

高レベル放射性廃棄物地層処分場の立地選定

立地選定にあたっては、長期的安定性をクリアするだけでなく、

建設と長期的地下水挙動評価の信頼性を高めるために、
地質的不確実性の少ない地域で調査を進める必要がある

千木良雅弘

公益財団法人 深田地質研究所
京都大学名誉教授

私と高レベル放射性廃棄物地層処分研究との関係

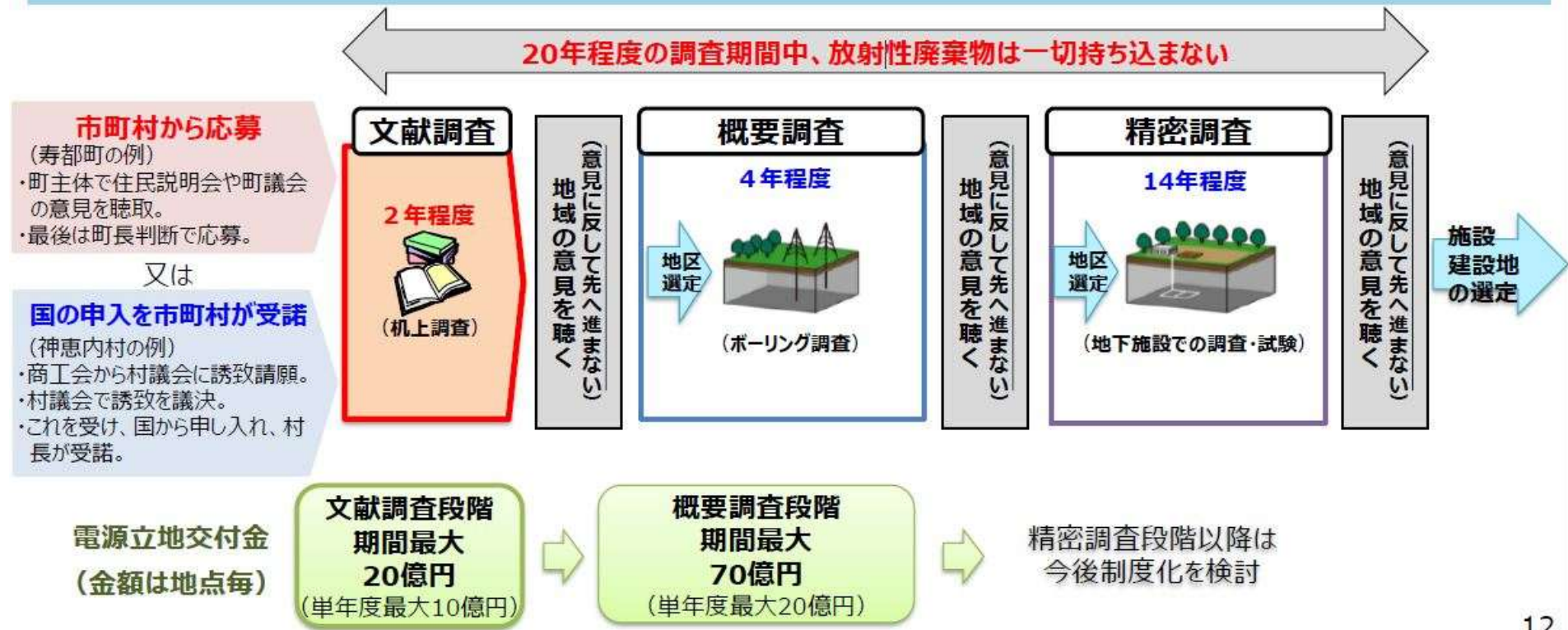
- 1981－1997 (財) 電力中央研究所 (処分研究に約10年従事)
- 1997－2020 京都大学防災研究所 (斜面関係の現場地質調査・研究23年)
- 2020－現在 公益財団法人 深田地質研究所

- 原子力発電環境整備機構 (NUMO, 地層処分実施主体) の2010年レポートレビュー委員会委員 (日本原子力学会)
- 2010-2012 日本学術会議の高レベル放射性廃棄物の処分に関する検討委員会委員
- 2012-2014 日本学術会議高レベル放射性廃棄物の処分に関するフォローアップ検討委員会委員,
- 2006-2022 日本原子力研究開発機構 (以下原子力機構) の深地層の研究施設計画検討委員会委員

処分場選定のための段階的調査

最終処分法に基づく処分地の選定プロセス

- **最終処分法では段階的な調査を経て処分地を選定することを規定。**最初の調査である**文献調査**は、関心を示した市町村に対して、地域の地質に関する文献・データを調査分析して情報提供することにより、事業について議論を深めていただくための、**いわば対話活動の一環**。
- 次に進むとする場合には、都道府県知事と市町村長のご意見を聴き、これを十分に尊重することとしており、**当該都道府県知事又は市町村長の意見に反して、先へ進まない**。
- 全国のできるだけ多くの地域で、最終処分事業に関心を持っていただき、文献調査を受け入れていただけるよう、全国での対話活動に取り組んできている。



12

処分場選定のための段階的調査

最終処分法に基づ

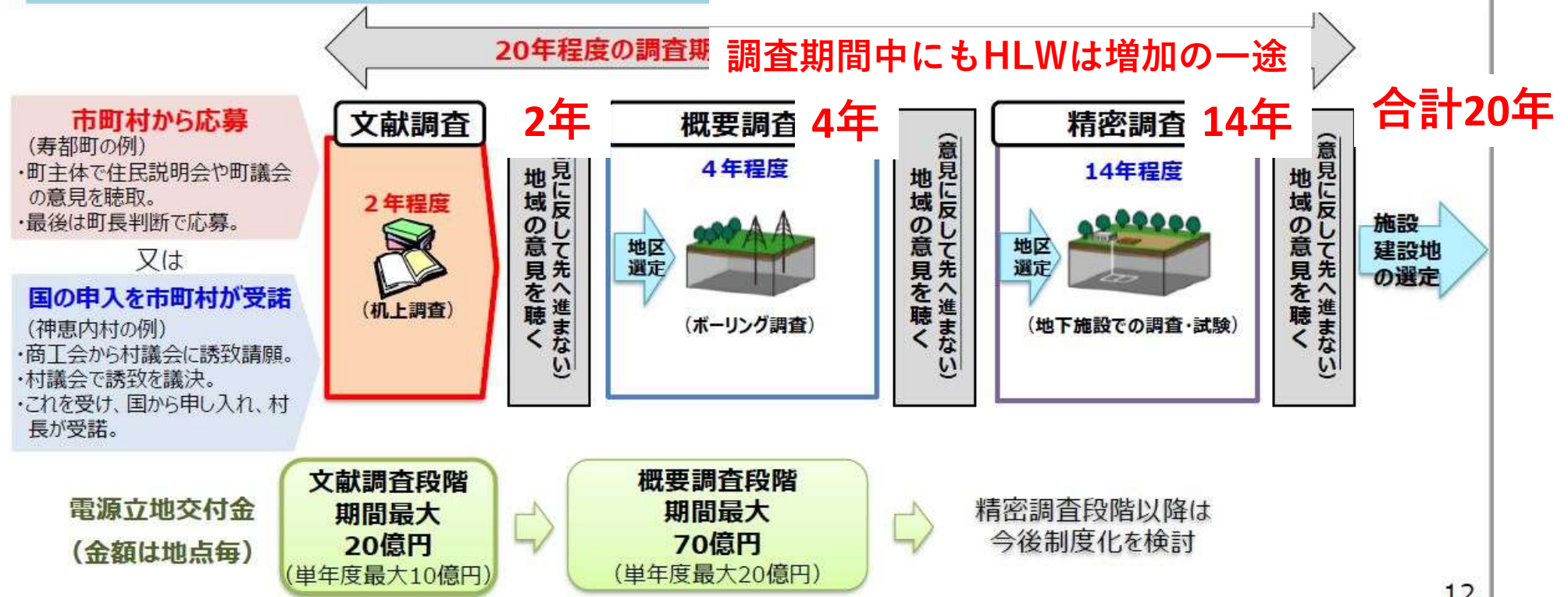
- 最終処分法では段階的な調査を経て処分場選定は、関心を示した市町村に対して、地域の地質構造や地下水流れを調査することにより、事業について議論を深めていただく。
- 次に進むとする場合には、都道府県知事と市町村長との協議が必要であり、**当該都道府県知事又は市町村長**の承認を得る。
- 全国のできるだけ多くの地域で、最終処分事業の推進を図るため、全国での対話活動に取り組んでいく。

