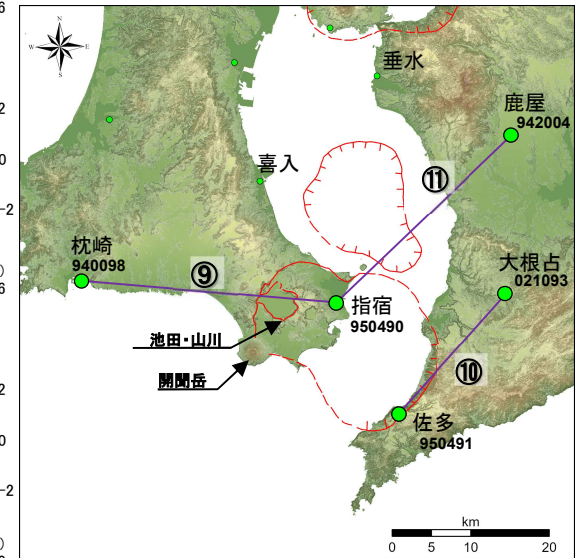
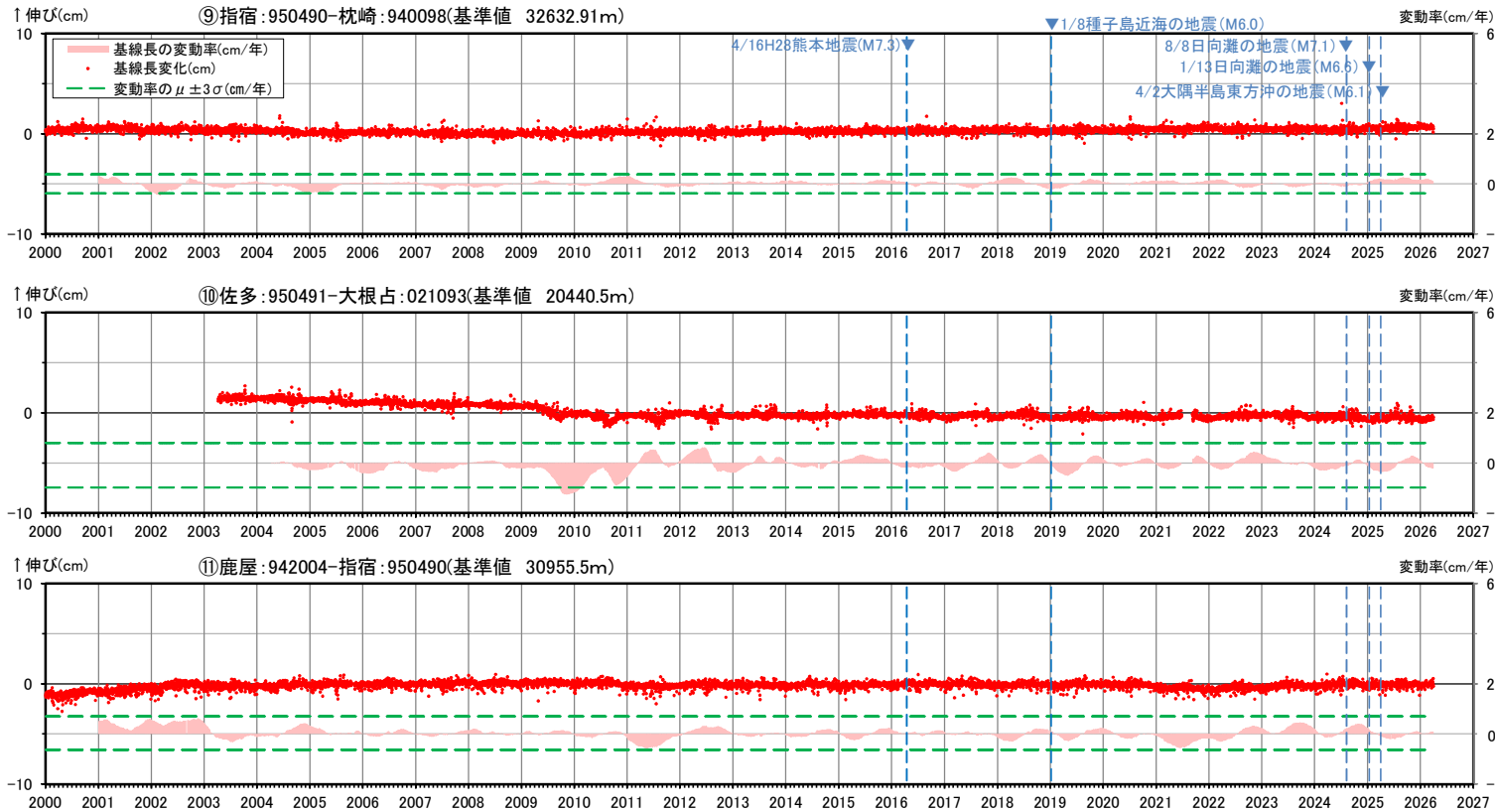


6. 統計的整理に基づく評価 阿多カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● 国土地理院のGNSS観測点

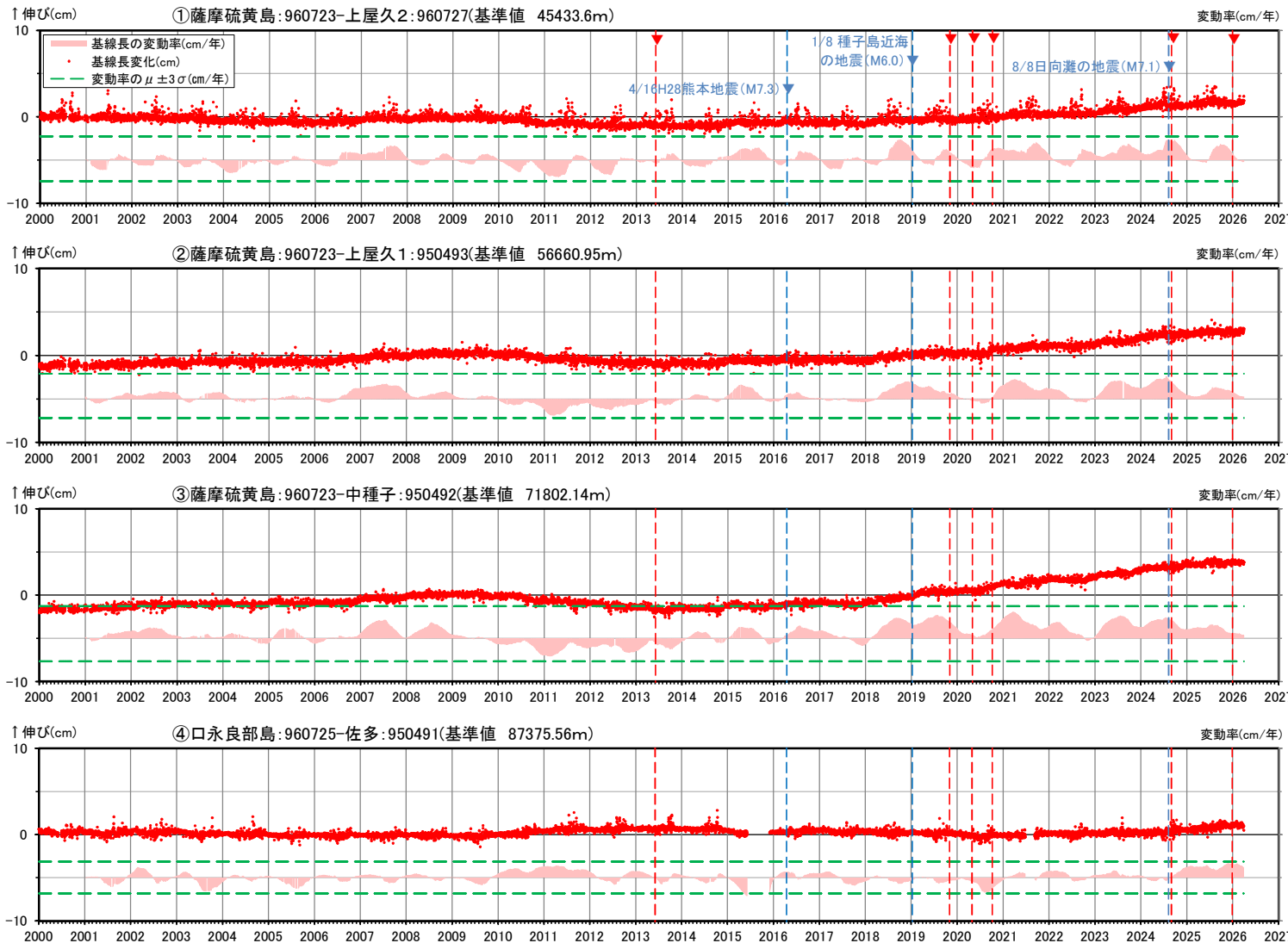
- ※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
- ※3 950491(佐多)は、2021年6月27日以降データの公開が停止したが、9月8日からデータの公開を再開
- ※4 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す
- ※5 2025年度以前(算出開始日~2025.3.31)の変動率の平均を μ 、標準偏差を σ とした

本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

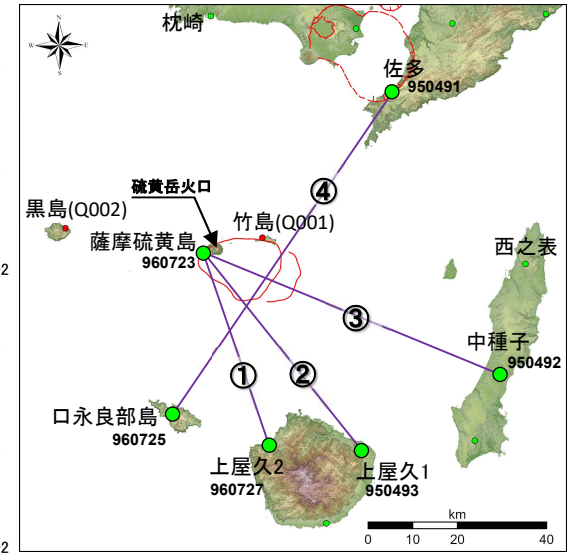
基線⑨~⑪の時系列変化

6. 統計的整理に基づく評価 鬼界 [地殻変動: 基線長変化]

