

次世代火山研究推進事業について

— 火山調査研究推進本部における「当面10年間に推進すべき
火山に関する調査及び研究」に向けて —

清水 洋

- 本要点は、火山調査研究推進本部で立案・策定することとされている総合的かつ基本的な施策及び総合的な調査観測計画の骨格となる主要事項とその考え方を整理したもの。
- 今後、本要点を基に、総合的かつ基本的な施策と総合的な調査観測計画の具体的な内容を検討。

火山に関する観測、測量、調査及び研究の推進の基本的考え方

我が国におけるこれまでの火山に関する観測、測量、調査及び研究

- ・一部火山において噴火の時期や場所を予測してきたが、依然として噴火の規模、様式、推移の予測等は困難
- ・我が国の火山に関する観測、測量、調査及び研究は、関係行政機関や大学、研究機関等でそれぞれ実施
- ・平成26年御嶽山噴火等を踏まえ、活動火山対策を強化

火山調査研究推進本部が果たすべき役割

令和5年の活動火山対策特別措置法の改正により、活動火山対策の強化に資するため、関係行政機関、大学、研究機関等の連携・協力のもと、火山調査研究推進本部を司令塔として火山に関する観測、測量、調査及び研究を一元的に推進

基本的な考え方／方向性

- ・火山に関する観測、予測、対策の一体的な推進により、
- 火山活動の状態や火山ハザードの適切な把握
- 噴火の時期、場所、規模、様式、推移の予測、及びこれらに基づく火山ハザードの予測を行えるようにすることが主な目標

火山に関する観測、測量、調査及び研究の進むべき方向性

- ・火山活動、火山ハザードの把握や予測に基づく、警戒避難対策や噴火発生後の被災対応、復興に資する適切な情報の発信
- ・成果を適切に一般国民、防災関係機関等に提供する取組の推進 など

当面10年間に推進する火山調査観測に関する事項

火山調査観測の推進

- 基盤的な調査観測
 - ・陸上観測体制の整備・運用・更新・高度化
 - ・海域観測体制の整備・運用・高度化
 - ・噴火履歴調査、火山体構造探査の実施 など
- 機動的な調査観測
 - ・「機動的な調査観測・解析グループ」の構築
 - ・調査研究方策に基づく機動的な調査観測の実施
- リモートセンシング技術の活用
 - ・衛星、航空機、ドローン、レーダー、カメラ等を活用した観測 など
- 物質科学分析体制の構築
 - ・調査観測で採取された資料を即時的に分析 など

当面10年間に推進すべき火山に関する調査及び研究

火山活動評価手法に関する調査及び研究

- 火山活動評価のための基礎情報に関する調査及び研究
 - ・地質調査、物質科学分析等に基づく噴火事象系統樹や階段ダイアグラム等に関する調査及び研究や、火山体構造探査、物質科学分析等に基づく噴火発生場の把握
 - ・活火山等の選定、活火山の活動度によるランク分け など
- 火山活動の状態の把握と予測に関する調査及び研究
 - ・噴火前兆・発生即時把握手法の開発、噴火準備過程や噴火切迫性の評価のための手法開発と高度化 など

火山ハザード評価手法に関する調査及び研究

- 火山ハザード把握手法に関する調査及び研究
 - ・観測情報、現地調査、リモートセンシング、シミュレーション等を活用し、ハザードの影響範囲等を即時的に把握
- 火山ハザード予測手法に関する調査及び研究
 - ・火山ハザード予測のためのシミュレーション技術
 - ・即時火山ハザード予測図の作成手法 など

研究課題

火山に関するデータベース・データ流通

- データベースの整備・運用・更新・高度化
- データ流通プラットフォームの整備・運用・更新・高度化

総合的な評価を活動火山対策に活用するための調査及び研究

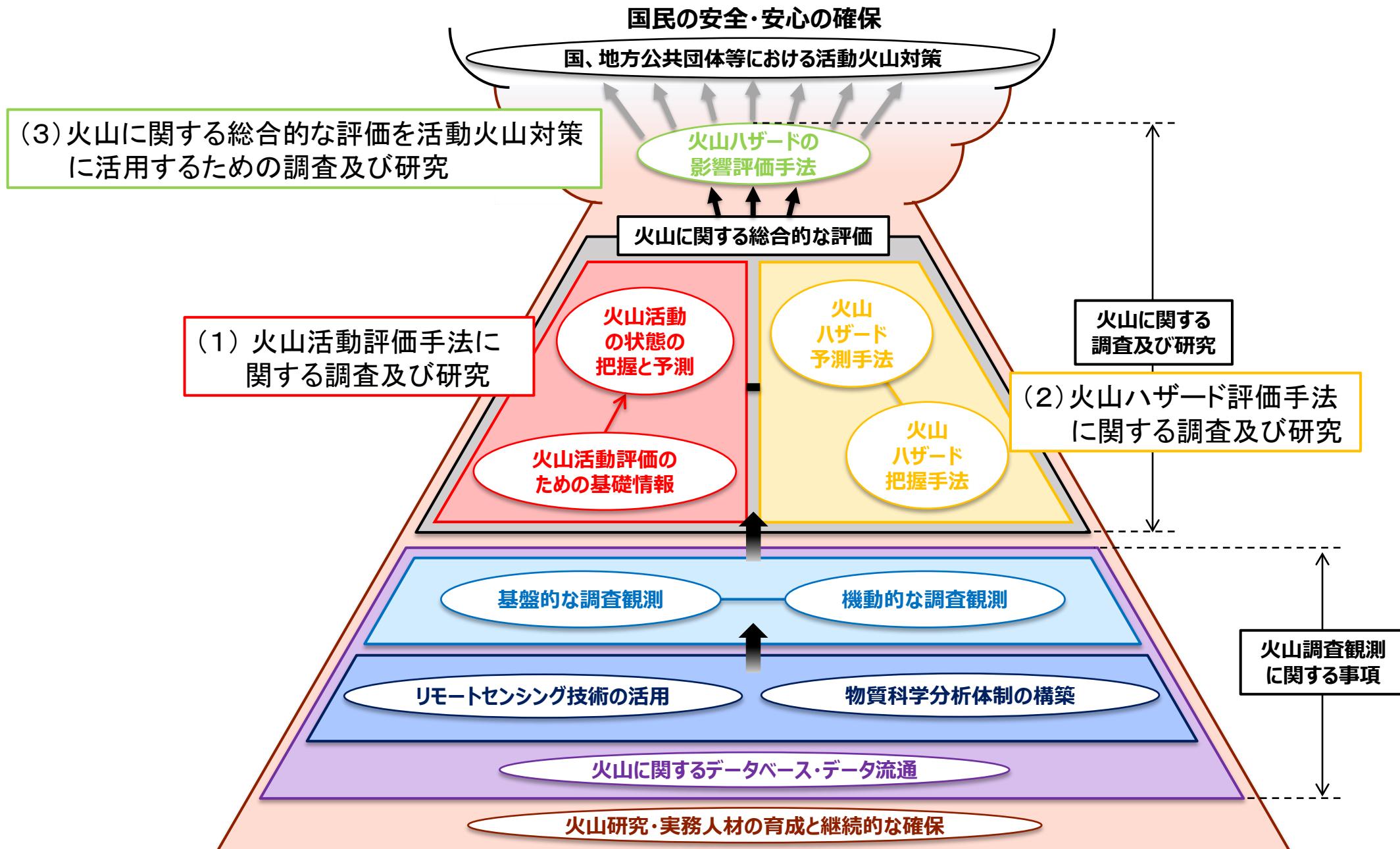
- 火山ハザードの影響評価手法に関する調査及び研究
 - ・火山ハザード情報を効果的に伝達する手法
 - ・火山ハザードが社会に与える影響の評価手法 など

