

2017.11.1

平成29年度中国地方建設技術開発交流会  
岡山会場 基調講演

# 土砂災害リスク軽減に向けた リアルタイム表層崩壊予測モデルの 構築

神戸大学名誉教授  
一般財団法人 建設工学研究所  
沖村 孝

# 道路の斜面災害への事前対応

- 道路防災点検による危険斜面の把握
- 要対策斜面の対策事業
- 要点検斜面の点検+平常時や異常時の点検
- 点検結果を受けた応急対策、防災工事、維持工事の実施
- 異常気象時通行規制

## 課題

- 点検斜面の絞り込み、○道路管理施設外(自然斜面)からの災害、○目視による点検、○定量的な点検記録の解釈
- 規制区間、規制時間の設定、解除、等

# 自然斜面災害への事前対応

ハードウェアによる防災

斜面保護工、擁壁、抑止工、砂防ダム、山腹工等の  
施工

ソフトウェアによる減災(気象台と都道府県)

土砂災害警戒区域、土砂災害警戒情報

避難行動による減災(市町村)

避難準備情報、避難勧告、指示



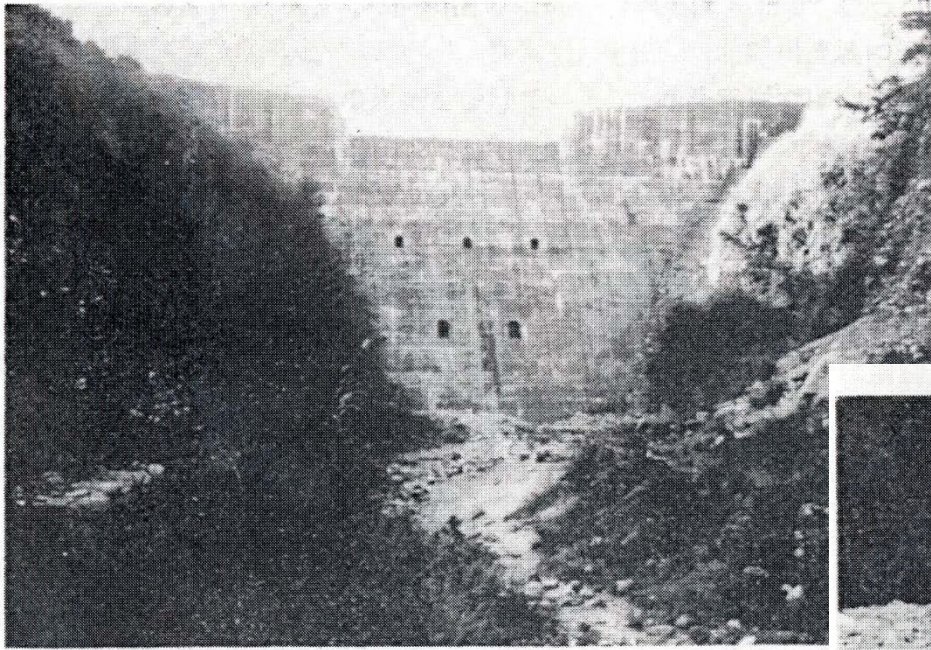
# 住吉川五助堰堤の 昭和42年7月豪雨災害の前後写真

昭和32年完成

高さ：30m

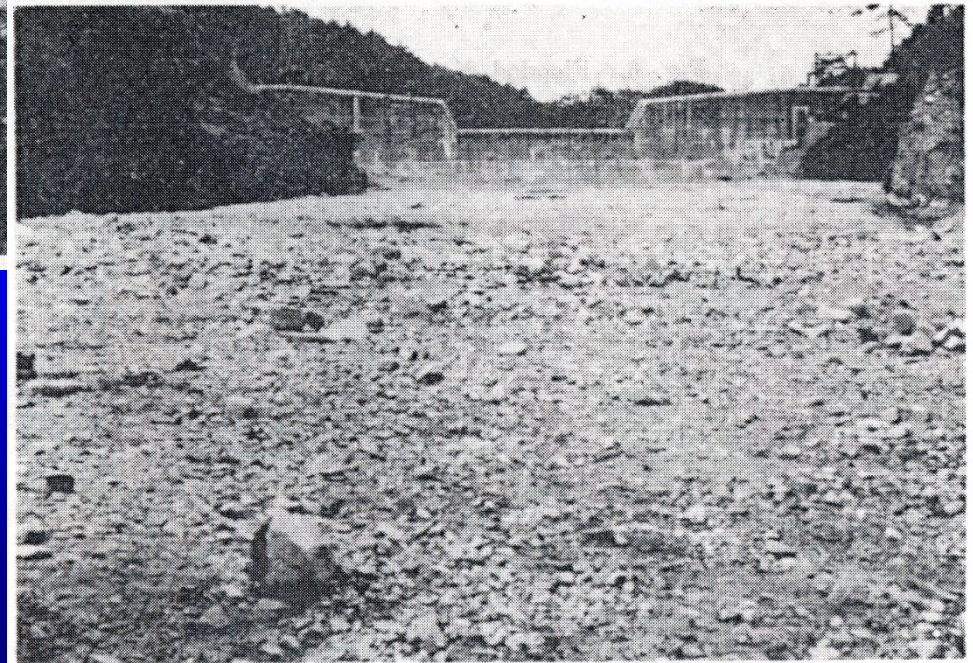
長さ：78m

豪雨後



豪雨前

12万立方メートルの  
土砂を貯留







六甲山土石流（2014年）

六甲砂防事務所提供

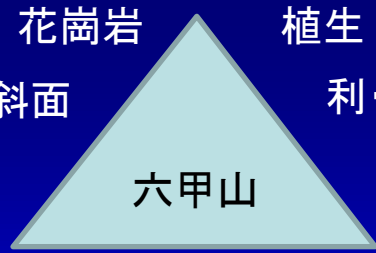




2014年豪雨による土砂と流木の抑止効果（ナバ谷堰堤）

六甲砂防事務所提供

# 2014年神戸市土砂災害対策に関する有識者会議での提言（沖村）



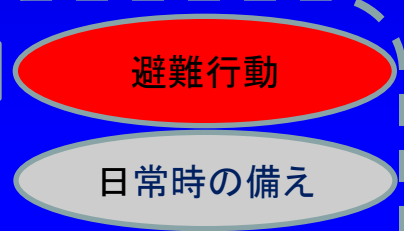
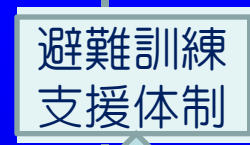
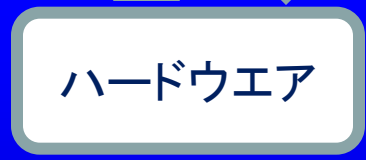
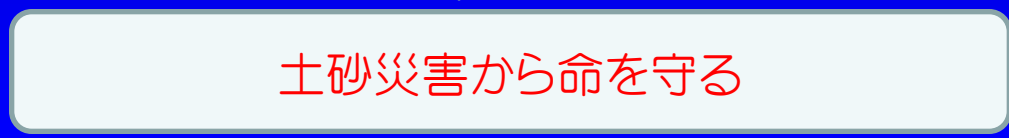
南海トラフ型  
巨大地震の予測



時間雨量100ミリ以上の  
強雨の頻発  
降雨パターンの変化



将来の学術課題



砂防ダムの構築や維持管理

山腹斜面工・山腹緑化工

災害復旧工事

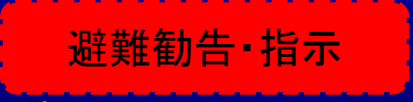
グリーンベルト

警戒避難体制の構築

法律による行為の規制

土砂災害警戒区域

土砂災害警戒情報  
大雨注意報・警報





# 構造物以外の土砂災害から 命を救うためのさまざまな仕組み

## 通行規制:国道の例

1968年の飛騨川バス転落事故を契機として一般国道に導入された。

規制区間:異常気象時通行規制区間(過去のデータ、事例より設定)

規制基準:連続雨量で、路線ごとに、過去のデータ、事例より設定

解除基準:2ミリ/時以下が3時間継続した場合

降雨データ:規制区間内のテレメータ雨量計

## 避難行動:砂防の例

1999年広島豪雨災害以降に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」制定(2001年)

以降は砂防の事例について説明

# 避難すべき場所（空間）

土砂災害警戒区域では

## 警戒避難体制の整備

土砂災害から生命を守るため、災害情報の伝達や避難が早くできるように警戒避難体制の整備が図られます。【市町村】



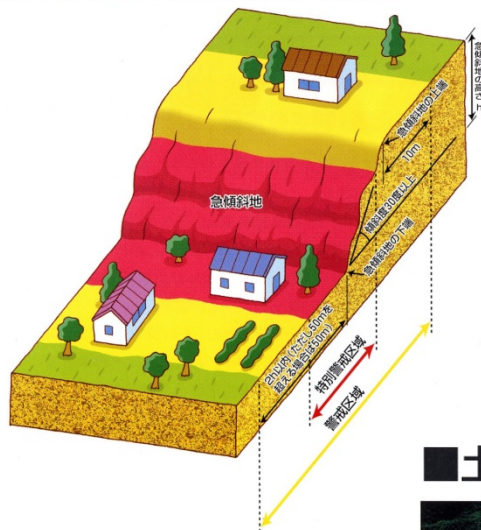
土砂災害特別警戒区域ではさらに

## 建築物の構造規制

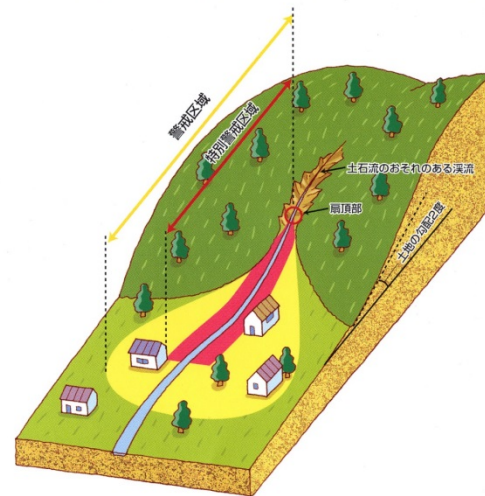
住居を有する建築物は、作用すると想定される衝撃に対して建築物の構造が安全であるかどうか建築確認がさせます。【建築主事を置く地方公共団体】



**急傾斜地の崩壊** ※傾斜度が30度以上である土地が崩壊する自然現象



**土石流** ※山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象



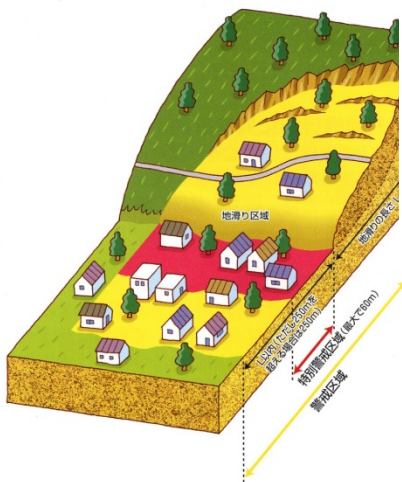
**地滑り** ※土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自



頭部滑落崖



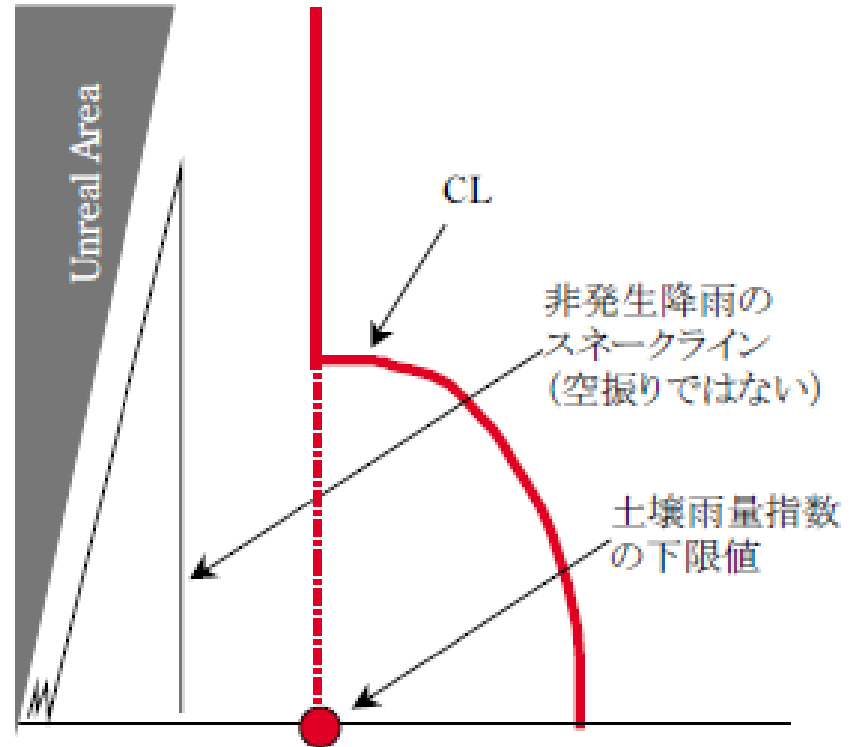
末端部隆起





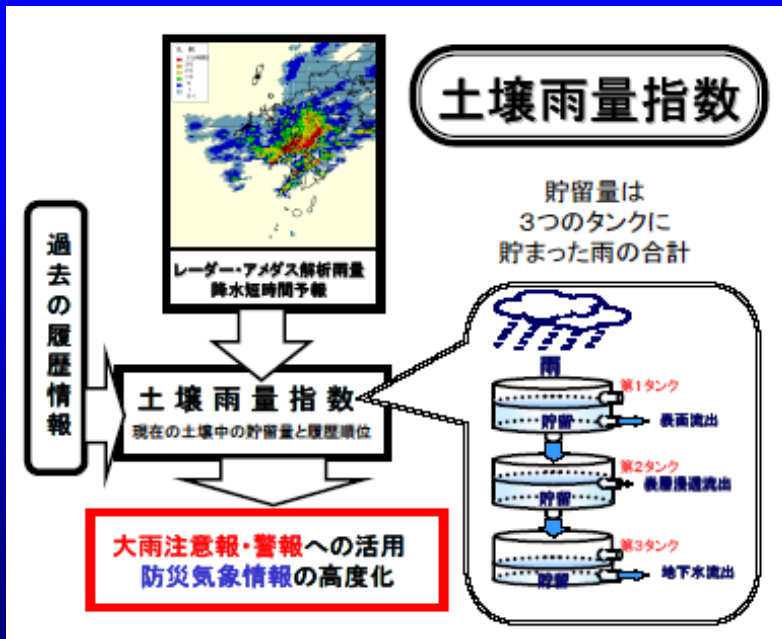
# 避難すべき時間 (土砂災害危険情報)

60分間積算雨量 (mm/h)



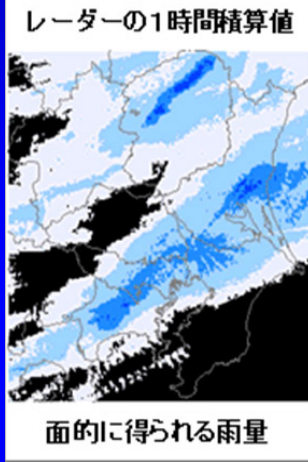
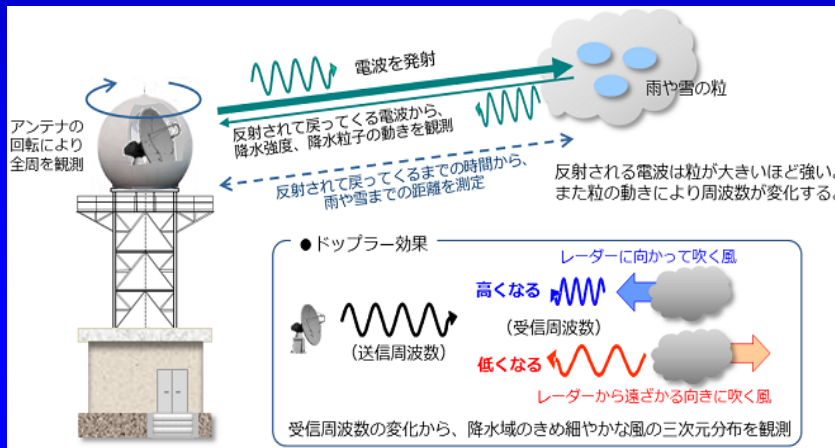
土壌雨量指数 (mm)

(b) 土壌雨量指数の下限値の設定後

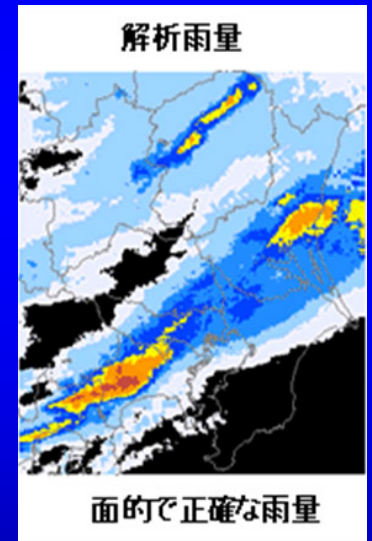
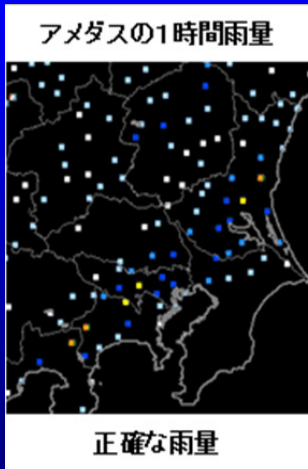
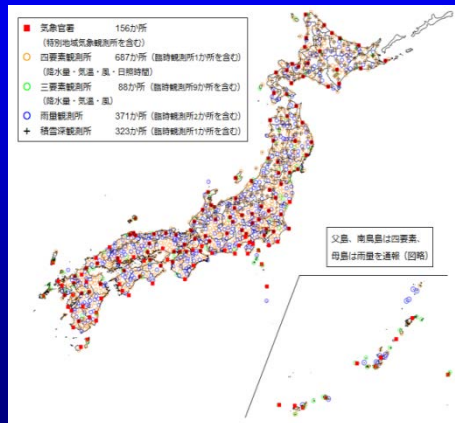
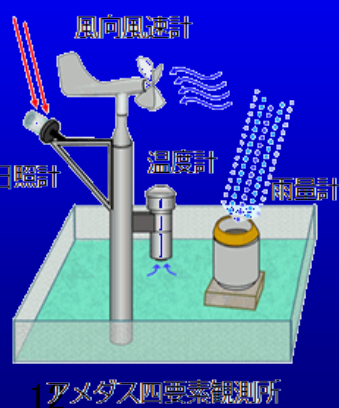


# 解析雨量とは

## ■ 気象レーダー (AreaDATA)



## ■ 地域気象観測システム (pointDATA)

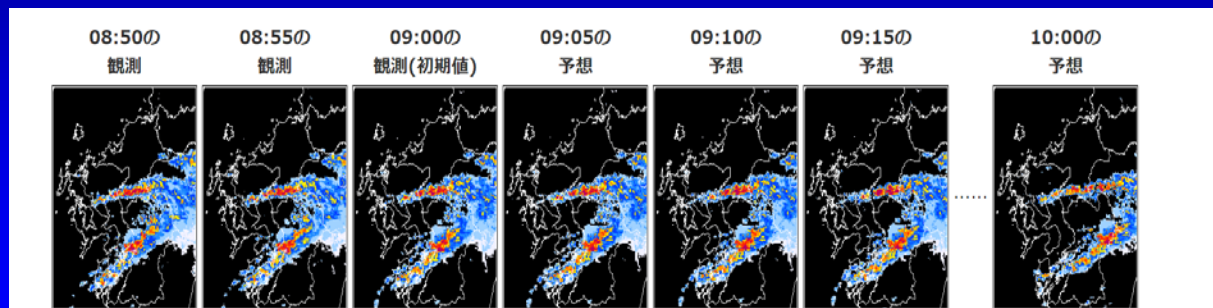


(1 km mesh)

