

## I. 5 分科会



## 第1分科会

砂防計画・施設設計の考え方について  
—砂防事業の効果評価等—



## 第1分科会 砂防計画・施設設計の考え方について

(砂防事業の効果評価等)

### 平成24年10月3日 第25回砂防研究報告会

国土交通省  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

### 分科会趣旨について

- 私たちは、事業評価監視委員会や対策施設を計画した地元での説明会など、多くの場で砂防計画や対策施設の考え方について説明をし、今後生じるであろう土砂災害、土砂移動現象に対して、対策施設がどのような効果をもたらすかを説明しています。一方で、説明する内容に含まれる生産土砂量や砂防堰堤の土砂調節効果には、かなり割り切った想定も含まれています。
- 説明する際には、この今後生じる土砂災害、土砂移動現象に関する予測やそれらに対する対策施設の効果評価について、単純に割り切った説明をします。しかし、もう少し科学的に分かりやすい説明は出来ないものか。あるいは、それらが分かれば対策施設について工夫しようがあるのにと思うことがしばしばです。
- しかし、砂防で扱う土砂移動現象は、豪雨による土石流や掃流砂から、天然ダムの決壊、深層崩壊、火山噴火後の土石流・泥流まで、非常に多岐にわたります。また、今後生じる土砂災害、土砂移動現象を精度良く予測する技術についても開発途上の部分もあります。さらに、東日本大震災以降、非常に大規模な自然現象への対応についても様々な議論がなされています。
- そこで、本分科会では、砂防計画の立案や対策施設の設計時さらには事業評価における行政的な課題および技術的な課題。特に、被害想定に関する課題を中心に議論します

### 分科会の進め方について

1日目:15:00~17:15] ● 砂防計画・施設設計の考え方について、それぞれの立場での問題意識を共有する。

① 実態との乖離状況や各参加者が疑問に感じていることを明らかにする。

2日目:9:00~12:00] ● 各自が抱えている問題意識から、今後、取り組むべき調査や技術開発について議論する

① 事例紹介 9:00~10:00

1. 大規模崩壊に対する砂防施設規模や安定性の考え方について (越美山系砂防事務所高橋係長)
2. シャッター付き砂防堰堤の考え方と効果検討について (北陸地方整備局福田専門官、松本砂防事務所野村係長)
3. 小規模な溪流に設置する土石流対策施設に関する検討について(太田川河川事務所藤原課長)

② 4班に分かれて議論する 10:00~11:15 (1:松下、2:福田、3:内田、4:林)

1. 初日と、2日目の事例紹介の感想
2. 今後、必要な調査について(平常時・災害時)
3. 今後、必要な技術開発について

③ 全体議論 11:15~12:00

1. 班別議論の状況について(各班からの報告)
2. 全体議論

### 過去の分科会テーマについて

平成19年度 砂防設備の影響検証を含めた総合的な土砂管理のための土砂移動モニタリング

- 総合的な土砂管理について課題の把握や検討を行うための会議等を定期的に開催することが重要
- 山地域から海岸までの土砂移動をモニタリングする手法が確立していない
- 土砂移動モニタリングの使い道を示す必要がある。土砂移動にかかる問題毎に何を図るかを示す必要がある。
- 流砂量を蓄積したデータベースが必要

平成20年度・平成21年度

平成22年度 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

- 土砂移動モニタリングの目的を明確にし、調査範囲、手法、頻度を関係機関で連携する必要がある。また、関係機関でデータを共有する必要がある
- 行政側が総合土砂管理に関する住民のニーズを把握していない。

平成22年度 砂防事業実施の際の技術的な課題について

- 定期的な点検と優先順位に基づいた計画的な改修が必要
- 補修・補強については、事例を収集して共有をほかるべき

【過去の議論の状況と今年度の議論の狙い】

- 砂防事業実施の際の技術的な課題については、H22は議論を維持管理に絞って議論
- 一方で、総合的な土砂管理の取り組みについて、議論を過去4年に渡り続けてきている。
- 土砂移動モニタリングについて大枠からの議論を進めてきているが、砂防事業に関わる担当者の問題意識を踏まえて、それらの成果を何に利用していくか捉え直すことが必要。
- 今年度は、担当者から砂防計画や施設設計の考え方について、門戸を狭めず広く問題意識を話して貰う。
- それらの問題意識について、「被害想定」をキーワードに課題を把握し議論を進めます。

### 参加者の問題意識のありどころについて

河床変動計算  
条件設定が難しい

透過型堰堤の配置・機能評価  
・水系砂防の効果  
・ダム上流砂防  
・大規模土砂移動対策

整備が必要かどうかの判断  
・土砂量  
・レドの解消  
事業が必要かどうかの判断  
・事業評価

安全かどうか  
被害が発生するかどうか

議論のキーワード「被害想定」

実態が良く分からない、実態にどう影響しているか

評価もれている  
評価法が別にある

・砂防堰堤の山脚固定の効果等  
・流末処理  
・スリット堰堤の効果

### 事例紹介

1. 大規模崩壊に対する砂防施設規模や安定性の考え方について (越美山系砂防事務所)  
深層崩壊発生おそれのある溪流で、現基準により設置した砂防堰堤をどう評価するか  
→ 大規模な土砂移動が発生した場合に、安定が保たれる範囲で物性値や安定条件を緩和する。
2. シャッター付き砂防堰堤の考え方と効果検討について (北陸地方整備局、松本砂防事務所)  
松本砂防で設置したシャッター付き砂防堰堤と、立山砂防で設置している電動式シャッターを備えた砂防堰堤  
→ 土砂堆積後にシャッターを開けて中小出水で安全に土砂を堆積させる。  
→ 洪水中のシャッター操作により効率的に土砂を堆積・流下させる。
3. 小規模な溪流に設置する土石流対策施設に関する検討について (太田川河川事務所)  
0~1次の小規模な土石流危険溪流で流出する土砂量や流出形態に合わせて砂防堰堤の構造を見直し

## 議論の状況について

- 1班
  - ・ 地域の実態に合った対策や規模に合わせた対策が合っても良いと思う。
  - ・ 被害想定については土石流危険渓流調査の被害想定範囲や土砂法の土砂災害警戒区域としているのが実態。
  - ・ 災害の実態と合っていないケースがあるので、それを合わせる必要がある。
  - ・ 被害の実態や土砂流出後の土砂量の把握については、必要であれば細かくデータはとれる状況。
  - ・ 一方で計画や施設設計の元となる最大の土砂量が正しいか自信がない。土砂量は何を根拠にすればいいのか？崩壊箇所の実態も必要。
  - ・ 簡易貫入試験などの現地調査が必要。
- 2班
  - 土石流危険渓流での地元説明について
    - ・ 地元に対して砂防堰堤の規模の説明が難しい。
    - ・ 地域性の違いがあるため、砂防を理解していない人への説明方法の工夫。レベルに合わせた説明が必要。
  - 水系砂防について
    - ・ 水系の場合、上流の砂防堰堤群が下流の人の役に立っていることの説明が難しい。
    - ・ 水系全体での砂防効果について説明できる資料が必要。
  - 管理型堰堤について
    - ・ 除石のための予算の確保が必要

- 3班
  - ・ 課題として感じていることは全員共通しており共感できる。
  - ・ 現象そのものが多岐にわたっている中で、現象にあった対策をとることが必要。これは現状では必ずしも基準が合致していない場合もある。一方で会検対応とのバランスを考慮しつつ検討を進める必要がある。
  - ・ 積極的な技術開発に取り組むべき。
  - ・ 生産土砂量の予測の精度を上げられないか課題と感じている。
  - ・ 生産土砂量を面的に把握できる手法の開発が必要。
  - ・ シミュレーションの精度や方法の向上(実災害の再現や3Dなどの活用)
  - ・ 事業の説明は難しいが、河川や治山と連携し統一した説明ができるようになれば、事業間の協力ができるようになっているだろう。
- 4班
  - 除石管理
    - ・ 施設のバトロールなどをしながら優先順位に合わせて実施する。
    - ・ 除石ありきで計画するのは問題。
  - 流末処理
    - ・ 土砂を止めることで水の処理が結果としてできるようになれば良い。
  - 整備率について
    - ・ 50%の整備率で土石流被害が出なければ、それ以上の必要性がないと思われる。
    - ・ 自治体の危険認知度が下がっている。
    - ・ 整備率に頼らない説明方法を作るべき
  - 住民説明について
    - ・ 他地域の状況を活用する。
    - ・ 不安だけ煽るような説明は良くない。

## まとめ

- 課題として認識していることは共通している。
- 一般の人に理解してもらえよう説明できることが必要で、そのための工夫が必要。また、実態との乖離を少なくすることが必要。
- 地域の土砂移動実態に合わせた対策、規模に合わせた対策が必要
- 一方で、今の基準に書かれていない部分等があり難しい。また、別途で、会計検査院への説明が必要ということを認識しておく必要がありバランスをとることが必要。
- 被害想定は、土石流危険渓流調査の想定被害範囲、あるいは土砂災害警戒区域と割り切っているもの、実態とあっていないと感じている。
- 事業計画や設計のときに知りたいのは最大の生産土砂量だが、生産土砂量を精度良く予測する手法が無い。
- 生産土砂量の予測精度の向上が必要。将来的に面的に不安定な土砂分布が把握できるような調査手法の開発やそれを視覚的に認識するための手法の開発が必要。
- 事業効果の説明をするときに、相手の知識レベル等が一律でないため説明するのが難しい。説明するために相手に説明したいケースごとに施設をすぐに表現できるような模型が開発できないか



