

第 140 回
火山噴火予知連絡会資料

(その 1 の 2)

霧島山

平成 30 年 2 月 14 日

火山噴火予知連絡会資料（その1の2）

目次

霧島山.....	3
気象庁（気象研、地磁気含む）	3-65
筑波大	66-67
東大震研	68-81
東海大	82-89
京大阿蘇	90-95
九大	96-98
情報通信研究機構	99-100
防災科研	101-109
地理院	110-119

霧 島 山

(2017 年 1 月 31 日現在)

新燃岳

新燃岳では、新燃岳火口直下付近の浅い所を震源とする BH 型地震が、噴火前の 9 月 23 日頃から増加し、10 月 9 日に火山性微動が発生した。この火山性微動に伴い、傾斜計では新燃岳付近のわずかな膨張を示すと考えられる変化と、えびの岳付近の深いところでの収縮を示すと考えられる変化が始った。その後、10 月 11 日 05 時 34 分頃に新燃岳火口内東側から小規模な噴火が発生し、13 日 16 時頃まで続いた。噴火は、14 日 08 時過ぎに再開し 17 日 00 時 30 分頃まで継続した。これらの噴火による噴煙の高さの最高は火口縁上 2,300m であった。噴石や火砕流は確認されていない。

噴火開始後、BH 型のほか BL 型地震が 10 月中旬頃まで多い状態であった。火山性微動は、10 月 21 日まで時々発生した。新燃岳付近のわずかな膨張を示すと考えられる変化は 10 月 13 日頃まで、えびの岳付近の深いところでの収縮を示すと考えられる変化は 10 月 16 日頃まで継続した。また、噴火前の 10 月 7 日の観測では検出されなかった火山ガス(二酸化硫黄)は、噴火後の 10 月 11 日には 1 日あたりの放出量が 800 トンを観測し、10 月 15 日には 11,000 トンと急増した。

噴火終了以降、白色の噴煙が火口縁上概ね 200m 以下で経過している。

火山性地震は、噴火終了以降少ない状態で経過していたが、11 月 29 日から 12 月 4 日、及び 1 月 15 日から 16 日に、新燃岳火口直下付近の浅い所を震源とする BH 型地震が一時的に増加した。火山性微動は、11 月 25 日から 29 日、及び 1 月 16 日から 17 日にかけて時々発生した。また、1 月 16 日から 17 日にかけて発生した火山性微動に伴い、火口方向が沈降するわずかな傾斜変動が観測された。

火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、10 月 23 日以降、1 月にかけては 1 日あたり 200 トン以下ながら、引き続き検出している。

新燃岳の西側斜面の割れ目付近及び割れ目の下方では、やや温度の高い部分が引き続き観測されているが、噴気の状態や熱異常域の分布に特段の変化は認められない。

GNSS 連続観測では、2017 年 7 月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している。このことから霧島山の深い場所でマグマの蓄積が続いていると考えられる。

弾道を描いて飛散する大きな噴石が火口から概ね 2 km まで、火砕流が概ね 1 km まで達する可能性がある。そのため、火口から概ね 2 km の範囲では警戒が必要である。

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。

また、爆発的噴火に伴う大きな空振による窓ガラスの破損や降雨時の土石流にも注意が必要である。

地元自治体等が発表する火山ガスの情報にも留意が必要である。

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。

概況（2017 年 9 月～2018 年 1 月 31 日）

- ・噴煙など表面現象の状況（図 1～5、図 10- 、図 11- ）

新燃岳では、2017 年 10 月に入り白色の噴煙が次第に増加し 10 月 10 日には火口縁上 600m まで上がった。

10 月 11 日 05 時 34 分頃に新燃岳火口内東側から小規模な噴火が発生し、10 月 13 日 16 時頃まで続いた。噴煙ははじめ火口縁上 300m まで上がり北東へ流れていたが、噴火活動は次第に活発化し 12 日には一時的に 2,000m まで上がった。

10 月 11 日に鹿児島県及び九州地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、火口底の東側付近に新たに火孔が形成され、そこから灰白色の噴煙が火口縁上 700m まで上がり東に流れていた。西側斜面の割れ目付近と割れ目下方では噴気の状態に特段の変化は認められなかった。同日に実施した降灰調査では、宮崎県宮崎市、都城市、小林市、高原町で降灰を確認した。また、新燃岳火口から東北東約 8 km の高原町広原付近では、1 m²あたり 272g の降灰を確認した。東に約 50km 離れた宮崎地方気象台でもごくわずかな降灰を確認した。

10 月 13 日に宮崎県の協力により実施した上空からの観測では、火口底の東側付近の火孔から白色の噴煙が火口縁上 500m まで上がり東に流れていた。火孔の大きさや形状には特段の変化は認められなかった。10 月 10 日の観測に引き続き、明らかに感じる程度の火山ガスの臭気を観測した。また、10 月 11 日の観測時に比べ、噴煙の温度が低下していた。

10 月 14 日 08 時 23 分に同火孔で噴火が再開し、灰白色の噴煙が火口縁上 2,300 m まで上がり、北東へ流れた。新燃岳周辺では、午前中にこの噴火に伴う鳴動が聞こえているとの情報があった。同日実施した降灰調査では、新燃岳周辺から北東側の宮崎県日向市（新燃岳火口から北東約 90km）までの範囲で降灰を確認した。降灰が確認された場所は、鹿児島県霧島市、曾於市、宮崎県高原町、小林市、西都市、新富町、西米良村、日向市、美郷町であった。

その後も消長を繰り返しながら噴火活動は継続し、10 月 17 日の 00 時 30 分頃には停止したとみられる。いずれの噴火でも、弾道を描いて火口外に飛散する大きな噴石や火砕流は確認されていない。

10 月 23 日に九州地方整備局の協力により実施した上空からの観測では、火口内東側の火孔は直径約 80m で、周囲に噴火による噴出物が丘状に堆積していた。白色の噴煙が火孔付近から上がっているほか、火口内の複数の箇所からも白色の噴煙が火口縁上 100m まで上がっているのを確認した。また、火口内の複数の窪地に水たまりがあるのを確認した。

繰り返し実施した新湯温泉付近からの現地調査では、新燃岳の西側斜面の割れ目付近及び割れ目の下方で、やや温度の高い部分が引き続き観測されているが、噴気の状態や熱異常域の分布に特段の変化は認められない。

噴火終了以降、白色の噴煙が火口縁上概ね 200m 以下で経過している。

- ・地震や微動の発生状況（図 6～9、図 10- 、図 11- ~ 、図 12- 、図 15）

新燃岳火口直下付近の浅い所を震源とする BH 型地震が、噴火前の 9 月 23 日頃から増加した。噴火開始後、BH 型のほか BL 型地震も増加し、10 月 16 日には 324 回観測するなど 10 月中旬頃までは多い状態であった。その後は少ない状態で経過したが、11 月 29 日から 12 月 4 日にかけて一時的に BH 型地震が増加し、12 月 2 日には 201 回観測した。また、1 月 15 日から 16 日にかけても一時的に BH 型地震が増

加し、1月16日には357回観測した。火山性微動は、噴火前の10月9日から噴火に伴うものも含め21日まで時々発生した。また、11月25日から29日、及び1月16日から17日かけて継続時間の短い振幅の小さな火山性微動が時々発生した。

地震回数は9月161回、10月1,558回、11月は139回と減少したが12月647回、1月783回と増加した。震源は、新燃岳付近のごく浅い所から海拔下2km付近に分布した。

えびの岳付近（新燃岳の北西6km付近）では、地震が10月6日に33回、9日に105回、13日に140回、11月5日に25回、12月12日に32回と一時的に増加した。この付近の深さ6～10kmでは、2011年の新燃岳の噴火に伴い収縮が認められたことから、マグマを供給した領域と推定されている。

・火山ガスの状況（図10- 、図11- ）

火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、噴火前の10月7日の観測では検出されなかったが、噴火後の10月11日では、1日あたり800トンを観測した。10月12日及び13日には、1,400トンと増加し、15日には11,000トンと急増した。火山ガスの放出量が1日あたり10,000トンを超えたのは、2011年1月の本格的なマグマ噴火時以来である。その後は減少し、10月23日以降、1月にかけては1日あたり200トン以下ながら、引き続き検出している。

・地殻変動の状況（図7、図9、図11- 、図12- ~ 、図13～17）

10月9日15時12分頃に発生した火山性微動に伴い、新燃岳の山体の膨張を示す傾斜変動が観測された。この傾斜変動を境に高千穂河原観測点の傾斜計及び周辺の傾斜計で変動の傾向が変化し、新燃岳付近のわずかな膨張を示すと考えられる変化は10月13日頃まで、えびの岳付近の深いところでの収縮を示すと考えられる変化が10月16日頃まで継続した。

1月16日から17日にかけて時々発生した火山性微動に伴い、高千穂河原観測点の傾斜計で火口方向が沈降するわずかな傾斜変動が観測された。

GNSS連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している。このことから霧島山の深い場所でマグマの蓄積が続いていると考えられる。

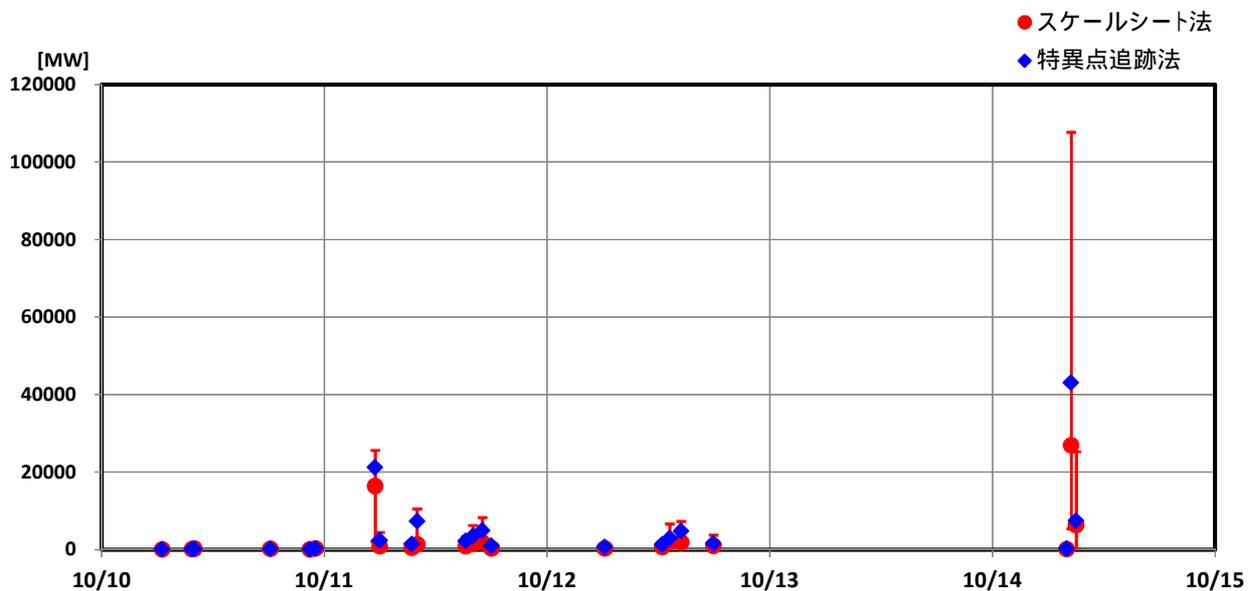
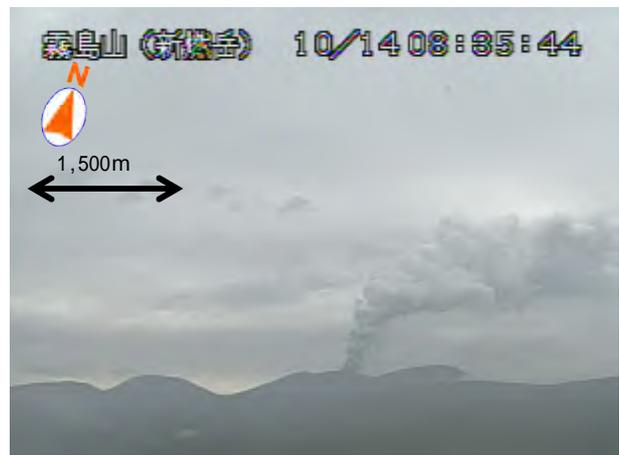
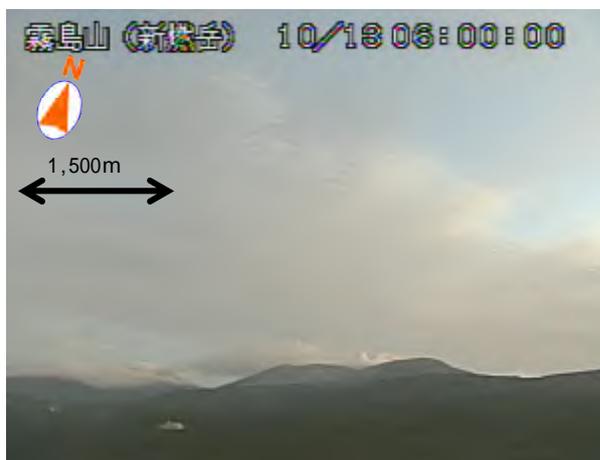


図 1 霧島山（新燃岳） 猪子石監視カメラの噴煙の映像から算出した新燃岳の放熱率の推移と噴煙の状況（2017年10月10日～10月14日）

10月11日の噴火以降、放熱率の増減がみられ、14日の噴火に伴うものが最大であった。
 * スケールシート法とは、噴煙の全体の流れに最もよく合う係数を選び、放熱率を求める手法。
 * 特異点追跡法とは、特徴的な噴煙の推移を追って係数を求め、放熱率を計算する手法。

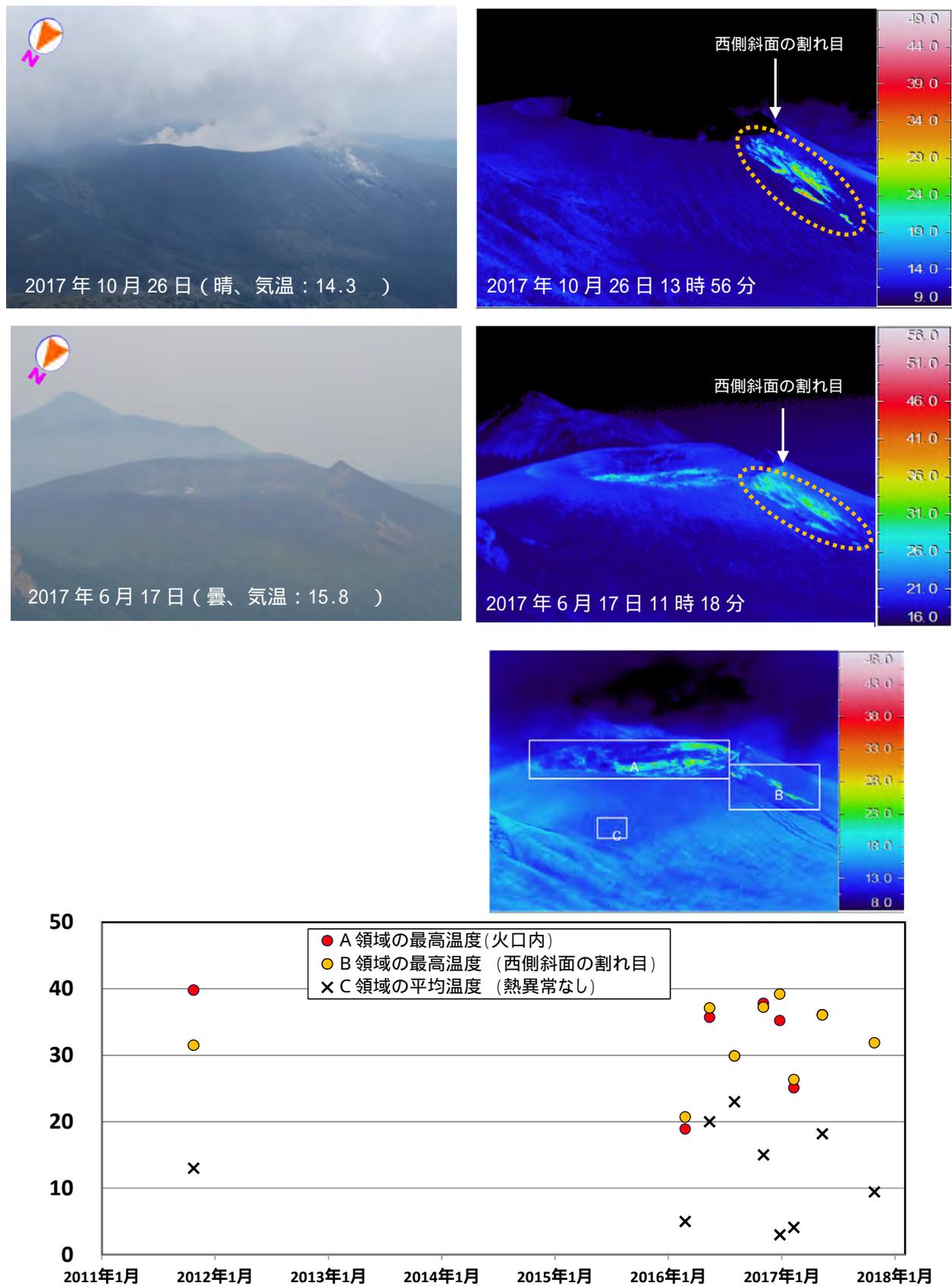


図 2 霧島山（新燃岳） 火口内及び西側斜面の状況と熱異常域の温度時系列
 （2011年10月24日～2017年10月26日：韓国岳山頂から観測）

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（橙破線内）で、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い。

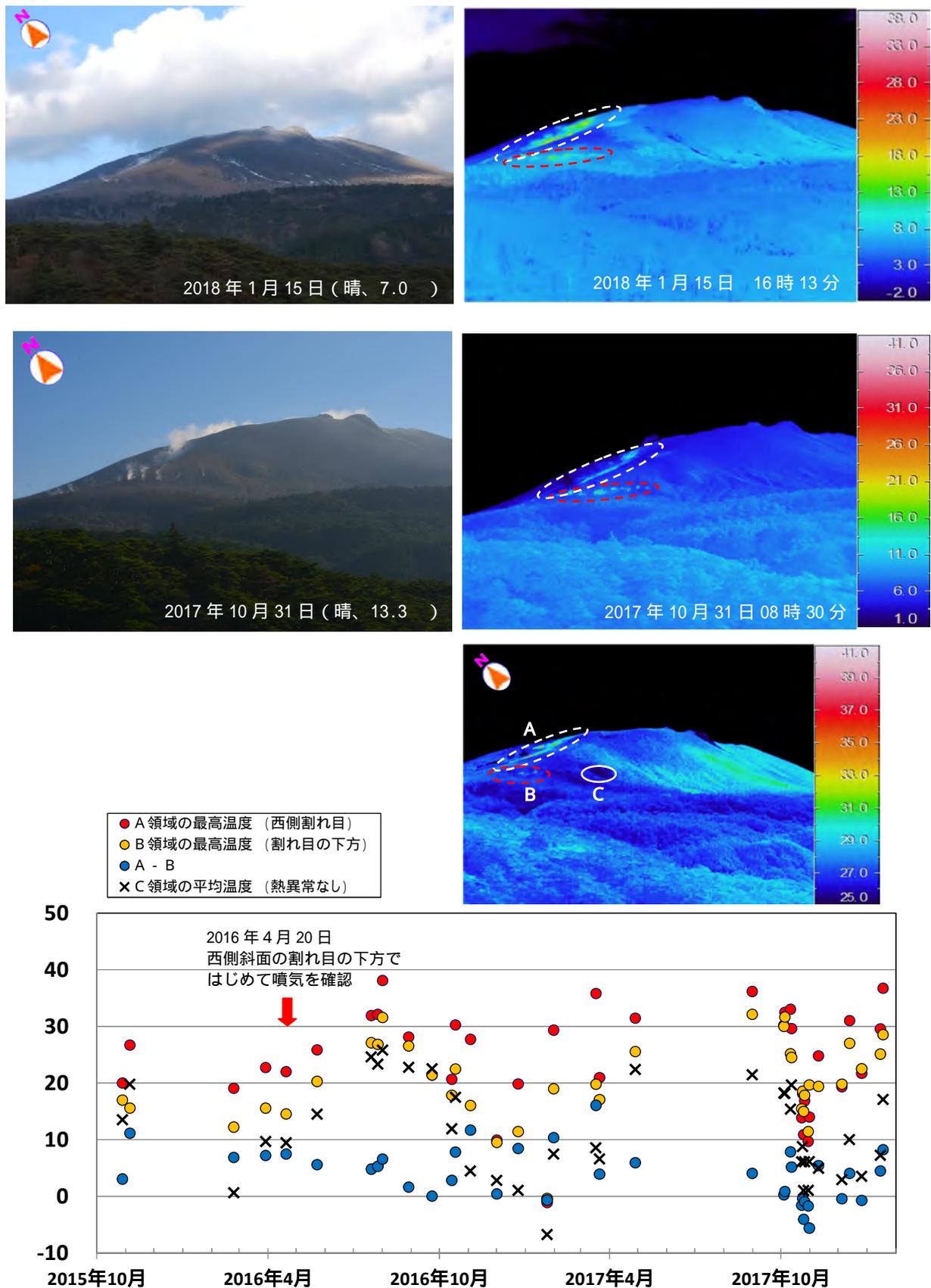


図 3 霧島山（新燃岳） 新燃岳南西側の状況（新湯温泉付近から観測）

西側斜面の割れ目付近（白破線内）及び割れ目の下方（赤破線内）で引き続き噴気及び弱い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い。

* 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。

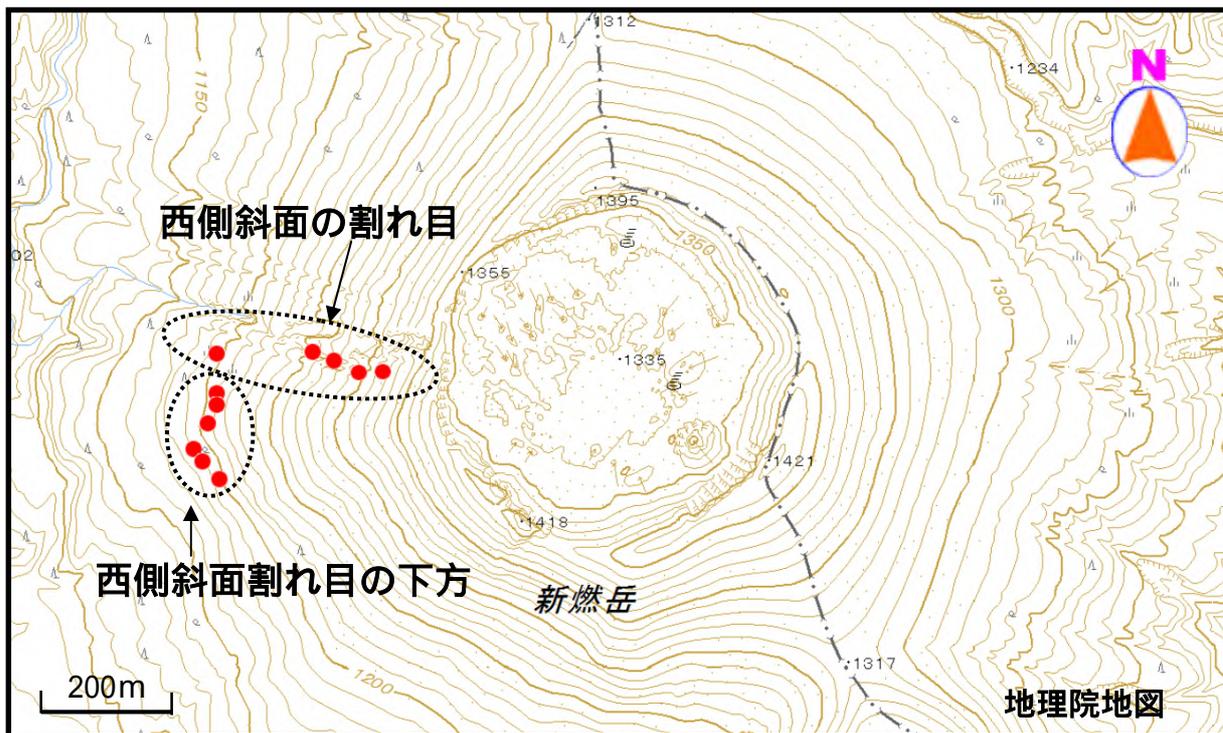


図 4 霧島山（新燃岳） 西側斜面割れ目付近の噴気位置

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 10 月 31 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。

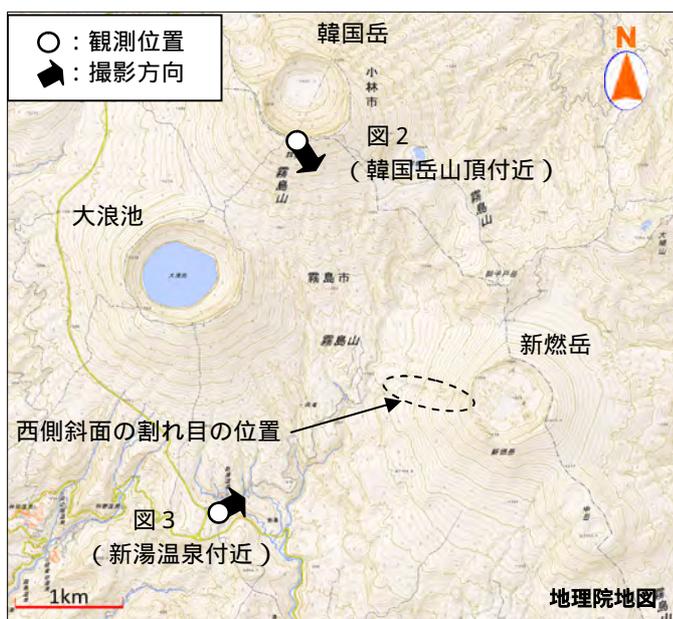


図 5 霧島山（新燃岳） 図 2、図 3 の観測位置

* 黒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。

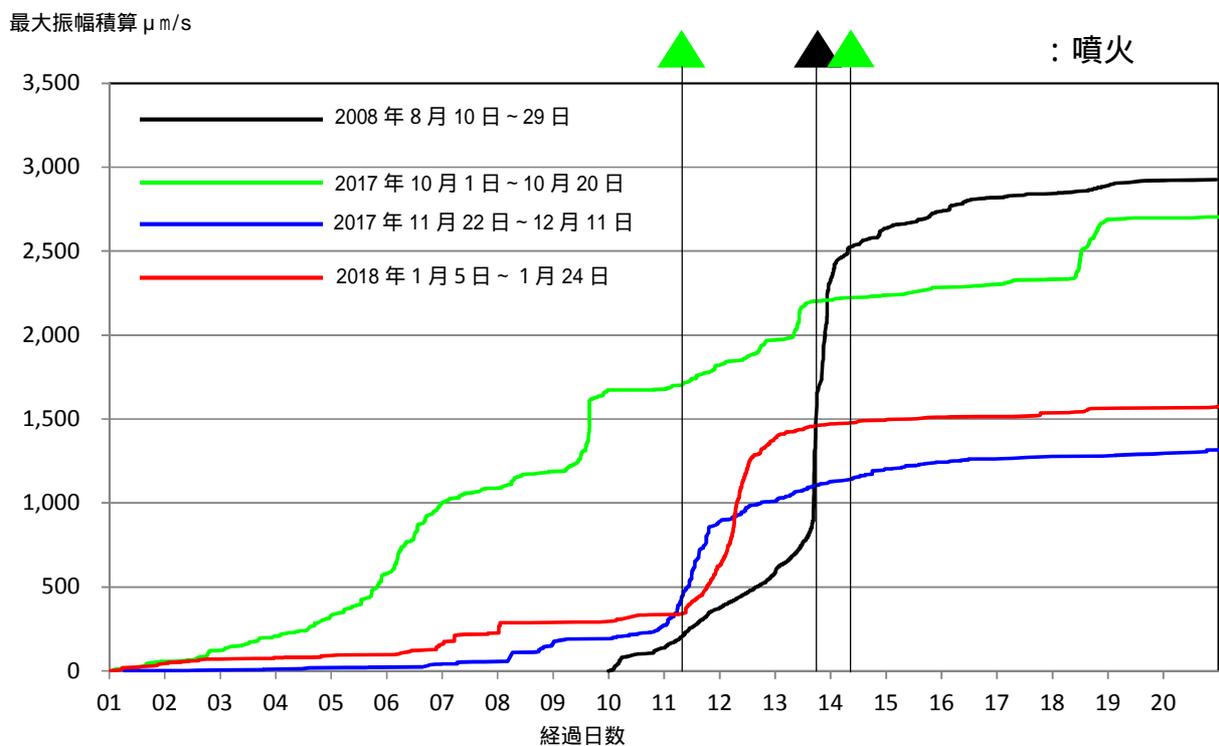
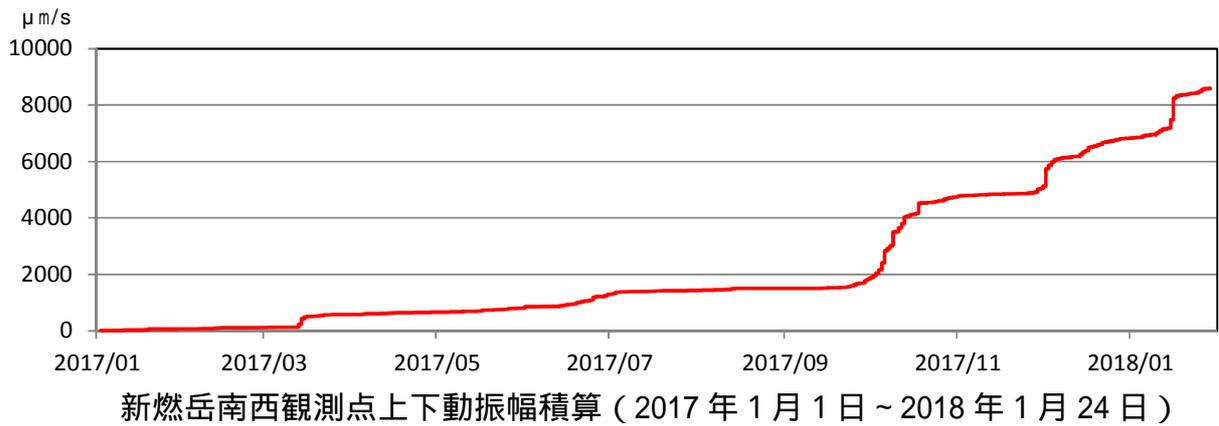