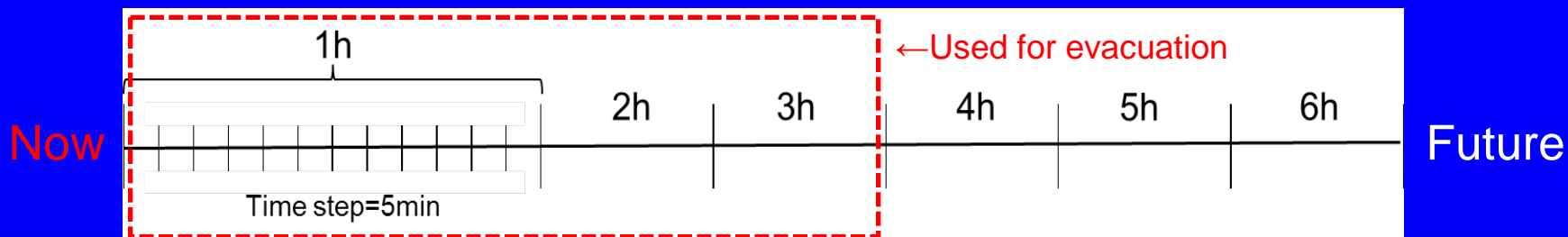
# 高解像度降水ナウキャスト、短時間降水予報とは

## ■ Now~1 hour (Predicted rainfall)

Mesh size : 250m / interval : 5min

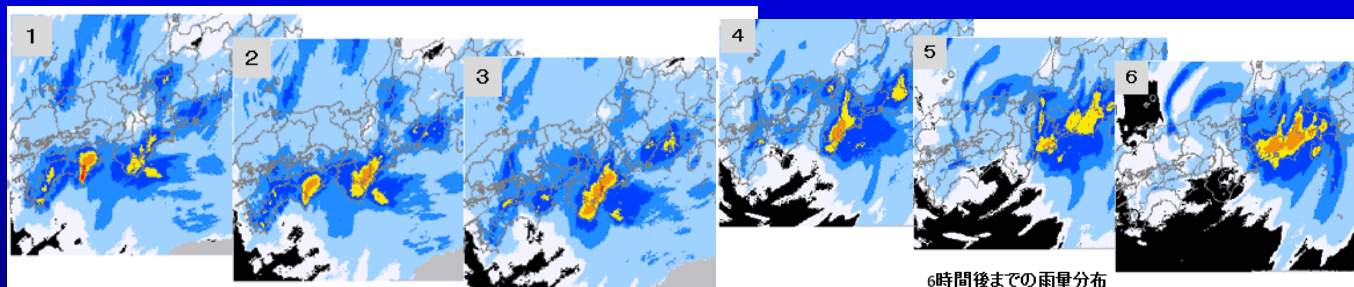


Supercomputer  
Hitachi SR16000 model M1



## ■ Now~6hour (Predicted rainfall)

Mesh size : 1km / interval : 30min





# 兵庫県土砂災害警戒情報 第2号

平成21年8月2日 3時50分  
兵庫県 神戸海洋気象台 共同発表

## Example

### 【警戒対象地域】

神戸市\* 西宮市\* 伊丹市\* 宝塚市\* 川西市\* 姫路市 加西市 西脇市 丹波市 多可町  
市川町\* 福崎町

### 【警戒解除地域】

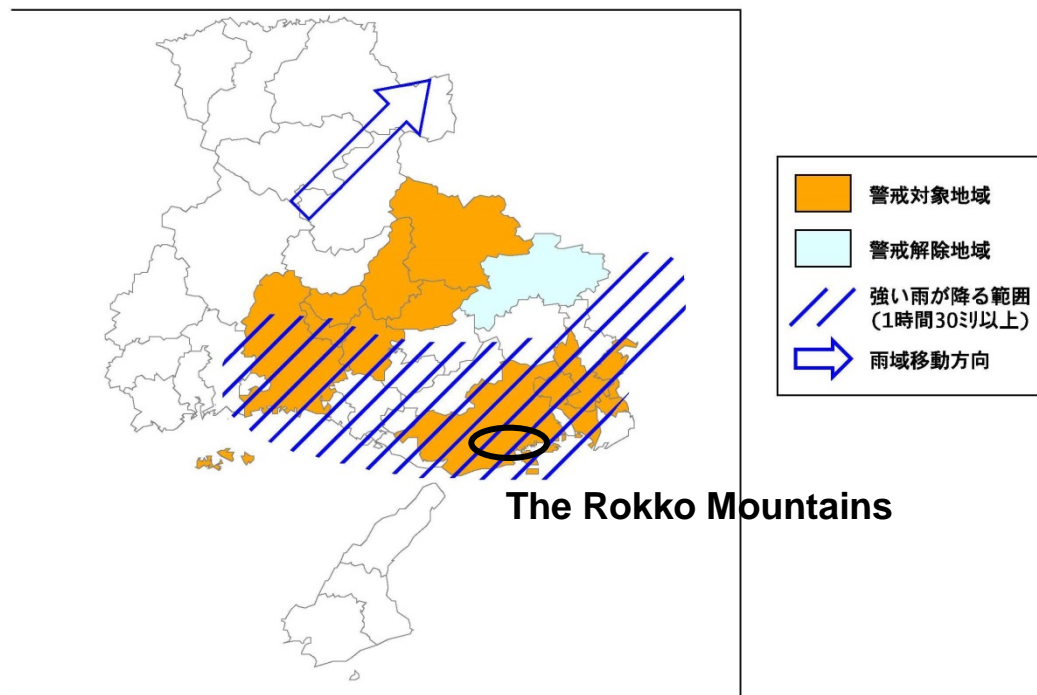
篠山市

\*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

### 【警戒文】

#### 《対象地域拡大》

降り続く大雨のため、土砂災害の危険度の非常に高い状態が続いており、今後2時間以内に、神戸市、西宮市、伊丹市、宝塚市、川西市、市川町にも広がる見込みです。土砂災害危険箇所及びその周辺では厳重に警戒してください。警戒対象市町での今後3時間以内の最大1時間雨量は、多いところで70ミリです。



問い合わせ先

078-362-3565 (兵庫県砂防課)

078-222-8915 (神戸海洋気象台観測予報課)

# 兵庫県の土砂災害危険情報

## 土砂災害警戒情報

### 市町単位で発令

平成22年5月27日より市町村単位で異常気象情報が発信

兵庫県の場合 41市町単位となる: 広すぎる

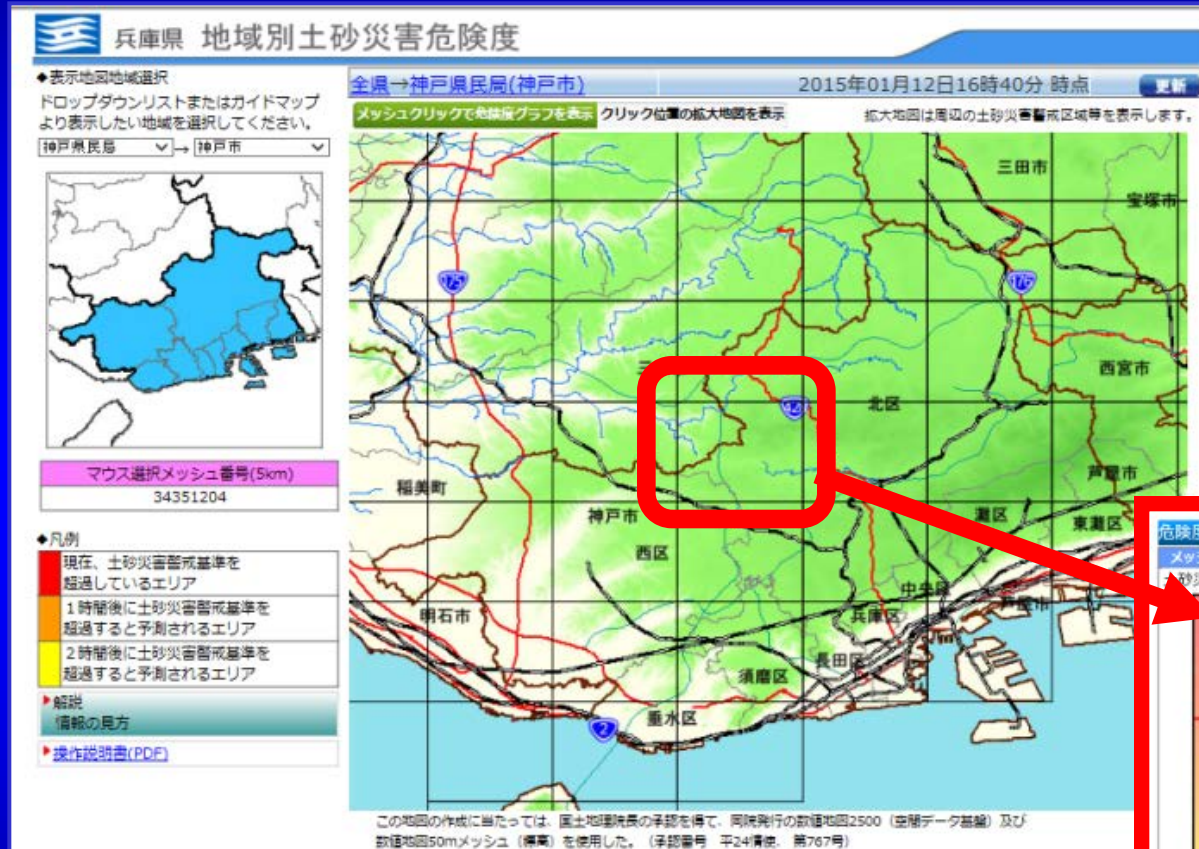
## 兵庫県独自の情報発信(その1)

- ・ 平成25年度より連携案(土壌雨量指数とレーダーアメダス解析雨量)を用いて、5km格子単位で、履歴3位を超えた場合:地域別土砂災害危険度:325メッシュを発信
- ・ さらに5kmメッシュを東西5、南北6に細分した1kmメッシュの最も危険なメッシュの位置および危険度の推移グラフを表示できる

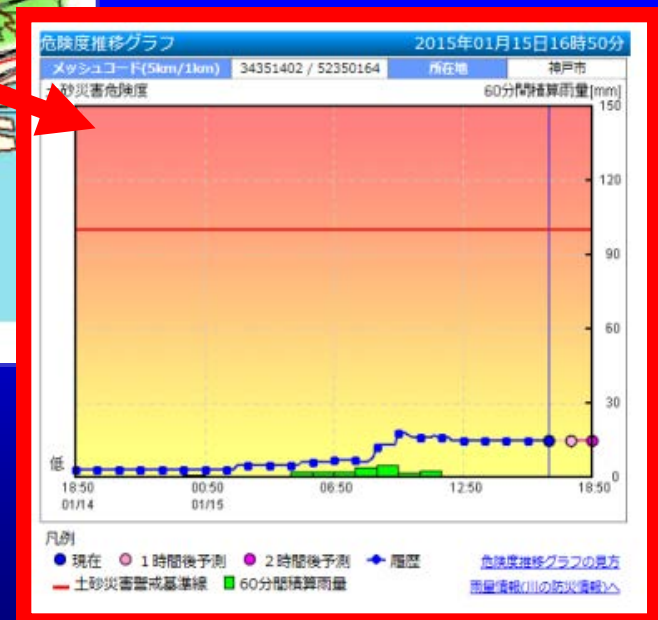
## 兵庫県独自の情報発信(その2)

