

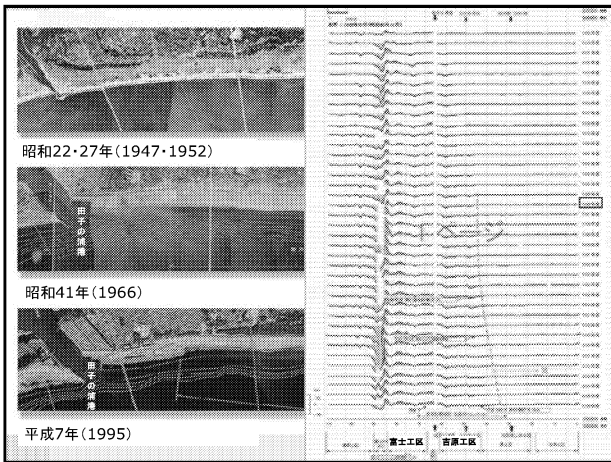
1. 目的

(1)総合土砂管理計画の目的
土砂の移動による災害を防止し、生態系、景観等の河川・海岸環境を保全するとともに、河川・海岸を適正に活用することにより、豊かで活力ある社会を実現することを目標とする。

安全 (土砂移動による災害防止)	環境保全 (生態系、景観等)	適正な活用 (河川、海岸)
---------------------	-------------------	------------------

(2)富士川流砂系における土砂管理上の問題点
山間部での土砂災害
平常時の下流への流砂量低下などに伴う河床低下
河口流出土砂量の低下等に伴う海岸侵食 等





2. 富士川流砂系における総合土砂管理

(1) 富士川流砂系の概要

項目	流域面積	管理延長	平均河床勾配
富士川	3,989.7km ²	総延長 1,698.2km	1/240
	3,571.2km ² (沼川流域除く)	大臣管理延長 122.1km	
富士川砂防管内	786.2km ²	-	-
金無川	277.1km ²	約43km	1/21
早川	509.1km ²	約73.9km	1/25
富士(彌原)海岸	-	約4.3km	-
富士(富士～沼津)海岸	-	約18.7km	-

(2) 総合土砂管理計画の立案に向けた調査・検討

①「砂防(土砂生産域)」、「ダム域」、「河川(河道)」、「河口及び海岸」の各領域での土砂災害を防止
 ②「海岸での海浜安定」、「河川流下能力の確保」、「自然環境の保全」に資する

↓ 関係機関の連携

総合土砂管理計画の立案に向けた調査・検討

(2) 富士川流砂系に係わる関係機関

● 国土交通省

関東地方整備局

- ・甲府河川国道事務所
- ・富士川砂防事務所

中部地方整備局

- ・静岡河川事務所
- ・沼津河川国道事務所
- ・富士砂防事務所

● 山梨県 治水課、砂防課

● 静岡県 河川企画室、砂防室

● 長野県 砂防課

(3) 調査・検討の概要

- ・平成12年からモニタリング開始。
- ・1洪水中のピーク流量が1,000m³/secを越えた場合(清水端観測所)

「富士川流域に係わる総合土砂管理の全体会議」(年に1回程度)を開催

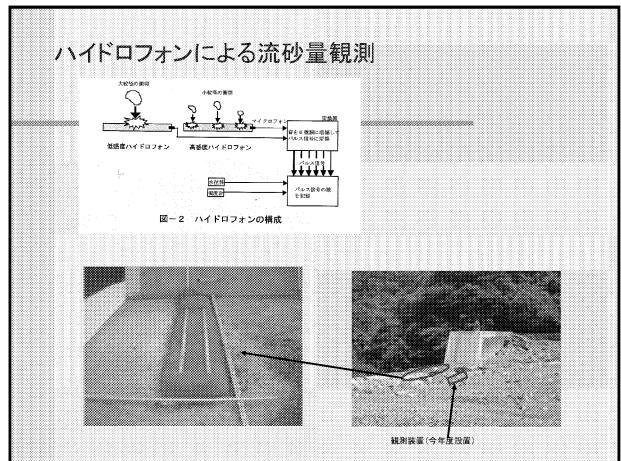
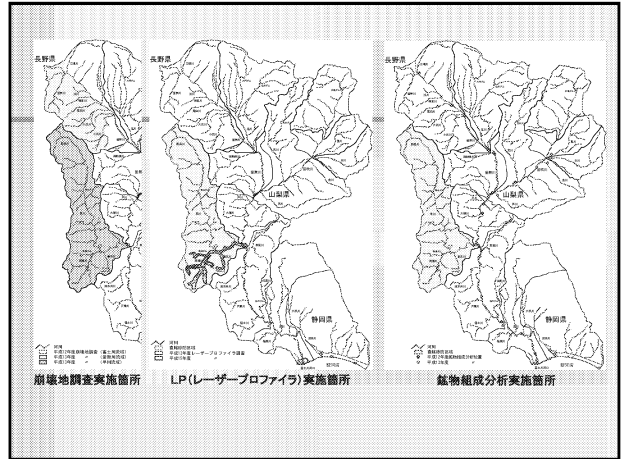
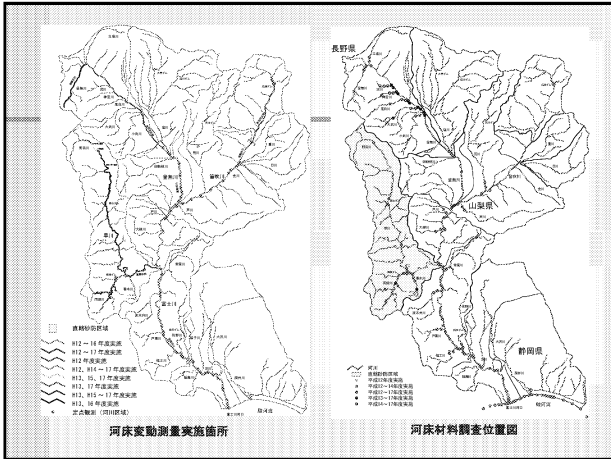
- ・関係機関のモニタリング状況報告
- ・調整事項の検討

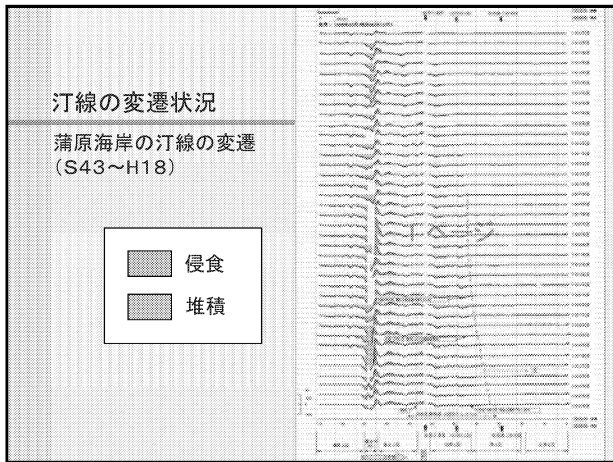
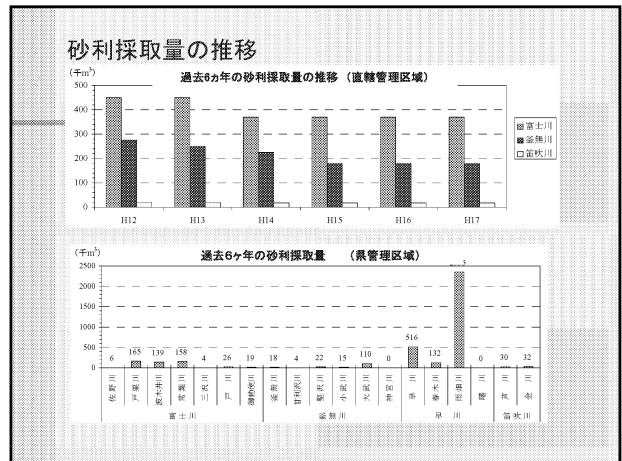
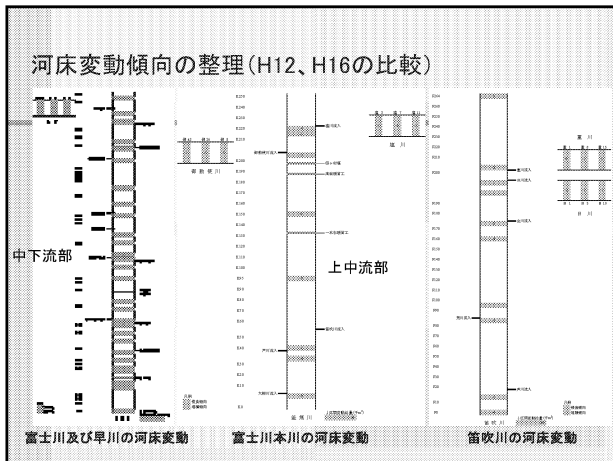
関係機関の調査内容

崩壊地調査 LP調査 河床変動・堰堤堆砂量調査 礫種調査

崩壊土砂調査 河床材料調査 生産土砂量計測・解析

流砂量(浮遊砂・掃流砂)調査 河床変動計算 等





(4) 調査・検討の結果

① 富士川流砂系における土砂移動傾向

- ・富士川本川では、ほぼ全域で侵食傾向である。
- ・釜無川では、遷緩線(勾配変更点)区間で堆積傾向が認められる。
- ・早川では、局所的な侵食傾向が大きい。
- ・笛吹川では本川に比べ変動高が小さく、概ね侵食傾向である。
- ・河口部では堆積傾向が認められる。
- ・堰付近の変動高に着目すると、直下流では顕著な侵食傾向、直上流では堆積傾向が認められる。

② 長期的な海岸安定を図るために必要な土砂量

海岸区域での必要土砂量(目標)

長期的な海岸安定を図るために、年間190万m³程度の流出土砂量を確保

富士川からの流出土砂量(現状)

年間140万m³程度の流出土砂量

今後対応が必要となる土砂量

50万m³/年程度の土砂量を流出させる必要

50万m³/年 → 流砂系内の各事業者で連携し、対応を検討

※50万m³/年は推定値であり、変更の可能性あり



掃流区域における流砂量モニタリング (ハイドロフォンと観測樹)

