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
（2021年度報告）

2022年6月30日

九州電力株式会社

九州電力

九電グループ
ずっと先まで、明るくしたい。

目 次

１．モニタリングの概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ３

２．モニタリング評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ５

３．モニタリング確認結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ８
　①　阿蘇カルデラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ９
　②　加久藤・小林カルデラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ２５
　③　姶良カルデラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ４１
　④　阿多カルデラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ６３
　⑤　鬼界 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ７７

参考１．地殻変動評価に用いるデータ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ９５
参考２．九州全域の地震活動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ９７

＊本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院の長の承認を得て、数値地図50mメッシュ（標高）を使用したものである。（承認番号　平25情使、第333号）
上記地図を第三者がさらに複製又は使用する場合には、国土地理院の長の承認を得なければならない。

目 次

（中・長期的取組み）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P103
1．カルデラ火山周辺のひずみ場検討 ・・・・・・・・・・・・・・・P104
2．姶良カルデラ周辺の水準測量結果 ・・・・・・・・・・・・・・・P111
3．当社GNSS機器による観測結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・P119
4．干渉SAR時系列解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P121
5．地下深部の熱活動の観測手法に関する検討 ・・・・・・・・P127
6．統計的整理に基づく評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P131

（原子力規制委員会の火山モニタリングにおける「観測データに有意な変化があったと判断する目安」を踏まえた整理）・・・・・・・・・・・・・・・・P155

（参考文献）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P161

＊本資料で用いている図面の作成に当たっては、国土地理院の長の承認を得て、数値地図50mメッシュ（標高）を使用したものである。（承認番号　平25情使、第333号）
上記地図を第三者がさらに複製又は使用する場合には、国土地理院の長の承認を得なければならない。

1. モニタリングの概要［評価方法］

〔Ⅰ 活火山に関する公的機関の評価〕

① 評価の収集

発行機関	対 象	資料名（URL）
国土地理院	2021年4月度～2022年3月度	火山周辺地域における地殻変動観測 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)
気象庁	2021年 6月30日開催 12月27日開催	第148回 火山噴火予知連絡会資料 第149回 火山噴火予知連絡会資料 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html)
	2021年（年報） 2021年4月～2022年3月（月報）	火山活動解説資料（九州地方の火山） (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php)

※ 異常が出た場合等に臨時で発表される不定期情報も逃さず収集

〔Ⅱ 当社の評価〕

① データの収集 ⇒ ② 分析 ⇒ ③ 評価

発行機関	対 象	データ名（URL）
国土地理院	2000.1.1 ～ 2022.3.31	電子基準点データ提供サービス (http://terras.gsi.go.jp/)
気象庁	2000.1.1 ～ 2022.3.31	一元化処理震源データ（気象庁、大学、防災科学技術研究所）※ (http://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja)

※ 2000年～2019年までは，地震月報（カタログ編）の震源データ (http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html) を使用

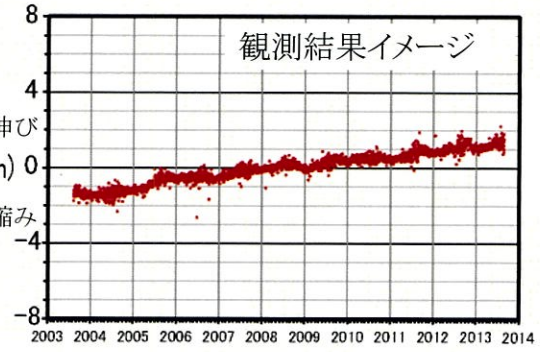
〔Ⅲ 総合評価〕

・活火山に関する公的機関の評価及び当社の評価等に基づき、カルデラの活動状況の変化を総合的に判断 1回/月

・なお評価結果については火山の専門家に助言を頂く 1回/年

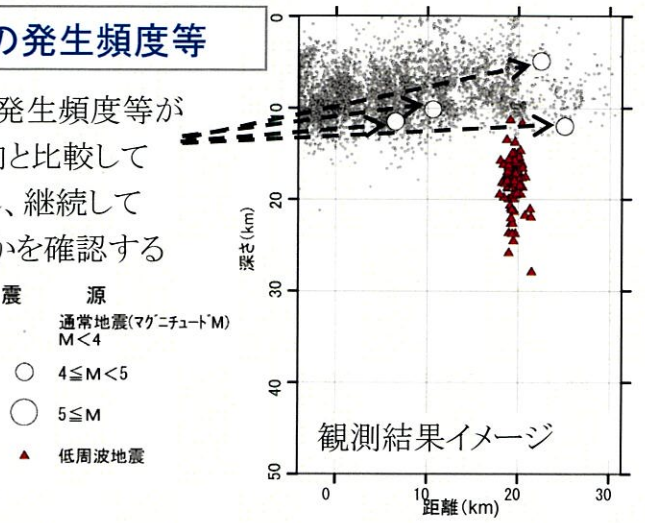
地殻変動（基線長の変化）

・地殻変動（基線長の変化）が長期的な傾向と比較して急激に変動し、継続していないかどうかを確認する



有感地震の発生頻度等

・有感地震の発生頻度等が長期的な傾向と比較して急激に増加し、継続していないかどうかを確認する



1. モニタリングの概要 [監視レベルの移行判断基準と監視体制]

監視レベル	判断基準 マグマ供給率（×0.01km³/年）	監視体制
平常	１未満 ※1	・GNSS連続観測による基線長変化 ・地震観測による震源分布 → 変化の原因等の検討 マグマ供給率に変化が生じた場合、火山専門家等の助言を得ながら必要に応じて監視レベルを移行
注意	１～５未満 ※2	・GNSS連続観測による基線長変化 ・地震観測による震源分布 → 変化の原因等の検討 長期にわたり（1～3年程度）マグマ供給率が1を超える場合は、火山専門家等の助言を得ながら必要に応じて詳細観測を実施
警戒	５～１０未満 ※3	詳細観測の実施（GNSSの増設等による圧力源の検討）→ 異常の原因等の検討 → 活動的なマグマ溜まりの特定 後カルデラの活動 → 継続監視 カルデラの活動 → ・対処準備 ・燃料体等の搬出等
緊急	１０～	詳細観測の実施（GNSSの増設等による圧力源の検討） → ・対処準備 ・燃料体等の搬出等

マグマ供給率の増加

※1 姶良カルデラ周辺のGNSS観測結果等から得られる、ここ数百年の地殻変動量及びマグマ供給率
※2 Druitt et al., 2012によるマグマ供給率の最小値（0.05km³/年）を警戒体制に移行する基準値として適用
※3 Druitt et al., 2012によるマグマ供給率の中央値（0.10km³/年）を適用

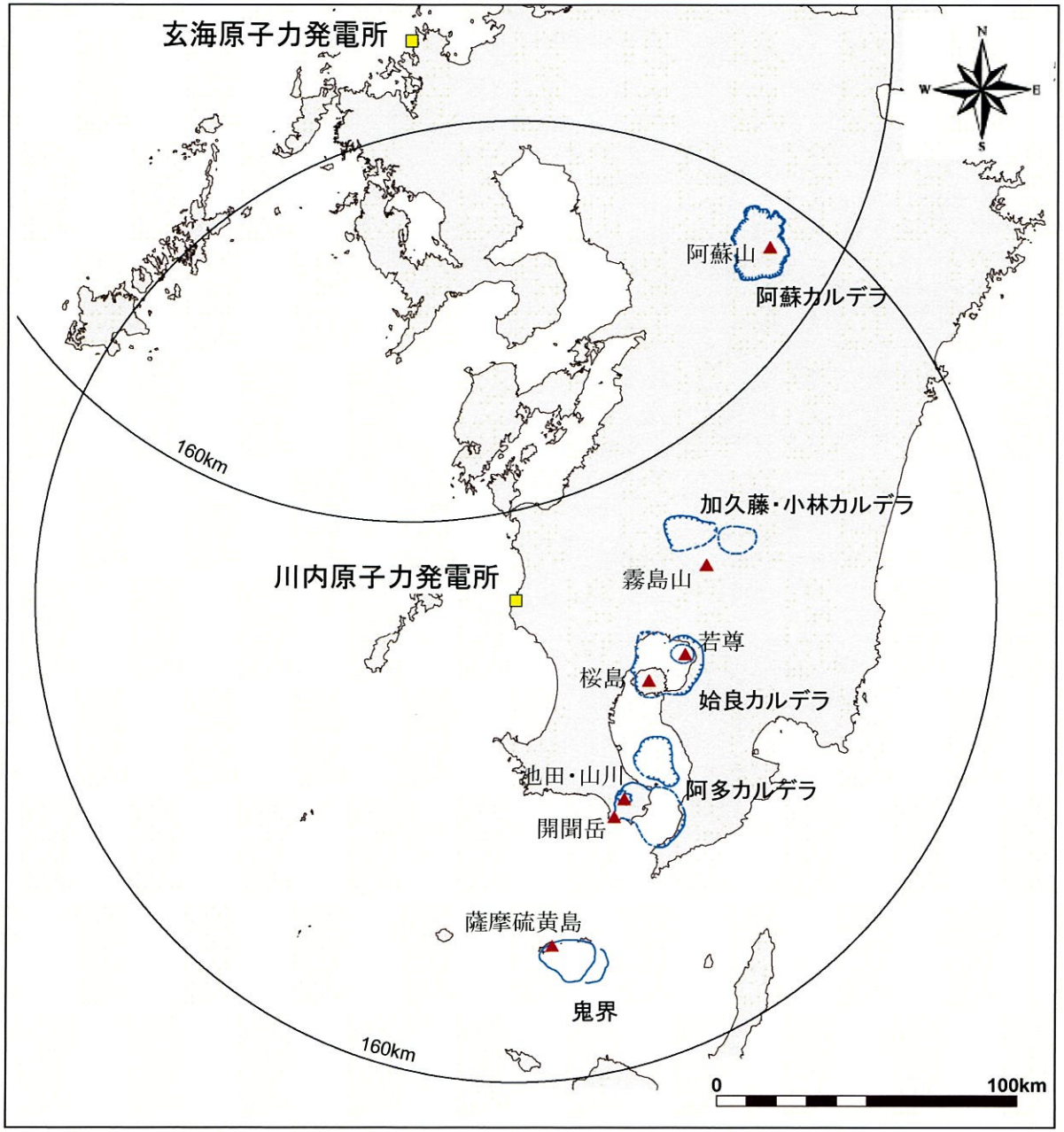
2. モニタリング評価結果

○ 公的機関による発表情報、既存観測網によるデータ等を収集・分析し、2021年度の対象火山※の活動状況を確認した。
○ 各カルデラ火山において、顕著なマグマ供給率の増加を示唆する地殻変動及び地震活動の有意な変化は認められないことから、対象火山の活動状況に変化はないと評価した。

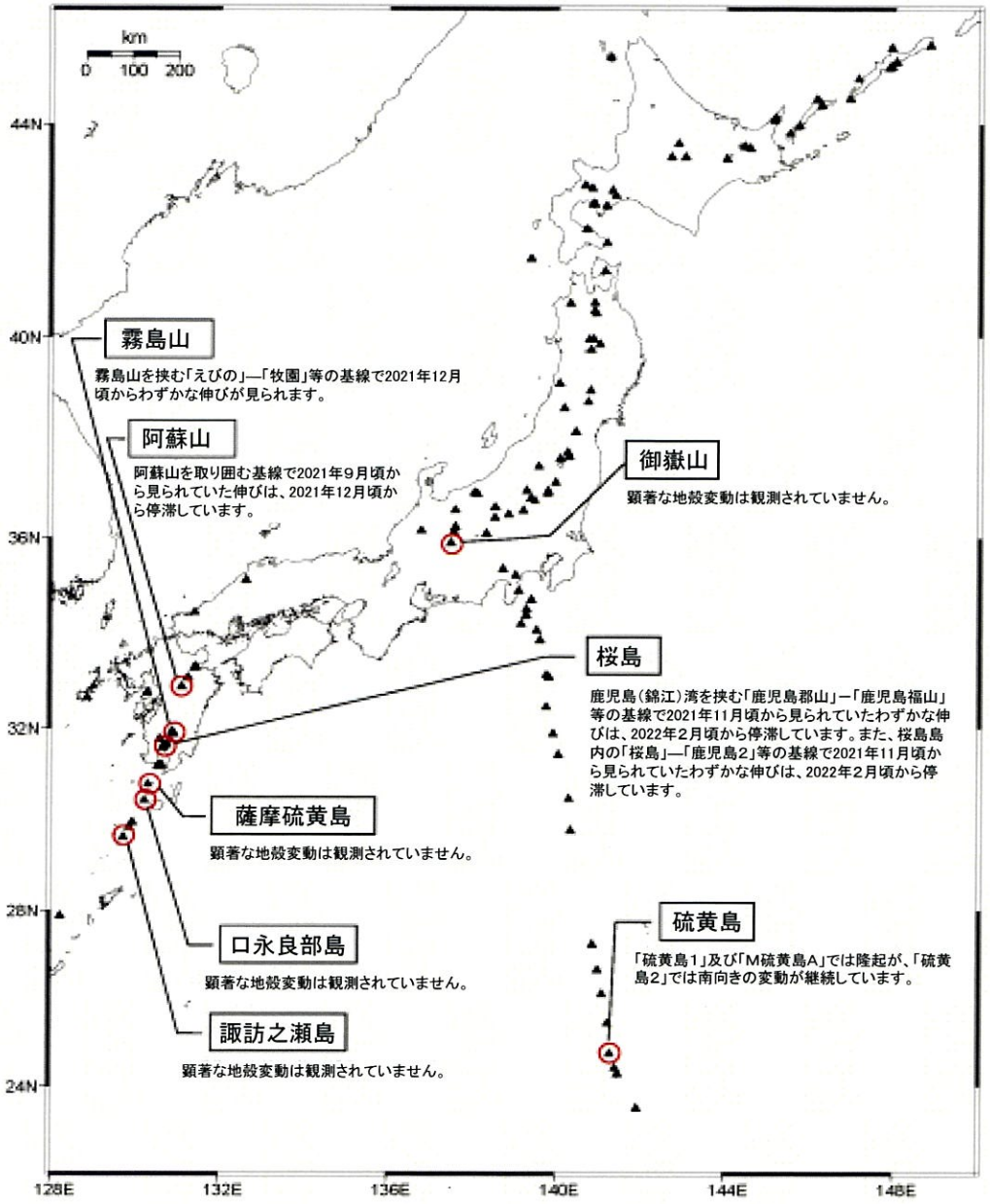
対象火山	活火山に関する公的機関の評価		当社の評価（国土地理院GNSS観測による基線変化及び気象庁一元化処理データを使用）			総合評価 活動状況の変化
	気象庁噴火警戒レベル（下線の火山は対象外）	（気象庁火山噴火予知連絡会資料，火山活動解説資料）	監視レベル	地殻変動	地震活動	
阿蘇カルデラ	阿蘇山 レベル2 （火口周辺規制） 2022/4/15以降 レベル1 （活火山であることに留意）	・阿蘇山では10月に3回の噴火が発生した。 ・火山性地震、火山ガス放出量は噴火以降は多い状態で、孤立型微動は多い状態で経過している。 ・GNSS連続観測では、2021年9月頃からみられていた草千里付近の深部にあるマグマだまりの膨張を示すと考えられる基線の伸びは、12月頃から停滞している。	平常	・過去と比較して有意な変化はない。 ・なお、熊本地震の余効変動が残っている可能性が考えられるため、今後の地殻変動に留意していく。	・過去と比較して有意な変化はない。 ・なお、布田川・日奈久断層帯及びその延長部における熊本地震の余震は減少傾向にある。	なし
加久藤・小林カルデラ	霧島山【新燃岳】 レベル2 （火口周辺規制） 霧島山【御鉢】 霧島山【えびの高原周辺】 霧島山【大幡池】 レベル1 （活火山であることに留意）	・霧島山では噴火は観測されていない。 ・火山性地震は、2022年3月は多い状態となり、火山ガス放出量は、2月下旬以降は検出限界未満で経過している。 ・GNSS連続観測では、2021年12月頃から、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線のわずかな伸びが認められている。	平常	・過去と比較して有意な変化はない。	・過去と比較して有意な変化はない。 ・なお、2020年度に引き続き、加久藤カルデラの南側、小林カルデラの南東側で局所的にやや多くの地震が認められたため、今後の地震活動に留意していく。	なし
姶良カルデラ	桜島 レベル3 （入山規制） 若尊 （活火山であることに留意）	・桜島の噴火活動は5月に入り低下し、低調な状態で経過しているが、9月頃からごくわずかな活発化の傾向がみられた。 ・桜島の火山性地震の年回数は前年に比べ減少し、火山ガス放出量は多い状態で経過している。 ・広域のGNSS 連続観測では、姶良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びが認められている。 ・若尊の周辺領域で時々地震が発生した。	注意	・マグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められるものの、過去と比較して有意な変化はない。また、警戒監視の移行判断基準を十分下回っている。 ・監視レベルは、過去3年間のマグマ供給率が約0.01km^3/年であることから、「注意」を継続する。	・若尊カルデラの南側での地震及び桜島の南西海域での地震が2021年度も依然として継続しており、全体として地震発生数が多い状態で推移しているため、今後の地震活動に留意していく。	なし
阿多カルデラ	開聞岳 池田・山川 （活火山であることに留意）	・開聞岳および池田・山川において、火山活動の特段の変化はなく、噴火の兆候はみられない。	平常	・過去と比較して有意な変化はない。 ・なお、熊本地震または鹿児島湾の地震を境に傾向が変化している基線が見られるため、今後の地殻変動に留意していく。	・2017年に生じた地震と同じ北側のカルデラにおいて、2020年2月以降は地震発生数が多い状態で推移していたものの、2021年5月頃以降は停滞。また、2020年度に増加した開聞岳付近における低周波地震についても停滞している。	なし
鬼界	薩摩硫黄島 レベル2 （火口周辺規制）	・硫黄岳では噴火は観測されなかった。 ・火山性地震は少ない状態で経過している。	平常	・鹿児島三島及び竹島を起点とする基線に、鬼界へのマグマ供給を示唆する可能性のある伸びと縮みの傾向が認められるため、今後の地殻変動に留意していく。 ・なお、注意監視の移行判断基準値に相当する変動は認められないことから、監視レベルは「平常」を継続する。	・過去と比較して有意な変化はない。	なし

※ 本報告における対象火山は、阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラ、姶良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界の5つのカルデラ火山とする

【参考】モニタリング対象のカルデラ火山



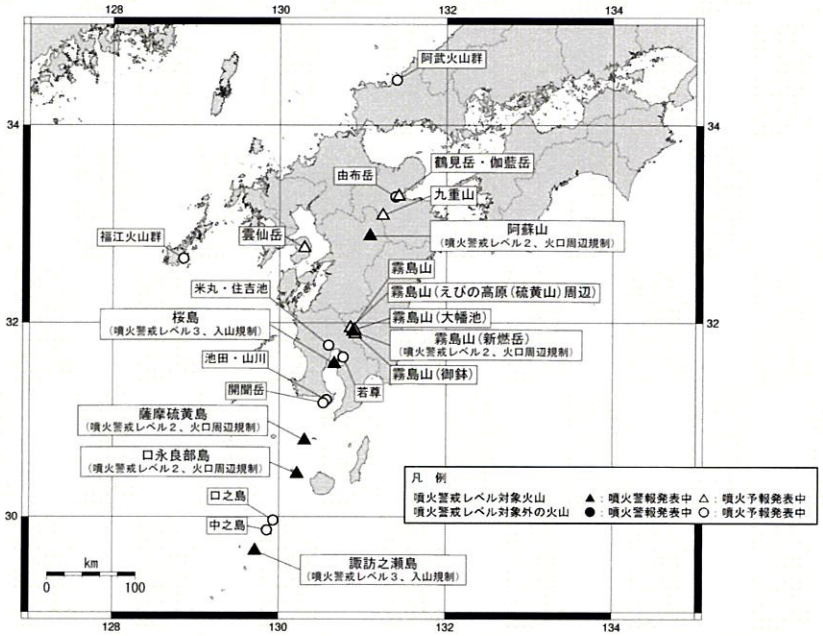
【補足】国土地理院の地殻変動図　気象庁の火山概況



国土地理院：火山周辺地域の地殻変動（2022年3月）

噴火警報及び噴火予報の発表状況（令和４年３月 31 日現在）

警報・予報	噴火警戒レベル及びキーワード	該当火山
火口周辺警報	レベル３（入山規制）	桜島、諏訪之瀬島
	レベル２（火口周辺規制）	阿蘇山、霧島山（新燃岳）、薩摩硫黄島、口永良部島
噴火予報	レベル１（活火山であることに留意）	鶴見岳・伽藍岳、九重山、雲仙岳、霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）、霧島山（大幡池）、霧島山（御鉢）
	活火山であることに留意	阿武火山群、由布岳、福江火山群、霧島山、米丸・住吉池、若尊、池田・山川、開聞岳、口之島、中之島



噴火警戒レベルは、地域防災計画等でその活用が定められている火山で運用されています。

気象庁：月間火山概況（2022年3月）

３．モニタリング確認結果

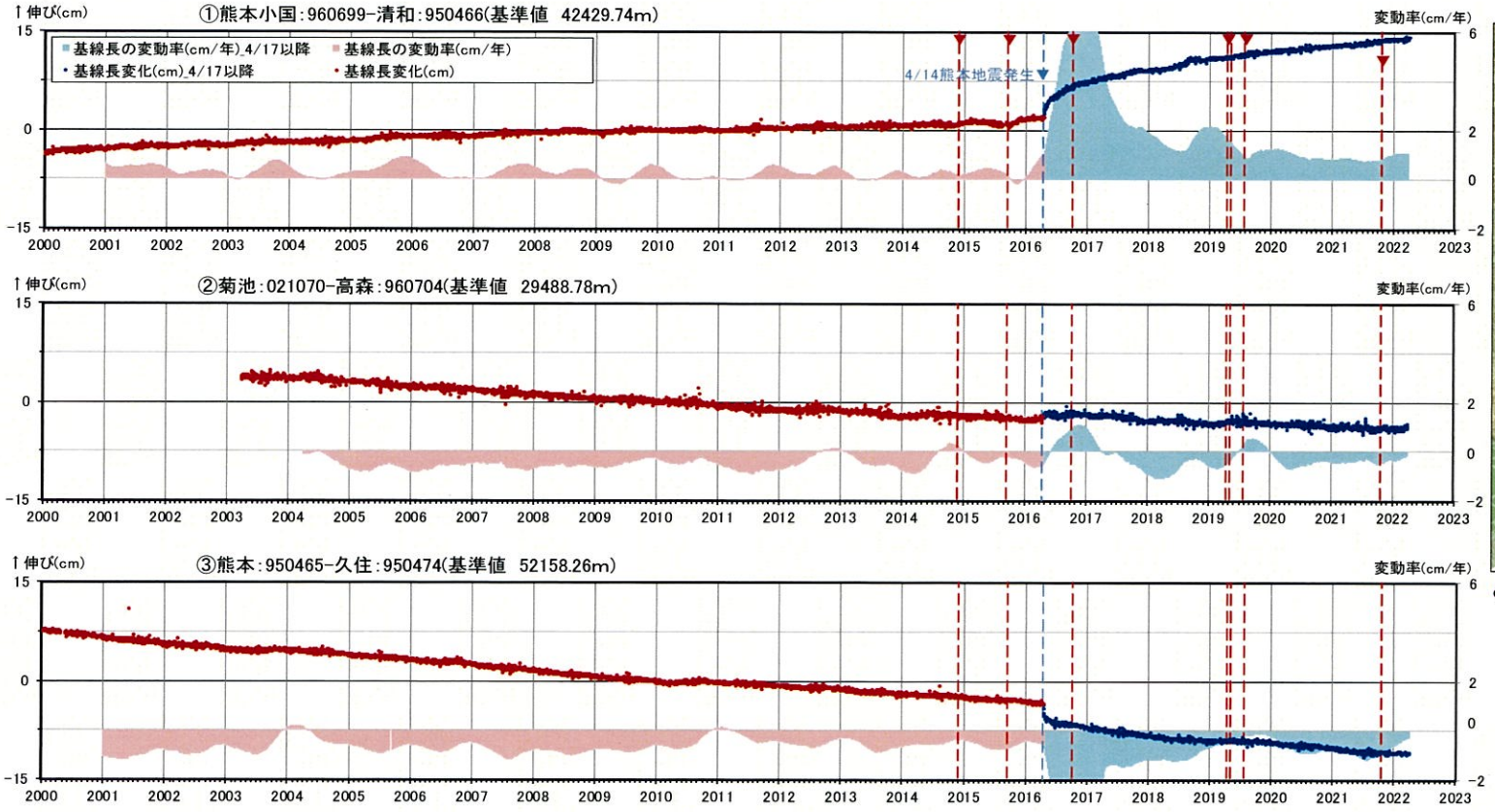
① 阿蘇カルデラ［活火山に関する公的機関の評価概要］

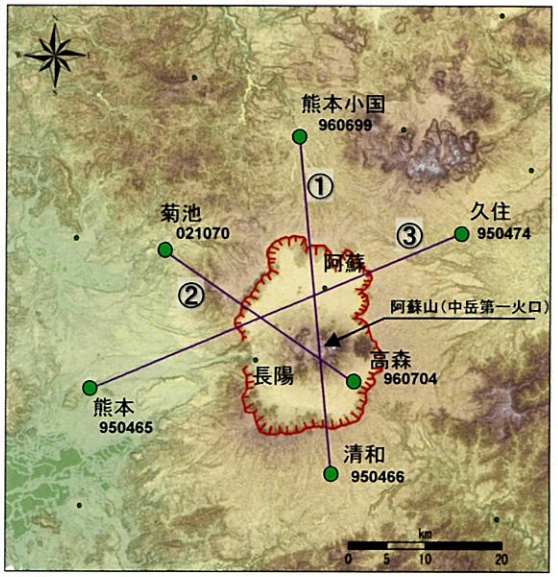
○阿蘇山 （出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

