

2025年5月15日

火山調査研究推進本部総合基本施策・調査観測計画部会
第一回調査観測計画検討分科会

物質科学的分析体制の構築ー平時の基盤調査の視点からー

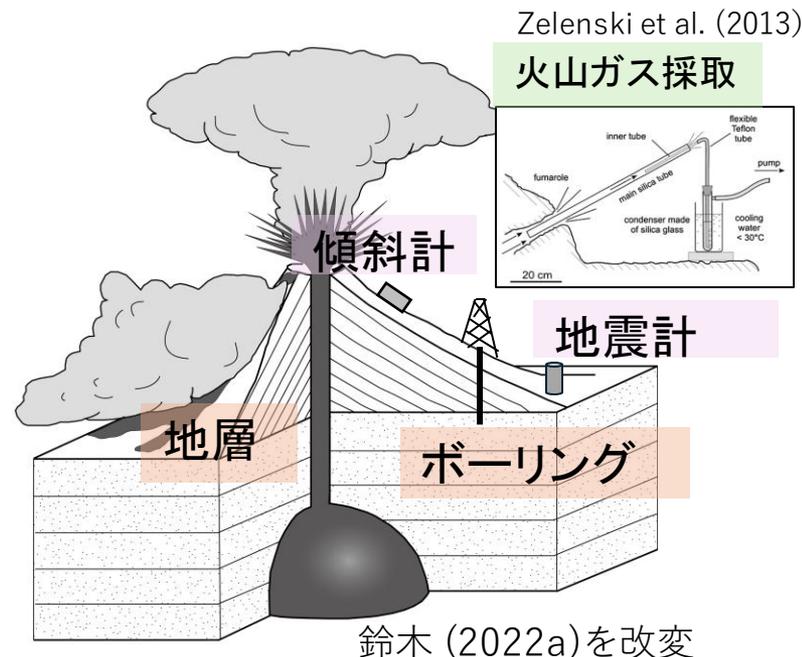
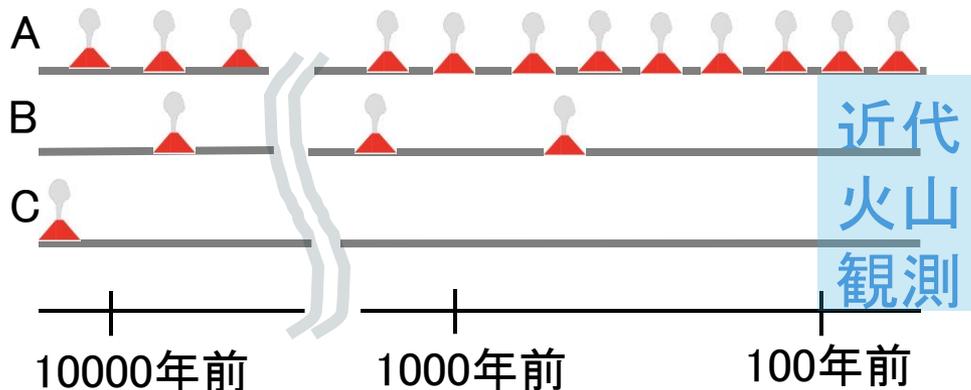
早稲田大学・鈴木由希

物質科学(地質学・岩石学)の特徴と役割

✓ 観測の指針となる情報
(平時・**噴火時**)

地球物理

地球化学



地質・岩石

- ✓ 噴出物や地層 (露頭 (地表)・ボーリング)
- ✓ 観測のない噴火に対しても実施可能。

- ・ 噴火履歴解明 (地質図・噴火系統樹)
- ・ 火山体の構造 (帯水層・変質帯)
- ・ マグマ供給系、噴火に関連した各種のマグマ挙動

**機動的な調査
(噴火時)**

(火山の状態) ↑ ↓ (噴火後改訂)

**基盤的な調査
(平時)**

下司委員ご紹介

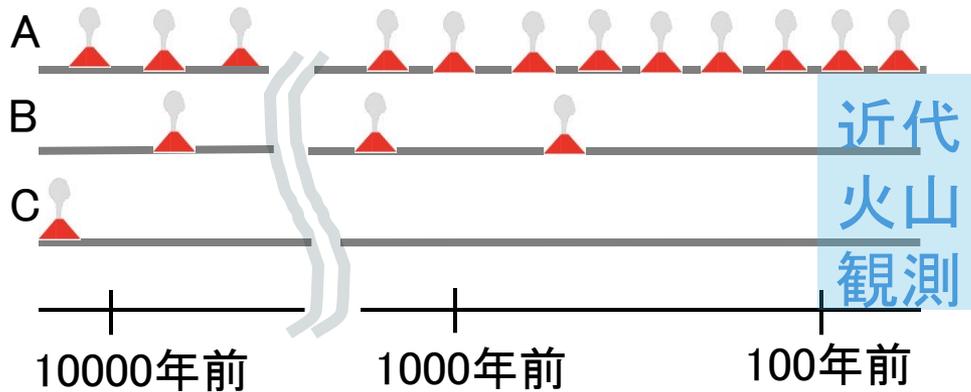
物質科学(地質学・岩石学)の特徴と役割

✓ 観測の指針となる情報

(**平時**・噴火時)

