

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 (平成29年度報告)

平成30年6月15日
九州電力株式会社

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	P54
⑤ 鬼界	P66

*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。

(参考:中・長期的取組みについて)

1. 広域地殻変動の影響検討P77
2. カルデラ火山周辺のひずみ場検討P83
3. 鬼界の基線長変化における長期トレンド検討P92
4. 始良カルデラ周辺の水準測量結果P101
5. 地震検知能力の検討P110
6. GNSS観測機器の設置P117

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]

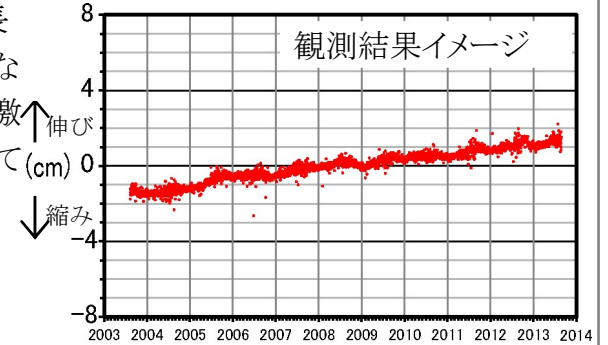
① 評価の収集

発行機関	対象	資料名 (URL)
国土地理院	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	2月14日 開催	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)
	3月度	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.htm)
	3月30日～ 4月5日	週間火山概況 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/weekly_report/weekly.htm)

※ 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]

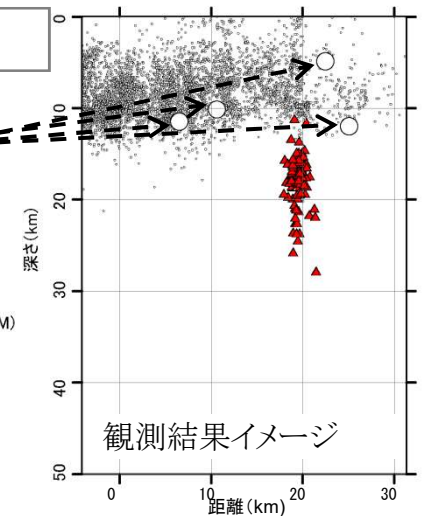
① データの収集 ⇒ ② 分析 ⇒ ③ 評価

発行機関	対象	データ名 (URL)
国土地理院	2000.1.1 ～ 2018.3.31	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 ～ 2018.3.31	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)

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

1. モニタリングの概要 [監視レベルの移行判断基準と監視体制]

監視レベル	判断基準	監視体制	
	マグマ供給率(×0.01km ³ /年)		
平常	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-left: 10px;">1 未満</div> </div>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> ・GNSS連続観測による基線長変化 ・地震観測による震源分布 </div> → <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 変化の原因等の検討 </div>	マグマ供給率に変化が生じた場合、火山専門家等の助言を得ながら必要に応じて監視レベルを移行
注意	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> <div style="margin-left: 10px;">1～5 未満</div> </div>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> ・GNSS連続観測による基線長変化 ・地震観測による震源分布 </div> → <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 変化の原因等の検討 </div>	長期にわたり(1～3年程度)マグマ供給率が1を超える場合は、火山専門家等の助言を得ながら必要に応じて詳細観測を実施
警戒	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); color: red; font-weight: bold; margin-right: 5px;">マグマ供給率の増加</div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; width: 20px; height: 100px; background: linear-gradient(to bottom, #f0f0f0, #fff);"></div> </div>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 詳細観測の実施 (GNSSの増設等による圧力源の検討) </div> ↓ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;"> 異常の原因等の検討 </div> → <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;"> 活動的なマグマ溜まりの特定 </div>	後カルデラの活動 → <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; color: blue;">継続監視</div> カルデラの活動 → <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; color: red;"> ・対処準備 ・燃料体等の搬出等 </div>
緊急		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 詳細観測の実施 (GNSSの増設等による圧力源の検討) </div> → <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; color: red; margin-left: 10px;"> ・対処準備 ・燃料体等の搬出等 </div>	

※ 始良カルデラについては、茂木モデルを用いて「マグマ供給率(km³/年)÷基線長の変動率(cm/年)÷100」とし、基線長の変動率を判断基準として設定

2. モニタリング評価結果 [平成29年度]

- 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、平成29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M5.3喜入沖地震の影響が認められるもの、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3月等)	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3月1日以降、火山活動がやや高まった状態で経過。 傾斜計及びGNSS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"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 熊本地震の余震が多数認められるものの、有意な変化は認められない。 	なし
加久藤・小林 カルデラ	霧島山【新燃岳】 レベル3 (入山規制) 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"> 新燃岳では、活発な火山活動が継続。 3月6日から7日にかけて霧島山を挟む基線で急激な収縮が観測された。 その後、再び基線の伸びが継続していることから、霧島山の深い場所で再びマグマが蓄積している可能性がある。 	平常	<ul style="list-style-type: none"> 3/6の新燃岳噴火前後で火山活動に起因する地殻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。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震活動に有意な変化は認められない。 	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"> 10月以降、昭和火口では噴火が減少。現在の噴火のほとんどは南岳山頂火口で発生。 GNSS連続観測では、始良カルデラ地下のマグマだまりの膨張が続いている。 	注意	<ul style="list-style-type: none"> マグマ溜まりの膨張を示唆する伸びの傾向が認められるものの、有意な変化は認められない。 警戒監視の移行判断基準値(0.05km³/年≒5cm/年)には達していない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	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"> 池田・山川および開聞岳において、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"> 地殻変動に有意な変化は認められない。 	<ul style="list-style-type: none"> 7/11の喜入沖地震(M5.3)の余震が多数認められるものの、有意な変化は認められない。 	なし
鬼界	薩摩硫黄島 レベル2 (火口周辺規制)	<ul style="list-style-type: none"> 薩摩硫黄島では、3月19日及び22日に火山性地震が増加。小規模な噴火が発生する可能性がある。 	平常	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	<ul style="list-style-type: none"> 地震活動に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

【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(平成30年3月)

余 白

3. モニタリング確認結果

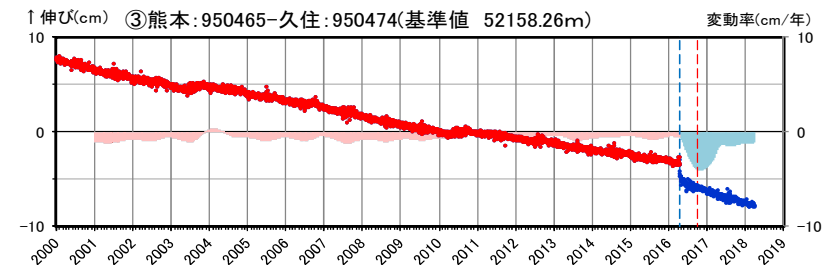
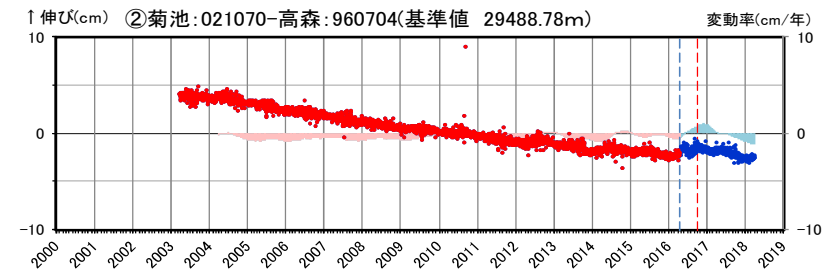
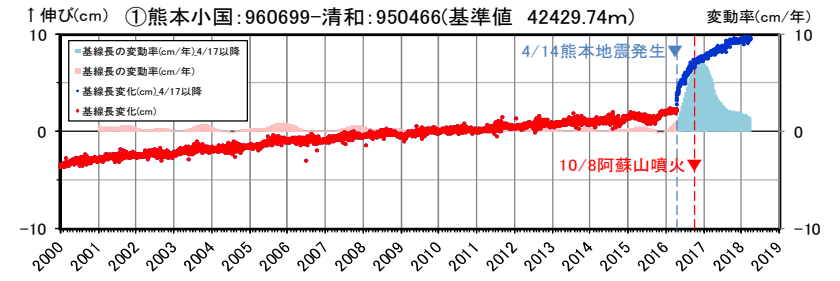
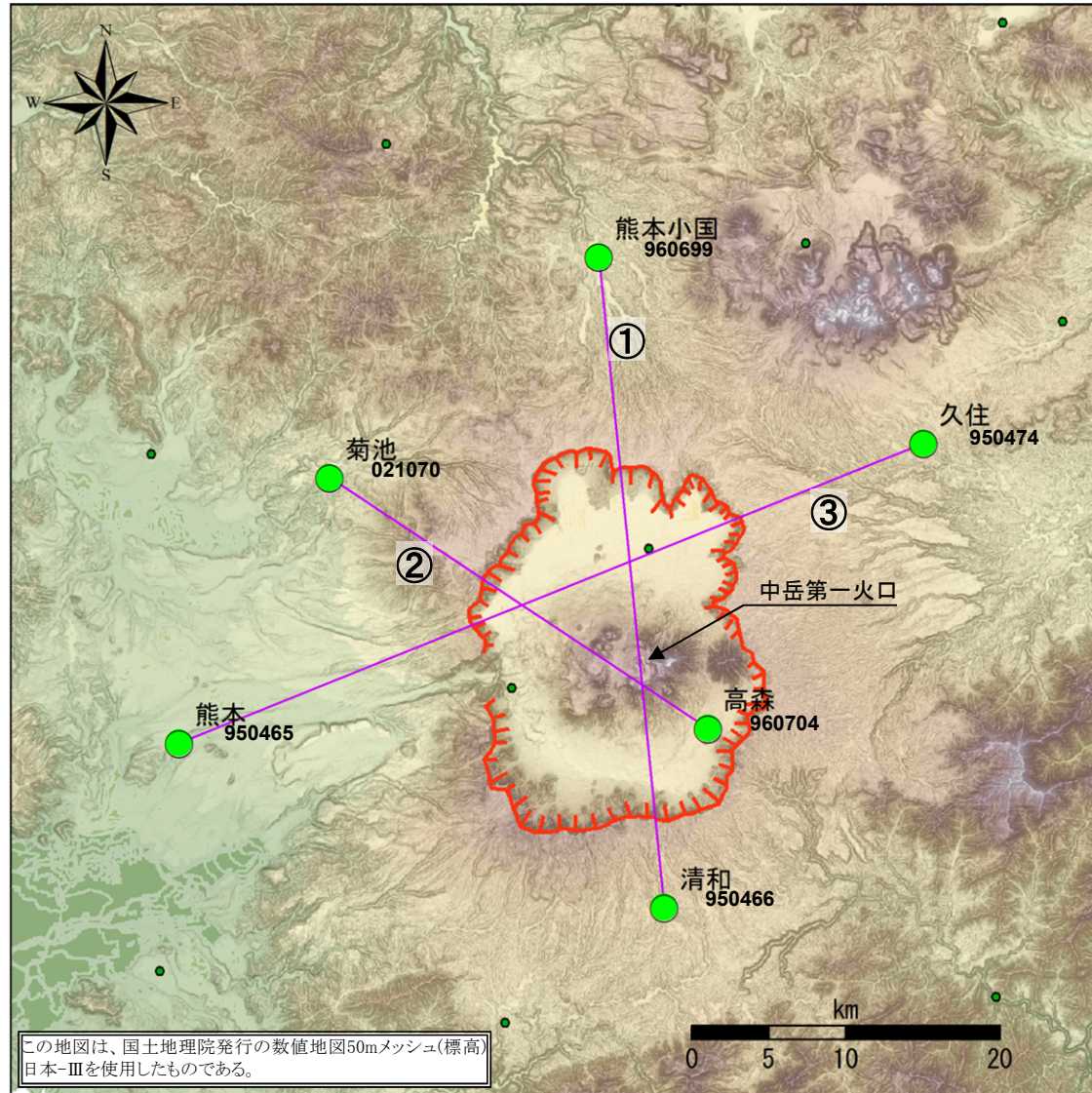
① 阿蘇カルデラ [活火山に関する公的機関の評価概要]

