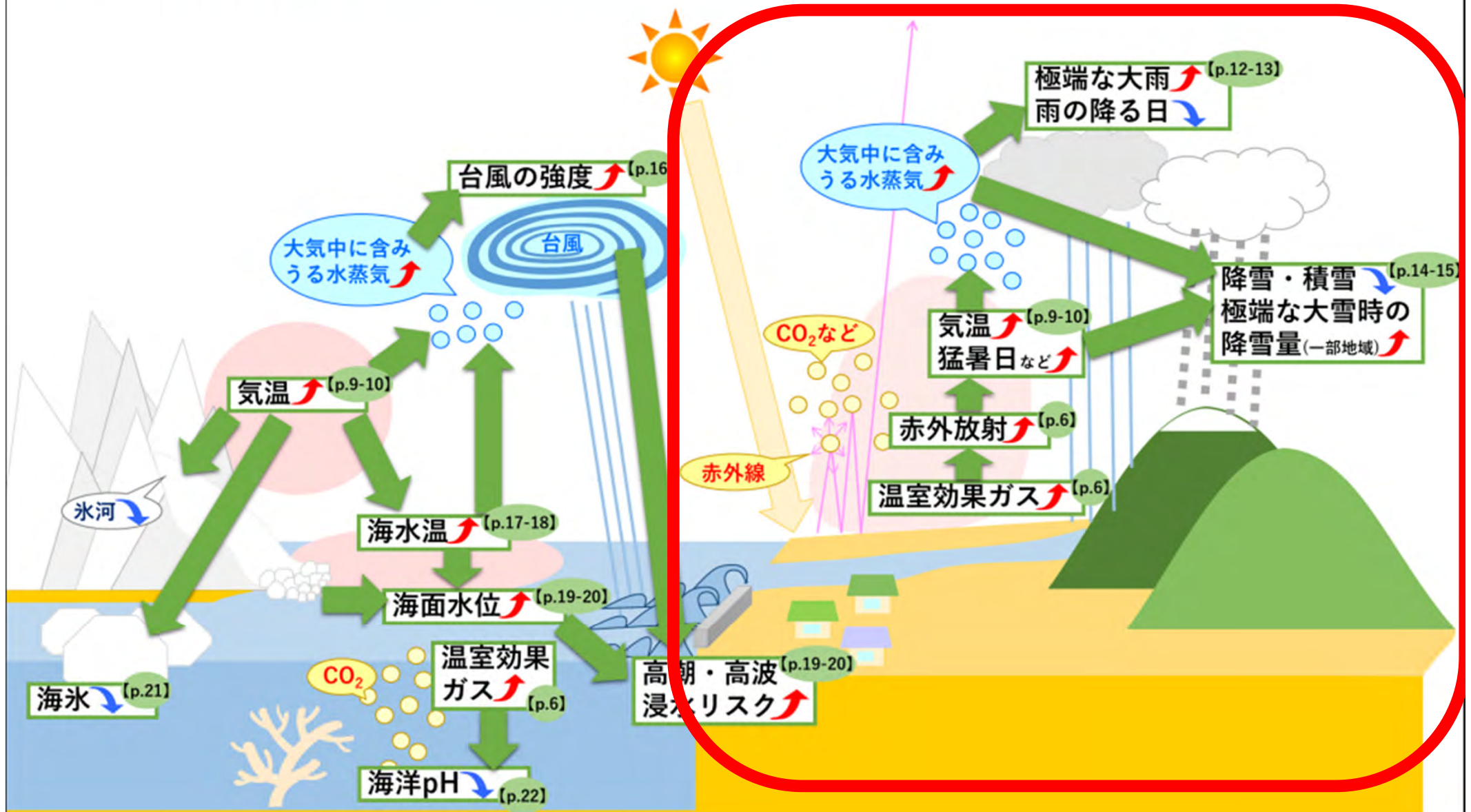


土砂災害を引き起こす要因 —地形と共に土の特性の 理解が必要—

早稲田大学 理工学術院

小峯秀雄

気候変動と大気・海洋の諸要素の変化



地盤災害は、たくさん種類がある！

- 自然地盤
 - 山岳地帯
- 人工地盤
 - 道路盛土
 - 沿岸部
 - 河川堤防
 - 地下水
 - ...
 - 不法投棄
 - 陥没

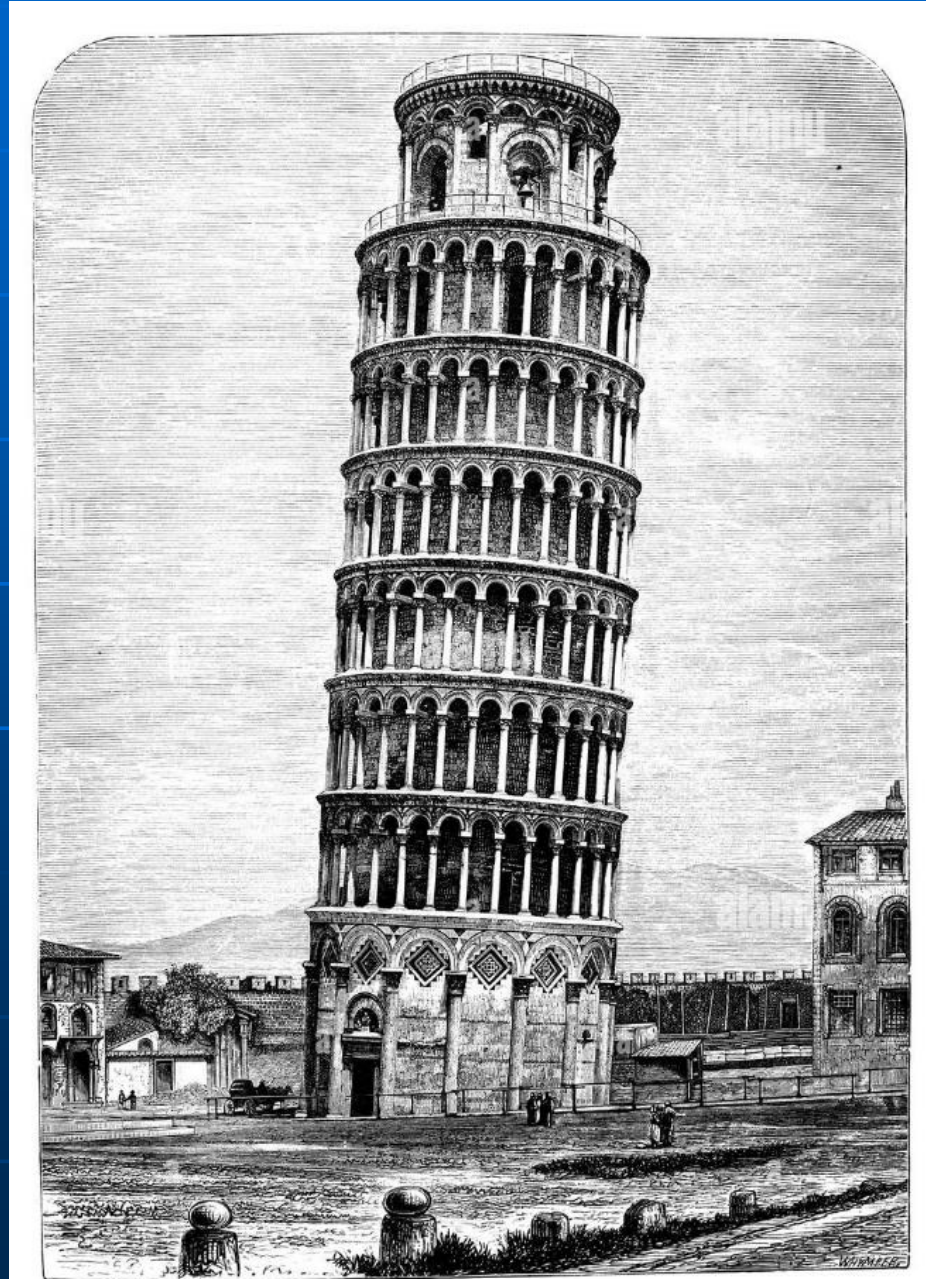


人は、それほど地盤・地質
を理解しているか？

ピサの斜塔

第1工期:1173年~1178年
第2工期:1272年~ 1278年
第3工期:1360年~ 1372年

地盤工学は、いつから？



フリー素材
より

土質力学・地盤工学の偉人 カール・テルツァーギ

『有効応力の原理』の創始者



K. Terzaghi
(テルツァーギ)
1883~1963、オーストリア

第一次世界大戦後ヨーロッパからアメリカに渡った偉大な応用物理学者の一人である。土質力学においては有効応力の原理は独創による不滅の業績であり、それゆえにこの学問の創始者と言われている。また、土という材料の不均質さと複雑さについて、彼は生涯を通じて頭からはなれなかったようで、死の直前ある会社のインタビューの質問に答えて「土の問題の多くが厳密な方法で解けないのは、大きな変形または破壊をおこす範囲内にある材料が一樣でないことが主な理由である」と述べている。

