

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 (2022年度報告)

2023年6月21日
九州電力株式会社

目 次

1. モニタリングの概要	P 3
2. モニタリング評価結果（まとめ）	P 5
3. モニタリング評価結果	P 8
① 阿蘇カルデラ	P 9
② 加久藤・小林カルデラ	P 25
③ 始良カルデラ	P 41
④ 阿多カルデラ	P 63
⑤ 鬼界	P 77
参考1. 九州全域の地震活動	P 93
参考2. カルデラ火山周辺のひずみ場	P 98
参考3. 当社GNSS機器による観測	P 104

*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)・・・・・・・・・・・・・・・・・・P106

1. 監視レベル移行判断フローの検討(平常→注意)・・・P107

2. 熊本地震による余効変動の除去・・・・・・・・・・P117

3. 始良カルデラ周辺の水準測量・・・・・・・・・・P121

4. 干渉SAR時系列解析・・・・・・・・・・・・・・・・P133

5. 統計的整理に基づく評価・・・・・・・・・・P145

(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)・・・・・・・・P181

(参考文献)・・・・・・・・・・・・・・・・・・P187

*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	2022年4月度～ 2023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	2022年 7月5日開催 12月6日開催	第150回 火山噴火予知連絡会資料 第151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)
	2022年(年報) 2022年4月～ 2023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 ～ 2023.3.31	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 ～ 2023.3.31	一元化处理震源データ(気象庁、大学、 防災科学技術研究所)※ (http://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja)

※ 2000年～2020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
に基づき、カルデラの活動状況の変化を総合的に判断

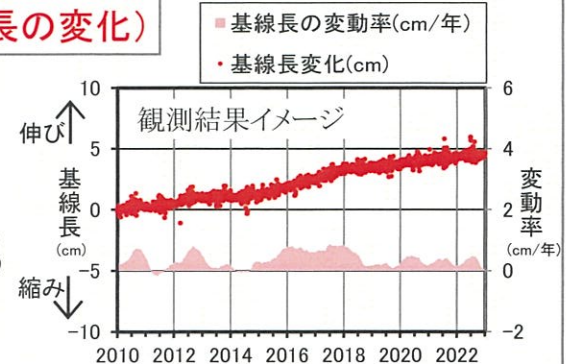
1回/月

・評価結果については火山の専門家に助言を頂く

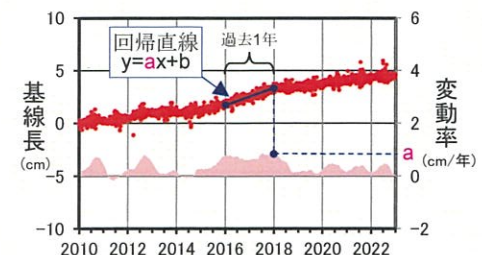
1回/年

地殻変動(基線長の変化)

・地殻変動(基線長
の変化及び変動率)
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



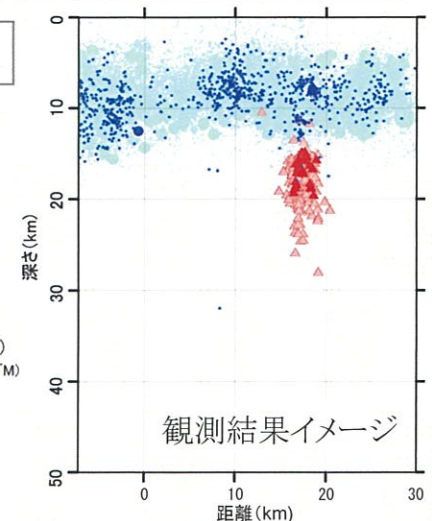
※変動率の算出:
その時点から過去1年分
のデータを用いて最小
二乗法により回帰直線
を求め、その傾きを変動率
とする



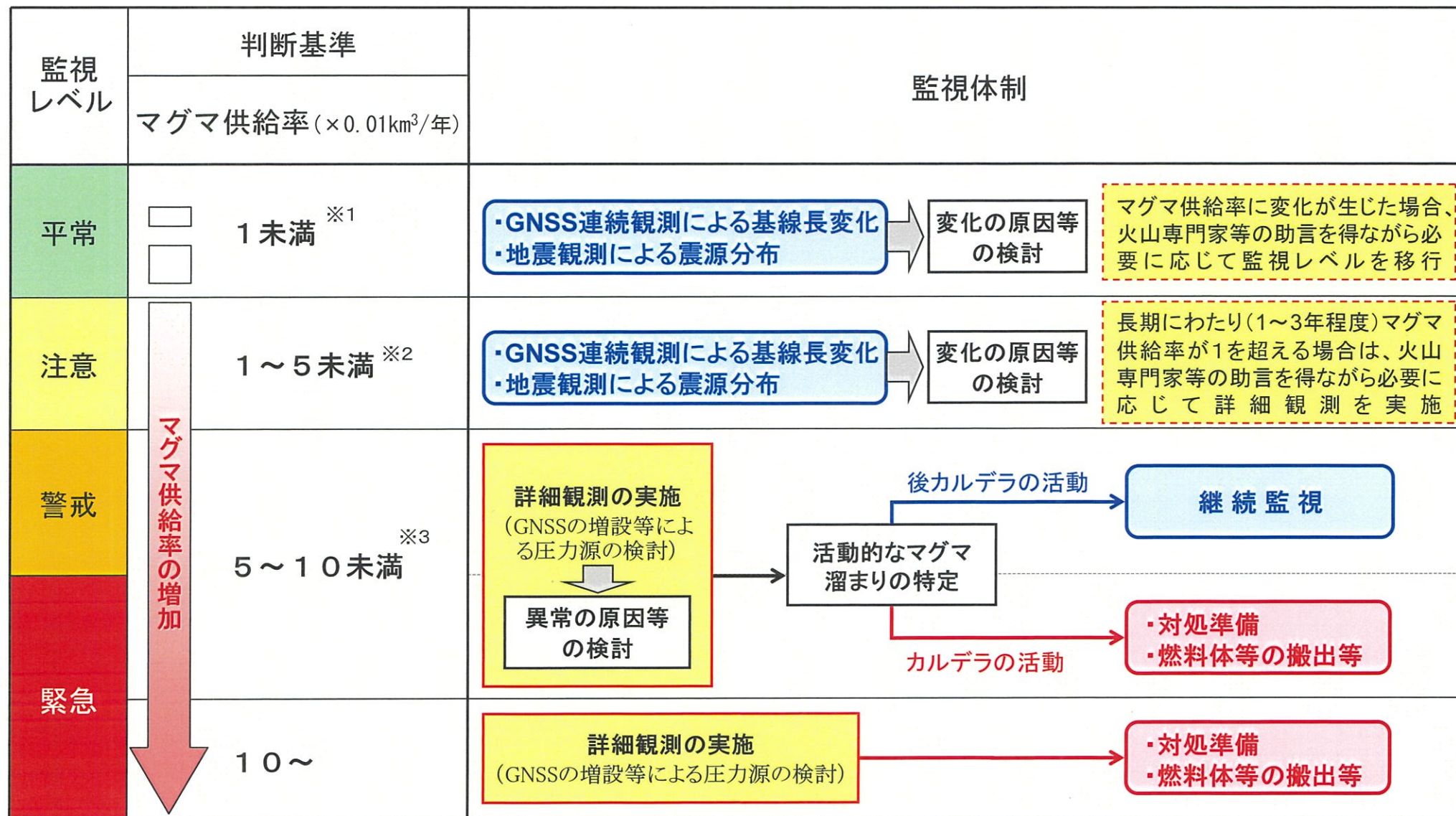
有感地震の発生頻度等

・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

震 源
(直近1ヶ月は右のシンボル)
・ 通常地震(マグニチュードM)
M<3
・ 3≤M<4
・ 4≤M<5
・ 5≤M
・ 低周波地震



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]



※1 始良カルデラ周辺の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 ($0.05\text{km}^3/\text{年}$)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 ($0.10\text{km}^3/\text{年}$)を適用

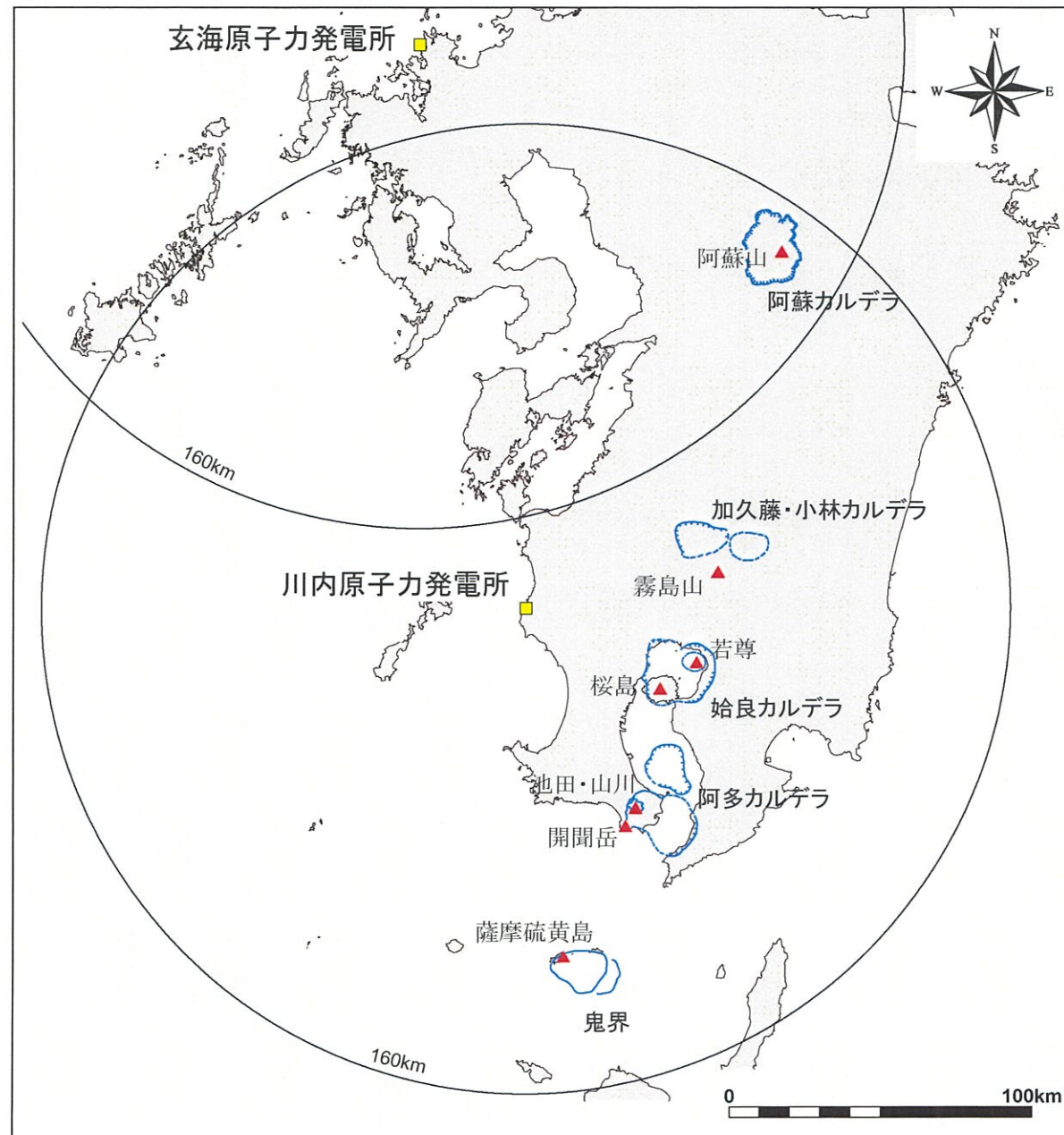
2. モニタリング評価結果(まとめ)

- 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、2022年度の対象火山※の活動状況を確認した。
- 各カルデラ火山の地殻変動及び地震活動において、顕著なマグマ供給率の増加を示唆する、火山影響評価時から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。

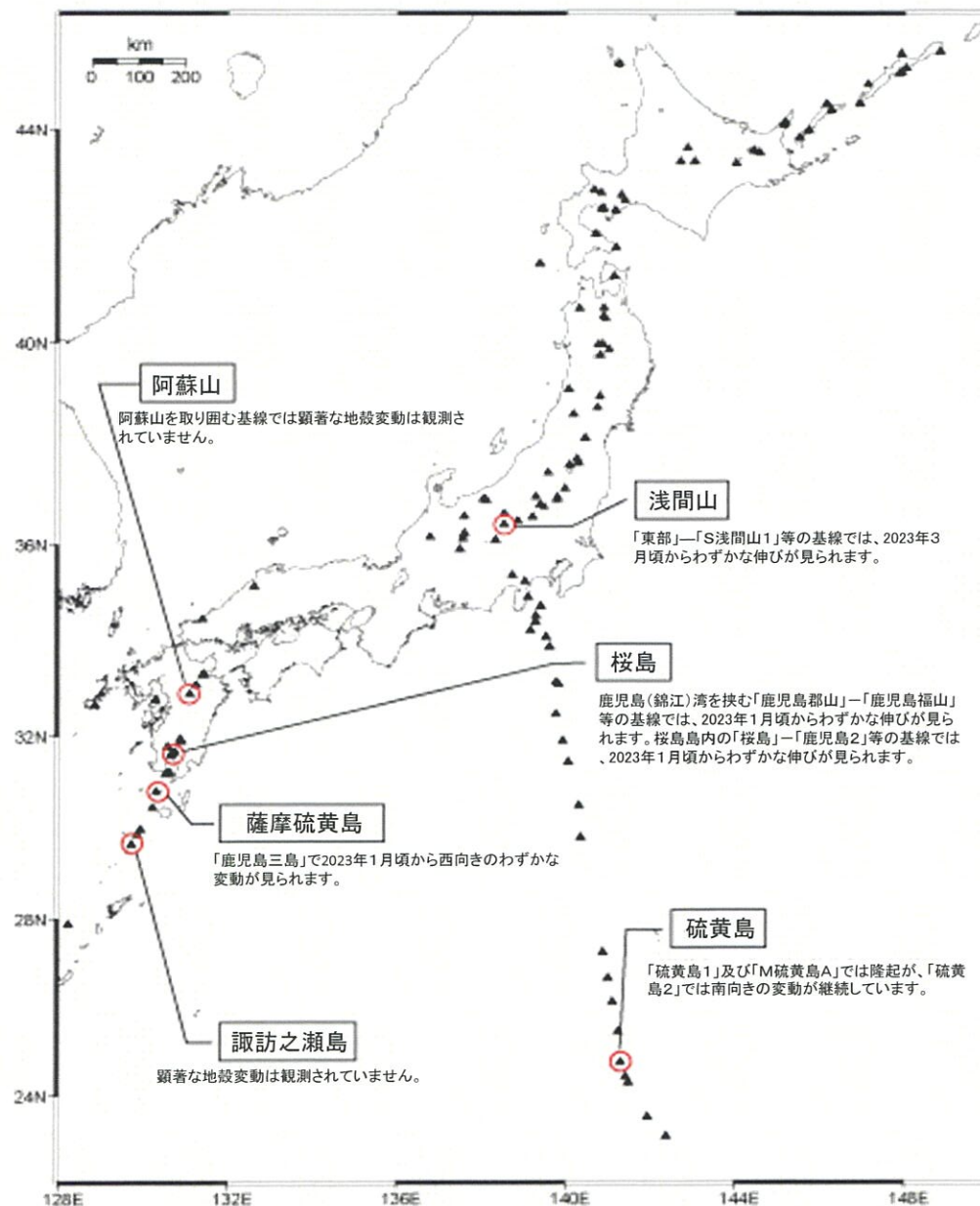
対象火山	活火山に関する公的機関の評価		当社の評価 (国土地理院GNSS観測による基線変化及び気象庁一元化処理データを使用)			総合評価 活動状況 の変化
	気象庁噴火警戒レベル (下線の火山は対象外)	(気象庁火山噴火予知連絡会資料、 火山活動解説資料)	監視レベル	地殻変動	地震活動	
阿蘇 カルデラ	阿蘇山 レベル1 (活火山であることに留意)	- 阿蘇山では噴火は観測されていない。 - 火山性地震、火山ガス放出量は一時的に多い状態があったが、それぞれ2023年2月以降、1月中旬以降は少ない状態で経過している。 - GNSS連続観測では、深部にマグマ溜まりがあると考えられている草千里を挟む基線の伸びは9月頃から縮みの傾向がみられ、10月頃には停滞し、2023年1月頃から縮みの傾向がみられる。	平常	- 過去と比較して有意な変化はない。 - 熊本地震の余効変動はほとんどなくなっていると考えられる。	- 過去と比較して有意な変化はない。 - なお、阿蘇カルデラ外南西部においてM3.9の地震が発生しているため今後の地震活動に留意していく。また、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】 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。 - 火山性地震は少ない状態で経過していたが、2023年3月下旬からやや多い状態で経過している。火山ガス放出量は、検出限界未満で経過している。 - GNSS連続観測では、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傾向は11月頃から再び伸びとなったが、1月頃から鈍化し一部の基線では停滞している。	平常	- 過去と比較して有意な変化はない。 - なお、霧島山(新燃岳)の活動に関連する地殻変動は伸びの傾向を示した後に停滞している状態であるため、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、2021年度に引き続き、小林カルデラ外南東側で局所的にやや多くの地震が認められたほか、小林カルデラ縁南西部及び小林カルデラ外北部でも地震が発生しているため、今後の地震活動に留意していく。	なし
始良 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7月中旬頃から噴火活動が活発となった。 - 火山性地震の年回数は前年に比べ同程度で、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、始良カルデラ(鹿児島湾奥部)の地下深部の膨張を示す基線の伸びが3月以降から停滞していたが、2023年1月頃からわずかな伸びが認められる。 - 若尊の周辺領域で時々地震が発生した。	注意	- マグマ供給によ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0.01km³/年であることから、「注意」を継続する。	- 過去と比較して有意な変化はない。 - なお、2022年度も若尊カルデラ南側内外にわたり地震が継続しており、また始良カルデラ外北部でもまとまって地震が発生しているため、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。	開聞岳付近における低周波地震はやや増加して2020年度と同程度であるが、その南西側において通常地震がやや増加した。また北側のカルデラ内南部においてM4.1の地震が発生したため、今後の地震活動に留意していく。	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ていない。 - 火山性地震は少ない状態で経過している。 - GNSS連続観測では、薩摩硫黄島と竹島間の基線で2021年5月頃から見られていた伸びの傾向は、2022年頃から停滞していたが、2022年8月頃からわずかな伸びが見られる。	平常	- 過去と比較して有意な変化はない。 - なお、鹿児島三島及び竹島を起点とする基線に、マグマ供給を示唆す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。	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、始良カルデラ、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

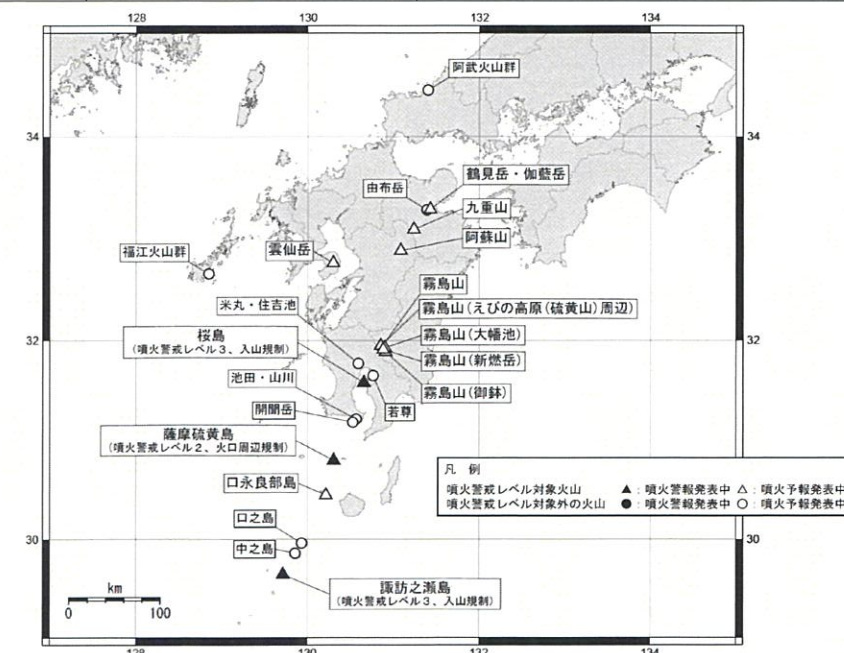


【補足】 国土地理院の地殻変動図 気象庁の火山概況



噴火警報及び噴火予報の発表状況（令和5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）	薩摩硫黄島
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、阿蘇山、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（新燃岳）、霧島山（御鉢）、口永良部島
	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、若草、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（2023年3月）

国土地理院：火山周辺地域における地殻変動観測の概況（2023年3月）

3. モニタリング評価結果

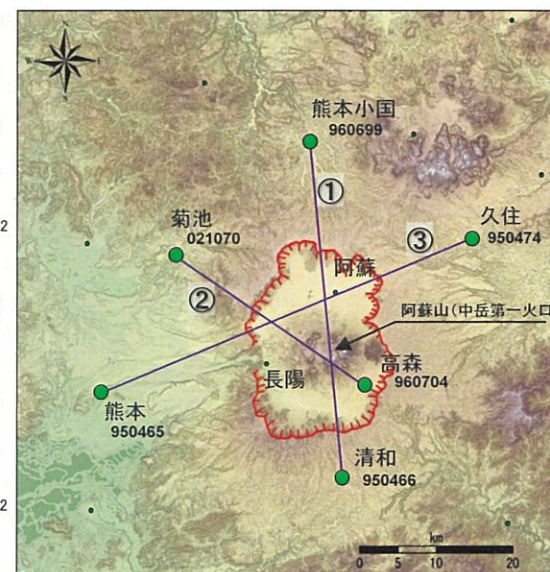
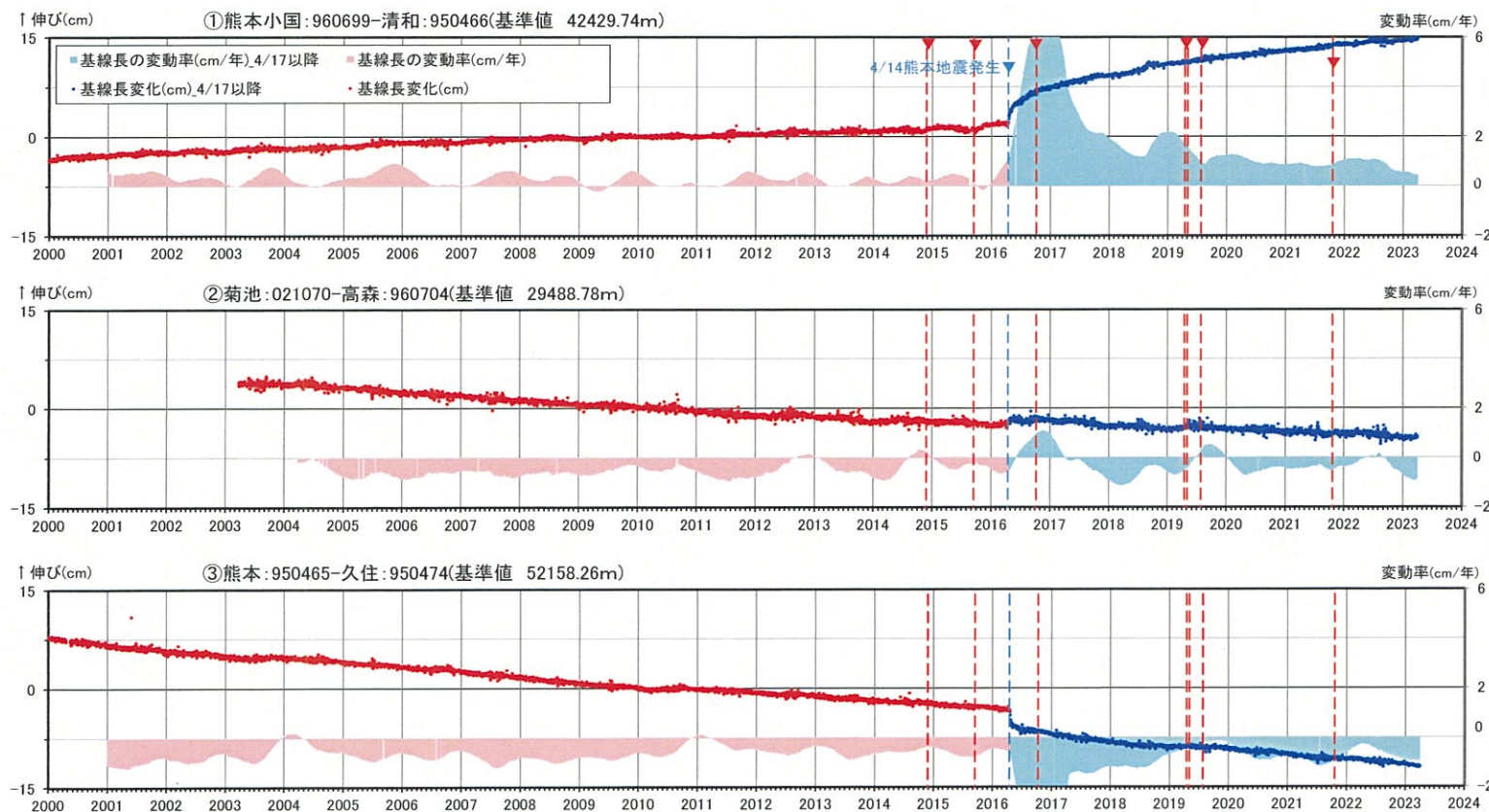
① 阿蘇カルデラ [活火山に関する公的機関の評価概要]

○阿蘇山（出典：火山活動解説資料2022年 年報、火山活動解説資料2023年2月・3月）

- 阿蘇山では、2021年10月21日以降、噴火は観測されていない。
- 阿蘇山では、2021年10月から2月末にかけて火山活動が高まった状態で推移した。3月以降、火山活動は徐々に低下し、12月～2023年2月に再びやや高まった～高まった状態となったが、3月では低下した状態で推移した。
- 火山性微動の振幅は2月に一時的に増大し、大きな変動がみられ、5月には振幅の一時的な増大が認められ、12月～2023年2月にはやや大きな～大きな状態で経過したが、3月では小さな状態となった。火山性地震及び孤立型微動は2021年10月の噴火以降、それぞれ多い状態またはやや多い状態で、5月にかけて次第に減少しやや少ない状態であった。6月から7月にかけて一時的な増加がみられ、12月～2023年1月にはそれぞれ多い状態またはやや多い状態で経過したが、2月以降ではともに少ない状態となった。
- 火山ガス(二酸化硫黄)放出量は、2021年10月の噴火発生前よりも多い状態(1日あたり700～2,800トン)が継続していたが、次第に減少し5月頃からは概ね1,000トンを下回り少ない状態となった。12月からは再び増加し900～1,400トンとやや多い状態であったが、2023年1月中旬以降は1,000トンを下回り少ない状態となった。
- GNSS連続観測では、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が2021年9月頃からみられ同年12月頃から停滞していたが、2022年9月頃から縮みの傾向がみられ、10月頃には停滞し、2023年1月頃から縮みの傾向となった。