○阿蘇山(火山活動解説資料平成30年3月)

- 阿蘇山では、孤立型微動が多い状態で経過しました。
- 火山性地震は概ね少ない状態、火山性微動の振幅は小さい状態で経過しました。
- 3月2日～26日にかけて実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、1日あたり500～1,300トンと概ねやや少ない状態で経過しました。
- 中岳第一火口内に緑色の湯だまりを確認し、湯だまり量は前月同様、中岳第一火口底の10割でした。
- 傾斜計及びGNSS連続観測では、火山活動に伴う特段の変化は認められません。

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

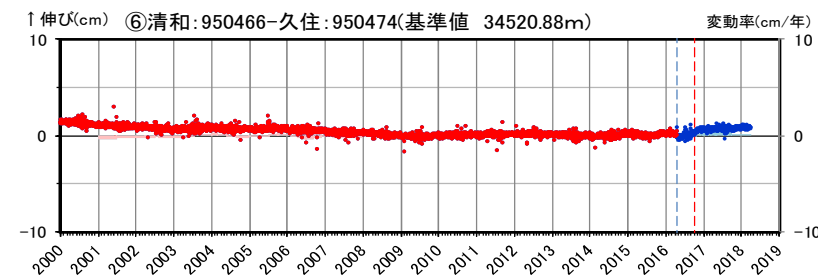
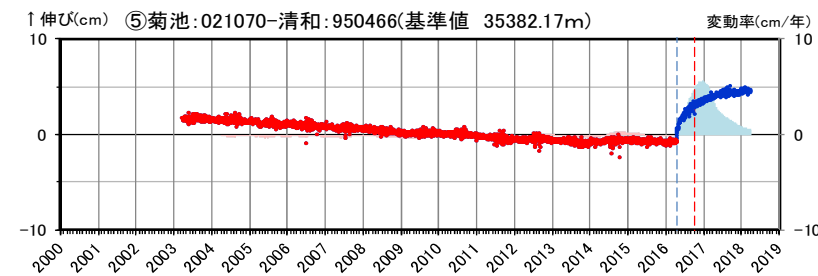
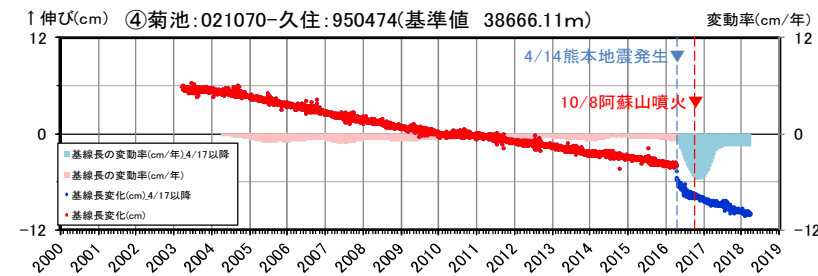
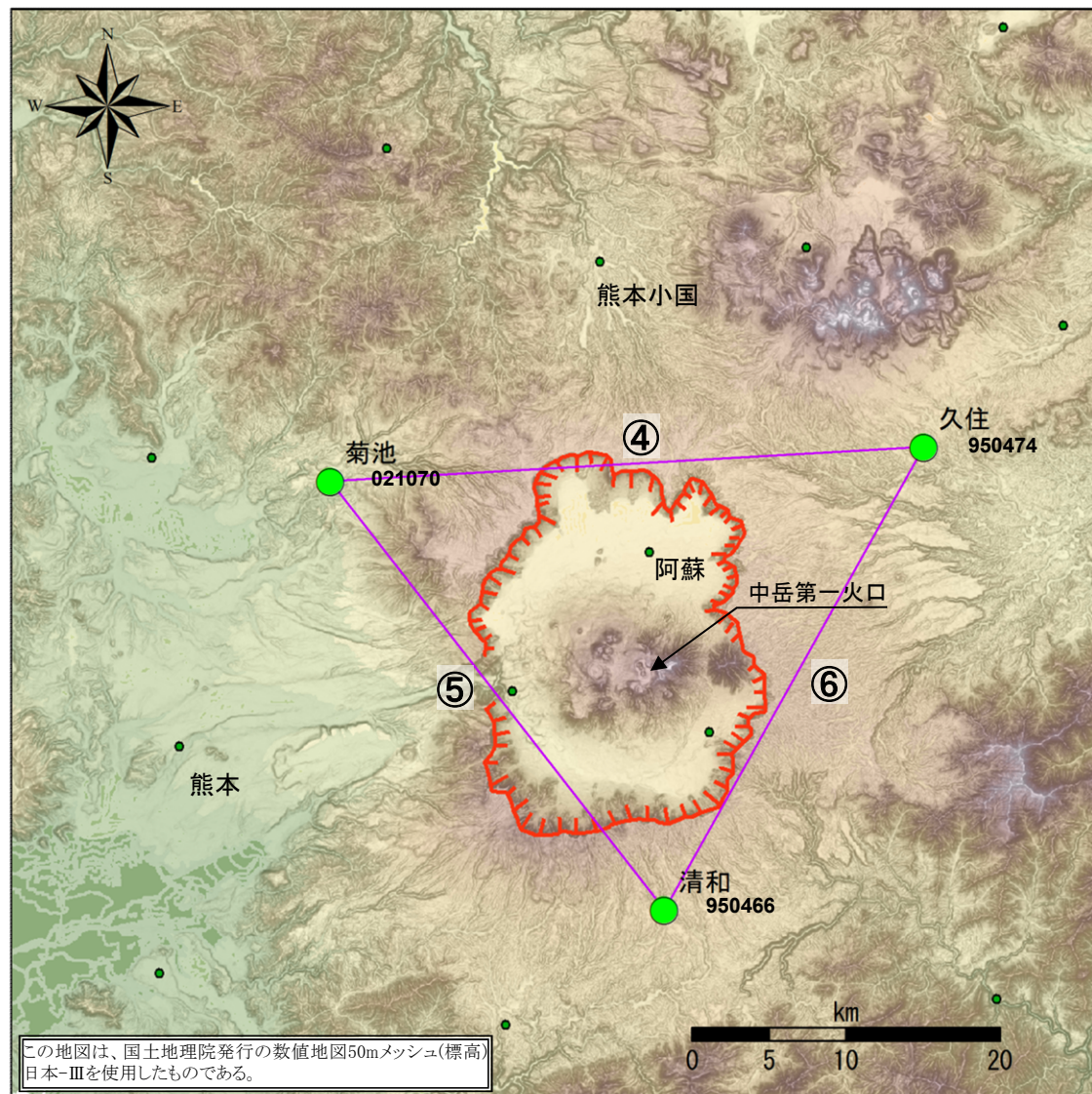
阿蘇カルデラでは、一部の基線において、熊本地震に伴う余効変動が認められるものの、阿蘇カルデラへのマグマ供給を示す広範囲にわたる基線長の変動(伸びの変化)は見られないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められない。



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)

※ 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

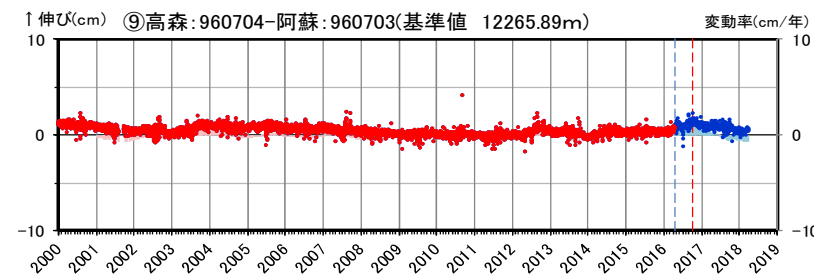
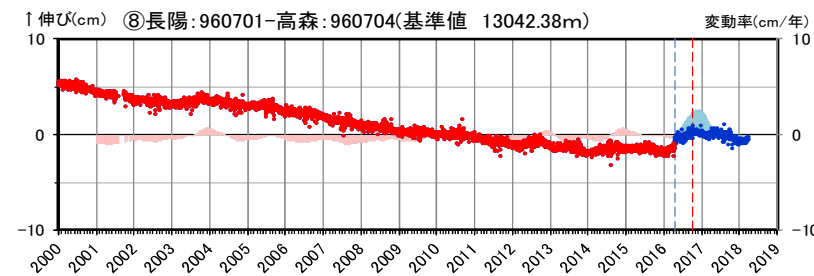
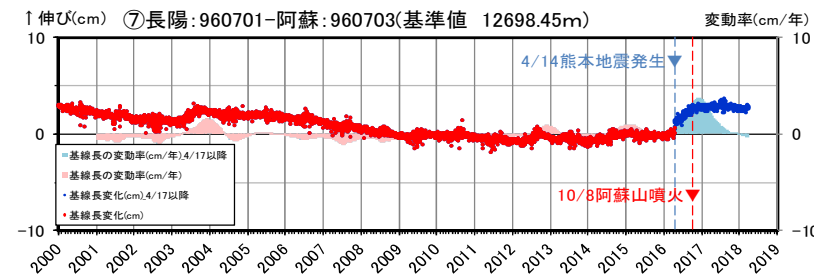
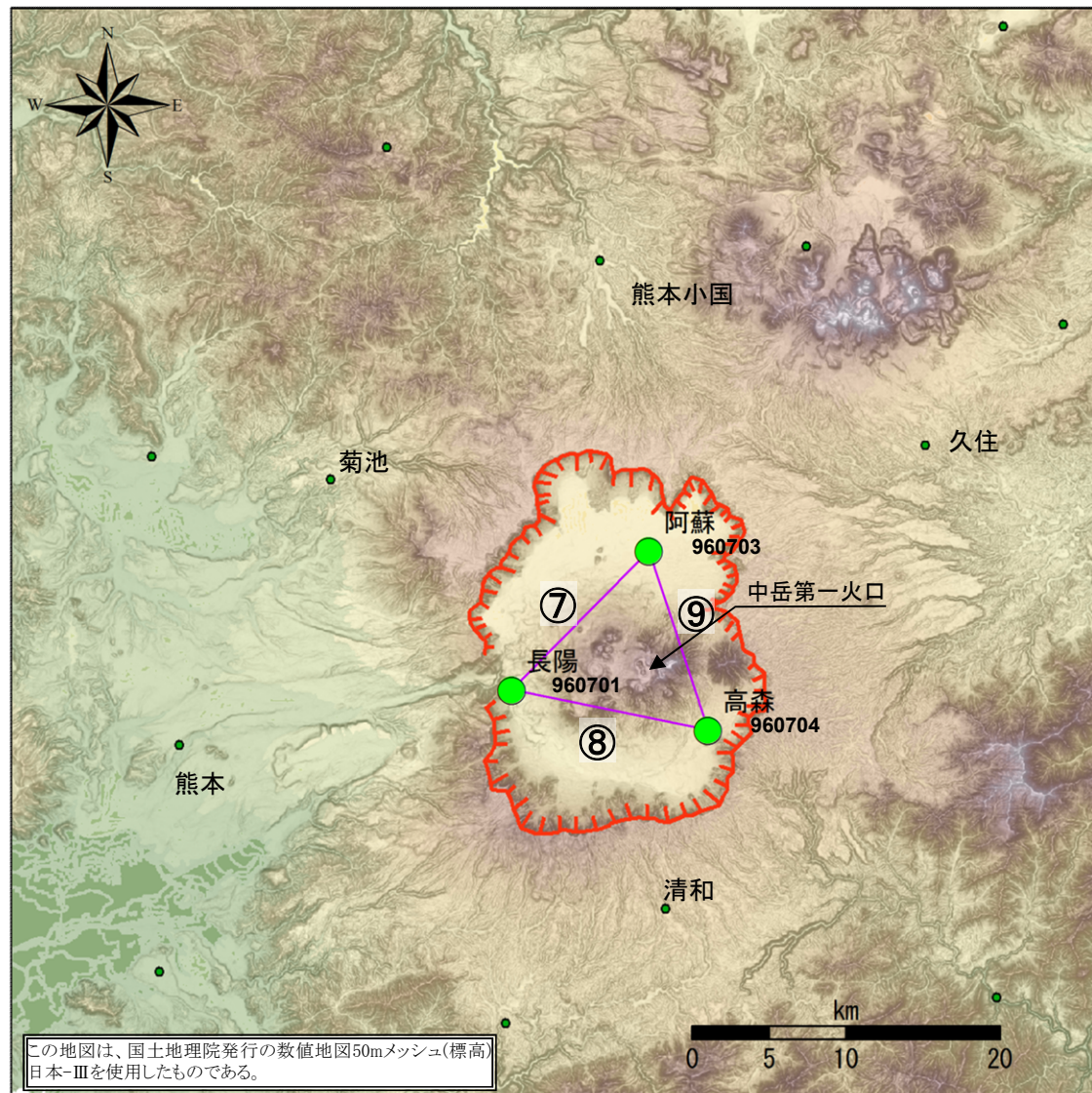
① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



