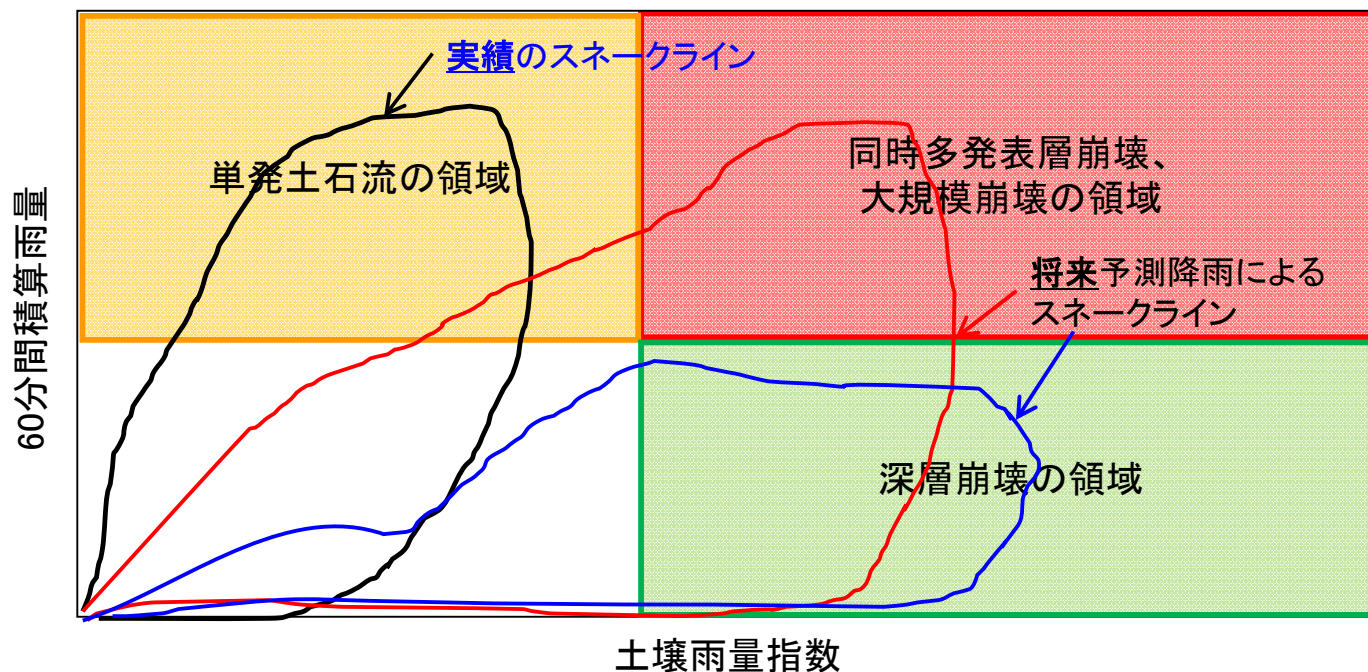


各検討課題にかかる検討上の留意点

①気候変動に伴う地域毎の降雨特性の変化に応じて頻発化もしくは新たに顕在化する恐れのある土砂移動現象とその発生頻度の推定(1)

- 平成26年広島豪雨や平成29年7月九州北部豪雨のようにある地域に集中的な表層崩壊や土石流を引き起こす降雨パターン、平成30年7月豪雨のように停滞前線により広範囲に長期間にわたって降雨が継続するなか時折強雨が発生することによって広い範囲に散在的に集中的な表層崩壊や土石流を引き起こす降雨パターン、平成23年紀伊半島大水害や令和元年東日本台風のように深層崩壊や崩壊性土すべりなど土砂災害警戒区域等の指定の対象となっていない、または指定基準を満たさない箇所において発生する土砂移動現象を引き起こすような降雨パターンなど、降雨パターンをいくつかの種類化し、それぞれの降雨パターンを呈する将来降雨がクリティカルラインを超過する頻度や、履歴1位値を更新する頻度等を求めることにより、気候変動に伴う各地域の降雨特性の変化に応じた将来土砂災害リスクを推定することが考えられないか。
- 誘因の種類化にあたっては、まずは統一性、データの取得の容易性の観点から、土砂災害警戒情報の発表で用いられる土壌雨量指数と60分積算雨量の土砂災害発生前後の経時変化の形状(スネークラインの形状)を指標とすることが考えられないか。