地球物理

地球化学

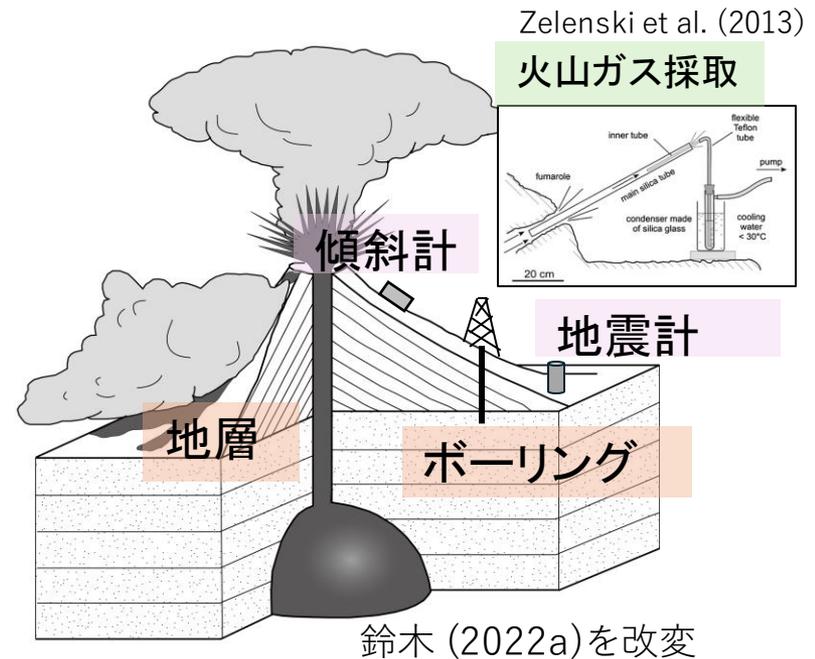


地質・岩石

✓ 噴出物や地層 (露頭 (地表)・ボーリング)

✓ 観測のない噴火に対しても実施可能。

- ・ 噴火履歴解明 (地質図・噴火系統樹)
- ・ 火山体の構造 (帯水層・変質帯)
- ・ マグマ供給系、噴火に関連した各種のマグマ挙動



機動的な調査
(噴火時)

(火山の状態) ↑ ↓ (噴火後改訂)

基盤的な調査
(平時)

鈴木紹介

中央分析拠点、処理と分析の概略図

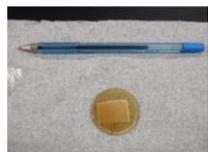
装置名

岩石学
データ

組織学・
堆積学データ

引用文献以外は
鈴木個人資料

全岩/火山灰バルク
(XRF, LA-ICP-MASS)



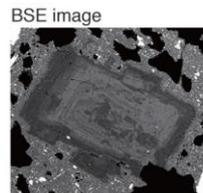
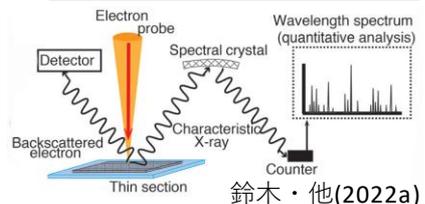
ガラス
ビード作成

バルク試料
鉱物種
(XRD)

斑晶メルト包有物
揮発性成分量
(赤外分光,
ラマン分光,
nano-SIMS)

鉱物やガラスの組成
石基結晶・気泡の
組織データ

FE-SEM, FE-EPMA



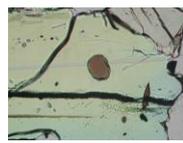
鈴木・他(2022a)

- 火砕物形態・粒径分布解析室
- 各種機器分析室
- ビード作成室
- 顕微鏡室
- 薄片等作成室
- 粉碎室
- サンプル撮影室
- サンプル保管室



細粉
粉碎装置

研磨



斑晶や石基の撮影
薄片・厚片
全体像撮影

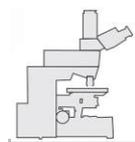
粒子埋込厚片

斑晶抽出
実体鏡



炭素蒸着

蒸着装置



偏光顕微鏡

各種装置

鈴木・他(2022a)

荒砕き
(人力+装置)



顕微鏡観察

薄片作成

(切断・研磨・琢磨)

カメラ

代表試料選出

カメラ/測色計

粒子抽出
構成比解析

実体鏡

分析部選出
代表試料選出

見かけ密度

(マイクロフォーカスX線CT
3Dスキャナ)

火山礫・
火山岩塊



火山灰

粒径分布
(同解析装置)