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)

※ 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

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

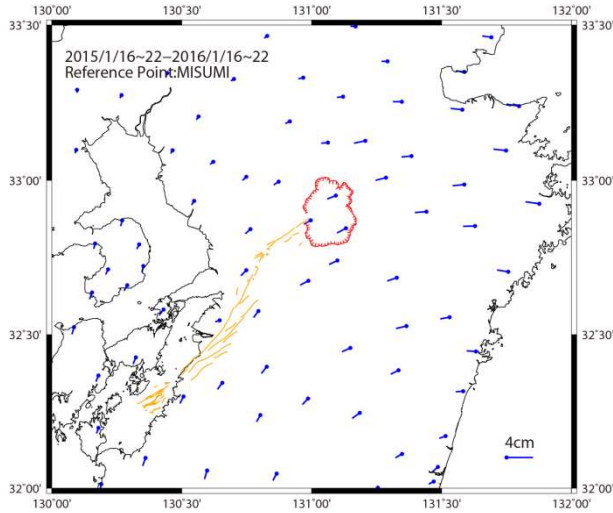


基線⑦～⑨の時系列変化
(熊本地震発生時の変動を補正して図示)

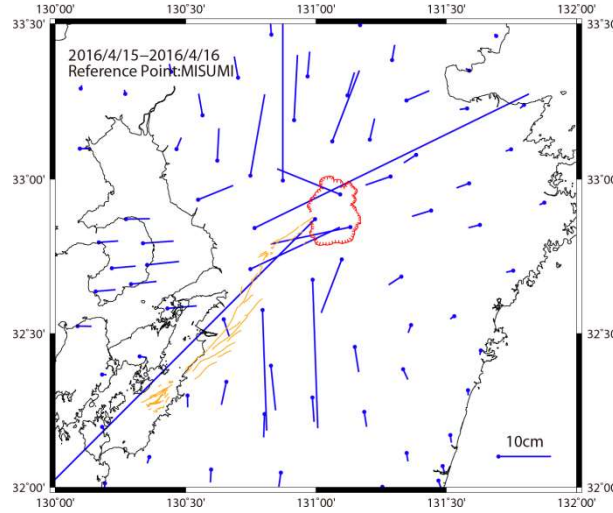
※ 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 水平変動ベクトル]

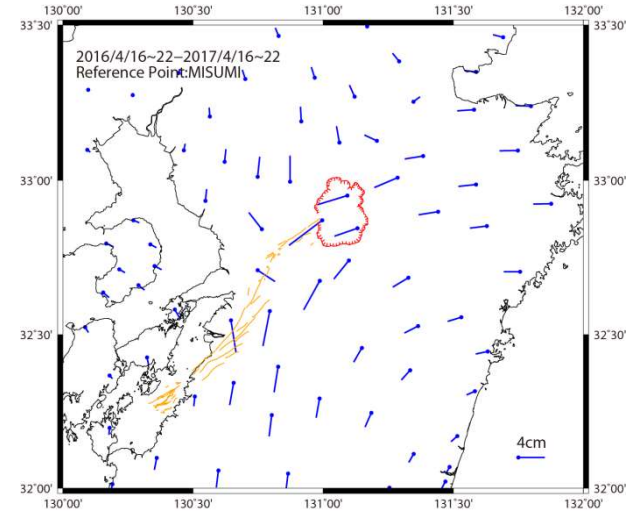
- 熊本地震の本震発生 (H28年4月16日 M7.3) に伴って、布田川・日奈久断層帯沿いに右横ずれの大きな地殻変動が認められ、断層を境に、北側では北向き、南側では南向きの変動が生じている。
- 本震後の余効変動は、継続しているものの、変動量が徐々に減少している。



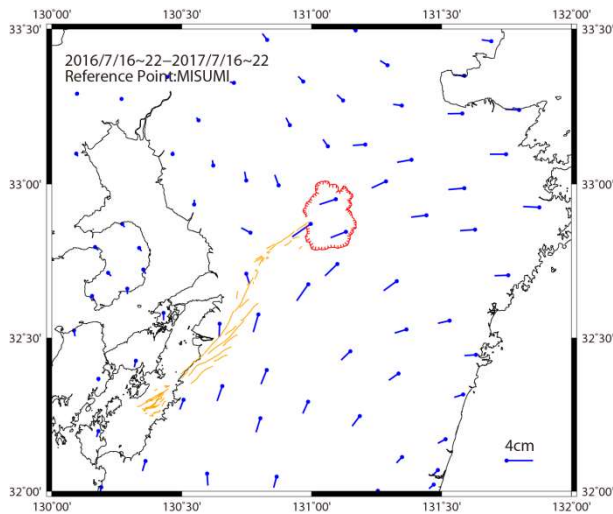
本震前の地殻変動



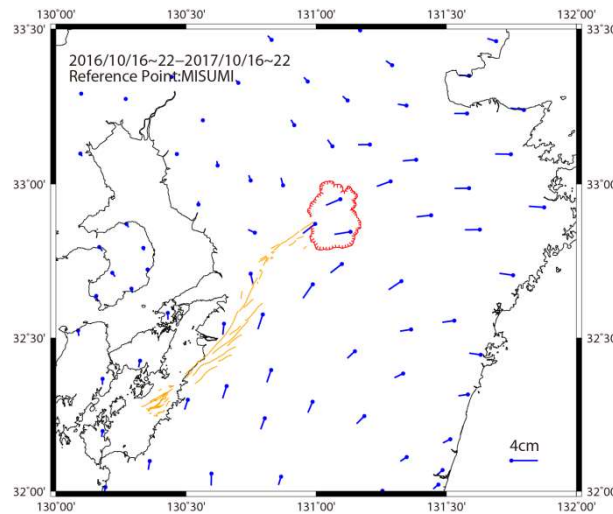
本震前後の地殻変動 (*スケールが他と異なる)



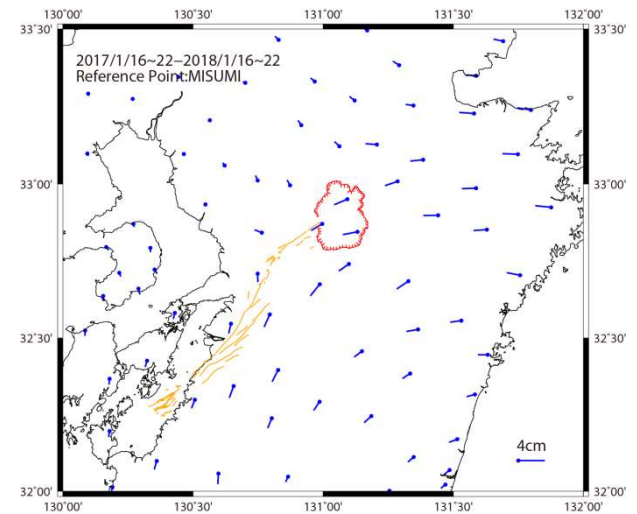
本震から1年後の地殻変動



本震から1年3ヶ月後の地殻変動

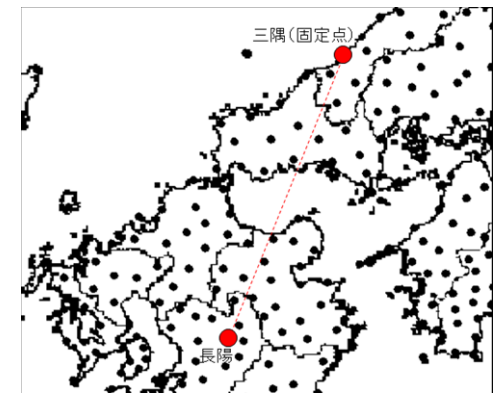
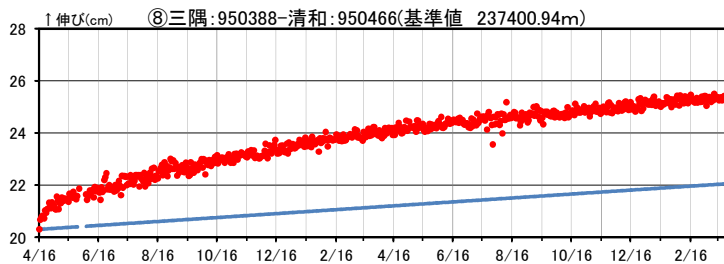
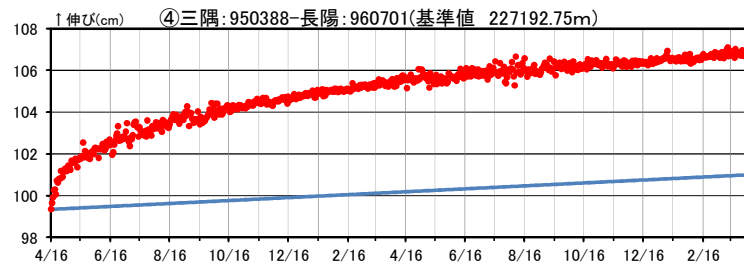
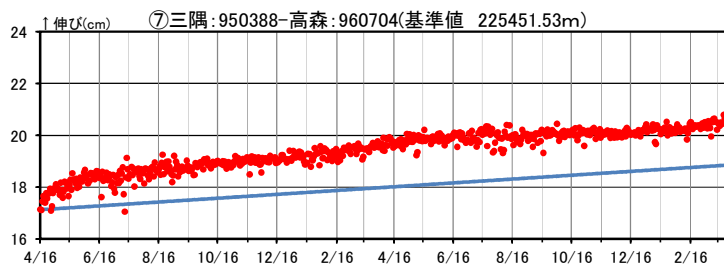
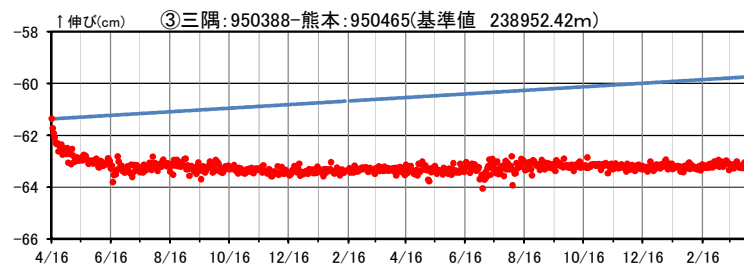
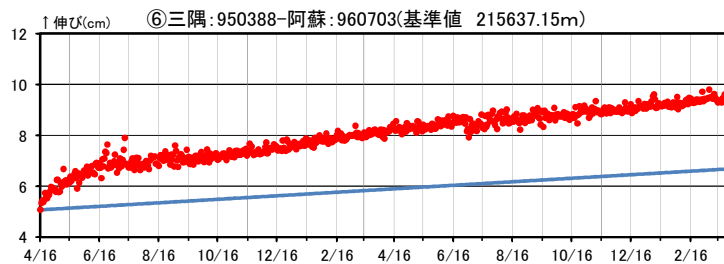
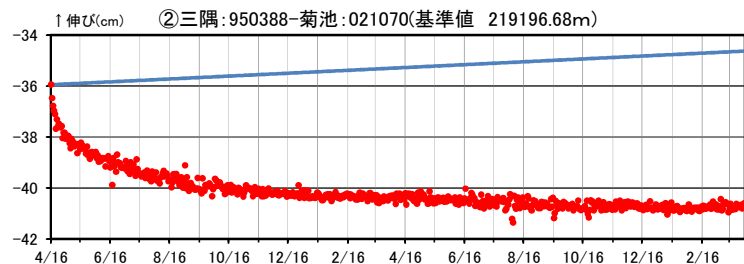
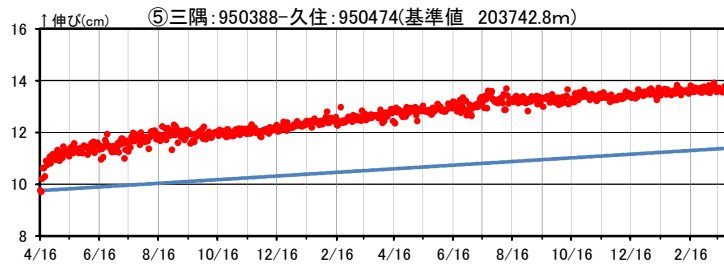
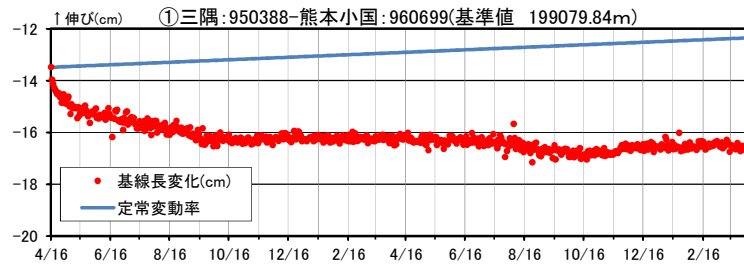


