

災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画（第2次）

令和5年度年次報告

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

JAMS01 : 地震発生帯モデリング研究

JAMS02 : 海底広域変動観測研究

JAMS03 : 海底火山観測研究

プレート固着の現状把握と推移予測：地震発生サイクルモデルの妥当性検証

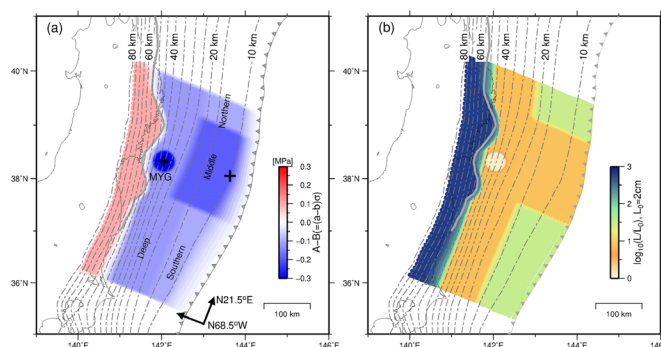
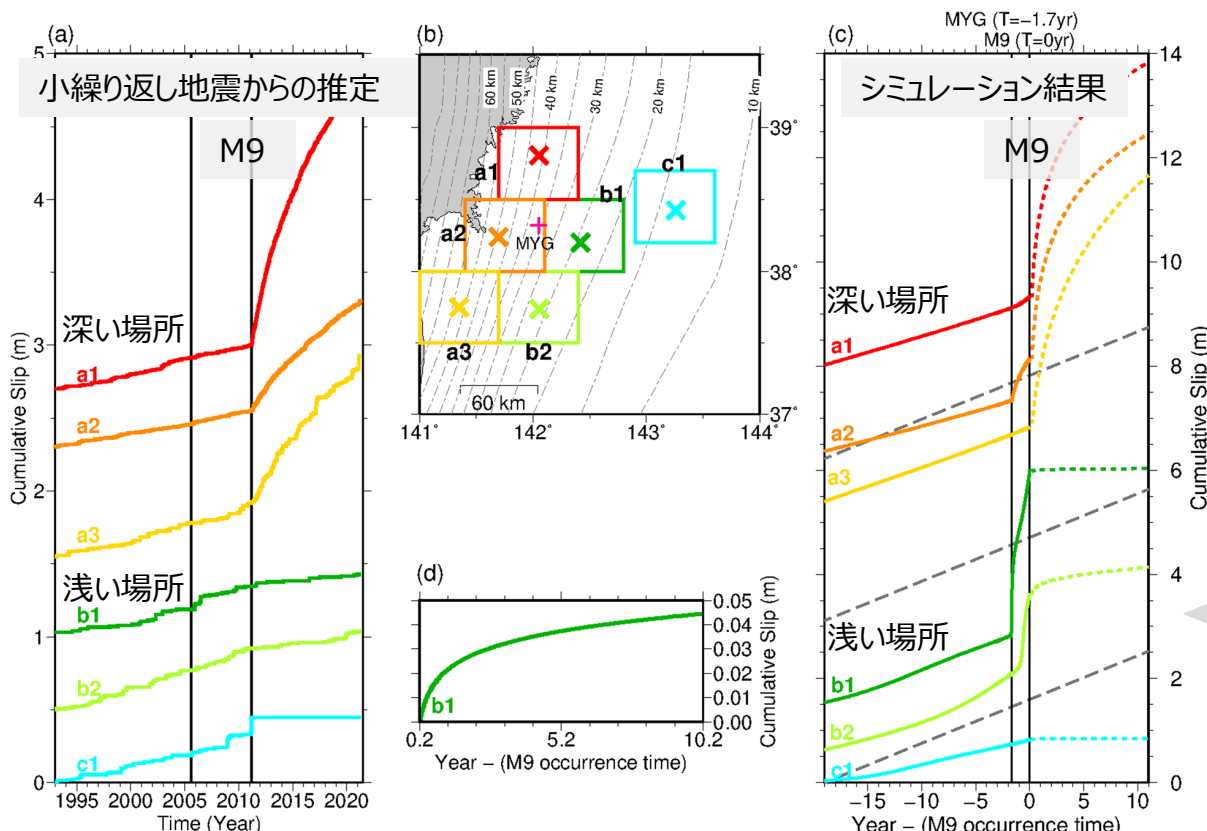
成果：推移予測に用いるモデルの妥当性検証を日本海溝域を対象に進めた。

- ✓ M9前後のすべりの時空間発展が定性的に整合していることを確認
- ✓ 従来再現できていなかった浅部でのM9後の固着状態を再現

Nakata et al (2023)