・ 2025年度の鬼界においては、基線長変動率が $\pm 3\sigma$ を超える基線は無い。

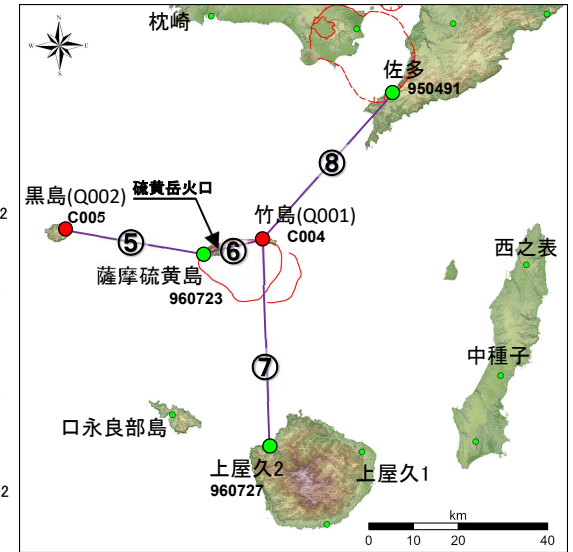
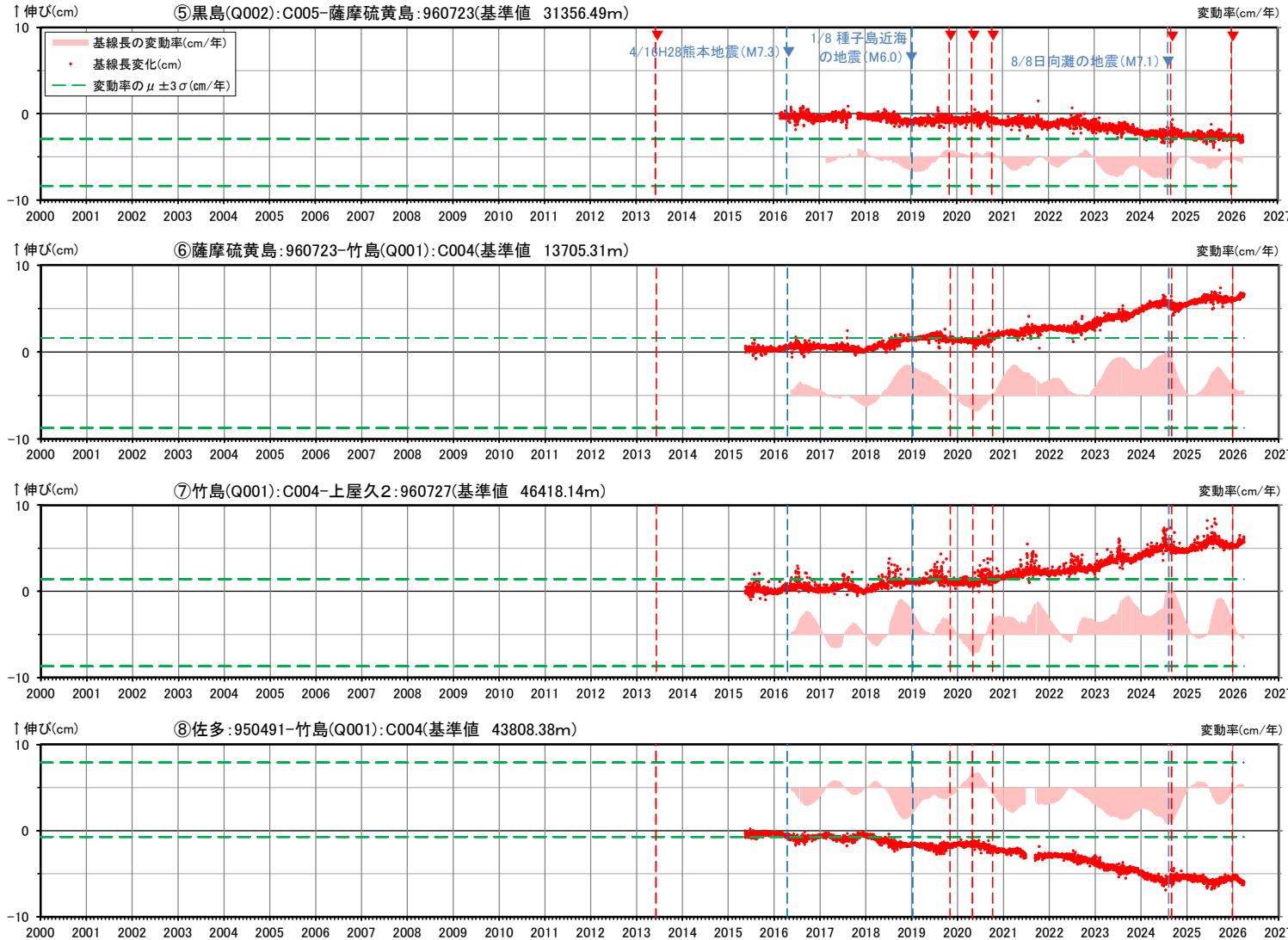


基線①～④の時系列変化



- 国土地理院のGNSS観測点
 - 九州電力のGNSS観測点
 - ※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
 - ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
 - ※3 口永良部島地点については、2015年5月29日の噴火の影響で停電が発生したことで、6月7日以降欠測、停電が解消した12月2日から観測を再開
 - ※4 佐多地点については、2021年6月27日以降データの公開が停止したが、9月8日からデータの公開を再開
 - ※5 赤色の▼は薩摩硫黄島の主な噴火を示す
 - ※6 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す
 - ※7 2025年度以前(算出開始日～2025.3.31)の変動率の平均を μ 、標準偏差を σ とした
- 本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

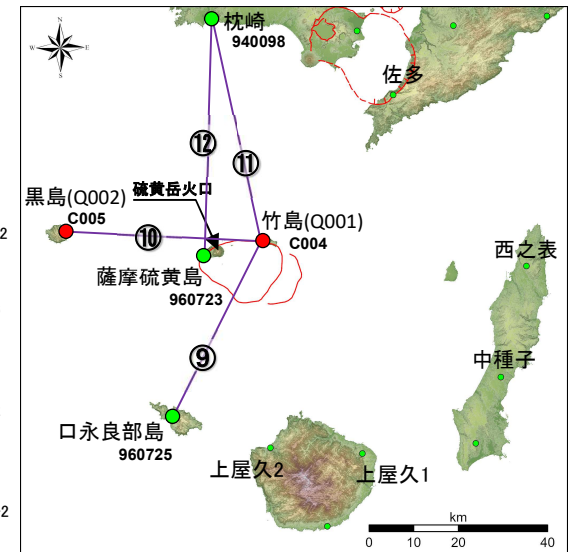
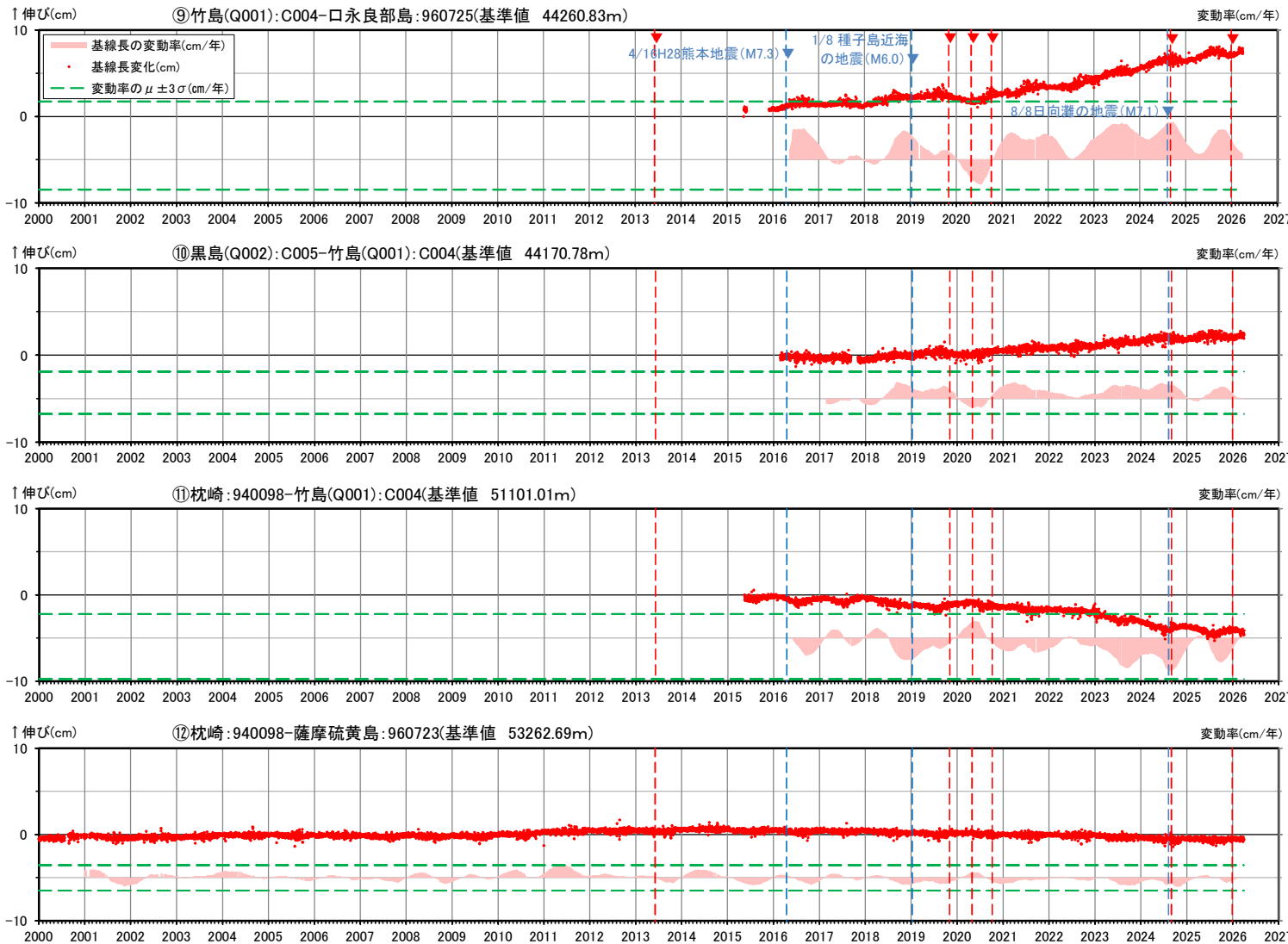
6. 統計的整理に基づく評価 鬼界 [地殻変動: 基線長変化]



