

第 143 回

火山噴火予知連絡会資料

(参考資料その1)

霧島山、桜島

平成 31 年 2 月 27 日

火山噴火予知連絡会資料（参考資料その1）

目次

霧島山.....	3
気象庁 3-73	
桜島.....	74
気象庁 74-100	

霧 島 山

(2019 年 1 月 31 日現在)

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。4 月以降、新燃岳や硫黄山以外に、大幡山、獅子戸岳、韓国岳などでも地震活動が認められた。

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、活動の長期化も考えられる。火山活動の推移を引き続き慎重に監視する必要がある。

○ 概況（2017 年 9 月～2019 年 1 月 31 日）

・霧島山周辺の噴火と地震の発生状況

国土地理院による GNSS 連続観測では、2017 年 7 月頃から霧島山を挟む基線で伸びの傾向がみられていた中で、2017 年 9 月 23 日頃から新燃岳の火口直下付近を震源とする火山性地震が増加した。10 月 6 日から 14 日にかけてはえびの岳付近（硫黄山から南西約 3 km）で地震が増加した。10 月 11 日 05 時 34 分頃には新燃岳火口内東側から小規模な噴火が発生し、13 日 16 時頃まで継続した。また、新燃岳方向が隆起し、えびの岳方向が収縮する変動が継続した。

2018 年 1 月頃から韓国岳とその周辺で地震が時々発生した。2018 年 2 月 19 日から硫黄山付近で地震が増加し 4 月まで多い状態は続いた。2 月 25 日には新燃岳で地震が 103 回発生し 2 月 28 日以降さらに増加、3 月 1 日には新燃岳で噴火が発生した。噴火は 6 月まで断続的に発生した。3 月 6 日には火口内の東側は新たな溶岩で覆われ、3 月 9 日から新燃岳火口の北西側への流下が確認されたが、4 月中旬以降は停滞した。

GNSS 連続観測では、霧島山を挟む基線で 3 月 6 日から 7 日にかけて溶岩の噴出による急激な収縮が観測されたが、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。

硫黄山近傍の GNSS の基線で、3 月頃から山体の膨張を示す変動がみられているなか 4 月 19 日には硫黄山の火口南側で噴火が発生し、4 月 26 日には硫黄山の西側 500m 付近で火山灰を噴出する程度のごく小規模な噴火が発生した。硫黄山付近の地震は噴火後少なくなったが、5 月下旬頃からは再び増加し概ねやや多い状態で経過している。

新燃岳の北東側 2.5km 付近（大幡山付近）を震源とする地震は 2018 年 4 月から 8 月にかけて増加したが、9 月以降は減少している。2018 年 5 月 2 日から 3 日にかけては新燃岳の北側 2 km 付近（獅子戸岳付近）を震源とする地震が急増したが、6 月 12 日以降は観測されていない。2018 年 8 月頃から韓国岳とその周辺で地震が増加し、韓国岳付近では 8 月下旬頃からさらに増加、浅い所を震源とする低周波地震も発生した。10 月以降、地震は次第に減少しつつも依然として多い状態が継続している。

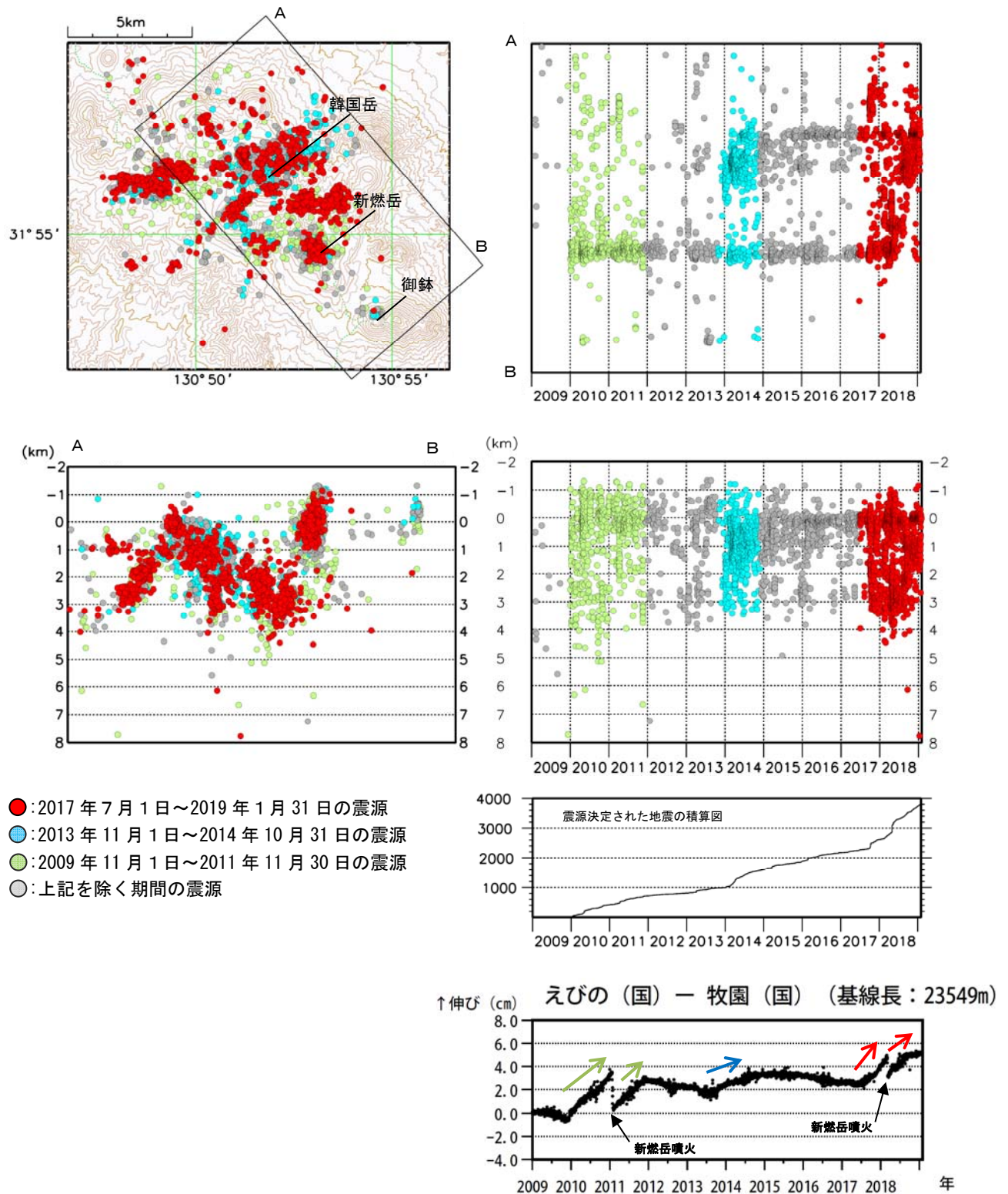


図 1 霧島山 広域の地震活動と GNSS 基線長変化 (2009 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

<2009 年 1 月～2019 年 1 月 31 日の状況>

- ・ 2017 年 7 月頃からの GNSS の伸び (赤矢印) が継続している期間には、えびの岳付近や大浪池付近など、霧島山の広域で地震の発生がみられる。
- ・ 2014 年の GNSS の伸び (青矢印) が認められた期間や 2011 年 2 月の新燃岳における準プリニー式噴火の前後の GNSS の伸び (緑矢印) が継続している期間でも、大浪池付近、韓国岳の周辺及び北東側など、霧島山の広域で地震の増加が認められた。

(国) : 国土地理院、国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

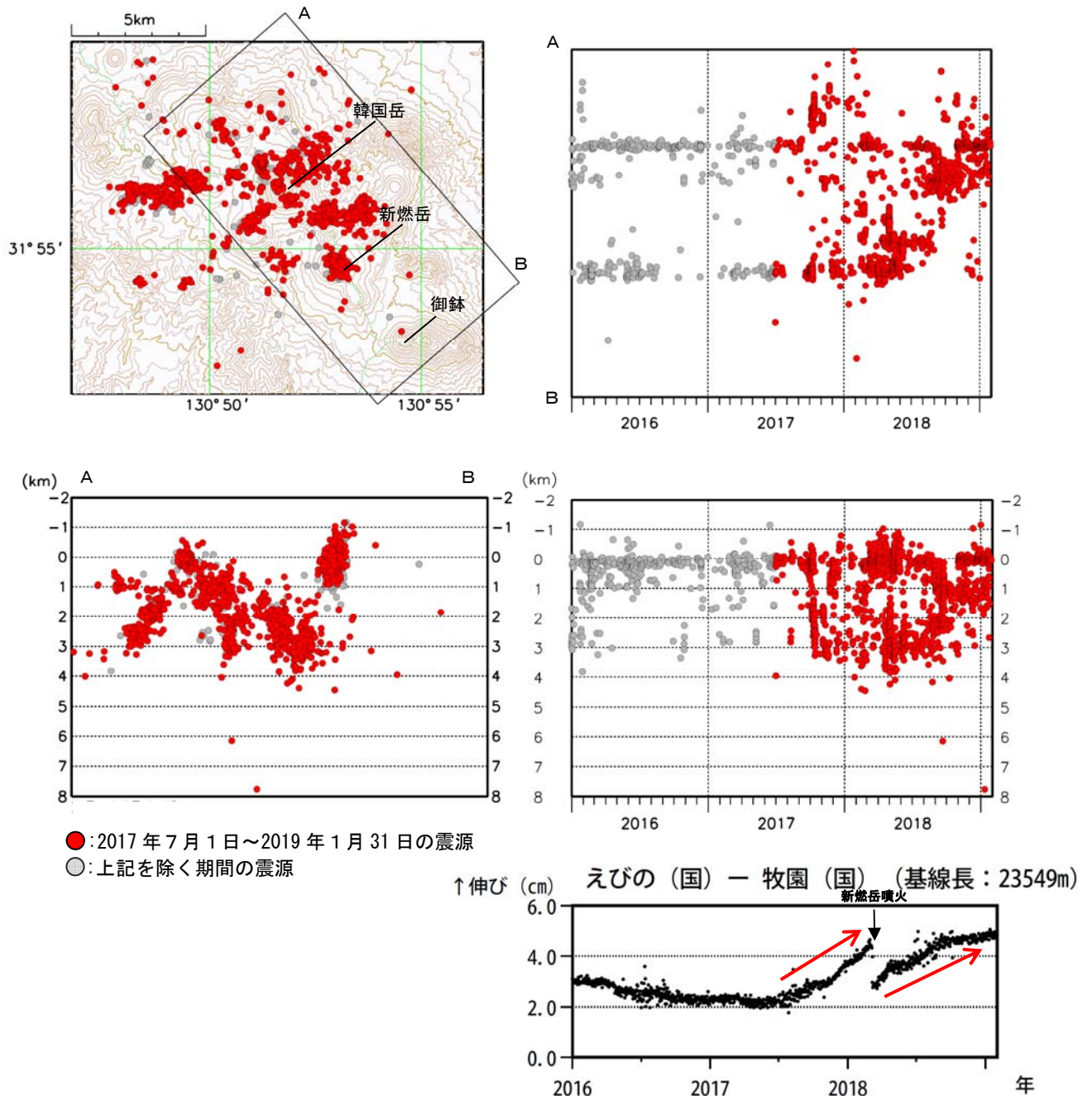


図 2 霧島山 広域の地震活動と GNSS 基線長変化 (2016 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

<2016 年 1 月～2019 年 1 月 31 日の状況>

- ・ 2017 年 7 月頃から基線の伸びがみられ、9 月 23 日頃から新燃岳直下で地震が増加し、その後、10 月にはえびの岳付近で地震が増加するなど霧島山の広い範囲で地震活動が認められた。
- ・ 2018 年 3 月 6 日から 7 日にかけて溶岩の噴出による急激な収縮が観測されたが、その後、再び伸びに転じ、4 月以降、大幡山や獅子戸岳で地震が増加するなど活発な地震活動が認められた。

(国): 国土地理院、国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ (標高)』を使用した。

えびの高原（硫黄山）周辺

硫黄山では、2018 年 4 月 27 日以降、噴火は観測されていないが、引き続き活発な噴気・熱泥噴出活動が続いている。

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。

GNSS 連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2018 年 6 月上旬から伸びの傾向が続いている。

硫黄山では、火山活動がやや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はある。

えびの高原の硫黄山から概ね 1 km の範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要である。風下側では、火山灰だけでなく小さな噴石（火山れき）が遠方まで風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。

○ 概況（2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

- ・ 噴煙など表面現象の状況（図 1～3、図 5～7、図 8-1-①②、図 8-2-①、図 8-3-①）

硫黄山では 2018 年 4 月 27 日以降、噴火は観測されていない。

硫黄山の南側の噴気地帯では、活発な噴気・熱泥噴出活動が続いている。噴気の高さは 100～400m 程度で経過した。えびの高原監視カメラによる観測では、11 月 13 日 11 時 01 分頃に熱泥噴出を確認した。監視カメラで熱泥噴出を確認したのは 6 月 29 日以来である。硫黄山の西側 500m 付近では、噴気が最高 200m まで上がるなど、9 月以降やや活発な状態となっている。

硫黄山南監視カメラでは、引き続き硫黄山の南側で湯だまりを確認し、その大きさは拡大、縮小を繰り返している。

繰り返し実施した現地調査では、硫黄山の南側では活発な噴気・熱泥噴出活動を確認した。赤外熱映像装置による観測では、硫黄山周辺の噴気地帯でこれまでと同様に熱異常域を確認した。

12 月 13 日に韓国岳から実施した現地調査では、赤外熱映像装置による観測で、硫黄山の西南西側に新たな熱異常域を確認した。2019 年 1 月 9 日に韓国岳から実施した現地調査では、赤外熱映像装置による観測で、硫黄山の南西側の県道の法面で新たな熱異常域を確認した。

硫黄山周辺の沢では、河川水が白濁した状態が続いている。

10 月 22 日に海上自衛隊第 1 航空群の協力により実施した上空からの観測では、地上からの現地調査と同様、活発な噴気を確認した。また、硫黄山の西側 500m 付近から泥水の流下痕を確認した。2019 年 1 月 18 日に九州地方整備局及び近畿地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、赤外熱映像装置による観測で、地上からの現地調査と同様、硫黄山周辺の噴気地帯で熱異常域を確認した。また、硫黄山の南側の噴気地帯の湯だまりを確認した。

- ・ 地震や微動の発生状況（図 3-1、図 4、図 8-1-③⑤⑥⑦、図 8-2-②③、図 8-3-②～⑥）

硫黄山付近では、火山性地震が 11 月 3 日に 103 回発生するなど概ねやや多い状態で経過した。浅い所を震源とする低周波地震は、引き続き発生している。

硫黄山近傍に設置している「霧島硫黄山 2」観測点の振幅は増減を繰り返しながらも噴火開始前よりも大きな状態で経過している。この振幅の大きさの増減は、噴気活動や熱水の流出に伴うものと考えられる。

火山性微動は、2018 年 6 月 20 日以降、観測されていない。

えびの高原周辺のやや広い範囲（韓国岳や大浪池など）でも、活発な地震活動が続いている。

・ **地殻変動の状況（図 8-1-④、図 8-2-⑤⑥、図 9～12、図 14～16）**

GNSS 連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2018 年 3 月頃から山体の膨張を示す変動がみられていたが、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。その後、6 月上旬から再び伸びの傾向が続いている。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おり、火山活動の長期化も考えられる。

硫黄山南西観測点の傾斜計では、4 月 19 日の噴火に伴う傾斜変動が観測されたが、4 月 26 日の噴火に伴う傾斜変動は観測されていない。その後、硫黄山周辺の傾斜計では、特段の変化は認められていない。

・ **全磁力変化の状況（図 13）**

観測を開始した 2016 年 2 月以降、硫黄山の北側の観測点では全磁力の増加が、南側の観測点では全磁力の減少が継続しており、硫黄山周辺の地下で熱消磁領域の拡大が現在も進行していると考えられる。

・ **火山ガスの状況（図 8-2-④、図 8-3-⑦）**

2018 年 6 月 1 日に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 10 トン未満（前回 2017 年 12 月 25 日、10 トン未満）と少ない状態であった。

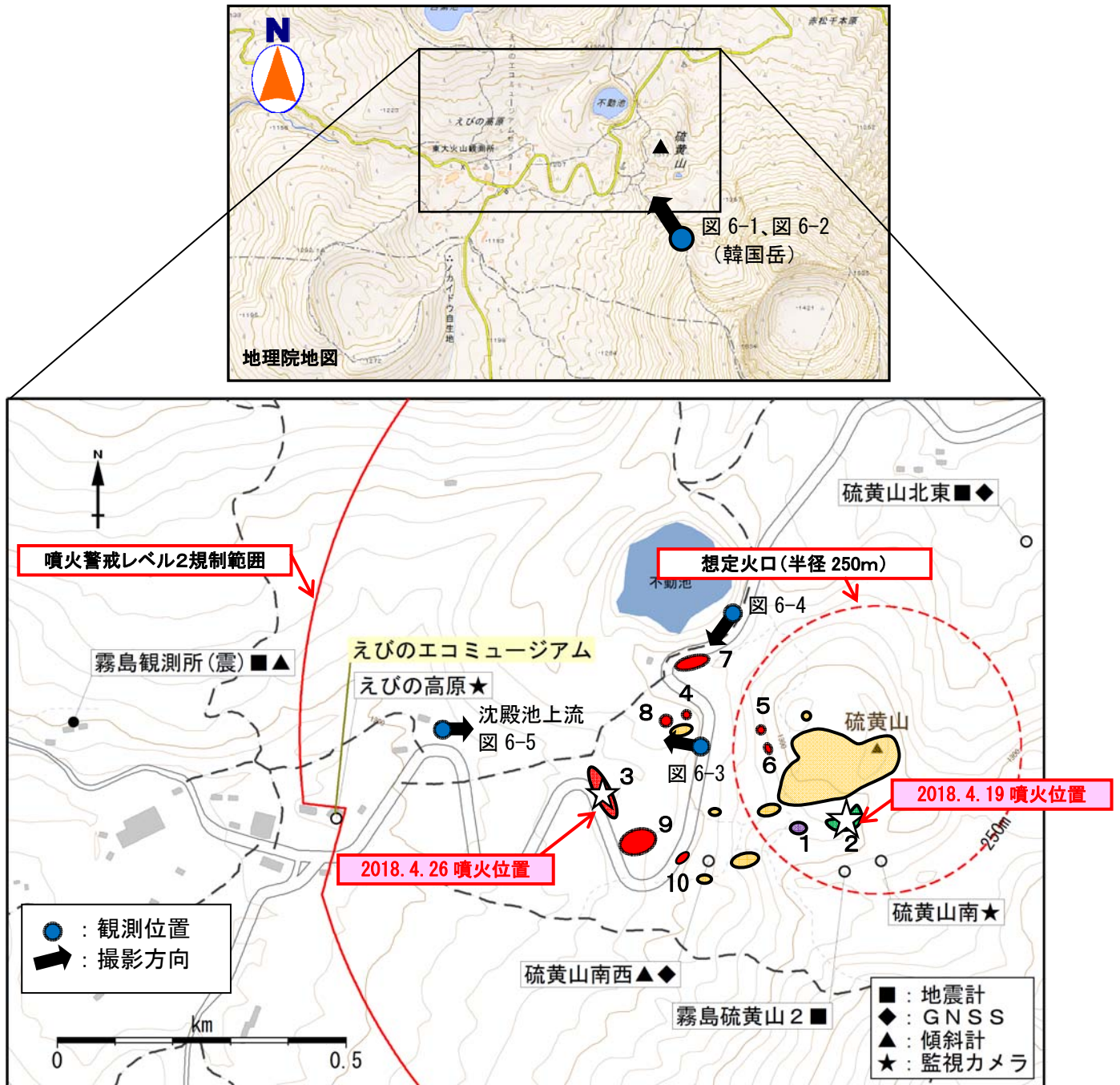


図 1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 噴火位置、主な熱異常域及び観測位置

- ・ ☆は噴火位置を示す。○は気象庁、●は東京大学地震研究所の観測点を示す。
- ・ 主な熱異常域及び噴気地帯を●で示す。
- ・ 4月9日に確認した噴気地帯及び熱異常域を●で示す（一時期、活発な泥水の噴出がみられた）。
- ・ 噴火以降に拡大した噴気地帯を●及び●で示す。
- ・ ●の領域内で湯だまり及び活発な熱水の噴出がみられている。
- ・ 図6の観測位置及び撮影方向を●で示す。

2018年4月以降に出現した噴気地帯及び熱異常域を番号で示す。
 以下は噴気地帯及び熱異常域が観測され始めた日付である。

1. 火口内の南西側 2018年4月9日～
2. 火口内の南側 2018年4月19日～
3. 硫黄山の西側約500m 2018年4月20日～
4. 硫黄山の西北西側約350m 2018年4月22日～
5. 火口内の西北西側 2018年4月22日～
6. 火口内の西側 2018年4月26日～
7. 硫黄山北西斜面 2018年8月6日～
8. 硫黄山の西側 2018年8月6日～
9. 硫黄山の西南西側 2018年12月13日～（熱異常域のみ）
10. 硫黄山の南西側法面 2019年1月9日～（熱異常域のみ）

この地図の作成には、国土地理院発行の『基盤地図情報（数値標高モデル）』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。



図 2-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山付近の状況
（12 月 22 日、えびの高原監視カメラによる）

- ・ 硫黄山の南側の噴気地帯では、活発な噴気・熱泥噴出活動が続いている。
- ・ 硫黄山の西側 500m 付近の噴気活動は、2018 年 9 月以降やや活発な状態となっている。

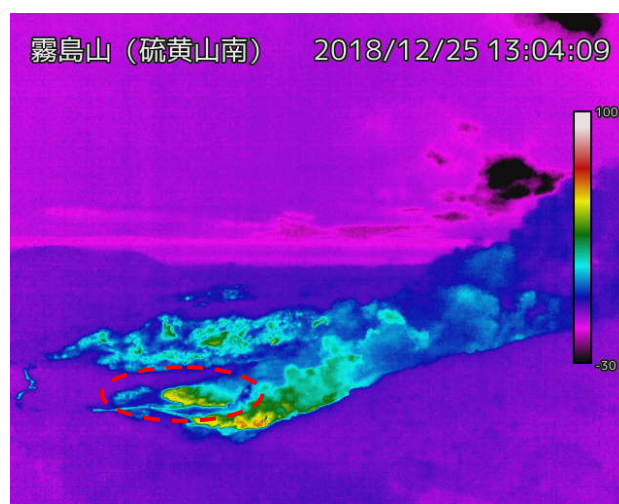


図 2-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山南側の状況
（12 月 25 日、硫黄山南監視カメラによる）

引き続き硫黄山の南側で湯だまり（赤破線）を確認しており、その大きさは拡大、縮小を繰り返している。

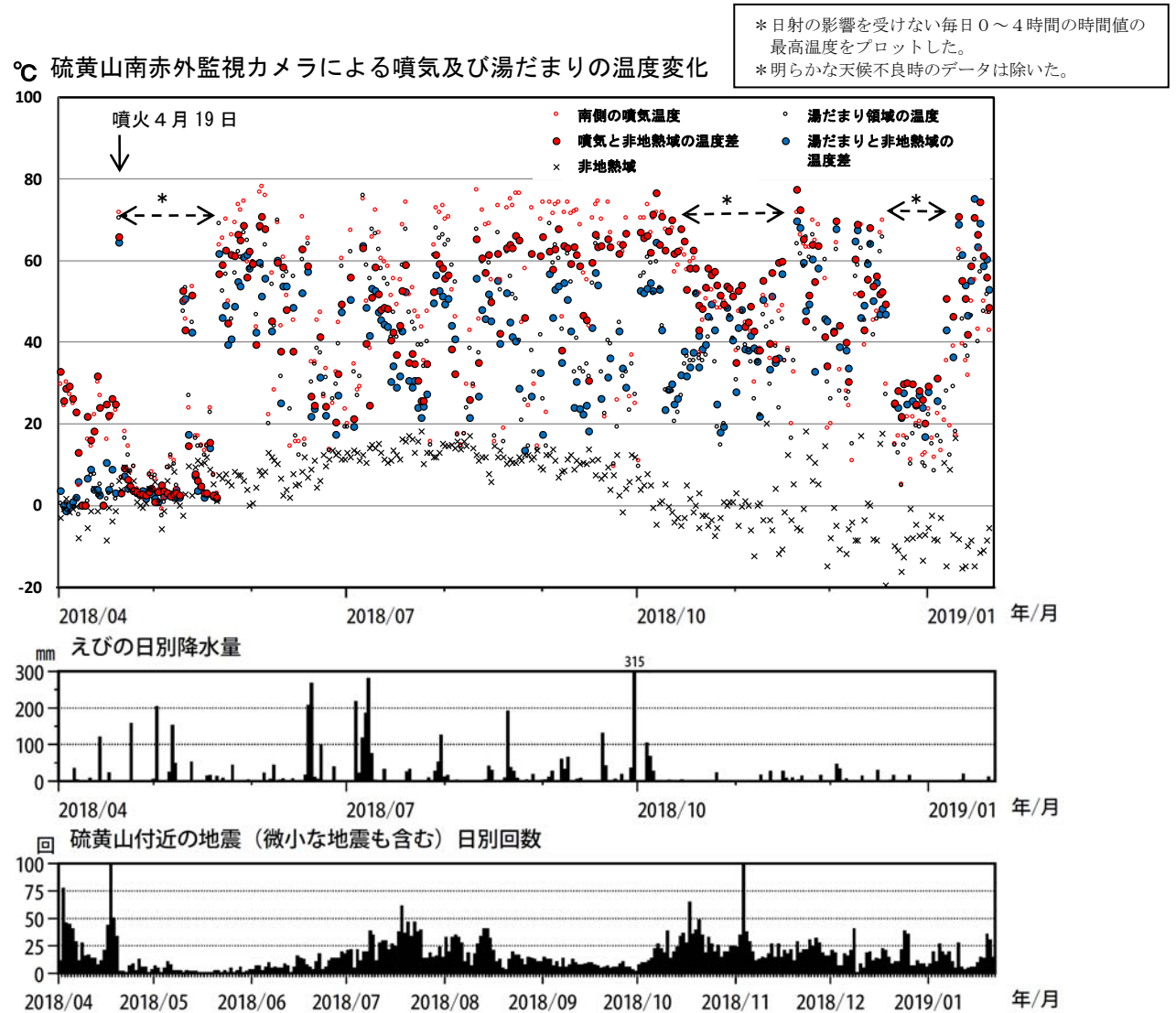


図 3-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山南監視カメラによる噴気及び湯だまりの温度変化（2018 年 4 月 1 日～2019 年 1 月 31 日）

- ・ 南側の噴気温度は、天候不良やカメラに熱泥の飛沫が付着した時期などを除いた信頼性の高いデータでみると 60～70℃程度で経過した。
- ・ 湯だまりの温度は、量の増減によると考えられる温度変化がみられるものの 60～70℃程度で経過した。

* で示す期間は、監視カメラの汚れ（付着物）等の影響により、実際の温度より低い値となっている。

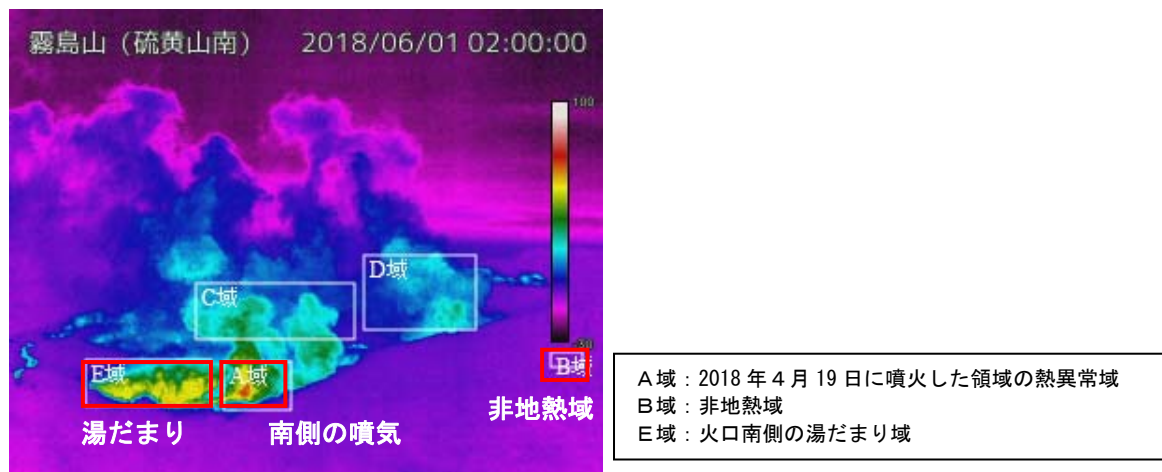


図 3-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 図 3-1 に示す硫黄山南赤外監視カメラで温度計算に用いた領域

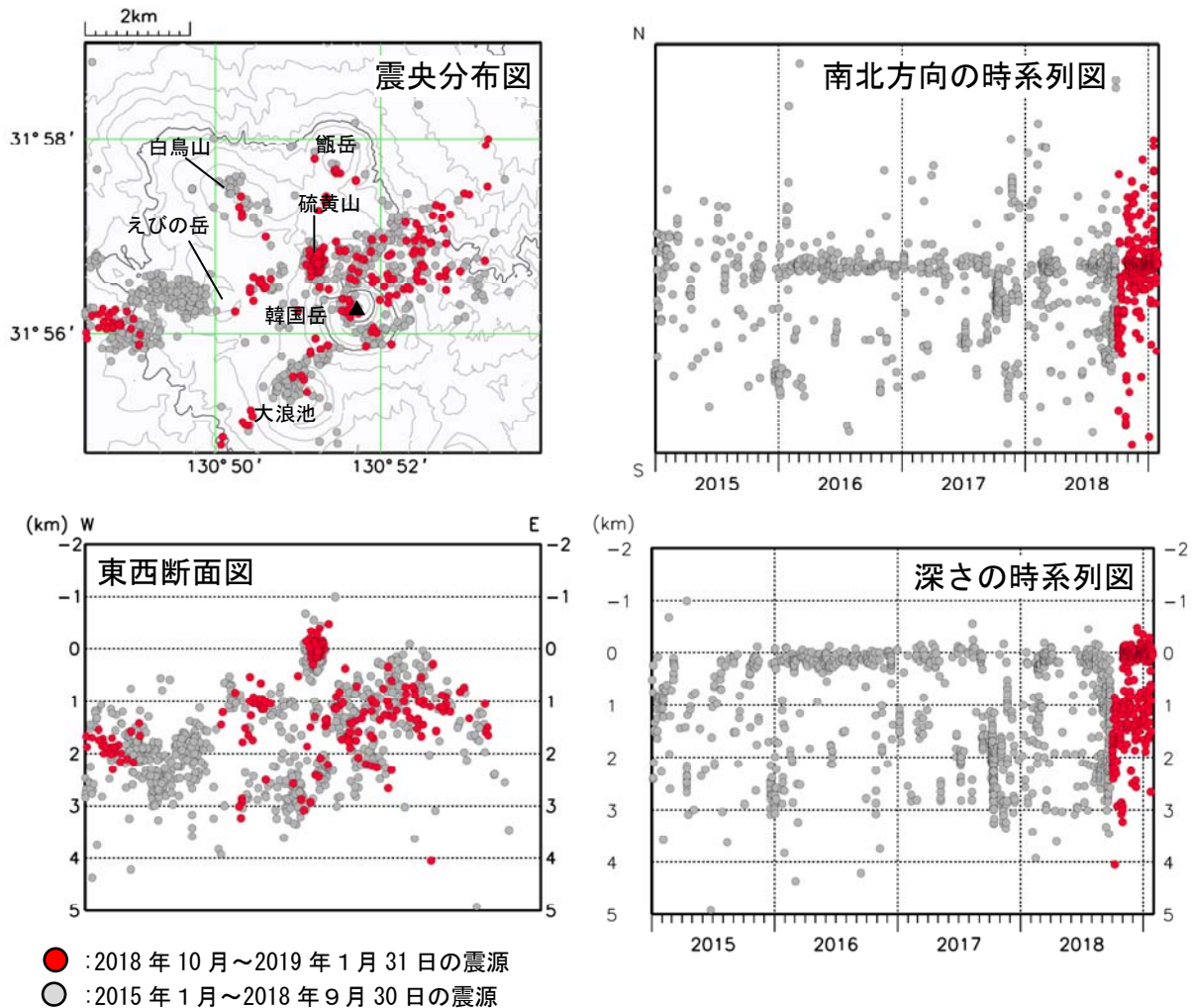


図 4 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 震源分布図（2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日）

震源は、主に硫黄山近傍のごく浅いところから深さ 1 km 付近、韓国岳近傍とその周辺の深さ 0 ～ 3 km 付近及び大浪池近傍の深さ 2 ～ 4 km 付近に分布した。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

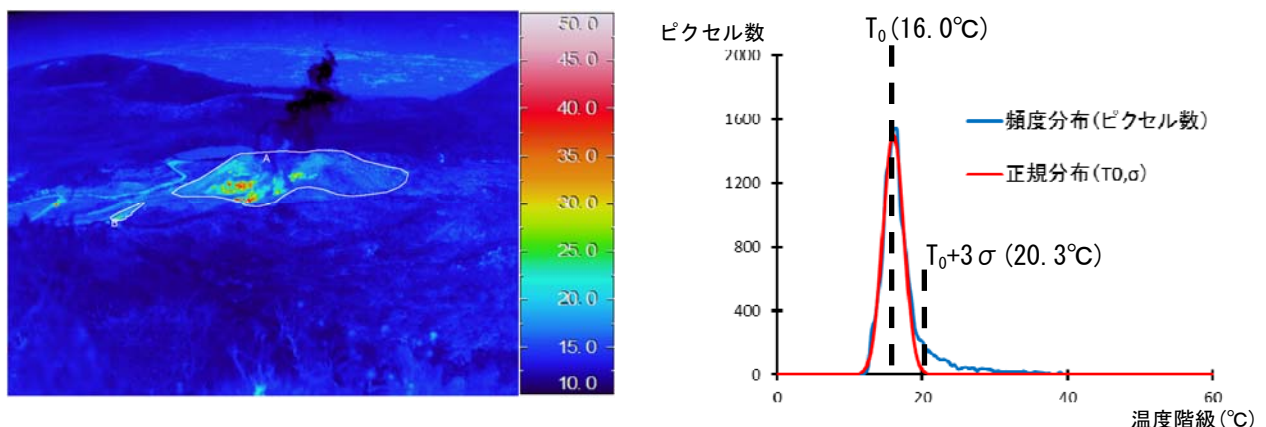


図 5-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 図 5-2 に示した硫黄山の放熱率算出の解析領域と温度分布の例（2018 年 10 月 12 日 14 時 04 分）

- ・ 左図の領域 A 及び B 内を解析領域とした。
- ・ 右図は領域内の温度ピクセルの頻度分布と正規分布の比較であり、概ね平均値 T_0 と頻度のモードが一致しているため非地熱域を正規分布で近似した。
- ・ $T_0+3\sigma$ 以上を明らかな地熱異常域とみなし、熱異常域の面積及び放熱率を算出した。

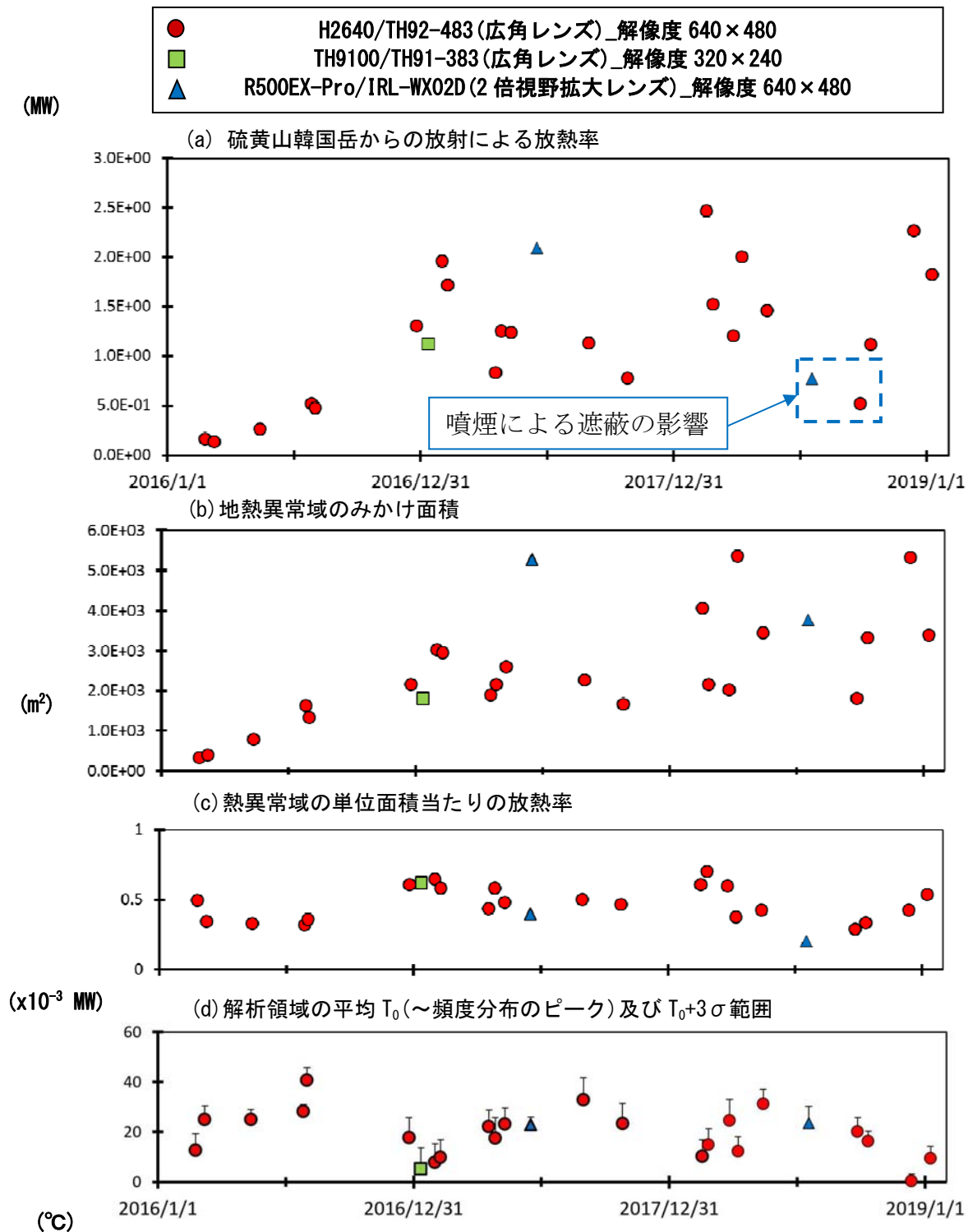


図 5-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 地表面温度分布より算出した硫黄山の放熱率の推移（値を観測日ごとに平均）（2016 年 1 月～2019 年 1 月）

図 6-1 の観測データを用い、Sekioka and Yuhara (1978) の手法により放熱率を算出し、値を観測日ごとに平均した。図 5-1 に示した領域 A、B を解析範囲とし、領域内の温度頻度分布の平均値 T_0 と偏差 σ から、 $T_0+3\sigma$ 以上を明らかな地熱異常域とみなした。積雪のある観測日のデータは、以上の仮定を満たさないので除去している。

- ・ 噴火後（5 月）は放熱率は減少傾向であったが 10 月頃から増加した。だが、この変化は季節変動の可能性もある。
- ・ 2018 年 7 月 19 日及び 9 月 27 日のデータでは、噴煙により熱異常域が遮蔽され見かけ上放熱率が低くなっている（図中青破線域内）。

※2018 年 2 月 26 日以降は規制区域の変更に伴い、観測位置を変更した。

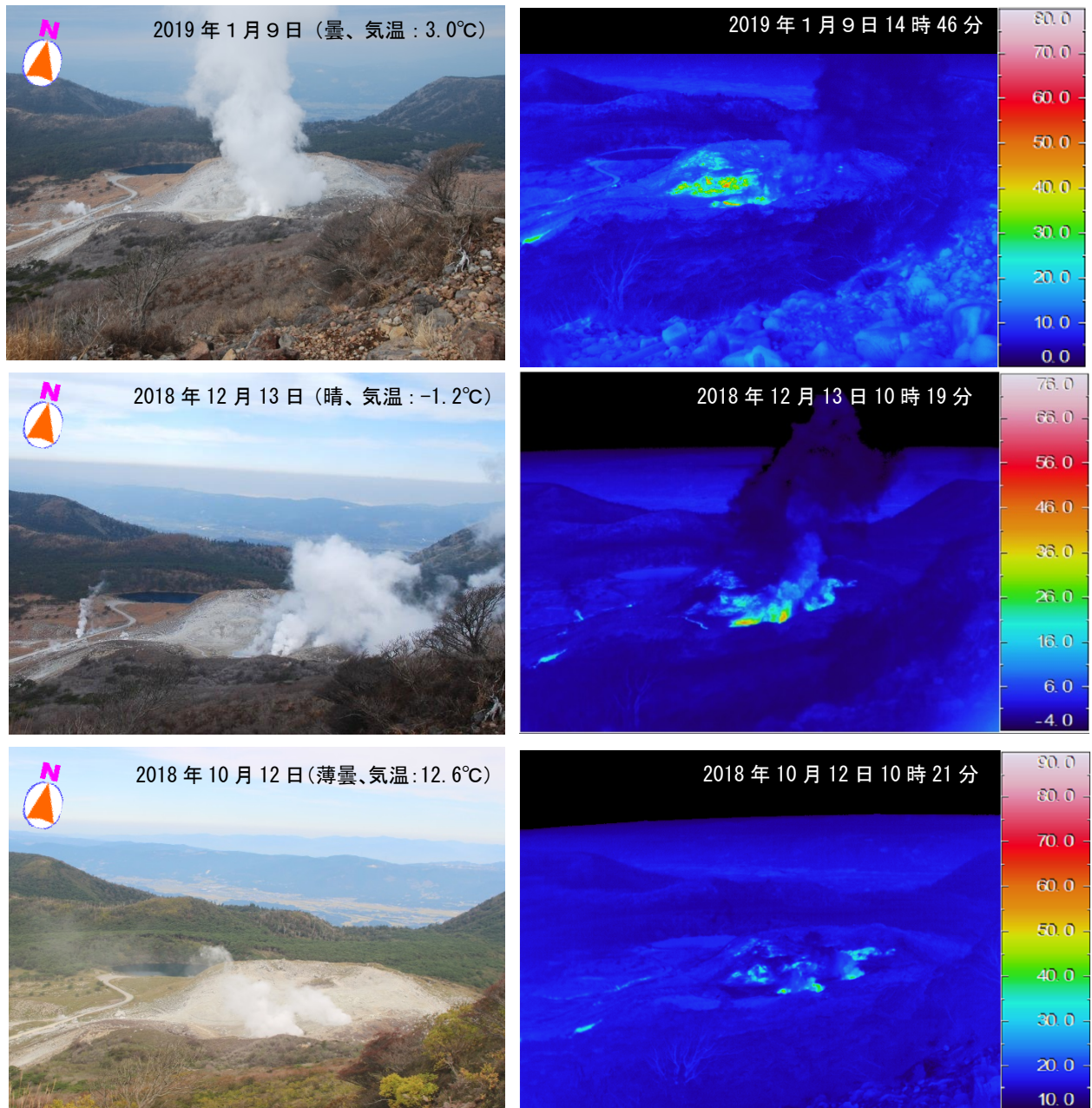


図 6-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の南側の状況（韓国岳 4 合目から観測）

硫黄山火口周辺及び南西側で引き続き噴気と熱異常域を確認したが、これまでの観測と比べて特段の変化はなかった。

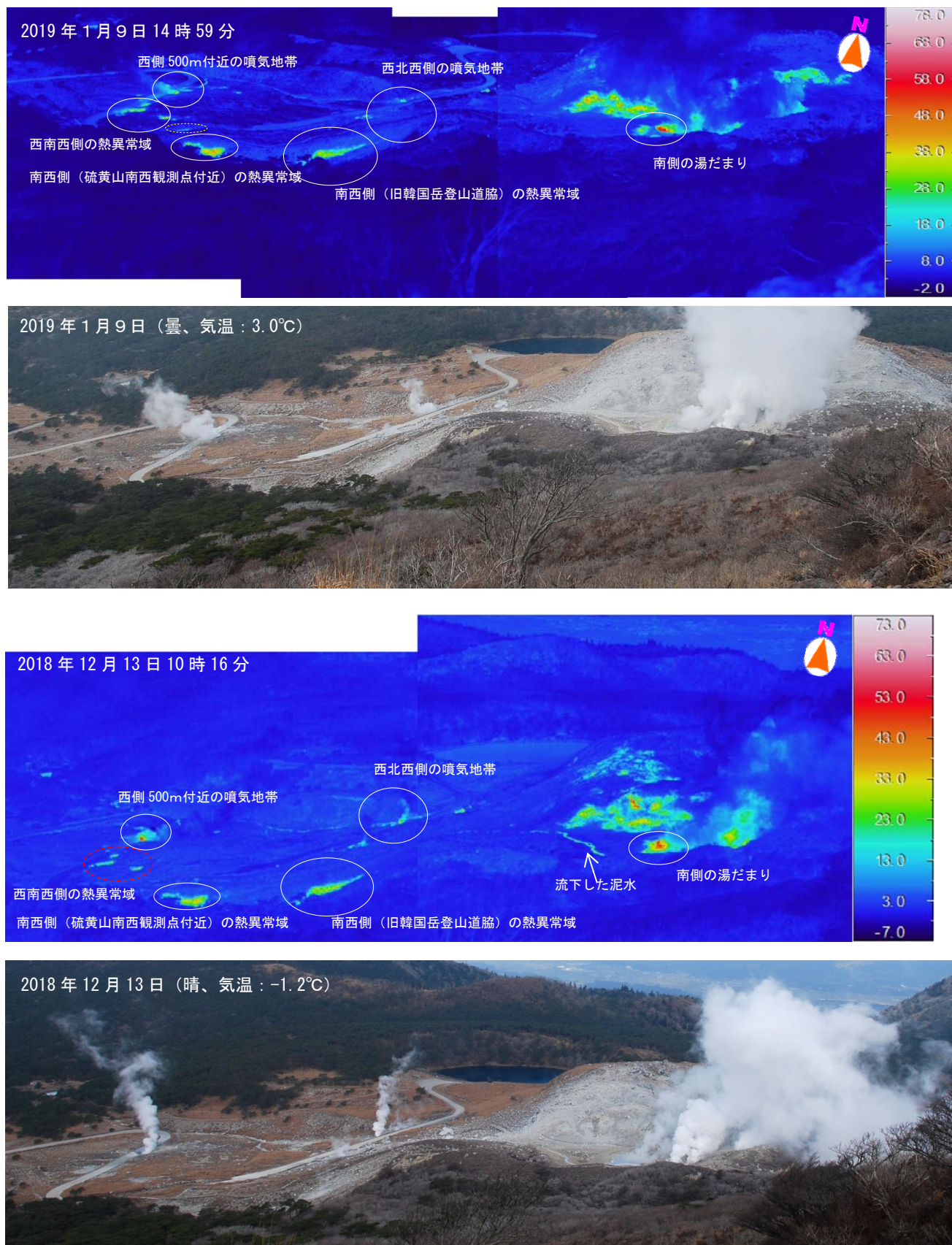


図 6-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山周辺の状況（韓国岳 4 合目から観測）

- ・ 12 月 13 日に硫黄山の西南西側で新たな熱異常域を確認した（図中の赤破線）。
- ・ 1 月 9 日に硫黄山の南西側で新たな熱異常域を確認した（図中の黄破線）。
- ・ 硫黄山南側で引き続き湯だまりを確認した。
- ・ 硫黄山西側 500m 付近の噴気地帯から泥水が道路に流出しているのを確認した。
- ・ 1 月 9 日の南側の湯だまり付近は噴気により地熱域が遮蔽されている。

