2025年6月13日
火山調査研究推進本部政策委員会
総合基本施策・調査観測計画部会
第2回調査観測計画検討分科会
発表資料

資料　計２－（５）

火山活動の評価のための噴火履歴調査

及川輝樹
産総研地質調査総合センター（GSJ/AIST）

火山活動の評価

- 不完全なデータから未来を見通さないといけない
  - 必要なデータはすべて手に入らないが、なるべくそろっていた方が良い
- データ収集
  - 現在持っているデータの把握→**データベース作成**
    - 調査で知りたい項目とデータベースの編纂項目は一致させる必要
  - 現状で入手可能なデータであるが、欠けているデータの取得→**基礎調査**
  - 必要なデータだがどのようにして手に入れて良いかわからないデータ→**研究**
  - どこから手をつけるか→**戦略が必要**

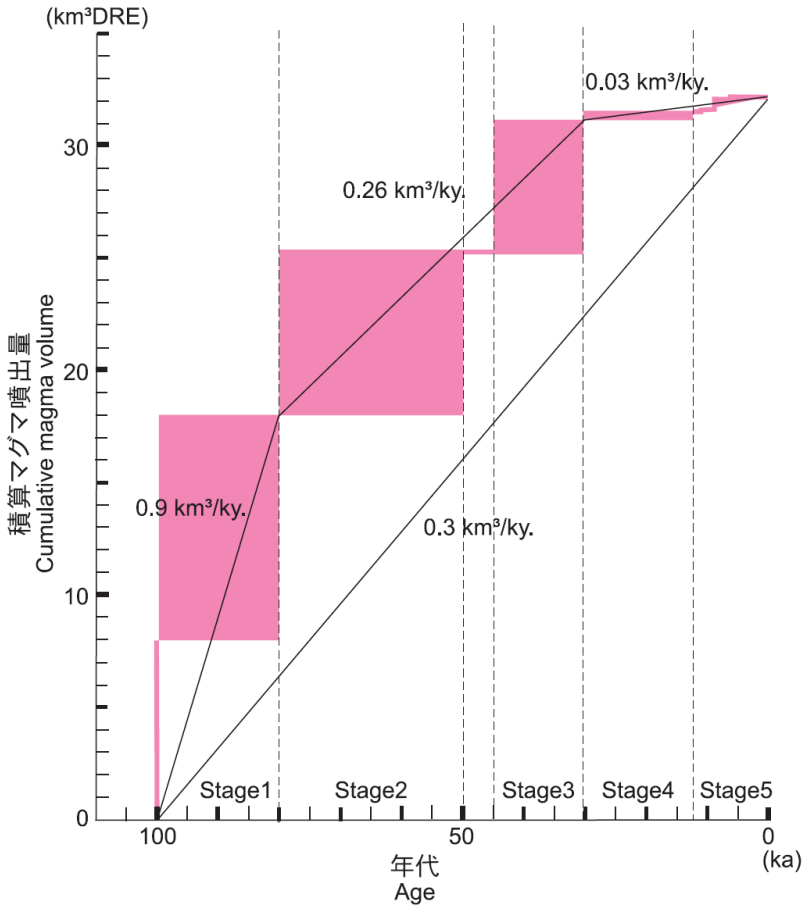
火山に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての 総合的かつ基本的な施策― 中間取りまとめ （2025年3月）

3章　当面10年間に推進すべき火山に関する調査及び研究

1（1）

- **噴火事象系統樹の高度化、階段ダイアグラムの高精度化**、及びそれらの**作成手順の標準化**を推進する。
- **火山活動度の客観的な評価指標を構築**し、その指標によって全国の活火山を評価する基準を作成するための調査及び研究を推進する。

