

2019年6月14日

原子力規制委員会 殿

九州電力株式会社
代表取締役社長 池辺 和男

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について（報告）

川内原子力発電所原子炉施設保安規定及び玄海原子力発電所原子炉施設保安規定に基づき、火山活動のモニタリング評価結果について、別紙のとおり、とりまとめましたのでご報告いたします。

別紙

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の報告について

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の報告について

川内原子力発電所原子炉施設保安規定及び玄海原子力発電所原子炉施設保安規定に基づき、火山活動のモニタリング評価結果について、下記のとおり報告します。

記

1. 対象火山

モニタリング対象の火山は、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、鬼界の5つのカルデラ火山とした。

2. 評価期間

評価期間は、2018年4月1日から2019年3月31日とした。

3. 評価方法及び評価結果

(添付資料)

(1) 評価方法

国土地理院及び気象庁が公表した火山に関する評価及び国土地理院の地殻変動情報及び気象庁の一元化処理震源データ等を収集・分析することで、対象火山の活動状況の変化について評価した。

(2) 評価結果

評価期間を通じて地殻変動及び地震活動に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 | 総合評価 (活動状況の変化) |
|------------|-------------------|
| 阿蘇カルデラ | なし |
| 加久藤・小林カルデラ | なし |
| 始良カルデラ | なし |
| 阿多カルデラ | なし |
| 鬼界 | なし |

添付資料

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 (2018年度報告)

以上

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 (2018年度報告)

2019年6月14日
九州電力株式会社

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 始良カルデラ | P39 |
| ④ 阿多カルデラ | P57 |
| ⑤ 鬼界 | P69 |
| 参考1. 各カルデラの基線の再検討 | P81 |
| 参考2. マグマ供給率の考え方について | P85 |
| 参考3. 九州全域の地震活動 | P87 |

*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。

(中・長期的取組みについて)

| | |
|-------------------------|------|
| 1. 広域地殻変動の影響検討 | P95 |
| 2. カルデラ火山周辺のひずみ場検討 | P98 |
| 3. 鬼界の基線長変化における長期トレンド検討 | P101 |
| 4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果 | P105 |
| 5. 当社GNSS機器による観測結果 | P114 |
| 6. 地震検知能力の検討 | P121 |
| 7. 基線長検知能力の検討 | P124 |

*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]

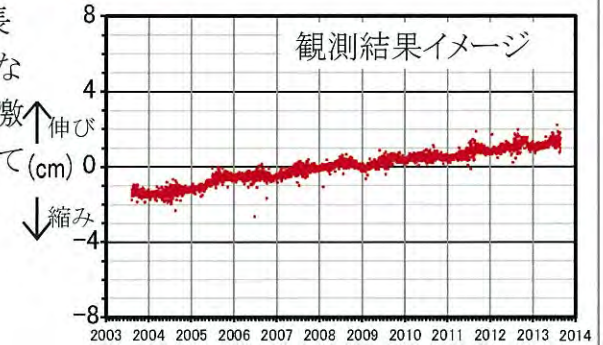
① 評価の収集

| 発行機関 | 対象 | 資料名(URL) |
|-------|--------------------------|---|
| 国土地理院 | 2019年3月度 | 火山周辺地域における地殻変動 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html) |
| 気象庁 | 2019年2月27日 開催 | 第143回 火山噴火予知連絡会資料 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html) |
| | 2018年(年報) 2019年3月(月報) | 火山活動解説資料(九州地方) (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

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



[II 当社の評価]

① データの収集 ⇒ ② 分析 ⇒ ③ 評価

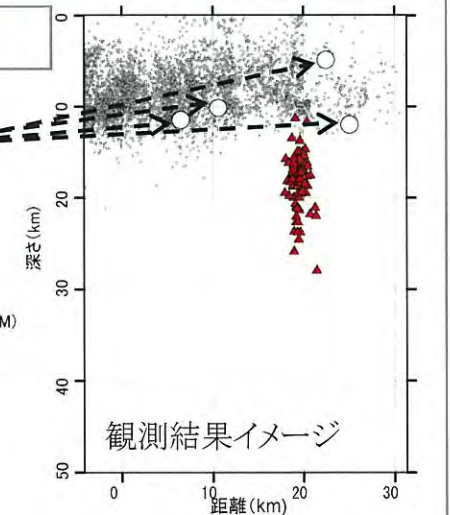
| 発行機関 | 対象 | データ名(URL) |
|-------|----------------------------|--|
| 国土地理院 | 2000.1.1 ～ 2019.3.31 | 電子基準点データ提供サービス (http://terras.gsi.go.jp/) |
| 気象庁 | 2000.1.1 ～ 2019.3.31 | 一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所)※ (http://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja) |

※ 2000年～2017年4月までは、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

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



[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

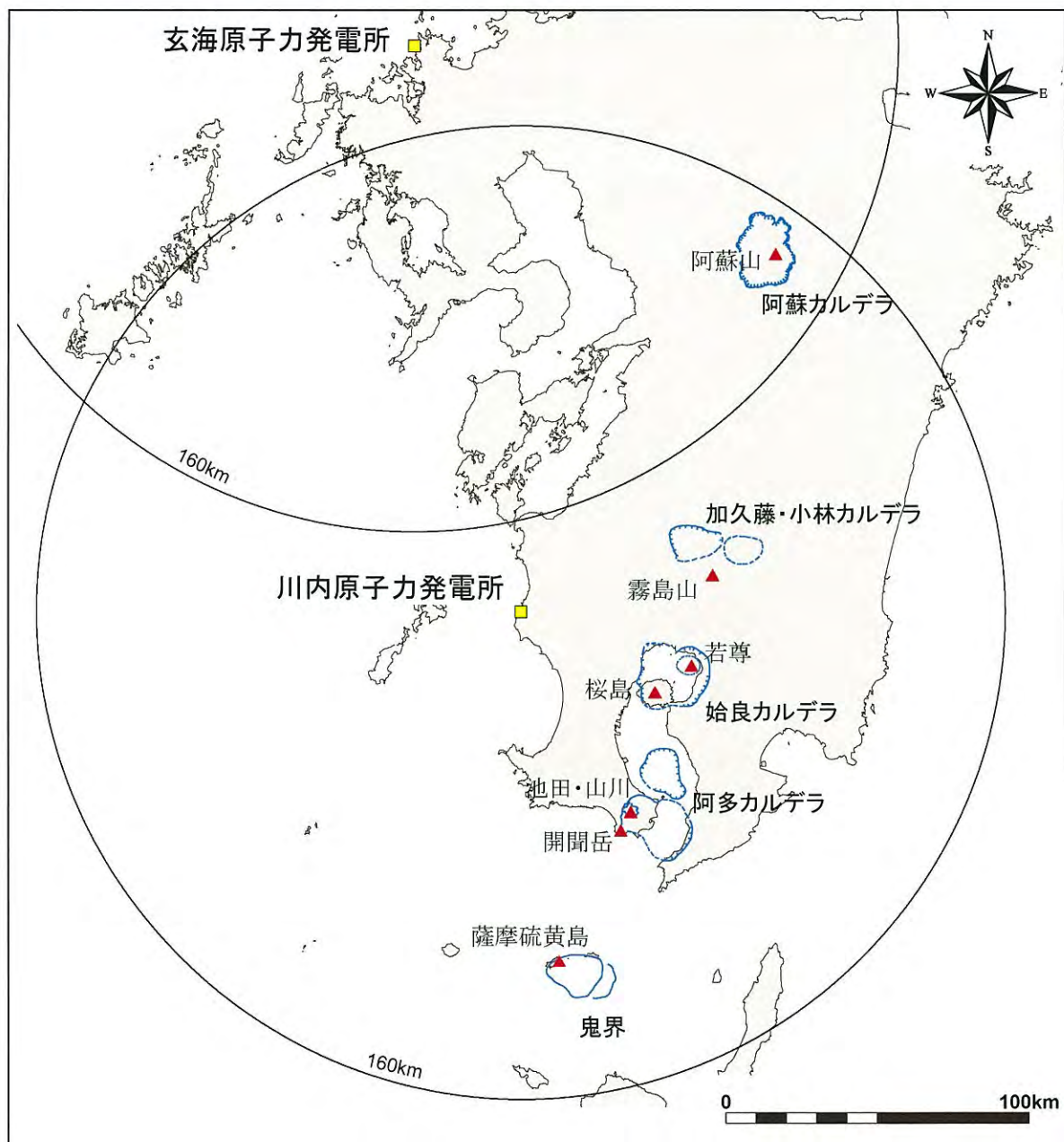
2. モニタリング評価結果

- 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、2018年度の対象火山*の活動状況を確認した。
- 阿蘇カルデラでは熊本地震の影響、加久藤・小林カルデラでは新燃岳噴火の影響、阿多カルデラでは鹿児島湾で発生した地震(M5.3)の影響が認められるものの、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、現時点での対象火山の活動状況に変化はないと評価した。

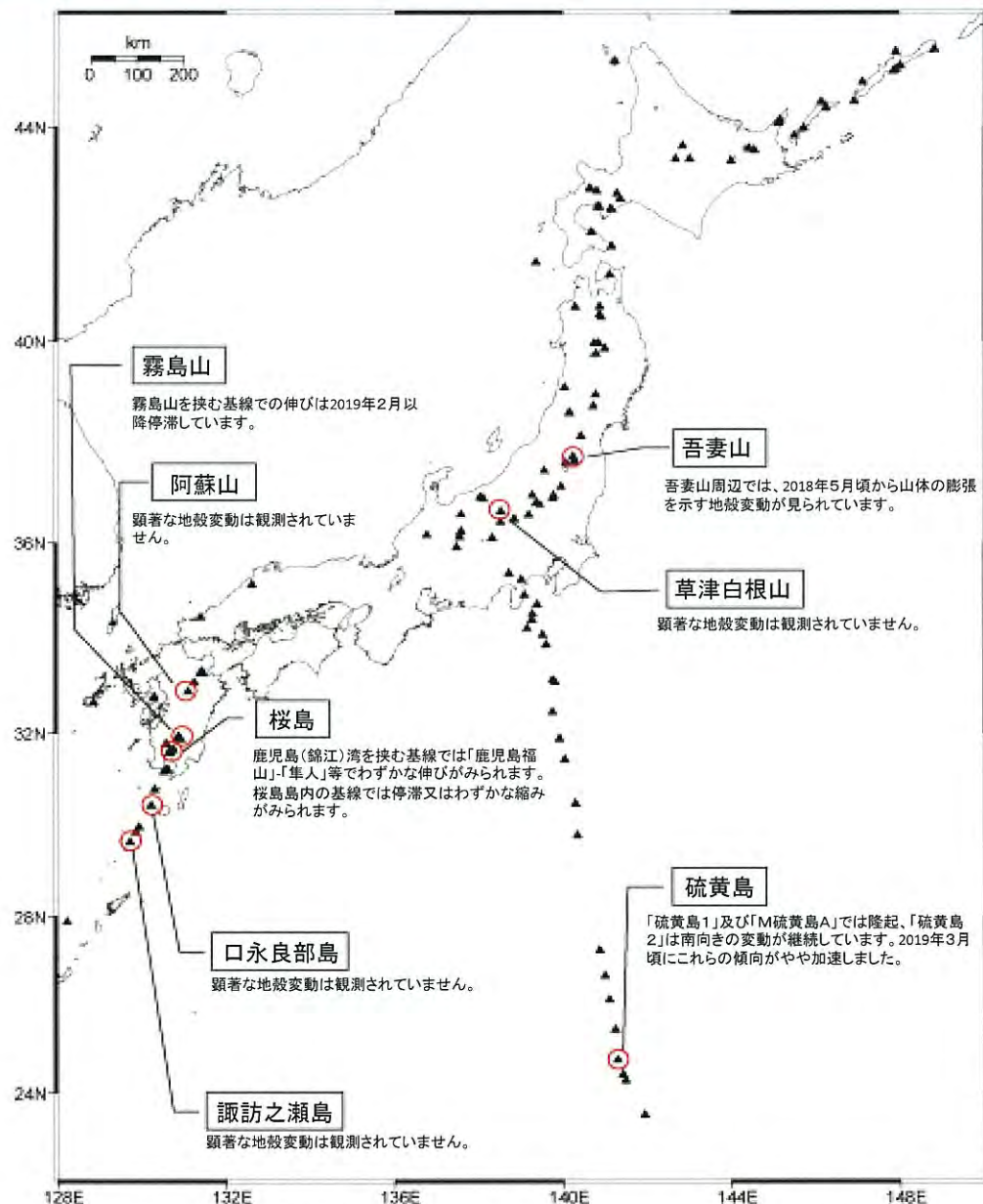
| 対象火山 | 活火山に関する公的機関の評価 | | 当社の評価 (国土地理院GNSS観測による基線変化及び気象庁一元化処理データを使用) | | | 総合評価 活動状況 の変化 |
|----------------|--|---|---|--|--|---------------------|
| | 気象庁噴火警戒レベル (下線の火山は対象外) | (気象庁火山噴火予知連絡会資料, 火山活動解説資料) | 監視レベル | 地殻変動 | 地震活動 | |
| 阿蘇 カルデラ | 阿蘇山 レベル1 (活火山であることに留意) | <ul style="list-style-type: none"> 阿蘇山では火山性地震、孤立型微動、火山ガス放出量が多い状態で経過している。 GNSS連続観測では、マグマだまりを挟む基線に特段の変化は認められない。 | 平常 | <ul style="list-style-type: none"> 熊本地震に伴う余効変動が認められるものの、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。 | <ul style="list-style-type: none"> 熊本地震の余震が認められるものの、過去1年の地震活動と比較して減少傾向にある。 | 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】 レベル1 (活火山であることに留意) 霧島山【えびの高原周辺】 レベル2(火口周辺規制) | <ul style="list-style-type: none"> 霧島山を挟む基線での伸びは鈍化しているものの継続している。 広範囲の地震活動の活発化と基線の伸びは、霧島山深部のマグマだまりの蓄積が推定されることから、火山活動の推移を継続して慎重に監視することが必要である。 | 平常 | <ul style="list-style-type: none"> 霧島火山に関連した変動が認められるものの、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。 | <ul style="list-style-type: none"> 2018年12月に最大M3.4の地震が発生したものの、現在は地震前の状態に戻っている。しかしながら、この地震は加久藤カルデラ内で発生していることから、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 | <ul style="list-style-type: none"> 桜島の南岳山頂火口では活発な噴火活動が継続していたが、1月中旬頃から噴火活動がやや低下している。しかし、火山ガスの放出量は概ね多い状態が続いていることなどから、今後も南岳山頂火口を中心に、噴火活動が継続すると考えられる。 広域のGNSS連続観測でみられている始良カルデラの地下深部の膨張を示す基線の伸びは、わずかながら継続している。 | 注意 | <ul style="list-style-type: none"> 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るが、2018年度の基線長の変動率に有意な変化は認められない。 警戒監視の移行判断基準(0.05km³/年≒5cm/年)には達していない。 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 過去の地震活動と比較して有意な変化は認められない。 | なし |
| 阿多 カルデラ | 開聞岳 活火山であることに留意 池田・山川 活火山であることに留意 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 2017年7月の鹿児島湾の地震(M5.3)の余震が認められるものの、過去1年の地震活動と比較して減少傾向にある。 | なし |
| 鬼界 | 薩摩硫黄島 レベル1 (活火山であることに留意) | <ul style="list-style-type: none"> 火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。 GNSS連続観測では、火山活動に伴う特段の変化は認められない。 | 平常 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 過去の地震活動と比較して有意な変化は認められない。 | 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



国土地理院：火山周辺地域の地殻変動(2019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

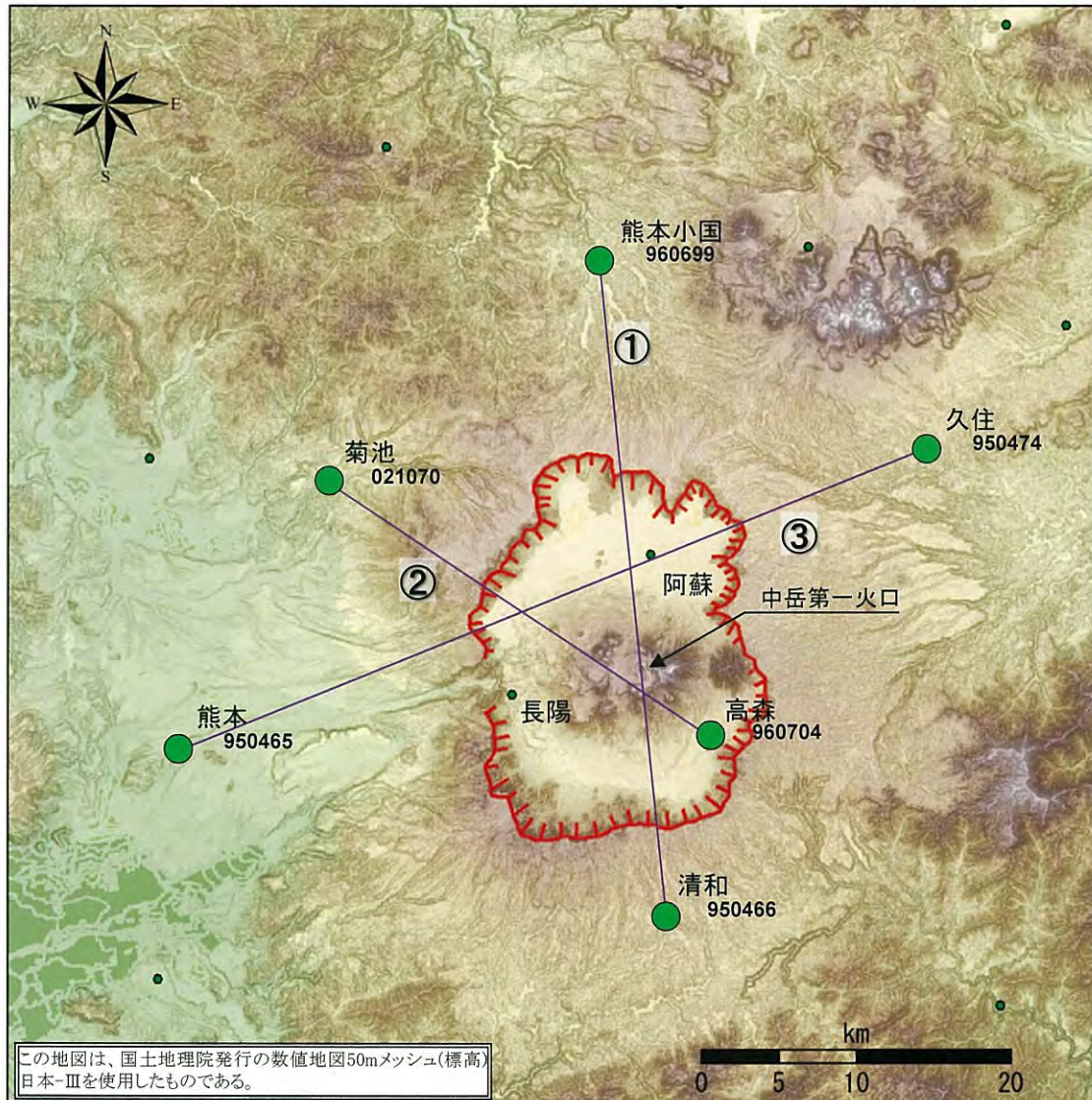
火山性地震や孤立型微動は多い状態で経過しており、中岳第一火口内の湯だまりはわずかに減少し、表面温度はやや上昇している。火山ガス(二酸化硫黄)の放出量や火山性微動の振幅に緩やかな増大傾向がみられていたが、2月に入り、更に増大している。

火山活動はやや高まった状態で経過しているが、GNSS連続観測では、マグマだまりを挟む基線に特段の変化は認められていない。

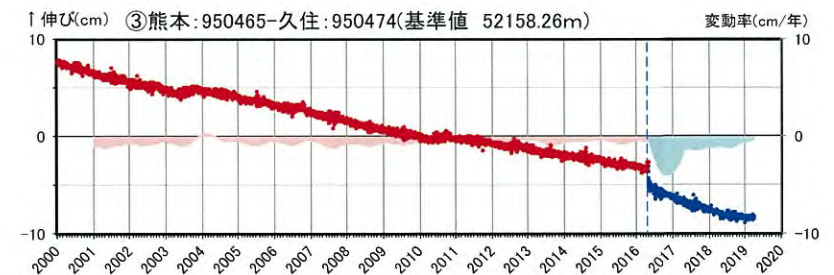
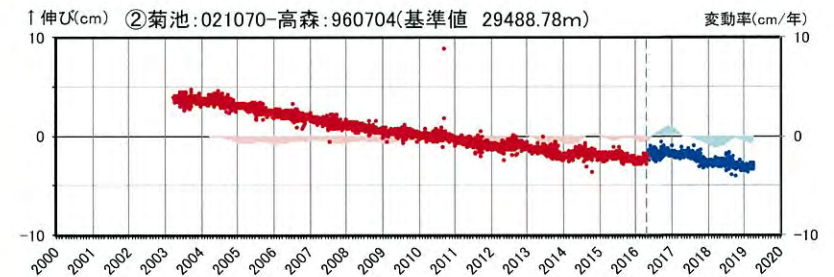
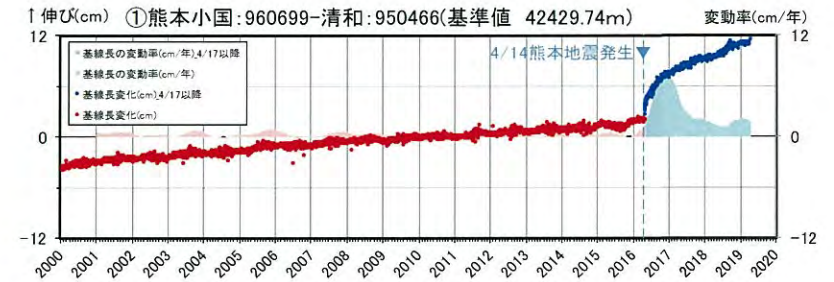
- 火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、1日当たり500トン～1,800トンと増減を繰り返していたが、2月1日には2,200トンと増加しその後も概ねやや多い状態で経過している。
- 火山性微動の振幅は概ね小さい状態で経過していたが、2月4日から5日にかけて増大し、その後も変動を伴いながら概ね1.0 μ m/s(中岳西山腹観測点)で経過している。
- 火山性地震、孤立型微動は多い状態で経過した。
- 中岳第一火口内の緑色の湯だまりはわずかに減少し、火口底の9割となっている。湯だまりの表面温度は79°Cで、やや上昇している。
- 南側火口壁の一部で引き続き認められている熱異常域では、表面温度は長期的に上昇・下降を繰り返しており、600°C前後で推移した。南西側火口壁の熱異常域では、表面温度は350°C前後で推移した。また、中岳第一火口では、2018年5月3日以降、夜間に高感度の監視カメラで火映を時々観測していたが、10月2日以降は認められない。
- GNSS連続観測では、火口を挟む基線に緩やかな縮みの傾向がみられている。マグマだまりを挟む基線に特段の変化は認められていない。

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

・ 2018年度の基線長変化は、熊本地震に伴う余効変動が認められるものの、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。



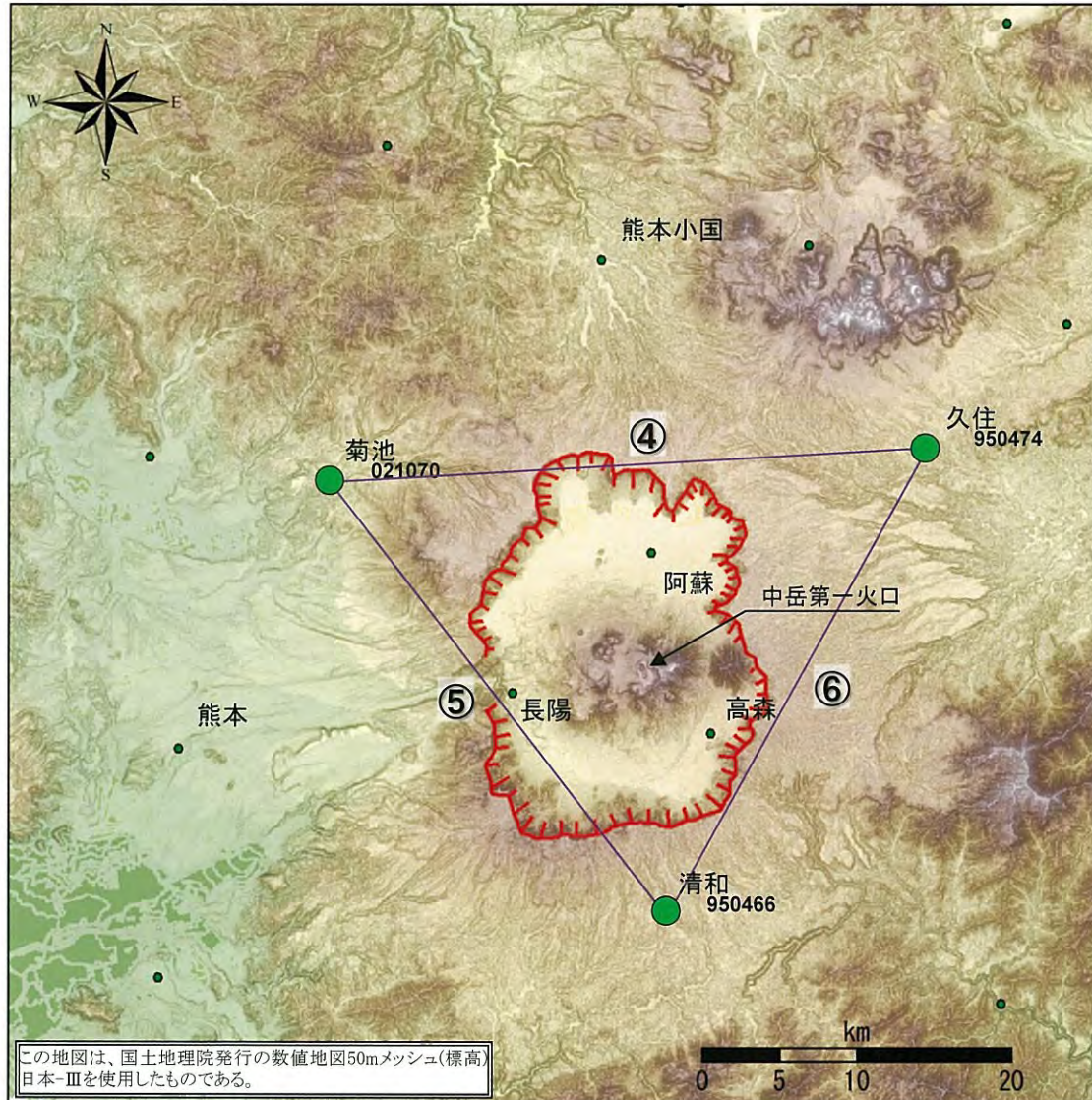
● GNSS観測点



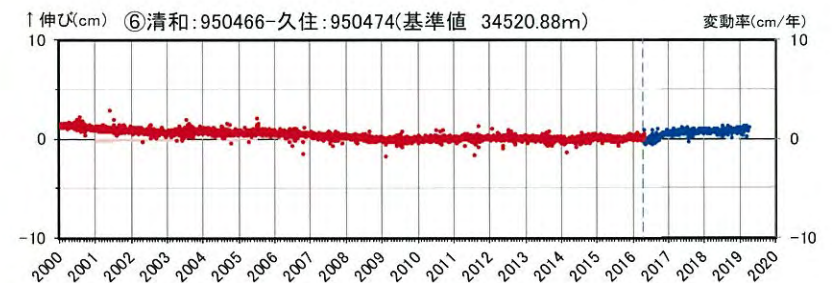
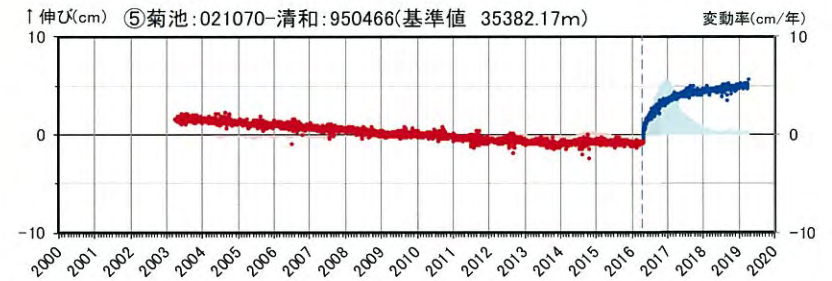
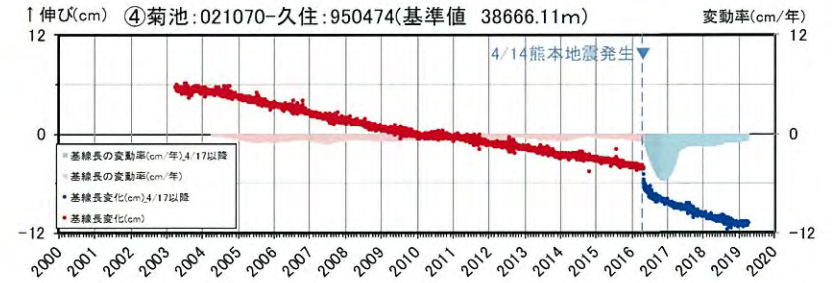
基線①～③の時系列変化
(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

※1 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

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点



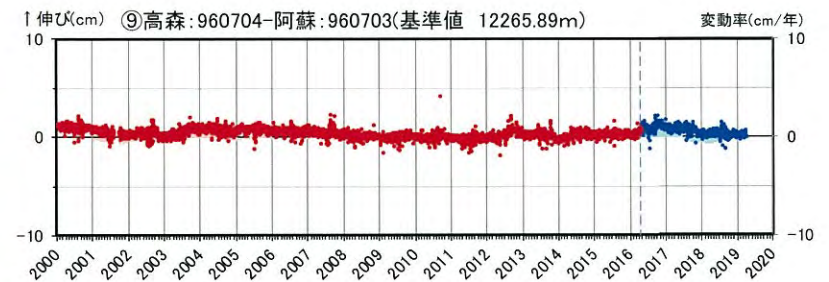
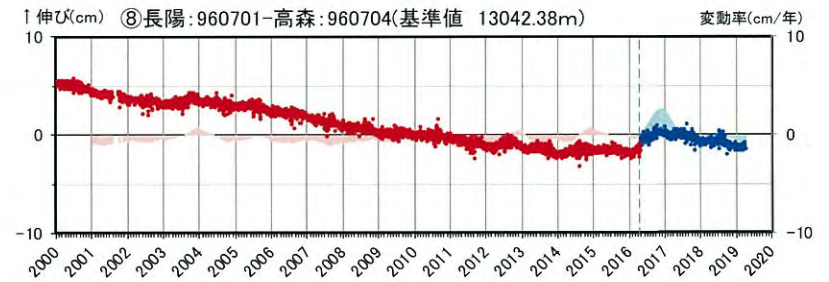
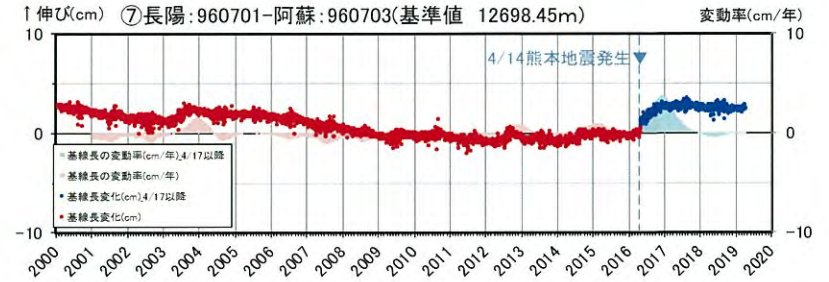
基線④～⑥の時系列変化
(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

※1 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

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点

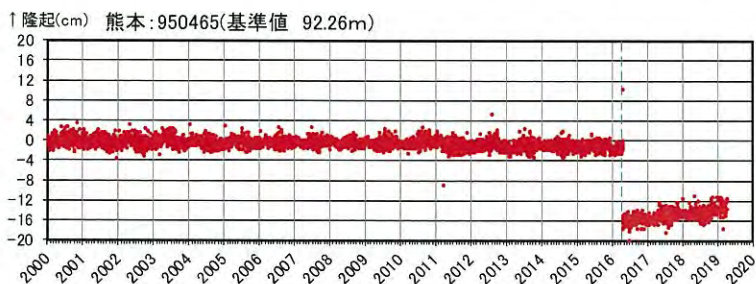
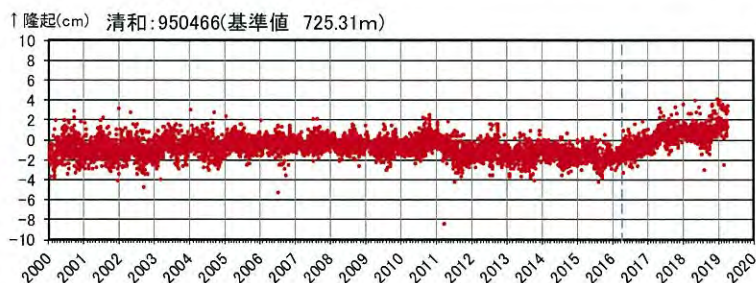
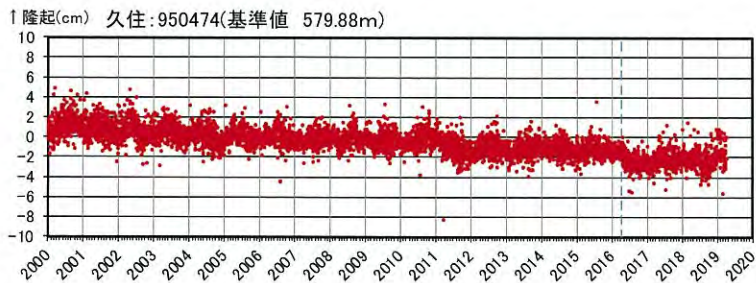
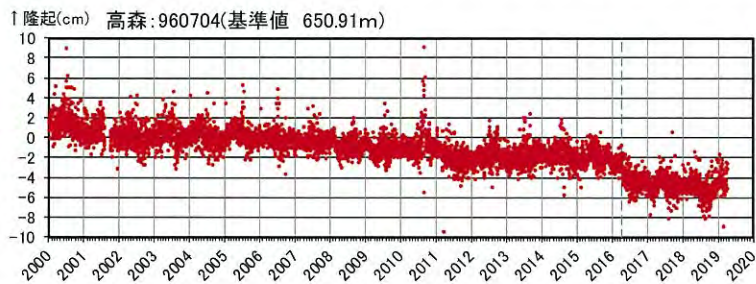
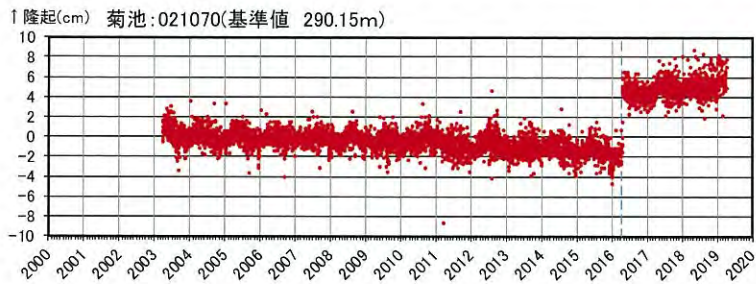
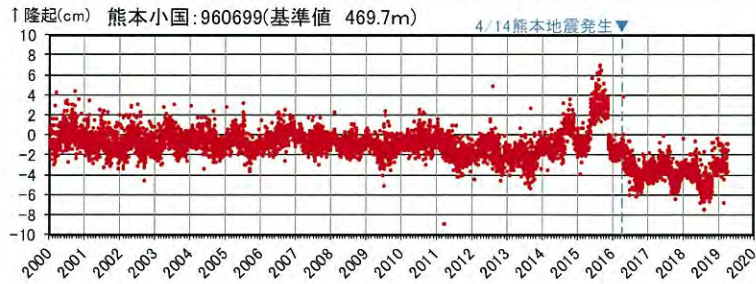
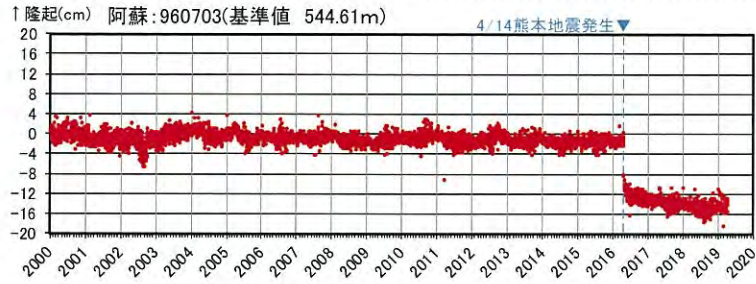


基線⑦～⑨の時系列変化
(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

※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

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

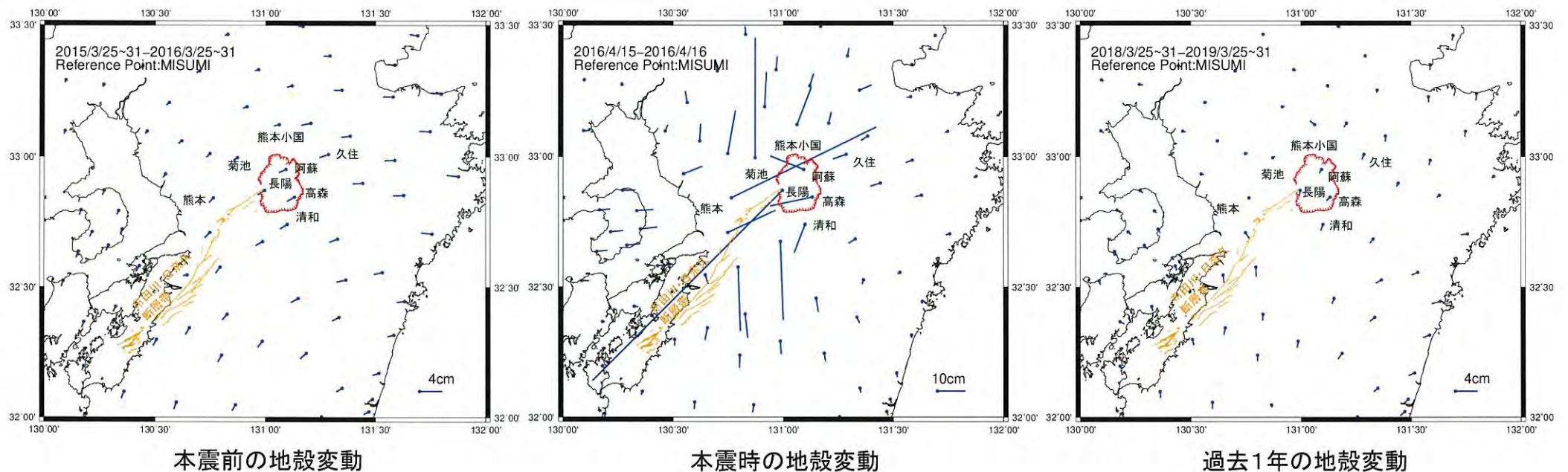
・ 2018年度の鉛直変動は、熊本地震に伴う余効変動が認められるものの、阿蘇カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲での隆起傾向は認められない。



- ※1 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
- ※2 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※3 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

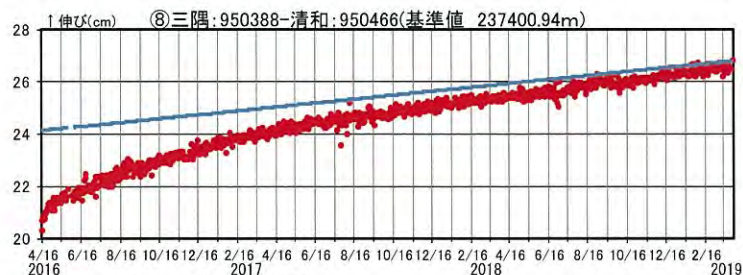
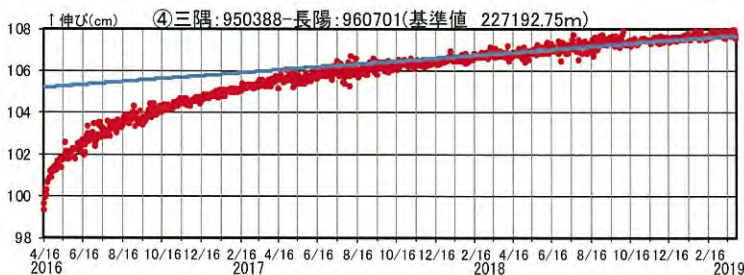
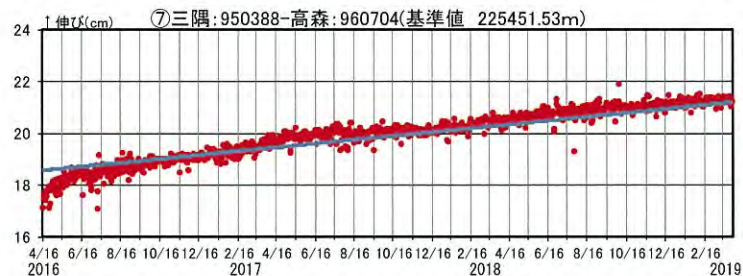
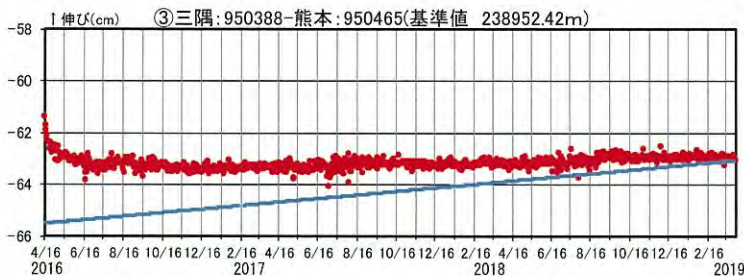
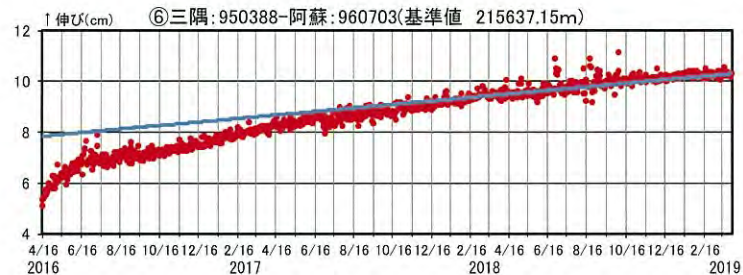
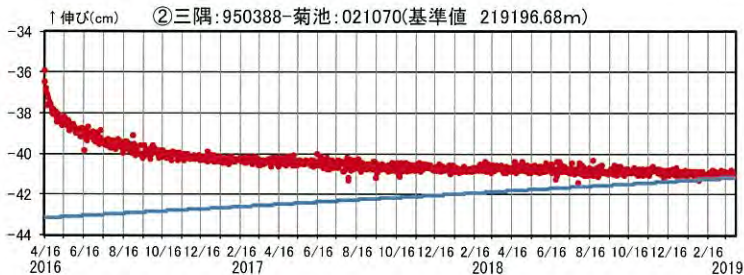
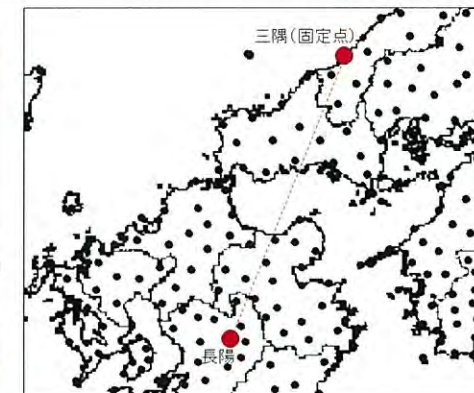
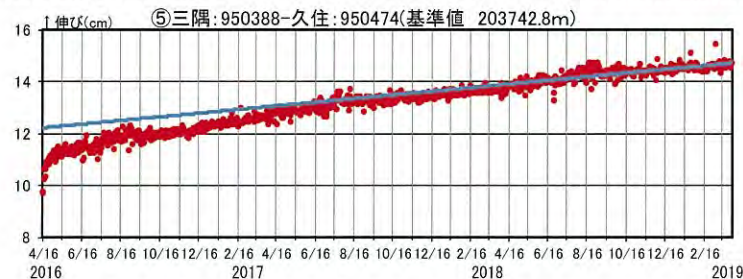
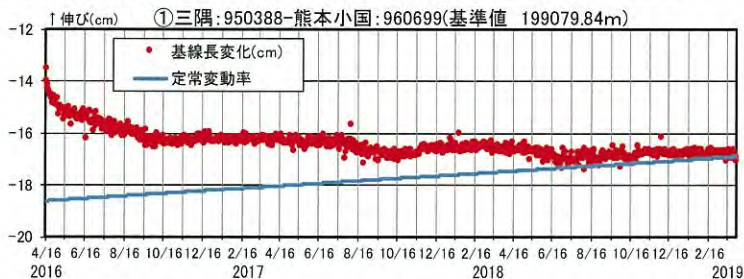
【参考】熊本地震の影響 [地殻変動: 水平変動ベクトル]

- 熊本地震の本震発生(2016年4月16日M7.3)に伴って、布田川・日奈久断層帯沿いに右横ずれの大きな地殻変動が認められ、断層を境に、北側では北向き、南側では南向きの変動が生じている。
- 過去1年の地殻変動は、熊本地震の影響による余効変動が小さくなっており、本震前の地殻変動と比較して地震断層北側の一部の点の変動方向は異なるが、地震前の状態に概ね戻っている。



【参考】熊本地震の影響 [地殻変動: 三隅と各観測点の基線長変化]

・ 基線長変化は、菊池と熊本を含む基線に熊本地震の余効変動が継続しているものの、ほとんどの基線において定常変動率と過去1年間の基線長変化が同様の傾向を示していることから、地震前の状態に概ね戻っている。



GNSS連続観測による基線長変化【2016年4月16日～2019年3月31日】

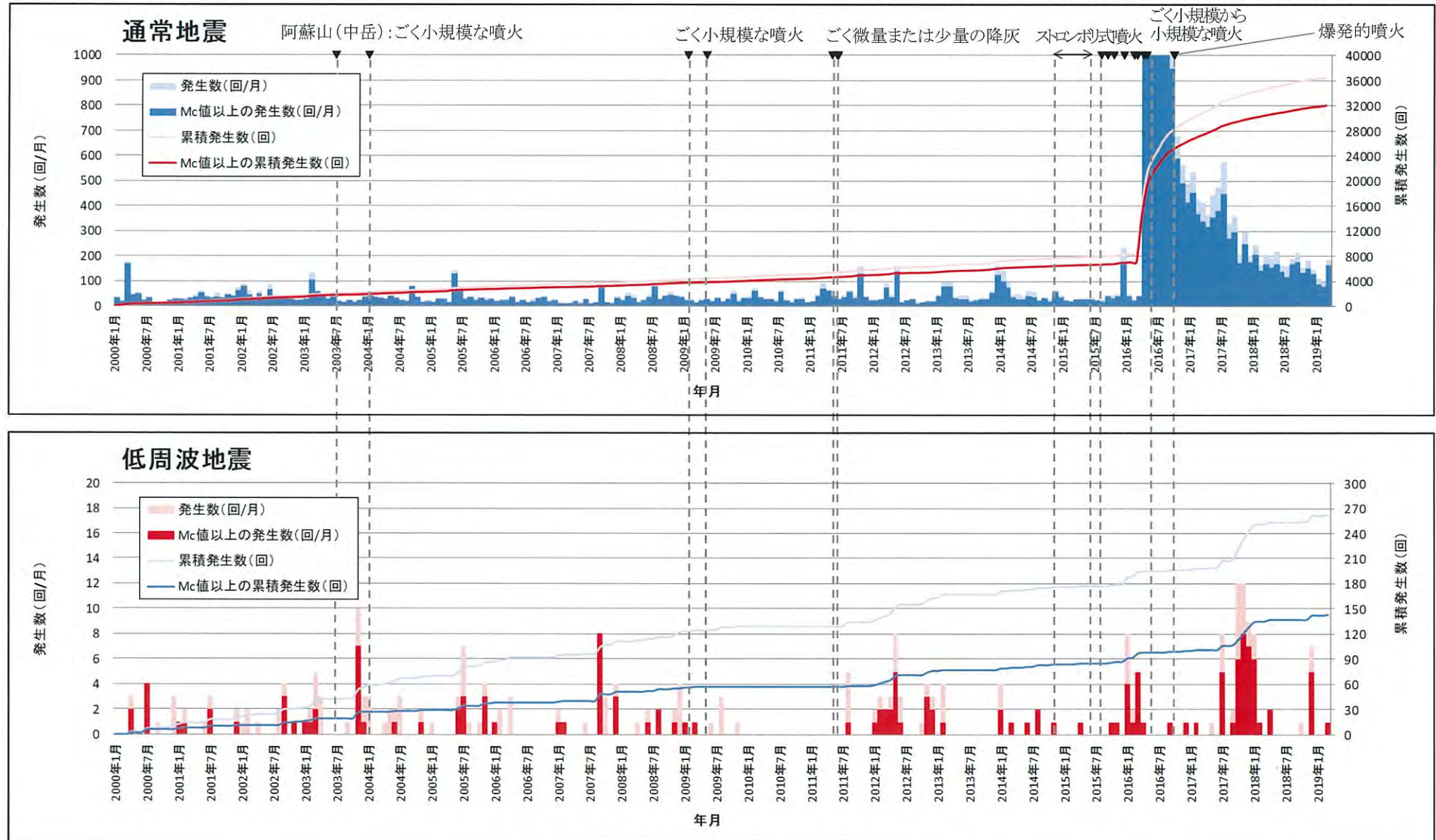
※1 固定点:三隅(島根県)

※2 定常変動率は熊本地震前(2006年12月18日～2016年3月31日)の基線長変化のグラフの傾きを示す

余 白

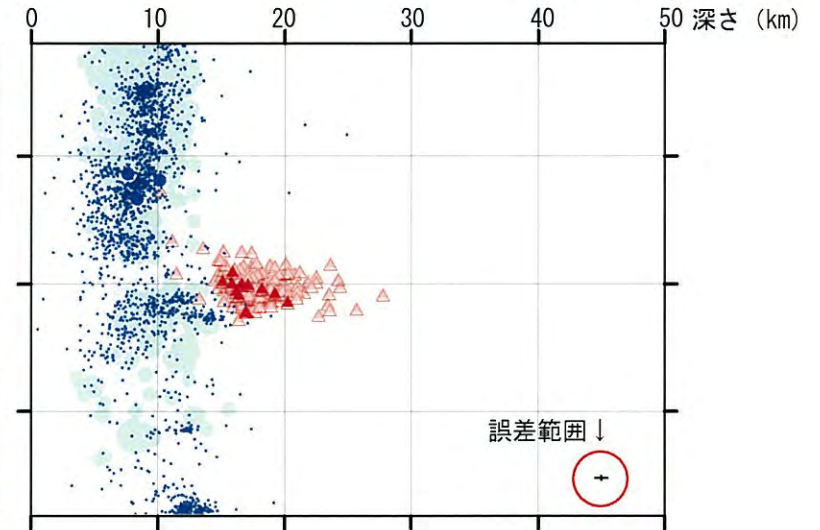
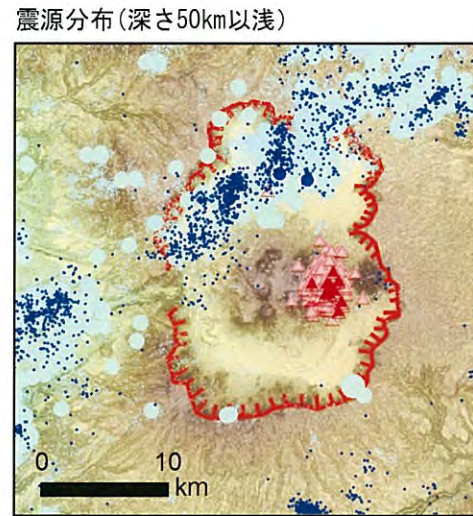
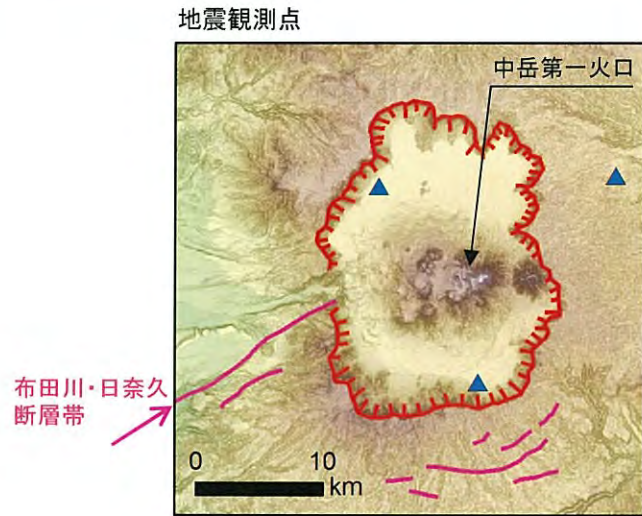
① 阿蘇カルデラ [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]

- ・2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、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が認められるものの、発生数は過去1年と比較して減少傾向にある。なお、位置と規模に有意な変化は認められない。

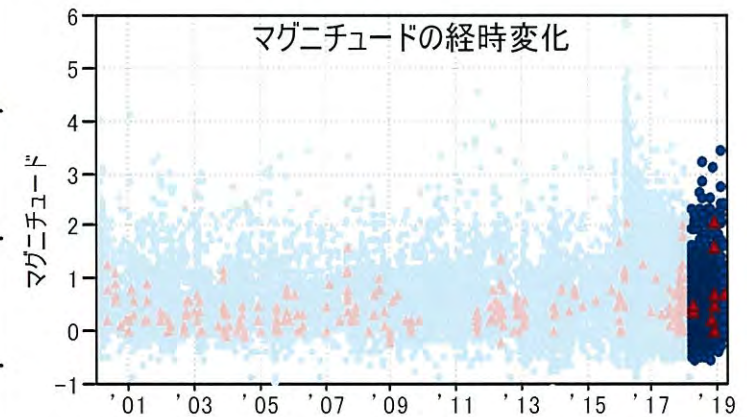
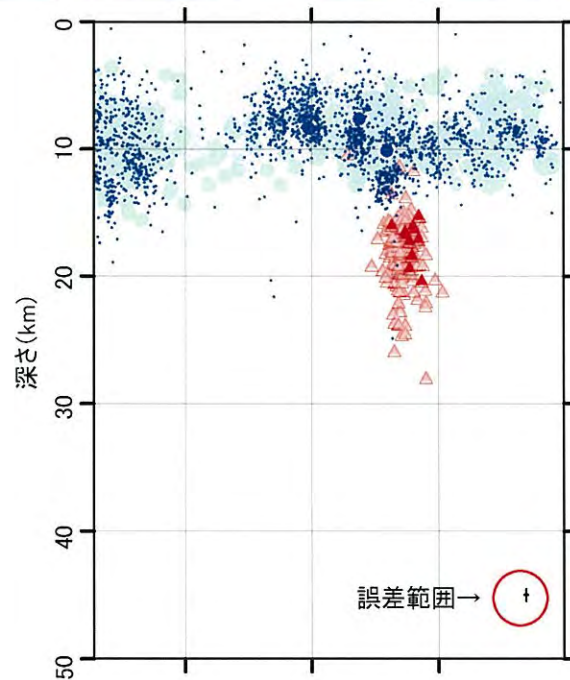


[Mc値(2000~2018年データ使用)] 通常地震: 0.1 低周波地震: 0.4

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]



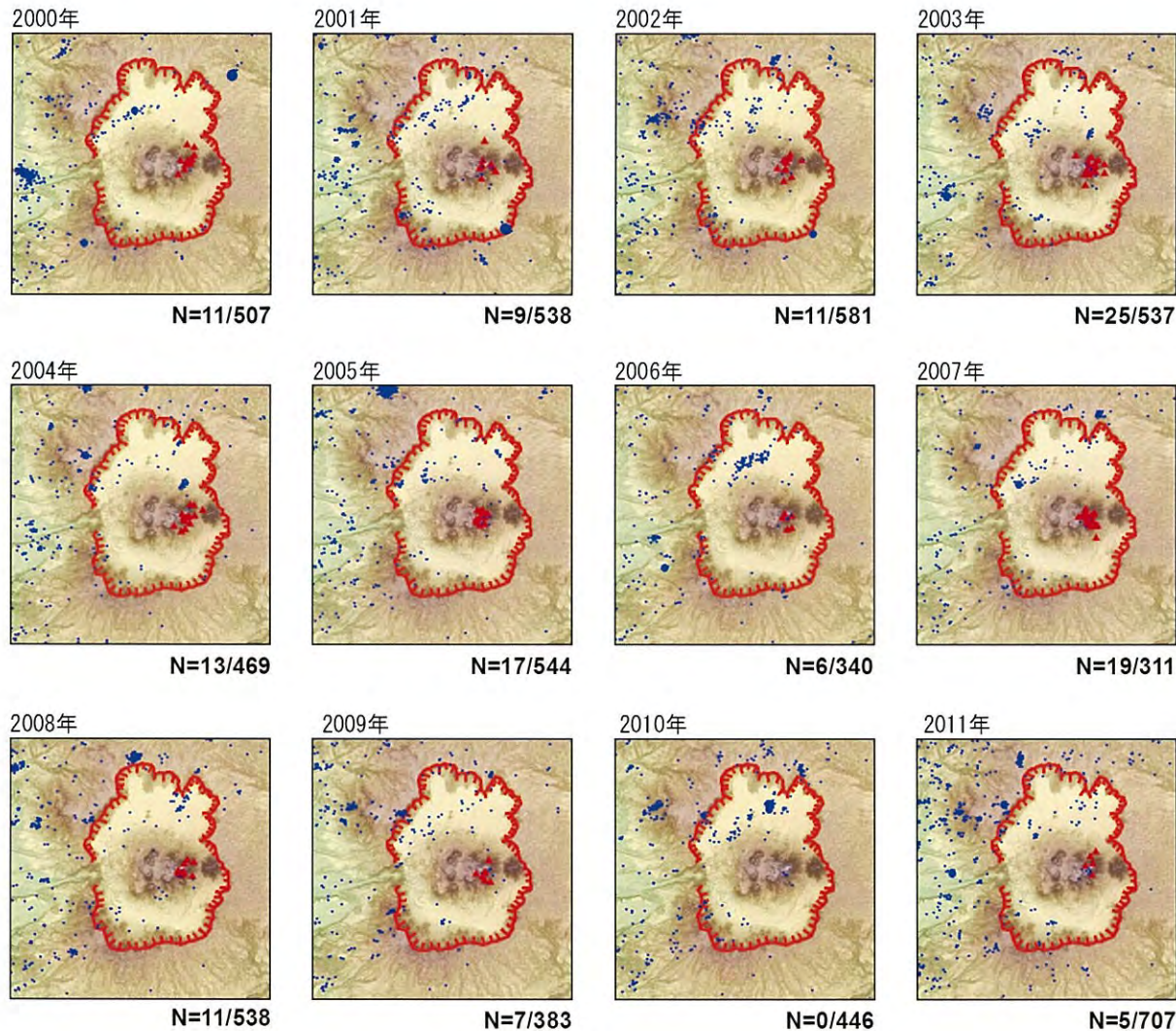
- 凡 例
- 地震観測点
- 大学
 - 気象庁
 - ▲ 防災科学技術研究所
- 震 源
- (2018年4月以降は右のシンボル)
- 通常地震(マグニチュードM)
 - $M < 3$
 - $3 \leq M < 4$
 - $4 \leq M < 5$
 - $5 \leq M$
 - ▲ 低周波地震
- 活断層
- 地震調査研究推進本部による



*震源は2000年以降をプロット。2018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(2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

① 阿蘇カルデラ [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]