問題は、不適格であることが明確でなければ次の調査段階に進めること。

不明確なことは次の段階で調べるという回答がある→不明確だから反対、と言えない。

地質構造や地下水流れは、いくら詳しく調べても、本来解明できない場合もある。

解明の**見通しが立たない場合**には、その時点で「**あきらめる**」ことも必要。



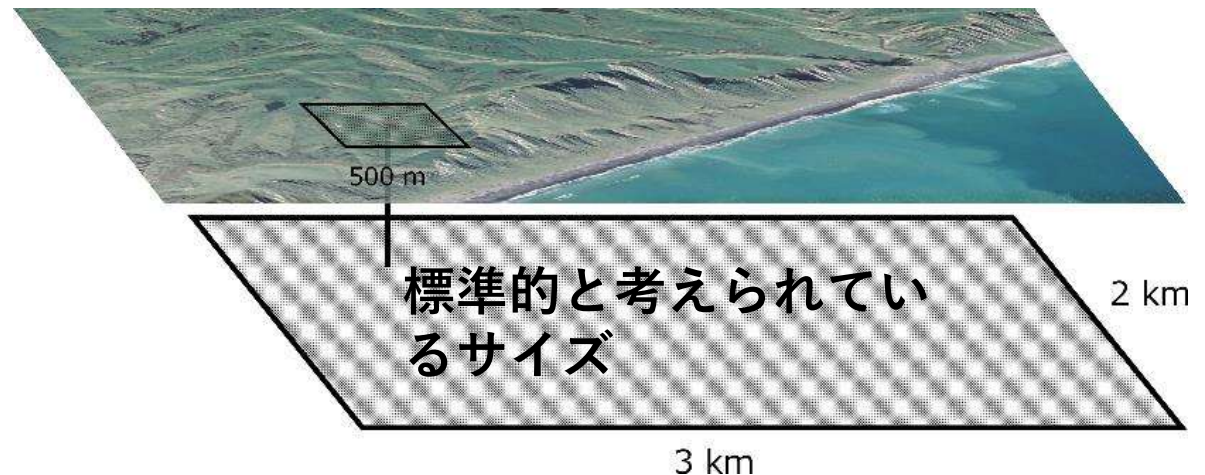
以下の地質について考える

- 新第三紀火山岩類
- 新第三紀堆積岩類
- 付加体
- 花崗岩類
- 断層

処分場のサイズ



横の広がり大きい

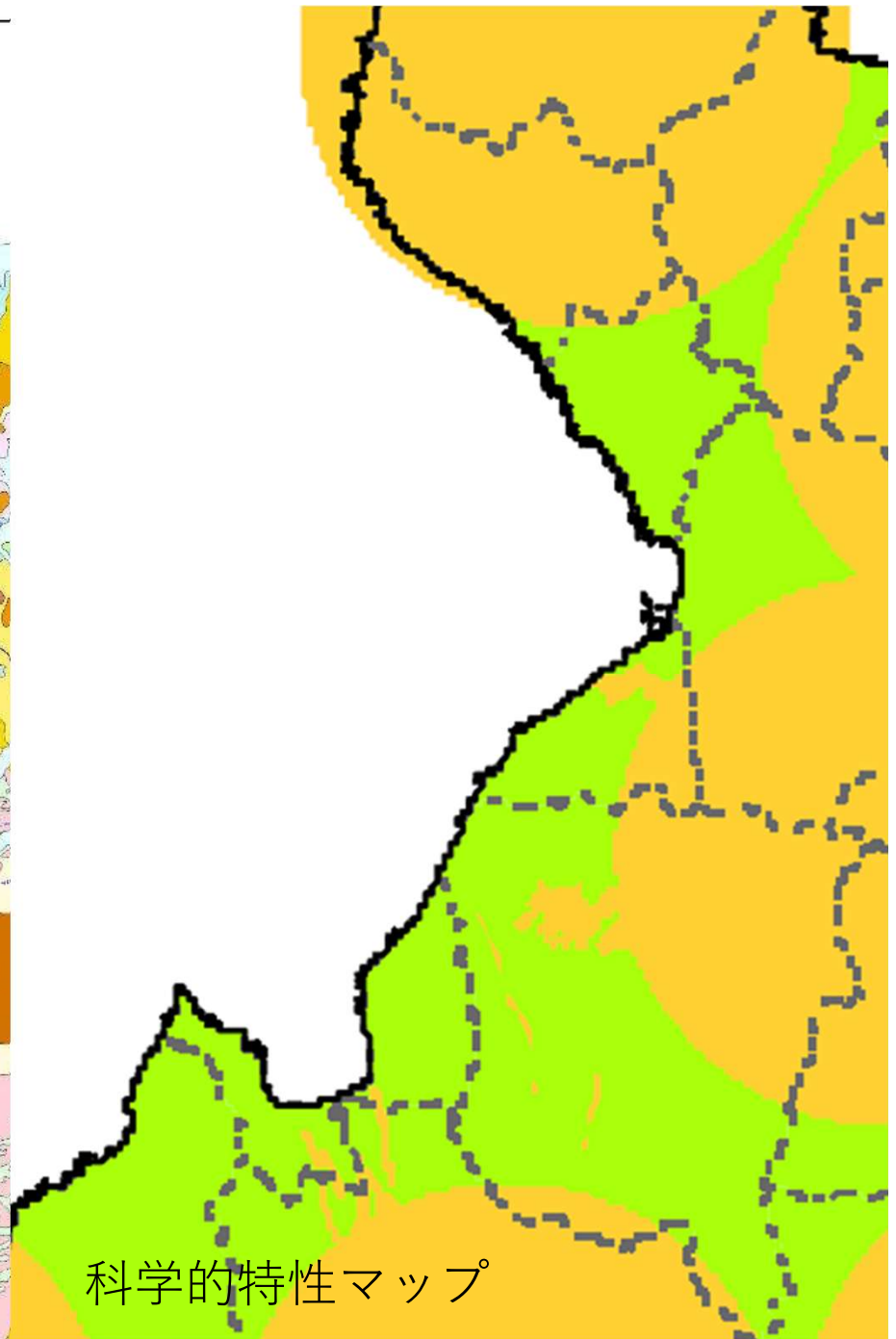
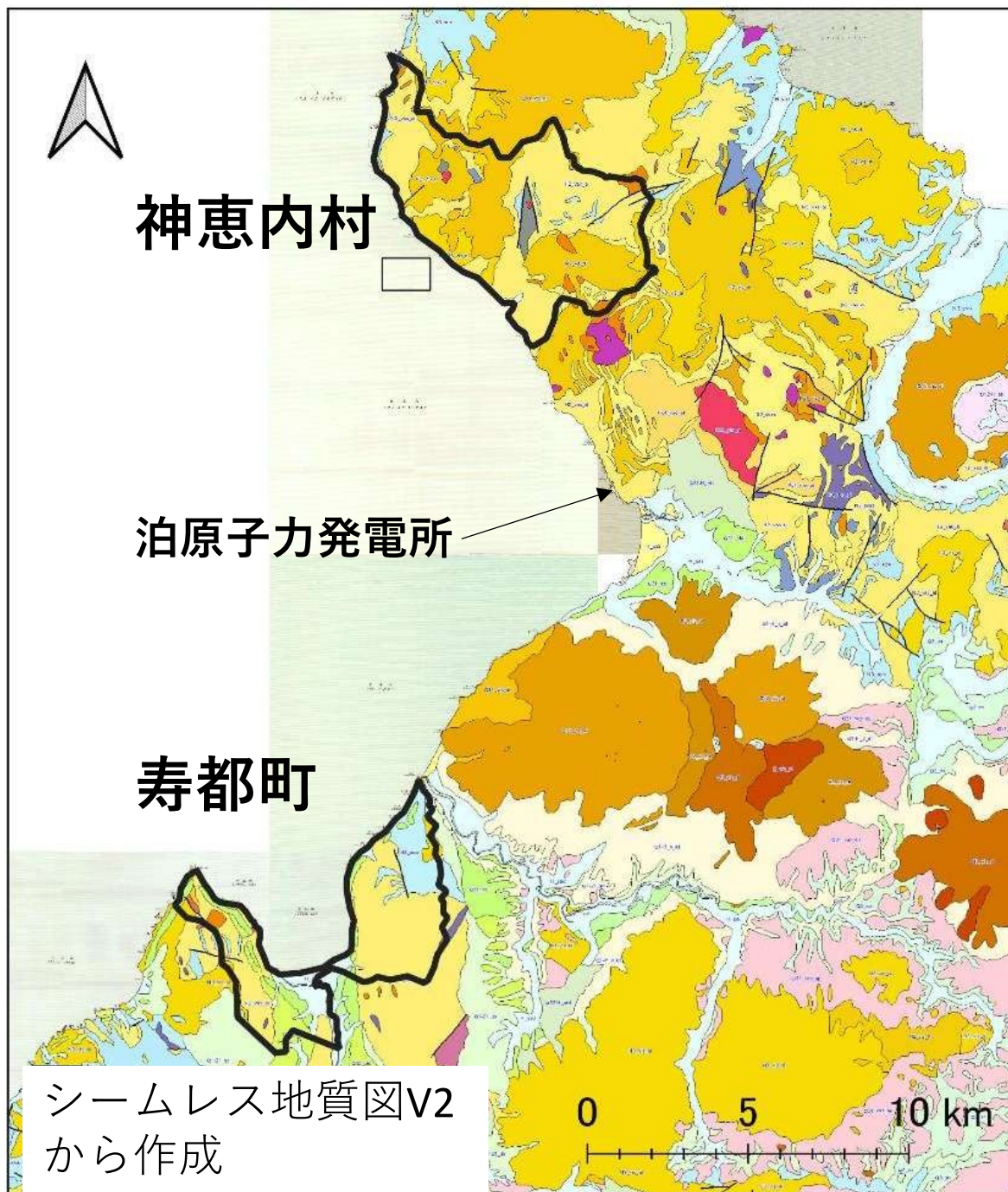