- 国土地理院のGNSS観測点
 - 九州電力のGNSS観測点
 - ※1 基線⑤は2016年2月22日の基線長を、基線⑥～⑧は2015年5月14日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
 - ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
 - ※3 佐多地点については、2021年6月27日以降データの公開が停止したが、9月8日からデータの公開を再開
 - ※4 黒島(Q002)は2017年9月6日～10月31日までデータが取得できていない
 - ※5 赤色の▼は薩摩硫黄島の主な噴火を示す
 - ※6 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す
 - ※7 2025年度以前(算出開始日～2025.3.31)の変動率の平均を μ 、標準偏差を σ とした
- 本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

基線⑤～⑧の時系列変化

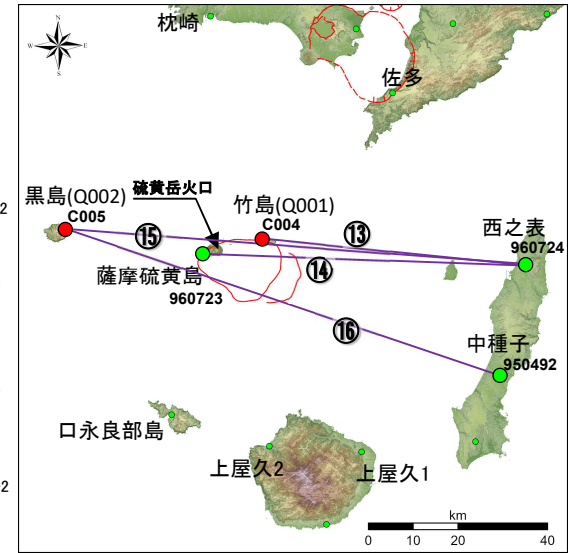
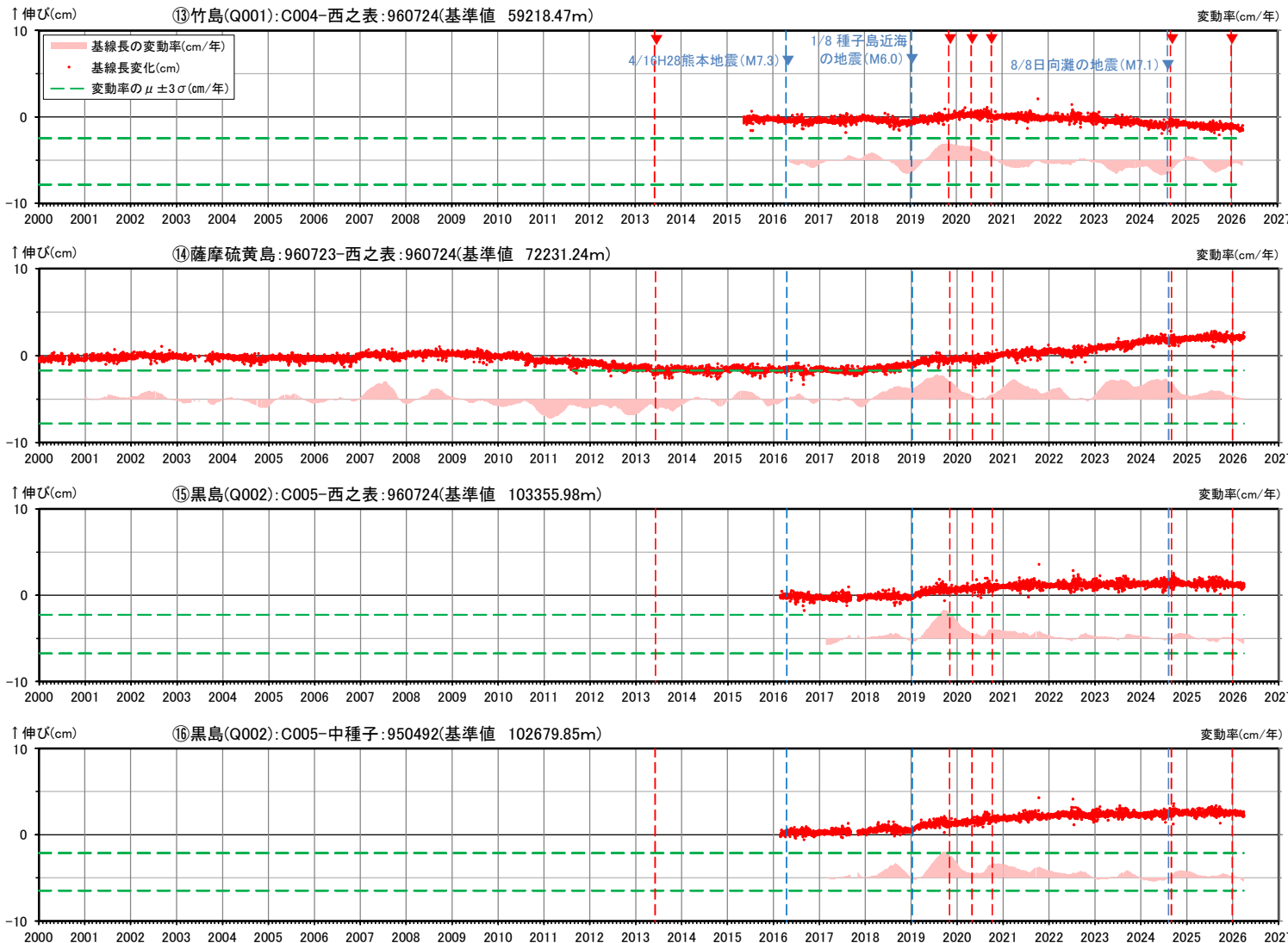
6. 統計的整理に基づく評価 鬼界 [地殻変動: 基線長変化]



- 国土地理院のGNSS観測点
 - 九州電力のGNSS観測点
 - ※1 基線⑨、⑪は2015年5月14日の基線長を、基線⑩は2016年2月22日の基線長を、基線⑫は2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
 - ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
 - ※3 口永良部島地点については、2015年5月29日の噴火の影響で停電が発生したことで、6月7日以降欠測、停電が解消した12月2日から観測を再開
 - ※4 黒島(Q002)は2017年9月6日～10月31日までデータが取得できていない
 - ※5 赤色の▼は薩摩硫黄島の主な噴火を示す
 - ※6 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す
 - ※7 2025年度以前(算出開始日～2025.3.31)の変動率の平均を μ 、標準偏差を σ とした
- 本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

基線⑨～⑫の時系列変化

6. 統計的整理に基づく評価 鬼界 [地殻変動: 基線長変化]



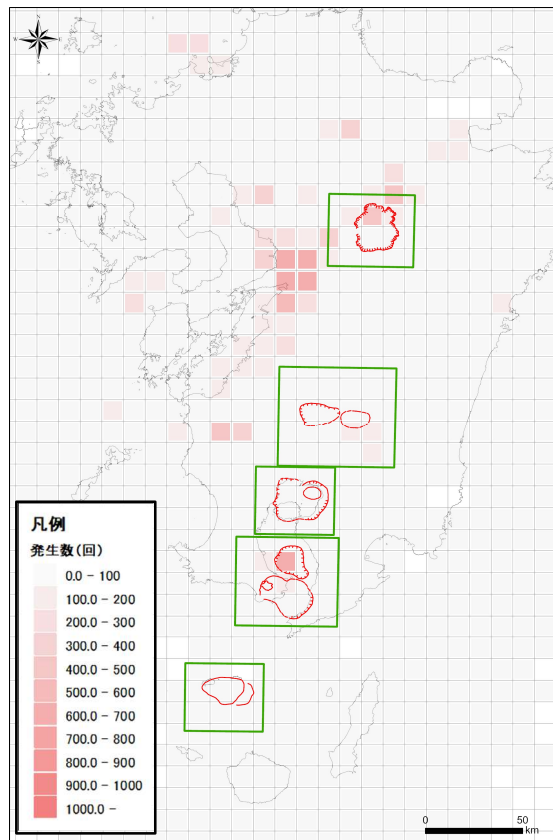
- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点
- ※1 基線⑬は2015年5月14日の基線長を、基線⑮は2016年2月22日の基線長を、基線⑯は2016年2月23日の基線長を、基線⑭は2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
- ※3 黒島(Q002)は2017年9月6日～10月31日までデータを取得できていない
- ※4 赤色の▼は薩摩硫黄島の主な噴火を示す
- ※5 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す
- ※6 2025年度以前(算出開始日～2025.3.31)の変動率の平均を μ 、標準偏差を σ とした

