

平成30年7月豪雨による崩壊・土砂移動 の地形的特徴—花崗岩・流紋岩・堆積岩 地域間の比較を中心に

須貝俊彦*・佐々木夏来(東京大学)・高橋尚志・
村木昌弘・舟津太郎・木森大我(東京大学・院)

* 日本地理学会災害対応委員会土砂災害担当委員

- 2018年7月豪雨水害により、亡くなられた方々に心からご冥福をお祈りします。被災された皆さまにはお見舞い申し上げますとともに、被災地の一日も早い復旧をお祈りいたします。
- 国土地理院提供の空中写真、地理院地図を使用しました。感謝いたします。

発表内容

1. 平成30年7月豪雨による土砂災害の特徴
2. 花崗岩地域(広島県坂町、呉市北西部)
流紋岩地域(広島県呉市東部、東広島市南西部)
付加体堆積岩地域(愛媛県宇和島市)で発生した
斜面崩壊・土石流地形の比較
3. 流紋岩地域で斜面崩壊がなぜ多発したのか
4. 花崗岩地域における2018年7月豪雨土砂災害と、2014年9月豪雨土砂災害の共通点
5. 下流での土石流の動きと土砂災害

1. 平成30年7月豪雨による土砂災害の特徴

- 超広域、広島・愛媛を中心に、南九州から中部山岳まで
- 超多発、崩壊地数8000地点以上（後藤2018、石黒2018）
- 表層崩壊物質が土石流化。倒木・泥水を含む土石流による破壊、埋積が災害を深刻化
- 降雨特性（誘因）：線状降水帯の形成・移動が列島スケールで繰り返された

➤ 地形・地質特性（素因）：

地形場（流域地形、斜面地形）の特徴、条件 ？

地山の地質、風化状況、生産・堆積土砂特性 ？

⇒ 緩傾斜地でも多発（後藤2018）

起伏比が大きい、小流域で密に発生（後述）

1次谷の谷頭付近（0次谷）から崩れる（後述）

流紋岩地域で崩壊多発（後述）

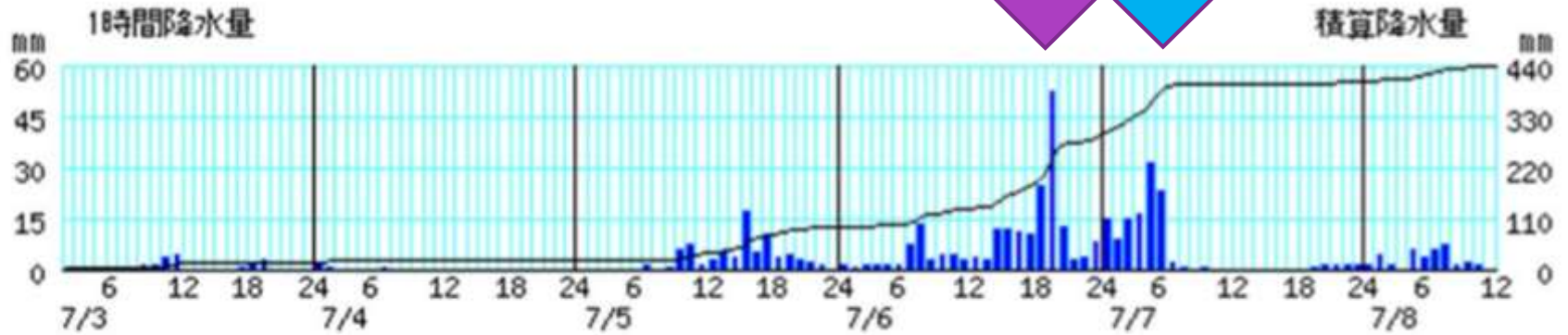
花崗岩地域での崩壊、2014年広島豪雨と類似（後述）

東広島、呉、宇和島の1時間降水量と積算降水量の時間変化(気象庁、アメダスによる)

