

火山噴火と防災および観光シンポジウム2023

ー草津白根山、御嶽山、箱根山ー

2023/11/17 (金) 15:05～15:30

2025年7月公開版(表紙を除きシンポジウムでの発表と同じ)

噴火発生に向けて  
地下で進行した現象

# 御嶽山の噴火準備過程

前田 裕太

(名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター)

本研究の内容は2024年5月に下記の論文に掲載されました。

Maeda, Y. (2024) A numerical model for precursory time sequences of the phreatic eruptions of Mt.

Ontake, central Japan. Earth Planets Space 76, 63 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02013-8>

謝辞 本研究はJSPS科研費JP19K04016の助成を受けたものです。

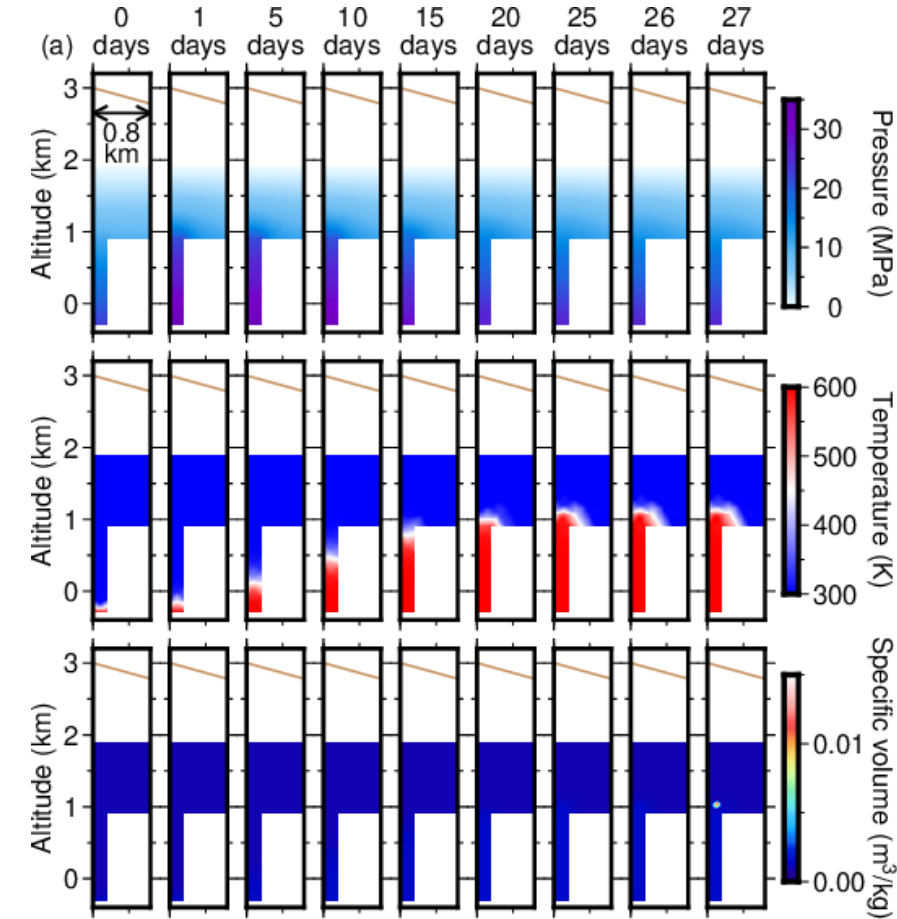
## 御嶽山2014年噴火：前兆現象に乏しい

- 地震活動は活発化
- その他の前兆現象：ほぼ無し

↑ 他の火山では一般的に見られるもの  
御嶽山でも前回(2007年)の噴火前には発生

## なぜ前兆現象をあまり起こさずに噴火？ それを説明する数値モデルを構築

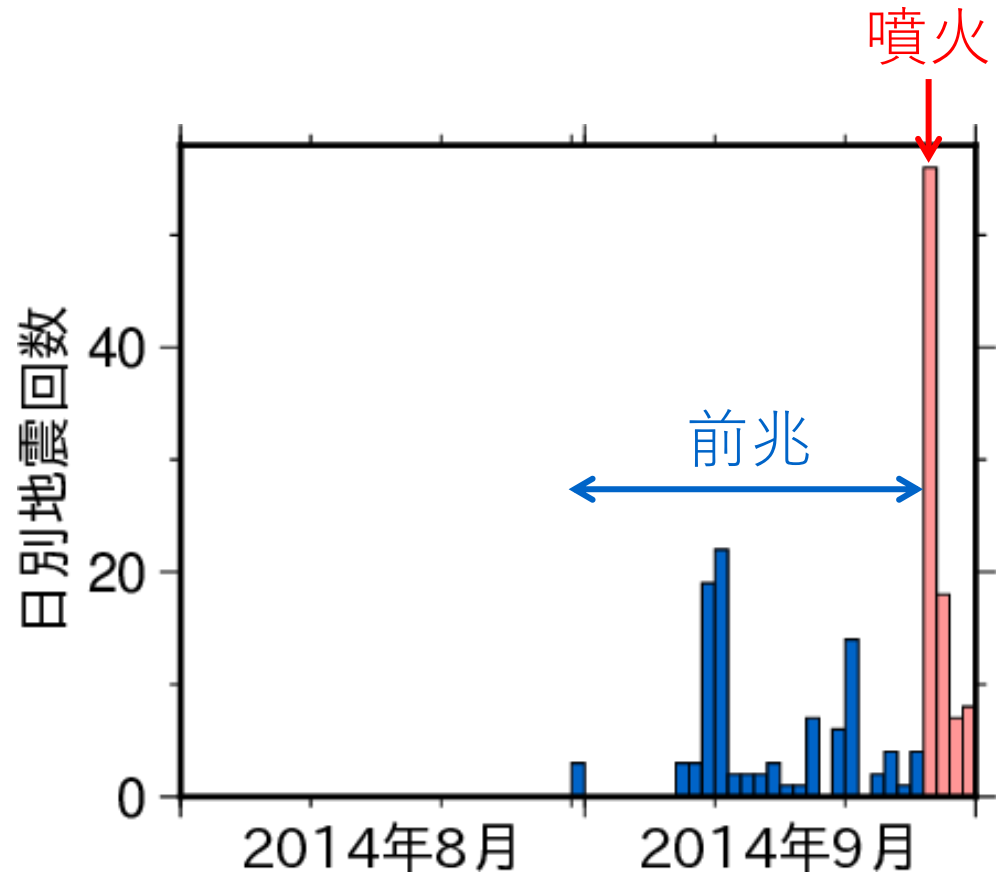
火山浅部に熱をもたらす流体の**温度の違い**により  
2014年と2007年の噴火前の活動推移を説明



| 温度 | 地下水の振る舞い      | 前兆現象 | 噴火規模 | シナリオ    |
|----|---------------|------|------|---------|
| 低い | 液体のまま → 一気に気化 | 少ない  | 大きい  | 2014年噴火 |
| 高い | 少しずつ気化        | 多い   | 小さい  | 2007年噴火 |

# 前兆現象(2014年噴火)

3

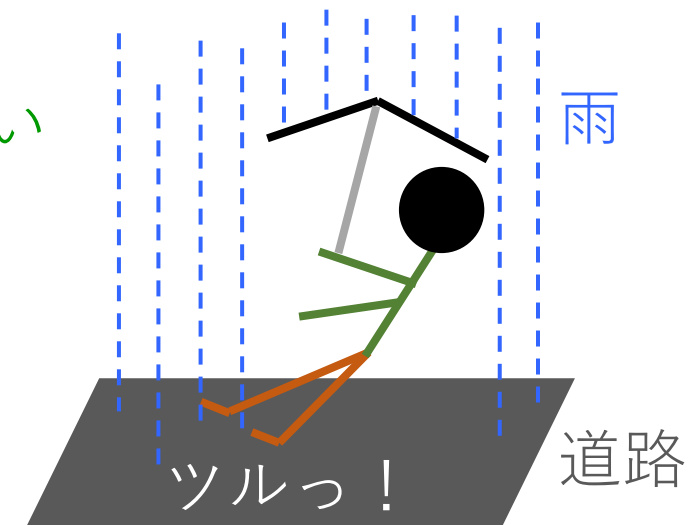
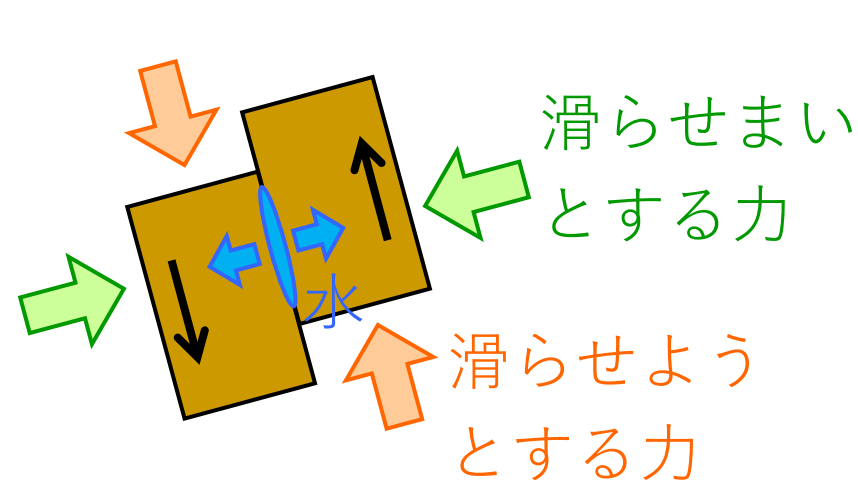


名大震源(山頂域)

噴火前に見られた地震の大部分は火山構造性地震  
(岩盤が割れて滑ることによって起きる、普通の地震)