粒子形態
(同解析装置)

火山灰色彩

火山活動の推移の例

岩石学よりの内容

1) 本格的なマグマ噴火の前

2) 本格的なマグマ噴火

□ 噴火に関わるもの

□ 解析
・ 分析対象

□ 課題

帯水層等の水

マグマ

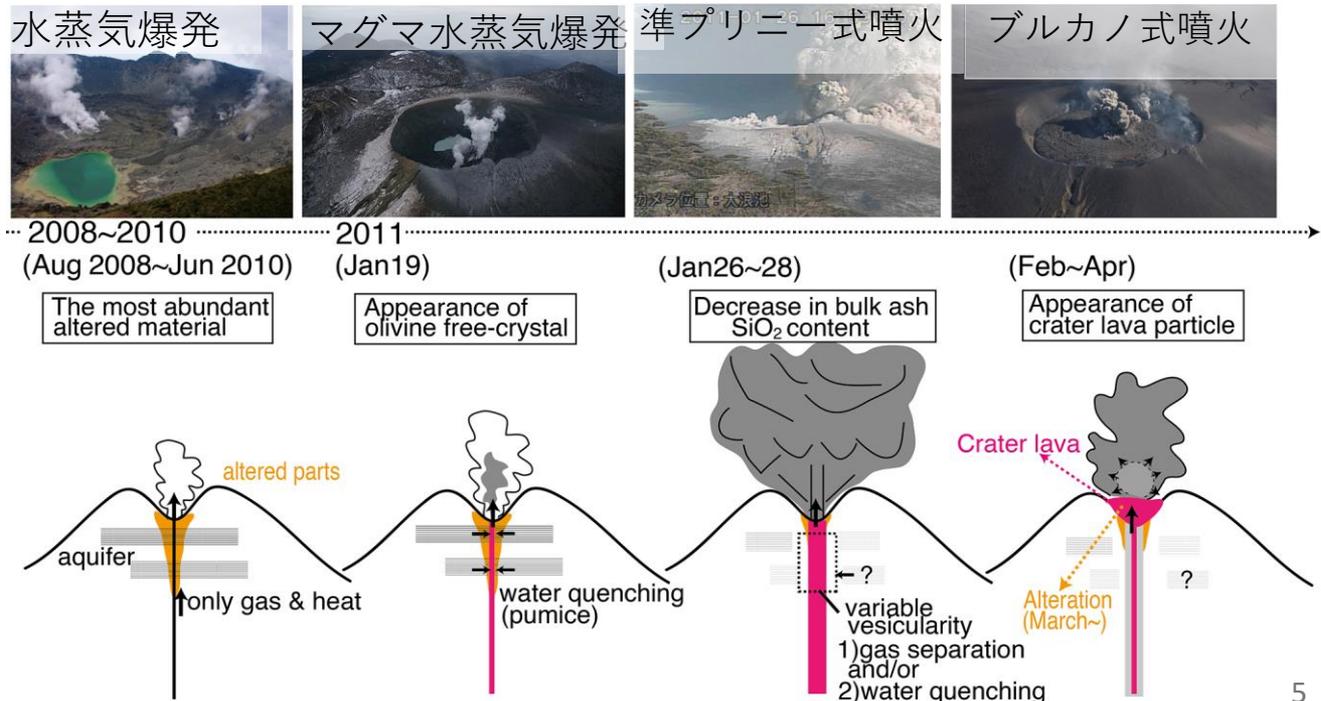
- 火山灰試料

- 火山灰 + よりサイズの大きい試料

- 本格的マグマ噴火への以降
← マグマ物質の有無と量

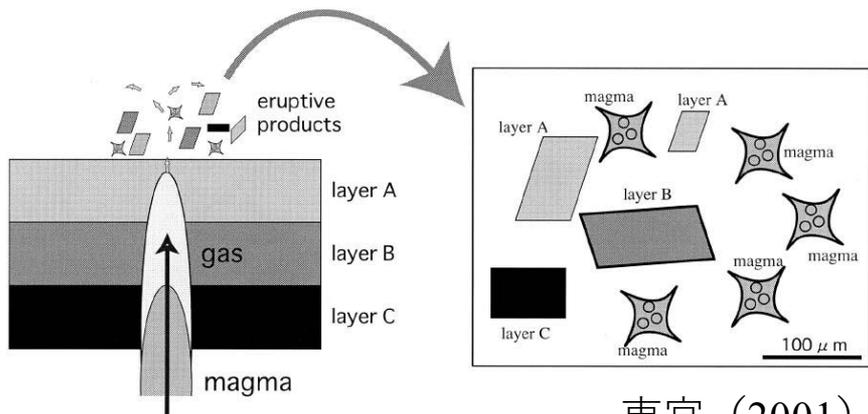
- 噴火推移
← マグマ組成、マグマの爆発度

新燃2011



Suzuki et al. (2013b) を改変

機動的な調査（迅速なマグマ物質特定のための、基盤的な調査）



東宮 (2001)

