

# 九州地方の最近の土砂災害の特徴

(特に道路災害を中心に)

2011年度(平成23年度)～2020年度(令和2年度)

一般社団法人全国地質調査業協会連合会  
道路防災点検技術委員会  
委員 : 矢ヶ部 秀美

1

## 九州地方で発生した主な自然災害

2011年(平成23年度)～2020年度(令和2年度) 10年間

2012年(平成24年) 九州北部豪雨災害(線状降水系)

2016年(平成28年) 熊本地震

2017年(平成29年) 九州北部豪雨災害(線状降水系)

2020年(令和2年) 令和2年7月豪雨災害(線状降水系)

\*この間、数年に一度、線状降水系による集中豪雨災害に見舞われており、令和3年も8月に線状降水系によって九州各地で被災している。地球温暖化による集中豪雨の発生間隔が短くなる傾向が今後も懸念される。

\*熊本地震では、火山岩地帯特有の崩壊形態が顕在化した。地震動による潜在すべりの形成が今後の集中豪雨等によって、どのように結びついていくかを注視していく必要がある。

2

## この10年間に発生した道路災害の特徴

- 素因 : a) 深層風化帯の大規模な崩壊の発生  
b) 多亀裂性の岩盤崩壊の顕在化  
c) 火山地帯の地震に対する脆弱さ

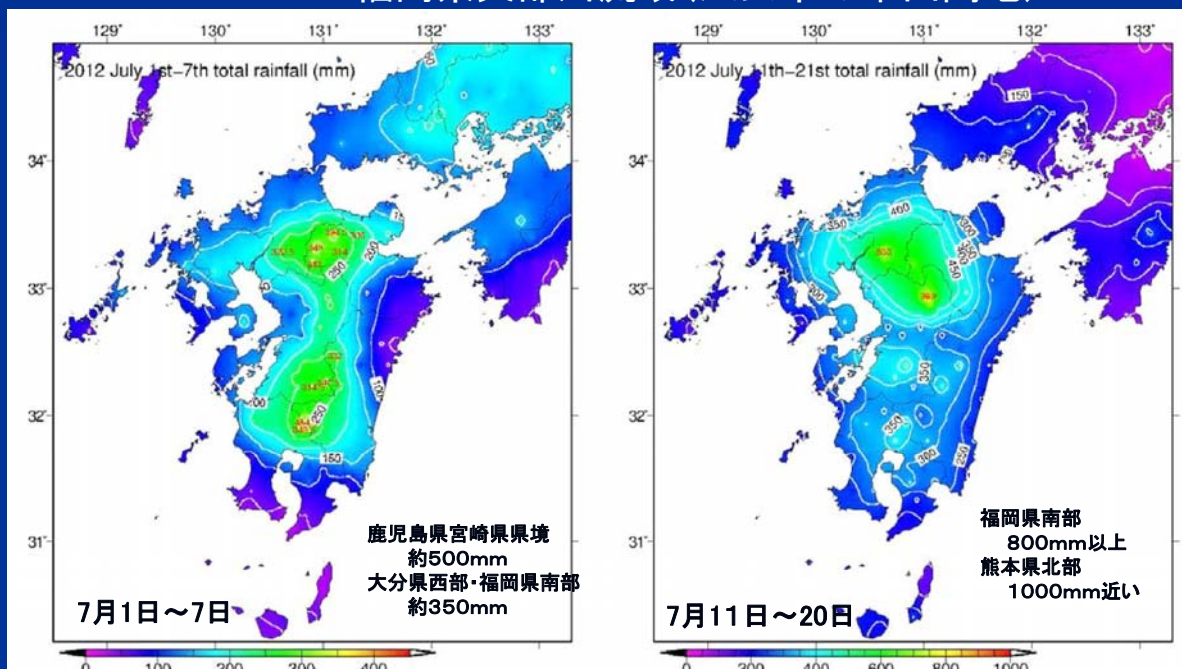
- 誘因 : d) 線状降水系の頻発  
e) 河川増水による路体の洗堀崩壊  
f) 地震動による特異な斜面崩壊  
g) 用地外からの被災 点検の難しさ  
h) 誘因が不明瞭な斜面崩壊の発生

3

### I. 線状降水系による崩壊(誘因d)

#### I-1. 平成24年7月(2012年)九州北部豪雨災害

- ・2度にわたり九州北部を襲った豪雨
- ・主な被災地域: 熊本県阿蘇地域 大分県竹田市・日田市・中津市  
福岡県矢部川流域(八女市の中山間地)



出典: 平成24年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

4

# 阿蘇カルデラ内壁からの土石流(1)

## 阿蘇市手野地区の土石流 砂礫型土石流が集落・県道を襲う



源頭部の崩壊状況  
表層崩壊の衝撃で溶結凝灰岩からなる急崖が崩壊

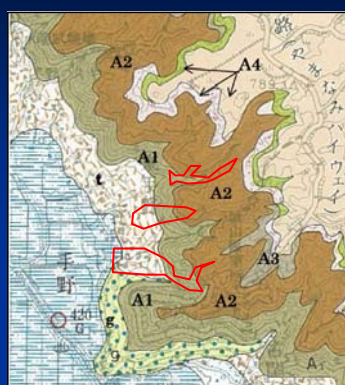


民家周辺に堆積した巨岩塊

\* 岩塊主体の砂礫型土石流で、堆積域が谷出口付近までに限られている。

出典:平成24年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

## 手野地区土石流(土井川土石流)



a:火山灰, t:崖堆積物, A4:Aso-4火砕流堆積物  
A3:Aso-3火砕流堆積物, A2:Aso-2火砕流堆積物,  
A1:Aso-1火砕流堆積物, g:下障礫層相当層(礫層)



集落まで達した巨礫には、大きいものでは径5m大のものがみられる



溶結凝灰岩の崖

\* 集落内を通る県道内牧坂梨線を埋める。  
⇒ 土石流発生源までの点検は困難  
広範囲の空中写真判読(LP画像)

崩壊地(源頭部)の最下部には柱状節理の発達した溶結凝灰岩の崖が分布している

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

# カルデラ内壁からの土石流(2) 阿蘇市坂梨地区

泥流型土石流が国道57号まで到達・・・源頭部からの水平距離約1km



流出土砂は、ほとんど火山灰質のシルト～粘性土からなる。大量の流木が混じる。



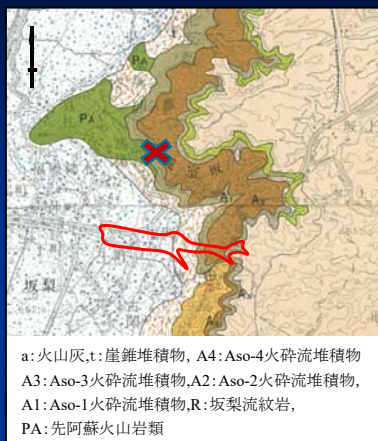
溶結凝灰岩のなす急崖が滝となる  
一部巨岩塊も流れ出す

\* 主に火山灰質粘性土(アカボク、クロボク)からなる泥流型の土石流は、遠距離を幅広く流過・拡散して国道57号まで達した。中間の急崖部が滑り台となりエネルギーを増している。

7  
出典:平成24年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

## 坂梨地区土石流

平成24年九州北部豪雨災害 熊本県阿蘇市



崖直上の溪流状況。  
溪床にはAso-2溶結凝灰岩が分布し、その上位にはAso-3/2間堆積物を挟んでAso-3火砕流堆積物が分布する。Aso-3火砕流の溶結凝灰岩は溪流を横断する崖を形成し、下位の凝灰岩境界部に当たる崖基部からは多量の湧水がみられる。

出典:平成24年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

# 福岡県八女市中山間地域の深層風化帯の地すべり(1) 八女市星野村柳原地区地すべり

幅230m, 長さ350m, すべり層厚30mの規模(5ブロックで動く)

三郡変成岩類の片岩の強風化部および厚い崖錐堆積物がすべる。

移動土塊が星野川の河道を約200mにわたって閉塞。

柳原地区【全景(航空写真)】



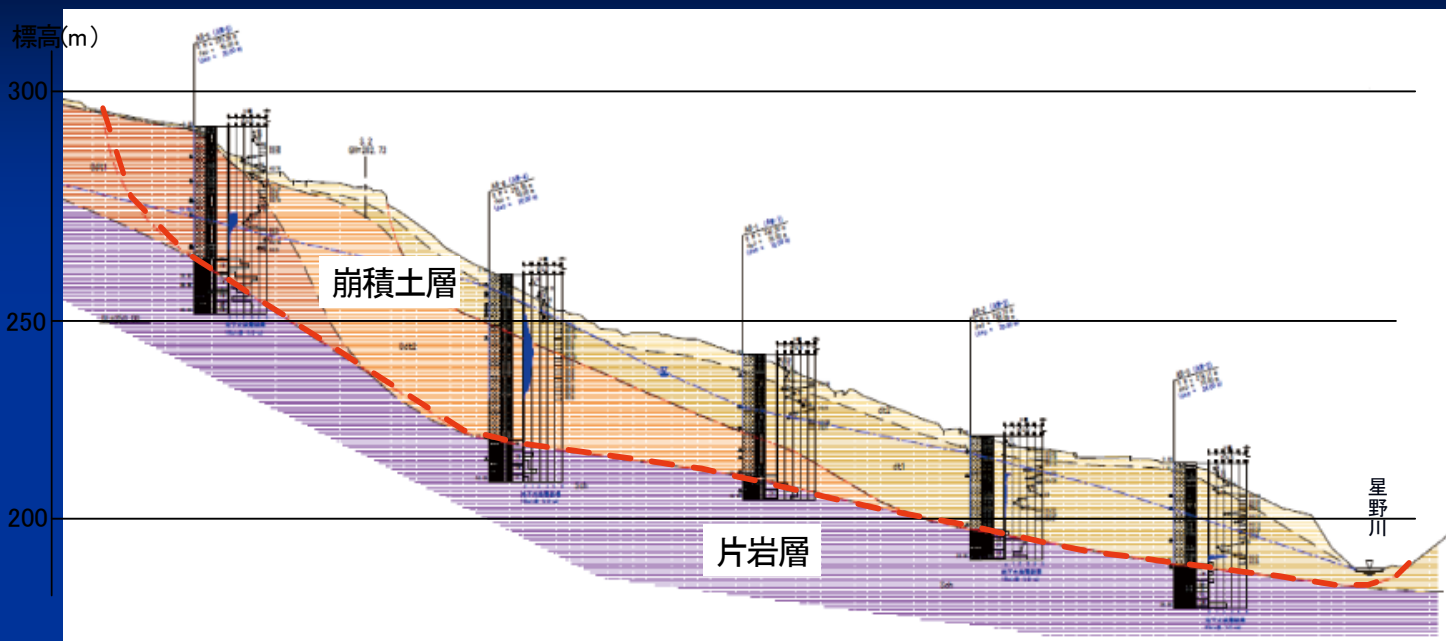
国交省HP



星野川左岸

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会 9

## 三郡変成岩類の深層風化帯 柳原地区地すべり



\* **異常に厚い崖錐堆積物** 強風化岩が何度も動いて現地に残留している?  
20~40mの層厚

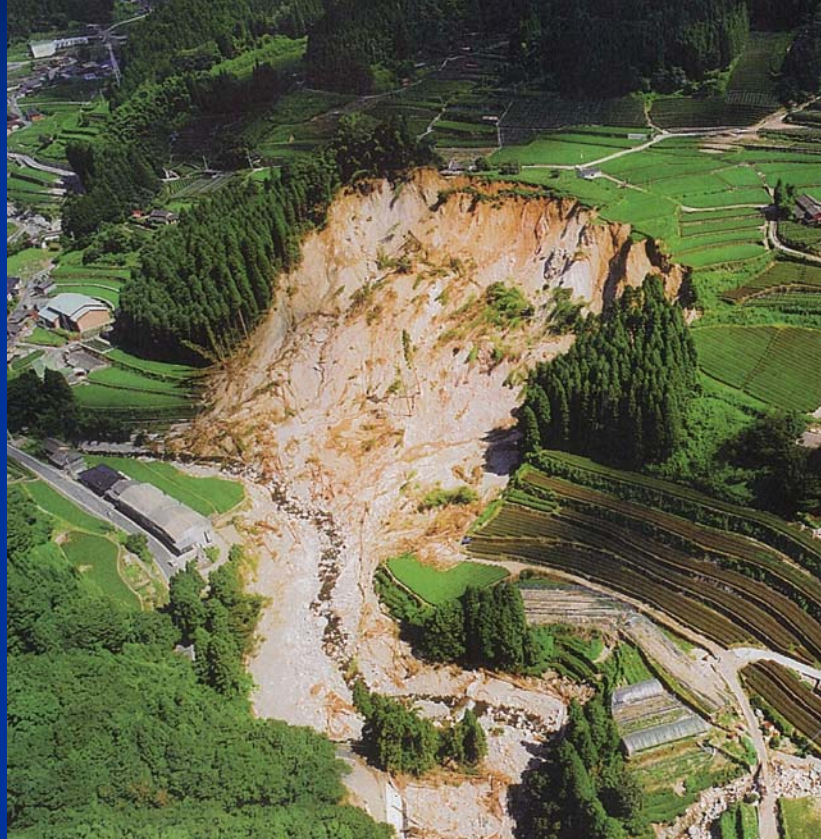
防災科研の地すべり分布図などが参考になる

\* 八女市の中山間地域は福岡県内でも大規模な地すべり地が分布する地域である。  
平成15年十籠地すべり(星野川上流 熱水変質帯地すべり)

