

## 現場で考えたこと、現場から学んだこと、そして後進に託したいこと



長谷川修一(香川大学特任教授)

1

## 本日本話したいこと

1. 1955年～: 氏と育ち
2. 1980年～: 四国電力に入社: 修行の時代
3. 2000年～: 香川大学工学部で地質工学の教育・研究
4. 2004年～: 台風災害を機に地質工学から防災にシフト
5. 2008年～: 入院中に考えた大地の診断方法とつきあい方
6. 2003年～: ネパールで考えたこと
7. 2018年～: 創造工学部防災・危機管理コース開始
8. 2021年～: 後進に託したいこと

2

## 1. 1955年～: 氏と育ち

- 昭和30(1955)年 島根県松江市生まれ
- 昭和30-37 (1955-62)年: 幼年時代(松江)6歳まで
- 昭和37-49 (1962-74)年: 小学校、愛光中学・高校(松江)18歳まで
- 昭和49-53 (1974-78)年: 東京大学理学部地学科(江戸)
- 昭和53-55 (1974-80)年: 東京大学大学院理学系研究科(江戸)
- 昭和55-平成12 (1980-1987)年: 四国電力(高松)24歳から
- 昭和62-平成12 (1987-2000)年: 四国総合研究所出向
- 平成12-30 (2000-2018)年: 香川大学工学部助教授・教授 44歳から(平成26-28 (2014-2016)年: 日本応用地質学会会長)(平成29-30 (2017-2018)年: 工学部長)
- 平成30-令和3 (2018-2021)年: 香川大学創造工学部教授(平成30-令和元 (2018-2019)年: 創造工学部長)
- 令和2(2020)年～: 四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構副機構長、危機管理先端教育研究センター長
- 令和3(2021)年4月～: 特任教授・名誉教授 65歳から

3

## 岩盤の氏(生まれ)と育ち、どちらが重要?

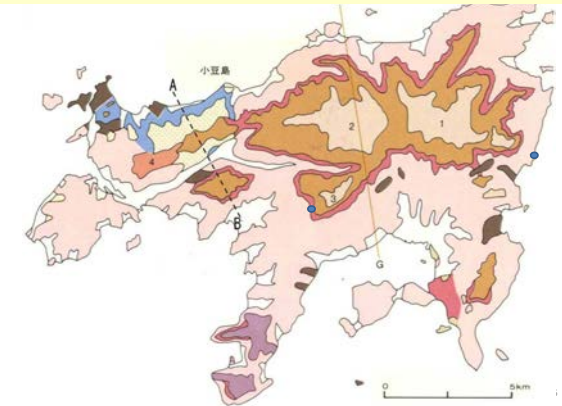
- 氏(生まれ): 岩石の初生的な性質  
物性・構造・分布←岩石名から予測
- 育ち: 岩石形成後の履歴  
地下深部: 断層破砕  
熱水変質  
地表付近: 除荷作用・風化作用・  
岩盤の重力変形  
マス・ムーブメント: 地すべり

4

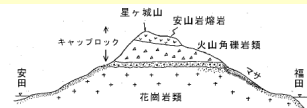


花崗岩は風化しやすい岩石ですか?

## 小豆島の地質



## マサは1000万年以上の風化の結果 瀬戸内火山岩類堆積以前から風化を受けていた



小豆島の模式地質断面図(香川県県土保全対策調査研究会・香川県, 1977)



瀬戸内火山岩類に被覆された花崗岩の赤色風化殻(段山: 長谷川・青藤, 1989)



小豆島町(福田)

7

## 大坂城石垣の丁場跡と残石群(400年前)



## 四国山地における地質工学的諸問題は

- A: 付加体の地質構造に基因する
- B: 付加体形成後の熱水変質に基因する



1

## 幼年時代(1955-62年)@松江

- 父が島根大学の教授(物理学): 島根大学構内の官舎
- 3人兄弟の長男、弟と妹
- 国民は貧しかったが、自然は豊かであった(小川にメダカ、田んぼや丘にマムシ)
- 近所の農家で卵かけご飯をごちそうになった



島根大学構内の官舎

10

## 小学生(1962-68年)@松山

- 父が愛媛大学に転勤、松山市の郊外で暮らす
- 学校の行き帰りの道草、水路のドジョウとイモリが友達だった
- しかし6年生の頃から農業散布によって、あつという間にいなくなった
- でも草むらに生息しているヘビは残った



松山城山から住んでいるところを指さす

11

## 自然観、人間観を手塚治虫先生から学んだ

- 科学技術は人間を幸せにも、不幸にもする  
⇒使い方が大事
- 人間も自然の一部  
⇒人間は自然を支配できない  
⇒自然破壊はわが身に返る
- 人間は善人でもあり、悪人でもある  
⇒人間は神にも悪魔にも近づくことができる
- 人命より大切なものがある  
⇒他を生かす、救うための自己犠牲  
⇒**命をつなぐことが大事**  
**三つ子の魂百まで**

12

## 愛媛自然科学教室

- 植物や動物より、地形や石集めが好きなことに気が付いた
- プラモデルづくりはそれほどだった
- ものづくりより(工学)より自然観察(理学)に向いている



一愛媛自然科学教室4・5月の記録一

◇今週 102回 愛媛県・愛媛市 4月25日 3時45分参加  
七尾岬及び附近の古墳出土物の見学。七尾山から瀬戸内海国立公園の展望と七尾少年団による自然保護の話を聞き、愛媛山から愛媛県産の産物を見る。途中大観式明の墓にまいりました。(写真)

◇今週 103回 海上 5月20日 4時45分参加  
徳島県海士上11から同様に遊んで見た。入江附近のれき石。徳島県産のれき石をスキャンし、れき石のちからと産物の出来たところ等についての考えを聞き、途中徳島の中に見える花石についても勉強しました。当道に出来たおひつりや海苔の産物について説明を聞きました。(写真)

◇今週 104回 愛媛県 5月20日 7時45分参加  
糸の力による運動作用や糸の流れることと糸の力。糸をけずって砂利をつくる砂利工場や地層の見学。初夏の植物や昆虫。河原の砂利を測って二枚貝の化石なども採取しました。(編)

13

## 愛光中学・高校(1968-74)@松山

- 高い理想: 世界的教養人としての高い知性と深い徳性  
しかし、地域のことは学ばない⇒**村を捨てる教育**
- 流行を追わない**
- 中高一貫教育: 受験に有利
- 男子校⇒今は男女共学
- 国語の授業: 坊ちゃん⇒**松山人嫌い**、銀の匙⇒**観察力と感性**
- 倫理の授業: 論語、カール・ヒルティ
- 外国文学かぶれ: 物語の地理的スケールの大きさ  
英: シェークスピア、シャーロックホームズ  
仏: ダルタニャン物語、怪盗ルパン
- 映画で英語の勉強をしていた **今は「男はつらいよ」**  
⇒東大の2次試験で映画の原作が出題(Railway Children)  
⇒新婚旅行でSound of Musicの舞台を訪ねる(1983年)

14

## 進路について考える

- 京大への憧れ: 湯川秀樹「旅人」  
⇒**理論物理では、飯が食えそうにない**
- 石鎚山登山(中2、高1)
- 新しい地球科学へ関心: 中3から  
竹内均(1964): 地球の科学、NHKブックス  
上田誠也(1971): 新しい地球観、岩波新書  
⇒プレートテクトニクスに魅せられた
- 東大への進学を決心(高2⇒高3)  
理学部で地質学を志望  
**大地の成り立ちと変動を調べてみたい!**
- 東大理科2類から理学部地学科へ



15

## 東京大学理学部地学科(地質学鉱物学科)

### 野外巡検(伊豆大島)



## 地質学教室Ⅱ講座(構造地質学・木村敏雄研究室)

木村 敏雄先生(1922年1月15日 - 2019年10月11日)は、日本列島の構造発達史の研究を精力的に行い、『日本列島Ⅰ、Ⅱ上下、Ⅲ上下』という大著を1977年から1985年にかけて公表した。日本に分布するすべての地層の種類、時代、分布などの記録を総括した「Geology of Japan」を1991年に、その後も地層の年代と重力異常という観点から日本列島の地殻変動を見直し、『日本列島の地殻変動』という大著を2002年に出版した。

長谷川  
↓



木村 敏雄先生

吉田鎮男先生  
(博士論文の主査)



これからは、著書を残したい

## 地質学の専門教育

- 放任主義: 自主的
- 教授からは基本(考え方)を叩き込まれる
- 個別事項は助手、院生、同級生から教わる
- 野外調査中心(地質調査の基本)
- 卒論・修論: 四国の地質構造
- 地質調査のアルバイト  
地質調査で稼ぐことができる  
⇒**地形の方が面白い**  
⇒**地質学を社会に役立てたい!**  
飯が食えるようになりたい  
⇒四電の内定: 修士1年の夏  
(前年京大理学部に行った異好幸さんが四電を断ったので、翌年東大に木村先生に話 came)



卒論の地質調査(大歩危)



佐々連鉱山(伊予三島市)

## 地すべり地形は美しい 怒田地区(対岸)と八畝地区の棚田(手前側)



## 地すべり地における水利用の知恵は文化だ



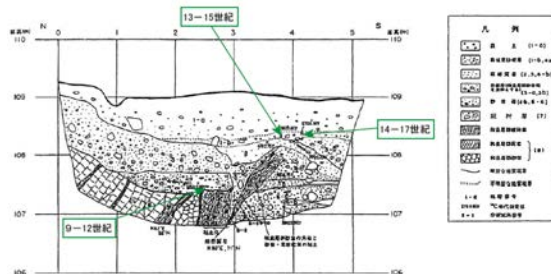
地すべり地に水を入れることは地すべりを助長する。しかし、棚田の稲作では貴重な水を地中に入れない工夫をしている。

## 2. 2000年四国電力に入社: 修行の時代

- 土木技術者の仲間入り  
師匠: 故永峰良則氏(土木地質)  
同僚・後輩: 大野裕記博士(四電常務執行役員)  
田村栄治博士・川上祐史氏(四C)  
研究所勤務(本店、建設現場の経験なし)
- 原子力発電所、水力発電所、送電用鉄塔の建設と災害対策に必要な地質調査
- 活断層・地すべりの調査・研究  
独学で地形を勉強



## 畑野断層トレンチ調査(1980-1981年)



田村栄治さんと川上祐史さんと溝掘り稼業をはじめました

図23 畑野断層 上野SK-2トレンチ 壁面スケッチ  
長谷川雄一(1999)に加筆。  
年代値は暦年補正(注10参照)後の炭素同位体年代を□に示す。

[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/11feb\\_chuokoza/f23.htm](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/11feb_chuokoza/f23.htm)

22

## 岡田篤正先生から変動地形とトレンチ調査を学ぶ

岡田篤正先生: 愛知県立大学助教授・教授、京大物理学研究科教授、立命館大学教授  
中央構造線の活断層研究のバイオニア、変動地形学研究の第一人者



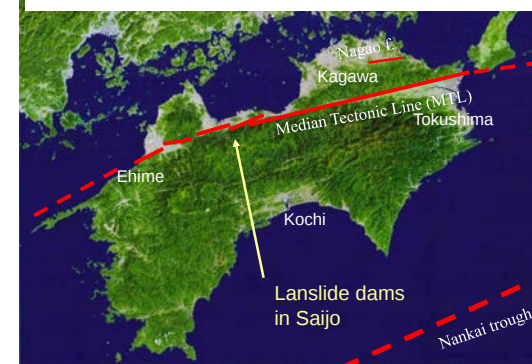
<http://www.asahi.com/special/bousai/images/OSK201208300219.jpg>



2020/07/01出版(大著を喜寿で出版)

やはり、これからは著書を残さねば!

## Main active faults in Shikoku



24

## 西条市加茂川支流の下津池地すべり



## 西条市下津池地すべり



土呂橋(洪水吐)



下津池(堰止湖)

## Geological profile of Shimotsuiki landslide lake

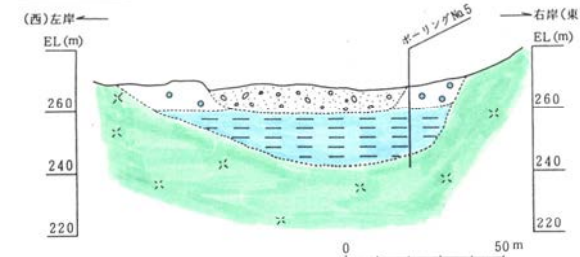


図-9 下津池地点地質横断面図  
(凡例は図-4に同じ)

3

## History of Shimotsuiké landslide dam

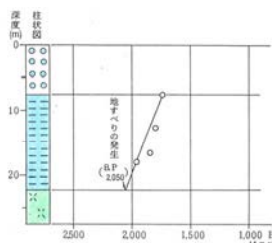


図-11 Na5ボーリング地点の堆積速度  $^{14}\text{C}$ 年代  
(凡例は図-4に同じ)

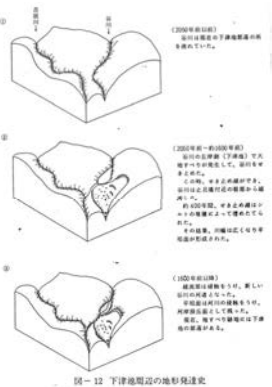


図-12 下津池周辺の地形発達史

28

## Kurotai landslide dam



## Landslide buried lake due to Kurotai landslide dam



## Kawakurusu landslide dam



## Kawakurusu landslide



## Kawakurusu landslide dam



## Geological profile of Shimotsuiké landslide lake

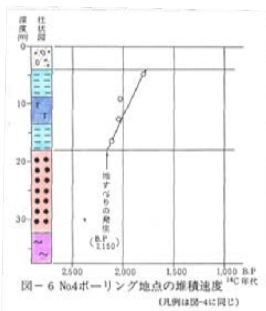
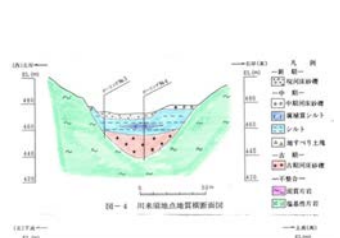
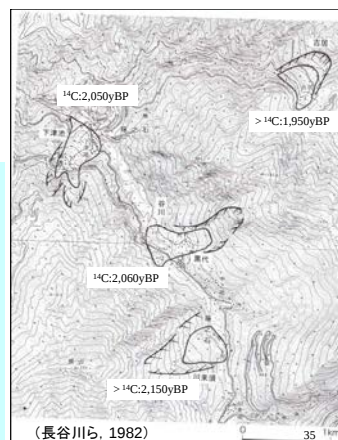