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

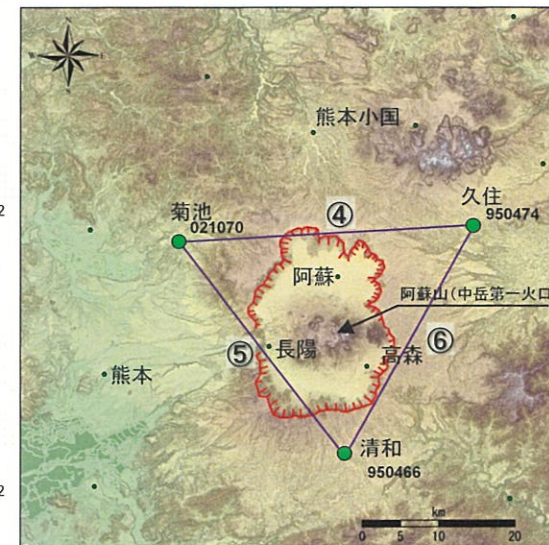
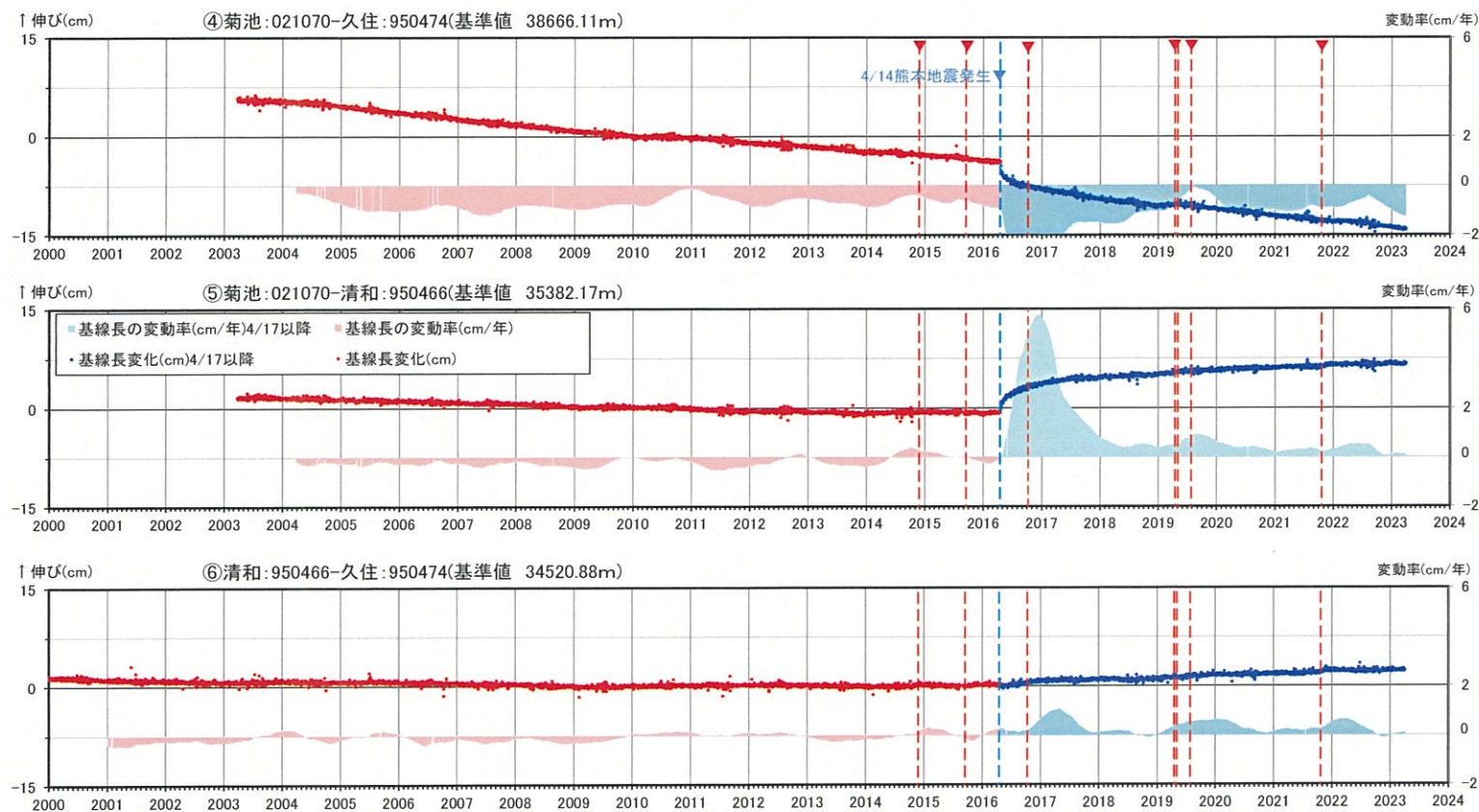
- ・ 2022年度の基線長変化は、阿蘇カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化はないと判断している。
- ・ 2021年12月頃から伸びが停滞していた阿蘇カルデラ内の基線(基線⑦、⑧、⑨)は、2022年9月頃からやや収縮傾向にある。
- ・ また、各基線の変動傾向は概ね熊本地震前の状態に戻っており、余効変動の影響はほとんどなくなっているが、清和を起点とする概ね南北方向の基線①、⑤、⑥は、余効変動の影響が弱まっている2019年頃から熊本地震前の傾向とは異なってきている。



- 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

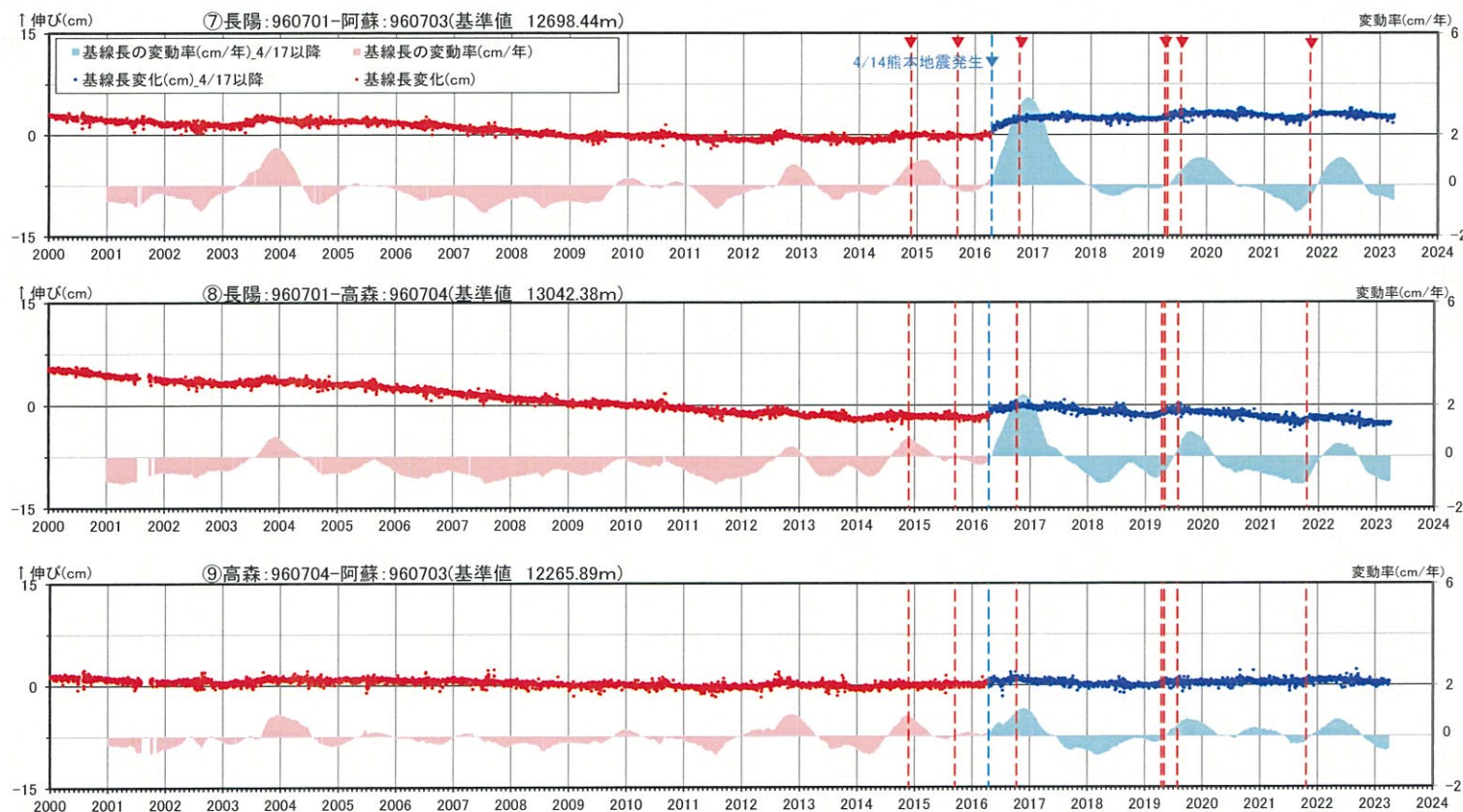
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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

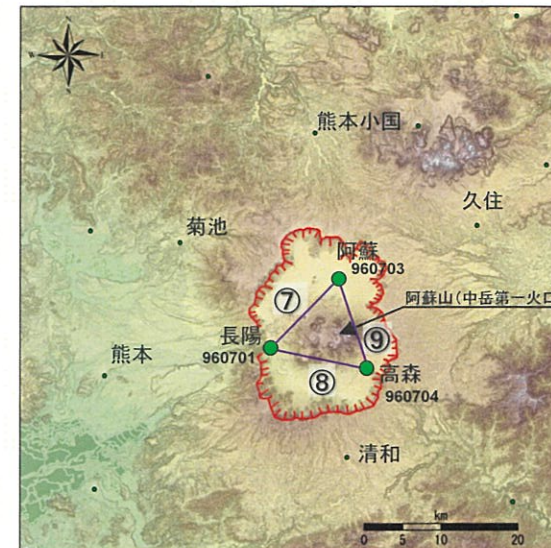
※3 赤色の▼は主な噴火

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

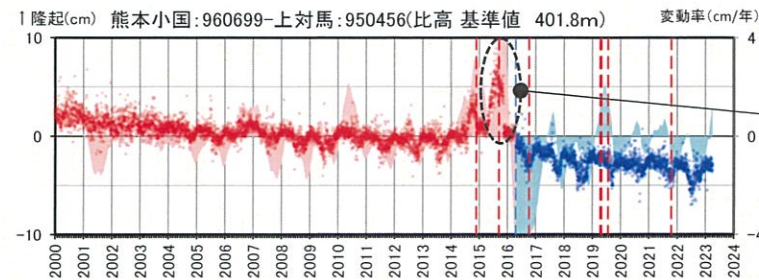
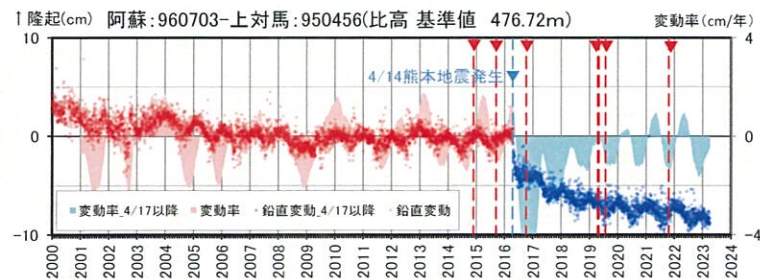
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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

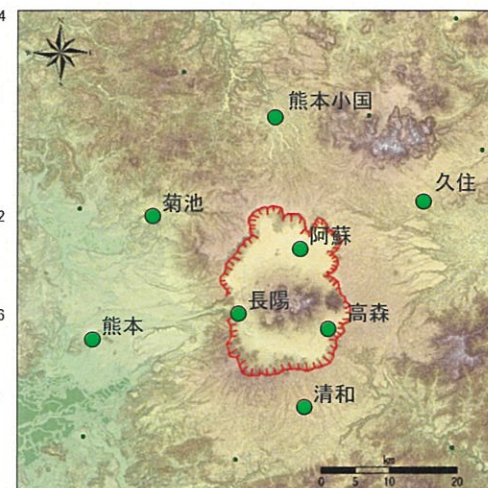
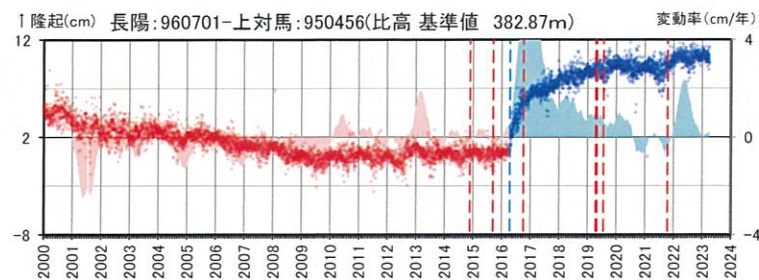
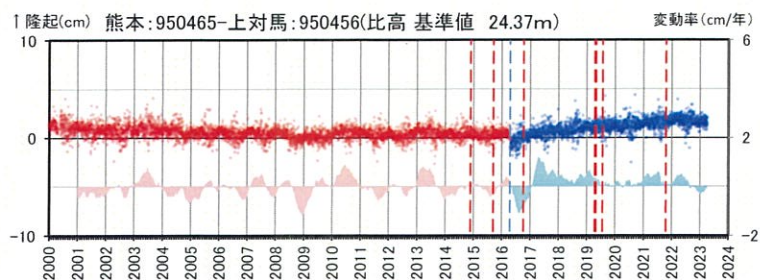
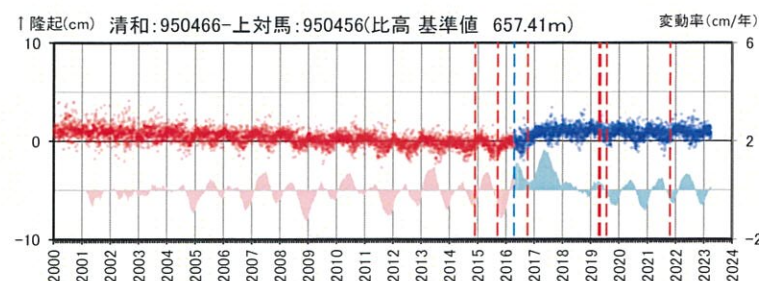
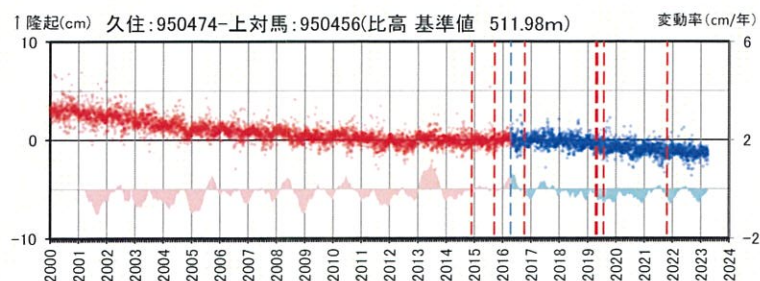
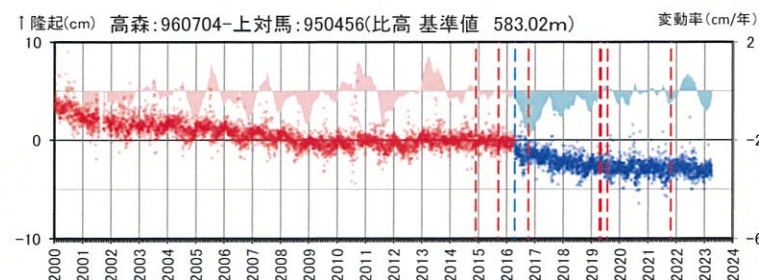
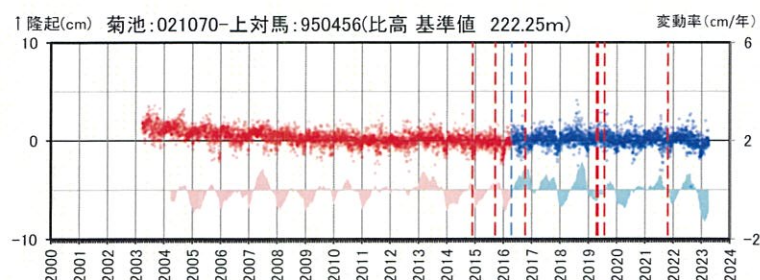
※3 赤色の▼は主な噴火

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

・ 2022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。



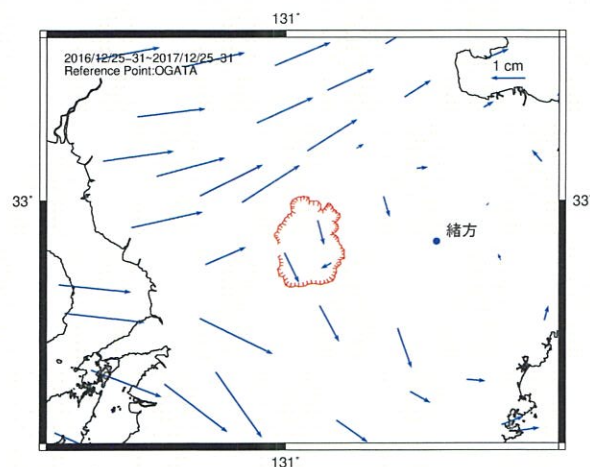
● 国土地理院のGNSS観測点

- ※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 長陽の2021年後半～2022年1月の変動は、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、2022年1月に樹木の伐採を実施
- ※5 赤色の▼は主な噴火

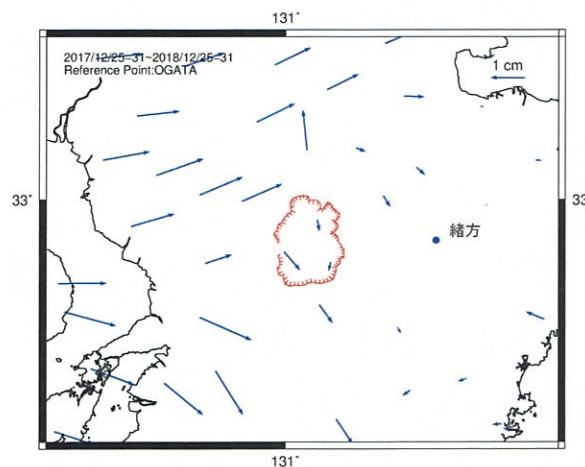
950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 緒方を固定点とした水平変動ベクトル]

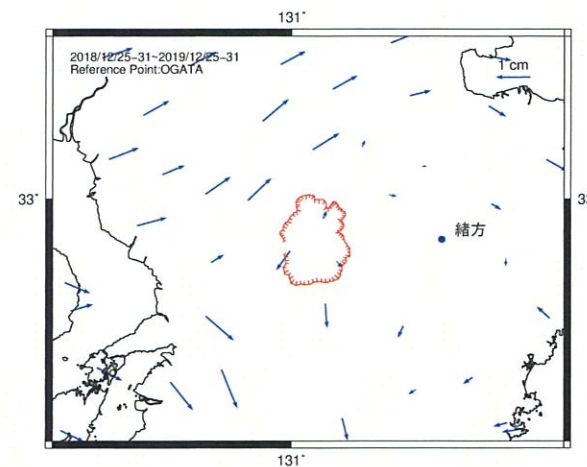
- 阿蘇カルデラ周辺の地殻変動の向きを把握するため、緒方を固定点とした2017年以降の水平変動ベクトルを整理した。
- 全体として熊本地震の余効変動の影響を大きく受けているが、2019年には阿蘇中岳噴火が発生し、水平変動ベクトルにおいては膨張傾向が捉えられている。



2017年12月の地殻変動

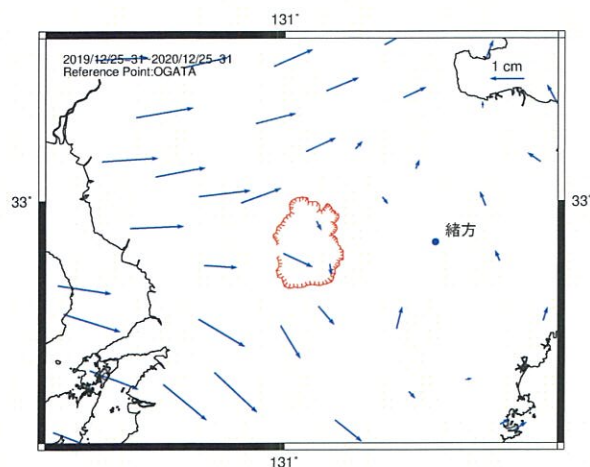


2018年12月の地殻変動

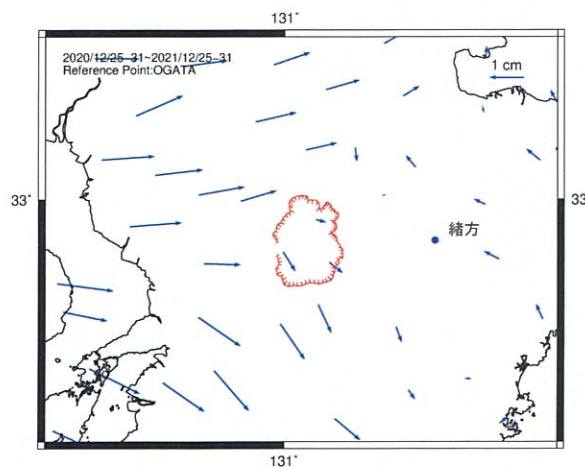


2019年12月の地殻変動

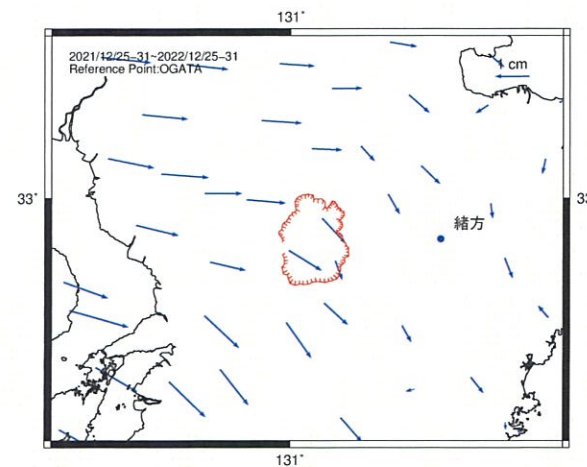
(2019.4～2020.6)阿蘇中岳噴火、(2019)豊後水道SSE



2020年12月の地殻変動



2021年12月の地殻変動



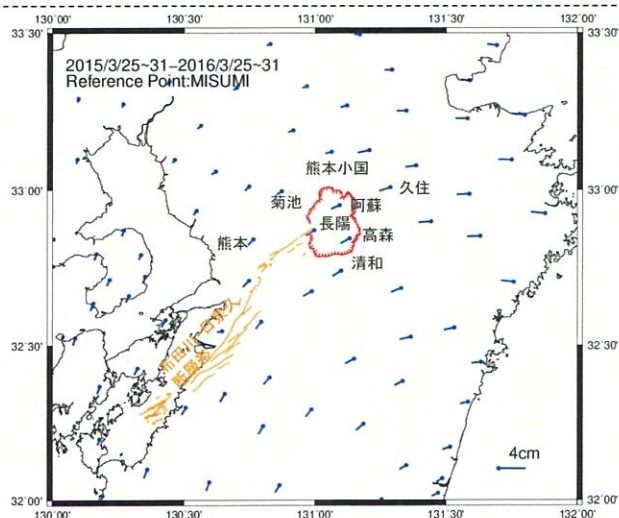
2022年12月の地殻変動

(2021.10)阿蘇中岳噴火

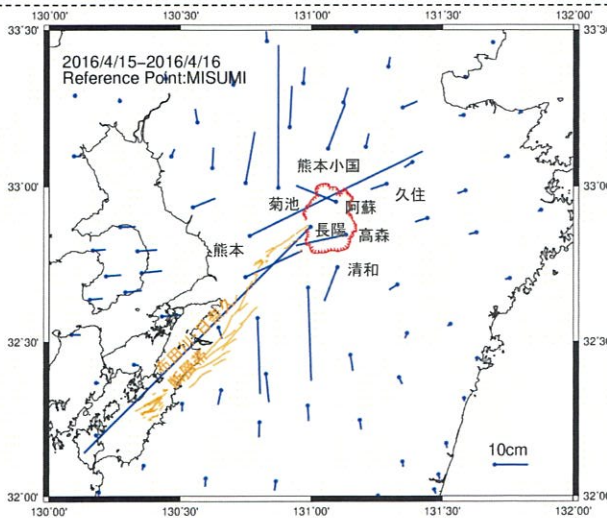
※ 当年12/25～31の平均水平変位と前年12/25～31の平均水平変位の差を1年間の変位として求めた。

【参考】熊本地震後の地殻変動[水平変動ベクトル]

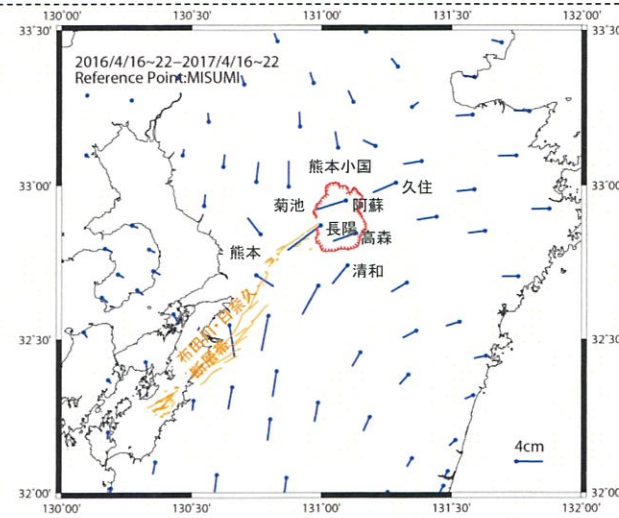
- 熊本地震後の地殻変動については、本震後1年間は余効変動の影響が顕著に認められており、2019年時点でも「余効変動が地震発生後3年経った現在も継続している(文部科学省研究開発局・九州大学(2019))」ことが示されている。
- 至近1年間の地殻変動は、地震断層北側の点の変動が小さくなっていることなど本震前と比較して差異が認められるものの、本震前の状態に概ね戻っており、至近3年分の地殻変動には大きな差異は認められない。