本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

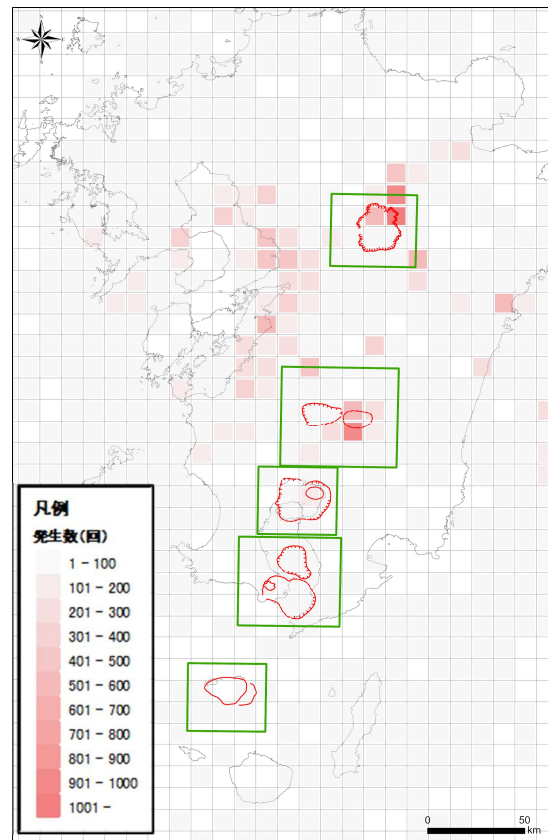
基線⑬～⑯の時系列変化

6. 統計的整理に基づく評価[地震活動:地震発生数]

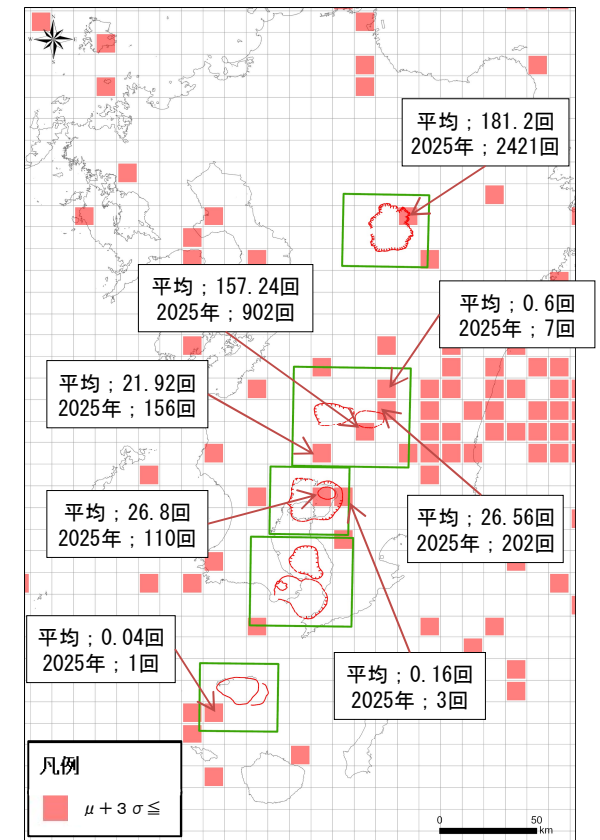
- 地震活動について、グリッド毎の地震発生数とエネルギーの「平均(μ) + 3 σ 」と、2025年の観測結果との比較を行った。
- 2025年の各カルデラの評価範囲において地震発生数が+3 σ を超えるグリッドのうち、小林カルデラ縁南部(年間902回)・縁北東部(年間202回)、加久藤・小林カルデラ領域の南西部(年間156回)、始良カルデラ内若尊カルデラ(年間110回)について、今後の地震活動に留意していく。また、阿蘇カルデラ北東部(年間2421回)は11/25の熊本県阿蘇地方の地震によるもので、今後の地震活動に留意していく。
- その他の地震発生数が+3 σ を超えるグリッドについては、平均(μ)の値が小さいことが原因と考えられ、2025年の地震発生数も年間10回以下である。



2000年～2024年
平均地震数(通常地震)



2025年
地震数(通常地震)

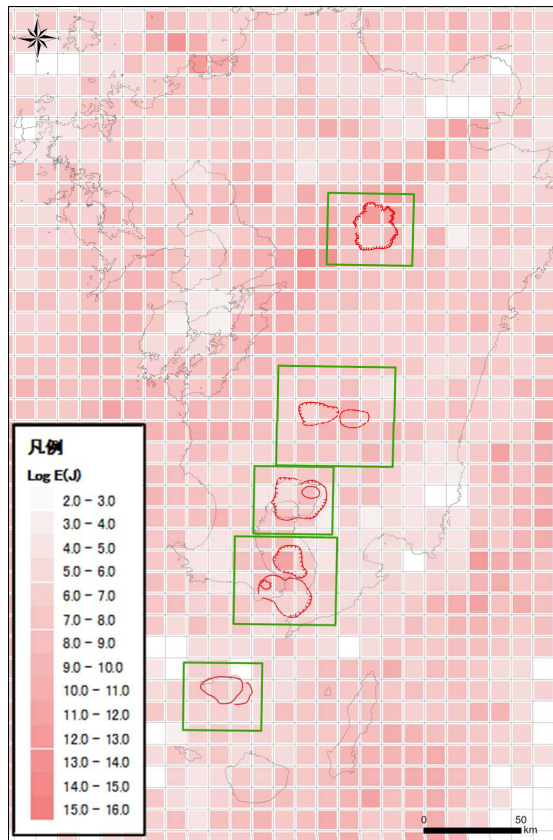


2000年～2024年平均地震数(通常地震)と
2025年地震数(通常地震)の比較

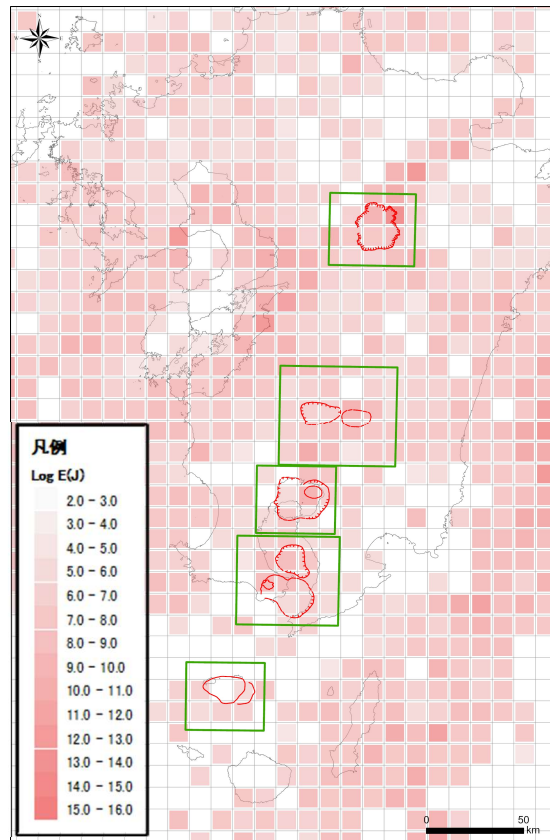
※1 グリッド毎に震源データを抽出し、各年のグリッド毎の総地震数を算出。
 ※2 グリッドの大きさは緯度・経度それぞれ0.1度(約9km)とする。

6. 統計的整理に基づく評価[地震活動:地震エネルギー]

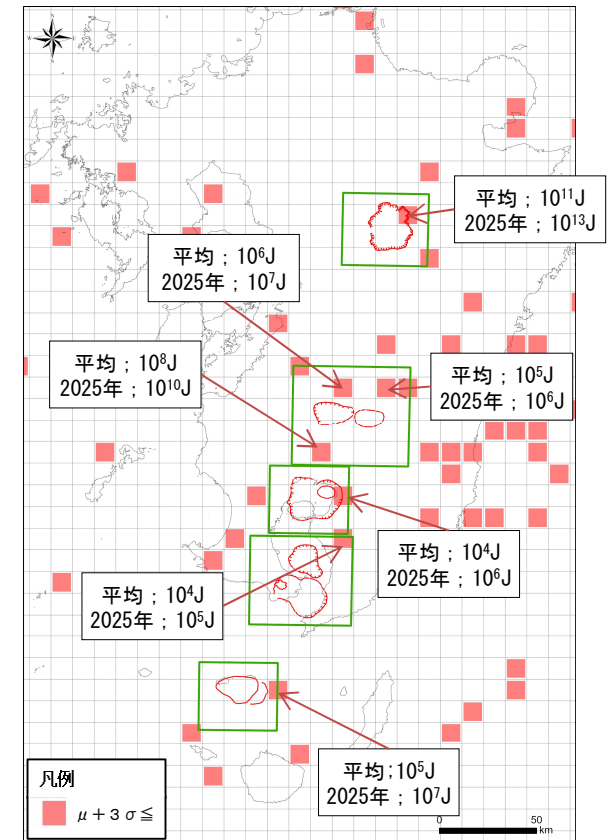
- 2025年の各カルデラの評価範囲において地震発生数が $+3\sigma$ を超えるグリッドのうち、M3以上の地震が複数回発生した加久藤・小林カルデラ領域の南西部(年間 $10^{10}J$)について、今後の地震活動に留意していく。また、阿蘇カルデラ北東部(年間 $10^{13}J$)は11/25の熊本県阿蘇地方の地震(M5.8)による活動と考えられる。
- その他の地震エネルギーが $+3\sigma$ を超えるグリッドについては、平均(μ)の値が小さいことが原因と考えられ、2025年の地震エネルギーも年間 10^9J 以下と小さい。



2000年～2024年
平均地震エネルギー(通常地震)



2025年
地震エネルギー(通常地震)



2000年～2024年平均地震エネルギー(通常地震)
と2025年地震エネルギー(通常地震)の比較

※1 グリッド毎に震源データを抽出し、各年のグリッド毎の総エネルギーを算出。
 ※2 グリッドの大きさは緯度・経度それぞれ0.1度(約9km)とし、地震エネルギーの算出には下記の式を使用。
 $E=10^{(4.8+1.5*M)}$ (E:地震エネルギー(J:ジュール)、M:マグニチュード)

6. 統計的整理に基づく評価[地震活動:ETASモデルの概要]

- 先行地震による地震発生可能性の高まりの想定に有効な手法として、Ogata (1988)によりETAS (Epidemic-type Aftershock sequence) モデルが提案されている。
- 同モデルは、あらゆる地震が後続の地震を誘発するという前提に基づき、時刻 t における全体の地震発生率 $\lambda_{\theta}(t)$ を、背景的な地震発生率 μ と、時刻 t 以前の全地震による誘発発生率の総和として定式化している。
- 地震活動の変化が、各パラメータ (μ 、 K 、 c 、 α 、 p) の変化として反映されると仮定し、地震活動状況を検討する。