階段ダイヤグラム–御嶽火山の例–



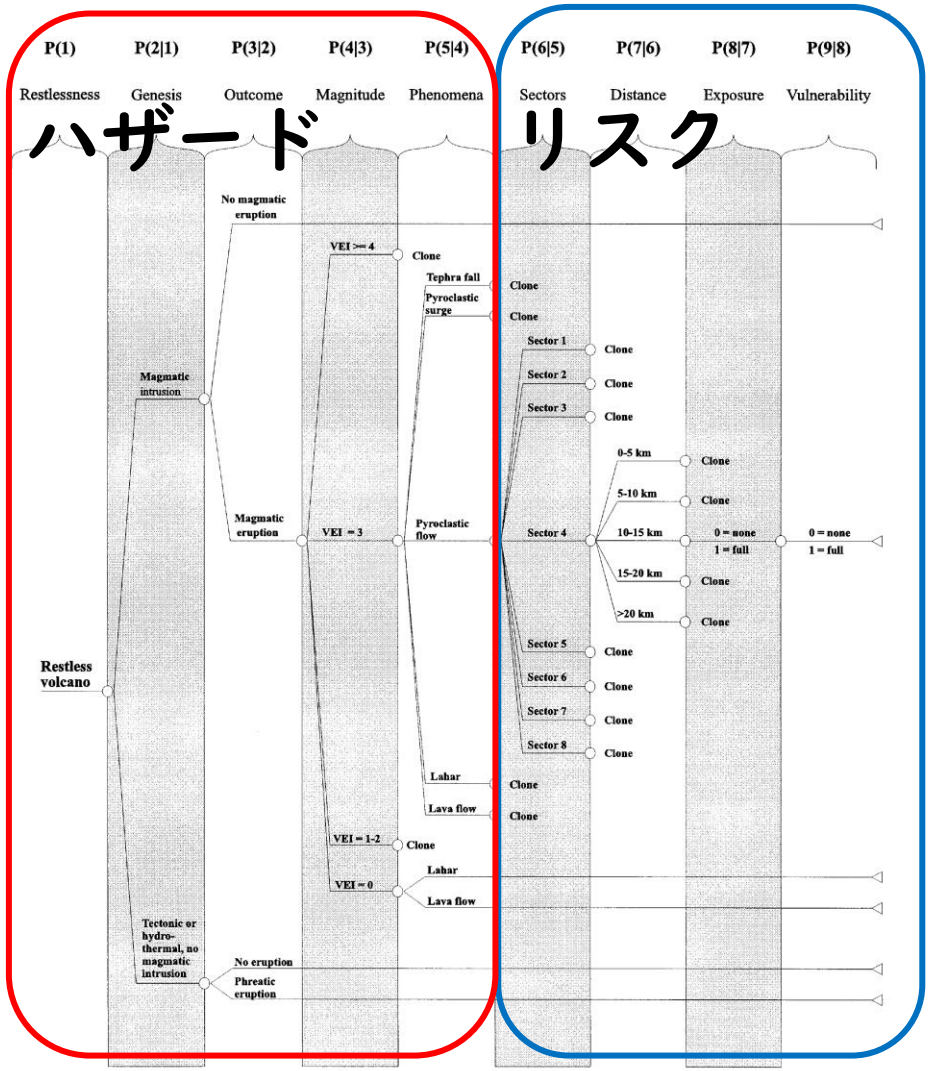
第３図　新期御嶽火山の噴出量（溶岩換算）・時間積算ダイヤグラム
Figure 3 Cumulative magma volume diagrams of the Younger Ontake Volcano. Volume converted to dense rock equivalent (2,500 kg/m³).

御嶽火山の積算マグマ噴出量ダイヤグラム
（及川ほか，2025火山地質図）

- 最近数万年間はマグマ噴出率は少なくなっている。
- しかし最近1万年間の噴火の頻度は、小さくない。
  - マグマ噴火：数千年に1回
  - 水蒸気噴火：大きなものは数十～数百年に1回
    - ごく最近も1979，1990、2007、2014年に噴火
- 今後100年程度の予測を行なえるほど、階段ダイヤグラに精度はない。
  - 階段ダイヤグラムは縦軸横軸とも大きな誤差がある。
  - 縦軸は、統計的な誤差の評価ができないうえ、せいぜい桁の精度。
  - 横軸（年代）は改善できる余地がある。