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

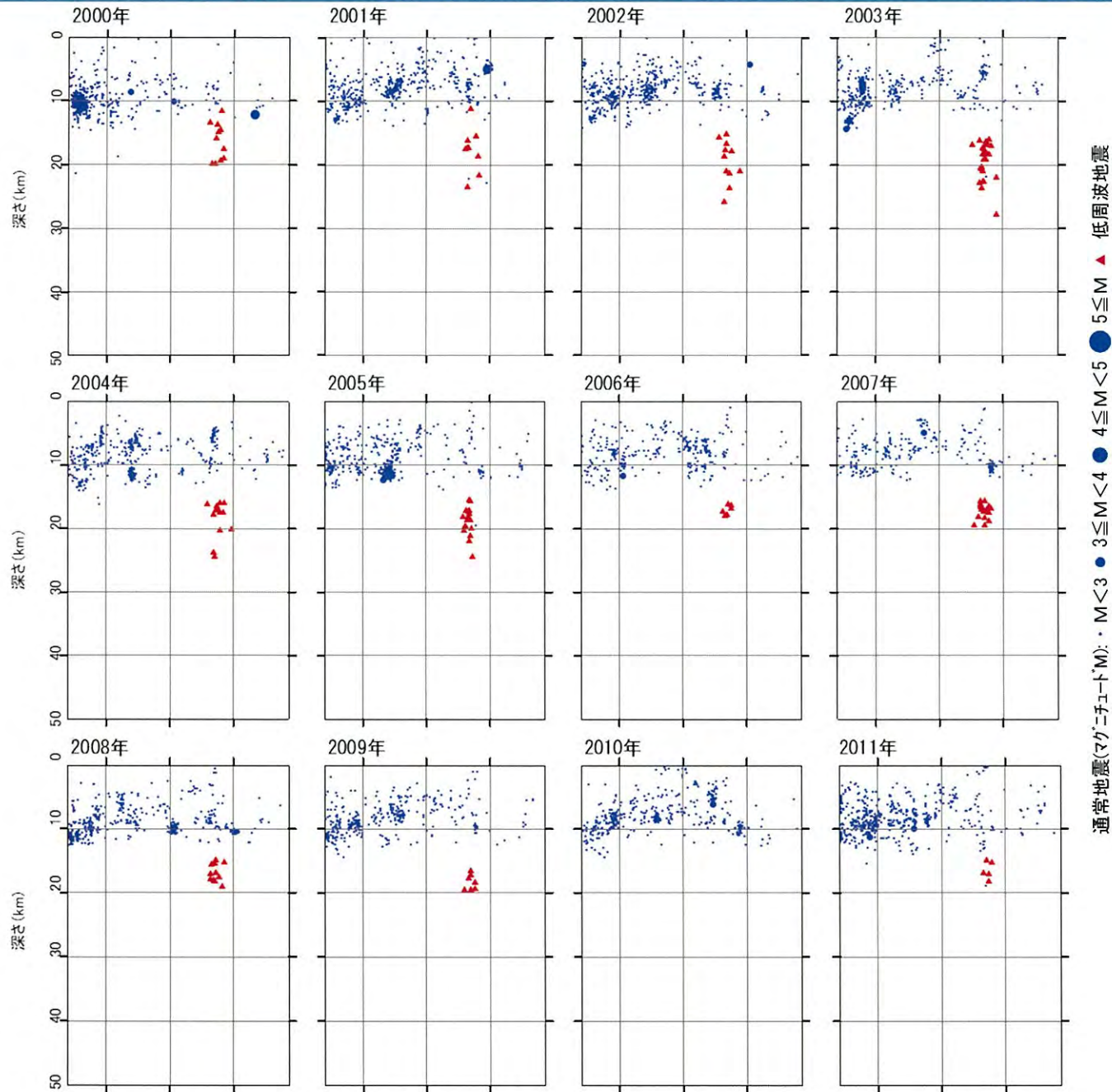
最近の主な噴火

- 2003年7月10日 ごく小規模な噴火
- 2004年1月14日 ごく小規模な噴火
- 2009年2月4日 ごく小規模な噴火
- 2009年5月19日 ごく微量の降灰
- 2011年5月15日～6月9日 ごく少量の火山灰を放出
- 2011年6月15日 ごく少量の降灰

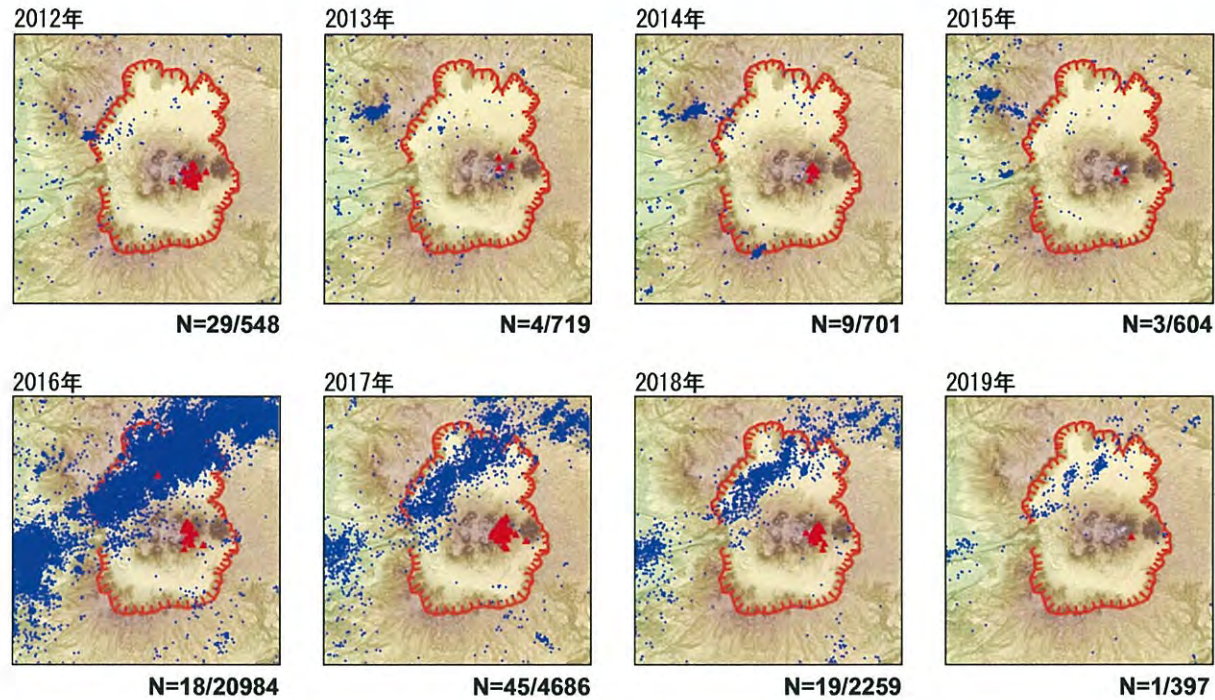
*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



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

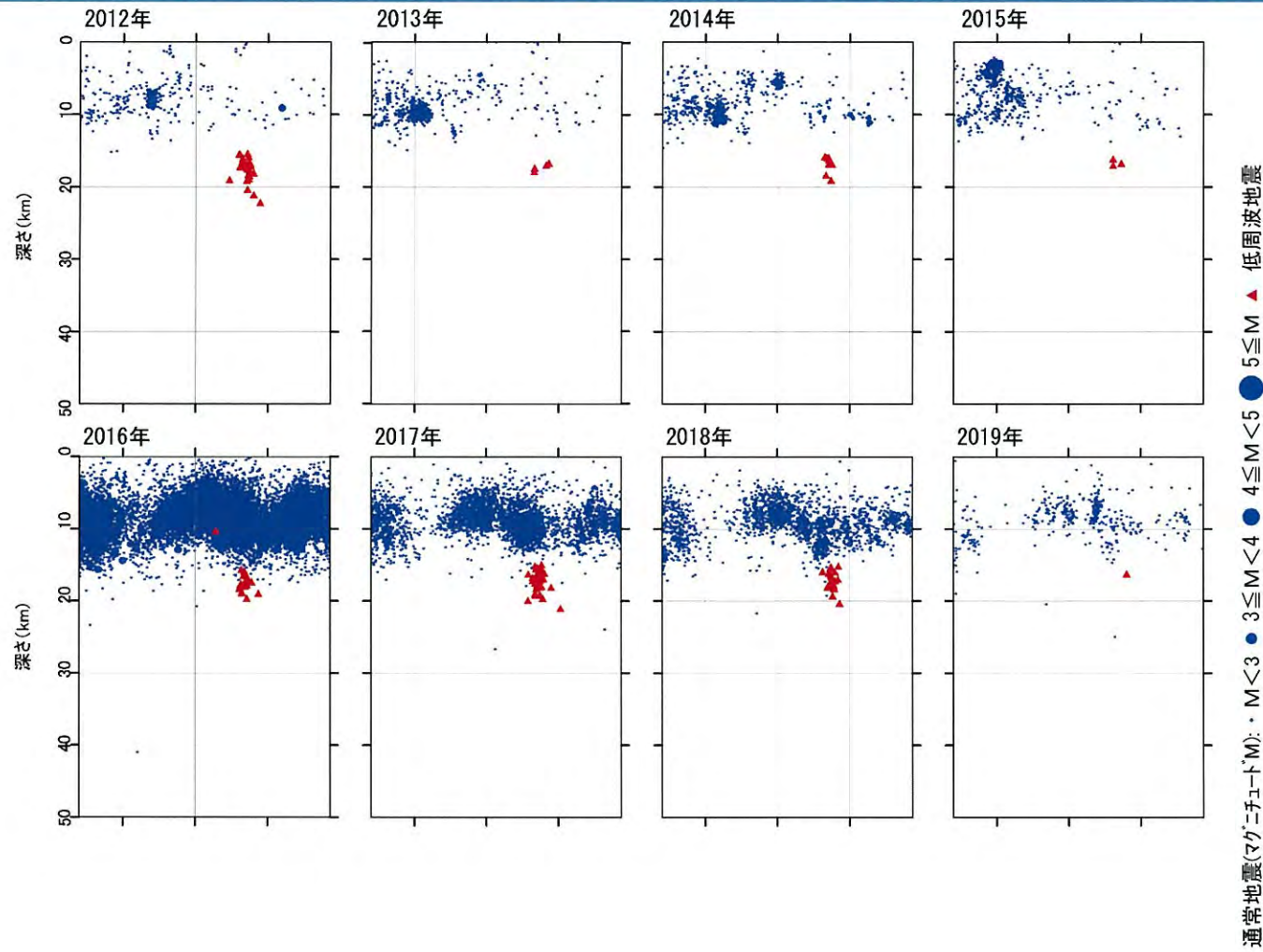
最近の主な噴火

- 2014年11月25日～5月21日 ストロンボリ式噴火
- 2015年8月8日 ごく小規模な噴火
- 2015年9月14日～10月23日 連続的な噴火
- 2015年12月25日 空振を伴う噴火
- 2016年2、3、4、5月 ごく小規模から小規模な噴火
- 2016年10月8日 爆発的噴火

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。
ただし、2019年は3月31日までのもの。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

① 阿蘇カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



① 阿蘇カルデラ [まとめ]

【活火山に関する公的機関の評価】

- ・ 阿蘇山では火山性地震、孤立型微動、火山ガス放出量が多い状態で経過している。
- ・ GNSS連続観測では、マグマだまりを挟む基線に特段の変化は認められていない。

【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、2018年度の基線長変化は、熊本地震に伴う余効変動が認められるものの、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、2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、熊本地震の余震が認められるものの、発生数は過去1年と比較して減少傾向にある。なお、位置と規模に有意な変化は認められない。

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、2018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

広域のGNSS連続観測では、2018年3月の新燃岳の噴火以降、霧島山を挟む基線での伸びは鈍化しているものの継続している。2018年4月以降、硫黄山の周辺部、大幡山、獅子戸岳、韓国岳の周辺などでも地震活動が認められている。

広範囲の地震活動の活発化とGNSS基線の伸長は、霧島山深部のマグマだまりの蓄積を反映していると推定されることから、火山活動の推移を引き続き慎重に監視する必要がある。

【新燃岳】

- ・新燃岳では2018年6月28日以降、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2018年11月中旬頃から少なくなっていたが、2019年2月25日から地震回数が増加し、火山活動がやや高まった状態となっている。
- ・火山ガス(二酸化硫黄)の放出量も、6月以降、概ね少ない状態で推移している。
- ・GNSS連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線での伸びが継続していたが、3月6日から7日にかけて急激な収縮が観測された。3月中旬以降、再び伸びに転じ、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伸びは鈍化しているものの継続している。

【御鉢】

- ・御鉢の南西側が振動源と推定される火山性地震が、2月9日から16日にかけて一時的に増加した。また、継続時間の短い火山性微動も2回発生した。その後、火山性地震は少ない状態で経過し、火山性微動は2月10日以降、観測されていない。
- ・地殻変動観測では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められなかった。
- ・噴火の兆候は認められないが、霧島山全体の火山活動が活発であることから、火口内で噴気や火山灰、火山ガス等の規模の小さな噴出現象が突発的に発生する可能性がある。

【えびの高原(硫黄山)周辺】

- ・硫黄山では、2018年4月27日以降、噴火は発生していない。2018年5月下旬以降、噴気・熱泥噴出活動は弱まった状態が続いていたが、9月からやや活発化している。
- ・硫黄山付近では、ごく微小な地震を含む火山性地震は概ねやや多い状態で経過した。また、浅い所を震源とする低周波地震も引き続き発生している。
- ・硫黄山近傍のGNSS基線や精密水準測量結果では、2018年4月19日の噴火に伴い山体の収縮を示す変動がみられたが、6月上旬から再び伸びの傾向が継続している。
- ・硫黄山では、火山活動が高まった状態が継続しており、ごく小規模な噴火の可能性がある。

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

・2018年度の基線長変化は、霧島山の活動に関連した変動が認められるものの、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。

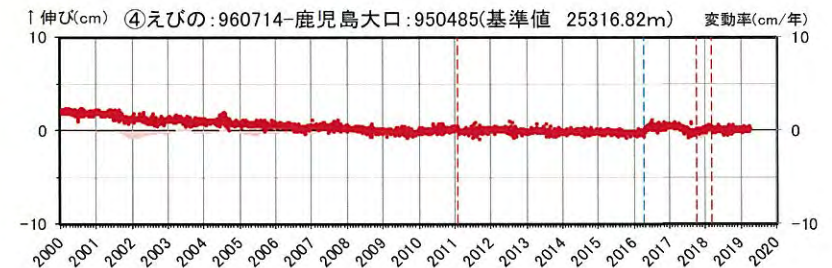
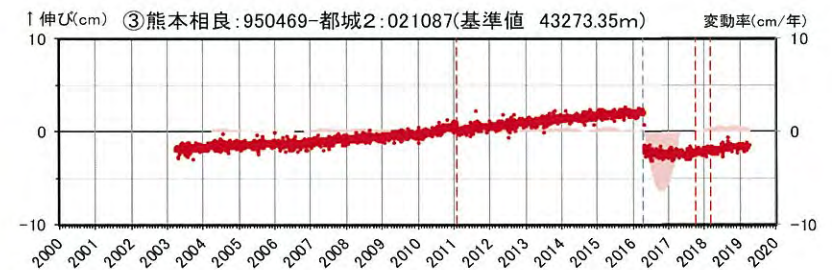
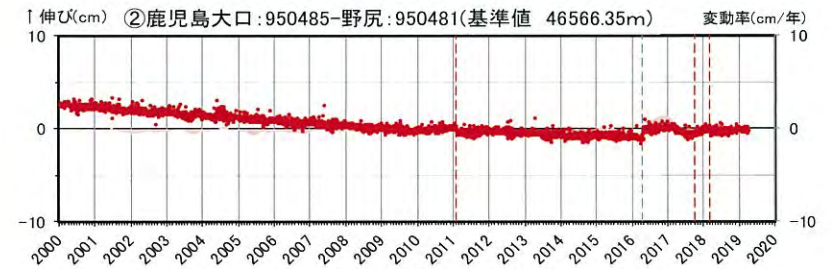
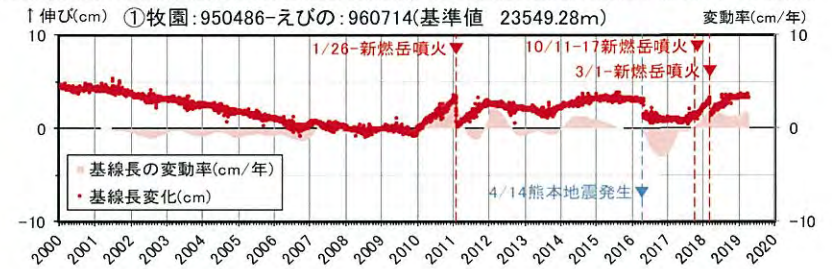


この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

● GNSS観測点

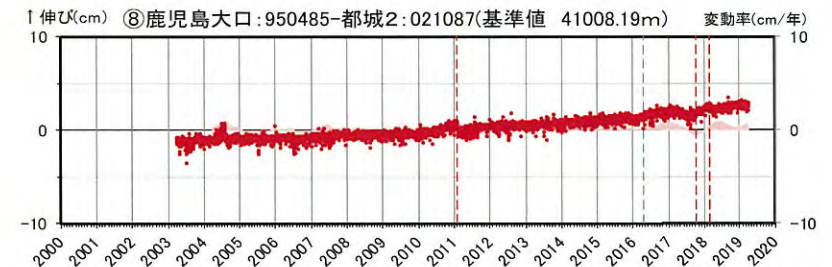
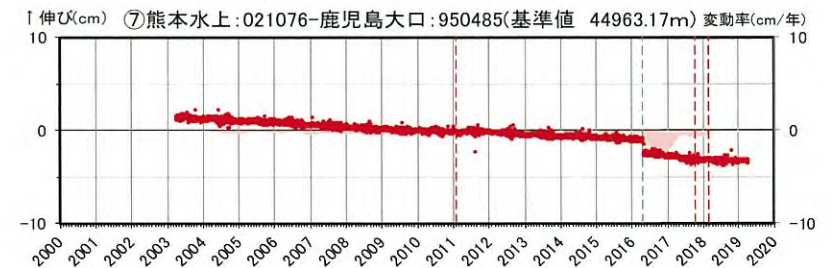
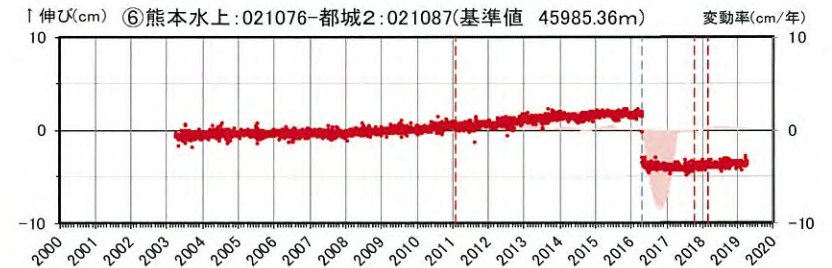
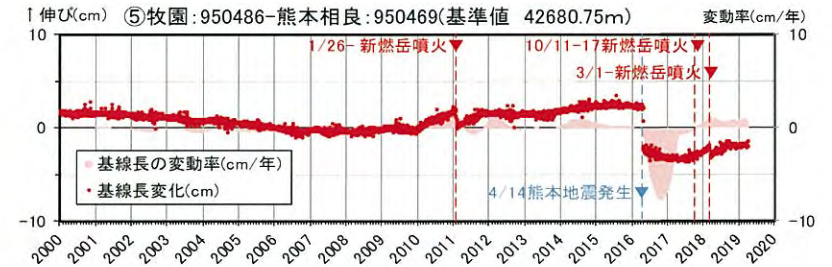
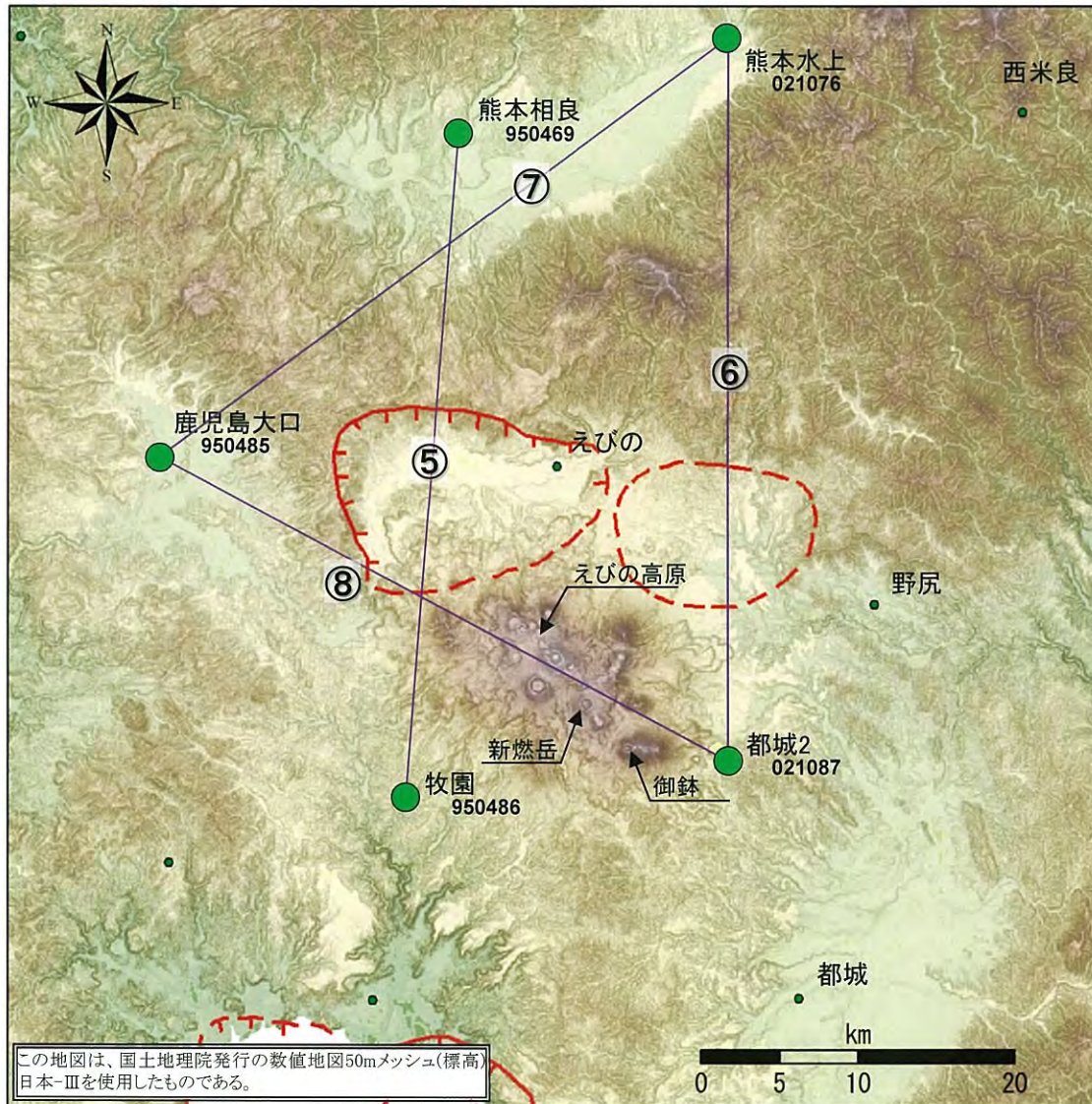
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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]



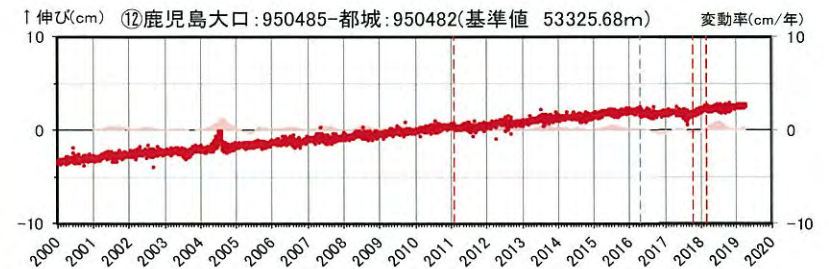
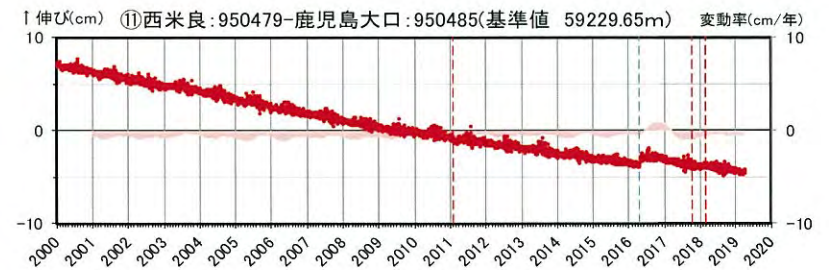
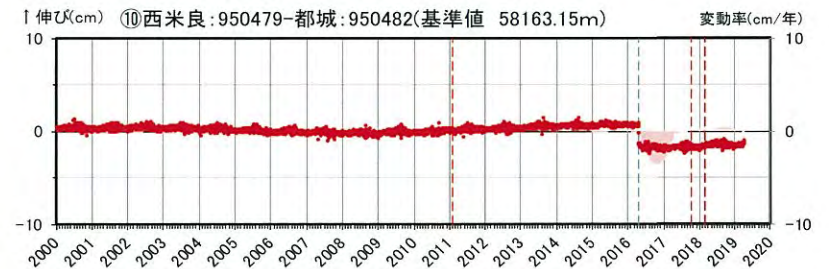
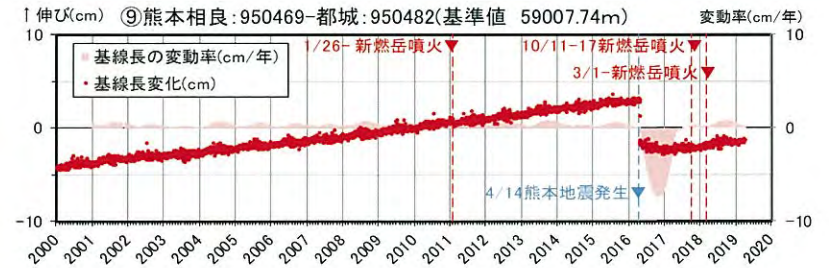
基線⑤～⑧の時系列変化

※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

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点

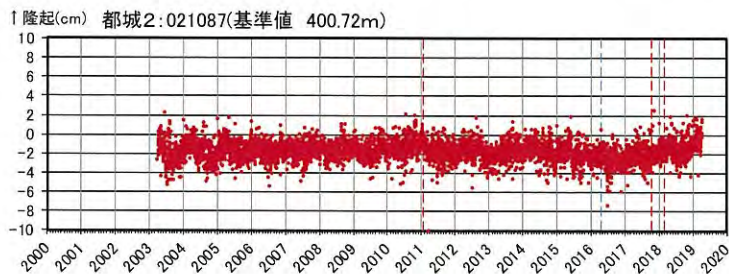
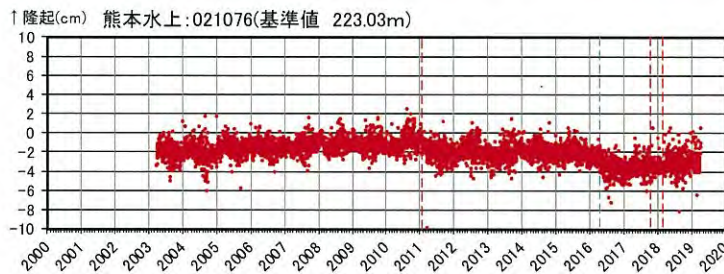
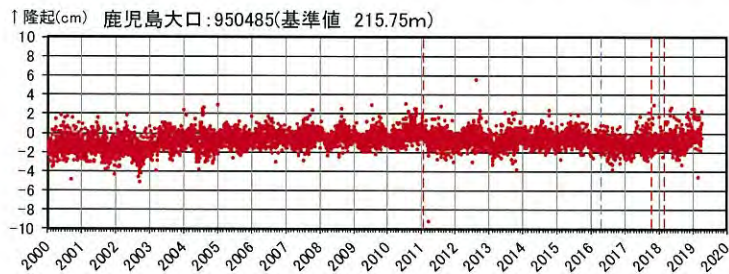
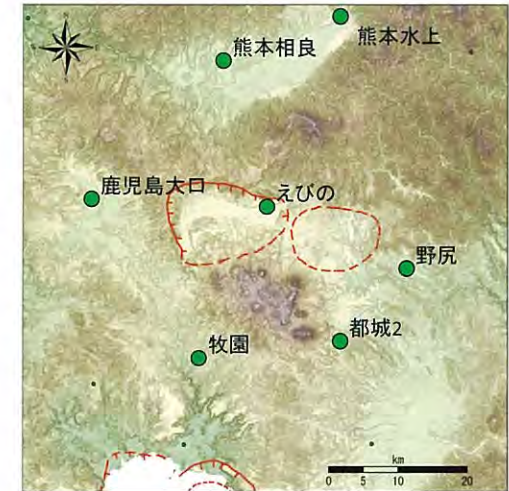
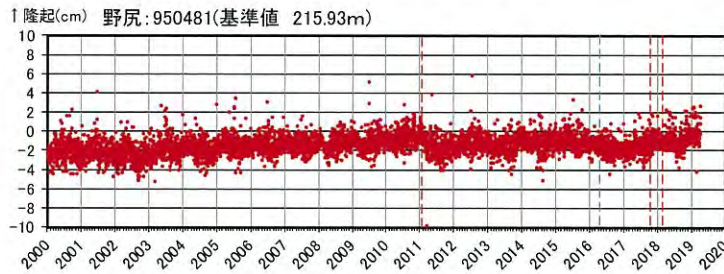
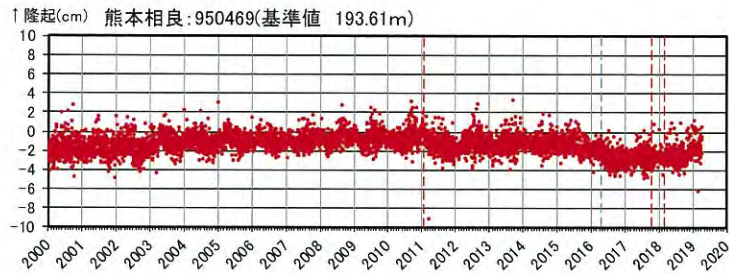
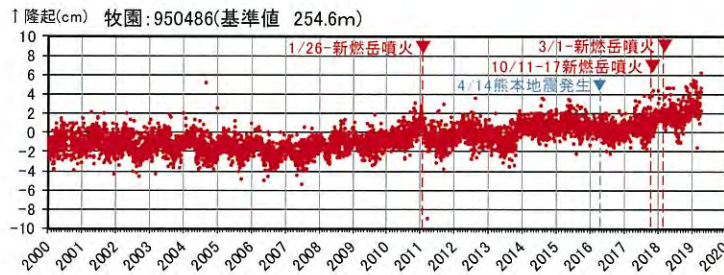
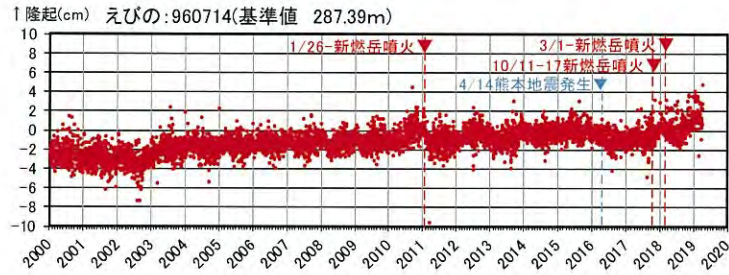


基線⑨~⑫の時系列変化

- ※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

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

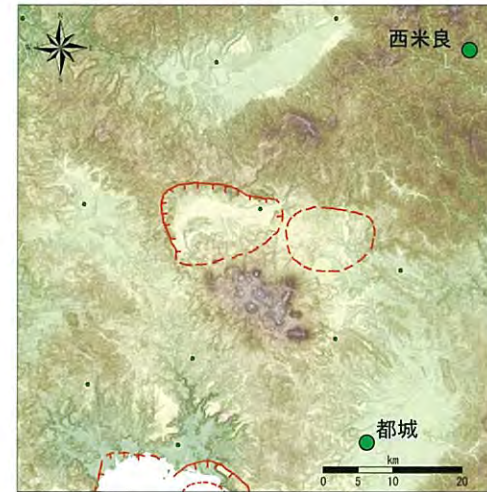
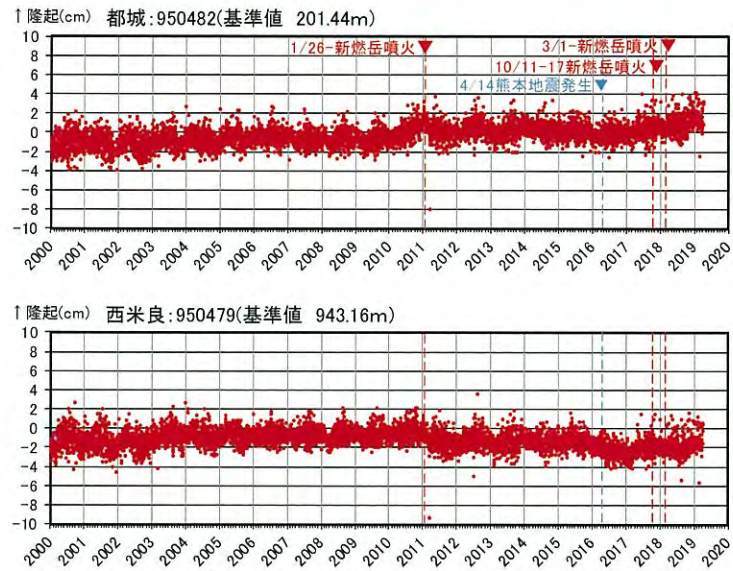
・2018年度の鉛直変動は、霧島山の活動に関連した変動が認められるものの、加久藤・小林カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲での鉛直傾向は認められない。



※1 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※2 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

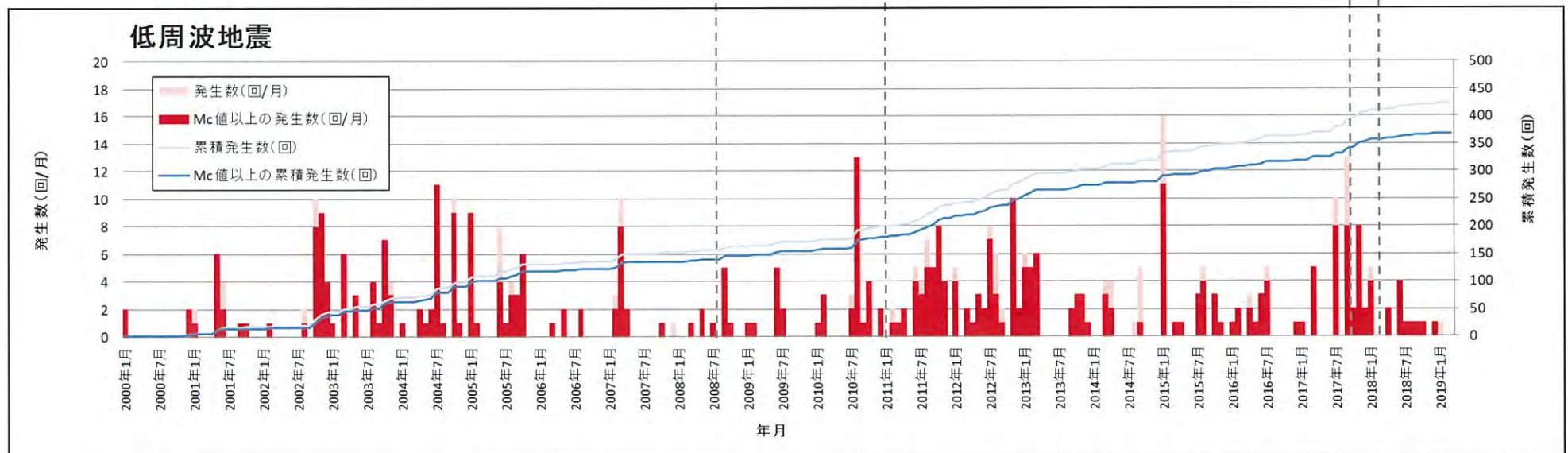
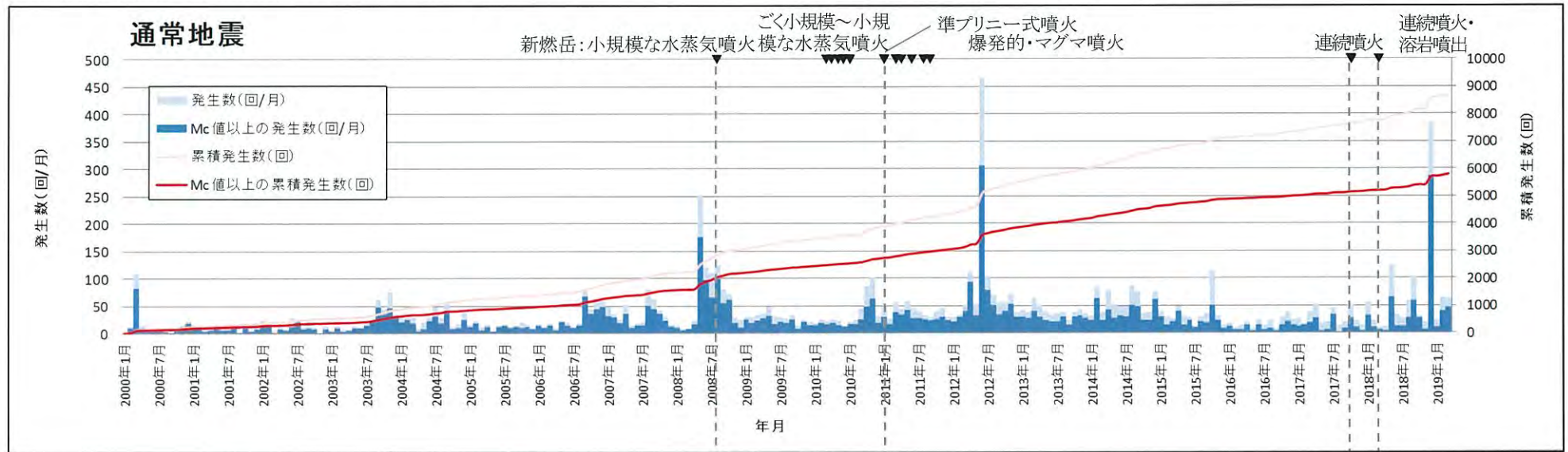
② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]



- ※1 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※2 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

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]

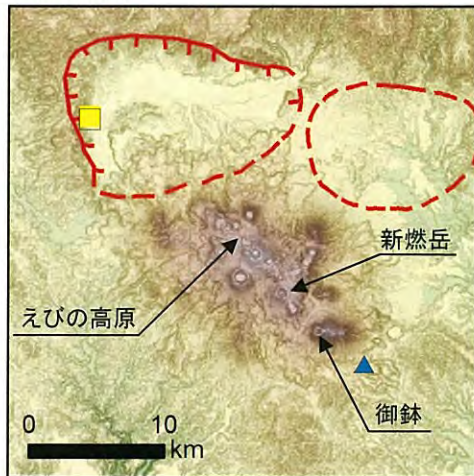
・ 2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、2018年12月に最大M3.4の地震が発生したものの、現在は地震前の状態に戻っている。しかしながら、この地震は加久藤カルデラ内で発生したことから、今後の地震活動に留意していく。



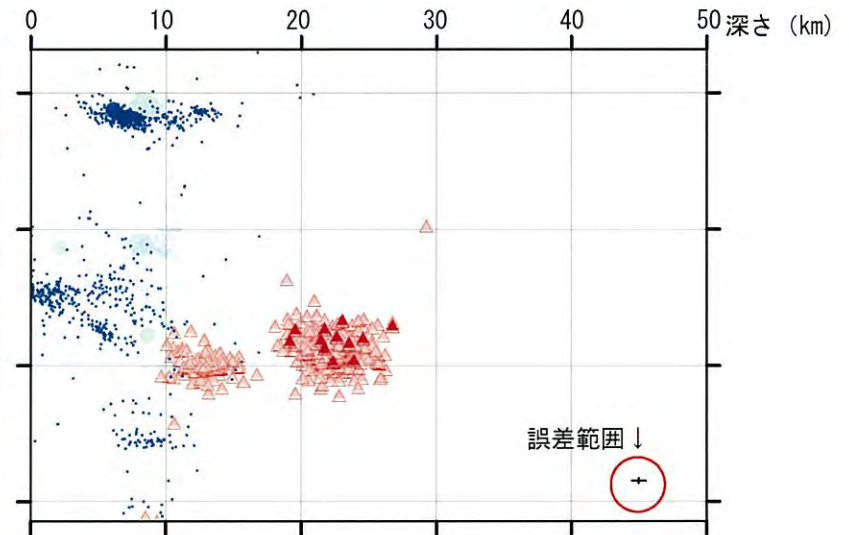
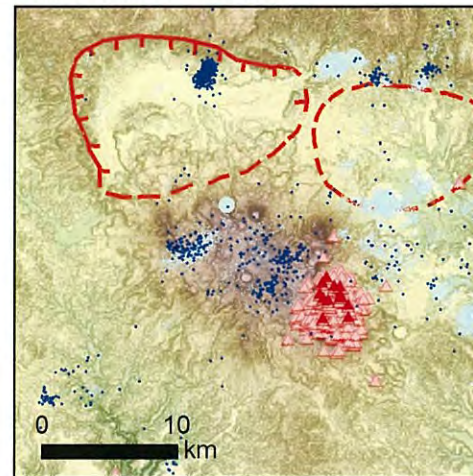
[Mc値(2000～2018年データ使用)] 通常地震: 0.3 低周波地震: 0.0

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)



凡 例

地震観測点

- 大学
- 気象庁
- ▲ 防災科学技術研究所

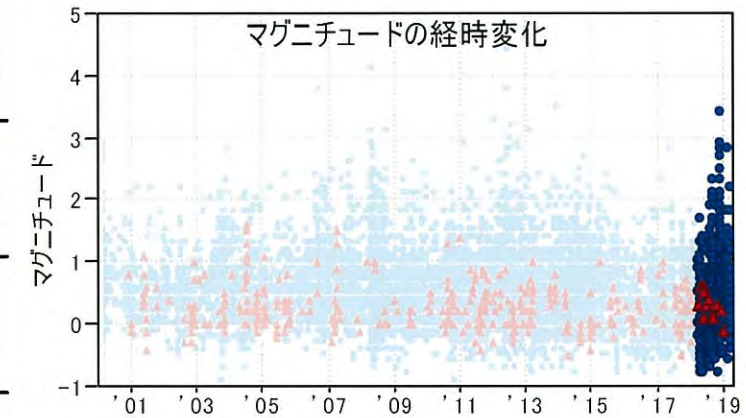
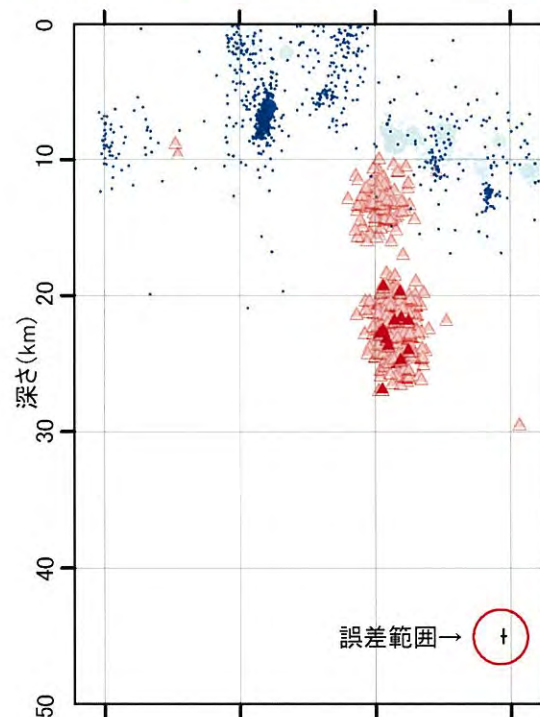
震 源

(2018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

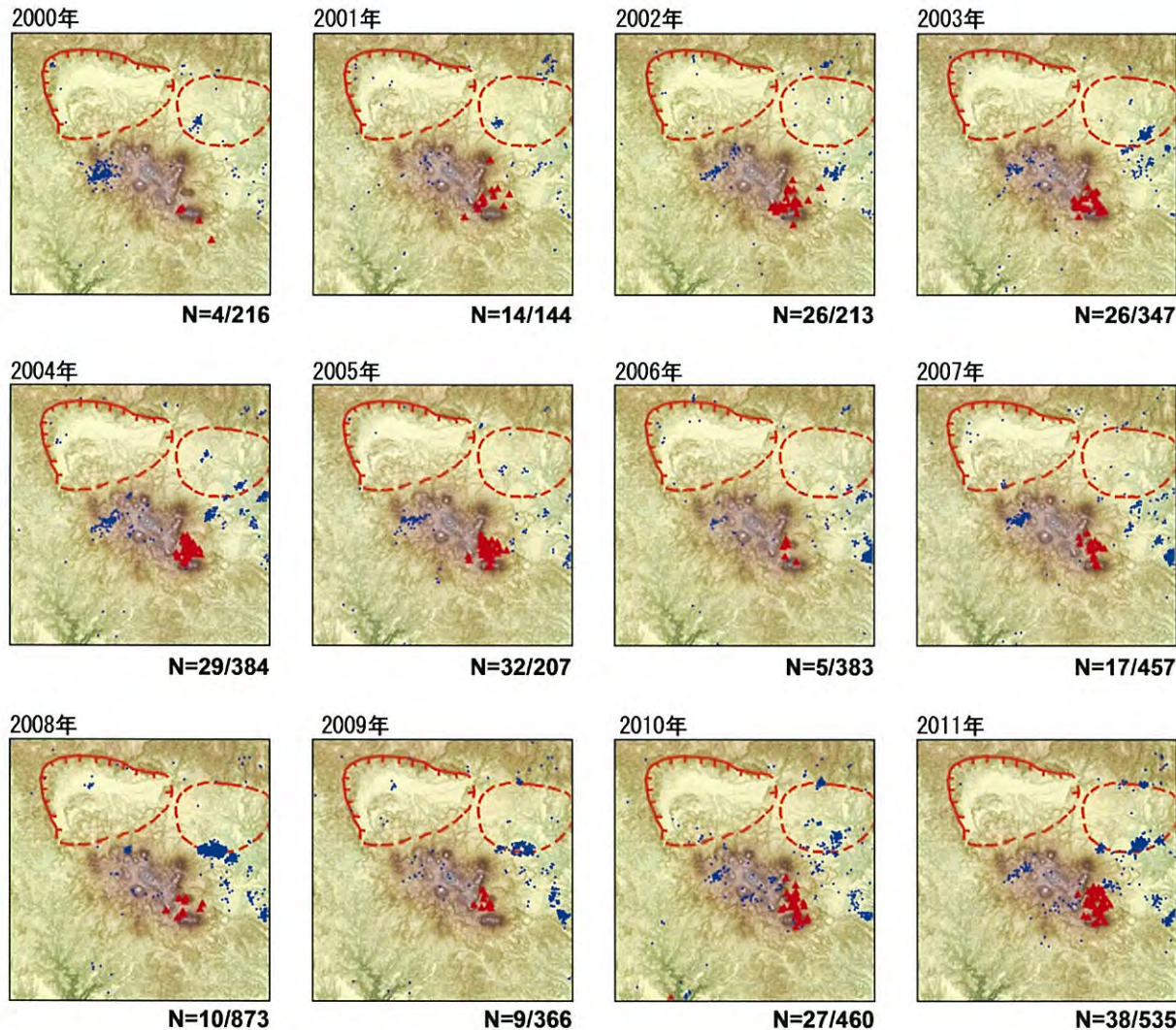
- 地震調査研究推進本部による



*震源は2000年以降をプロット。2018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(2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

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]



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

最近の主な噴火

2008年 小規模: 水蒸気噴火

8月22日 新燃岳、小林市方面へ降灰

2010年 水蒸気噴火

3月30日、4月17日、5月27日、6月27日、6月28日

7月5日、7月10日

新燃岳でごく小規模～小規模噴火を繰り返す

2011年 中規模: マグマ水蒸気噴火

1月19日 小規模な噴火

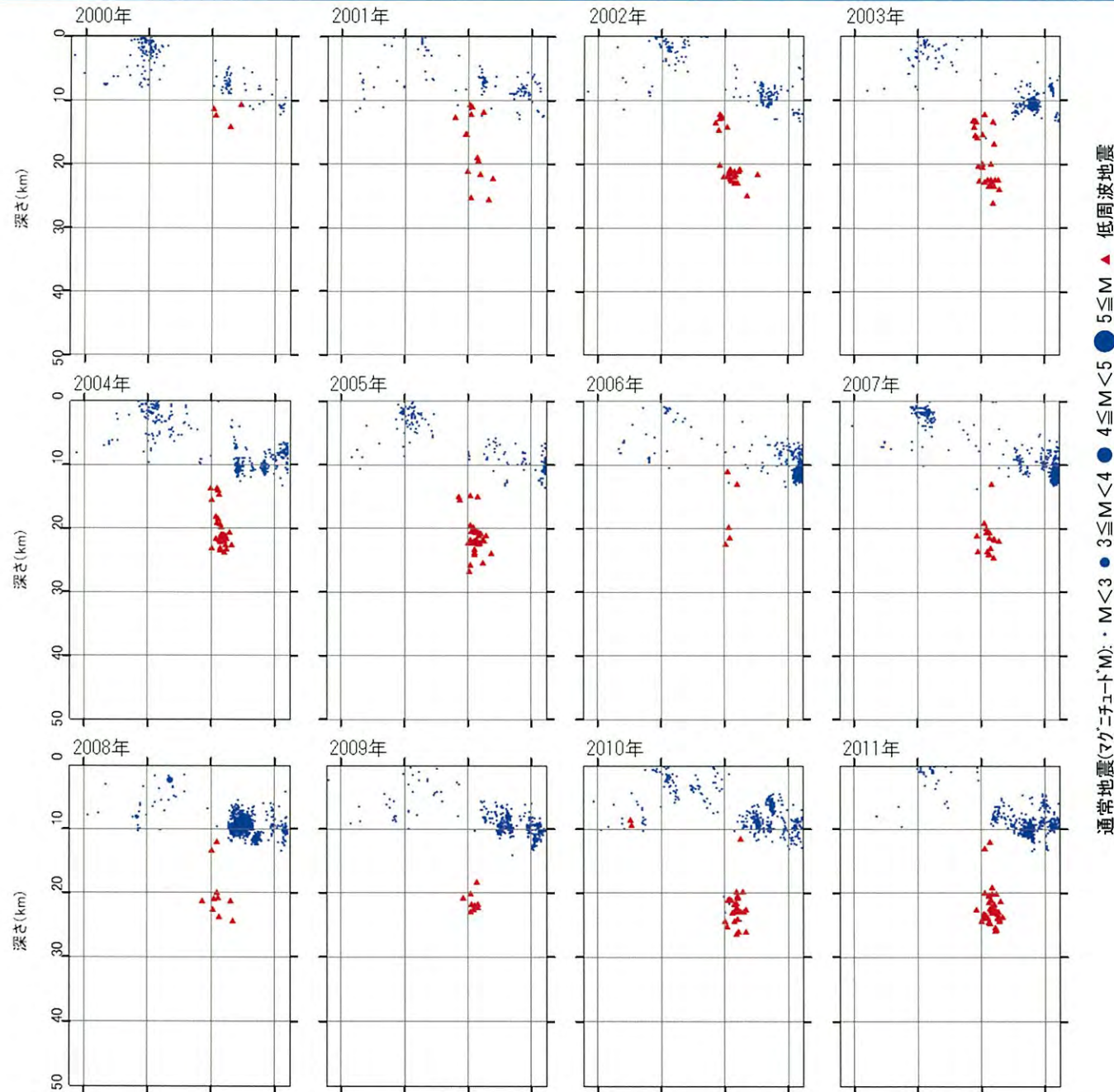
1月26日～27日 準プリニー式噴火

1月27日～3月1日 ブルカノ式噴火

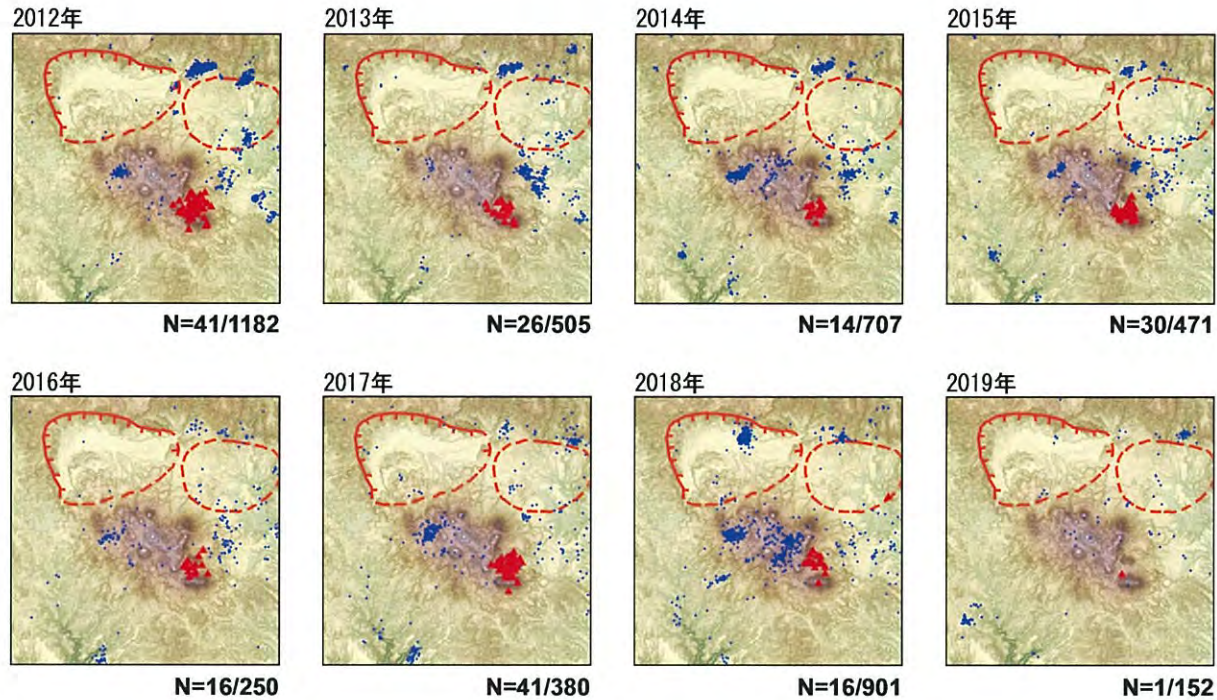
*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高日本-Ⅲを使用したものである。

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]



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]



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

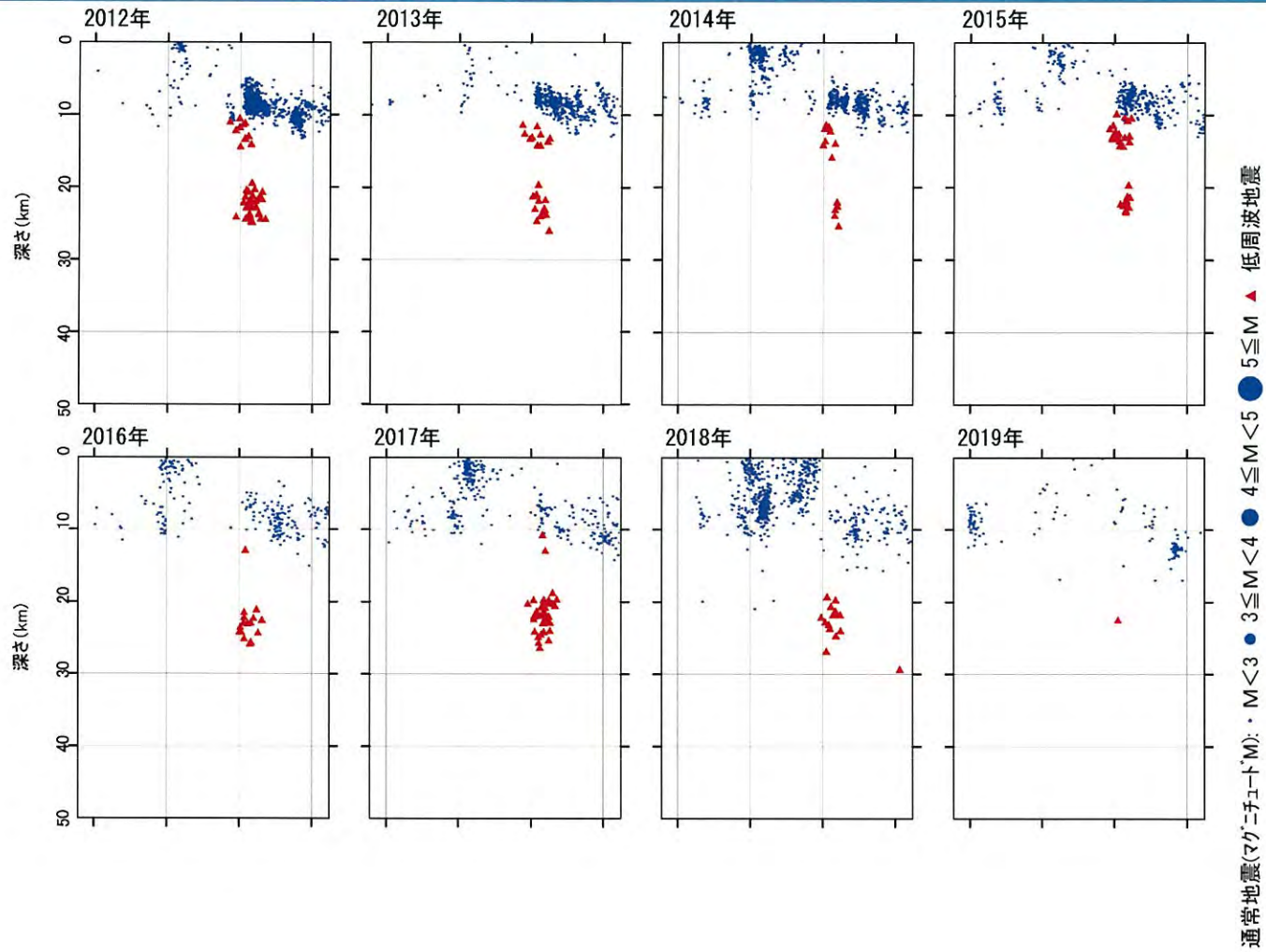
最近の主な噴火

- 2017年 10月11日~17日 小規模噴火
- 2018年 3月1日~ 小規模噴火
- 2018年 3月6日~ 爆発的噴火、溶岩蓄積・流出
- 2018年 3月25日 小規模火砕流発生
- 2018年 4月5日 小規模火砕流発生
- (6月28日以降、噴火は観測されていない)

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。
ただし、2019年は3月31日までもの。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである。

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]



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】

- ・ 広域のGNSS連続観測では、2018年3月の新燃岳の噴火以降、霧島山を挟む基線での伸びは鈍化しているものの継続している。
- ・ 広範囲の地震活動の活発化とGNSS基線の伸長は、霧島山深部のマグマだまりの蓄積を反映していると推定されることから、火山活動の推移を引き続き慎重に監視する必要がある。

【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、2018年度の基線長変化は、霧島火山の活動に関連した変動が認められるものの、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、2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、2018年12月に最大M3.4の地震が発生したものの、現在は地震前の状態に戻っている。しかしながら、この地震は加久藤カルデラ内で発生したことから、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、2018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

桜島の南岳山頂火口では活発な噴火活動が継続していたが、1月中旬頃から噴火活動がやや低下している。しかし、火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は概ね多い状態が続いていることなどから、今後も南岳山頂火口を中心に、噴火活動が継続すると考えられる。