岩盤は水で濡れると滑りやすくなる

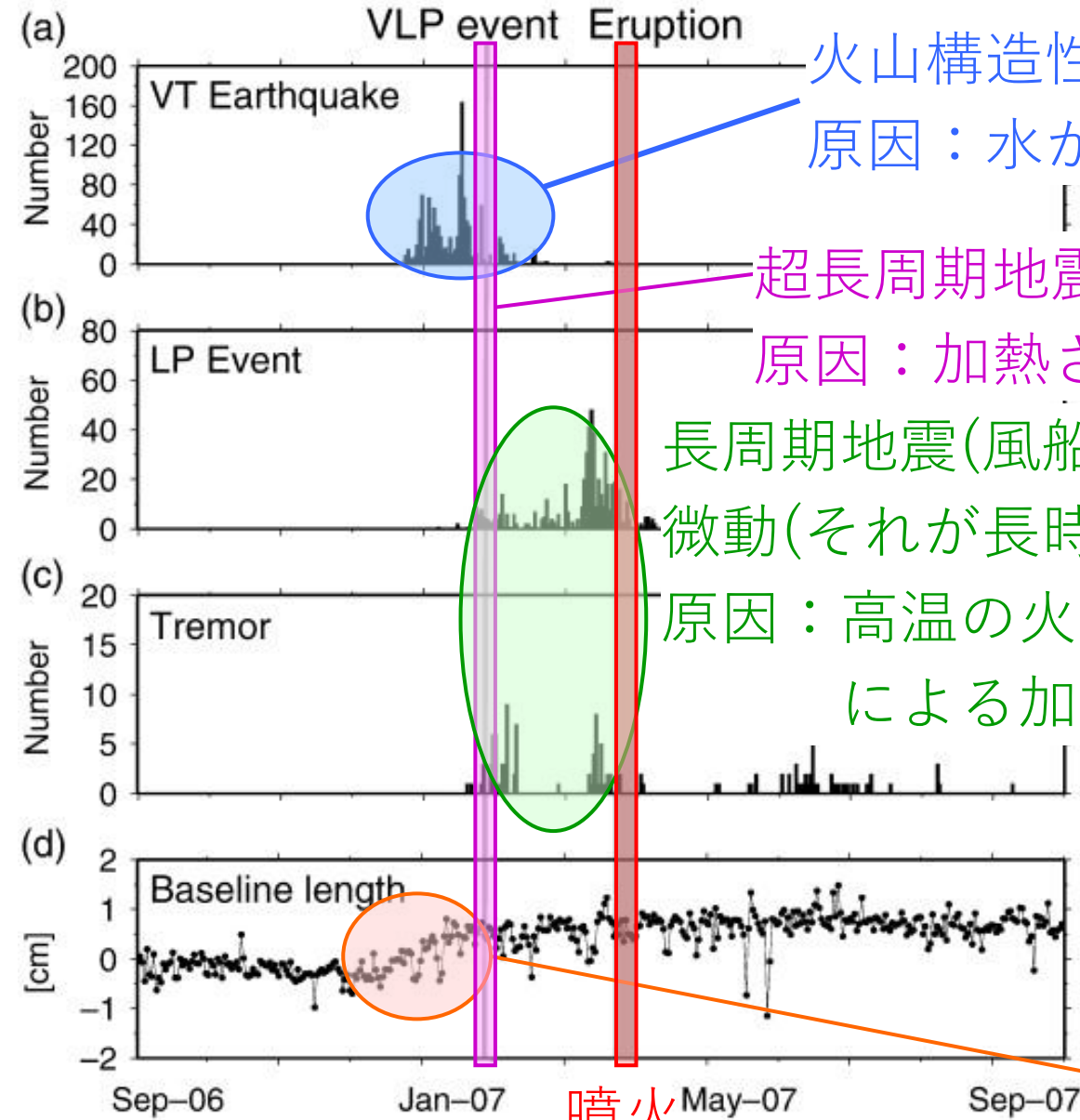
地震の多発⇒水の流入(水圧上昇)を示唆



前兆現象はほぼ火山構造性地震(普通の地震)のみ

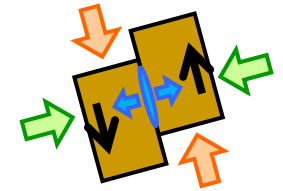
# 前兆現象(2007年噴火)

4



火山構造性地震(普通の地震)が多発

原因：水が入ってきて岩が滑りやすくなる



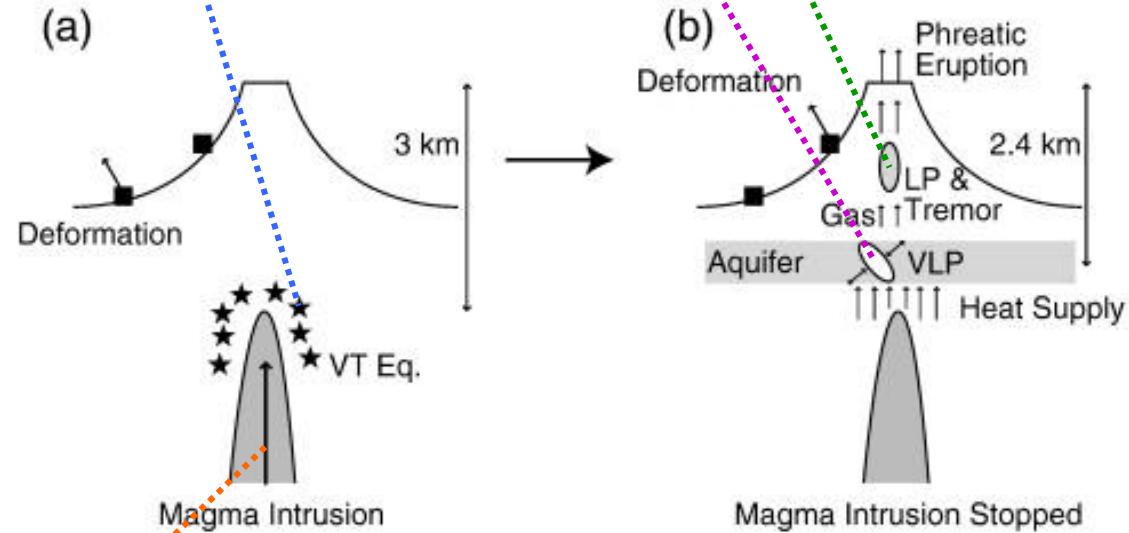
超長周期地震(地下で風船が数十秒かけて膨らむような現象)

原因：加熱された地下水の気化(深さ約2 km)

長周期地震(風船が1秒前後の周期で膨らんだりしぼんだりする)

微動(それが長時間続く)

原因：高温の火山ガス  
による加熱



山全体が膨らむ

原因：やや浅部にマグマが入ってくる

| 現象名                   | 現象                 | 原因                                   | 2007年 | 2014年                 |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------------|-------|-----------------------|
| 火山構造性地震               | 岩盤が割れて滑る<br>(普通地震) | <b>地下水</b> によって<br>岩が滑りやすくなる         | ○     | ○                     |
| 超長周期地震<br>長周期地震<br>微動 | 地下で風船が膨らむ          | <b>高温</b> の火山ガス<br>地下水が <b>加熱・気化</b> | ○     | ごく僅か <sup>*1,*3</sup> |
| 山体膨張                  | 山全体が膨らむ            | やや浅部への <b>マグマ</b> 上昇                 | ○     | ごく僅か <sup>*2,*3</sup> |

- \*1 ノイズに埋もれた小さな地震を見つけ出す特殊なアルゴリズム(matched filter法)により  
噴火前の1ヶ月間に**ごく小さな**長周期地震が**計20個程度**発生していたことを検知 (Kato et al. 2015)
- \*2 ノイズに埋もれた**ごく僅かな**山体膨張を特殊な解析方法で検知(Miyaoka and Takagi 2016)
- \*3 **噴火直前**(約10分前～)には明瞭な超長周期地震、微動、山体膨張が発生 (Kato et al. 2015)

2014年噴火前：**地下水**流入のシグナル有り、**高温化**のシグナルほぼ無し  
(全く無かったわけではないが2007年噴火前よりもはるかに微弱)

# 噴火の規模(2007年)

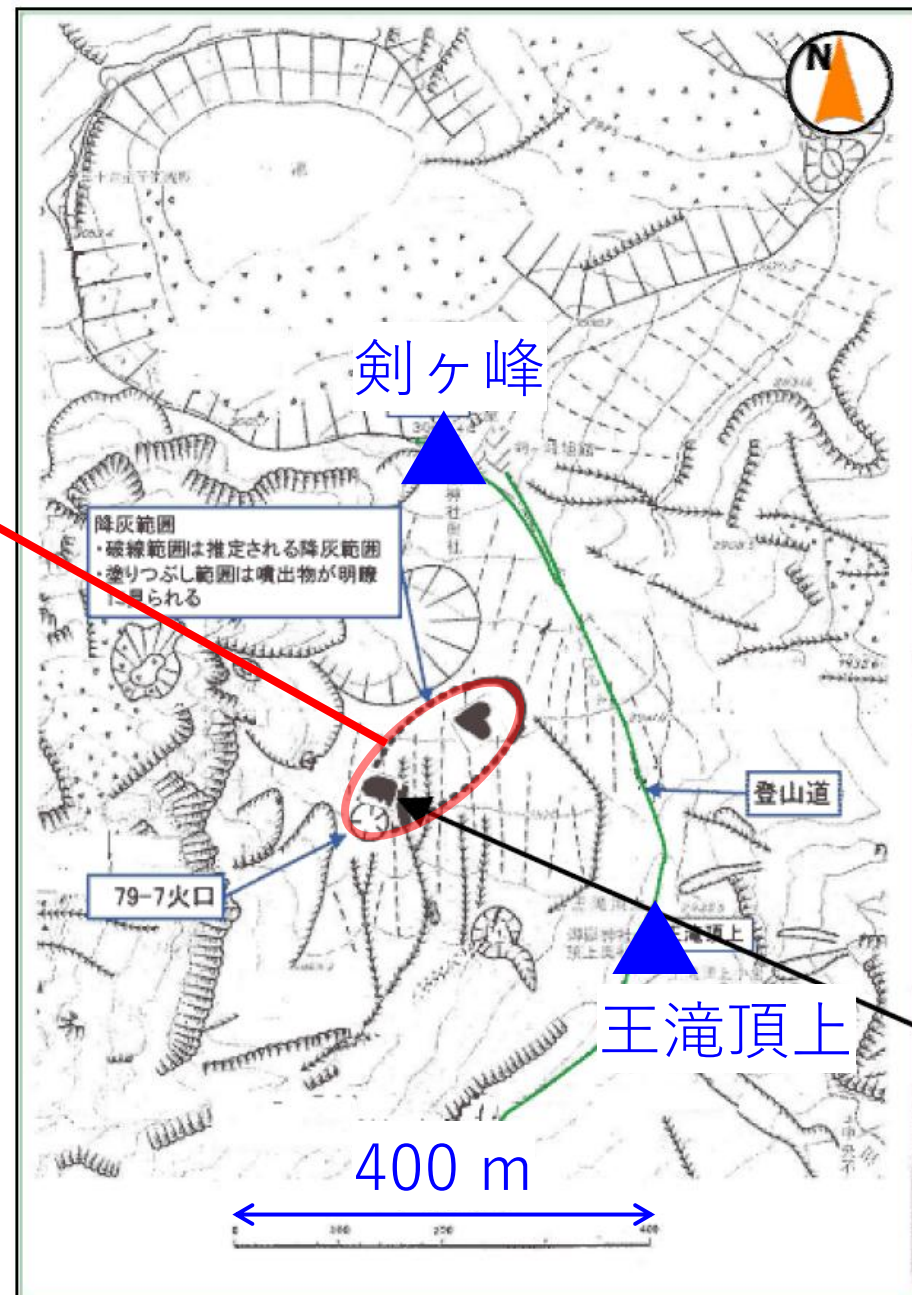
6

- ・ 火口近傍(八丁だるみ付近)に  
うっすらと火山灰が積もった程度  
ごく小さな噴火
- ・ 噴火マグニチュード(火山爆発指数)：0 (最小)

