

第 138 回

火山噴火予知連絡会資料

(その2)

霧島山

平成 29 年 6 月 20 日

火山噴火予知連絡会資料（その2）

目次

霧島山.....	3
気象庁（気象研、地磁気含む）	3-69
東大震研	70-85
東海大	86-93
九大	94-98
防災科研	99-105
産総研	106-110
地理院	111-118

霧 島 山

(2017 年 6 月 8 日現在)

えびの高原（硫黄山）周辺

えびの高原（硫黄山）周辺では、2015 年 12 月頃から長期的に熱異常域の拡大や噴気の量の増加が認められている。こうした中で、2017 年 4 月 25 日 11 時頃から硫黄山南西観測点の傾斜計で、硫黄山方向が隆起する傾斜変動がみられ、6 月 8 日現在も継続している。また、東京大学地震研究所が 5 月 8 日に実施した現地調査により、硫黄山火口西側で火山灰が確認された。

このように、えびの高原（硫黄山）周辺では、火山活動が高まっており、今後、小規模な噴火が発生するおそれがあると判断したことから、5 月 9 日 19 時 20 分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1（活火山であることに留意）から 2（火口周辺規制）に引き上げた。

5 月 15 日及び 16 日に実施した現地調査では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量が両日とも 1 日あたり 10 トンと、2015 年 12 月以降の活動で初めて観測し、その後は 1 日あたり数トン（10 トン未満）で経過した。

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、降灰及び風の影響を受ける小さな噴石（火山れき）に注意が必要である。

○ 概況（2017 年 1 月～2017 年 6 月 8 日）

・地殻変動の状況（図 4、図 6～9、図 22-①④、図 23-⑧、図 24～27）

4 月 25 日 11 時頃から硫黄山南西観測点の傾斜計で、硫黄山付近が隆起及び沈降する変動が繰り返しみられ、全体的には隆起傾向が継続している。その他の傾斜計には特段の変化は認められていない。これは、この傾斜変化が硫黄山のごく浅部の局所的な変動によって生じているためと考えられる。

GNSS 連続観測では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められないが、GNSS を用いた面積ひずみの解析では、2015 年 7 月頃から硫黄山周辺の浅い領域においてわずかな膨張の傾向が続いていると考えられる。

・噴煙など表面現象の状況（図 1～5、図 10、図 12～21、図 23-①⑤⑥、図 24-①⑥）

硫黄山では活発な噴気活動が続いており、噴気の高さは稜線上概ね 10～100m で経過した。現地調査では大きな噴気音や火山ガスの臭気も観測されており、4 月 27 日から 28 日にかけては噴気の高さが一時的に稜線上 200m まで上がった。2015 年 12 月から続いている熱異常域の拡大や噴気量の増加は、硫黄山火口周辺でみられていたが、2017 年 2 月以降は、硫黄山火口外の南西から西側でもみられるようになった。硫黄山火口外の南西から西側の噴気は少なくとも 1999 年頃まで確認されていたものであり、こうした場所でも噴気活動が再開したと考えられる。これら火口周辺の噴気の高さは概ね 10m で経過した。硫黄山周辺の北側から東側及び不動池周辺では、噴気や熱異常域は認められない。

1 月から 5 月にかけて実施した現地調査及び海上自衛隊第 1 航空群の協力による上空からの観測で、熱異常域の拡大と噴気量の増加が長期的に続いていることを確認した。

3 月 19 日に硫黄山で熱水が湧出しているとの通報を受けて、現地調査を実施し

た。調査の結果、硫黄山火口の南西側で熱水が湧出していることを確認した。3月21日には、硫黄山火口の南側でも熱水が湧出していることを確認した。

4月18日以降の現地調査では、ゴーゴーというジェット音のような大きな噴気音が聞こえるようになり、4月19日以降は監視カメラでも硫黄山の南側（東京大学地震研究所等に合わせ噴気孔Hとする）で顕著な噴気を確認出来るようになった。硫黄山南赤外監視カメラによる解析では、硫黄山の南側の噴気孔周辺で温度の高まりが認められる。これは南側の噴気の活発化に伴うものと考えられる。

5月8日に東京大学地震研究所が実施した現地調査により、硫黄山火口西側で火山灰が確認された。翌5月9日に気象庁が現地調査を実施したが、天候不良のため噴出物の状況は確認できなかった。5月15日以降の現地調査でも、硫黄山火口周辺では噴出物は確認されていない。

5月15日及び16日に実施した現地観測では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量が2015年12月以降の活動で初めて検出限界を上回り、両日とも1日あたり10トンであった。その後の現地調査でも1日あたり数トンの火山ガス（二酸化硫黄）の放出量を観測している。

えびの高原足湯源泉では2016年5月に温度の低下が認められたが、2017年7月以降、水温の回復傾向が引き続き認められた。旧市営露天風呂の水温は、2017年5月以降、温度のわずかな上昇が認められた。

・火山性地震や火山性微動の状況（図5、図23-②③、図24-②③④⑤⑦⑧、図30）

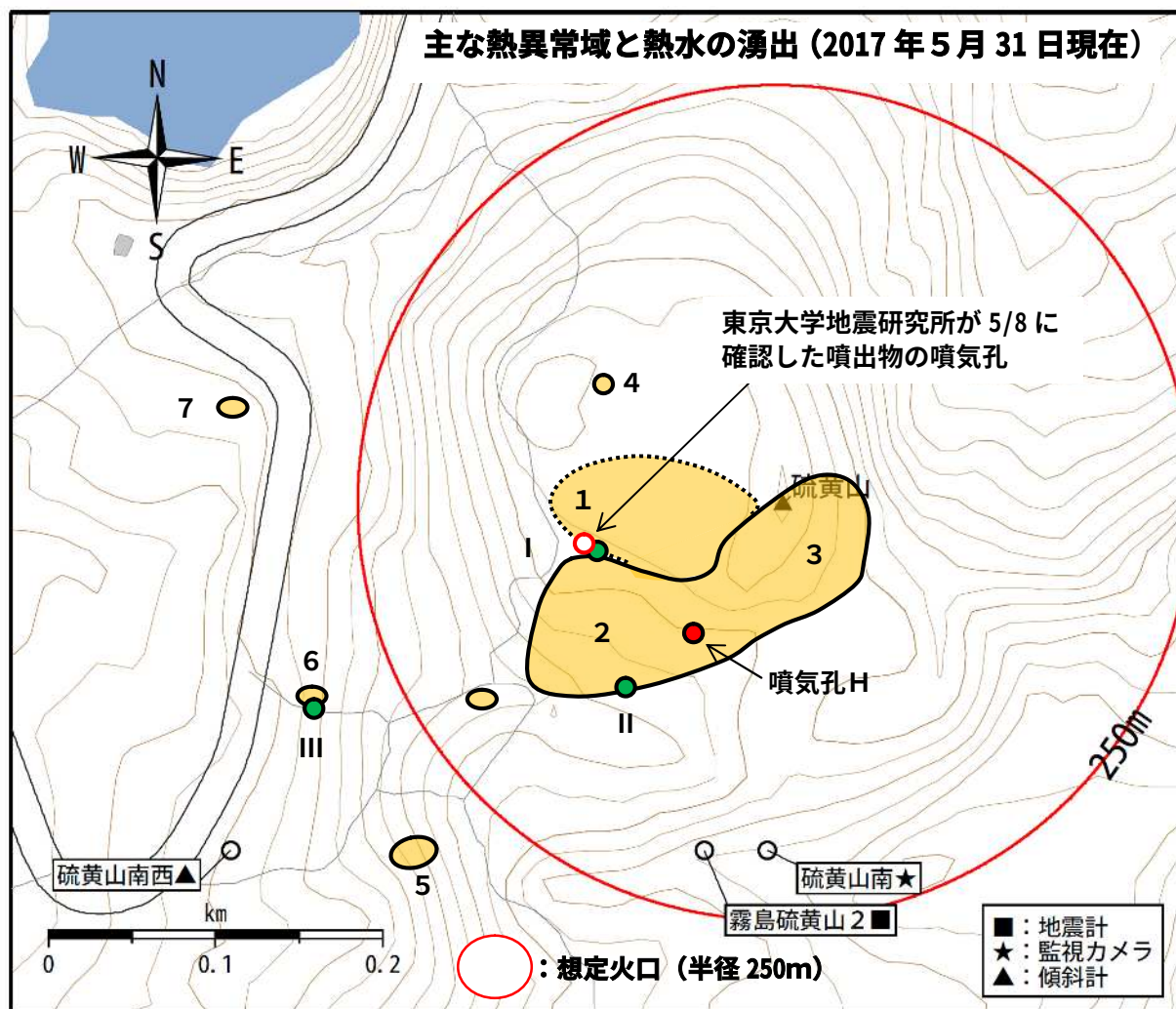
火山性地震は、2016年12月12日に日回数で70回発生して以降、日回数10回以下と少ない状態で経過している。4月下旬には、4月25日11時頃からの傾斜変動に先立ちわずかに増加した。火山性微動は2016年12月13日以降観測されていない。



図1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山付近の状況
（4月28日、えびの高原監視カメラによる）

- ・噴気の稜線上の高さの最高は、4月27日及び28日に観測した200mであった。
- ・4月27日からは西南西側の噴気が監視カメラでも確認できるようになった。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、東京大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、宮崎県及び鹿児島県のデータを利用して作成した。



国土地理院発行の『基盤地図情報』『基盤地図情報(数値標高モデル)』を使用した(平26情使、第578号)。国土数値情報の『湖沼』を使用した。

橙丸は熱異常域及び噴気域を、番号はその観測順を示す。

以下は熱異常域及び噴気域を観測し始めた日付を示す。

1. 火口内 2015 年 12 月 14 日～
2. 南側斜面 2016 年 1 月 14 日～
3. 南東側 2016 年 3 月 24 日～
4. 火口内西側 2016 年 8 月 29 日～
5. 南西側(韓国岳登山道脇) 2017 年 2 月 13 日～
6. 西南西側(韓国岳登山口) 2017 年 3 月 24 日～
7. 西斜面 2017 年 5 月 9 日～

緑丸は熱水の湧出箇所を、番号はその観測順を示す。

確認日を以下に示す。

- I. 2017 年 3 月 19 日
- II. 2017 年 3 月 21 日
- III. 2017 年 6 月 4 日

赤丸は 2017 年 4 月 19 日以降、監視カメラ監視カメラ等で確認されている硫黄山南側の噴気孔を噴気孔 H とし、位置を示す。

図 2 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 主な熱異常域と熱水の湧出位置

- ・硫黄山火口周辺の熱異常域の分布については、硫黄山南赤外監視カメラ及び白鳥山監視カメラ(宮崎県)から領域を推定した。
- ・火口内の現地調査は 2017 年 4 月以降実施出来ていないため、3 月までの現地調査をもとに推定した。



図 3 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 硫黄山火口周辺の噴気の状態

- ・硫黄山南監視カメラでは、4 月 19 日以降、硫黄山火口南側で明瞭な噴気孔 (噴気孔 H) を確認した。
- ・4 月 18 日の現地調査では、「ゴーゴー」と大きな噴気音を確認されている。その後の現地調査でも、大きな噴気音を確認されており、噴気の量も増加している。
- ・この噴気孔の周辺で、現地調査や監視カメラで次第に硫黄が付着しているのを確認している。

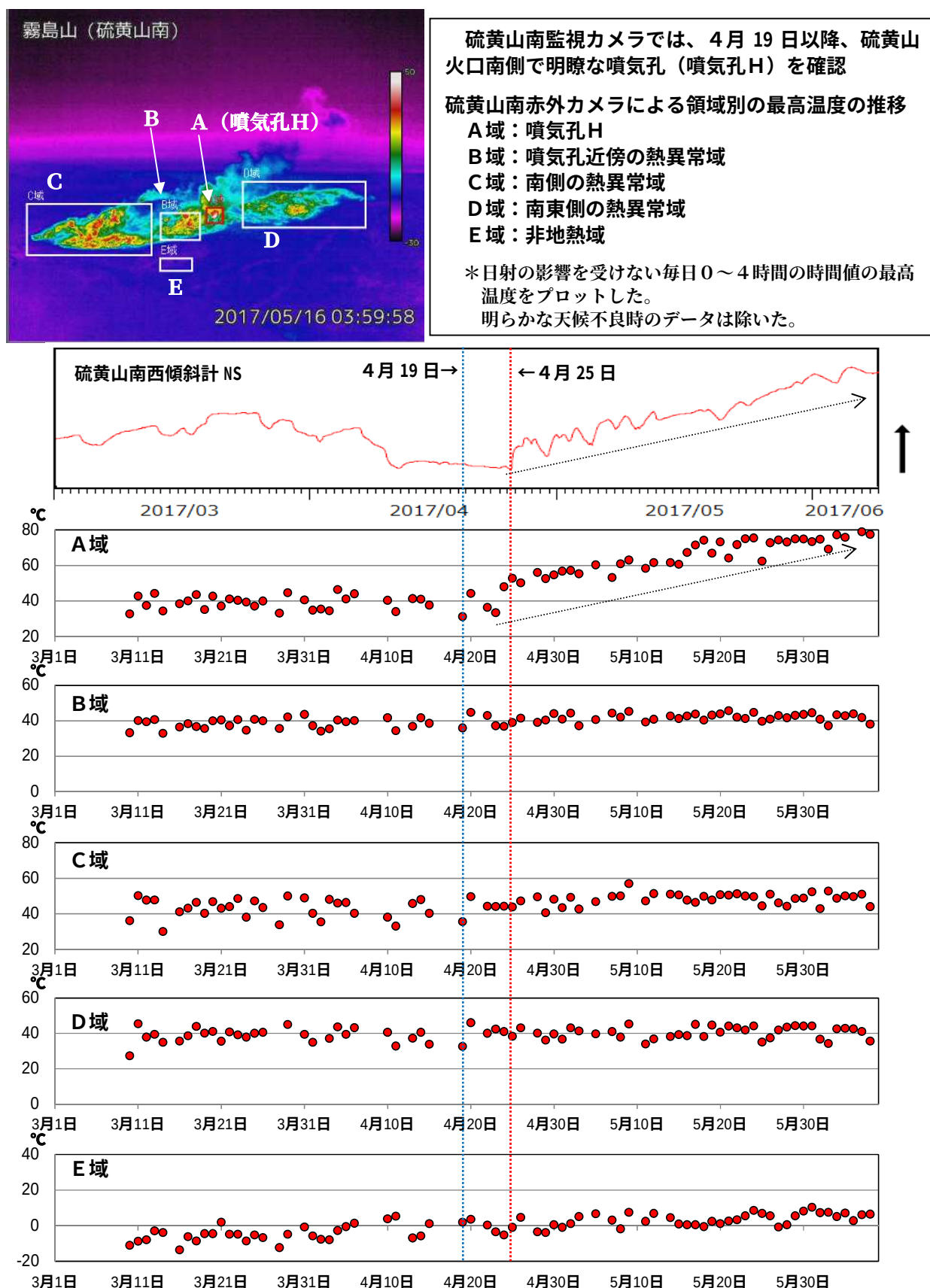


図4 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山火口周辺の地熱変化と傾斜変化
（硫黄山南監視カメラ 2017年3月10日～6月8日）

- ・4月下旬以降、A域の温度の高まりが認められる。B～D域では顕著な地熱の変化は認められないことから、硫黄山火口南側で確認されている噴気孔Hの活発化に伴うものと考えられる。E域は非熱異常域のため、わずかな温度上昇は季節変化を示す。

*硫黄山南西傾斜計については2017年1月から4月のトレンド（南北方向 $2.1\text{E}-07\text{rad/day}$ ）の補正を行っている。

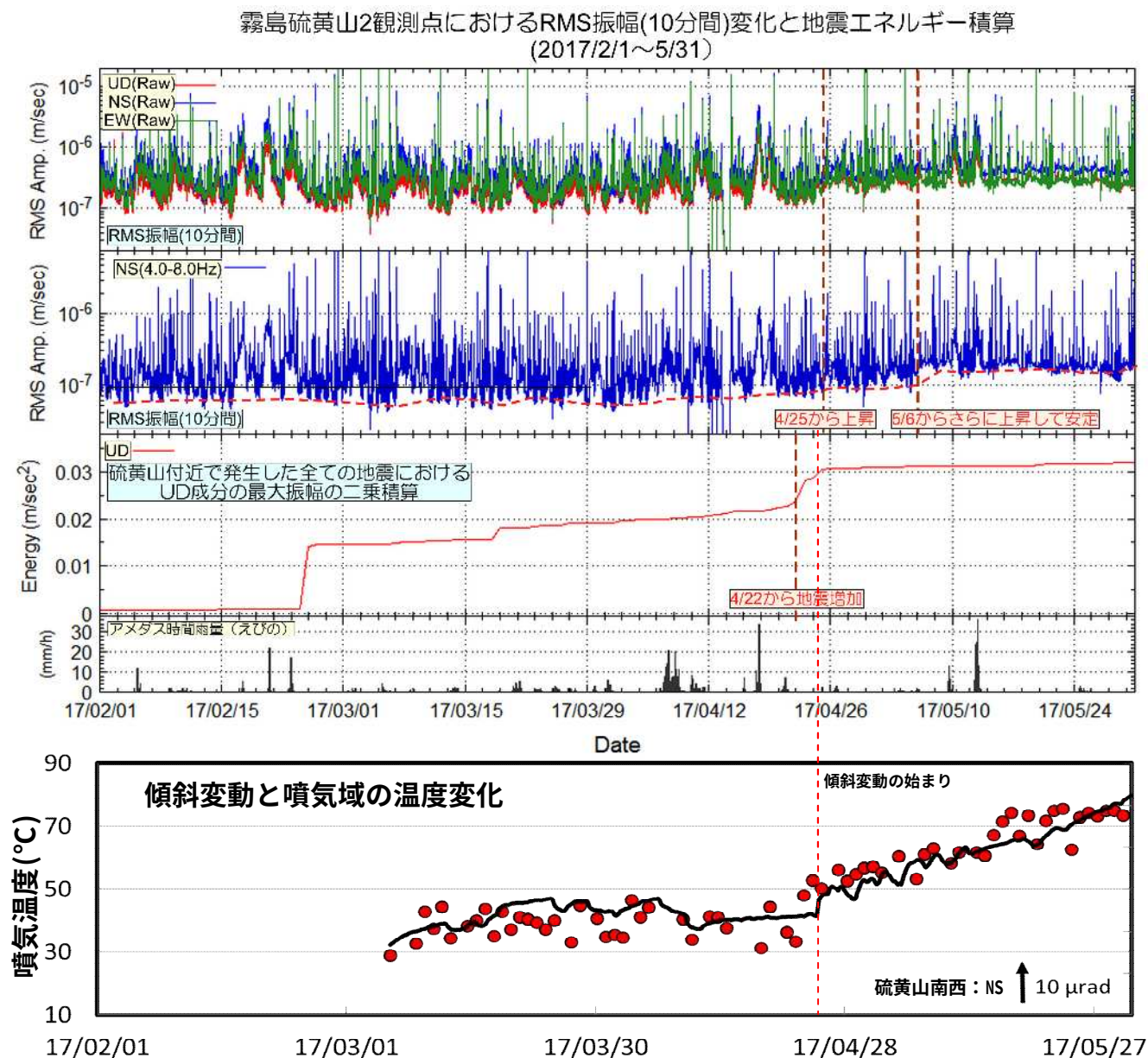


図5 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山2観測点におけるRMS振幅変化と地震エネルギー及び傾斜変動（2017年2月～2017年5月31日）

- ・ 4月25日からの傾斜変動に先行して、4月22日からわずかに地震が増加し、地震エネルギーが増したが、その後は停滞している。
- ・ RMS振幅は、傾斜変動のはじまった4月25日から4～8 Hz帯域の振幅がやや上がり、5月6日以降はさらに上昇しその後安定している。RMS振幅の増減のイメージを赤破線で示す。

*硫黄山南西傾斜計については2017年1月から4月のトレンド（南北方向 2.1×10^{-7} rad/day）の補正を行っている。

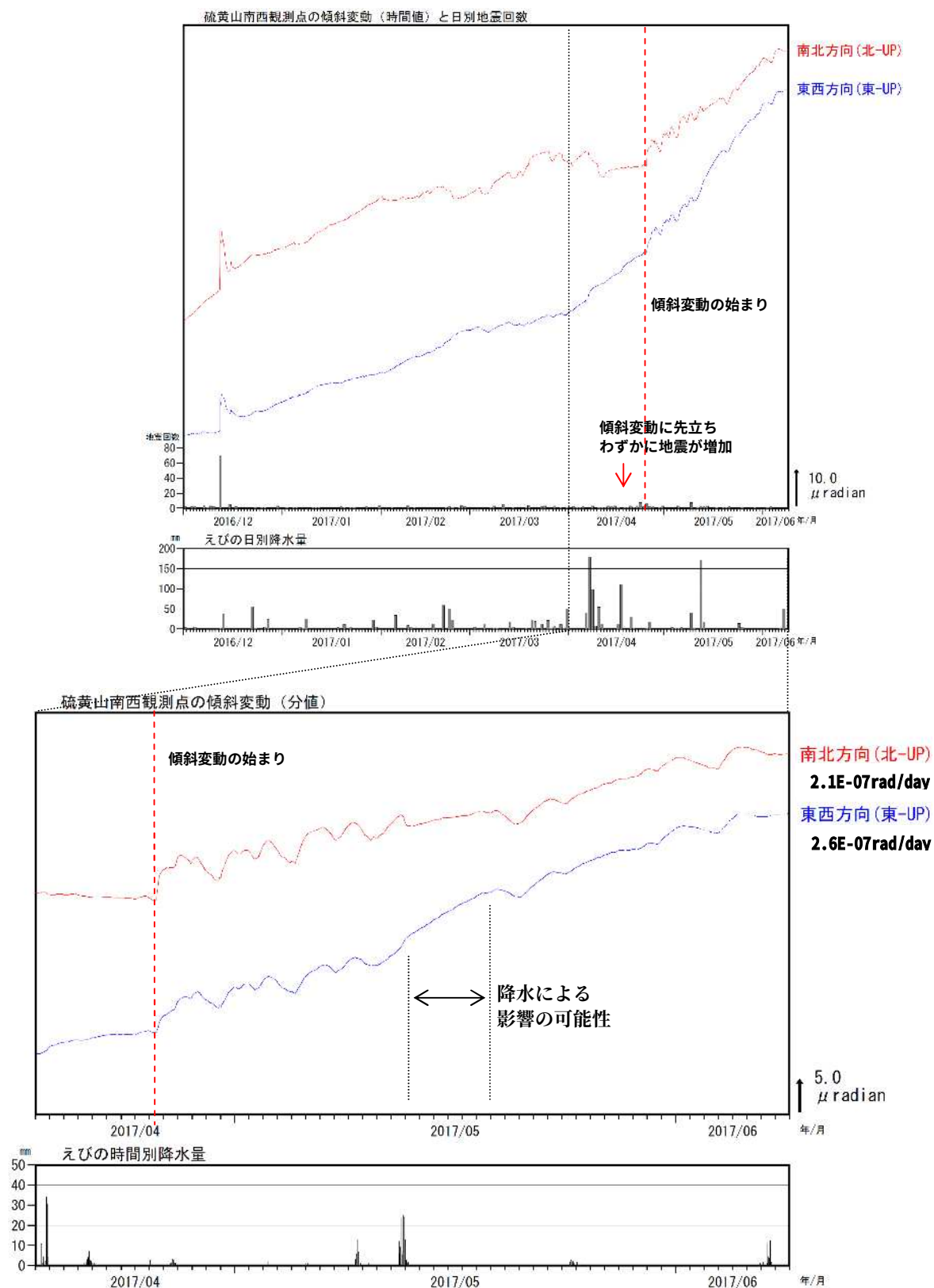


図 6 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山南西傾斜計の変化
（2016 年 11 月～2017 年 6 月 8 日）

<2016 年 11 月～2017 年 6 月 8 日の状況>

- ・ 4 月 25 日 11 時頃から硫黄山南西観測点の傾斜計で、硫黄山付近が隆起及び沈降する変動が繰り返しみられ、全体的には隆起傾向が継続している。
- ・ 火山性地震は 4 月下旬には、4 月 25 日 11 時頃からの傾斜変動に先立ちわずかに増加した。

＊硫黄山南観測点の 2017 年 4 月から 6 月 8 日の傾斜変動は、2017 年 1 月から 4 月のトレンド（南北方向 $2.1\text{E-}07\text{rad/day}$ 、東西方向 $2.6\text{E-}07\text{rad/day}$ ）補正を行っている。

霧島山

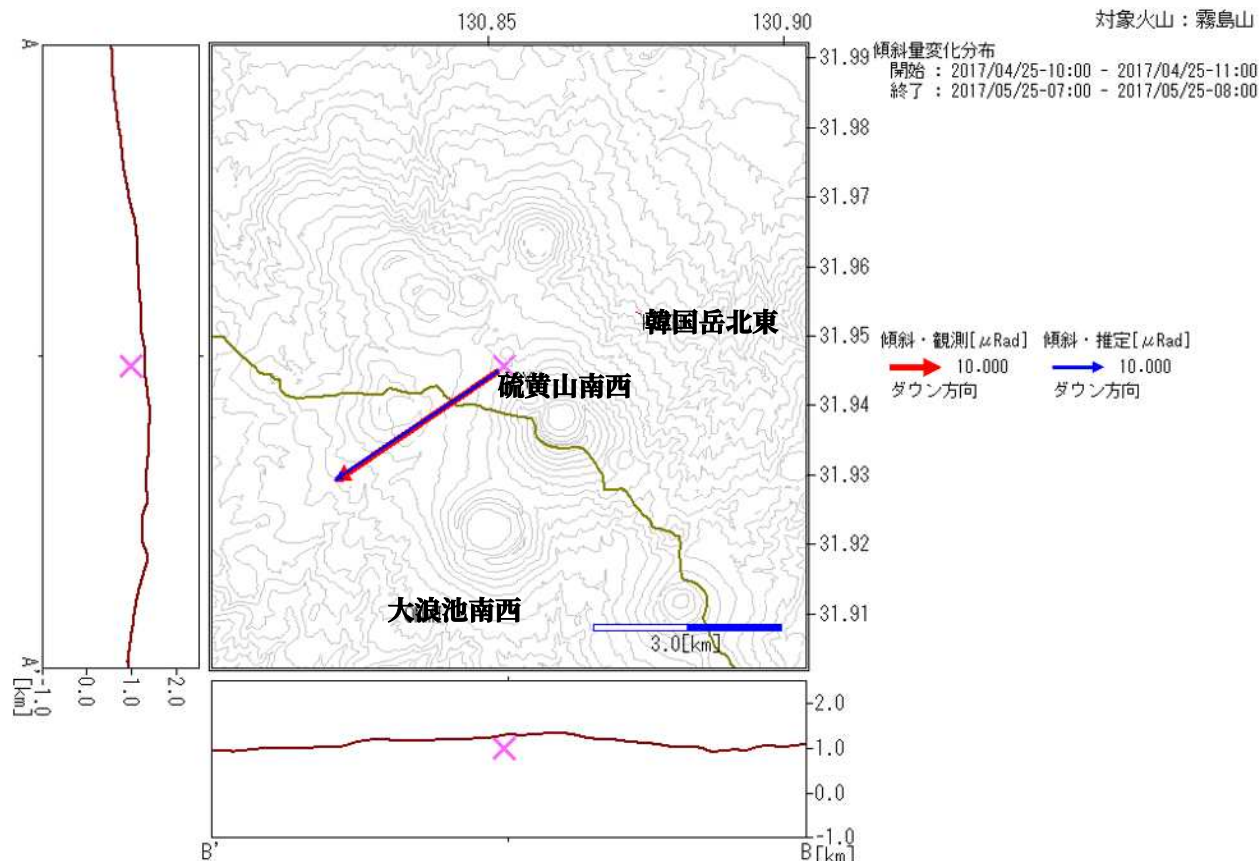


図 7 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 傾斜変動における体積変化量の推定
（4月25日11時～5月25日08時）

- ・九州大学が2017年5月に実施した水準測量結果（圧力源：標高600m）を参考に、圧力源をより浅部の硫黄山の海拔1000mに固定し、圧力源の位置及び体積変化量のみを変化させ、グリッドサーチで傾斜推定量を求めた。その後、圧力源の位置（緯度経度標高）と体積変化量の両方を変化させてグリッドサーチしても、推定圧力源の位置、体積変化量はほとんど変化しない。
- ・体積変化量は2700立方メートルと見積もられた。
- ・使用した観測データは、硫黄山南西の観測された傾斜変動量。なお、韓国岳北東及び大浪池南西観測点は傾斜変動が認められなため、観測値を0として計算した。

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 8 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 面積ひずみの算出に用いている
GNSS 観測点図

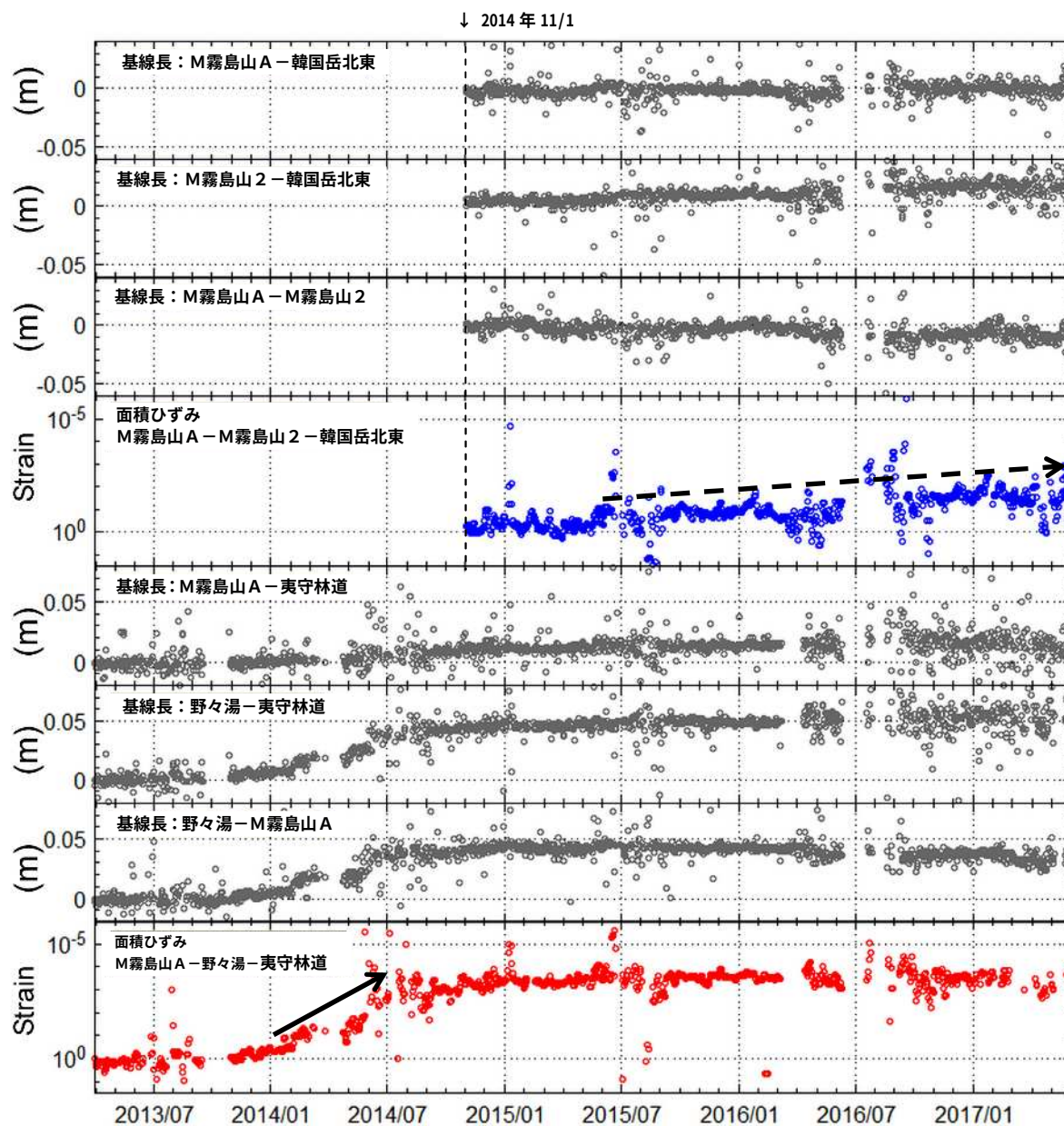


図9 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）

えびの高原（硫黄山）周辺の基線を用いた面積ひずみ変動経過図

(2013 年 4 月～2017 年 5 月 31 日)

- ・青丸は硫黄山を取り囲む狭い領域の面積ひずみの変動経過を示す。
- ・赤丸は硫黄山を取り囲む広い領域の面積ひずみの変動経過を示す。
- ・赤線の領域では 2014 年には膨張（黒線）がみられたが、2015 年以降は明確な膨張はみられない。
- ・一方、青線の領域では、2015 年 5 月頃から緩やかな膨張（黒破線）がみとめられている。
- ・このことから、硫黄山周辺の浅い領域（おおむね海拔下 1000m よりも浅い）においてわずかな膨張の傾向が続いていると考えられる。

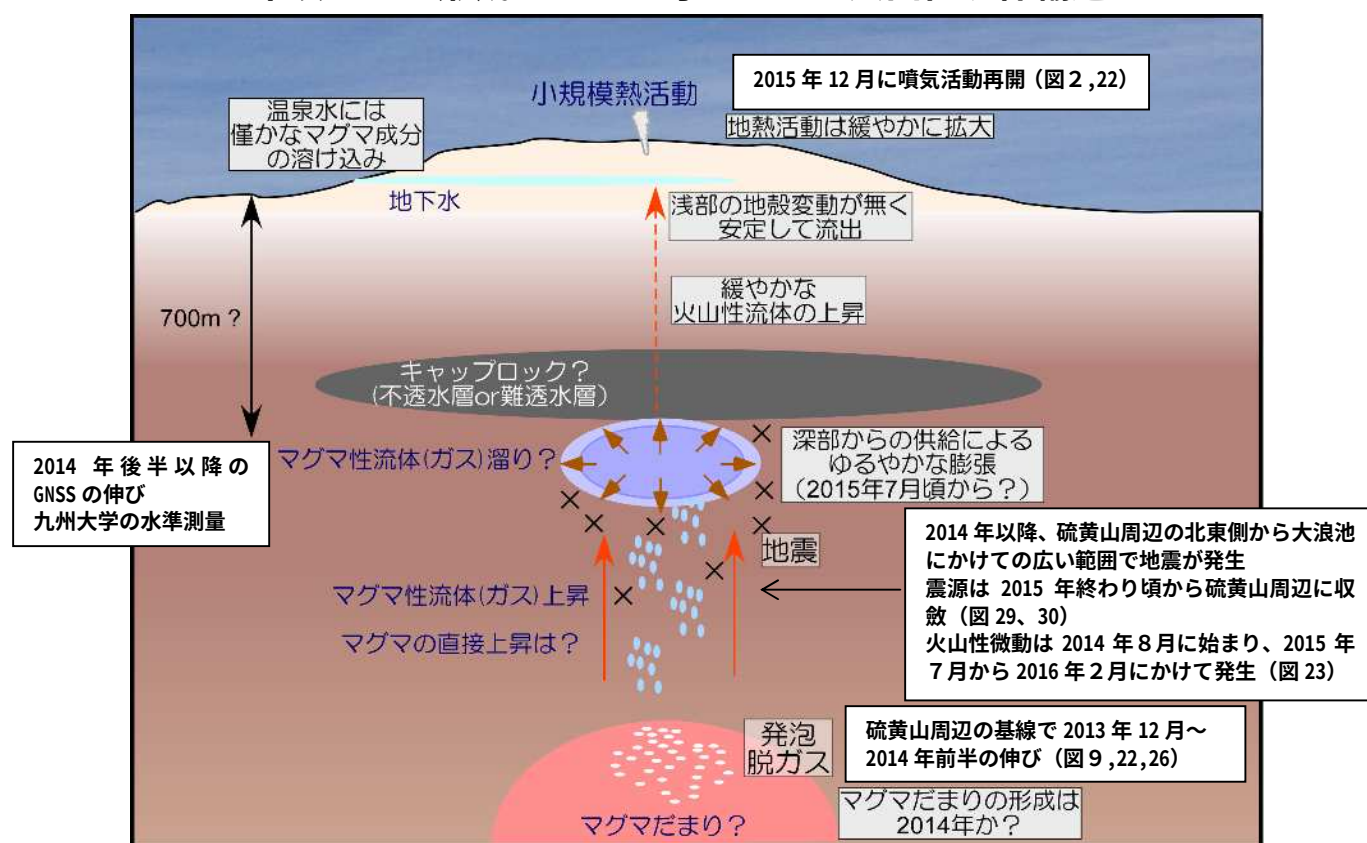
* (ある日の面積 / 開始日の面積) - 1 で計算。



図 10 霧島山（えびの高原(硫黄山)周辺) 硫黄山火口周辺の噴気の状態

- ・ 左上段の硫黄山南側（赤四角内）の噴気孔 H 周辺の変化を示す。
 - ・ 4 月 18 日の現地調査以降、「ゴーゴー」と大きな噴気音が引き続き確認されている。
 - ・ 噴気孔の周辺では、次第に硫黄の付着が明瞭になっている。
- なお、噴気孔周辺には 4 月 18 日以前もわずかな硫黄の付着が認められるが、その後の降雨により流れたものと考えられる。

2016 年頃までに形成されたと考えられる火山性流体輸送システム



2017 年 4 月頃からの概念図

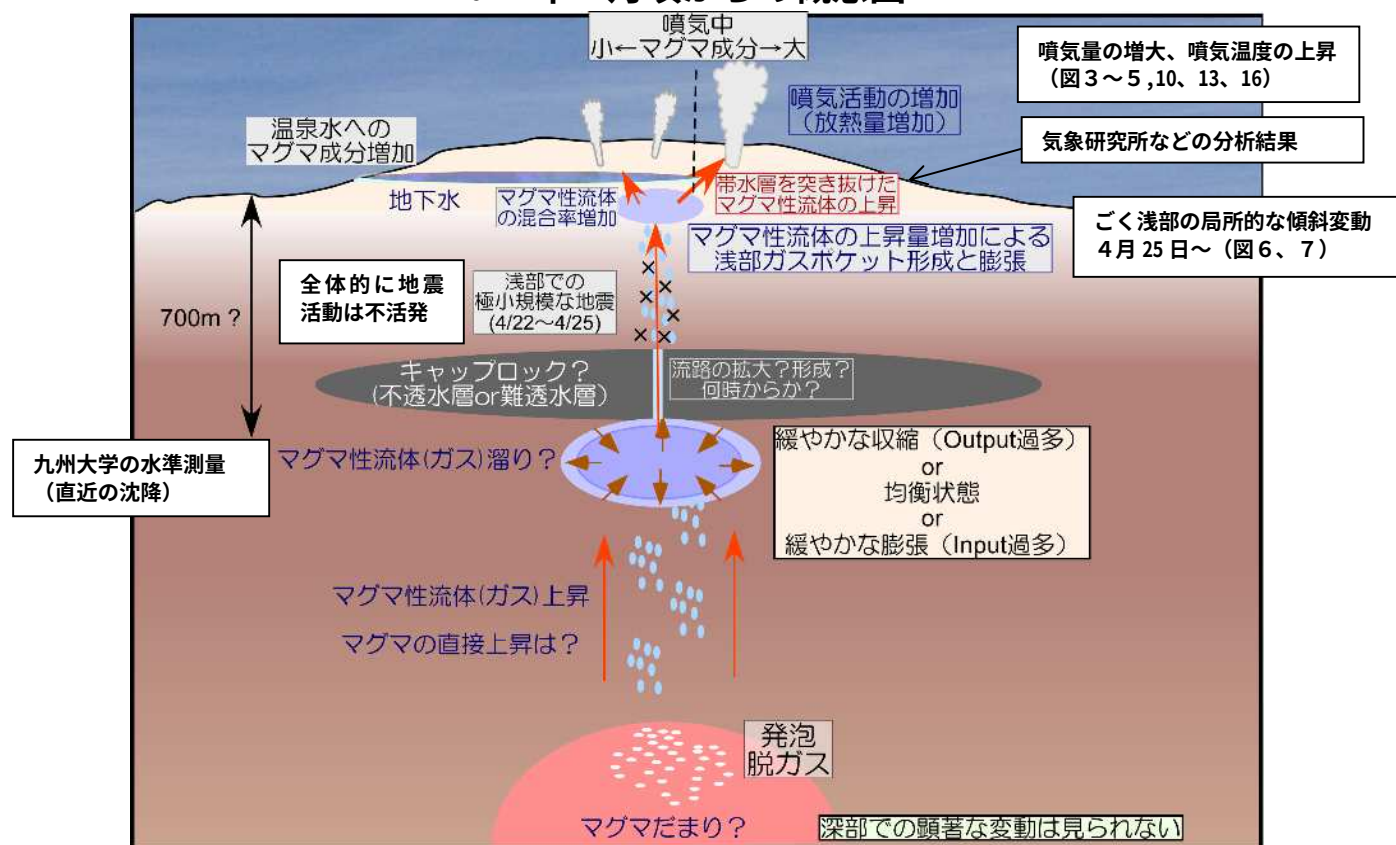


図 11 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）
えびの高原（硫黄山）周辺の地下の概念図
2017 年以前と 2017 年 4 月以降を比較した。

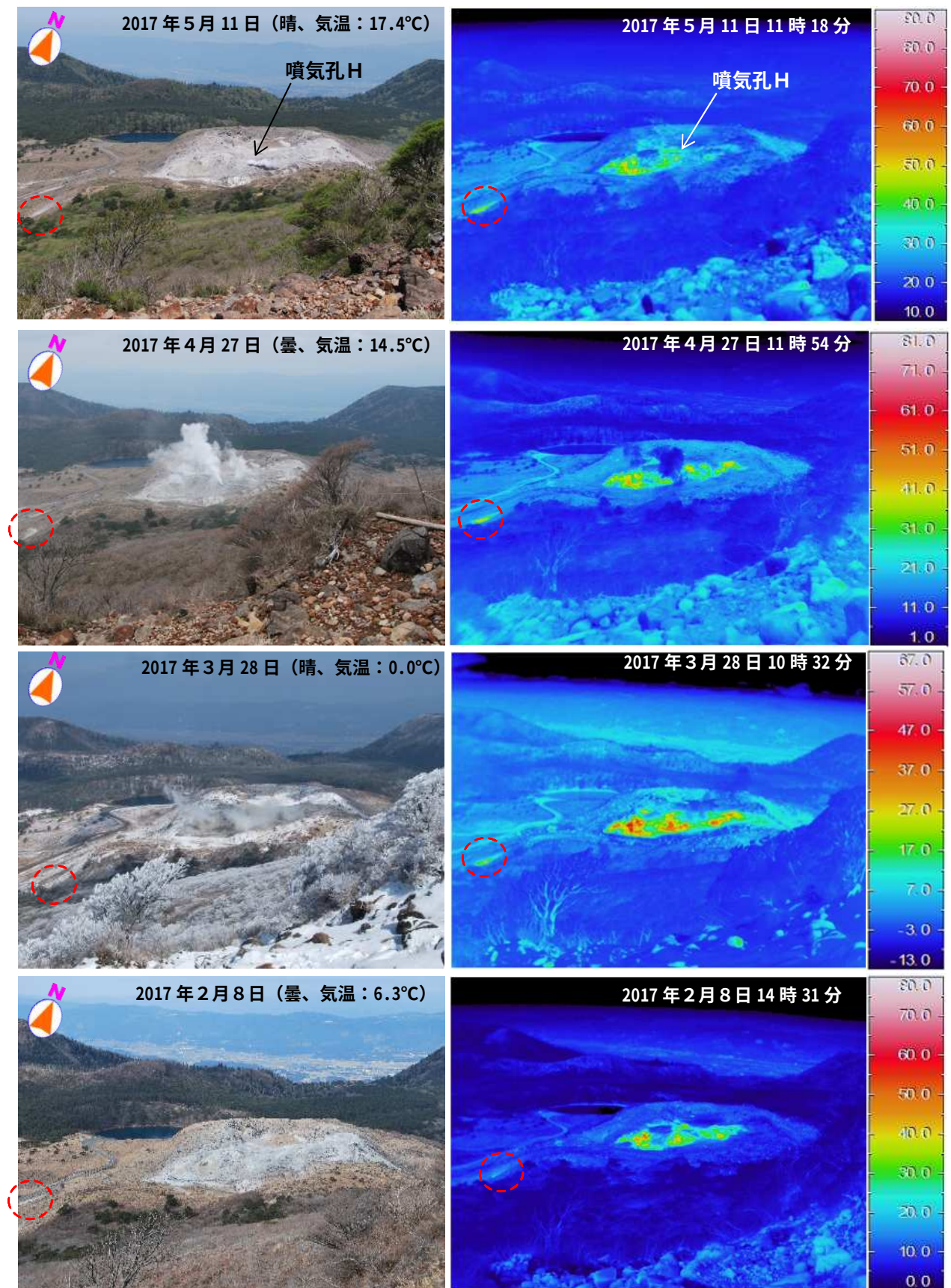


図 12 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の状況（韓国岳 4 合目から観測）

- ・長期的に熱異常域の拡大や噴気量の増加が認められている。
- ・赤破線内は、硫黄山南西側の噴気及び熱異常域を示している。

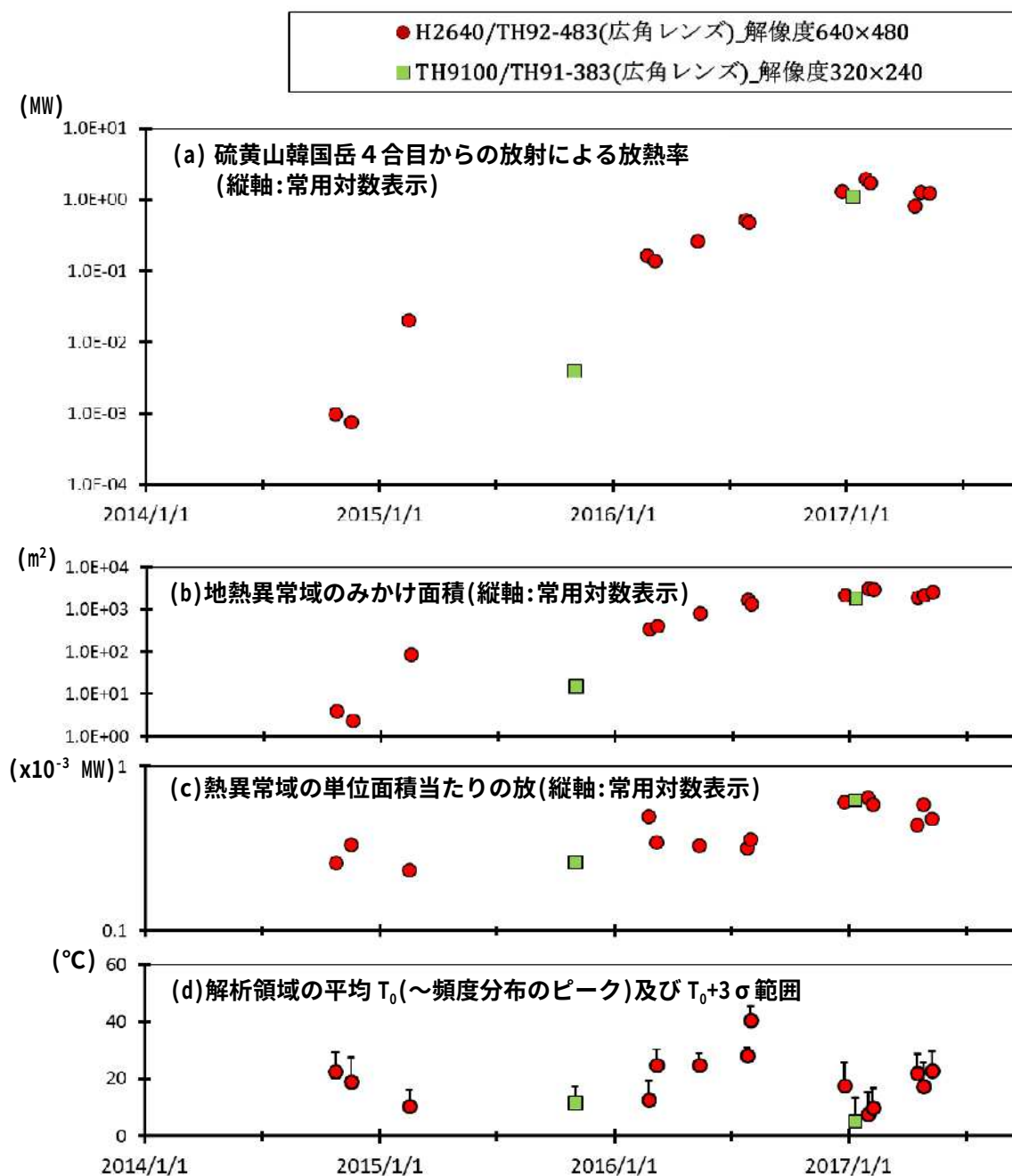


図 13-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 地表面温度分布より算出した硫黄山の放熱率の推移（値を観測日ごとに平均）

（2014 年 10 月～2017 年 5 月）

図 12 の観測データを用い、Sekioka and Yuhara(1978)の手法により放射による放熱率を算出し、値を観測日ごとに平均した。図 13-3 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見なした。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。

・2016 年初め頃から硫黄山の南側で放熱率の増加傾向が認められたが、2016 年の終わり頃から停滞している。

・(a)(b)(c)における推移の様子から、2016 年初め頃からの放熱率の増加傾向は、主に熱異常域の面積増加によるものである。

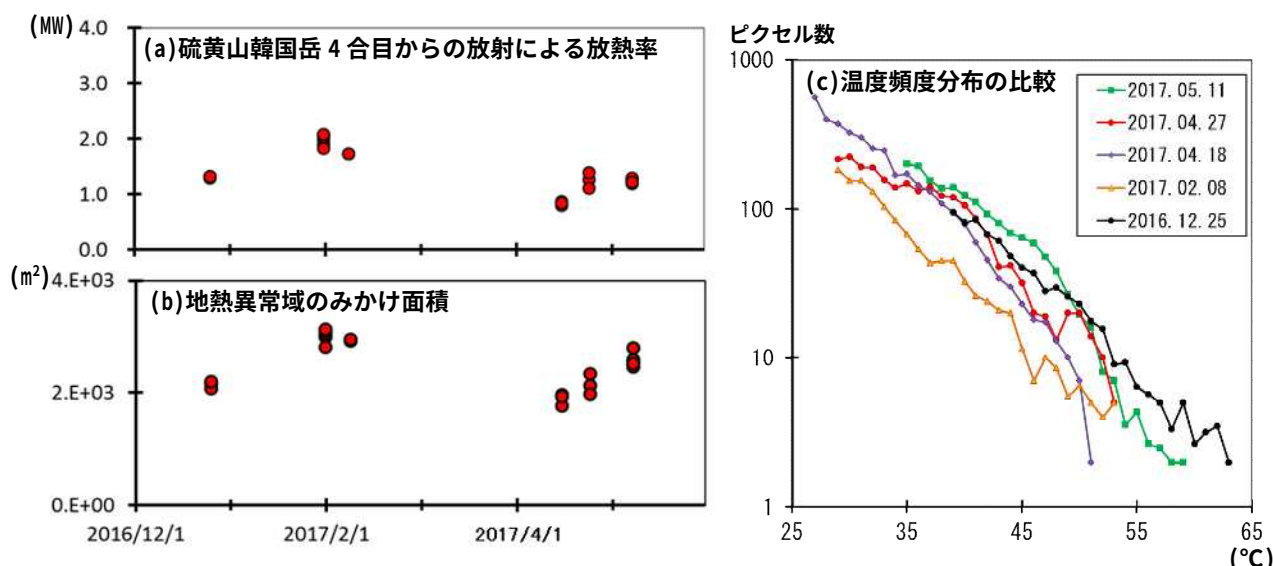


図 13-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 地表面温度分布より算出した硫黄山の放熱率の推移 (2016 年 12 月～2017 年 5 月)

図 (c) は、各観測時の最高温度から 25℃低い温度までのピクセル数を比較したものである。

- ・ 2016 年 12 月から 2017 年 5 月までの放熱率は大きく変化していないが、熱異常域の面積の変化と相関が見られる。
- ・ (c) に示したとおり、気象条件による影響を大きく受けないと考えられる高温域の頻度分布からは、2016 年 12 月 25 日の観測以降、高温域で頻度の減衰が認められる。これは、図 4 に示されているとおり、噴気の噴出孔付近に高温域があるために、噴気の量の増加によって熱異常域が遮蔽されていることを示していると考えられる。
- ・ 気象条件による境界温度の変化と噴気による高温域の遮蔽により、2016 年末頃から地表面温度分布から見積もられる放熱率は、横ばいとなっている。

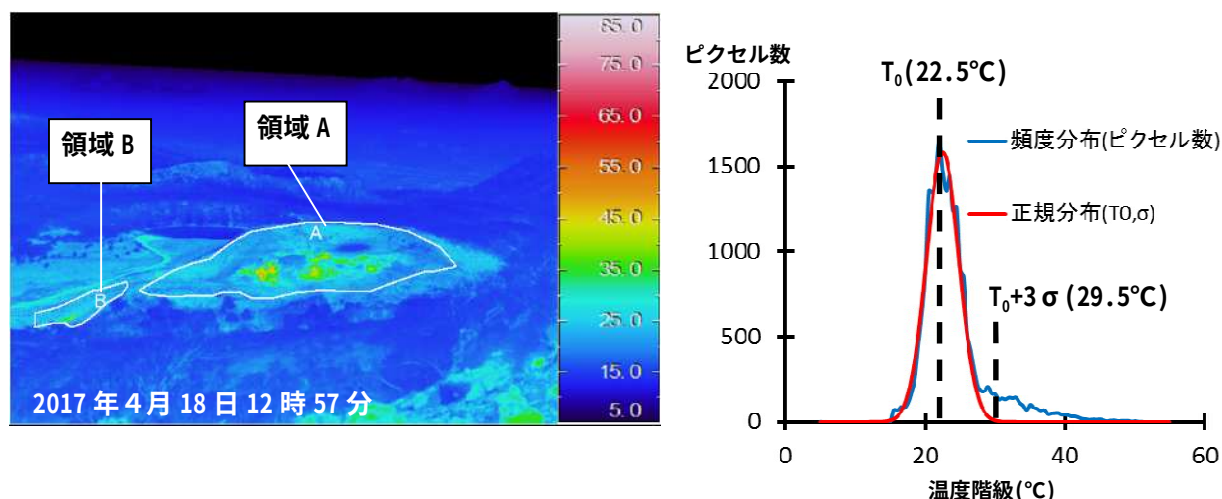


図 13-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 図 13-1 に示した硫黄山の放熱率算出の解析領域と温度分布の例 (2017 年 4 月 18 日 12 時 57 分)

