



次世代火山研究・人材育成 総合プロジェクト

Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development

資料2-4

次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト
総合協議会（第8回）
R3.12.14

課題C 火山噴火の予測技術の開発

第8回総合協議会 課題成果概要

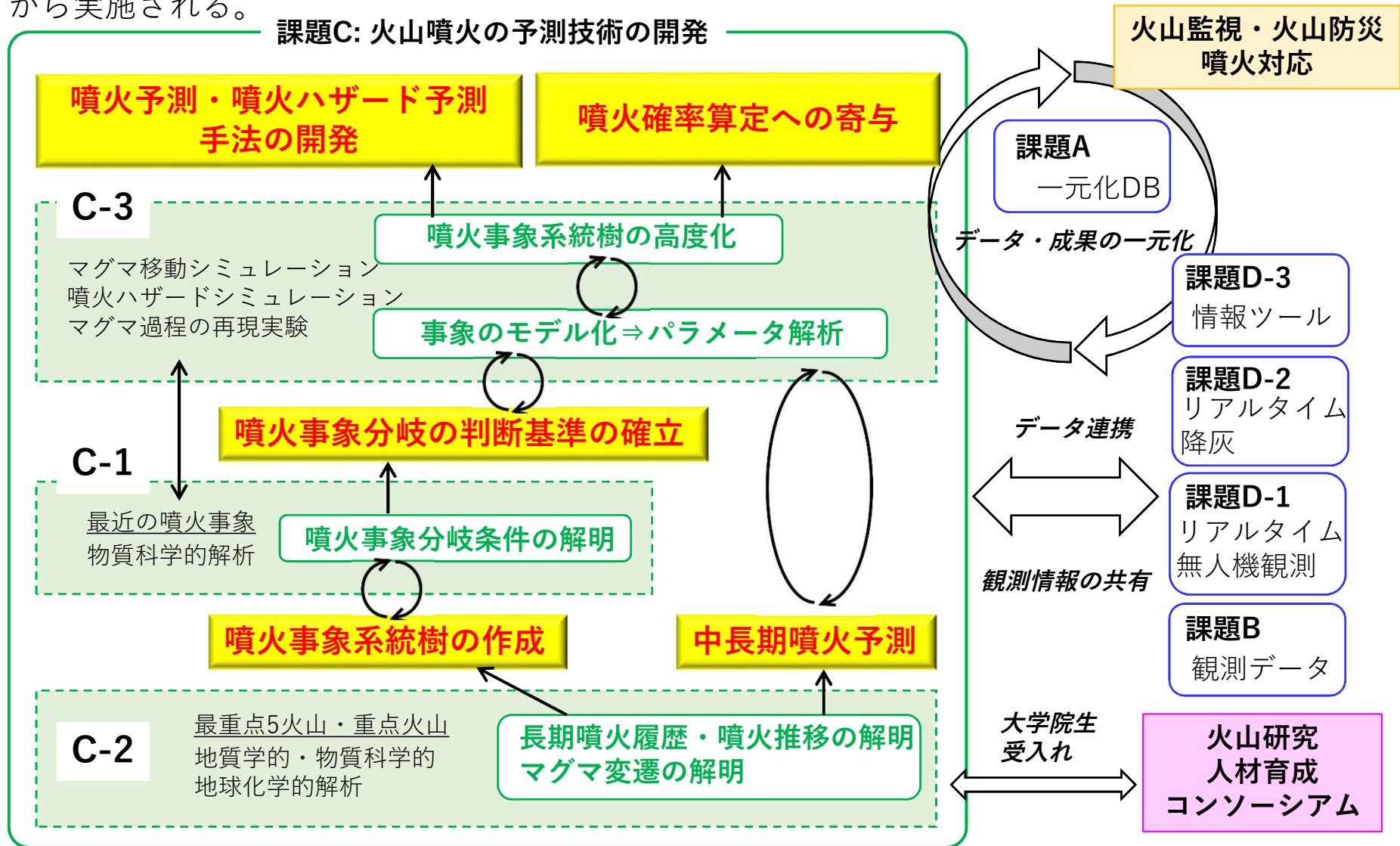
2020年12月～2021年度上期までの成果概要

課題責任者・説明者：北海道大学 中川光弘

課題Cの概要

課題Cでは国内の主要な活火山を対象に噴火履歴の解明と噴火事象の解析を行い、得られた情報を数値シミュレーションで解析することによって噴火の予測技術を開発する。まず個々の火山で中長期予測を行う。そして事象分岐判断基準が伴った噴火事象系統樹を整備するとともに、噴火発生確率の算出に向けた検討を行う。本課題は、以下の3つのサブテーマの研究が並行して、かつ密に連携しながら実施される。

課題C: 火山噴火の予測技術の開発



本日の報告

○各サブテーマの成果概要および成果例

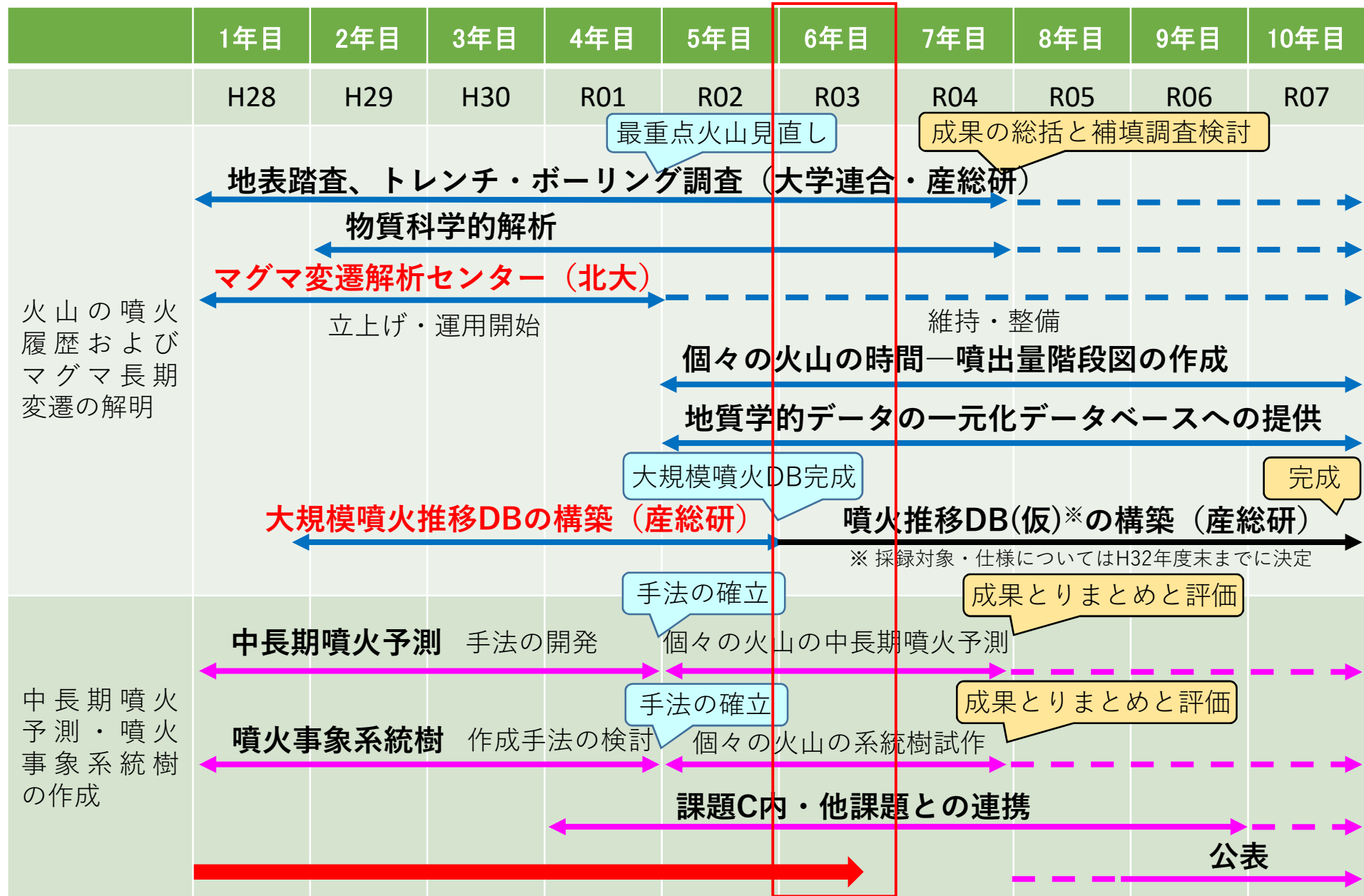
サブテーマ2：噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と
噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成

サブテーマ1：火山噴出物分析による
噴火事象分岐予測手法の開発

サブテーマ3：シミュレーションによる
噴火ハザード予測手法の開発

○課題C内連携研究について

サブテーマC-2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と 噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成



2021年度の活動・成果概要

○火山の噴火履歴およびマグマ長期変遷の解明

- ・噴火活動履歴解明のためのボーリング掘削調査およびトレンチ掘削調査を実施

摩周・**アトサヌプリ**・**雌阿寒岳**・阿蘇山・秋田駒ヶ岳・鳥海山・吾妻・那須岳・浅間山など

- ・野外調査に基づく、噴火履歴・噴火活動推移履歴の解明および物質科学的解析による長期マグマ変遷の解明

課題C連携研究

有珠山・三宅島・御嶽山・霧島山・九重山・由布鶴見岳・白山・**伊豆大島**・東伊豆など

- ・活動的火山としての認知度が低い火山について、噴火履歴・噴火推移を解明

十勝岳ヌッカクシ火口域・志賀火山・鷲羽池火山など

- ・噴火活動への対応 **阿蘇山**

○大規模噴火データベースの整備（産総研）

- ・噴火推移データおよび前駆活動データの集約、閲覧サイトの試作版のデータ拡充

○マグマ変遷解析センター（北大）

- ・マグマ変遷解析センターの整備および分析ルーチンの確立
- ・参加・協力機関のユーザー受入れ

○ボーリングコアの管理システム構築（北大・防災科研）

- ・管理システム構築のための既存コア試料の集約

○その他

- ・噴火事象系統樹の試作および成果公表の方針についての研究打ち合わせ
- ・人材育成コンソーシアムへの貢献（講師としての参画・大学院生の研究テーマ実施）
- ・地域社会への成果普及活動（トレンチ掘削調査時の説明会など）

