

### 3.4 「日本における最近の大規模土砂災害」

(独) 土木研究所

土砂管理研究グループ長

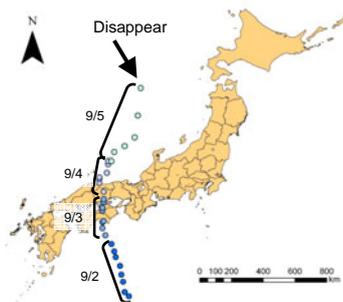
小山内 信智

# Recent large-scale sediment-related disasters in Japan

2012. Nov. 6

Public Works Research Institute  
Nobutomo OSANAI

## Rainfall by Typhoon No.12

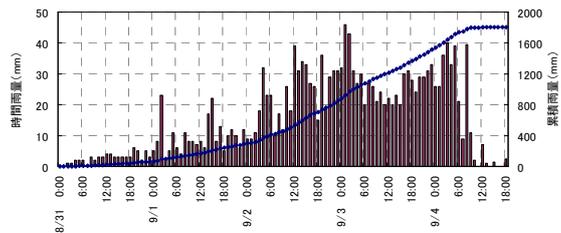


Route of the typhoon No. 12's center at every three hours  
<Typhoon No.12>

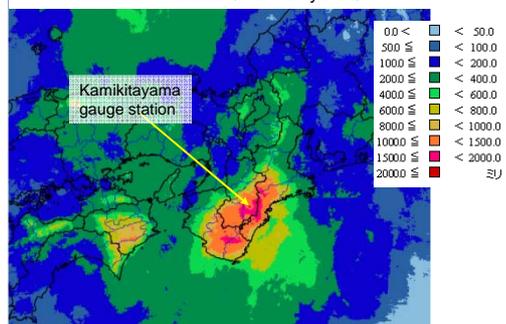
As the typhoon moved slowly, it rained for a long period of time.

Kinki region, which was the right side of the typhoon route, was hit by record torrential rainfall.

The total rainfall at Kamikitayama rain gauge station exceeded 1800mm (which corresponds to 2/3 of annual average rainfall)



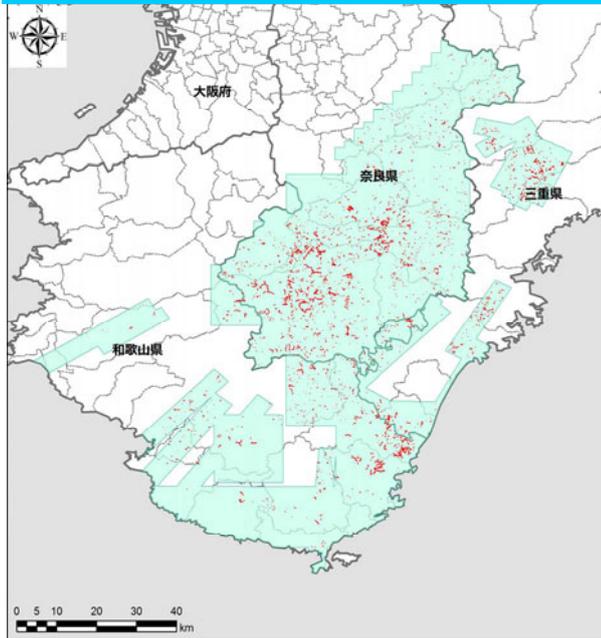
Rainfall data (Kamikitayama)



Total rainfall distribution estimated by analysis  
(Japan meteorological Agency(JMA) HP)



## Collapsed slopes by Typhoon No.12



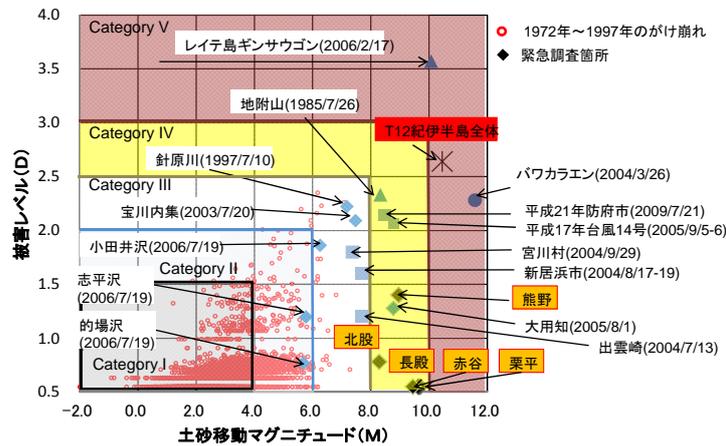
### Collapse in the 3 prefecture

Number (N)	3,077
Area (A)	App. 10 millionm <sup>2</sup>
Sediment volume (V) (Emergent survey)	App. 100 million m <sup>3</sup> (3,5million m <sup>3</sup> )
Arial Photo Area (A <sub>T</sub> )	App. 4800 million m <sup>2</sup>
Collapse Ration (A/A <sub>T</sub> × 100)	App. 0.2%

### Sediment Volume (Emergency Survey)

Nagatono	6.8 millionm <sup>3</sup>
Kuridaira	13.9 millionm <sup>3</sup>
Kitamata	1.2 millionm <sup>3</sup>
Akadani	9 million m <sup>3</sup>
Iya	4.1 million m <sup>3</sup>
total	35 million m <sup>3</sup>