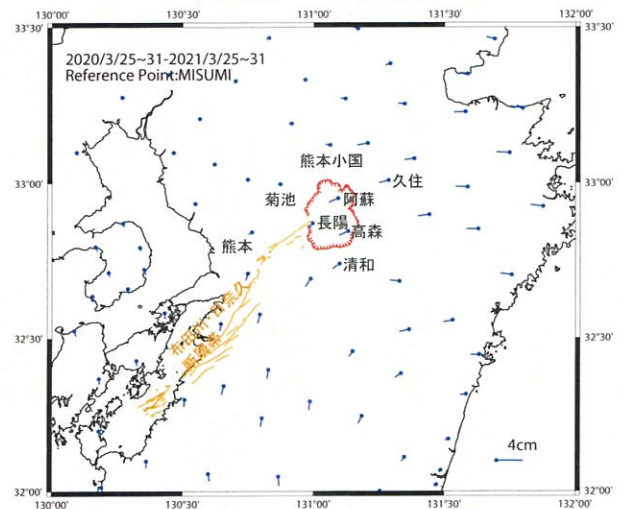
本震前の地殻変動



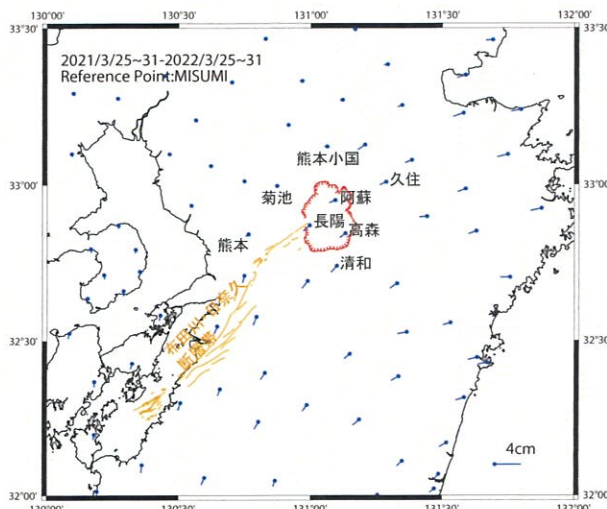
本震時の地殻変動



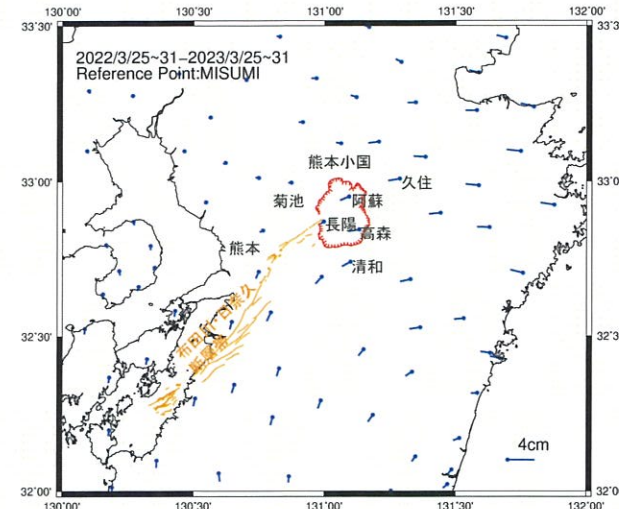
本震後1年間の地殻変動



2020年度の1年間の地殻変動



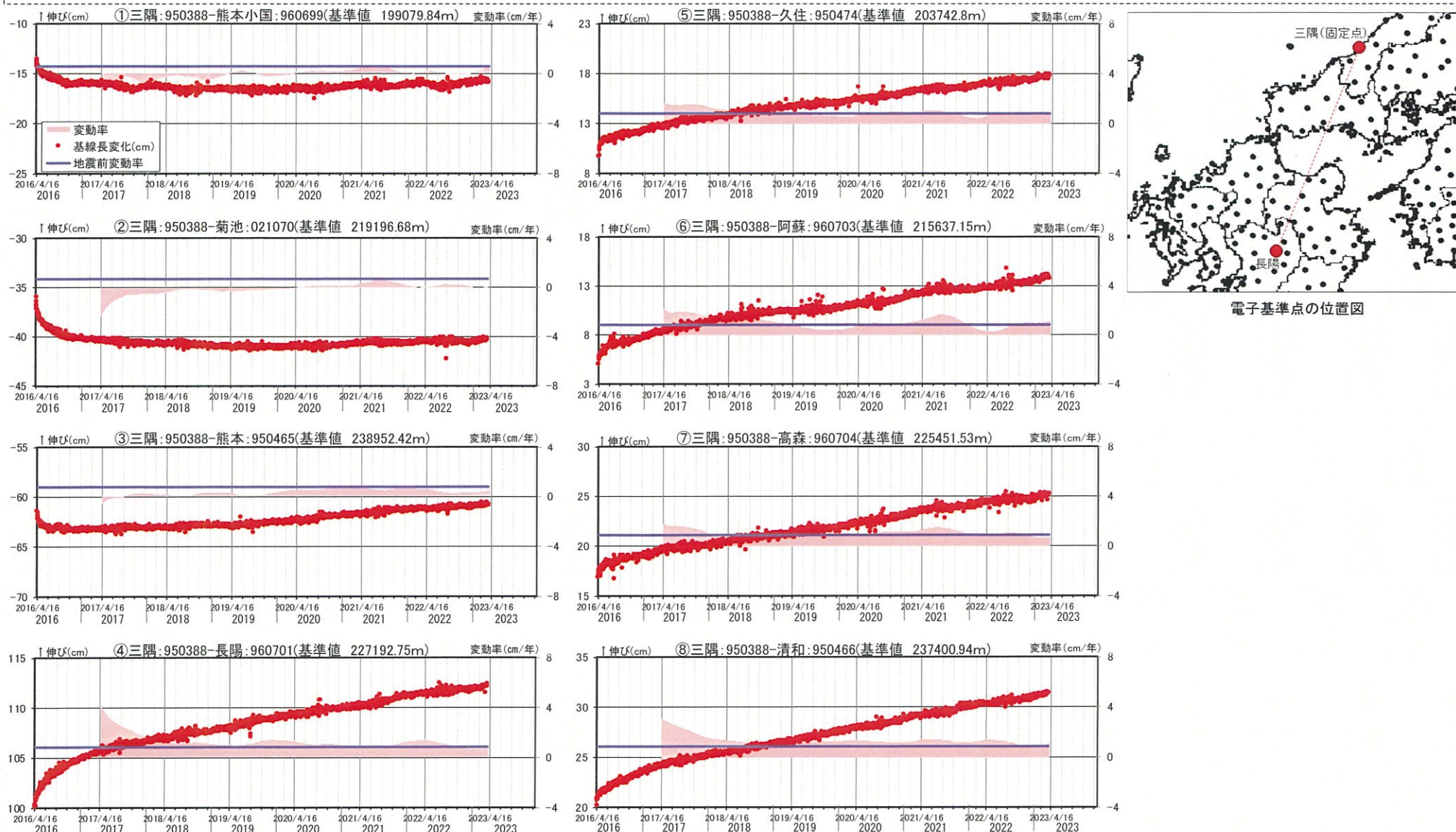
2021年度の1年間の地殻変動



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。(P.99,100,101,102,103)



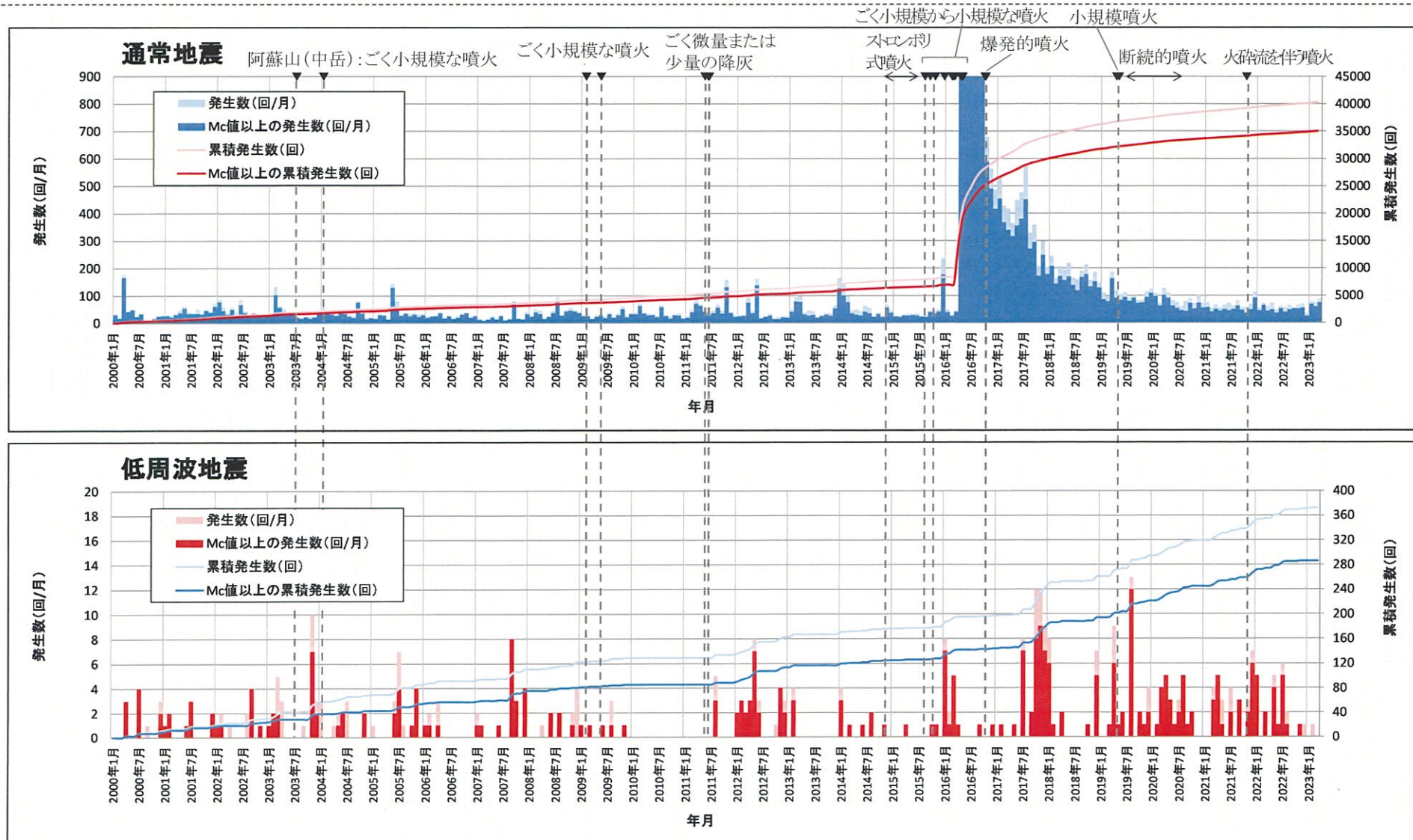
GNSS連続観測による基線長変化【2016年4月16日～2023年3月31日】

※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。

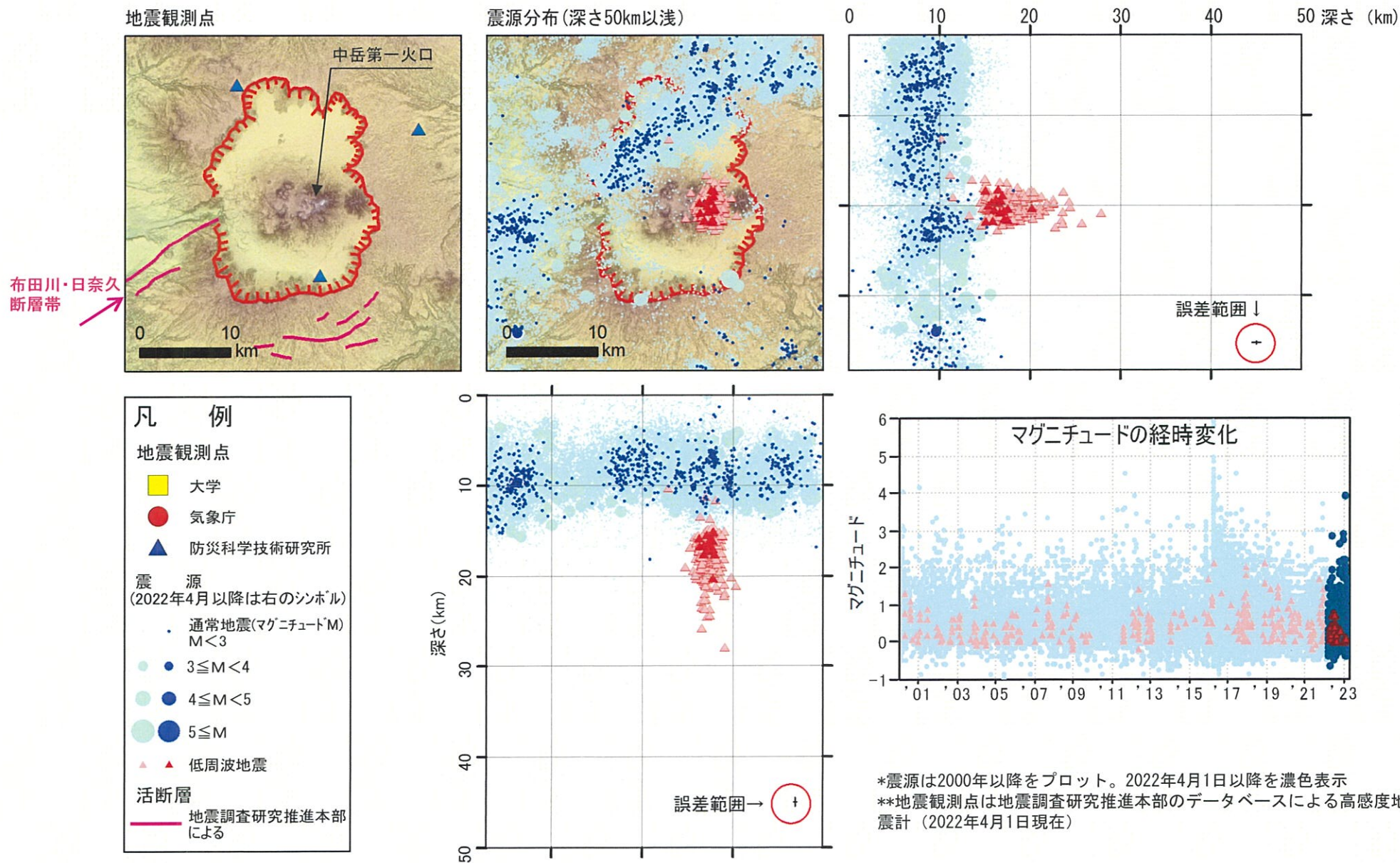
① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]

- ・ 2022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が、阿蘇カルデラ外南西部においてM3.9の地震が発生しているため今後の活動に留意する。
- ・ 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。

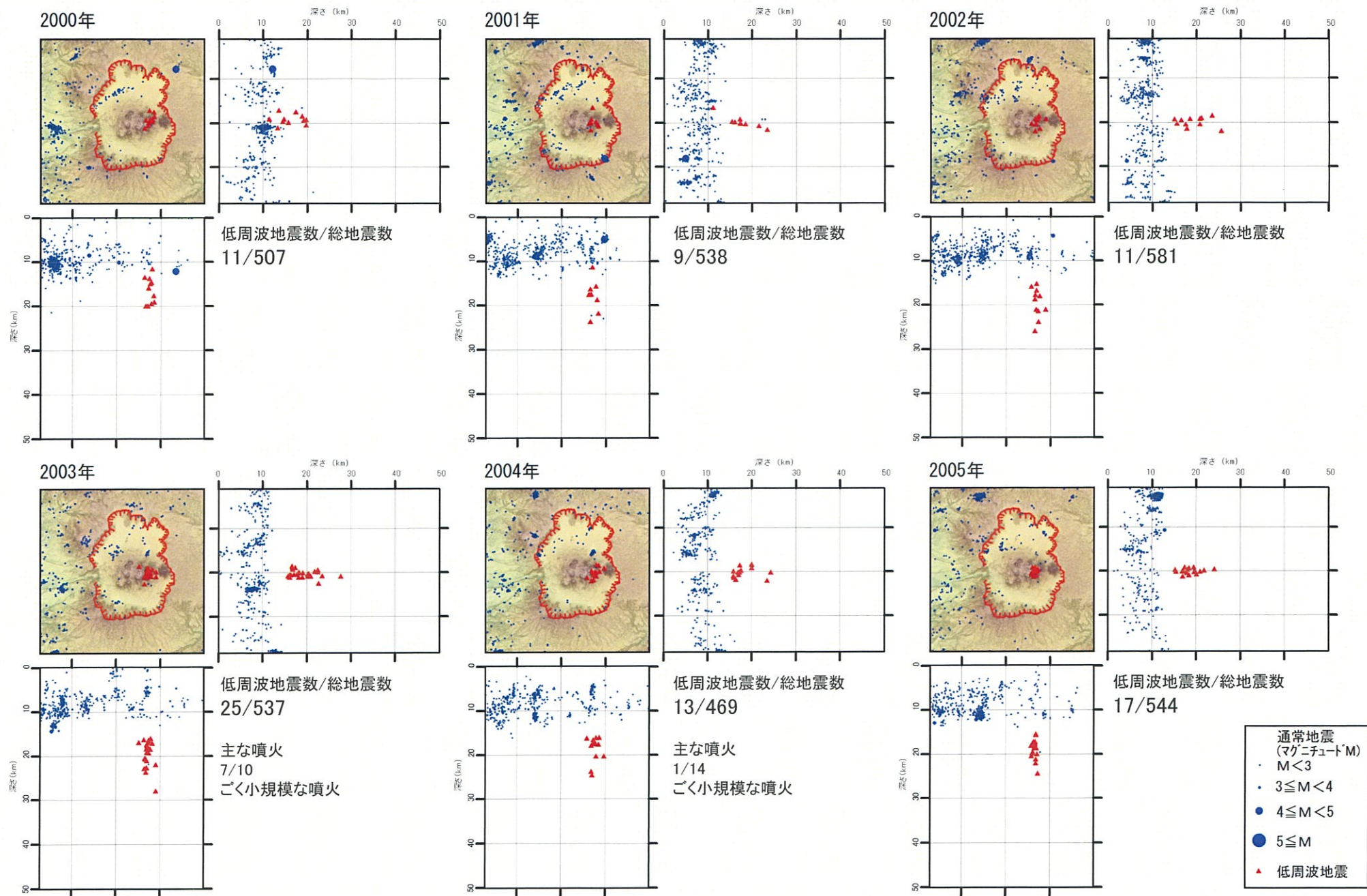


[Mc値(2000~2022年データ使用)] 通常地震: 0.1 低周波地震: 0.2

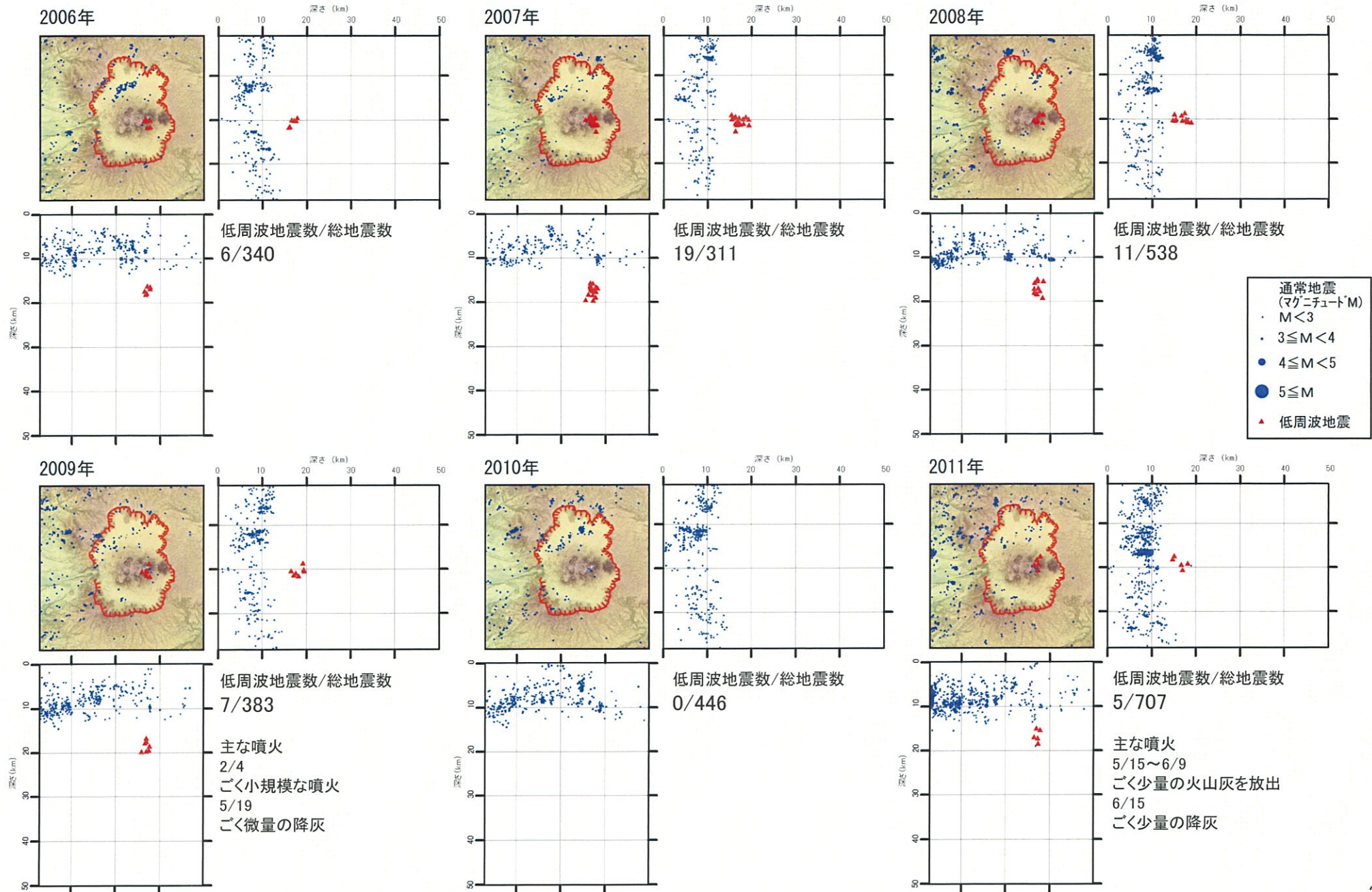
① 阿蘇カルデラ [地震活動: 震源分布とマグニチュードの経時変化]



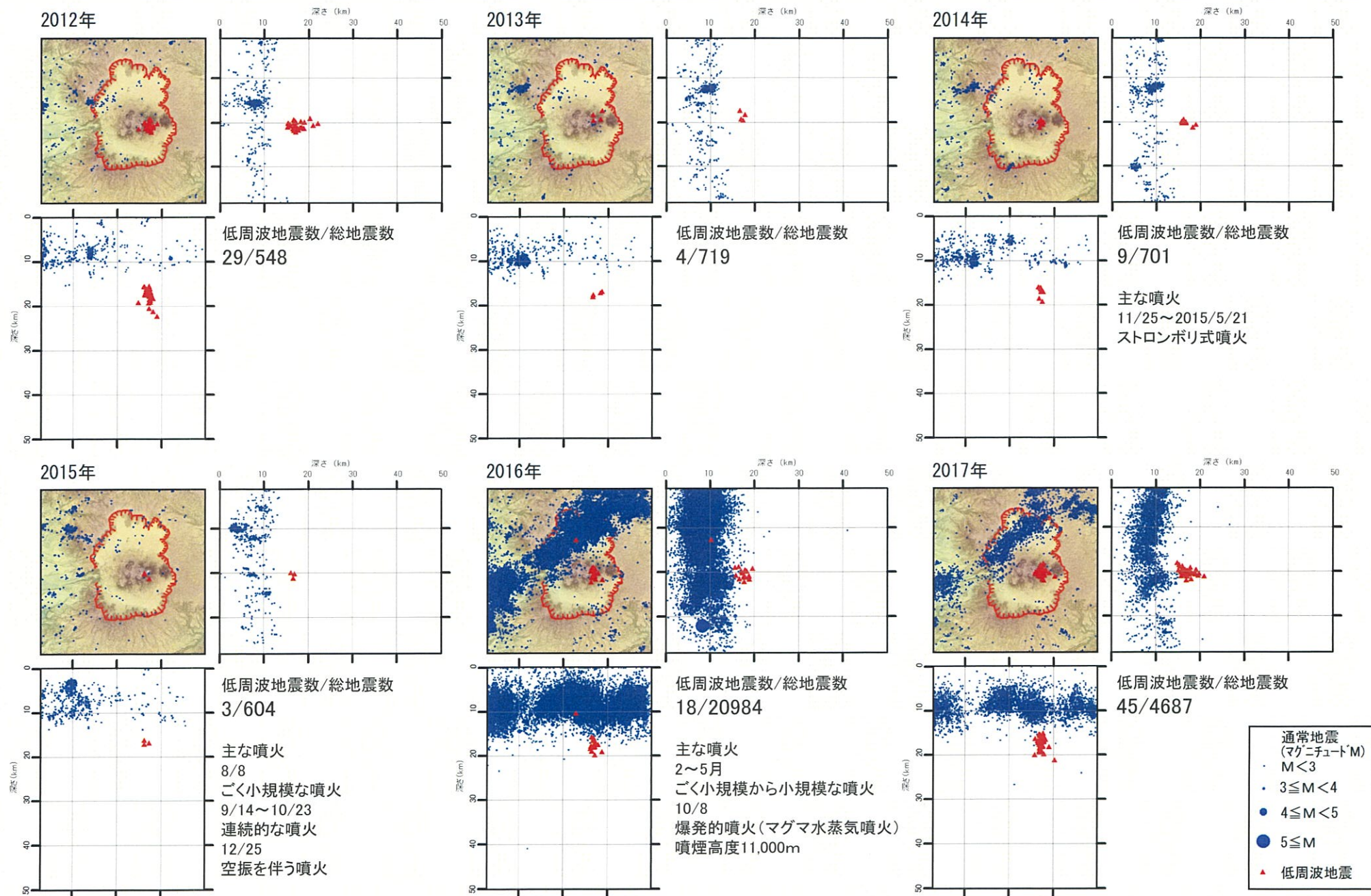
① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



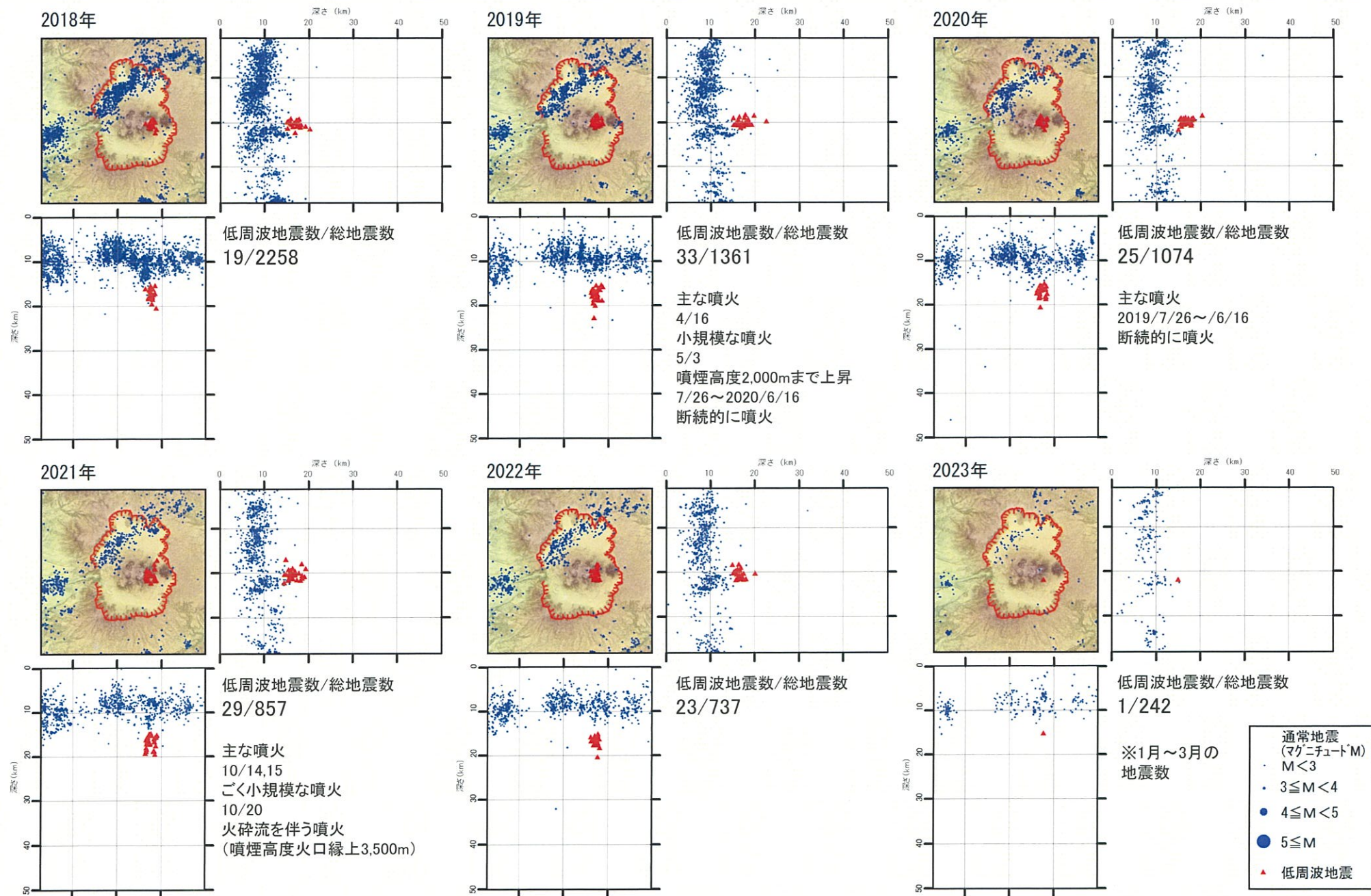
① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