2021/06
開催

サブテーマC2

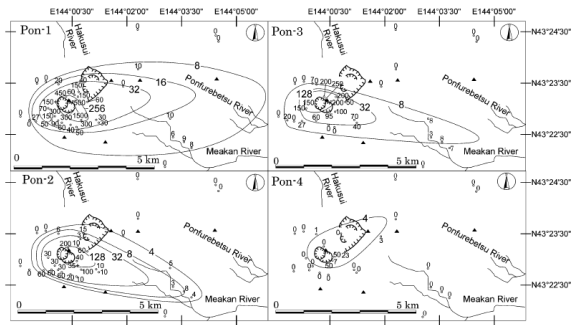
成果事例：北海道の活火山

個々の成果公表が進みつつある

雌阿寒岳

南ほか(2021) 産総研・北教
大旭川・北大

最近約1,000
年間の噴火
活動履歴の
説明



主要テフラのアイソパックマップ

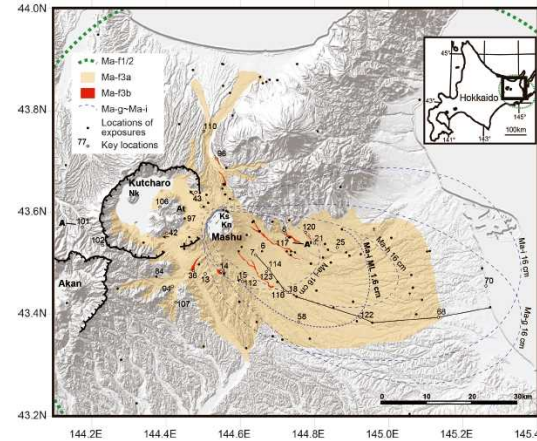
unit ID	Summit area		Flank area		Ages
	subunit	Maximum thickness (cm)	subunit	Maximum thickness (cm)	
Pon-4	Pm	50	paleosol	50	
	Pi	250	Dd	3	
Pon-3	Pk	250	paleosol	3	Modern
	Pj	300	Ta-a	9	1739 AD
	Pi	15	paleosol	3	
Pon-2	Ph	20	Ko-c2	5	1694 AD
	reworked dep.		paleosol	5	
Pon-1	Pg	200	Dc	6	
	Pf	300	paleosol	2	380 ± 20yrBP
	Pe	60	Db	8	
Pon-1	Pd	20	paleosol	2	670 ± 20yrBP; 710 ± 20yrBP
	Pc	1500	Da	12	Ma'b and B-Tm: ca. 1000 AD
	Pb	50	paleosol	15	950 ± 20yrBP
AK	reworked dep.	180	AK	120	1030 ± 20yrBP; 1430 ± 20yrBP
	AK	1000+			

最近約1,000年間の噴出物層序の総合柱状図
VEI2前後のマグマ水蒸気～水蒸気噴火を繰り返しており、マグマの寄与は減少傾向にある。

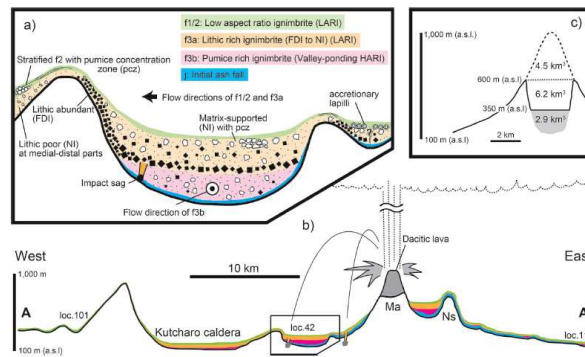
摩周

長谷川ほか(2021) 茨城大・北大

約7.6千年前のカルデラ形成噴火の活動推移の説明



カルデラ形成噴火噴出物の分布図



カルデラ形成噴火の活動推移モデル図

カルデラ形成時に山体を破壊するような爆発が起き、初速をもった流れ(LARI)が広範囲に分布した。

十勝岳

松本ほか(印刷中) 北大・産総研

ノーマーク活動域（ヌッカクシ火口域）の噴火活動履歴の説明



NW crater area	Nukakushi crater area	
	Eruptive products	Land slide
Fujiwara et al. (2007, 2009)		
AD1926-1989 Taisho6&2-c		
	NK-8	Furikozawa ☆200-250 yBP***
Ta-a (AD1739)		
472-535 calBP ** Central lava	NK-7 ☆	610 calBP
499-524 calBP **		Bakemonoiwa
512-546 calBP **		Okina ☆ 740 calBP
700-790 calBP		
Kitamuki & Yakeyama lava		
Tk-6		
Tk-5		
Ma-b*		
687-1,082 calBP		
Tk-4		
1,750-1,790 calBP	Tk-3- NK-6	1,840 calBP
	NK-5 ☆	2,150 calBP
	NK-4	2,800 calBP
	NK-3	2,810 calBP
Ground lava		
2,970-3,570 calBP Gf1-1, 2		
Tk-2		
	NK-2	3,740 calBP
4,810-4,840 calBP Gf-0		
	SD-1	5,430 calBP
	NK-1	>5,570 calBP
	L-1	Nukakushi-Furanogawa 6,500-9,100 yBP 50-60 ka **

ヌッカクシ火口域の完新世の噴出物層序図

十勝岳北西火口域と並行して、8回のマグマ水蒸気～水蒸気噴火が起きた。

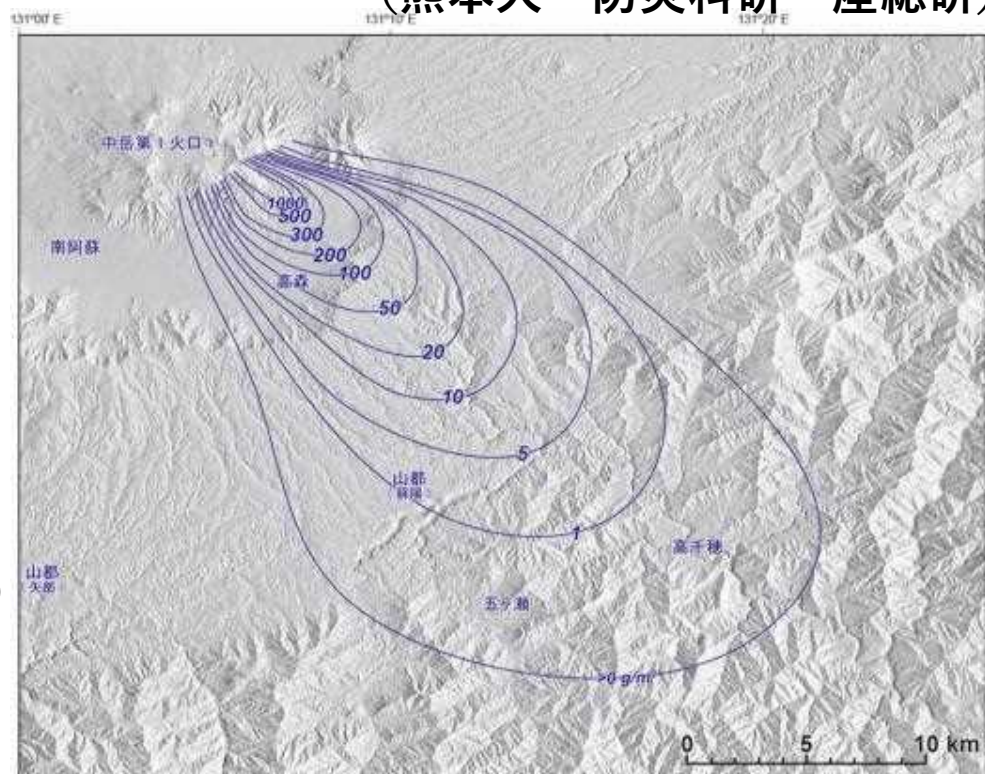
サブテーマC2

噴火対応事例：阿蘇山中岳2021年10月20日噴火に伴う降灰調査 (熊本大・防災科研・産総研)

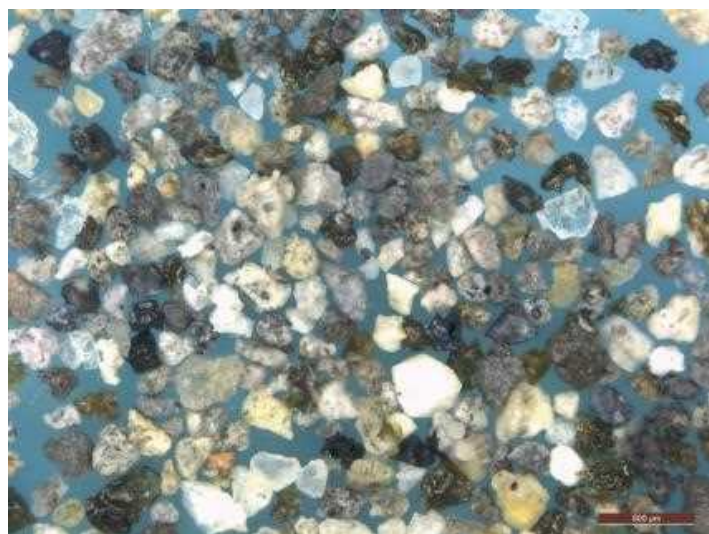
阿蘇山中岳第1火口では、2021年10月20日11時43分に爆発的な噴火が発生した。熊本大学・防災科学技術研究所・産業技術総合研究所が協力して、降下火山灰の分布調査を行った。



降灰調査の状況（中岳火口南東7 km地点）



2021年10月20日火に伴う火山灰の分布



2021年10月20日火山灰の顕微鏡写真

今回の火山灰は中岳第1火口から南東方向に主軸をもって飛散しており、阿蘇カルデラ南東部だけでなく、約30 km離れた宮崎県高千穂町付近まで観察することができ、分布面積は約400 km²に及ぶことがわかった。そして降下火山灰の量は15,000トン程度と概算された。