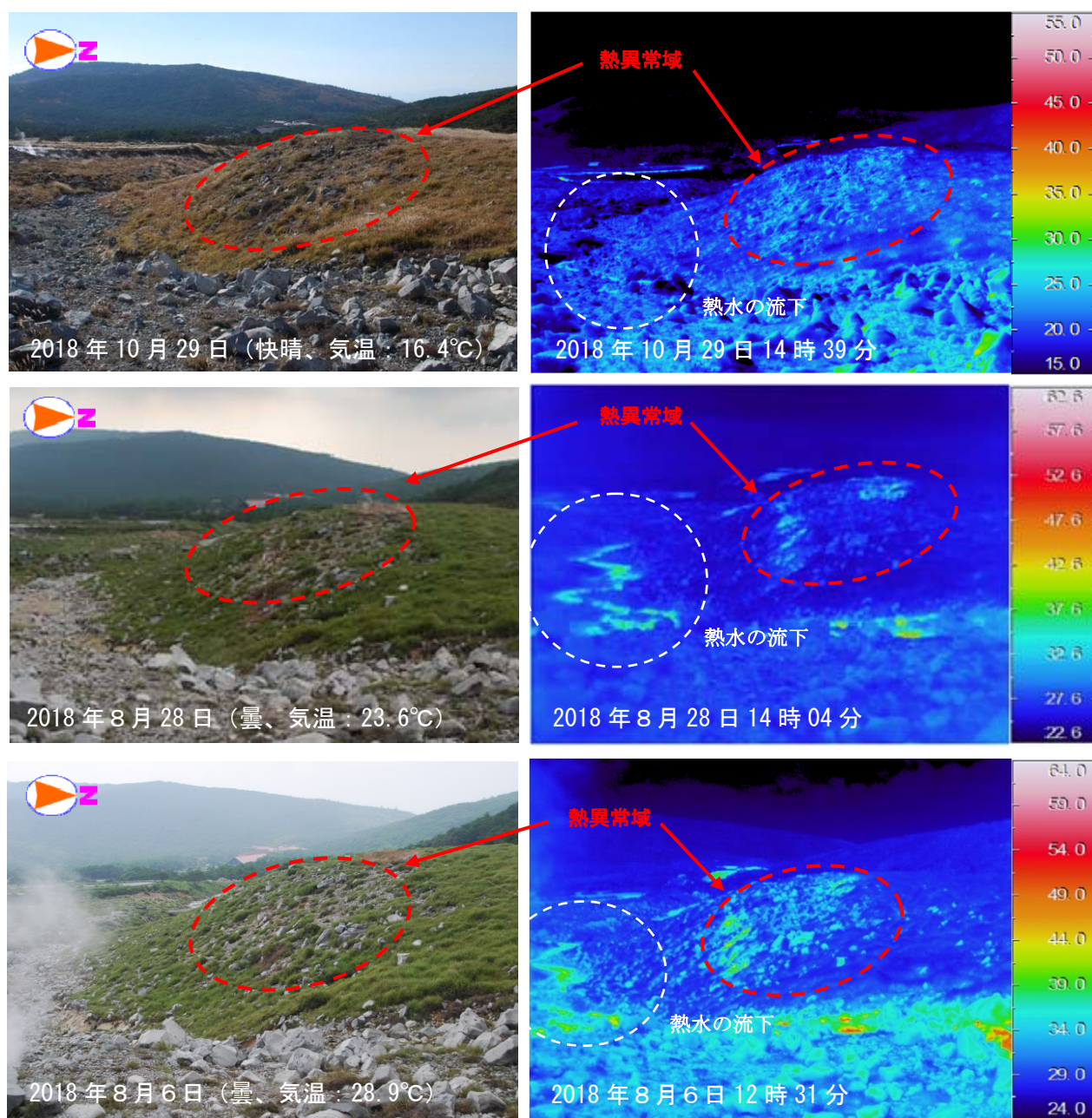


図 6-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の西側の状況（えびの高原から観測）

- ・ 10月29日に実施した現地調査では、前回（8月28日）の観測で確認された硫黄山の西側の熱異常域は日射の影響で確認できなかった（赤破線）。また、熱水の流下に対応する熱異常域が認められた（白破線）。
- ・ かすかに感じる程度の火山ガスの臭気を確認した。

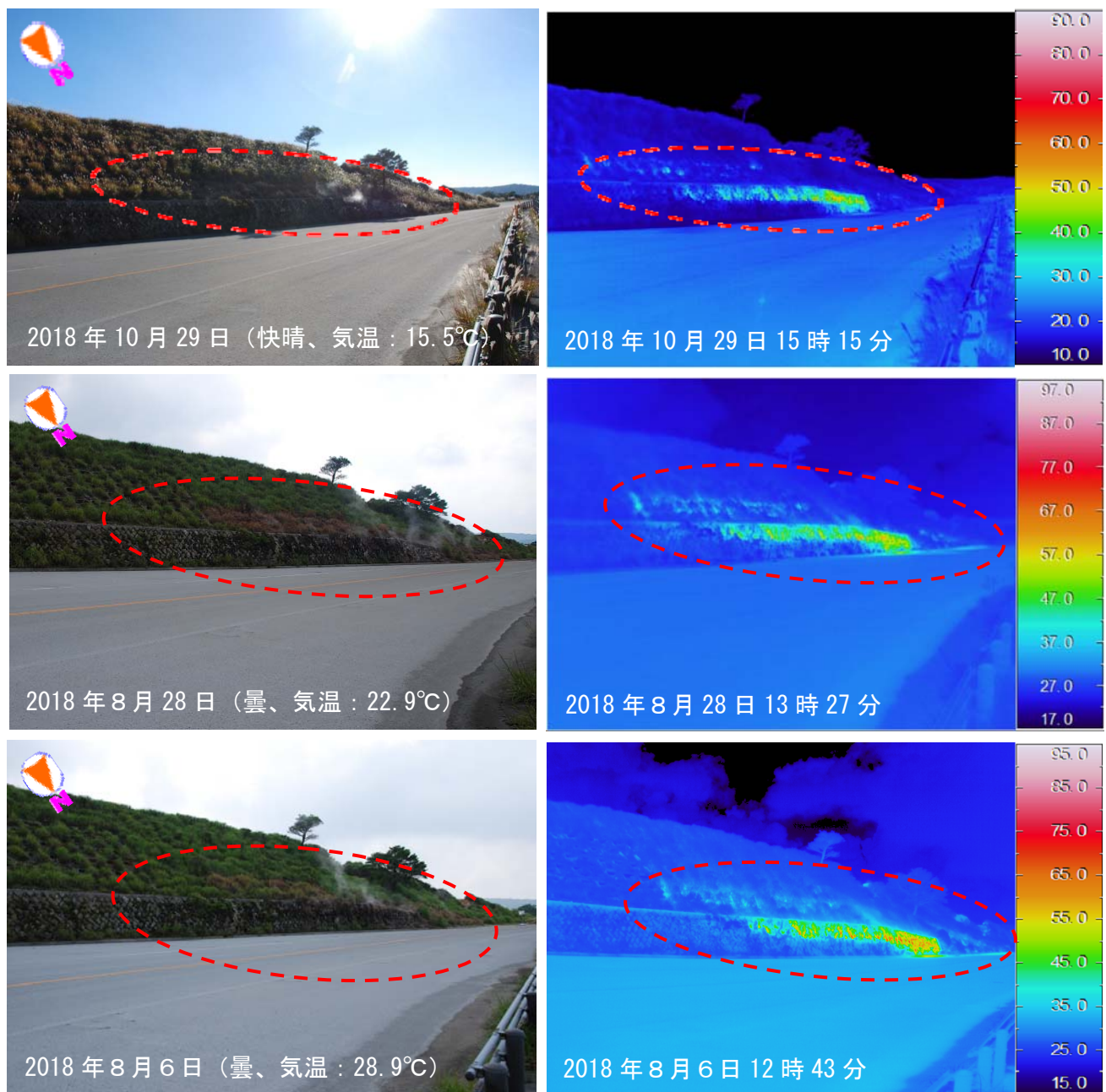


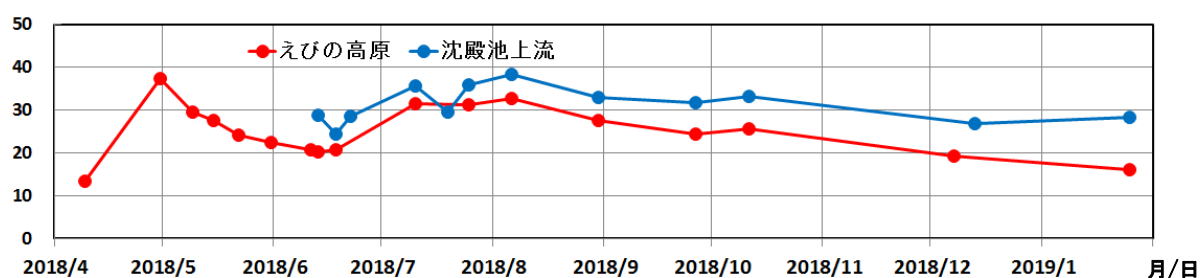
図 6-4 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山北西斜面の状況（えびの高原から観測）

硫黄山北西斜面で引き続き熱異常域及び噴気を確認した（赤破線）。

○河川水採取及び水温測定

観測日	水の状況	水温	
		えびの高原	沈殿池上流
2018年4月9日	白濁	13.5℃	6月5日に 沈殿池が完成
2018年4月30日	白濁	37.4℃	
2018年5月9日	白濁	29.4℃	
2018年5月15日	白濁	17.5℃	
2018年5月22日	白濁	24.2℃	
2018年5月31日	白濁	22.5℃	
2018年6月11日	白濁	20.7℃	
2018年6月13日	透明	20.2℃	28.9℃
2018年6月18日	透明	20.7℃	24.3℃
2018年6月22日	透明	未測定	28.6℃
2018年7月10日	白濁	31.4℃	35.7℃
2018年7月19日	やや白濁	未測定	29.6℃
2018年7月25日	白濁	31.2℃	35.9℃
2018年8月6日	白濁	32.8℃	38.4℃
2018年8月30日	やや白濁	27.6℃	33.0℃
2018年9月26日	やや白濁	24.3℃	31.6℃
2018年10月11日	やや白濁	25.5℃	33.1℃
2018年12月7日	未確認	19.3℃	未測定
2018年12月13日	白濁	未測定	26.8℃
2019年1月25日	やや白濁	16.1℃	28.4℃

°C 水温経過図（2018年4月9日～2019年1月25日）



えびの高原の沈殿池上流の状況（左：2019年1月25日、右：2018年12月13日）

図 6-5 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山周辺の沢の状況
（2018年4月～2019年1月25日）

- ・ 沢の水は引き続き白濁していたが、2019年1月25日の観測では前回（2018年12月13日）と比べて濁りが少なくなっており透明度が上がっていた。

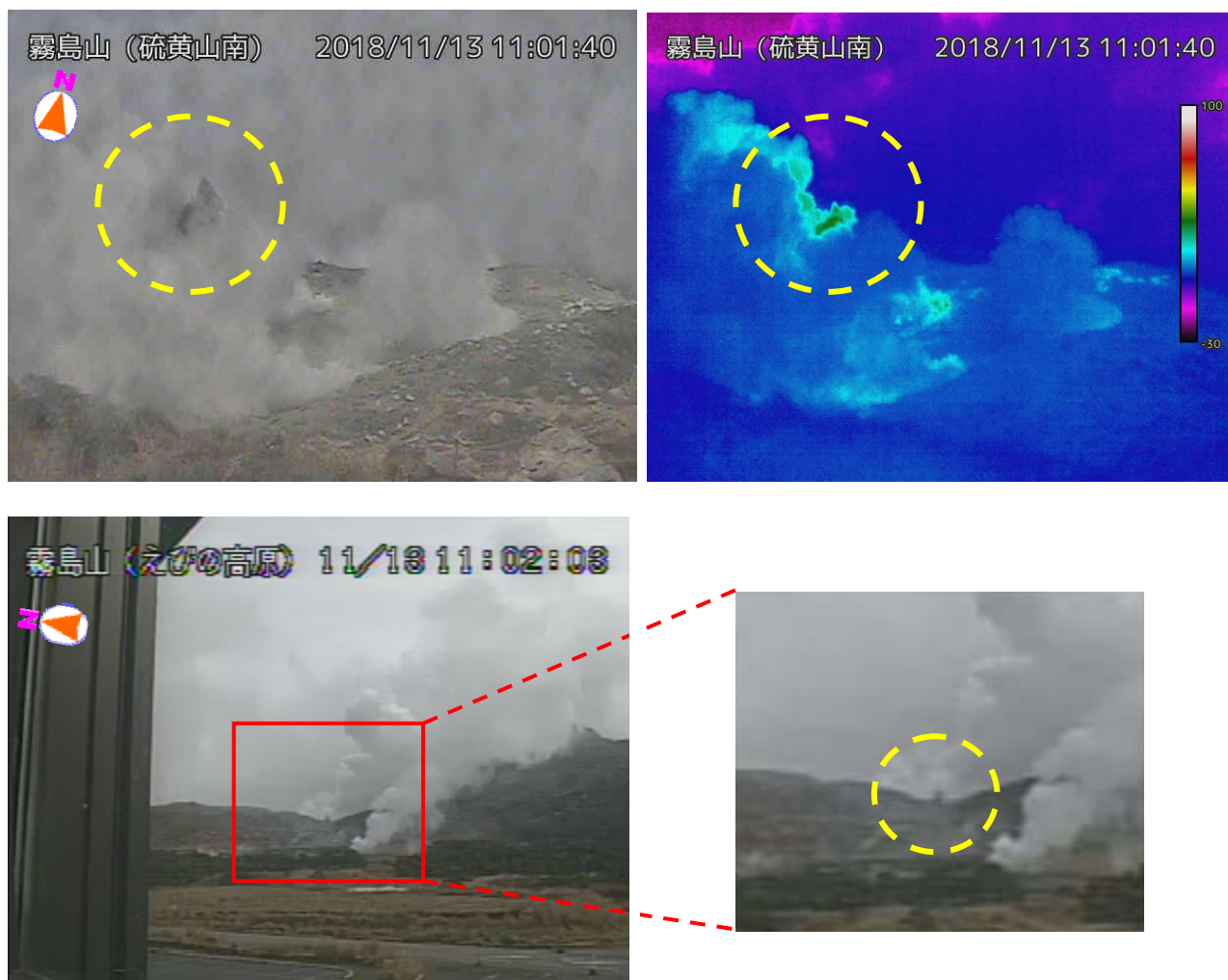


図 7 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の状況

（11 月 13 日、硫黄山南及びえびの高原監視カメラによる）

- ・ 11 月 13 日 11 時 01 分頃、硫黄山南及びえびの高原監視カメラにより硫黄山の南側の噴気地帯で高さ 30m 程度の熱泥噴出を確認した（黄破線）。
- ・ 同日実施した現地調査では、硫黄山付近で引き続き熱異常域を確認したが、これまでの観測と比べ特段の変化は認められなかった。

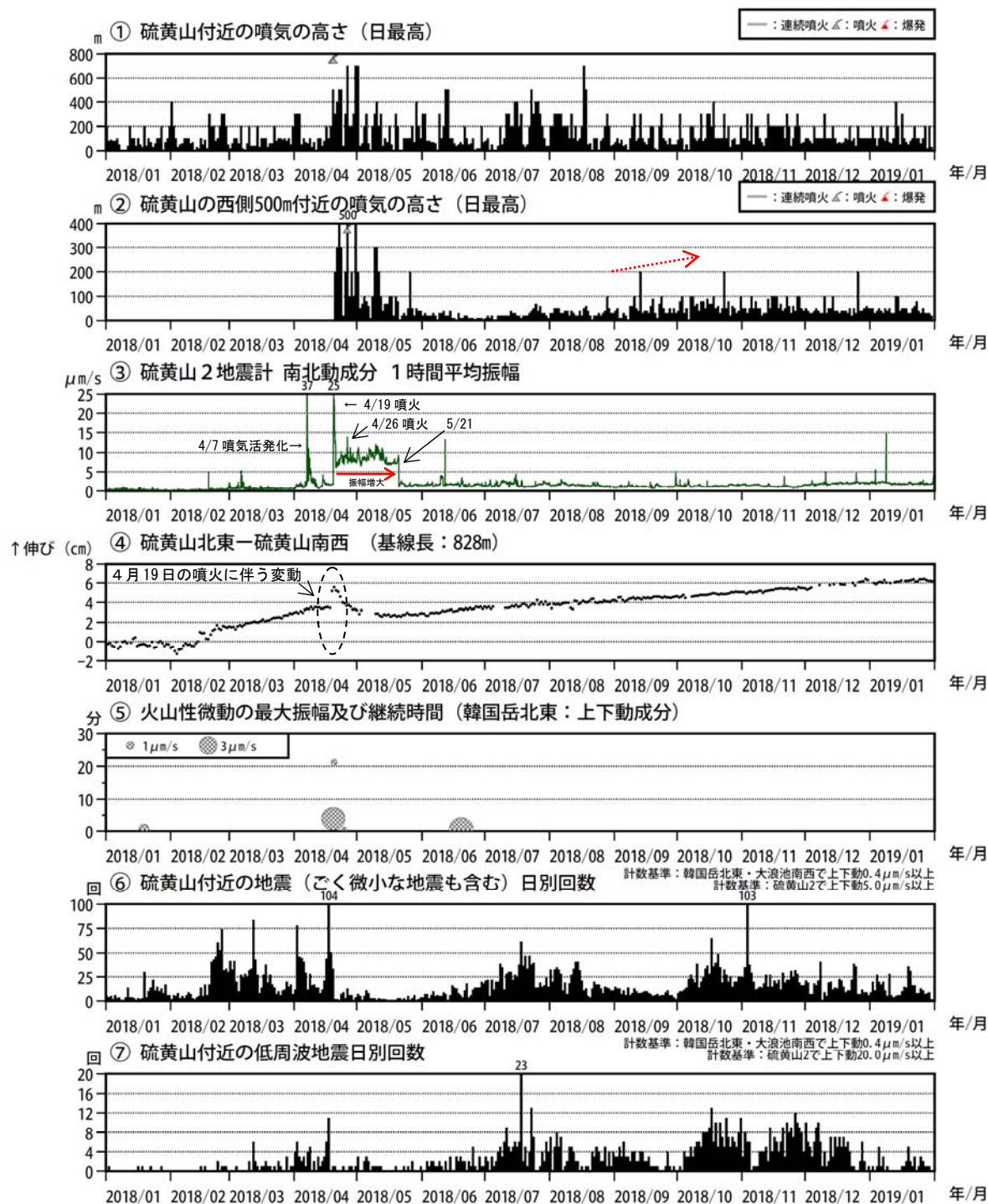


図 8-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山活動経過図

(2018 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

- ・硫黄山の南側の噴気地帯では、引き続き活発な噴気活動が続いている。硫黄山の西側 500 m 付近の噴気活動は、2018 年 9 月以降やや活発な状態となっている（赤破線）。
- ・硫黄山近傍に設置している地震計の振幅は、5 月 22 日から小さくなったが、噴火開始前より大きな状態が続いている。
- ・火山性微動は 2018 年 6 月 20 日以降、観測されていない。
- ・ごく微小な地震を含む火山性地震は、増減を繰り返しながら概ねやや多い状態で経過している。

※④の 2018 年 1 月頃にみられる変化は、地面の凍上の影響と考えられる。

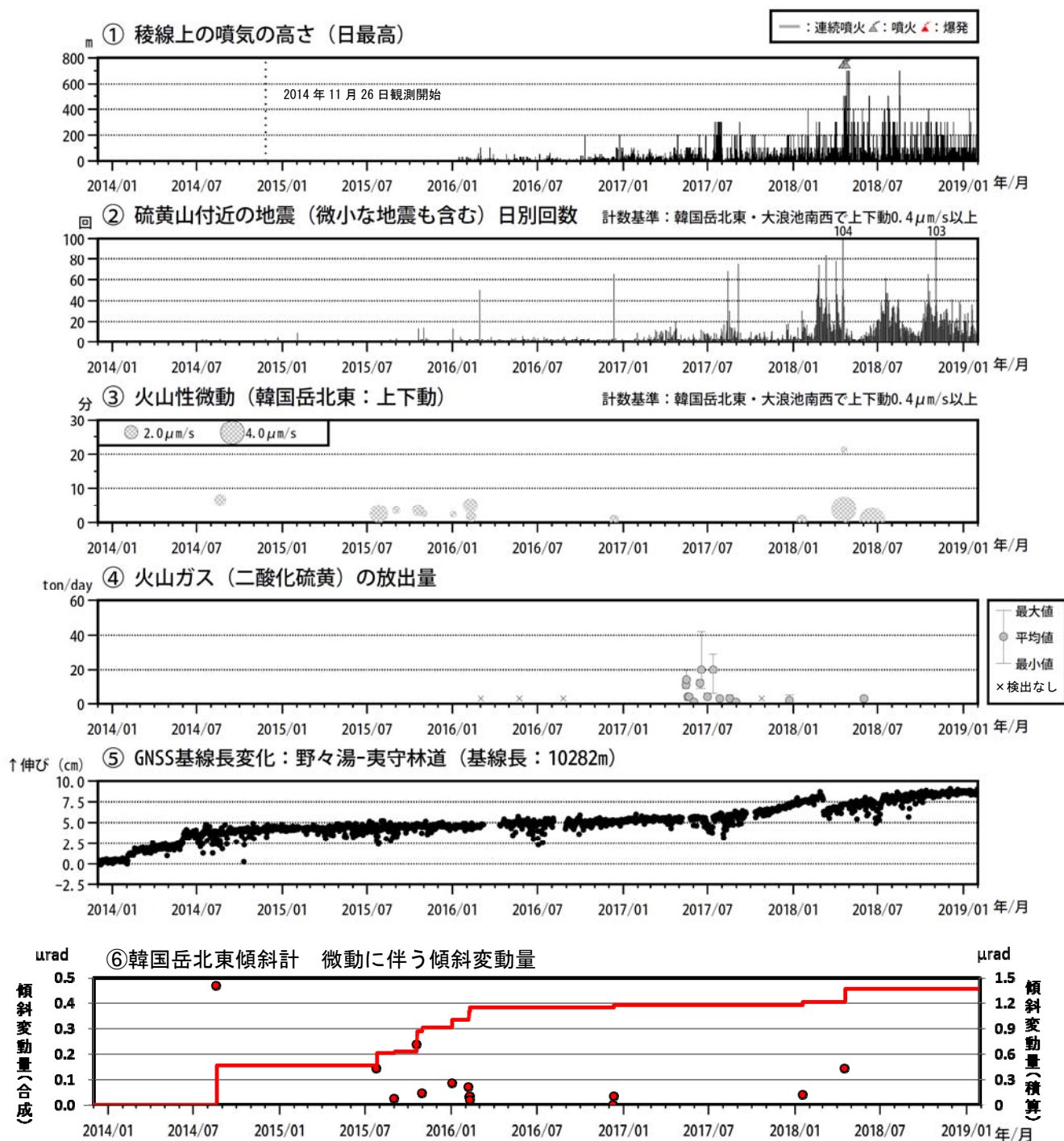


図 8-2 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 火山活動経過図
(2013 年 12 月～2019 年 1 月 31 日)

※2016 年 2 月 10 日 14 時 43 分頃に発生した火山性微動は、韓国岳北東観測点が欠測中だったため③⑥のグラフには掲載していない。

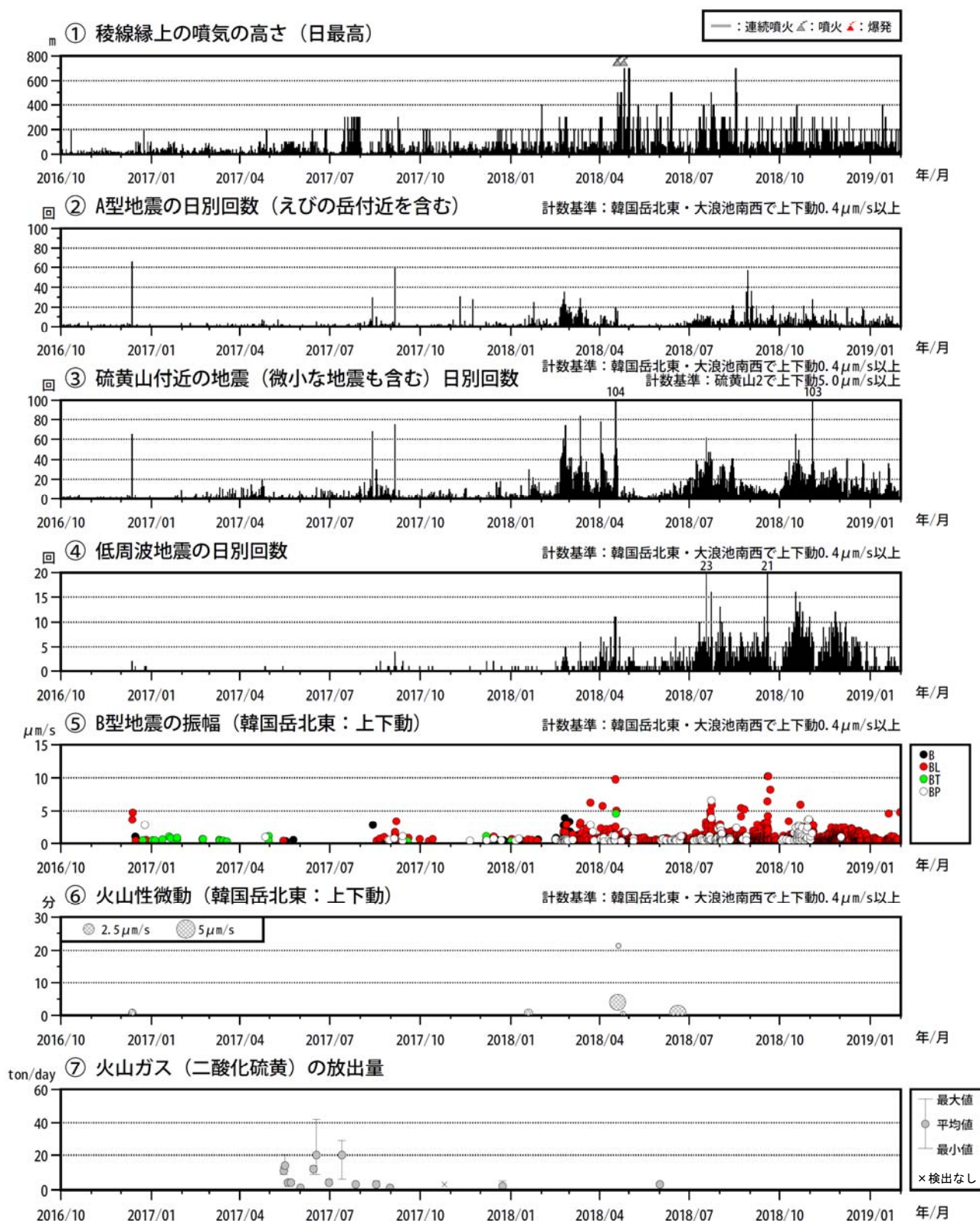


図 8-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山活動経過図
 （2016 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

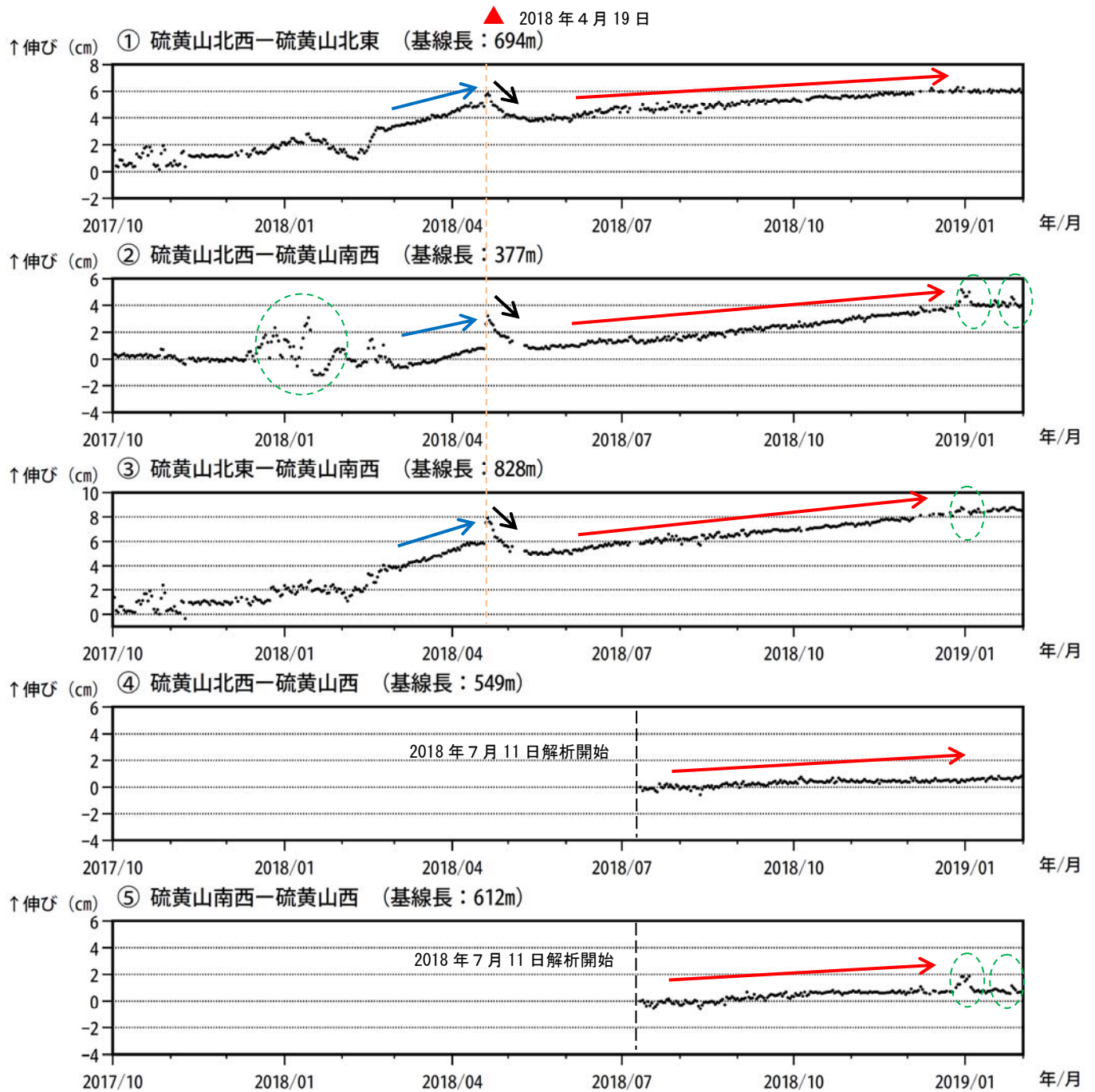


図 9 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 連続観測による基線長変化

(2017 年 10 月～2019 年 1 月 31 日)

GNSS 連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2018 年 3 月頃から山体の膨張を示す変動（青矢印）がみられていたが、4 月 19 日の噴火（▲）後に山体の収縮を示す変動（黒矢印）がみられた。その後、6 月上旬から再び伸びの傾向（赤矢印）が続いているが、①②⑤などの基線は 2019 年 1 月は停滞している。

これらの基線は図 10 の①～⑤に対応している。
 緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。
 基線の空白部分は欠測を示している。

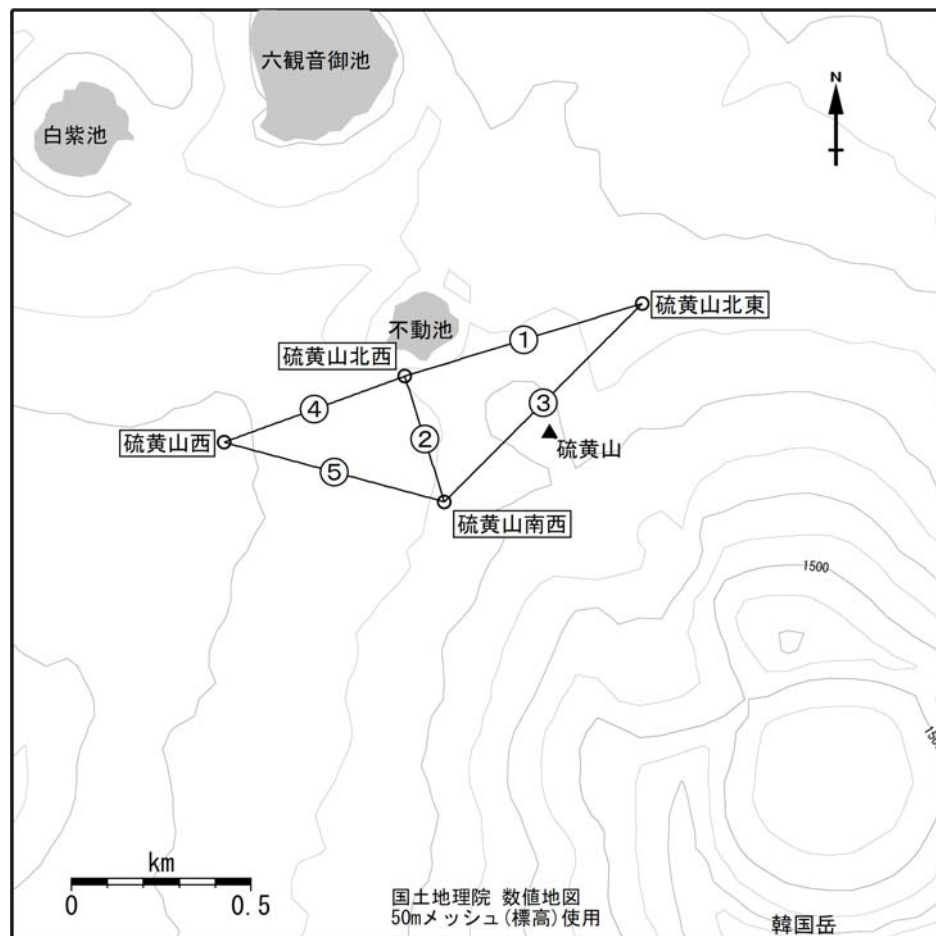


図 10 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山周辺の GNSS 観測点基線図

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。

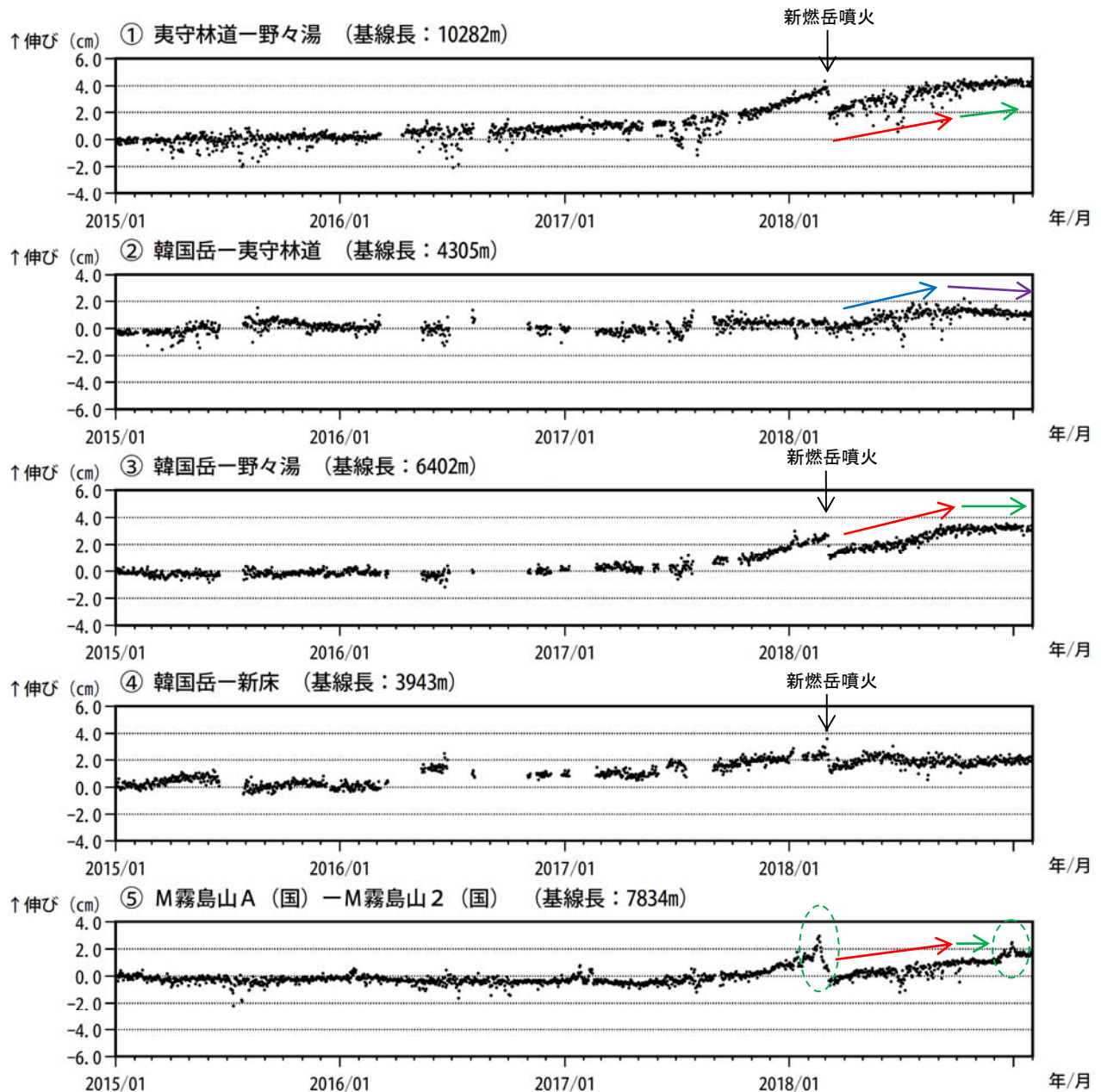


図 11-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 連続観測による基線長変化
(2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸び（赤矢印）は鈍化しているものの継続（緑矢印）している。えびの高原周辺の基線（②）での硫黄山付近の膨張を示すと考えられる基線の伸び（青矢印）は継続していたが 2018 年 10 月頃から縮んでいる（紫矢印）。

これらの基線は図 12 の①～⑤に対応している。
緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。
基線の空白部分は欠測を示している。

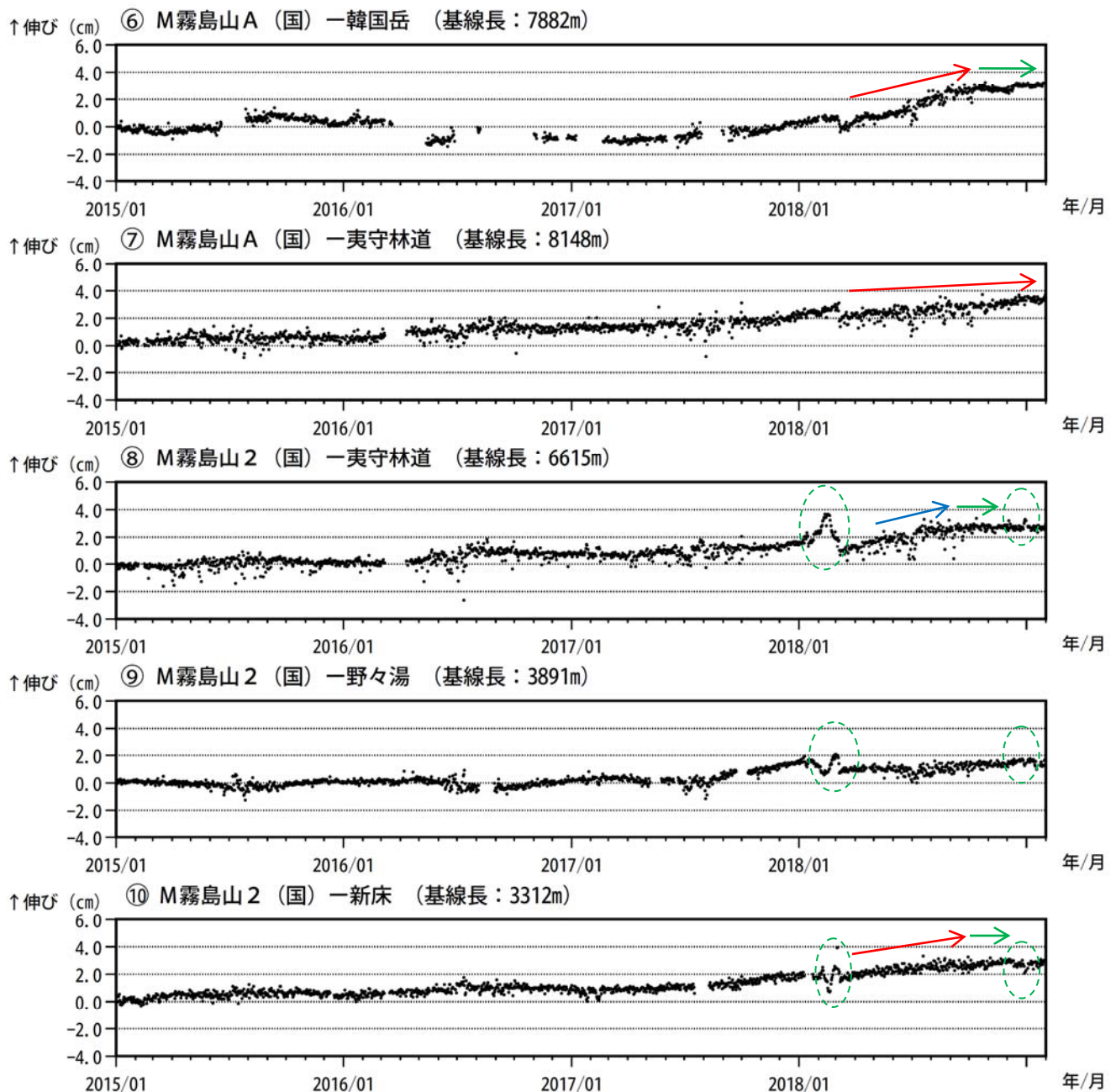


図 11-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 連続観測による基線長変化
(2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸び（赤矢印）及び、えびの高原周辺の基線（⑧）での硫黄山付近の膨張を示すと考えられる基線の伸び（青矢印）は鈍化しているものの継続（緑矢印）している。

これらの基線は図 12 の⑥～⑩に対応している。

緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。

基線の空白部分は欠測を示している。

（国）：国土地理院

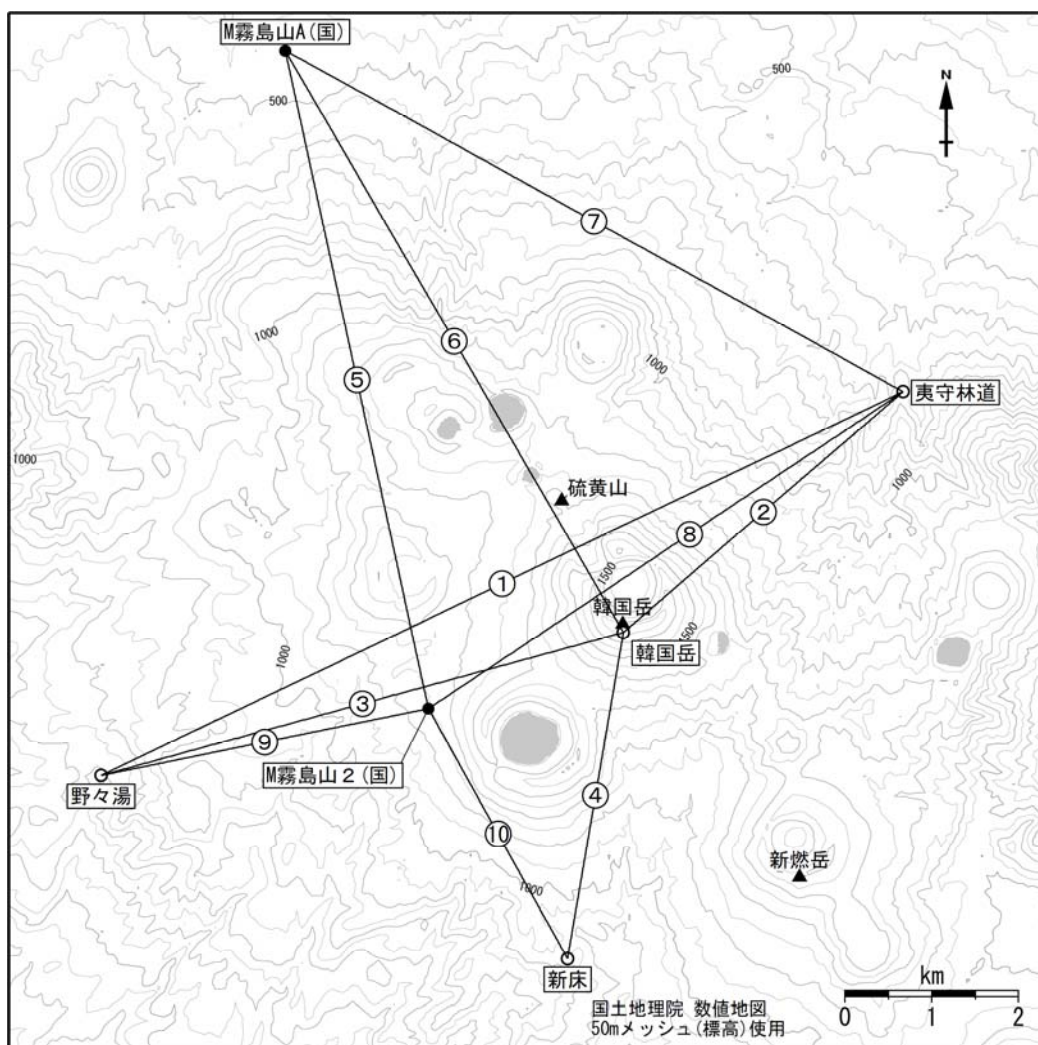


図 12 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 観測点基線図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。
（国）：国土地理院