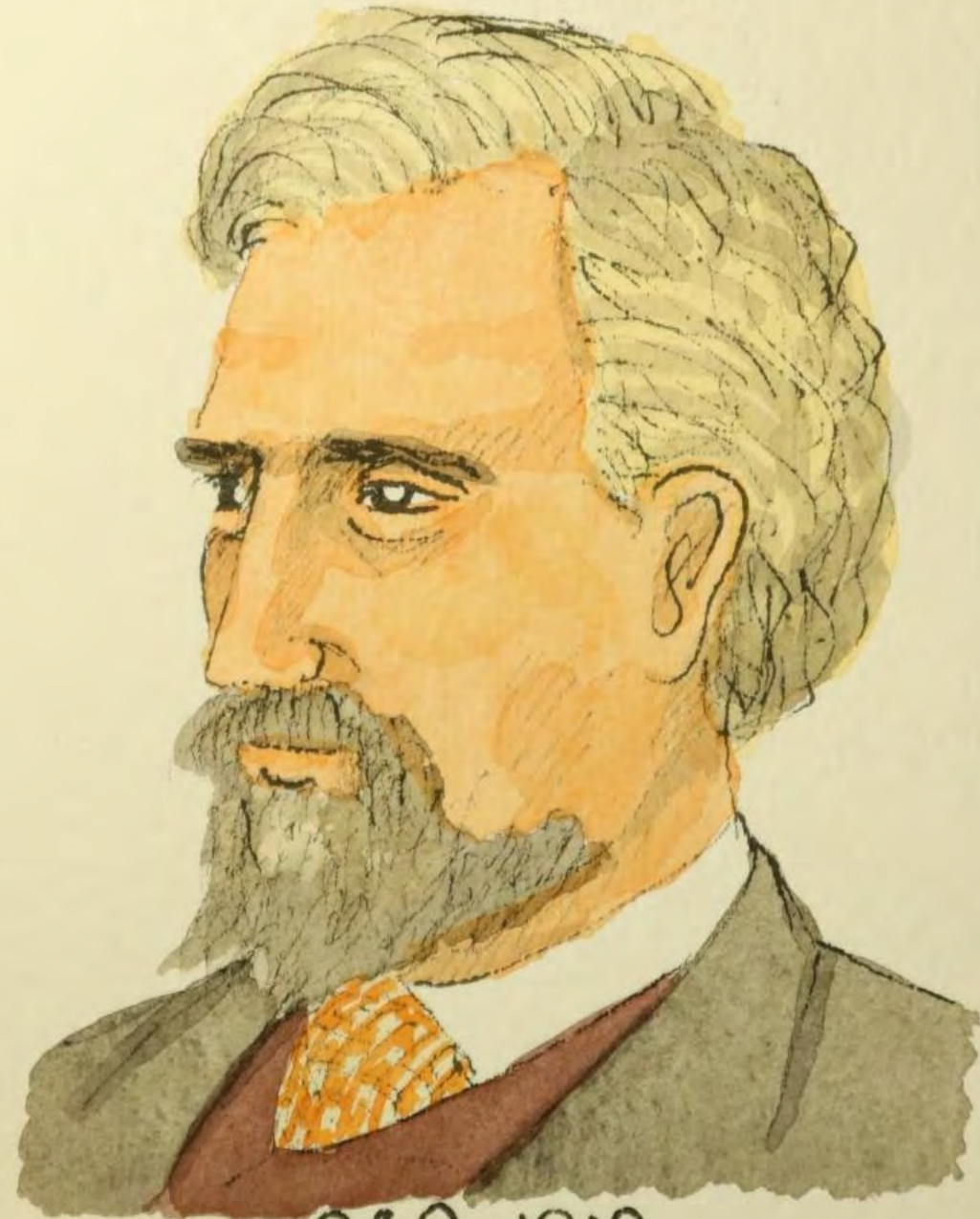
Peck(カール・テルツァーギの一番弟子) と一緒に

1997年9月12日

国際地盤工学会議・ハンブルグ会議のレセプションにて



Osborne Reynolds



1842-1912

土質力学・地盤工学分野の偉人 (Henry Darcy, ヘンリー・ダルシー)

Henry Darcy



Henry Darcy



ダルシーは土木技術のあらゆる分野において、すばらしい指導力を発揮した優れた技術者であり学者でもあった。研究業績である有孔質媒体を透過する浸透流体の運動を支配する法則いわゆる「ダルシーの法則」はあまりにも著名である。今日をさかのぼること約140年前に偉大な法則を見出し、現在においても有効性が確立されていることは事実である。これだけでも篤学の士であったといえよう。

Born

June 10, 1803
Dijon

Died

January 3, 1858

Nationality

French

Fields

hydraulics.

土質・地盤の力学は、
学問として極めて若い！

分かっていないことが多い！

地形だけではない、 土の特性の理解の必要性

土砂が崩れやすいのは、地形だけ
ではない。

土の持つ特性も大いに影響する。
(学術的観点)