## ②気候変化へ対応した総合流域土砂対策 —シャッター一砂防堰堤の設置—

北陸地方整備局 立山砂防事務所 常盤寺川水系  
事業内容: 総合的な土砂管理計画の検討・作成  
実施内容: ①総合的な土砂管理計画の検討・作成

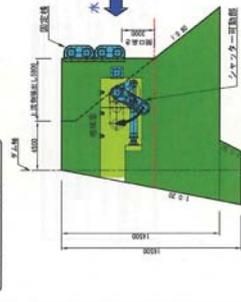
### 事業概要

近年、下流への土砂供給や生態系への配慮等を目的とした透過型砂防堰堤の整備が進められ、下流河川の河床安定や良好な流況環境の創出に寄与している。  
一方、出水後半や中小出水時に増長した土砂が急激に流出し、河床が上昇することにより運路、構造、容量が土砂に蓄えられたり、洪水の危険性が増大する可能性も考えられる。  
このような問題を解決するために考えられたのがゲート付き砂防堰堤であり、通常時はゲートを閉じて土砂を通過させ洪水時にゲートを開放し、より効果的に土砂を排除させるものである。

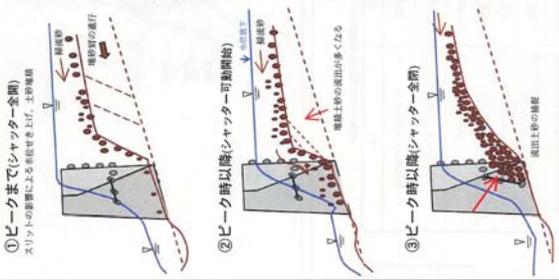
### 事業効果

- ・洪水中のシャッター操作による、効果的な土砂調節の実施
- ・シャッター一砂防堰堤による効果的な土砂管理の実施

### シャッターの構造



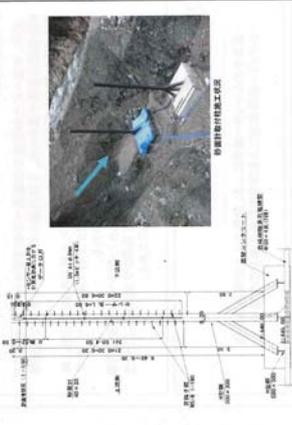
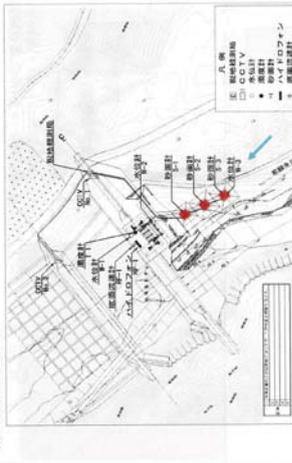
### シャッター操作イメージ



### 砂防砂堰堤周辺写真



### 観測機器の配置



### 今後のモニタリング

観測項目	設置箇所	設置目的
水位計	水位計1 (W1)	スリット直上
水位計	水位計2 (W2)	スリット上流側
水位計	水位計3 (W3)	堰頂上流側堰頂直下
水位計	水位計4 (W4)	堰頂上流側堰頂直上
流量計	流量計1	スリット直上
流量計	流量計2	スリット直上
土砂計	土砂計1	堰頂上流側堰頂直下
土砂計	土砂計2	堰頂上流側堰頂直上

観測項目	設置箇所	設置目的
水位計	水位計5 (W5)	シャッター直下
水位計	水位計6 (W6)	シャッター直下
水位計	水位計7 (W7)	シャッター直下
水位計	水位計8 (W8)	シャッター直下
流量計	流量計3	シャッター直下
流量計	流量計4	シャッター直下
土砂計	土砂計3	シャッター直下
土砂計	土砂計4	シャッター直下

### 進捗状況および工程



### 進捗状況

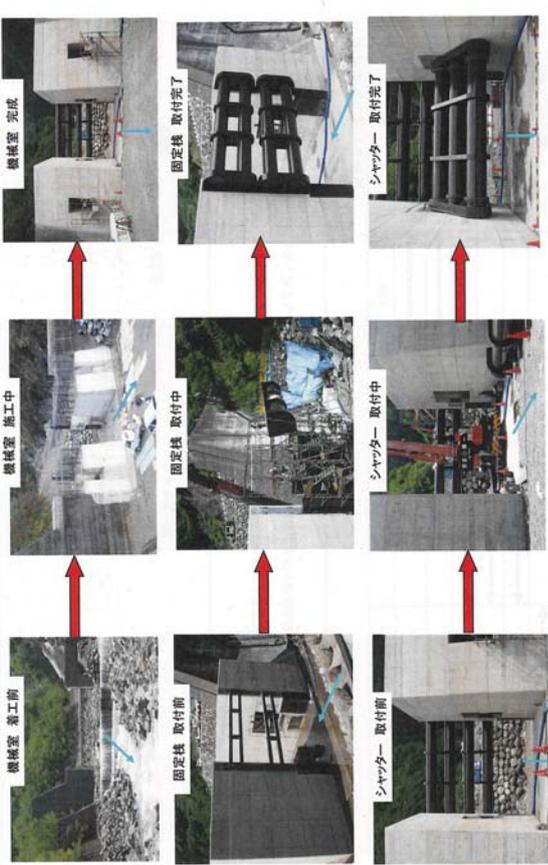
H22よりシャッター工事に必要河川床の切戻しを行うために左岸側にスリットを開始、あわせてシャッター設備機械の製作を開始した。  
H24にはシャッター鋼骨工事を全て終了し、可動の確認を行うとともに効果確認に必要な各種観測機器の設置を完了する予定である。

### 年次計画における実施

項目	H22	H23	H24	H25	H26以降
左岸スリット仮設(初期)	→				
(工事に必要な河川床の切戻しのため)	→				
シャッター設備製作	→				
シャッター設備取付	→				
機械室・操作室設置	→				
観測機器設置	→				
左岸スリット閉塞				→	

### 今後の予定

シャッター効果の確認については、各種観測機器のデータ収集を行いながら実施していくものとする。  
また、完成後の運用方法については、今後検討していく予定である。



小規模土石流対応施設設計の検討

平成24年10月4日

中国地方整備局  
太田川河川事務所

小規模土石流対応施設設計の検討

中国地方整備局 太田川河川事務所 【広島西部山系砂防】

広島県




土石流災害(139件)  
犠牲者19名/全壊家屋49棟

かけ崩れ災害(766件)  
犠牲者11名/全壊家屋15棟

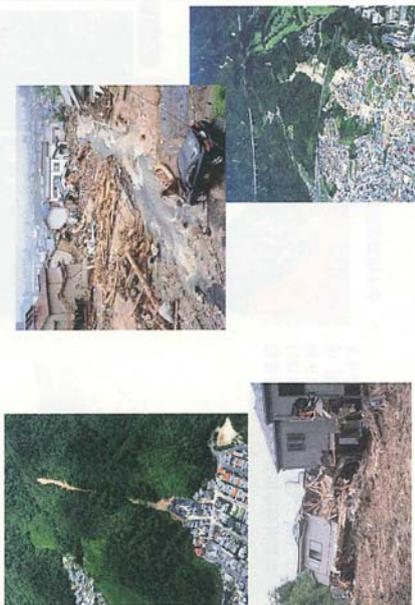
土砂災害(合計・325件)

● 土砂災害発生箇所(死者無)  
● 土石流発生箇所(死者有)  
● 土砂災害発生箇所(死者無)

小規模土石流対応施設設計の検討

中国地方整備局 太田川河川事務所 【広島西部山系砂防】

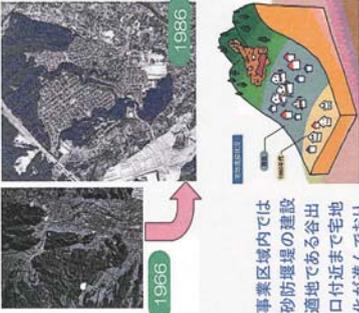
平成11年6月29日広島豪雨災害



小規模土石流対応施設設計の検討

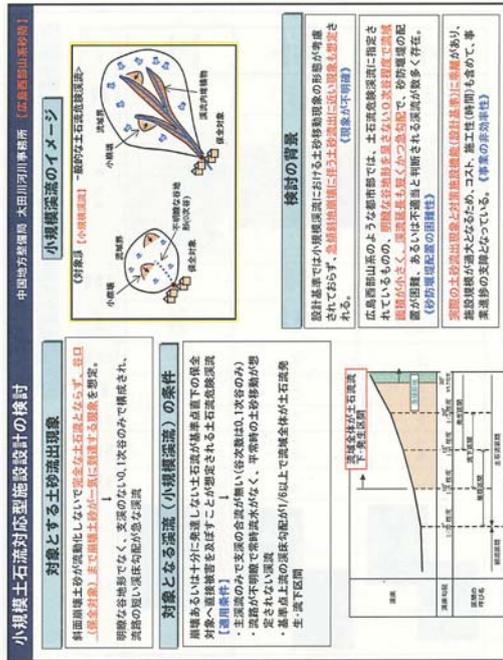
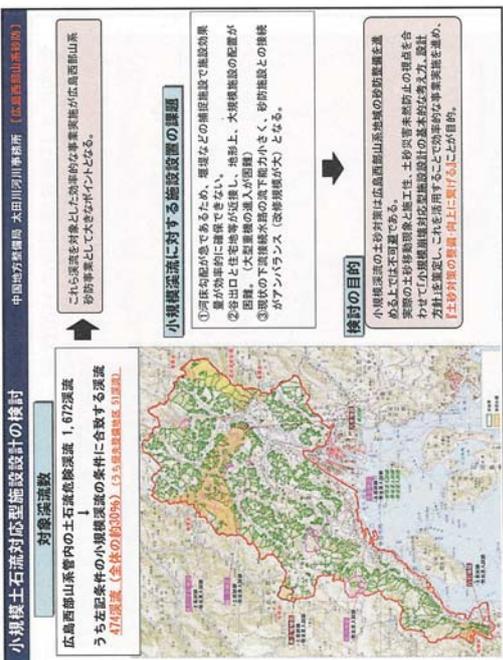
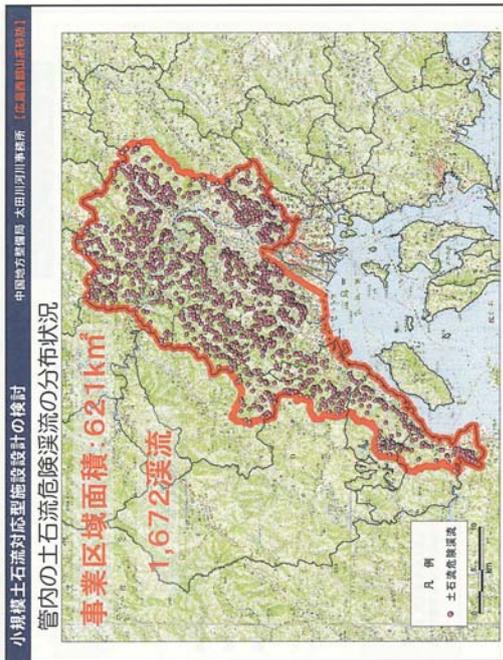
中国地方整備局 太田川河川事務所 【広島西部山系砂防】