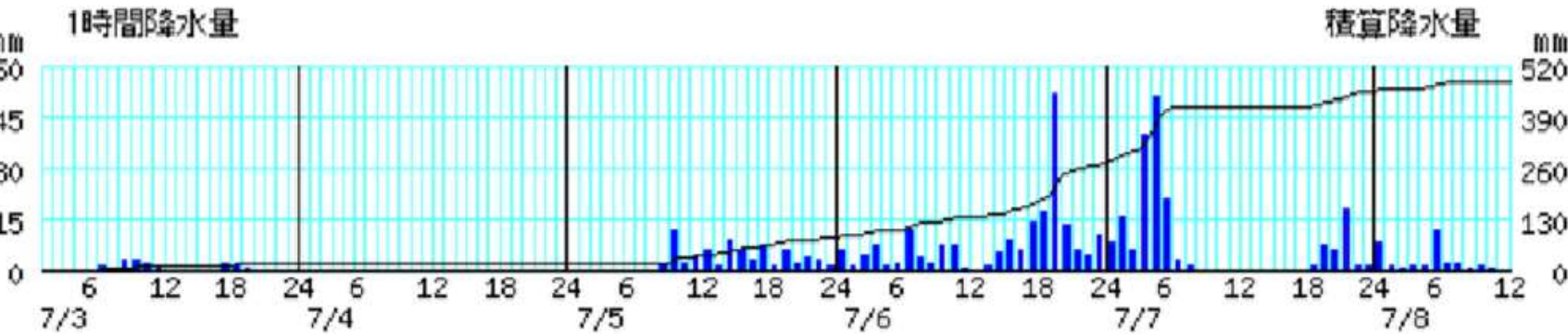
7月6日夜、東広島一部地域で崩壊・土石流発生報道

崩壊後にも豪雨>ガリー侵食

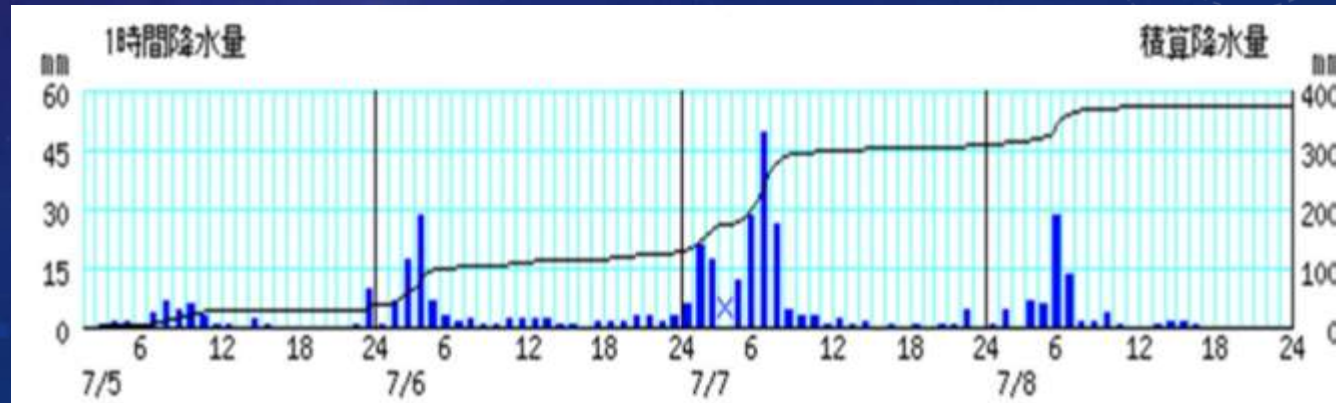
東広島



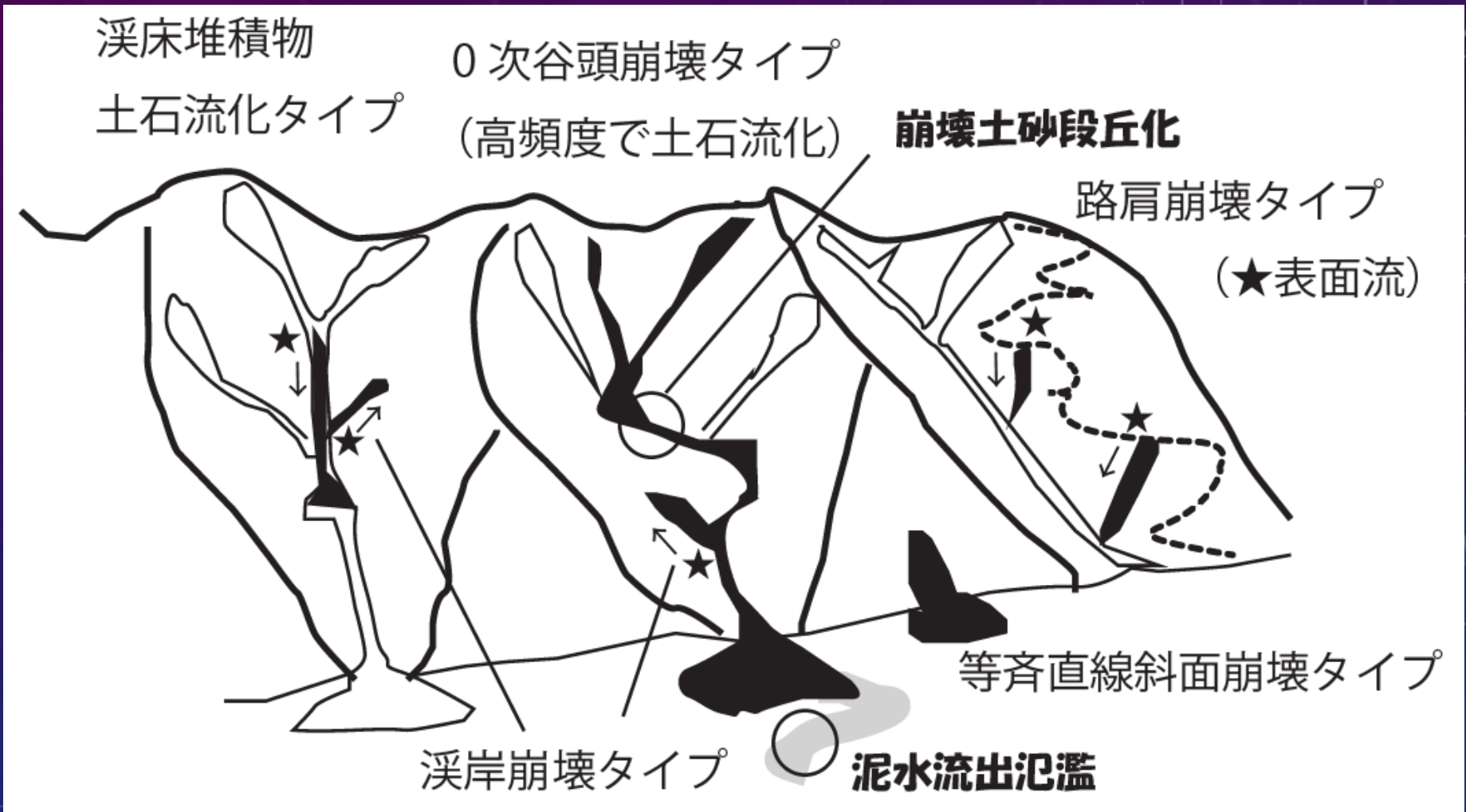
呉



宇和島

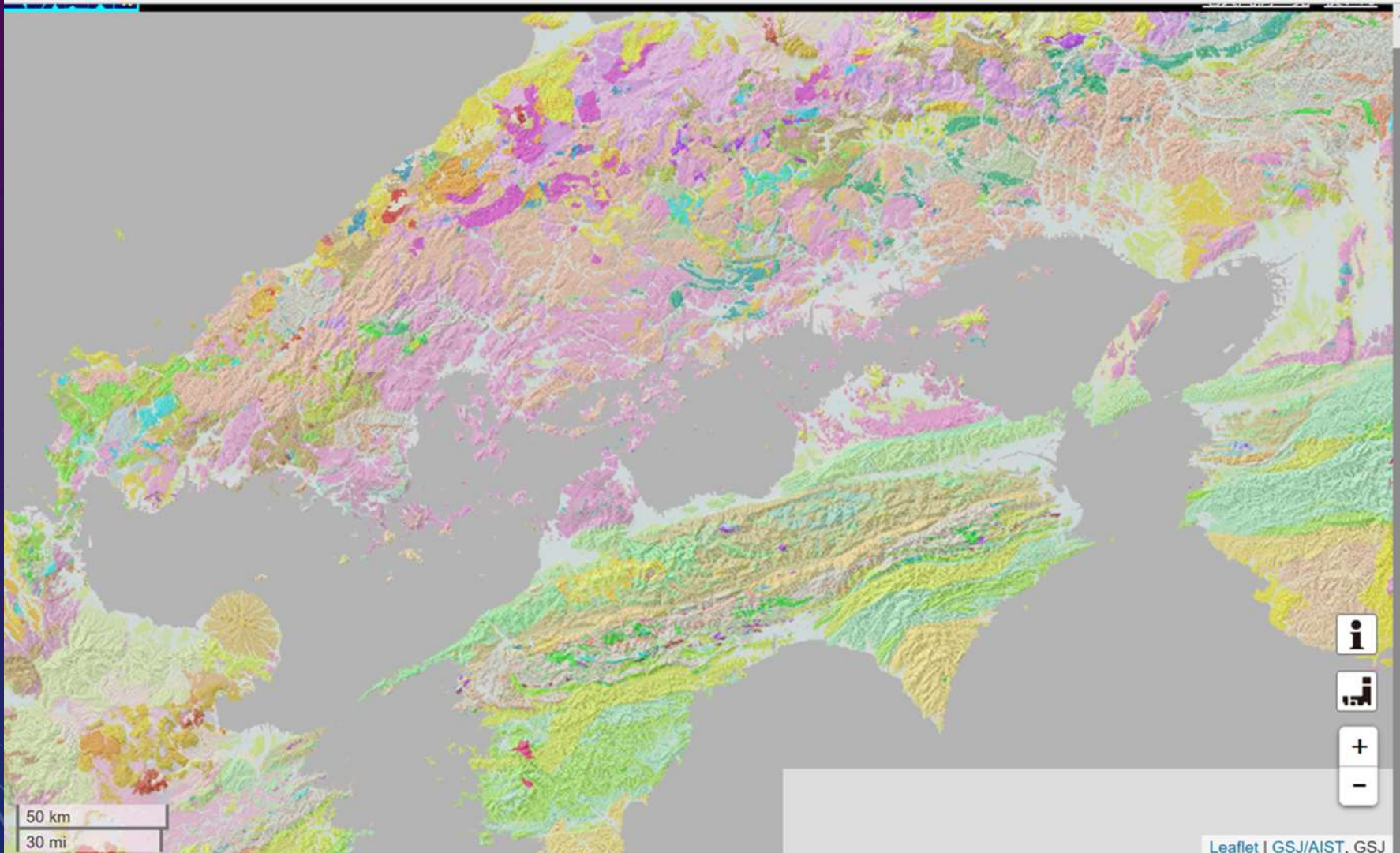


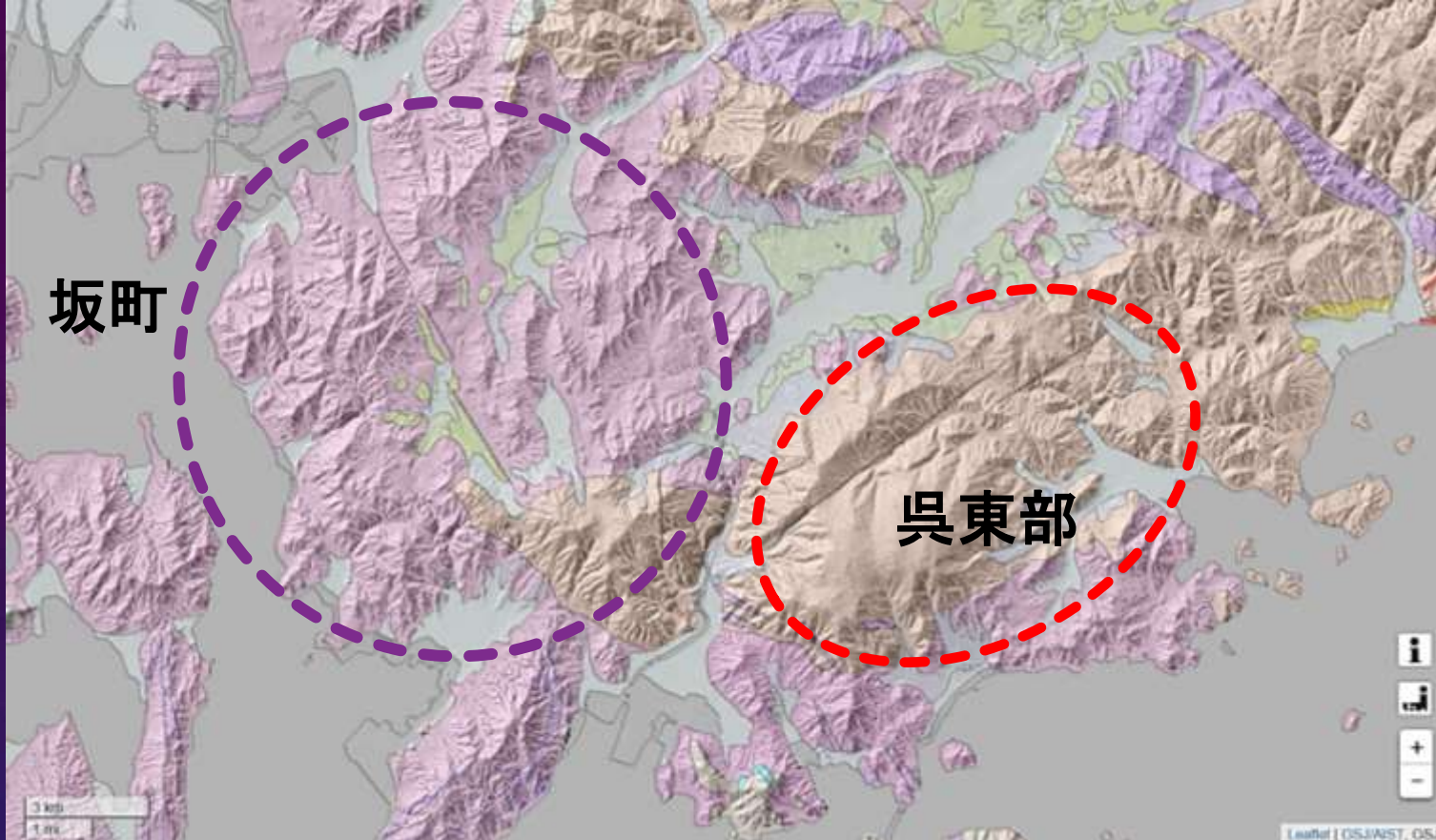
国土地理院撮影空中写真実体視判読、現地観察、報道情報を総合して推定した
2018年7月豪雨災害をもたらした、崩壊土砂移動現象の特徴