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。



図 13-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 全磁力連続観測点配置図

この地図の作成には、国土地理院の地理院地図（電子国土 Web）を使用した。

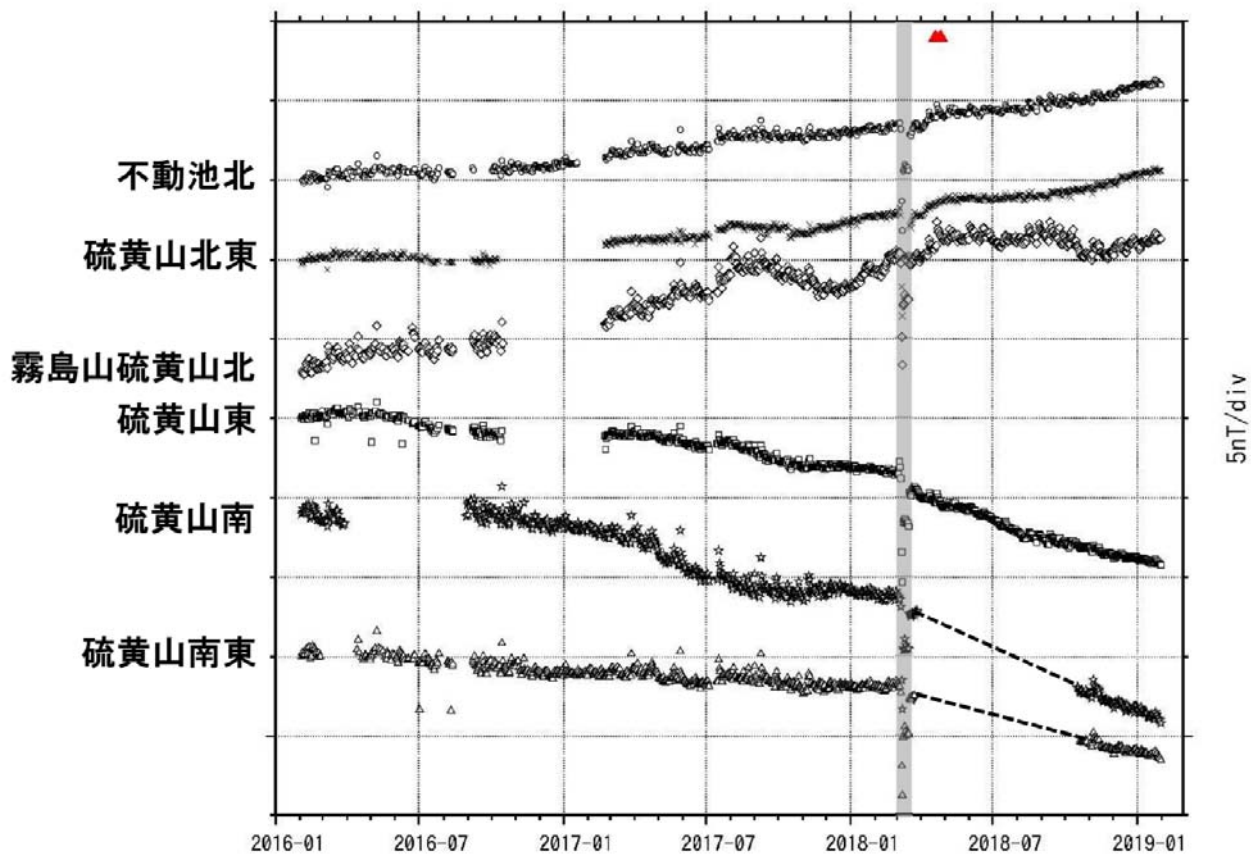


図 13-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 全磁力連続観測点で観測された全磁力変動（2016 年 2 月～2019 年 1 月 31 日）

- ・硫黄山の南東約 10km にある参照点で観測された全磁力値を基準とした場合の 00:00 から 02:59 (JST) での日平均値を示す。
- ・灰色で示す部分は、参照点で異常な全磁力変動が観測された期間を示す。
- ・図上部の三角は 2018 年 4 月 19 日および 4 月 26 日の噴火の発生を示す。

○概況（2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

観測を開始した 2016 年 2 月以降、硫黄山山頂部の噴気帯北側の観測点では全磁力の増加が、南側の観測点では全磁力の減少が継続しており、硫黄山周辺の地下で熱消磁領域の拡大が現在も進行していると考えられる。

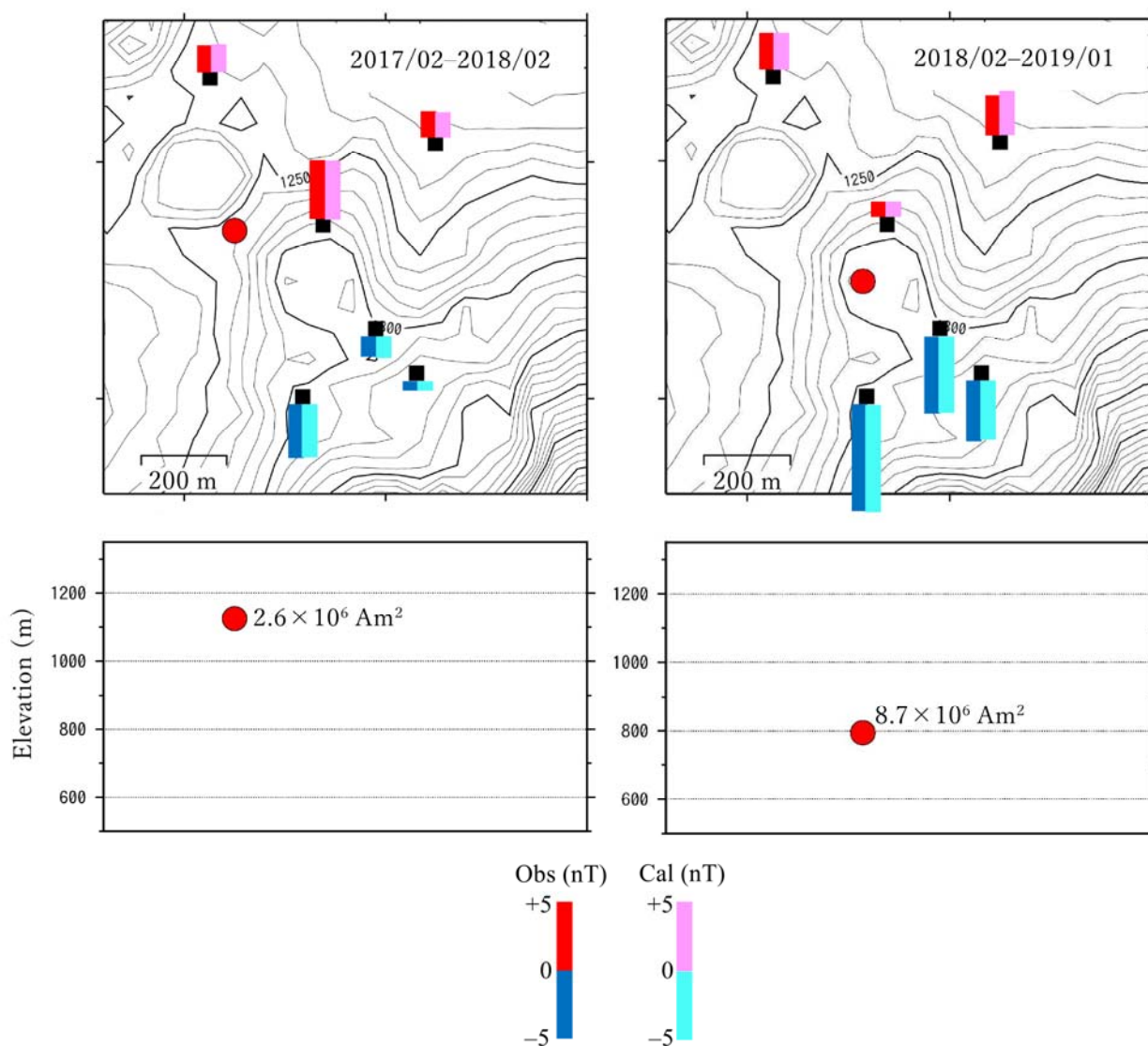


図 13-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 2017 年 2 月～2018 年 2 月（左）および 2018 年 2 月～2019 年 1 月（右）の 2 つの期間に観測された全磁力変化を説明するために推定された等価磁気双極子モデル

- ・ 2017 年 2 月～2018 年 2 月の期間については、熱消磁を表す強度 $2.6 \times 10^6 \text{ Am}^2$ のモーメントを持つ磁気双極子が、硫黄山西側の地下約 150m の位置に推定された。
- ・ 2018 年 2 月～2019 年 1 月の期間については、熱消磁を表す強度 $8.7 \times 10^6 \text{ Am}^2$ のモーメントを持つ磁気双極子が、硫黄山火口の地下約 500m の位置に推定された。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

＜地殻変動から推定した硫黄山直下の圧力源＞

日付	標高 (m)	体積変化量 (m ³)	減圧・増圧	モデル	機器	解析を行った期間
2018/12/15	930	7.4×10^3	増圧	山川・茂木	GNSS	2018. 10～2018. 12. 15 の地殻変動
2018/9/29	-400	5.8×10^5	増圧	山川・茂木	GNSS	2018. 6～2018. 9 の地殻変動
2018/4/19	950	1.2×10^4	増圧	山川・茂木	GNSS	4 月 19 日噴火前の地殻変動
2018/1/19	940	8.8×10^2	増圧	山川・茂木	傾斜計	微動発生に伴う傾斜変動前後
	30	2.7×10^3	減圧	岡田断層	傾斜計	
2017/9/5	550	1.7×10^4	増圧	山川・茂木	傾斜計	有感地震・地震増加に伴う傾斜変動前後
	70	2.9×10^3	減圧	岡田断層	傾斜計	
2016/12/12	520	1.2×10^4	増圧	山川・茂木	傾斜計	地震増加・微動発生に伴う傾斜変動前後
	70	2.9×10^3	減圧	岡田断層	傾斜計	

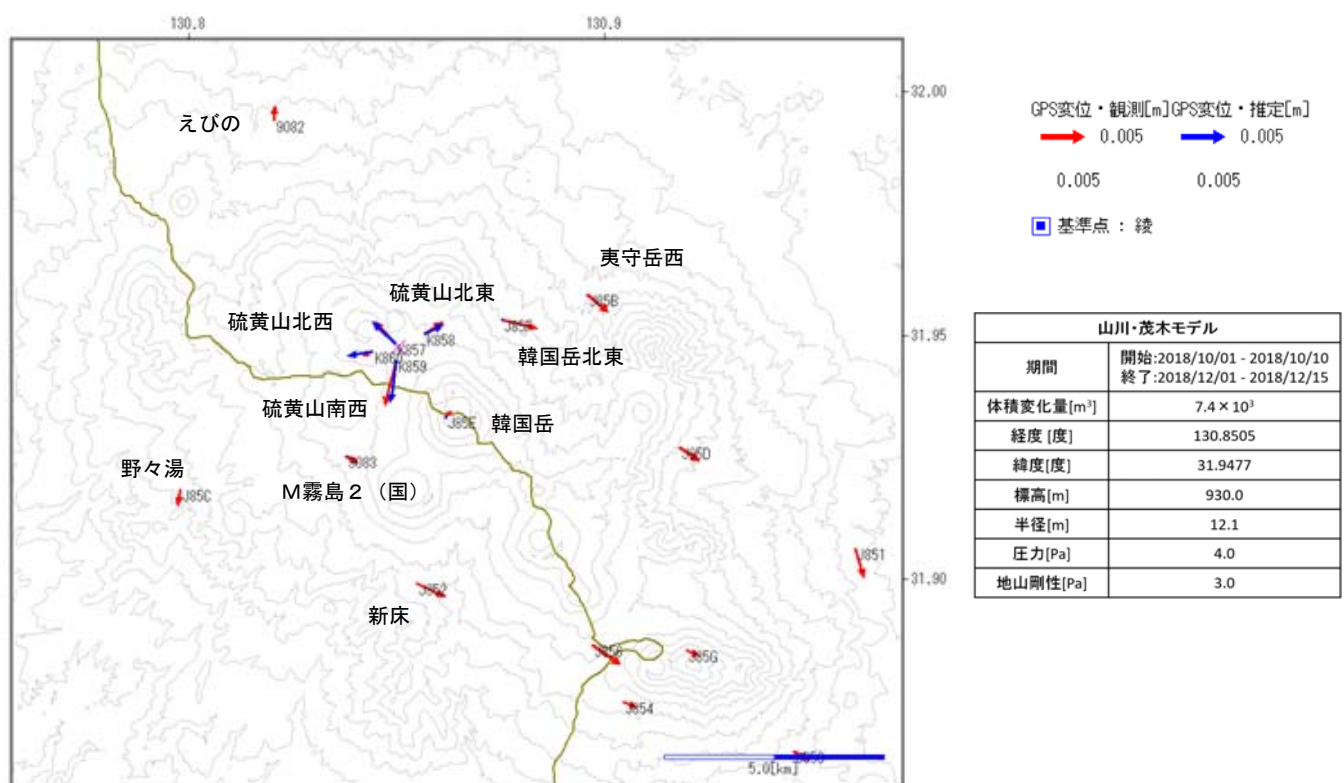


図 14 霧島山 硫黄山周辺の圧力源（2018 年 10 月～12 月）

- ・硫黄山周辺の GNSS 連続観測の基線長の変化から、圧力源の推定を行った。
- ・周辺観測点のみで緯度経度を決定し、全観測点を含めて深さと体積を求めた。昨年の硫黄山の噴火前後の圧力源の深さと同程度となった。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

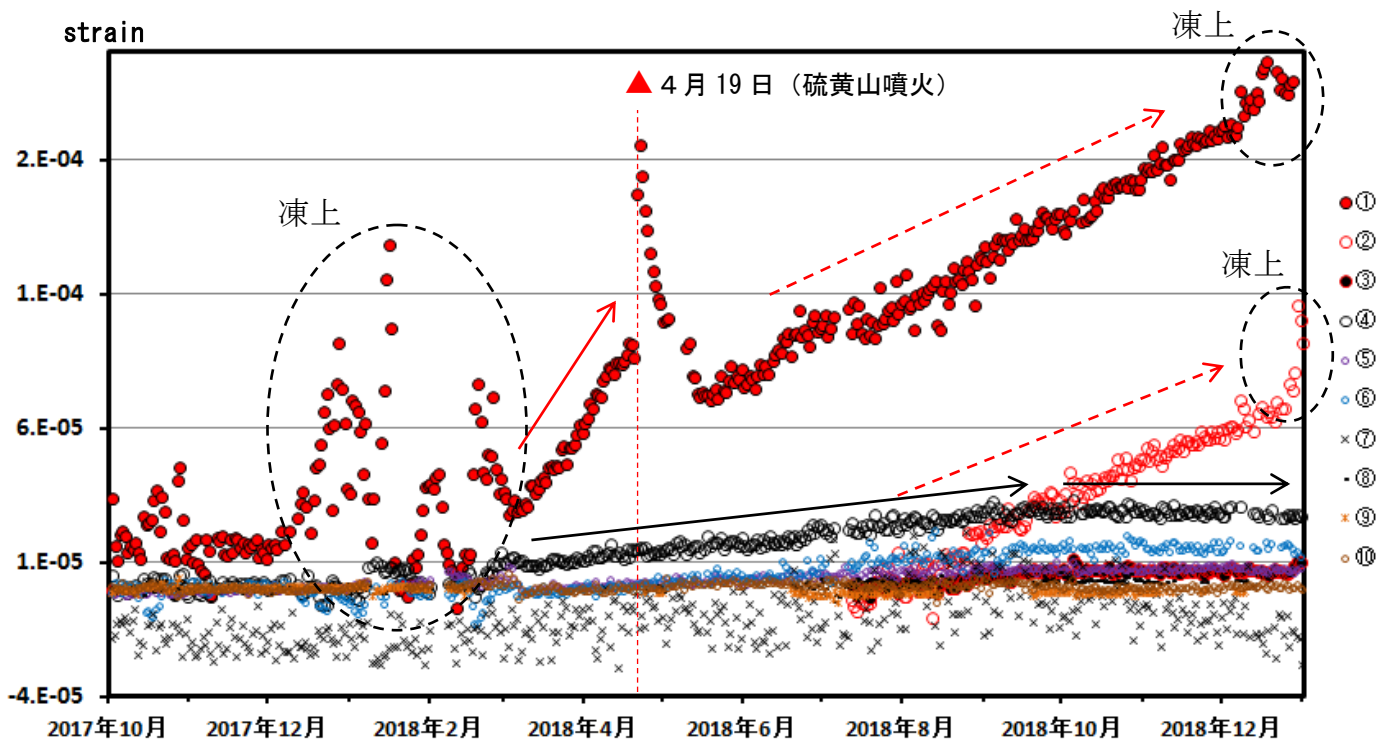
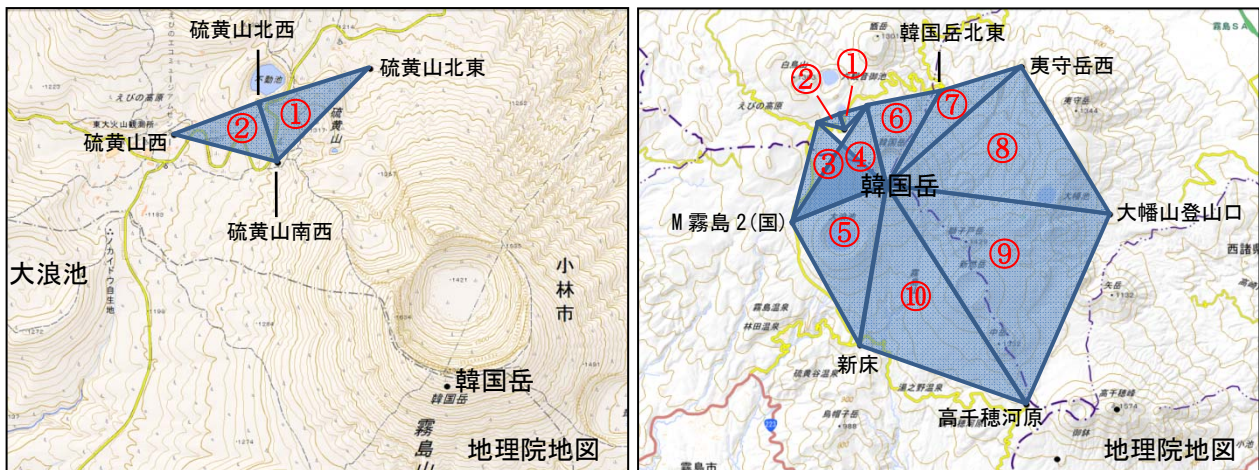


図 15 霧島山 韓国岳周辺の領域毎の面積ひずみの変化（2017 年 10 月～2018 年 12 月）

- ・硫黄山噴火前の 2018 年 3 月から 4 月頃には、硫黄山近傍（①）で急なひずみの増加がみられた（赤矢印）。噴火後の 6 月以降も面積ひずみの増大は続いているものの、噴火前の変化に比べれば緩やかである（赤破線矢印）（①②）。
- ・硫黄山周辺（④⑥）では、噴火前の 3 月から面積ひずみは増大し続けていたが 10 月頃から鈍化している。
- ・2017 年 12 月から 2018 年 2 月頃と 12 月頃にみられる変化は、地面の凍上の影響と考えられる（黒破線内）。

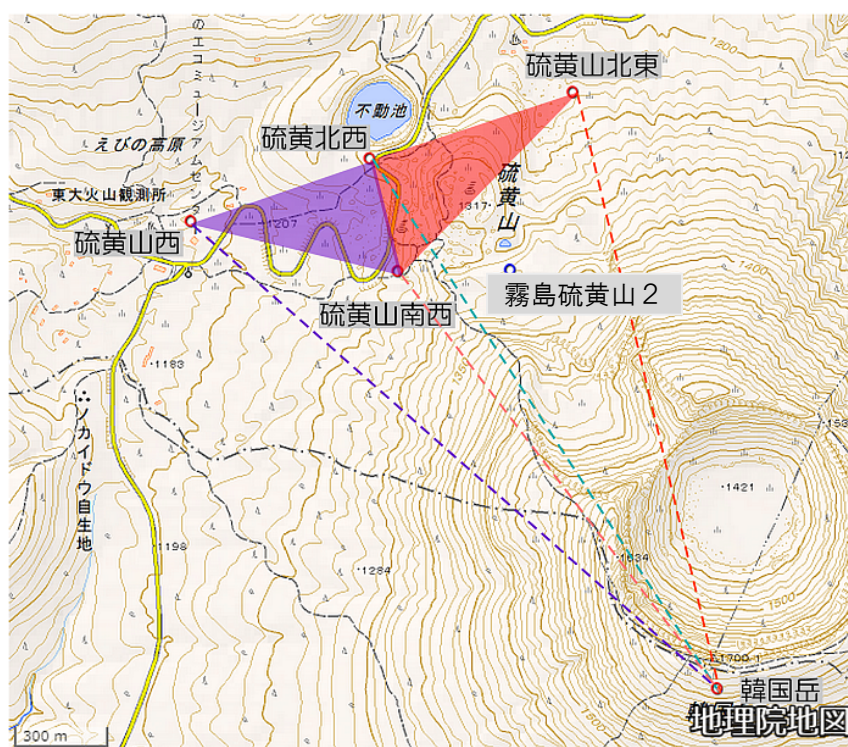
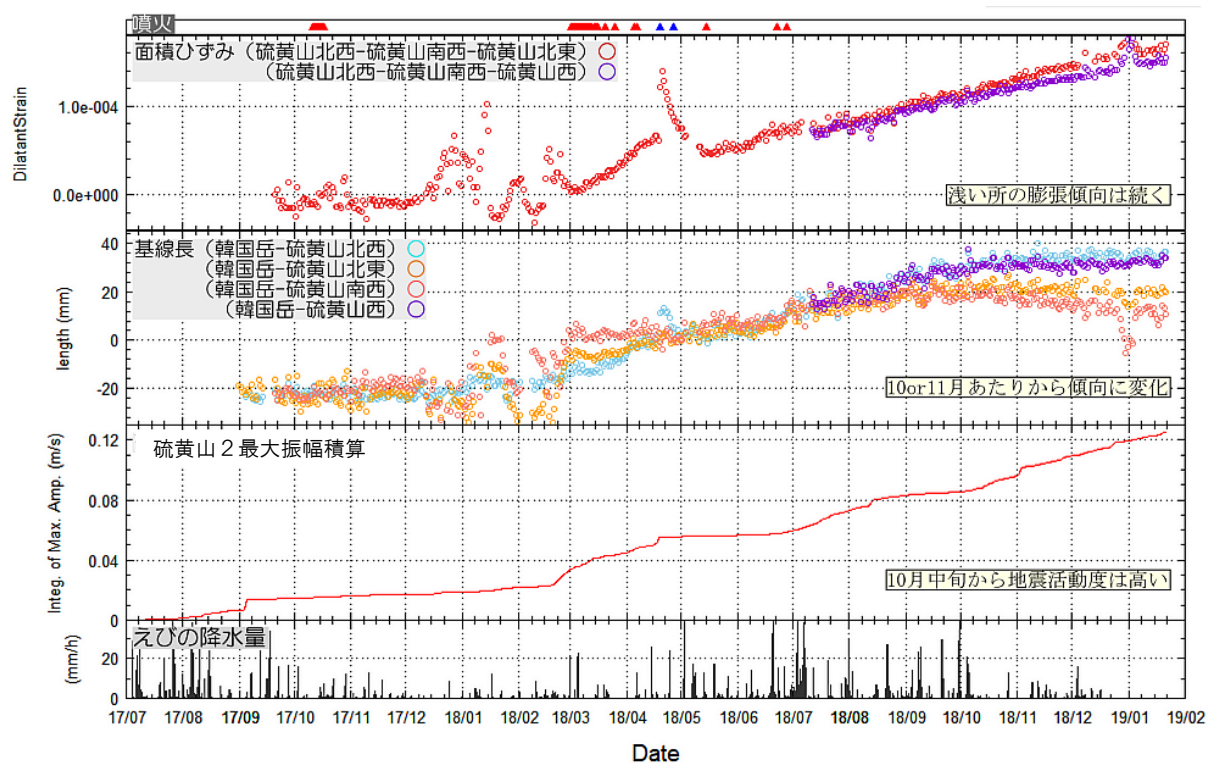


図 16 霧島山 硫黄山周辺の面積ひずみ、基線長の変化、霧島硫黄山 2 の振幅積算
(2017 年 7 月～2019 年 1 月 21 日)

- ・硫黄山付近と硫黄山の西側の領域のひずみは、引き続き増大している。
- ・最大振幅積算は2018年7月頃から増加している。

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。

火山性地震は、BH 型地震を中心に増減を繰り返しながら概ね多い状態で推移していたが、11 月中旬頃からは概ね少ない状態で経過した。

火山ガス（二酸化硫黄）の放出量も、9 月下旬以降少ない状態で経過している。

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸びは鈍化しているものの継続している。

活火山であることから、火口内及び西側斜面の割れ目付近では、火山灰の噴出や火山ガス等に注意が必要である。

なお、これまでの噴火により登山道等が危険な状態となっている可能性があるため、引き続き地元自治体等が行う立入規制等に留意が必要である。

○ 概況（2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

・噴煙など表面現象の状況（図 1～6、図 9-1-①⑤、図 9-2-①）

新燃岳では 2018 年 6 月 28 日以降、噴火は観測されていない。

白色の噴煙の高さは火口縁上概ね 200m 以下で経過した。火口西側斜面の割れ目付近の噴気は、2018 年 8 月以降認められていなかったが、2019 年に入り、再び監視カメラで確認できるようになっている。

新湯温泉付近及び韓国岳からの現地調査では、引き続き火口内を覆う溶岩の中心部及び縁辺部の一部で白色の噴煙が上がっているのを確認し、これに対応する熱異常域が認められた。これまでの観測と比べ特段の変化は認められなかった。また、流下した溶岩の上部、火口西側斜面の割れ目付近及び割れ目下方でも熱異常域が認められた。

10 月 22 日に海上自衛隊第 1 航空群、1 月 18 日に九州地方整備局及び近畿地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、新燃岳の火口内は引き続き溶岩で覆われており、火口内の中心部及び縁辺部の一部で白色の噴煙が上がっているのを確認した。

・地震や微動の発生状況（図 7、図 8、図 9-1-②③⑥⑦、図 9-2-③～⑤、図 9-3、図 10-⑤⑥）

新燃岳火口直下を震源とする火山性地震は、BH 型地震を中心に増減を繰り返しながら概ね多い状態で推移していたが、11 月中旬頃からは概ね少ない状態で経過した。BL 型地震は 10 月頃まで時々発生していたが、11 月以降は減少している。

2018 年 4 月から 8 月にかけて増加した新燃岳火口の北東側 2.5km 付近の地震は、9 月以降は減少している。

2018 年 5 月 2 日から 3 日にかけて急増した新燃岳火口の北側 2 km 付近を震源とする火山性地震は、6 月 12 日以降観測されていない。

地震回数は 10 月 702 回、11 月 190 回、12 月 73 回、1 月 62 回で、震源は新燃岳のごく浅いところから深さ 2 km 付近及び新燃岳火口の北東側 2.5km 付近の深さ 3 km 付近に分布した。

振幅が小さく継続時間の短い火山性微動が 10 月に時々発生した。10 月 24 日以降、火山性微動は観測されていない。

・ 火山ガスの状況（図 9-1-④⑧、図 9-2-②）

9 月 26 日及び 10 月 13 日の現地調査では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1 日あたりそれぞれ 60 トン、50 トンと少ない状態であった。2019 年 1 月 11 日に実施した現地調査では、検出限界未満であった。

・ 地殻変動の状況（図 7、図 9-2-⑥、図 10-①～③、図 11～13）

新燃岳近傍の傾斜計では、山体膨張を示す顕著な変化は観測されていない。

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸びは鈍化しているものの継続している。



図 1 霧島山（新燃岳） 噴煙の状況

（上図：12 月 20 日、下図：1 月 24 日、韓国岳監視カメラによる）

- ・ 白色の噴煙の高さは火口縁上概ね 200m 以下で経過した。
- ・ 火口西側斜面の割れ目付近の噴気は、2018 年 8 月以降認められていなかったが、2019 年に入り、再び監視カメラで確認できるようになっている（黄破線）。

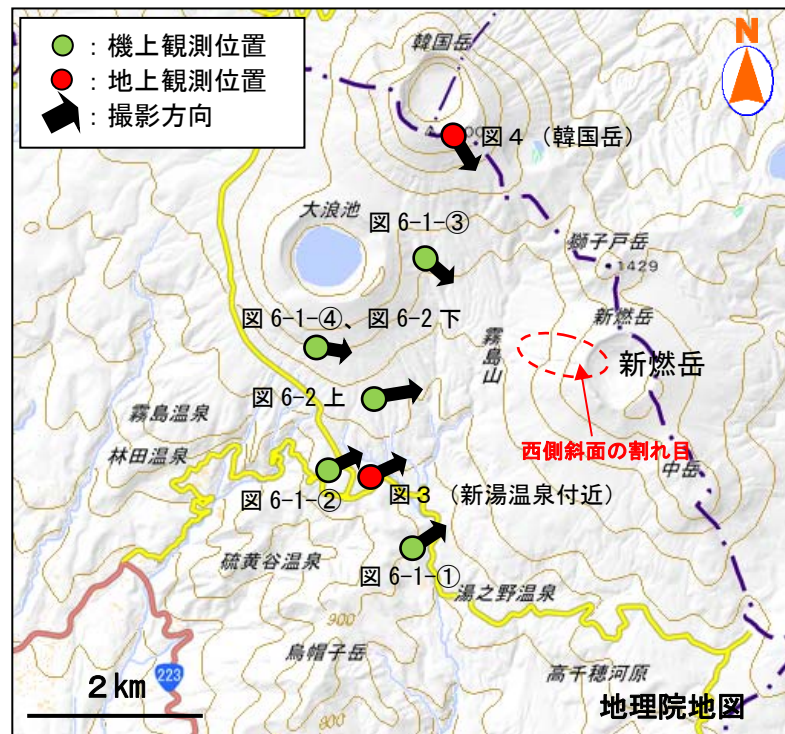


図 2 霧島山（新燃岳） 観測位置及び撮影方向

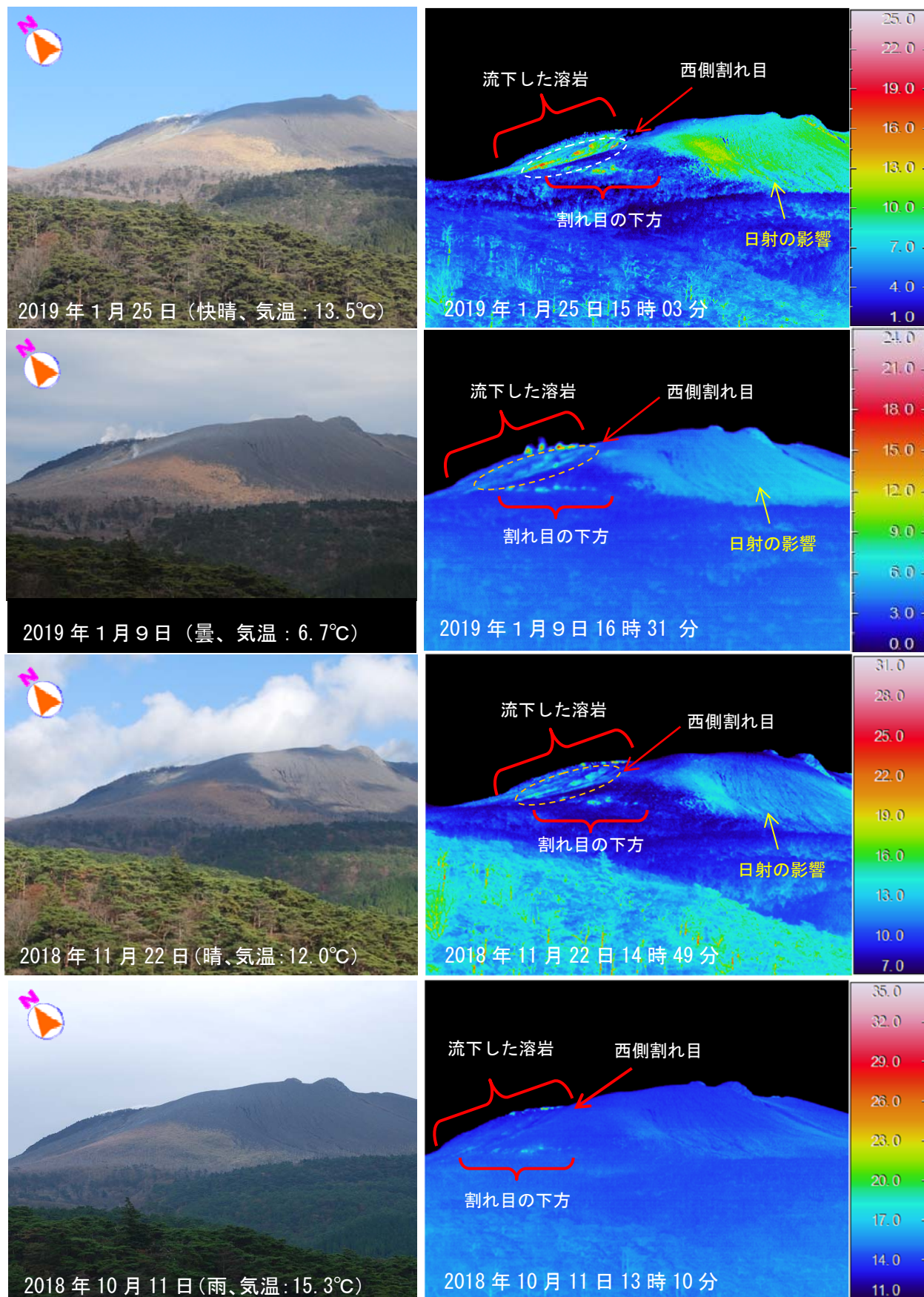


図 3 霧島山（新燃岳） 新燃岳南西側の状況（新湯温泉付近から観測）

- ・ 流下した溶岩の上部、火口西側斜面の割れ目下方で引き続き熱異常域を確認した。
- ・ 11 月 22 日以降の現地調査では、火口西側斜面の割れ目付近で熱異常域が認められた。新湯温泉付近からの観測において、西側斜面の割れ目付近で熱異常域を観測したのは、2018 年 6 月 13 日以来である。

※2015 年 11 月以降、西側斜面の割れ目の下方で弱い熱異常域を観測している。

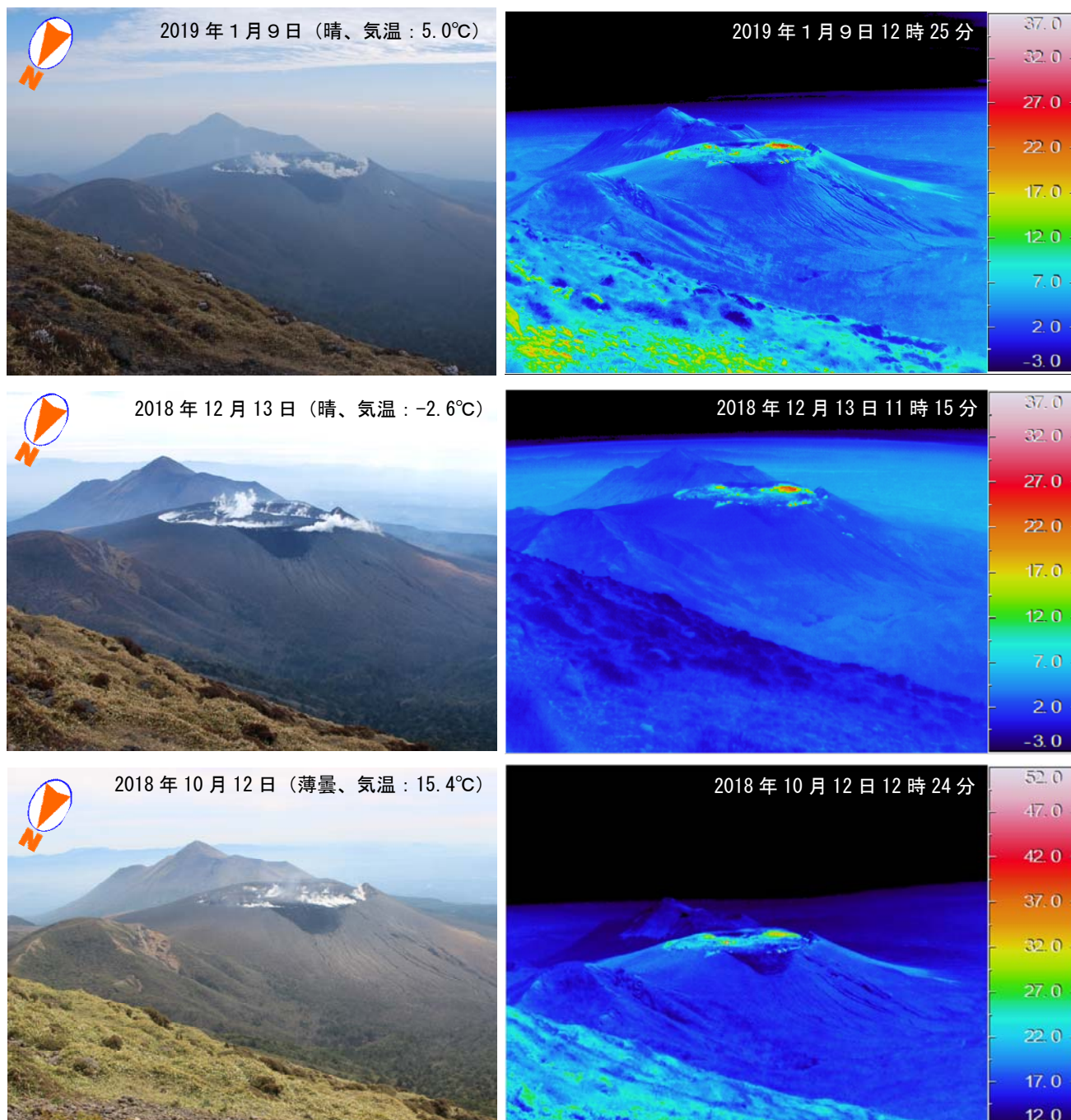


図4 霧島山（新燃岳） 火口内及び西側斜面の状況
(2018年10月12日～2019年1月9日：韓国岳から観測)

- ・火口内を覆う溶岩の中心部及び縁辺部の一部で白色の噴気が上がっているのを確認し、これに対応する熱異常域が認められたが、これまでの観測と比べ特段の変化は認められなかった。
- ・12月13日以降の現地調査では、火口西側斜面の割れ目付近で熱異常域を確認した。韓国岳からの観測において、西側斜面の割れ目付近の熱異常域を観測したのは、2018年5月15日以来である。なお、2018年11月22日に新湯温泉付近で実施した現地調査でも、この熱異常域を確認している。

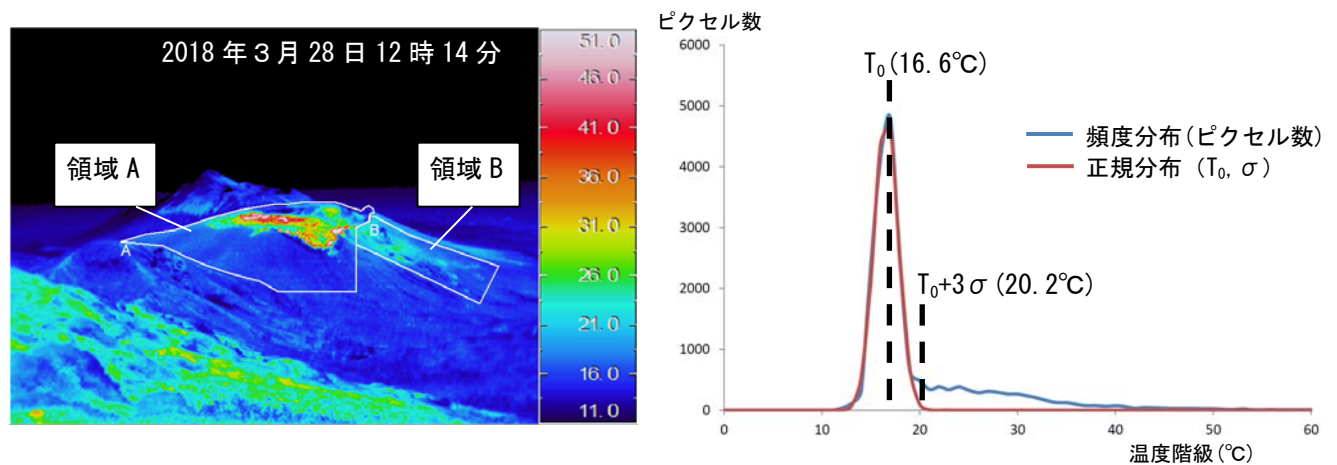


図 5-1 霧島山（新燃岳） 図 5-2 に示した新燃岳の放熱率算出の解析領域と温度分布の例（2018 年 3 月 28 日 12 時 14 分）

- ・ 左図の領域 A 及び B 内を解析領域とした。
- ・ 右図は領域内の温度ピクセルの頻度分布と正規分布の比較であり、概ね平均値 T_0 と頻度のモードが一致しているため非地熱域を正規分布で近似した。
- ・ $T_0 + 3\sigma$ 以上を明らかな地熱異常域とみなし、熱異常域の面積及び放熱率を算出した。

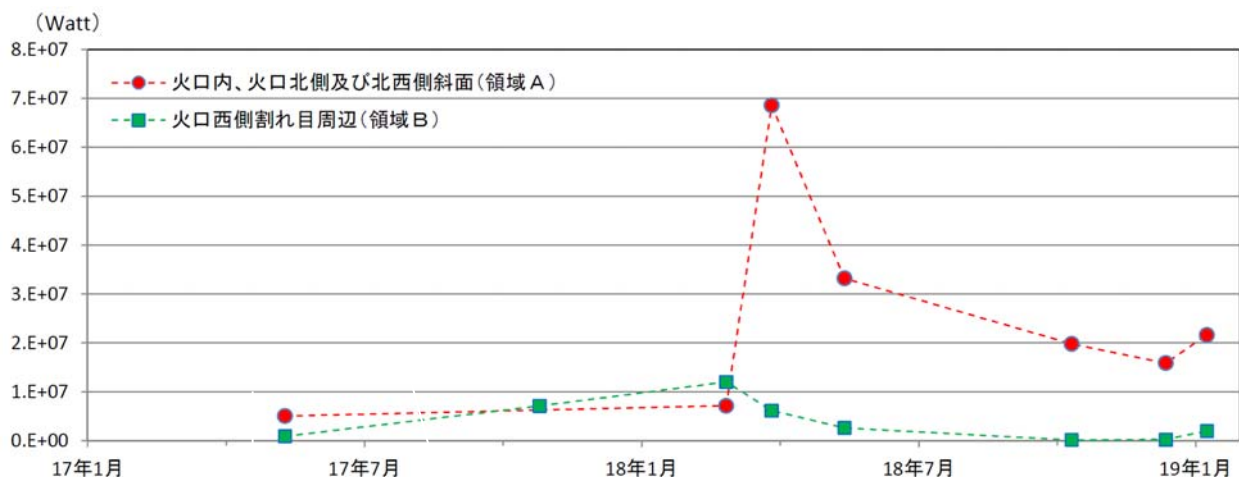


図 5-2 霧島山（新燃岳） 地表面温度分布より算出した新燃岳の放熱率の推移（値を観測日ごとに平均）（2017 年 5 月 11 日～2019 年 1 月 9 日）

図 4 の観測データを用い、Sekioka and Yuhara (1978) の手法により放熱率を算出し、値を観測日ごとに平均した。図 5-1 に示した領域 A、B を解析範囲とし、領域内の温度頻度分布の平均値 T_0 と偏差 σ から、 $T_0 + 3\sigma$ 以上を明らかな地熱異常域とみなした。

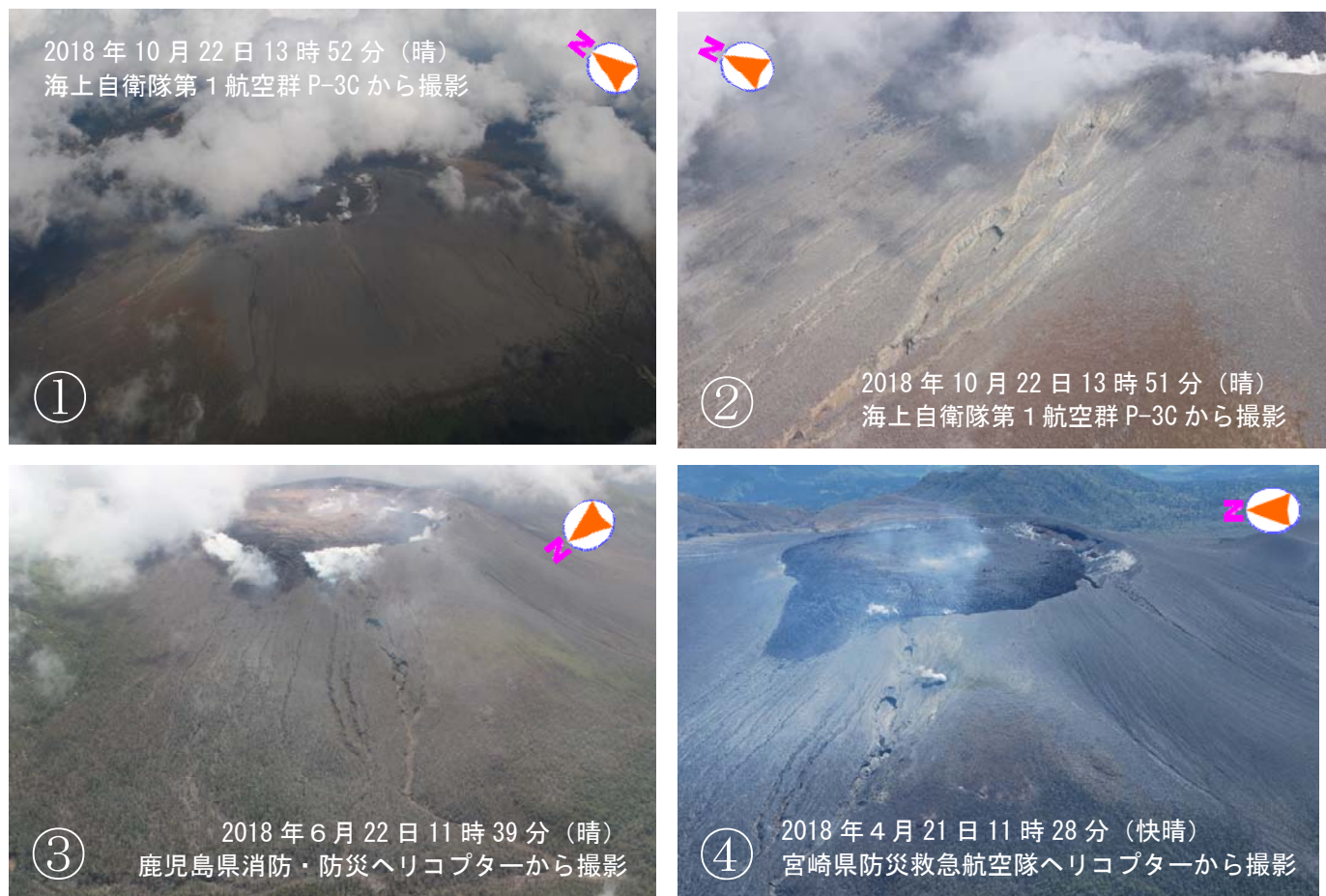


図 6-1 霧島山（新燃岳） 新燃岳火口周辺および西側斜面の状況

（①、②：10 月 22 日、③：6 月 22 日、④：4 月 21 日）

- ・ 10 月 22 日に実施した観測では、火口内は引き続き溶岩で覆われていたが、火口の北西側から流下した溶岩は雲のため確認できなかった。
- ・ 火口内を覆う溶岩の中心部及び縁辺部の一部で白色の噴気が上がっているのを確認した。
- ・ 火口西側斜面では噴気は認められなかった。