火山灰中には、新鮮に見えるガラス片が少量認められたが、変質した灰色～白色の岩片が大部分を占めていた。

JVDN運用テスト・火山噴火予知連絡会に資料提出

サブテーマC2

サブテーマC-1 火山噴出物分析による 噴火事象分岐予測手法の開発

項目	内容	28年度	29年度	30年度	R1年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	R7年度		
分析・解析プラットフォームの構築	(a) 高精度、高効率の分析環境の構築	標準的な定量分析ルーチンの確立		分析の効率化			分析環境のアップデート						
	(b) 解析の自動化による作業の効率化・標準化	標準的な解析プログラム、図化プログラムの整備				データベースとの連携プログラムの整備		プログラムのアップデート					
データベース	(c) データ保存環境の整備	データベースの構築				データベース利用環境の整備		データベース利用開始、アップデート					
		利用規程整備		受け入れ体制の構築			受け入れ開始						
火山噴出物解析	(d) 対象火山 (11火山 + α) の噴出物解析とカタログ化	試料採取, 地質学的検討		必要に応じての追加			再解析, 精密化						
		マグマ溜まり環境の実体化		再解析, 精密化			再解析, 精密化						
		マグマの上昇速度, 状態の解明		再解析, 精密化			再解析, 精密化						
		混合から噴火に至る時間の解明		再解析, 精密化			再解析, 精密化						
		カタログ化		カタログのアップデート			カタログのアップデート						
		予測指標の検討		予測指標の検討									
		(新たな分析要素の検討)		(新たな分析要素の検討)									

・ 噴出物解析による噴火の特徴把握

(マグマ溜まりの環境 (T,P,組成、上昇速度、噴火準備時間))

・ それを実現する分析・解析・環境の構築と利用普及

(分析・解析プラットフォーム、データベース)

(即時)

噴火の様式や推移の予測

(仕組みやモデル作り)

2021年度の活動・成果概要

(a)火山噴出物の分析・解析

- ・ COVID-19による活動制限の影響で、野外調査や分析に非常に大きな影響が出ているが、個々の参加組織でこれまでに採取した試料を利用して、マグマ供給系の特徴把握に努めている。
- ・ マグマ供給系像の精密化のために、火山ガス分析と組み合わせる新手法を検討している。 → **成果例 1**
- ・ 過去の噴出物の特徴を利用して今後の噴火の推移予測を行うために、これまで行ってきたいくつかの火山のマグマ供給系の比較研究から、単純化した一般的なマグマ供給系モデルを検討中。 → **成果例 2**

(b)分析・解析プラットフォームの構築

- ・ 噴出物の迅速な特徴把握のための自動処理など、データ解析機能を強化し、装置の利用環境整備を引き続き行っている。 → **成果例 3**
- ・ 当初計画では、外部からの装置利用を積極的に受け入れる予定であったが、COVID-19の影響で受け入れは停止中。何例かは、昨年度報告したリモート分析で対応した。
- ・ 熱力学解析ツール（MELTS）の運転環境の整備と結果のデータベース化を引き続き実施した。

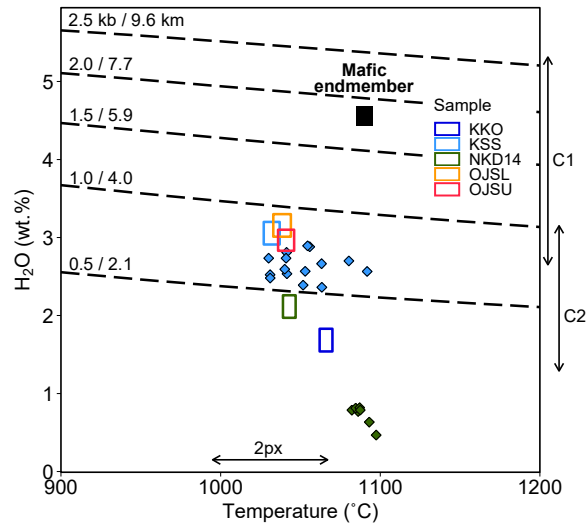
(c)データサーバーとデータベースの整備

- ・ 収集したデータ量の増加に伴い、NASの拡張・更新を行なった。収集画像データ（反射電子線像、二次電子線像、X線マップ）をWeb経由で試験的に公開中。

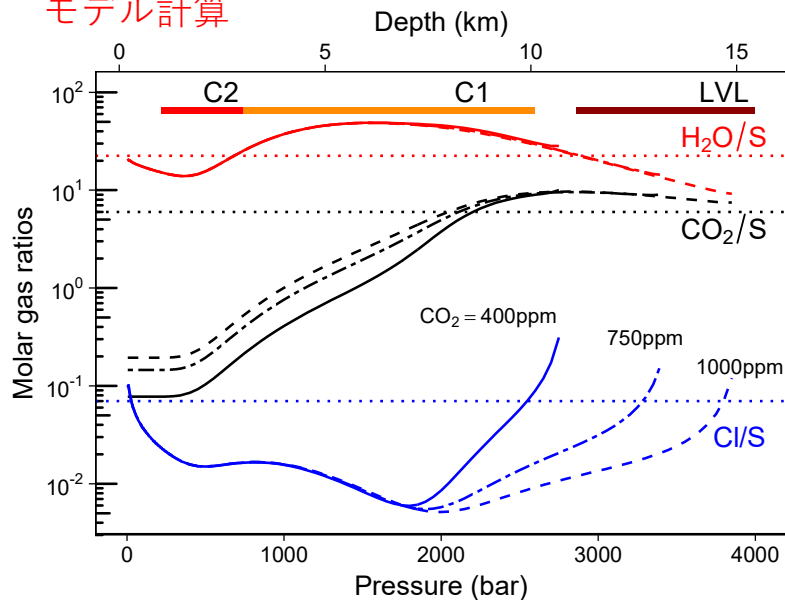
成果例 1. 阿蘇火山のマグマ供給系の特徴

マグマ供給系の描像の更新

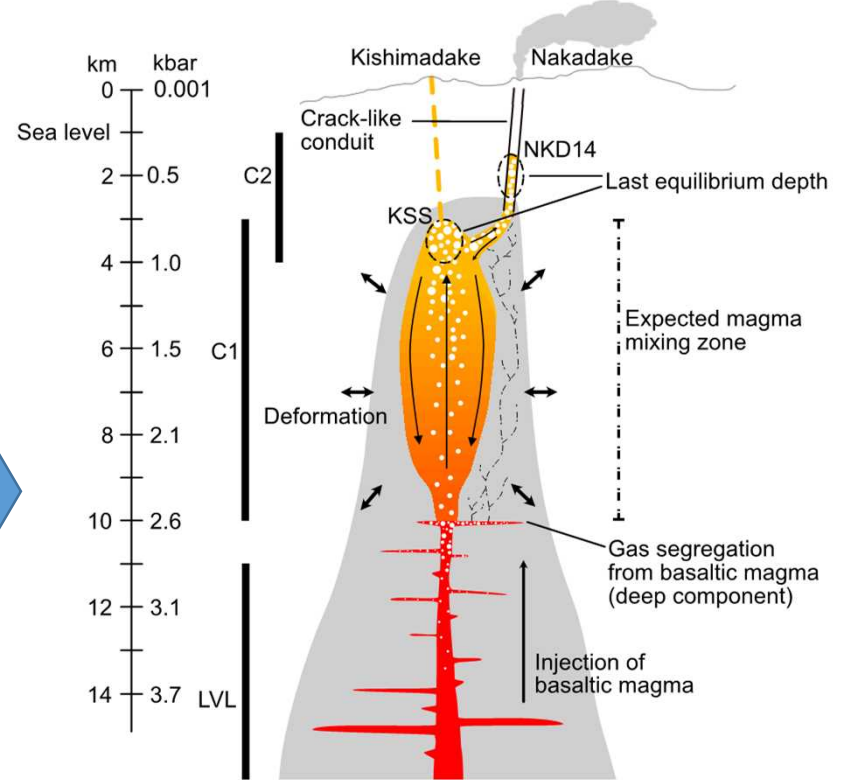
岩石学的手法によるマグマの停滞深度推定
(斜長石-かんらん石-メルト平衡)



火山ガスの観測値を用いた脱ガス深度の
モデル計算



阿蘇火山のマグマ供給系のモデル

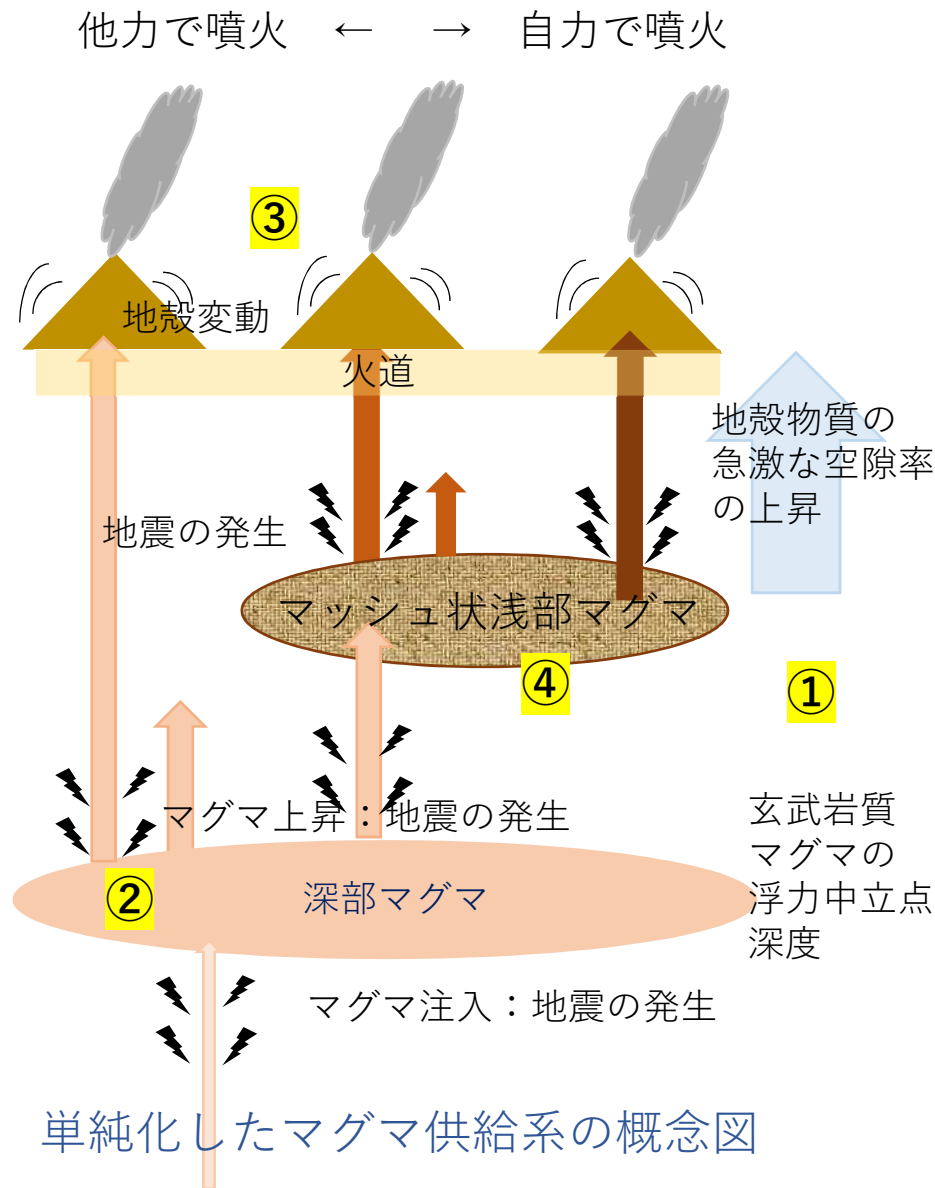


Kawaguchi et al. (2021, CMP)