図-6 Na4ボーリング地点の堆積速度  $^{14}\text{C}$ 年代  
(凡例は図-4に同じ)

34

## 西条市加茂川流域における2000年前の地すべりダム群

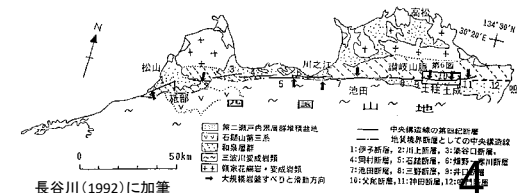
- 地すべりによる堰止め湖の形成
- $^{14}\text{C}$ 年代測定から約2000年前に地すべりダムの形成
- 中央構造線による直下型地震か?
- 地すべり地形に開眼



(長谷川, 1982)

## 学位論文 中央構造線沿いの大規模岩盤すべりと第四紀断層運動

- 活断層と地すべりの融合研究  
着想後、休日の野外調査に数年かける  
最初の構想は「四国山地がどのようにして形成され、解体されるか」  
指導教員の吉田鎮雄先生(東大)にそんなの一生かかると一蹴された
- 昭和62年(1987年)四国総合研究所へ出向
- 平成5年(1993年)東京大学から博士(理学)
- 平成7年(1995年)技術士(応用理学)取得



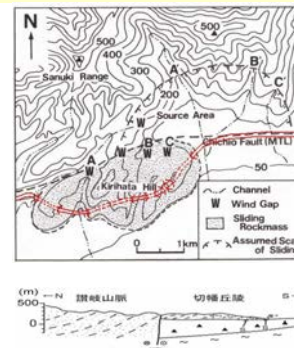
長谷川(1992)に加筆

36



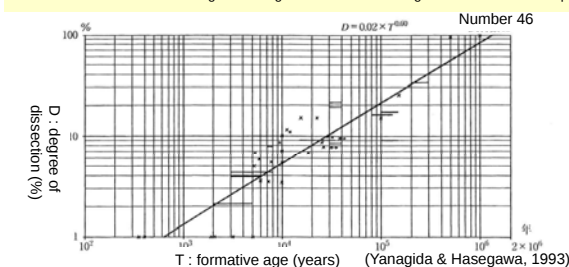
## 博士論文のインパクトは風化し、忘れ去られる

- 切幡丘陵などで報告された第四紀前半の低角度断層は地すべり起源
- 100万年前に形成された大規模地すべりの発見は世界初
- 中央構造線は100万年前から右横ずれ断層運動
- 地すべり岩体も累積変位量数kmのオーダー
- 大規模地すべりは中央構造線による直下型地震による可能性が大
- 活断層沿いでは、地形が開析された地すべりを識別して地質調査すべし



## 学位論文のおまけ

地すべり地形の開析度と形成年代との関係  
Relation between formative ages and degree of dissection of large-scale landslides in Japan



Topography of large-scale landslides have been completely dissected after 1 million years.

## 1993年国際学会デビュー@スロバキア

1991年ソ連の崩壊2年後に東欧を訪問



## ポーランド国境高タラ山脈の氷河地形とモレーン



## 柳田誠博士とドイツ・フランス・スイス・オーストリア・スロバキアをレンタカーで周遊



四国新聞1994年6月24日



四国新聞1994年7月15日



## 高松クレーター論争

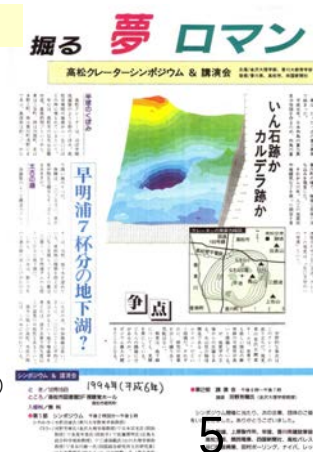
### 【成因】

隕石: 河野 (金沢大学)  
三浦 (山口大学)  
佐藤 (神戸大学)

カルデラ: 長谷川 (四国総研)  
石井 (ナイバ)

【地底湖?の地下水の利用】  
利用を期待: 河野 (金沢大学)

利用は困難: 長谷川 (四国総研)  
石井 (ナイバ)



## 高松クレータの成因を解明する基本的なアプローチ

【必要条件】陥没構造は何で説明できるか？

- ① 負の重力異常はどのような岩石で説明できるのか？  
⇒低密度の溶結凝灰岩、水で飽和されると低比抵抗
- ② その岩石はどのような過程で形成されたのか？  
⇒カルデラ噴火による火砕流堆積物
- ③ その岩石の形成過程で陥没構造が説明できるか？  
⇒可能

【十分条件】陥没構造の形成に伴う物質が周囲にあるのか？

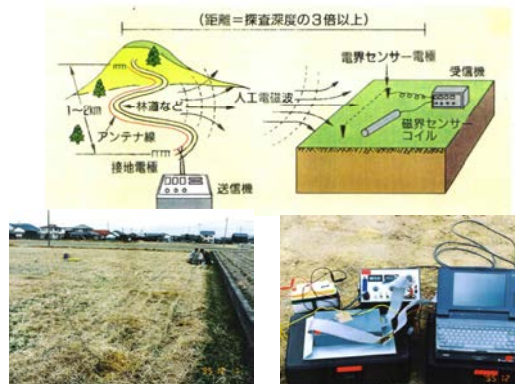
⇒讃岐層群基底の流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩（火砕流堆積物）

【地下水の評価】

- ① 地下水のほとんどは吸水率約15%の凝灰岩中の空隙中に存在  
⇒湧水の水源にならない
- ② 利用可能な地下水は岩盤中の割れ目を流れる裂隙水  
⇒揚水実績は100-150t/日程度  
⇒温泉なら可能だが、湧水の水源にならない

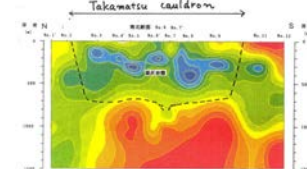
平成7年度に高松市が地下水調査を四国総研に委託

## CSAMT法電磁探査

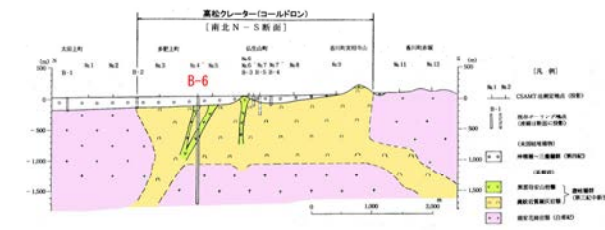


## 高松クレータの比抵抗断面図

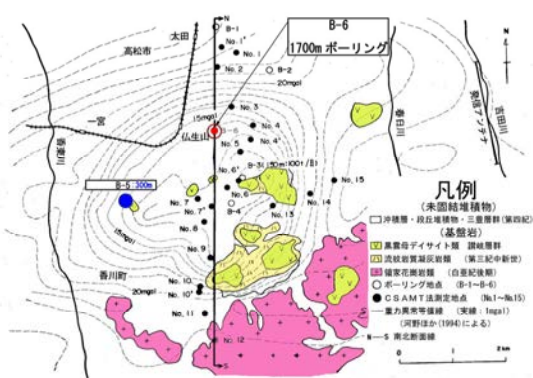
### 比抵抗断面図



推定地下構造



## 高松クレータ内の1700mボーリング



## 溶結凝灰岩の物性値（深度300m付近）



表-1 B-5ボーリングコア（溶結凝灰岩）の物性値

| 項目      | 物性値      | 備考                        |
|---------|----------|---------------------------|
| 表乾比重    | 2.055    | 深度300m付近のコアの平均値           |
| かさ比重    | 1.787    |                           |
| 見掛比重    | 2.450    |                           |
| 吸水率 (%) | 15.03    |                           |
| 水の飽和状態  | 44.3 Ω・m | 密度 2.053g/cm <sup>3</sup> |
| 水の飽和率   | 44.27%   | 間隙率 27.30%                |
| 水の飽和率   | 10.27%   | 65,252 Ω・m                |

注) 水の飽和率：乾燥状態と飽和状態との差の水分量として算出。



## またしても反論

- ・地質を無視・誤認
- ・衝突起源とされる粒子の産出状況が不明
- ・衝突物質の信憑性  
(錆びていない鉄ニッケル粒子はありえない)
- ・年代値の解釈の恣意性
- ・なぜ三浦氏しか発見できないのか
- ・なぜ大量の火山物質から発見できるのか
- ・方法論・論理展開のおかしさ



## 論争に決着がついたと考え論文にまとめました

応用地質, 第30巻, 第6号, 336-344頁, 2010  
Jour. Japan Soc. Eng. Geol., Vol.30, No.6, pp.336-344, 2010

報告

## 高松クレータ論争の検証

長谷川修一\*

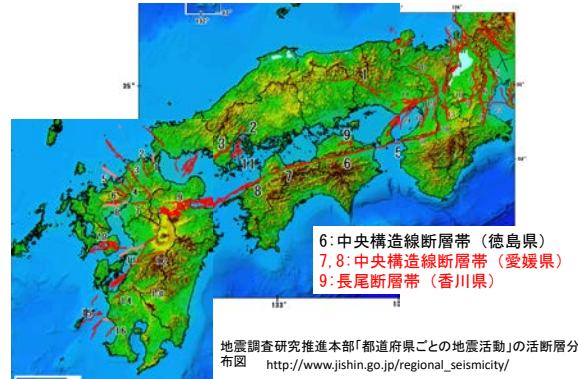
要旨  
高松クレータは、重力調査によって発見された伏在陥没構造で、高松平野南部の仏生山跡を中心に直径約4km、深さ千数百mの規模と推定されている。高松クレータをめぐっては、1994年から約10年間、その成因と地下水としての利用について論争が続いた。高松クレータ論争は、学内における議論により、「夢」と「ロマン」と「地下水の切り札となる水脈」として、マスメディアの報道が先行した特異な事例である。また、高松クレータの報道によって、行政が水源調査を行い、民間会社が温泉事業に投資し、市民が地域おこしの題材とするなど、学内外的な社会現象となった。本稿では、高松クレータに関する論争と新聞報道を検討し、応用地質学の市民生活に貢献のあり方を考察した。高松クレータは、日本初の鑽石衝突坑なら、地殻構造がほぼ市民に開示をいかなる報道に対して応用地質学の論議展開を軸に表層地質、物理探査およびボーリング試験の分析・試験データに基づき多角的に反論・説明することによって、一方的な科学情報による地元の混乱と科学者の信用失墜を未然に防止することができる。

Key words: 高松クレータ Takamatsu crater, 科学論争 scientific debate, 地下水资源 groundwater resources, 報道機関 news media

## 1995年兵庫県南部地震 野島断層(北淡町野島平林)



## 活断層調査バブルが始まる



## 愛媛県活断層調査(1997~2000年)

・四電技術コンサルタントが受注し、金山清一郎、田村榮治、川上祐忠、宮地修一、露口耕治、藤川聡さんと四国総研の合同チーム(鶴田聖子、池田倫治さん)+阪神コンサルタンツの柳田誠さん



池田倫治さん

## 1997年度香川県活断層調査:長尾断層帯調査

- ・四国総合研究所が受注:川北部長(後の副知事)意向で地元の業者で人材を育成
- ・係長だった故須幹博氏(2010年8月急逝)の二人三脚  
⇒長尾でドジョウどんをごちそうになる。香川への熱い思いに感銘。



長尾断層は1962年香川大学の齊藤実元農学部長(義父)によって発見された

地理院地図「都市圏活断層・高松南部」<http://maps.gsi.go.jp>

## 長尾断層は安全断層

- ・長さ24km
- ・一回当たりのずれの2m程度  
⇒マグニチュード7.1程度
- ・最新活動時期:9~16世紀(注)
- ・活動間隔:3万年程度  
⇒長尾断層の地震発生確率  
今後30年間:ほぼ0%  
今後50年間:ほぼ0%  
(地震調査研究推進本部, 2003)



長尾断層水上東トレンチ(三木町水上)



(注)高松市多肥北原遺跡の噴礫から10~11世紀に活動した可能性も  
⇒高松平野直下に伏在活断層?

