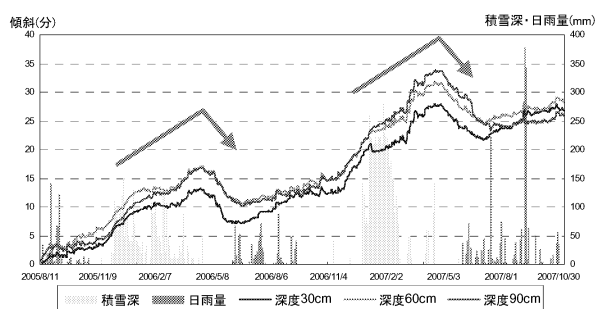


図4 斜面変動量観測結果(3カ年)

では、雨の降り始め（9/4 21:20）から約4時間後に反応する。深度20～60cmでは、雨の降り始めから約5～6時間後に反応している。上位の層ほど早い反応を示す。一方で深度100cmでは降雨に反応しなかった。また、図4に示すモデル斜面の深度30、60、90cmにおける3カ年の変動量の観測結果によれば、豪雨時には変位が進行するものの、積雪期前後の変位量はそれより大きいことが伺える。また、豪雨時・融雪期ともに降雨後に変位が逆に戻る傾向がみられた。

②三次元FEM解析（浸透流解析・斜面安定解析）

図5に示す台風9号時の降雨波形による浸透流解析結果より、上位の層ほど早期に体積含水率が上昇する結果が得られた。黒ボク層は、最初の降雨から6時間後に飽和するが、少雨時には体積含水率がすぐに低下する。軽石層は、最初の降雨から飽和に至るまで48時間かかり、どちらの層も飽和しにくいことがわかる。ローム層、礫混じりローム層は、一度飽和した後連続して飽和する傾向がある。

図6に示す台風9号時の降雨波形による斜面安定解析結果より、勾配が急である斜面下部の方が、相対的に安全率が低い結果が得られた。斜面下部では、安全率が $F_s=1.00$ を下回る範囲が地表付近まで垂直に連続する傾向ゾーンが形成された。これは、現地に段差地形が形成されている事実と整合する。

3. 2中長期の土砂生産現象推定調査

①航空レーザー計測による地形変動量の把握

航空レーザー計測により台風9号発生後の地形変動量を把握した。H19年計測データとH18年計測データとの比較より、河床部の土砂移動状況を把握した。図7より、モデル斜面付近などの第4床固工上流において、溪床・溪岸部の地形変動が確認できる。台風9号の豪雨の影響で、溪床・溪岸部が侵食され、第4号床固工で流出土砂が堆積したと考えられ、現地調査結果とほぼ整合がとれた。また、床固工群工事箇所付近では、人工的な地形改変が確認できる。

②河床変動解析

航空レーザー計測において、台風9号時に河床部の明瞭な土砂変動が確認できたため、これまでに検討してきた中期の土砂生産現象を推定するための解析モデルを用いて、河床変動解析を実施した。

河床変動解析による土砂変動量と航空レーザー計測結果による土砂変動量との比較結果(図8)より、航空レーザー計測データの値と概ね一致し、土砂移動量を精度よく再現できたことがわかった。