噴火頻度が、火山活動の評価に役立つ

噴火事象系統樹

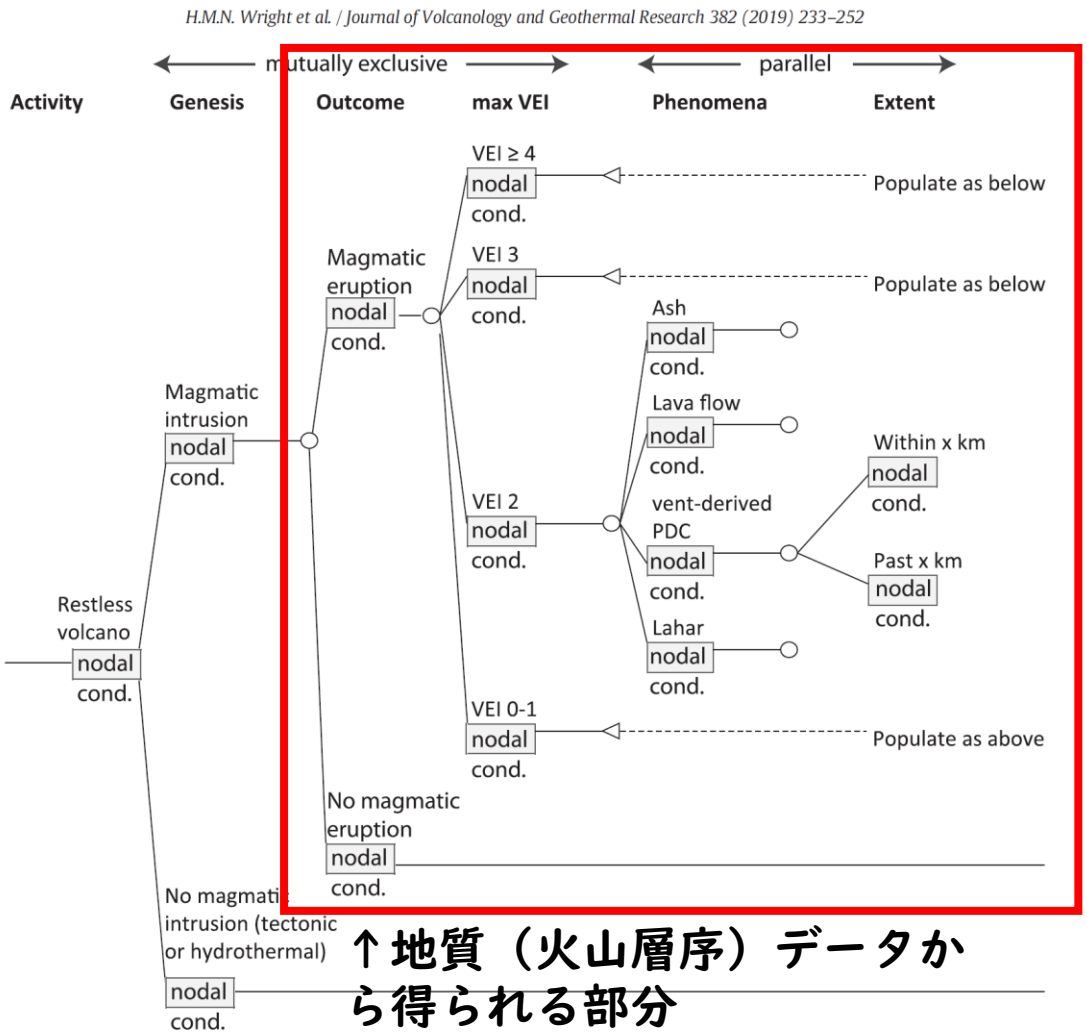


イベント・ツリー図

Newhall and Hoblitt （2002）

- 噴火の推移を樹形図の形でまとめたもの
- 噴火事象系統樹・噴火シナリオ≠イベント・ツリー
  - 特別なフォーマットでまとめたものが「イベント・ツリー」
    （Newhall and Hoblitt , 2002Bull. Volcanol ; Newhall and Pallister, 2015 Volcanic Hazards, Risks and Disasters）
- イベント・ツリー
  - **長い使用実績**
    - 1980年のセントヘレンズの噴火から使用されている
  - **防災上で最も使えるとの評価**
    （Whitehead and Bebbington, 2021JVGR）
  - イベントツリー図、私の感想
    - コミュニケーションツールとしては大変優れている。
    - どの範囲を避難させるかには非常に役立つ
    - ただし、噴火の時期の推測には使えない
    - 警戒レベルの上げ下げに有用かは疑問

イベント・ツリー図



↑地質（火山層序）データから得られる部分

Wright et al.(2019)JVGR

ハザードの部分は、理想的に考えると、すべての火山で同じになる

過去の履歴から起こりそうな事を絞る

【知っておくべきこと】何時、何処で、どのような噴火を、どのくらいの規模で、どのくらいの時間かかったか？

イベント・ツリー図をつくるためには噴火履歴を知る必要

- **何時**

  →層序、年代学、記録（歴史記録を含む）

- **何処で**

  →火口位置

- **どのような噴火**

  →噴出物の産状・構成物

- **どのくらいの規模**

  →噴出物の分布・体積

- **どのくらいの時間かかったか？**

  →記録、体積/噴出率

＊噴火系統樹、データベースでまとめるものと調査項目を一致させておくことが重要

質の高い噴火履歴の調査結果をまとめるのは時間がかかる

産総研地質調査総合センター
火山地質図シリーズ，その他の火山地質図

産総研地質調査総合センターHP
https://www.gsj.jp/Map/JP/volcano.html

- 2025年3月時点
  - 日本の活火山：111
  - 常時観測火山：50
- 産総研の火山地質
  （1981年から出版）
  - 2025年3月現在：25