## 中央構造線周辺の歴史地震

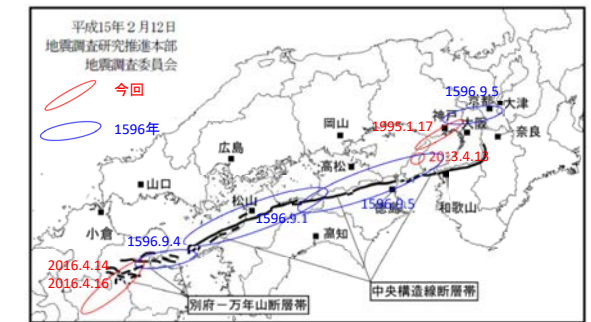
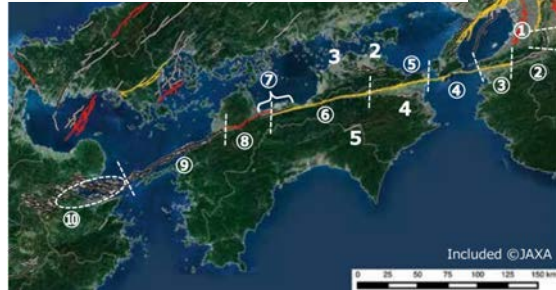


図1-2 中央構造線断層帯と別府一万山断層帯の位置関係概略図

[http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/81\\_83\\_85\\_86\\_89\\_chuo.pdf](http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/81_83_85_86_89_chuo.pdf)

## 活断層による地震の長期的な発生予測(長期評価)

凡例: Sランク(高い): 30年以内の地震発生確率が3%以上  
Aランク(やや高い): 30年以内の地震発生確率が1~3%  
Zランク: 30年以内の地震発生確率が0.1%未満  
Xランク: 地震発生確率が不明(過去の地震のデータが少ないため、確率の評価が困難)  
(注)地震発生確率が0.7以上である活断層については、ランクに\*を付記する。  
※Sランク、Aランク、Zランク、Xランクのいずれも、すぐに地震が起こることが否定できない



[https://www.static.jishin.go.jp/resource/pamphret/katsudanso\\_sonaeru\\_shikoku.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/pamphret/katsudanso_sonaeru_shikoku.pdf)

## 活断層による地震の長期的な発生予測(長期評価)

| 活断層の名称(活動区間) | 予想される地震の規模(マグニチュード・M) | 地震発生可能性(ランク) | 最新活動時期<br>平均活動間隔                  |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1 中央構造線断層帯   |                       |              |                                   |
| ①金剛山地東縁区間    | M6.8程度                | Zランク         | 1世紀~3世紀<br>約6,000~7,600年          |
| ②五束谷区間       | M7.3程度                | Xランク         | 約2,200年前~7世紀<br>不明                |
| ③松山谷区間       | M7.2程度                | Aランク         | 7世紀~8世紀<br>約2,500~2,900年          |
| ④紀淡海峡~壱岐海峡区間 | M7.5程度                | A*ランク        | 約3,100年前~2,600年前<br>約4,000~6,000年 |
| ⑤讃岐山地南縁東部区間  | M7.7程度                | Aランク         | 16世紀以後<br>約900~1,200年             |
| ⑥讃岐山地南縁西部区間  | M8.0程度もしくはそれ以上        | Aランク         | 16世紀~17世紀<br>約1,000~1,500年        |
| ⑦石鎚山地北縁区間    | M7.3程度                | Zランク         | 15世紀以後<br>約1,500~1,800年           |
| ⑧石鎚山地北縁西部区間  | M7.5程度                | S*ランク        | 15世紀~18世紀<br>約700~1,300年          |
| ⑨伊予瀬区間       | M8.0程度もしくはそれ以上        | Zランク         | 17世紀~19世紀<br>約2,900~3,300年        |
| ⑩豊後海峡~由布院区間  | M7.8程度                | Zランク         | 17世紀頃<br>約1,600~1,700年            |
| 2 長尾断層帯      | M7.3程度                | Zランク         | 8世紀~16世紀<br>概ね3万年程度               |

[https://www.static.jishin.go.jp/resource/pamphret/katsudanso\\_sonaeru\\_shikoku.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/pamphret/katsudanso_sonaeru_shikoku.pdf)

## 香東川の瀬切れの調査

数内美紀さんの卒論

2012年6月3日(日) 調査対象地:香東川



2012年9月5日(日) 調査対象地:香東川



## 讃岐平野中部における活断層系



(王てい他, 2019)



64

## 3. 2000年4月香川大学工学部へ 教育・研究の実践から地域へ、海外へ



Liam Finn先生、松島学先生と鳥取県西部地震調査

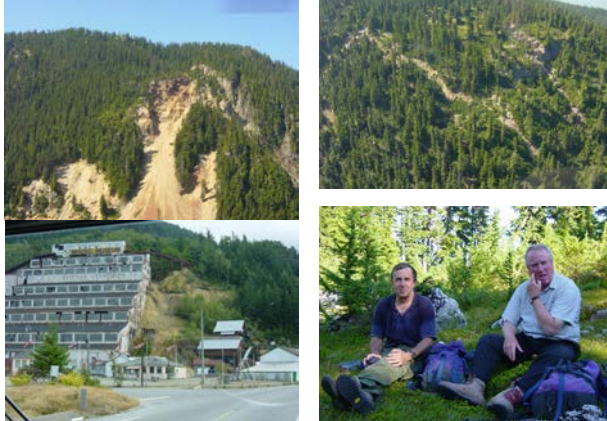
(2000年鳥取県西部地震、境港港)

65

## UBC in Vancouver, Canada (2002年9月)



## Britannia溪谷の現地調査



## Whisler のスキー場は地すべり移動体



## イランのPWITに招待されました(2002年6月)



## イラン最高峰ダマバンド山 (5,610m) と Lar ダム



## イランのPWITのKhorsandi先生と四国巡検 (2002.11)



四国カルストを貫く地  
芳トンネルでは、1400  
万年の火成活動に  
伴う熱水による石灰  
岩の溶食



71

## 1707年宝永地震による五剣山の崩壊

- ・ 北部 (庵治側) 南部 (牟礼側) 方向に転倒崩落
- ・ 墓石が転倒するように山頂の岩峰が崩壊
- ・ 八栗寺に大きな被害を与えた (菅原大介, 2002)



1707年宝永地震によって  
崩壊した岩峰

亀岩も崩落岩塊

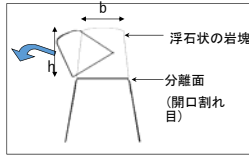
8

72

## 五剣山はどのように崩れたのか？



墓石転倒モデル



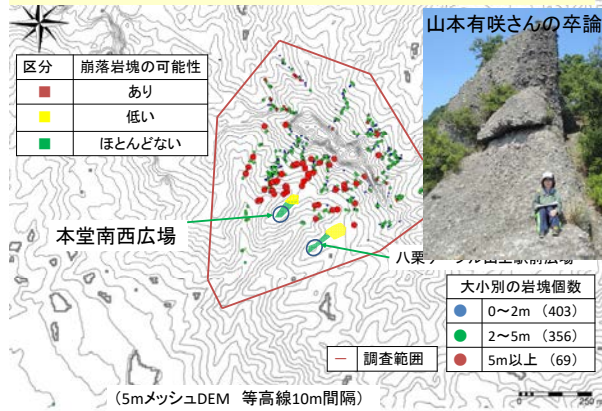
転倒条件式

$$\frac{\alpha}{g} \geq \frac{b}{h}$$

α：水平加速度  
g：重力加速度  
b：角柱の振動方向の幅  
h：角柱の高さ

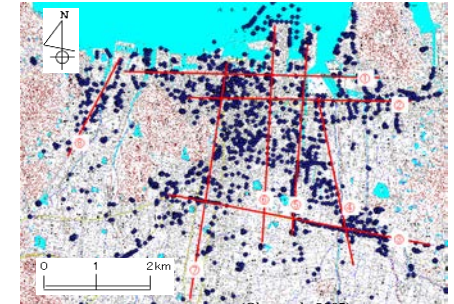
73

## GPSによる崩落岩塊の分布と一時避難場所の選定



## 地盤情報データベースに基づく 高松平野の幹線道路の液状化危険度

川井敦君から始まり太田均君がまとめ



(Ohta et al., 2005)

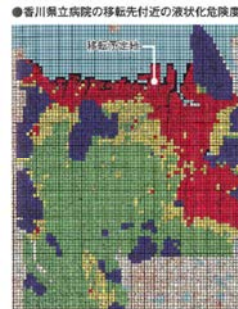
75

## 香川県新県立病院移転先問題

「病院自体の耐震性や津波対策を万全に行っても周辺地域が、液状化と津波によって甚大な被害を受ける」。こう指摘するのは香川工科大学の長谷川修一教授だ。香川県立中央病院が13年度をメドに移転する計画地のリスクを挙げる。

計画地は、埋立地や旧干拓地であり、過去の震災時に液状化に見舞われたことがある。地震発生時に液状化すると、上下水道管や道路が機能なくなる恐れがある。長谷川教授は「南海地震時にも災害拠点病院としての機能が失われるような周辺地域も含めた防災対策が不可欠」と言う。

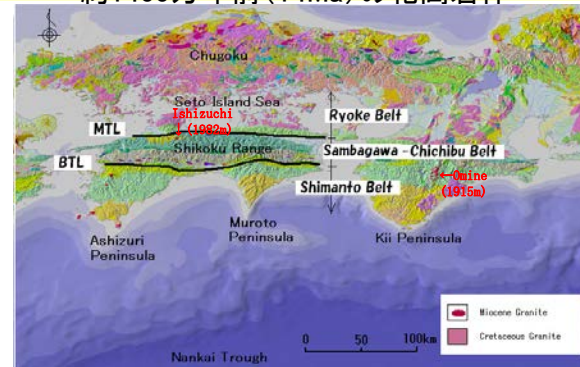
都市の死角が狙われる



日経アーキテクチャ, 2010.10.25

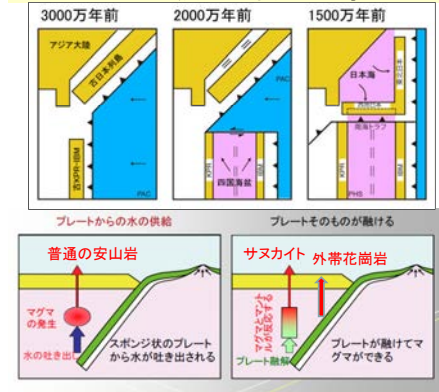
76

## 地質現象の黒幕としての 約1400万年前(14Ma)の花崗岩体



Regional geologic map of Shikoku, Chugoku and Kii in southwest Japan(modified after Geological Survey of Japan, 2002)

## 瀬戸内火山活動は日本海拡大直後の1400万年前 沈み込む熱いフィリピン海プレートのおかげ



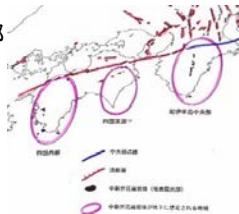
⇒奇跡の瀬戸内火山活動  
⇒サヌカイトの誕生  
⇒地球における大陸誕生の謎を解く鍵  
⇒外帯花崗岩の形成  
⇒四国山地の隆起  
⇒瀬戸内海式気候  
(巽好幸教授の原図に加筆)

78

## (仮説) 14Ma花崗岩体黒幕説

西南日本外帯の地下には14Ma花崗岩体が伏在している

- 花崗岩体の規模:半島の規模に比例
- 紀伊半島>四国西部>四国東部
- 高い山は花崗岩体の浮力
- 無傷の花崗岩体が地下に伏在しているから活断層ができていない
- 中央構造線活断層系の分布を規制
- 南海トラフの地震区の境界
- 山地の高度分布
- 高温泉の分布
- 熱水変質による鉱床、酸性土
- 斜面災害

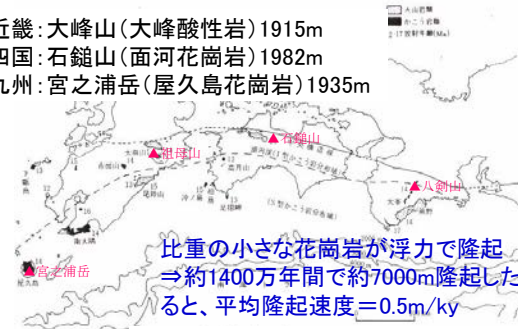


多くの地質現象を説明できる仮説

79

## 西日本の最高峰は 約1400万年前の花崗岩体のあるところ

近畿:大峰山(大峰酸性岩)1915m  
四国:石鎚山(面河花崗岩)1982m  
九州:宮之浦岳(屋久島花崗岩)1935m

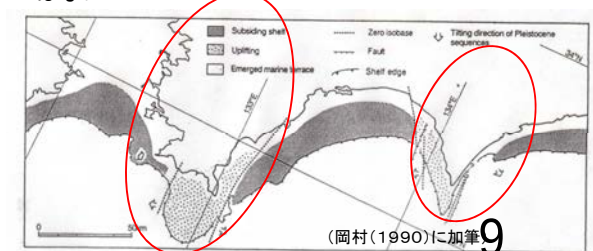


比重の小さな花崗岩が浮力で隆起  
⇒約1400万年間で約7000m隆起したとすると、平均隆起速度=0.5m/ky

(高橋、1990に加筆)

## 四国沖の海底の隆起・沈降域は南北軸 14Ma花崗岩が規制

- 南海地震による地震性地殻変動で岬の地形ができたのではない
- 四国山地がプレートによる南北圧縮によってできたのではない



(岡村(1990)に加筆)

9

## 14Ma花崗岩体は中央構造線の活動と南海地震を規制する

- 紀伊半島東部: MTLを越えて北へ張り出し⇒非活断層のセグメント
- 紀伊半島西部: 分布が不明⇒直線性の良いセグメント
- 四国東部: 小規模でMTLまで達せず⇒直線性の良いセグメント
- 四国西部: MTL付近まで分布⇒ステップと屈曲に富むセグメント



(杉山(1992)に加筆) 82

## 四国西部におけるMTL活断層系の屈曲と14Ma流紋岩体との関係

### MTL活断層系が最初に割れる所＝震源



四国西部における中央構造線活断層系と中新世火成岩体との関係  
(本図資料は、田村栄治(1997)、渡辺弘樹(1998)、田村栄治(1998)による  
① 田村栄治(1997) ② 渡辺弘樹(1998) ③ 田村栄治(1998) ④ 田村栄治(1998) ⑤ 田村栄治(1998) ⑥ 田村栄治(1998) ⑦ 田村栄治(1998) ⑧ 田村栄治(1998) ⑨ 田村栄治(1998) ⑩ 田村栄治(1998) ⑪ 田村栄治(1998) ⑫ 田村栄治(1998) ⑬ 田村栄治(1998) ⑭ 田村栄治(1998) ⑮ 田村栄治(1998) ⑯ 田村栄治(1998) ⑰ 田村栄治(1998) ⑱ 田村栄治(1998) ⑲ 田村栄治(1998) ⑳ 田村栄治(1998) ㉑ 田村栄治(1998) ㉒ 田村栄治(1998) ㉓ 田村栄治(1998) ㉔ 田村栄治(1998) ㉕ 田村栄治(1998) ㉖ 田村栄治(1998) ㉗ 田村栄治(1998) ㉘ 田村栄治(1998) ㉙ 田村栄治(1998) ㉚ 田村栄治(1998) ㉛ 田村栄治(1998) ㉜ 田村栄治(1998) ㉝ 田村栄治(1998) ㉞ 田村栄治(1998) ㉟ 田村栄治(1998) ㊱ 田村栄治(1998) ㊲ 田村栄治(1998) ㊳ 田村栄治(1998) ㊴ 田村栄治(1998) ㊵ 田村栄治(1998) ㊶ 田村栄治(1998) ㊷ 田村栄治(1998) ㊸ 田村栄治(1998) ㊹ 田村栄治(1998) ㊺ 田村栄治(1998) ㊻ 田村栄治(1998) ㊼ 田村栄治(1998) ㊽ 田村栄治(1998) ㊾ 田村栄治(1998) ㊿ 田村栄治(1998)

## 中期中新世火成活動に伴う熱水変質作用

- 浅熱水性鉱床: 水銀・アンチモン
- 熱水変質帯: 貫入岩・大規模断層沿い  
貫入岩: セリサイト帯、カオリナイト帯  
中央構造線: スメクタイト帯
- 広域的な弱い熱水変質作用  
未風化岩中の緑泥石にも  
スメクタイト生成(宮原他, 2003)