新第三紀火山岩類



シームレス地質図V2から作成

新第三紀火山岩類



泊原子力発電所の地質断面図

ボーリング調査

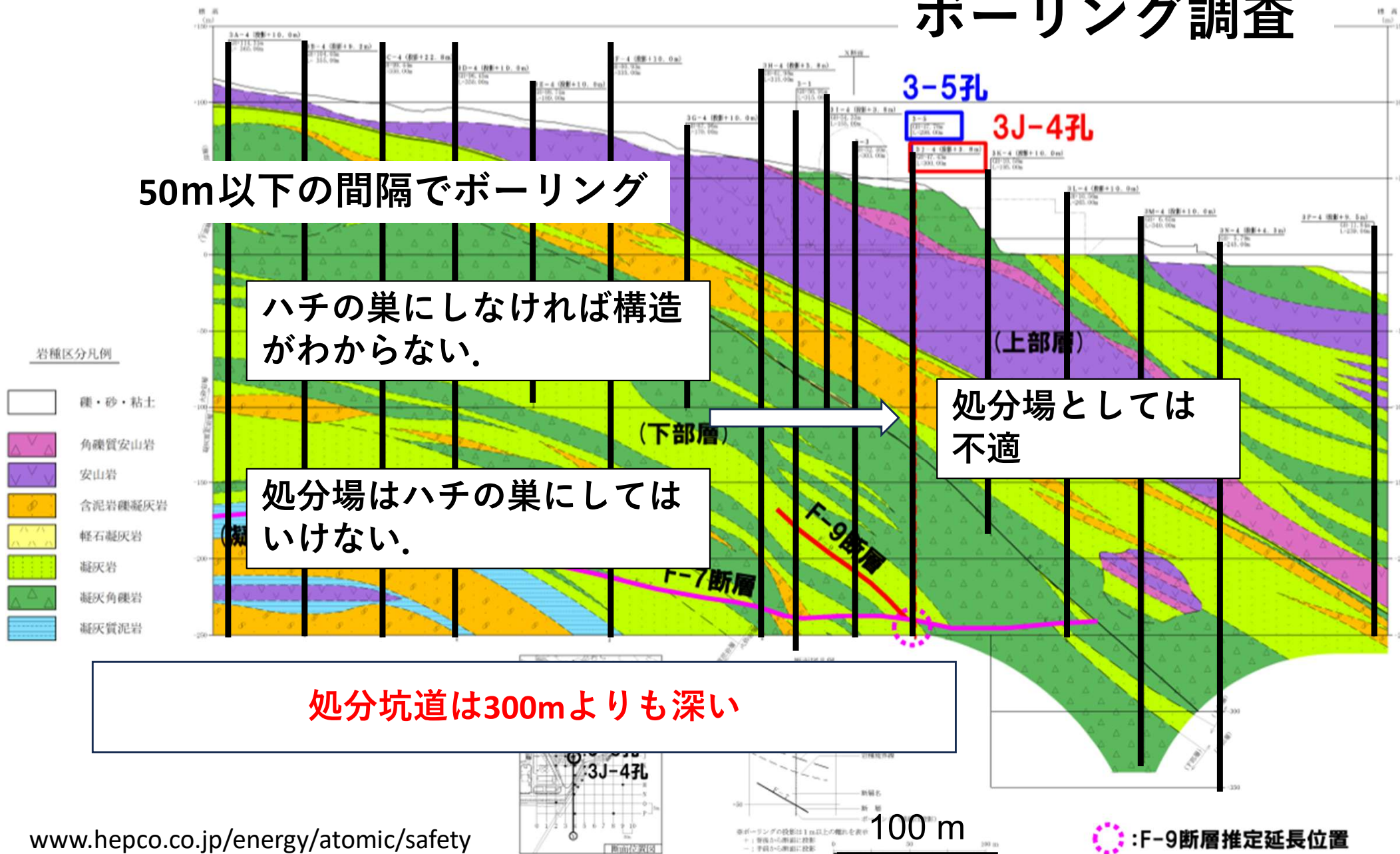
50m以下の間隔でボーリング

ハチの巣にしなければ構造がわからない。

処分場はハチの巣にしてはいけない。

処分場としては不適

処分坑道は300mよりも深い

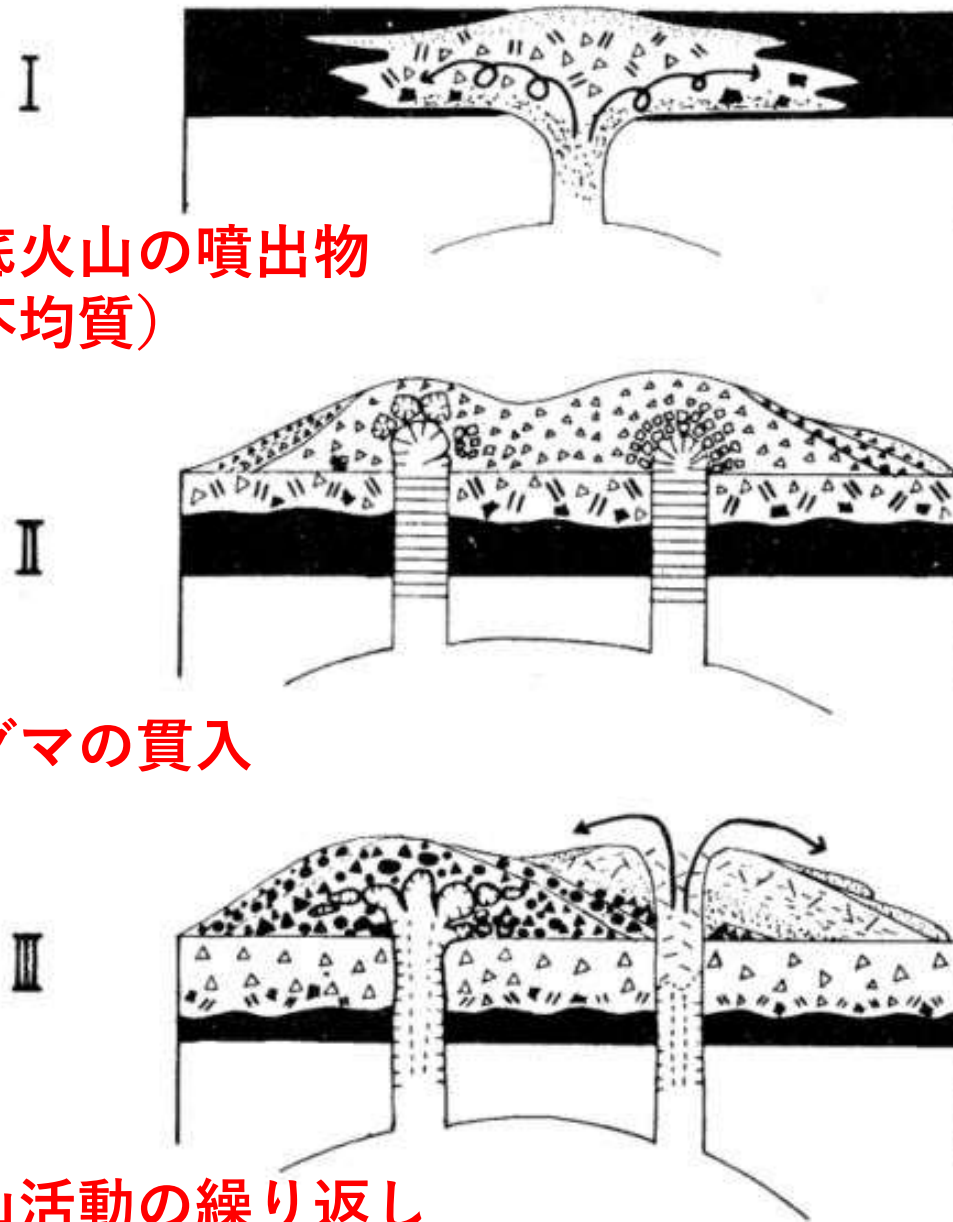


なぜ、それほど複雑なのか？

海底火山の噴出物
(不均質)

マグマの貫入

火山活動の繰り返し



第10図 海底火山活動のメカニズム概念図。

1：未凝固泥岩（黒地）・基盤（白地）、2：軟泥礫を含むハイアロクラスタイト(B)タイプおよび乱堆積層、3：ハイアロクラスタイト(B)タイプ、4：3を供給する同質貫入岩体、5：ハイアロクラスタイト(A)タイプ、6：5を供給する同質貫入岩体、7：火山礫凝灰岩状ハイアロクラスタイト(A)タイプ、8：マグマリザーと火道。

山岸宏光, & 積丹団
研グループ. (1979).
積丹半島西南部の地
質と火成活動. 地質
学論集, 16, 195-212.

神恵内村の地質の分布

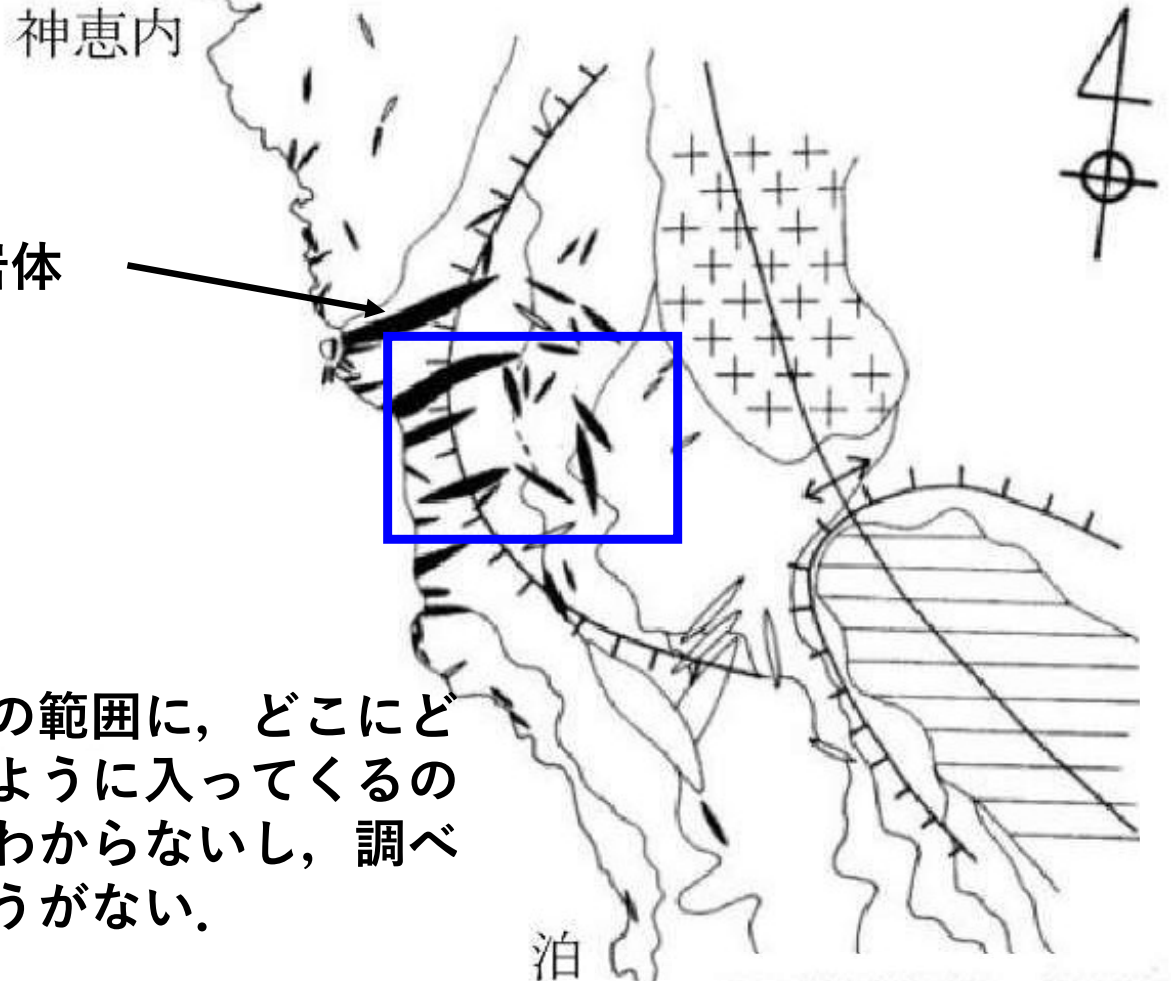
貫入岩体は、たまたま
見えたものが図示され
ているだけ。

貫入岩体

処分場
(2 km × 3 km)



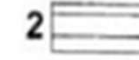
この範囲に、どこにど
のように入ってくるの
かわからないし、調べ
ようがない。



泊



1 : 花崗閃緑岩・花崗閃緑
斑岩.