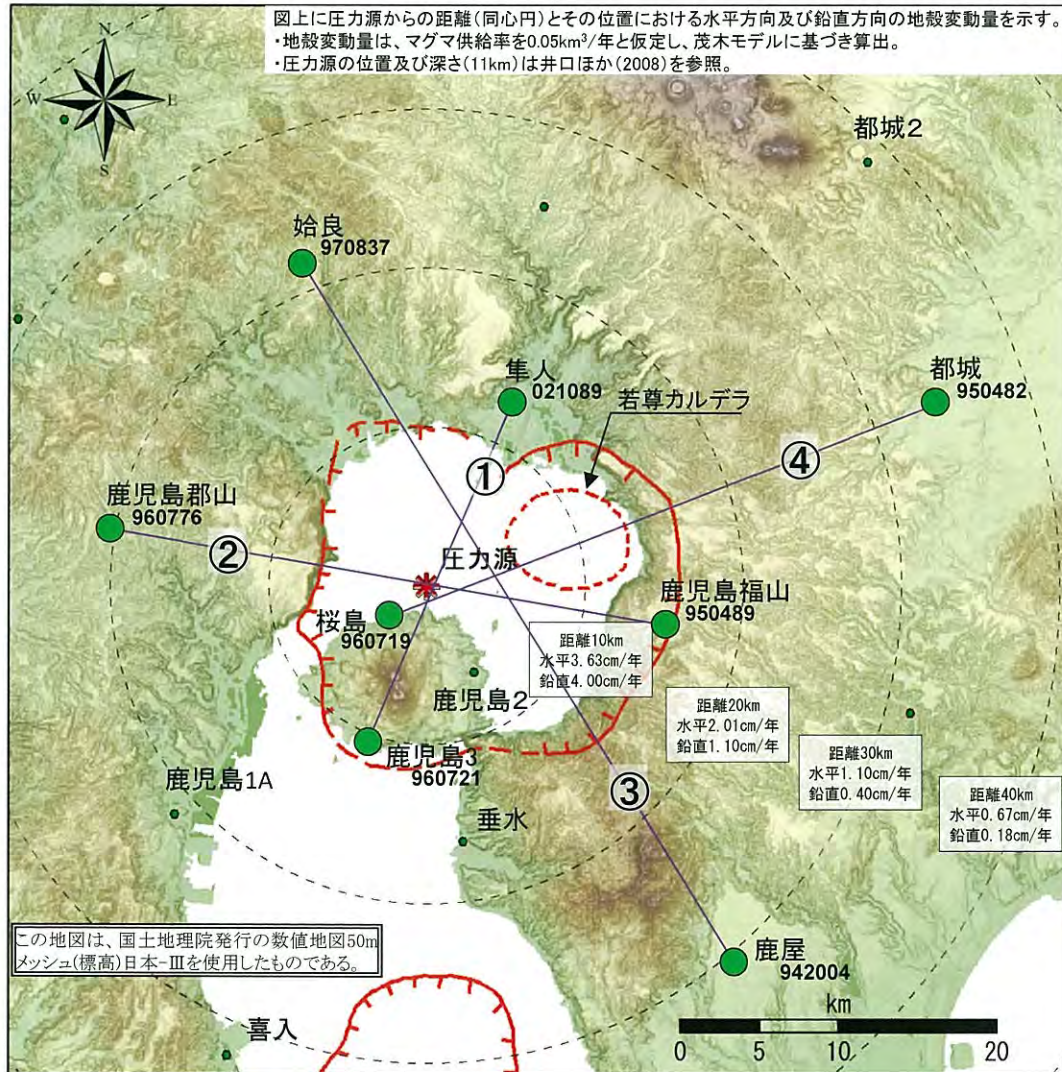
- 南岳山頂火口での爆発的噴火は10月なし、11月2回、12月34回、1月6回、2月8回(17日まで)発生した。11月14日の爆発的噴火では、噴煙は最高で火口縁上4,000mまで上がり雲に入った。大きな噴石は4合目(南岳山頂火口より1,300~1,700m)まで達した。
- 昭和火口では2018年4月4日以降、ごく小規模な噴火も発生していない。
- 南岳山頂火口では、夜間に高感度の監視カメラで火映を時々観測した。
- 火山ガス(二酸化硫黄)の1日あたりの放出量は、2018年11月以降増加し、12月は1,800~4,500トンと非常に多くなった。1月は1,800~2,300トン、2月も3,000トンと概ね多い状態が続いている。
- 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、2018年9月約8万トン、10月約4万トン、11月約9万トン、12月約16万トン、1月5万トンと前回(6月~8月)と比べて同程度であった。
- 火山性地震は概ね少ない状態で経過した。火山性微動は時々発生した。
- 桜島島内の地殻変動観測では収縮がみられている。
- 広域のGNSS連続観測でみられている始良カルデラ(鹿児島湾奥部)の地下深部の膨張を示す基線の伸びは、わずかながら継続している。

○若尊

- 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。

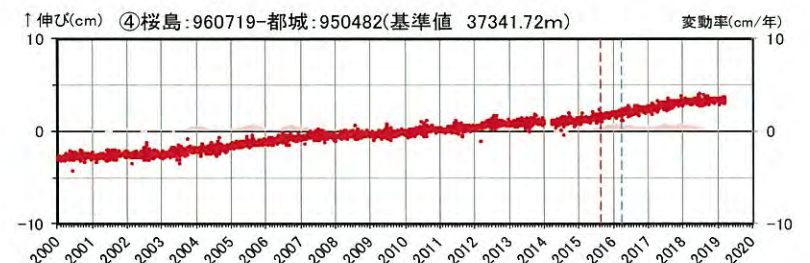
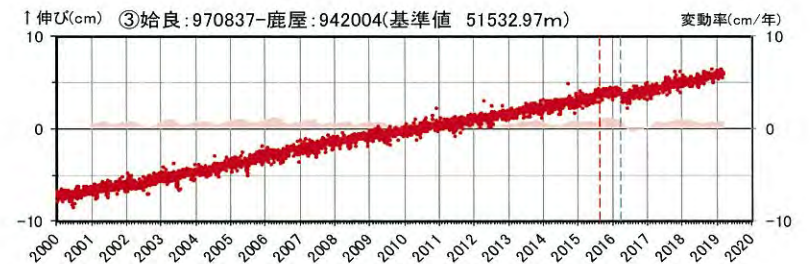
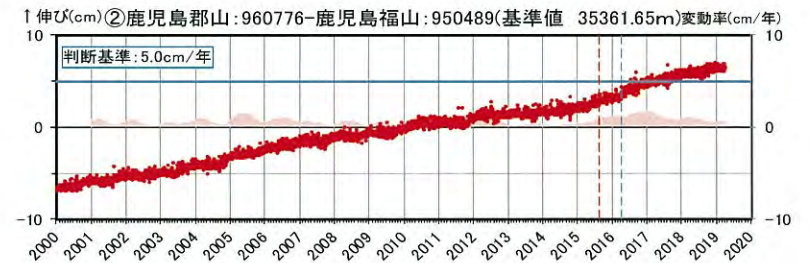
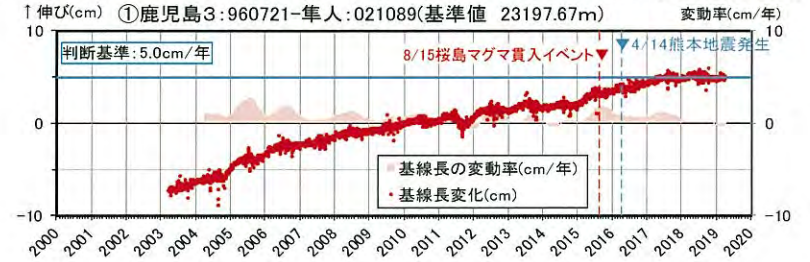
③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

- ・始良カルデラ周辺の多くの基線で、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、2018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 $0.05\text{km}^3/\text{年} \div$ 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、監視レベルは「注意」を継続する。



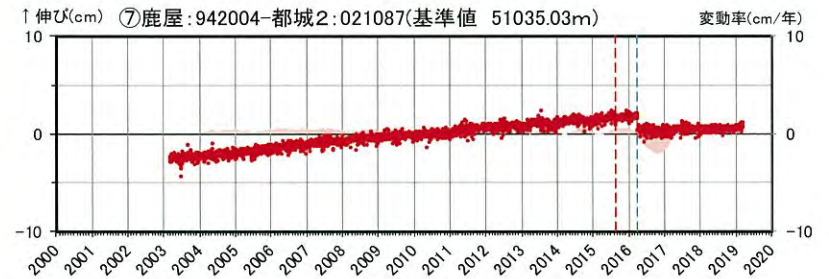
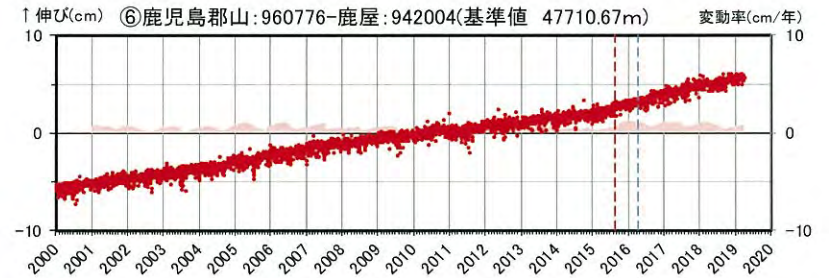
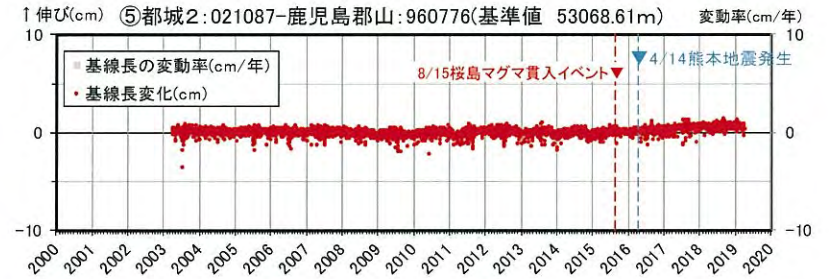
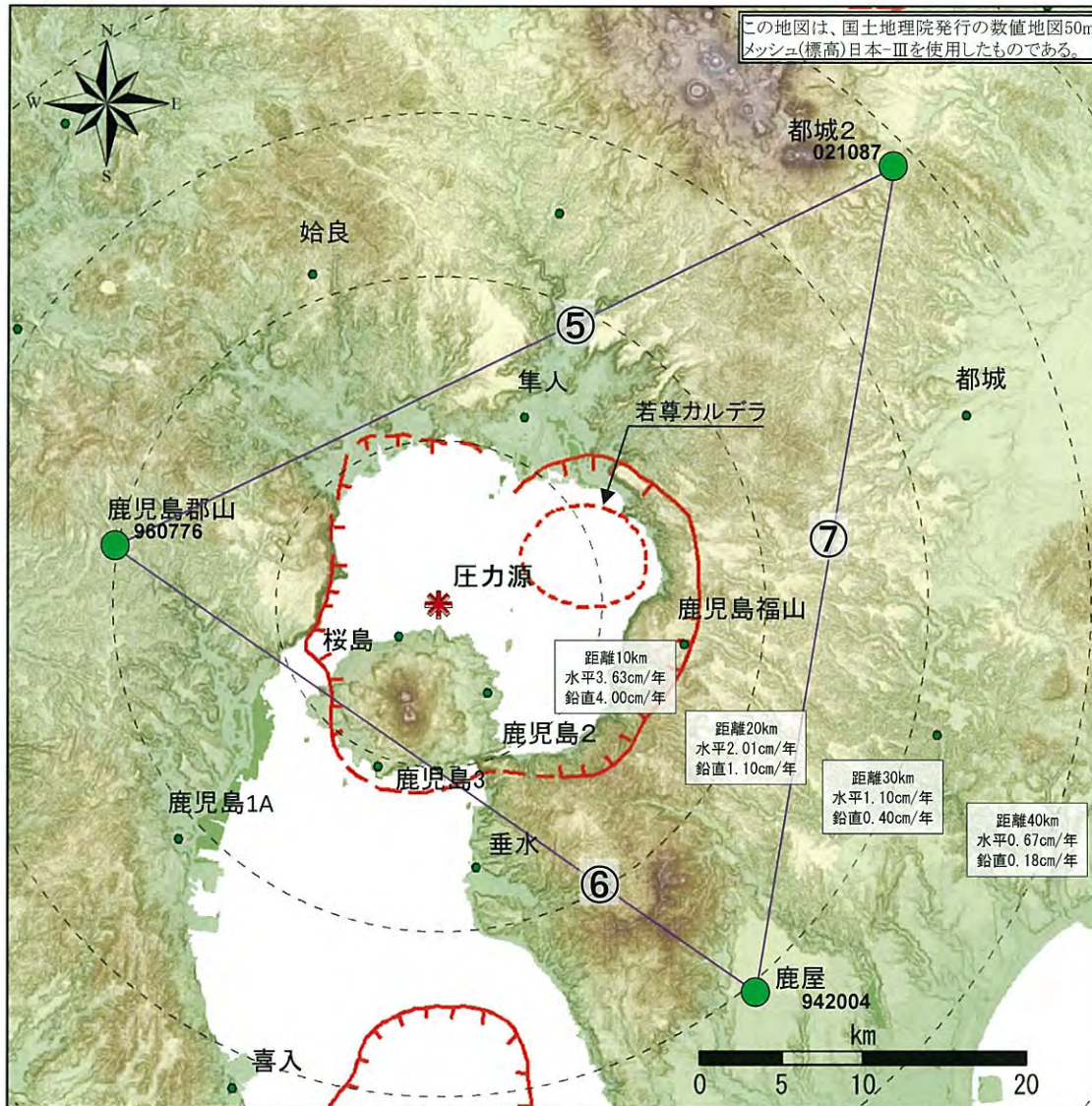
※1 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※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①～④の時系列変化

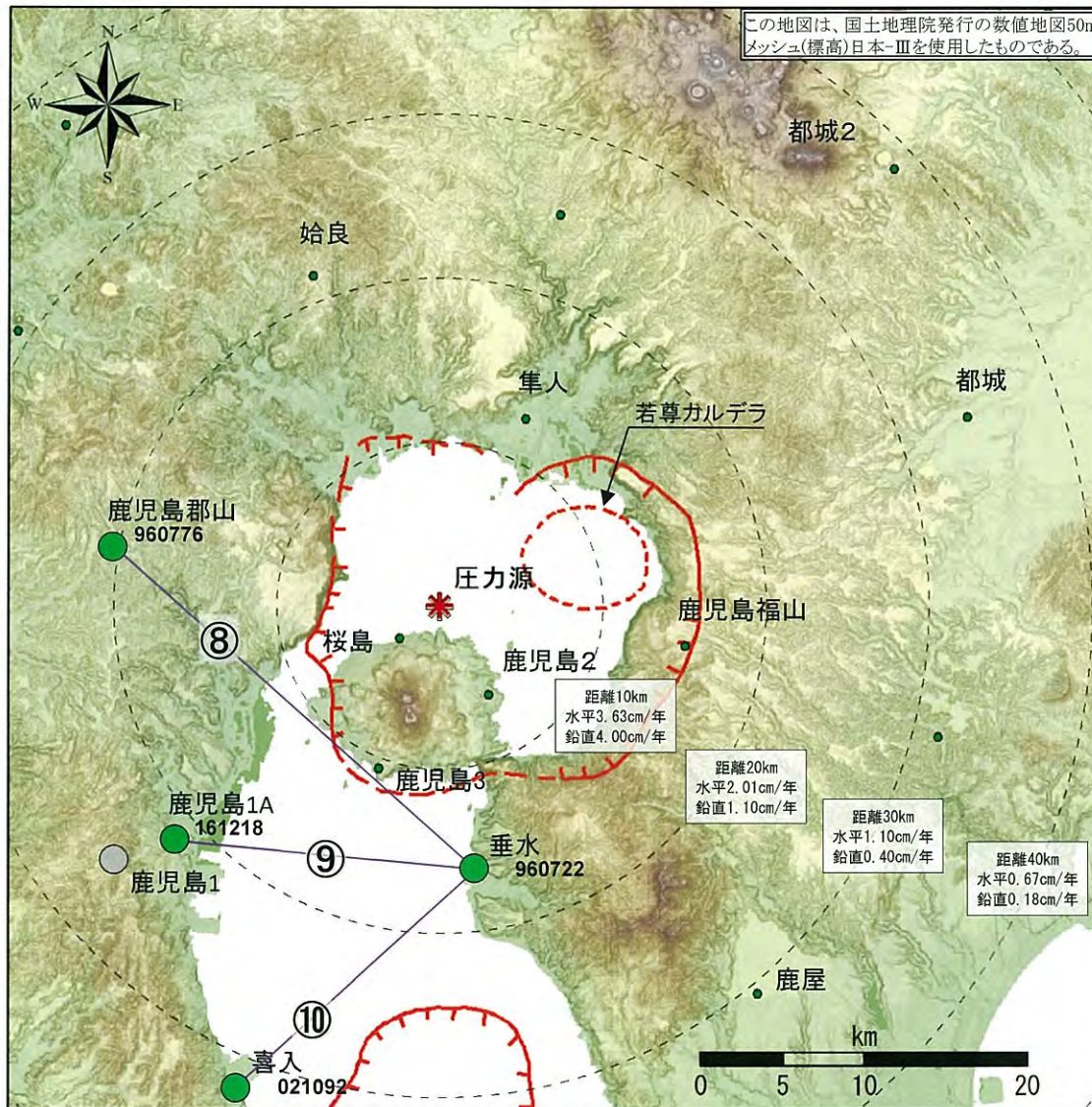
③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



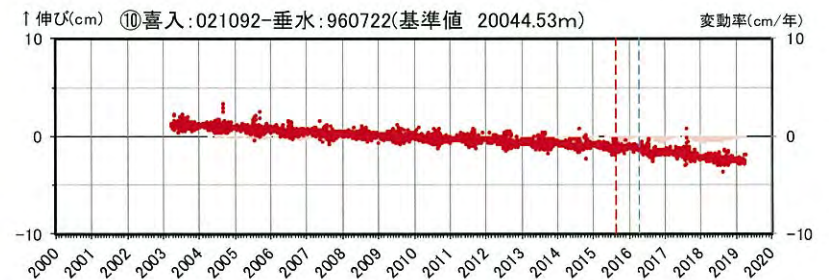
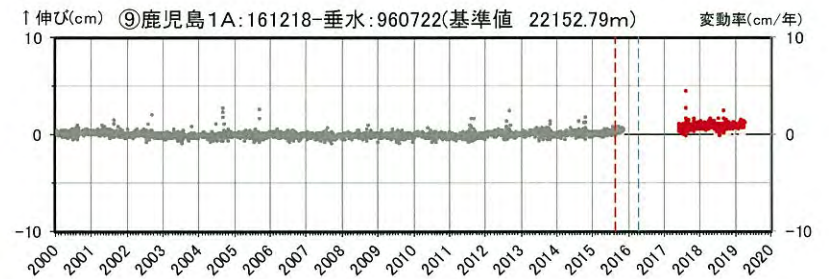
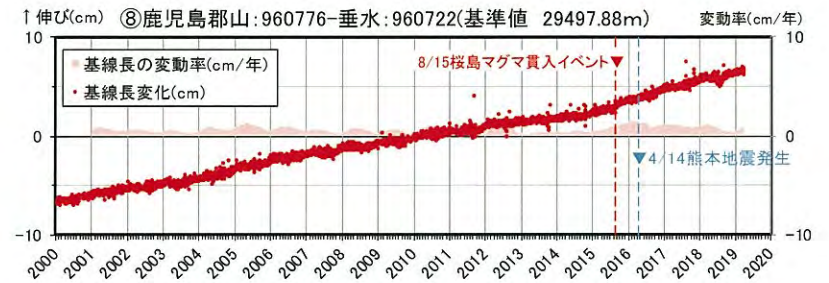
基線⑤～⑦の時系列変化

※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 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点



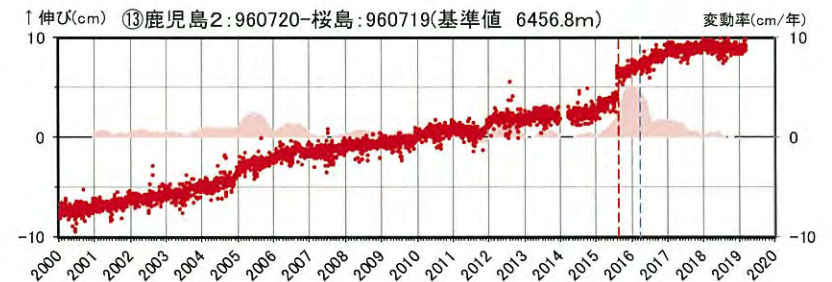
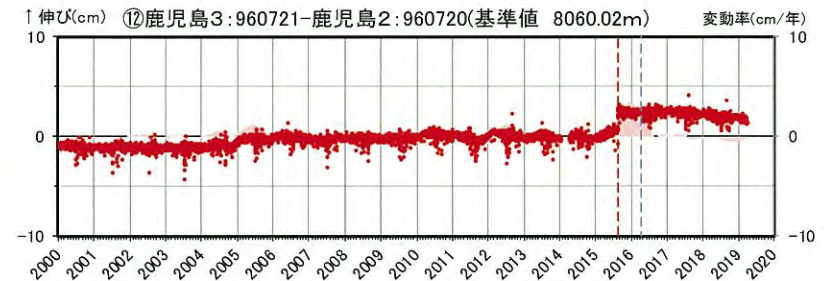
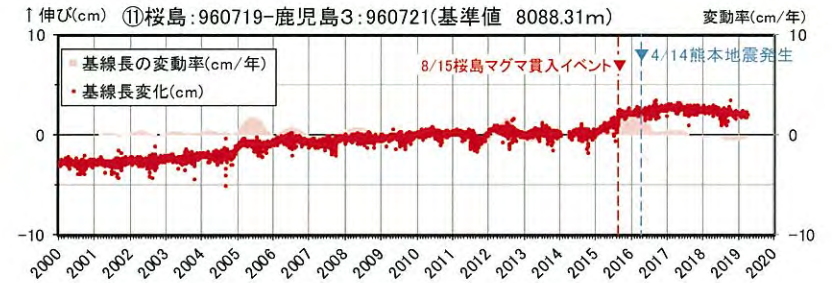
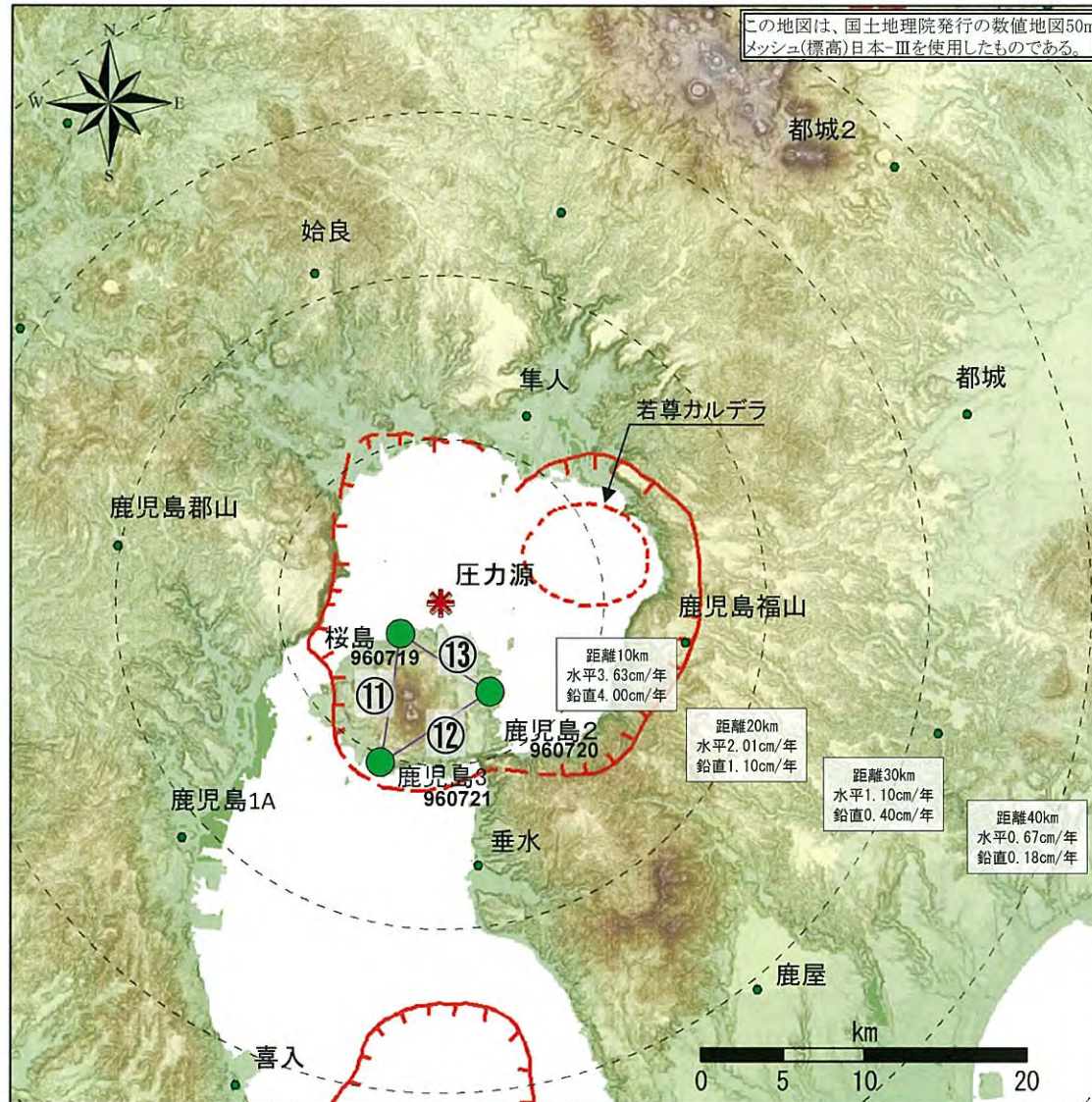
基線⑧～⑩の時系列変化

※1 鹿児島1地点については、観測設備の不具合により、2015年11月5日以降データが取得できない状態であったが、2017年5月23日以降、移設して鹿児島1Aとして観測を開始。2000年から2015年は鹿児島1-垂水の基線長変化の観測データ(灰色)。

※2 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

※3 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

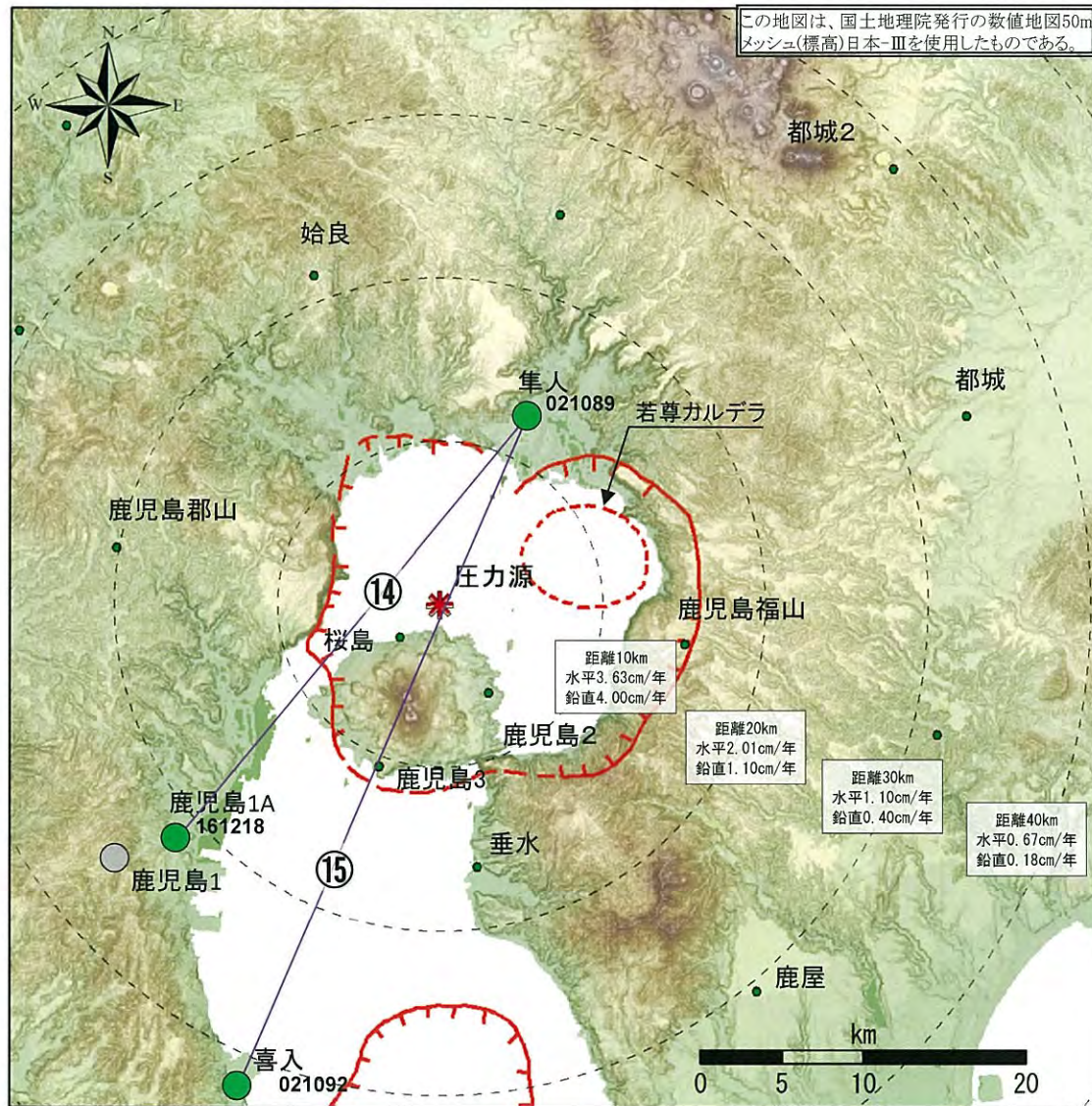
③ 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



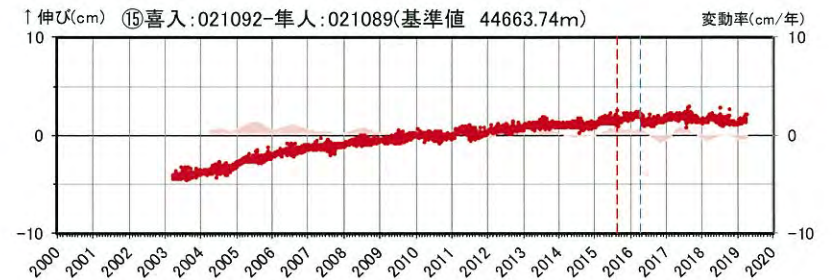
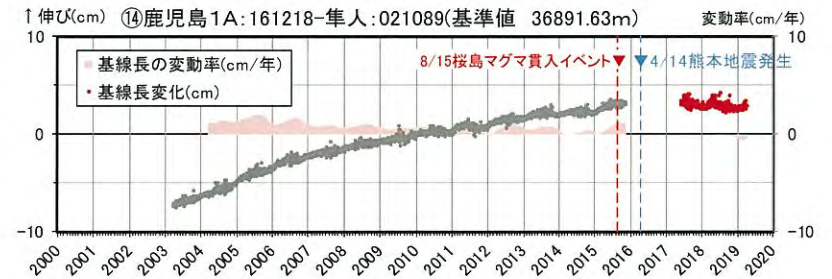
基線⑪～⑬の時系列変化

- ※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 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点



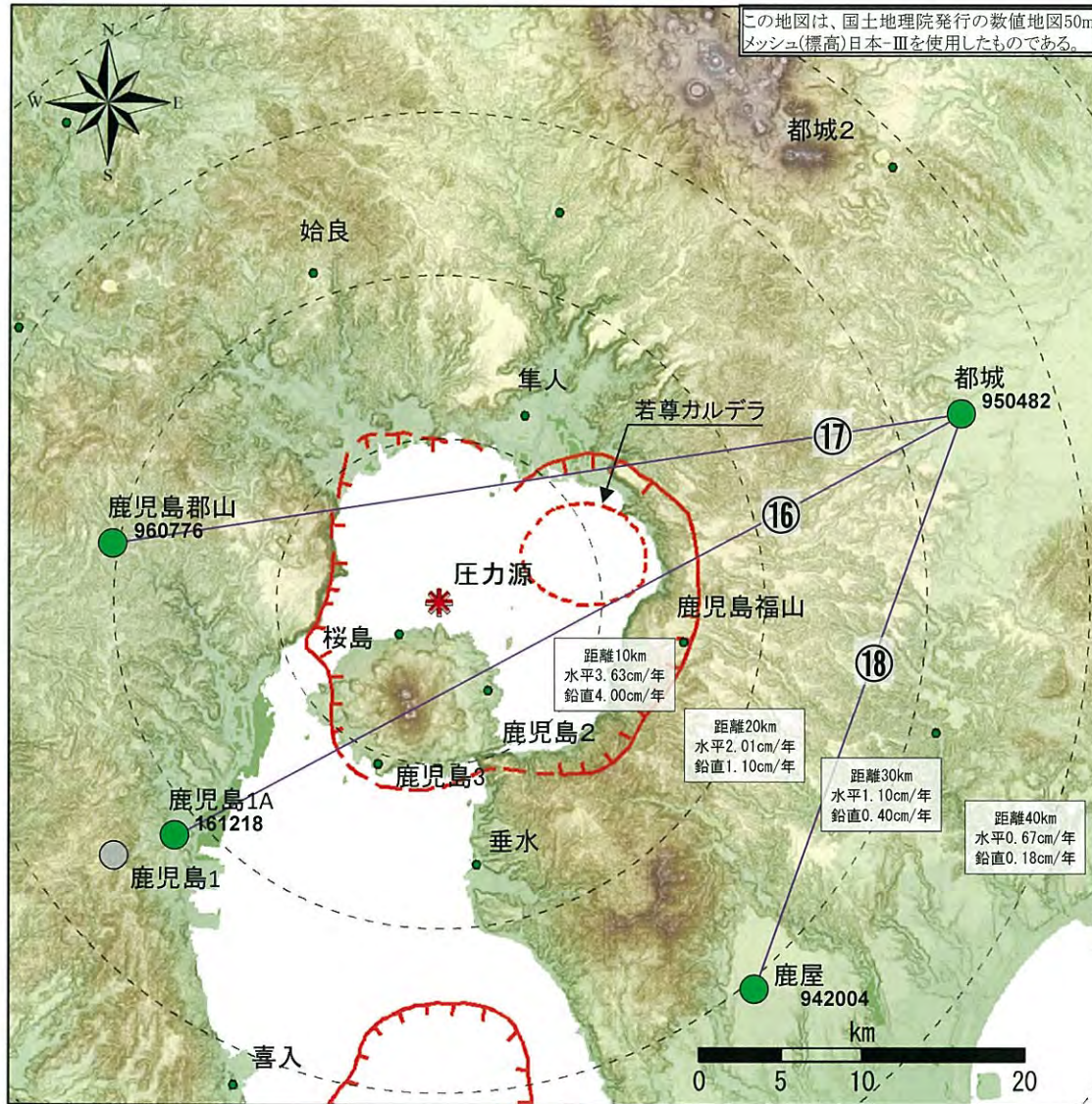
基線⑭～⑮の時系列変化

※1 鹿児島1地点については、観測設備の不具合により、2015年11月5日以降データが取得できない状態であったが、2017年5月23日以降、移設して鹿児島1Aとして観測を開始。2000年から2015年は鹿児島1-垂水の基線長変化の観測データ(灰色)。

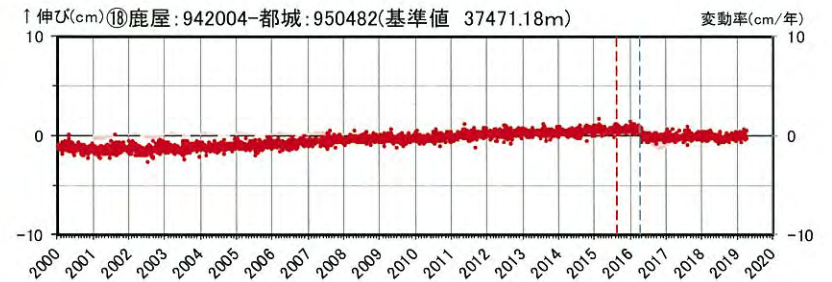
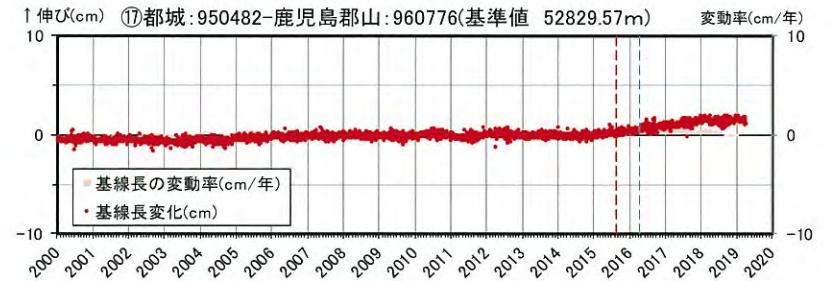
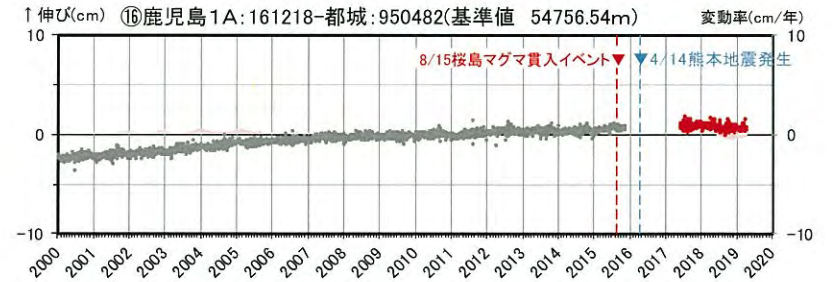
※2 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※3 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 始良カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点

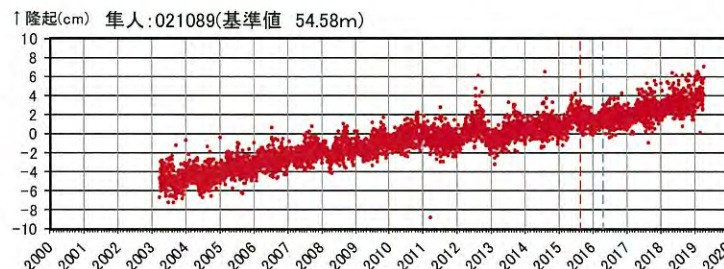
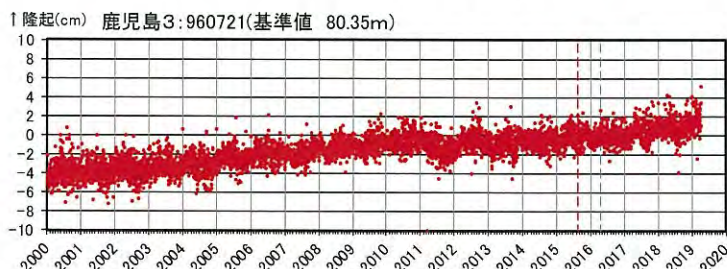
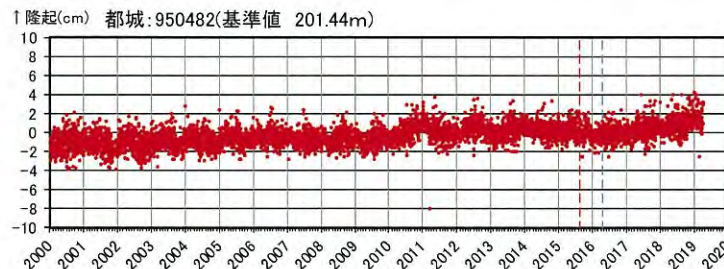
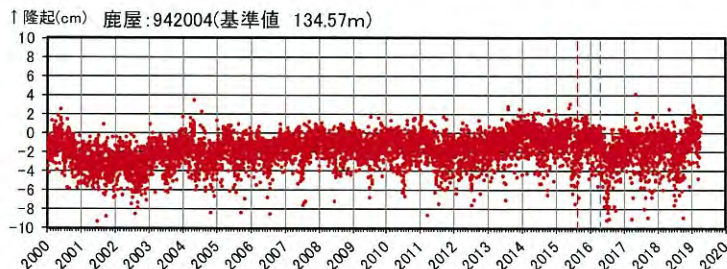
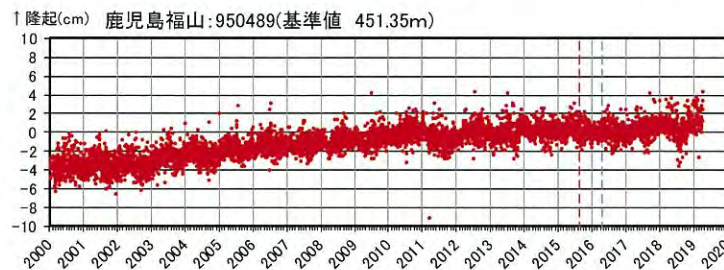
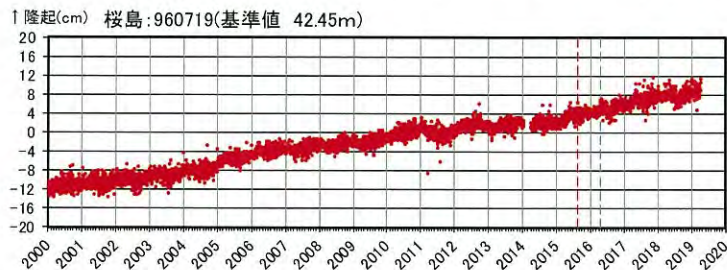
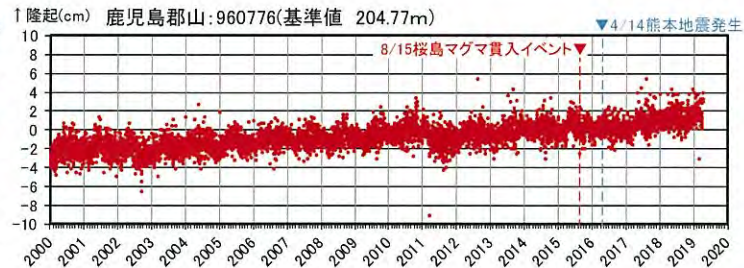
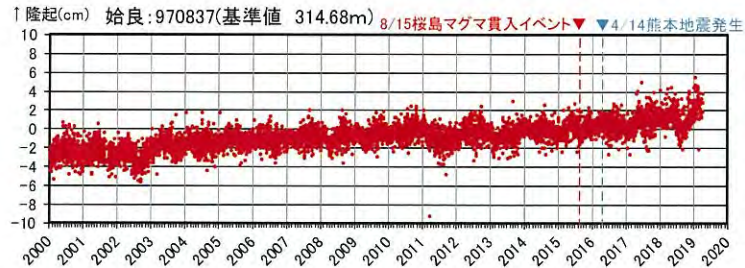


基線⑩~⑱の時系列変化

※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

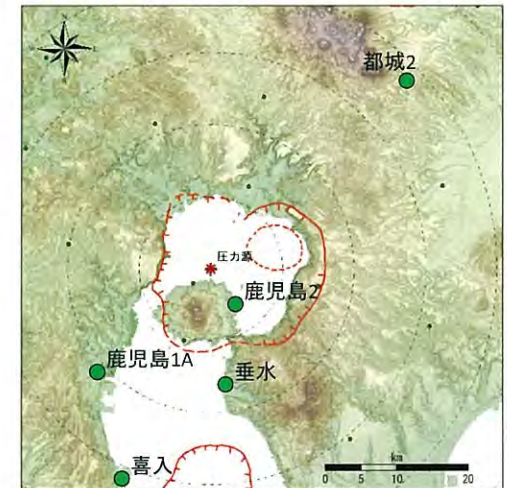
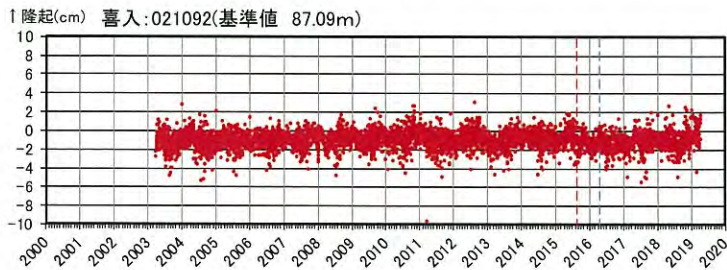
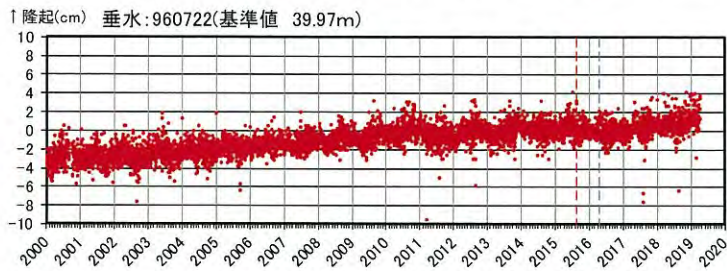
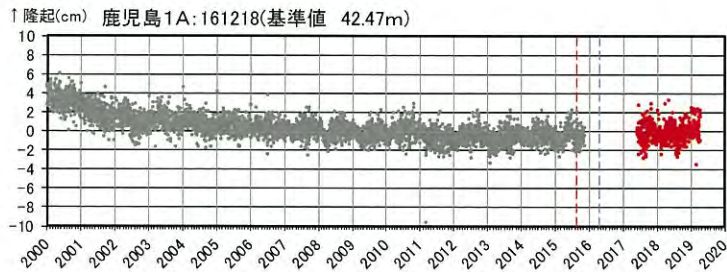
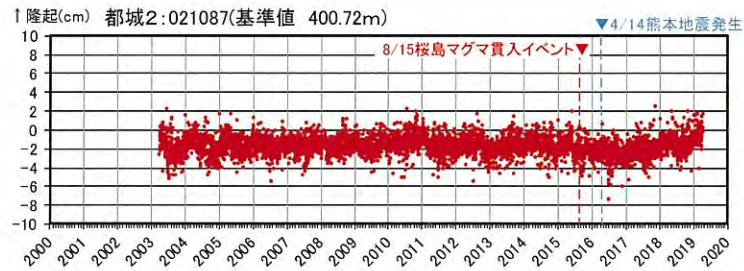
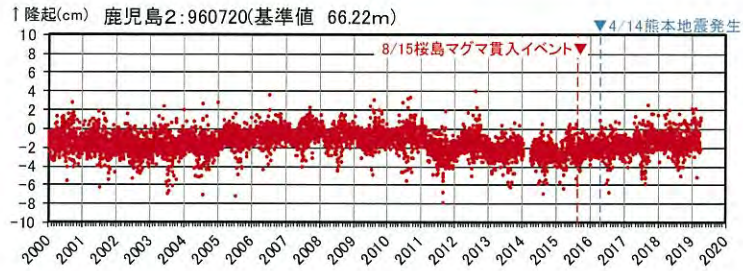
③ 始良カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

・ 2018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。



※1 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
 ※2 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである

③ 始良カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

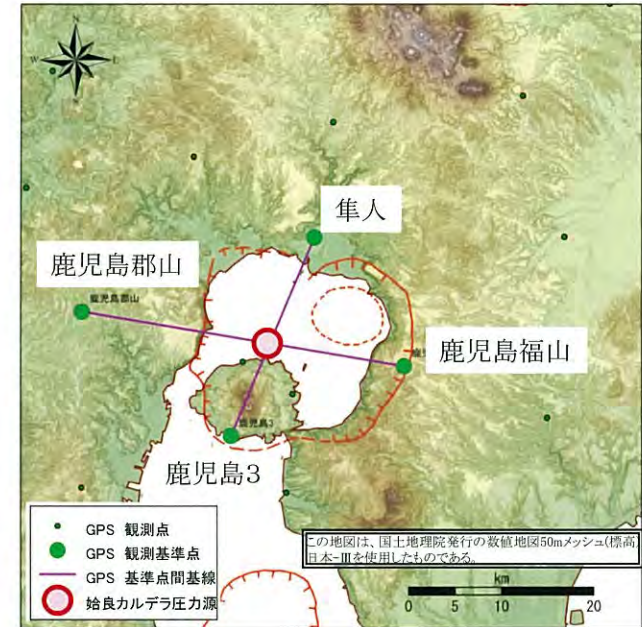
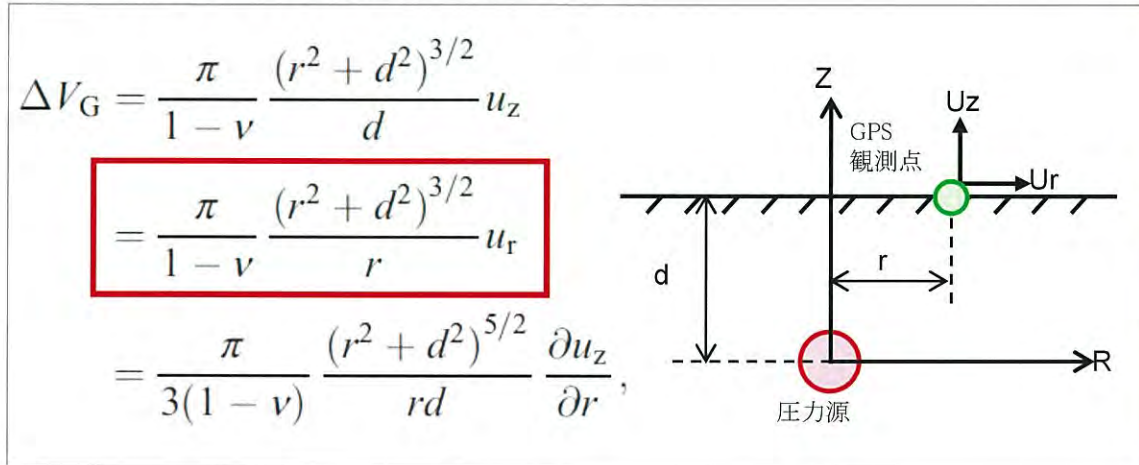


- ※1 鹿児島1地点については、観測設備の不具合により、2015年11月5日以降データが取得できない状態であったが、2017年5月23日以降、移設して鹿児島1Aとして観測を開始。2000年から2015年は鹿児島1の観測データ(灰色)。鹿児島1Aの基準値は観測期間の平均値。
- ※2 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※3 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

③ 始良カルデラ [監視レベルの移行判断基準と監視体制]

監視体制の移行基準値(0.05km³/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)。

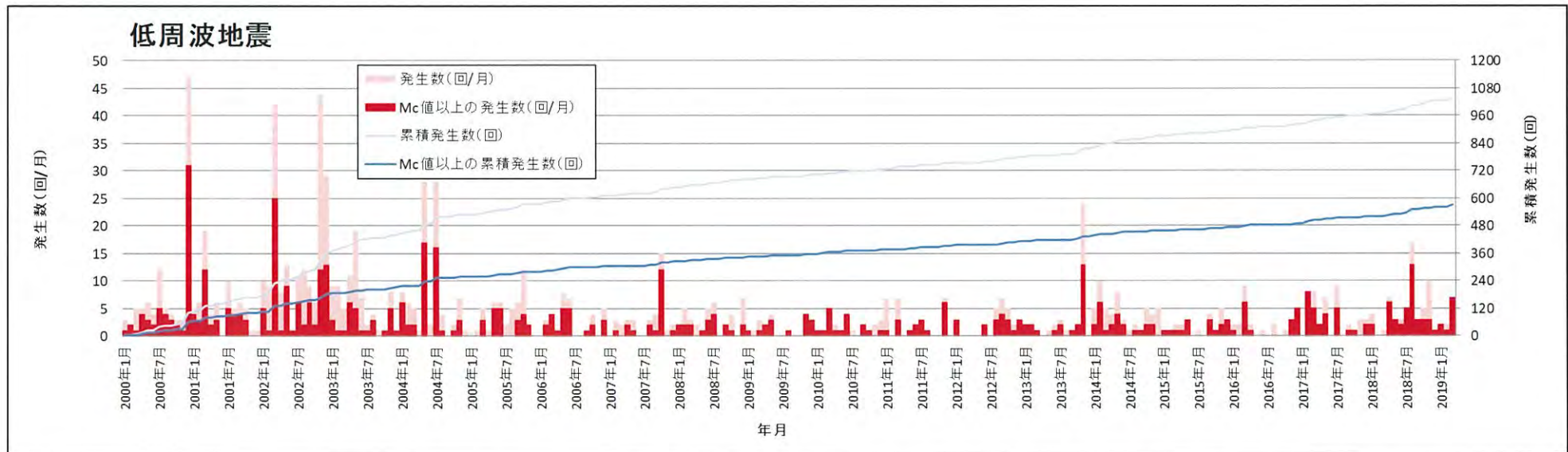
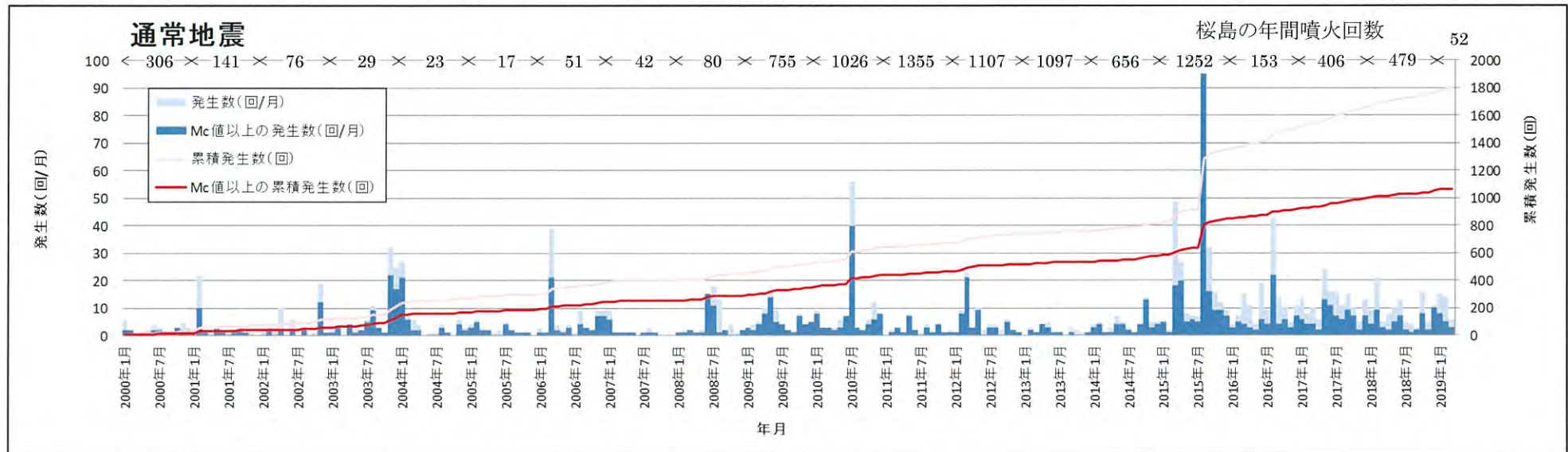
供給率と水平変位量との関係式 (Kozono et al., 2013)



| 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 | U_r | 各地点 | 3.5 | 3.2 | 2.7 | 2.0 | | | |
| | - | | 地殻変動の変動率 | 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 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]

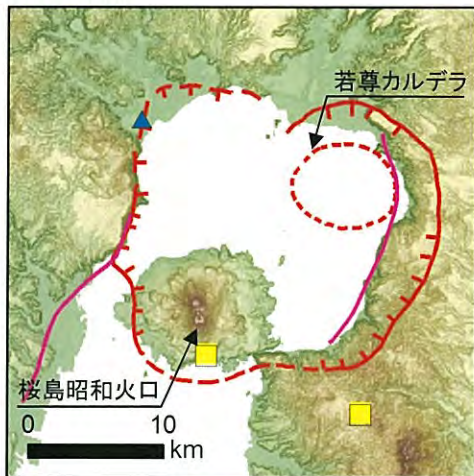
・ 2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、過去と比較して有意な変化は認められない。



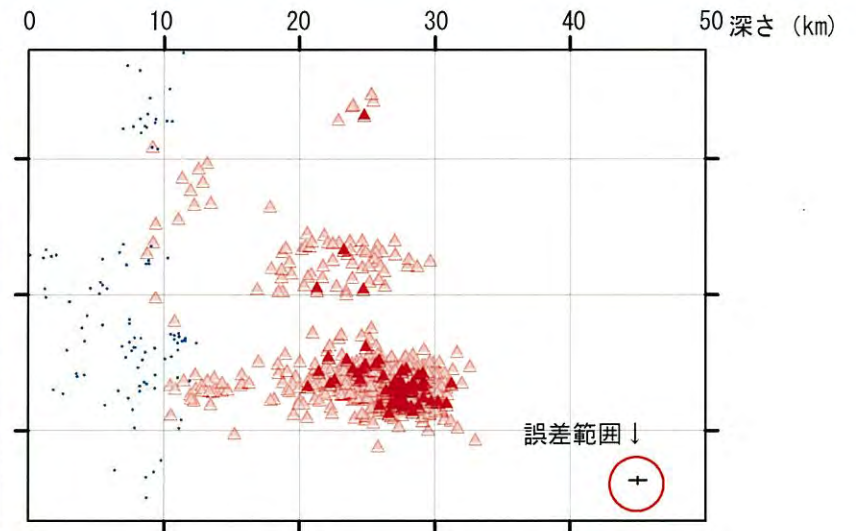
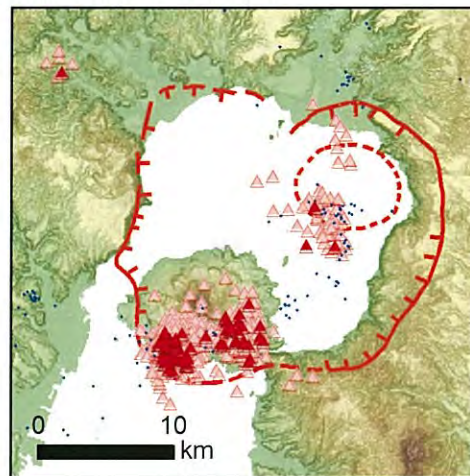
[Mc値(2000~2018年データ使用)] 通常地震: 0.6 低周波地震: 0.4

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

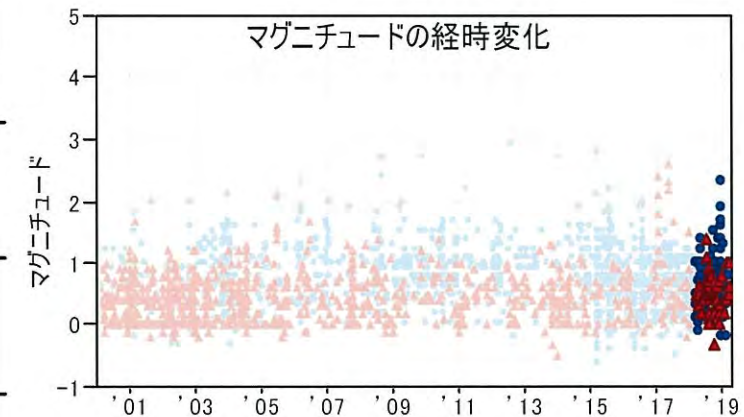
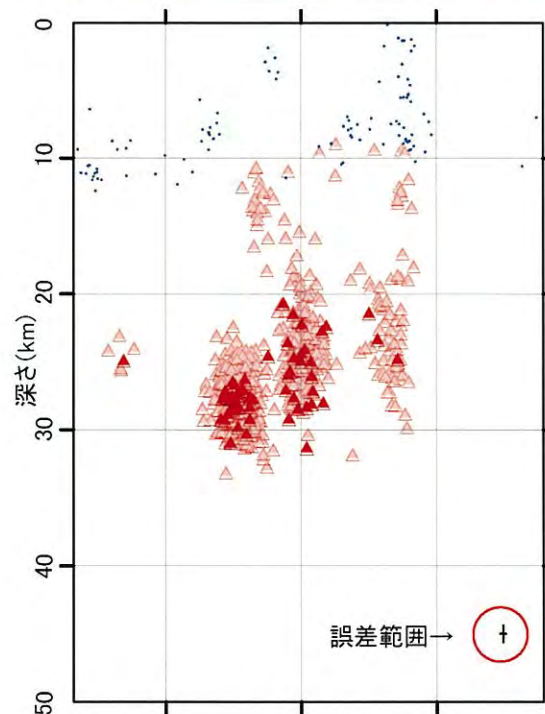
震 源