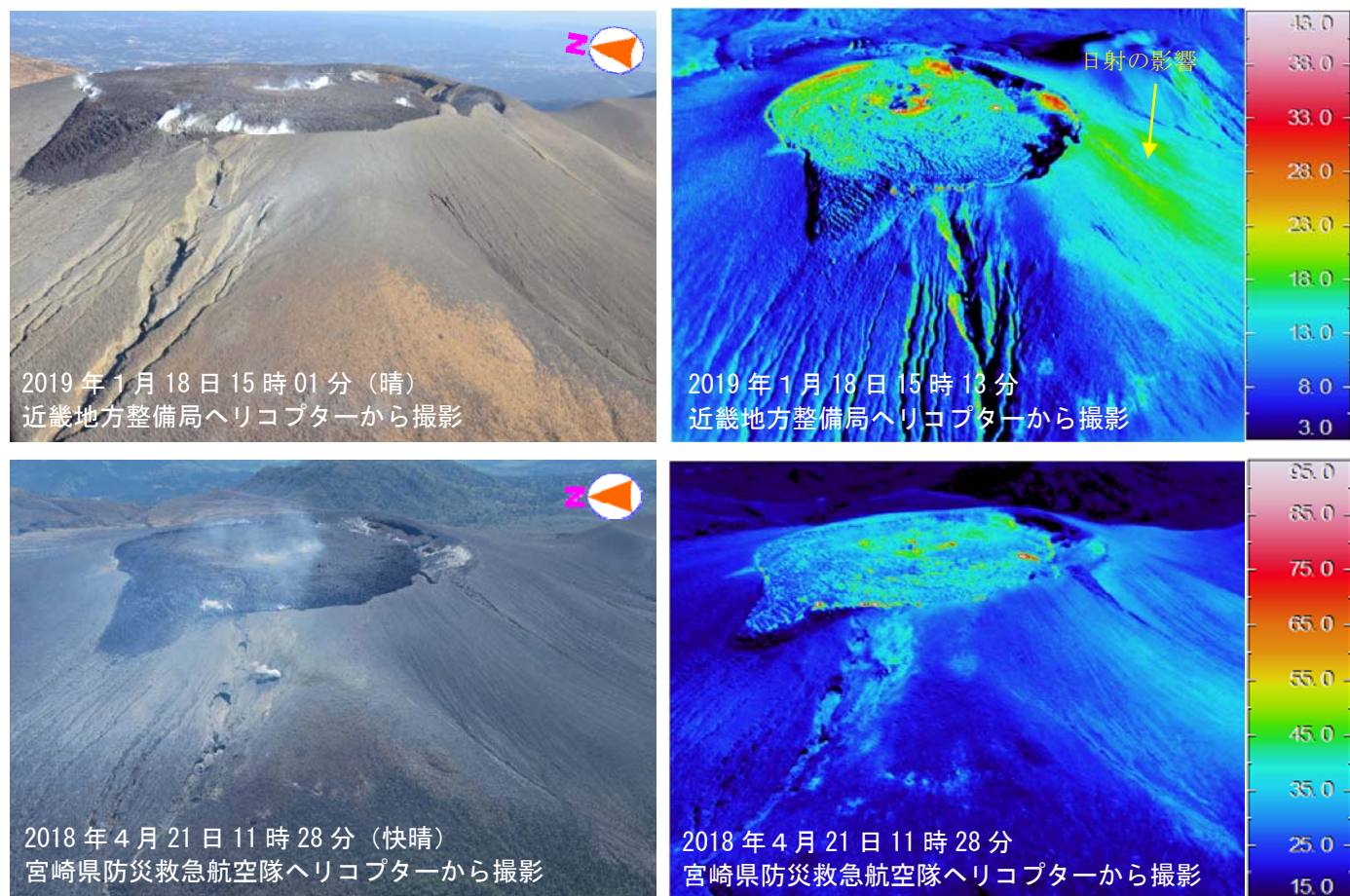


図 6-2 霧島山（新燃岳） 新燃岳火口周辺及び西側斜面の状況

- ・ 1 月 18 日に実施した観測では、火口内は引き続き溶岩で覆われていることを確認した。
- ・ 火口内を覆う溶岩の中心部及び縁辺部の一部で白色の噴気が上がっているのを確認し、これに対応する熱異常域が認められた。
- ・ 火口西側斜面の割れ目付近では噴気は認められなかった。

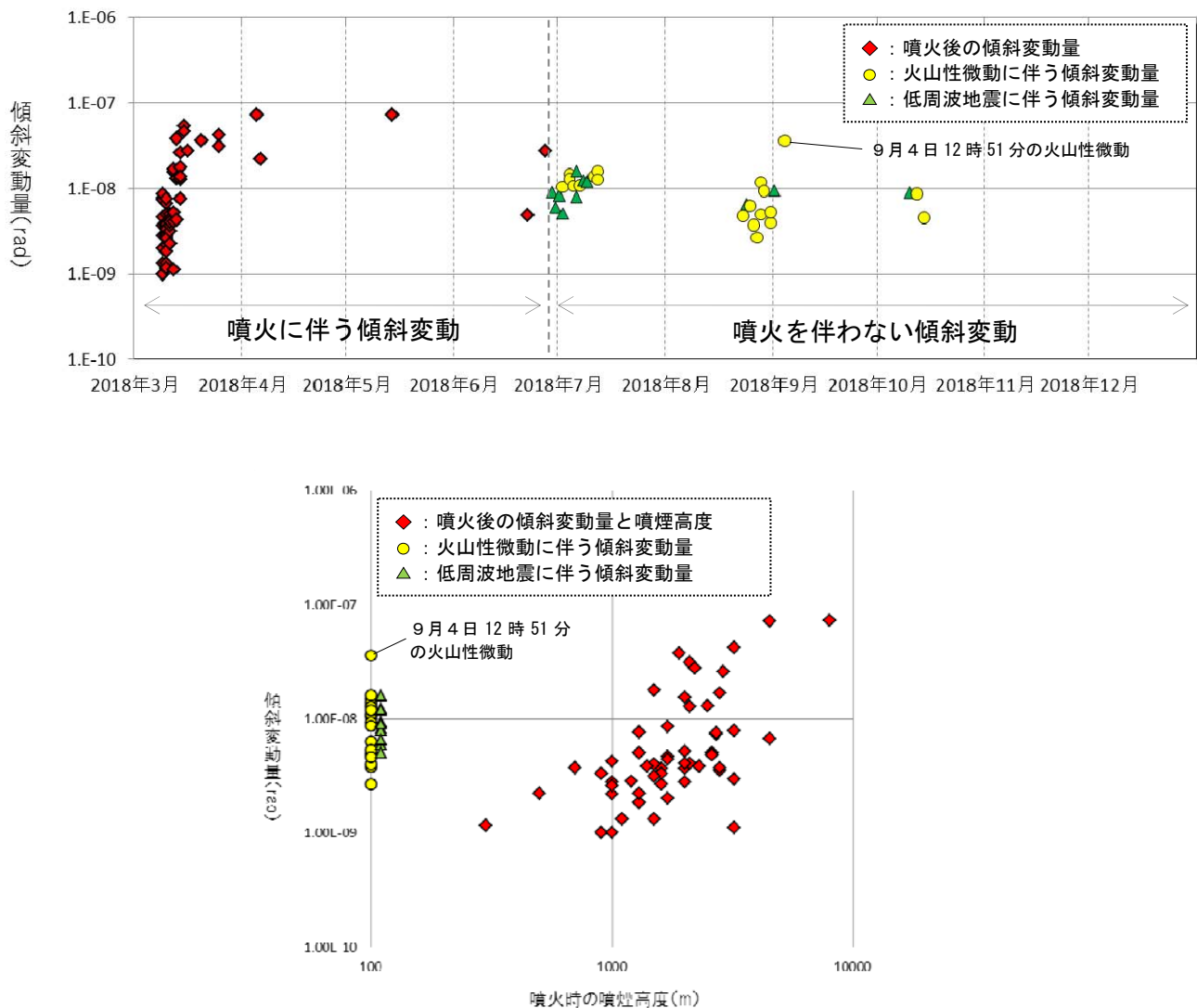


図7 霧島山（新燃岳） 噴火後の傾斜変動量と低周波地震及び火山性微動に伴う傾斜変動量
(傾斜変動量：高千穂河原観測点南北成分、期間：2018年3月1日～12月31日)

- ・ 傾斜変動を伴う低周波地震及び火山性微動は6月27日の噴火以降に発生したもので、噴火発生に伴うものではない。
- ・ いくつかの規模の大きな噴火の前後では、新燃岳方向が隆起沈降する傾斜変動が認められた。噴火時の噴煙高度は、傾斜変動の沈降量と相関がみられる。
- ・ 噴火を伴わない低周波地震や火山性微動に対応する傾斜変動は、新燃岳方向が沈降するわずかな変化である。10月10日を除き、低周波地震や微動の発生前には、新燃岳方向は隆起する変動は認められない。

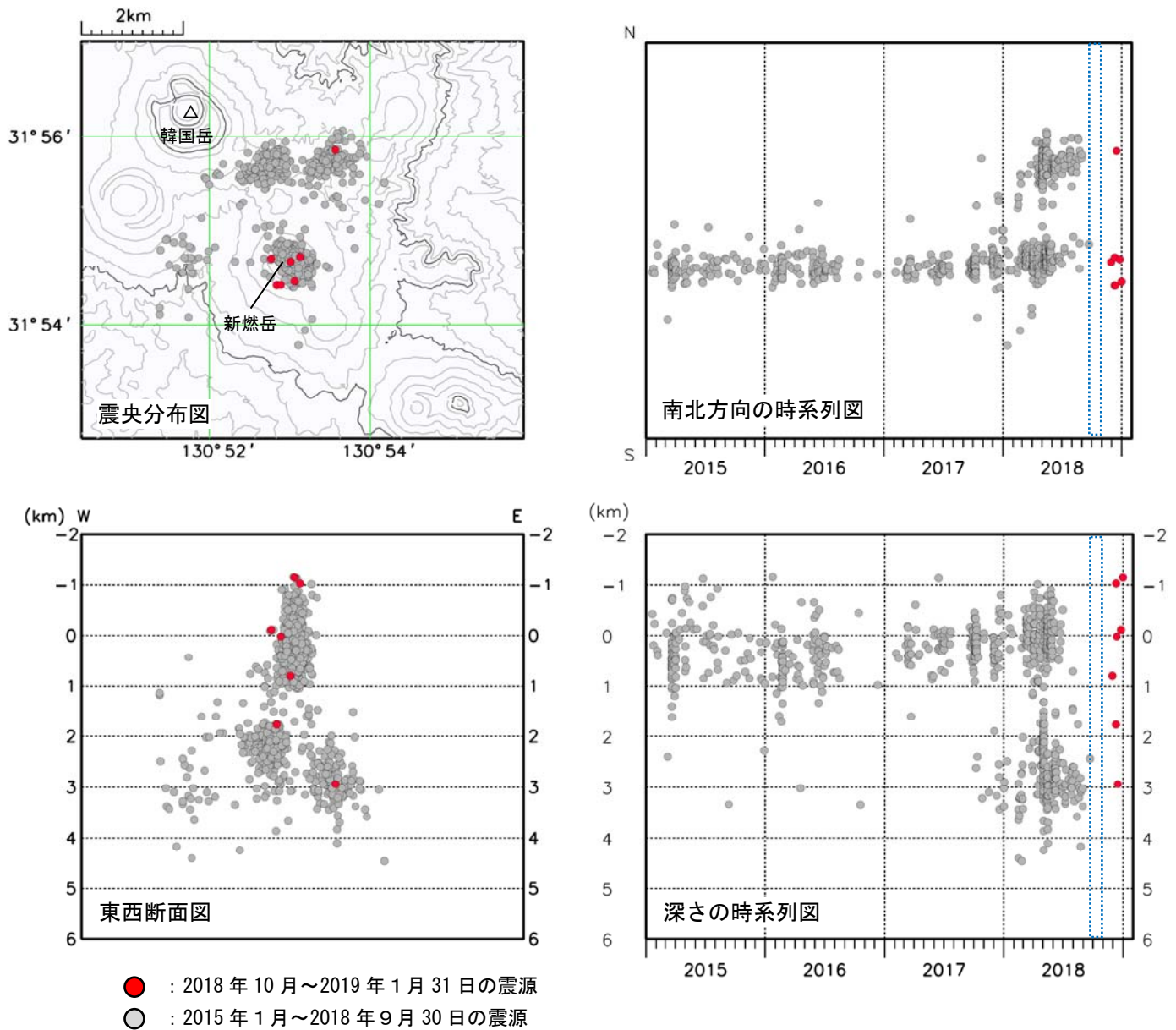


図 8 霧島山（新燃岳） 震源分布図（2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日）

＜2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日の状況＞

震源は、新燃岳のごく浅いところから深さ 2 km 付近及び新燃岳火口の北東側 2.5 km 付近の深さ 3 km 付近に分布した。

※新燃岳周辺の震源のみ図示している。

※観測点の障害により、震源が求まらなかった期間がある（青破線枠）。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

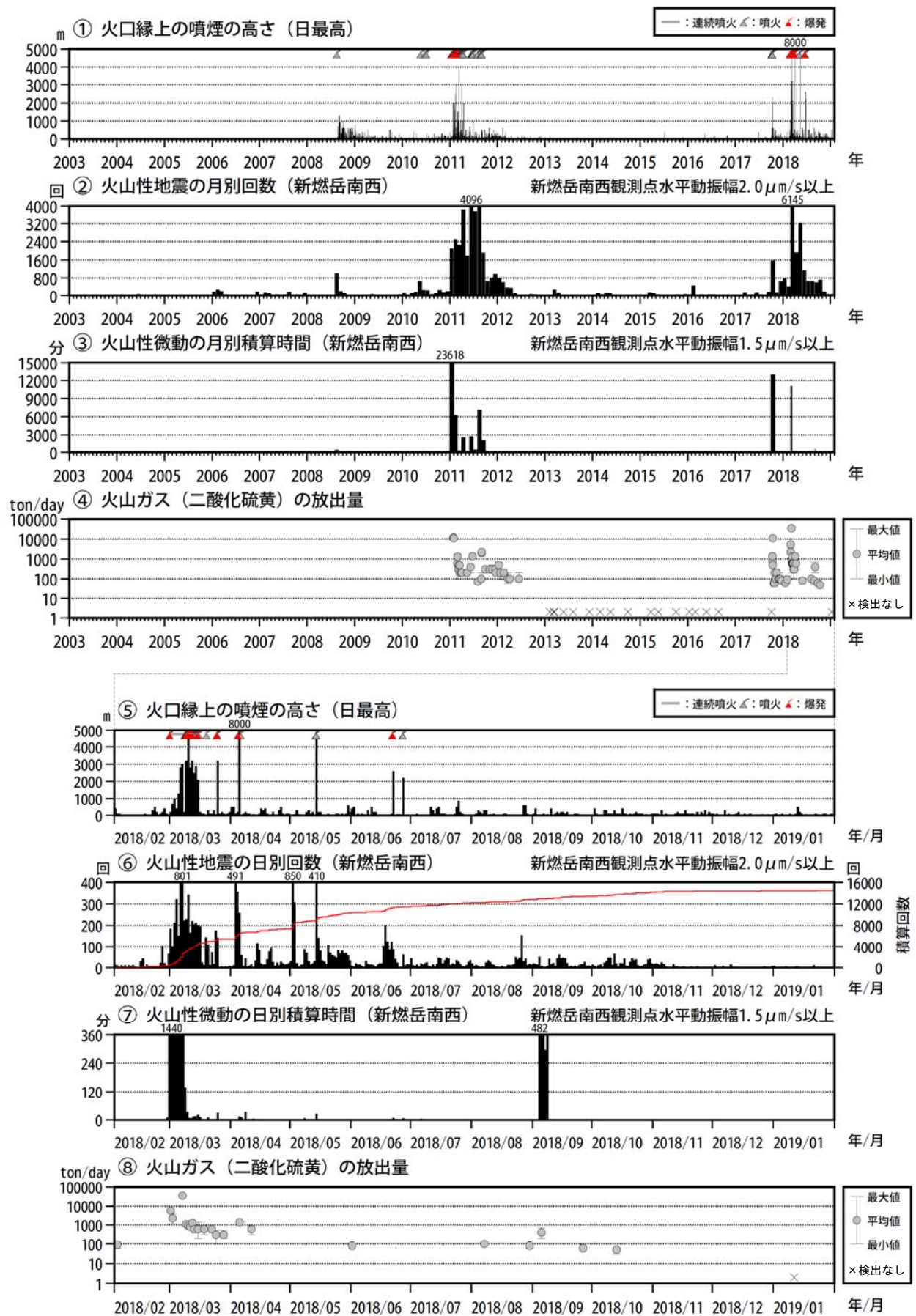


図 9-1 霧島山（新燃岳） 火山活動経過図（2003 年 1 月～2019 年 1 月 31 日）

⑥の赤線は、地震の回数の積算を示す。

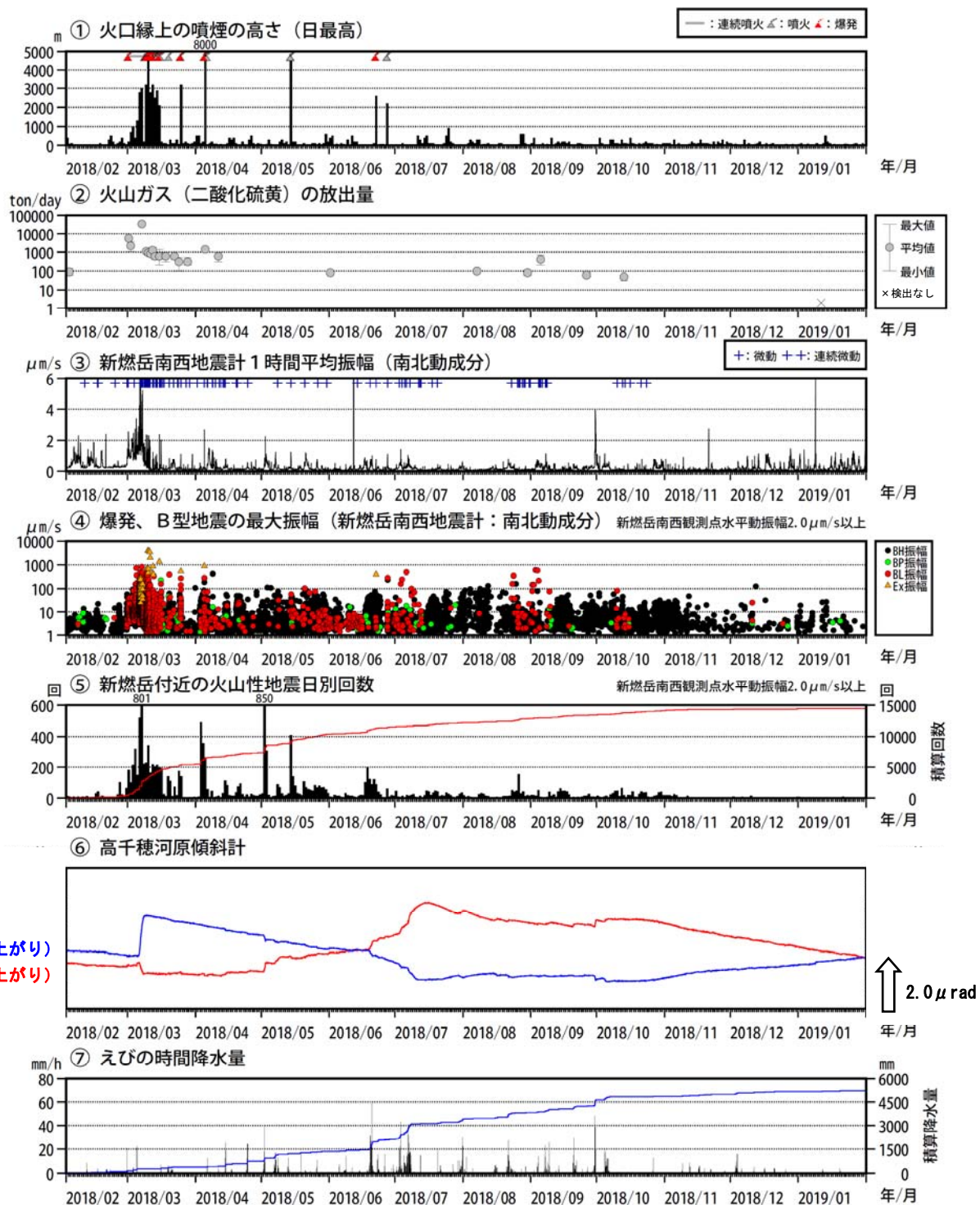


図 9-2 霧島山（新燃岳） 火山活動経過図（2018 年 2 月～2019 年 1 月 31 日）

＜2018年10月～2019年1月31日の状況＞

- ・ 白色の噴煙の高さは火口縁上概ね200m以下で経過した。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、9月下旬以降少ない状態で経過している。
- ・ 火山性地震は、11月中旬頃からは概ね少ない状態で経過した。BL型地震は10月頃まで時々発生していたが、11月以降は減少している。
- ・ 火山性微動は、2018年10月24日以降観測されていない。

④火山性微動の振幅が大きい状態では、振幅の小さな火山性地震の回数は計数できていない。

⑤の赤線は、地震の回数の積算を示す。

⑥2018年6月下旬から7月下旬にかけてまとまった降水があったため、高千穂河原観測点の傾斜計では、同期間にその影響と考えられる変動がみられている。

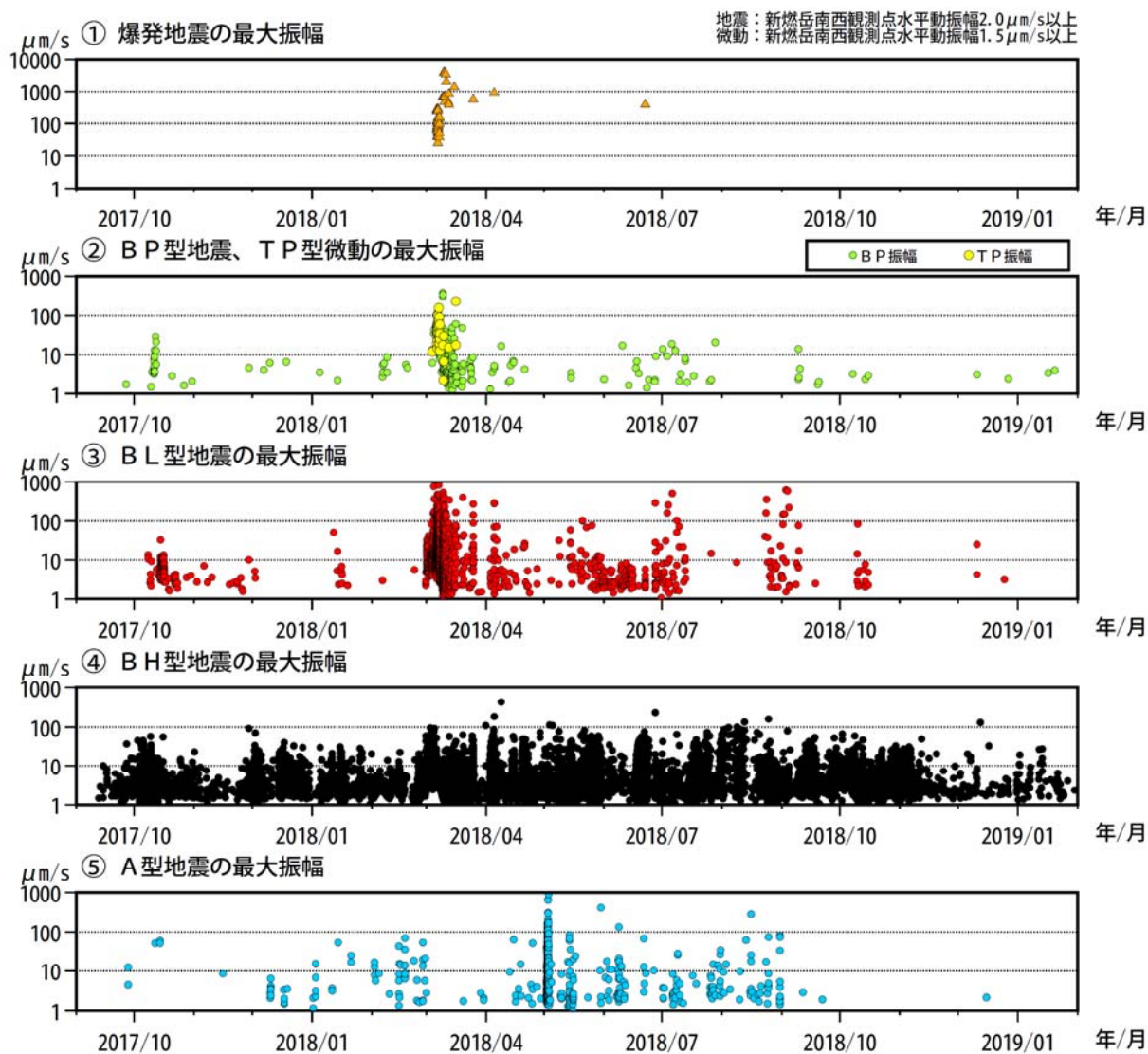


図 9-3 霧島山（新燃岳） 火山活動経過図（2017 年 9 月～2019 年 1 月 31 日）

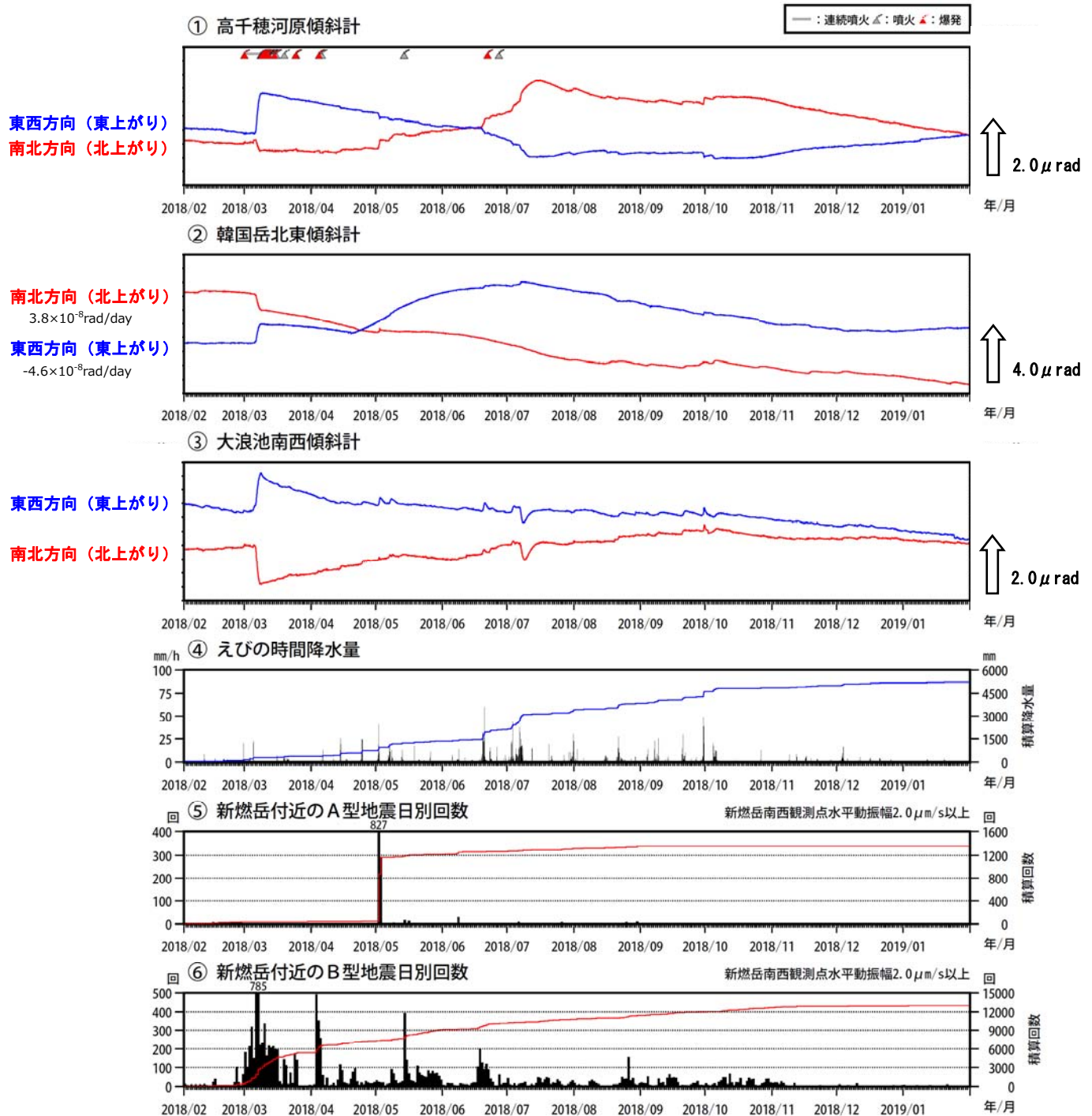


図 10 霧島山（新燃岳） 傾斜変動と火山性地震の日別回数
 （2018 年 2 月～2019 年 1 月 31 日）

<2018年10月～2019年1月31日の状況>

新燃岳近傍の傾斜計では、山体膨張を示す顕著な変化は観測されていない。

※①2018年6月下旬から7月下旬にかけてまとまった降水があったため、高千穂河原観測点の傾斜計では、同期間にその影響と考えられる変動がみられている。

※②の韓国岳北東観測点の傾斜変動は、南北方向 3.8×10^{-8} rad/day、東西方向 -4.6×10^{-8} rad/dayのトレンドの補正を行っている。

※⑤⑥の赤線は、地震の回数の積算を示す。

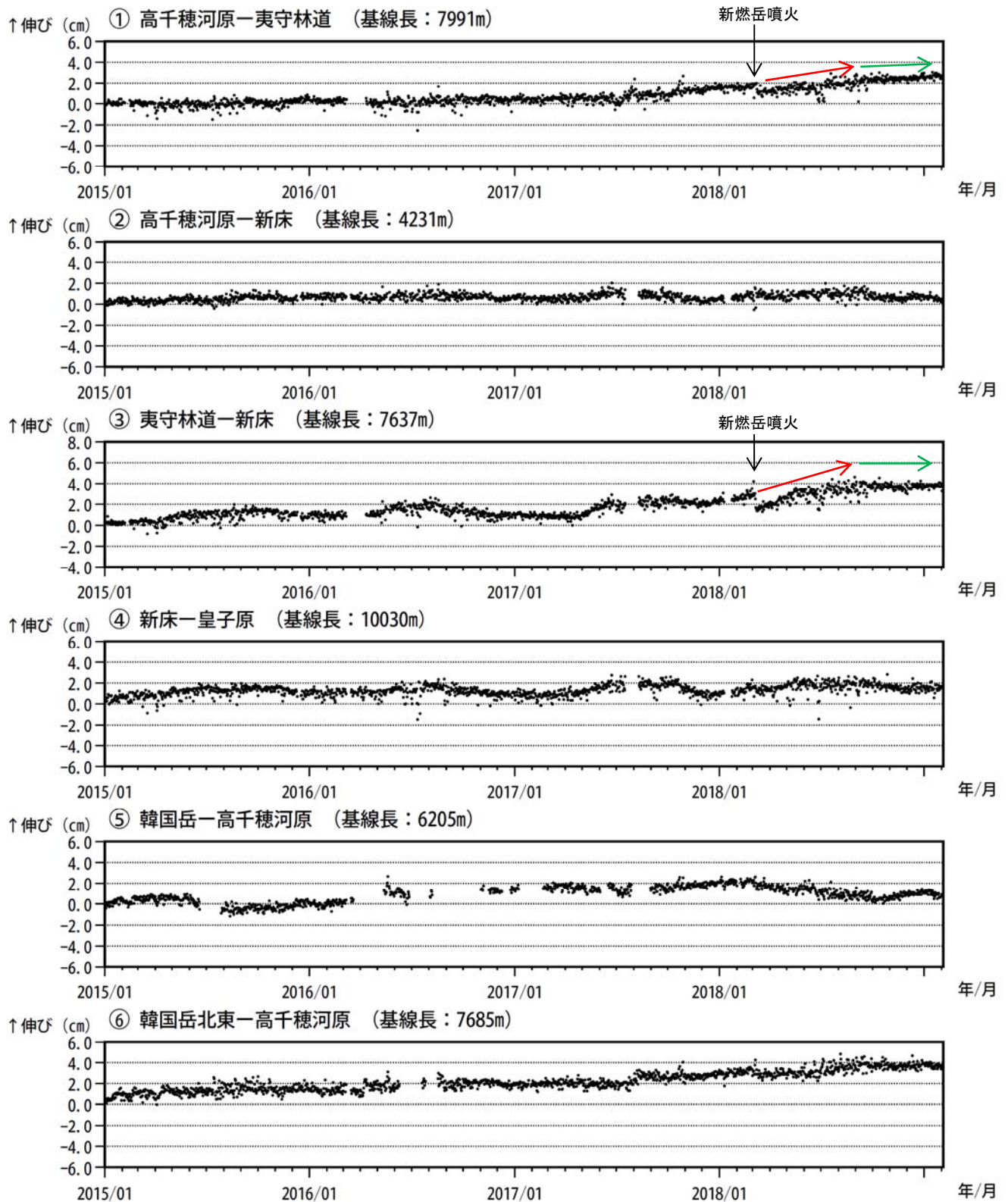


図 11-1 霧島山（新燃岳） GNSS 連続観測による基線長変化
(2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸び（赤矢印）は鈍化しているものの継続（緑矢印）している。

これらの基線は図 13 の①～⑥に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

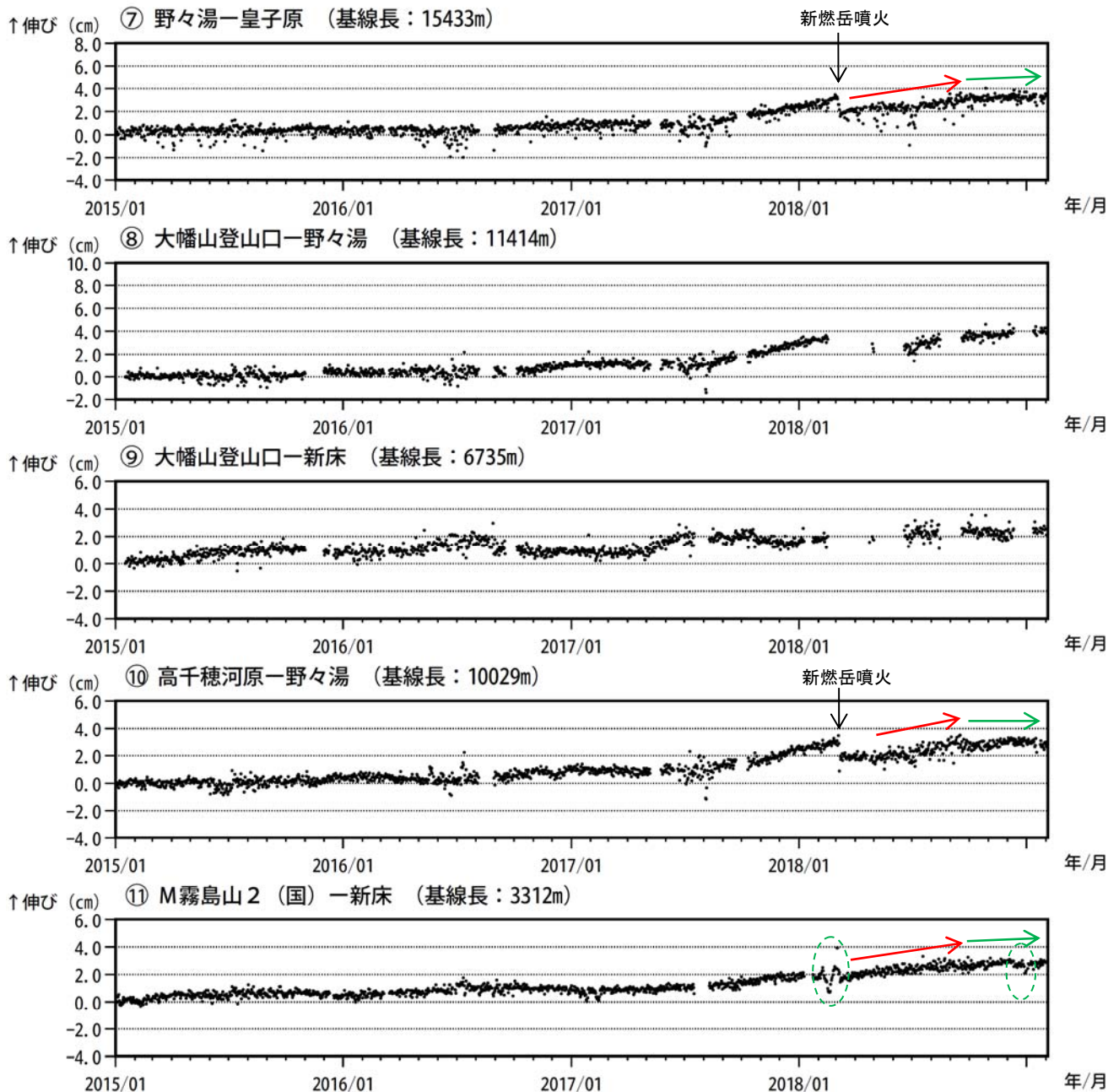


図 11-2 霧島山（新燃岳） GNSS 連続観測による基線長変化

(2015 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸び（赤矢印）は鈍化しているものの継続（緑矢印）している。

これらの基線は図 13 の⑦～⑪に対応している。

緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。

基線の空白部分は欠測を示している。

(国)：国土地理院

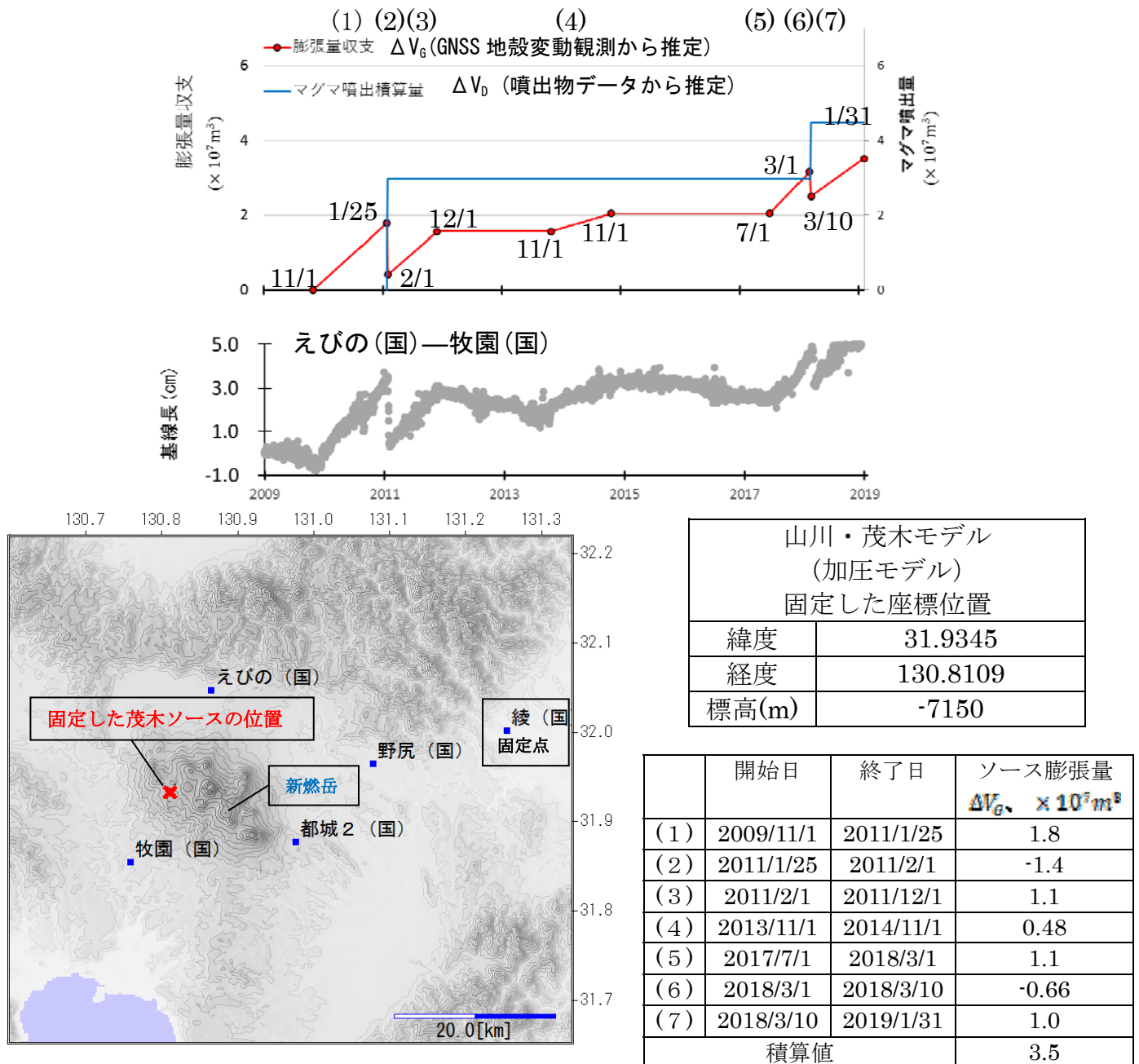


図 12-1 霧島山 噴出物データ及び地殻変動推移によるマグマ収支の時間変化の推定
(2009 年 1 月～2019 年 1 月)

膨張量収支については、GNSS 地殻変動観測からえびの岳地下付近をソースとする球状モデル(山川・茂木モデル)の膨張量を期間ごとに計算(図 12-2)し、積算したものから時間変化を推定している。マグマ噴出積算量については、2011 年、2018 年の噴火における噴出物データから見積もられたマグマ噴出量を積算したものから時間変化を推定しており、ソース位置は 2017 年 7 月から 2018 年 3 月初頭までの GNSS 地殻変動観測から推定し、2009 年からソース位置は変わらないと仮定している(第 141 回火山噴火予知連絡会、気象庁資料)。また、その座標を図中に示す。

期間(1)～(7)について、期間の日時及び GNSS 地殻変動観測から見積もったソース膨張量を図中に示す。2009 年 11 月 1 日からの膨張量収支としては、 $3.5 \times 10^7 \text{ m}^3$ の膨張と推定される。

※(国)：国土地理院 えびの(国)―牧園(国)の基線長については、国土地理院の解析結果(F3 解及び R3 解)を使用した。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ (標高)』を使用した。

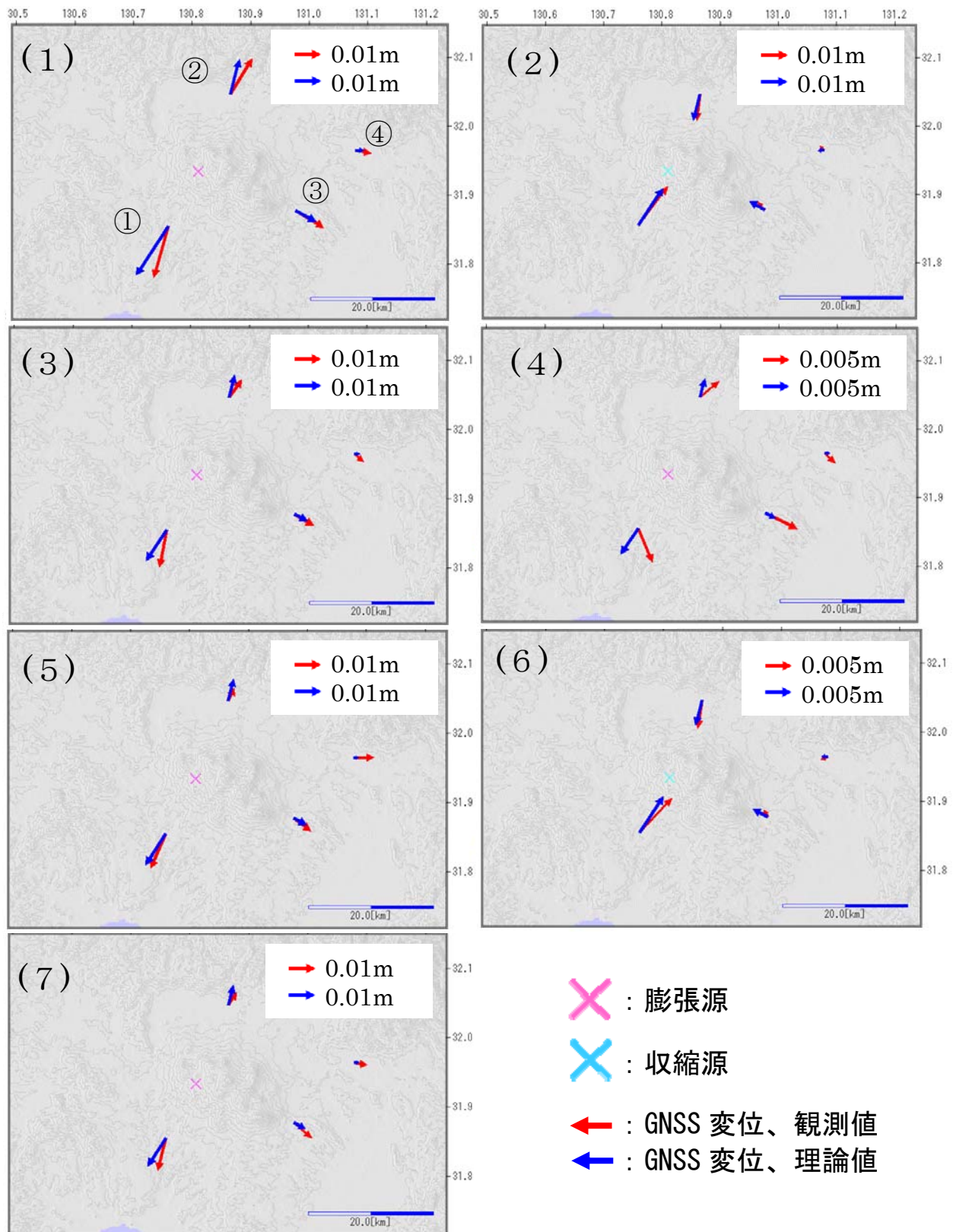


図 12-2 霧島山（新燃岳） 霧島山周辺の GNSS 変動源推定

図 12-1 で示した変動源位置を固定し、GNSS の水平変位量から球状モデルの膨張量を図 12-1 中の期間(1)～(7)で推定した。

使用観測点は、①牧園(国)、②えびの(国)、③都城2(国)、④野尻(国)、綾(国)の5点である。基準点は、綾(国)である。(国)：国土地理院 国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。図中では、各観測点での GNSS 変動の観測結果を →、求めた球状モデルでの GNSS 変動の理論値を → で示している。また、推定された膨張源を ×、収縮源を × で示している。