岩石学的手法と火山ガス観測との組み合わせ
によって、従来よりも高い信頼性で噴火前の
マグマ供給系を明らかにした。

サブテマC1

成果例 2. 噴火様式や噴火推移の予測につなげるための 単純化したマグマ供給系モデル



① マグマ溜まりの形成深度はマグマの組成と周辺物質の密度で決まる。周囲の密度は地震波速度から推定可能。

② 深部マグマ溜まりでは、揮発性成分の発泡が起きないため、自力噴火のための十分な浮力を得られない。このため、マグマ上昇はより深部からのマグマ注入にトリガーされる。地震観測から、注入イベントと注入量を推定できると良い。

③ マグマが噴火に至るかどうかは、マグマの揮発性分量、温度、経路上部の状態、注入量で決まる。

④ マッシュ状の浅部マグマの状態（流動性や揮発性分量）は、過去の履歴によって大きく変わりうる。特に温度、組成が重要で、過去噴出物の分析と時間変化についての計算が必要。

赤字は過去の噴火の噴出物分析から推定可能なもの、茶色も場の連続性を仮定すれば、過去の噴火から推定可能

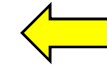
サブテーマC-3 シミュレーションによる 噴火ハザード予測手法の開発

	C-3	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
		H28	H29	H30	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07
噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化	降灰	降灰ハザード予測モデル							火山ハザード評価システム		
		検討(富士山・首都圏)	予備計算(プロトタイプ)	予備検証(プロトタイプ)	改良(噴煙モデルとの連携)	本計算	本検証	評価	運用・高度化(降灰・火砕流・噴石・溶岩流・土石流・泥流)	運用・機能評価	一元化システム統合情報ツールでのコンテンツ提供
	噴煙・火砕流	噴煙柱ダイナミクスモデル				既往火砕流モデル検討	高度化・検証	噴煙・火砕流評価システム			
		検討	高度化	降灰モデル連携							
	溶岩流・土石流・泥流(山体崩壊)	大規模溶岩流シミュレーション技術				既往土石流・泥流モデル検討	土石流・泥流モデル高度化・検証	土石流・泥流評価システム			
		設計	開発	開発							
噴石	噴石評価システム										
	検討	設計	開発								
ハザード評価システム	降灰評価システム							火山ハザード評価システム			
	検討	首都圏設計	首都圏開発	首都圏運用	噴石・溶岩流評価システム運用	首都圏降灰・噴石・溶岩流	降灰・噴石・溶岩流				
地下におけるマグマ移動シミュレーション	火道流(噴火形態分岐判断)	検討	モデル構築	モデル構築	地殻変動への応用	地殻変動への応用	体系化	体系化	マグマ移動過程評価システム		
	岩脈貫入(マグマ移動過程分岐判断)地震・地殻変動	岩脈貫入マクロモデル構築	ミクロモデル	ミクロ・マクロモデルの統合	地震・地殻変動観測データ検証	空間分解能の高度化	パラメータ感度解析	岩脈貫入・移動条件の定量化	開発および事象分岐評価手法の開発	評価および事象分岐評価手法の開発	
	物性モデル構築	結晶化カインेटイクスモデル検討 火山性流体レオロジーモデル検討				観測データ	による検証	システム組込			

火山ハザード評価システムR3年度以降の開発内容

R3年度実施開始, R4年度, R5年度以降

1. 簡易版・詳細版シミュレータ カテゴリー化



2. 公開系クラウドとデータ解析基盤の連携

3. Pre & Post Processing 機能

➤ Pre Processing 機能

- 入力フォーマットの統一化
- 入力のGUI化
- 確率的ハザードマップ作成手法検討



モンテカルロ法、Baysian、PCQ法

➤ Post Processing 機能

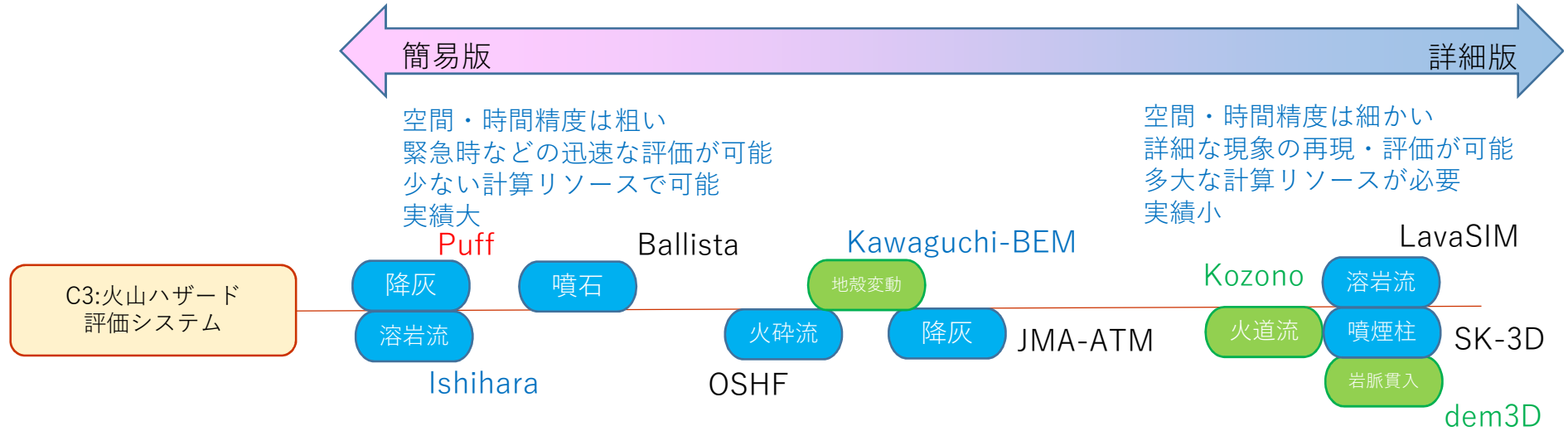
- 複数フォーマットへの対応(SIP4D-ZIP データ変換等)
- 統計処理機能
- インバージョンによるソース推定 (AI活用)
- データ同化試行

4. マグマ物性モデルのシミュレーションへの取り込み

1. 簡易版・詳細版シミュレータ カテゴリー化

火山ハザード評価システムの開発

システム化済, R3年度実施対象, R4年度, R5年度以降



BOSAI DB Usage: 389 / 500GB (77.8%)

Input	Analysis	Viewer	Tools
<p>You can enter the information required for analysis</p> <p>Data Upload</p> <p>Calculation</p> <p>地形データ 計算条件等 アップロード</p>	<p>Make the necessary settings and run the analysis</p> <p>Learning</p> <p>Prediction</p> <p>Optimization</p> <p>Reduction</p> <p>計算実行 (スパコン, docker)</p>	<p>You can refer to the analysis result</p> <p>Analysis</p> <p>Graph</p> <p>VRMS</p> <p>ARMS</p> <p>CRMS</p> <p>PRMS</p> <p>可視化(MF) 脆弱性DB統合 GIS(kml)出力 →JVND</p>	<p>Can use external tools</p> <p>Database Editor</p> <p>PG Editor</p> <p>ETL</p> <p>BI</p> <p>Table Memo</p> <p>シミュレーションDB 統計処理 (確率計算) (AI機能)</p>

	一般	登録ユーザー	研究ユーザー
データ閲覧	○	○	○
データダウンロード	×	○	○
シミュレーション実行	×	簡易版○ 詳細版×	簡易版○ 詳細版△ (研究契約に基づくスパコン利用)

計算結果の提供

- ・JVNDシステムではKMLで公開
- ・SIP4Dへ提供予定(SIP4D-ZIP formatへの変換)

サブテーマC3

確率的ハザードマップ作成手法検討 (例：泥流)



入力条件の値がいくつも考えられる
→何回も計算しなくてはならない

パラメータセットの最適化：
モンテカルロ法、Baysian、PCQ法

○シミュレーション手順

1. 入力パラメータの決定

底面摩擦角 [10 ~ 30 °]

体積 [1000 m³ ~ 20000m³]

2. 計算の実施

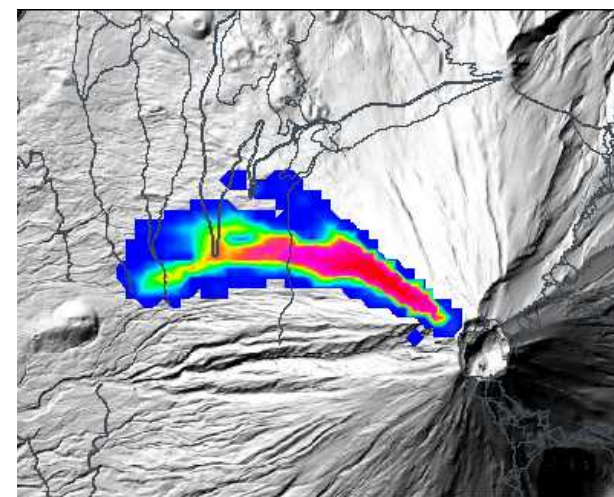
底面摩擦角8通り × 体積8通り = 計64通り

Case 57 のシミュレーション結果
底面摩擦：最小、体積：最大

Case 8 のシミュレーション結果
底面摩擦：最大、体積：最小

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	case1	...	...	...	...	...	...	case57
2	...	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...	...	...
8	case8	...	...	...	...	...	...	case64