北陸地方整備局
湯沢砂防事務所

1. 観測施設の概要

- 観測方法 : 音響法を利用するハイドロフォンを使用(間接法)
- 流砂量への変換 : 土砂を直接捕捉する観測樹の捕捉土砂量でキャリブレーション
- 観測施設の構成 : ハイドロフォン、観測樹(ロードセル)、水位計
- センサーの設定 : 集音した音の10倍を基準として、増幅率を1016倍、256倍、64倍、16倍、4倍、1倍の計6種類

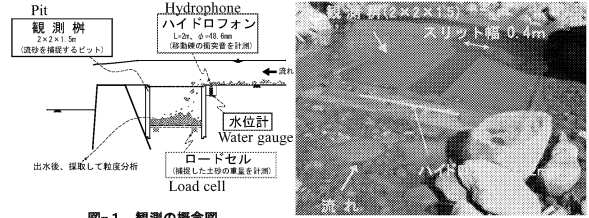
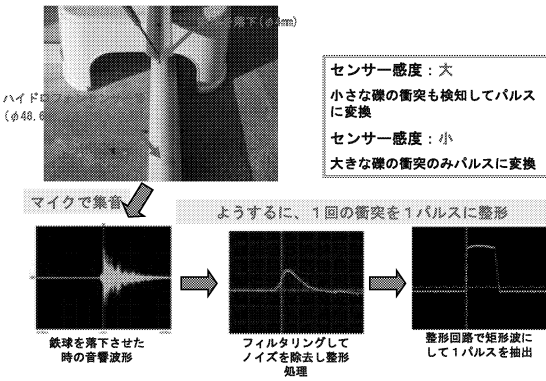


図-1 観測の概念図
Illustration of observation

写真-1 設置例(大野原橋右岸側)
Installation example
(Onoharabashi-right section)

2. ハイドロフォンの動作原理



3. 観測地点の概要

流砂観測は、信濃川との合流部から約4.3km上流の大野原橋付近(2箇所)と約6.5km上流の土樽上流砂防堰堤箇所(1箇所)で実施。

(1) 大野原橋流砂観測施設 (Onoharashi station)

- ・流域面積 : 97.6km²
- ・河床勾配 : 1/42
- ・川幅 : 約50m
- ・設置箇所 : 流心部と右岸側の2箇所
- ・設置目的 : 横断的な流砂の違い

(2) 土樽上流砂防堰堤流砂観測施設 (Upstream tsuchitaru sabo dam station)

- ・流域面積 : 33km²
- ・河床勾配 : 1/30
- ・川幅 : 約55m
- ・設置箇所 : 流心部1箇所
- ・設置目的 : 大野原橋での観測値と合わせて縦断的な流砂の違い

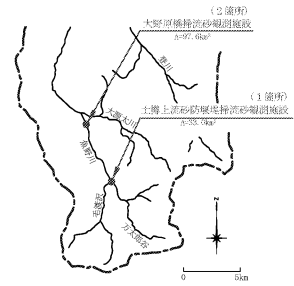


図-3.1 観測位置図
Observation sites

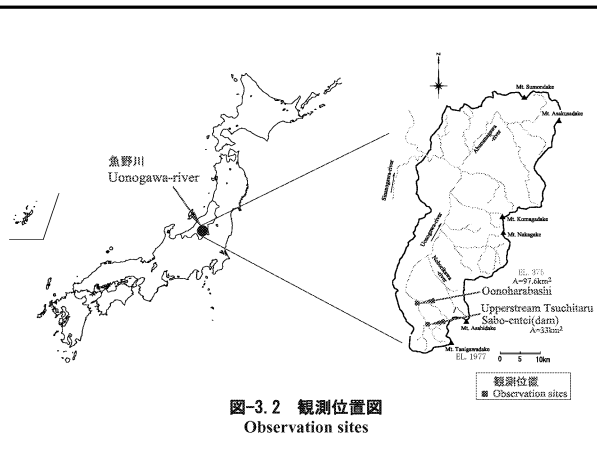


図-3.2 観測位置図
Observation sites

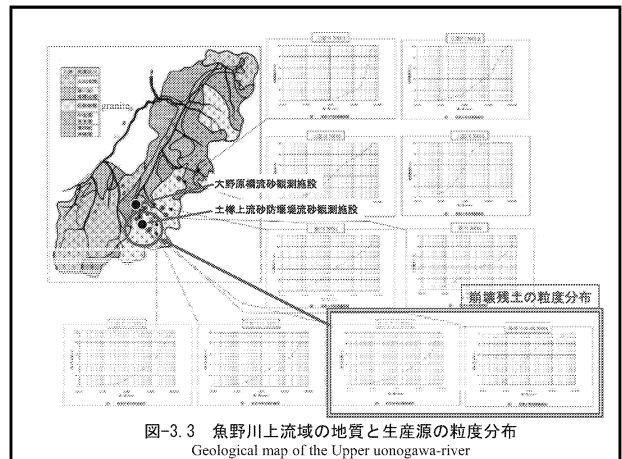
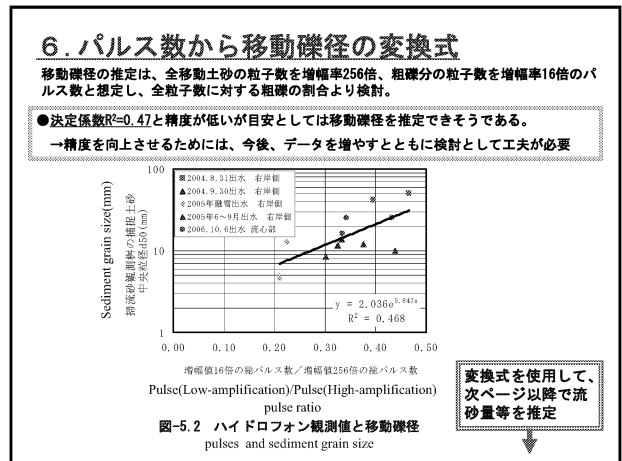
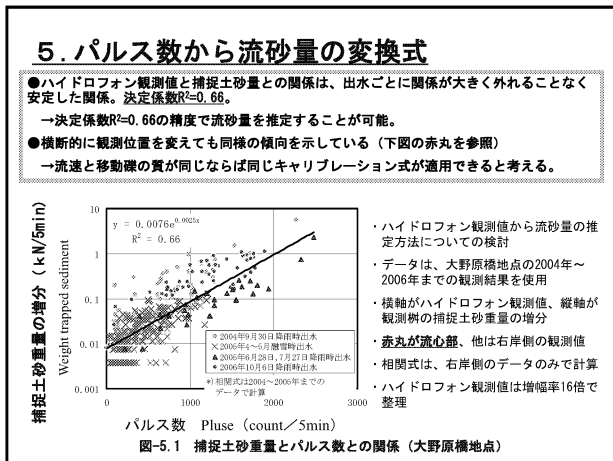
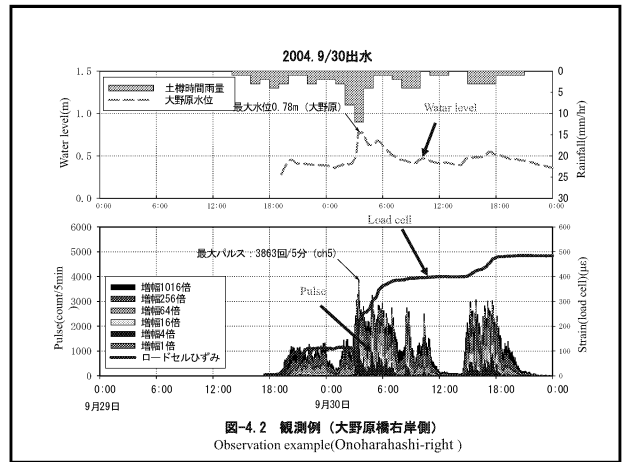
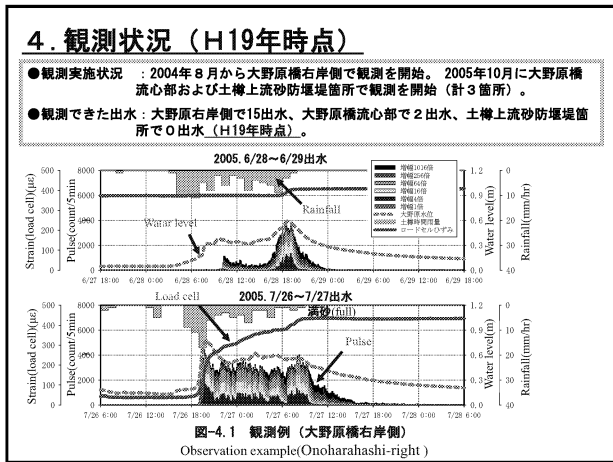
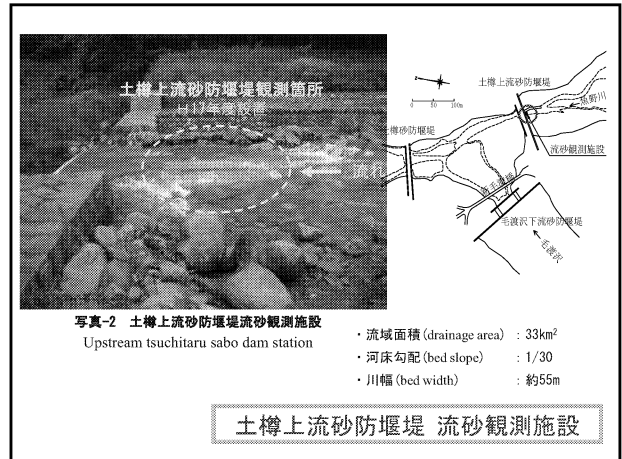
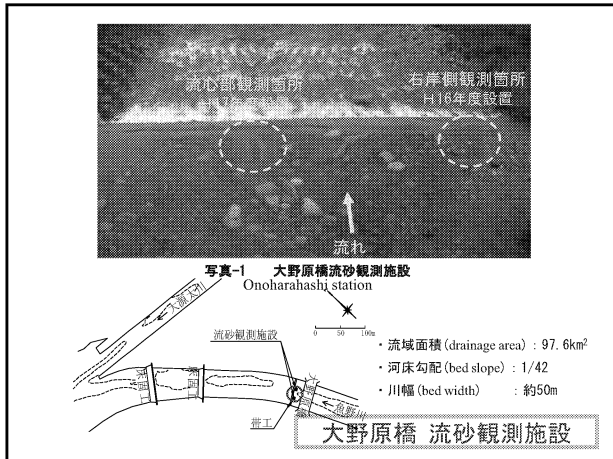