なお、第4号床固工～第2号砂防えん堤の区間では、土砂変動量に大きな差がみられるが、床固工群の砂防工事による地形の人工改変が影響していると考えられる。

4. おわりに

以上に示したとおり、本業務で用いた観測・調査データ等を使用することで、下の沢流域での短期・中長期の土砂生産現象について再現性の高い解析が可能となった。

今後もさらに土砂動態に関する予測手法の精度向上のため観測および検討を行う予定である。

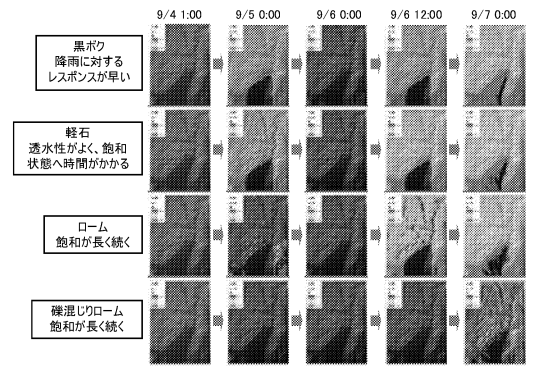


図5 浸透流解析結果

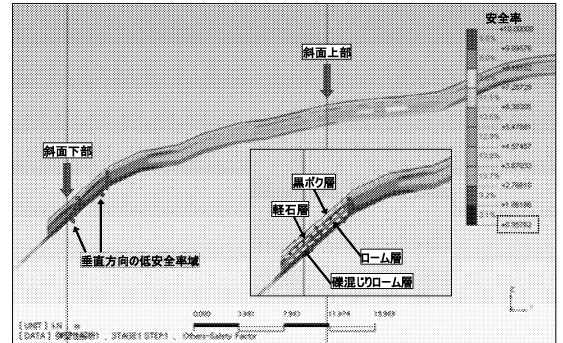


図6 斜面安定解析結果

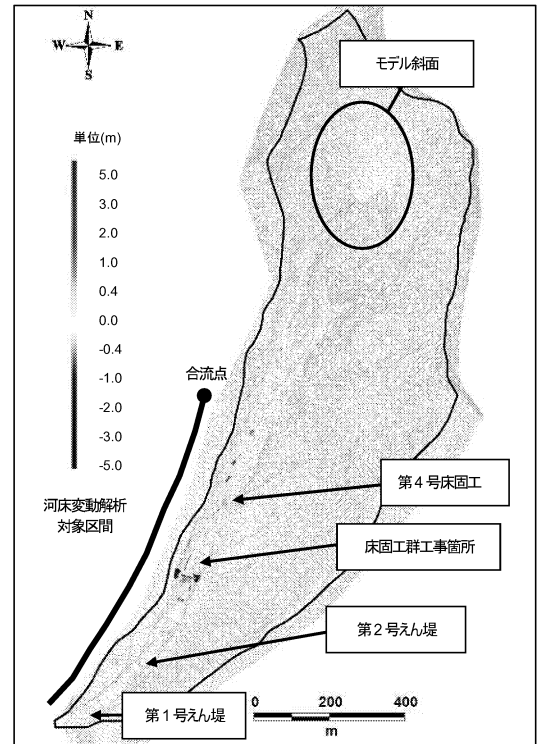


図7 河床部の土砂移動状況

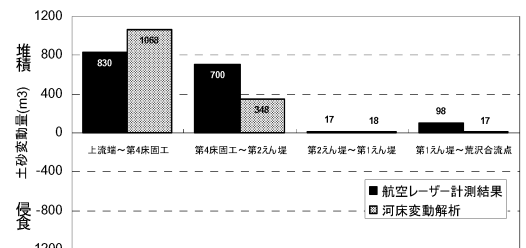


図8 河床変動解析結果

平成 19 年度川口川レーザー計測及び土砂動態検討業務

関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所

1. はじめに

業務対象範囲は、群馬県桐生市黒保根町地先及びみどり市大間々町地先の渡良瀬川支川川口川・深沢川流域である（図 1）。渡良瀬川直轄砂防区域は、貯水ダムである草木ダムによりウオッシュロードを除く土砂の移動が遮断されていることから、草木ダム上流域では貯水池上流砂防、下流域では水系砂防を事業の目的としている。草木ダム下流域に位置する川口川・深沢川流域は赤城山系に属し、土砂移動が活発で、河床低下傾向の渡良瀬川本川への土砂供給源となっていることから、川口川では既設堰堤のスリット化が行われている。このように、渡良瀬川流域の土砂管理上、重要な役割を持つ川口川・深沢川流域を対象に航空レーザー計測を行い、計測データの解析、河床変動計算、環境調査により既設堰堤のスリット化を評価するとともに、今後の砂防計画の基礎資料を作成することを目的とした。