2 : 茅沼溶結凝灰岩.



3 : 岩脈.



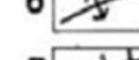
4 : 同貫入岩体 (岩脈と
シル).



5 : 地層の境界.



6 : 背斜軸.



7 : ドーム・半ドーム構造.

積丹半島南西部の地質構造と岩脈の図 (山岸・積丹団研グループ,
1979, 第12図)



側方に枕状溶岩に移り変わる貫入岩
(寿都町)



側方に枕状溶岩に移り変わる貫入岩
(寿都町)



消えたり，曲がったり
の不規則分布

分布の解明は不可能

伊豆半島の新第三紀火山岩貫入岩

1996年豊浜トンネル災害



寿都・神恵内と同様の地質
(水中破碎岩)

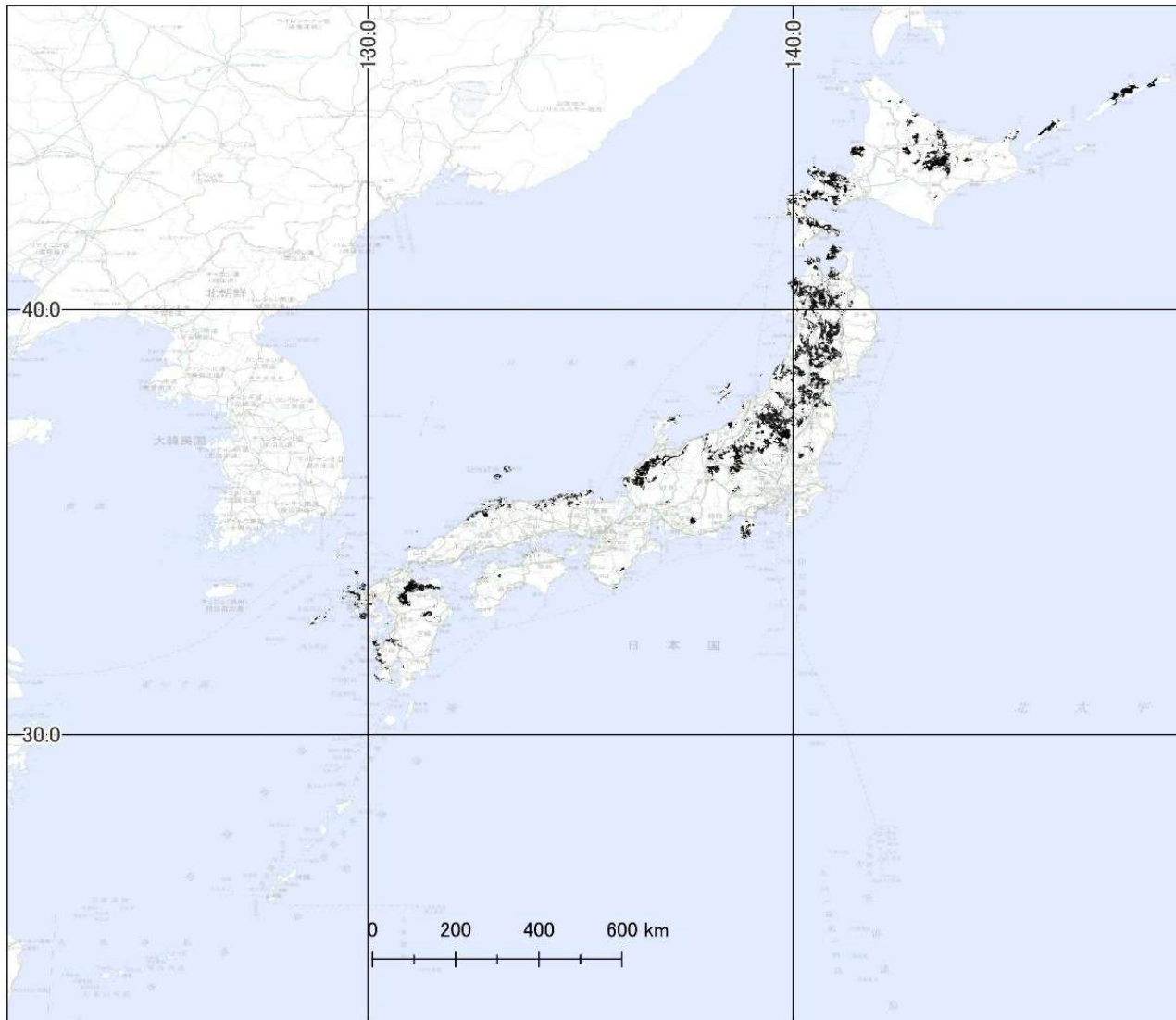
北海道開発局



つらら

岩盤内に水を通しやすい層
(水中火砕岩)