広島西部山系砂防の特徴



事業区域内では砂防堰堤の建設適地である谷出口付近まで宅地化が進んでおり、従来のような大規模な砂防堰堤を建設することが困難。

事業区域内の土石流危険渓流は、谷出口付近に住宅街が発達しており、1渓流を対策するだけでは十分な効果が得られないため、関連する小さな渓流全てを一連で対策する必要があります。



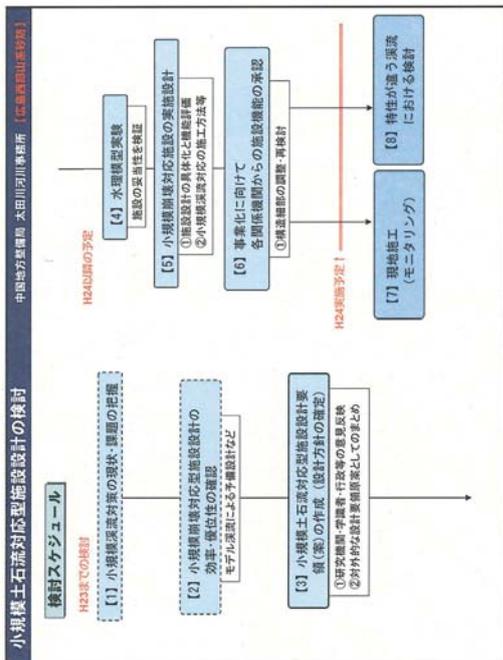
小規模土石流対応型施設設計の検討  
中国地方整備局 太田川河川事務所 (広島西部山系砂防)

モデルとなる小規模渓流(特性の異なる3渓流)

種類	渓流番号	流域面積 (m <sup>2</sup> )	延長 (m)	勾配 (‰)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	状況写真
①	急傾斜地 1-1-100	0.007 (7m)	99	1/1.4	1.0	0.008	0.9	0.008	
②	一般的 土石流 1-1-248	0.037 (3.7m)	355	1/4.7	0.4	2.20	2.7	2.20	
③	中流 1-1-3	0.033 (3.3m)	200	1/3.5	0.3	2.00	2.2	2.00	

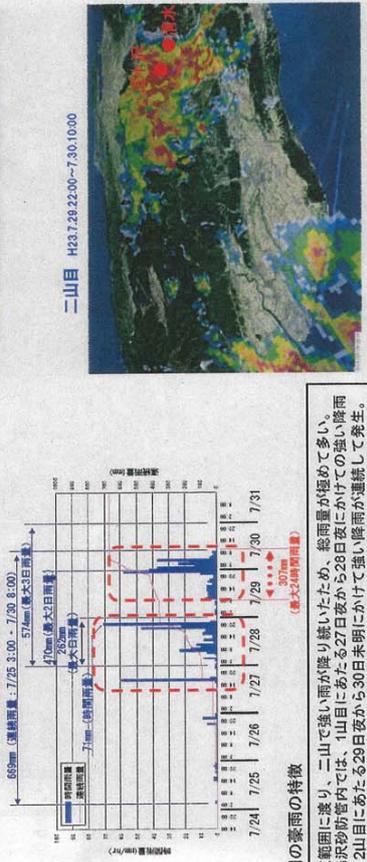
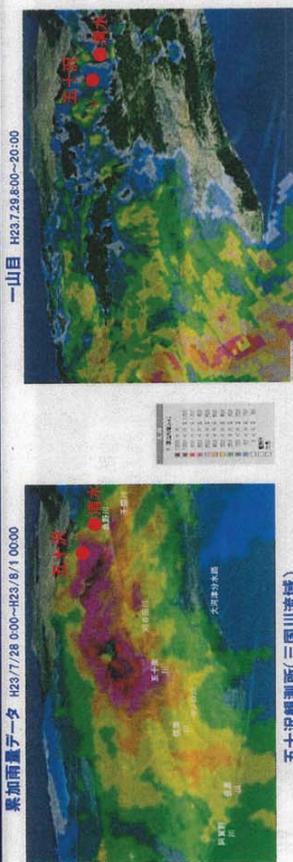
①の渓流を優先して検討





## 雨域の動き(Cバンドレーダ H23.7 新潟福島豪雨)

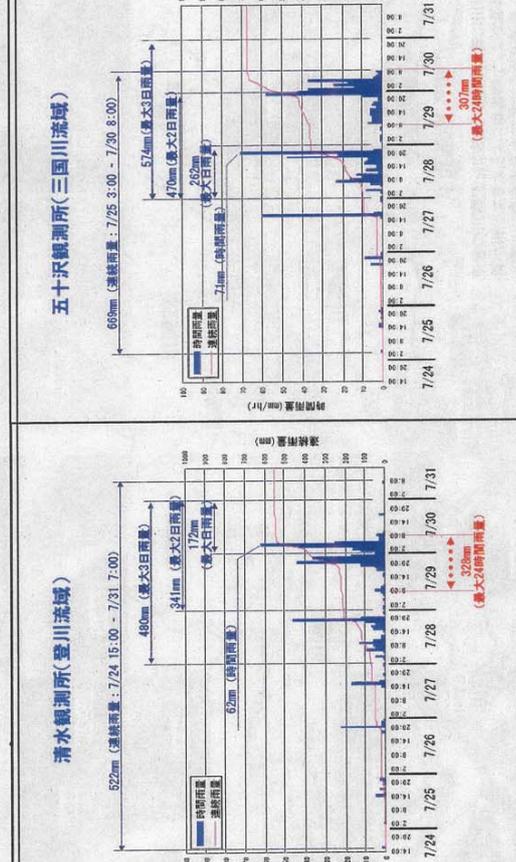
国土交通省北陸地方整備局  
濃沢砂防事務所



今回の豪雨の特徴  
 ・広範囲に渡り、二山で強い雨が降り続いたため、総雨量が極めて多い。  
 ・濃沢砂防管内では、1山目にあたる27日夜から28日夜にかけての強い降雨と2山目にあたる29日夜から30日未明にかけて強い降雨が連続して発生。

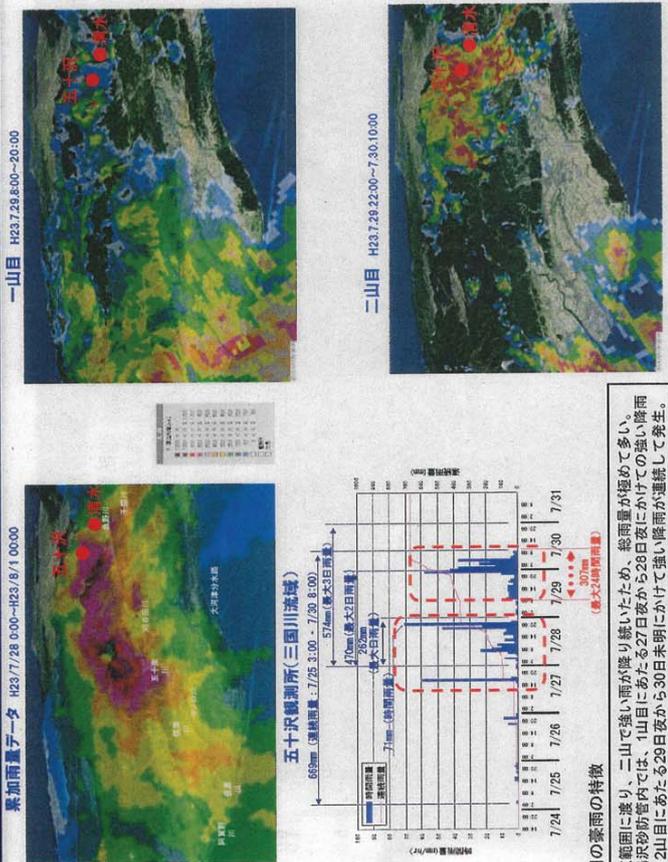
## H23.7 新潟福島豪雨の規模

○総雨量は五十次観測所669mm、清水観測所552mm、清水観測所71mm、清水観測所62mmであり、総雨量が非常に多いことに加え、強い時間雨量が複数回発生している。  
 ○五十次観測所及びひ清水観測所とも3日、2日、24時間雨量は観測開始以来、最大であった。  
 ○H23.7 新潟福島豪雨の雨量を含めて清水観測所、五十次観測所の確率雨量を算出した結果、両観測所とも2日雨量では150年超過確率線に達していることが分かった。