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]



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2021年10月21日以降噴火は発生していない。
- ・ 火山性地震及び孤立型微動は噴火以降多い状態も見られたが、2023年2月以降はともに小さな状態となった。。
- ・ 火山ガス放出量は噴火後には一時的に多い状態も見られたが、2023年1月中旬以降は少ない状態となった。
- ・ 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、停滞と縮みを繰り返したが、2023年1月頃から縮みの傾向となった。

【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、2022年度の基線長変化に、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の影響はほとんどなくなっていると考えられる。
- ・ 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、2022年度の地震活動(発生数、位置、規模等)に、過去と比較して有意な変化は認められないが、阿蘇カルデラ外南西部においてM3.9の地震が発生しているため今後の活動に留意する。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、2022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2022年 年報、火山活動解説資料2023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、1月頃から時々わずかな増加がみられていたが、3月27日に増加し、多い状態となり、その後は増減を繰り返しながら次第に減少し、7月下旬以降は少ない状態で経過していたが、2023年1月以降一時的な増加が時々みられており、3月下旬からやや多い状態で経過した。
- 火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は2020年12月以降減少し、2021年2月下旬以降は検出限界未満で推移している。
- 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たが、その後の観測では拡大傾向は認められない。
- 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。その他は、山体の隆起を示す顕著な変化は観測されていない。
- 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。この変動は7月頃から停滞し、11月頃から再び伸びが認められたが、1月頃から鈍化し、一部の基線では停滞している。なお、新燃岳を挟む一部の基線においては、4月以降わずかな伸びが認められたが、6月以降は停滞している。

【御鉢】（出典：火山活動解説資料2022年 年報、火山活動解説資料2023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2022年 年報、火山活動解説資料2023年3月）

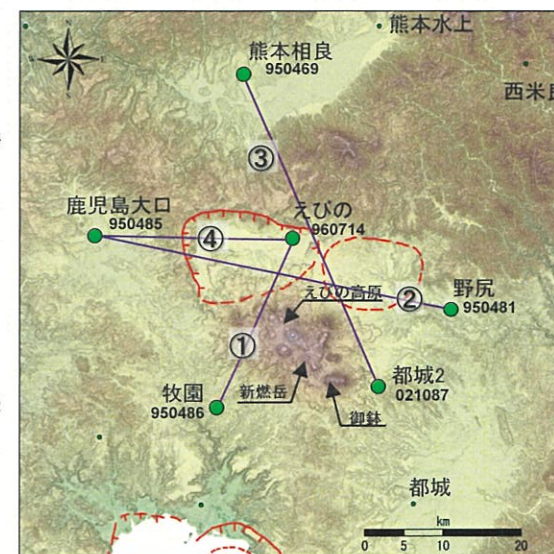
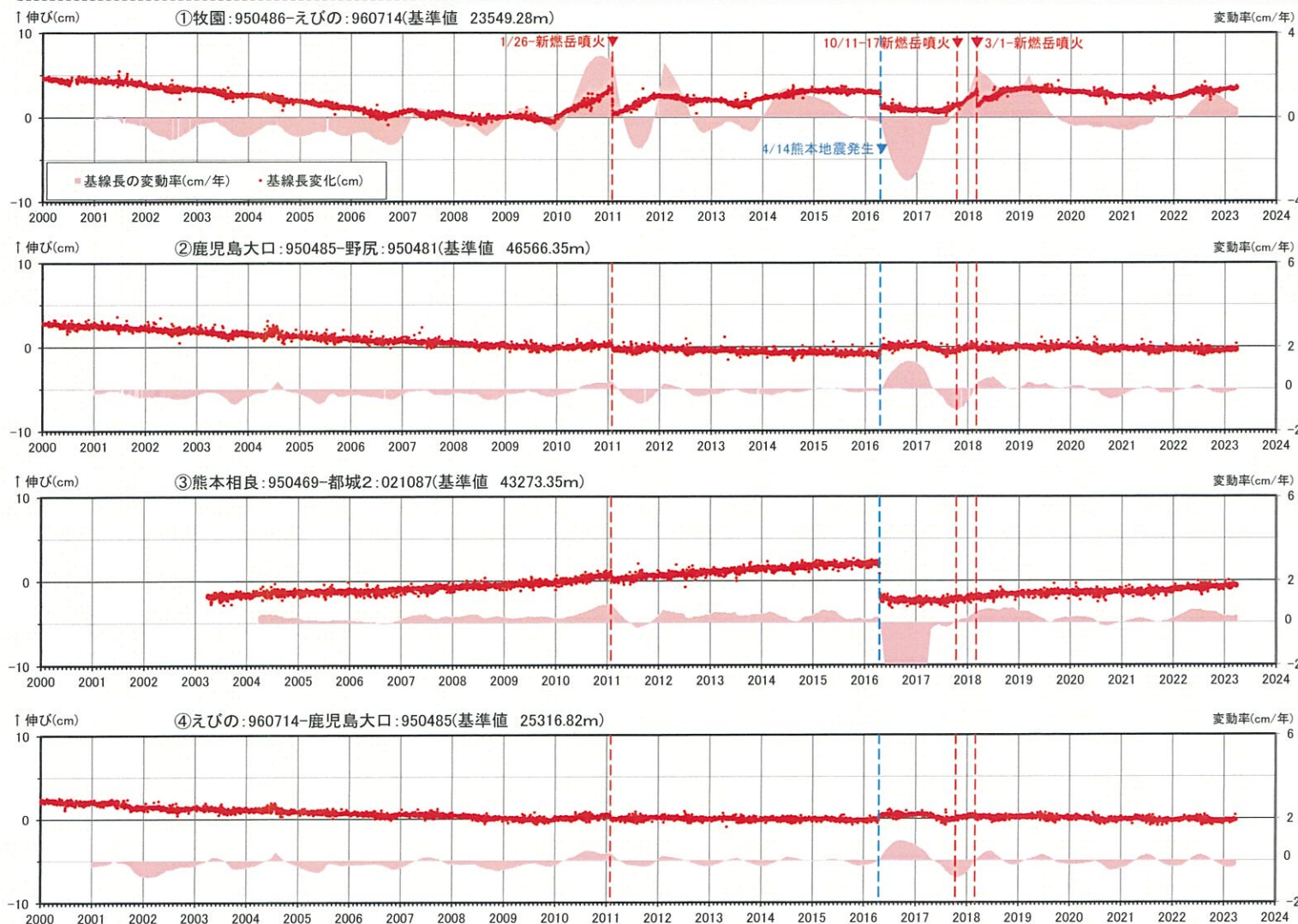
- 硫黄山では噴火は観測されていない。硫黄山の南側の噴気地帯では引き続き活発な噴気活動が続いている。硫黄山の西側500m付近では、10月中旬以降はやや活発な噴気が観測された。
- 繰り返し実施した現地調査では、赤外熱映像装置による観測により、硫黄山周辺の噴気地帯でこれまでと同様に地熱域を確認した。6月9日の現地調査では、硫黄山の一部において地熱域の拡大が認められたが、その後は特段の変化は認められなかった。
- 硫黄山付近では、火山性地震は概ね少ない状態で経過している。4月中旬から5月上旬、及び11月下旬から12月中旬にかけて、わずかな増加がみられ、2023年3月中旬以降わずかに増加したが、概ね少ない状態で経過した。なお、韓国岳や大浪池及びその周辺では、3月末から所々で地震活動がみられた。
- GNSS連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2022年11月頃から硫黄山の山体浅部における膨張を示すと考えられるわずかな伸びがみられていたが、2023年1月頃から停滞している。

【大幡池】（出典：火山活動解説資料2022年 年報、火山活動解説資料2023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]

- ・ 2022年度の基線長変化は、基線①において2021年12月から2022年6月頃までの期間及び2022年11月から2023年1月の期間に伸び傾向が見られるが、霧島山(新燃岳)の活動に関連するものと考えられる。また基線⑨、⑩、⑫は霧島山(新燃岳)の活動に加え「都城」の季節変動の影響を受けていると考えられる。よって、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。



● 国土地理院のGNSS観測点

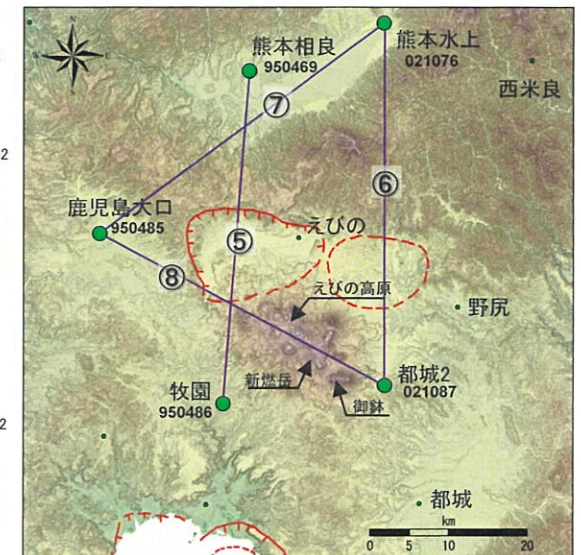
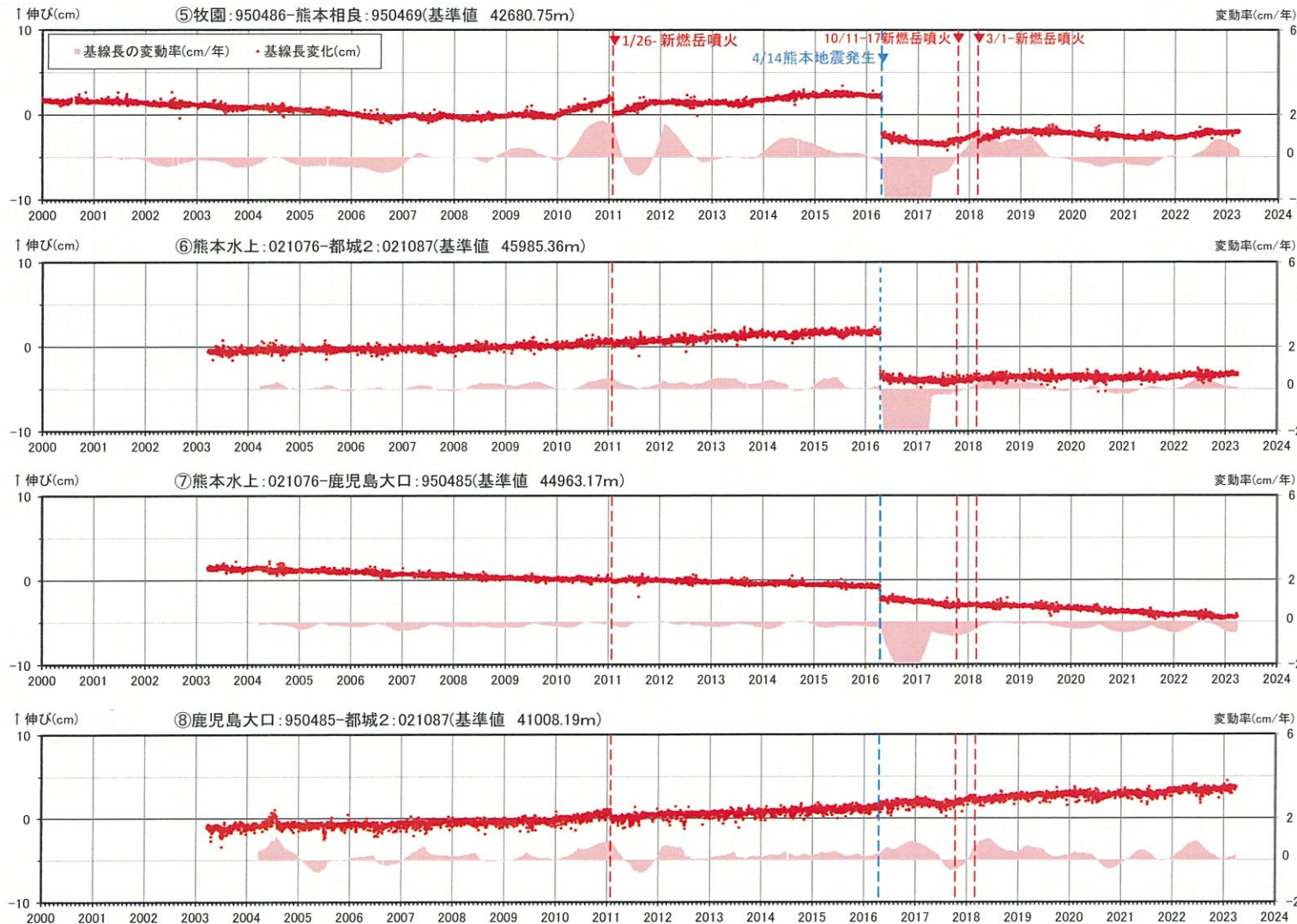
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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①～④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]



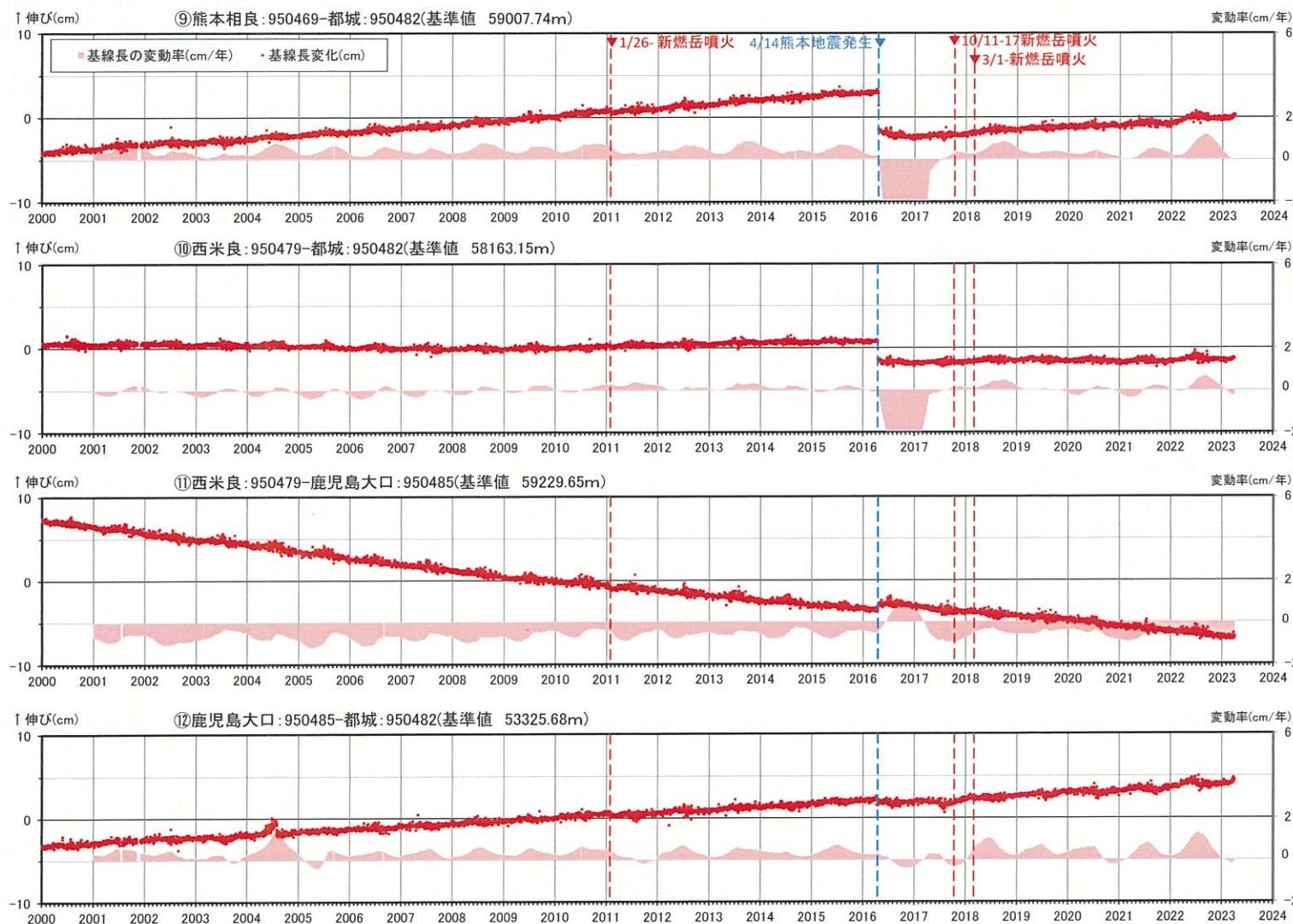
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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

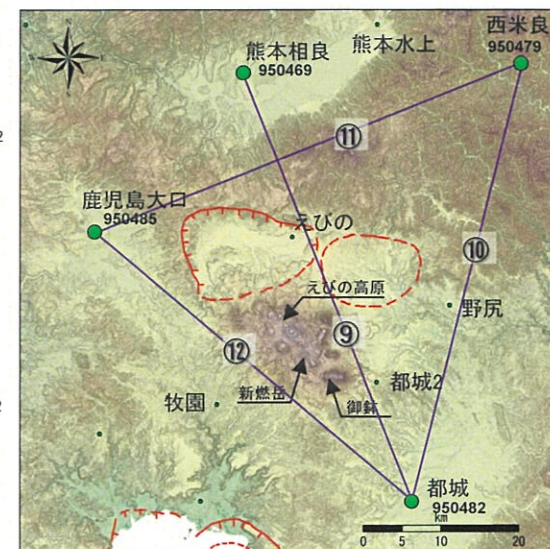
※3 赤色の▼は主な噴火

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]



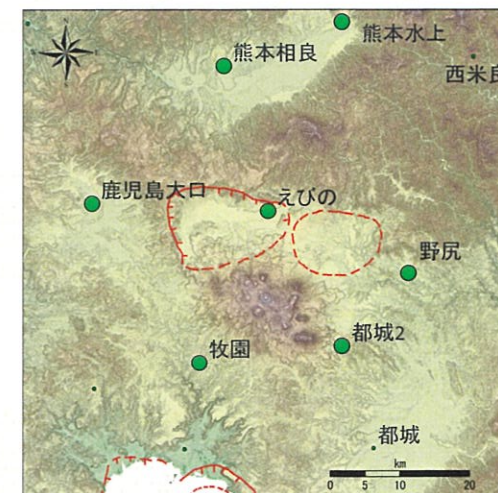
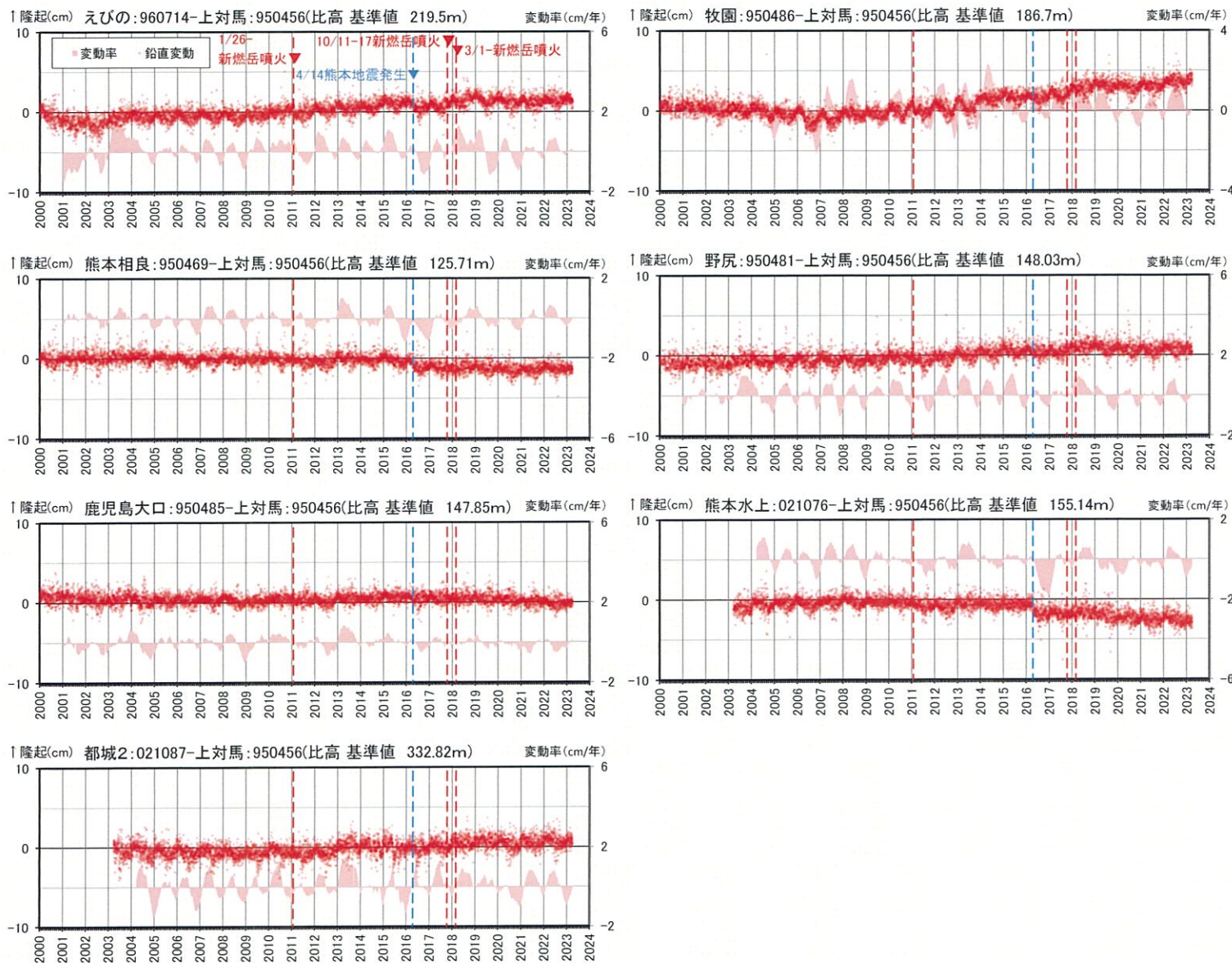
基線⑨～⑫の時系列変化



- ※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

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

・ 2022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。



● 国土地理院のGNSS観測点

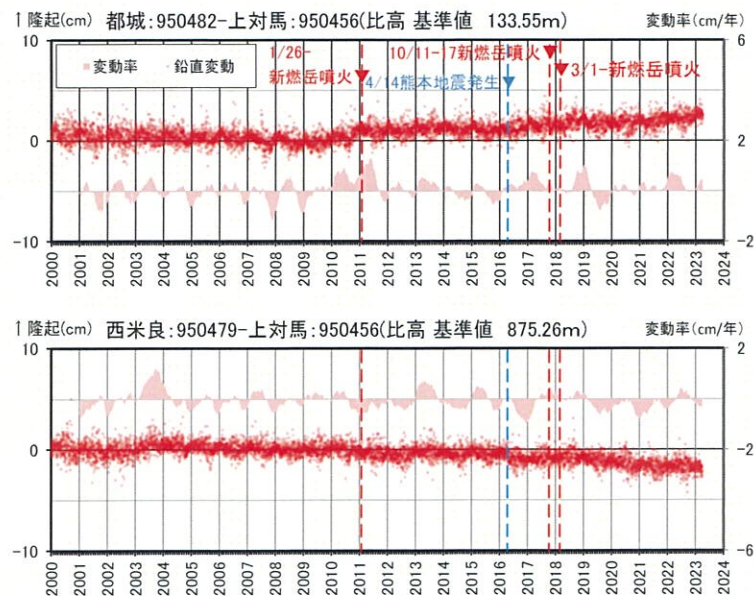
※1 2010年1月1日での950456(上対馬)との比高を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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

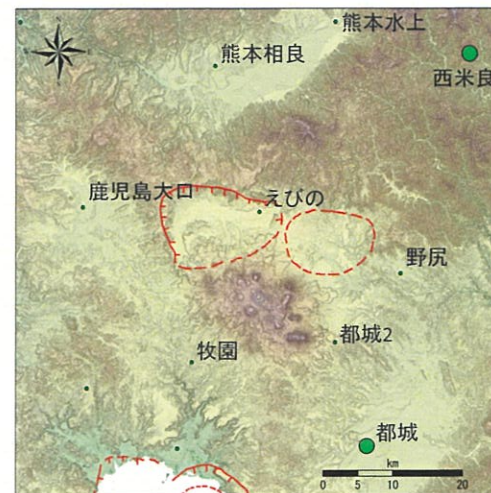
※3 赤色の▼は主な噴火

950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化

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

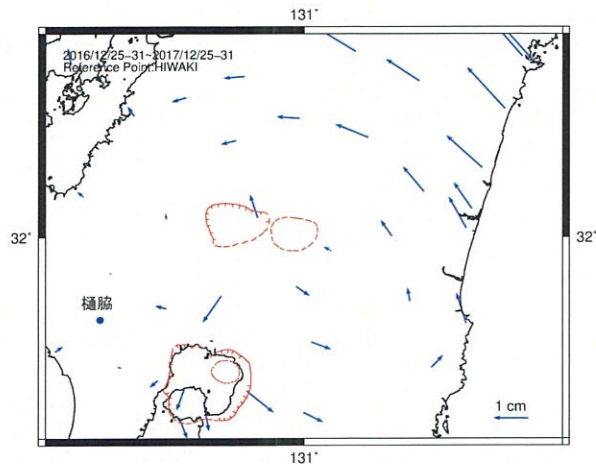


● 国土地理院のGNSS観測点

- ※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
- ※3 赤色の▼は主な噴火

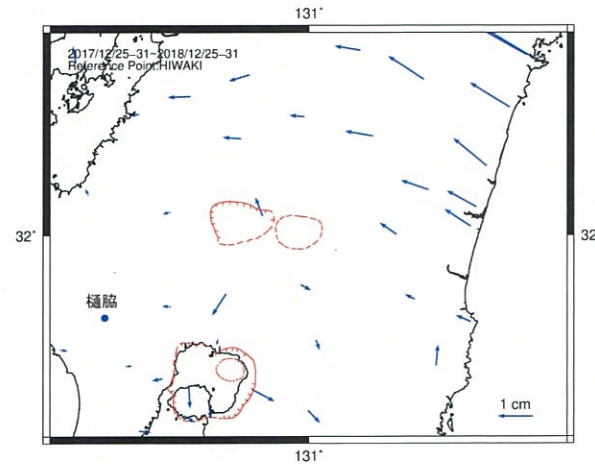
② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動：樋脇を固定点とした水平変動ベクトル]