累積すべりの時間変化

設定した摩擦パラメータ分布



プレート境界でのすべり：
 ・M9前には、定常的なすべり
 ・M9後には、深い場所では余効すべり、
 浅い場所では固着

----- プレート間相対運動から
期待される累積すべり

2005年
宮城沖

2011年
東北沖

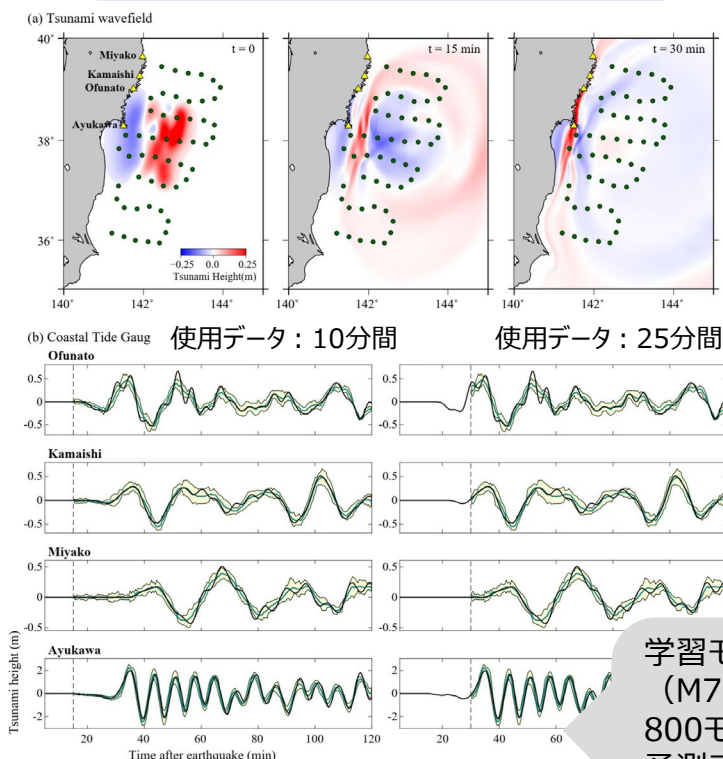
津波予測手法の高度化：DAEモデルを利用した沿岸津波予測手法の開発

成果：S-netデータを用いて手法の検証を行い、短時間で高精度な予測が可能であることを確認した。

- ✓ 2016年の福島沖津波に適用。地震発生15分後に正確な最大振幅の再現性能を確認
- ✓ データ同化よりも短い時間で良好な予測精度を確認

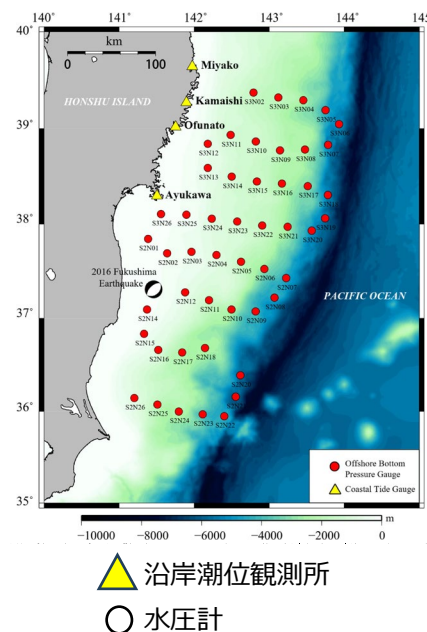
Wang et al (2023)

学習に用いなかったモデルでの予測テストの例

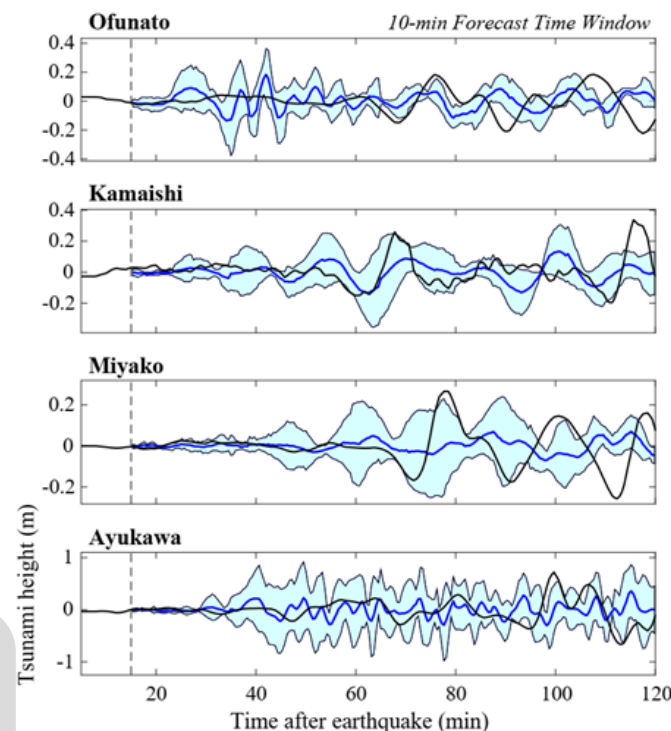


黒線：モデルでの計算値
 緑線：予測値
 緑ハッチ：予測誤差範囲

学習モデル：1000の波源断層モデル (M7.0-8.8) からランダムに選んだ800モデル
 予測テスト：残りの200モデル
 入力：水圧観測点(S-net)
 出力：沿岸潮位観測所4地点