様々な崩壊パターン、広域で飽和側方浸透流と地表流が生じたと推定される

2. 花崗岩地域(広島県坂町、呉市北西部)、流紋岩地域(呉市東部、東広島市南西部)、堆積岩地域(愛媛県宇和島市)で発生した斜面崩壊・土石流地形の比較





坂町

呉東部

産業技術総
合研究所
シームレス
地質図

ピンク：
花崗岩類
オレンジ：
流紋岩

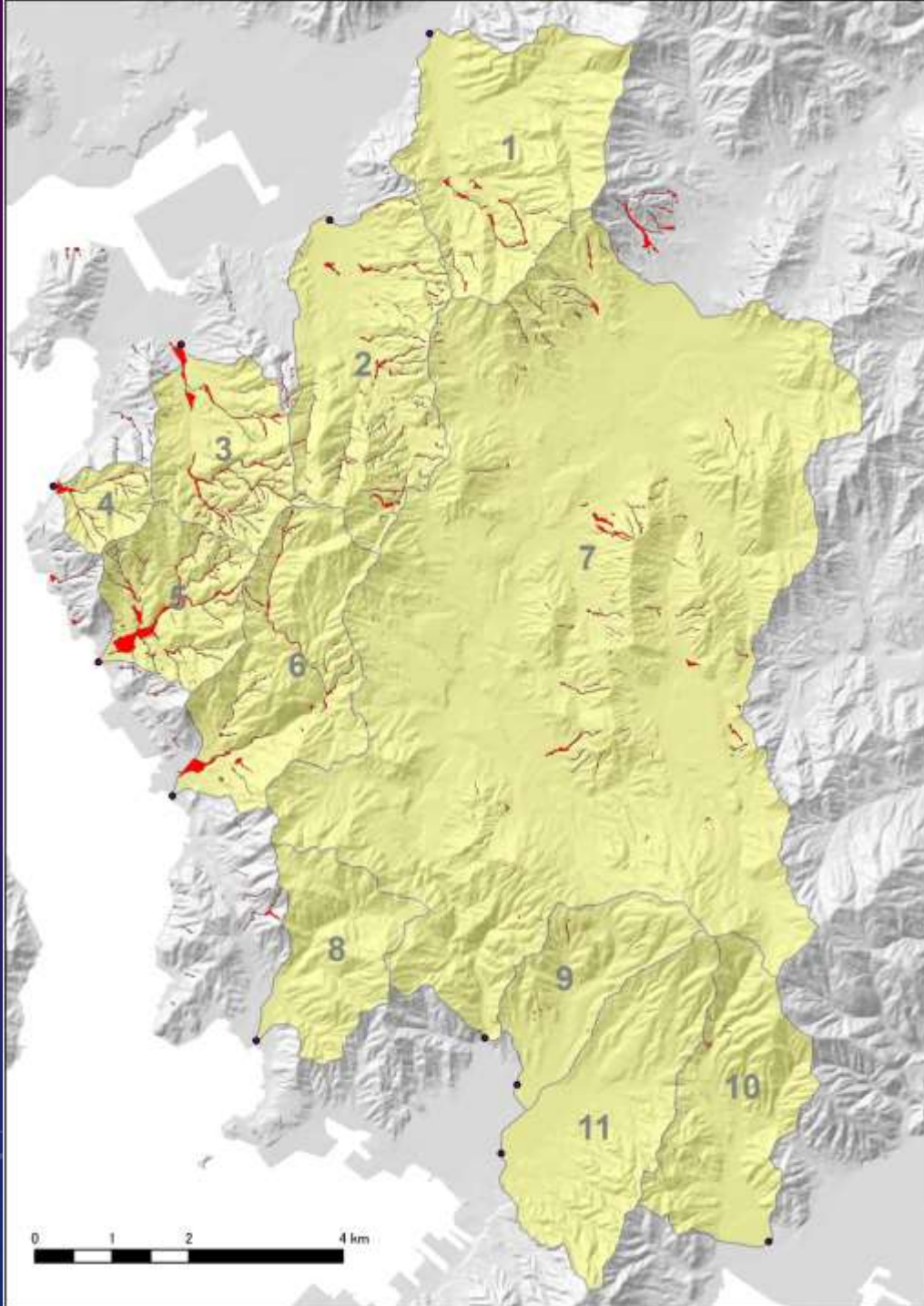
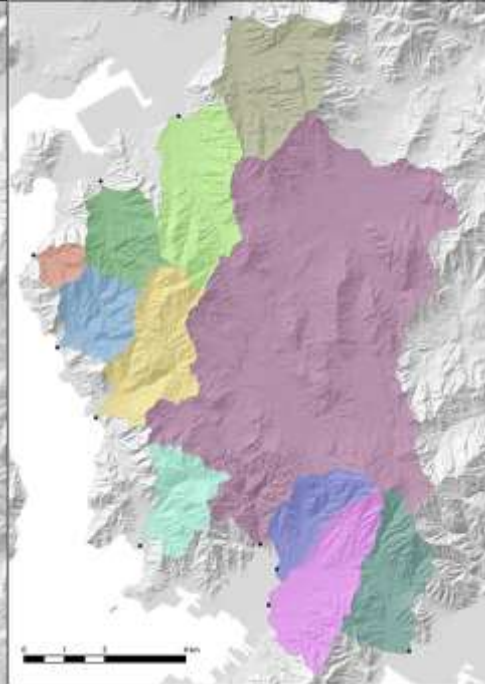