箇所別土砂災害危険度の発信:これは10mメッシュから得られる危険度を1kmメッシュおよび土砂災害警戒区域ごと表示

# 地域別土砂災害危険度

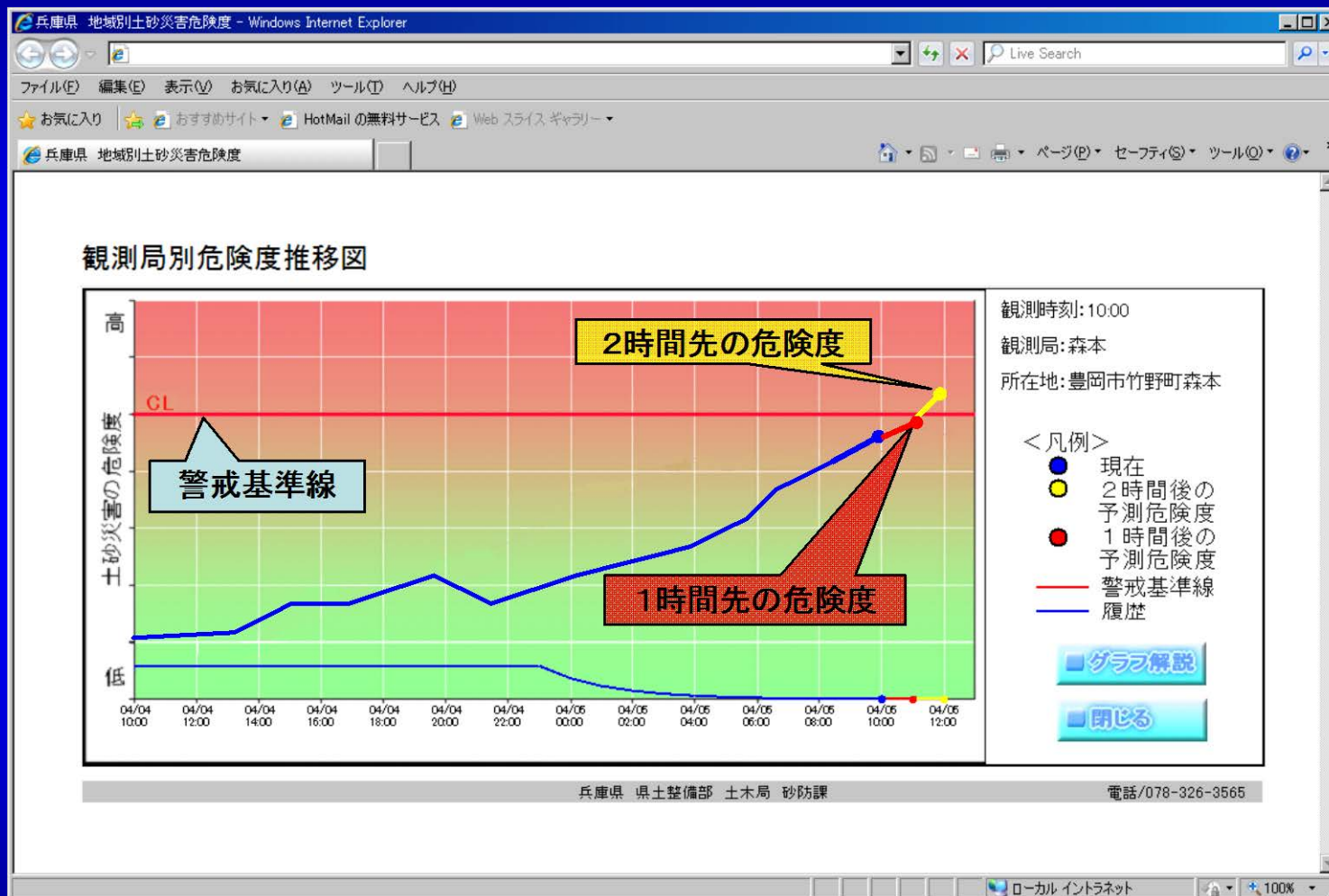


見たい地域をクリック





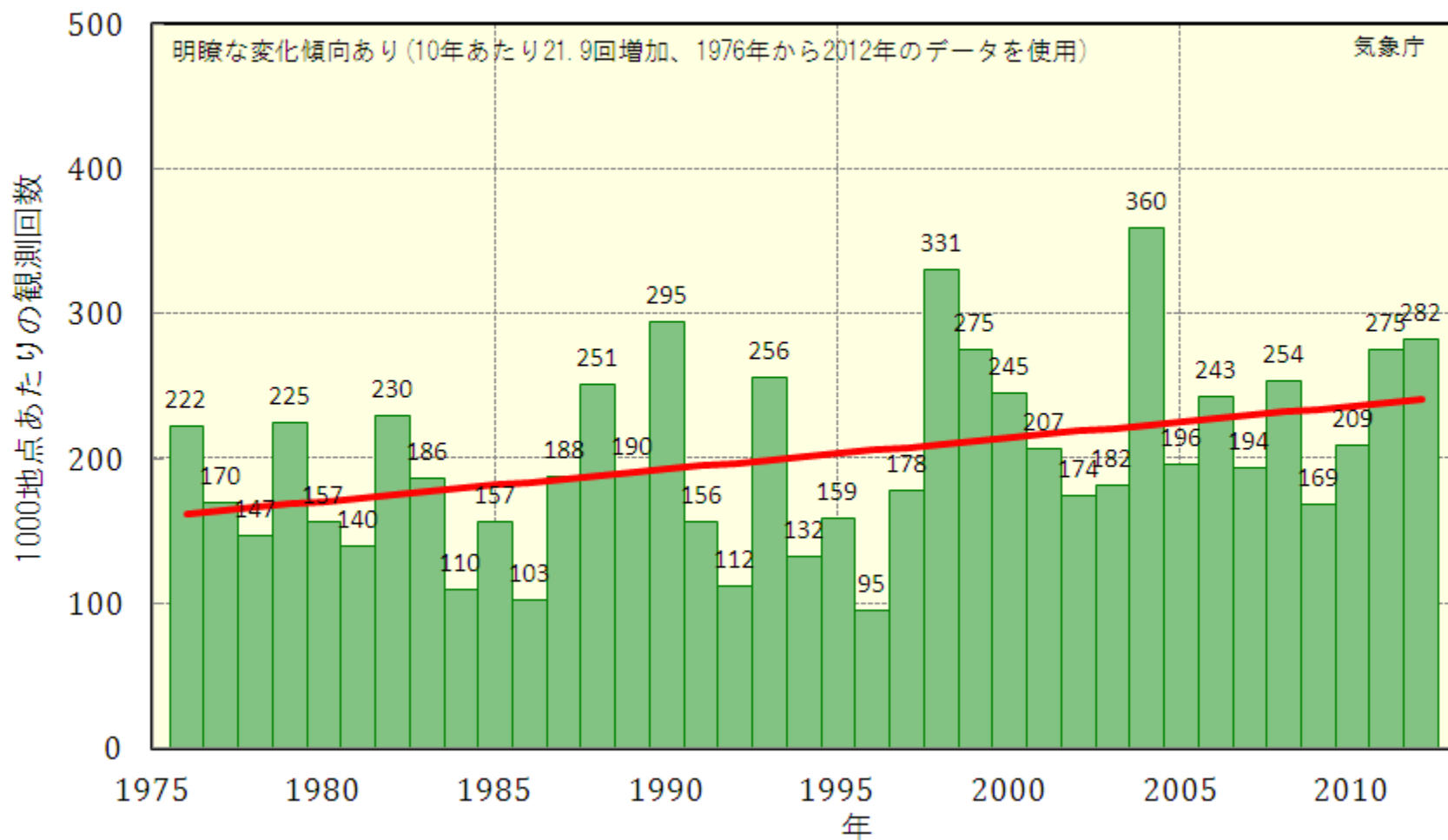
# 地域別土砂災害危険度の紹介



雨量局ごとに2時間先までの予測危険度が表示される。

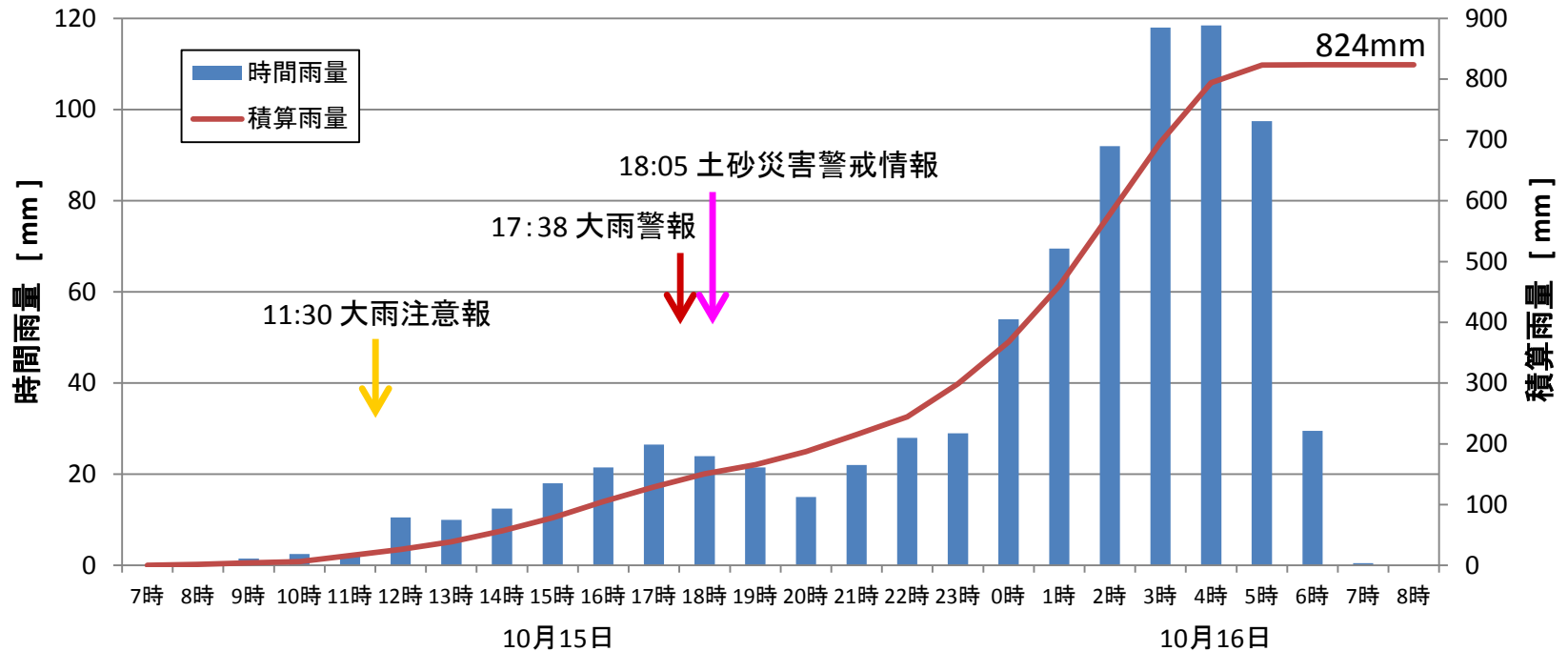
# 近年の降雨特性の変化

[アメダス]1時間降水量50ミリ以上の年間観測回数



# 伊豆大島災害時の降雨量

大島(AMeDAS) 2013年10月15日7:00 ~ 2013年10月16日8:00





# 近年の強雨型降雨と従来の長雨型降雨の特徴

降雨タイプ	発生年	観測場所	継続時間 (時間)	本格的降雨の 降水量 (ミリ)	本格的降雨 の最大時間 雨量 (ミリ/時)	本格的降雨 の平均時間 雨量(ミリ/ 時)
強雨  (70ミリ/時以上)	2010	奄美大島(住用)	5	498.5	128	99.7
	2012	阿蘇(乙姫)	4	383.5	106	95.8
	2013	山口(須佐)	4	386.5	142	96.6
	2013	伊豆大島(大島)	5	497	122	99.4
	2014	神戸(有馬川)	2	168	88	84
	2014	丹波(北岡本)	1	91	91	91
	2014	広島(三入)	2	182	101	91
	2017	朝倉(福岡)	4	308.5	106	77.1
長雨  (30ミリ/時以上)	1936	神戸(気象台)	4	132.9	47.5	33.2
	1967	神戸(気象台)	4	184.5	69	46.1
	2011	紀伊半島(上北山)	53	1,448	46	27.3

注)本格的降雨とは、基準雨量の最初の出現時刻から最後の出現時刻までの雨量を指す

# 現状の課題

## ○土砂災害警戒地域

急傾斜:傾斜30度、高さ5m以上の自然斜面が対象  
土石流:流域面積 $0.01\text{km}^2\sim 5\text{km}^2$ 、はん乱基準地点は谷底地形で8度程度、扇状地形で10度程度、停止勾配2度

## ○土砂災害警戒情報

対象区域が市町村、過去の経験雨量で構築、近年の降雨特性の変化

# 近年の技術の進展

○地形情報の把握精度の向上:

レーザープロファイラーの登場(高密度かつ高精度)

○降雨量の観測精度の向上:

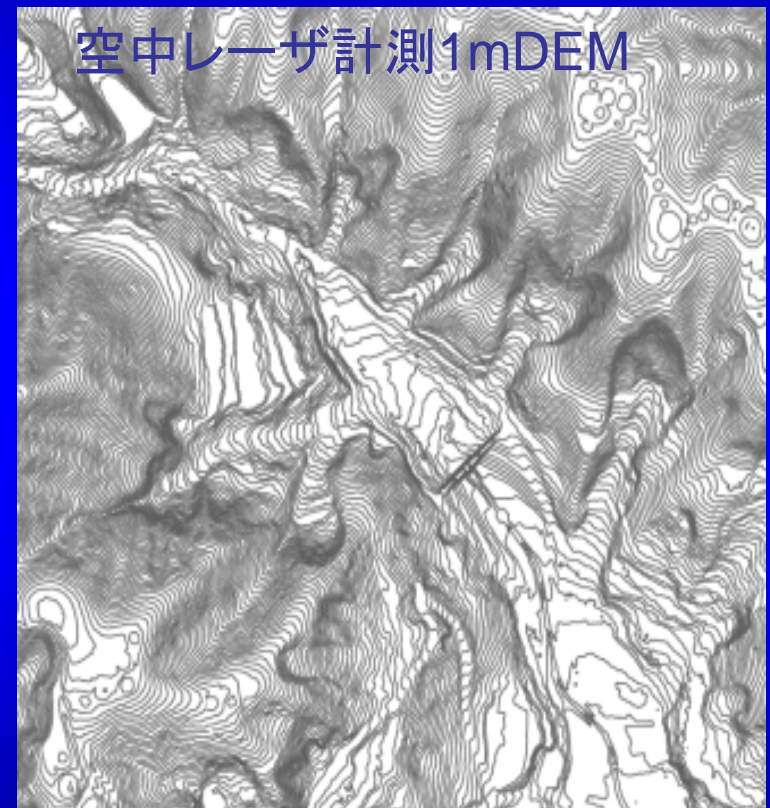
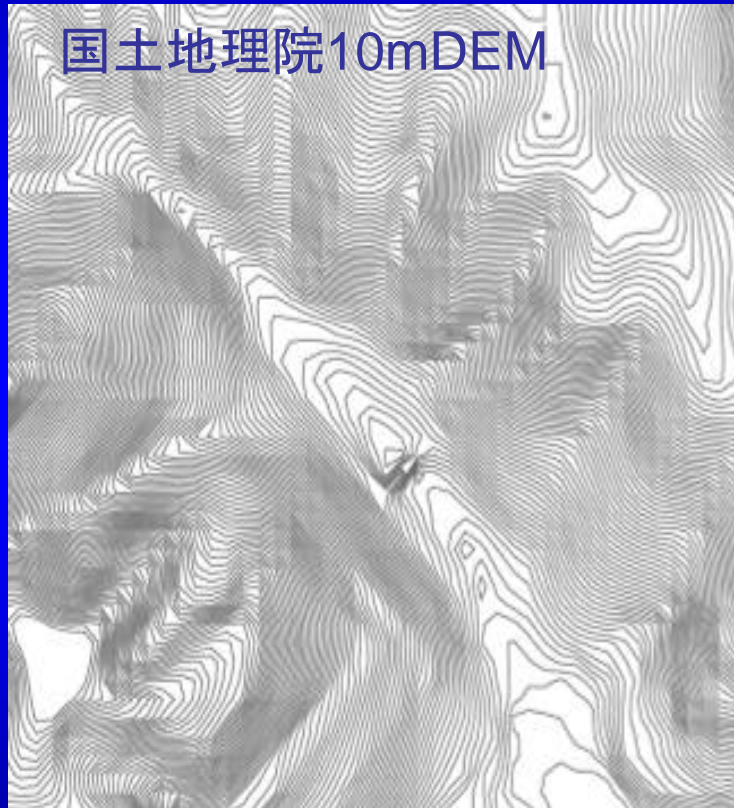
解析雨量の登場(1kmメッシュ、30分ごとに更新)

○降水予報精度の向上:

- 降水短時間予報(30分ごとに6時間先までの1kmメッシュの1時間雨量を予報)
- 高密度降水ナウキャスト(250m解像度で、5分ごとに1時間先までの5分間雨量を予報)



# 高精細な数値地形モデル(DEM)を適用



従来の地形モデルとレーザ測量成果による地形モデルの違い

# 土砂災害危険度予測システムの構築

---

# 構築の背景

## 土砂災害に関する《課題》

- 市全域での発表では、情報が広域  
⇒いつ・どこが危険かの絞り込みが必要

## 予測モデルでの《対応》

- 地域特性を反映した力学モデルを適用  
いつ:解析雨量等を用いたリアルタイムでの危険度判定  
どこ :警戒区域ごとに危険度判定

## 課題《解決》

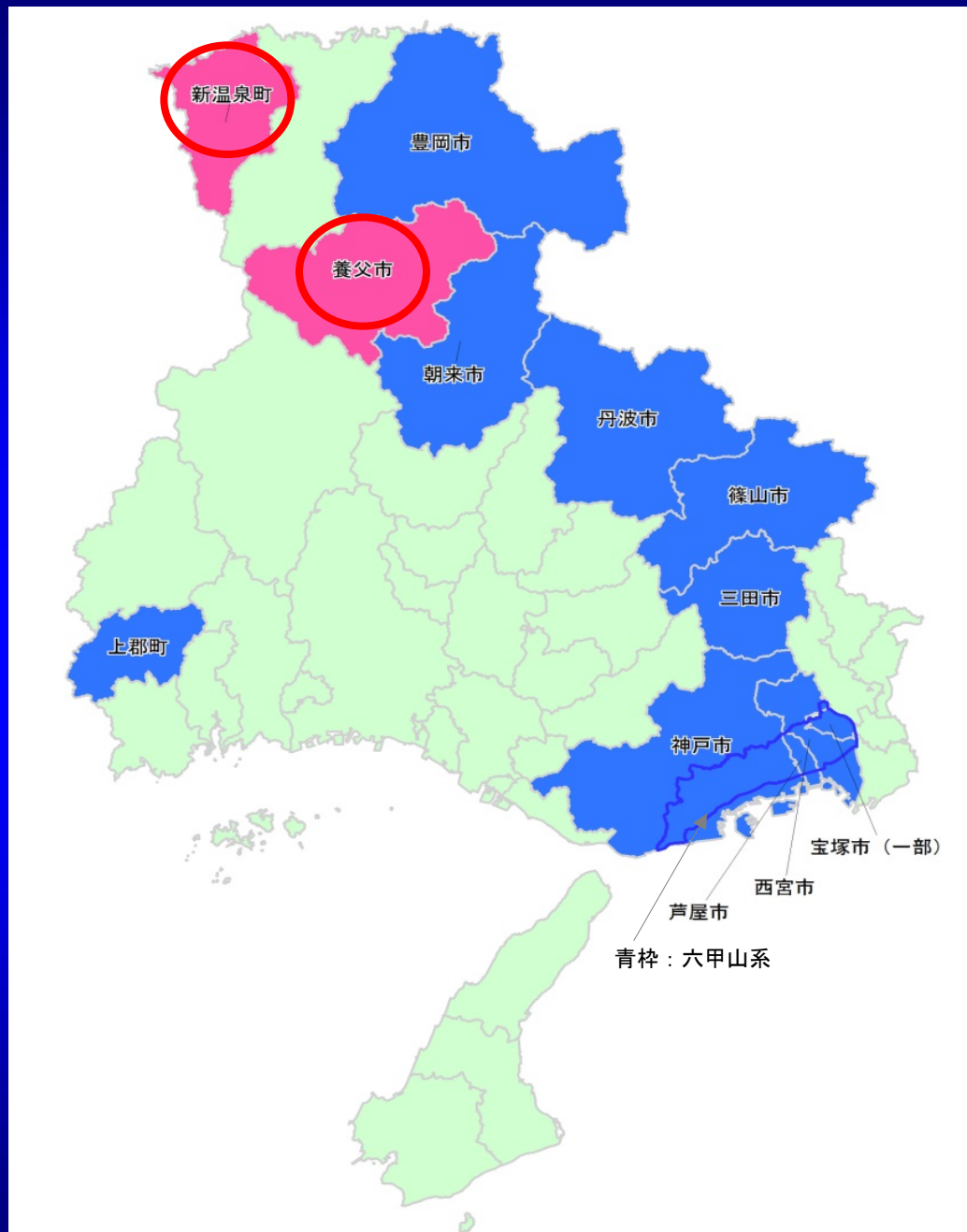
- 対象の絞り込みが可能に  
⇒予測雨量による早めの情報提供  
⇒避難勧告等、対象箇所の特定





■構築済み:  
豊岡市、上郡市、  
三田市  
丹波市、篠山市、  
西宮市  
朝来市、神戸市

■H29実施予定:  
養父市、新温泉町

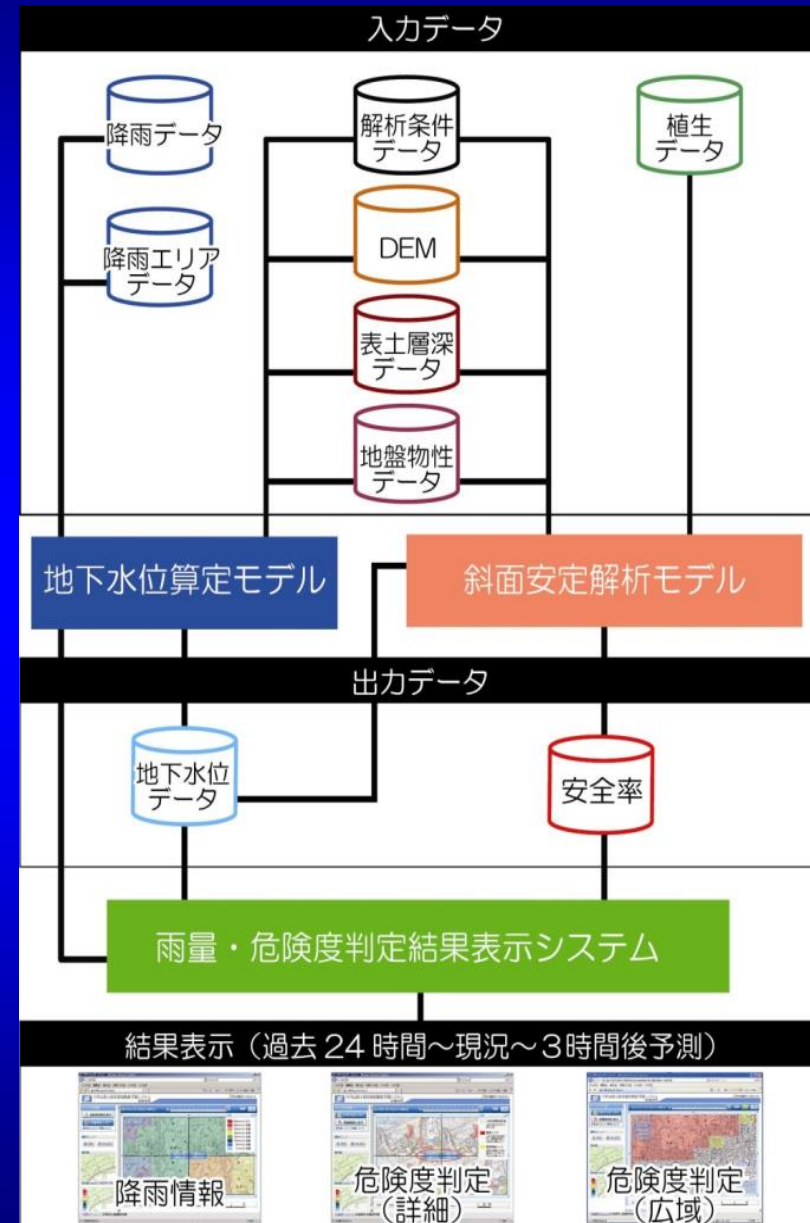


# リアルタイム表層崩壊予測モデル

---

# 解析モデル

- ① 1kmメッシュのレーダ解析雨量および降水短時間予報を用いてリアルタイム解析
- ② 沖村(1985)による集水モデルを用いた無限長斜面安定解析モデルを適用
- ③ レーザ計測による地形モデルを用いて10m格子ごとに解析
- ④ 解析結果の不確実性を考慮して警戒区域単位で危険度を集約評価

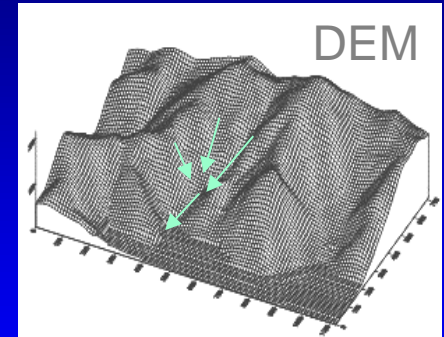




# 解析モデル

## (1) 検討対象

- ① 表層崩壊を対象とする
- ② 過去の崩壊規模を考慮して10m格子ごとに検討



## (2) 集水モデル

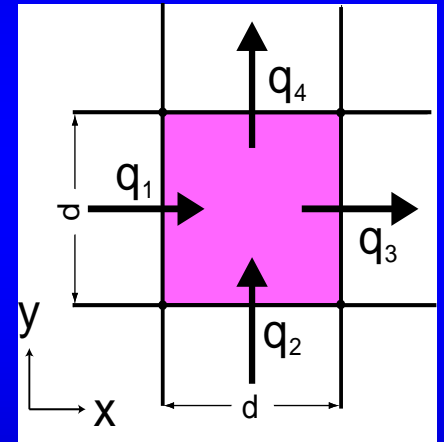
連続の式

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r$$

ダルシー則

$$q_x = h \cdot k \cdot I_x$$

$$q_y = h \cdot k \cdot I_y$$

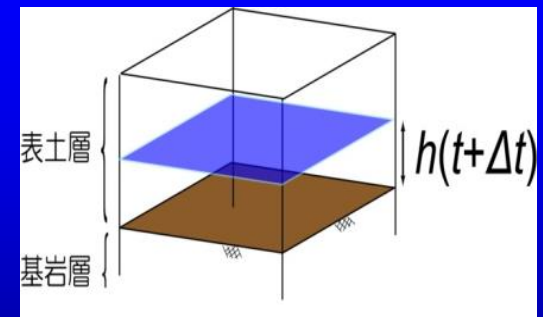
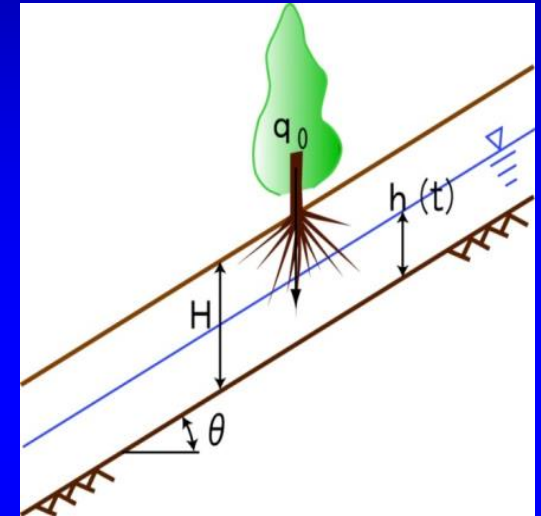


ここで、  
 $h$  : 地下水位 (m) ,  $r$  : 有効降雨強度 (m/hr) ,  
 $\lambda$  : 有効間隙率,  $k$  : 透水係数 (m/hr) ,  
 $q$  : 単位時間当たりの単位幅流量 (m<sup>2</sup>/hr)  
 $I$  : 動水勾配