5



### 土砂災害規模カテゴリー

X軸;  $M = \log_{10}(V \times H)$

M:土砂移動マグニチュード、V:移動土塊の量(m<sup>3</sup>)、H:土塊の移動比高差(m)

Y軸;  $D = 0.69 \times \log_{10}(x_1) + 0.16 \times \log_{10}(x_2 + x_3 + x_4/3) + 1.07$

D:被害レベル、 $x_1$ :死者・行方不明者数、 $x_2$ :負傷者数、 $x_3$ :全壊戸数、 $x_4$ :半壊・一部損壊戸数  
(上記( )内が0の場合、 $x_1=0.3$ 、 $x_2+x_3+x_4/3=0.1$ を代入する。被害が無い場合にはD=0.55となる。)

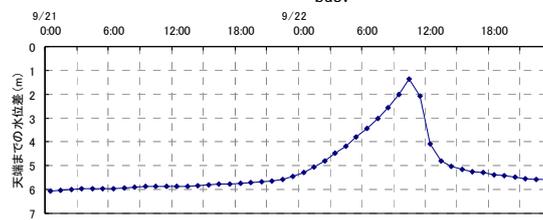
## Natural dam countermeasure (Emergency survey) ~water level observation~

### Installing PWRI thrown-typed water level observation buoy/Watching water level

- Water level observation buoy (thrown-type) developed jointly by PWRI and a commercial company was operated immediately after the emergence of natural dam for emergency watching.
- It was developed so that it can watch the water level of natural dam in the place where there is no electric power or communication facility around, like mountainous area, and people cannot enter easily.
- Currently, they are under operation in the four natural dam sites. The observation data is provided in the Kinki Regional Development Bureau HP by real-time.



Throwing PWRI water level observation buoy



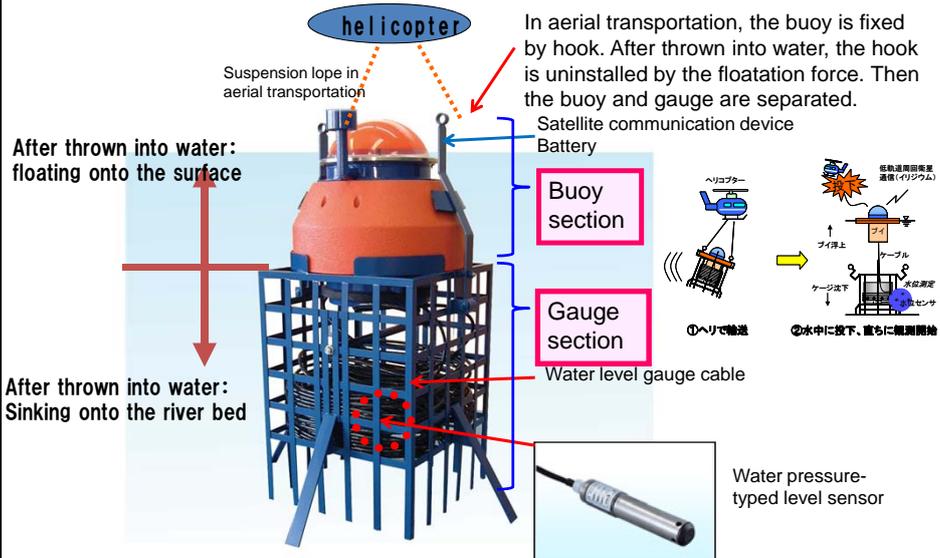
Water level observation result of natural dam (Akadani)

Ratio of delayed mails received within 5min. and maximum delay in minutes recorded in 4 natural dams from Sept. 16<sup>th</sup> to 22<sup>nd</sup>, 2011

	Sky view factor	Ratio of delayed mails received within 5 min.	Maximum delay in minutes
Akadani	63%	88%	26
Nagatono	64%	87%	27
Kuridaira	71%	95%	15
Iya	67%	96%	13

## Natural dam countermeasure (emergency survey) ~water level observation~

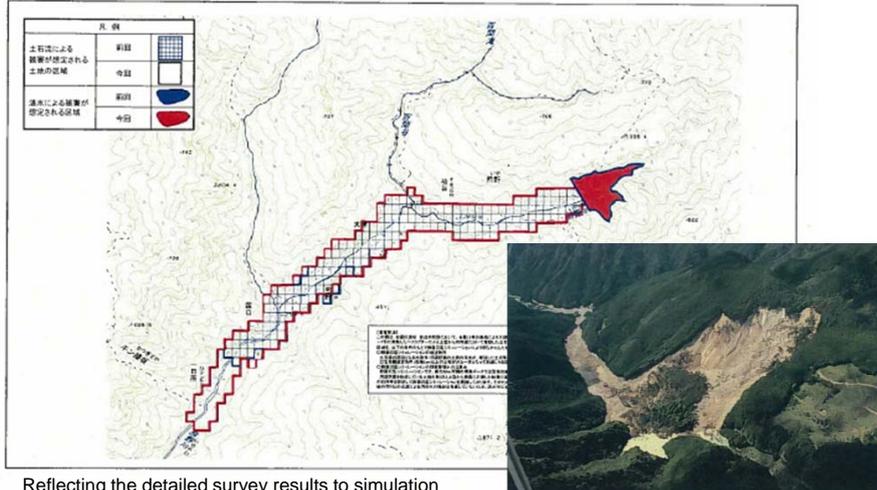
### PWRI thrown-typed water level observation buoy



## Natural dam countermeasure (emergency survey) ~result~

河道閉塞による湛水を発生原因とする土石流等による被害が想定される土地の区域 別紙1

区域名：日置川流域 田辺市熊野



Reflecting the detailed survey results to simulation

<1st emergency survey> measuring promptly the shape of the natural dam by laser distance gauge

<2nd emergency survey> Analyzing the detailed shape of natural dam by using aerial photos etc.