2016年福島沖地震津波の観測値と予測値の比較



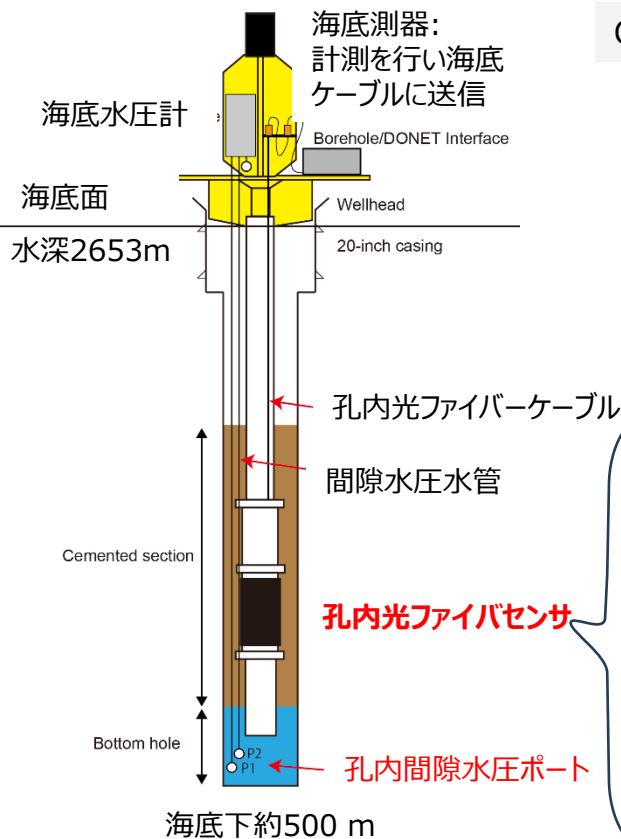
黒線：観測値
 青線：予測値
 青ハッチ：予測誤差範囲

地震発生過程の現状把握：海底孔内観測システムの構築

成果：新たな海底孔内観測システムを開発し、スロー地震発生域において運用を開始した。

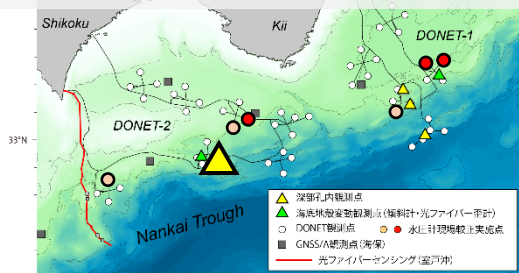
- ✓ 新開発の孔内光ファイバーセンサと実績のある孔内間隙水圧計を組み合わせたシステムを構築
- ✓ 紀伊水道沖に設置、DONET-2への接続に成功
- ✓ 高感度・高ダイナミックレンジに海底地震やゆっくりすべりに伴う地殻変動をリアルタイムに観測可能

孔内観測システム



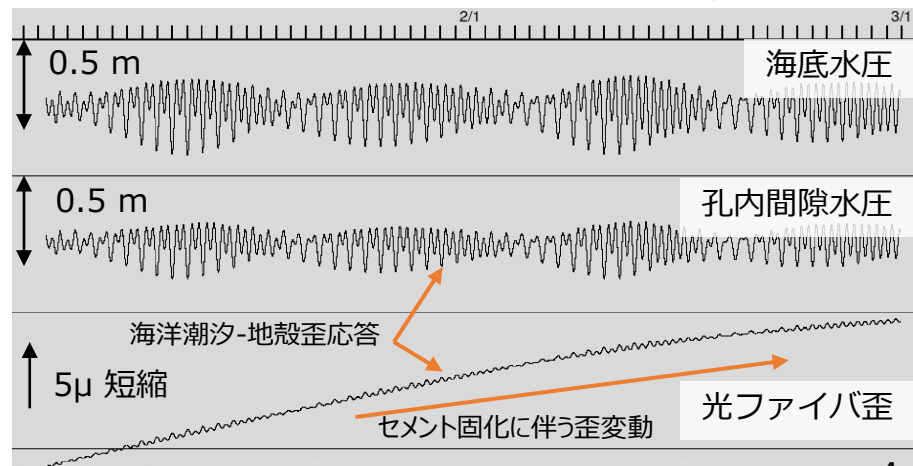
孔の掘削・センサの設置場所

CK23-03航海：Nov.6 – Nov. 28, 2023



孔内データ

初期観測データのQCを実施。孔内間隙水圧・光ファイバ歪は海洋潮汐によって生ずる地層歪が観測されるなど、良好な記録が得られている。気象庁南海トラフ地震評価検討会・地震調査委員会に観測結果の報告を開始した。



