

# 災害の軽減に貢献するための 地震火山観測研究計画（第3次）

令和6年度 年次報告

気象庁

# 気象庁が担当する研究課題

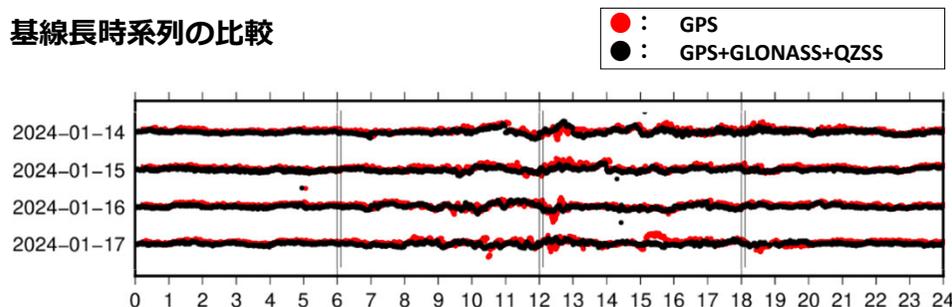
課題内容	JMA-	研究課題名
火山	01	火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究
	02	電磁気による火山活動評価の高度化に向けた調査
災害誘因評価・即時予測	03	地震動・津波即時予測の高度化に関する研究
南海トラフ沿いの巨大地震	04	地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究
観測研究基盤	05	地震観測、地殻変動観測
	06	潮位観測
	07	地磁気精密観測
	08	火山観測の強化とデータ収集・蓄積・共有の推進
	09	全国地震カタログの作成
	10	噴火警報に資する火山活動の評価
防災リテラシー	11	地震・津波・火山防災情報の改善に係る知見・成果の共有
	12	防災・減災に関する知識の普及啓発

## 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

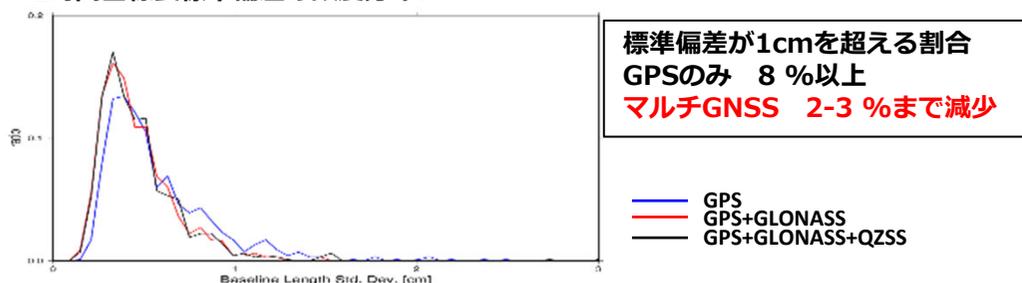
多項目データによるデータベースの構築、GNSSキネマティック解析のマルチGNSS化、PF法による火山地域での自動震源決定などを実施。

下記は、GNSSキネマティック解析システムにおいて、マルチGNSS化により精度が大きく向上することを示したもの。

### 基線長時系列の比較



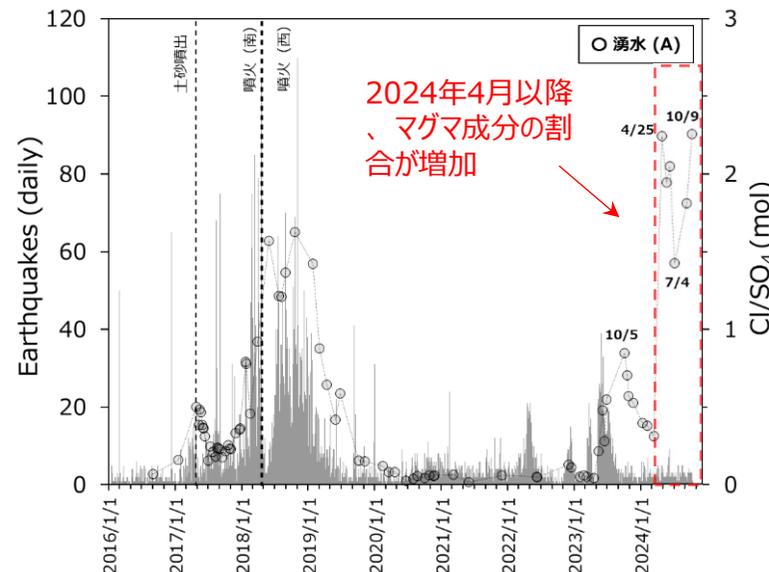
### 1時間基線長標準偏差の頻度分布



## 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

火山ガス、熱水の採取・分析による活動評価に有益な化学的指標の探索、二酸化硫黄カラム濃度計測装置のテレメータ化、気象モデルを用いた二酸化硫黄放出率の解析手法の開発などを実施。

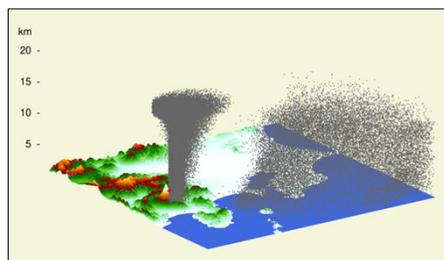
下記は、霧島山(硫黄山)で、熱水のCl/SO<sub>4</sub>比を活動の指標として、火山活動の変化をモニタリングしたもの。



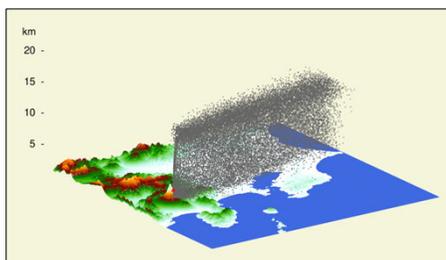
第3回火山調査委員会提出資料 (2024.9.25) に加筆

## 衛星解析等による火山噴出物の濃度及び確率予測技術

強い噴火  
(噴火の強さが支配的)



弱い噴火  
(周囲の風が支配的)