宇和島

黄緑：
堆積岩（砂岩
がち）
青：石灰岩
茶系：チャート

坂町、呉 北西部

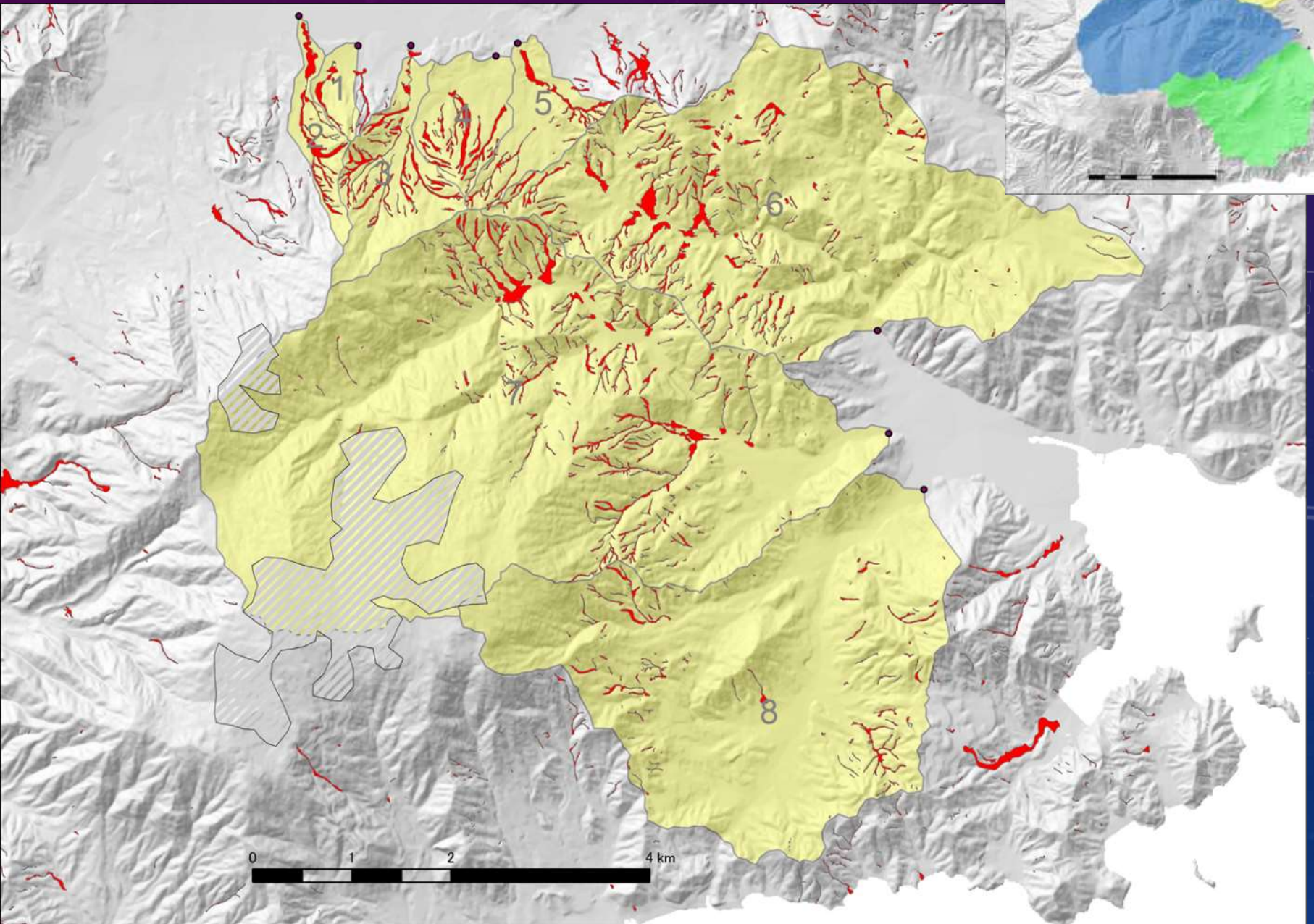
花崗岩類 卓越地域



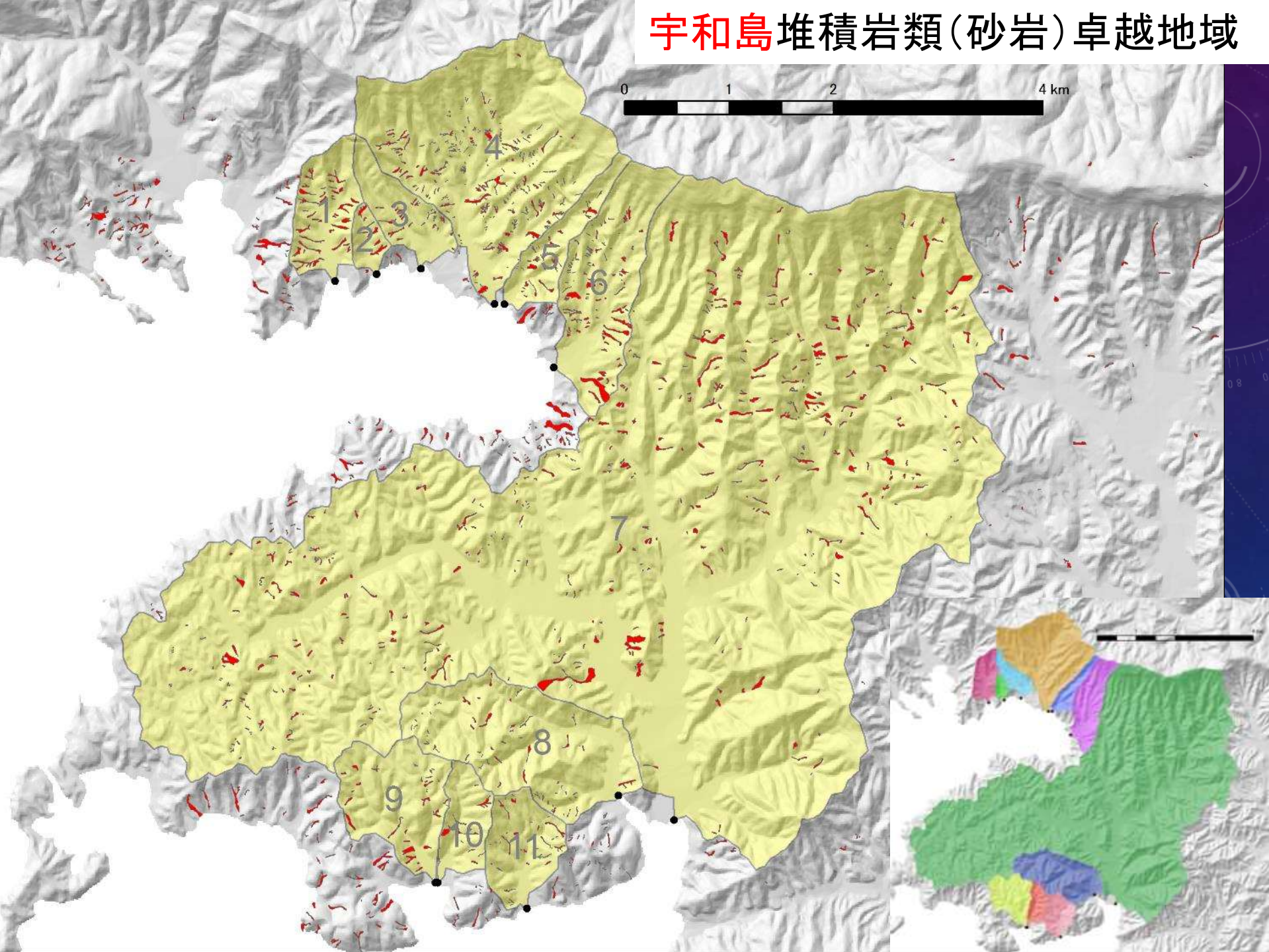
土砂移動域分布図作成方法：国土地理院7月13－15日撮影のカラー空中写真をA3フォト紙に印刷し、実体鏡で立体視判読して、崩壊地と土石流堆積域を認定。ArcGIS上でポリゴン化した。（左図中の赤色部分）

流域界認定方法：地理院提供の5mメッシュDEMを用いて、ArcGISを用いて認定した。（上図）

吳東部 流紋岩卓越地域



宇和島堆積岩類(砂岩)卓越地域

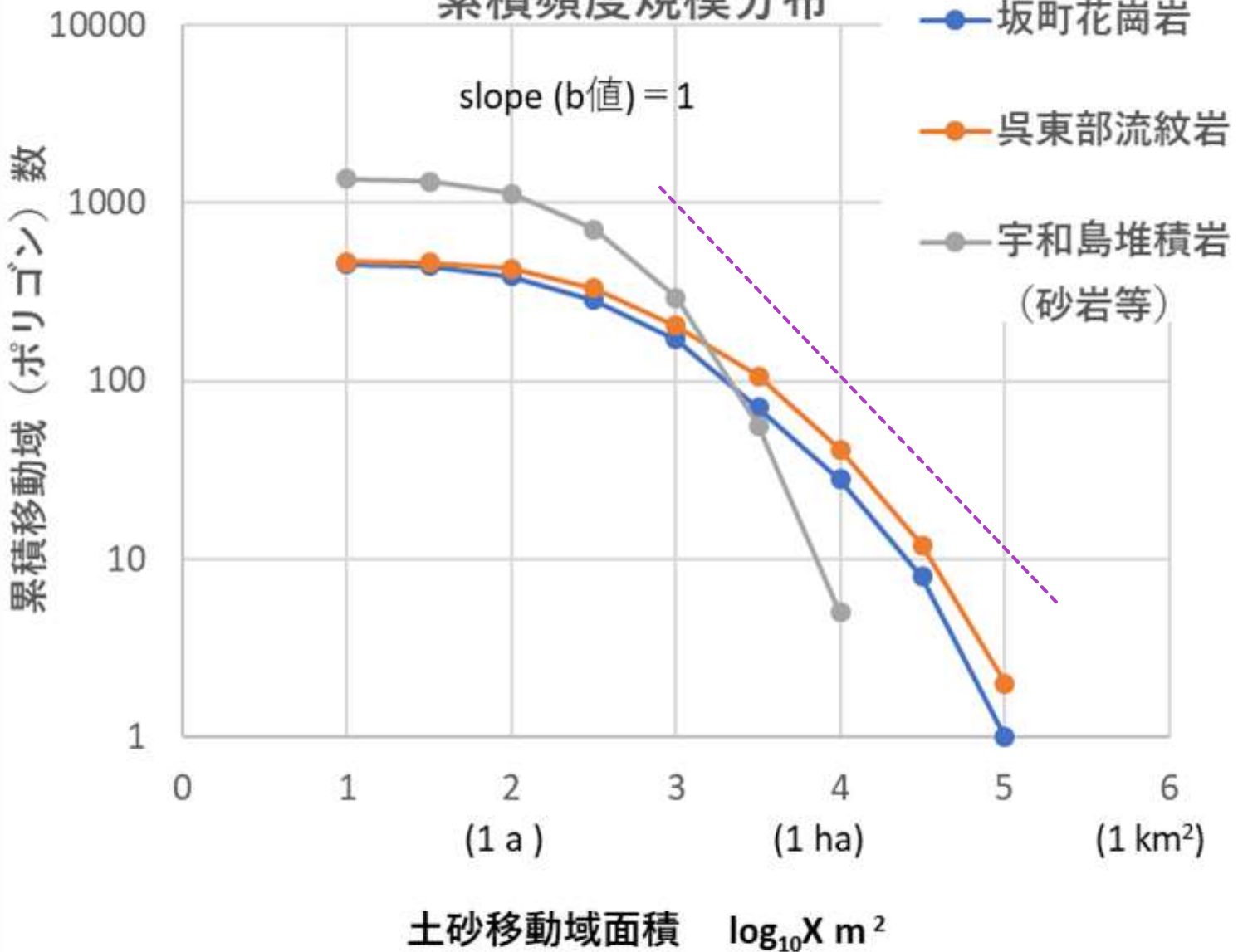


地 域	崩壊個数	崩壊土砂移動域の合計面積 (m ²)	1個当たり平均面積 (m ²)	対象流域内の面積密度 (%)
坂町・呉北西部 (花崗岩)	453	1,417,505	3,129	1.29
呉東部・東広島南西部 (主に流紋岩)	467	1,871,707	4,008	4.40
宇和島 (付加体堆積 岩類、砂岩主体)	1,363	1,081,513	793	2.00

