

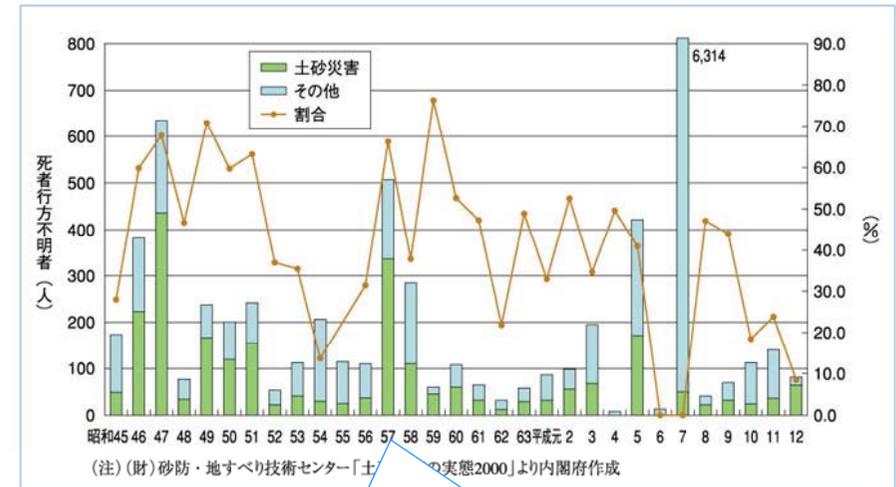
# 豪雨時の斜面被害



長岡技術科学大学  
大塚 悟

# 土砂災害による死者・行方不明者の推移

■ 図 2-5-5 ■ 自然災害による死者・行方不明者の原因別状況の割合（昭和45年～平成12年）



土砂災害の死者数が多い

防災白書HP 2

## H16新潟災害①: 出雲崎(表層崩壊)



(新潟県土木部)

## H16新潟災害②: 栃尾(表層崩壊)



(新潟県土木部)

小規模表層崩壊。  
人的被害。予測が難しい。  
表層風化土の形成による繰返し崩壊





### H16新潟災害③: 栃尾宝光寺(土石流)



崩壊土砂が沢にて吸水し、土石流化(長距離移動)した。流下速度は小さく、本堂は倒壊しなかった。市街地での斜面崩壊は危険。

(新潟県土木部)





## H16新潟災害④: 三島町逆谷(風化土)



(新潟県土木部)

斜面上部に堆積した風化土が崩壊

10



## H16新潟災害⑤: 三島町中山(風化土)



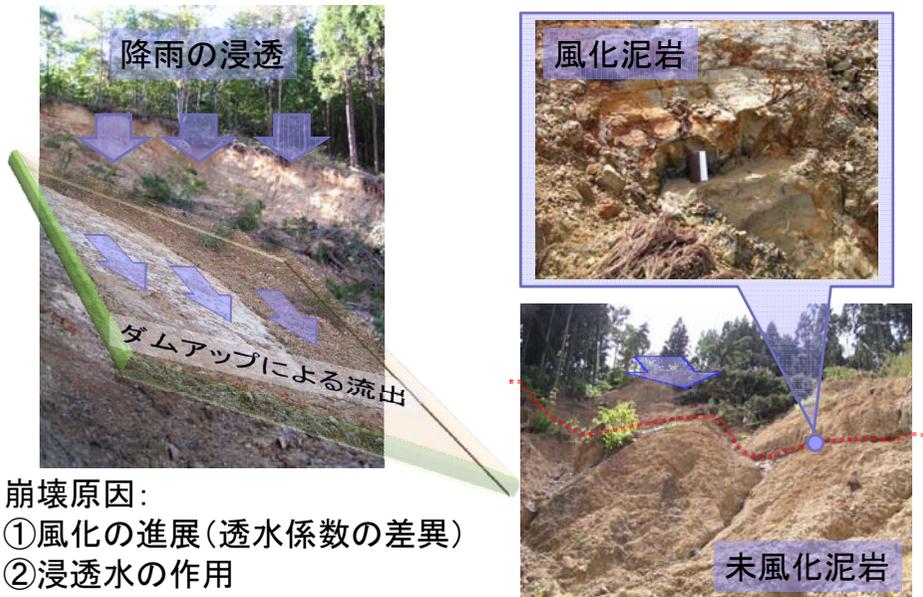
(新潟県土木部)