- 加久藤・小林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。
- 2017年、2018年は霧島を中心とした外向きの変動が認められ、新燃岳噴火に関連するマグマ供給による膨張と考えられる。2022年についても、同様の膨張傾向が認められる。



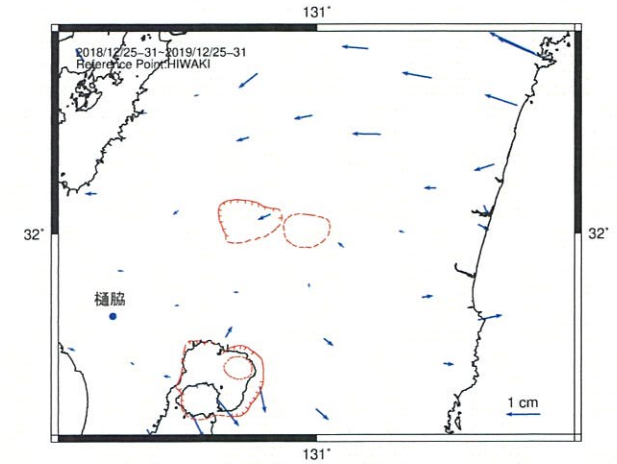
2017年12月の地殻変動

(2017.10) 新燃岳噴火



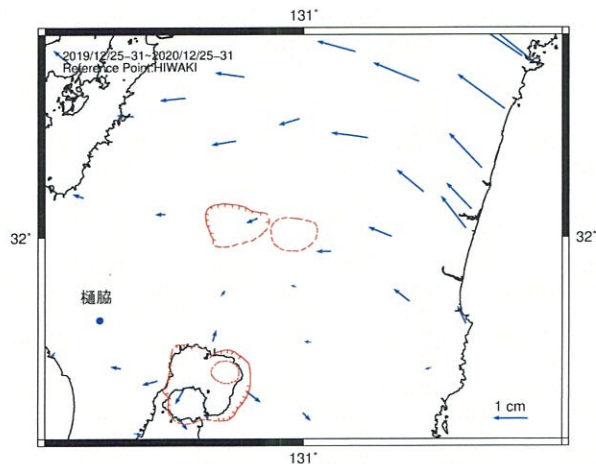
2018年12月の地殻変動

(2018.3) 新燃岳噴火



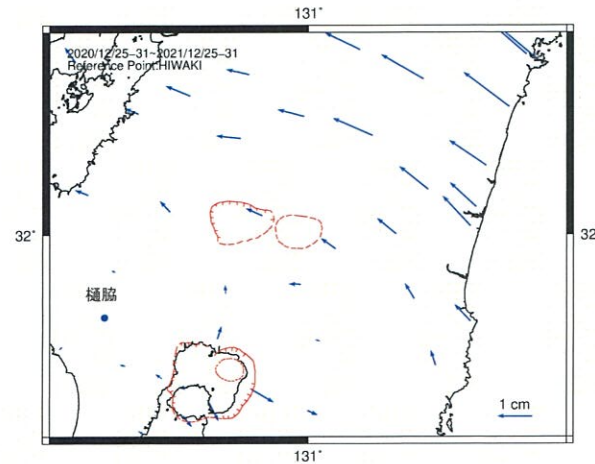
2019年12月の地殻変動

(2019.5) 日向灘の地震: M5.6、M6.3



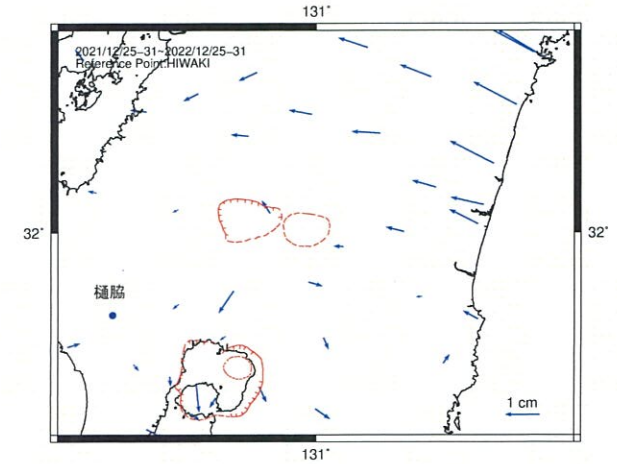
2020年12月の地殻変動

(2020夏頃～) 日向灘SSE



2021年12月の地殻変動

(～2021夏頃) 日向灘SSE

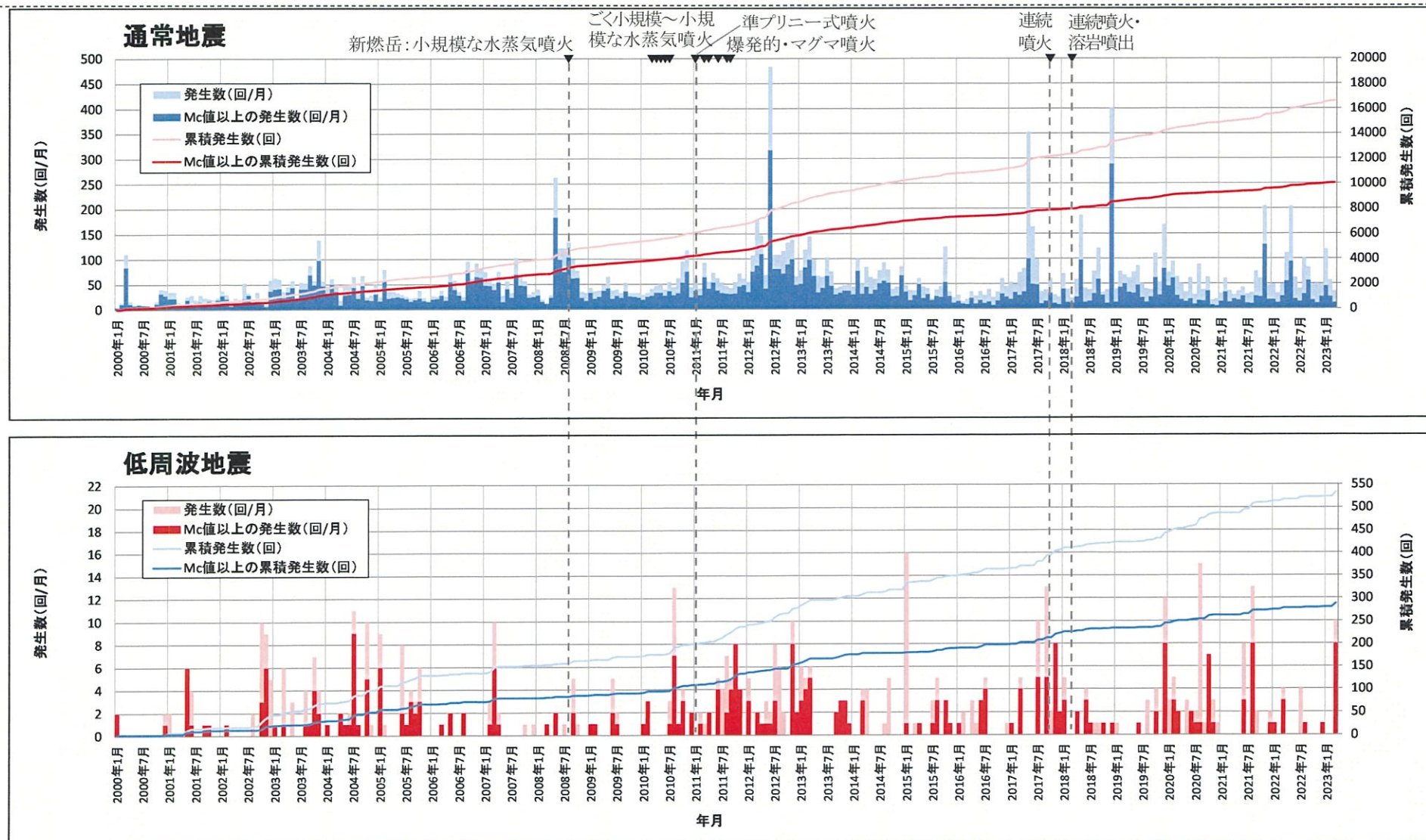


2022年12月の地殻変動

※ 当年12/25～31の平均水平変位と前年12/25～31の平均水平変位の差を1年間の変位として求めた。

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]

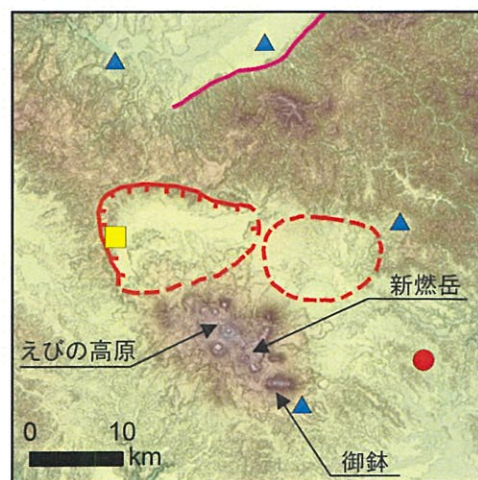
- 2022年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、過去と比較して有意な変化は認められない。
- なお、2021年度に引き続き、小林カルデラ外南東部で局所的にやや多くの地震が認められているほか、小林カルデラ縁南西部やこれまで地震があまり発生していなかった小林カルデラ外北部でも地震が発生しているため、今後の地震活動に留意していく。



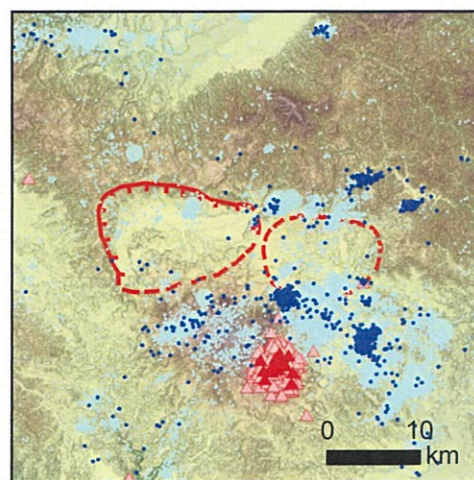
[Mc値(2000~2022年データ使用)] 通常地震: 0.3 低周波地震: 0.2

② 加久藤・小林カルデラ [地震活動：震源分布とマグニチュードの経時変化]

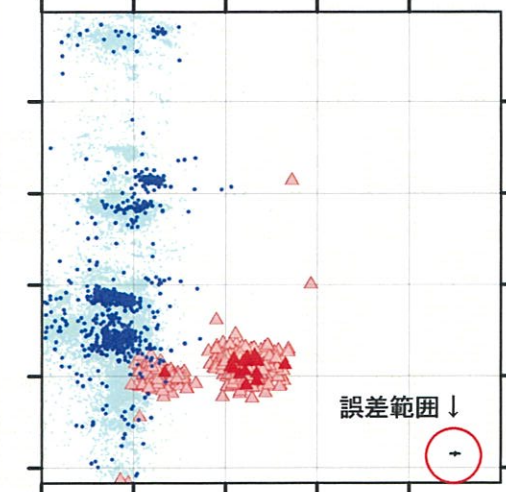
地震観測点



震源分布 (深さ50km以浅)



0 10 20 30 40 50 深さ (km)



凡 例

地震観測点

- 大学
- 気象庁
- ▲ 防災科学技術研究所

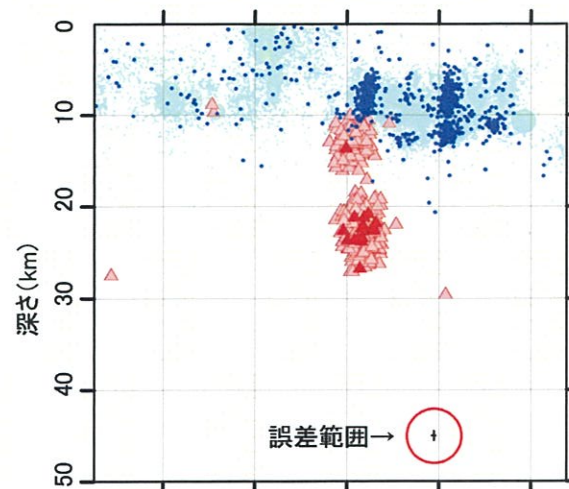
震 源

(2022年4月以降は右のシンボル)

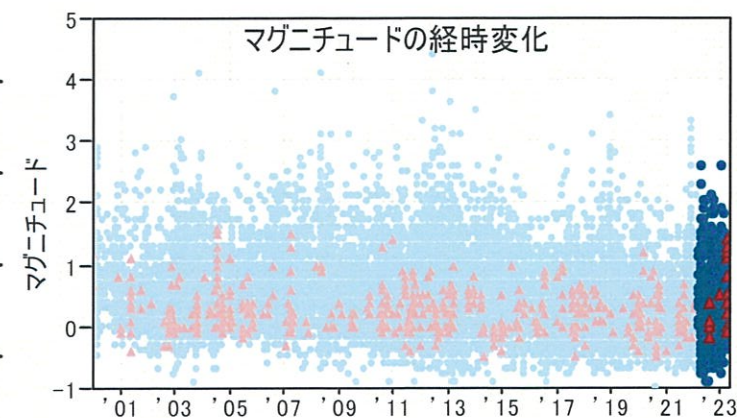
- 通常地震(マグニチュードM)
- $M < 3$
- $3 \leq M < 4$
- $4 \leq M < 5$
- $5 \leq M$
- ▲ 低周波地震

活断層

- 地震調査研究推進本部による



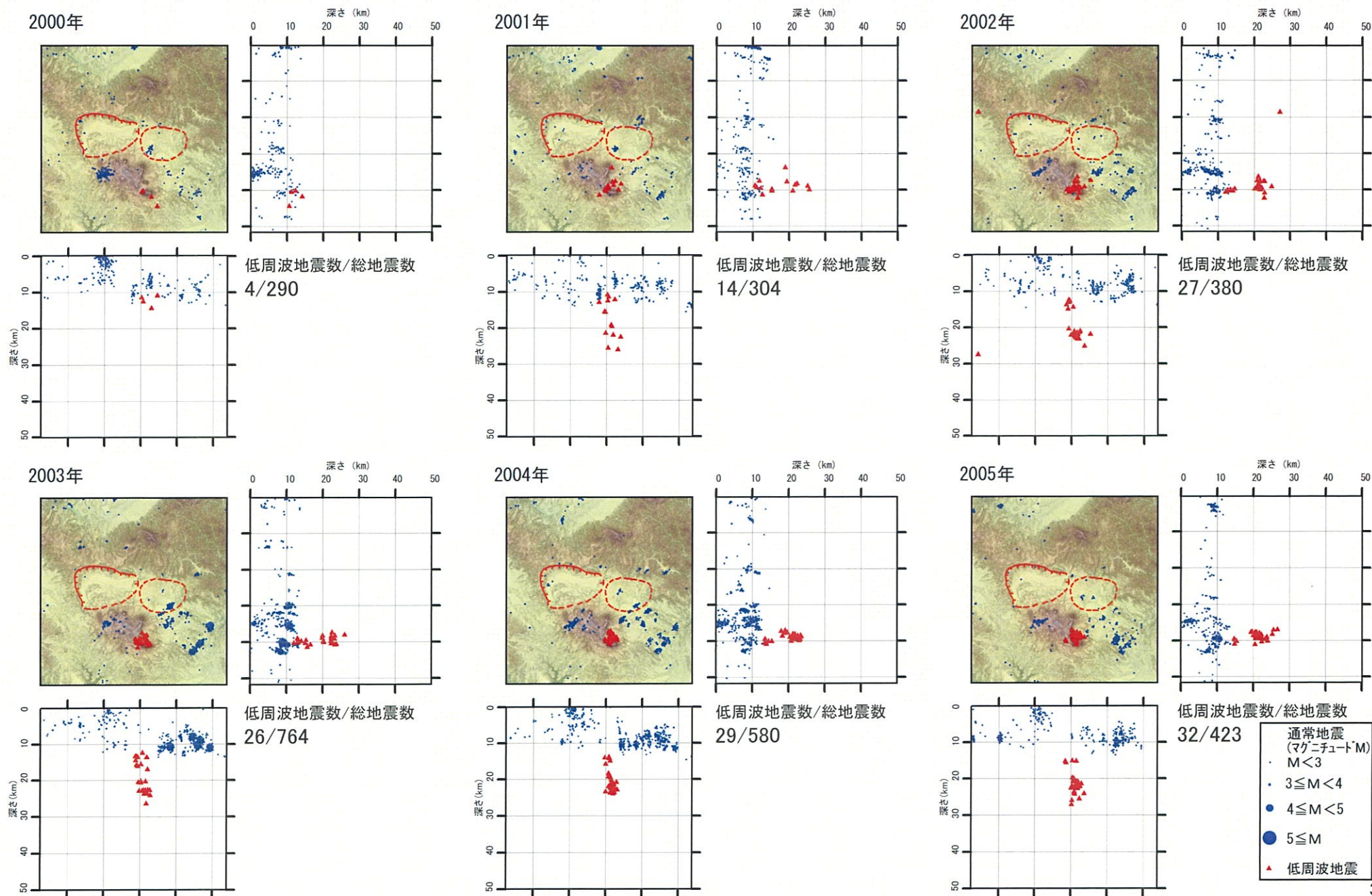
マグニチュードの経時変化



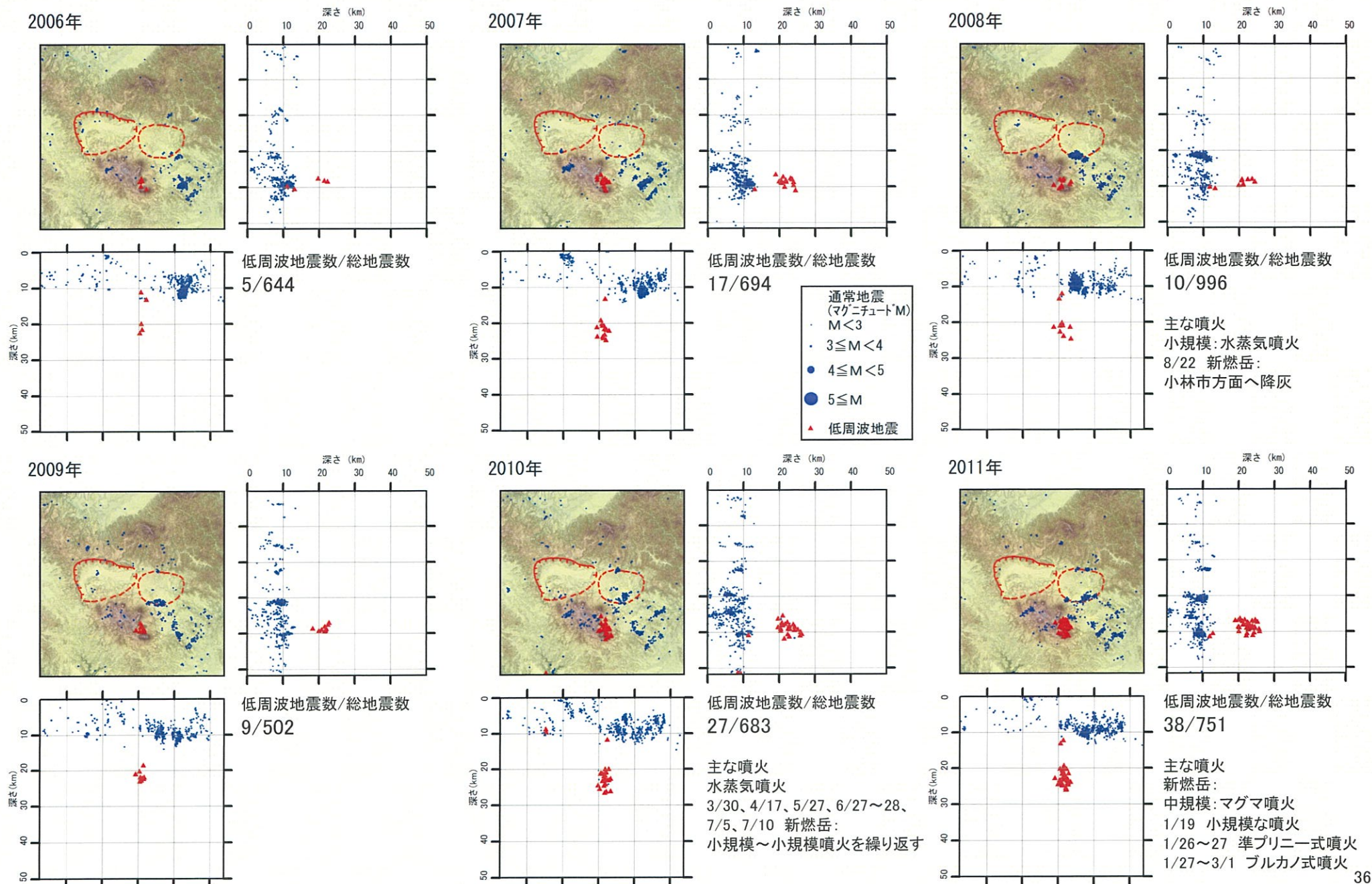
*震源は2000年以降をプロット。2022年4月1日以降を濃色表示

**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 (2022年4月1日現在)

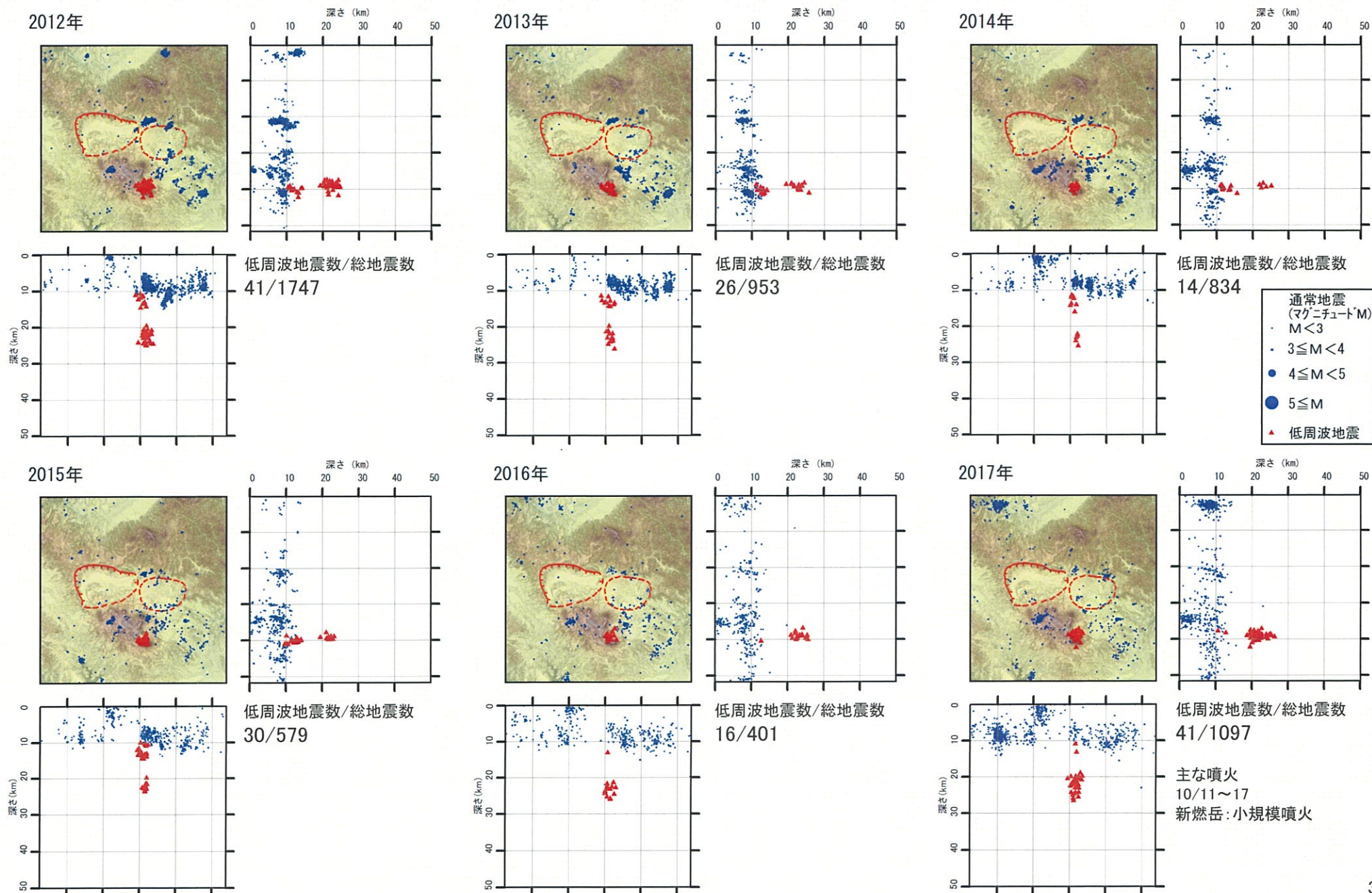
② 加久藤・小林カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