## 出水期に向け更なる安全度の向上を図る

国土交通省

### 長殿地区

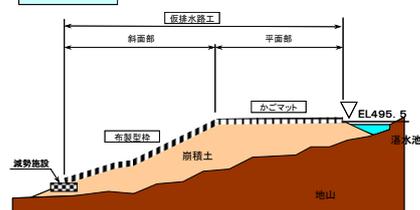
○長殿地区では、河道閉塞箇所では越流が起きると、堆積土砂の侵食が進み、土石流発生の危険性が高まります。

そこで、出水期に向け更なる安全度の向上を図るため、流水を安全に流すための仮排水路を平成24年度出水期までに完成させる予定です。

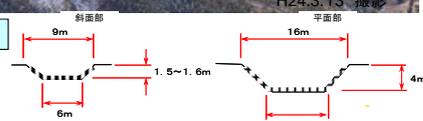
### 全景写真



### 縦断面図



### 横断面図

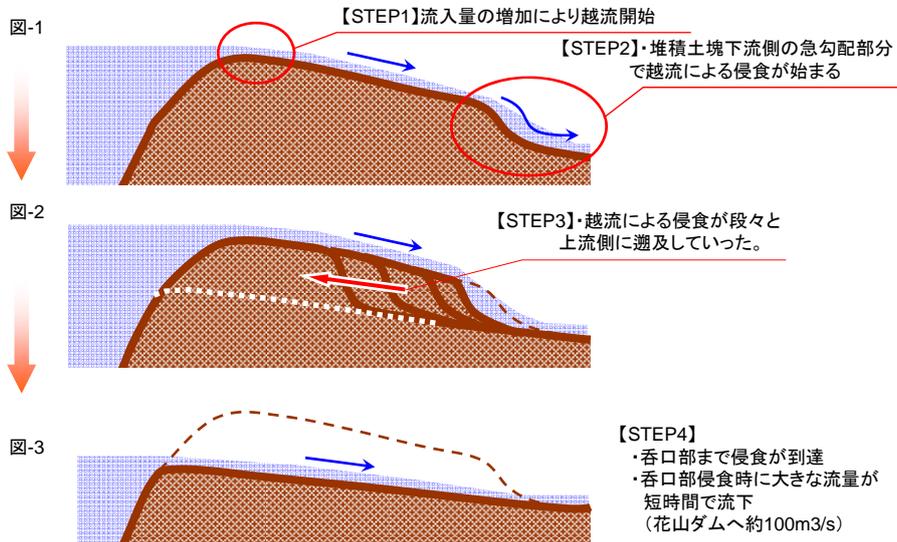


### 仮排水路工布製型枠施工予定箇所



## 侵食現象のメカニズム

根拠: 現況を見ていた方へのヒアリングと変化状況を撮影した写真及び現地調査等から次のように現象を整理できる



## 深層崩壊危険地域に関する調査(H22.8推定頻度マップ公表)

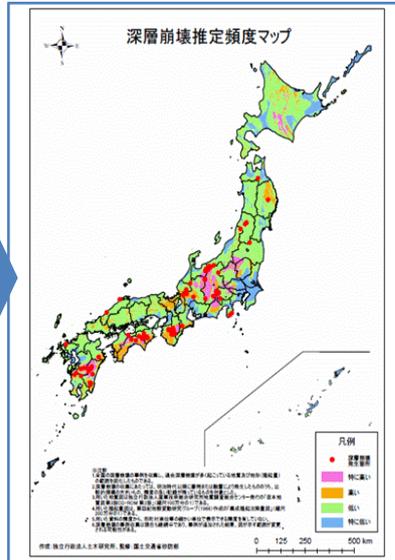
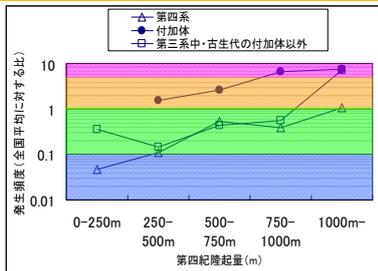
- 明治期以降の深層崩壊事例を約120事例収集。
- 事例から、第四紀隆起量と地質との関係を整理分析、統一的な指標で深層崩壊の危険性を検討し「深層崩壊推定頻度マップ」を作成し、公表(H22.8月)。

### 深層崩壊の発生事例の分析

- 第四紀隆起量が大きいほど崩壊密度は大きい
- 第四系の地域では、それ以外の地域に比べて崩壊密度が小さい
- 付加体<sup>※</sup>では、付加体以外に比べて大きい