- 阿蘇山では、10月14日、15日及び20日に噴火が発生した。噴火の発生は2020年6月以来。20日の噴火では、噴煙が火口縁上3,500mまで上がり、火砕流が発生した。火砕流は主に北西方向に流下したとみられる。また、大きな噴石が南方向に約900m飛散するのを確認した。
- 火山性微動の振幅は概ね小さな状態で推移していたが、5月上旬や10月の噴火前、2022年2月下旬に増大するなど、不安定な状態で経過した。火山性地震は、10月の噴火発生前からやや増加し、噴火以降は多い状態で経過した。孤立型微動は概ね多い状態で経過したが、2022年3月はやや少ない状態であった。
- 火山ガス（二酸化硫黄）放出量は9月までは少ない状態で経過していたが、10月の噴火以降は1日あたり1,600～5,300トンと多い状態で経過し、12月以降は減少傾向にある。
- GNSS連続観測では、2021年9月頃からみられていた草千里付近の深部にあるマグマだまりの膨張を示すと考えられる基線の伸びは、12月頃から停滞している。

① 阿蘇カルデラ［地殻変動：基線長変化］

・2021年度の基線長変化は、阿蘇カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化はないと判断している。
・なお、2021年9月末頃から阿蘇カルデラ内の基線（基線⑦、⑧、⑨）において伸びの傾向が認められたが、同年11月頃以降は停滞している。
・また、熊本地震の余効変動が残っている可能性が考えられるため、今後の地殻変動に留意していく。



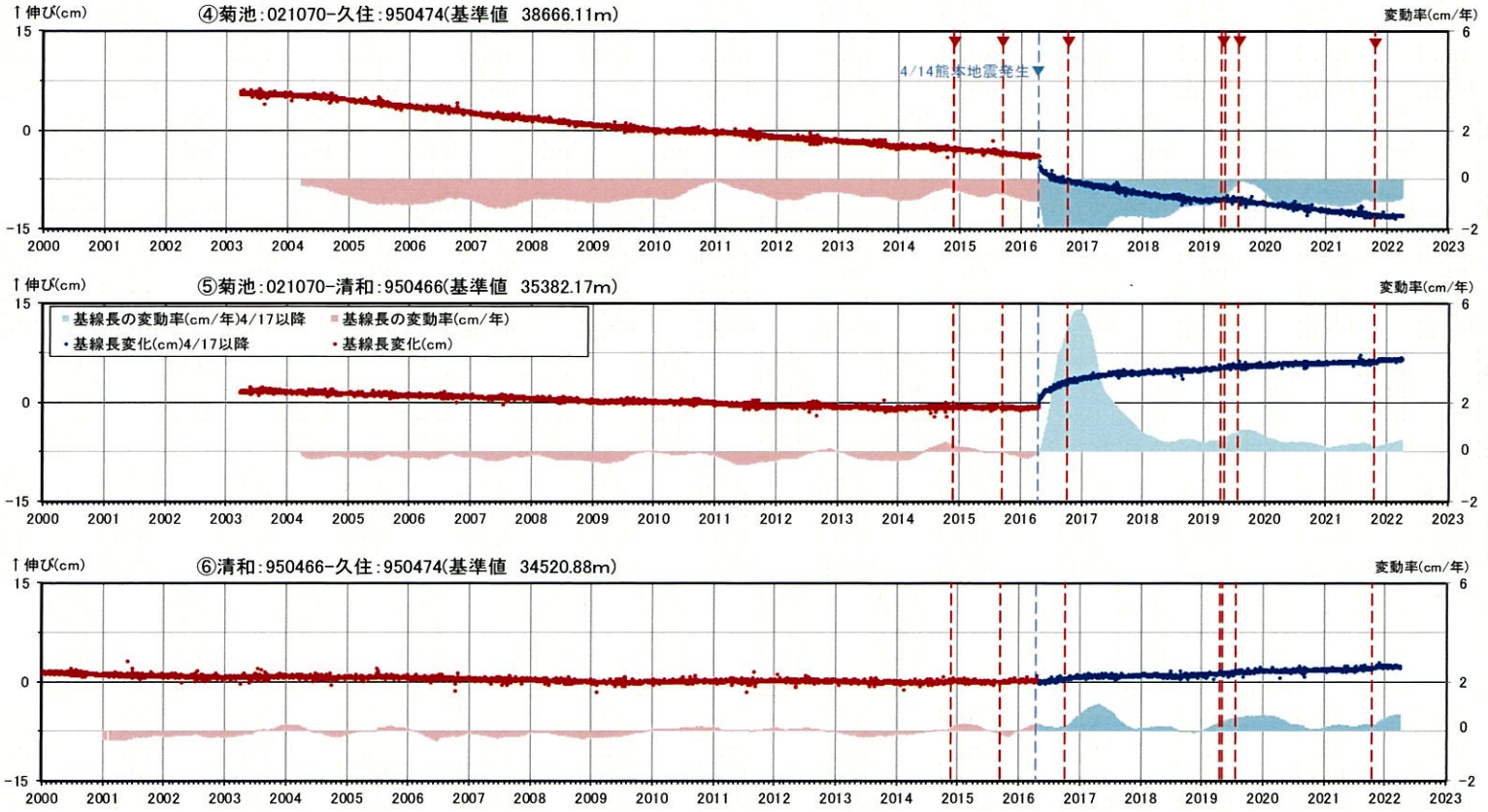


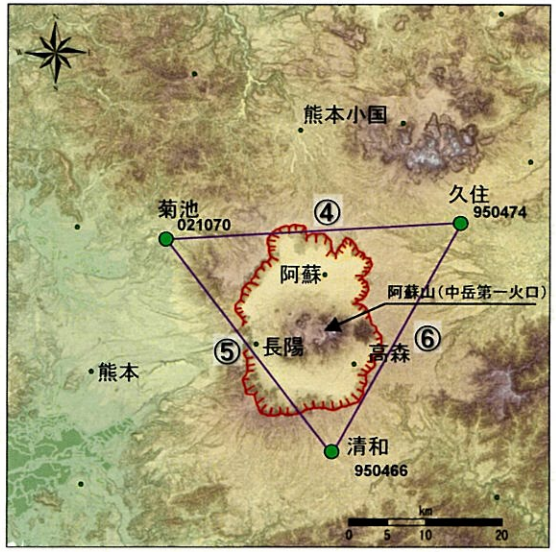
● 国土地理院のGNSS観測点

※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　赤色の▼は主な噴火

基線①～③の時系列変化（熊本地震発生時の変動を補正して図示）

① 阿蘇カルデラ [地殻変動:基線長変化]



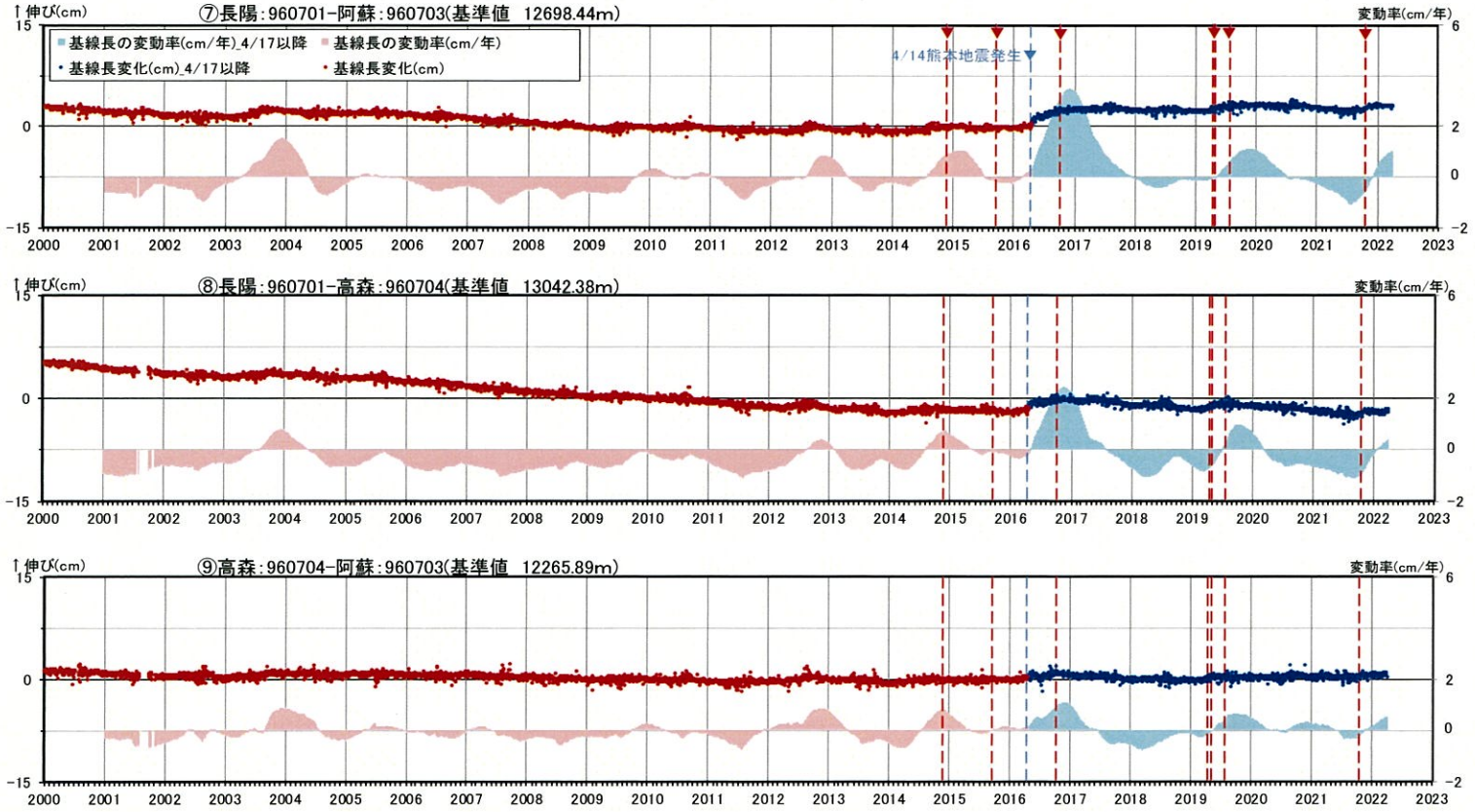


● 国土地理院のGNSS観測点

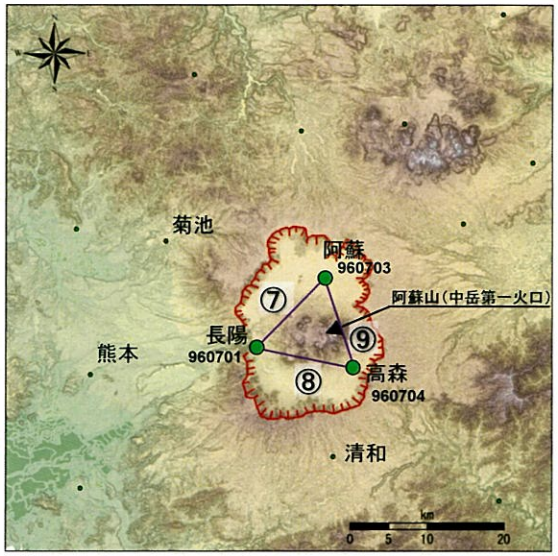
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
※3 赤色の▼は主な噴火

基線④～⑥の時系列変化(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

① 阿蘇カルデラ [地殻変動:基線長変化]



基線⑦～⑨の時系列変化(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

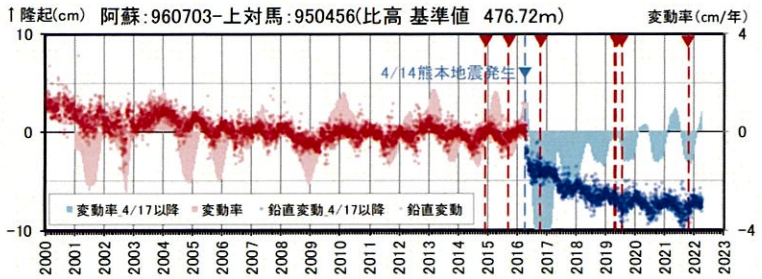


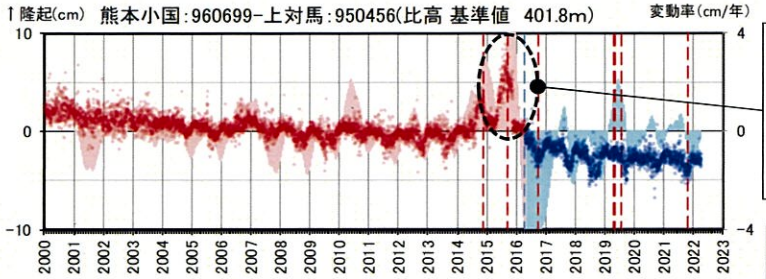
● 国土地理院のGNSS観測点

※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 赤色の▼は主な噴火

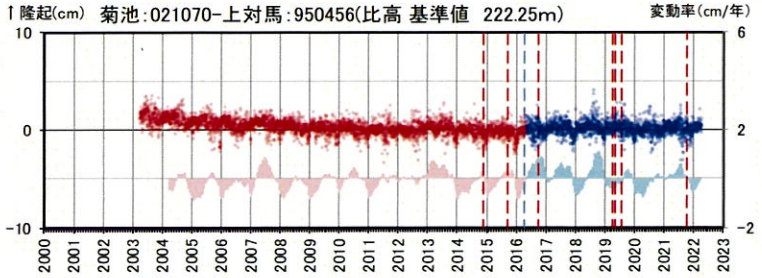
① 阿蘇カルデラ [地殻変動:各観測点の鉛直変動]

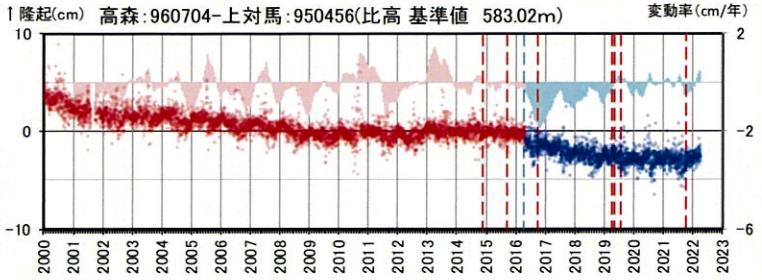
・2021年度の鉛直変動は、阿蘇カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲での隆起傾向は認められない。

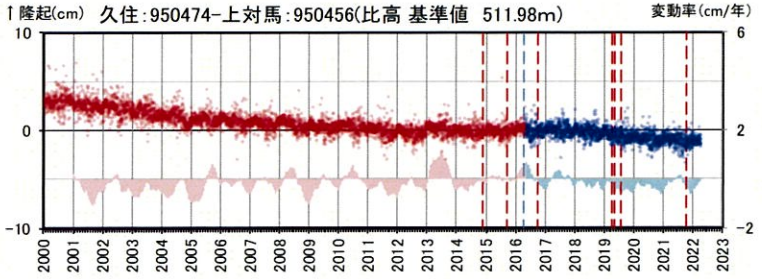


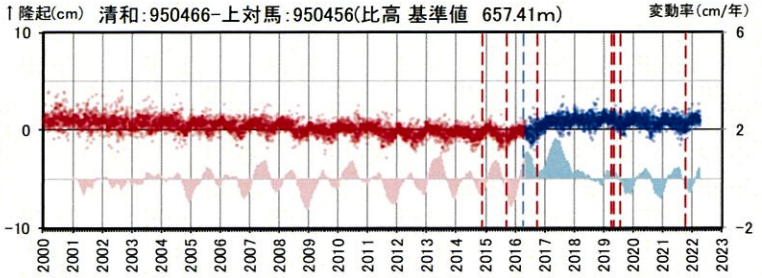


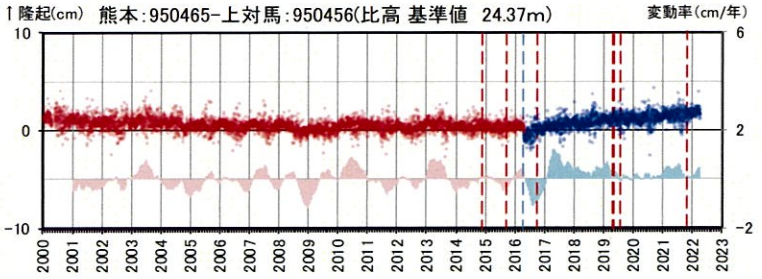
GNSS観測点周辺の樹木により衛星の補足状況が悪くなり、鉛直変動が大きくなったと思われる。
2015年11月に樹木の伐採が実施された後は、鉛直変動が小さくなっている。

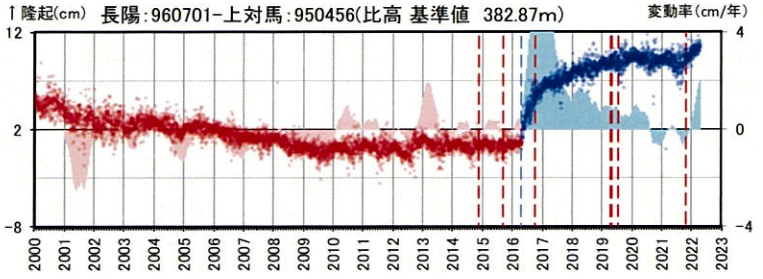


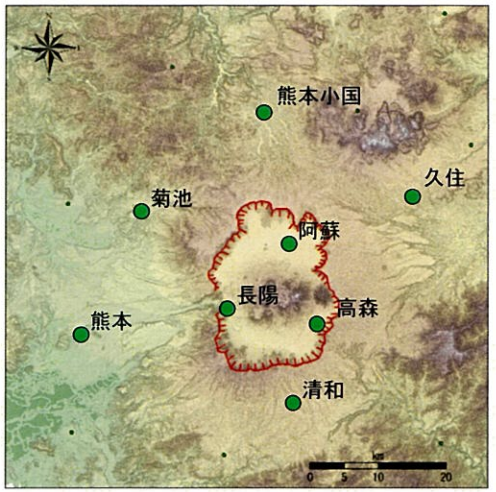












● 国土地理院のGNSS観測点

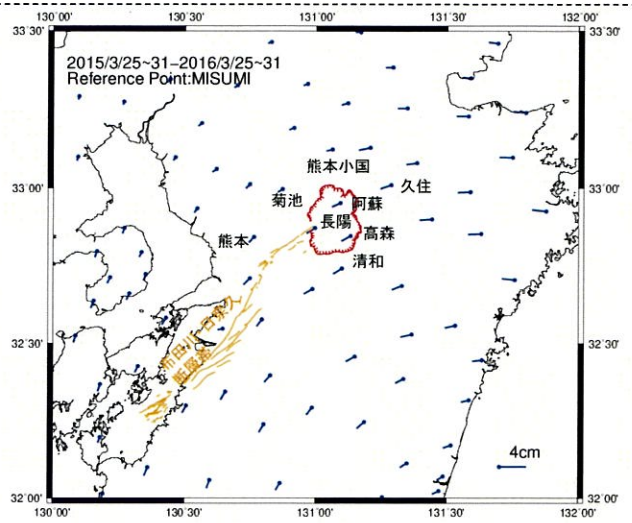
※1 2010年1月1日での950456(上対馬)との比高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
※3 熊本小国の2015年の変動は、電子基準点周辺の樹木により衛星の補足状況が悪くなったため、大きくなっている。なお、2015年11月に樹木の伐採を実施
※4 赤色の▼は主な噴火

950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

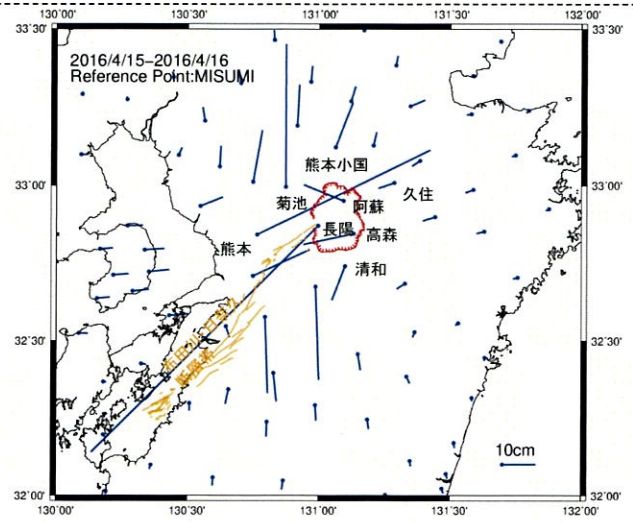
余　白

【参考】熊本地震後の地殻変動［水平変動ベクトル］

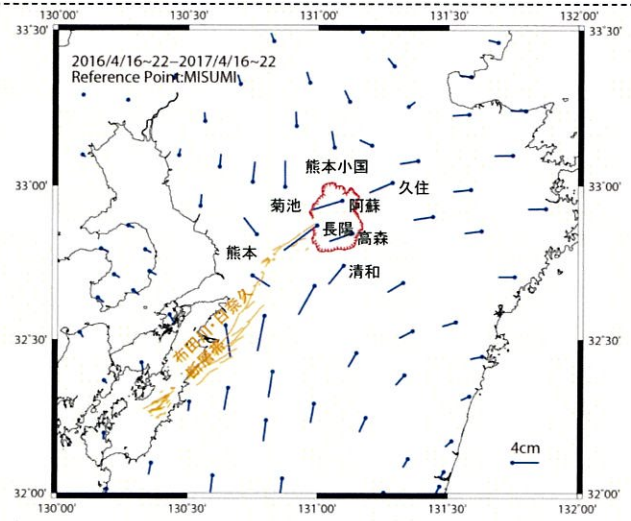
- 熊本地震後の地殻変動については、本震後1年間は余効変動の影響が顕著に認められており、2019年時点でも「余効変動が地震発生後3年経った現在も継続している（文部科学省研究開発局・九州大学（2019））」ことが示されている。
- 至近1年間の地殻変動は、地震断層北側の点の変動が小さくなっていることなど本震前と比較して差異が認められるものの、本震前の状態に概ね戻っており、至近3年分の1年間の地殻変動には大きな差異は認められない。