土粒子の直径による分類

- 土粒子の直径を「**粒径**」という。
- **粒径**によって、名称があることを覚えよう！
- 教科書p.22の図2.3を覚えること。

0.005mm以下：**粘土**

0.005～0.075mm：シルト

0.075～2.000mm：**砂**

2.000～75mm：**礫(れき)**

75mm以上：**石**

粘土と砂の違いは・・・
土粒子の直径の大きさの違いだった！

Vi

OW





霜柱，見たことありますか？



パシフィックコンサルタンツ・龍原 毅氏(鳥取県出身)提供



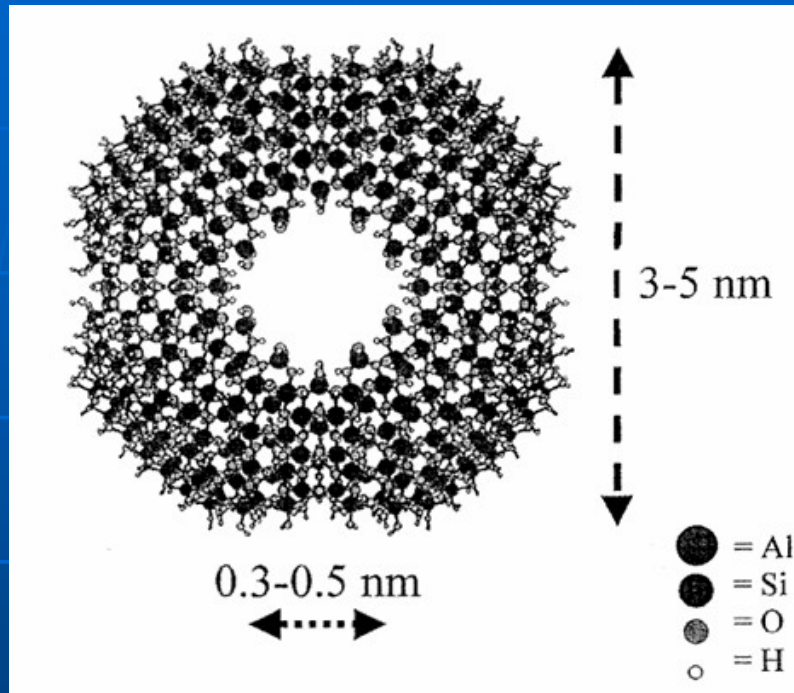
全国霜柱MAP

- 毎年見る・たまに見る
- ほとんど見ない・見たことない

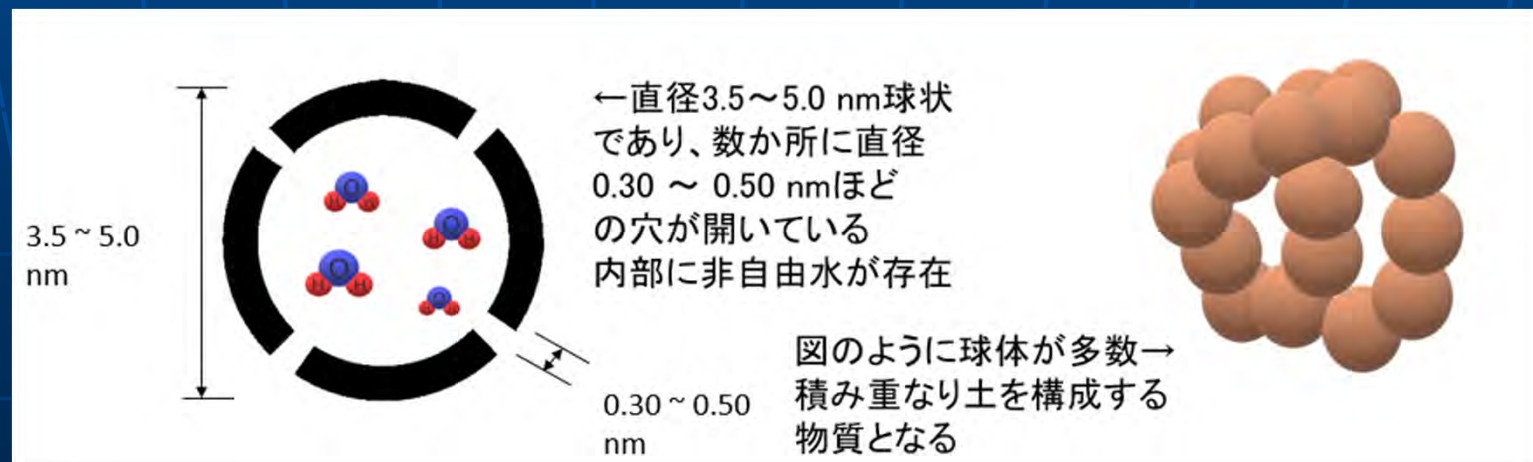


※スマートフォンアプリ「ウェザーニュースタッチ」より

例えば: アロフェン



土粒子の中に、
大量の水を保有できる。
→保水性



土の保水能力と関係がある！

霜柱も，土砂災害の起きやすさも
保水能力の低い地域は，土砂災害
が起きやすそう・・・

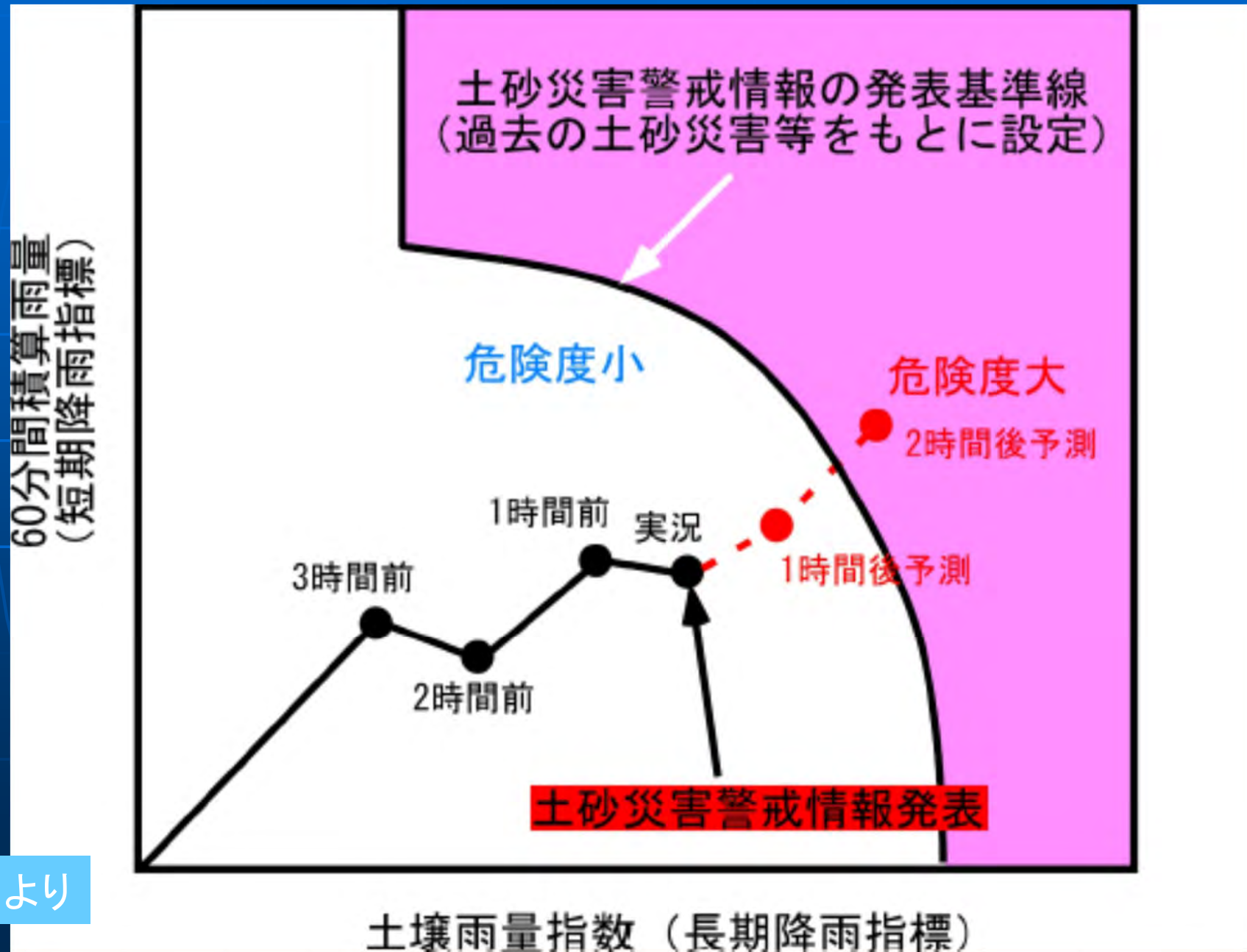
他にも・・・

- 山火事の燃焼・延焼時間
- 霜柱
- 土砂災害
- ……
- 学術的なポイント

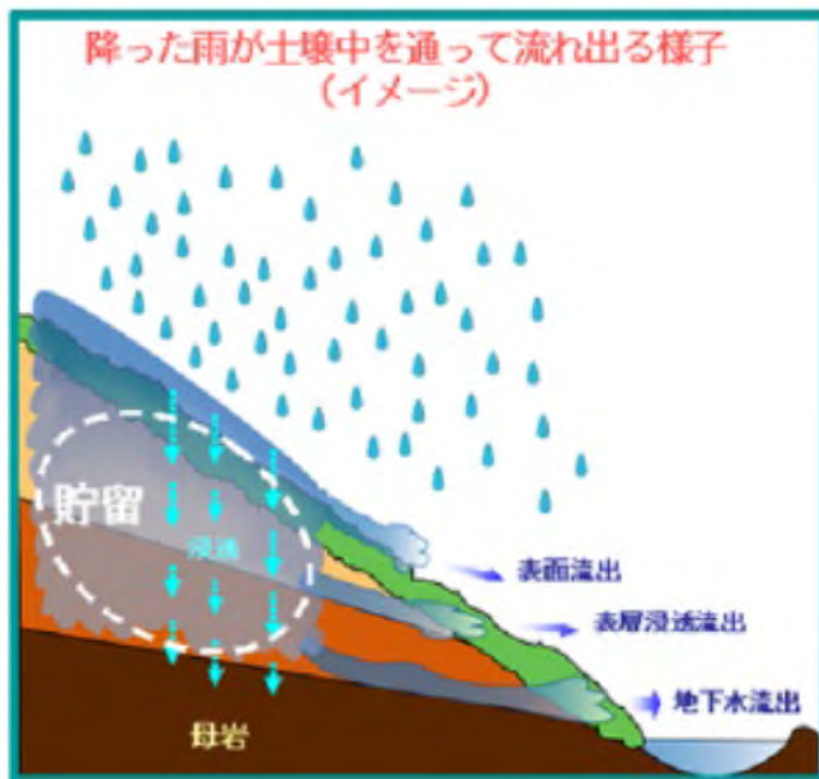
土壌雨量指数について

雨と土の関係も、まだまだ.

土砂災害警戒情報



気象庁より



モデル化

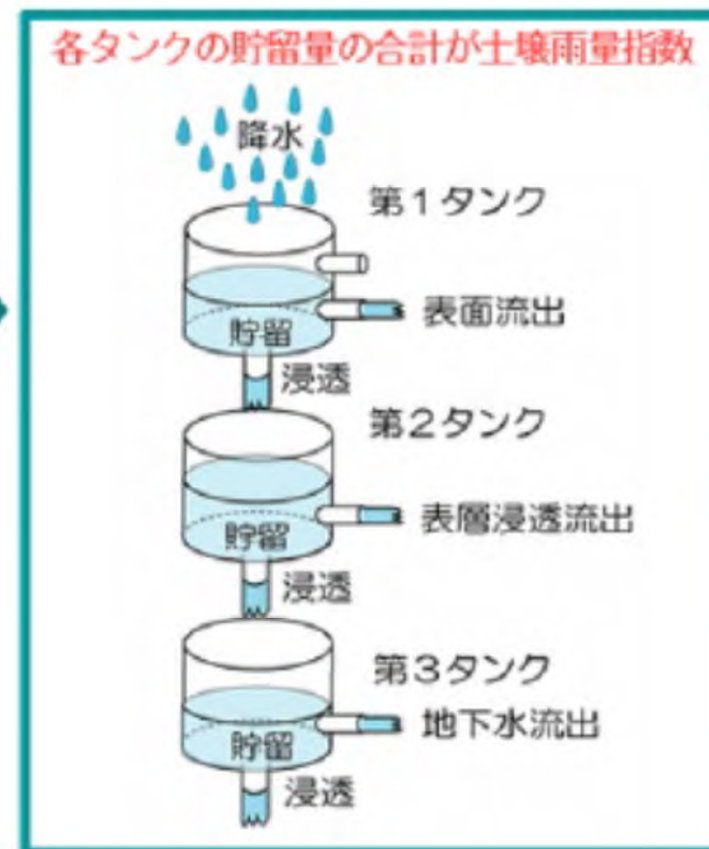


図1 雨が土壤中に貯まていく様子とタンクモデルとの対応

- タンクモデル→タンクは1種類
- 地盤・地質による違いや表層/深層の違いは考慮していない。

気象庁ホームページから

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/doshakeikai/index.html>

皆さんに、知っていただきたいこと

- 地盤・地質の違いを、十分に考慮できていない。
- ミクロ的視点, **メカニズムを考慮すべき**
 - マクロ的視点, 統計的な観点のみならず.
- まさに, 研究段階.
- **地盤・地質の成り立ちや個性ある特性の考慮**
が必要
- 成り立ちや個性ある特性のビッグデータを整備している途上...