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会 (福岡県県土整備部 提供) 10

# 福岡県八女市中山間地域の深層風化帯の地すべり(2) 福岡県八女市田代地区

## 大規模な崩壊と背後斜面の地すべり(河道の一時閉塞)

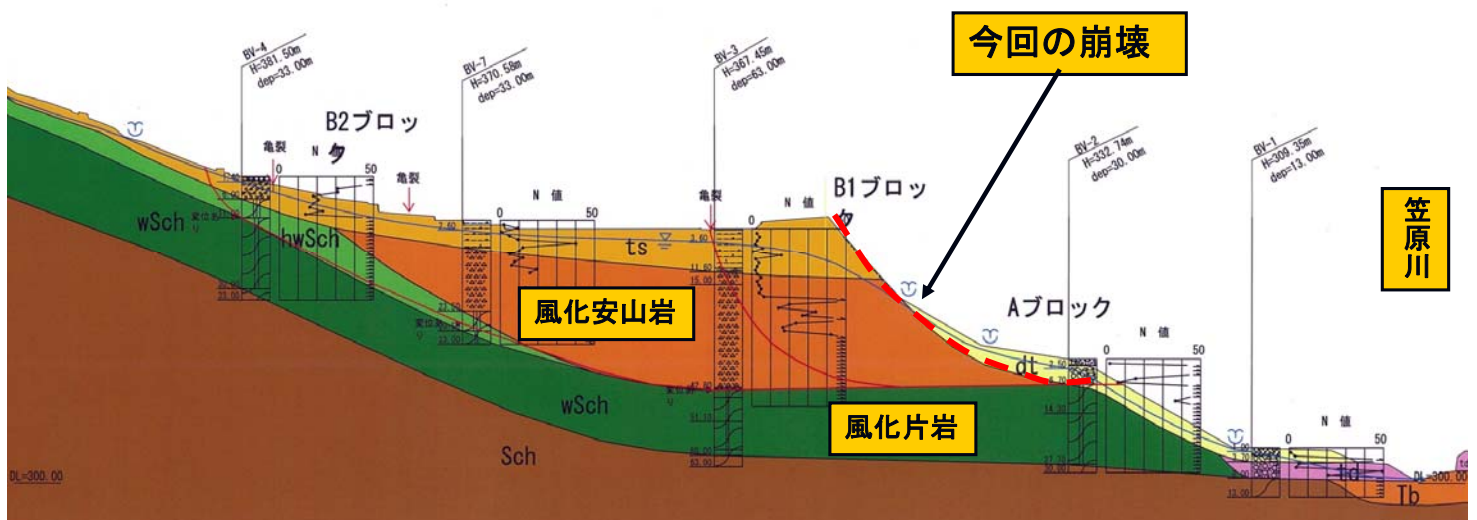


福岡県県土整備部提供  
11

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

### 斜面先端の規模の大きな崩壊により、 背後の風化安山岩層がすべった事例

\* 対岸の県道後川内黒木線までは被害は及ばなかった。



### 八女市黒木町田代地区の地質断面図

三郡変成岩類が火山岩類の堆積・浸食の繰り返しによって除荷作用のために著しく脆弱化

↓  
矢部川上流域の大規模な地すべり・崩壊および土石流

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

(福岡県県土整備部提供)

# 福岡県八女市田代地区 大規模な崩壊と河道の一時閉塞



幅150m, 滑落崖高40m  
安山岩溶岩自破碎部の強風化帯が崩壊

崩壊土砂の流出状況  
多量の崩土が残留している

## 豊肥火山岩類の深層風化

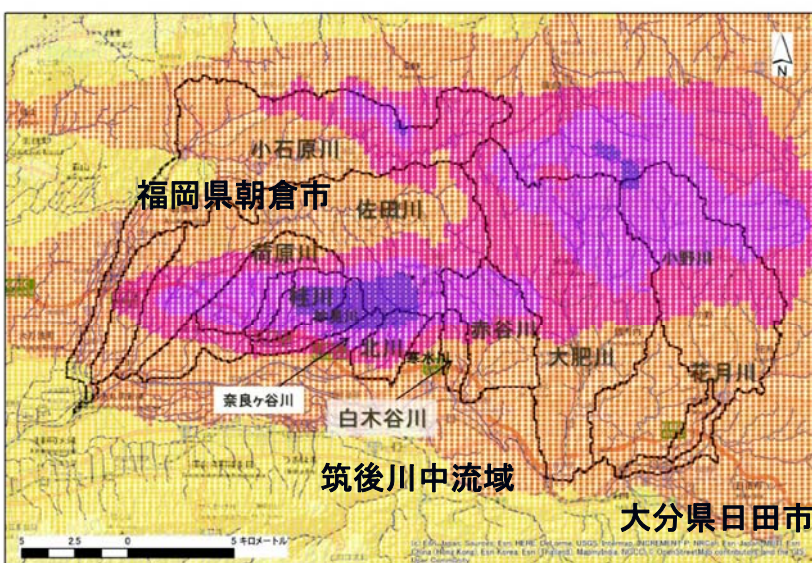
\* 安山岩層は著しく風化しており、深部まで土砂化や多亀裂岩盤となっている。

出典:平成24年7月豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

## I. 線状降水系による崩壊(素因a、誘因d)

### I-2. 平成29年7月(2017年)九州北部豪雨災害

- ・気象庁朝倉雨量観測所 511.5mm, 日田雨量観測所 329.5mm,
- ・主な被災地域:福岡県朝倉市から大分県日田市間の狭い中山間地域



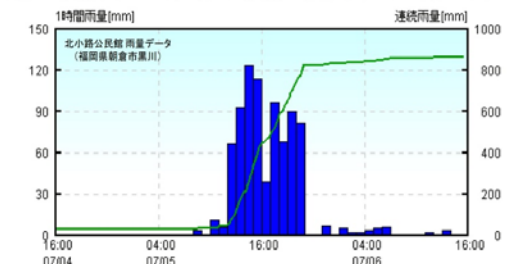
総雨量分布図

(平成29年(2017年)7月5日~6日)

96.8mm	300-500mm	700-800mm
96.8-200mm	500-600mm	800-850mm
200-300mm	600-700mm	

降雨状況と土砂災害警戒情報等の発表状況

○最大24時間降雨量は829mm(～7月6日8時)、最大1時間降雨量は124mm(7月5日14時～15時)



(土砂災害警戒情報)

土砂災害警戒情報

(大雨特別警戒・警戒・注意報の発表状況) 注意報 警戒 特別警戒 警戒

SB 9:32 SB 13:34 SB 17:51

6B 14:30

出典:平成29年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

- 凡例
- 地質区分
- 第四紀層
  - 火砕流堆積物
  - 火山岩類
  - 堆積岩類
  - 変成岩類
  - 花崗岩類

# 主な地層と地盤リスクの事例 花崗岩類 2017年朝倉地域



## 大分県日田市小野地区の深層風化帯の崩壊(1) 豊肥火山岩類の多亀裂性風化岩盤の大規模崩壊(河道の一時閉塞)



・対岸の県道宝珠山日田線の分断

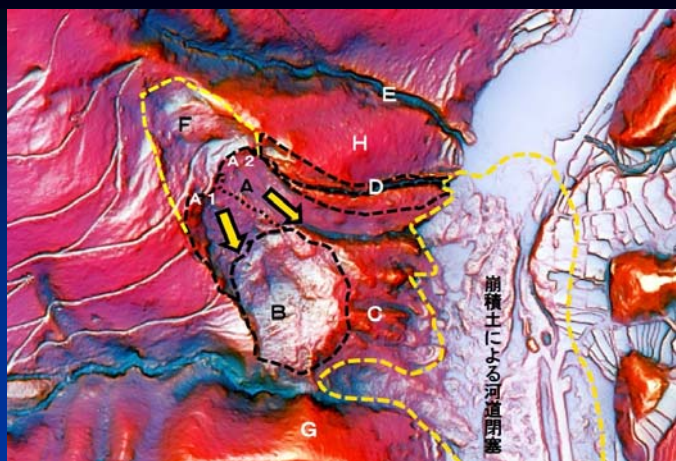
写真提供：熊本大学名誉教授北園芳人



\* 対岸の斜面の大規模な崩壊により県道が被災。  
道路防災点検のスクーリングの対象となっていない。  
⇒ 道路に沿った広範囲のLP画像判読の必要性

国土地理院地図





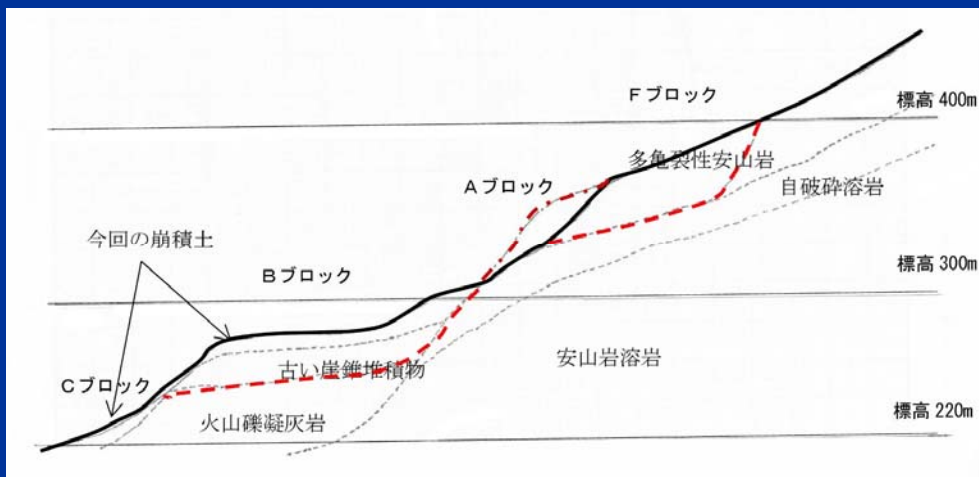
崩壊地の全景

\* 上部斜面のA1およびA2ブロックが、平滑な自破砕溶岩上面を境にすべっている。

\* すべり面は $25^{\circ} \sim 28^{\circ}$  と緩い勾配で、鏡肌に近い面である。上位の多亀裂性岩盤が徐々に繰り返し動いて(クリープ変形)、形成された粘土薄層と考えられる。

\* 斜面中腹の鞍部に堆積している移動土塊も不安定な状況であり、下位の岩盤である火山礫凝灰岩層の上面を境にしての不安定化が進むことが懸念される。

崩壊地の赤色立体画像(アジア航測提供)