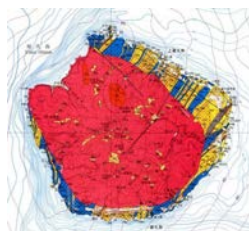
- ① 地すべりの素因
- ② 地山の膨張・押し出し
- ③ 重金属汚染・酸性土



84

## 西南日本外帯(非火山地帯)における岩盤劣化

- 犯人⇒スメクタイトを含む熱水変質粘土
- 犯罪組織⇒14Ma花崗岩貫入岩体に伴う熱水変質作用
- 黒幕⇒14Ma花崗岩体



斎藤 真・小笠原正徳・長森英明・下司信夫・駒澤正夫(2007) 20万分の1地質図幅「屋久島」より



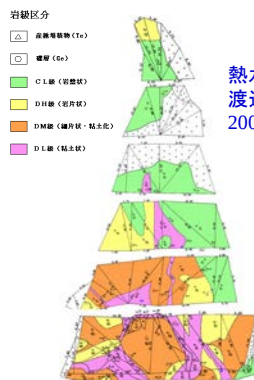
屋久島花崗岩: 千尋の滝

85

## 中央構造線に隣接した流紋岩に伴う熱水変質帯

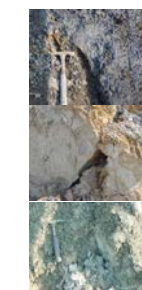
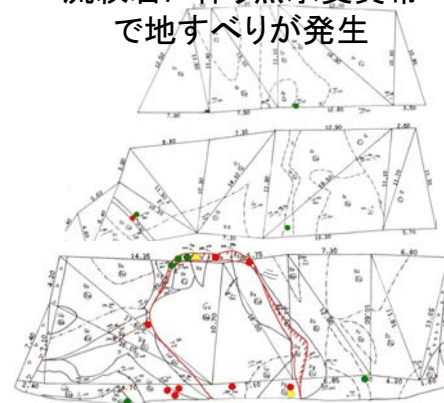
熱水変質帯では、地表より地下の方が岩盤が劣化

熱水変質の研究は、宮田和幸君から始まり、渡辺弘樹君が発展させ、田村栄治博士が2008年に博士論文にまとめた



地すべりブツダ 8686

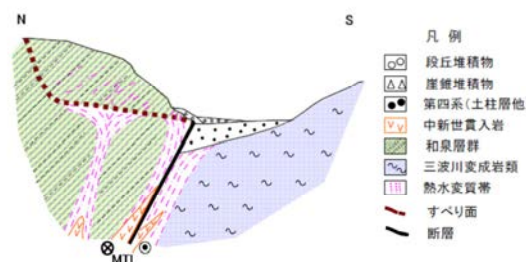
## 流紋岩に伴う熱水変質帯で地すべりが発生



(田村栄治ら, 2007)

● スメクタイト  
● スメクタイトとの混合岩類  
● 酸性粘土質岩類

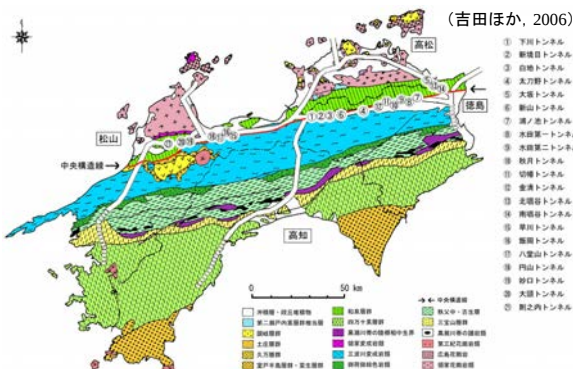
## 中央構造線沿いにおける巨大地すべりの発生する地質構造



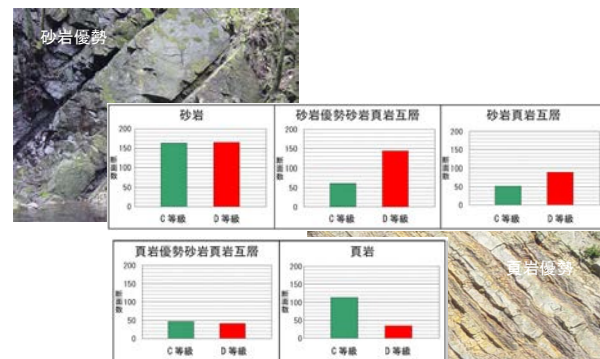
88

## 中央構造線沿いに建設された和泉層群中からなる高速道路トンネル

(吉田ほか, 2006)



## 岩種別の地山等級: 泥岩より砂岩が悪い?



10

90

## 岩盤の育ちに基づくトンネル地山特性区分

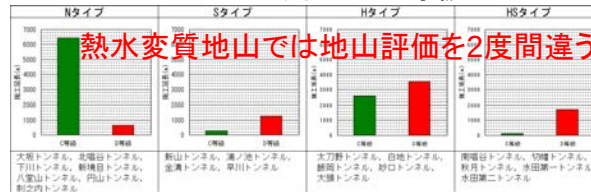
トンネル地山の研究は、菅原大介君の修論に始まり、紙本泰樹君、濱田康司君がプロトタイプを作り、更に藤田大介君、川合大地君に引き継がれた。

| 分類項目 |    | 熱水変質 |       |
|------|----|------|-------|
|      |    | なし   | あり    |
| 地すべり | なし | Nタイプ | Hタイプ  |
|      | あり | Sタイプ | HSタイプ |

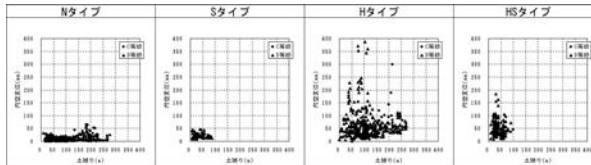
(吉田ほか, 2006)

91

## 地山タイプ別の地山等級 (吉田ほか, 2006)



## 地山タイプ別の土被りと内空変位



## 空中電磁探査による中央構造線沿いの熱水変質帯

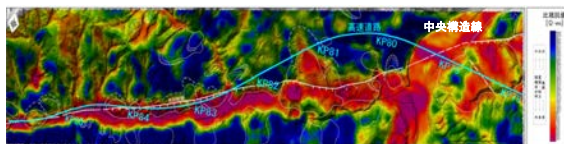


(大日本コンサルタント資料, 2008)

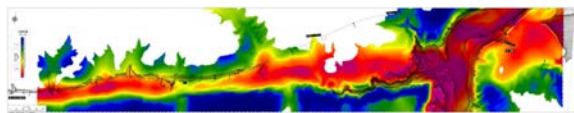


93

## 空中電磁探査による中央構造線沿いの熱水変質帯



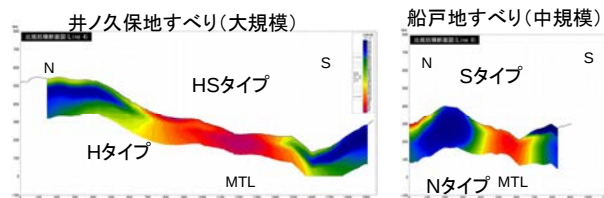
表層5mの比抵抗分布図



比抵抗水平断面図 (EL150m) (三谷ほか, 2009)

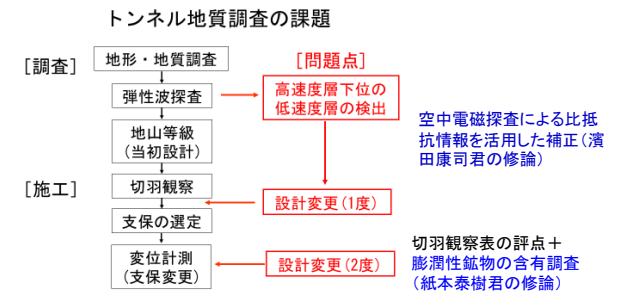
94

## 大規模地すべりは熱水変質帯が広がった所で発生



空中電磁法は地震による大規模地すべり初生箇所の予測とトンネル事前地質調査に活用できる

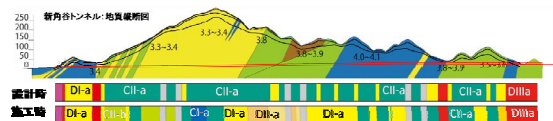
## トンネル地山評価の改善方法



96

## 研究背景

濱田康司君の卒論



新角谷トンネル弾性波探査P波速度 (濱田, 2009)



弾性波探査の問題点

- 地下深部の低速層を探知できない。
- 地下水で飽和されている場合、P波速度が大きくなり地山等級が低くなりにくい。

その結果

- 設計段階から施工段階へ地山等級が下位側に変更され、工費の増大が問題となっている。
- 事前地質調査の信頼性を向上させるための技術開発が求められる。

改善方法

空中電磁探査の比抵抗情報を利用した補正を検討。

97

## 弾性波探査に基づく設計時の地山等級

HASEGAWA LABORATORY

濱田康司君の修論

$$\text{変更率 (\%)} = \frac{\text{地山等級を変更した切羽数}}{\text{対象切羽数}} \times 100(\%)$$

$$\text{格下率 (\%)} = \frac{\text{地山等級を下げた切羽数}}{\text{対象切羽数}} \times 100(\%)$$

| 設計時地山等級            | 新角谷トンネル | 浅野第一トンネル |
|--------------------|---------|----------|
| 対象切羽数              | 412     | 346      |
| 地山等級が合致した切羽数       | 230     | 124      |
| 変更率 (%)            | 44.17   | 64.16    |
| 地山等級を下げた切羽数        | 159     | 186      |
| 格下率 (%)            | 38.59   | 53.76    |
| 設計変更に占める格下率の割合 (%) | 87.37   | 83.79    |

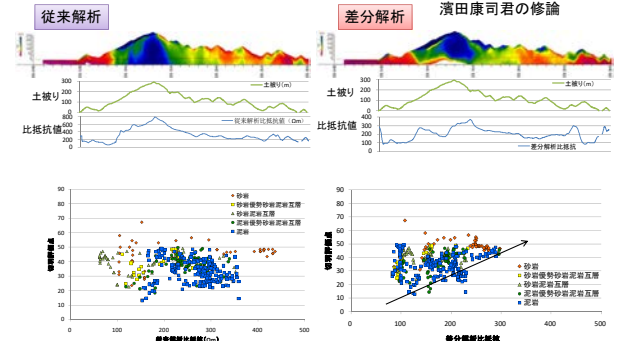
- 設計変更による工事費の増大が考えられる。
- 設計変更に占める格下率の割合は、両トンネルとも8割以上。

98

## 新角谷トンネル

HASEGAWA LABORATORY

濱田康司君の修論

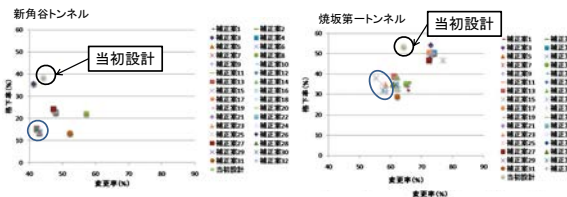


大日本コンサルタントの河戸さんに解析方法を改善してもらいました

11

99

## 最適な補正案



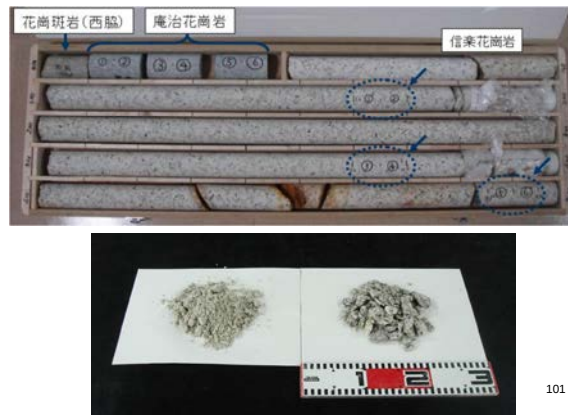
13,14,15,19,22,23,24,28,29,30,32  
の11個の補正案を抽出

15,23,24,30,32の5個を抽出

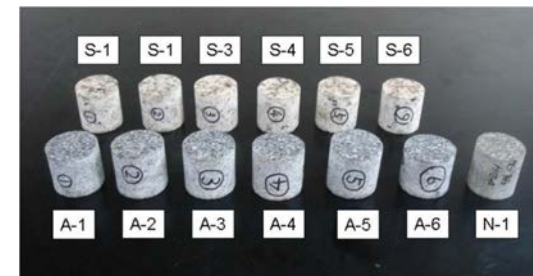
補正案15,23,24,30,32の5個を抽出することができた

100

## 牧勅旨地区管渠築造工事で出現した花崗岩の物性評価



101

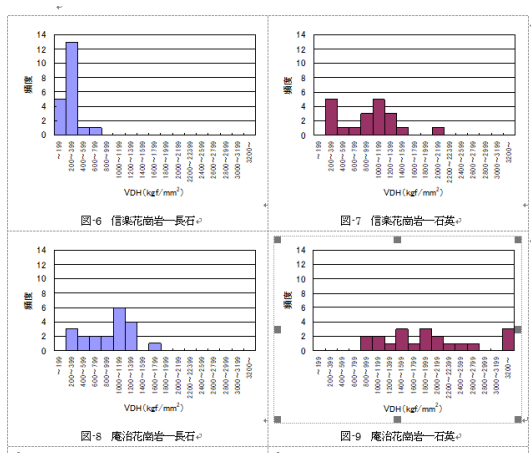


102

表-13 試験結果のまとめ

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| かさ比重(乾燥)<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 信楽(2.58)<<西脇(2.61)<庵治(2.63) |
| かさ比重(湿潤)<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 信楽(2.59)<<西脇(2.61)<庵治(2.64) |
| 吸水率<br>(%)                       | 庵治(0.18)<西脇(0.23)<<信楽(0.42) |
| Vp(乾燥)<br>(m/s)                  | 信楽(3075)<<庵治(4795)<西脇(5234) |
| Vp(湿潤)<br>(m/s)                  | 信楽(3406)<<庵治(5363)<西脇(5462) |
| Vs(乾燥)<br>(m/s)                  | 信楽(1922)<<庵治(2424)<西脇(2716) |
| Vs(湿潤)<br>(m/s)                  | 信楽(1955)<<庵治(2447)<西脇(2792) |
| 点荷荷強度<br>(MN/m <sup>2</sup> )    | 信楽(3.92)<<庵治(7.93)<西脇(9.34) |
| 換算一軸荷強度<br>(MN/m <sup>2</sup> )  | 信楽(98)<<庵治(198)<西脇(233)     |
| 長石中の微細クラック                       | 信楽(多い)>>庵治・西脇(少ない)          |
| 長石粘土鉱物脈                          | 進行していない                     |

103



04

土木学会論文集C(地盤工学), Vol. 68, No. 4, 658-669, 2012.