本震から1年6ヶ月後の地殻変動



本震から1年9ヶ月後の地殻変動

① 阿蘇カルデラ [地殻変動: 三隅と各観測点の基線長変化]

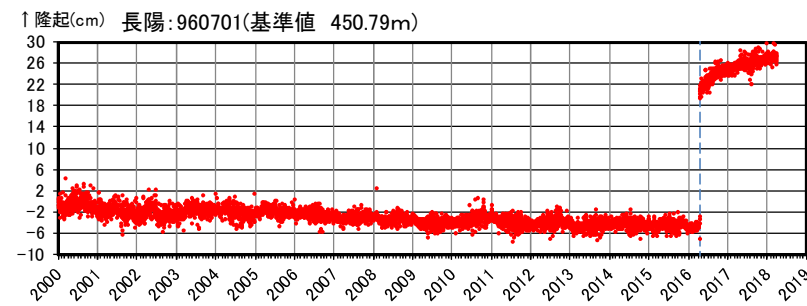
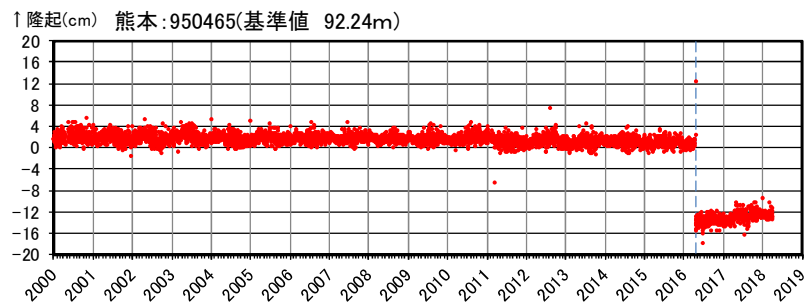
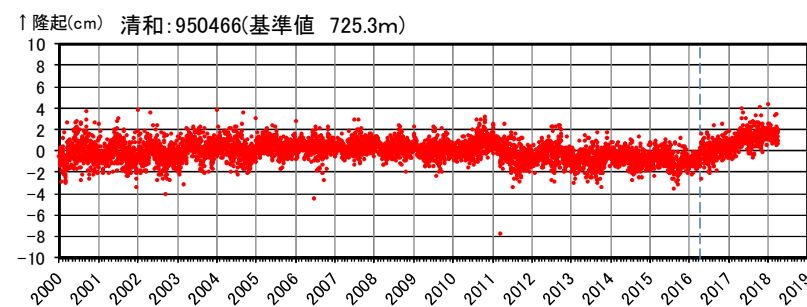
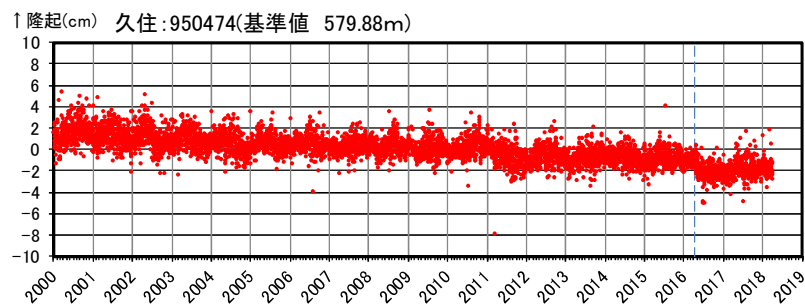
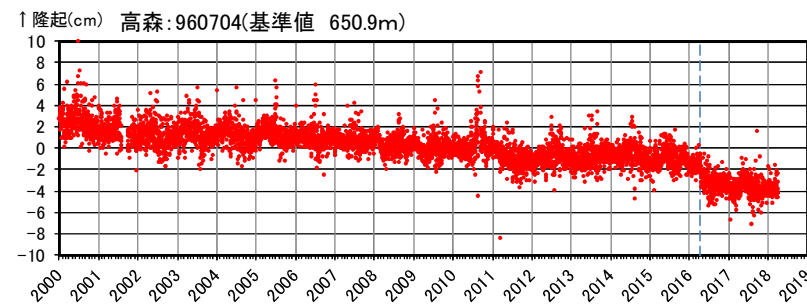
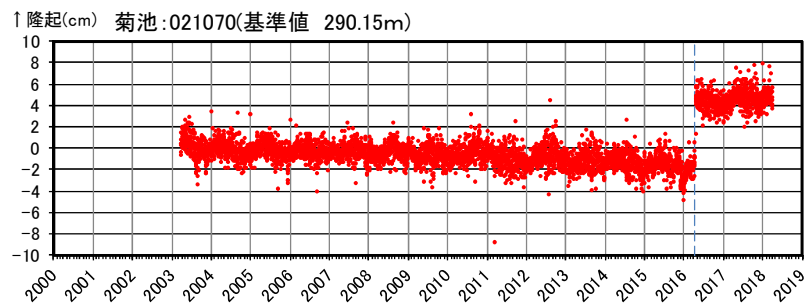
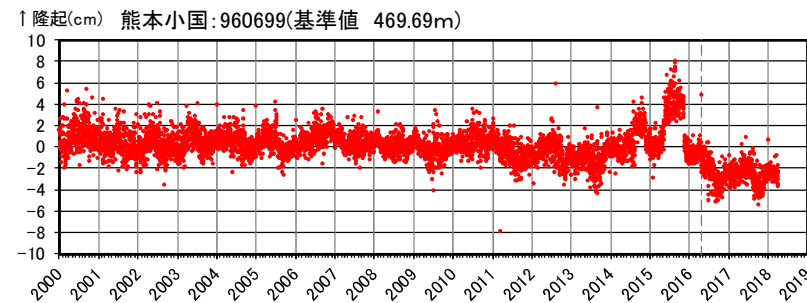
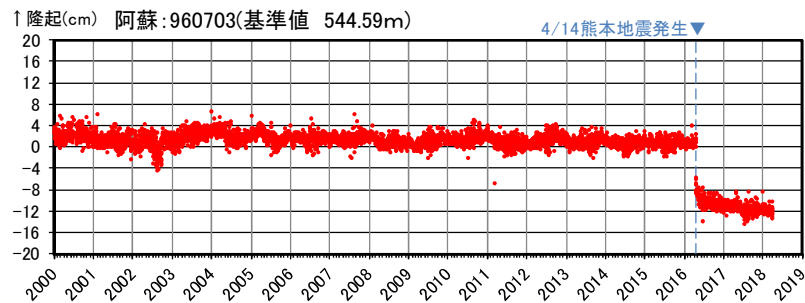


電子基準点の位置図

※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 定常変動率は熊本地震前1年間の変動率を表示

GNSS連続観測による基線長変化【2016年4月16日～2018年3月31日】

① 阿蘇カルデラ [地殻変動:各観測点の鉛直変動]