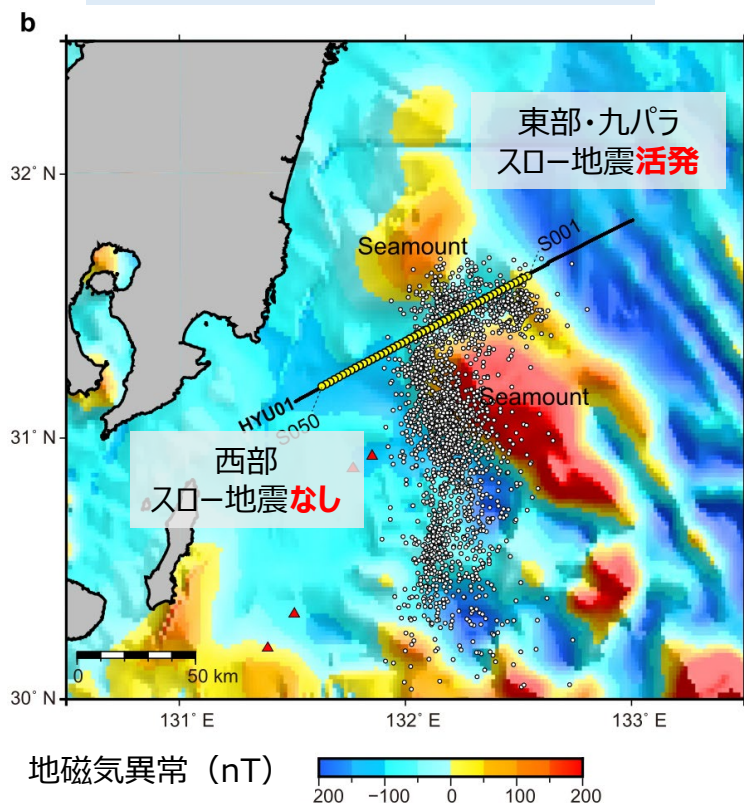
地震発生帯の実態把握：スロー地震活動と地下構造との関係

成果：日向灘の上盤プレート内に**低速度帯（流体経路）**を発見した。さらに、沈み込む海山の特徴とスロー地震分布の不均質性との関連を示した。

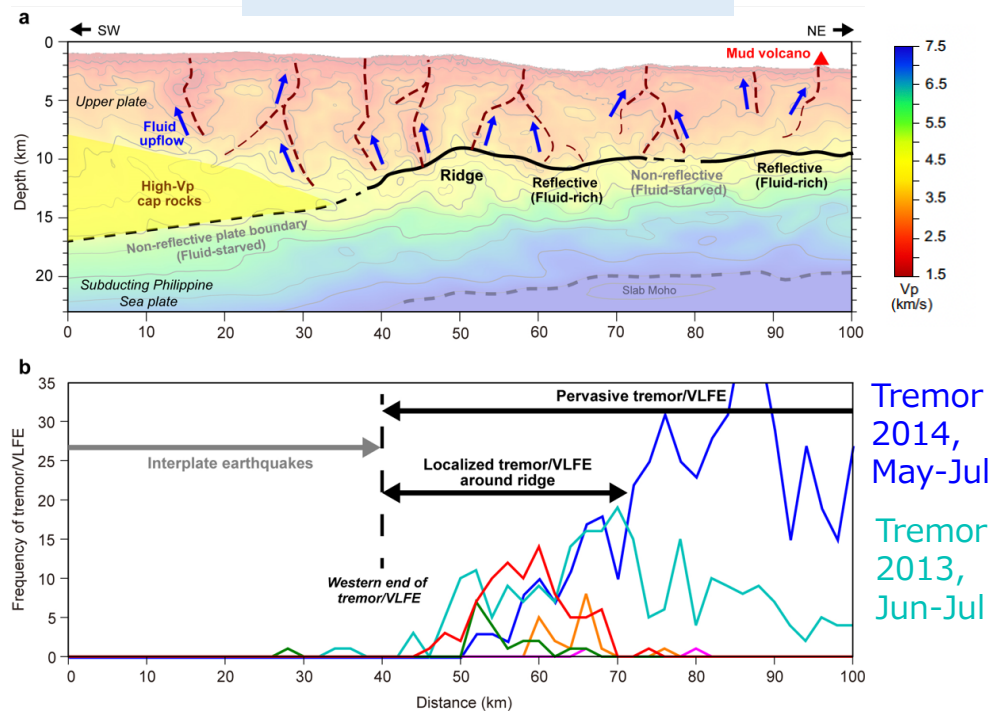
- ✓ 日向灘2km間隔OBS測線データを活用した波形インバージョンを実施
- ✓ **低速度帯は鉛直方向に発達**
- ✓ 九州パラオ海嶺沈み込みによる**流体の存在を示唆、泥火山の分布と整合的**
- ✓ 九州パラオ海嶺沈み込み場のプレート境界は高反射