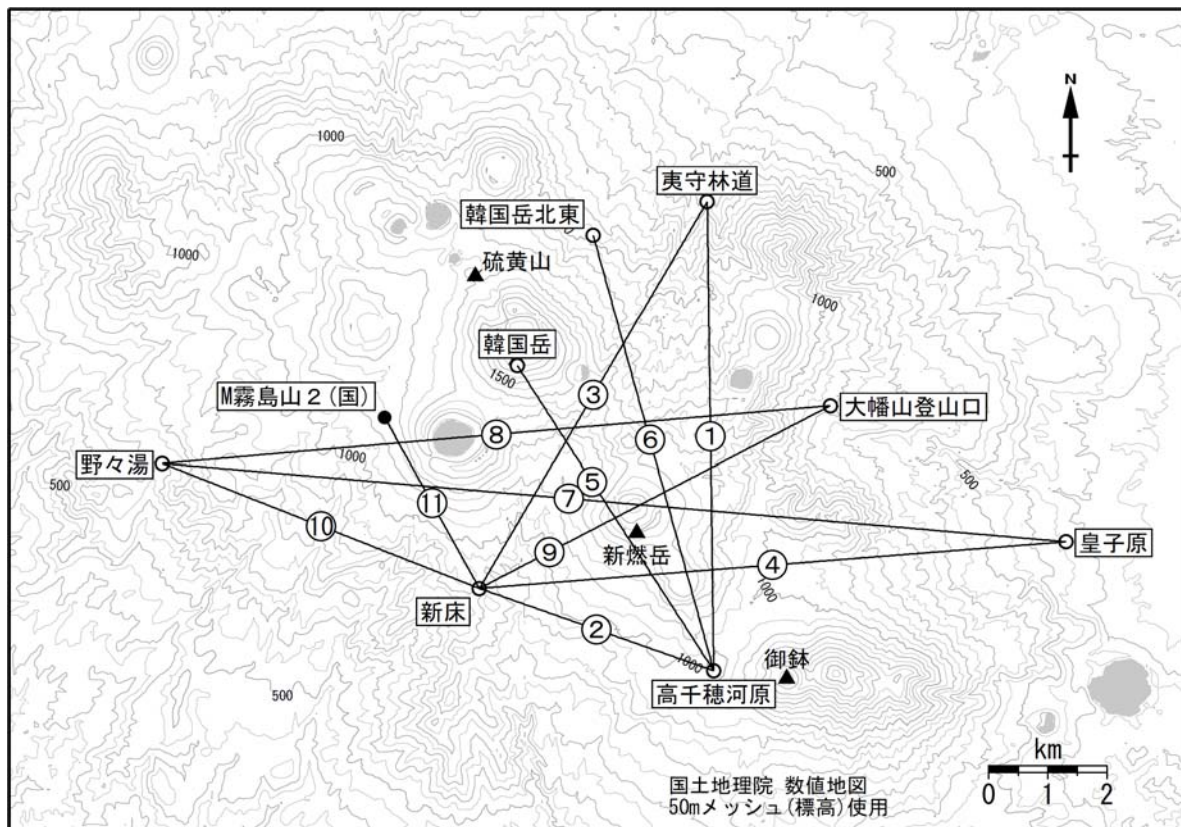


図 13 霧島山（新燃岳） GNSS 観測点基線図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。

（国）：国土地理院

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。

御鉢

火山性地震は少ない状態で経過した。火山性微動は観測されなかった。
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、今後の火山活動に留意すること。

○ 概況（2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

・ 噴煙など表面現象の状況（図 1～6、図 7-①）

火口縁を越える噴煙は観測されなかった。

11 月 29 日に実施した現地調査では、特段の変化は認められず、これまでと同様に火口底付近、火口壁南側及び火口壁西側で熱異常域を確認した。また、火口内で弱い噴気が認められた。

10 月 22 日に海上自衛隊第 1 航空群の協力により実施した上空からの観測では、火口内及び火口周辺の状況に特段の変化は認められなかった。

・ 火山性地震、微動の状況（図 7-②～⑤、図 8）

火山性地震は、少ない状態で経過した。

火山性微動は観測されていない。

・ 地殻変動の状況（図 9～11）

GNSS 連続観測や傾斜計では、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。



図 1 霧島山（御鉢） 御鉢の状況（2018 年 12 月 25 日、猪子石監視カメラ）

火口縁を越える噴煙は観測されなかった。

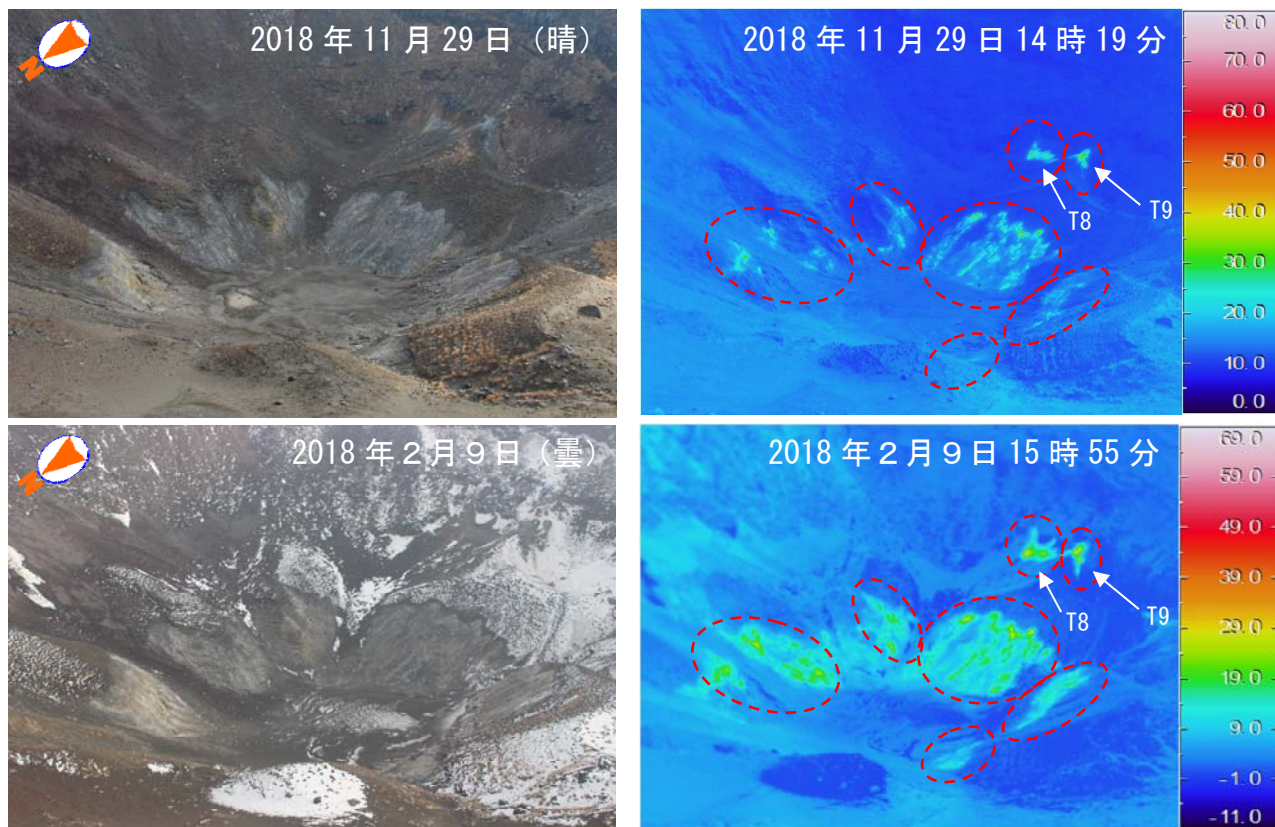


図 2 霧島山（御鉢） 火口内の状況（火口縁北西側から観測）

火口底付近及び火口壁南側（T8、T9）で、これまでと同様に熱異常域（赤破線）が認められた。また、火口内で弱い噴気が認められた。

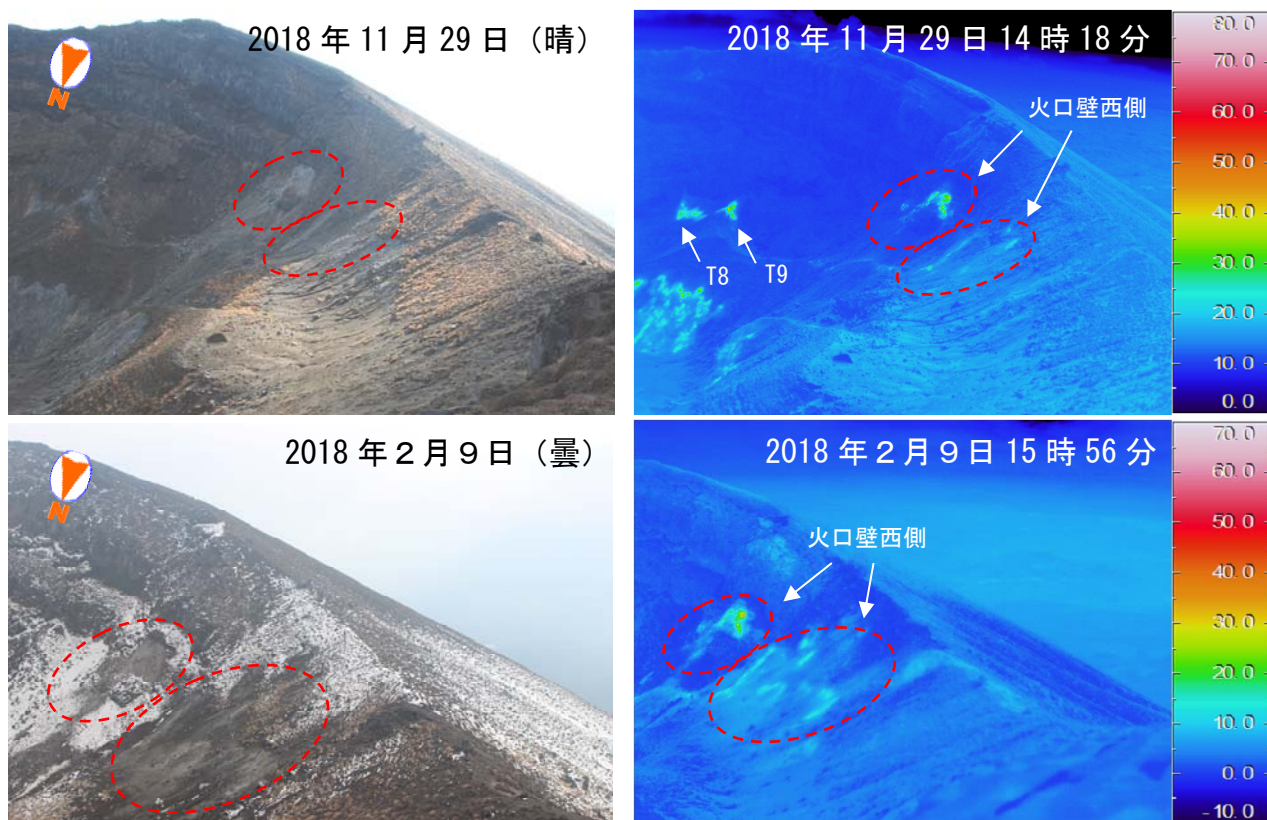


図 3 霧島山（御鉢） 火口内の状況（火口縁北西側から観測）

火口壁西側で、これまでと同様に熱異常域（赤破線）が認められた。

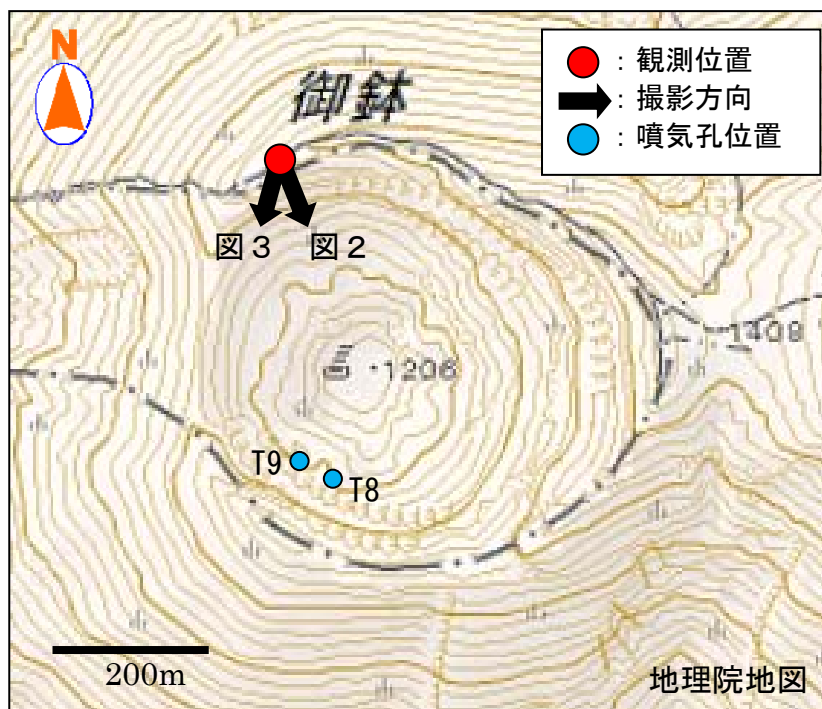


図 4 霧島山（御鉢） 観測位置、撮影方向及び噴気孔位置



図 5 霧島山（御鉢） 御鉢の火口内及び火口周辺の状況

(①、②：10月22日、③：3月14日、④：3月2日)

10月22日の観測では、火口内及び火口周辺の状況に特段の変化は認められなかった。

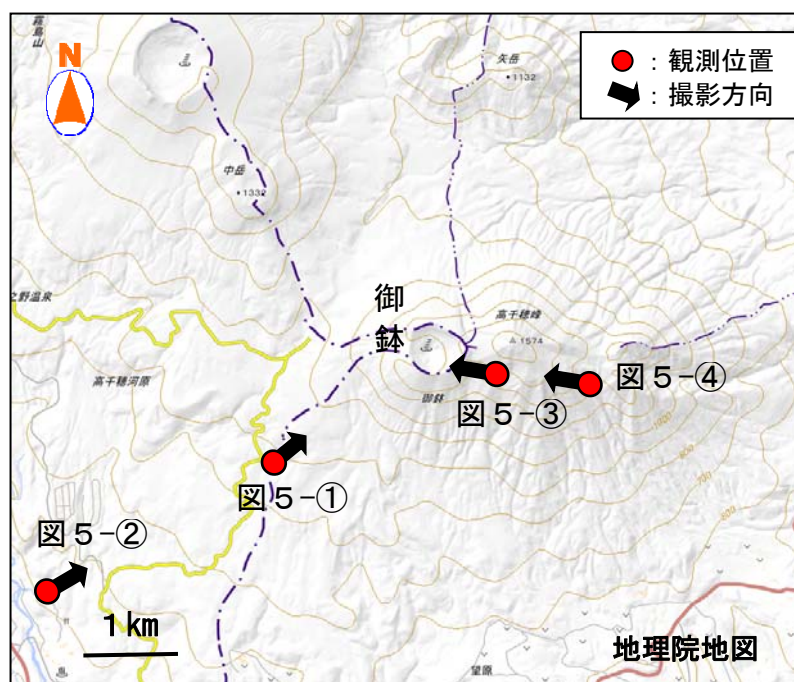


図 6 霧島山（御鉢） 観測位置及び撮影方向

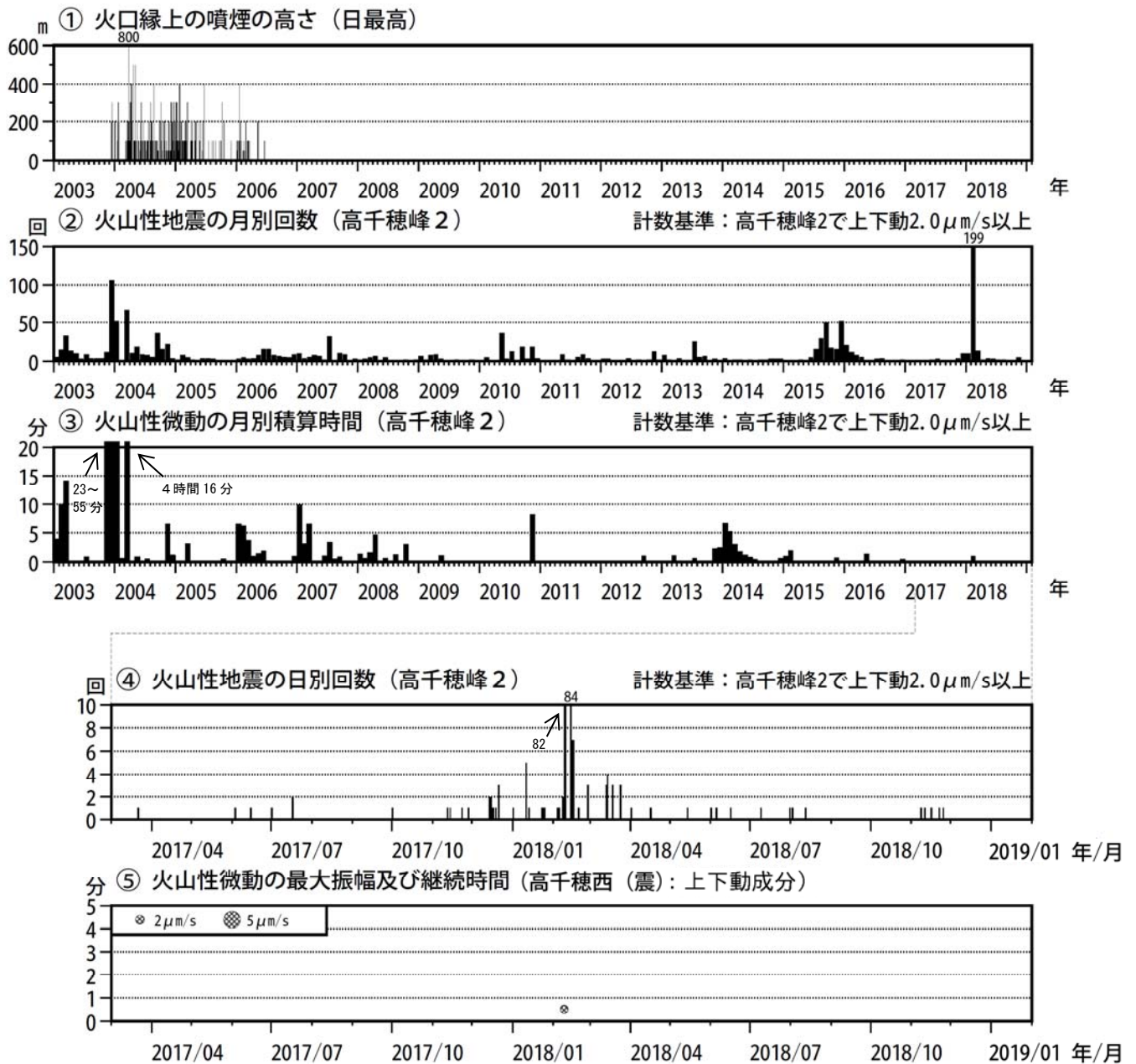


図7 霧島山（御鉢） 火山活動経過図（2003年1月～2019年1月31日）

<2018年10月～2019年1月31日の状況>

- ・火口縁を越える噴煙は観測されなかった。
- ・火山性地震は少ない状態で経過した。
- ・火山性微動は観測されていない。

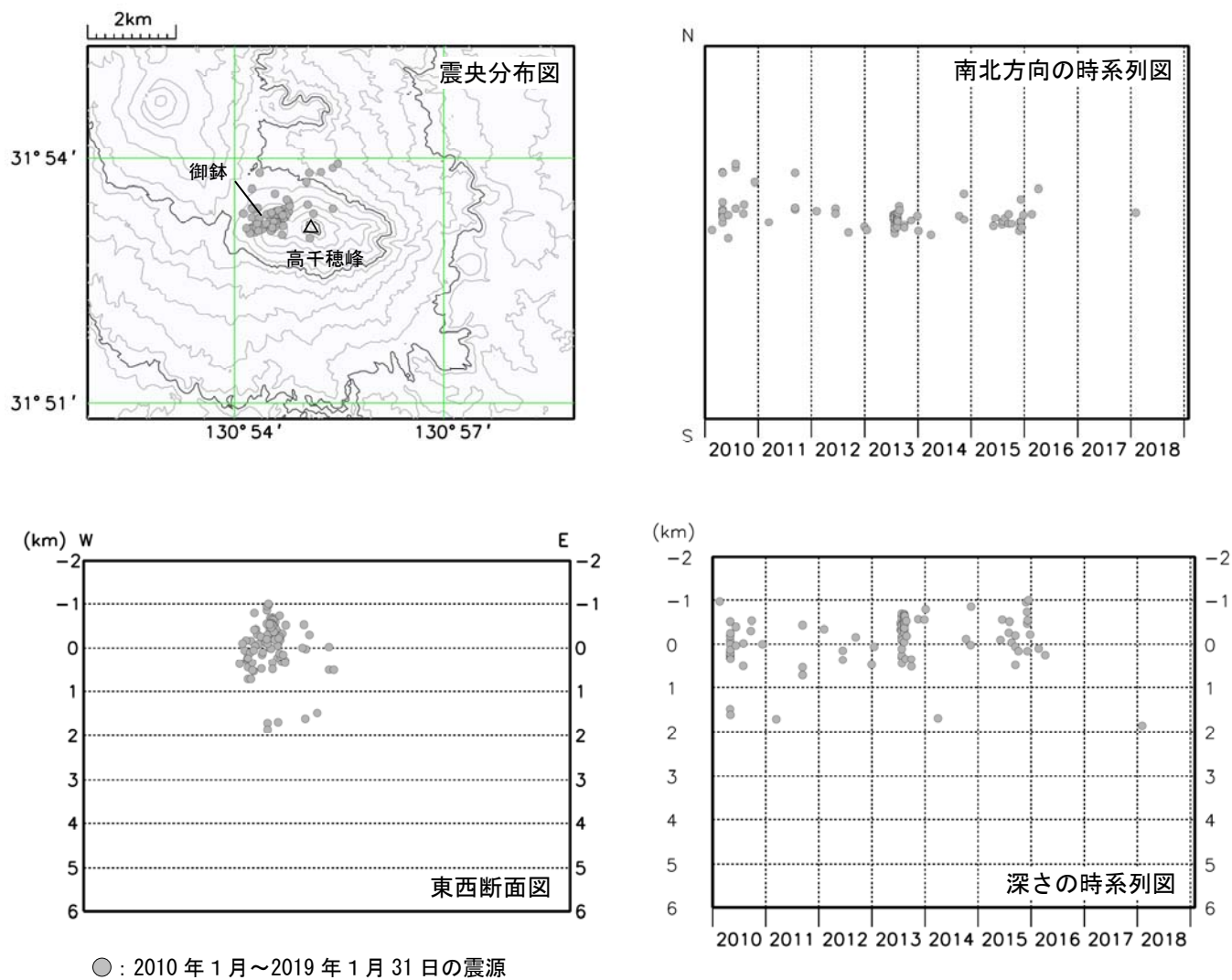


図 8 霧島山（御鉢） 震源分布図（2010 年 1 月～2019 年 1 月 31 日）

<2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日の活動状況>

震源が決まる火山性地震の発生はなかった。

※御鉢周辺の震源のみ図示している。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

高千穂河原観測点の傾斜変動

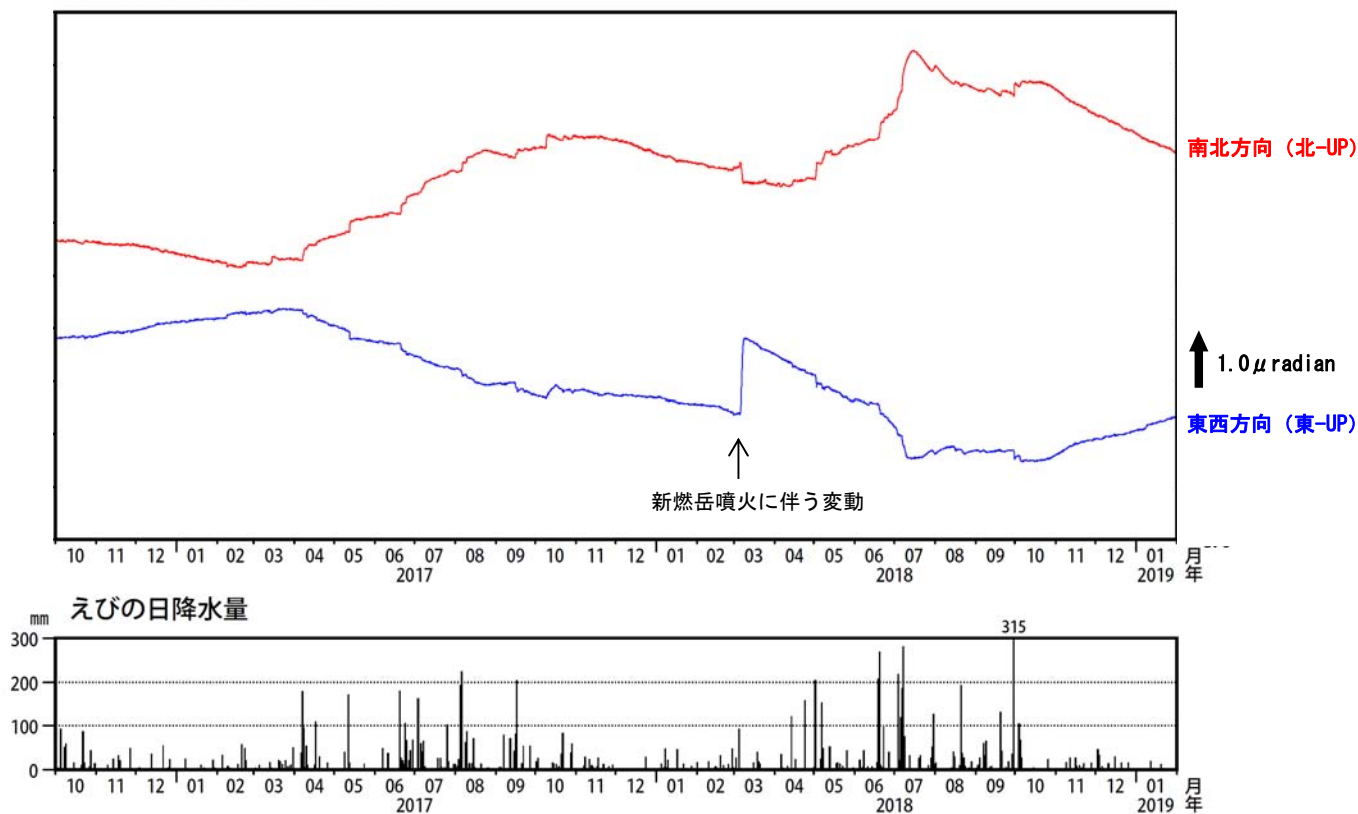


図 9 霧島山（御鉢） 高千穂河原傾斜計の変化（2016 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

＜2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日の状況＞

傾斜計では、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。

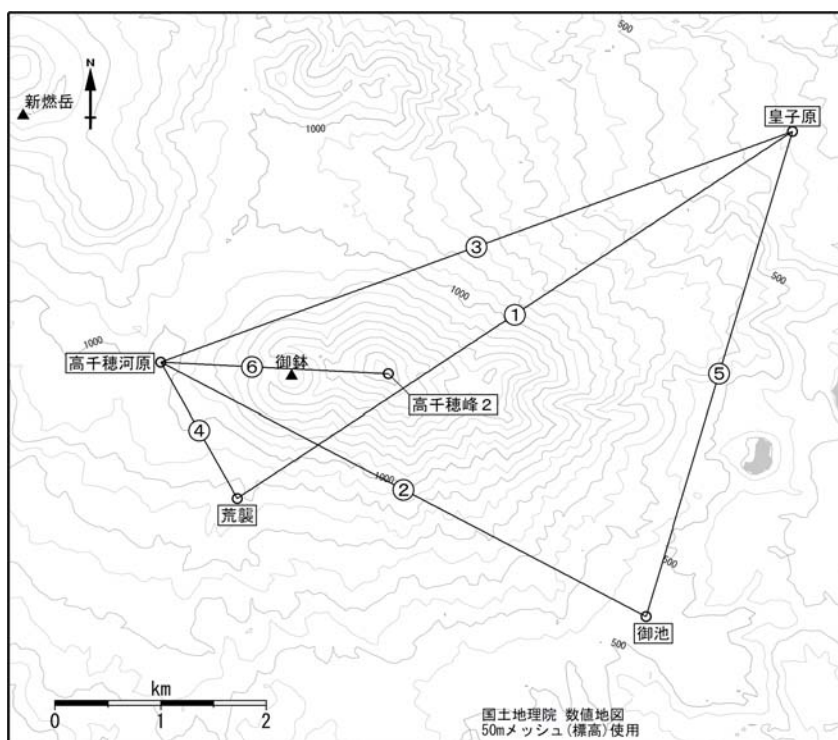


図 10 霧島山（御鉢） GNSS 観測点基線図

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。

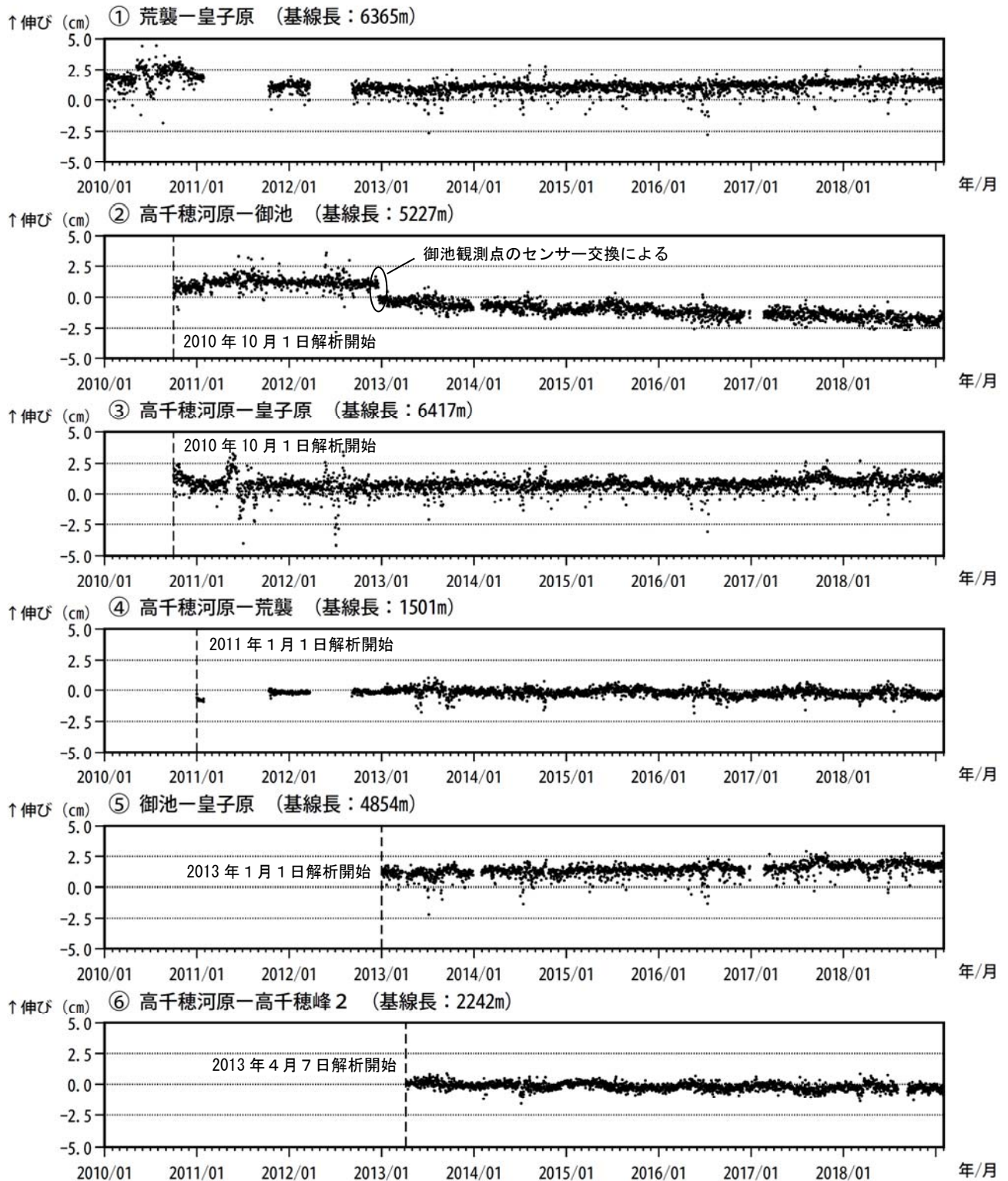


図 11 霧島山（御鉢） GNSS 連続観測による基線長変化
(2010 年 1 月～2019 年 1 月 31 日)

火山活動によると考えられる変化は認められない。

この基線は図 10 の①～⑥に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

2010 年 10 月及び 2013 年 1 月に、解析方法を変更している。

霧島山（広域）

○ 概況（2018 年 10 月～2019 年 1 月 31 日）

・ 韓国岳付近及び北東側

韓国岳付近及び北東側では、2018 年 8 月下旬頃から 9 月にかけて地震が急増した。10 月以降、地震は次第に減少しつつも依然として多い状態が継続している。また、韓国岳付近では浅い所を震源とする低周波地震もみられていたが、10 月以降は減少している。

10 月 12 日及び 1 月 9 日に韓国岳から実施した現地調査では、韓国岳火口内に噴気や熱異常域等は確認されなかった。繰り返し実施したえびの高原からの観測でも、韓国岳の西側斜面には、特段の変化は観測されなかった。

・ 大浪池付近

普段から地震活動がみられる領域で、2017 年 11 月に地震がやや増加し、以降も時々発生している。

10 月 12 日、12 月 13 日及び 1 月 9 日に韓国岳から実施した現地調査では、大浪池周辺に噴気や熱異常域等は確認されなかった。

・ 大浪池南西側

2018 年 8 月 29 日に大浪池の南西約 3 km 付近の深さ 1 km 付近を震源とする地震が一時的に増加し、霧島市横川町中ノで震度 1 を観測した。この付近を震源とする地震は、8 月 29 日に 48 回発生したが、その後、8 月 30 日は 2 回と減少し、8 月 31 日以降は観測されていない。

・ 新燃岳の北側 2 km 付近（獅子戸岳付近）

2018 年 5 月 2 日から 3 日にかけて、新燃岳火口の北側 2 km 付近の深さ 2 ～ 3 km 付近を震源とする火山性地震が急増し、これに伴う傾斜変動が観測された。この領域の地震は、6 月 12 日以降、観測されていない。

・ 新燃岳の北東側 2.5km 付近（大幡山付近）

大幡山付近では、2017 年 10 月頃から地震が時々発生し、2018 年 4 月から 8 月にかけて増加した。9 月以降は減少している。

・ えびの岳付近

えびの岳付近（硫黄山から南西約 3 km）では地震が 2017 年 10 月 6 日に 33 回、9 日に 105 回、13 日に 140 回と増加し、12 月まで時々発生した。その後、地震はしばらく発生しなかったが、2018 年 9 月に 1 回発生し、以降は観測されていない。

・ 大霧付近

地震活動の活発な領域で時々まとまった地震活動がある。2018 年 8 月頃から 10 月頃にかけて、やや活動が活発になった。2018 年 9 月 18 日に発生した地震では震度 1 を 2 回観測したほか、10 月 2 日に発生した地震ではえびの高原で揺れを感じている。

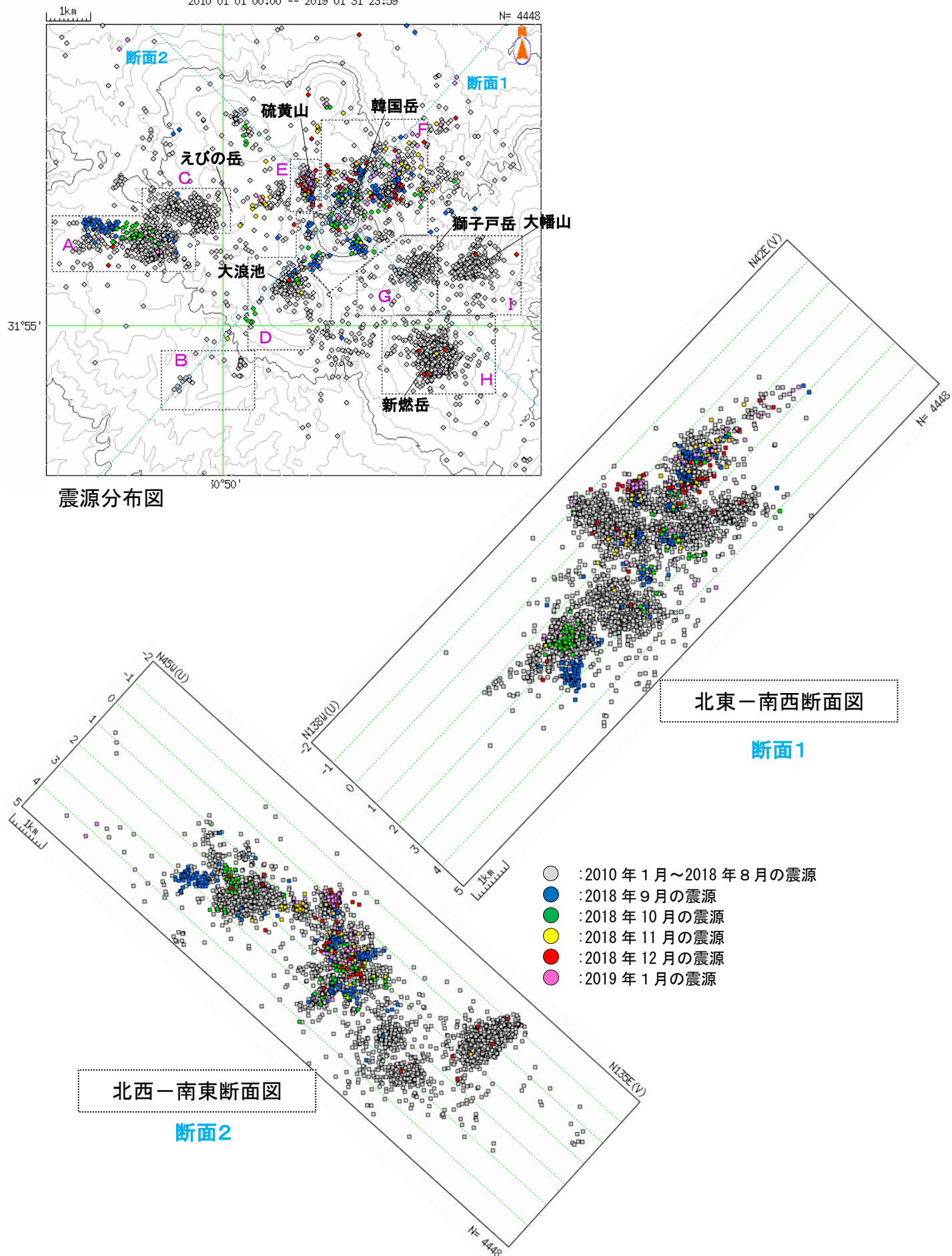


図 1 霧島山 霧島山の震源分布図 (2010 年 1 月～2019 年 1 月)

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

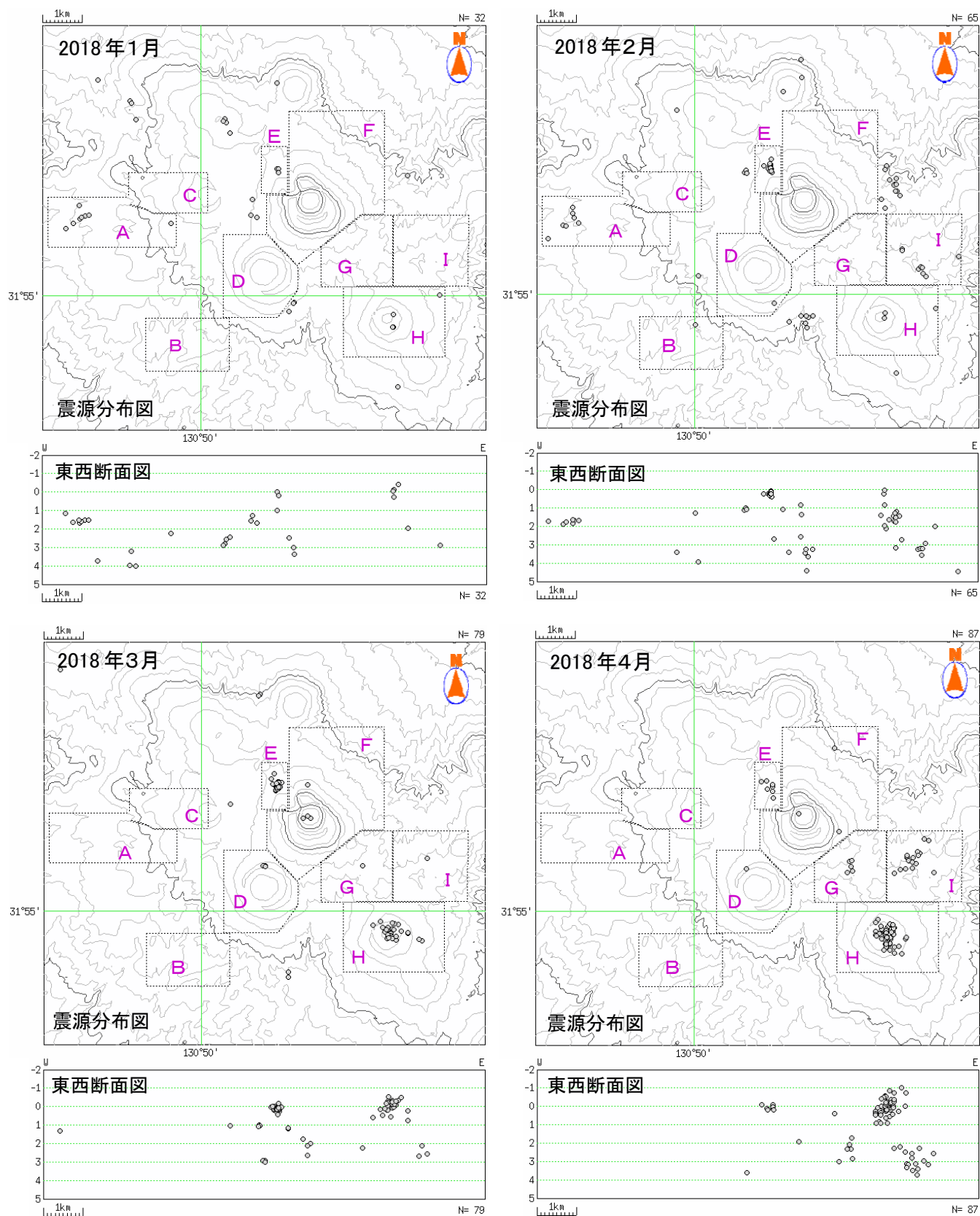


図 2-1 霧島山 霧島山の月毎の震源分布図

(左上：2018 年 1 月、右上：2018 年 2 月、左下：2018 年 3 月、右下：2018 年 4 月)

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

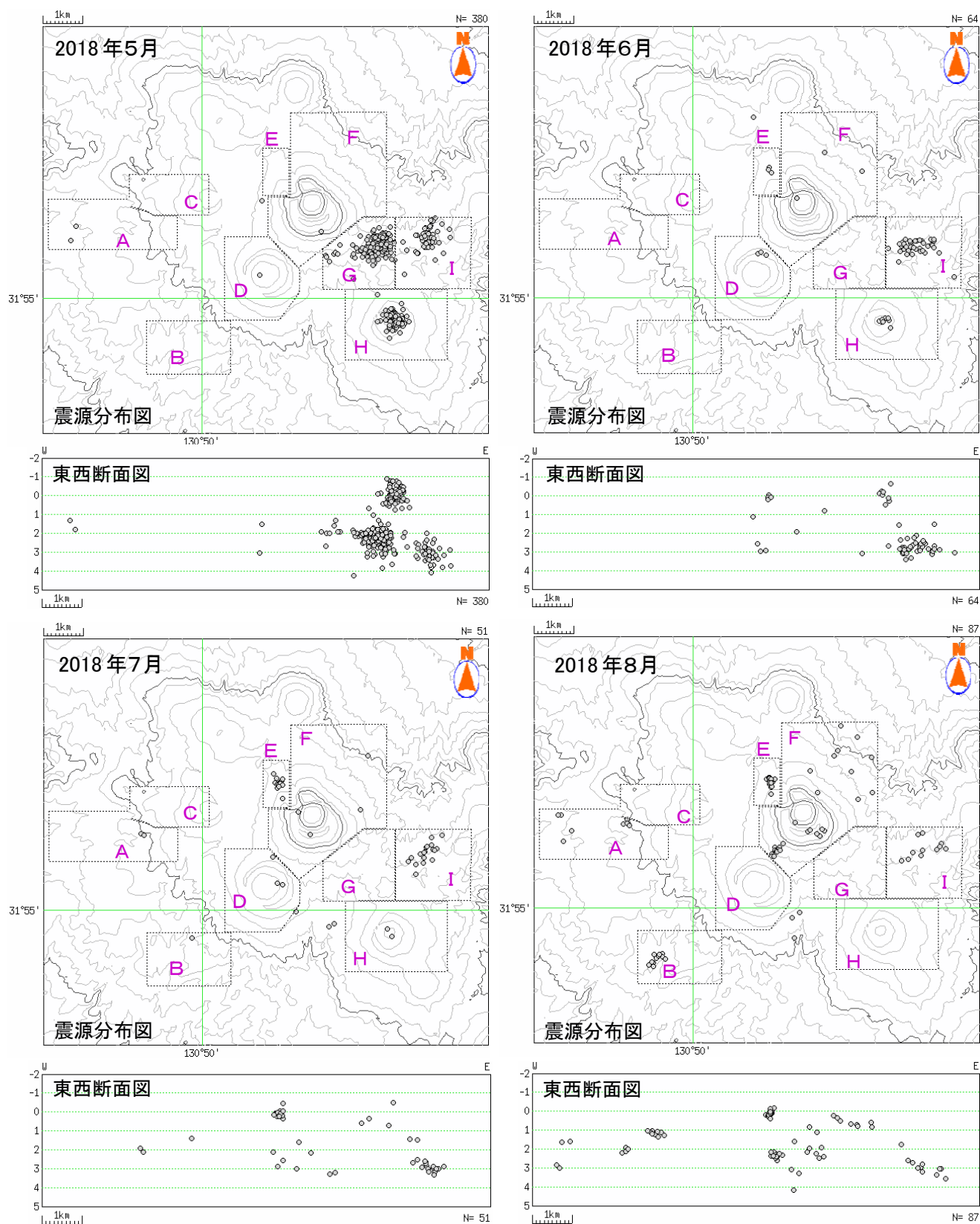


図 2-2 霧島山 霧島山の月毎の震源分布図

(左上 : 2018 年 5 月、右上 : 2018 年 6 月、左下 : 2018 年 7 月、右下 : 2018 年 8 月)