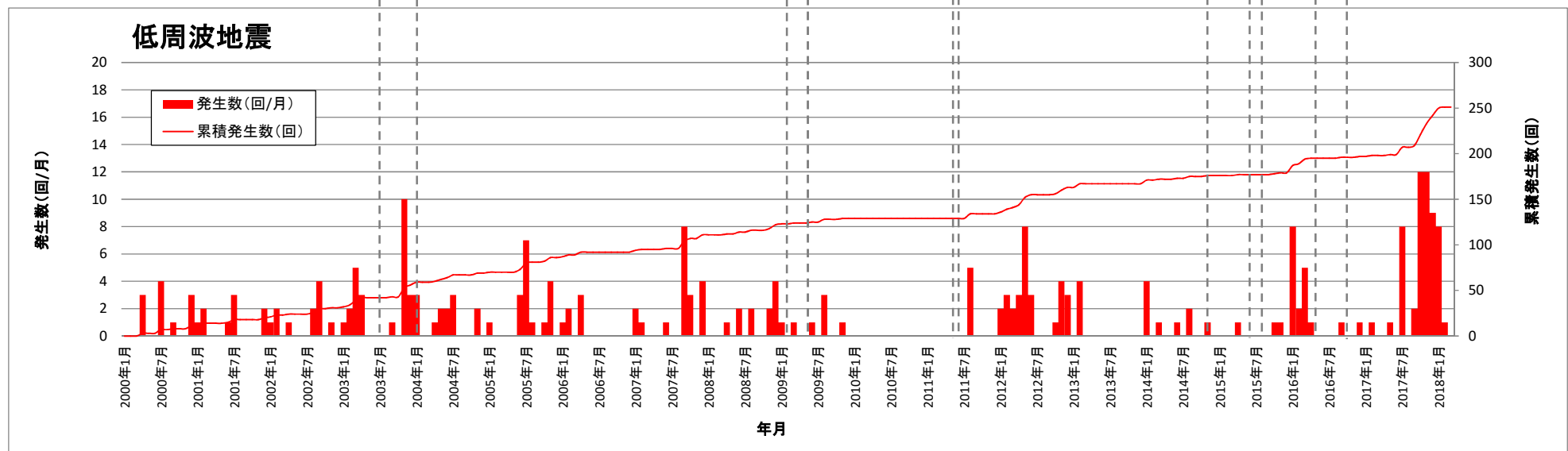
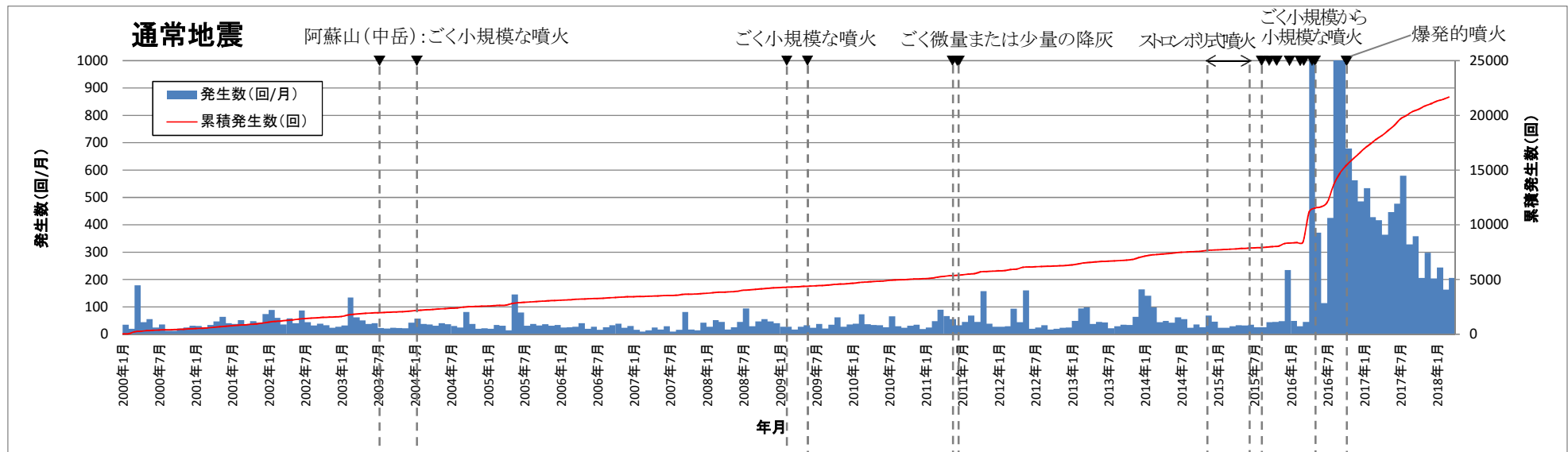


※ 2010年1月1日の標高を基準値とし、基準値からの変化量を表示

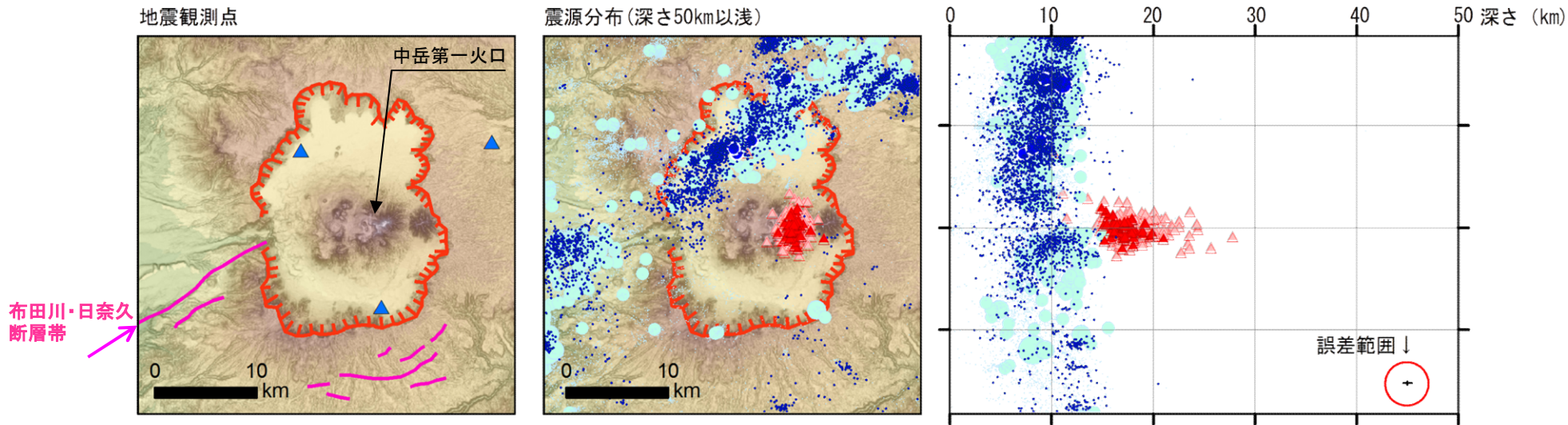
余 白

① 阿蘇カルデラ [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]

・平成29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、有意な変化は認められない。



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 (Yellow square)
- 気象庁 (Red circle)
- 防災科学技術研究所 (Blue triangle)

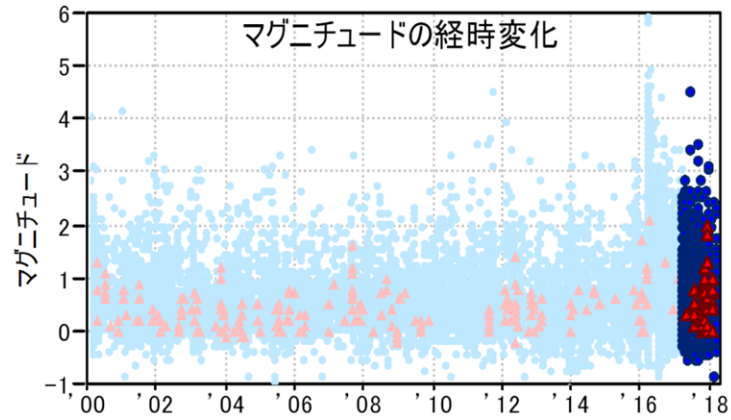
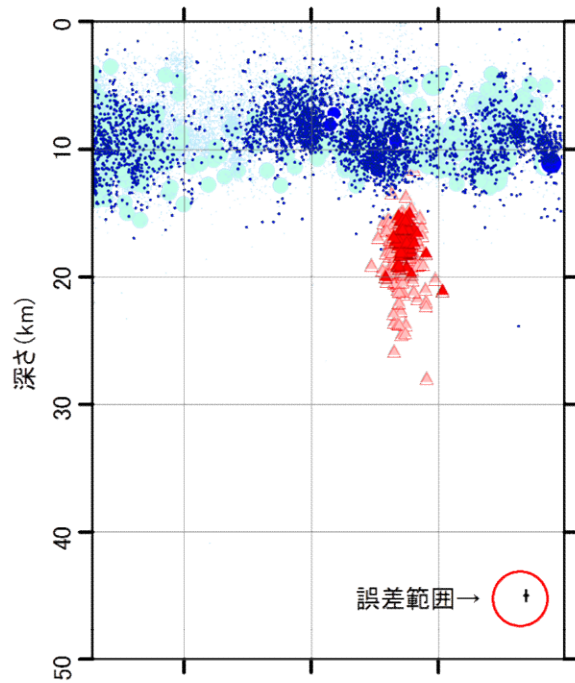
震 源

(2017年4月以降は右のシンボル)

- 通常地震(マグニチュード M) $M < 3$ (Small blue dot)
- $3 \leq M < 4$ (Light blue dot)
- $4 \leq M < 5$ (Medium blue dot)
- $5 \leq M$ (Dark blue dot)
- 低周波地震 (Red triangle)

活断層

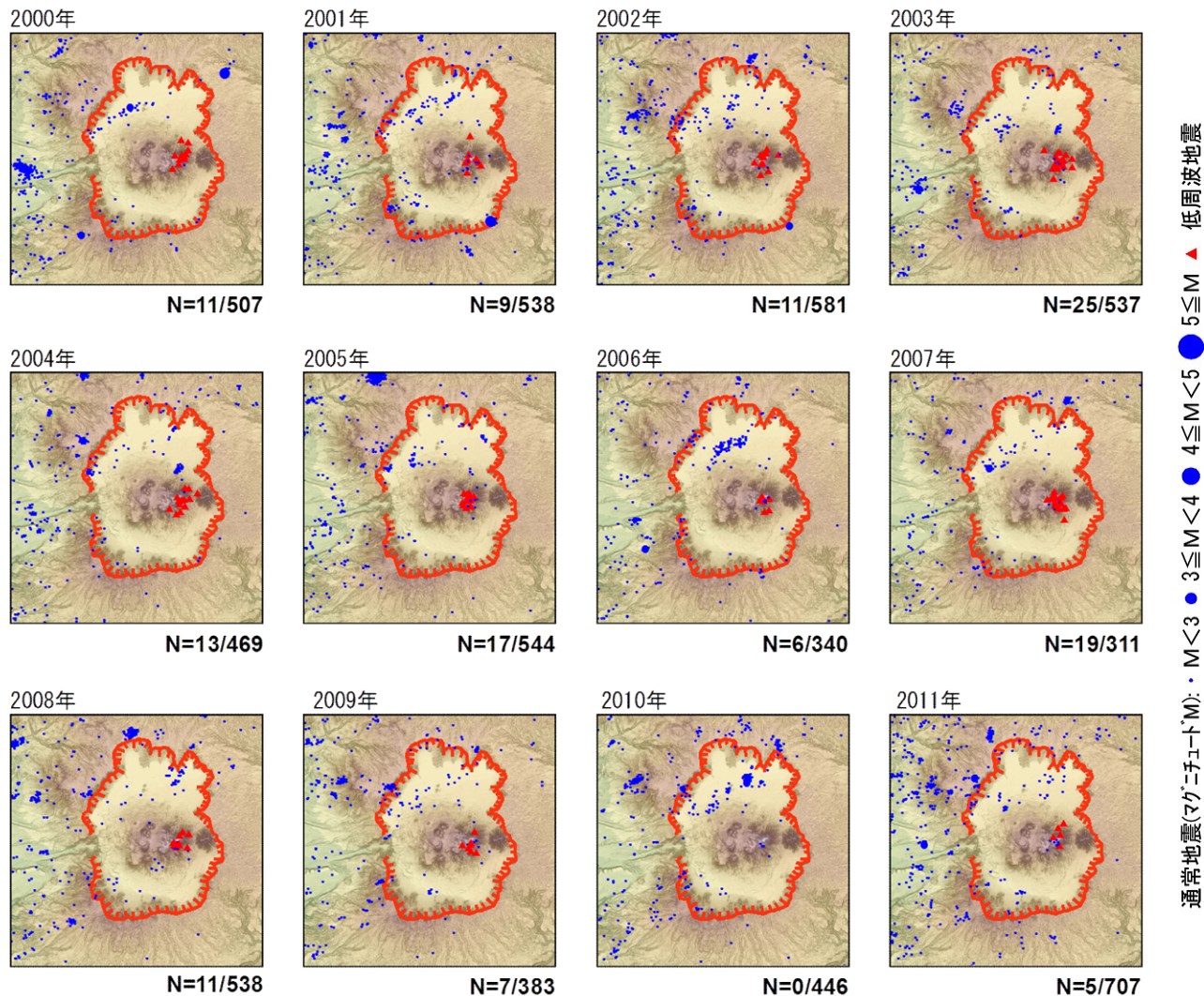
- 地震調査研究推進本部による (Pink line)



*震源は2000年以降をプロット。2017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]