✓ 「マグマ物質」と「類質物質（火山体構成物）」の区別

見た目...客観性担保の問題

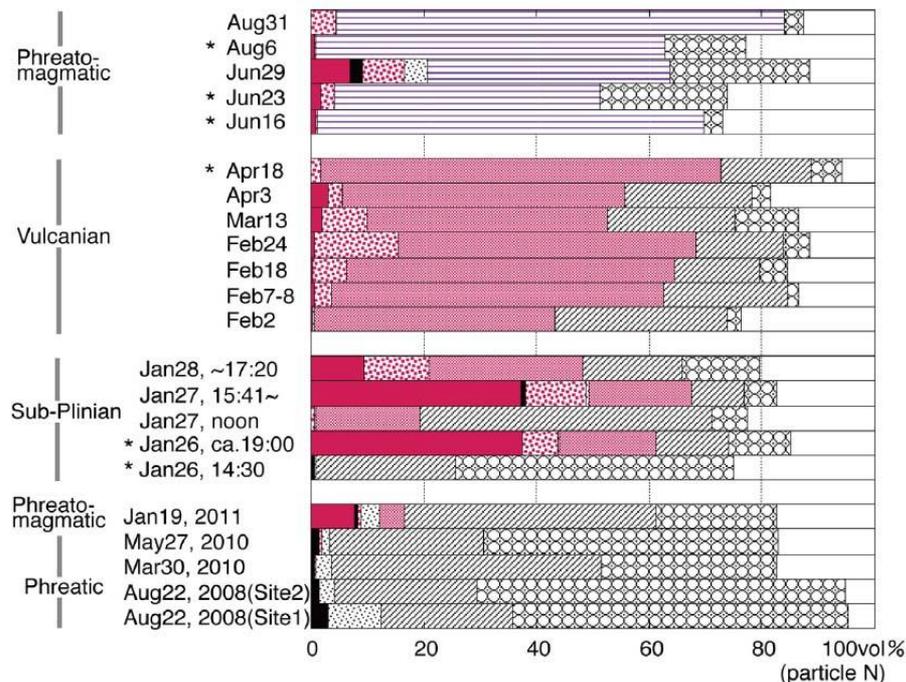
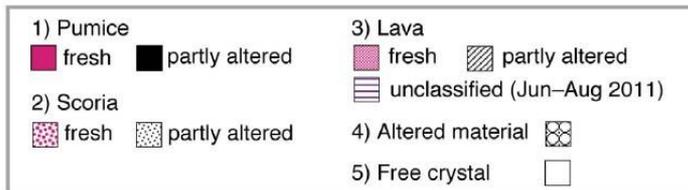
→鉱物組成・ガラス組成

✓ 「マグマ物質」の量の見積もり

カウント...時間客観性担保

→火山灰バルク分析等での迅速な評価

新燃2011構成物解析



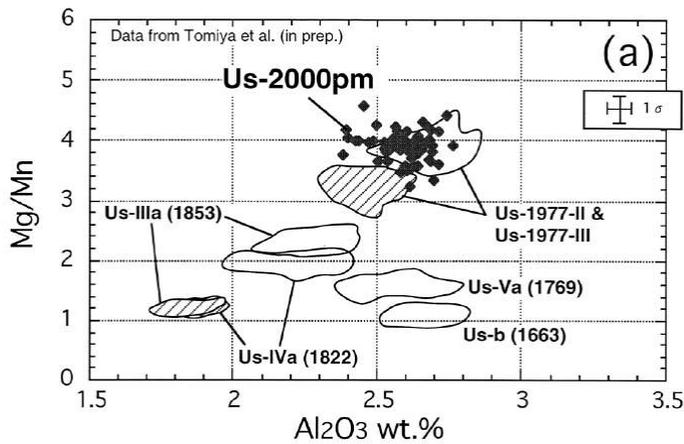
Suzuki et al.(2013a)