風化土の下の基盤が  
滑り台の役割

12

## H16新潟災害⑥: 崩壊機構



## 降雨時の斜面崩壊に関する特徴①

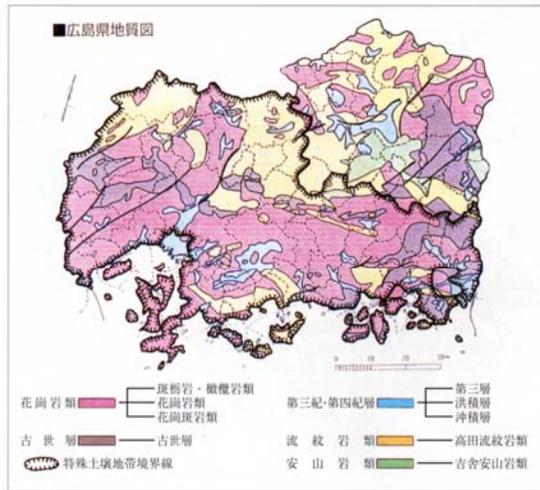
- 地下水の有無が斜面安定に関係。湧水がある場合は、その周辺部が不安定化し易い
- 崩壊形態には表層崩壊と深層崩壊がある。
- 崩壊形態は斜面の地質や地形が関与する。
- 地山に対して、風化土や崩積土は不安定である。
- 崩壊履歴がある場合には斜面崩壊の危険度が高い。『崩壊⇒安定化⇒不安定化』の繰り返し。風化の進展が大きな要因。

## 資料①:H11・6広島豪雨災害



- 人的被害:  
 死者 31名  
 行方不明 1名  
 負傷者 54名
- 家屋被害:  
 全壊 154棟  
 半壊 101棟

## 資料②: 広島地域の地質



広島型花崗岩  
 (粗粒黒雲母花崗岩)  
 ⇒マサ土(風化土)

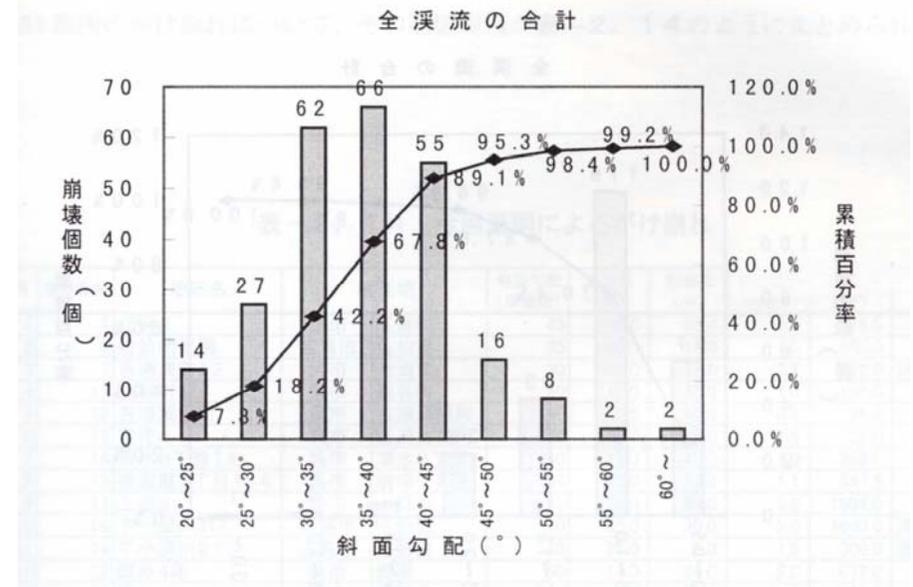
表層に分布  
 層厚:  
 1.5m(集水地形)  
 2.5m(非集水地形)