(2018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

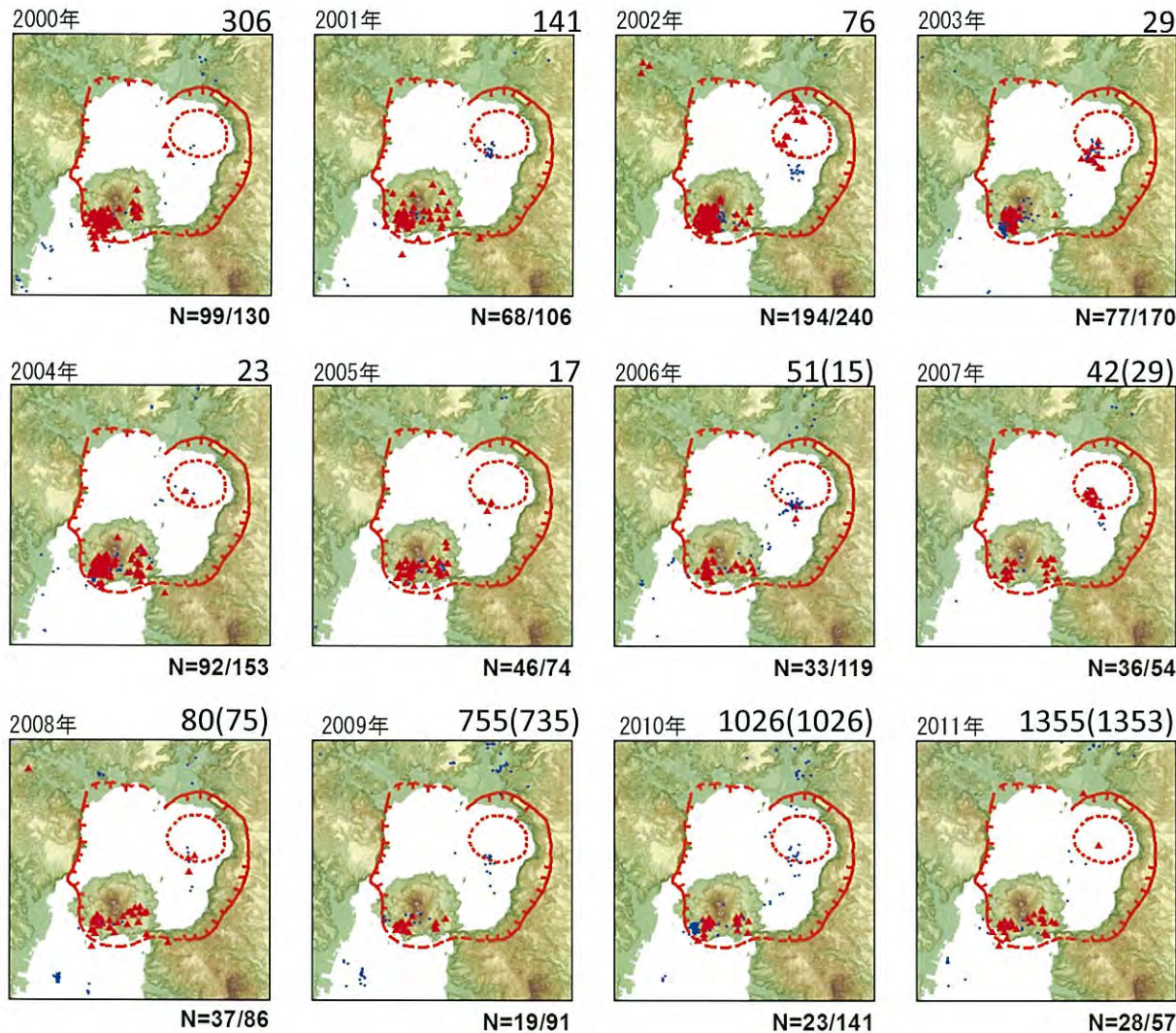
- 地震調査研究推進本部による



*震源は2000年以降をプロット。2018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(2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



最近の主な噴火

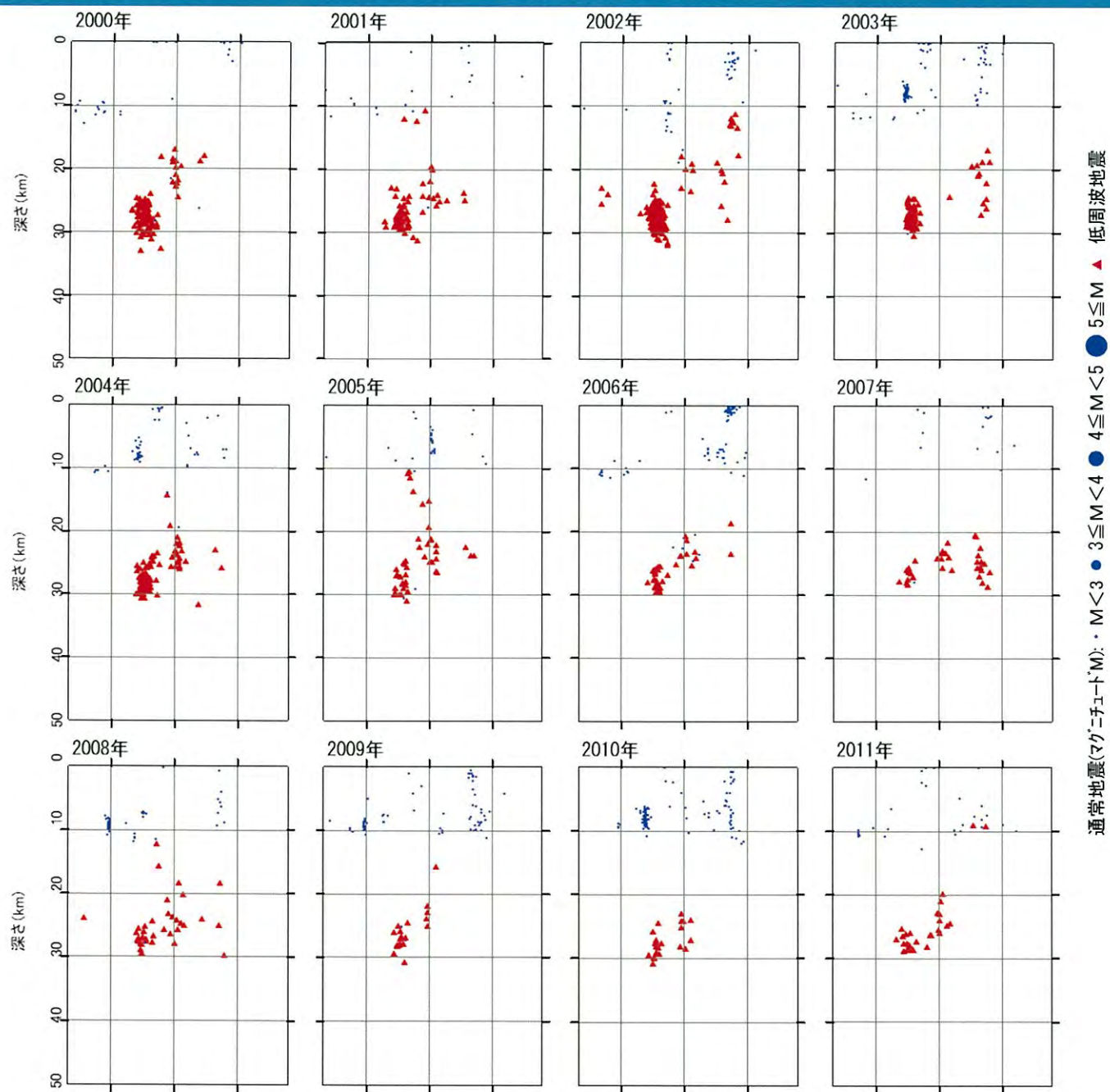
1955年以降、噴火(ブルカノ式噴火、連続噴火)が継続している。噴火は南岳山頂で発生していたが、2006年以降昭和火口でも噴火が発生するようになった。2009年以降は噴火回数がやや多い状態が継続した。

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。

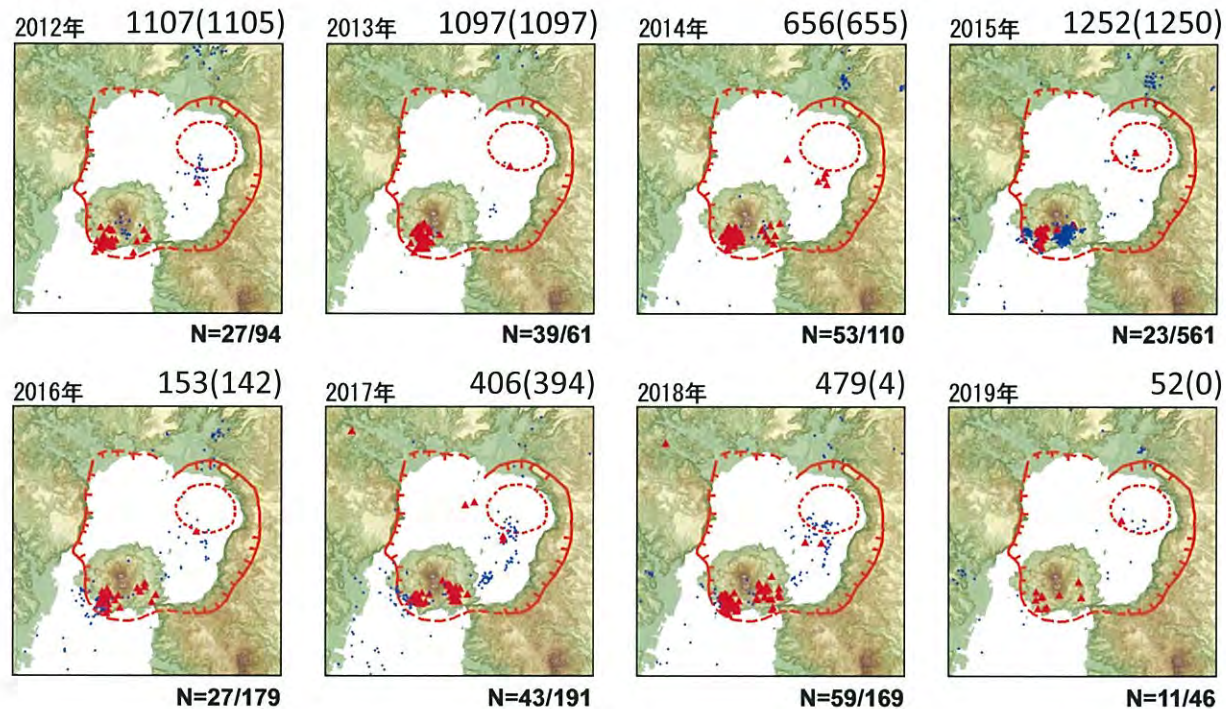
**各図の右上の数値は桜島の噴火回数、カッコ内は昭和火口における噴火回数。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高日本-Ⅲを使用したものである。

③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



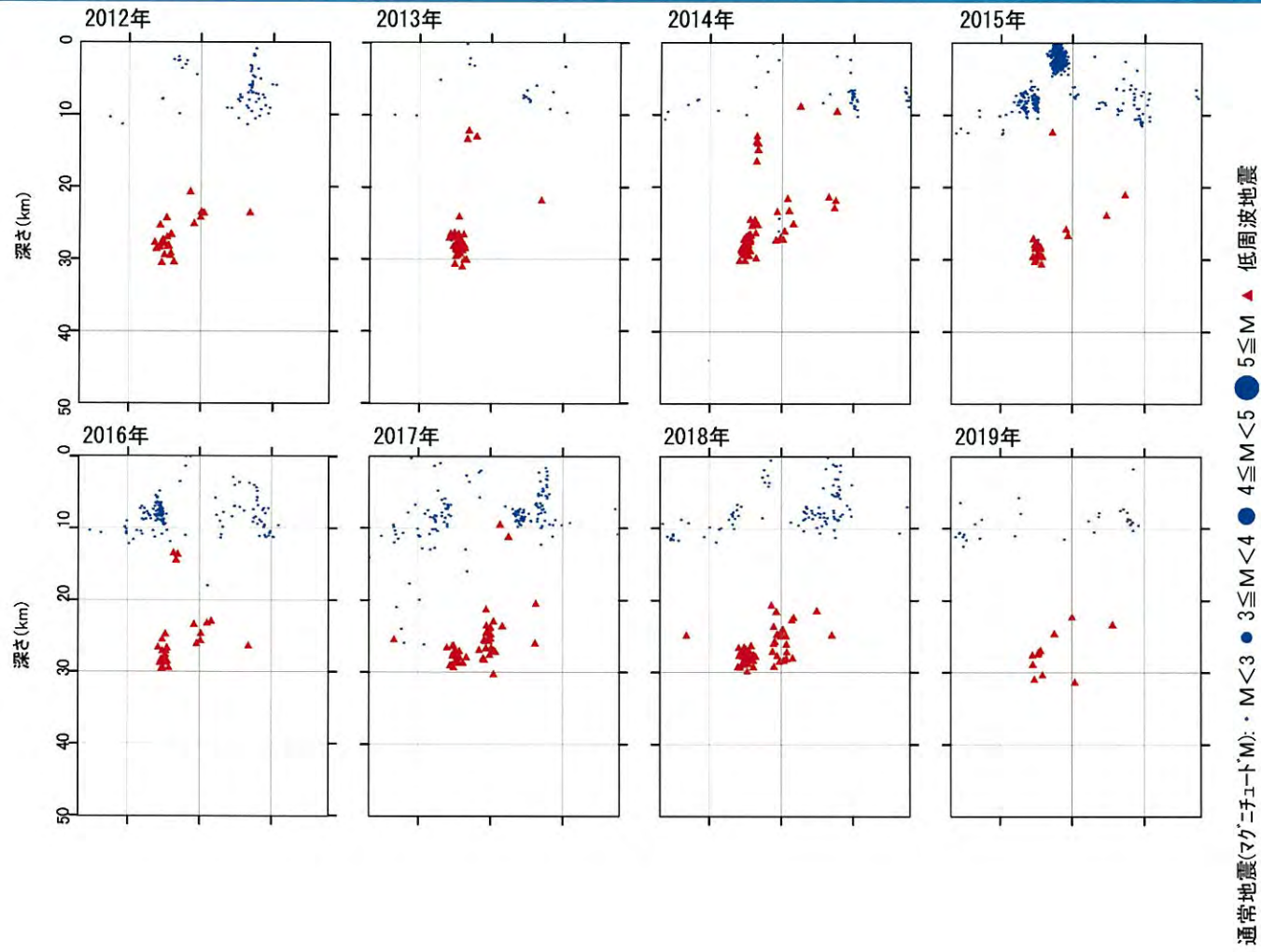
通常地震(マグニチュードM): ・ M < 3 ● 3 ≦ M < 4 ● 4 ≦ M < 5 ● 5 ≦ M < 5.5 ▲ 低周波地震

最近の主な噴火
 2009年以降は噴火回数がやや多い状態が続いていたが、2015年9月29日以降は、南岳山頂火口も含めて噴火は観測されていないが、2016年2月以降は爆発的噴火や小規模な噴火が時々発生した。南岳山頂火口では2018年3月以降噴火が続いている。一方、昭和火口では噴火は非常に少ない。

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。
 ただし、2019年は3月31日までのもの
 **各図の右上の数値は桜島の噴火回数、カッコ内は昭和火口における噴火回数。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

③ 始良カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



③ 始良カルデラ [まとめ]

【活火山に関する公的機関の評価】

- ・ 桜島の南岳山頂火口では活発な噴火活動が継続していたが、1月中旬頃から噴火活動がやや低下している。しかし、火山ガスの放出量は概ね多い状態が続いていることなどから、今後も南岳山頂火口を中心に、噴火活動が継続すると考えられる。
- ・ 広域のGNSS連続観測でみられている始良カルデラ(鹿児島湾奥部)の地下深部の膨張を示す基線の伸びは、わずかながら継続している。

【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、2018年度の基線長の変動率は、これまでと同様にマグマ供給を示唆する変動が認められるものの、監視体制の移行判断基準(0.05km³/年≒5cm/年)を十分下回っている。
- ・ 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、2018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。

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を示唆する変動が認められるものの、2018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、マグマ供給を示唆す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

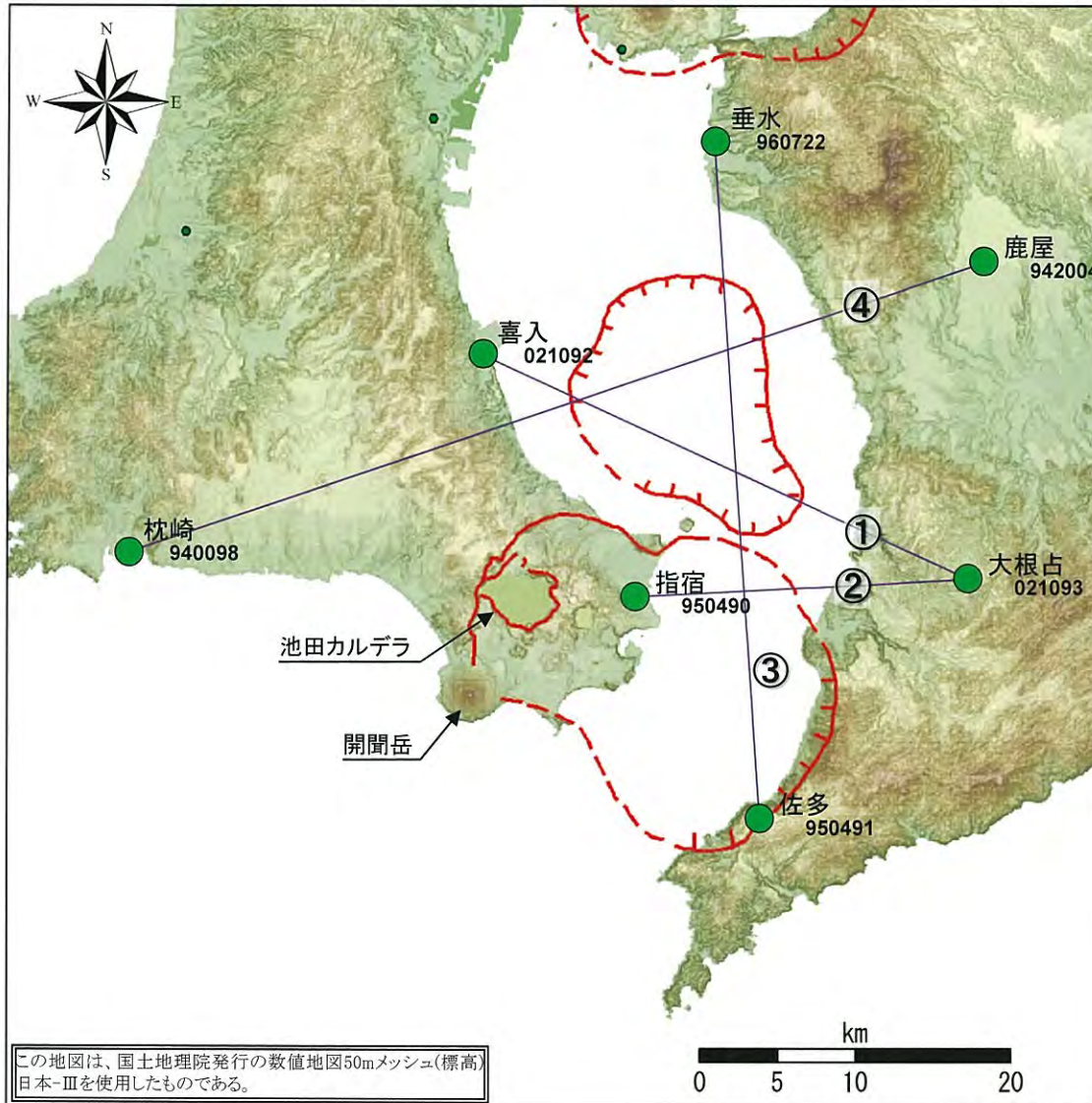
- ・火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候はみられない。

○池田・山川

- ・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。

④ 阿多カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

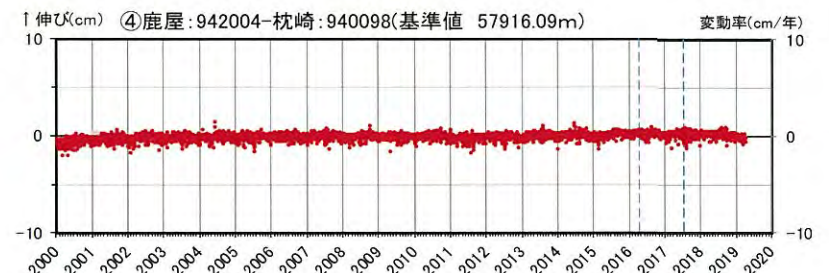
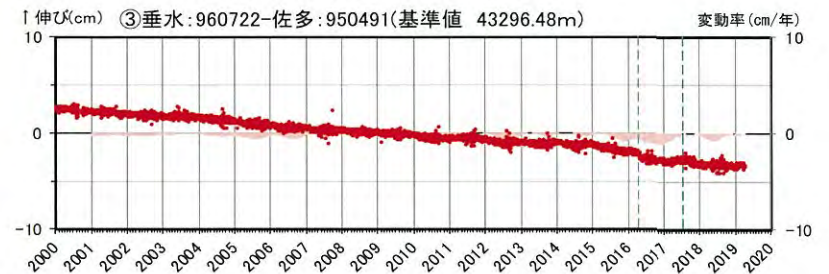
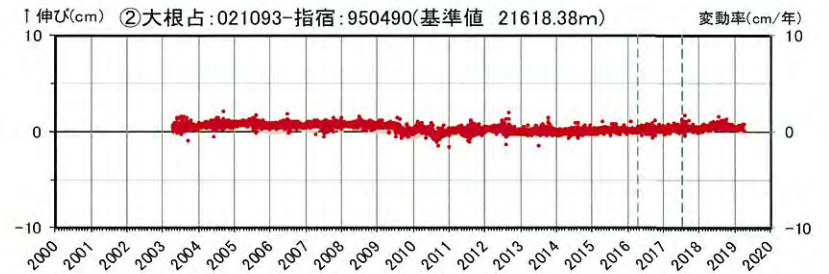
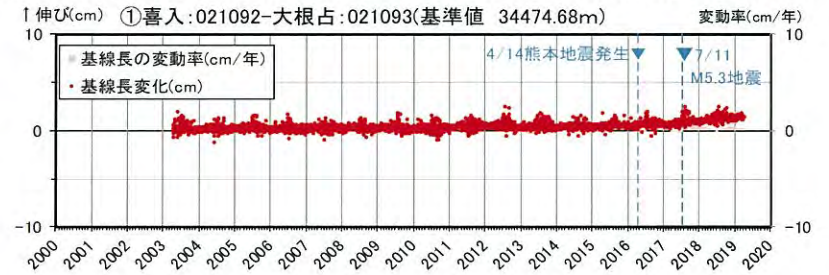
・ 2018年度の基線長変化は、阿多カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲な伸びの傾向が認められないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化はないと判断している。



この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高日本-Ⅲを使用したものである。

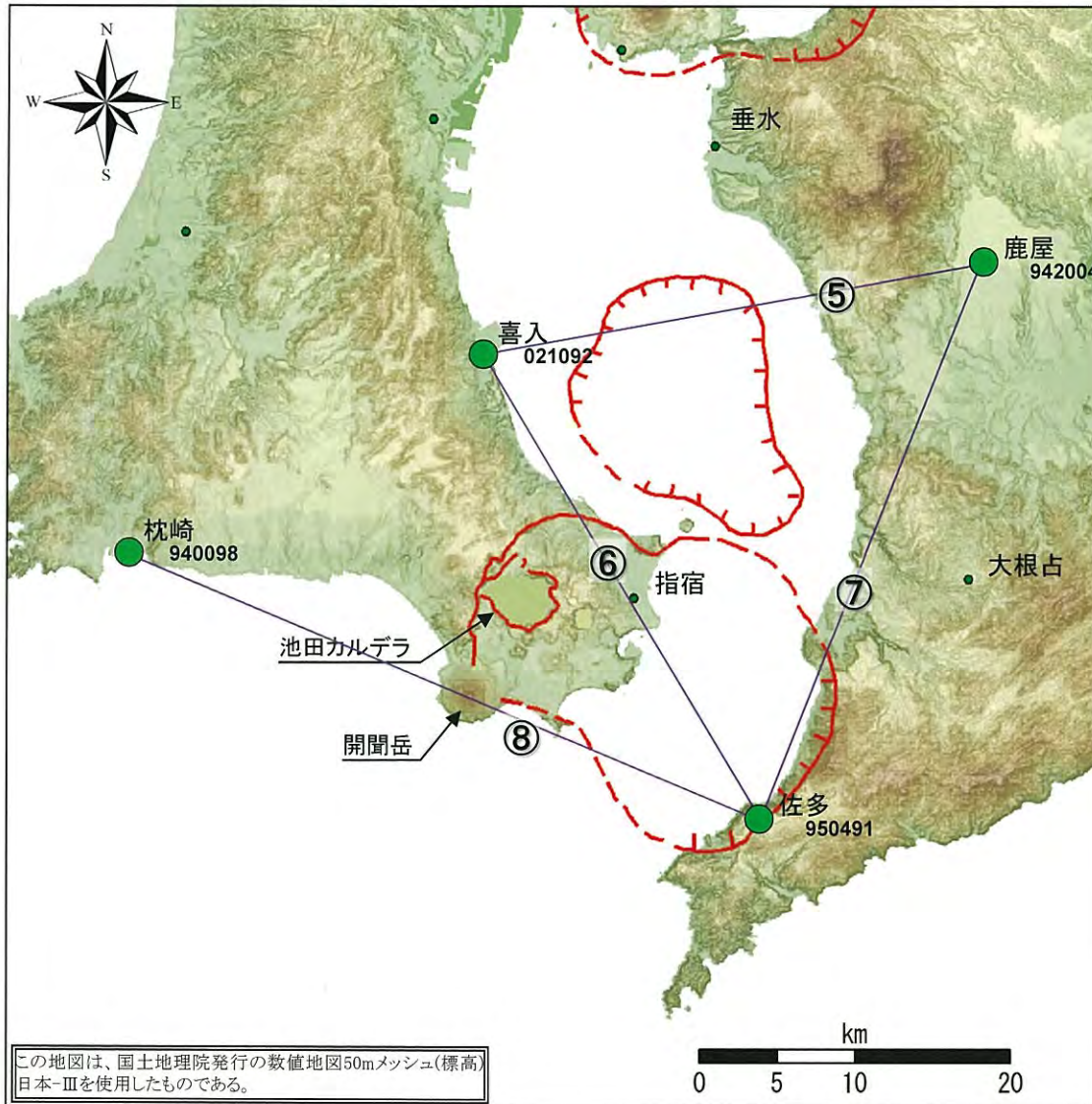
● GNSS観測点

※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

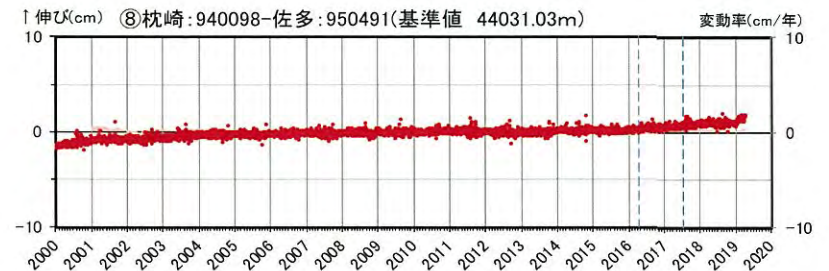
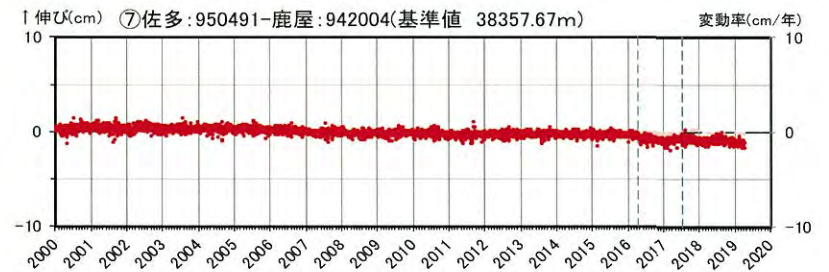
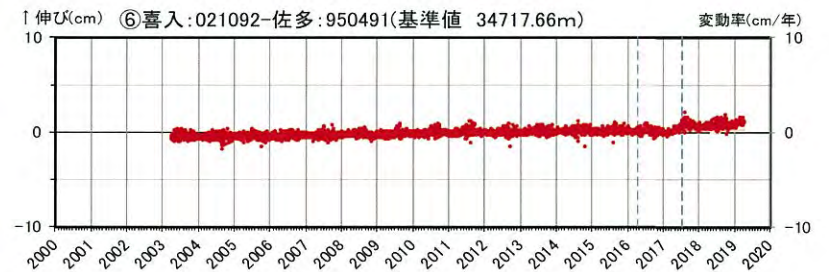
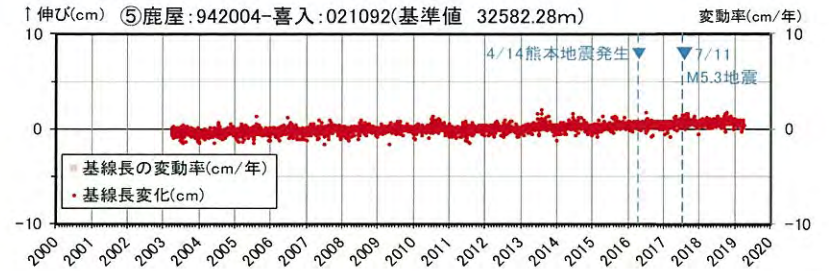


基線①～④の時系列変化

④ 阿多カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



● GNSS観測点

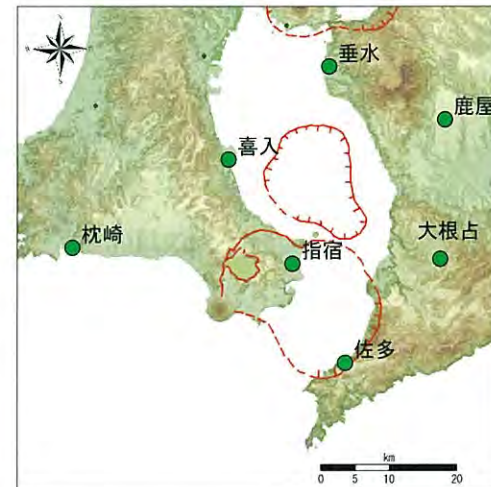
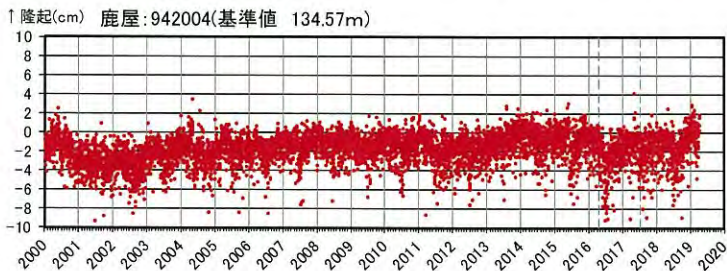
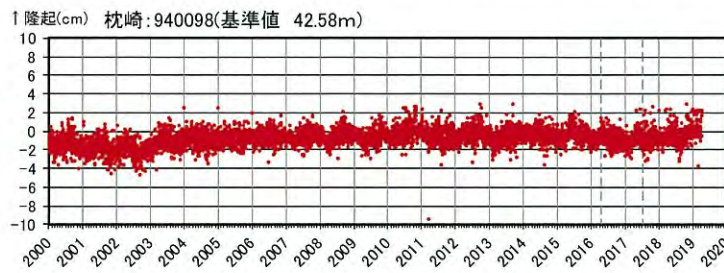
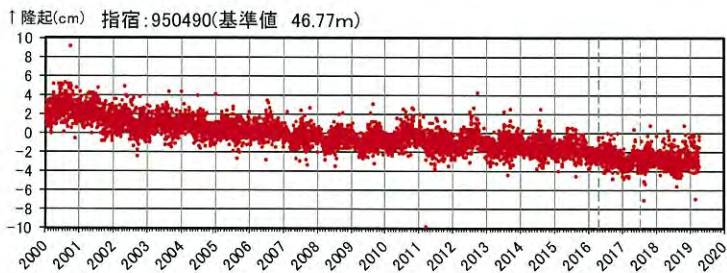
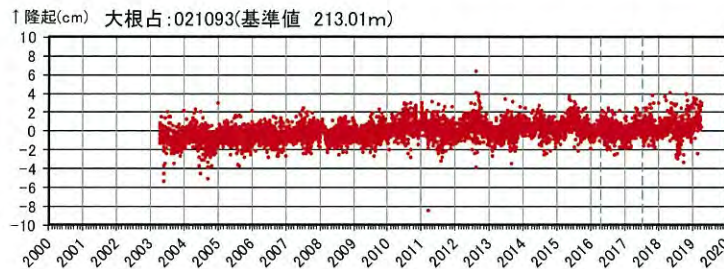
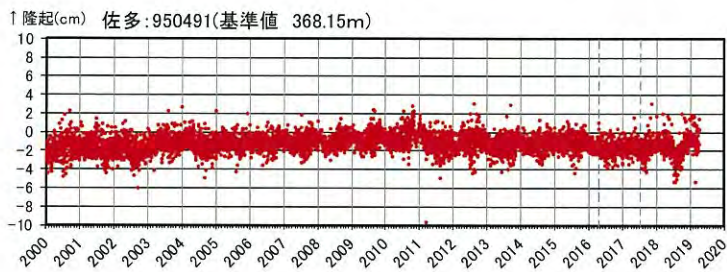
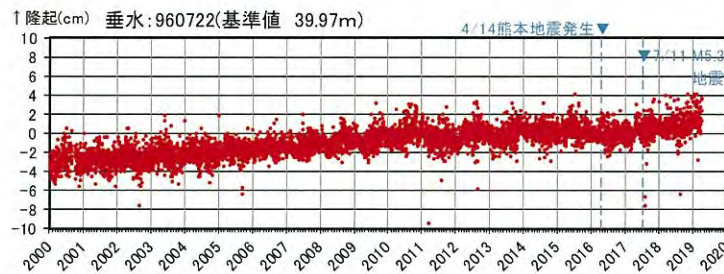
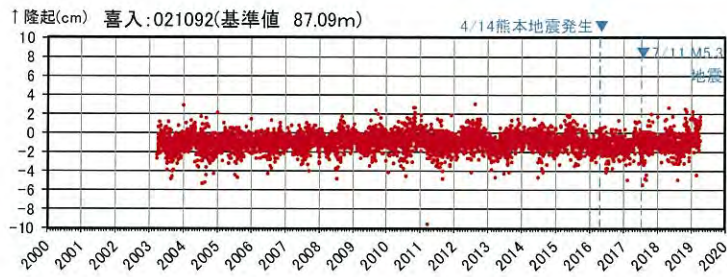


基線⑤～⑧の時系列変化

※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

④ 阿多カルデラ [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

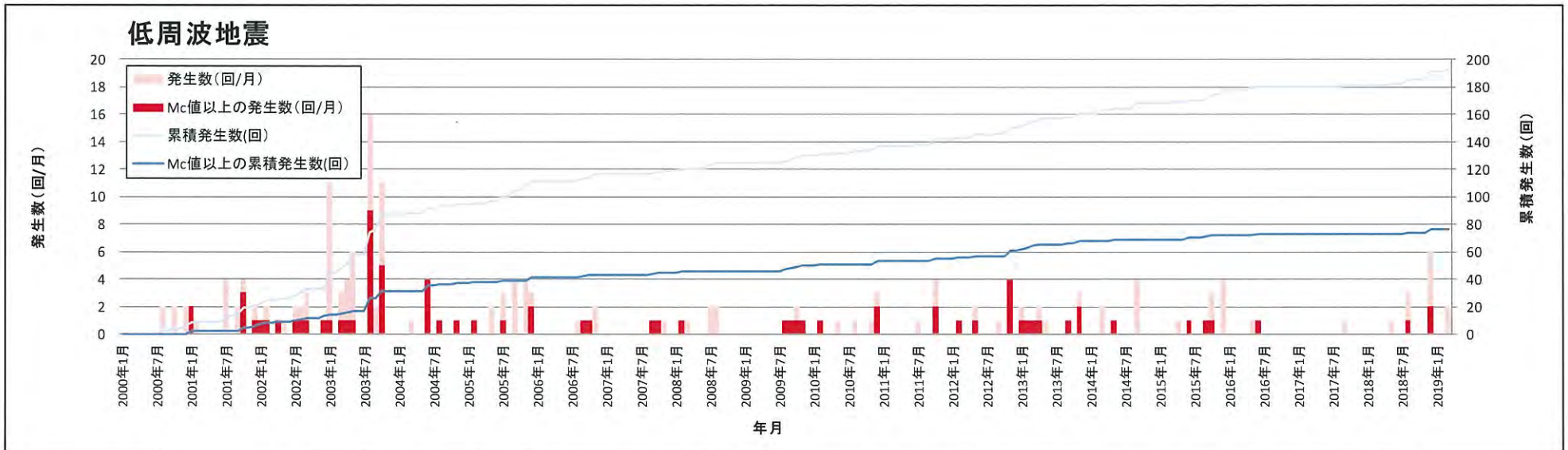
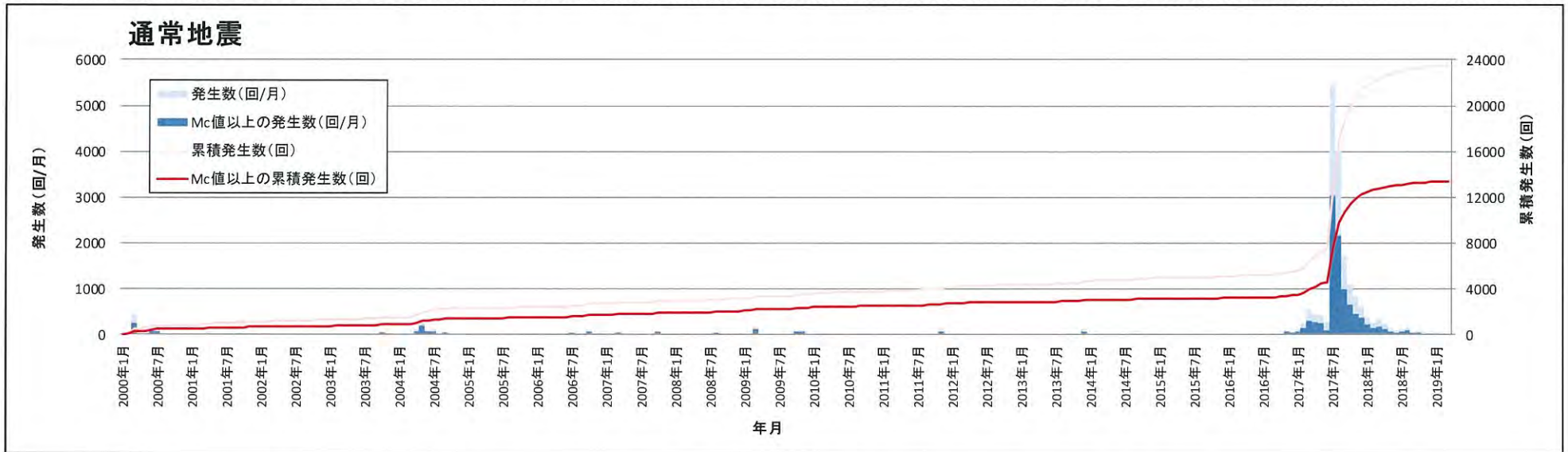
・ 2018年度の鉛直変動は、阿多カルデラへのマグマ供給を示唆する広範囲での隆起傾向は認められない。



※1 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示
 ※2 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

④ 阿多カルデラ [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]

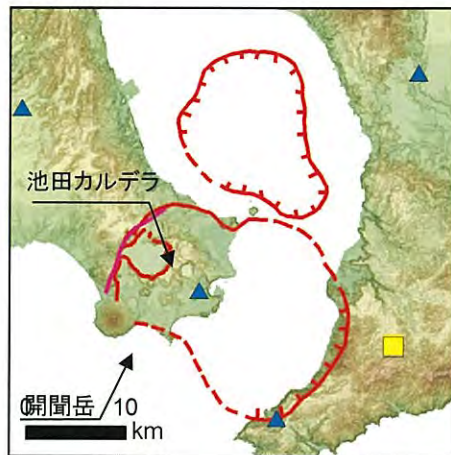
- ・ 2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、2017年7月11日に鹿児島湾で発生した地震(M5.3)の余震が認められるものの、発生数は過去1年と比較して減少傾向にある。なお、位置と規模に有意な変化は認められない。



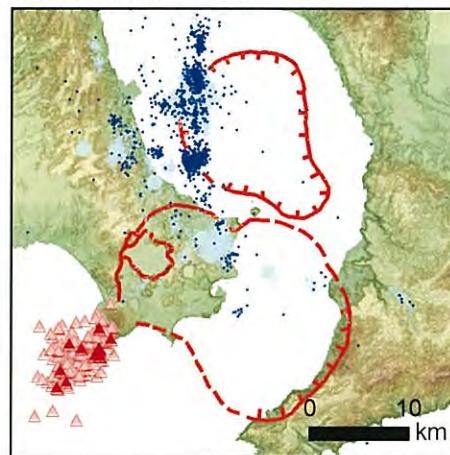
[Mc値(2000~2018年データ使用)] 通常地震 : 0.6 低周波地震 : 0.9

④ 阿多カルデラ [地震活動: 震源分布とマグニチュードの経時変化]

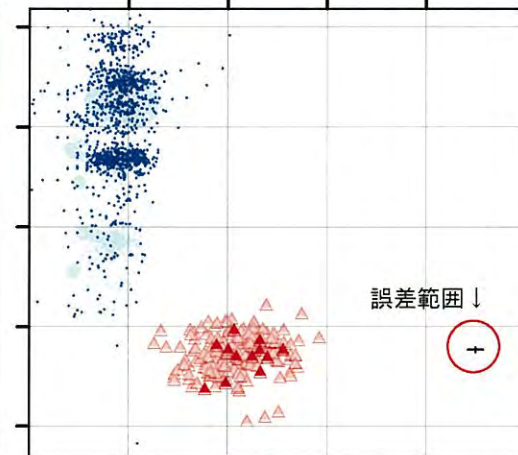
地震観測点



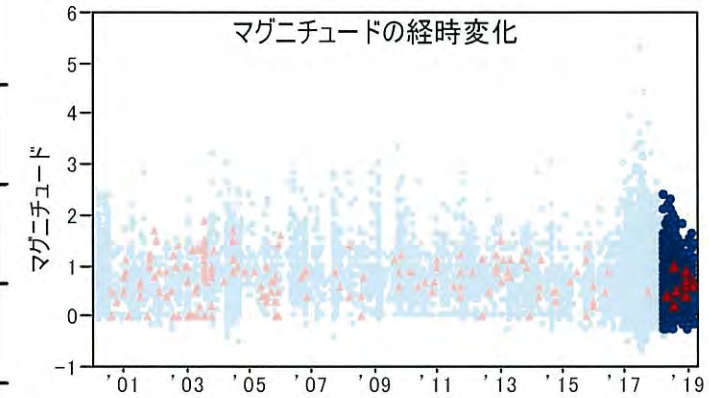
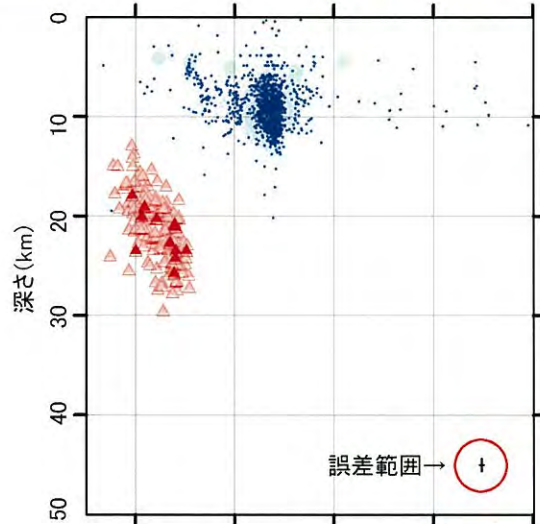
震源分布 (深さ50km以浅)



0 10 20 30 40 50 深さ (km)



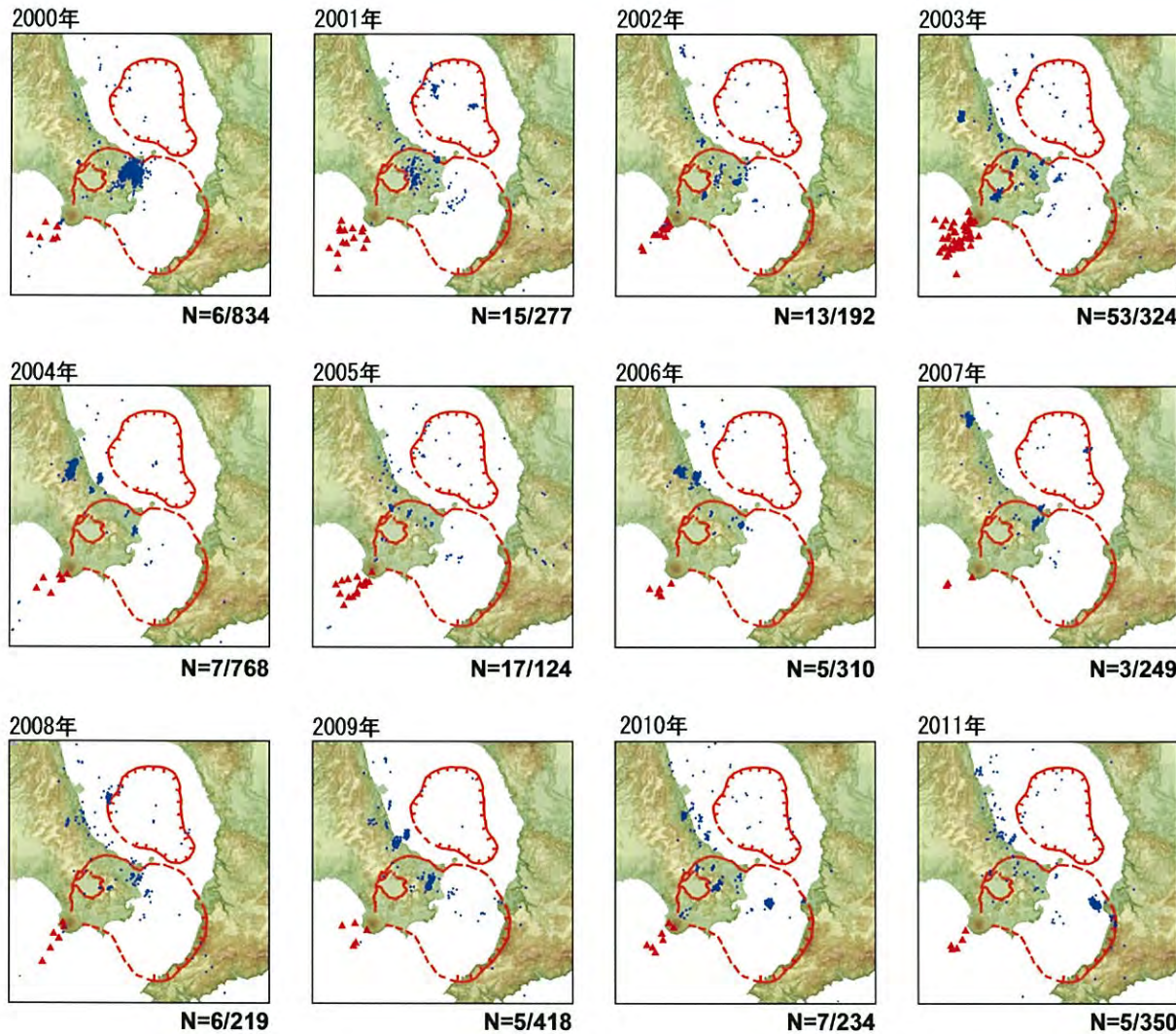
- 凡 例**
- 地震観測点
- 大学 (Yellow square)
 - 気象庁 (Red circle)
 - 防災科学技術研究所 (Blue triangle)
- 震 源
- (2018年4月以降は右のシンボル)
- 通常地震(マグニチュードM) M < 3 (Light blue dot)
 - 3 ≤ M < 4 (Blue dot)
 - 4 ≤ M < 5 (Dark blue dot)
 - 5 ≤ M (Dark blue circle)
 - 低周波地震 (Red triangle)
- 活断層
- 地震調査研究推進本部による (Red dashed line)



*震源は2000年以降をプロット。2018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 (2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

④ 阿多カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



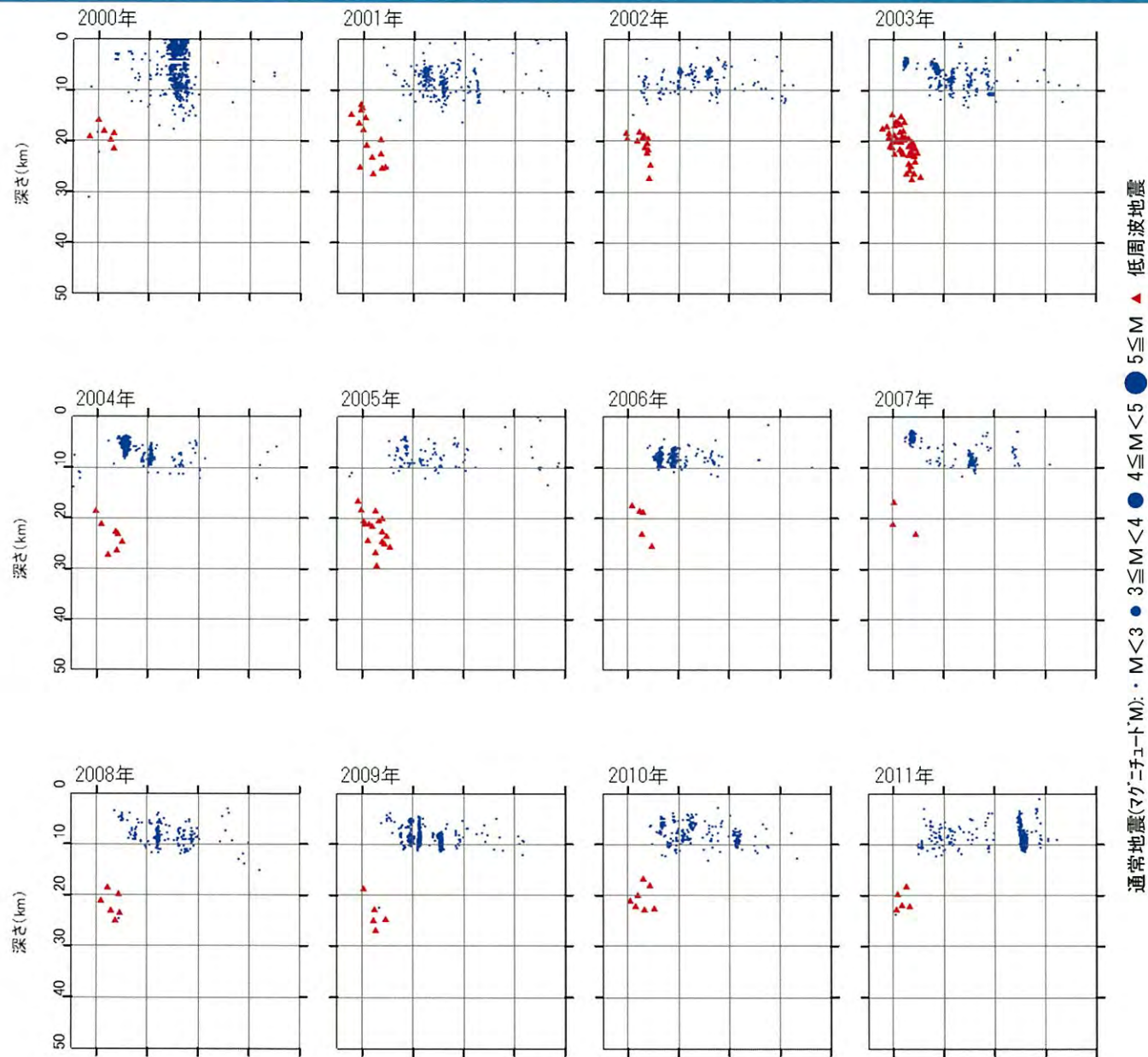
通常地震(マグニチュードM): ● M<3 ● 3≤M<4 ● 4≤M<5 ● 5≤M ▲ 低周波地震

最近の主な噴火
西暦885年の噴火以降、顕著な火山活動は発生していない。

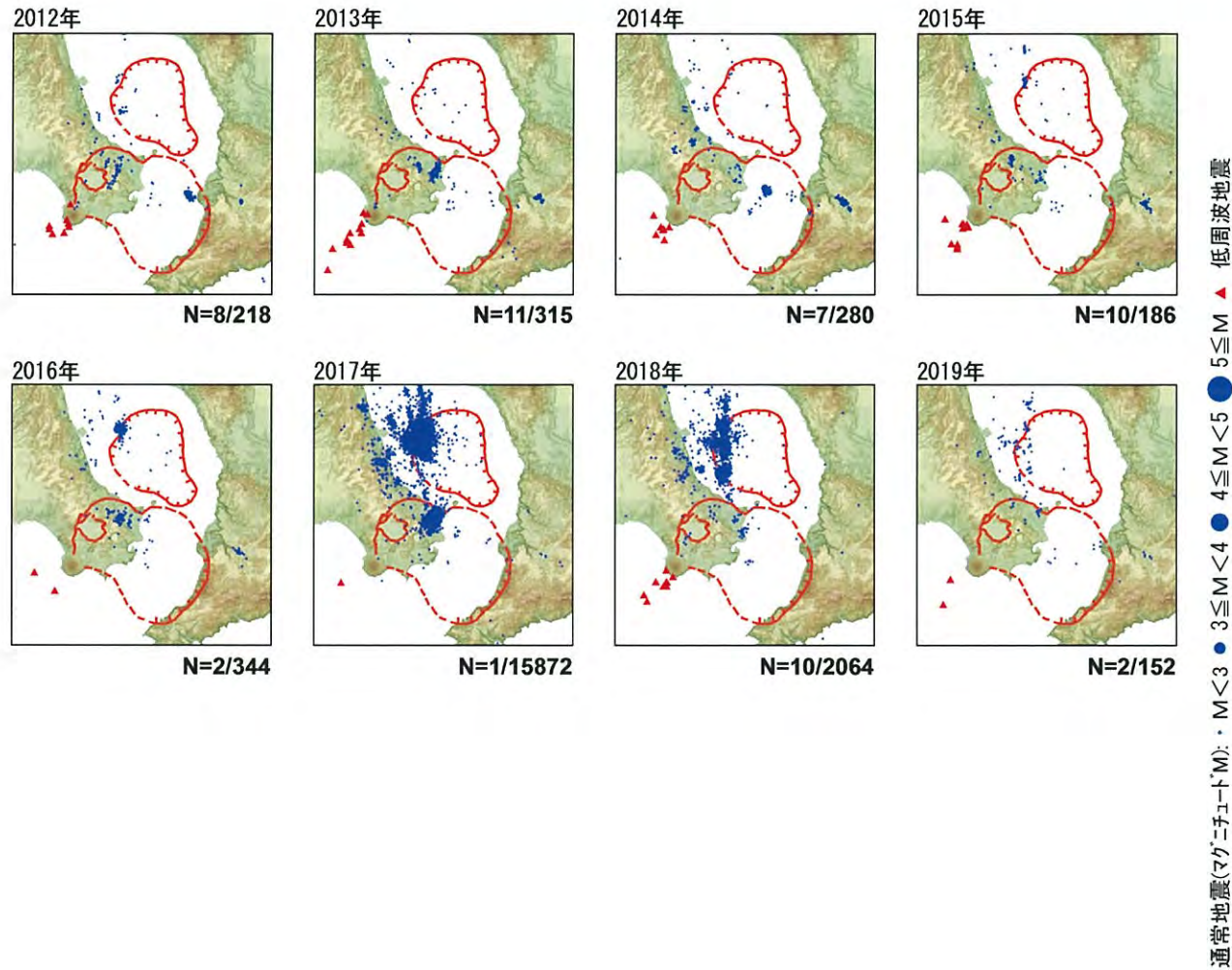
*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである。

④ 阿多カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



④ 阿多カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]

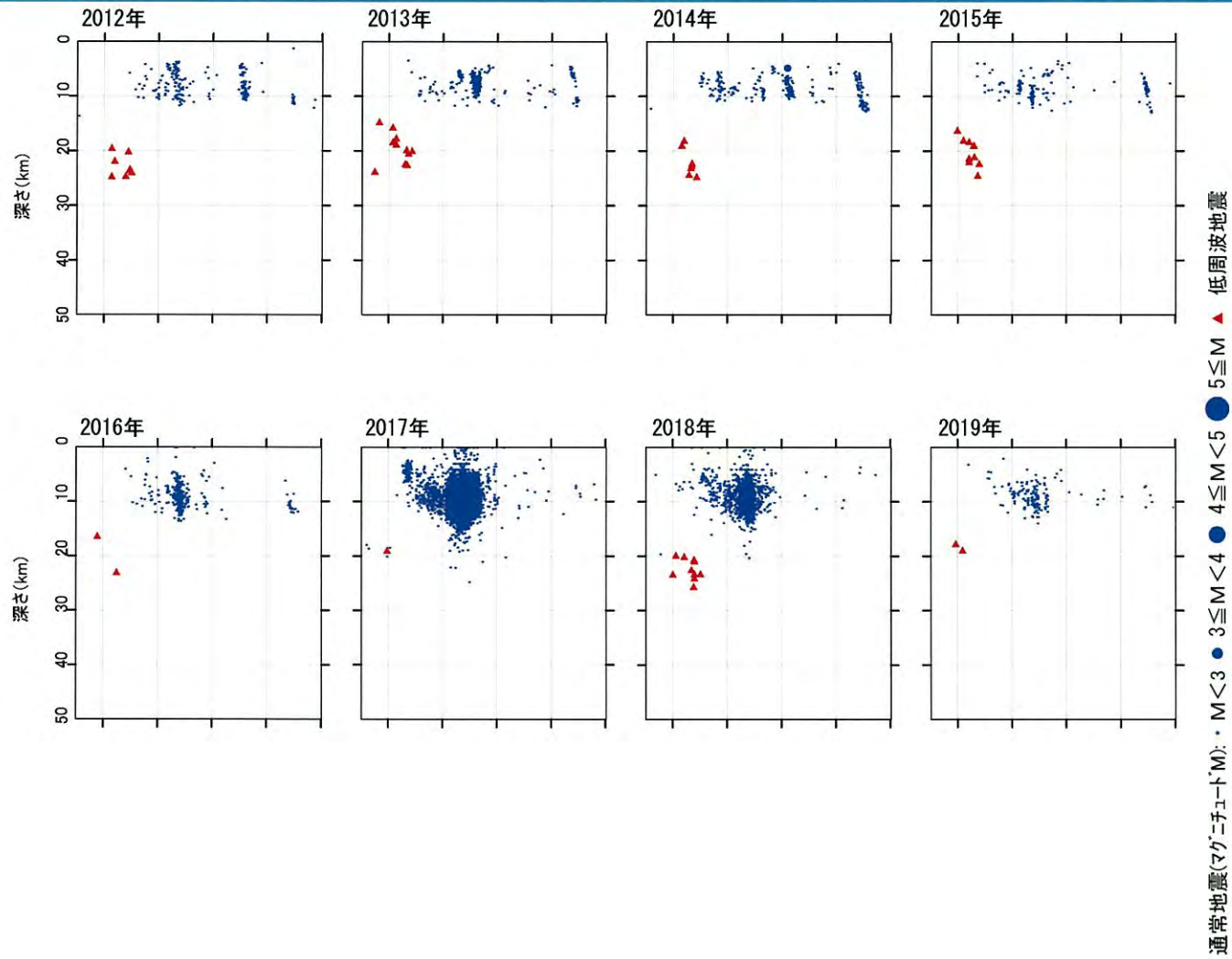


最近の主な噴火
西暦885年の噴火以降、顕著な火山活動は発生していない。

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。
ただし、2019年は3月31日までのもの

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

④ 阿多カルデラ [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



④ 阿多カルデラ [まとめ]