新第三紀火山岩類の注意点



- 極めて不均質で複雑
- 地質構造をしらべきれない可能性
- 透水性の高い層が挟まっている

シームレス地質図V2から作成

新第三紀堆積岩類

軟質で開口割れ目が
できにくい

a:新第三紀層

a



地質図に泥岩として
示されていても，透
水性の高い砂岩や凝
灰岩を挟む場合も多
い。

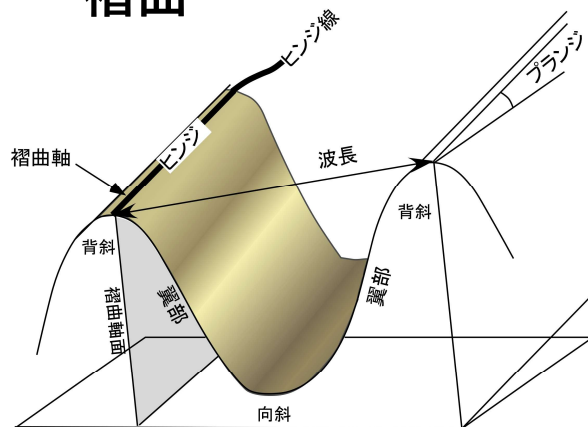
b:新第三紀の泥岩

b

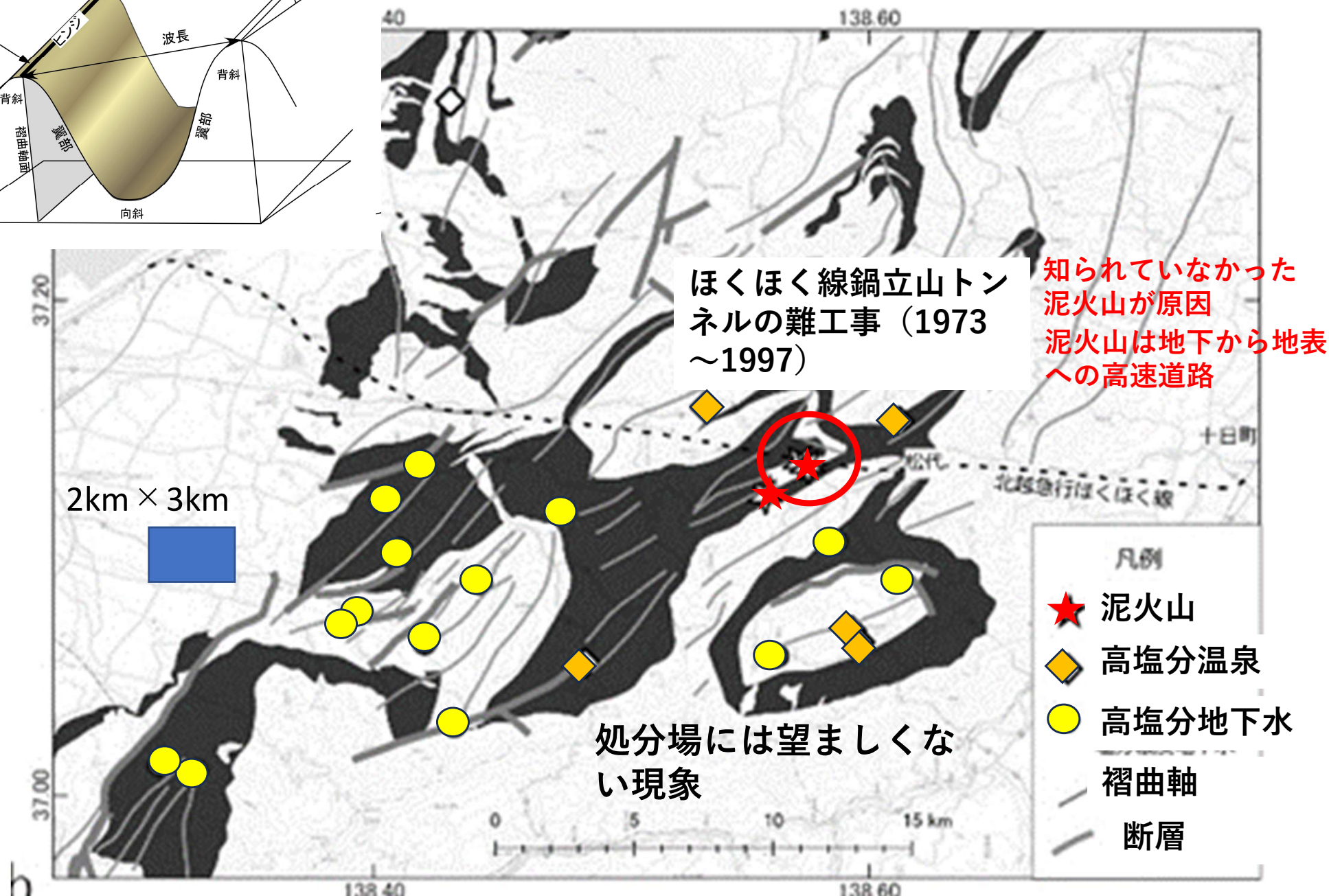


シームレス地質図V2から作成

褶曲

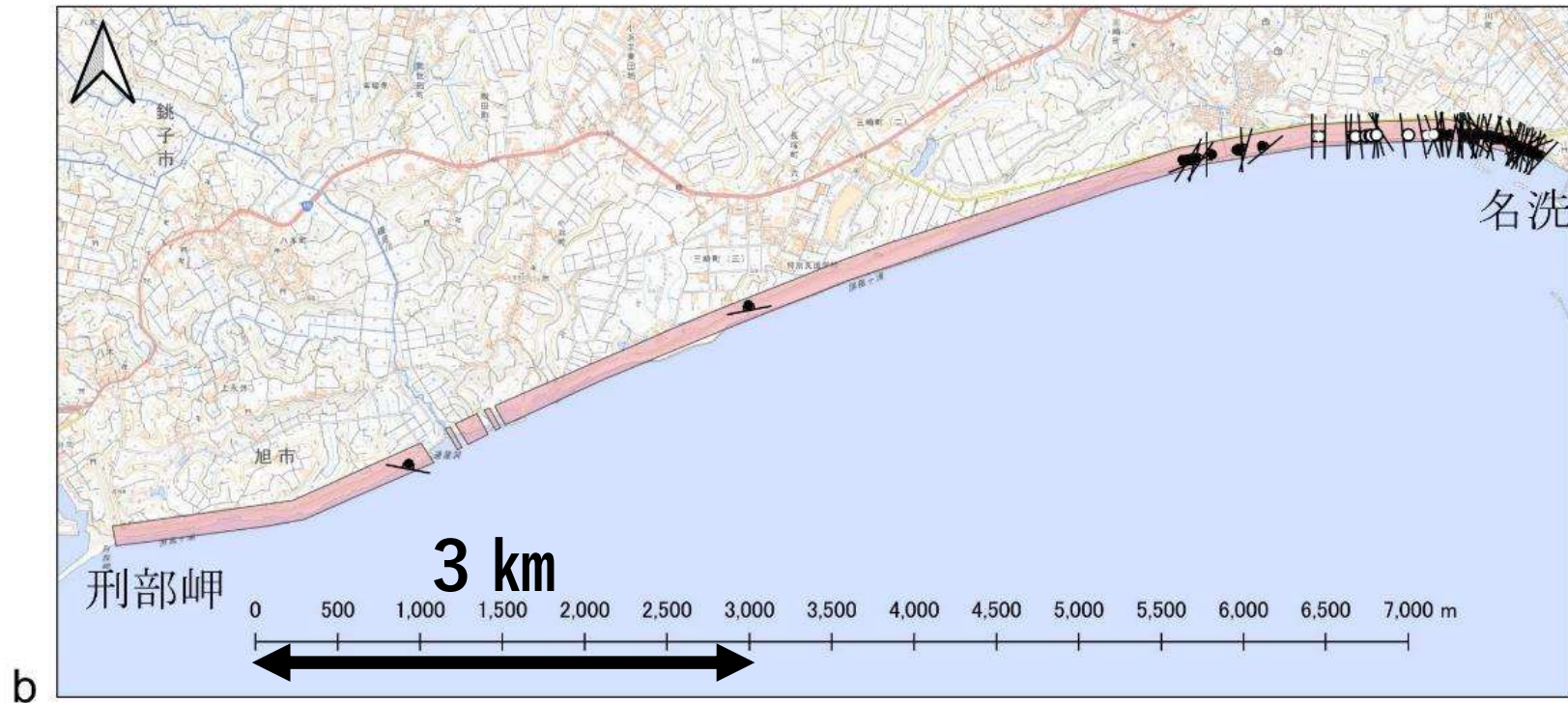


新潟県東頸城地方の泥岩の分布



Nishiyama et al. (2020. Island Arc)から作成

一方、堆積岩には褶曲も断層もない領域もある



千木良雅弘,
2021. 日本
最大の連続
露頭：屏
風ヶ浦の断
層フリー領
域. 深田地
質研究所年
報, 22, 1-20.



新第三紀堆積岩類の留意点



- 日本の新第三紀堆積岩類には、砂岩・泥岩互層が多く、厚い泥岩の分布は限られる。
- 砂岩は一般的に透水性が高い。
- 日本海側に広く分布するが、その新第三紀堆積岩類は一般的に強く褶曲している。
- 日本海側の新第三紀堆積岩類には、深部に異常高圧や塩水がある場合が多い。
- 未発見の泥火山もある可能性がある。

褶曲していない厚い泥岩層が必要

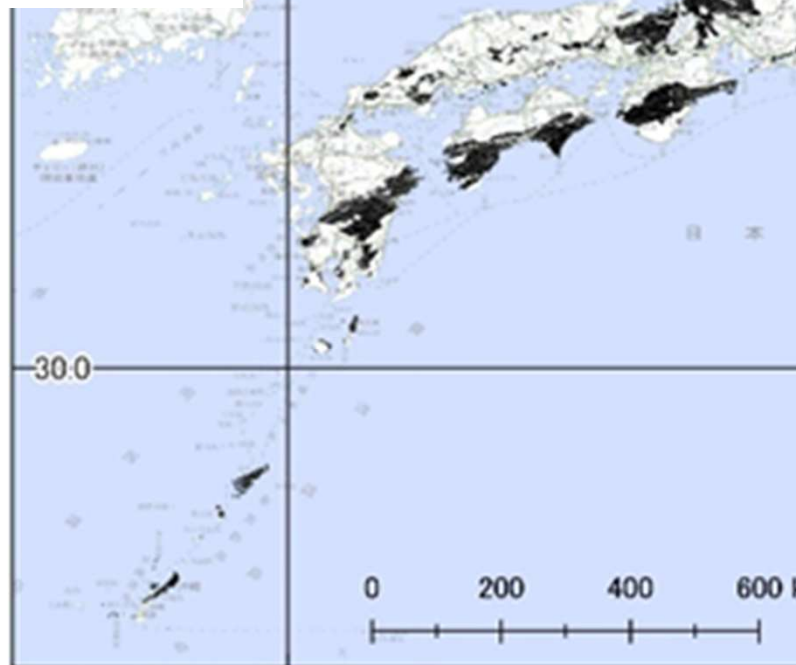
付加体

先新第三紀堆積岩類の多く



地層の付加に伴う構造モデル実験(写真提供 山田泰広)