$c=0\sim 10\text{kN/m}^2$   
 $\phi=29\sim 38^\circ$

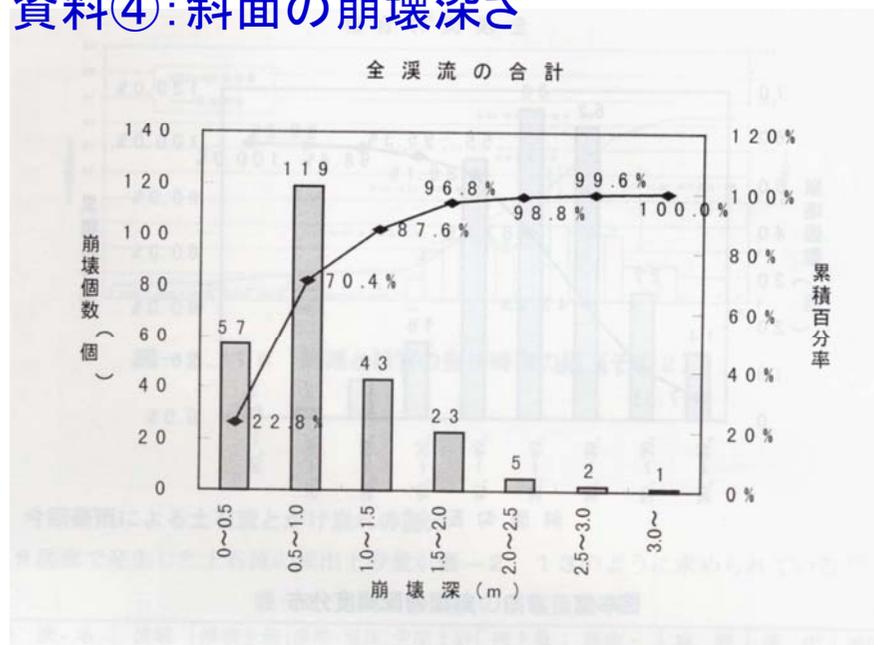
広島県地質図  
 「広島県砂防災害史: 広島県」

17

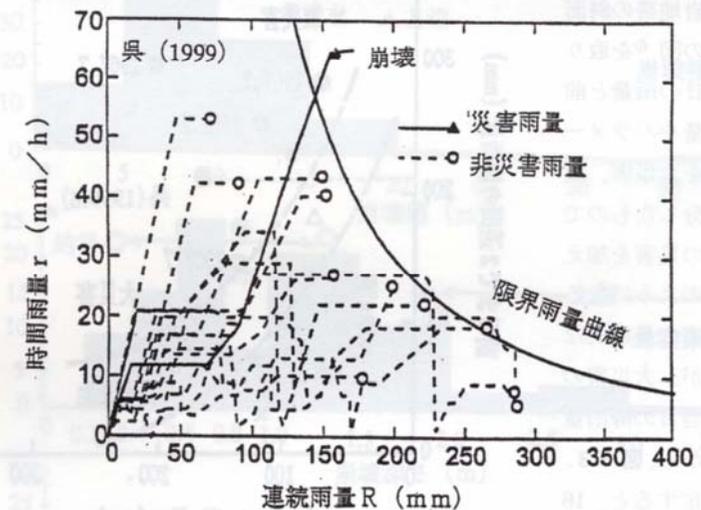
## 資料③: 斜面勾配と崩壊



## 資料④: 斜面の崩壊深さ



## 資料⑤: 崩壊予測法



斜面の崩壊予知に利用, 地域によって基準値は異なる

## 資料⑥: 斜面の崩壊と長距離移動

複数のり面の崩壊

谷筋の崩壊

- \* 土石流化  
(土量の増大化)
- \* 長距離移動

⇒

- \* 大量の水



大毛寺川左支川の氾濫状況 (航空写真)

21

## 資料⑦: 建物被害

土砂による建物被害

- \* 土砂の流動化
- \* 樹木の巻き込み
- \* 斜面近傍の建物被災

樹木は斜面安定に有効か？



上流から見た下流の土石流氾濫状況



土石流による被害状況

## 資料⑧: 建物被害

崩壊の繰り返し

- \* 繰り返し履歴  
(過去の崩積土の堆積より判明)
- \* 周期性:  
表層の風化土形成

災害ポテンシャルが高い

- \* 建物の立地条件



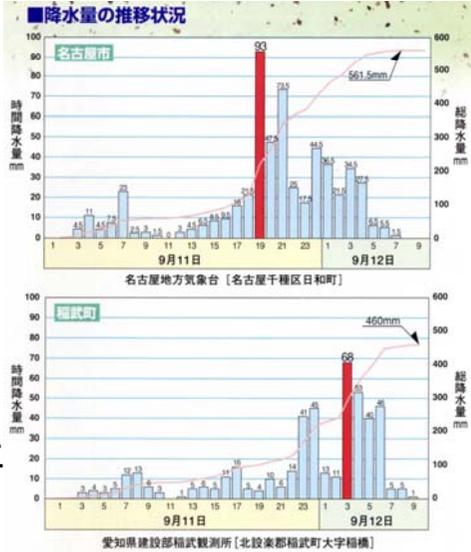
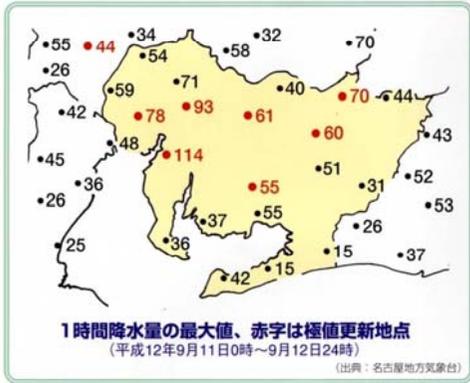
堂ヶ原川支川の氾濫状況 (航空写真)