図 6 霧島山（新燃岳） 火山性地震多発時の振幅積算の経過比較

- ・新燃岳では、火口付近を震源とする火山性地震が 2018 年 1 月 15 日には 122 回、1 月 16 日には 357 回と増加し、振幅のやや大きな地震も時々発生した。
- ・火山性地震が前回増加した 2017 年 12 月上旬、噴火に至った 2008 年 8 月、2017 年 10 月上旬及び今回の地震増加時の振幅積算（新燃岳南西観測点上下動）を比較した。
- ・2008 年 8 月は火山性地震の振幅積算が急増中に噴火、2017 年 10 月は地震の増加が一旦収まった後に噴火している。2017 年 11 月と 2018 年 1 月の事例は、噴火に至った事例と比べ、振幅積算値が小さい。
- ・振幅積算の対象は、新燃岳火口直下の浅い場所で発生している BH 型に限定している。

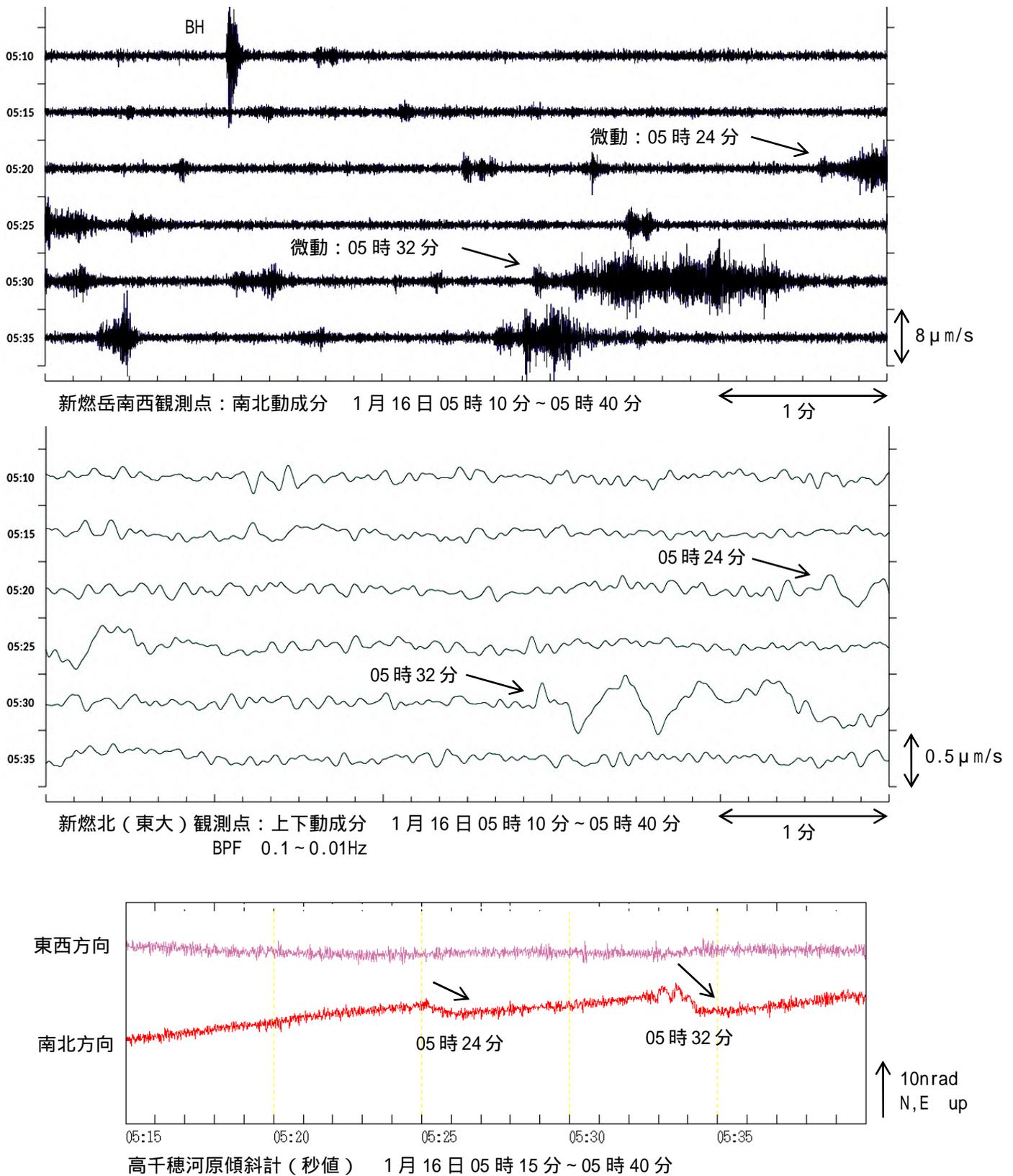


図 7 霧島山（新燃岳） わずかな傾斜変動を伴う火山性微動（2018年1月16日）

- ・ 1月16日05時24分と05時32分に振幅の小さな継続時間の短い（約1～2分）火山性微動が発生した。
- ・ これらの微動に伴い、高千穂河原観測点の傾斜計（秒値）では、新燃岳方向がわずかに下がる傾斜変動が認められた。他の観測点では、特段の変化は認められない。
- ・ 新燃北（東大）観測点の広帯域地震計では長周期成分も含まれていた。

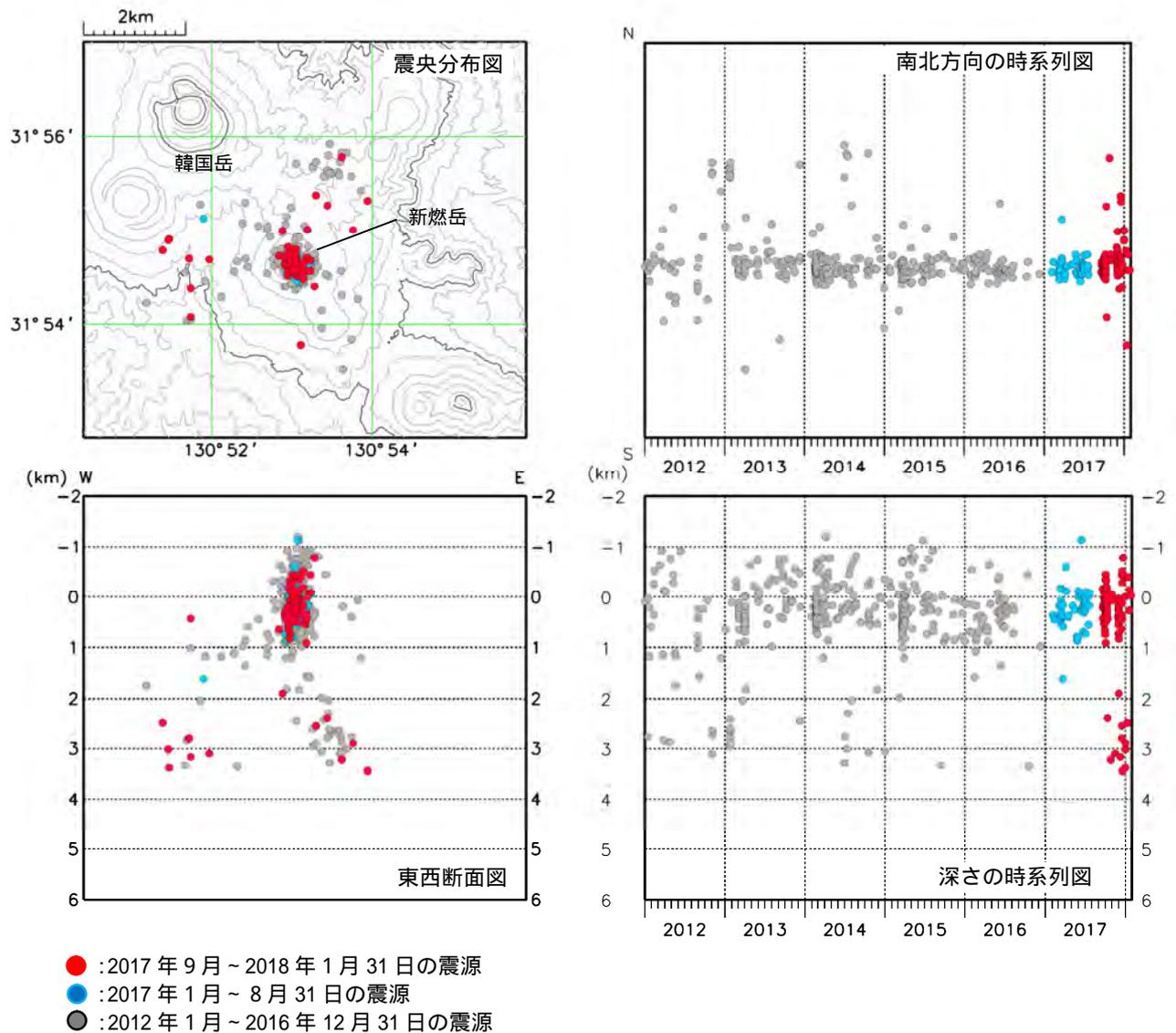


図 8 霧島山（新燃岳） 新燃岳周辺の火山性地震の震源分布図
 （2012 年 1 月 ~ 2018 年 1 月 31 日）

< 2017 年 9 月 ~ 2018 年 1 月 31 日の活動状況 >

震源は、主に新燃岳付近のごく浅い所 ~ 深さ 1 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。

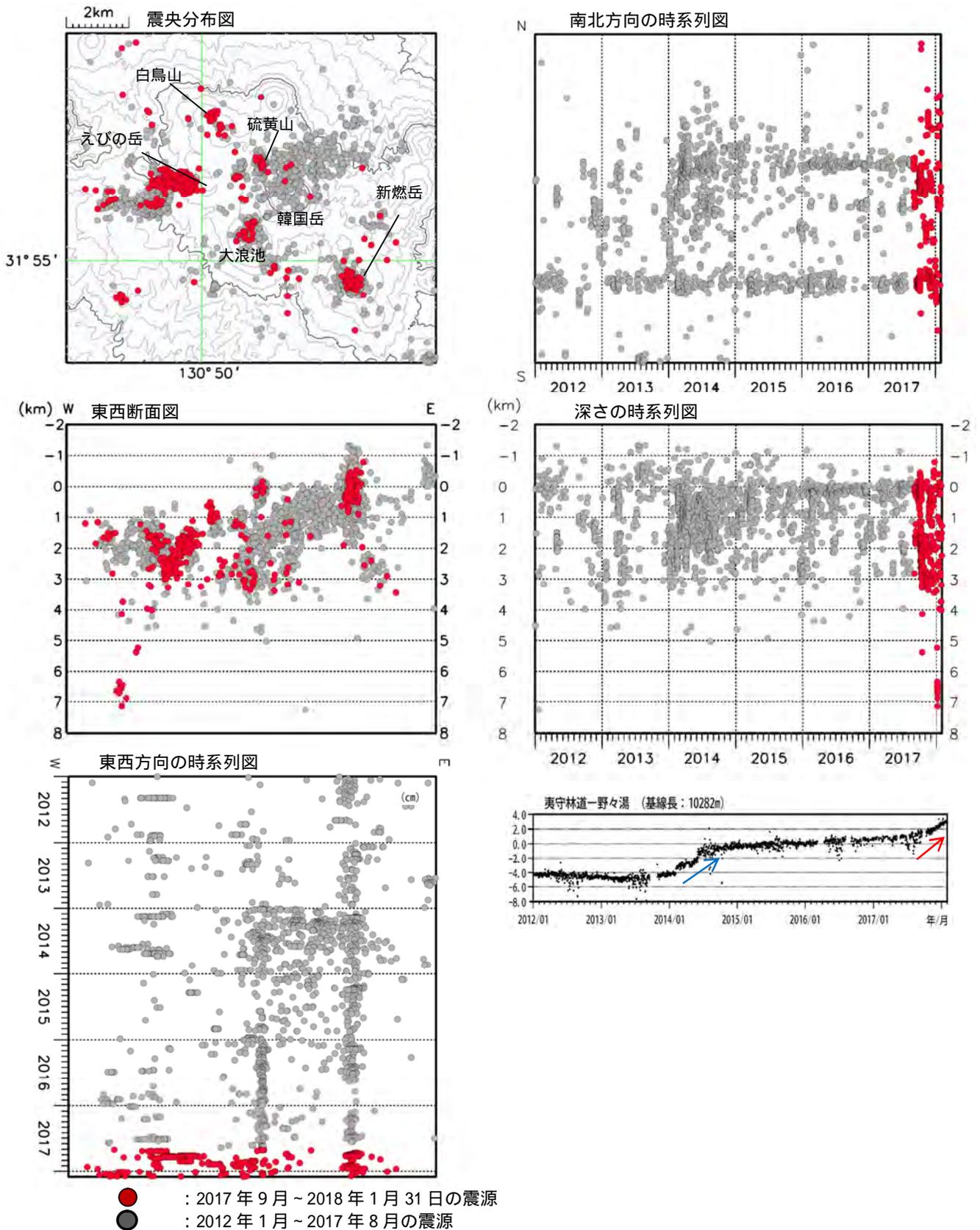


図 9 霧島山 広域の霧島山の火山性地震の震源分布図
(2012年1月～2018年1月31日)

震源は、主に新燃岳のごく浅いところから深さ 1 km 付近、新燃岳周辺の深さ 1 ~ 3 km 付近、及びえびの岳付近の深さ 1 ~ 3 km 付近に分布した。

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。同様に、2014年のGNSSの伸び(青矢印)が認められた期間にも、大浪池付近、韓国岳の周辺及び北東側で地震の増加が認められた。

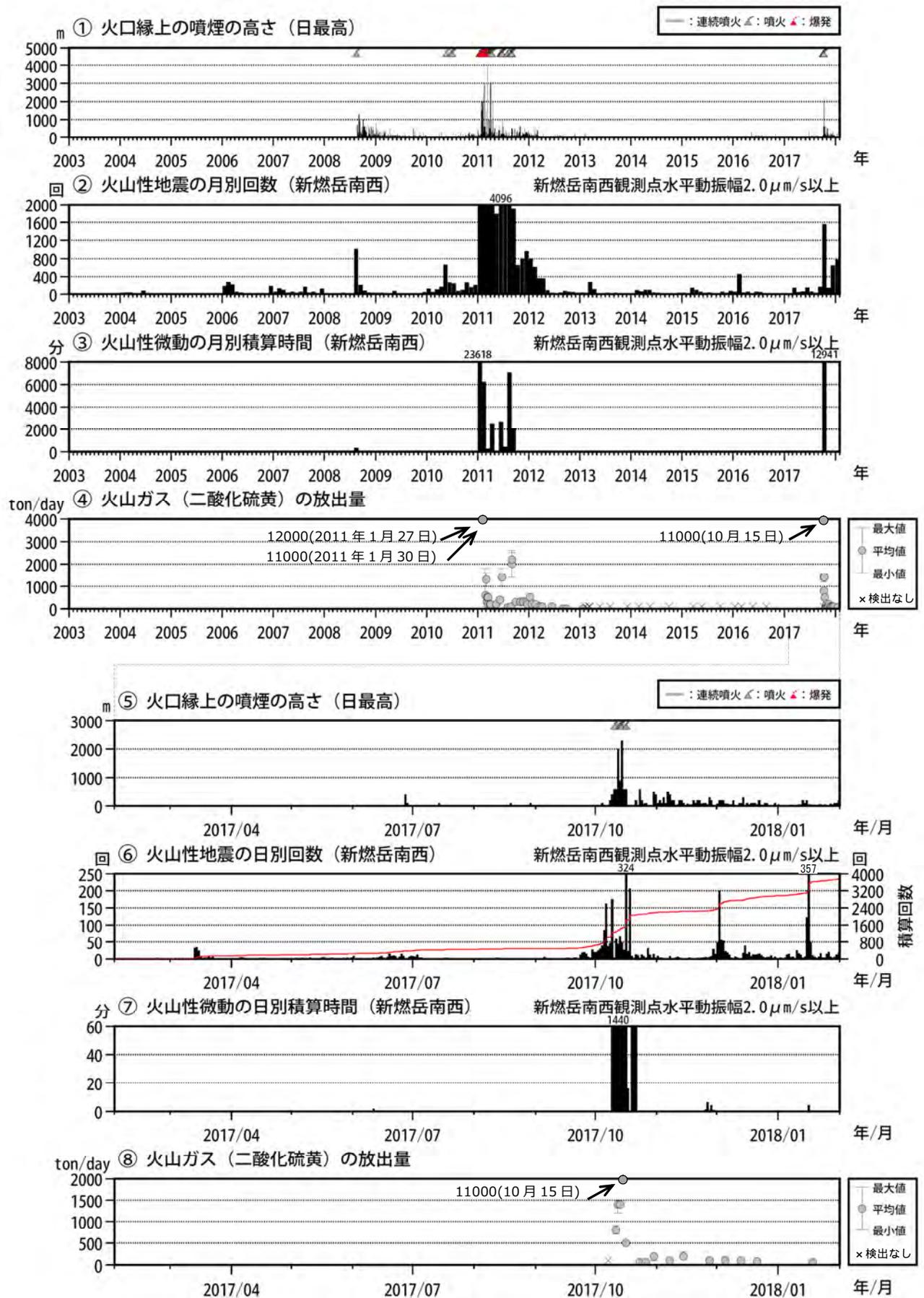


図 10 霧島山 (新燃岳) 火山活動経過図 (2003 年 1 月 ~ 2018 年 1 月 31 日)

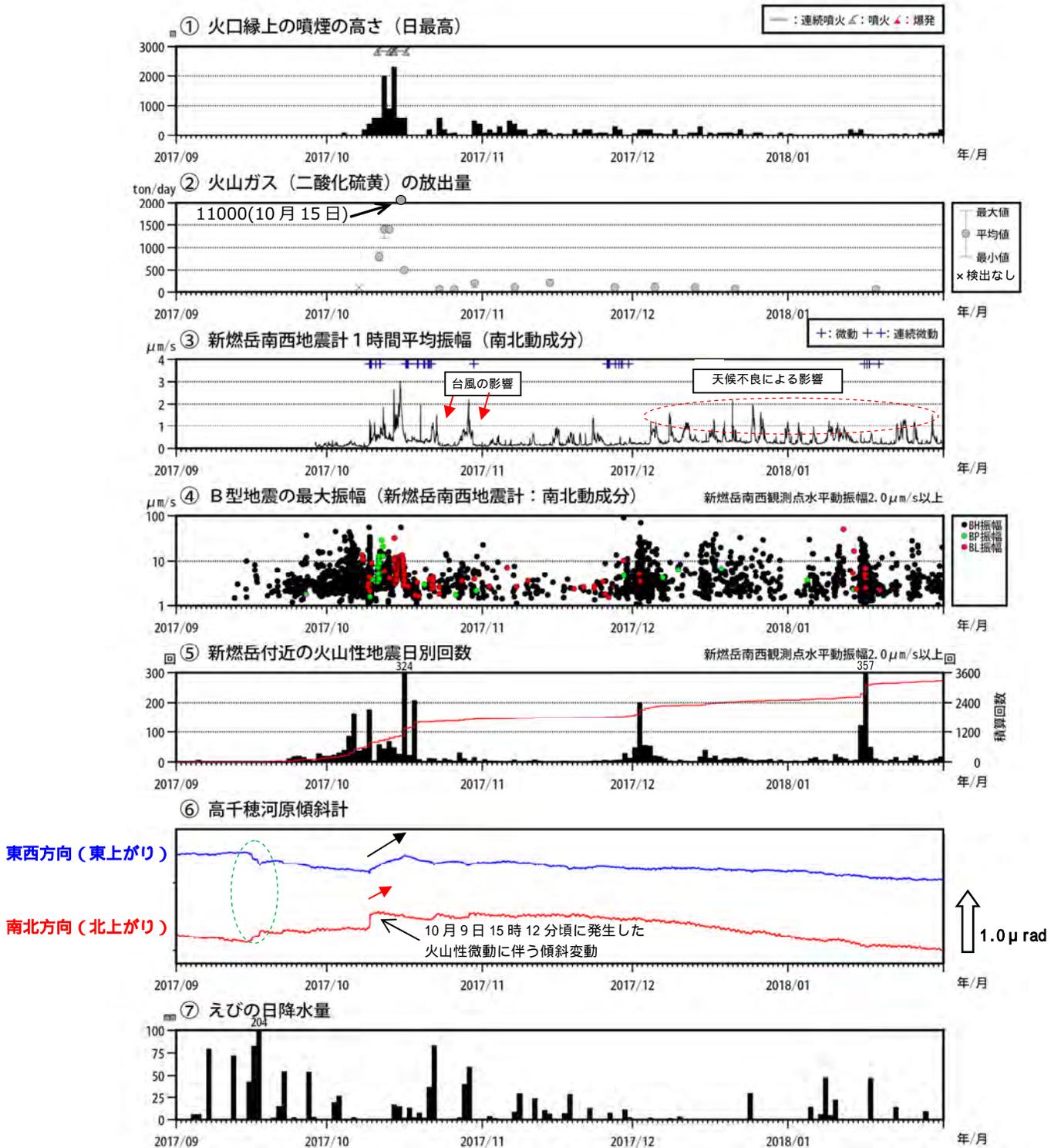


図 11 霧島山 (新燃岳) 火山活動経過図 (2017 年 9 月 ~ 2018 年 1 月)

- ・ 10月11日05時34分頃に噴火が発生し、10月17日未明まで断続的に継続した。
- ・ 火山ガス (二酸化硫黄) の放出量は、10月11日以降増加し、15日には11,000トンと急増した。その後は減少し、10月23日以降は 1 日あたり200トン以下で経過している。
- ・ 10月 9 日に発生した火山性微動に伴い、新燃岳の山体の膨張を示す傾斜変動が観測された。
- ・ 地殻変動観測では、噴火活動に伴い、新燃岳付近のわずかな膨張を示すと考えられる変化が10月13日頃 (赤矢印) まで、えびの岳付近の深いところでの収縮を示すと考えられる変化が10月16日頃まで継続した (黒矢印) の×印は、二酸化硫黄が検出されなかったことを示す。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。の赤線は、地震の回数の積算を示す。の緑破線内の変化は、降水などの気象要因によるものである。

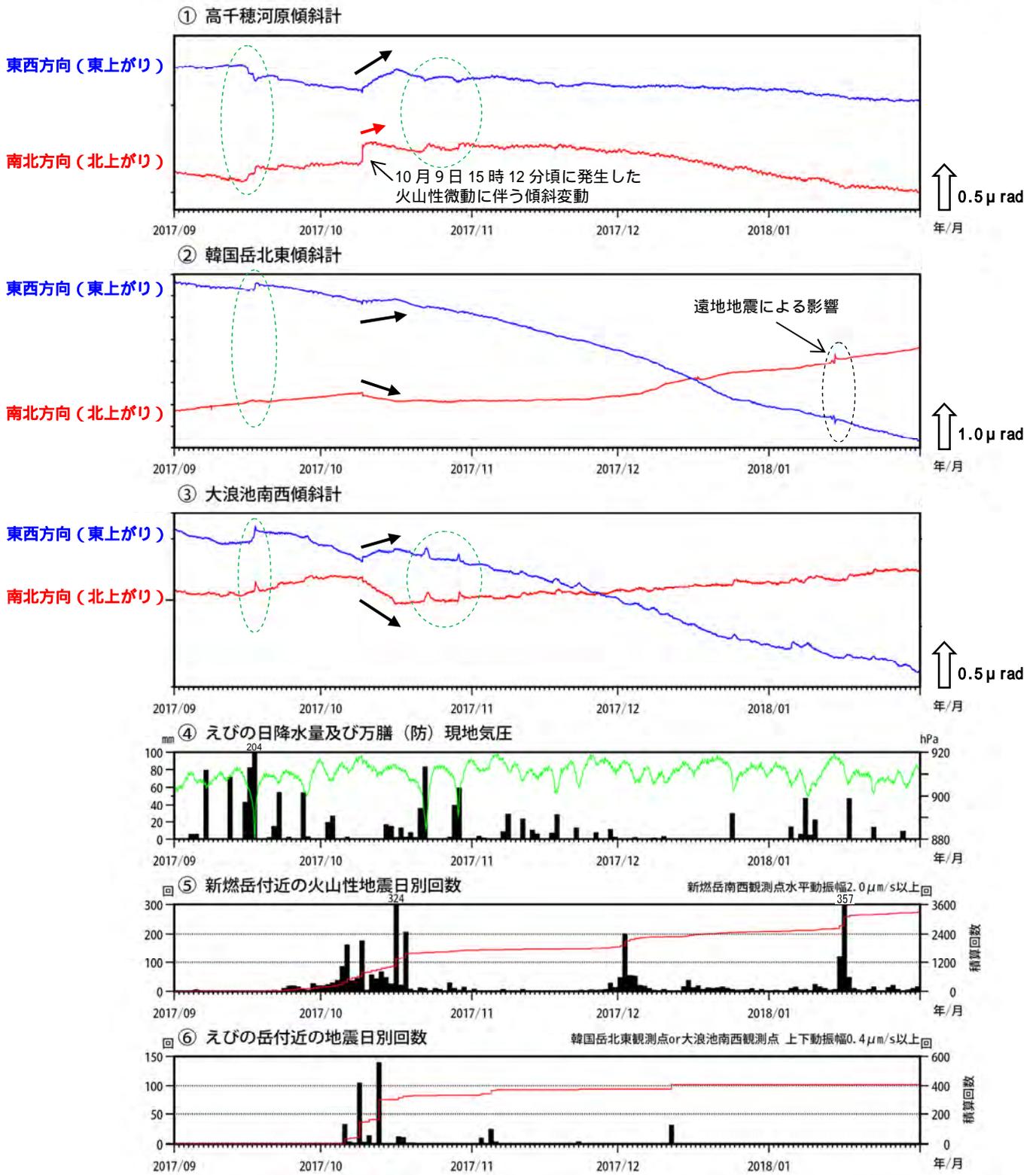


図 12 霧島山(新燃岳) 傾斜変動と火山性地震の日別回数(2017年9月~2018年1月)

- ・高千穂河原傾斜計では、10月9日15時12分頃に発生した火山性微動に伴い新燃岳方向が隆起する傾斜変動(赤矢印)が観測されたが、10月13日以降は認められていない。
- ・新燃岳周辺の傾斜計(~)では、えびの岳付近の収縮を示す明瞭な変化(黒矢印)は、10月16日以降は認められていない。