Arai et al (2023)

探査測線（稠密OBS、反射法）



速度構造とスロー地震活動



今後、解析領域を足摺沖まで広げ、プレート固着／スロー地震発生域の詳細なプレート境界構造を明らかにする

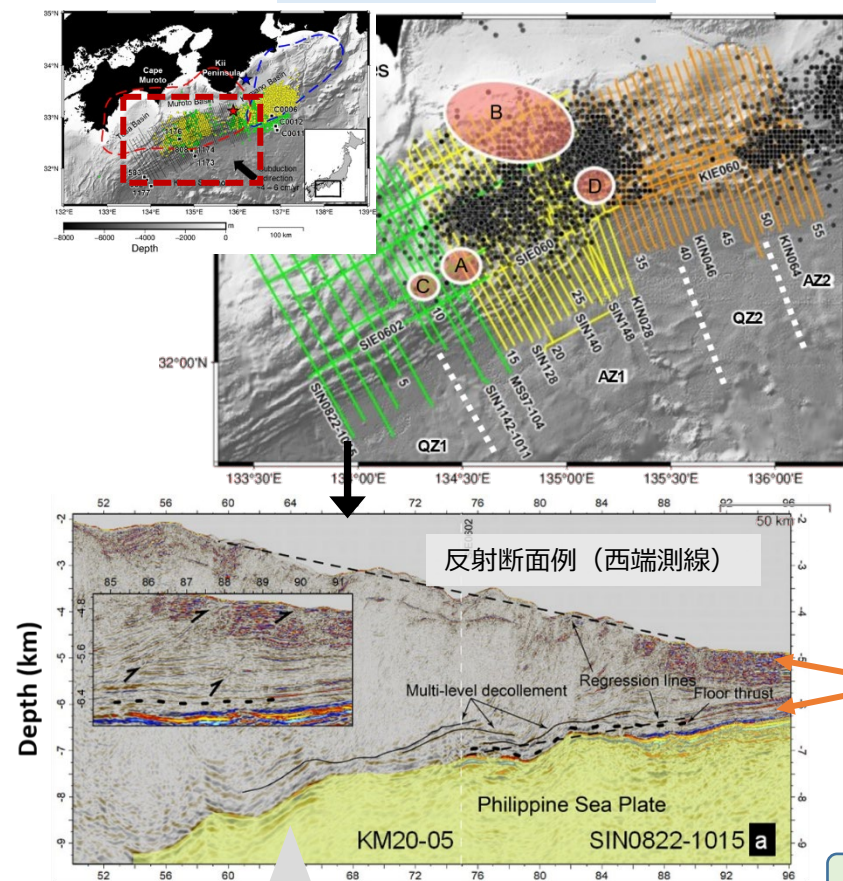
地震発生帯の実態把握：スロー地震活動と地下構造との関係

成果：複雑なプレート境界形状と浅部スロー地震活動との相関を明示した。

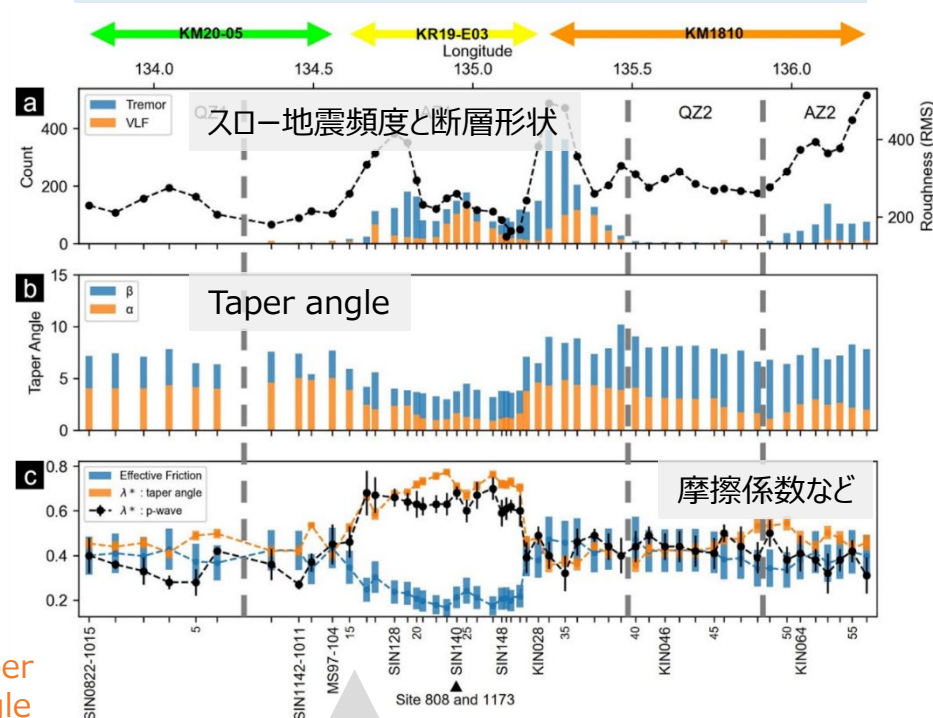
- ✓ 南海トラフ域における多量の反射断面図を定量的に分析
- ✓ プレート境界の断層形状や摩擦係数と固着／すべりに相関

Flores et al (2024)

反射法測線と断面図



断層形状や摩擦係数とスロー地震活動の相関



Critical Taper theory (Davis et al. 1983)に基づき有効摩擦係数を推定