✓ 過去噴火の噴出物を分析・データベース作成

機動的な調査（迅速なマグマ物質特定のための、基盤的な調査）

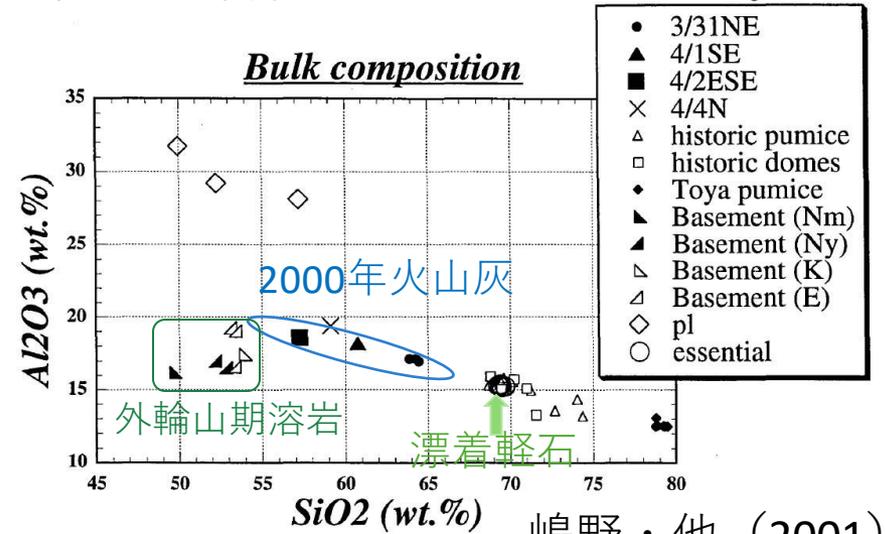
- 本質物質の比率の決定（有珠2000の例）

□ FE-EPMA等によって、過去噴出物の鉱物組成を調査しておく。



東宮・他（2001）

□ XRF等によって、過去噴出物の全岩組成を調査しておく。



嶋野・他（2001）

機動的な調査(マグマ物質のないケース、基盤的な調査)

類質物質 (未変質～変質)

変質帯

- ・母岩と熱水の反応において化学的性質(pH)や温度が似通っていたゾーン。
- ・固有の鉱物組み合わせ

- (マグマ) 水蒸気噴火発生場を反映
- 噴火進行に伴う熱水の変化を議論する例も (Minami and Geshi, 2025)

- ✓ 平時の調査 (ボーリング) によって噴火前の初期状態を把握しておく必要性
- ✓ 変質帯を構成する鉱物の組み合わせ

大場・他(2021)

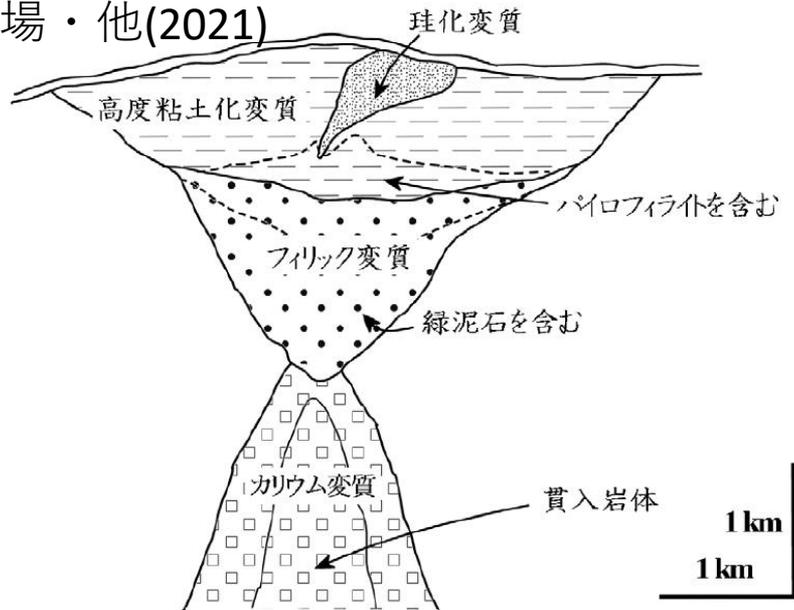


図 2 斑岩銅鉱床周辺地質等の知見に基づく複成火山直下に発達する熱水変質帯モデル (Sillitoe, 2010 を一部改変).



霧島火山・硫黄山(2025/3)