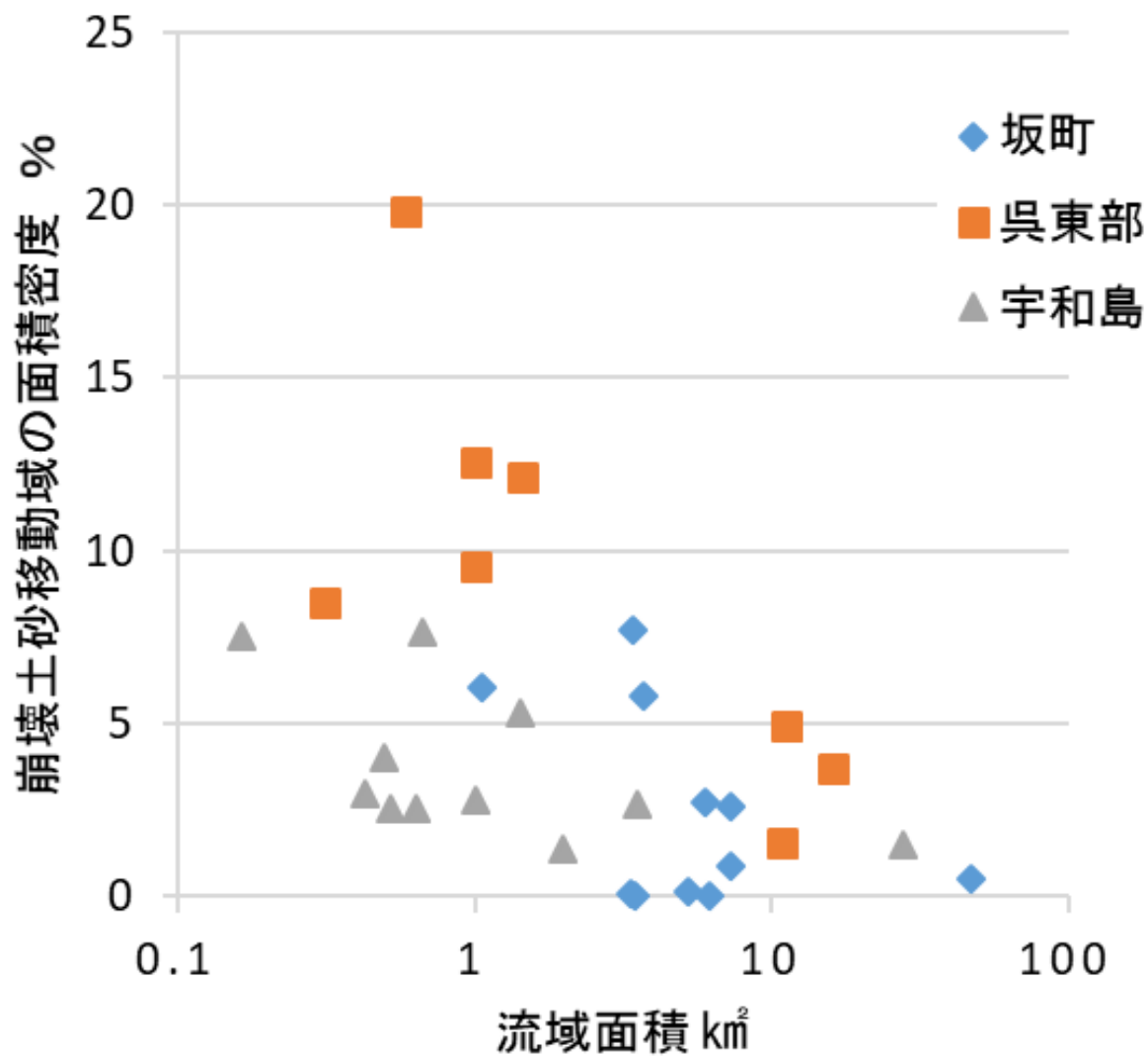
花崗岩地域(広島県坂町、呉市北西部)、流紋岩地域(呉市東部、東広島市南西部)、堆積岩地域(愛媛県宇和島市)で発生した崩壊土砂移動域の比較
(速報値につき、微修正される可能性があります)

地質地域別にみた崩壊土砂移動域面積の

累積頻度規模分布

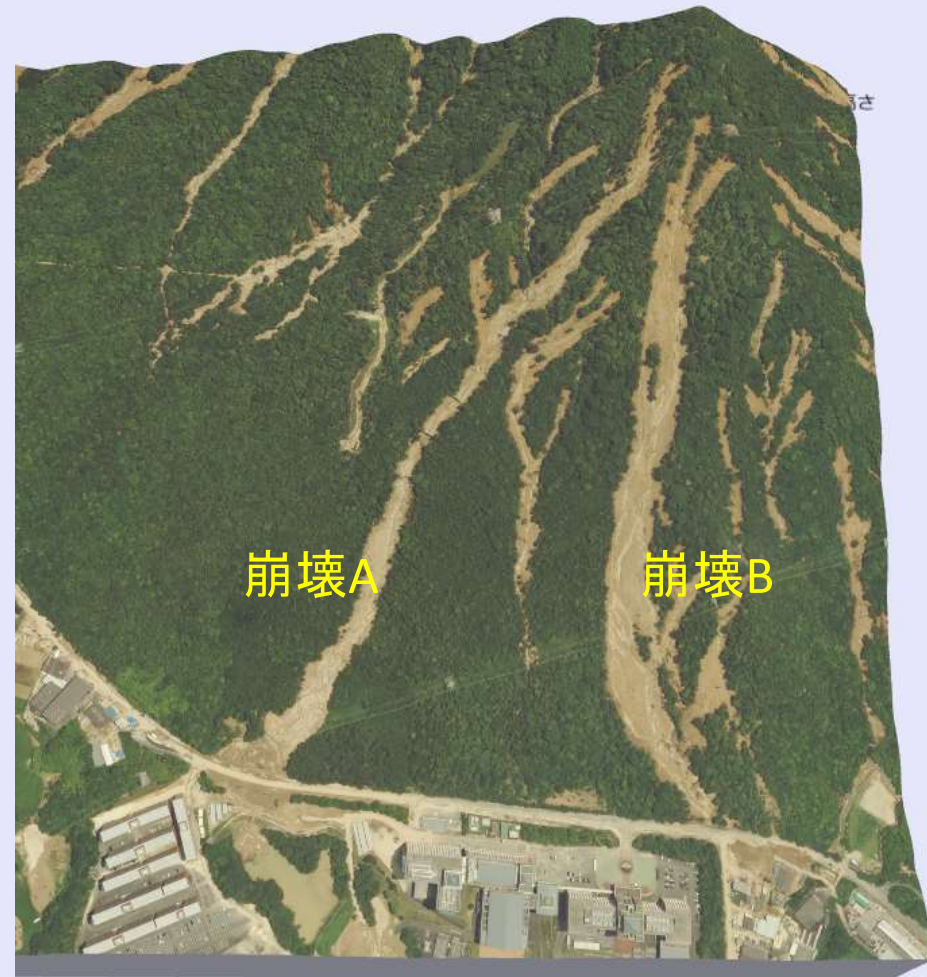


流域面積と崩壊土砂移動域面積密度の関係



3. 流紋岩地域でなぜ斜面崩壊が多発したのか？

地理院地図3D地形モデル(地理院地図で作成)



写真は国土地理院 2009年撮影

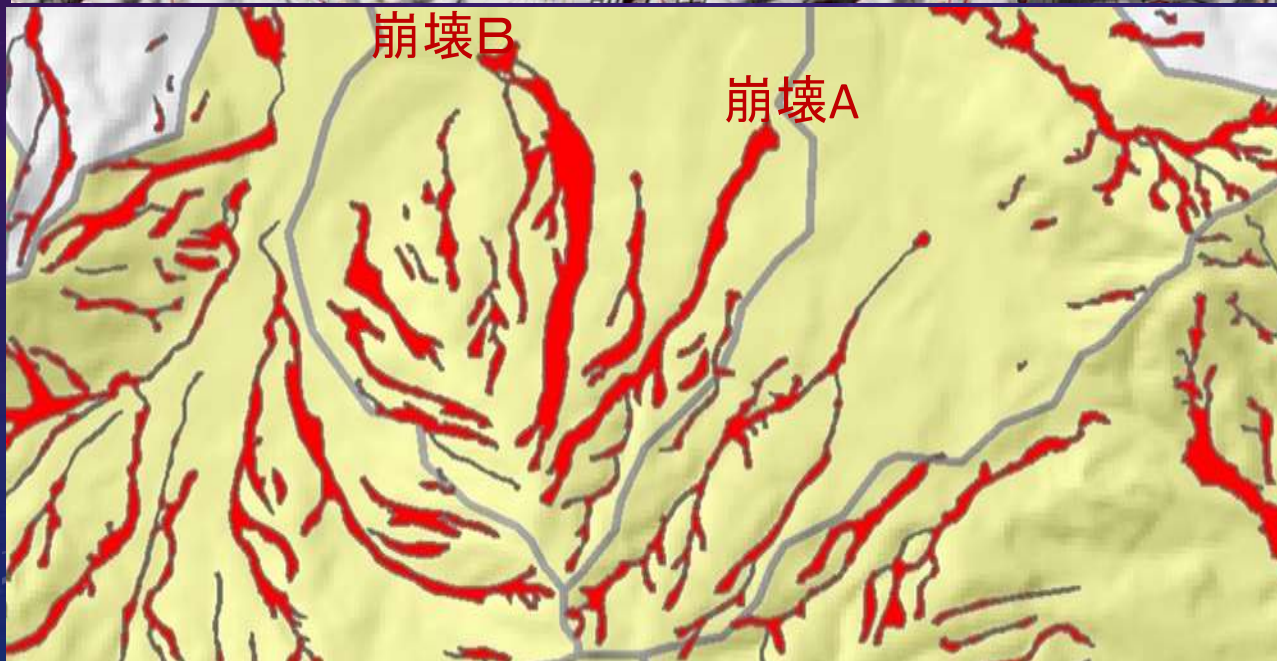
国土地理院 2018年7月撮影



崩壊Aの土砂は、
明瞭な谷(上図)沿いに、
幅狭く(下図)、高速で
(slide 17) 流下

崩壊Bの土砂は、
ごく浅い谷(上図)を上
書きするように、幅広く
(下図)、シート状に
(slide 20-22)流下

上図: 地理院地図: 崩壊地
等分布図(ライン)と陰影起
伏図と標準地図に加筆



下図: 地理院撮影の空中写
真判読によって演者が認定
した土砂移動域(崩壊地と
土石流)の分布図
(slide 10の図の一部拡大)