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

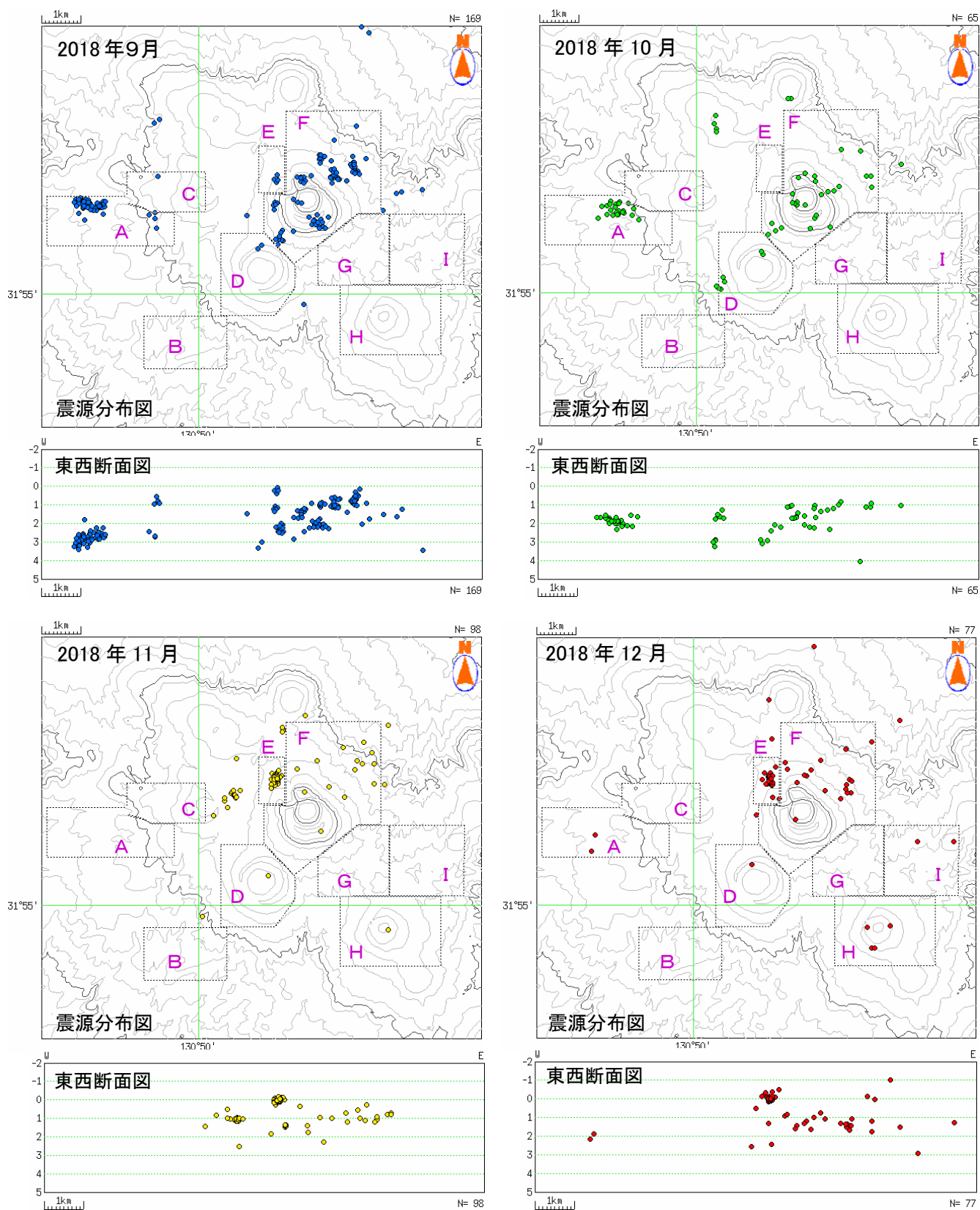


図 2-3 霧島山 霧島山の月毎の震源分布図

(左上 : 2018 年 9 月、右上 : 2018 年 10 月、左下 : 2018 年 11 月、右下 : 2018 年 12 月)

※観測点の障害により、新燃岳及び硫黄山付近では震源が求まらなかった期間（9 月及び 10 月）がある。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

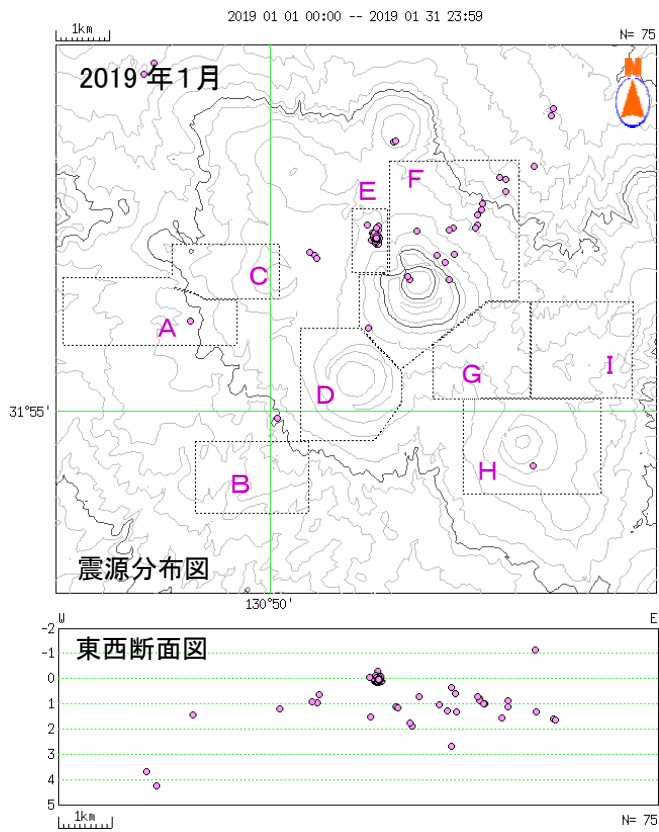


図 2-4 霧島山 霧島山の月毎の震源分布図（2019 年 1 月）

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

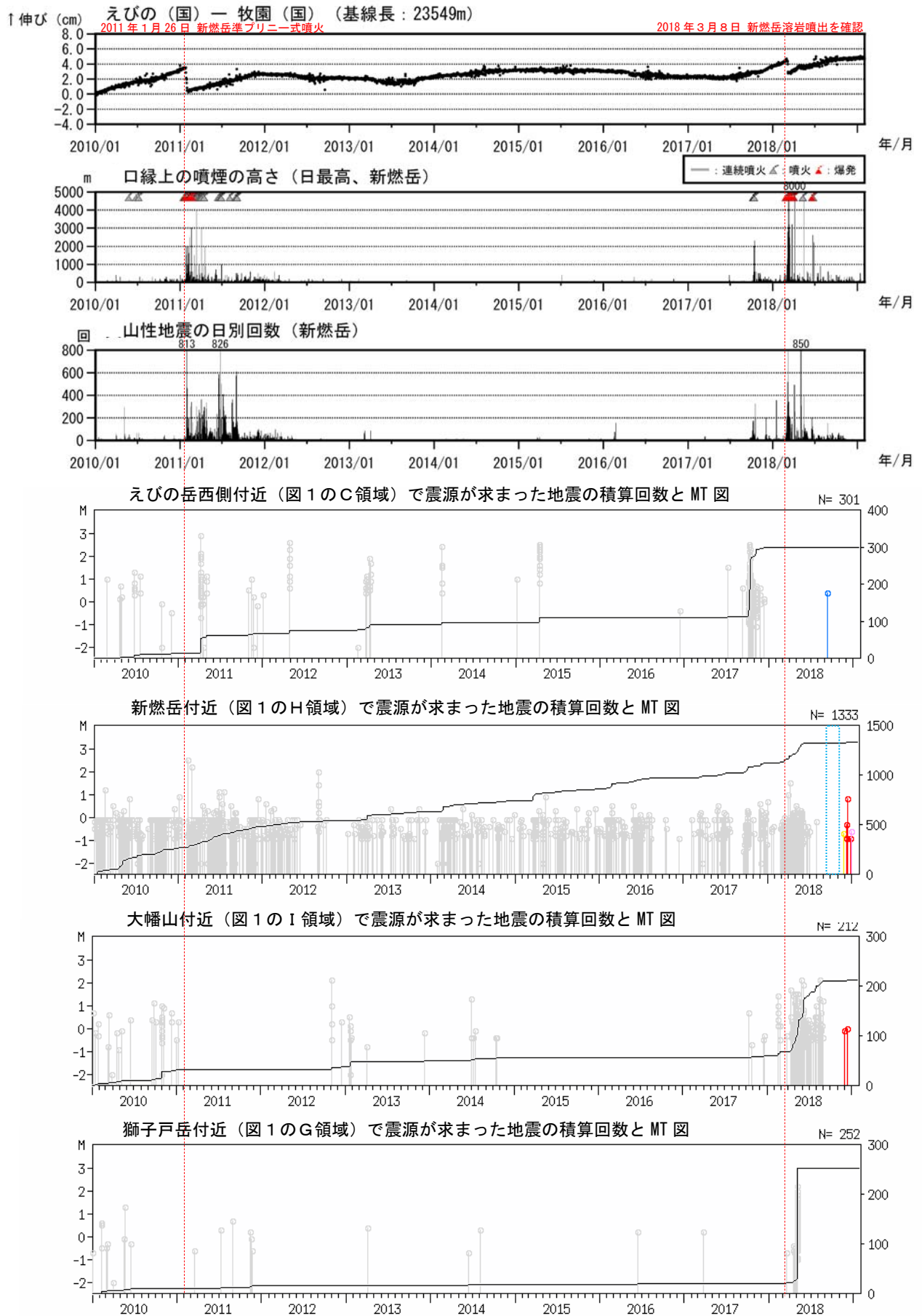


図 3-1 霧島山 新燃岳及びその周辺の火山活動経過図 (2010 年 1 月～2019 年 1 月)

※観測点の障害により、新燃岳付近では震源が求まらなかった期間がある (青破線)。

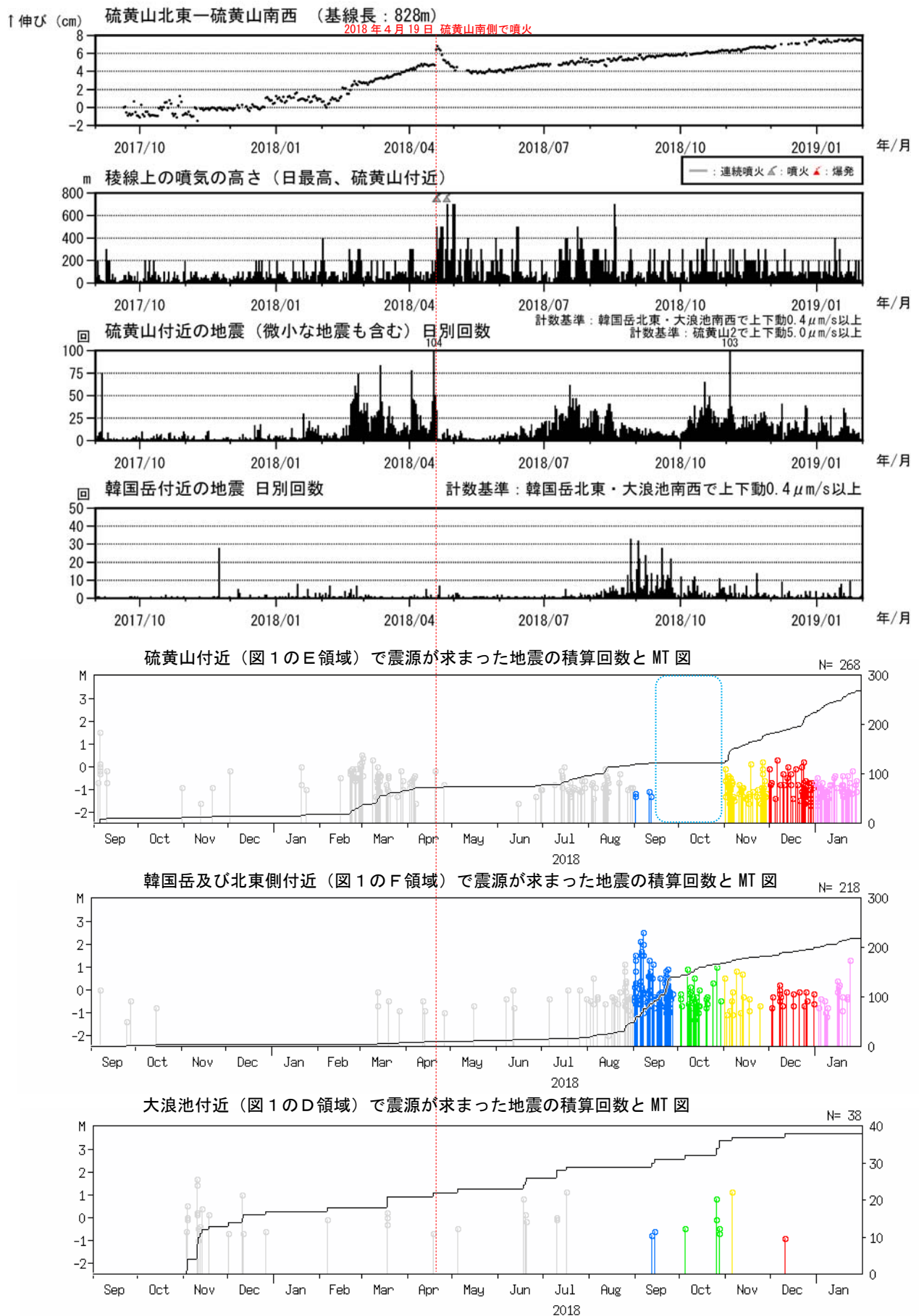


図 3-2 霧島山 えびの高原周辺の火山活動経過図 (2017 年 9 月～2018 年 1 月)

※観測点の障害により、硫黄山付近では震源が求まらなかった期間がある (青破線)。

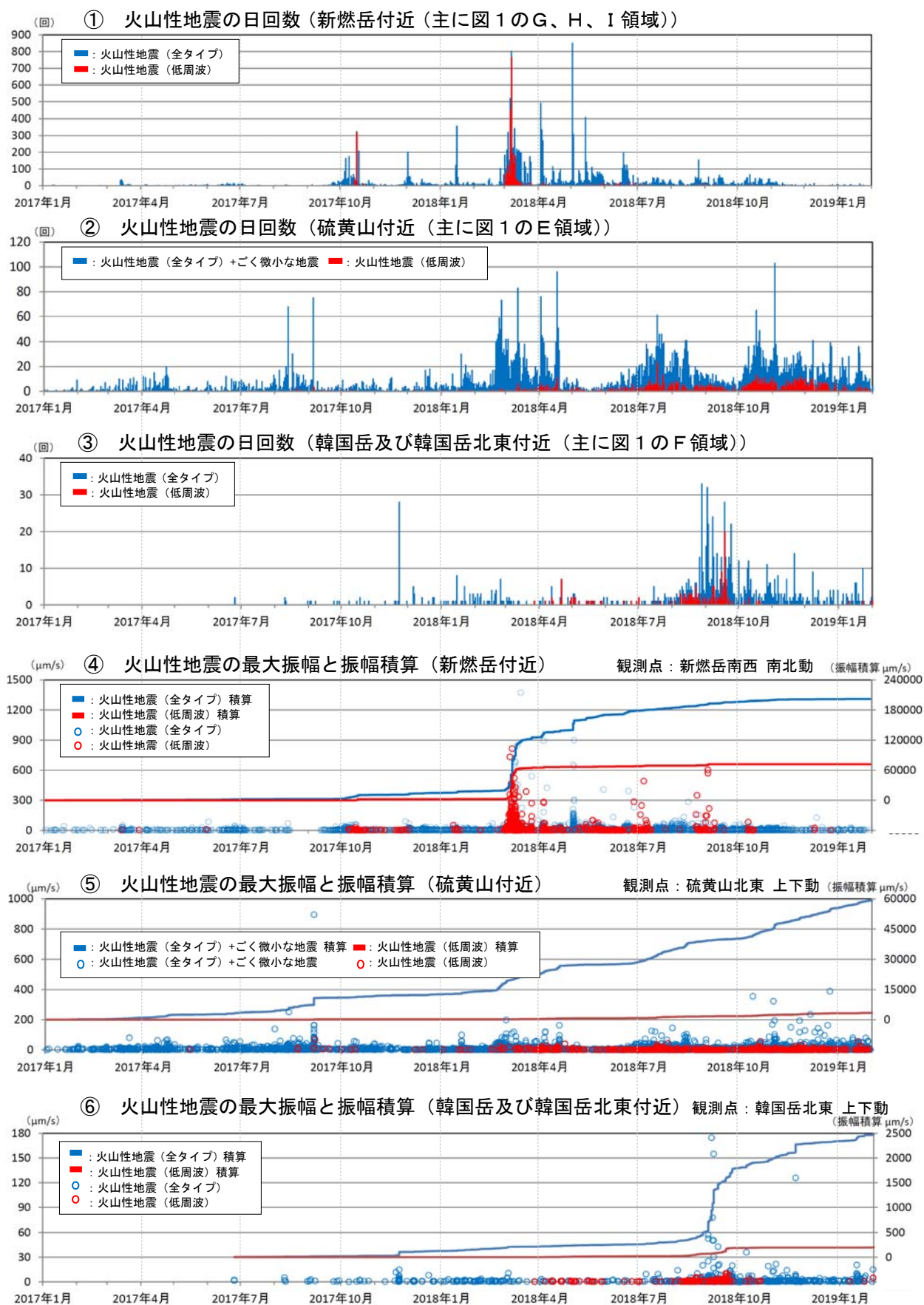


図 4 霧島山 新燃岳、硫黄山、韓国岳及び韓国岳北東付近を震源とする火山性地震の活動経過図
(2017 年 1 月～2019 年 1 月)

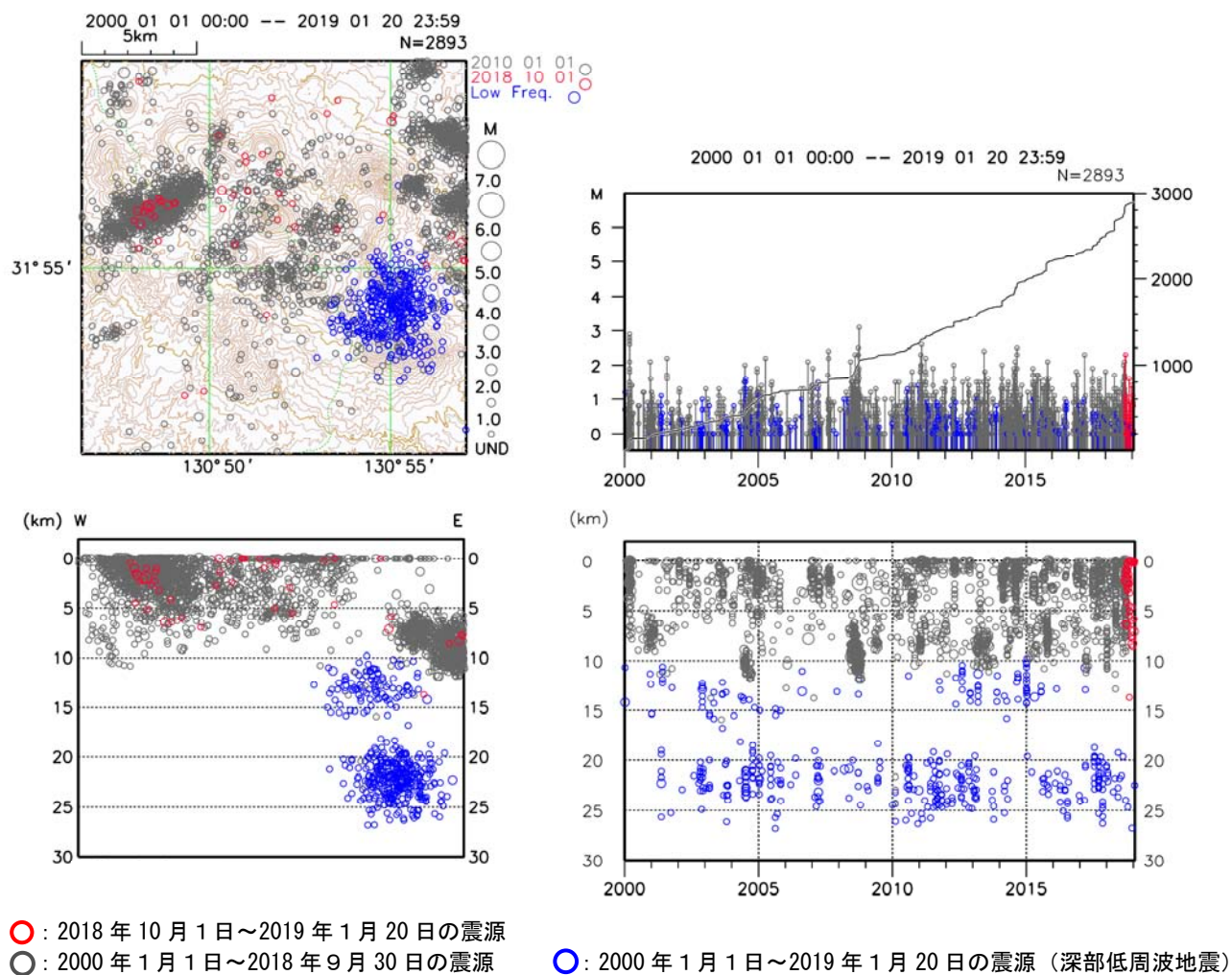


図5 霧島山 一元化震源による広域の地震活動 (2000 年 1 月 ~ 2019 年 1 月 20 日)

※表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものがある。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

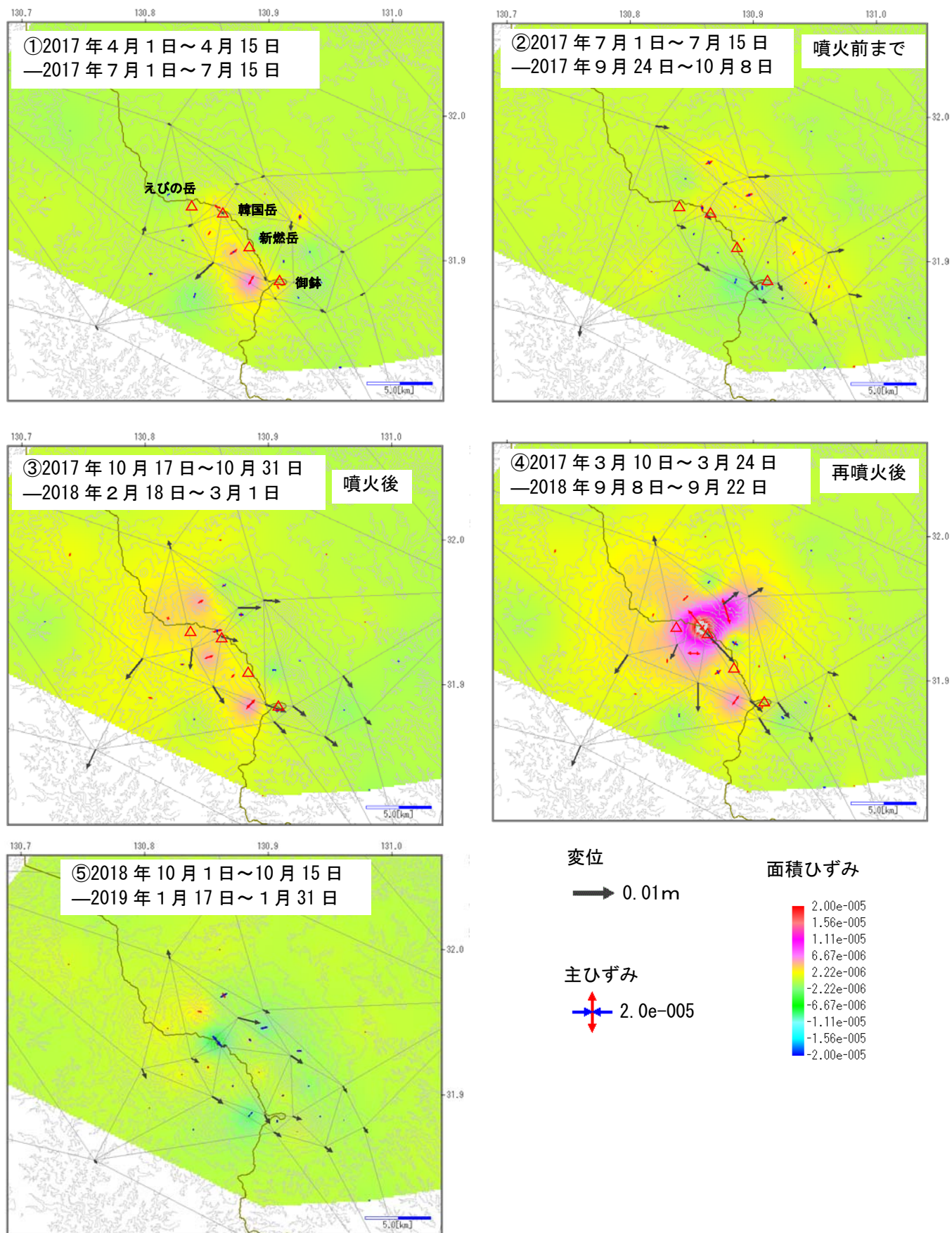


図 6 霧島山 霧島山周辺の GNSS の期間毎の水平変位・主ひずみ・面積ひずみ
(2017 年 4 月 1 日～2019 年 1 月 31 日)

前期間（2018 年 3 月～9 月）に韓国岳付近でみられた顕著な膨張によると考えられる変化は、今期間はみられない。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

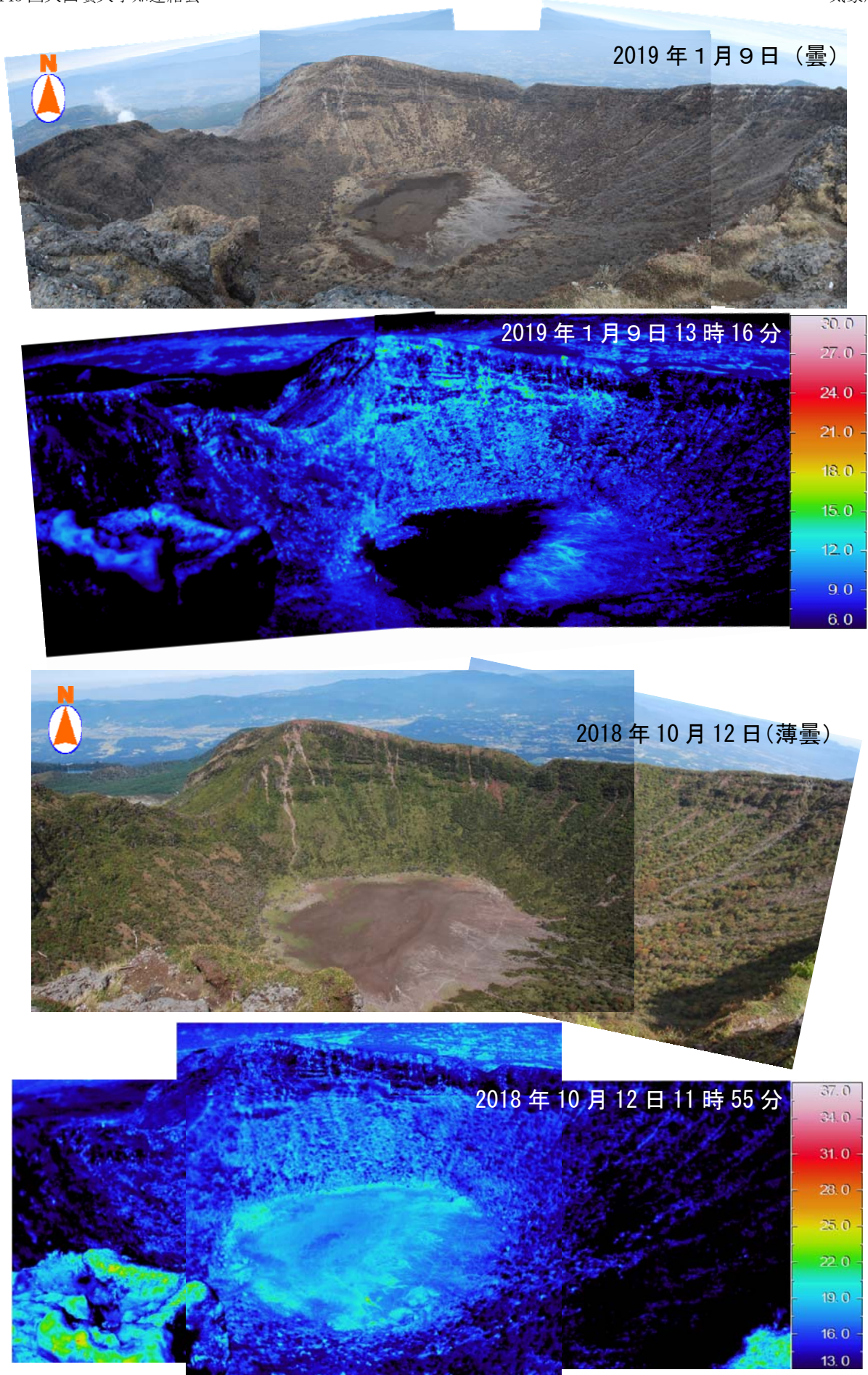


図 7 霧島山 韓国岳火口の状況（韓国岳から観測）

火口内に熱異常域等は認められなかった。

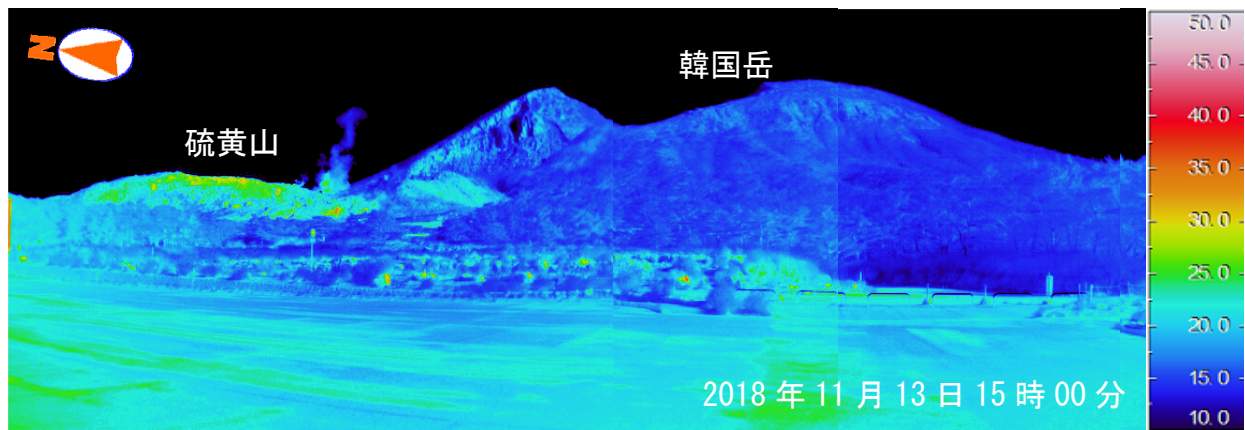


図 8 霧島山 韓国岳北西側の状況（えびの高原から観測）
韓国岳の北西側に熱異常域等は認められなかった。

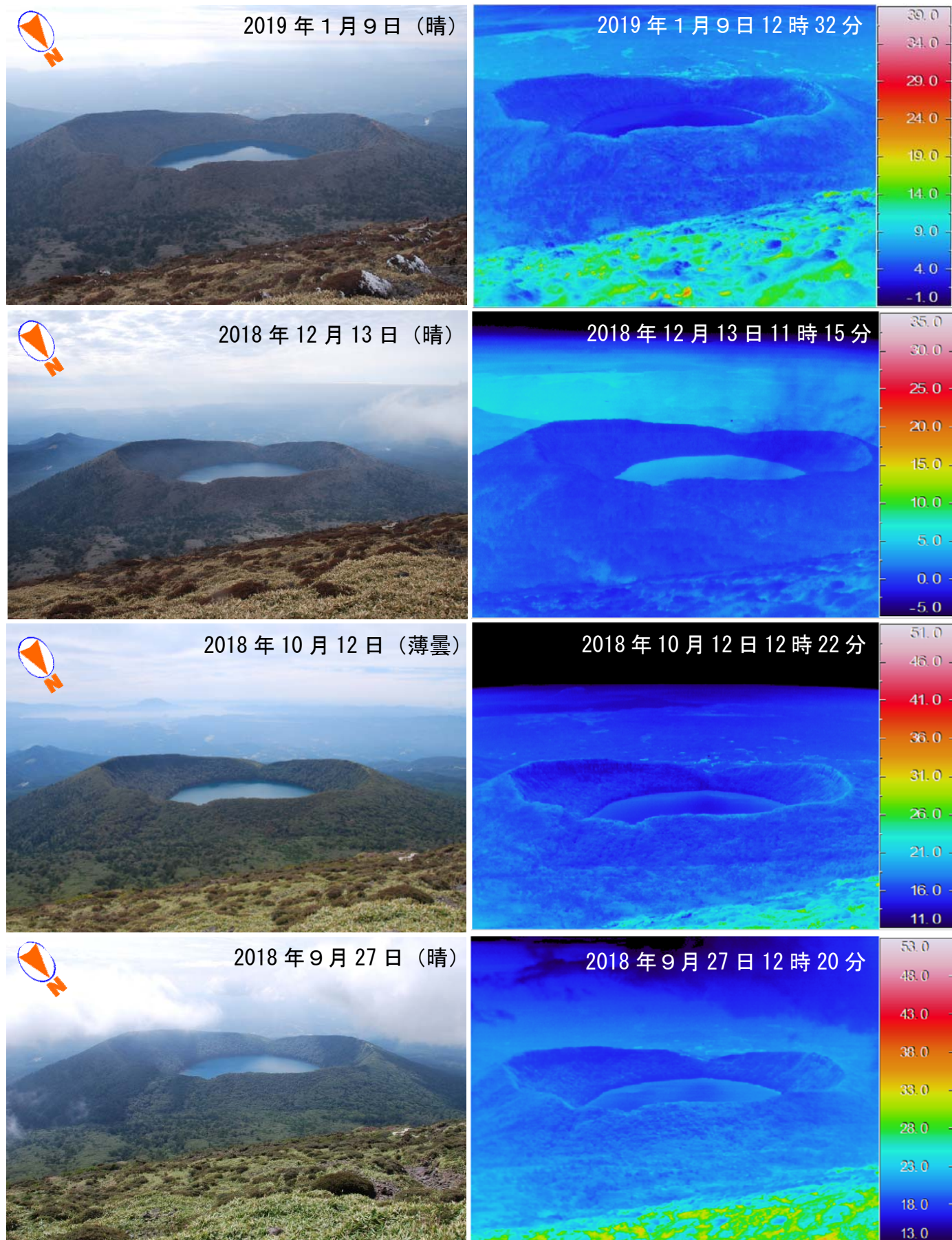


図 9 霧島山 大浪池の状況（韓国岳から観測）
大浪池周辺に熱異常域等は認められなかった。

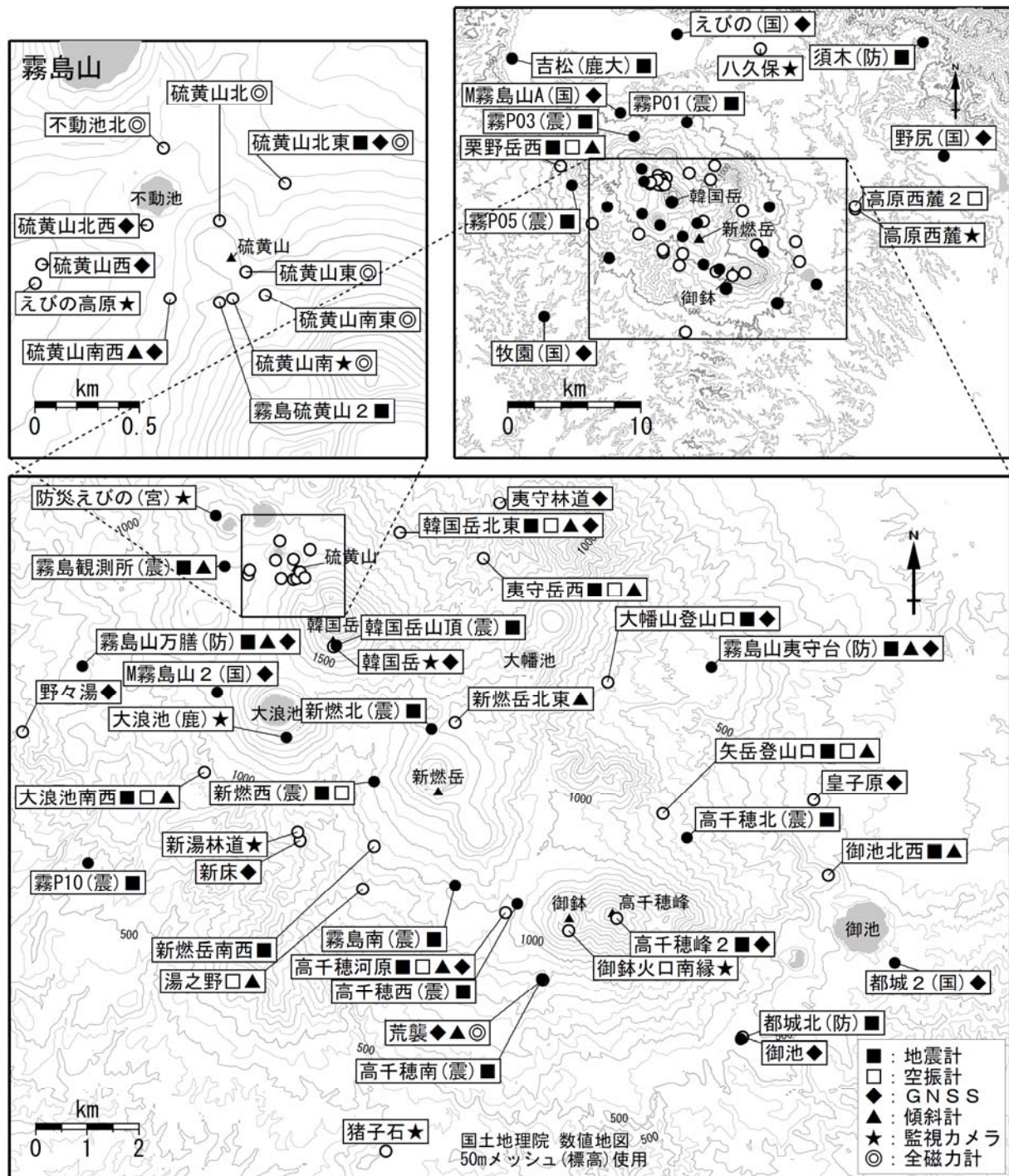


図 10 霧島山 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。

(国) : 国土地理院、(震) : 東京大学地震研究所、(鹿大) : 鹿児島大学

(防) : 防災科学技術研究所、(宮) : 宮崎県、(鹿) : 鹿児島県

地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』及び国土数値情報の『湖沼』を使用した。

桜 島

(2019年2月17日現在)

南岳山頂火口では、2018年9月下旬頃から噴火活動は低下したが、11月中旬頃から1月上旬にかけて活発な噴火活動となった。

11月14日の爆発的噴火では、噴煙は最高で4,000m以上まで上がり雲に入った。弾道を描いて飛散する大きな噴石が4合目（南岳山頂火口より1,300～1,700m）まで達した。

夜間に高感度の監視カメラで火映を時々観測した。

昭和火口では、噴火は観測されていない。

1日あたりの火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は概ね多い状態で経過し、12月は3,600～4,500トンと非常に多く、1月は1,800～2,300トン、2月は3,000トンと引き続き多い状態であった。

広域のGNSS連続観測でみられていた始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びは、2018年3月頃から停滞しているが、長期にわたり供給されたマグマが蓄積した状態である。桜島島内では、2018年10月頃から一部の基線で収縮がみられている。島内の傾斜計では特段の変化は認められていない。

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月中旬頃から活動がやや低下している。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、再び活発化するおそれがある。

昭和火口及び南岳山頂火口から概ね2kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石及び火砕流に警戒が必要である。風下側では火山灰だけでなく小さな噴石（火山れき）が遠方まで風に流されて降るため注意が必要である。

爆発的噴火に伴う大きな空振によって窓ガラスが割れるなどのおそれがあるため注意が必要である。なお、今後の降灰状況次第では、降雨時に土石流が発生する可能性があるため留意が必要である。

○ 概況（2018年10月～2019年2月17日）

- ・噴煙、噴火活動、降灰の状況（図1、図2、図3-①～③⑤⑩、図4-1-①～③⑤、図4-2-⑨、図5、図6、図7-①～③、図9～10、図14、表1、表3～5）

南岳山頂火口では、2018年9月下旬から11月上旬にかけて噴火活動は低下した。基準を超える噴火は9月25日以降、およそ1ヶ月発生しなかったが、10月23日に噴火が発生し、11月3日には9月22日以来の爆発的噴火が発生した。11月14日に発生した爆発的噴火では噴煙が最高で4,000m以上に上がり雲に入った。弾道を描いて飛散する大きな噴石が4合目（南岳山頂火口より1,300～1,700m）まで達した。11月中旬以降は噴火活動が活発化した。1月中旬以降は低下傾向がみられる。

この期間の噴煙の最高高度は、11月14日00時43分の爆発的噴火による火口縁上4,000m以上であった。噴火は10月8回、11月14回、12月56回、1月8回、2月11回（17日現在）発生した。このうち爆発的噴火は10月0回、11月2回、12月34回、1月6回、2月8回（17日現在）発生した。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、九州地方整備局大隅河川国道事務所、京都大学、鹿児島大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所及び鹿児島県のデータを利用して作成した。

噴火回数に占める爆発的噴火回数の割合は、10月から1月で約50%であり、前期間（2018年6月～2018年9月、約50%）に引き続いてやや多い状態である（南岳山頂火口が活発であった1982年から1985年頃は約75%、昭和火口が活発化した2009年から2013年頃は約80%）。爆発的噴火に伴う空振は、桜島島内の観測点（横山、瀬戸）では概ね50Pa以下で経過している。

南岳山頂火口では、火映は9月21日以降、しばらく観測されなかったが、11月20日以降は夜間に高感度の監視カメラで火映を時々観測した。

昭和火口では、2018年4月4日以降、ごく小規模な噴火も観測されておらず活動は極めて低調に経過した。この期間の噴煙は白色で概ね火口縁上200m以下で推移した。

鹿児島地方気象台で観測した降灰は、10月2g/m²（降灰日数8日）、11月8g/m²（降灰日数14日）、12月10g/m²（降灰日数18日）、1月0g/m²（降灰日数4日）、2月降灰なし（17日現在）であった。

鹿児島県が実施している降灰の観測データから推定した桜島の火山灰月別噴出量は、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月約5万トンで前期間（6月～8月）と同程度であった。

・地震や微動の発生状況（図3-⑥～⑧、図4-2-⑥～⑧、図7-④⑤、図8、図10、表2）

B型地震は概ね少ない状態で経過したが、12月中旬から1月上旬にかけては1日あたり80回を超えるなど一時的に増加した。B型地震の月回数は10月：240回、11月：123回、12月：544回、1月：541回、2月：381回（17日現在）であった。

A型地震は10月：10回、11月：2回、12月：6回、1月：3回、2月：7回（17日現在）と少ない状態で経過した。震源が求まった火山性地震は南岳直下の深さ0～2km付近、桜島の東側の深さ6km付近、西側の深さ12km付近及び南西側の深さ9km付近に分布した。火山性微動は時々発生し、12月から1月上旬にかけては断続的なごく小規模な噴火の発生に伴い微動時間が増加した。

・地殻変動の状況（図3-⑨、図9～13、図15～18）

今期間は、顕著な山体膨張を示す変動は認められていないが、一部の噴火時には、噴火前のわずかな山体の隆起と噴火後のわずかな沈降が観測された。

GNSS連続観測では、始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びは2018年3月頃から停滞しているが、長期的にわたり供給されたマグマが蓄積した状態である。桜島島内では、2018年10月頃から一部の基線でわずかな収縮がみられている。

・火山ガス（二酸化硫黄）の状況（図3-④、図4-1-④）

火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、11月以降増加し、12月は3,600～4,500トンと非常に多くなった。1月は1,800～2,300トン、2月は3,000トンと多い状態が続いている。

表 1 桜島 最近 1 年間の月別噴火回数 (2018 年 3 月～2019 年 2 月 17 日)

2018～2019年		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
南岳山頂	噴火回数	44	66	96	35	29	64	44	8	14	56	8	11	475
火口	爆発的噴火	17	50	48	13	16	37	22	0	2	34	6	8	253
昭和	噴火回数	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
火口	爆発的噴火	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2 桜島 最近 1 年間の月別地震回数・微動時間 (2018 年 3 月～2019 年 2 月 17 日)

2018～2019年		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
地震回数		463	271	434	338	285	309	213	250	127	584	461	401	4,136
微動継続時間の合計(時)		74	132	266	57	100	28	25	32	38	51	52	0	855

微動時間は分単位切捨て。「0」は1時間未満の微動を観測したことを、「－」は微動を全く観測しなかったことを表す。

表 3 桜島 最近 1 年間の鹿児島地方気象台での月別降灰量と降灰日数
(2018 年 3 月～2019 年 2 月 17 日)

2018～2019年		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
降灰量 (g/m ²)		20	39	173	803	62	79	19	2	8	10	0	－	1,215
降灰日数		8	17	15	17	17	23	10	8	14	18	4	0	151

降灰量は 0.5g/m²未満切捨て。「0」は 0.5g/m²未満のわずかな降灰を観測したことを、「－」は降灰を全く観測しなかったことを表す。

表 4 桜島 最近 1 年間の月別の火山灰の噴出量 (2018 年 2 月～2019 年 1 月)

2018～2019年		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計
降灰量 (万トン)		4	17	24	38	26	12	11	8	4	9	16	5	174

鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方気象台で解析して作成。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない時でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。