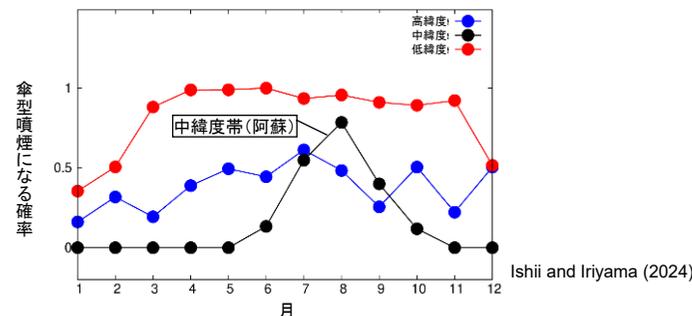


宝永噴火相当の噴火(噴出率10<sup>6</sup> kg/s程度)に対する火山灰の拡散シミュレーションの結果

(左)噴出率が大きく放射状の噴煙(傘型重力流)を形成している例  
(右)噴出率が小さく指向性の強い噴煙(風下重力流)を形成している例

衛星データによる火山灰雲の解析手法の高度化、二重偏波気象レーダーによる噴煙解析、アンサンブル予報を用いた浮遊火山灰の確率予測、噴煙モデル(NIKS-1D)の改良などを実施。

下記は、NIKS-1Dに風の影響を考慮した傘型噴煙の判別を行う仕組みを導入し、噴煙形状の緯度・季節依存性を明らかにしたことを示す。

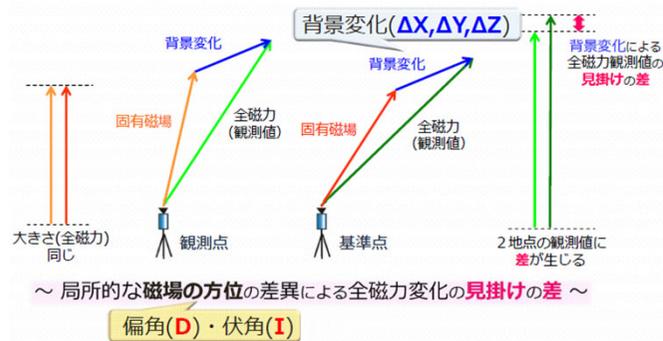


各緯度帯に対する月ごとの傘型噴煙になる確率(噴出率が10<sup>7</sup> kg/sの場合) Ishii and Iriyama (2024)

## 全磁力毎日値の自動 ノイズ補正システム開発

全磁力観測データに重畳するノイズ  
(スパイク・年周変化・DI効果)を  
即時に自動補正し、データリポジトリに随  
時登録する体制を構築した。

DI効果の補正に必要なモノ…  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$

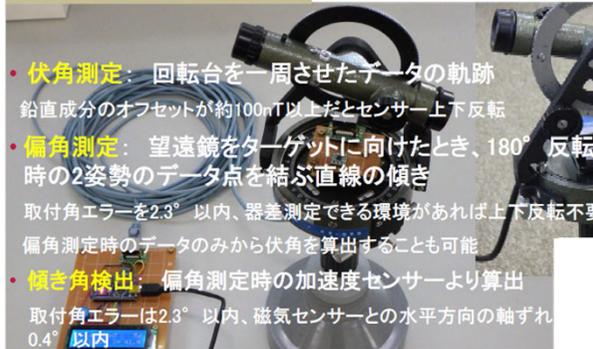


VOIS4には補正した全磁力差分の毎日値データを共有



## 偏角伏角測定器の開 発

目標とする測定精度:  
0.1° (DI補正~0.1nT相当)

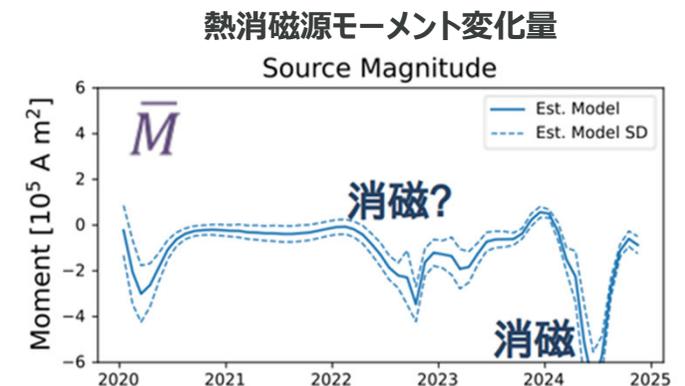
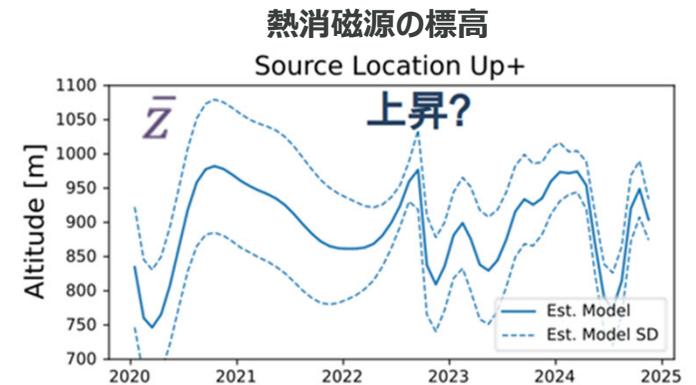


様々な火山においてDI効果を  
補正し火山性の磁場変動を  
抽出するために必要な、各観測  
点における偏角と伏角を測定  
するための測器開発を行った

## 高時間分解能の熱消磁源モ デリング

従来の繰返し観測を用いた熱消磁  
源の推定では時間分解能に限りが  
ある。そこで連続観測から熱消磁源  
の時間発展を推定する手法の開発  
を進めた。観測点数の少なさを補う  
ため拡張カルマンフィルタを採用した