- XRD等によって、地下の岩石の鉱物組み合わせを調査しておく。
- SEM-EDS等での半定量分析により、地下の岩石の鉱物相を調査しておく。

火山活動の推移の例

岩石学よりの内容

1) 本格的なマグマ噴火の前

2) 本格的なマグマ噴火

□ 噴火に関わるもの

□ 解析
・ 分析対象

□ 課題

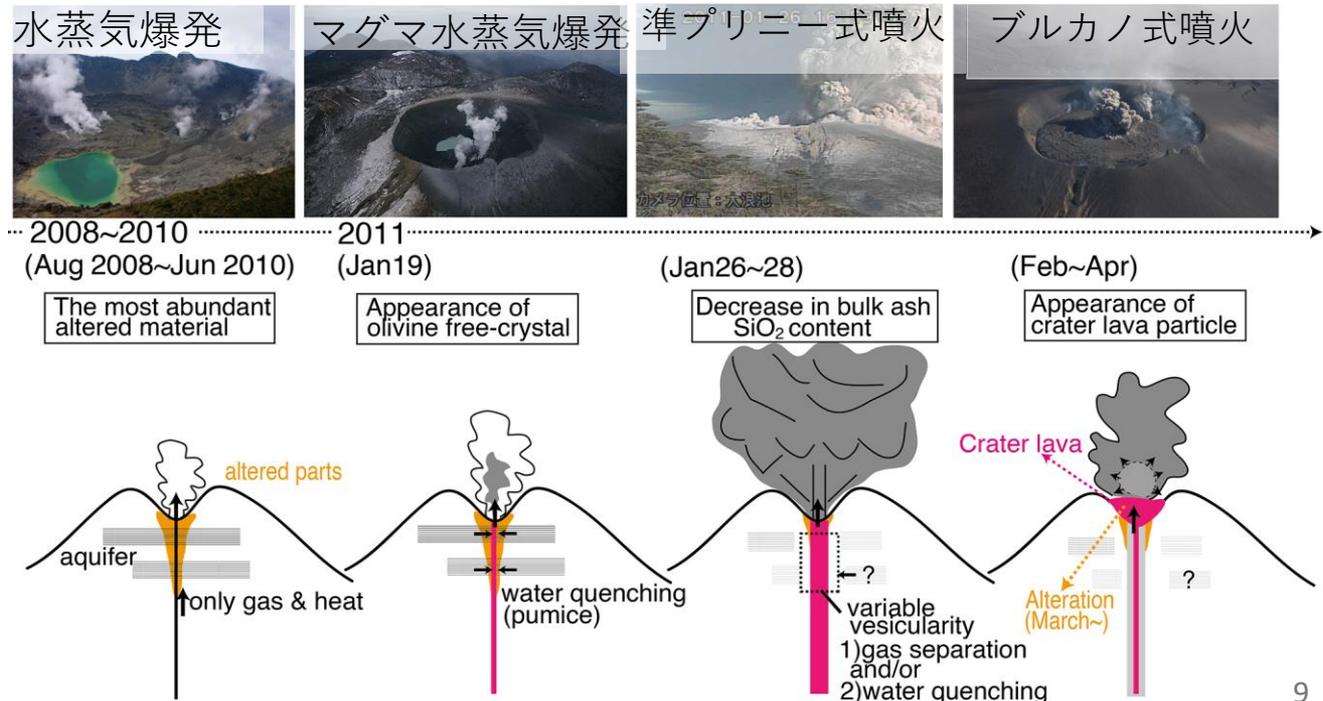
• 火山灰試料

• 本格的マグマ噴火への以降
← マグマ物質の有無と量

• 火山灰 + よりサイズの大きい試料

• 噴火推移
← マグマ組成、マグマの爆発度

新燃2011



Suzuki et al. (2013b) を改変

マグマ噴火開始後のマグマ組成変化(基盤的な調査の重要性)

基盤的な調査で得た全岩組成

+ 進行中の噴火のデータ

➤ 活動中のマグマと過去噴火マグマの類似性

- XRF, LA-ICP-MASS等により、過去噴火の噴出物の全岩化学組成データを揃えておく。

権利の関係で掲載不可

権利の関係で掲載不可

Suzuki et al. (2013b)

マグマ供給系モデル(基盤的な調査の重要性)

全岩組成トレンド

供給系のモデル図

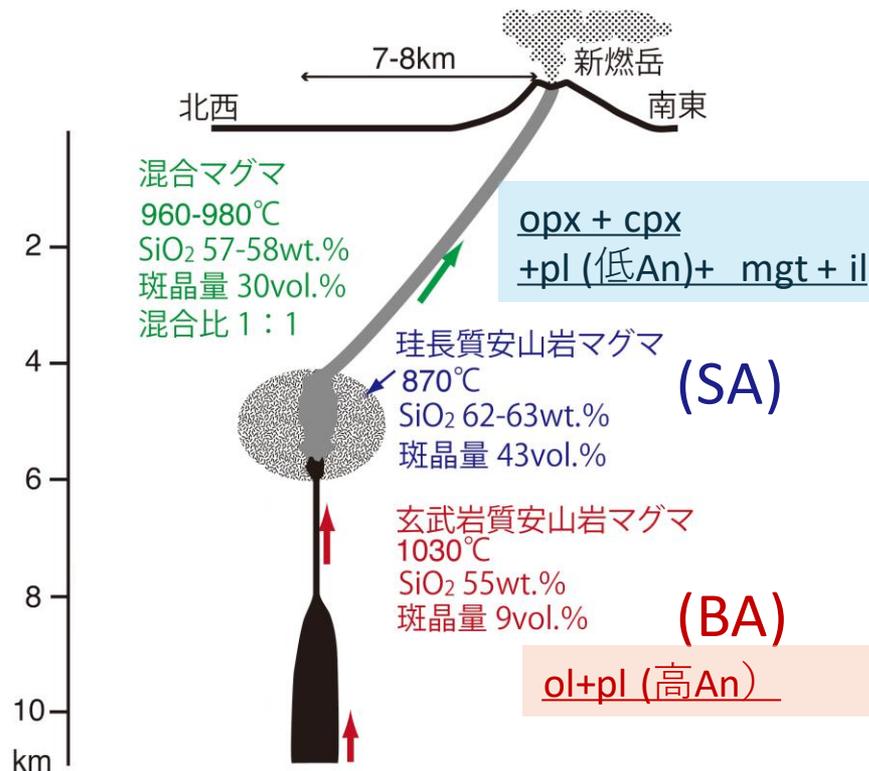
✓ 新燃2011では時間要した。

~~基盤調査 (鉱物組成→モデル)~~

新噴出物 (鉱物組成→モデル)