1km



崩壊A 既存の明瞭な谷沿いに土石流が流下、砂防堰堤を破壊、流下した堰堤巨大断片(>6m)の背後に流木が堆積



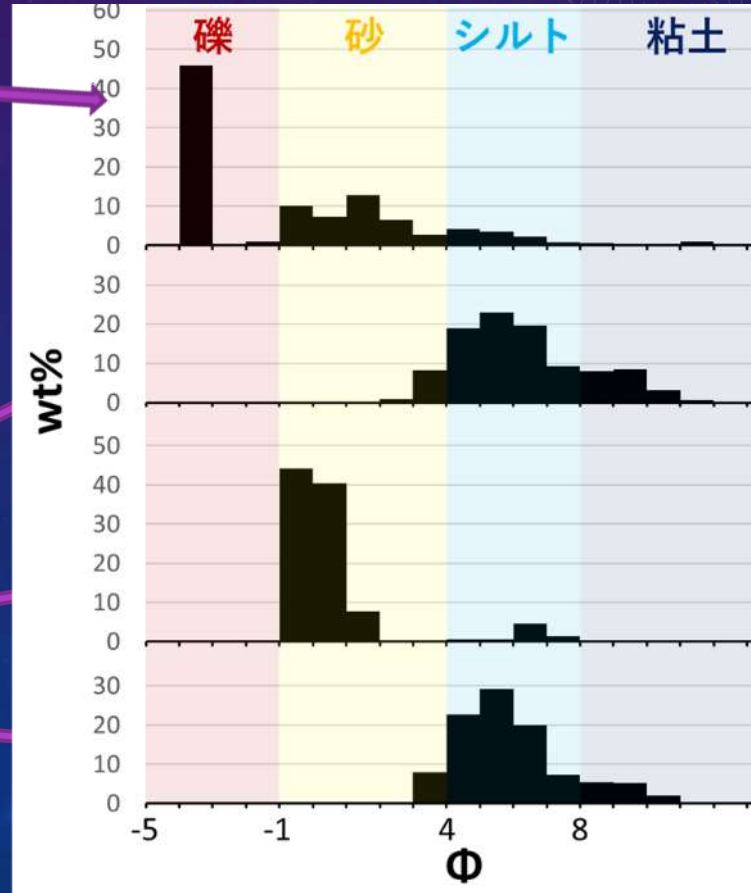


崩壊A 2018年7月移動土砂
 砂・泥(シルト粘土)が多い
 (粒度分布図中の最上)

過去の崩壊堆積物:
 砂泥互層が発達(粒度分布中
 の下3つ、細粒、流水の作用)



- ・7.5YR5/4 にぶい褐色
- ・2.5Y6/2 灰黄色
- ・2.5Y6/2



崩壊B 谷頭

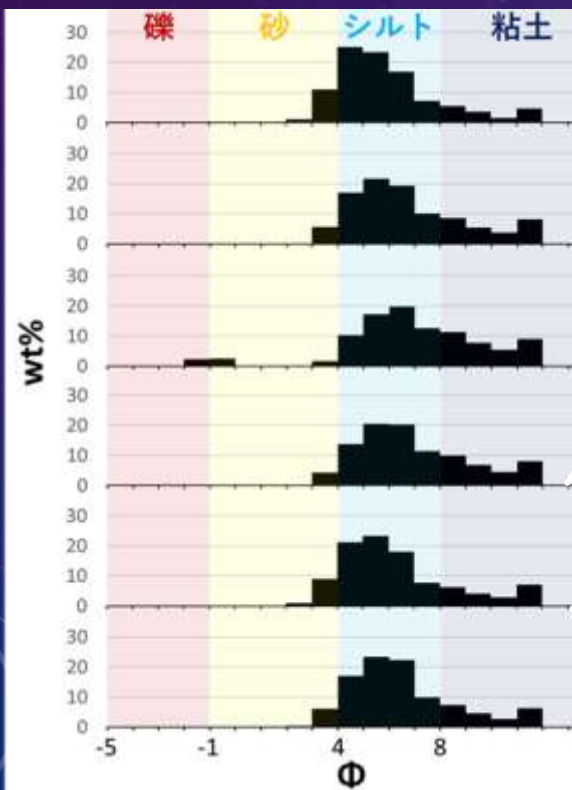
0次谷の崩壊



滑落崖に現れた赤色風化殻

風化殻の粒度分布

泥質



0-5 5YR3/1 黒褐色

25 cm 5YR4/3 にぶい赤褐

50 cm 5YR5/4 同上

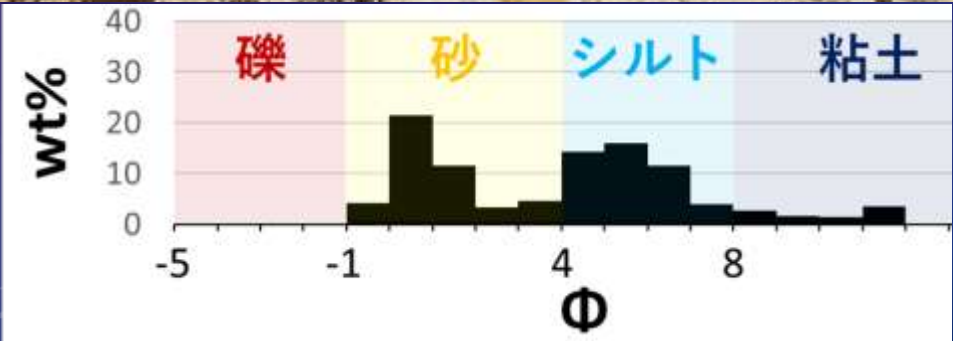
100 cm 7.5YR5/4 にぶい褐色

150 cm 5YR5/4 にぶい赤褐

200 cm 2.5YR5/6 明赤褐色



崩壊B 流紋岩の基盤に懸る小滝
(比高約2m) 2.5Y5/2 暗灰黄



基盤岩石を風乾後、篩振とう機とレーザー一回折装置で粒度分析した結果

崩壊B 中腹



ガリ壁面の地下約1-2 m
5YR5/4 赤色風化殻が露出

谷頭の赤色風化殻と
粒度分布が酷似 (slide 19
と下図)