土砂移動現象を引き起こす降雨パターンの類型化のイメージ



①気候変動に伴う地域毎の降雨特性の変化に応じて頻発化もしくは新たに顕在化する恐れのある土砂移動現象とその発生頻度の推定(2)

- 土砂災害実績より、土砂移動現象の形態(土石流、表層崩壊、深層崩壊、地すべり、土砂・洪水氾濫等)、地形地質等の素因、降雨特性等の誘因に関して情報収集し、それぞれの土砂移動現象に係る性の高い支配的な素因・誘因の特性について、更に分析を進めるべきではないか。
- 素因の類型化にあたっては、西南日本外帯、内帯といった大きな区分から随時分類を始め、徐々に細かな区分での分類を進める等留意すべきではないか。

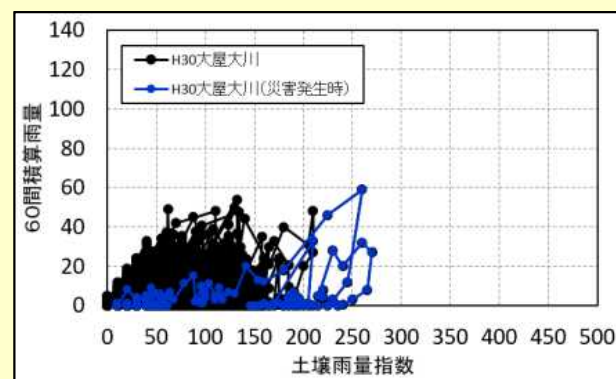
主要災害のリストアップ

番号	災害名称 (象徴的な発生箇所)	災害誘因	土砂生産 プロセス	流出プロセス	雨量	地質
1	令和元年台風19号 (宮城県伊具郡丸森町)	台風第19号	表層崩壊	土石流、土砂・洪水氾濫	累積雨量607.5mm	花崗閃緑岩、花崗岩※
2	" (群馬県富岡市内匠)	"	崩壊性地すべり	崩壊性地すべり	連続雨量494.5mm 時間雨量 48.5mm	段丘体積物※
3	平成30年7月豪雨 (広島県安芸郡坂町小戸浦、 広島県呉市天応西条)	台風7号及び 梅雨前線	表層崩壊	土石流、土砂・洪水氾濫	累積雨量 676mm	花崗岩類
4	平成29年7月九州北部豪雨 (福岡県朝倉市杷木)	台風3号及び 梅雨前線	表層崩壊	土石流、土砂・洪水氾濫	累積雨量 829mm 時間雨量 124mm	花崗岩類、泥質片岩、新第三紀火山性岩など
5	平成28年台風第10号 (北海道中札内村)	台風第10号 など	表層崩壊、 溪床堆積物の侵食	土石流、土砂・洪水氾濫	連続雨量500mm超	斑レイ岩、片麻岩、片岩、花崗岩など
6	平成28年台風第10号 (岩手県岩泉町)	台風第10号 など	表層崩壊、 溪床堆積物の侵食	土石流、土砂・洪水氾濫	最大日雨194.5mm 時間雨量 62.5mm	チャート、粘板岩、頁岩、砂岩、花崗岩、石灰岩