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見なし、熱異常域の面積及び放熱率を算出した。

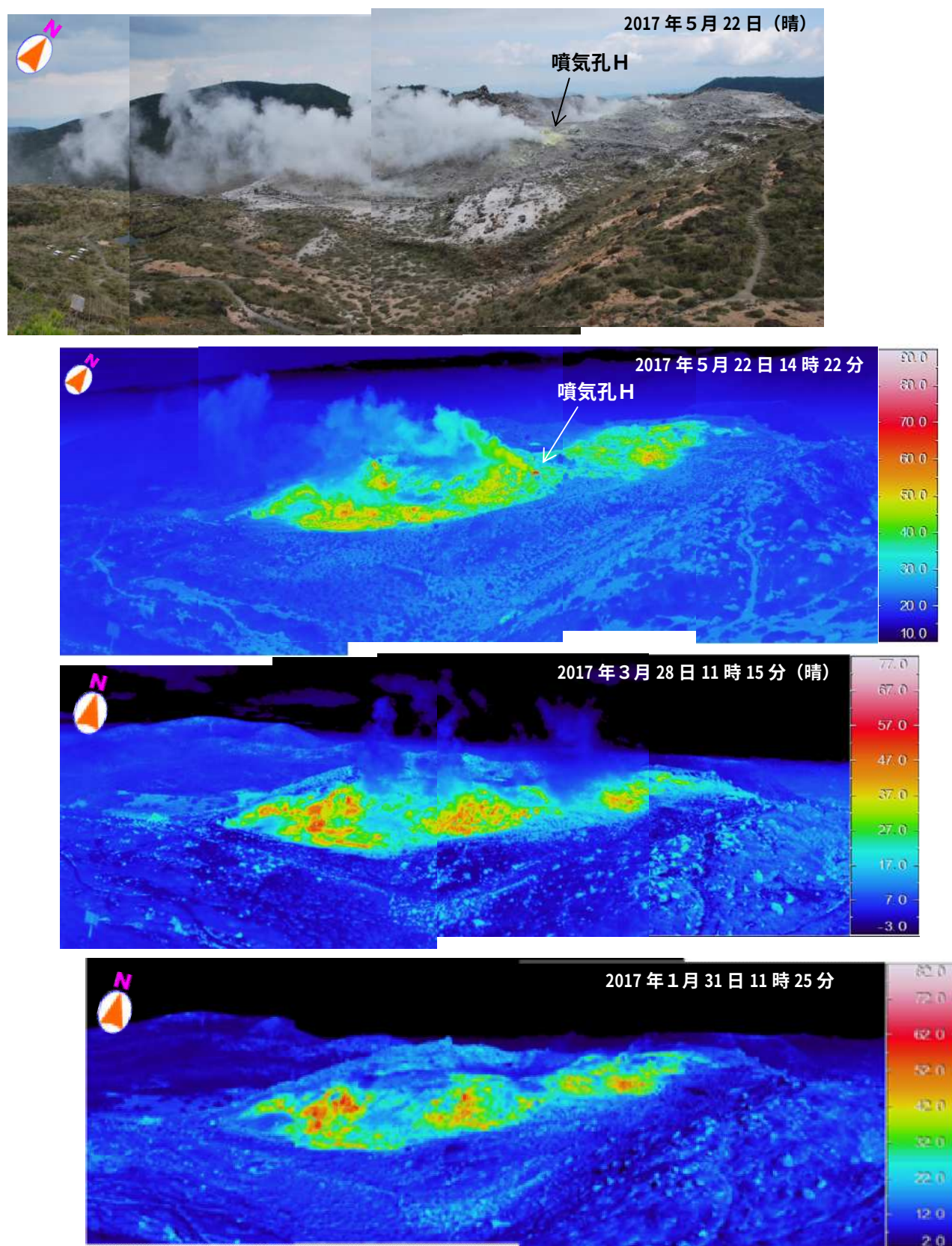


図 14 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山火口南西側及び南側斜面の状況

- ・長期的に熱異常域の拡大や噴気量の増加が認められている。
- ・最高温度の大きな上昇は認められない。

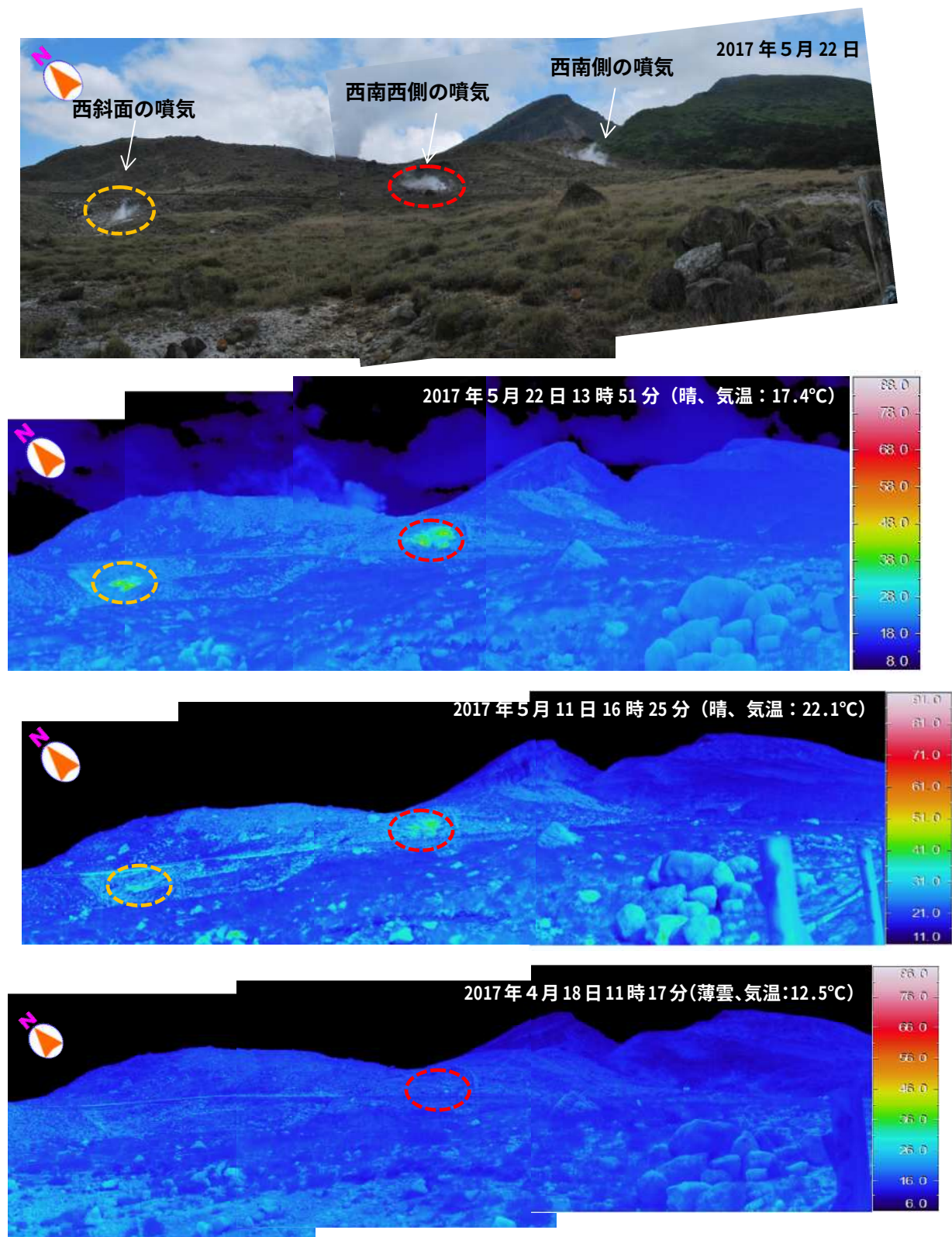


図 15 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）硫黄山の西側の状況

硫黄山西南西側（韓国岳登山口：赤破線）では2017年3月24日以降、硫黄山西斜面（橙破線）では5月9日以降、噴気や熱異常域が認められた。



図 16 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山火口南西側及び南側の熱水の湧出状況

- ・ 3月19日に硫黄山火口の南西側で2箇所の陥没場所（下段左図の黄破線内）から、灰色の熱水が湧出しているのを確認した。2箇所の穴の内、大きい方（南側：①）は1m×60cm、深さ75cm程度、水温は92.4℃であった。小さい方（北側：②）は1m×50cm、深さ30cm程度、水温は93.6℃であった。
- ・ 3月21日には、硫黄山火口南側で直径約1m、深さ70cm程度の陥没した場所から灰色の熱水が湧出しているのを確認した（下段右図）。

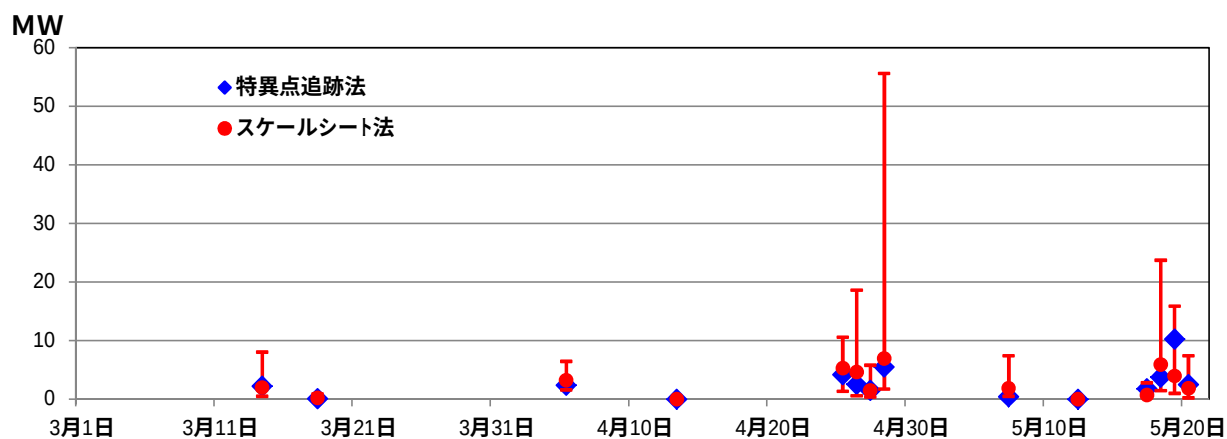


図 17 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） えびの高原監視カメラより算出した硫黄山の放熱率の推移（2017 年 3 月～2017 年 5 月 22 日）

- ・ えびの高原監視カメラの 09 時、12 時、15 時の前後 10 分間の画像（10 秒間隔）を使用。
- ・ 噴気が高く上がった場合、又は西側へ流れた場合のみ計測可能である。
- ・ 4 月 25 日頃からは噴気量の増加に伴い、放熱率がやや増加している。

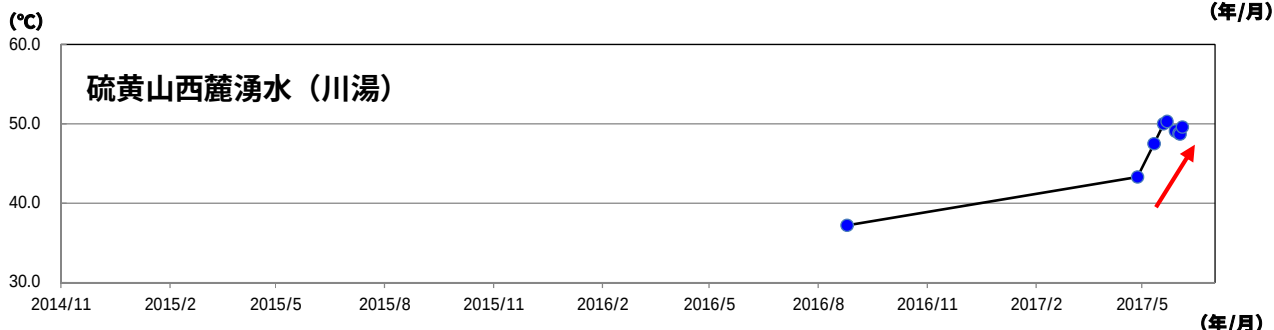
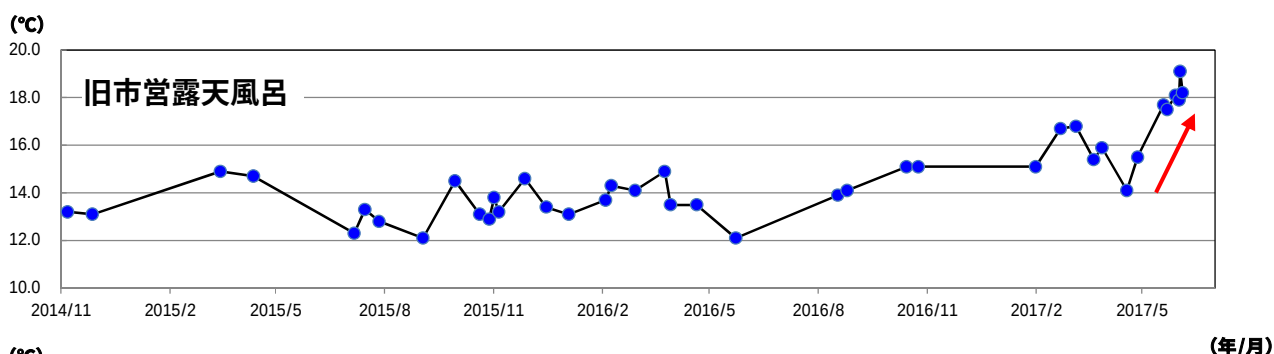
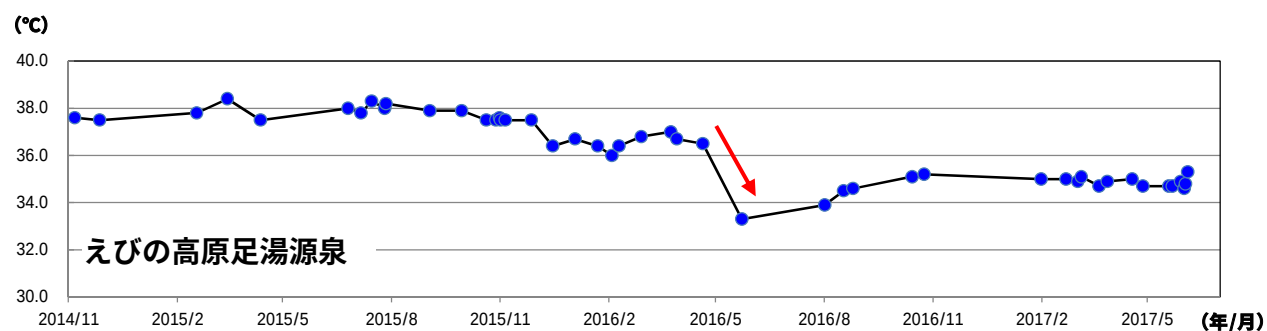


図 18 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 水温の時系列変化（2014 年 11 月～2017 年 5 月）

- ・ えびの高原足湯源泉の水温は、2016 年 5 月に温度の低下が認められたが、2016 年 7 月以降は回復傾向が認められる。
- ・ 旧市営露天風呂の水温は、2017 年 5 月以降、温度のわずかな上昇が認められた。
- ・ 硫黄山西麓湧水は温度の上昇が認められている。

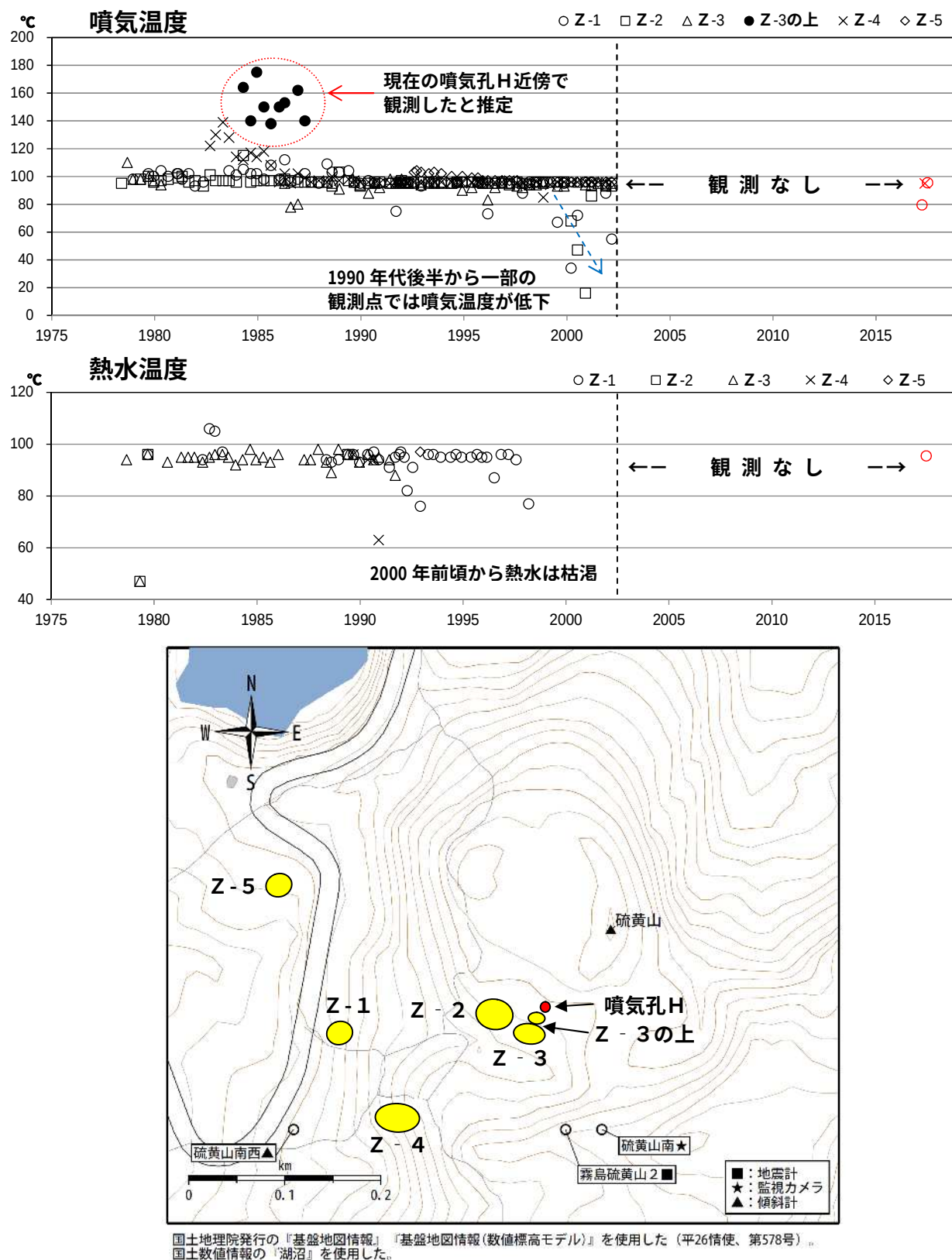


図 19 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）硫黄山周辺の噴気及び熱水温度変化
(1977 年 3 月～2017 年 6 月 4 日：2003 年～2016 年は観測なし)

- ・ 3 月 24 日に実施した硫黄山の西南西側（韓国岳登山口）の現地調査では噴気温度は 79.6℃、6 月 4 日は 95.5℃（気圧:872.6hPa、気温：23.3℃）であった。
- ・ 5 月 15 日に東海大学及び気象研究所が実施した調査では、硫黄山南西側（韓国岳登山道脇）の噴気温度は 95.2℃であった。

なお、硫黄山の西南西側（韓国岳登山口）の噴気域は Z-1、硫黄山南西側（韓国岳登山道脇）の噴気域は Z-4 と同噴気域である。

- ・ 6 月 4 日には、西南西側（韓国岳登山口）の熱水の温度は 95.5℃であり、枯渇前の 1980～1990 年代前半と同程度であった。

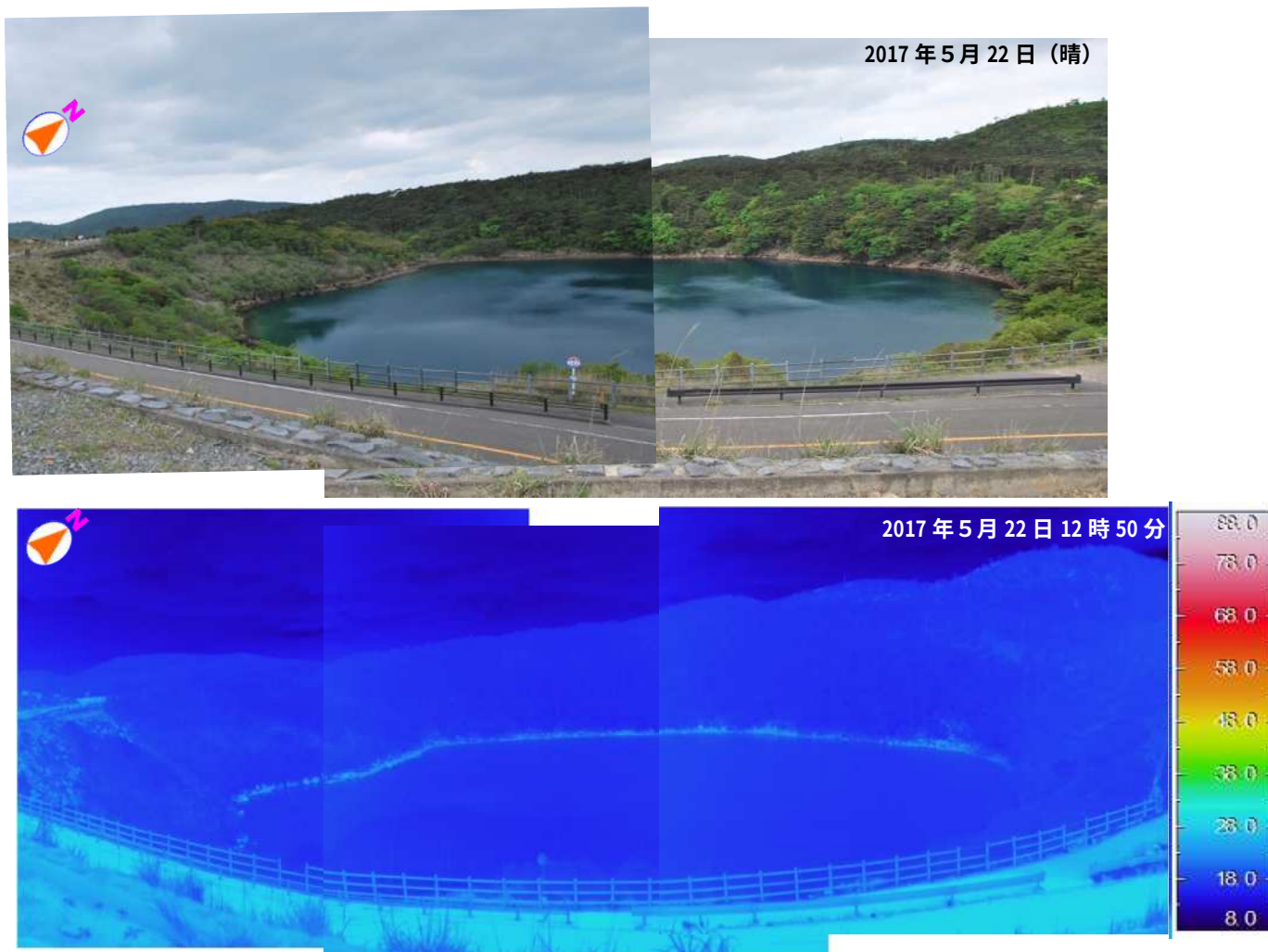


図 20 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 不動池の状況（硫黄山登山口から観測）
熱異常域は認められなかった。

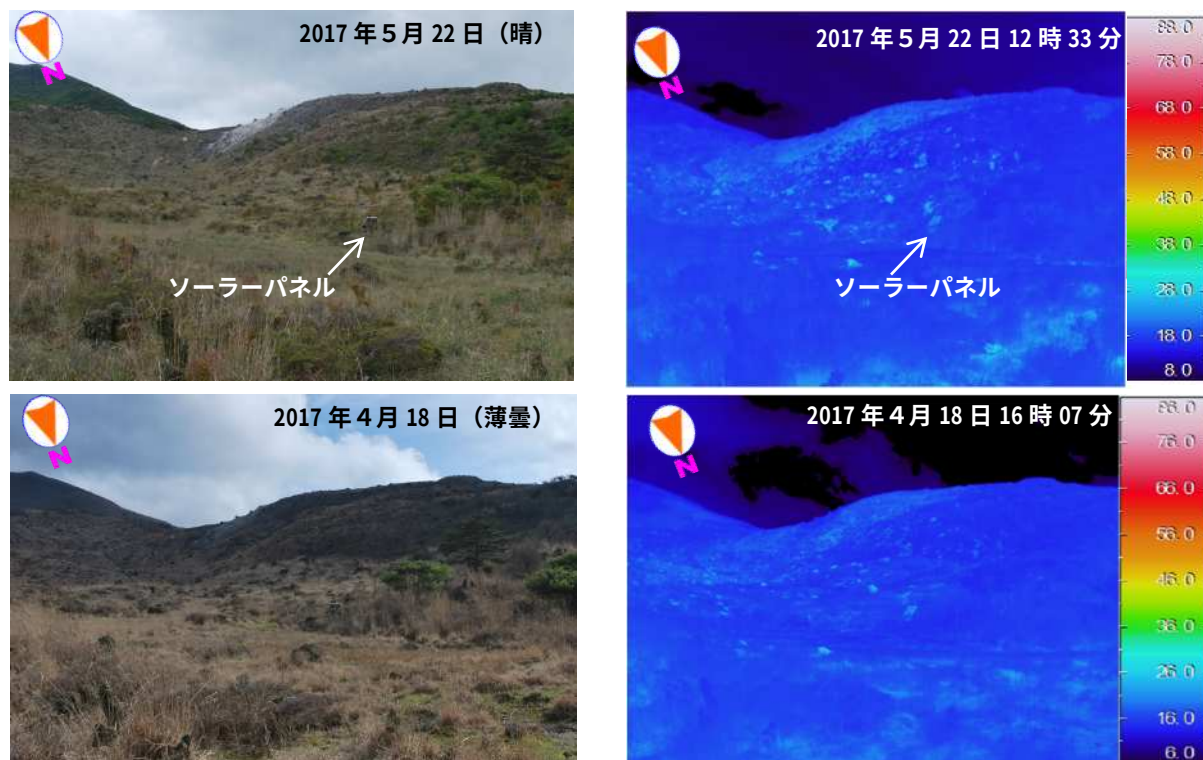


図 21 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山北東側斜面の状況
硫黄山の北東斜面では熱異常域は認められなかった。

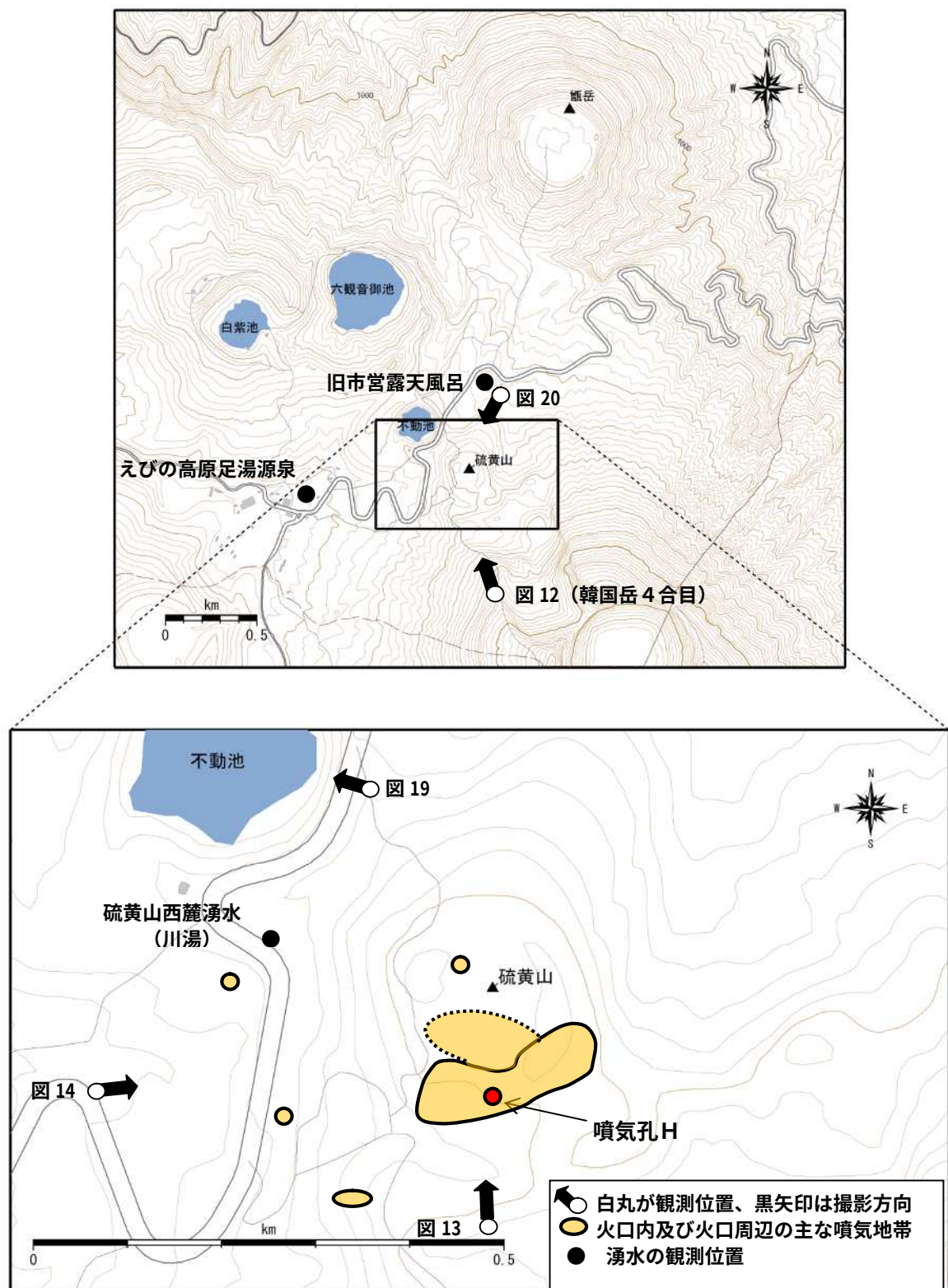


図 22 霧島山（えびの高原（硫黄山））周辺 主な熱異常域と観測位置

この地図の作成には、国土地理院発行の『基盤地図情報』『基盤地図情報（数値標高モデル）』を使用した（平成 26 年情使、第 578 号）。国土数値情報の『湖沼』を使用した。

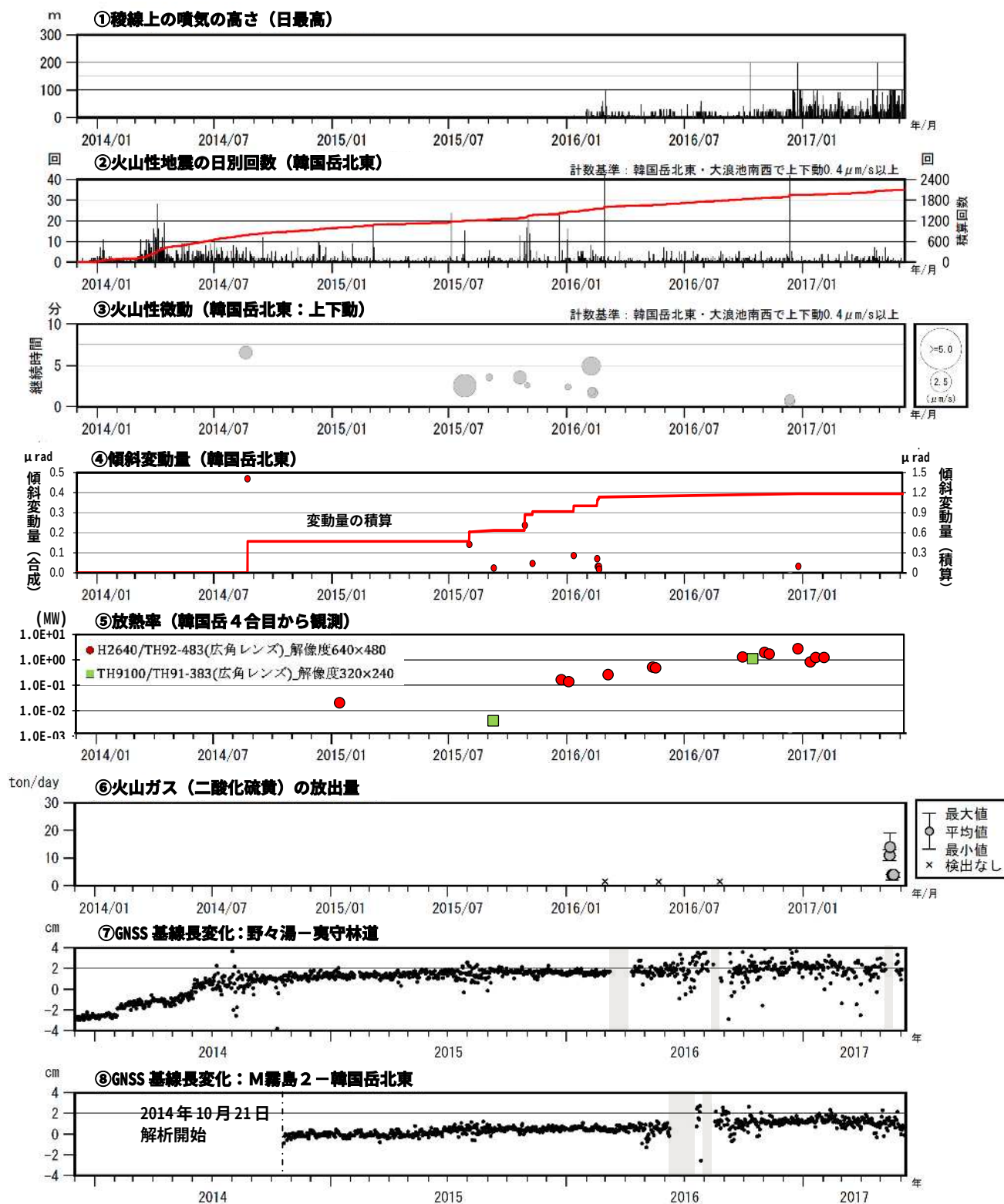


図 23 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 火山活動経過図
(2013 年 12 月～2017 年 6 月 8 日)

- ・ GNSS 連続観測では硫黄山周辺の基線で 2013 年 12 月～2015 年 1 月頃に伸びがみられていたが、その後停滞。
- ・ 硫黄山周辺の膨張にあわせ、硫黄山の北東側から大浪池付近を震源とする火山性地震が増加、2014 年 7 月には初めて火山性微動が発生。
2015 年 7 月～2016 年 2 月にかけて微動が時々発生、
2017 年にかけて、地震活動は周辺から硫黄山付近へ
- ・ 2015 年 12 月に硫黄山で噴気活動が再開、その後拡大が続く
(鹿児島地方気象台の観測では少なくとも 2002 年以来)
- ・ 2016 年 12 月地震の増加、微動の発生以降、噴気が時々稜線上 100m まで上がる
- ・ 熱活動が次第に高まる

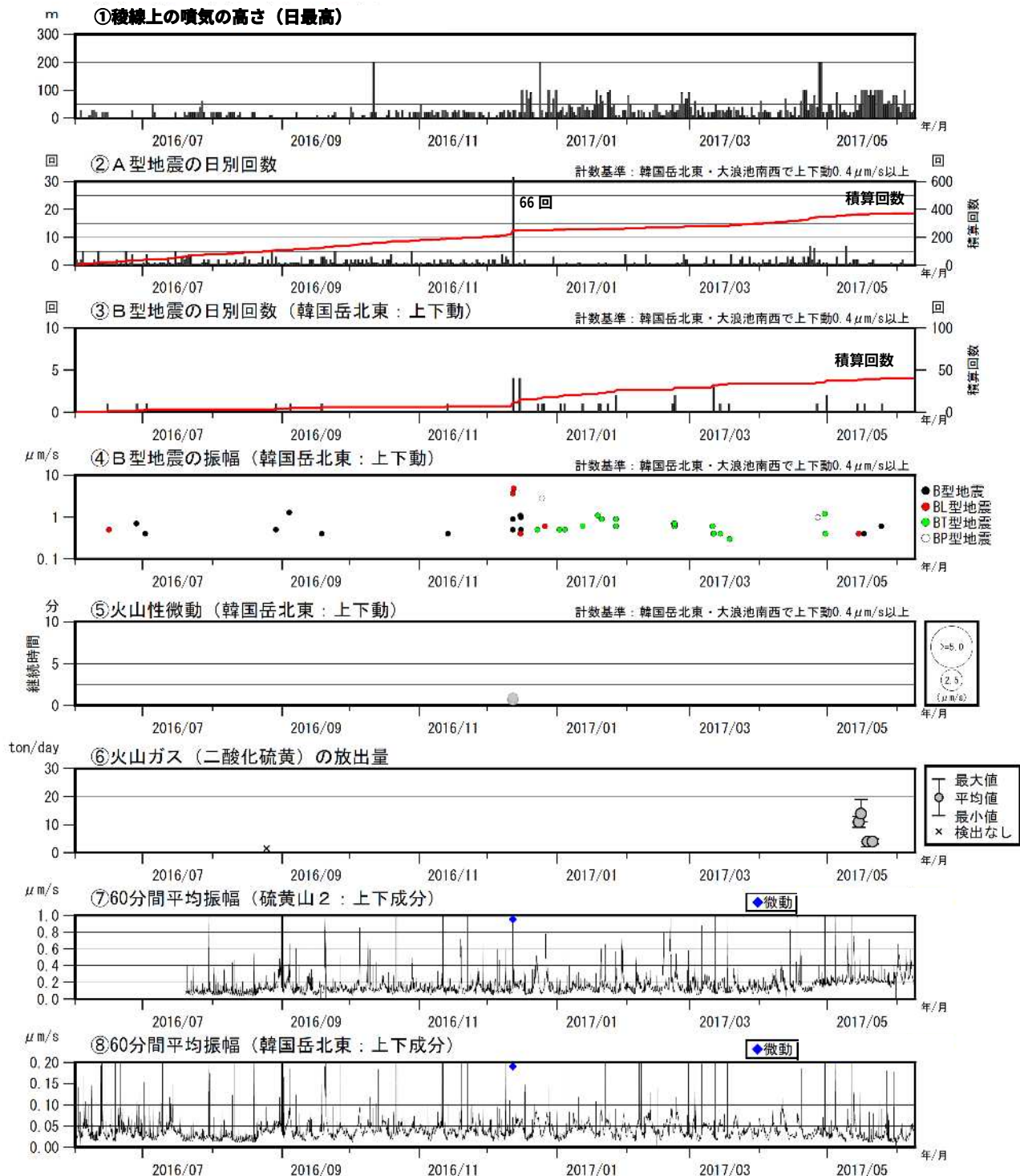


図 24 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 火山活動経過図

(2016 年 5 月～2017 年 6 月 8 日)

<2017 年 1 月～2017 年 6 月 8 日の状況>

- ・ 噴気の高さは稜線上概ね 10～100m で経過した。4 月 27 日から 28 日にかけては噴気の高さが一時的に稜線上 200m まで上がった。
- ・ 火山性地震は、2016 年 12 月 12 日に日回数で 70 回発生して以降、日回数 10 回以下と少ない状態で経過している。
- ・ 火山性微動は 2016 年 12 月 13 日以降観測されていない。
- ・ 5 月 15 日及び 16 日に実施した現地調査では、火山ガス (二酸化硫黄) の放出量が両日とも 1 日あたり 10 トンと、2015 年 12 月以降の活動で初めて観測された。

*えびの高原 (硫黄山) 周辺の地震は 2013 年 12 月 1 日から計数を開始した。

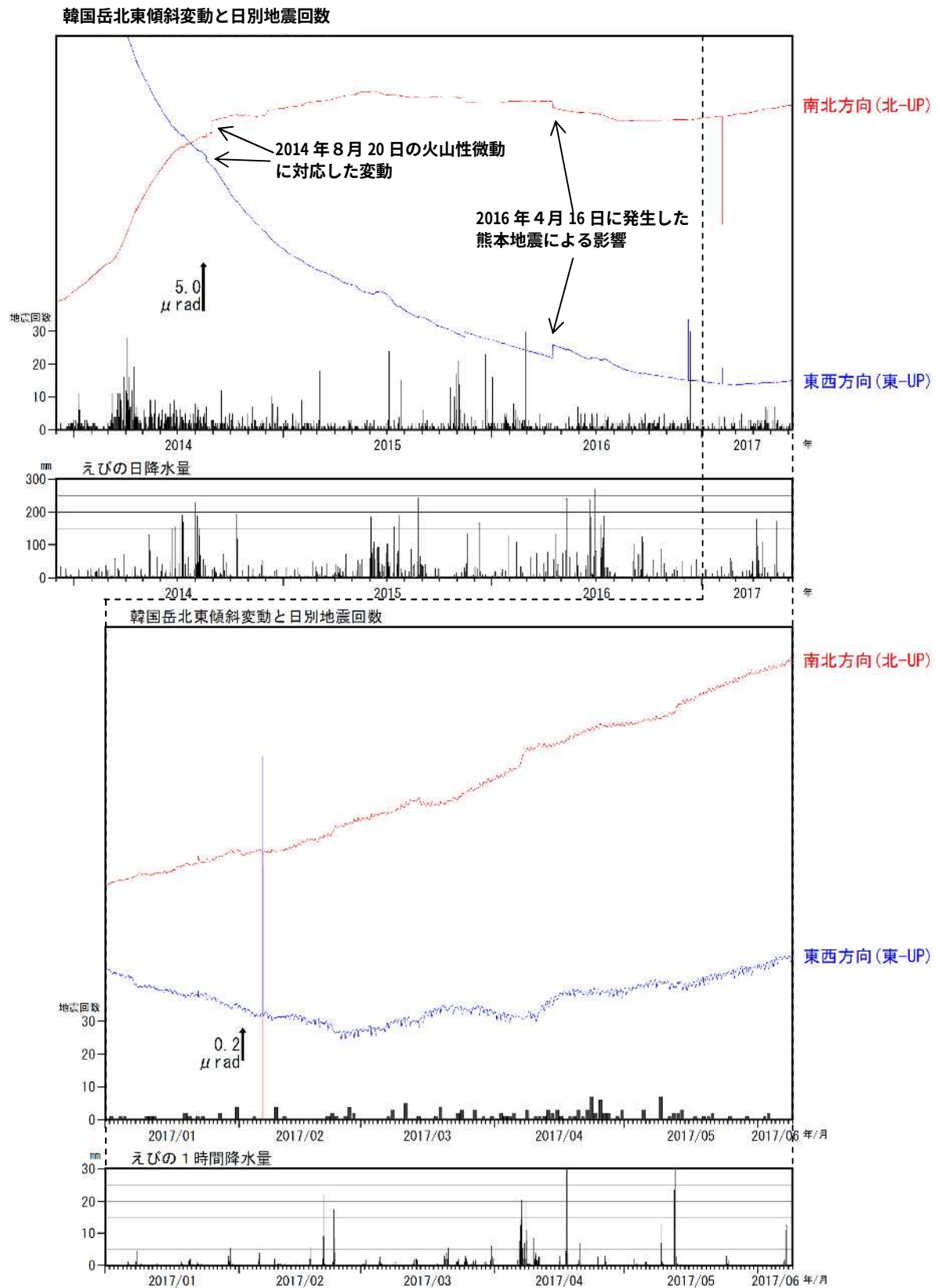


図 25 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 韓国岳北東傾斜計の変化
(2013 年 12 月～2017 年 6 月 8 日)

<2017 年 1 月～2017 年 6 月 8 日の状況>

この期間火山活動によると考えられる変動はみられない。

* 傾斜計の空白部分は障害等による欠測。

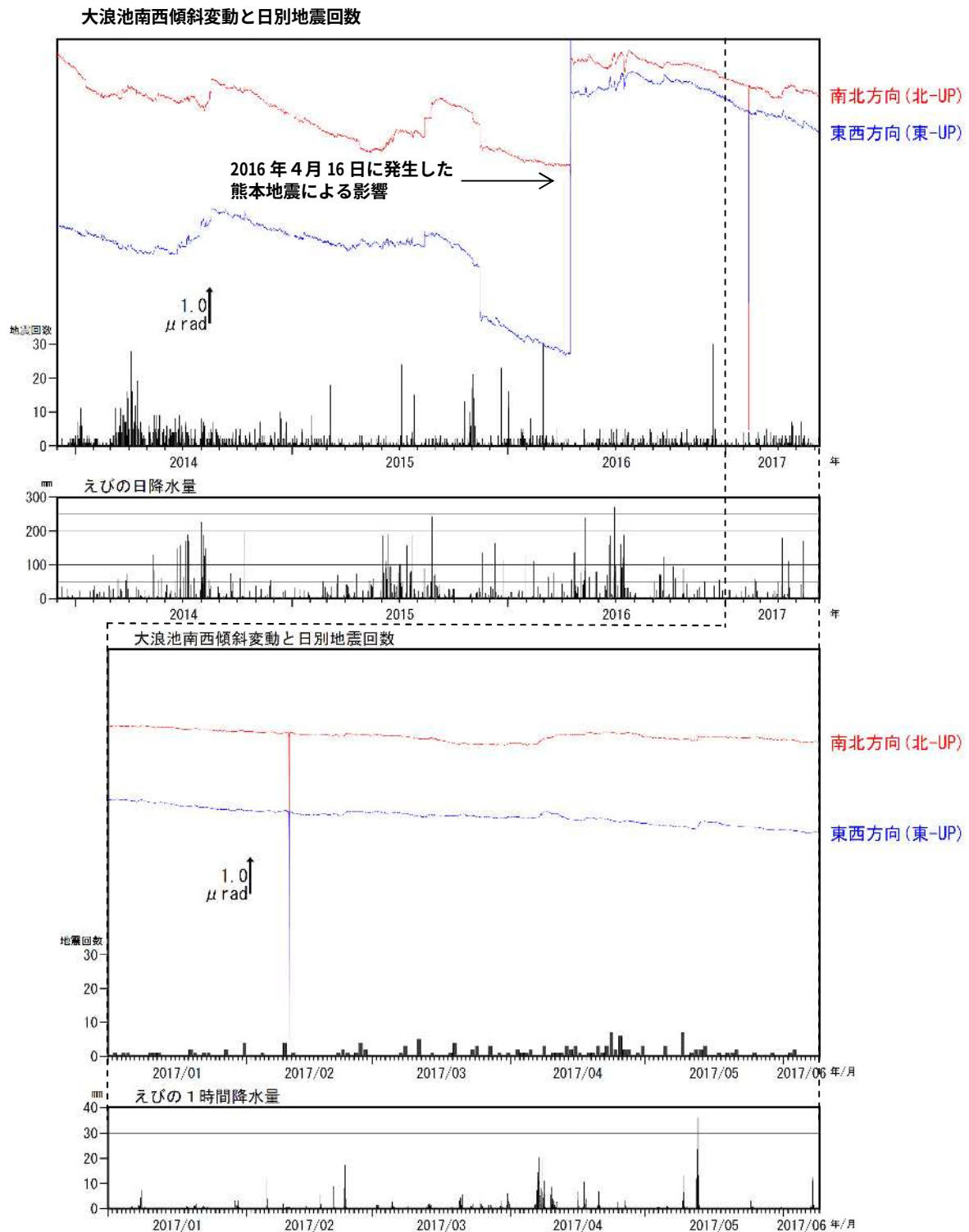


図 26 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 大浪池南西傾斜計の変化
(2013 年 12 月～2017 年 6 月 8 日)

<2017 年 1 月～2017 年 6 月 8 日の状況>

この期間火山活動によると考えられる変動はみられない。

*傾斜計の空白部分は障害等による欠測。

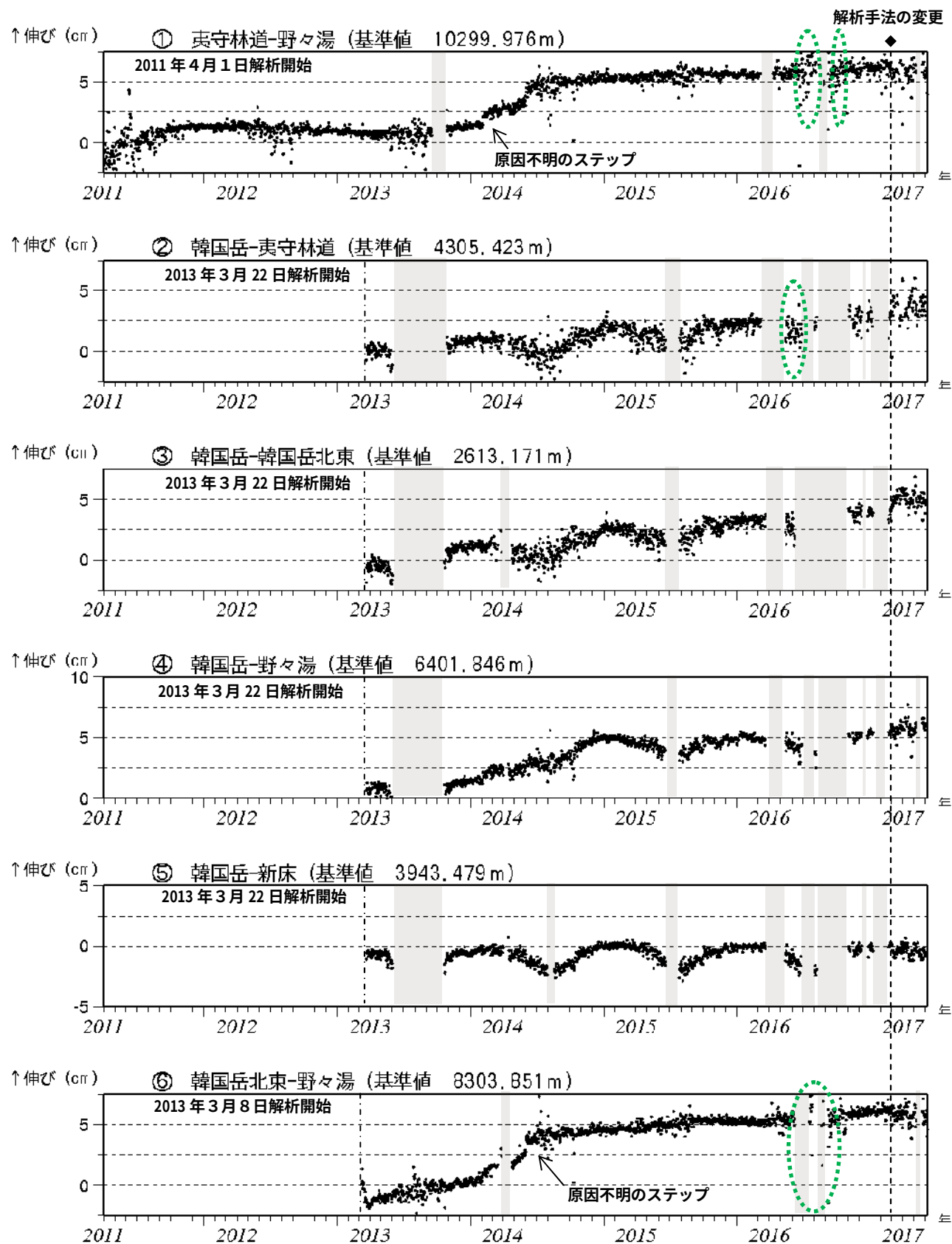


図 27-1 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) GNSS 連続観測による基線長変化 (2011 年 4 月～2017 年 6 月 8 日)

GNSS 連続観測では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められない。

*緑色の破線は気象の影響による乱れとみられる。

*この基線は図 28 の①～⑥に対応している。

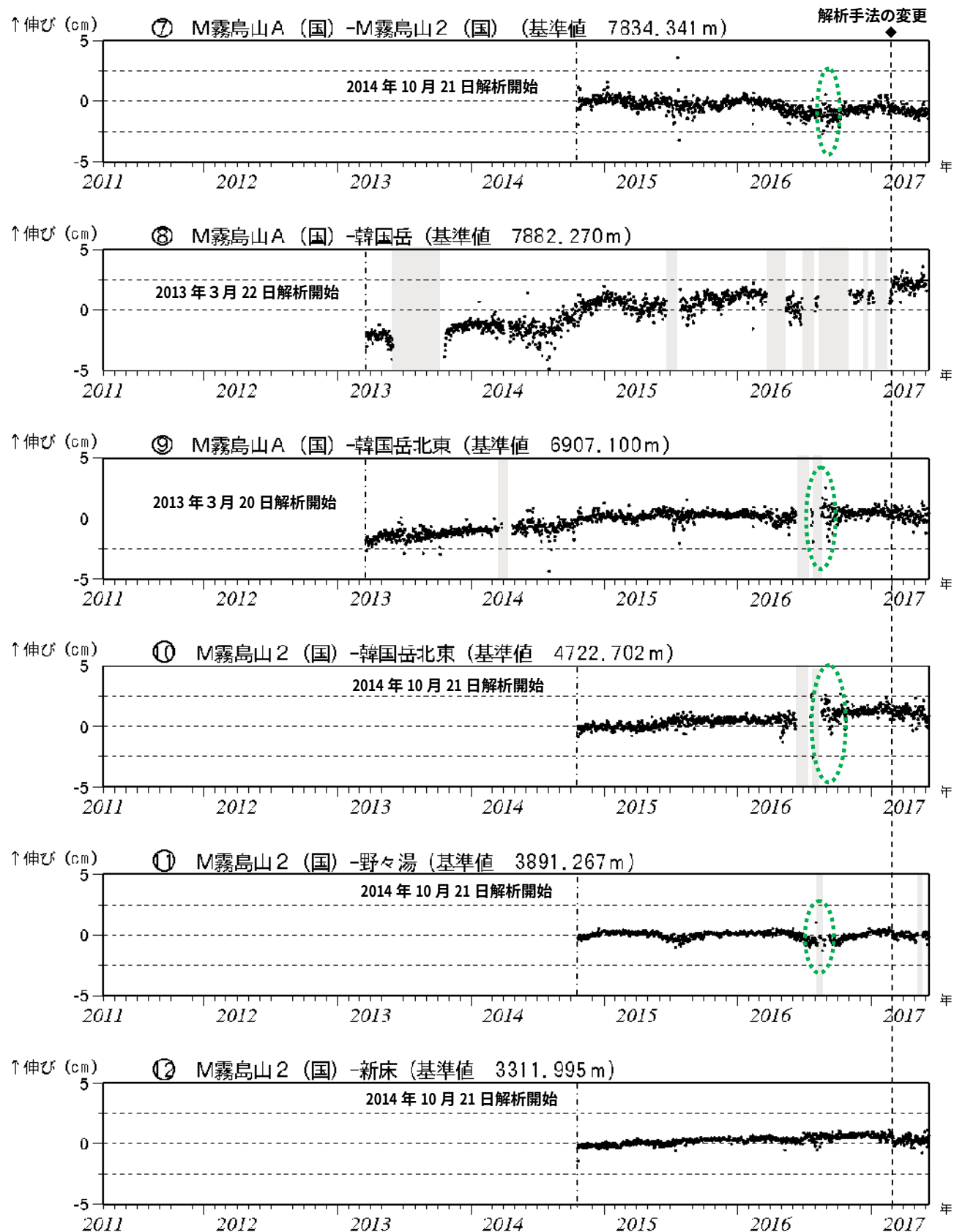


図 27-2 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) GNSS 連続観測による基線長変化 (2011 年 4 月～2017 年 6 月 8 日)