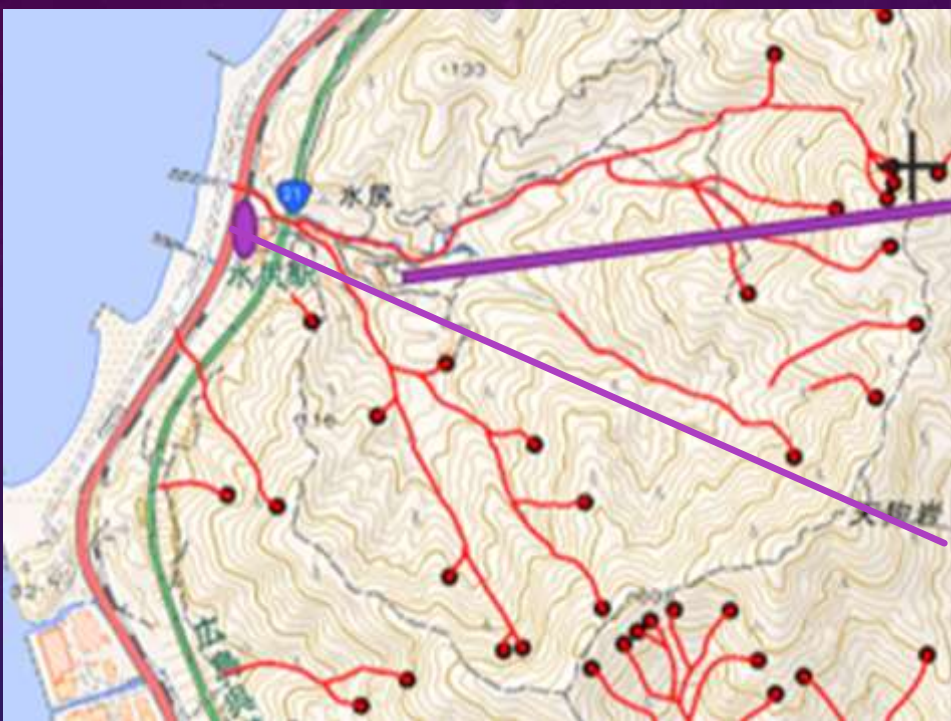


崩壊Bの中腹から下流を撮影 泥質な堆積物(層厚1m程度)が卓越、ガリー侵食を受けている

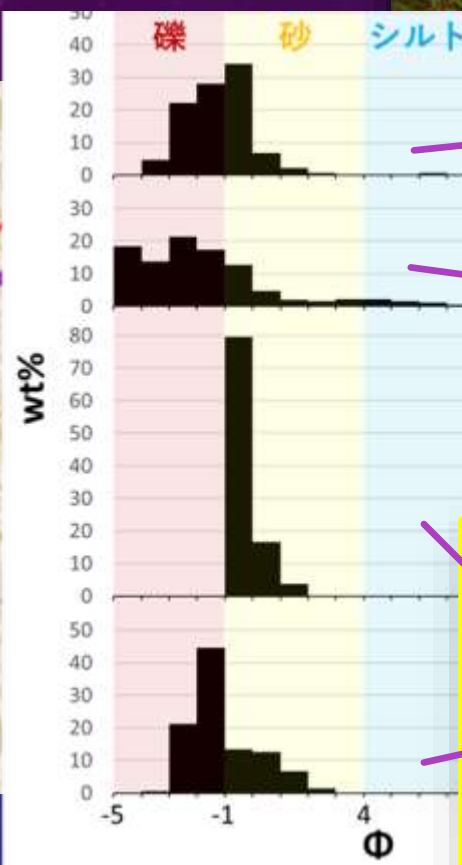


崩壊Bの下流から上流を撮影 泥質な堆積物が卓越、流木の軸が崩壊土砂の流向と一致

花崗岩地域における風化殻と崩壊移動土砂の粒度組成の例(坂町水尻地区) > 細礫~粗砂卓越



地理院地図:崩壊地等分布図(ライン)



花崗岩の風化殻、マサ化している



堆積域(右岸)、流木の背後にマサが成層堆積



堆積域(左岸) マサ(細礫と粗砂)の互層

3. 流紋岩地域でなぜ斜面崩壊が多発したのか？（小括）

稜線近傍の0次谷で崩壊が集中発生した点は、流紋岩地域と花崗岩地域で共通、土砂移動域の面積規模-頻度も両地域で類似（slide13）。しかし、基盤岩石の風化プロセスは両地域で全く異なる

- 既往最大値を大きく上回る降雨量が誘因となり、
- 流紋岩の風化（粘土化）による浸透能低下が、風化殻の発達による保水効果を打ち消した結果（素因）、飽和側方浸透流が発生した可能性がある

崩壊A：前地形として、線状の深い谷が発達していた場所では、表面流が谷筋に集中して、激しい土石流が発生した

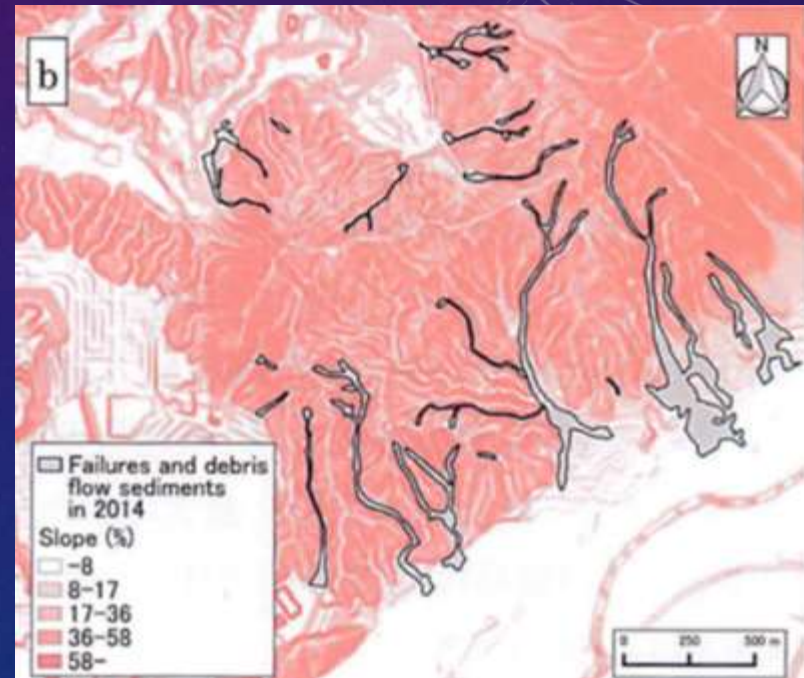
崩壊B：前地形として、ごく浅い谷しか存在していなかった斜面では、粘土化した風化物が滑剤となり、風化殻の表層部がはがれるように流下した 粘土がすべり面を形成した可能性

4. 花崗岩地域における2018年7月豪雨土砂災害と2014年9月広島豪雨土砂災害の共通点

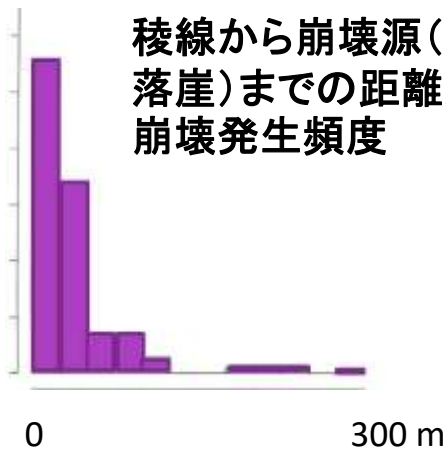
➤ 稜線近傍の0次谷で表層崩壊が多発し、土石流化して、谷口まで移動・堆積した結果、甚大な被害をもたらした



2014年9月広島豪雨災害で発生した花崗岩地域の崩壊谷頭(2016年3月撮影)白灰は基盤岩



稜線から崩壊源(滑落崖)までの距離別崩壊発生頻度



2014年豪雨の崩壊源(滑落崖の位置)は、稜線(尾根)に近接しており、崩壊の過半が稜線から25 m以内で、9割が50 m以内で発生した(松本・須貝、2018地形39, 15-28)

崩壊源から谷口までは総じて急勾配であり、2014年の崩壊土砂は土石流化後、谷中で停止することなく、谷口に達したと考えられる(松本・須貝、2018地形39, 15-28)

5. 土石流の動きと土砂災害

谷口付近から下流における土石流の動きが災害発生に大きく関与した

- 河道方向のわずかな変化(屈曲)が、川沿いの災害の差異を生む
曲がりきれずに直進して構造物を破壊し、河岸を側方侵食した

中規模例: 坂町、総頭川、クレバス地形の形成 (slide 27, 28)

(微地形・堆積物が過去のイベントを記録 slide 29)

小規模例: 呉市天応、大屋大川、建物内に流路出現 (slide 30)

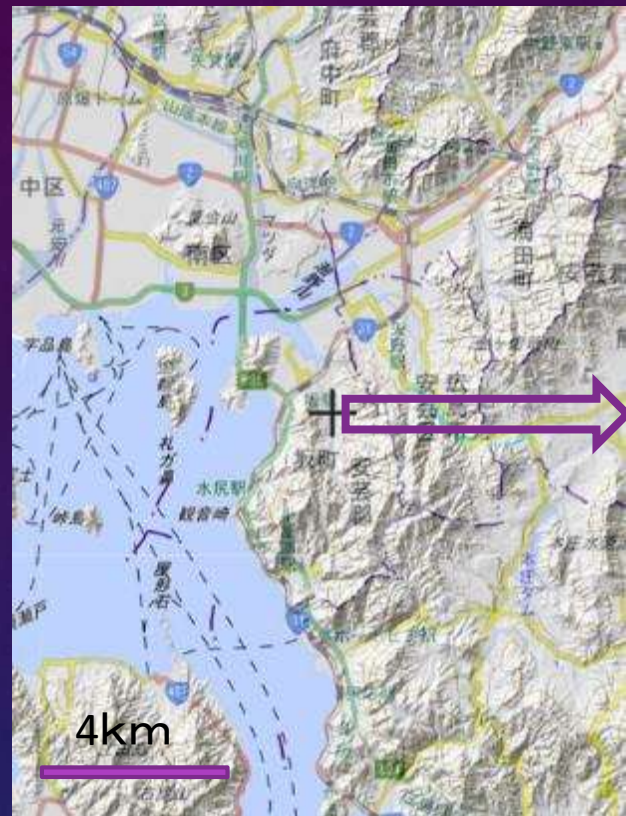
- 流路の人工固定、橋、流路内樹木等による、土石流通過時の土砂輸送能力の低下・限界

小規模例: 橋の直ぐ上流側、泥水氾濫、一部逆流 (slide 31)