火山灰が積もった範囲



気象庁火山活動解説資料(2007年報)



# 噴火の規模(2014年)

7

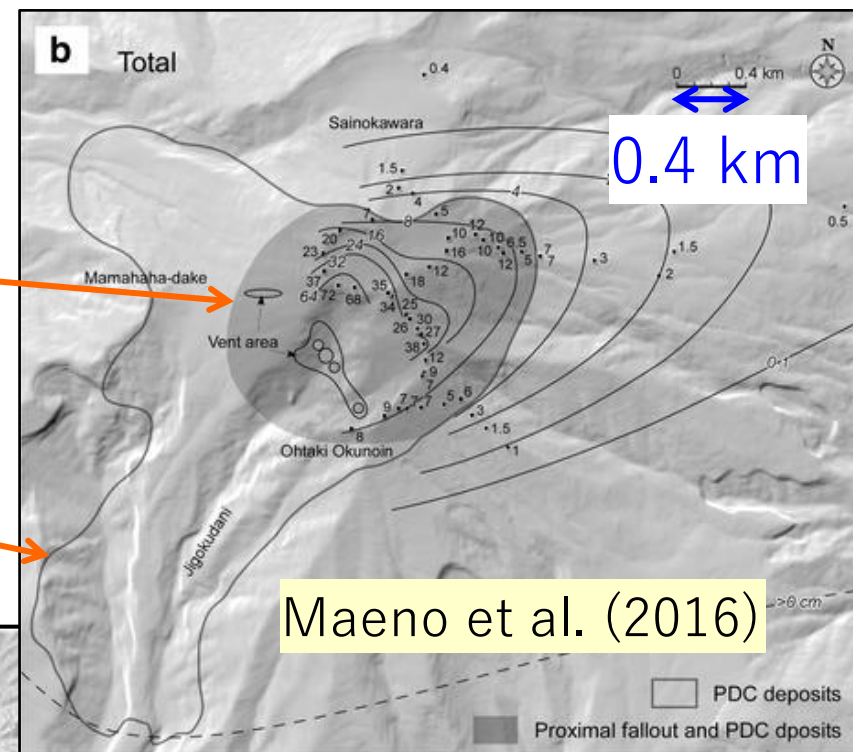
- ・ 火口から約1 kmの範囲に噴石(大きな岩)が飛ぶ
- ・ 火口から約3 kmまで火砕流が流れる
- ・ 火口から数十kmまで火山灰が積もる
- ・ 噴火マグニチュード(火山爆発指数): 2

(噴出物量:  $0.7 \sim 1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ; Maeno et al. 2016)

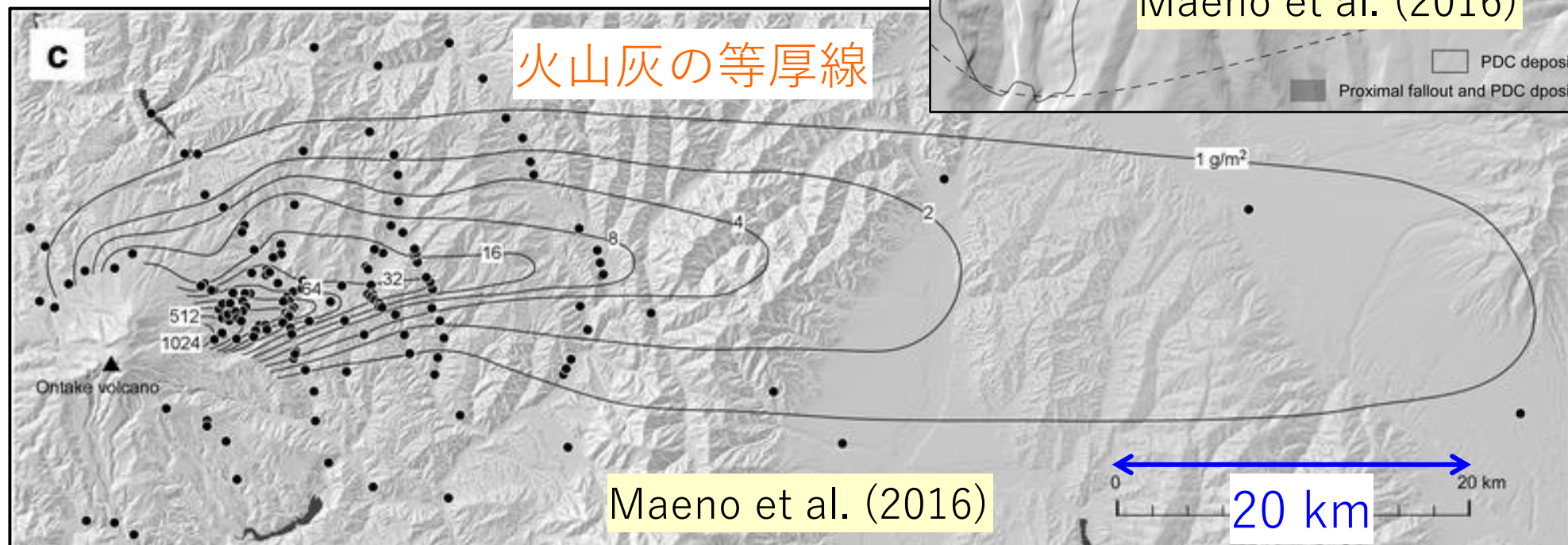
2007年よりも大きな噴火

噴石の  
降った範囲

火砕流の到達範囲



火山灰の等厚線



.....モデルで再現したいこと(目標).....

2014年

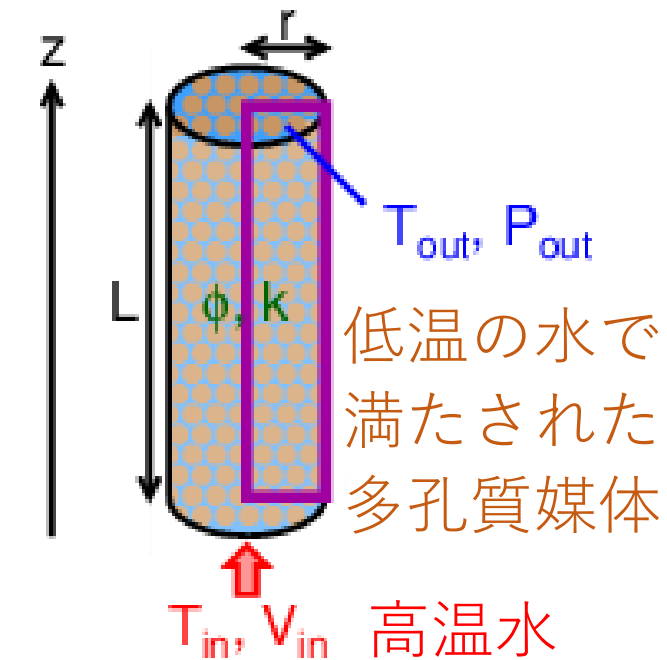
- ・ 普通地震(火山構造的な地震)は発生  
水は入ってきた
- ・ 他の前兆：ほぼ無し  
熱は入ってきていないように見える
- ・ 噴火：大

2007年

- ・ 普通地震(火山構造的な地震)は発生  
水は入ってきた
- ・ 他の前兆：多数発生、明瞭  
熱も入ってきた
- ・ 噴火：小

.....前提.....

- ・ 地下の岩盤や土壌には細かい隙間(空隙)が無数に存在する(多孔質媒体)  
水はその隙間を流れる(浸透流) 植木鉢に水がしみ込むイメージ
- ・ 水蒸気噴火 = 水の急膨張(主に液体の地下水の気化による)
- ・ 水蒸気噴火前の過程をモデリング 初期状態では水は液体

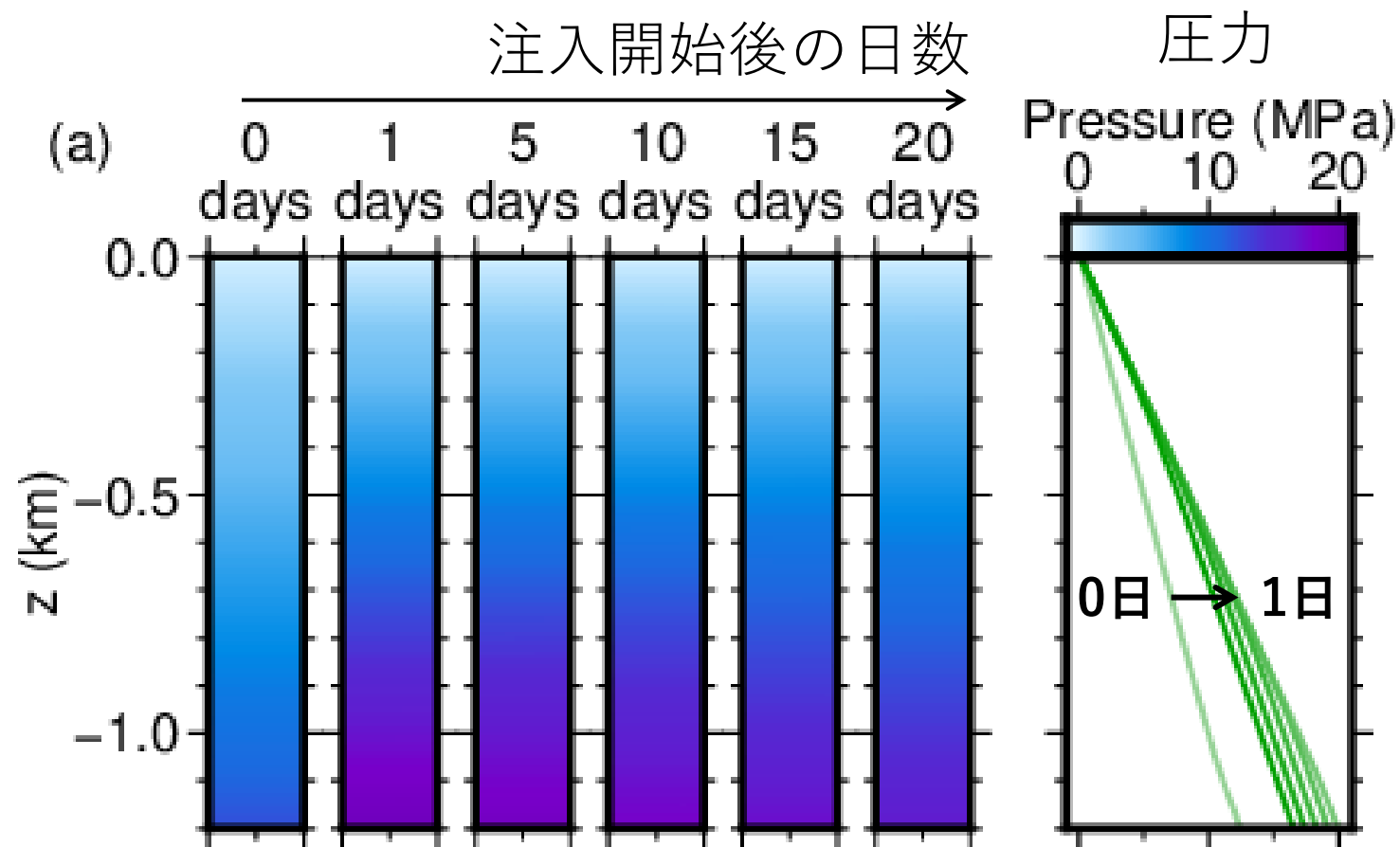
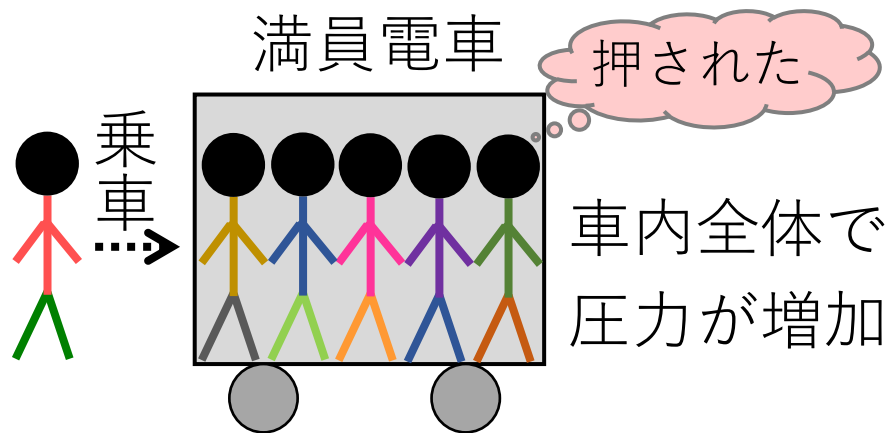