### 時間連続モデル (確率表現による)

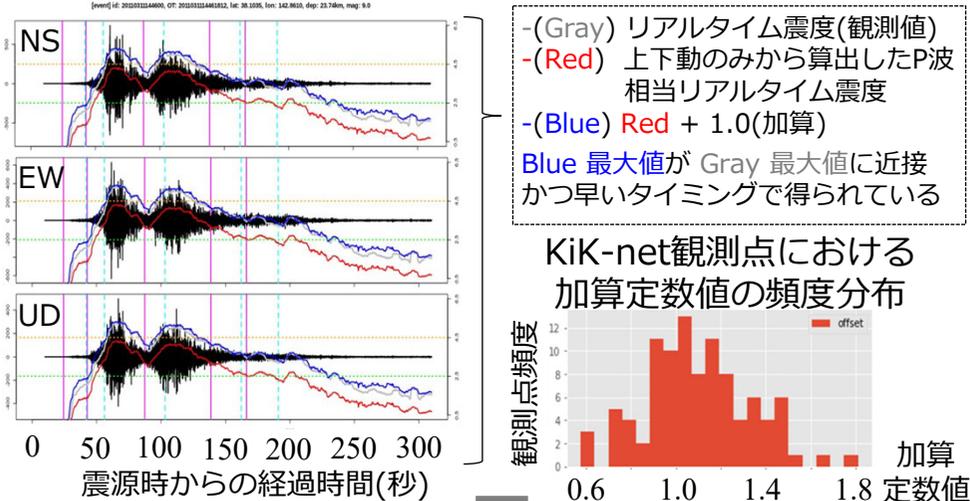


## P波を利用したPLUM法の迅速性の向上

P波を利用してS波相当の震度をオンサイト予測  
 オンサイト予測値をPLUM法に取り込みPLUM法を迅速化

- ・ P波検出をスキップし、常時オンサイト予測を実施
- ・ 加算定数値を観測点ごとに推定

例：東北地方太平洋沖地震時の IWTH27(地上点)



観測震度4以上の地点で計測震度±0.5の精度で予測  
 震度5弱以上の地点で猶予時間を1~3秒延ばせる見込み

## ライブカメラ映像の津波現地調査への活用と津波波形の抽出

ケーブルテレビ会社\*提供  
 ライブカメラ映像



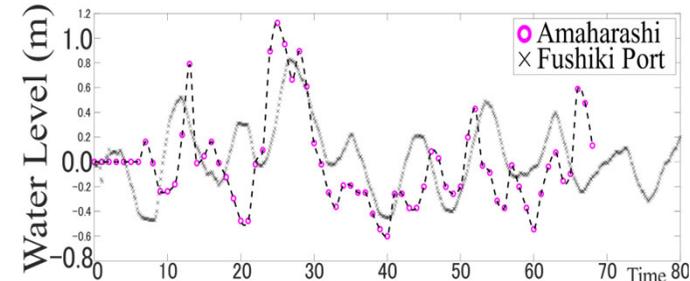
現地調査(測量)



南・他 (2024; 土木学会論文集)

\*ケーブルテレビ富山、高岡  
 ケーブルテレビネットワーク

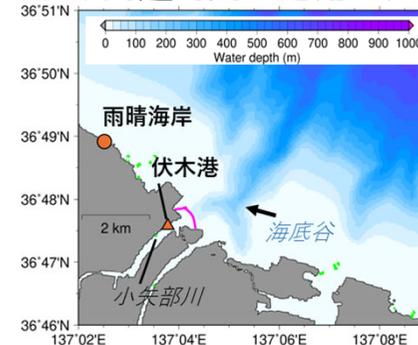
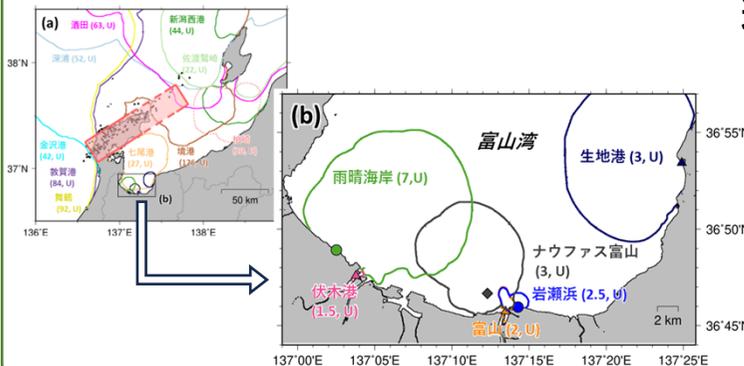
従来では得られなかった津波測量・観測データを取得



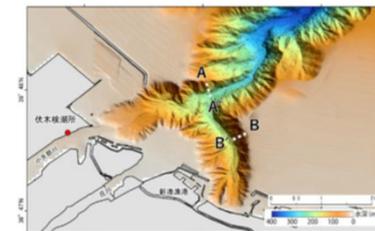
## 津波逆伝播解析に新たなデータ利用・手法を開発

津波逆伝播解析

ライブカメラからの津波波形データ活用  
 近接二点の到達時刻差を用いた解析

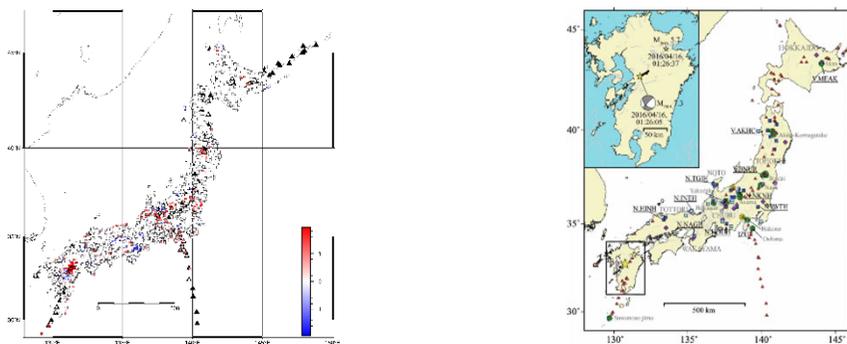


推定した津波波源は  
 ・ 海上保安庁の海底斜面崩壊痕跡調査  
 ・ 地震調査委員会の地震活動  
 などで活用



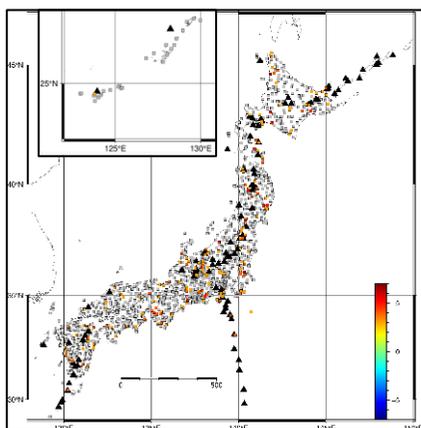
深層学習モデルを用いた動的誘発地震の抽出

2016年熊本地震後に地震活動変化指標  $\beta$  値 [Matthews & Reasenberg 1998] が高まった観測点の分布を自動検出によって調べると、目視による動的誘発地震が観測された観測点の分布とよく似ていることが分かった。