の緑破線内の変化は、降水などの気象要因によるものである。
 の赤線は、地震の回数の積算を示す。

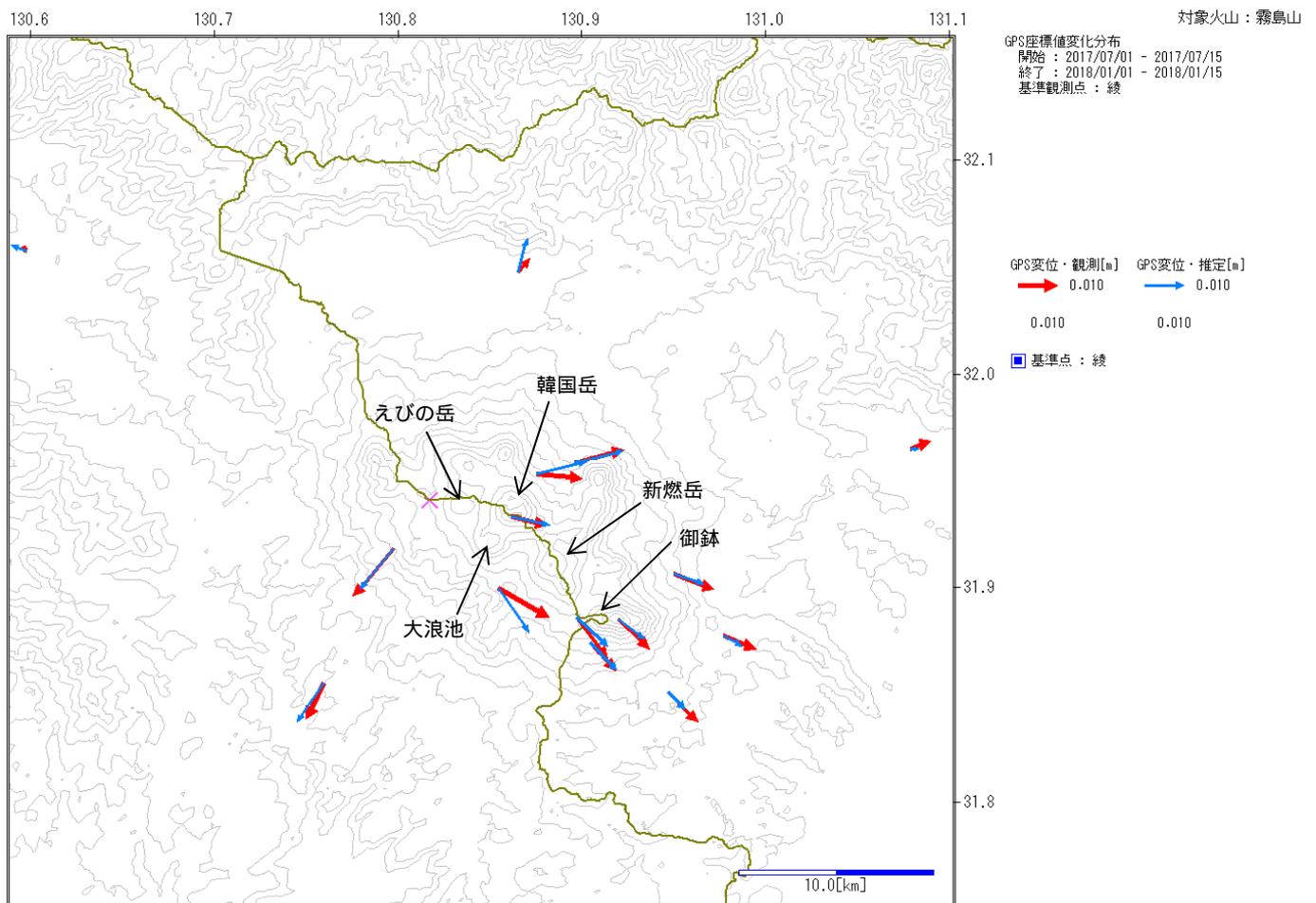


図 13 霧島山（新燃岳） 霧島山周辺の GNSS 変動源推定
 (2017年7月1日～2018年1月15日)

期間内の GNSS の水平変位量から求めた球状モデル（加圧）は、えびの岳付近（海面下約 7 km、体積 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ ）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。

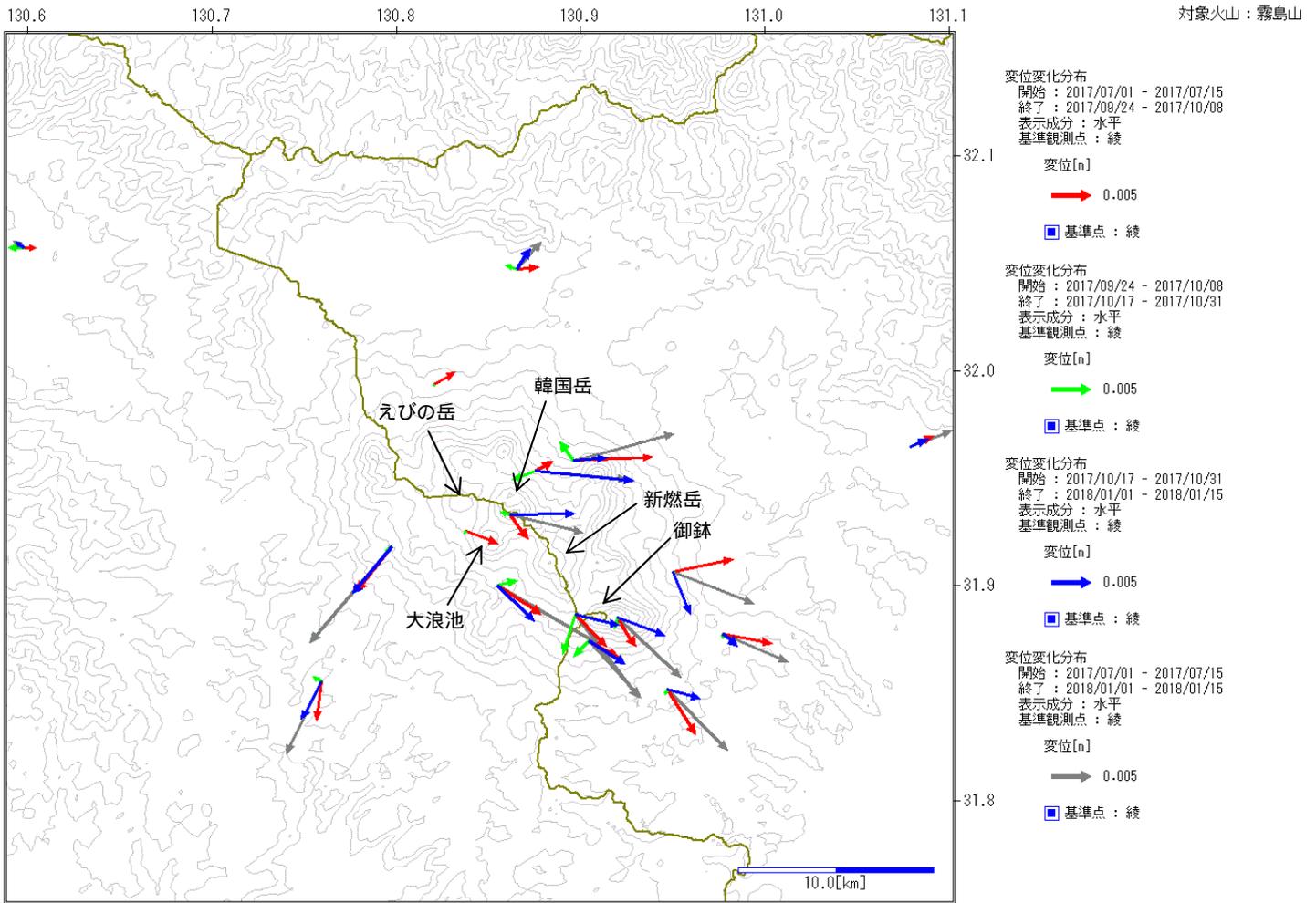


図 14 霧島山（新燃岳） 霧島山周辺の GNSS の期間毎の水平変位変化
 (2017 年 7 月 1 日 ~ 2018 年 1 月 15 日)

- (red) : 2017 年 7 月 1 日 ~ 7 月 15 日 2017 年 9 月 24 日 ~ 10 月 8 日
- (green) : 2017 年 9 月 24 日 ~ 10 月 8 日 2017 年 10 月 17 日 ~ 10 月 31 日
- (blue) : 2017 年 10 月 17 日 ~ 10 月 31 日 2018 年 1 月 1 日 ~ 1 月 15 日
- (grey) : 2017 年 7 月 1 日 ~ 7 月 15 日 2018 年 1 月 1 日 ~ 1 月 15 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。

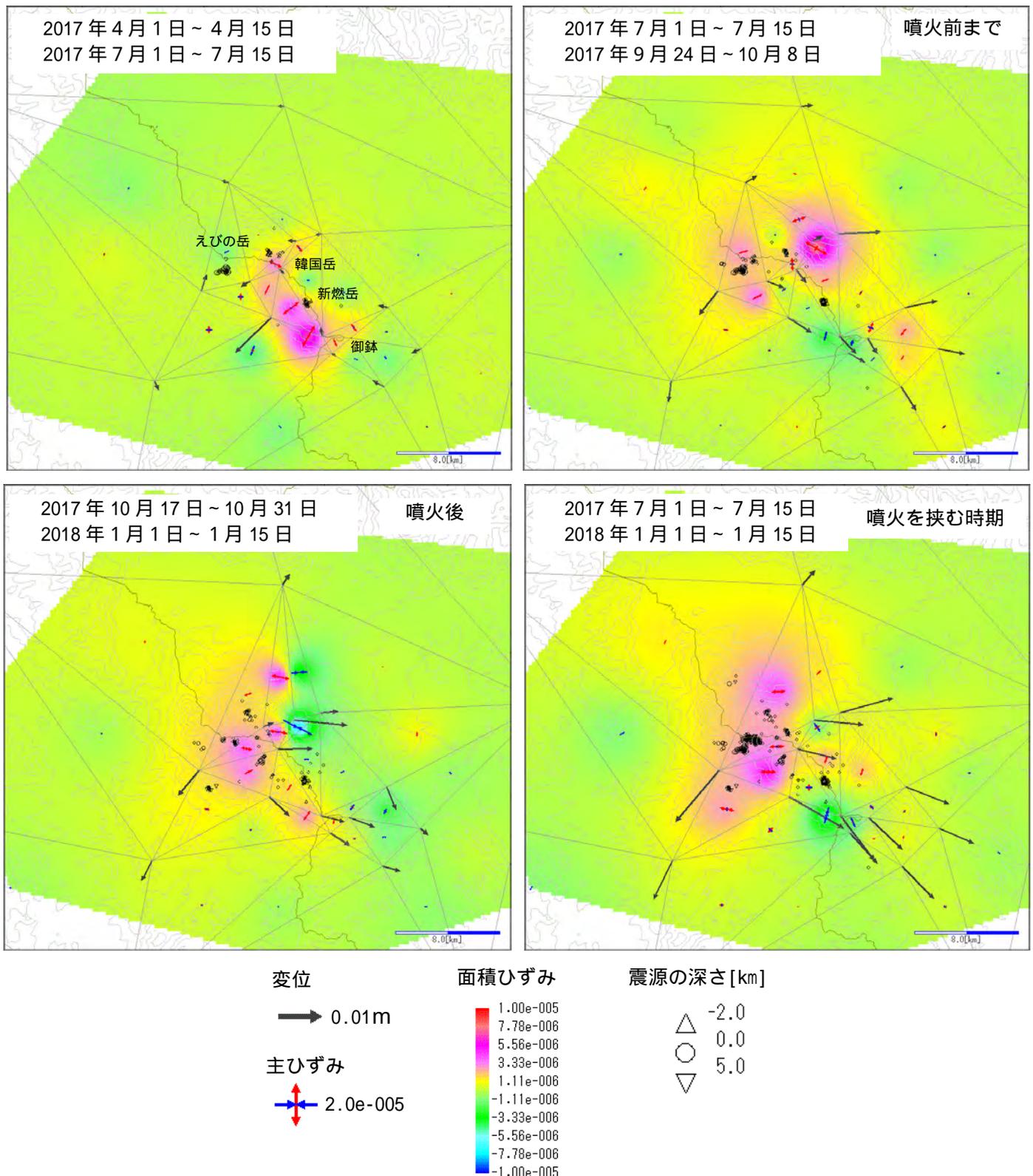


図 15 霧島山（新燃岳） 霧島山周辺の GNSS の期間毎の水平変位・主ひずみ・面積ひずみ及び震源分布（2017年4月1日～2018年1月15日）

- ・2017年7月以降、えびの岳周辺で深部の膨張によると考えられる変化がみられた（ ）。
- ・10月の噴火を含む期間では新燃岳の南側で面積ひずみの縮小がみられた（ ）。
- ・期間を通して硫黄山付近のごく浅部の膨張によると考えられる変化がみられた（ ）。

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。

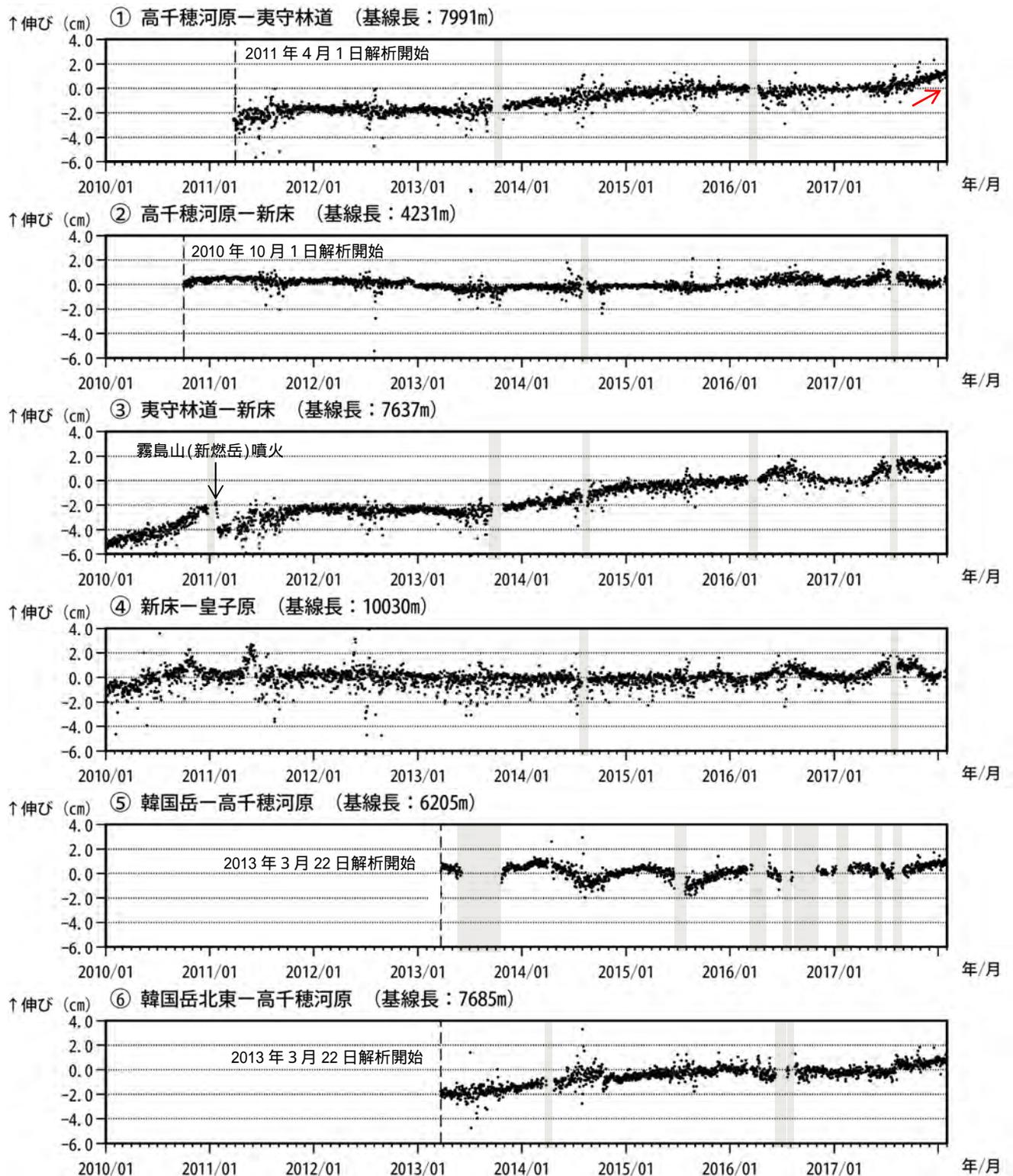


図 16-1 霧島山(新燃岳) GNSS 連続観測による基線長変化
(2010年1月～2018年1月31日)

GNSS 連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している(赤矢印)。

これらの基線は図 17 の ~ に対応している。
灰色の部分は機器障害による欠測を示している。
2010年10月及び2016年1月に、解析方法を変更している。

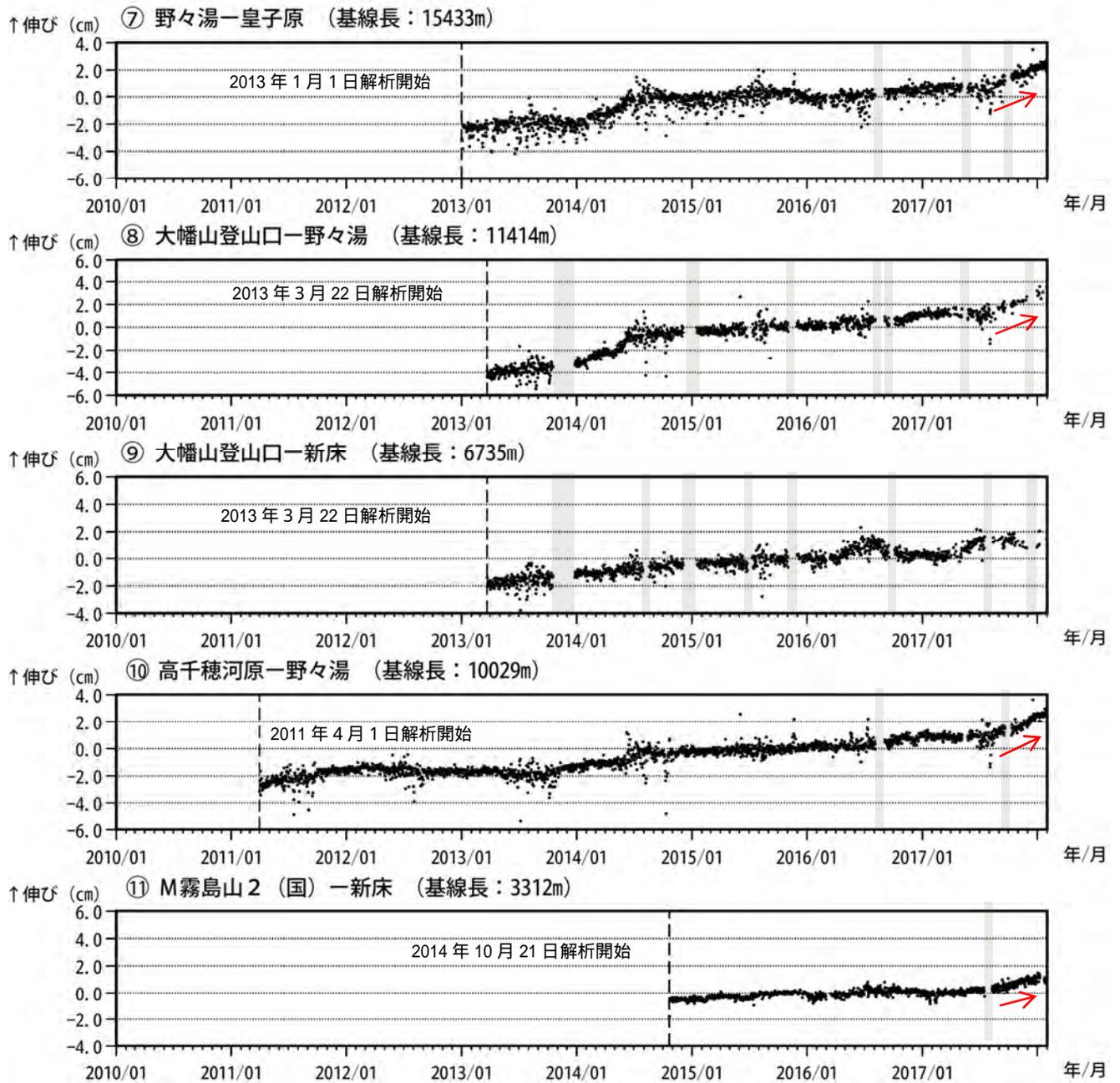


図 16-2 霧島山 (新燃岳) GNSS 連続観測による基線長変化
(2010年1月～2018年1月31日)

GNSS 連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している (赤矢印)。

これらの基線は図 17 の ~ に対応している。
 灰色の部分は機器障害による欠測を示している。
 2016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。
 (国): 国土地理院

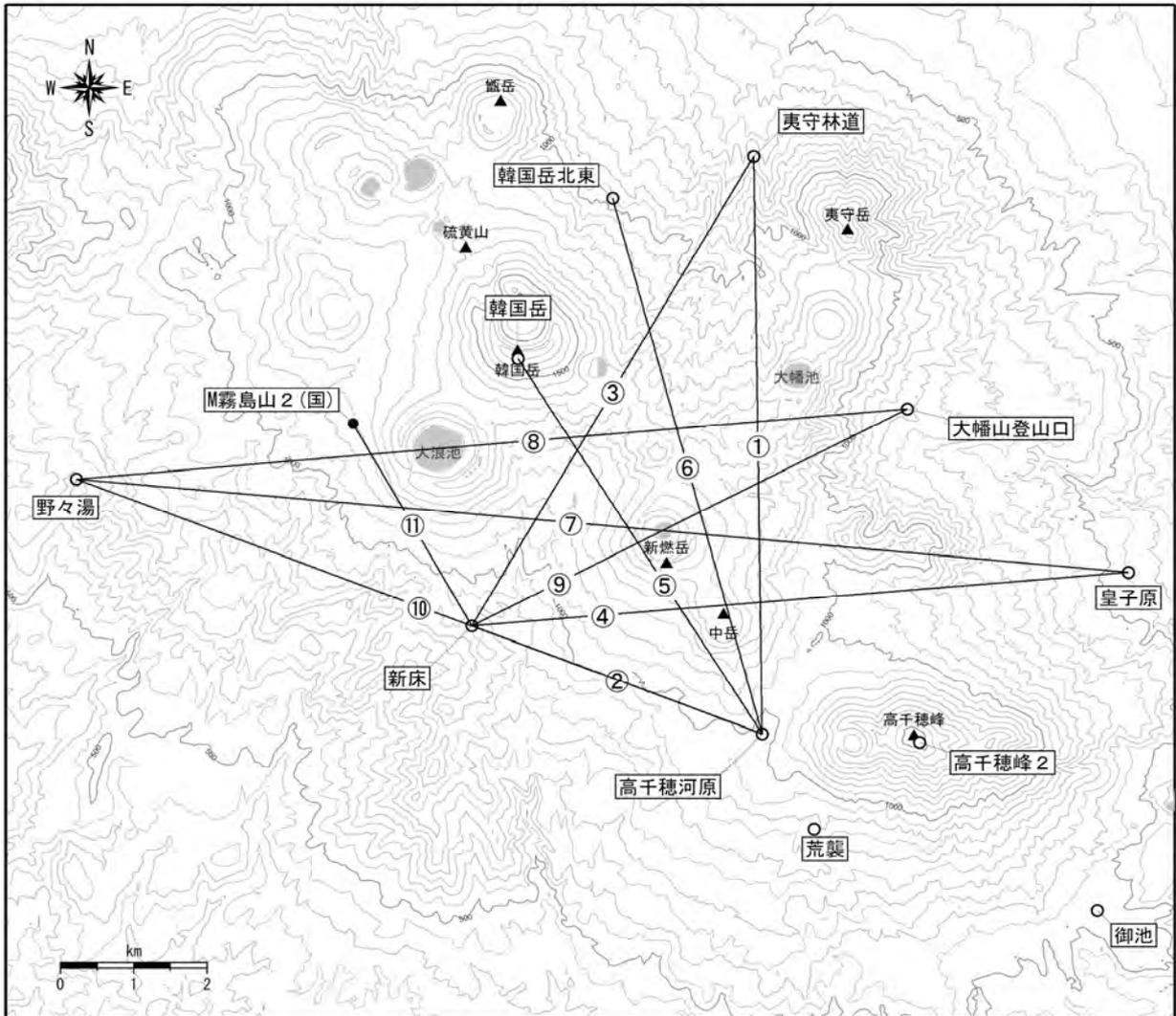


図 17 霧島山（新燃岳） GNSS 観測点基線図

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。

えびの高原（硫黄山）周辺

えびの高原（硫黄山）周辺では、硫黄山の火口周辺における噴気や熱異常域は 2015 年 12 月から次第に拡大し、2017 年 2 月から硫黄山の南西から西側でもみられるようになった。徐々に拡大していた熱異常域は、10 月下旬には 2017 年初めの程度に縮小したが、高温域が局所的に存在している。なお、硫黄山火口周辺での噴気活動の拡大は過去に活動がみられていた領域に留まっている。

12 月 17 日から 21 日にかけて微小な地震を含む火山性地震がやや増加し、22 日には振幅の小さな浅い低周波地震が発生した。23 日に気象庁機動調査班（JMA-MOT）が実施した現地調査では、硫黄山東側の熱異常域のわずかな広がりを確認したが、その他の熱異常域に特段の変化は認められていない。

1 月 19 日 02 時 30 分頃、硫黄山方向が隆起する傾斜変動を伴う火山性微動が発生し、その後、火山性地震が一時的に増加したが、噴気の状態等に変化は認められなかった。火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、少ない状態である。

GNSS 連続観測では、2017 年 7 月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続しているため、霧島山の深い場所でマグマの蓄積が続いていると考えられる。

硫黄山火口内の活発な噴気域及び熱異常域とその周辺の概ね 100m の範囲では、噴気孔からの高温の土砂や噴気、熱水等の規模の小さな噴出現象に十分注意が必要である。また、火山ガスにも注意が必要である。

概況（2017 年 9 月～2018 年 1 月 31 日）

- ・噴煙など表面現象の状況（図 1～3、図 7～13、図 14、図 15、図 16-1、図 16-2）

硫黄山の火口周辺における噴気や熱異常域は 2015 年 12 月から次第に拡大し、2017 年 2 月から硫黄山の南西から西側でもみられるようになった。熱異常域は、10 月下旬には 2017 年初めの程度に縮小したが、高温域が局所的に存在している。繰り返し実施した現地調査では、火口南側の顕著な噴気孔や硫黄山火口内の噴気孔で、大きな噴気音を伴う噴気活動が続いているが、硫黄山火口周辺では噴出物は確認されていない。なお、硫黄山火口周辺での噴気活動の拡大は過去に活動がみられていた領域に留まっている。硫黄山周辺の北東側斜面では、噴気や熱異常域は認められない。火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1 日あたり 10 トン未満と少ない状態で経過した。

10 月 26 日に実施した現地調査では、硫黄山の火口内及び周辺の熱異常域に縮小が認められた。10 月 25 日の観測では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は検出限界未満であった。これらのことは、地下深部からの高温の火山ガスや熱水等の供給の低下を示していると考えられる。

12 月 17 日から 21 日にかけて微小な地震を含む火山性地震がやや増加したため、23 日に気象庁機動調査班（JMA-MOT）が現地調査を実施し、硫黄山東側の熱異常域のわずかな広がりを確認した。その他の熱異常域や光波測距観測のデータに特段の変化は認められなかった。

12 月 17 日から 2018 年 1 月にかけて、白色の噴気が時々稜線上 200m まで上がった。

硫黄山南赤外監視カメラによる解析では、硫黄山火口南西側及び南側斜面では、

2017 年 11 月頃から地熱及び噴気温度の低下傾向が認められていたが、12 月 17 日以降、硫黄山南側の活発な噴気孔 H やその周辺の熱異常域で活発化を示す温度の高まりが認められた。これらの領域の温度の高まりは、1 月 19 日の傾斜変動を伴う火山性微動の発生以降、次第に低下した。

えびの高原足湯源泉の水温は、2018 年 1 月にわずかに上昇し、2016 年 5 月の水温低下前と同程度の温度であった。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引き続き認められた。

・火山性地震や火山性微動の状況（図 3、図 4、図 6、図 16-1、図 16-2 ~ ）

9 月 5 日 13 時 29 分に硫黄山付近のごく浅いところを震源とする振幅の大きな火山性地震が発生した。この地震によりえびの高原では、わずかに身体に感じる程度の揺れがあった。この地震の発生以後、14 時までには火山性地震が 63 回と増加したが、その後は減少した。いずれの地震も、震源は硫黄山付近のごく浅いところに推定された。これらの地震の発生に伴い、硫黄山周辺の傾斜計では硫黄山方向が一時的に隆起する傾斜変動がみられた。

12 月 17 日から 21 日にかけて微小な地震を含む火山性地震がやや増加し、22 日には振幅の小さな浅い低周波地震が発生した。

1 月 19 日 02 時 30 分頃、硫黄山方向が一時的に隆起する傾斜変動を伴う火山性微動が発生し、その後、04 時頃まで火山性地震が一時的に増加した。その後、火山性地震は少ない状態である。

えびの高原周辺のやや広い範囲で地震が時々発生しており、大浪池付近では地震が 11 月 10 日に 30 回、白鳥山付近では地震が 11 月 23 日に 28 回発生するなど、一時的に増加した。