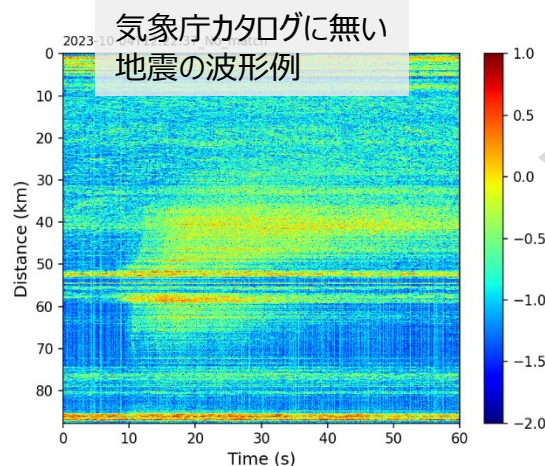
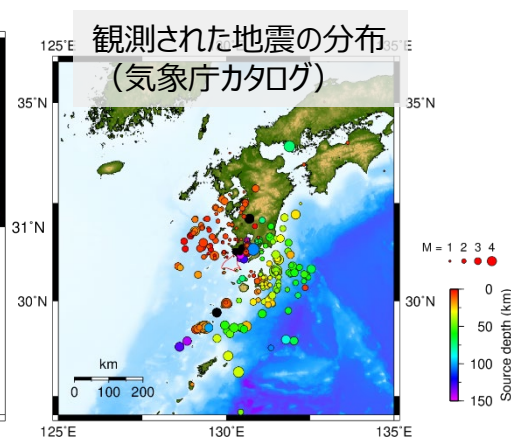
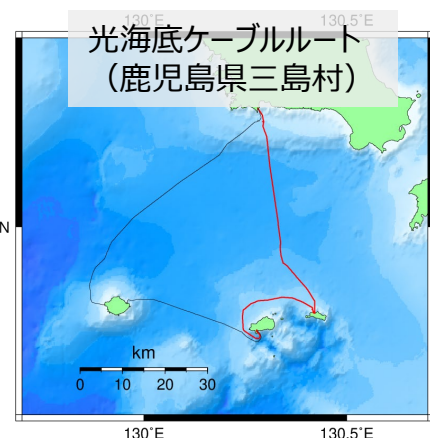
今後、沈み込む海洋プレートの物性の違いがプレート境界断層に与える影響についても、物質科学研究と合わせた議論を進める

海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：火山活動リアルタイムモニタリング

成果：複数の火山域においてDASを利用した試験観測を実施し成功した。

鬼界カルデラ

- ✓ 鬼界カルデラ付近で発生した可能性が高い小規模な地震活動を検出

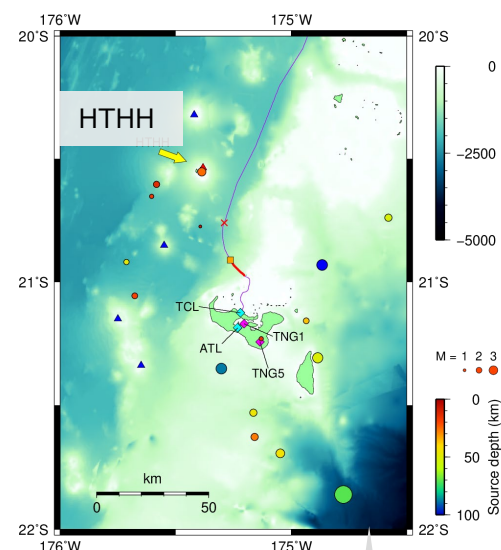


観測点：
枕崎～硫黄島間
(赤線ルート)