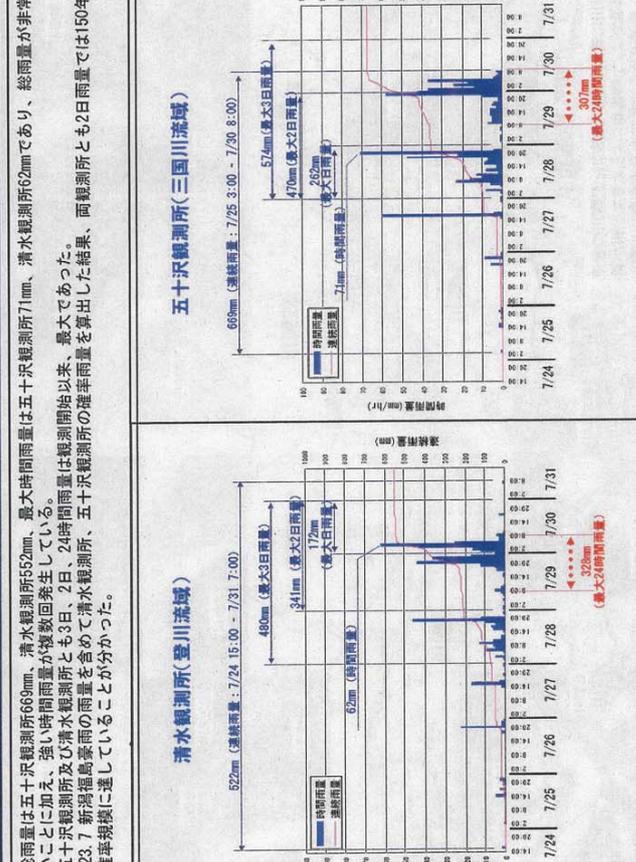
## H23新潟・福島豪雨時の崩壊の発生状況

国土交通省北陸地方整備局  
濃沢砂防事務所



発生した崩壊 (新規+拡大)  
 : 1,499箇所  
 : 218万m<sup>3</sup>  
 発生した土砂量  
 : 150万m<sup>3</sup>  
 魚野川に流出した土砂量  
 : 68万m<sup>3</sup>

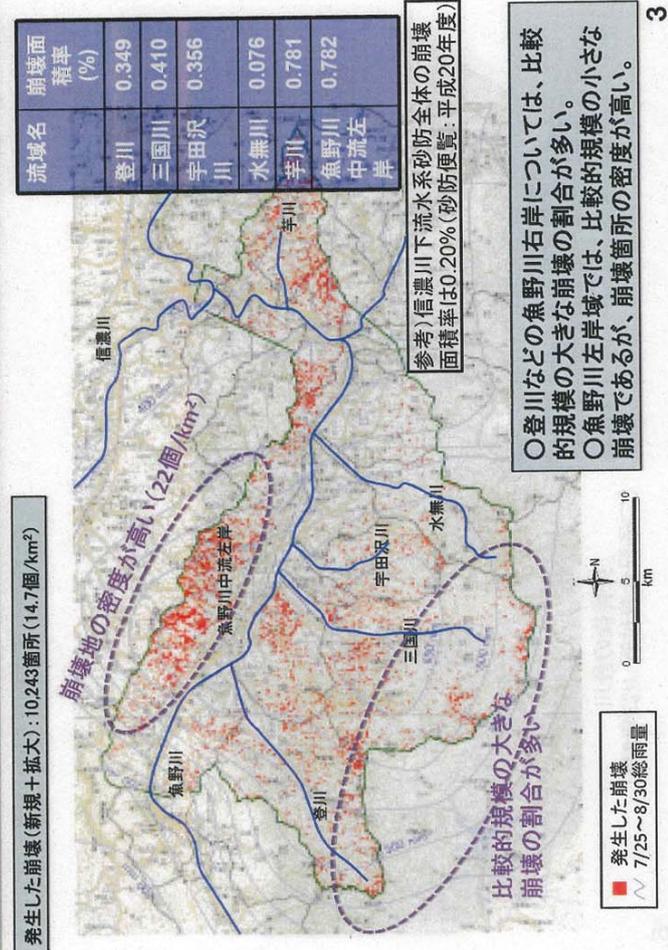
## 航空レーザー測量成果から推定した登川流域の土砂移動



発生した崩壊 (新規+拡大)  
 : 1,499箇所  
 : 218万m<sup>3</sup>  
 発生した土砂量  
 : 150万m<sup>3</sup>  
 魚野川に流出した土砂量  
 : 68万m<sup>3</sup>

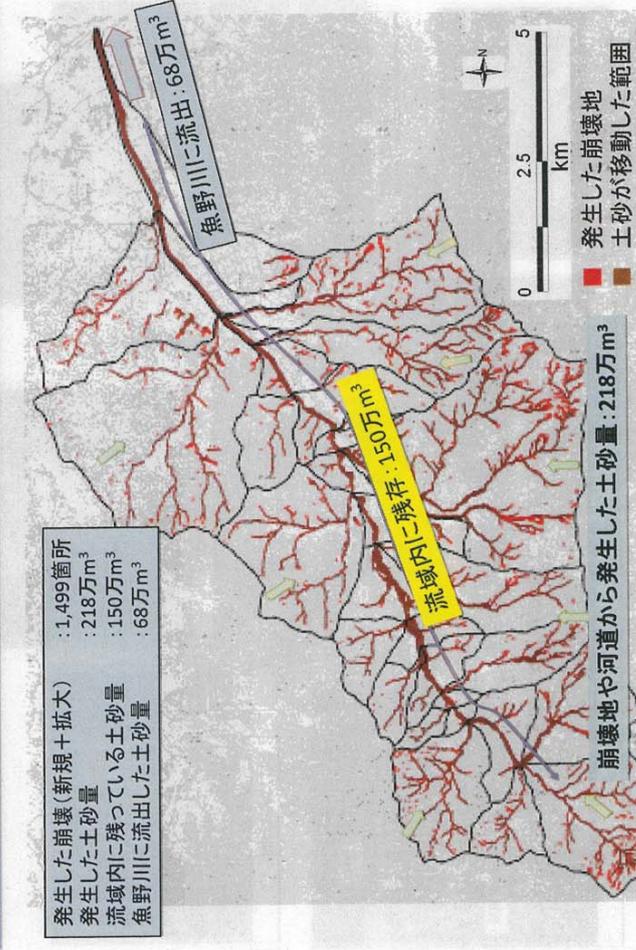
## H23新潟・福島豪雨時の崩壊の発生状況

国土交通省北陸地方整備局  
濃沢砂防事務所



発生した崩壊 (新規+拡大)  
 : 1,499箇所  
 : 218万m<sup>3</sup>  
 発生した土砂量  
 : 150万m<sup>3</sup>  
 魚野川に流出した土砂量  
 : 68万m<sup>3</sup>

## 航空レーザー測量成果から推定した登川流域の土砂移動



発生した崩壊 (新規+拡大)  
 : 1,499箇所  
 : 218万m<sup>3</sup>  
 発生した土砂量  
 : 150万m<sup>3</sup>  
 魚野川に流出した土砂量  
 : 68万m<sup>3</sup>



## 第2分科会

大規模土砂災害を監視する体制の整備、  
運用について  
—LP、衛星リモートセンシング、  
振動計等各種センサー—



## 第2分科会

大規模土砂災害を監視する体制、整備、運用について  
—LP、衛星リモートセンシング、振動計各種センサー—

## 進行

### 【1日目】事例紹介

- ・近畿地方整備局:平成23年台風12号による土砂災害
- ・東北地方整備局:平成20年岩手・宮城内陸地震における災害対応ヒアリング
- ・参加者各位:監視機器の設置状況とその目的、運用と課題についての紹介

### 【2日目】事例紹介、討議、議論の集約

- ・土研:センサーを用いた土砂災害監視事情と提案
- ・本省:平成23年台風12号の緊急調査の初動対応時におけるSAR画像判読技術の活用事例
- ・国総研:リモートセンシングによる大規模土砂災害の監視
- ・利根川水系:利根川水系土砂災害に対する流域監視への取り組みについて
- ・フリーディスカッション

## 1日目

平成23年台風12号、平成20年岩手・宮城内陸地震における事例紹介

大災害時における迅速な初動対応の重要性について認識共有

- ・時間を争う天然ダム対応(緊急調査)
- ・迅速なリエゾン派遣による情報収集
- ・防災情報連絡調整会議

## 1日目

各現場での監視機器の実情

- ・センサーの誤報に対する苦慮
- ・現在設置されている機器の設置経緯が不明確
- ・災害時に対応するための訓練の必要性
- ・市町村への情報伝達の考え方の整理の必要
- ・センサーの具体の運用方法の整理の必要
- ・長期間検知実績の無いセンサーに対する保守・更新の妥当性判断に苦慮
- ・大規模土砂移動検知システムについて、小さい崩壊にも対応してほしいとの自治体の声
- ・出水時に観測機器が被災するなどデータが取れていないことも少なくない
- ・無停電対策の必要性
- ・監視・観測機器配置計画を検討し、整備を進めている流域もある

## 1日目

主な議論

○既存のセンサーは取り外さないのか。監視体制に無理がある場合は撤去するほうが合理的ではないか

→設置経緯がわからないと、そのセンサーを撤去したときにセンサーが監視していた対象を見逃すことになるため、リスクを背負えない

→センサー撤去の説明がつかない。例えば壊れたセンサーだけを撤去しようとする、なぜひとつだけか、他のセンサーは撤去しないのか、と言われると、何個撤去するのが妥当なのかの判断ができない