硫黄山の南西約 3 km のえびの岳付近では、地震が 10 月 6 日に 33 回、9 日に 105 回、13 日に 140 回、11 月 5 日に 25 回、12 月 12 日に 32 回と一時的に増加した。この付近の深さ 6 ~ 10 km では、2011 年の新燃岳の噴火に伴い収縮が認められたことから、マグマを供給した領域と推定されている。

・地殻変動の状況（図 3、図 5、図 8、図 16-1、図 17 ~ 19）

9 月 5 日に硫黄山方向が一時的に隆起する傾斜変動がみられたが、その後 11 月ま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。

12 月 17 日から 21 日にかけて微小な地震を含む火山性地震が増加して以降、硫黄山南西観測点の傾斜計では、硫黄山方向がわずかに隆起する変動が認められた。

1 月 19 日 02 時 30 分頃、硫黄山方向が隆起する傾斜変動を伴う火山性微動が発生した。この微動の発生以降、12 月中旬以降認められていた硫黄山方向がわずかに隆起する変動は停滞した。

GNSS 連続観測では、2017 年 7 月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している。このことから霧島山の深い場所でマグマの蓄積が続いていると考えられる。



図 1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山付近の状況
（12月27日 えびの高原監視カメラによる）

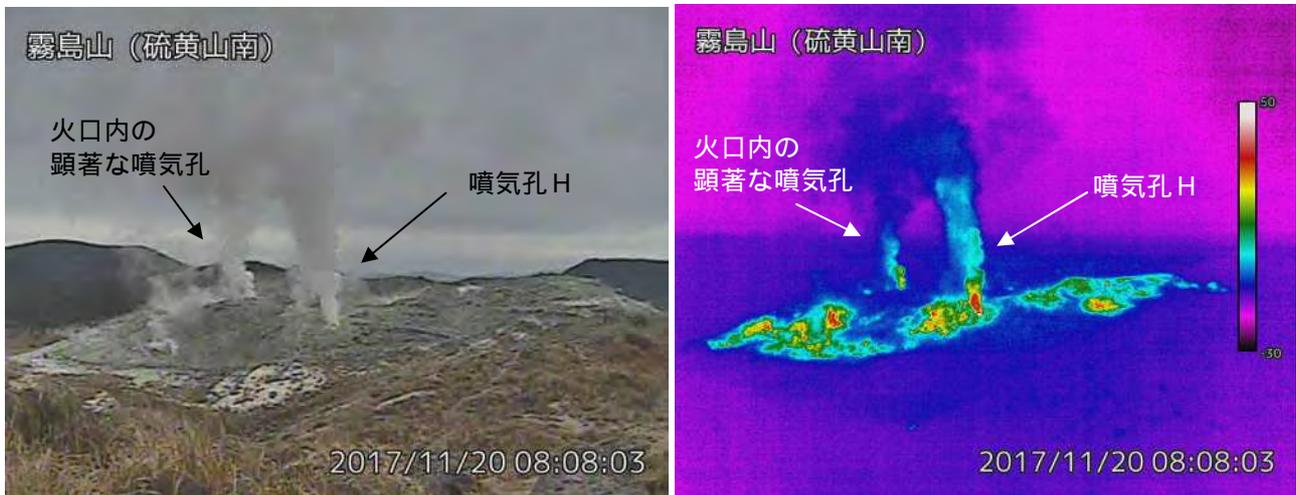


図 2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山付近の状況
（11月20日 硫黄山南監視カメラによる）

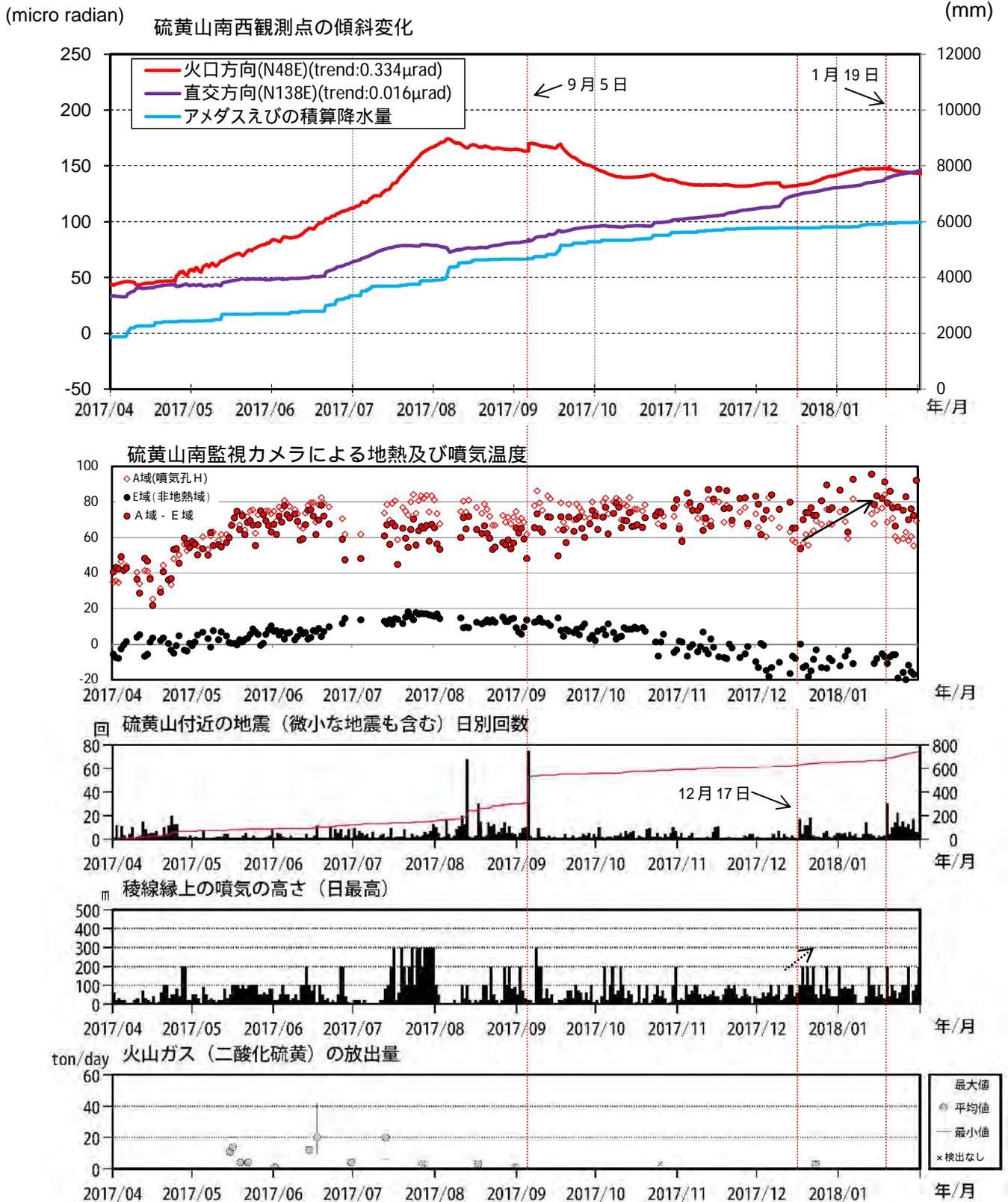


図3 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火山活動経過図 (2017年4月~2018年1月31日)

- ・ 12月17日の微小な地震を含む火山性地震の増加以降、噴気活動がやや活発化し、白色の噴気が時々稜線上200mまで上がった(黒破線矢印)。
 - ・ 硫黄山南赤外監視カメラによる解析では、12月17日から21日にかけて微小な地震を含む火山性地震が増加して以降、硫黄山南側の活発な噴気孔Hやその周辺の熱異常域で活発化を示す温度の高まりが認められた。これらの領域の温度の高まりは、1月19日の傾斜変動を伴う火山性微動の発生以降、次第に低下した。
- * 地震日別回数グラフの赤線は、振幅積算を示す。

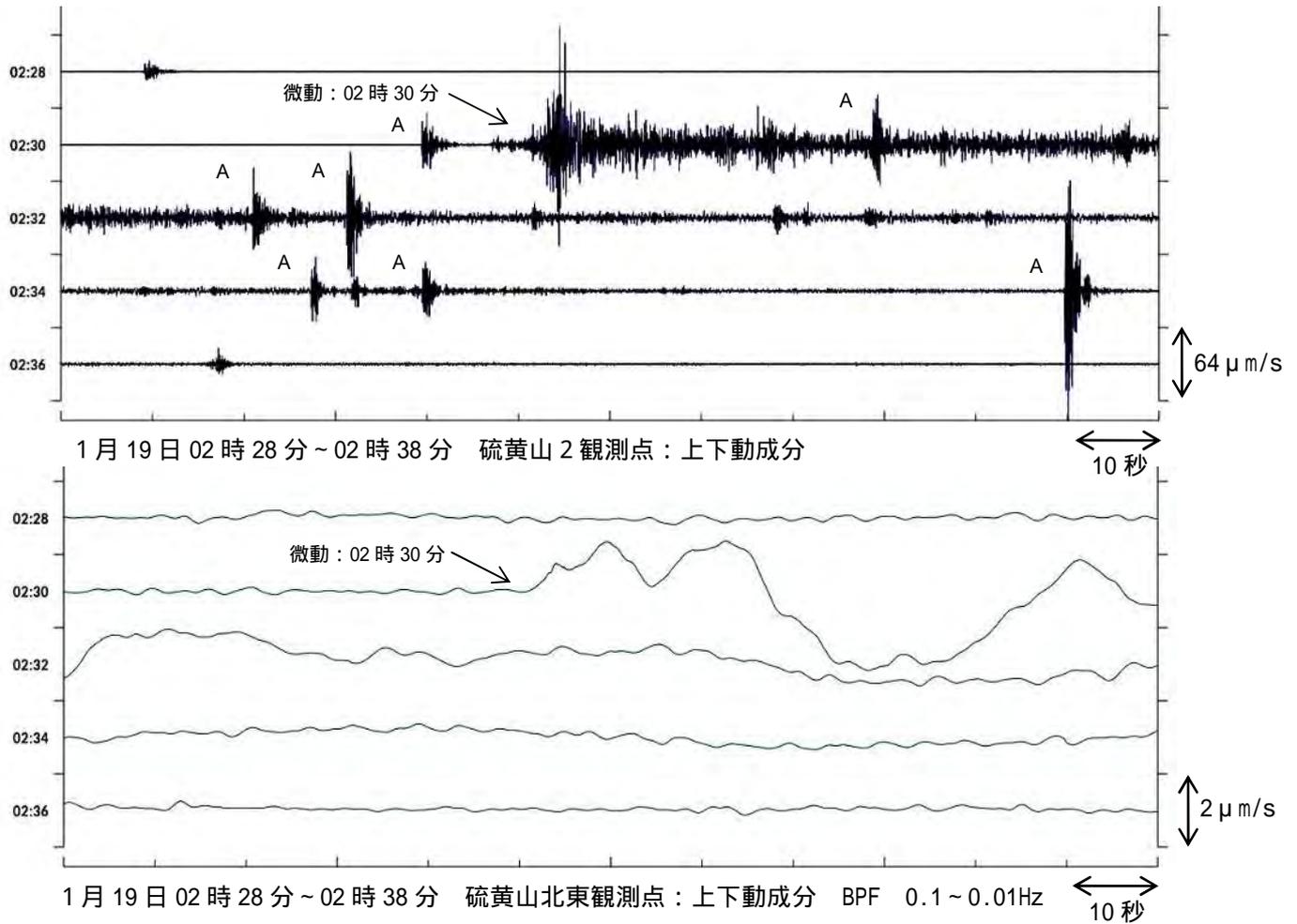


図4 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山性微動（2018年1月19日）

- ・ 1月19日 02時30分頃、火山性微動が発生した。
- ・ 微動発生後、火山性地震が04時頃まで一時的に増加した。
- ・ 硫黄山北東観測点の広帯域地震計では長周期成分を含んでいた。

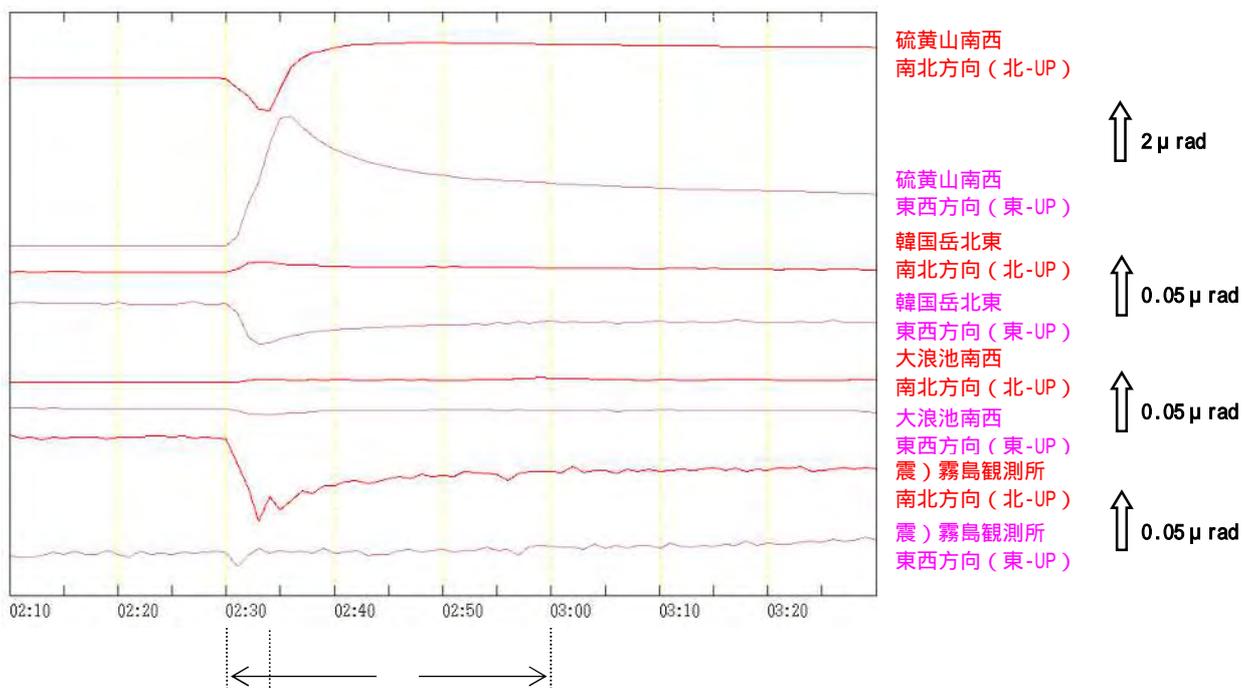


図5-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山性微動に伴う傾斜変化

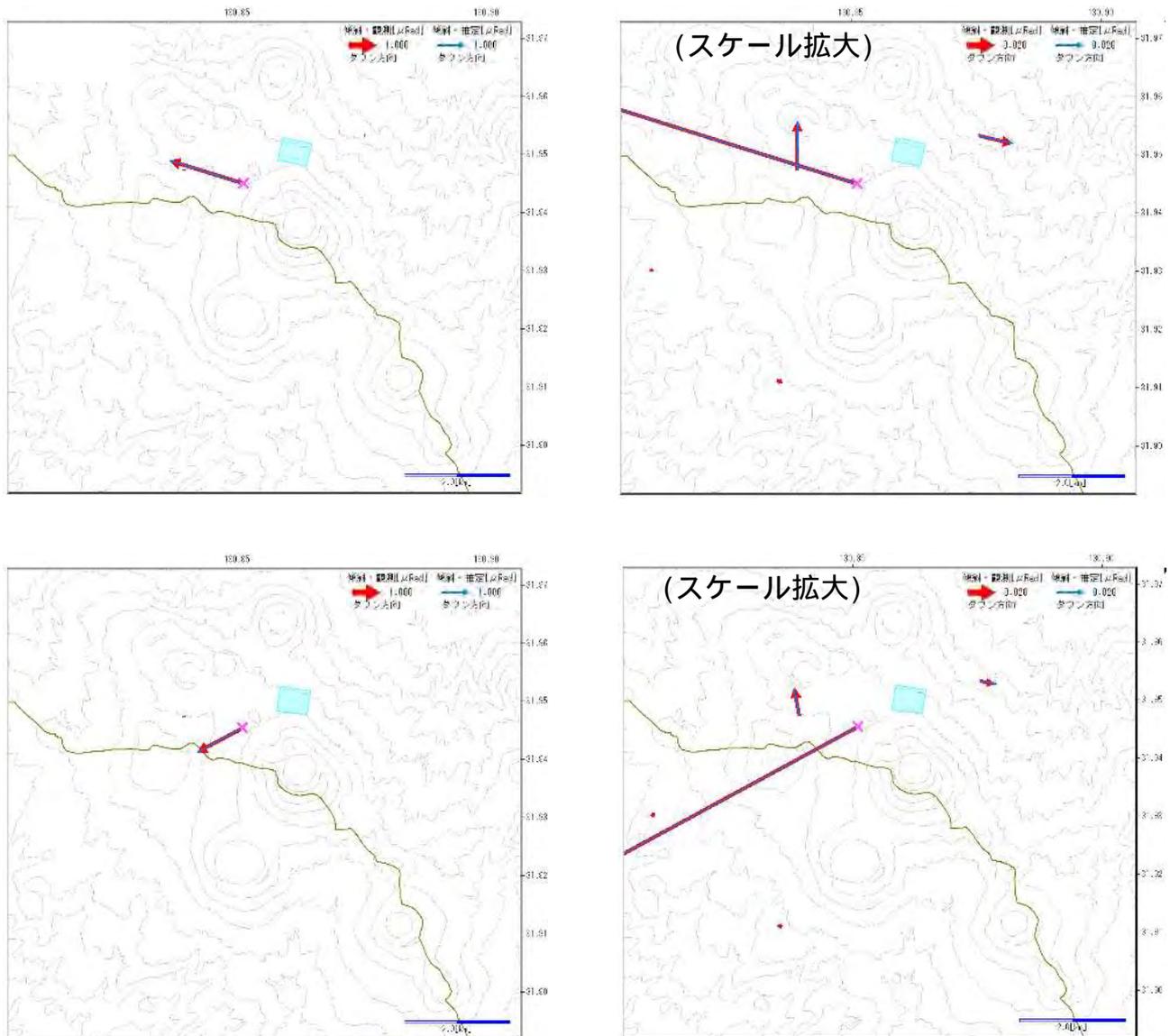


図 5-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 火山性微動に伴う傾斜変化
（2018 年 1 月 19 日 02 時 30 分頃）

断層モデルを（経度:130.861 度、緯度:31.950 度）に、球状モデルを（経度:130.851 度、緯度:31.945 度）に置いて、図 5-1 の 期間ごとに圧力源推定を行った。

の期間では、断層モデル（長さ：438m、断層幅：1031m、標高 27m）は $2.7 \times 10^3 \text{ m}^3$ の体積減少、球状モデル（標高 944m）では、 $8.8 \times 10^2 \text{ m}^3$ の体積増加であった。
の期間では、断層モデル（長さ：469m、断層幅：1035m、標高 44m）は $1.5 \times 10^3 \text{ m}^3$ の体積減少、球状モデル（標高 958m）では、 $6.2 \times 10^2 \text{ m}^3$ の体積増加であった。

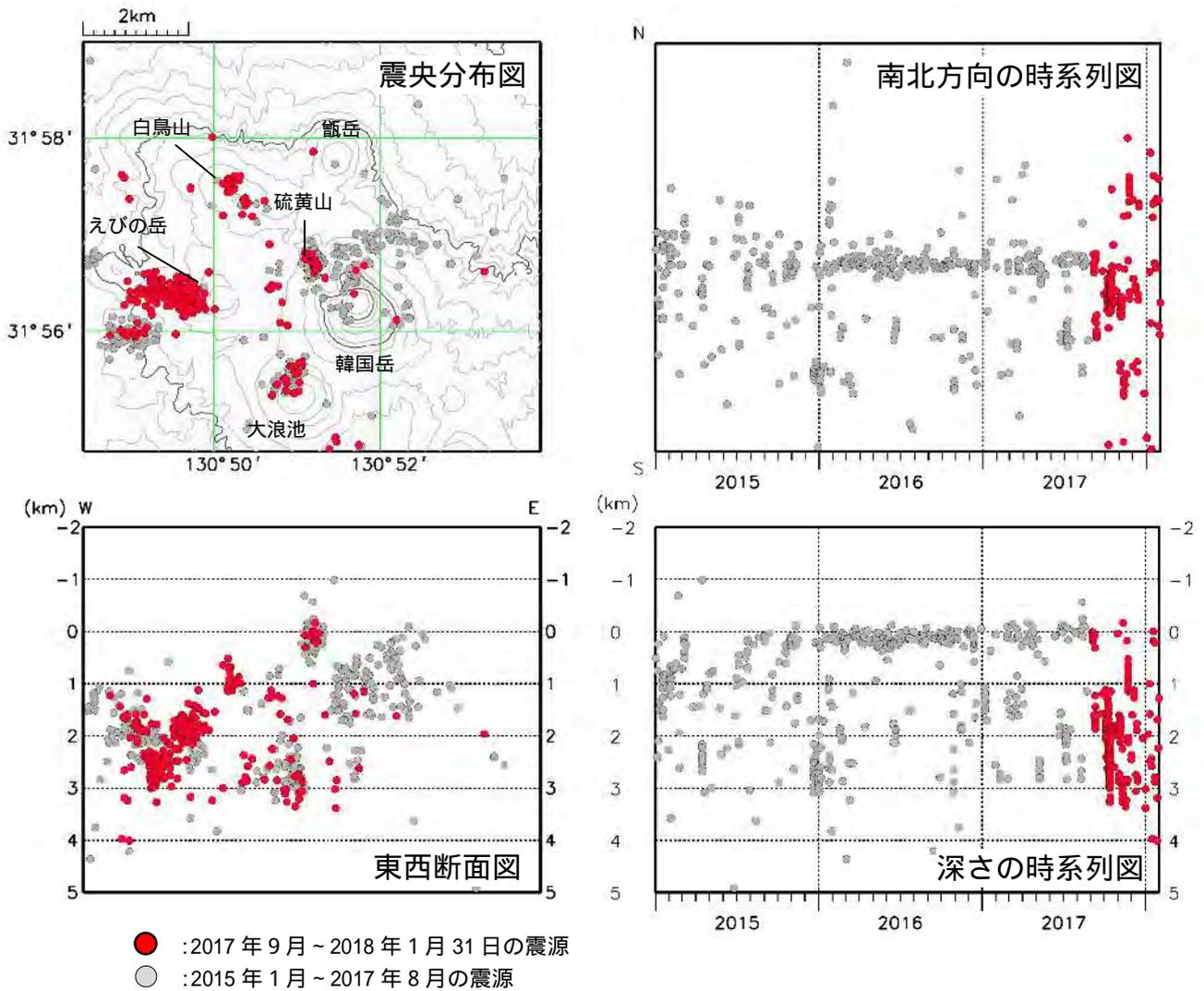
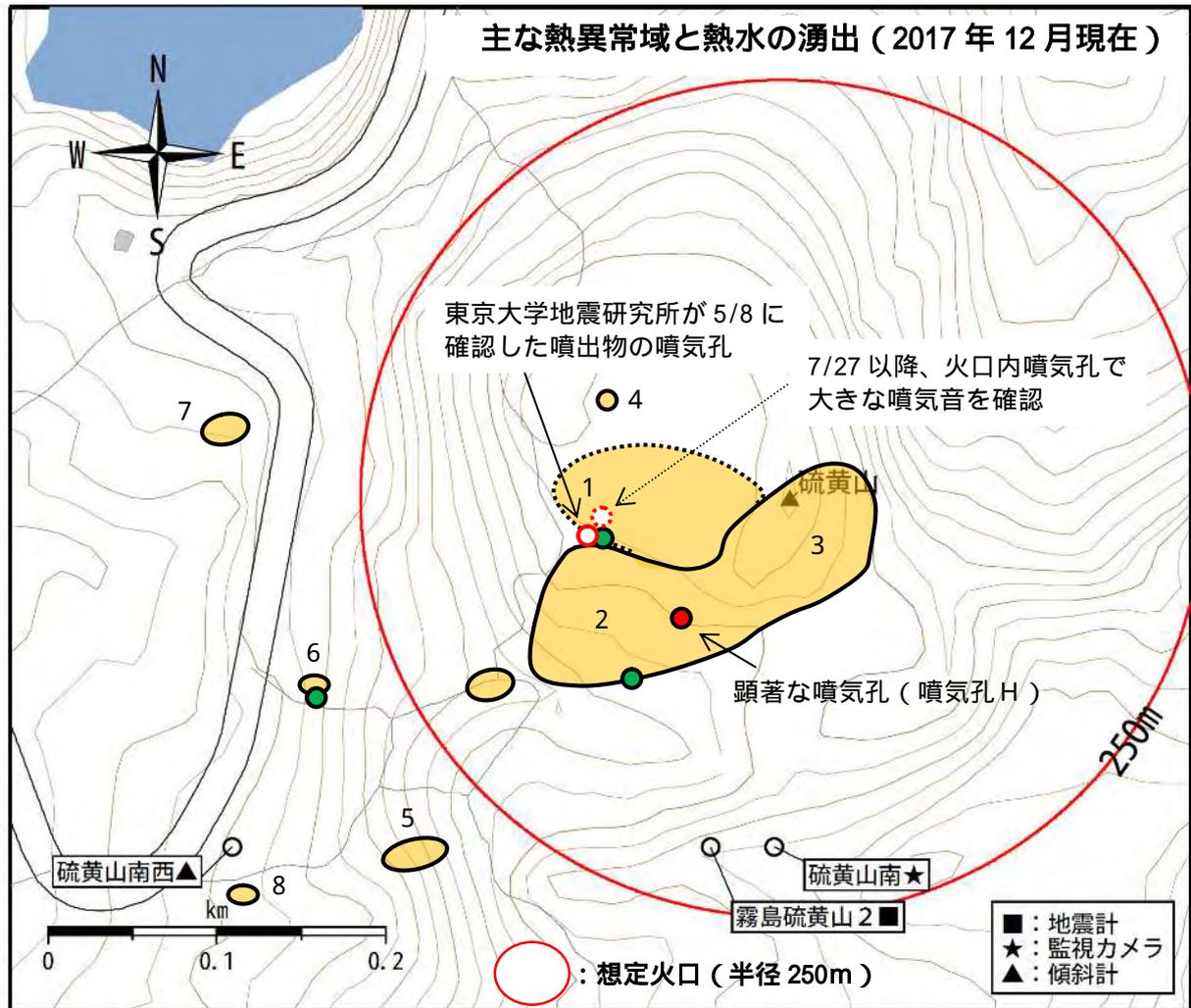


図 6 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 震源分布図（2015年1月～2018年1月）

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、大浪池近傍の深さ 2 ~ 4 km 付近、韓国岳の北東側の深さ 0 ~ 2 km 付近、白鳥山近傍の深さ 1 km 付近、及びえびの岳近傍の深さ 1 ~ 3 km 付近に分布した。



橙色の領域は熱異常域及び噴気域を、番号はその出現順を示す。
 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 ~
8. 南西側 (県道近く) 2017 年 8 月 31 日 ~

緑丸は熱水の湧出箇所を、番号はその出現順を示す。
 確認日を以下に示す。

- . 2017 年 3 月 19 日
- . 2017 年 3 月 21 日
- . 2017 年 6 月 4 日 ~ 12 月 19 日

2017 年 4 月 19 日以降、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、位置を赤丸で示す。

図 7 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

- ・硫黄山南赤外監視カメラ及び白鳥山監視カメラ (宮崎県) から、硫黄山火口周辺の熱異常域の分布領域を推定した。
- ・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。

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 29 年情使、第 798 号)。国土数値情報の『湖沼』を使用した。