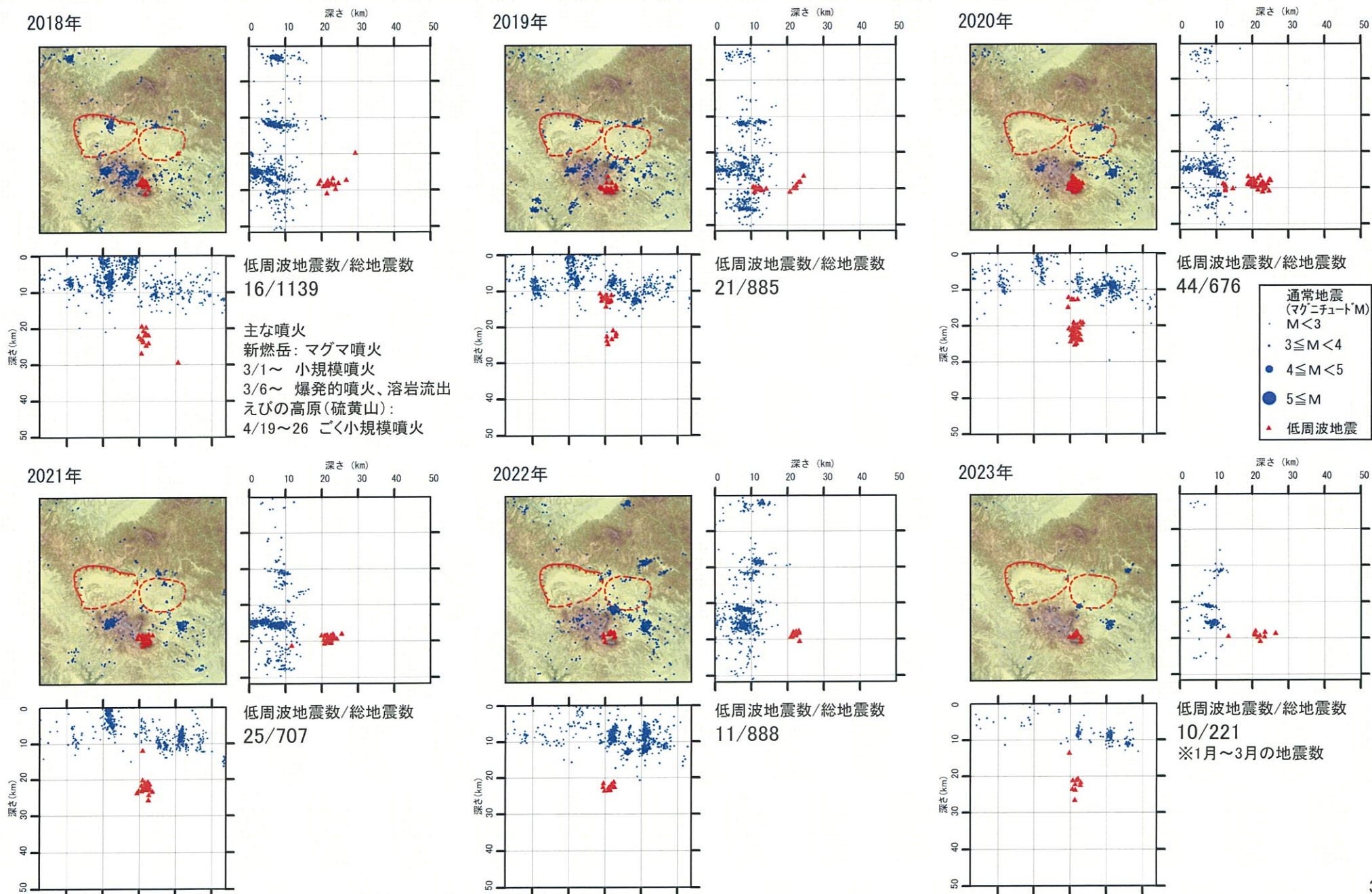
② 加久藤・小林カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



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]



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、2022年1月以降わずかな増加が見られ3月に増加したが、7月下旬以降少ない状態で経過した。2023年1月以降一時的に増加し、3月下旬からはやや多い状態で経過した。
- ・火山ガス放出量は、2021年2月下旬以降は検出限界未満で推移している。
- ・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おり、2022年7月頃から停滞していたが、11月頃から再び伸びが認められ、2023年1月頃から鈍化し一部基線においては停滞した。

【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、2022年度の基線長変化に、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、霧島山(新燃岳)の活動に関連する地殻変動は、伸びの傾向を示した後に停滞した状態であるため、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、2022年度の地震活動(発生数、位置、規模等)に、過去と比較して有意な変化は認められない。なお、2021年度に引き続き、小林カルデラ外南東側で局所的にやや多くの地震が認められたほか、小林カルデラ縁南西部及び小林カルデラ外北部でも地震が発生しているため、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、2022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 始良カルデラ [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2022年 年報、火山活動解説資料2023年2月・3月）

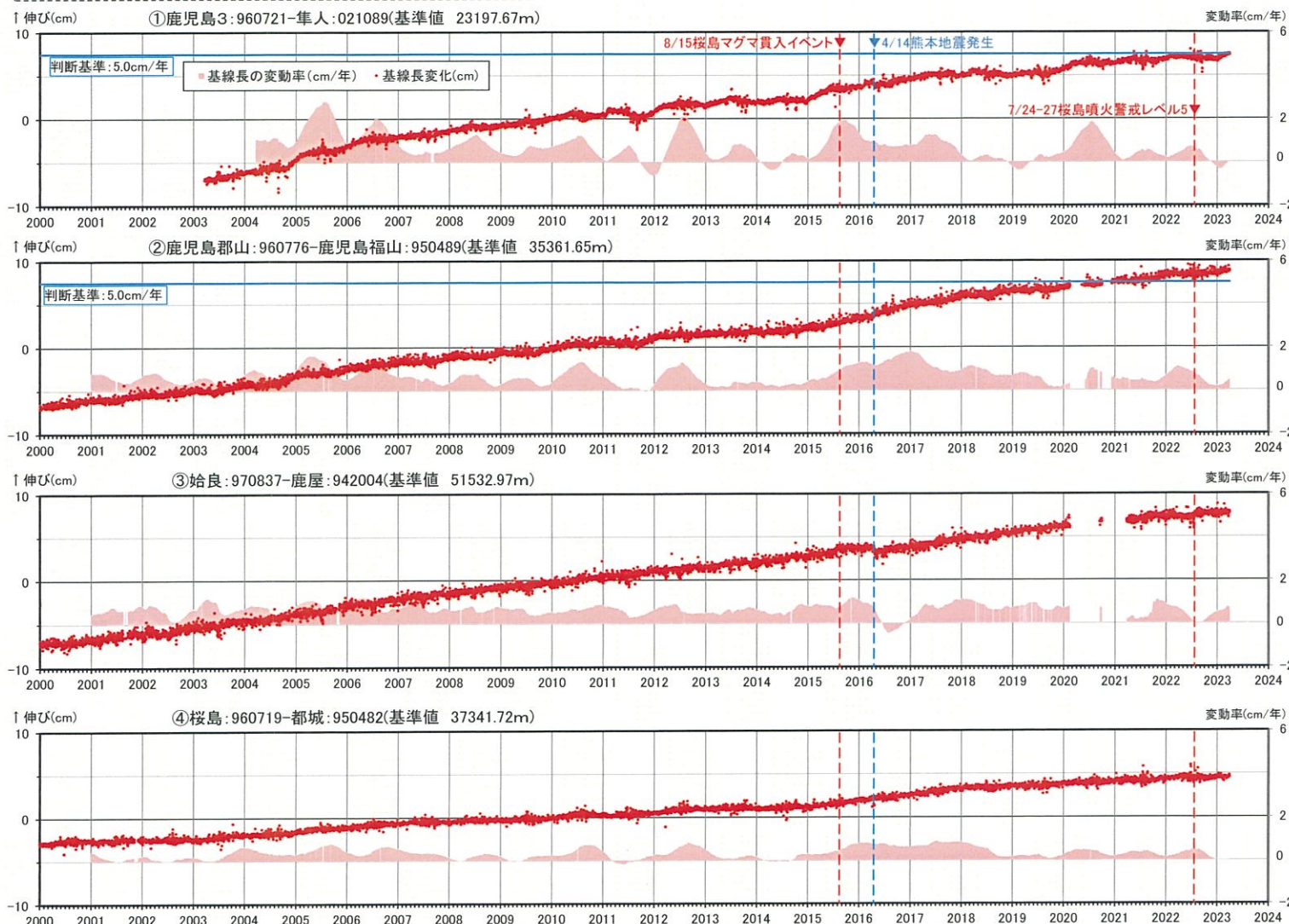
- ・ 南岳山頂火口では、7月中旬頃から噴火活動が活発となった。7月24日20時05分に発生した爆発では、監視カメラによると、弾道を描いて飛散する大きな噴石が火口から東方向へ概ね2.4kmまで飛散した。年間で噴火が235回発生し、このうち爆発は85回だった。また、同火口における火映は、夜間にほぼ連日観測された。
- ・ 昭和火口では、2023年2月8日から噴火活動が時々みられた。
- ・ 火山性地震の年回数は1,439回で、前年(2021年:1,434回)と同程度であった。震源は、主に南岳直下の深さ0～3km付近、桜島南西の深さ6～11km付近及び桜島東の深さ6km付近に分布した。
- ・ 鹿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2022年の火山灰の総噴出量は、約36万トン(2021年:約56万トン)で、噴火活動が活発となった7月以降、やや増加した。
- ・ 火山ガス(二酸化硫黄)の1日あたりの放出量は、やや多い状態(1,000トン前後)で経過し、7月下旬には2,000トンを上回るなど増加し、その後は概ね多い状態(700～4,000トン)で経過した。
- ・ 桜島島内の傾斜計及び伸縮計では、2023年1月14日頃から、山体の隆起・膨張を示す緩やかな地殻変動がみられていたが、2月中旬頃から鈍化し、3月中旬頃から概ね停滞している。
- ・ 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、2022年2月下旬頃から停滞していたが、桜島島内の一部の基線で2023年1月頃から山体膨張に伴うとみられるわずかな伸びが認められる。一方、始良カルデラ(鹿児島湾奥部)を挟む一部の基線では、2021年10月頃から伸びが認められ、3月以降から停滞していたが、2023年1月頃からわずかな伸びが認められる。

○若尊（出典：第151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が、噴火の兆候はみられない。

③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

- ・ 始良カルデラ周辺の基線では、2022年半ば以降全体として伸びが停滞傾向となった後、2023年1月頃からわずかな伸びが認められるが、2022年度の基線長の変動率は過去と比較して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 $0.05\text{km}^3/\text{年} \div$ 基線長変動率 $5\text{cm}/\text{年}$)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 $0.01\text{km}^3/\text{年}$ であることから※5、監視レベルは「注意」を継続する。



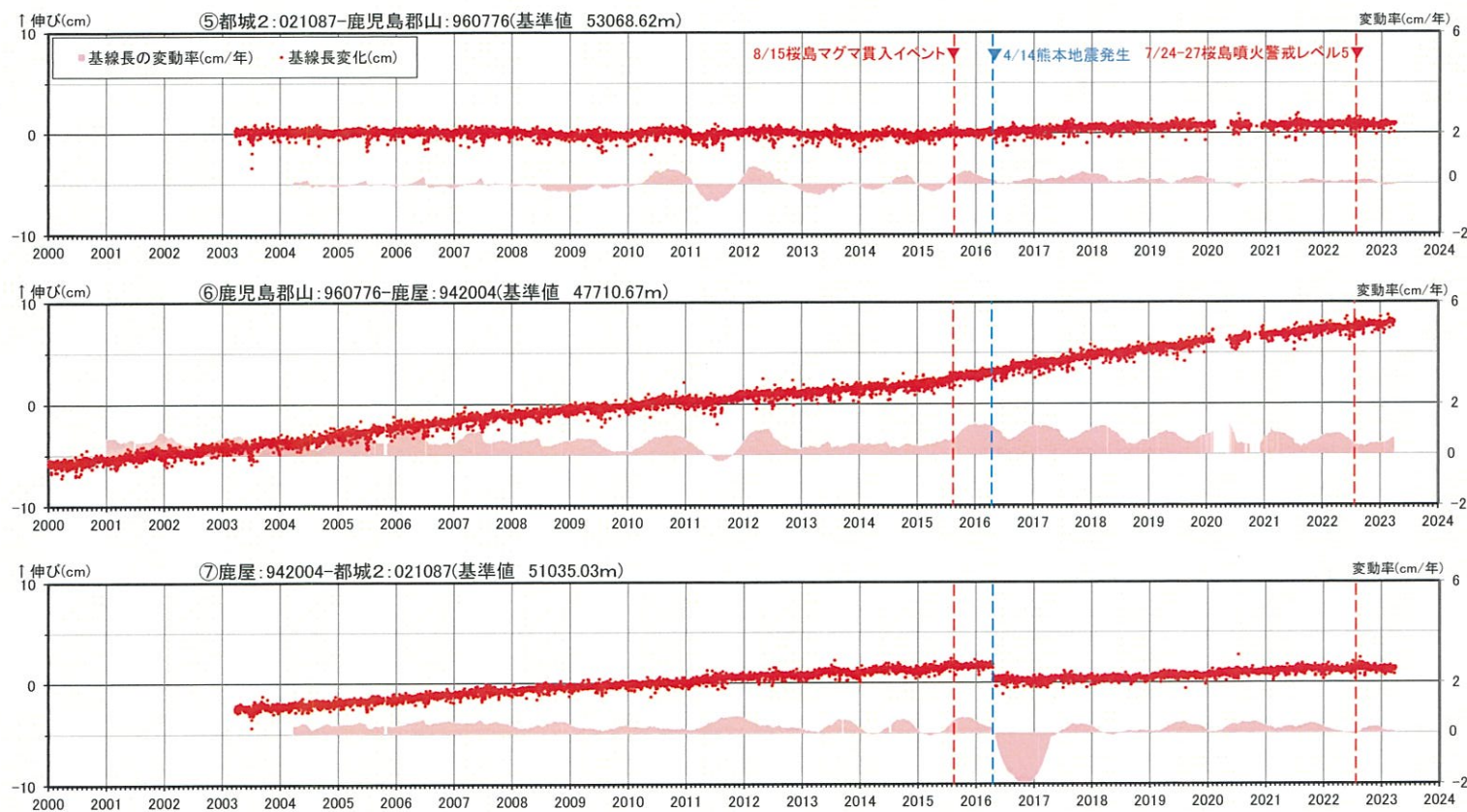
基線①～④の時系列変化



- 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(始良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪い、国土院のF5解析から頻繁に除外されている
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント
- ※5 始良カルデラにおける基線長の伸びは、過去のデータから凡そ3年程度停滞することがあるため、過去3年間のマグマ供給率も監視レベルの移行判断の一助としている

③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



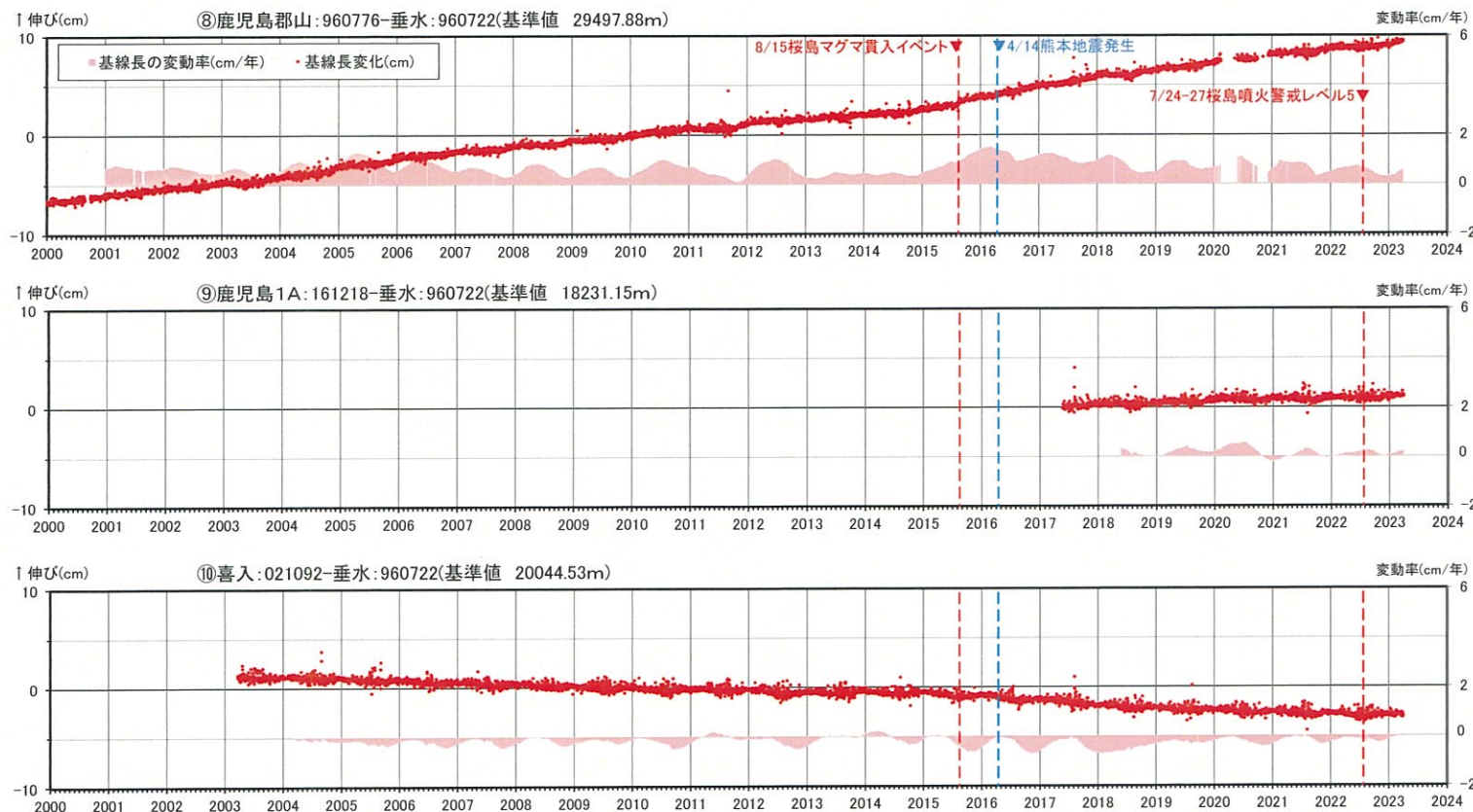
基線⑤～⑦の時系列変化



● 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
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



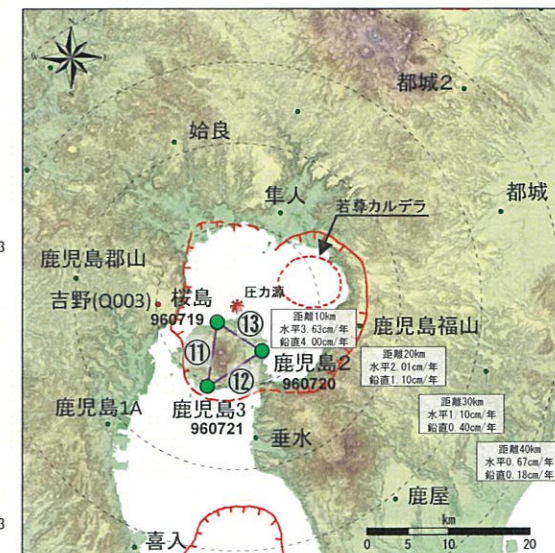
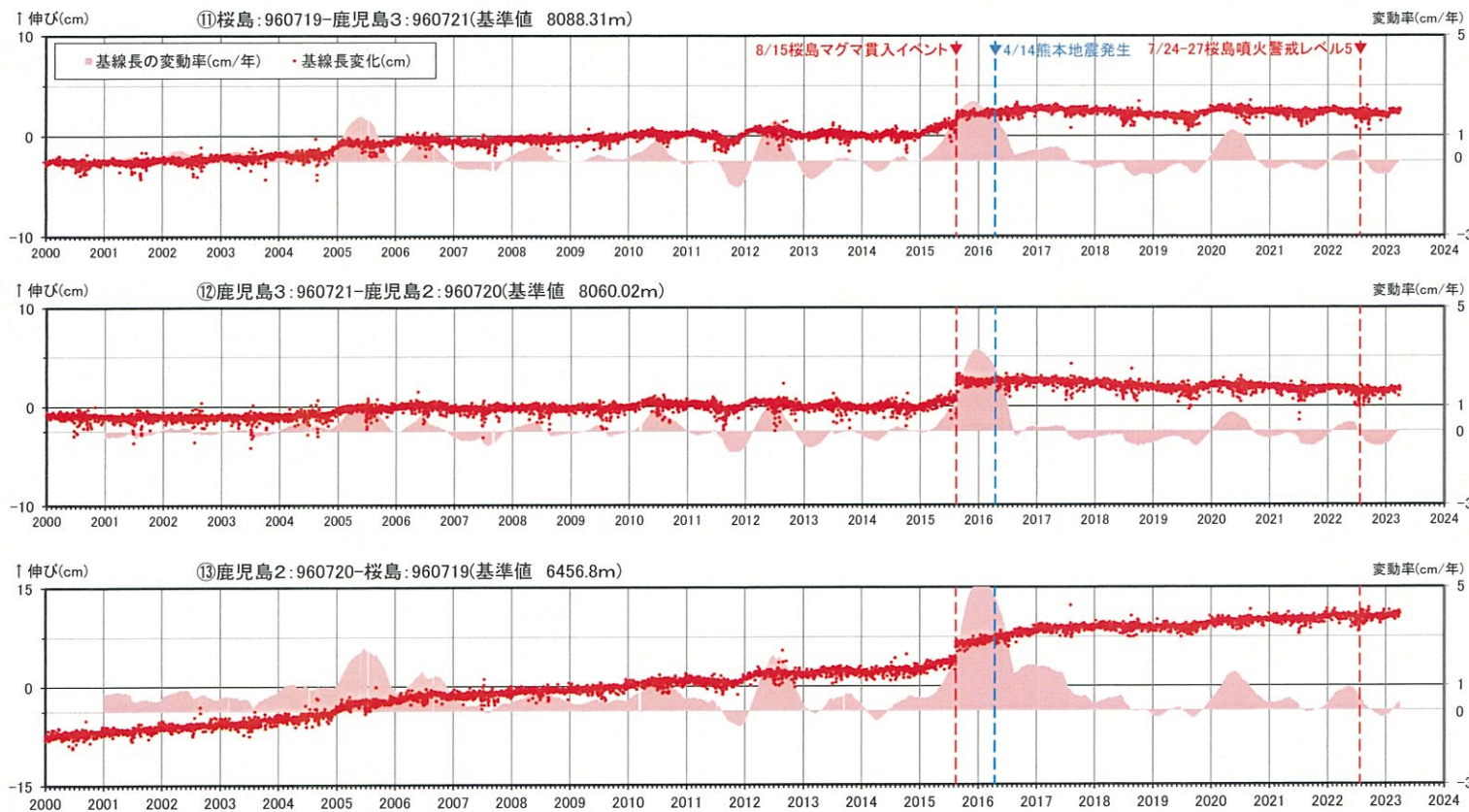
基線⑧～⑩の時系列変化



● 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
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

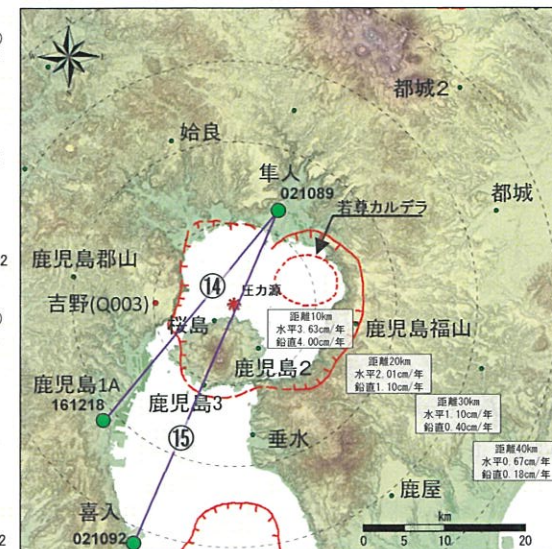
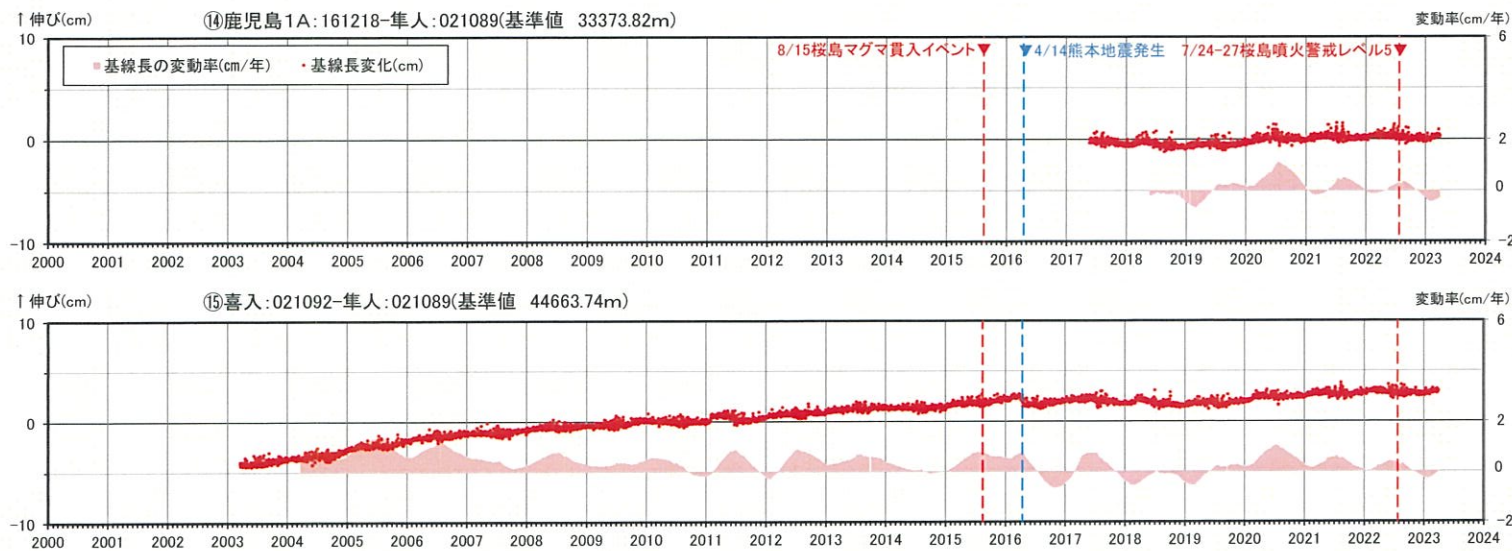
③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



- ※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▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

基線⑪～⑬の時系列変化

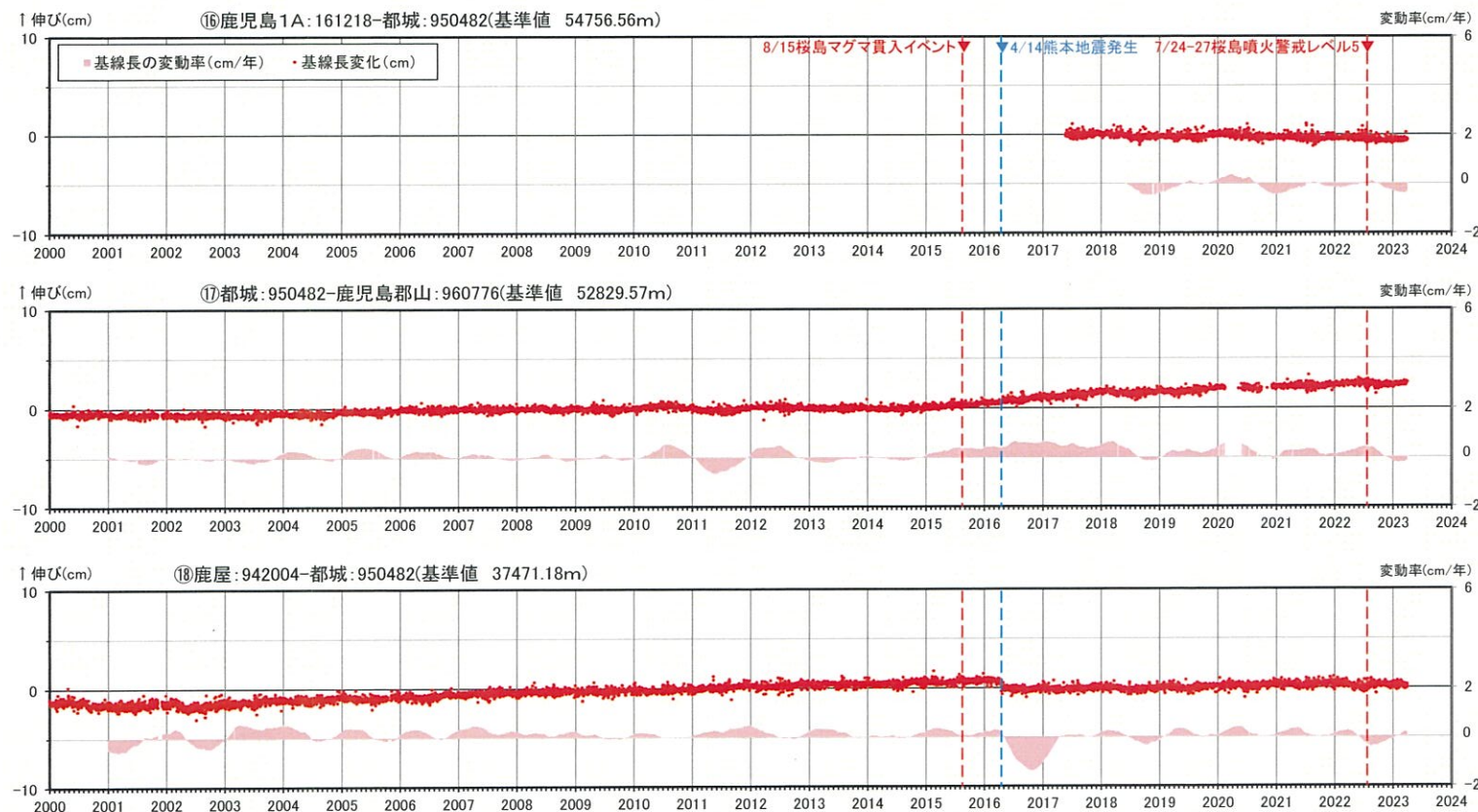
③ 始良カルデラ [地殻変動:基線長変化]