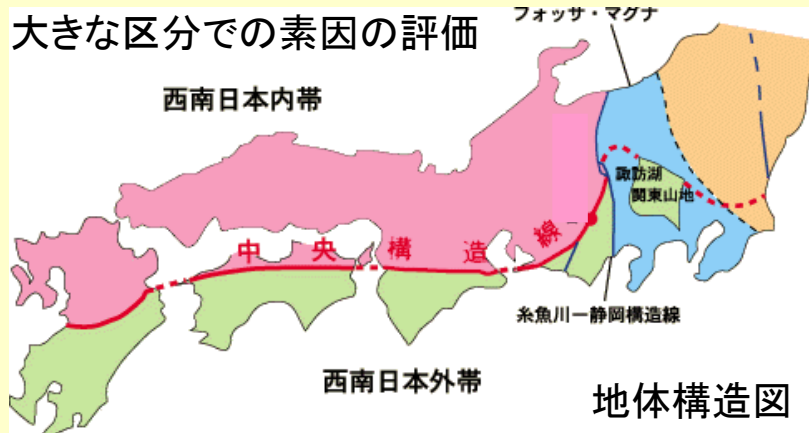
・災害毎の土砂移動現象の形態の整理

・素因(地質地形等)

・誘因(これまで経験した降雨の特性等)



大きな区分での素因の評価



① 土砂移動現象の形態と素因 ② 土砂移動現象の形態と誘因

それぞれの関係を整理

地域毎の降雨特性の変化

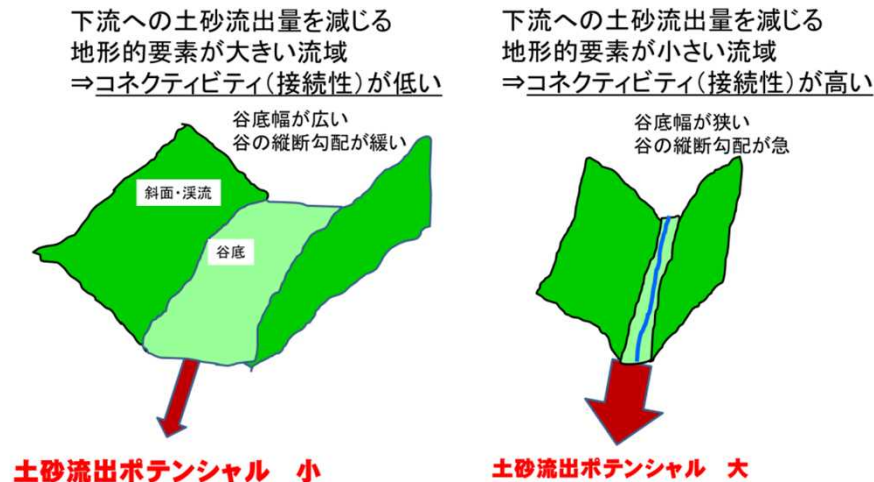
地域毎に顕在化・頻発化の懸念される土砂移動現象を予測

例) ○○地方の△△の素因の地域は、
■ ■の土砂移動現象による災害リスクが高い。
今後の気候変動により、□□による災害リスクがさらに高まる可能性がある。

②気候変動に伴い顕在化してきた土砂移動現象の発生の高蓋然性の高い箇所の解明(1)

- 土砂・洪水氾濫については、土砂・洪水氾濫危険流域の抽出のため、山地域での生産土砂量の評価に加え、山地域から下流域への土砂の流出しやすさ(土砂流出ポテンシャル)を土砂に関する山地域と下流域の土砂流下の接続性(コネクティビティ)等によって評価する手法を検討すべきではないか。