GNSS 連続観測では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められない。

* 緑色の破線は気象の影響による乱れとみられる。

* この基線は図 28 の⑦～⑫に対応している。

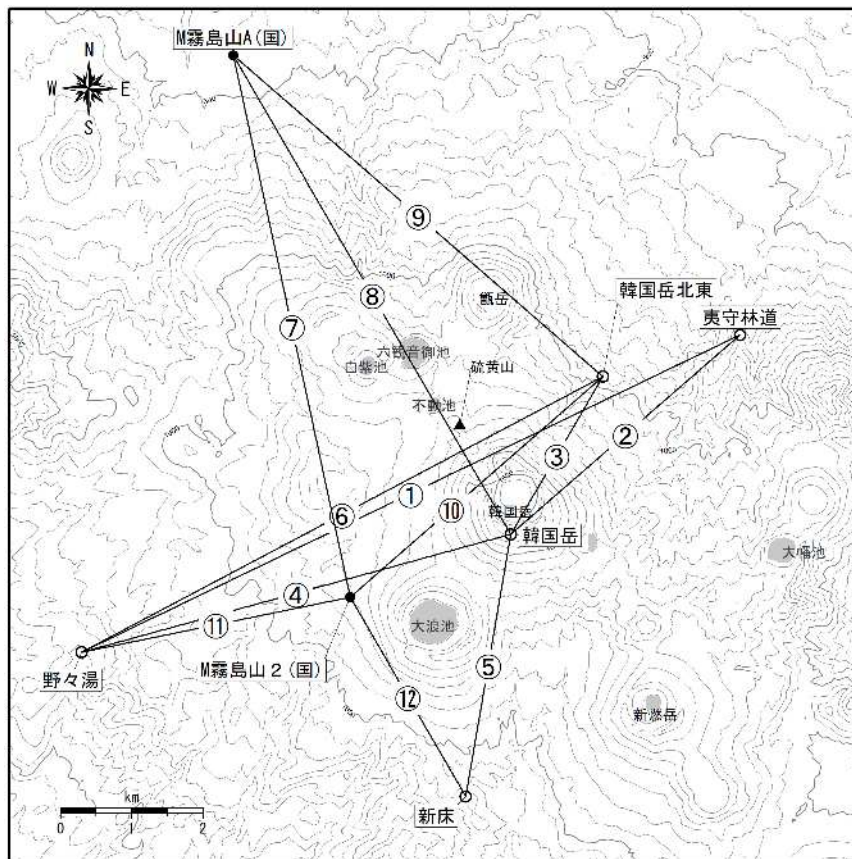


図 28 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 観測点基線図

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。

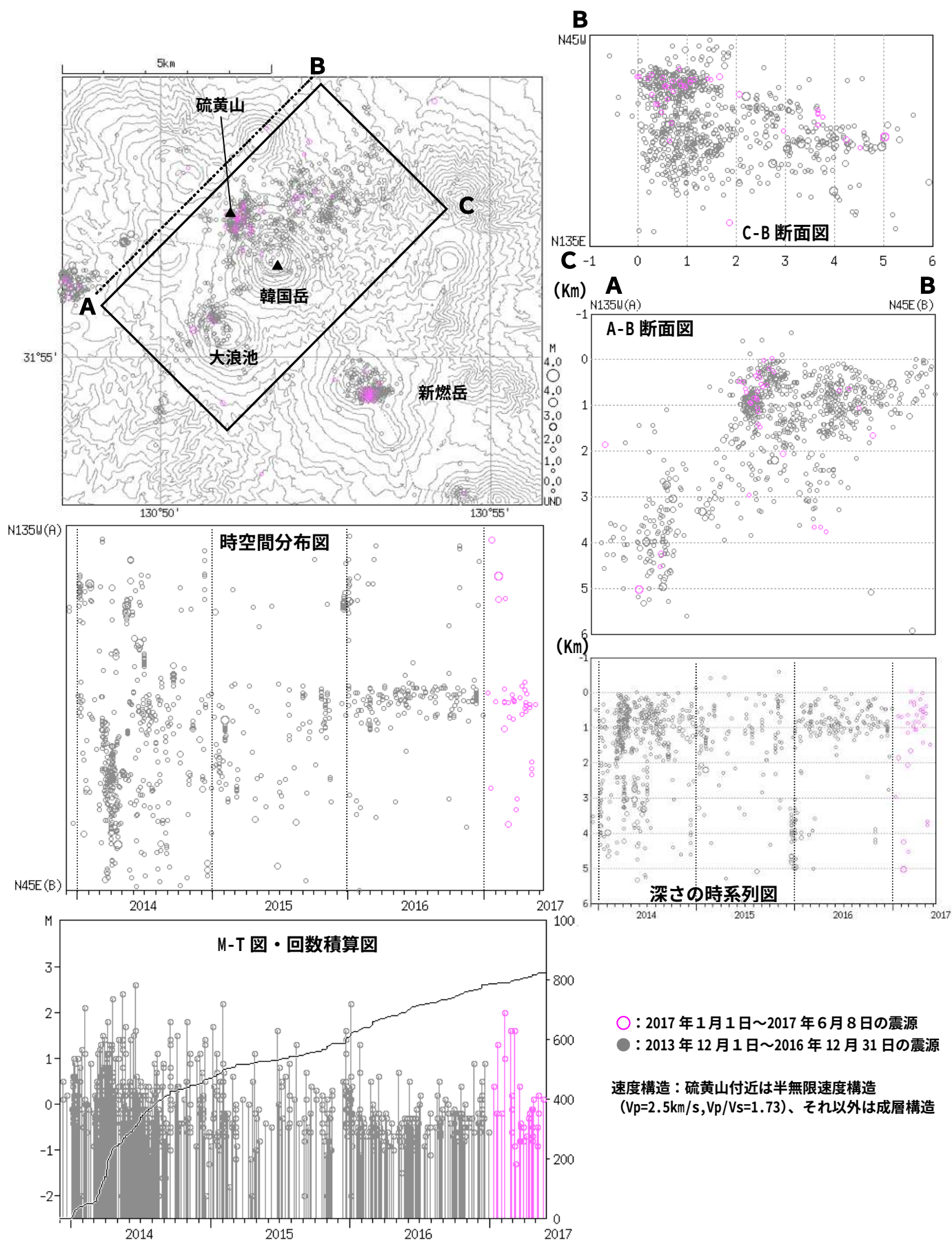


図 29 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山性地震の震源分布
(2013 年 12 月～2017 年 6 月 8 日)

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。

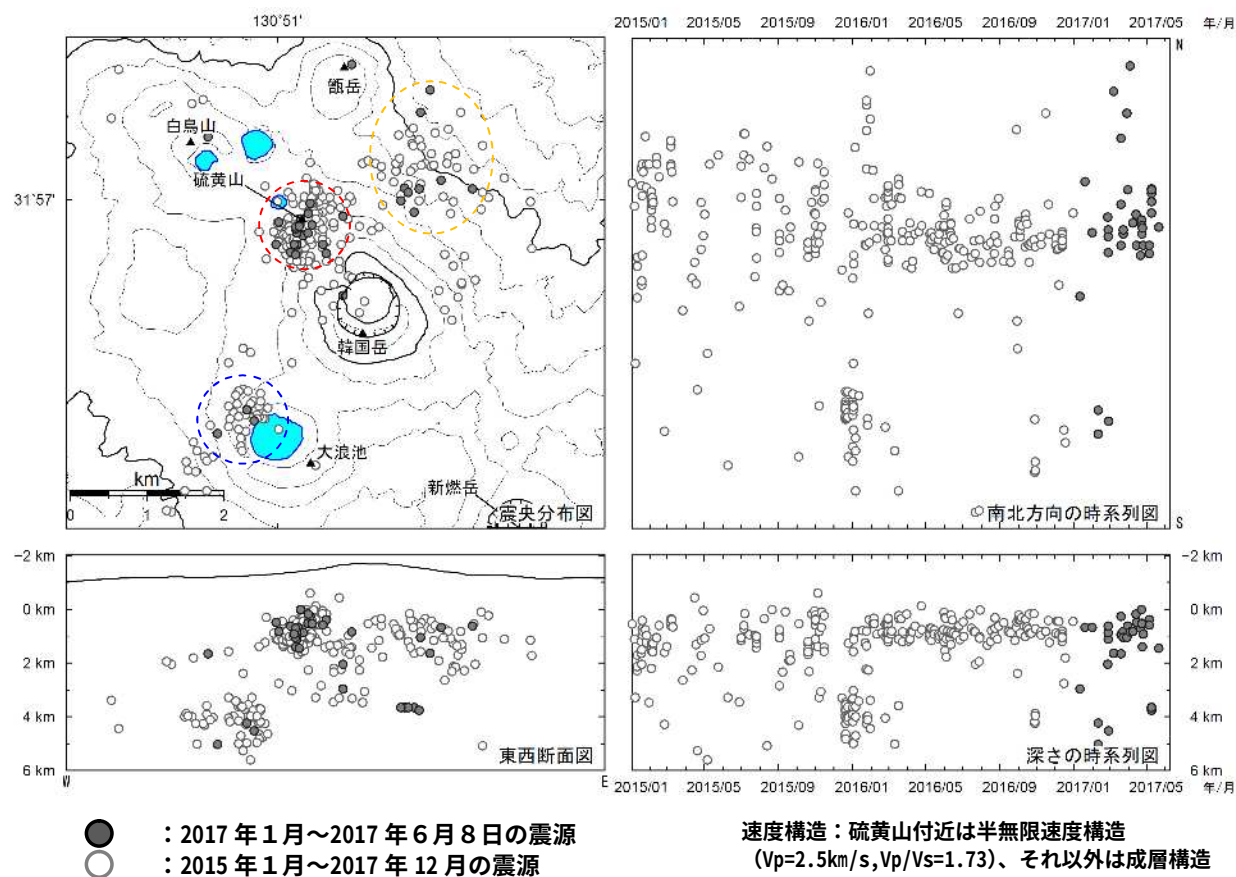


図 30 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 震源分布図
(2015 年 1 月～2017 年 6 月 8 日)

<2017 年 1 月～2017 年 6 月 8 日の状況>

震源は、主に硫黄山付近（赤破線円）の海拔下 0～2 km と韓国岳の北東側（橙破線内）の海拔下 0～4 km に分布した。2 月は大浪池付近（青破線内）の海拔下 4～5 km にも分布した。

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。

新燃岳

新燃岳では、2011 年 9 月 7 日を最後に噴火は発生していない。火口内に蓄積した溶岩のわずかな膨張は、2016 年夏頃から停滞している。同年 10 年以降に火口付近で繰り返し行った現地調査でも、火口内および周辺の噴気や熱異常域の状況に変化はみられない。また、火口近傍の傾斜計による地殻変動観測、地震活動等その他の観測データにも特段の活動の高まりを示す変化はみられていない。

これらのことから、新燃岳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、5 月 26 日 14 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）に引き下げた。

新燃岳ではこれまでも火山性地震が時々発生しており、火口内及び西側斜面では弱い噴気や熱異常域が確認されていることから、今後の火山活動の推移に注意が必要である。

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、火山灰や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ので注意が必要である。

○ 概況（2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日）

・噴煙など表面現象の状況（図 1～7、図 10-①、図 11-①、図 12-①）

新燃岳では、今期間噴火の発生はない。

火口内に蓄積した溶岩のわずかな膨張は、2016 年夏頃から停滞している。

監視カメラによる観測では、噴煙は 2016 年 12 月以降、火口縁を越えるものは認められない。

これまでに繰り返し行った火口付近や韓国岳山頂付近などの新燃岳周辺からの現地調査では、これまでの観測と同様に、火口内で消散する程度の噴煙が上がっていることを確認した。また、赤外熱映像装置による観測では、火口内及び西側斜面の割れ目で、引き続きやや温度の高い部分が観測された。熱異常域の分布に特段の変化は認められない。

・地震や微動の発生状況（図 8、図 9、図 10-②③、図 11-③～⑦、図 12-③～⑦）

火山性地震は時々発生し、3 月 13 日から 15 日かけて 1 日あたり約 30 回と一時的に増加したが、それ以外は少ない状態で経過した。震源は、新燃岳付近のごく浅い所から海拔下 2 km 付近に分布した。

火山性微動は 2016 年 9 月 17 日以降観測されていない。

・地殻変動の状況（図 11-⑧、図 12-⑧、図 13、図 14）

火口近傍の新燃岳北東観測点の傾斜計では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められない。

GNSS 連続観測によると、新燃岳の北西数kmの地下深くにあると考えられるマグマだまりの膨張を示す地殻変動は、2015 年 1 月頃から停滞している。また、新燃岳周辺の一部の基線では、2015 年 5 月頃からわずかに伸びの傾向がみられていたが、2015 年 10 月頃から停滞している。



図 1 霧島山（新燃岳） 噴煙の状況（5 月 18 日、韓国岳監視カメラによる）

- ・噴煙は火口縁を越えるものは認められず、火口内で消散していた。
- ・西側斜面の割れ目付近で、時々、噴気が上がっていることを確認した。

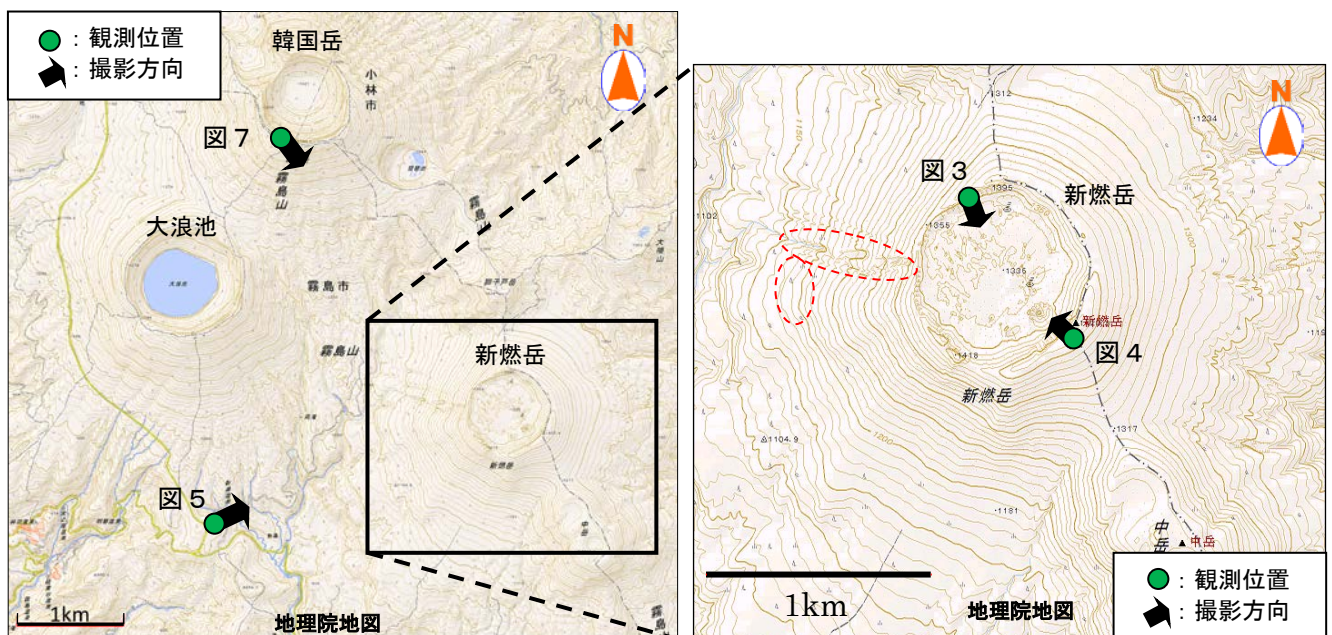


図 2 霧島山（新燃岳） 図 3～図 5、図 7 の撮影位置

* 赤破線内は西側斜面の割れ目付近で噴気が確認されている場所を示している。

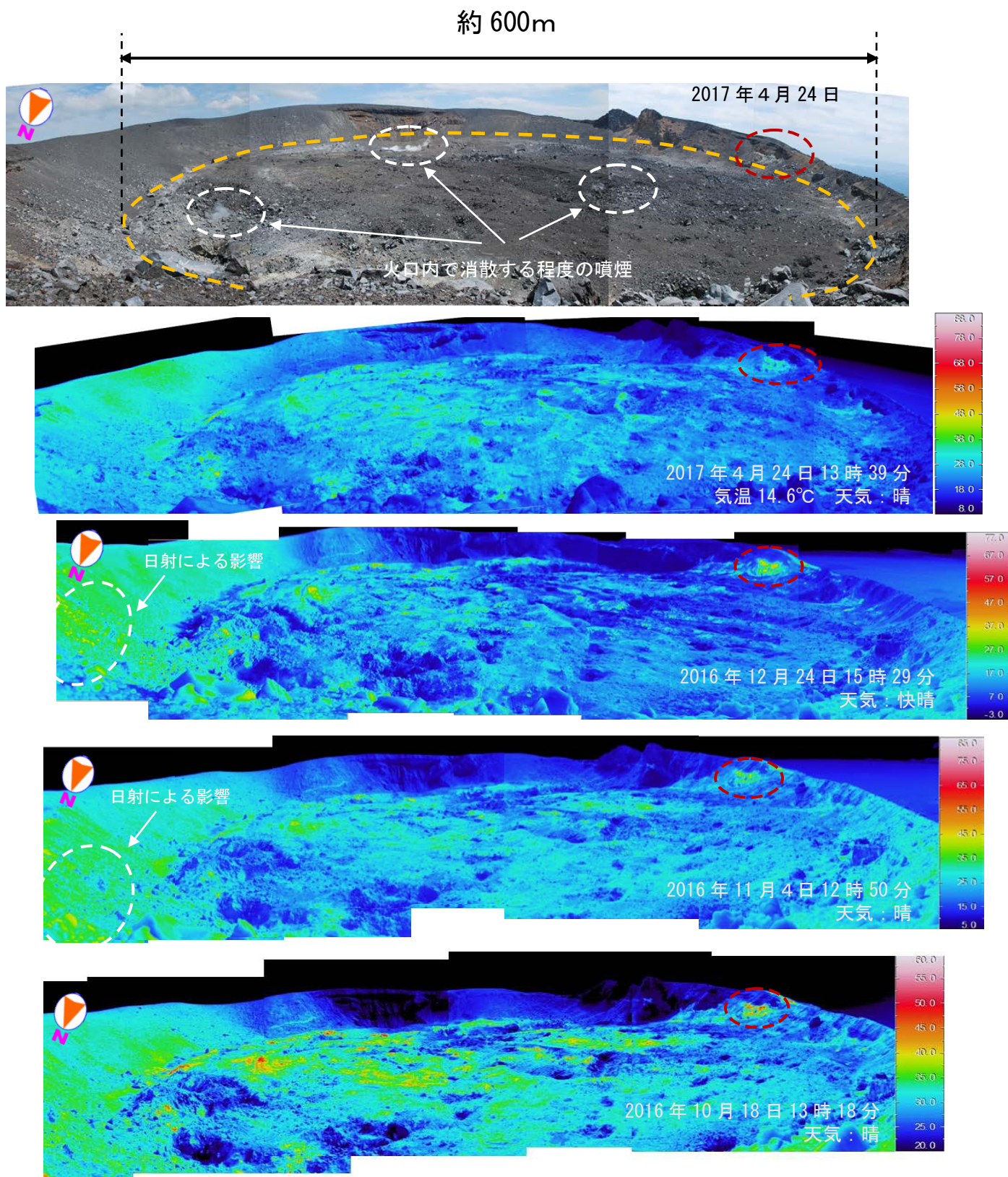


図 3 霧島山（新燃岳） 火口内の状況（火口縁北北西側から観測）

- ・火口内で消散する程度の噴煙が上がっていることを確認した。
- ・赤外熱映像装置による観測では、火口内及び火口壁（赤破線内）で、引き続きやや温度の高い部分が観測されたが、熱異常域の分布に特段の変化は認められなかった。

*火口内に蓄積された溶岩の範囲を橙破線内に示している。

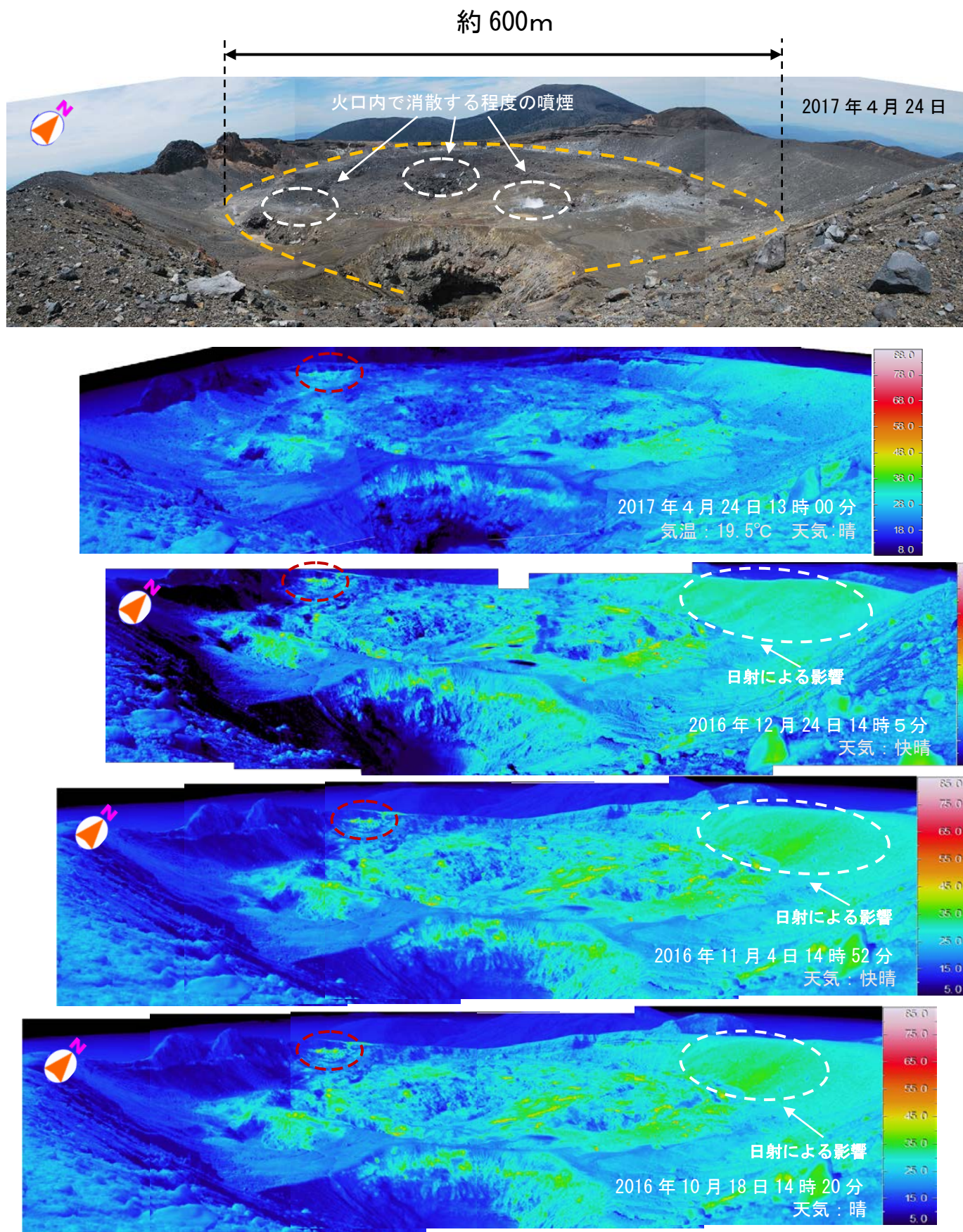


図 4 霧島山（新燃岳） 火口内の状況（火口縁南東側から撮影）

- ・ 火口内で消散する程度の噴煙が上がっていることを確認した。
- ・ 赤外熱映像装置による観測では、火口内及び火口壁（赤破線内）で引き続きやや温度の高い部分が観測されたが、熱異常域の分布に特段の変化は認められなかった。

* 火口内に蓄積された溶岩の範囲を橙破線内に示している。

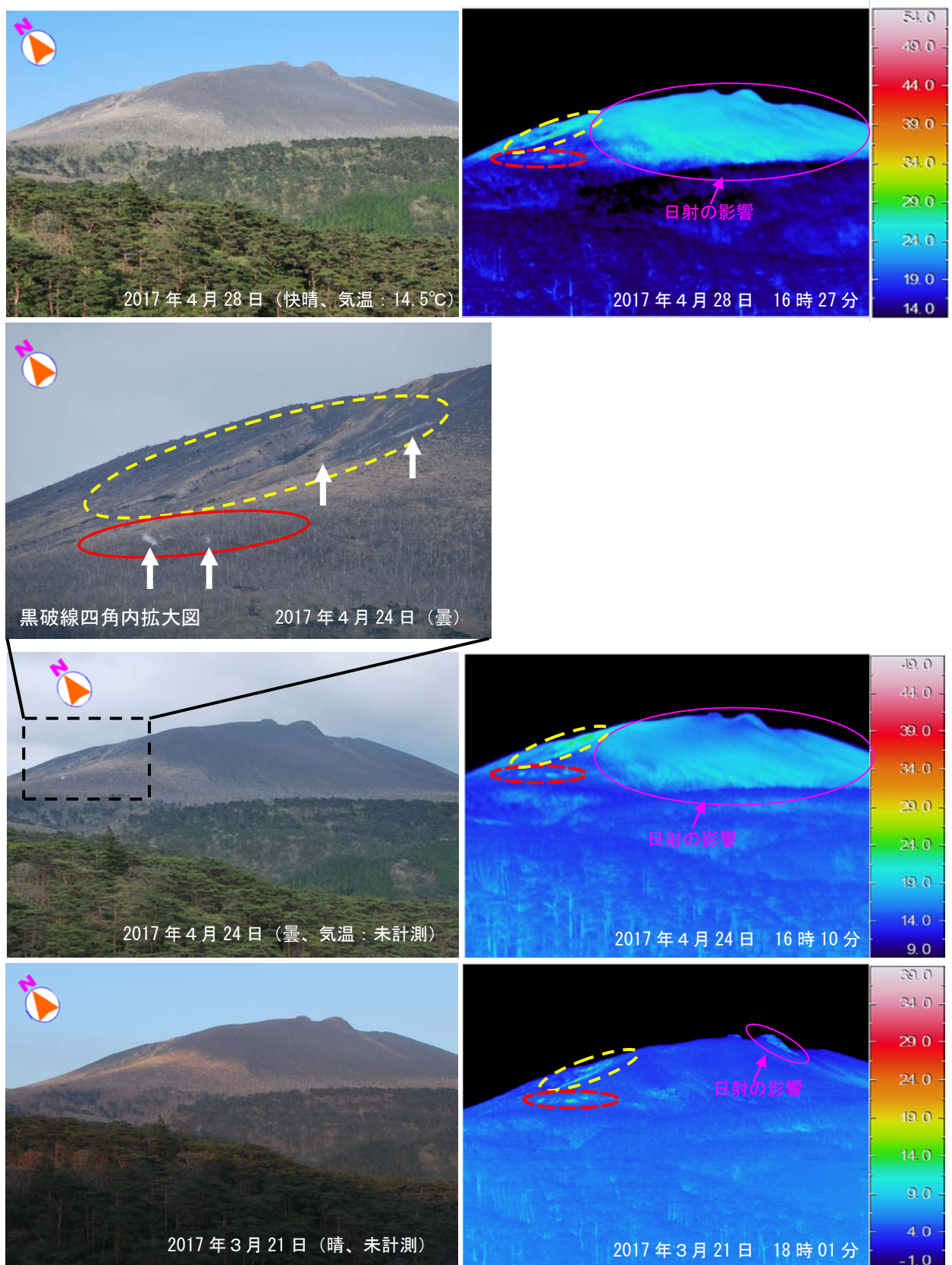


図 5 霧島山（新燃岳） 新燃岳南西側の状況（新湯温泉付近から観測）

4 月 24 日及び 4 月 28 日に実施した現地調査では、西側斜面の割れ目付近（黄破線内）及び割れ目の下方（赤破線内）で引き続き噴気（白矢印）及び熱異常域を確認した。

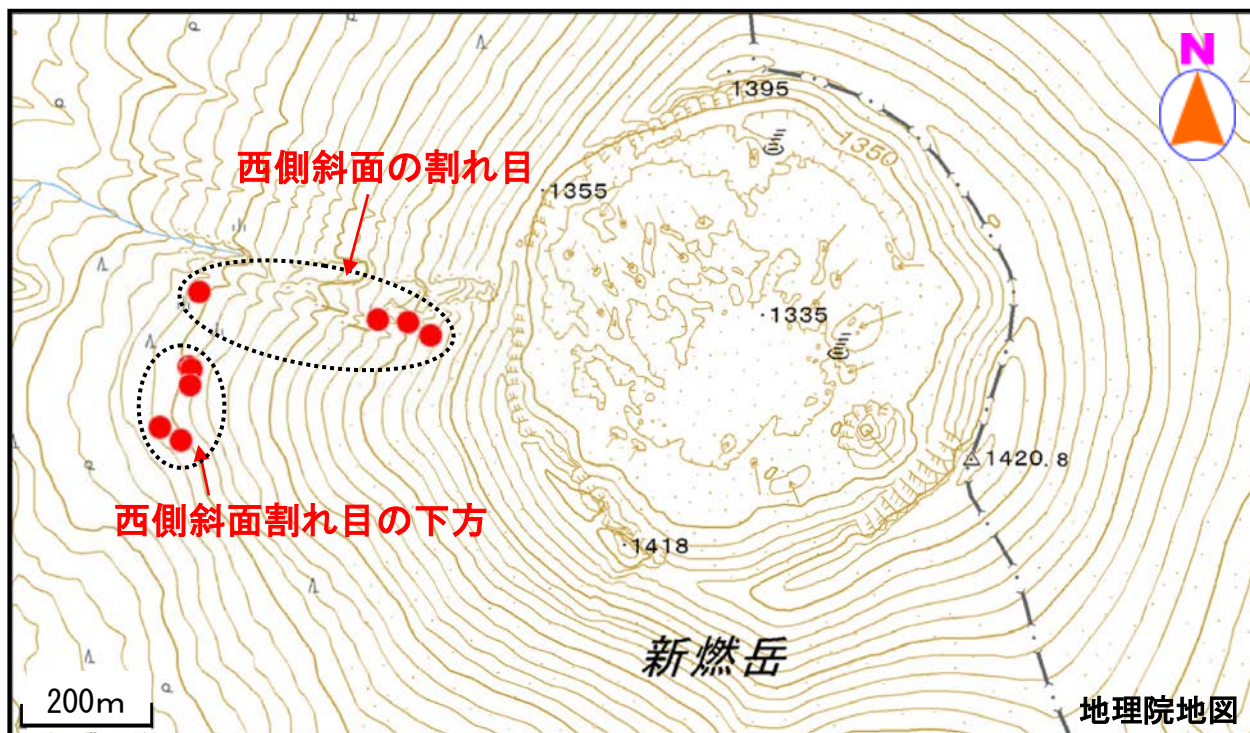


図 6 霧島山（新燃岳） 西側斜面割れ目付近の噴気位置

新燃岳火口の西側斜面割れ目の下方では、2015 年 11 月以降、弱い熱異常域を観測し、2016 年 4 月 20 日以降は断続的に弱い噴気が上がっていることを確認している。

2017 年 4 月 24 日の現地調査で確認された西側斜面割れ目及び割れ目の下方の噴気位置を赤丸で示す。

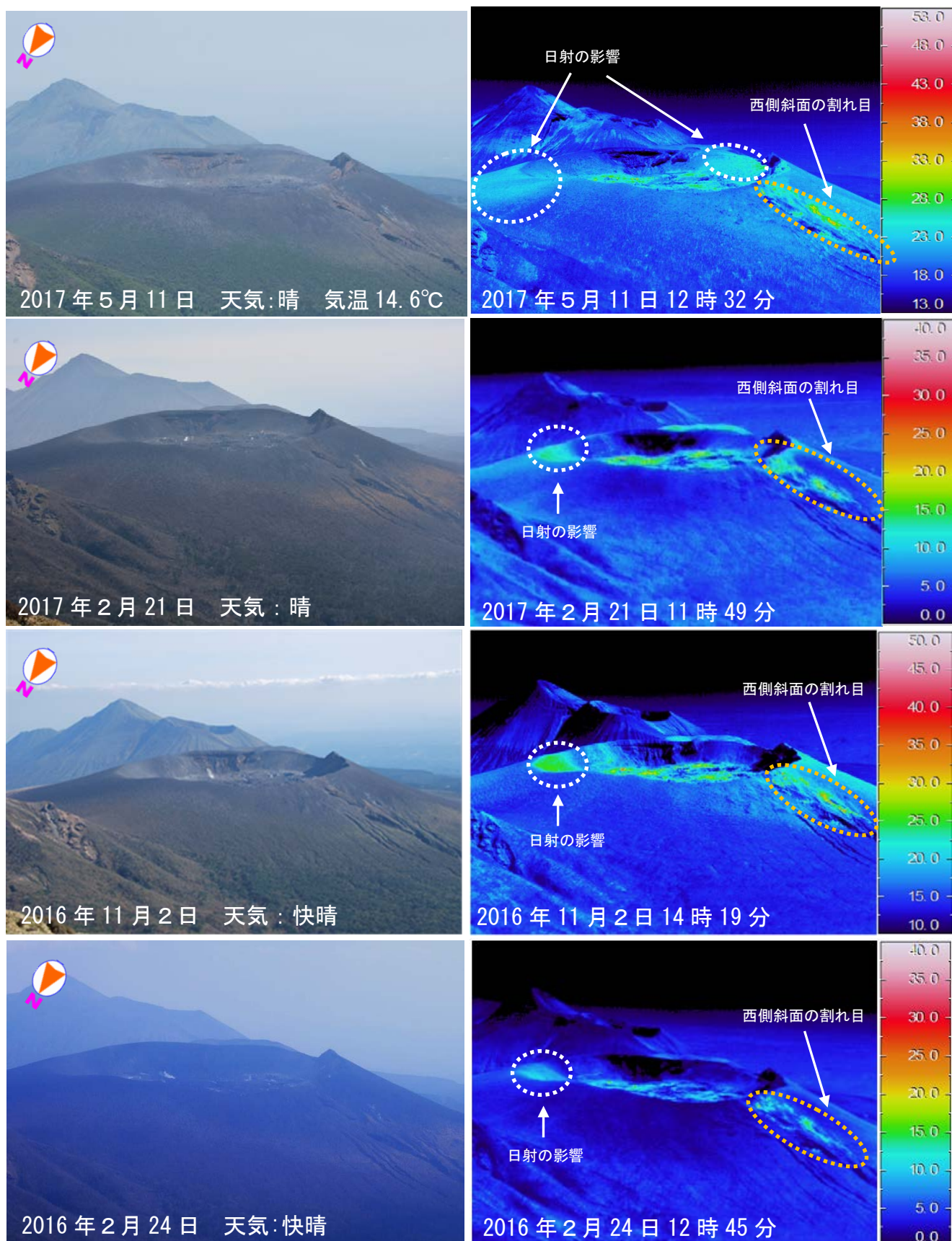


図7 霧島山（新燃岳） 新燃岳火口内及び西側斜面の状況（韓国岳山頂観測点から観測）

- ・韓国岳山頂からの観測では、火口内及び西側斜面の割れ目で、引き続き弱い噴気が認められた。
- ・赤外熱映像装置による観測では、火口内及び西側斜面の割れ目で、引き続きやや温度の高い部分が観測されたが、熱異常域の分布に特段の変化は認められなかった。

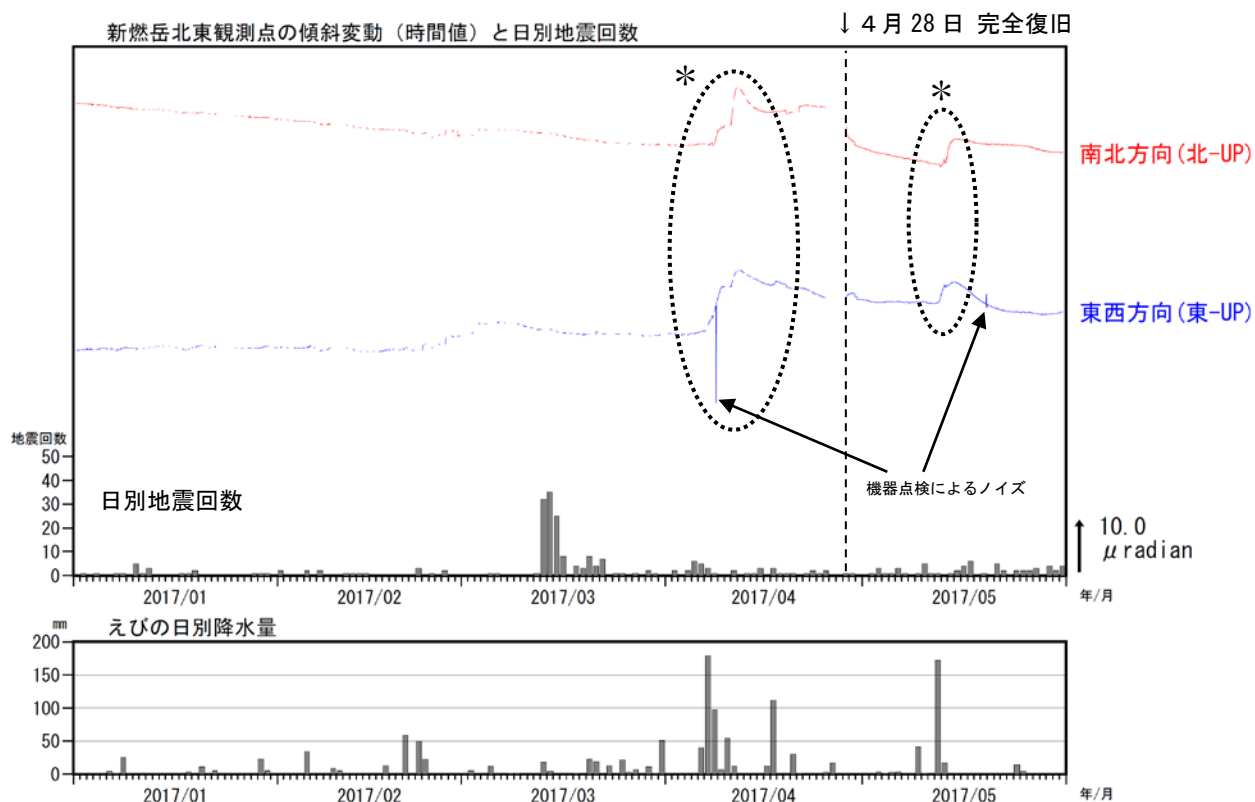


図 8 霧島山（新燃岳） 新燃岳北東観測点の傾斜変動と火山性地震の日別回数
(2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

火口近傍の新燃岳北東観測点の傾斜計による観測では、火山活動に伴う特段の変化は認められない。

新燃岳北東観測点は伝送系機器の障害により観測データの一部が欠測することがあったが、4 月 28 日に障害対応を行い、完全復旧した。

* 降水に伴う傾斜変動と考えられる。

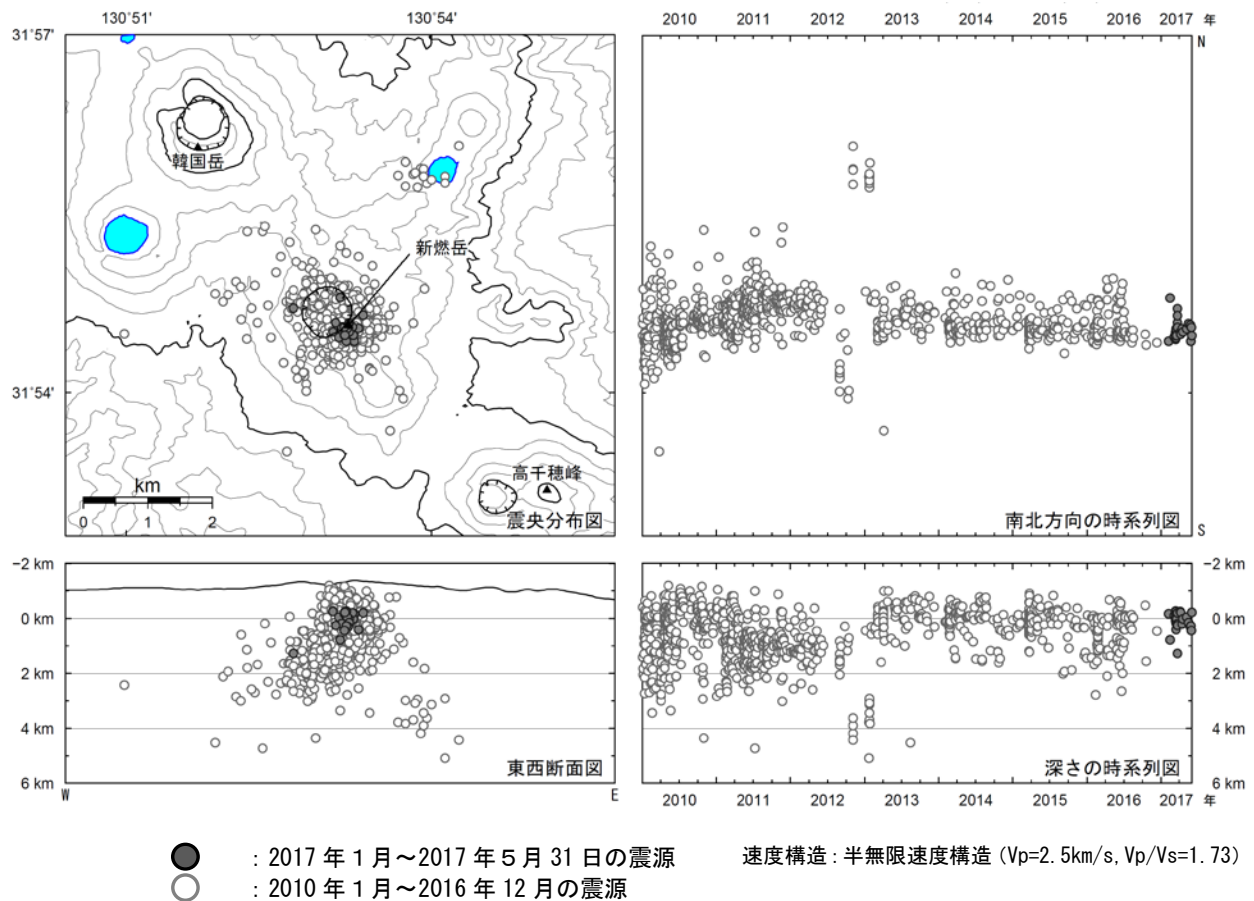


図 9 霧島山（新燃岳） 火山性地震の震源分布図

(2010 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

<2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日の活動状況>

震源は、主に新燃岳付近のごく浅い所～海拔下 2 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。

※新燃岳付近の震源のみを表示している。

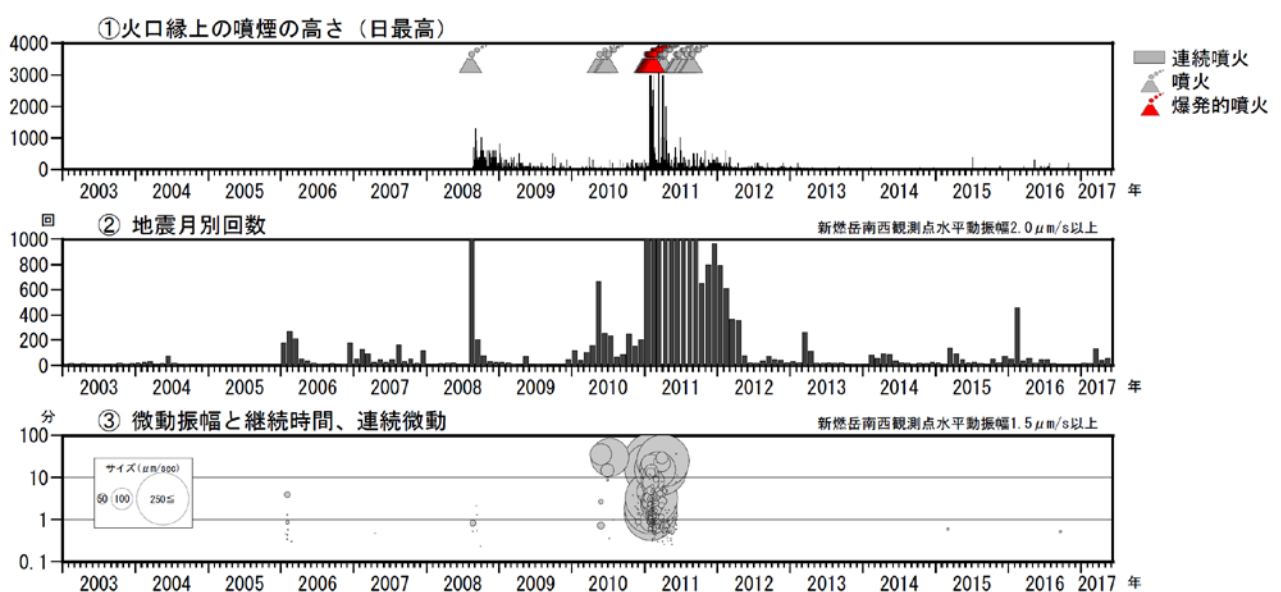


図 10 霧島山（新燃岳） 長期の活動経過 (2003 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

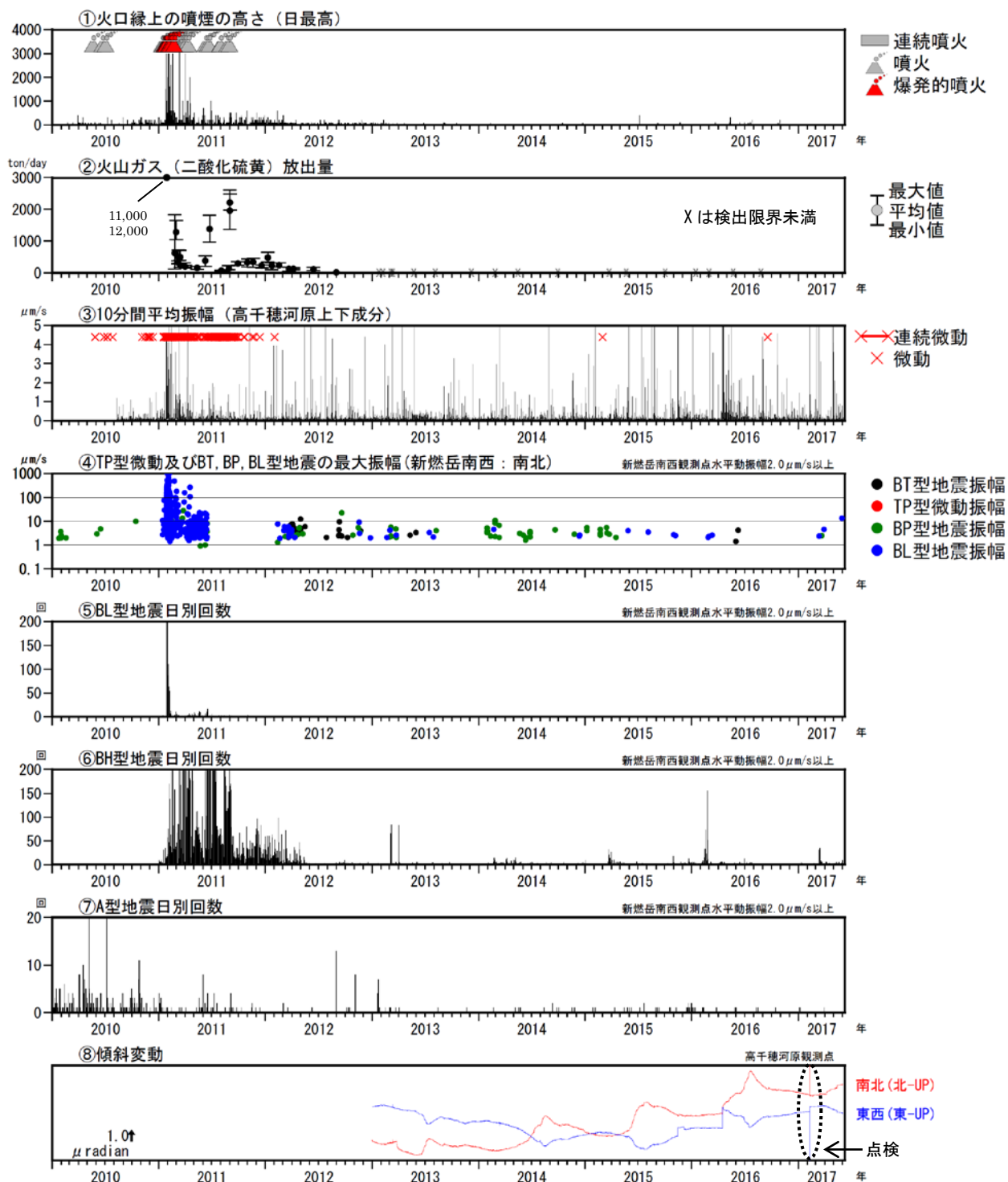


図 11 霧島山（新燃岳） 火山活動経過図（2010 年 1 月～2017 年 5 月 31 日）

二酸化硫黄放出量グラフ中の×印は、二酸化硫黄が検出限界未満であった場合を示す。
傾斜計の毎年 6～9 月頃の変動は、降水等の気象条件の影響も含まれる。

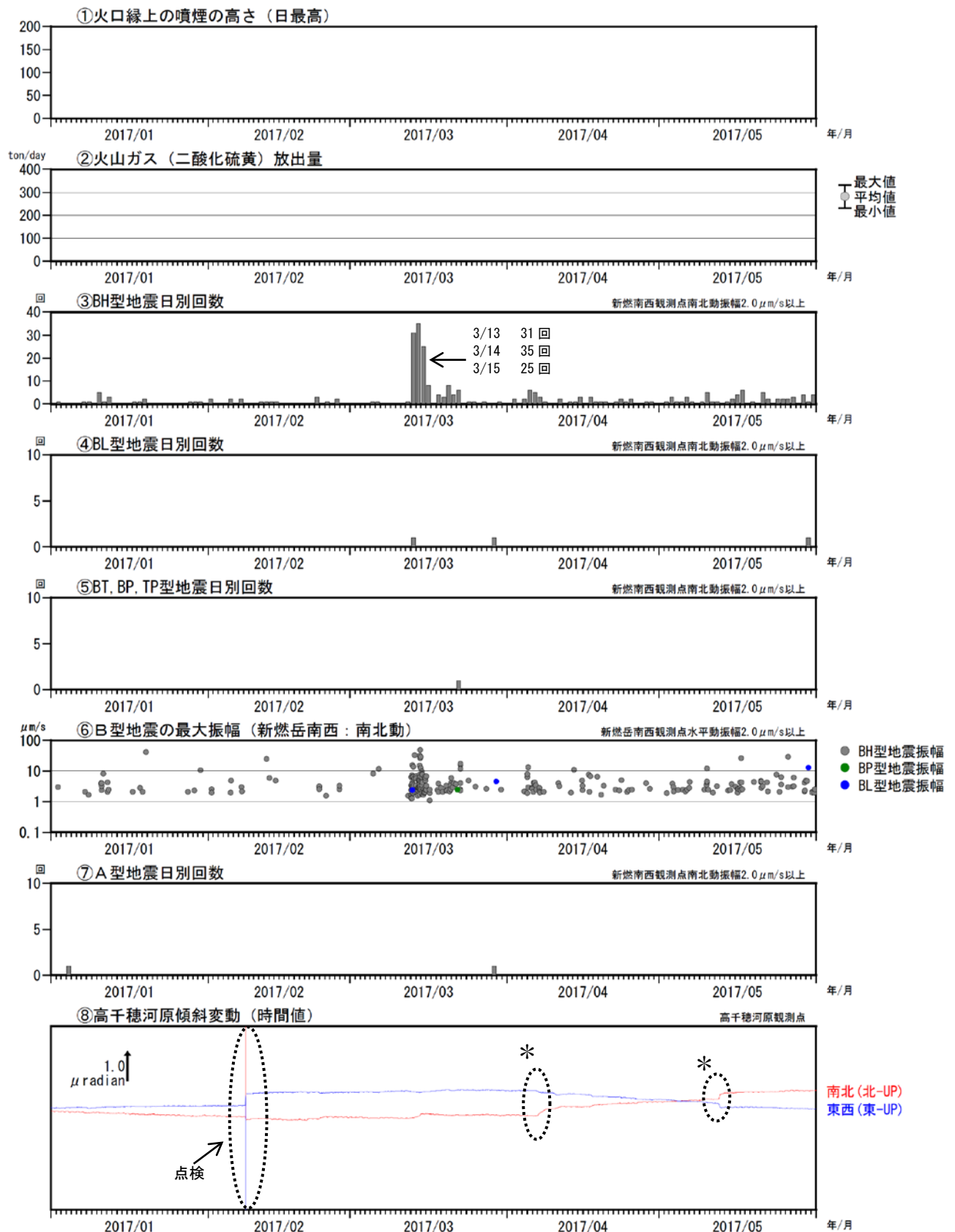


図 12 霧島山（新燃岳） 最近の活動経過（2015 年 9 月～2017 年 5 月 31 日）

<2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日の状況>

- ・ 噴煙は火口縁を越えるものは認めず、火口内で消散していた。
- ・ 火山性地震は、3 月 13 日から 15 日かけて 1 日あたり約 30 回と一時的に増加したが、それ以外は少ない状態で経過した。
- ・ 傾斜計では、火山活動によると考えられる変化は認められなかった。

* 降水に伴う傾斜変動と考えられる。

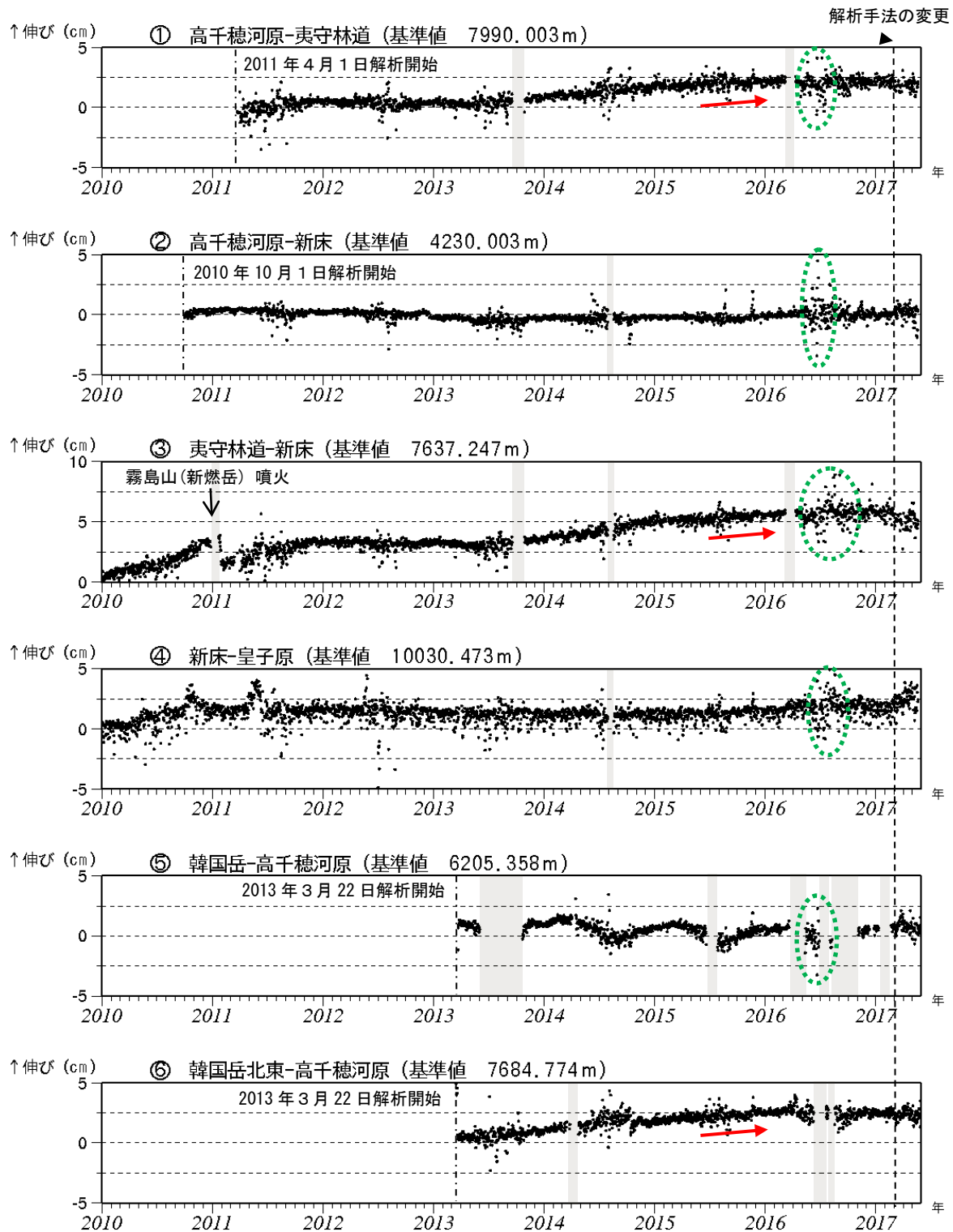


図 13-1 霧島山（新燃岳） GNSS 連続観測による基線長変化
(2010 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