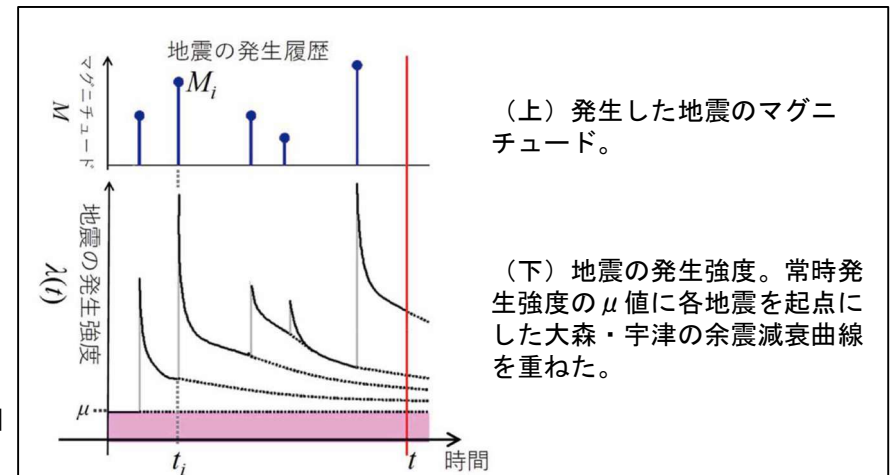
$$\lambda_{\theta}(t) = \mu + \sum_{t_i < t} K e^{\alpha(M_i - M_{th})} / (t - t_i + c)^p$$

地震発生率 $\lambda_{\theta}(t)$ は、背景的な地震活動の発生率 μ と、時刻 t 以前に発生した全ての先行地震 t_i に付随する余震活動の発生率の総和として表される。

$K e^{\alpha(M_i - M_{th})}$: 先行地震の規模による影響の大きさ
 $/(t - t_i + c)^p$: 時間経過による影響の減衰

$\theta = (\mu, K, c, \alpha, p)$

ETASモデルの模式図
(尾形, 2019)



M_{th} は対象とする地震の M の閾値、 t_i と M_i はそれぞれ、解析起点の時刻から t までの期間に発生した M_{th} 以上の地震の発生時刻と M を表す。式の右辺第2項での和は、 t より前に発生した地震による影響を全て足しあわせることを意味している。

推定すべきパラメータ (θ)

μ : 背景的な地震活動の発生率

K : 余震の生産効率

c : 余震の時間的減衰の時間軸の調整

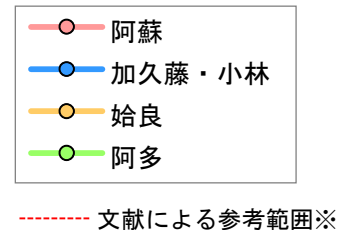
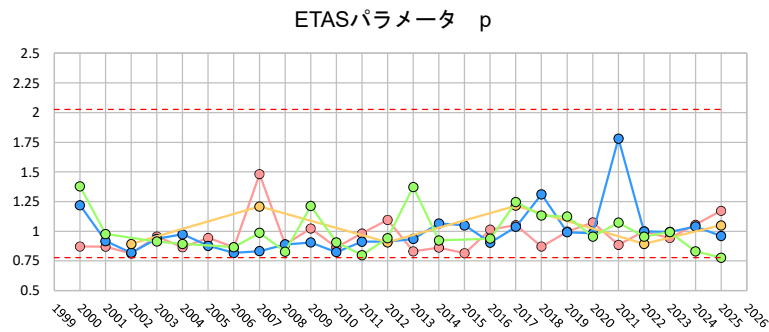
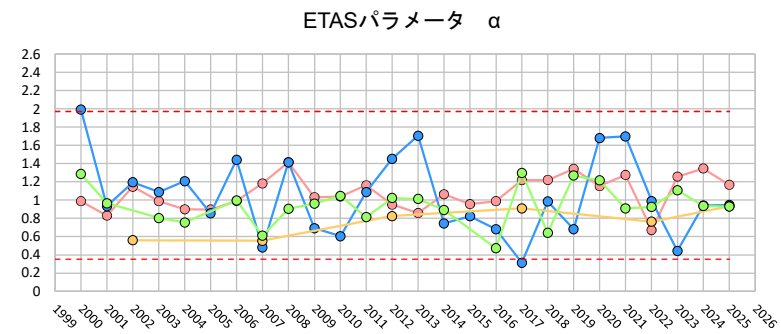
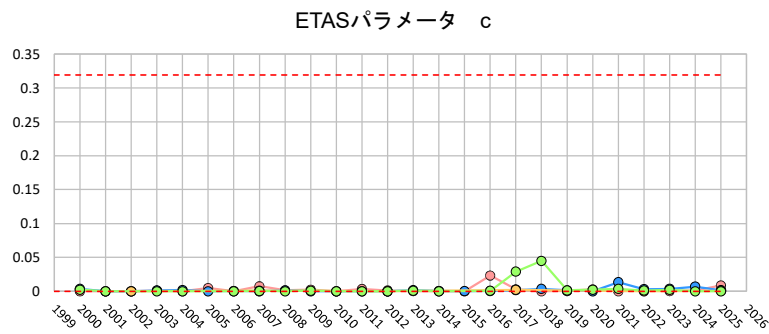
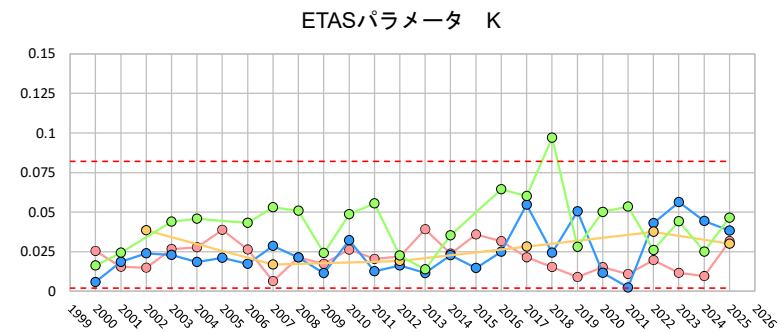
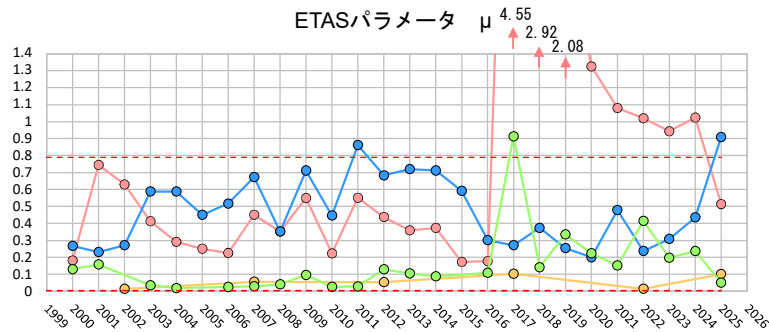
α : 発生した地震の M の効率

p : 余震の時間的減衰の程度

M_{th} : 各カルデラの下限マグニチュード (2000~2025年データの M_c 値を使用)

6. 統計的整理に基づく評価[地震活動:ETASモデル(2000~2025年)]

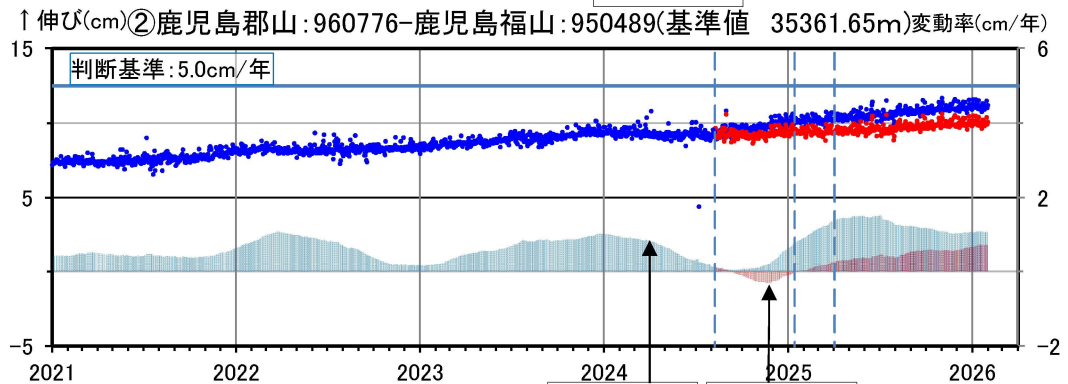
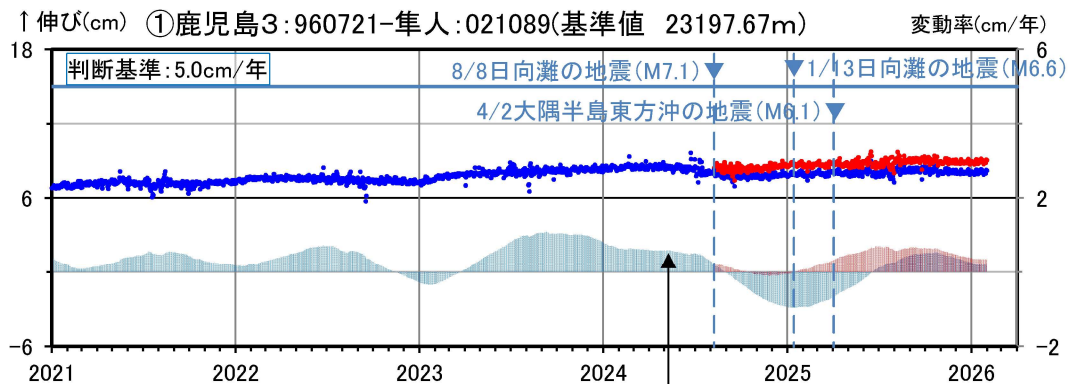
- 2000年~2025年を対象にETASモデルを用いて1年ごとのパラメータを算出し、時間変化が見られるか比較を行った。なお、始良カルデラにおいては地震数が少ないため、5年ごと(但し、2023年~2025年は3年)で計算した。また、鬼界は地震活動が低調であるため対象外とした。
- 加久藤・小林カルデラ領域において、背景的な地震活動の発生率を示す μ 値が2025年は上昇傾向であり、今後の活動を注視する。
- その他のパラメータにおいて地震活動の状況に顕著な変化は認められない。