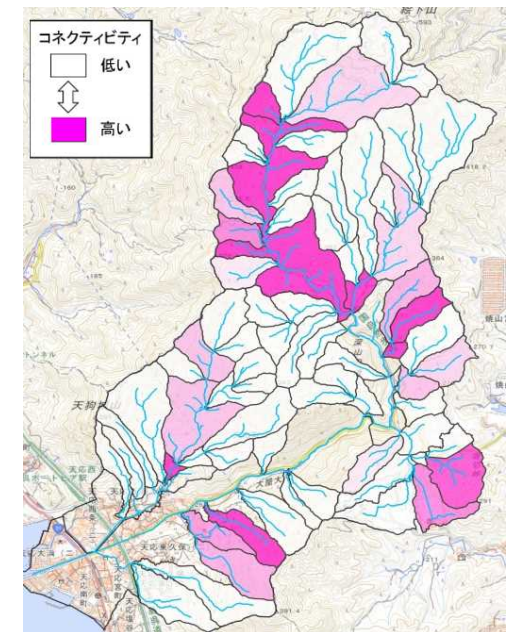
国土技術政策総合研究所作成資料



【作業仮説】下流への土砂流出量を減じる地形的要素
＝土砂堆積に寄与する地形的要素
＝土砂が堆積しやすい河道

土砂が堆積しやすい河道の地形条件の分析

土砂が堆積しやすい河道の多寡等によって、
流下の接続性(コネクティビティ)等を評価する手法の開発



コネクティビティの評価イメージ

②気候変動に伴い顕在化してきた土砂移動現象の発生 の 蓋然性の高い箇所の説明(2)

- 緩勾配斜面で発生する崩壊性地すべりについては、基岩があり、中間流が発生しやすい場所で起こりやすく、そのような場の抽出手法を検討すべきではないか。
- また、緩勾配斜面で発生する崩壊性地すべりについては、降下火砕堆積物の分布との関連性が高い可能性があることから、このような土砂移動現象の蓋然性の高い斜面の評価に当たっては、斜面勾配とともに、火砕流台地の縁辺部等の地形的特徴、噴火史等からすべり面となり得る風化軽石層の分布を指標として活用することを検討すべきではないか。
- 不明瞭な谷地形における土石流については、ゼロ次谷への表流水の集中や、中間流の集中が原因との指摘があるが、そのような発生場の特徴を把握すべきではないか。