(左)  $\beta$  値が高まった観測点分布 表面波到達前後の波形に PhaseNet [Naoui et al., 2024] を適用 (右) 動的誘発地震が観測された観測点の分布 [Enescu et al., 2016]

世界中のM7以上の地震直後の地震波通過に伴う応力変化によって発生する動的誘発地震の検知を行い、有意な地震の活性化が繰り返し見られる観測点を抽出した。



有意な地震の活性化が見られた観測点

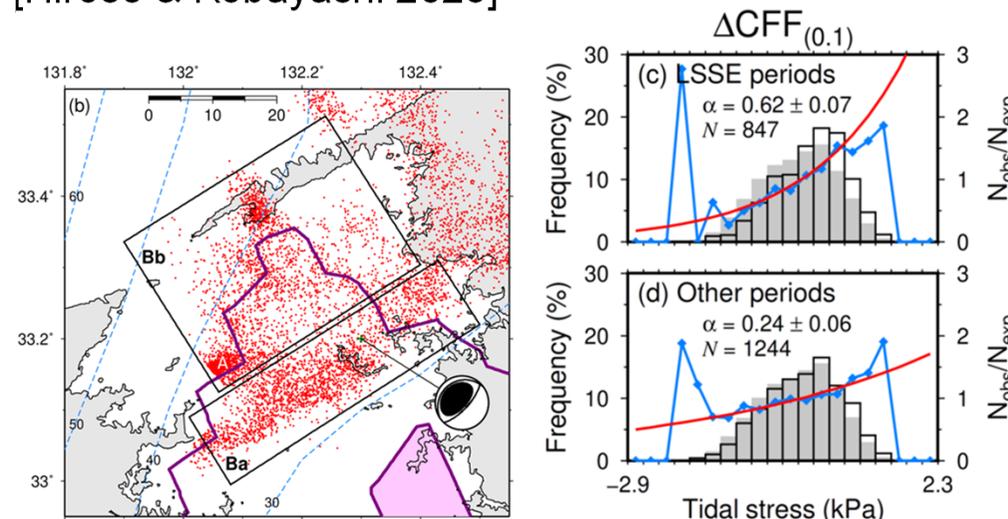
2016年～2024年8月に発生したM7以上（深さ<100km）の地震前後の速度波形に PhaseNet [Naoui et al., 2024] を適用して局所的な地震を1点検知して得られた有意な地震の活性化が繰り返し見られる観測点。

Shimojo 2024, 下條 2024

豊後水道の深部微動と潮汐の関係

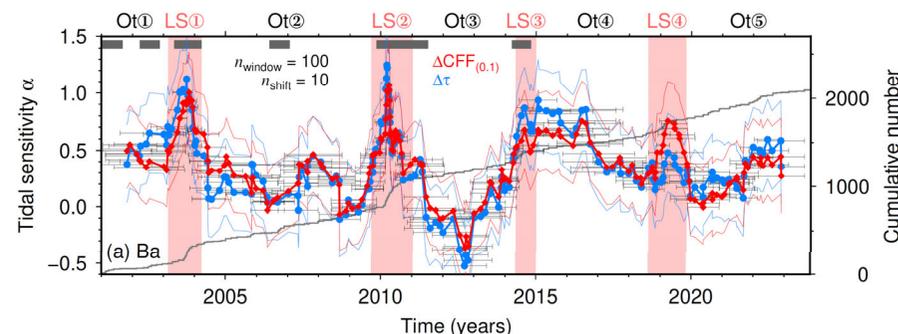
豊後水道（特に浅部側の領域Ba）の深部低周波微動は潮汐せん断応力や $\Delta CFF(0.1)$ が大きいほど発生しやすい。豊後水道の深部微動の潮汐感度はLSSE期の方が大きく断層弱化を反映しているものと考えられる。

[Hirose & Kobayashi 2025]