# 解析モデル

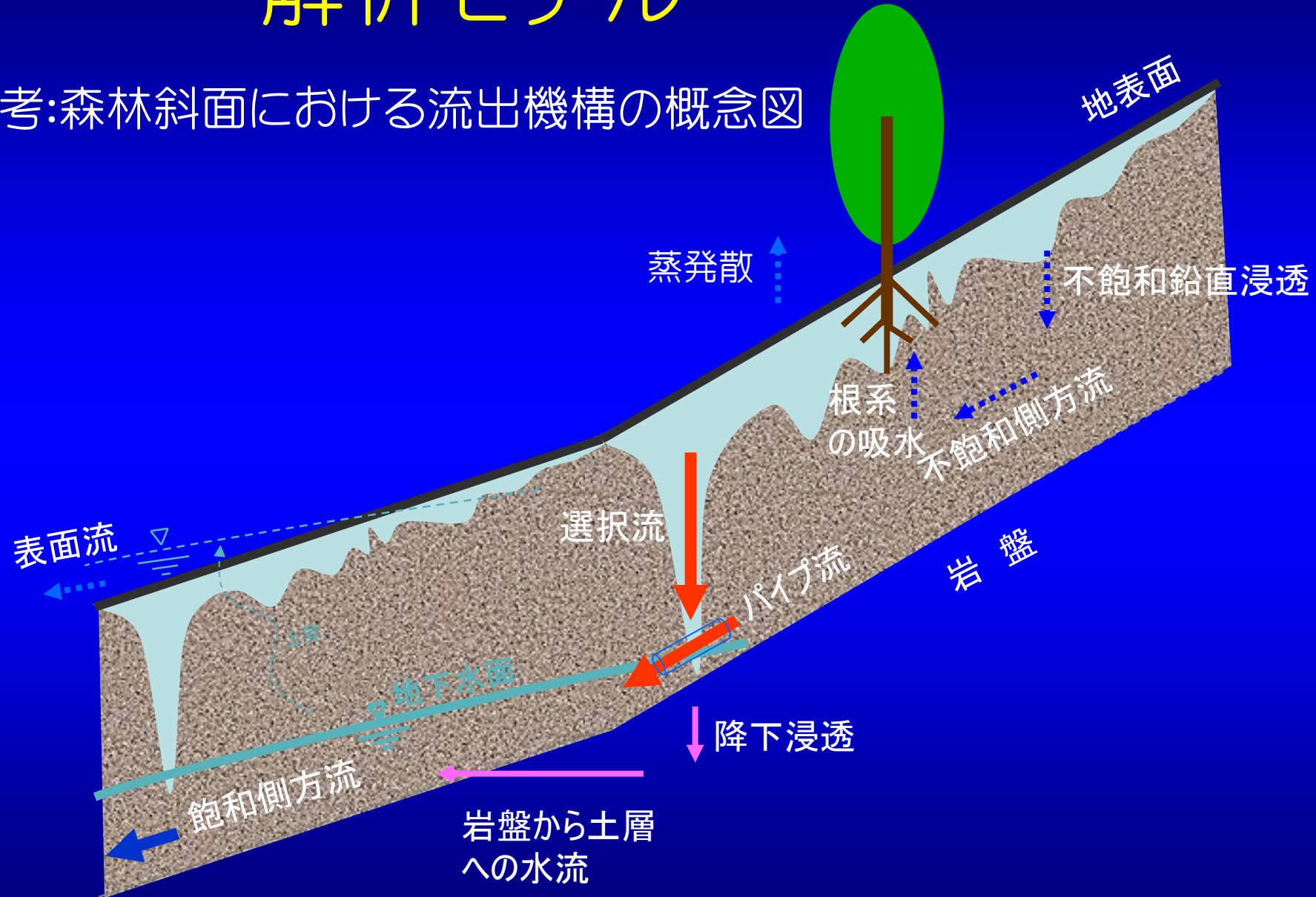
## 【仮定条件】

- ① 地表に供給された雨量は鉛直方向の高速な選択流によって直ちに基岩面に到達し、地下水位面を形成
- ② 地下水は基岩面の勾配に応じて流下
- ③ 算定された地下水位( $h$ )が格子の表土層深( $H$ )を超えた場合その水位は直ちに地表流として流下



# 解析モデル

参考:森林斜面における流出機構の概念図



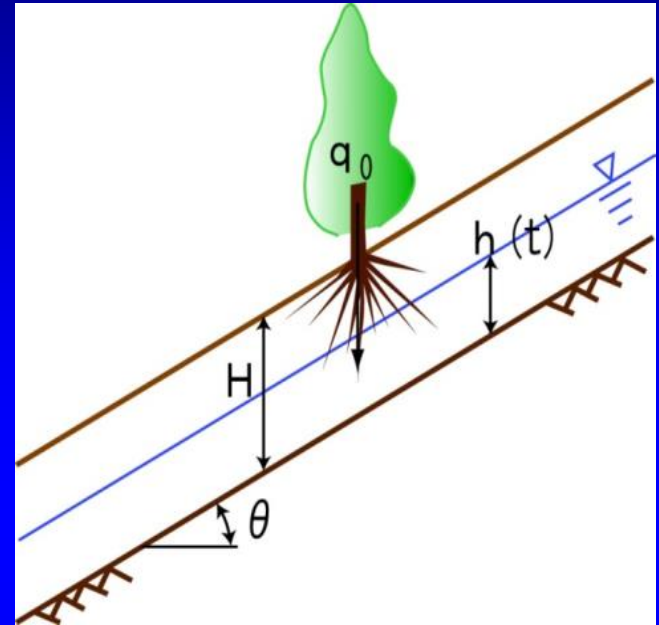
# 解析モデル

## (3) 無限長斜面安定解析

$$F = \frac{c' + c_r + A \cos^2 \theta \tan \phi'}{B \sin \theta \cos \theta}$$

$$A = q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)h(t) + \gamma_t(H - h(t))$$

$$B = q_0 + \gamma_{sat}h(t) + \gamma_t(H - h(t))$$



ここで、 $H$ :表土層深 (m),  $h(t)$ :基岩面からの地下水位 (m),  $\theta$ :  
基岩面の斜面勾配 ( $^\circ$ ),  $\gamma_t$ :土の単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ),  $\gamma_{sat}$ :土  
の飽和単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ),  $\gamma_w$ :水の単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ),  
 $c'$ :土の有効粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ),  $\phi'$ :土の有効内部摩擦角 ( $^\circ$ ),  $c_r$ :根  
系の粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ),  $q_0$ :植生による上載荷重 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )



# 解析モデル

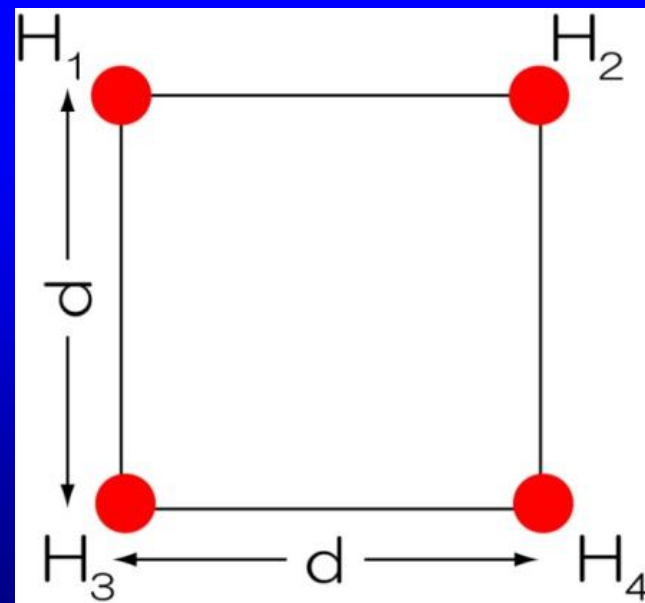
【入力条件】

- ① 各格子の基岩面傾斜角  $\theta$  は、傾向面法(4点)で求める
- ② 表土層深  $H$  は格子の中心とする
- ③ 地下水位  $h(t)$  は、集水モデルにより得られたものを用いる

$$\tan\theta = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2d}$$

$$A = H_1 - H_2 + H_3 - H_4$$

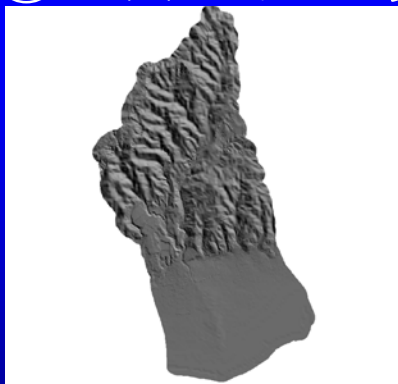
$$B = H_1 + H_2 - H_3 - H_4$$



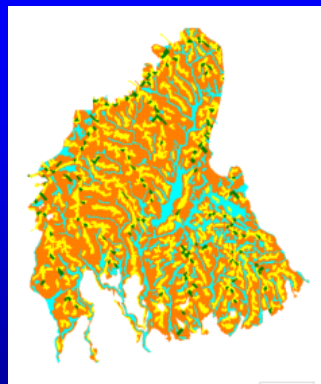
# 解析モデル

## (4) 入力データ

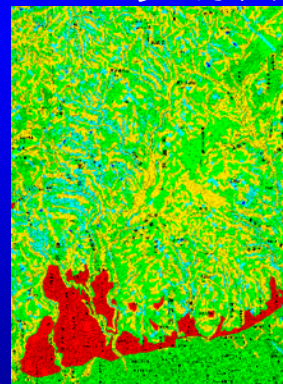
- ① 数値地形モデル ⇒ レーザ計測 → 10mDEM
- ② 表土層深データ ⇒ 微地形区分ごとにモデル式を設定
- ③ 地盤物性データ ⇒ 文献、現地計測データ
- ④ 植生データ ⇒ 未使用（粘着力に考慮）
- ⑤ 降雨データ ⇒ レーダ解析雨量、降水短時間



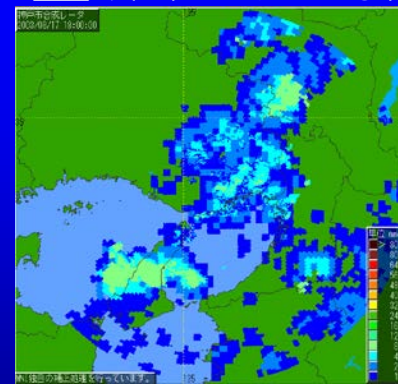
DEM



自動微地形区分

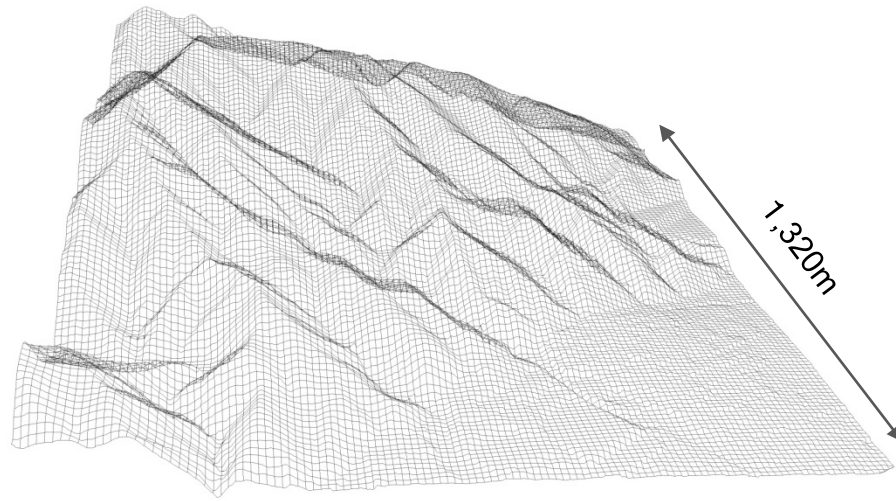


表土層深等



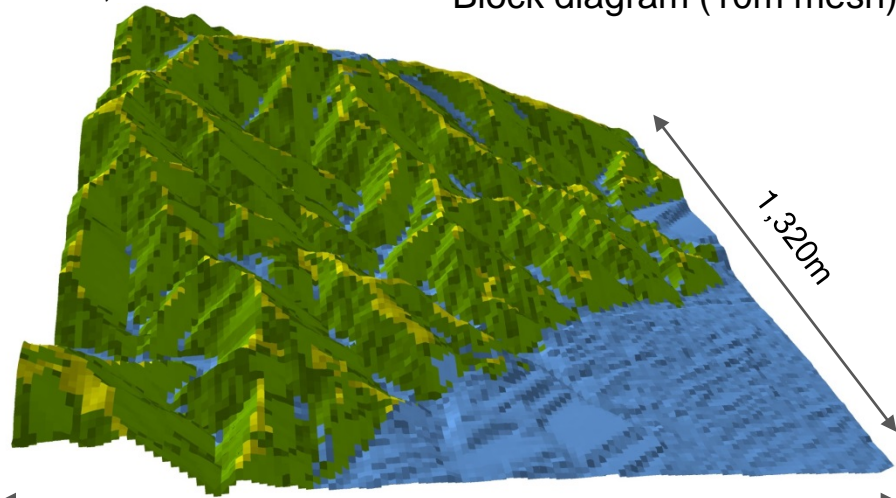
レーダ解析雨量

# モデルの構築例 (神戸市摩耶)



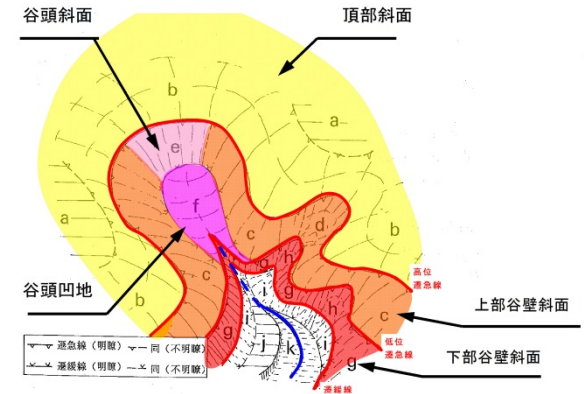
1,200m

Block diagram (10m mesh)

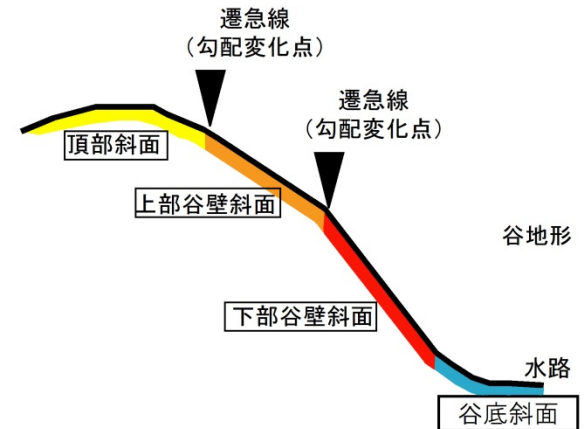


1,200m

地形分類 Terrain classification (10m mesh)



尾根地形



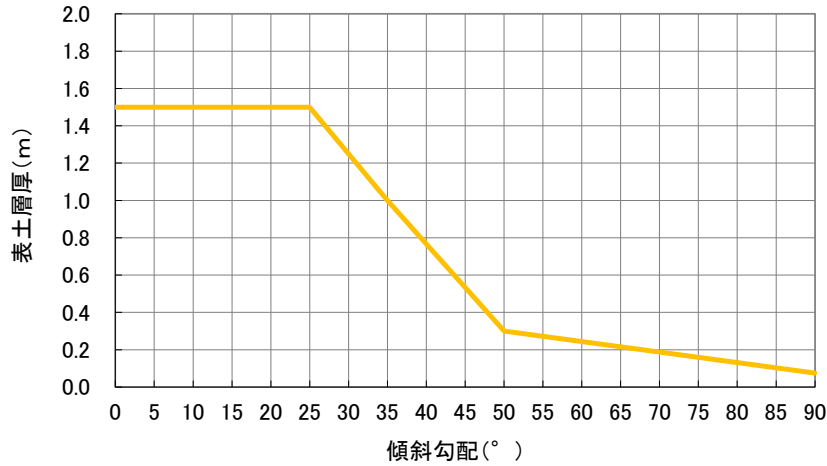
頂部斜面 (Crest slope)

谷壁斜面 (Valley side slope)

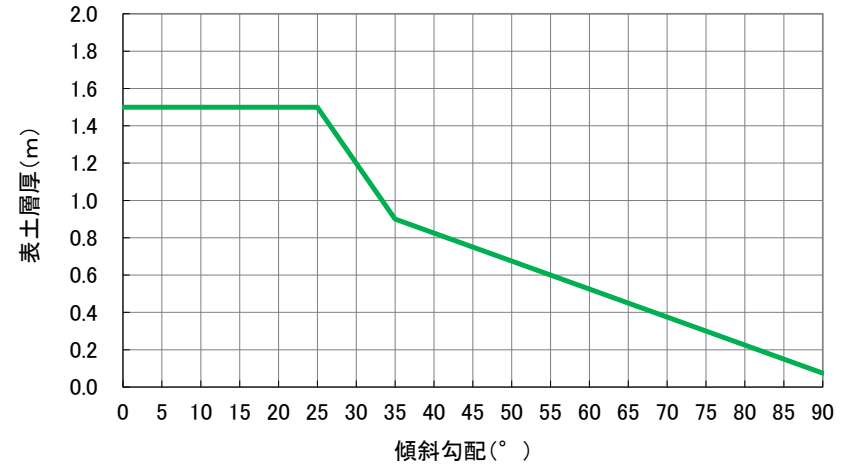
谷底斜面 (Valley floor)

# モデルの構築例(神戸市摩耶)

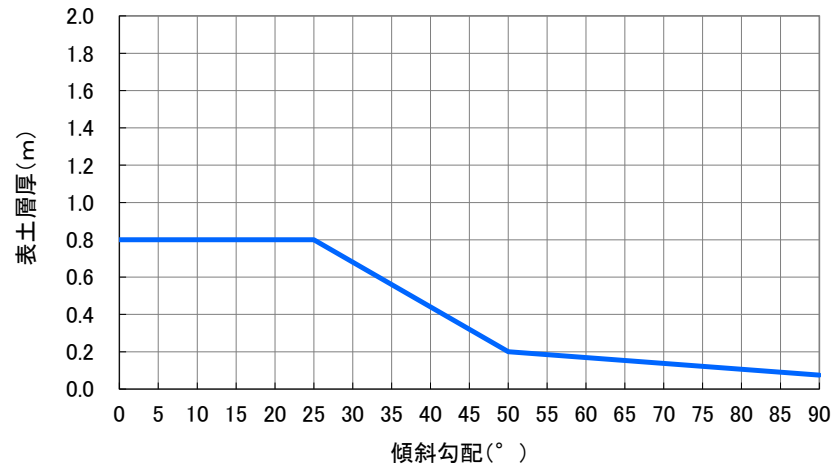
Crest slope



Valley side slope



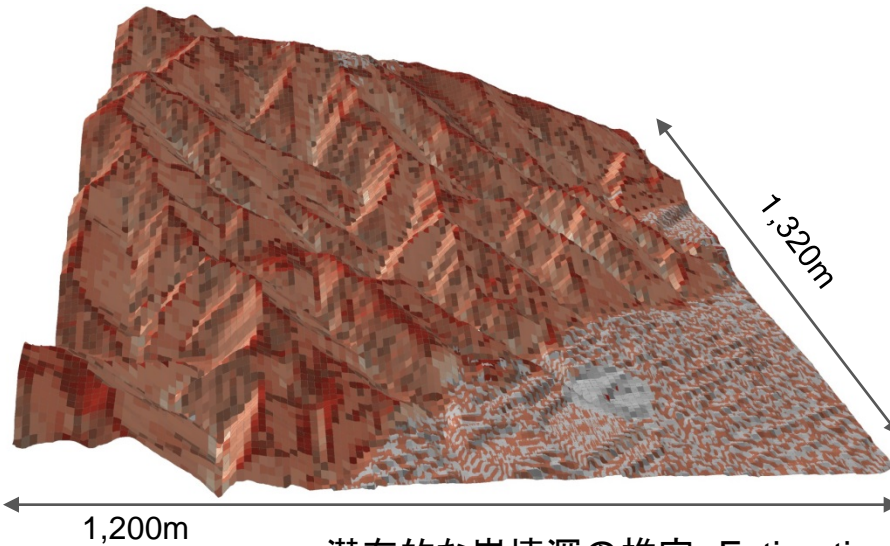
Valley floor



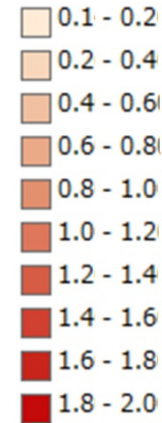
Estimation of depth of potential failure layer (Granite)