観測期間：
2023年8月2日～
11月17日

フンガトンガ

- ✓ DAS観測によるトンガ海域周辺での地震・火山活動モニタが可能であることを実証



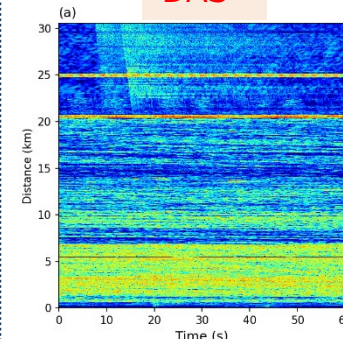
- ：検出した地震
- ▲：トンガ海域火山

HTHH直下を含むトンガ本島
周辺で、17個の地震を検知

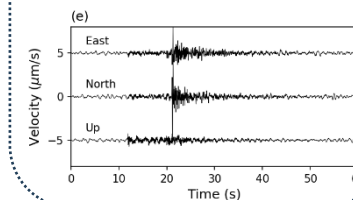
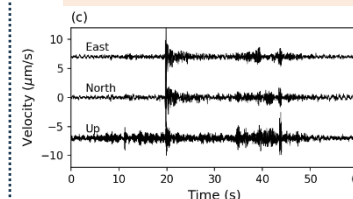
Nakano et al (2024)

HTHH下で起きた
同一の地震の波形例

DAS



トンガ本島の地震計



海底火山の調査による活動履歴の理解と現状把握：噴火機構の実態解明

成果：岩石試料の分析により福徳岡ノ場と西之島における火山噴火過程を推定した。

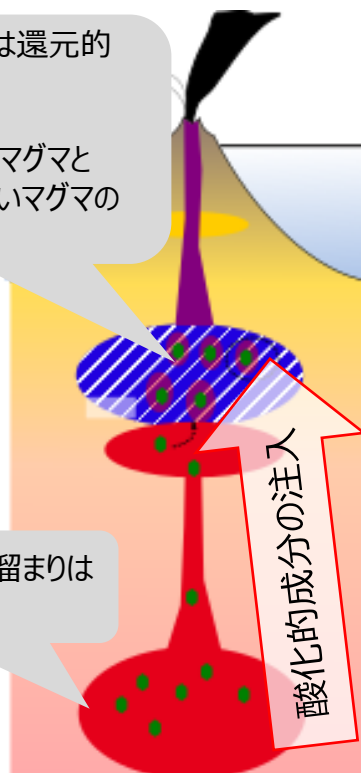
- ✓ 二つの噴火は**深部からの苦鉄質マグマによる酸化**という共通の特徴を持つことを特定
- ✓ マグマ溜まりでの酸化還元による化学反応が大規模な噴火を引き起こした可能性を指摘

西之島の噴火(2020年)

浅部の安山岩マグマは還元的
～1000℃

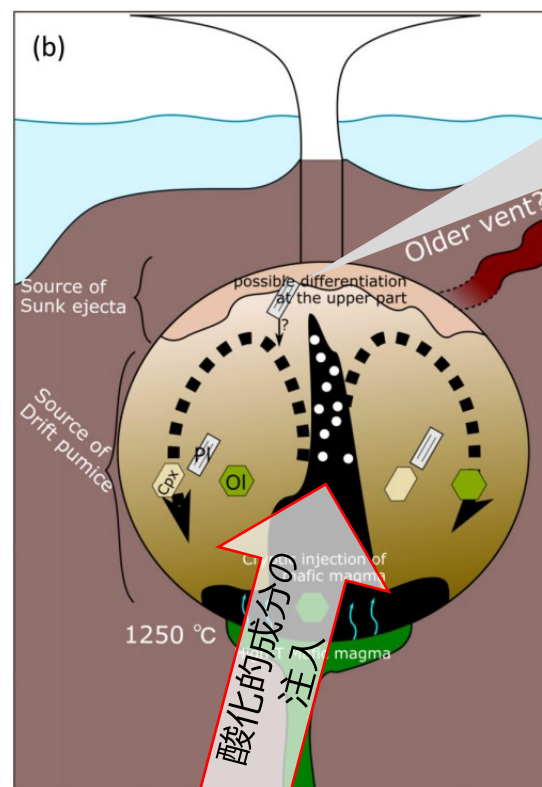
還元的・SiO₂に富むマグマと
酸化的・SiO₂に乏しいマグマの
混合が生じる

深部の玄武岩マグマ溜まりは
酸化的



Yoshida et al (in prep)