人材の育成と継続的な確保

- 火山研究人材の育成と継続的な確保
 - ・大学教育、社会人への学び直し機会提供、関連分野研究者等の参画、大学や研究機関における研究人材の継続的な確保 など
- 火山実務人材の育成と継続的な確保
 - ・自治体・民間企業等における実務者への専門知識・技能取得支援、広域連携の推進、自治体等における実務人材の継続的な確保 など

横断的な事項

- 予算の確保・調整等
- 火山に関する観測、測量、調査及び研究の成果に関する広報活動の推進
- 地震調査研究推進本部、地震火山観測研究計画（建議）等との連携
- 地方公共団体、関係行政機関等との連携
- 国際的な連携

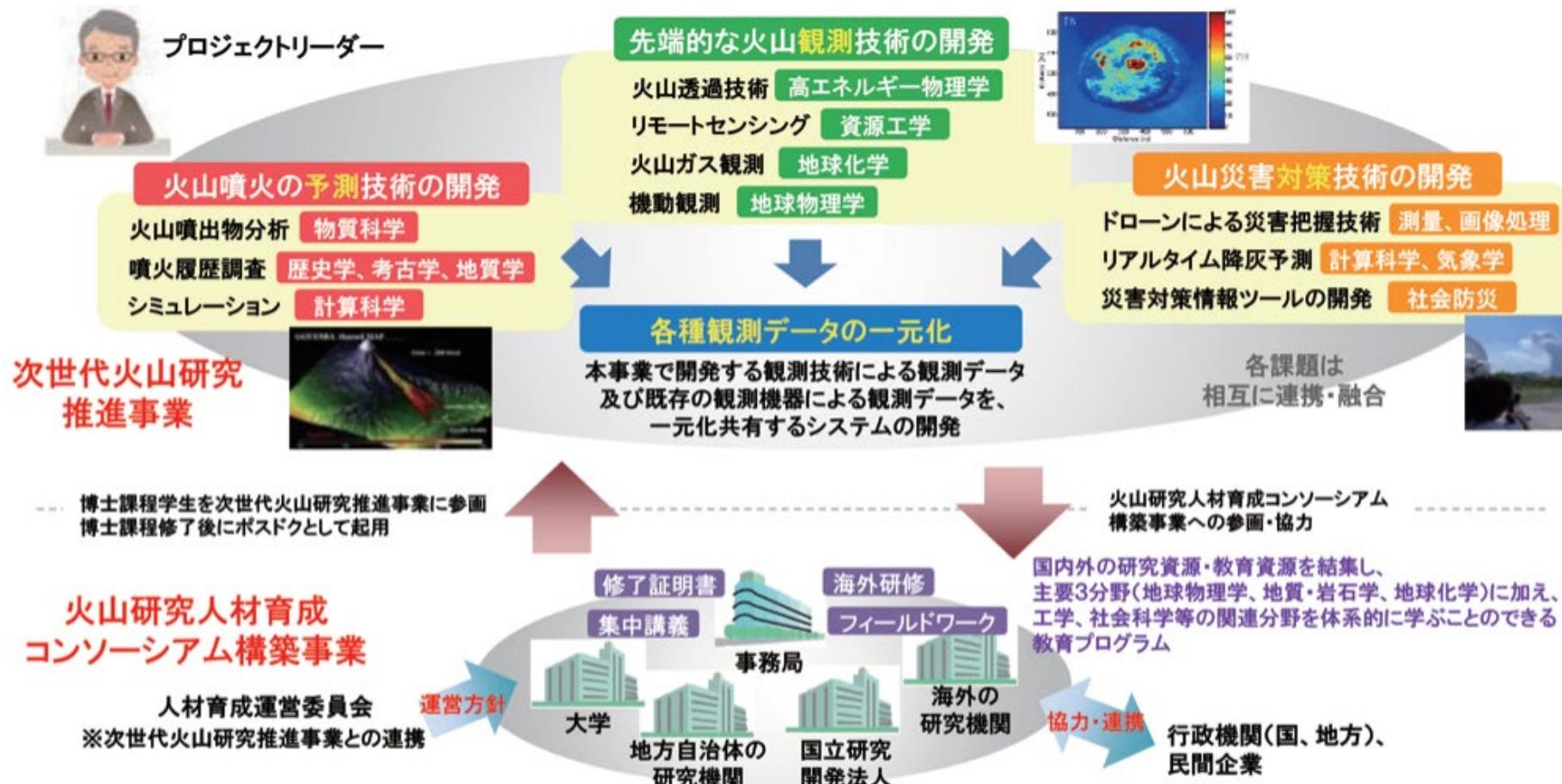


次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト

我が国の火山研究を飛躍させるため、従前の観測研究に加え、他分野との連携・融合のもと、「観測・予測・対策」の一体化的な火山研究の推進及び広範な知識と高度な技能を有する火山研究者の育成・確保を目指す。

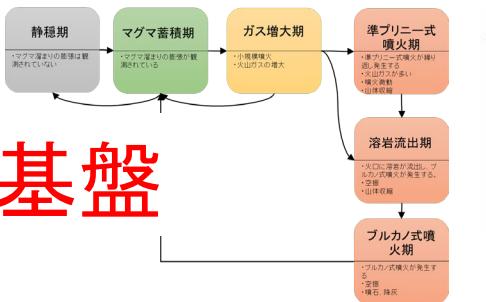
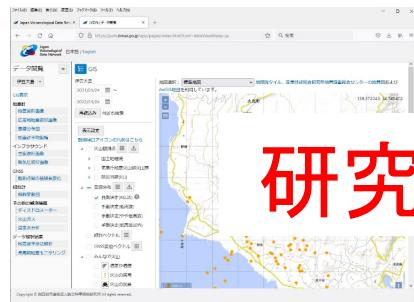
火山本部において推進する調査研究の基本的考え方／方針と整合的。

→ 「次世代火山研究推進事業の成果と課題を踏まえて研究を発展させる」という考え方で提案を行う。

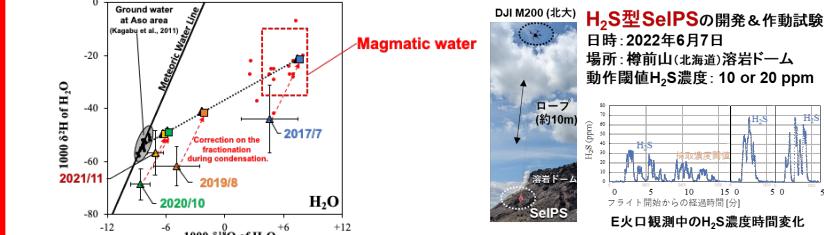


各課題の取り組み

A:JVDNシステムの開発・運用／状態遷移図の提案

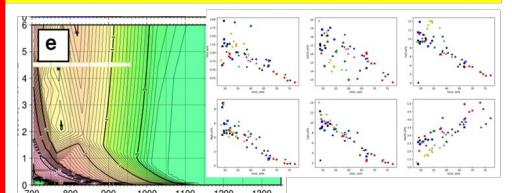


B3: 火山ガスサンプリング・解析技術



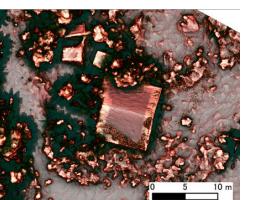
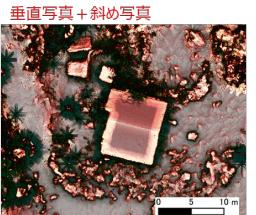
C1：岩石学的知見によるマグマ供給系モデル