地盤・地質ビッグデータ 地盤品質判定士も！

- 地盤情報データベース
- 地質図Navi
- 地盤品質判定士にも相談！



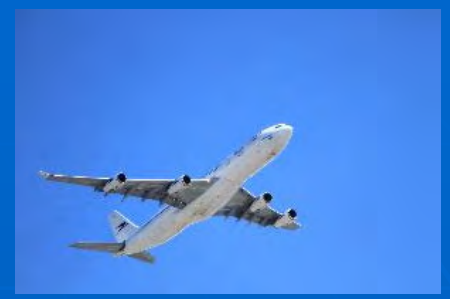
地盤情報データベース



地質図ナビ



地盤品質判定士協議会

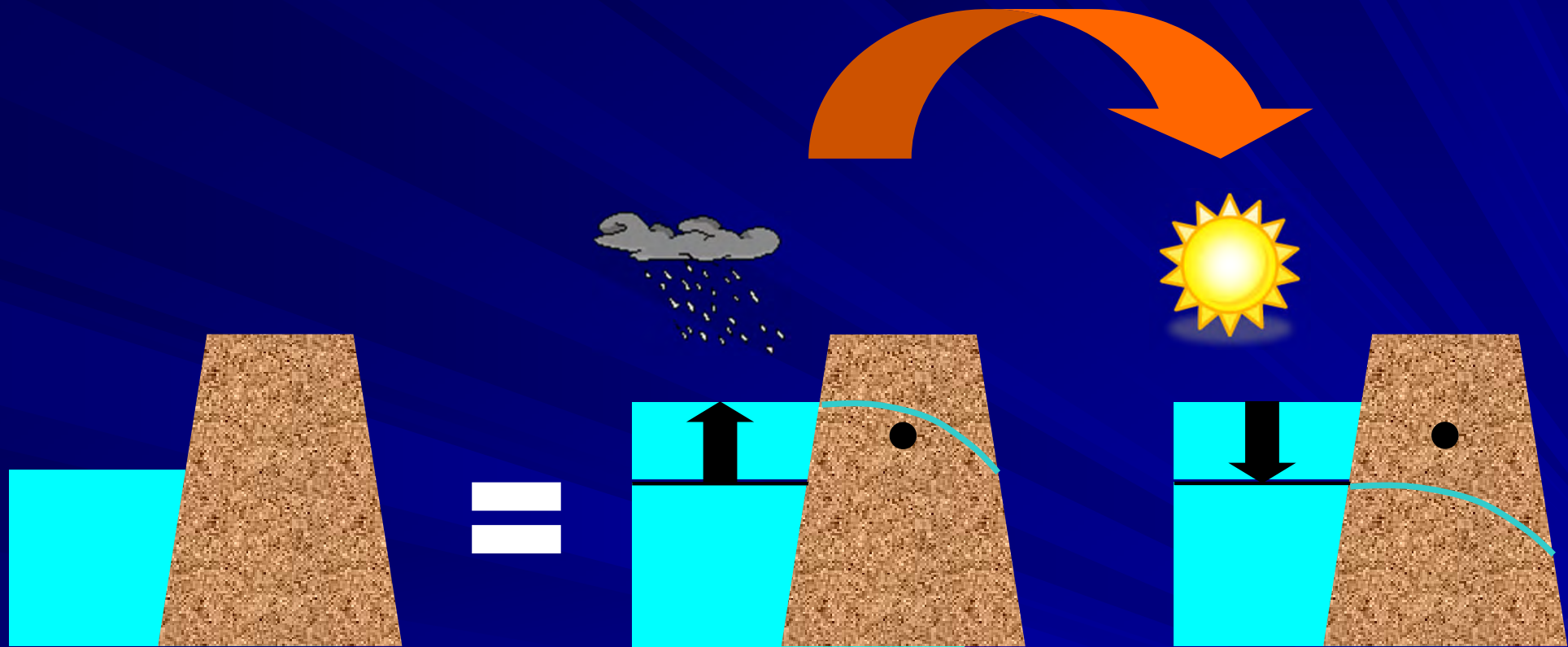


スキップ

一例を 河川堤防の土質材料で



降雨による河川堤防への影響



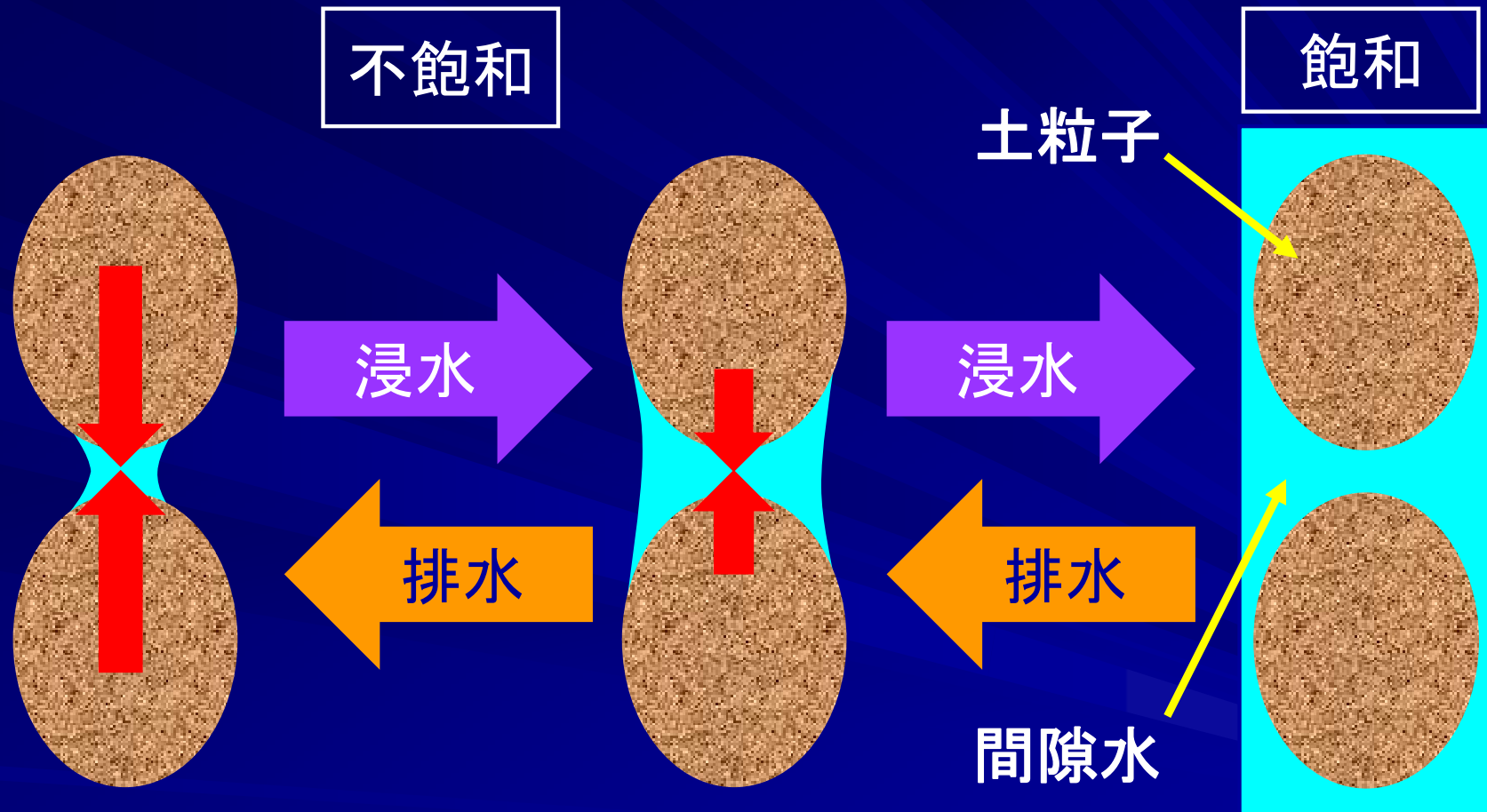
降雨による
河川堤防への影響

浸水による変形

排水による変形

サクションと変形

← : サクション (土粒子間の吸着力)