→設置目的と運用方法を明確化した上で整備を進めることが重要

## 1日目

主な議論

○センサーの誤報は具体的には何なのか

→振動センサーあるいはワイヤーセンサーによる単独の異常検知によるもの。

→複数の機器による組み合わせによる判断が必要

## 1日目

### 主な議論

- 大規模土砂移動検知センサーの誤報は大丈夫か
- 現在、ノイズフィルタの技術開発中
- 当該案件は、技術開発と並行して整備を進めているため、技術的な課題は完全にはクリアできていない
- 単体で判断するのではなく、他の情報と組みあわせて判断することが必要

## 2日目

センサーを用いた大規模な土砂災害の検知事例と監視に関する提案(土木研究所より)

- ・地震計、水位計による大規模な土砂移動等の検知の可能性
- ・危険度(緊迫→急迫→切迫→発生)と監視の範囲(斜面レベル0.01km<sup>2</sup>→溪流レベル→流域レベル→地域レベル100km<sup>2</sup>)を指標にした監視の概念整理の提案
- ・平時から行っている観測機器による「発生情報」の蓄積により、閾値の設定による監視機器への転用の可能性
- ・直接的な斜面崩壊等の検知情報を雨量情報等とともに提供することにより、以降の崩壊等による被害の軽減に寄与

## 2日目

SAR画像解析を取り入れた緊急調査初動対応の迅速化(本省)

- ・平成23年台風12号にともなう紀伊山地での緊急調査において、SAR画像解析を実施することにより効率的なヘリ調査を実施することができた
- ・大規模土砂移動検知システムの導入により発生エリアの絞り込みを行うことで、さらなる調査の迅速化の可能性

## 2日目

リモートセンシング技術による大規模土砂災害の調査・監視(国総研)

- ・SAR画像解析の概要と活用事例について紹介
- ・今後、地整において独自に判読が可能となるようにマニュアルの整備を進められているとの報告
- ・地整における技術習熟のお願い

## 2日目

監視計画検討に関する紹介(奈良県・利根川水系砂防事務所)

(奈良県)

- ・昨年被害後における、工事安全管理、地域安全の観点での監視計画検討の紹介
- ・昨年被害における道路被害も含めた時系列情報の紹介

(利根川水系砂防事務所)

- ・地震計、水位計等組み合わせた統合的な監視計画の検討状況について紹介
- ・機器配置の考え方の整理を試みているところ

## 2日目

### 主な議論

○観測機器を危険度評価として活用するにあたり、閾値の設定に苦慮。被害実績の蓄積が都合よくあるわけではない。

(対応案)

- ・平時からの発生情報の蓄積が重要
- ・機器にもよるが、当面は非発生情報による閾値の初期値を設定することが考えられる。運用中における実績情報の蓄積により閾値を更新

## 2日目

### 主な議論

#### ○機器配置の考え方に苦慮

どのような機器をどの程度配置させるか、考え方が不明確

#### (対応案)

- ・機器配置に関する考え方を整理したマニュアルがあると良い
- ・特に、水位計については、雨量情報と同様な流域の危険度評価への活用や、上流域における天然ダムが発生検知に有効と考えられるが、配置間隔について整理することが必要

## 2日目

### 主な議論

#### ○SAR画像解析の地整における実施について

ほとんど起こらない事象に対して技術を維持できるか。

#### (対応案)

- ・マニュアル整理された後、地整における講習会(練習)の必要
- ・訓練に使える既往の大規模崩壊のサンプル集を整理

## 2日目

### 主な議論

#### ○SAR画像、地震計等を活用した流域監視の運用方法

ある程度運用にあたっての決めが必要。また、頻度の低い事例を対象にした場合、担当の異動等で、監視していることが忘れられる懸念がある。

#### (対応案)

- ・雨量情報、大規模土砂移動検知システム情報を活用した判断が考えられるのではないか。
- ・雨量情報については例えば48時間雨量400mmといった目安も考えられる。
- ・運用についても固定的に取り扱うのではなく、運用を通じたフィードバックにより、全体の運用方法そのものを随時見直すことも必要。
- ・監視対象を頻度が高い事象にあわせて設定することが考えられる

## まとめ

#### <計画>

- ・監視・観測機器については、後の保守更新を的確に実施するためにも、目的の明確化が必須。
- ・機器配置にかかる考え方の手引きがあると良い。

#### <運用>

- ・個別機器の情報で判断するのではなく、複数の機器情報の組み合わせで判断することが重要。
- ・平時に設置している「観測機器」について、「発生情報」の蓄積により、危険情報の判断に活用することが可能。
- ・平時に個別箇所の「監視機器」による発生情報は、後続する崩壊への危険情報としての活用の可能性。

#### <照査>

- ・閾値については運用時における実績値の蓄積により随時見直すことが重要。

#### <改善>

- ・大規模土砂災害の監視の運用方法についても、運用を通じて得られた経験をもとに、随時見直しを図ることが重要。



# リモートセンシングによる 大規模土砂災害の監視

平成24年10月4日

国総研 危機管理技術研究センター  
砂防研究室 水野 正樹

## Contents

### 1. 災害発生時の迅速な被災状況把握

- ・平成23年台風12号災害大規模河道閉塞発生箇所(紀伊半島)  
(高分解能SARによる河道閉塞の判読調査手法)
- ・ヘリ搭載型簡易レーザ計測システムによる  
天然ダム形成確認調査

### 2. 平常時からの流域の大規模土砂災害監視

- ・衛星干渉SARを用いた大規模崩壊前微小変位の監視

## 1. 災害発生時の迅速な被災状況把握

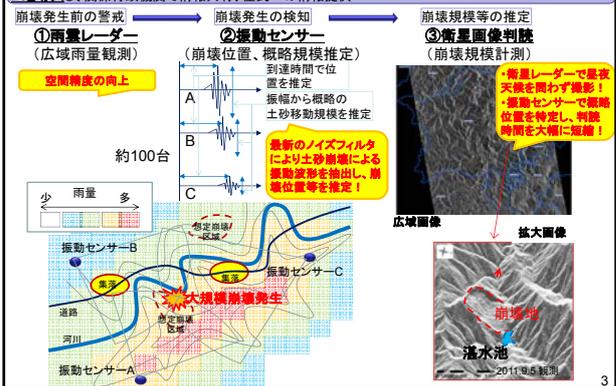
平成23年台風12号災害大規模河道閉塞発生箇所  
(紀伊半島)

高分解能SARによる河道閉塞の判読調査手法

◎衛星SAR画像で河道閉塞判読の際の留意点

## 「大規模崩壊監視警戒システム」の開発・運用(H24-)

最新方式による、①雨量観測、②振動センサー、③衛星画像、を組合せた大規模崩壊を監視するシステムを導入し、関係行政機関で情報共有、住民への情報提供



## 合成開口レーダー(SAR)とは

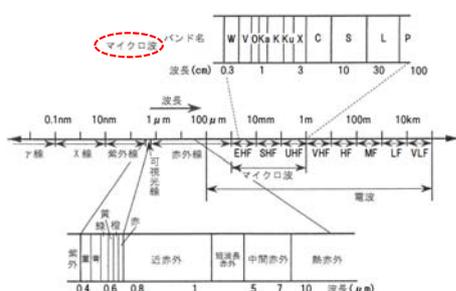


図-1 リモートセンシングで主に利用される波長帯 (日本リモートセンシング学会 1992 年より)

## 衛星SAR画像で確認できる場所と確認出来ない場所 (レイオーバーとレーダーシャドウ)

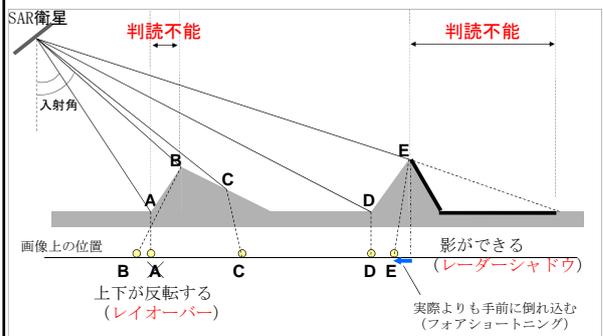


図 SAR画像に特徴的な現象の概念図



河道閉塞の衛星SAR画像(単偏波)例:TerraSAR-X (低入射角)

①②③坪内

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

高分解能でも入射角設定により見えなくなる場合あり

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

画像No.	取得	撮影日	軌道	照射方向	分解能	入射角	偏波	補正	検認性①	検認性②	検認性③
6	TerraSAR-X	2012/1/21	北行軌道	東向き	3m	21°	HH	GEC	×	×	×

河道閉塞の衛星SAR画像(単偏波)例: RADARSAT-2 (低分解能)

①②③坪内

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

画像No.	取得	撮影日	軌道	照射方向	分解能	入射角	偏波	補正	検認性①	検認性②	検認性③
8	RADARSAT-2	2012/1/10	北行軌道	東向き	8m	36°	HH	GEC	×	△	×

崩壊地の衛星SAR画像(単偏波)例

野尻

湛水域無し、土石流形態の判読は難しい

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

画像No.	取得	撮影日	軌道	照射方向	分解能	入射角	偏波	補正	検認性
0	TerraSAR-X	2011/9/5	北行軌道	東向き	3m	39°	HH	GEC	×

崩壊地の衛星SAR画像(単偏波)例

野尻

湛水域無し、土石流形態の判読は難しい

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

画像No.	取得	撮影日	軌道	照射方向	分解能	入射角	偏波	補正	検認性
4	TerraSAR-X	2011/10/6	南行軌道	西向き	3m	37°	HH	GEC	×

SAR画像で見落とした大規模崩壊地

⑮三鏡

湛水域とレーダーシャドウの判別に注意を要する

地形分類	項目	評価
河道	渇水域	△
	渇水域外	○
崩壊地	崩壊域内	○
	崩壊域外	△
位置関係	上下関係等	△
	崩壊地	△

画像No.	取得	撮影日	軌道	照射方向	分解能	入射角	偏波	補正	検認性
0	TerraSAR-X	2011/9/5	北行軌道	東向き	3m	39°	HH	GEC	△