新燃岳周辺の一部の基線（図の①、③、⑥）では、2015 年 5 月頃からわずかに伸びの傾向がみられていたが、2015 年 10 月頃から停滞している。

これらの基線は図 14 の①～⑥に対応している。

データについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良している。

灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。

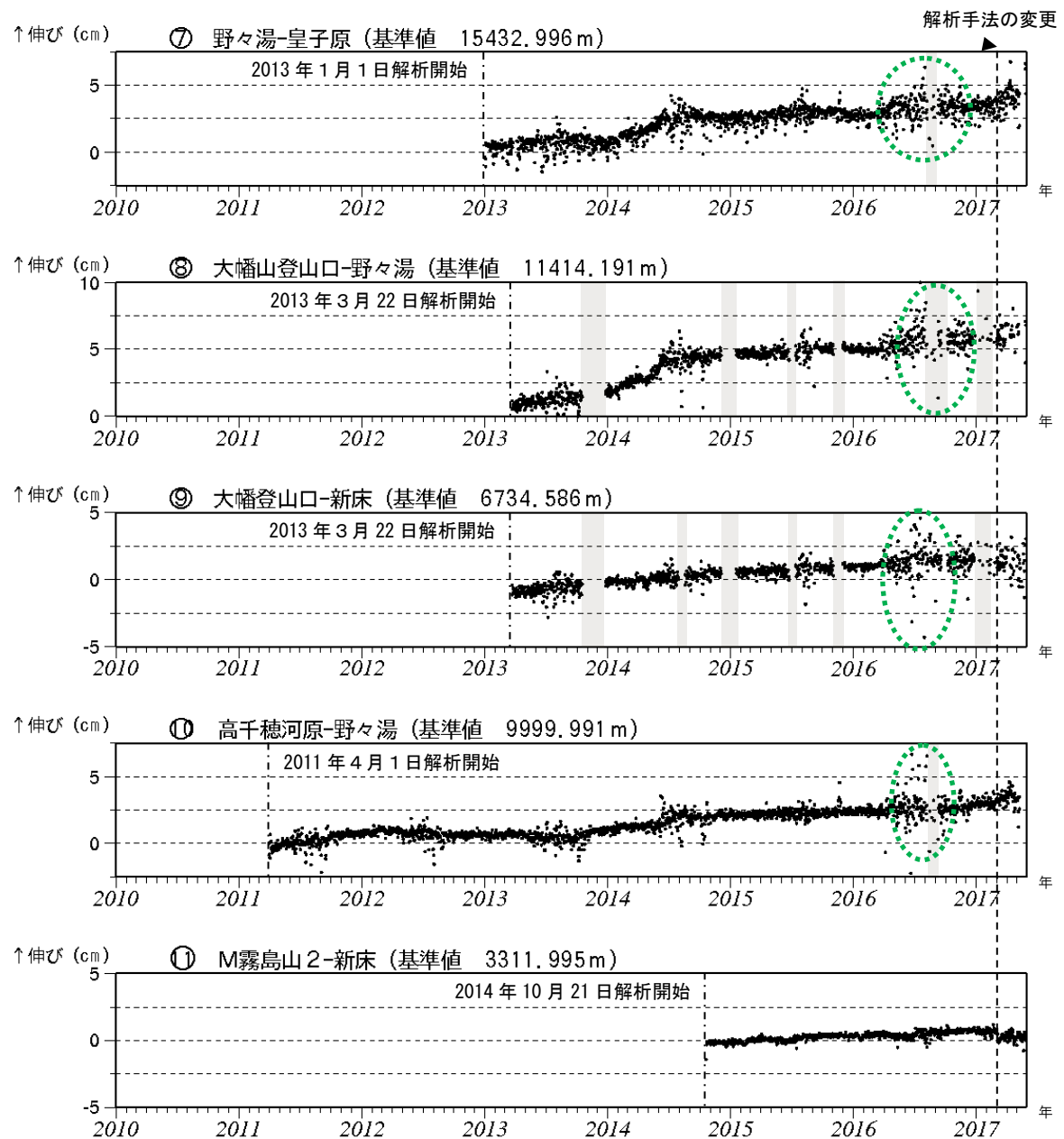


図 13-2 霧島山 (新燃岳) GNSS 連続観測による基線長変化
(2010 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

これらの基線は図 14 の⑦～⑪に対応している。
データについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良している。
灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。

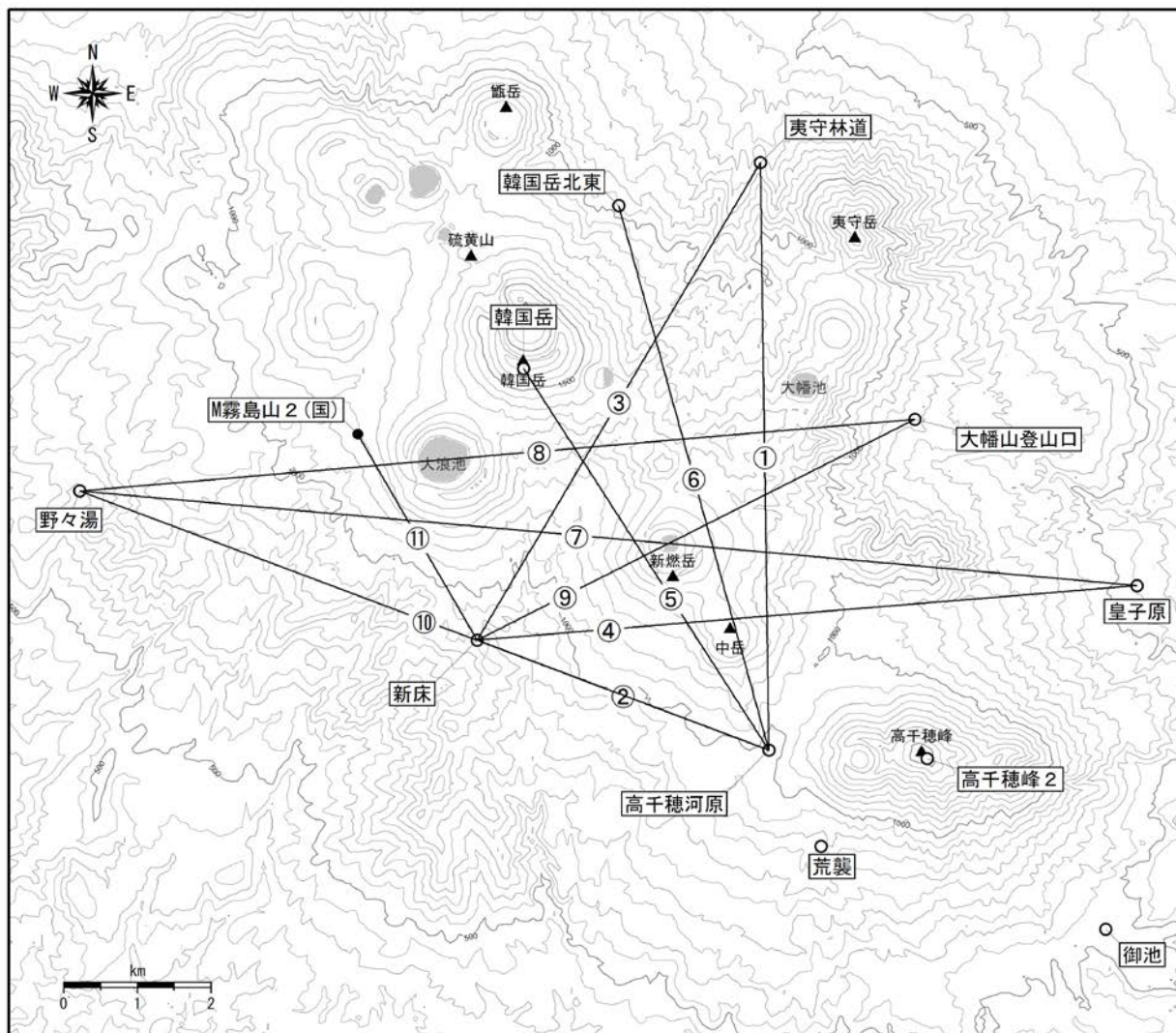


図 14 霧島山（新燃岳） GNSS 観測点基線図

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『基盤地図情報（数値標高モデル）』及び国土交通省の数値地図情報『湖沼』を使用した。

追加 新燃岳 2017 年 6 月 11 日 0 時 57 分頃発生した 火山性微動の状況

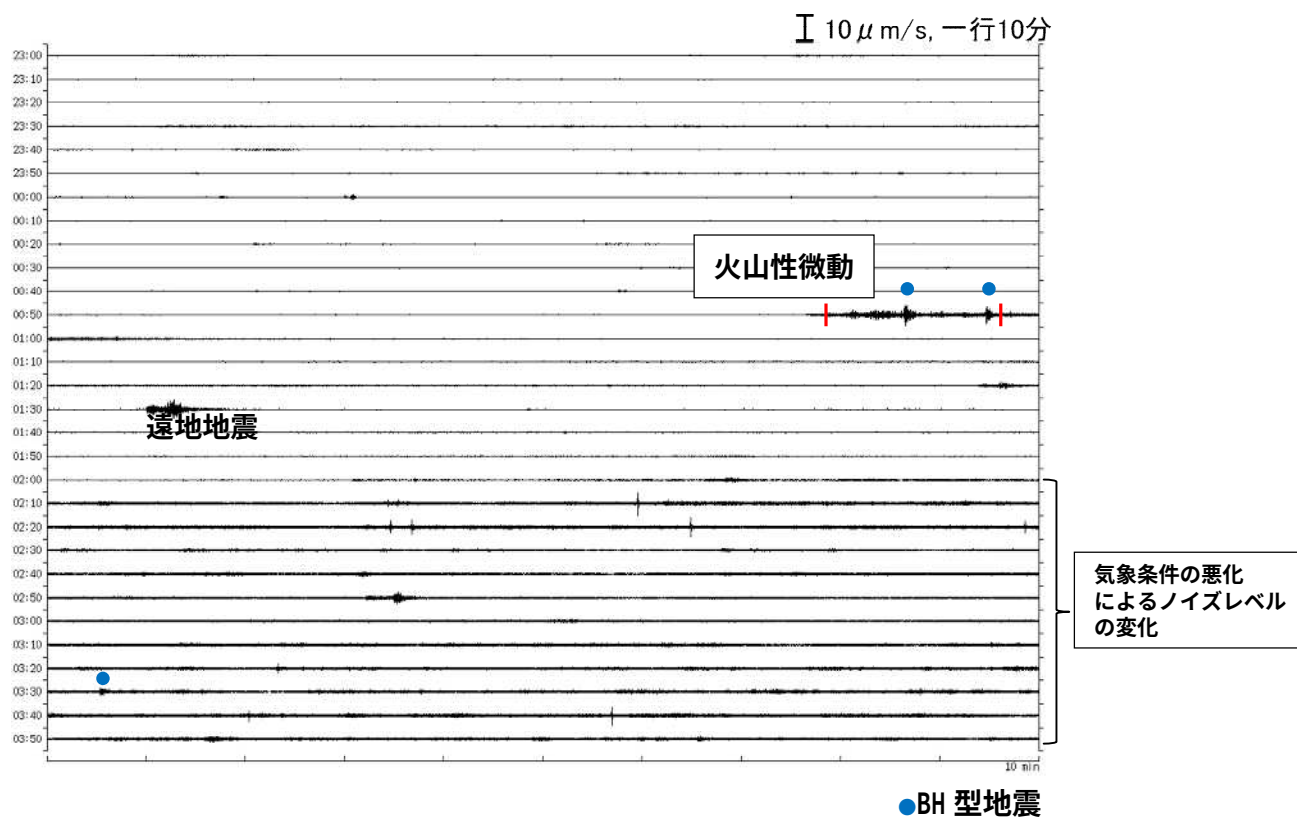


図 15 霧島山（新燃岳）2017 年 6 月 11 日 0 時 57 分の火山性微動発生前後の状況
（新燃岳南西観測点南北成分 6 月 10 日 23 時 00 分～11 日 4 時 00 分）

- 微動の最大振幅は南北成分の $3.6 \mu\text{m/s}$ 、継続時間は約 110 秒で、傾斜計で火山性微動に伴うごくわずかな変動が認められた。この火山性微動の発生前後で、噴煙の状況や地震活動には特段の変化はなかった。
- 2011 年の新燃岳の噴火以降では、2015 年 3 月 1 日と 2016 年 9 月 17 日にも振幅の小さな継続時間の短い火山性微動が観測されたが、微動の発生前後には、今回と同様に噴煙の状況や地震活動には特段の変化はなかった。なお、両日とも火口近傍の新燃岳北東傾斜計は障害中であったが、周辺の傾斜計では微動に伴う特段の変化は認められなかった。

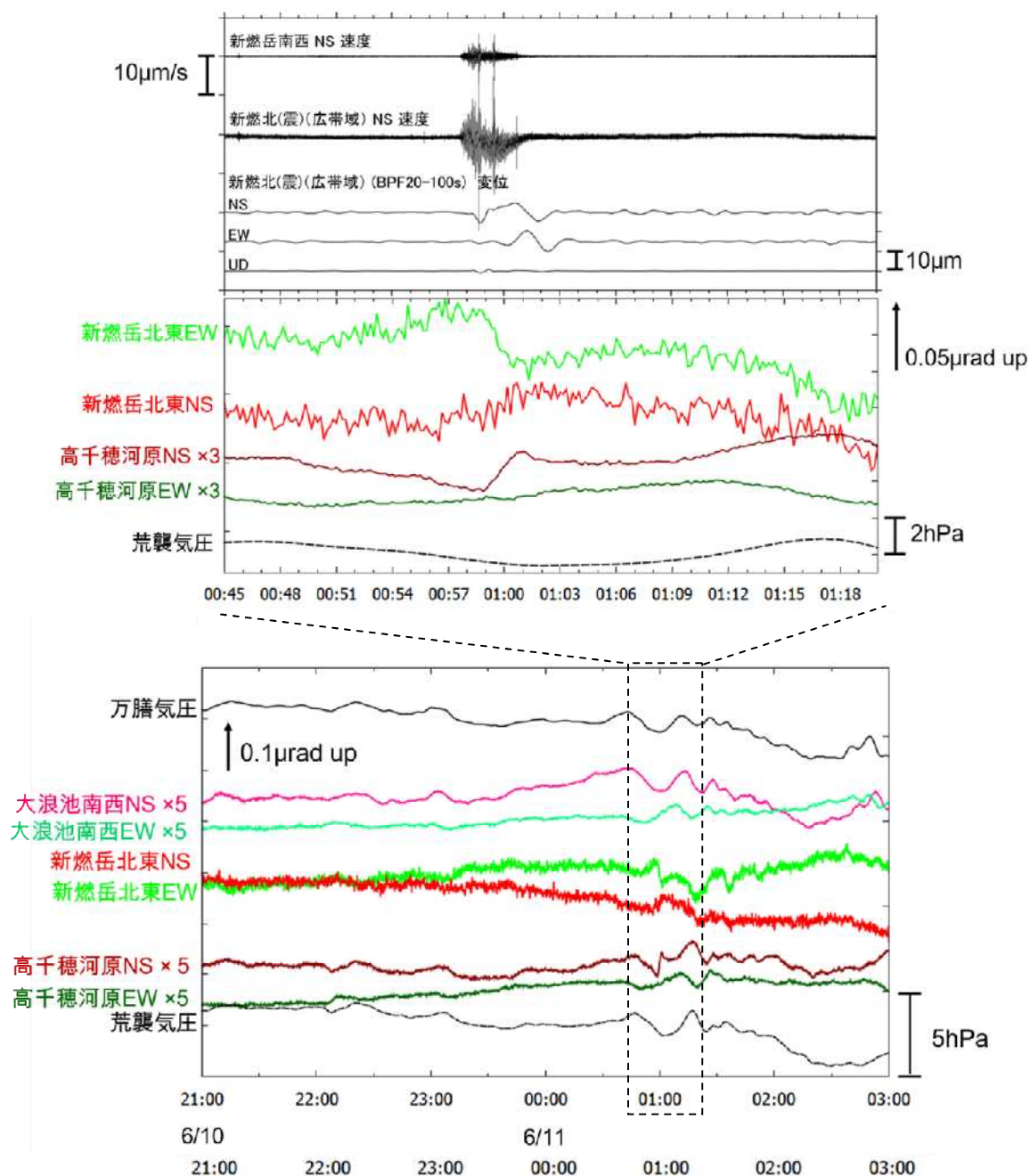


図 16 霧島山（新燃岳）2017 年 6 月 11 日 0 時 57 分の火山性微動と傾斜計の状況
(新燃岳南西観測点南北成分 6 月 10 日 21 時 00 分～11 日 3 時 00 分)

- 新燃岳北東観測点、高千穂河原観測点の傾斜計で火山性微動に伴うごくわずかな変動が認められる。
- 新燃北観測点(震)の広帯域地震計(120 秒)では周期約 50 秒の長周期成分が認められる。
- 傾斜計データには、背景ノイズとして気圧変化に伴う変動が記録されている。

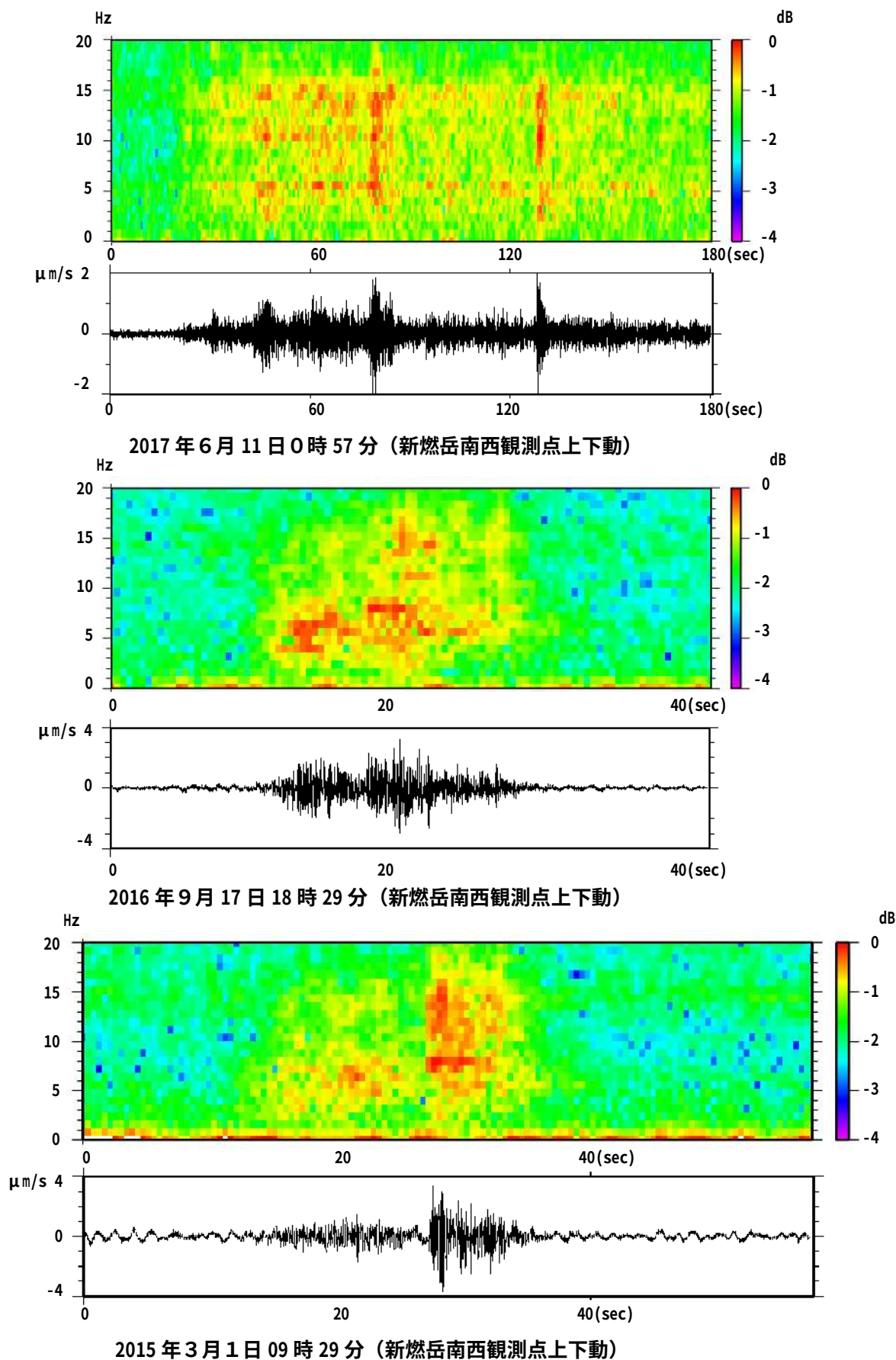


図 17 霧島山（新燃岳） 火山性微動の比較

今回の震動記録は開始から終了まで同様のスペクトル構造を持ち、霧島山
傾斜の変動を伴った。

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変動はみられなかった。
噴火の兆候は認められないが、今後の火山活動の推移に留意すること。
噴火予報（噴火警戒レベル 1、活火山であることに留意）の予報事項に変更はない。

○ 概況（2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日）

- ・ 噴気など表面現象の状況（図 1～3、図 4-①）
火口縁を越える噴気は観測されなかった。
- ・ 火山性地震、微動の状況（図 4-②～⑦、図 5）
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 5～7）
GNSS 連続観測や傾斜計では、火山活動によると考えられる変動はみられなかった。



図 1 霧島山（御鉢） 御鉢の状況（2017 年 5 月 28 日、猪子石監視カメラによる）

火口縁を越える噴気は観測されなかった。

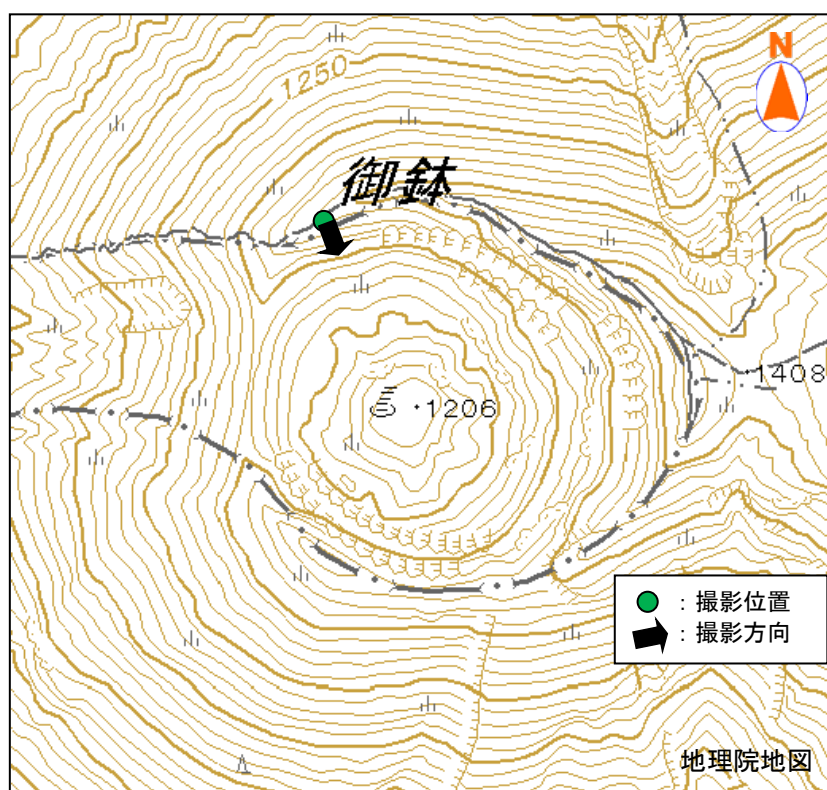


図 2 霧島山（御鉢） 図 3 の撮影方向と撮影位置

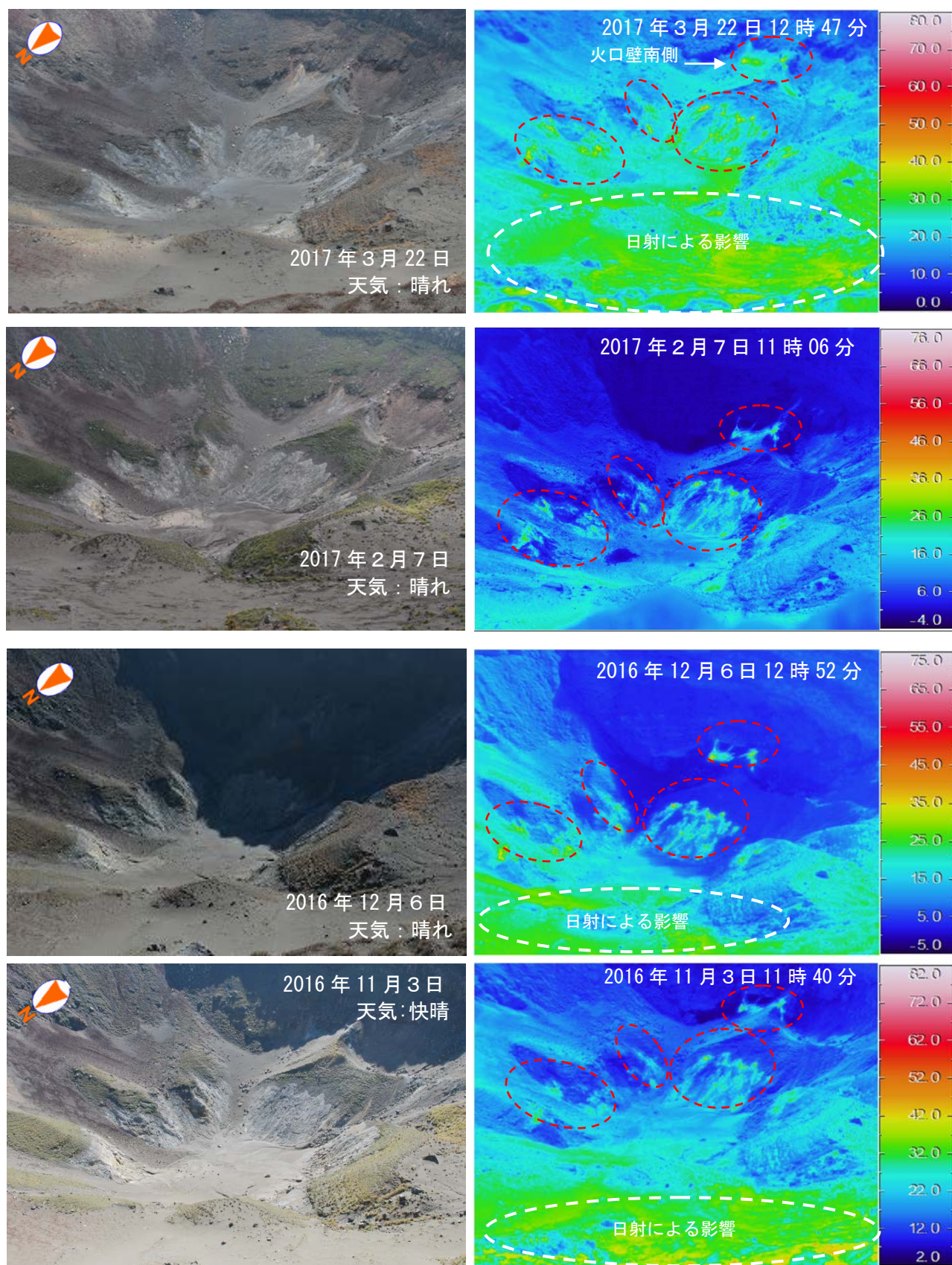


図 3 霧島山（御鉢） 火口底の可視画像及び地表面温度分布（火口縁北西側から撮影）

- ・火口内で引き続き弱い噴気を確認した。火口内では、これまでも時々弱い噴気を確認している。
- ・火口底付近の熱異常域（赤破線内）はこれまでの観測と比較して特段の変化は認められない。



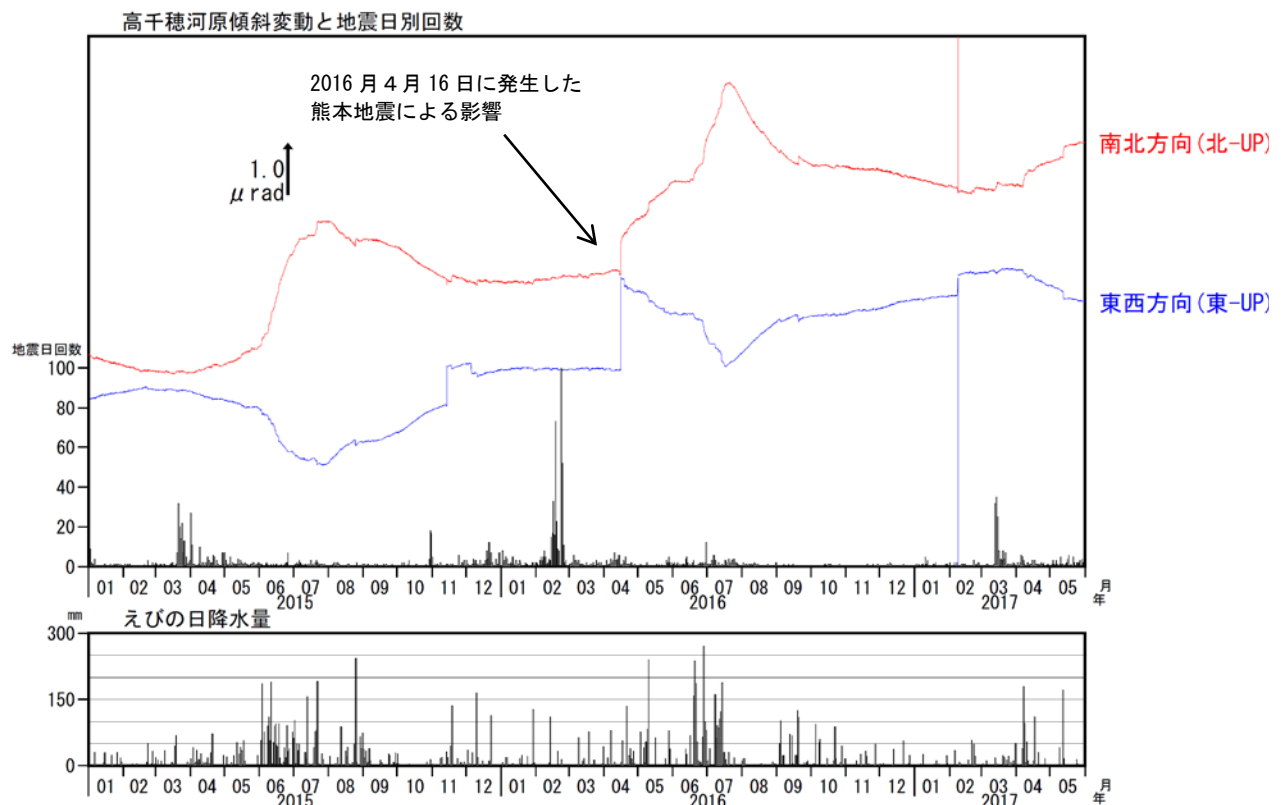


図 5 霧島山（御鉢） 高千穂河原傾斜計の変化、火山性地震の時間別回数
(2015 年 1 月～2017 年 5 月 31 日)

<2017 年 1 月～2017 年 5 月 31 日の状況>

傾斜計では、火山活動によると考えられる変動はみられなかった。

毎年 6～10 月頃の傾斜変化は、降水等の気象条件の影響も含まれる。

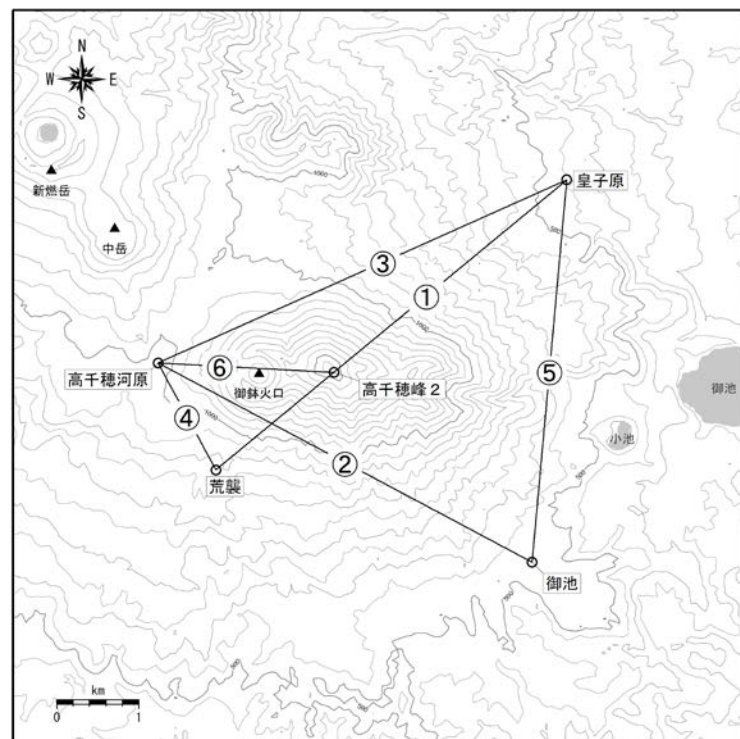


図 6 霧島山（御鉢） GNSS 観測点基線図

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）』を使用した。

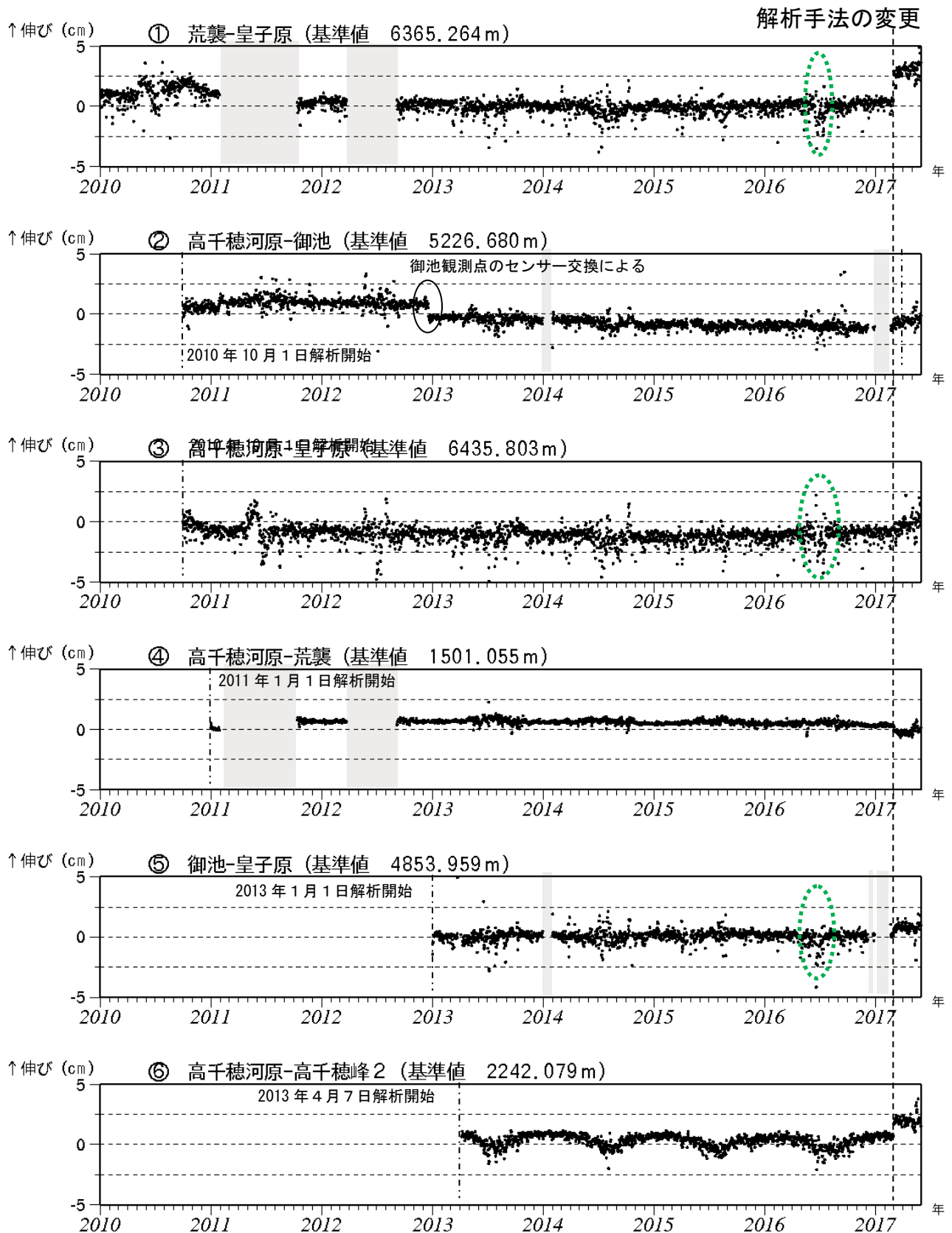


図 7 霧島山（御鉢） GNSS 連続観測による基線長変化

(2010 年 1 月～2017 年 5 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 6 の①～⑥に対応している。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

霧島山

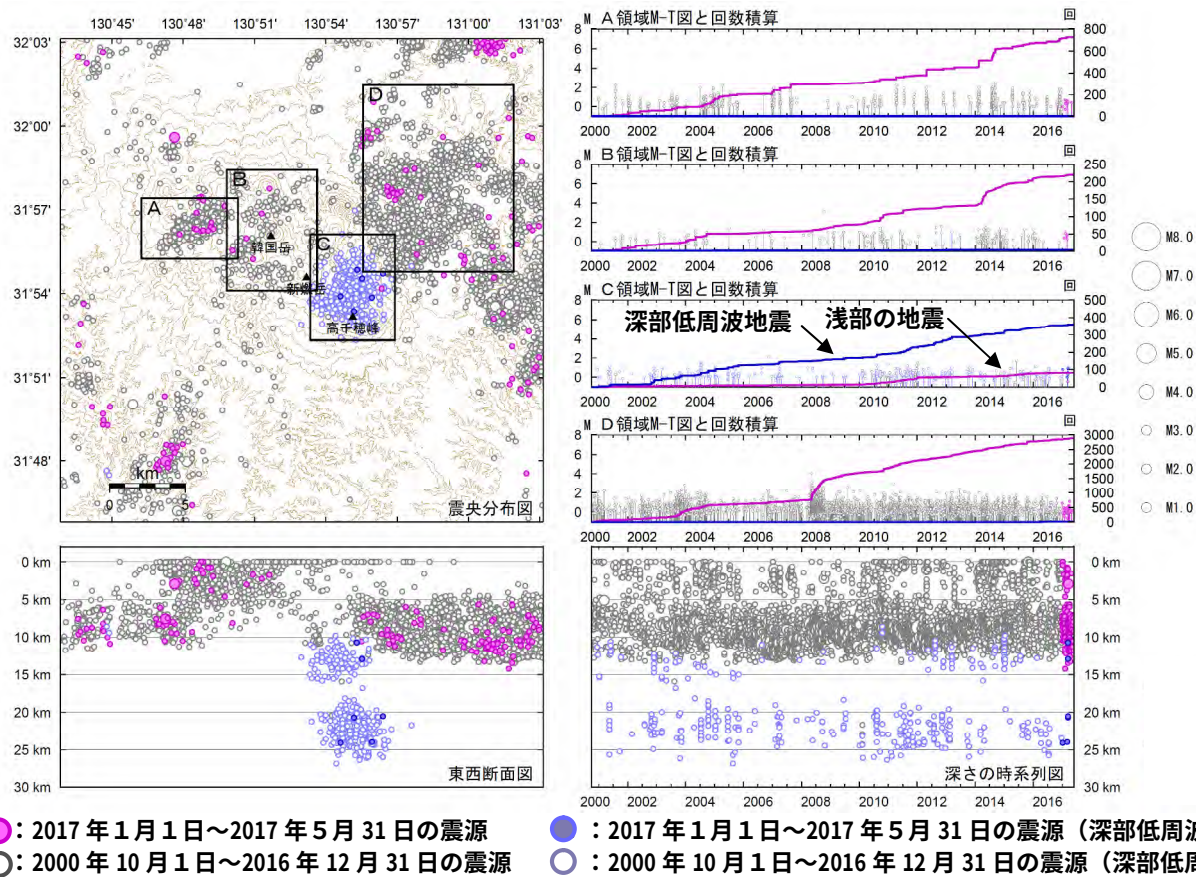


図1 霧島山 一元化震源による広域の震源分布図
(2000年10月1日～2017年5月31日)

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表示されることがある。
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。

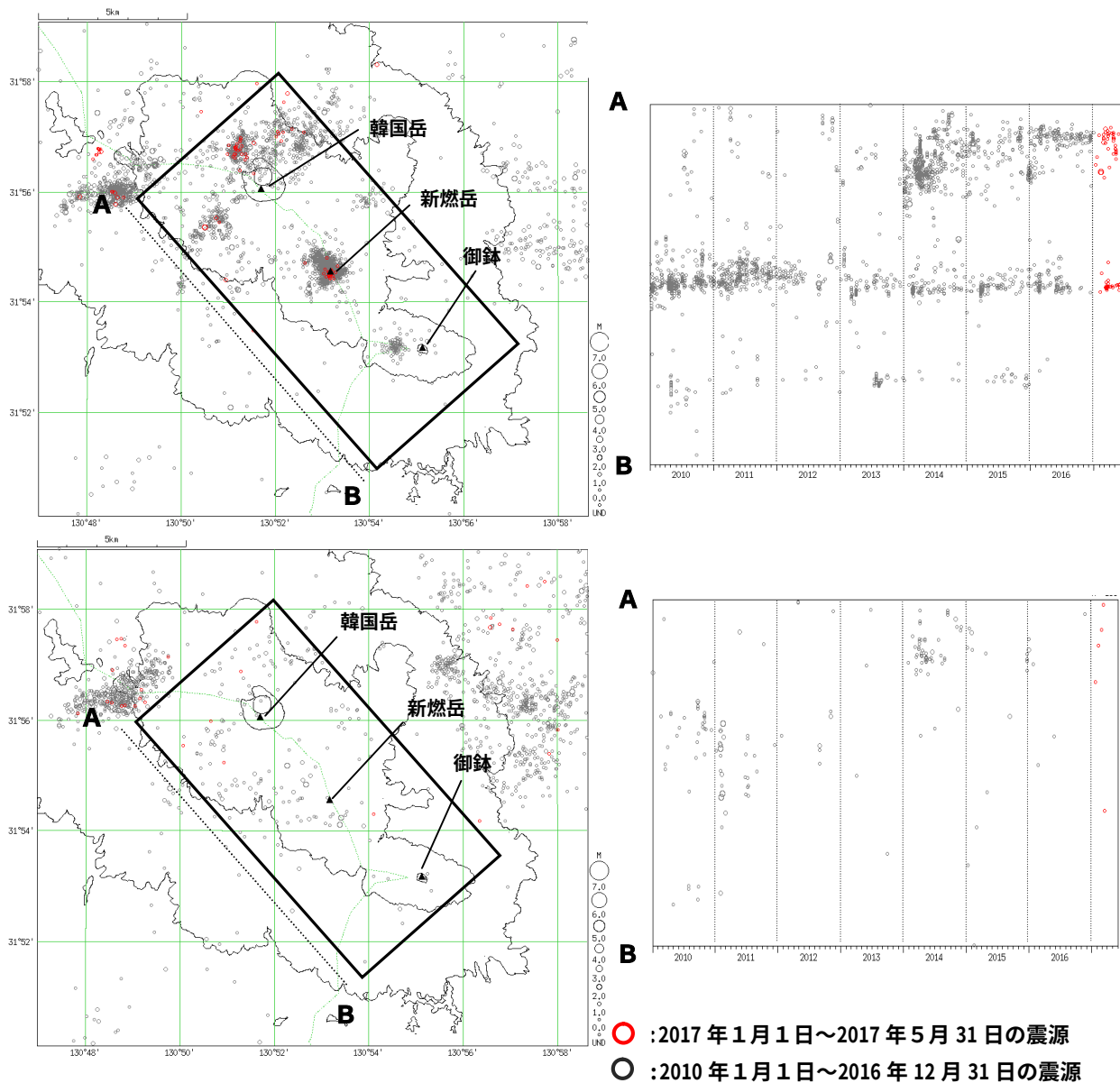


図2 霧島山 V01S震源（上段）及び一元化（下段）による広域の震源分布図
(2010年1月～2017年5月31日)

<2017年1月～5月31日の状況>

震源は主に硫黄山周辺と新燃岳火口直下に分布した。

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 25000 (行政界・海岸線)』『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

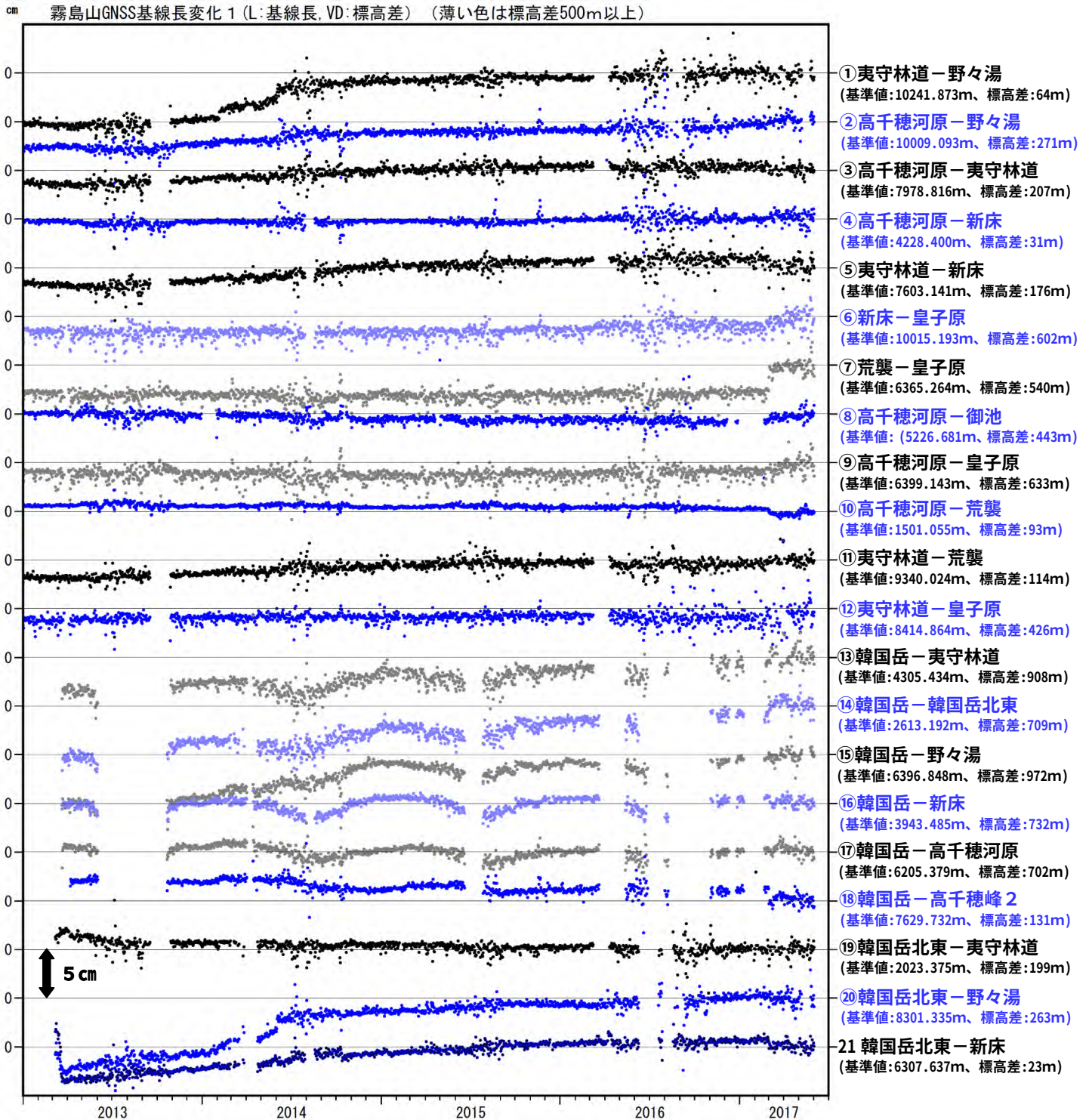


図 3 -1 霧島山 GNSS 連続観測による地殻変動 (2013 年 1 月～2017 年 6 月 5 日)

火山活動によると考えられる特段の変化は認められていません。

この基線は図 4 の①～21 に対応している。

空白部分は、データの欠測を表す。

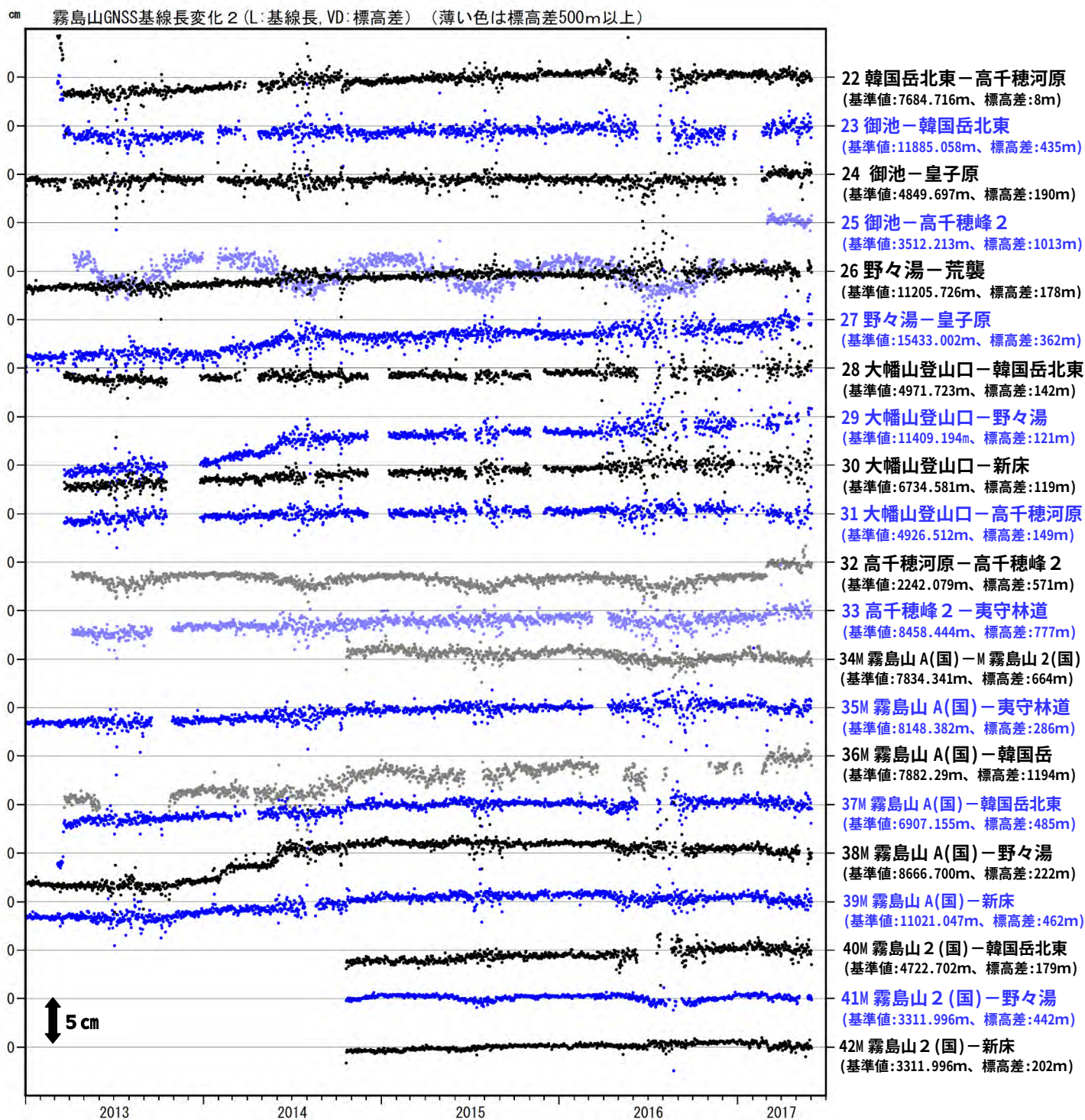


図 3-2 霧島山 GNSS 連続観測による地殻変動 (2013 年 1 月～2017 年 6 月 5 日)

火山活動によると考えられる特段の変化は認められていません。

この基線は図 4 の 22～42 に対応している。

空白部分は、データの欠測を表す。

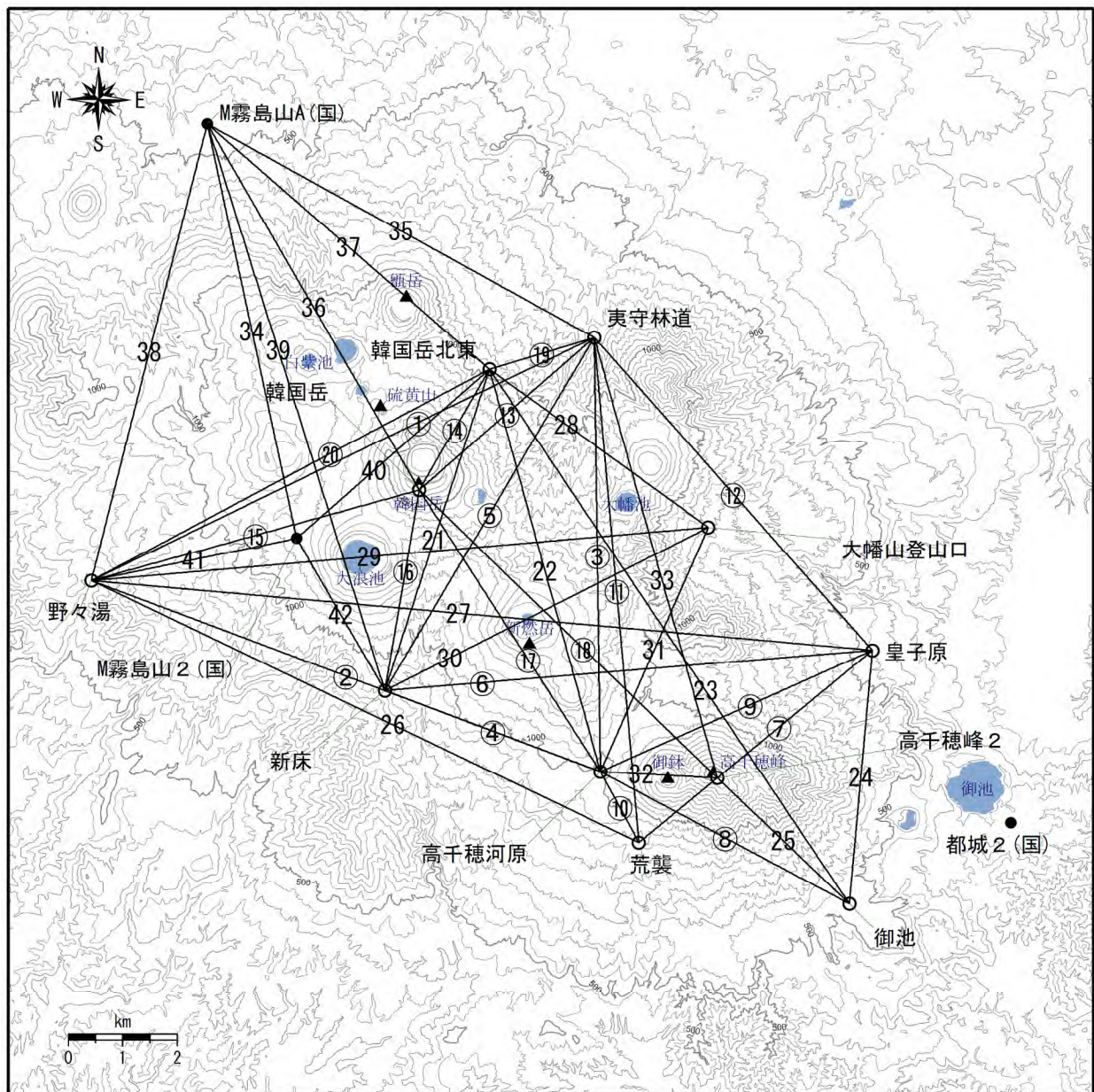


図 4 霧島山 GNSS 観測点基線図

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『基盤地図情報（数値標高モデル）』及び国土交通省の数値地図情報『湖沼』を使用した。

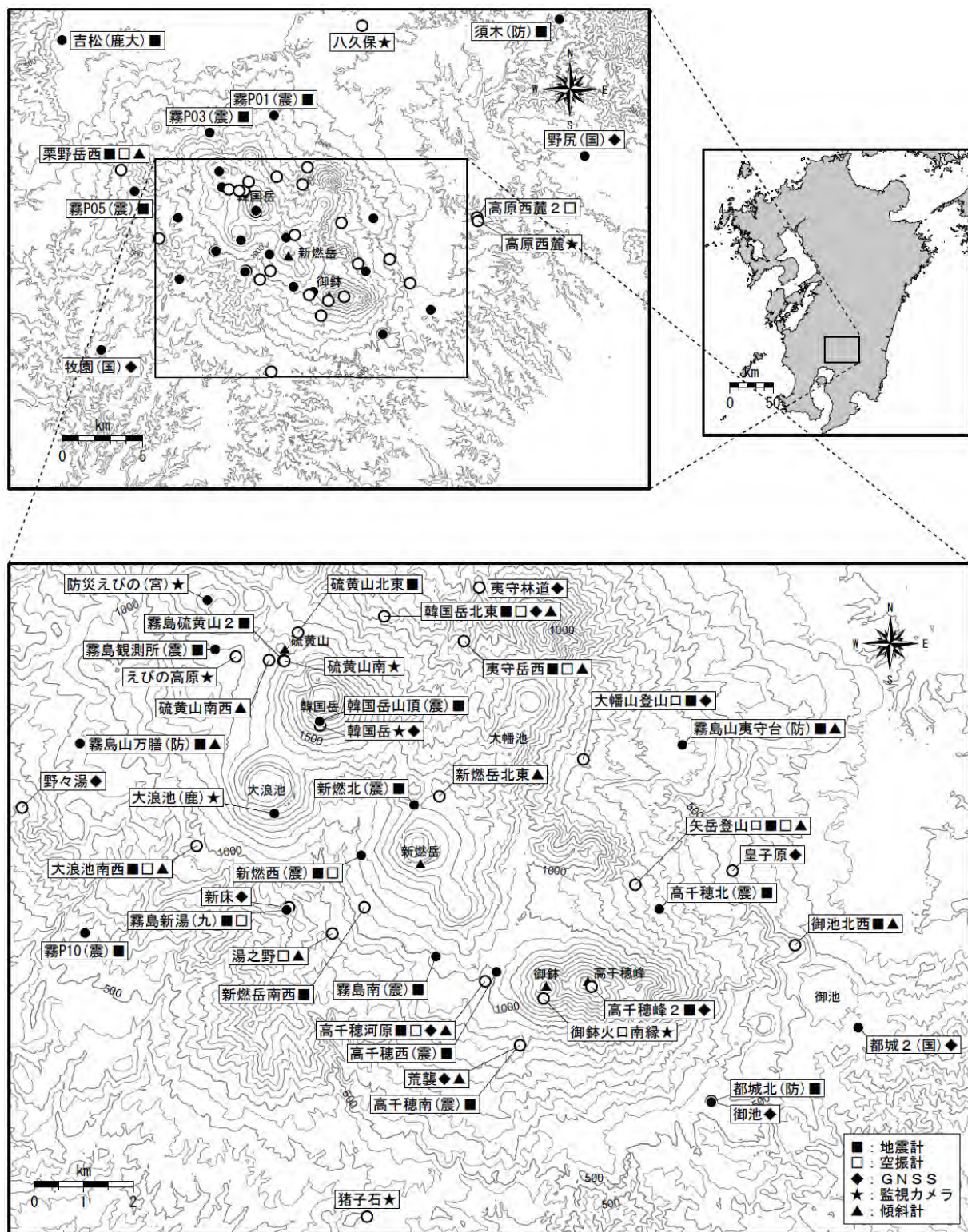


図5 霧島山 観測点配置図

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ます。

(国): 国土地理院、(防): 防災科学技術研究所、(震): 東京大学地震研究所
(九): 九州大学、(鹿大): 鹿児島大学、(宮): 宮崎県、(鹿): 鹿児島県