- 倒木を多量に含むリスク

流下距離が長く、末端に集中堆積、家屋・構造物を壊す、せき止め・決壊による2次的災害を促す

1981年10月国土地理院 撮影空中写真3D

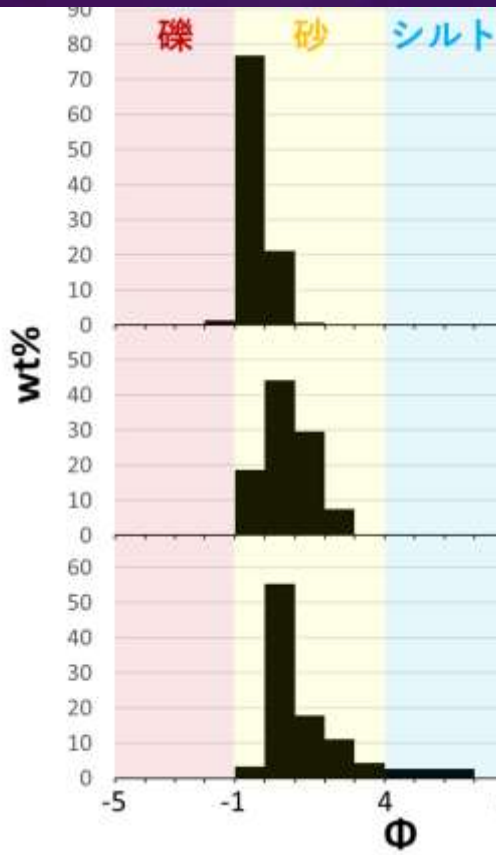


2018年9月国土地理院 撮影空中写真3D



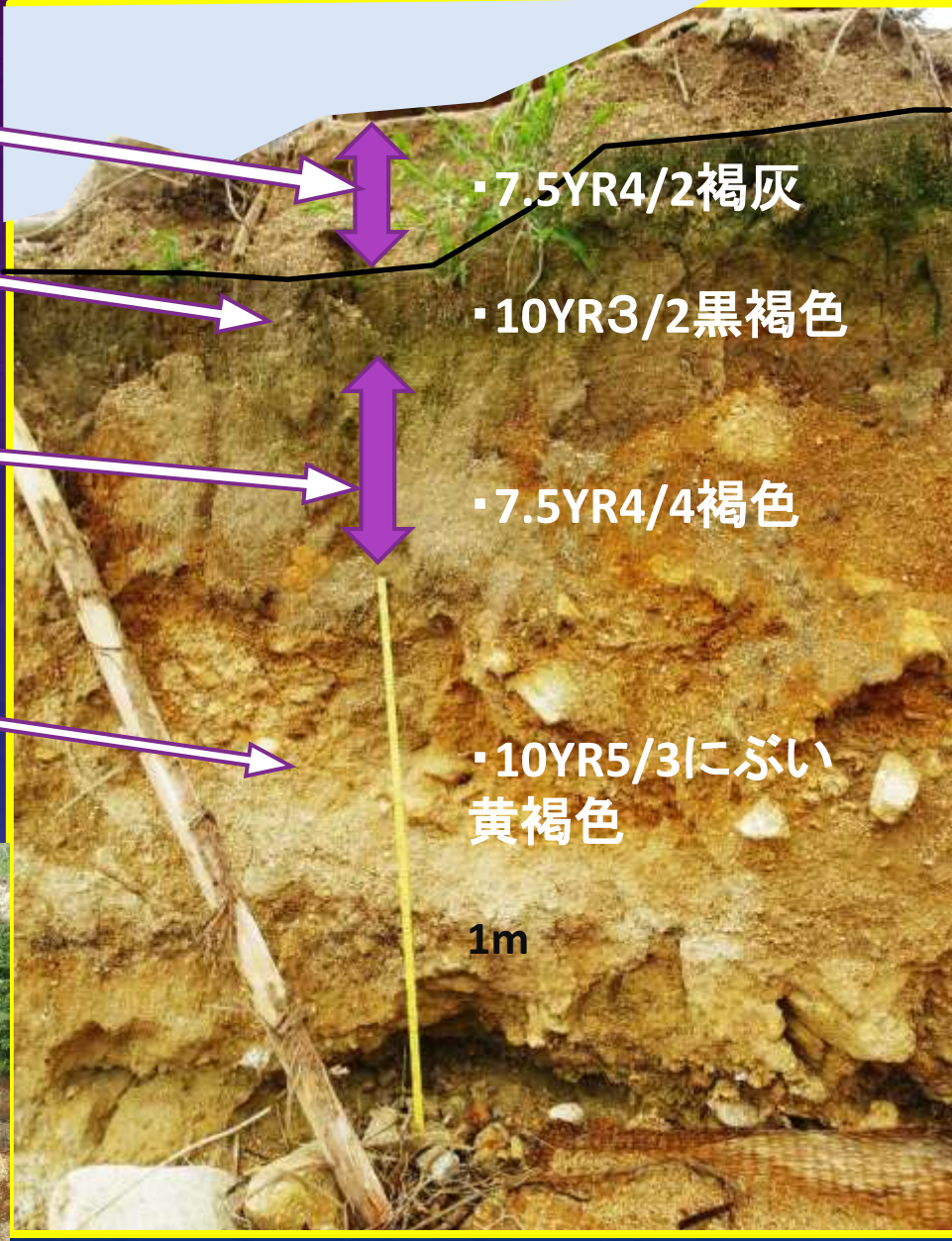
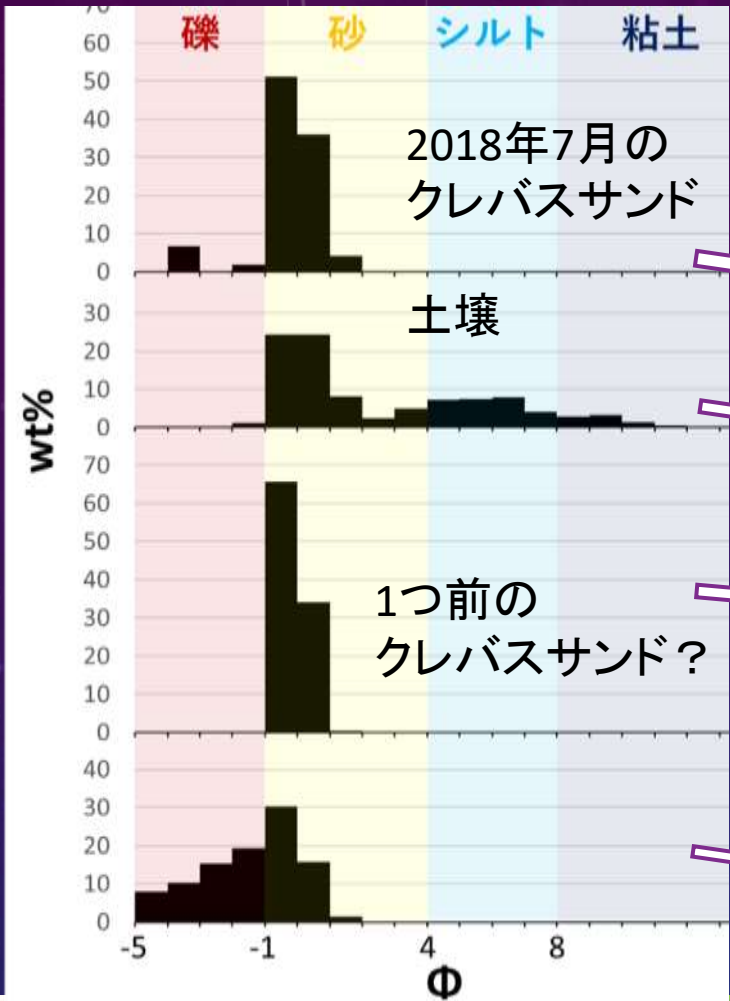
坂町総頭川谷口付近

総頭川クレバス地形



下流へわずかに細粒化

坂町総頭川おっぽり(クレバスチャネル壁面)露頭



橋のせき止め効果によって、上流側へ泥水が吹き上がったと推定される。流路内の樹林や倒木の堆積によって類似現象が生じる可能性が考えられる



まとめ

1. 平成30年7月豪雨による土砂災害の特徴

- * 超広域・同時超多発、線状降水帯が繰り返し来襲、広域で飽和側方浸透流が発生、0次谷の崩壊が卓越、崩壊後の豪雨により、崩壊土砂の再移動や段丘化が生じた

2. 花崗岩地域、流紋岩地域、堆積岩地域で発生した斜面崩壊・土石流の比較

- * 土砂移動域の面積規模-頻度分布、面積密度 > 堆積岩地域で小規模崩壊が卓越、流紋岩地域での崩壊が顕著
- * 起伏比が大きい小流域で土砂移動面積密度が高い傾向

3. 流紋岩地域で斜面崩壊がなぜ多発したのか

- * 既往最大を大きく上回る降雨、基盤岩石の粘土風化による面的な浸透能低下が、風化層の保水効果を打ち消し、飽和側方浸透流が発生 ← 発生源は0次谷が多い
- * 線状の深い谷では、表面流が集中し、激しい土石流が発生
- * 浅い谷では、細粒層が滑剤となり、風化殻上部の1m程度が、はがれるように流下

4. 花崗岩地域における2018年7月豪雨土砂災害と、2014年9月豪雨土砂災害の共通点

- * 尾根近くの0次谷で発生し、土石流化し、谷口まで移動・堆積した

5. 下流での土石流の動きと土砂災害

- * 河道の微屈曲、橋などの構造物、流路内樹林、流木の集積が、局所的被害を増幅