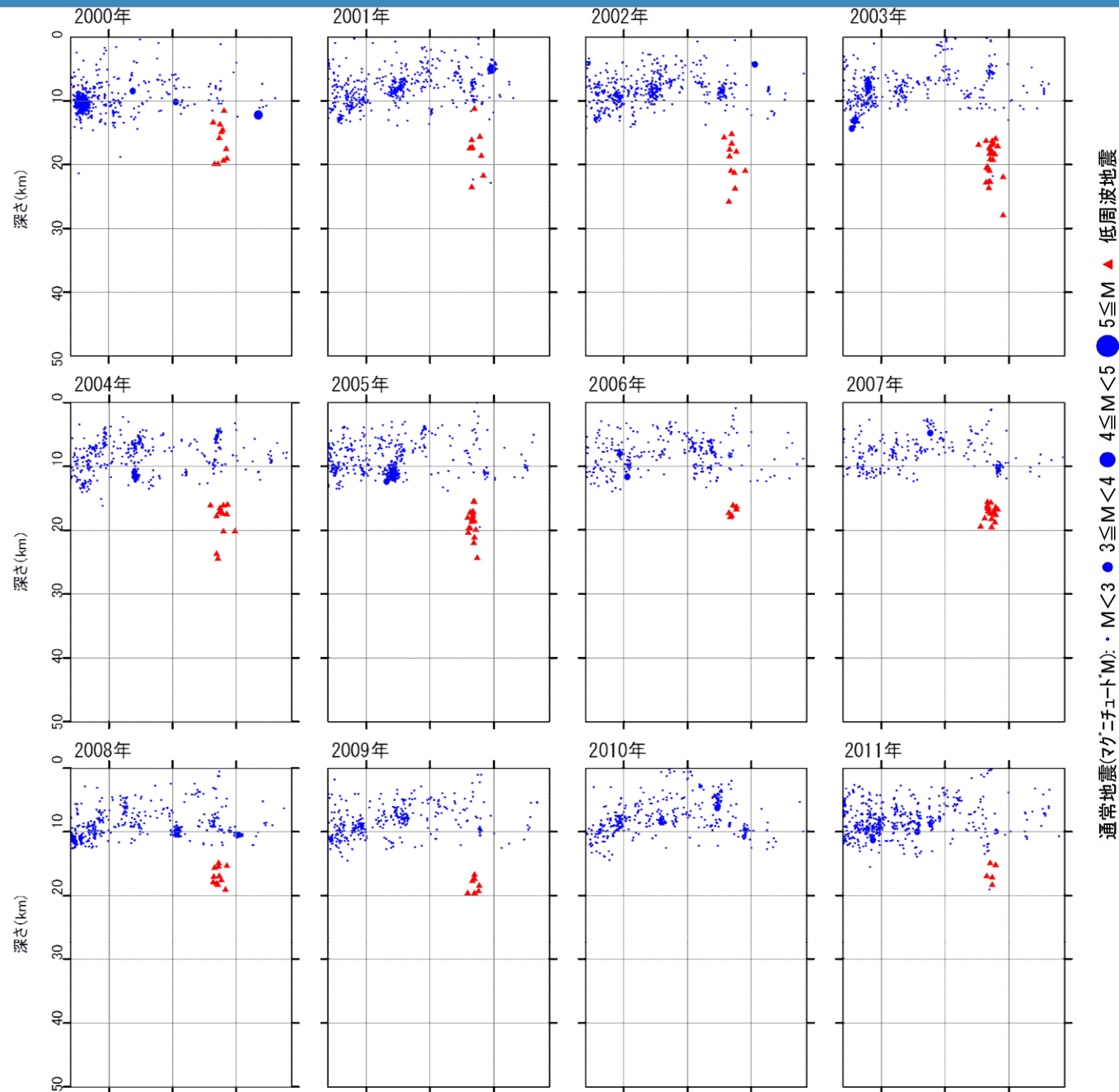
最近の主な噴火

- 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

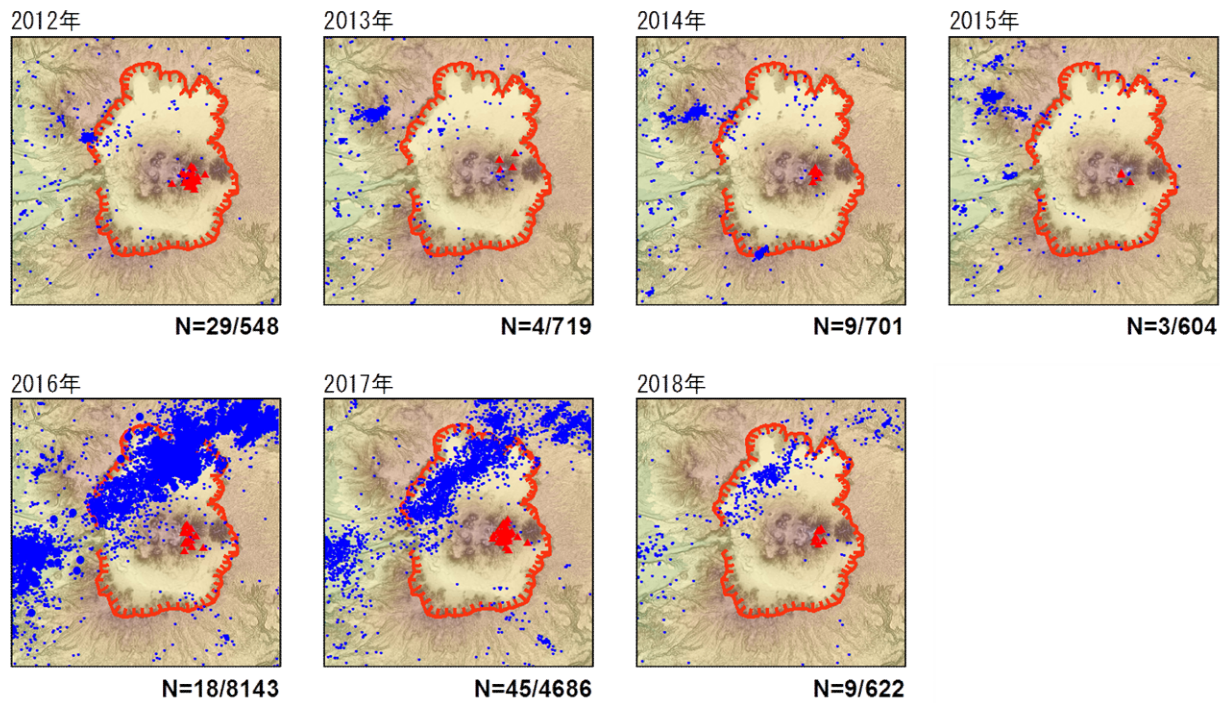
*各図の右下の数値は範囲内での該当年の総地震発生数と低周波地震発生数。

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。

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): $M < 3$ ● $3 \leq M < 4$ ● $4 \leq M < 5$ ● $5 \leq M$ ▲ 低周波地震

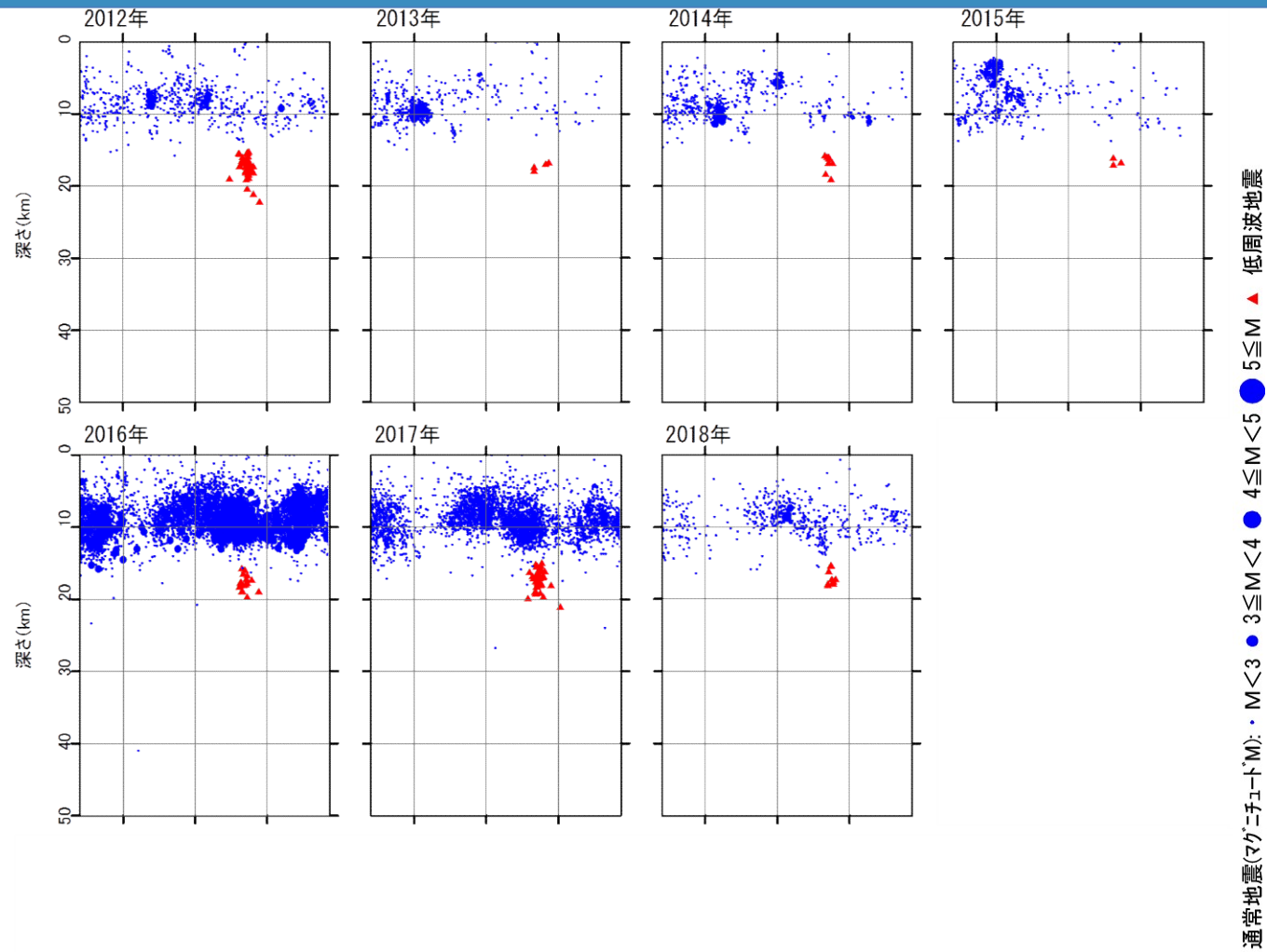
最近の主な噴火

- 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総地震発生数と低周波地震発生数。
ただし、2018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。

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2018年3月1日以降、火山活動がやや高まった状態で経過。
- 傾斜計及び 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。

【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、平成29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。
- 震源分布とマグニチュードの経時変化及び地震発生数の推移等を確認した結果、平成29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、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、平成29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]

○御鉢(火山活動解説資料平成30年3月)

- 御鉢では、火山性地震は1日あたり数回以下と少ない状態で経過しています。火山性微動は2月10日以降、観測されていません。(2018年2月9日8時頃から火山性地震(BP型)が増加し、日回数で82回発生)
- 御鉢近傍の傾斜計による地殻変動観測等、その他の観測データにも活動の高まりを示す特段の変化はみられていません。
- 上空からの観測でも、火口内及び火口周辺の状況に特段の変化は認められませんでした。
- これらのことから、御鉢では火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められなくなったと判断し、15日11時00分に噴火予報を発表し、噴火警戒レベルを2(火口周辺規制)から1(活火山であることに留意)に引き下げました。

○えびの高原(硫黄山)周辺(火山活動解説資料平成30年3月)