## 降雨時の斜面崩壊に関する特徴②

- 降雨時の斜面崩壊の多数は表層崩壊(2m以浅)である。
- 深層崩壊は数が少ないが大規模崩壊となる。
- 崩壊斜面の勾配は土の内部摩擦角の前後が多い。この斜面角度は粘着力がないと著しく安定性が低下する。
- 降雨量を用いた崩壊予測法が普及した。問題点は斜面の降水量を把握できないこと、地形や地質特性、浸透特性を考慮していないこと、が挙げられる。また降雨指標も様々な変数が考えられる。

24

# 東海豪雨(H12.9)の記録

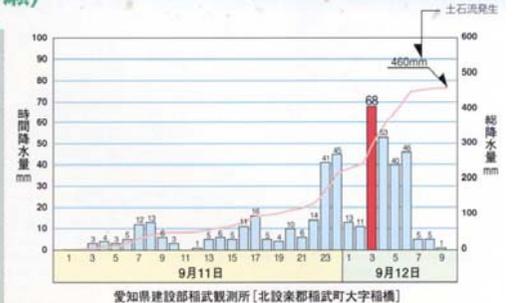


過去の最大時間降水量の時に災害が起きる確率が高い

## 砂防 河上瀬川(稲武町大字大野瀬)

河上瀬川では、9月12日午前7時30分ごろ土石流が発生しました。土石流は、住民が付近の見廻りなどで、人家を離れていたときに発生したため、人的被害は負傷者1名のみでしたが、2戸の人家を全壊させ、矢作川本川まで流れ下りました。崩壊地の拡大や堆積した土砂による再度災害を防止するため、災害関連緊急砂防事業により、ダム工および流路工を実施します。

ダム工1基 (H=8.0m、L=45.3m)  
流路工L=170m



## 崩壊機構①: 不飽和土の力学特性

### せん断強度

- ✓ 不飽和土: サクションによる見かけの粘着力  
水の浸入 ⇨  $c$  の減少,  $\phi$  は一定 (強度低下)
- ✓ 飽和土: 水圧の蓄積による有効応力の減少 (強度低下)

### 浸透特性

- ✓ 不飽和透水係数  
透水係数は飽和度により変化する。  
飽和土に対して透水係数は小さいが、圧力水頭の勾配が大きいので浸透能は大きい。

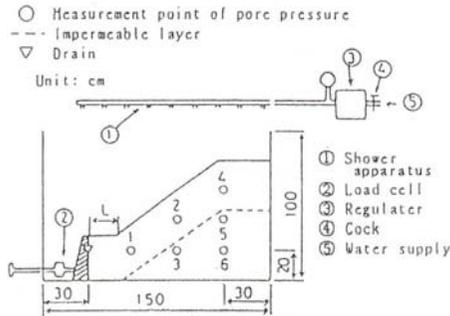
## 急傾斜 倉曾洞区域(犬山市倉曾洞)

倉曾洞区域では、9月12日午前3時前後に民家裏山で槽次いでがけ崩れが発生し、工場の全壊、人家の損壊とともに、数台の車が流される被害が発生しました。このとき住民一人が土砂とともに流されたものの幸い自力で脱出しています。未明には付近の13世帯38人に避難勧告が出され、17日には500人以上が復旧に努めるなど、応急措置を行いました。避難勧告は延べ8日間に及び今回の災害では県内で最も長いものとなりました。本区域周辺の崩壊箇所のうち、人家に直接影響のある2箇所について、災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業により、早期の復旧を図ります。

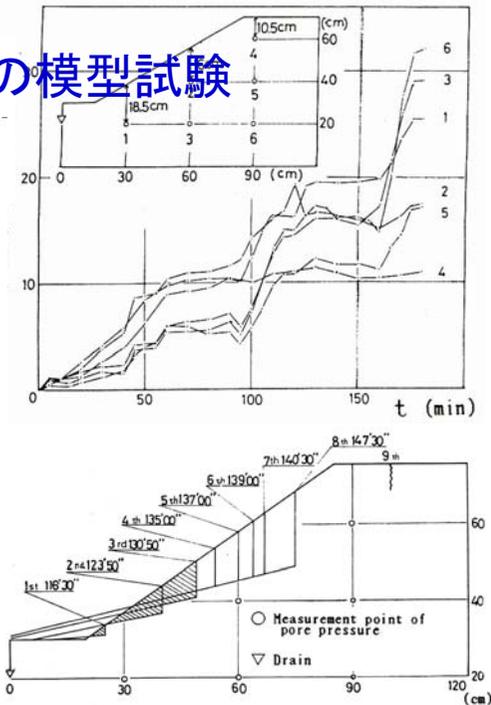
重力式擁壁工 L=80m(2箇所)