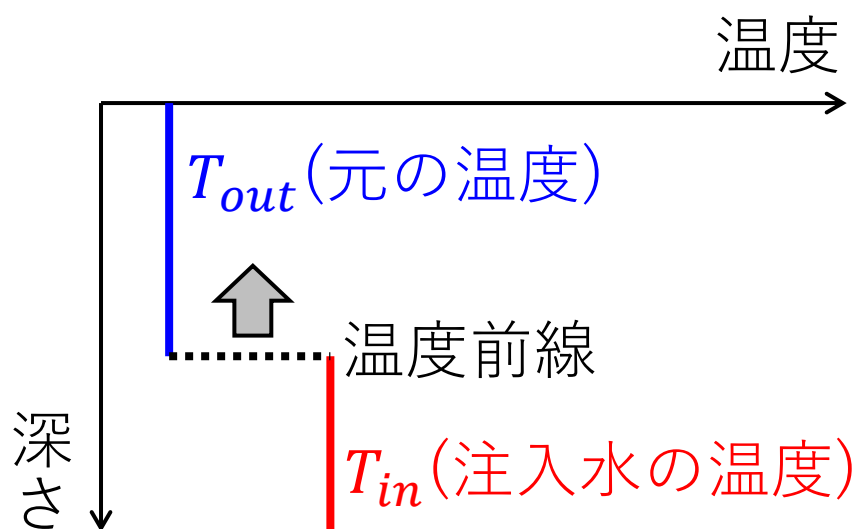
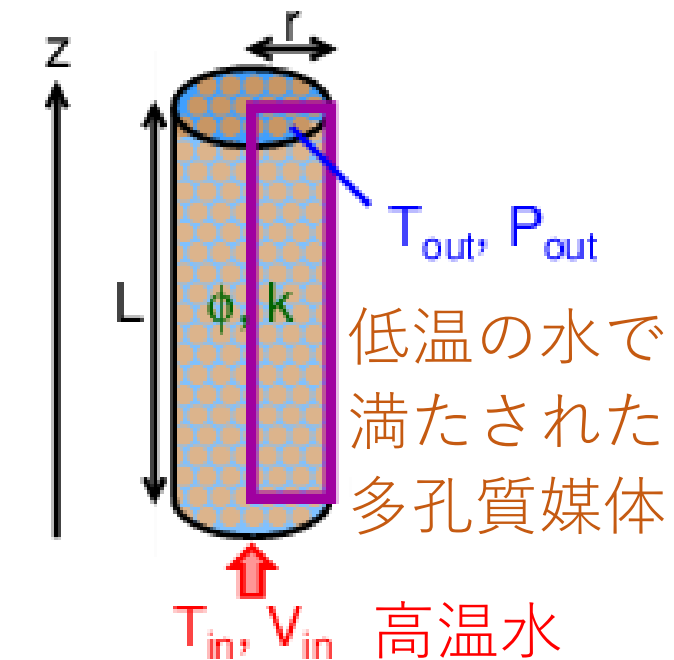
※注入水の流速：0.00025 m/s  
上端に達するまで50日以上