・緩勾配斜面で発生する崩壊性地すべり → 地形・地質を着眼点にして発生箇所を類型化
⇒ 今後発生する土砂移動現象や危険箇所抽出の手がかり

羽田野 (1977) :
地形的滑動力示数 F

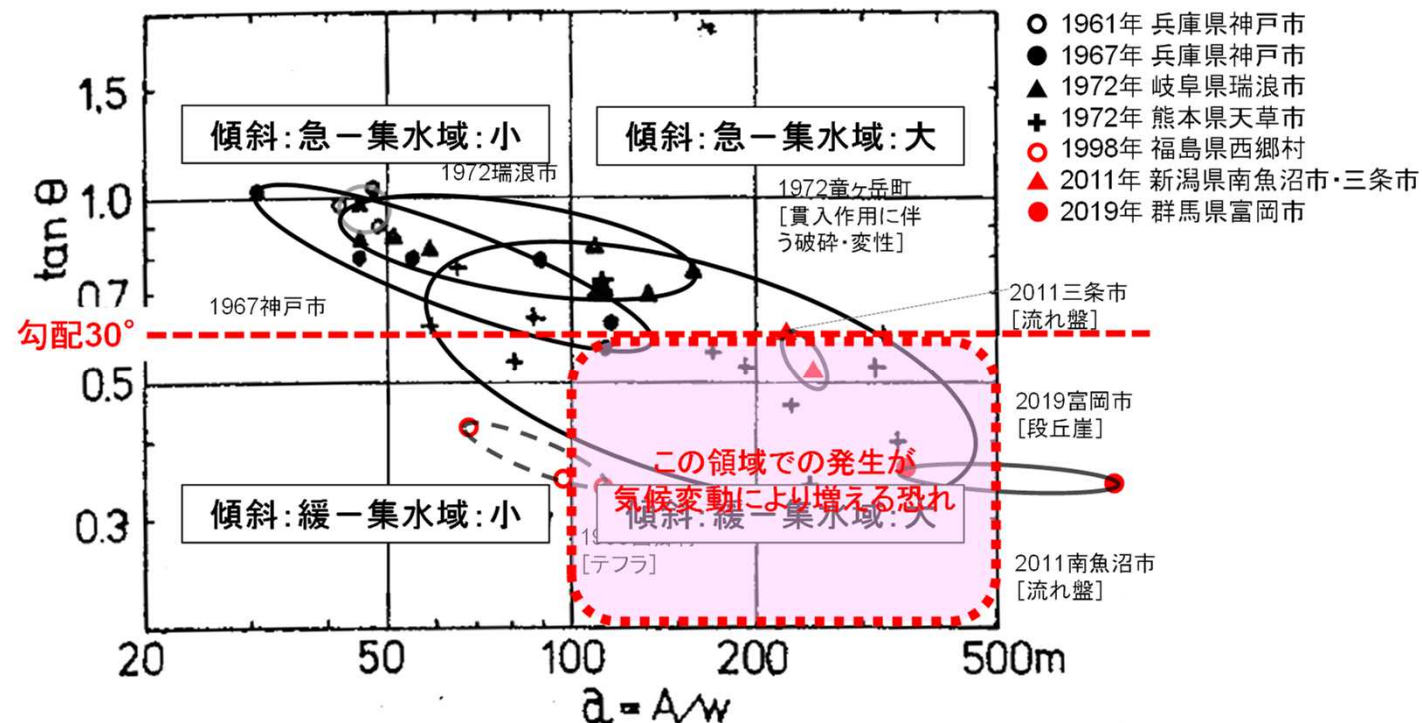
$$F = \tan\theta \times a^{1/3}$$

$\tan\theta$: 崩壊源平均傾斜

= 崩壊源の比高[H]
／崩壊源の奥行[L]

a : 集水域平均奥行

= 崩壊源下端部での集水面積[A]
／崩壊源下端部の幅[W]



図については、土木研究所資料作成

・不明瞭な谷地形における土石流 → 発生場の特徴に係る現地の詳細調査

羽田野(1977)に加筆

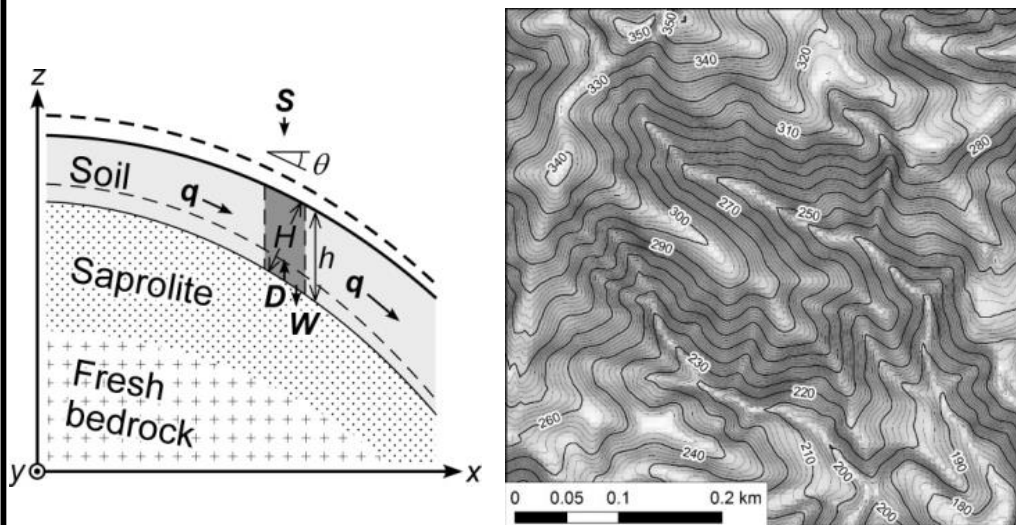
(注) 赤色マーカーの事例はWを
崩壊源平均幅として算出

③気候変動に伴う降雨特性の変化に応じた生産土砂量の応答特性の解明(1)