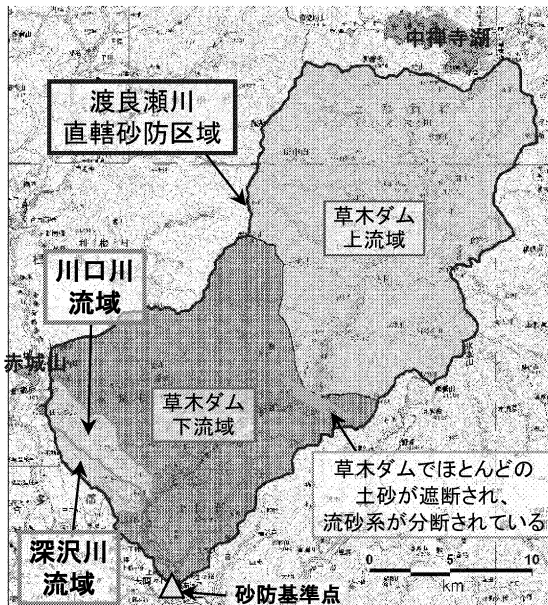


図 1 業務対象範囲

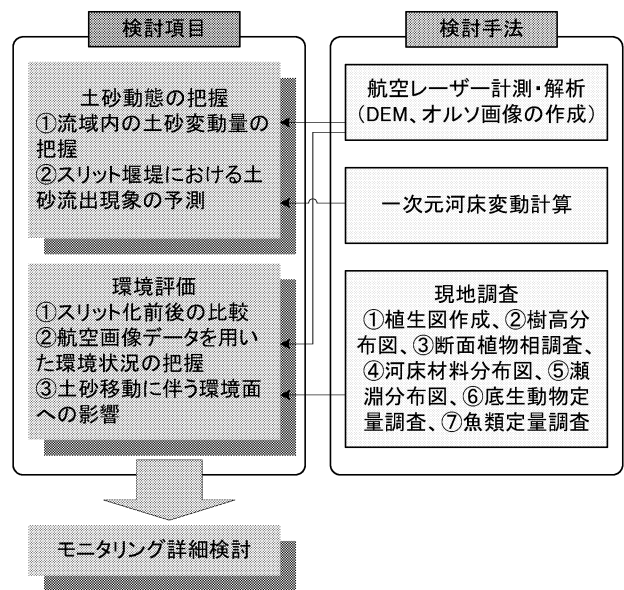


図 2 検討手法と業務の流れ

2. 検討手法

航空レーザー計測から得られた DEM やオルソ画像、一次元河床変動計算を用いて流域の土砂環境を、現地調査より溪流生態系を明らかにした（図 2）。

3. 検討結果

3. 1 土砂移動量の把握

航空レーザー計測から得られた DEM データを用いて、平成 18 年度データとの差分により土砂変動量を算出した。図 3 に示すとおり、川口川下流において堆積傾向である。また鳥居川 1 号・4 号・6 号砂防堰堤が近年スリット化されたことにより、堰堤の上流部で侵食傾向にある。猿川合流点下流では、川口川 3 号砂防堰堤、松葉砂防堰堤などの堆砂域で堆積傾向を示している。これは、スリット化された堰堤上流部において、溪岸、溪床が侵食されて流出した土砂を捕捉したためと考えられる。