**全域の圧力が一瞬で増加**

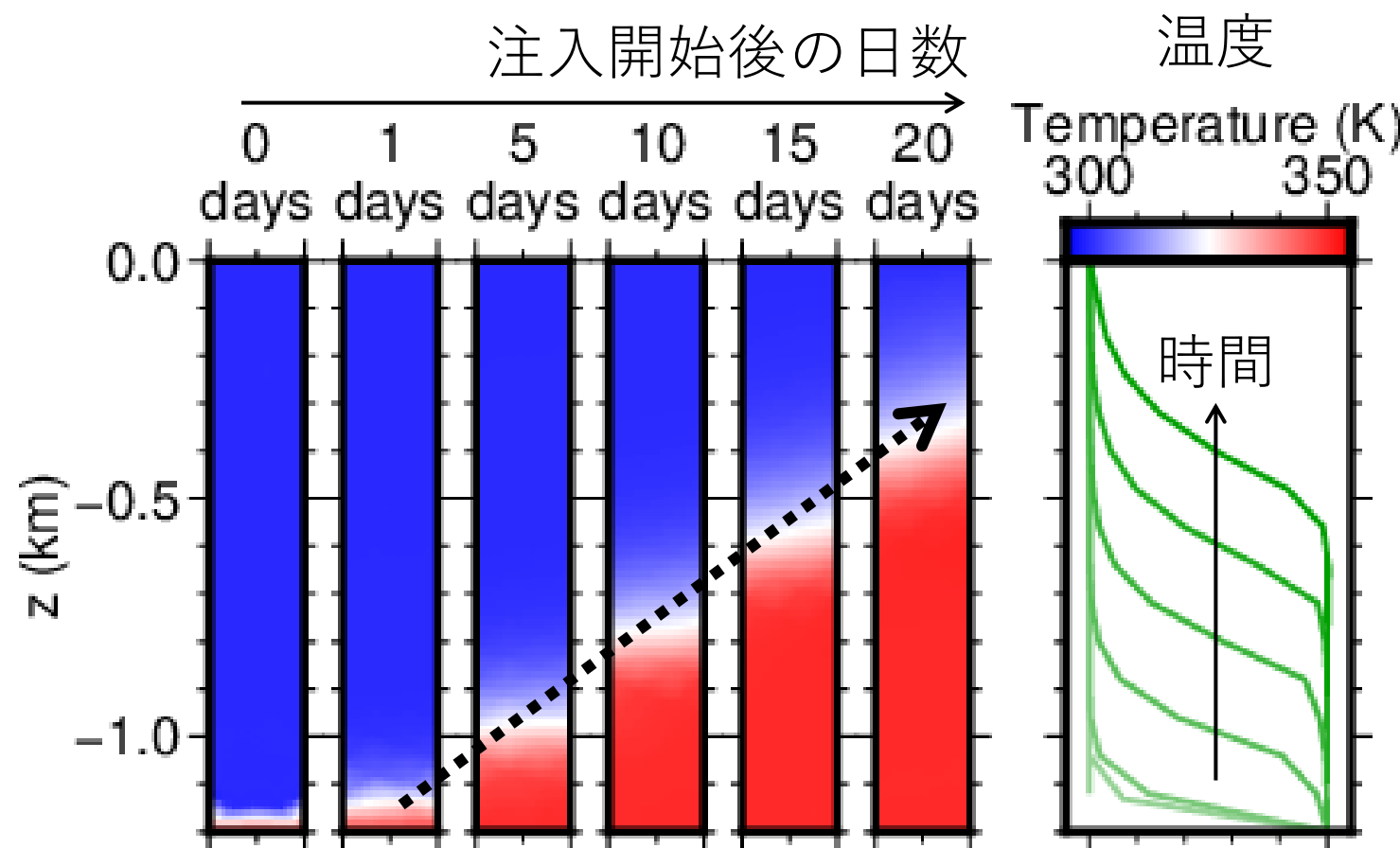
× 注入水がその深さに到達

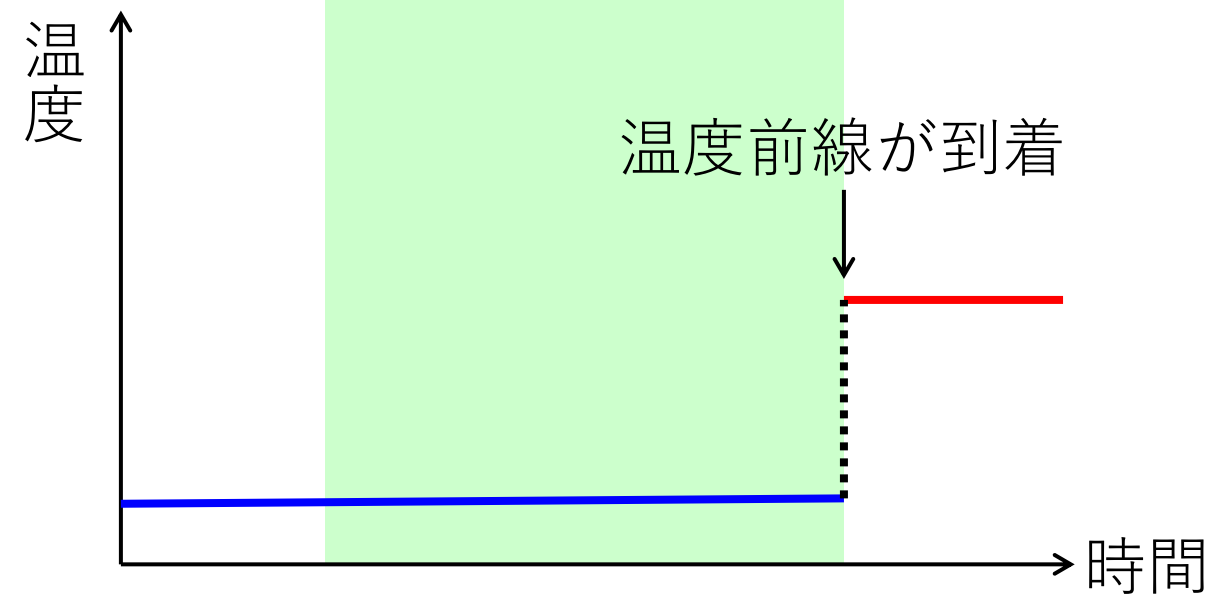
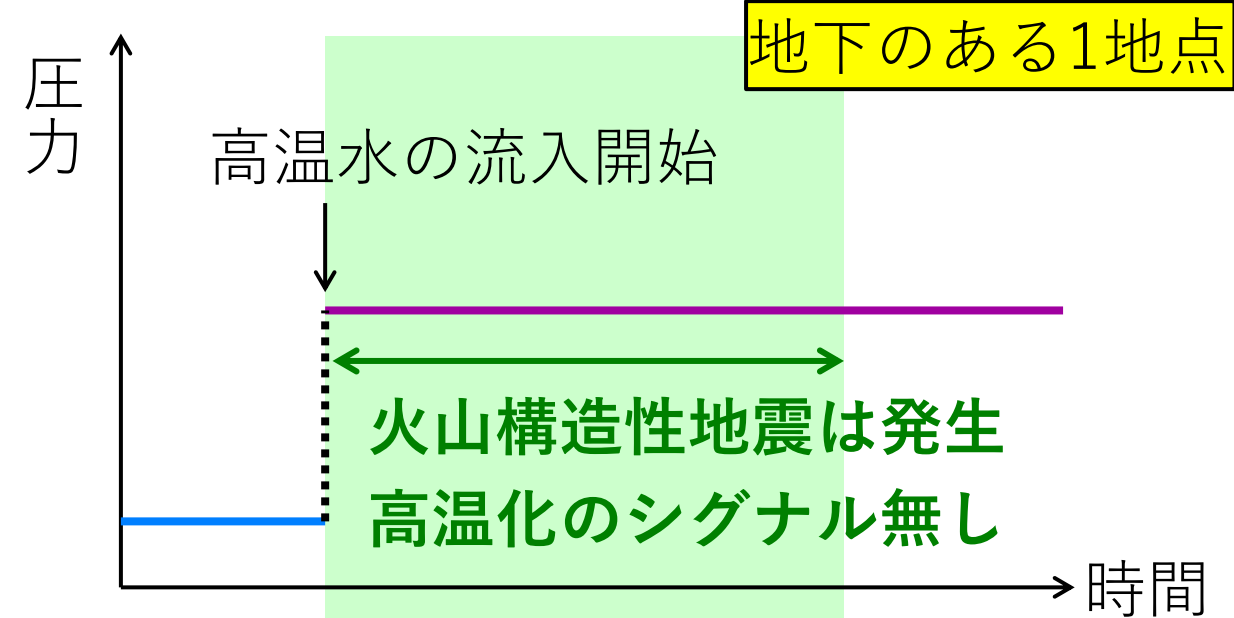
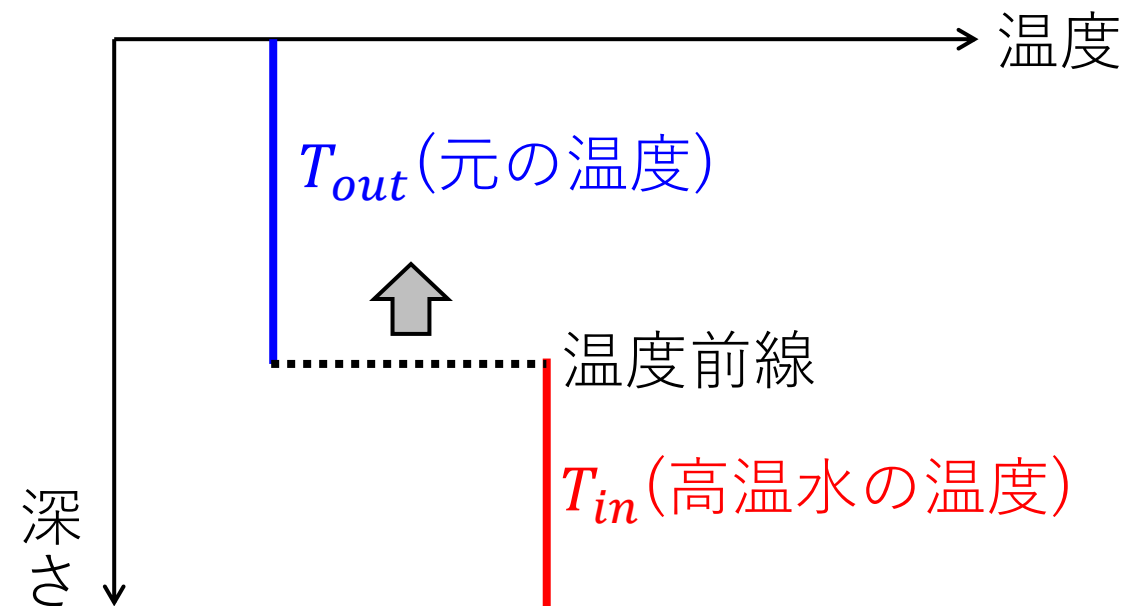
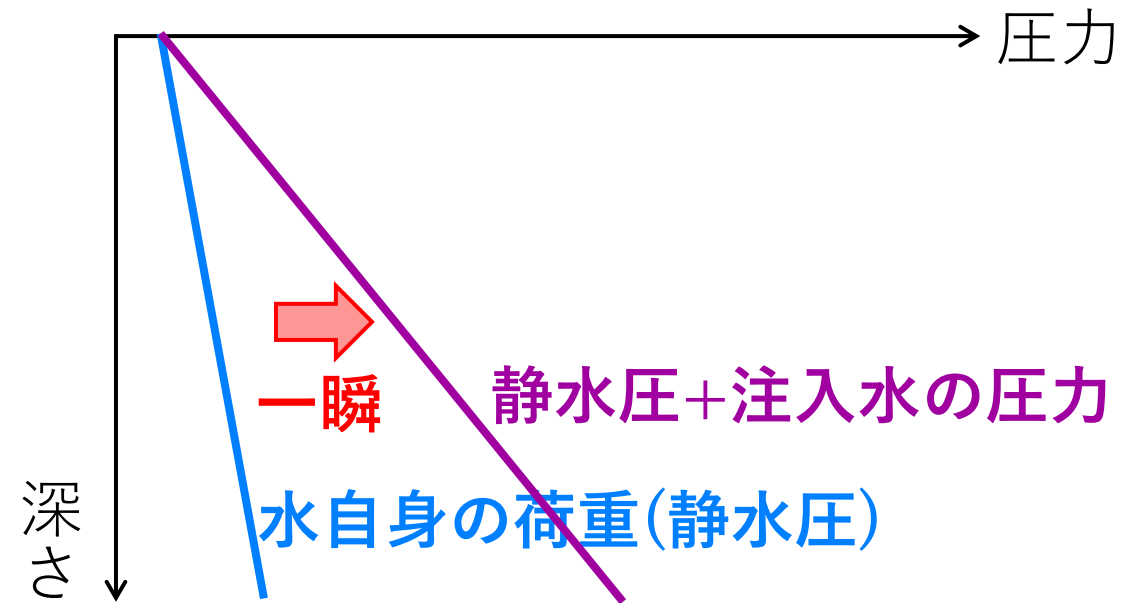
○ 既存の水を含めた変動