深部微動の震央 領域Ba, BbはObara+ [2010] による。

$\Delta CFF(0.1)$  に対する領域Baの微動の応答



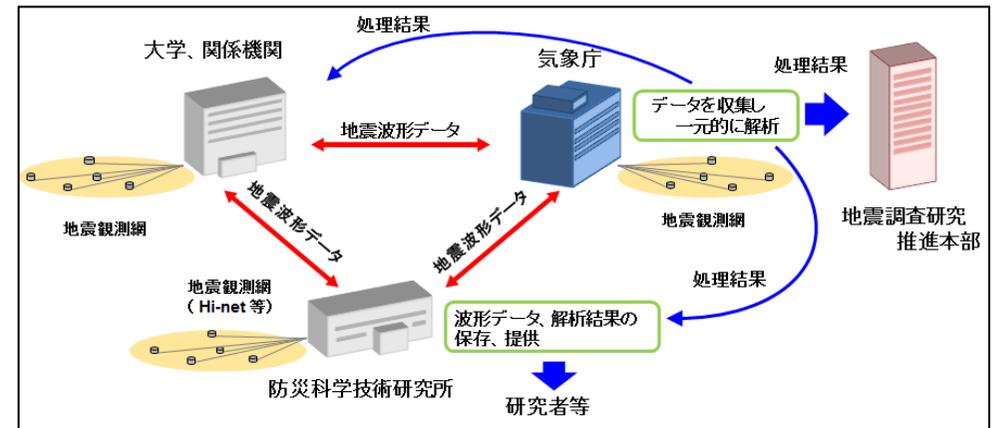
微動の潮汐感度  $\alpha$  の時間変化

桃期間はKobayashi [2017]の手法で決定されたLSSEの活動期

## 地震・津波観測から情報を発表するまで



## 地震調査のための一元的データ収集・解析



## 地震調査委員会提出資料 2024年8月9日 臨時会(令和6年8月8日 日向灘の地震)

## 令和6年8月8日 南海トラフ沿いの地震に関する 評価検討会及び記者会見

### 南海トラフ沿いの地震に関する 評価検討会

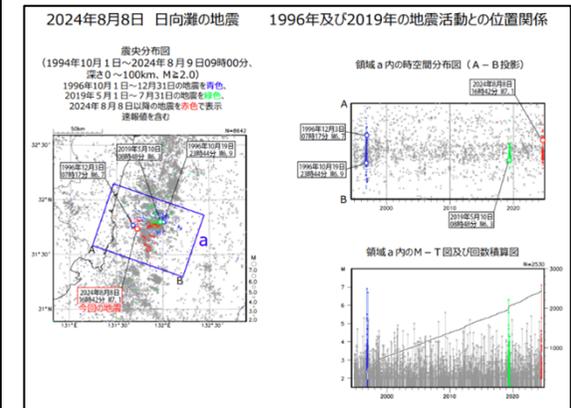
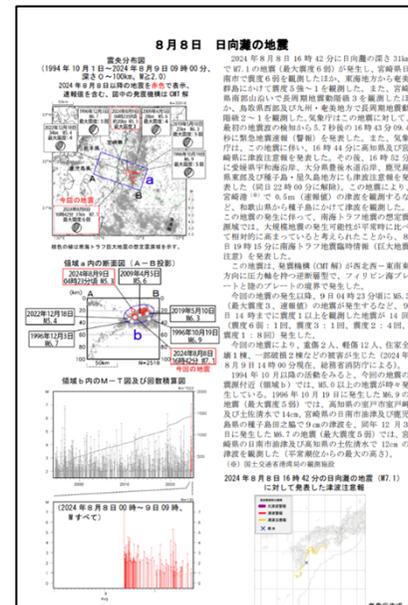


令和6年8月8日17:30

### 南海トラフ地震注意情報（ 巨大地震注意）発表

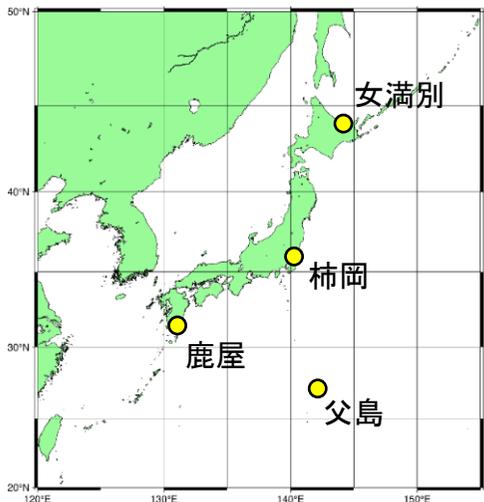


令和6年8月8日19:45



地磁気4成分精密観測

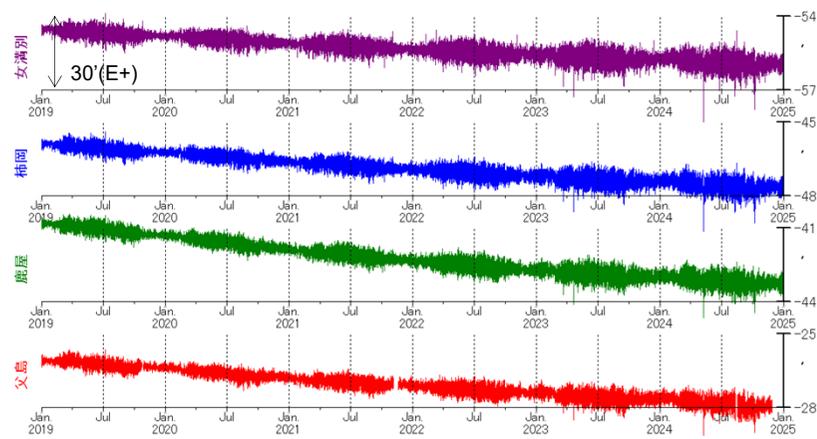
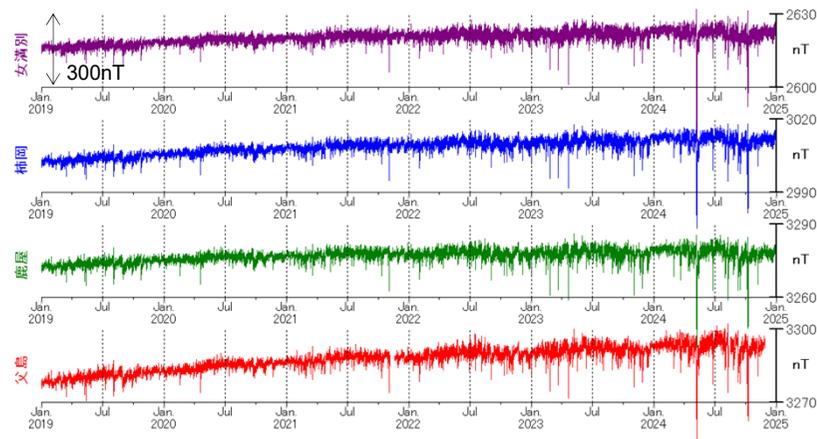
- ◆ 地磁気精密観測を安定的に実施し、磁場データをリアルタイムで提供した。
- ◆ 定期的に絶対観測及び観測値の較正を行った。
- ◆ 観測資料は、2022年にDOI (Digital Object Identifier)を付与したことで、引用・追跡が容易となっている。



気象庁地磁気観測所の観測点配置



変化観測の補正のために定期的に行う絶対観測(父島)



2019年～2024年の地磁気精密観測の毎時値プロット  
(上:地磁気水平成分[H], 下:地磁気偏角[D])

印画紙記録のデジタルデータ化

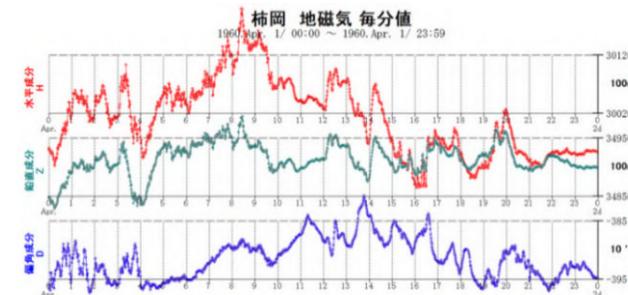
- ◆ 印画紙に記録された過去の地磁気アナログデータの画像データ化と数値化を進め、毎分値・7.5秒値を作成・公開した。
- ◆ 令和6年度は、女満別(1960～61年)・鹿屋(1961年)を画像データ化、女満別・鹿屋(1966年)のデジタル画像を高時間分解能のデジタルデータへ変換、データベース登録・公開。