3. 2 河床変動解析による土砂動態の把握

スリット化による効果を①渡良瀬川本川への流出土砂を時系列・粒径別に把握する、②スリット堰堤周辺の変動高、変動量、

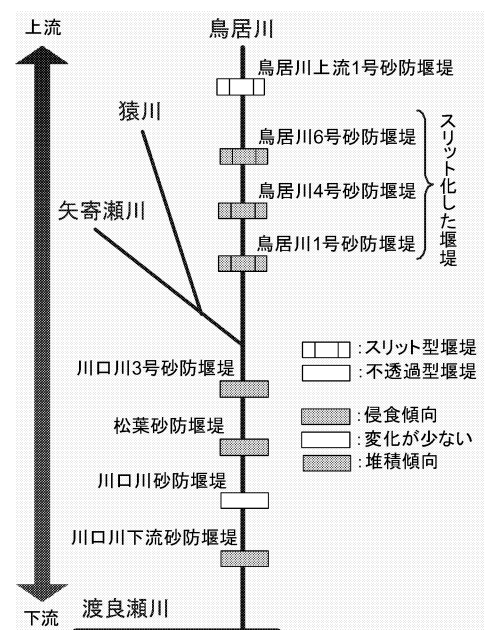


図 3 土砂変動状況

粒径の変化を把握することを目的とし、短期的（カスリーン台風を想定）・中長期的（S52～H14の26年間を想定）予測計算を行った。

長期的洪水予測計算より①スリット堰堤の捕捉効果により、渡良瀬川本川への流出ピーク時の土砂量が低減、②出水時にスリット堰堤堆砂域に堆積した土砂がクローズの場合よりも多く、後続の中小洪水により徐々に流出する結果となった。

3. 3 環境評価

スリット化にともなう副次的な効果としての溪流環境の回復状況を評価することを目的に、レーザー計測結果および現地調査結果を用いて、土砂動態の変化および自然環境への影響予測とその評価方法について検討を行った。

各々の調査結果は、①植物：湿性草本・乾性草本の分布状況により堆砂域の水分状況および攪乱状況を、②魚類：生息域の拡大状況で、流路形状の多様化を、③底生動物：間隙性種の増加により河床材料の多様化を推し量ることができ、川口川流域におけるスリット化の評価の指標となる。

図4は、鳥居川四号砂防堰堤におけるイワナの生息密度を示したものである。スリット化前と比較して、堰堤上流125～150 m付近に偏在していたイワナの分布域が、堰堤直上付近まで広く分散・拡大していることがわかる。

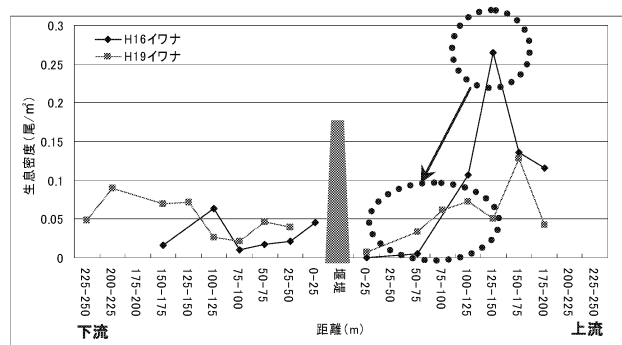


図4 鳥居川四号堰堤からの距離とイワナの生息密度

3. 4 モニタリング計画

川口川・深沢川における砂防計画上の土砂処理は、表0のように整理され、これらを踏まえたモニタリングを行い、土砂動態を把握する必要がある。平常時の定期モニタリングは、源頭部における土砂生産から流域内の河床変動、渡良瀬川への土砂流出の影響を土砂の量・質、また流量という点を優先する。出水時には、出水中～出水後に掃流砂・浮遊砂観測を、出水後に定期モニタリングを実施することが望ましい。

表1 土砂動態・環境面での問題点・課題

	土砂処理計画	把握すべき土砂動態
中長期	a 川口川の堰堤のスリット化による施設周辺および流域内の安全性の維持	地先砂防的見地 川口川、深沢川(梨木川)における異常堆積、局所洗掘、河床低下・上昇、河床材料の粗粒化・細粒化
	b 川口川の堰堤のスリット化による適正な流出土砂の維持	水系砂防的見地 流出土砂量、流出土砂の粒径
	c 渡良瀬川本川の河床低下防止	水系砂防的見地 総合土砂管理的な見地 渡良瀬川本川での異常堆積、局所洗掘、河床材料の粗粒化・細粒化
短期	d 川口川、深沢川(梨木川)流域内の被災を最小限にとどめる	地先砂防的見地 崩壊地及び崩壊生産土砂量、局所洗掘、異常堆積、トラブルスポットの把握等
	e 渡良瀬川への流出土砂が無害なものとする	水系砂防的見地 渡良瀬川への流出土砂量、渡良瀬川本川での異常堆積、局所洗掘