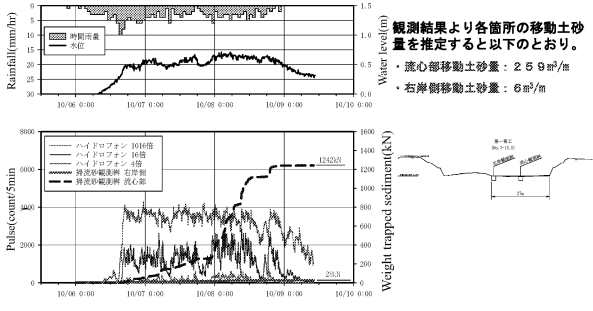
図-3.3 魚野川上流域の地質と生産源の粒度分布
Geological map of the Upper uonogawa-river



7. 横断的な流砂量の違いを観測

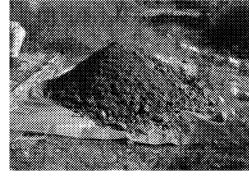
大野原橋地点の右岸側と流心部の観測値で検討 (H19年時点)

●2006年10月6日出水 (水深約70cm) の1出水のみ観測結果であるが、流心部と右岸側では、明かに移動量に相違がある。



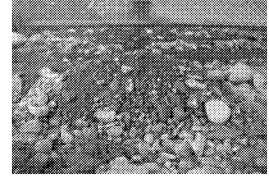
観測樹捕捉土砂の状況 (2006/10/6出水)

2006/10/6出水で観測樹が捕捉した土砂の状況。



大野原橋右岸側の観測樹
(Onoharabashi-right)

捕捉土砂の状況 (d₅₀=25mm)



大野原橋流心部の観測樹
(Onoharabashi-center)

捕捉土砂の状況 (d₅₀=35mm)

8. 出水ごとに流砂量を推定

ハイドロフォン観測値から出水ごとの流砂量を推定すると下表のとおり。

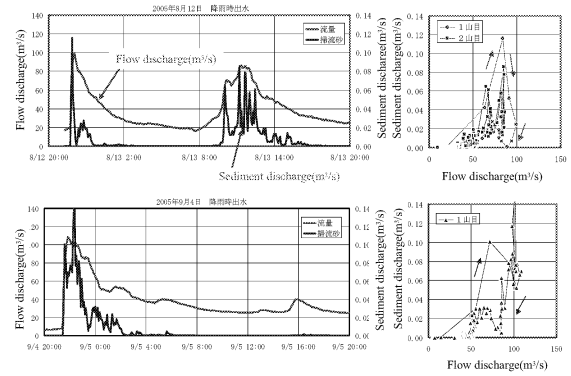
表-8.1 流砂観測結果一覧 (大野原橋地点)

観測番号	観測時期	ピーク値		平均値		観測時間 (分)	観測地点	観測水深 (m)	観測流速 (m/s)	観測流量 (m ³ /s)	観測土砂量 (m ³)	観測土砂量 (t)
		水位 (m)	流速 (m/s)	流量 (m ³ /s)	土砂量 (m ³)							
1	10/16/09~09/30	0.79	0.7	0.353	0.703	14	81					
2	10/16/09~10/17	0.96	0.73	0.525	0.525	21	5,277	0.358				
3	10/17/09~09/18	0.43	0.4	0.118	0.118	3	25					
4	10/17/09~09/18	0.53	0.4	0.162	0.162	10	28					
5	10/17/09~09/18	0.55	0.4	0.168	0.168	10	28					
6	10/17/09~09/18	0.44	0.2	0.201	0.11	4	23					
7	10/17/09~09/18	0.51	0.31	0.253	0.191	7	41					
8	10/17/09~09/18	0.57	0.37	0.297	0.166	8	41					
9	10/17/09~09/18	0.43	0.25	0.067	0.033	3	33					
10	10/17/09~09/18	0.41	0.24	0.038	0.019	4	36					
11	10/17/09~09/18	0.46	0.28	0.037	0.007	3	21					
12	10/17/09~09/18	0.59	0.37	0.093	0.294	18	111					
13	10/17/09~09/18	0.70	0.10	0.412	0.263	27	15,163					
14	10/17/09~09/18	0.51	0.30	0.209	0.288	7	27					
15	10/17/09~09/18	1.05	0.38	0.468	0.248	10	3,011					
16	10/17/09~09/18	0.89	0.29	0.470	0.453	20	523					
17	10/17/09~09/18	1.11	0.86	0.424	0.473	16	1,648	18,036				
18	10/18/09~09/18	0.66	0.0	-	-	-	7,767					
19	10/18/09~09/18	0.47	0.28	-	-	-	27					
20	10/17/09~09/18	0.33	0.33	-	-	-	693					
21	10/18/09~09/18	0.67	0.7	-	-	-	115					
22	10/18/09~09/18	0.20	0.18	0.204	0.191	3	18					
23	10/18/09~09/18	0.65	0.22	0.338	0.381	20	3,371					
24	10/18/09~09/18	0.52	0.14	0.389	0.401	9	33	10,947				

Note:
(1):移動粒径
Sediment grain size(mm)
(2):流砂量の合計
Total volume of sediment(m³)

年間、出水ごとに、流砂量、移動粒径を推定することが可能。
今後は観測精度を向上させる

9. 出水時の流砂量時系列 (観測例)

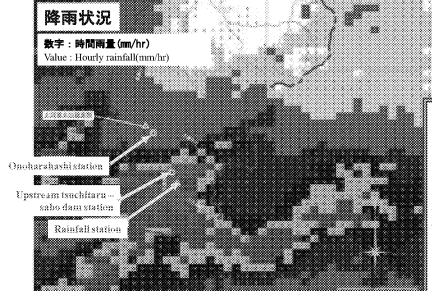


10. 最新の観測結果 (2008/6/23)

2008年6月23日に出水があり、土樽と大野原橋の3箇所でも同時観測ができたので、その結果を整理した。

降雨状況

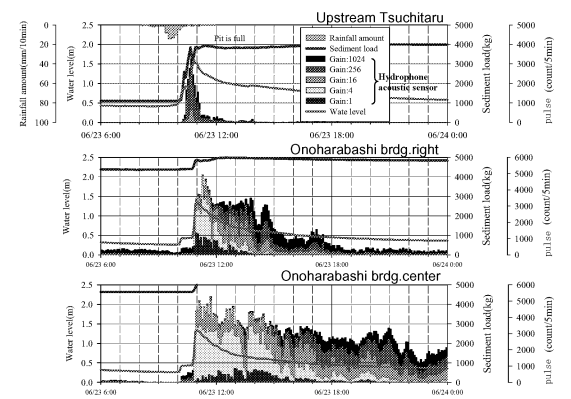
数字: 時間雨量 (mm/hr)
Value: Hourly rainfall (mm/hr)



降雨は、魚野川上流域の毛波沢と万太郎沢に、6月23日の9時から10時の約1時間に集中的に降り、土樽観測所で10分雨量最大14mm/10分、累加雨量64mmであった。今回、特定の狭い範囲に集中的に降った降雨である

図- 2008年6月23日9時~10時間 降雨分布
(Rainfall distribution map - June 23, 2008 9:00-10:00)

ハイドロフォン観測記録 (2008/6/23)



観測上の課題

(1)観測施設の耐久性に関する課題

- ・積雪等による電源関係の異常(水位計の故障)→昨年補強し修理
- ・砂礫衝突によるハイドロフォンセンサー管の変形による大きな損傷

(2)ハイドロフォン高感度センサーのレンジオーバー

- ・流砂が多い時に、高感度のセンサーのパルス数がレンジオーバー

(3)観測槽(ピット)の土砂捕捉容量の限界

- ・捕捉容量が6m³であるため、大きな出水のデータがない



流砂系の課題(概要)

1. 流砂系の課題

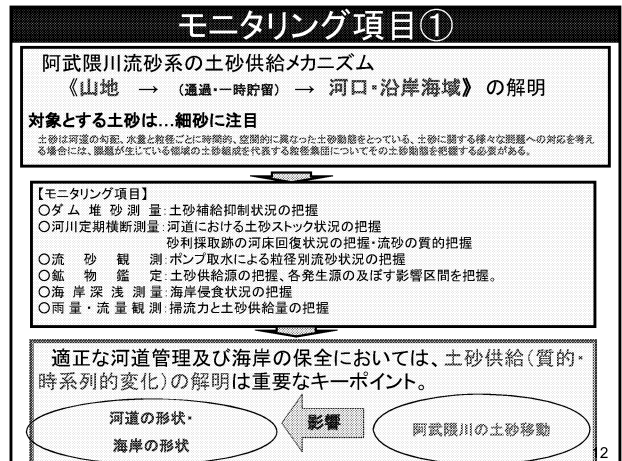
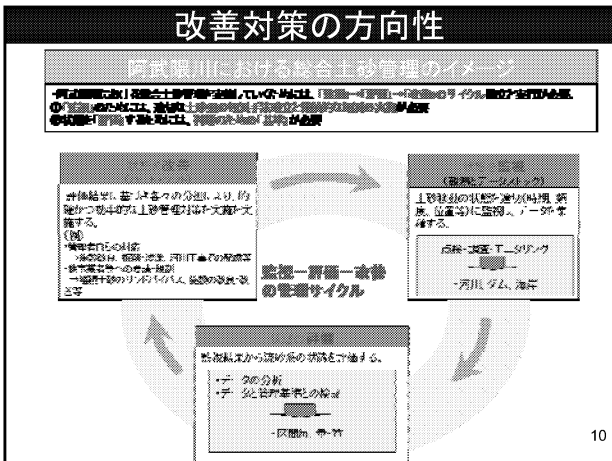
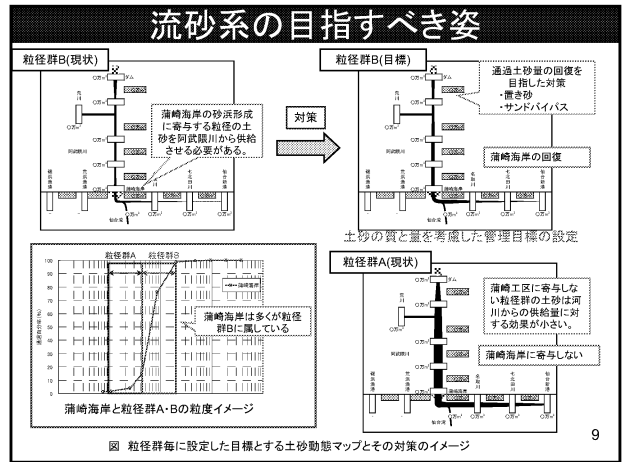
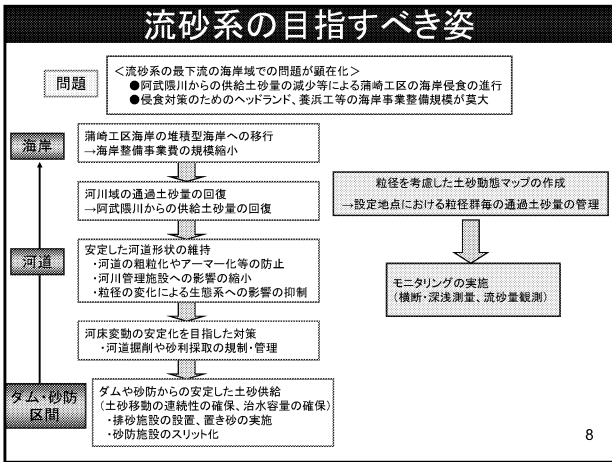
阿武隈川は、支川流域に多くの砂防埋めやダム、本川上流域には発電用ダム、下流域には阿武隈大橋と多くの橋断工物が存在し、工作物上流からの土砂供給が減少したことにより、河床の粗粒化(アーマート化)等が発生している。