地磁気変化観測のデータ期間

Decade	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000 -
Analog					ブromaイド記録 (柿岡 1924-1995, 女満別 1952-1997, 鹿屋 1958-1996)						
Digital									デジタル記録 (柿岡 1976- , 女満別・鹿屋 1985- )		



地磁気アナログデータ(印画紙記録)



地磁気デジタルデータ  
(上の印画紙記録を処理)

## 連続的な観測

全国4か所の火山監視・警報センター(以下、各センターという)において、常時観測火山(50火山)に対して、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等により、連続的な監視観測を継続しており、11月に火山監視・情報センターシステム(VOIS※)を更新し、火山監視等の機能強化を図った。また、火山観測施設の計画的な更新を行ったほか、中之島に対して、常時観測体制構築のため、火山観測施設整備計画の策定を進めた。

※VOIS: Volcanic Observations and Information center System

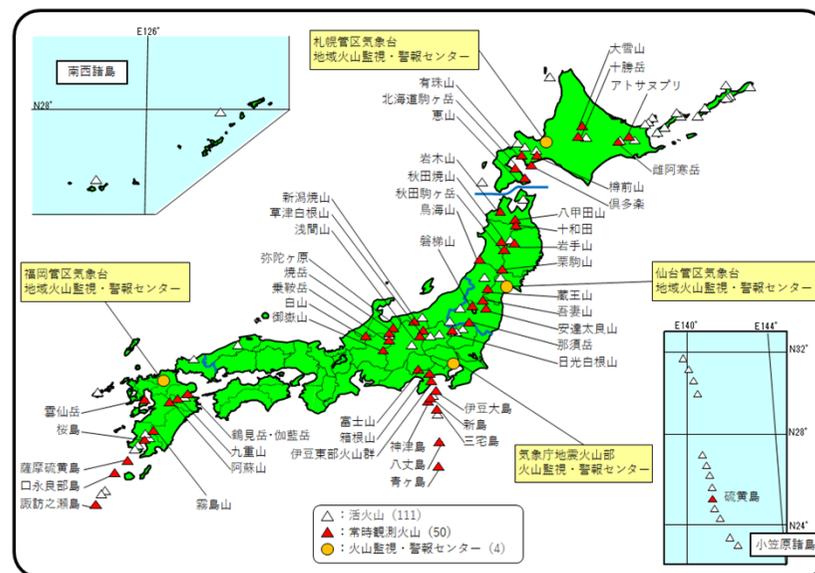


## VOIS更新



## 観測成果の収集・蓄積・共有

各センターによる連続観測及び機動観測により得られた各観測データの収集、蓄積を進め、解析により得られた成果は、噴火警報等の火山防災情報の発表、火山活動解説資料等の防災資料の公表に活用したほか、気象庁ホームページ上でのほぼリアルタイムな掲載、火山月報(カタログ編)、及び防災科学技術研究所のJVDN等を通じて広く公表した。また、火山調査研究推進本部火山調査委員会における火山活動評価に資するための提供を行った。



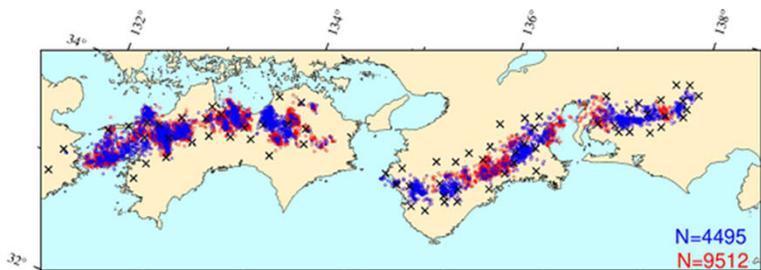
## 現地調査、機動観測等

各センターにおいて、常時観測火山以外の活火山も含め、GNSS繰り返し観測、熱赤外観測等の他、関係機関の協力を得て航空機により上空から熱赤外観測等の観測を計画的に実施したほか、二酸化硫黄ガスの放出が継続している火山については、小型紫外線スペクトロメータによる火山ガス放出量の観測を随時実施した。更に、無人航空機(ドローン)を用いた上空からの可視・熱赤外観測を、十勝岳、岩手山、焼岳、口永良部島で実施した。



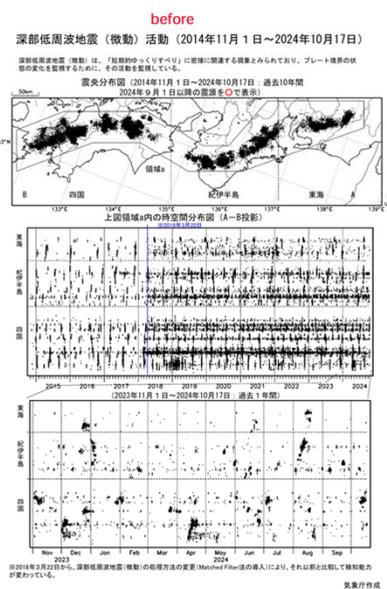
## 全国地震カタログの作成・公開

地震カタログ(震源、発震機構解)を令和4年10月から令和5年3月まで作成し、地震月報(カタログ編)として気象庁ホームページに公開した。南海トラフ沿いの深部低周波地震カタログの作成では、Matched filter法を用いているが、テンプレートの追加および閾値の調整を行った(令和7年2月運用開始)。