【活火山に関する公的機関の評価】

- ・ 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。

【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、2018年度は、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、2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、2017年7月11日に鹿児島湾で発生した地震(M5.3)の余震が認められるものの、発生数は過去1年と比較して減少傾向にある。なお、位置と規模に有意な変化は認められない。

阿多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、2018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

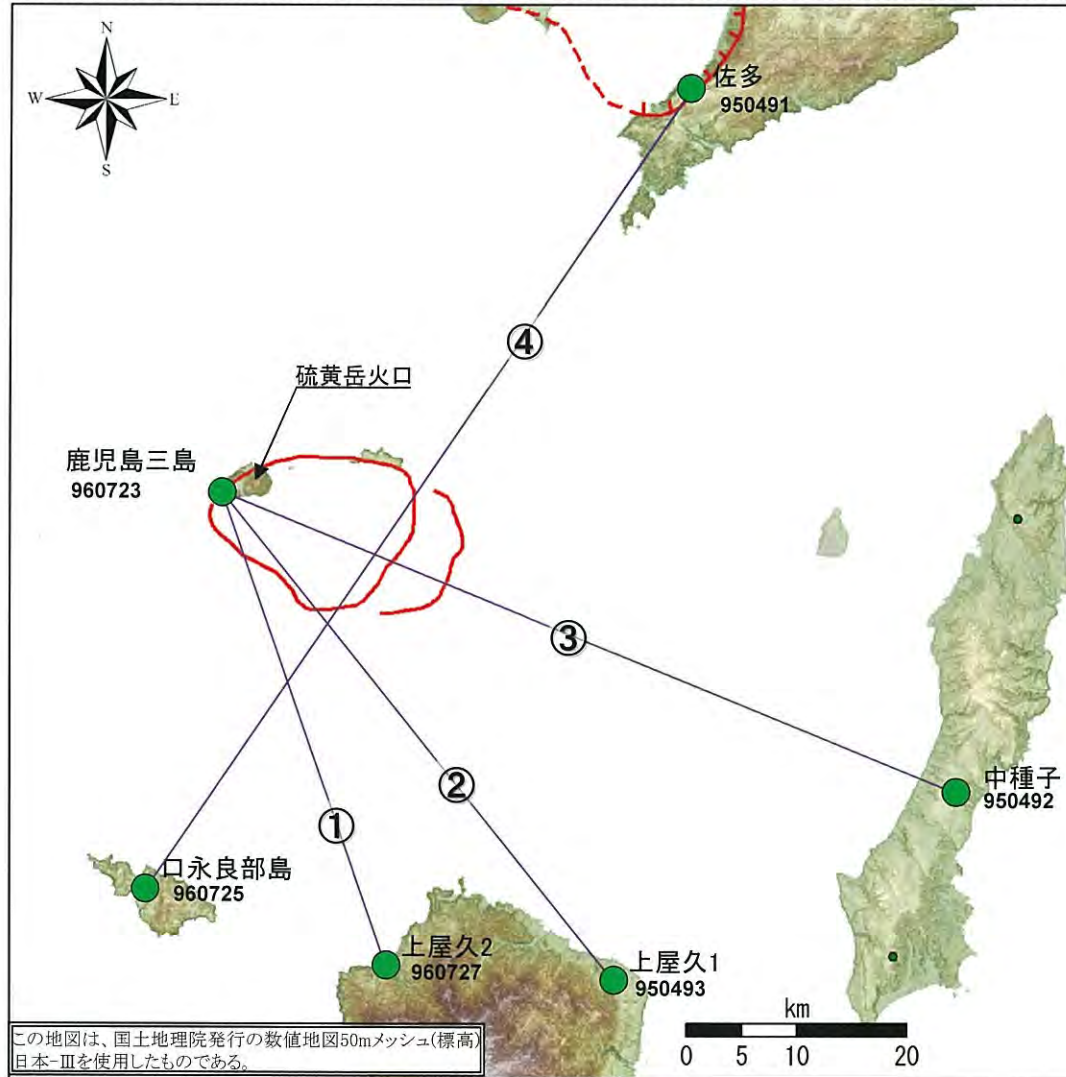
⑤ 鬼界 [活火山に関する公的機関の評価概要]

○薩摩硫黄島

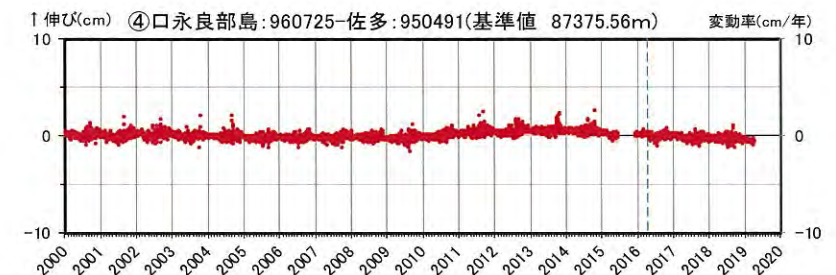
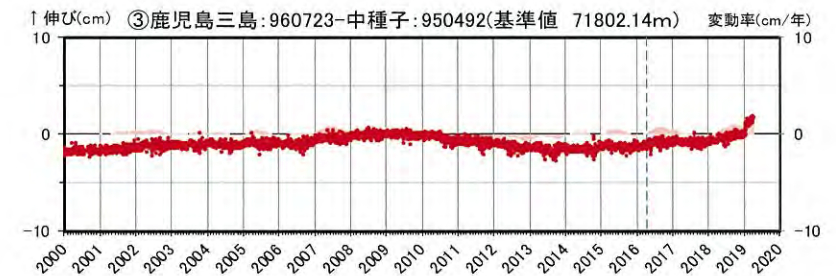
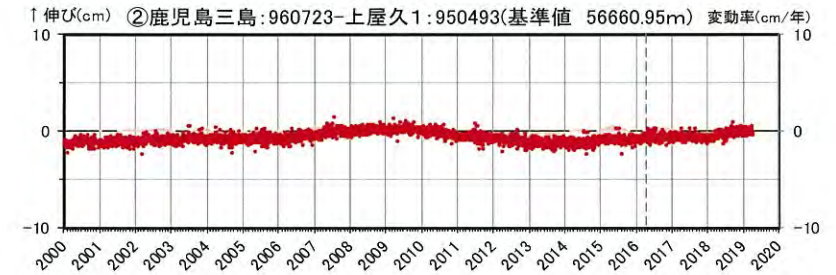
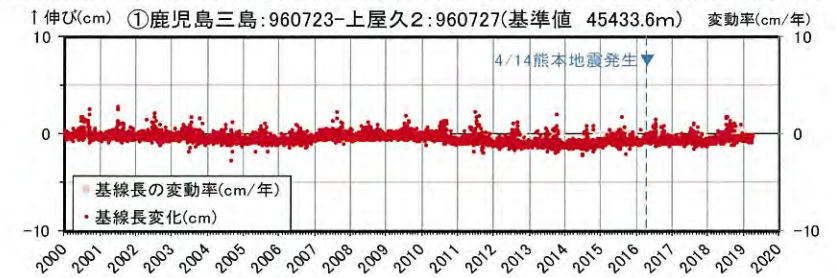
- 火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。
- 硫黄岳火口では、噴煙活動が続いており、火口内付近では火山灰等の噴出する可能性がある。また、火口付近では火山ガスに注意が必要である。
- GNSS連続観測では、火山活動に伴う特段の変化は認められなかった。

⑤ 鬼界 [地殻変動: 基線長変化]

- 2018年度の基線長変化は、鬼界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。

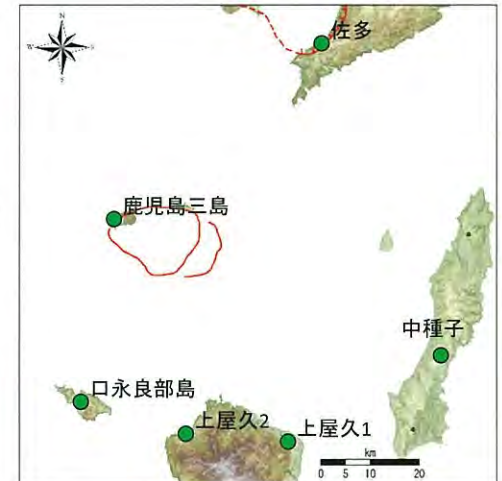
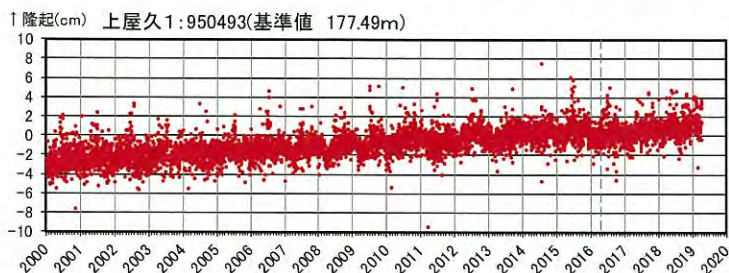
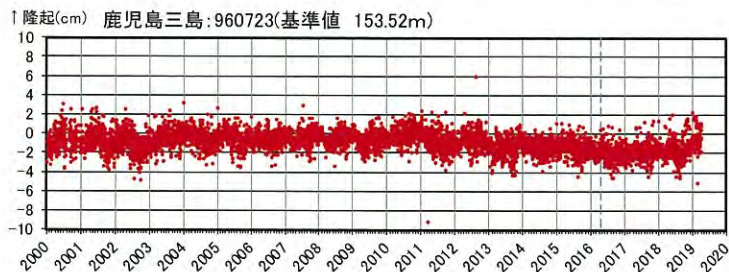
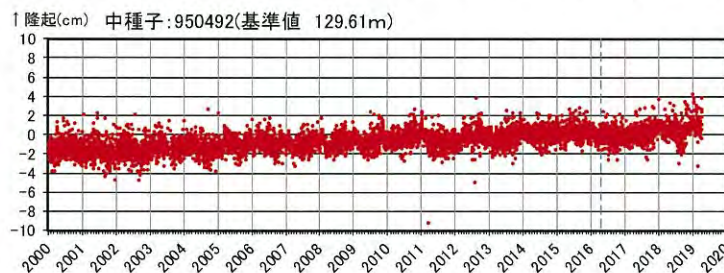
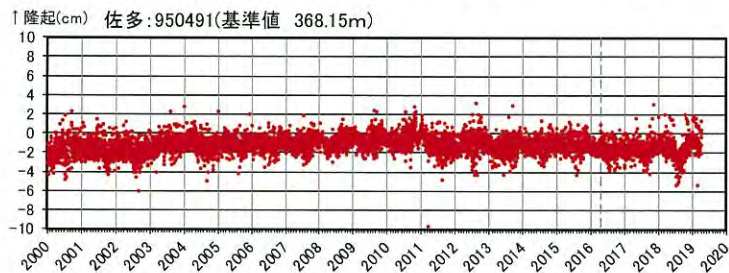
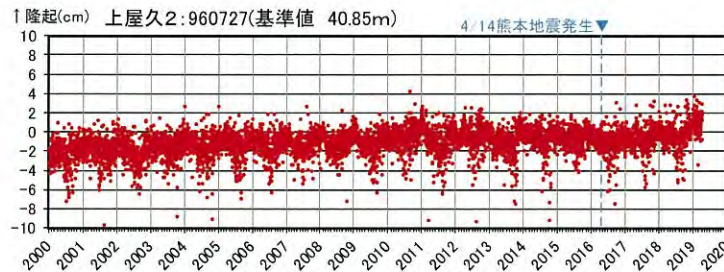
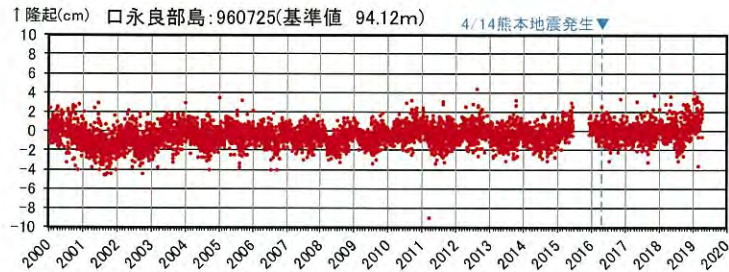


- ※1 ● GNSS観測点
- ※2 口永良部島地点については、2015年5月29日の噴火の影響で停電が発生したことで、6月7日以降欠測
停電が解消した12月2日から観測を再開
- ※3 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示
- ※4 変動率は直近1年間の毎日の変動量の傾きを示している



⑤ 鬼界 [地殻変動: 各観測点の鉛直変動]

・ 2018年度の鉛直変動は、鬼界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。



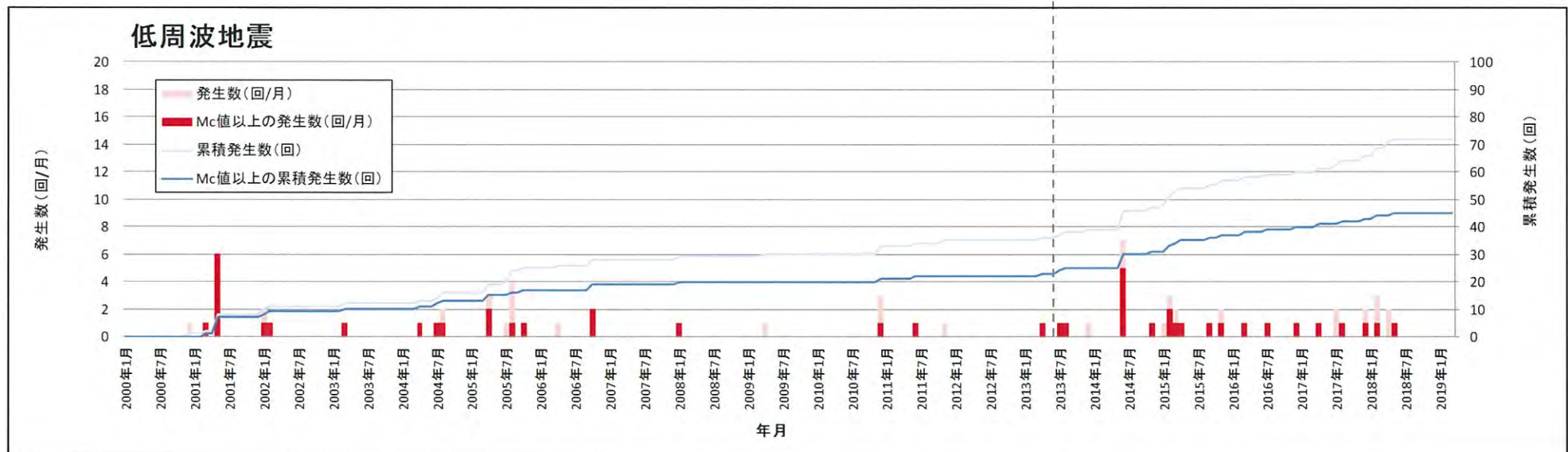
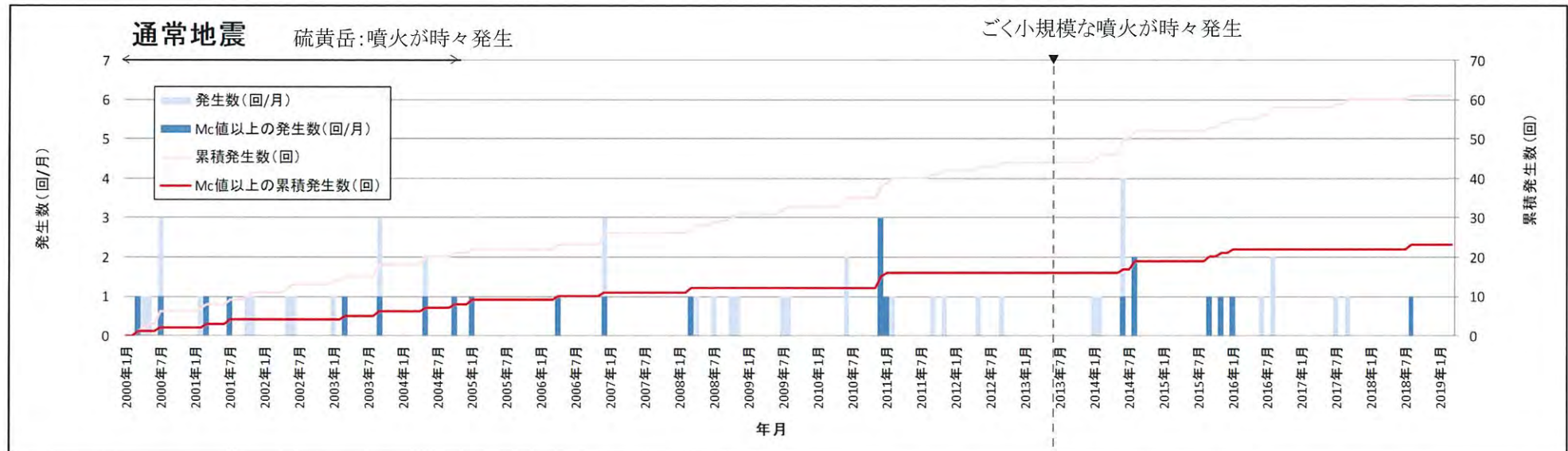
※1 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示

※2 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

余 白

⑤ 鬼界 [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]

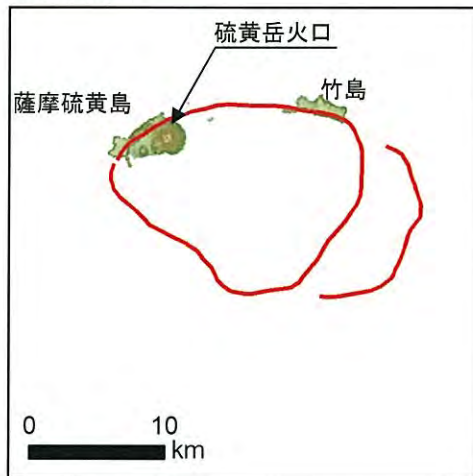
- ・ 2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、過去と比較して有意な変化は認められない。



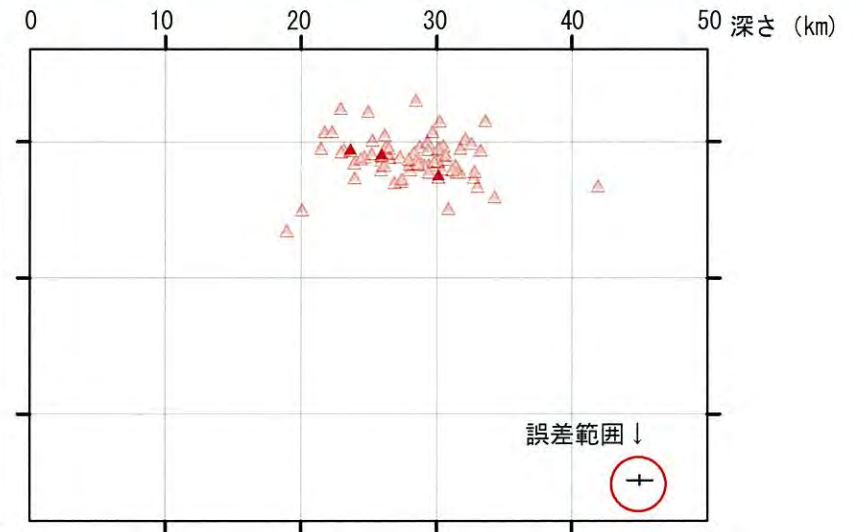
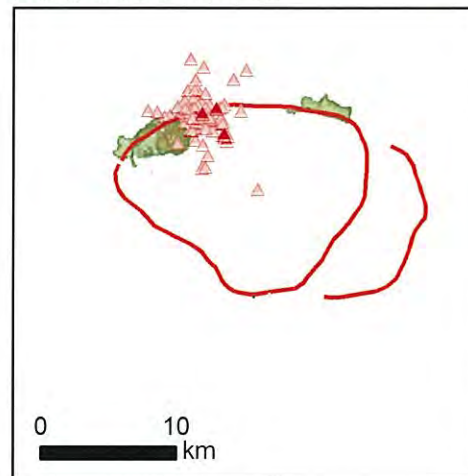
[Mc値(2000~2018年データ使用)] 通常地震: 1.5 低周波地震: 0.9

⑤ 鬼界 [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

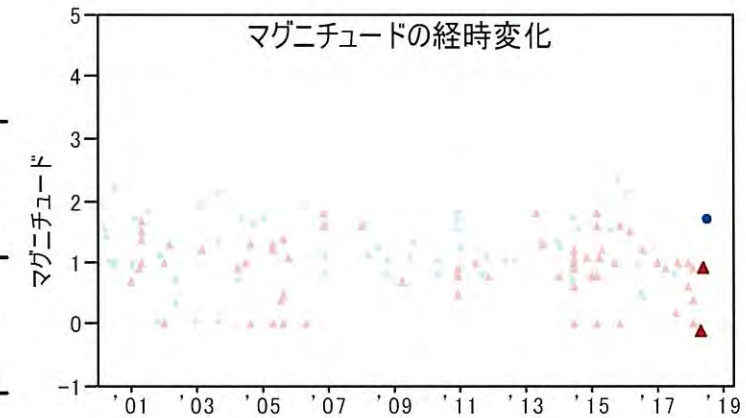
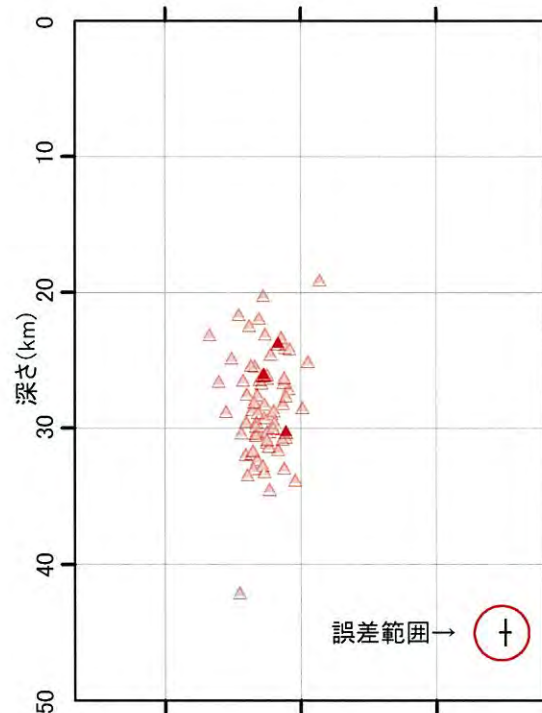
震 源

(2018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

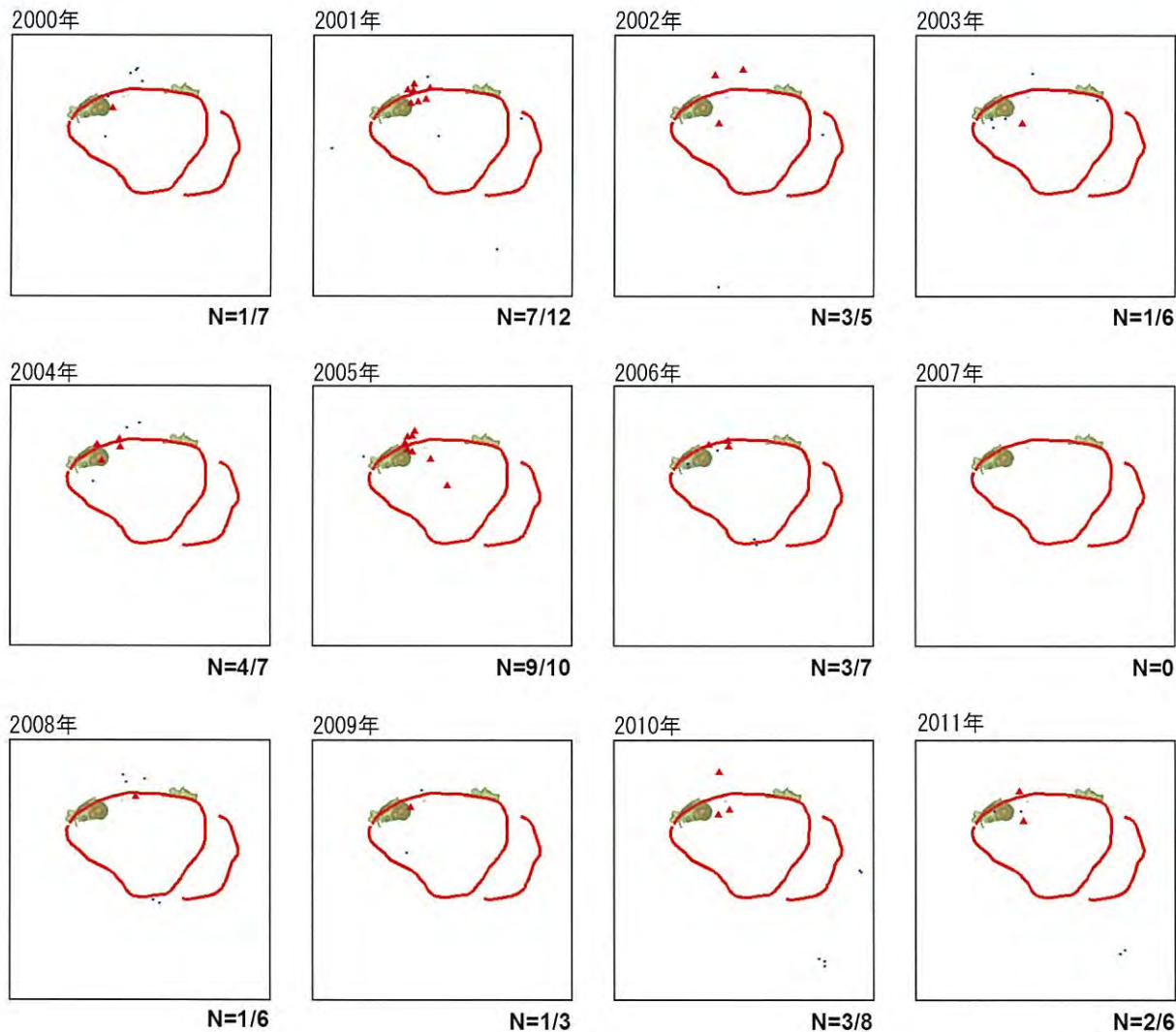
- 地震調査研究推進本部による



*震源は2000年以降をプロット。2018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 (2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

⑤ 鬼界 [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]



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

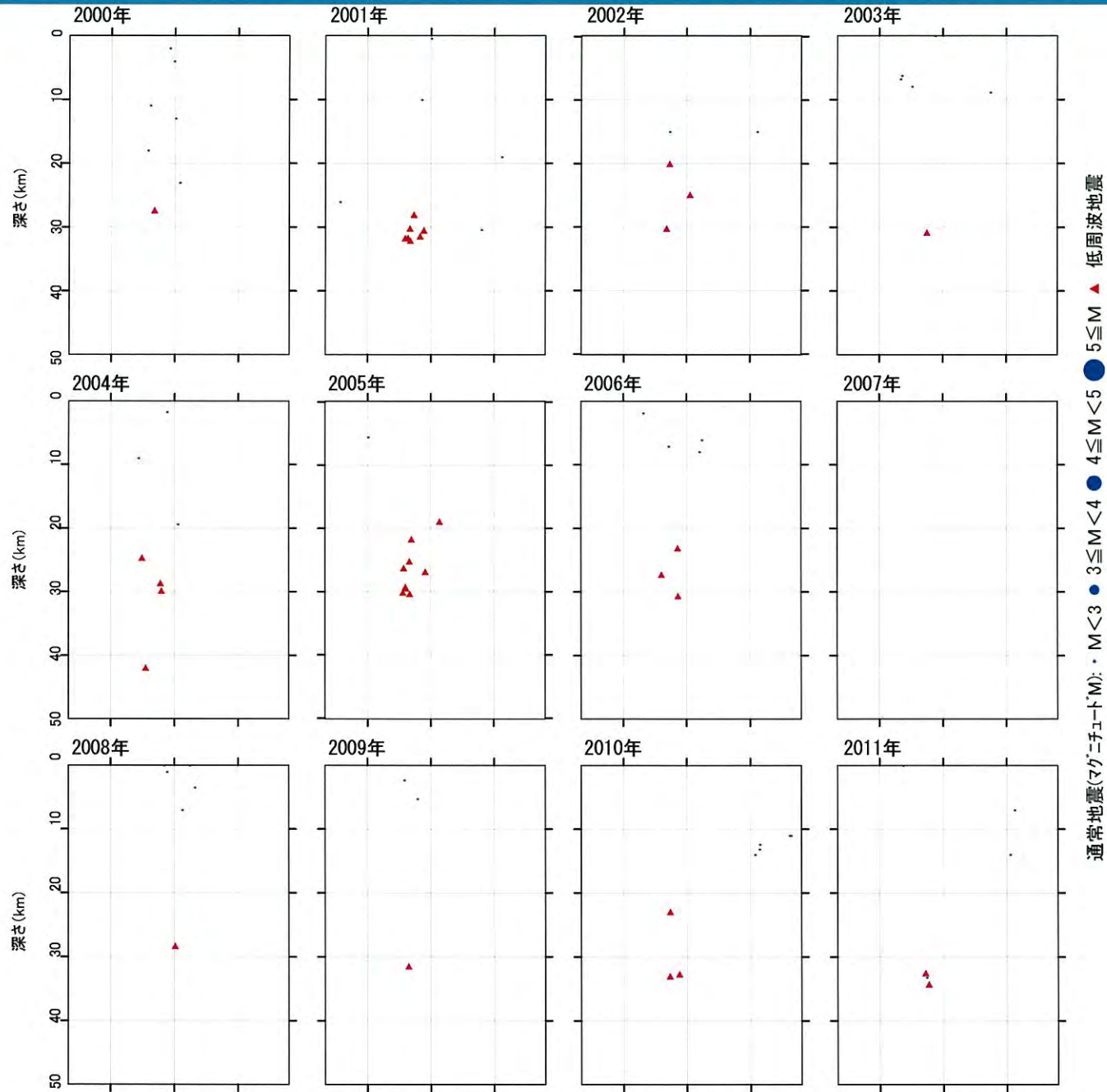
最近の主な噴火

- 2000年 1,5,6,7,9~12月に島内で降灰
- 2001年 2,4~12月に島内で降灰
- 2002年 5~7月にかけて火山活動がやや活発化
- 2003年 6~10月にかけて火山活動がやや活発化
4月に2回、5月に1回噴火
- 2004年 3,4,6,8~10月に噴火が時々発生

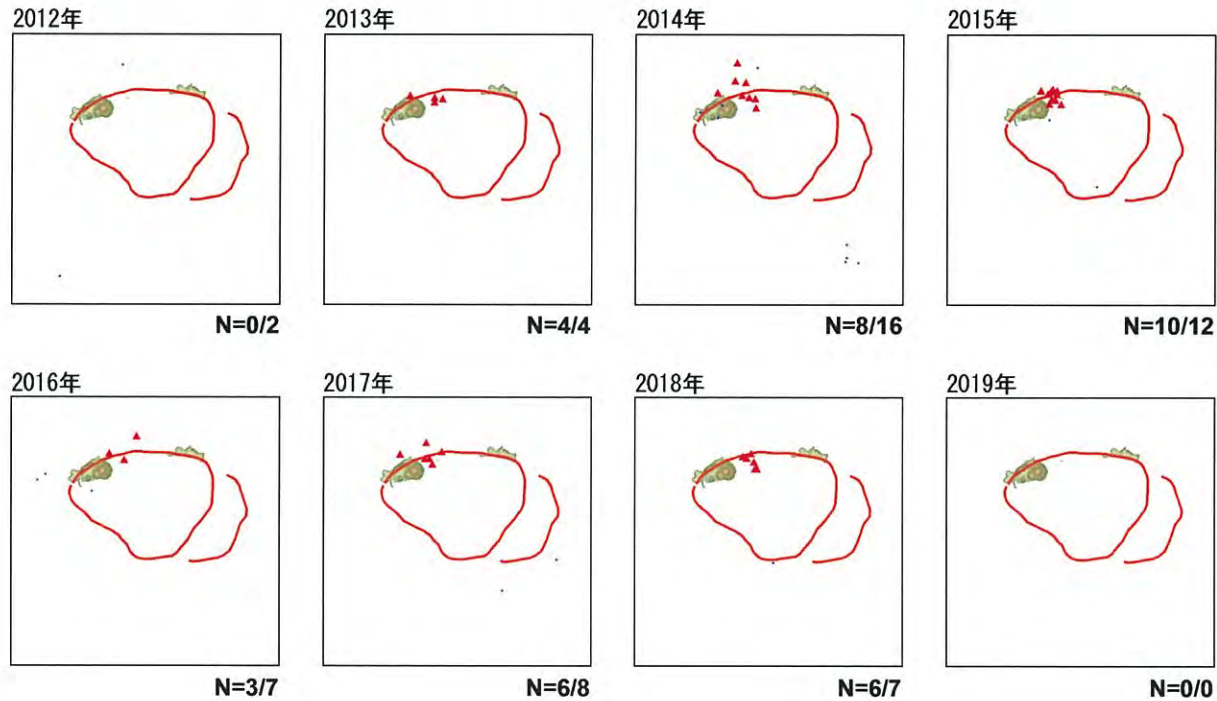
*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

⑤ 鬼界 [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



⑤ 鬼界 [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



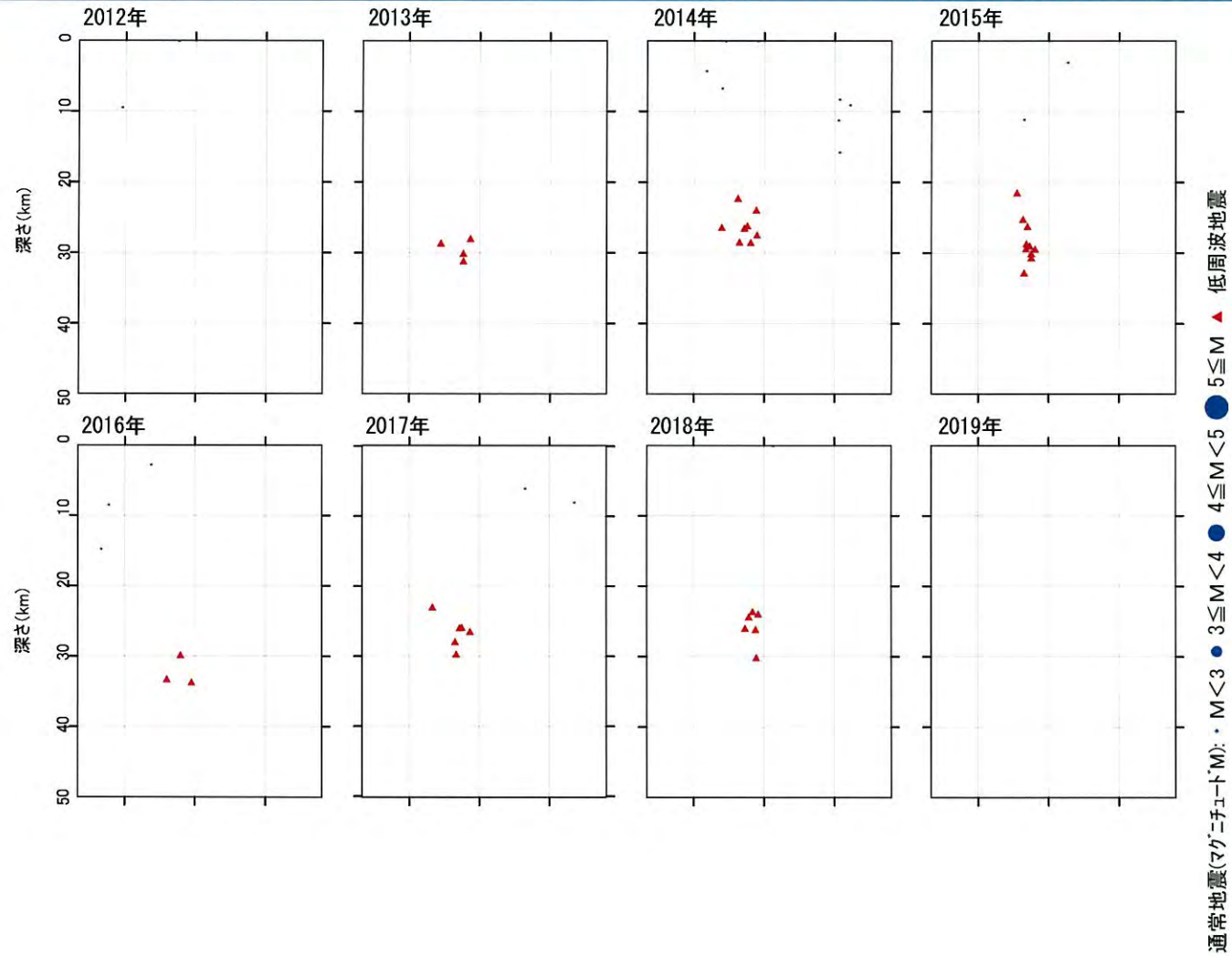
通常地震(M<5): ● M<3 ● 3≦M<4 ● 4≦M<5 ● 5≦M ▲ 低周波地震

最近の主な噴火
2013年 6月3日から5日にかけてごく小規模な噴火
が時々発生

*各図の右下の数値は範囲内での該当年の(低周波地震発生数/総地震発生数)を示す。
ただし、2019年は3月31日までのもの

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである。

⑤ 鬼界 [地震活動: 2000年以降の地震発生数の推移]



⑤ 鬼界 [まとめ]

【活火山に関する公的機関の評価】

- ・ 火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。
- ・ GNSS連続観測では、火山活動に伴う特段の変化は認められていない。

【当社の評価】

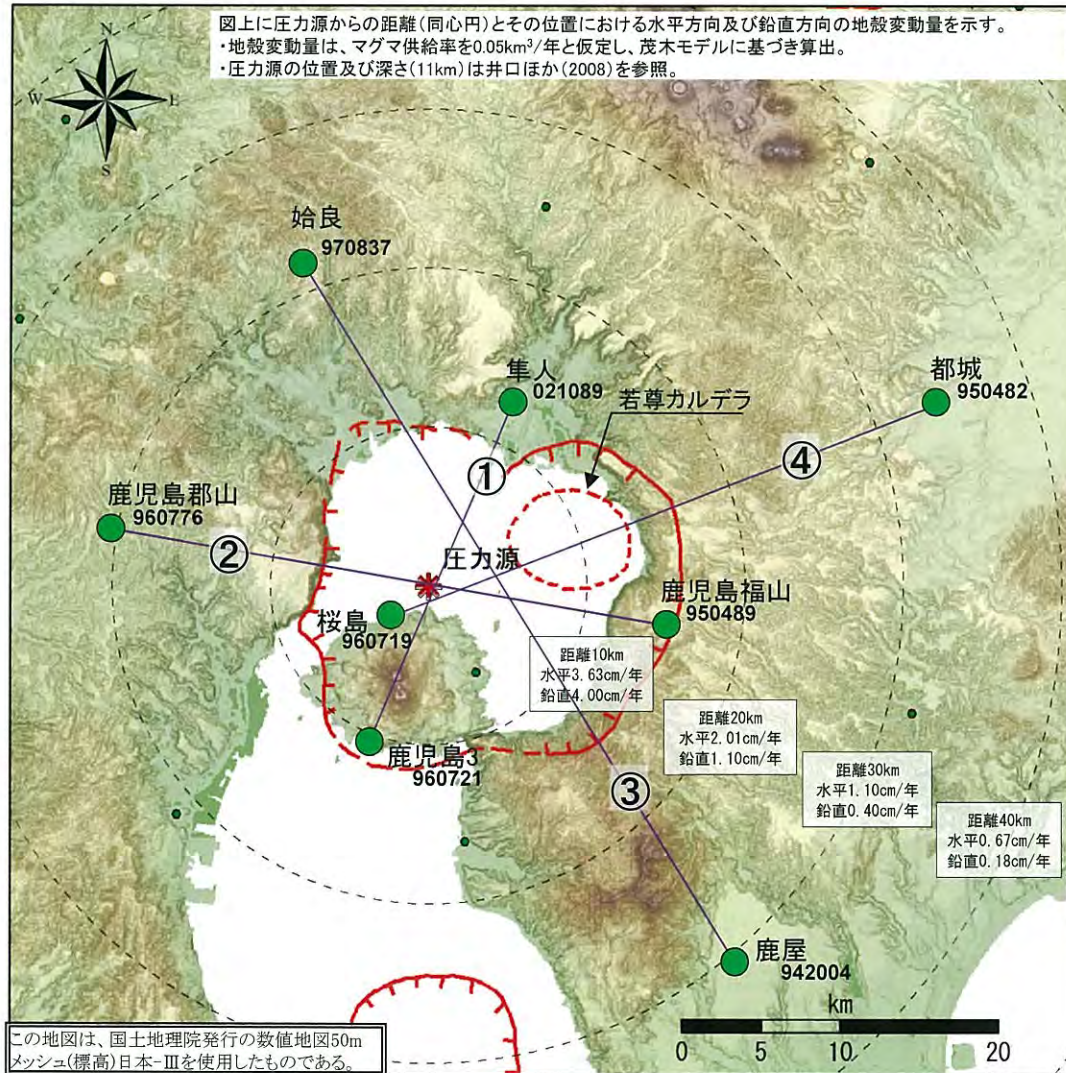
- ・ GNSS連続観測による基線長変化等を確認した結果、2018年度は、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められない。
- ・ 地震発生数の推移及び震源分布とマグニチュードの経時変化等を確認した結果、2018年度の地震活動(発生数、位置、規模等)は、過去と比較して有意な変化は認められない。

鬼界については、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、2018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

参考1. 各カルデラの基線の再検討[概要]

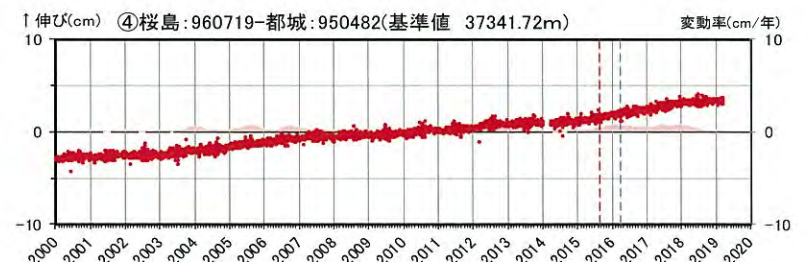
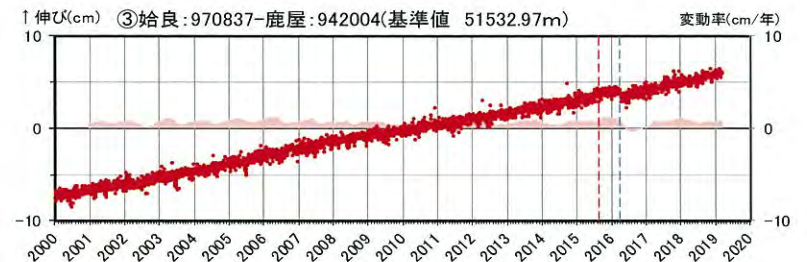
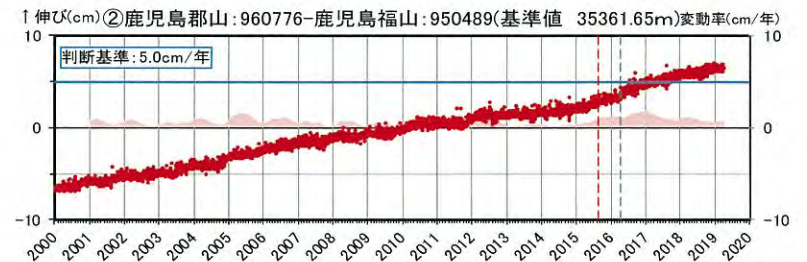
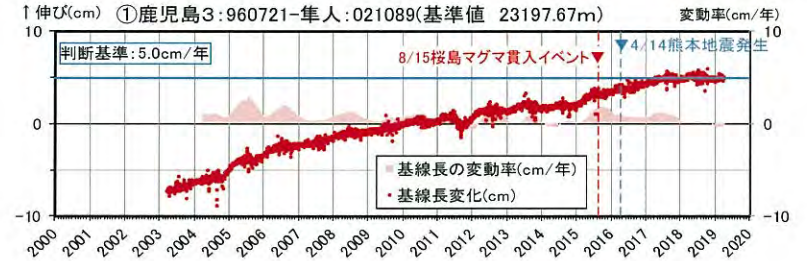
- 始良カルデラの基線①(鹿児島3-隼人)、基線④(桜島-都城)について、一部のGNSS観測点が活火山である桜島の活動に起因する地殻変動の影響を受けることから、基線の再検討を行った。また、近傍で活動している活火山の影響を受ける基線がある阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラについても再検討を行った。



● 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

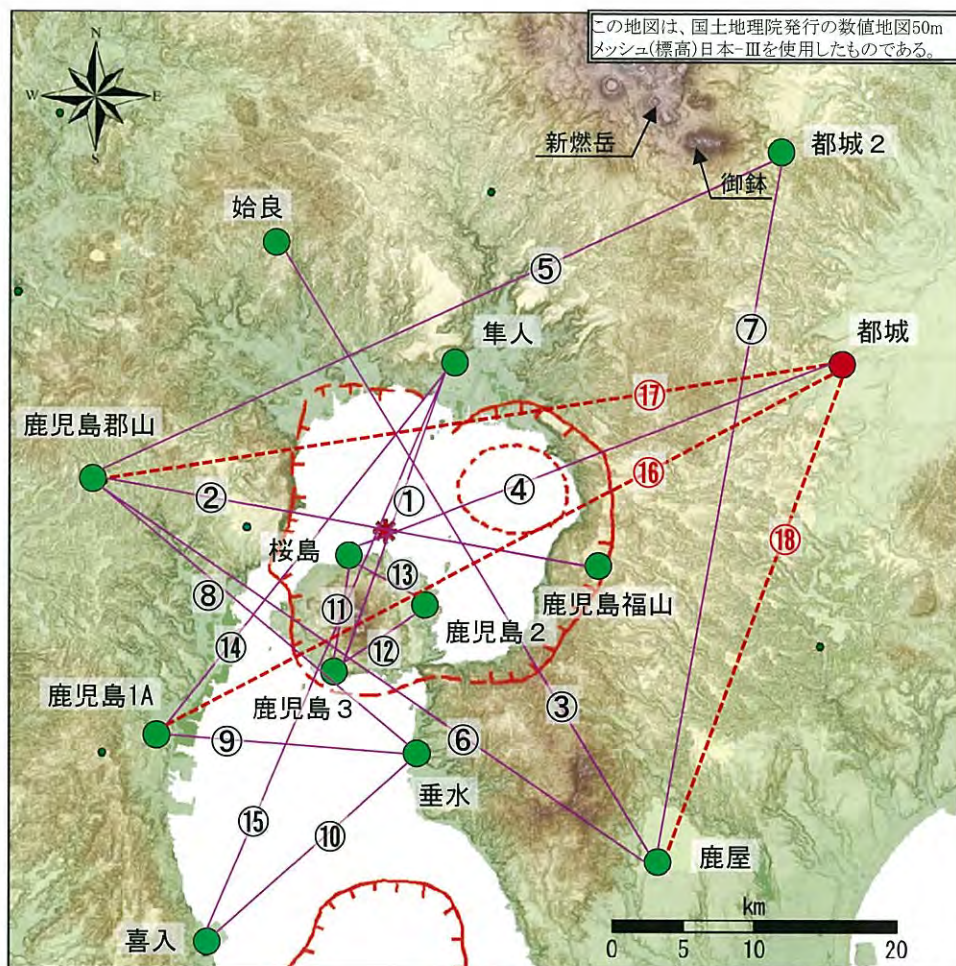
※2 変動率は過去1年間のデータを用いて求めた近似式により算出



基線①~④の時系列変化

参考1. 各カルデラの基線の再検討[始良カルデラ]

- 始良カルデラのモニタリングに用いている基線について、GNSS観測点「桜島」「鹿児島2」「鹿児島3」は桜島の活動、また、「都城2」は霧島山の活動に起因する地殻変動の影響を受けるため、基線①・④・⑤・⑦・⑪・⑫・⑬については活火山の影響を認識した上でモニタリングしていく。
- また、霧島山の活動に起因する地殻変動の影響を受けない「都城」を観測点に含めた基線⑬・⑰・⑱を新たに追加した。



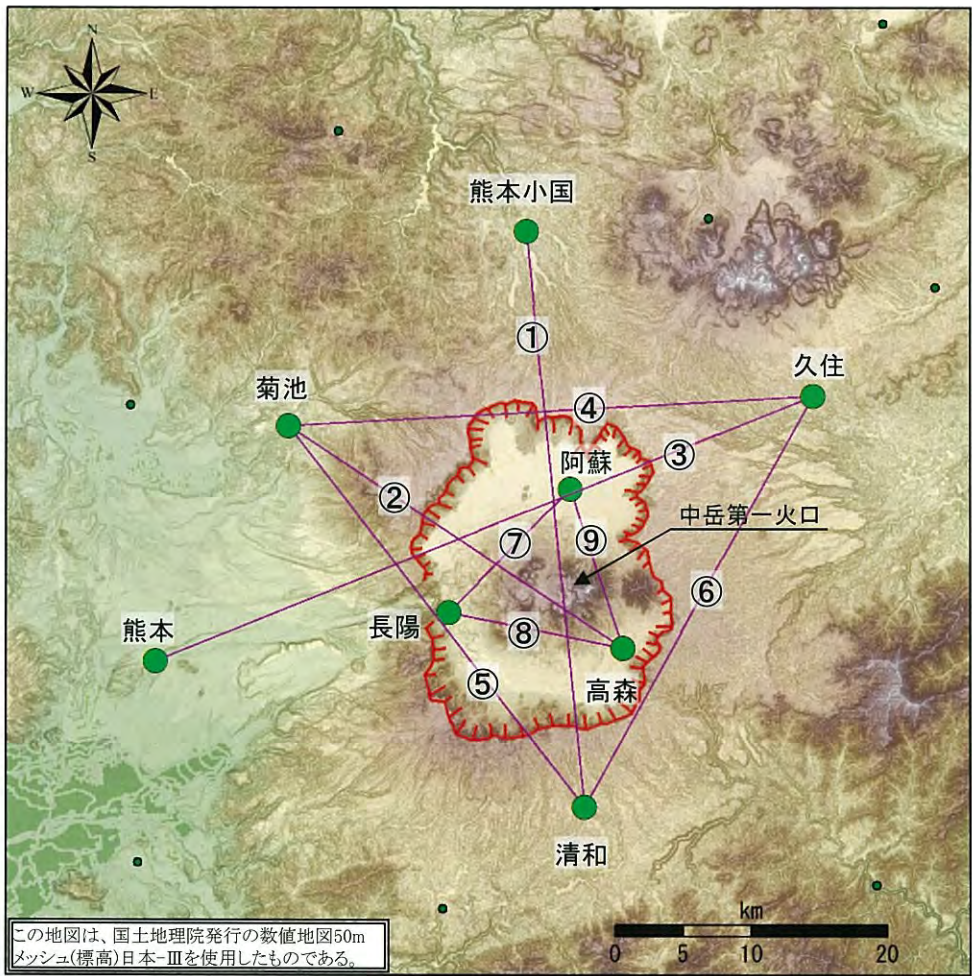
| | | | |
|---|-------------|---|-----------|
| ① | 鹿児島3-隼人 | ⑩ | 喜入-垂水 |
| ② | 鹿児島郡山-鹿児島福山 | ⑪ | 桜島-鹿児島3 |
| ③ | 始良-鹿屋 | ⑫ | 鹿児島3-鹿児島2 |
| ④ | 桜島-都城 | ⑬ | 鹿児島2-桜島 |
| ⑤ | 都城2-鹿児島郡山 | ⑭ | 鹿児島1A-隼人 |
| ⑥ | 鹿児島郡山-鹿屋 | ⑮ | 隼人-喜入 |
| ⑦ | 鹿屋-都城2 | ⑯ | 鹿児島1A-都城 |
| ⑧ | 鹿児島郡山-垂水 | ⑰ | 都城-鹿児島郡山 |
| ⑨ | 鹿児島1A-垂水 | ⑱ | 鹿屋-都城 |

活火山の影響を受ける基線

● GNSS観測点

参考1. 各カルデラの基線の再検討[阿蘇カルデラ]

阿蘇カルデラのモニタリングに用いている基線について、阿蘇・中岳に近いGNSS観測点「阿蘇」「長陽」「高森」は、阿蘇・中岳の活動に起因する地殻変動の影響を受けるため、基線②・⑦・⑧・⑨については活火山の影響を認識した上でモニタリングしていく。



| | | | |
|---|---------|---|-------|
| ① | 熊本小国-清和 | ⑥ | 清和-久住 |
| ② | 菊池-高森 | ⑦ | 長陽-阿蘇 |
| ③ | 熊本-久住 | ⑧ | 長陽-高森 |
| ④ | 菊池-久住 | ⑨ | 高森-阿蘇 |
| ⑤ | 菊池-清和 | | |

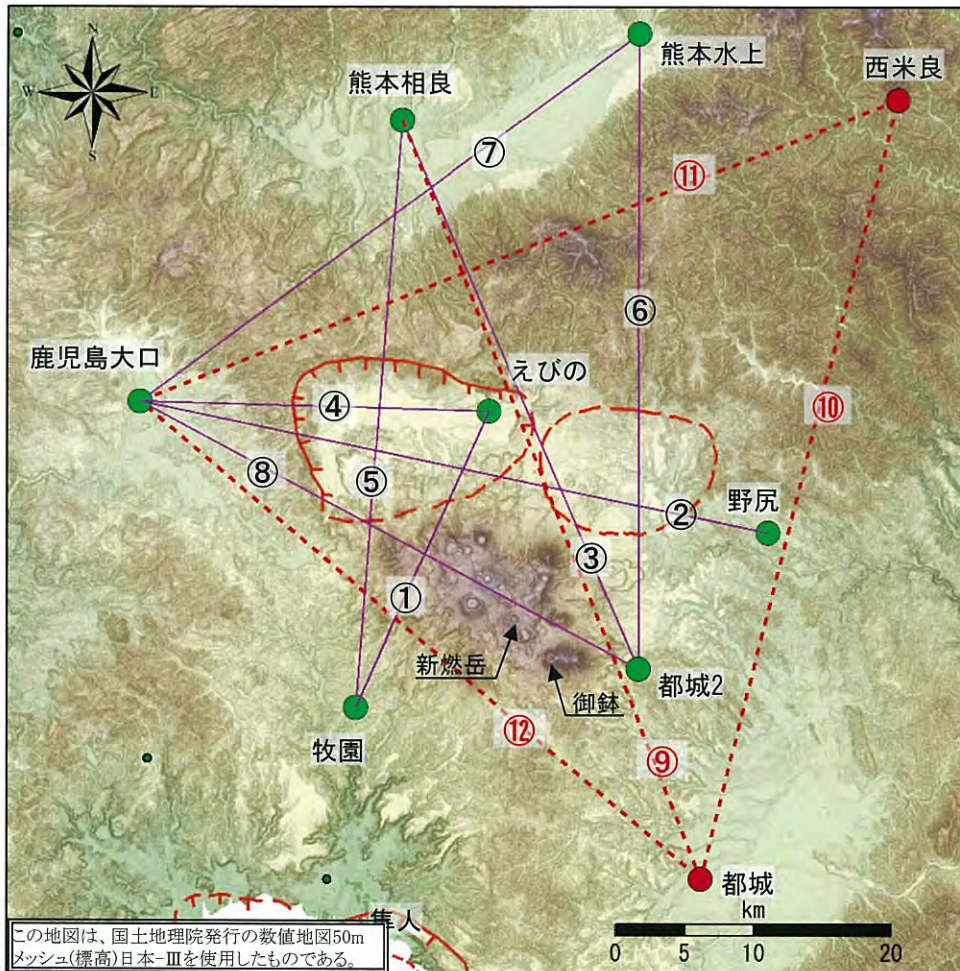
活火山の影響を受ける基線

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

● GNSS観測点

参考1. 各カルデラの基線の再検討[加久藤・小林カルデラ]

- 加久藤・小林カルデラのモニタリングに用いている基線について、霧島山に近いGNSS観測点「牧園」「えびの」「都城2」は、霧島山の活動に起因する地殻変動の影響を受けるため、基線①・③・④・⑤・⑥・⑧については活火山の影響を受けることを認識した上でモニタリングしていく。
- また、霧島山の活動に起因する地殻変動の影響を受けない「都城」と「西米良」を観測点に含めた基線⑨・⑩・⑪・⑫を新たに追加した。



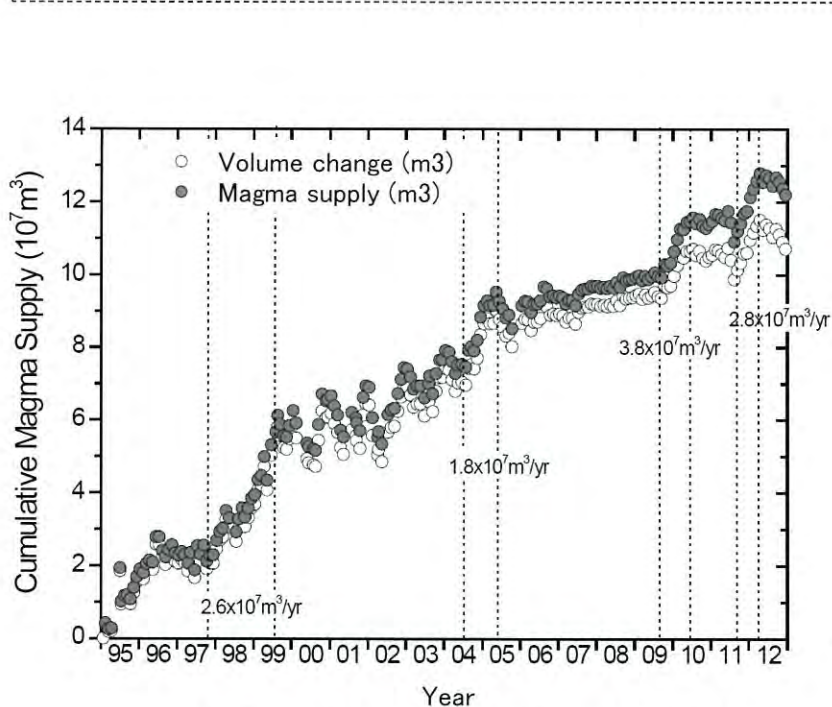
| | | | |
|---|-----------|---|------------|
| ① | 牧園-えびの | ⑦ | 熊本水上-鹿児島大口 |
| ② | 鹿児島大口-野尻 | ⑧ | 鹿児島大口-都城2 |
| ③ | 熊本相良-都城2 | ⑨ | 熊本相良-都城 |
| ④ | えびの-鹿児島大口 | ⑩ | 西米良-都城 |
| ⑤ | 牧園-熊本相良 | ⑪ | 西米良-鹿児島大口 |
| ⑥ | 熊本水上-都城2 | ⑫ | 鹿児島大口-都城 |