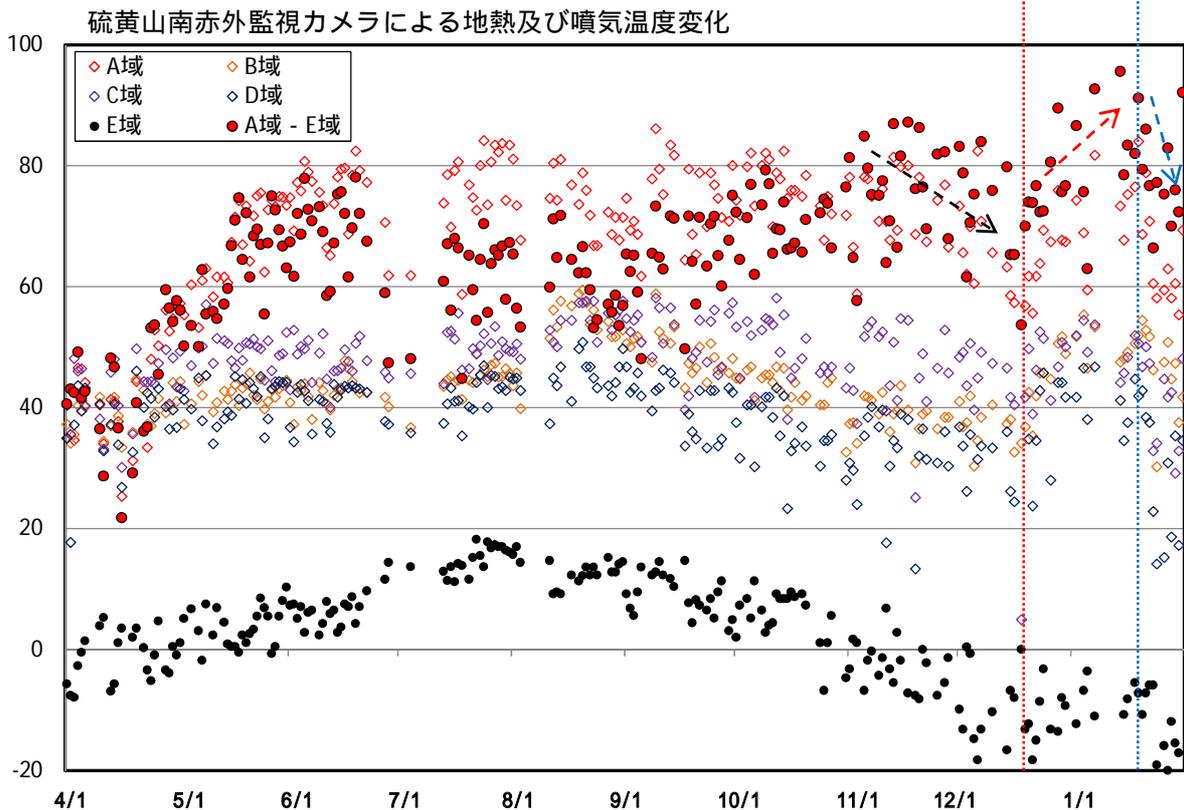
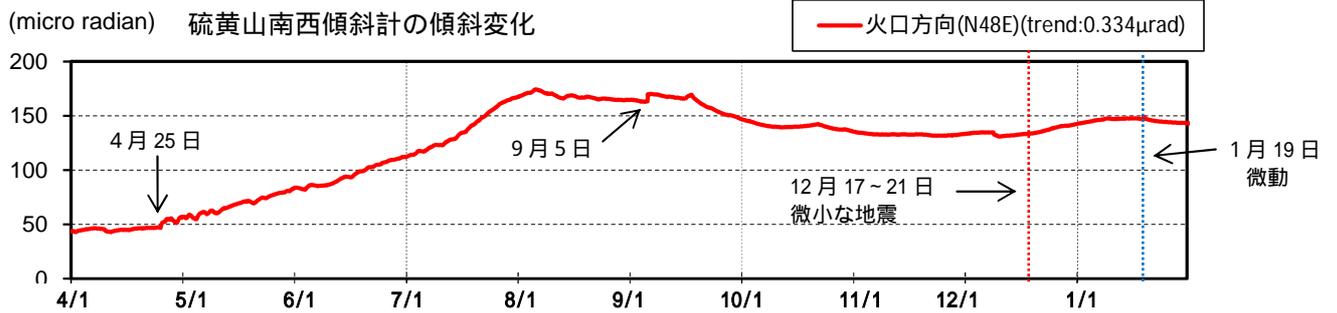
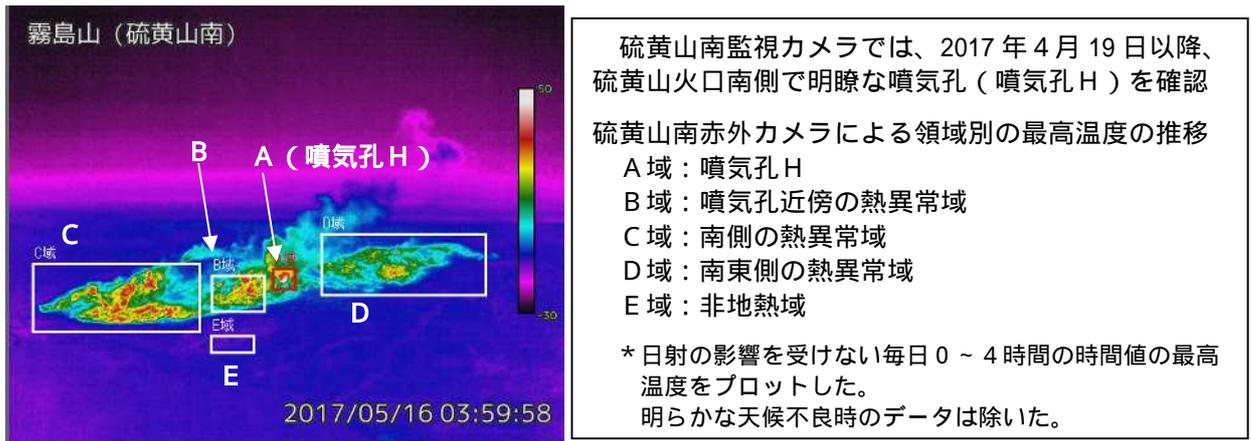


図8 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山火口南西側及び南側斜面の地熱変化と傾斜変化（2017年4月1日～2018年1月31日）

- ・硫黄山火口南西側及び南側斜面では、2017年11月頃から地熱及び噴気温度の低下傾向（黒破線）が認められていたが、12月17日に微小な火山性地震が増加して以降、温度の高まり（赤破線）が認められる。1月19日の傾斜変動を伴う微動の発生以降、温度の高まりは低下した（青破線）。
- ・E域は非熱異常域のため、温度の変化は季節変化とみられる。



図 9-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の火口周辺の状況

10月23日に実施した上空からの観測では、2017年1月11日の観測と比較して火口内及び周辺の地形や噴気域の広がりには特段の変化は認められなかった。

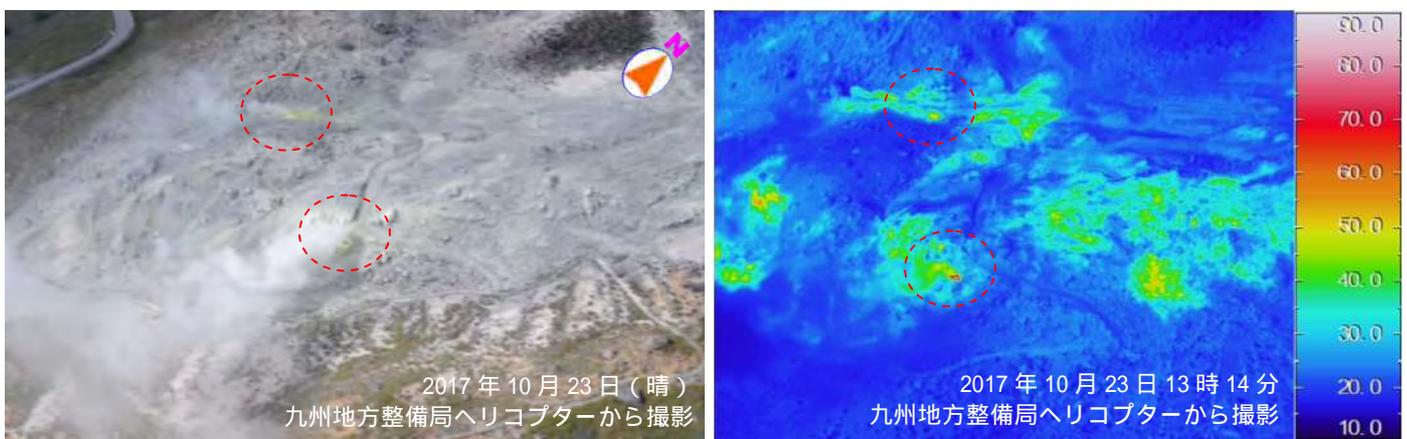


図 9-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の火口内の活発な噴気域及び熱異常域の状況

- ・ 10月23日に実施した赤外熱映像装置による観測では、硫黄山の火口内の一部で、活発な噴気域（図中の赤破線）が認められた。
- ・ 活発な噴気域及びその周辺で、熱異常域が認められた。

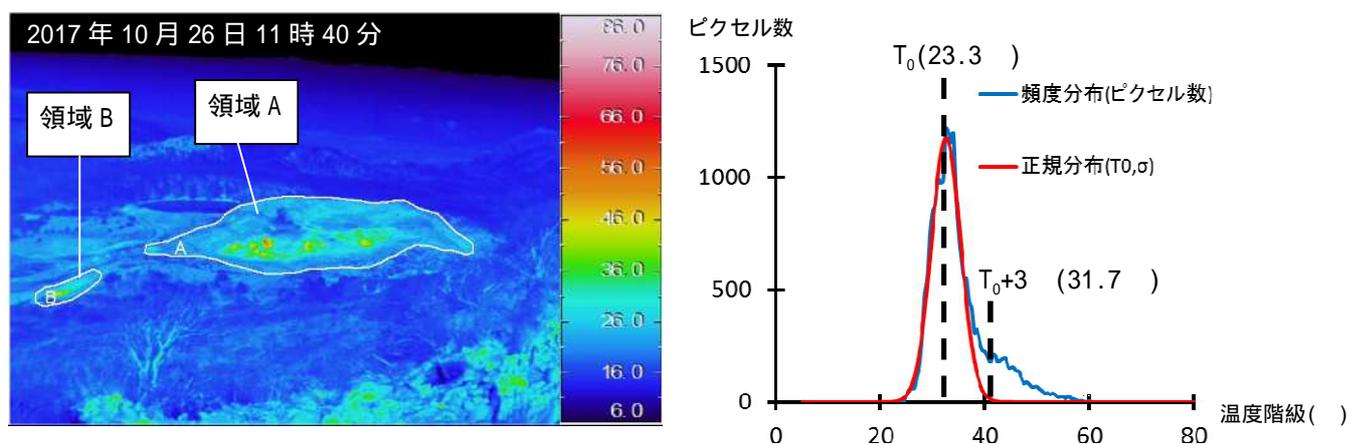


図 10-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 図 10-3 に示した硫黄山の放熱率算出の解析領域と温度分布の例（2017年10月26日11時40分）

- ・ 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 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。

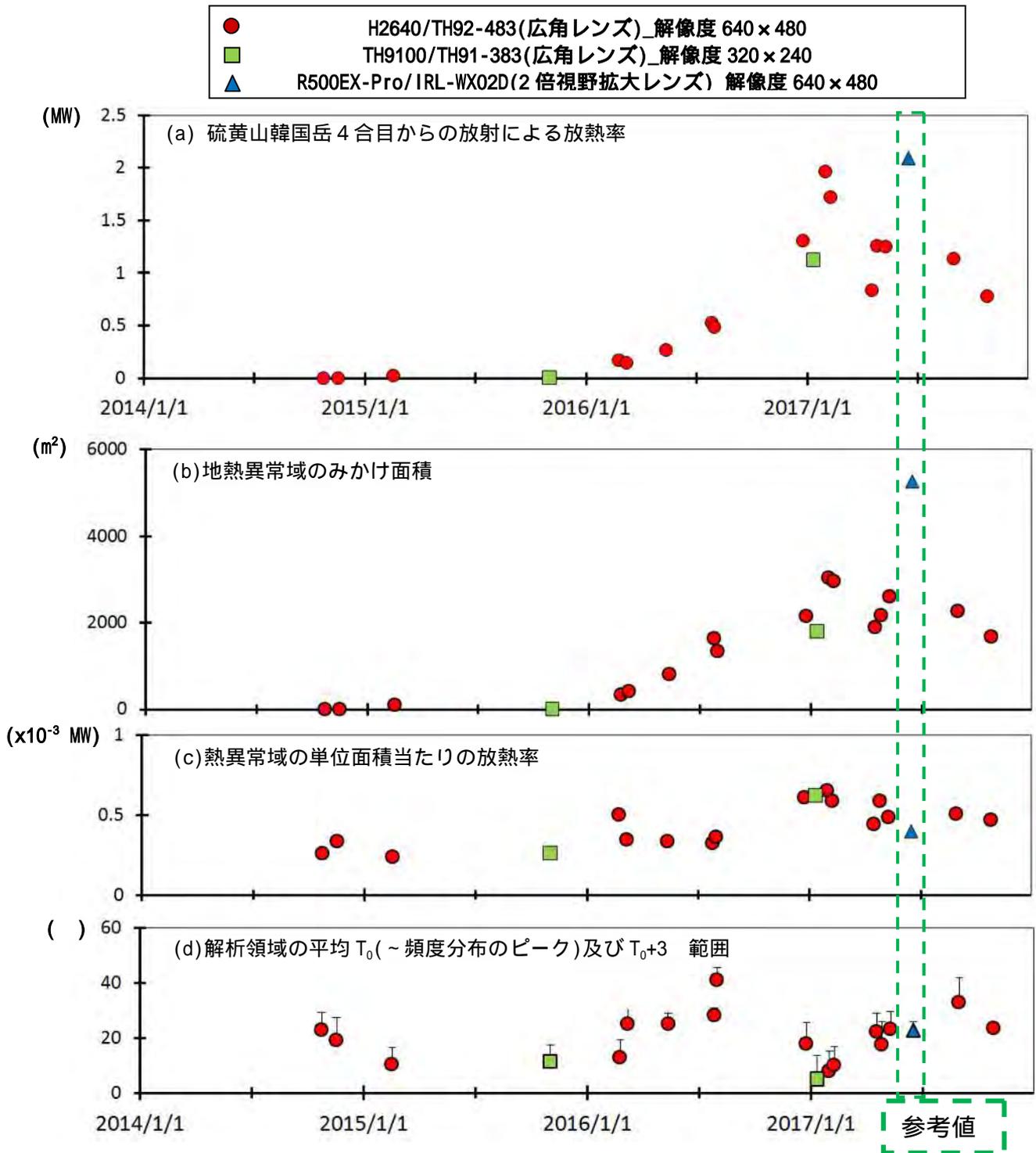


図 10-2 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 地表面温度分布より算出した硫黄山の放熱率の推移(値を観測日ごとに平均)(2014年10月~2017年10月26日)

図 10-3 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 10-1 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 T₀と偏差から、T₀+3 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ため除去している。

- ・10月26日の観測では前回(8月31日)と比べ、硫黄山の火口内及び周辺で熱異常域の縮小が認められ、2017年初め頃の程度に縮小した。
- ・(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。
- ・2017年6月17日に行われた観測による結果は、熱画像データの解像度が低いために参考値とした。

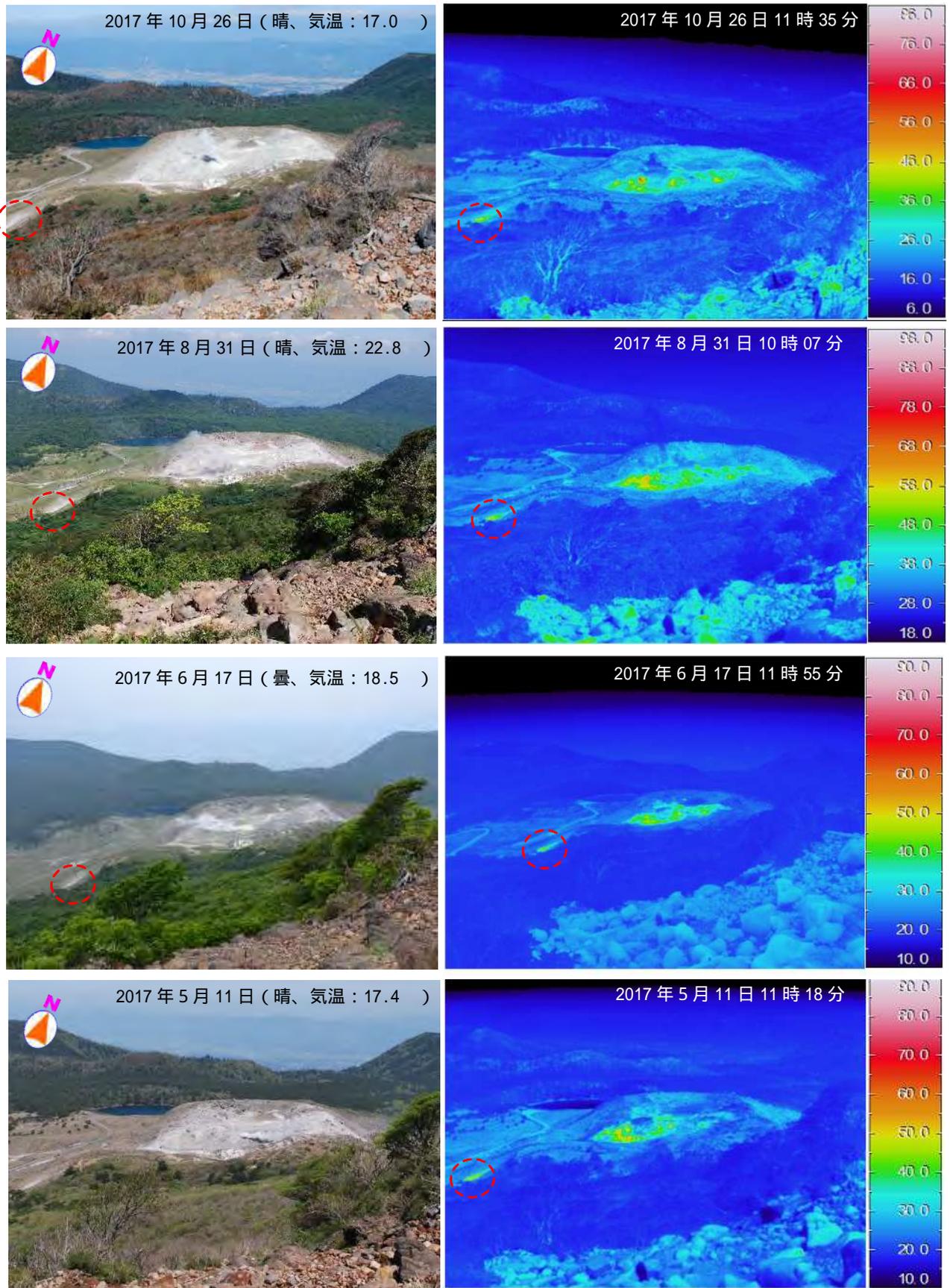


図 10-3 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 硫黄山の状況(韓国岳4合目から観測)
 ・硫黄山の火口内及び周辺で引き続き熱異常域が認められた。
 ・2017年2月13日以降確認されている硫黄山の南西側(旧韓国岳登山道脇)の熱異常域を赤破線で示す。

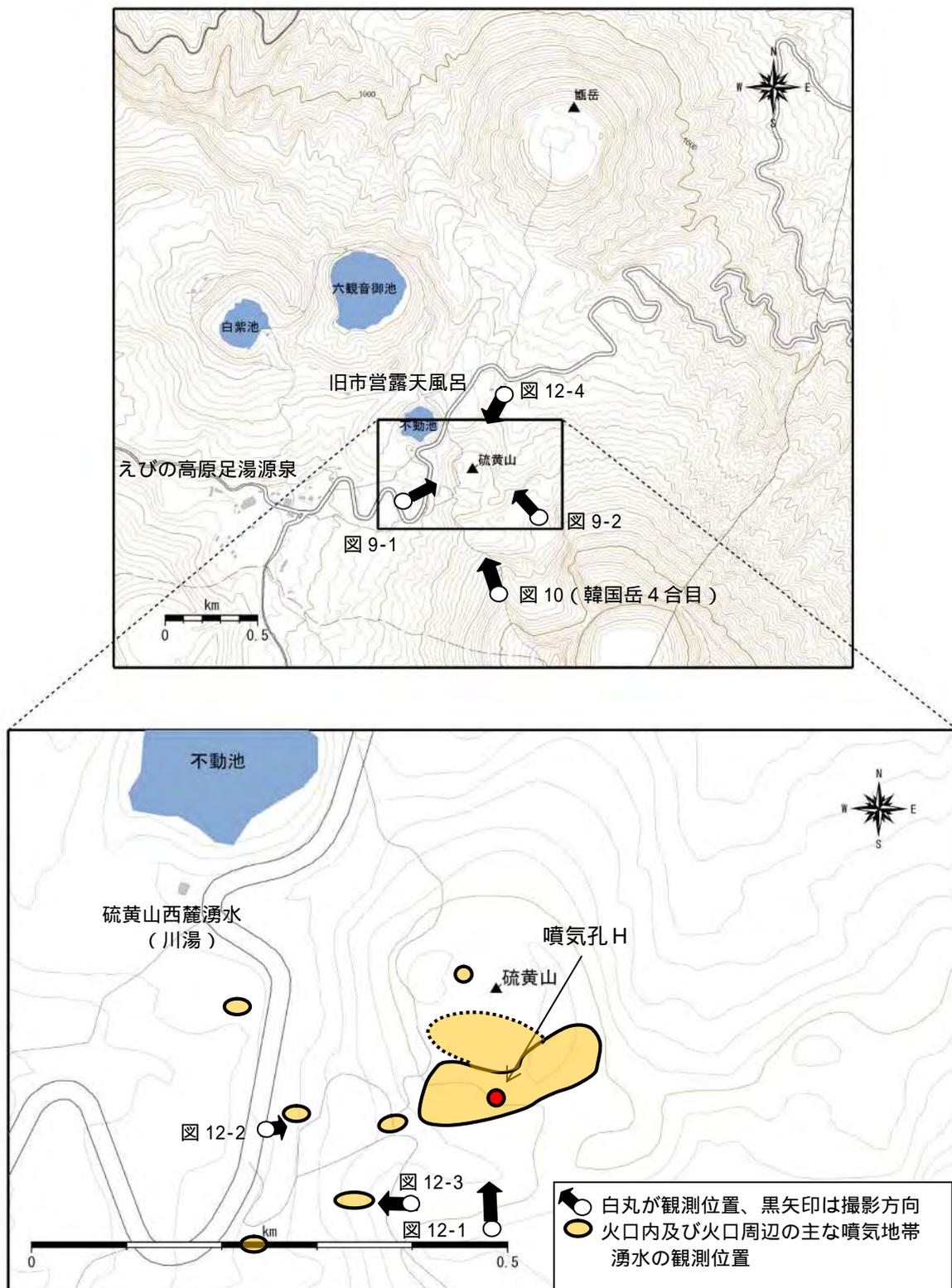


図 11 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 主な熱異常域と観測位置

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（承認番号：平 29 情使、第 798 号）、国土数値情報の『湖沼』を使用した。

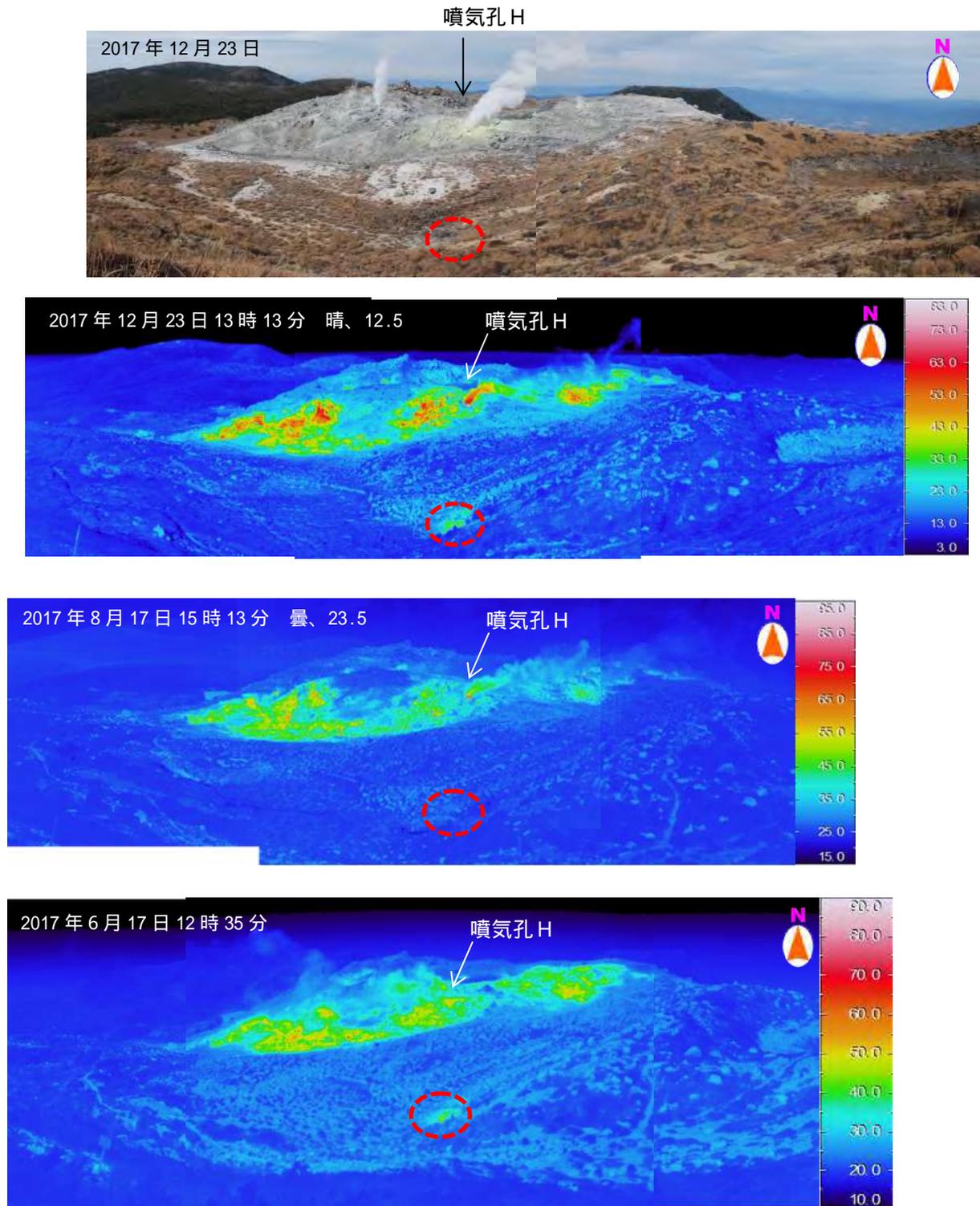


図 12-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山火口南西側及び南側斜面の状況

- ・硫黄山の火口内及び周辺で消長を繰り返しながら引き続き熱異常域が認められた。
- ・2017年8月には一時的に硫黄山の南側の熱異常域（赤破線内）の消失が認められた。