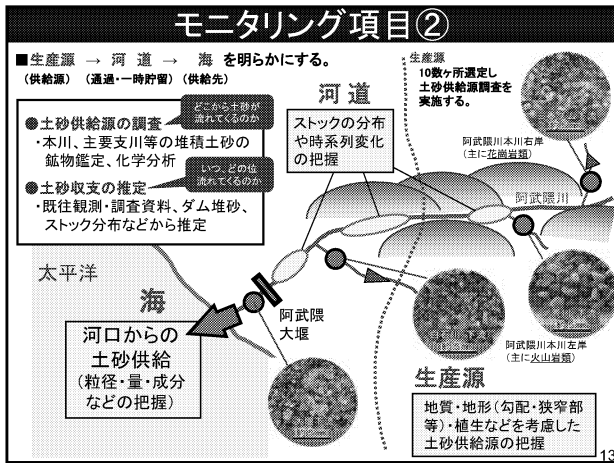
また、流域においては砂利採取や河積確保のため、河床外への土砂搬出が行われており、河床の低下や、一方で、堆砂傾向が見受けられる箇所といった、陸域と水域の二極化が生じている。

さらに河口部では、土砂供給の減少などにより、河口砂州の河内内への後退が昭和50年代より顕在化はしている。

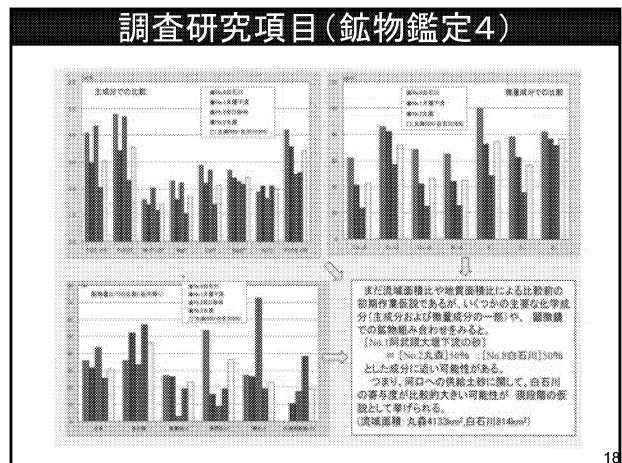
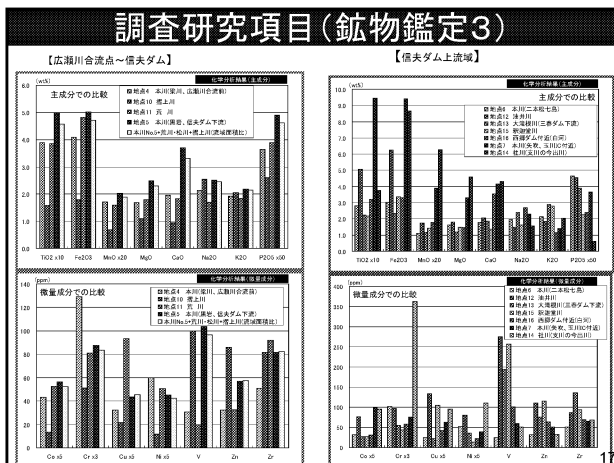
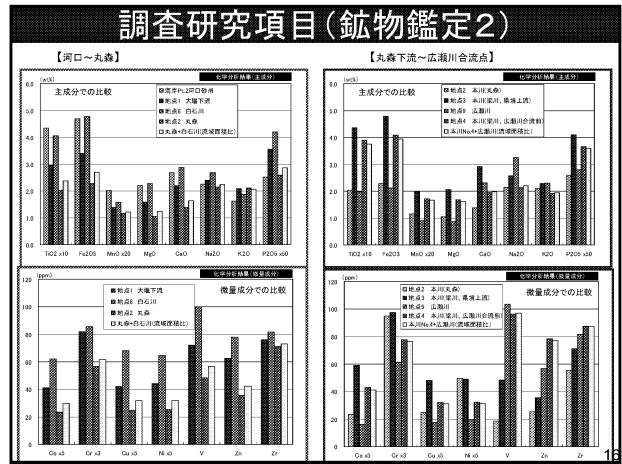
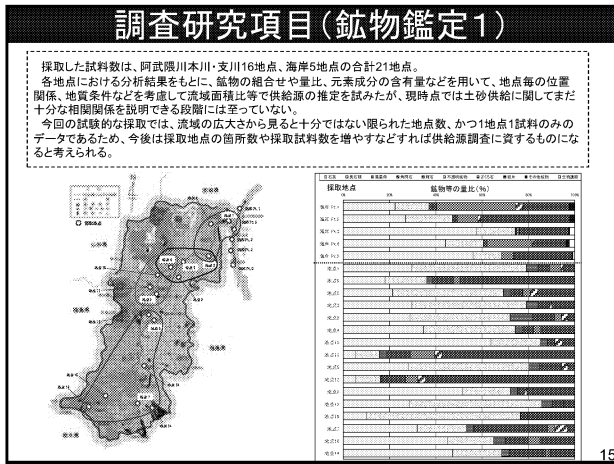
海岸においては、海岸侵食が進み、砂浜の消失が著しくなっており、岩沼市蒲崎地区では、汀線際の消波ブロックで幸うして若干の砂浜を維持している状況となっており、喫緊の対応が必要な状況である。

流砂系を通じての課題として河川からの土砂供給の減少による各種問題が顕在化してきている。



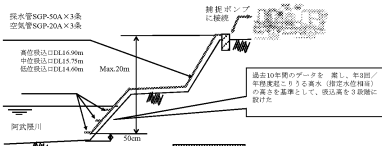


- ## 調査研究項目
- 【調査研究項目】
- 河床材料等の分析 (鉱物鑑定)
阿武隈川流砂系における一貫した土砂の移動を解明するため、阿武隈川本、支川、及び海岸の堆積砂の採取並びに分析(蛍光X線分析(XRF)、顕微鏡での鉱物鑑定)を行う。
 - 流砂の質的把握(ポンプ取水等による流砂捕捉)
土砂移動の質的、量的把握を目的に行い、流砂による河床変動への影響把握に資する。
平成12年度より、実施
 - 今後、他の採取方式によるデータとの比較検証等による、精度の確認が必要。
 - 雨量、流砂データの観測、整理
経年のデータを元に、今後、土砂発生に係わる影響、土砂に対する掃流力等の解明に努める。
 - 河川形状の把握(河川横断測量、海岸深淺測量)
 - 経年の河川状態把握のため実施するものであり、今後、通常の定期横断測量(各区分5年サイクル程度)に加え、必要に応じ適宜、追加測量の実施を行い、その把握に努める。
 - 定食材料調査
阿武隈川の粒径変化のモニタリングを行い対策の効果を評価する。
 - 河口砂州及び河口テラスの詳細測量
河川から海岸への土砂供給量を把握するため洪水前後に実施する。
 - 蛍光砂調査
阿武隈川からの供給土砂が、海岸に流出した時の移動先を把握する。(北向き、南向き比率から海崎海岸方面への土砂移動量を把握)
 - 定食材料調査
海崎海岸に寄与する粒径を把握するため、海崎海岸の汀線の他、海底部(水深部)の底質も調査する。
一汀線以外も海底部に寄与する粒径の土砂は有効である。
 - 深淺測量
経年の海岸地形変化のモニタリング。
 - 流砂・漂砂の観測
今後、流域からの流出土砂が、沿岸漂砂としてどの程度寄与し、砂浜回復等に影響するの、沖合損失等の把握、河口テラスの影響など調査研究を進めていく必要がある。



調査研究項目(流砂捕捉1)

土砂移動の実態把握と河床変動計算モデルの構築、土砂動態マップの作成等のために、浮遊砂について把握することを目的に、流砂捕捉ポンプを使用した流砂捕捉調査を実施している。平成12年度から13回の観測を実施。

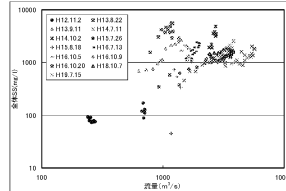


19

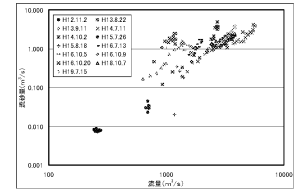
調査研究項目(流砂捕捉2)

平成12年度から13回の観測を実施。
観測した流量範囲は、約300~6,000m³/SIにおいて行われている。
これまでの観測データを統合して、流量と流砂量の関係からは、出水規模により、その関係の傾向にある程度の差が見られるものの、全体的には流量と流砂量の関係は比較的良好な正の相関が見える。

(SS濃度と流量との関係)