- ※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 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

基線⑭～⑮の時系列変化

③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



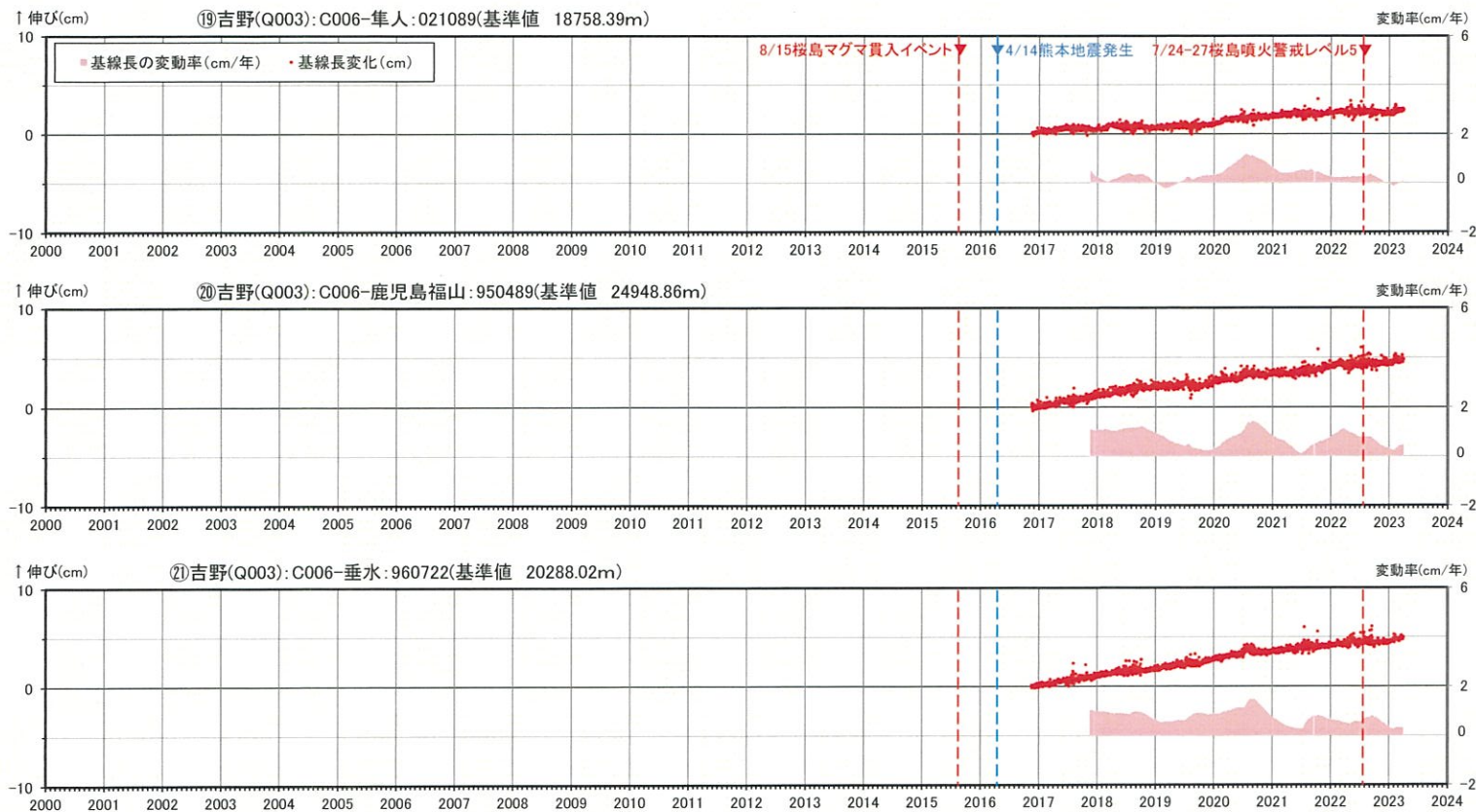
基線⑬～⑮の時系列変化



- 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⑮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、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

③ 始良カルデラ [地殻変動:基線長変化]

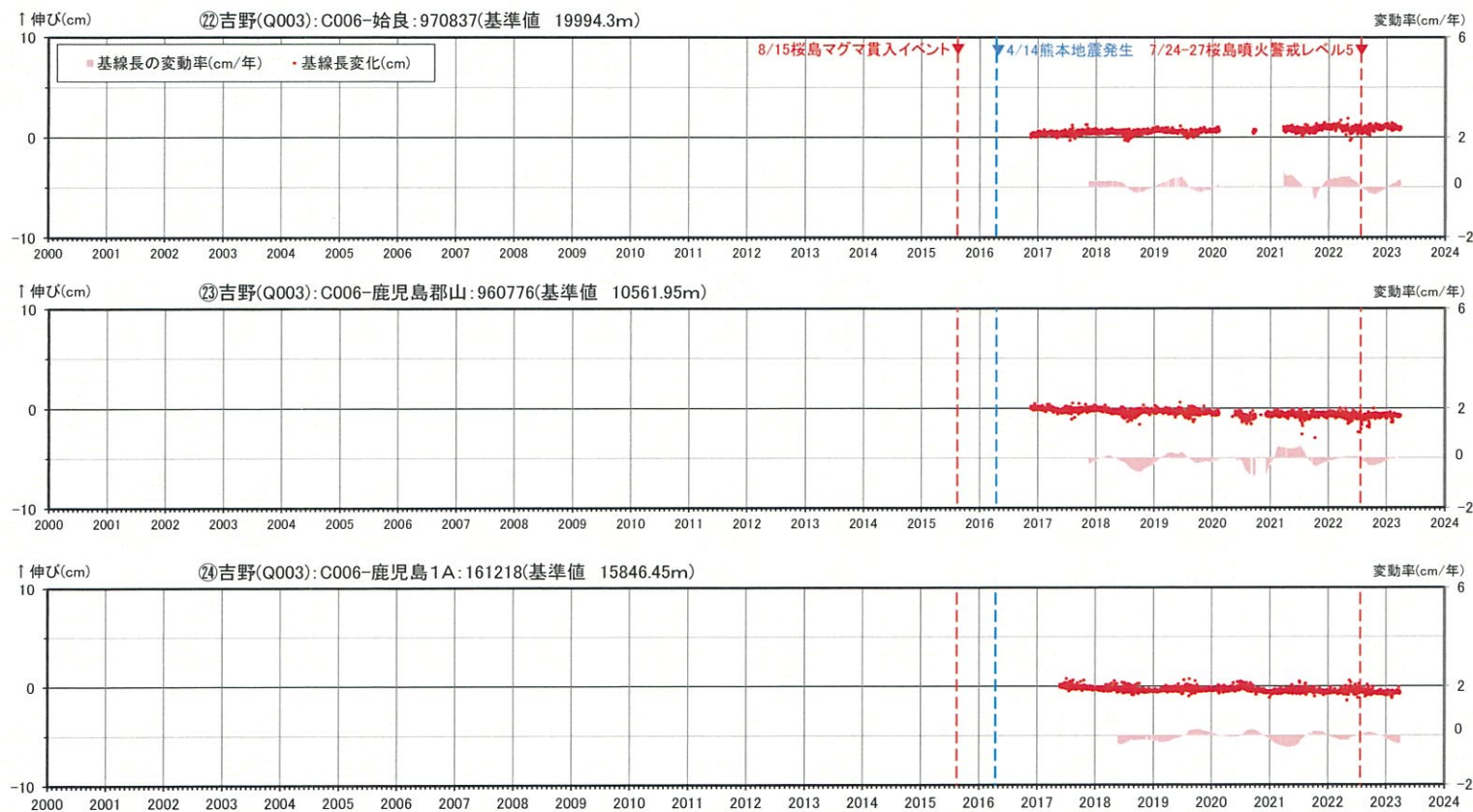


- 国土地理院のGNSS観測点
- 九州電力のGNSS観測点

- ※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
- ※3 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

基線⑬～⑮の時系列変化

③ 始良カルデラ [地殻変動:基線長変化]

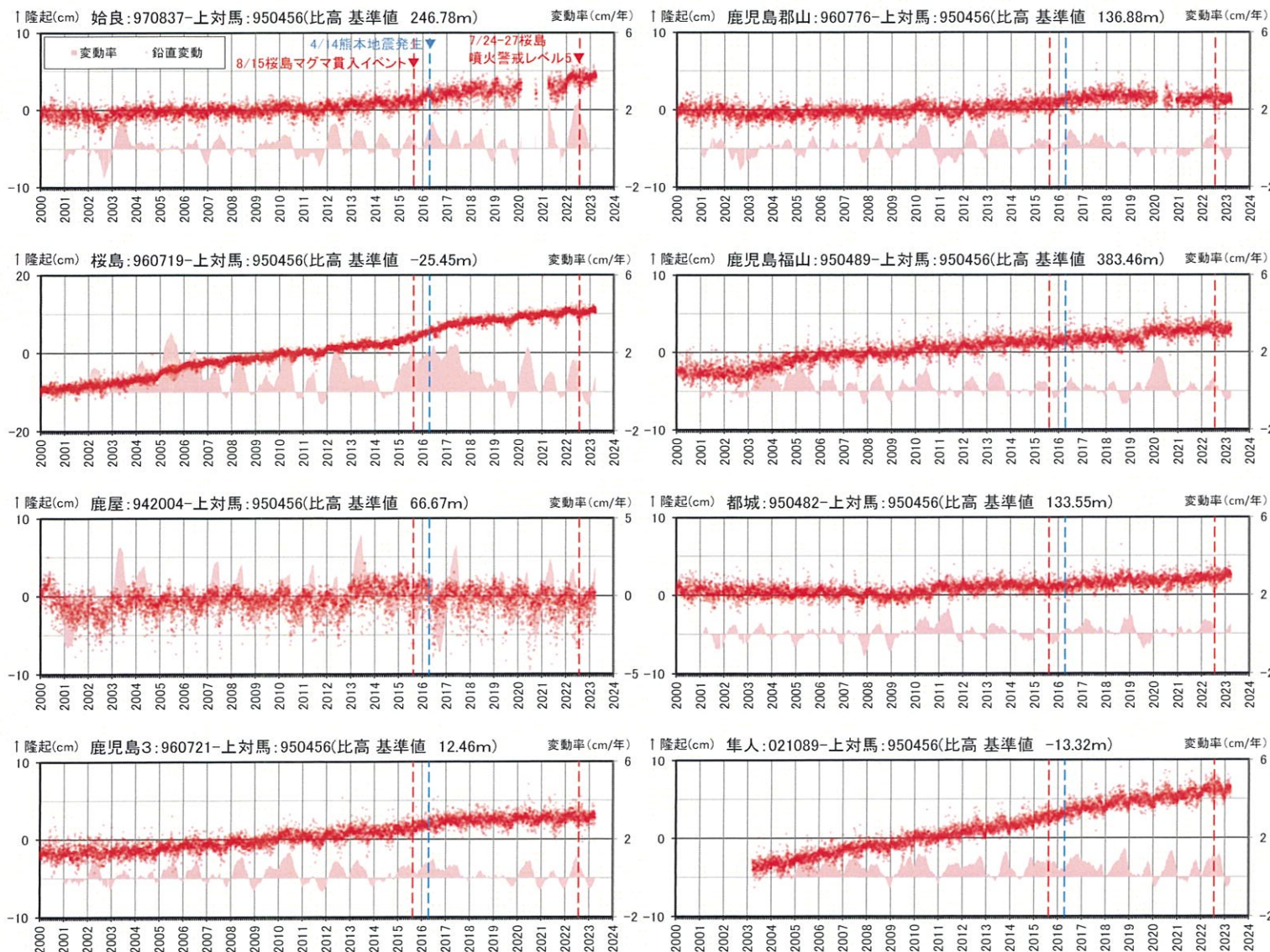


- 国土地理院のGNSS観測点
 - 九州電力のGNSS観測点
- ※1 2016年11月17日を基準値とし、基準値からの変化量を表示。基線④は2017年5月24日を基準日としている。
- ※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出
- ※3 960776(鹿児島郡山)と970837(始良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いため、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

基線②②～②④の時系列変化

③ 始良カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

- ・ 2022年度の鉛直変動は、始良カルデラ周辺の多くの点でマグマ供給による広範囲での隆起傾向が停滞気味であるが、過去と比較して有意な変化は認められない。



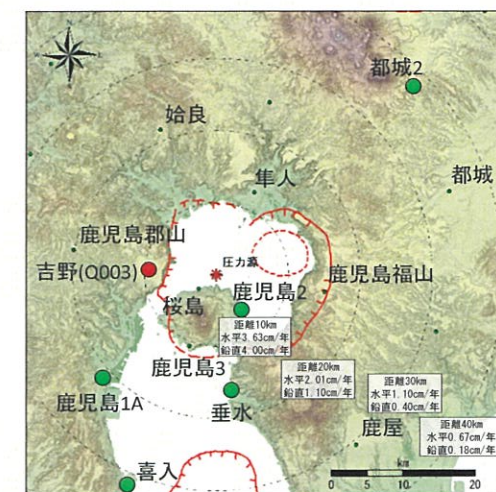
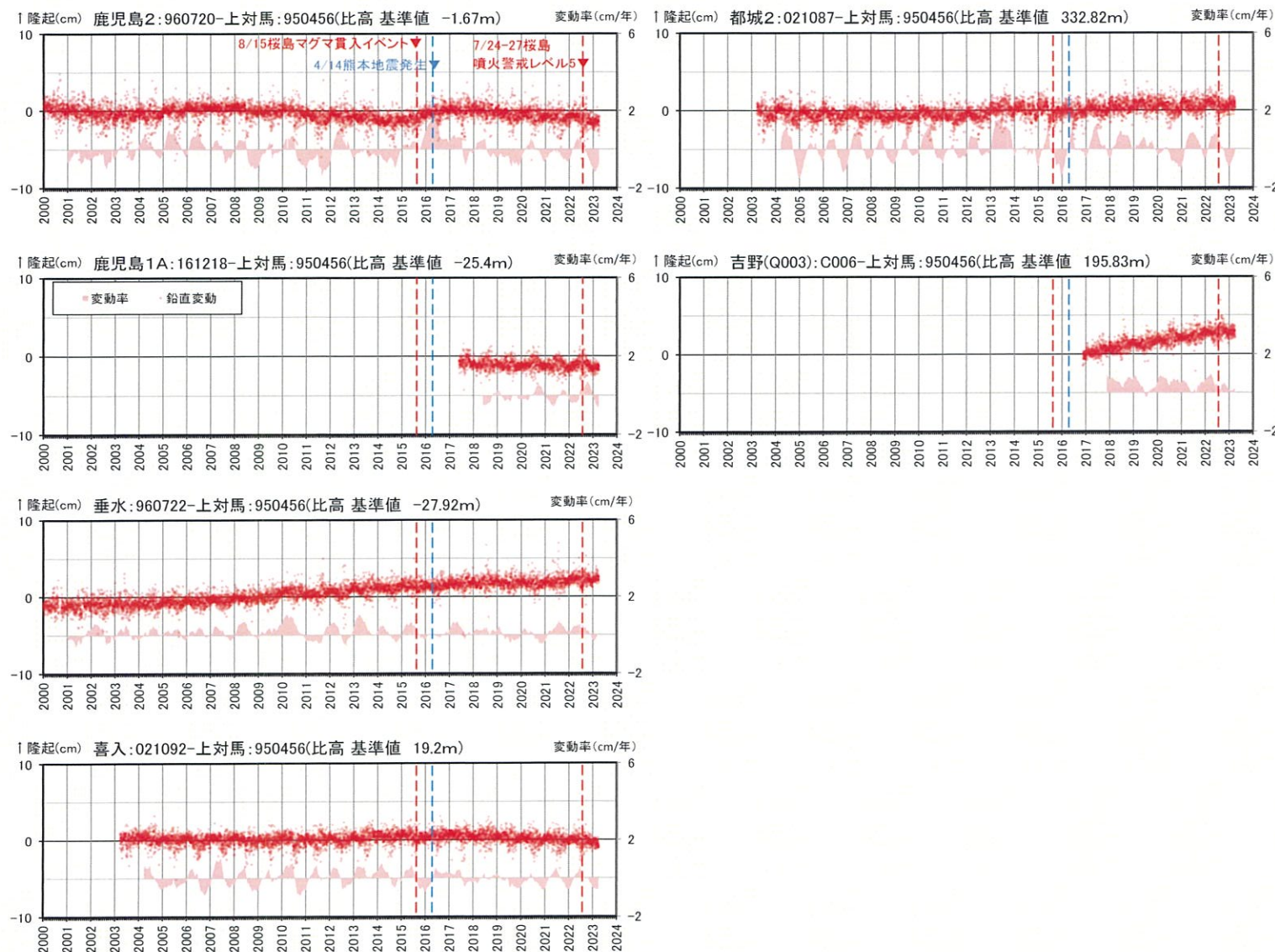
950456(上対馬)を固定点とした比高の時系列変化



- 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(始良)は周辺樹木等の影響によりデータ品質が悪いので、国土地理院のF5解析から頻繁に除外されている
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

③ 始良カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

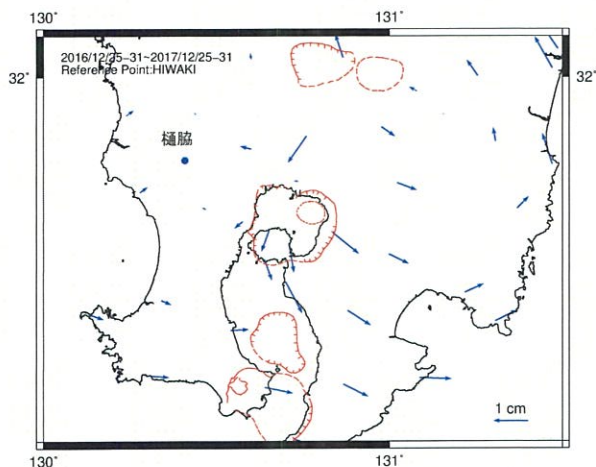


● 国土地理院のGNSS観測点
● 九州電力のGNSS観測点

- ※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
- ※4 赤色の▼は桜島の活動に関する公表された主なイベント

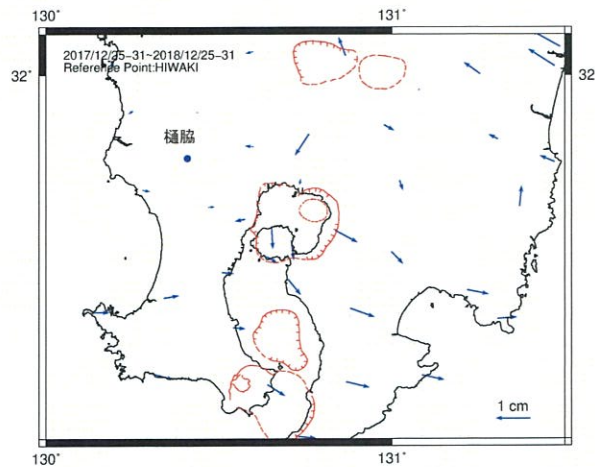
③ 始良カルデラ [地殻変動: 樋脇を固定点とした水平変動ベクトル]

- ・ 始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。
- ・ 2022年においては、膨張傾向が停滞していることから、始良カルデラを中心とした放射状の地殻変動は認められない。



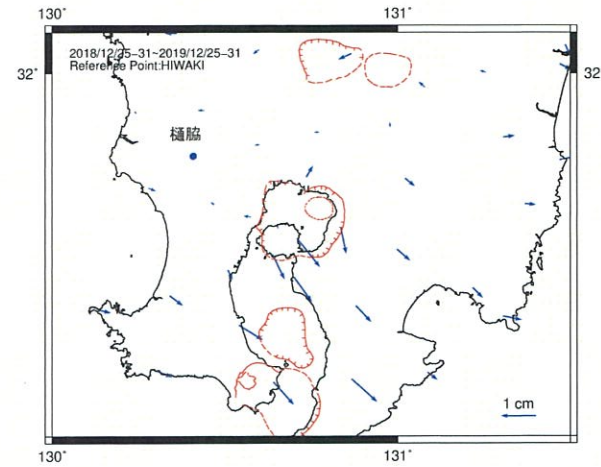
2017年12月の地殻変動

(2017.10)新燃岳噴火



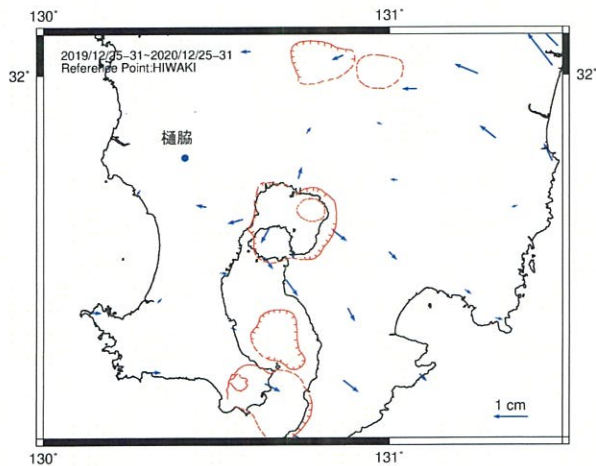
2018年12月の地殻変動

(2018.3)新燃岳噴火



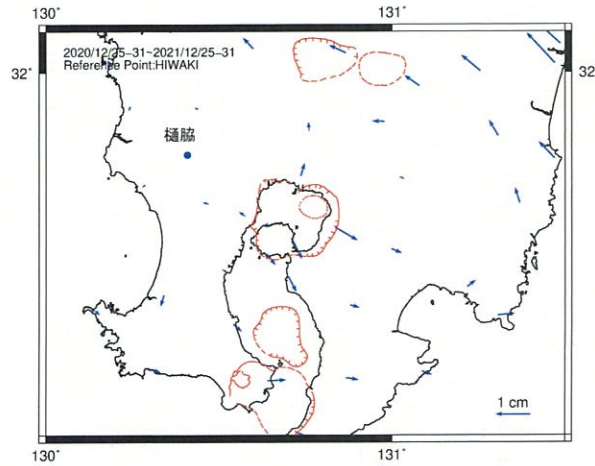
2019年12月の地殻変動

(2019.1)種子島近海の地震:M6.0
(2019.5)日向灘の地震:M5.6、M6.3



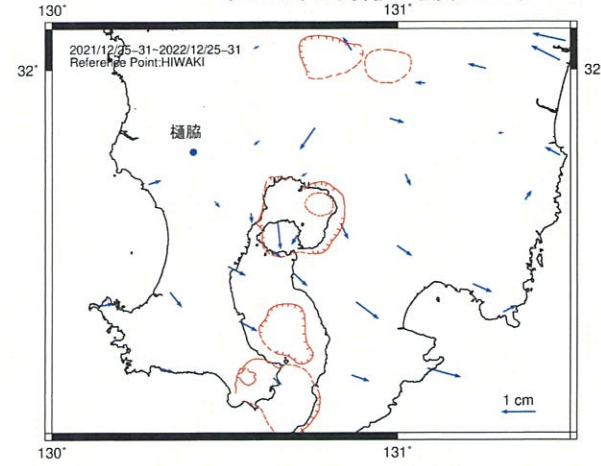
2020年12月の地殻変動

(2020夏頃～)日向灘SSE



2021年12月の地殻変動

(～2021夏頃)日向灘SSE



2022年12月の地殻変動

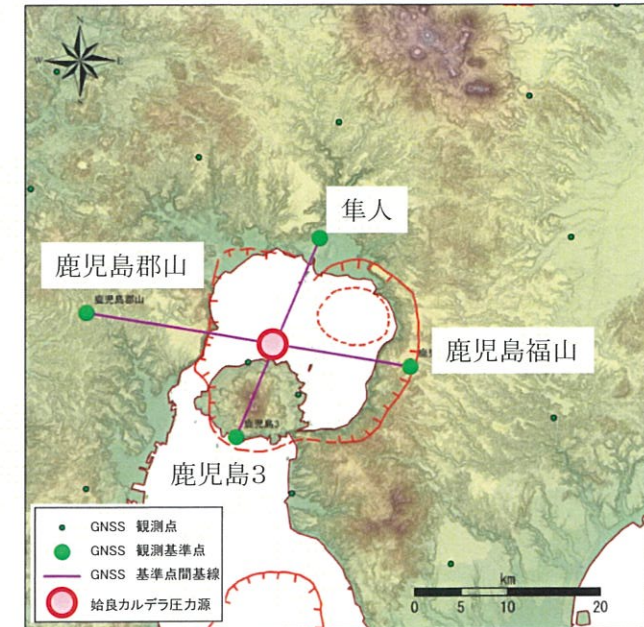
※ 当年12/25～31の平均水平変位と前年12/25～31の平均水平変位の差を1年間の変位として求めた。

③ 始良カルデラ [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 $0.05\text{km}^3/\text{年}$)を始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 $5\text{cm}/\text{年}$ 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)

$$\begin{aligned}\Delta V_G &= \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{d} u_z \\ &= \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{r} u_r \\ &= \frac{\pi}{3(1-\nu)} \frac{(r^2 + d^2)^{5/2}}{rd} \frac{\partial u_z}{\partial r},\end{aligned}$$