4. おわりに

本業務の成果とその活用方法、今後の課題を、表2に示す。

表2 本業務の成果とその活用方法、今後の課題

成果	活用方法	課題
一次元河床変動計算モデルの構築	構築したモデル、パラメーターの赤城山系での活用	モニタリングによりデータを蓄積し、モデルの精度を向上すること
河床変動計算による中長期の土砂動態予測	川口川からの詳細な流出土砂量時系列(粒径別)→渡良瀬川本川での河床変動計算の精度向上	↓ 総合土砂管理上の対策立案(土砂処理)
既設堰堤スリット化の効果評価	住民説明用資料への活用	—
スリット化効果評価のための環境指標設定(植物、魚類、底生動物の分布の変化)	渡良瀬川流域他支川での堰堤スリット化の評価に活用	スリット化後間もないことによる調査不足を補うための継続調査
モニタリング項目の立案	土砂動態の詳細把握	土砂動態を把握するための初期値としての地形データ取得(河道沿いだけでなく、流域全体を対象とした航空レーザー計測)
	データ蓄積によるモデルの精度向上	—
	総合土砂管理対策立案後の効果確認	—

尾白川下流域砂防施設配置計画検討業務

関東地方整備局 富士川砂防事務所

1. はじめに

これまでの遊砂地による堆砂効果に関する研究は平面形状が主であり、遊砂地内の低水路、帯工袖高等の形状についてはほとんど検討されていない。そこで、本研究では、現在、富士川砂防事務所管内の尾白川下流域に計画されている遊砂地の最適形状を立案するために、遊砂地形状の違いによる堆砂効果の違いについて把握することを目的として、小縮尺模型を製作し、基礎実験を実施した。

ここでは、実験結果を踏まえた遊砂地形状による堆砂効果について報告する。

2. 実験条件及びケース

実験は実河川を想定し、**図-1** に示す模型縮尺 1/100、長さ $L_p=570m$ ($L_m=5.7m$)、幅 $B_p=130m$ ($B_m=1.3m$)、勾配 $I=1/40$ の模型水路を用いる。

実験砂は現地の河床材料を再現し、平均粒径 $d_p=40mm$ ($d_m=0.4mm$)、95%粒径 $d_p=200mm$ ($d_m=2.0mm$) の混合砂を用いた。

図-2 に実験波形を示す。低水路（高 0.4m）満杯流量である 1 年確率流量程度 $Q_p=25m^3/s$ ($Q_m=0.25L/s$)、10 年確率流量 $Q_p=100m^3/s$ ($Q_m=1.0L/s$)、150 年確率流量 $Q_p=190m^3/s$ ($Q_m=1.9L/s$) を階段状で通水する。なお、通水時間は上記流量で輸送可能な土砂量の総量が給砂量（＝計画流出土砂量） $V_p=372,300m^3$ ($V_m=372L$) と一致するように設定した。

表-1 に実験ケースを示す。各 CASE における遊砂地形状の着目点は、**CASE1** は低水路線形（直線、曲線）、**CASE2** は低水路高（0.4m、0.7m、1.1m）、**CASE3** は帯工袖高（高水敷から突出なし、突出高 0.3m、突出高 0.7m）である。

なお、各諸元の添字 p は原型値、m は模型値を表している。

3. 実験結果及び考察

以下に実験結果を示すが、全て原型値での表記である。また、堆砂効果は、給砂量に対して遊砂地に堆積した土砂量が占める割合で評価した。

3.1 低水路線形比較実験（CASE1）結果

図-3 に低水路線形比較実験（CASE1）結果から得られた低水路線形と堆砂効果の関係を示す。横軸は堆砂効果（＝堆積量/給砂量）、縦軸は低水路高である。10 年確率流量（ $100m^3/s$ ）通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、低水路線形が直線 → 曲線 となることで、 $0.224 \rightarrow 0.258$ （15%増） と高くなる。また、150 年確率流量（ $190m^3/s$ ）通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、低水路線形が直線 → 曲線 となることで、 $0.491 \rightarrow 0.604$ （23%増） と高