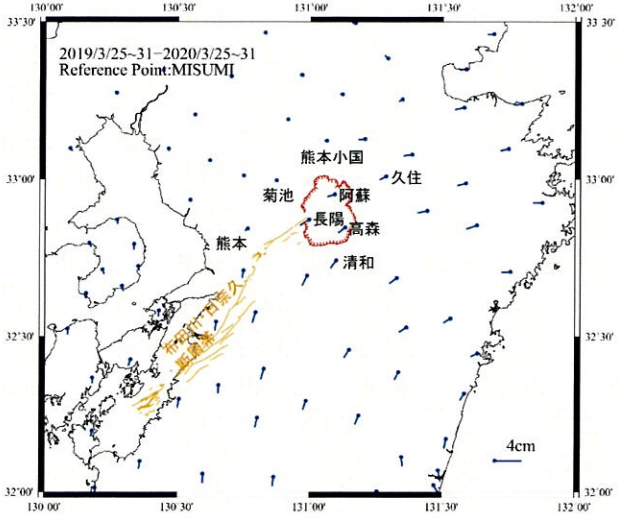
本震前の地殻変動



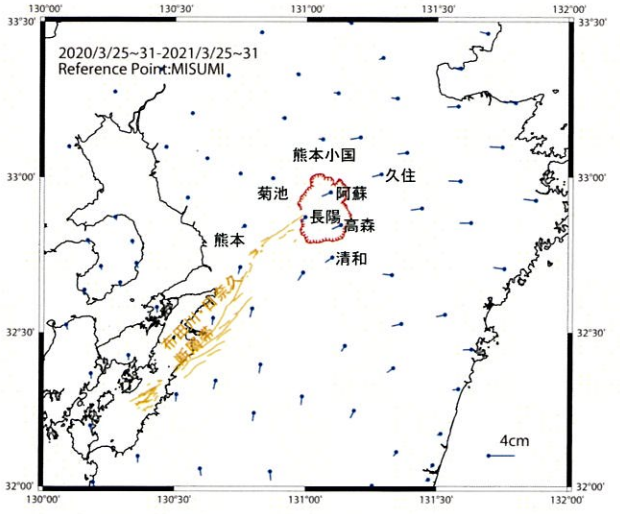
本震時の地殻変動



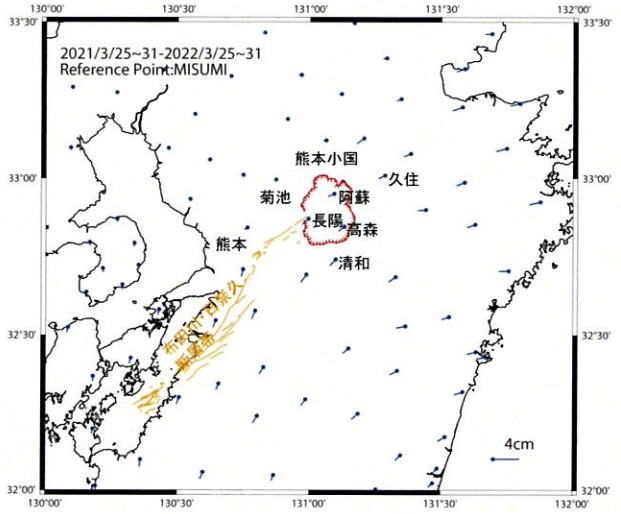
本震後１年間の地殻変動



2019年度の１年間の地殻変動



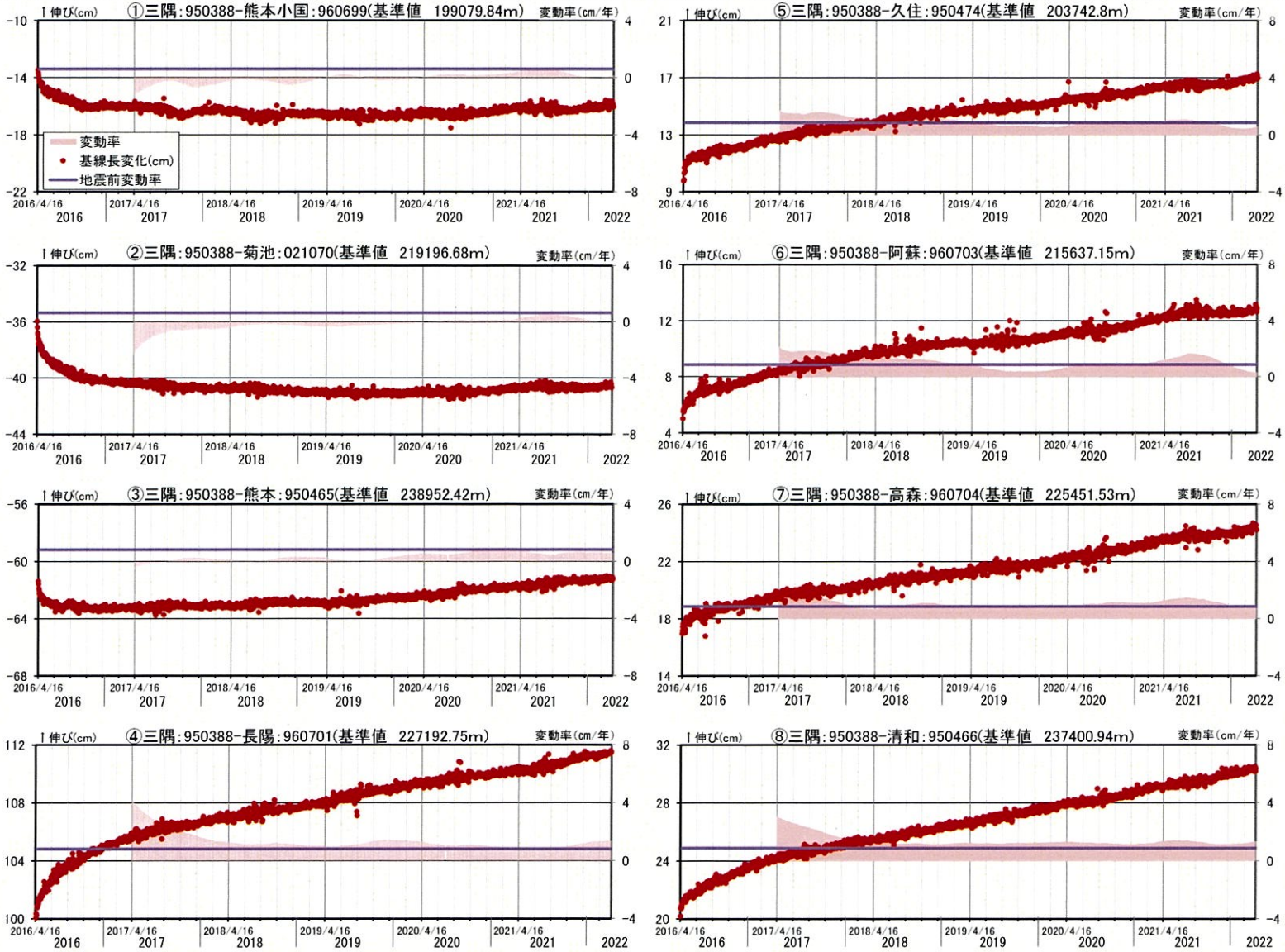
2020年度の１年間の地殻変動



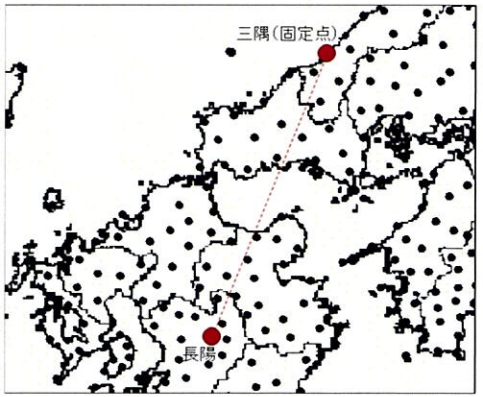
至近１年間の地殻変動

【参考】熊本地震後の地殻変動［三隅と各観測点の基線長変化］

・至近1年間と熊本地震前の基線長変動率を比較した結果、ほとんどの観測点において本震前の状態に概ね戻っている。
・各基線の基線方向とは異なる変動は捉えられないため、阿蘇カルデラ周辺のひずみ分布も確認する。(P105,106,107,108,109)



GNSS連続観測による基線長変化【2016年4月16日～2022年3月31日】

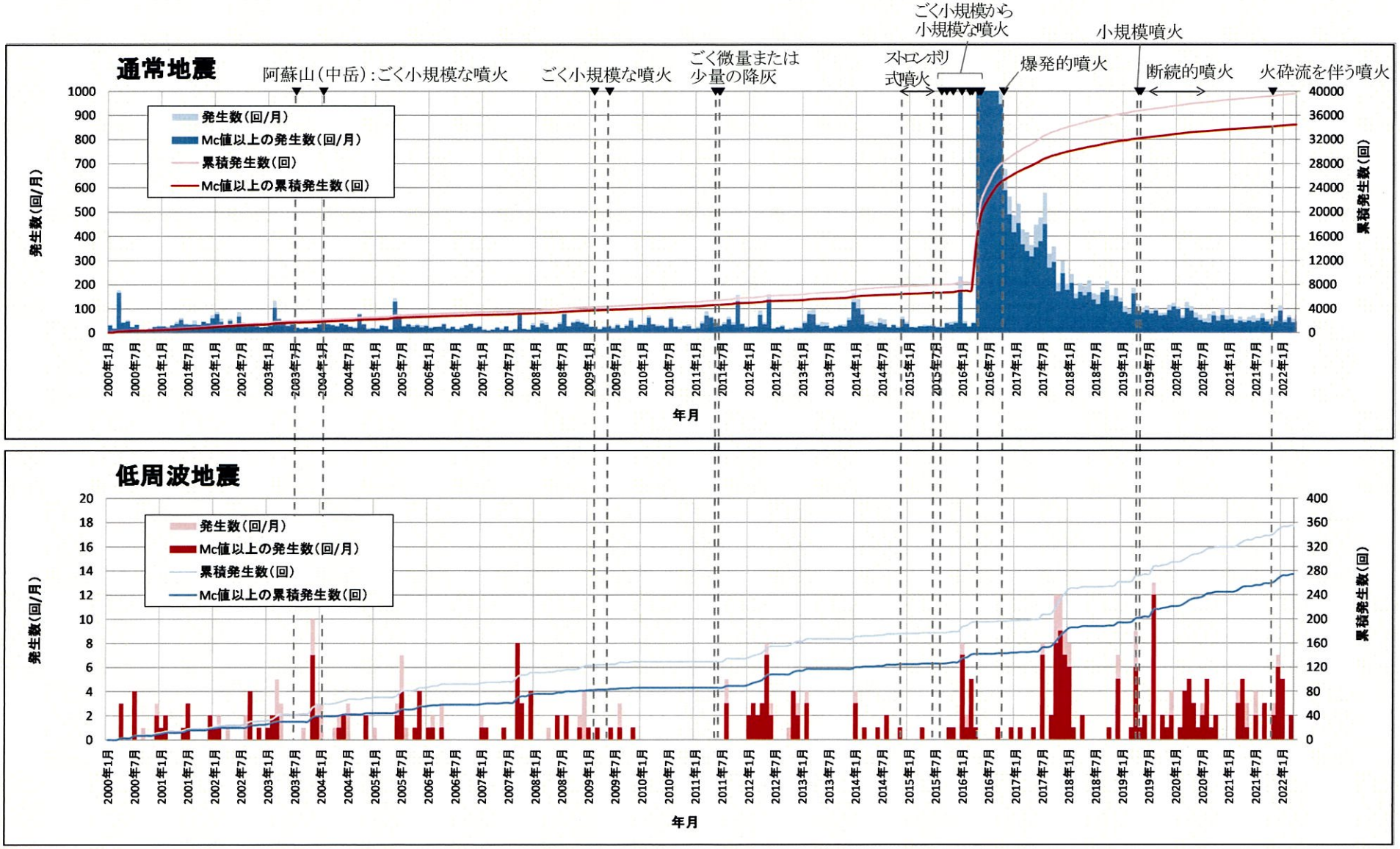


電子基準点の位置図

※1 固定点:三隅(島根県)
※2 地震前変動率は熊本地震前(2006年3月31日～2016年3月31日)の基線長変化から計算。

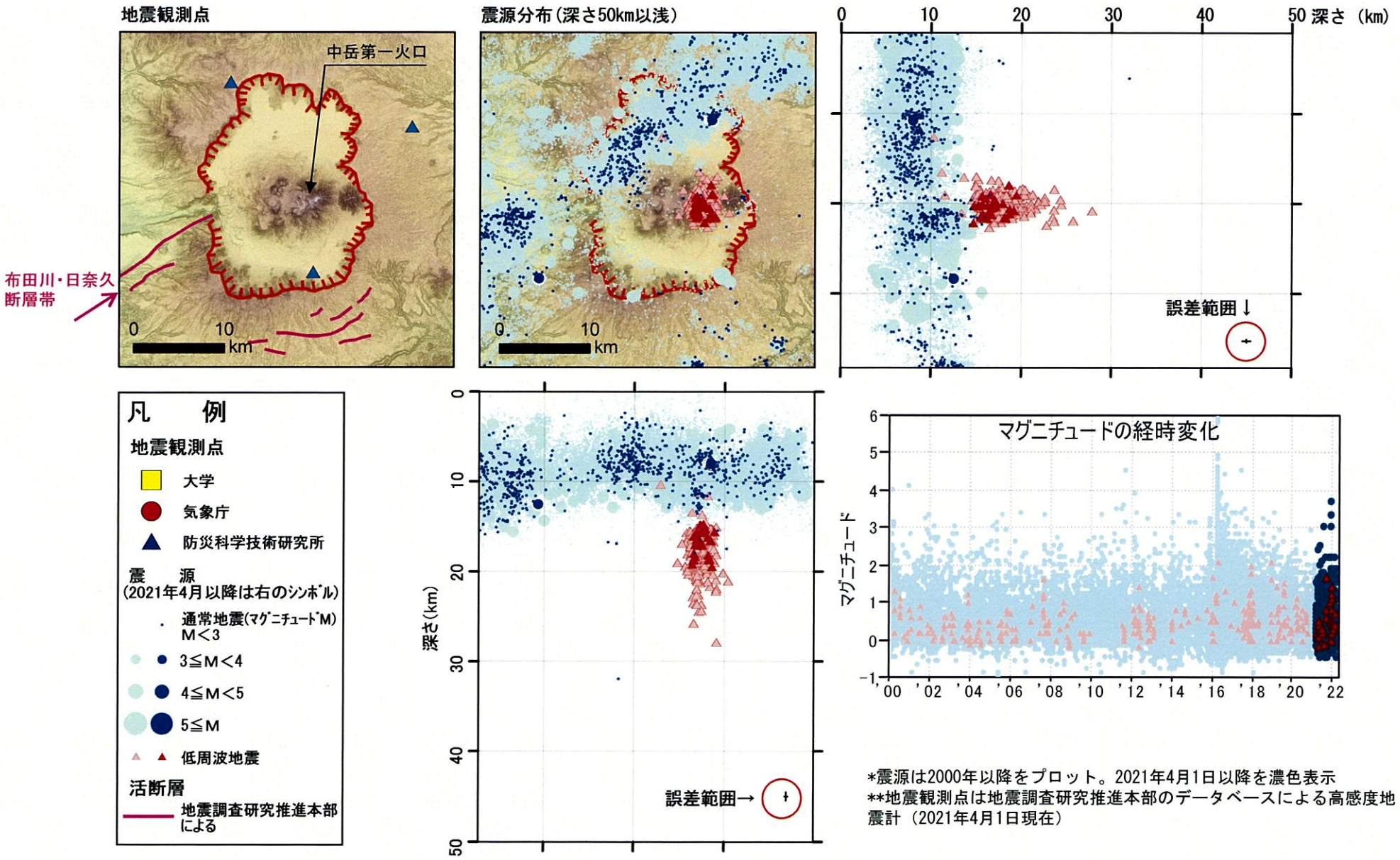
① 阿蘇カルデラ［地震活動：2000年以降の地震発生数の推移］

・2021年度の地震活動（発生数、位置、規模等）は、過去と比較して有意な変化は認められない。
・なお、布田川・日奈久断層帯及びその延長部における熊本地震の余震は減少傾向にある。



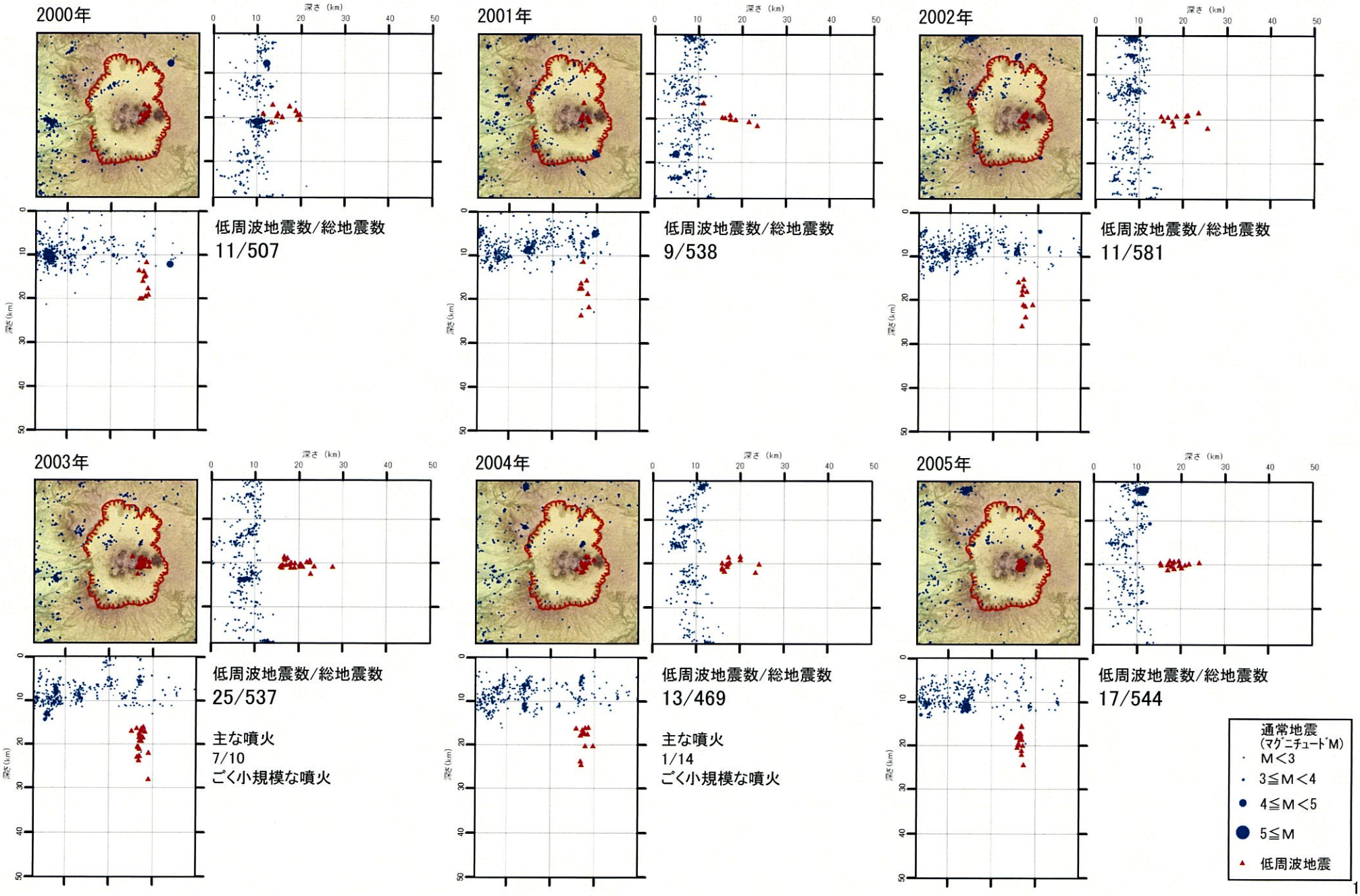
〔 Mc値（2000～2021年データ使用）〕通常地震：0.1　低周波地震：0.2

① 阿蘇カルデラ [地震活動：震源分布とﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞの経時変化]

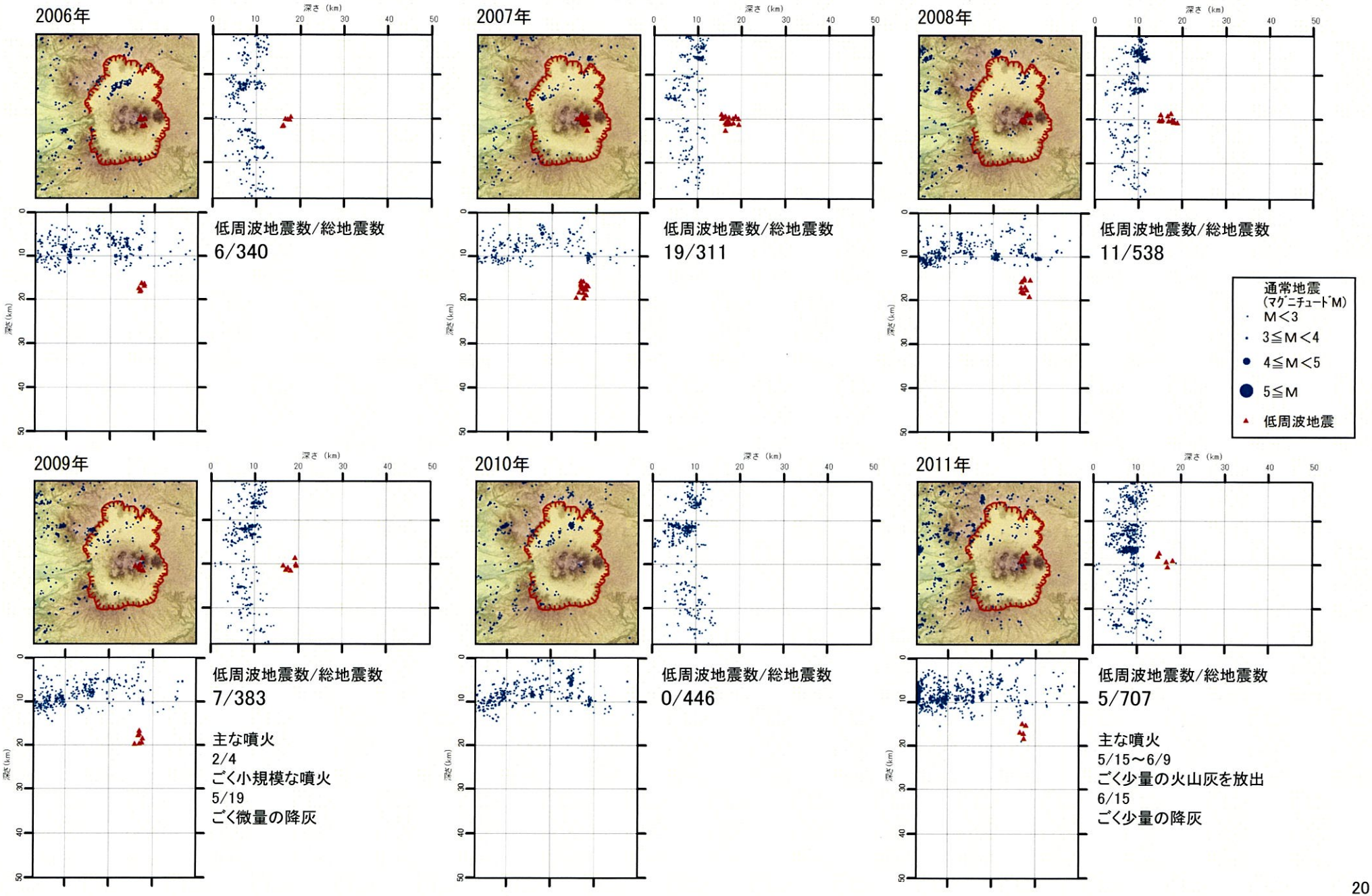


*震源は2000年以降をプロット。2021年4月1日以降を濃色表示
**地震観測点は地震調査研究推進本部のデータベースによる高感度地震計（2021年4月1日現在）

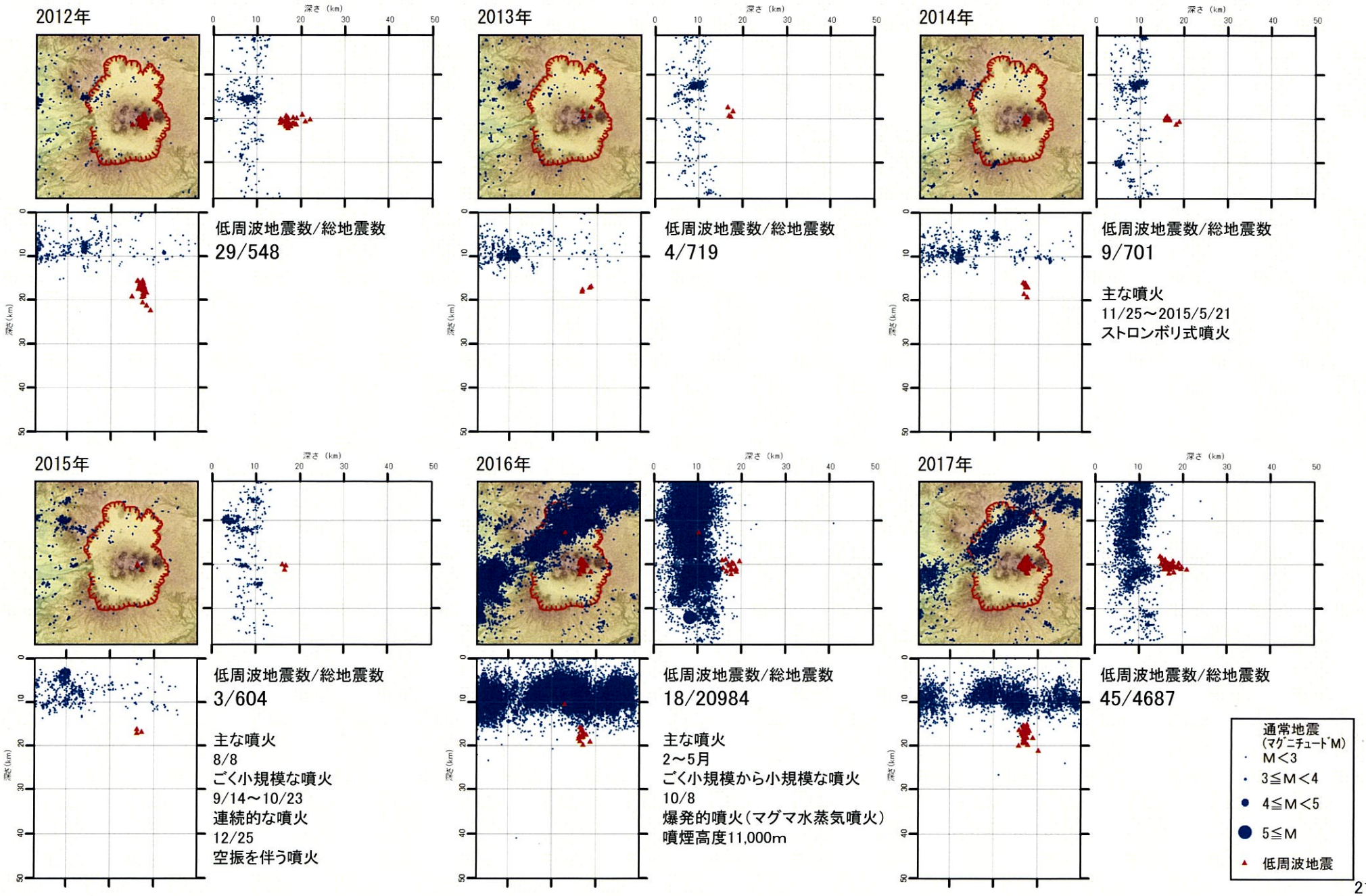
① 阿蘇カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]