崩壊地の模式断面図

地盤工学会 平成29年7月九州北部豪雨による地盤災害調査報告書より<sup>17</sup>

## 令和3年9月現在の復旧工事の進捗状況



対策工の全景



源頭部の対応 アンカー工による抑止工法



B・Cブロックの動きに対する押え盛土工



小野川の改修状況

# 中小河川沿いに同時多発した深層風化帯の大規模崩壊(2) 福岡県朝倉地域(県道・市道等のインフラの寸断)素因a、誘因d

## 斜面崩壊に関与した地層と風化形態

- 花崗閃緑岩 均質にまさ土化した深さ=90m以上を確認  
岩盤→多亀裂性弱風化岩→鬼まさ→まさ土→赤まさ  
流出・堆積土砂: 砂/玉石(核岩)  
建設材料としてのまさ土の土取り場が多数分布
- 変成岩類 風化して土砂化した深さ=数m  
岩盤→多亀裂性弱風化岩→岩塊・礫状→礫まじり粘性土  
流出堆積土砂: 礫まじり土, 岩塊, 角礫(細粒分流出)
- 豊肥地域の火山岩類 多亀裂性岩盤厚さ=20m  
岩盤→多亀裂性弱風化岩→岩塊・礫状  
(自破碎部は局所的に粘土化する)

19

## 道路の被災事例 : 主要地方道八女香春線の通る赤谷川沿線の崩壊と土砂流出



周辺の山腹斜面の崩壊 片岩ゾーン



谷幅いっぱいを埋める流出土砂と流木



赤谷川沿いに堆積した土砂や流木



八女香春線 谷内を横断する箇所を被災

\* 他の筑後川に注ぐ中小河川でも大量の土砂と流木が谷幅いっぱいに流出し  
県道、市道および農道等が寸断される(土砂洪水の様相)。 熊本大学北園芳人名誉教授撮影



花崗閃緑岩に見られる  
水平方向の不連続面  
後からの衝上断層？



河床洗掘跡に露出した  
断層破碎帯(乙石川)



泥質片岩のクサビ崩壊面  
に見られる高角の小断層群



安山岩溶岩のキャップロック構造



花崗閃緑岩と変成岩類との  
インターフィンガー状の境界

朝倉地域 三郡変成岩類分布地域

地質構造と関係して局部的に深層風化が進む箇所で大規模崩壊が発生  
古くからの地すべり地や断層破碎帯



乙石川源頭部



寒水川源頭部



乙石川源頭部 崩壊面



寒水川源頭部 崩壊面

# 白木谷川 源頭部大規模崩壊位置 キャップロック構造に伴う深層風化の実態



堆積した岩塊は安山岩 伐採地で発生



滑落崖の右肩部



○上位から安山岩、片岩、花崗岩の地層が分布する ○まさ土化した花崗岩が深く抉られる

# 添田花崗閃緑岩の深層風化の実態



斜面全体がまさ土化した強風化部



岩芯が玉石状に残留する強風化部



河床で削剝された塊状の弱風化部



河床付近の弱風化部から強風化部へ

# 道路被災事例：奈良ヶ谷川

## 福岡県朝倉市 市道山田黒川線(三郡変成岩分布域)



尾根付近の道路は比較的健全なまま



枠工は健全なまま残留  
上部斜面は崩壊  
路体は侵食される



土石流流過域での侵食状況



尾根近くで洗掘された路体  
急カーブする水衝部



洗掘された枠工脚部



谷出口付近は谷幅全体に土砂が堆積

# 道路被災事例：北川 福岡県 県道吉井甘木線



尾根近傍の大規模な崩壊(まさ土)



道路からの表流水による路肩の洗掘



土石流流過域での侵食状況  
この先の谷出口に県道有り



ボトルネック的に崩壊が進み、  
出口部の県道が土砂で埋積



道路や民家周辺に多発している  
表層崩壊



土砂や流木に埋まる  
沢横断位置の県道

# 道路被災事例： 福岡県大分県県境 大肥川沿い

国道211号 斜面崩壊 三郡変成岩の強風化帯 素因a、誘因d



局部的には深く抉られた崩壊の形状



強風化泥質片岩の表層崩壊



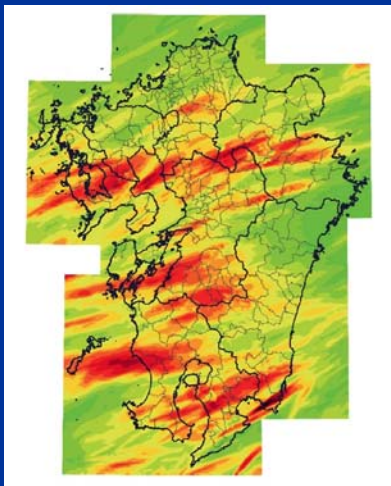
応急復旧状況

出典：平成29年7月九州北部豪雨による地盤災害報告書 地盤工学会

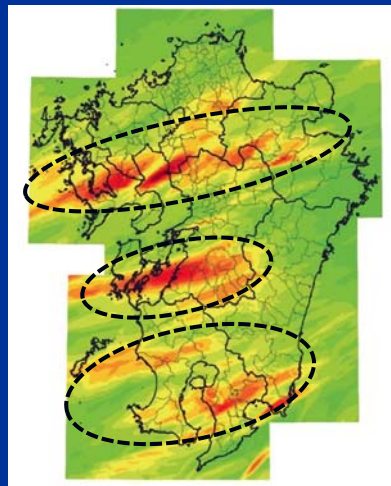
## I. 線状降水系による崩壊(素因a、誘因d)

### I-3. 令和2年7月(2020年)豪雨 7月3日～8日

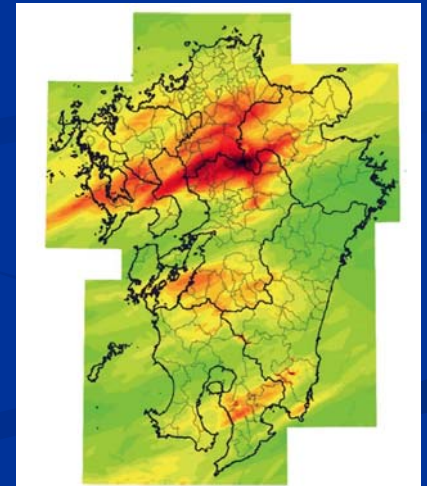
- ・降水量の特徴：九州を横断する3つの降水系  
九州北部、熊本県南部、鹿児島県～宮崎県南部
- ・主な被災地域：ほぼ九州全域  
熊本県球磨川の氾濫、九州各地での斜面災害



最大1時間雨量の分布図



最大3時間雨量の分布図



最大48時間雨量の分布図



\* 前年まで護岸擁壁の洗堀防止対策を検討、下流側は施工済み

### 護岸擁壁背面は幅広な開口割れ目が発達した凝灰角礫岩



護岸擁壁の崩壊



凝灰角礫岩は塊状で開口した割れ目が約10mで観察される



大きく抉られた背面岩盤  
\* 地下水が流出している。



終点側で崩壊した護岸擁壁の背面は岩塊からなる盛土

\* 赤岩洞門から片切り盛りで建設されていた区間。建設当初から河川の洗堀により開口割れ目沿いに抉れていた岩盤の前面に擁壁を設けて岩塊主体の盛土を施していた。

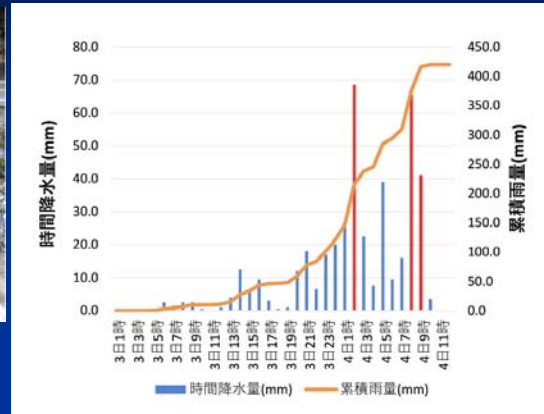
# 河川の増水による洗堀(誘因d) 国道219号 熊本県球磨川の増水による洗堀や路肩崩壊



八代市坂本町付近の盛土崩壊  
\* 流水によって舗装が捲れた状況



球磨村神瀬のブロック積み擁壁と盛土の崩壊  
\* 基盤岩はチャート



球磨村神瀬のブロック積み擁壁と盛土の崩壊  
\* 基盤岩は石灰岩



球磨村土留め壁の崩壊  
\* 斜面側ののり面保護工には変状が認められない。



球磨村 親杭横パネル壁工は路面まで水位が上昇しても崩壊に至っていない。

出典: 令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会

# 道路災害事例 : 斜面崩壊(素因a, 誘因d) 国道3号 熊本県芦北地域 国道3号佐敷トンネル起点側坑口



平面図 斜面の亀裂・段差

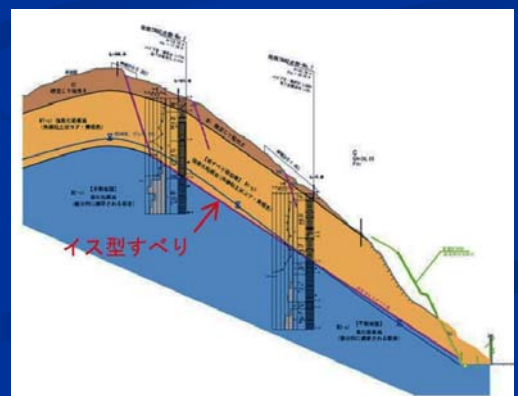


崩壊地の全景

\* 斜面脚部付近には簡易吹付砕工があったが摺り落ちている。  
\* 地質は中生代の泥質片岩の強風化部



滑落崖の状況



崩壊地の地質断面図

出典: 令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会



# 道路災害事例：斜面崩壊と土石流(誘因d、誘因f)

## 国道3号 熊本県芦北地域 国道3号佐敷トンネル終点側坑口



\* 隣接斜面でも小規模な崩壊が確認されている。



崩壊土砂の残留状況



道路への立木・土砂の流出・堆積状況



道路への出口付近の状況



流過部の風化岩の露出状況

出典：令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会

## LPデータを用いた斜面崩壊のメカニズム



**【現地確認結果】**

- 崩壊頭部は崩壊前から等高線の乱れが認められたブロック「亀裂の多い泥質岩、泥質岩の風化岩や火山岩」に相当する(写真5)。崩壊頭部の崩壊面には泥質岩が露出する。
- 斜面上部右岸側には谷地形上流部から湧水する表流水が認められ、今回崩壊したブロックの脚部に侵食地形を残しながら流下している。(写真2、3、4)
- 斜面上部左岸側の集水地形には、被災時に表流水が流れた痕跡が認められる。
- 斜面中流域の右岸には高さ3m、幅6m程度の表層崩壊が認められる。
- 地質は、亀裂の多い泥質岩(右岸)および石灰岩礫を含む崖堆積物(左岸)から構成されている。

**【崩壊機構】**

- 集中豪雨によって、斜面上部右岸(谷地形)と左岸側(集水地形)から大量の湧水・表流水が流下し、斜面中腹部が崩壊した。
- 斜面中腹部の崩壊により、崩壊頭部の不安定ブロック【表土+風化泥質岩+亀裂の多い泥質岩】脚部の抑えがなくなり、崩壊頭部が不安定化し崩壊した。
- 斜面中腹部に堆積した崩土に、さらに、さらに表流水が流入したことによって、流動化し、土石流となって、斜面や渓流を流下した。