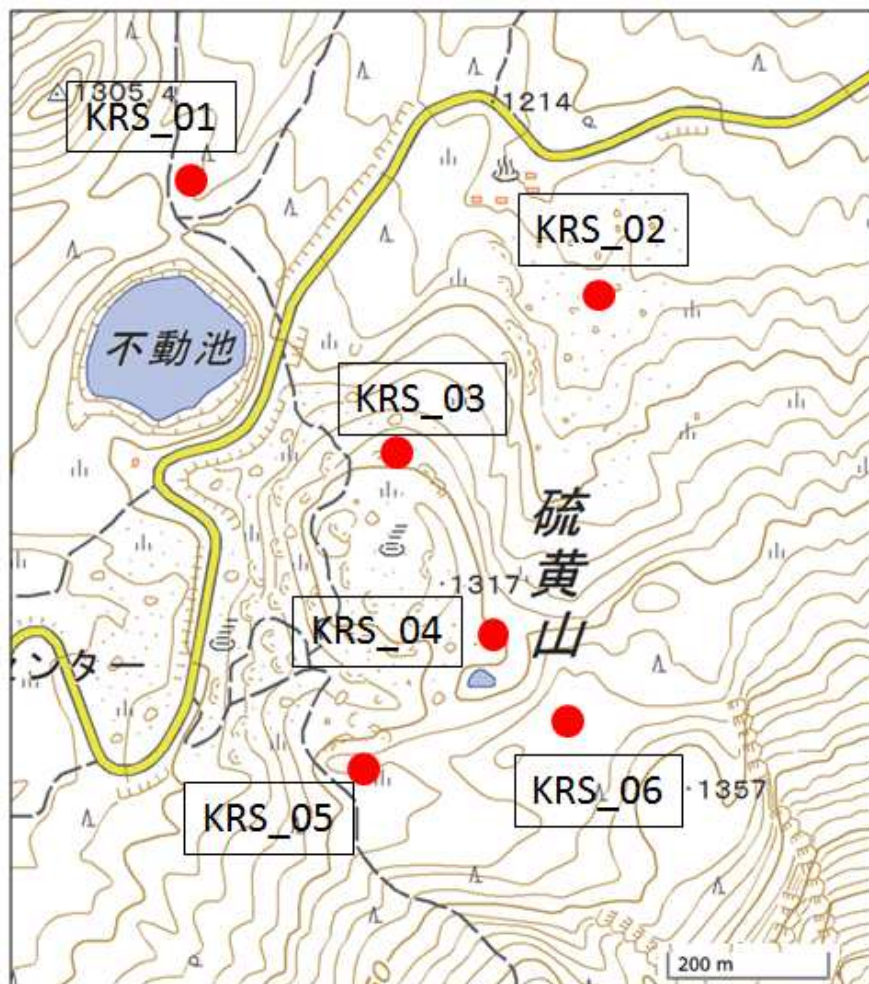
地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

霧島山における地磁気全磁力変化

地磁気全磁力観測の結果、2016 年以降霧島山の硫黄山周辺では熱消磁を示す小さな全磁力変化が観測されている。

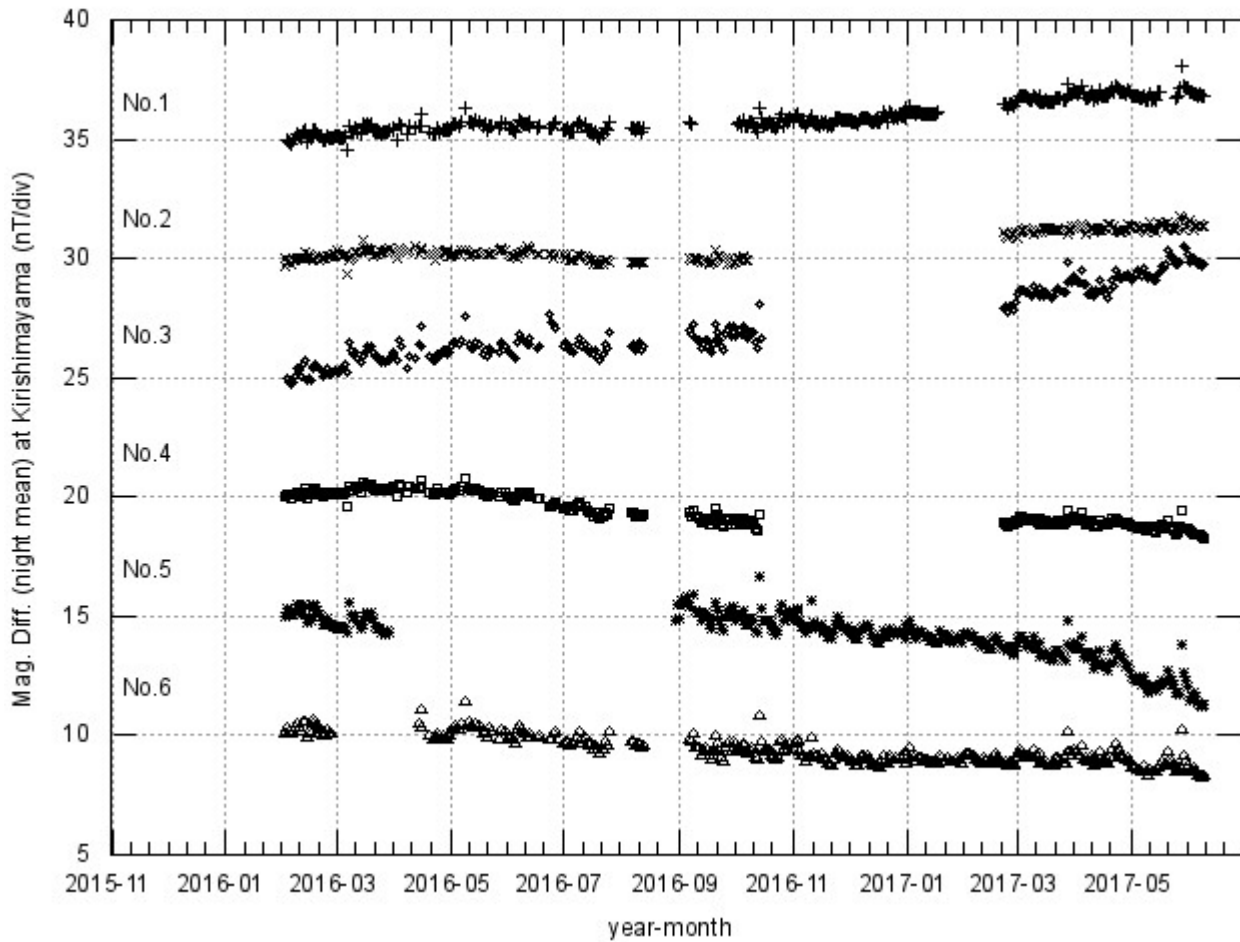
・地磁気全磁力観測

気象庁地震火山部では 2016 年 2 月に霧島山の硫黄山周辺に全磁力連続観測点を 6 点、硫黄山から南東約 9km に全磁力参照点を設置し、観測を開始した。第 1 図に硫黄山周辺における全磁力連続観測点（KRS_01～06）を示す。第 2 図に、参照点で観測された全磁力値を基準とした全磁力連続観測点の全磁力変化を示す。硫黄山山頂部の噴気帯北側の観測点（KRS_03）では全磁力がやや増加し、南側の観測点（KRS_04,KRS_05,KRS_06）では全磁力がやや減少する変化が観測されており、硫黄山では熱消磁が進行しているものと考えられる。



第 1 図 霧島山の硫黄山周辺の全磁力観測点配置図

この地図の作成には国土地理院の電子地図（電子国土 Web サービス）を使用した（承認番号 平 26 情使、第 578 号）。



第 2 図 全磁力連続観測点 KRS_01～06 における参照点との全磁力の夜間日平均値差（2016 年 2 月～2017 年 6 月 10 日）。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 霧島山（えびの高原（硫黄山））における SAR 干渉解析結果

えびの高原（硫黄山）付近において、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された霧島山（えびの高原（硫黄山））周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

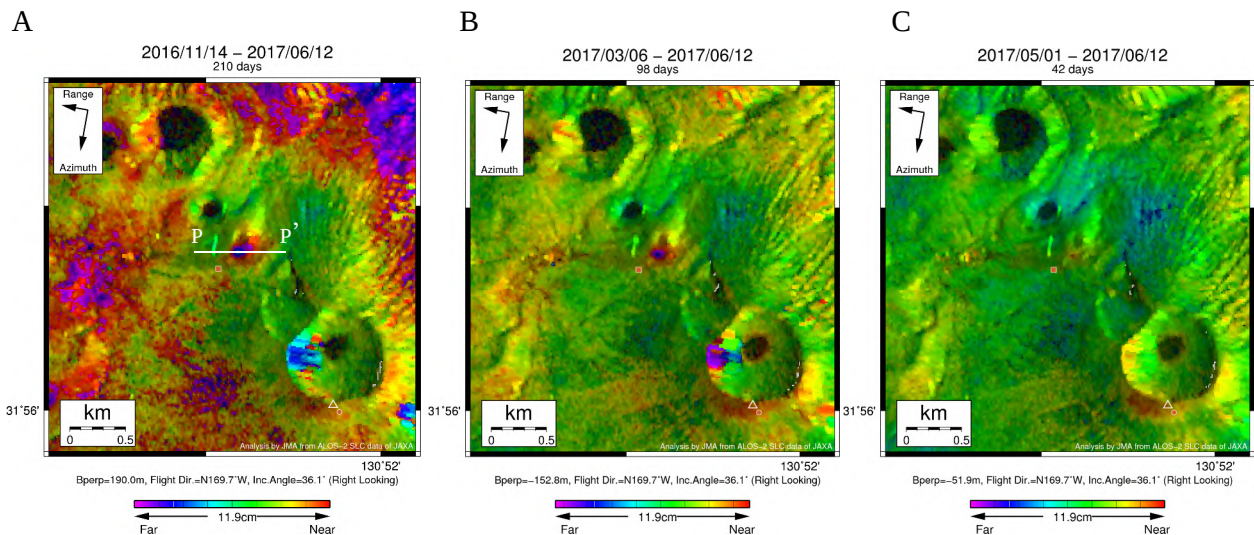
2. 解析結果

干渉画像とその解析に使用したデータを第 1 図、第 2 図及び第 1 表に示した。えびの高原（硫黄山）付近において、衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。また、第 3 図及び第 4 図に示した地表変位の時間変化では衛星視線方向短縮が継続している。

第 5 図にパス 131（2014/09/30－2017/05/09）とパス 23（2015/02/09－2017/05/15）から得られた 2 次元変位を示した。観測期間中で変動速度を一定と仮定し、1 年あたりの変位量に換算した上で準上下成分から硫黄山南西における傾斜変化率を計算した所、南北・東西成分それぞれ $444.6 \pm 128.6 \mu\text{rad/yr}$ （北上がり）および $322.9 \pm 125.1 \mu\text{rad/yr}$ （東上がり）となった。硫黄山南西の傾斜計の 2016 年 8 月以降の大きな長期トレンド（北東上がり、約 $10 \mu\text{rad/月}$ ）は、干渉 SAR で見られる隆起の成長に対応している可能性がある。

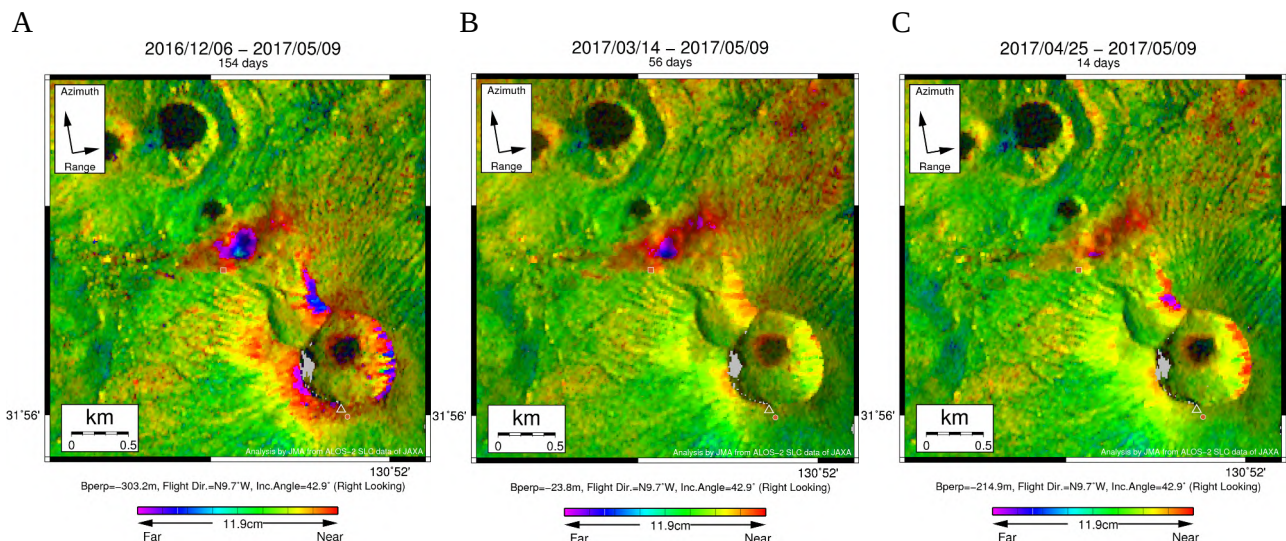
謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を使用した。ここに記して御礼申し上げます。



第 1 図 パス 23 (SM1_U2-7) による高原（硫黄山）周辺の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。えびの高原（硫黄山）付近において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

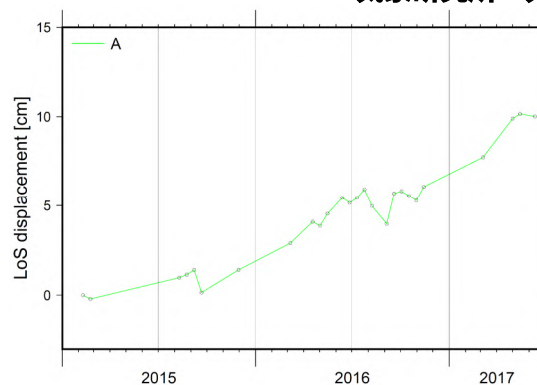
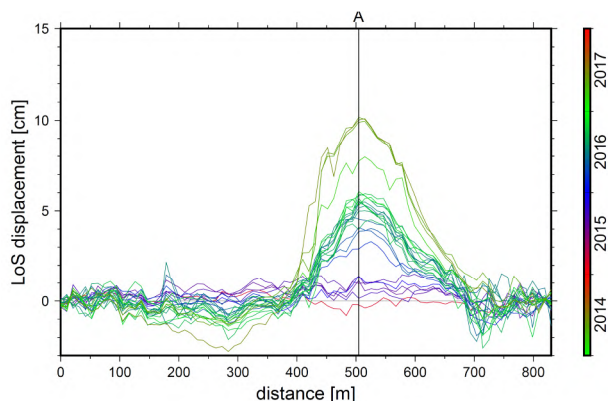


第 2 図 パス 131(SM1_U2-9)による高原（硫黄山）周辺の干渉解析結果

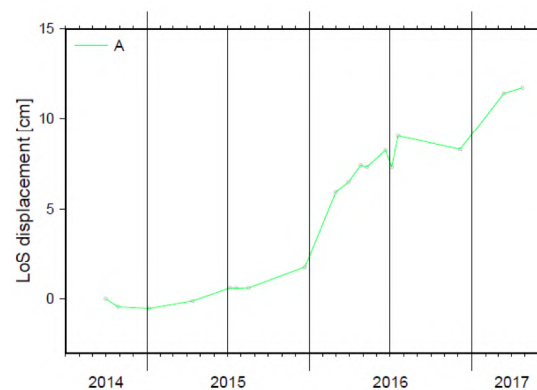
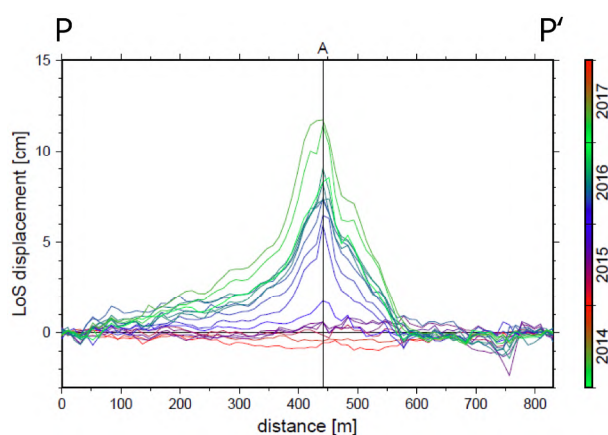
凡例は第 1 図と同じ。えびの高原（硫黄山）付近において衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

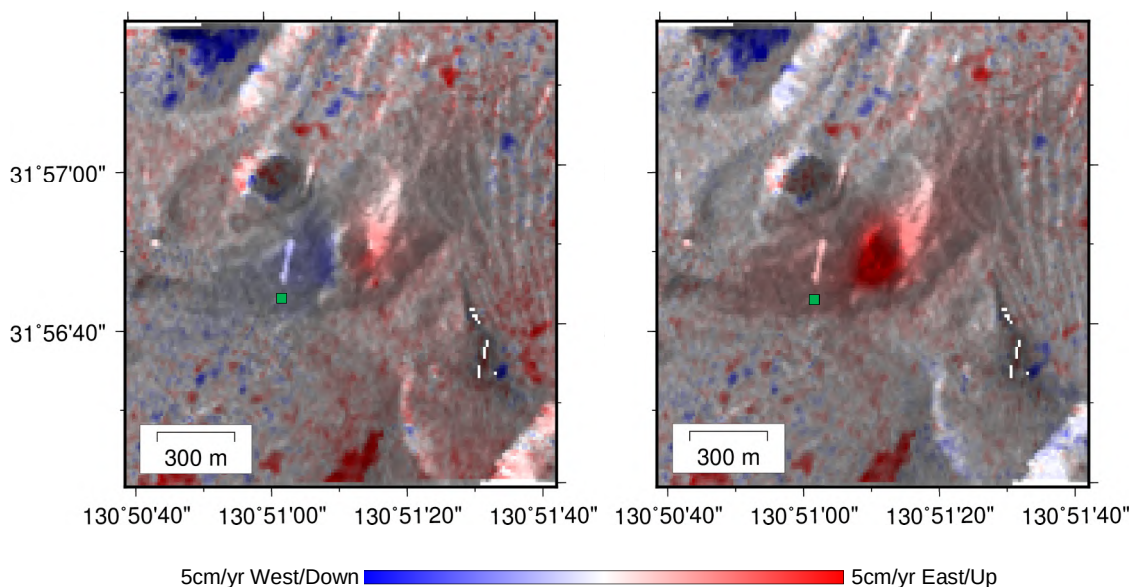
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23-2970 (SM1_U2-7)	南行	右	36.1 °	2016.11.14	2017.06.12	第 1 図-A
				2017.03.06		第 1 図-B
				2017.05.01		第 1 図-C
131-620 (SM1_U2-9)	北行	右	42.9 °	2016.12.06	2017.05.09	第 2 図-A
				2017.03.14		第 2 図-B
				2017.04.25		第 2 図-C



第3図 パス 23(SM1_U2-7)を用いたえびの高原（硫黄山）付近の地表変位の時間変化
 左は東西断面、右は時系列を示す。視線距離短縮を正とする。東西断面の位置は第1図-A中の P-P'。
 視線方向短縮が継続している。



第4図 パス 131(SM1_U2-9) を用いたえびの高原（硫黄山）付近の地表変位の時間変化
 凡例は第3図と同じ。視線方向短縮が継続している。



第5図 パス 131 とパス 23 から得られた 2 次元変位
 左は準東西 (N89.1°E) 成分、右は準上下 (鉛直上方から南に 8.1° 傾く) 成分を示す。また、緑の四角は硫黄山南西傾斜観測点を示す。

霧島山硫黄山西麓周辺の温泉水の化学組成

2017 年 1 月から 6 月にかけて、霧島山硫黄山の噴気域および硫黄山西麓域で採取された温泉水の陰イオンを分析した。硫黄山西麓(A 地点)では継続的に分析を繰り返しており、同地点の湧水の Cl/SO_4 モル比は、2017 年 1 月から 4 月ないし 5 月にかけて増加した後、減少に転じた。

【試料採取・分析】

2017 年 1 月 17 日から 6 月 4 日の期間に、硫黄山西麓域の 3 地点、および噴気域の近傍 3 地点で温泉水を採取した(図 1, 2)。採取した温泉水は口径 $0.45\ \mu\text{m}$ フィルターでろ過処理した後、イオンクロマトグラフ法で Cl^- , SO_4^{2-} 濃度を分析した。

【分析結果・考察】

温泉水の分析結果を表 1 に示す。温泉水に含まれる陰イオン組成は、噴気域 a 地点(2017 年 5 月 15 日採取)では $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ 型、その他の温泉水は全て $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 型であった。

一般に、火山活動の活発化に伴って火山ガスの温度が上昇すると、火山ガスに含まれる Cl/S 比は増大することが知られおり(例えば、小坂ほか, 1998)、火山ガス起源と考えられる温泉水中の Cl^- と SO_4^{2-} から計算される Cl/S 比も、火山活動の盛衰に応じて変化すると期待される。図 3 に、本調査期間に硫黄山西麓 A 地点で採取した温泉水の Cl^- および SO_4^{2-} の濃度、およびそれらのモル比の変化を示した。これによれば、当該温泉水の $\text{Cl}/\text{SO}_4^{2-}$ モル比は 2017 年 1 月から 4 月ないし 5 月にかけて増加し、その後減少に転じた。

なお、噴気域周辺では、硫黄山西麓 A 地点の $\text{Cl}/\text{SO}_4^{2-}$ 比が減少に転じた 5 月以降にも、噴気孔内を流れる熱水の出現や地面の浸食や空洞化が認められている。

表 1. 温泉水の分析結果

採水地点	緯度 (度°分'秒")	経度 (度°分'秒")	採取日	水温 °C	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl/SO ₄ molar ratio
硫黄山西麓 A	31° 56'50.7"	130° 51'03.9"	2017/1/17	34.5	76	1290	0.16
			2017/4/27	43.3	526	2840	0.50
			2017/5/11	47.5	363	2570	0.38
			2017/5/15	44.1	331	1860	0.48
			2017/5/22	50.3	443	2570	0.47
			2017/5/29	49.1	379	2660	0.39
			2017/6/4	49.6	381	2840	0.36
硫黄山西麓 B	31° 56'49.1"	130° 51'00.9"	2017/1/17	24.5	77	1010	0.21
硫黄山西麓 C	31° 56'49"	130° 50'51"	2017/4/24	ND	152	1520	0.27
硫黄山噴気域 a	31° 56'48.1"	130° 51'10.9"	2017/5/15	95.2	11000	2640	11.3
硫黄山噴気域 b	31° 56'46"	130° 51'11"	2017/3/21	ND	3.9	2520	0.00
硫黄山噴気域 c	31° 56'46"	130° 51'04"	2017/6/4	95.5	3.4	1550	0.01

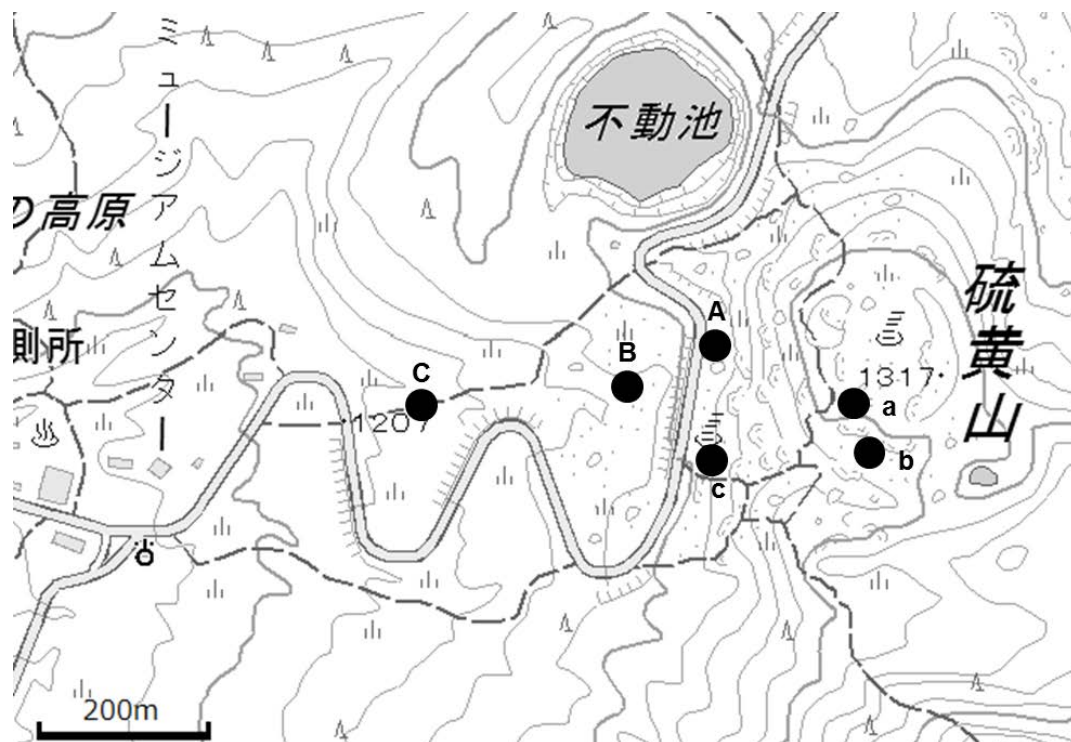


図 1. 温泉水の採取地点(地理院地図: 電子国土 web を使用した)

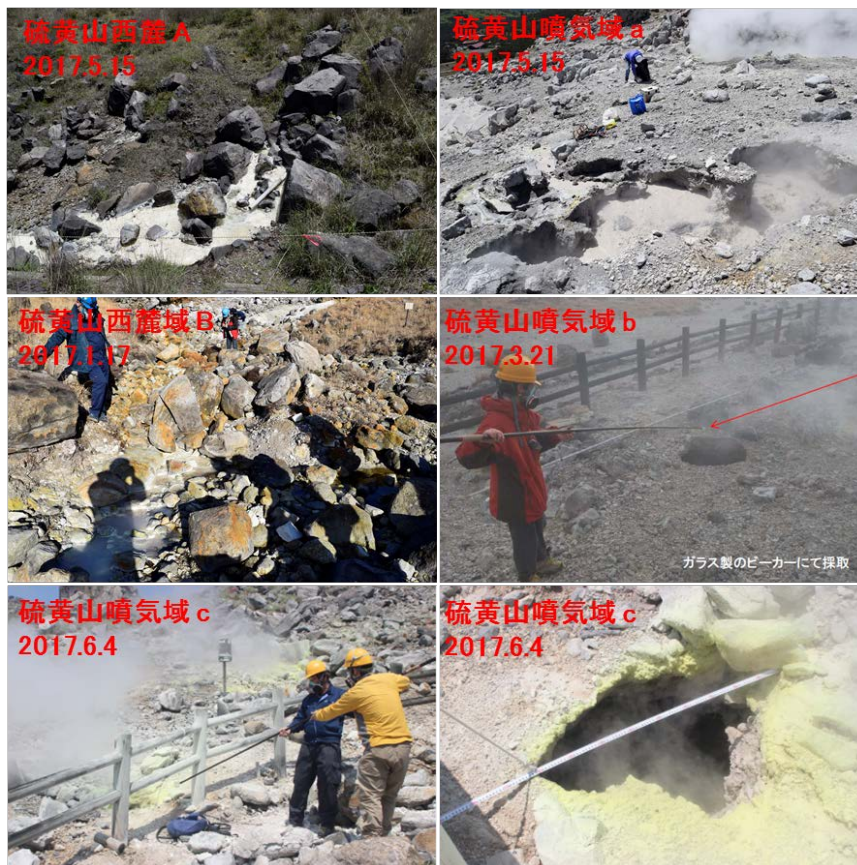


図 2. 温泉水採取地点の様子

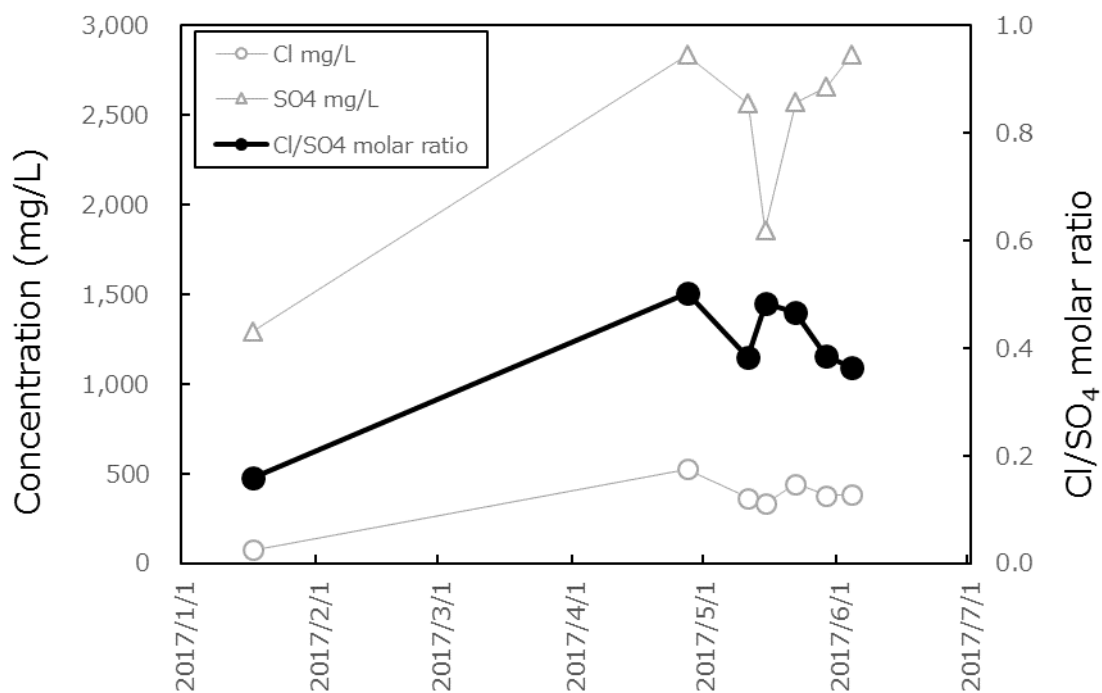


図 3. 硫黄山西麓 A: 温泉水の Cl^- , SO_4^{2-} 濃度および Cl/SO_4 モル比の変化

第 138 回火山噴火予知連絡会

2017 年 6 月 20 日

霧島山硫黄山火口周辺で 4 月末に発生した土砂噴出について

【概要】

硫黄山火口の南側では、2017 年 3 月頃から噴気孔や噴湯孔が出現するなど火山活動が活発化している。4 月 26 日には新たな噴気孔の形成に伴って極小規模な噴火（土砂噴出）が発生したと推定される。この噴火による火山灰は強風に流され「想定火口」の外まで飛散した。

1. 硫黄山火口の南西縁での土砂噴出

東京大学地震研究所及び霧島ネイチャーガイドクラブ等が、5 月 5～10 日に現地調査を実施した。新たに形成された噴気孔（噴気孔 A）は 4 月 22 日に調査した際には生じておらず、気象庁のカメラからは 4 月 26 日に出現したと考えられる（以下参照）。噴気孔は深さ 1m 以上、長さが約 1.5m 四方の方形であり（図 3）、強い噴気を放出している。調査した結果は以下の通りである、

- ・5 月の調査では噴気孔 A 周辺に土砂噴出物が北東及び南西方向に分布。土砂噴出物に覆われた地表は暗灰色を呈した（図 1, 2）。
- ・南西方向では、シルト質火山灰の付着によって地表が灰白色化しており、さらに延長方向では緑色葉上や岩の窪みなどに灰白色のシルト質火山灰が付着や沈殿しており、その痕跡は噴気孔 A から距離にして約 200 m まで追跡できた（図 1, 3）。
- ・噴出物は上下 2 層からなり、下位は砂質火山灰、上位はシルト質火山灰であった（図 3）
- ・噴気孔 A 周辺の 2 ヶ所から採取した噴出物量は、それぞれ 3.8 kg/m^2 、 3.4 kg/m^2 （図 1）。噴出物が噴気孔周囲の暗灰色の変色範囲をほぼ一様の厚さで覆っていると仮定し、2 ヶ所の噴出量平均値と暗灰色火山灰分布域面積から、総噴出物量は約 1 トンと概算される。

噴気孔 A 周辺に堆積した噴出物量は、その孔の大きさから推定される欠損量とほぼ一致する。噴出物の堆積状況から、先に噴気孔拡大が起こり、その後、泥を含む熱水が噴出したと考えられる。南西側に分布する火山灰は、熱水の飛沫が強い風によって拡散することによって生じたと考えられる。本現象は、地表下のごく浅い所にある熱水溜まりの圧力が高まり地表を破碎し生じた極小規模な噴火（土砂噴出）と考えられる。

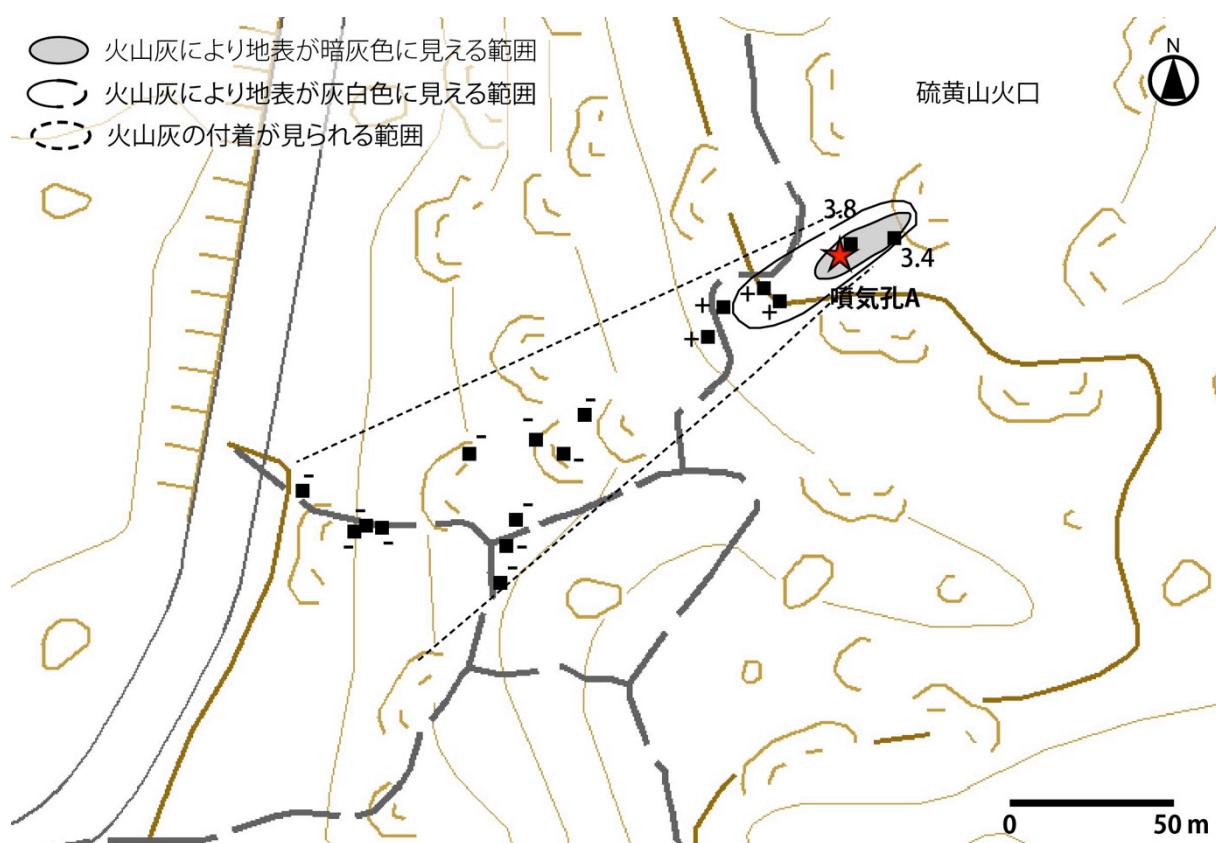


図1 硫黄山火口南西縁に形成された噴気孔Aから放出された土砂噴出物（火山灰）分布

四角は観測箇所。数値：堆積物量 (kg/m^2)，+：堆積物あり，-：堆積物がわずかに認められる。

背景地図は国土地理院地図（電子国土WEB）。左に県道1号線が南北に走る。

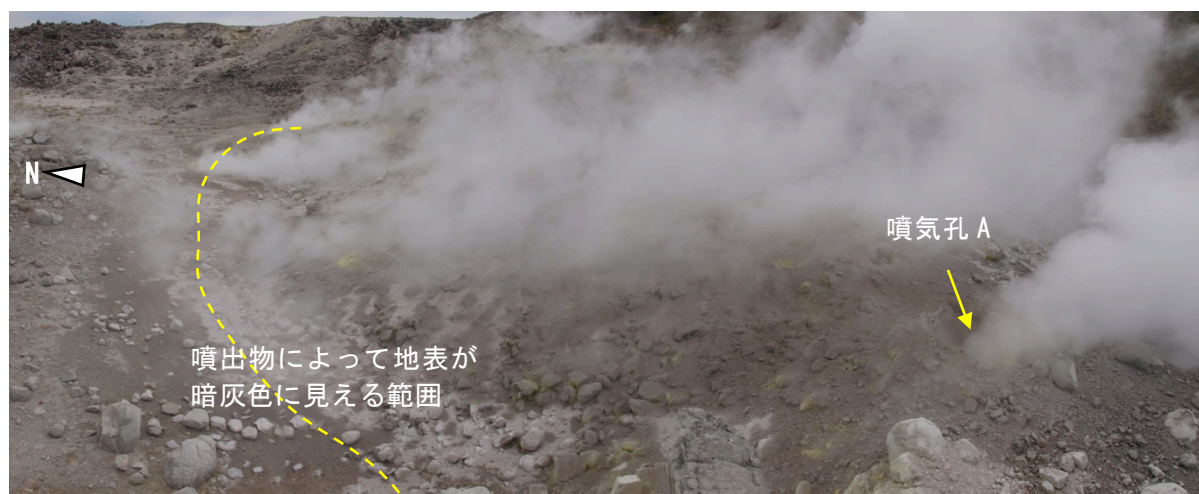


図2 噴気孔Aと周辺に分布する噴出物



図3 (左) 噴気孔 A. 孔の縁には噴き上げられた土砂の高まりができています。矢印は約 1.5 m. (右) 噴気孔 A 周辺での噴出物。下位は砂質火山灰, 上位はシルト質火山灰. (5 月 5 日撮影)



図4. 想定火口の外に認められる火山灰.
左) 葉上の火山灰 (矢印, 5 月 7 日). 右) 転石の窪みの火山灰 (下はボールペン先, 5 月 8 日)

2. 土砂噴出（噴気孔 A 形成）時期

気象庁の霧島山（硫黄山南）カメラ画像から 4 月 26 日昼前に土砂噴出が生じたと考えられる。4 月 26 日朝までは噴気域 A からの強い噴気は見られないが、26 日午前 11 時 29 分画像には噴気域 A 付近から、薄灰白色の水蒸気プルームが立ち上る（図 5）。午前 10 時 20 分～11 時 30 分頃の噴気は南西にたなびいており火山灰の分布と一致する。噴気域 A の北東まで広がるプルームは午前 11 時 29 分の画像であり、この頃に土砂が噴出したと推定される。



図 5 2017 年 4 月 26 日の気象庁硫黄山南カメラ静止画像
(http://www.data.jma.go.jp/svd/volcam/data/volc_img.php)

第 138 回火山噴火予知連絡会

2017 年 6 月 20 日

霧島山硫黄山火口周辺の噴気・湧水活動について

【概要】 霧島山えびの高原硫黄山では噴気活動が 2017 年初めから活発化してきていることが、高温域面積、噴気温度、及び、湧水の温度や ph 等の時間変化から見て取れる。

1. 高温域（熱異常域）調査

高温域の調査を 3 月 19 日、6 月 3 日に実施した。高温域の面積は 2 月 4 日の約 6200m² から、6 月 3 日に約 9600m² に拡大している（図 1）。噴気帯の南域で東北東－西南西方向へ拡大、北域では北西方向に拡大が進行した（図 2）。

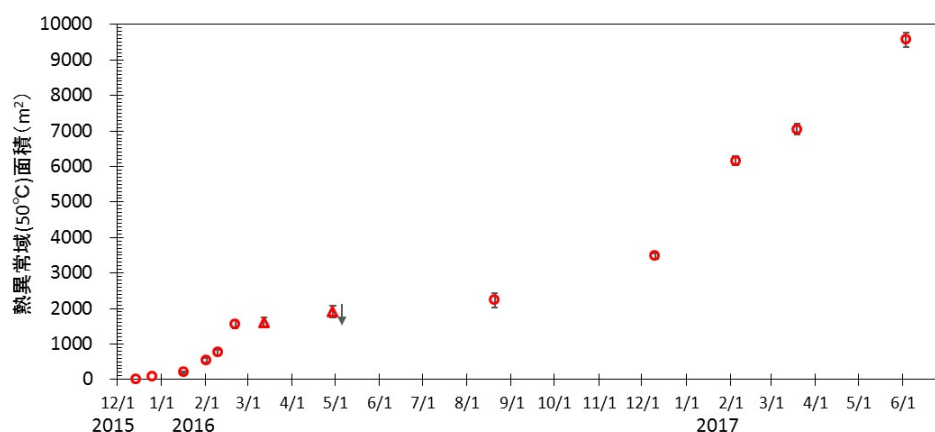


図 1 硫黄山噴気帯の熱異常域（50℃以上）の面積変遷

2016 年 1 月～8 月の面積測定の見測誤差は±約 1 m. 2017 年 12 月以後はドローン撮影による基図を用いた。

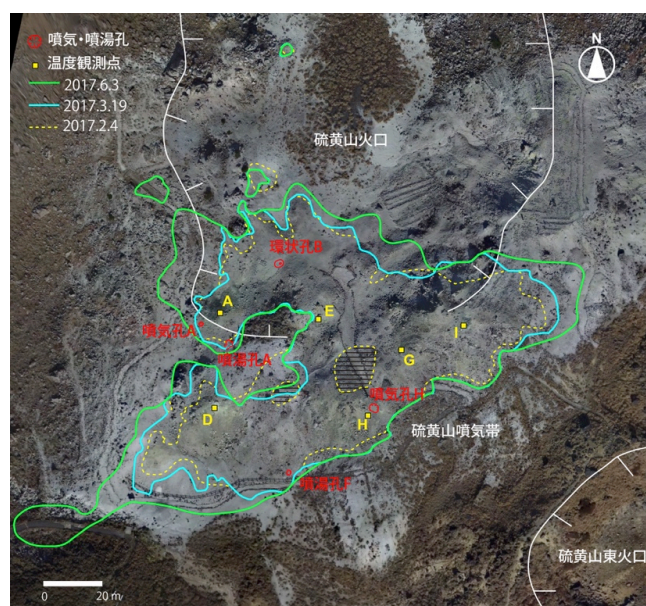


図 2 硫黄山噴気帯の熱異常域（50℃以上）の経時変化

2. 噴気温度・湧水温測定

硫黄山南西の噴気温度及び周辺の湧水・地中の温度を測定した（図 4）。

- ・A 点付近では、4 月 26 日に噴気孔 A が形成．噴気孔 A 形成前の付近の噴気温は、3 月～4 月に 95.7～95.2℃，形成後の 6 月 3 日には 95.8℃になった（図 5）。
- ・H 点付近では、3 月～4 月に 95.5～95.3℃，H 噴気孔形成後、6 月 5 日にサーモカメラで 128℃ となった（図 3, 5）。
- ・川湯 3 の水温は 4 月 20 日頃から上昇し、5 月 23 日に 50.1℃になった（図 6）。

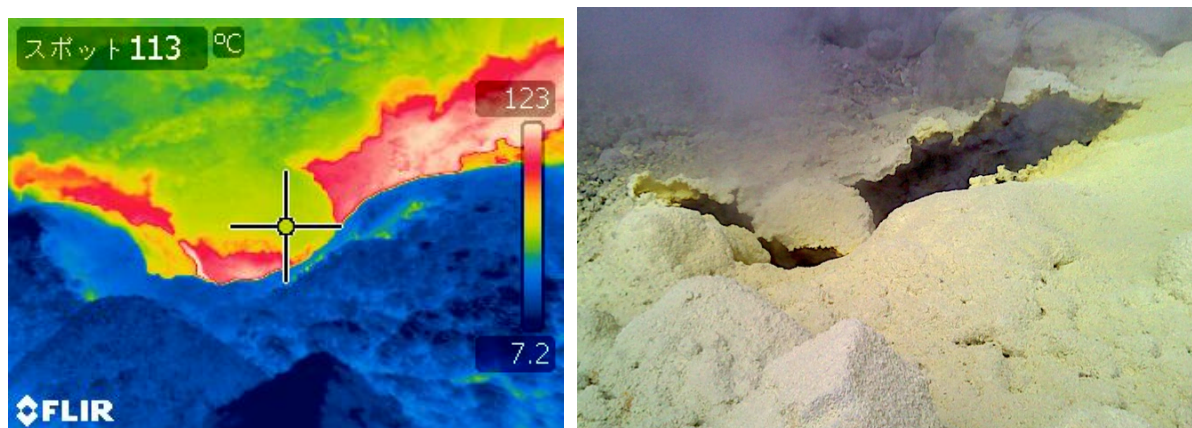
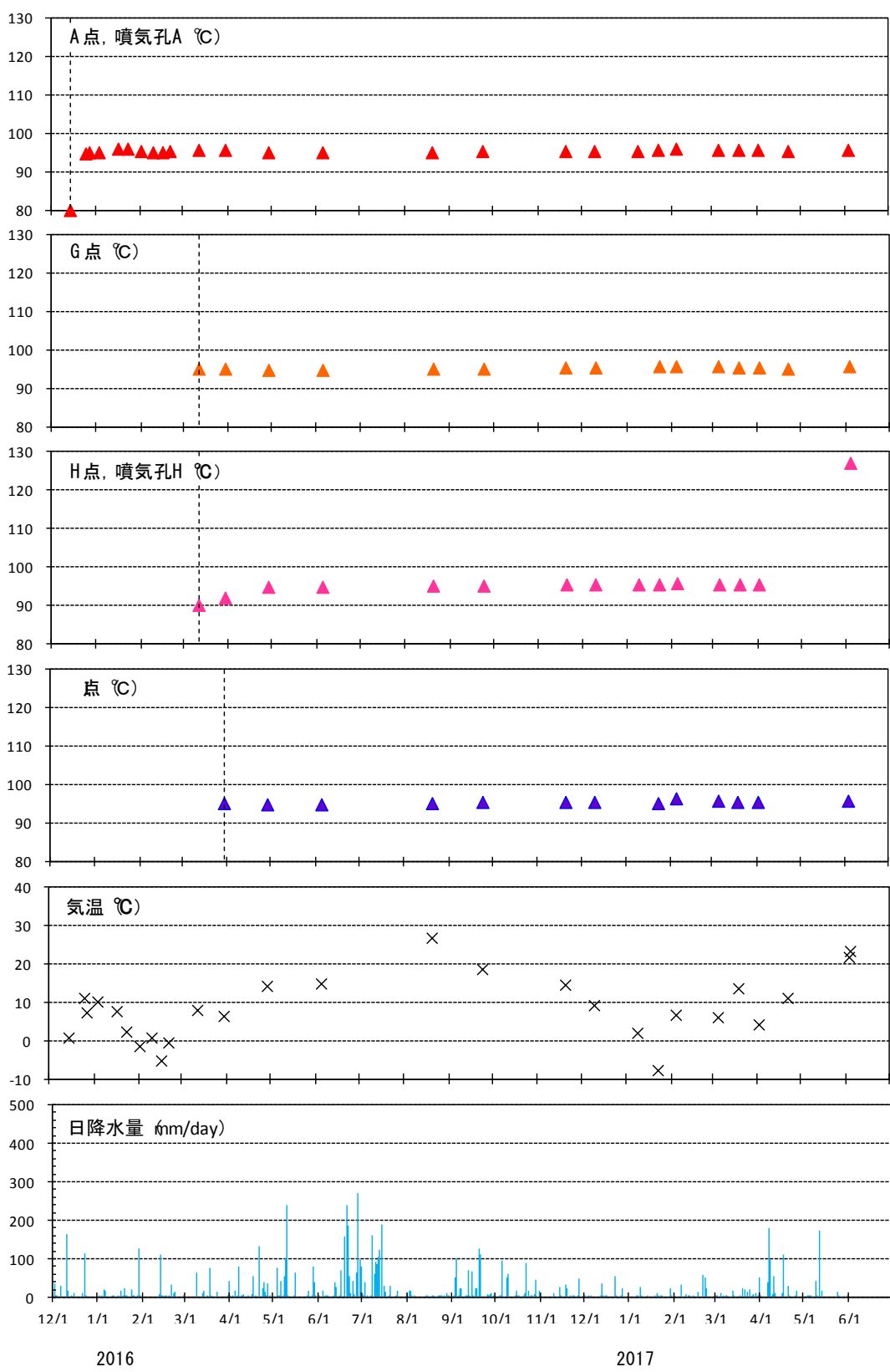


図 3 サーモカメラによる噴気孔 H の噴気温度（6 月 5 日の最高は 128℃）



図 4 硫黄山噴気帯及びえびの高原周辺の湧水温・噴気温測定地点

地理院地図（電子国土 Web）を使用



日降水量は気象庁の過去の気象データ検索、「宮崎県 えびの」による 気象庁ホームページ). 破線は観測開始日. 測定霧島ネイチャーガイドクラブ.