全てのケース(64ケース)を用いて確率を計算



厚さ1m よりも厚い流れが来る危険度

課題C連携研究 玄武岩質噴火（伊豆大島） R01年度より実施

玄武岩質マグマの多様な噴火様式やその遷移を支配する要因について、火道流モデルで検討し、噴火予測・推移予測について課題全体で取り組む

沿岸域調査 サブテーマC2 漁船での観測の様子

沿岸海底部の地殻構造探査

全反射法音波探査測線
各地域の反射断面

伊豆大島北西沿岸
伊豆大島南西沿岸
伊豆大島南東沿岸

断層 断層群
断層? 断層?
表層にデューンに伴う堆積層
不整合

伊豆大島北西沿岸
千波海脚
割れ目火口列

伊豆大島南東沿岸
側火山(列)
側火山
堆積層
側火山

・沿岸部水深400m程度までの範囲で反射法音波探査を実施（13日間漁船備船）
【成果】これまで知られていない海底部における側火山体、断層系や堆積層の分布と層序、構造の相互の関係を検討するデータが得られた。

歴史時代大規模噴火の活動推移と噴出物組織の関係 サブテーマC1,C2

Height (m) vs Al_2O_3 (wt. %)

Unit A
Unit B?
Unit C
Ash period

Y1噴火の層序毎に系統的に変化する全岩化学組成（上）と岩石組織（下）

・大規模噴火Y1, Y2, Y4, Y6について地質調査を進め、層序を再構築。特にY1噴火については、地質層序・岩石鉱物化学組成・組織に基づき噴火推移を高精細に復元し、成果の論文化を進めた。

火道流数値シミュレーション サブテーマC3

■ 1986年伊豆大島噴火 サブテーマC3

“Aマグマ”: 低結晶度 -> 溶岩流
“Bマグマ”: 高結晶度 -> サブプリニー式
(石橋・種田, 2018)

結晶度
メルト粘性

Rhyolite-MELTSによる計算

各マグマの物性を火道流モデルに適用

■ A、Bマグマの条件において、非爆発的、爆発的噴火に対応する火道流を再現

Heights (km) vs Pressure (MPa), Porosity, Crystallinity, Viscosity (Pa s)

Ex, Ex', Ef

■ 噴火タイプの存在条件を推定

Vertical permeability (m^2) vs Lateral permeability (m^2)

Ex', Ef
爆発的
非爆発的

2021.12.16 コアメンバーWS開催（課題CおよびB）
2022.夏? 現地研究会開催予定

連携研究の今後の計画

課題Cだけでなく課題間の連携研究へ

(+大学院生の関与を促す→人材育成コンソとの連携)

どうやって噴火様式や推移の予測につなげるのか

噴火の予兆があった場合

○直近の噴火の様式や推移の記録が、予測の参考になる。

C2・C1

物理観測データが蓄積

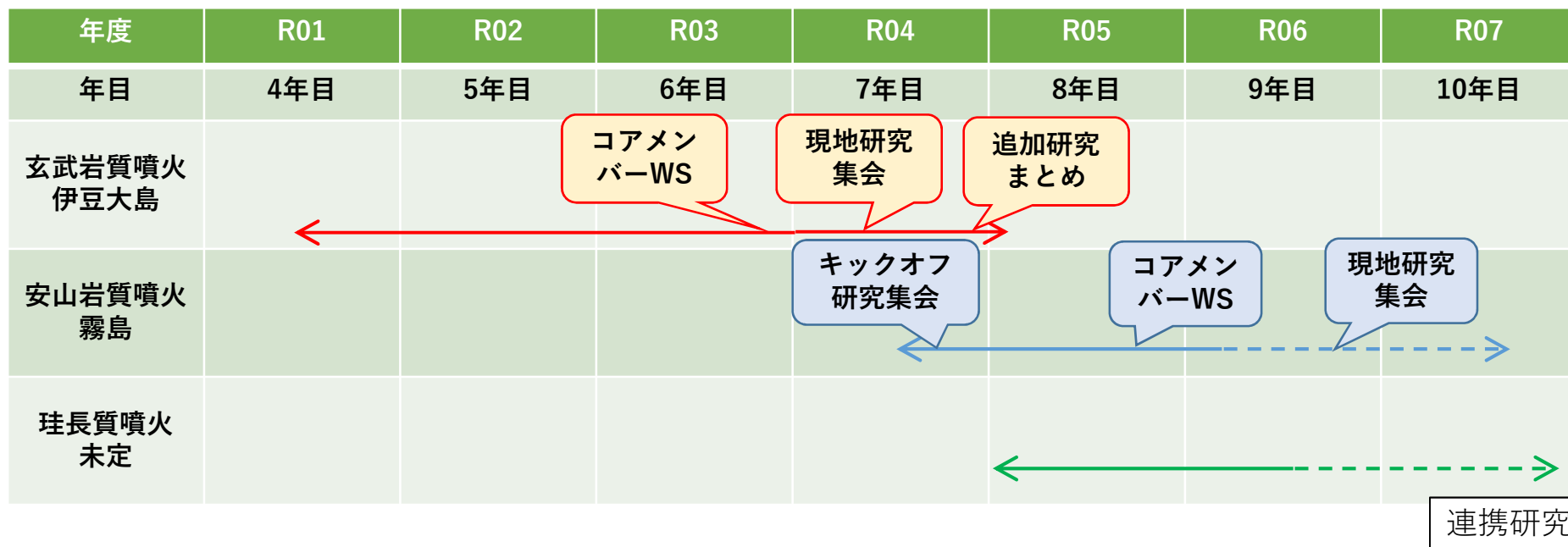
○どう修正していくのか

C2・C1・C3・観測

噴火発生後

○迅速にマグマ供給系の現状を把握して予測の修正をおこなう

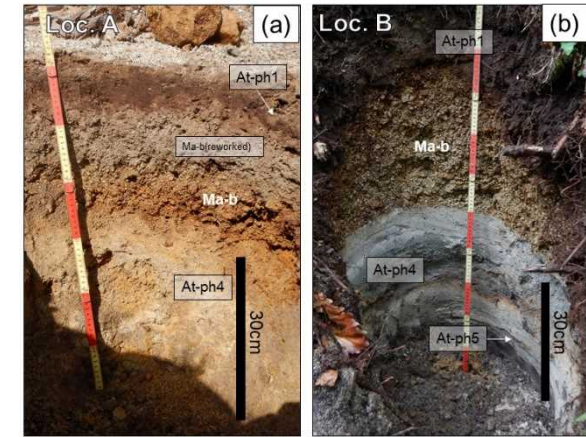
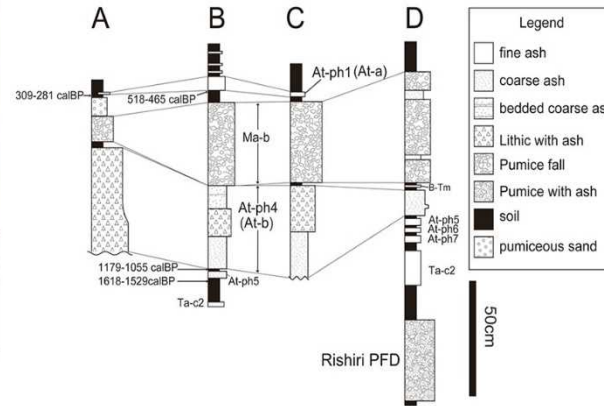
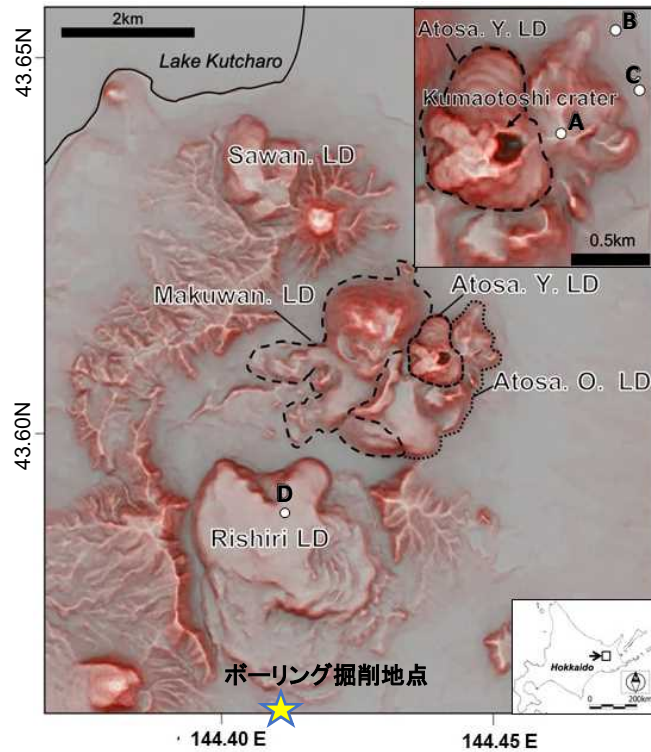
C2・C1・C3・観測