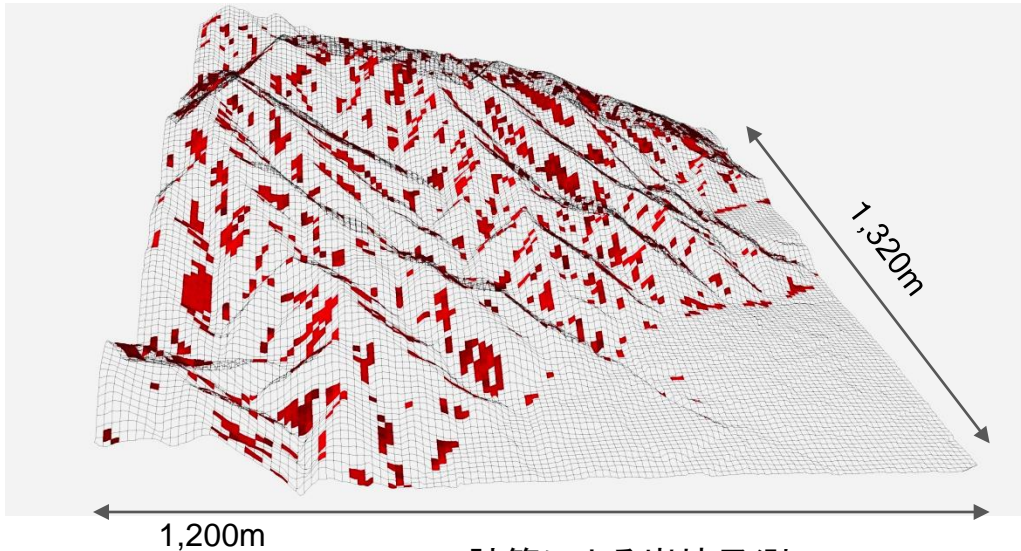
# モデルの構築例(神戸市摩耶)



depth of layer



潜在的な崩壊深の推定 Estimation of depth of potential failure layer (10m mesh)



 Failure prediction by calculation

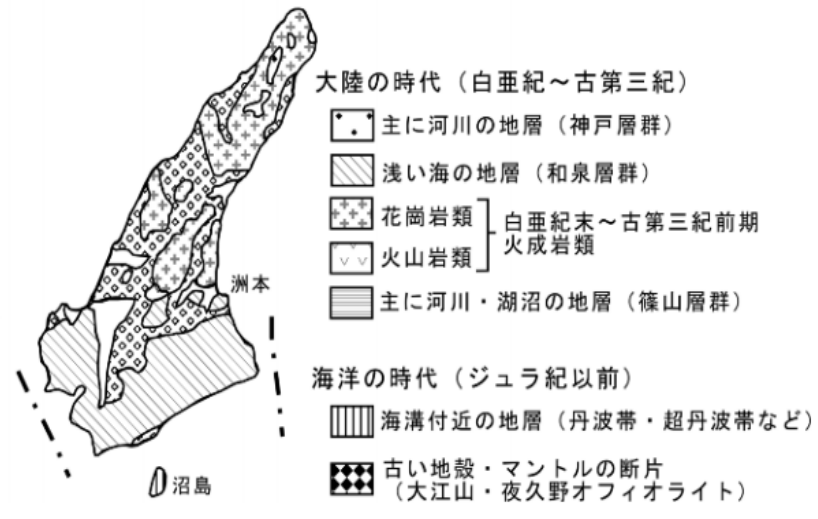
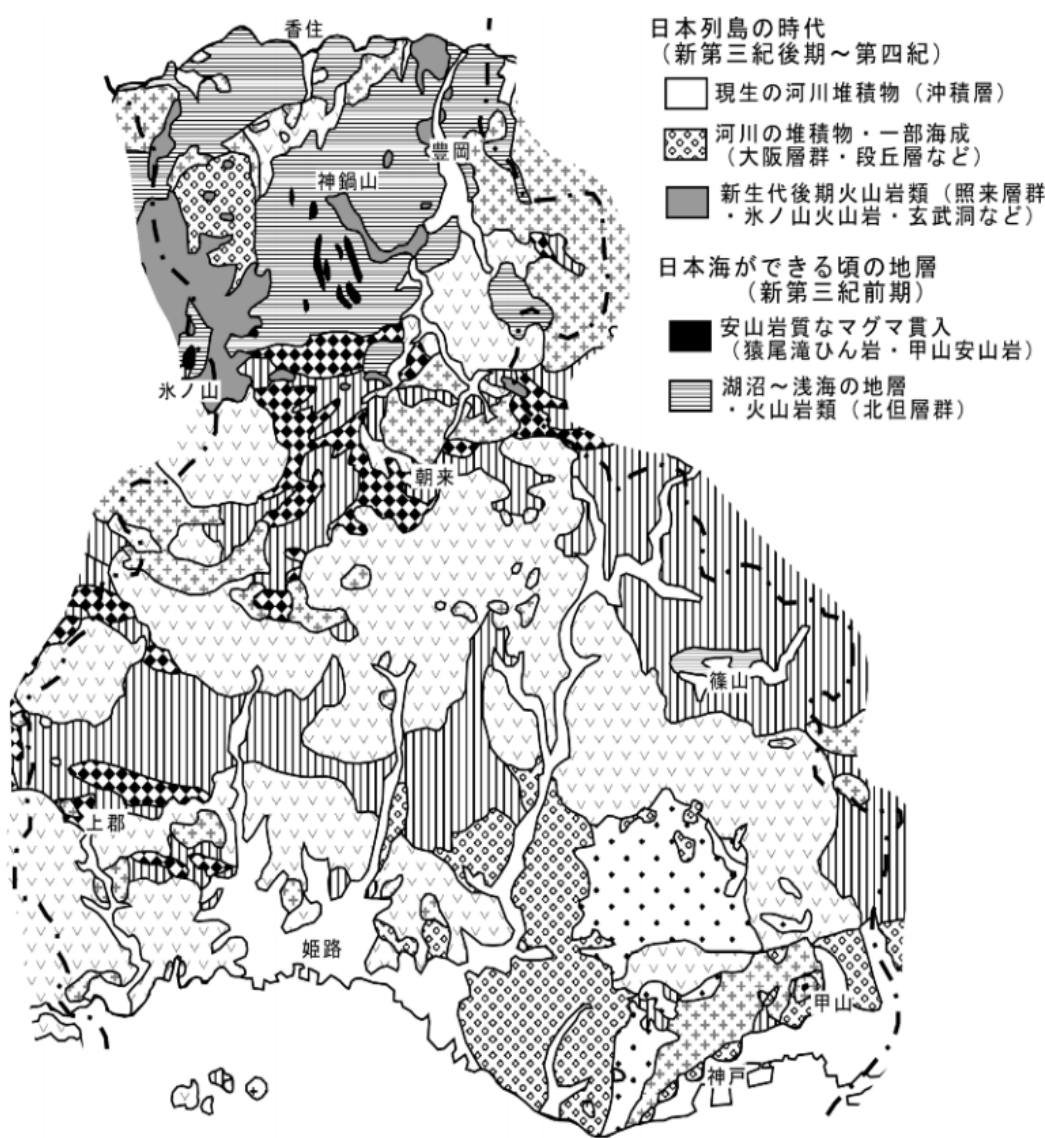
計算による崩壊予測 Failure prediction by calculation [10m mesh] (1967)

# モデルによる場の予測

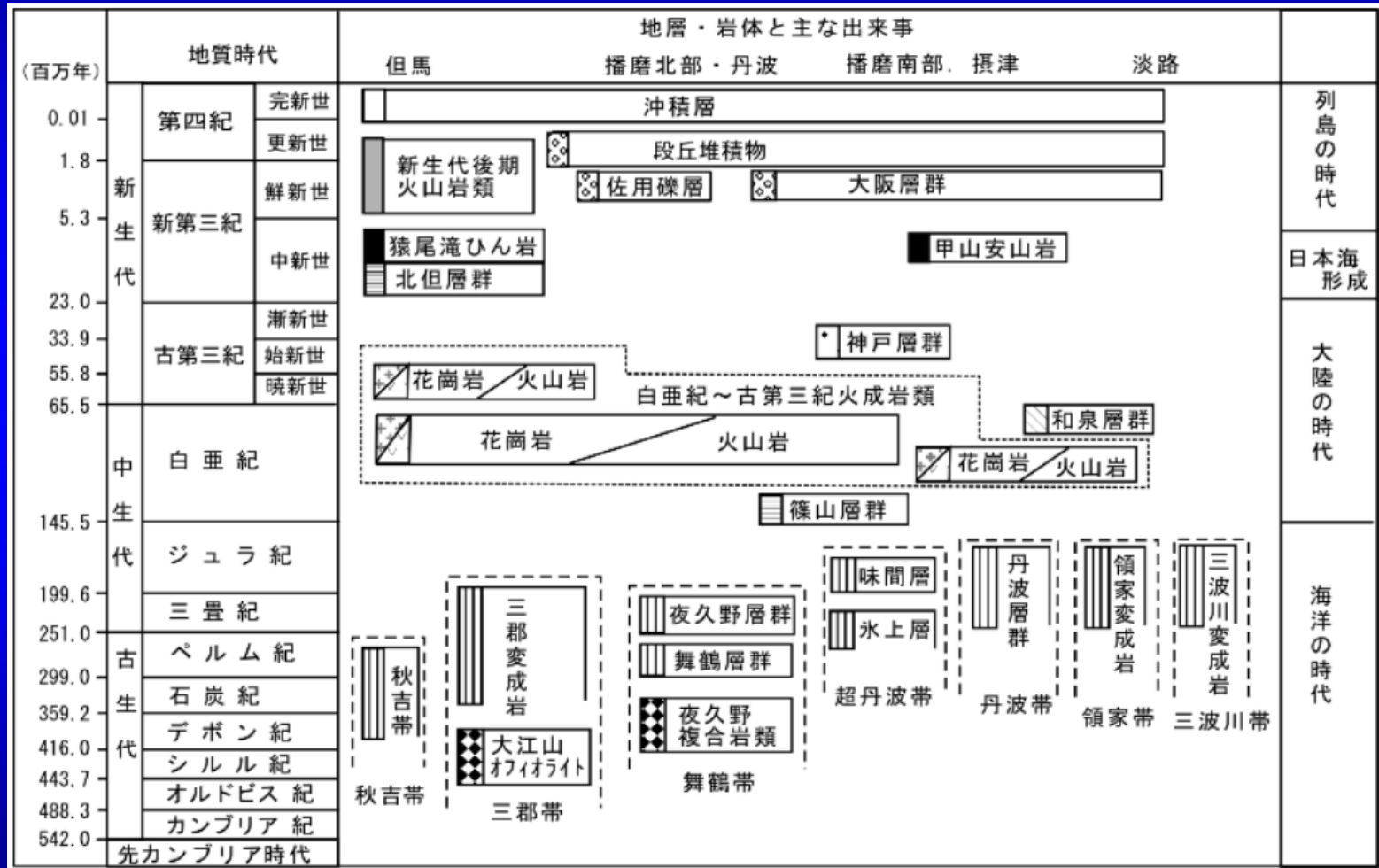
---

様々な地形・地質における検討結果

# 兵庫県の地質



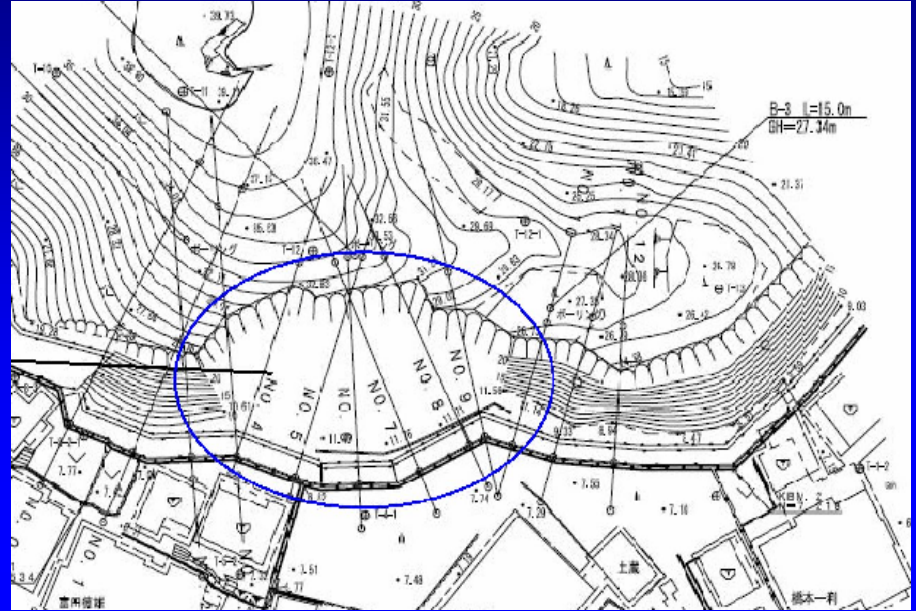
# 兵庫県 の 地 史





# 特殊ケース（1）

民家裏の切土の  
影響を受けた斜面



【原因】

切土による不安定斜面

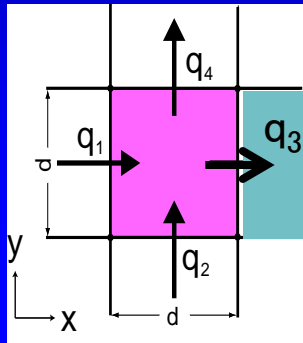
【モデル対応】

切土地形情報を入力。

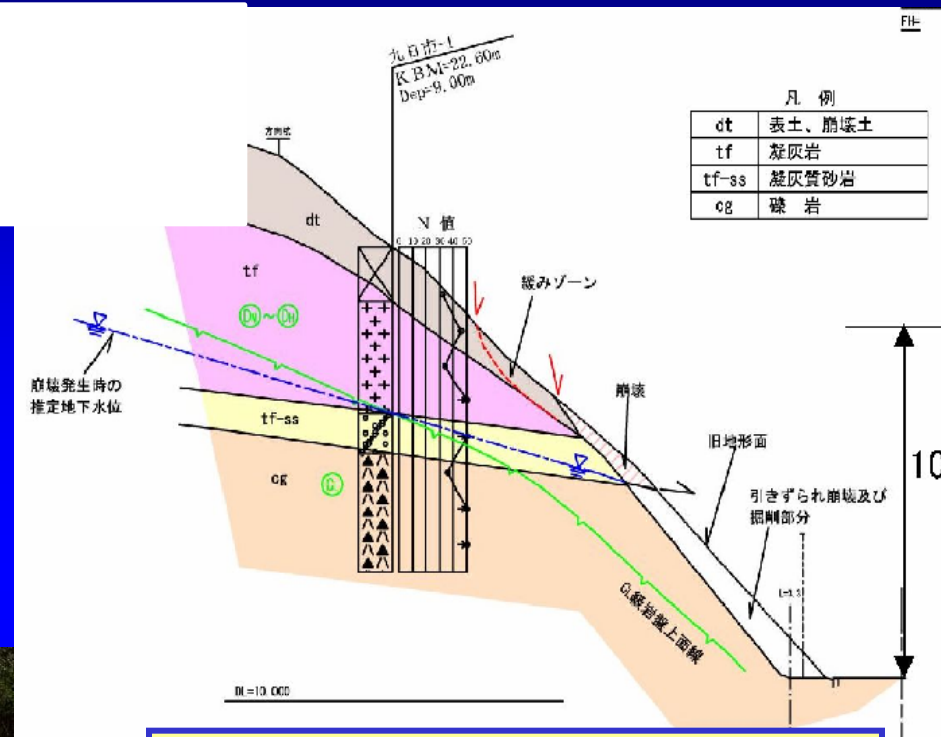
切土斜面上部の物性値を下げ  
て、強度低い斜面として計算。

# 特殊ケース (2)

## 地質構造による湧水斜面



地下水の流れる先に難透水層がある場合、 $q_3$ の透水係数を下げる



### 【原因】

地質構造による斜面からの湧水

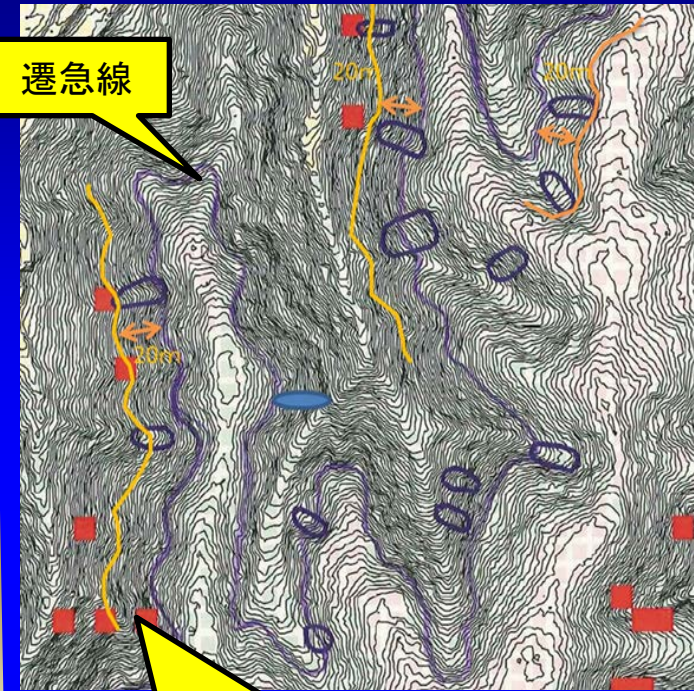
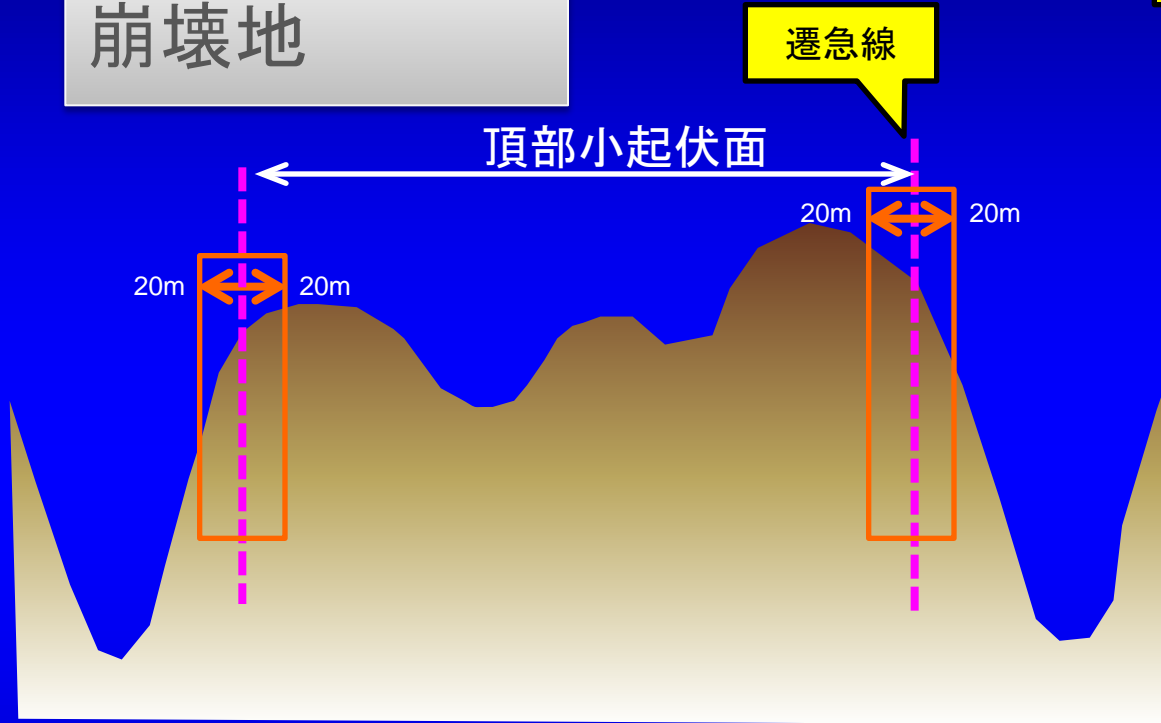
### 【モデル対応】