図 5 硫黄山噴気帯の噴気温度測定結果

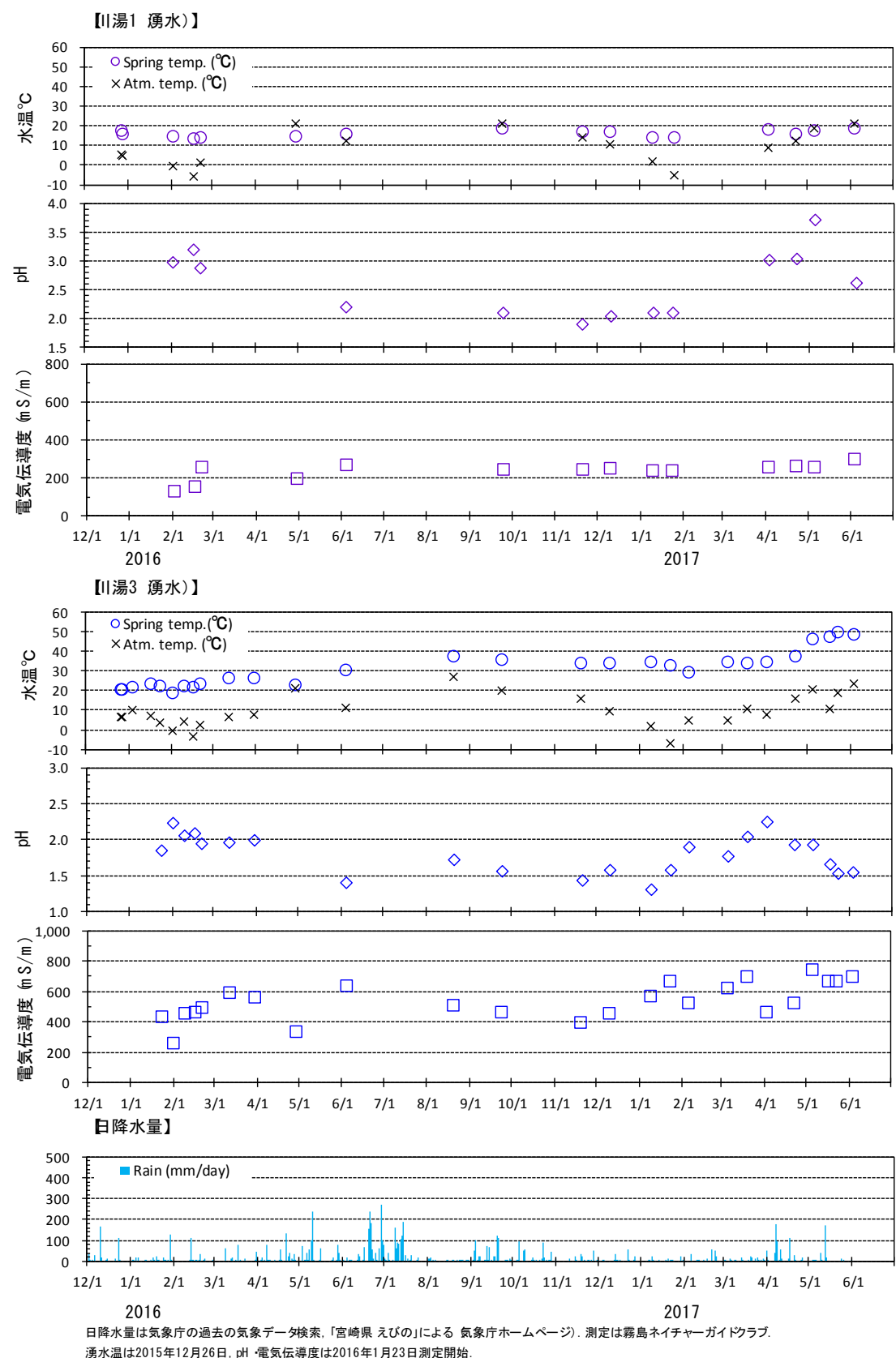


図 6 えびの高原周辺の湧水の測定結果

第 138 回火山噴火予知連絡会

2017 年 6 月 20 日

霧島山硫黄山周辺高温域の経時変化について

【概要】 霧島山えびの高原硫黄山の現在の活動評価するために、硫黄山の過去の噴気活動をレビューした。現状は 1970～1980 年代に比べて特に異常という訳ではなく、今後さらに噴気活動が活発化し長期化する可能性がある。

1. 硫黄山噴気帯の高温噴気の温度変遷

1950 年代からの最高噴気温度の推移と高温域分布に、今回の調査結果を合わせて（図 1，2）に示した。

- ・舟崎・他（2017）によれば、2007 年には硫黄山噴気帯から噴気が消滅したとされ、2008～2012 年には硫黄山火口周辺の噴気は確認できていない（図 1）。
- ・鍵山・他（1979）の 1975 年、1978 年の熱異常域では、噴気帯の南東側でより高い最高噴気温度が観測されており、本調査の噴気孔 H 位置とほぼ一致する。（図 2）

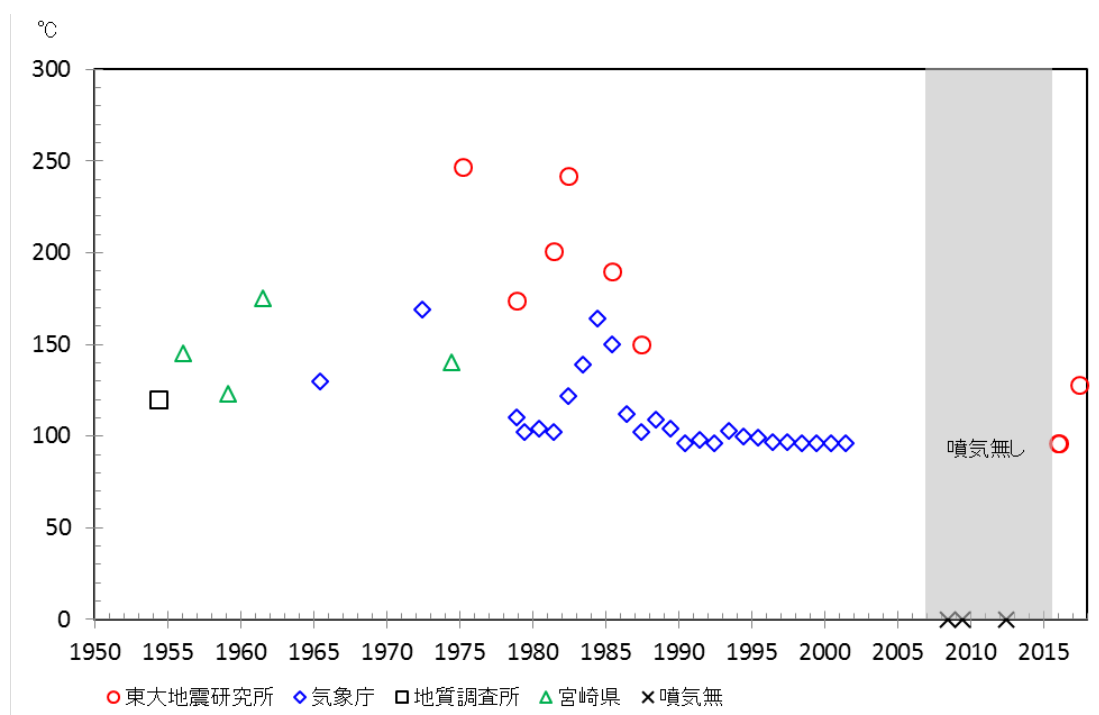


図 1 硫黄山噴気帯における最高噴気温度の推移

2007 年以前は舟崎・他（2017）に基づく。文献中に示された鍵山もしくは環境庁（鍵山）と示された値は、東大地震研究所とした。

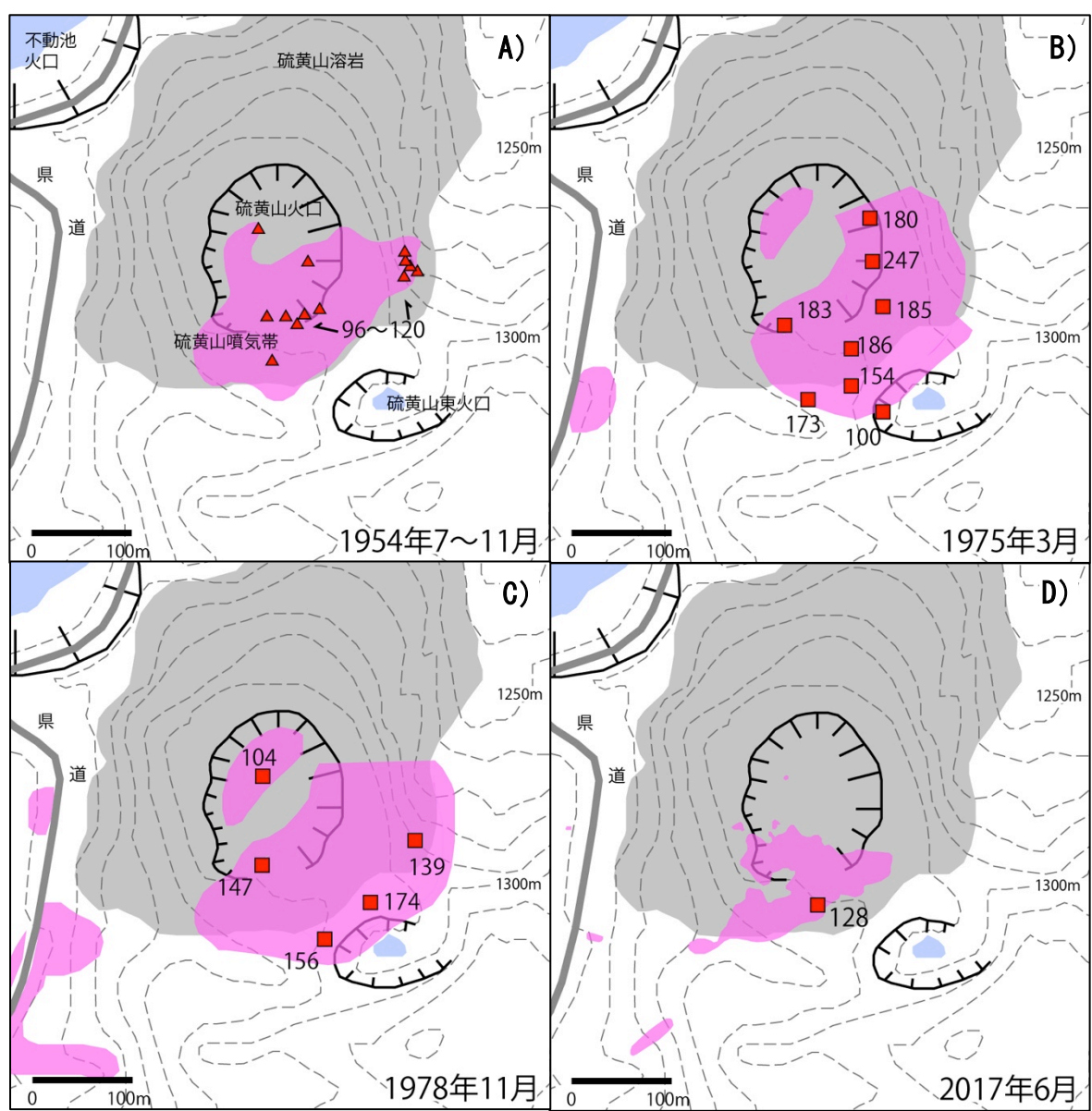


図 2 硫黄山噴気帯の高温域の経時変化

A) 1954 年の 60℃以上の高温域（地質調査所地熱調査班，1955）。三角は噴気地点で温度は 96～120℃。B) 1975 年 3 月の噴気温が 96℃以上の高温域（鍵山・他，1979）。各地点の数値は付近の最高温度を示す。C) 1978 年の噴気温が 96℃以上の高温域（鍵山・他，1979）。各地点の数値は付近の最高温度を示す。D) 2017 年 6 月の 50℃以上の高温域と 100℃以上の噴気地点（本調査）。火口・溶岩名は，田島・他（2014），硫黄山噴気帯は地質調査所地熱調査班（1955），舟崎・他（2017）に基づく。

霧島火山

鹿児島大学理工学研究科と東京大学地震研究所は、2011 年 1 月 26 日から始まったマグマ噴火前より霧島山（新燃岳）周辺に GPS 観測点を 4 点設置し、噴火後には東北大学理学研究科、北海道大学理学研究院、九州大学理学研究院と共同で更に 6 点を増設するとともに、京都大学防災研究所、防災科学技術研究所、国土地理院のデータと併せて地殻変動データの解析を行っている。観測点配置図を図 1 に示す。なお、図 2 から図 4 で 2012 年 12 月 5 日に見られるステップは 950486 観測点のアンテナ交換によるものである。受信機故障により観測を休止していた KRYK は 2017 年 3 月 12 日に観測を再開した。

2013 年 10 月頃より再開したマグマ蓄積は、2014 年 9 月頃に停止し、その後、マグマの蓄積を示すと思われる基線長の伸張は見られなかった。GPS 観測からは、マグマや熱水の蓄積によるとと思われる基線長変化は、昨年 5 月以降は見られていない。2016 年熊本地震の影響で基線長が縮んでいるほかは、目だった変動は見られない。

鹿児島大学理工学研究科は硫黄山の活動把握を目的に GPS 連続観測点を 2 点増設した。図 6 に観測点の位置を、図 7 に 2 つの観測点を基点とした基線長変化を示す。2016 年熊本地震の影響が見られる基線長もあるが、目だった変動はみられていない。

解析には、国土地理院、防災科学技術研究所の観測データも利用した。謝意を表す。

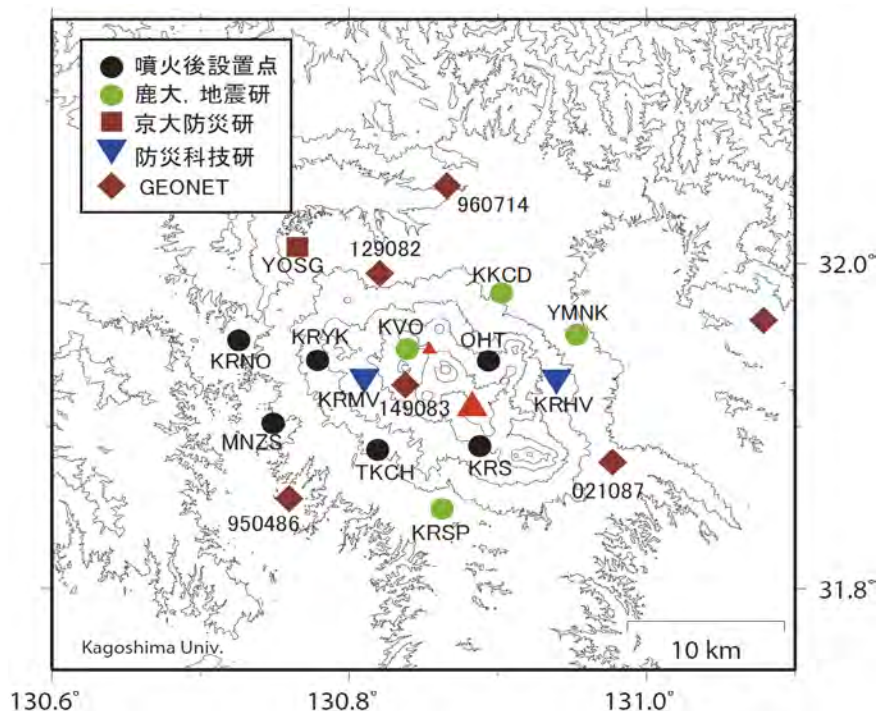


図 1. 霧島山（新燃岳）周辺の GPS 観測網。

霧島火山

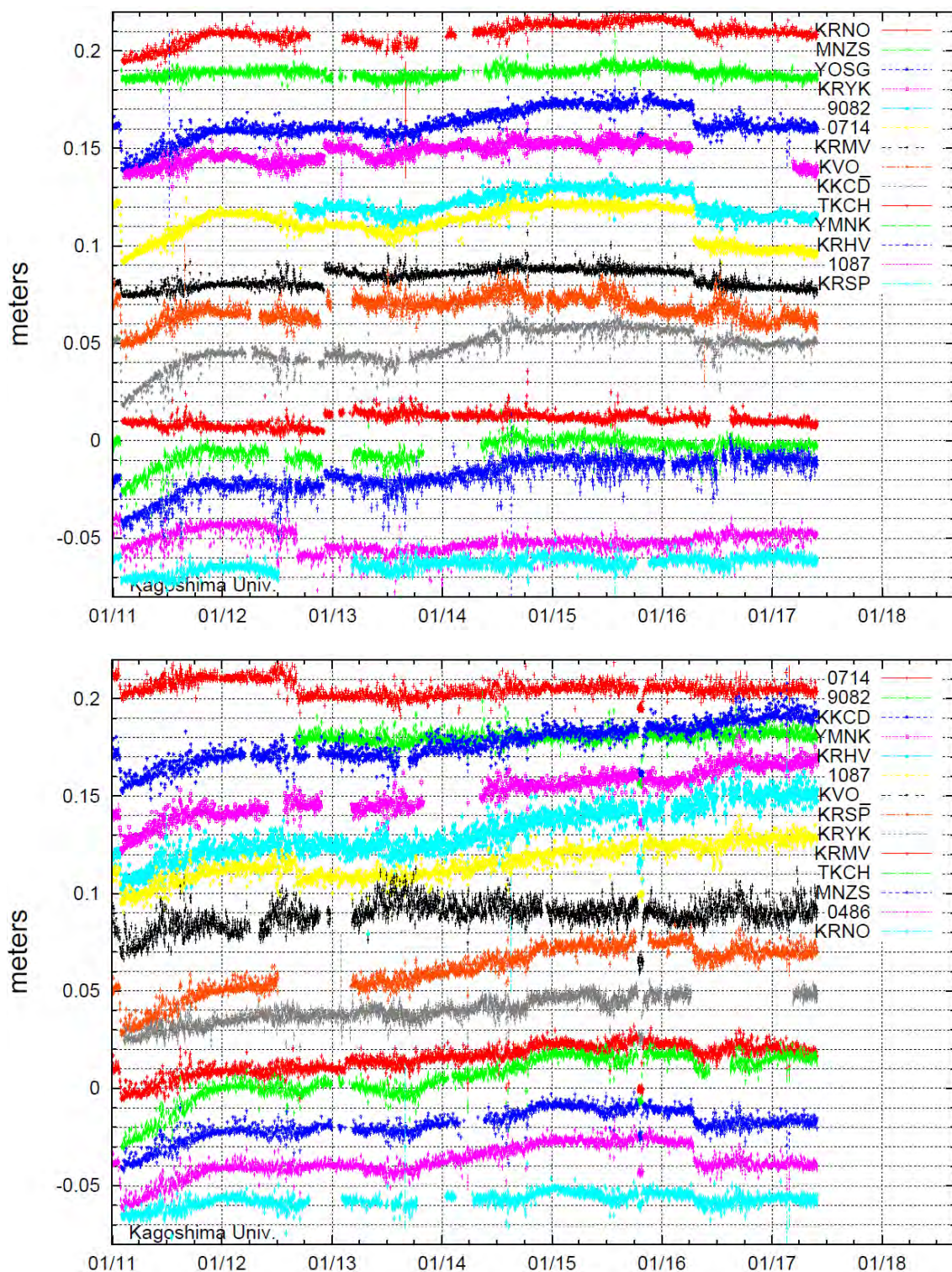


図 2. 霧島山（新燃岳）西側の観測点を基点として，東側観測点までの基線長の時間変化（2011 年 1 月～2017 年 5 月）。

上：基準点 9 5 0 4 8 6 観測点（GEONET），下：基準点 YOSG 観測点。

霧島火山

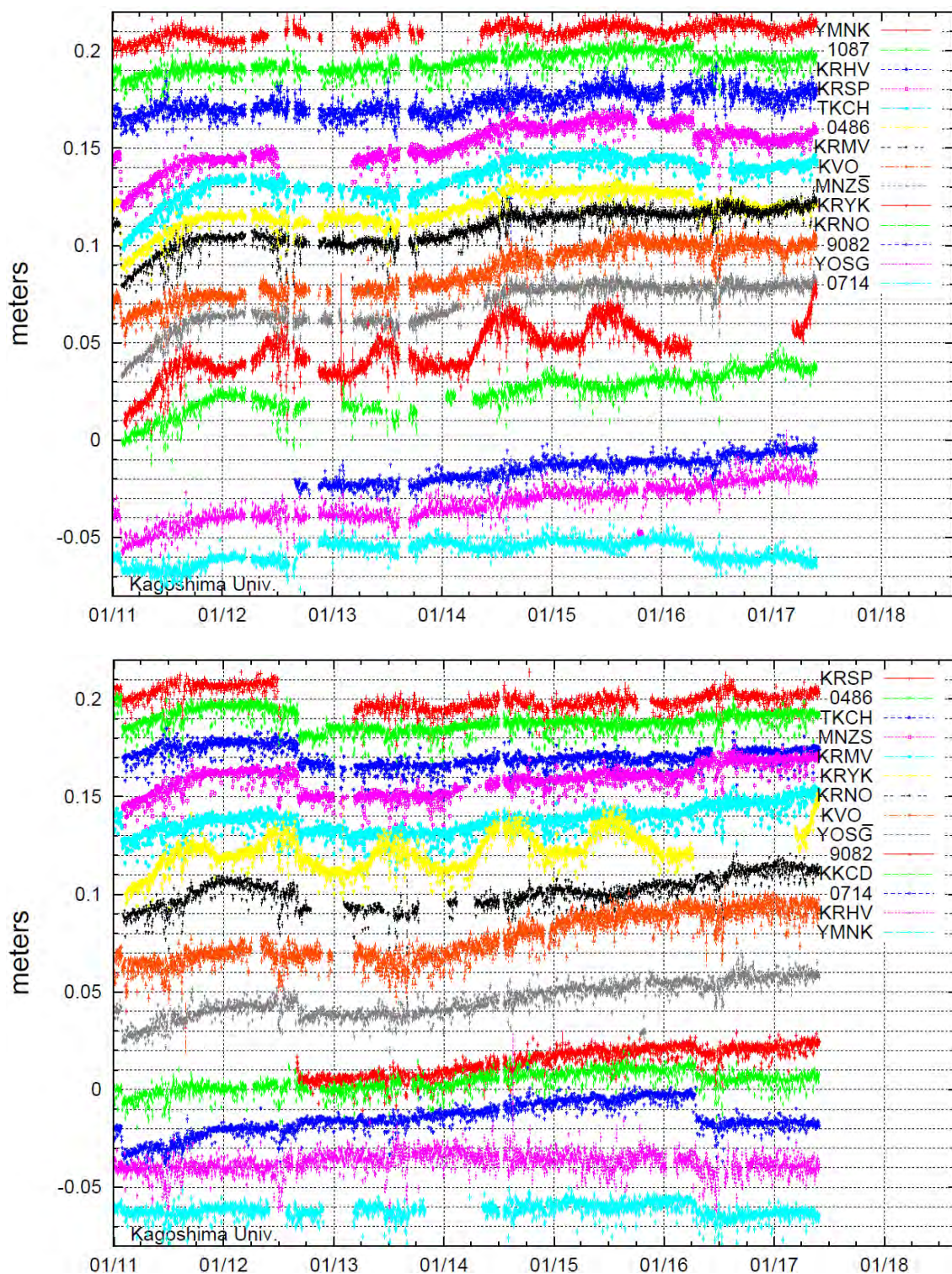


図 3. 霧島山（新燃岳）東側の観測点を基点として，西側観測点までの基線長の時間変化（2011 年 1 月～2017 年 5 月）．上：基準点 KKCD 観測点，下：基準点 021087（GEONET）観測点．

霧島火山

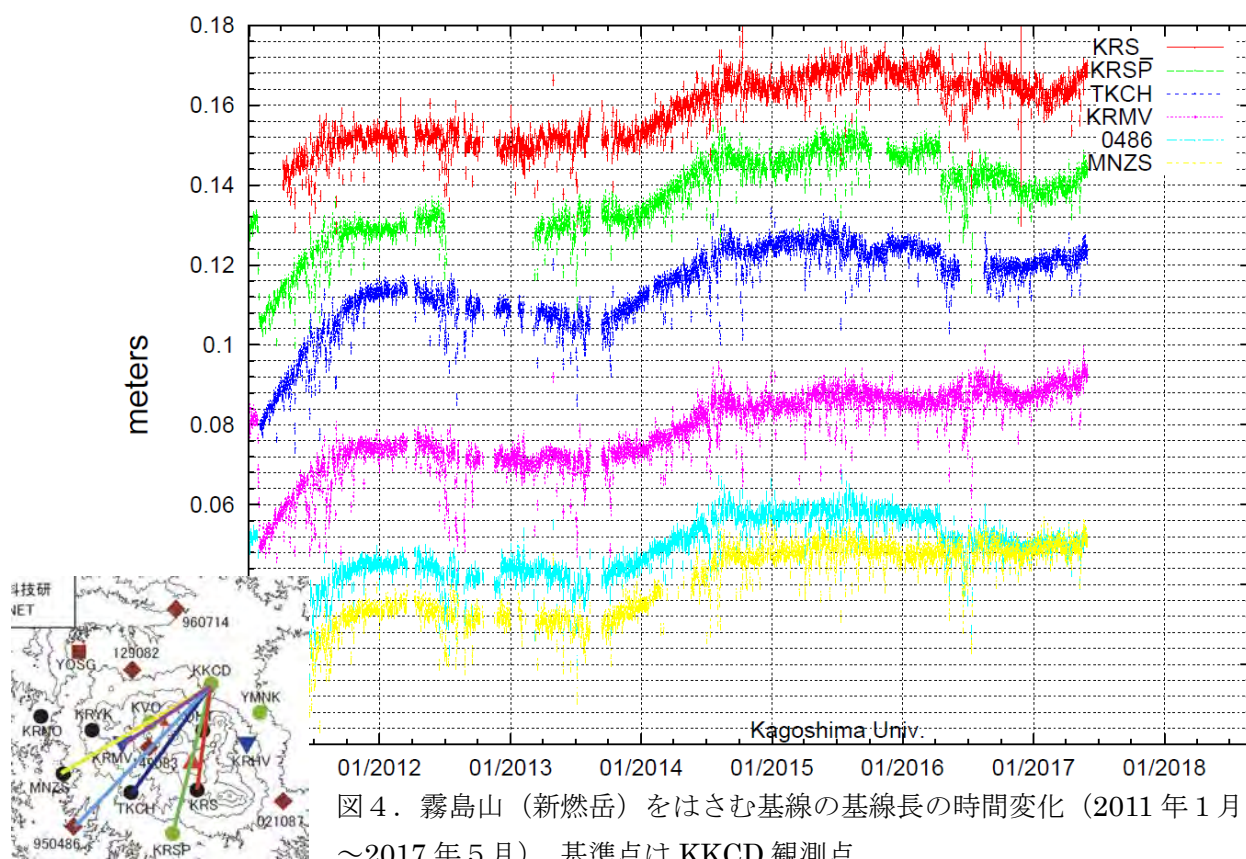


図 4. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2011 年 1 月～2017 年 5 月）。基準点は KKCD 観測点

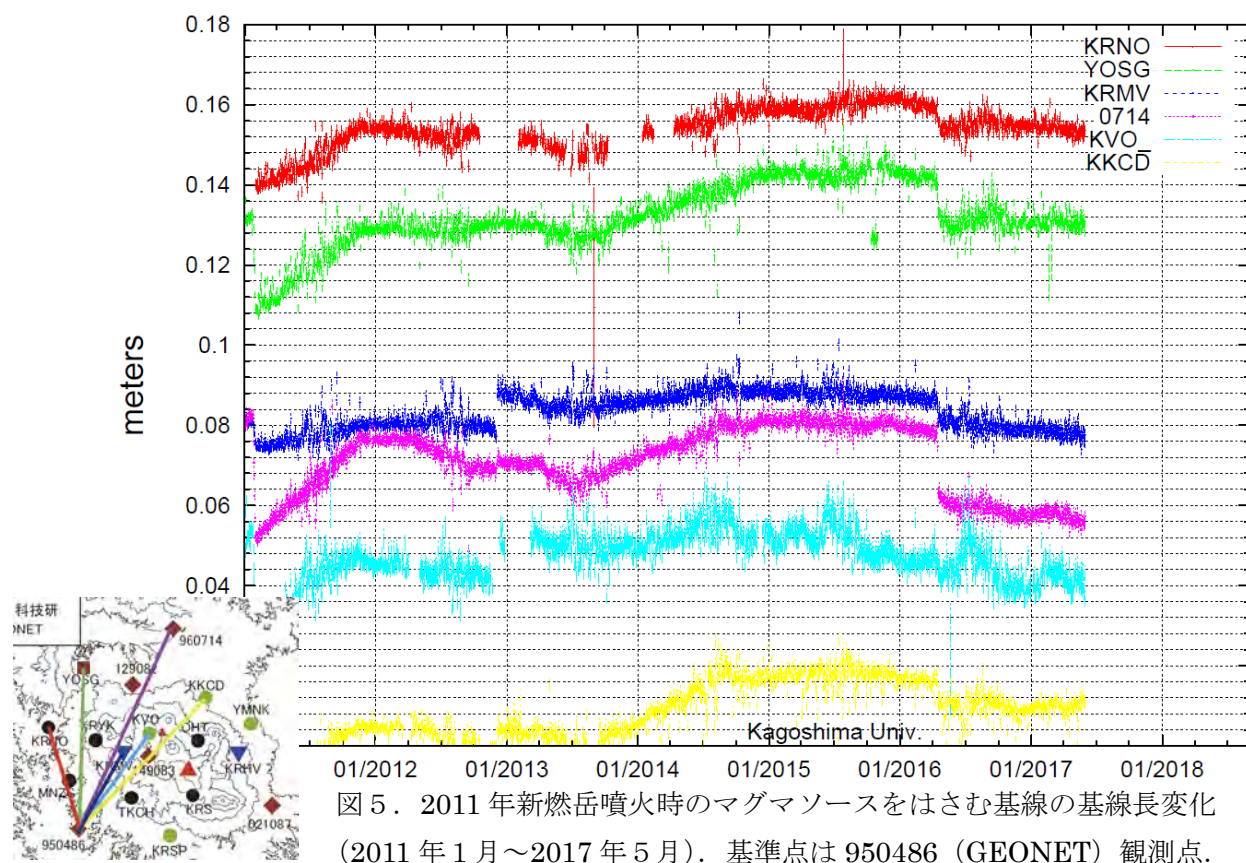


図 5. 2011 年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化（2011 年 1 月～2017 年 5 月）。基準点は 950486 (GEONET) 観測点。

霧島火山

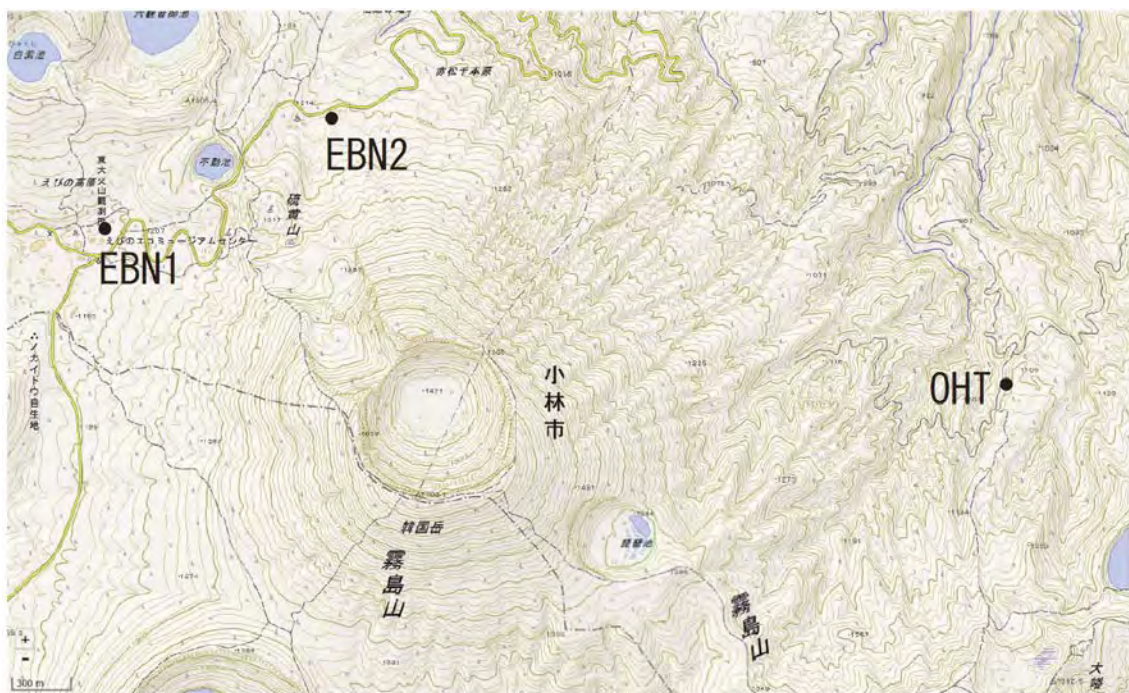
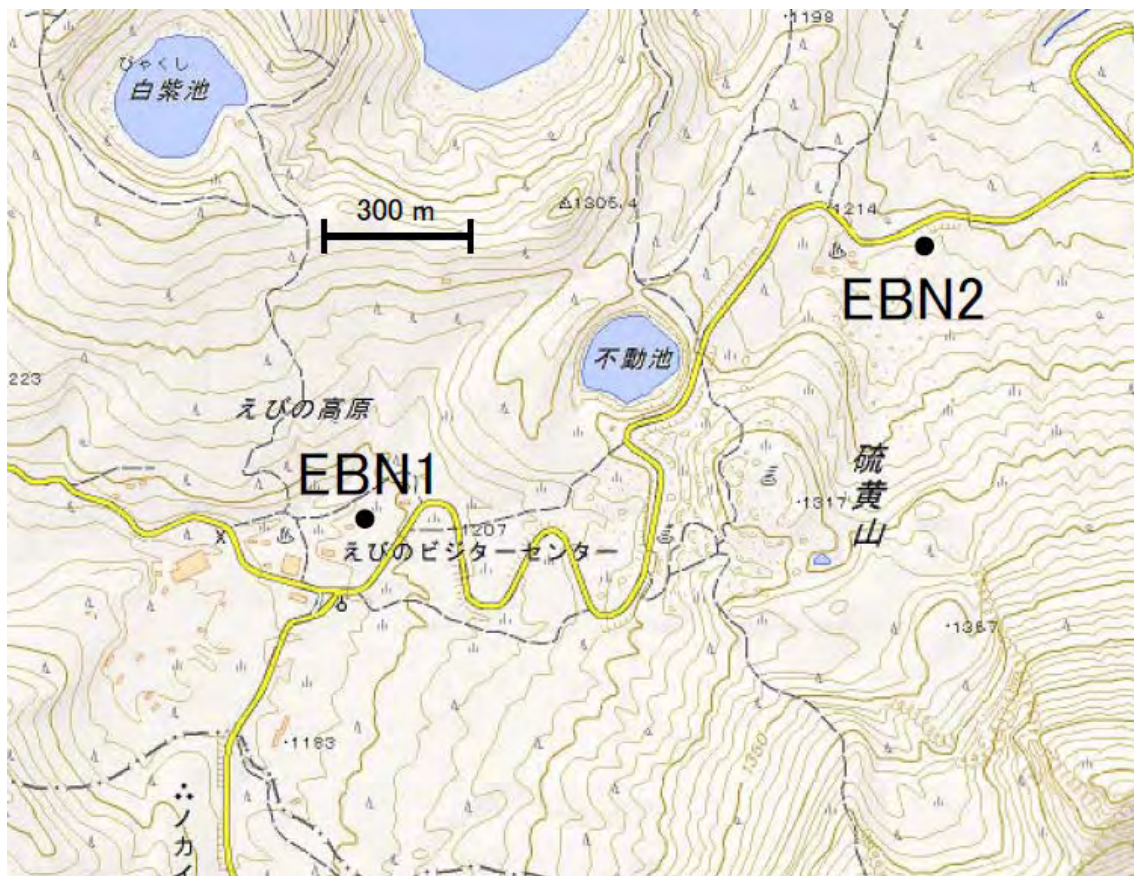


図 6．えびの高原に新設した GNSS 観測点（EBN1 と EBN2）の位置図．

霧島火山

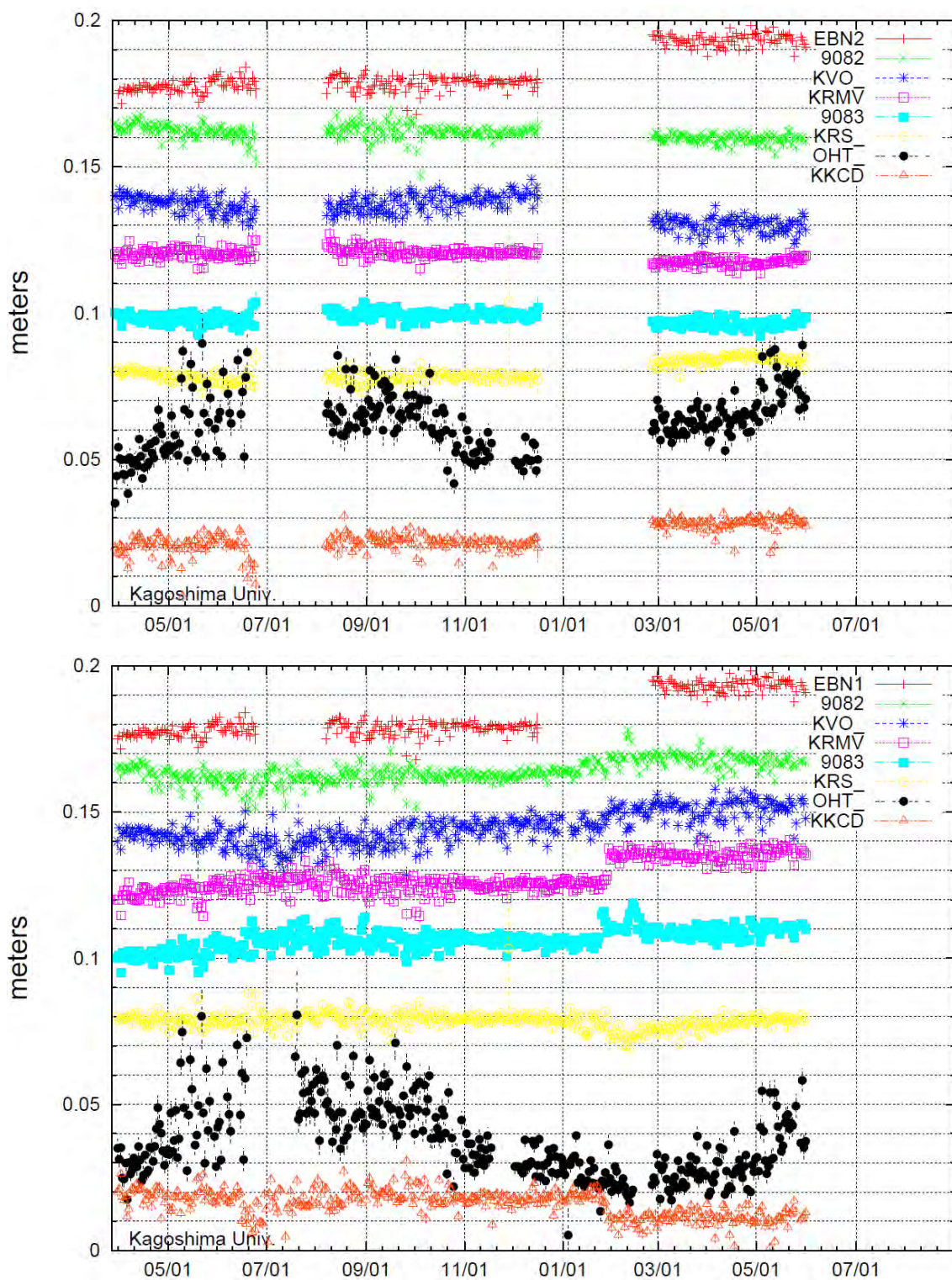


図 7. えびの高原に新設した観測点を基点とした基線長変化. 上: EBN1 基点, 下: EBN2 基点. 期間は 2016 年 1 月から 2017 年 5 月まで.

霧島硫黄山で採取した噴気の化学組成・安定同位体比

Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases sampled at Iwoyama volcano, Kirishima, Japan

1. 概要

2015 年 12 月から 2017 年 5 月にかけて、霧島硫黄山で繰り返し、噴気を採取・分析した。噴気に含まれるマグマ起源成分の比率は 2016 年 5 月頃まで上昇したが、同年 7 月以降低下し、2017 年 1 月から 5 月にかけては停滞した。一方で、2017 年 5 月に火山ガスの放出が盛んになり、反応、 $\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ の見かけ平衡温度（AET）が 500°C を超えるなど、火山活動は活発化している。2017 年 5 月の変化は、熱水系と地表を結ぶ浅部領域で何らかの変化が起き、熱水系流体の上昇速度が増加したため、浅部地下水の影響が低下したことで引き起こされたと考えられる。

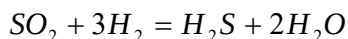
2. 噴気の採取・分析

硫黄山では、図 1 に示す噴気孔 a と b で噴気を採取した。2017 年 5 月に噴気放出量が増大し、噴気孔 a で採取が危険になったため、数 m 程度離れた場所の別の噴気孔で採取を行った（写真 1）。また 2017 年 5 月に噴気孔 a の近くで温泉水が湧出する孔が形成されていた（写真 3）。2017 年 2 月から 5 月の間に、噴気孔 a の南東 80m の場所に新たに勢いのよい噴気孔が形成された（写真 4）。この噴気孔から放出する火山ガスの勢いは非常に強く、轟音を発していた。この噴気孔から火山ガスを直接採取することは危険だと判断された。

噴気を採取するために、金属チタン管を噴気孔に差し込み、管と孔の隙間を砂などで注意深く塞いだ。次にチタン管にゴム管を接続し、ゴム管の出口を真空ガラス瓶のコックに接続した。真空ガラス瓶にはあらかじめ高濃度のアルカリ性水溶液（KOH あるいは NaOH）20ml を封入しておいた。コックを慎重に開けることにより火山ガスをアルカリ性水溶液に吸収させた。安定同位体比の測定のために噴気を水冷したガラス二重管に通し、凝縮水を採取した。凝縮水を採取した後の気体は一旦プラスチックバックに集め、検知管により、 CO_2 と H_2S の濃度を現場で測定し、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を求めた。噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った。

3. 結果

表 1 に硫黄山で採取した噴気の化学組成、 H_2O の安定同位体比、見かけ平衡温度（AET）を示す。2017 年 5 月に SO_2 が増加したため、 HCl の分析を試みたが、検出限界以下であった。噴気の温度は水の沸点程度であった。図 2 に示すように、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比は 2016 年 5 月頃にピークに達し、その後は低下し、停滞する傾向がみられる。ピークの時期は異なるものの、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比にも同様の傾向がみられる（図 3）。 CO_2/CH_4 比は、最初低かったが、その後高い値を保ち、2017 年 5 月に若干低下した（図 4）。火山ガス組成から計算される見かけ平衡温度（AET）は 2017 年 5 月に急上昇した（図 5）。AET は火山ガスの成分間で以下の化学反応、



式 1

が平衡に到達する温度で、AET はガスの圧力に依存する。本報告では、平衡圧力として 1bar を仮定した。AET は火山ガスの $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比と $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比に依存する。これらの値は、図 6, 7 にそれぞれ示すように、2017 年 5 月に急上昇している。噴気に含まれる H_2O の酸素同位体比は、2016 年 2 月から 2017 年 5 月にかけて、ほぼ一定の割合で高まりつつある（図 8）。

4. 考察

表面的には、2017 年 5 月は 1 月に比べて明らかに山頂付近で火山ガスの放出量が増大していた。また、噴気に SO_2 が高濃度で含まれるようになるなど、大きな変化が見られた。火山ガス組成から計算される見かけ平衡温度は 2017 年 5 月で 500°C を越えた。AET はガスの $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比と $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比により決定される。図 6, 7 に示されるように、2017 年 5 月にこれらの値は急上昇しており、これが AET を上昇させた直接的原因である。高温で化学平衡にあるガスが急速に上昇し、化学平衡が低温で再平衡に達するよりも前に地表に現れると AET は高くなる。AET の値と、上昇速度を定量的に結び付けることは現時点で出来ないが、火山ガスの地殻内における上昇速度の目安として用いることができるだろう。AET は 2017 年 2 月で 364°C を示しており、この時点で火山ガスの上昇速度は増加傾向が始まっていたと考えられる。2017 年 5 月に SO_2 濃度は急激に増加したが、 HCl 濃度は検出限界以下であり、同位体比は増加しつつあるものの、典型的な安山岩質マグマ水の値（+8‰）にはまだ遠い（図 8）。噴気の出口温度も水の沸点に近い。これらの観測結果は、依然として火山ガスと浅部地下水が接触しており、 HCl が火山ガスから除去されていることを示唆する。噴気孔 a のそばに形成された温泉水（写真 2）の Cl^- 濃度は 11000 mg/L に達しており、火山ガスの HCl を吸収した液相であると推定される。

マグマ起源ガスとして CO_2 を、熱水系に豊富なガスとして CH_4 や H_2S を挙げることができる。図 2, 3, 4 に見られる変化について、2017 年 1 月から 5 月の期間に注目すると、ほぼ横ばいであり、マグマ起源成分と熱水系に由来する成分の比率は変化していないと推定される。

以上を総合すると、2017 年 5 月にみられた火山活動の活発化の原因として、火山ガスの地殻内における上昇速度が増加し、浅部地下水との相互作用の程度が弱まったことが挙げられる。

5. 文献

- [1] 小沢竹二郎（1968）地球化学におけるガス分析法（I）。分析化学，17，395-405.
- [2] Ohba, T., et. al. (1997) Hydrothermal system of the Kirishima volcanic area inferred from the chemical and isotopic composition of spring waters and fumarolic gases. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 42, 1-15.

6. 謝辞

気象庁地震火山部小久保一哉氏および福岡管区気象台は安全確保のために調査実施中に硫黄山の地震活動をモニタリングして下さいました。ここに記して感謝します。本研究実施のために、科研費「火山ガス観測により活火山ポテンシャル診断」（15K12485）を使用しました。

表 1. 硫黄山および新燃岳噴気の化学組成, 安定同位体比, 見かけ平衡温度 (AET)

Location	Date	Temp °C	H ₂ O %	CO ₂ %	H ₂ S %	SO ₂ %	H ₂ %	CH ₄ %	δ D ‰	δ 18O ‰	AET °C	分析
硫黄山-a	2015/12/22	97.2	98.4	1.42	0.12	0.003	1.7E-04	4.0E-05	-91	-14.1	218	東海大・気象研
硫黄山-a	2016/2/24	97.2	98.2	1.65	0.10	0.008	7.4E-04	2.1E-05	-52	-6.3	278	東海大・気象研
硫黄山-a	2016/5/6	95.3	97.8	2.02	0.15	0.006	4.3E-04	2.1E-05	-57	-6.6	252	東海大・気象研
硫黄山-a	2016/8/30	96.9	98.3	1.42	0.30	0.005	8.8E-04	1.6E-05	-41	-5.3	265	東海大・気象研
硫黄山-a	2017/1/17	96.4	99.2	0.65	0.18	0.007	1.5E-03	6.0E-06	-43	-3.6	295	東海大・気象研
硫黄山-a	2017/5/15	96.5	98.8	0.66	0.22	0.230	4.7E-02	8.8E-06	-42	-2.2	534	東海大・気象研
硫黄山-b	2016/2/24	96.2	98.3	1.58	0.10	0.004	7.0E-04	1.8E-05	-78	-11.9	269	東海大・気象研
硫黄山-b	2016/5/6	95.2	97.3	2.49	0.17	0.005	5.5E-04	2.6E-05	-67	-9.2	256	東海大・気象研
硫黄山-b	2016/8/30	95.2	97.5	2.08	0.43	0.006	1.4E-03	2.8E-05	-56	-7.5	278	東海大・気象研
硫黄山-b	2017/1/17	97.0	99.3	0.55	0.16	0.002	4.2E-04	5.4E-06	-46	-4.6	238	東海大・気象研
硫黄山-b	2017/5/15	96.6	98.9	0.79	0.16	0.068	6.0E-02	1.6E-05	-46	-4.0	530	東海大・気象研
硫黄山-a	2016/2/10	95.7	98.7	1.10	0.13	0.015	3.0E-04		-57	-7.0	251	産総研 (AIST)
硫黄山-a	2016/3/21	96.4	98.2	1.62	0.11	0.014	4.1E-04		-54	-6.5	263	産総研 (AIST)
硫黄山-a	2016/7/26	95.8	98.5	1.21	0.20	0.034	1.1E-03		-48	-6.2	300	産総研 (AIST)
硫黄山-a	2016/12/10	95.8	98.6	0.98	0.41	0.003	3.7E-03				309	産総研 (AIST)
硫黄山-a	2017/2/23	97.0	98.9	0.80	0.23	0.041	4.7E-03	1.2E-05			364	産総研 (AIST)

* AET の計算では平衡圧力を 1bar と仮定した。

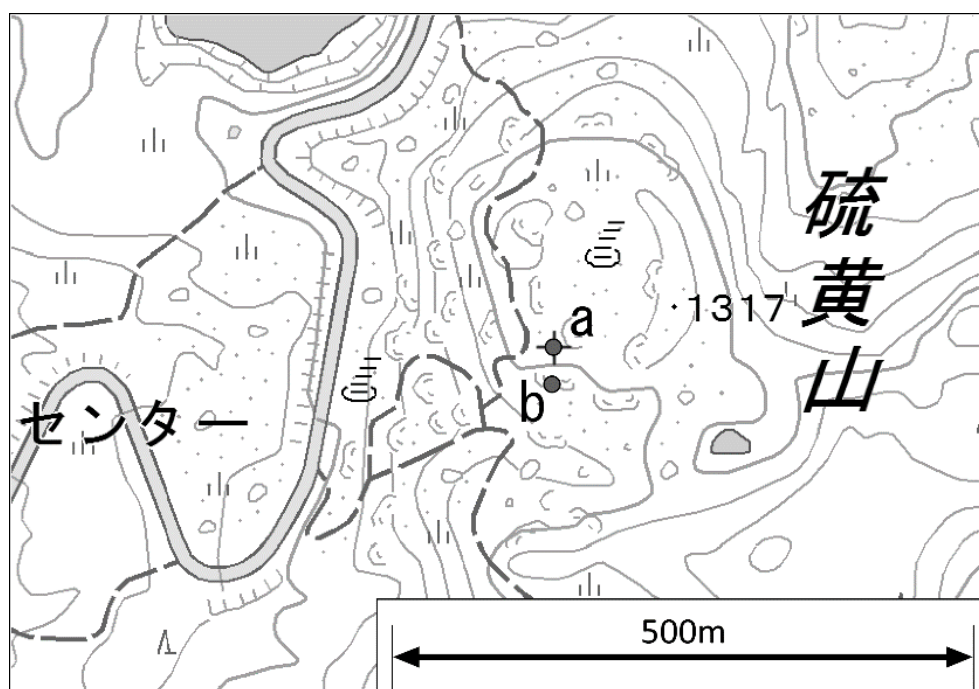
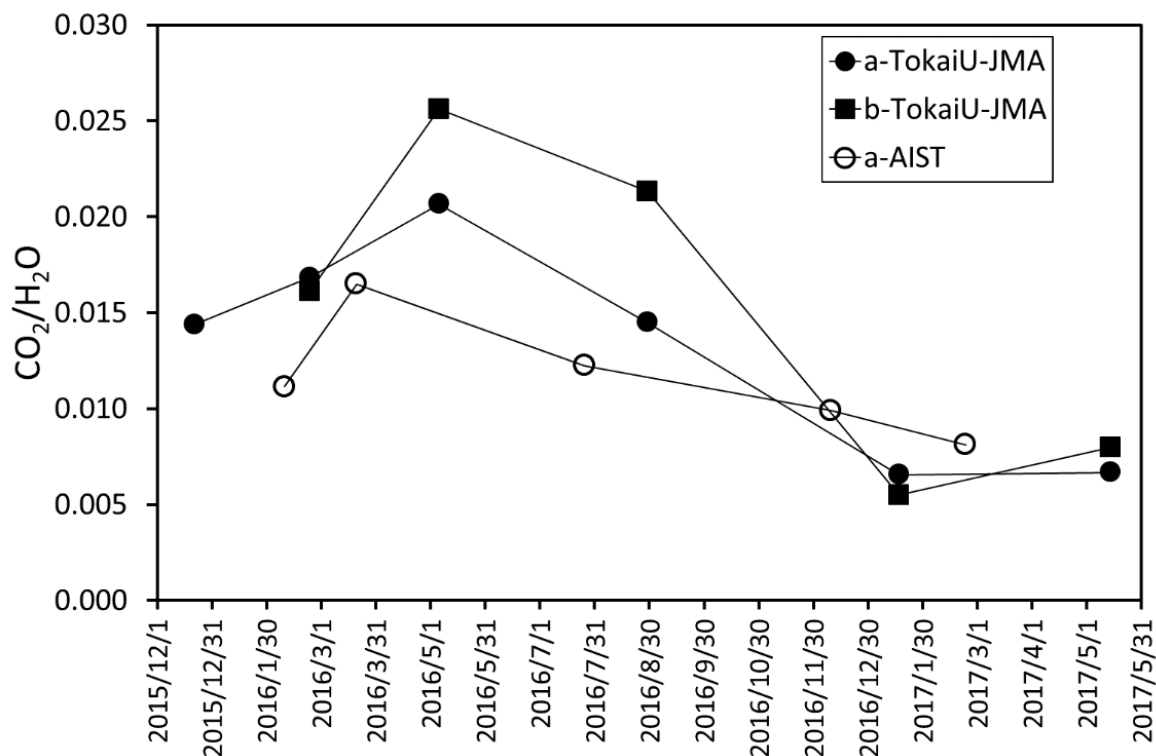
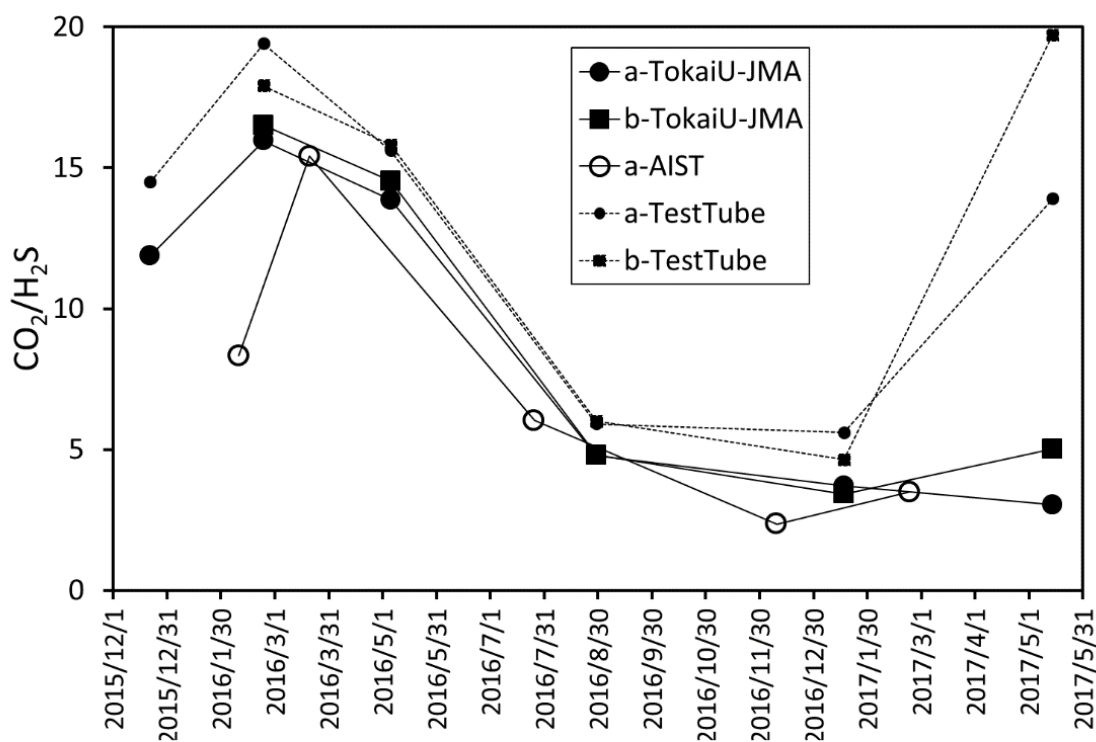


図 1. 硫黄山噴気 a, b の位置 (背景の地図として, 国土地理院 1/25000 地形図を使用した)

図 2. CO₂/H₂O 比の時間変化図 3. CO₂/H₂S 比の時間変化 (TestTube: 検知管による測定)