付加作用の時に多数の
断層が形成される



2011年台風12号によって多発した
深層崩壊（紀伊山地）



知られていない断層
破碎帯が多数ある

シームレス地質図より



台風12号による出水で連続的な露頭が出現

十津川沿いの13kmを連続調査

中原川

〜 80cm以上の
厚さの破砕帯

いずれも知られてい
なかった。



ダム等の調査を除いて、
破砕帯そのものにはあ
まり注意が向けられて
いなかった。

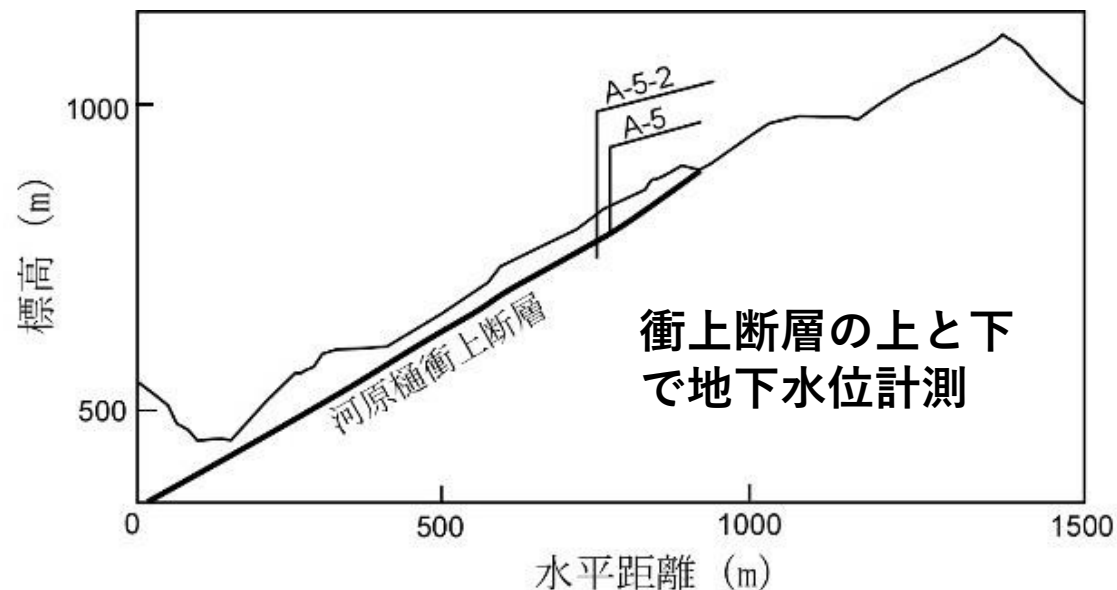
0 3km

Arai and Chigira (2019)から作成
基図は20万分の1地質図「和歌山」



処分場は必ず未知の断
層破砕帯に複数個所で
遭遇する。

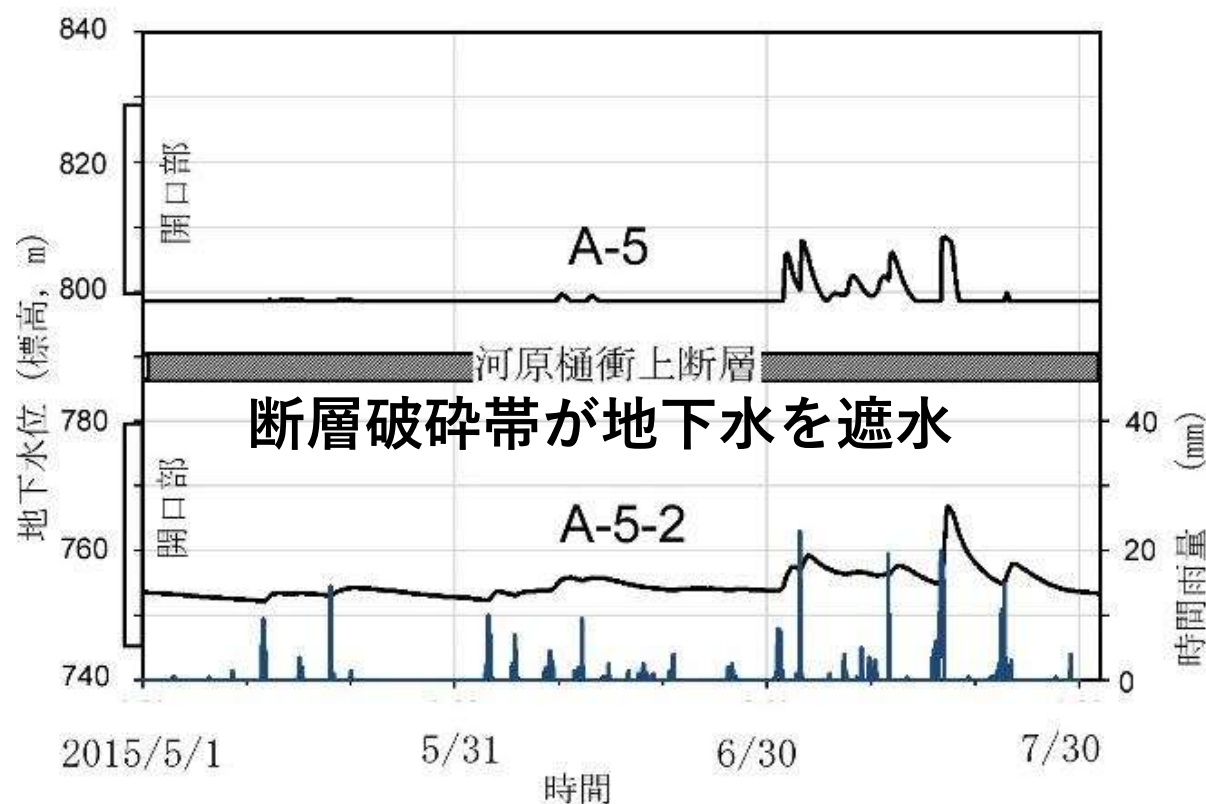
断層破碎帯は弱いだけでなく，地下水を制御する



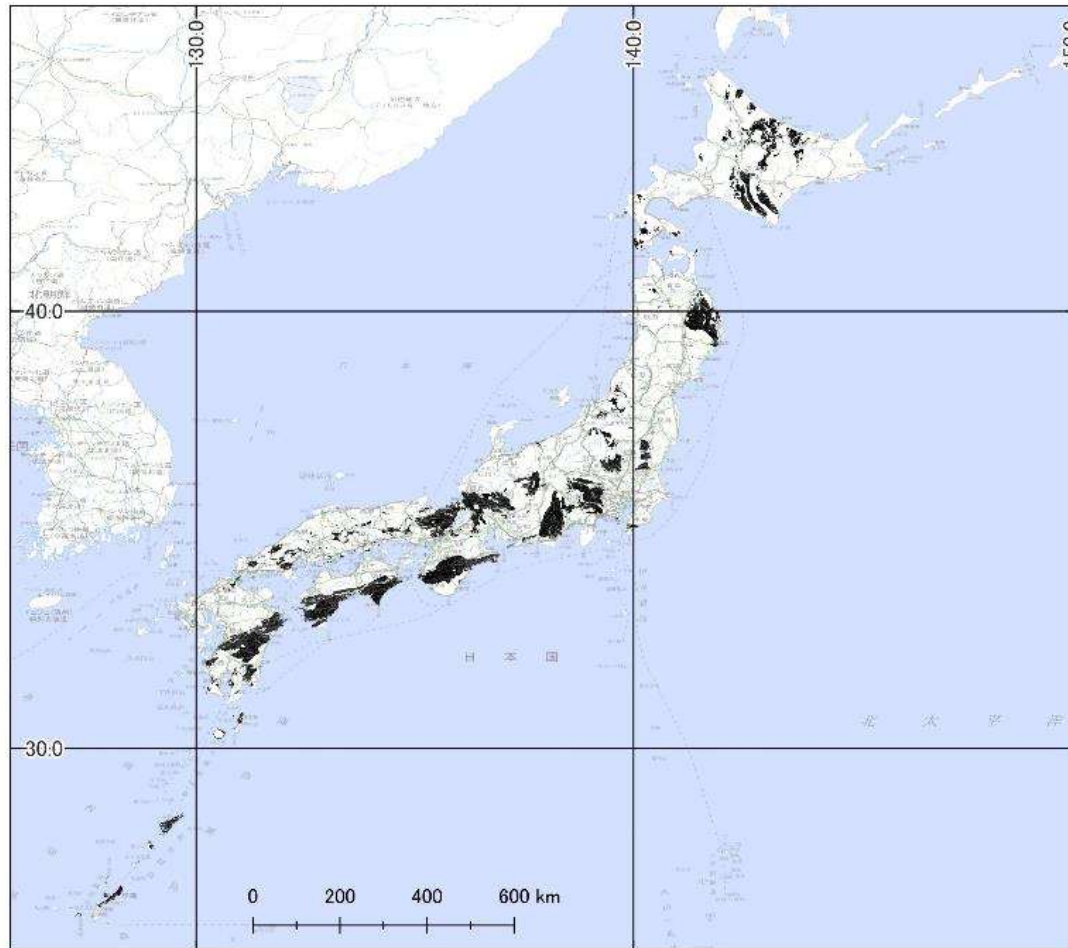
100mmの降雨で20m
水位が上昇

台風12号の時には
約2000mmの降雨

地下水位は100m以上
上がった？



付加体の留意点



シームレス地質図より

水の動きを支配する断層破碎帯
が多数分布すると想定され、

かつ、

どこにあるのかわからない。

段階的調査をしても、構造と地
下水に重大な不確実性が残る

時代や場所が異なっても、付
加作用に伴って形成される断
層破碎帯が同じように存在す
ると考えるべき

花崗岩類

日本の花崗岩は割れ目だらけ？

花崗岩の岩体全体の構造
が2か所で観察された。

大崩山（宮崎）

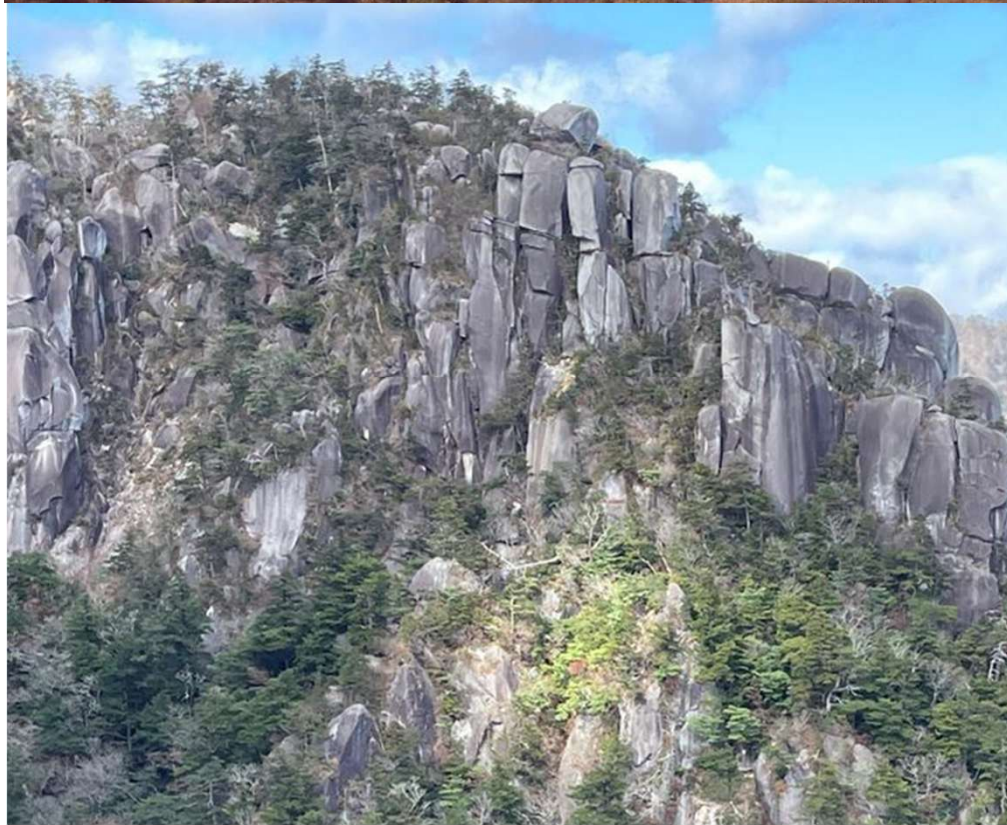
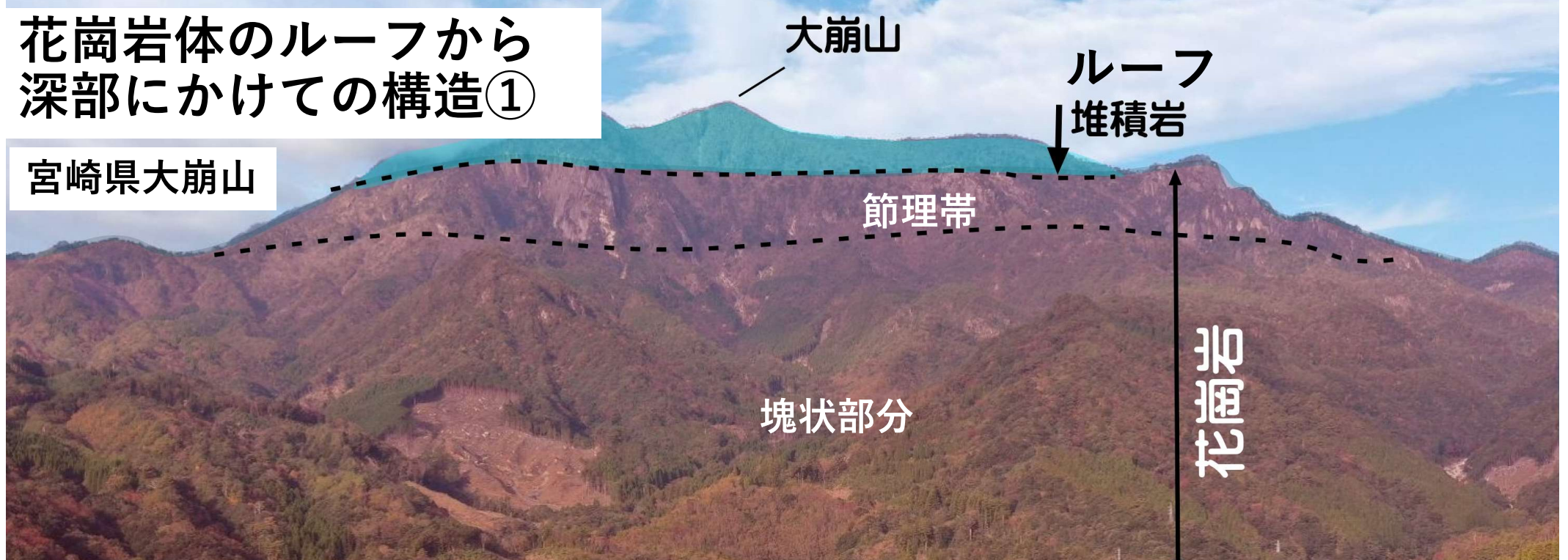
内山（対馬）