## 掘進機を用いた岩盤掘削を目的とした 圧子押込み試験による花崗岩の力学特性評価

荒木 裕行<sup>1</sup>・長谷川 修一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-4)  
E-mail: h-araki55@pwn.go.jp

<sup>2</sup>正会員 香川大学教授 工学部安全システム建設工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)  
E-mail: hasegawa@eng.kagawa-u.ac.jp

管渠築造工事では、非開削かつ比較的短い工期で施工可能であることから推進工法がしばしば採用されている。近年では同工法は硬質岩盤へも適用されるようになったが、岩盤掘削に関する工学的知見は未だ十分ではない。本研究では、推進工法を花崗岩山に適用した事例を対象に、インタクトロックとしての花崗岩の力学特性と当該花崗岩を構成している造岩鉱物粒子の力学特性を評価し、そこで発生した掘削トラブルとの関連性の検討を行った。造岩鉱物粒子の力学特性評価のため、微小な圧子を試料に直接押込むDSI試験を実施した結果、当該花崗岩を構成する長石は硬度およびヤング率が著しく小さいことがわかった。このような造岩鉱物粒子の力学特性が掘削の難易度に対して影響を及ぼす可能性があり、それを定量的に評価する上でDSI試験は有用である。

**Key Words :** micro-indentation, granite, rock-forming minerals, hardness, pipe-jacking method

## 工学研究科で博士(工学)を取得

工学部創造工学部の同窓会長  
大野裕記博士(四電)

田村栄治博士(四C)



106

## 4. 2004年から地質工学から防災にシフト

### 香川大学 平成16年台風災害調査団報告書



## 2004年台風23号による与田川上流の山崩れ・土石流・洪水



土砂災害と洪水によってできた土地に暮らしていることを知らない

12

## 香川大学平成16年台風災害調査団 報告会(平成17年3月)



▲H17.3.20 四国新聞 報告会の反響

110

## 防災になじまない言葉

(これらの言葉は局所最適、全体最悪)

- **自己責任**  
弱者切捨ての文句で、自助とは別物
- **競争原理**  
競争社会⇒奪い合い⇒略奪⇒治安の悪化  
助け合い社会⇒分かち合い⇒社会の安定
- **市場原理**  
安全性と経済性はトレードオフの関係
- **規制緩和**  
規制緩和は災害リスクを増大させる
- **官から民へ**  
県民と行政が一体となる(自助・共助・公助の協働)
- **小さな政府(行政)**  
しっかりとした政府(行政)が国民を守る

## 2006年から丸亀市川西地区自主防災会の 岩崎正朔会長に学ぶ



岩崎正朔会長



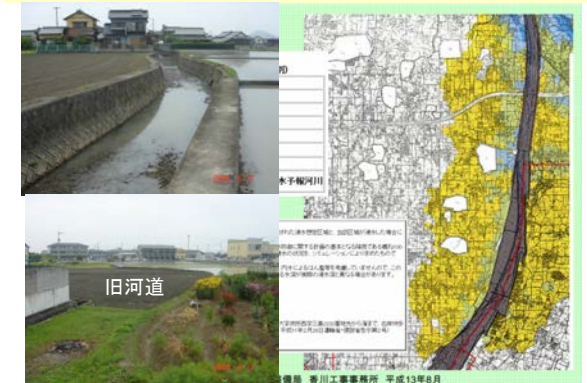
武智孝志さん(NTTコム)



○ 西村 俊明 香川大学大学院  
増田英太朗 香川大学大学院  
長谷川修一 香川大学工学部  
岩崎 正朔 川西地区地域づくり推進協議会  
武智 孝志 株式会社NTTコム四国

113

## 古子川の氾濫や旧河道などの微地形にも注意



調査局 香川工事事務所 平成13年8月

## 川西地区 防災の手引き



川西地区自主防災会  
川西地区地域づくり推進協議会



<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hasegawa/kawanishi-ppt.pdf>

115

## 名実ともに日本一の自主防災会に

### 受賞歴

- ・ 2006年・・・赤い羽根中央共同募金 会長感謝賞
- ・ 2007年・・・第11回防災まちづくり大賞(消防科学総合センター理事賞)
- ・ 2007年・・・地方自治法施行60周年記念 総務大臣賞
- ・ 2008年・・・香川県知事特別表彰「かがわ21世紀大賞」
- ・ 2009年・・・第14回防災まちづくり大賞(総務大臣賞)
- ・ 2010年・・・防災功労者 内閣総理大臣表彰
- ・ 2011年・・・第2回地域再生大賞 優秀賞
- ・ 2016年・・・防災功労者 内閣総理大臣表彰
- ・ 2018年・・・総務大臣表彰 ふるさとづくり大賞
- ・ 2018年・・・内閣総理大臣表彰
- ・ 2020年・・・第6回ジャパン・レジリエンス・アワード強靱化大賞金賞
- ・ 2020年・・・憲法記念日知事表彰
- ・ 2020年・・・団体功労者総務大臣表彰

<http://www.kawanishi-town.com/>

## 川西地区自主防災会と岩崎正朔会長 香川大学の防災授業・実習の講師



13

## 2007年から防災マップ作成を本格化する



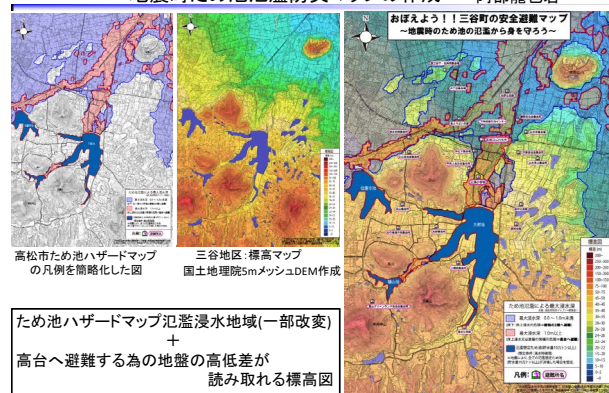
## 亀阜地区地震時防災マップ 黒川麻子さん+阿部龍也君



## 亀阜地区豪雨時防災マップ 黒川麻子さん+阿部龍也君

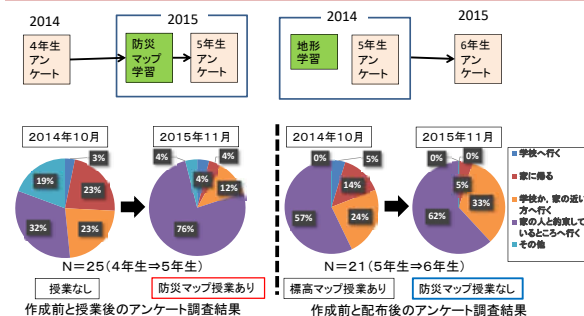


## 地震時ため池氾濫防災マップの作成 阿部龍也君

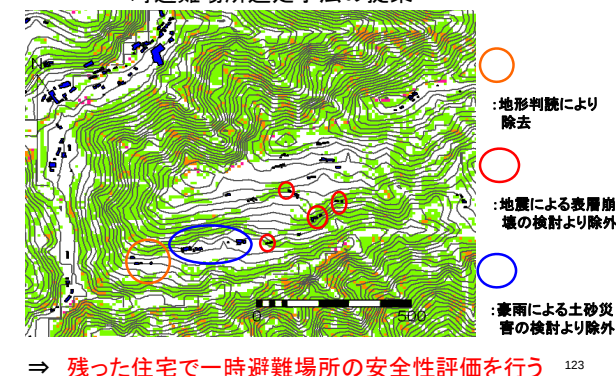


## アンケート調査による児童の防災意識調査

### 4-6年生を対象に「地震後の行動」をアンケート調査



## 中山間地における安全な一時避難場所選定手法の提案 林宏年博士論文の一部



第34回日本口腔腫瘍学会総会・学術大会 会長招宴 特別講演, 2015.1.20

## 5. 入院中に考えた 大地の診断方法とつきあい方

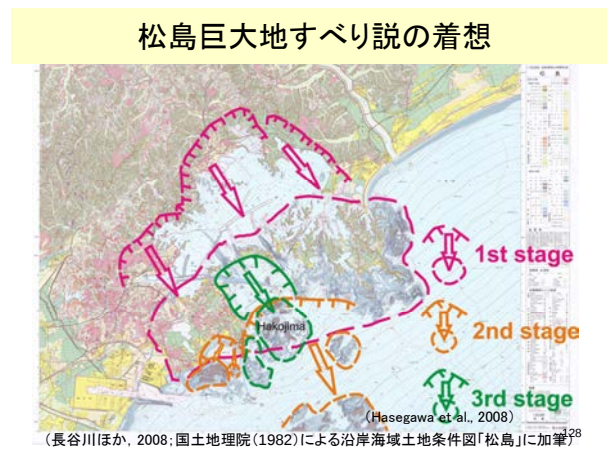


## 本日の小話

- ・ **視点:** 人はどのように成長して、死に向かっていくのか?  
⇒ 山はどのようにしてできて(理学)、崩れるのか(理工学)、崩れるのを予測して被害を防止・軽減する(工学)?
- ・ **診察方法:** 地形と表層地質から地下と形成過程を推定  
⇒ 松島巨大地すべり説
- ・ **診断方法:** 見たいものをどのように視覚化するか?  
⇒ 空中電磁探査による地震による深層崩壊予測手法
- ・ **一病息災:** ステージⅣの口腔癌のおかげ  
(香大・三宅実教授の診断・告知、市大・藤内祝教授の治療のおかげ)  
⇒ 巨大地すべりはその後地震災害を軽減する?
- ・ **予防に勝る治療なし:** 体の仕組みを活かした治療・養生・生活  
(癌の治療もQOLも、免疫力をつけながら再発・転移の予防)  
⇒ 大地の成り立ちから地域の強みと弱みを知るジオパーク  
⇒ 大地の成り立ちに関する関心を防災・減災文化に!

2007.11.1~2008.1.11  
口腔がんの治療のため横浜市立大学附属病院に入院  
復帰祝の九州火山温泉巡検(2008年5月)





新日本風土記トップ 放送予定日 バックナンバー

### NHKBSプレミアムで紹介されました

## 松島

宮城県 共有 2011年10月28日

あまりの美しさに、松尾芭蕉が句をしたためたことが出来なかったという「城隈の松島。日本三景のひとつに数えられています。静かな海に800余りの島々が浮かぶ景観は、東日本大震災のあとに奇蹟的に保たれました。遠い昔から人々を惹きつけたのは、その美しさだけではなく、この世のものと思われない絶景は、古来、浄土へつながる霊場とされ、こう呼ばれてきました。「死後の迎えを待つ(まつ)島」。亡き人の往生を願う人々は、遺骨をわざわざ松島に運び埋蔵したと云います。いかに亡き人の災害や飢饉を乗り越え、祈りの地に暮らしてきた人々。その歴史は縄文にまで遡ります。日本最大級の貝塚「里貝塚」にも縄文人の卑しい痕跡が残されています。中世以降、祈りは仏教と結びつきました。現世の栄華と死後の安寧をともに願った伊達政宗は、瑞巖寺を再建し、ここに桃山時代の美の極みを集めました。そして最近明らかになった松島誕生の秘密。1.3万年前の超巨大地震が、山を崩してこの美しい島々を作り上げたという研究が進められています。

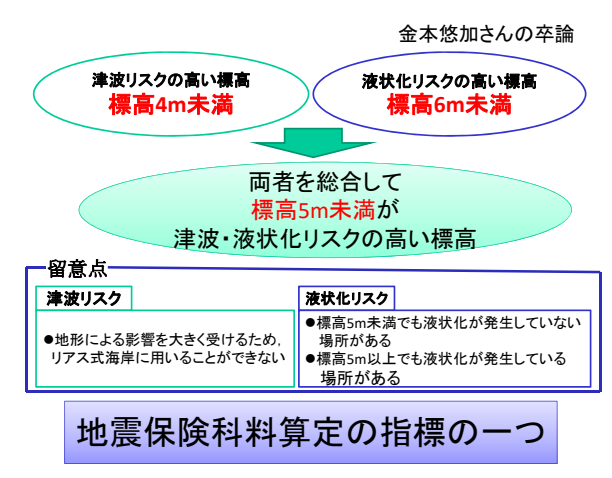
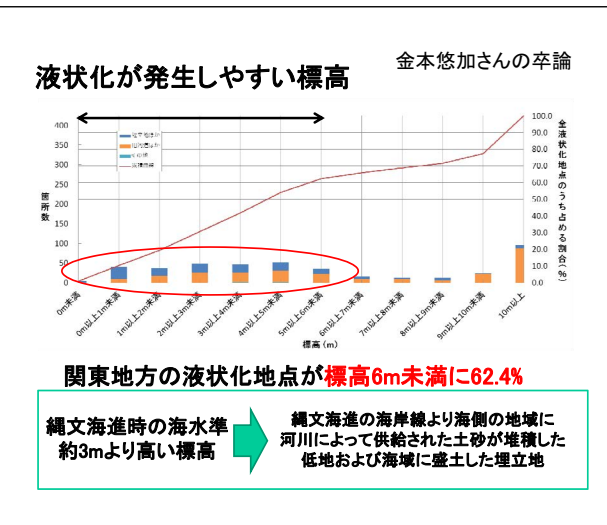
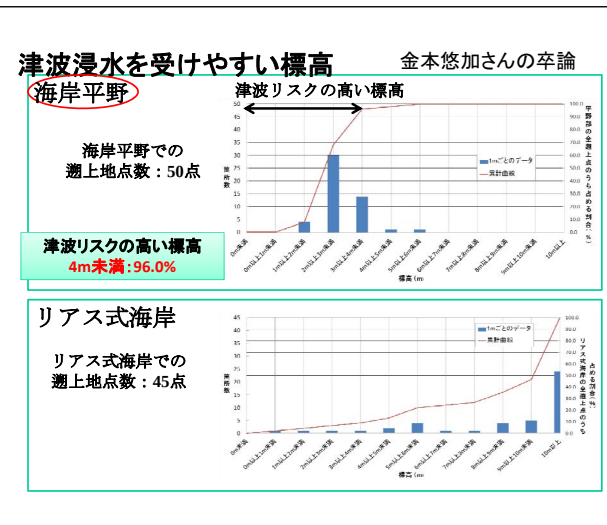
今年は大震災を契機として、30年ぶりに盆行事が復活しました。海に響く瑞巖寺僧侶50人による読経、松島の海の恵みを取り益津り、霊場・松島を美しい映像で綴ります。