※プレートの沈み込みに伴い、陸側のプレートに付加された海底堆積物等からなる地質体

### 第四紀隆起量、地質と深層崩壊発生密度の関係

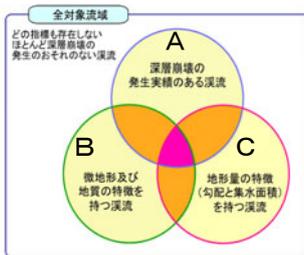


## 深層崩壊の発生に関連する評価指標の適用性検証

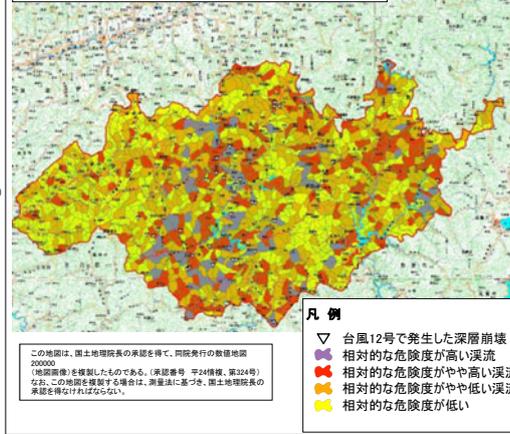
### 3つの要素を評価軸に「深層崩壊溪流レベル評価」を実施

#### A発生実績 B地質構造及び微地形 C地形量

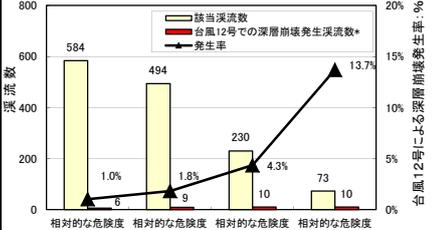
※②、③は、評価区域毎に深層崩壊跡地と関連性が高い微地形の種類、または地形量を選択

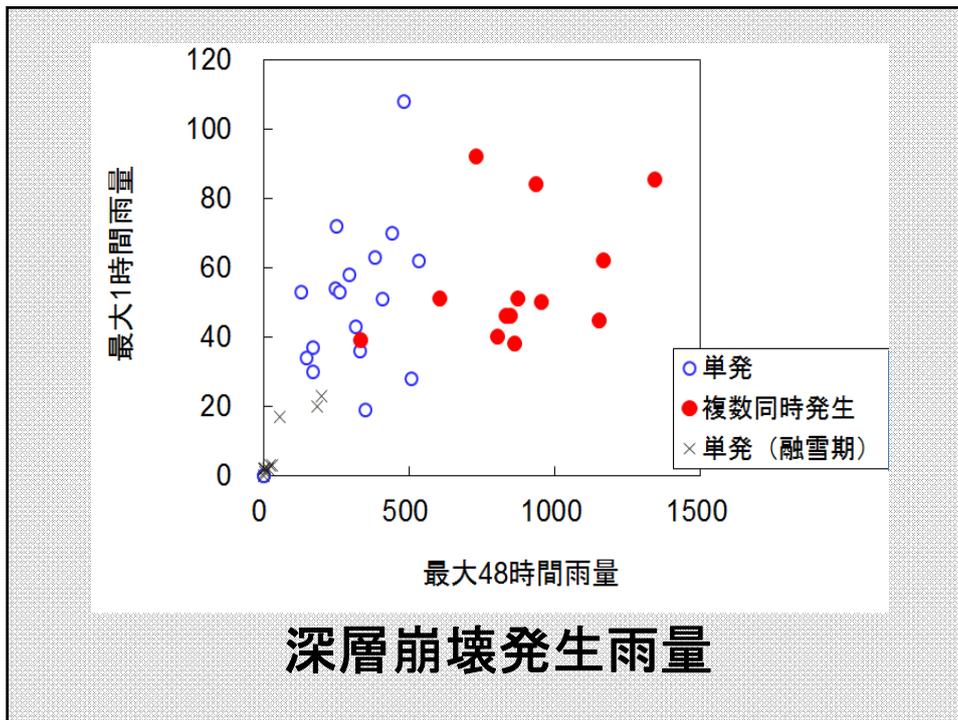


紀伊山地における深層崩壊溪流レベル評価と台風12号における深層崩壊発生箇所(地質:四万十帯)



危険度別溪流数と台風12号による深層崩壊発生状況(紀伊山地:四万十帯)