割れ目の多いのは花崗岩
体の特定の場所らしい
ことがわかってきた

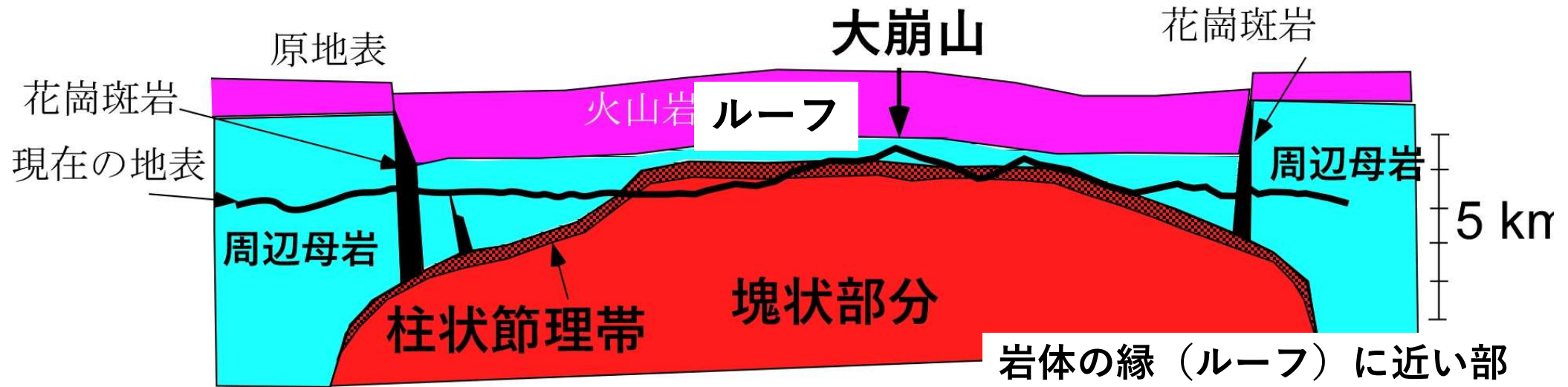
長野県 寝覚ノ床

花崗岩体のルーフから 深部にかけての構造①

宮崎県大崩山



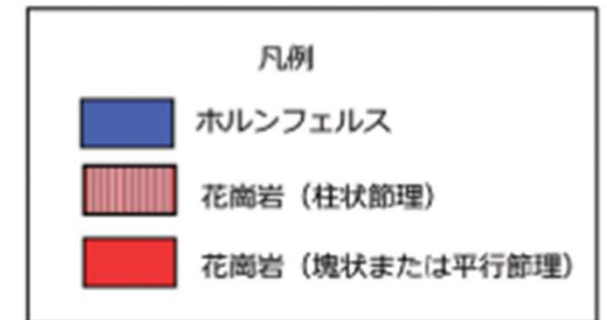
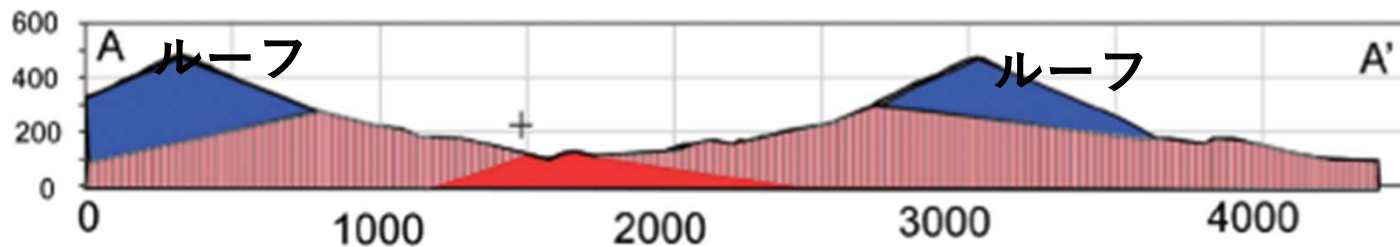
大崩山花崗岩の貫入時の構造



Chigira, M. & Kato, H. 2024 Island Arc, **33**, 1-13

岩体の縁（ルーフ）に近い部分が急速に冷えて柱状節理が形成された

同様の構造は内山花崗岩（対馬）でも認められる



千木良, 2023. 深田地質研究所年報, **24**, 47 – 61.

花崗岩の芯の部分には割れ目が少ないか？

キナバル山

4095.2m

2000m近い比高
の断面

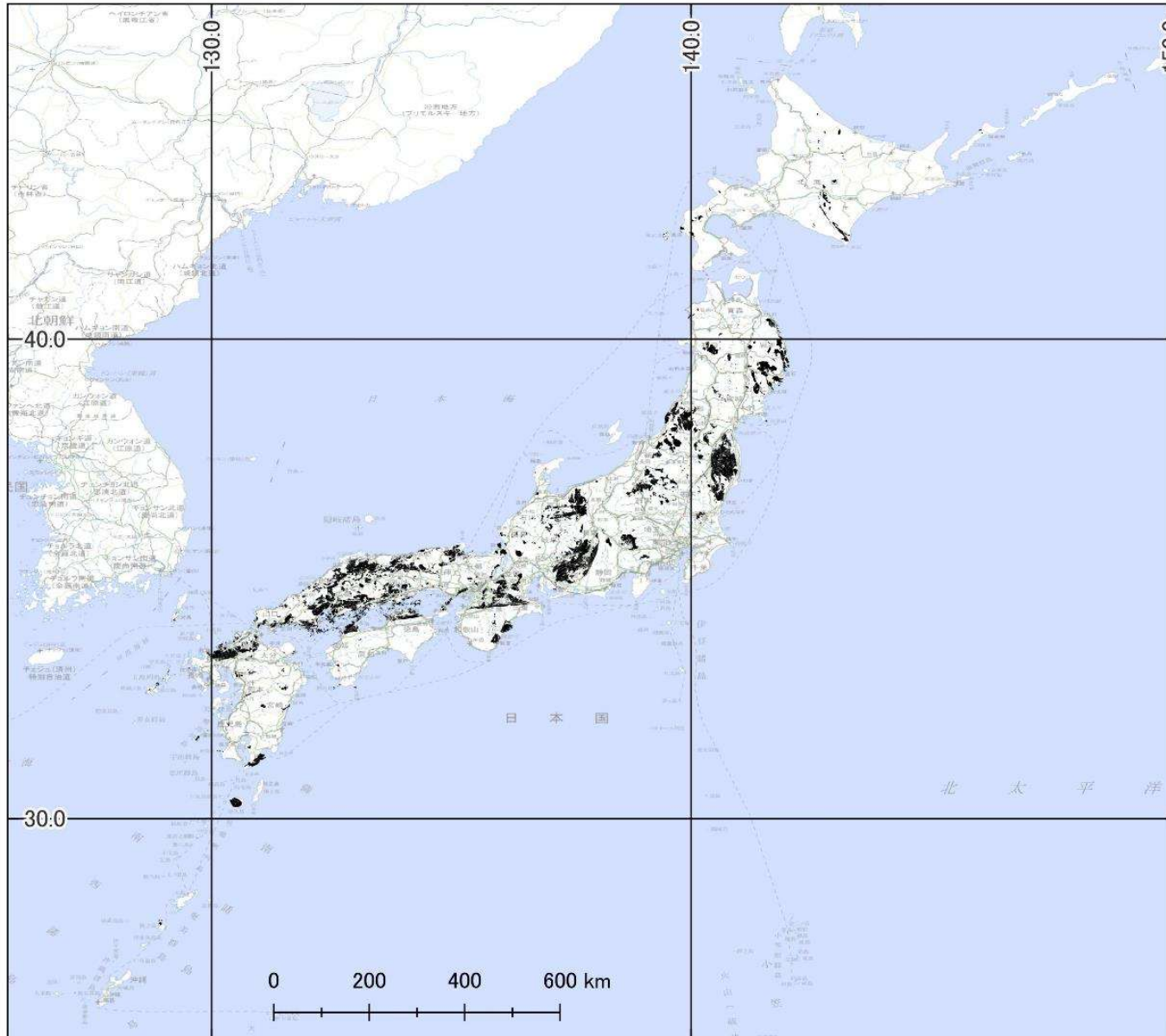


A photograph of a steep, rugged mountain slope. The rock face is dark and textured, with visible vertical and diagonal fractures. A dashed white line is drawn across the middle of the image, following a slight downward curve from left to right. The sky is a clear, pale blue.