土粒子間の吸着力
増加による変形

土粒子間の吸着力
減少による変形

本研究で用いる土質試料



まさ土



信濃川堤体材料



対雁築堤材料



黒ぼく



関東ローム



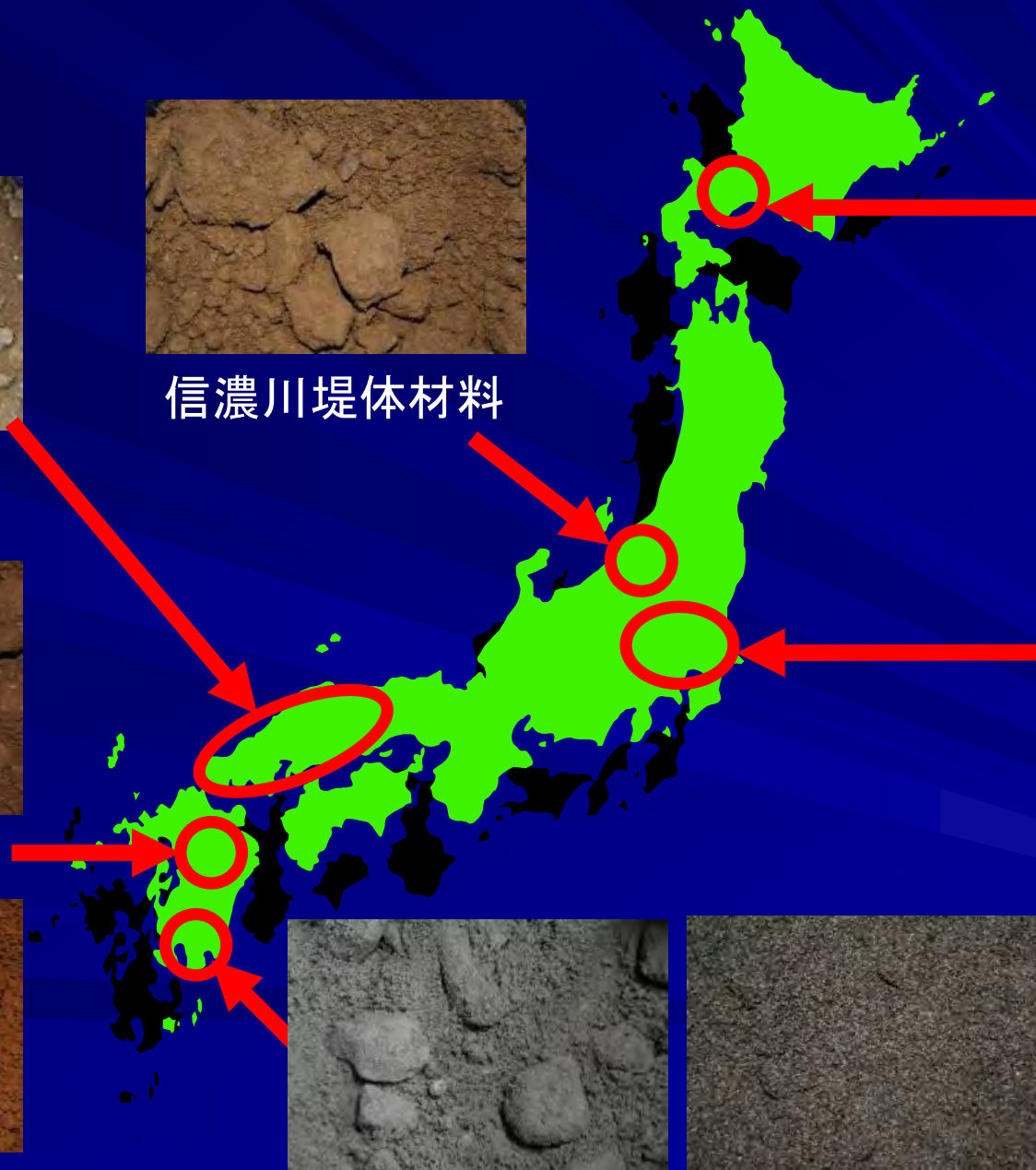
赤ぼく



一次しらす



二次しらす



各地域における安全性検討および適応策

二次しらす
サクシヨンの低下
越水破壊



余裕高を高くする
表法面に遮水対策

赤ぼく
越水破壊



余裕高を
高くする

一次しらす
コラプス沈下



表法面に
遮水対策

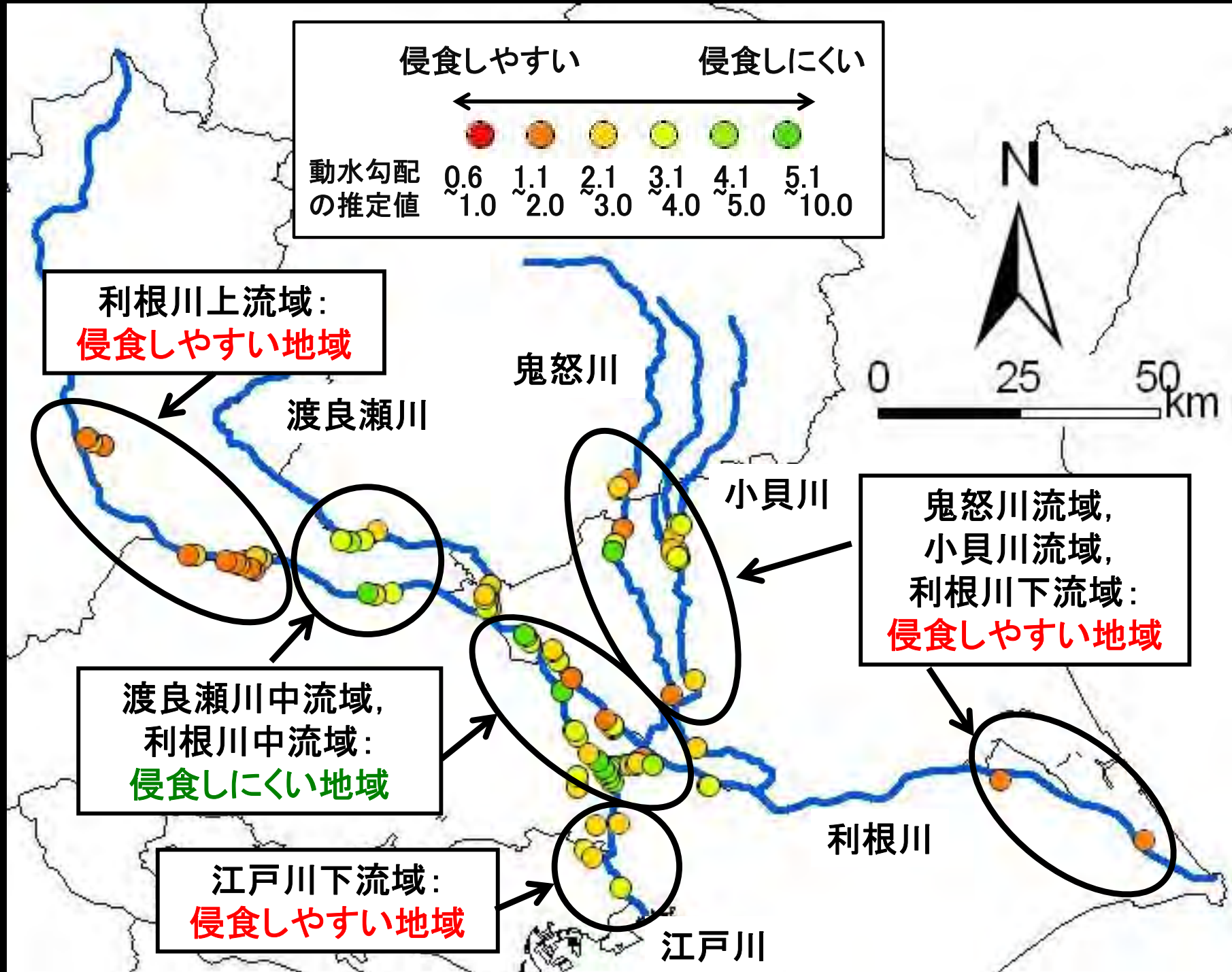
関東ローム
残留水が排水しにくい

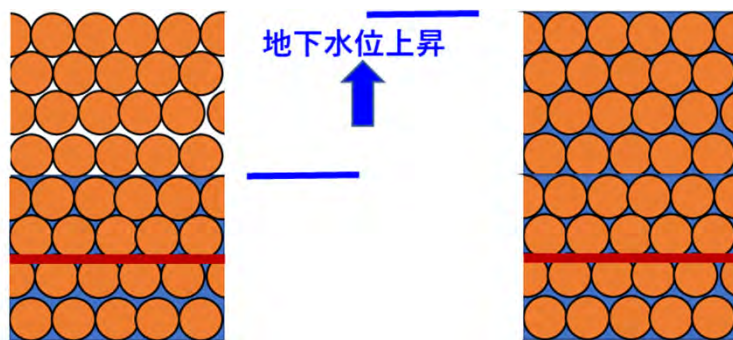


裏法尻に遮水対策



関東地方の侵食脆弱性の評価





どうして、地下水位が上がると
斜面は壊れるのか？

地盤工学の理論

福岡大学・村上哲教授の教材を借りて



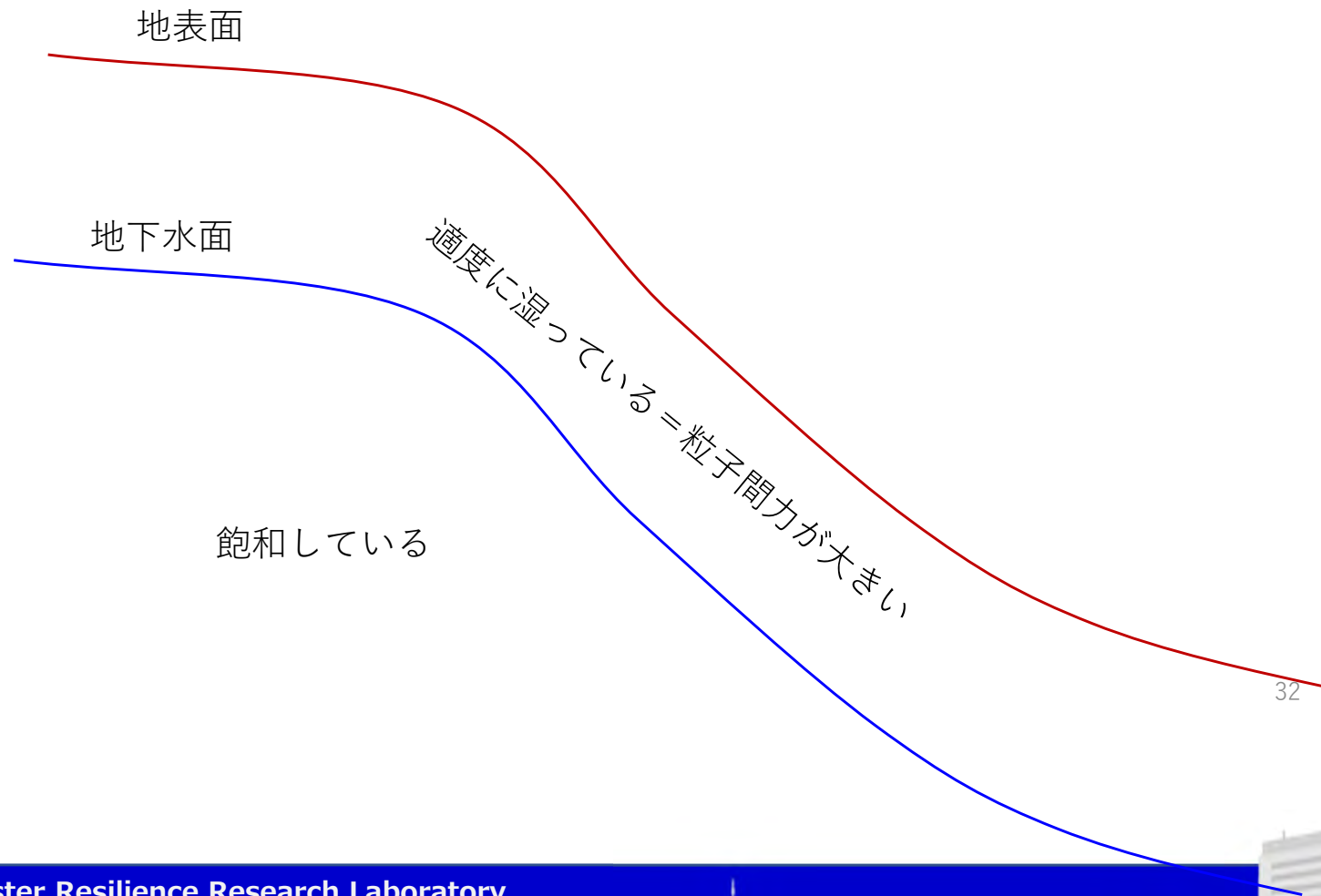
Geo-Disaster Resilience Research Laboratory
Fukuoka University