活火山の影響を受ける基線

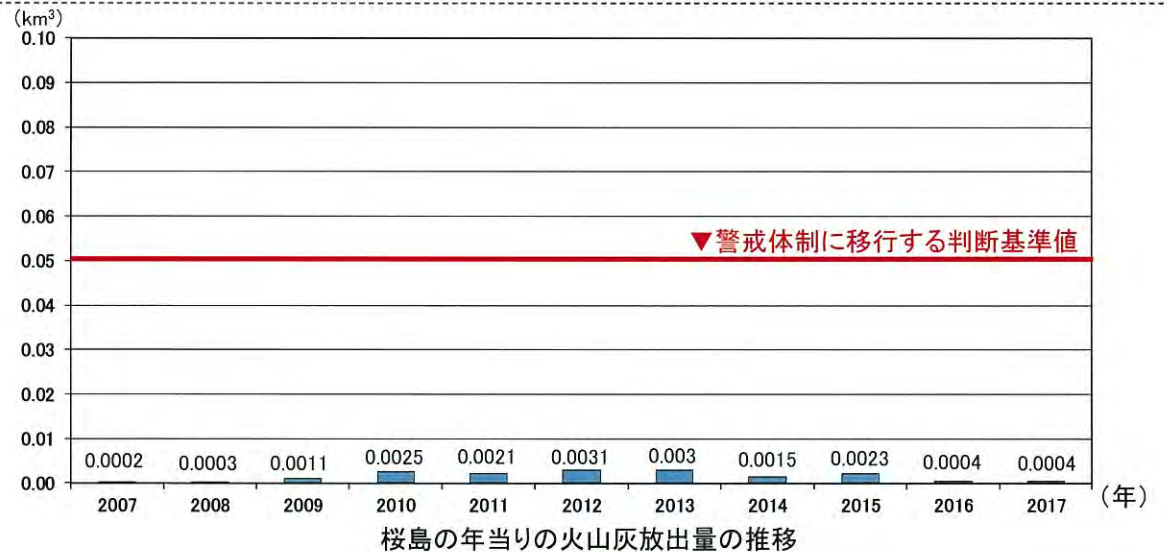
● GNSS観測点

参考2. マグマ供給率の考え方について

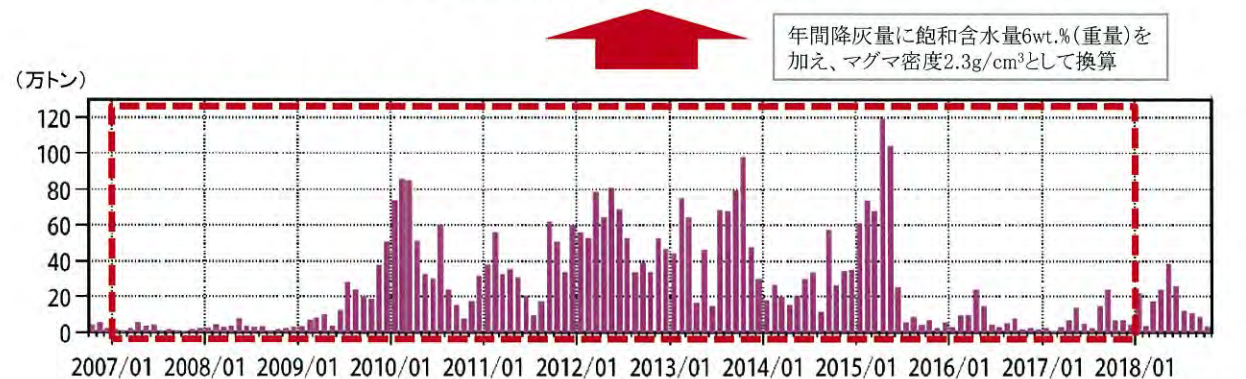
- 当社は、カルデラ火山のモニタリングにおいて、基線長変化から求める体積変化率をマグマ供給率として評価している。
- 一方、井口ほか(2013)では、圧力源の体積変化量および桜島の火山灰放出量を考慮したマグマの供給量の算定を行っている。このため、桜島の火山灰放出量およびモニタリングへの影響について検討を行った。
- その結果、火山灰放出量は警戒監視の移行判断基準 $0.05\text{km}^3/\text{年}$ に比べて小さく、モニタリングへの影響が小さいことを確認した。なお、桜島の火山灰放出量については、今後も適宜確認していく。



始良カルデラにおけるマグマ溜まりの体積変化量と
マグマの供給量の推移(井口ほか(2013))



桜島の年当りの火山灰放出量の推移



鹿児島県が実施している桜島の降灰の観測データから推定した火山灰の総噴出量
(火山活動解説資料/気象庁)

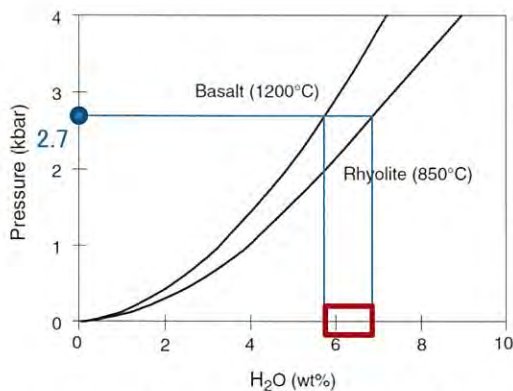
参考2. マグマ供給率の考え方について

〔マグマの含水量と密度の推定〕

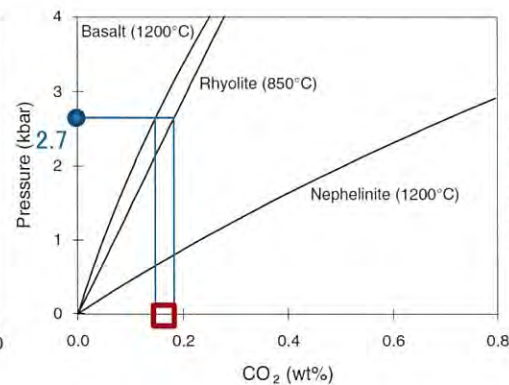
火山灰放出量の重量から体積への換算において、マグマに含まれる揮発性物質（水や二酸化炭素など）を加味するため、マグマの飽和含水量と密度について検討を行った。

検討の結果、飽和含水量は6 wt.%、マグマ密度は2.3g/cm³と推定した。

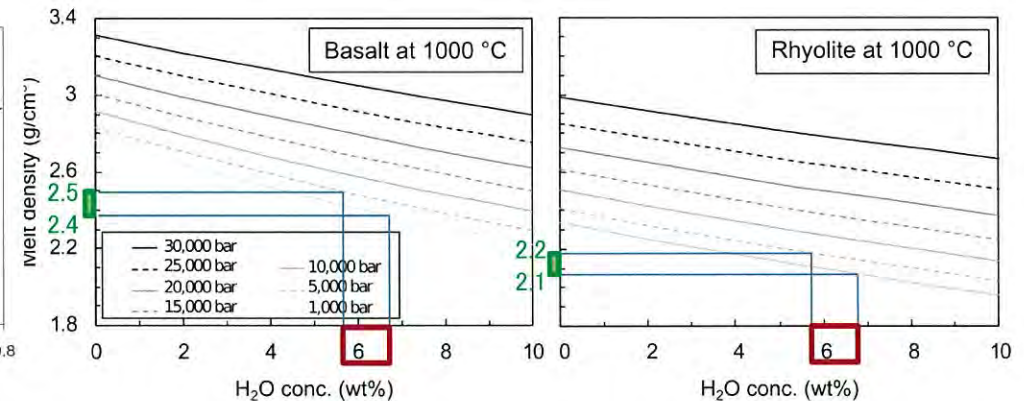
- Matusumoto et al.(2013)によると、2009～2010年の桜島の噴出物の本質岩片は安山岩組成である。
- 圧力源の深さ11km、圧力2.7kbar（地殻密度2.5g/cm³と仮定）での安山岩質メルトの飽和含水量は、6 wt.%程度と推定。他の揮発性物質は、水と比べ飽和濃度が低いため、飽和含水量を検討対象とした（図1、図2）。
- 圧力2.7 kbar（2700 bar）で飽和含水量6 wt.%程度のメルトの密度は、玄武岩質メルトで2.4～2.5 g/cm³程度、流紋岩質メルトで2.1～2.2 g/cm³程度。
- 安山岩組成メルトの密度は図2に示されていないが、玄武岩質メルトと流紋岩質メルトの密度の中間と考えられるので、2.3 g/cm³程度と推定される（図3）。



（図1）実験データに基づく典型的なマグマ温度での玄武岩質および流紋岩質メルト中のH₂O溶解度 (Wallace et al., 2015)に加筆)



（図2）実験データに基づく典型的なマグマ温度での玄武岩質および流紋岩質メルト中のCO₂溶解度 (Wallace et al., 2015)に加筆)

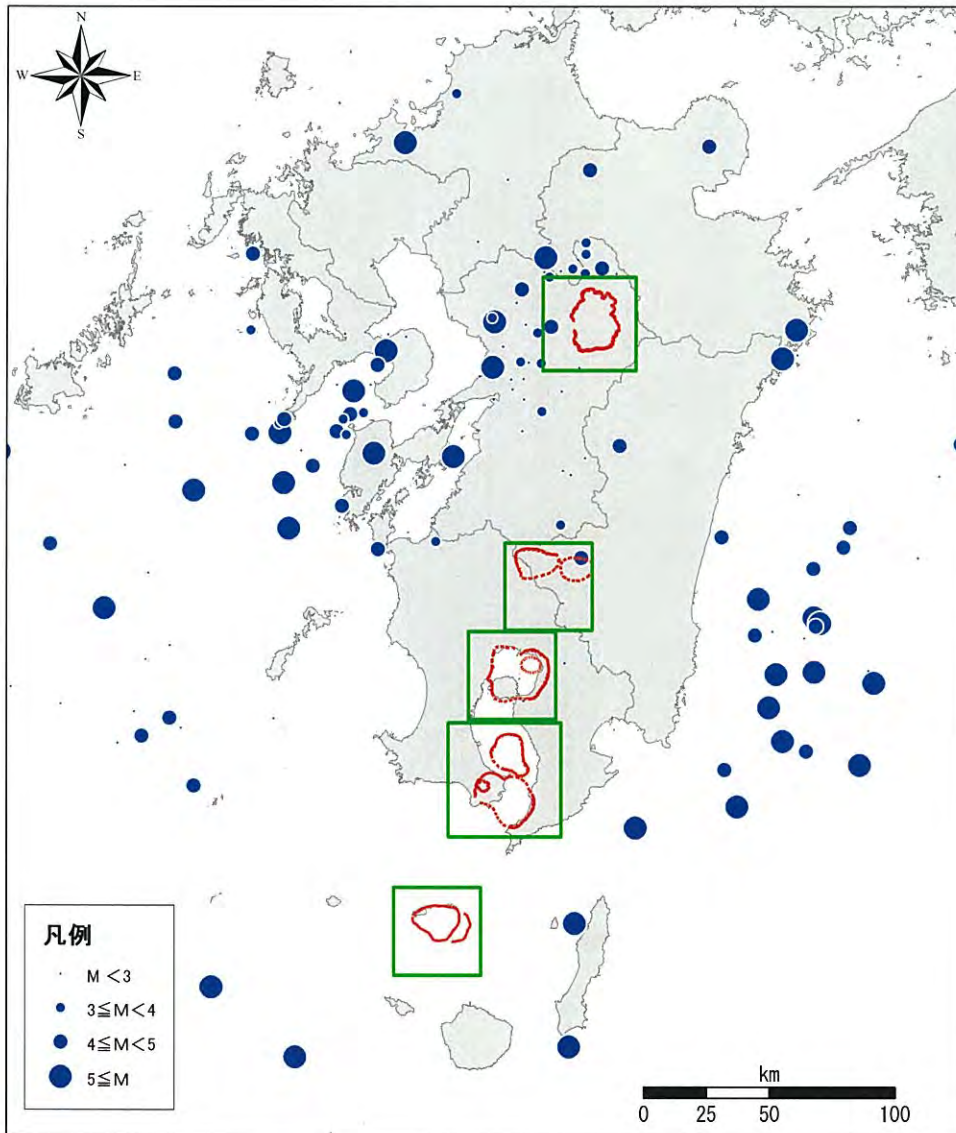


（図3）玄武岩質と流紋岩質メルトの密度に対する圧力と温度の影響 (Iacovino and Till, 2019)に加筆)

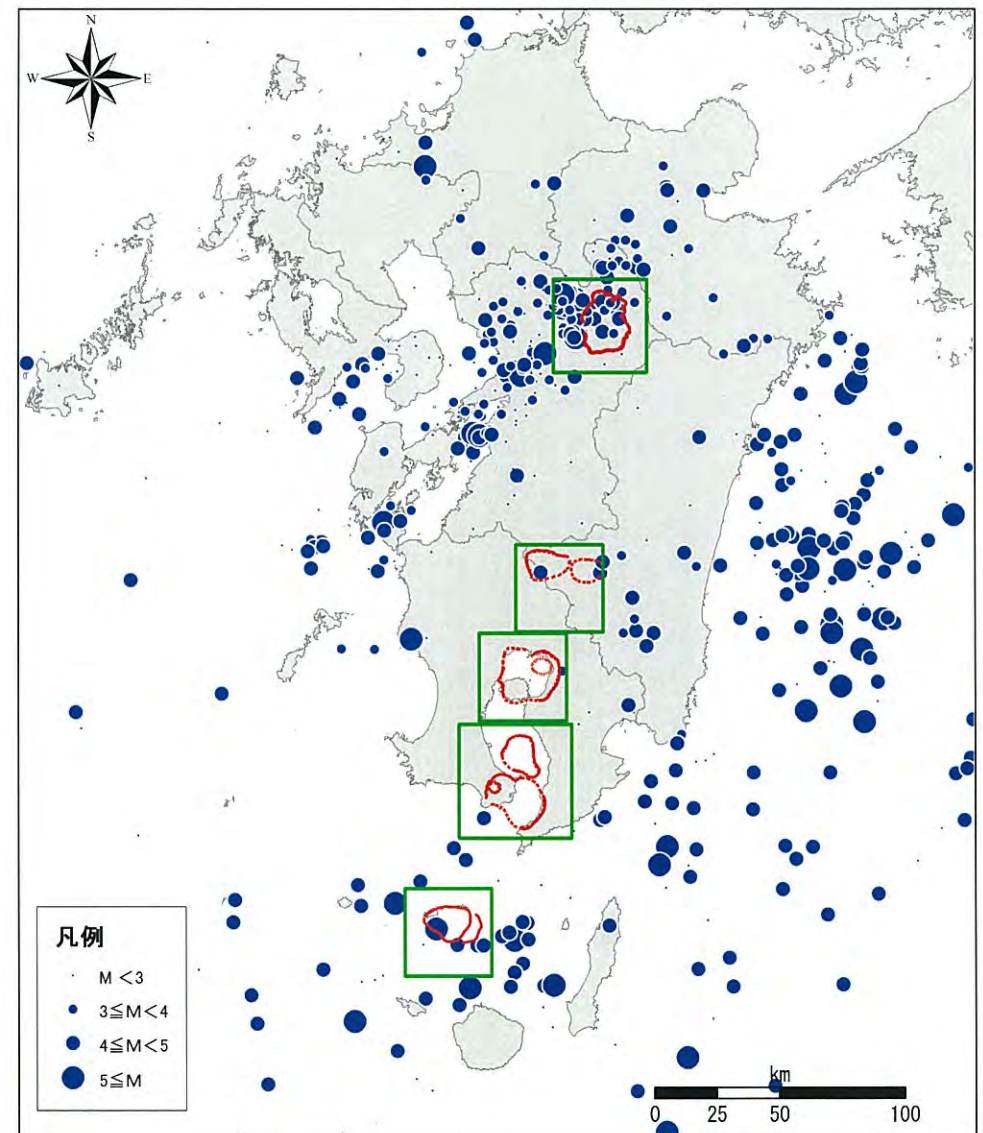
参考3. 九州全域の地震活動

- 九州全域での地震活動を把握するために、1923年以降の地震活動を整理した。

1923年～1929年



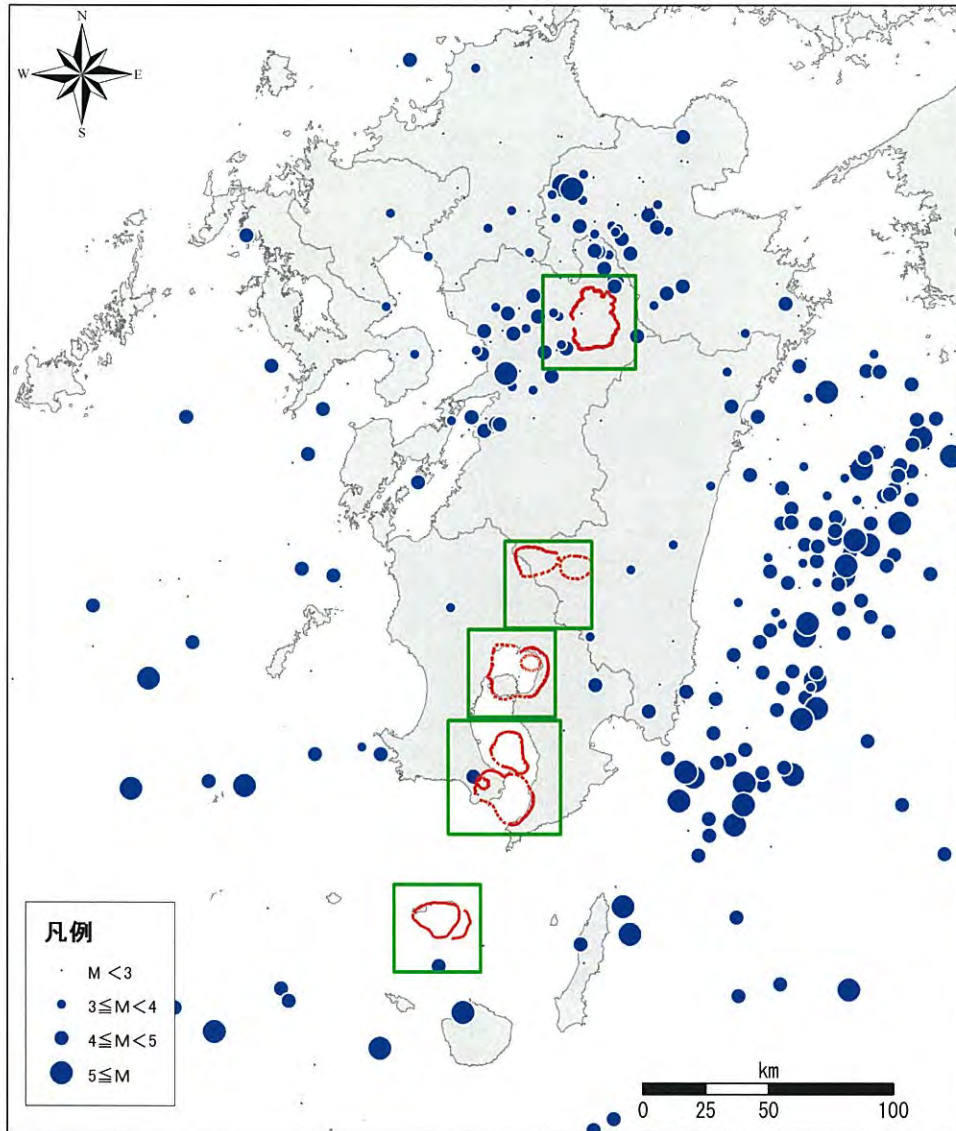
1930年～1939年



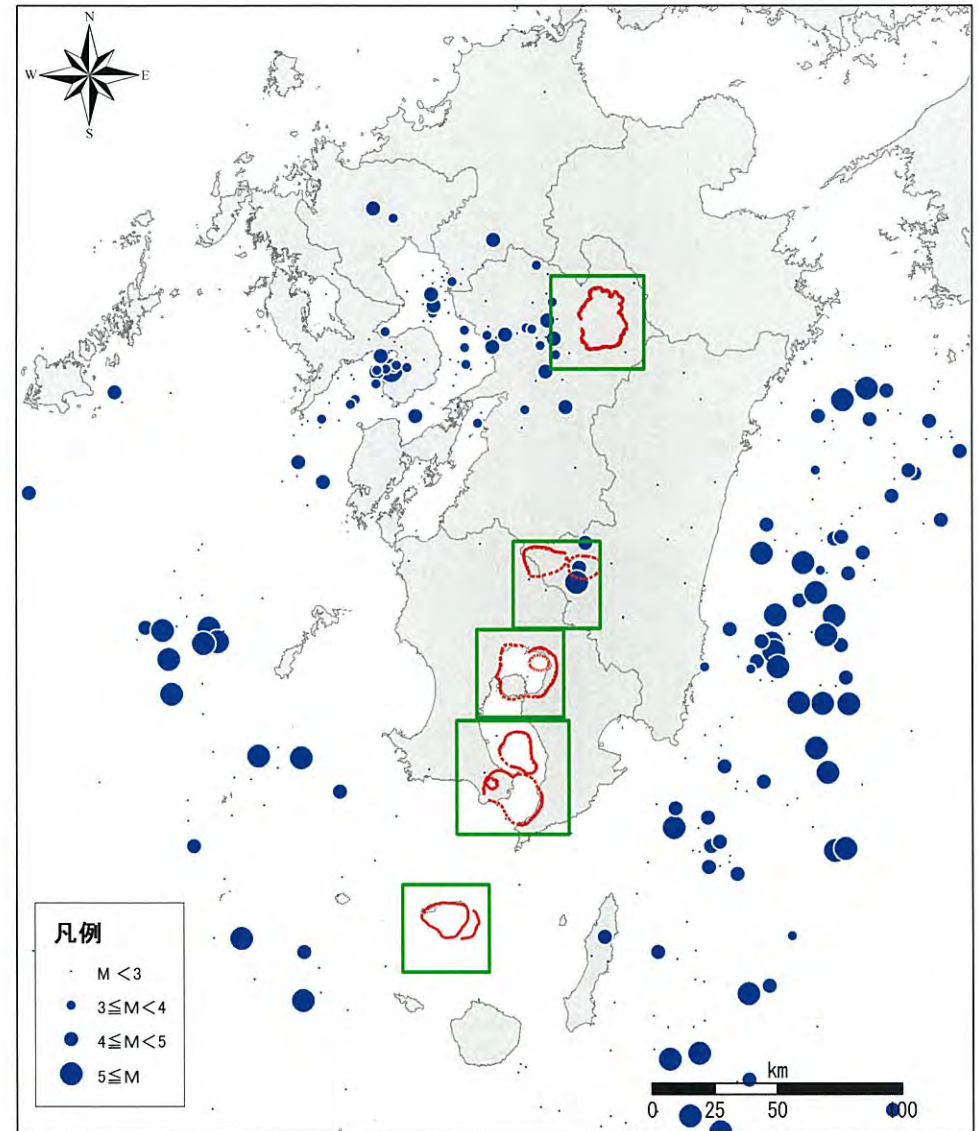
※震源は、気象庁、地震月報(カタログ編)の震源データのうち、九州地方の深さ30km以浅のもの

参考3. 九州全域の地震活動

1940年～1949年



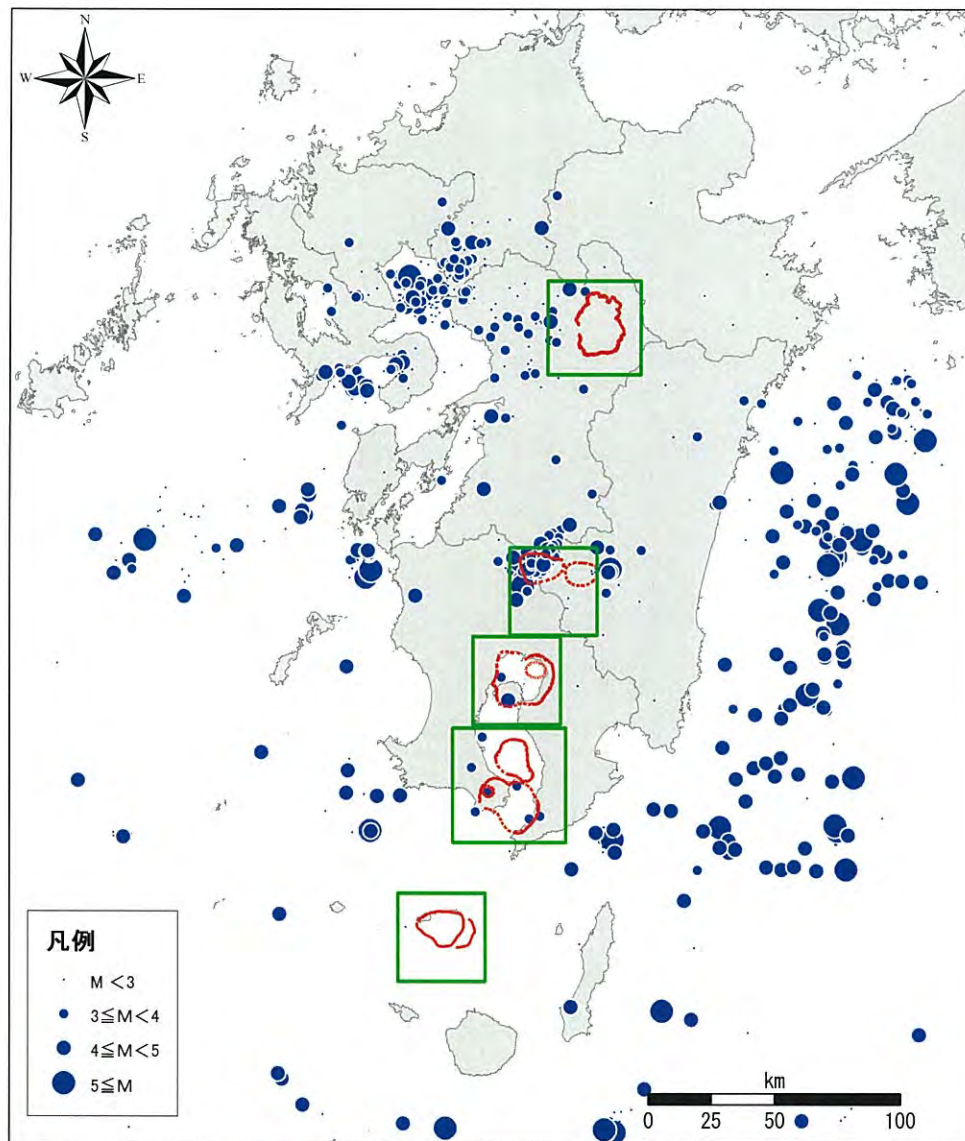
1950年～1959年



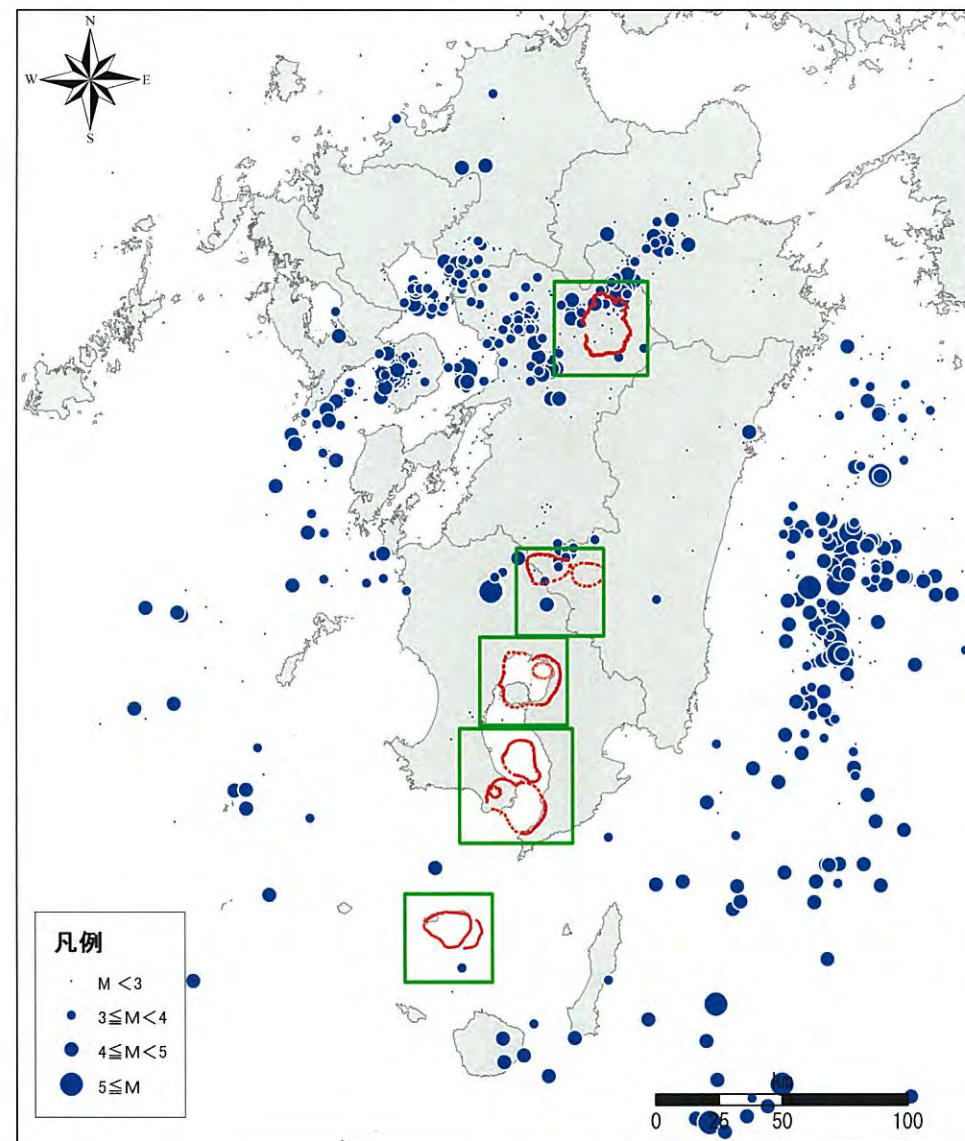
※震源は、気象庁、地震月報(カタログ編)の震源データのうち、九州地方の深さ30km以浅のもの

参考3. 九州全域の地震活動

1960年～1969年



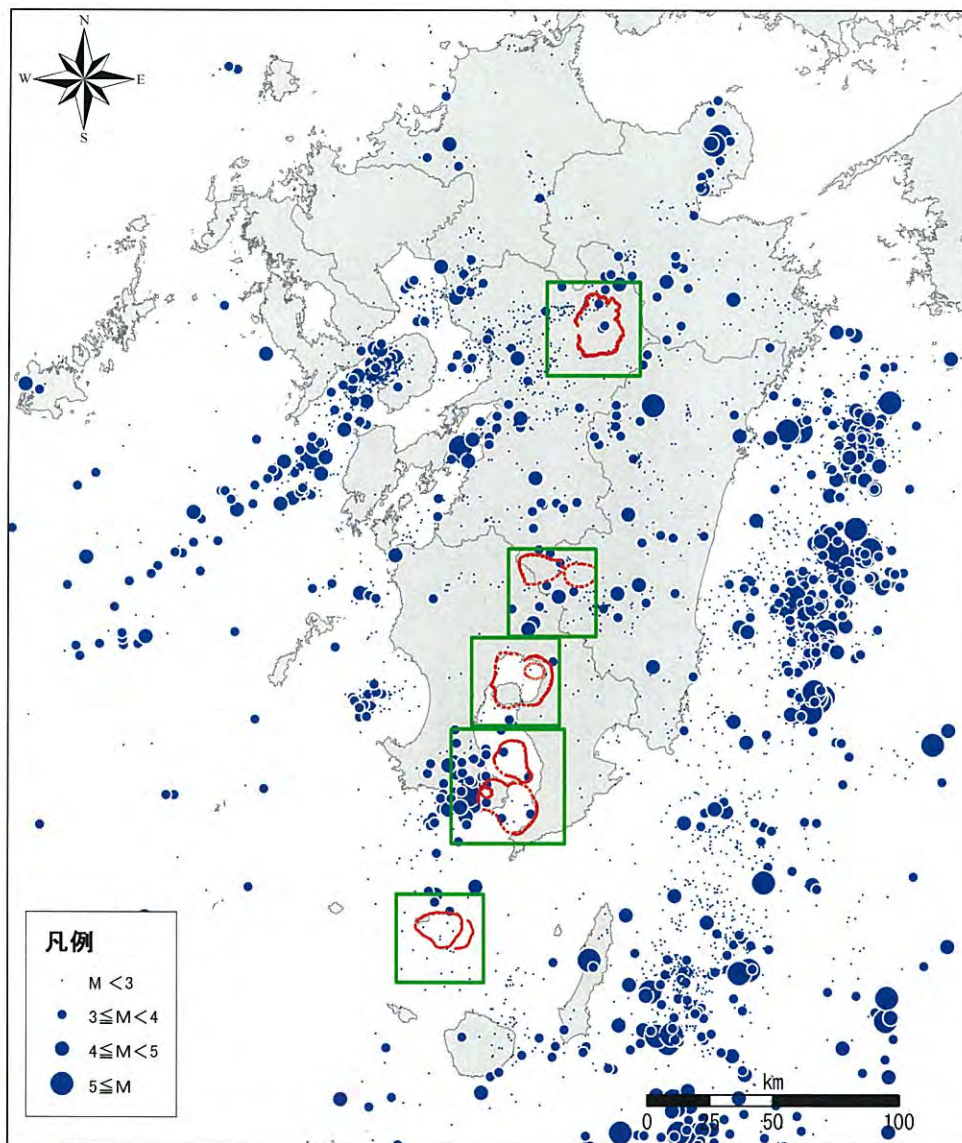
1970年～1979年



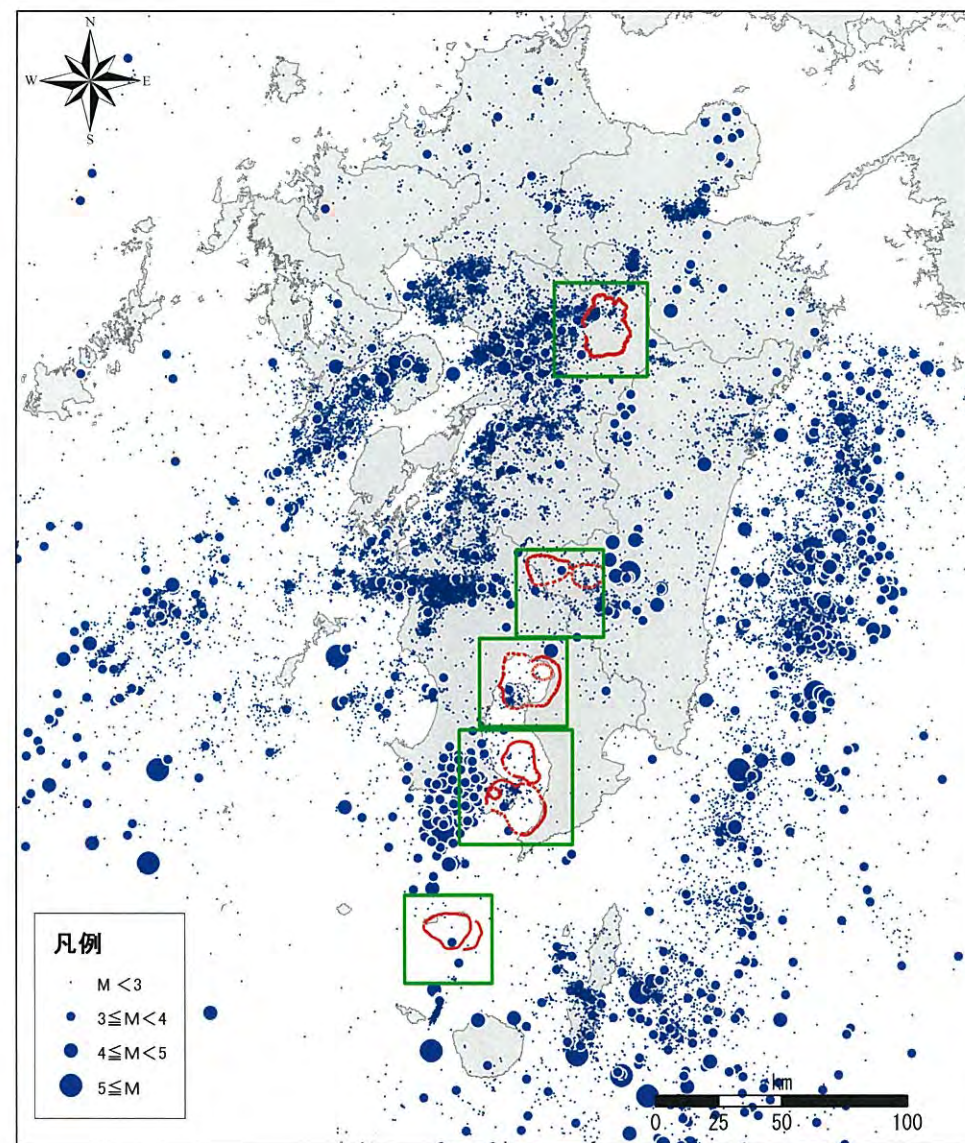
※震源は、気象庁、地震月報(カタログ編)の震源データのうち、九州地方の深さ30km以浅のもの

参考3. 九州全域の地震活動

1980年～1989年



1990年～1999年

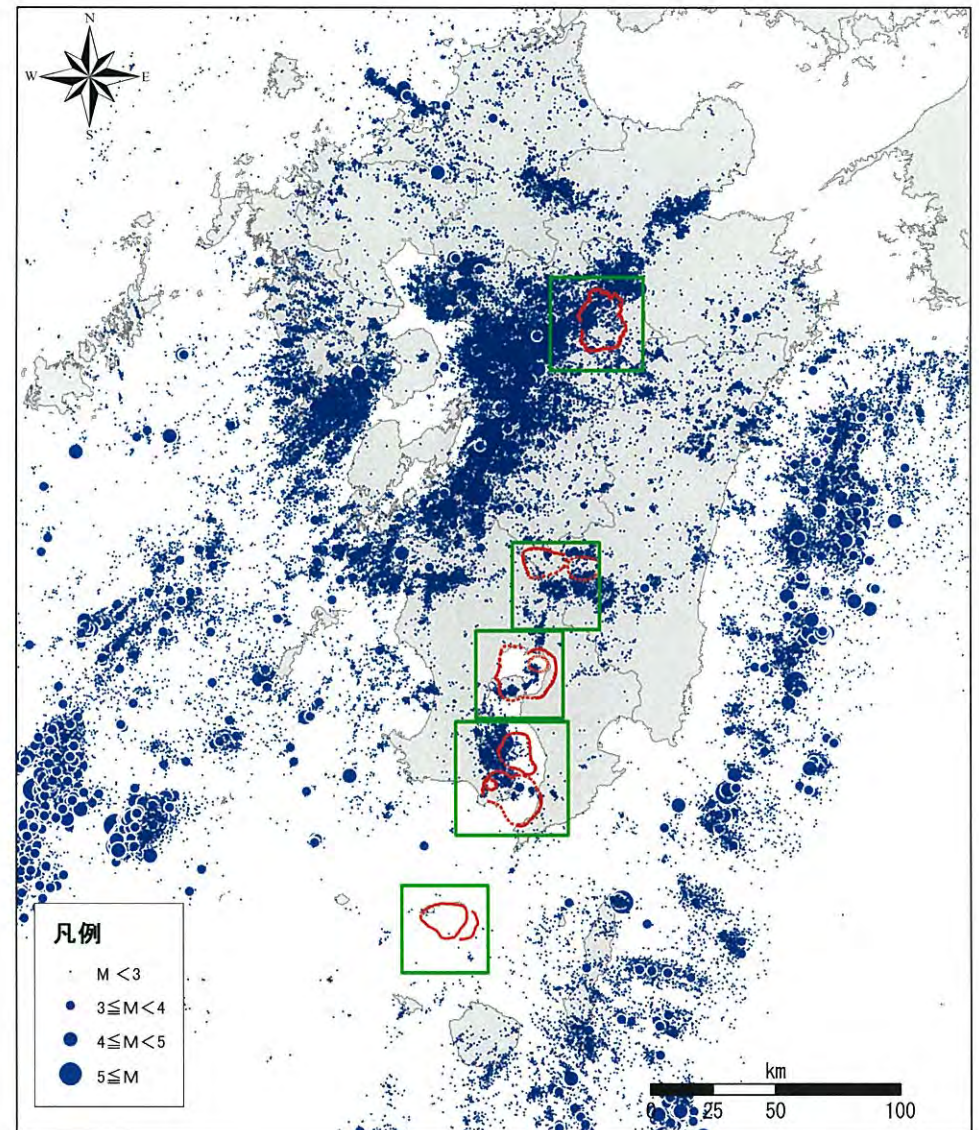
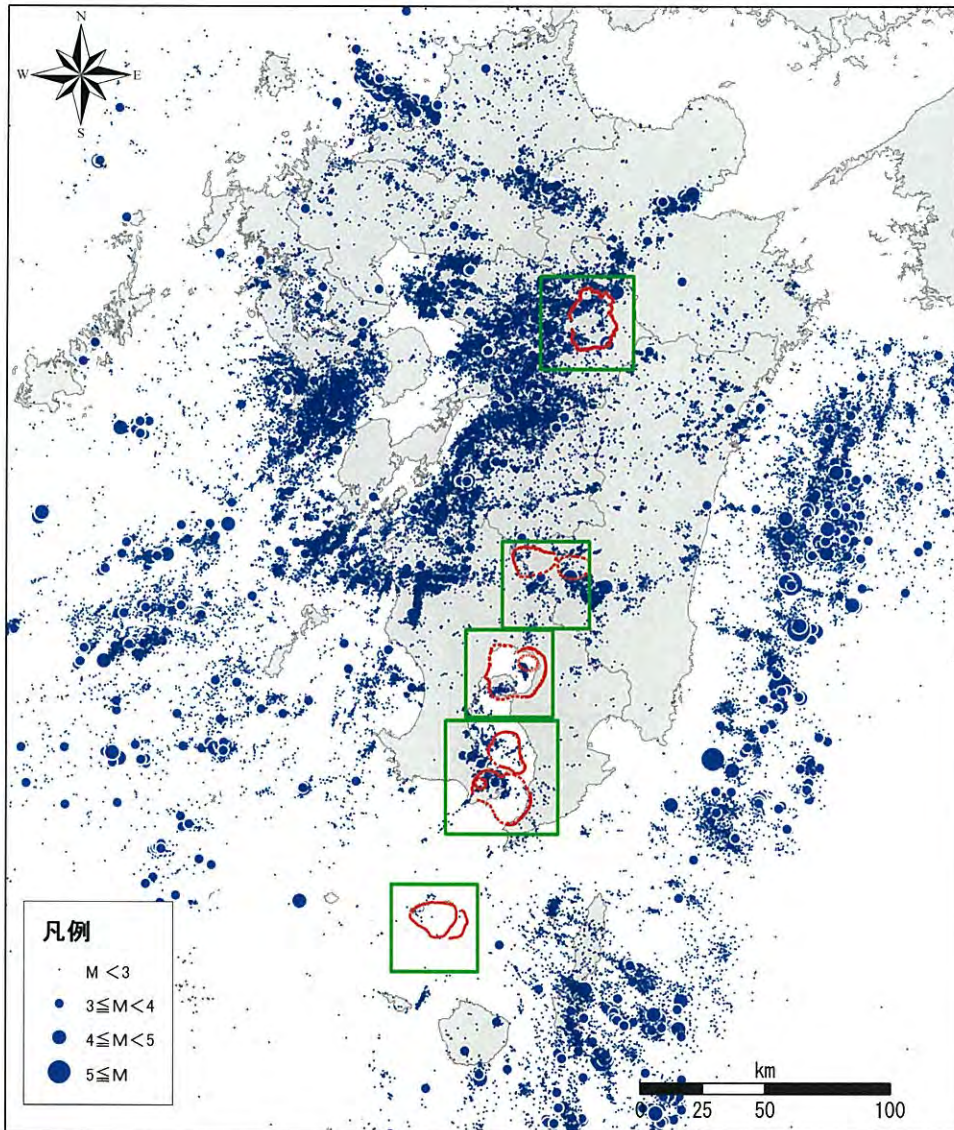


※震源は、気象庁、地震月報(カタログ編)の震源データのうち、九州地方の深さ30km以浅のもの

参考3. 九州全域の地震活動

2000年～2009年

2010年～2018年



※震源は、気象庁、地震月報(カタログ編)の震源データおよび一元化处理震源データ(2018年)のうち、九州地方の深さ30km以浅のもの

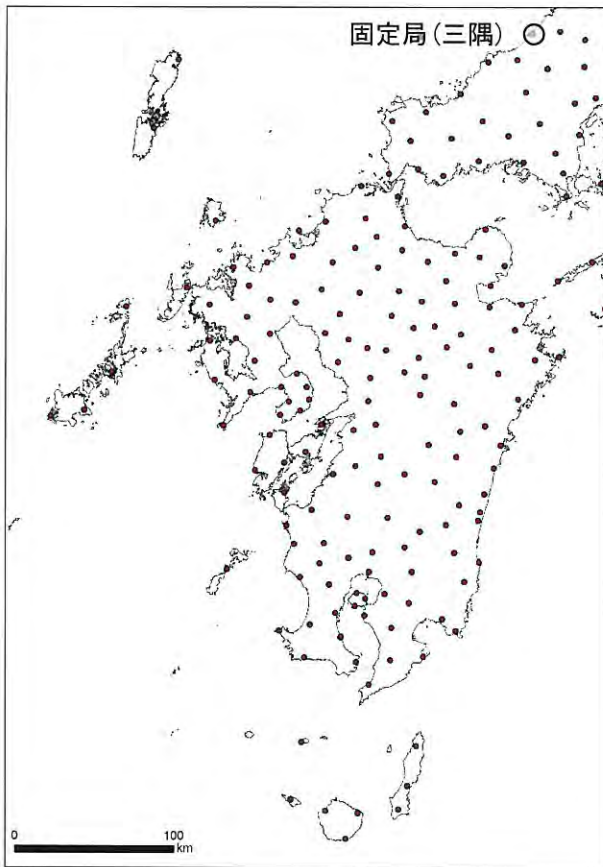
余 白

(中 ・ 長 期 的 取 組 み)

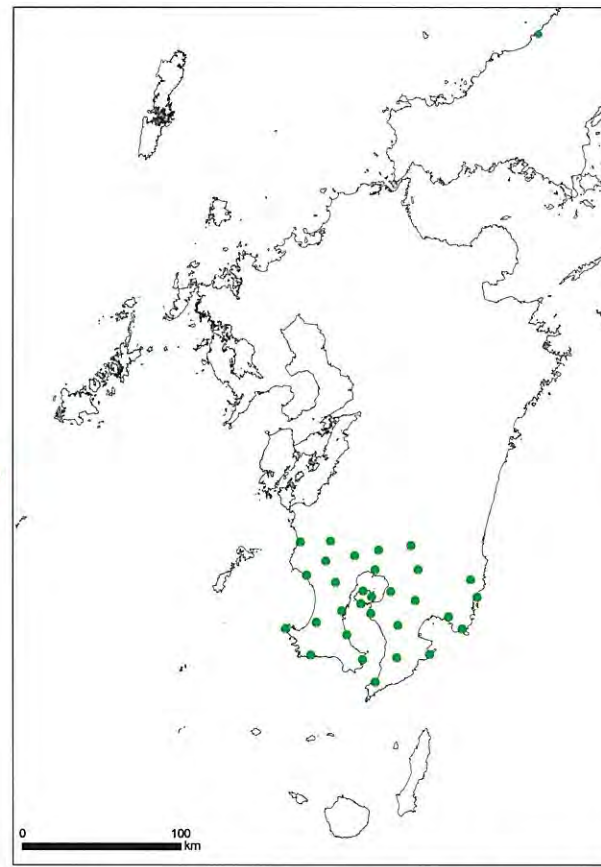
余 白

1. 広域地殻変動の影響検討 [概要]

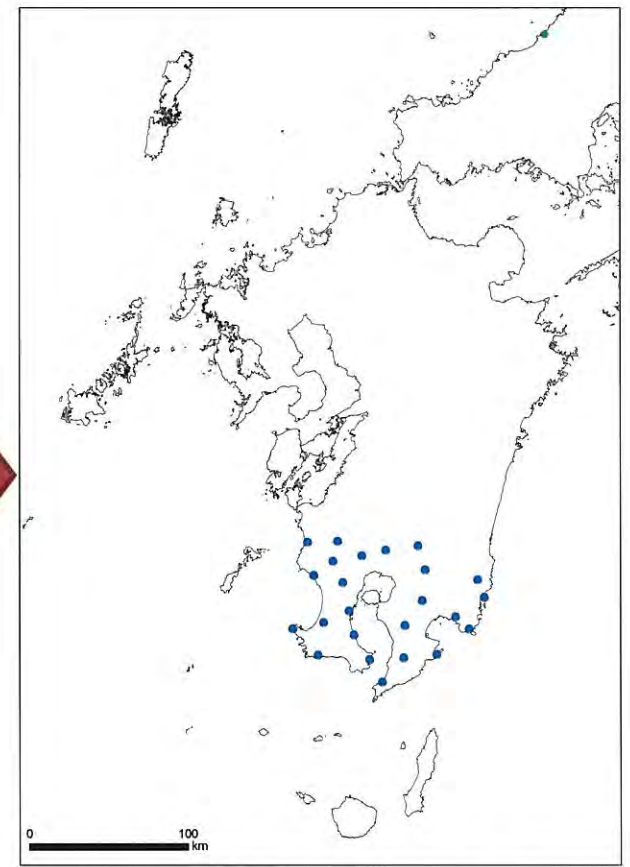
- 基線長変化には、広域地殻変動も含まれており、マグマ供給量の評価に影響を及ぼす可能性があることから、変動が比較的大きい始良カルデラについて広域地殻変動量を定量的に検討した。
- 検討手法としては、Takayama and Yoshida (2007) 及び堀田ほか(2013)を参考に、北緯32度以南の観測点のうち、火山活動に起因する影響が大きい観測点を除外し、三隅(島根県)を固定局としたベクトルを1次近似したものを広域地殻変動とした。



国土地理院のGNSS観測網(GEONET)



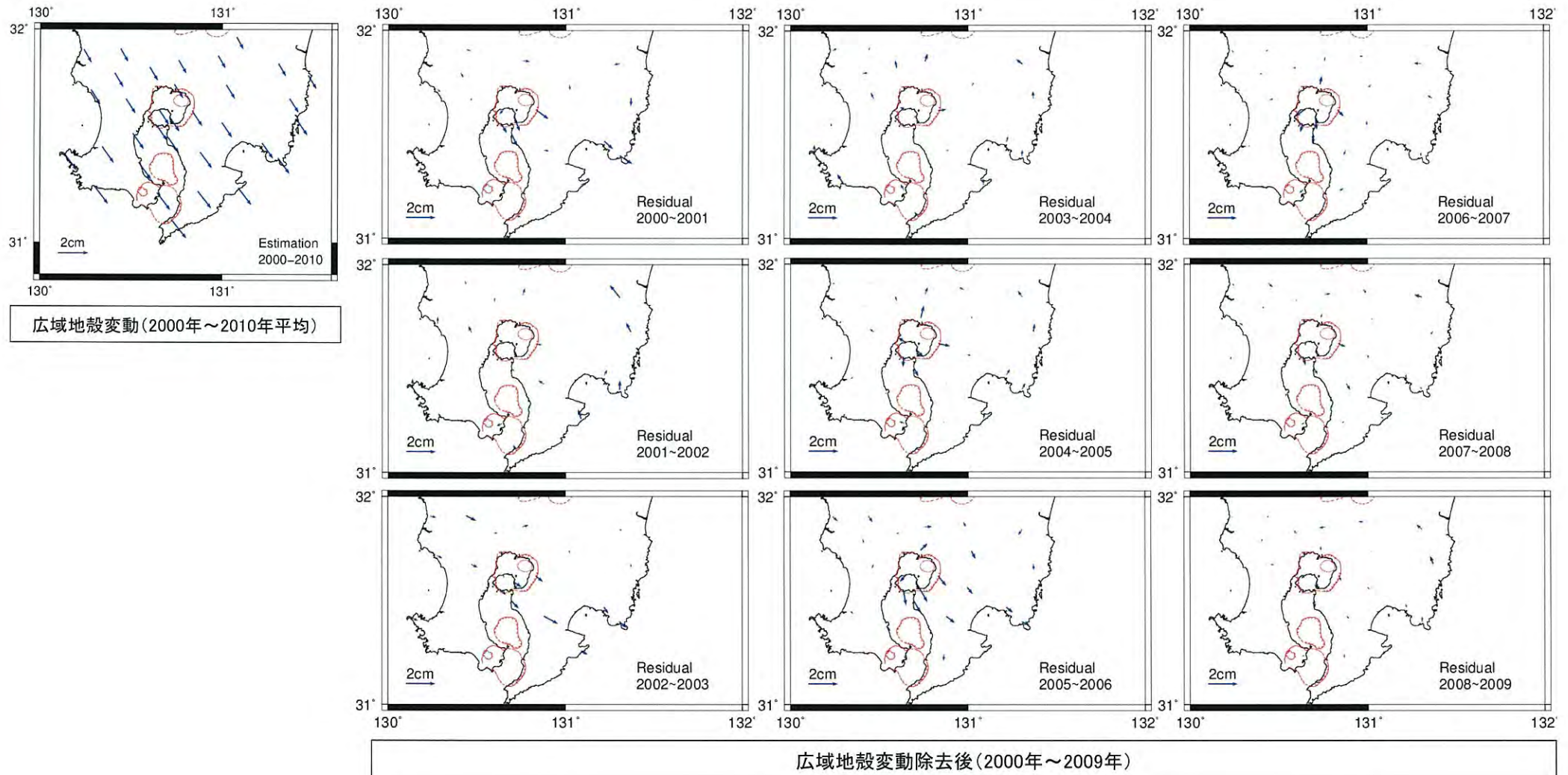
Takayama and Yoshida (2007)を参考に
北緯32度以南の九州本土のGEONET観測データを抽出



堀田(2013)を参考に始良カルデラ周辺
のデータを除外

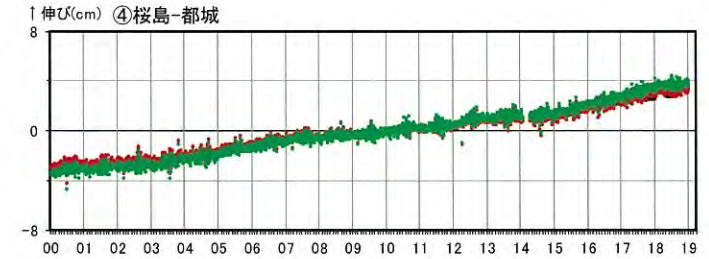
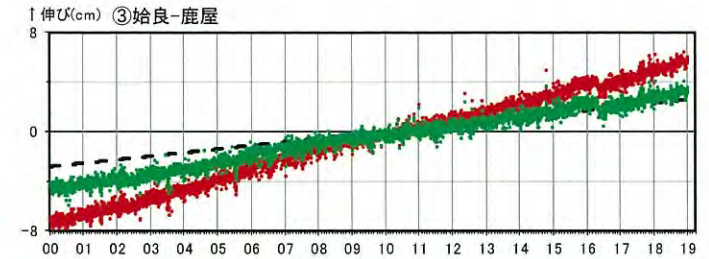
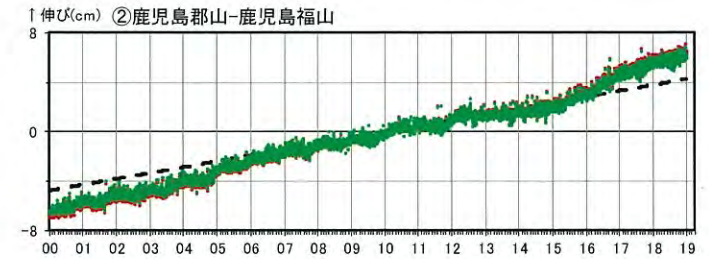
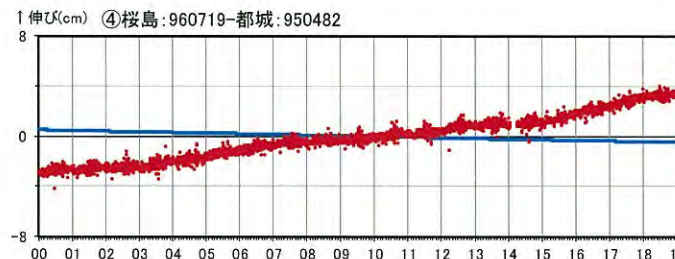
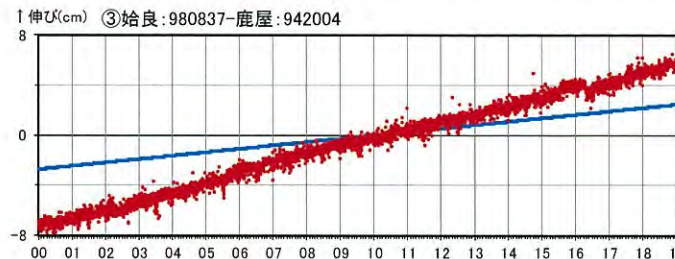
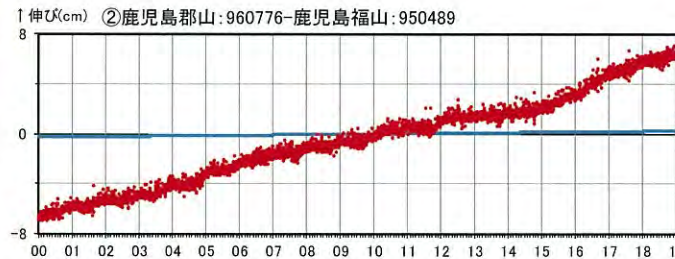
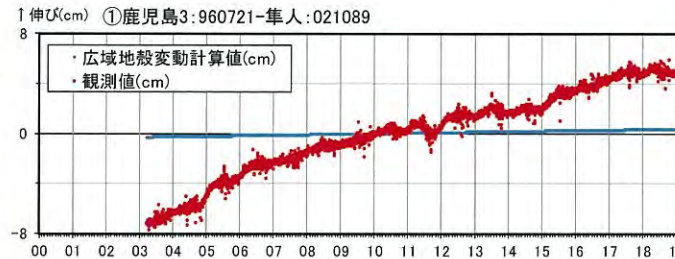
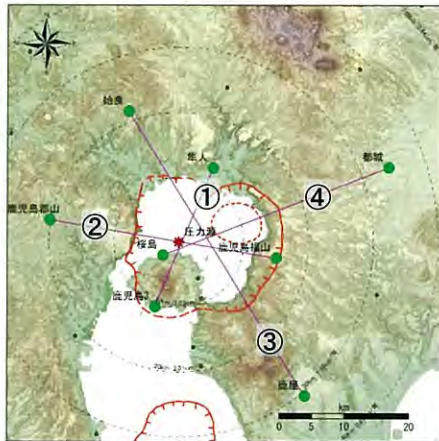
1. 広域地殻変動の影響検討 [ベクトル図]

- 広域地殻変動は、長期的に一定と考えて2000年～2010年の平均値を適用した。(2011年以降は東北地方太平洋沖地震の広域地殻変動を考慮し除外)
- その結果、広域地殻変動を概ね除去できており、始良カルデラを中心とする放射状のベクトルが確認できる。



1. 広域地殻変動の影響検討 [基線長変化]