噴火履歴の高精度化

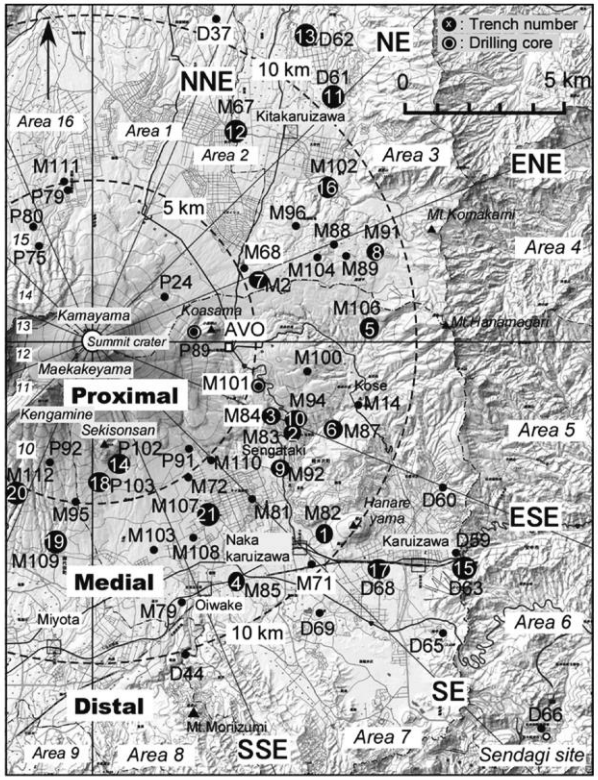
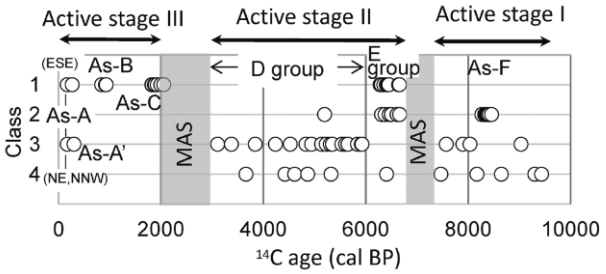
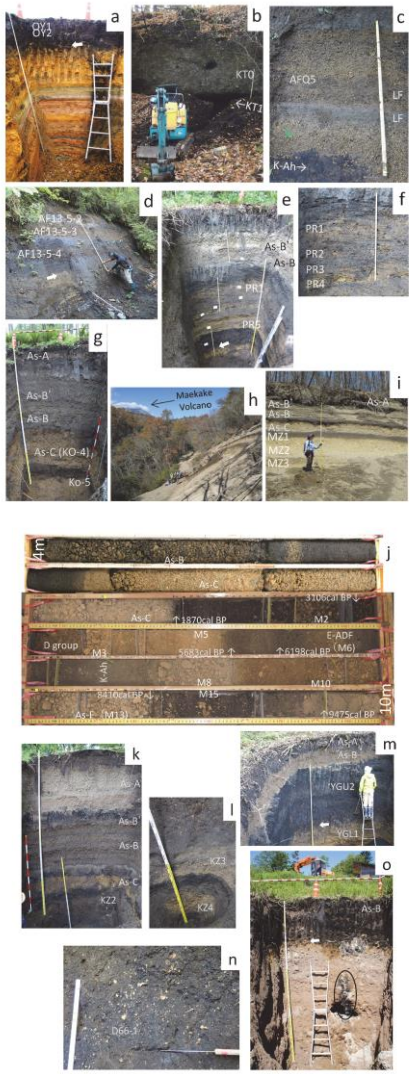


Fig. 1. Map showing the studied localities of the deposits of Asama-Maekake volcano using a standard map provided by the Geospatial Information Authority of Japan. Localities of the trench excavations (large solid circles), major outcrops, and related localities (small solid circles) are shown. Proximal (<5 km), medial (5–10 km), and distal (>10 km) localities are defined by the distance from the crater. Open circle: archaeological site. AVO: Asama Volcano Observatory, The University of Tokyo.