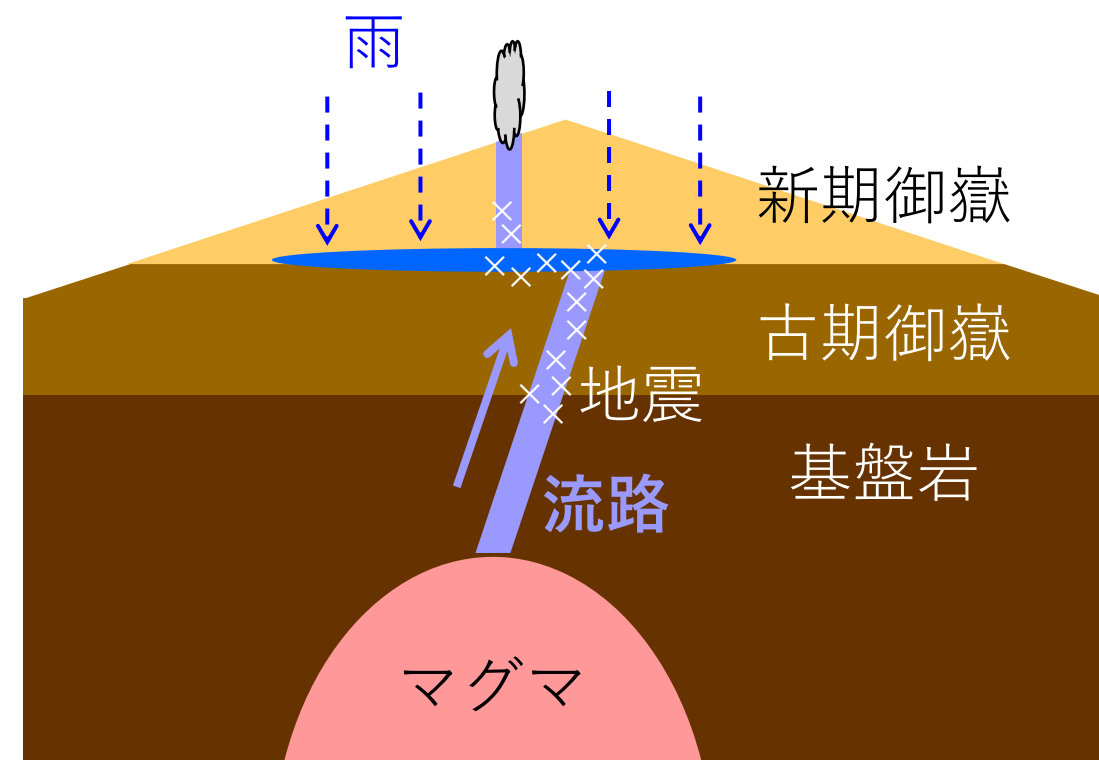
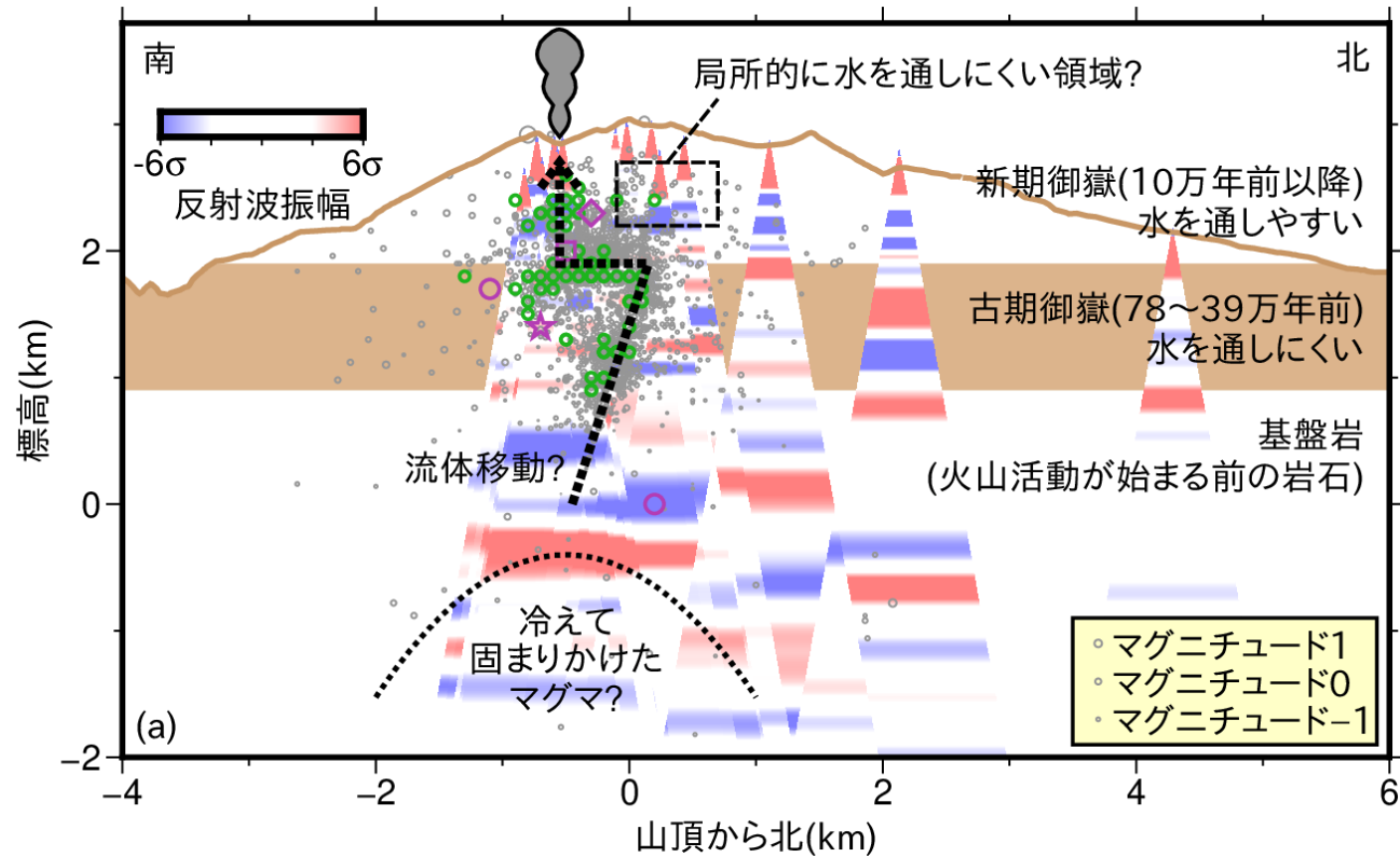




低温域(元の温度)と高温域(注入水の温度)に分離  
その境界(温度前線)が時間とともに上昇  
× 全域の温度が徐々に上昇



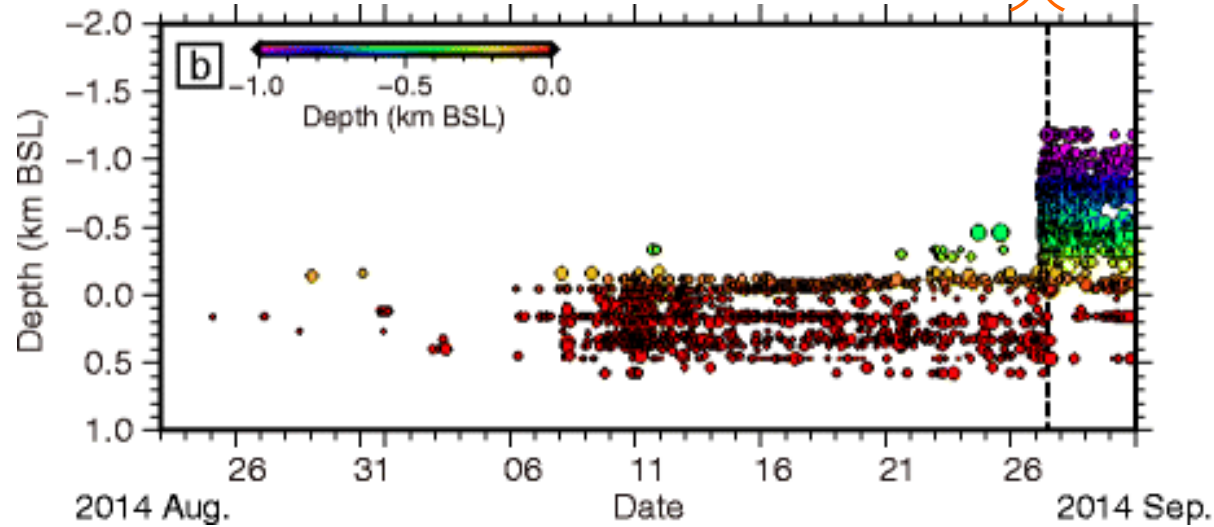




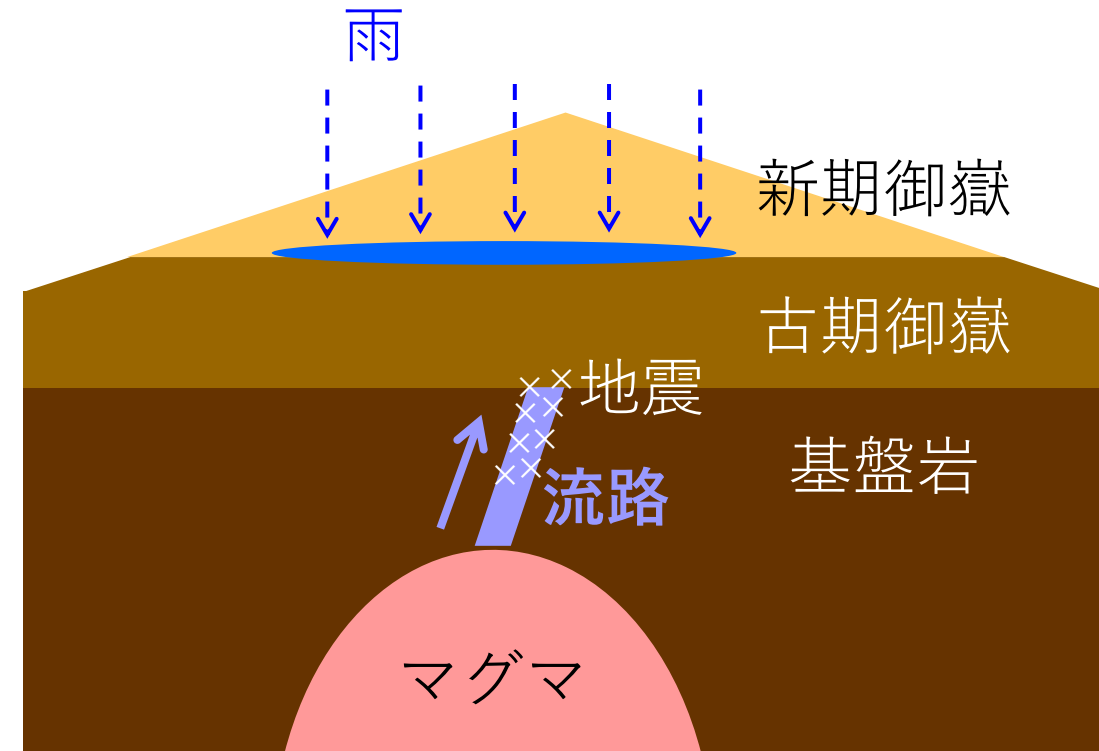
2017～2021年のデータに基づく描像  
(2014年噴火以降の御嶽山地下)

地震学的に推定された地下構造と水の流れ  
(Maeda and Watanabe, 2023)