表 5 桜島 主な噴火リスト (2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

現象	火口	噴火発生時刻 (年月日時分)	色	量	火口縁上 の高さ (m)	流向	噴石 (合目)	火砕流 (m)	桜島島内最大空振 (Pa)
爆発	山頂	11/14 0:43	灰白	多量以上	4000 以上	南東	4	－	58.7(横山)
爆発	山頂	12/24 11:27	灰白	やや多量	3000	東	5	－	28.0(あみだ川)
爆発	山頂	2/7 19:19	灰白	中量	1300	南東	4	－	20.0(横山)

火口縁上の噴煙の高さ 3,000m 以上、噴石 4 合目以上のいずれかを観測した噴火リスト



図 1-1 桜島 11 月 14 日 00 時 43 分の南岳山頂火口の爆発的噴火の状況
(重富監視カメラ (大隅河川国道事務所設置))

噴煙が火口縁上 4,000m 以上に上がった。



図 1-2 桜島 11 月 14 日 00 時 43 分の南岳山頂火口の爆発的噴火の状況
(海潟監視カメラ (大隅河川国道事務所設置))

弾道を描いて飛散する大きな噴石が 4 合目 (南岳山頂火口より 1,300m から 1,700m) まで達した (赤破線)。

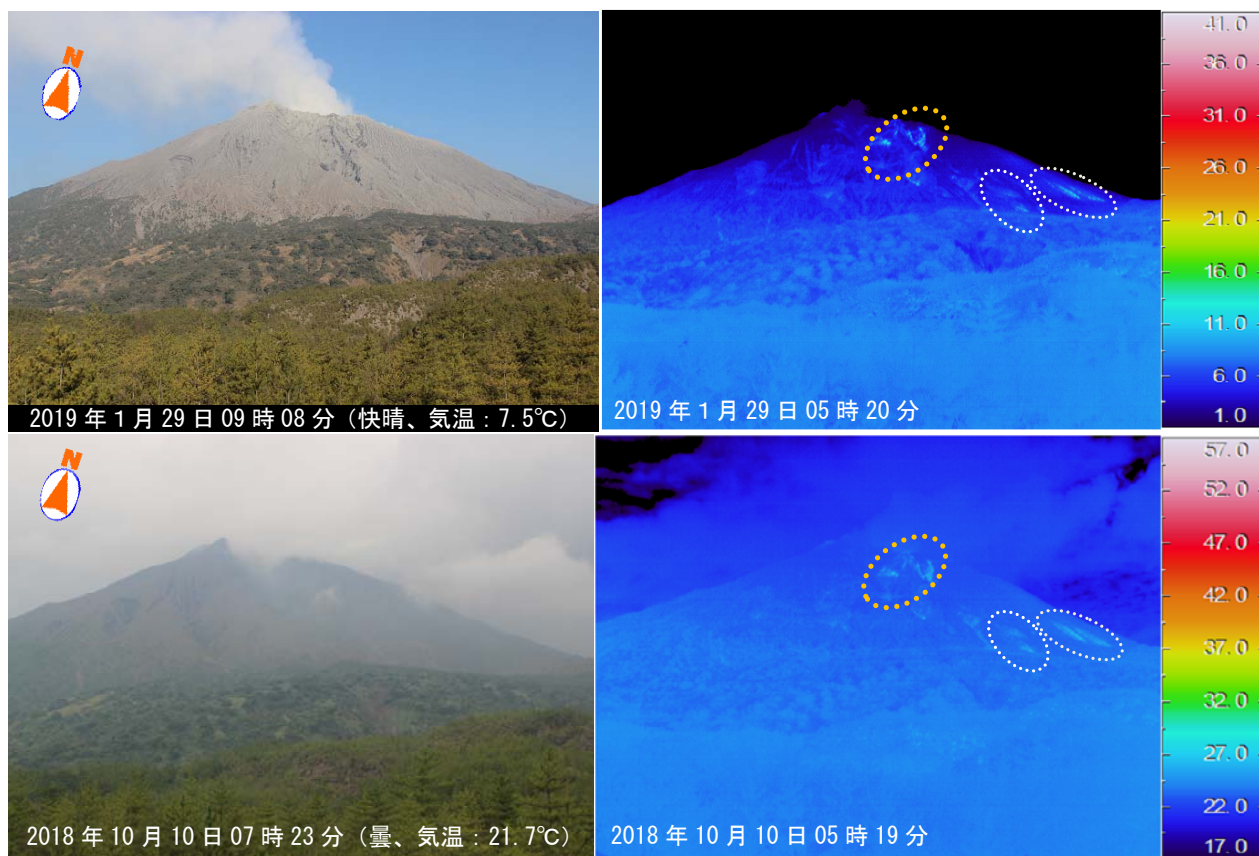


図 2-1 桜島 昭和火口近傍及び南岳南東側山腹の状況（鹿児島市有村町から観測）

昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）では、これまでと同様に熱異常域が観測されたが、特段の変化は認められなかった。

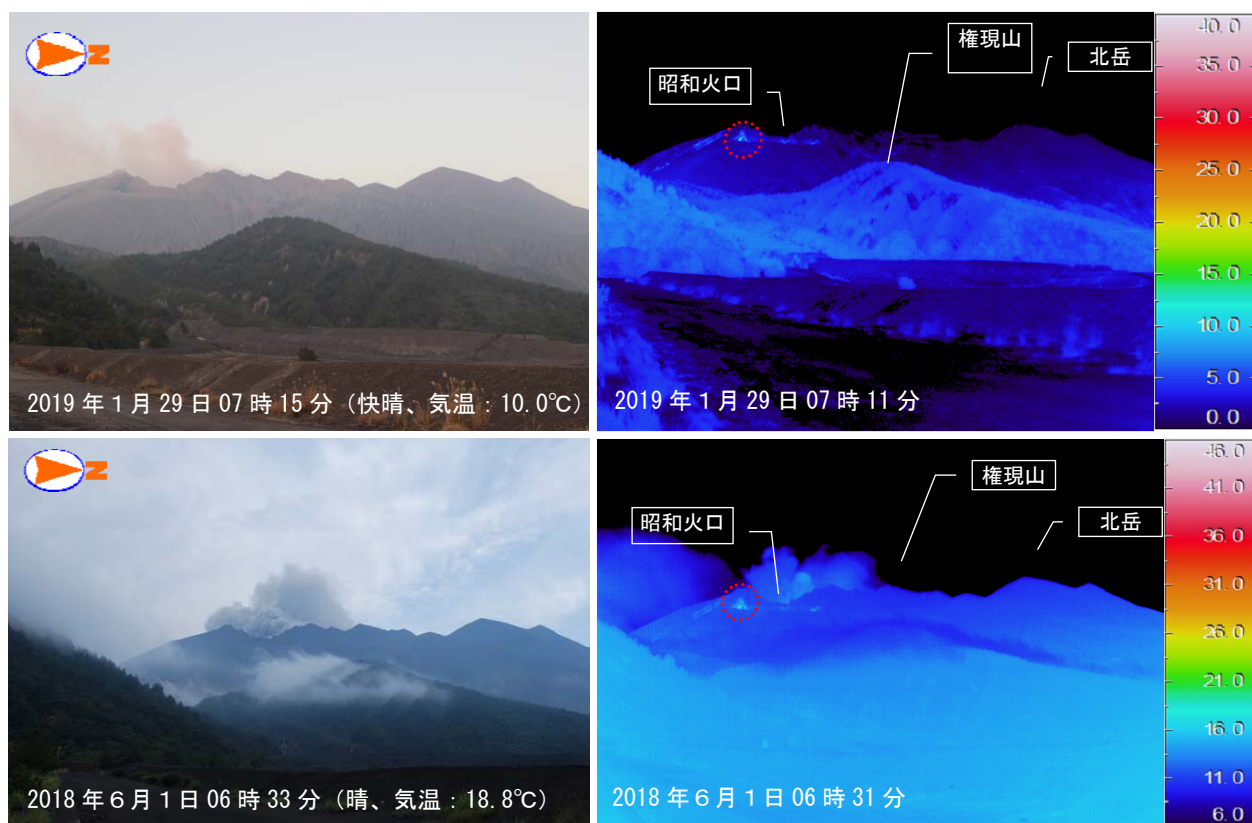


図 2-2 桜島 昭和火口近傍及び周辺の状況（鹿児島市黒神町から観測）

赤外熱映像装置による観測では、昭和火口近傍（赤破線内）にこれまでと同様に熱異常域が観測された。

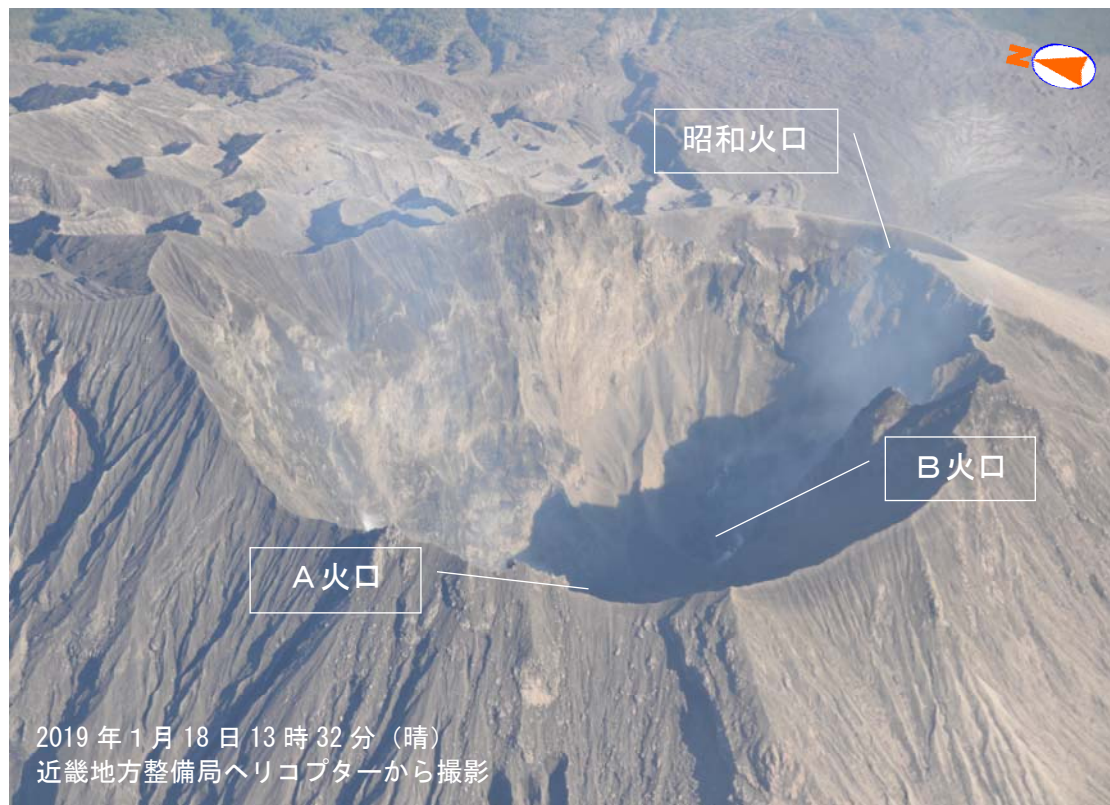


図 2-3 桜島 南岳山頂火口の状況

1 月 18 日に実施した上空からの観測では、南岳山頂火口とその周辺では、形状等に特段の変化は認められなかった。



図 2-4 桜島 図 2-1～図 2-3 の観測位置及び撮影方向

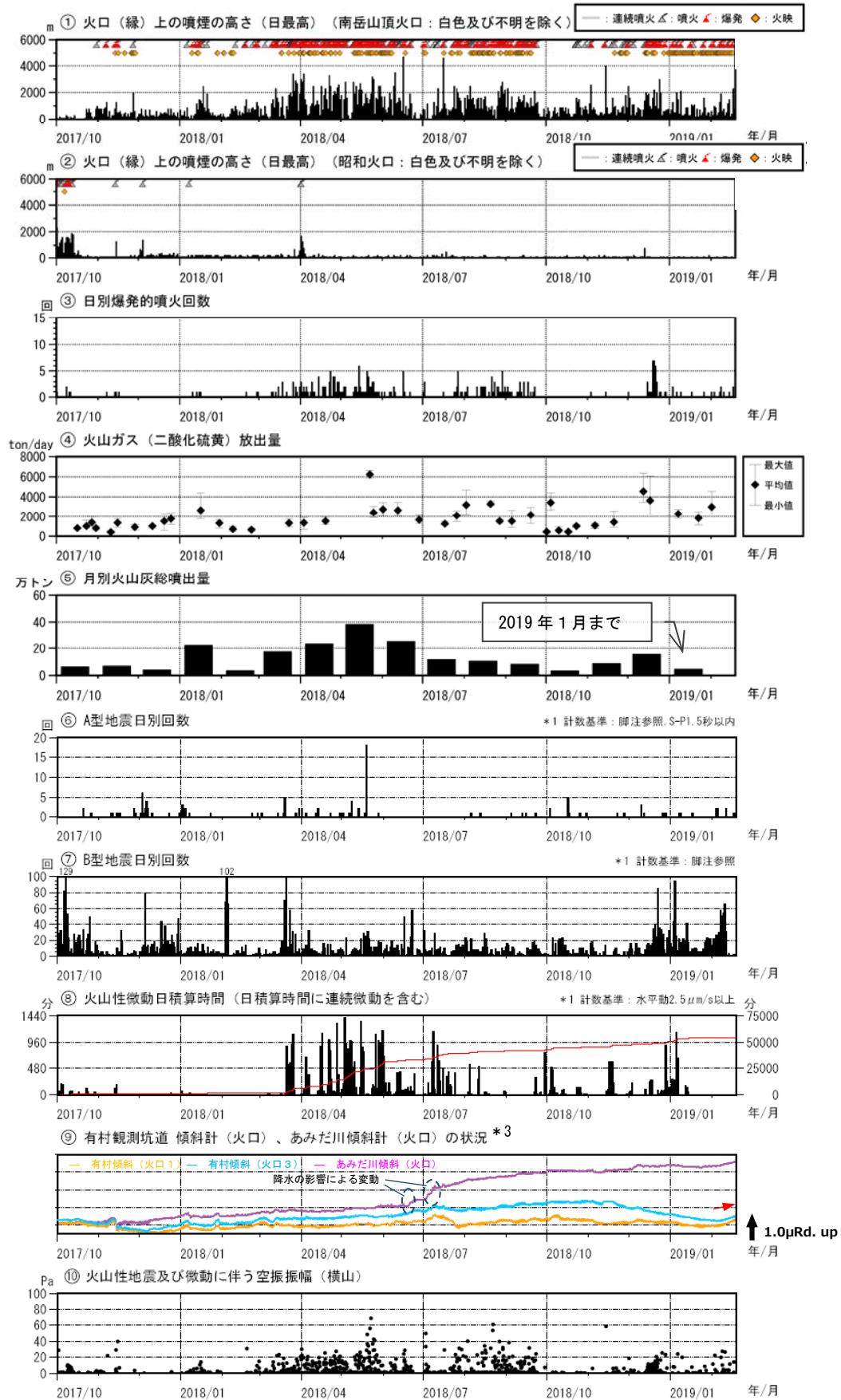


図3 桜島 最近1年間の活動状況（2017年10月～2019年2月17日）

※ 図の説明は次ページに掲載している。

図 3 の説明

<2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日の状況>

- ・ 南岳山頂火口では、2018 年 11 月中旬以降、1 月上旬にかけて活発な噴火活動が続いた。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量は、10 月は 4 日に 3,400 トンと一時的に増加したが、それ以外の日は 400～1,000 トンと概ね少ない状態で経過した。11 月は 1,100～1,400 トンとやや増加し、12 月は 3,600～4,500 トンと非常に多くなった。1 月は 1,800～2,300 トン、2 月は 3,000 トンと多い状態が続いている。
- ・ 火山灰の月別噴出量は少ない状況で推移した。
- ・ B 型地震は概ね少ない状態で経過したが、12 月中旬から 1 月上旬にかけては 1 日あたり 80 回を超えるなど一時的に増加した。B 型地震の月回数は 10 月：240 回、11 月：123 回、12 月：544 回、1 月：541 回、2 月：381 回（17 日現在）であった。
- ・ 火山性微動は時々発生し、12 月から 1 月上旬は微動時間が増加した。
- ・ 桜島島内の傾斜計では、今期間は顕著な山体膨張を示す変動は認められておらず、一部の噴火時に噴火前のわずかな山体の膨張（隆起）と噴火後のわずかな収縮（沈降）が観測された。2 月以降は、わずかな隆起傾向がみられている（⑨の赤矢印）。

*1 2014 年 5 月 23 日までは「赤生原（計数基準 水平動： $0.5 \mu\text{m/s}$ ）及び横山観測点」で計数していたが、24 日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数（計数基準 あみだ川：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）している。

*2 図 3-⑤、図 4-1-⑤、図 7-③、表 3 の火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方气象台で解析して作成。

鹿児島県の降灰観測データの解析は 2019 年 1 月までである。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。

*3 図 3-⑨の傾斜変動は、火口直下の浅い領域の地殻変動に着目するため、有村観測坑道火口方向 1： $-1.3 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、火口方向 2： $-1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、あみだ川火口方向 $1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ のトレンド補正を行っている。

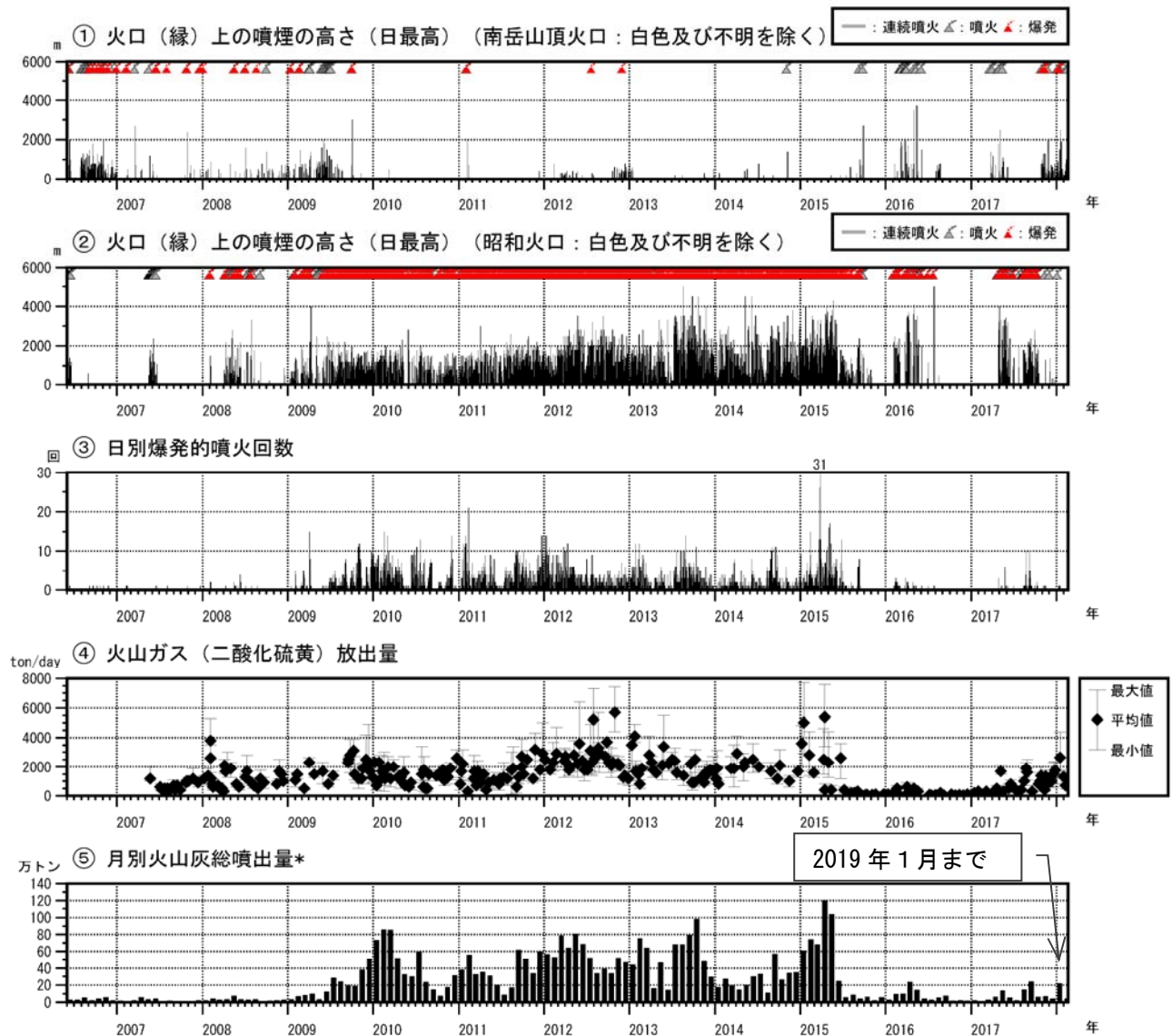


図 4-1 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の噴煙、火山灰、火山ガスの状況
（2006 年 6 月～2019 年 2 月 17 日）

⑤の 2018 年 9 月から 2019 年 1 月の火山灰の総噴出量は、約 42 万トンで、前期間に引き続き、少ない状態で経過した。

*降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

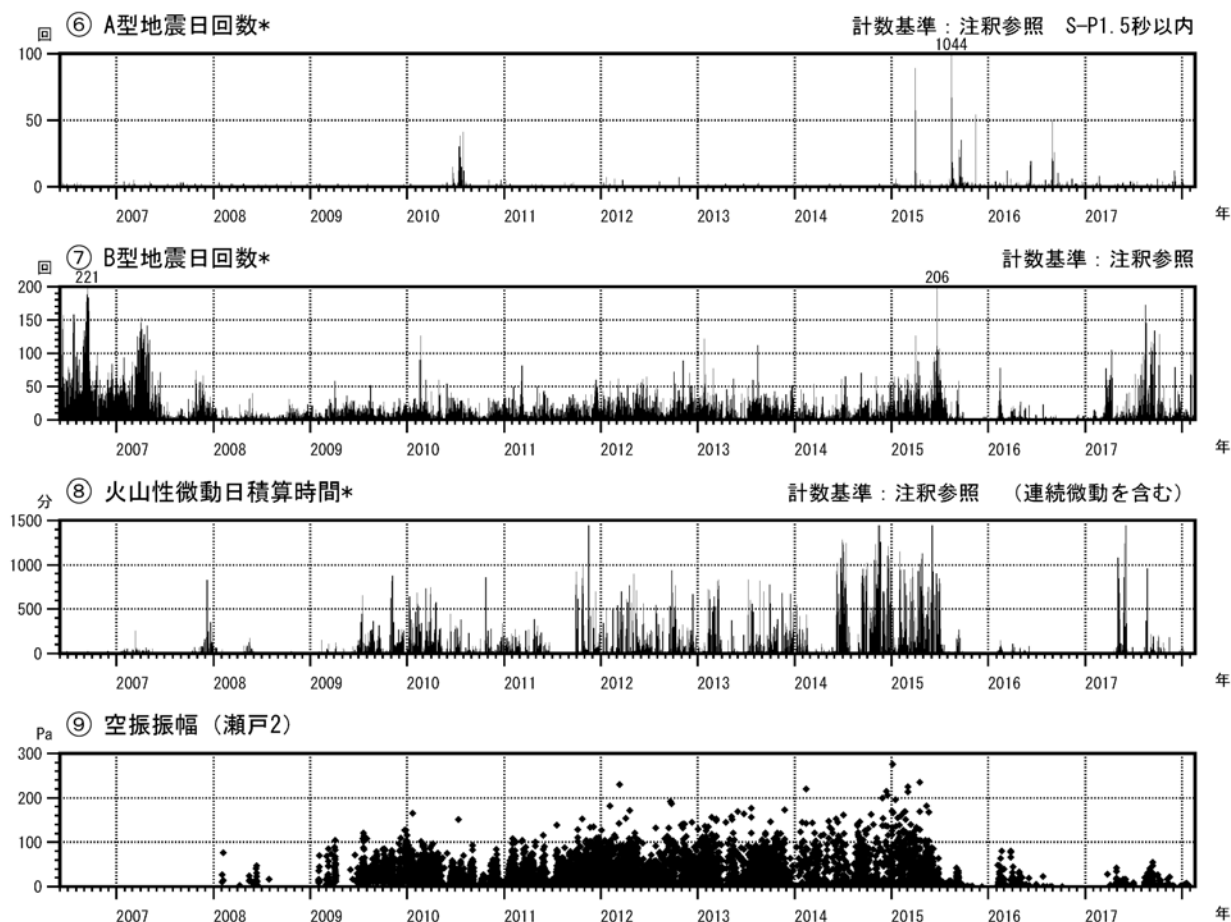


図 4-2 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の地震、微動、空振の状況（2006 年 6 月～2019 年 2 月 17 日）

⑨爆発的噴火に伴う空振は、概ね 50Pa 以下で経過している。昭和火口の活発時には 200Pa 以上の空振を時々観測していたことから、この活動期と比べれば現在の空振は未だ小さい。

*2014 年 5 月 23 日までは「赤生原及び横山観測点」で計数（計数基準 赤生原：水平動 $0.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）していたが、2012 年 7 月 19～26 日、11 月 18～22 日は赤生原障害のため、2014 年 5 月 24 日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数（計数基準 あみだ川：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）している。

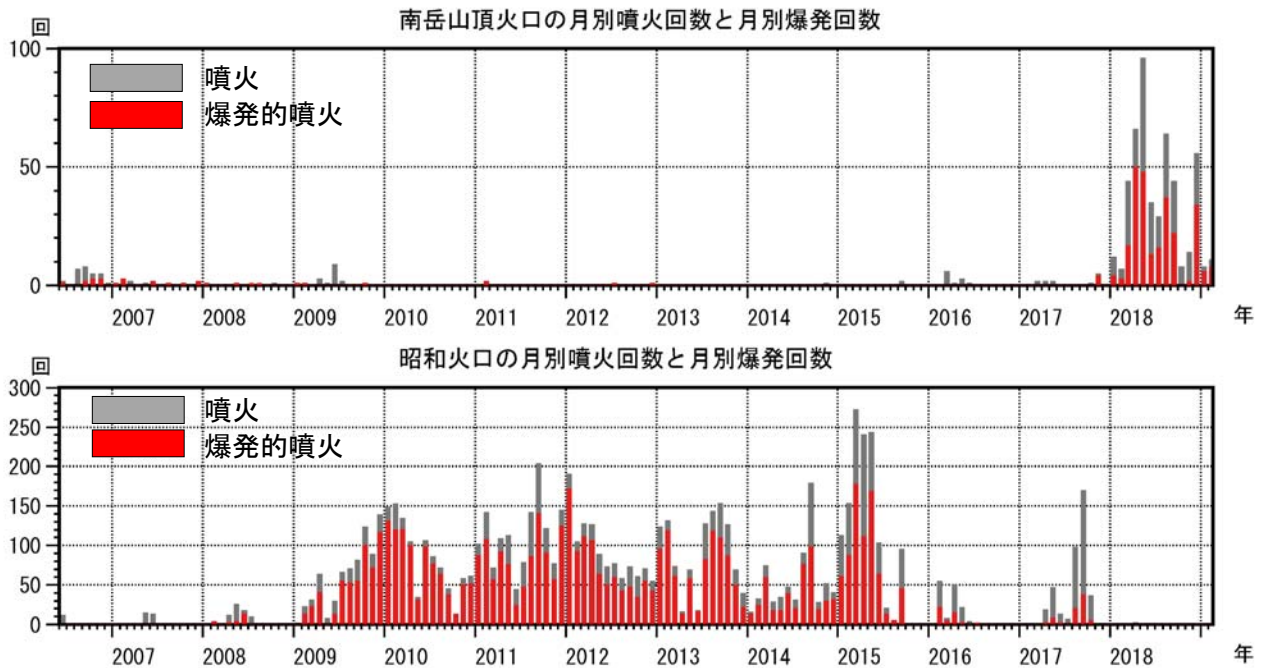


図5 桜島 南岳山頂火口と昭和火口の月別爆発的噴火回数

(2006年6月～2019年2月17日)

- ・南岳山頂火口での噴火は、10月8回、11月14回、12月56回、1月8回、2月11回（17日まで）発生した。このうち爆発的噴火は10月0回、11月2回、12月34回、1月6回、2月8回（17日現在）発生した。
- ・昭和火口での噴火は観測されなかった。

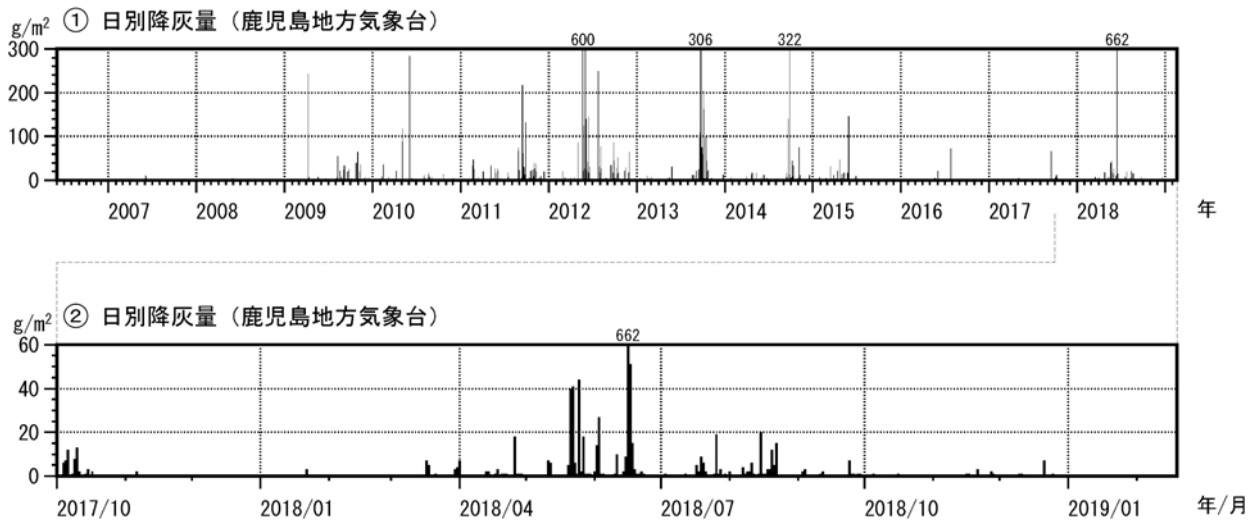


図6 桜島 鹿児島地方気象台での降灰量（2006年6月～2019年2月17日）

2018年10月に2 g/m^2 、11月8 g/m^2 、12月79 g/m^2 、2019年1月0 g/m^2 、2月降灰なし（17日現在）の降灰を観測した。

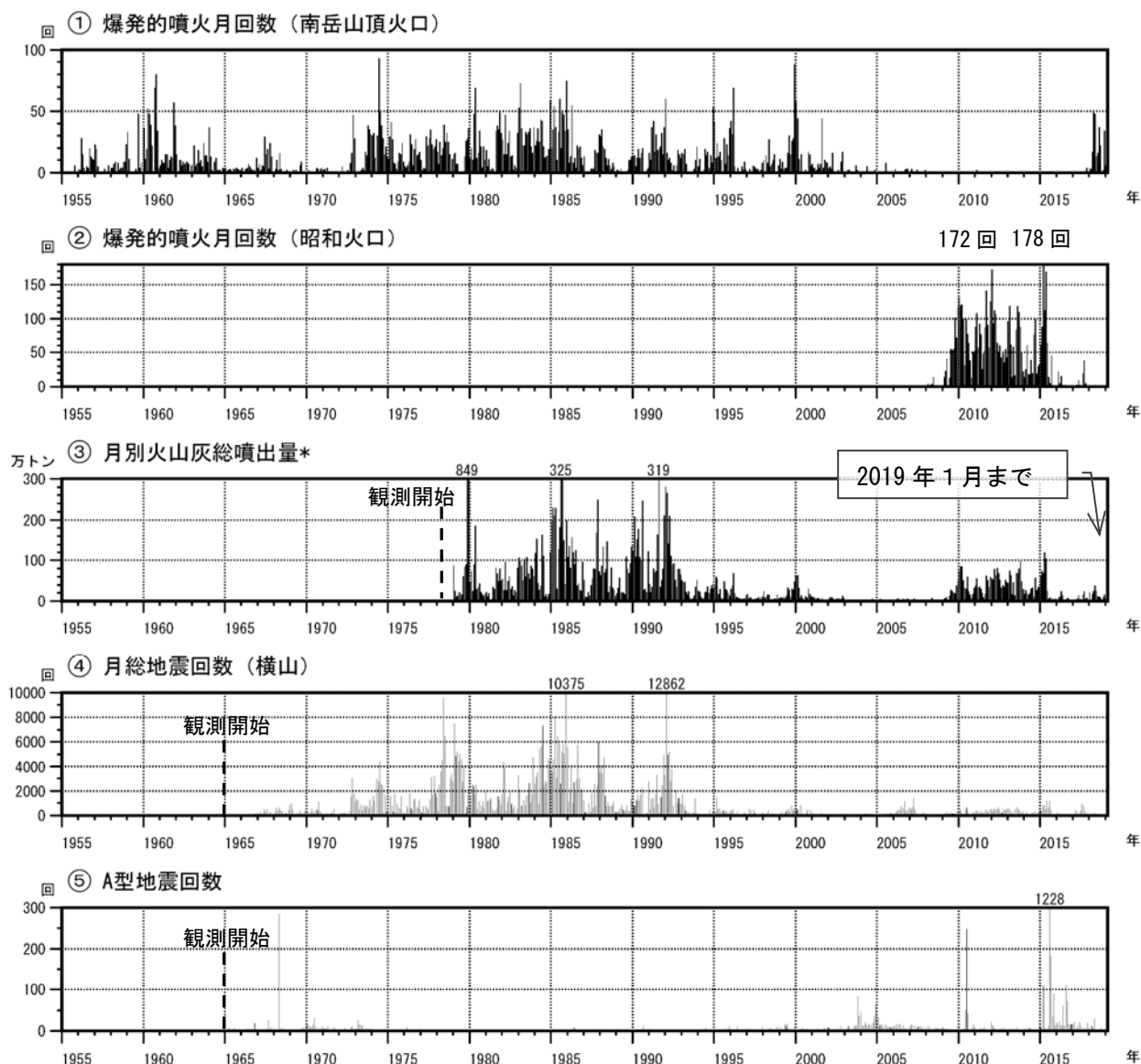


図 7 桜島 長期の活動状況（1955 年 1 月～2019 年 2 月 17 日）

* 降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

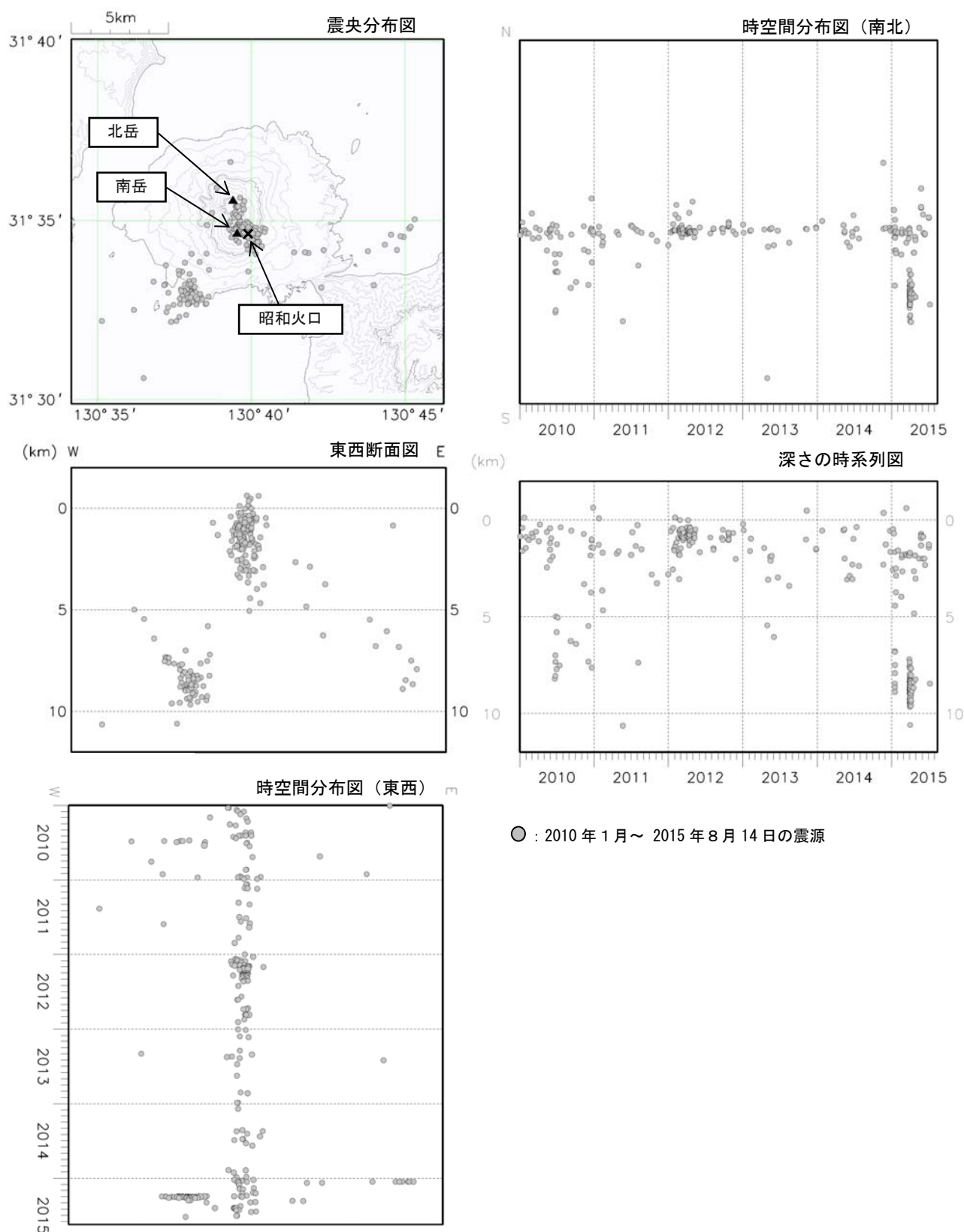


図 8-1 桜島 2015 年 8 月 15 日（桜島浅部へのマグマ貫入イベント）以前の震源分布図
（2010 年 1 月～2015 年 8 月 14 日）

※決定された地震は全て A 型地震である。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

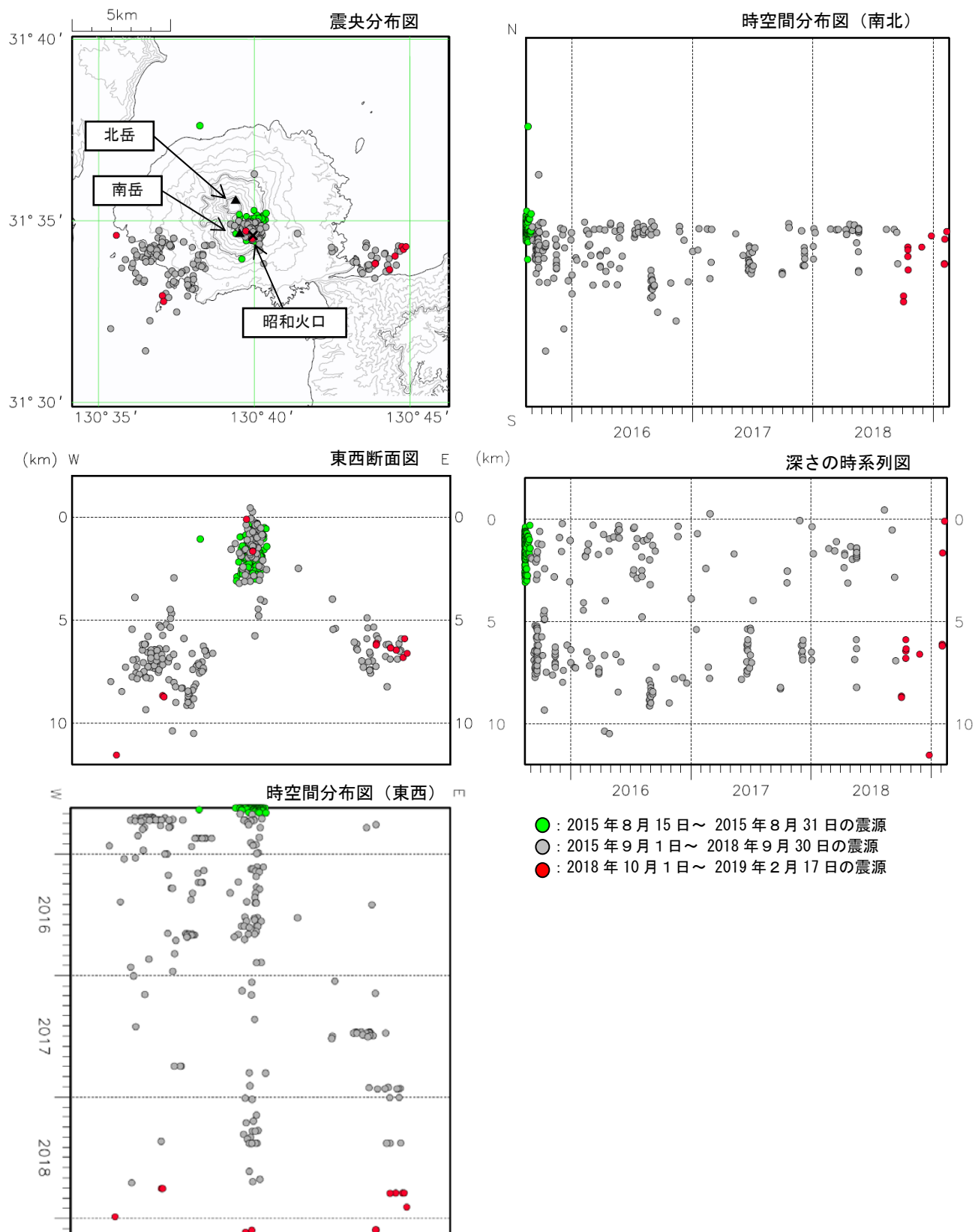


図 8-2 桜島 2015 年 8 月 15 日（桜島浅部へのマグマ貫入イベント）以降の震源分布図
 （2015 年 8 月 15 日～2019 年 2 月 17 日）

※決定された地震は全て A 型地震である。

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

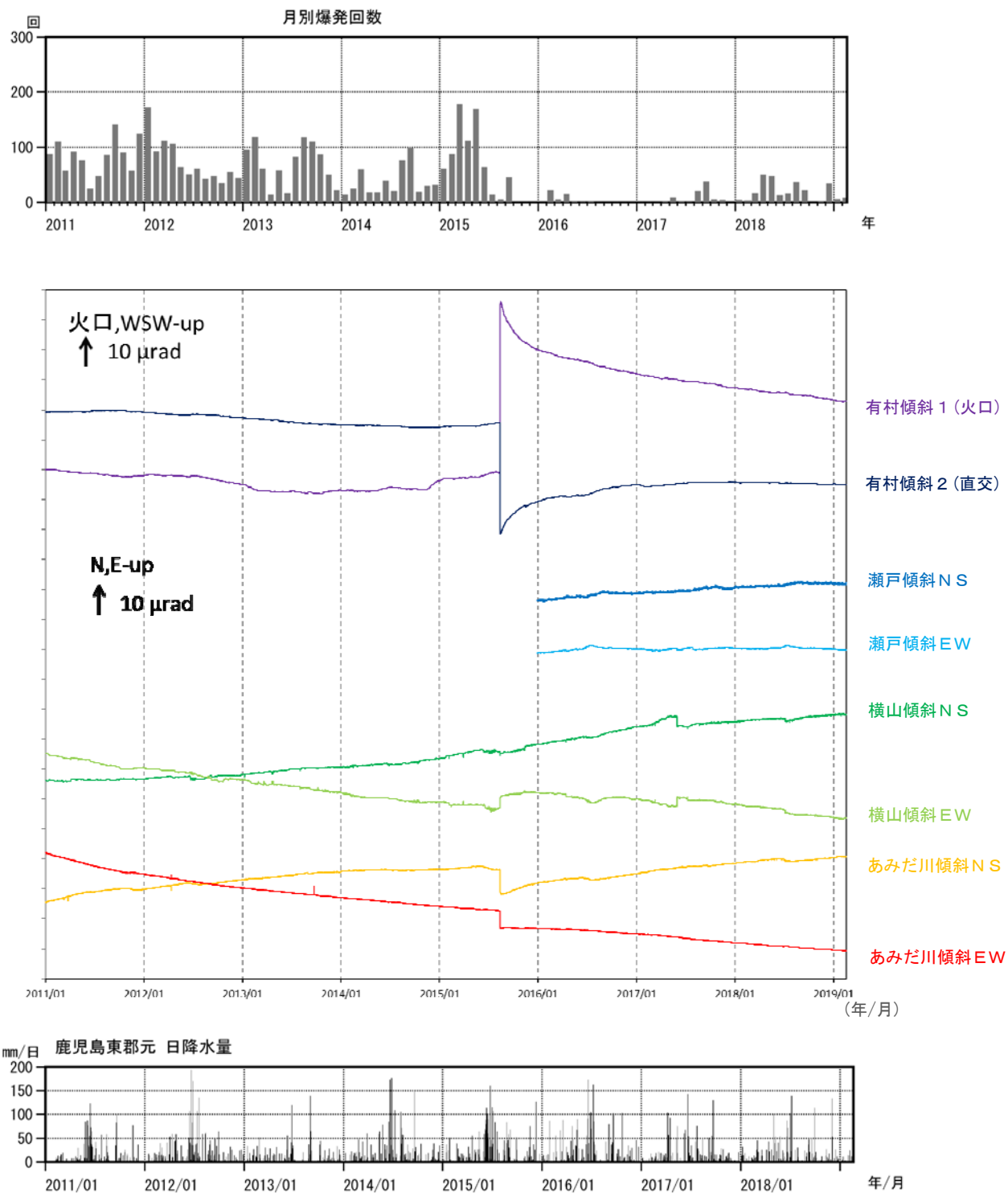


図 9 桜島 傾斜変動の状況 (2011 年 1 月～2019 年 2 月 17 日)