## 崩壊機構②: 矢田部の模型試験



- \* のり先からの崩壊
- \* 進行性破壊
- \* のり先にて飽和化  
(上向き浸透力の作用)



## 崩壊機構③: 降雨による破壊機構

### ■ 飽和度の上昇による

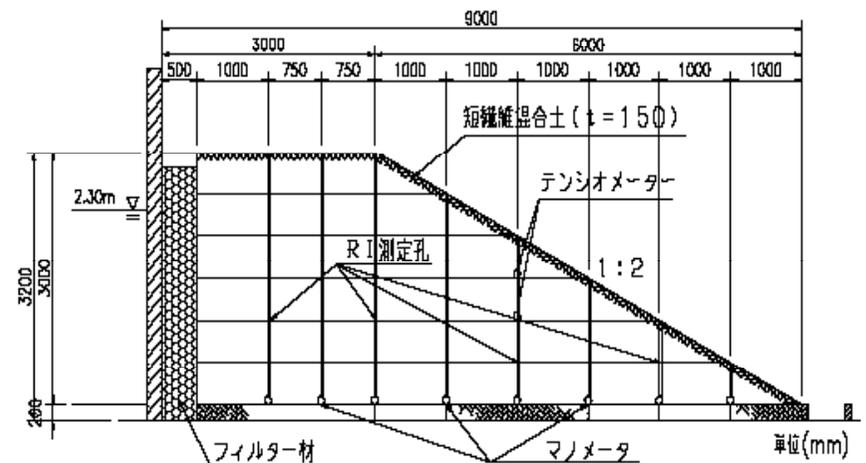
- ✓ 見かけの粘着力  $c$  の低下  
(せん断強度の低下)
- ✓ すべり土塊の重量の増加  
(せん断応力の増加)
- ✓ 水の浸透力の作用  
(上向き浸透力は特に危険)
- ✓ 飽和化領域では間隙水圧による有効応力低下  
(せん断強度の低下)

30

## 崩壊機構④: マサ土斜面の崩壊機構

- 降雨時に不透水層まで浸透が起きる程度に透水係数が大きい。  
(風化による溶脱, 岩構造を残して風化)
- 地表面から不透水層までの深さが浅い。  
(降雨による不透水層での湛水限界, 風化層が浅いとわずかの粘着力で安定化)
- 不飽和時にはせん断強度が大きく, 勾配の急な斜面が存在する。
- マサ土斜面に存在する粘土シーム層  
(不透水層および低強度層として作用)