福岡大学 防災・環境地盤工学研究室



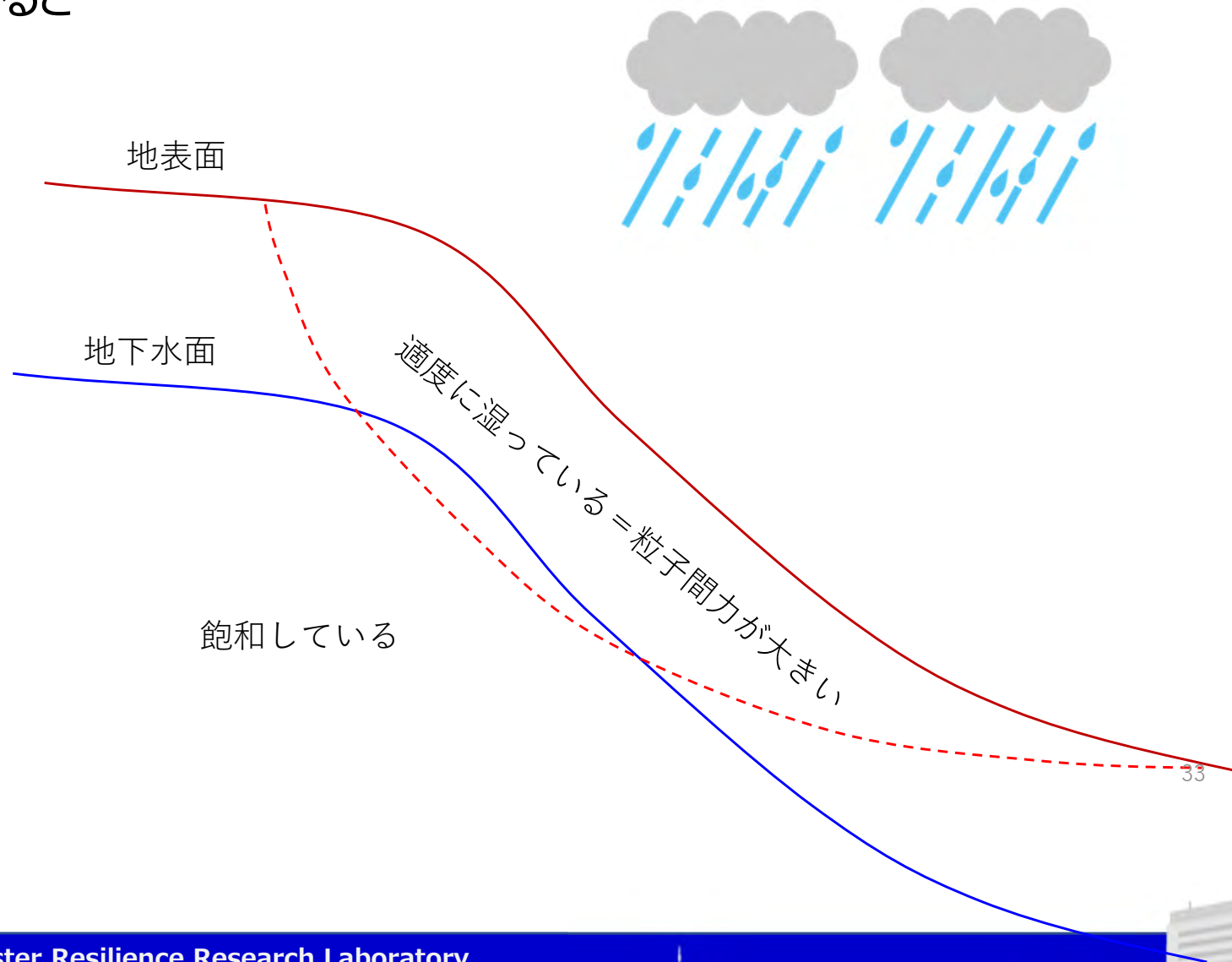
斜面崩壊のメカニズム

- 斜面の内部はどのようなになっているのか？



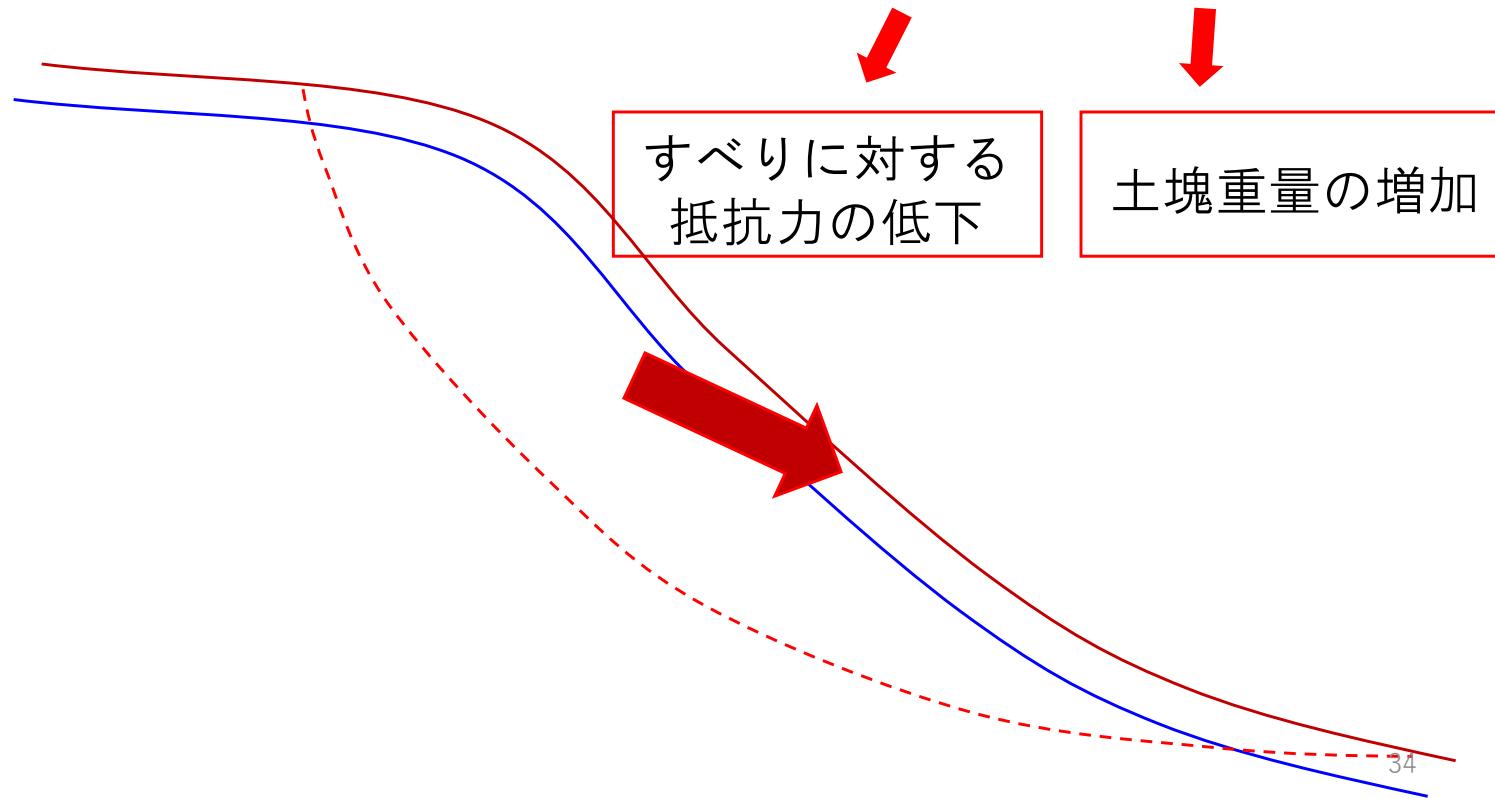
斜面崩壊のメカニズム

- 雨が降ると……



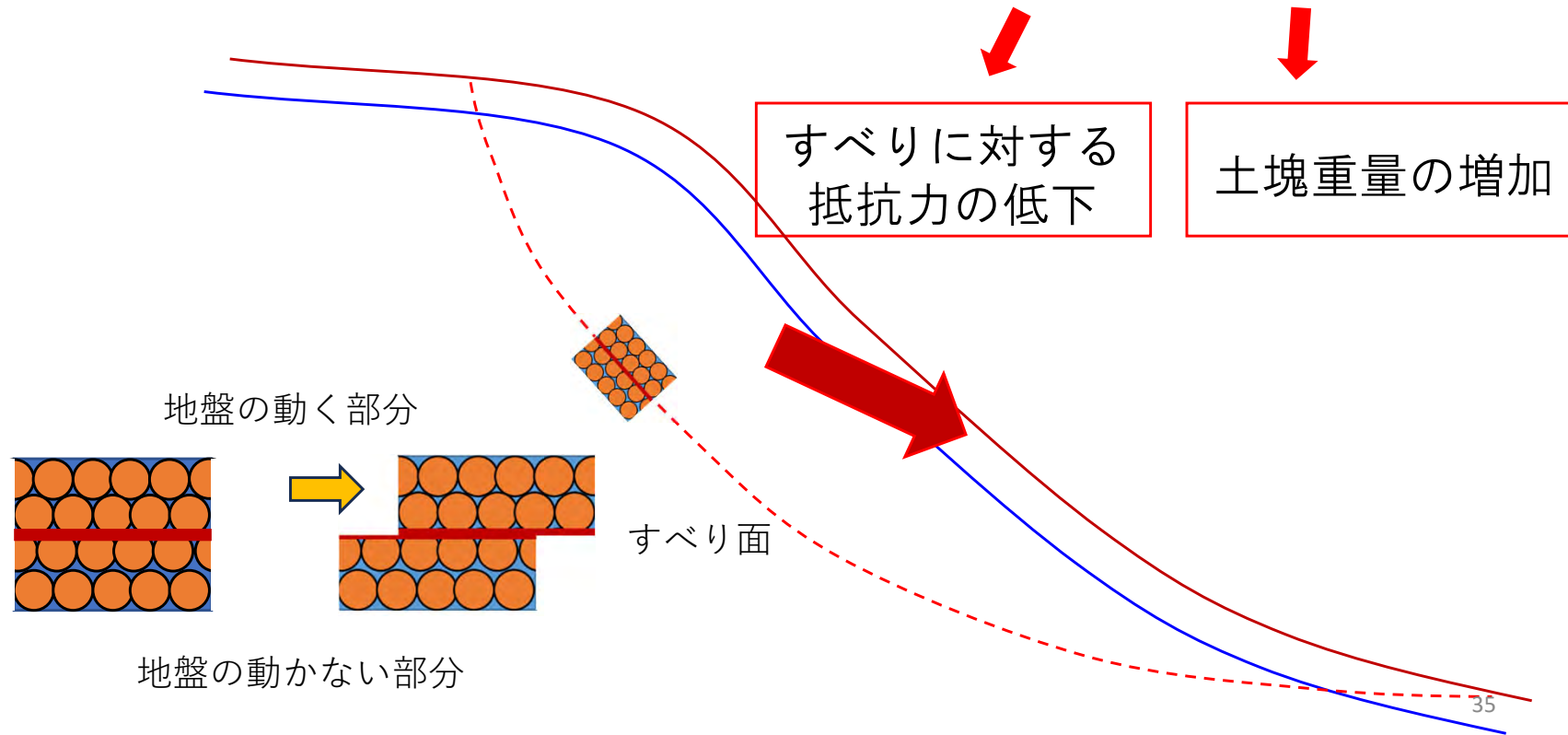