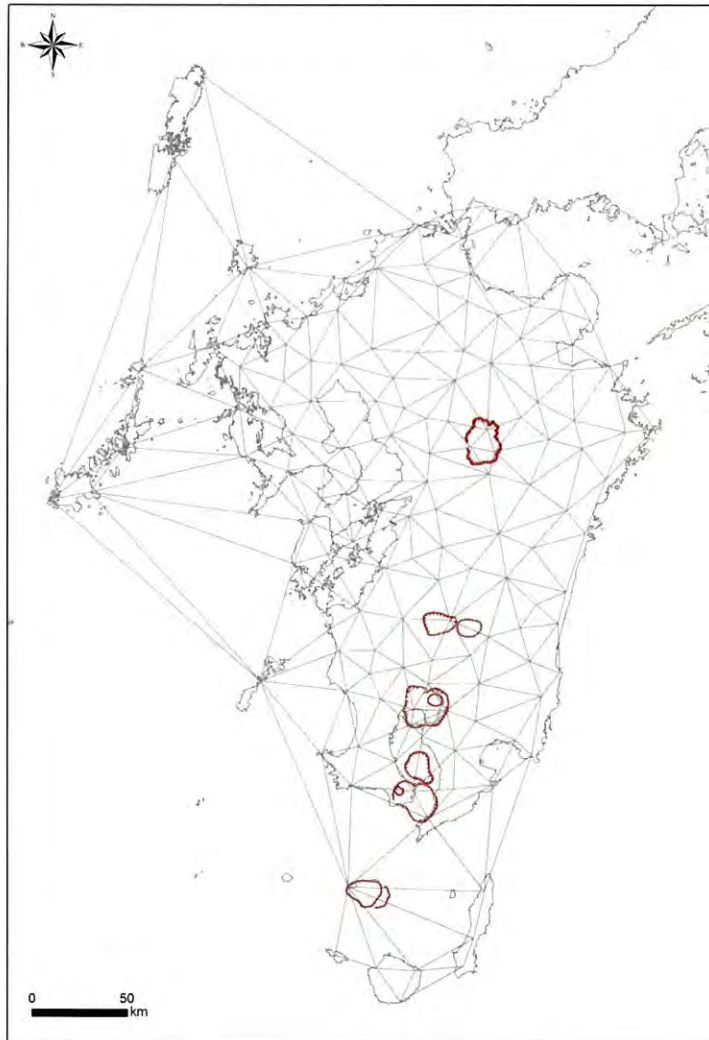
- ・ 広域地殻変動の影響を検討した結果、基線①、②、④への影響はほとんどないものの、基線③への影響が大きいことが確認された。また、広域地殻変動を除去した残差は、茂木モデルによる膨張率 $0.005\text{km}^3/\text{年}$ を想定した変動と概ね一致することを確認した。
- ・ なお、マグマ供給率の算定においては、基線③による評価は安全側になっていると考えられることから、これらを踏まえた上で既存の基線を用いたモニタリングを引き続き実施していく。



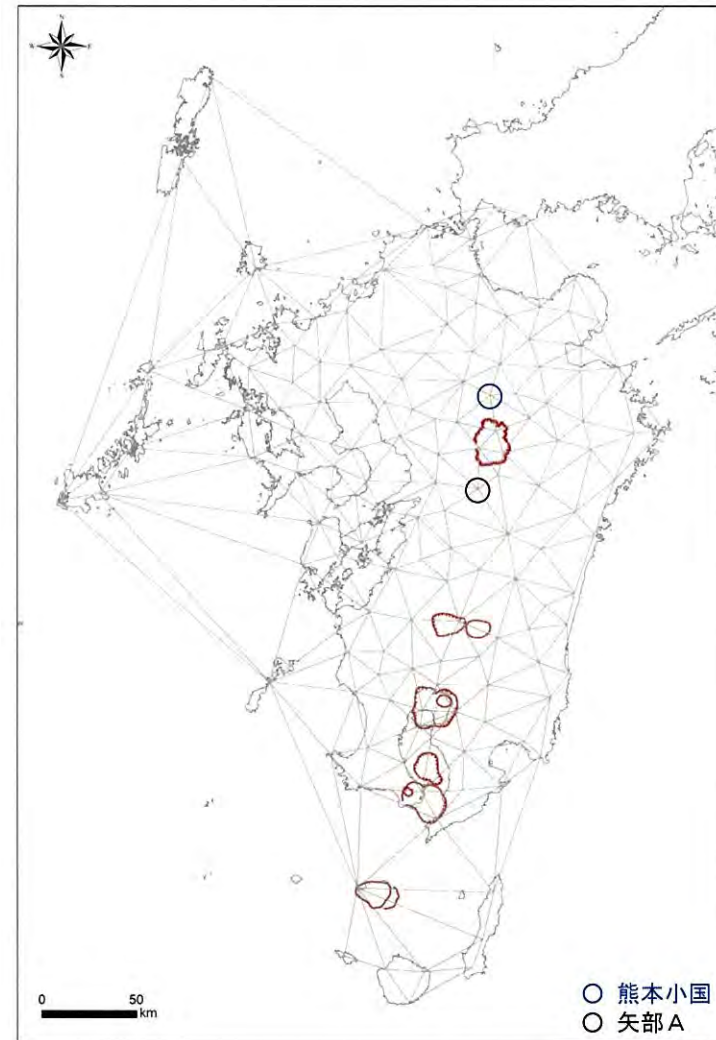
- ※1 観測値及び広域地殻変動計算値は、2010年1月1日を基準値として表示
- ※2 茂木モデルによる推定値は、井口ほか(2008)による圧力源の位置において膨張率 $0.005\text{km}^3/\text{年}$ を想定
- ※3 上の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである

2. カルデラ火山周辺のひずみ場検討 [概要]

- 地殻変動評価において、基線長変化によるカルデラ火山周辺の局所的な変動だけでなく、九州全体の大局的な変動についても確認していくことが重要であることから、九州のひずみ分布を確認した。
- 検討メッシュについては、昨年度は地震調査委員会を基にしたメッシュとしていたが、本年度は阿蘇カルデラ周辺のひずみ場をより詳細にとらえるため、基準点「熊本小国」と「矢部A」を追加したメッシュの切り方に変更した。



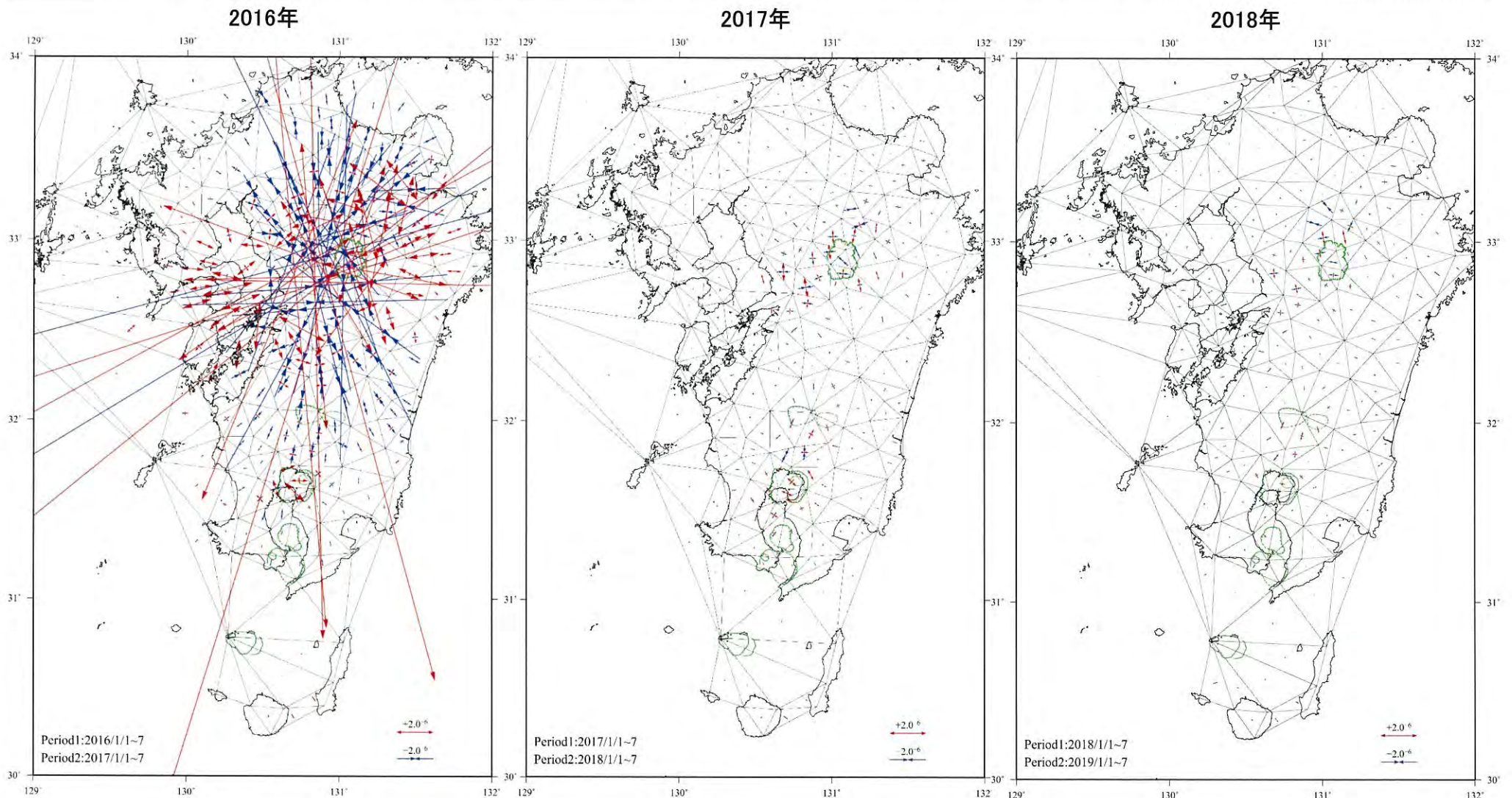
昨年度解析メッシュ



本年度解析メッシュ

2. カルデラ火山周辺のひずみ場検討

- ・阿蘇カルデラ、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラでは継続的なひずみが認められるが、阿多カルデラおよび鬼界では、顕著なひずみは認められない。
- ・カルデラを含めた九州全域のひずみ場の整理も継続的に行い、引き続きデータを蓄積しながら地殻変動観測に努めていく。

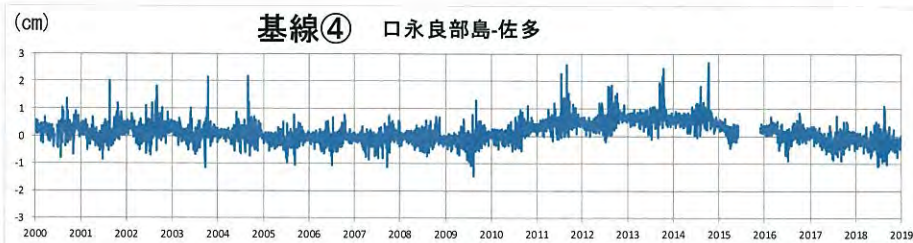
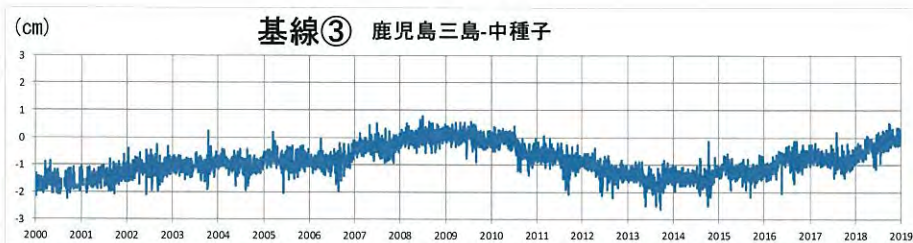
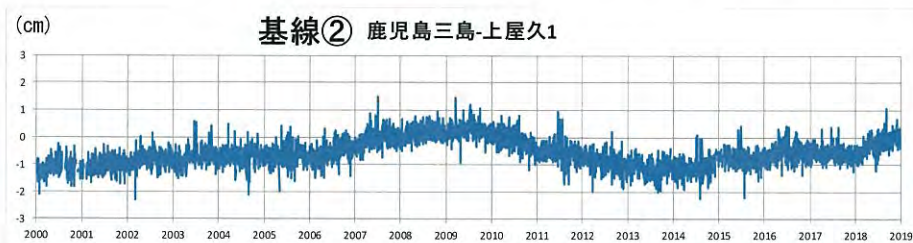
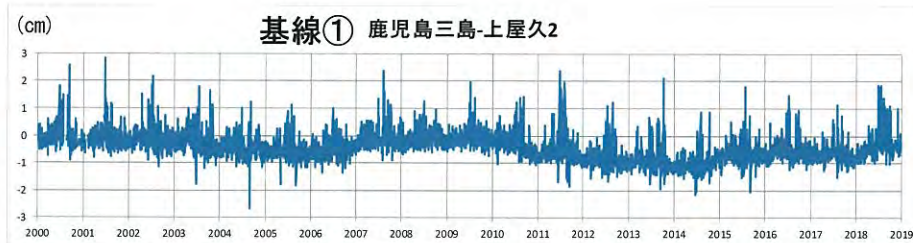


※矢部Aは2018/11/10で運用を停止したため、矢部Aを含む三角形のひずみは2018/11/1~7までのデータで作成（矢部B 2019/3/7運用開始）

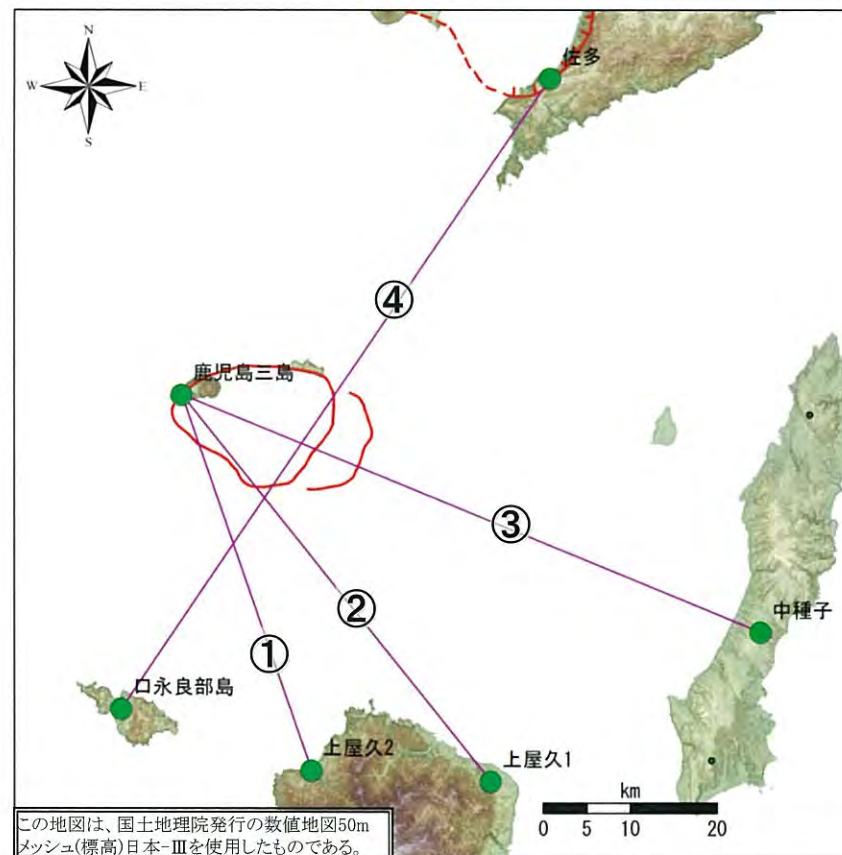
余 白

3. 鬼界の基線長変化における長期トレンド検討[基線変化の重ね合わせ]

- 鬼界の基線①～④においては、周期的な長期トレンドが認められることから、黒潮と火山活動との関係について検討した。



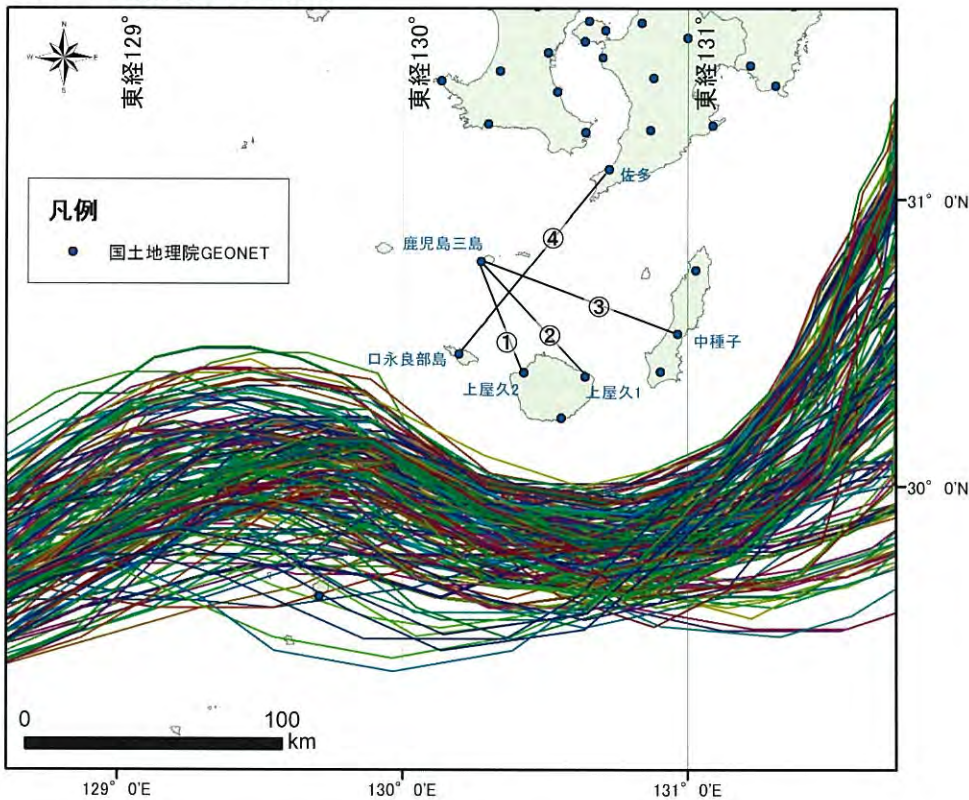
1年移動平均によるスムージング



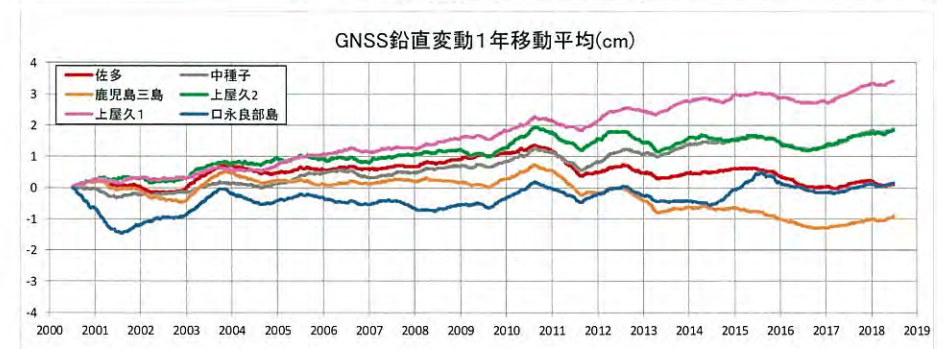
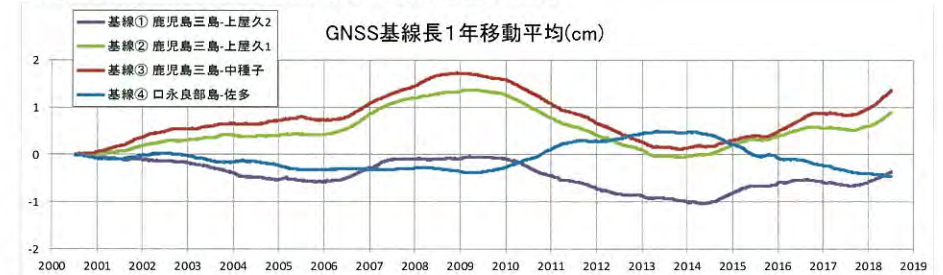
3. 鬼界の基線長変化における長期トレンド検討[黒潮の影響]

- ・ 黒潮の位置が変化することにより、海洋荷重の分布が変化し、地盤変形が発生する可能性があるため、黒潮の位置と基線長変化及び鉛直変動との関連性について検討した。
- ・ 黒潮の位置が変化する周期は、基線長変化の周期と比較して、短い周期であり、両者間で明瞭な関係は認められない。
- ・ 黒潮の位置の変化と各観測点の鉛直変動との間に明瞭な関係は認められない。

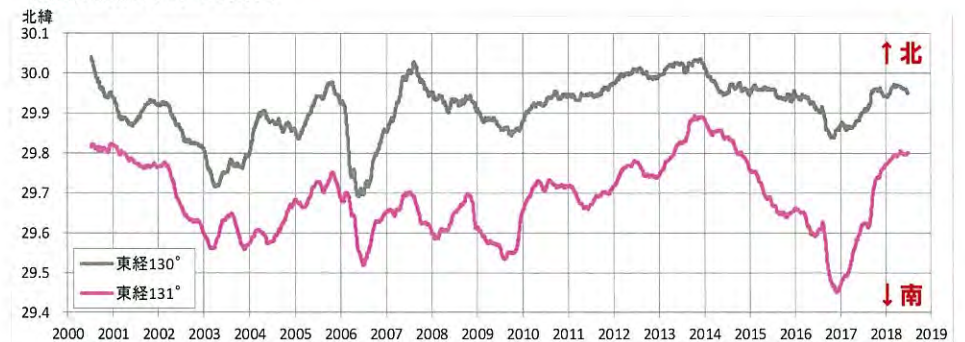
2014年の黒潮流軸位置（例）



基線長変化・鉛直変動と黒潮の流軸の位置の変化



黒潮流軸の位置の変化

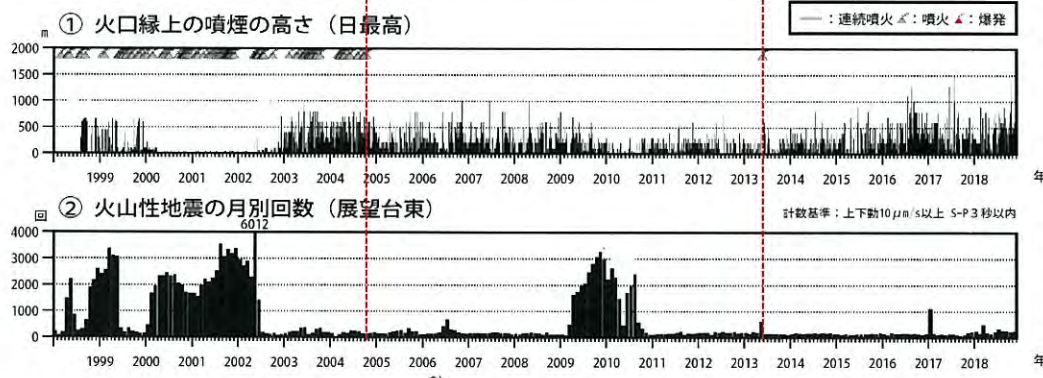
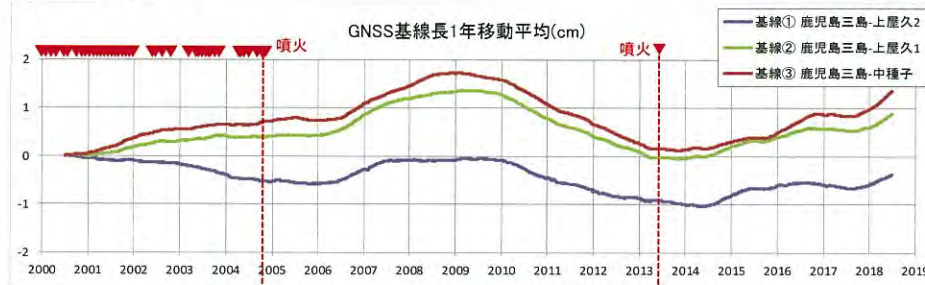


※1 上図は黒潮流軸データセット(日本水路協会・海洋情報センター)より作成
 ※2 黒潮の流軸は、黒潮の流路の内で最も流速が速い海域を示す
 ※3 黒潮流軸の位置は、観測値の1年間移動平均を表示
 ※4 2000年1月1日の基線長及び鉛直変動を基準値とし、観測値の1年間移動平均を表示

3. 鬼界の基線長変化における長期トレンド検討[火山活動の影響]

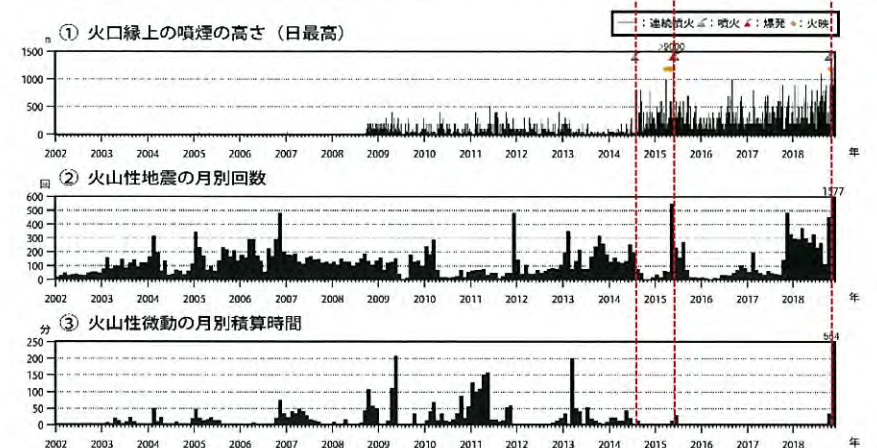
- 鬼界の基線長変化のトレンドと薩摩硫黄島、口永良部島の火山活動との関連性について検討した。
- 薩摩硫黄島、口永良部島ともに、火山の噴火と基線長変化に明瞭な関係は認められないものの、関連性は否定できない。

〔薩摩硫黄島〕



薩摩硫黄島 火山活動解説資料(2018年12月より)

〔口永良部島〕

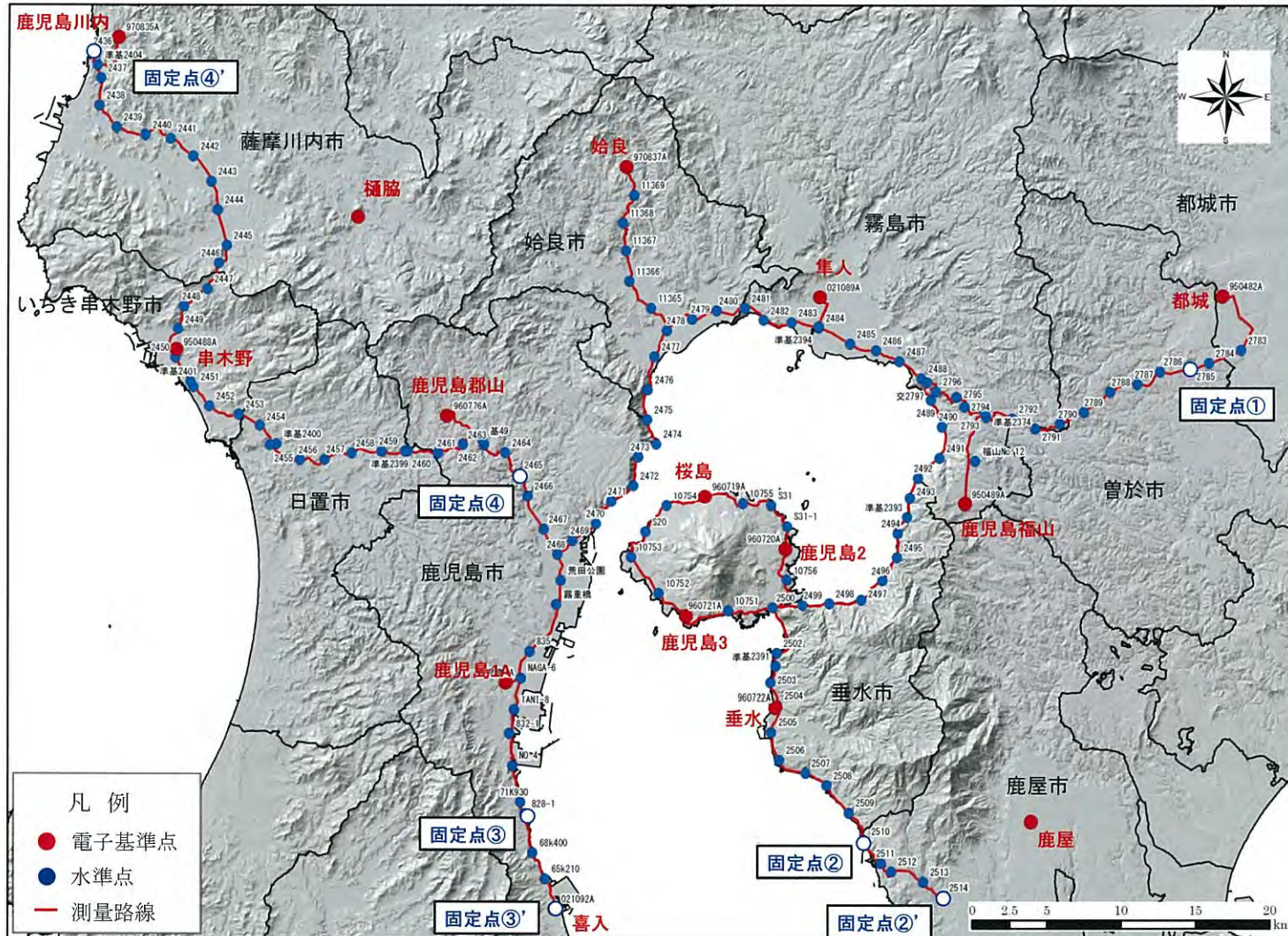


口永良部島 火山活動解説資料(2018年12月より)

余 白

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果 [概要]

- ・ 始良カルデラについて、鉛直方向の地殻変動を面的に精度良く把握することを目的として、2014年度より水準測量を毎年実施。
- ・ 2016年度からは、桜島大正噴火(1914年)に伴う地盤沈下が広範囲にわたって起きたことも考慮して、測量路線を延長。
- ・ 2018年度は、電子基準点を用いて固定水準点の広域地殻変動を補正するため、測量路線近傍の電子基準点まで測量路線を延長。(2014年度,2015年度:183km⇒2016年度,2017年度:258km⇒2018年度:289km)



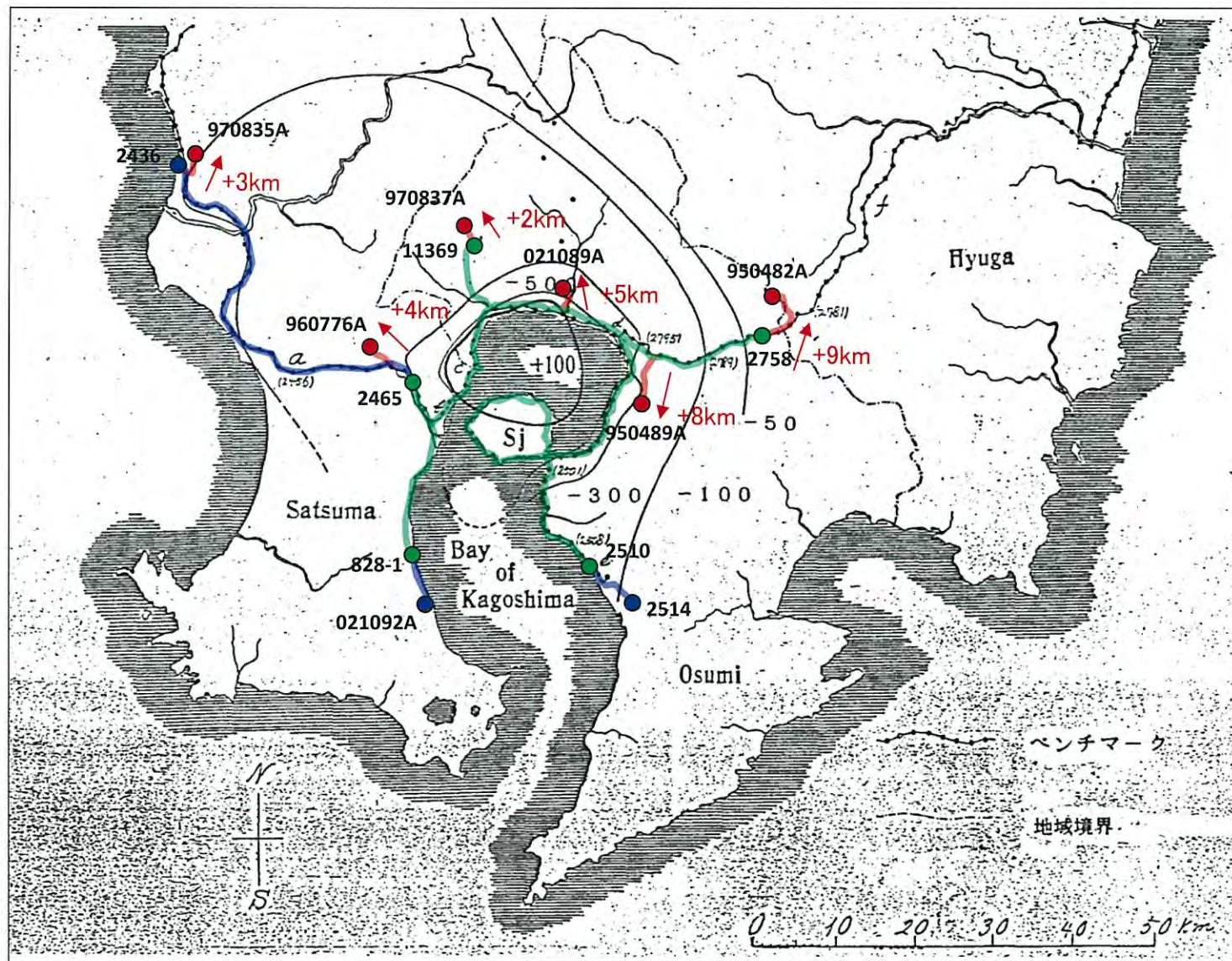
※電子基準点は、国土地理院によるGNSS観測点で、観測路線近傍に設置されている箇所を表示。

【参考】水準測量路線図

- 測量路線
- 2014,2015年度端点
- 測量路線
- 2016,2017年度端点
- 延長測量路線
- 2018年度端点

(測量実施期間)

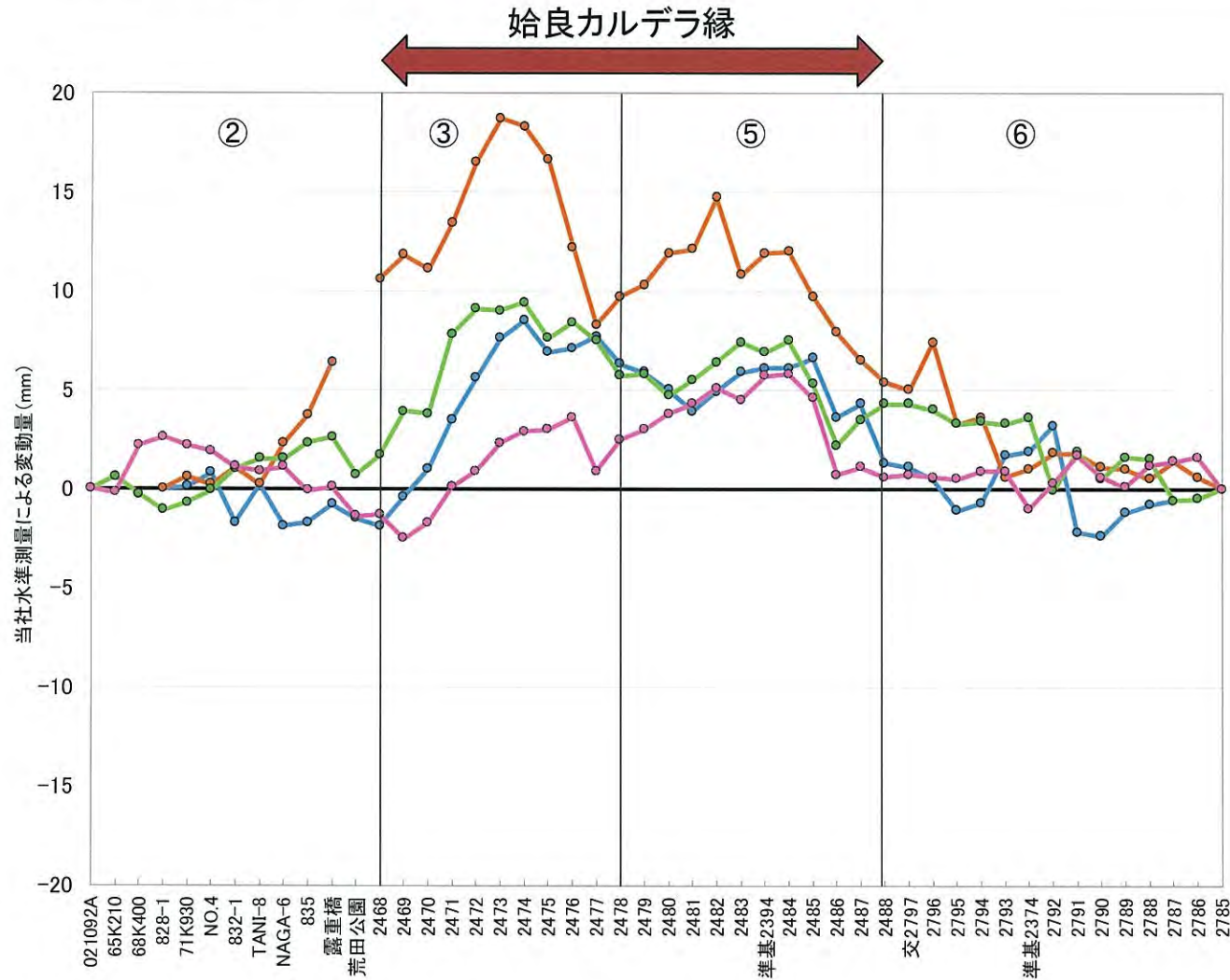
| | |
|--------|--------------------|
| 2014年度 | 2015年 1月28日～2月25日 |
| 2015年度 | 2015年11月 4日～12月 1日 |
| 2016年度 | 2016年11月 6日～12月18日 |
| 2017年度 | 2017年11月 8日～12月20日 |
| 2018年度 | 2018年10月29日～12月21日 |



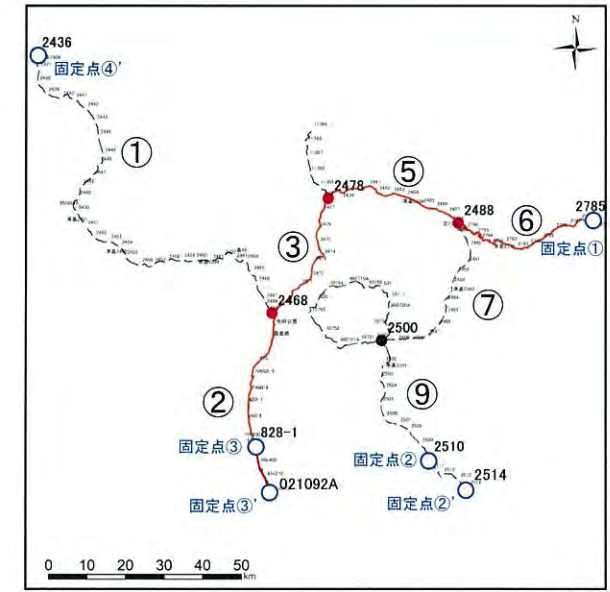
水準測量路線図(Omori,1916の大正噴火に伴う地盤沈下量に加筆)

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果(3点固定・4点固定)

・水準測量の結果より、2018年度の始良カルデラ縁の測線の変動量は、2017年度と比較して小さいことを確認した。



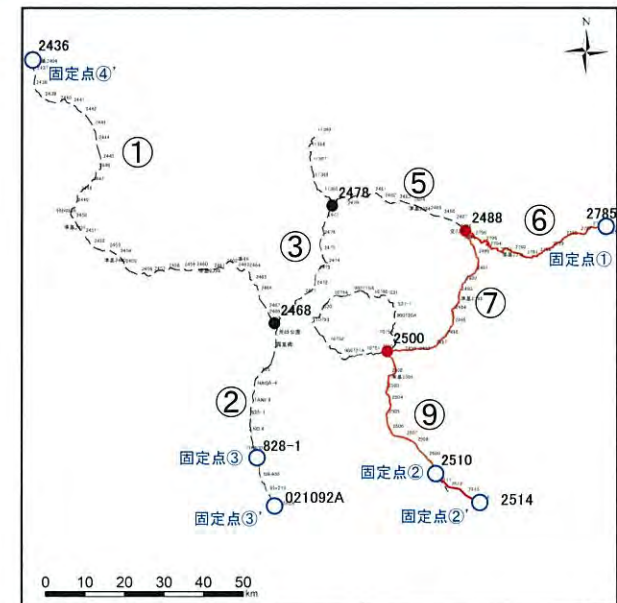
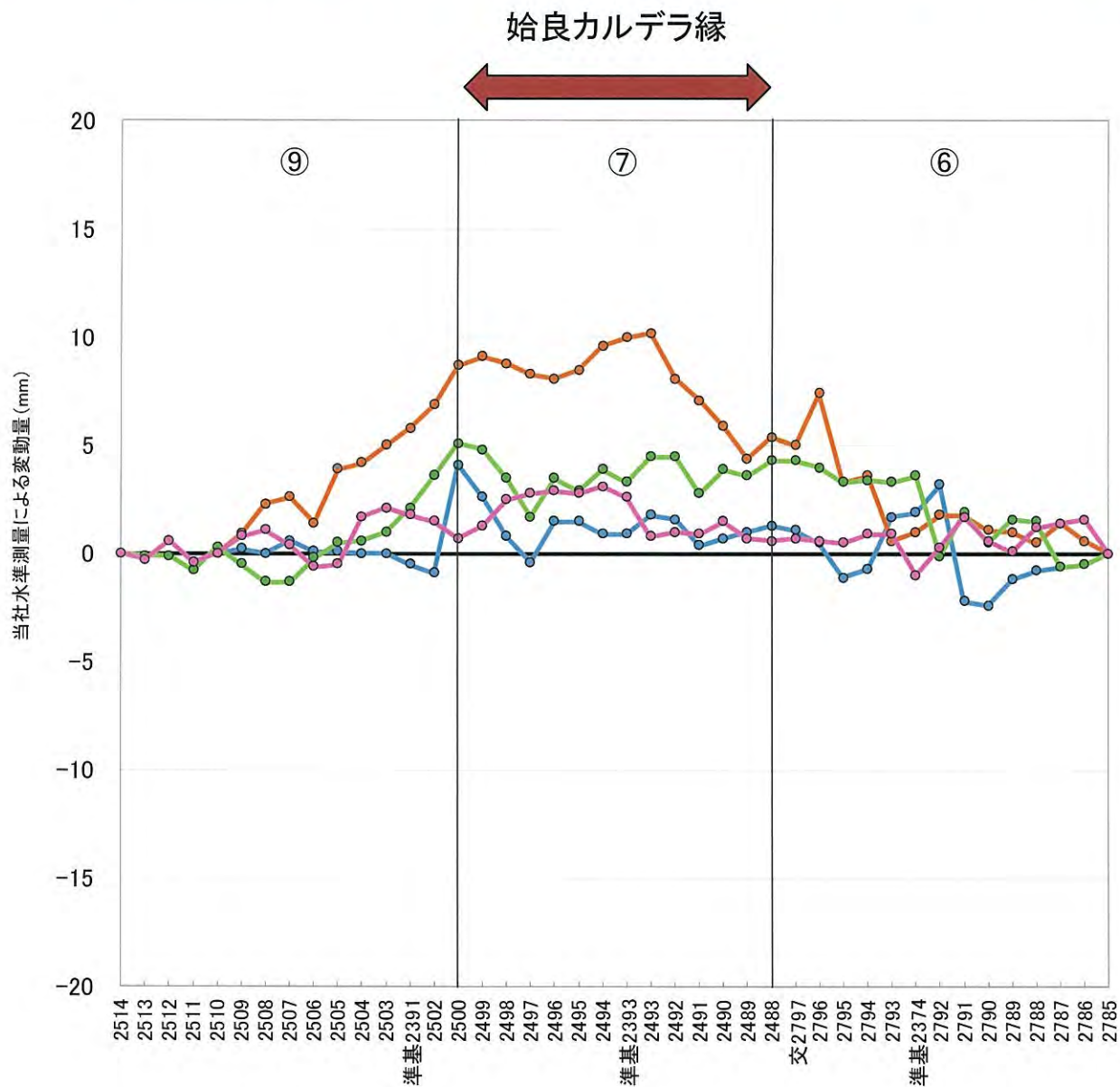
水準測量による垂直変化量の比較【基線②-③-⑤-⑥】



3点固定: 固定点①、固定点②、固定点③
 4点固定: 固定点①、固定点②'、固定点③'、固定点④'

- 2015年度 (mm/9ヶ月) [(2015.11) - (2015.2)] } 3点固定
- 2016年度 (mm/年) [(2016.11) - (2015.11)] } 3点固定
- 2017年度 (mm/年) [(2017.11) - (2016.11)] } 4点固定
- 2018年度 (mm/年) [(2018.11) - (2017.11)] } 4点固定

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果(3点固定・4点固定)

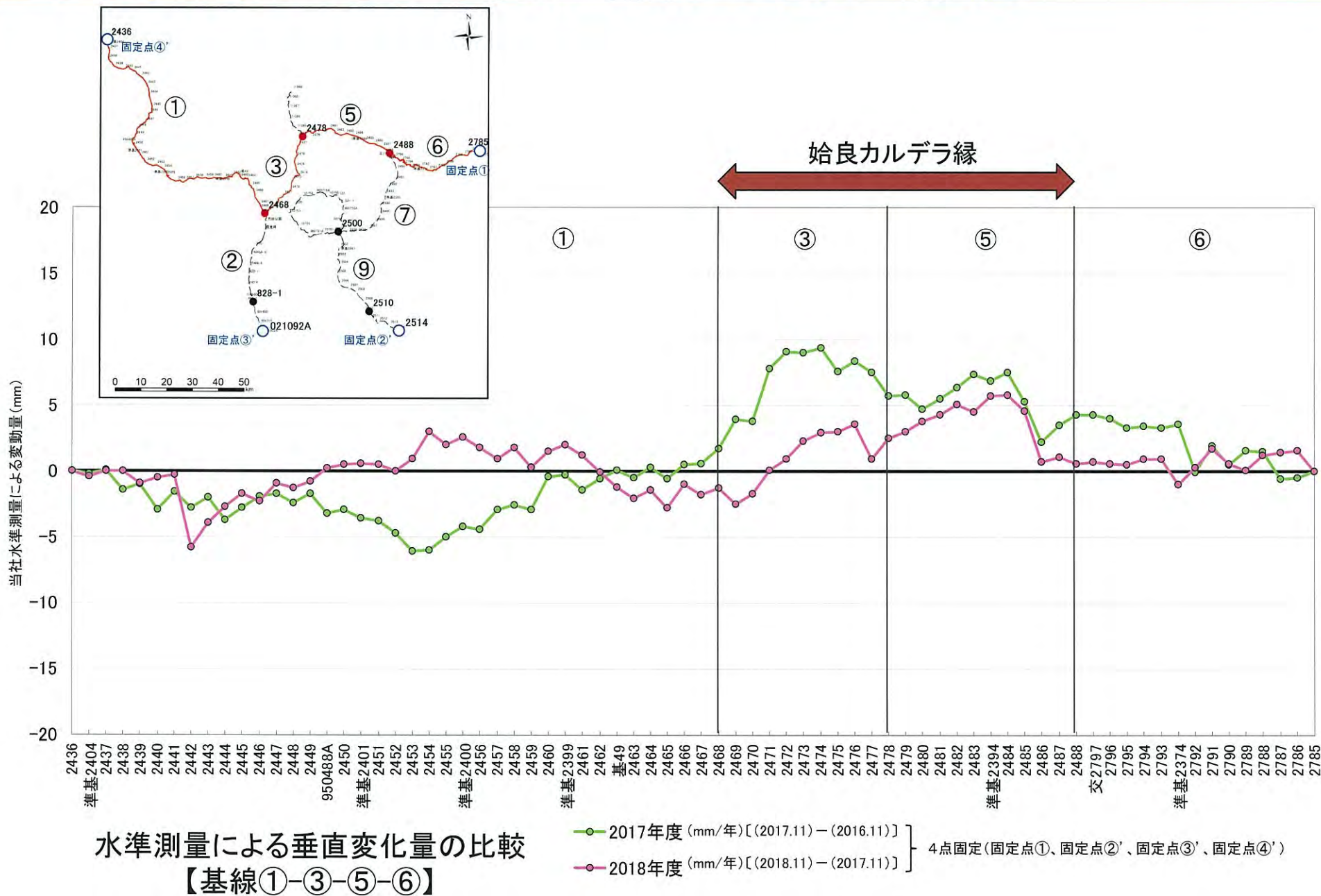


3点固定: 固定点①、固定点②、固定点③
 4点固定: 固定点①、固定点②'、固定点③'、固定点④'

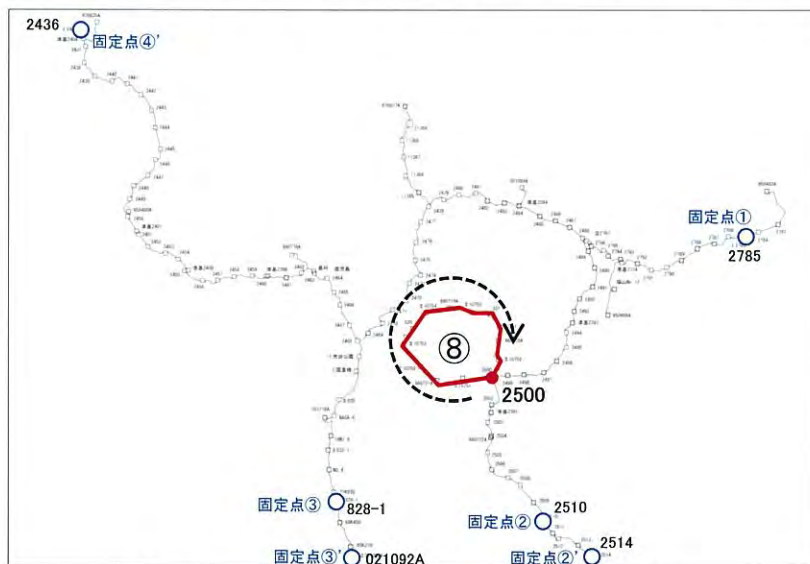
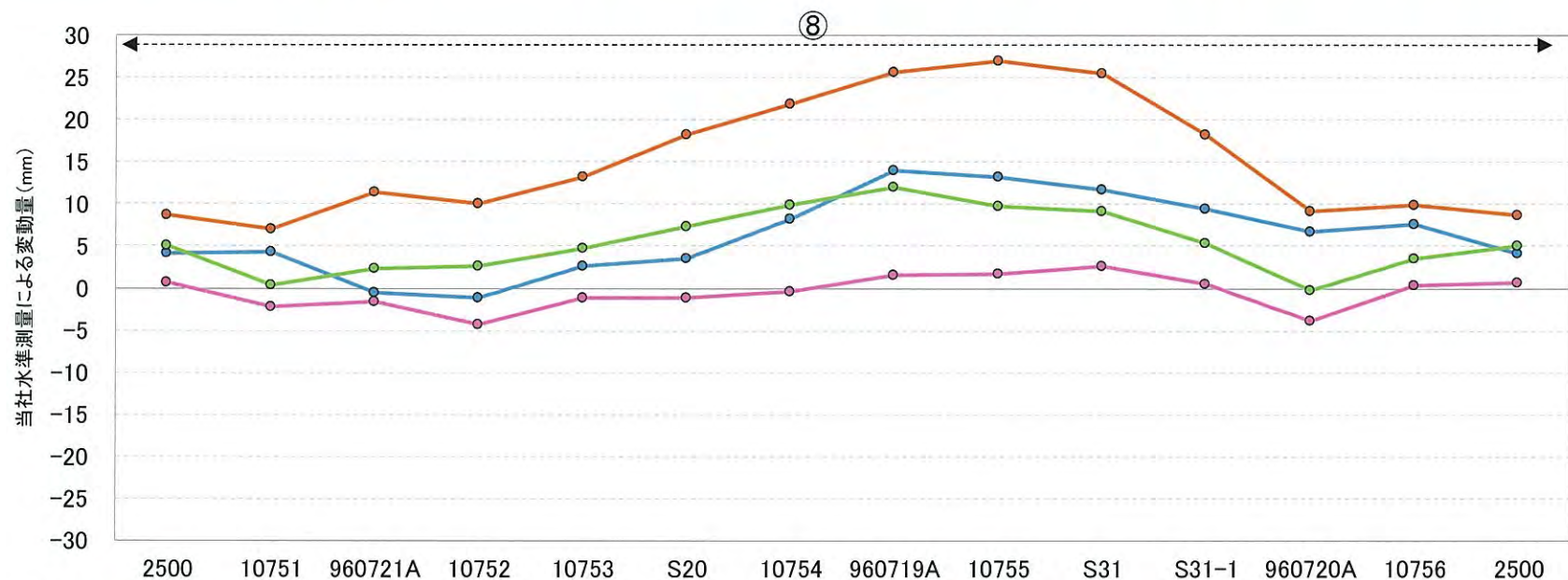
- 2015年度 (mm/9ヶ月) [(2015.11) - (2015.2)]
- 2016年度 (mm/年) [(2016.11) - (2015.11)]
- 2017年度 (mm/年) [(2017.11) - (2016.11)]
- 2018年度 (mm/年) [(2018.11) - (2017.11)]

水準測量による垂直変化量の比較【基線⑨-⑦-⑥】

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果(3点固定・4点固定)



4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果[桜島周り] (3点固定・4点固定)



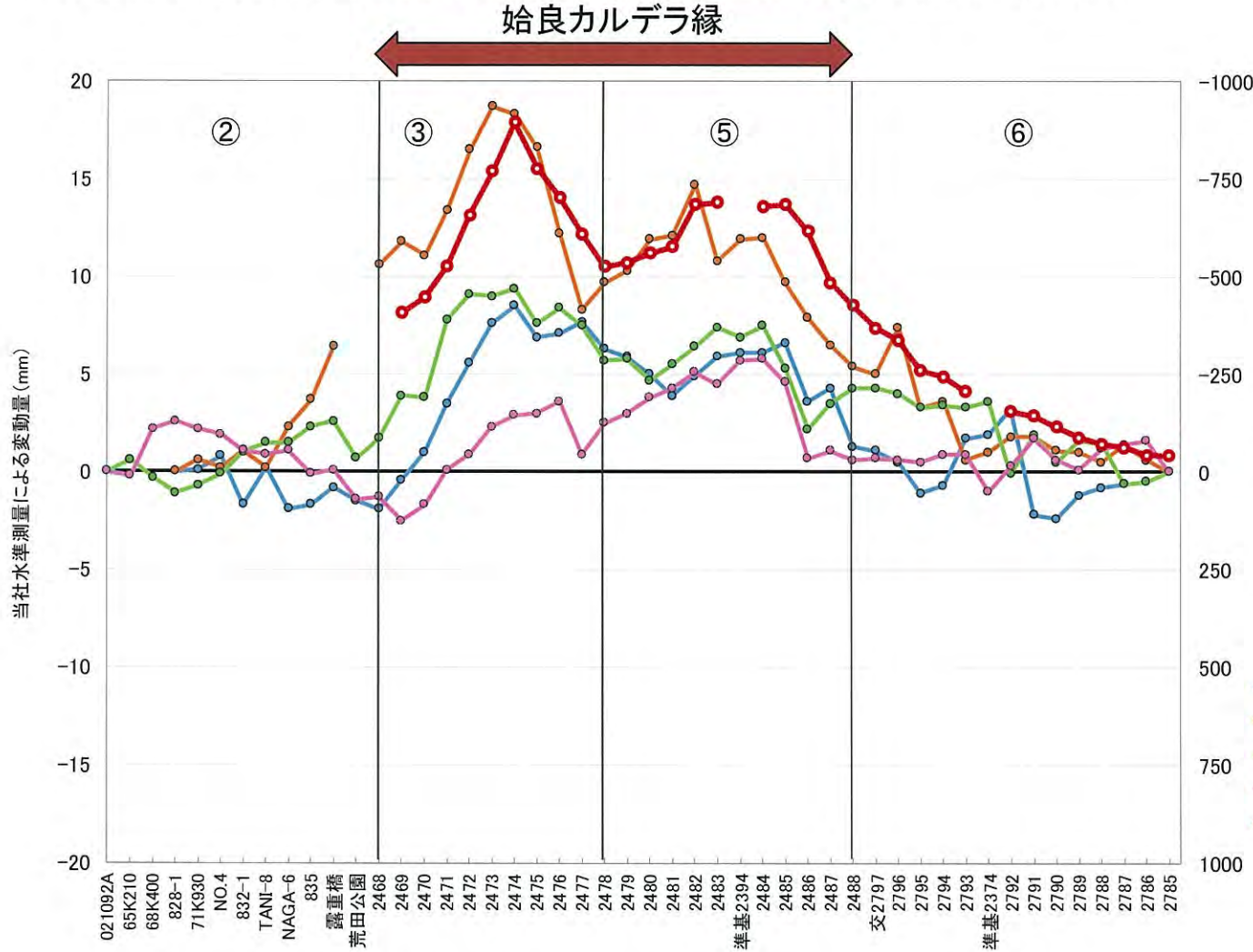
- 2015年度 (mm/9ヶ月)[(2015.11) - (2015.2)] } 3点固定
- 2016年度 (mm/年)[(2016.11) - (2015.11)] } 3点固定
- 2017年度 (mm/年)[(2017.11) - (2016.11)] } 4点固定
- 2018年度 (mm/年)[(2018.11) - (2017.11)] } 4点固定

(3点固定: 固定点①、固定点②、固定点③
 4点固定: 固定点①、固定点②'、固定点③'、固定点④')

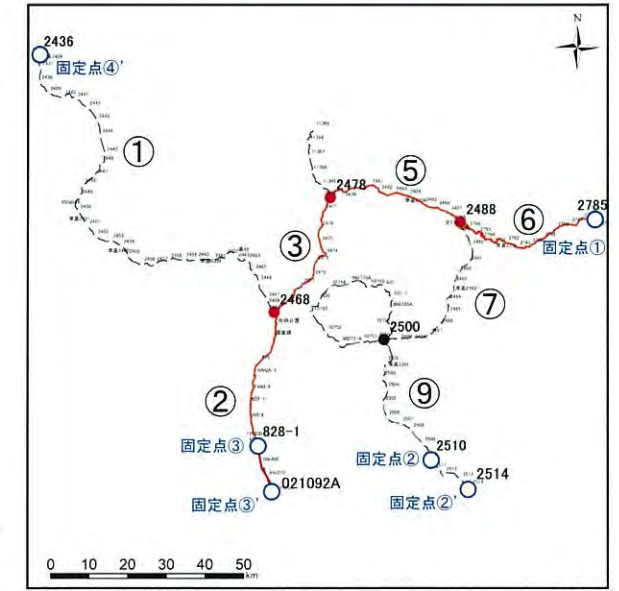
4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果 [桜島大正噴火(1914年)前後との比較]