原因の難透水層を入力。  
難透水層へ流れ込む地下水の透水係数を下げることで、地下水上昇を再現して計算。



# 特殊ケース (3)

遷急線付近の  
崩壊地



崩壊地は遷急線付近の水平幅40m  
の範囲に分布

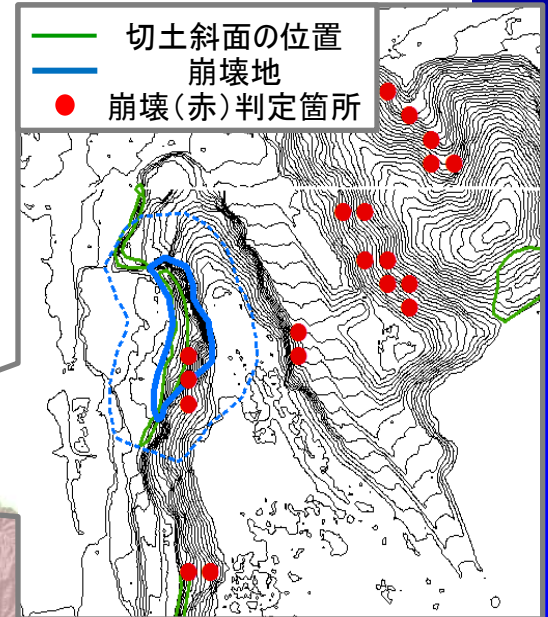
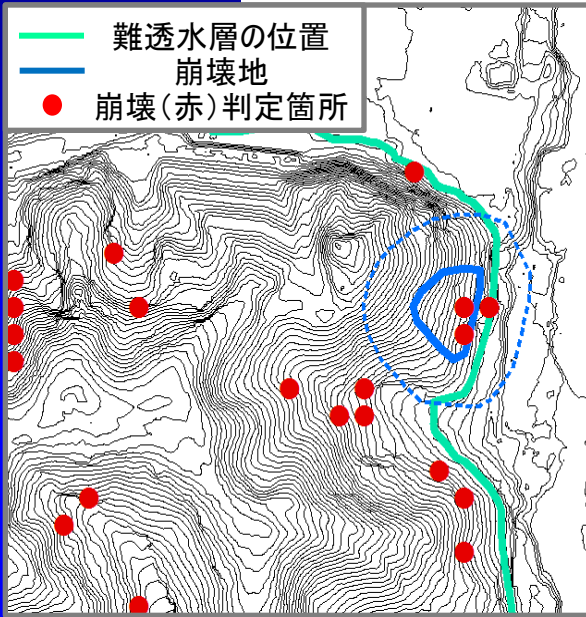
## 【原因】

遷急線の水平幅40mが崩壊しやすい不安定な地形である。表土層厚・土質は周辺と変化無し。

## 【モデル対応】

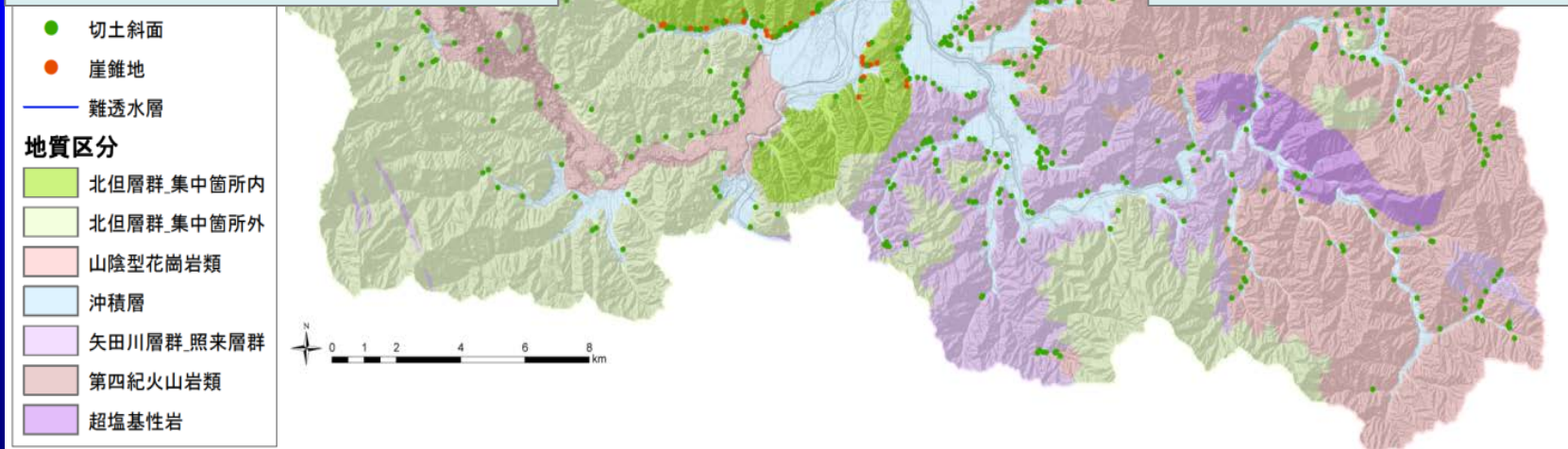
不安定地形である遷急線前後20m(幅40m)にて、モデル入力値を変更(粘着力1KN低減)

# 特殊ケース（１）（２）への対応結果



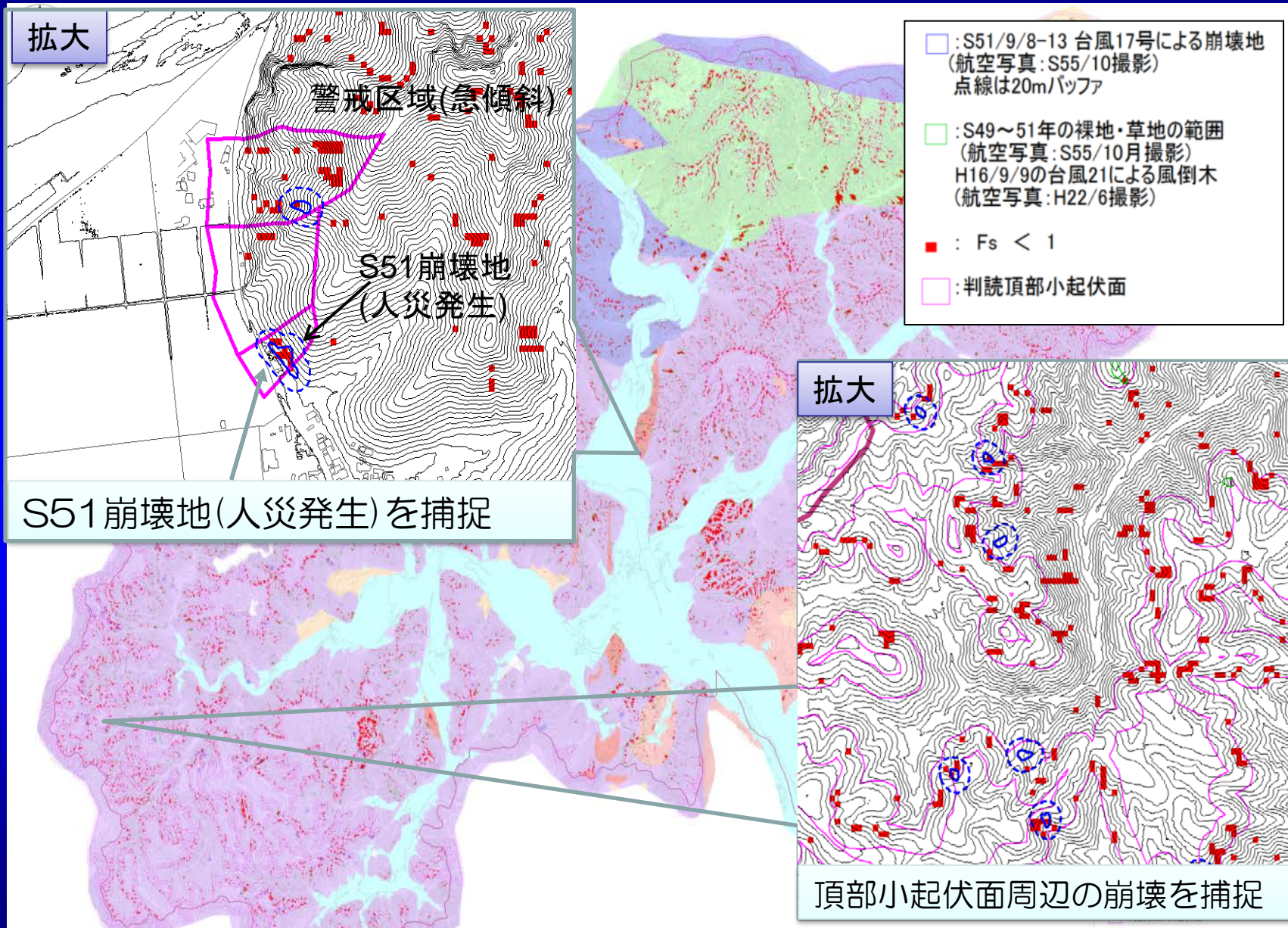
集水しにくい斜面の崩壊を捕捉

切土斜面による崩壊を捕捉





# 特殊ケース（3）への対応結果



# 地質別の災害検証結果 (新生代～中生代)

平成28年現在

地質時代		地質区分	適中率 (%)	捕捉率 (%)	空振率 (%)	見逃率 (%)	検証地域及び災害
新生代	第四紀	第四紀火山岩類	98.9	0.0	1.0	100.0	豊岡(H16災再現)崩壊事例少ない
	新第三紀	大阪層群	98.5	76.7	1.5	23.3	西宮(S42災再現)
		北但層群	97.9	<b>91.3</b>	2.1	8.7	豊岡(H16災再現)崩壊集中地域
			99.2	73.8	0.7	26.2	豊岡(H16災再現)崩壊集中地域
	古第三紀	神戸層群	99.0	46.6	1.0	53.4	神戸(H26災再現)
			99.6	<b>85.9</b>	0.4	14.1	西宮(H26災再現)
新生代 ～ 中生代	古第三紀 ～ 白亜紀	有馬層群	98.8	<b>82.9</b>	1.2	17.1	三田(S40災再現)
			94.5	<b>81.6</b>	5.4	18.4	西宮(S42災再現)
			97.3	78.0	2.7	22.0	丹波(H16災再現)
			96.8	70.8	3.2	29.2	西宮(H26災再現)
			99.3	61.0	0.7	39.0	篠山(H16災再現)
		相生層群	96.1	<b>81.7</b>	3.8	18.3	上郡(S49災再現)
			94.7	<b>81.1</b>	5.3	18.9	上郡(S51災再現)
		矢田川層群/照来層群	96.2	<b>86.9</b>	3.8	13.1	豊岡(H16災再現)
		生野層群	94.7	<b>85.9</b>	5.3	14.1	丹波(H16災再現)

# 地質別の災害検証結果 (深成岩類)

(中生代～古生代)

平成28年現在

地質時代		地質区分	適中率 (%)	捕捉率 (%)	空振率 (%)	見逃率 (%)	検証地域及び災害
中生代	ジュラ紀 ～ 三畳紀	丹波層群	92.8	91.1	7.1	8.9	西宮(S42災再現)
			97.1	78.6	2.9	21.4	丹波(H16災再現)
			92.2	97.7	7.8	2.3	丹波(H26災再現)
			98.1	81.3	1.9	18.8	篠山(H16災再現)
		超丹波帯	99.5	100.0	5.5	0.0	丹波(H16災再現)
			94.3	100.0	5.7	0.0	上郡(S49災再現)
			92.0	100.0	8.0	0.0	上郡(S51災再現)
		夜久野岩類	97.0	78.7	3.0	21.3	上郡(S49災再現)
			95.6	82.3	4.4	17.7	上郡(S51災再現)
95.0	100.0		5.0	0.0	丹波(H16災再現)		
古生代	ペルム紀	舞鶴層群	92.7	100.0	7.3	0.0	丹波(H16災再現)
		超塩基性岩	95.2	86.2	4.8	13.8	豊岡(H16災再現)
新生代 ～ 中生代	古第三紀 ～ 白亜紀	花崗岩類	98.0	83.9	1.9	16.1	豊岡(H16災再現)
			96.9	84.3	3.1	15.7	上郡(S49災再現)
			95.4	77.1	4.6	22.9	上郡(S51災再現)
			97.1	81.4	2.8	18.6	西宮(S42災再現)
			97.5	85.0	2.5	15.0	西宮(H26災再現)

# モデルによる時の予測

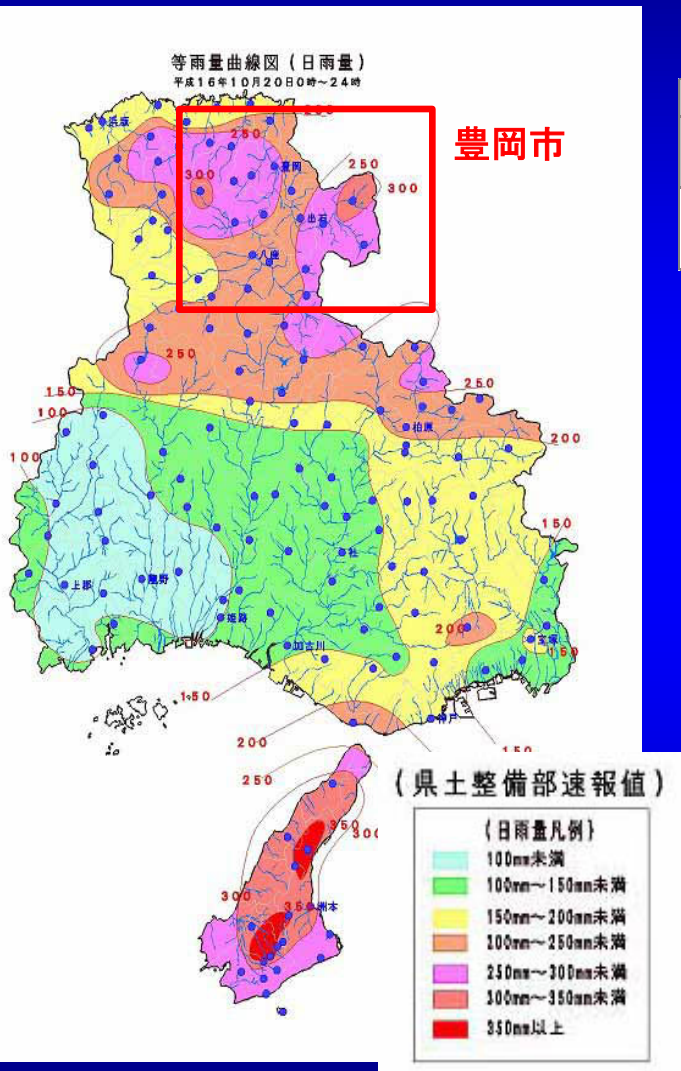
---

安全率(SF) の絶対値と変化量による判定



# 平成16年台風第23号降雨での検証

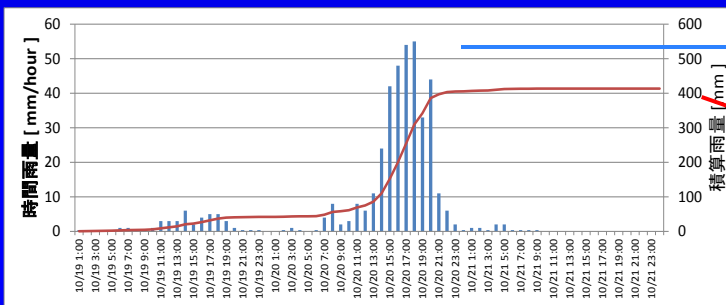
兵庫県豊岡市で発生した豪雨災害を対象に再現計算を行った



台風23号日雨量分布  
(2004年10月20日 0:00~24:00)

## 台風23号による豊岡市の被害状況

人的被害			住家被害			
死者	負傷者 (重傷)	負傷者 (軽傷)	全壊	半壊	床上浸水	床下浸水
7人	23人	28人	333棟	3,733棟	540棟	3,303棟



ピーク雨量: 55mm  
(10/20 18:00)  
積算雨量: 414mm

気象庁解析雨量



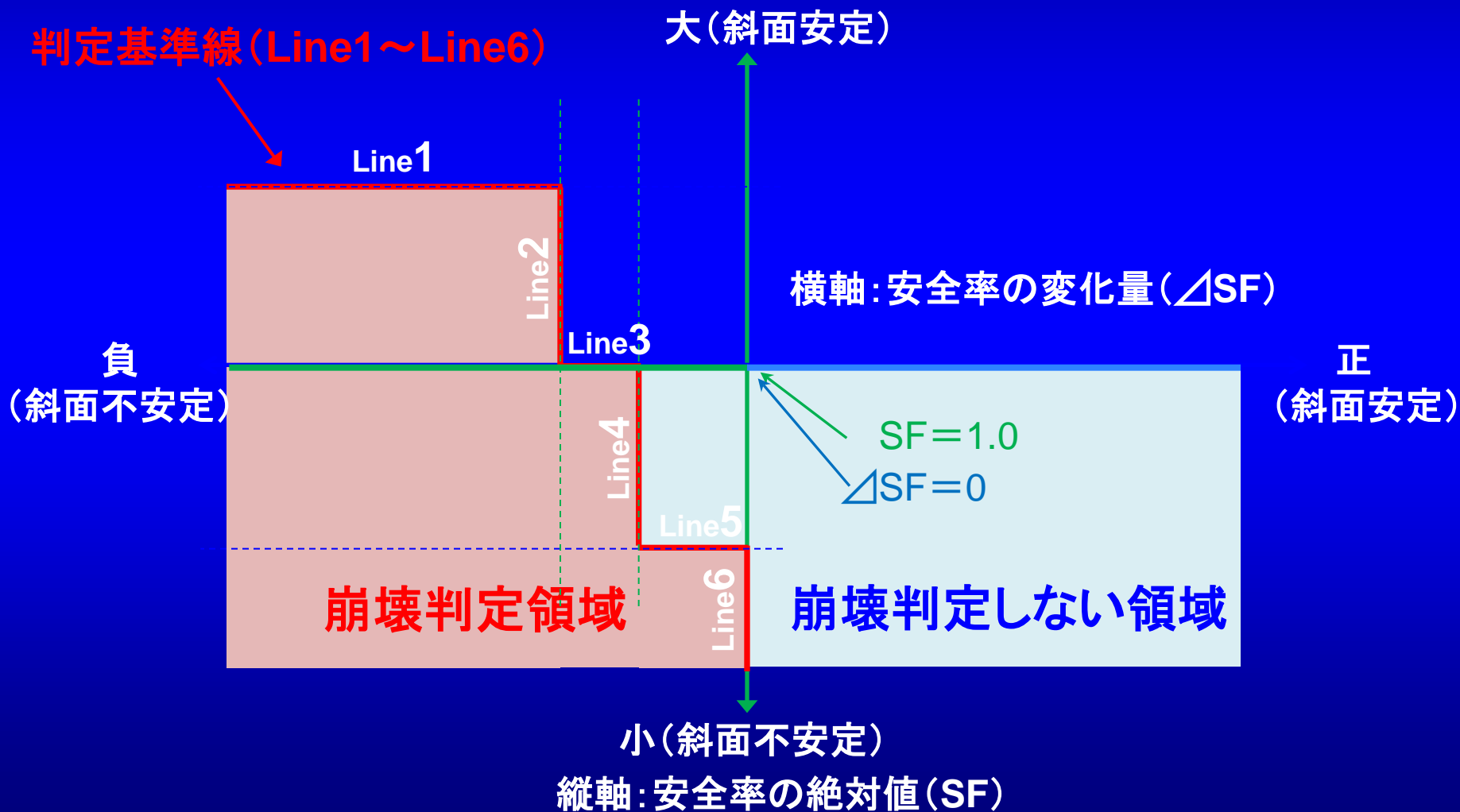
円山川氾濫(豊岡市江本)



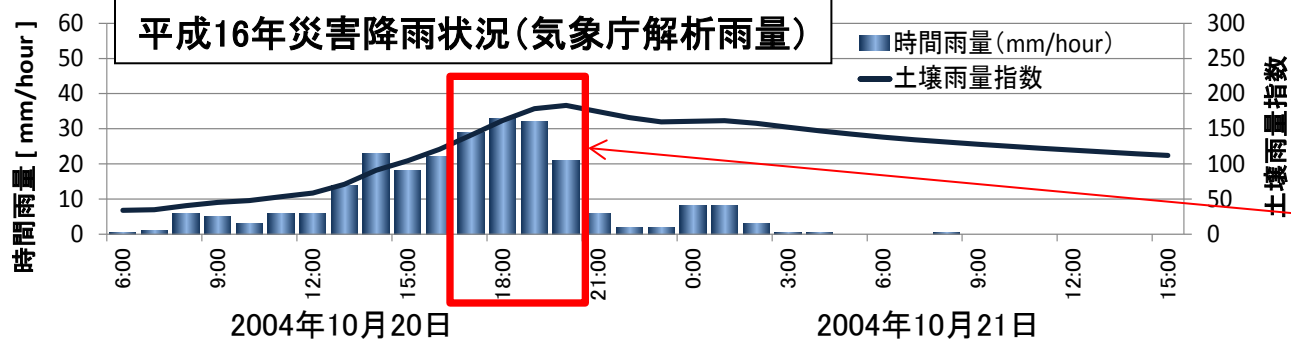
土砂流出による家屋倒壊  
(豊岡市但東町奥赤)