① 阿蘇カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]

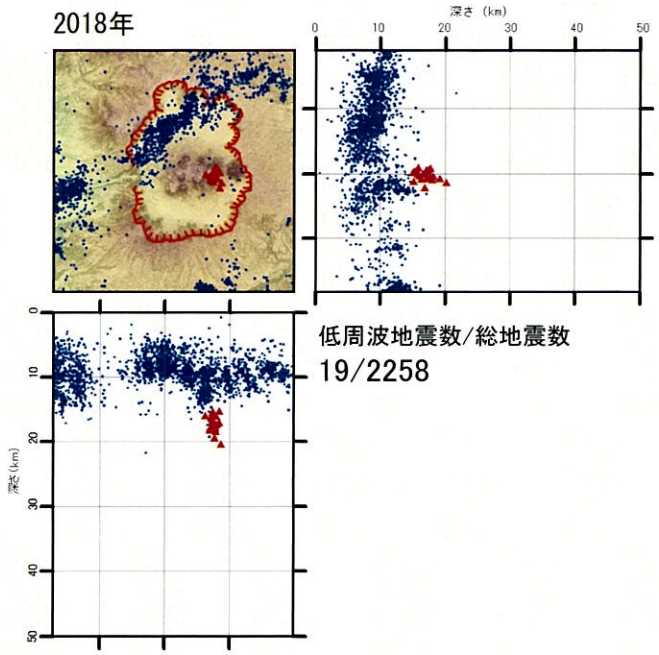


① 阿蘇カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]



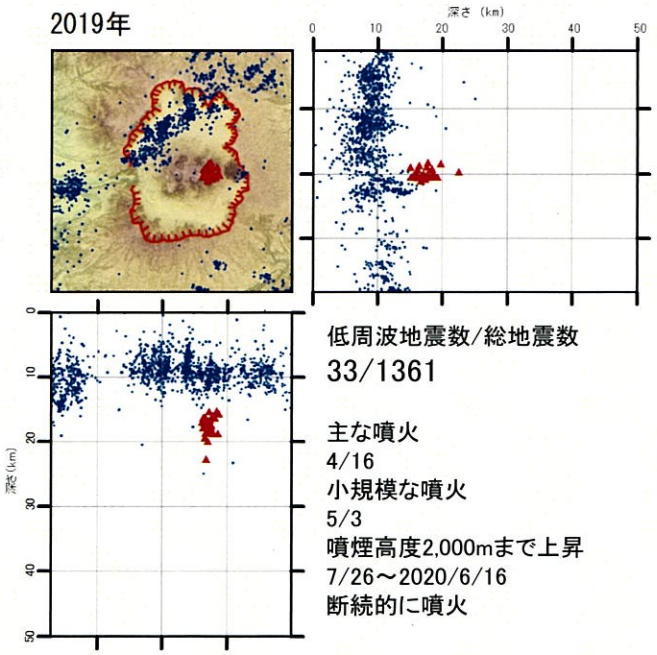
① 阿蘇カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]

2018年



低周波地震数/総地震数
19/2258

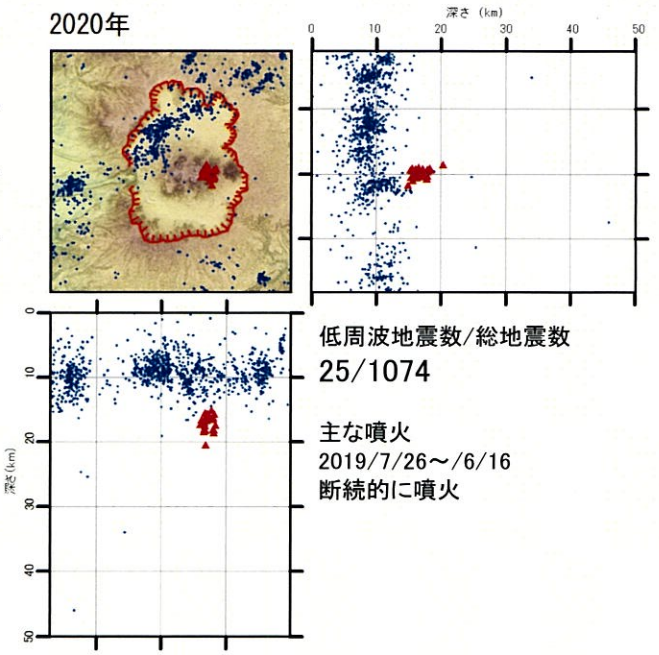
2019年



低周波地震数/総地震数
33/1361

主な噴火
4/16
小規模な噴火
5/3
噴煙高度2,000mまで上昇
7/26～2020/6/16
断続的に噴火

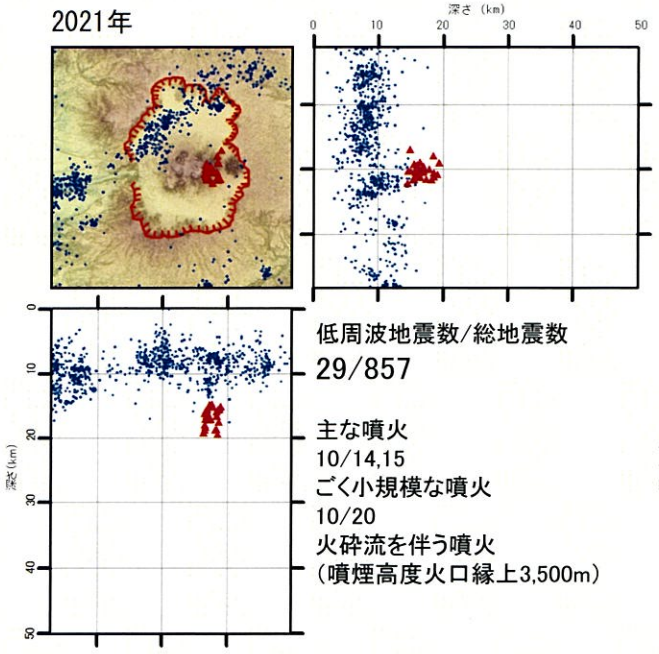
2020年



低周波地震数/総地震数
25/1074

主な噴火
2019/7/26～/6/16
断続的に噴火

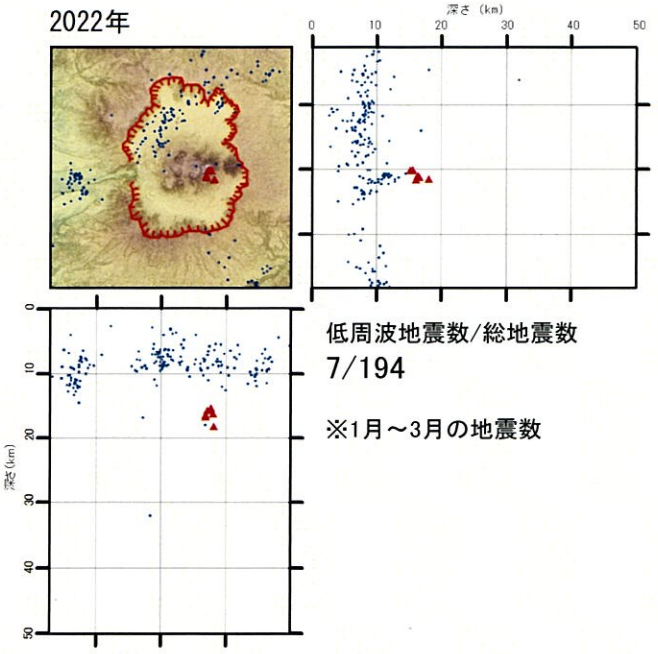
2021年



低周波地震数/総地震数
29/857

主な噴火
10/14,15
ごく小規模な噴火
10/20
火砕流を伴う噴火
（噴煙高度火口縁上3,500m）

2022年



低周波地震数/総地震数
7/194

※1月～3月の地震数



① 阿蘇カルデラ［まとめ］

【活火山に関する公的機関の評価】
- 阿蘇山では10月14日、15日及び20日に噴火が発生した。
- 火山性地震は噴火以降は多い状態で、孤立型微動は概ね多い状態で経過している。
- 火山ガス放出量は噴火以降は多い状態で経過している。
- GNSS連続観測では、2021年9月頃からみられていた草千里付近の深部にあるマグマだまりの膨張を示すと考えられる基線の伸びは、12月頃から停滞している。

【当社の評価（既存観測網によるデータ）】
- GNSS連続観測による基線長変化等を確認した結果、2021年度の基線長変化は、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められない。なお、熊本地震の余効変動が残っている可能性が考えられるため、今後の地殻変動に留意していく。
- 地震発生数の推移及び震源分布とマグニチュードの経時変化等を確認した結果、2021年度の地震活動（発生数、位置、規模等）は、過去と比較して有意な変化は認められない。なお、布田川・日奈久断層帯及びその延長部における熊本地震の余震は減少傾向にある。

阿蘇カルデラについては、公的機関による発表情報、既存観測網によるデータ等を収集・分析した結果、2021年度は、顕著なマグマ供給率の増加を示唆する地殻変動及び地震活動の有意な変化が認められないことから、活動状況に変化はないと評価した。

余　白

② 加久藤・小林カルデラ［活火山に関する公的機関の評価概要］

○霧島山

【新燃岳】（出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

- 新燃岳では、噴火は観測されていない。
- 新燃岳火口直下を震源とする火山性地震は増減を繰り返していたが、2021年2月以降は少ない状態で経過した。2022年1月以降、時々わずかな増加が見られ、3月は多い状態となっている。また、3月28日に2020年10月15日以来の火山性微動が観測された。
- 火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は2020年12月に入り減少し、2021年2月下旬以降は検出限界未満で経過している。
- 現地調査では、新燃岳の西側斜面の割れ目付近において噴気が確認され、地熱域は2022年2月以降にわずかな拡大が認められている。
- 新燃岳近傍の傾斜計では、2022年3月下旬に新燃岳方向がわずかに上がる傾斜変動を観測した。
- GNSS連続観測では、2021年12月頃から、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線のわずかな伸びが認められている。

【御鉢】（出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

- 火山活動に特段の変化はなく、噴火の兆候は認められない。

② 加久藤・小林カルデラ［活火山に関する公的機関の評価概要］

○霧島山

【えびの高原（硫黄山）周辺】（出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

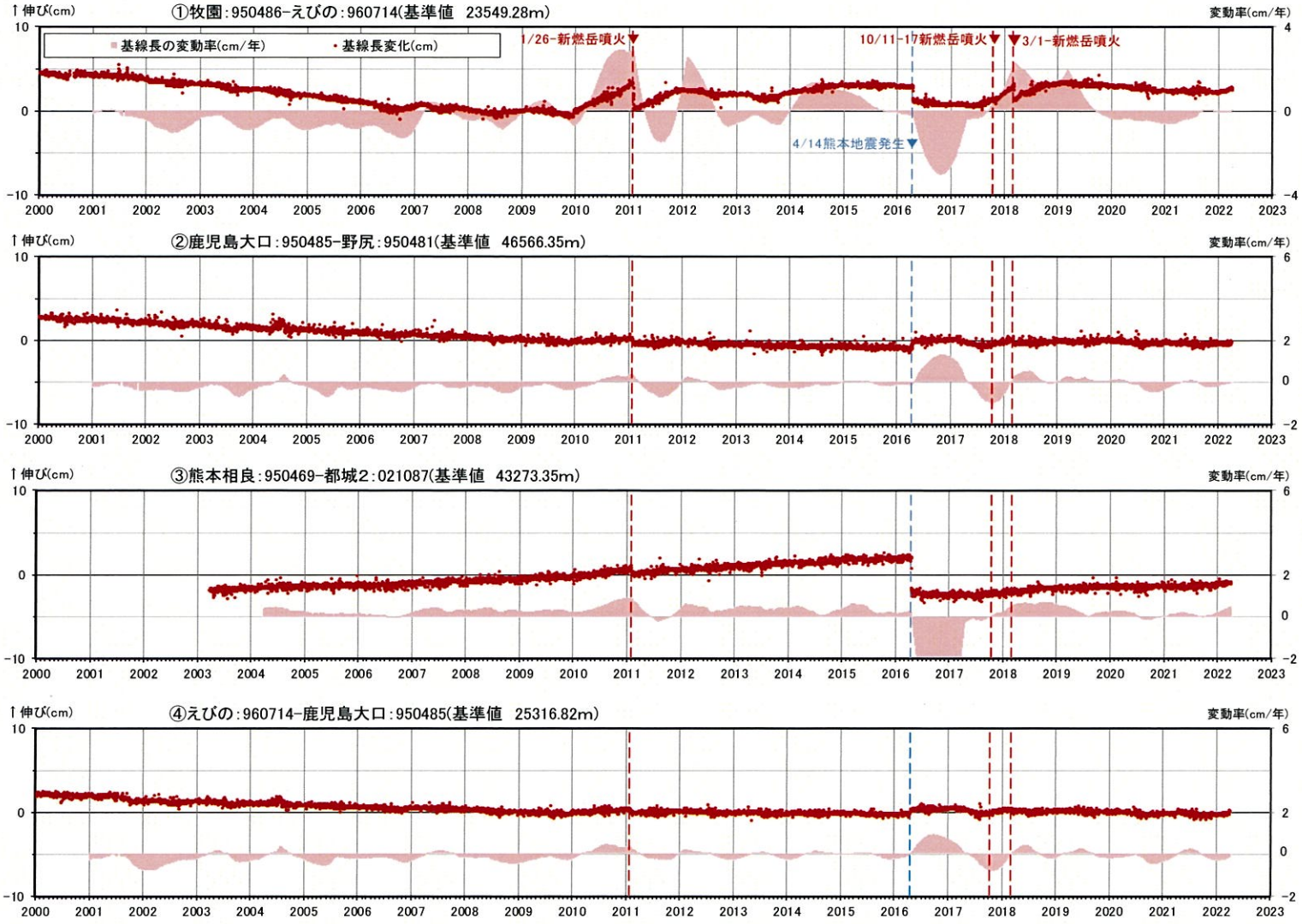
- 硫黄山では噴火は観測されていない。硫黄山の南側の噴気地帯では引き続き活発な噴気活動が続いている。硫黄山の西側500mのやや活発な噴気活動は8月以降認められなくなっていたが、12月に入り噴気が時々観測された。
- 繰り返し実施した現地調査では、赤外熱映像装置による観測により、硫黄山周辺の噴気地帯でこれまでと同様に地熱域を確認したが、特段の変化は認められなかった。
- 硫黄山付近では、火山性地震は概ね少ない状態で経過している。2020年5月頃から、地震がわずかに増加した状態が続いているが、さらなる増加傾向は認められない。なお、韓国岳や大浪池及びその周辺の地震は、少ない状態で経過した。
- GNSS連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2020年5月頃から山体浅部の膨張を示すわずかな伸びの傾向がみられていたが、2021年2月以降は停滞している。
- 以上のことから、現時点では噴火の兆候は認められない。

【大幡池】（出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

- 火山活動に特段の変化はなく、噴火の兆候は認められない。

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動：基線長変化]

・2021年度の基線長変化は、加久藤・小林カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化はないと判断している。



基線①～④の時系列変化

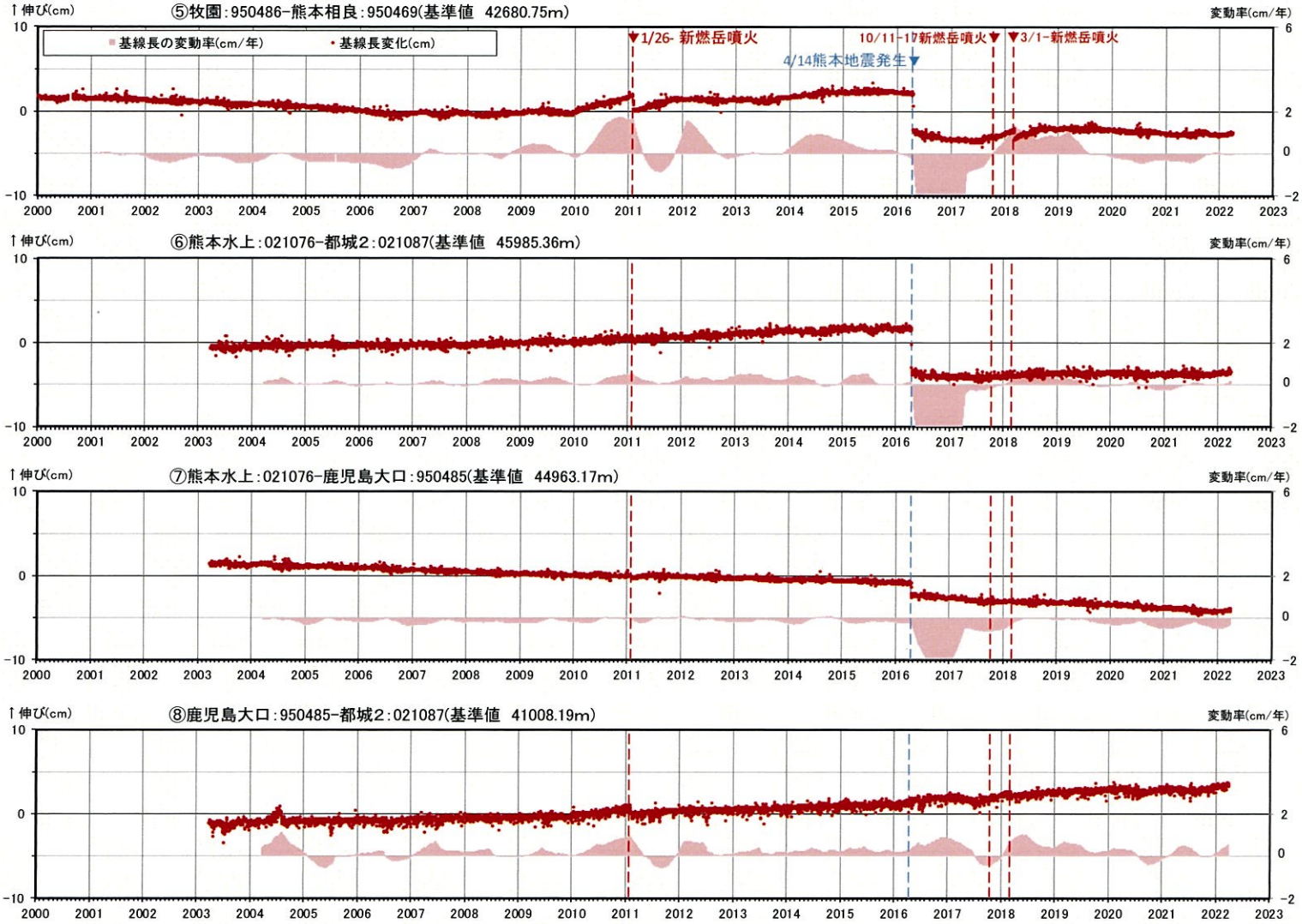


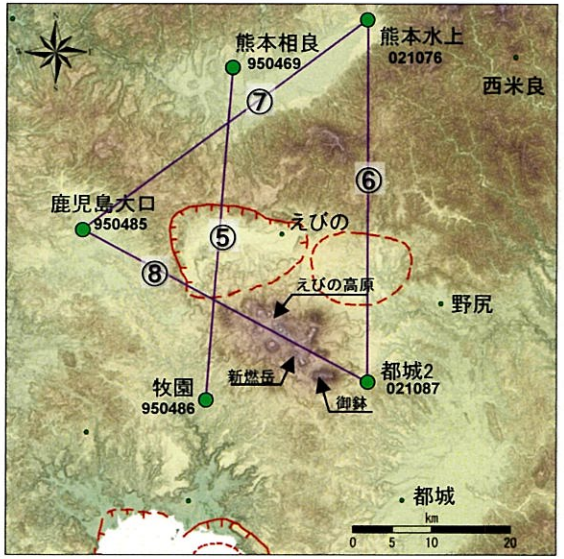
● 国土地理院のGNSS観測点

※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

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動：基線長変化]