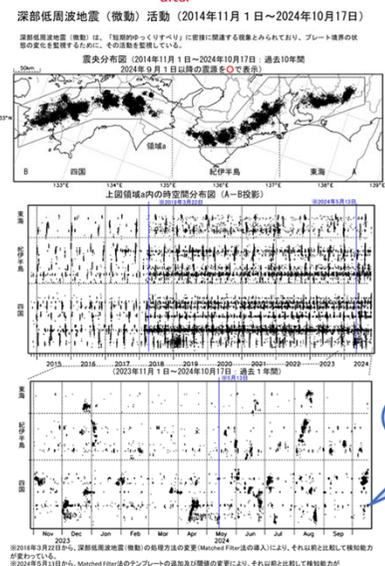


青丸が従来のテンプレート震源、赤丸が今回追加後のテンプレート震源を示す。赤丸の上に青丸を重ねて表示してある。×印はテンプレートの観測点分布を示す。

### 現在の地震カタログの結果



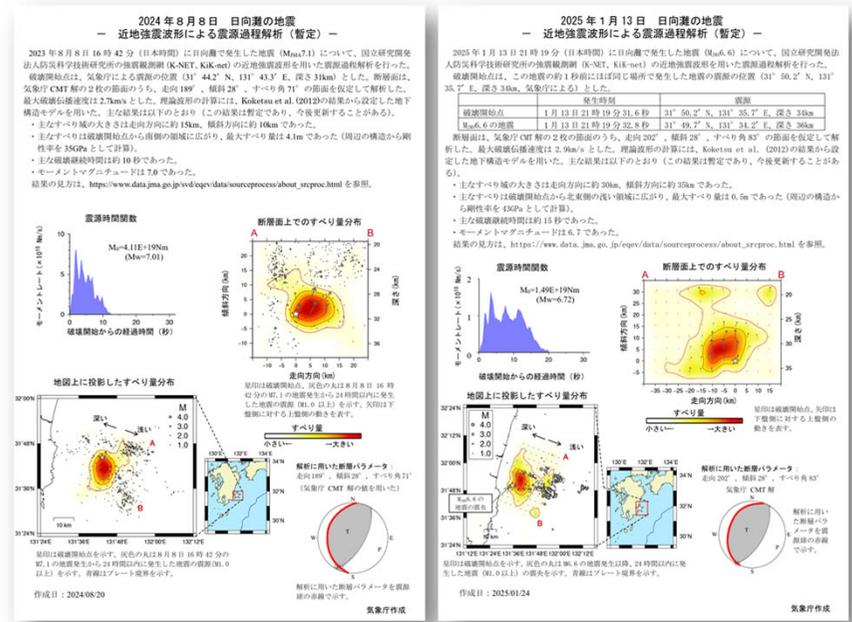
### MF法の変更した場合の結果 (2024年5月13日以降)



豊後水道などの検出が大幅に改善

## 震源過程解析

震源過程解析については、令和6年8月8日に日向灘で発生したM7.1の地震を含む国内外の地震を対象に解析を行い、断層滑り分布等の解析結果を気象庁ホームページに公開した。



## 2024年8月8日、2025年1月13日 日向灘の地震 近地地震波形による震源過程解析結果

## 火山活動評価の高度化

Lv	新基準
	引上げ基準
2	<p>【山頂カルデラの活動が高まり、雄山環状線内側に影響を及ぼす山頂噴火の可能性】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定常的に発生している山頂カルデラ付近の地震の増加 <b>(概ね50回以上/24時間)</b></li> <li>・山頂カルデラ付近の定常的な地震活動とは異なる場所で火山性地震が数日以上継続</li> <li>・火山性微動の多発あるいは連続微動が数日以上継続</li> <li>・カルデラ底や側壁の<b>顕著な地熱域の拡大</b>や噴気活動の増大</li> </ul> <p>・<b>火口内だけに影響する程度の噴火の発生</b></p> <p>【雄山環状線内側に影響を及ぼす山頂噴火が発生】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・山頂カルデラ縁近傍～雄山環状線内側まで大きな噴石が飛散</li> </ul>

### 最新の活動状況と科学的知見を反映した判定基準の改定

- カルデラ直下の地震活動は年々低下
  - ・年間1,000～3,000回(2010年頃)→年間数十回(最近)
  - ・特に、やや低周波地震が減少
- カルデラ直下の地震の震源の詳細な分布が判明するとともに検測基準の改定により検知力が向上
- 噴火は2013年以来観測なし
  - ⇒カルデラ直下の火道が安定してきたことを反映しており、前回の判定基準を設定した2017年当時とは状況が異なる。



- ▶レベル2への引上げの地震回数の基準を引下げ
- ▶ごく小規模な噴火の発生もレベル2への引上げ基準に設定

## 火山情報アドバイザー会議の運営

### 令和6年度火山情報アドバイザー(定例会) 議事概要抜粋

令和6年度に発表した火山情報について、以下のとおり助言を頂いた。

#### ○岩手山

・東北大学のひずみ計の変化については定量的な検討や黒倉山付近での地震活動も踏まえた評価を行うことで、より早い段階で火山の状況に関する解説情報を発表し、注意喚起を行うことができたのではないかと考える。この頃の地殻変動に関する評価については、改善の余地があると考えられる。

・現在の噴火シナリオや噴火警戒レベル判定基準は、観測事例がある1998年の活動を強く反映したものになっている。いずれも地震活動から活動推移が開始することが前提になっているが、顕著な地震活動を伴わない活動推移になる可能性も含めて見直す必要がある。

#### ○御嶽山

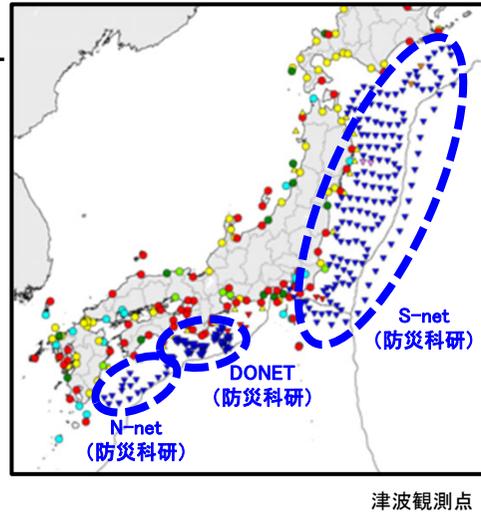
・2025年1月21日の傾斜変動を伴う火山性微動は、噴火は確認されていないものの、2014年の噴火時と類似した現象が地下で発生したと考えられるので、現象発生の前にレベル2に引き上げておくべき現象と捉えている。

#### (委員)

青山 裕、太田 雄策、山本 希、前野 深、  
行竹 洋平、大倉 敬宏、為栗 健、中道 治久、  
石塚 吉浩、上田 英樹、宗包 浩志

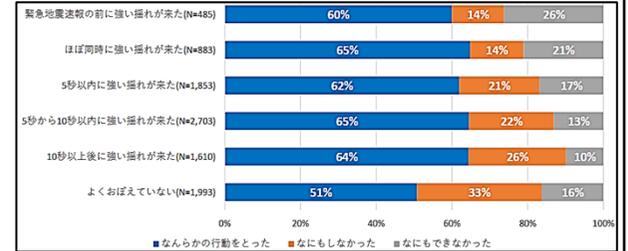
**海底地震津波観測網の活用**

・防災科学技術研究所のDONETやS-net等、関係機関の海底地震・津波観測データ等を活用した地震・津波情報発表  
 ・防災科学技術研究所が高知県沖から日向灘に整備した「南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)」沖合システムの津波観測データの活用を開始し、津波警報等の更新、津波情報の発表の迅速化や精度向上を実施(R06.11.21~)