# 崩壊の判定方法 (SF ⊥ ΔSF)

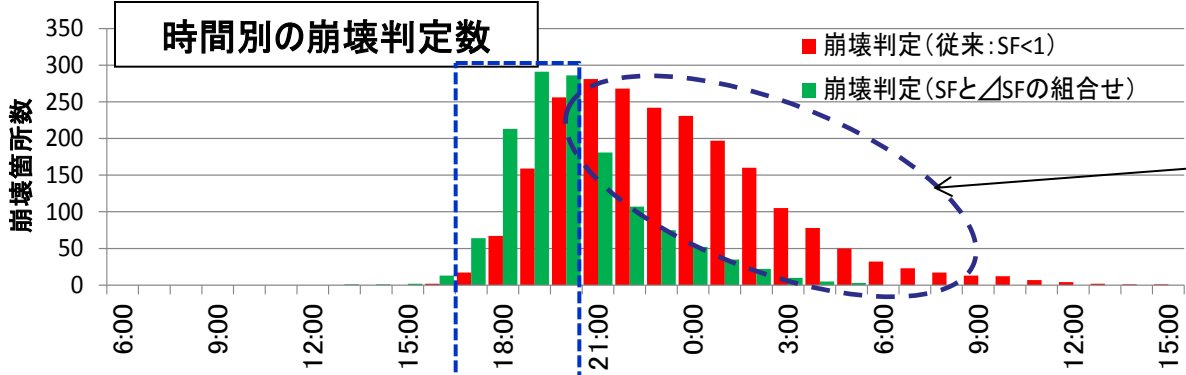
安全率の絶対値 (SF) と安全率の変化量 (ΔSF) の組合せによる判定方法



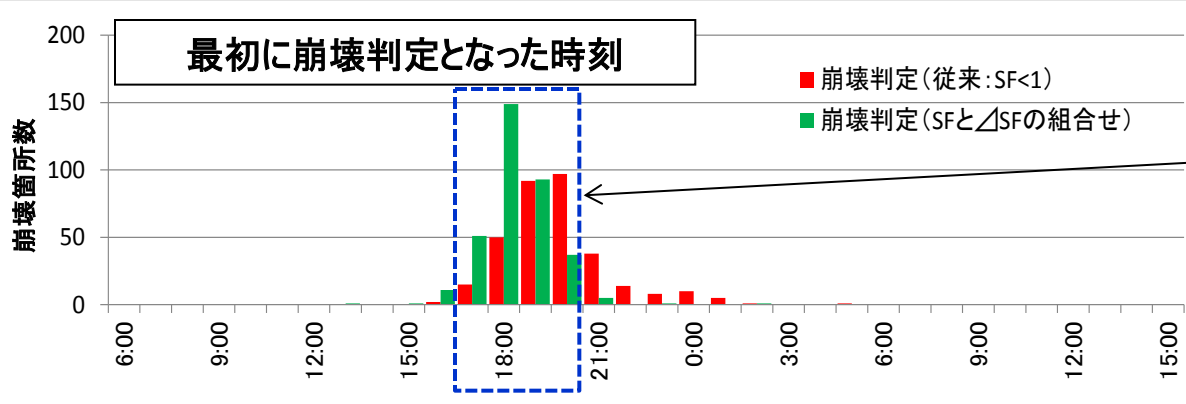
# 判定のタイミングと継続時間



災害は概ね17時～20時にかけて発生したと言われている



従来の判定と比較し、降雨終了後の崩壊判定箇所数が減少している。  
⇒崩壊判定の継続時間が短縮

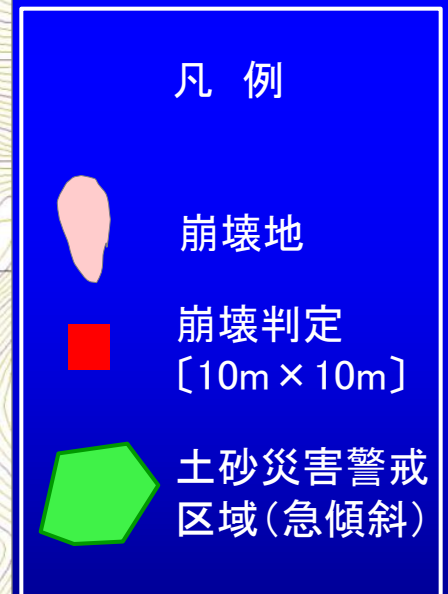
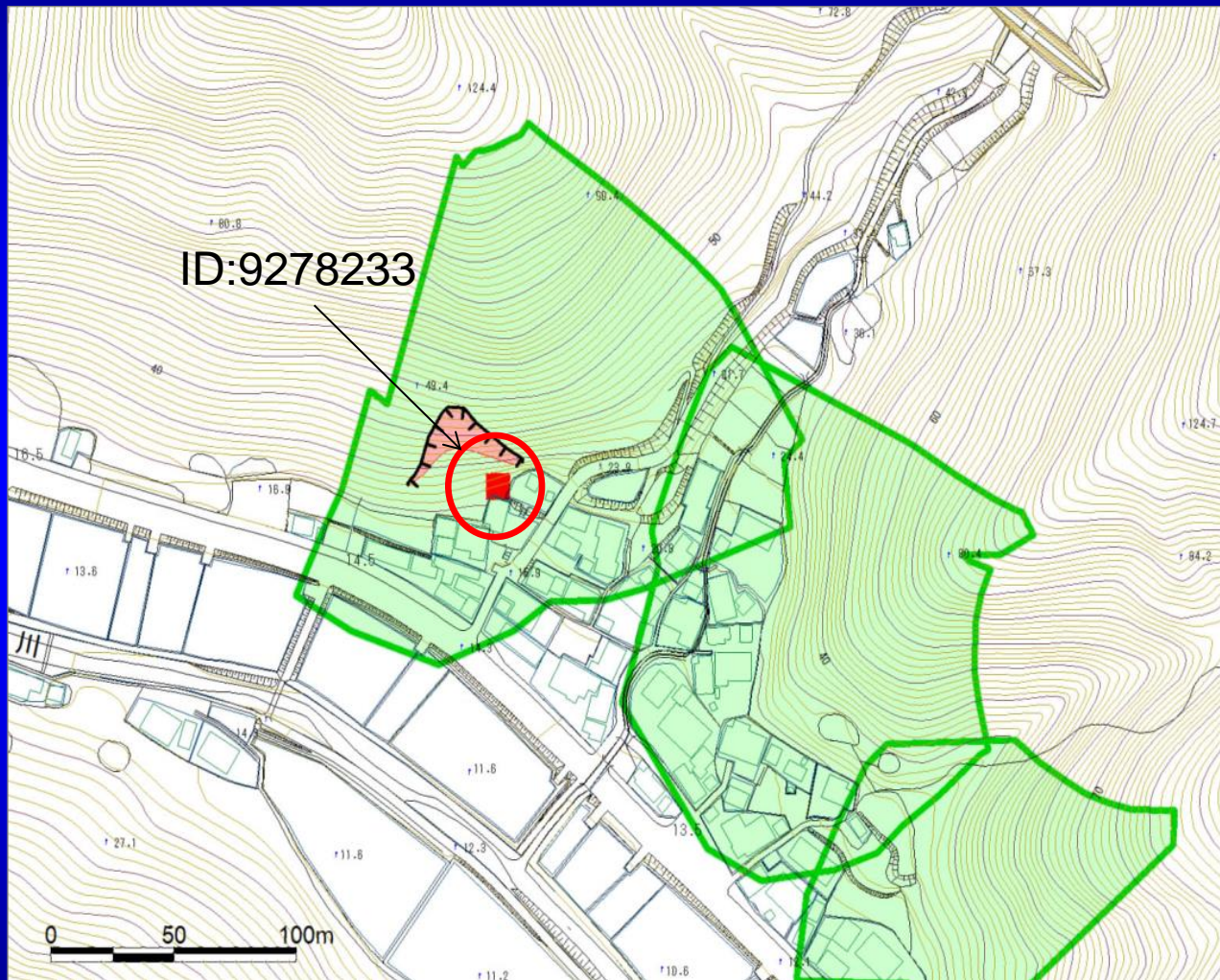


従来の判定と比較し、崩壊判定のタイミングが、災害が発生した時間帯の前半に集中している。  
⇒崩壊判定の遅れが解消（崩壊の多発に追従した判定）

崩壊判定箇所数の比較 (豊岡市H16災)



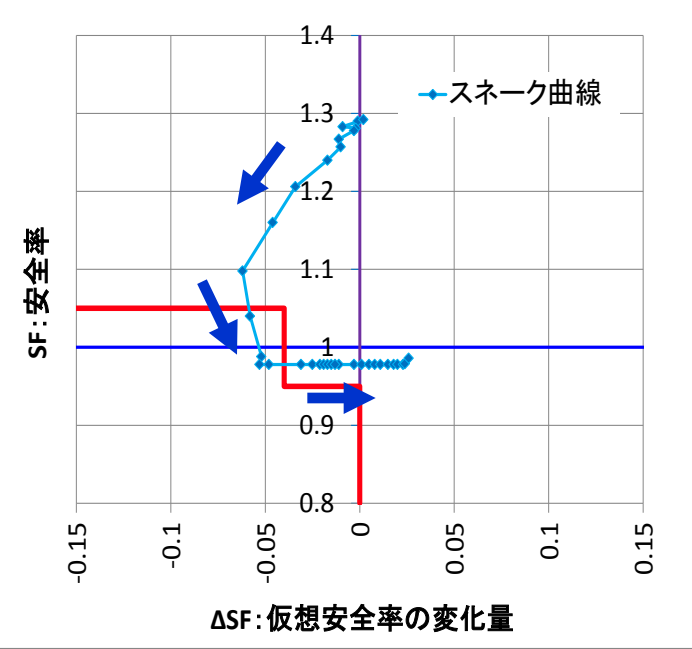
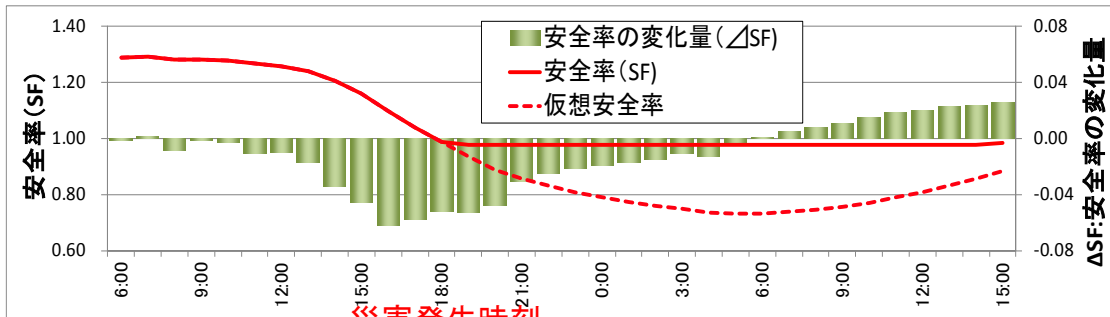
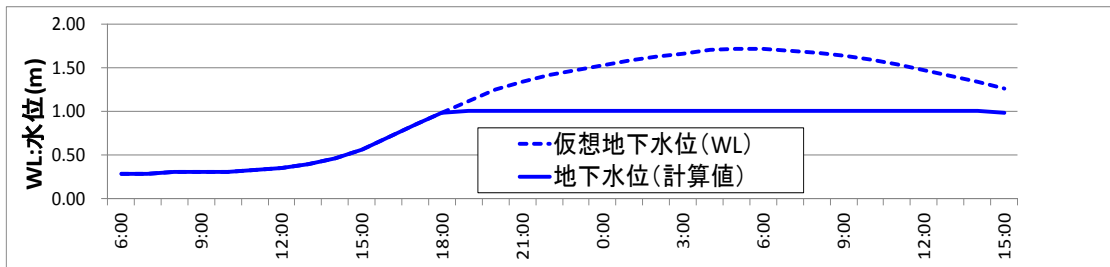
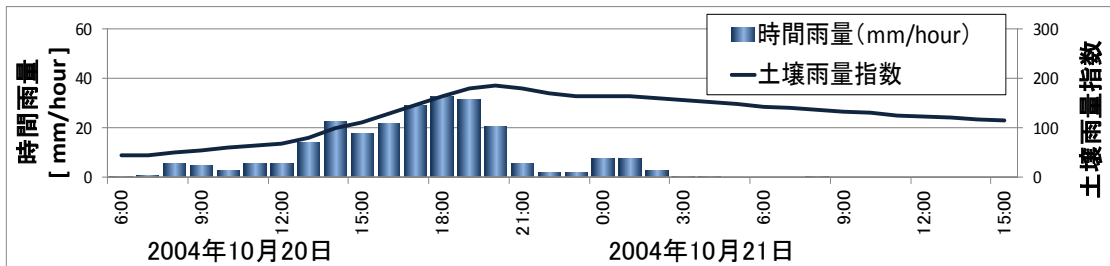
# 豊岡市におけるH16.10災害検証



豊岡市の平成16年災害の再現計算結果  
〔崩壊地と崩壊判定セル(10m×10m)の状況〕



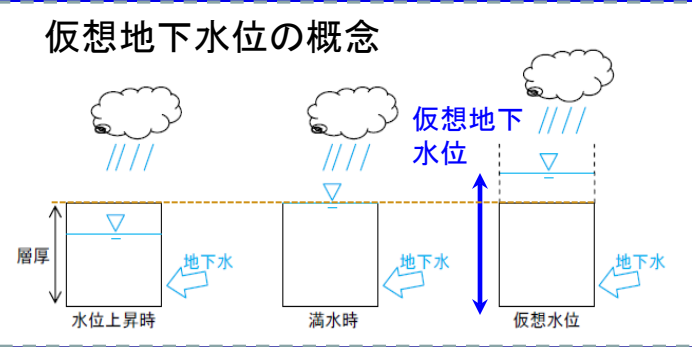
# 豊岡市におけるH16.10災害検証



安全率・地下水位の変化量の関係図  
〔10mセル：9278233のスネーク曲線〕

従来の判定 [安全率<1.0]	[判定結果]																											
組合せによる判定 [SFと $\Delta$ SFの組合せ]	[判定結果]																											
土砂災害警戒情報 [C.L超過]	[警戒情報]																											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## 豊岡市の平成16年災害の再現計算結果 〔10mセル：9278233の地下水位・安全率の変化〕



満水となった後も降雨や周辺セルからの水の流入量を評価

# 豊岡市におけるH16.10災害検証

「従来の判定 (SF<1.0)」と「安全率 (SF)と安全率の変化量 (ΔSF)」の組合せによる判定の比較

判定方法		崩壊発生 [A]	捕捉率		崩壊非発生 [D]	空振り率	
			判定数 [B]	率(%) [C=B/A]		判定数 [E]	率(%) [F=E/D]
従来の判定 (SF<1.0)	(セル数)	9,271	6,119	66	6,334,492	63,345	1
	(箇所数)	474	333	70	—	—	—
安全率(SF)と安全率 の変化量(ΔSF)の 組合せによる判定	(セル数)	9,271	7,518	81	6,334,492	126,690	2
	(箇所数)	474	350	75	—	—	—

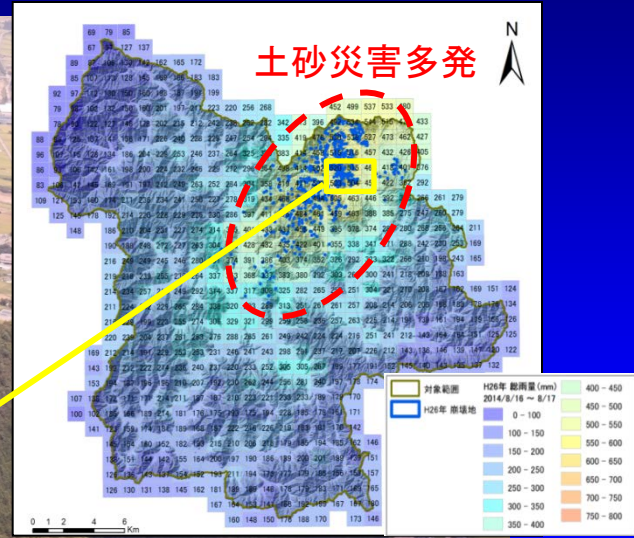
※災害が集中して発生した10月20日17:00~20:00の集計

- 上表より、17:00~20:00での捕捉率は66%から81%へ向上した。(見逃しの低減)
- しかし、空振り率は1%から2%へ若干増加した。ただし、空振り判定は降雨のピーク時刻付近に集中して出現するが、降雨終了後には速やかに解除される。
- 判定のタイミングは、捕捉した崩壊地350箇所中、271箇所(約8割)で早くなった。
- 判定の継続時間は、捕捉した崩壊地350箇所中、237箇所(約7割)で短くなった。

# 気象庁降水短時間予報等を用いた危険度判定 〔平成26年8月豪雨 丹波市〕



# 2014年8月豪雨（丹波市の事例）



丹波市域における総雨量分布図



土石流の直撃による家屋の倒壊等の被害も多数発生した

国土地理院平成26年8月19日撮影



2:00 避難勧告(前山地区)

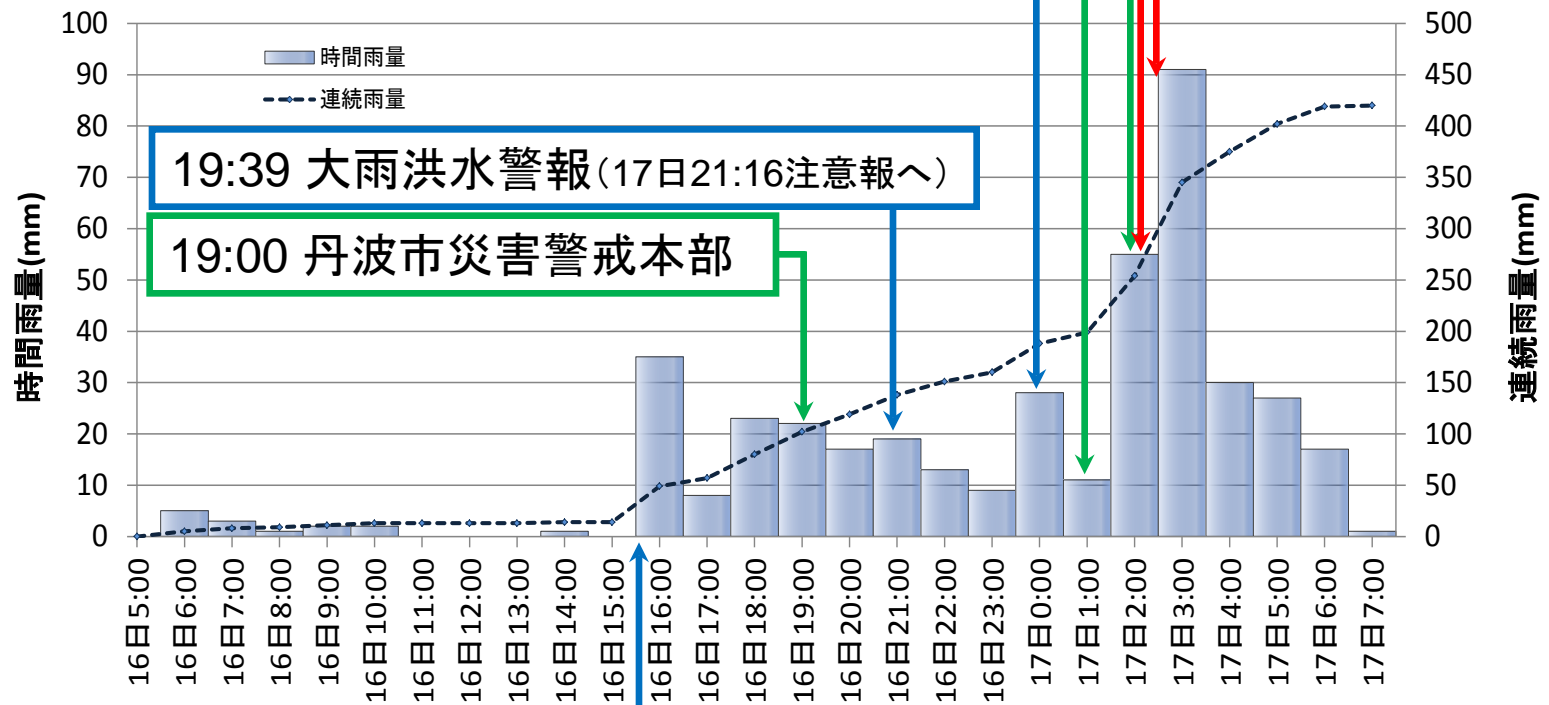
1:15 丹波市災害対策本部

0:20 土砂災害警戒情報(12:25解除)