## 崩壊機構⑤: 斜面崩壊試験(土木研究所)

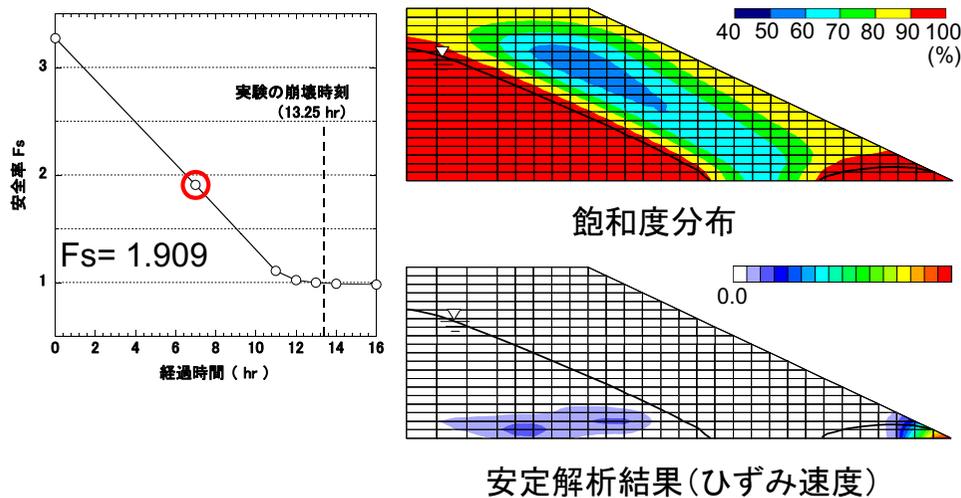


第39回地盤工学研究発表会概要より

31

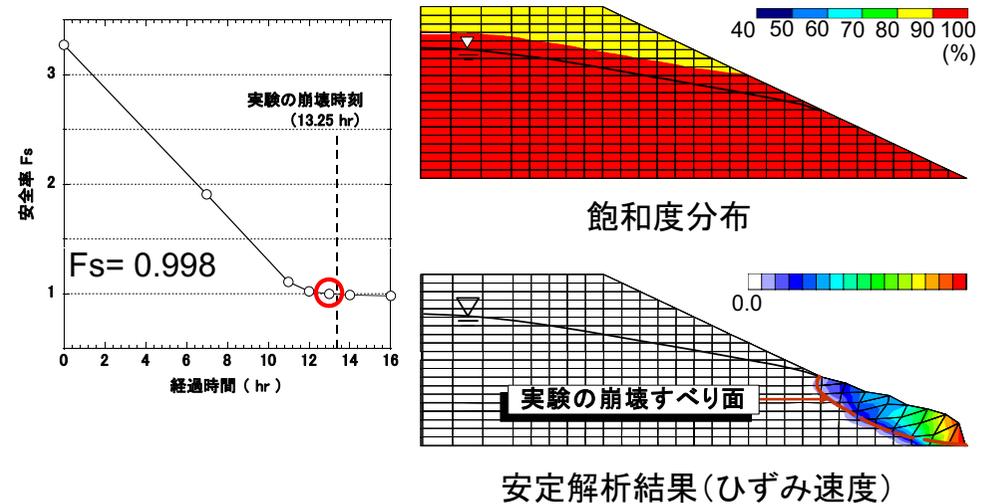
32

## 崩壊機構⑥: 崩壊シミュレーションA



33

## 崩壊機構⑥: 崩壊シミュレーションB



34

## 崩壊機構⑦: まとめ

- 模型試験の解析は十分可能に. しかし, 自然斜面は内部構造が不確定のために, 予測が困難. 調査技術が課題.
- 風化現象と機構を正面から取り組む研究は少ない.
- 技術開発のトレンド:
  - ✓ モニタリング(計測)によるリアルタイム危険度評価
  - ✓ 信頼性理論の応用とマネジメント技術
  - ✓ 安定性評価から変形量評価へ. 新たな課題への対応.

35

## 土砂災害防止法①: 概要

- 土砂災害のおそれのある区域を明らかにし, 危険の周知, 警戒避難体制の整備, 住宅等の新規立地の抑制, 既存住宅の移転促進等の『ソフト対策』を推進しようとするもの.
- 全ての危険箇所を対策工事だけで安全にするには, 膨大な時間と予算が必要となるため, 対策工事に加え, ソフト対策を充実させる.
- H11. 6.29 広島, 呉土砂災害発生(住宅地等が被災, 死者24名)
- H13. 4. 1 施行

36

## 土砂災害防止法②: 区域の指定

- 土砂災害警戒区域
  - ✓ 土砂災害のおそれがある区域
  - ✓ 危険の周知, 警戒避難体制の整備
- 土砂災害特別警戒区域
  - ✓ 土砂災害警戒区域のうち, 建築物に損壊が生じ, 住民に著しい危害が生じるおそれがある区域
  - ✓ 特定の**開発行為に対する許可制**, **建築物の構造規制**, **建築物の移転等**の勧告及び支援措置, 宅地建物取引における措置