MELTSの実行環境の整備、データベース化

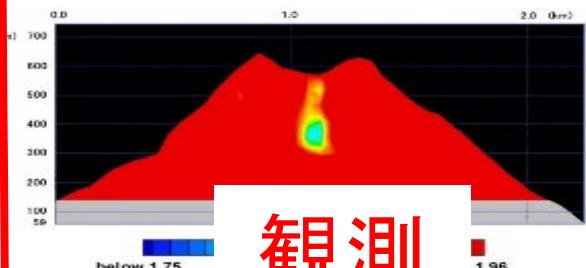


D1：ドローンによるリアルタイムデータ

建物
中心

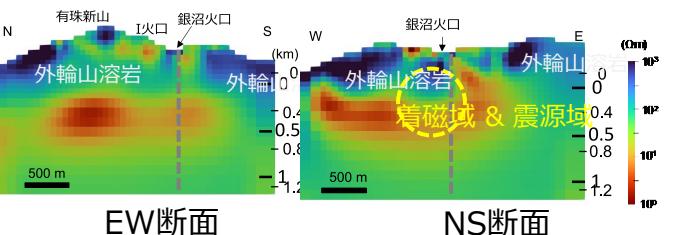


B1: ミュオンによる浅部構造把握

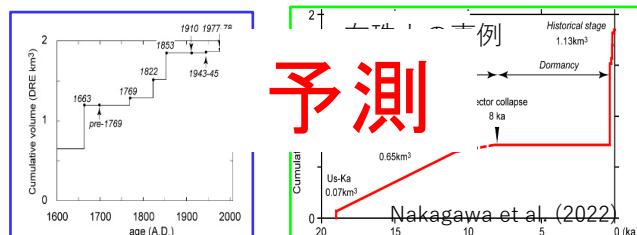


觀測

B4: 火山体浅部地下構造



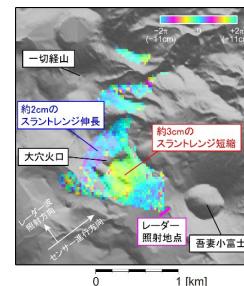
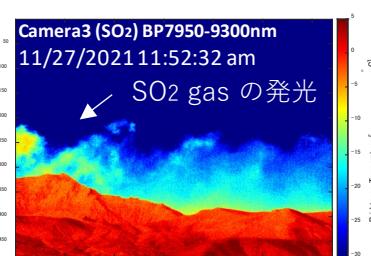
C2：噴火履歷／噴火事象系統樹



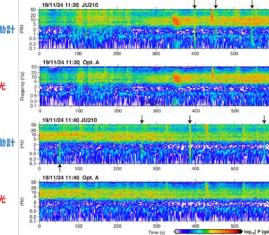
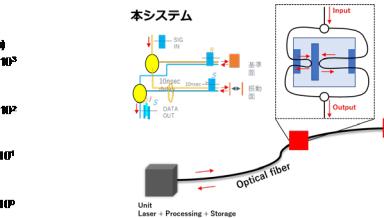
D2：桜島におけるリアルタイム降灰評価

対策

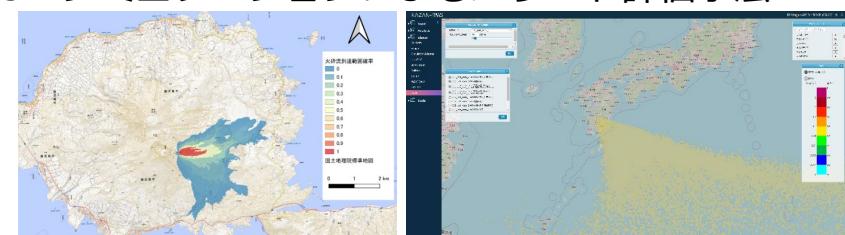
B2: SAR解析結果データベース/熱・ガス用カメラ



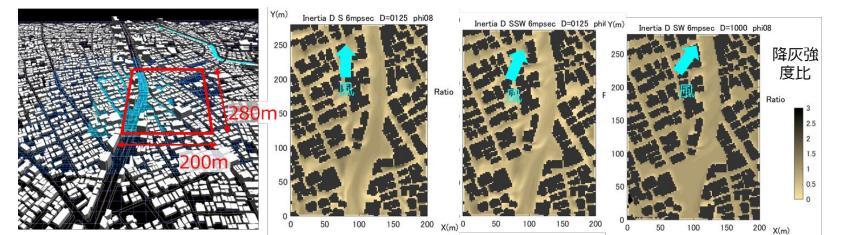
B2-2: 光シフト干渉法



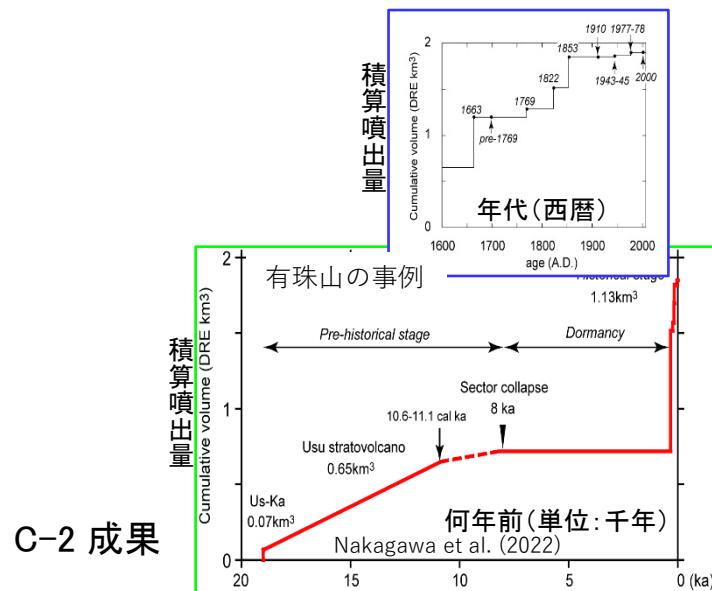
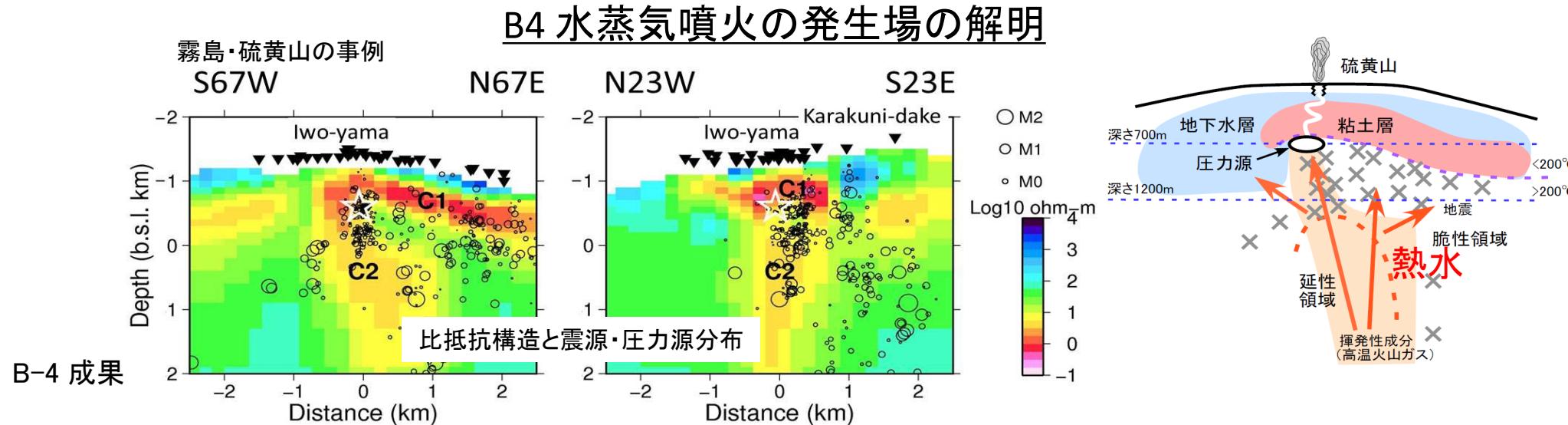
C3：シミュレーションによるハザード評価手法