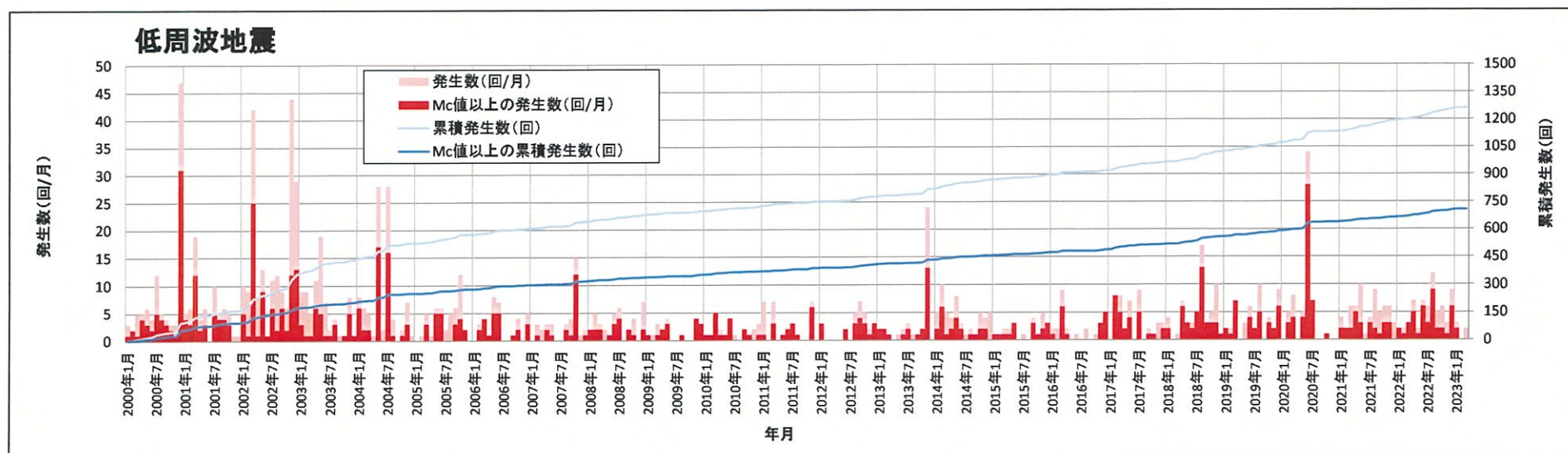
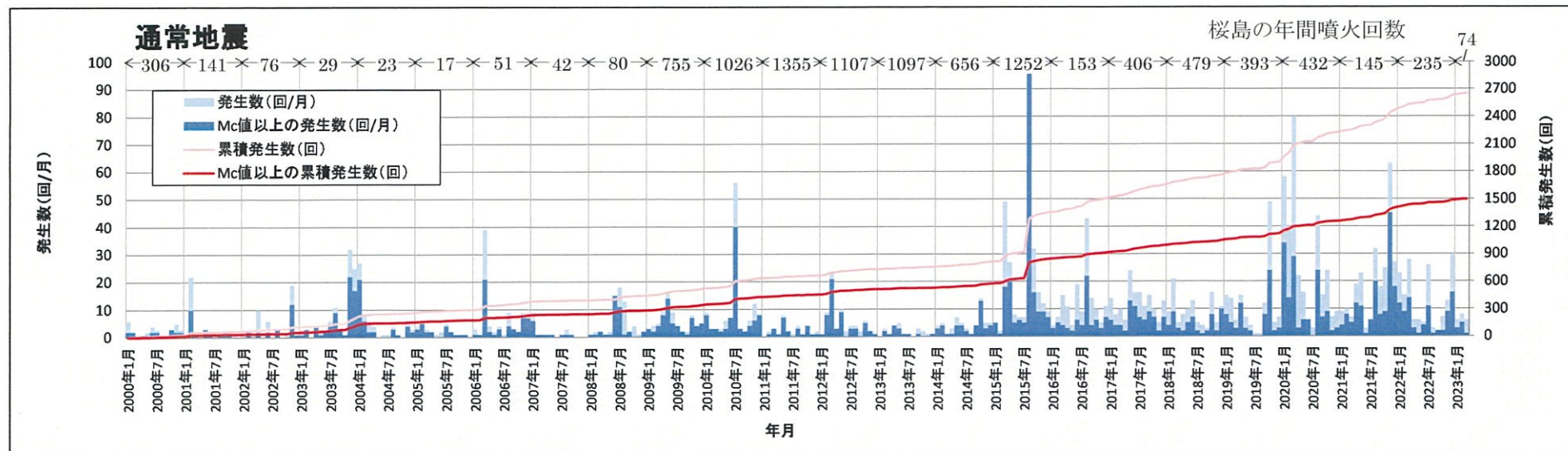


項 目			単 位	観測点				備 考	
				鹿児島3 ⇄ 隼人		鹿児島福山 ⇄ 鹿児島郡山			
入力値	ΔV_G	体積変化（マグマ供給率）	km ³ /年	0.05				Druitt et al.（2012）を参照	
	ν	ポアソン比	-	0.25				江頭ほか（1997）を参照	
	r	圧力源から観測点までの水平投影距離	km	10.6	12.6	15.2	20.1	井口ほか（2008）を参照	
	d	圧力源の深さ	km	11.0				井口ほか（2013）を参照	
出力値	Ur	地殻変動の変動率	各地点	cm/年	3.5	3.2	2.7	2.0	
	—				6.8		4.7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

余 白

③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]

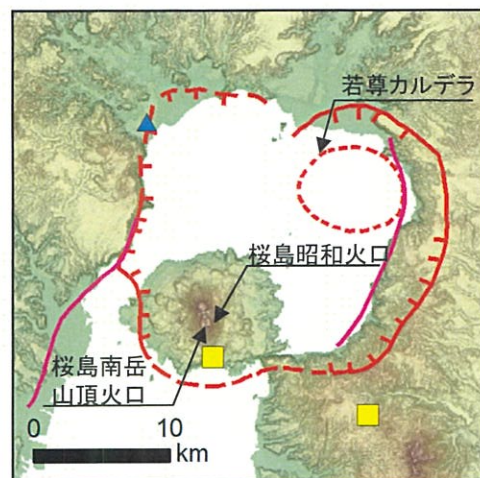
- 2022年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、全体としては発生数は多くないが、若尊カルデラ南側内外での地震が2022年度も依然として継続している。また桜島の下では2000年以降最大規模となるM2.9の低周波地震が発生している。また、2022年の一年間で見ると、始良カルデラ外北部でもまとまって地震が発生しているため、今後の地震活動に留意していく。



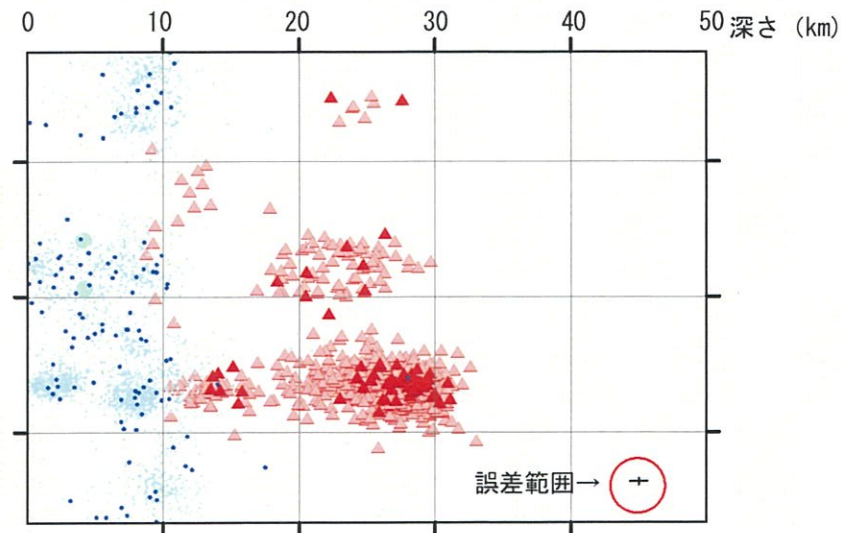
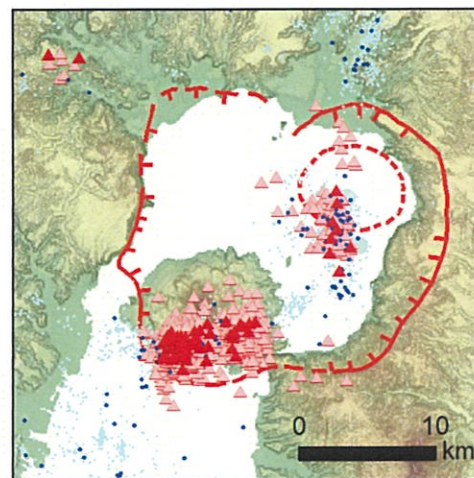
[Mc値(2000~2022年データ使用)] 通常地震: 0.6 低周波地震: 0.4

③ 始良カルデラ [地震活動: 震源分布とマグニチュードの経時変化]

地震観測点



震源分布 (深さ50km以浅)



凡 例

地震観測点

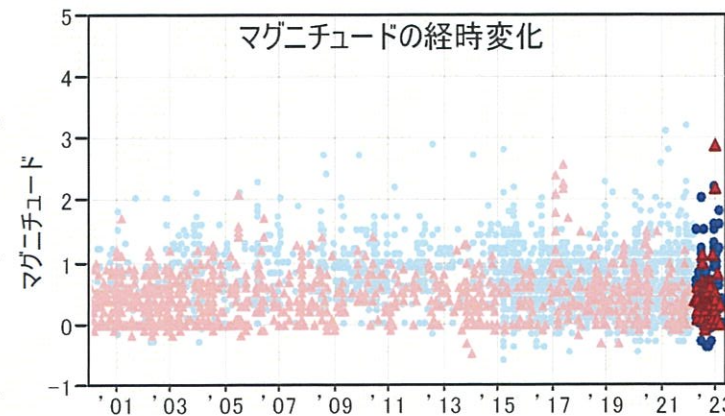
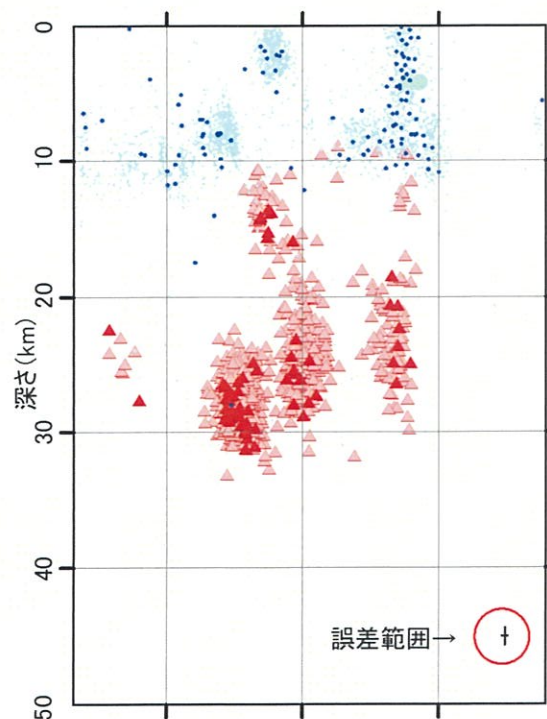
- 大学
- 気象庁
- ▲ 防災科学技術研究所

震 源 (2022年4月以降は右のシンボル)

- 通常地震(マグニチュードM)
M<3
- 3≤M<4
- 4≤M<5
- 5≤M
- ▲ 低周波地震

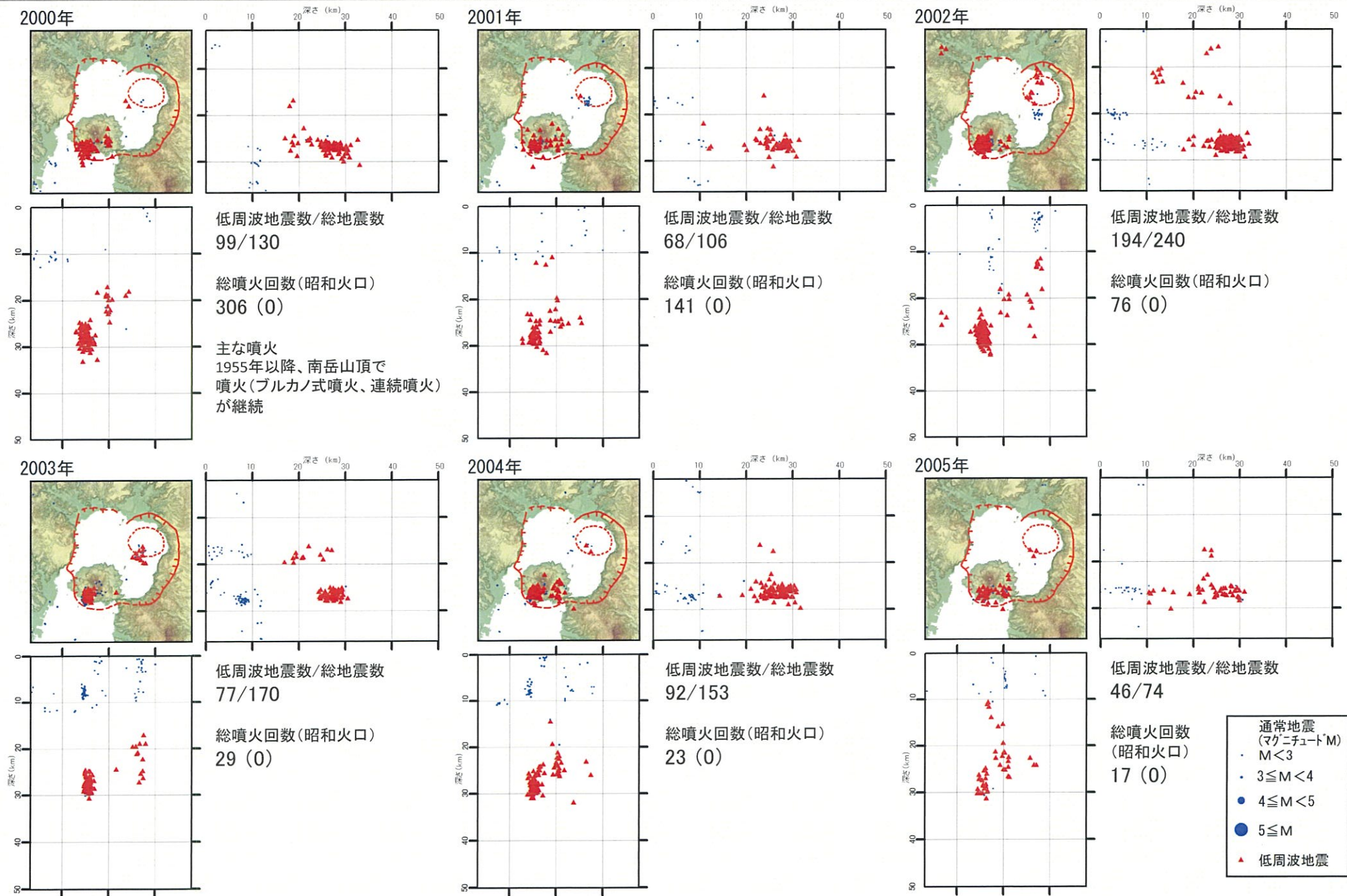
活断層

- 地震調査研究推進本部による

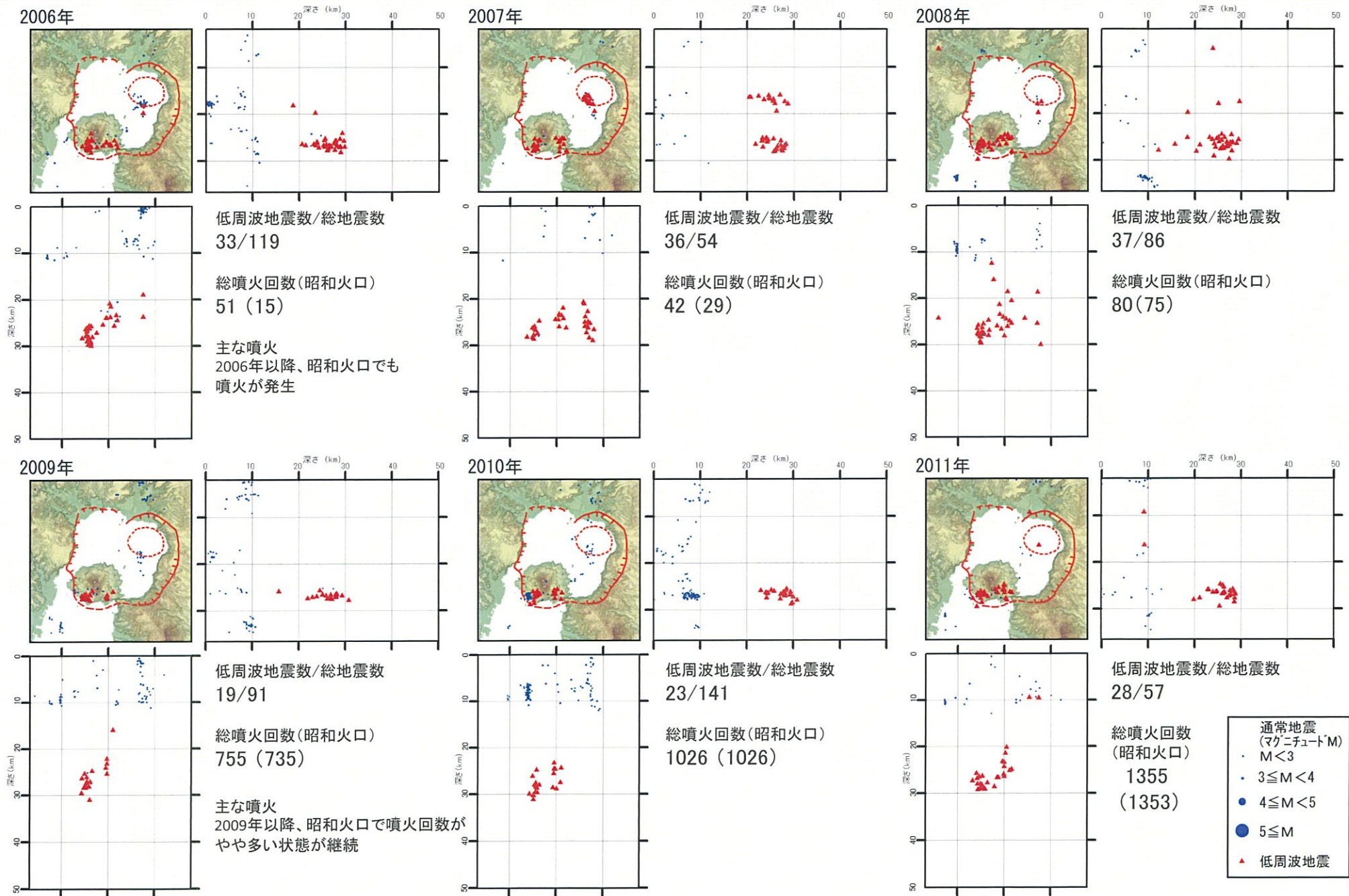


*震源は2000年以降をプロット。2022年4月1日以降を濃色表示
 **地震観測点は地震調査研究推進本部のデータベースによる高感度地震計 (2022年4月1日現在)

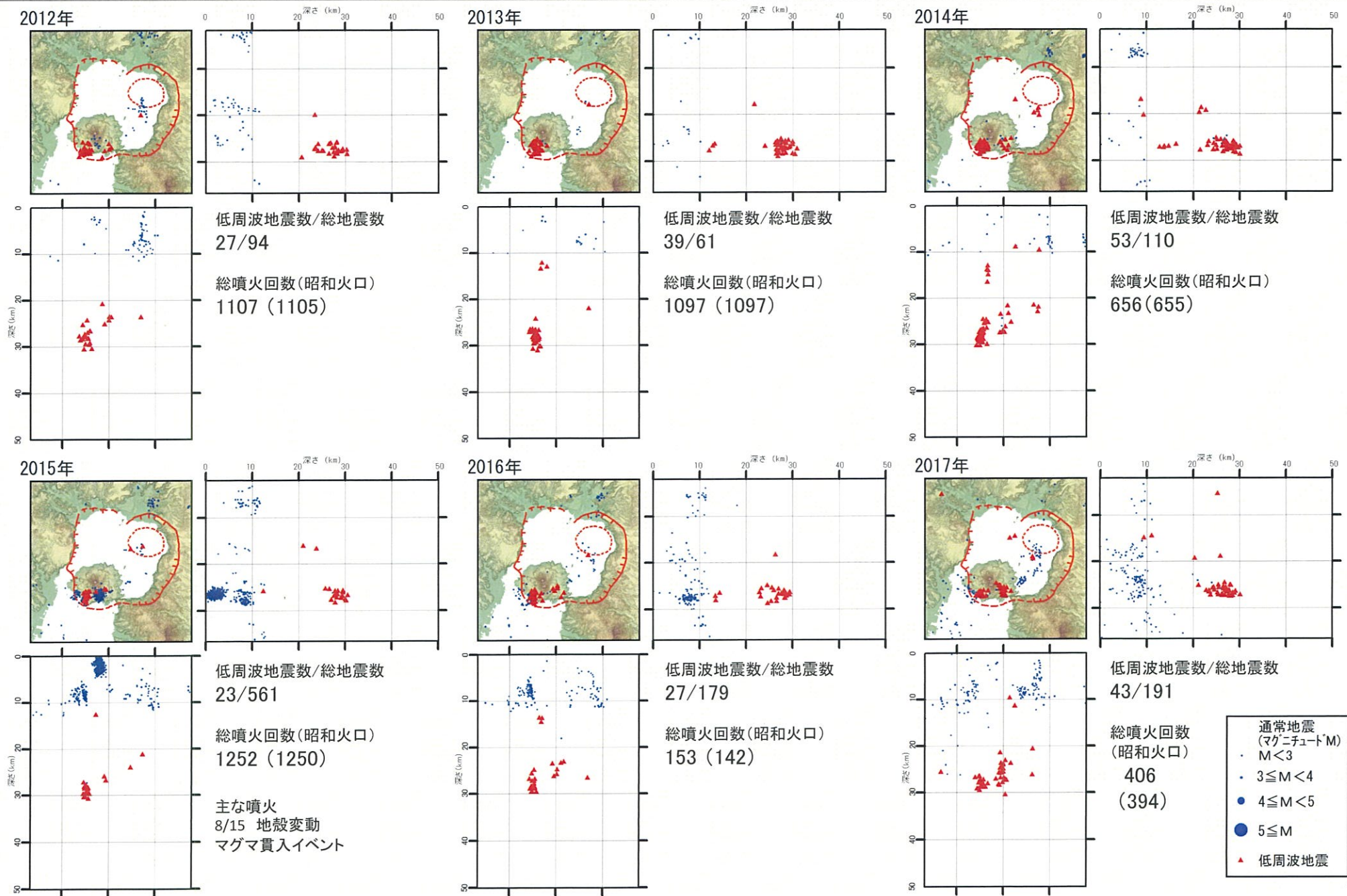
③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



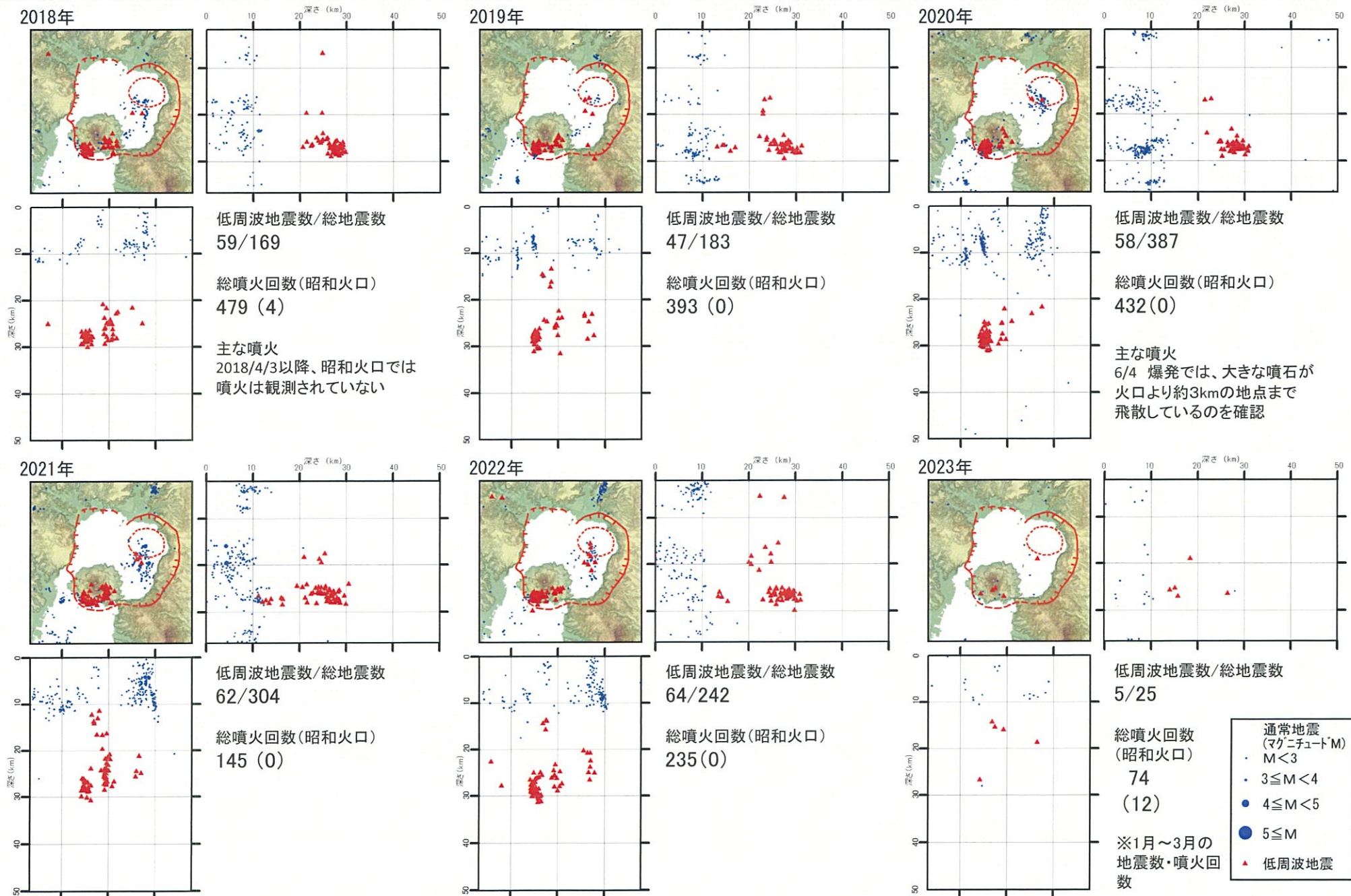
③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の震源分布の推移]



③ 始良カルデラ [まとめ]

【活火山に関する公的機関の評価】

- ・ 桜島の噴火活動は2022年7月中旬頃から活発となった。
- ・ 火山性地震の年回数は前年と同程度であった。
- ・ 火山ガス放出量が多い状態で経過している。
- ・ 広域のGNSS 連続観測では、2021年10月頃から伸びが認められ、3月以降から停滞していたが、2023年1月頃からわずかな伸びが認められる。
- ・ 若尊の周辺領域では時々地震が発生した。

【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、これまでと同様にマグマ供給による変動が認められるものの、2022年度の基線長の変動率に有意な変化は認められない。また、監視体制の移行判断基準($0.05\text{km}^3/\text{年} \div 5\text{cm}/\text{年}$)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 $0.01\text{km}^3/\text{年}$ であることから、「注意」を継続する。
- ・ 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、2022年度の地震活動(発生数、位置、規模等)に過去と比較して有意な変化は認められないが、若尊カルデラの南側での地震が2022年度も依然として継続しており、また始良カルデラ外北部でもまとまって地震が発生しているため、今後の地震活動に留意していく。

始良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、これまでと同様にマグマ供給による変動が認められるものの、2022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。

監視体制は、マグマ供給による変動が引き続き認められることから、現状の注意時体制を継続する。

余 白

④ 阿多カルデラ [活火山に関する公的機関の評価概要]

○開聞岳（出典：第151回 火山噴火予知連絡会資料）

- ・ 火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候はみられない。

○池田・山川（出典：第151回 火山噴火予知連絡会資料）

- ・ 火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候はみられない。