- 硫黄山付近では、2月中旬以降、浅い所を震源とする低周波地震が時々発生しています。また、ごく微小な地震を含む火山性地震が概ね多い状態で経過しています。
- 硫黄山南西観測点の傾斜計では、3月16日頃から硫黄山方向がわずかに隆起する傾斜変動がみられています。
- 硫黄山西麓の湧水では2017年11月以降、高温の火山ガスに由来する成分の増加傾向が観測されています。
- また、硫黄山周辺の噴気域では、引き続き活発な噴気活動や温度の高まりが認められるなど、火山活動はやや高まった状態が続いています。
- GNSS連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続していましたが、3月6日から7日にかけて霧島山を挟む基線で急激な収縮が観測されました。その後、再び伸びに転じています。このことから、霧島山の深い場所で再びマグマが蓄積している可能性があります。

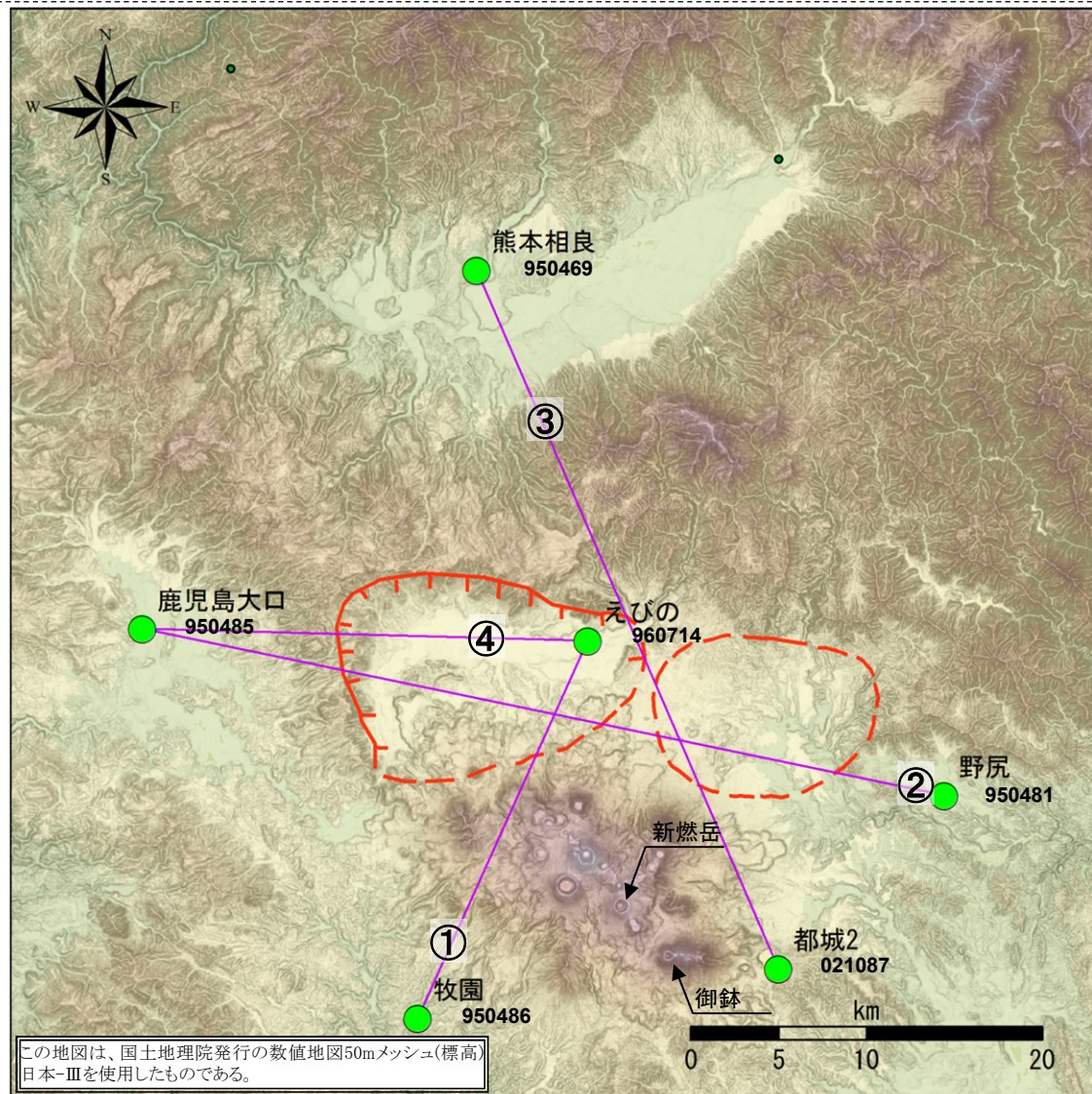
② 加久藤・小林カルデラ [活火山に関する公的機関の評価概要]

○新燃岳(火山活動解説資料平成30年3月)

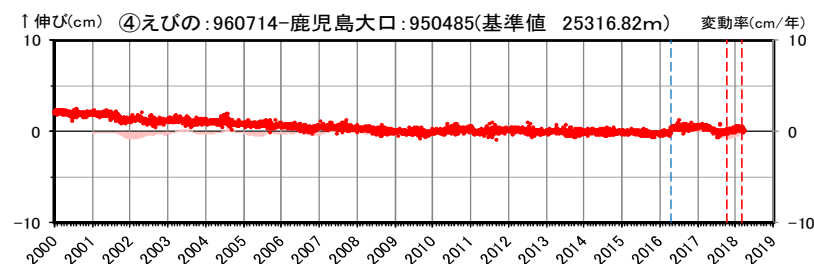
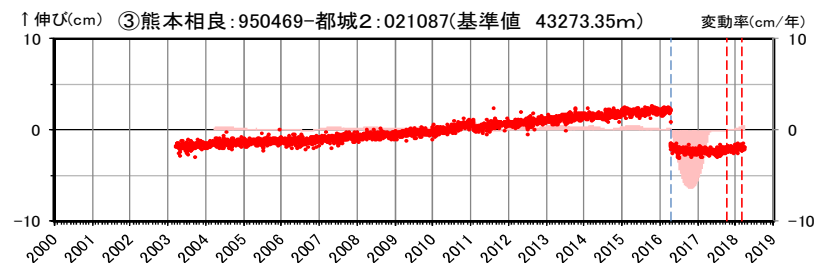
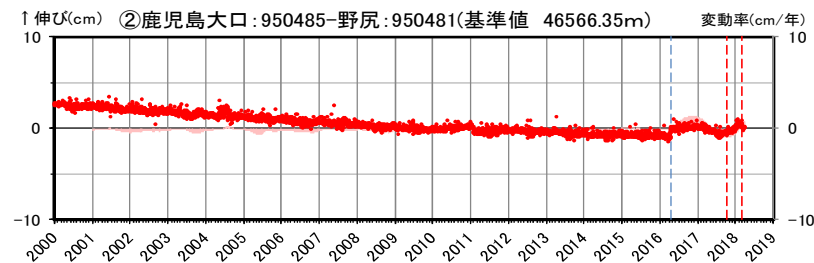
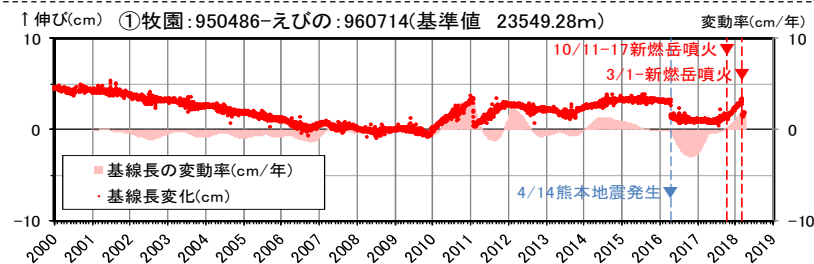
- 新燃岳では、1日から8日にかけて噴火が連続的に発生し、6日以降は爆発的噴火が47回発生するなど、活発な噴火活動が継続しました。3月中旬以降は噴火の間隔が次第に長くなっています。
- 3月1日08時頃から浅い所を震源とする低周波地震が増加し、11時頃にはごく小規模な噴火を確認しました。噴火発生後に実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)の放出量が5,500トンと急増しました。これらのことから、3月1日16時40分に火口周辺警報(噴火警戒レベル3、入山規制)を発表し、警戒が必要な範囲を新燃岳火口周辺の概ね2kmから概ね3kmに拡大しました。
- 6日に九州地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、新燃岳火口内の東側が新たな溶岩で覆われていることを確認しました。9日に鹿児島県の協力により実施した上空からの観測では、新燃岳火口の北西側から溶岩がわずかに流出しているのを確認しました。その後も、溶岩の流出は継続しています。
- 10日01時54分及び04時27分の爆発的噴火では、大きな噴石が火口から1,800mまで飛散するなど、噴火活動が活発化しました。傾斜計でも新燃岳方向が隆起する傾斜変動がみられていたことから、今後、さらに噴火活動が活発になる可能性があるかと判断し、10日05時05分に火口周辺警報を発表し、警戒が必要な範囲を火口から概ね3kmから概ね4kmに拡大しました。
- 火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、7日に34,000トンと非常に多くなりましたが、その後は1,000トン程度で経過しています。国土地理院による人工衛星(ALOS-2)データの解析では、9日には溶岩の噴出が概ね停止したとみられ、噴火活動にさらなる活発化は認められていません。これらのことから、新燃岳火口から3kmを超える範囲に影響を及ぼす噴火が発生する可能性は低くなったと判断し、15日11時00分に火口周辺警報を発表し、警戒が必要な範囲を火口から概ね4kmから概ね3kmに縮小しました。
- 25日08時45分には火口内西側から噴火が発生し、ごく小規模な火砕流が火口縁から西側へ約400m(新燃岳火口の中心から約800mの地点)流下しました。
- 4月5日(期間外)03時31分に爆発的噴火が発生し、多量の噴煙が火口縁上5,000mまで上がり、ごく小規模な火砕流が発生しました。その後も噴火は継続し、03時45分からの数分間は噴煙量が増加しました。この噴煙は気象衛星データの解析により、火口縁上約8,000mまで上がったと推定されます。
- 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ましたが、3月6日から7日にかけて急激な収縮が観測されました。その後、再び伸びに転じています。このことから、霧島山の深い場所で再びマグマが蓄積している可能性があります。

② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 基線長変化]

・加久藤・小林カルデラでは、霧島山を挟む基線において、3月の新燃岳噴火前後で火山活動に起因する地殻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す広範囲にわたる基線長の変動(伸びの変化)は見られないことから、カルデラ火山の活動に起因する有意な変化は認められない。