検知管による値が 2017 年 5 月に増加したのは、SO₂ と H₂S が採取時に反応し、H₂S が失われたためと考えられる。

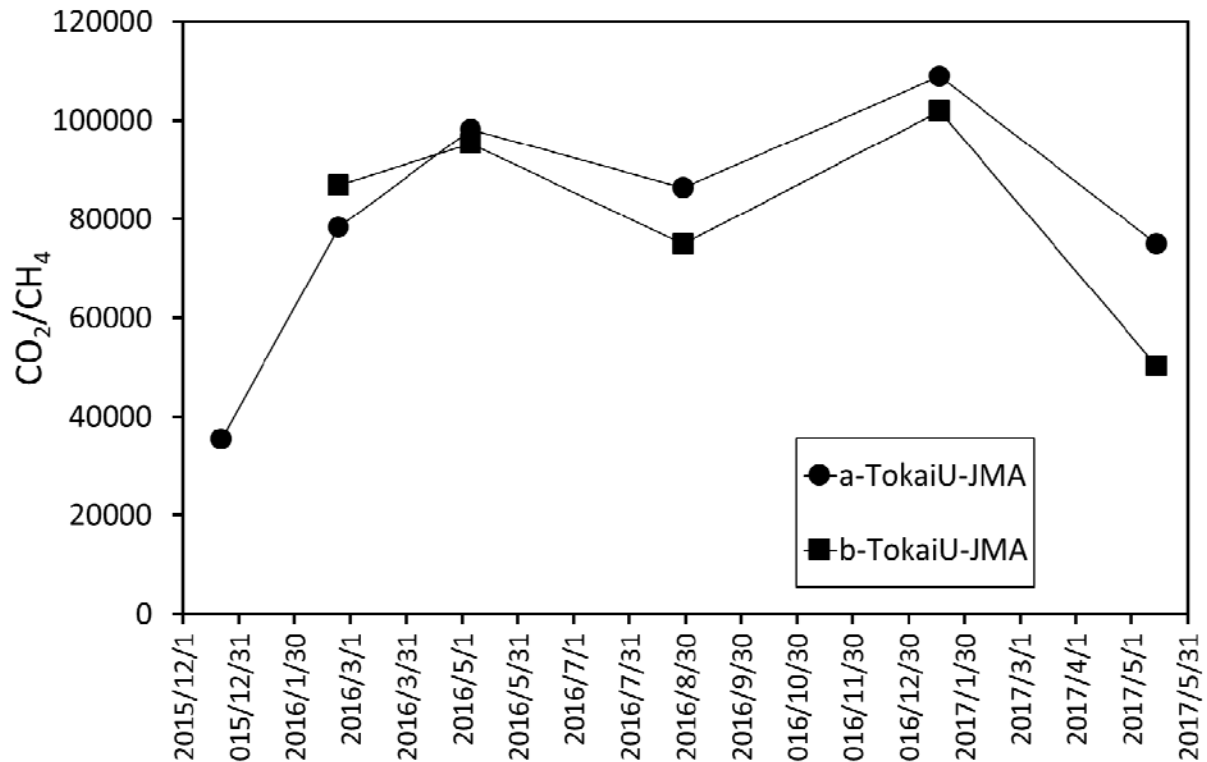


図 4. CO₂/CH₄ 比の時間変化

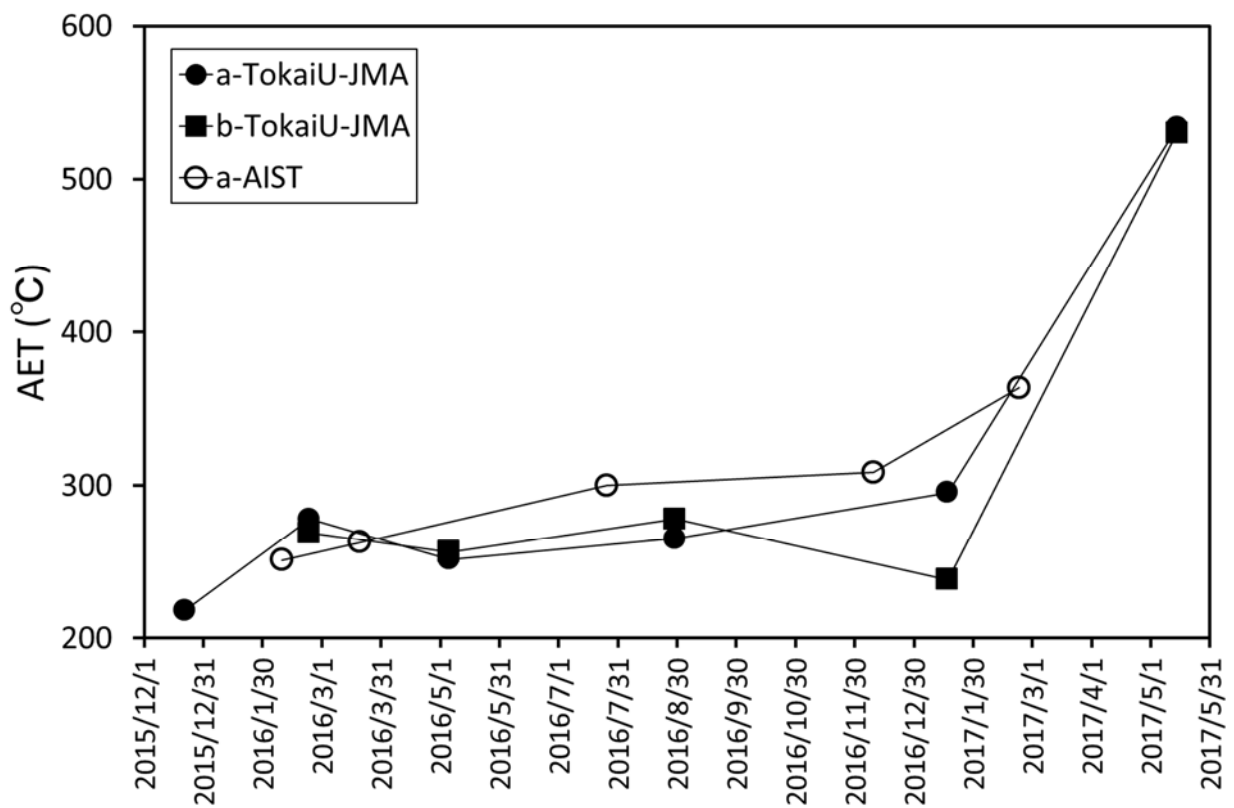


図 5. 見かけ平衡温度 (AET) の変化

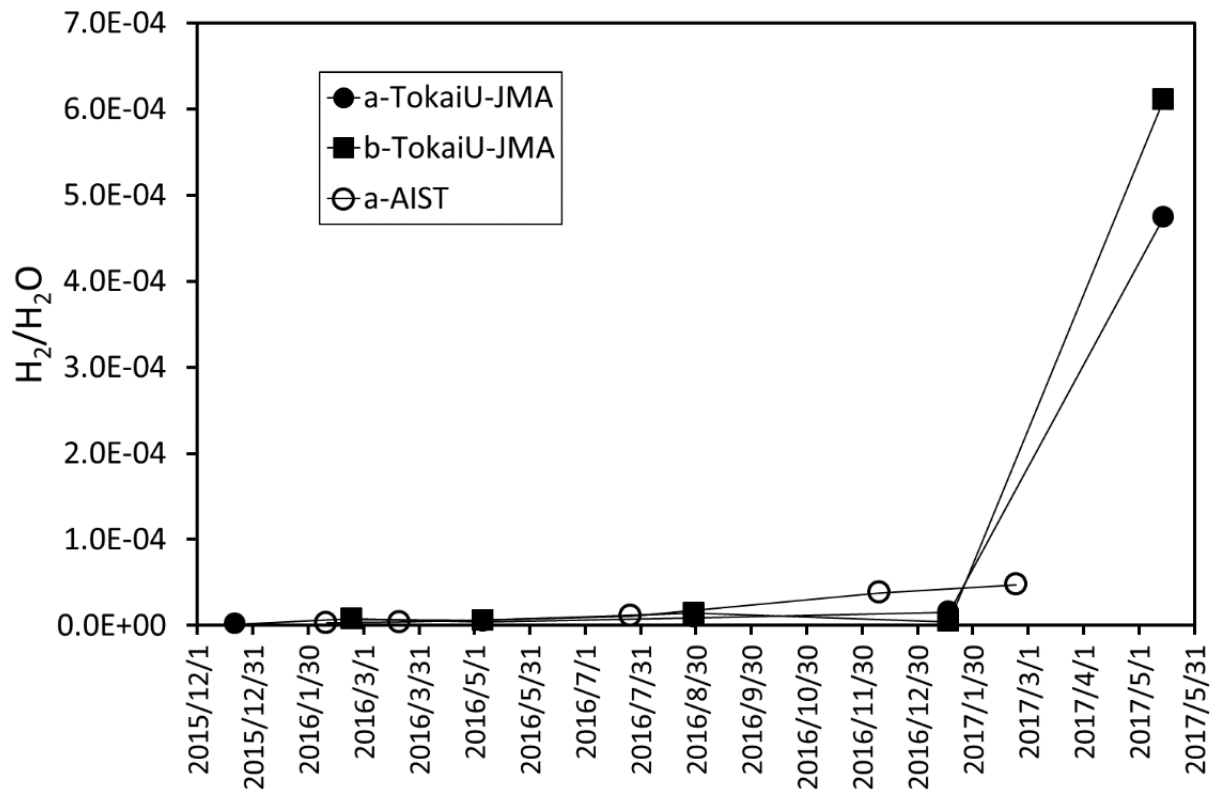


図 6. H_2/H_2O 比の変化

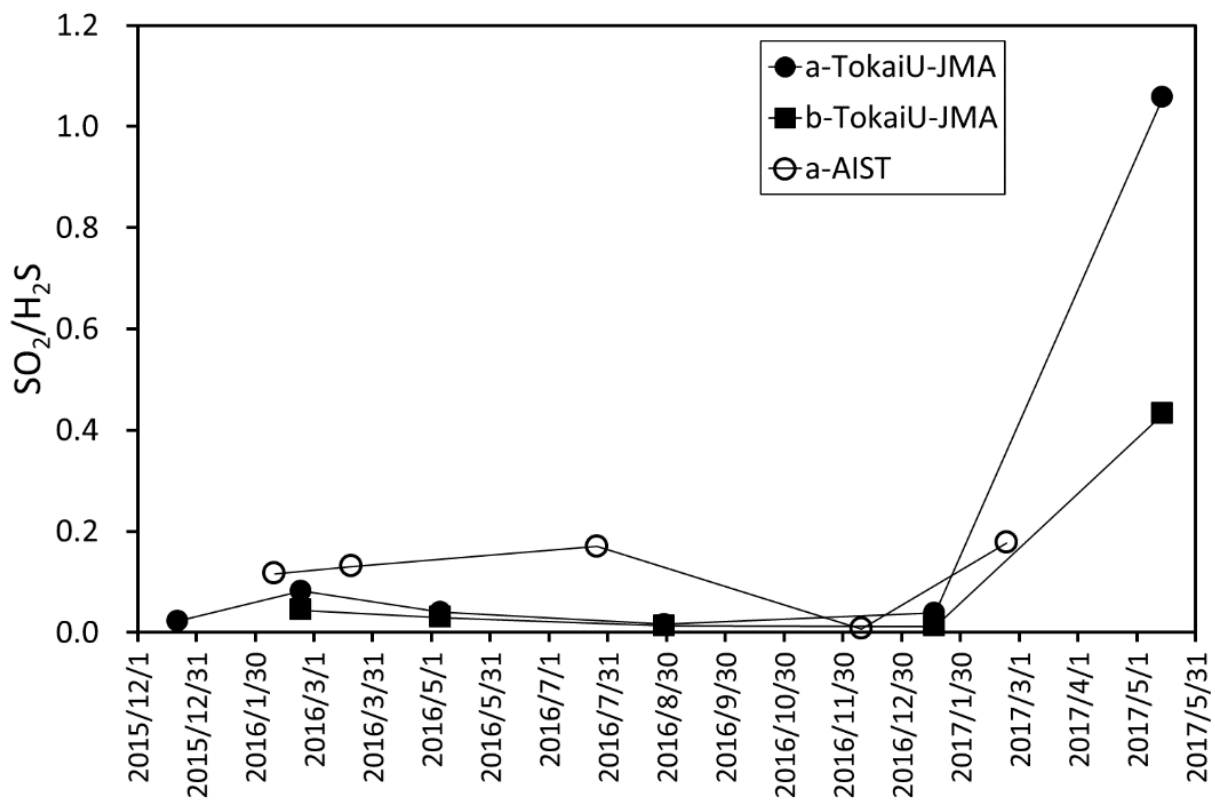


図 7. SO_2/H_2S 比の変化

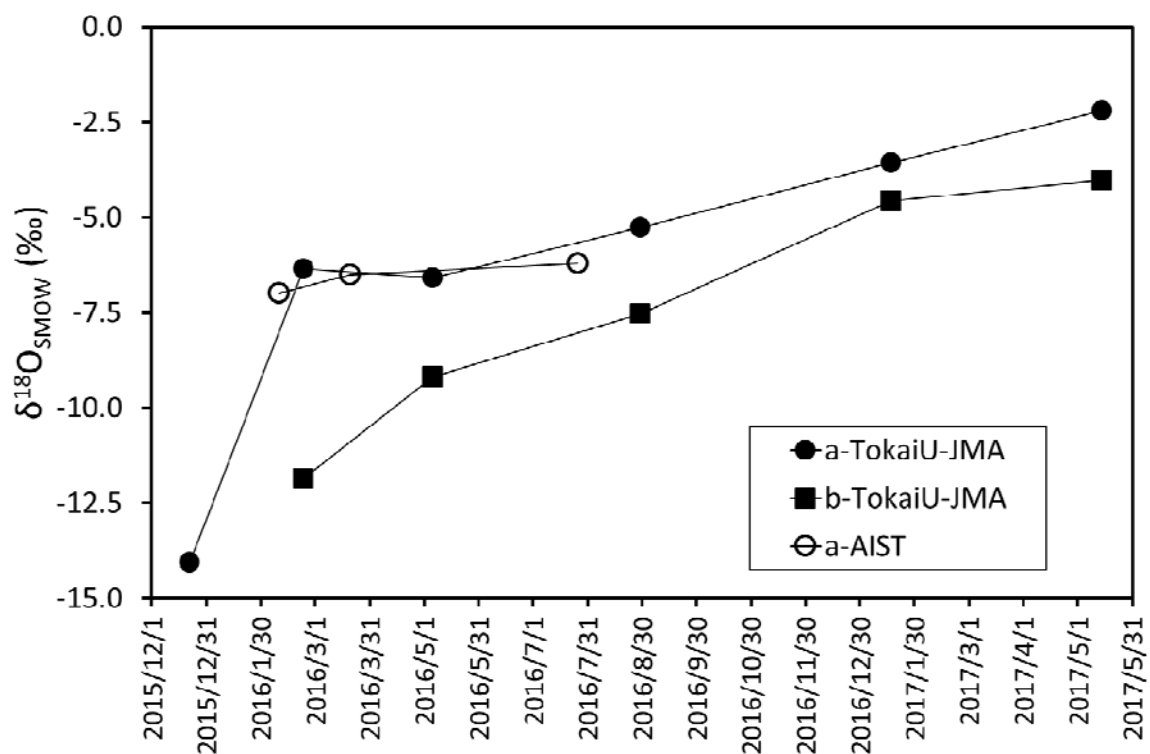
図 8. H₂O の酸素同位体比の変化

写真 1. 噴気孔 a に近接する採取を行った噴気 (2017 年 5 月 15 日)



写真 2. 噴気孔 a の付近に形成された温泉水溜り（2017 年 5 月 15 日）



写真 3. 噴気 a の南東 80m の位置にある放出圧が高い噴気（2017 年 5 月 15 日）

精密水準測量で検出された霧島・硫黄山の地盤上下変動 (2015 年 6 月～2017 年 5 月)

2017 年 3 月から硫黄山では地表および浅部での火山活動が活発になっているが、水準路線全体では北東部を中心に沈降傾向が見られ、難透水層の下面（深さ 700m）の圧力源は収縮傾向である。ただし硫黄山西麓の噴気が活発になった地域にはローカルな隆起が見られている。

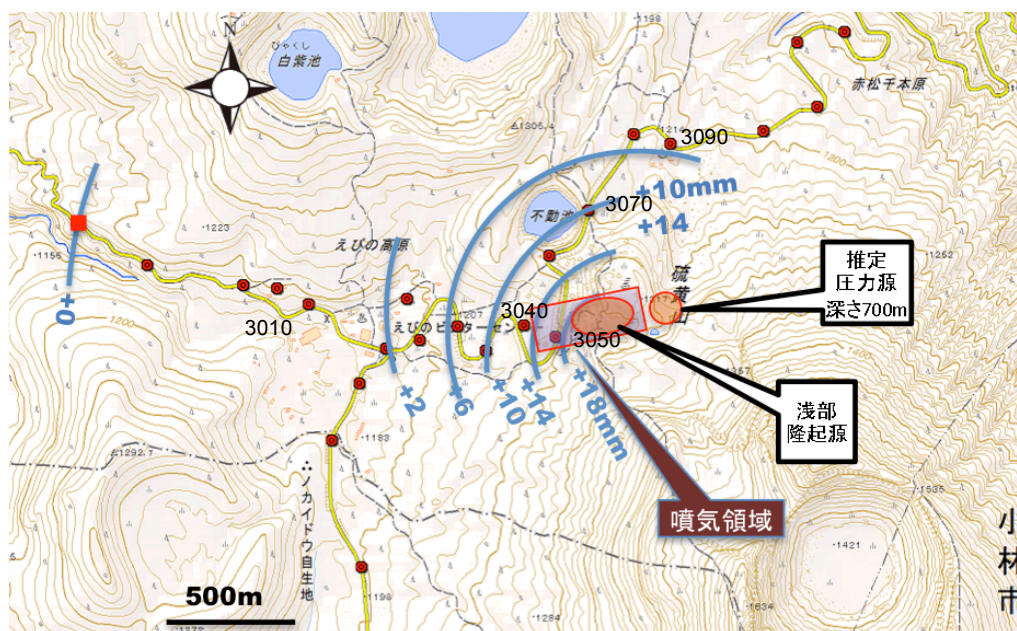


図 1 えびの高原～硫黄山区間の水準路線と 2015 年 6 月～2017 年 5 月に記録された上下変動分布。2015 年の隆起時に推定された圧力源の水平位置も同時に示す。国土地理院電子地形図(タイル)を使用した。

九大および北大、日大、京大の水準測量班は、2015 年 6 月にえびの高原周辺に水準路線を増設した。その後、硫黄山では火山性地震の群発や傾斜変動をともし火山性微動がたびたび発生し、2015 年 12 月中旬には地表に新たな噴気帯が生じ、2017 年 3 月には噴湯や高温の噴気孔が生じている。

2017 年 5 月までに観測された隆起量を図 1 に示す。これまでの水準測量の結果から圧力源(茂木モデル)は硫黄山噴気領域の東 150m、標高 600m（地表から 700m 深）の地点に推定されている。圧力源の深さは、Aizawa *et al.* (2013)が MT 観測から推定している低比抵抗層（難透水層）の下面に一致しており、この難透水層の下面が圧力源となっており、硫黄山の周辺が隆起していると考えられる。

最近 3 回の水準測量結果を図 2 に示す。また主な水準点における隆起量の時間変化を図 3 に示す。2016 年 3 月以降の隆起速度は鈍化しているが、3～5 月の測定では北東側（市営温泉跡方向）を中心に沈降が観測されていることがわかる。韓国岳登山口付近の 3040、3050 は 2017 年 3 月に沈降が見られていたが、5 月には反転して隆起となっている。この周辺は 3 月以降、噴湯や噴気現象が活発となっており、これは難透水層の亀裂を染みあがった熱水が、地下浅部の地盤を膨張させている現象と考えられる。

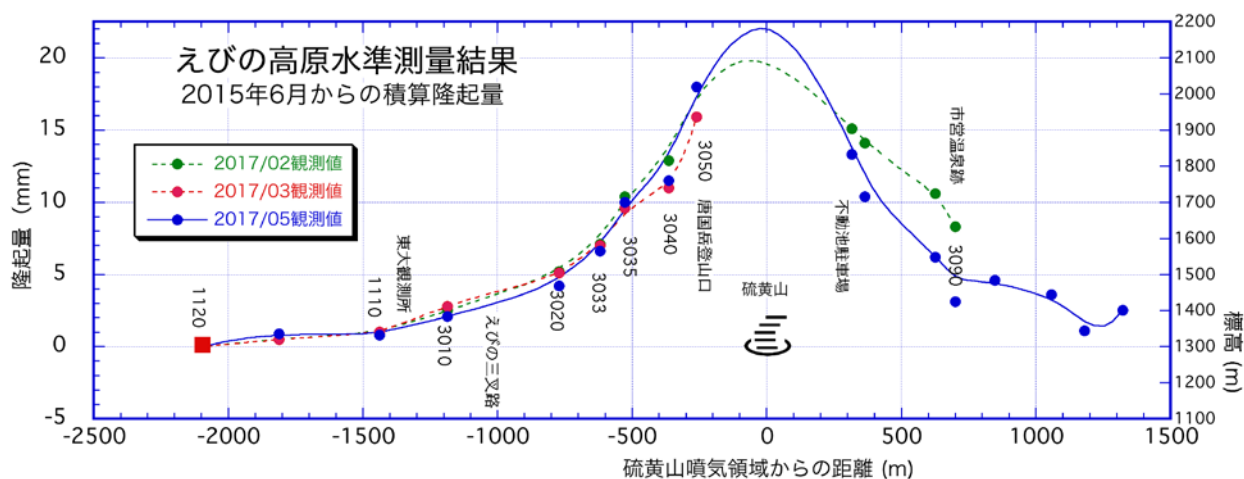


図2 最近3回の水準測量結果 北東側（市営温泉跡 BM3090 側）で沈降が見られる。

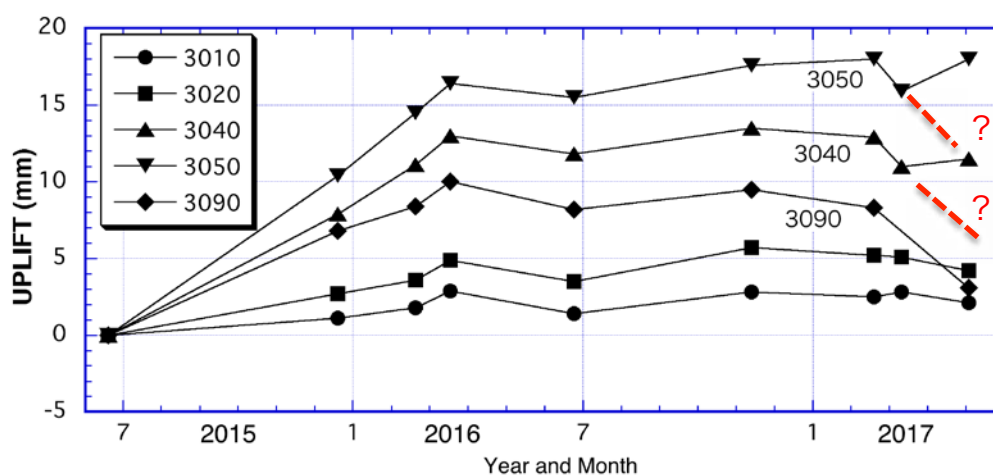
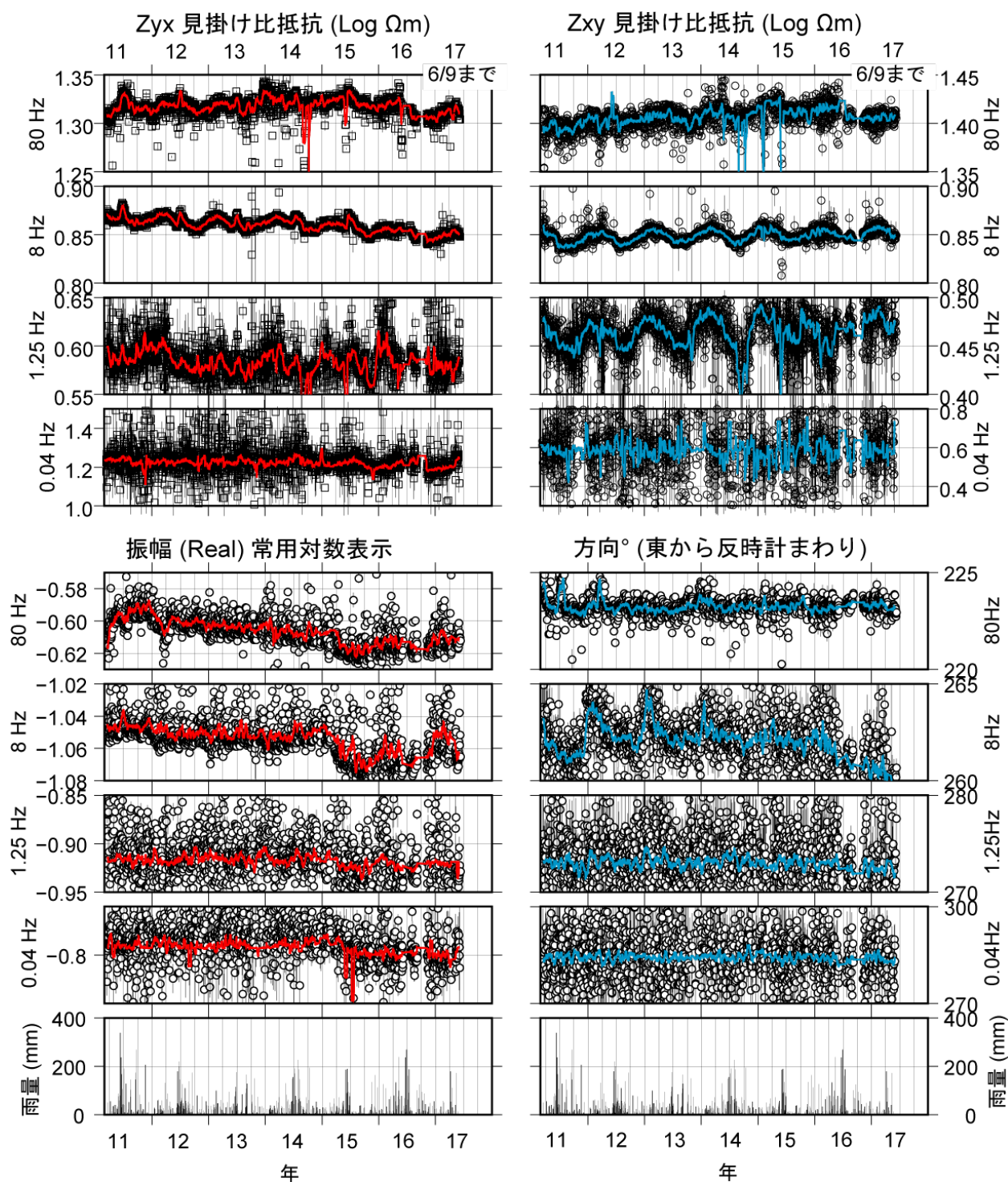
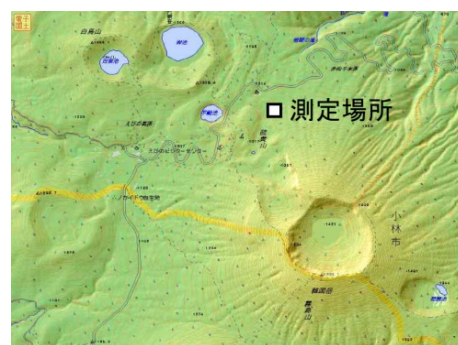


図3 主な水準点の標高の時間変化。BM3040（川湯近傍）、3050（韓国岳登山口）、3090（市営温泉跡）は2017年3月ごろより沈降が始まったが、硫黄山西麓のBM3040、3050については、5月には反転して隆起している。これは、難透水層内の亀裂を上昇してきた熱水により、水準点近傍の浅部土壌が膨張隆起したものと推測される。

霧島・硫黄山における MT 連続観測

2011 年 3 月より硫黄山の北東麓約 400m において電場 2 成分、磁場 3 成分の広帯域 MT 連続観測を実施している。観測された時系列データから、電場-磁場 応答関数を 1 日ごとに決定した (図 1)。色つき実線は 2 週間の移動平均値を示す。1 次元構造を仮定すると、80Hz は数 10m, 8Hz は 300m, 1.25Hz は 500m, 0.04Hz は 3000m の深さにおおよそ対応する。最下段に気象庁えびの観測点雨量を示す。



*相澤広記

霧島山

観測点直下の変化に感度が高い見掛け比抵抗(図 1 上段)には顕著な変化は見られないが、シューマン共振の周期帯(自然の電磁場シグナルが強い)にあたる 8Hz の見かけ比抵抗では長期的に Z_{yx} (東西)成分の減少、 Z_{xy} (南北)成分の増加で、両者の値が一定値に収束しつつあり、地下構造の異方性の低下(均一化)が推測される。

観測点の側方方向に感度が高いインダクションベクトル振幅(図 1 下段)では、2015 年 3 月頃に 8Hz 帯で振幅が減少する変化が見られていたが、その後徐々に増加していた。しかし 2017 年 3 月頃から振幅が減少する傾向が見られている。

この変化の原因が観測点の南西側にある硫黄山直下にあると仮定すると、2015 年 3 月～8 月頃に硫黄山直下で液相物質が減少して高比抵抗化したのが、その後は液相物質が増加して低比抵抗に戻りつつあり、さらに 2017 年 3 月からはもう一度液相物質が減少して高比抵抗化していると定性的には解釈できる

〇

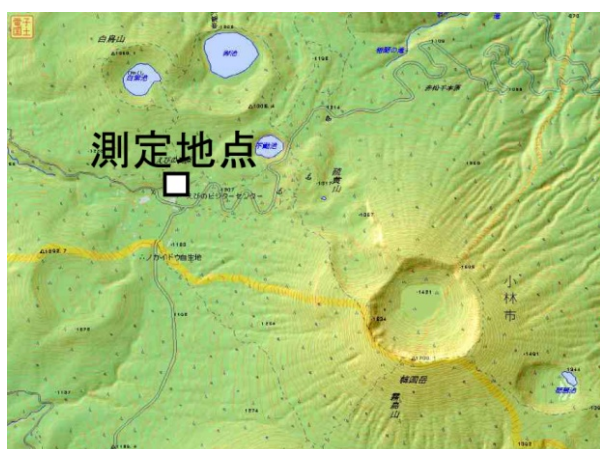
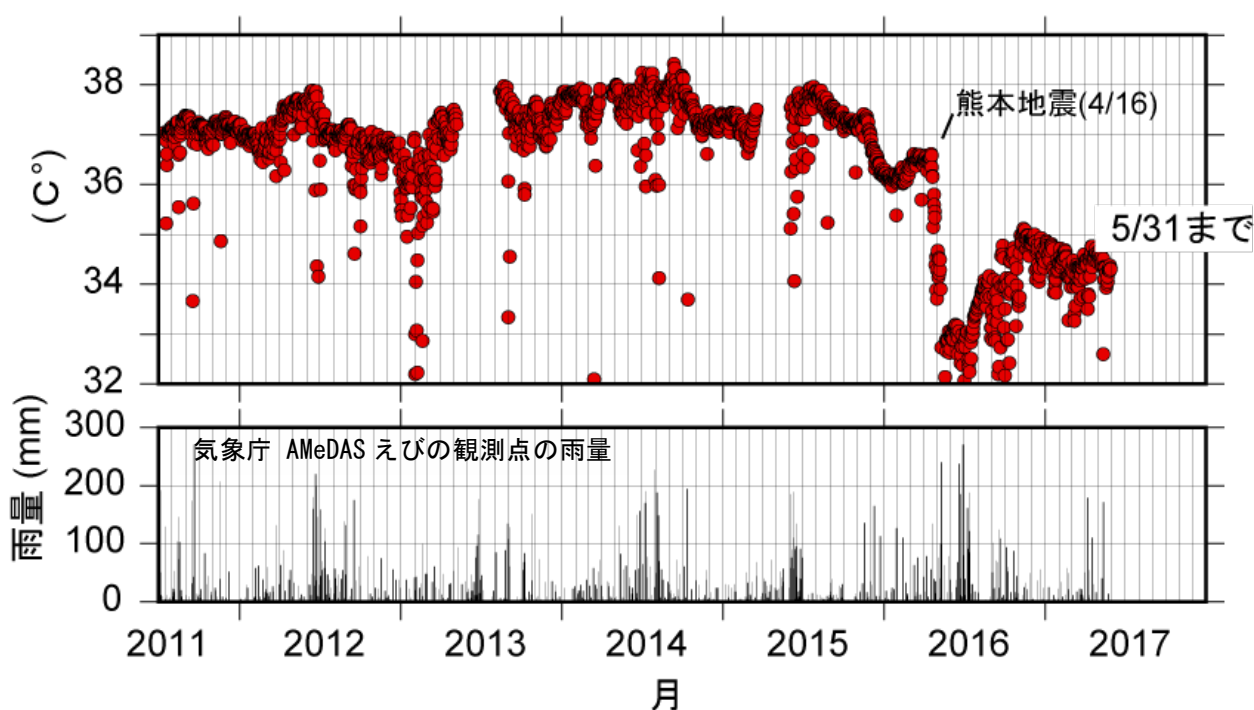
地図の作成には国土地理院数値地図 50000 (地図画像)および 50m メッシュ (標高)、カシミール 3D を使用した。

えびの高原における温泉温度測定

2011 年 7 月より、えびの高原(標高 1190m)において 10 分間隔で温泉温度の測定をしている。測定地点は足湯施設の上流側、およそ 100m 東に離れた温泉水の湧出が見られる地点である。

この地点においては、特に顕著な温度変化は見られない。2016 年の熊本地震前に比べ、温度が 2～3℃低い状態が続いている。

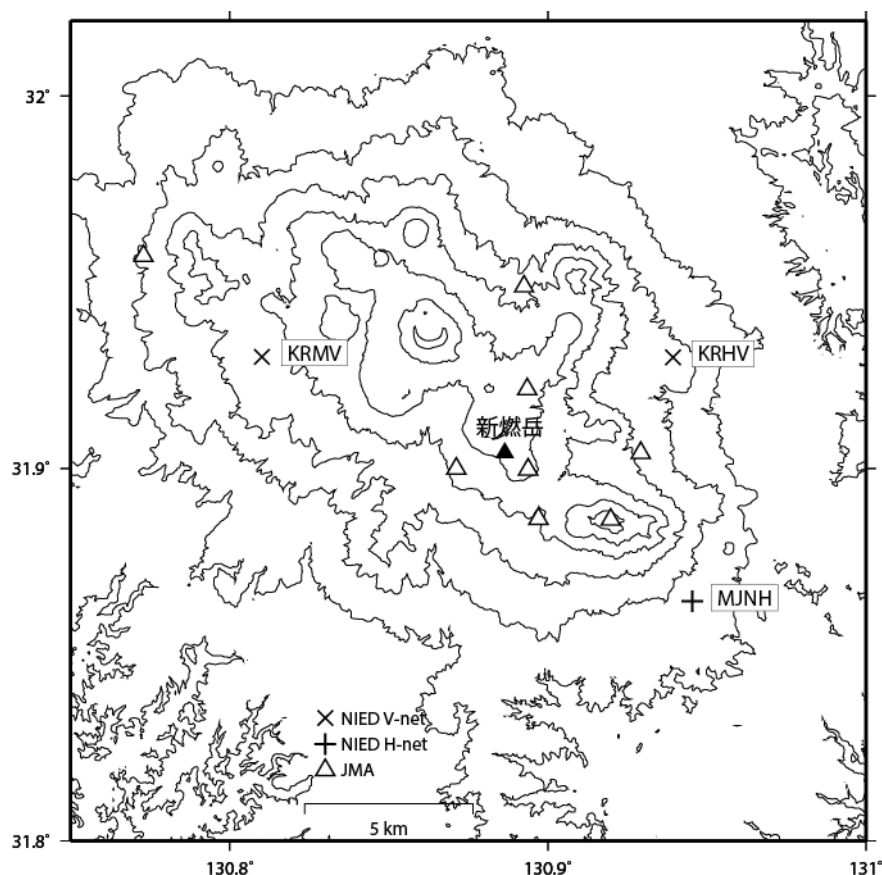
えびの高原足湯温度 (1日平均値)



* 国土地理院数値地図 50000 (地図画像)および 50m メッシュ (標高) を使用してカシミール 3D で作図した。



霧島山の火山活動について



この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。

KRMV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

KRHV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

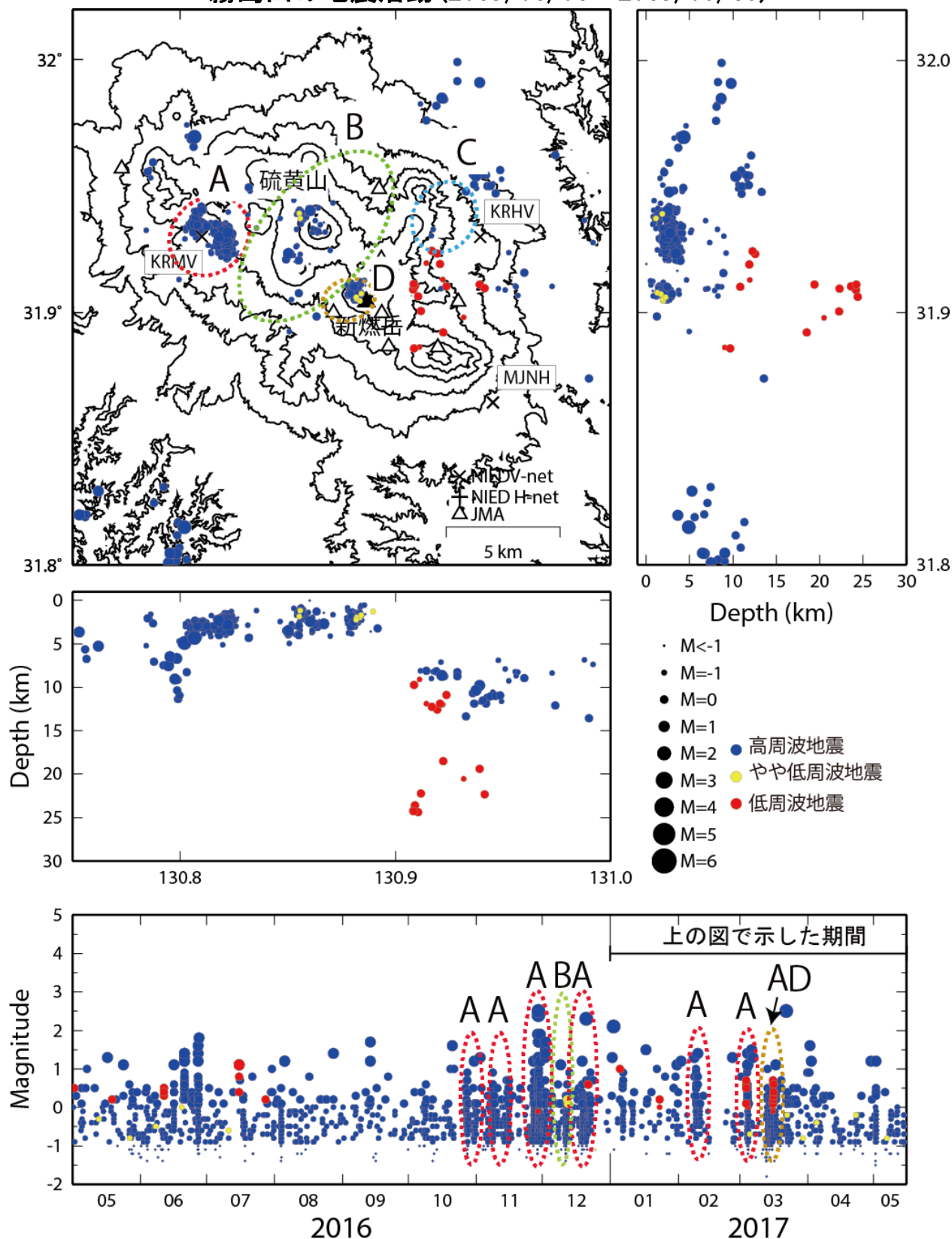
資料概要

○ 地震活動

2017 年 2～3 月万膳観測点直下（図 1 A）に地震活動が集中した。硫黄山を含む韓国岳周辺（図 1 B）では 2017 年 2～5 月期間中地震活動は低かった。

○ 地殻変動

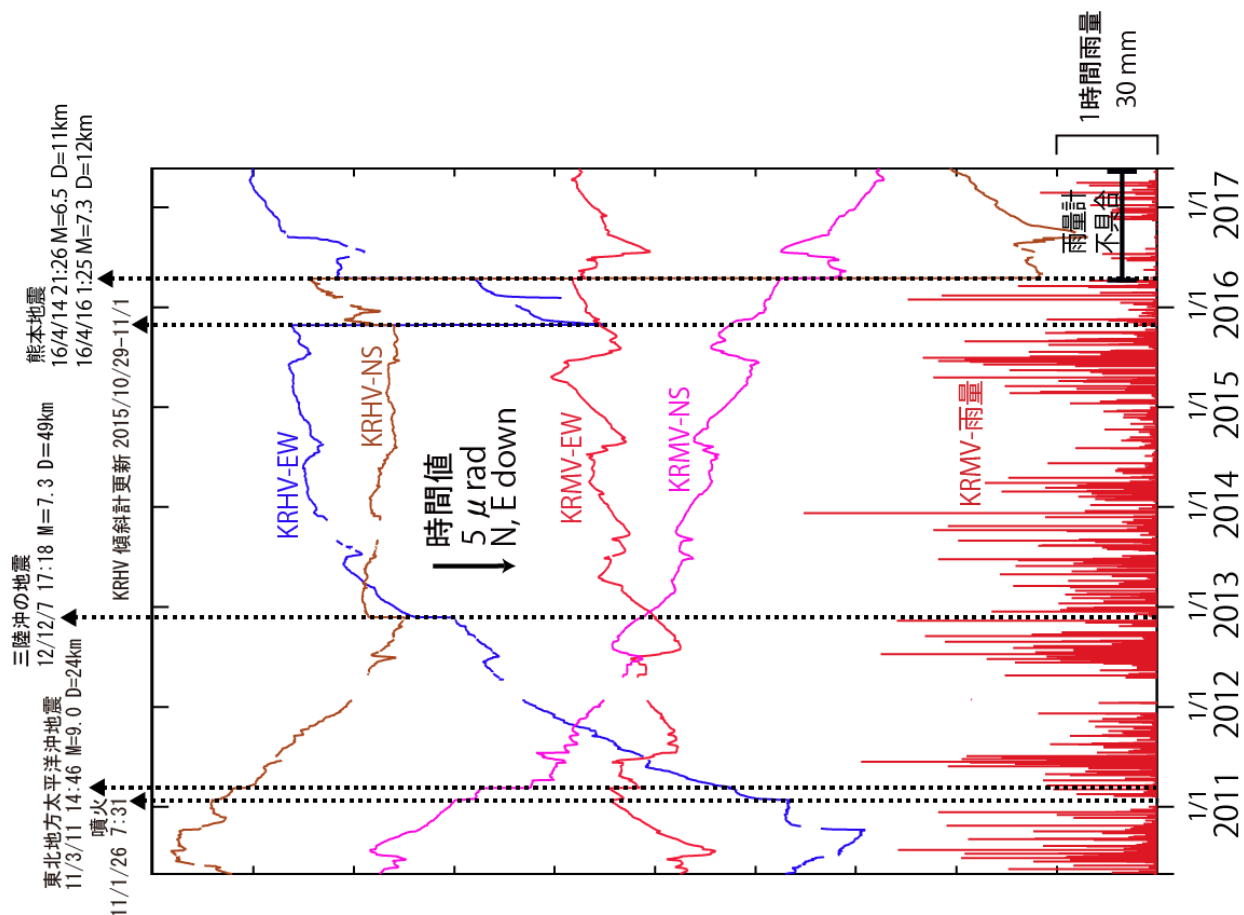
傾斜計記録（図 2）には、2017 年 2～5 月期間中、火山活動に関連するような傾斜変動は認められなかった。GNSS 解析結果（図 3）においては、2016 年 1～7 月までは基線長に伸びの変化が認められたが、それ以降は大きな変化はない。



震源決定には、気象庁の観測点（位置は図中）も使用した。
地図の作成にあたっては、国土地理院発行の数値地図 10mメッシュ（標高）を使用した。

図 1 霧島山の地震活動(2017/01/01 - 2017/05/15)

霧島山の傾斜変動 (2010/05/01 ~



霧島山の傾斜変動 (2016/09/01 ~ 2017/05/21)

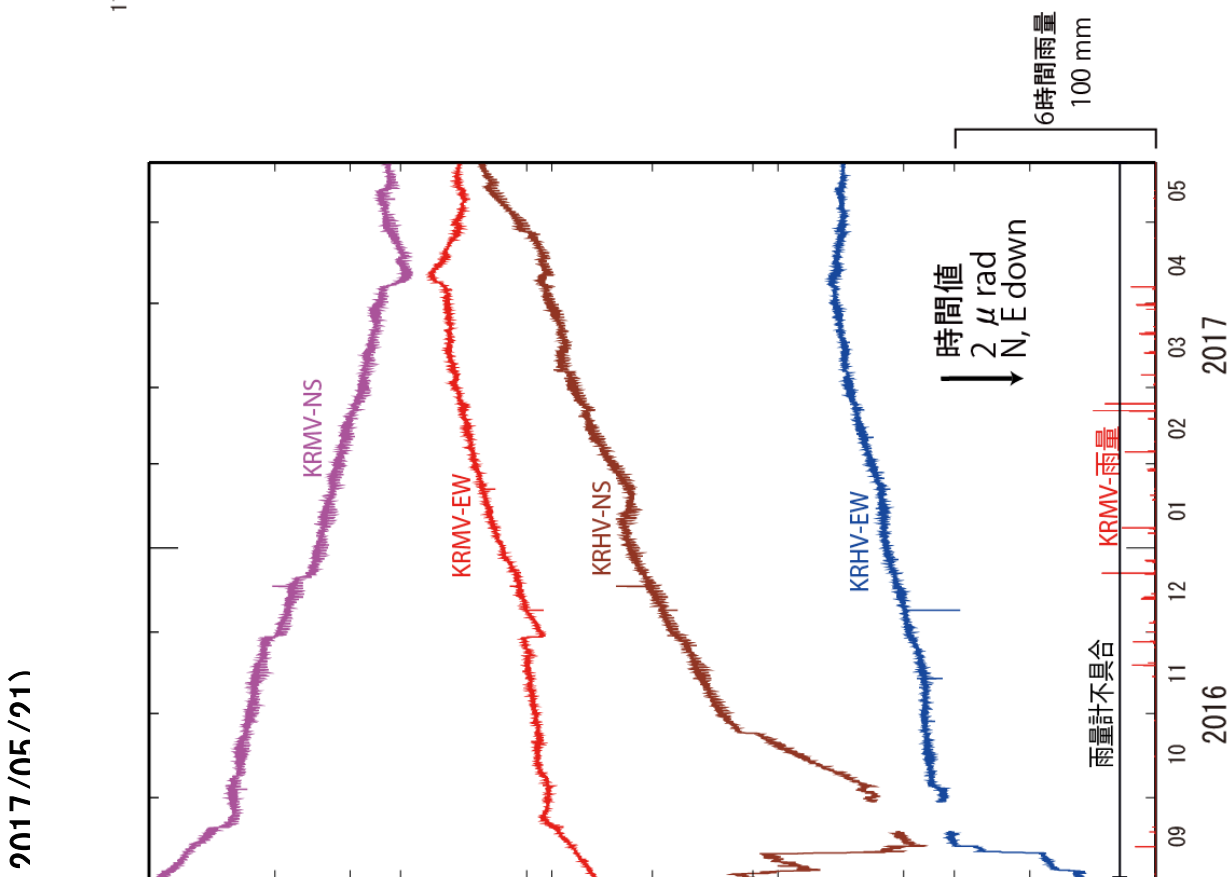
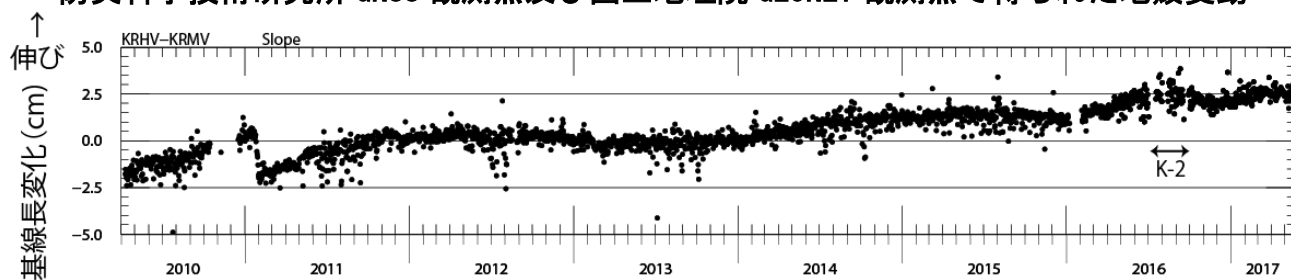


図 2 霧島山の傾斜変動

霧島山

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET 観測点で得られた地殻変動



2017/01/01-2017/05/21 の地殻変動【大口 (950485) 固定】

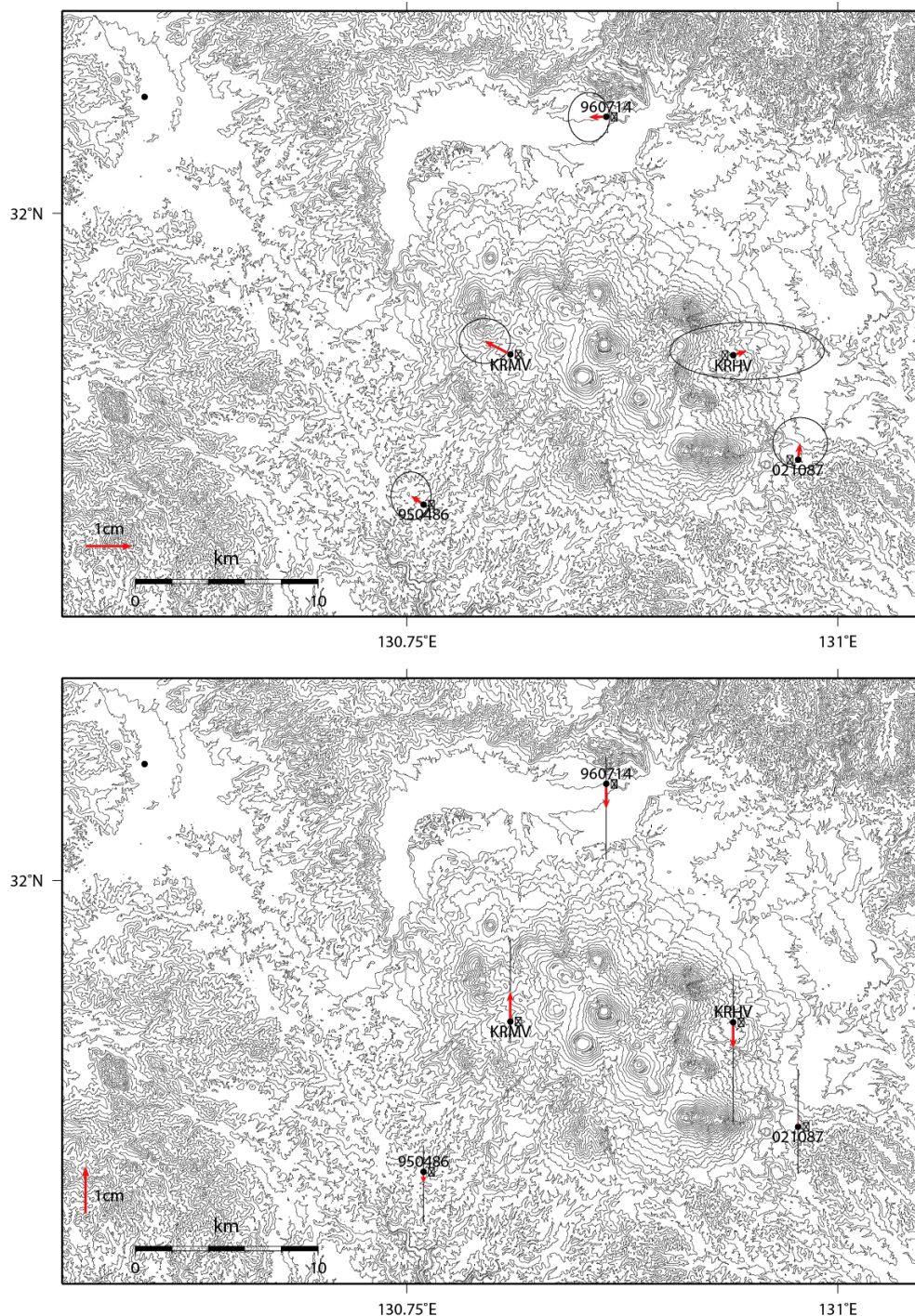


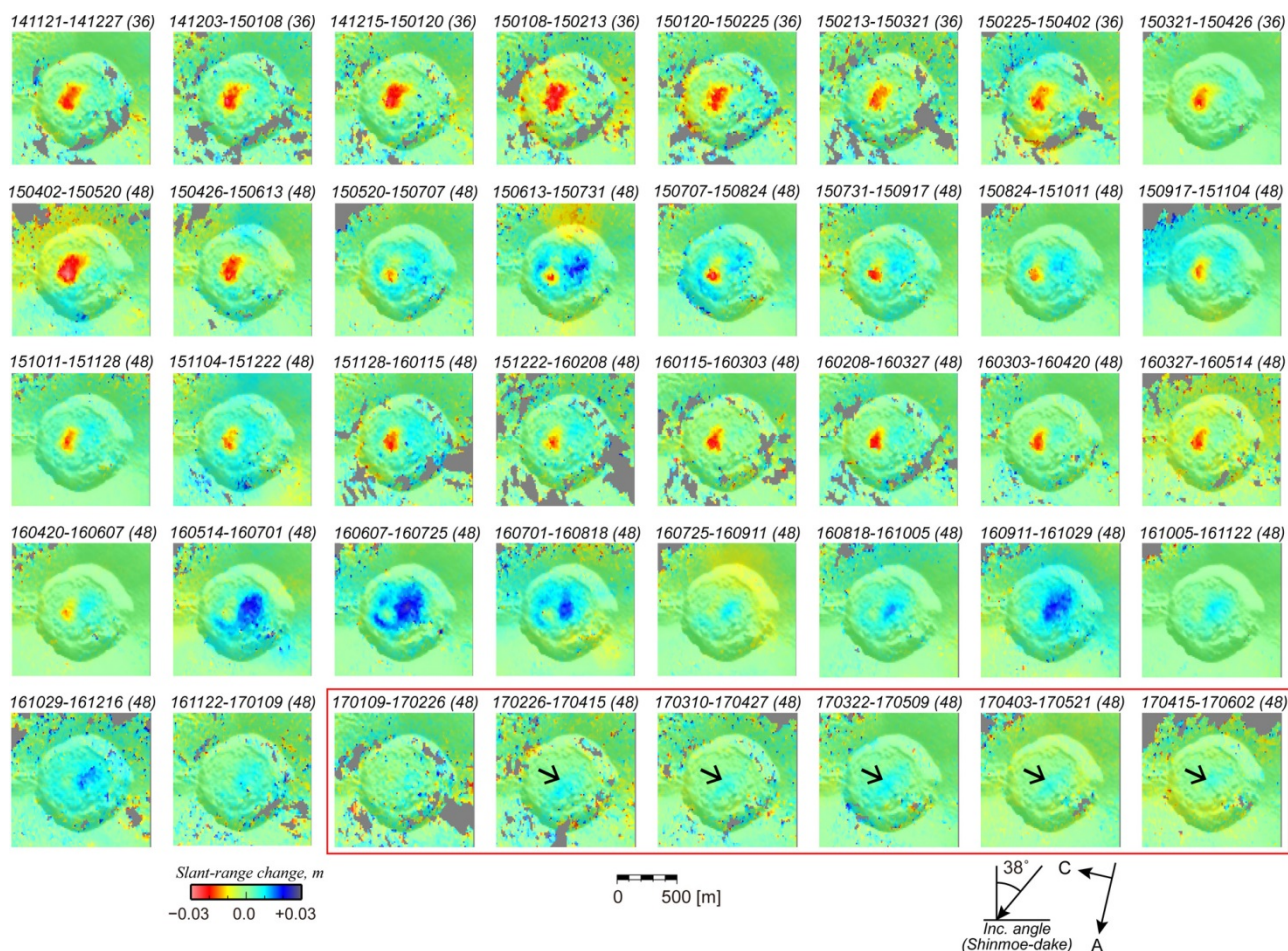
図 3 霧島山 GNSS 解析結果. ※ベクトル図は速報暦使用

表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	霧島山夷守台 (KRHV)		2010/4/10	2周波観測開始
		K-1	2013/2/14	アンテナ台改善作業
		K-2	2016/7/3～7/19	通信断による欠測
			2016/8/1～8/10 2016/9/18～9/29	
	霧島山万膳 (KRMV)		2010/4/9	2周波観測開始
			2010/11/13	受信機故障
			2010/12/17	受信機再設置
		K-1	2013/2/15	アンテナ台改善作業

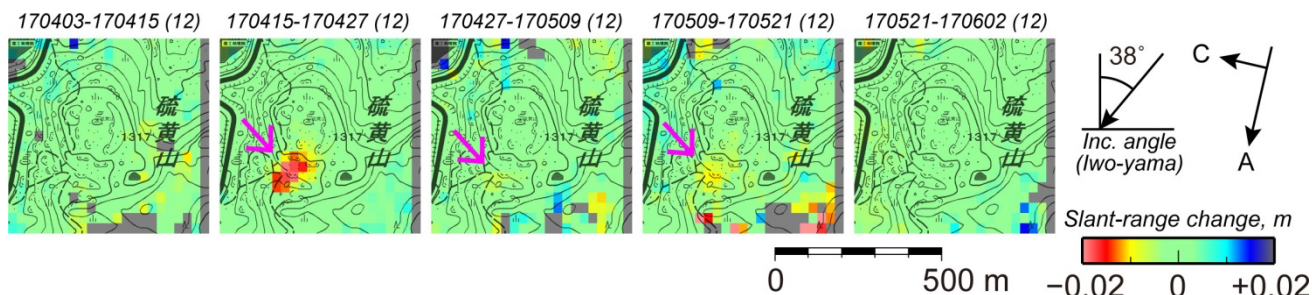
Sentinel-1 データを用いた SAR 干渉解析による霧島山周辺の地表変形

新燃岳火口:新燃岳火口内において、2011 年から継続的に見られていた衛星－地表間距離伸長変化は時間の経過と共に減少し、2016 年 7 月 25 日から 9 月 11 日の期間およびそれ以降の期間においては、検出限界を超えるような変化は検出されなかった。一方、その東側の領域で見られていた衛星－地表間距離伸長変化(沈降もしくは西進)は現時点でも継続しているように見える(図1の矢印)。ただし、その大きさは以前と比べて有意に減少している。



第 1 図. Sentinel-1 データを用いた SAR 干渉解析により求めた新燃岳火口周辺のスラントレンジ変化量分布 (灰色は低干渉領域). 各画像の上にしめす日付は、使用したデータの観測日を示す. 括弧内の数字は、使用したデータの観測間隔(日数). 赤枠は、前回(第 137 回火山噴火予知連絡会)の報告以降、新たに得られた結果を示す. 矢印は、衛星－地表間距離伸長変化が見られる領域を示す.