※ 石垣(2009)でのパラメータにおいて、西南日本地域での、シミュレーション結果の異常な外れ値を排除した上限・下限を参考範囲とした

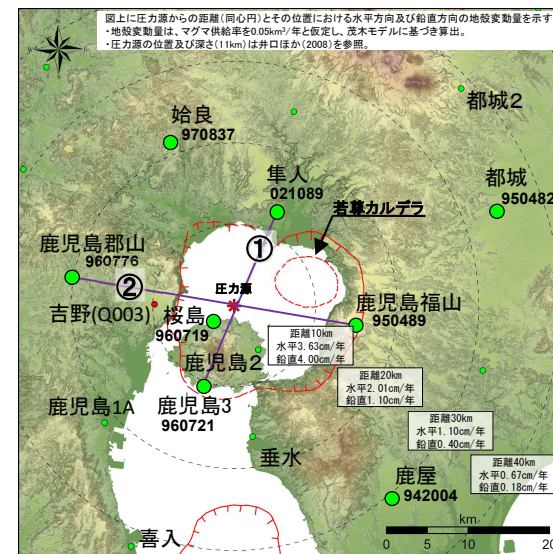
【参考】余効変動を除去した始良カルデラのマグマ供給率の確認

- 2024/8/8、2025/1/13日向灘の地震が発生したことを受け、始良カルデラのマグマ供給率に影響している可能性があることから、余効変動の影響を分離し、始良カルデラのマグマ供給率の変化について確認した。
- 余効変動の分離方法は、2024年に実施した「6. 2024年8月8日の日向灘地震での余効変動の分離に関する検討」と同様に、2024/8/8及び2025/1/13日向灘の地震による余効変動を除去した上で、マグマ供給率を算出した。
- その結果、2024年9月～2025年1月の期間で縮小に転じている(最小値 $-0.003\text{km}^3/\text{年}$)。また、2024年度を通して、マグマ供給率は監視レベルの移行判断基準 $0.01\text{km}^3/\text{年}$ を下回った。



- 変動率(cm/年)
- 余効変動を除去した変動率(cm/年)
- 基線長変化(cm)
- 余効変動を除去した基線長変化(cm)

余効変動を除去した基線長変化図



- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

- ※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
- ※3 青色の▼と点線は地震時による変動を補正した地震を示す

本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院基盤地図情報の「基盤地図情報(数値標高モデル)」10mメッシュを使用したものである。

(参 考 文 献)

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

1. Abe, Y., Ohkura, T., Shibutani, T., Hirahara, K., Yoshikawa, S. and Inoue, H. (2017): Low-velocity zones in the crust beneath Aso caldera, Kyushu, Japan, derived from receiver function analysis, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.122, 3, pp.2013–2033. <https://doi.org/10.1002/2016JB013686>
2. Aizawa, K., Koyama, T., Hase, H., Uyeshima, M., Kanda, W., Utsugi, M., Yoshimura, R., Yamaya, Y., Hashimoto, T., Yamazaki, K., Komatsu, S., Watanabe, A., Miyakawa, K. and Ogawa, Y. (2014): Three-dimensional resistivity structure and magma plumbing system of the Kirishima Volcanoes as inferred from broadband magnetotelluric data, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.119, 1, pp.198–215. <https://doi.org/10.1002/2013JB010682>
3. Aizawa, K., Takakura, S., Asaue, H., Koike, K., Yoshimura, R., Yamazaki, K., Komatsu, S., Utsugi, M., Inoue, H., Tsukamoto, K., Uyeshima, M., Koyama, T., Kanda, W., Yoshinaga, T., Matsushima, N., Uchida, K., Tsukashima, Y., Matsushima, T., Ichihara, H., Muramatsu, D., Teguri, Y., Shito, A., Matsumoto, S. and Shimizu, H. (2021): Electrical conductive fluid-rich zones and their influence on the earthquake initiation, growth, and arrest processes: observations from the 2016 Kumamoto earthquake sequence, Kyushu Island, Japan, *Earth, Planets and Space*, vol.73, 12. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01340-w>
4. Aizawa, K., Muramatsu, D., Tsukamoto, K., Teguri, Y., Koyama, T., Utsugi, M., Kanda, W., Inomata, T., Shigematsu, H. and Shimizu, H. (2026): Trans-crustal magma plumbing system of Kirishima Volcanic Complex as inferred from dense broadband magnetotelluric observations. *Earth, Planets Space*, vol.78, Article number: 43 (2026). <https://doi.org/10.1186/s40623-026-02390-2>
5. Alanis, P.K., Miyamachi, H., Yakiwara, H., Goto, K., Kobayashi, R., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2012): Seismic Velocity Structure of the Crust Beneath the Aira Caldera in Southern Kyushu by Tomography of Travel Times of Local Earthquake Data, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, vol.57, pp.227–234.
6. Druitt, T. H., Costa, F., Deloule, E., Dungan, M. and Scaillet, B. (2012): Decadal to monthly timescales of magma transfer and reservoir growth at a caldera volcano, *Nature*, vol.482, pp.77–80.
7. Goto, T., Oshiman, N. and Sumitomo, N. (1997): The Resistivity Structure around the Hypocentral Area of the Ebino Earthquake Swarm in Kyushu District, Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, vol.49, pp.1279–1291.
8. Hamada, M., Hanyu, T., McIntosh, I.M., Tejada, M.L.G., Chang, Q., Kaneko, K., Kimura, J., Kiyosugi, K., Miyazaki, T., Nakaoka, R., Nishimura, K., Sato, T., Seama, N., Suzuki-Kamata, K., Tanaka, S., Tatsumi, Y., Ueki, K., Vaglarov, B.S. and Yoshida, K. (2023): Evolution of magma supply system beneath a submarine lava dome after the 7.3-ka caldera-forming Kikai-Akahoya eruption, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol.434, 107738. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2022.107738>
9. Hashimoto, M. (2020): Postseismic deformation following the 2016 Kumamoto earthquake detected by ALOS-2/PALSAR-2, *Earth, Planets and Space*, vol.72, 154. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01285-0>
10. Hata, M., Matsushima, N., Takakura, S., Utsugi, M., Hashimoto, T. and Uyeshima, M. (2018): Three-dimensional electrical resistivity modeling to elucidate the crustal magma supply system beneath Aso caldera, Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.123, 8, pp.6334–6346. <https://doi.org/10.1029/2018JB015951>
11. Hickey, J., Gottsmann, J., Nakamichi, H. and Iguchi, M. (2016): Thermomechanical controls on magma supply and volcanic deformation: application to Aira caldera, Japan, *Scientific Reports*, vol.6, 32691. <http://dx.doi.org/10.1038/srep32691>
12. Hotta, K., Iguchi, M., Ohkura, T. and Yamamoto, K. (2016): Multiple-pressure-source model for ground inflation during the period of high explosivity at Sakurajima volcano, Japan – Combination analysis of continuous GNSS, tilt and strain data –, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol.310, pp.12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.11.017>
13. Huang, Y., Ohkura, T., Kagiya, T., Yoshikawa, S. and Inoue, H. (2018): Shallow volcanic reservoirs and pathways beneath Aso caldera revealed using ambient seismic noise tomography, *Earth, Planets and Space*, vol.70, 169. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0941-2>
14. Kawaguchi, M., Hasenaka, T., Koga, K. T., Rose-Koga, E. F., Yasuda, A., Hokanishi, N., Mori, Y., Shimizu, K. and Ushikubo, T. (2021): Persistent gas emission originating from a deep basaltic magma reservoir of an active volcano: the case of Aso volcano, Japan, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol.176, Article: 6. <https://doi.org/10.1007/s00410-020-01761-6>