# 崩壊跡の経時変化をUAVで監視

7月4日



7月8日



7月12日

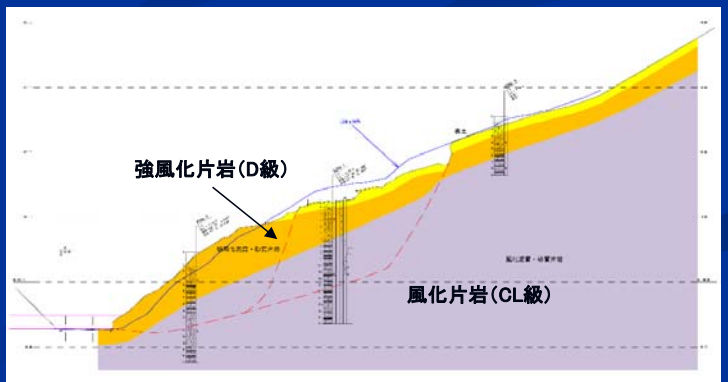
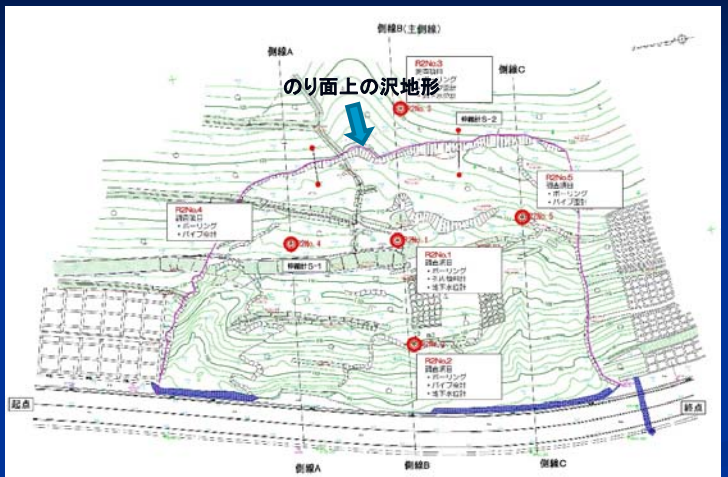


7月28日



\* 二次崩壊を監視しながらの災害復旧に利用

## 三郡変成岩の強風化帯の地すべり(素因a, 誘因d) 福岡県 県道筑紫野三輪線 斜面崩壊を繰り返している箇所の一部対策済



\* 今回の崩壊は沢地形前面の既設対策(杭)のり面を中心にする

# 三郡変成岩の強風化帯の崩壊・土石流化(素因a, 誘因d)

## 福岡県 一般県道白木上辺春線



崩壊幅 : 最大40m 平均30m  
 崩壊長さ : 60m  
 崩壊深 : 平均 5m  
 崩壊土量 : 約1万m<sup>3</sup>  
 崩壊箇所のこう配: 34°

土砂流過部 幅: 最大35m  
 平均20m  
 こう配: 12°

源頭部～松尾川まで210m  
 道路被災幅 : 70m



泥質片岩と砂質片岩  
 風化厚さは10m前後  
 泥質片岩→粘性土へ  
 砂質片岩→ブロック状岩塊・礫質土へ

出典: 令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会

# 亀裂性の岩盤崩壊の顕在化(素因b)

## 長崎県 県道平戸生月線斜面崩壊



- ・現場周辺は、地すべり警戒区域に指定されている。当該地質は、**風化凝灰角礫岩**を中心に構成されており、特に崩壊頭頂部の不安定岩塊周辺は、節理が発達した一部が分離したとみられる。
- ・今も斜面上に大小多数の岩塊が残存している。道路付近まで到達した岩塊は、落石防護柵で留まっている。
- ・レーザー変位計や伸縮計を崩壊頭頂部の岩塊群に複数設置し、動態観測を継続している。(今のところ、目立った変状は確認されず)

# 道路災害事例：斜面崩壊(誘因d)

## 鹿児島県大隅地域 シラス台地縁辺部の崩壊 市道馬場竹山線



① 第1溪流の崩壊拡大状況



② 令和2年7月に新たに生じた第4溪流の崩壊

平成元年および2年と崩壊範囲が拡大している。  
台地からの表流水や地下水が大きく影響している。

出典：令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会

# 道路災害事例：斜面崩壊(素因a, 誘因d, 誘因g)

## 宮崎県串間市本牧地区 県管理国道448号 日南層群からなる斜面中腹を通る海岸道路 斜面崩壊に起因する構造物の変状



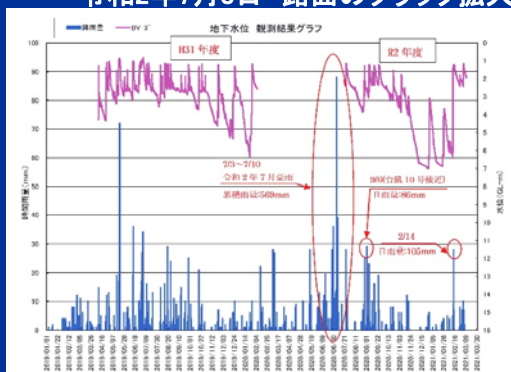
令和2年7月8日 路面のクラック拡大



令和2年災 7月14日  
アンカー工の破断  
擁壁工の前傾

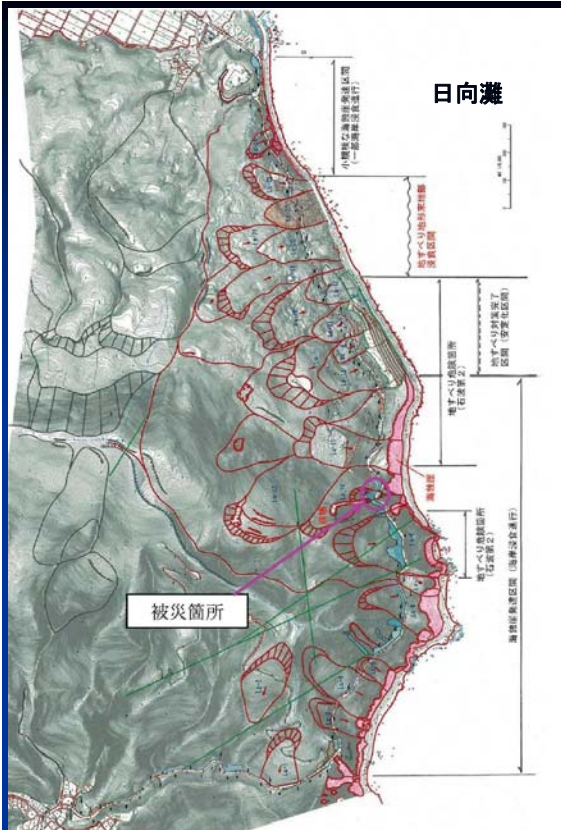


海岸に向かう急斜面中腹の道路  
繰り返し崩壊、土砂流出、  
海岸浸食が発生  
道路上下に抗土圧型の  
土構造物で抑止される。



7月3日~10日期间総雨量 569mm

出典：令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会



地すべり分布図と被災箇所位置図



平成22年の崩壊と土石流出



平成22年の崩壊 道路への土石流出状況



平成22年 擁壁の前倒れ状況

- 近年の集中豪雨や台風によって崩壊や土石の流出が繰り返し発生
- 地すべりブロック間の谷地形(集水地形)で崩壊が発生し易い斜面が連続
- 道路下は海岸に向かった急斜面であり徐々に侵食崩壊が進む環境

出典: 令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会



平成24年の路肩崩壊



平成28年の路面陥没



平成24年の災害復旧状況



平成28年の砕工の変状(砕に水平亀裂)



平成29年災 砕工の変状



砕工背面地山の流出

- 数年おきに被災している箇所であり、周辺地山の地すべり挙動も含めた形の抜本的な検討と対策が望まれている。

出典: 令和2年7月九州豪雨による地盤災害調査報告書 地盤工学会

# Ⅱ. 溶結凝灰岩(火砕流)台地縁辺部の崩壊(1)

鹿児島県大隅半島の溶結凝灰岩急崖の崩壊と土石流化(素因b, 誘因h)

## ふかみなと 垂水市深港川における被災概要

平成27年6月～7月  
(2015年)

2回の大崩壊  
⇒ 土石流

国土交通省  
九州地方整備局



<経緯>

○6月24日(水)	第1波11:50頃 第2波18:14頃
	国道220号全面通行止め
○7月5日(日)	第1波3:35頃
	国道220号全面通行止め
○7月17日(金)	17:00 通行規制解除(24時間片側交互通行)
○7月28日(火)	第1波12:42 第2波12:48
	国道220号全面通行止め(12:40～)
○8月5日(水)	12:00通行規制解除(24時間常時片側交互通行)



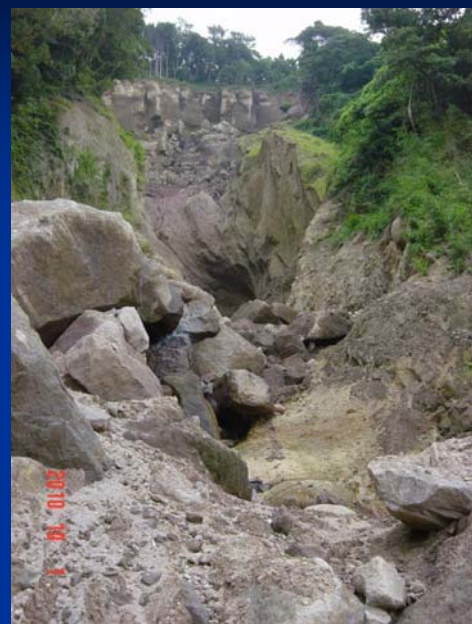
\* 垂水市のホームページに2回の崩壊の動画が掲載されている。(国土交通省の監視カメラ撮影映像)

## 溶結凝灰岩の柱状節理の発達する崖面の大規模崩壊→土石流へ

同じ崩壊形態 鹿児島県南大隅町2010年

中腹から頭部

### 頭部滑落崖 阿多溶結凝灰岩



\* 下位層(非溶結部)との境界から  
地下水湧出

溶結凝灰岩下の地層(非溶結部)  
の風化が進み強度低下を起こして  
いた可能性  
→ 小さな外的要因でも壊れる

厚い非溶結部を深く侵食

↓  
非溶結部は含水飽和して  
強度が低下していた。

溶結凝灰岩からなる台地縁辺部での大規模な崩壊は地下水が大きく関係している。  
多亀裂性岩盤 ⇒ キャップロックとして地下水を貯留 ⇒ 下位層の風化促進

## Ⅱ. 溶結凝灰岩(火砕流)台地縁辺部の崩壊(2)

大分県中津市耶馬溪町の大規模崩壊(平成30年4月11日)(素因b、誘因h)