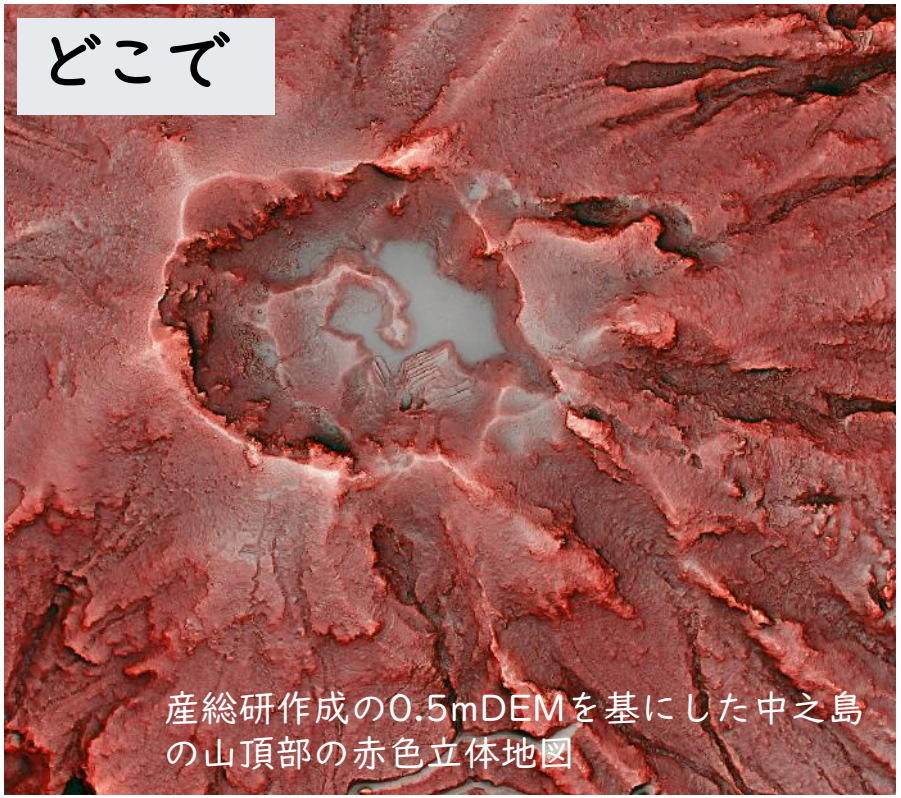




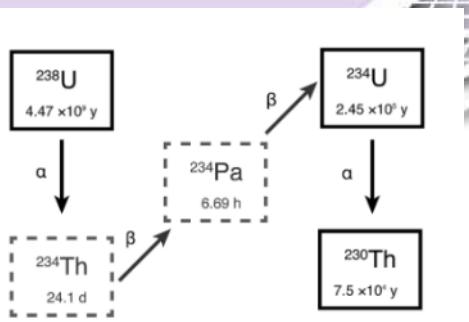
安井ほか（2021）

- **通常の地表調査＋トレンチ・ボーリング調査が有効**
  - 例
    - 富士火山：高田・小林（2008）地質調査研究報告
    - 浅間火山：安井ほか（2021）火山
    - 日光白根火山：草野・及川・石塚（2021）火山
- 適地の選定・用地交渉に時間がかかる。
  - **→複数年かけて調査する必要**
    - 単年度事業では中途半端な成果しか得られない。

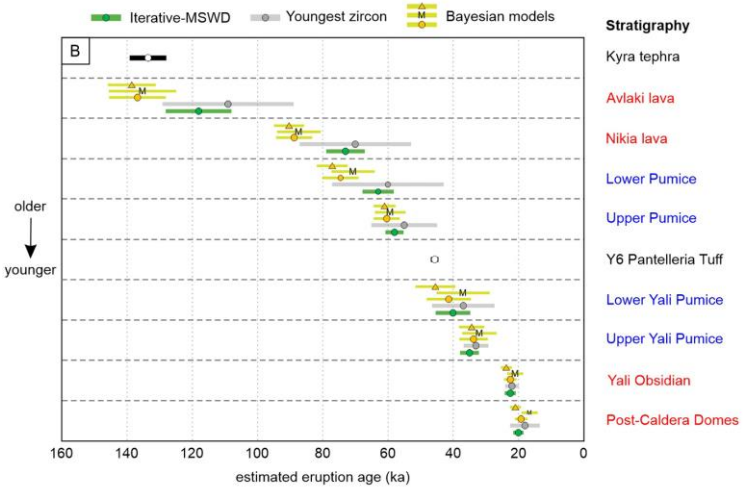
どこで、何時の高度化



何時



平林ほか(2024) RADIOISOTOPES



Popa et al.（2020）Chemical Geology

航空レーザ測量結果の活用

- 火口であるかは地形判読＋地質調査が必要
- 点群データ・高密度DEMの公開の促進

U-Th年代測定の活用

- ジルコン・イルメナイを対象に35万年前より若い年代の測定が可能

(Popa et al., 2020 Chemical Geology ； Keller et al., 2022 Geostandards Geoanalytical Res.)

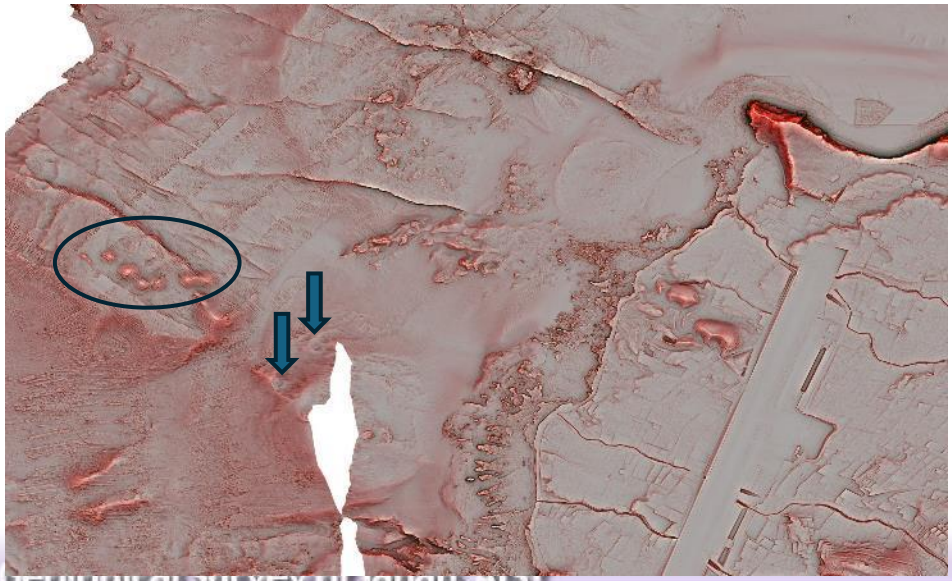
- ^{14}C年代，感度法K-Ar，Ar/Ar年代測定で測れない対象の測定が可能