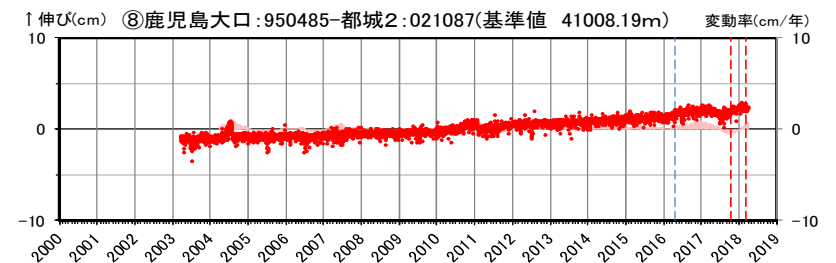
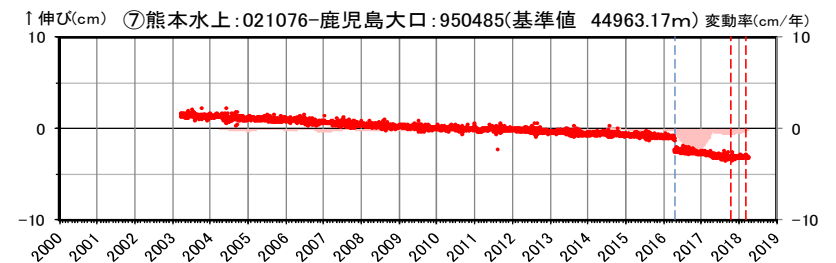
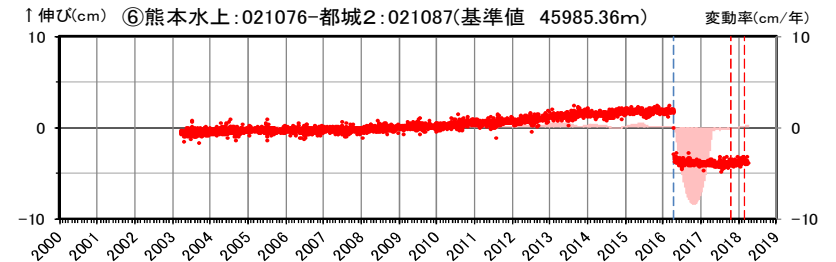
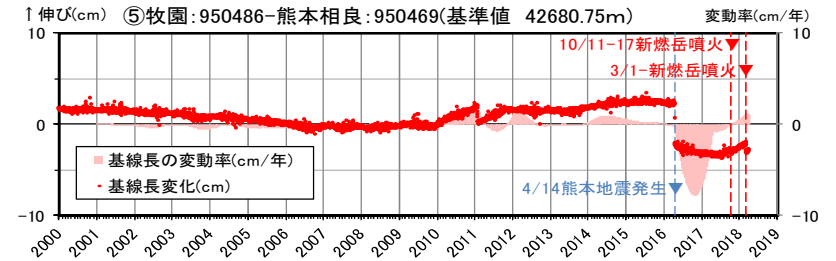
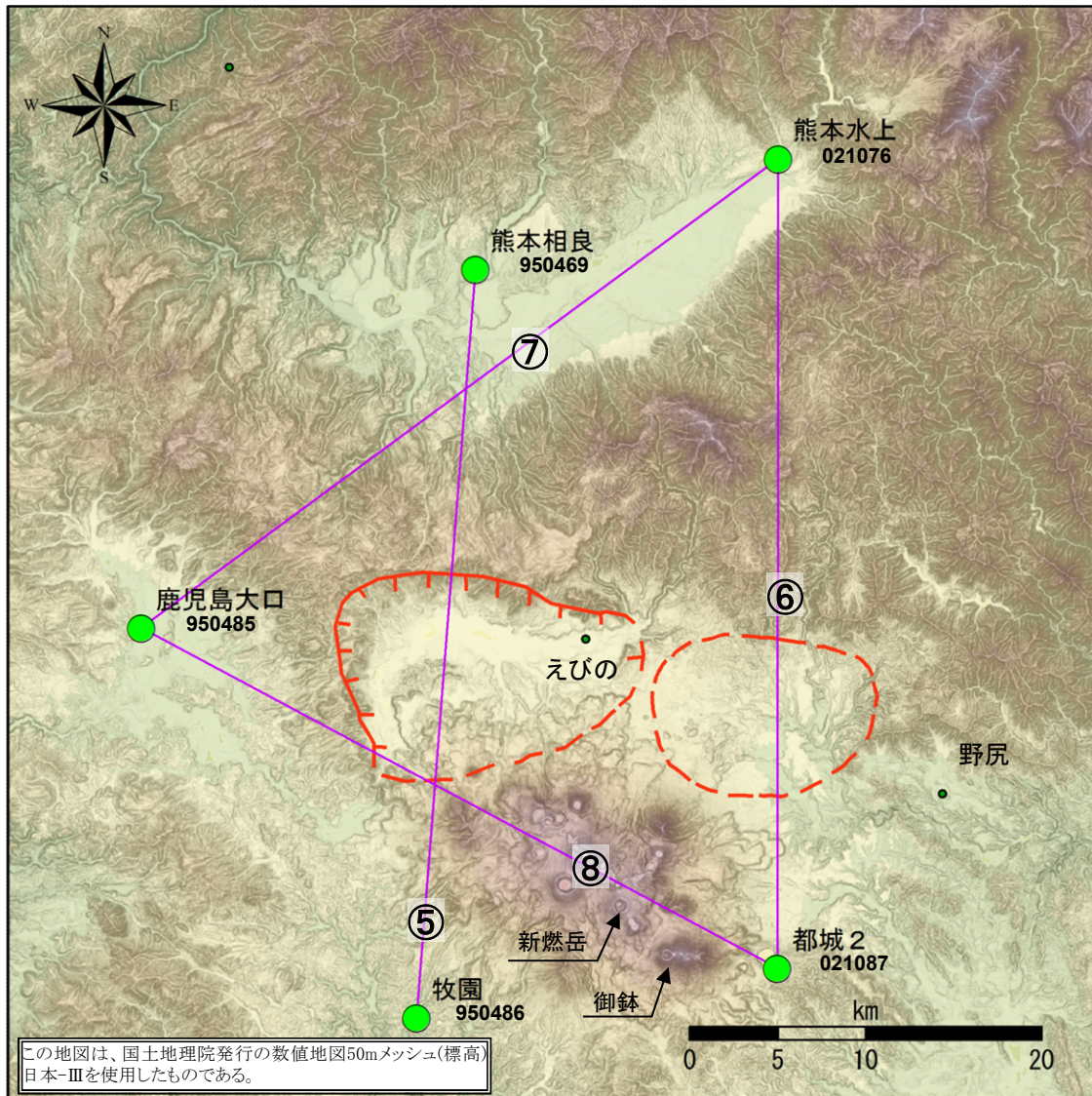


● 2017年9月末現在データ取得可能なその他のGNSS観測点
 ※ 2010年1月1日の基線長を基準値とし、基準値からの変化量を表示



基線①~④の時系列変化

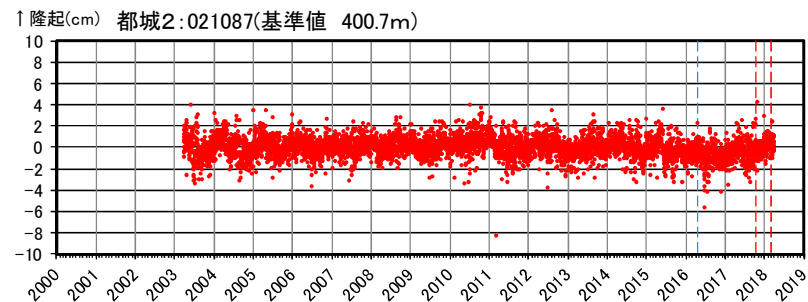
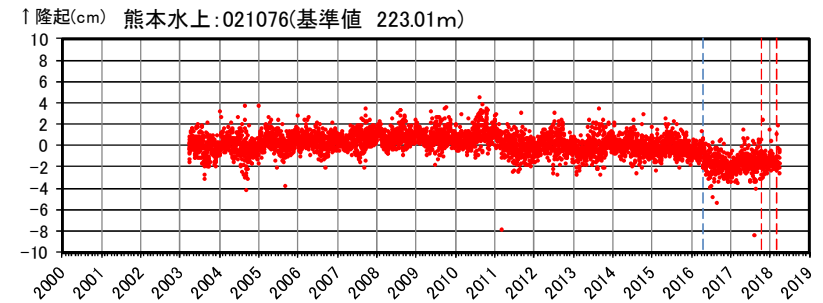
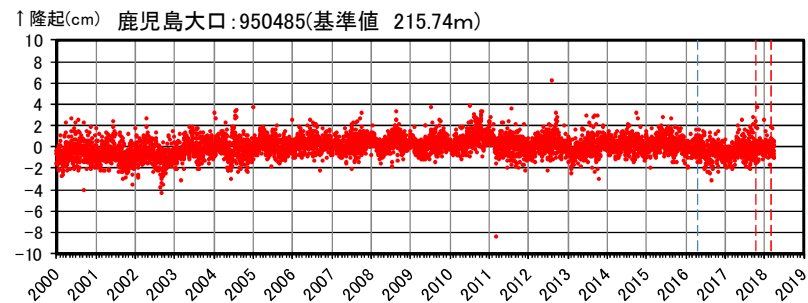
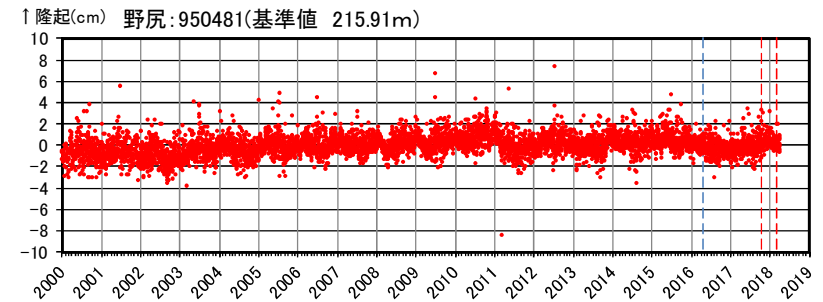
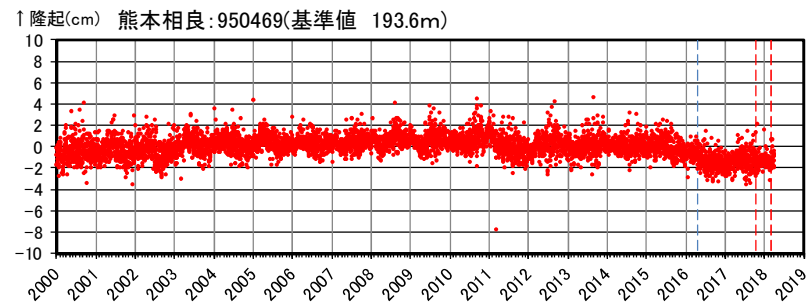
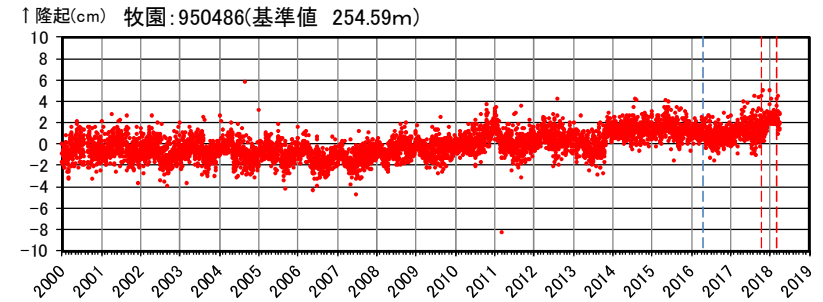
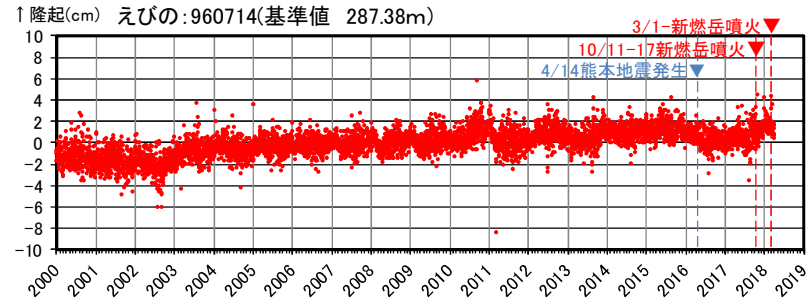
② 加久藤・小林カルデラ [地殻変動: 基線長変化]



基線⑤～⑧の時系列変化

※ 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 加久藤・小林カルデラ [地殻変動:各観測点の鉛直変動]



※ 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

余 白

② 加久藤・小林カルデラ [地震活動:2000年以降の地震発生数の推移]

- 平成29年度の地震活動(発生数、位置、規模等)に有意な変化は認められない。