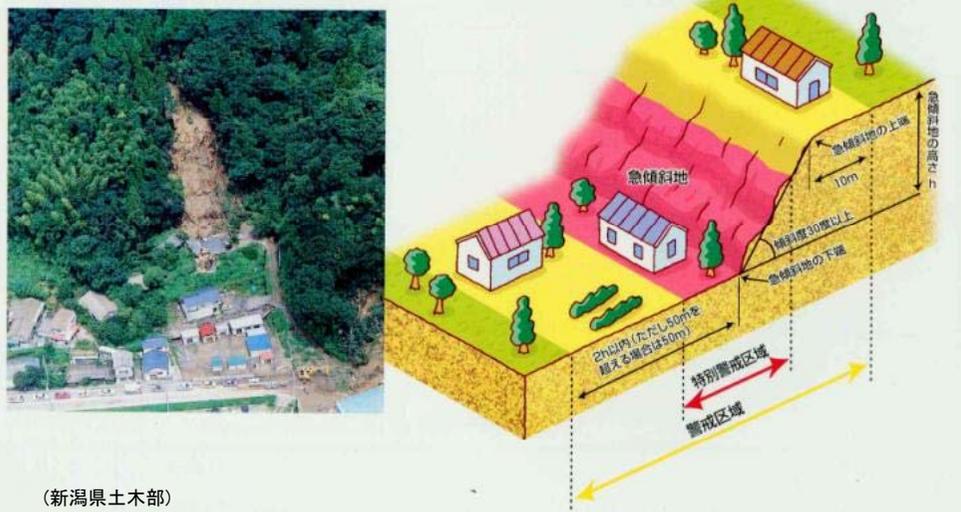
37

## 土砂災害防止法③: 区域の指定



## 土砂災害防止法④: 区域の指定

### 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



## 土砂災害防止法⑤: 区域の指定

### 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然現象



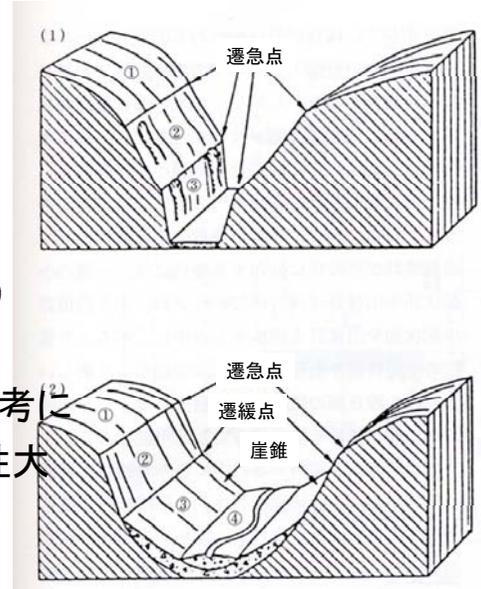
## 土砂災害防止法⑥: 区域指定の問題点

- 法律の趣旨は良いが, 私有地の利用制限のために区域指定の要件は厳しい(よほどでないとは制限がかからない)
- 区域指定は統計データに依存するため, 地域特性が考慮されにくい

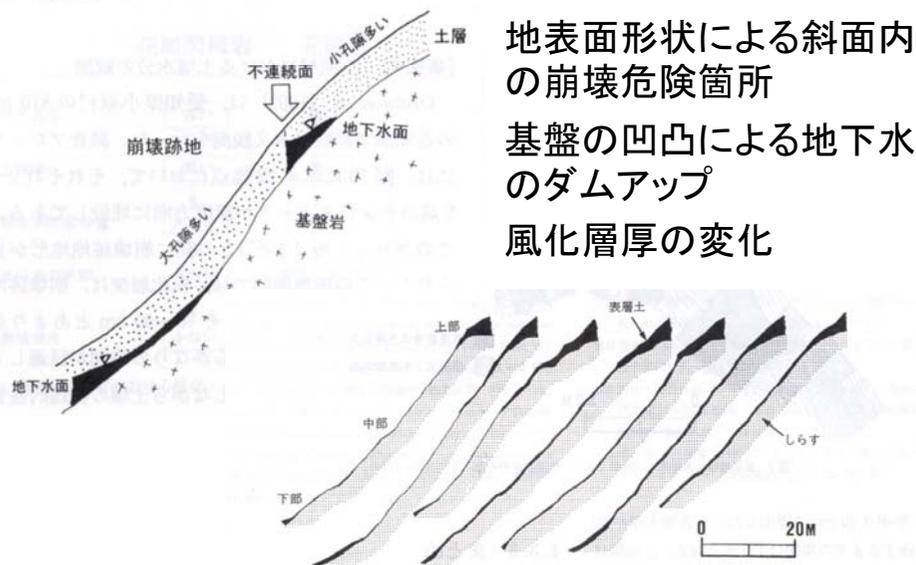
41

## 斜面の崩壊プロセス①: 地形

- 遷急線に沿う崩壊
  - ✓ 斜面侵食の最前線
  - ✓ 崩壊事例が多い (降雨時の崩壊) (ダム湛水時の崩壊)
- 周辺地形との関係
  - ✓ 地質が同じ斜面を参考に
  - ✓ 急傾斜は崩壊可能性大