- 今後、未経験な降雨規模の領域における生産土砂量を適切に対策に取り込めるように、数値計算によるシミュレーション等、物理モデルに基づく手法による生産土砂量の推定技術の開発・実装を急ぐべきではないか。
- そのための手法として、流域内の土層厚の分布を推定した上で、斜面の安定計算を行うことによって生産土砂量を予測する等、物理モデルを活用した手法が提案されており、これらの実装を検討すべきではないか。
- そのためにも、過去の災害時の生産土砂量の実測値により、各物理モデルの適用性について検証を進めるべきではないか。

【参考】 生産土砂量を解析的に推定する手法の研究事例 —土砂・洪水氾濫対策WGより—

シミュレーションにより、流域の土層厚の分布を推定

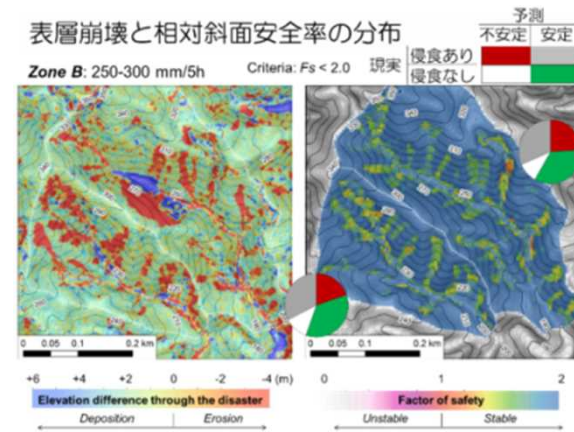


$$\frac{\partial h}{\partial t} = K \nabla^2 z + \frac{D_0}{\rho_{\text{soil}}} e^{-\alpha h \cos \theta}$$

Soil production function:
 $D_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$; $\alpha = 1 \text{ m}^{-1}$
 Soil transport: $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ yr}^{-1}$
 Initial condition: $h = 0.5 \text{ m}$
 Spatio-temporal resolution:
 5 m-mesh, 1 yr-timestep

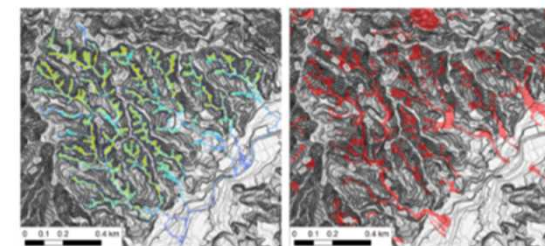
松四委員研究
紹介資料より

降雨によるメッシュ毎の斜面安定解析の結果から生産土砂量を予測



予測の確度・精度の検証

この簡便モデルは、樹枝状に広がる表層崩壊の発生域の特徴や、実際の土石流の流下状況を大まかには説明できる。ただし、堆積層厚や予測の確度や精度の向上には課題が残る。



降雨ピーク時における表層崩壊の発生域と土石流の到達予測範囲

空中写真判読に基づく実際の土砂移動痕跡

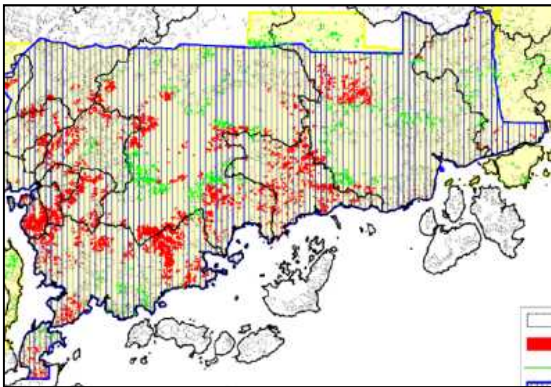
③気候変動に伴う降雨特性の変化に応じた生産土砂量の応答特性の解明(2)

- ただし、物理モデルの構築には、検証やさらなる技術開発等にある程度の時間が必要となることから、過去の土砂災害時の降雨量と生産土砂量の関係から、将来予測される降雨規模に応じた生産土砂量を推定する経験的手法の活用についても併せて検討を進めるべきではないか。