評価 D3：災害対策のための情報ツール



(1) 火山活動評価手法に関する調査及び研究



C2 噴火履歴の解明(積算噴出量-時間階段図)

トレーナーやボーリングなどの地質調査により、過去の噴火履歴(いつ頃どのような規模の噴火をしたか)が明らかになった。
→ **火山活動の長期評価、長期予測のための基礎情報**

今後の課題:

火山PJで手法・技術が確立された探査・調査を、わが国の多くの活火山において計画的(年次的)に継続して実施することが必要。
また、これらの基礎資料を活用した研究の推進が必要。

(1) 火山活動評価手法に関する調査及び研究

火山活動評価のための基礎情報に関する調査及び研究

水蒸気噴火の発生場の解明

今後の研究:

- ・精度(特に深さの精度)と分解能の向上。
- ・ボーリングなどによる物性・状態の実体解明。
- ・比較研究(一般化と個性の把握)。

噴火履歴の解明

今後の研究:

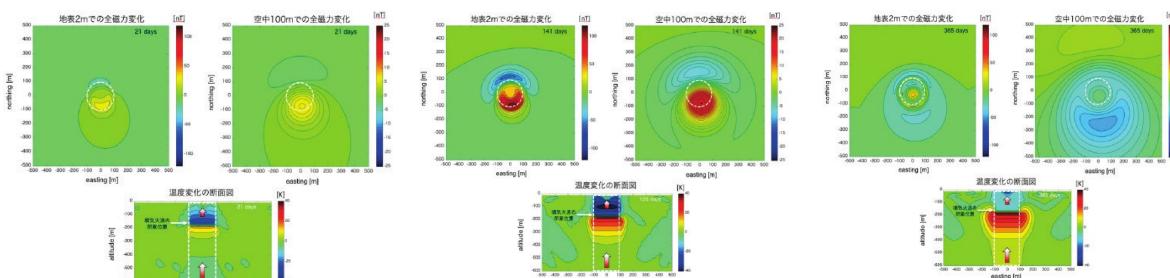
- ・精度と分解能の向上。
- ・比較研究(一般化と個性の把握)。
- ・(噴火事象系統樹の作成手法の標準化)。

噴火ポテンシャル評価から切迫性評価へ

火山活動の状態の把握と予測に関する調査及び研究

今後の研究:

- ・シミュレーション等の導入による噴火発生場の定量的理解(熱水活動モデル)。
- ・水蒸気噴火の切迫性評価／短期予測の手法開発。



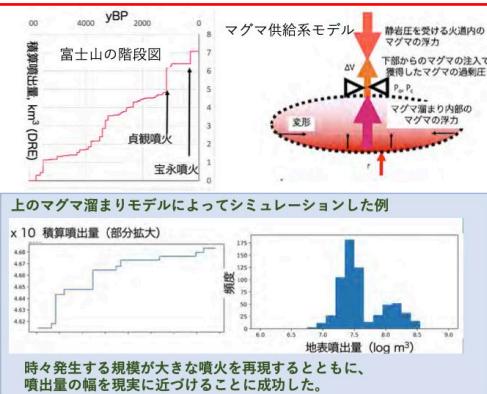
熱水シミュレータによる計算例(B4 成果)
火道閉塞後27日(左)、141日(中)、365日(右)

噴火履歴から長期評価へ

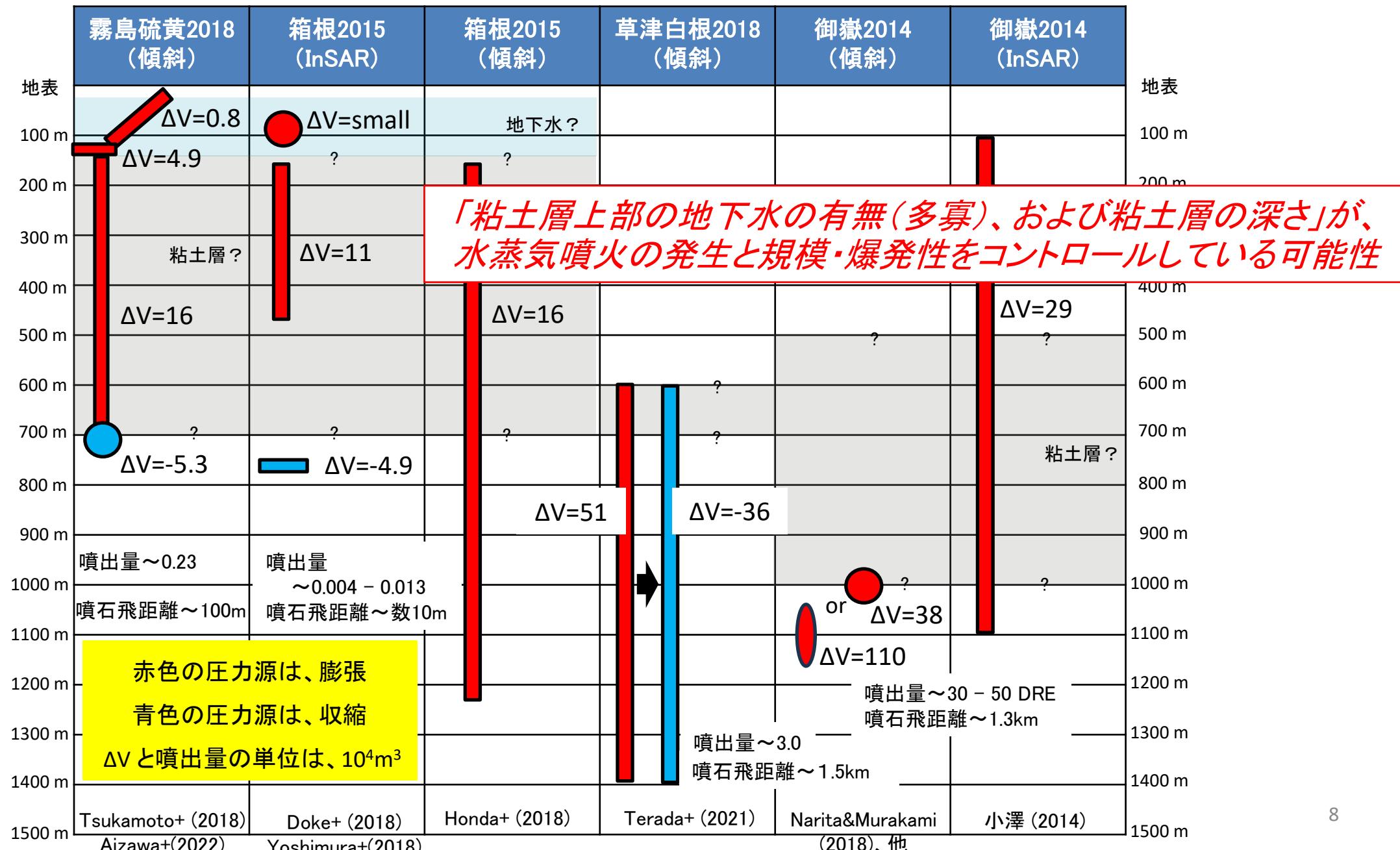
今後の研究:

- ・シミュレーション等の導入による噴火履歴の定量的理解(マグマ供給系モデル)。
- ・火山の長期評価／噴火の長期予測の手法開発。

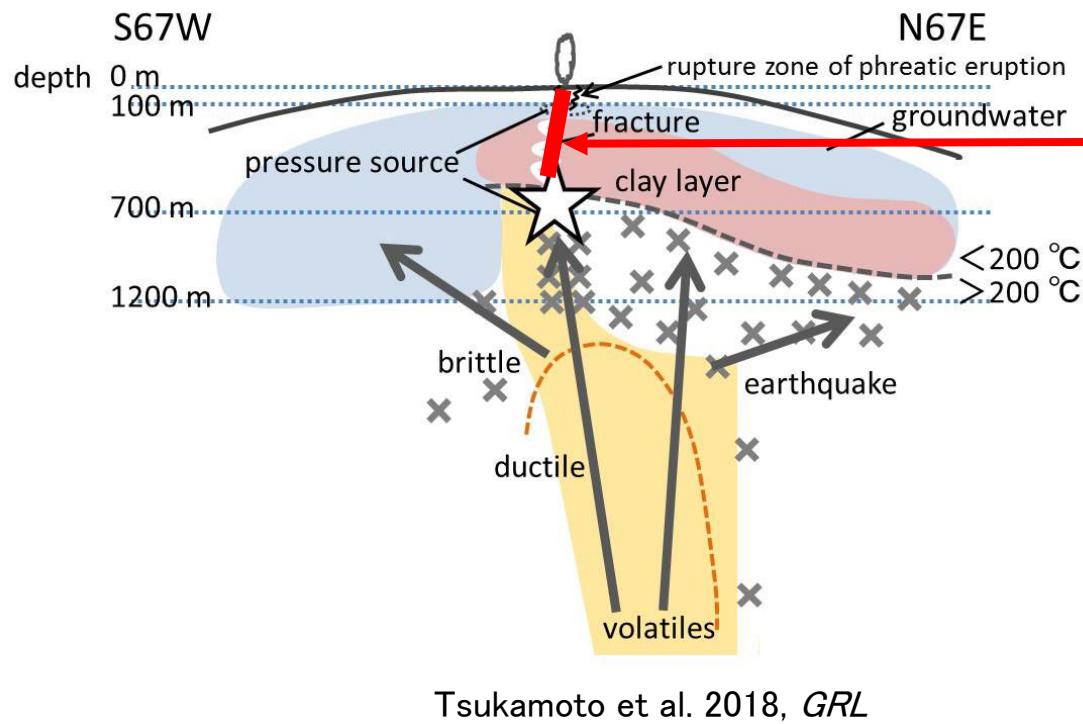
単純化したマグマ供給系モデルによる噴出量のシミュレーション(C1 成果)



水蒸気噴火の発生場の比較の例

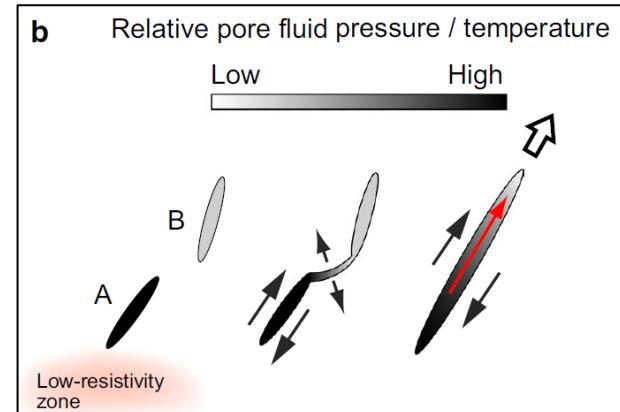


水蒸気噴火の切迫性／短期予測の手法開発

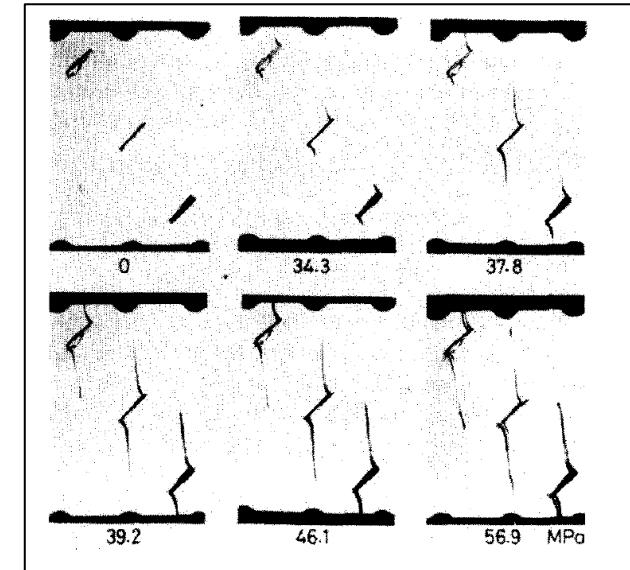


相澤広記の講演資料(火山学会2024秋季大会)をもとに作成

噴火発生前に亀裂の連結・拡大が生じると考えられる。



亀裂の連結・拡大のモデルと実験



Ashby and Halam 1986, *Acta Metall*

今後の研究:

- ・亀裂の連結・拡大の検知手法の開発。

亀裂の生成および連結・拡大によって発生する地震・微動の検出と震源特性の解明(火口近傍での観測)。

DAS観測や稠密アレイ観測などによる亀裂のイメージング手法の開発。

- ・リモートセンシング技術などによる地表面の熱活動や隆起の準リアルタイム(高頻度)把握。

・傾斜変化を伴う微動のモニタリングによる噴火直前警報システムの開発【Maeda 2023 JVGR, 相澤私信】。

(1) 火山活動評価手法に関する調査及び研究

火山活動の状態の把握と予測に関する調査及び研究

今後の研究(1):