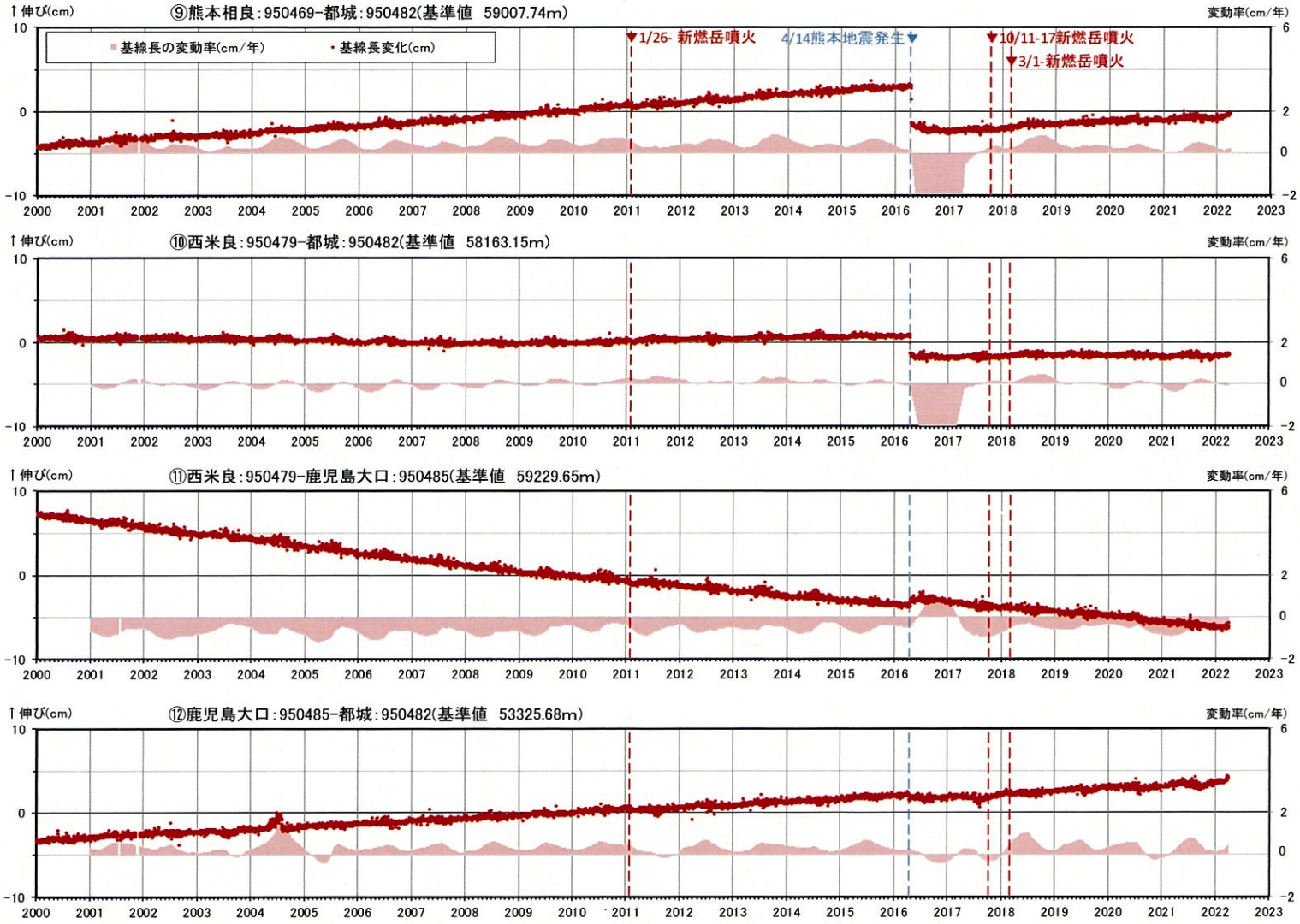


● 国土地理院のGNSS観測点

※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

基線⑤～⑧の時系列変化

② 加久藤・小林カルデラ［地殻変動：基線長変化］



基線⑨～⑫の時系列変化

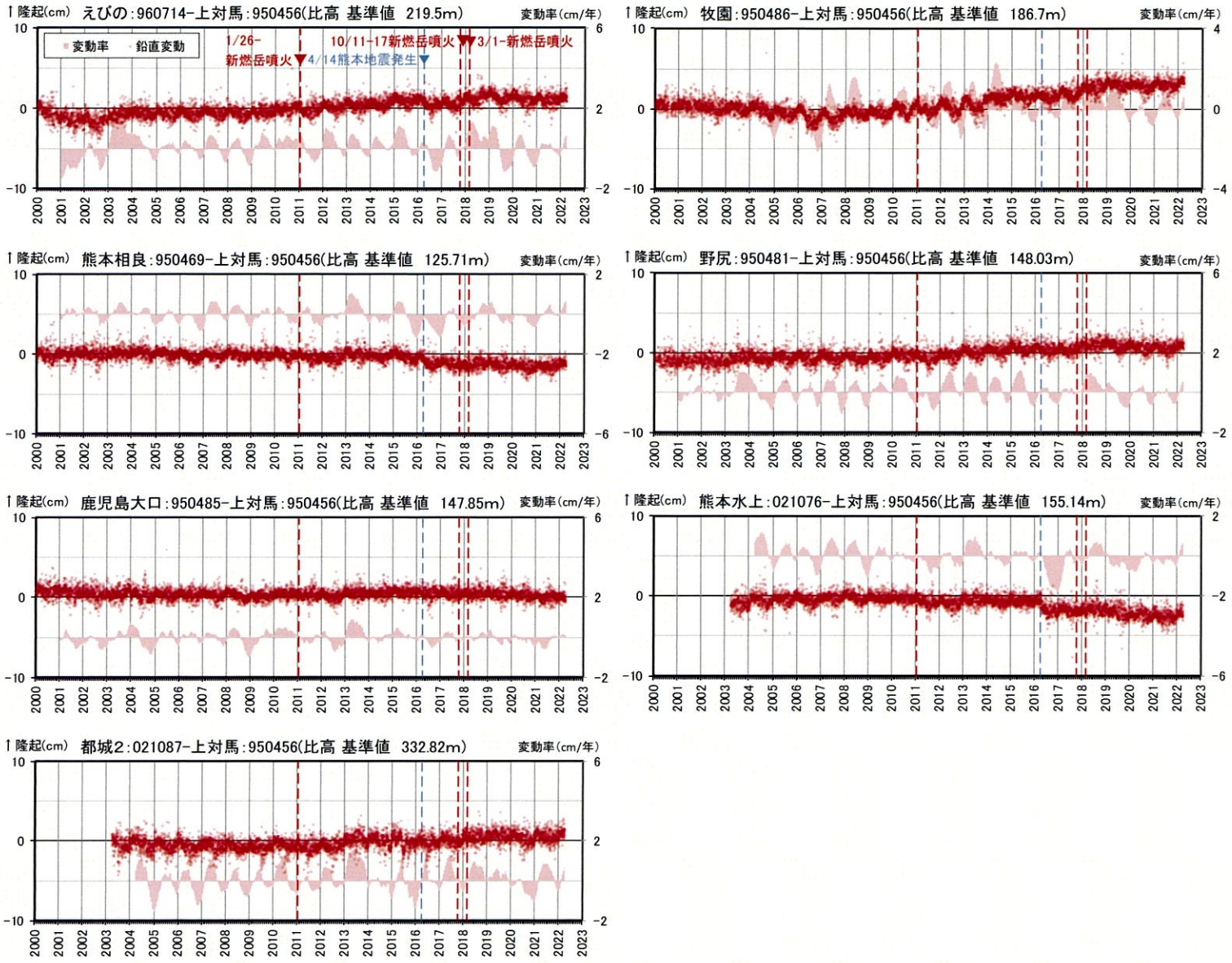


● 国土地理院のGNSS観測点

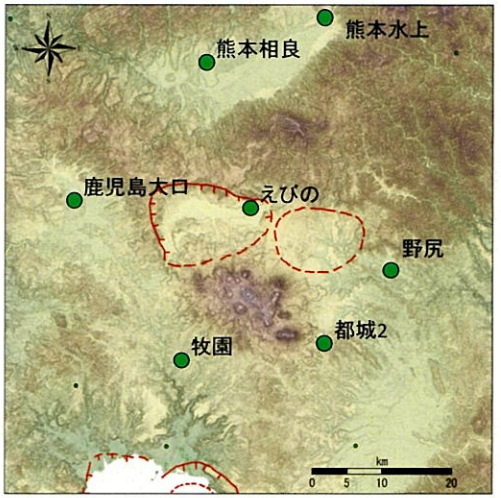
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出

② 加久藤・小林カルデラ［地殻変動：各観測点の鉛直変動］

・2021年度の鉛直変動は、加久藤・小林カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲での隆起傾向は認められない。



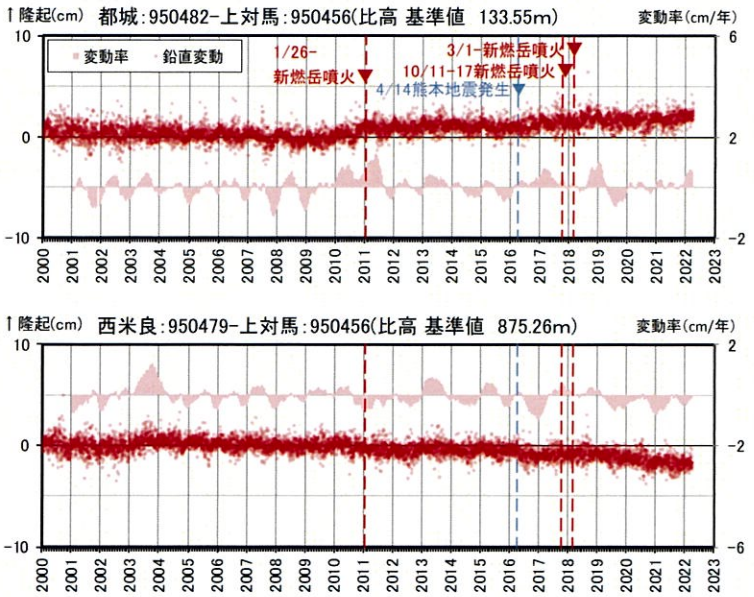
950456（上対馬）を固定点とした比高の時系列変化



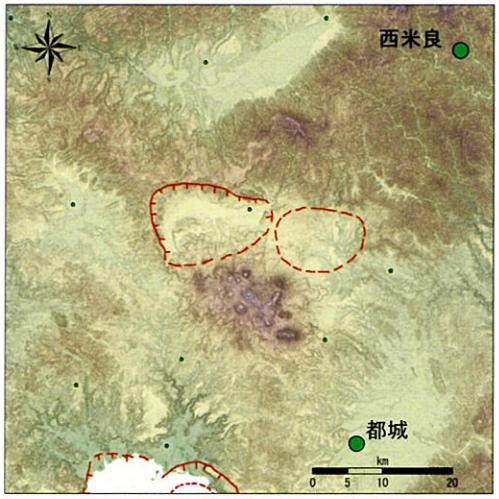
● 国土地理院のGNSS観測点

※1 2010年1月1日での950456（上対馬）との比高を基準値とし、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

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動：各観測点の鉛直変動]



950456（上対馬）を固定点とした比高の時系列変化



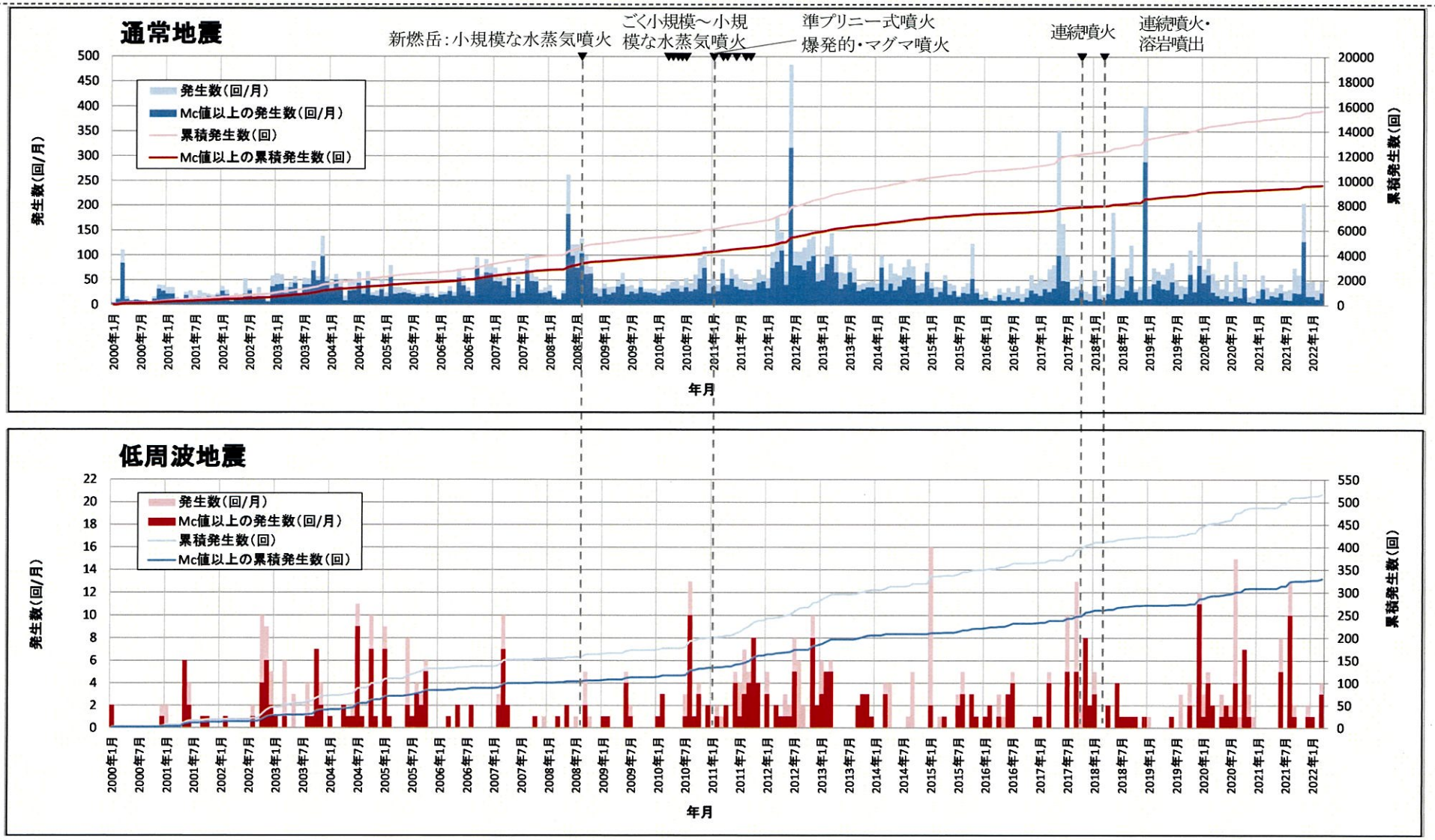
● 国土地理院のGNSS観測点

※1 2010年1月1日での950456（上対馬）との比高を基準値とし、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

余　白

② 加久藤・小林カルデラ［地震活動：2000年以降の地震発生数の推移］

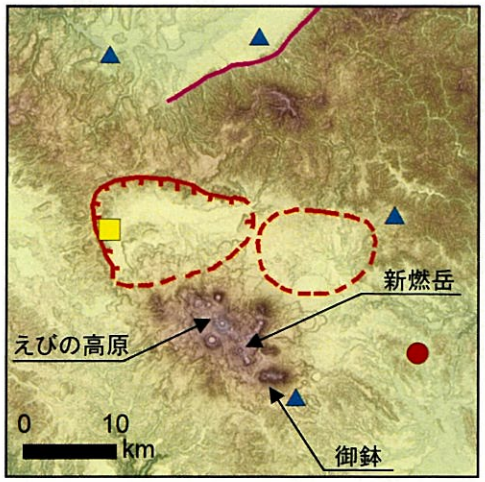
・2021年度の地震活動（発生数、位置、規模等）は、過去と比較して有意な変化は認められない。
・なお、2020年度に引き続き、加久藤カルデラの南側、小林カルデラの南東側で局所的にやや多くの地震が認められているため、今後の地震活動に留意していく。



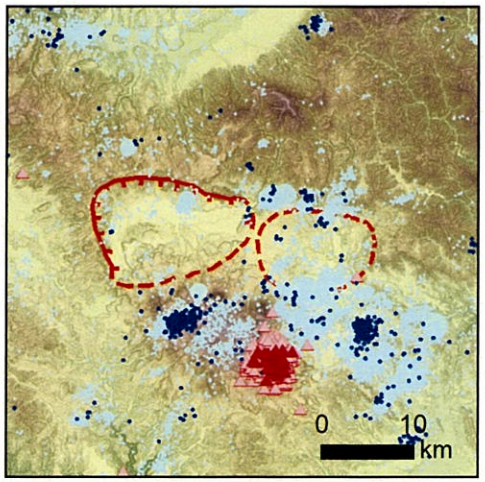
〔 Mc値（2000～2021年データ使用）〕通常地震：0.3　低周波地震：0.1

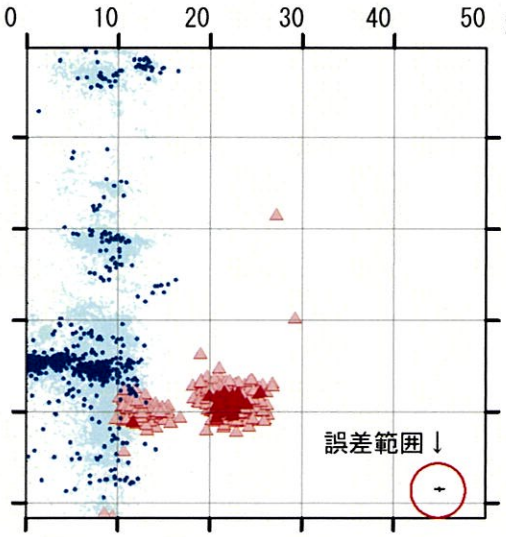
② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：震源分布とﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞの経時変化]

地震観測点



震源分布（深さ50km以浅）





凡　例

地震観測点

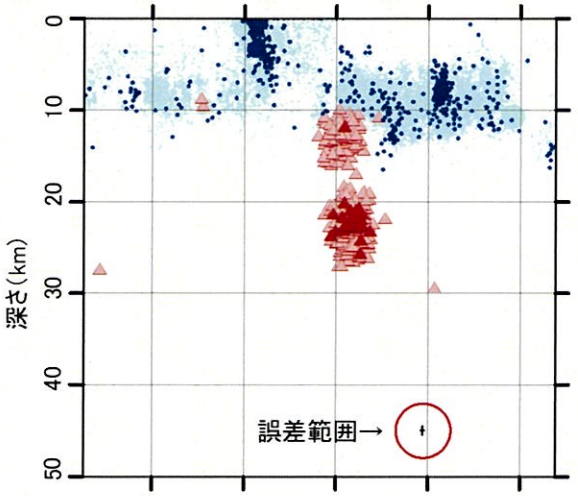
- 大学
- 気象庁
- 防災科学技術研究所

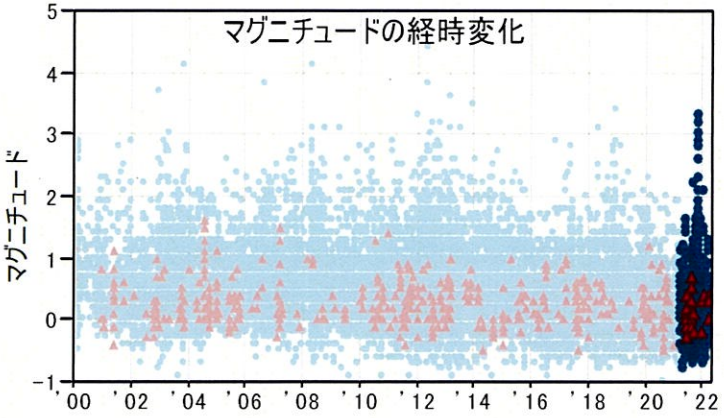
震　源
（2021年4月以降は右のｼﾝﾎﾞﾙ）

- 通常地震(ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞM)
  M＜3
- 3≦M＜4
- 4≦M＜5
- 5≦M
- 低周波地震

活断層

- 地震調査研究推進本部による

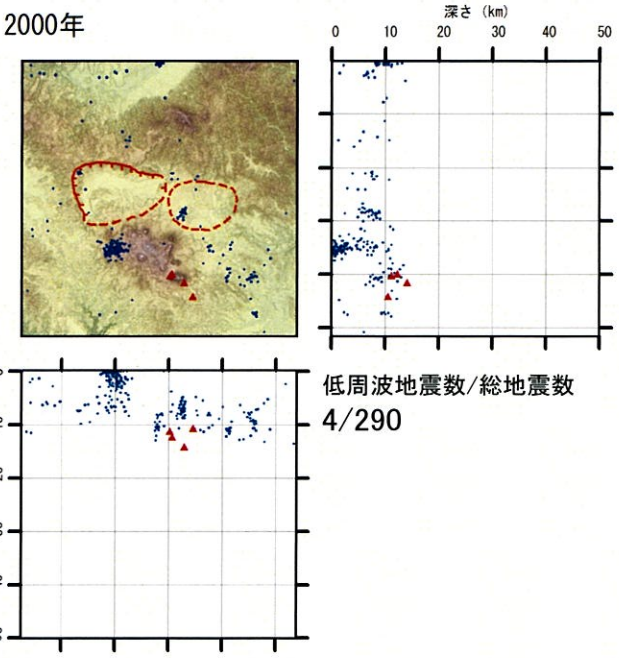




*震源は2000年以降をプロット。2021年4月1日以降を濃色表示
**地震観測点は地震調査研究推進本部のデータベースによる高感度地震計（2021年4月1日現在）

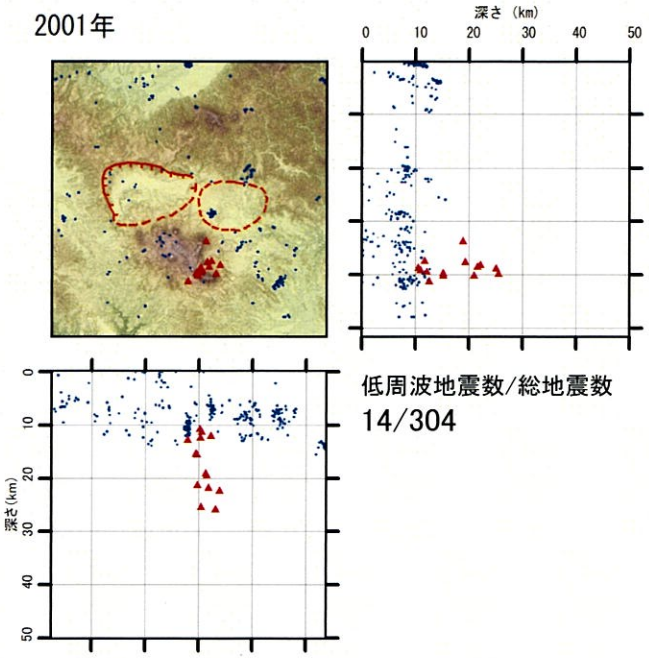
② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]