災害対応時のSAR衛星画像入手の必要時間比較

SAR衛星名	バンド	観測幅(3m分解能)	撮像頻度	発注から撮像までの最短時間	撮像から画像入手までの最短時間	その他留意点	発注から判読開始までの最短時間(撮像頻度は考慮していない)
COSMO-SkyMed (1~4号機)	X	40km刈幅	12時間に1回程度	24時間(緊急撮像)	10時間	深夜、休日は事前連絡が必要	約34時間
RADARSAT-2 (37°)	C	50km刈幅	2日に1回程度	10時間(緊急「ポラリシング」)	6~8時間	平日営業時間内のみ対応*	約18~81時間
TerraSAR-X (1~4)	X	30km刈幅	4日に1回程度	12時間(最優先撮像)	3時間	深夜、休日は事前連絡が必要	約15時間
ALOS-2 (日本、2013年打上げ予定)	L	70km刈幅	2~3日に1回程度	2時間程度	2時間程度	(未定)	約4時間程度

\* RADARSAT-2のオーダーが受け付けられるのは、韓国・メジンの営業時間(平日9~17時)。

### 判読時のSAR画像配置

約100度回転  
照射方向

照射方向

画像を回転させ照射方向を上とすると立体的に見える。そこで、「白い尾根線が上」となるよう配置する。北軌道の場合、西から照射なので右回りに約100度回転させる。南軌道の場合左回りに約100度回転させる。

### 画像判読の順序

SAR画像

優先度④  
優先度③  
優先度②  
優先度①

優先度①  
優先度②

主要な集落 (光学画像で確認)

— 本川  
— 主要支川  
- - - 支流流

### 衛星SAR画像の河道閉塞判読のチェックリスト

確認範囲	チェック項目	判断基準	評価
河道	湛水域	・湛水域がシャドウとして確認されるか ・上下流の滞り幅と比べ不自然な幅となっているか ・ダム・取水堰等の人工構造物による湛水では無いのか	
	周辺地形	・湛水域近傍に斜面は存在するか ・周辺斜面は発生する程度の急勾配斜面か 等	
崩壊地	滑落崖	・湛水域周辺に滑落崖が確認できるか ・滑落崖周辺に段差によるシャドウレイオーバーは確認できるか 等	
	崩壊地内	・滑落崖の下に崩壊形状は確認されるか ・崩壊形状は斜面方向と整合しているか 等	
	崩壊土砂 (河道閉塞部)	・崩壊地内から下部にかけて崩壊土は確認できるか ・崩壊土の形状は舌状になっているか ・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか ・河道閉塞部は谷を埋積する形状となっているか ・河道閉塞部の上部に湛水域は形成されているか ・崩壊土上に倒木等の形状は確認されるか 等	
	崩壊規模	・河道閉塞が発生する程度の崩壊規模か	
相対的位置関係	画像の肌理	・崩壊地内・崩壊土等の表面は周辺林地と比べ平滑になっているか ・周辺斜面にみられる強度パターンと違うパターンとなっているか 等	
	上下関係等	・滑落崖・崩壊土・湛水域等の位置関係に不自然さはないか ・崩壊土の到達範囲は地形と整合しているか 等	
総合評価			

判読は通常は「SAR画像」で実施する

○: 形状が読みとれる箇所 △: 不明瞭だが形状が確認できる箇所 ×: 形状が読みとれない箇所

### 衛星SAR画像の河道閉塞判読のまとめ

- ◎電波の入射角  
電波の入射角が小さいと、入射方向と正対する斜面と河道付近の場所がレイオーバーとなる。反対に入射角が大きいと急勾配地域でレーダーシャドウの割合が大きくなる。そこで概ね35°~50°程度の電波入射角が良好となる。
- ◎撮影回数  
片側照射のSAR画像1枚では、斜面方位によって50~70%程度の抽出率となる。東西両側からの画像2枚を用いれば抽出率は90%程度に向上する。
- ◎分解能  
河道閉塞を抽出する際のSAR画像分解能は、3m程度以下であることが望ましい。しかし、1m程度の高分解能SAR画像では、撮影範囲が1/10以下の49~144km<sup>2</sup>と狭くなるため注意を要する。
- ◎判読可能な崩壊発生規模  
紀伊半島における判読結果からは、SAR画像から抽出できる河道閉塞は、平面投影面積1ha程度より大きな深層崩壊等によるものと解釈できる。また、崩壊地が大きくても河道閉塞が土石流の流下によるもので湛水域が無い場合は、判読が難しい。
- ◎衛星の運用について  
発注から撮影、画像入手までが短い時間となる撮影運用体制が必要。

### 1. 災害発生時の迅速な被災状況把握

#### ヘリ搭載型簡易レーザ計測システムによる天然ダム形成確認調査

### 河道閉塞(天然ダム)の調査の流れ(2011年 台風12号)

風水害による河道閉塞(天然ダム)調査の流れ (近畿地域の2011年 台風12号の事例の一部を基にしたもの)

災害発生時対応

出水時対応

出水後対応

22

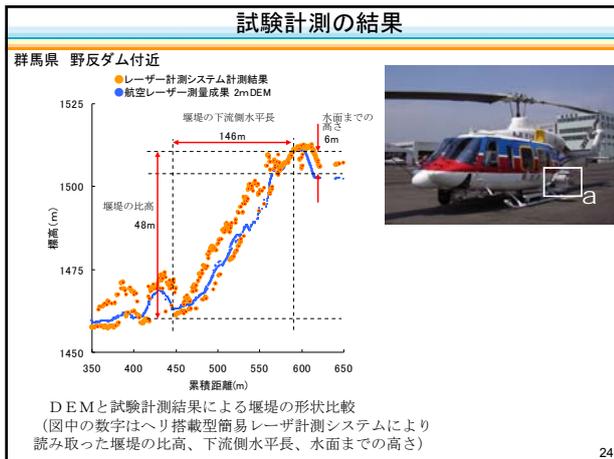
### ヘリ搭載型簡易レーザ計測システム(あおぞら号搭載)

- ・搭載型レーザ測距装置で直下までの距離取得
- ・GPS/ジャイロで位置を取得

水平防風装置  
前方: NO1右側計測用  
機体進行方向  
ビデオカメラ  
中央: NO2中央計測用  
後方: NO3左側計測用

レーザ計測システム (システムを斜め下から写したモデルで、左側が機体位置、GPS/IMUはビデオカメラの上部に固定)

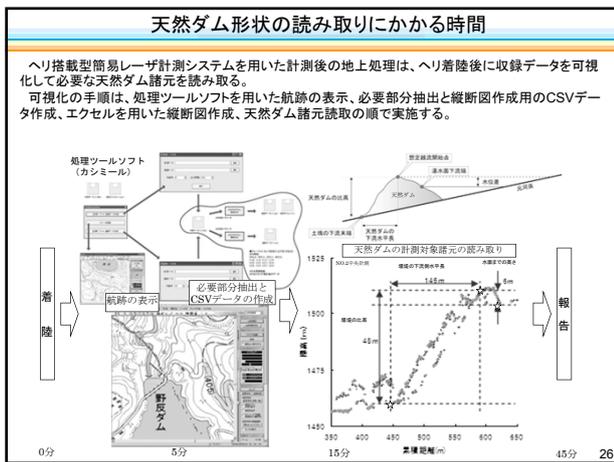
構成機材	概要	データ出力
水平防風装置	機体内蔵のコントローラを従って、飛行中にロール、ピッチ、方位方向へ独立に±10°まで傾けることが可能	
100Hzレーザ距離計	前後方向 (No1, No3) のレーザ距離計は機体進行方向に可変して各方向 (ロール方向) につき、間で取得可能。No2は、IMU及びビデオカメラと回転に直交方向で固定 (後処理) 100Hz周波で、レーザ距離計の測定距離データ、IMUの姿勢データ及びGPSのヘリ位置情報データが記録され、後処理で計測地点の位置座標がPCに記録可能	(機内) 1秒間隔で計測地点の位置座標と標高を算出して機内のPC画面に計測箇所を縮小グラフとして表示し随時確認 (後処理) 100Hz周波で、レーザ距離計の測定距離データ、IMUの姿勢データ及びGPSのヘリ位置情報データが記録され、後処理で計測地点の位置座標がPCに記録可能
GPS	M5S搭載GPS、拒否精度で水平方向±2.5m (DGPS時) 高さ方向±5m (DGPS時、水平方向より高さ方向でGPS衛星の配置の影響を受け易い)	
慣性計測装置 (IMU)	Inertial Measurement Unit (IMU)、レーザ測距時の機体姿勢を測定する	