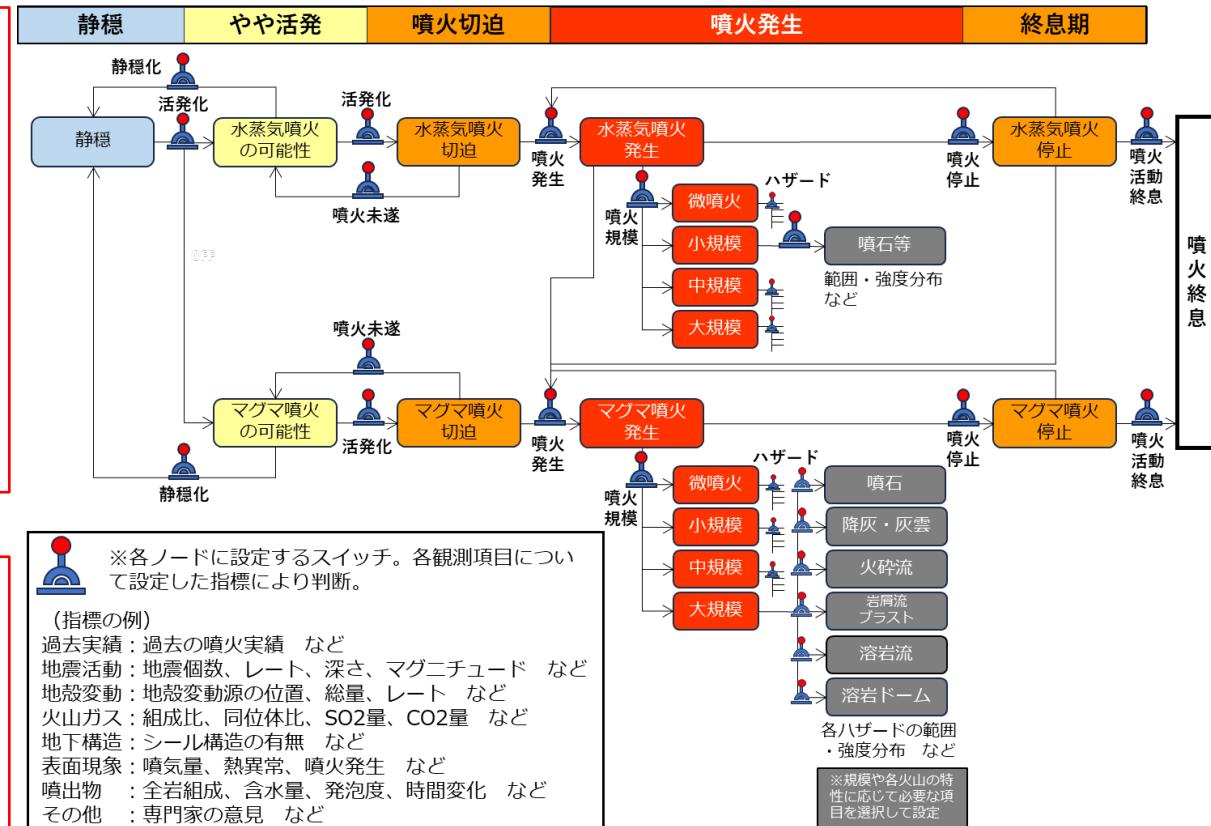
・火山活動推移図の作成と分岐判断基準の定量化。

- 火山活動推移図のプロトタイプは火山PJで試作予定。
- 今後は、分岐判断基準についての研究が必要。
- 分岐判断基準の定量化に関しては、火山PJの課題では、
C1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発
C3 マグマ移動過程シミュレーション技術開発
などの研究をさらに発展させる必要がある。

今後の研究(2):

・噴火発生(時刻、場所、様式、規模)の即時把握手法の開発。

- 監視カメラ(JMA等)、映像IoTシステム(NICT等)の利用。
- 火山PJで開発した技術・手法の活用と高度化が有効。
リモートセンシング技術(B2成果)
地震・空振のアレイデータ解析システム(B4成果)
ドローン観測技術(D1成果)
傾斜・歪・X-MPレーダ・ディストロメータ観測技術(D2成果)など。



火山活動推移図のイメージ(案)

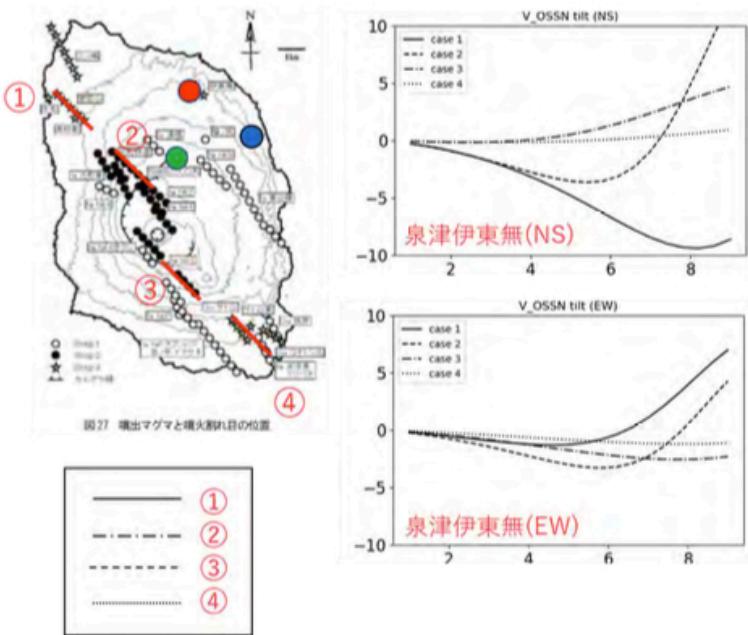
JVDNシステムの整備と活用

モデルに基づく定量的な分岐判断をめざす研究の例

地下におけるマグマ移動シミュレーション（C3 成果）

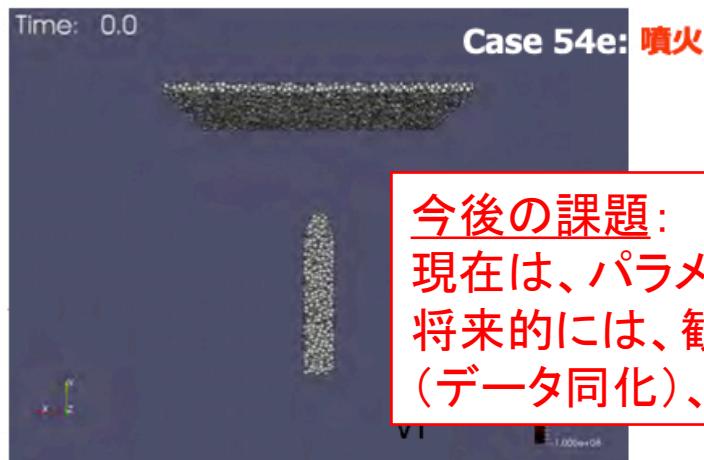
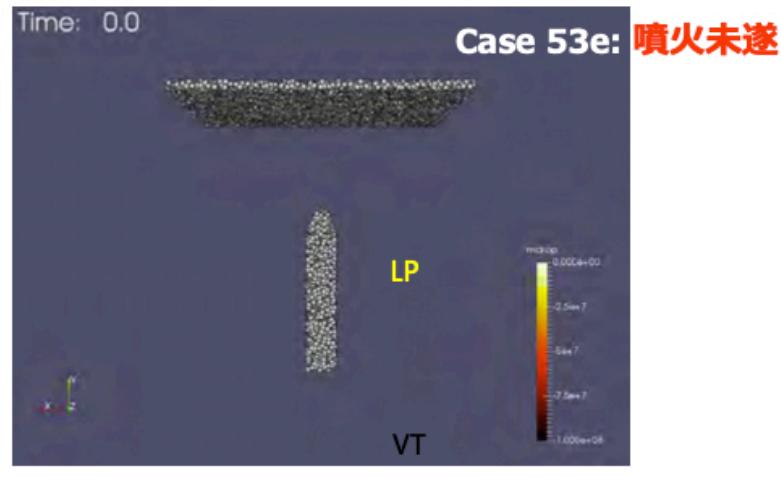
b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