<http://www.nhk.or.jp/fudoki/111028broadcast1.html>

日本応用地質学会中国四国支部研究発表会, 2011.11.12

### 松島湾奥で津波被害が小さく、湾口の島々で岩盤崩壊が多発した理由

長谷川修一(香川大学工学部)  
Ranjan Kumar Dahal(愛媛大学・トリバン大学)  
野々村敦子・鏡原和也(香川大学工学部)



### (2) 降雨による斜面崩壊の指標としての谷密度

瀬戸内では累計200mmの雨量で表層崩壊が多発(谷が多い)

四国山地では総雨量1000mmを超えたら深層崩壊まばらに発生(谷が少ない)

瀬戸内沿岸と四国山地の山の違いは何か? ⇒谷の密度が違う

### 谷は斜面崩壊が引き金となった土石流が渓流の岩盤を侵食して形成される

a. 土石流によって削られた和泉群 砂岩泥岩互層(観音寺市)

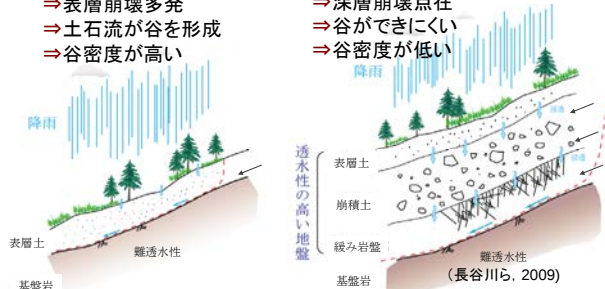
b. 土石流によって削られた治山ダム (水俣市)

斜面構成物質の水理地質構造の違いは谷密度に現れる

谷密度:単位面積当たりの水系長さ

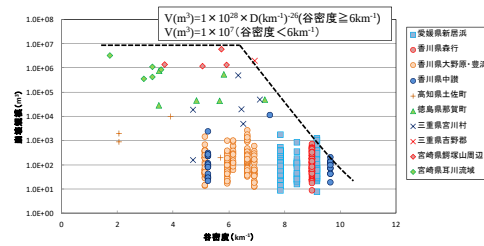
谷密度[km<sup>-1</sup>] = 水系総延長[km] / エリア面積[km<sup>2</sup>]

- ⇒ 薄い風化層斜面
- ⇒ 少ない累積雨量
- ⇒ 表層崩壊多発
- ⇒ 土石流が谷を形成
- ⇒ 谷密度が高い
- ⇒ 緩んだ斜面
- ⇒ 大きな累積雨量
- ⇒ 深層崩壊点在
- ⇒ 谷がでにくい
- ⇒ 谷密度が低い



谷密度と崩壊規模の関係

三村亨君の修論



- ✓ 谷密度が低くなるに従って崩壊規模の最大値が大きくなる
- ✓ 降雨による自然斜面の崩壊は、 $1 \times 10^7$  [m<sup>3</sup>] 程度で頭打ち

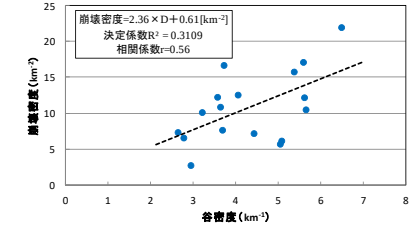
佐藤伸哉君らの卒論

(長谷川ら, 2009)

$> 6 \text{ km}^{-1} \leq \text{谷密度}; V = 1 \times 10^{28} \times D^{-2.6} [\text{m}^3]$   
 $> \text{谷密度} < 6 \text{ km}^{-1}; V = 1 \times 10^7 [\text{m}^3]$

谷密度と崩壊密度の関係(流域選定)

西田卓君の卒論

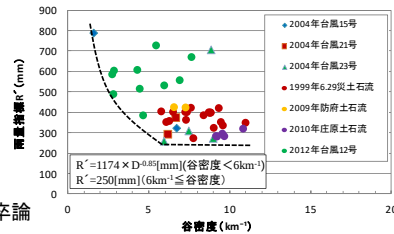


- ✓ 谷密度が高くなるに従って、崩壊密度が高くなる
- ✓ 崩壊密度は面積当たりの崩壊個数を表すため、谷密度が高い渓流は崩壊が発生しやすいことを表している

谷密度を計算する際の流域の面積は1km<sup>2</sup>(0.5km<sup>2</sup>~1.5km<sup>2</sup>)程度が適当

谷密度と雨量指標R'の関係

池上諒君  
 大江賢太君  
 川瀬徹君  
 大江賢太君  
 松井一樹君  
 川西輝君  
 井手内祐志君  
 蕃建七海さん  
 松本真博君  
 佐藤伸哉君らの卒論

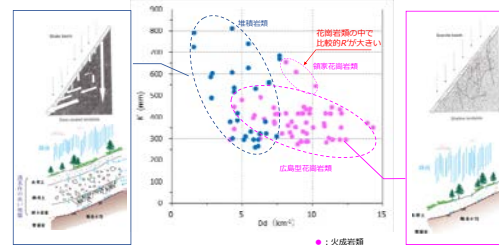


- ✓ 谷密度が高くなるに従って、小さい雨量指標R'値で土石流が発生
- ✓ 谷密度が6km<sup>-1</sup>程度以上になると雨量指標R'値が250mm程度で頭打ち

$> \text{谷密度} < 6 \text{ km}^{-1}; R' = 1174 \times D^{-0.85} [\text{mm}]$   
 $> 6 \text{ km}^{-1} \leq \text{谷密度}; R' = 250 [\text{mm}]$

雨量指標(R')と谷密度(D<sub>0</sub>)の関係

6. 斜面崩壊発生時の雨量強度と谷密度との関係性



(木下博久さんの博士論文公聴会発表資料)

地質の耐風化性に起因する斜面の風化層厚の差によるものとみられる。これは、**恩田(1989)**や**長谷川ほか(2008, 2012)**などの指摘と整合的である。  
 「鎮家花崗岩類」と「広島型花崗岩」の初生的な岩質の違いや節理や亀裂の発達程度の差が、岩盤の耐崩壊性に影響していると考えられる。

(3)入院中に考えた地震による斜面崩壊予測手法

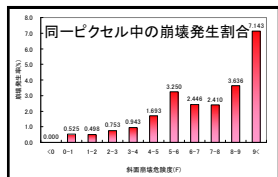


地震による斜面崩壊予測手法については、**野々村敦子先生**筆頭著者の4編の論文が国際学術雑誌に連載されています。<sup>141</sup>

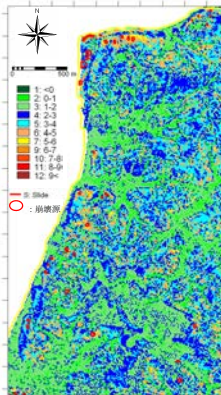
数値標高モデル(DEM)を用いた地震時斜面崩壊危険箇所予測手法の開発

- ・ 兵庫県南部地震による六甲山地における崩壊分布をもとに、構築された経験式斜面崩壊危険度(F)を使用(内田他, 2004)。
- ・  $F = 0.075 \times [\text{斜面勾配} (^{\circ})] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] + 0.0056 \times [\text{最大加速度 (Gal)}] - 3.2$

・ 地震波最大加速度1018.9gal  
 (柏崎市西山町地浦観測所)



西村俊明君⇒高畑東志朗君・中村早希さん  
 ⇒佐藤紀君⇒野坂真也君⇒田村涉君



既往の研究と研究方法

田村涉君の卒論

「高知道における南海トラフ巨大地震による表層崩壊土量評価」野坂(2014)

表層崩壊危険度評価式(内田ら, 2004)

兵庫県南部地震時の、六甲山地における崩壊分布をもとに構築した表層崩壊危険度評価式を用いた。

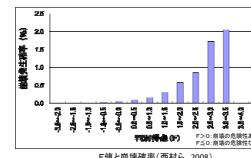
$F = 0.075 \times [\text{斜面勾配} (^{\circ})] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] + 0.0056 \times [\text{最大加速度 (cm/s}^2)] - 3.2$

F値が大きくなるほど地震の際に崩壊を起こす可能性が高くなる

表層崩壊土量評価

崩壊土量の期待値を用いて高知道における**想定加速度別の崩壊土量の評価**を行った。

崩壊土量期待値(m<sup>3</sup>)  
 = 表層崩壊面積(m<sup>2</sup>) × 崩壊深度(m) × 崩壊確率



| 崩壊面積                             | 崩壊深度 | F値と崩壊発生確率 |
|----------------------------------|------|-----------|
| F値2以上の密集地(1000m <sup>2</sup> 以上) | 1m   | 2~4       |
|                                  | 2m   | 1%        |
|                                  | 4以上  | 2%        |

崩壊土量期待値評価方法

田村涉君の卒論

崩壊危険箇所の選定方法

◆ DEMによる高F値密集箇所(200gal)

全78箇所

- ① 国道197号線上の表層崩壊危険箇所
- ② F値2以上の地点が1000m<sup>2</sup>以上密集しており、崩壊した場合国道197号線に土砂の流入が予想される地点

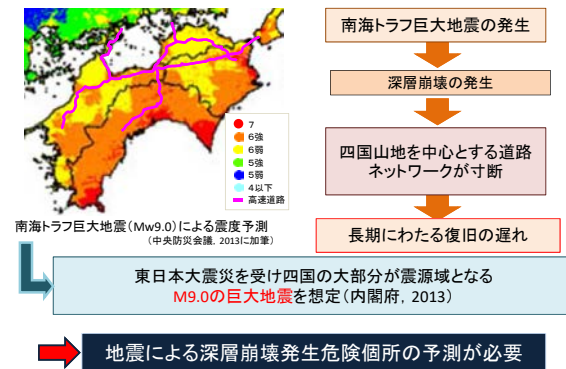


1. 崩壊危険箇所を選定
2. 崩壊ランク(200gal, 400gal)の面積を調べる
3. 影響度の選定
4. 崩壊土量期待値の算出

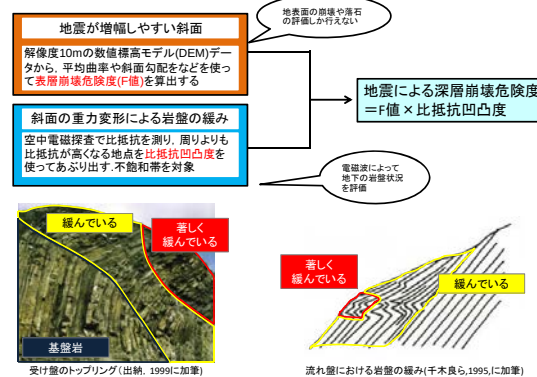
崩壊土量期待値=表層崩壊面積×崩壊深度×崩壊確率×影響度

| 崩壊面積                             | 崩壊深度 | F値と崩壊発生確率 | 影響度 | 影響を与えるもの |
|----------------------------------|------|-----------|-----|----------|
| F値2以上の密集地(1000m <sup>2</sup> 以上) | 1m   | 2~4       | A   | 100%     |
|                                  | 2m   | 1%        | B   | 75%      |
|                                  | 4以上  | 2%        | C   | 50%      |
|                                  |      |           | D   | 25%      |
|                                  |      |           | E   | 0%       |

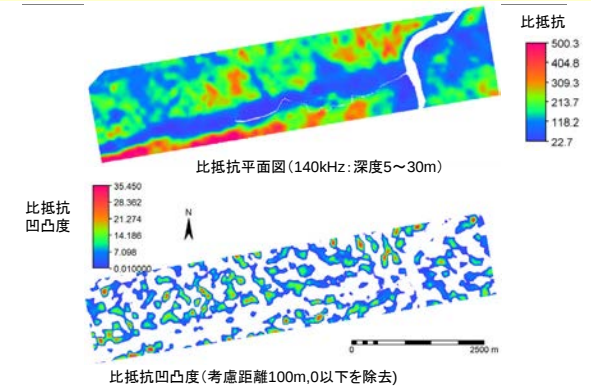
## 南海トラフ巨大地震による四国地域における被害



## 地震による深層崩壊危険度の指標

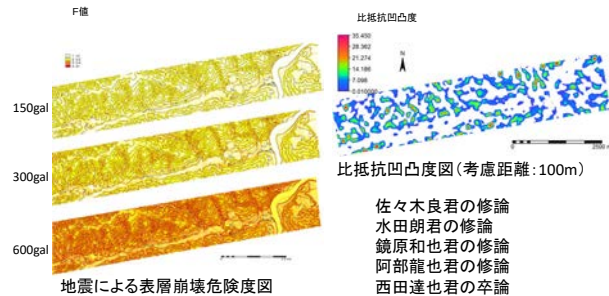


## 比抵抗平面図から比抵抗凹凸図

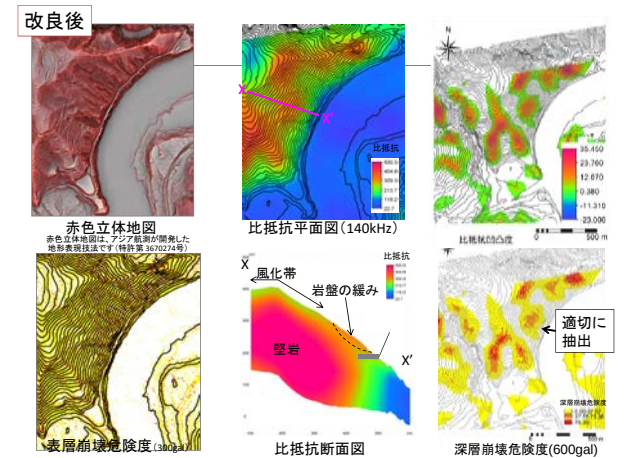
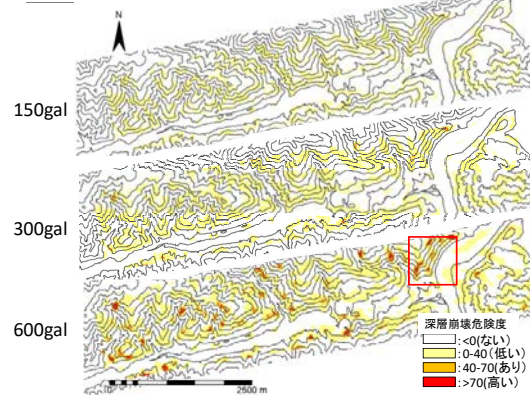