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

15. Kozono, T., Ueda, H., Ozawa, T., Koyaguchi, T., Fujita, E., Tomiya, A. and Suzuki, J. Y. (2013): Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations, *Bull Volcanol*, vol.75, 695. <https://doi.org/10.1007/s00445-013-0695-4>
16. Matsushima, N., Utsugi, M., Takakura, S., Yamasaki, T., Hata, M., Hashimoto, T. and Uyeshima, M. (2020): Magmatic-hydrothermal system of Aso Volcano, Japan, inferred from electrical resistivity structures, *Earth, Planets and Space*, vol.72, 57. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01180-8>
17. Miyagi, I., Hoshizumi, H., Suda, T., Saito, G., Miyabuchi, Y. and Geshi, N. (2023): Importance of Long-Term Shallow Degassing of Basaltic Magma on the Genesis of Massive Felsic Magma Reservoirs: a Case Study of Aso Caldera, Kyushu, Japan, *Journal of Petrology*, Vol.64, March 2023, egad009. <https://doi.org/10.1093/petrology/egad009>
18. Miyamachi, H., Yakiwara, H., Kobayashi, R. et al. (2023): Solidified magma reservoir derived from active source seismic experiments in the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, *Earth, Planets Space*, vol.75, Article number: 166 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40623-023-01919-z>
19. Nagaya, A., Seama, N., Fujie, G., Tanaka, S., Sugioka, H. and Kodaira, S. (2026): Melt re-injection into large magma reservoir after giant caldera eruption at Kikai Caldera Volcano, *Communications Earth & Environment* vol.7, Article number: 237 (2026). <https://doi.org/10.1038/s43247-026-03347-9>
20. Nakao, S., Morita, Y., Yakiwara, H., Oikawa, J., Ueda, H., Takahashi, H., Ohta, Y., Matsushima, T. and Iguchi, M. (2013) : Volume change of the magma reservoir relating to the 2011 Kirishima Shinmoe-dake eruption—Charging, discharging and recharging process inferred from GPS measurements. *Earth, Planets Space*, vol.65, 505-515. <https://doi.org/10.5047/eps.2013.05.017>
21. Nishida, K., Mizutani, Y., Ichihara, M. and Aoki, Y. (2020): Time-Lapse Monitoring of Seismic Velocity Associated With 2011 Shinmoe-Dake Eruption Using Seismic Interferometry: An Extended Kalman Filter Approach, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.125, 9, e2020JB020180. <https://doi.org/10.1029/2020JB020180>
22. Niu, J. and Song, T.R.A. (2021): Episodic transport of discrete magma batches beneath Aso volcano, *Nature Communications*, vol.12, pp.1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25883-y>
23. Ogata, Y. (1988): Statistical models for earthquake occurrences and residual analysis for point processes, *Journal of the American Statistical Association*, vol.83, pp.9-27.
24. Ohno, K., Ohta, Y., Kawamoto, S., Abe, S., Hino, R., Koshimura, S., Musa, A. and Kobayashi, H. (2021): Real-time automatic uncertainty estimation of coseismic single rectangular fault model using GNSS data, *Earth, Planets and Space*, vol.73, Article number: 127 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01425-0>
25. Okada, Y. (1985): Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol.75, pp.1135-1154. <https://doi.org/10.1785/BSSA0750041135>
26. Okada, Y. (1992): Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol.82, pp.1018-1040. <https://doi.org/10.1785/BSSA0820021018>
27. Omori, F. (1916) : The Sakura-Jima eruption and earthquakes II, *Bulletin of The Imperial Earthquake Investigation Committee*, vol.8, pp.35-179.
28. Ozawa, S., Munekane, H. and Suito, H. (2024): Time-dependent modeling of slow-slip events along the Nankai Trough subduction zone, Japan, within the 2018-2023 period, *Earth, Planets and Space*, vol.76, Article number: 23 (2024) . <https://doi.org/10.1186/s40623-024-01970-4>
29. Shimizu, S., Nakaoka, R., Seama, N. et al. (2024): Submarine pyroclastic deposits from 7.3 ka caldera-forming Kikai-Akahoya eruption, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol.448, 108017. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108017>
30. Shito, A., Matsumoto, S., Ohkura, T., Shimizu, H., Sakai, S., Iio, Y., Takahashi, H., Yakiwara, H., Watanabe, T., Kosuga, M., Okada, T., Yoshimi, M., and Asano, Y. (2020): 3-D Intrinsic and Scattering Seismic Attenuation Structures Beneath Kyushu, Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.125, 8, e2019JB018742. <https://doi.org/10.1029/2019JB018742>

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

31. Sudo, Y. and Kong, L.S.L. (2001): Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan. *Bull. Volcanol.*, vol.63, pp.326-344. <https://doi.org/10.1007/s004450100145>
32. Takagi, R., Uchida, N. and Obara, K. (2019): Along-strike variation and migration of long-term slow slip events in the western Nankai subduction zone, Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.124, 4, pp.3853-3880. <https://doi.org/10.1029/2018JB016738>
33. Wessel, P. and Smith, W.H.F. (1998): New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol.79, pp.579. <https://doi.org/10.1029/98EO00426>
34. Yamamoto, K., Sonoda, T., Takayama, T., Ichikawa, N., Ohkura, T., Yoshikawa, S., Inoue, H., Matsushima, T., Uchida, K. and Nakamoto, M. (2013): Vertical ground deformation associated with the volcanic activity of Sakurajima volcano, Japan during 1996 - 2010 as revealed by repeated precise leveling surveys, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, vol.58, 1, pp.137-151.
35. Yurai, H. and Ozawa, S. (2013): Quasi-periodic slow slip events in the afterslip area of the 1996 Hyuga-nada earthquakes, Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, vol.118, 2512-2527. <https://doi.org/10.1002/jgrb.50161>
36. Yamamoto, Y., Ito, A., Ishihara, Y., Obayashi, M., Tanaka, S., Nakamichi, H., Yakiwara, H., Nakatani, Y., Sugioka, H., Otsuka, H. and Matsuno, T. (2025): Magmatic system of the Kikai submarine caldera, SW Japan, imaged by passive seismic tomography, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol.465, 108369. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2025.108369>
37. Yu, C., Penna, N. T. and Li, Z. (2017): Generation of real-time mode high-resolution water vapor fields from GPS observations, *J. Geophys. Res. Atmospheres*, vol.122, 2008-2025. <https://doi.org/10.1002/2016JD025753>
38. 井口正人(2017):地震波トモグラフィによる始良カルデラ周辺の地震波速度構造調査結果及び始良カルデラの状態について,平成29年度原子力規制庁請負調査報告書.
39. 井口正人・高山鐵朗・味喜大介・西祐司・斉藤英二(2002):鬼界カルデラの地盤変動.薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測, pp.29-32.
40. 井口正人・高山鐵朗・山崎友也・多田光宏・鈴木敦生・植木貞人・太田雄策・中尾茂(2008):GPS観測から明らかになった桜島のマグマ活動,京都大学防災研究所年報,第51号B, pp.241-246.
41. 井口正人・太田雄策・中尾茂・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫(2011):桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測(2010年~2011年),「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」(課題番号1809)平成22年度分報告書.
42. 井口正人・太田雄策・中尾茂・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫(2013):桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測—2011年~2012年—,「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究(課題番号1809)」平成24年度分報告書.
43. 石垣祐三(2009):全国を対象とした地震活動監視のための解析手法について—M7.0における余震活動予測を通して—,験震時報, vol.72, pp.1-25.
44. 井田喜明・山岡耕春・渡辺秀文(1988):マグマ後退期の火山活動の発生機構—1986年12月以後の伊豆大島火山噴火の解釈—,東京大学地震研究所彙報, Vol.63, pp.183-200.
45. 海野直弘・八木原寛・仲谷幸浩・平野舟一郎(2019):阿多カルデラ周辺の地殻の3次元地震波速度構造,及び加久藤カルデラ下の速度構造との比較,日本火山学会講演予稿集,2019年度秋季大会, p.43.
46. 江頭庸夫(1989):噴火活動に伴う桜島火山および始良カルデラ周辺の地盤変動,京都大学防災研究所年報,第32号B-1, pp.29-39.
47. 江頭庸夫・高山鐵朗・山本圭吾・Muhamad Hendrasto・味喜大介・園田忠臣・松島健・内田和也・八木原寛・王彦賓・木股文昭・宮島力雄・小林和典(1997):始良カルデラの地盤の再隆起—1991年12月~1996年10月—,京都大学防災研究所年報,第40号B-1, pp.49-60.
48. 大久保泰邦(1984):全国のキュリー点解析結果.地質ニュース,362号, pp.12-17.

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

49. 大倉敬宏(2017):測地学的手法による火山活動の観測について,平成29年度原子力規制庁請負調査報告書.
50. 尾形良彦(2019):ETASモデルー地震の発生強度(起こりやすさ)の評価ー,日本地震学会広報紙「なみふる」,no.117,pp.1-3.
51. 海上保安庁:開聞岳,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
52. 海上保安庁:薩摩硫黄島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
53. 鍵山恒臣・歌田久司・三ヶ田均・筒井智樹・増谷文雄(1997):霧島火山群の構造とマグマ供給系,火山,vol.42,特別号,pp.S157-S165.
54. 火山調査研究推進本部:第5回(令和7年7月2日)火山調査委員会,https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jishin/mext_00166.html.
55. 火山調査研究推進本部:第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jishin/mext_00198.html.
56. 火山調査研究推進本部:第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jishin/mext_00231.html.
57. 火山調査研究推進本部火山調査委員会 霧島山の現状の評価及び調査研究方策,令和8年2月24日.
58. 環境省大気汚染物質広域監視システム(そらまめくん;<https://soramame.env.go.jp/>). 更新:2026/4/14.
59. 気象研究所:霧島山,第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,資料 調8機3-(4)-2 霧島山の調査観測結果に関する資料.
60. 気象研究所 地震火山研究部(2013):マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究,気象研究所技術報告,第69号,184 pp.
61. 気象庁:地震月報(カタログ編),更新:2026/1/16,<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/hypo.html>.
62. 気象庁:火山活動解説資料(九州地方の火山),https://www.data.jma.go.jp/vois/data/report/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php.
63. 気象庁:月間火山概況(九州地方),管内月間火山概況(令和8年3月),https://www.data.jma.go.jp/vois/data/report/monthly_v-act_doc/fukuoka/26m03/500_26m03.pdf.
64. 気象庁:発震機構解(精査後),更新:2026/4/16,<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/mech/index.html>.
65. 気象庁:桜島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
66. 気象庁:若尊,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
67. 気象庁:池田・山川,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
68. 気象庁:開聞岳,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
69. 気象庁:薩摩硫黄島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
70. 気象庁:令和7年(2025年)の阿蘇山の火山活動,火山活動解説資料(年報).
71. 気象庁:令和7年(2025年)の霧島山の火山活動,火山活動解説資料(年報).
72. 気象庁:令和7年(2025年)の桜島の火山活動,火山活動解説資料(年報).
73. 気象庁:令和7年(2025年)の薩摩硫黄島の火山活動,火山活動解説資料(年報).
74. 気象庁:桜島の火山活動解説資料(令和8年1月),火山活動解説資料.
75. 気象庁:薩摩硫黄島の火山活動解説資料(令和8年1月),火山活動解説資料.
76. 気象庁:霧島山の火山活動解説資料(令和8年2月),火山活動解説資料.
77. 気象庁:桜島の火山活動解説資料(令和8年2月),火山活動解説資料.