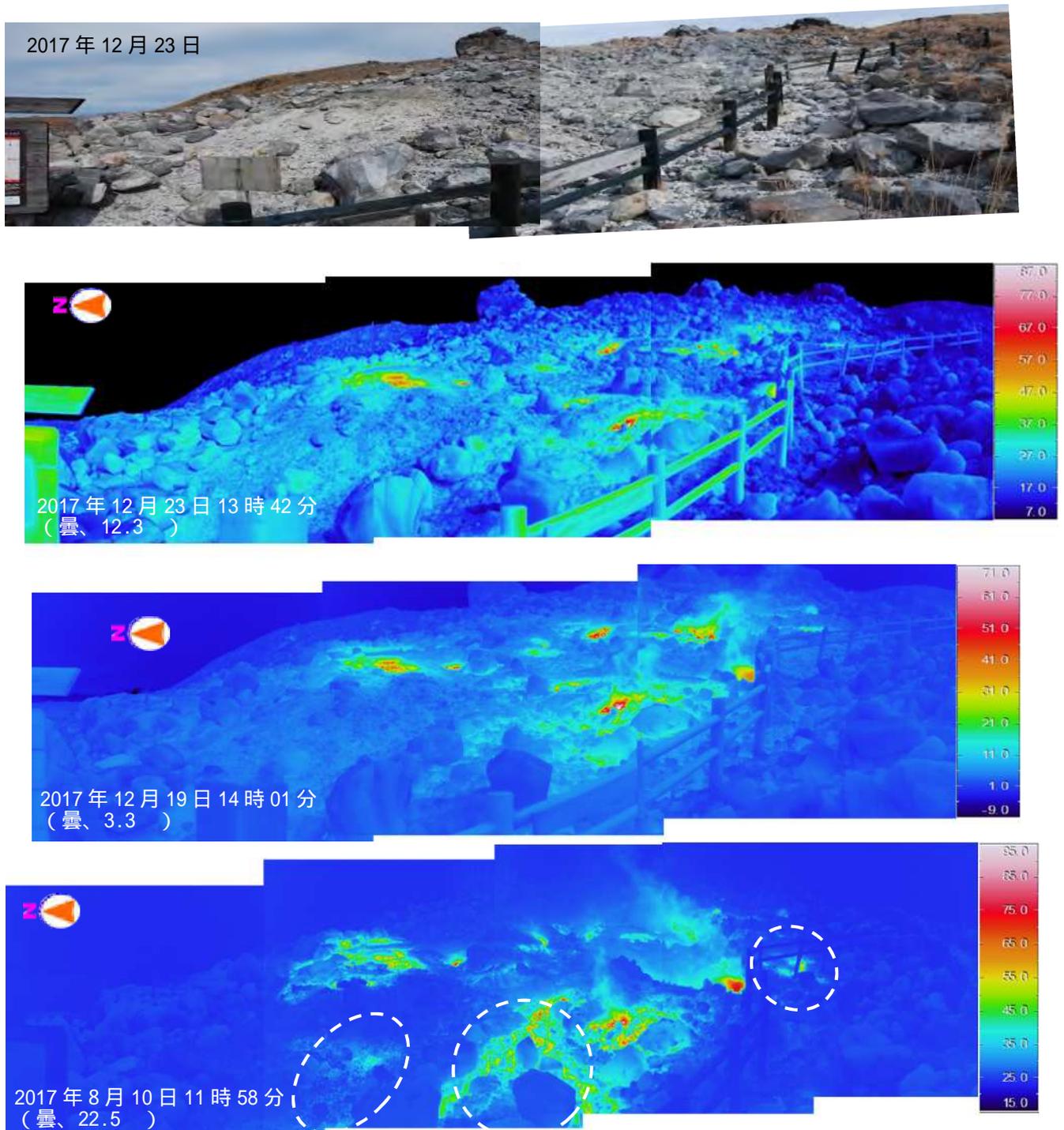


図 12-2 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山の西側の状況

- ・ 熱異常域の分布に拡大は認められない。
- ・ 白破線は熱水の流出によるものである。

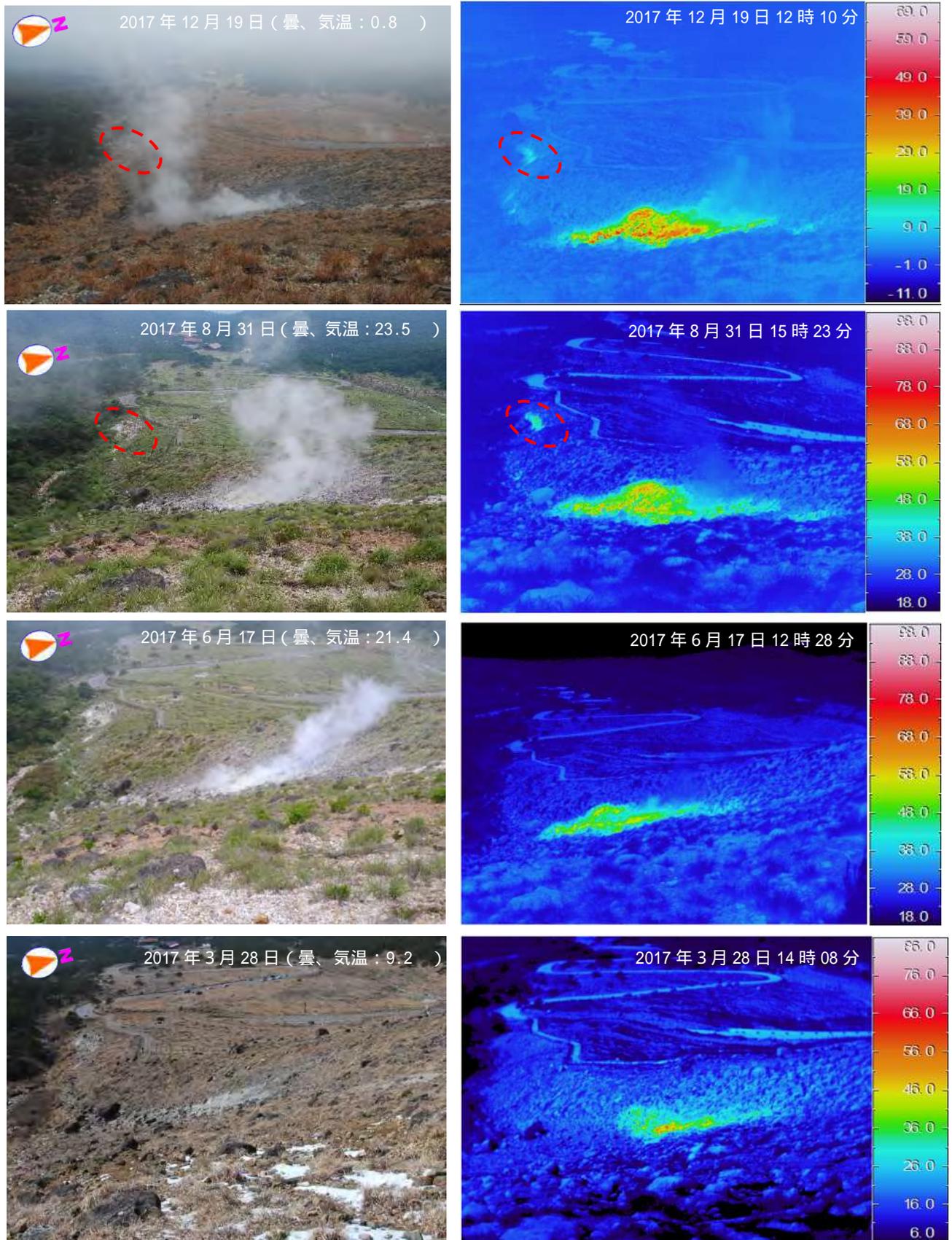


図 12-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山南西側の状況
（韓国岳登山道脇から観測）

- ・硫黄山南西側では、熱異常域の拡大は認められない。
- ・赤破線内は、2017年8月31日以降確認されている県道近くの熱異常域。

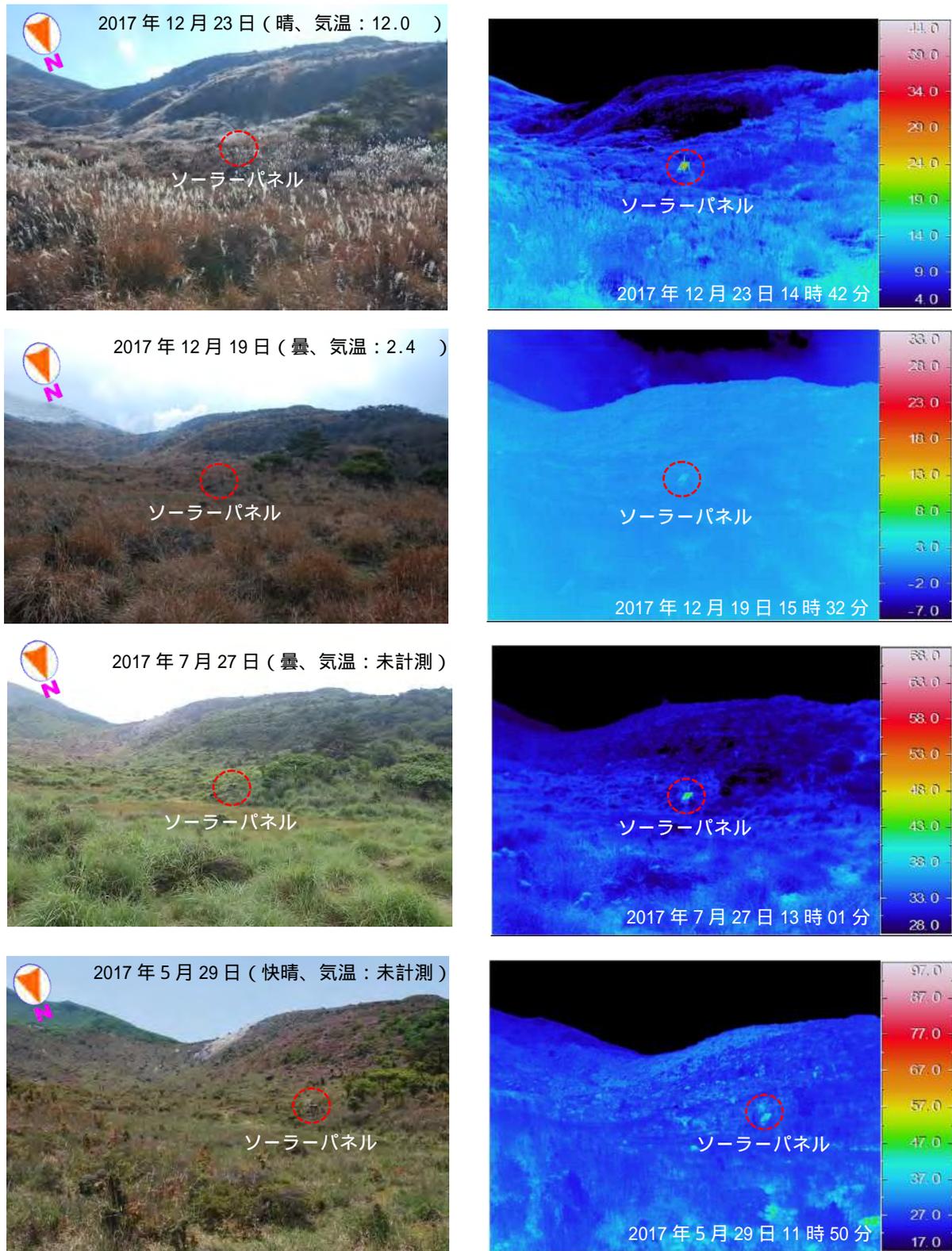
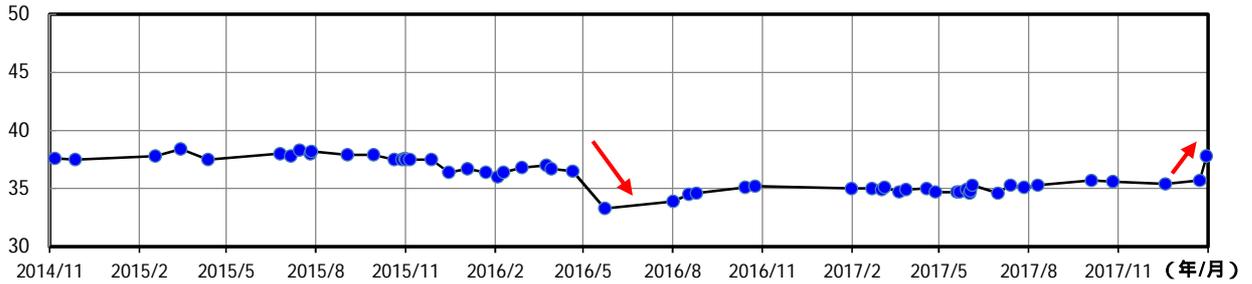
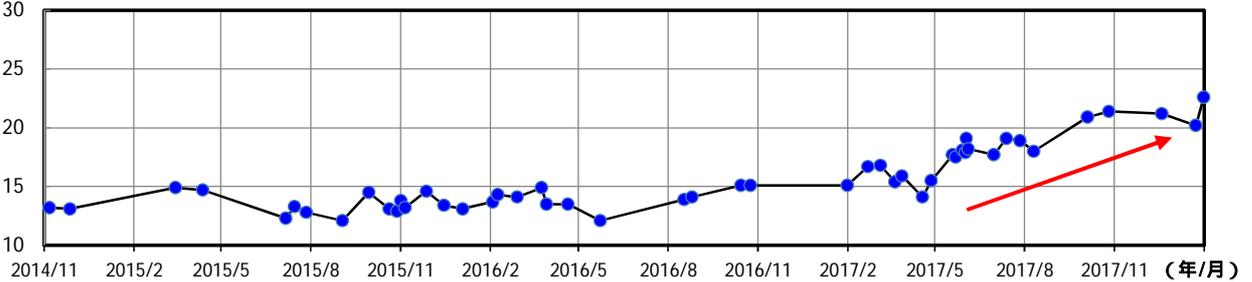


図 12-4 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 硫黄山北東側斜面の状況
 硫黄山の北東斜面に熱異常域は認められなかった。

() えびの高原足湯源泉



() 旧市営露天風呂



() 硫黄山西麓湧水 (川湯)

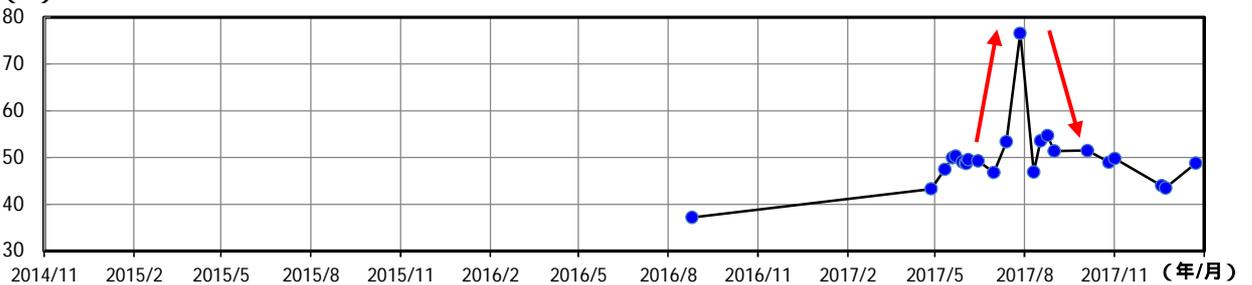


図 13 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 水温の時系列変化 (2014 年 11 月 ~ 2018 年 1 月)

- 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。その後、水温に大きな変化は認められなかったが、2018 年 1 月には水温がわずかに上昇し、水温低下前と同程度の温度であった。
- 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引き続き認められた。
- 硫黄山西麓湧水は温度の上昇が認められ、7 月には一時的に 70 を超えたが、その後、特段の変化は認められない。

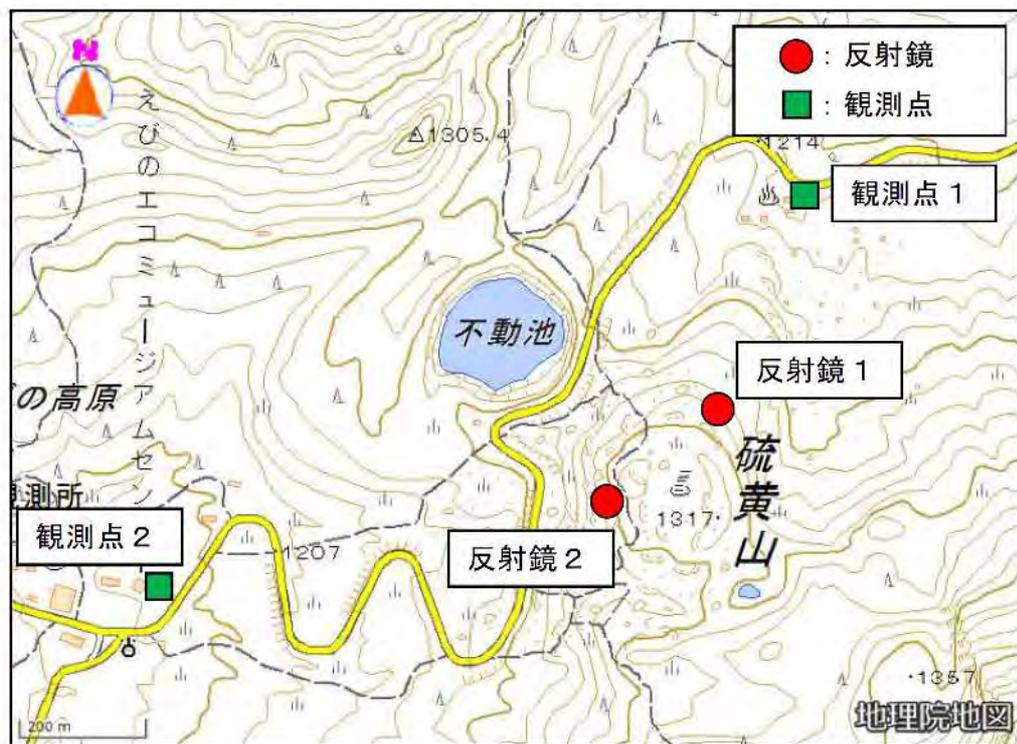


図 14 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 光波測距観測点配置図

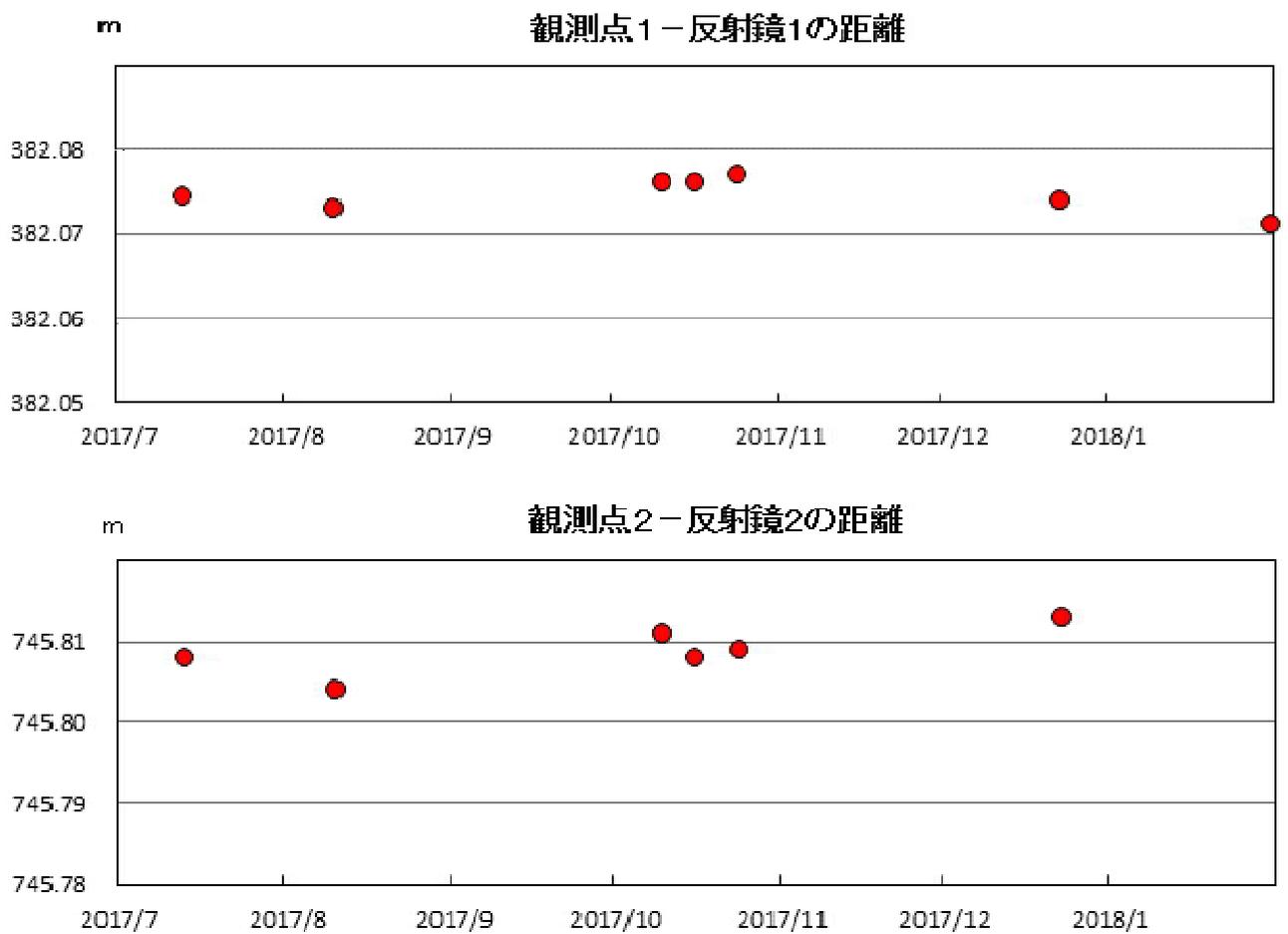


図 15 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 光波測距観測点と反射鏡との距離
（2017年7月～2018年1月31日）

観測点1から反射鏡1までの距離及び観測点2までの距離とともに大きな変化は認められない。

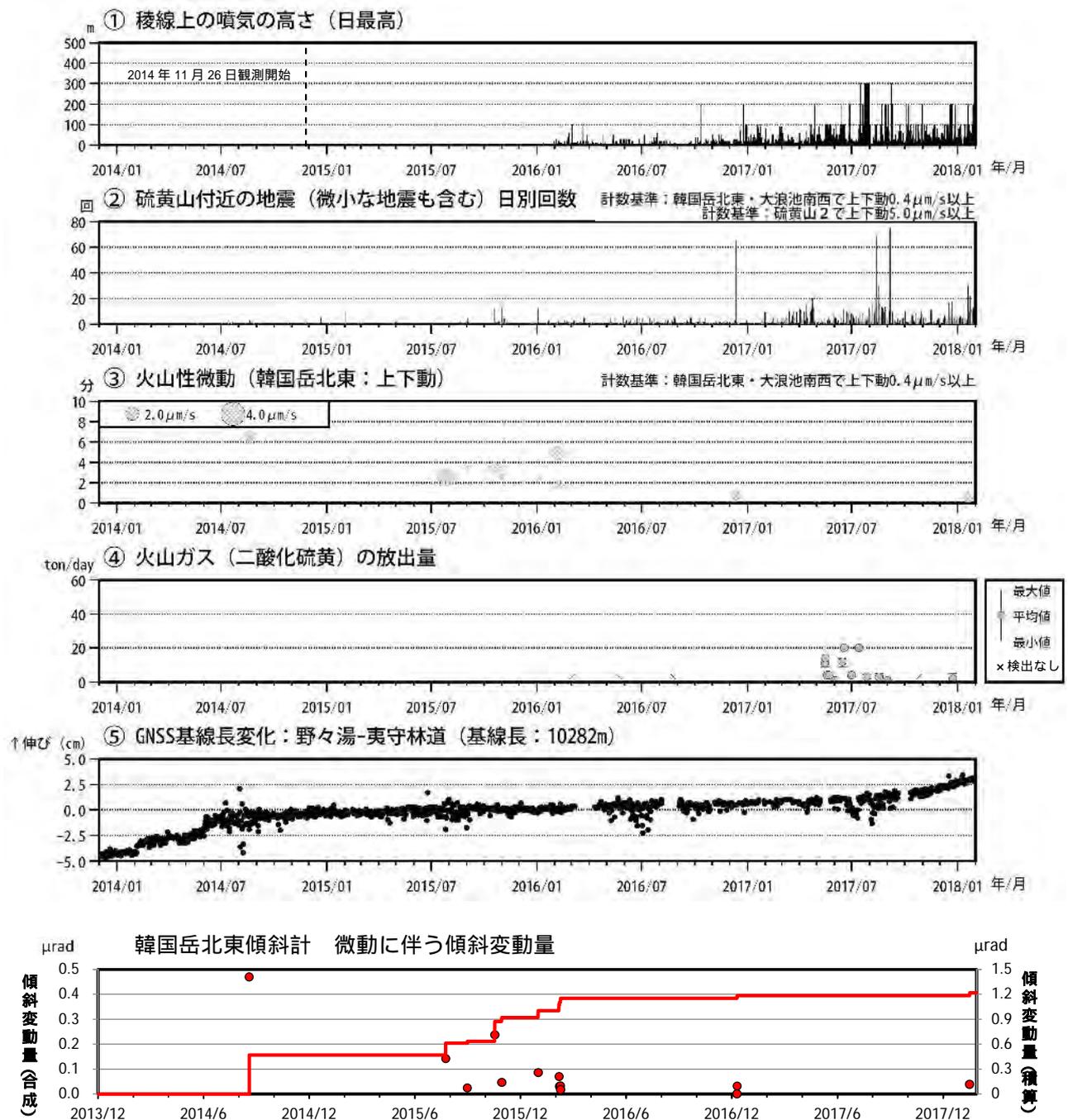


図 16-1 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 火山活動経過図 (2013年12月~2018年1月31日)

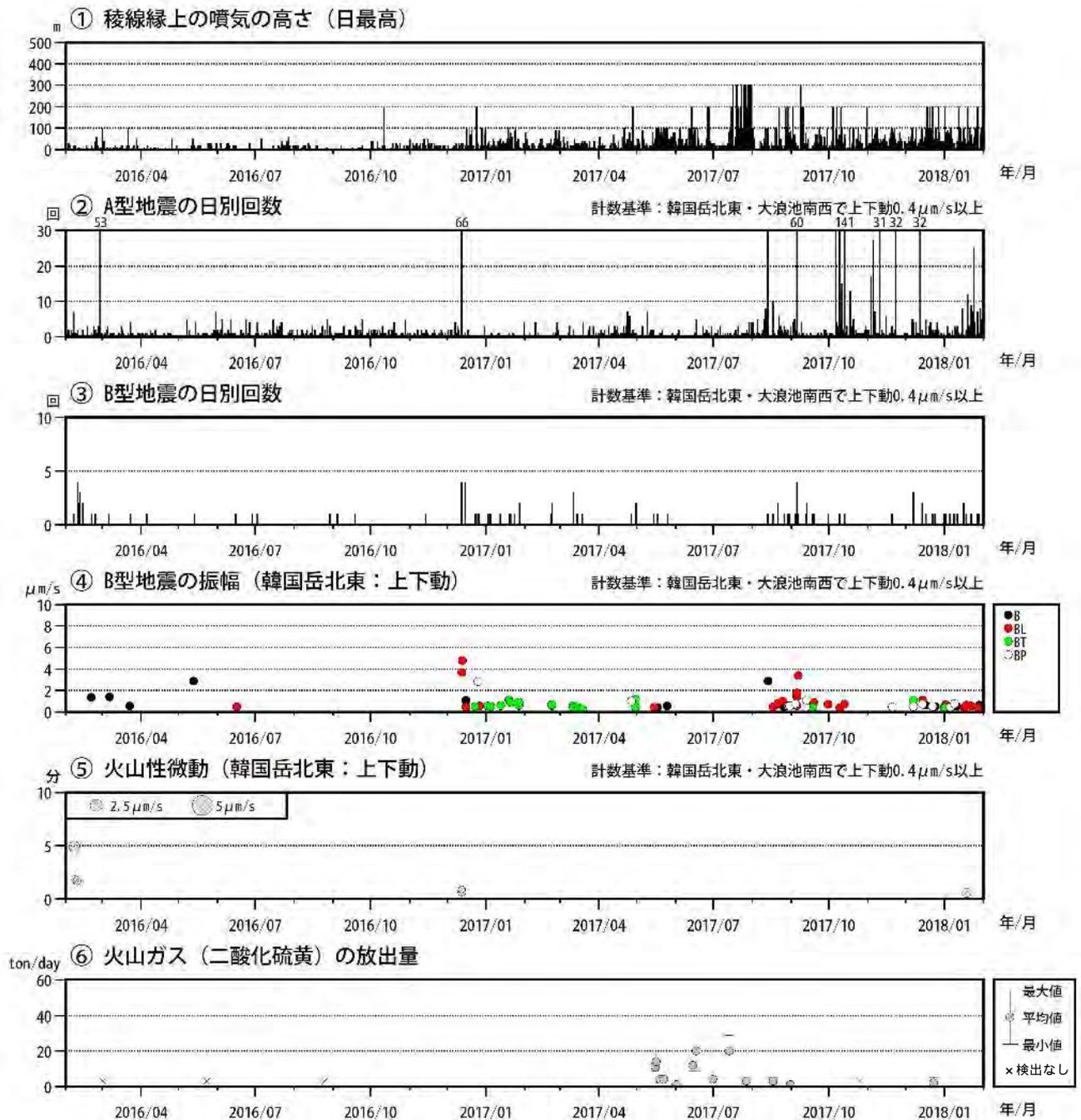


図 16-2 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 火山活動経過図
(2016年10月～2018年1月31日)