2014年噴火前後の震源の深さの推移



Kato et al., 2015

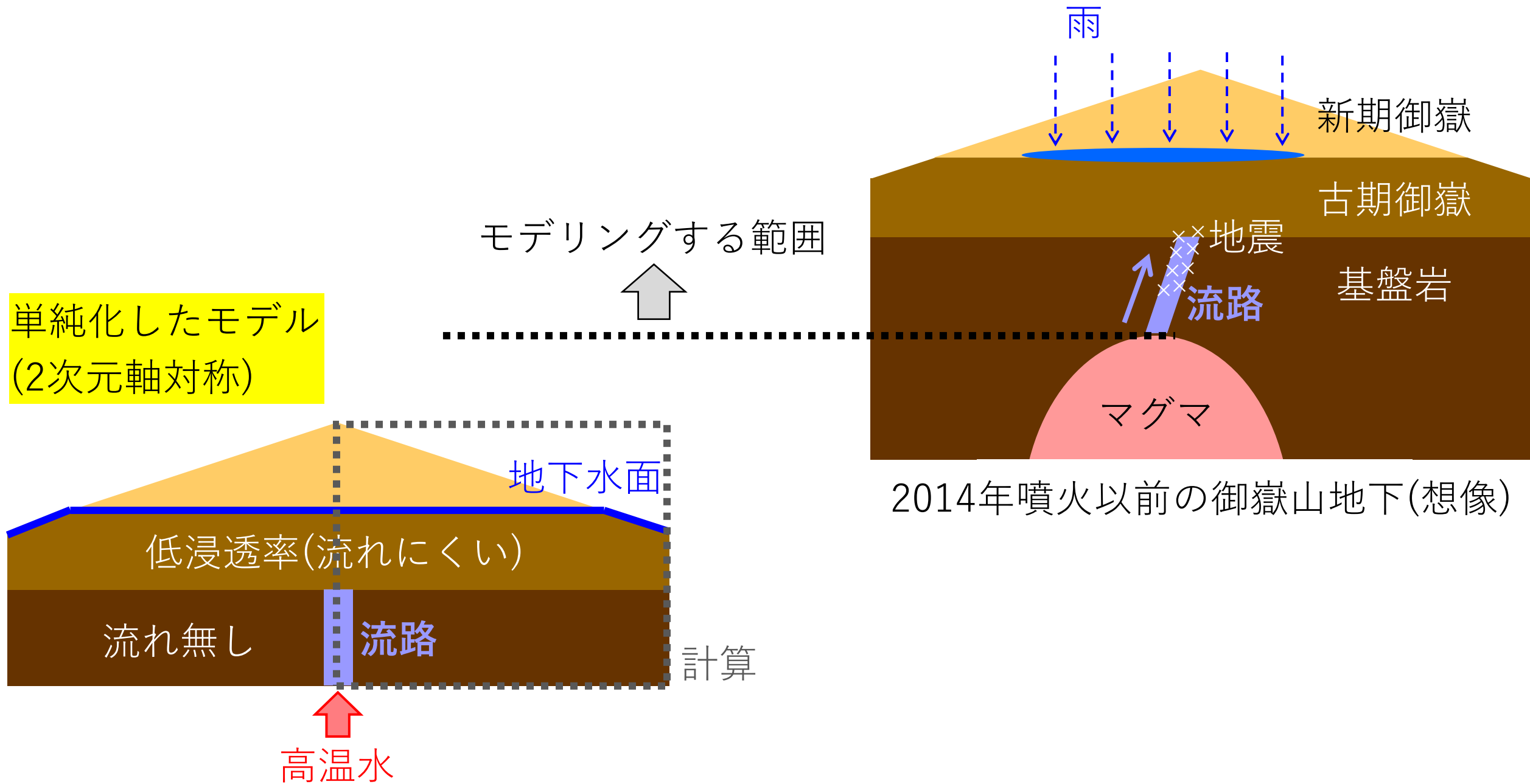


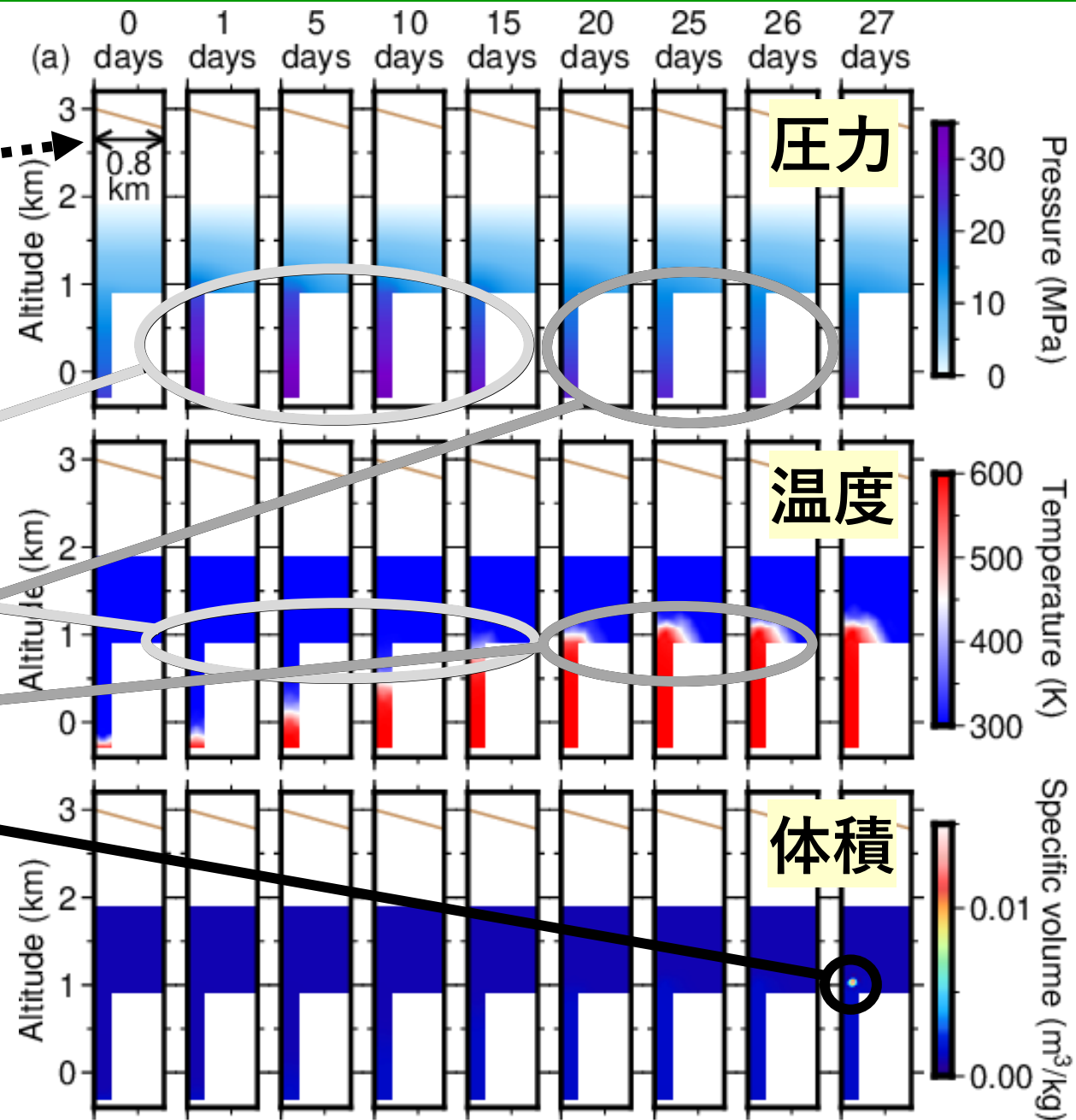
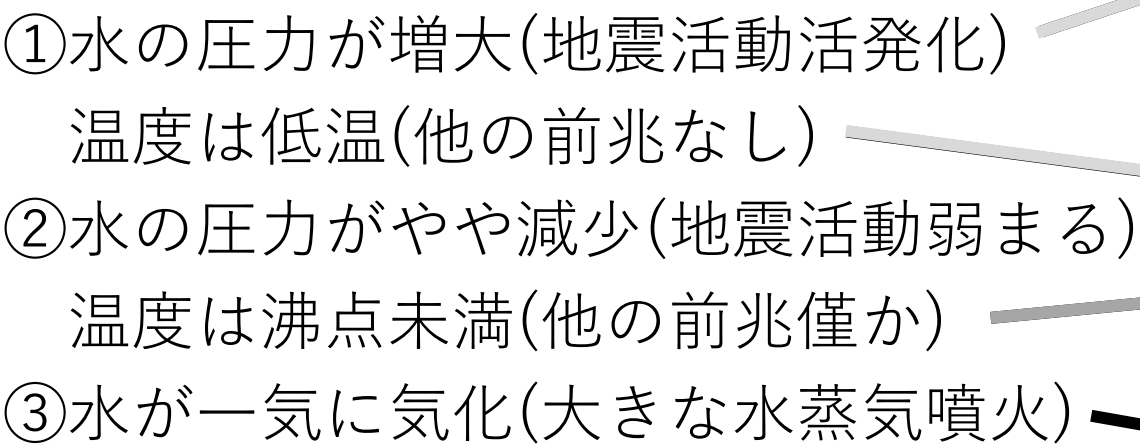
2014年噴火以前の御嶽山地下(想像)

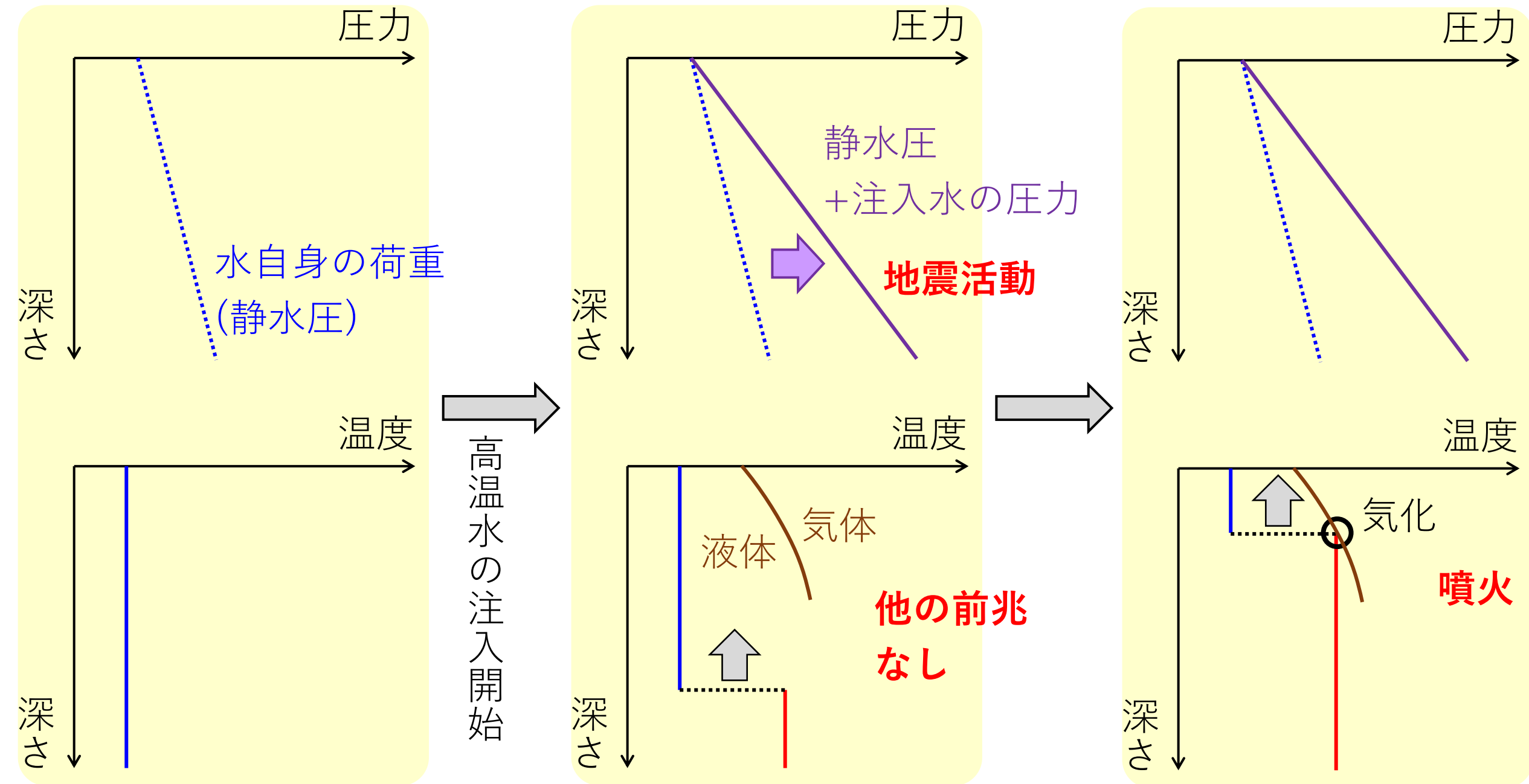
噴火を挟んで震源が約1 km浅くなった(Kato et al. 2015)