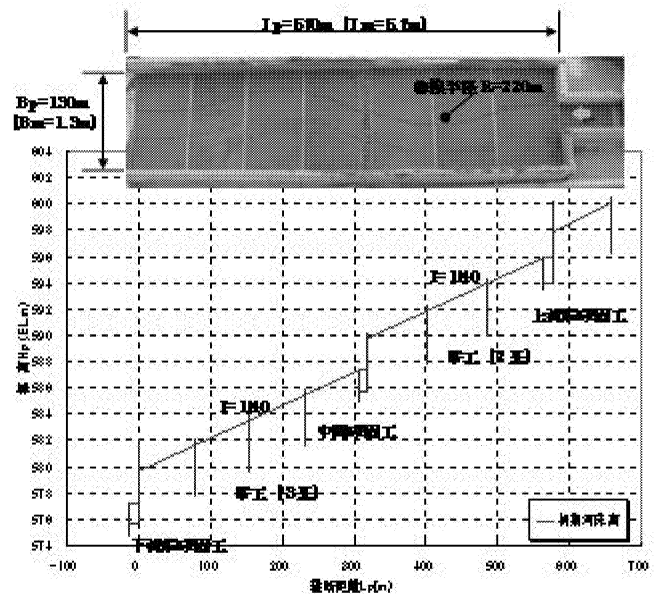


図-1 模型全景及び縦断面

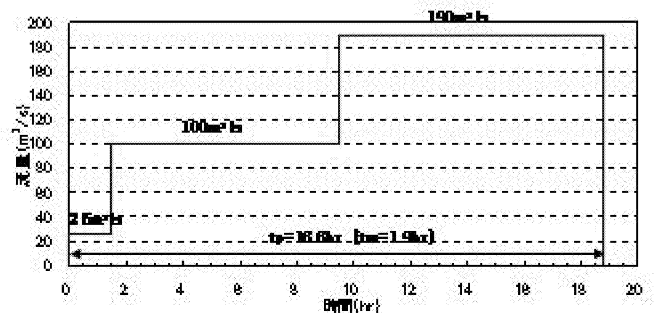


図-2 実験波形

表-1 実験ケース

実験名	遊砂地形状			
	低水路		帯工袖高	
	線形	高		
低水路線形比較実験	1-1	直線	0.4m	高水敷
	1-2	曲線		
低水路高比較実験	2-1	最適線形	0.7m	高水敷
	2-2		1.1m	高水敷
帯工袖高比較実験	3-1	最適線形	最適低水路高	高水敷 + 0.3m
	3-2			高水敷 + 0.7m

くなる。

以上から、低水路線形は直線よりも曲線が堆砂効果は高いことがわかる。

これは、曲線が直線よりも低水路から高水敷に水が溢れる範囲が広く、掃流力の低減効果が高くなり、堆積しやすくなるためと考えられる。

3.2 低水路高比較実験 (CASE2) 結果

図-4 に低水路高比較実験 (CASE2) 結果から得られた低水路高と堆砂効果の関係を示す。横軸は堆砂効果 (=堆積量/給砂量)、縦軸は低水路高である。

10年確率流量 (100m³/s) 通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、低水路高が 0.4m → 0.7m → 1.1m となることで、0.258 → 0.231 (11%減) → 0.210 (18%減) と低くなる。また、150年確率流量 (190m³/s) 通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、低水路高が 0.4m → 0.7m → 1.1m となることで、0.604 → 0.499 (17%減) → 0.461 (24%減) と低くなる。

以上から、低水路高が低く、高水敷水深が高いほど、堆砂効果は高いことがわかる。

これは、低水路高が低いほど、低水路から高水敷に水が溢れやすく、掃流力の低減効果が高くなること、また、高水敷の水深が高くなることによって、高水敷上により多くの土砂が運ばれやすくなることにより、堆積しやすくなるためと考えられる。

3.3 帯工袖高比較実験 (CASE3) 結果

図-5 に低水路高比較実験 (CASE3) 結果から得られた帯工袖高と堆砂効果の関係を示す。横軸は堆砂効果 (=堆積量/給砂量)、縦軸は帯工袖高である。

10年確率流量 (100m³/s) 通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、帯工袖高が突出なし (高水敷高 + 0.0m) → 突出高 0.3m (高水敷高 + 0.3m) → 突出高 0.7m (高水敷高 + 0.7m) となることで、0.258 → 0.256 (1%減) → 0.231 (11%減) と低くなる。また、150年確率流量 (190m³/s) 通水後の遊砂地全体における堆砂効果は、帯工袖高が突出なし → 突出高 0.3m → 突出高 0.7m となることで、0.604 → 0.599 (1%減) → 0.562 (7%減) と低くなる。