2:00 土石流発生

2:30 前山川氾濫

北岡本(国土交通省福知山河川国道事務所)2014年8月15・17日の雨量状況

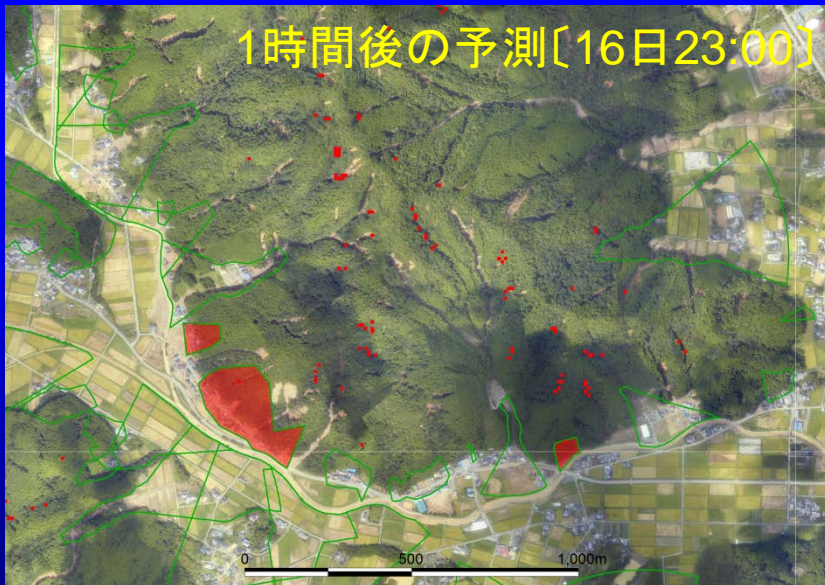
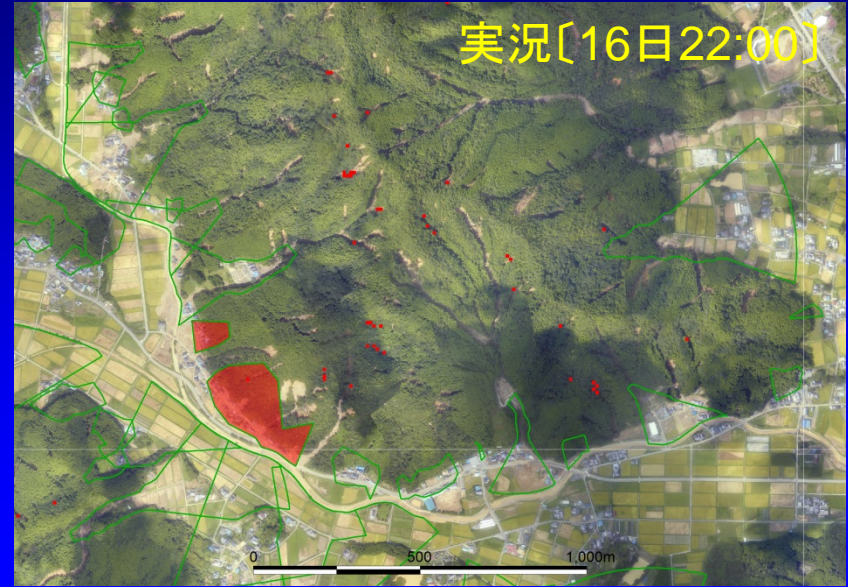
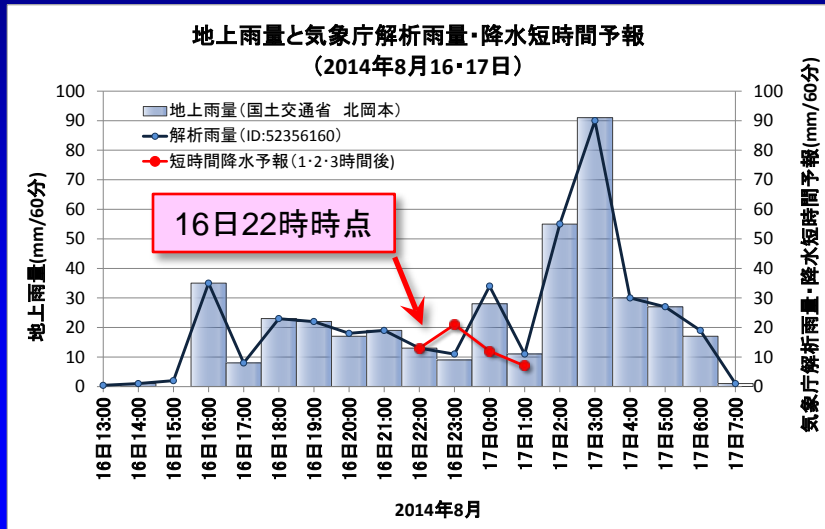



15:35 大雨洪水警報(18:26注意報へ)

2014年8月

# 予測雨量を用いた危険度判定

2014.08.16 22:00

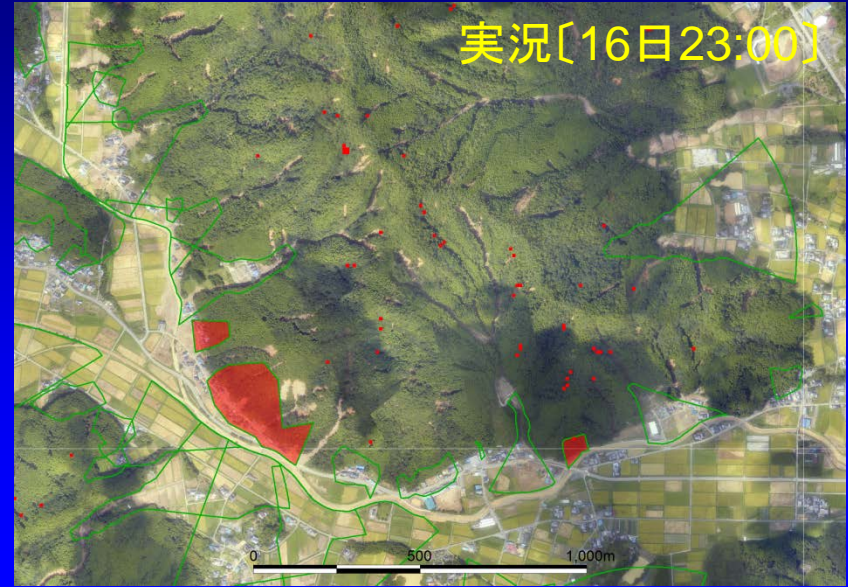
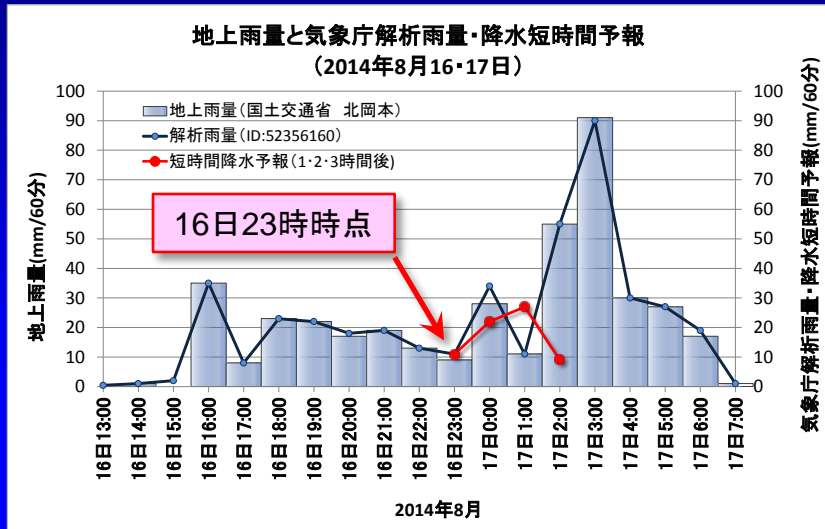


 土砂災害の危険が予測されるエリア



# 予測雨量を用いた危険度判定

2014.08.16 23:00

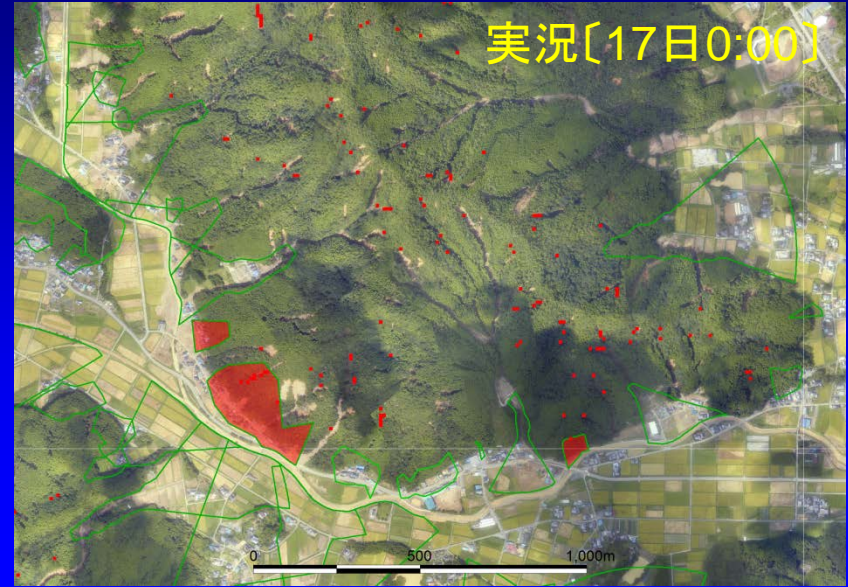
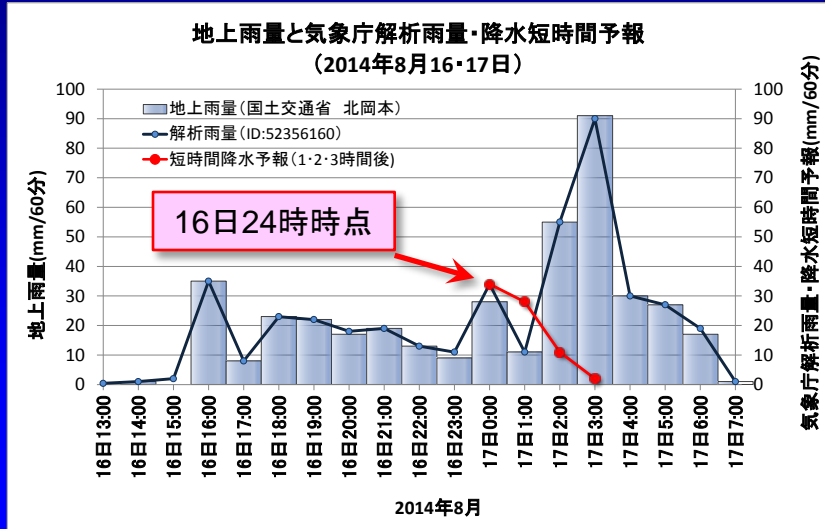


■ 土砂災害の危険が予測されるエリア



# 予測雨量を用いた危険度判定

2014.08.16 24:00

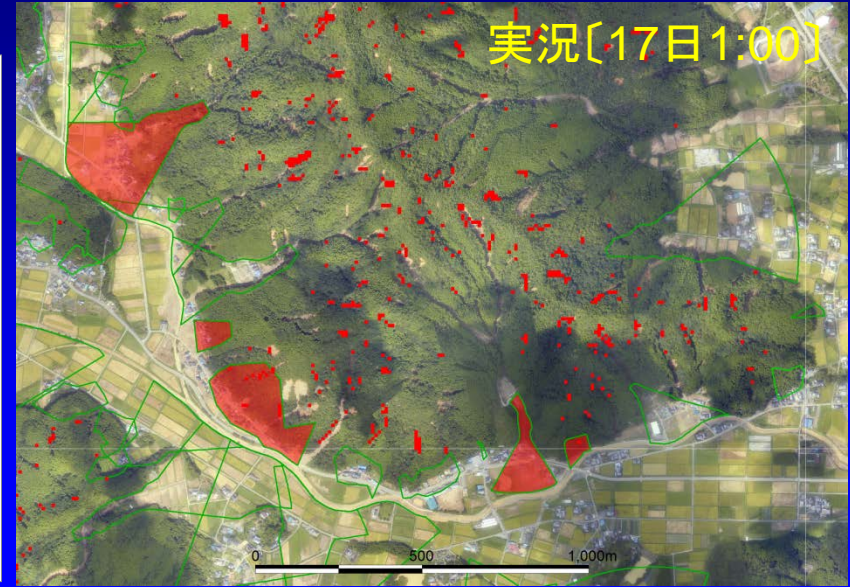
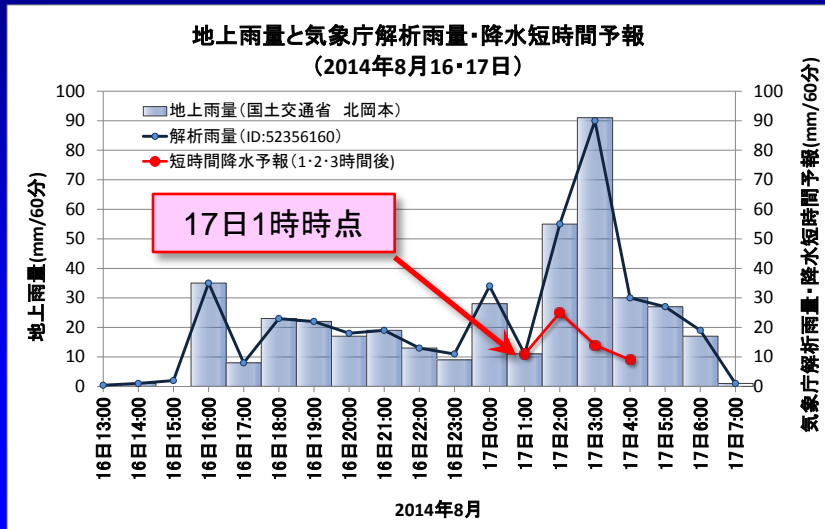



■ 土砂災害の危険が予測されるエリア



# 予測雨量を用いた危険度判定

2014.08.17 01:00

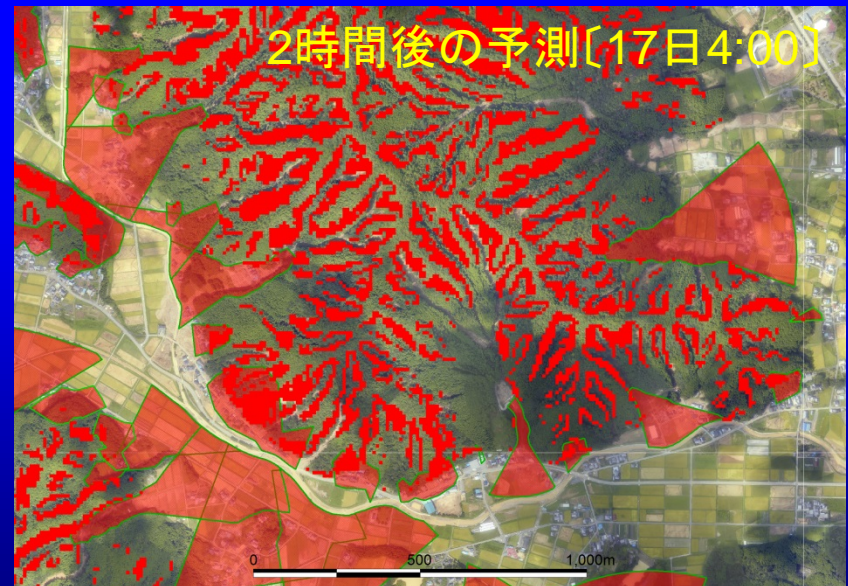
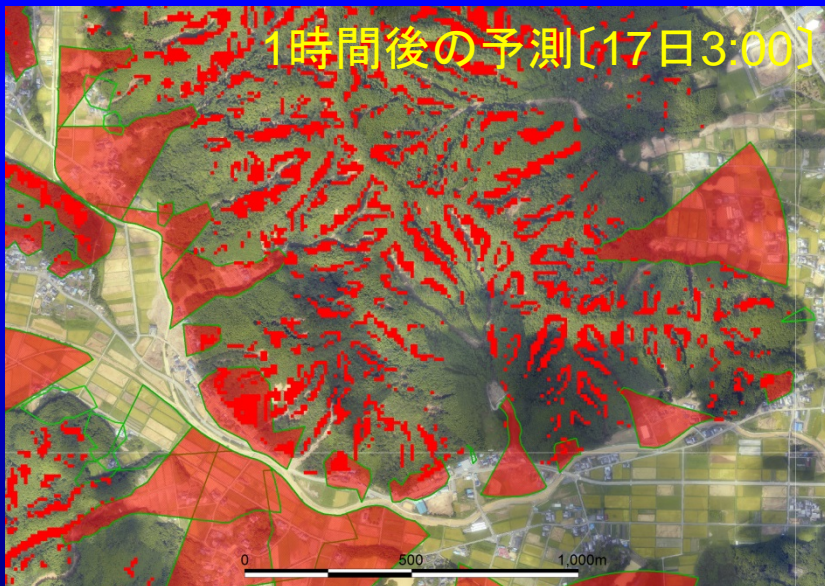
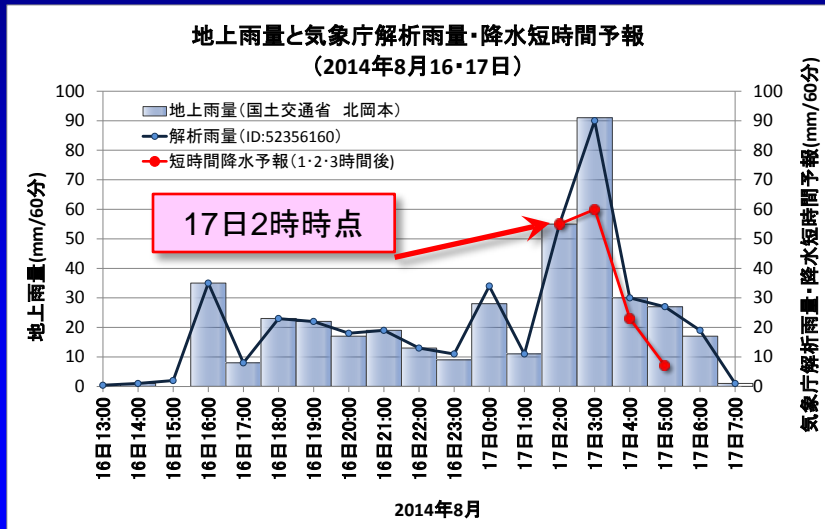


 土砂災害の危険が予測されるエリア



# 予測雨量を用いた危険度判定

2014.08.17 02:00



■ 土砂災害の危険が予測されるエリア

# 現在までに提案したモデルの課題

- ・ 現地のデータは、標高および簡易貫入試験による代表的な表土層厚 $H$ のみ
- ・ その他の入力データは、過去の文献による
- ・ 換言すれば、概念的なモデル
- ・ 概念的なモデルから、対象地の崩壊特性を反映させる
- ・ 結果の妥当性は、過去の崩壊位置と予測による的中率(的中数/総崩壊数)が80%以上を目標
- ・ 過去の崩壊地で予測できなかった、あるいは空振りとなった理由？  
(境界条件特に $\theta$ のせい？、入力データ特に $H$ のせい？、表土層内の $c$ 、 $k$ のせい？)

ご静聴, ありがとうございました