## 地震による深層崩壊危険斜面抽出手法

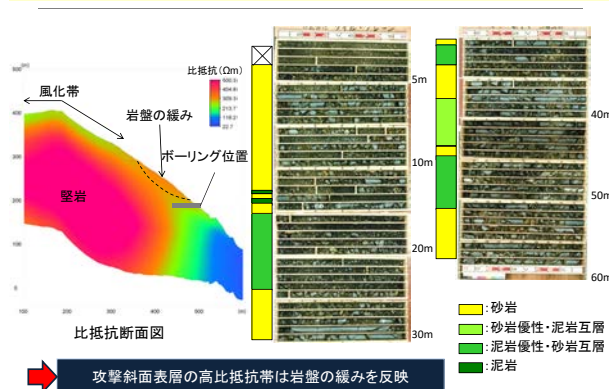
地震による深層崩壊危険度  
= 地震による表層崩壊危険度(F値) × 比抵抗凹凸度



## 地震による深層崩壊危険度評価図

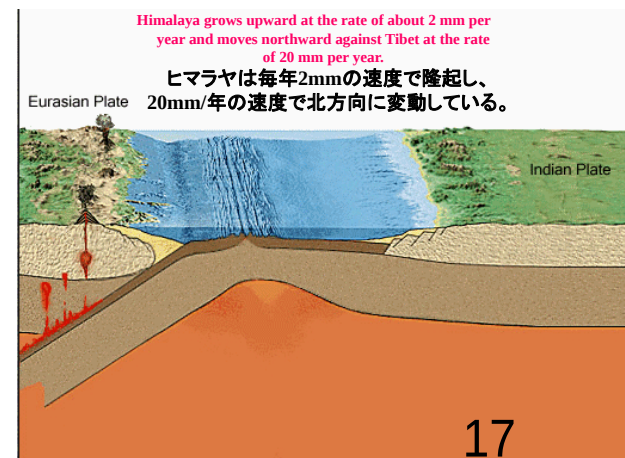


## 斜面の岩盤状況

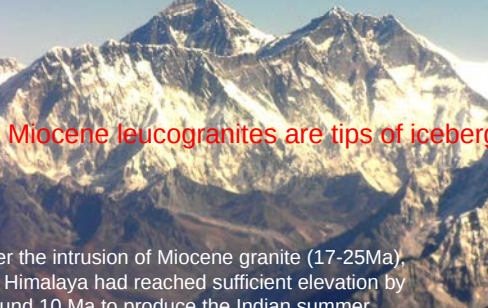


## 6. 2003年～: ネパールで考えたこと

ヒマラヤの斜面災害の地質学的背景  
— 四国との類似性 —



The map displays the geological structure of the Nepal Himalaya, bounded by latitudes 26°N to 30°N and longitudes 82°E to 86°E. It identifies several tectonic zones: the Teral Zone (yellow), Sub-Himalayan Zone (Siwaliks) (light green), Lesser Himalayan Zone (light purple), Higher Himalayan Zone (darker purple), Tibetan-Tethys Zone (green), Paleozoic Granite (dark red), and Tertiary Leucogranite (pink). A red arrow points to a specific area labeled 'Miocene Leucogranites'. The map also shows recent deposits (white) and thrust faults (black lines with teeth). Major cities like Kathmandu, Pokhara, and Biratnagar are marked. The map includes a scale bar from 0 to 100 km and is attributed to 'After Dahal and Hasegawa (2008)'.



Miocene leucogranites are tips of iceberg

After the intrusion of Miocene granite (17-25Ma), the Himalaya had reached sufficient elevation by around 10 Ma to produce the Indian summer monsoon.

The occurrence of many hot water springs along the vicinity of MCT indicates the hydrothermal solution along the MCT. The comparatively low cooling rate of leucogranite could be a thermal source of such hot spring.

## A composite image consisting of two photographs. The top photograph shows a wide, sandy river valley with steep, forested mountains on either side under a blue sky with scattered clouds. A red arrow points from a small, rocky pool in the foreground of the river towards the bottom right. The bottom right photograph is a close-up of a person swimming in this rocky pool, wearing blue swim trunks. The water is clear, and the surrounding rocks are large and light-colored.

Figure 1 consists of two field photographs, labeled A and B, showing the sliding surface of a landslide. Photograph A shows a wide view of the sliding surface, which is a curved line separating the upper part of the slope from the debris field below. Labels include 'Unaltered amphibolite' pointing to the upper part of the slope and 'Sliding surface' pointing to the curved line. A person is visible at the bottom right for scale. Photograph B is a closer view of the sliding surface, showing 'Fractured amphibolite' above the surface and 'Clay and breccia' below it. A blue geological hammer is placed vertically on the left for scale. Both photographs include a scale bar labeled '8 cm' and a north arrow in the bottom left corner.

Hydrothermal alteration due to granitization of Miocene leucogranite is geological cause of deep-seated landslides (Hasegawa et al., 2008).

The Miocene leucogranites in the Higher Himalaya are inferred to be tips of icebergs

Conceptual model of surging of hydrothermal solution in Himalaya and present topography (Hasegawa et al, 2008), Geology and topography adopted from Hagen (1964), Brunel (1986) and Schelling (1992)

# Ranjan Kumar Dahal, PhD

Engineering Geologist & Geotechnical Engineer

[Home](#)
[About Me](#)
[Research](#)
[Publications](#)
[Lecture Notes](#)
[Resources](#)
[Guest Book](#)

- 160

平成16年台風15、21、23号による香川県大野原町  
豊浜町における崩壊土土流の発生過程



○増田美太郎・長谷川純一・山中聡・野々村敦子・Ranjan Kumar Dubai (日本大学)



○西野橋祐・長谷川修一・増田拓朗・守屋均・山中悠・  
野々村敦子(香川大学工学部)・林宏年(アジア航測機)

香川大学工学部 ○ 香川 健一  
 香川大学工学部 三野 文彦  
 香川大学工学部 山中 健一  
 香川大学工学部 Kazuya Nakano (Dokai)

 **ELSEVIER**

 **ScienceDirect**

*Geomorphology* 100 (2008) 479–481

 **GEOMORPHOLOGY**

[www.elsevier.com/locate/geomorph](http://www.elsevier.com/locate/geomorph)

**Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepal Himalaya**

Ranjan Kumar Dahal<sup>a,\*</sup>, Shuichi Hasegawa<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Safety Systems Construction Engineering, Faculty of Engineering, Kagawa University, 2217-26, Hanashi-cho, Takamatsu City, 761-0396, Japan

<sup>b</sup> Department of Geology, Tri-Chandra Multiple Campus, Tribhuvan University, Ghatanghar, Kathmandu, Nepal

Received 17 August 2007; received in revised form 14 February 2008; accepted 15 January 2008

Available online 2 February 2008

**Predictive modelling of rainfall-induced landslide hazard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence**

Ranjan Kumar Dahal<sup>a,b,\*</sup>, Shuichi Hasegawa<sup>a</sup>, Atsuko Nonomura<sup>a</sup>, Minoru Yamanaka<sup>a</sup>, Santosh Dhakal<sup>b</sup>, Pradeep Paudyal<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Safety Systems Construction Engineering, Faculty of Engineering, Kagawa University, 2217-26, Hanashi-cho, Takamatsu City, 761-0396, Japan

<sup>b</sup> Department of Geology, Tri-Chandra Multiple Campus, Tribhuvan University, Ghatanghar, Kathmandu, Nepal

<sup>c</sup> Department of Urban and College Engineering, Tribhuvan University, Ghatanghar, Kathmandu, Nepal

<sup>d</sup> Nepal Risk Engineering Unit, Tribhuvan University, Kirtipur, Kathmandu, Nepal

**18** *Imp factor: 2.5*

**162**

Central Administrative Office



一井学長 大平工学部長

163

## 香川大学工学部の協定校訪問(2011.9)

水田朗君



(Photo by Prof. Tanumi)

164

## MGDA2013 in Nepal

アジアの地盤災害軽減に関する国際シンポジウム

NEXCO  
富田さん

野々村先生

鏡原和也君



## 2015年2月に香川大学に招待



ヒマラヤ保全グループのGangal Tuladhar 議長 (ネパール民主連邦共和国制憲議会議長、前教育大臣)



トリブバン大学

Ranjan Kumar Dahal准教授

166

2015年2月に危機管理研究  
センターの客員教授の任命

## 2015年4月25日にネパール・ゴルカ地震が発生 ネパール地震の被害状況



<http://www.asahi.com/articles/DA3S11782947.html>

167

## Himalayan Conservation Group訪問



Gangal Tuladhar 議長 (ネパール民主連邦共和国制憲議会議長、前教育大臣、香川大学客員教授)に香川県の浜田恵造知事からのお見舞い状を手渡した(2015年5月28日、Himalaya Conservation Group事務所)。

168

## トリブバン大学訪問・学長に義援金を贈呈



トリブバン大学本部キャンパスにある中央事務所の被災状況(2015.05.28)1階が潰れて3階にあった学長室が2階になっている。

香川大学からの義援金をHira Bahadur Maharjan学長に手渡す(2015年5月28日、トリブバン大学本部キャンパス)

169

## 副首相の公邸を訪問



宮本先生  
ご夫妻

Gangal Tuladhar 客員教授 (ネパール民主連邦共和国制憲議会議長、前教育大臣)のご尽力によって副首相公邸にBamdev Gautam 副首相・兼内務大臣を訪問(2015.5.31)。

170

Lecture for Hanoi Geo2015 in Hanoi, Nov. 27, 2015

## Promotion of Geoparks for Sustainable Development in the Nepal Himalaya

防災×観光×人材育成=ジオパーク



19

171

## シンドパルチョク県都のチャウタラの被害状況



校長先生によれば、上の写真の高校には約900人の生徒と約50人の教員がいたが、休みのため犠牲者は生徒3人、教員1名とのこと。

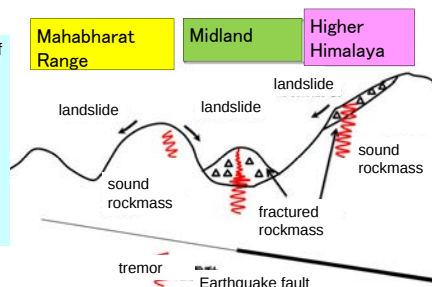
172

## Hill on which Swayambhunath is located might be rootless sliding mass.



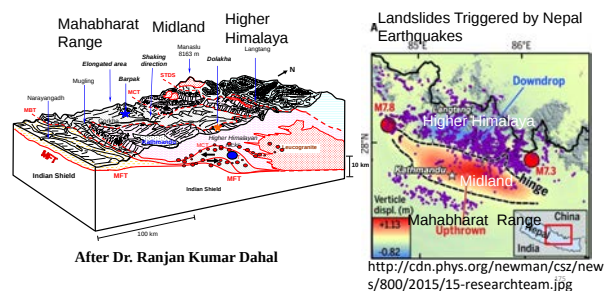
## Fractured Bedrocks in Midland might act as cushion during Gorkha earthquake.

Strong tremor of short period decreased and only tremor of long period remained. Rock masses in Midland have act as **bedrock cushion**.



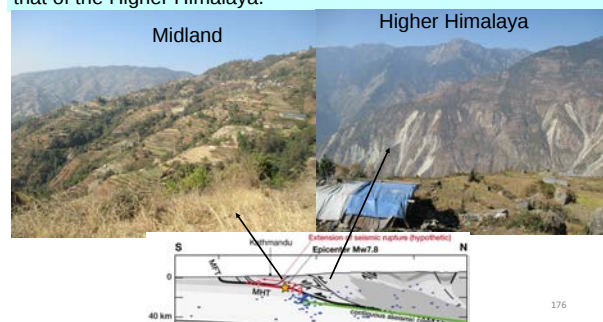
The fractured rock mass of the Midland might be originated from large scale landslides whose landslide topography has been completely dissected. (Hasegawa et al, 2016) 174

Although Midland is shallow part of hanging wall of earthquake-faults where earthquake tremor become maximum, earthquake-induced landslides are mainly distributed in Higher Himalaya and very few in Midland.

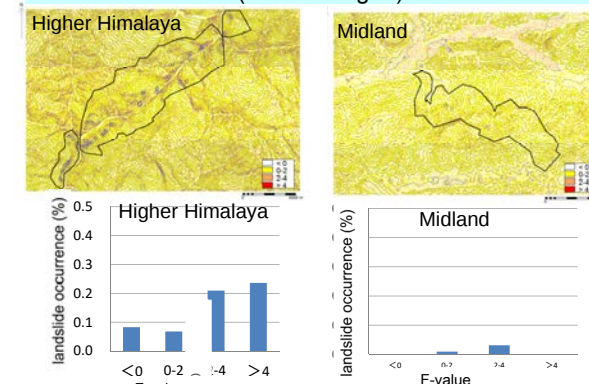


## Why earthquake-induced landslides are very few in Midland?

Distribution of earthquake-induced landslides suggest that bedrock condition of the Midland is more fractured compared with that of the Higher Himalaya.