権利の関係で掲載不可

Suzuki et al. (2013b)



Suzuki et al. (2013)の図を日本語化

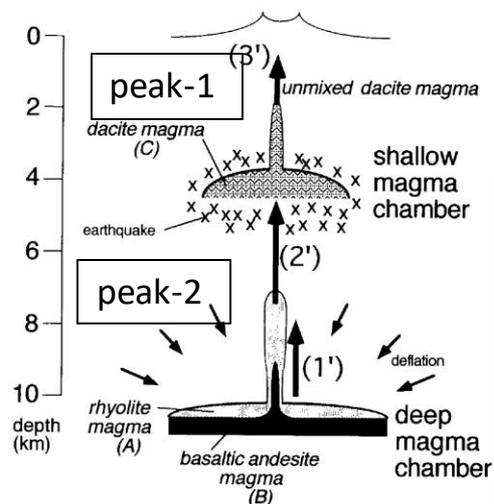
マグマ供給系モデル(基盤的な調査の重要性)

基盤的な調査での供給系モデル

+ 進行中の噴火の岩石学データ

➤ 地下で進んだ現象の把握、地球物理・地球化学観測への示唆

有珠2000



東宮・宮城(2002)

- * 2つのマグマ溜まり
- * 2000年は浅部の高温マグマのみ噴出。
- * 深部収縮・浅部膨張

三宅島2000

Tomiya and Takahashi (2005)

権利の関係で掲載不可

権利の関係で
掲載不可

Amma-Miyasaka et al. (2005)

- * 2つのマグマ溜まり
- * 北西方向のマグマ移動(海底噴火)
→山頂カルデラ形成
- * カルデラ形成前後で、個々のマグマが単独噴出

マグマ供給系モデル(基盤的な調査の重要性)

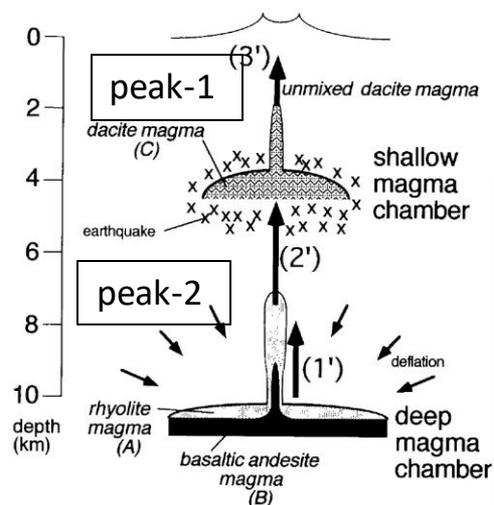
基盤的な調査での供給系モデル

+ 進行中の噴火の岩石学データ

➤ 地下で進んだ現象の把握、地球物理・地球化学観測への示唆

有珠2000

三宅島2000



東宮・宮城(2002)

Tomiya and Takahashi (2005)

権利の関係で掲載不可

権利の関係で
掲載不可

t al. (2005)

- * 2つのマグマ溜まり
- * 2000年は浅部の高温マグマのみ噴出。
- * 深部収縮・浅部膨張

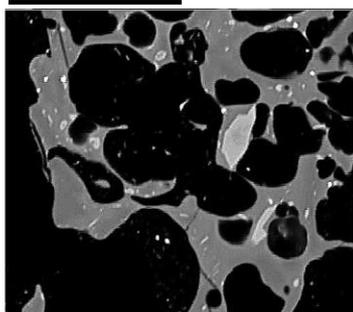
- * 北西方向のマグマ移動(海底噴火)
→山頂カルデラ形成
- * カルデラ形成前後で、個々のマグマが単独噴出

マグマ噴火開始後のマグマ爆発性評価(基盤的な調査の重要性)

マグマの爆発性の基盤的な調査(系統樹)