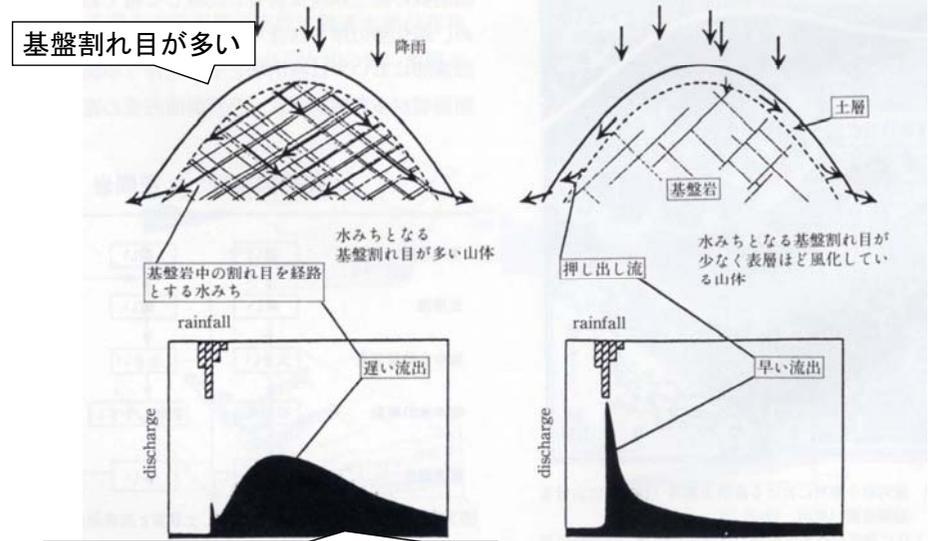


## 斜面の崩壊プロセス②: 基盤の微地形



地表面形状による斜面内の崩壊危険箇所  
 基盤の凹凸による地下水のダムアップ  
 風化層厚の変化

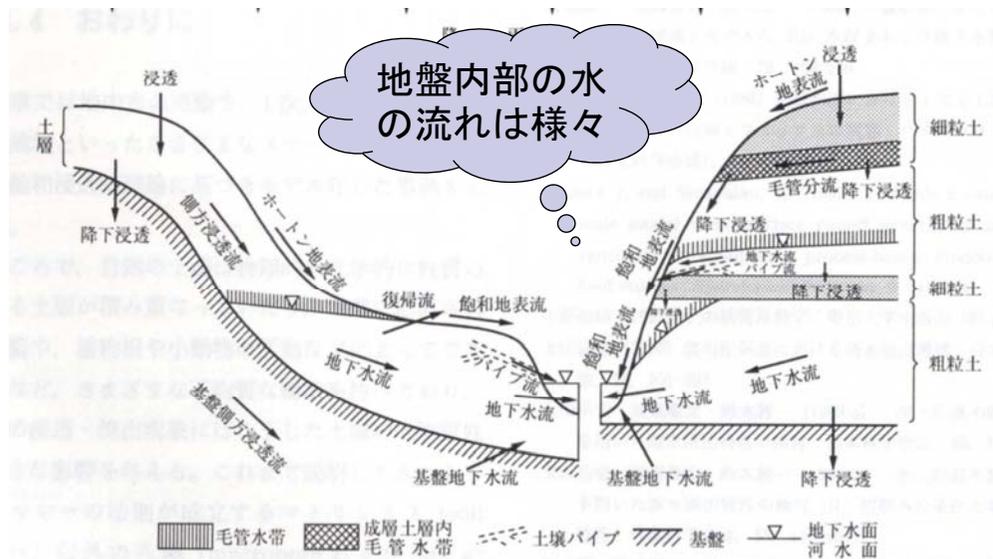
## 斜面の崩壊プロセス③: 浸透特性



斜面の遅れ破壊(降雨後の崩壊)

44

## 斜面の崩壊プロセス④: 浸透特性



## 斜面の崩壊プロセス⑤: 崩壊要因

### ■ 危険斜面の特定

- ✓ 崩壊, 非崩壊斜面の説明
- ✓ 統計的手法
- ✓ 説明変数の選択

### ■ GIS(地理情報システム)の応用

- ✓ 危険度マップ
- ✓ 避難対策

教師入力データ			
1	斜面延長	11	湧水状況
2	斜面傾斜度	12	表土の厚さ
3	斜面高さ	13	地盤の状況
4	斜面方位	14	岩盤亀裂の有無
5	斜面形状	15	斜面と不連続面の関係
6	上位地形の方向	16	風化状況
7	遷急線	17	地表面の状況
8	遷急線の位置	18	断層破砕帯
9	横断形状	19	斜面上部の利用状況
10	植生の種類		
教師出力データ			
1	斜面災害履歴回数		

## 土砂災害に備えて①

### ■ 危険箇所の表示

- ✓ 土石流危険渓流
- ✓ 地すべり危険箇所
- ✓ 急傾斜地崩壊危険箇所

### ■ 土石流災害

- ✓ 渓流の勾配が急で、とくに大量の土砂が堆積してはいないか
- ✓ 河床に中・高木が育っていない、転石に苔がない渓流ではないか
- ✓ 上流の山地に崩壊地、裸地が多くみえないか



## 土砂災害に備えて②

### ■ がけ崩れ

- ✓ 傾斜地の角度が $30^\circ$ 以上、又は、上部が張出したりしてはいないか
- ✓ がけに浮石や割れ目、あるいはわき水や落石などがなくないか
- ✓ がけの頂上付近に新しい亀裂ができていないか
- ✓ 斜面上にある物(道路、樹木など)が変形や移動していないか

## 土砂災害に備えて③

### ■ 地すべり

- ✓ 緩い傾斜地の傾斜が一様でない、(等高線が少なく不揃い)地形ではないか
- ✓ 斜面に生えている立木が曲ったり、不揃いになってはいないか
- ✓ 耕作が放棄され、雑草が生えた棚田になってはいないか
- ✓ がけの上部などに滑った跡のような滑らかながけはないか