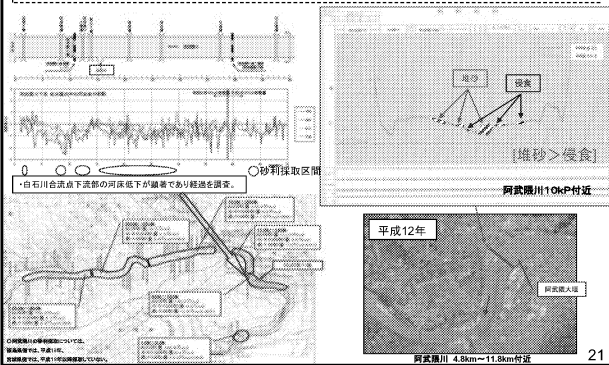
(流砂量と流量との関係)



20

調査研究項目(河川定期横断測量)

●人工改変(砂利採取)をやめたことによる河道の健全度がどのように回復(時間・地点・量)するかを把握する目的で河川定期横断測量を実施し経過を調査。



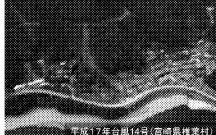
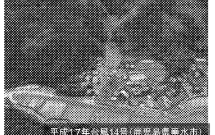
21

ハードおよびソフト対策の重点化・効率化のための土石流・表層崩壊危険度評価手法

(独)土木研究所 土砂管理研究グループ
火山・土石流チーム

背景

- 近年、表層崩壊に起因する土石流による災害が多数の発生している。
- 災害に対して重点的・効率的な対策(ハードおよびソフト)の立案には、土石流発生の危険度により事業の優先順位を論理的に定めることが重要。
- 土石流発生の危険度評価は、従来より研究が進められているが、メカニズムが複雑で膨大な計算を要するため、実用化されていない。

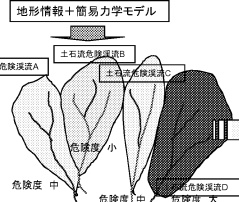
① 渓流単位の評価

表層崩壊に起因する土石流危険度評価

第1段階 概略危険度評価

- ◆目的: 広域(10~100km²オーダー)で表層崩壊に起因する土石流の発生しそうな危険度評価を実施する。
- ◆手法: 地形情報のみから表層崩壊に起因する土石流の危険度評価。

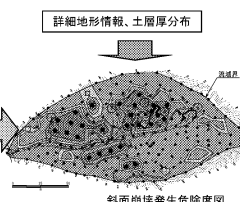
地形情報+簡易力学モデル



第2段階 危険度の精査

- ◆目的: 第1段階で抽出された特に危険度が高いと考えられた渓流の精査(第1段階の妥当性の確認、選流間のより細かい順位付け)。
- ◆手法: 高精度な地形・土層厚に関する空間情報に基づく精度の高い表層崩壊発生危険度評価。

詳細地形情報、土層厚分布



① 渓流単位の評価

① C-SLIDER法の概要

地形情報、地下情報^①の確率分布、降雨情報

↓

簡易な物理モデル

↓

斜面ごとの崩壊確率

↓


見合わせる

渓流単位の表層崩壊発生危険度・崩壊危険面積^②(面積×確率の合計)として表示

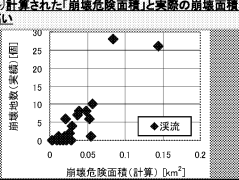
地下情報^①: 透水係数、粘着力、内部摩擦角、土層厚
崩壊危険度^②: $\sigma = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot \sigma_i$
①は各メッシュの面積
②はメッシュが安全率1以下になる確率が流域内のメッシュ数である。

検討結果

鹿児島県新居浜周辺の19渓流に適用



モデルにより計算された「崩壊危険面積」と実際の崩壊面積との相関は高い



広域で表層崩壊に起因する土石流の概略の危険度評価が可能

② H-SLIDER法

② 斜面単位の危険度評価手法(H-SLIDER法)

モデルの概要

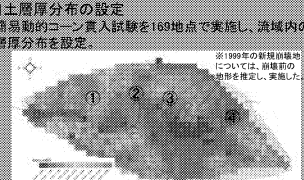
表層崩壊発生箇所の予測の実用化に向け、入力条件は基本的に実測できるものを対象とした簡易な「物理モデル」を構築。

- 現地流域の土質条件入力値
 - ◆透水係数 k_s : cm/sec
 - ◆粘着力 C : kN/m²
 - ◆内部摩擦角 ϕ : °
 - ◆湿潤重量 γ : kN/m³
 - ◆飽和重量 γ_{sat} : kN/m³
 - ◆水の重量 γ_w : kN/m³
- 水文観測結果、土質試験より設定
- 計算地点の斜面条件入力値
 - ◆斜面勾配 θ : °
 - ◆土層厚 h : cm (Nd20)
 - ◆集水面積 A : m²

DEM、簡易貫入試験等の地形測量資料より算定

土層厚分布の設定

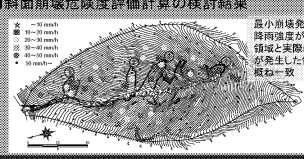
簡易動的コーン貫入試験を169地点で実施し、流域内の土層厚分布を設定。



※1999年の新居浜崩壊地については、崩壊前の地形を復元し、適用した。

斜面崩壊危険度評価計算の検討結果

最小崩壊発生危険度、時雨量が小さい領域と実際に崩壊が発生した領域が一致。



◆簡易な物理モデルでも土層厚分布が把握できれば、精度よく崩壊危険箇所を抽出可能

③ 警戒避難体制の高度化

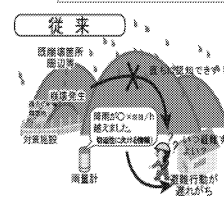
崩壊検知センサーの活用

土石流災害は突然発生するにも関わらず、災害発生直前まで切迫性を感じにくい

検知センサーを活用すると

行政も住民も地域周辺の土石流災害発生情報を入手できるため、避難行動のタイミングを判断しやすくなる。

従来

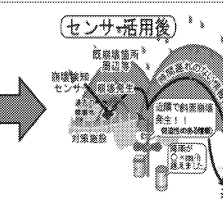


降雨計、雨量計、雨量計、雨量計

雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら

雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら

センサ活用後



雨量計、雨量計、雨量計、雨量計

雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら

雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら、雨量計が壊れたら

また、山地流域の斜面崩壊の発生場所は天候回復後の調査などによって把握されることが多いが、検知センサーを活用し、発生場所に関する情報が時間遅れなく入手できるため、速やかに緊急調査・対応の必要のある場所を決定できる。

崩壊検知センサーの開発

- ◆斜面の変位を捉える機器として、伸縮計などが主として用いられてきた。
- ◆伸縮計は、微小な変位を精度良く検知することは可能であるが、設置場所の制約（不動点が必要、地表面形状が極力平坦であることなど）、設置・メンテナンスに労力がかかる、価格が高いなどの問題があった。

そこで、安価、長期間メンテナンス不要、斜面に容易に設置可能な斜面崩壊検知センサーを開発

仕様

1. 検知機能：勾配が概ね30度以上の急斜面に設置し、崩壊した事だけを検知する。
2. 耐用年数：約10年間
3. 電源：バッテリー駆動（電池寿命5年間以上）
4. 検知出力：デジタル出力
5. 伝送方式：無線通信（最低10m以上伝送可能）
6. 目標価格：全国に多数設置することを目標にセンサー1台数万円程度
7. 設置条件：容易かつ一人で設置可能
8. 耐環境性：気象条件や環境等により機能障害が生じない

転倒検知センサー

傾斜が急峻したセンサーが設置した場合に傾倒検知を行います。傾倒検知は傾斜により変位検出まで伝送されます。傾倒検知としては、場所に応じて特定の電力線、低電圧地中線などから現場条件に合ったものを選択します。タイプによって、ワイヤレス、有線での伝送が可能です。

傾斜角測定センサー

定期的に斜面の傾斜変化を測定します。急峻な斜面では特定の電力線により伝送します。土壌水分計との併用が可能のため、土壌水分と傾斜の関係を把握することができます。

斜面変位検知センサー

斜面の傾斜（下方向）の傾斜を感知するタイプです。傾倒検知とは、センサー内部の地球儀が傾斜した際の傾斜角を感知することにより伝送され、傾倒検知の傾倒検知の傾倒検知を行います。

◆まとめ

- 現地の詳細な土層厚調査、水文観測を実施することで斜面崩壊の危険度の高い斜面の抽出は比較的容易に可能である。
- また、この手法を拡張することで、十分な現地調査データがなくても、溪流単位の危険度もある程度評価の可能となる。

◆そこで、

- このような手法を用いることで、対策実施の優先箇所を検定することが、保全対象の重要性のみならず、危険度の面からも可能となる。
- また、近年開発された安価の崩壊検知センサーを活用することで、豪雨時によりきめ細かい情報提供が可能となり、土砂災害の警戒避難体制の構築・支援に資するものと考えられる。

急流河川における流れと土砂動態

～鉄砲水(フラッシュフラッド)の研究の観点から～

(独)土木研究所 松田如水

1. はじめに ～鉄砲水(フラッシュフラッド)の研究とは～ その1

背景

- 近年の鉄砲水災害の多発
局所的な集中豪雨に伴う鉄砲水災害が増加している？
鉄砲水として報道される災害は多岐にわたる？

目的

- 鉄砲水の発生特性や発生機構の把握
(鉄砲水の発生特性や発生機構の知見は少ない)
- 現象の実態の把握は難しく、その知見は十分であるとは言い難い。これは、鉄砲水が継続時間の短い現象であり、発災は局所的である場合が多いなどにより起因する。

Ex. 玉川鉄砲水災害(2006.8.21)

玉川第1砂防ダム急造設置工事における工所用仮設構造物が流失。

16:10頃、現場上流2.5kmに設置していた水位観測装置が作動。作業員の避難および作業機械を退避させた。(現場では降雨も無く、河川水位も異常なし)

16:25頃、水位の急激な上昇。一気に濁流となって増水(約1分で3m程度上昇)

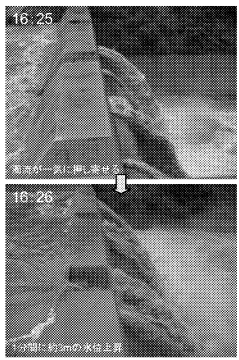


図 玉川(2006.8.21)
※飯沼山土砂防事務所提供

1. はじめに ～鉄砲水(フラッシュフラッド)の研究とは～ その2

成果 (現段階までの成果)