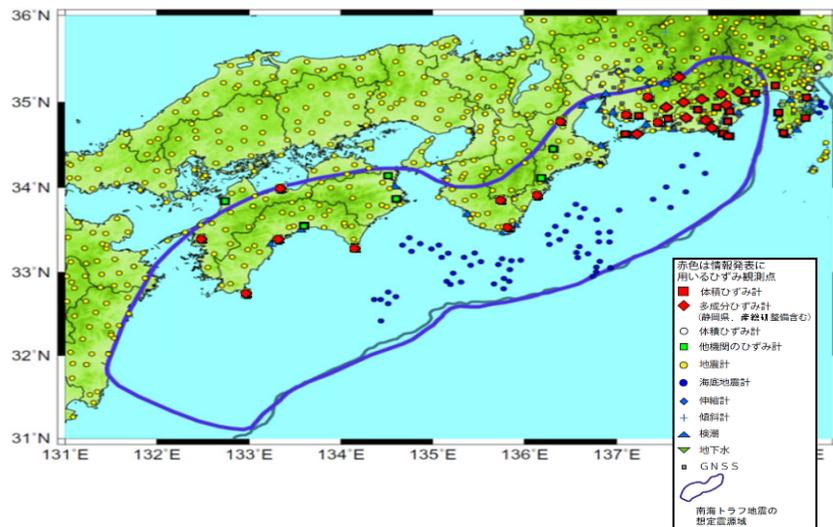
**緊急地震速報の改善**

・緊急地震速報の発表条件に長周期地震動階級の予測値を追加して提供(R05.02.01~)。  
 ・緊急地震速報の震源推定手法を改善(IPF法に一本化)することで揺れの過大予測の低減(R05.09.26~)。  
 ・R05.05.05の石川県能登半島の地震、R06.01.01の石川県能登地方の地震、R06.08.08の日向灘の地震について、緊急地震速報を見聞きした際の住民の行動等についてアンケート調査を実施。



**南海トラフ沿いの地震活動・地殻変動の常時監視と「南海トラフ地震に関連する情報」の発表**

・国土地理院、海上保安庁、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、静岡県、大学など関係機関の協力を得て、地震計、地殻岩石ひずみ計などによる常時監視  
 ・南海トラフ沿いで発生した異常な現象を観測した場合等に「南海トラフ地震臨時情報」を発表



**北海道・三陸沖後発地震注意情報**

日本海溝・千島海溝で想定されている巨大地震の想定震源域やその周辺でMw7.0以上の地震が発生し、大規模地震の発生可能性が平常時より相対的に高まっている際に情報発表(R04.12.16~)

マフコニコード M7.0以上の大地震が起きたら...

**続いて発生する巨大地震の可能性！ 情報で備えを**

東日本大震災のときは 3月11日 M9.0 発生 3月9日 M7.3 発生

※情報が発信されたとしても、必ず巨大地震が発生するとは限りません。

**すぐに避難できる態勢の準備を！**

巨大地震が発生した場合に、北海道から千葉県にかけての広い範囲で想定される甚大な被害に対し、1週間程度、備えの再確認や迅速な避難態勢の準備を。

すぐに逃げ出せる態勢での就寝 非常持出品の常時携帯 緊急情報の取得体制の確保 想定されるリスクから身の安全の確保 日頃からの備えの再確認

**火山噴火応急支援サイト (令和2年3月運用開始)**

火山噴火後の救助・捜索活動及び的確な防災対応を支援するため、最新の観測データを用いて火山の活動状況を解説する。そのため、自治体との双方向での情報交換を行う。

火山監視・警報センター

**火山噴火応急対策支援サイト (Webを強化・拡充)**

**一般向けHPの強化も推進**

火山登山者向けの情報提供ページ

### 【緊急地震速報】



学校における訓練実施の働きかけ(岩手県釜石市)



地震の知識を解説した短編動画の制作

緊急地震速報全国訓練参加自治体(住民に伝達)

- ・令和2年11月: 約900
- ・令和3年11月: 約950
- ・令和4年11月: 約890
- ・令和5年11月: 約960
- ・令和6年11月: 約940



リーフレット ポスター

### 【津波防災】



「世界津波の日」高校生サミット



ポスターやデジタルサインエージでの広報



津波フラッグを活用した避難訓練の様子(福岡県北九州市)

「津波防災の日(11月5日)(世界津波の日)」に併せて内閣府が全国の市町と共催する地震津波防災訓練に、地方気象台が参加・協力



動画



リーフレット



津波フラッグ

### 【長周期地震動】

高層ビルが集中している三大都市圏(首都圏・中京圏・近畿圏)を中心に、高層ビルの管理者や住民にターゲットを絞った普及啓発



セミナー等での講演(新宿防災week)



防災イベントの開催(そなエリア)



リーフレット  
ポスター(東京消防庁と共同作成)

### 【巨大地震対策(南海トラフ・日本海溝・千島海溝)】

南海トラフ地震や日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震そのものの知識、発表する情報の内容・発表条件等に加え、情報の本質(意義)や中身、制度について普及啓発。

- ・内閣府と連携してパンフレット等を作成
- ・気象庁HPやSNS等を活用した周知
- ・講演会等の実施 等



リーフレット(内閣府と共同作成)



巨大地震対策オンライン講演会



X(旧Twitter)での周知



マンガ小冊子(内閣府・消防庁と共同作成)

商業施設等と連携した広報(デジタルサインエージ)

### 【火山防災】

8月26日が「火山防災の日」となったことを契機とした普及啓発

- ・ポスター、チラシを制作し、関係機関に配布、掲示
- ・講演会や見学会などイベントを実施
- ・気象庁HPに特設サイトの開設
- ・SNS等を活用した広報の実施



講演会・見学会



ポスター



火山防災の日特設サイト

### 【災害からの節目】

過去の地震・津波・火山災害からの節目の年は周知・普及啓発のタイミングとして有効であり、こうした機会を捉えた普及啓発の実施



防災講演会

普及啓発の取組を進めるにあたっては、関係機関と連携して活動することを推進