沿岸域のデータは不足

手石海丘の噴火
（海上保安庁「海域火山データベース 伊豆東部火山群」より）
伊東市伊東港の北東約3 km海底で1989年7月13日に噴火

- 沿岸の浅海には、生活圏に被害を及ぼす火口があるが、実態は明らかでない
- **陸上から沿岸域を連続的に調査する必要**

- 陸海シームレス火山地質図（仮）
  - 研究調査船で入れない浅海域の調査と陸上の調査を融合させた調査（石塚ほか，2023火山学会，石塚ほか，2024GSJシンポなど）
  - 陸上調査＋グリーンレーザ測深（ALB）＋小型船舶



←伊豆大島の陸海シームレスデータの赤色立体地図
石塚（2024）GSJシンポ

データのまとめ方　噴火口図

火口位置データ
火口であるかないかの確度をつけた火口位置データを地図上に示したもの

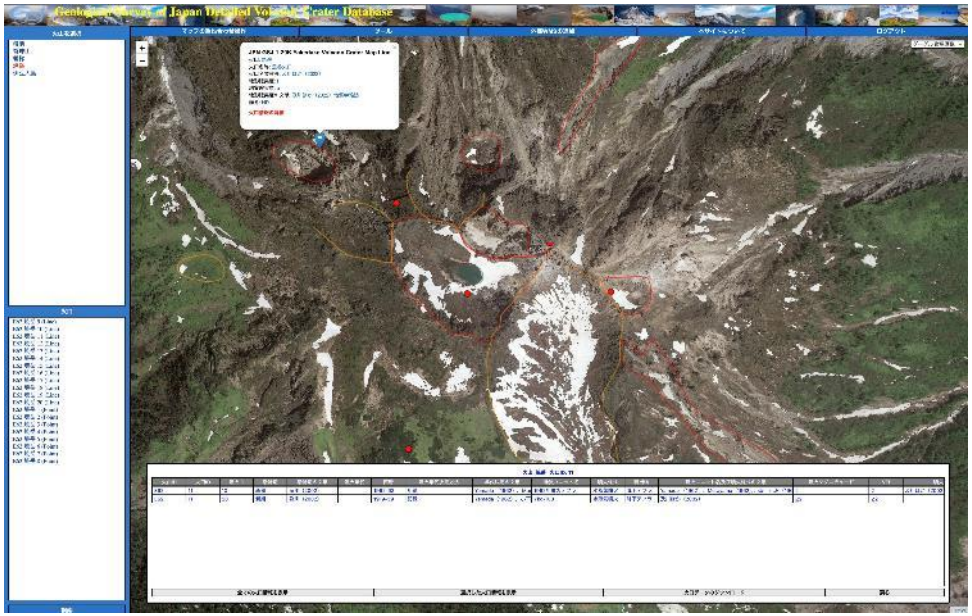
＋

*火口IDで両者を紐づけ

完新世噴火イベントデータ集
噴火年代，噴火様式，噴出量等のデータ

噴火口図

↑噴火火口図のコンセプト
（及川・古川，2025測量）



↑噴火口図の表示例（試作版）
WebGIS上で表示

何処から、どのような噴火が、何時発生したかという情報のまとめが必要

→火口単位で情報を整理した図が噴火口図

最新マグマ噴火のマグマ溜まり

①鉱物相平衡 Mineral phase equilibrium

- 斑晶鉱物組み合わせ mineral assemblage
- 組成 mineral composition

(1) determines the dependence of mineral crystallization temperature and pressure in high-temperature and high-pressure experiments, etc., and estimates the pressure by comparing it with the mineral combination and composition of the ejecta.

①は鉱物の晶出温度・圧力依存性を高温高圧実験等で求め，噴出物の鉱物組み合わせや組成との比較で，圧力を推定する。

②メルトの揮発性成分量 Volatile content of melt

- 含水量 H_2O
- 二酸化炭素量 CO_2

(2) determines the pressure dependence of the saturated water content of the melt through high-temperature and high-pressure experiments, etc., and estimates the pressure by comparing it with the water content analysis value of phenocrystal glass inclusions of the ejection.