○岩脈貫入の場所による傾斜変化の比（伊豆大島）



岩脈の位置の違いにより観測される傾斜変化の振幅比や極性変化のタイミングが異なる。
→異常発生時の監視の視点に役立つ。

○噴火・噴火未遂分岐判断のため、個別要素法により、各パラメータへの依存性の検討を継続して実施



今後の課題:
現在は、パラメータスタディの段階。
将来的には、観測データを取り込んで（データ同化）、分岐判断を行う。

(2) 火山ハザード評価手法に関する調査及び研究

火山ハザード把握手法に関する調査及び研究

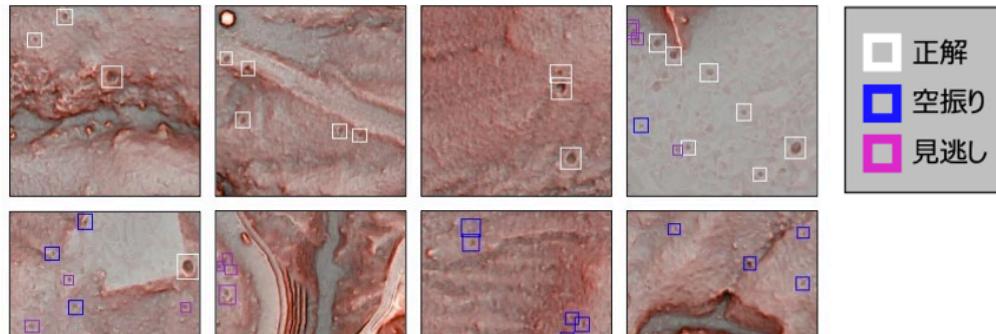
人工衛星や航空機による観測(可視・赤外画像、SAR等)

D1 無人機(ドローン等)による火山災害のリアルタイム
把握手法の開発

D2 ② リモートセンシングによる火山灰放出量の即時把握
技術開発(レーダ、ライダー、ディストロメータ観測)

火口や被災域へのアクセス性、調査の機動性・迅速性、空間分解能などを考慮すると、今後は、ドローンによるリアルタイムハザード把握手法の高度化が重要であると考える。

物体検出AI手法を用いた噴石着弾痕の検出(D-1 成果)



今後の課題:

- ・データ取得作業の効率化による即時性の向上。
- ・画像や3D地形モデルから状況認識する手法の高度化(AI技術の活用など)。
- ・運用体制の整備。

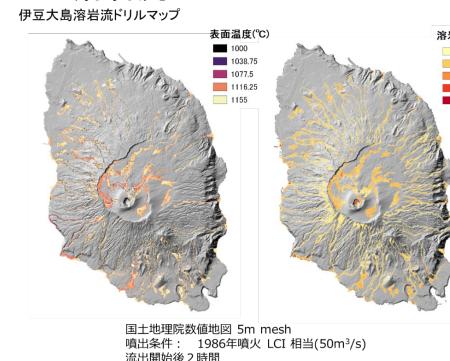
火山ハザード予測手法に関する調査及び研究

C3 ② 噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

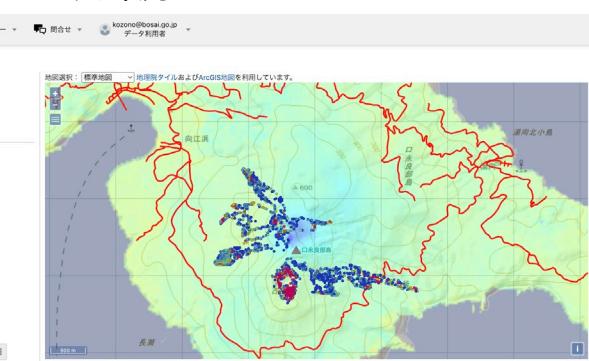
- 降灰ハザード予測モデルの開発
- 噴煙柱ダイナミクスマodelの開発

溶岩流、火碎流のシミュレーションによる到達範囲の予測

溶岩流シミュレーション



火碎流シミュレーション



(防災科研による)

今後の研究:

- ・シミュレーション手法の高精度化／高速化。
- ・シミュレーションの入力パラメータの高精度推定。
- ・リアルタイムハザード予測手法の開発。

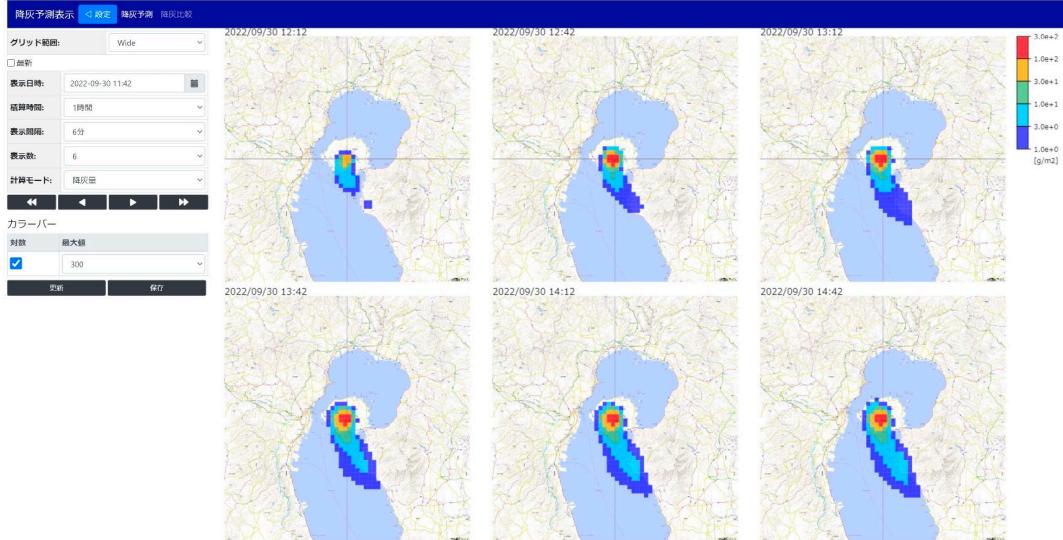


- ・噴火発生(時刻、場所、様式、規模)の即時把握による入力パラメータの即時推定。

(2) 火山ハザード評価手法に関する調査及び研究

D2 リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発

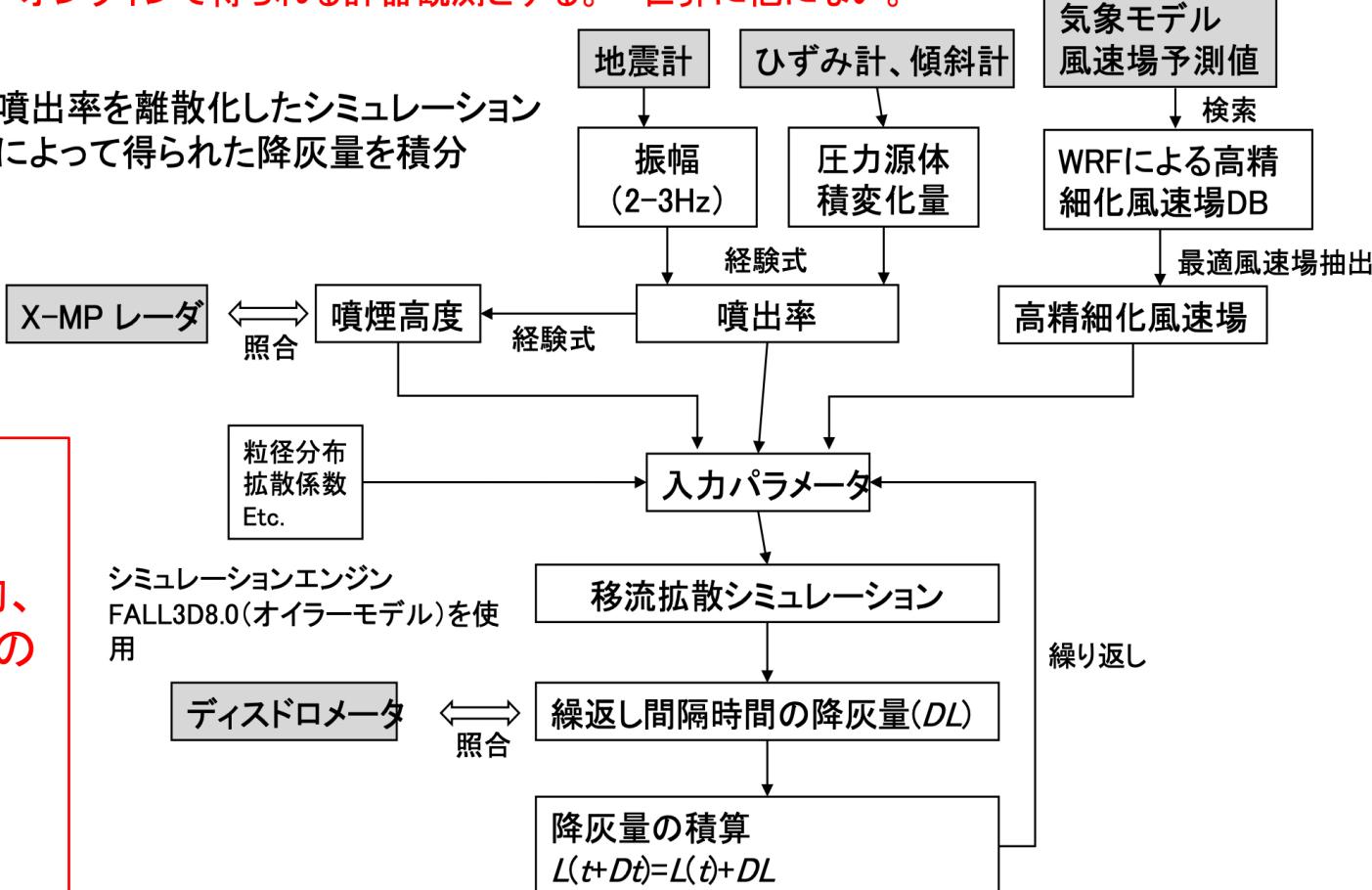
桜島における降灰予測シミュレーション



火山灰移流拡散シミュレーションの連続化設計

火山灰噴出率を連続する時間関数として扱う。入力条件をオンラインで得られる計器観測とする。→世界に他にない。

噴出率を離散化したシミュレーション
によって得られた降灰量を積分



今後の研究:

- ・桜島以外の火山への適用についての研究。
- ・シミュレーションの入力パラメータを、地震、地殻変動、レーダなどから、天候に依らずに即時推定する手法の開発。
→ e.g. Mori et al.(2022): 霧島山などの噴火微動の振幅から噴出量を推定。
- ・即時火山ハザード予測図の作成手法に関する研究。

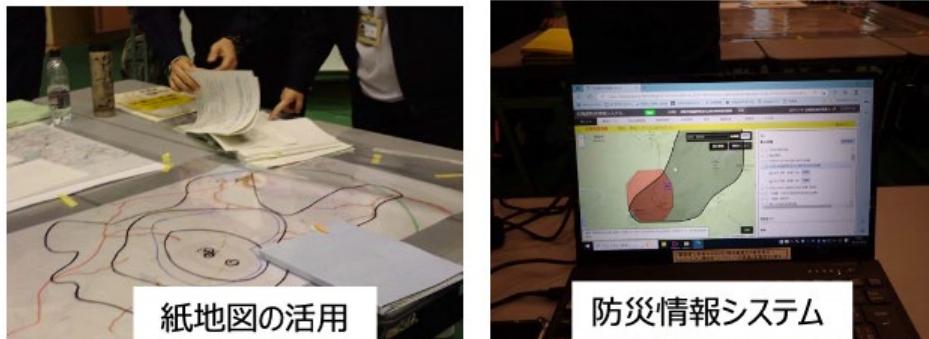
(3) 火山に関する総合的な評価を活動火山対策に活用するための調査及び研究

D3 火山災害対策のための情報ツールの開発

- ①周知啓発・教育用コンテンツの高度化
- ②降灰被害予測コンテンツの高度化
- ③避難・救助支援コンテンツの高度化

①周知啓発・教育用コンテンツの高度化

研究成果や観測・予測情報を防災情報システムと重ね合わせることにより、防災対応への活用が容易になる。



北海道庁の支援による雌阿寒岳火山噴火総合防災訓練

今後の課題：

この分野の研究は緒に就いたところ。

今後もこれらの研究を継続して進める必要があると考えられる。

そのためには、工学や社会学分野の研究者のさらなる参入が望まれるとともに、内閣府や自治体との連携が必要。

②降灰被害予測コンテンツの高度化



- ・降灰分布(予測/現地調査)：降灰調査チーム・データから自動降灰分布図 (課題Aとの連携)
- ・粒度情報 (文献及び現地調査) ?

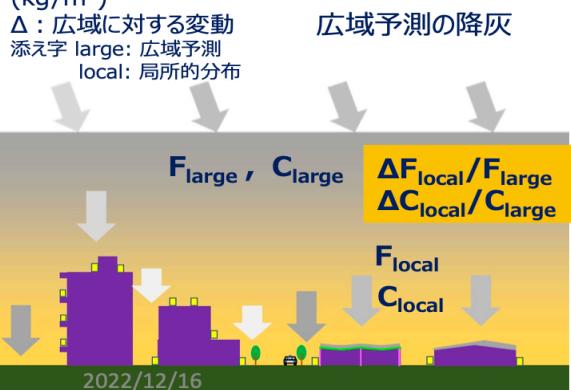
- ・ 対象エリアの建物・周辺への影響予測
- ・ 降灰量・応力・変形関係 (構造計算に基づく)
- ・ 降灰量・空調動作影響関係 (実験, 降灰計算に基づく)



自治体⇒住民
各種機関
施設
…

F : 降灰flux密度($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)
C : 浮遊火山灰空間密度 (kg/m^3)

△ : 広域に対する変動
添え字 large: 広域予測
local: 局所的分布



評価の空間単位：降灰予測情報の格子毎？

建物情報入力(ユーザー)

- 屋根仕様
 - 柱・梁仕様
 - スパン(柱間隔)
 - 屋根 (平坦・傾斜)

空調機器設置状況

- ・屋上
- ・地面
- ・遮蔽物の有無

降灰量
(予測/実況)

出力(ユーザーが使用)
構造影響予想：
応力・変形に応じ
・使用可
・使用に支障

空調影響予想：
吸引量・ファン堆積に応じ
・支障無or僅少
・動作に影響
・停止可能性

(3) 火山に関する総合的な評価を活動火山対策に活用するための調査及び研究

今後の研究：分野横断で取り組むべき総合的研究

噴火タイムラインと次世代火山PJの役割分担と連携