2011. 9. 5 観

衛星SAR画像で発見された  
2011年台風12号による  
奈良県五條市赤谷の河道閉塞

航空写真2011. 9. 10撮影

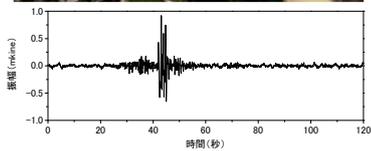
確認範囲	チェック項目	判断基準	評価
河道	湛水域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湛水域がシャドウとして確認されるか</li> <li>・上下流の溝筋幅と比べ不自然な幅となっているか</li> <li>・ダム・取水堰等の人工構造物による湛水では無いか</li> </ul>	
	周辺地形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面勾配</li> <li>・湛水域近傍に斜面は存在するか</li> <li>・周辺斜面は発生する程度の急勾配斜面か 等</li> </ul>	
崩壊地	崩壊地内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊地内から下部にかけて崩壊土は確認できるか</li> <li>・崩壊土の形状は舌状になっているか</li> <li>・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか</li> <li>・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか 等</li> </ul>	
	崩壊土砂 (河道閉塞部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道閉塞部は谷を埋積する形状となっているか</li> <li>・河道閉塞部の上流に湛水域は形成されているか</li> <li>・崩壊土上に倒木等の形状は確認されるか 等</li> </ul>	
	崩壊規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道閉塞が発生する程度の崩壊規模か</li> </ul>	
	画像の肌理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか</li> <li>・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか 等</li> </ul>	
相対的位置関係	上下関係等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊土・崩壊土・湛水域等の位置関係に不自然さはないか</li> </ul>	
	周辺地物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周辺の道路網に不自然さはないか</li> <li>・建物が埋積されているような状況は確認されるか</li> </ul>	
総合評価			

河道閉塞発見のためのチェックリスト

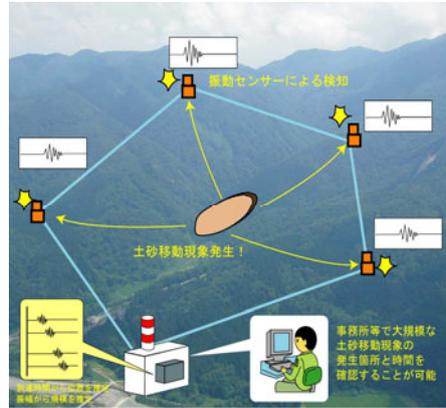
# 大規模土砂移動検知システム

## 概要

大規模な土砂移動現象が発する地盤振動は遠方まで伝播するため、高感度な振動計で地盤振動を観測することが可能



2005/9/6宮崎県西郷村で発生した大規模土砂移動と地盤振動観測データ( (独)防災科学技術研究所(Hi-net)の諸塚観測所)

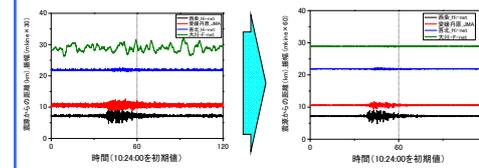
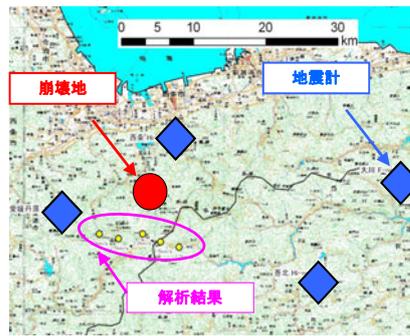


地震計ネットワークを用いて、大規模土砂移動現象の振動を観測し、震源特定解析によって、土砂移動現象の発生箇所と時間を予測するシステム  
→大規模な土砂移動現象を広域に監視できる

# 大規模土砂移動検知システム

## 既往事例

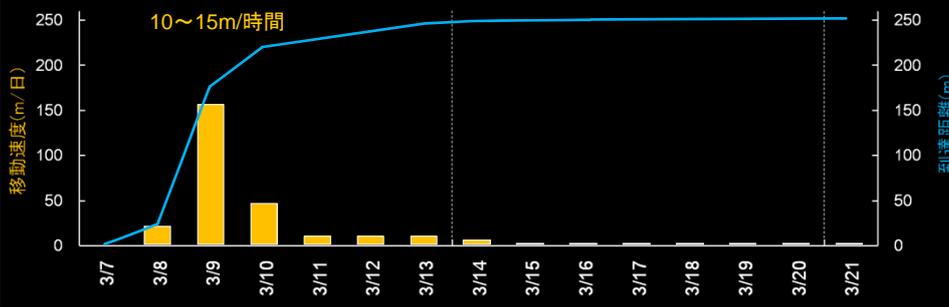
2012年9月4日愛媛県西条市東之川で発生した崩壊



1-4HzのBand pass filterを施すことで、波形が抽出することができる(特に緑色の波形)

4箇所の地震計で土砂移動現象と考えられる振動を観測。そのうち1箇所は、フィルタ処理により、振動波形を抽出することができた。  
地盤のせん断波速度を2km/secと仮定して解析した結果、誤差4.6kmで崩壊発生箇所を推定することができた。