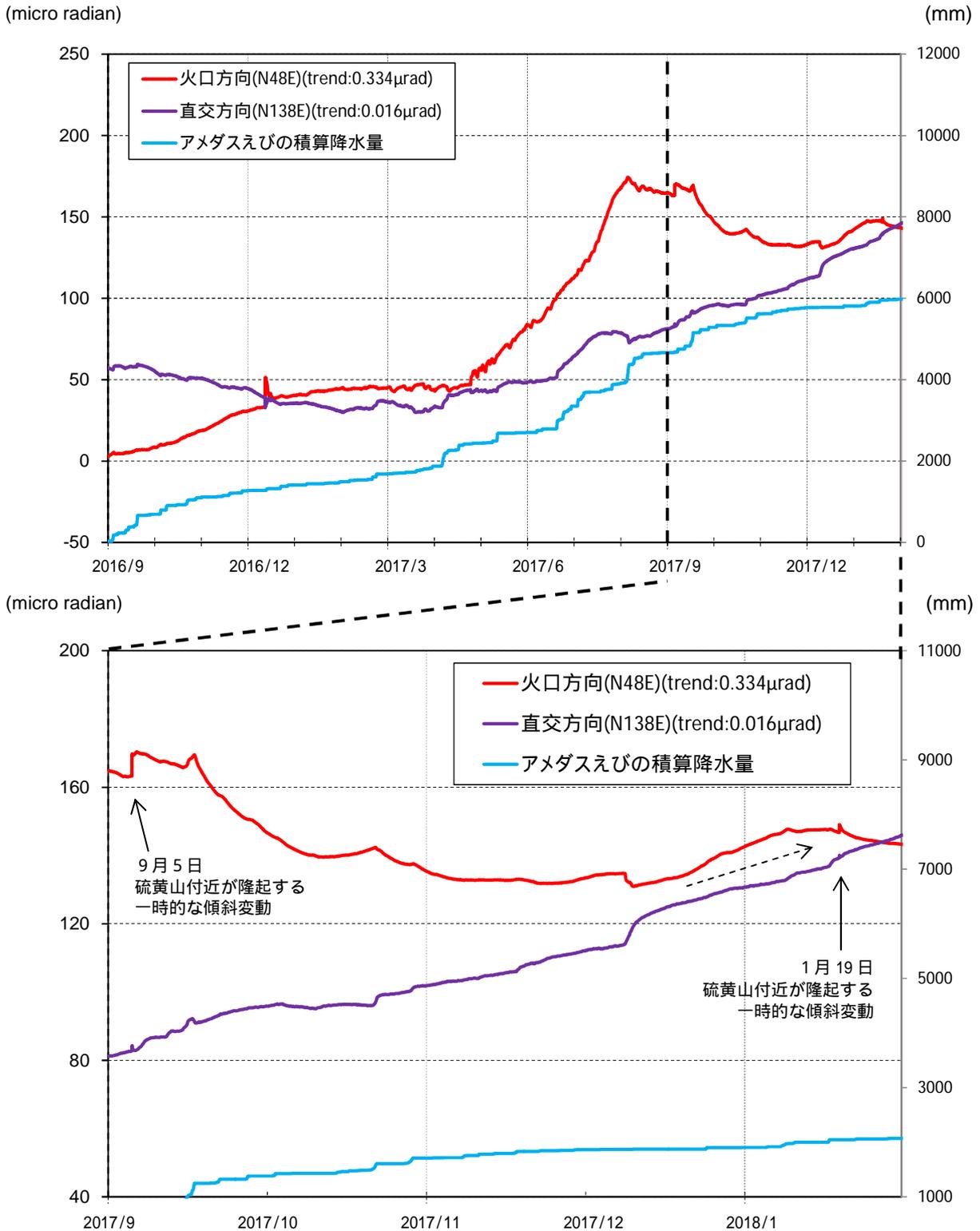


図 17-1 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 硫黄山南西傾斜計の傾斜変動（2016年9月～2018年1月31日）

< 2017年9月～2018年1月31日の状況 >

12月17日から21日にかけて微小な地震を含む火山性地震が増加して以降、硫黄山南西観測点の傾斜計では、硫黄山方向がわずかに隆起する変動が認められた（黒破線矢印）。

1月19日02時30分頃、硫黄山方向が隆起する傾斜変動を伴う火山性微動が発生した。この微動の発生以降、12月中旬以降認められていた硫黄山方向がわずかに隆起する変動は停滞した。

* 硫黄山南西観測点の傾斜変動は、火口方向 3.34×10^{-7} rad/day、直交方向 0.16×10^{-7} rad/day のトレンド補正を行っている。

* 降水による変動も含まれている。

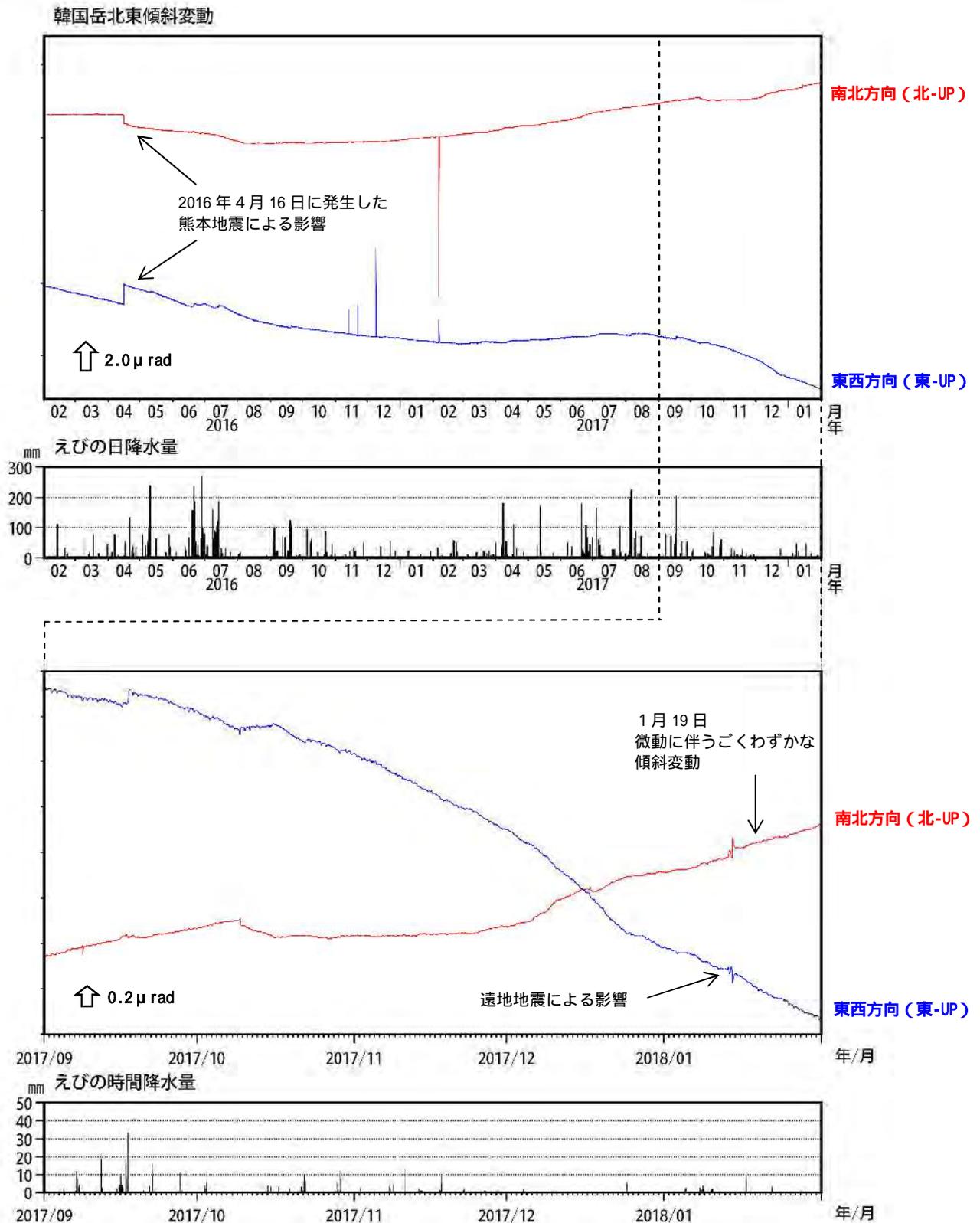


図 17-2 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) 韓国岳北東傾斜計の変化 (2016年2月~2018年1月31日)

< 2017年9月~2018年1月31日の状況 >

この期間、えびの高原 (硫黄山) 周辺の火山活動によると考えられる顕著な変動はみられない。1月19日02時30分頃発生した火山性微動に伴い、ごくわずかな傾斜変動がみられた。

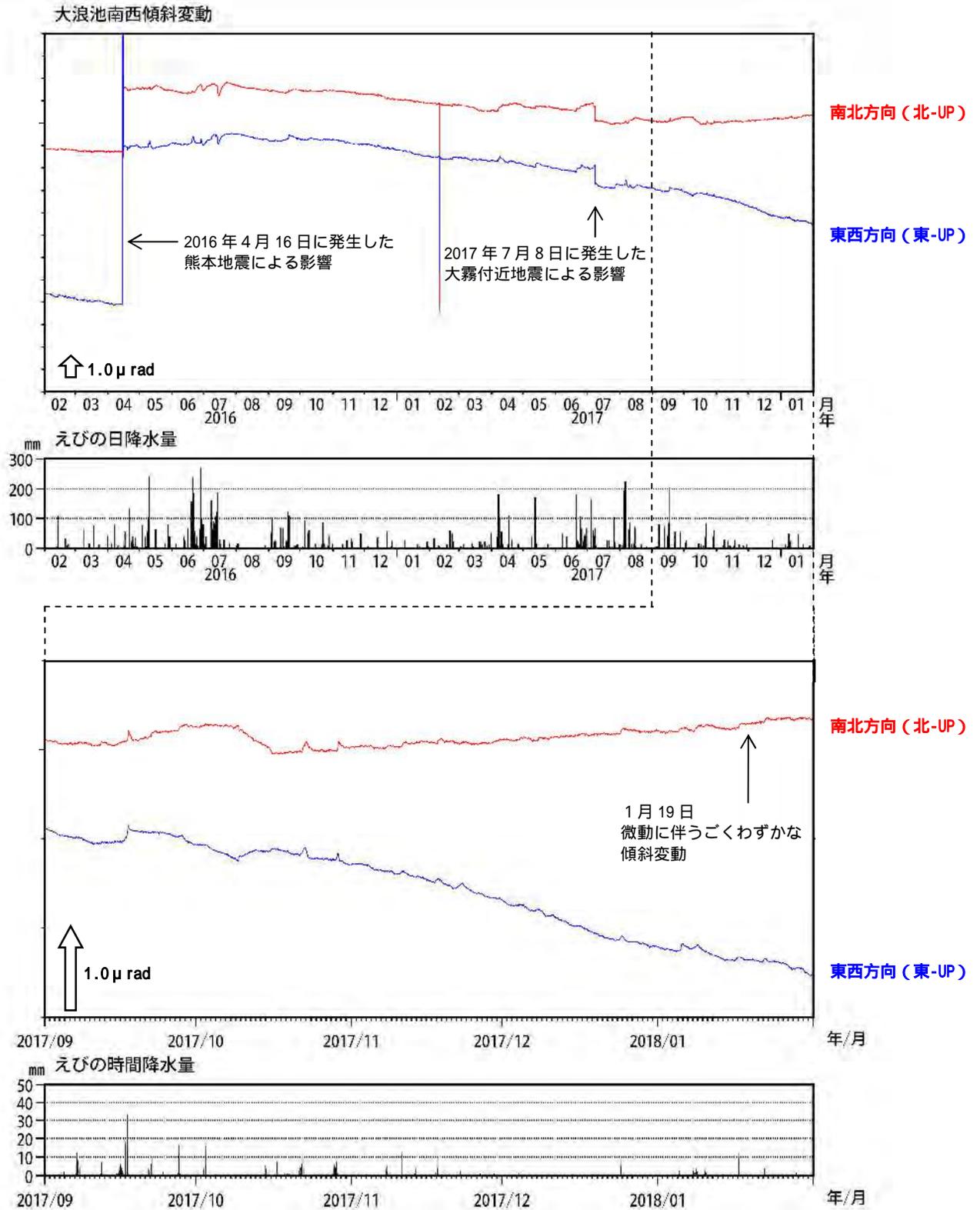


図 17-3 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） 大浪池南西傾斜計の変化（2016年2月～2018年1月31日）

< 2017年9月～2018年1月31日の状況 >

この期間、えびの高原（硫黄山）周辺の火山活動によると考えられる顕著な変動はみられない。1月19日02時30分頃発生した火山性微動に伴い、ごくわずかな傾斜変動がみられた。

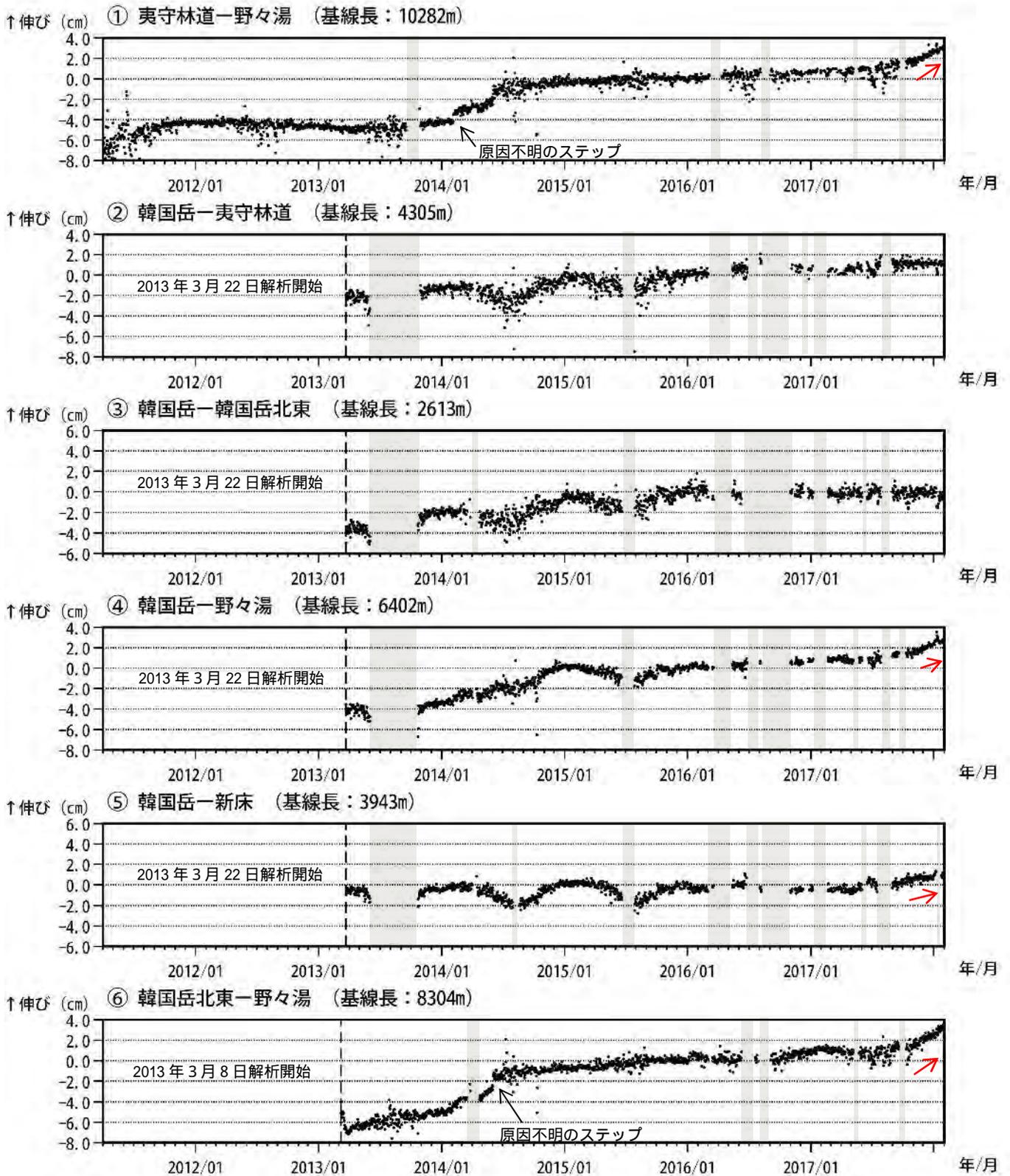


図 18-1 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) GNSS 連続観測による基線長変化 (2011年4月~2018年1月)

GNSS 連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している(赤矢印)。

これらの基線は図 19 の ~ に対応している。

灰色の部分は機器障害による欠測を示している。

2016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。

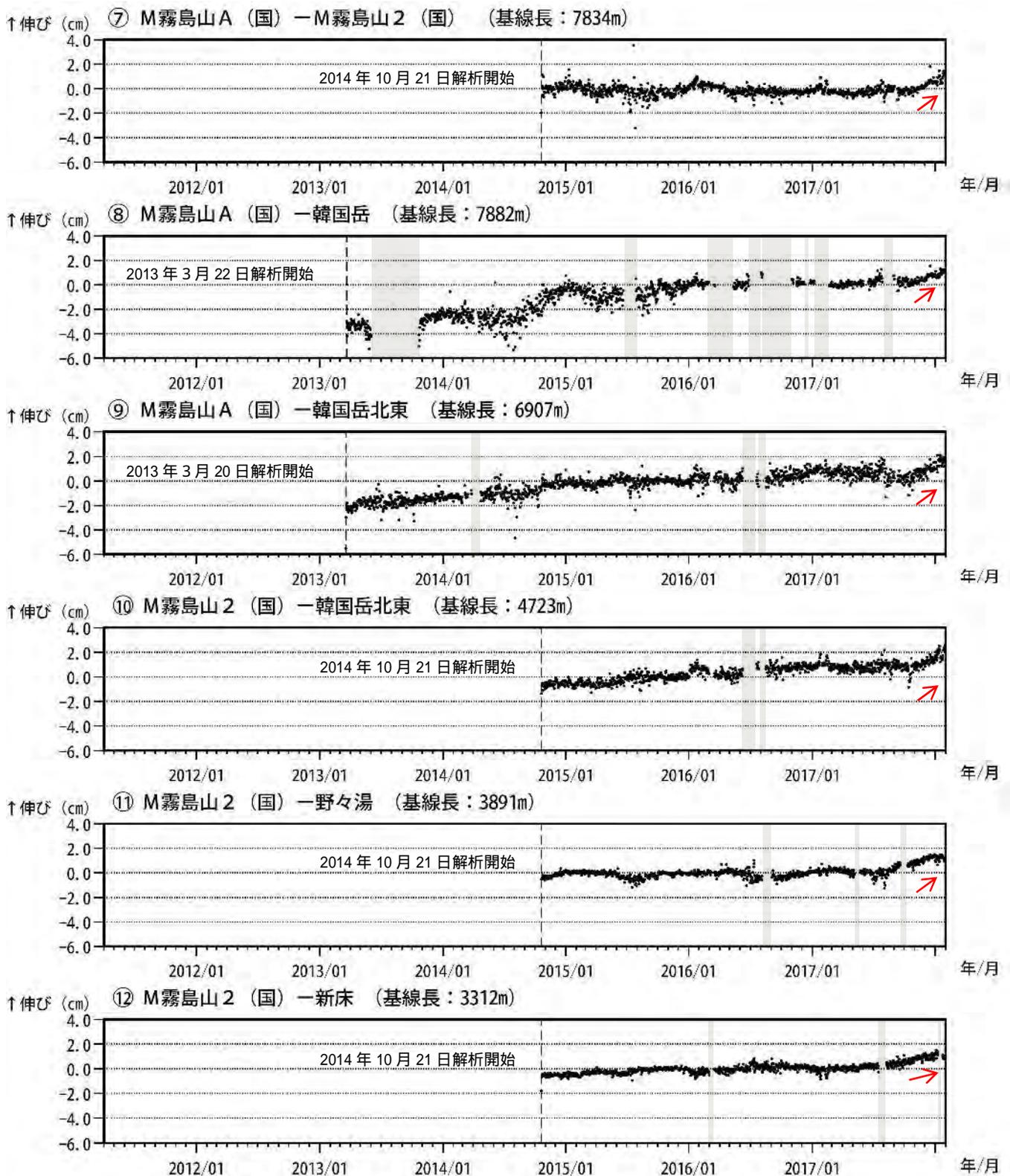


図 18-2 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺) GNSS 連続観測による基線長変化 (2011年4月~2018年1月)

GNSS 連続観測では、2017年7月頃から霧島山を挟む基線の伸びが継続している (赤矢印)。

これらの基線は図 19 の ~ に対応している。
 灰色の部分は機器障害による欠測を示している。
 2016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。
 (国): 国土地理院

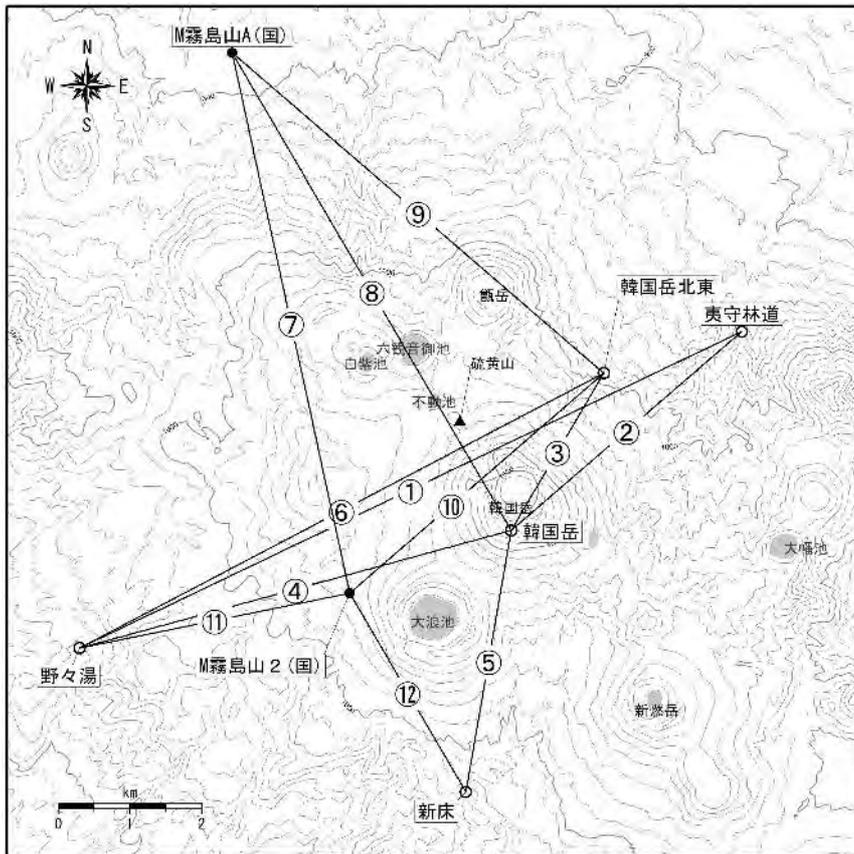


図 19 霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺） GNSS 観測点基線図

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。

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、今後の火山活動に留意すること。

概況（2017年9月～2018年1月31日）

- ・ 噴気など表面現象の状況（図1、図2 - ）
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2 - ~ ）
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3 ~ 5）
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12月25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。

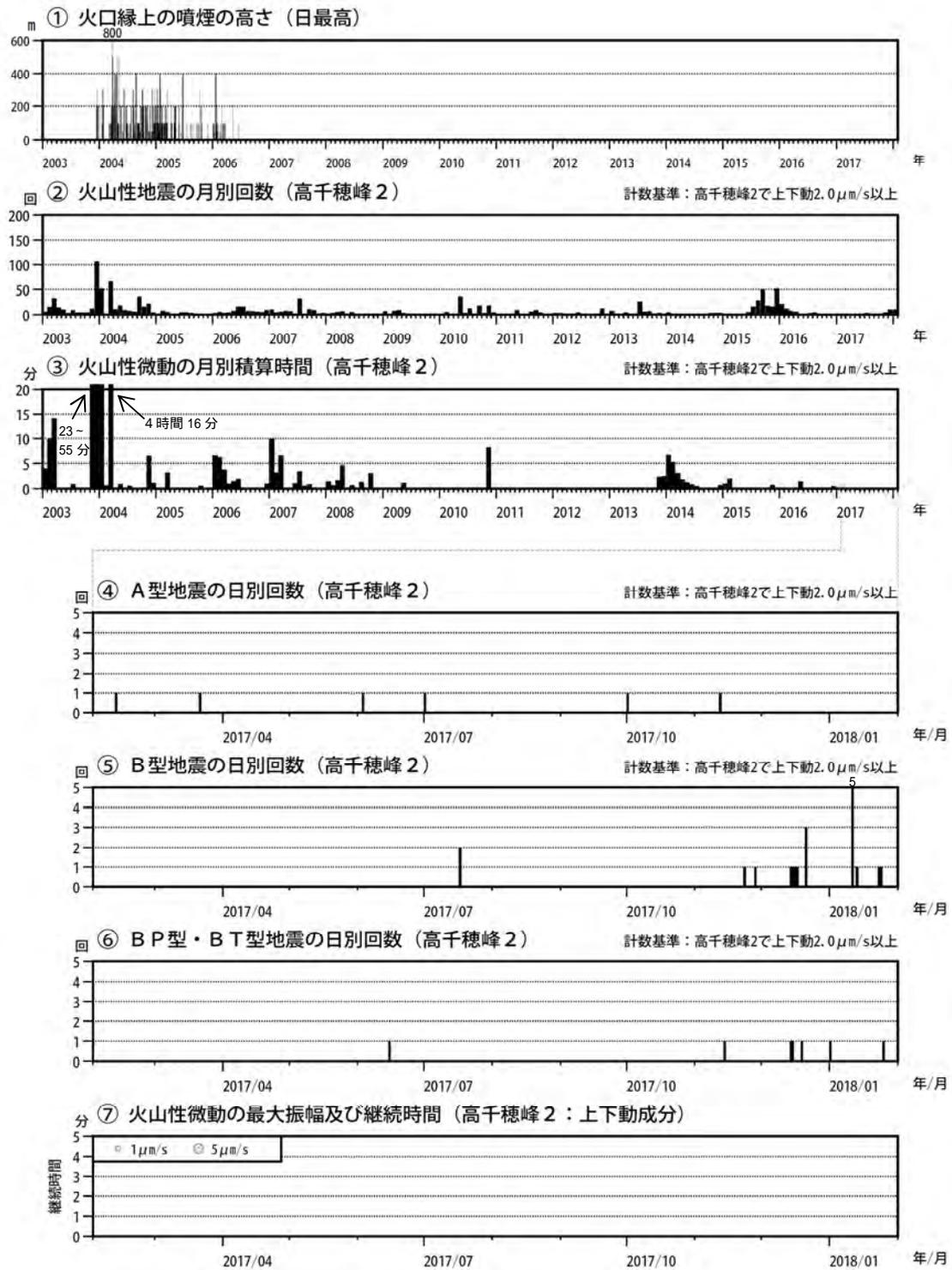


図2 霧島山（御鉢） 火山活動経過図（2003年1月～2018年1月31日）

<2017年9月～2018年1月31日の状況>

- ・火口縁を越える噴気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。
- ・2016年12月5日に火山性微動を観測して以降、火山性微動は観測されていない。