硫黄山: 硫黄山の南斜面において、衛星－地表間距離が短縮する地表変動(隆起もしくは東進が卓越)が生じていたことを示す変化が、2017 年 4 月 15 日と 2017 年 4 月 27 日のデータペアの解析結果に見られた(第 2 図)。2017 年 5 月 21 日までの期間においても若干の変化が見られたが、2017 年 5 月 21 日と 2017 年 6 月 2 日のデータペアの解析結果には、有意な変化は見られなかった。



第 2 図. 2017/4/3 – 2017/5/21 の期間について、Sentinel-1 の 12 日間隔のペアを解析して得られた硫黄山周辺のスラントレンジ変化分布。紫矢印は、衛星－地表間距離短縮変化が見られた領域を示す。

謝辞. 本解析で使用した Sentinel-1 データは Sentinel-1 Scientific Data Hub を通じて提供されたものである。Sentinel-1 データの所有権は欧州宇宙機関が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュ DEM および地理院地図(電子国土 Web)の画像を使用した。

霧島山硫黄山 2017 年 5 月噴出物の構成物分析結果

霧島山(硫黄山火口)において採取された粘土・砂混じりの噴出物に対し、1) 粒子構成物分析、2) 粒度分析、3) 熱水変質鉱物分析を行った。3) については、比較試料として JMA 観測点「硫黄山南西」整備に伴い採取された試錐試料についても分析も行った。

その結果、2017 年噴出物は酸性環境下の熱水変質域(熱水破碎脈の表層部)が放出されたものと推察される。

1. 分析試料

a) 2017 年噴出物

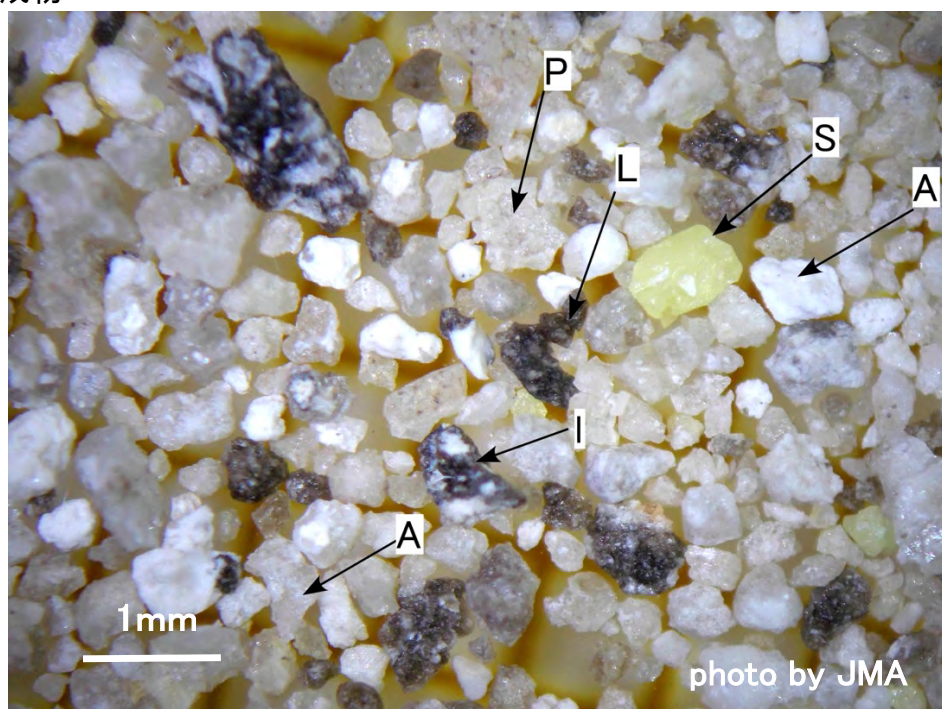
東大地震研・霧島ネイチャークラブ等が、2017(平成 27)年 5 月 5 日～10 日に現地調査を行った際に採取した粘土・砂混じりの噴出物。気象庁到着時にはやや湿っており、硫黄臭(硫化水素臭)がわずかに感じられた。

b) JMA 観測点「硫黄山南西」試錐試料

掘削深度 15m。小林軽石(16.7 ka)の上位にブロック・アンド・アッシュフロー堆積物、二次堆積物、崩壊堆積物が認められている(下司・小林, 2017)。全体的に弱い変質作用を被る。掘削深度 7.8～9.7m の部分は、岩片間が白色の変質鉱物に充填された熱水破碎脈と考えられる。

2. 分析結果

1) 粒子構成物



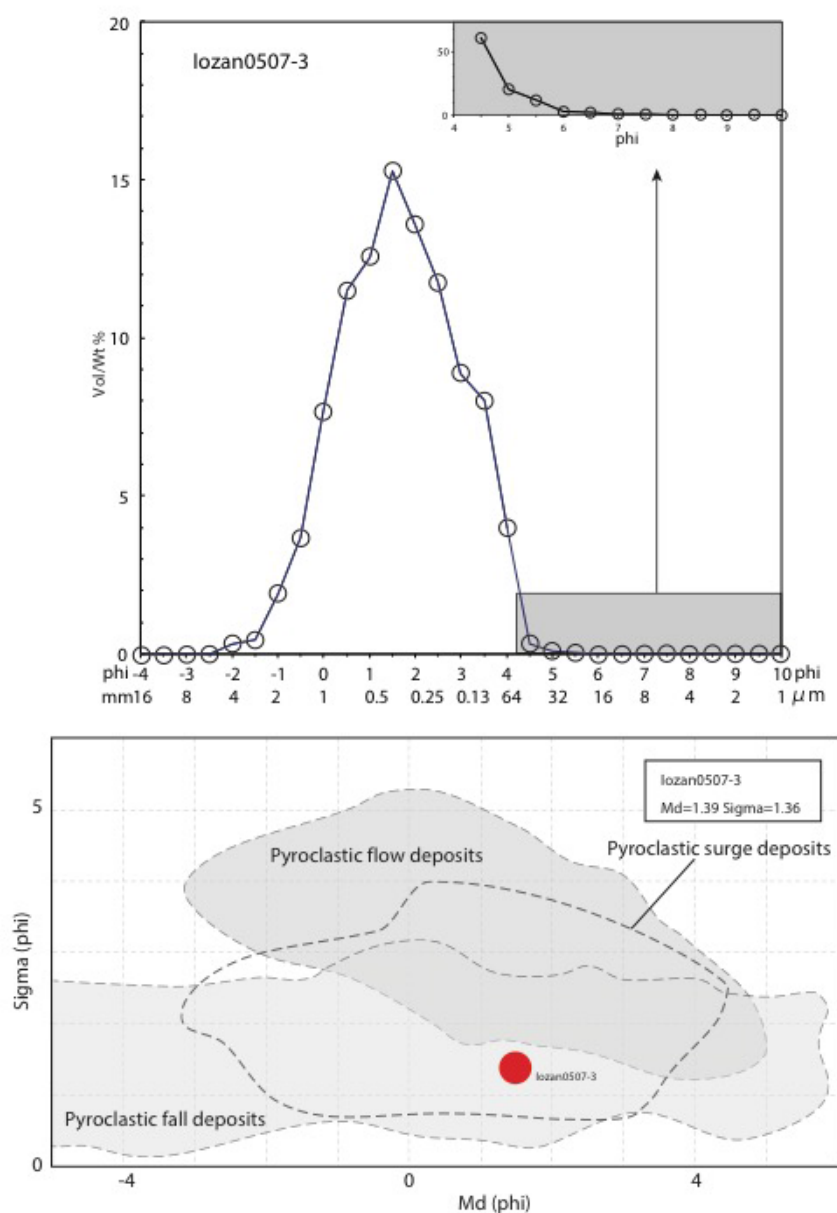
噴出物を洗浄後撮影、粒径は 0.2～0.1mm 程度。

変質岩片(A)および斜長石(P)が大部分を占め、新鮮な岩片(L)および一部変質した岩片(I)が全体の 1 割程度認められる。また、硫黄(S)も極少量認められる。

2. 粒度分析

〔分析手法〕 乾燥後，乾式ふるいにて $-4\Phi \sim 4\Phi$ ($16 \sim 1/16\text{mm}$)，画像解析型粒度分布計にて $4\Phi \sim 10\Phi$ ($1/16 \sim 1/1024\text{mm}$) まで分析を行った。乾燥させた試料は全体に弱く固結しており，数 mm 大で丸みを帯びた形状の砂質火山灰が塊として多く含まれていた。指圧で粉砕できるものをすべて粉砕して粒度分析を行った。

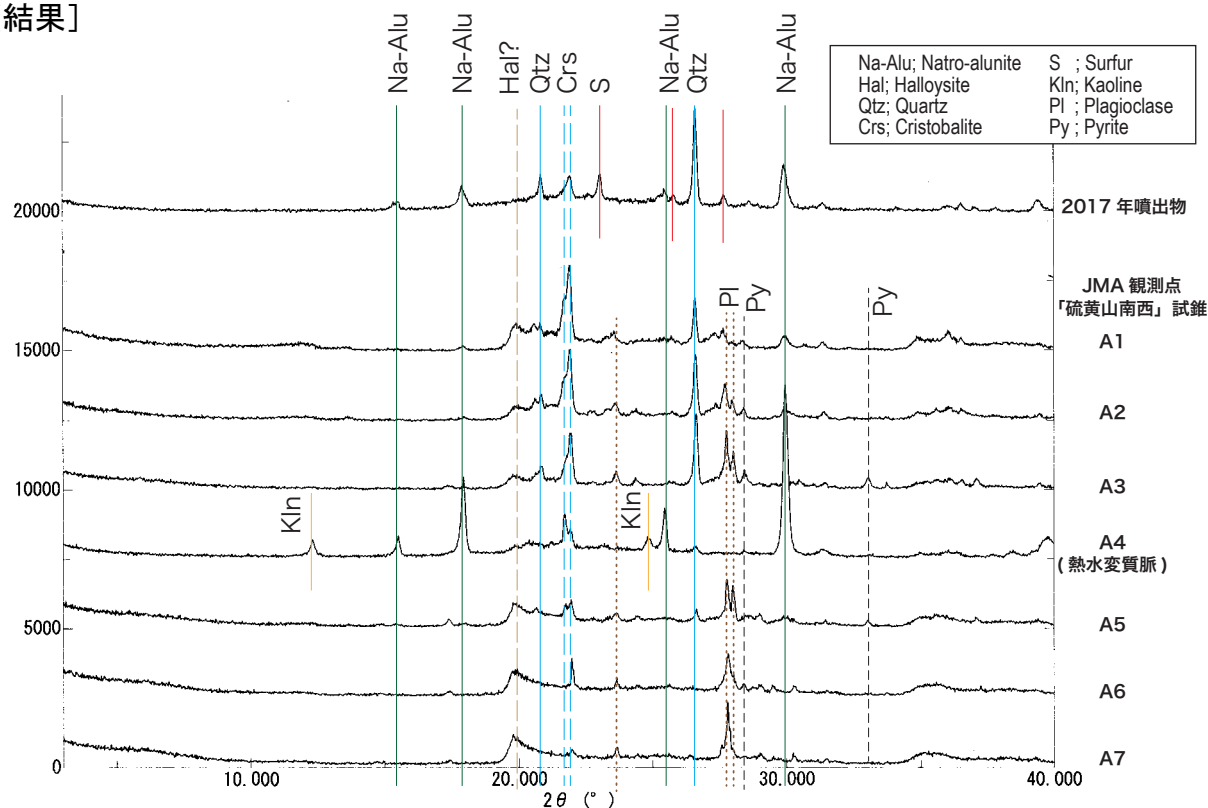
〔結果〕 1.5Φ に最頻値を持つユニモーダルな粒径分布を示す。 4Φ より細粒な部分も頻度は単調に減少し，シルトおよび粘土サイズでの濃集は見られない。中央粒径は 1.39Φ ，分級度は 1.36Φ であり，Walker (1971, 1983) の降下火砕物または火砕サージ堆積物の-



3) 熱水変質鉱物分析

〔分析手法〕 サンプルを、イオン交換水中に分散後、開口径 63 μ m のメッシュクロスを通過した細粒成分を蒸発乾固後、メノウ乳鉢を用いて粉碎後、X 線回折分析を行った。

〔結果〕



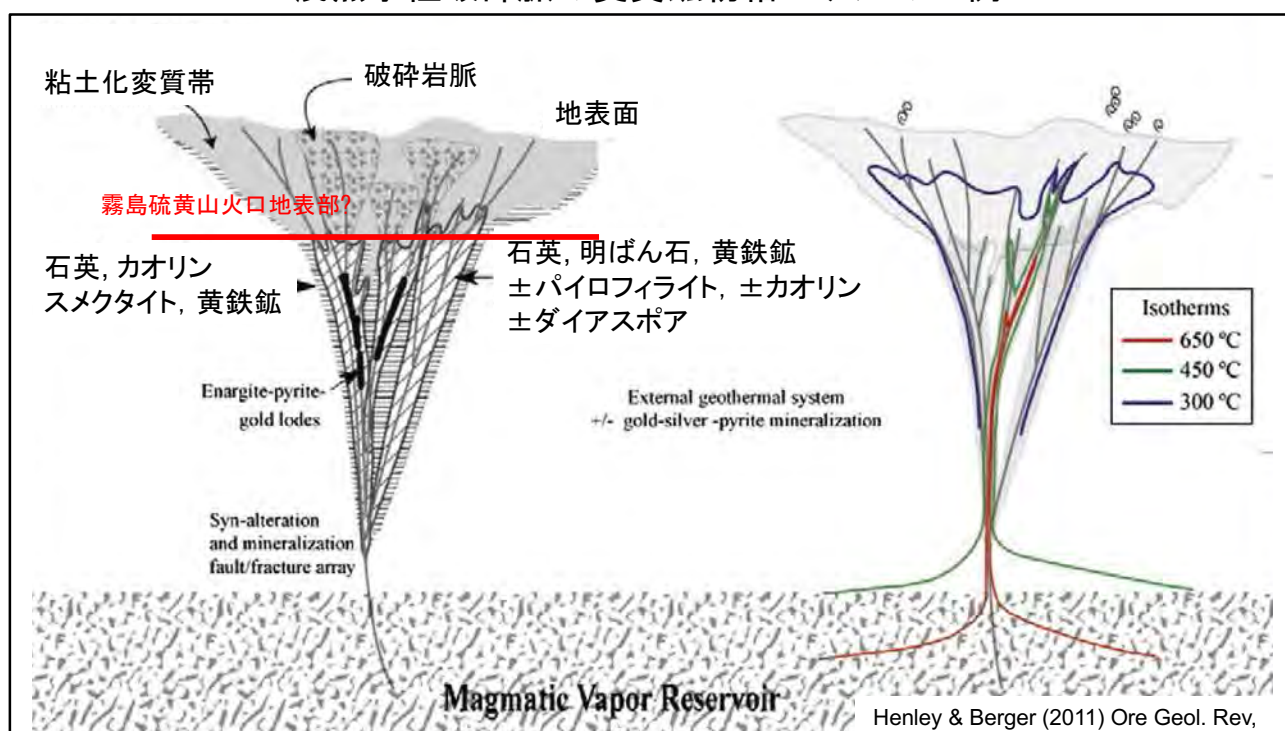
	Kln	Na-Alu	Hal	Qtz	Crs	Py	S	地質ユニット
硫黄山2017年噴出物		+		++	+		+	
JMA観測点コア-A1	±		+	++	++			韓国岳の斜面崩壊堆積物
JMA観測点コア-A2			±	++	++	±		
JMA観測点コア-A3			±	++	++	±		
JMA観測点コア-A4	+	++		±	+			韓国岳のBlock & ash flow
JMA観測点コア-A5			+	±	+			
JMA観測点コア-A6			+		+			
JMA観測点コア-A7			+		±			小林降下軽石

2017 年噴出物からは、Na-明ばん石、石英、クリストバライト、硫黄が確認された。スメクタイトは確認されておらず、Hedenquest et al., (2000) の熱水変質鉱物の形成環境総括図によると、強い酸性環境下で形成されたものと思われる。

JMA コアとの対比では、Na-Alu は鉱物で充填された熱水破碎脈でのみ確認され、石英は表層部でのみ確認される。このことから、地表付近にまで到達していたが熱水破碎脈と地表の極浅所が吹き飛ばされたことで、今回の鉱物組成を示す噴出物がもたらされたものと思われる。

[解釈]

浅熱水性破碎脈の変質鉱物相モデルの一例



2017 年噴出物は、浅熱水性破碎脈の中心部において想定される鉱物相と類似する。
スメクタイトなどの粘土鉱物が検出されていないことから、硫黄山火口周辺において、
地表付近にまで到達していた熱水破碎脈の部分が吹き飛ばされたものと考えられる。

[文献]

- 下司信夫・小林哲夫(2017)霧島山のボーリングコア、気象庁火山観測点ボーリングコアの解析-2016(平成 28)年度成果報告書。気象庁。132-134
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. & Gonzalez-Urien, E. (2000) Exploration for Epithermal Gold Deposits, Reviews in Economic Geology, 13, 245-277
- Henley, R. W. & Berger, B. R. (2011) Magmatic-vapor expansion and the formation of high-sulfidation gold deposits: Chemical controls on alteration and mineralization. Ore Geology Reviews, 39, 63-74
- Walker, G.P.L. (1971) Grain-size characteristics of pyroclastic deposits. J.Geol., 79, 766-714
- Walker, G.P.L. (1983) Ignimbrite types and ignimbrite problems. J.Volcanol.Geotherm.Res., 89, 8407-8416

以上

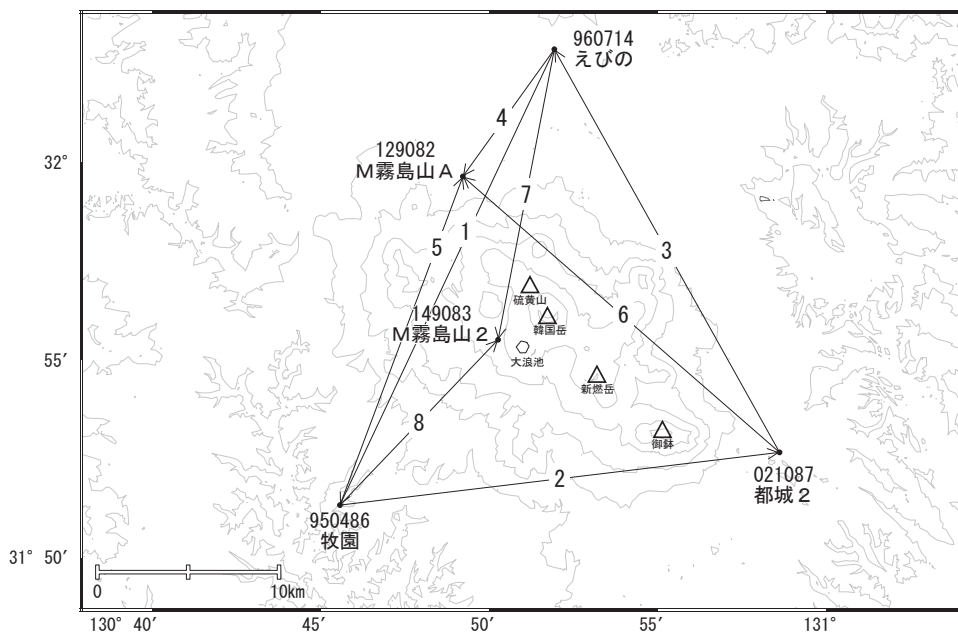
[参考] JMA 観測点「硫黄山南西」位置図および試錐コア写真



霧島山

GNSS観測からは顕著な地殻変動は観測されていません。だいち2号による干渉SARによると、硫黄山付近で局所的な膨張が見られます。

霧島山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(1)



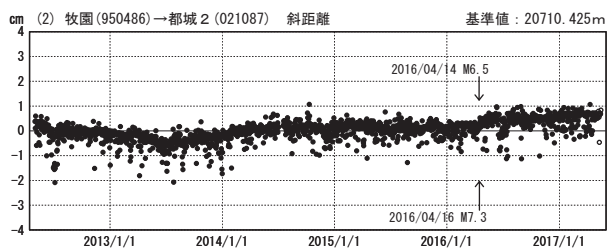
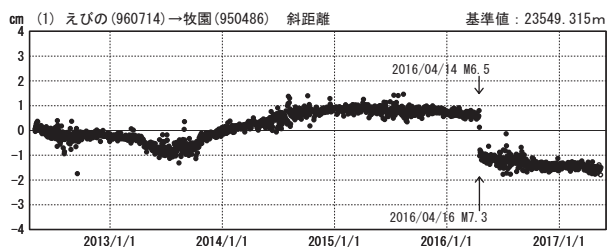
霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	20121212	アンテナ交換
		20131013	伐採
		20150622	受信機交換
960714	えびの	20120912	アンテナ・受信機交換
		20140814	伐採
		20120912	アンテナ・受信機交換
021087	都城2	20130913	受信機交換
		20140616	受信機交換
		20140717	受信機交換
		20140717	受信機交換

点番号	点名	日付	保守内容
129082	M霧島山A	20120829	移転(M霧島山→M霧島山A)
		20140514	受信機交換
		20141021	受信機交換
		20150909	受信機交換
149083	M霧島山2	20141021	新設
		20150909	受信機交換

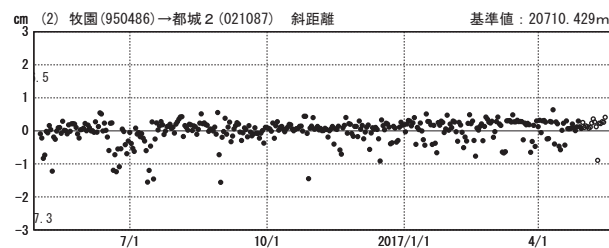
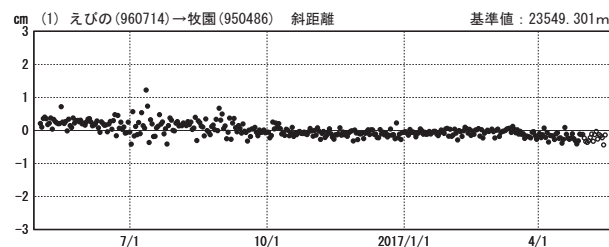
基線変化グラフ

期間：2012/05/01～2017/05/15 JST



基線変化グラフ

期間：2016/05/01～2017/05/15 JST



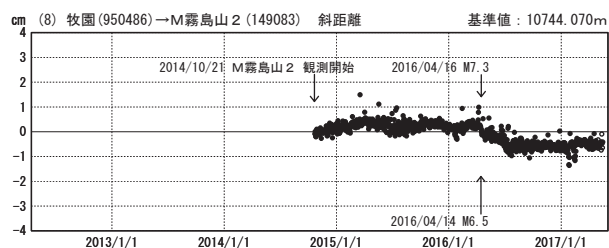
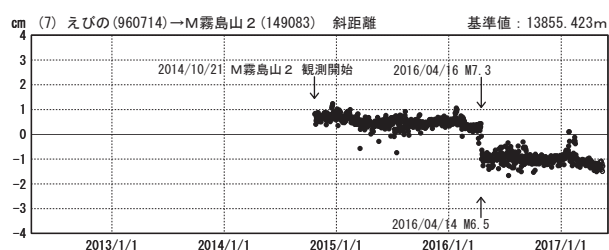
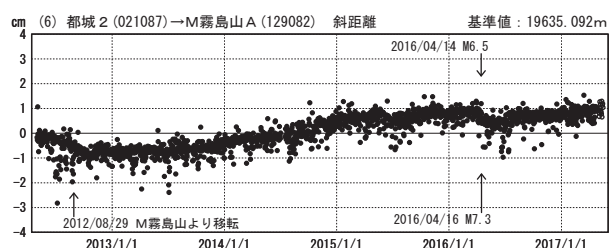
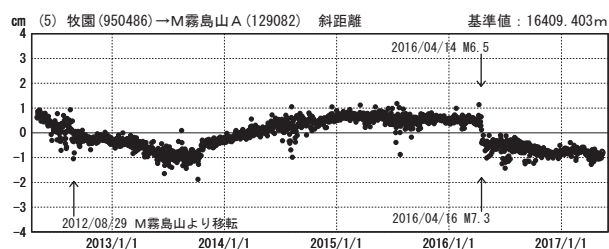
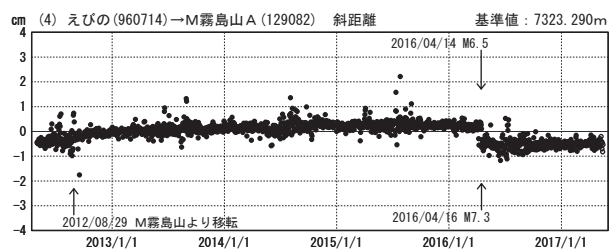
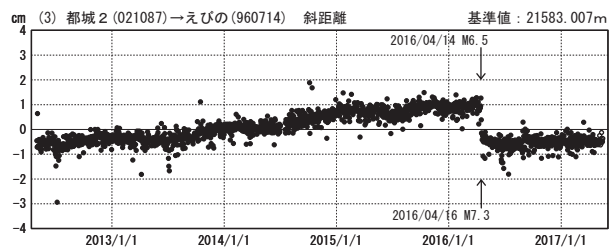
●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

国土地理院
霧島山

基線変化グラフ

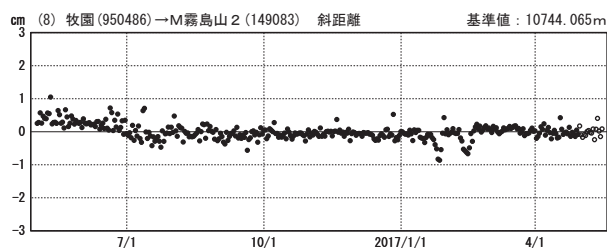
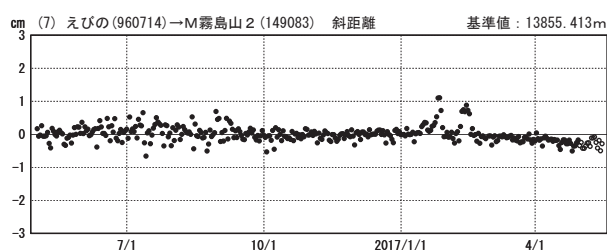
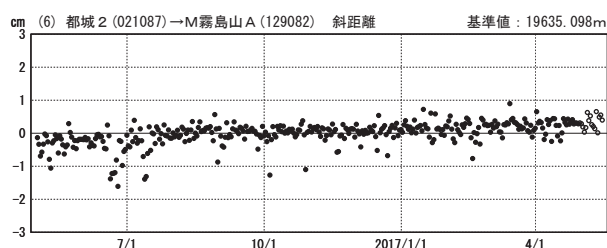
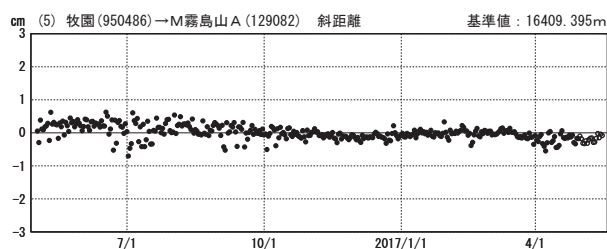
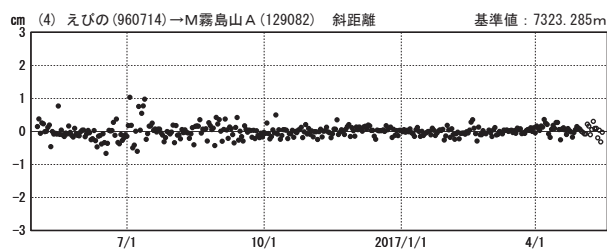
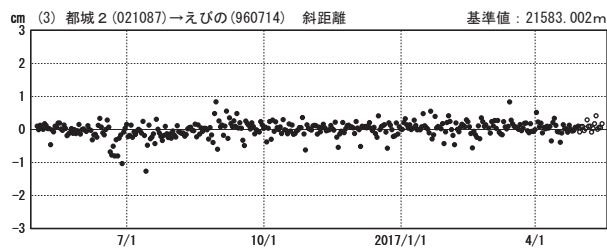
期間：2012/05/01～2017/05/15 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2016/05/01～2017/05/15 JST

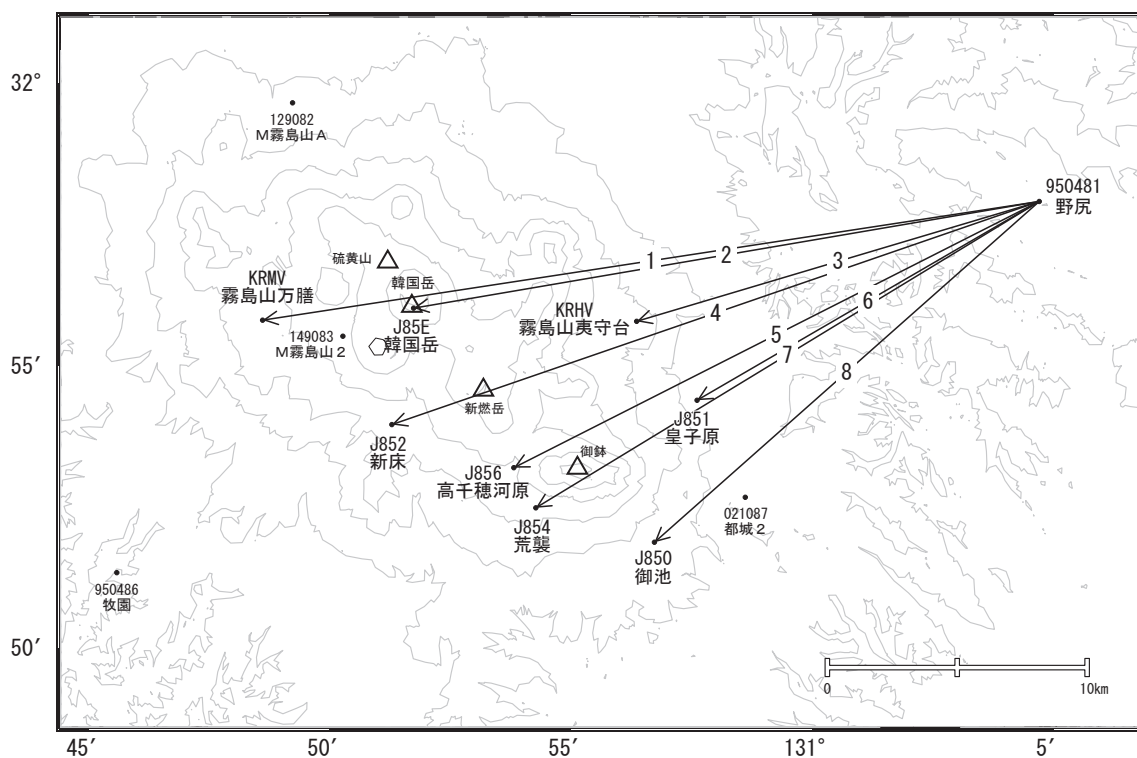


国土地理院

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

霧島山

霧島山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)

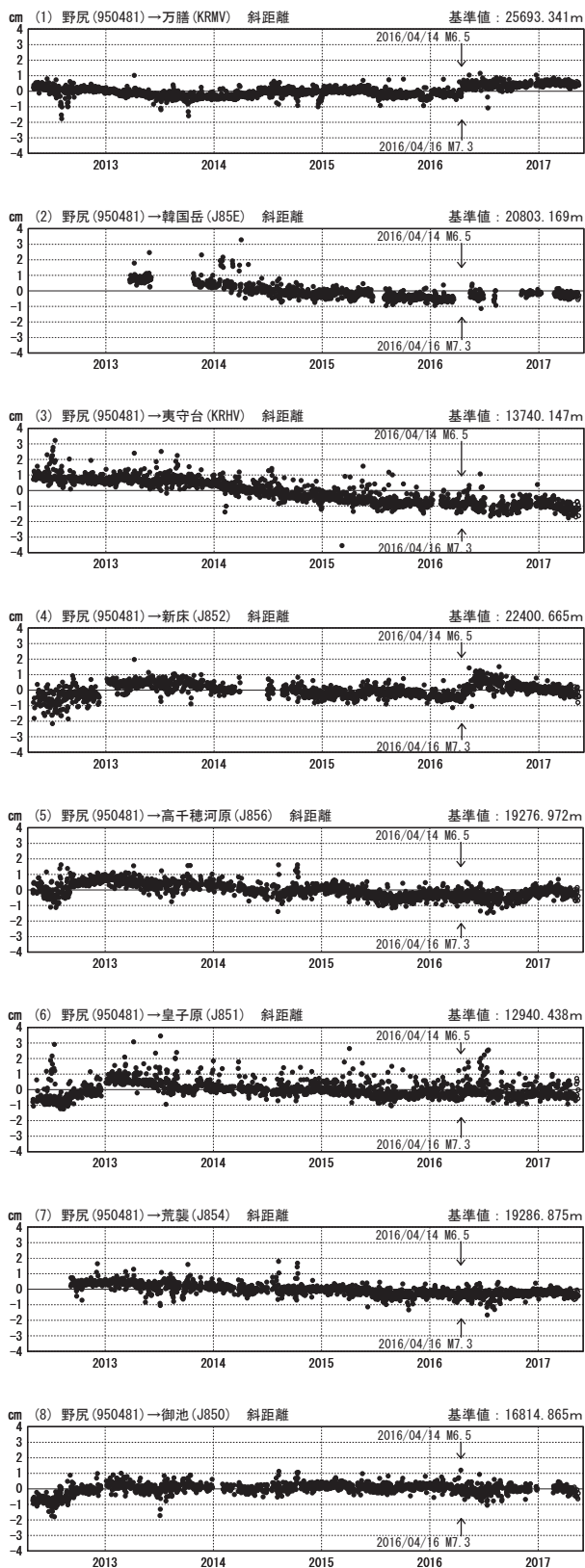


霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950481	野尻	20131205	アンテナ交換

基線変化グラフ

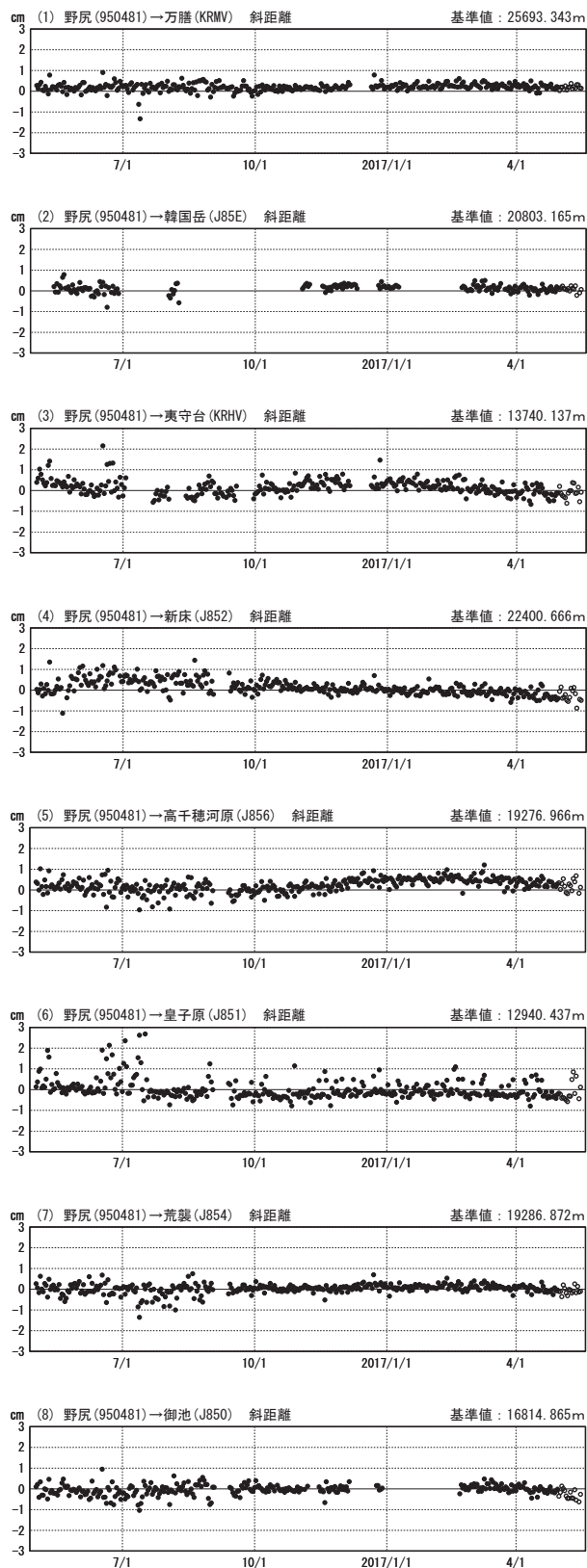
期間：2012/05/01～2017/05/15 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2016/05/01～2017/05/15 JST

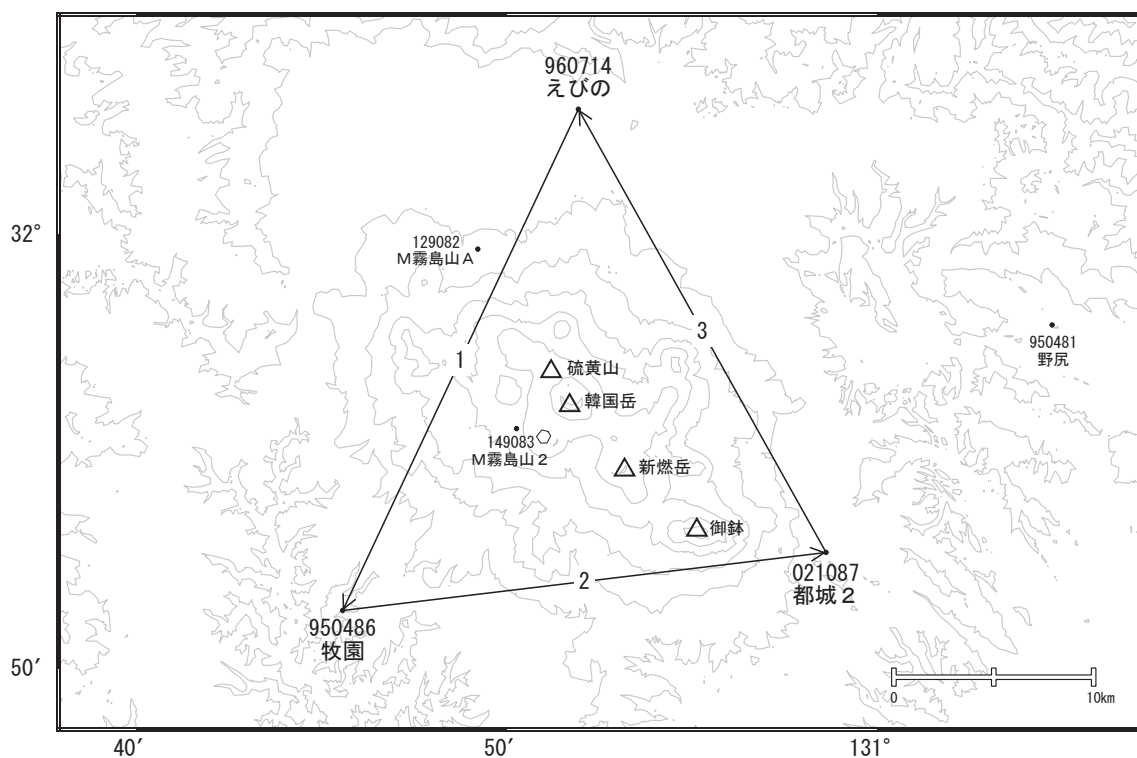


国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

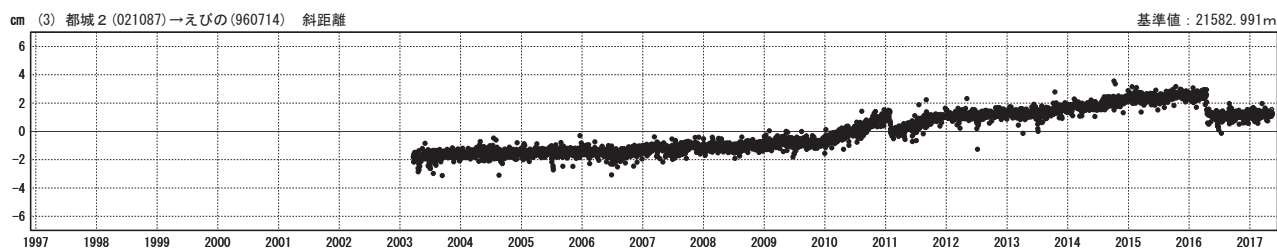
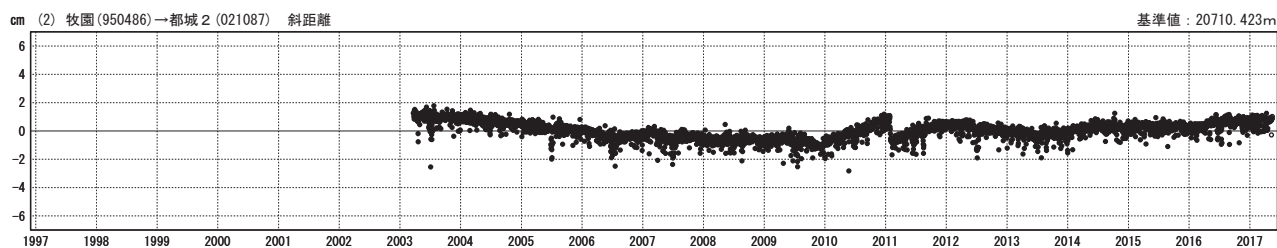
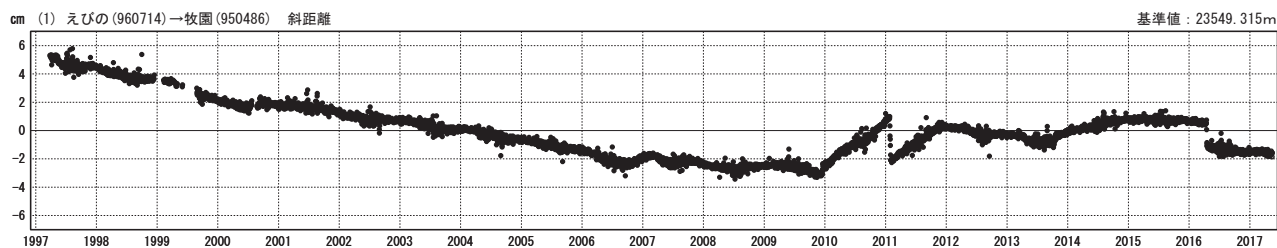
霧島山

霧島山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(3)



基線変化グラフ

期間：1997/01/01～2017/05/15 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

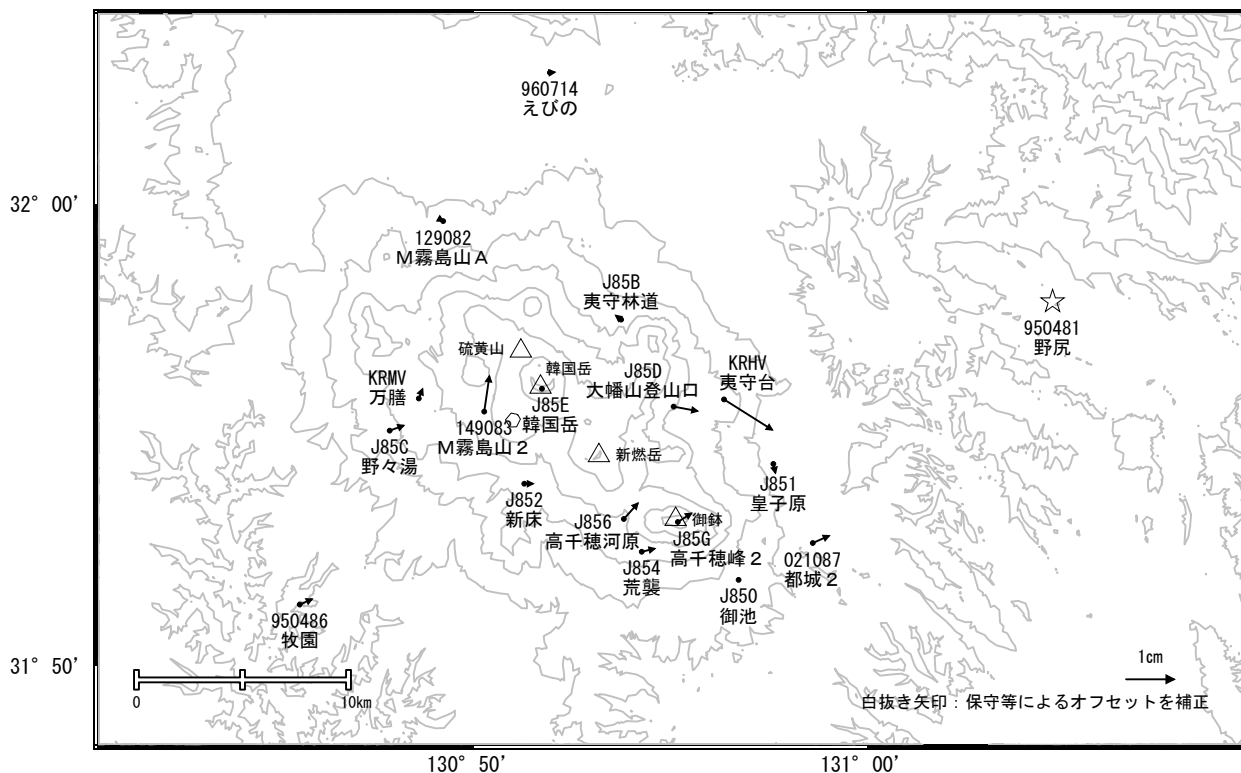
国土地理院

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

霧島山

霧島山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2017/02/06~2017/02/15[F3:最終解]
比較期間:2017/05/06~2017/05/15[R3:速報解]

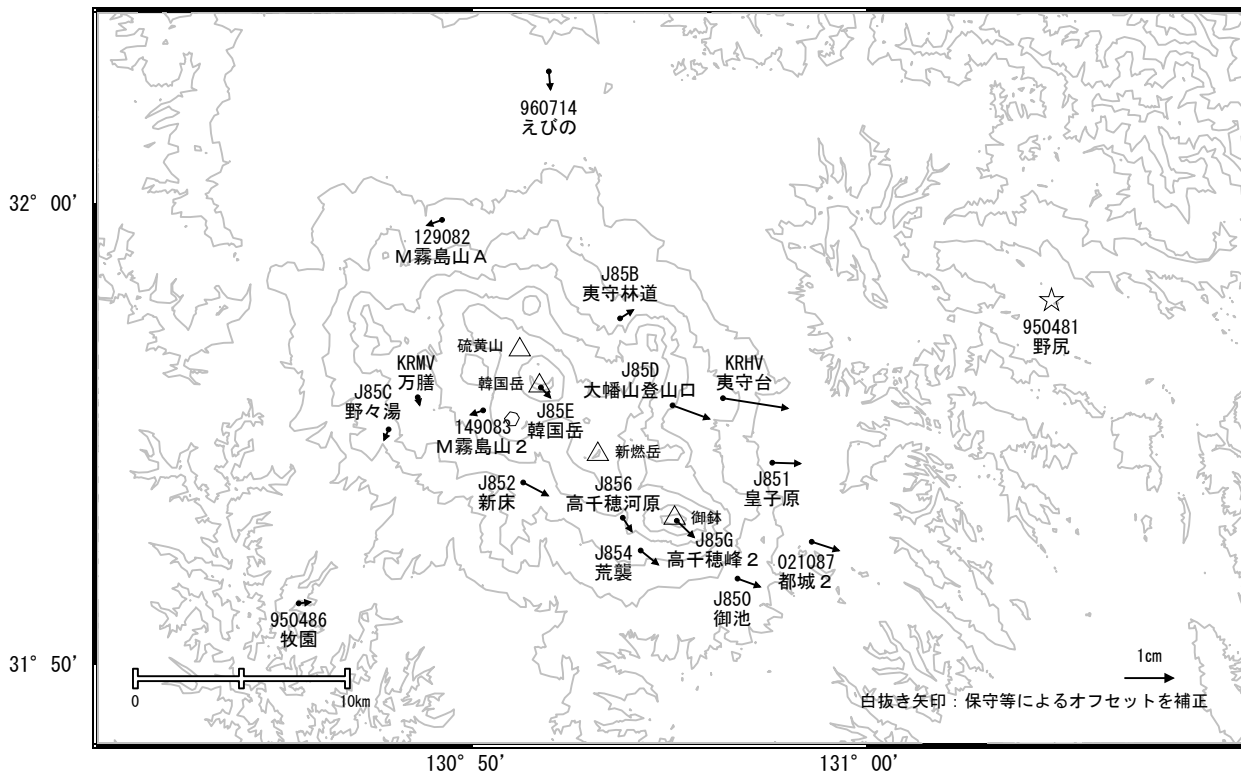


☆ 固定局:野尻(950481)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

霧島山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2016/05/06~2016/05/15[F3:最終解]
比較期間:2017/05/06~2017/05/15[R3:速報解]



☆ 固定局:野尻(950481)

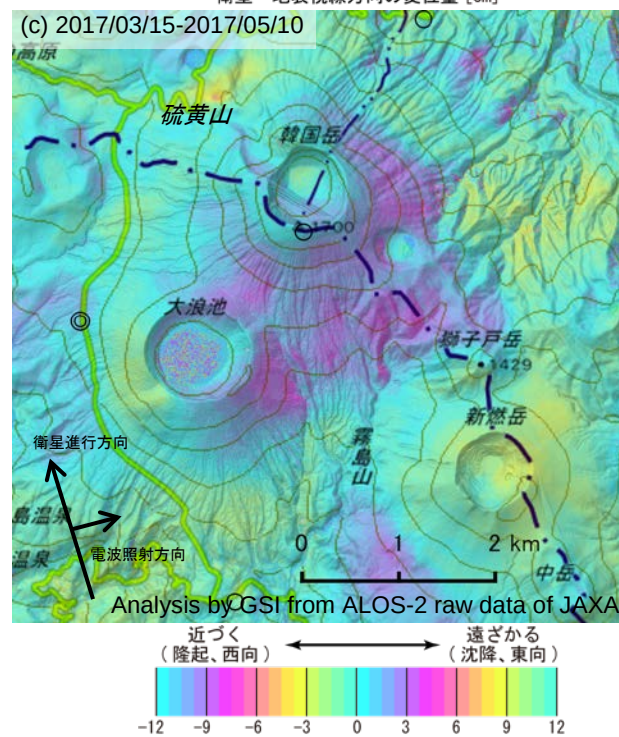
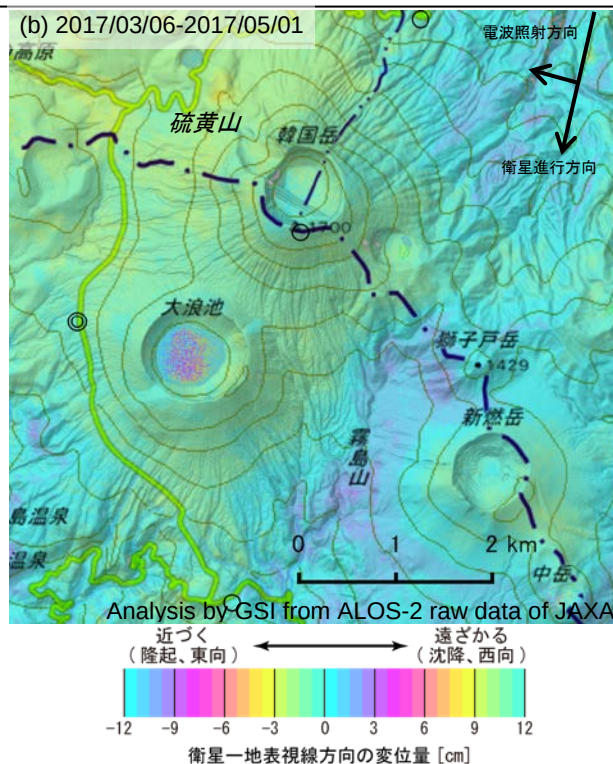
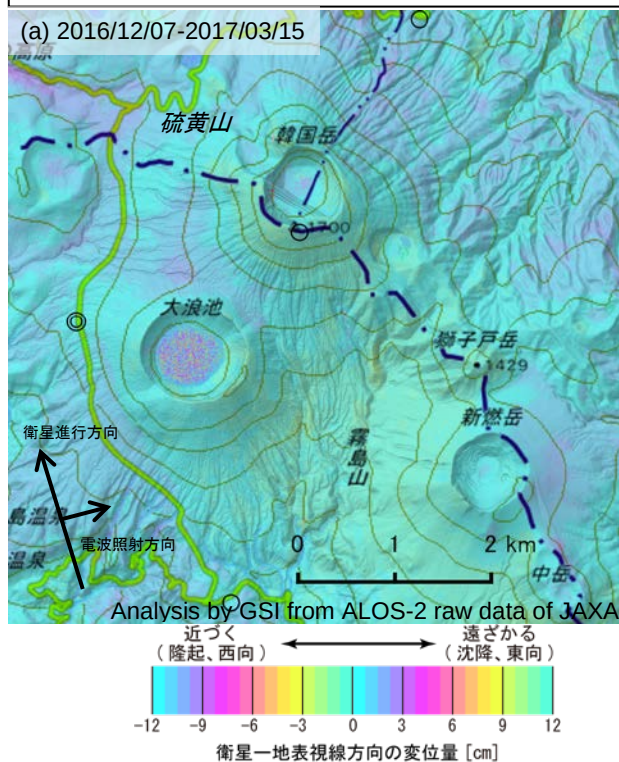
国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

霧島山

霧島山の SAR 干渉解析結果について

判読) (a)ではノイズレベルを超える変動は見られない。

(b)、(c)では、硫黄山の南西部で衛星に近づく変動が見られる。



◎ 国土地理院 GNSS 観測点

○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

衛星名	(a)	(b)	(c)
	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2016/12/07 2017/03/15 0:18 頃 (98 日間)	2017/03/06 2017/05/01 12:18 頃 (56 日間)	2017/03/15 2017/05/10 0:18 頃 (56 日間)
衛星進行方向	北行	南行	北行
電波照射方向	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	43.0°	35.6°	43.0°
偏波	HH	HH	HH
垂直基線長	- 274 m	- 101 m	- 24 m

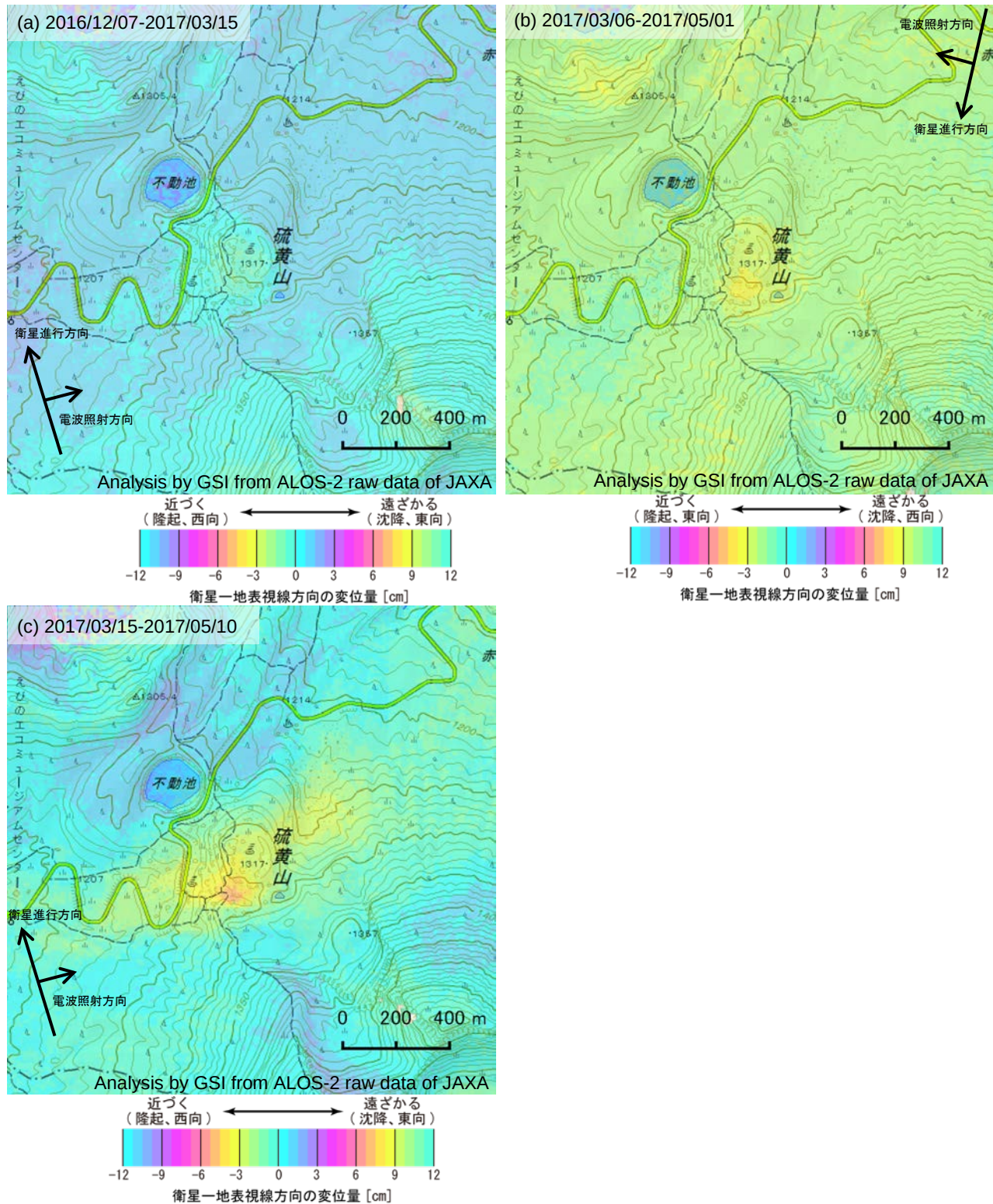
*U: 高分解能(3m)モード

背景: 地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

霧島山

【硫黄山の拡大図】



本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

霧島山