節理帯

塊状

花崗岩の留意点

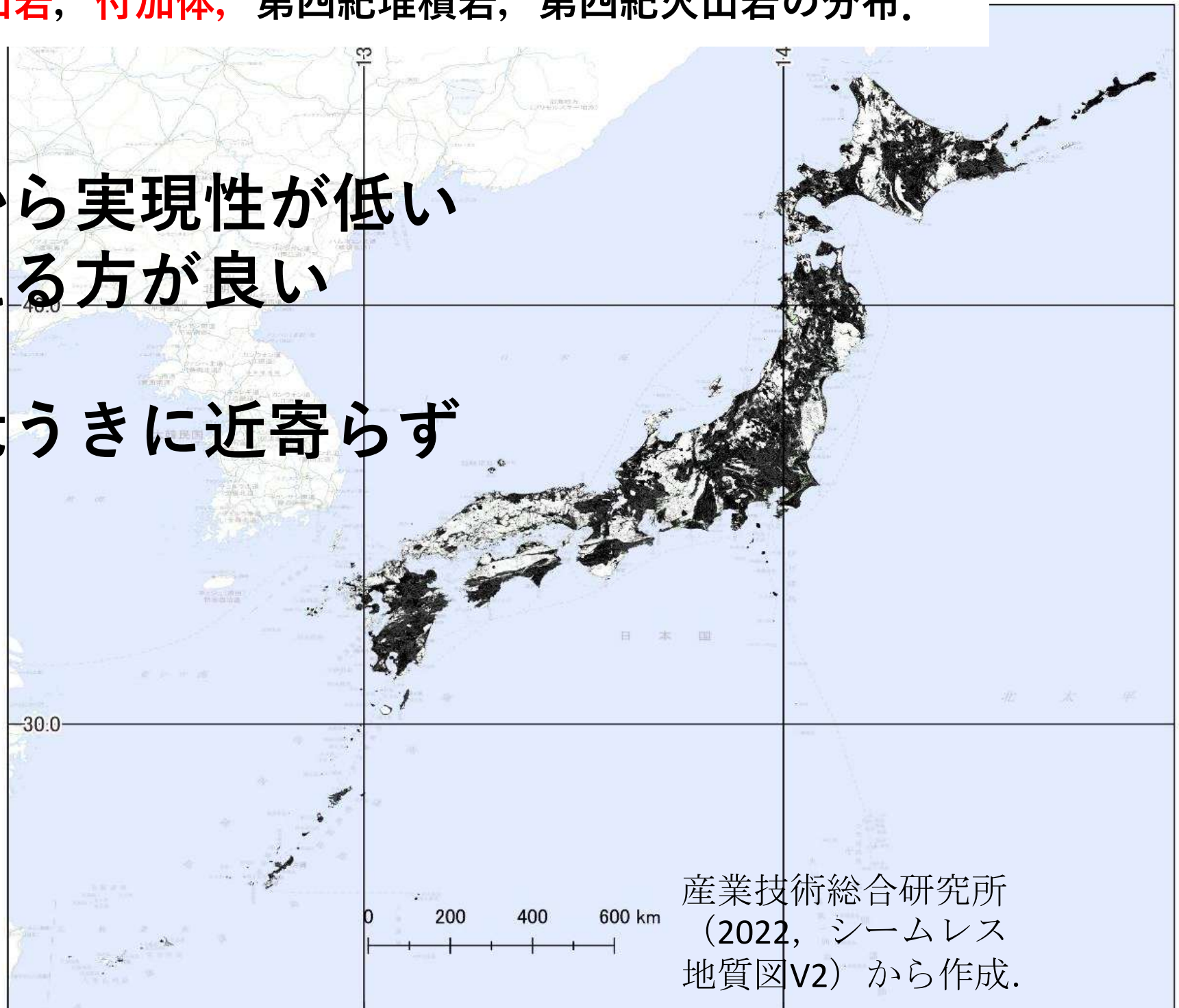


- 従来、花崗岩には割れ目が多いとの印象が強い
- 花崗岩体の浅部には、冷却に伴う節理が多くても、深部は割れ目が少ないという場合がある。
- 貫入後の断層運動や変質作用を受けている場合は要注意

新第三紀火山岩，付加体，第四紀堆積岩，第四紀火山岩の分布.

最初から実現性が低い
と考える方が良く

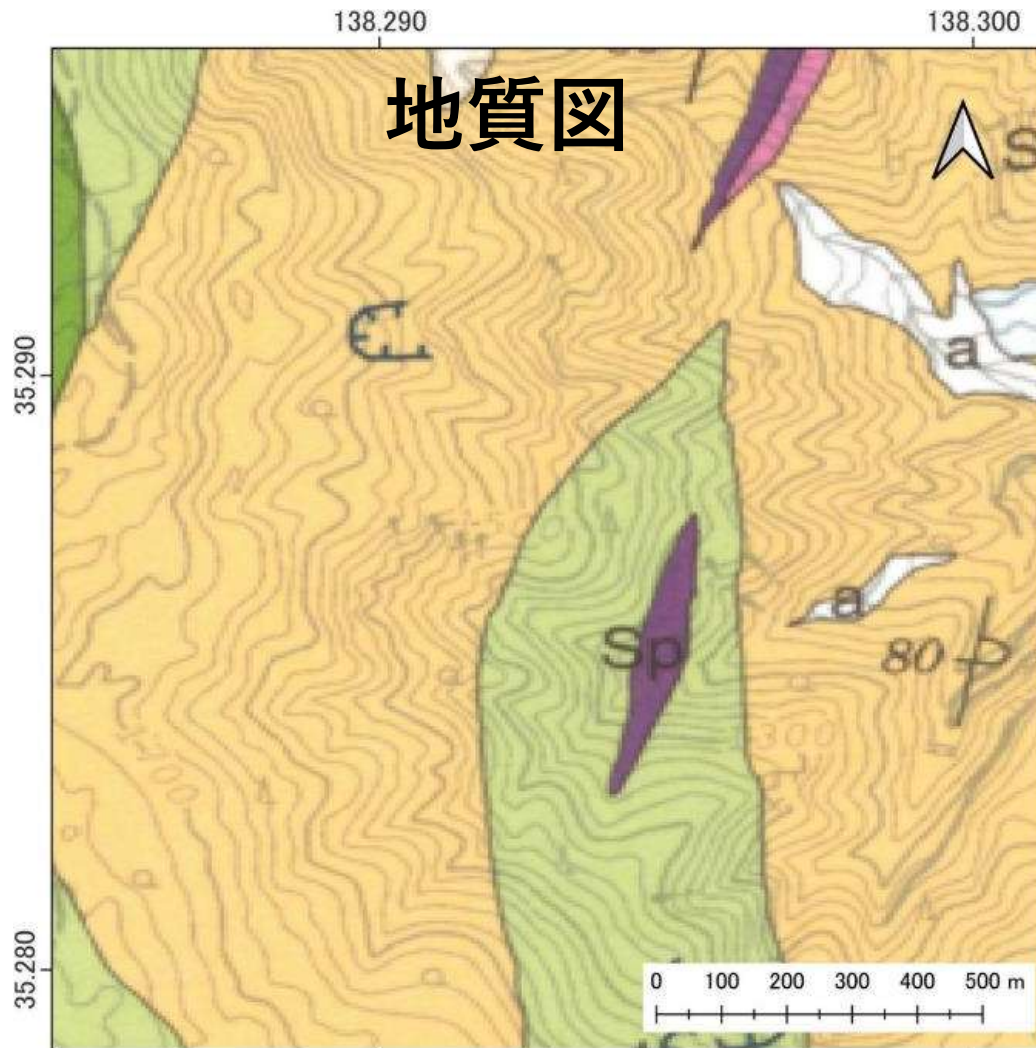
君子危うきに近寄らず



断層

- 活断層だけでなく，断層は極力避けるべき
- 断層の活動性評価は原子力発電所の場合よりも難しい
（考慮期間が長いし，地下で遭遇する断層は，その連続性や活動性の評価が難しい）
- 断層破碎帯は水みちになる
- 断層破碎帯の地下水流れへの影響評価は難しい

文献調査で地質図を見れば断層の分布がわかるわけではない



断層は図示されていない。

静岡県梅ヶ島付近の縮尺5万分の1地質図（杉山・松田，2014）。



南北に長い凹地が多数。
これらはすべて断層

このような所には最初から立ち入らないことが大切

本日のお話

処分の立地選定にあたって、地質と地下水に関する不確実性の小さな地域で調査を進めることが必要

見通しをつけるためには、地質踏査（歩いて調べる）が有効.

少ないボーリングよりも遙かに豊富な情報が得られることが多い.



ご清聴
ありがとうございました

高レベル放射性廃棄物
処分場の立地選定

－地質的不確実性の事前回避－

近未来社，168頁 定価 2,750円

購入の場合，ぜひ出版社に直接
注文をお願いします。

千木良雅弘 著

高レベル放射性廃棄物
処分場の立地選定

－地質的不確実性の事前回避－



変動帯ゆえに見過ごされてきた地質的検討

HLW地層処分を考えると、誰しもが日本のような変動帯で、地殻変動の影響を避けて何万年もHLWを隔離できるのだろうか、と思う。そして、従来HLW地層処分の地質的課題という、もっぱらそのことが重大視されてきた。しかしながら、私は、ダムや発電所の建設のための実際の調査に従事してきた経験から、HLW処分場候補地の調査を具体的にイメージするうちに、処分場に対する火山活動や断層運動の直接的影響は回避できたとしても、地質構造や地下水にまつわる不確実性は、処分場立地選定の段階的調査において、最後まで持ち越される可能性が高いと気づいた。さらに、その段階に至っても、まだ解消されずに、HLW処分場立地が最終的に社会的に受容されない可能性があると感じた。つまり、調査に膨大な投資をした末に元の本阿弥になりかねないと感じたのである。わが国は変動帯にあるがゆえに、あまりにも地殻変動に目が向き、それ以外の重要な課題を置き忘れたようである。

(本書の「はじめに」より抜粋)