地盤工学会特別セッション「平成30年4月大分県中津市耶馬溪町で発生した斜面崩壊に係る現地調査ならびに分析結果の報告」より

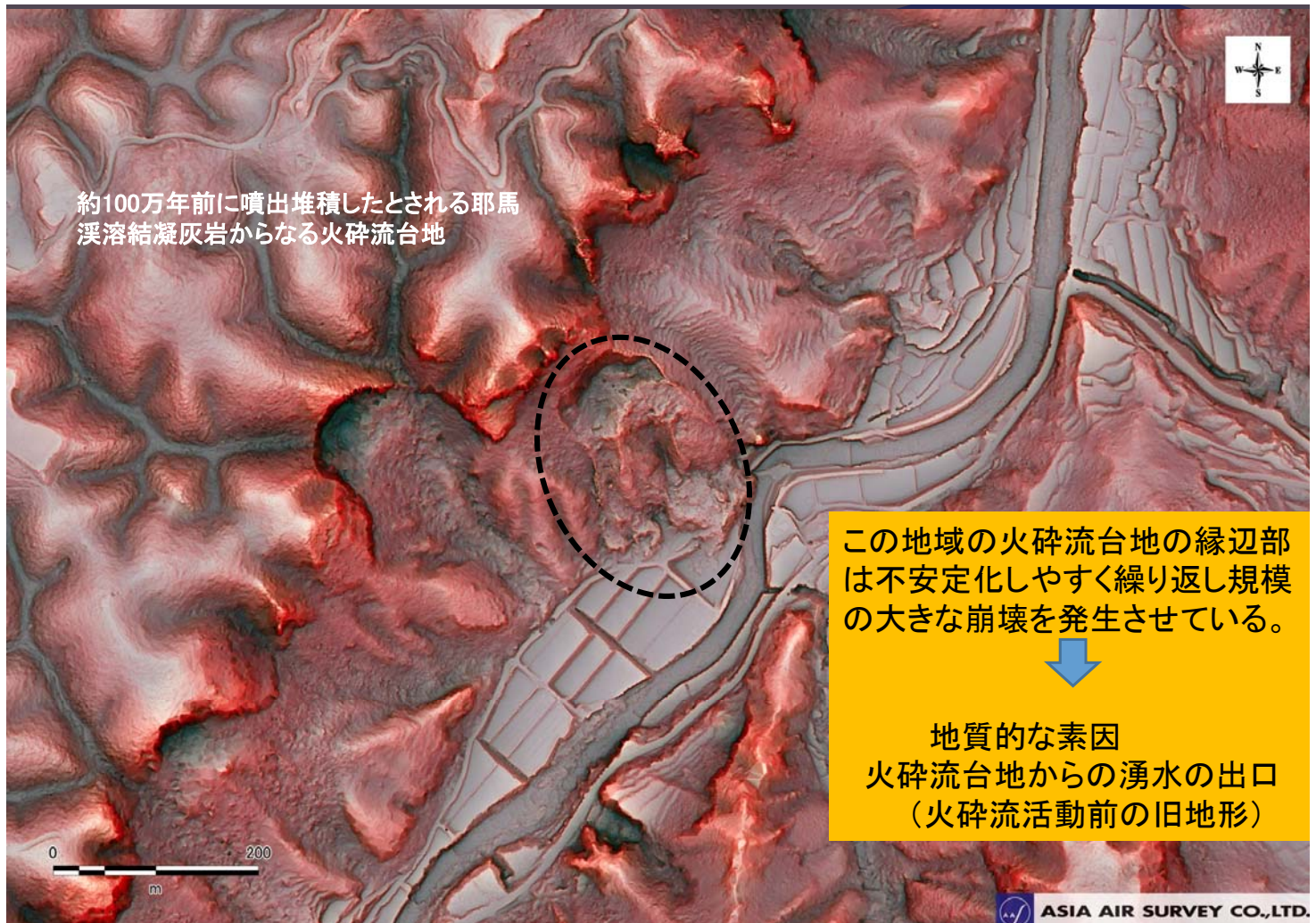
崩壊の直接的な誘因が降雨や地震動と関係していない。

↓

溶結凝灰岩台地からの地下水による下位の岩盤層の脆弱化

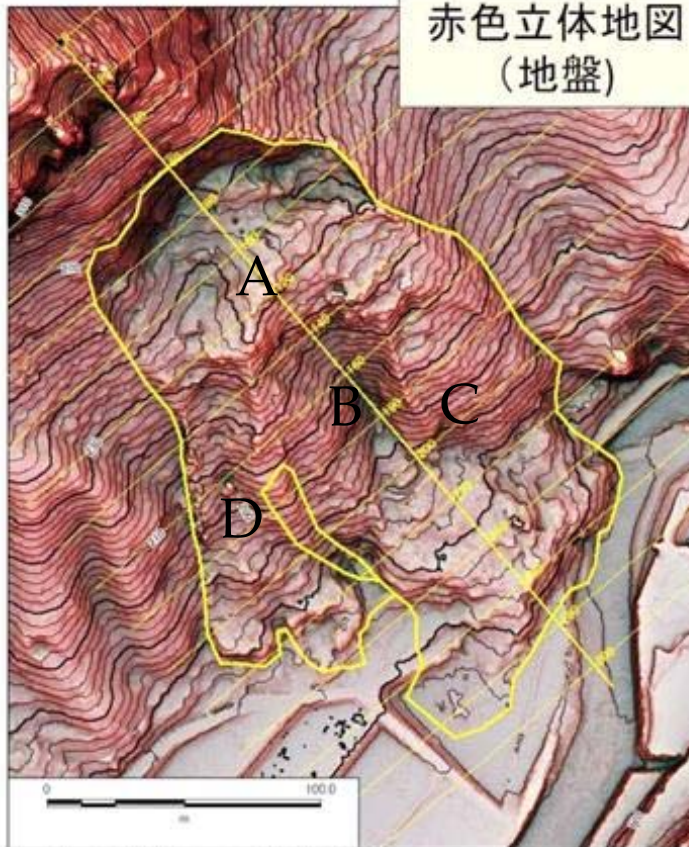
### 地形

- 標高350m~400mの平坦な頂をもつ火砕流台地の縁辺部の急崖部
- 対象斜面直線等斉斜面
- 右岸側斜面からの土砂流出により圧迫され攻撃斜面となる。
- 直上流の開析谷には常時豊富な流水がある。
- 溶結凝灰岩からなる急崖部を除き斜面中腹までは杉の植林

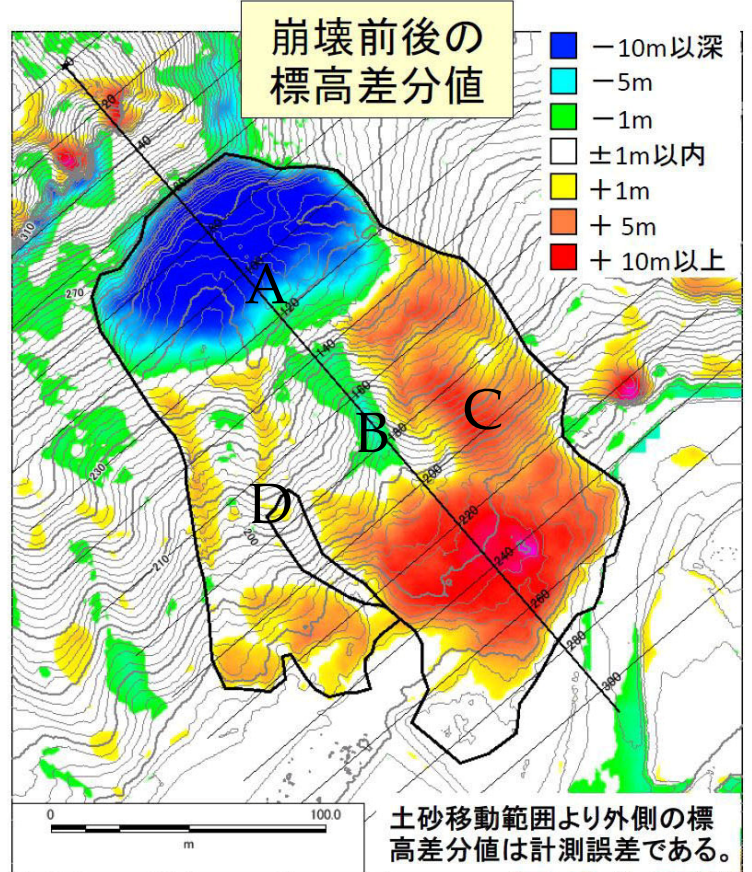


崩壊地周辺の赤色立体画像 (アジア航測提供)

# 崩壊地の概要



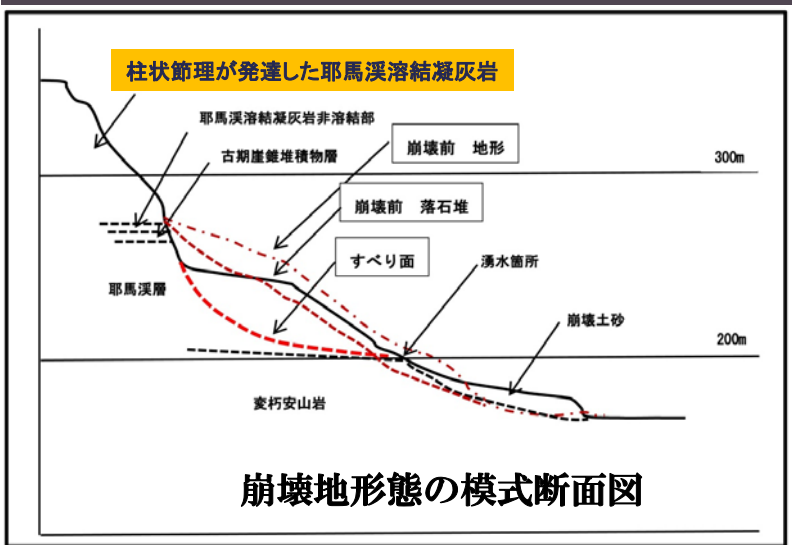
アジア航測(株)による自主計測



土砂移動範囲より外側の標高差分値は計測誤差である。

崩壊前: 基盤地図情報5mメッシュ

崩壊後: アジア航測(株)による自主計測LPを使用



崩壊地形態の模式断面図

## 崩壊の形態の特徴

- 溶結凝灰岩の急崖は今回は崩壊していない。崖下の厚い落石堆が崩壊。溶結凝灰岩層がキャップロックとして常時地下水を供給。
- 15m~20mの比高のシャープな滑落崖が形成されている。
- Aブロックのすべり土塊は深い円弧または椅子型のすべりをしてしていると想定される。耶馬溪層中の弱層または下位の変質安山岩との境界がすべり面となった可能性が高い。
- Bブロックの湧水は常時あり民家で利用されていた。崩壊面の湧水箇所ではスメクタイトを主とする粘土鉱物が観察された。
- 元々基盤岩の変質安山岩はクサビ崩壊をしやすい構造をもっていた。



\* 落石防護工施工時の写真 崩壊前のCブロックにクサビ型崩壊があったことがうかがえる。



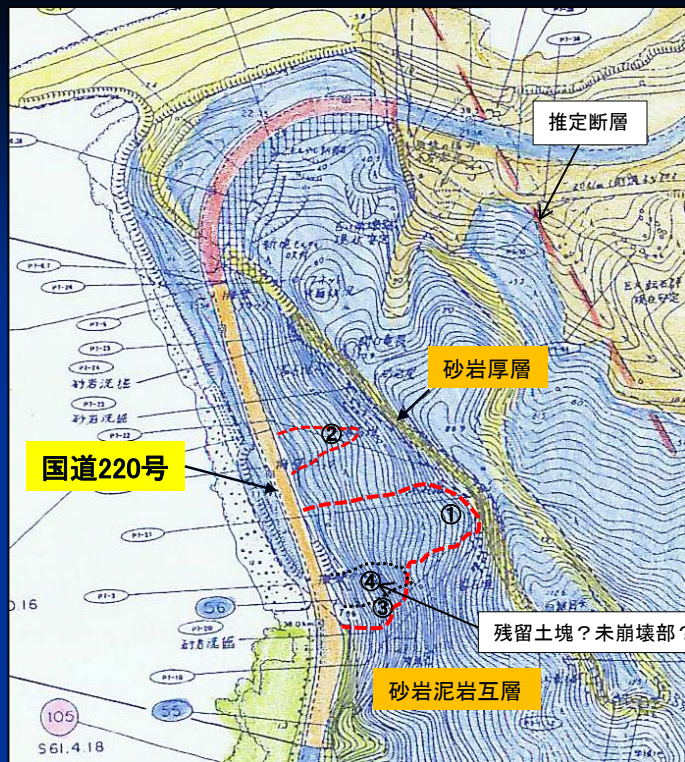
# Ⅲ. 台風や前線に伴う豪雨による道路災害事例(1) 平成29年台風22号による斜面崩壊 国道220号(素因a)



日南市志戸辻地区の崩壊 平成29年10月29日

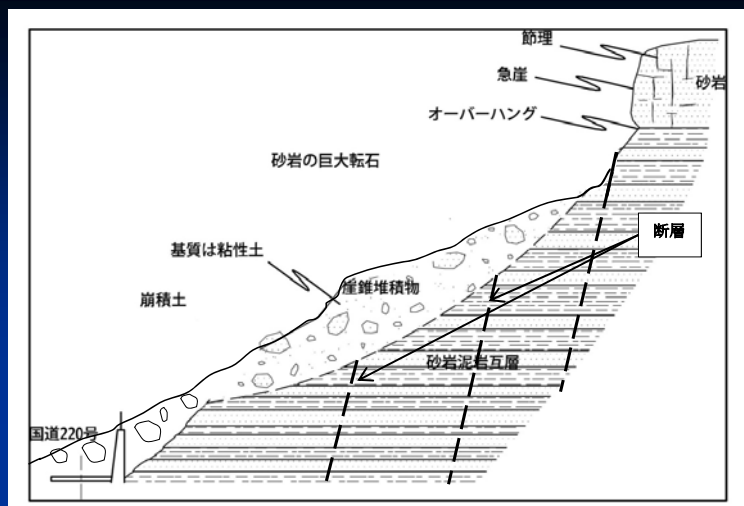
宮崎県 日南市 油津 457.5 mm(期間アメダス観測雨量)