以上から、帯工袖は高水敷から突出し過ぎると、堆砂効果は低くなることがわかる。

これは、帯工袖が高水敷から突出する (高い) ほど、水通し部に流れが集中し、土砂が流れやすくなり、堆積しにくくなるためと考えられる。

4. おわりに

遊砂地形状の違いによる堆砂効果の違いについて把握することを目的に、小縮尺模型で基礎実験を実施した結果、以下の事項が判明した。

- ① 低水路線形は直線よりも曲線が堆砂効果は高い。
- ② 低水路高が低く、高水敷水深が高いほど、堆砂効果は高い。
- ③ 帯工袖は高水敷から突出し過ぎると堆砂効果は低くなる。

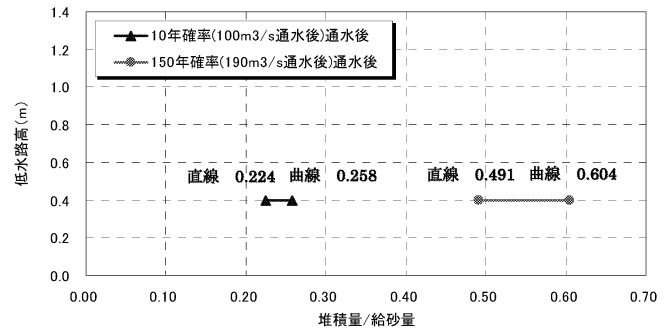


図-3 低水路線形と堆砂効果の関係

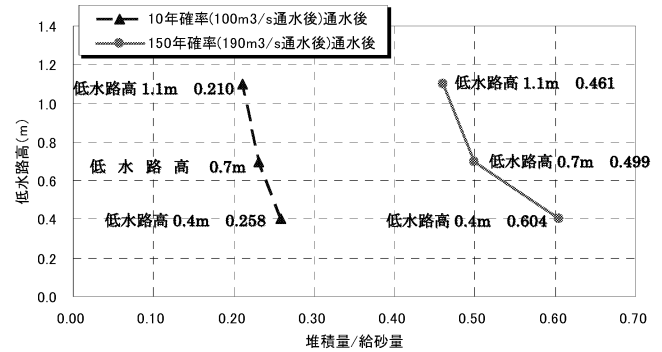


図-4 低水路高と堆砂効果の関係

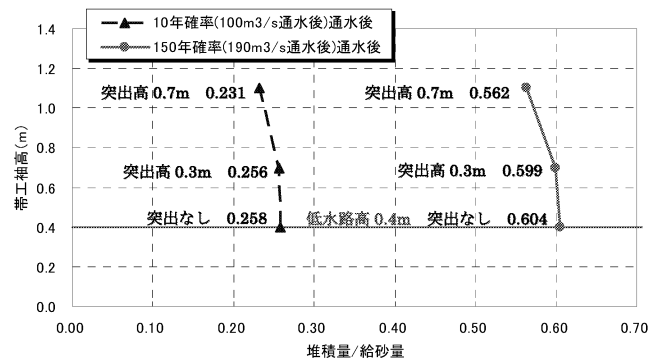


図-5 帯工袖高と堆砂効果の関係

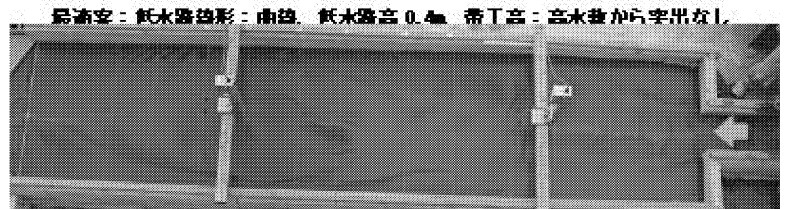


図-6 最効果の流況 (tp=16.7hr、Qp=190m³/s)