24



25



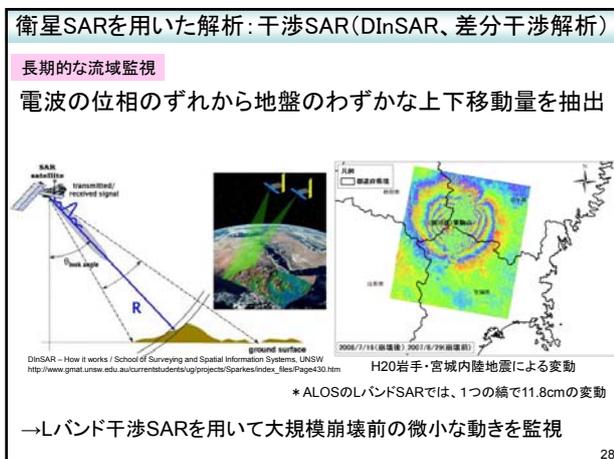
26

## 2. 平常時からの流域の大規模土砂災害監視

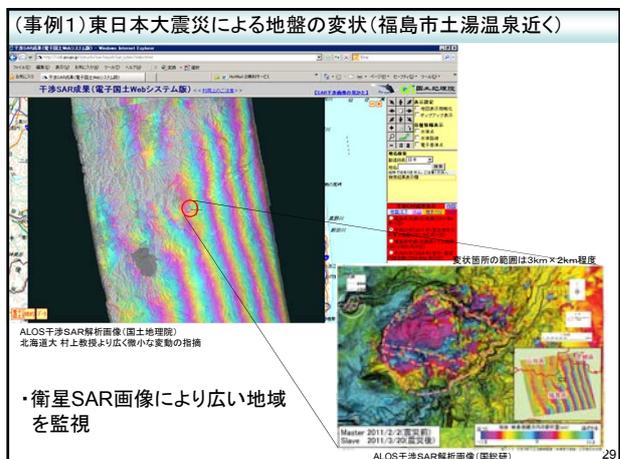
衛星干渉SARを用いた大規模崩壊前微小変状の監視

(事例)  
東日本大震災  
887大月川岩屑なだれ発生源跡地

27



28



29

# 平成23年台風12号の緊急調査の初動対応時の 観測技術の活用事例

砂防計画課 地震・火山砂防室

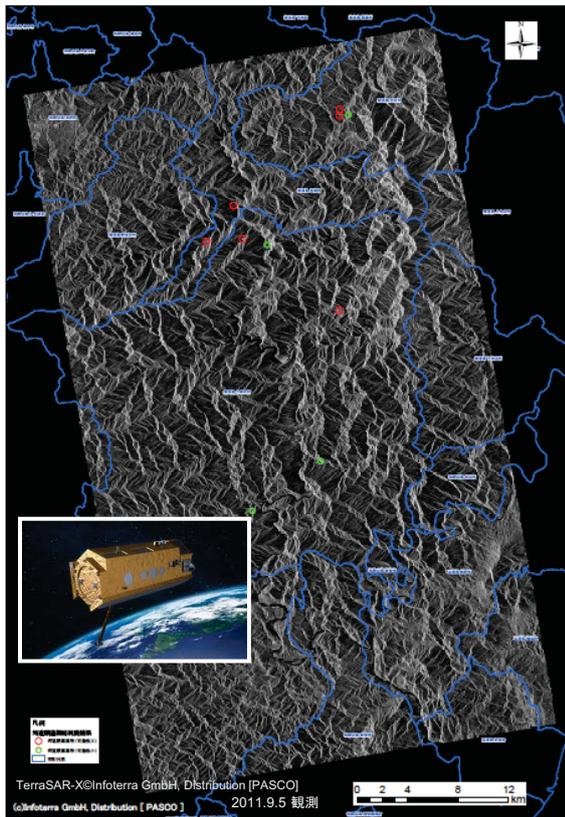
越智英人

平成24年10月

## 台風12号 河道閉塞に関する緊急調査実施箇所図

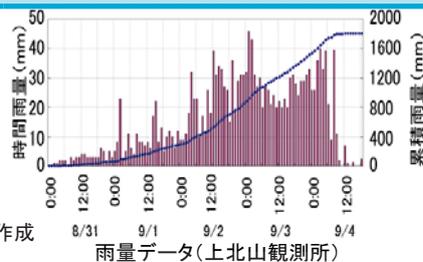


判読範囲 ドイツの衛星TerraSAR-X Strip Map Mode 地上分解能3m、30km×50km GEC



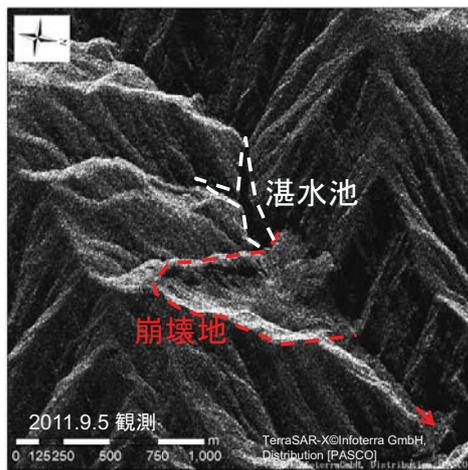
(詳細版)

- <9月4日>
- ・PM21~23頃 撮影計画作成
- <9月5日>
- ・AM1:30頃 TerraSAR-X撮影発注
- ・PM14:00~ ヘリ調査により長殿と熊野のみ発見。  
長殿の空中写真は雲が多く撮影できず  
ヘリによる断片的情報のみ。
- ・PM17:35 TerraSAR-X画像撮影
- ・PM17:50 撮影データをダウンロードした。データ処理開始。
- ・判読作業のため長殿の位置情報を送付。
- ・PM19:48 TerraSAR-X SSG/GECプロダクト生成が完了
- ・PM20:10 EECプロダクト完了(画像作成完了)
- ・判読に必要なデータを準備
- ・PM21:00~判読開始
  - 長殿も崩壊地と湛水池が有り判読出来た
  - 判読で長殿と同様の画像パターンを探す
  - 約10名で判読作業
- <9月6日>
- ・AM 1:00頃 判読終了、赤谷、栗平等 8か所(長殿含む正解)の河道閉塞を抽出
- ・AM 2:00頃 近畿地整に抽出情報を送付
- ・AM 10:00頃~ ヘリ目視調査により、  
判読で抽出されていた 赤谷、栗平 を確認。
- ・夕方 土砂災害防止法に基づく緊急調査着手を報道発表

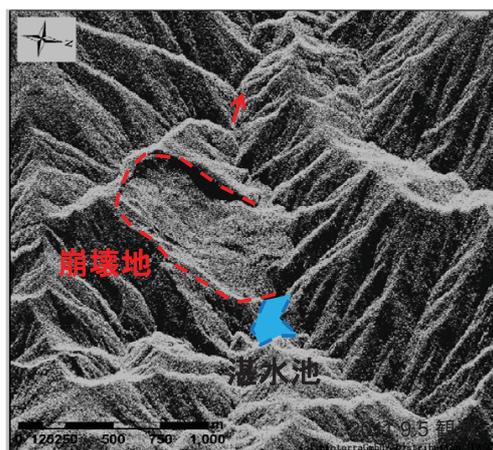


3

衛星SAR判読により悪天候時に未確認河道閉塞を確認



衛星で発見された赤谷の天然ダム



衛星で発見された栗平の天然ダム

従来、夜間や悪天候時には広域な天然ダムの形成確認が出来なかった。



今回、衛星合成開口レーダによる観測と衛星SAR画像の判読技術により、悪天候下においても山間部の未確認の天然ダムを探索発見することに成功し、より迅速な法に基づく緊急調査開始や下流の住民避難につながった。

4

## 問題点

## 解決策

- 衛星SARは撮影指示から画像入手までの時間（最大3日程度）がかかる。



- H25にJAXAが「だいち2号」を運用開始すれば半日程度に。

- SAR画像の判読には習熟を要する。



- SAR画像の判読マニュアルを国総研で作成。

- SAR画像の判読に時間がかかる。(30×50km<sup>2</sup>を10人4h)



- 大規模崩壊検知システムで半径5kmに絞り込めば2人1hへ。

## 深層崩壊の概要及び取組状況

## 深層崩壊の特徴

### 深層崩壊とは？

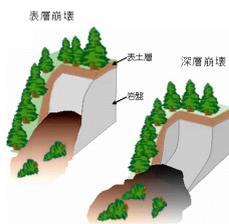
#### 「深層崩壊」

「山崩れ・崖崩れなどの斜面崩壊のうち、すべり面が表層崩壊よりも深部で発生し、表土層だけでなく**深層の地盤までもが崩壊土塊となる**比較的大規模の大きな崩壊現象。」

※(「改訂 砂防用語集」)

#### 特徴

- 1) 斜面を構成する土塊は**崩壊と同時にバラバラになって移動する**か、あるいは**原形を留めてすべり始めた後にバラバラになる**。
- 2) 崩壊土塊(土砂)は**高速で移動する**。
- 3) 崩壊土塊(土砂)の大部分は**崩壊範囲の外へ移動する**場合が多い。

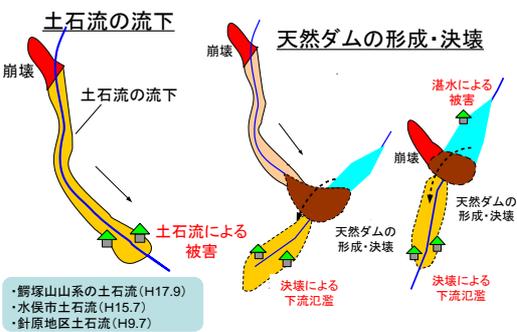


### 豪雨による深層崩壊の例

深層崩壊に伴う移動土塊がそのまま土石流となって流れる場合や、天然ダムを形成する場合などがある。



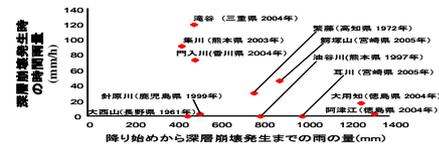
### 深層崩壊に起因する土砂災害



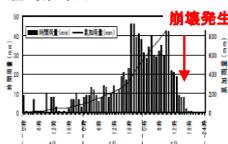
・霧塚山系の土石流(H17.9)  
・水俣市土石流(H15.7)  
・針原地区土石流(H9.7)