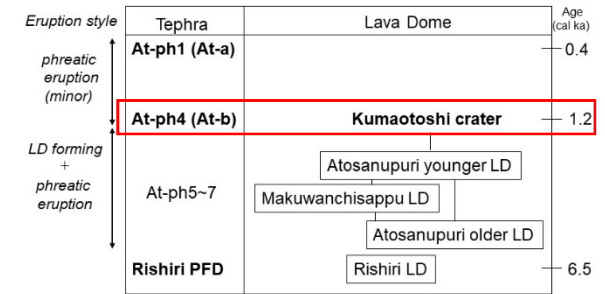
補遺：

各サブ課題の成果例・方針など

アトサヌプリ火山：噴火活動履歴の再検討（北大・茨城大）



地点A・Bの露頭写真



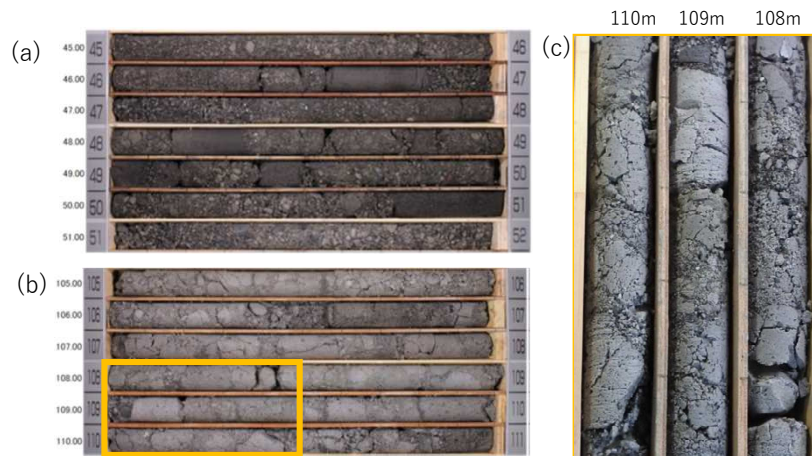
アトサヌプリ火山、過去6,500年間の活動履歴のまとめ

最新期のテフラ層の対比柱状図

約400年間の爆発的噴火により熊落とし火口が形成されたと考えられてきたが、野外調査の結果、約1,200年前の噴火によるものであることが分かった。

ボーリング掘削調査を実施し、2-3万年前のアトサヌプリ火砕流から最新期までの噴火履歴の詳細が明らかになりつつある。

アトサヌプリ火山赤色立体地図(国土地理院電子地図より引用)



ボーリングコア試料の写真

2021.11トレンチ掘削調査を実施

サブテマC2

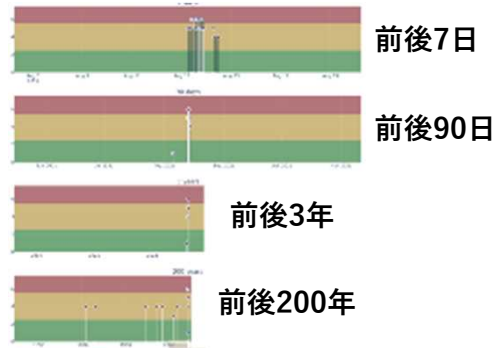
大規模噴火データベースの整備 (産総研)

プリニー式噴火の噴火推移と大規模噴火の前駆活動と噴火推移の特徴を取りまとめ、噴火推移閲覧サイトの試作版を構築し、収録データを拡充した。

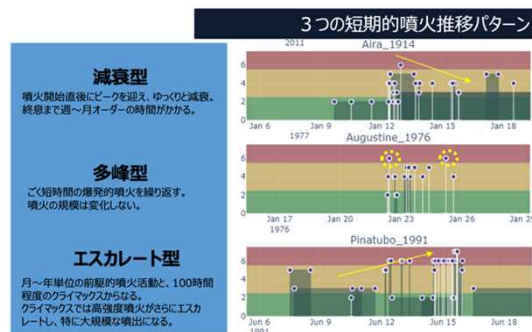
プリニー式噴火推移



福徳岡ノ場 噴火推移



大規模噴火推移の統一した評価基準を作成・国内外の23の噴火事例に適用してデータベース化。8月に発生した福徳岡ノ場噴火の事例などを収録。



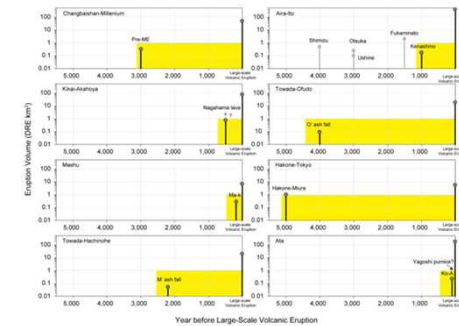
上記福徳岡ノ場噴火は、短期的には減衰型に近い。

長期的には噴火が頻発する活動的火山での突発的爆発噴火。

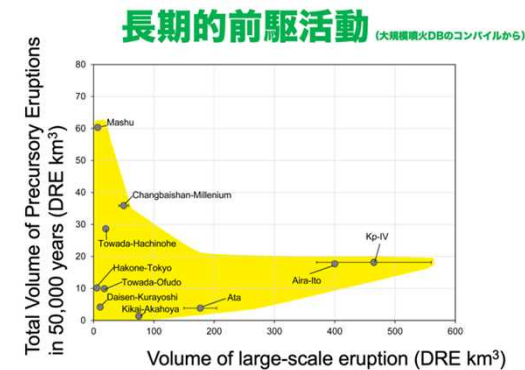
大規模噴火推移パターンの区分を提唱。

【成果】 主要プリニー式噴火の噴火推移をとりまとめ、閲覧サイトの試作版を更新。成果の一部をGSJ研究資料集(no.722)で公開した。

大規模噴火の前駆活動と噴火推移



国内外の18の大規模噴火の長期的前駆現象の推移をコンパイルしデータベースに収録。



長期的 (50,000 yr) 前駆活動と大規模噴火の噴出量は反比例の傾向

大規模噴火と前駆的活動との相関関係の評価。

【成果】 VEI 6-7以上の大規模噴火の前駆活動と噴火推移について6火山のデータを追加し、GSJ研究資料集(no.728)として公開した。

R03年度以降の計画



2021.06 研究打ち合わせ実施

- 各機関で2火山以上について成果とりまとめ・公表（噴火事象系統樹の作成）
- そのうち1火山はマグマ変遷を含む中長期噴火予測を試行
- 見落とし火山（活火山）の解消は継続
- 大規模噴火データベースの活用検討

対象火山	実施機関
摩周・アトサヌプリ	北大・茨城大
雌阿寒	北大・産総研・北教大旭川
十勝岳	北大
有珠山	北大
山火山列	筑波大
新島・神津島・式根島	東大地震研 産総研
伊豆大島	筑波大
阿蘇山	熊本大
霧島	東大地震研
鬼界	東大地震研・北大