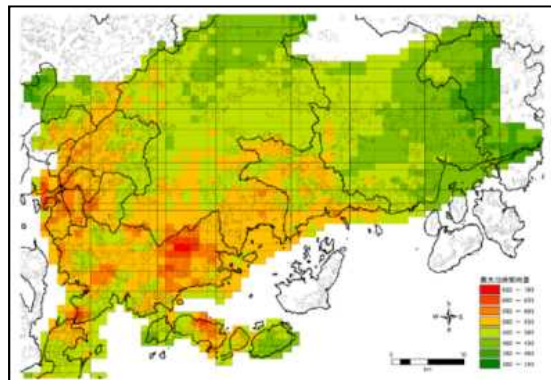
土砂移動現象や地質別に、降雨特性と土砂生産量の関係についてデータ整理し、関係性について分析

- ⇒ 全国の実績災害データから式形を推定し、経験的手法による計画規模設定手法を検討
物理モデルに基づくシミュレーション結果との整合性を検証

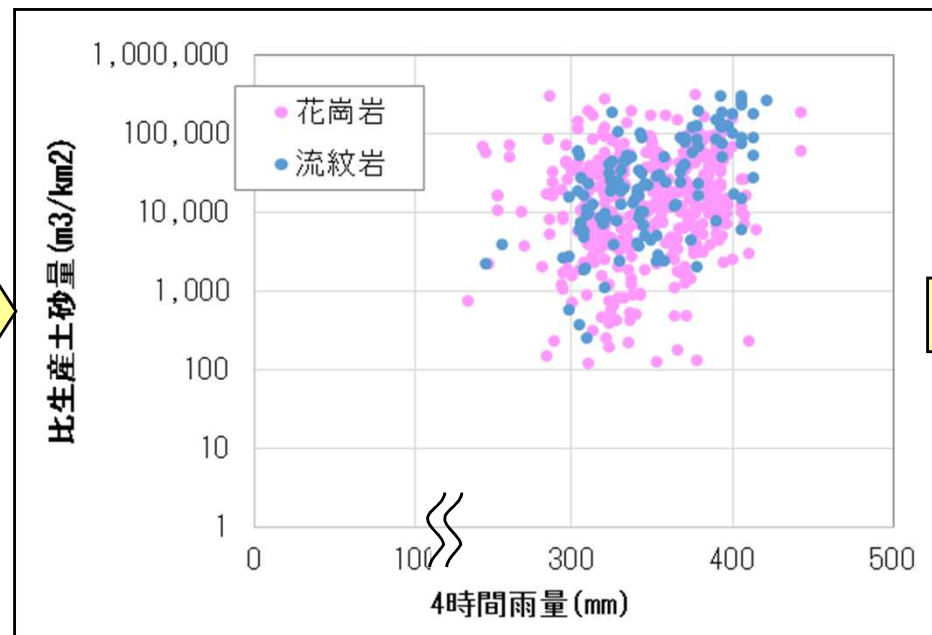
崩壊地判読情報



降雨分布情報



降雨規模と土砂生産規模の関係について分析



- ・いくつかの降雨指標について分析
- ・降雨規模と土砂生産規模の関係式の式形について推定
- ・素因ごとのデータのばらつき要因について分析

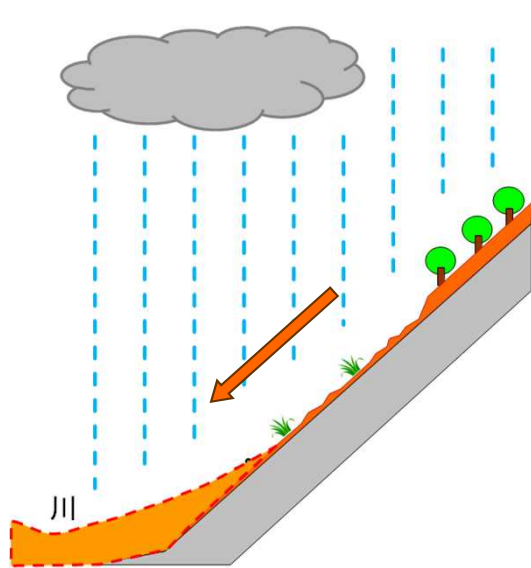
さらなる検討へ

例えば、

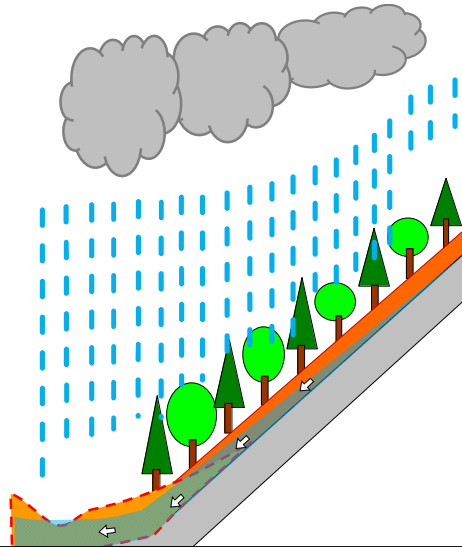
- ・計画生産土砂量の経験的手法による設定手法の確立
- ・物理モデルに基づくシミュレーション結果との整合性の検証
- ・将来的には、物理モデルに基づく生産土砂量の評価への発展を視野に

③気候変動に伴う降雨特性の変化に応じた生産土砂量の応答特性の解明(3)

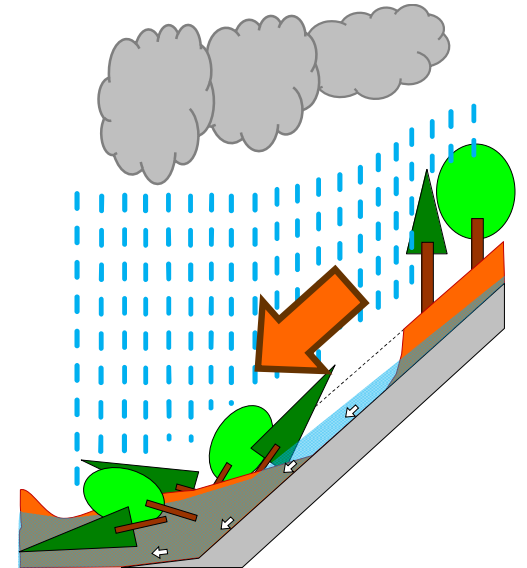