2000年



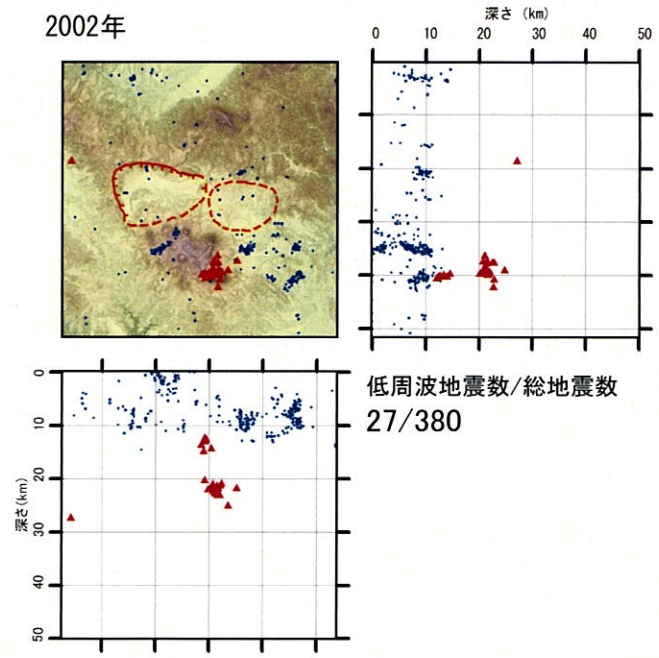
低周波地震数/総地震数
4/290

2001年



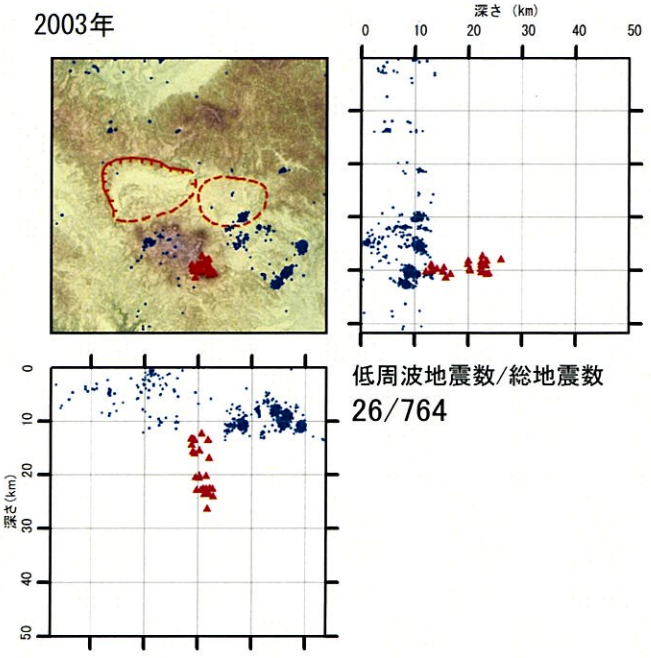
低周波地震数/総地震数
14/304

2002年



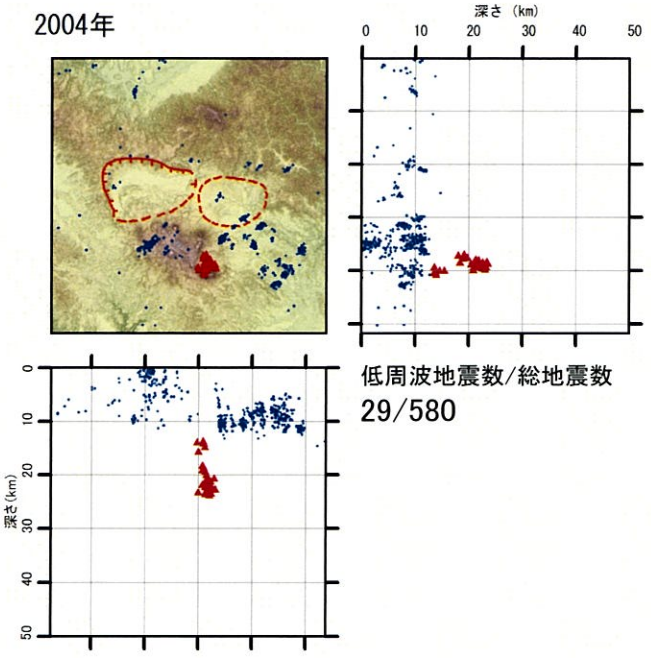
低周波地震数/総地震数
27/380

2003年



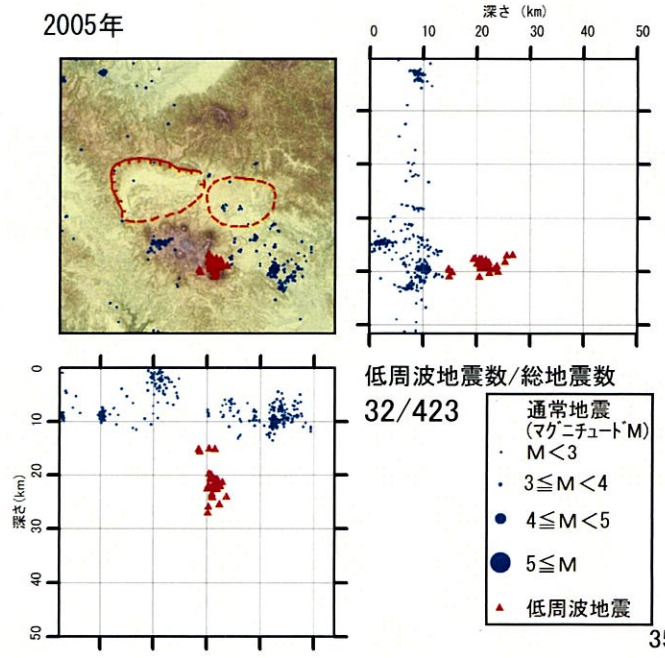
低周波地震数/総地震数
26/764

2004年



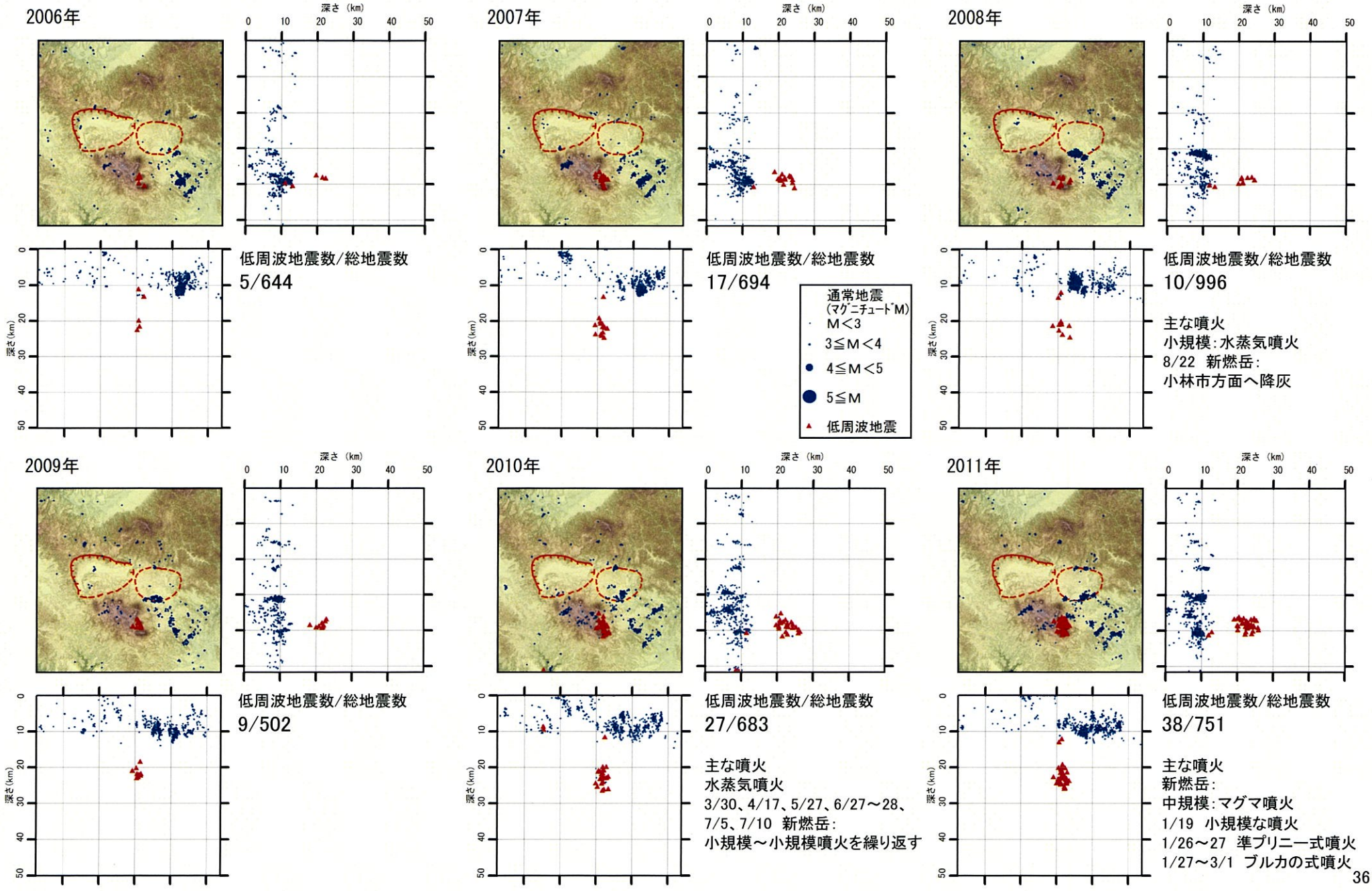
低周波地震数/総地震数
29/580

2005年

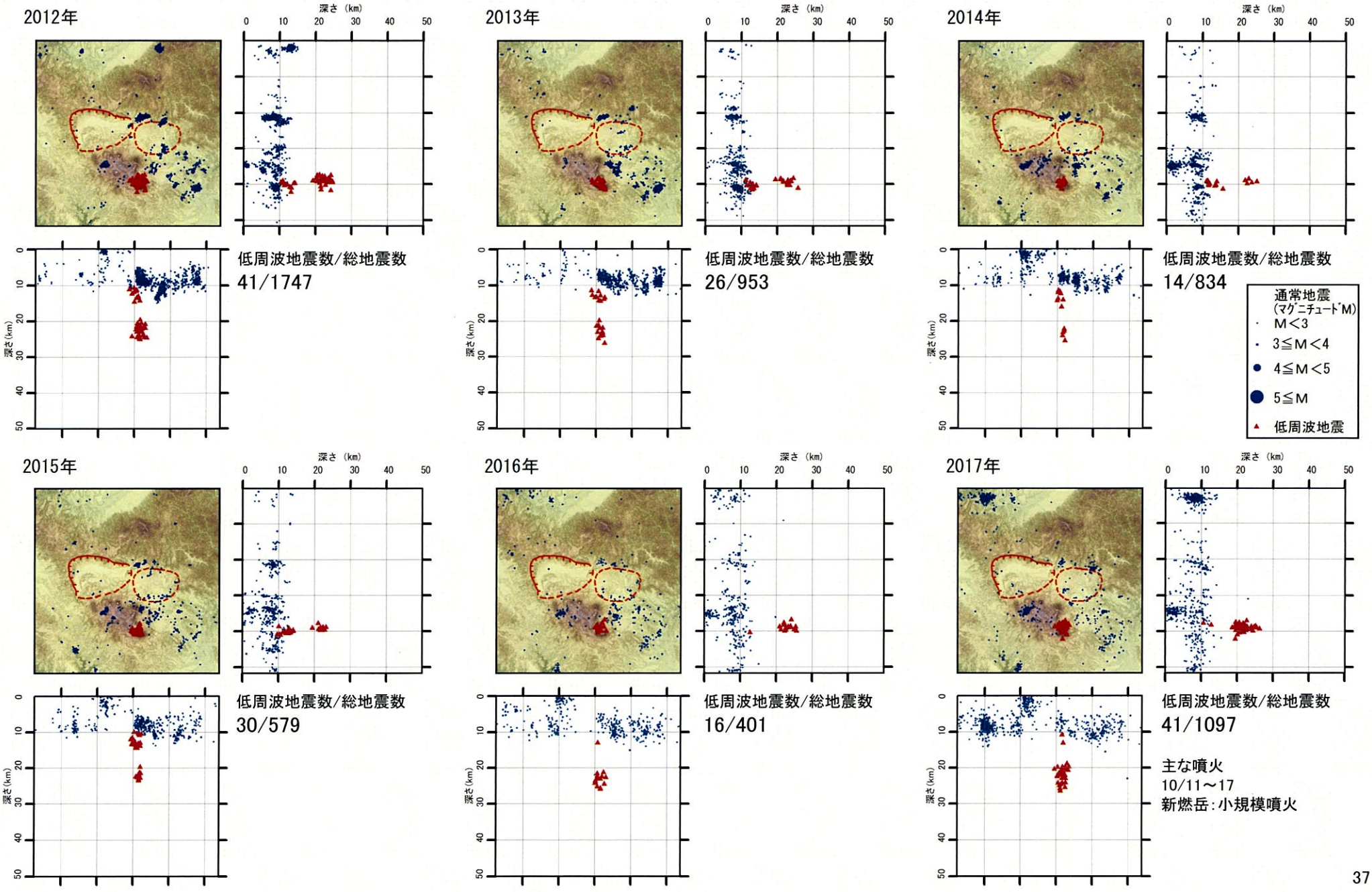


低周波地震数/総地震数
32/423

② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]

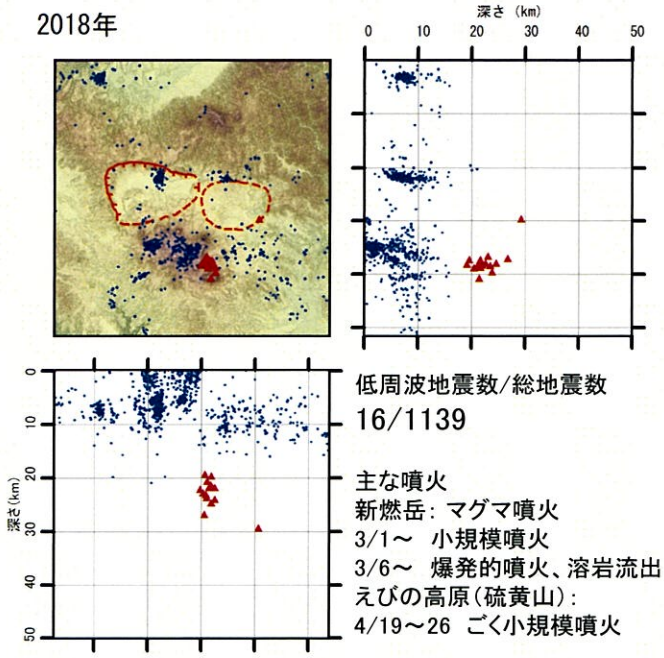


② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]



② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：2000年以降の震源分布の推移]

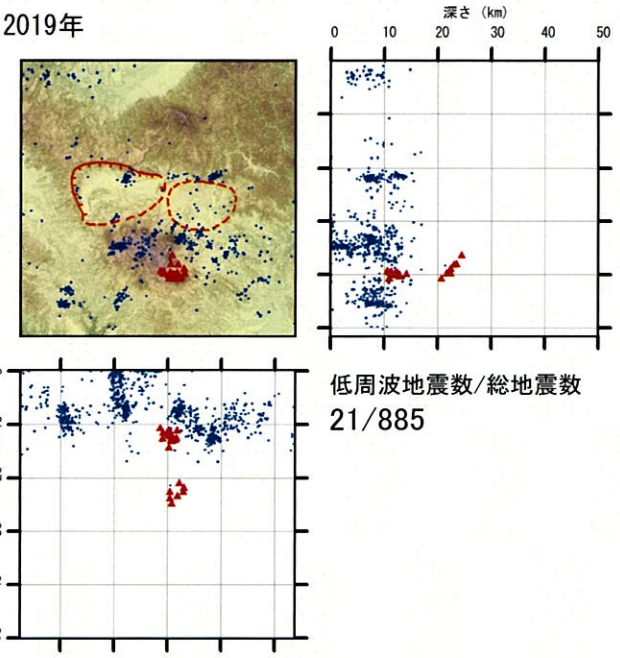
2018年



低周波地震数/総地震数
16/1139

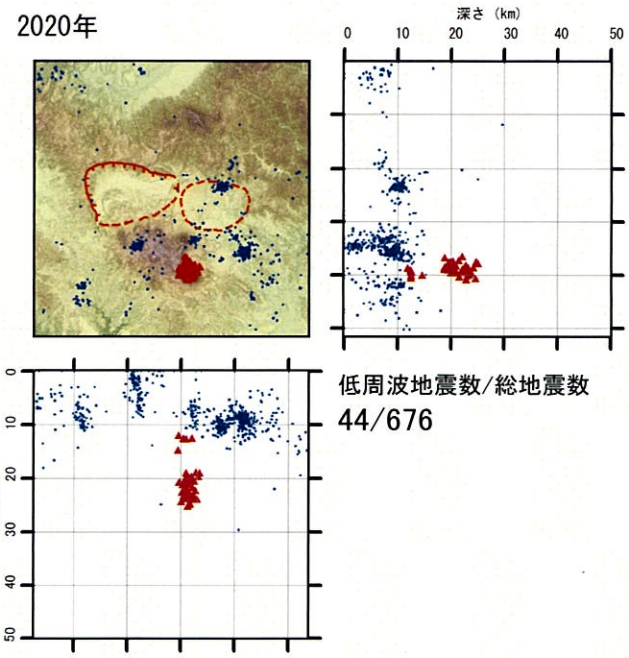
主な噴火
新燃岳：マグマ噴火
3/1～　小規模噴火
3/6～　爆発的噴火、溶岩流出
えびの高原（硫黄山）：
4/19～26　ごく小規模噴火

2019年



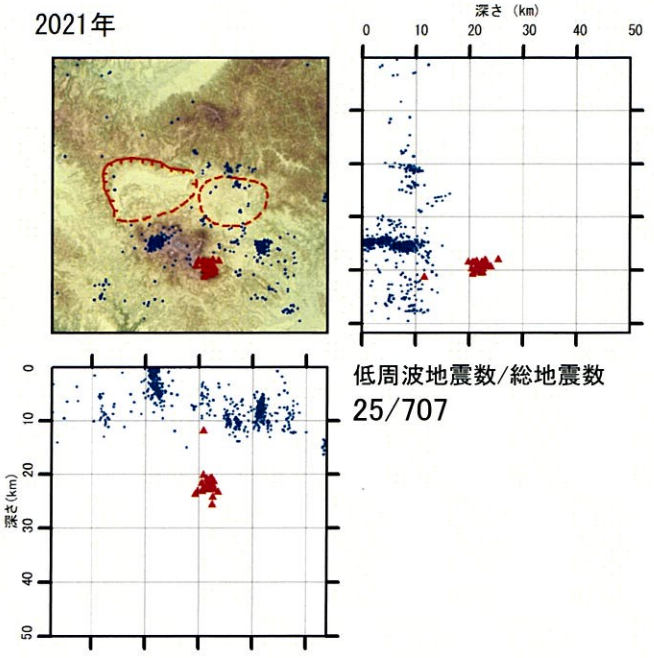
低周波地震数/総地震数
21/885

2020年



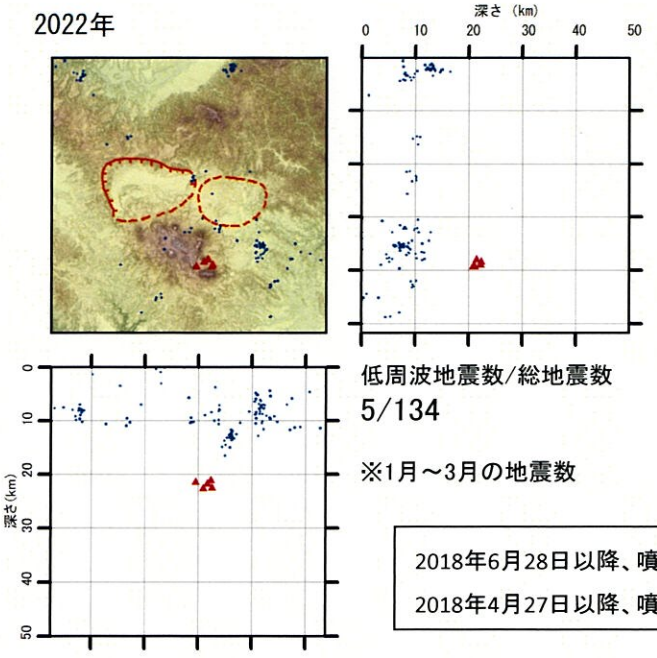
低周波地震数/総地震数
44/676

2021年



低周波地震数/総地震数
25/707

2022年



低周波地震数/総地震数
5/134

※1月～3月の地震数

2018年6月28日以降、噴火は観測されていない；新燃岳
2018年4月27日以降、噴火は観測されていない；えびの高原（硫黄山）

通常地震
（ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞM）
M＜3
3≦M＜4
4≦M＜5
5≦M
低周波地震

② 加久藤・小林カルデラ［まとめ］

【活火山に関する公的機関の評価】
- 霧島山では噴火は観測されていない。
- 火山性地震は、2021年2月以降は少ない状態で経過し、2022年1月以降、時々わずかな増加が見られ、3月は多い状態となっている。
- 火山ガス放出量は、2021年2月下旬以降は検出限界未満で経過している。
- GNSS連続観測では、2021年12月頃から、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線のわずかな伸びが認められている。

【当社の評価】
- GNSS連続観測による基線長変化等を確認した結果、2021年度の基線長変化は、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められない。
- 地震発生数の推移及び震源分布とマグニチュードの経時変化等を確認した結果、2021年度の地震活動（発生数、位置、規模等）は、過去と比較して有意な変化は認められない。なお、2020年度に引き続き、加久藤カルデラの南側、小林カルデラの南東側で局所的にやや多くの地震が認められたため、今後の地震活動に留意していく。

加久藤・小林カルデラについては、公的機関による発表情報、既存観測網によるデータ等を収集・分析した結果、2021年度は、顕著なマグマ供給率の増加を示唆する地殻変動及び地震活動の有意な変化が認められないことから、活動状況に変化はないと評価した。

余　　白

③ 姶良カルデラ［活火山に関する公的機関の評価概要］

○桜島 （出典：火山活動解説資料2021年 年報、火山活動解説資料2022年3月）

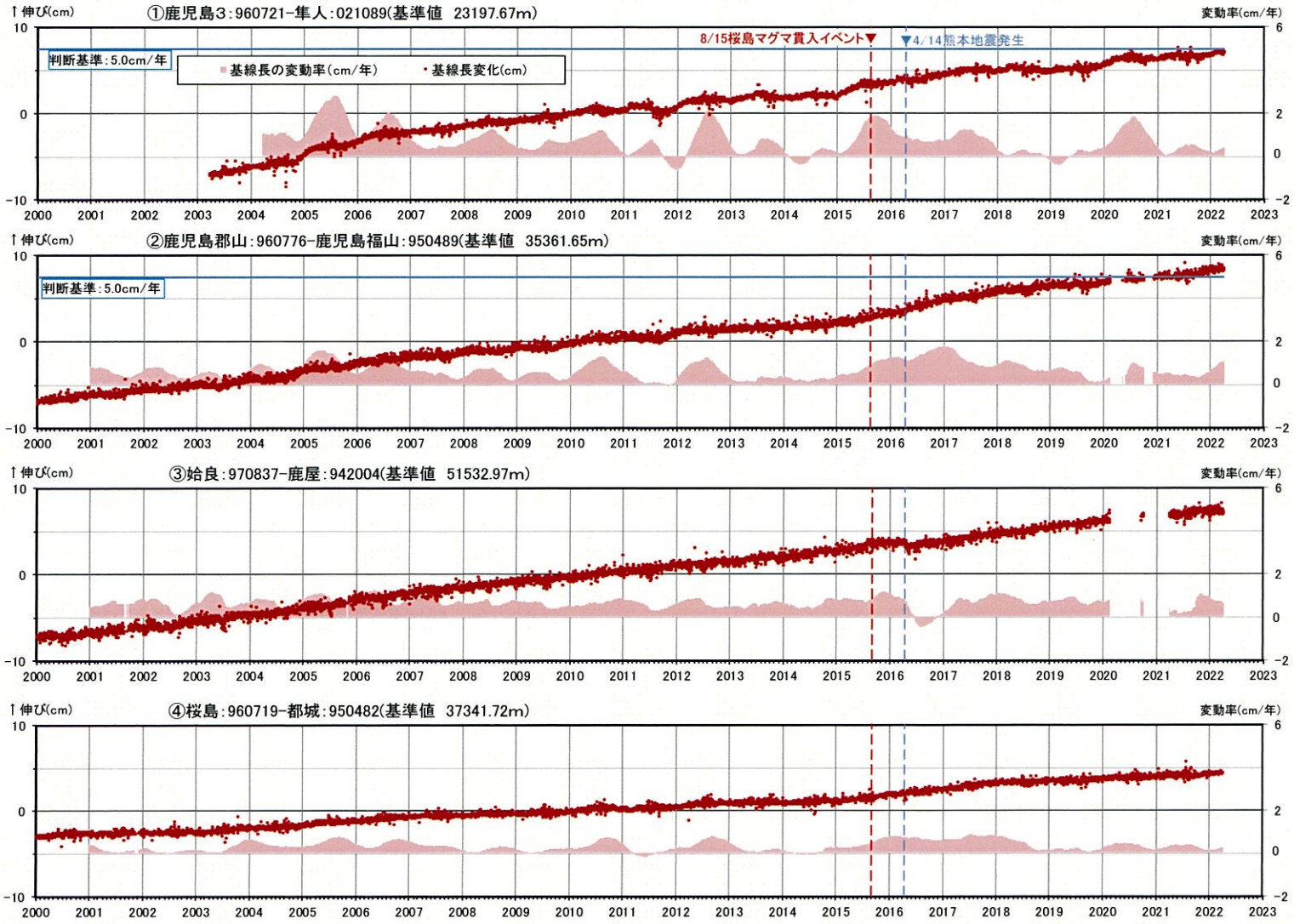
- 南岳山頂火口では、2020年12月以降は活発な噴火活動となり、大きな噴石が最大で4合目（南岳山頂火口から1,300～1,700m）まで達した。5月に入り噴火活動が低下し、その後、噴火活動は低調な状態で経過しているが、9月頃から噴火活動のごくわずかな活発化の傾向がみられた。年間で噴火が145回発生し、このうち爆発は84回だった。また、同火口における火映は、夜間にほぼ連日観測された。
- 昭和火口では、噴火は観測されなかった。
- 火山性地震の年回数は1,434回で、前年（2020年：2,258回）に比べ減少した。震源は、主に南岳直下の深さ0～3km付近、北岳直下の深さ1km付近、桜島南西部の深さ8～9km付近及び南岳の西南西約8kmの深さ10～12km付近に分布した。
- 鹿児島県が実施している降灰の観測データから推定した桜島の火山灰月別噴出量は、噴火活動が低下した5月以降、減少した。
- 火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、概ね多い状態で経過していたが、4月下旬には減少傾向がみられた。その後はやや多い状態で経過した。
- 桜島島内の傾斜計及び伸縮計では、9月13日から山体の隆起・膨張の傾向を示す地殻変動が観測されたが、10月中旬頃に停滞した。その後、11月以降再び隆起・膨張を示す緩やかな地殻変動が観測されたが、2022年2月下旬頃から停滞した。
- GNSS連続観測では、桜島島内の基線は2021年11月頃から山体膨張に伴うとみられるわずかな伸びが観測されていたが、2022年2月下旬頃から停滞している。一方、姶良カルデラ（鹿児島湾奥部）を挟む一部の基線では、10月頃から姶良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びが認められている。
- 噴火活動は緩やかに活発化の傾向を示している。また、広域のGNSS連続観測では、姶良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部で長期にわたり供給されたマグマが蓄積された状態が継続している。火山ガス（二酸化硫黄）の放出量がやや多い状態が続いていることや、桜島島内地下へのマグマの供給を示すと考えられる地殻変動が観測されていることから、現在噴火活動がみられている南岳山頂火口を中心に、噴火活動がさらに活発化する可能性がある。

○若尊 （出典：第149回 火山噴火予知連絡会資料）

- 若尊の周辺領域で時々地震が発生した。その他の火山活動に特段の変化はなく、噴火の兆候はみられない。

③ 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]

- 姶良カルデラ周辺の基線で、マグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められるが、2021年度の基線長の変動率に有意な変化は認められない。
- 基線①、②の変動率は、警戒監視の移行判断基準値(マグマ供給率0.05km^3/年≒基線長変動率5cm/年)に達していない。
- なお、基線①、②の変動率から求めた、過去3年間のマグマ供給率は約0.01km^3/年であることから、監視レベルは「注意」を継続する。