# 新潟県上越市国川地区地すべり 末端部の移動状況

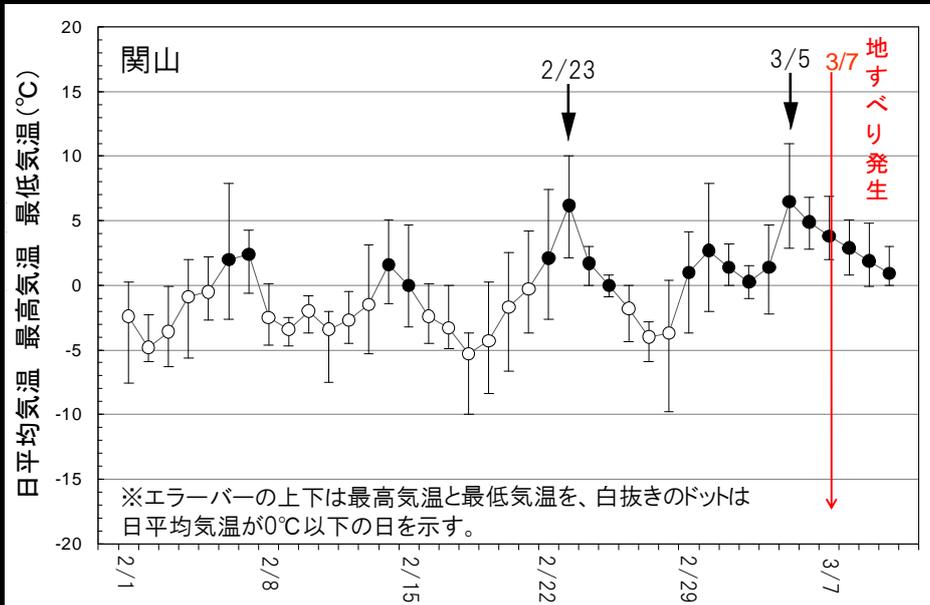


## 地すべり周辺の地形 (1985年撮影の空中写真による地形図)



- ・今回の地すべりは、**大規模な地すべり地形内にある斜面の一部**が移動した(再滑動地すべり)。
- ・地すべりは山地斜面と扇状地が接する部分で発生し、扇状地の傾斜にそって移動した。

### 地すべり発生前の気温の変化(関山、気象庁)

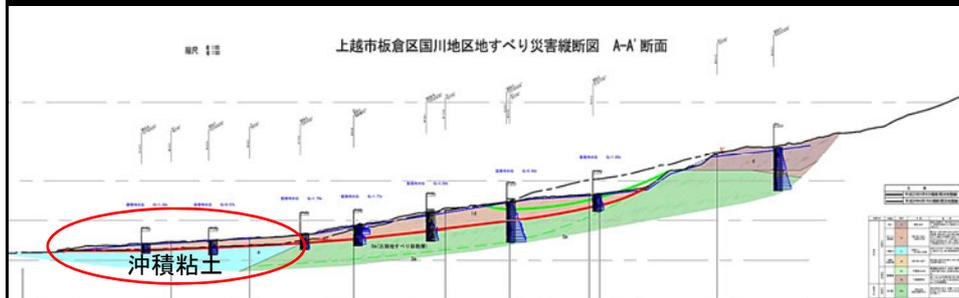


・2/23と3/5に最高気温が10°C以上を示し、融雪が急激に進んだと推定

### 国川地すべりの移動メカニズム(考察)



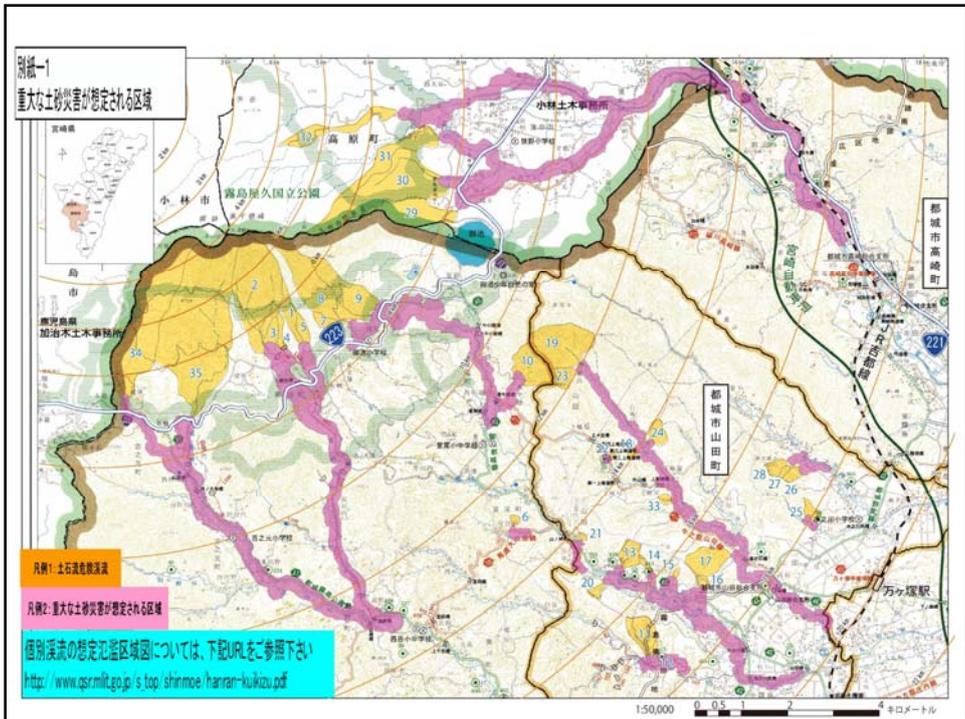
## 国川地すべりの移動メカニズム(考察)