## Percentage of landslide occurrence to F-value (PGA=400gal)



## Higher Himalaya



## Midland



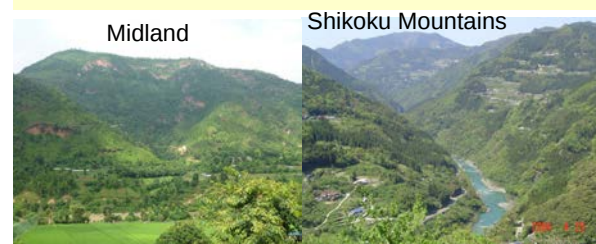
## IAEG第11回アジア地域会議

会議2017年11月28(火)ー30日(木) (IAEG総会は26日(日)に開催)  
 巡検 11月27日(月); Pre-conference: 市内見学、  
 12月1(金)ー3日(日); Post-Conference  
 ・会場、カトマंडウ市内

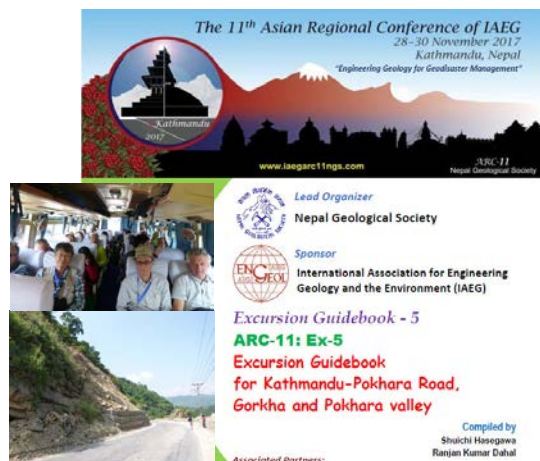


Keynote Lecture for ARC-11, 201711.30

## Engineering Geology in Active Mountain Belts

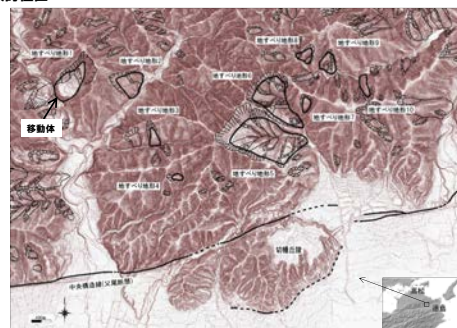


Shuichi Hasegawa (Kagawa University, Japan)  
 Ranjan Kumar Dahal (Tribhuvan University, Nepal)



## 地すべり地形が開析された古期地すべり移動体を地形で見つける

(1) 検討位置 (菅原大介君の博士論文公聴会)



防災科学技術研究所の地すべり地形分布図を使用

184

## 地すべり移動体の新たな識別方法の提案

(菅原大介君の博士論文公聴会)

今回提案する地すべり移動体を識別する手法は、地すべり地形の有無に関わらず、以下の①～③の手法によって移動体を識別することが可能である。

- ① **尾根の不連続**に着目した読図により、移動体の候補を抽出する。そして、この抽出した移動体において、
- ② **背後斜面と標高を比較**し、移動体の度数分布や最頻値が**低くなる**ことを確認する。
- ③ **周辺斜面と傾斜量を比較**して、移動体の傾斜量の度数分布や最頻値が**小さくなる**ことを確認する。

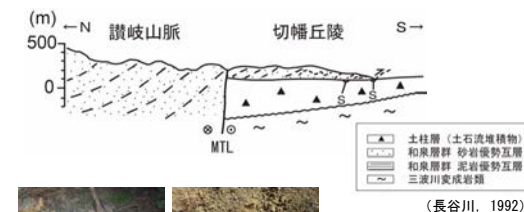
(宮本凌君、木村繁さん、少路直樹君、上月崇史君、伏見和真君、光川貴智君の卒業研究の成果を活用)

185

## 古期地すべり移動体の振動特性

(菅原大介君の博士論文公聴会)

(2) 切幡丘陵の断面図



(長谷川, 1992)



讃岐山脈の岩盤状況

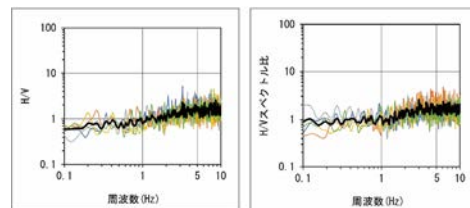


切幡丘陵の岩盤状況

186

(菅原大介君の博士論文公聴会)  
(1) 讃岐山脈 (基盤岩の和泉層群健岩)

卓越周波数なし、高周波で増幅



測点3

測点8



測点3の計測状況

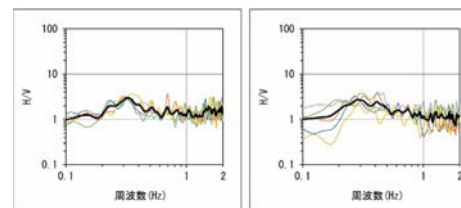


測点8の計測状況

187

(菅原大介君の博士論文公聴会)  
(2) 父尾断層南側の低地 (厚さ約800mの堆積層)

0.3Hz付近に卓越周波数



測点28

測点29



測点28の地盤状況

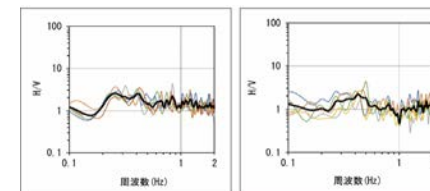


測点29の地盤状況

188

(菅原大介君の博士論文公聴会)  
(3) 切幡丘陵 (古期地すべり移動体)

0.2-0.4Hz付近に卓越周波数



測点19

測点24



測点19の計測状況



測点24の計測状況

189

### 3要素を用いた古期地すべり移動体の抽出

(1) 検討位置

(菅原大介君の博士論文公聴会)

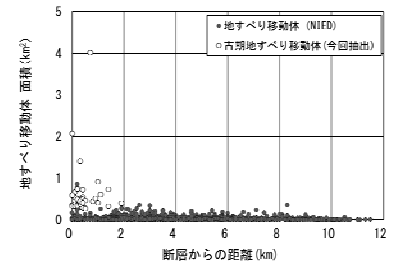


190

### 古期地すべり移動体の分布特性

(1) 断層からの距離と地すべり移動体の面積

(菅原大介君の博士論文公聴会)



・断層近傍には、大規模な地すべり移動体が分布している可能性がある

191

### 300万年前土器川の上流は吉野川だった

①猪鼻峠・②栗山峠→財田川 ⑥相栗峠→香東川

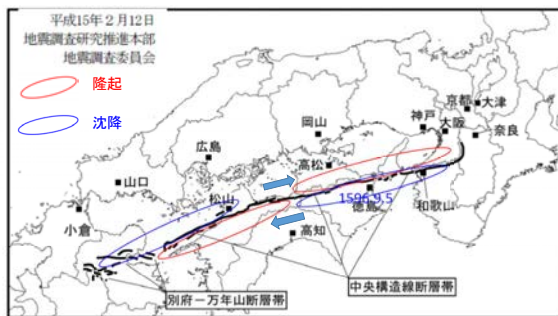
③真鈴峠・④滝ノ奥峠・⑤三頭峠→土器川



地理院地図・色別標高図

192

### 中央構造線高角度右横ずれ断層運動に伴う隆起と沈降 フィリピン海プレートの沈み込みが300万年前に北向きから北西方向に



地震調査研究推進本部「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価について」の図に加筆

図1-2 中央構造線断層帯と別府-万年山断層帯の位置関係概略図  
[http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/81\\_83\\_85\\_86\\_89\\_chuo.pdf](http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/81_83_85_86_89_chuo.pdf)

### 7. 2018年創造工学部防災・危機管理コース開始

2018年4月開設  
デザイン思考能力

香川大学  
創造工学部

リスクマネジメント能力

産業の創造  
安全の創造  
文化の創造

コンセプショナル  
スキル  
(AIの時代)

構想力  
実現力

工学部(文理融合)  
ヒューマンスkill  
(ICTの時代)

コミュニケーション能力

テクニカルスキル  
(工業化の時代)

マニュアル

194

### ～防災士養成講座と 2010年4月～ 次世代の人材育成～

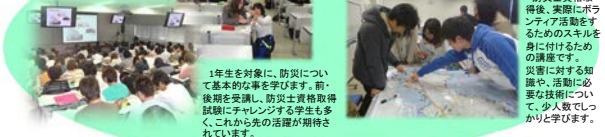
地域の  
【防災・減災】は  
人づくりから！

香川大学危機管理研究センターでは、防災に関する正しい知識と技能を持ち、災害時には自助・共助の中心として活躍できる防災士を養成する講座を開講しています。本講座を履修すると、NPO 法人日本防災士機構防災士資格取得試験の受験資格を得ることができます。

全学共通授業科目

1年次 防災士養成講座  
防災コンピテンシー・防災士養成講座

2年次 ネクストプログラム  
防災ボランティア講座・実習



香川大学  
学生防災士クラブ

1年次の防災士養成講座を受講し、防災士資格取得後、希望する学生が入学しています。地域の防災訓練に参加したり、子ども達と「楽しい防災訓練」に取り組んでいます。

195

### ～防災士養成講座と 次世代の人材育成～

地域の  
【防災・減災】は  
人づくりから！

総務省消防庁  
香川大学防災サポートチーム

防災士養成講座  
(短期)



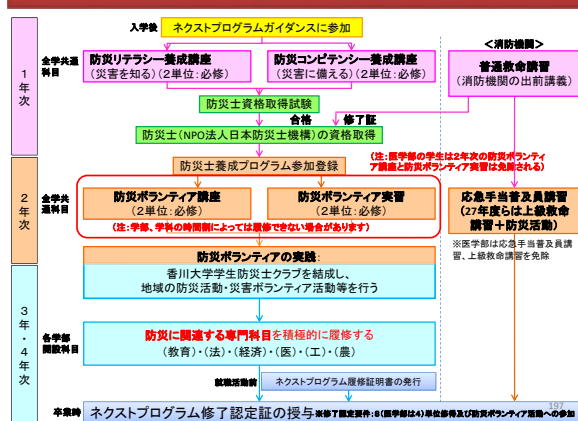
一般の方を対象に、平成22年度より毎年10月～2月に月一回約4日間の講座を開講しています。毎年、受付初日で定員オーバーになる人気講座となりました。防災士として、地域防災の一役を担っていた人々の育成を目指します。



香川大学危機管理研究センターでは、想定外災害に対応するための訓練システムを開発しています。どんなにも無料訓練を体験して頂くことができます。  
●学校防災コース(初期対応、二次対応、引き渡し)  
●応急手当・救命コース(トリアージ訓練、一次救命(AED含む))  
●行政・企業の危機管理コース(現在開発中)

196

### 防災士養成プログラム修了認定証授与までの流れ(モデルケース)



### 香川大学創造工学部 造形・メディアコース&防災・危機管理コース 新入生合宿研修でのブラハセ

お題1: 小豆島はなぜオリーブの島になったのか?

お題2: なぜ農村歌舞伎は現在まで続いたのか?



防災も、観光も、農業もつながっている  
[https://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u\\_ead/topics/student/3516/](https://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u_ead/topics/student/3516/)

22



## Resilience by Design

### A: 防災:ハード対策>ソフト対策

ハード対策でできるだけ守って、足りないところをソフト対策で補う

### B: 減災:ハード対策+ソフト対策

ハード対策とソフト対策は車の両輪(対等)

### C: 縮災:ハード対策<ソフト対策

ハード対策は、ソフト対策の効果を上げる目的で実施

### D: Resilience by Design: Design × (Hard + Soft Measures)

**Keyword: Resilient, Sustainable, Beautiful,  
Comfortable, Happy, Design**

そのためには、①自然観、②歴史観、③人間観が重要  
⇒ジオパークの視点から人づくり、まちづくり、地域づくり  
人間中心(の都合)ではなく、人間は自然の構成員

## 今後20年は大難の時代、これから10年が正念場

- 災害列島:地震列島・火山列島・台風銀座  
⇒首都直下地震・南海トラフ地震・富士山噴火等は20年以内  
⇒東京一極集中は日本の最大の危機+海外発巨大災害の危機
  - インフラの老朽化⇒社会基盤の危機、情報セキュリティの脆弱性
  - 中東・極東(朝鮮半島)危機  
⇒世界大戦の危機←集団的自衛権
  - 米国デフォルト⇒金融危機⇒世界経済危機
  - 気候変動と自由貿易(TPP)⇒食糧安全保障の危機
  - 新型感染症とグローバル化⇒パンデミック恐慌の危機
  - 大量の通貨の発行⇒ハイパーインフレ⇒預金封鎖の危機
  - 少子高齢化⇒経済成長の危機、事業承継の危機
  - 教育の危機:グローバルズム⇒民族国家の危機
  - AI、Big Data⇒超監視社会、全体主義への危機
- 連鎖して拡大する超複合巨大災害を生き抜き、つなぐ<sup>209</sup>

## 破局的な災害時に何が生存に必要なか？

- きれいな空気
- 安全な水
- 食糧
- 燃料
- トイレ
- 助け合いの  
地域コミュニティ



これはどこにある？

⇒生存のためのセーフティーネットは自然にある

⇒地方、田舎(村)にある

⇒しかし、田舎(村)で生きるには土地と技術と伝統が大事

⇒ネットワークで外の世界とつながっている

## 後進に託したいこと

- 自分の五感で観察して、自分の頭で考え続ける⇒第6感
- 正常化・同調バイアスに陥らない⇒違和感(変だな)を無視しない
- 今から20年がサバイバルの時代  
⇒レジリエントな地域(人)の育成が急務  
⇒レジリエントで持続可能な地方分散型社会(事前避難)
- 日本海一瀬戸内海一太平洋ユネスコ世界ジオパークネットワーク構想への中国四国支部の貢献
- そのためにはせとうち・讃岐ジオパーク構想の実現  
真・善:ジオパーク×防災⇒人材育成、持続可能な地域  
美:ジオパーク×アート⇒地域の見方の変革  
聖:ジオパーク×四国遍路⇒循環型世界観

### ・論語より言志四録 一:死生観が大事

少にして学べば壮にして為すこと有り。

壮にして学べば老いて衰えず。

老いて学べば死して朽ちず。

## 謝辞

多くの師匠、先輩、同僚、後輩、研究室の学生諸君だけでなく、行政機関、関連学協会、企業・事業者及び地域の方々の支えのおかげです。皆様本当にありがとうございました。

特に、日本応用地質学会中国四国支部の皆様には、学会活動を通じて、大変お世話になりました。中国四国支部の先駆的なアウトリーチ活動は日本応用地質学会の誇りです。

秋に予定されている高松における支部の研究発表会の際には、アウトリーチ活動について、紹介したいと考えています。

今後も「地域(人)を育てる活動」を続けますので、引き続きご指導、ご支援をよろしくお願い申し上げます。

長谷川修一

212