国道220号日南海岸地区は砂岩泥岩互層からなる宮崎層群からなり、斜面災害の頻発する異常気象時の通行規制区間である。



路線防災マップ 崩壊範囲

被災道路施設 : 擁壁工+落石防護柵工



崩壊模式断面図

- \* 宮崎層群の砂岩泥岩互層からなる基盤岩上の厚い崖錐堆積物層が崩壊
- \* 崩壊規模は道路被災延長100m  
崩壊幅 = 60~80m  
崩壊深 = 3~10m  
崩壊長 = 120m(斜長)  
崩壊土量 = 5000m<sup>3</sup>

### Ⅲ. 台風や前線に伴う豪雨による道路災害事例(2) 主要地方道八女香春線 星野川 上長尾地区兼用護岸の崩壊(誘因e)

令和元年(2019年)8月前線の活動による大雨



- ・星野川中流域の水衝部の護岸洗堀
- ・平成24年九州北部豪雨で隣接箇所が洗堀崩壊の履歴

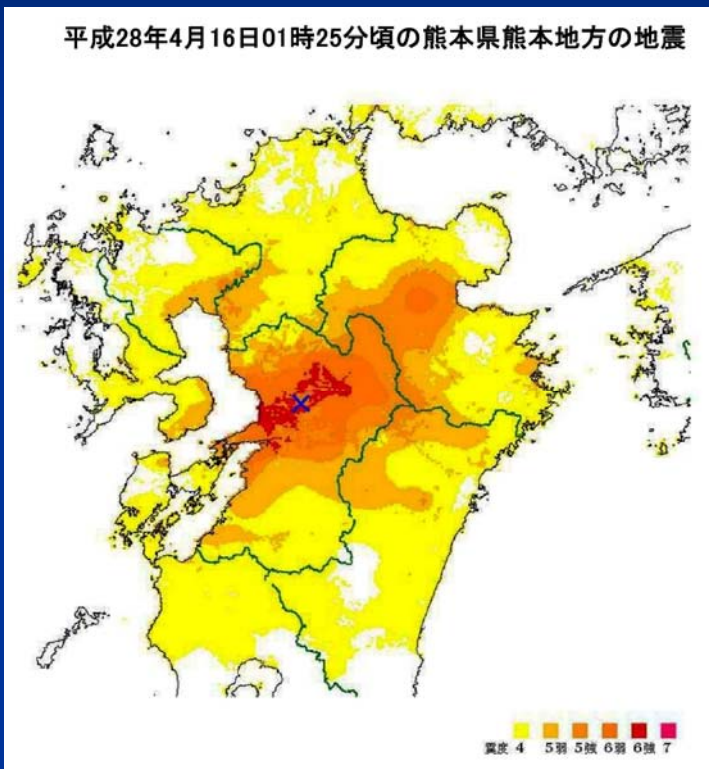


### Ⅳ. 地震動による斜面崩壊(素因c、誘因g)

平成28年(2016年) 熊本地震

・地震動の分布

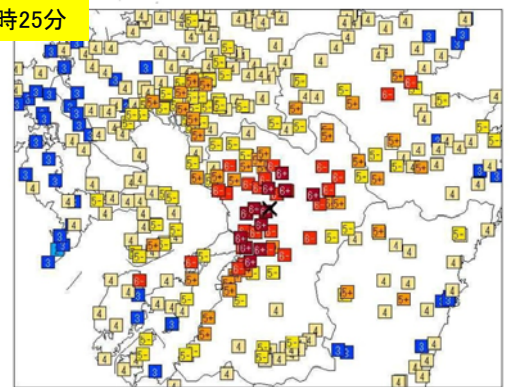
平成28年4月16日01時25分頃の熊本県熊本地方の地震



4月16日01時25分

- |    |        |
|----|--------|
| 7  | 震度 7   |
| 6+ | 震度 6 強 |
| 6- | 震度 6 弱 |
| 5+ | 震度 5 強 |
| 5- | 震度 5 弱 |
| 4  | 震度 4   |
| 3  | 震度 3   |
| 2  | 震度 2   |
| 1  | 震度 1   |

×:震央

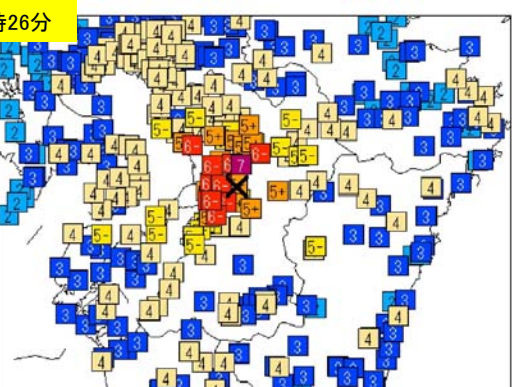


各観測点の震度分布図(震央近傍を拡大)

4月14日21時26分

- |    |        |
|----|--------|
| 7  | 震度 7   |
| 6+ | 震度 6 強 |
| 6- | 震度 6 弱 |
| 5+ | 震度 5 強 |
| 5- | 震度 5 弱 |
| 4  | 震度 4   |
| 3  | 震度 3   |
| 2  | 震度 2   |
| 1  | 震度 1   |

×:震央



各観測点の震度分布図(震央近傍を拡大)

\* 震度7の強震動が短時間に2度発生した。

# ① 国道57号・国道325号交差部の大規模崩壊

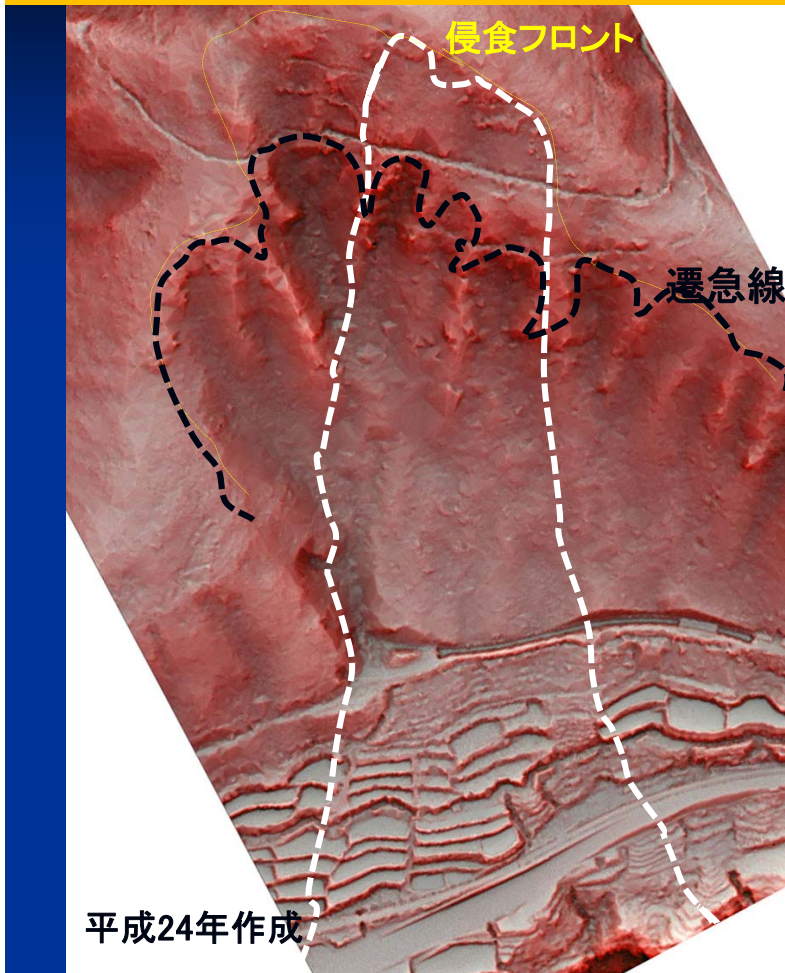
落橋前の阿蘇大橋

## 国道325号阿蘇大橋の落橋 素因b、誘因f

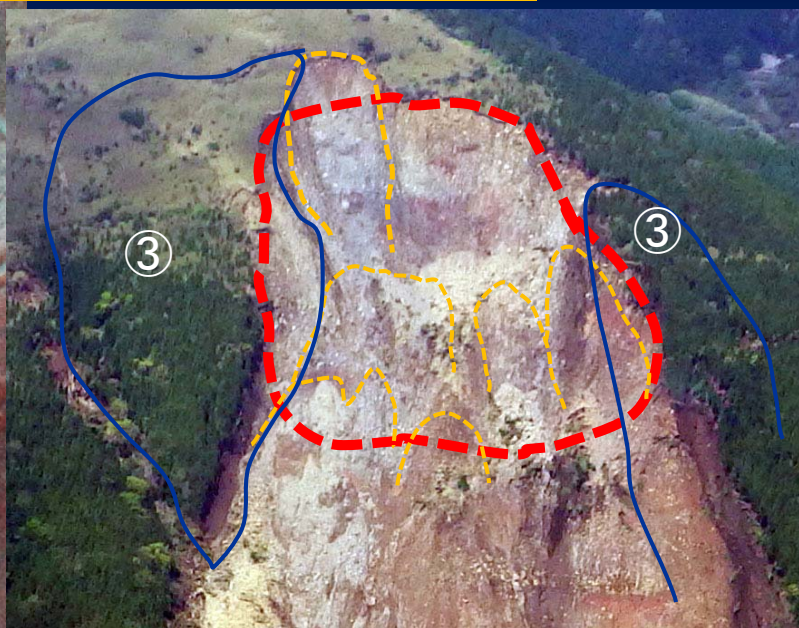
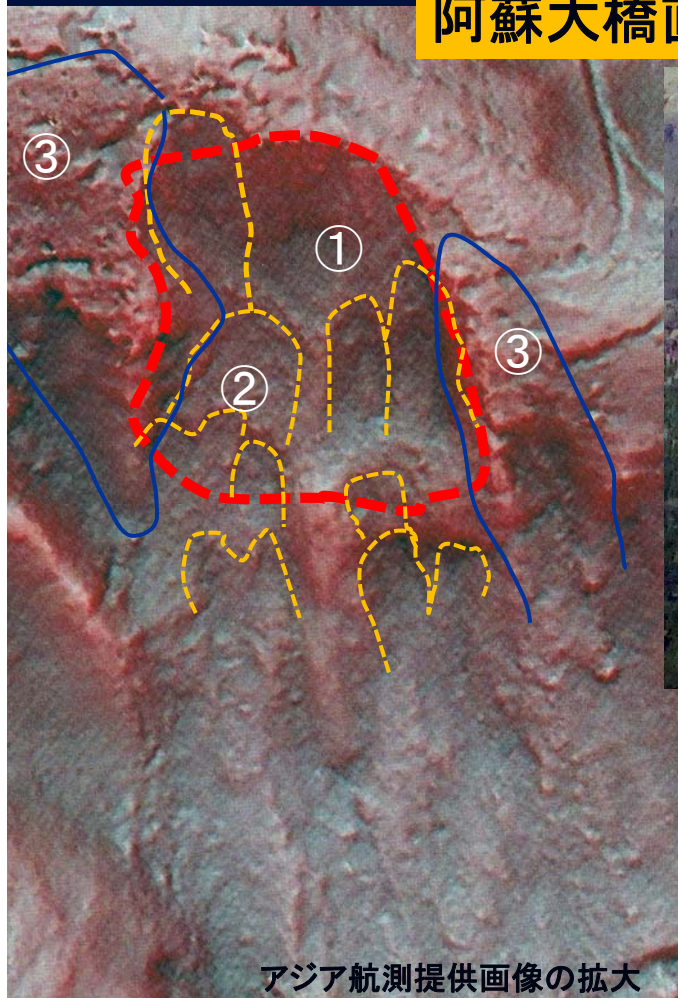