②はメルトの飽和含水量の圧力依存性を高温高圧実験等で求め，噴出物の斑晶ガラス包有物などの含水量分析値との比較で，圧力を推定する。

権利の関係で掲載不可

H_2O wt.%

Miyagi et al.(2023) J. Petorol

比較的CO_2に富む

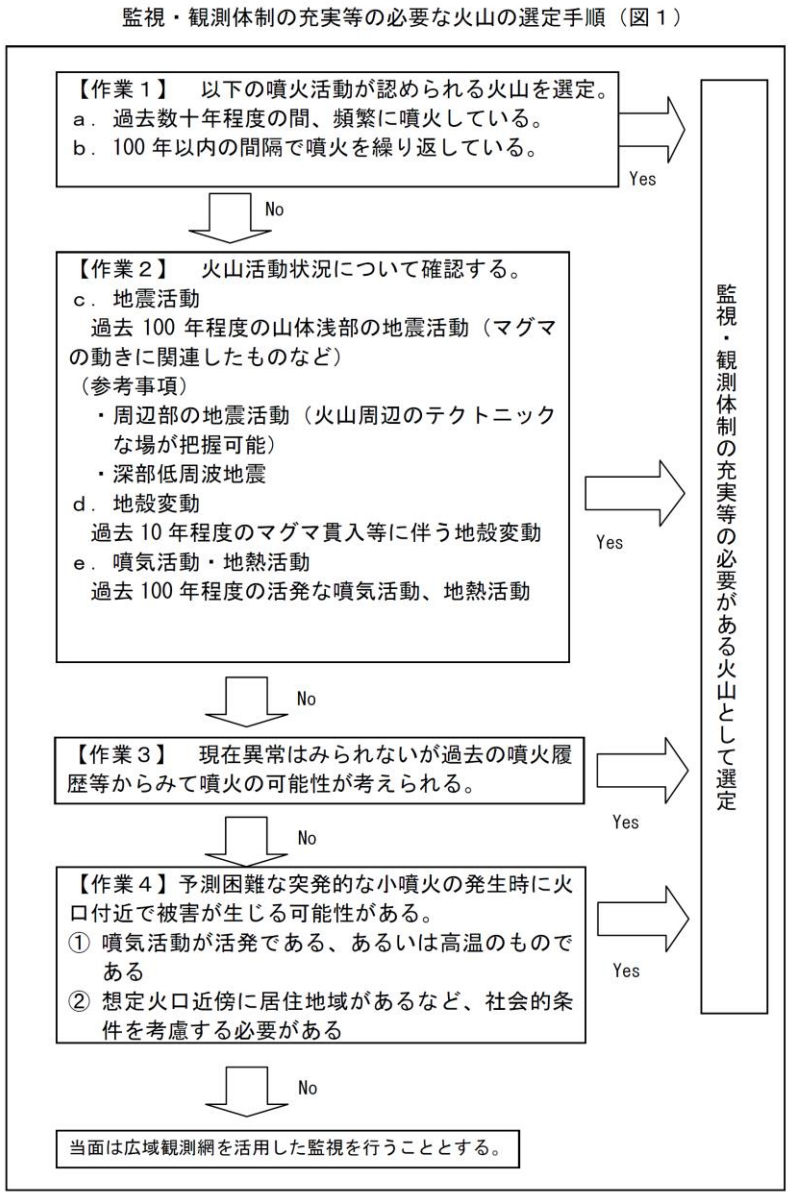
阿蘇ACP-1噴出物

点Aの圧力は水とCO_2からは約410MPaと読めるが，含水量のみからは約180MPaとなるから，深度は約9kmも過小評価されることになる。

- 噴火履歴調査で明らかになった最新のマグマ噴火の噴出物の圧力からマグマ深度を求めておくと、地殻変動源との比較ができる
- 実験岩石学的な検討やFT-IR、NanoSIMSを使ったH_2O、CO_2の含有量の測定に基づいて各火山のマグマだまり深度カタログをつくっておいてはどうか？