- 鉄砲水災害の災害特性の分析
- 鉄砲水の発生しやすい地形特性の評価の可能性と提案
- 豪雨による直接的な流出現象としての鉄砲水の予測手法の提案
- 急流河川区間における流れの特性と鉄砲水の発生しやすい地形特性および降雨特性の評価 (一定の知見を得た)

→ 本PPTは、研究をふまえた急流河川における流れと土砂動態についての話題提供

Ex. 都賀川鉄砲水災害(2008.7.28)

神戸市投資のモニタリングカメラにより、鉄砲水の急激な増水の状況が映像として全国的に報道された極めて珍しい事例。

発災の数分前まで降雨がなく、鉄砲水による急激な増水に加え、57名(うち5名死亡)もの河道内利用者や工事関係者が災害に遭遇したため、社会的な注目を集めた。

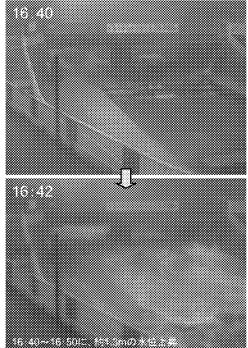


図 都賀川(2008.7.28)
※神戸市建設局提供

2. 鉄砲水とは ～現象の定義～

- 鉄砲水とは、土石流と洪水の中間に位置するような現象である。
※低濃度の突発的な流れ～土石流(掃流状集合流動)
- 鉄砲水と表現される現象は、英語圏の国々などではflash floodと表現される(鉄砲水=flash floodとして訳される)
近年、局所的な集中豪雨が頻発するとともに、鉄砲水と訳じられる災害事例が増加している

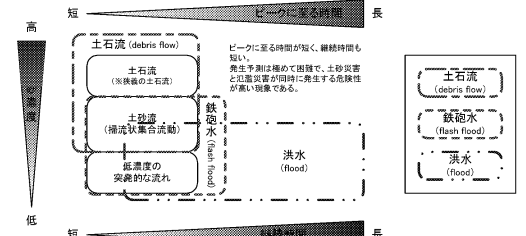


図 鉄砲水(flash flood)のイメージ

※土石流濃度やピークに至る時間、継続時間の観点から、鉄砲水(flash flood)と表現される現象を模式的に表現したものであり、確立した表現ではない。
※わが国では、土石流は一般にも広く認知されていることから、土石流から低濃度の突発的な流れとして捉えることが適切であると考えられる。

2. 鉄砲水とは ～災害の概況～ その1

発生機構の概況

鉄砲水として報道された事例を発生機構の観点から整理した。ただし、これらが複合的に発生したものと考えられる事例が尙ある。

- 源流部の豪雨など直接的な流出現象によるもの
 - 豪雨による急激な増水によるもの
 - 土石流停止後の後続流によるもの
- 天然ダム等の形成・決壊など貯留を伴う流出現象によるもの
 - 河道閉塞の形成・決壊によるもの
 - ため池などの貯留施設の決壊によるもの
- 流下断面の阻害による増水・氾濫
 - 橋梁部などの狭窄部における流水・土石の閉塞によるもの
 - 勾配変化点などにおける土砂の堆積による流下断面の阻害によるもの

発災地点の概況

①河道内、②河道外、に大別できる。

- ①は、河道内利用者や工事関係者が犠牲者となりやすい。
- ②は、洪水氾濫と同様の災害形態を呈するが、土砂を多量に含むため、土砂災害の様相を呈することが多い。


発生流域の概況

- 概ね急峻な山地流域で発生している。
- 流域が市街化されている丘陵地流域でも発生している(都市型洪水と表現されることが多い)。


2. 鉄砲水とは ～災害の概況～(参考)

- 源流部の豪雨など直接的な流出現象によるもの
- 天然ダム等の形成・決壊など貯留を伴う流出現象によるもの
- 流下断面の阻害による増水・氾濫

特厚豪雨(15mm/5分)による急激な流出(2004.08.17)	集中豪雨(20mm/5分)による急激な流出(2004.10.20)	急激な豪雨(40mm/5分)による急激な流出(2007.08.07)	特厚豪雨(20mm/5分)による急激な流出(2007.08.08)
前田川 / 香川県 / 2004.08.17	奥谷川 / 兵庫県 / 2004.10.20	目之形川 / 宮崎県 / 2007.08.07	秋田院川 / 熊本県 / 2007.08.08
特厚豪雨(20mm/5分)による急激な流出(2006.09.16)	特厚豪雨(40mm/5分)による急激な流出(2007.07.11)	特厚豪雨(40mm/5分)による急激な流出(2007.08.22)	特厚豪雨(20mm/5分)による急激な流出(2007.08.31)
白土川 / 佐賀県 / 2006.09.16	芝瀬川 / 鹿児島県 / 2007.07.11	赤谷川 / 鳥取県 / 2007.08.22	池井川 / 鳥取県 / 2007.08.31



香川 / 東京都 / 2008.07.08



都賀川 / 兵庫県 / 2008.07.28

2. 鉄砲水とは ～雨域と災害形態～

流域における強い降雨域の分布状況

- タイプ1**：強い雨域が広く、流域総雨量も大きい豪雨
前線性豪雨など、ある程度まとまった雨域(100kmスケール)を有するものが多い。短時間の雨量強度が高い例が多い。また、流域総降雨量も大きい。いわゆる豪雨災害の様相を呈し、氾濫災害や土砂災害が同時生起する。(インフラ被害あり、人的被害あり)
→ まとまった雨域のため、地上雨量観測所でも降雨の状況が把握できる
→ 降雨があるので、ある程度、増水の危険は予想できる。
※近年では、記録的な豪雨につながる例が少なくない。

豪雨災害 (氾濫災害・土砂災害)
(土砂の移動が激しい)

- タイプ2**：強い雨域が局所的な豪雨
雷雨性豪雨など、局所的な雨域(100kmスケール以下)を有するものが多い。降雨域では、短時間の雨量強度が高いが、流域総降雨量は小さい。災害発生地点では、降雨が無いか、あっても小さい。急な増水を予想しにくい河内での利用者や工事作業員が犠牲者となる例が多い。(人的被害あり)
→ 地上雨量観測網にかからない場合がある。
→ 降雨が無い場合や小さい場合は、増水の危険は予想しにくい。

典型的な鉄砲水災害
(土砂の移動が少ない)

3. 災害事例 ～土砂の移動が激しい事例～ その1

記録的な短時間豪雨による洪水のため、上流河道での河床・河岸の侵食が発生し、集落近傍区間で土砂の堆積に伴う氾濫災害・土砂災害が発生

Ex. 油井川
上流における河床・河岸の侵食
→集落近傍の狭窄区間・勾配変化点での堆積
→土砂災害・氾濫災害の発生
※隠岐地方では、100mm/hを超える豪雨となったため、ほとんどの河川で同様の被害が発生した。

応急復旧後

補注1: 油井川では上流に発電ダムがある。河床・河岸の侵食は、ダム下流の河道で発生し、土砂供給源となっている。
補注2: 集落近傍の狭窄区間で土砂が堆積したため、氾濫災害が発生した。

3. 災害事例 ～土砂の移動が激しい事例～ その2

記録的な豪雨による洪水のため、上流河道での河床・河岸の侵食が発生し、集落近傍区間で土砂の堆積、流木の閉塞に伴う土砂災害・氾濫災害が発生

Ex. 柏川
上流における河床・河岸の侵食
→集落近傍の狭窄区間・勾配変化点での堆積
→土砂災害・氾濫災害の発生

補注1: 上流の砂防ダムでは土砂や流木を捕捉しているが、砂防ダム下流の河道でも発生した河床・河岸の侵食が、主要な土砂供給源となっている。
補注2: 集落近傍の狭窄区間・勾配変化点で土砂や流木が堆積、閉塞し、氾濫災害が発生した。

4. 急流河川の特徴 ～既往の地形特性と流出特性の見聞～

河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状	河川形状
扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地	扇状地
放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状
放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状
放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状
放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状	放射状

流域形状が円形に近く、短い区間に集中して大きな支流が合流する“求心状”の河川では、ハイドログラフの波形がシャープになる。出水期間は短い。
流域形状が細長い河川では、ハイドログラフは緩やかであるが、出水期間が長くなる。

※「洪水警報」建設技術者のための地形図読解入門3 段丘・丘陵・山地(古今書院)、「山本真生」山形河川(山形県)、「S.K. Gregory, D.E. Walling」Drainage Basin Form and Process - A geomorphological approach(1973)、「Strahler, A.N.」HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY(1964)

4. 急流河川の特徴 ～仮想流域による流出特性の検証結果～

Ex. 流域形状が細長い河川ではハイドログラフは緩やかになるか？
→ 短時間豪雨が偏在する場合、むしろシャープになる。

- 流域総雨量が同じ場合、降雨が偏在する方がピーク流量が大きくなる。
- 降雨が下流域に偏在する方がピーク流量は大きくなる。ただし、洪水波形は上流に偏在する方がシャープになる。

→ 急流河川でのKinematic waveとしての流れの特性

流域A 4km × 8km
流域B 2km × 10km

図 流出解析結果

4. 急流河川の特徴 ～緩流河川との比較～

概況(緩流河川との比較)

- 河道が急勾配である。流域面積が小さい。洪水到達時間が短い。河床材料が大きい(外力が大きい)。流量変動が大きい。河床変動が大きい。etc.
- 急勾配であるため、kinematic waveとしての流れの特性を有する。
→ 流下に伴い洪水波がシャープになる場合がある。流れの直進性が高い。土砂の移動が顕著である。
- 流域面積が小さいため、洪水到達時間が短い。
→ 短時間豪雨による洪水は短時間のうちに発生する。
- 外力が大きく、相当程度の粒径の河床材料も移動する。
→ 掃流砂、浮遊砂のオーダーも相当程度大きい場合がある。
- 河床変動が大きく、出水時の数m程度の河床変動は珍しくない。
→ 流れの特性と土砂動態の把握が現象の把握のポイントになる。

急流河川では、流れの特性や土砂動態の観点から、緩流河川とは異なる対策が必要であると考えられるが、現状では、どちらも洪水として扱われている。
→ 流れと土砂動態を考慮した対策が肝要であると考えられる。

図 急流河川における増水状況
※M. Soreffico, "Flash Floods, Sediment Transport and Debris Flow in Steep Mountain Catchments"