### 深層崩壊と雨量の関係

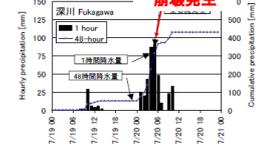
多量の降雨に伴い発生。降雨ピーク後に発生することもある。

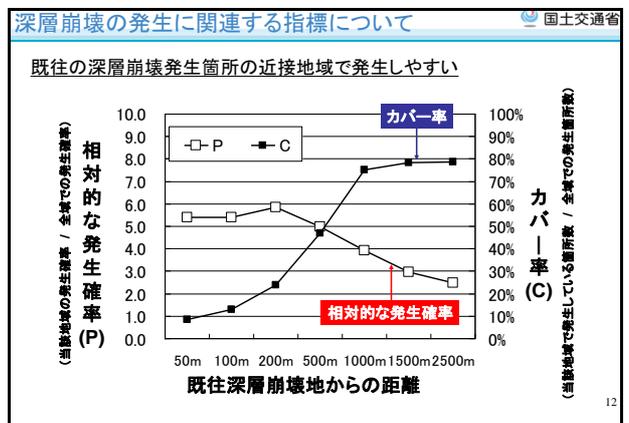
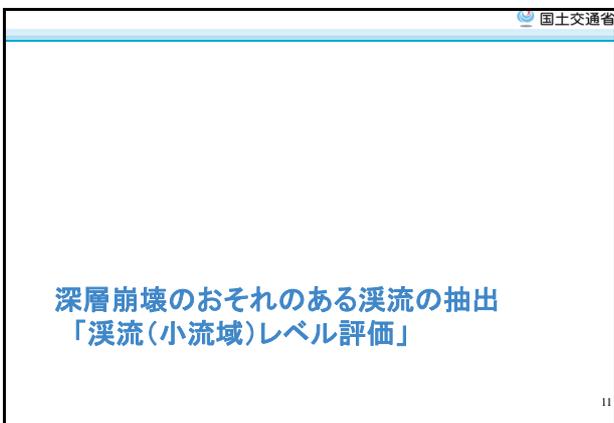
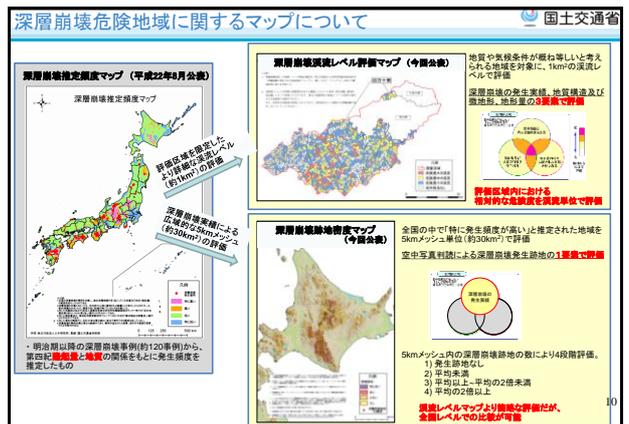
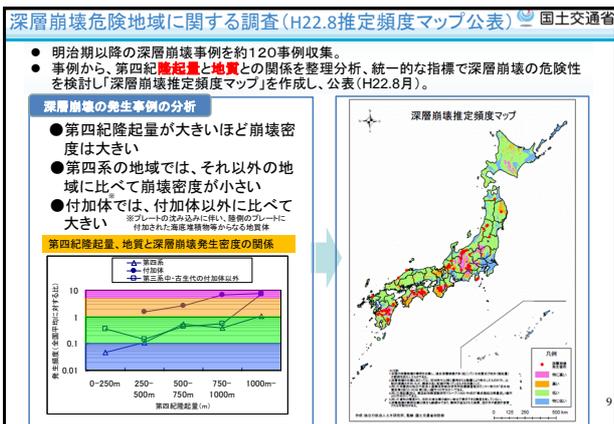
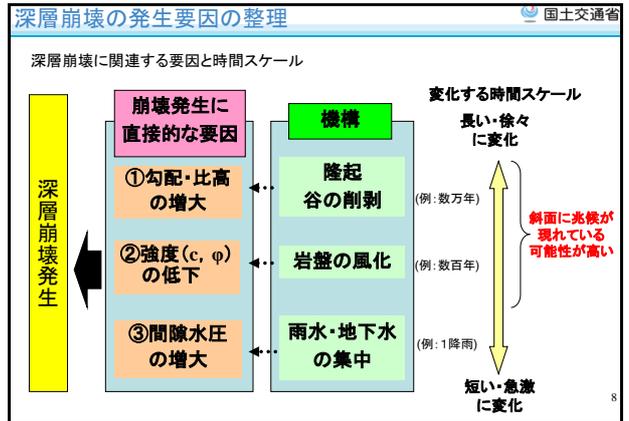
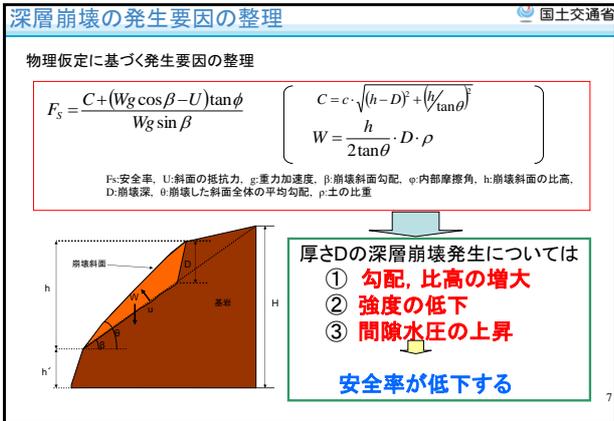


#### 宮崎県耳川



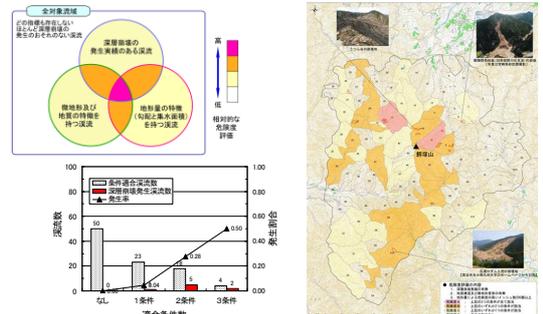
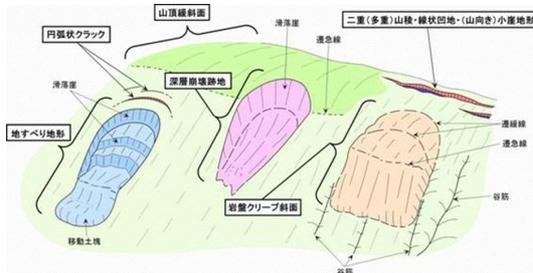
#### 熊本県水俣





深層崩壊発生と関連性の高いと考えられる地形

隆起や岩盤の風化などによる岩盤の変形に起因すると考えられる岩盤の「ゆるみ」



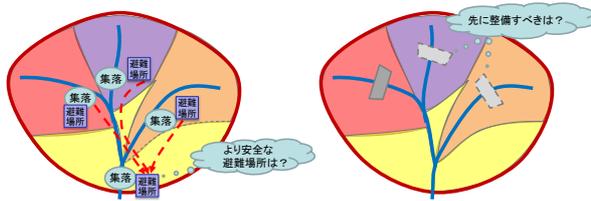
3つの要素を評価軸に「深層崩壊渓流レベル評価」を実施  
①発生実績 ②地質構造及び微地形 ③地形量

※②、③は、評価区域毎に深層崩壊跡地と関連性が高い微地形の種類、または地形量を選択

- 空中写真判読や、地質図、地形図などにより、机上調査で評価する簡易的な評価手法であり、現地踏査やボーリング調査等を踏まえた設計を行っている構造物の安全性等の評価を左右するものではありません。
- 評価区域毎に深層崩壊実績(崩壊跡地分布)と関連性が高い指標を設定して評価していることから、異なる評価区域間で、評価結果を比較することはできません。
- 渓流レベル評価は、複数の斜面を有する一定面積の渓流毎に、相対的な深層崩壊の発生危険度を評価したものであり、個別の斜面の危険性を判断するものではありません。



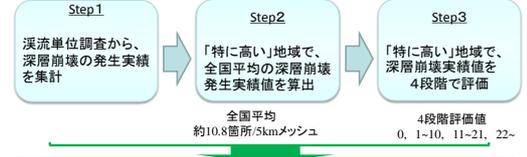
深層崩壊渓流レベル評価マップにおいては、評価区域内における深層崩壊の相対的な危険度が示されており、  
・避難場所の設定の判断材料としての活用  
・砂防堰堤等の検証・整備の優先順位の判断材料として活用



【避難場所を設定の判断材料の1つ】 【砂防堰堤等の優先順位の判断材料の1つ】  
※その他のリスクも考慮して場所を決定 ※その他のリスクも考慮して優先順位を決定

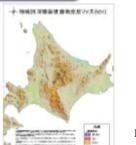
全国的な傾向把握  
「深層崩壊跡地密度マップ」

地域的な最適化を行っていない要素(深層崩壊の発生実績)に注目



H22.8の深層崩壊推定頻度マップを検証し、全国的な傾向を把握

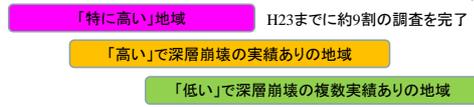
- 【評価結果】
- 推定頻度マップの「特に高い」地域では、深層崩壊の発生実績が多く確認されており、H22.8の評価手法の妥当性を確認。
  - 全国的に見れば、降雨の多い西日本で全国平均より多く、降雨の少ない北日本で全国平均より少ない傾向が見られる。
  - 台風12号により発生した深層崩壊で検証したところ、概ね妥当な評価を行っていることを確認。



# 今後の深層崩壊対策

## 渓流レベル評価の結果及び今後の調査

### 渓流レベル評価の進め方



### 今後の調査(発生危険性・影響範囲)