斜面崩壊のメカニズム

降雨 → 雨水の浸透 → 斜面内部の飽和度が上昇

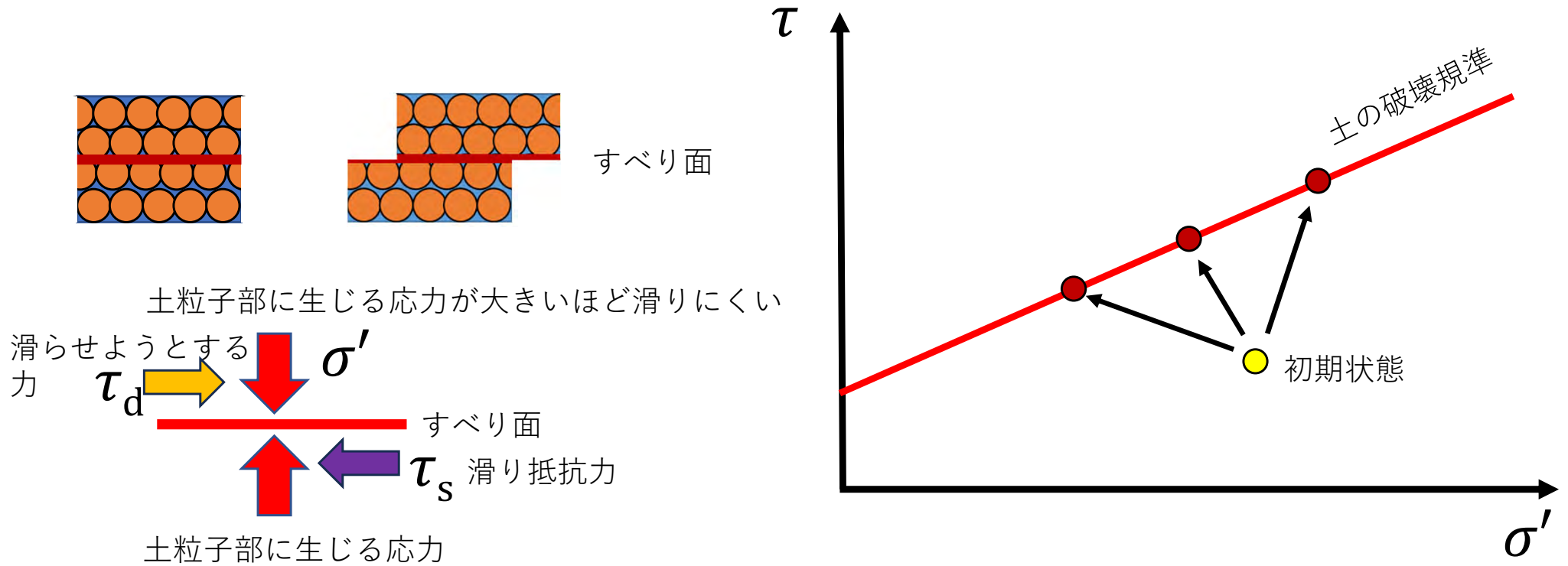


斜面崩壊のメカニズム

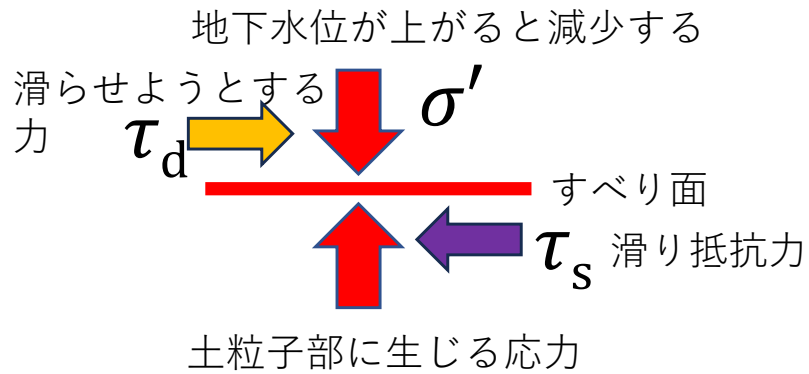
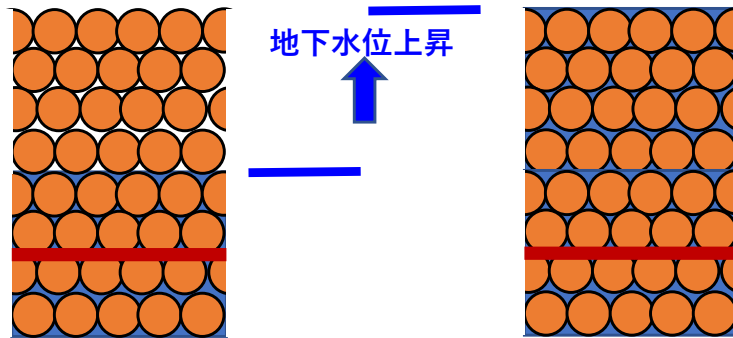
降雨 → 雨水の浸透 → 斜面内部の飽和度が上昇