○ 経験的手法を用いるにあたっては、過去と今日における森林状況の変化等に留意すべきではないか。



中小出水時の表面侵食、小規模な崩壊に伴う斜面由来の土砂生産が頻発



荒廃地対策、森林回復に伴い斜面由来の土砂生産はある程度抑制。
一方、過去に堆積した溪床堆積土砂の流出、未発達な林地で発生する表層崩壊等が卓越



大規模な降雨時において同時多発的に表層崩壊が発生。



明治時代の六甲山の荒廃状況
(神戸市所蔵)



昭和13年阪神大水害時の土砂生産



昭和42年豪雨災
六甲山地における表層崩壊の多発



平成30年7月豪雨
同時多発する表層崩壊・土石流(広島県呉市)

③気候変動に伴う降雨特性の変化に応じた生産土砂量の応答特性の解明(4)

○ 降雨量とそれによって生じる生産土砂量の関係は極めて非線形性が強いことに留意すべきではないか。

イメージ

A地域: 西南日本のような多雨地域の酸性岩類分布域等

→ 降雨が増えることにより土砂生産量がある程度までは線形に増加するが、それ以上は土砂生産量が頭打ちとなる可能性。

B地域: 東北日本のような寡雨地域やテフラの堆積地域、火山岩類の地域、西南日本外帯等の付加体山地等

→ 降雨がある程度増えるまでは、土砂生産量はそれほど増加しないが、ある程度以上降雨が増えると非線形的に土砂生産量は増加する可能性。