個々の機関で成果公表（学術雑誌）

階段図・活動予測・噴火事象系統樹

→ 2～3火山については学術誌

→ 全火山について

冊子作成・配布・紀要などに印刷

成果を広く周知し、防災に活用

→ 地質データも含め、JVVDNに提供

噴火事象系統樹作成・中長期噴火予測試行の手法、および大規模噴火データベースの活用・発展についての検討会開催を調整中

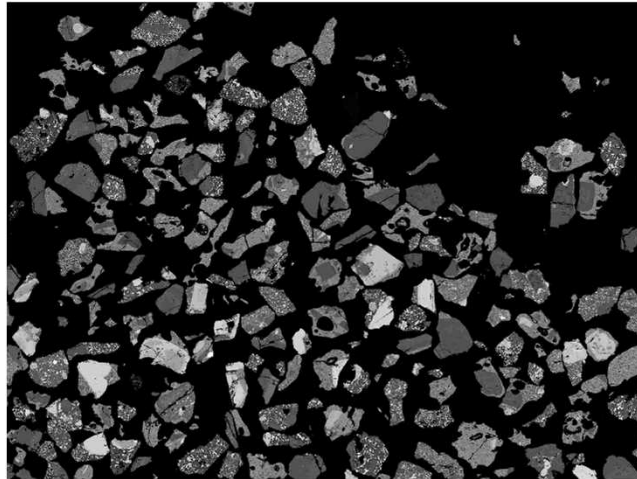
第2期最重点火山

サブテーマC2

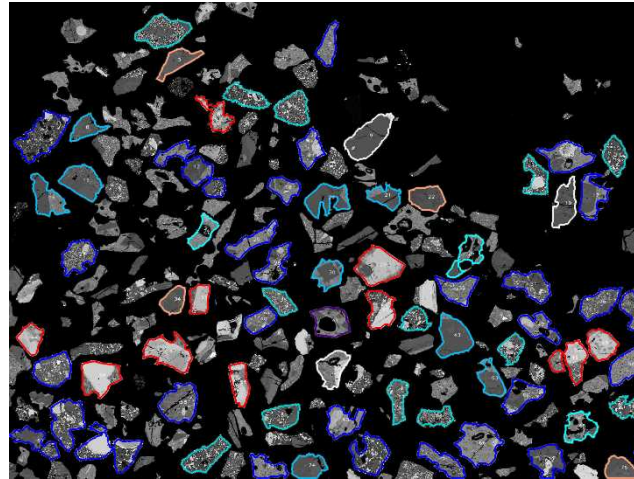
成果例 3. 火山灰構成粒子の自動判別

個々の火山灰粒子を構成する微結晶の輝度や数密度、気泡量などに着目して、噴出物がどのような火山灰粒子から構成されるのか、自動的にクラス分けし、構成比を求める。

原画像（反射電子線像）



クラス分けの結果の重ね合わせ像



推移予測に必須

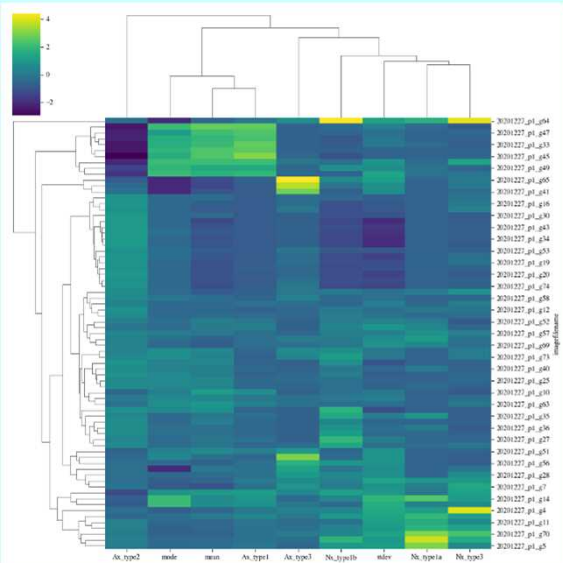


構成比

その時間推移

客観的かつ迅速に把握できる

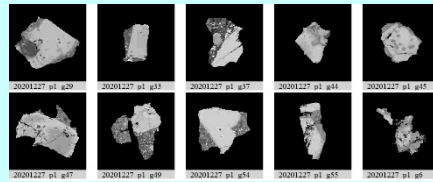
(i) 教師なし自動クラス分け



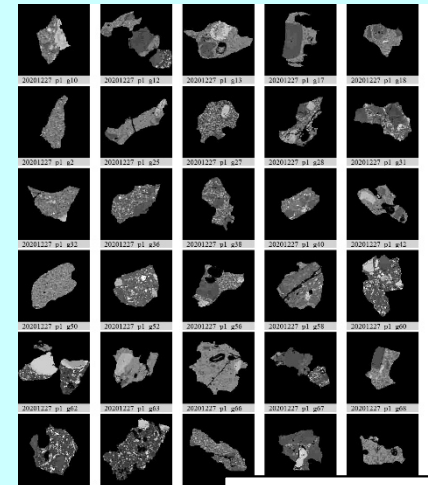
人が気がつかなかった噴火推移の特徴を見出せる可能性がある

(ii) 閾値を与えた演繹的なクラス分け

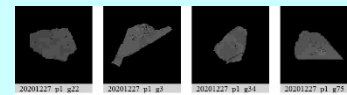
Class 1



Class 3



Class 2

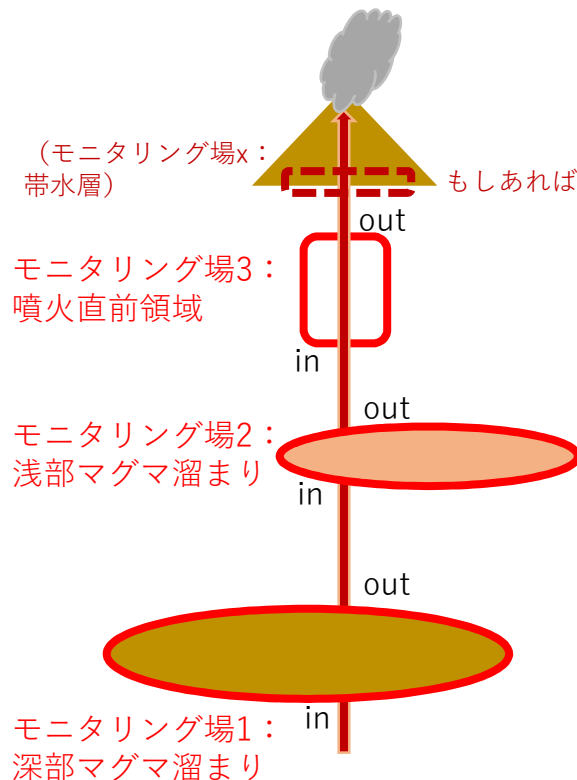


どのような閾値が有効か？

サブテーマC1

参考資料：場のモニタリングによる噴火推移と噴火様式の予測の骨組みの試案

基本的な考え方



- ・複数のモニタリング場を設定する
- ・モニタリング場からの流入・流出レートとそれぞれの物質（特に、揮発性成分量、SiO₂、温度が重要）を、着目する主要素とする
- ・噴火直前領域の物質とその流出レートで、噴火様式を予測する
- ・モニタリング場全体の流入・流出の検討から活動推移を予測する

←場の選定は過去の噴火履歴や物理観測から

←過去の噴出物から物質、流入・流出レートは物理観測（地震、地殻変動、浅部ではガス観測）や長期的な活動評価から見積もる

	小	流出レート	大
多			プリニー
ガス量		ストロンボリ	
		ブルカノ	
少	溶岩ドーム		溶岩流

←帯水層の有無で、水蒸気爆発、継続的灰噴火等の発生

←マグマ供給の停止、火道の閉塞など推移を支配する要因が働く場はあちこちにある

この骨組みのメリット

1. それぞれの物理観測で対象とするモニタリング場が明確
2. 個々の場について流入・流出する物質とそのレートについてのシミュレーションが可能
3. 物質科学的知見を組み込みやすい：場の設定&長期的な活動からの流入レート&物質

2. 公開系クラウドとデータ解析基盤の連携

計算量が増加することを見越し、現在公開系クラウド基盤（所内）で実施している計算をデータ解析基盤で実行できるように、以下のような手法を検討している

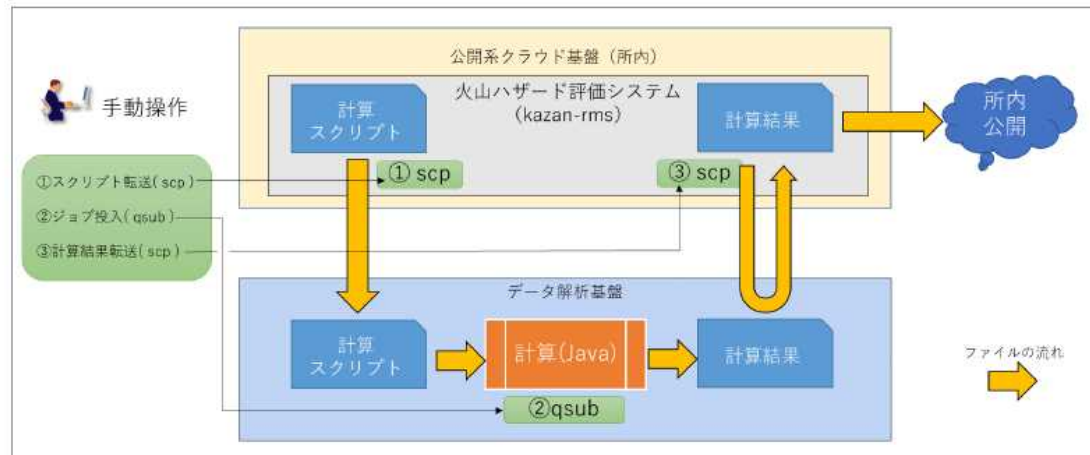


図1 ファイル連携概略図 (SSH接続申請時)

- ①仮想サーバ側で作成したスクリプトをデータ解析基盤に仮想サーバからSSH(scp)コマンドにて転送します。
※データ解析基盤側からのscpは許可されておりません。
- ②データ解析基盤でジョブ実行(qsub)します。
- ③計算終了後、仮想サーバ側から(SSH)scpコマンドにて転送します。

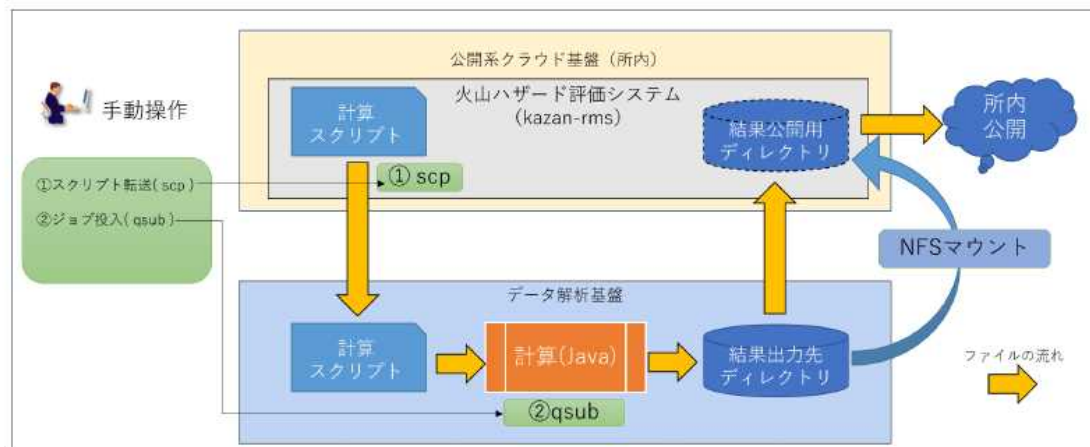


図2 ファイル連携概略図 (NFSマウント申請時)

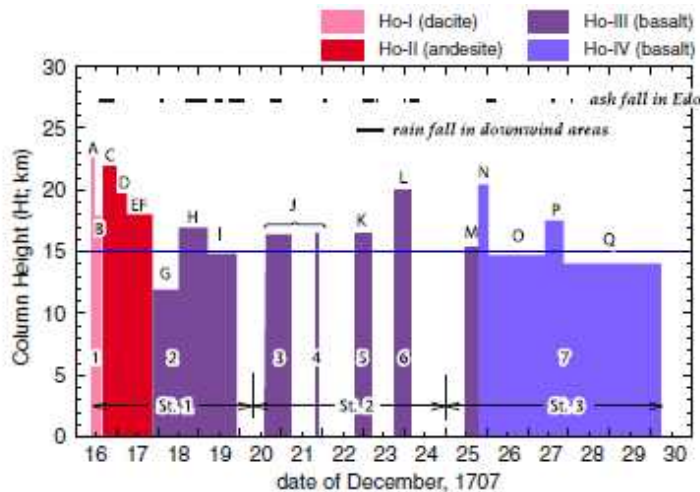
- ①仮想サーバ側で作成したスクリプトをデータ解析基盤に仮想サーバからSSH(scp)コマンドにて転送します。
- ②データ解析基盤でジョブ実行(qsub)します。NFSマウント後は、申請したデータ解析基盤のディレクトリ（計算結果出力先ディレクトリ）が仮想サーバで常時参照可能となります。
※参照のみ可能で、仮想サーバ側からの書込みは許可されておりません。

確率的ハザードマップ作成手法検討 (例：降灰シミュレーション)