土砂生産域での取り組み

- 洪水時の急激な河道への土砂流出を防止するため、砂防事業を継続的に実施します。実施に際しては、透過型砂防堰堤の整備等で定常的な土砂供給に配慮します。
- 関係機関との調整を図り、土砂崩壊等を防備する良好な山林づくりへの協力を努めます。

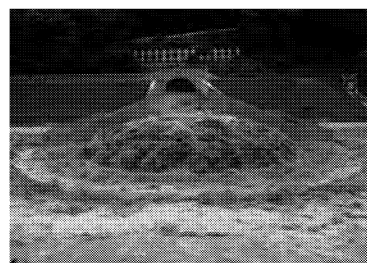
ダムでの取り組み

美和ダム恒久堆砂対策

- 美和ダムの恒久堆砂対策施設のうち、完成している土砂バイパス施設を運用し、貯水池への土砂流入を抑制するとともに、ダム地点における土砂移動の連続性を確保します。
- 新たな湖内堆砂対策施設の整備を行い、貯水池への堆砂を抑制するとともに、ダム地点における土砂移動の連続性を強化します。



美和ダムの堆砂状況(平成11年)



三峰川バイパス吐口

三峰川(分派堰)

三峰堰、貯砂ダムは、粗い土砂を堰き止め(沈降させ)洪水後に取り出すことを容易にします。堰き止めた粗い土砂は、コンクリートの材料など、砂利資源として有効に利用していきます。

貯砂ダム

湖内堆砂対策施設

分派堰を越えてダム湖に流入した土砂を排砂します。

三峰川バイパス (洪水バイパストンネル)

三峰川バイパスは洪水時の濁った水を下流へバイパスし、ダム湖に堆積しない様になります。

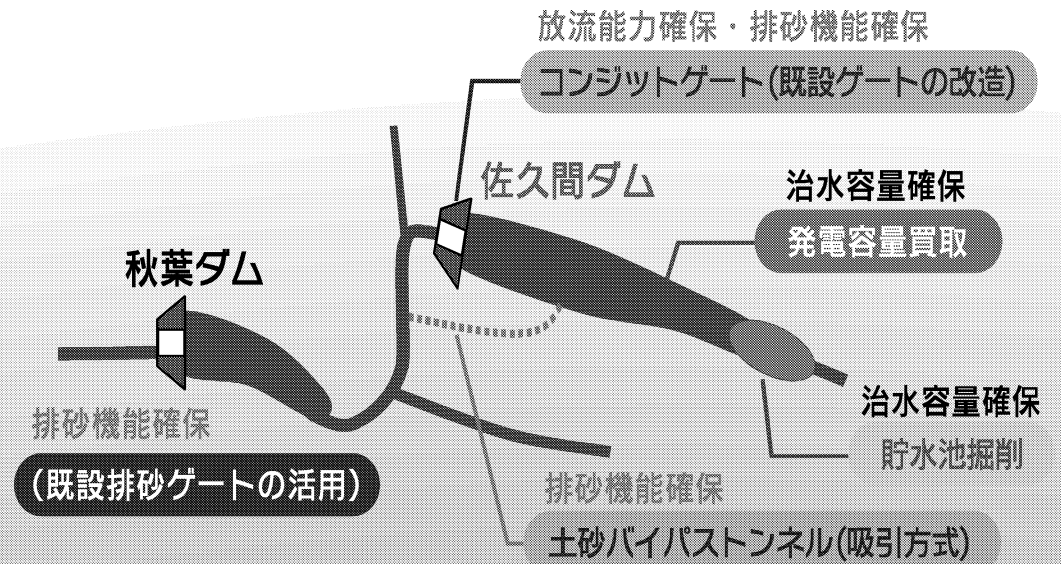
三峰川バイパス吐口

小渋ダム恒久堆砂対策

- 小渋ダムに新たに土砂バイパス施設を整備し、貯水池への土砂流入を抑制するとともに、ダム地点における土砂移動の連続性を確保します。

佐久間ダム恒久堆砂対策 (天竜川ダム再編事業)

- 佐久間ダムに新たに吸引工法として土砂バイパストンネルによる恒久堆砂施設を整備し、貯水池への土砂流入を抑制し、ダム地点における土砂移動の連続性を確保し、流下土砂量を佐久間ダム下流で0m³/年から約20万m³/年に増加させ、海岸侵食の抑制等を目指します。



天竜川ダム再編事業のイメージ図

河道での取り組み

- 上流部では、土砂を大量に含む高速流による侵食や河床洗掘に対して適切な深さと規模の護岸や根固工の設置等、侵食・洗掘対策を実施します。
- 三峰川合流部より下流では、土砂堆積による水位上昇の生じやすい狭窄部上流において、霞堤として開口部を設けており、決壊防止のため必要に応じて堤防強化を図るとともに、土地利用の誘導や河川情報の提供を関係機関と連携して行います。
- 土砂の堆積しやすい支川合流点付近や狭窄部上流を対象に、土砂堆積による河積阻害の影響を低減させる管理河床高の検討や、ダム恒久堆砂対策施設による流下土砂量の増加を踏まえ、安定した河床を維持するために必要な砂利採取等の措置の検討を行います。
- 下流部では、河道内樹木の繁茂により、上流から流下した土砂の捕捉や砂州の固定化といった問題が生じているため、河川環境への影響を考慮したうえで樹木伐開を行い、河道における土砂の流送力を確保します。
- 河道改修により発生した土砂については、関係機関との調整を図り、海岸域の養浜に活用します。



狭窄部上流の浸水状況

海岸での取り組み

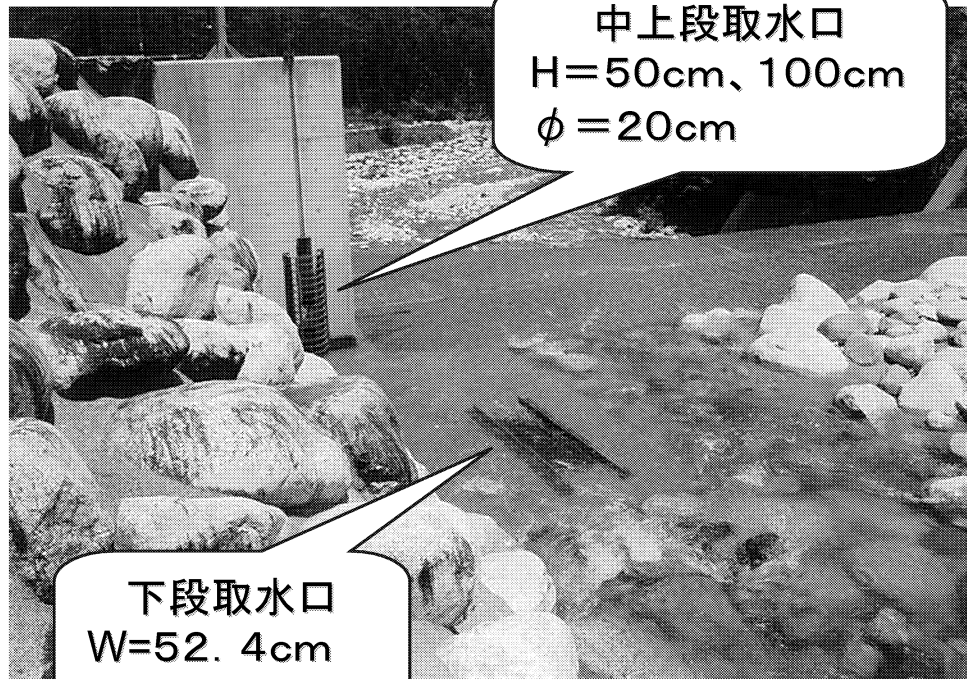
- 平成15年(2003)7月に静岡県と愛知県により策定された遠州灘沿岸海岸保全基本計画との整合を図り、海岸管理者との連携に努めます。

土砂動態及び土砂の流下による環境変化の把握

- 土砂動態および土砂の流下による環境変化を把握するため、継続的なモニタリングを実施するとともに、その結果を分析して維持管理も含めた土砂対策に反映し、順応的な土砂管理を推進します。

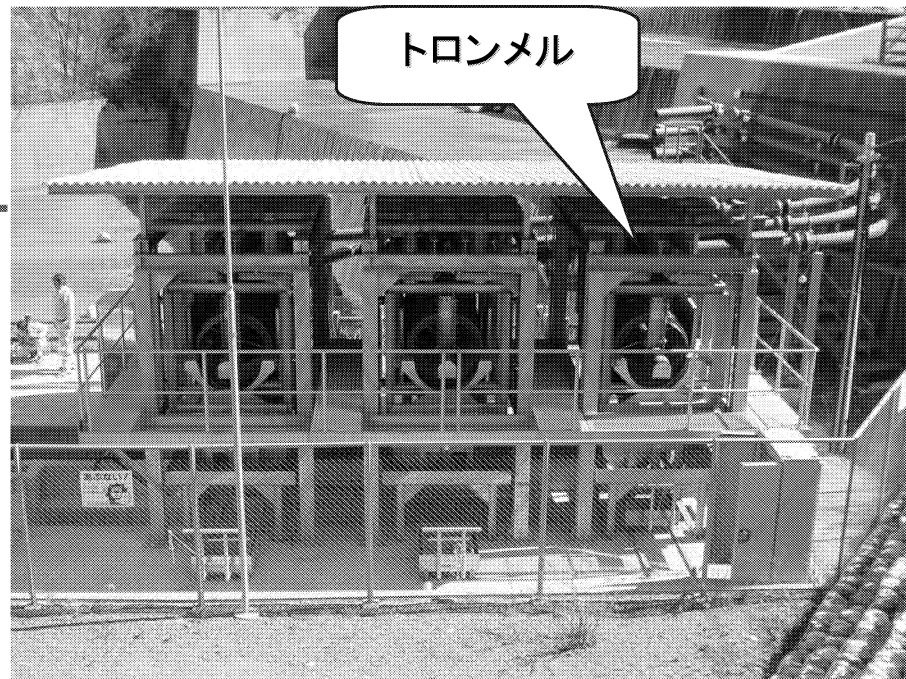


与田切川流砂観測施設 H13年～



中上段取水口
H=50cm、100cm
φ=20cm

下段取水口
W=52.4cm
L=158.4cm



トロンメル

河川	導水した濁水	
<ul style="list-style-type: none"> ・水位 ・流速 	<ul style="list-style-type: none"> ・導水流量 ・トロンメル捕捉土砂量 ・トロンメル捕捉土砂粒度分布 ・トロンメル通過土砂SS濃度 ・トロンメル通過土砂粒度分布 	<ul style="list-style-type: none"> ○全流砂量 ○合成粒度分布