九州大学大学院 安福教授撮影

## 崩壊前と崩壊後の比較



## 阿蘇大橋直上斜面の崩壊形態



- ①強震動によるボトルネック崩壊  
(Ejection Type)
- ②継続的に誘発された二次崩壊
- ③潜在すべりブロック  
(Shattering Type)

アジア航測提供画像の拡大

55

## 崩壊面に現れた地層

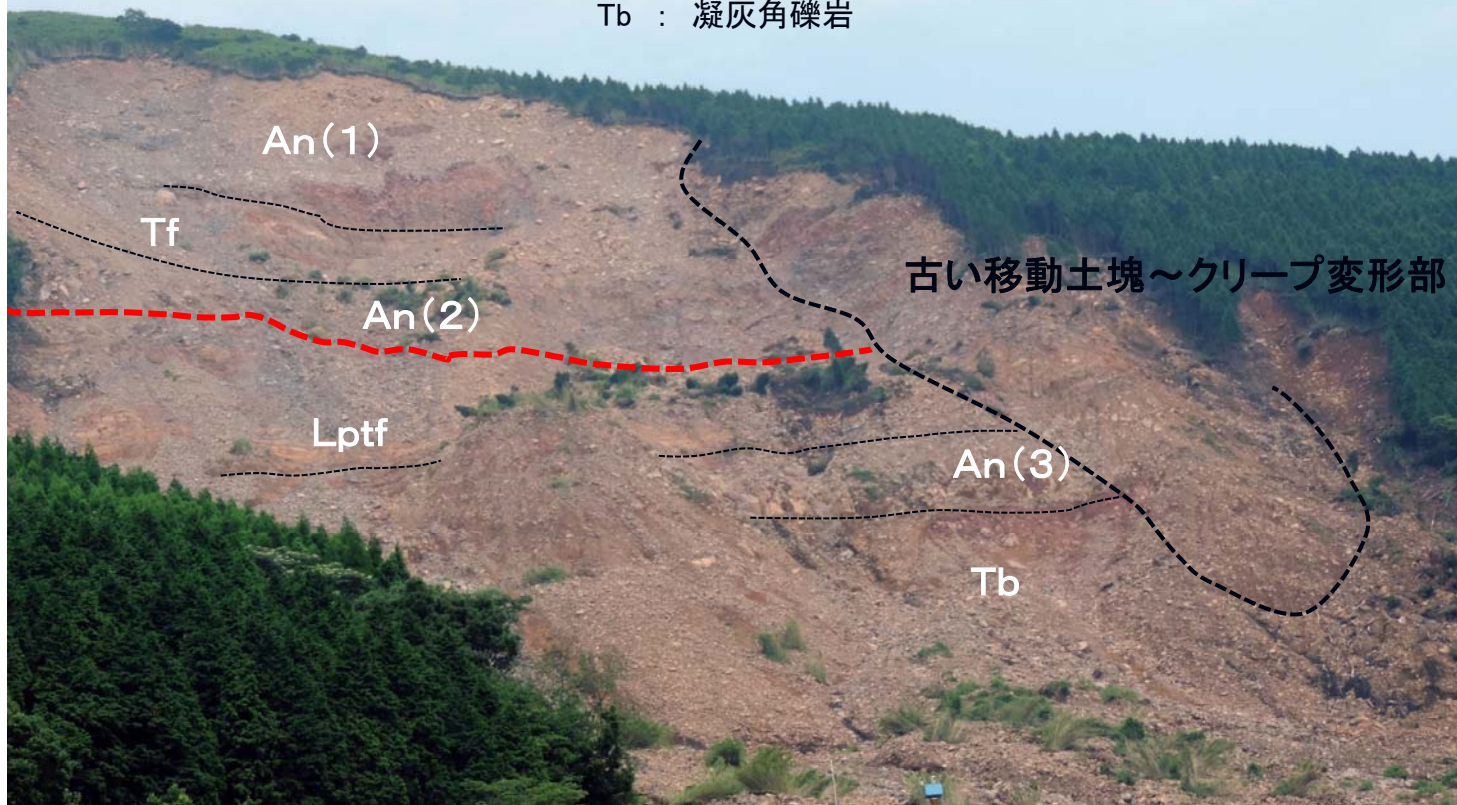
カルデラ壁を構成する先阿蘇火山岩類

An : 安山岩溶岩(自破碎部含む)

Tf : 凝灰岩

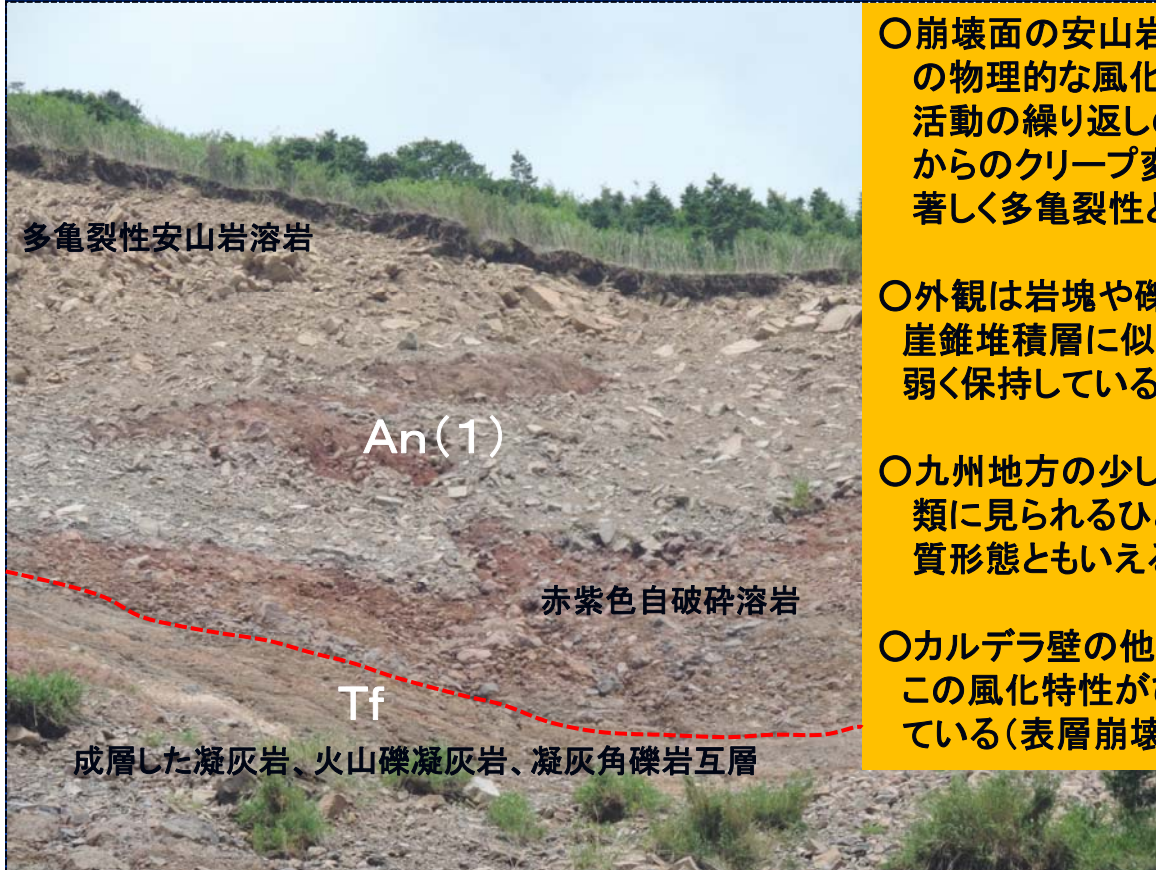
Lptf: 火山礫凝灰岩

Tb : 凝灰角礫岩



# 滑落崖に露出する地層

## 多亀裂性安山岩(節理面の保持)とその自破碎部



- 崩壊面の安山岩溶岩は 堆積後の物理的な風化作用(地震・火山活動の繰り返しの影響や岩盤表面からのクリープ変形)によって著しく多亀裂性となっている。
- 外観は岩塊や礫から構成される崖錐堆積層に似るが節理面を弱く保持しているのが認められる。
- 九州地方の少し古い時代の火山岩類に見られるひとつの深層風化・変質形態ともいえる。
- カルデラ壁の他の箇所の崩壊でもこの風化特性がひとつの素因となっている(表層崩壊型や飛出し型)。

## 右側部にある厚い潜在すべりブロック



- 移動土塊は多亀裂性安山岩と赤紫色自破碎溶岩が乱されずにずれている。  
(風化岩盤のクリープ性変形)

- 頭部には明瞭な段差やずれが認められる。

# 崩壊メカニズム

- 先阿蘇火山岩類の安山岩溶岩は堆積後に4回にわたるカルデラ噴火や活断層起源の巨大地震を受け多亀裂性の岩盤となっている(素因b)。
- 遷急線より上に侵食フロントがあり, その付近の斜面を構成する多亀裂性安山岩層にボトルネック的な飛出し型の崩壊が発生した。
- 侵食フロント付近には右側部の肩に見られるような大規模な潜在すべりブロック (受け盤のクリープ性変形)が地質時代にわたって形成され繰り返し崩壊していた可能性がある。

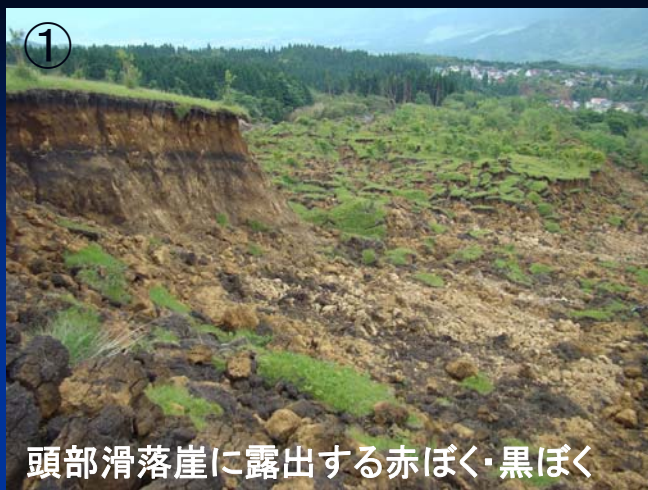
59

## ② 熊本地震で発生した地すべり性崩壊

九州沖繩の特殊土 アカボク・クロボク



- 円錐状の地形(円頂丘)は火口のひとつ 崩壊前の斜面勾配 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$
- 建物周囲や未崩壊の緩斜面にも多数のクラックや段差が判読される。
- 移動土塊は波状にうねっている。 火山灰質粘性土層の厚さは12~15m



① 頭部滑落崖に露出する赤ぼく・黒ぼく



② 表面が波立つように移動した土塊

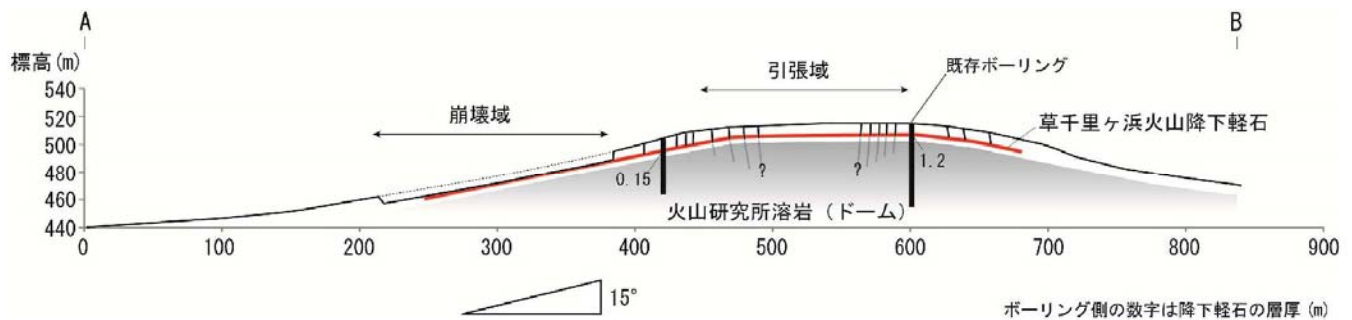


③ 高野台地区方向へ流出した土塊  
他の2方向に比べ勾配がきつく高速で  
すべっている



④ 滑落崖より南側の移動土塊を望む

## 概略地質断面



(京都大防災研 釜井俊孝教授作成モデル)