+ 進行中の噴火のデータ → 爆発性に関する推移の評価

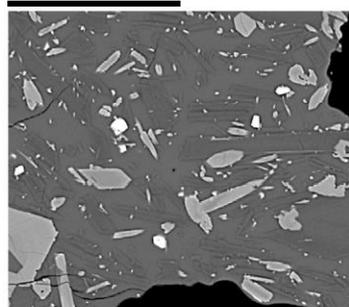
60μm



見かけ密度 1.01g/cm^3

石基結晶度 $36.9\text{ wt.}\%$

60μm



見かけ密度 2.10g/cm^3

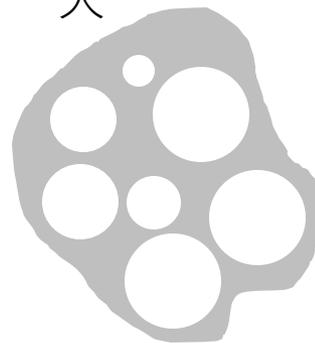
石基結晶度 $50.1\text{wt.}\%$

✓ 発泡度や結晶度

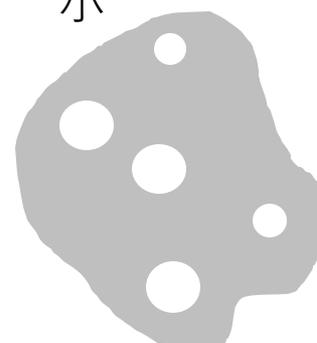
単位体積の石基部分の気泡や結晶の量

見かけ密度 = 重量 / (気泡を含む)体積

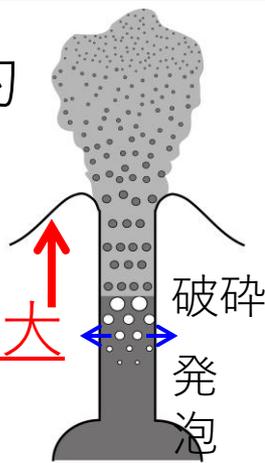
大



小



爆発的

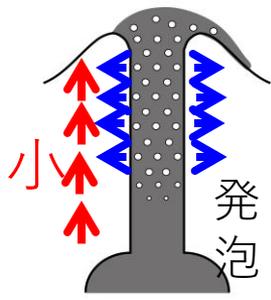


速度大

破碎

発泡

溢流的



小

発泡

速度が脱ガスや結晶生成時間を決定

□ サンプルの見かけ密度(発泡度) 体積測定に3Dスキャナ使用

□ FE-SEM, FE-EPMA等により 薄片・厚片の石基組成像を取得 (発泡度・結晶度の両方)

マグマ噴火開始後のマグマ爆発性評価(基盤的な調査の重要性)

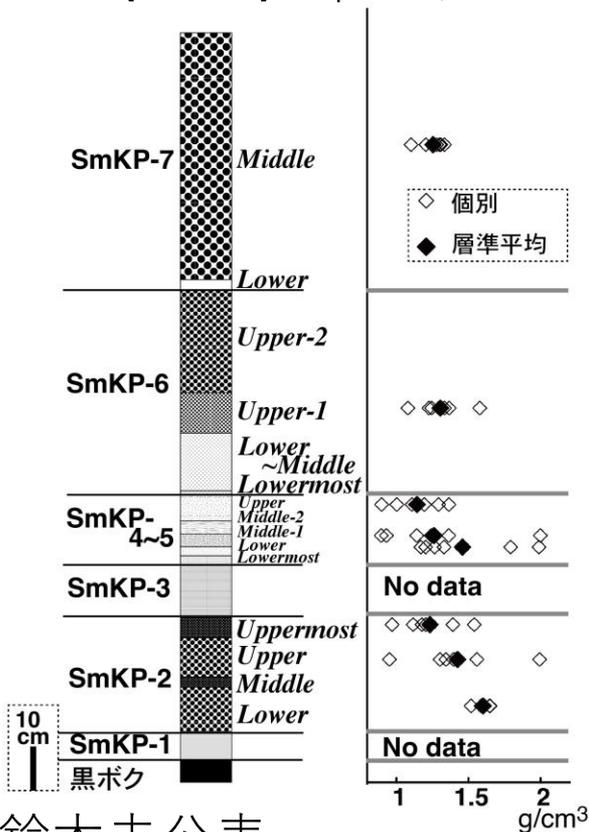
マグマの爆発性の基盤的な調査(系統樹)

+ 進行中の噴火のデータ → 爆発性に関わる推移の評価

✓ 発泡度(見かけ密度)の例

享保(VEI4) 準プリニー

2011(VEI3) 準プリニー→溶岩



権利の関係で掲載不可

ス

マグマ噴火開始後のマグマ爆発性評価(基盤的な調査の重要性)

基盤的な調査 (系統樹)

火砕流到達範囲の違い

権利の関係で掲載不可

発泡度 $1 < 2 < 3$

火山毎の分岐条件

小林哲夫著 “第四紀”より

まとめ

- ✓ 物質科学分野(地質学・岩石学)において平時から「基盤的な調査」を進めることが重要である。
- ✓ 噴火時の機動的な調査に基づいて噴火の即時把握や推移予測を行う上で、基盤的な調査で整備される過去噴火や火山体構造のデータベースが不可欠である。
- ✓ 「基盤的な調査」において、中央分析拠点が備えるべき設備について、提案を行った。