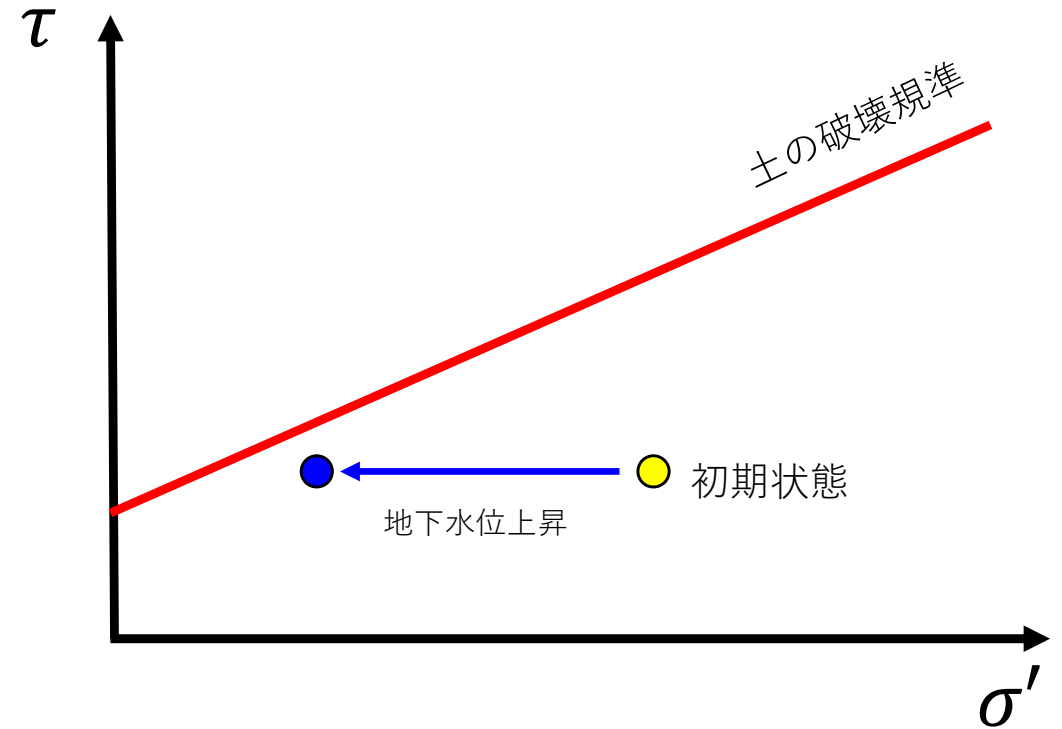
地盤が動く 土が壊れる



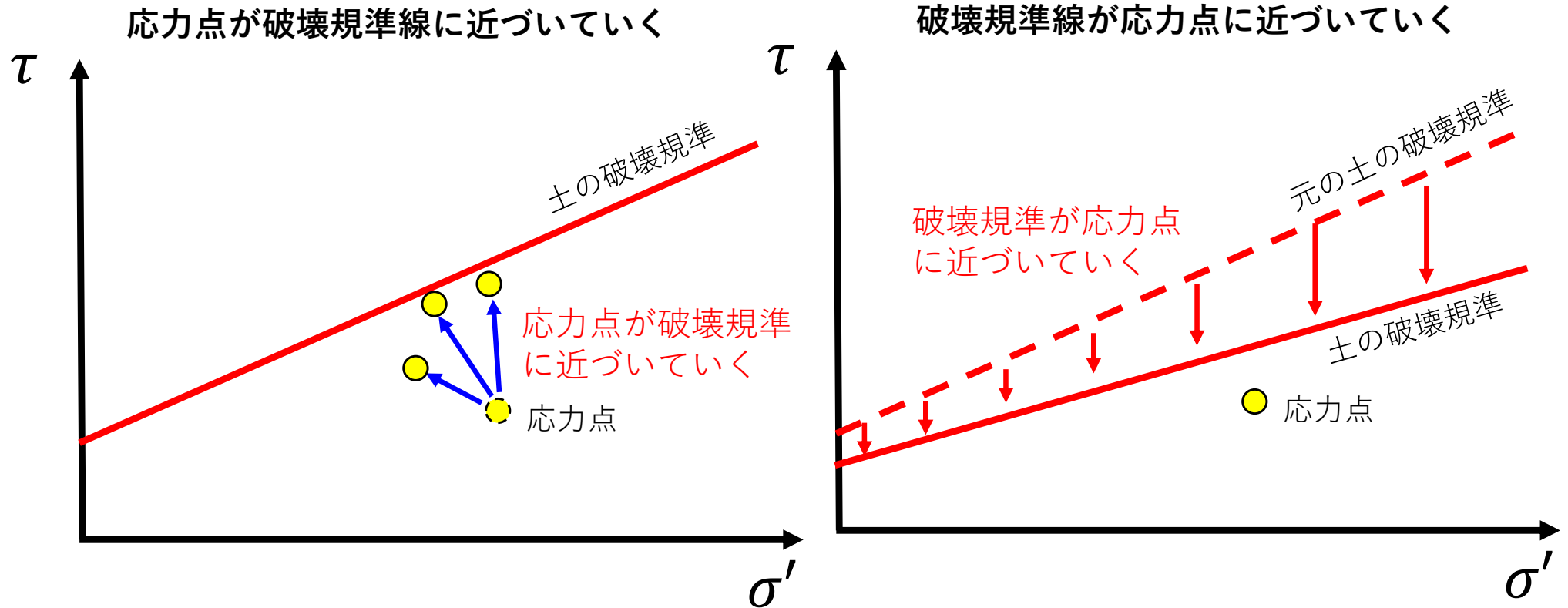
地盤が動く 土が壊れる



地下水位が上昇すると



土が破壊する2つのケース



※破壊規準線に近づくにつれ変形も大きくなる



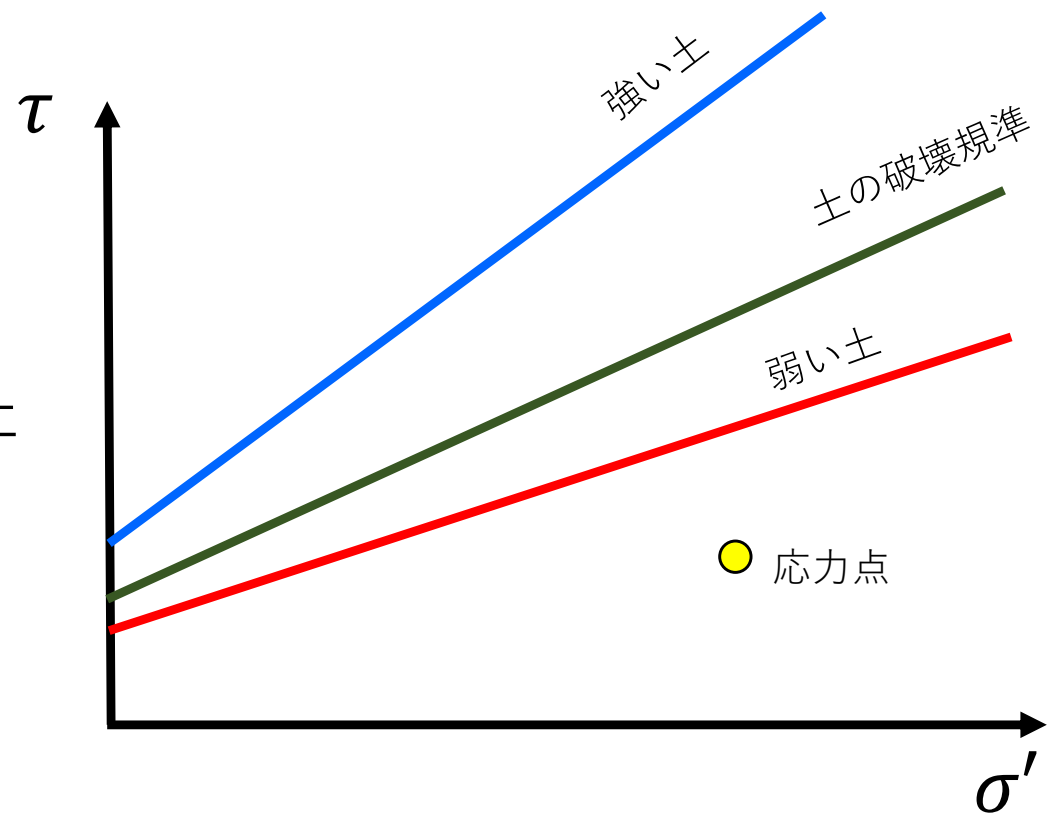
Geo-Disaster Resilience Research Laboratory
Fukuoka University

福岡大学 防災・環境地盤工学研究室



破壊規準線と土の変形・破壊

- 破壊基準線は土によって異なる
 - 砂、粘土など
- 土の状態によっても異なる
 - 例えば
 - 締め固めた土とそうでない土
 - 未風化の土と風化した土
 - 繰返し変形を与えた土とそうでない土
 - など



要するに・・・

- **不飽和から飽和に変遷**していく地盤の挙動を正確に予測するのは、現状、難しい。
 - 雨が降って、土の挙動は変化するが、それを正確に予測することは難しい。
- **土の種類は、膨大！**
- 火山国の日本であれば、なおのこと。
- このようなことを、強く認識し、地盤災害に備えなければならない。

社会実装に向けての論点

- 地盤災害には、いろいろあります。それを知っていただきたい。
- 土砂災害の予測は かなり難しい なぜなら 十分、
「自然への畏敬の念」
を忘れてはいけなない。
- エリア別として地盤 地質情報の整備は心務
であり、現在、進行中。実験データ取得がとても大変！
- まだまだ、やるべきことが多いので、皆さんに関心を持っていただきたい。

もう一つの社会への問題提起

- 近年、高校をはじめ初等教育での地学教育の実践が難しくなっている。
- 地盤・地質の詳細な特性に、もっと関心を！

【参考文献】

- 吉岡直人：高校の地学教育の現状と課題—地学教育に関する私案—，深田地質研究所年報，16，1-11，2015。
- 磯崎哲夫：地学を学ぶ意義についての論考，科学教育研究，41(2)，246-257，2017。
- 渡部景隆：地学教育の歴史，地学雑誌，105(6)，694-702，1996。