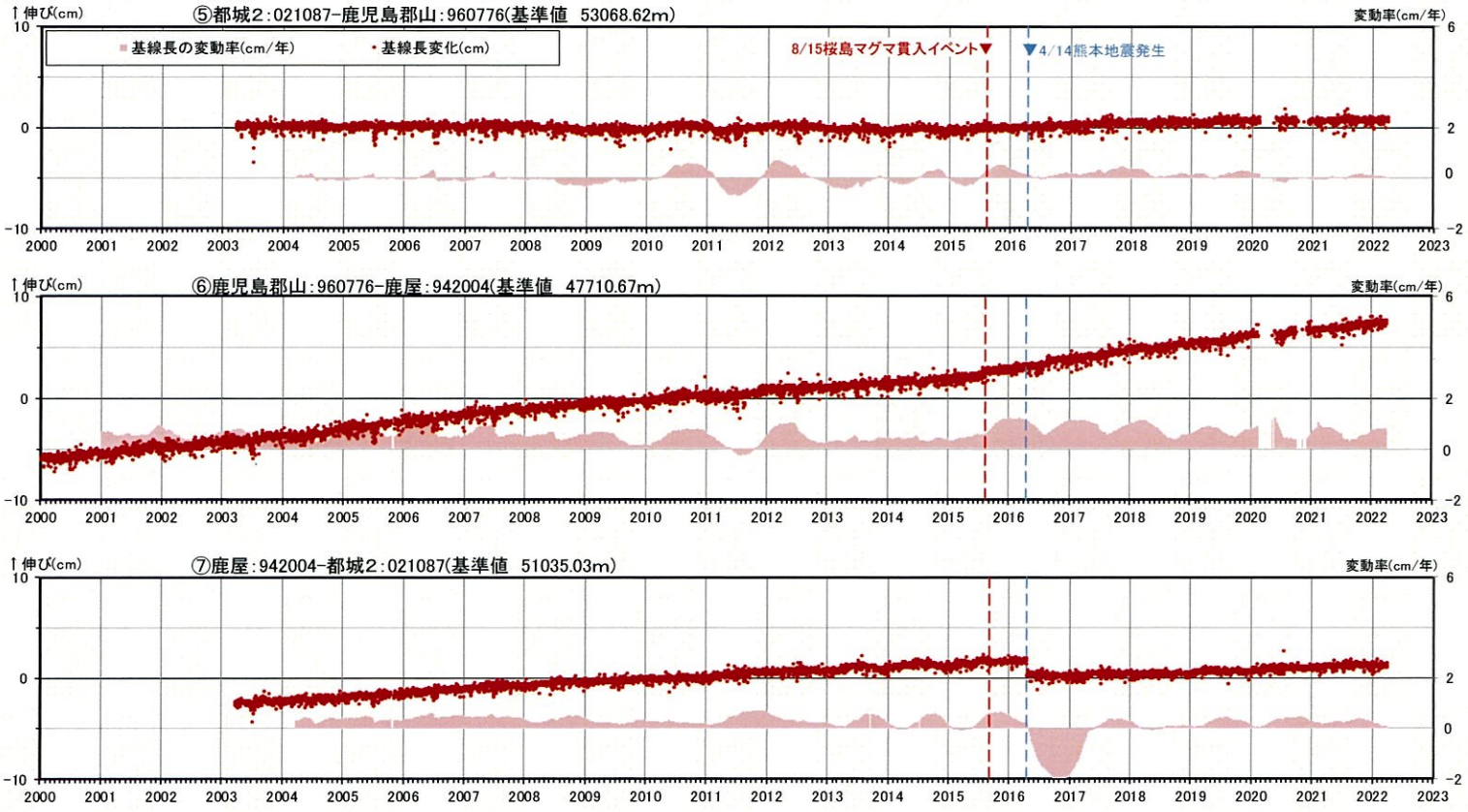
基線①～④の時系列変化



- 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 960776(鹿児島郡山)と970837(姶良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動：基線長変化]



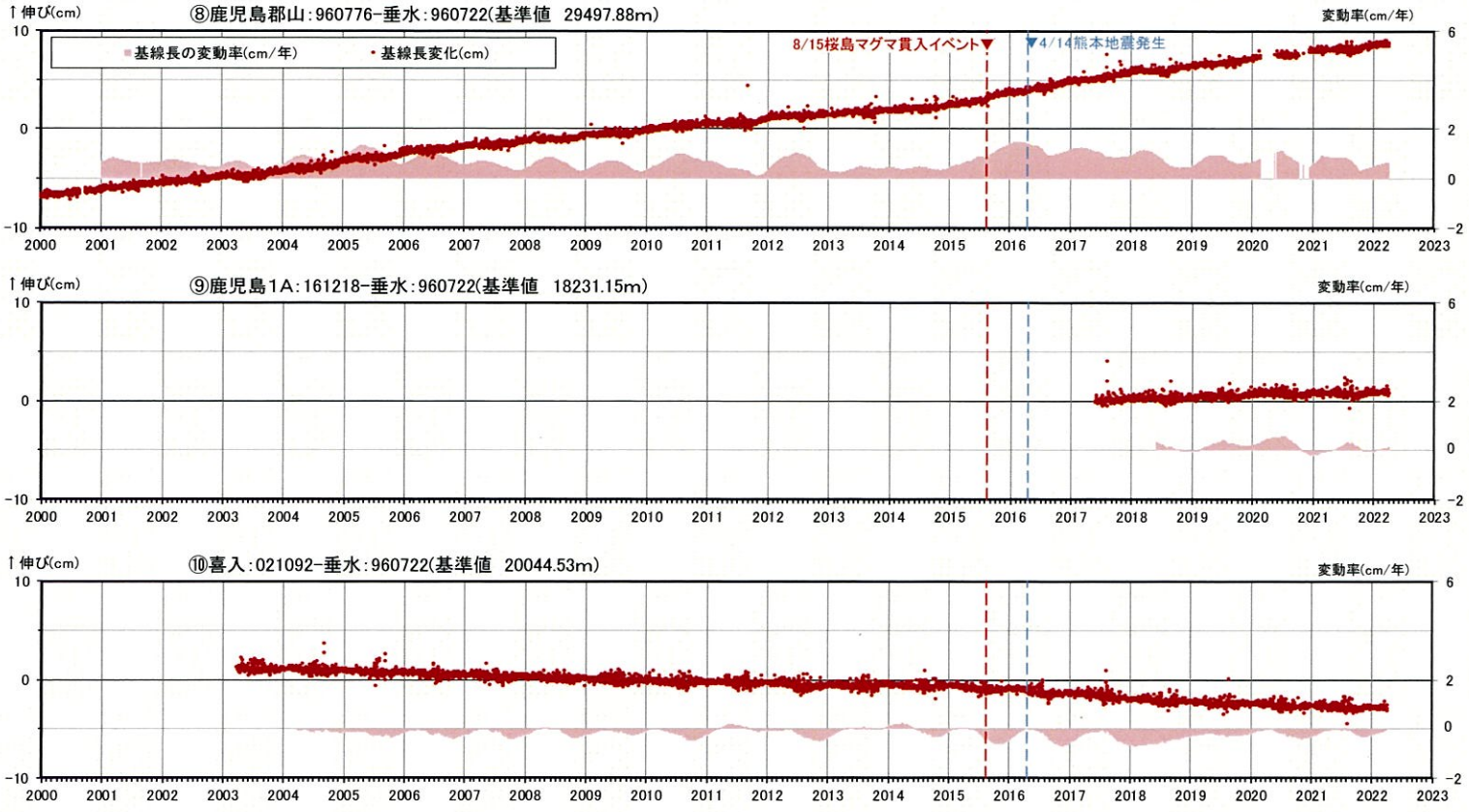
基線⑤～⑦の時系列変化



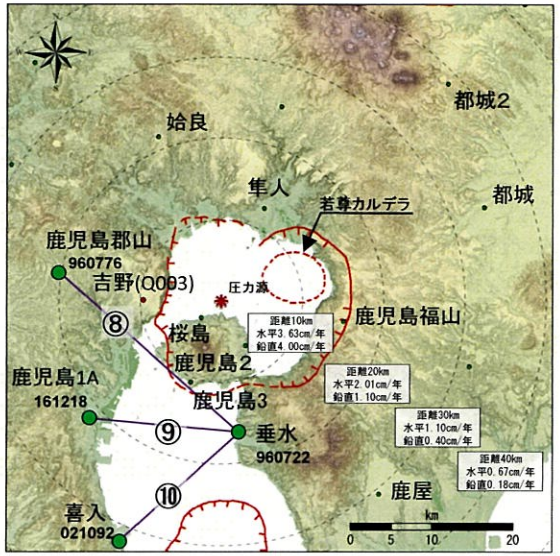
- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※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 960776(鹿児島郡山)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



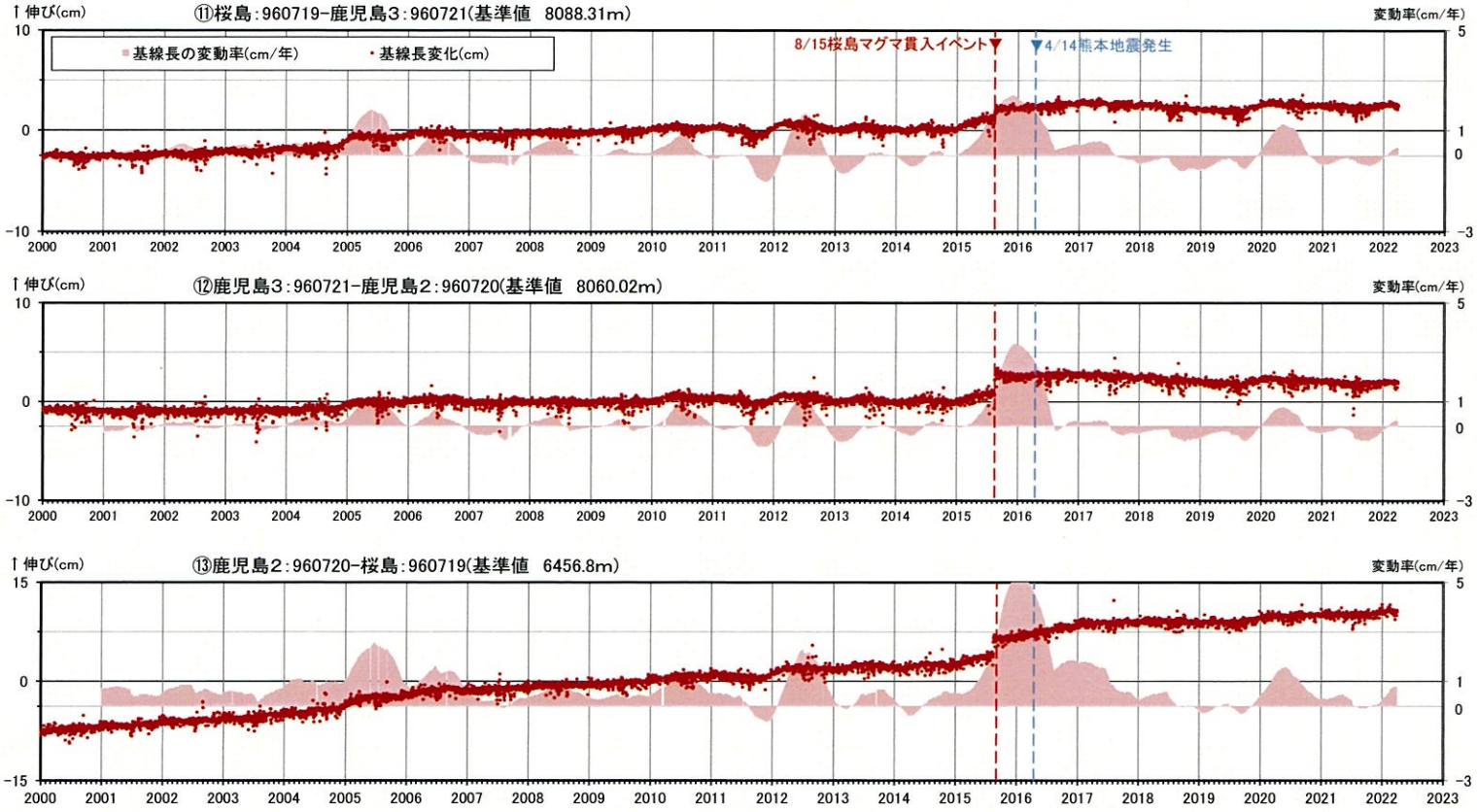
基線⑧～⑩の時系列変化



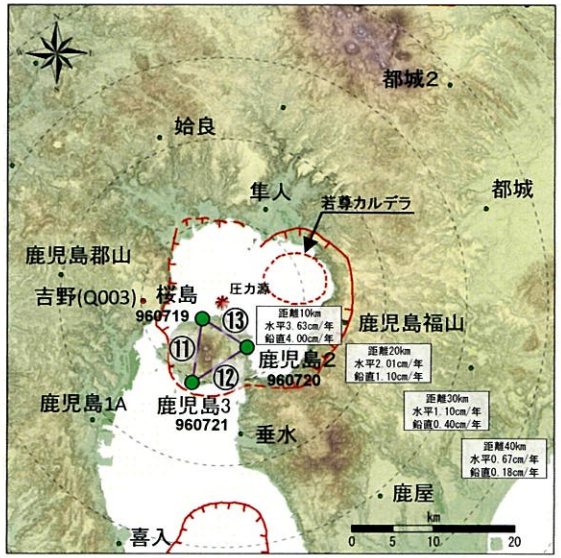
- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※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。基線⑨は2017年5月24日を基準日としている。
※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 960776(鹿児島郡山)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



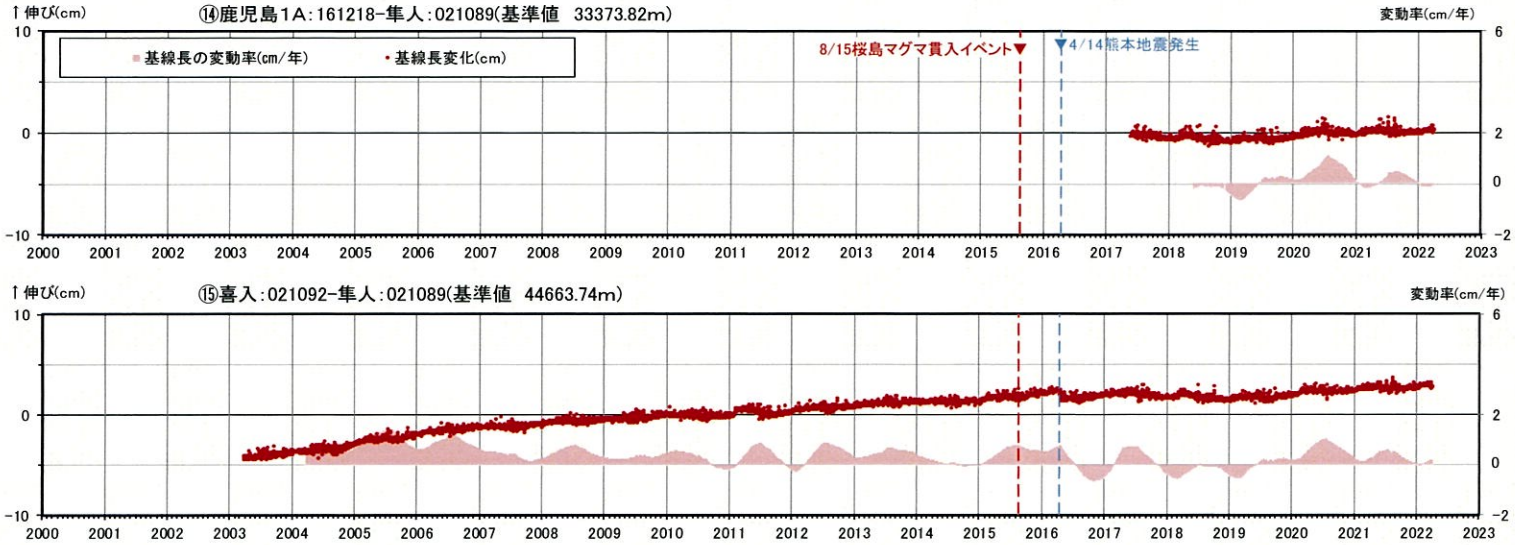
基線⑪～⑬の時系列変化



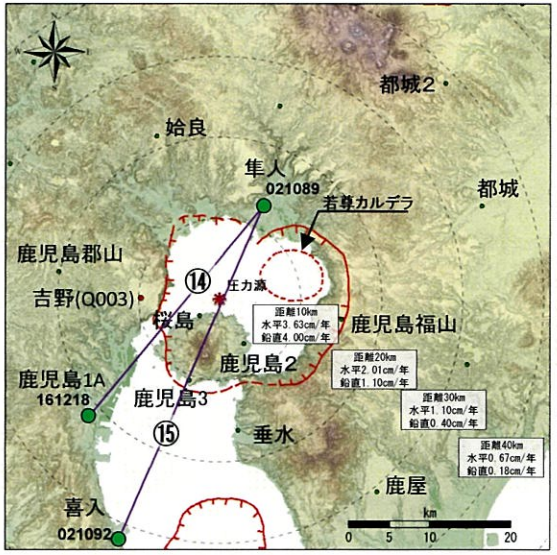
- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※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 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



基線⑭～⑮の時系列変化

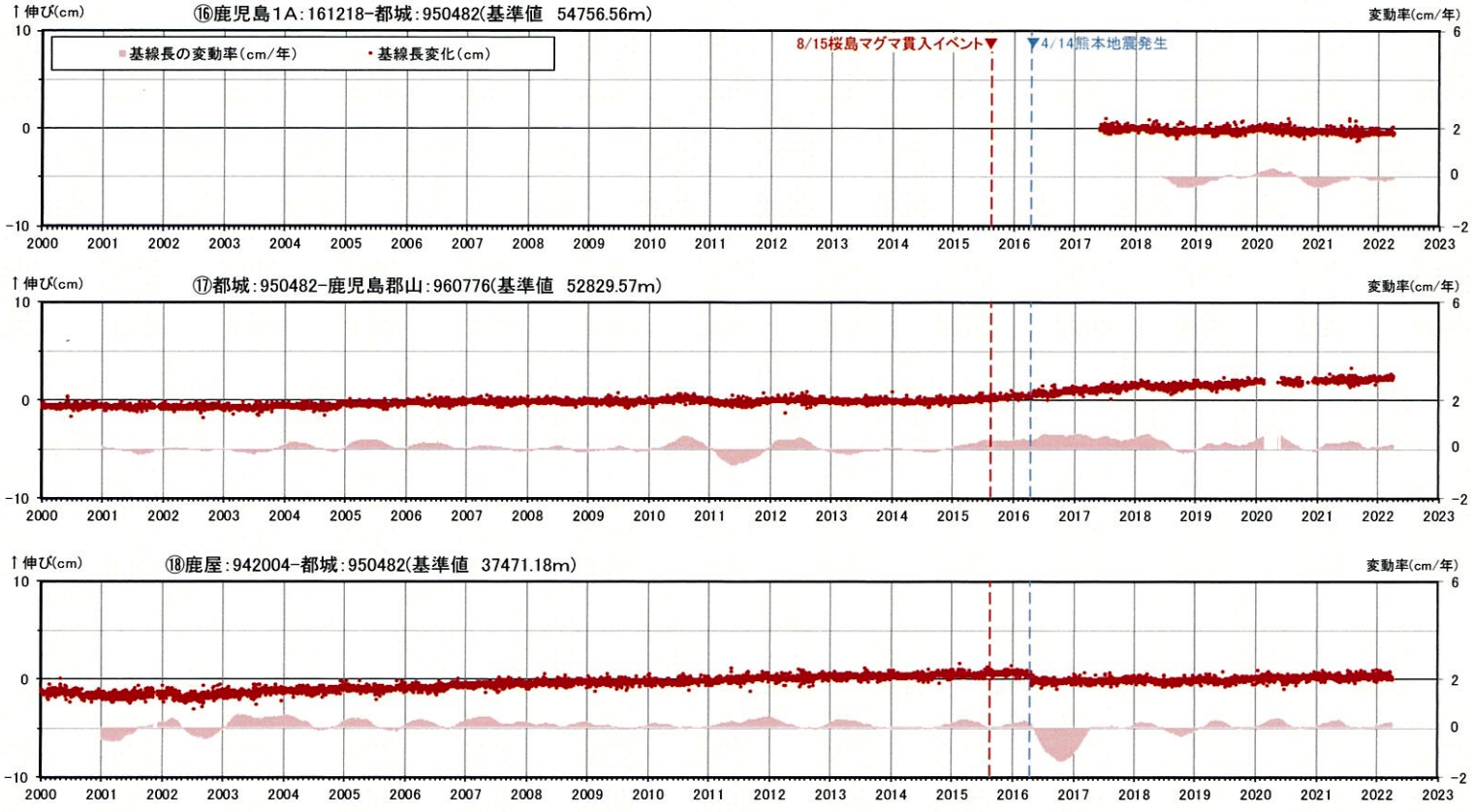


- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

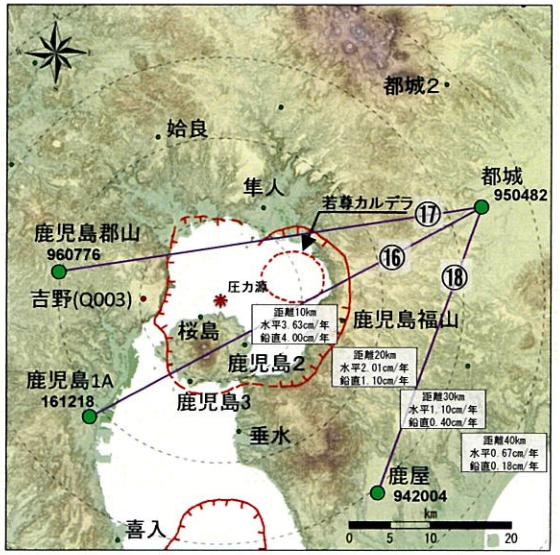
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示. 基線⑭は2017年5月24日を基準日としている。

※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 姶良カルデラ [地殻変動：基線長変化]



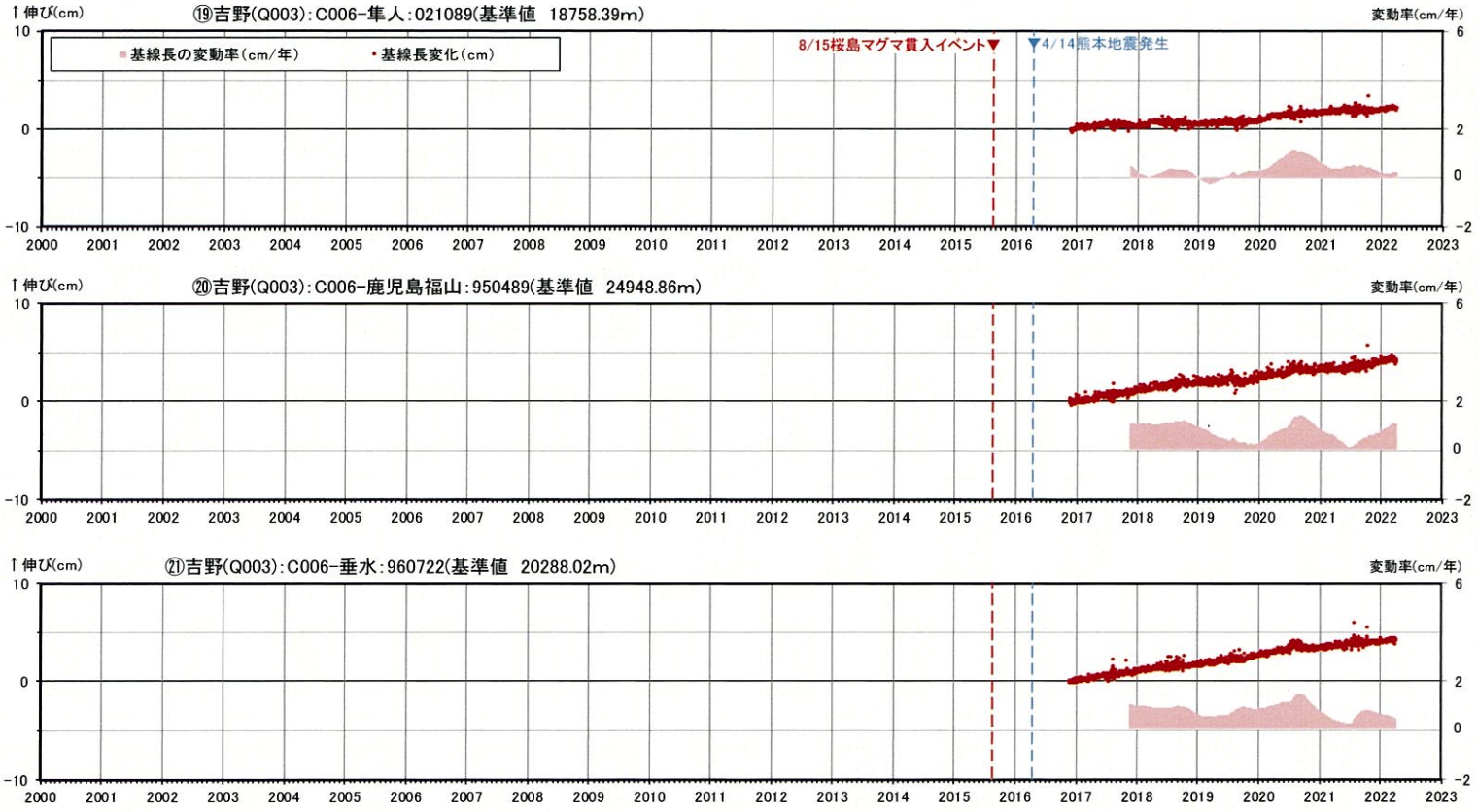
基線⑯～⑱の時系列変化

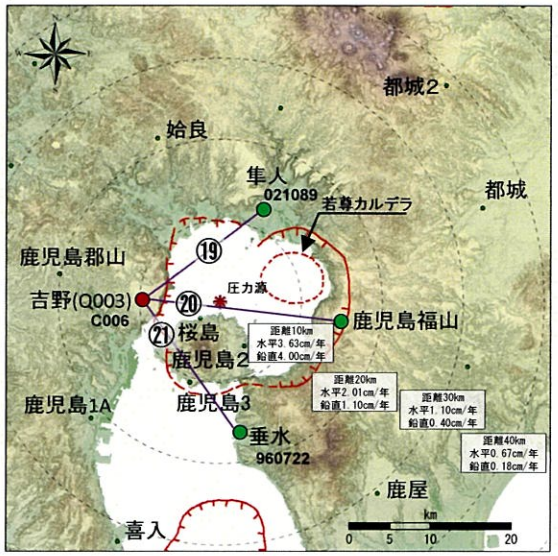


- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※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。基線⑯は2017年5月24日を基準日としている。
※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 960776（鹿児島郡山）は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