宮城磯治さん@産総研作成

どの火山を優先的に調査する？



- 監視・観測体制の充実等の必要がある火山

（火山噴火予知連，2009）

  - 最近（100年程度）噴火を繰り返している
  - 地震活動、地殻変動、噴気が活発

- これだけで十分か？

火山噴火予知連絡会 火山活動評価検討会
中長期的な噴火の可能性の評価について
－監視・観測体制の充実等の必要な火山の選定－
（平成21 年６月）

火山の個性を知って評価－規模別頻度

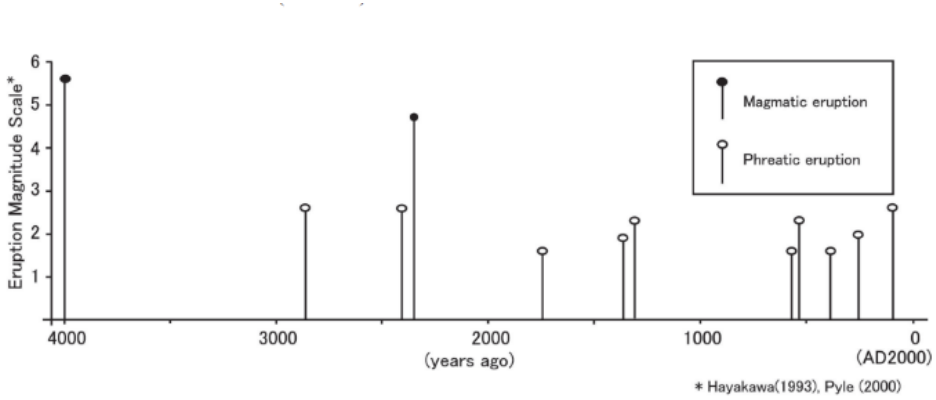
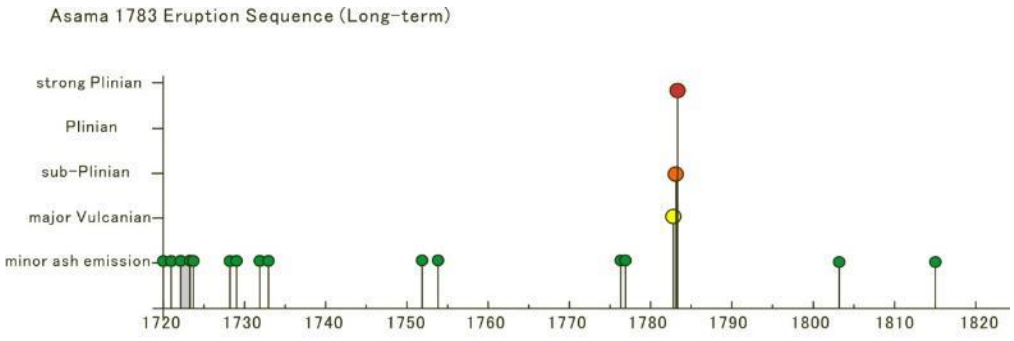


Fig. 3. Magnitude of eruptions at Yakedake volcano through time, after Oikawa (2002) and Oikawa et al. (2002).

焼岳の噴火規模別履歴

及川ほか（2018）地質雑



浅間山の噴火規模別履歴

及川ほか（2015）噴火推移資料集（その１）．GSJ研究資料集，no.615.

- 火山毎に噴火の規模別頻度を知る必要
  →火山毎の個性の把握
- 最近約10万年間の大規模な火砕噴火（VEI≧4）の存在は、ほぼ把握されている
  →全国の火山で可能
- 小中規模な噴火（VEI≦3）の把握状況は、火山毎に大きく異なる
  →研究が必要な火山が多い
  - 地層に保存される噴火規模の評価も必要
  - 全体的に、歴史記録の収集、校訂は不十分

火山と人との関係も考慮

	小～中噴火の頻度	大噴火の頻度	火口（2km）付近まで人が近づく火山か	周辺10kmに人口密集地はあるか	周辺30kmに人口密集地はあるか
			（投出岩塊など対策が必要）	（溶岩・火砕流の対策が必要）	(降灰対策が必要）
A火山	高い	低い	○	×	×
B火山	高い	高い	○	○	○
C火山	低い	高い	×	×	○
			↑小中規模な噴火履歴の研究が必要	↑小中大規模な噴火履歴の研究が必要	↑大規模な火砕噴火履歴の研究が必要

- 火山の利用形態からどの規模の噴火の研究を重点的に行うか整理
  - 大規模な噴火を高頻度で行う←住民を対象とした防災対策
  - 小規模な噴火を高頻度で行う←火口周辺の利用規制、登山者・観光客への防災対策

まとめ　私の考える今後10年行うべきこと

- **どの活火山で何をするかの戦略を立てる**
  - 111活火山すべてを対象
  - 火山毎に、どのような調査が欠けているか、大規模噴火の履歴、小～中規模噴火の履歴、どちらを重点的に行うべきかを整理
  - 基礎調査に関連した専門家を主体としたWGをつくって検討しては
- **各火山で規模（噴火様式）別に噴火履歴を整理して、その頻度を明らかにする**
  - 新規技術（U-Th年代測定など）を積極的に使い、新たに出すデータは従来より高度なものとする
  - 噴火履歴で明らかにすることは、噴火系統樹、データベースで必要な調査項目と一致させる
  - 火口別に噴火を整理したデータベースやマグマ溜まりの深度をまとめたデータベースも必要
- **高密度DEMを利用した地形判読＋地質調査によって、見落としている火口位置を把握する**
- **火山の沿岸域の調査を行う**
  - 陸上の調査もあわせて行うことが重要

他にやったほうが良いこと

・噴出物等から噴火パラメターの復元
（特に噴出率）

・地震のように噴火歴史記録の校訂
（興味のある人が極端に少ないのが問題）