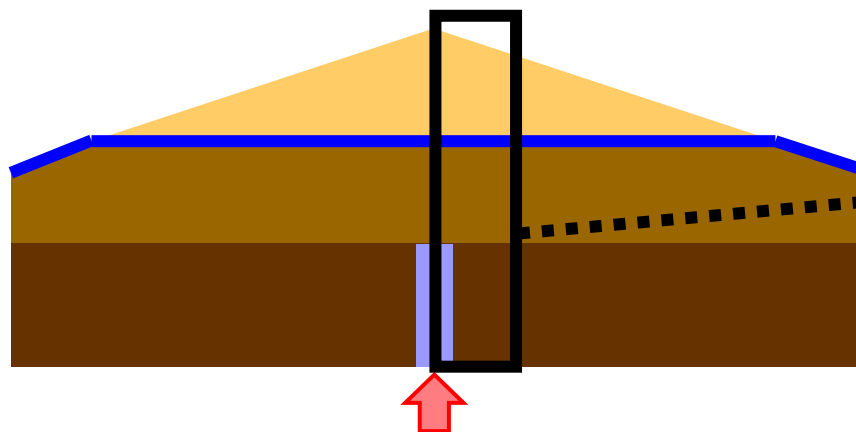
つまり、噴火前は現在よりも震源は約1 km深かった

⇒ **2014年噴火前は流路が古期御嶽の下までだったと想定**



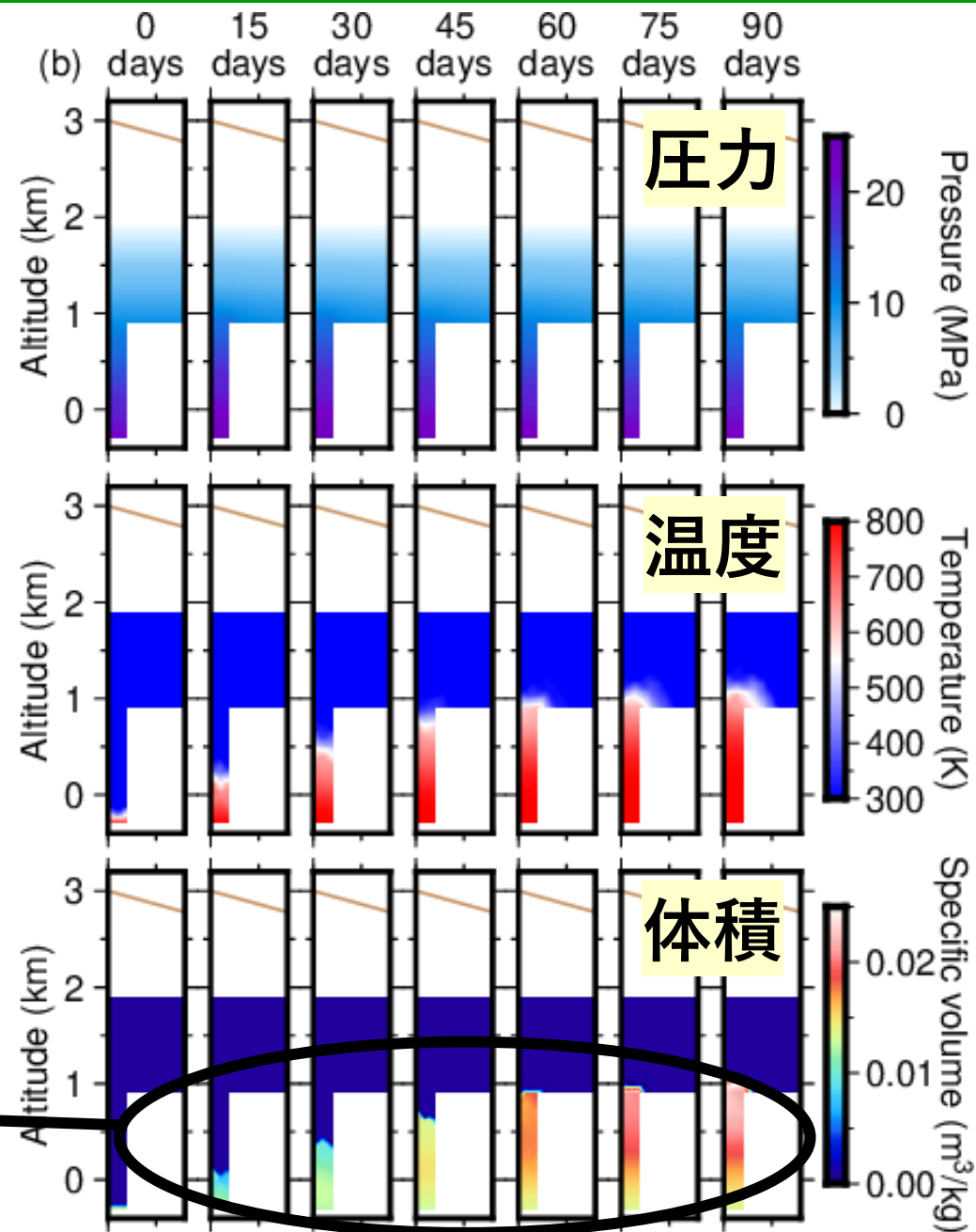


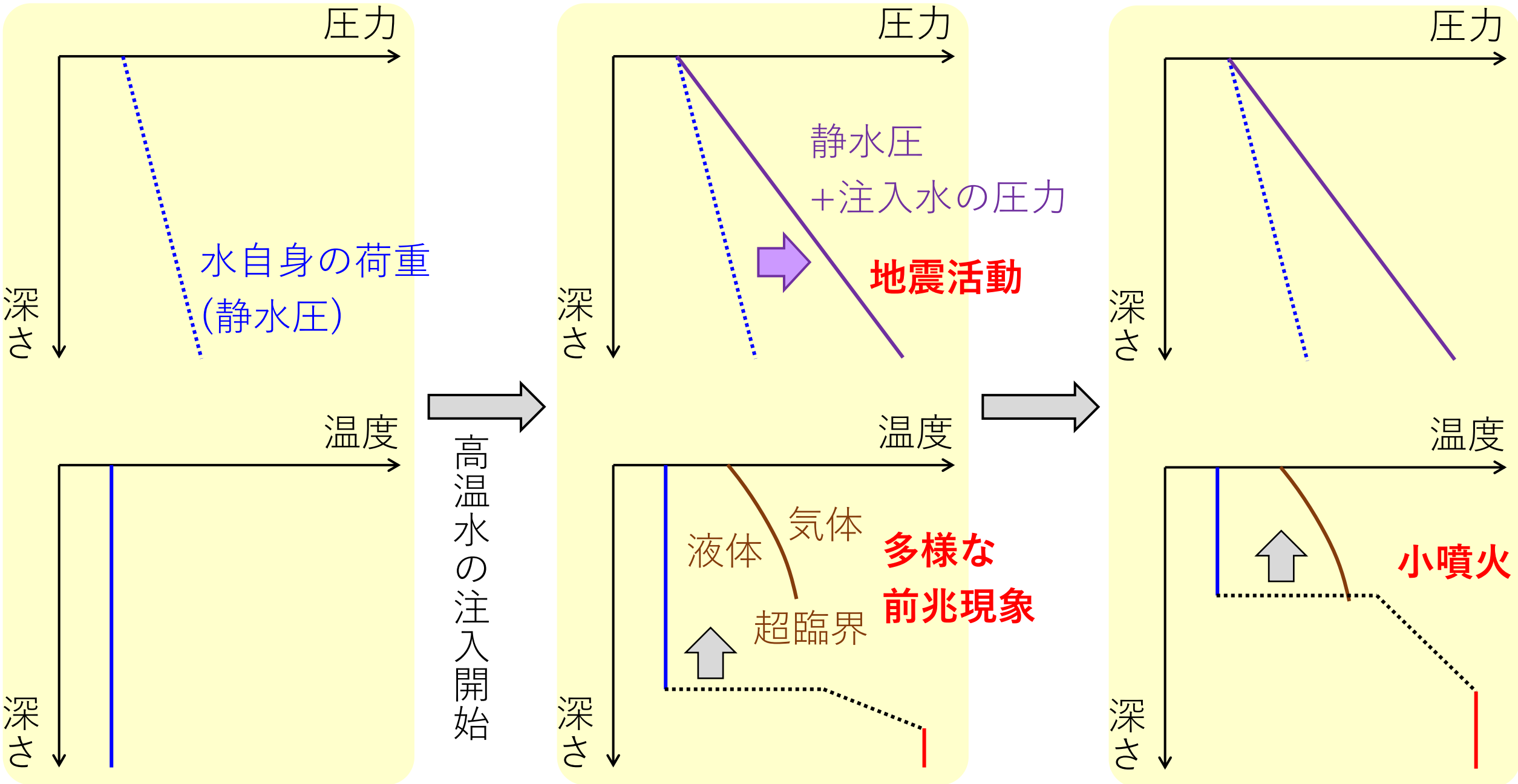




変えたパラメータは**注入水の温度と流速**のみ  
 マグマ上昇の結果として  
 2014年よりも高温の水が流入と想定

- ・体積増加に伴って**多様な前兆現象が発生**
- ・体積は少しずつ増加するので**噴火自体は小規模**





○直近の2回(2014年, 2007年)の御嶽山噴火に至る過程を数値モデリングで検討

○高温の水が地下から入ってくると

- ・ **水圧**は全域ですぐに上昇

⇒ **火山構造性地震(普通地震)が多発**

- ・ **温度**はしばらく元の温度のまま

⇒ **高温化のシグナルは遅れる**

○流入水が比較的**低温**の場合：

全域が液体→一気に気化

⇒ **前兆現象少ない、噴火大**

(2014年の推移に類似)

○流入水が**高温**の場合：

水は少しずつ気化

⇒ **多様な前兆現象、噴火小**

(2007年の推移に類似)