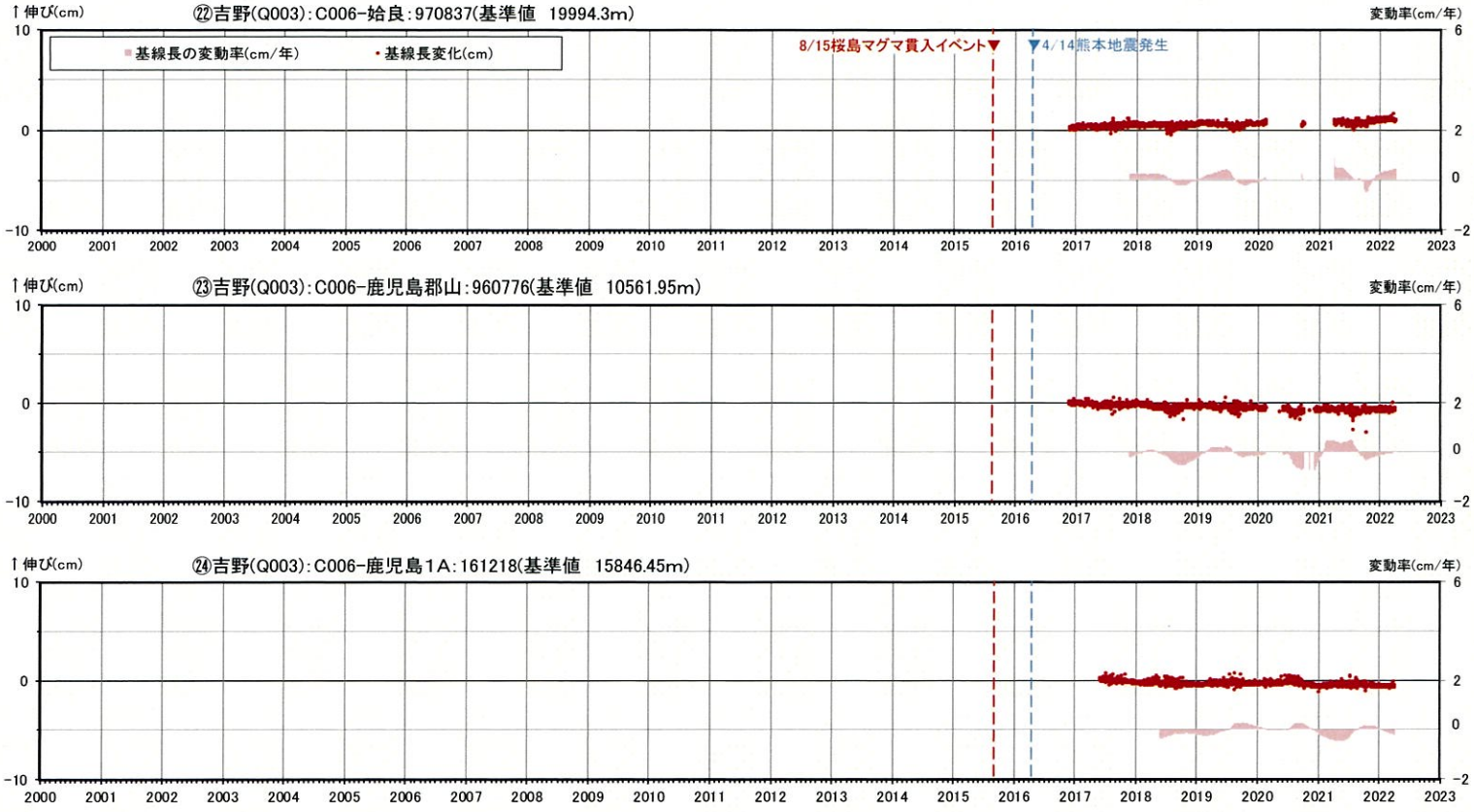


- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※1 2016年11月17日を基準値とし、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

基線⑲～㉑の時系列変化

③ 姶良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



基線㉒～㉔の時系列変化

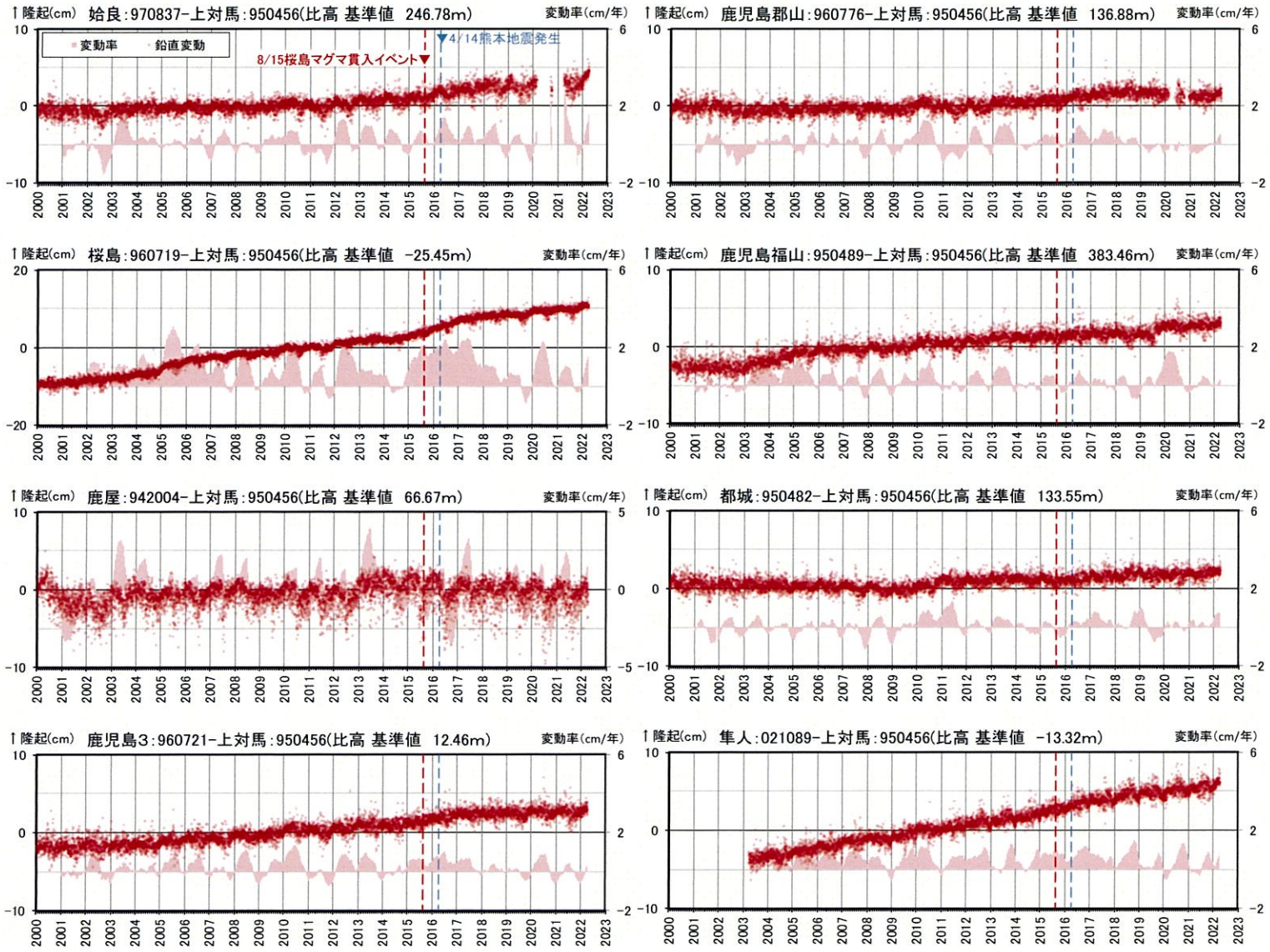


- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

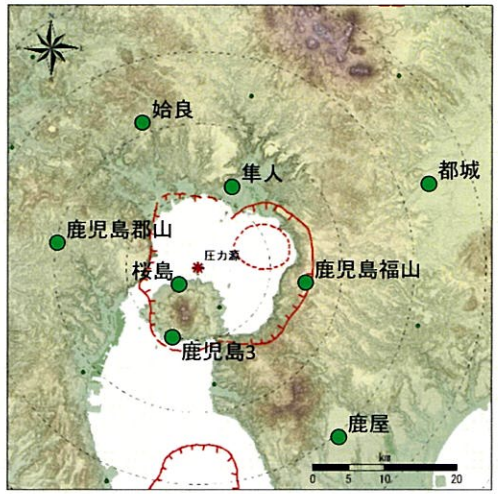
※1 2016年11月17日を基準値とし、基準値からの変化量を表示。基線㉔は2017年5月24日を基準日としている。
※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
※3 960776(鹿児島郡山)と970837(姶良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動:各観測点の鉛直変動]

・2021年度の鉛直変動は、姶良カルデラ周辺の多くの点でマグマ供給を示唆する広範囲での隆起傾向が認められるが、過去と比較して有意な変化は認められない。



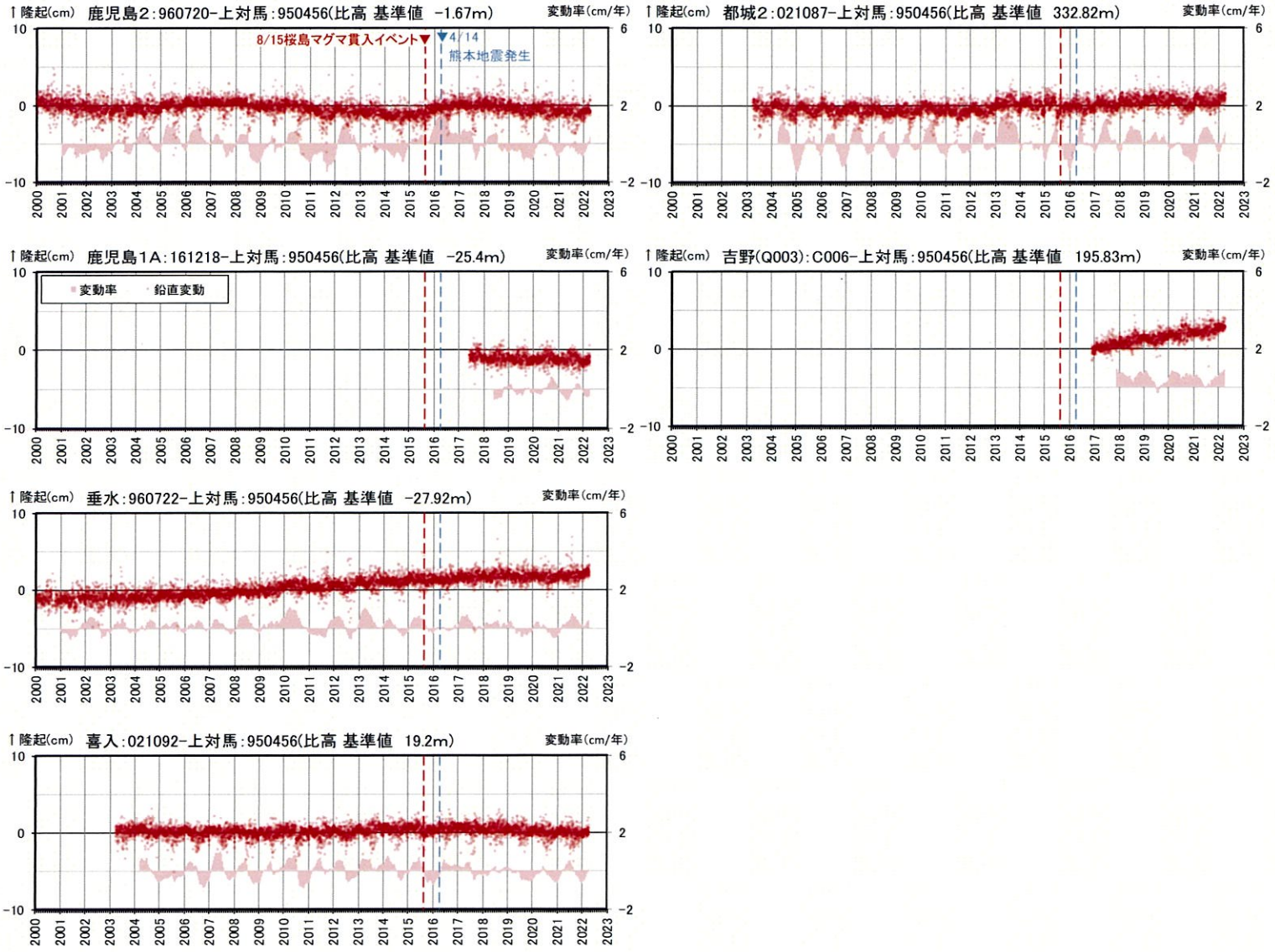
950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化

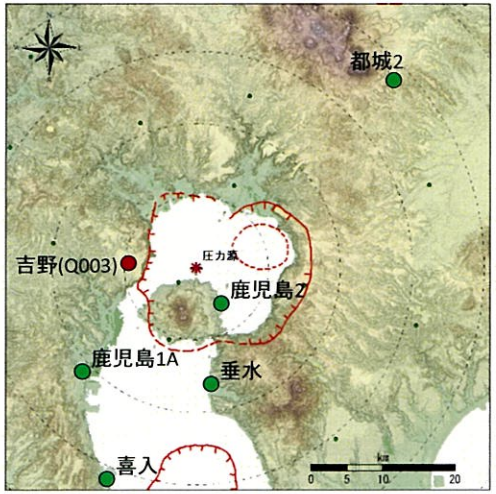


● 国土地理院のGNSS観測点
● 九州電力のGNSS観測点

※1 2010年1月1日での950456(上対馬)との比高を基準値とし、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 960776(鹿児島郡山)と970837(姶良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている

③ 姶良カルデラ [地殻変動:各観測点の鉛直変動]





- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

※1 鹿児島1Aは2017年5月24日、吉野(Q003)は2016年11月17日、それ以外の観測点は2010年1月1日での950456(上対馬)との比高を基準値とし、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

950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化

③ 姶良カルデラ [監視レベルの移行判断基準]

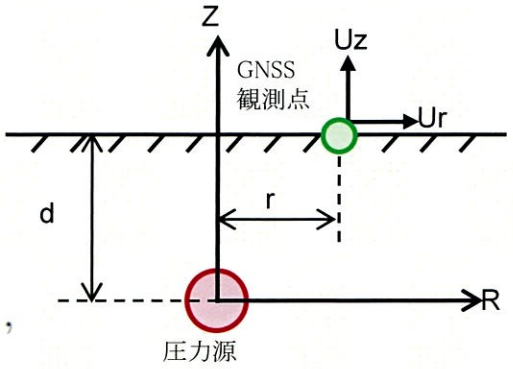
・警戒監視の移行判断基準値(マグマ供給率0.05km³/年)を姶良カルデラに適用した場合、水平方向の地殻変動の変動率はKozono et al.(2013)の式から5cm/年に相当する(圧力源上を通る2測線から算出)。

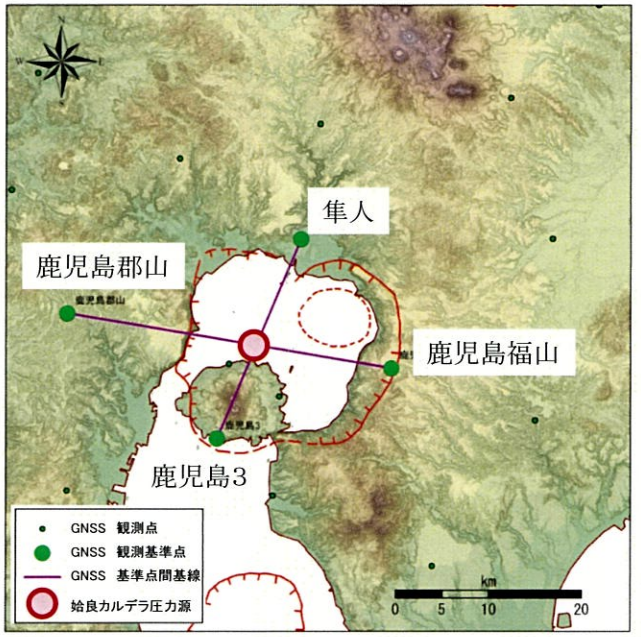
供給率と水平変動率との関係式(Kozono et al., 2013)

$$\Delta V_G = \frac{\pi}{1-\nu}\frac{(r^2+d^2)^{3/2}}{d}u_z$$

$$= \frac{\pi}{1-\nu}\frac{(r^2+d^2)^{3/2}}{r}u_r$$

$$= \frac{\pi}{3(1-\nu)}\frac{(r^2+d^2)^{5/2}}{rd}\frac{\partial u_z}{\partial r},$$

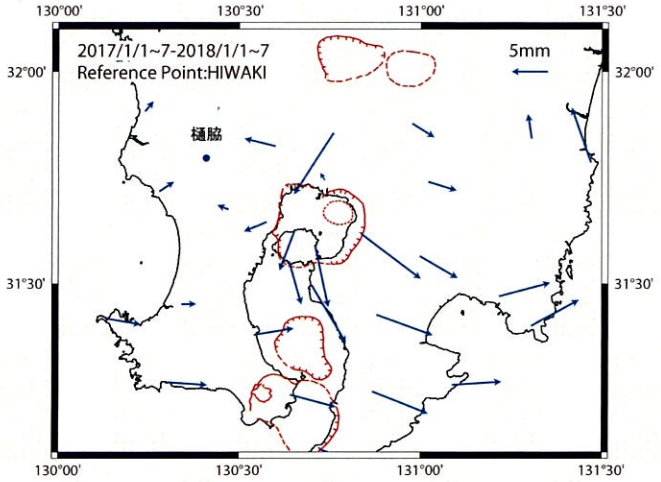




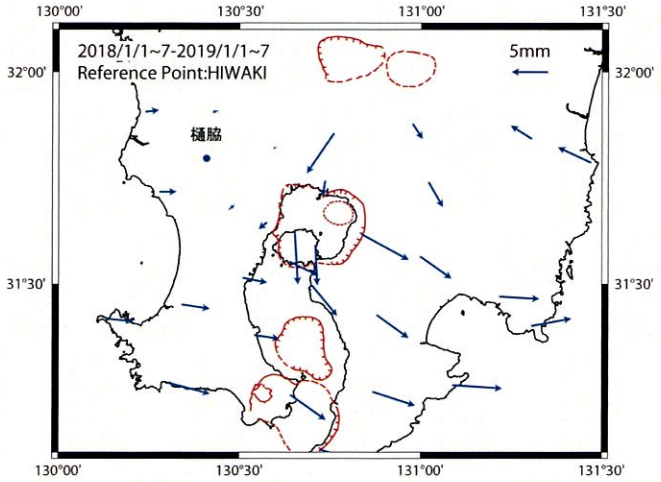
項目				単位	観測点				備考
					鹿児島３ ⇔ 隼人		鹿児島福山 ⇔ 鹿児島郡山		
入力値	ΔV_G	体積変化（マグマ供給率）		km³/年	0.05				Druitt et al.（2012）を参照
	ν	ポアソン比		-	0.25				江頭ほか（1997）を参照
	r	圧力源から観測点までの水平投影距離		km	10.6	12.6	15.2	20.1	井口ほか（2008）を参照
	d	圧力源の深さ		km	11.0				井口ほか（2013）を参照
出力値	Ur	地殻変動の変動率	各地点	cm/年	3.5	3.2	2.7	2.0	
	—		基線長間（2地点の計）		6.8		4.7		
	—		平均（2つの基線長）		5.7（≒5.0が移行判断基準値）				

③ 姶良カルデラ [樋脇を固定点とした水平変動ベクトル]

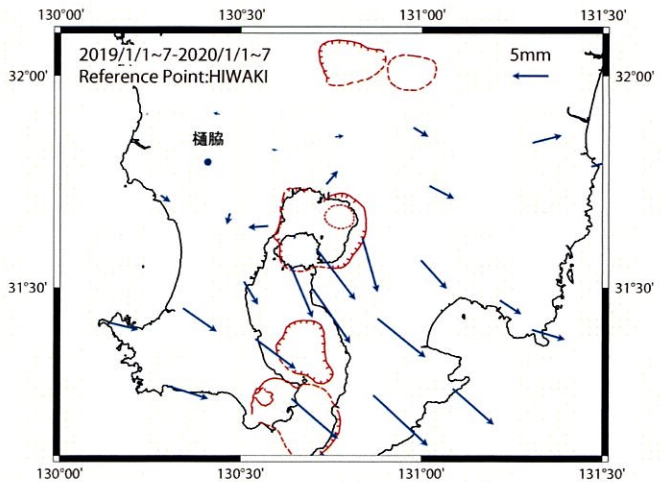
- 姶良カルデラ周辺の地殻変動の向きを把握するため、樋脇を固定点とした2017年以降の水平変動ベクトルを整理した。
- 姶良カルデラ周辺では、カルデラを中心にマグマ供給を示唆する放射状の地殻変動が認められる。



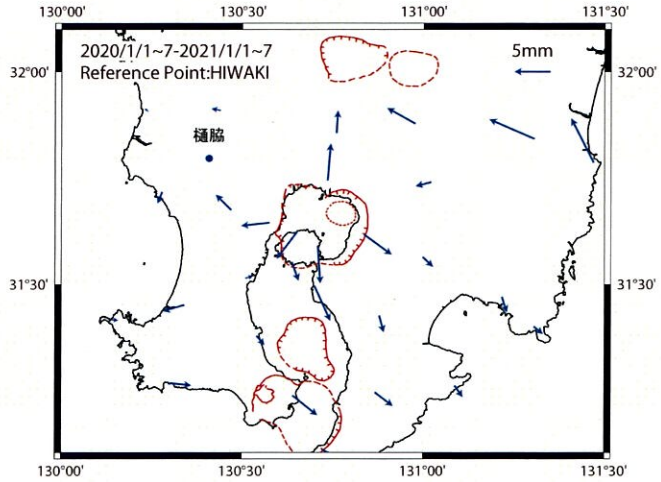
2017年の地殻変動※1



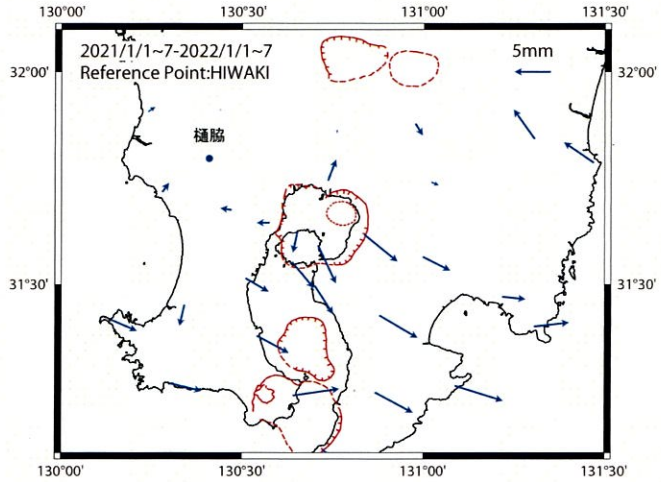
2018年の地殻変動



2019年の地殻変動



2020年の地殻変動※2



2021年の地殻変動※2

※1 鹿児島1A:運用開始が2017/5/23のため、ベクトルは描写していない。
※2 姶良:データ欠測のため、ベクトルは描写していない。