※瀬戸は 2015 年 3 月 26 日にセンサー交換を行ったため、データが安定した 2016 年 1 月 1 日以降のデータを使用した。

※グラフは時間値を使用し潮汐補正済み。

桜島 傾斜計の時系列変化

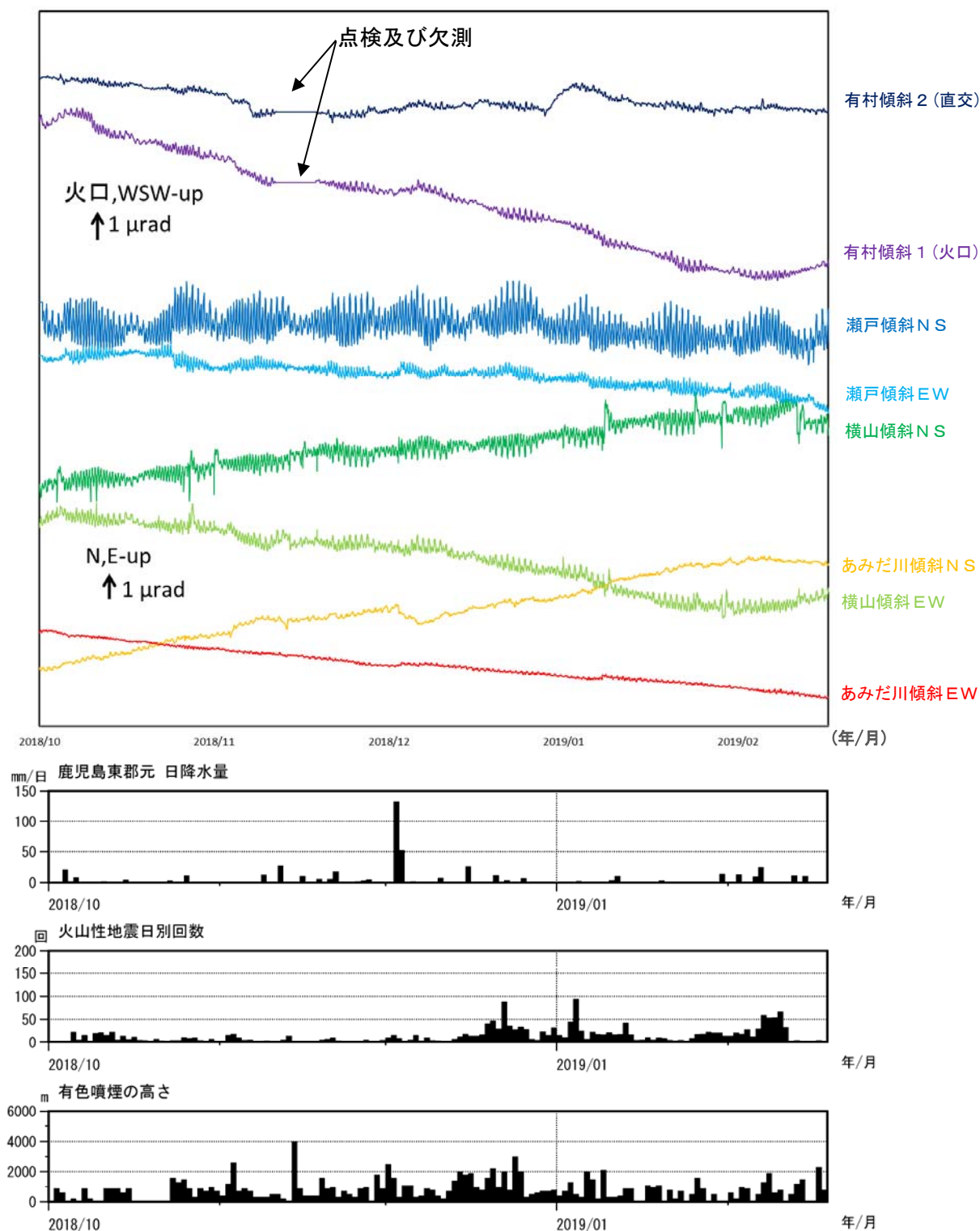


図 10 桜島 傾斜変動の状況 (2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

※傾斜計のデータは時間値を使用し、潮汐補正済み。

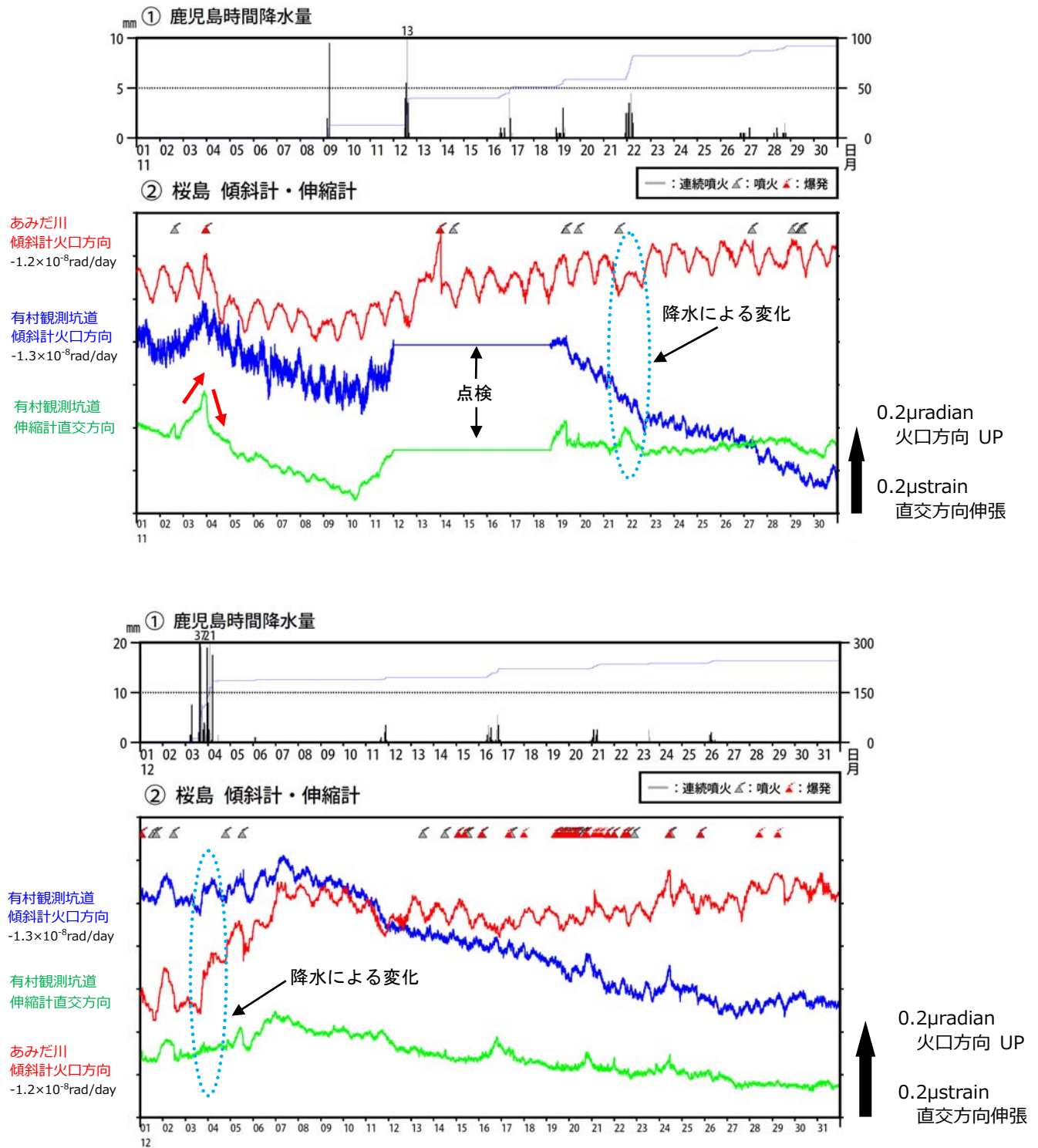


図 11 桜島 傾斜計による地殻変動の状況 (上図 : 2018 年 11 月 下図 : 2018 年 12 月)

一部の噴火時に噴火前のわずかな山体の膨張（隆起）と噴火後のわずかな収縮（沈降）が観測された。

※青色の破線内は降水の影響による変動と考えられる。

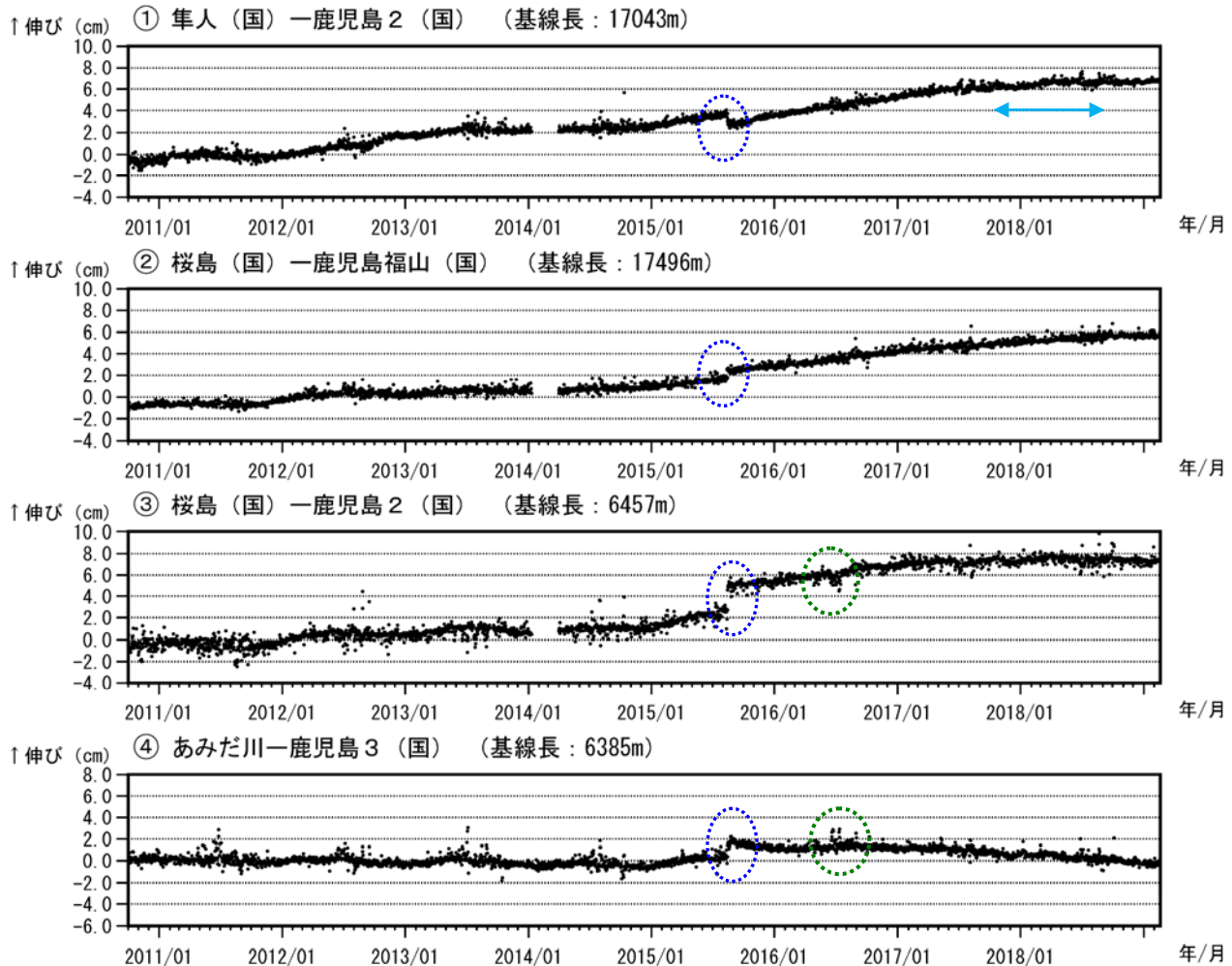


図 12-1 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

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 2018 年 3 月頃から停滞している。

これらの基線は図 13 の①～④に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

基線①は霧島山の深い場所での膨張によるとみられる変動の影響を受けている可能性がある (水色矢印)。

基線②については、国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

(国) : 国土地理院

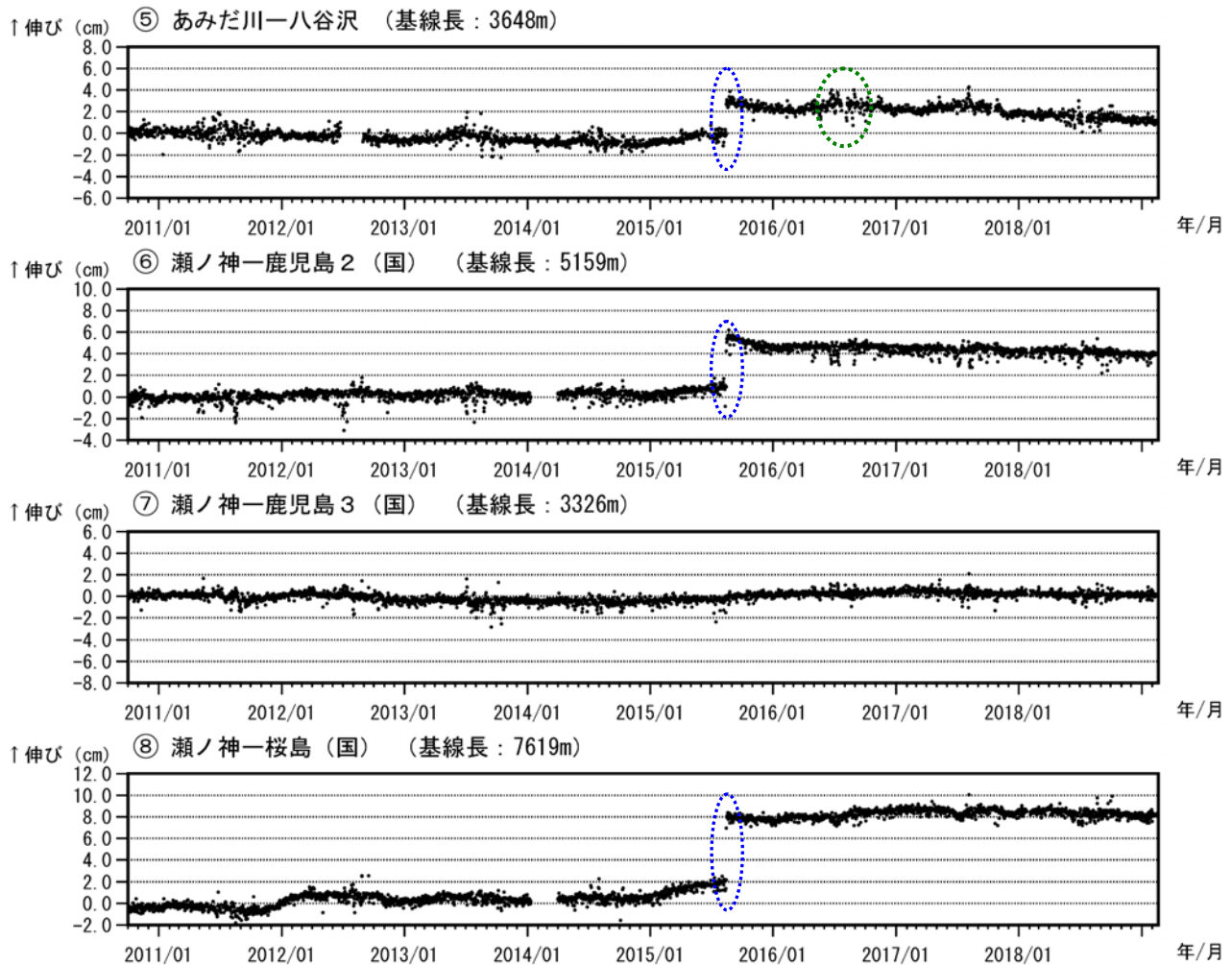


図 12-2 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

桜島島内では、2018 年 10 月頃から一部の基線でわずかな収縮がみられる。

これらの基線は図 13 の⑤～⑧に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

(国): 国土地理院

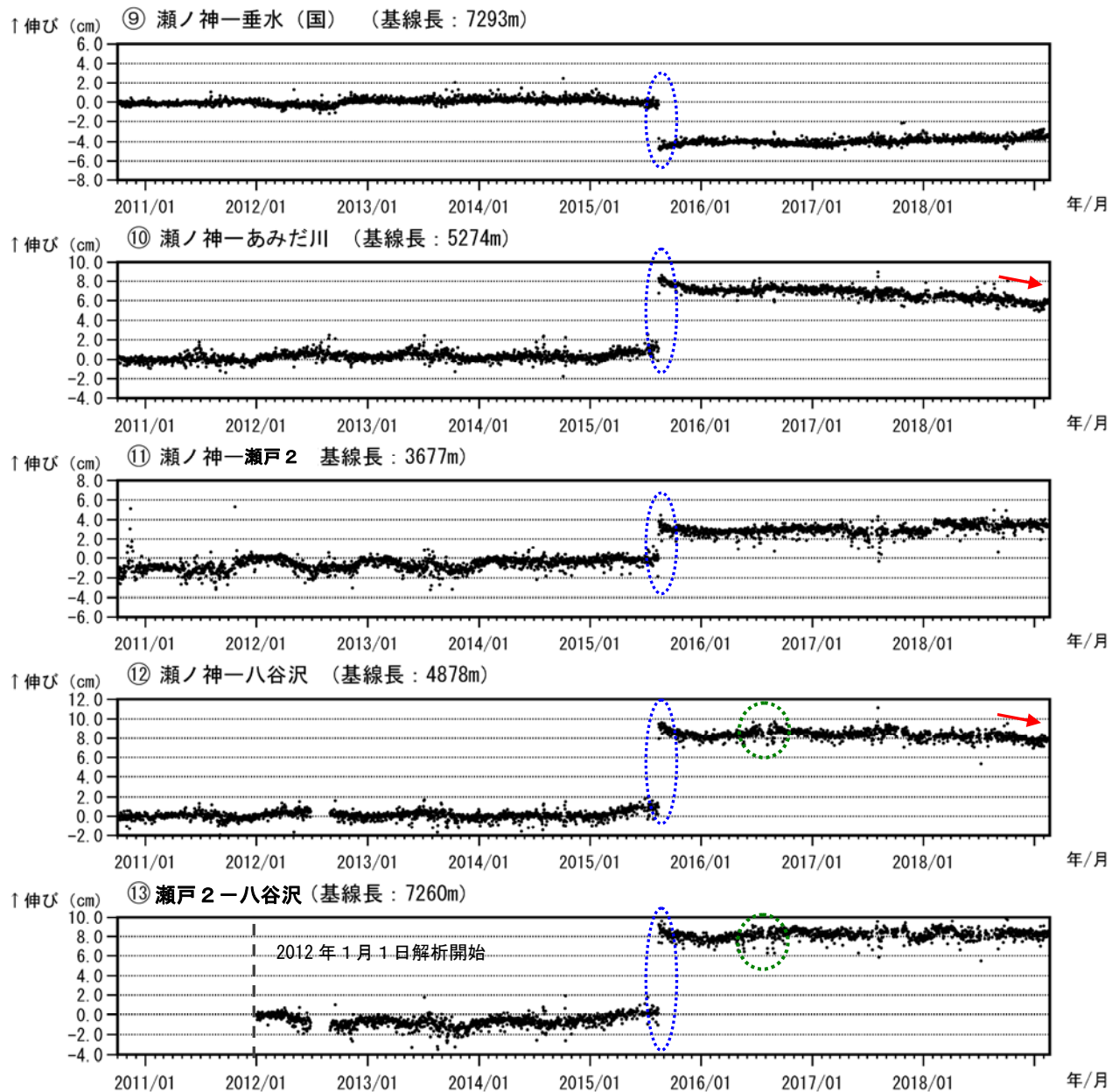


図 12-3 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

桜島島内では、2018 年 10 月頃から一部の基線でわずかな収縮（赤矢印）がみられる。

これらの基線は図 13 の⑨～⑬に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

(国)：国土地理院

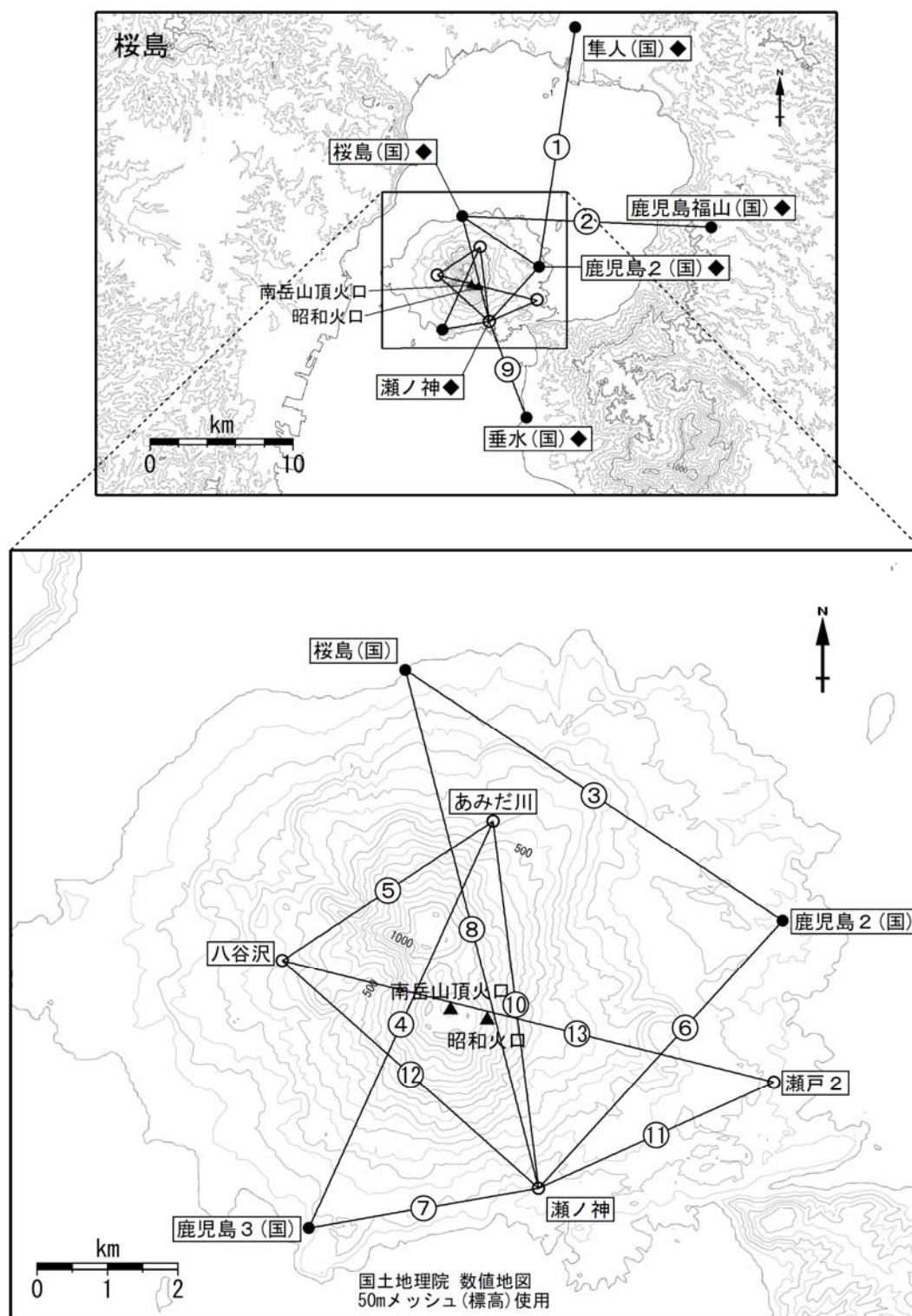


図 13 桜島 GNSS 連続観測基線図

桜島島内及び始良カルデラ周辺の気象庁・国土地理院の10観測点の基線による観測を行っている。
小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。

(国)：国土地理院

地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

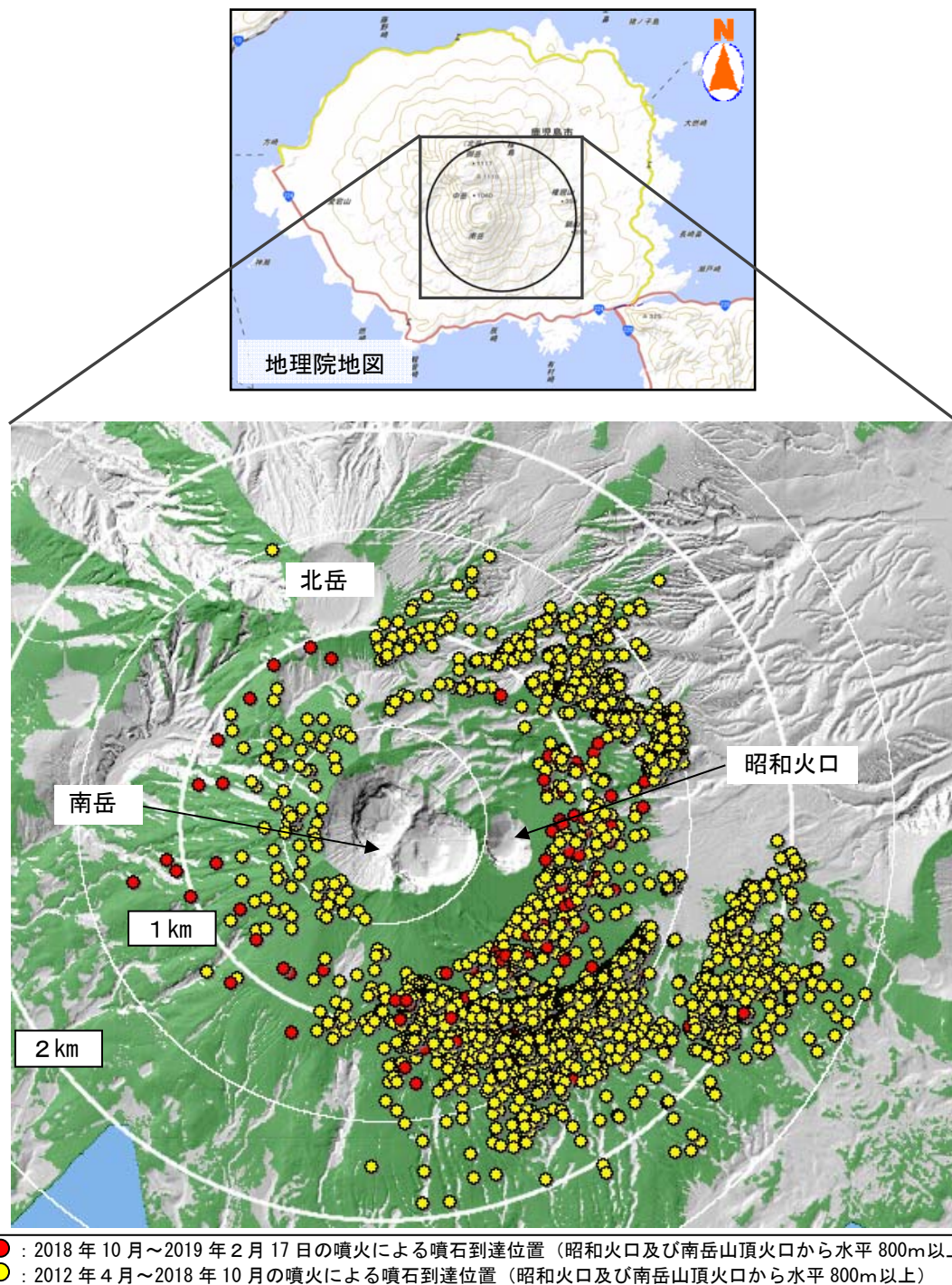


図 14 桜島 南岳山頂火口及び昭和火口から放出された大きな噴石の落下地点
 (2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

2018 年 10 月から 2019 年 2 月 17 日までに発生した噴火の内、噴石が水平距離で 800m 以上（南岳山頂火口及び昭和火口からの距離）飛散した事例（計 17 例）について、監視カメラ映像から噴石の落下地点を計測しプロットした（図中赤点）。1 回の噴火に対し複数の噴石の落下位置を算出している。同心円は南岳山頂火口中心からの距離を示す。

※緑色の領域は、早崎監視カメラ（大隅河川国道事務所設置）、海潟監視カメラ（大隅河川国道事務所設置）及び東郡元監視カメラのいずれかで噴石の落下が確認可能な範囲を示す。領域はカシミール 3D で算出した。噴石の計測は海潟、東郡元及び黒神川上流左岸監視カメラで行った。

※地図の作成にあたっては、大隅河川国道事務所提供の数値地図（5 m メッシュ）を使用した。

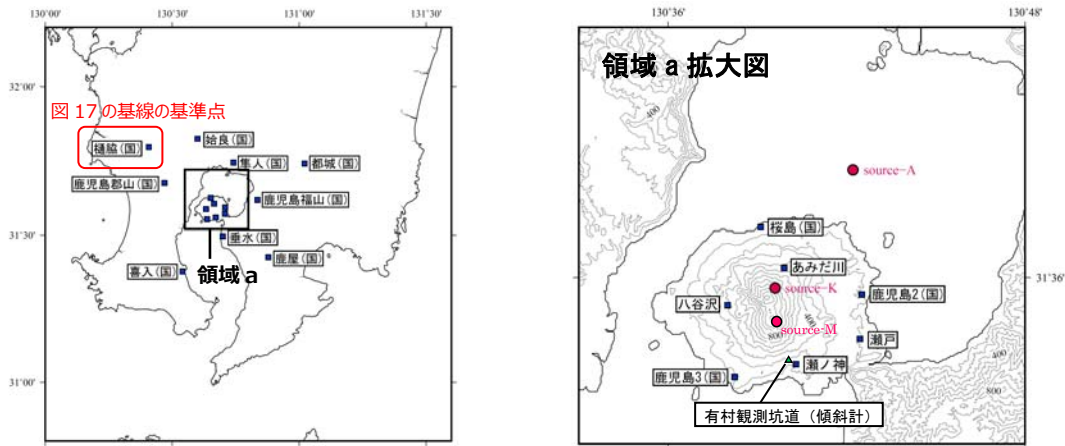


図 15 桜島 図 16～18 の解析に用いた GNSS 観測点、傾斜計の位置及び固定した変動源の位置図

- ・変動源はいずれも茂木モデル（ポアソン比：0.25）を仮定した。また、モデルの中心位置は以下の場所に固定し、体積変化量のみを算出した。

（膨張源の位置） ソース A の位置：N31° 39′ 05.40″ E130° 42′ 13.00″ 深さ海拔下 11.0km
 ソース K の位置：N31° 35′ 42.00″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 4.9km
 ソース M の位置：N31° 34′ 41.80″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 1.5km

*この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

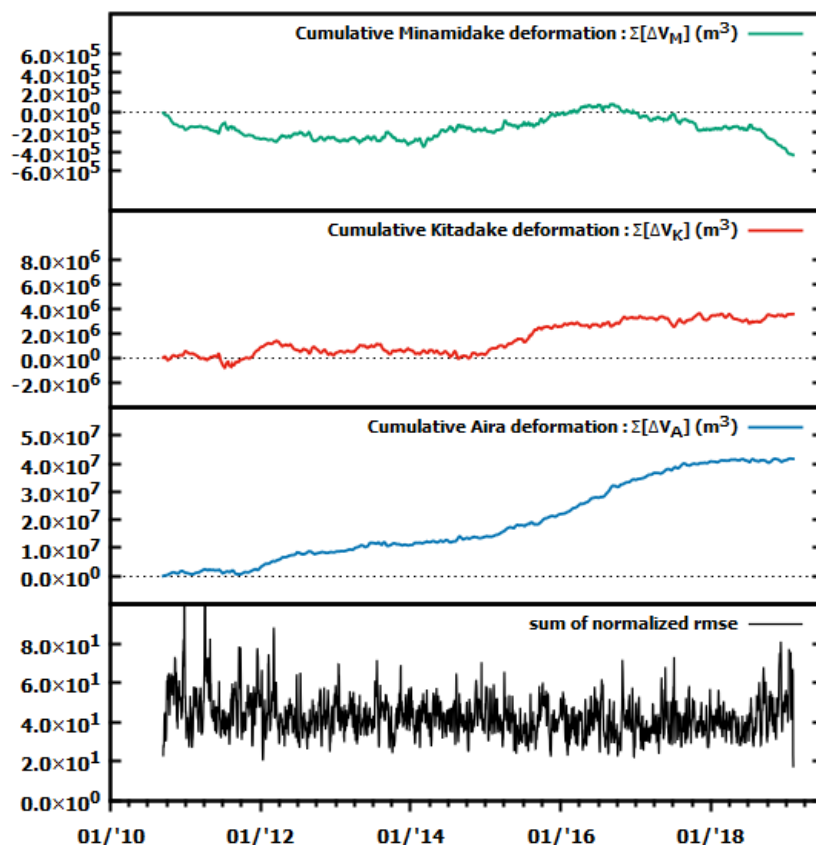


図 16 桜島 インバージョン解析により推定した膨張源の体積増加量
 （2010 年 9 月～2019 年 2 月 6 日）

- ・始良カルデラの膨張（Source-A）は、2018 年初め頃からほぼ停滞している。
- ・島内の膨張（Source-K）は、2015 年 1 月に膨張レートが増加した後、2016 年 10 月頃からほぼ横ばいとなっており、その中でごく小規模な数度の膨張、収縮が認められる。
- ・火口付近（Source-M）では 2018 年後半から収縮が認められ、桜島島内の GNSS 基線の一部や有村坑道傾斜計で認められる収縮及び沈降は、概ねこの変動によって解釈可能である。

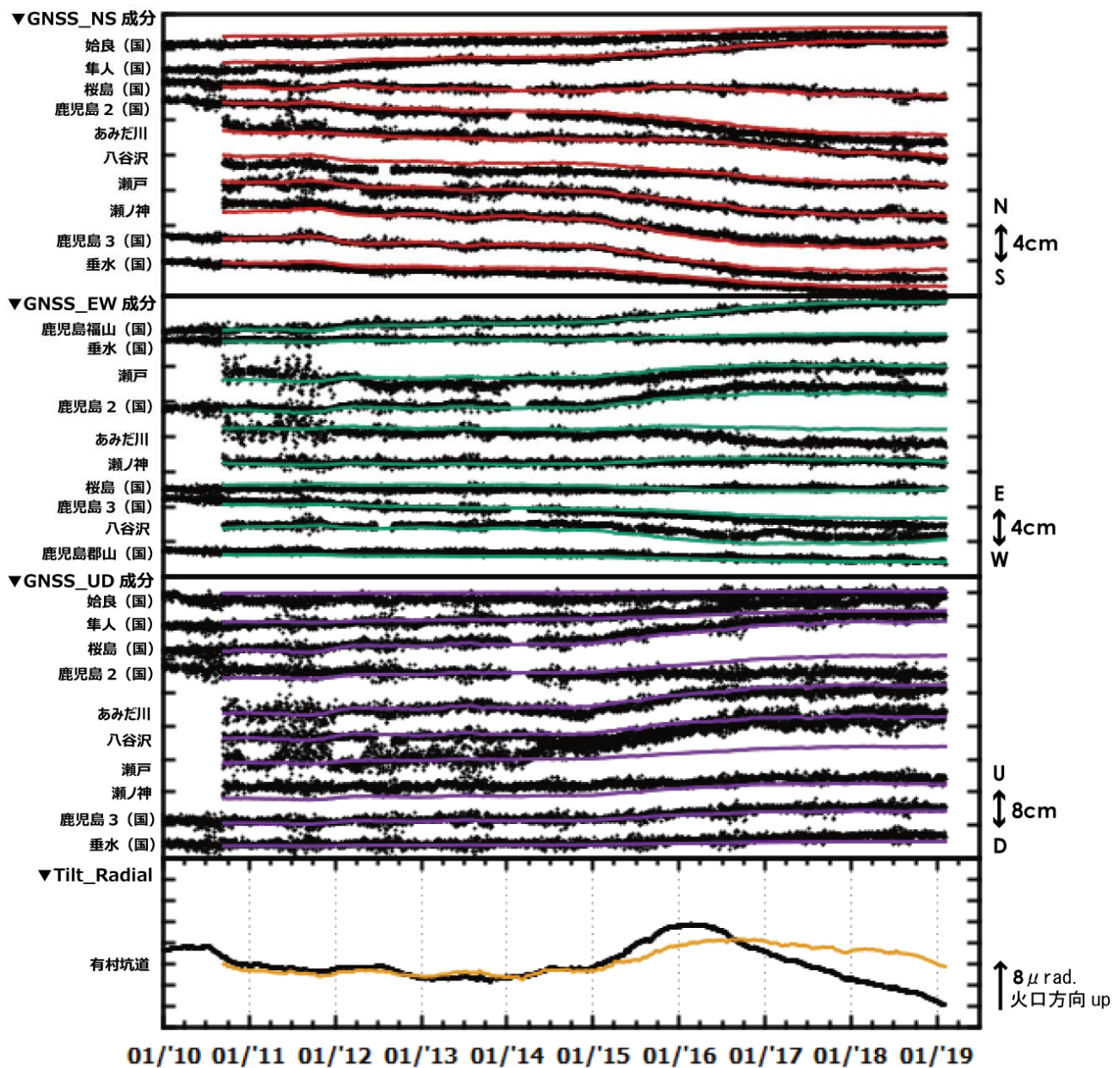


図 17 桜島 地殻変動の時間推移推定に用いた GNSS 観測点の観測値とインバージョン推定値 (○：観測値、赤線、緑線、紫線、橙線：インバージョンによる推定値)
(2010 年 9 月～2019 年 2 月 6 日)

*テクトニックな広域変動の効果、2015 年 8 月の島内へのマグマ貫入、2015 年 11 月 14 日の薩摩半島西方沖の地震、2016 年 4 月の熊本地震の非静的変動・余効変動、及び霧島山北西の深さ約 10km をソースとする火山性地殻変動の効果は補正量を推定し、除去している。

*GNSS データの誤差は平均 0 の正規分布、傾斜計は平均 0 の正規分布に加え(時間)⁻²での増大を仮定した。

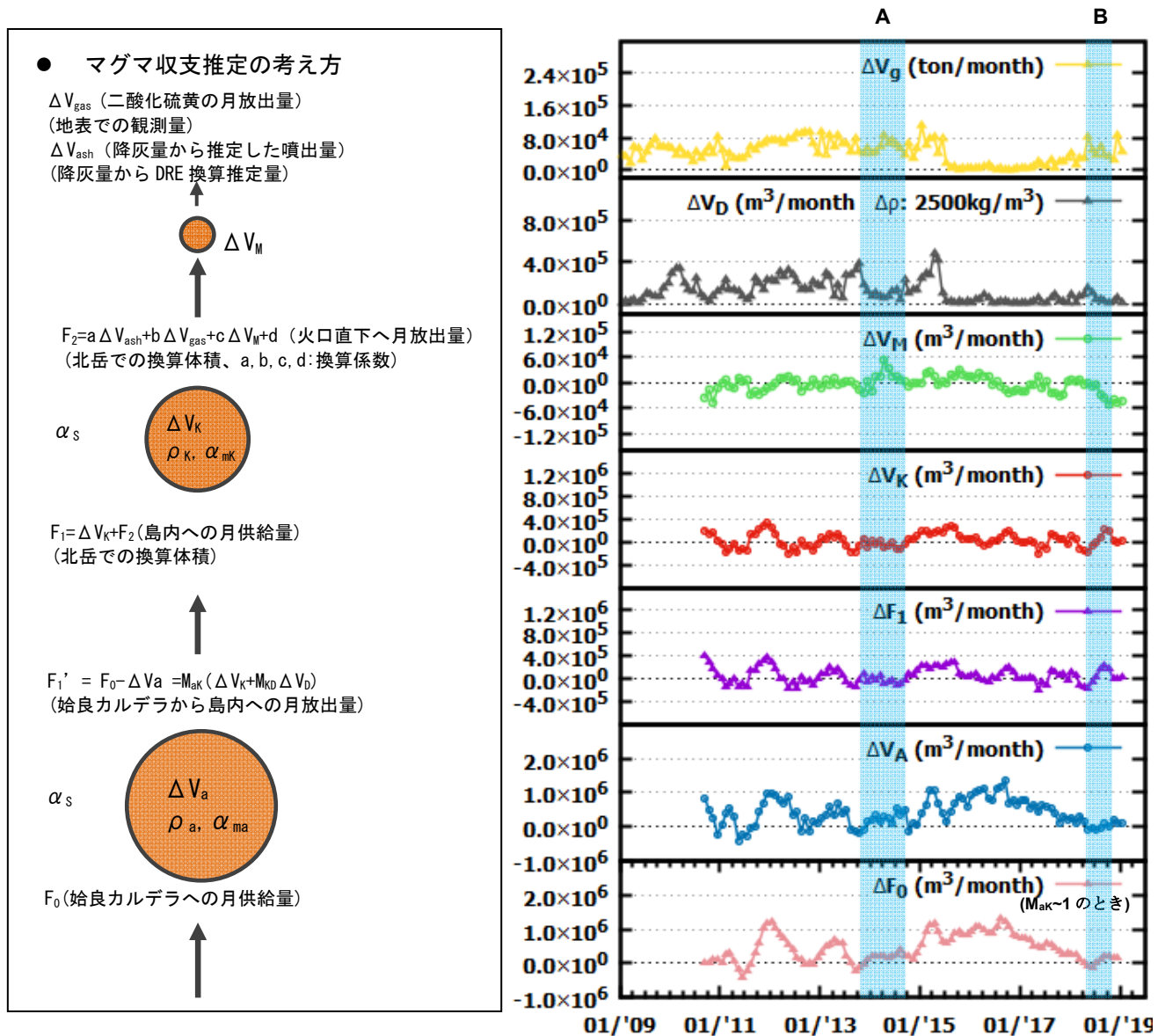


図 18 桜島 地殻変動推移によるマグマ収支の時間変化の推定

(2010 年 9 月～2019 年 1 月)

* 2015 年 8 月のマグマ貫入に関わる体積変化は議論に含まれていない。

* 月別総降灰量(重量)から、放出したマグマ(密度 2500kg/m³ 仮定)の体積を推定した。

* 降灰、SO₂ 放出量、ソース M の体積変化から、ソース K から供給されるマグマ量: F_2 を推定した。なお、マグマのガス等の混合比は時間変化が見込まれるため、 F_2 を推定する係数も時間変化することが考えられるが、本資料では始良カルデラの地殻変動が安定している図中の期間 A、B を用いて係数をそれぞれ求め、昭和火口の噴火活動が活発な 2017 年までは A による係数を、それ以降は B による係数を利用し、推定を行った。* 始良カルデラソースからある質量のマグマが上昇して北岳ソースに共有された際、それぞれのソースの周囲での岩石の体積変動比 M_{aK} は、マグマの密度 ρ_a, ρ_K 、マグマの圧縮率 α_{ma}, α_{mK} 、周囲の岩石の圧縮率 α_s (共通と仮定) を用い、 $M_{aK} = \Delta V_a / \Delta V_D = (\rho_a / \rho_K) (1 + \gamma_a / 1 + \gamma_K)$ (ここで $\gamma_a = \alpha_{ma} / \alpha_s, \gamma_K = \alpha_{mK} / \alpha_s$) と考えられる。これは、発泡度、揮発性分量、圧力などによって変化するが、浅部へのマグマ供給系では $(\rho_a / \rho_K) > 1, (1 + \gamma_a / 1 + \gamma_K) < 1$ が予想されるため、 $M_{aK} \sim 1$ を仮定することで始良カルデラにおける換算体積 F_1' 及び始良カルデラへのマグマ供給量 F_0 を推定した。

- ・ 始良カルデラへのマグマ供給量 (F_0) は、2017 年以降減少し、2018 年 3 月頃以降ほぼなくなったと推定される。
- ・ 桜島島内へのマグマ供給量 (F_1) は 2016 年頃から減少した。2017 年以降は長期にわたり供給が継続する時期はなく、時折わずかな量の供給が認められる。

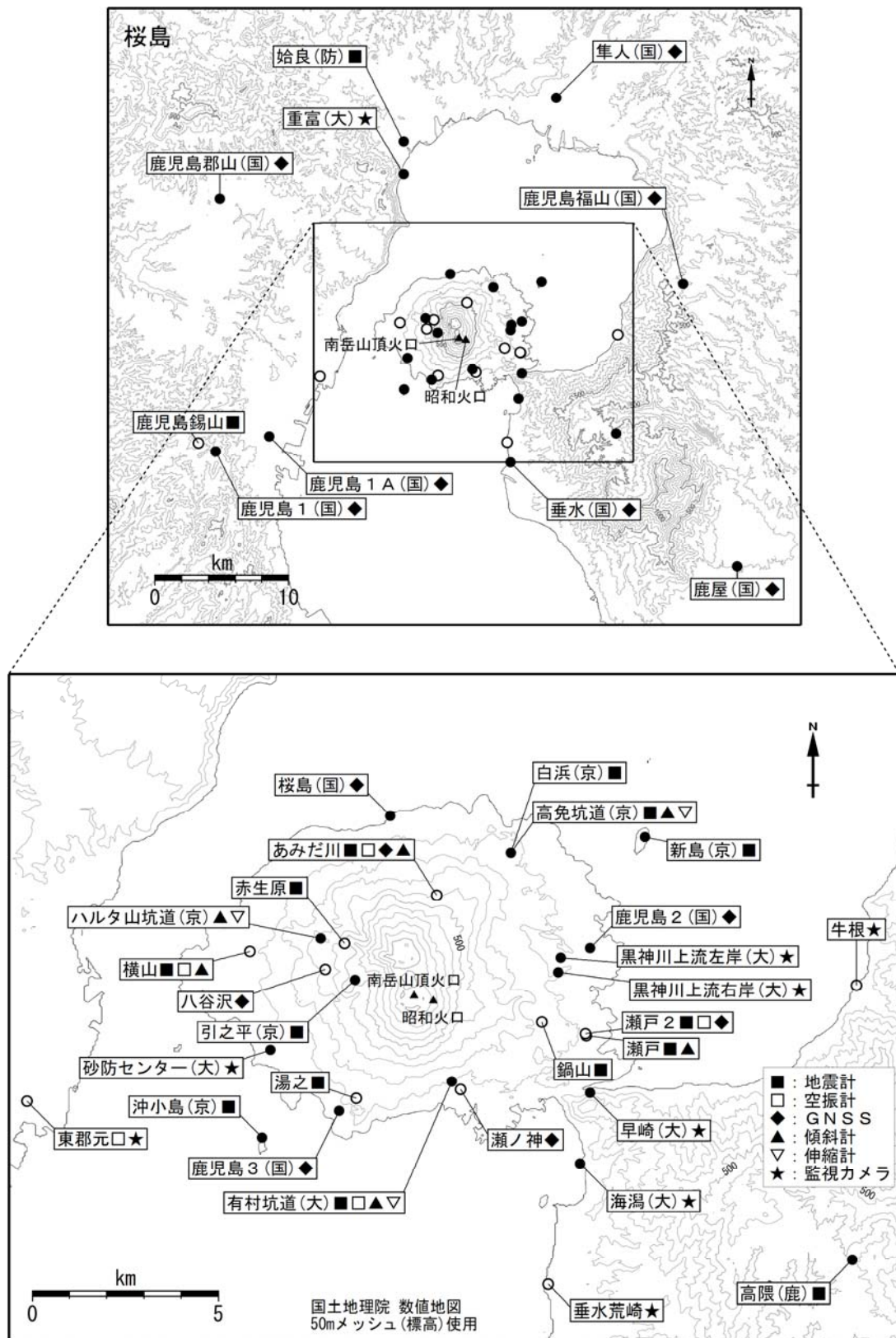


図 19 桜島 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。

(国) : 国土地理院、(大) : 大隅河川国道事務所、(京) : 京都大学防災研究所

(鹿) : 鹿児島大学、(防) : 防災科学技術研究所

地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。