- ・ 桜島大正噴火(1914年)による変動量と当社水準測量による変動量の比較を行った。
- ・ 桜島大正噴火による沈下と現在の隆起に同様の傾向が見られた。

※鉛直変動の傾向を見るため、桜島大正噴火の鉛直変動の軸(反転)と変動量を調整し表示



水準測量による垂直変化量の比較【基線②-③-⑤-⑥】



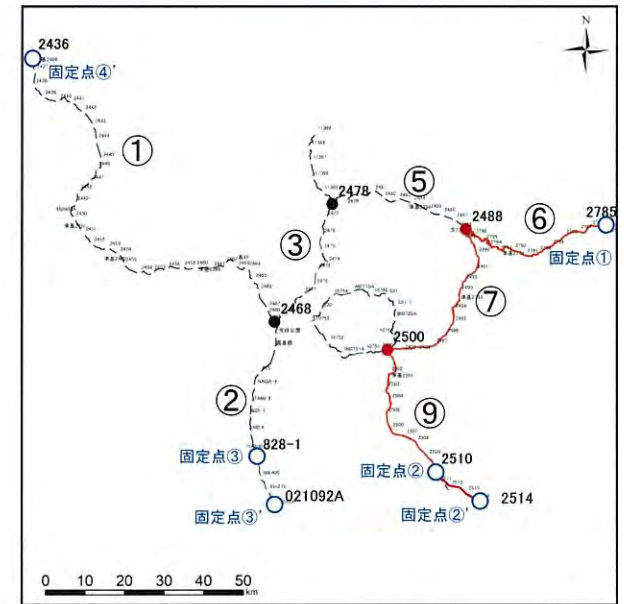
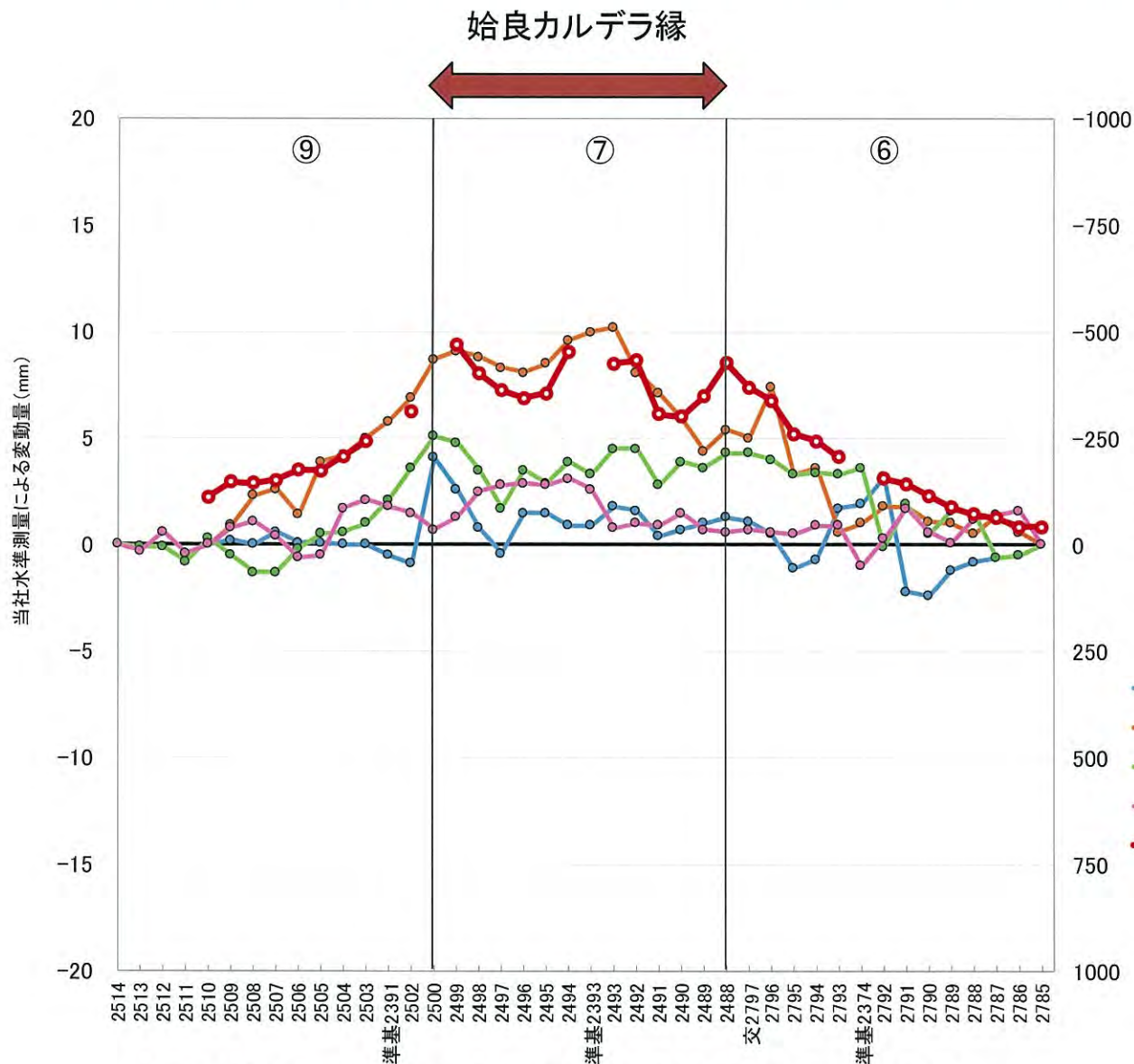
3点固定: 固定点①、固定点②、固定点③
 4点固定: 固定点①、固定点②'、固定点③'、固定点④'

桜島大正噴火による変動量 (mm)

- 2015年度 (mm/9ヶ月)[(2015.11)-(2015.2)] } 3点固定
- 2016年度 (mm/年)[(2016.11)-(2015.11)] } 3点固定
- 2017年度 (mm/年)[(2017.11)-(2016.11)] } 4点固定
- 2018年度 (mm/年)[(2018.11)-(2017.11)] } 4点固定
- 桜島大正噴火による変動量 (mm) * 1)、2)、3)

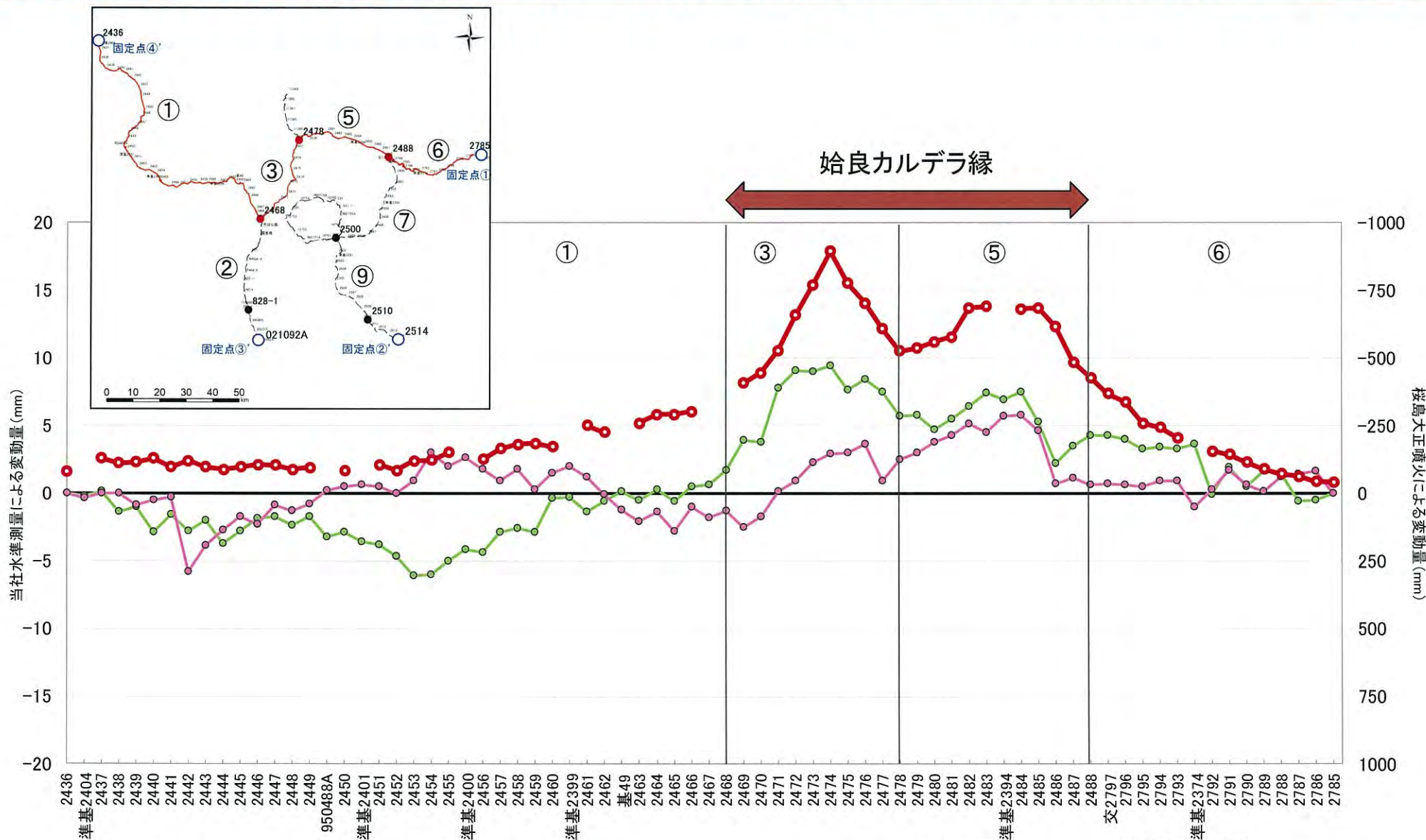
- 1) 出典: Omori (1916)
- 2) 桜島大正噴火前後の水準測量対象期間
 噴火前: 1892年2月、4月、1895年1月、1900年3月
 噴火後: 1914年6~8月、12月
- 3) 垂直変動量の標高固定点
 No. 「付4」 (宮崎県日向市細島) の水準点

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果 [桜島大正噴火(1914年)前後との比較]



- 1) 出典: Oomori(1916)
- 2) 桜島大正噴火前後の水準測量対象期間
噴火前: 1892年2月、4月、1895年1月、1900年3月
噴火後: 1914年6~8月、12月
- 3) 垂直変動量の標高固定点
No.「付4」(宮崎県日向市細島)の水準点

4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果 [桜島大正噴火(1914年)前後との比較]



水準測量による垂直変化量の比較
【基線①-③-⑤-⑥】

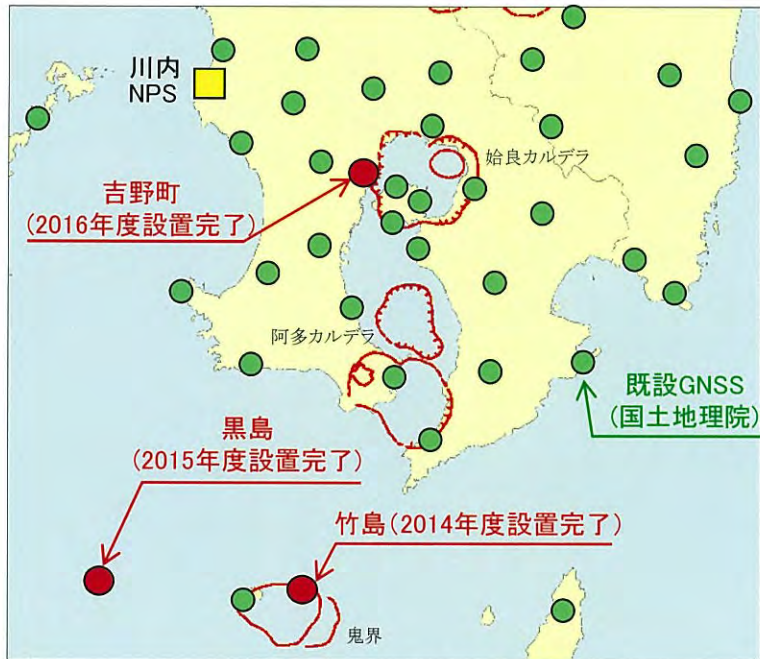
- 2017年度 (mm/年) [(2017.11) - (2016.11)]
 - 2018年度 (mm/年) [(2018.11) - (2017.11)]
 - 桜島大正噴火による変動量 (mm) * 1), 2), 3)
- 4点固定
〔固定点①、固定点②〕
〔固定点③、固定点④〕

1) 出典: Oomori(1916)
 2) 桜島大正噴火前後の水準測量対象期間
 噴火前: 1892年2月、4月、1895年1月、1900年3月
 噴火後: 1914年6~8月、12月
 3) 垂直変動量の標高固定点No.「付4」
 (宮崎県日向市細島)の水準点

5. 当社GNSS機器による観測結果 [設置状況]

観測点の増設により地殻変動データに係る精度の向上を図ることを目的に、鹿児島県内3箇所(2014年度:竹島、2015年度:黒島、2016年度:吉野町)にGNSS機器を設置し、観測データを蓄積してカルデラ評価を補完している。

※GNSS観測機器の仕様は国土地理院と同様



設置地点の位置図



竹島の機器設置状況



黒島の機器設置状況



吉野町の機器設置状況

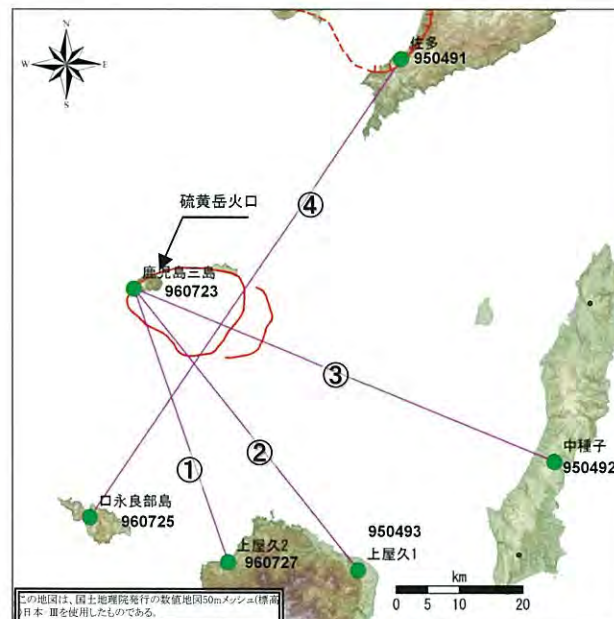
5. 当社GNSS機器による観測結果 [解析処理について]

- ・ 当社観測点(竹島・黒島・吉野町)については、GEONETと同様のGNSS解析ソフトウェア(Bernese[※])を用いた当社独自の解析を実施。
- ・ GEONETと当社解析では、主に解析点数の違い(九電:九州地方約100点, GEONET:全国約1300点)や解析固定点の違い(九電:前原・行橋・上屋久1, GEONET:つくば1)が異なる。
- ・ なお、GEONETデータと当社解析値を比較した場合、双方の解析結果は概ね同等である。

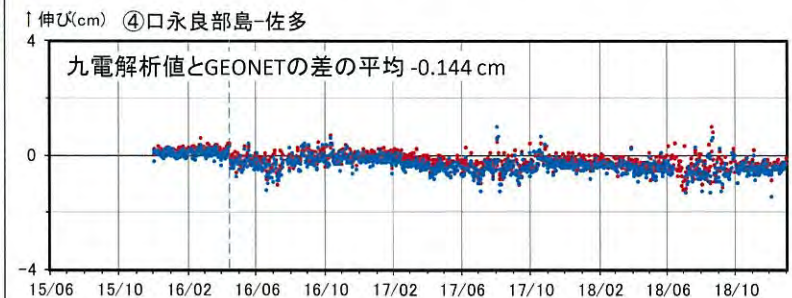
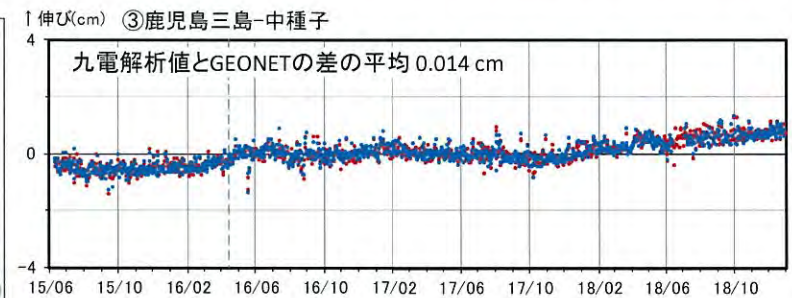
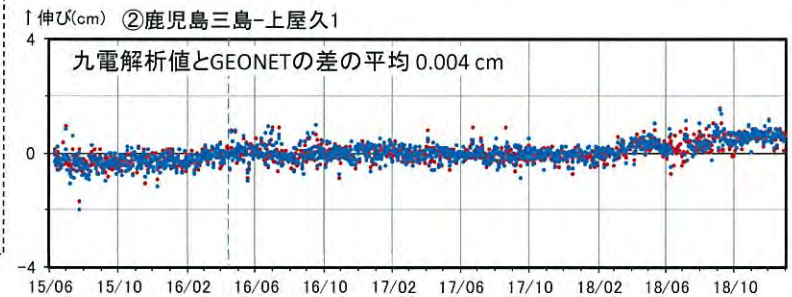
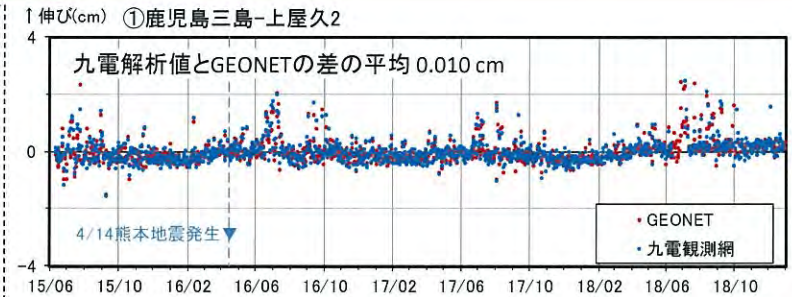
※Bernese: スイスのBern大学の研究者らにより開発されたGNSS解析ソフトウェア。測地学分野の研究者により、よく利用されるソフトウェアのひとつであり、解析の際、電離層、気象要素などの影響を補正し、精密な座標値を決定することが可能。



解析に用いる観測点の位置図

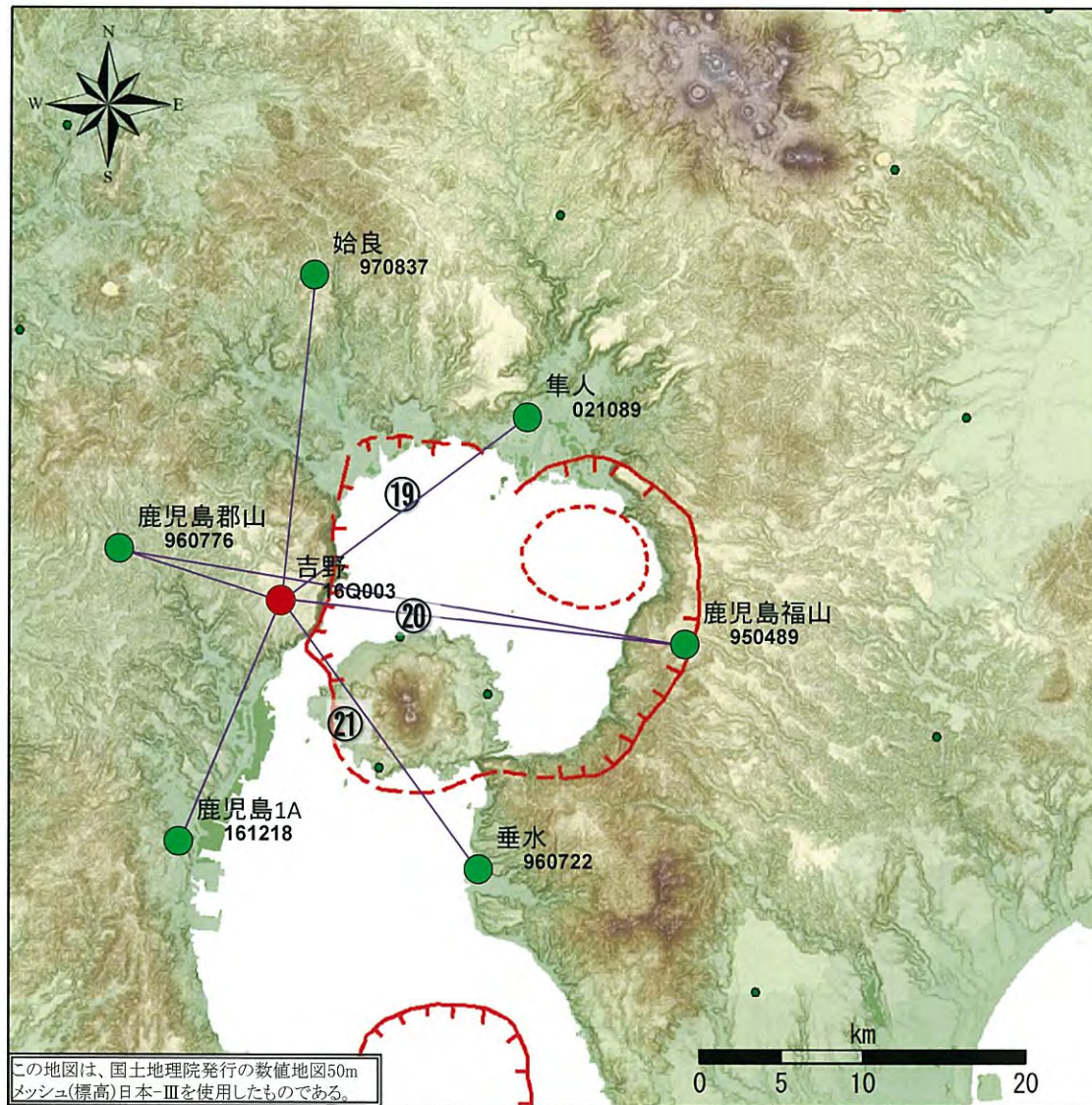


①～④基線位置図

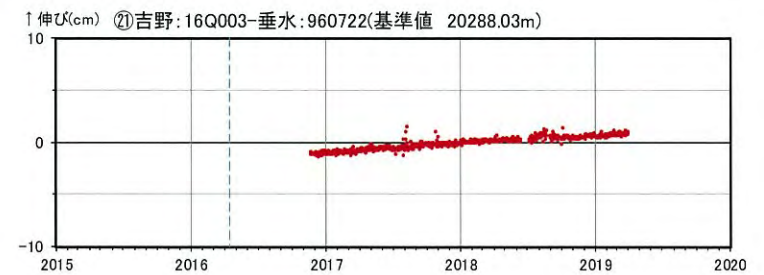
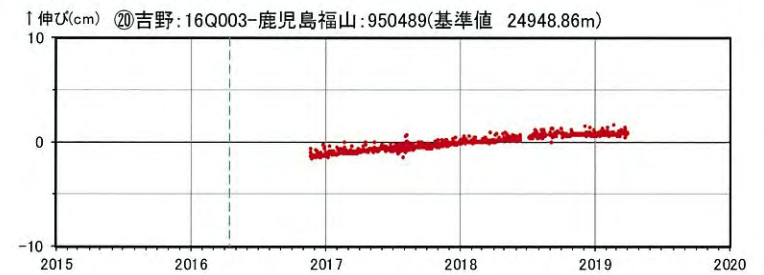


鬼界 GNSS連続観測による基線長変化の比較(2015年06月11日～2018年12月31日)

5. 当社GNSS機器による観測結果 [始良カルデラ周辺の基線の追加]



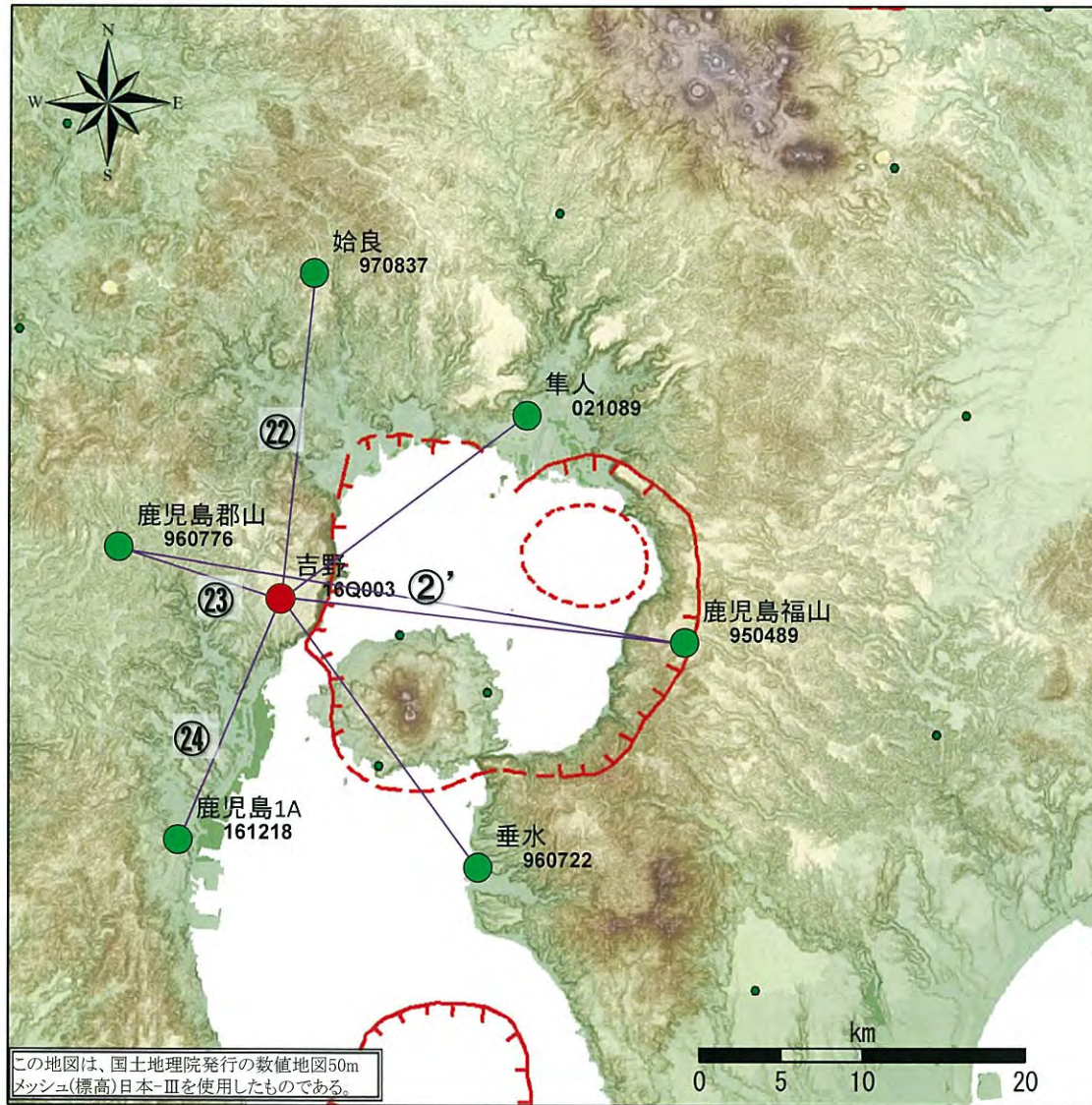
※1 ● GNSS観測点



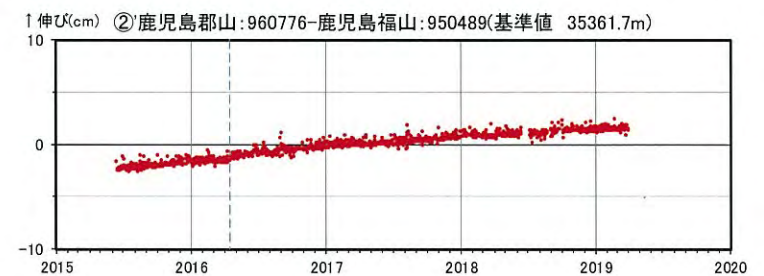
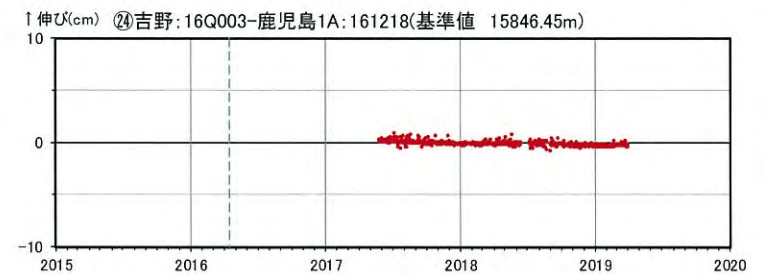
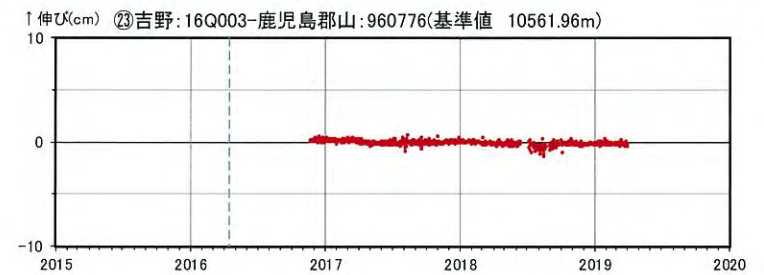
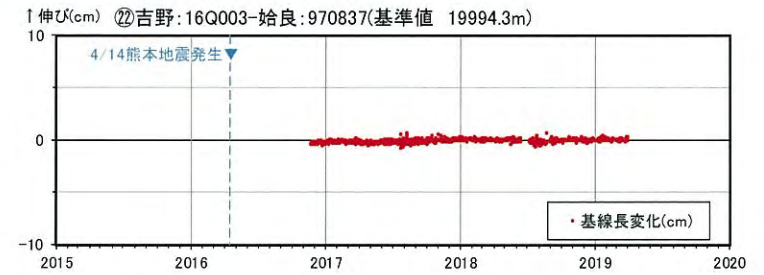
始良 GNSS連続観測による基線長変化(2015年06月11日~2019年03月31日)

※2 平均基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

5. 当社GNSS機器による観測結果 [始良カルデラ周辺の基線の追加]



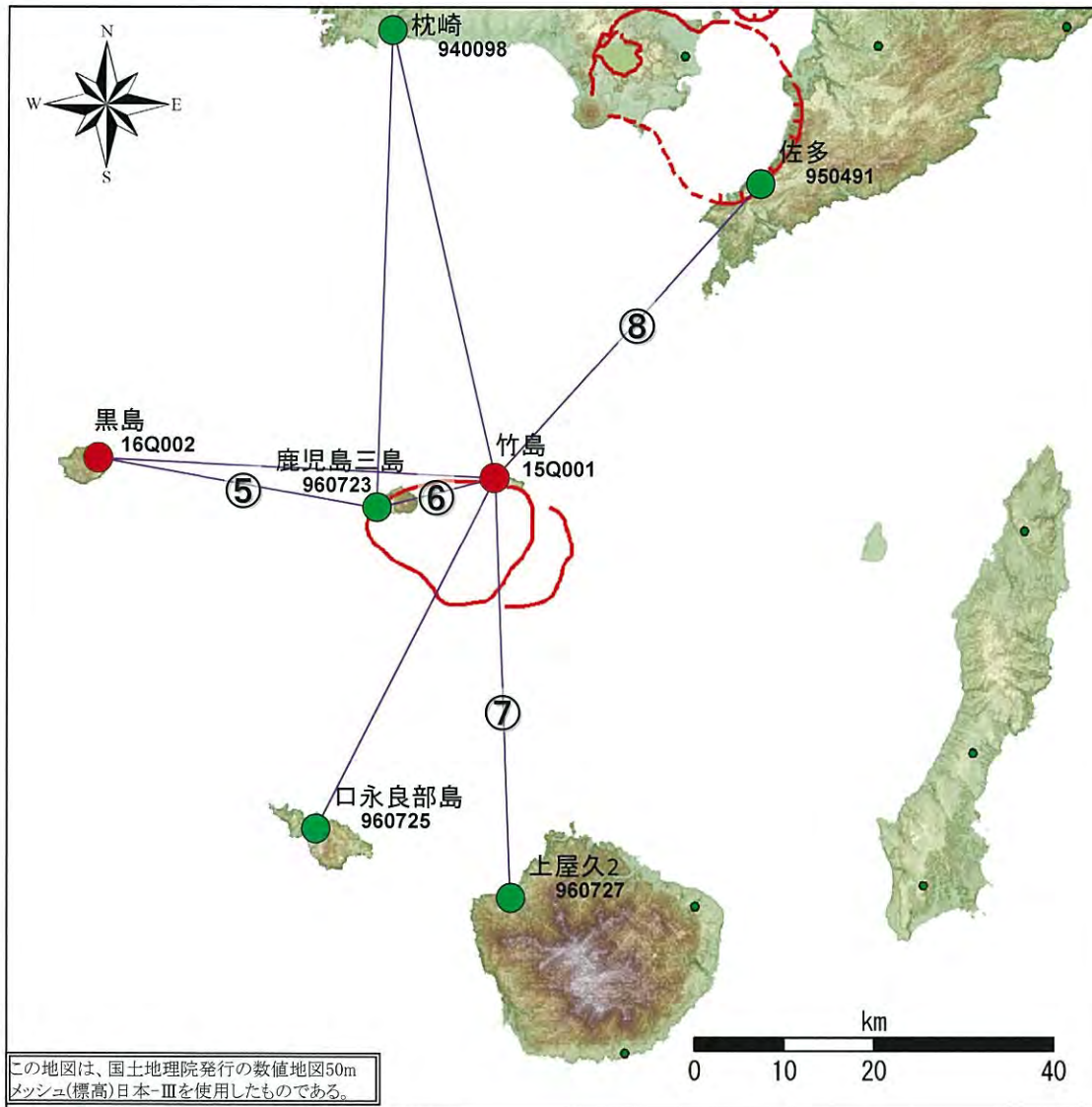
※1 ● GNSS観測点



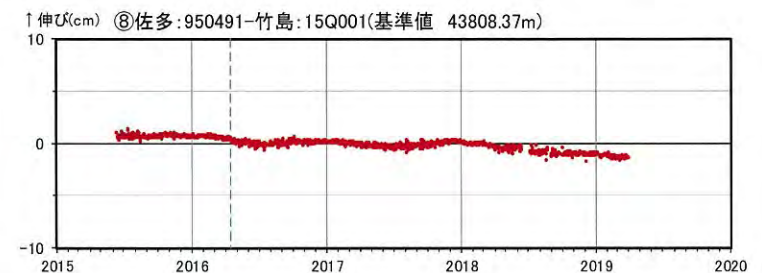
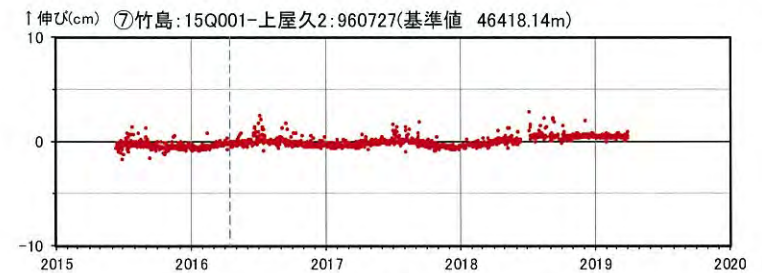
始良 GNSS連続観測による基線長変化(2015年06月11日~2019年03月31日)

※2 平均基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

5. 当社GNSS機器による観測結果 [鬼界周辺の基線]



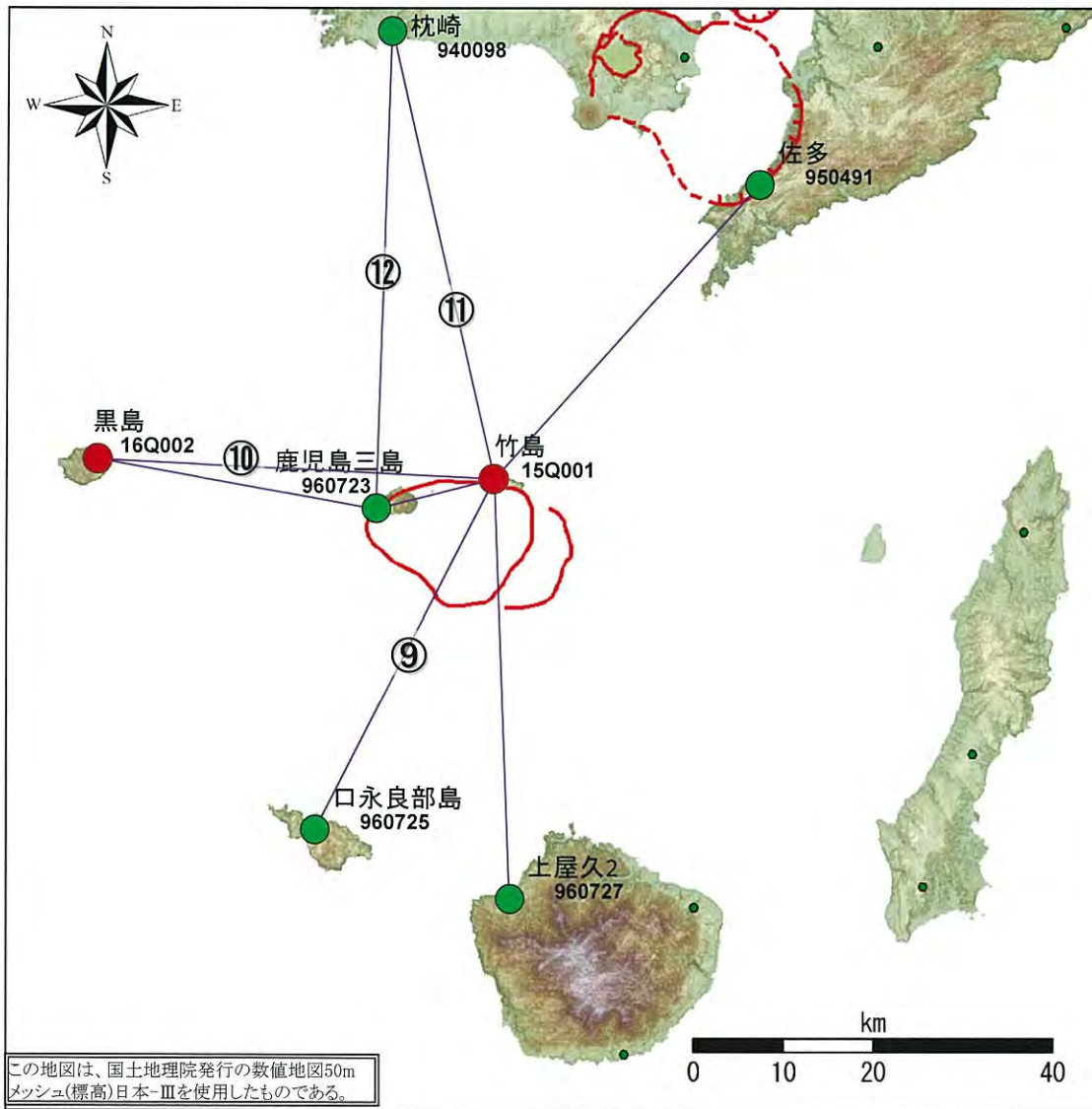
※1 ● GNSS観測点
 ※2 黒島は2017年9月6日～10月31日までデータが取得できていない。



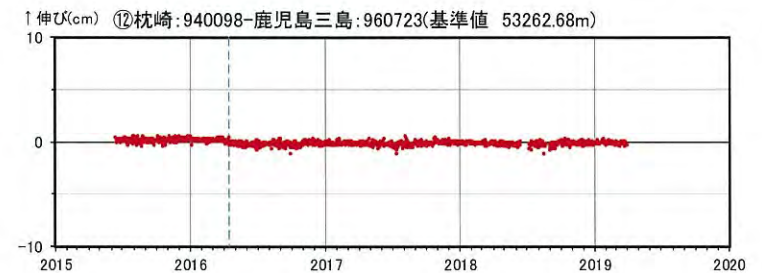
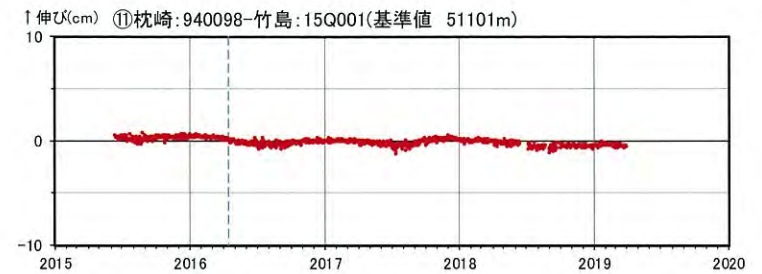
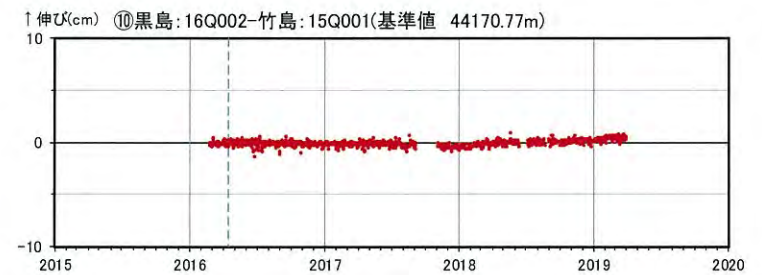
鬼界 GNSS連続観測による基線長変化(2015年06月11日～2019年03月31日)

※3 平均基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

5. 当社GNSS機器による観測結果 [鬼界周辺の基線]



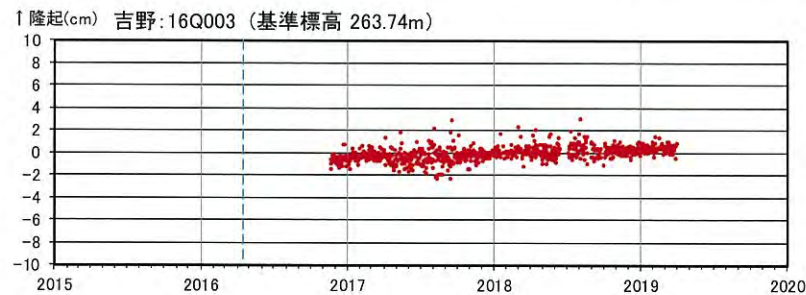
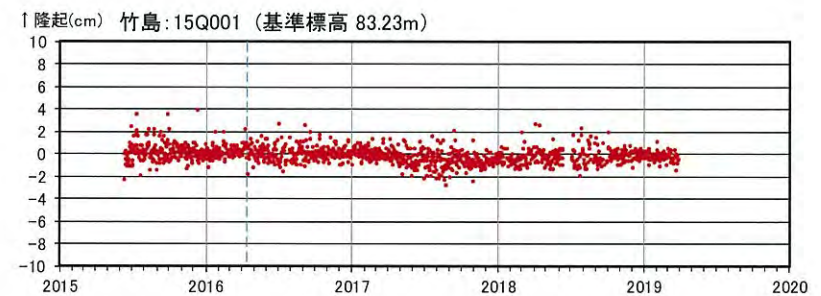
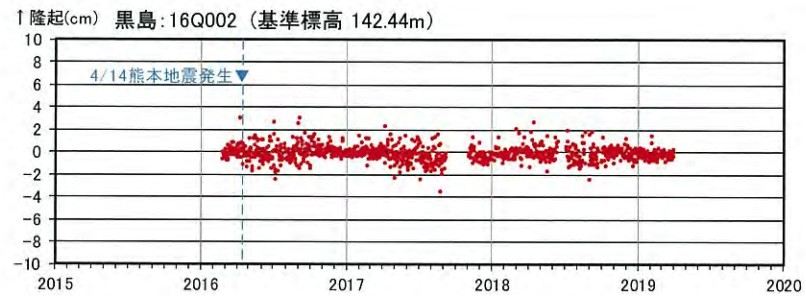
※1 ● GNSS観測点
 ※2 黒島は2017年9月6日～10月31日までデータが取得できていない。



鬼界 GNSS連続観測による基線長変化(2015年06月11日～2019年03月31日)

※3 平均基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

5. 当社GNSS機器による観測結果 [各観測点の鉛直変動]



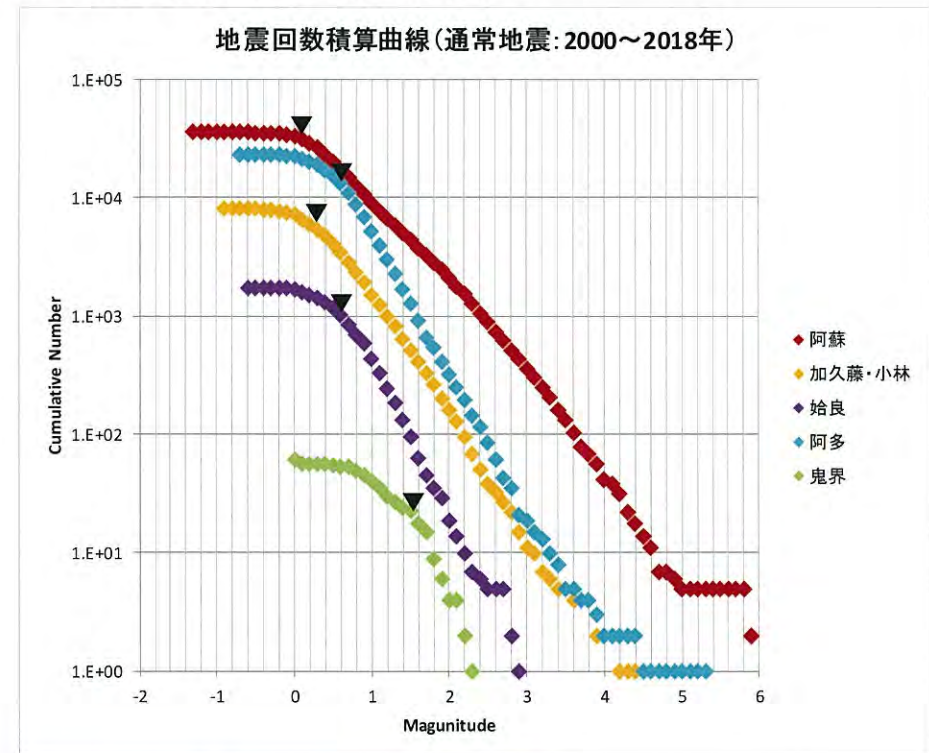
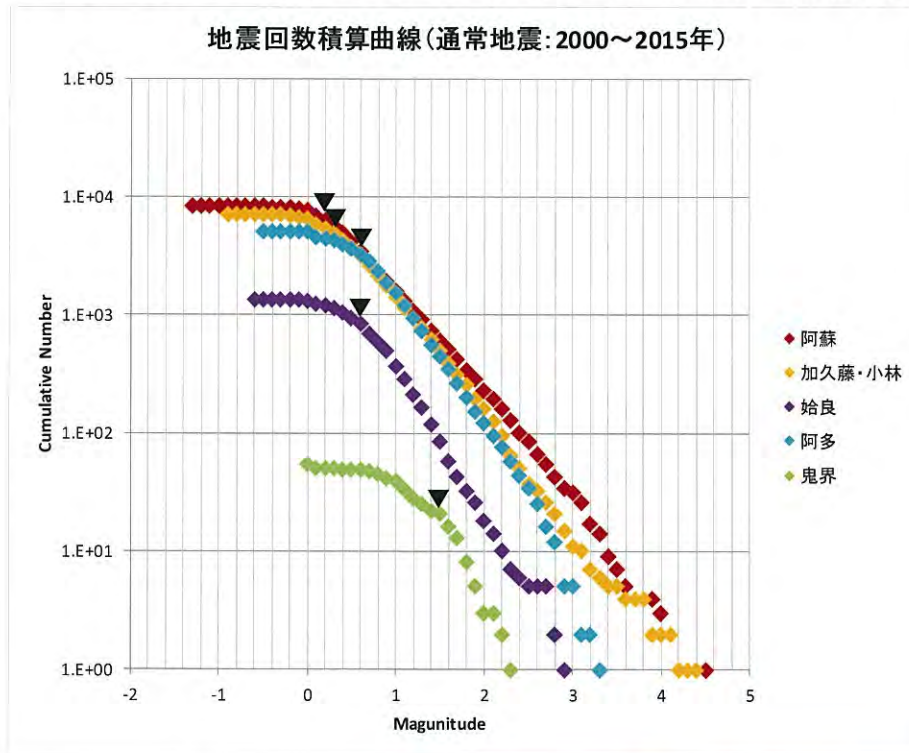
GNSS連続観測による上下動変化(2015年06月11日~2019年03月31日)

- ※1 黒島は2017年9月5日~10月31日期間のデータが取得できていない。
- ※2 平均標高を基準標高とし、基準標高からの変化量を表示

6. 地震検知能力の検討 [Mc計算結果]

- 2017年度のMc検討に用いた通常地震及び低周波地震データ(2000～2015年)に、2016～2018年の地震データを追加し、Mcの比較を行った。
- その結果、海域に位置する鬼界については、その他のカルデラ火山に比べて地震観測点数が少なく、地震検知能力はわずかに低いものの、いずれのカルデラ火山についても規模の大きな地震については検知できることを確認した。
- 地震活動の評価にあたっては、各カルデラの地震検知能力を踏まえた上で引き続きモニタリングを実施していく。

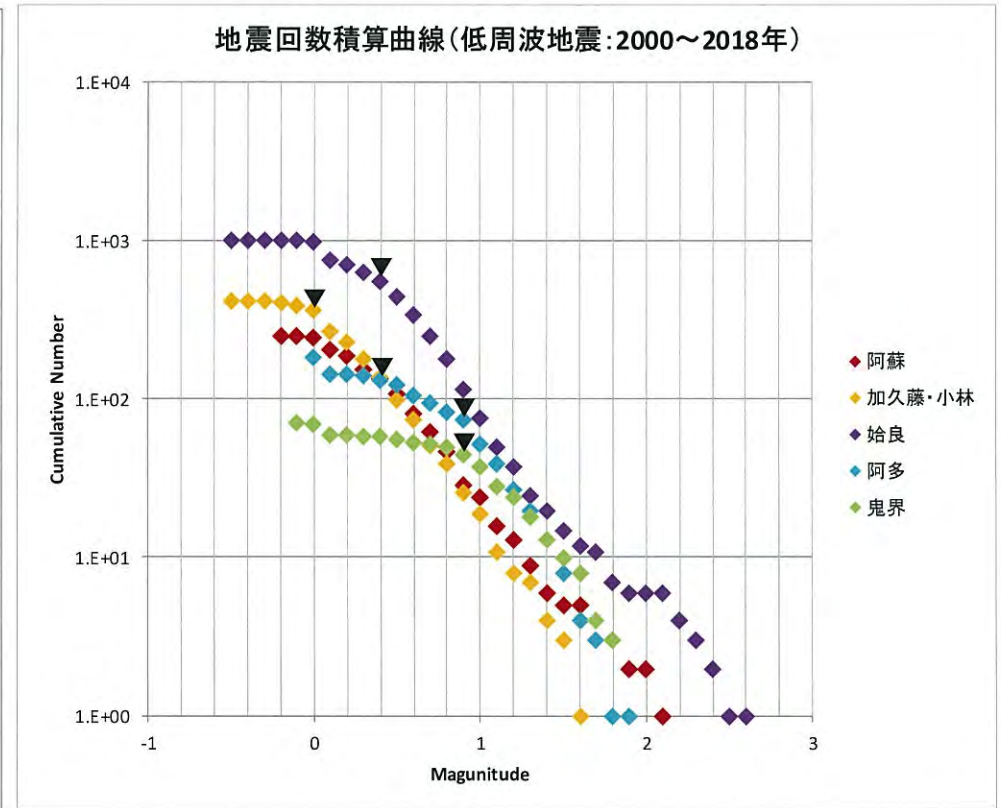
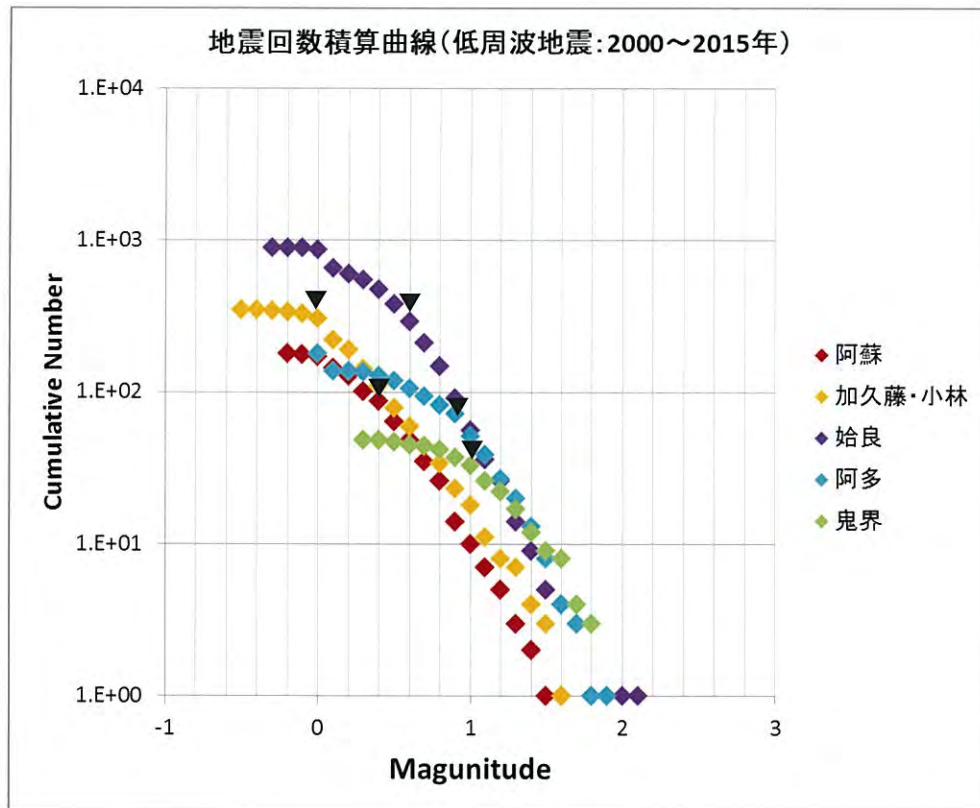
【通常地震】 各カルデラの地震観測範囲におけるMc(深さ50km以浅の震源データより計算)



| Mc | 阿蘇 | 加久藤・小林 | 始良 | 阿多 | 鬼界 |
|------------|-----|--------|-----|-----|-----|
| 2000～2015年 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 1.5 |
| 2000～2018年 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 1.5 |

6. 地震検知能力の検討 [Mc計算結果]

【低周波地震】 各カルデラの地震観測範囲におけるMc(深さ50km以浅の震源データより計算)



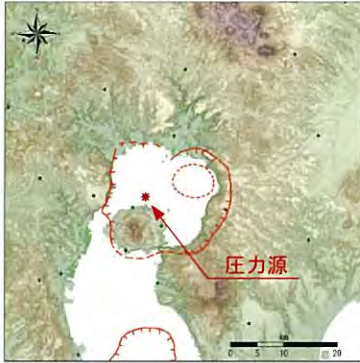

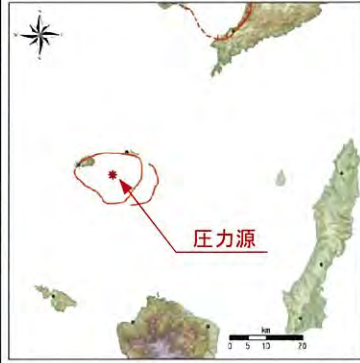


| Mc | 阿蘇 | 加久藤・小林 | 始良 | 阿多 | 鬼界 |
|------------|-----|--------|-----|-----|-----|
| 2000~2015年 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 1.0 |
| 2000~2018年 | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.9 | 0.9 |

余 白

7. 基線長検知能力の検討

・地殻変動評価に用いている基線は、各カルデラで配置や密度が異なることから、各カルデラにおいて圧力源を仮定し、茂木モデルを用いて、マグマ供給率 $0.05\text{km}^3/\text{年}$ の時の基線長変化量を算出し、基線の検知能力の検討を行った。

| カルデラ | 阿蘇 | 加久藤・小林 | 始良 | 阿多 | 鬼界 |
|--------|---|--|---|---|---|
| 圧力源位置 |  |  |  |  |  |
| | 文献 (Sudo & Kong(2001)) | 文献 (Nakao et al.(2013)) | 文献 (井口ほか(2008)) | [北圧力源] 北側カルデラの中心 [南圧力源] 南側カルデラの中心 | カルデラの中心 |
| 圧力源深度 | $10\text{km}^{\ast 1}$ | $10\text{km}^{\ast 1}$ | $11\text{km}^{\ast 2}$ | $10\text{km}^{\ast 1}$ | $10\text{km}^{\ast 1}$ |
| マグマ供給率 | $0.05\text{km}^3/\text{年}^{\ast 3}$ | | | | |

※1 破局的噴火を発生させる珪長質マグマ溜りは深度10km以浅にあると考えられるため、10kmに設定した

※2 井口ほか(2008)の圧力源深度

※3 Druitt et al(2012)によるマグマ供給率の最小値

※4 上表の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである

7. 基線長検知能力の検討



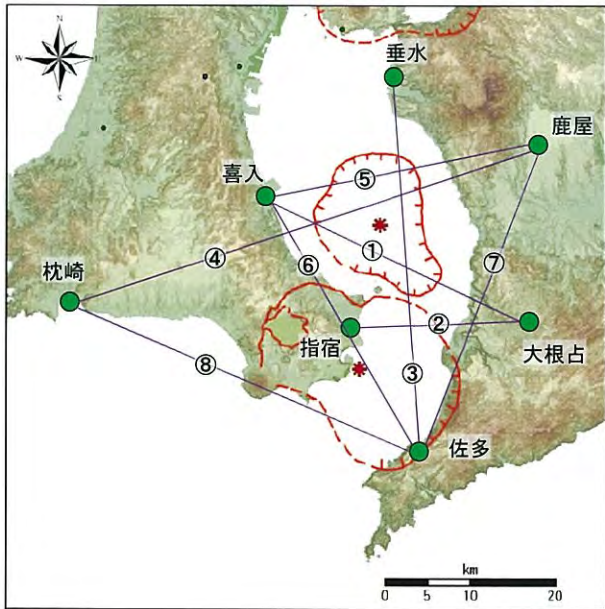
〔阿蘇カルデラ〕



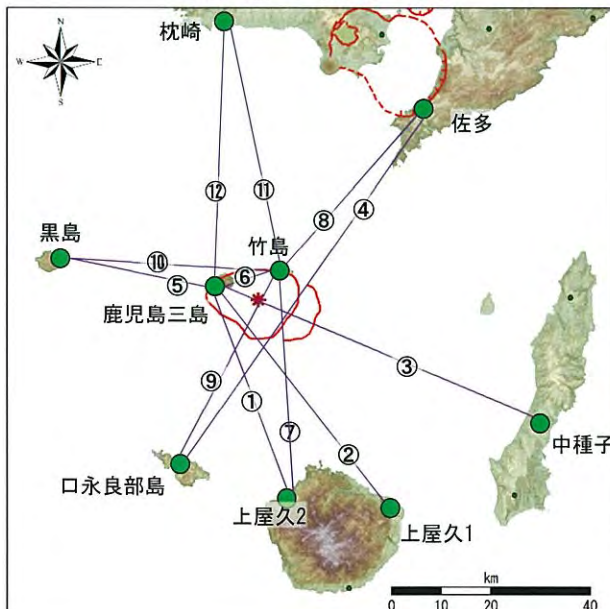
〔加久藤・小林カルデラ〕



〔始良カルデラ〕



〔阿多カルデラ〕



〔鬼界〕

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

7. 基線長検知能力の検討 [マグマ供給率0.05km³/年]

- 0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれのカルデラにおいても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。
- 基線長の評価にあたっては、各カルデラの基線の検知能力を踏まえた上で引き続きモニタリングを実施していく。
- また、最新の研究を踏まえ、圧力源位置の不確実性を考慮した基線長の検知能力を引き続き検討する。