JMA-RATM を用いた富士山宝永噴火級 降灰シミュレーション

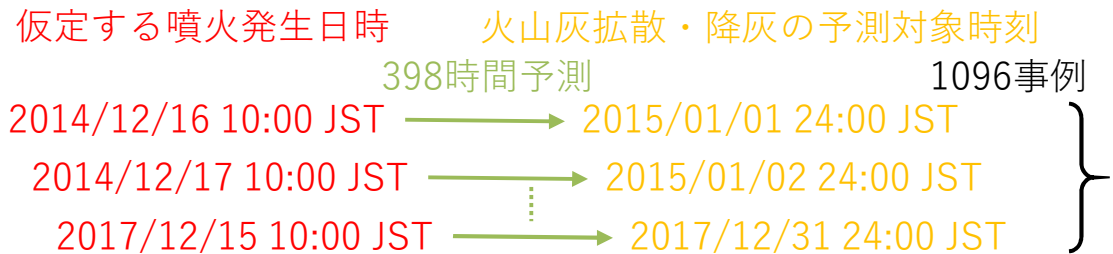


気象庁気象研究所
Meteorological Research Institute

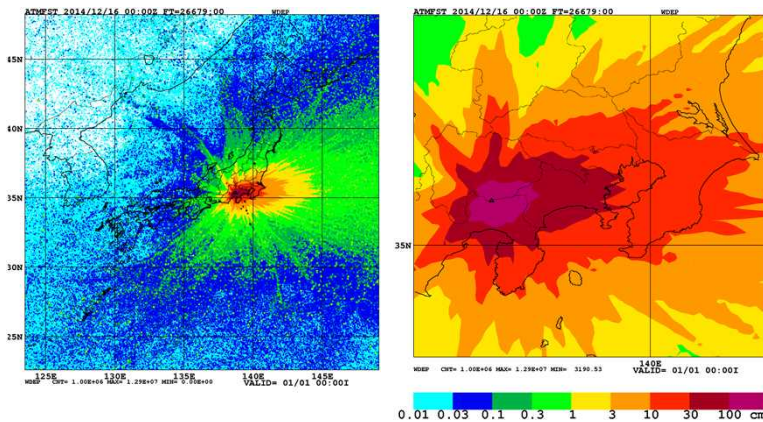


宝永噴火を想定した噴煙高度の時間変化
(Miyaji *et al.* 2011)

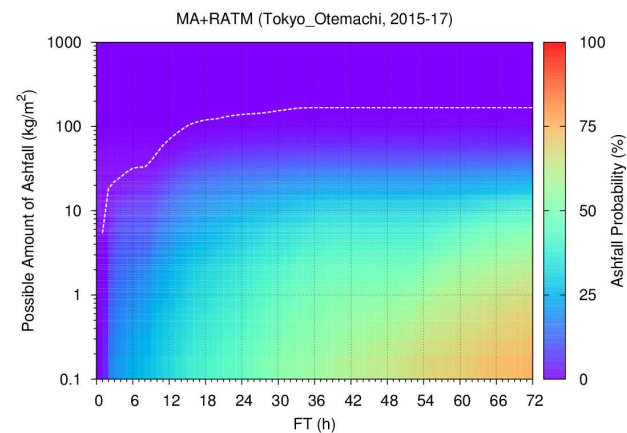
- 2015～17年の気象場の下で、富士山宝永噴火および桜島大正噴火を想定した降灰シミュレーションを各1096事例、実行、予測可能性を確認
- 各種降灰分布図や降灰確率を試算、自治体等の降灰対策の資料として活用



RATM計算の実行方法



予想最大降灰量分布 (2015～17年, 右図は拡大図)
やや多量以上の降灰量について表示
(密度1 g/cm³で換算)



都心 (富士山の東北東約100 km) における降灰確率
噴火発生はじめの72時間, 点線は予想最大降灰量

3. Pre & Post Processing 機能

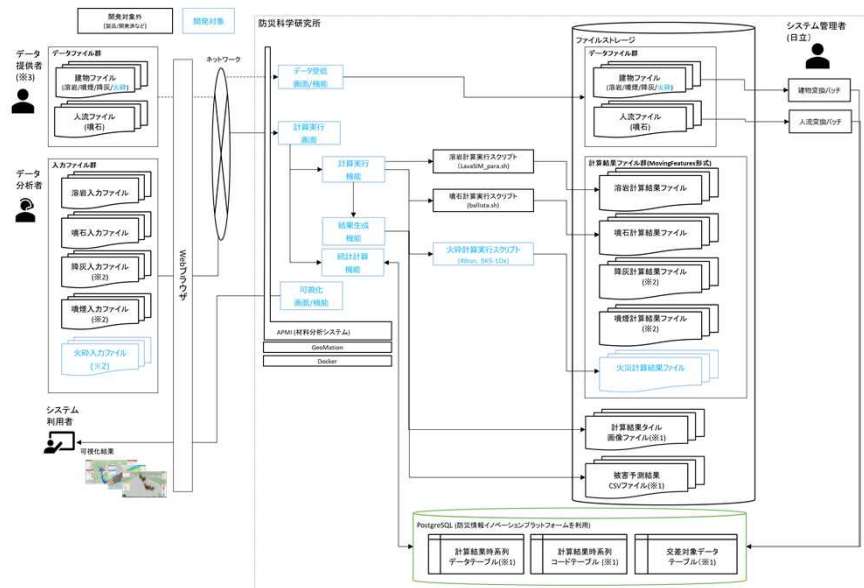
R3年度開始
R4年度から本格的に開発

➤ Pre Processing 機能

- 入力フォーマットの統一化
地図情報のUTM標準化
観測データからのInputパラメータ設定
- 確率的ハザードマップ作成手法検討
 モンテカルロ/Baysian/PCQ
- 入力のGUI化
確率計算用のInputパラメータの簡便化

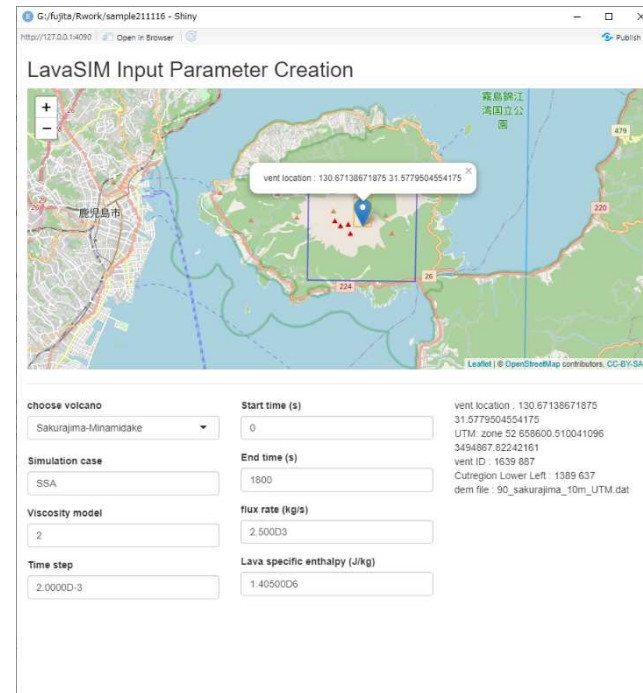
➤ Post Processing 機能

- (ドリルマップデータベース処理)
- 可視化機能
各データ変換(vtk, shp, kml, SIP4D-zip等)
 - 統計処理機能
単一ハザード種の多数処理
異なるハザード種の統合的処理
 - 観測との“一致率”判定機能



Pre-processing
機能

Post-processing
機能



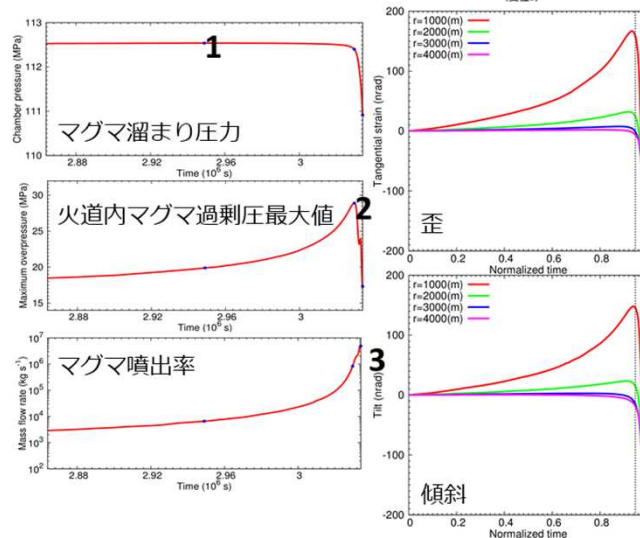
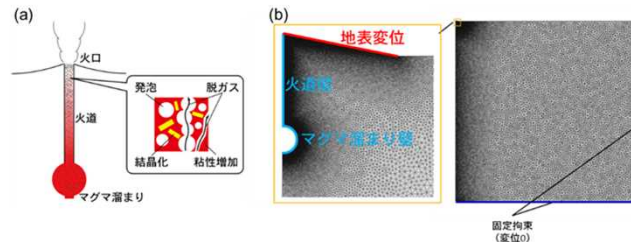
4. マグマ物性モデルのシミュレーションへの取り込み

対象（特に）：地下現象…火道流モデル・地殻変動モデル・岩脈貫入モデルなど
 ハザード…溶岩流・泥流

- ・ 支配的パラメータの抽出
- ・ 構成則
- ・ シミュレーションの準汎用化（およびGUI化）

研究者仲間につかえるように
 ケーススタディを増やせるように（sensitivity check）

火道流モデル



爆発的噴火への遷移直前の検知可能性

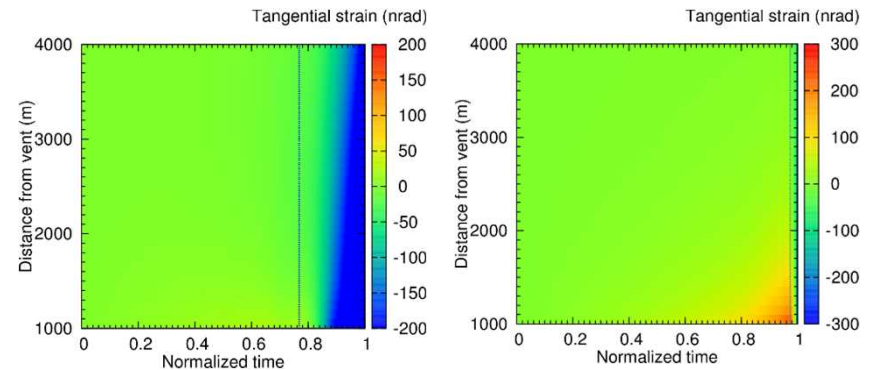
火道流モデル（爆発的噴火への遷移）

1. マグマ溜り圧力の変化（深部の発泡・増減圧）
2. 火道内マグマ過剰圧変化（浅部の増圧）
3. マグマ噴出率の増大（噴火）

一連の過程に伴う地殻変動の時間変化の理論値をシミュレーション

マグマ含水量，温度，粘性，斑晶量，結晶成長率，ガス浸透率に依存

（例）マグマ含水量依存性



- ・ 近傍域（～2 km）での傾斜・歪観測によって、噴火遷移直前に生じる火道浅部での増圧およびマグマの加速を検知できる可能性がある
- ・ 検知可能性がマグマ溜りにおけるバルクの含水量に依存