- 草千里ヶ浜降下軽石層をすべり面とする地すべり性崩壊
- すべり面の勾配は平均 $10^\circ$ と極めて緩い。
- 高含水比の軽石層が地震動によって急速非排水せん断状態となり  
間隙水圧が上昇して、強度低下を起こした。
- 降下軽石層(すべり面)は活動前の丘陵状の旧地形面にほぼ一様な  
厚さで分布していた。
- 阿蘇地域での集中豪雨時の斜面崩壊では、このタイプのすべりは  
発生しておらず地震動による特異な崩壊である。
- 今後、地震で生じた表面の亀裂等から雨水が浸透して崩壊に結び付く危険。

\* 東日本大震災時の白河市の葉ノ木平地区の火山灰質土の高速地すべりと似る。

### ③地震動に見舞われたV字谷の挙動

地震動に対する火山岩類からなる岩盤急崖斜面の脆弱さ



本震の当地区の震度階は6強

グーグルアース画像を用いた判読

凡例 黄色実線 … 崩壊箇所, 薄紫色実線 … 開口亀裂発生範囲

63

### 白川・黒川合流部近傍のV字谷に沿う崩壊



アジア航測提供図面



# 急崖部の連続的な岩盤崩壊(黒川・白川両岸)



V字状に深く開析された谷の両岸の急崖部の岩盤崩壊

## 黒川右岸沿いの斜面崩壊

阿蘇大橋付近の崩壊



阿蘇長陽大橋付近の崩壊



国道57号コンクリート橋台付近の崩壊



赤瀬溶岩: 不規則な節理  
立野溶岩: 柱状節理

## V字谷に沿った道路の被災状況 村道栃木-立野線の被害状況 阿蘇長陽大橋付近の地盤の変形



村道栃木-立野線 崩壊箇所



村道栃木-立野線 波打つ舗装面



阿蘇長陽大橋の2m近い段差



村道栃木-立野線の舗装の変形



橋手前の白川に向かう斜面崩壊



橋台周りの岩盤崩壊で不安定化

\* 黒川と白川の合流部を跨ぐ阿蘇長陽大橋へ至る村道が道路下のV字谷に沿った岩盤崩壊のため白川側へ舗装面が押し出される変形をする。

67

## V字谷に沿う岩盤崩壊

○多亀裂性の岩盤からなるV字谷では地震動が増幅されてトップリングやバックリングに近い**飛出し型の崩壊**(Ejection Type)が発生している。

○地震動や壁面の崩壊に伴って遷急線より上の斜面や平坦面に引張り性の開口亀裂や段差が生じており、今後**潜在すべり**として対処していく必要がある。

# 地震による斜面崩壊事例

熊本地震

国道442号 福岡県矢部村宮の尾地区の岩盤崩壊

震度5弱



柱状節理が発達する溶結凝灰岩  
縦節理の発達する溶結凝灰岩  
黒褐色の弱溶結凝灰岩  
黄褐色の凝灰岩  
(または降下軽石層) ?



Aso-4の火砕流堆積物で柱状節理の発達する溶結凝灰岩岩盤が強震動により崩落

一般に下位層との境界には軽石層や火山灰層などの軟弱層を挟んでおり地震には弱い

## 地震後の梅雨期降雨による崩壊拡大

地震後の梅雨時豪雨後

地震直後



熊本大学大学北園芳人名誉教授撮影

グーグルアース画像を用いた判読

- 地震時には斜面中腹で崩壊土砂が留まっていたものが梅雨期の豪雨で崩壊を拡大させ国道に達した。
- グーグルで潜在すべりと判読していた箇所でも新たな豪雨による崩壊が発生した。
- テフラ層からなる緩斜面でも地震で形成された開口亀裂や段差が集中豪雨時の崩壊を助長する。



# IV. 第三紀成層軟岩地山の斜面崩壊事例(1)

風化岩層の平面すべり(流れ盤) 唐津伊万里道路2008年(誘因h)



複合した原因 (誘因は降雨や地震動と関係しない)

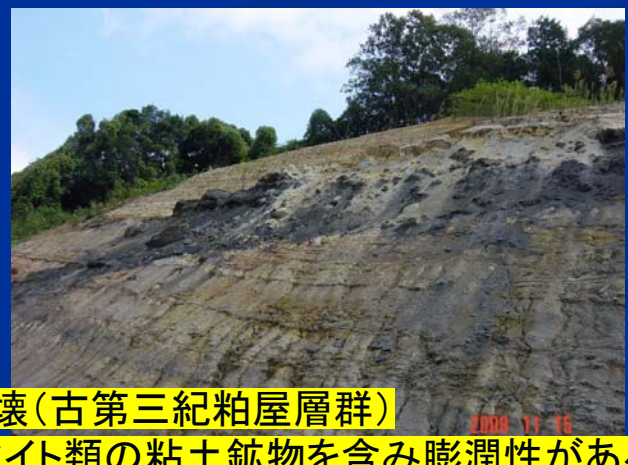
- 長大切土による除荷作用
- 流れ盤すべり
- 切土前は谷地形で風化が深くまで及ぶ
- 切土による地下水の流れの変化
- 走向断層の存在
- スレーキングしやすい頁岩・凝灰岩の挟在

古第三紀杵島層群砂岩泥岩互層

WEB公開資料 第2回 唐津伊万里道路法面対策検討会配布資料より

# 第三紀成層軟岩地山の斜面崩壊事例(2) 素因a

福岡県主要地方道筑紫野古賀線局部改良区間 切土のり面崩壊(2009年)



石炭層を挟む脆弱岩盤の崩壊(古第三紀粕屋層群)

炭層周辺の頁岩類はスメクタイト類の粘土鉱物を含み膨潤性がある

# 施工中の筑紫野古賀線の古第三紀層粕屋層群 頁岩優勢砂岩頁岩互層(道路基面まで脆弱な風化岩)



両カットだとどちらかののり面は流れ盤



砕内が植生工で対応されているが風化が速い地盤だと要注意



切土と切土の間の沢地形部が道路基面より上に出現 要注意



脆弱な岩盤ののり面対策として砕工が採用されている

73

## V. 九州におけるここ10年間の道路災害の総括

### 1) 地球温暖化に伴う異常な降雨形態が誘因となった 斜面災害の頻発



線状降水系

1000mm近い降水量をもたらす台風

○深層風化した地域や特殊土地盤の地域を直撃した場合の被害の甚大化(道路の寸断、土砂洪水)

○河川の増水や氾濫による兼用護岸の洗堀崩壊

○道路用地から遠隔地で発生する崩壊・土石流の点検の難しさ

## 2) 火山地帯を強震動の地震が襲った場合の異常な崩壊形態と今後の集中豪雨への影響

- 火山岩類からなるカルデラ壁がクリープ変形していた箇所を中心に破壊に至った大規模な崩壊
- 火山灰層が降り積もった緩傾斜の丘陵性の斜面での地すべり性崩壊
- 溶岩で構成されたV字谷の飛び出し型の岩盤崩壊
- 地震動で一旦動き出した移動ブロックが残留した箇所や破壊までに至らなかった土建造物の今後の気象災害への影響

75

## 3) 地震による斜面災害の形態分類の提案

### ①深層すべり型(Breach Slide Type)



すべり面の有無

### ②深層崩壊型(Breach Collapse Type)

### ③飛び出し崩壊型(Ejection Type)

地震の強烈な水平力を受け岩盤や岩塊が飛び出した岩盤崩壊・落石

### ④表層崩壊型(Skinning Type)

④-1 崖錐堆積物や強風化岩、多亀裂性岩盤の崩壊

④-2 テフラ層(火山灰質土や軽石層)の崩壊

### ⑤残留すべり型(Shattering Type)

・今回の地震動で崩壊寸前で斜面に留っているもの

・崩土・岩塊・倒木などの移動土塊が斜面に不安定に残留するもの

\* 四川大地震で調査に用いた斜面崩壊の形態分類(成都理工大)を追加修正

## 4) 素因としての深層風化帯の分布の把握

地質図はあるものの、各地層がどのような風化形態でその地域に分布しているかが明確になっていない。



- 地盤情報データベースを中山間地域までに拡大  
例：平成29年度被災した福岡県朝倉地域の調査ボーリング・データは0本だった。  
\* 風化状況、風化深さ、物性の把握
- LPデータによる地形判読を斜面災害多発地域に拡大  
\* 道路から離れた斜面の崩壊履歴や荒廃状況の判読  
\* 地震後の潜在すべり箇所の手動把握

77

## 5) 特殊な地盤・岩盤分布域での 斜面崩壊や切土のり面崩壊

- 九州地方に分布する特殊土地盤で依然繰り返される道路災害  
シラス、まさ土、火山灰質粘性土(アカボク・クロボク)  
宮崎層群、日南層群
- クローズアップされる風化岩や多亀裂性の岩盤  
三郡変成岩の中の泥質片岩・・・深層風化帯の存在  
新第三紀の火山活動の豊肥火山岩類や肥薩火山岩類  
多亀裂性岩盤のクリープ性崩壊(深層崩壊+土石流)  
第三紀堆積軟岩・・・特に泥質岩のスレーキング  
現在、工事が進行中の九州西回り自動車  
宮崎層群の泥岩、日南層群メランジュ(海底地すべり堆積物)  
柱状節理の発達する溶結凝灰岩  
火砕流台地の縁辺部での大規模崩壊

78

## 6) 道路防災対策の効果

平成23年～令和2年10年間九州地方の道路災害

- 平成18年道路防災総点検に基づく要対策箇所、カルテ対応箇所に対する対策が進捗し、直轄国道での大規模な被災が減少する傾向にある。
- 斜面・のり面对策におけるのり枠工やアンカー工を主とする抗土圧型の対策は、集中豪雨や強震動でも効果を発揮した。

のり枠工の効果発揮例



①平成29年度7月豪雨災害  
市道山田黒川線  
奈良ヶ谷川沿い



③熊本地震時  
県道河陰阿蘇線の  
川に沿ったもたれ式  
擁壁+アンカー工と  
テールアルメ直壁工  
ほぼ健全性を保つ



②熊本地震時  
平成24年被災箇所の  
南阿蘇村立野地区の  
長大のり枠工 地震時  
も全く健全さを保つ



④熊本地震時  
火山灰質粘性土層の  
切土箇所  
吹付工・・・剥離崩壊  
吹付工+鉄筋挿入工  
・・・健全性を保つ

79

## VI. むすび(1) :

この10年間に発生した道路災害への対応案

- 素因 :
- a) 深層風化帯の大規模な崩壊の発生
  - b) 多亀裂性の岩盤崩壊の顕在化
  - c) 火山地帯の地震に対する脆弱さ



道路防災総点検スクリーニングの高度化

中山間地域の地盤情報データの収集

- 地質図に表現されていない風化形態
- 斜面崩壊等の多発地帯の地質・土質情報の抽出

80



## VI. むすび(2) :

### この10年間に発生した道路災害への対応案

- 誘因 : d) 線状降水系の頻発  
e) 河川増水による路体の洗堀崩壊  
f) 地震動による特異な斜面災害  
g) 用地外からの被災 点検の難しさ  
h) 誘因が不明瞭な斜面災害の発生



- 兼用護岸道路の再点検(特に水衝部)
  - LPデータ判読による道路から遠隔地の危険度判読
  - 線状降水系の予測精度の向上
  - 強震動による潜在すべり箇所データベース化  
(位置、規模、形態)
- ⇒ 気象災害と結びつけない工夫