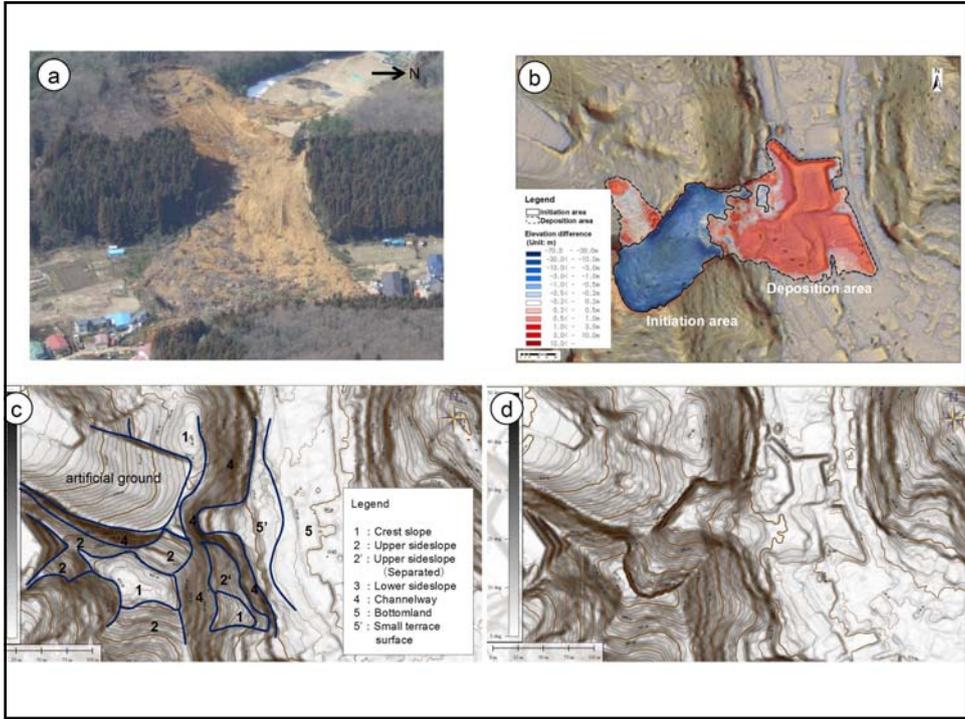


- ・地すべり斜面下部の移動層は、沖積粘土をすべり面(旧地表面である水田面下約1m)として移動したことが推定される。
- ・沖積粘土の土かぶり圧は小さく、せん断強さが非常に小さいことが推定される。
- ・地すべり斜面下部の勾配はほぼ平坦であるが、すべり面(水田面下約1m)のせん断強さが非常に小さく、滑動力を急減させるような抵抗部とならなかった。

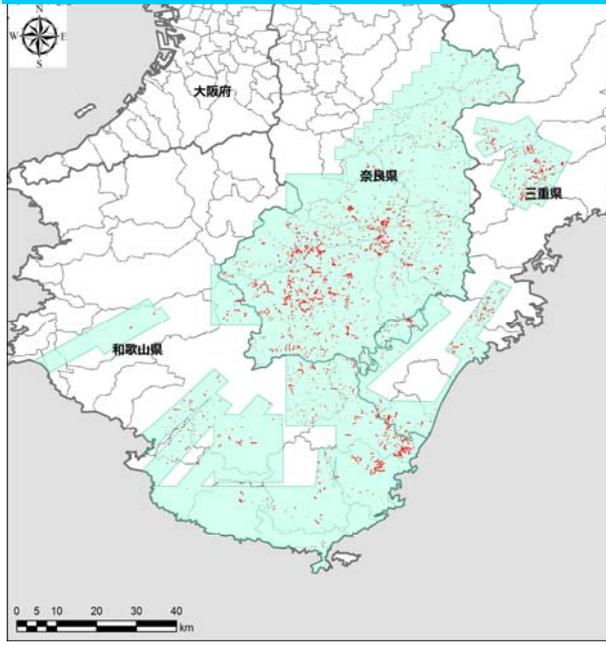


流動しやすい状況が長時間続き、地すべり土塊が長時間動き続けた





## Collapsed slopes by Typhoon No.12

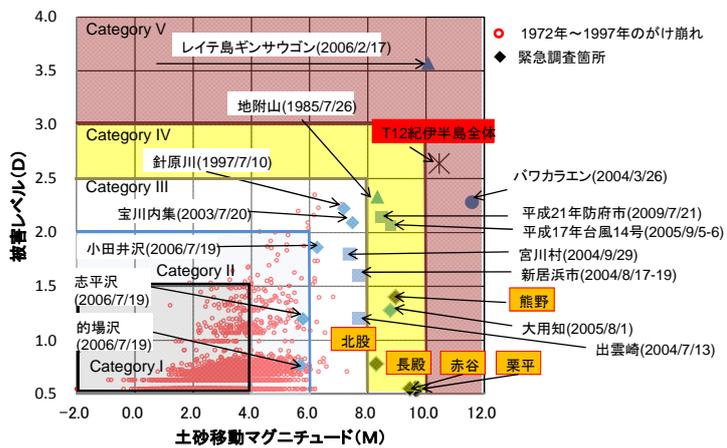


### Collapse in the 3 prefecture

Number (N)	3,077
Area (A)	App. 10 millionm <sup>2</sup>
Sediment volume (V) (Emergent survey)	App. 100 million m <sup>3</sup> (3,5million m <sup>3</sup> )
Arial Photo Area (A <sub>T</sub> )	App. 4800 million m <sup>2</sup>
Collapse Ration (A/A <sub>T</sub> × 100)	App. 0.2%