福徳岡ノ場の噴火(2021年)



Yoshida et al (2023)

漂着軽石中の捕獲岩からマグマ溜まり上部に見られる特定鉱物（長石）の濃集とその形成機構を見出し、マグマ溜まりの構造を明らかにした



長石の集合体

Yoshida et al (in printing)

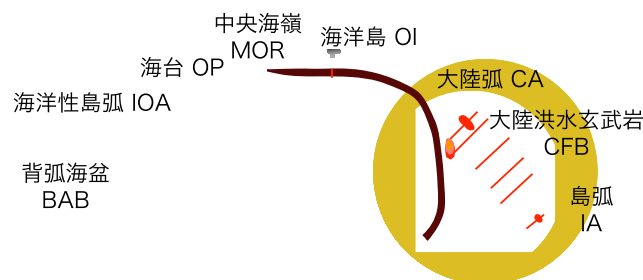
今後も、調査航海と室内実験から噴火機構を推定し、活動予測への貢献を図る

データ駆動科学を用いた数理解析：全地球火山岩化学組成の解析

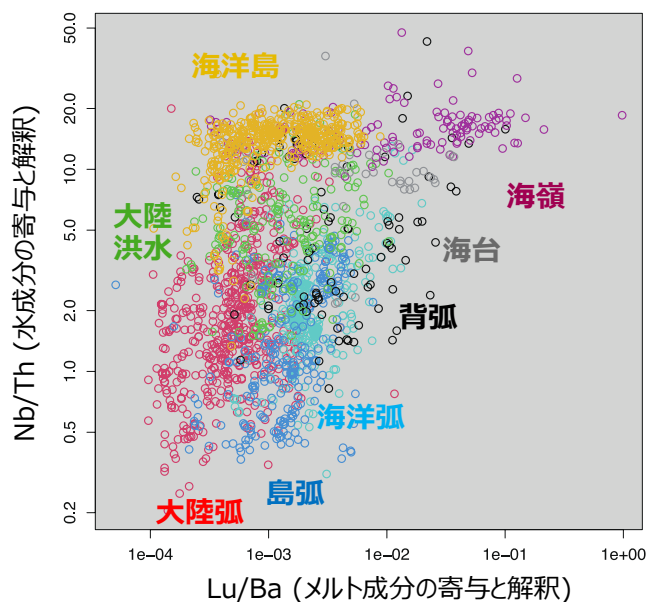
成果：未知火山岩試料の起源テクトニクスを確率的に識別するモデルを構築した。

- ✓ 多量の化学組成の特徴量を入力データとして機械学習手法（スパースモデリング）により解析
- ✓ テクトニクスごとにマグマの化学的特徴を抽出、その特徴を用いて**マグマの起源を特定可能**

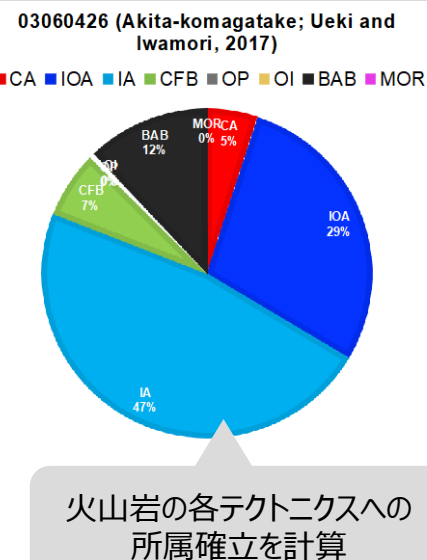
8つのテクトニクス



抽出された化学的特徴量

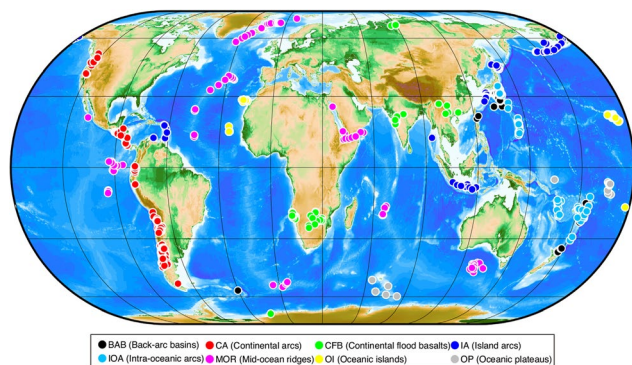


結果例



Ueki et al (2024)

学習に使用した火山岩試料の空間分布



今後、テクトニクス場の化学的特徴から、プレート運動・マンテル対流がマグマ活動・物質分化に果たす役割の解明につなげる

今後、火山岩を用いた詳細・定量的な古テクトニクスの解明を目指す