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

78. 気象庁:薩摩硫黄島の火山活動解説資料(令和8年2月),火山活動解説資料.
79. 気象庁:阿蘇山の火山活動解説資料(令和8年3月),火山活動解説資料.
80. 気象庁:霧島山の火山活動解説資料(令和8年3月),火山活動解説資料.
81. 気象庁:桜島の火山活動解説資料(令和8年3月),火山活動解説資料.
82. 気象庁:薩摩硫黄島の火山活動解説資料(令和8年3月),火山活動解説資料.
83. 機動的な調査観測・解析グループ:霧島山,第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,資料 調8機3-(4)-7 霧島山の調査観測結果に関する資料.
84. 機動的な調査観測・解析グループ:霧島山,第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,資料 調8機3-(4)-6 霧島山の調査観測結果に関する資料.
85. 木村育磨・大倉敬宏・松本聡・志藤あずさ・清水洋(2019):阿蘇火山周辺の3次元地震波速度構造,日本火山学会講演予稿集,2019年度秋季大会,p.122.
86. 九州大学:霧島山,第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,資料 調8機3-(4)-7 霧島山の調査観測結果に関する資料.
87. 九州電力株式会社(2024):川内原子力発電所及び玄海原子力発電所火山活動のモニタリング評価結果(2023年度報告),215pp.2024年6月19日.
88. 九州電力株式会社(2025):川内原子力発電所及び玄海原子力発電所火山活動のモニタリング評価結果(2024年度報告),244pp.2025年6月23日.
89. 国土地理院:電子基準点データ提供サービス,更新:2026/4/24,<https://terras.gsi.go.jp/>.
90. 国土地理院:GEONETにより地殻変動を観測した地震一覧,更新:2026/3/31,<https://mekira.gsi.go.jp/catalogue/index.html>.
91. 国土地理院:地殻変動に関する報道発表等,更新:2026/3/31,https://www.gsi.go.jp/kanshi/press_release.html.
92. 国土地理院:地理院地図,更新:2026/4/14,<https://maps.gsi.go.jp/>.
93. 国土地理院:国土地理院による火山周辺地域における地殻変動観測の概況,https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html.
94. 国土地理院:阿蘇山,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
95. 国土地理院:桜島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
96. 国土地理院:池田・山川・開聞岳,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
97. 国土地理院:薩摩硫黄島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
98. 国土地理院:霧島山,第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会,資料 調8機3-(4)-3 霧島山の調査観測結果に関する資料.
99. 国土地理院:地殻変動観測の概況(2026年3月),国土地理院による火山周辺地域における地殻変動観測の概況,https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_monthly/2026-03.html.
100. 小林昭夫(2012):高知市付近で1977~1980年頃に発生した長期的スロースリップ,地震 第2輯,vol.64,pp.63-73.
101. 小林哲夫(2017):カルデラ噴火の前兆現象に関する地質学的研究,平成29年度原子力規制庁請負調査報告書.
102. 小林哲夫(2019):1.地質学視点でみた桜島火山の大規模噴火,自然災害科学,vol.38,no.3,pp.280-289.
103. 斎藤元治(2017):火山ガスと噴火メカニズムについて,平成29年度原子力規制庁請負調査報告書.
104. 坂井孝行・福井敬一・高木朗充・山里平(2008):回転楕円体圧力源による変位を表す経験式(第2報):FE解析結果に最小二乗法を適用しての係数決定,日本火山学会講演予稿集,2008年度秋季大会,p.83.
105. 産業技術総合研究所:霧島山,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
106. 産業技術総合研究所:桜島,第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会,資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

107. 産業技術総合研究所:霧島山, 第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会, 資料 調8機3-(4)-5 霧島山の調査観測結果に関する資料.
108. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター:第102回火山噴火予知連絡会(2005年11月2日開催)において産総研地調が提出した資料, 浅間山脱ガス・マグマ供給系に関する整理・考察, 火山噴火予知連絡会提出資料, <https://www.gsj.jp/hazards/volcano/yochiren/yochiren102.html>.
109. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター(2019):日本列島及びその周辺域の熱データベース, <https://www.gsj.jp/Map/JP/geology.html>.
110. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター:2025年5月14日~20日の桜島南岳噴出物構成粒子の特徴, 2025年5月29日~30日の桜島南岳噴出物構成粒子の特徴, 2025年5月14日~20日の桜島南岳噴出物構成粒子の特徴 第3報, 2025年7月5日~7日の桜島南岳噴出物構成粒子の特徴, 2025年11月17日の桜島南岳噴出物構成粒子の特徴, 火山調査研究推進本部提出資料, <https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/index.html>.
111. 地震調査委員会(2013):九州地域の活断層の長期評価(第一版), 平成25年2月1日, 地震調査研究推進本部, 81pp.
112. 地震調査委員会(2022):2022年10月の地震活動の評価, 毎月の地震活動, 地震調査研究推進本部.
113. 篠原宏志・斎藤元治・松島喜雄・川辺禎久・風早康平・浦井稔・西祐司・斎藤英二・濱崎聡志・東宮昭彦・森川徳敏・駒澤正夫・安原正也・宮城磯治(2008):火山研究解説集:薩摩硫黄島, 産総研地質調査総合センター. https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/satsumaoujima/vr/index.html.
114. 澁谷拓郎・寺石眞弘・小松信太郎・山崎健一・山下裕亮・大倉敬宏・吉川慎・井口正人・為栗健・園田忠臣(2019):地震学的手法による南九州下のフィリピン海スラブとその周辺域の構造の推定, 京都大学防災研究所年報, 第62号B, pp.279-287.
115. 関口悠子・長谷中利昭・森 康(2014):始良カルデラ火山に見られる3回のマグマ活動サイクル, 月刊地球, vol.36, 8, pp.303-309.
116. 高倉伸一・橋本武志・小池克明・小川康雄(2000):MT法による阿蘇カルデラの比抵抗断面, Conductivity Anomaly 研究会2000年論文集, pp.23-30.
117. 為栗 健・八木原寛・筒井智樹・井口正人(2022):高分解能な3次元地震波速度構造解析による始良カルデラ下のイメージング, 火山, vol.67, pp.69-76.
118. 筒井智樹・為栗健・井口正人(2021):人工地震記録による始良カルデラ西部の地殻内S波地震反射面の推定, 火山, vol.66, pp.71-81.
119. 筒井智樹・味喜大介・井口正人(2024):始良カルデラにおける海底地盤変動観測装置の設置後1年間の挙動, 京都大学防災研究所年報, 第67号B, pp.79-86.
120. 寺田暁彦・須藤靖明・吉川慎・井上寛之(2007):阿蘇火山吉岡温泉で2006年に起きた地熱活動の定量的評価, 火山, vol.52, pp.335-340.
121. 東京大学地震研究所・機動的な調査観測・解析グループ:霧島山, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
122. 東京大学地震研究所:霧島山, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
123. 東京大学地震研究所・機動的な調査観測・解析グループ:桜島, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
124. 東京大学地震研究所・機動的な調査観測・解析グループ:薩摩硫黄島, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
125. 長岡優・西田究・青木陽介・武尾実・大倉敬宏・吉川慎(2019):地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明, 日本地球惑星科学連合2019年大会, SSS17-P02.
126. 西潔・山本圭吾・井口正人・石原和弘・古澤保(2001):南九州の3次元地震波速度構造, 月刊地球, vol.23, 8, pp.573-577.
127. 防災科学技術研究所:検測値データダウンロード, 気象庁一元化震源要素, Hi-net高感度地震観測網, 更新:2026/4/2, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>.
128. 防災科学技術研究所:阿蘇山, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
129. 防災科学技術研究所:桜島, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-(5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).

モニタリング結果と中・長期的取組みの参考文献

130. 防災科学技術研究所・鹿児島大学: 桜島, 第7回(令和7年10月10日)火山調査委員会, 資料 調7-5) 111 の活火山の調査観測結果に関する資料(九州地方・南西諸島).
131. 防災科学技術研究所: 霧島山, 第8回(令和8年2月24日)火山調査委員会, 資料 調8機3-(4)-5 霧島山の調査観測結果に関する資料.
132. 前野深・宮本毅・谷口宏充(2002): 鬼界カルデラにおけるアカホヤ噴火以降の火山活動史, 東北アジア研究, vol.6, pp.253-277.
133. 町田洋・太田陽子・河名俊男・森脇広・長岡信治編(2001): 日本の地形7 九州・南西諸島, 東京大学出版会, 355pp.
134. 味喜大介・筒井智樹・井口正人(2021): GNSS観測による始良カルデラ下へのマグマ供給率の推定, 京都大学防災研究所年報, 第64号B, pp.101-107.
135. 味喜大介・筒井智樹・井口正人(2024): 始良カルデラ周辺の地盤変動に関する有限要素法モデルを用いた圧力源形状の検討(続報), 京都大学防災研究所年報, 第67号B, pp.87-90.
136. 三好雅也(2013): カルデラ火山地域における大規模噴火再発の可能性評価, 平成24年度放射性廃棄物共通技術調査等事業「放射性廃棄物重要基礎技術研究調査」報告, 第2分冊, 研究報告6.
137. 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司(2005): 阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について, 火山, vol.50, pp.269-283.
138. 森川徳敏・風早康平・佐藤努・高橋浩・戸崎裕貴・高橋正明・稲村明彦(2019): 火山地域地下水中の放射性塩素同位体比($^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比)によるマグマだまり状態推定の試み: 阿蘇カルデラを対象として, 日本火山学会講演予稿集, 2019年度秋季大会, p.209.
139. 安池由幸・西来邦章・廣井良美(2019): 火山影響評価に係る科学的知見の整備, 安全研究成果報告, RREP-2019-4001, 令和元年5月.
140. 山本圭吾・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫・大倉敬宏・横尾亮彦・吉川慎・井上寛之・諏訪博之・松島健・藤田詩織・神菌めぐみ(2013): 水準測量によって測定された桜島火山周辺域の地盤上下変動-2012年11月および12月測定の結果-, 京都大学防災研究所年報, 第56号B, pp.187-195.
141. 山本圭吾・大島弘光・前川徳光・及川純・園田忠臣・大久保修平・田中愛幸・今西祐一・渡邊篤志・坂守・風間卓仁(2014): 桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定(2013年10月および11月), 「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成25年度分報告書.