### Sediment Volume (Emergency Survey)

Nagatono	6.8 millionm <sup>3</sup>
Kuridaira	13.9 millionm <sup>3</sup>
Kitamata	1.2 millionm <sup>3</sup>
Akadani	9 million m <sup>3</sup>
Iya	4.1 million m <sup>3</sup>
total	35 million m <sup>3</sup>

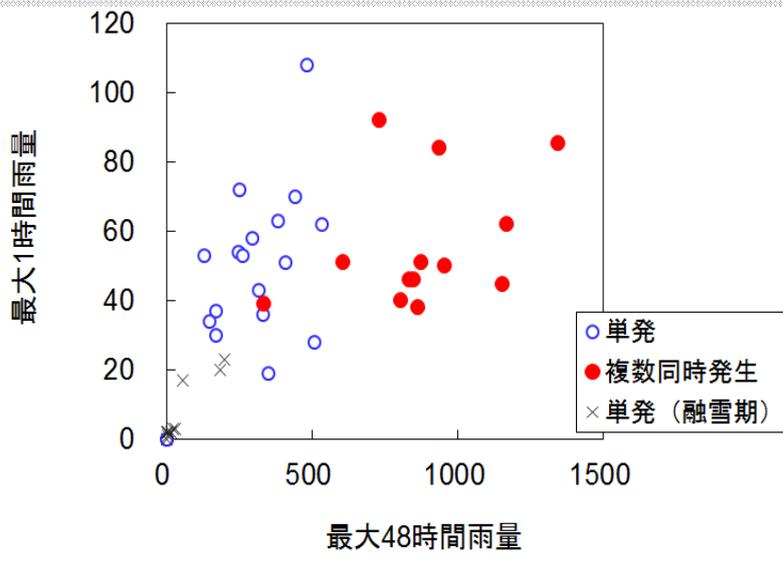


### 土砂災害規模カテゴリー

X軸;  $M = \log_{10}(V \times H)$   
M:土砂移動マグニチュード、V:移動土塊の量(m<sup>3</sup>)、H:土塊の移動比高差(m)  
Y軸;  $D = 0.69 \times \log_{10}(x_1) + 0.16 \times \log_{10}(x_2 + x_3 + x_4/3) + 1.07$   
D:被害レベル、x<sub>1</sub>:死者・行方不明者数、x<sub>2</sub>:負傷者数、x<sub>3</sub>:全壊戸数、x<sub>4</sub>:半壊・一部損壊戸数  
(上記( )内が0の場合、x<sub>1</sub>=0.3、x<sub>2</sub>+x<sub>3</sub>+x<sub>4</sub>/3=0.1を代入する。被害が無い場合にはD=0.55となる。)



清水（宇井）



深層崩壊発生雨量

衛星SAR画像で発見された  
2011年台風12号による  
奈良県五條市赤谷の河道閉塞

河道閉塞発見のためのチェックリスト

航空写真2011.9.10撮影

確認範囲	チェック項目	判断基準	評価
河道	湛水域	<ul style="list-style-type: none"> <li>湛水域がシャドウとして確認されるか</li> <li>上下流の湛水域と比べ不自然な幅となっているか</li> <li>ダム・取水堰等の人工構造物による湛水域ではないか</li> </ul>	
周辺地形	斜面勾配	<ul style="list-style-type: none"> <li>湛水域近傍に斜面は存在するか</li> <li>崩壊斜面は発生する程度の急勾配斜面か 等</li> </ul>	
崩壊地	滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> <li>湛水域周辺に滑落崖が確認できるか</li> <li>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</li> <li>滑落崖の形状は斜面方向に對し凹型状となっているか 等</li> </ul>	
	崩壊地内	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑落崖の下に崩壊形状は確認されるか</li> <li>崩壊形状は斜面方向と整合しているか 等</li> </ul>	
	崩壊土砂	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊地内から下部にかけて崩壊土は確認できるか</li> <li>崩壊土の形状は舌状になっているか</li> </ul>	
	崩壊土砂 (河道閉塞部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>河道閉塞部は谷を埋積する形状となっているか</li> <li>河道閉塞部の上流に湛水域は形成されているか</li> <li>崩壊土上に樹木等の形状は確認されるか 等</li> </ul>	
	崩壊規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>河道閉塞が発生する程度の崩壊規模か</li> </ul>	
	画像の肌理	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊地内・崩壊土等の表面は崩壊林地と比べ平滑になっているか</li> <li>周辺斜面にみられる傾度パターンと違うパターンとなっているか 等</li> </ul>	
相対的位置関係	上下関係等	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑落崖・崩壊土・湛水域等の位置関係に不自然さはないか</li> <li>崩壊土の到達範囲は地形と整合しているか 等</li> </ul>	
	周辺地物	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺の道路網に不自然さはないか</li> <li>建物が埋積されているような状況は確認されるか</li> </ul>	
総合評価			

## 大規模土砂移動検知システム

### 概要

**大規模な土砂移動現象が発生する地盤振動は遠方まで伝播するため、高感度な振動計で地盤振動を観測することが可能**

2005/9/6宮崎県西郷村で発生した大規模土砂移動と地盤振動観測データ(独)防災科学技術研究所(Hi-net)の諸塚観測所

地震計ネットワークを用いて、大規模土砂移動現象の振動を観測し、震源特定解析によって、土砂移動現象の発生箇所と時間を予測するシステム  
→大規模な土砂移動現象を広域に監視できる