河床変動と河道内樹木のモニタリング

- 河道において、経年的な河床変動や樹林化の進行状況の把握に努めるとともに、砂防堰堤の整備、ダム堆砂対策施設整備、河道改修後の土砂移動の変化について、出水前後の河床変動と河道内樹木の生育状況のモニタリングにより把握します。

恒久堆砂対策施設関連のモニタリング

- 美和ダム、小渋ダム、松川ダム、佐久間ダムの恒久堆砂対策施設及び下流河道に流下する土砂量と粒度分布のモニタリングを行います。

土砂移動実態解明に向けた検討

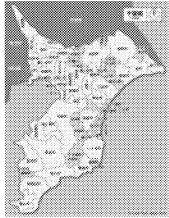
- 土砂の流出、堆積、侵食、移動等に関するデータをモニタリングし、土砂収支モデルを作成して、土砂動態のメカニズムを明らかにします。

土砂の流下による環境変化の把握

- 流砂系全体において、土砂の流下による、環境変化の把握、生物の応答メカニズムの把握・解明のために、継続的なモニタリングを行います。

第一分科会

山地流域における流砂の把握と砂防設備による土砂移動制御の検証について

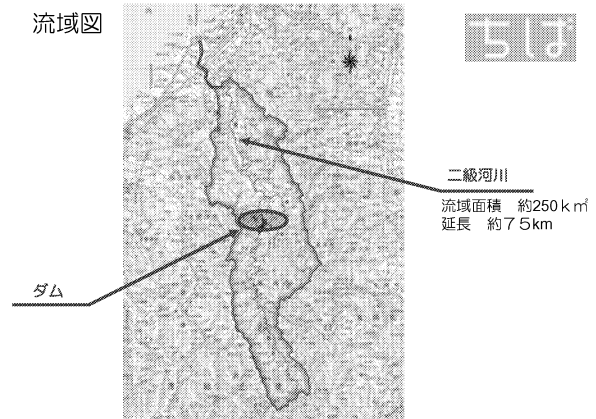


平成20年10月

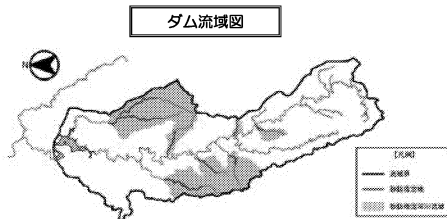
千葉県河川整備課海岸砂防室



流域図



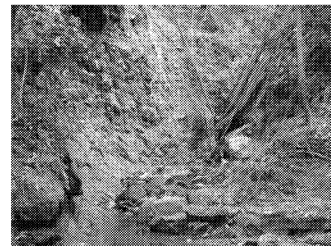
ダム上流の砂防指定地



ダムの流域面積107km²のうち、
26km²が砂防指定の河川流域あたり、
全体の約1/4を占めている。



砂防域の状況



現況の整備率は約20%と低い

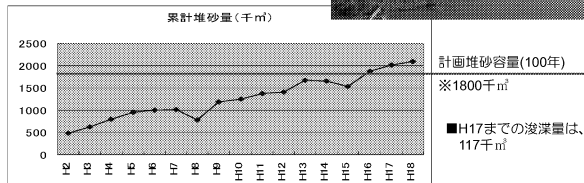


ダム域の状況

計画堆砂容量を既に
16%超過！

※平成18年度時点

堆砂状況



河川域の状況



堆砂が著しい！

港湾域の状況

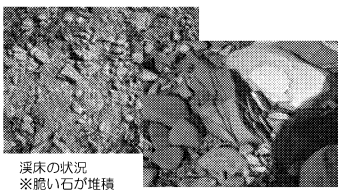


堆砂が著しい！



砂防の対策

ちしほ



溪床の状況
※脆い石が堆積



降雨時の濁水状況
※浮遊砂やフォッシュロードとして流出



荒廃地
※砂状となっている

日常的な流水による土砂流出



通常の砂防えん堤での捕捉が困難

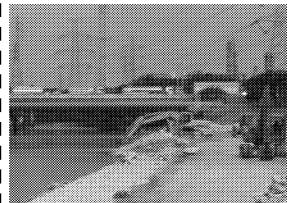
ダム対策

ちしほ

河川の対策



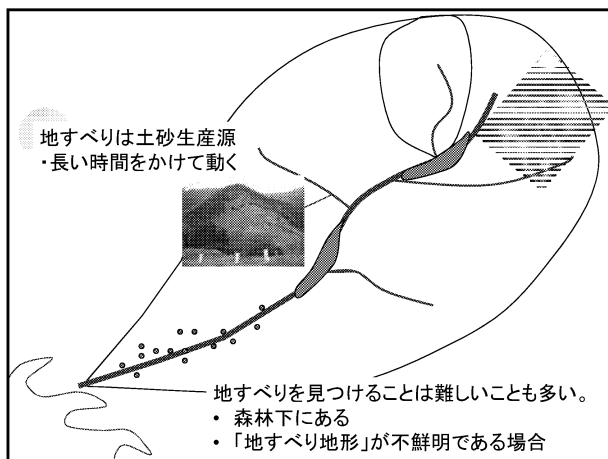
浚渫状況



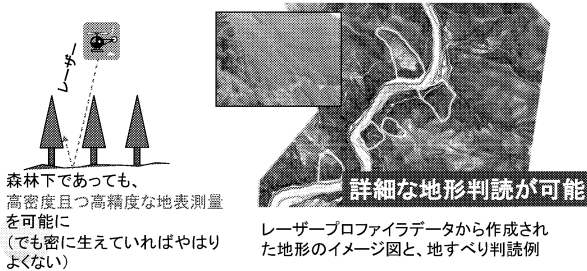
築堤工事

レーザープロファイラを用いた 地すべり地形計測

土木研究所地すべりチーム
笠井美青



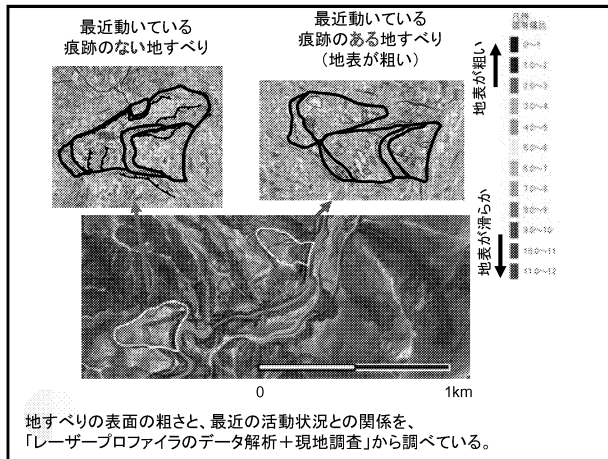
レーザープロファイラの活用:



地すべりを見つけたところで活発に動いているかどうかは、
現地に行かないと分からない。

でも全部行くわけにはいかない

レーザープロファイラデータを解析して推定する方法を調べる



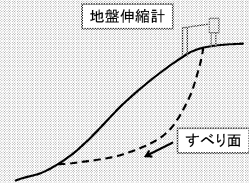
研究ツール紹介 地すべり崩落予測プログラム

(独)土木研究所 地すべりチーム
交流研究員 奥田 慎吾

地すべり崩落予測プログラムとは

一般に地すべりが崩落する直前には移動速度が急激に増加する傾向がある

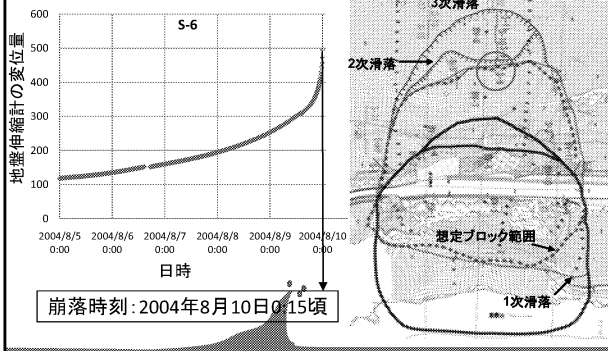
地すべり頭部の引張亀裂を観測することで崩落時期を予測できる場合がある



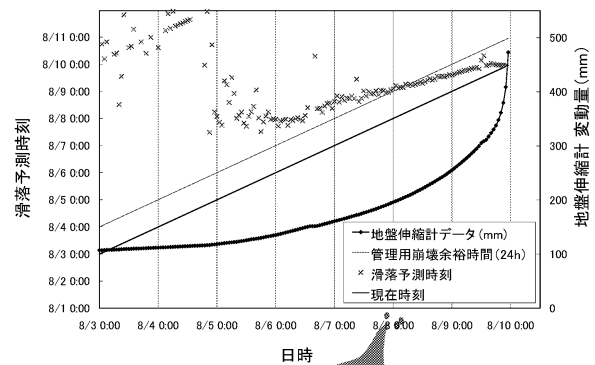
現在使用されている地すべり崩落予測法

- 斉藤による2次クリープ崩壊予測法¹⁾
- 斉藤による3次クリープ崩壊予測法²⁾
- 福園による移動速度の逆数による予測法³⁾

地すべり崩落予測事例 奈良県宇井地すべり



地すべり崩落予測結果



現在の研究内容

- ・近年の地すべり崩落予測事例の検証
- ・地すべり地を通過する道路について、地すべり崩落予測プログラムを用いた道路安全管理手法の提案

※地すべり崩落予測プログラムは地すべりチームのHPからダウンロードできます

<http://www.pwri.go.jp/team/landslide/facilities.htm>

参考文献

1. 斉藤迪孝: 斜面崩壊時期の予知, 地すべり, Vol.2, No.2, pp.7~12, 1966.
2. 斉藤迪孝: 第三次クリープによる斜面崩壊時期の予知, 地すべり, Vol.4, No.3, pp.2~8, 1968
3. 福園輝旗: 表面移動速度の逆数を用いた降雨による斜面崩壊発生時刻の予測法, 地すべり, Vol.22, No.2, pp.8~13, 1985