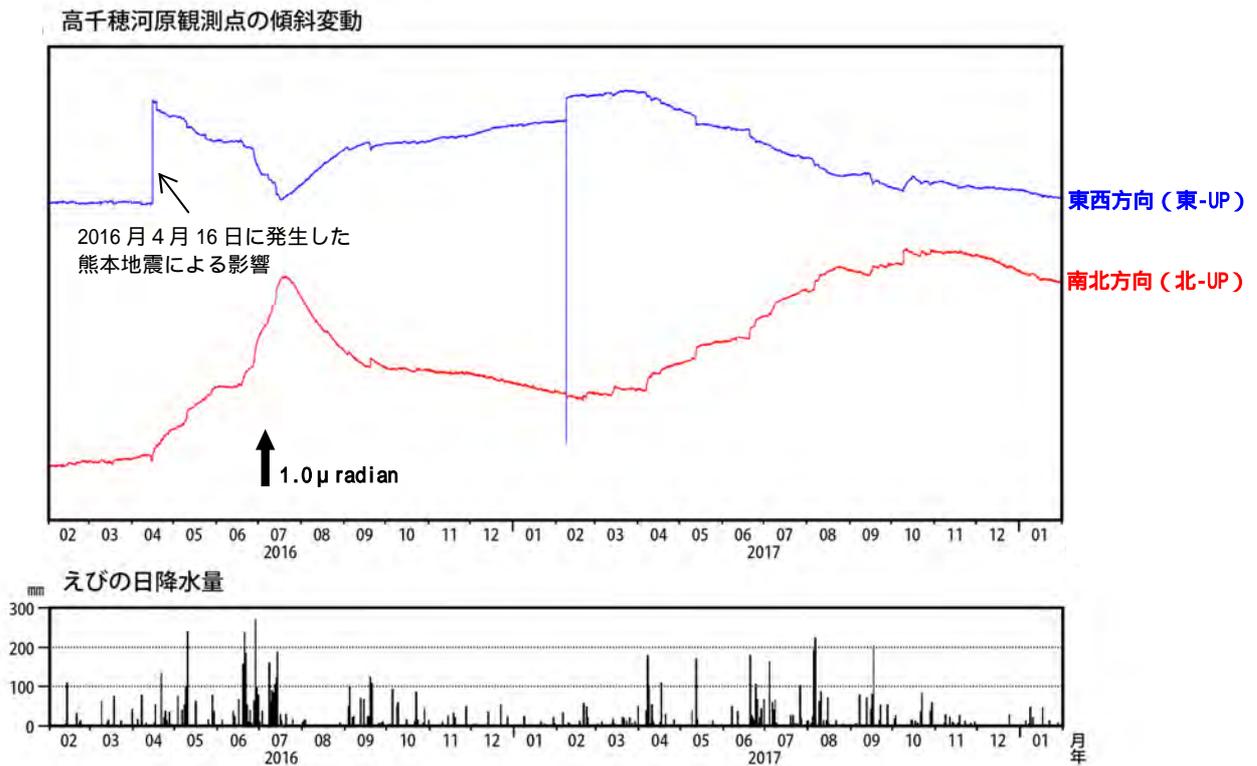


図3 霧島山（御鉢） 高千穂河原傾斜計の変化（2016年2月～2018年1月31日）

<2017年9月～2018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。

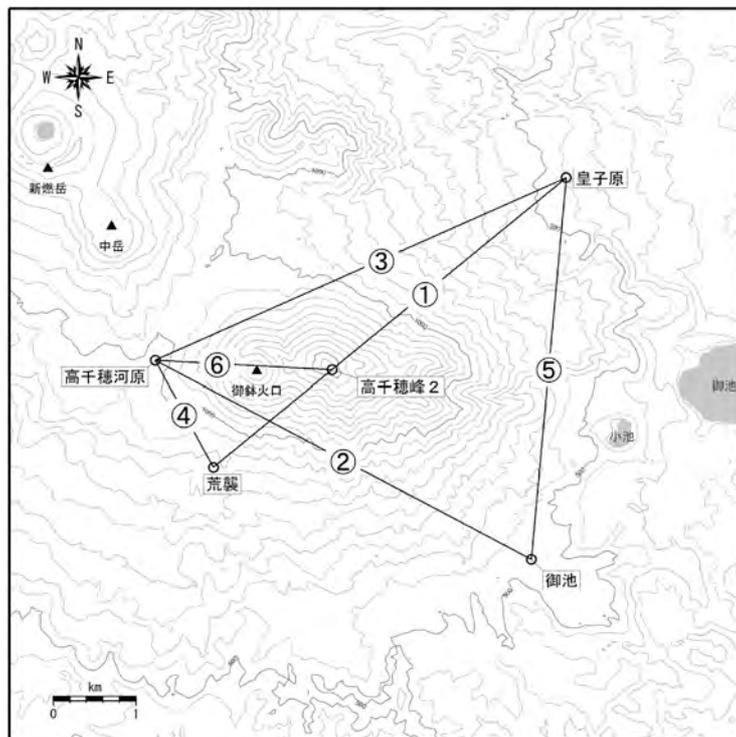


図4 霧島山（御鉢） GNSS観測点基線図

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。

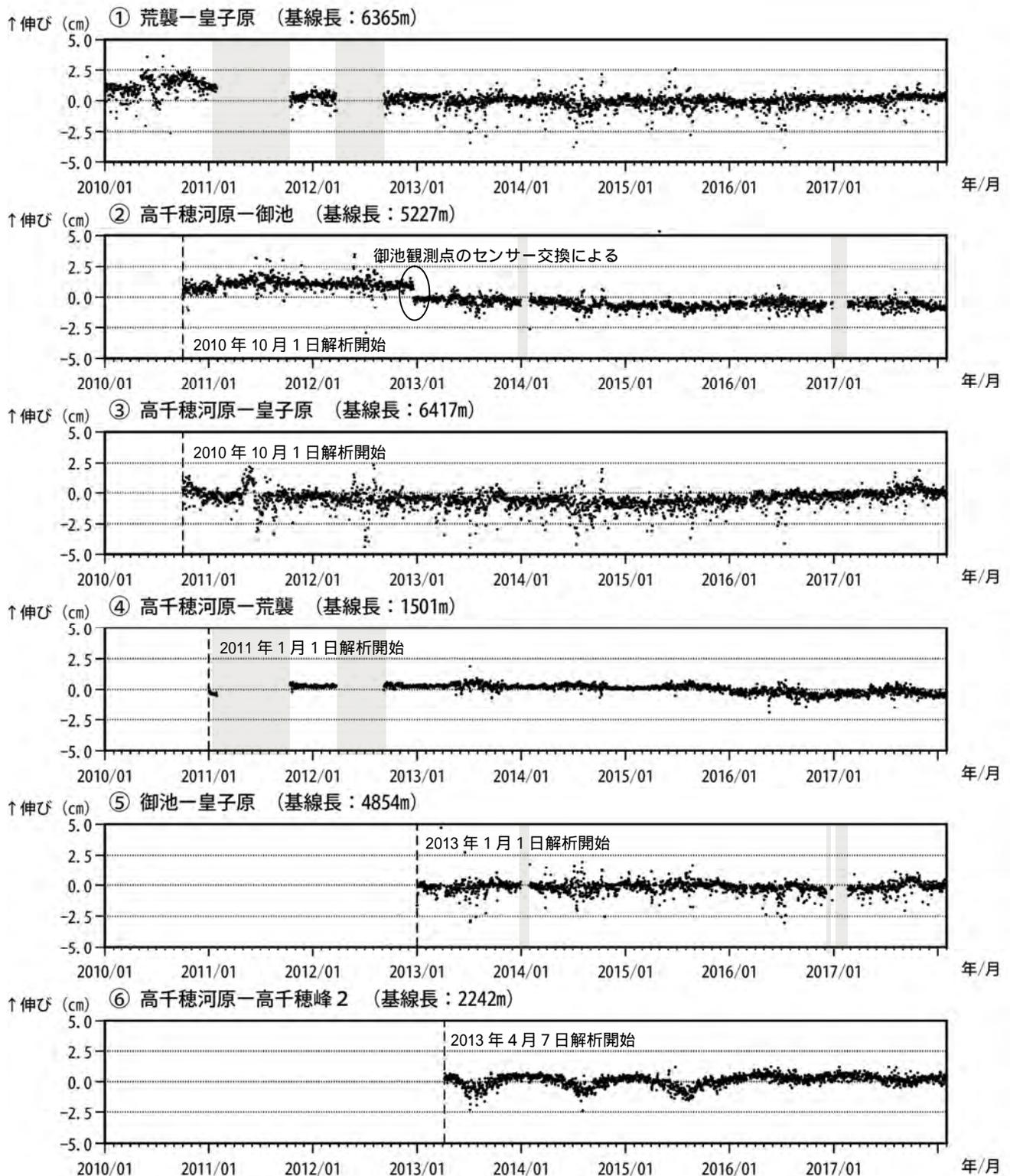


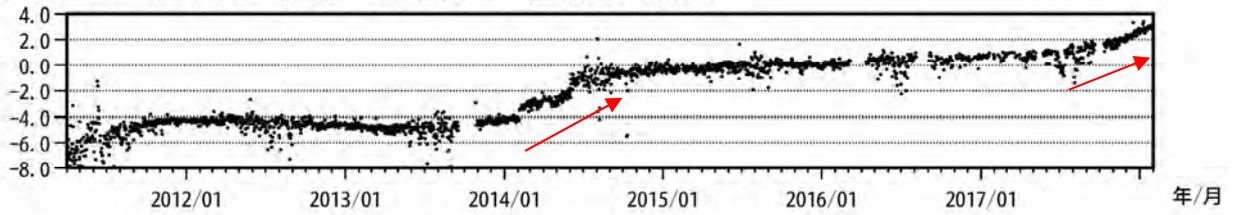
図 5 霧島山 (御鉢) GNSS 連続観測による基線長変化
(2010年1月~2018年1月31日)

火山活動によると考えられる変化は認められない。

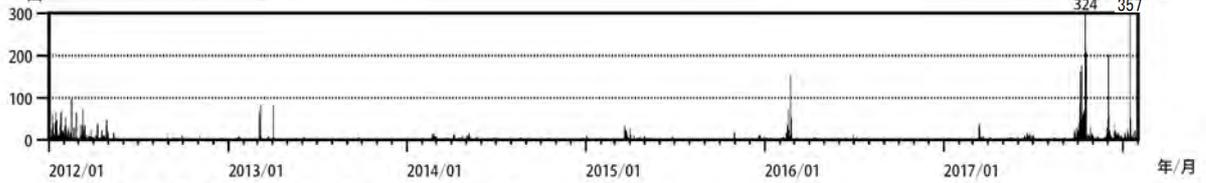
この基線は図4の ~ に対応している。
2010年10月及び2016年1月に、解析方法を変更している。
灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。

霧島山

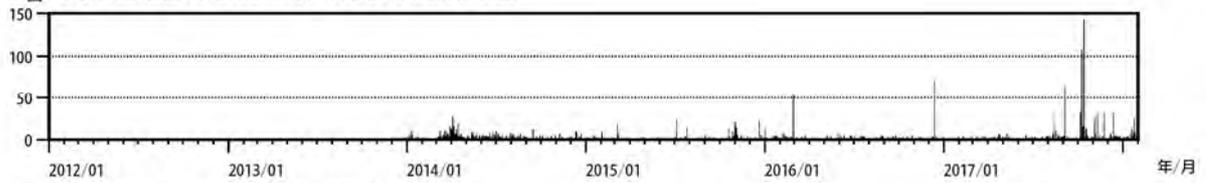
↑伸び (cm) GNSS 夷守林道-野々湯 基線長変化 (基線長: 10282m)



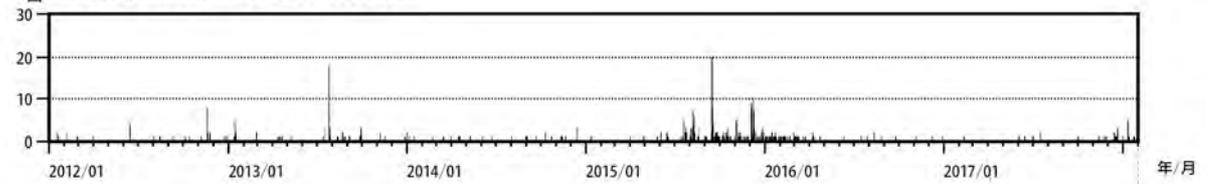
回 火山性地震の日別回数 (新燃岳)



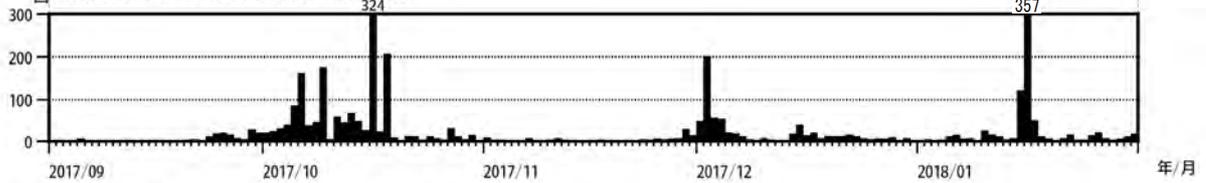
回 火山性地震の日別回数 (えびの高原周辺)



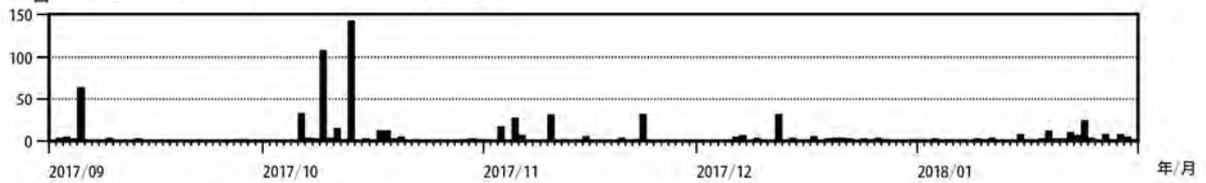
回 火山性地震の日別回数 (御鉢)



回 火山性地震の日別回数 (新燃岳)



回 火山性地震の日別回数 (えびの高原周辺)



回 火山性地震の日別回数 (御鉢)

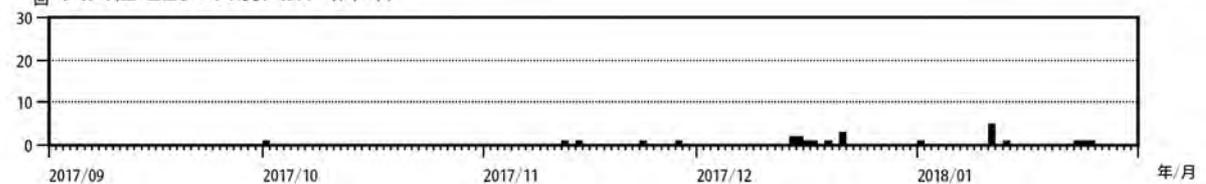


図 1 霧島山 活動経過図 (2012 年 1 月 ~ 2018 年 1 月)

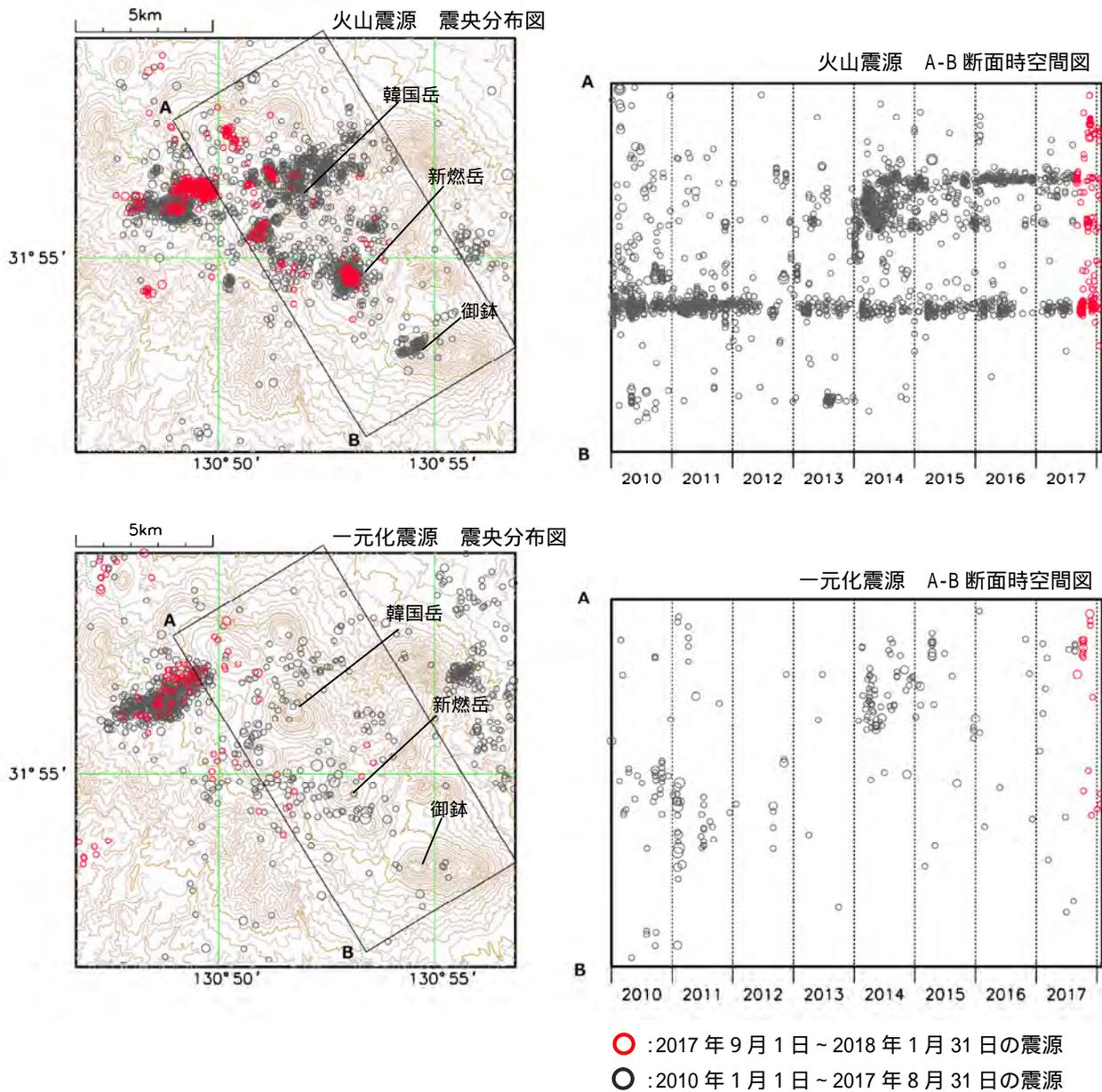


図 2 霧島山 火山観測ネットで推定した震源（火山震源）（上段）及び一元化震源（下段）による広域の地震活動（2010年1月～2018年1月31日）

< 2017年9月～2018年1月31日の状況 >

震源は主に硫黄山周辺と新燃岳火口直下の他、大浪池やえびの岳付近に分布した。

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

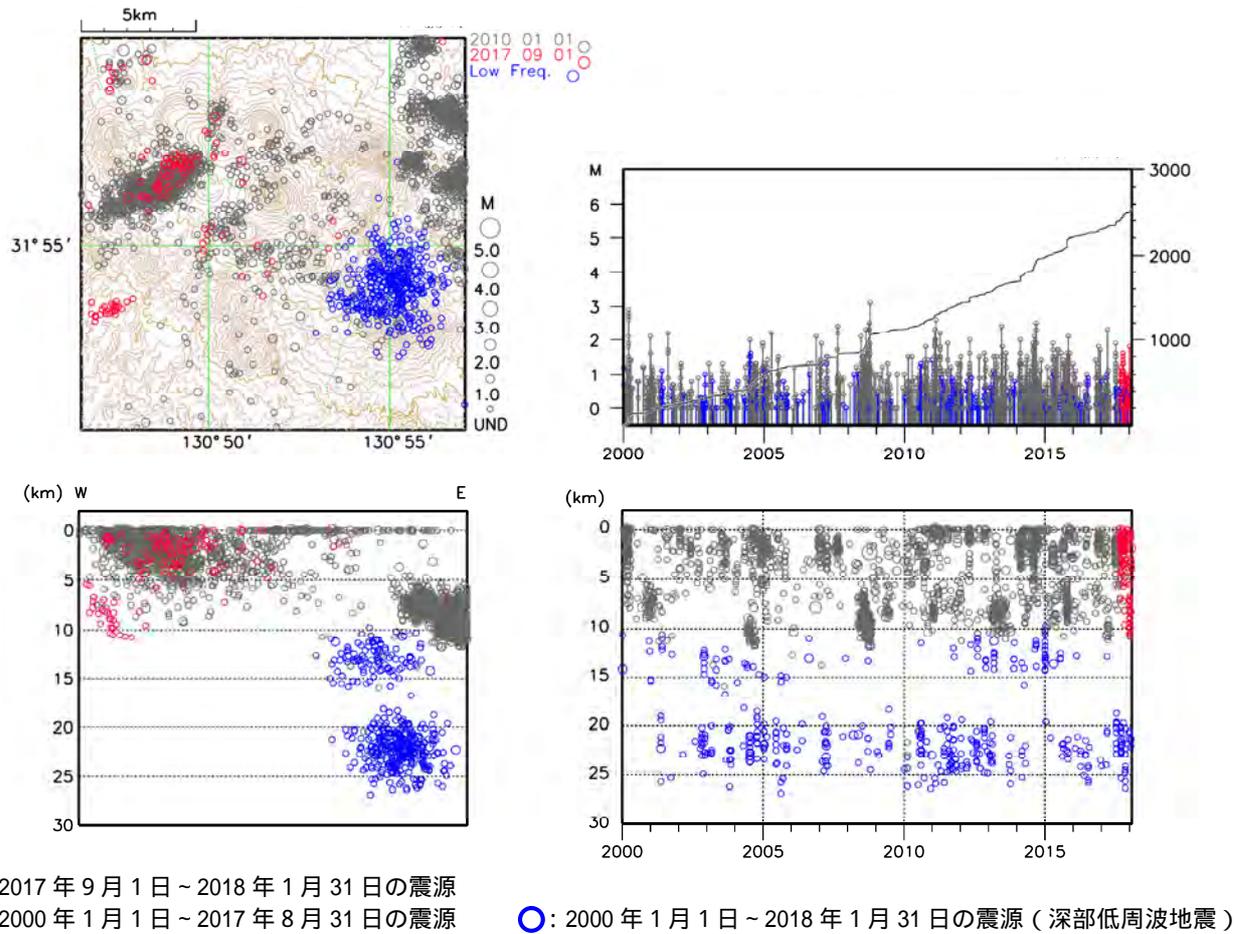


図3 霧島山 一元化震源による広域の地震活動（2000年1月～2018年1月31日）

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。

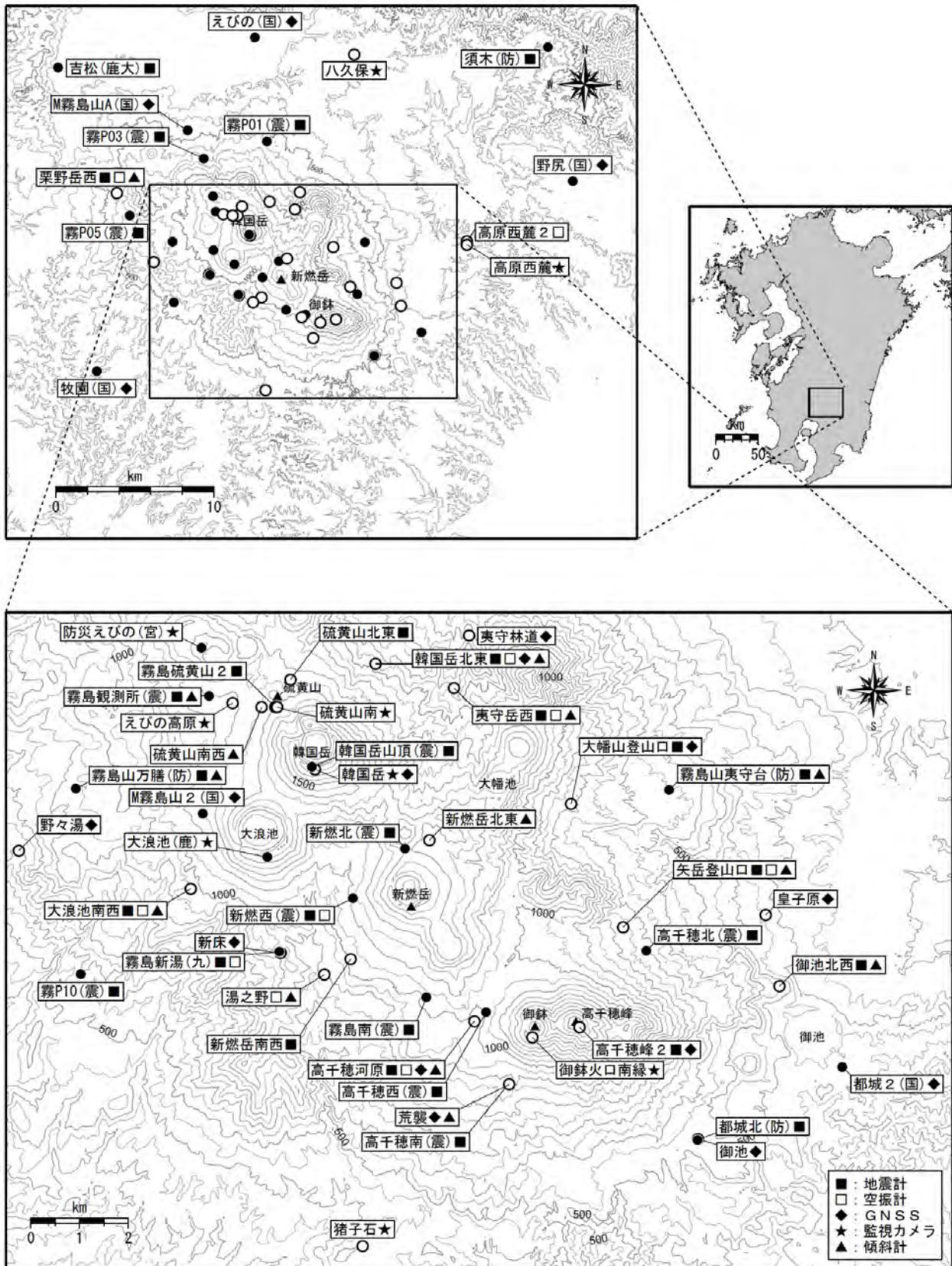


図 4 霧島山 観測点配置図

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、(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。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 霧島山における SAR 干渉解析結果

新燃岳山頂付近では、噴火による地表面変化のため非干渉領域が認められる。
えびの高原（硫黄山）付近において、衛星視線方向伸長の位相変化が見られたが、
直近の観測では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

北行軌道及び南行軌道の長期と短期のペアについて解析を行った。解析に使用したデータを第 1 表に示した。また、霧島山周辺及びえびの高原（硫黄山）周辺の干渉画像を第 1 図及び 2 図に、えびの高原（硫黄山）周辺の地表変位の時間変化を第 3 図及び 4 図に示した。

2017 年 10 月 11 日から 17 日の噴火を含むペアでは、新燃岳山頂付近で噴火による地表面変化のため非干渉領域が認められた。

えびの高原（硫黄山）付近では、2017 年夏頃まで衛星視線方向短縮が継続していたが、その後反転し、最大で約 3cm の衛星視線方向の伸長が見られた。直近の観測では再び衛星視線方向短縮（約 2cm）が認められる。

なお、各干渉解析結果について、対流圏遅延補正などは行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

謝辞

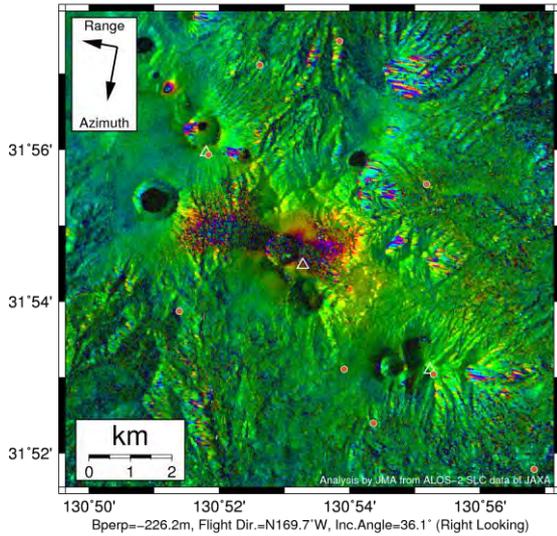
本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。

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°	2015.11.30	2017.11.13	第 1 図-A
				2017.12.11	2018.01.22	第 1 図-B
131-620(SM1_U2-9)	北行	右	42.9°	2014.10.28	2017.11.21	第 2 図-A
				2017.12.19	2017.01.16	第 2 図-B

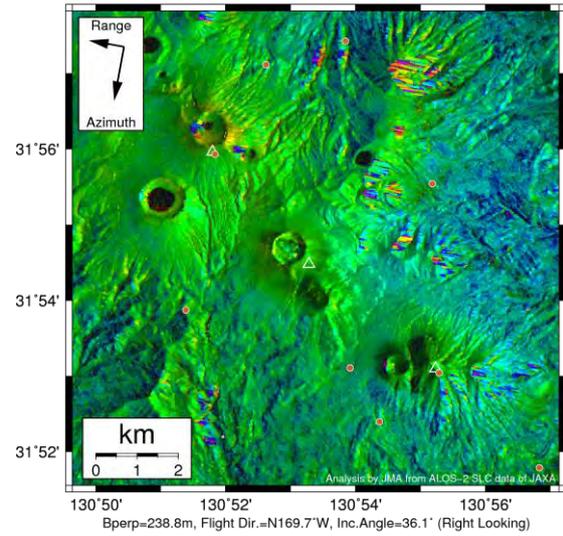
A

2015/11/30 – 2017/11/13
714 days



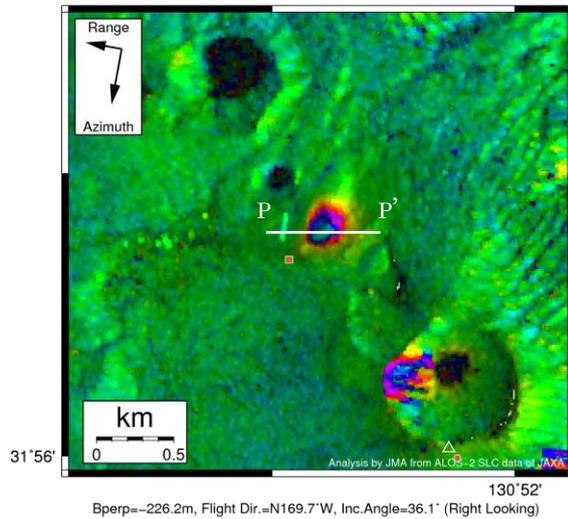
B

2017/12/11 – 2018/01/22
42 days

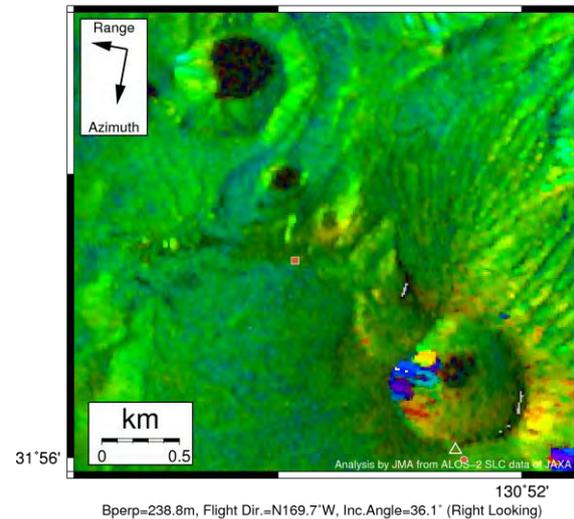


【拡大図】

2015/11/30 – 2017/11/13
714 days

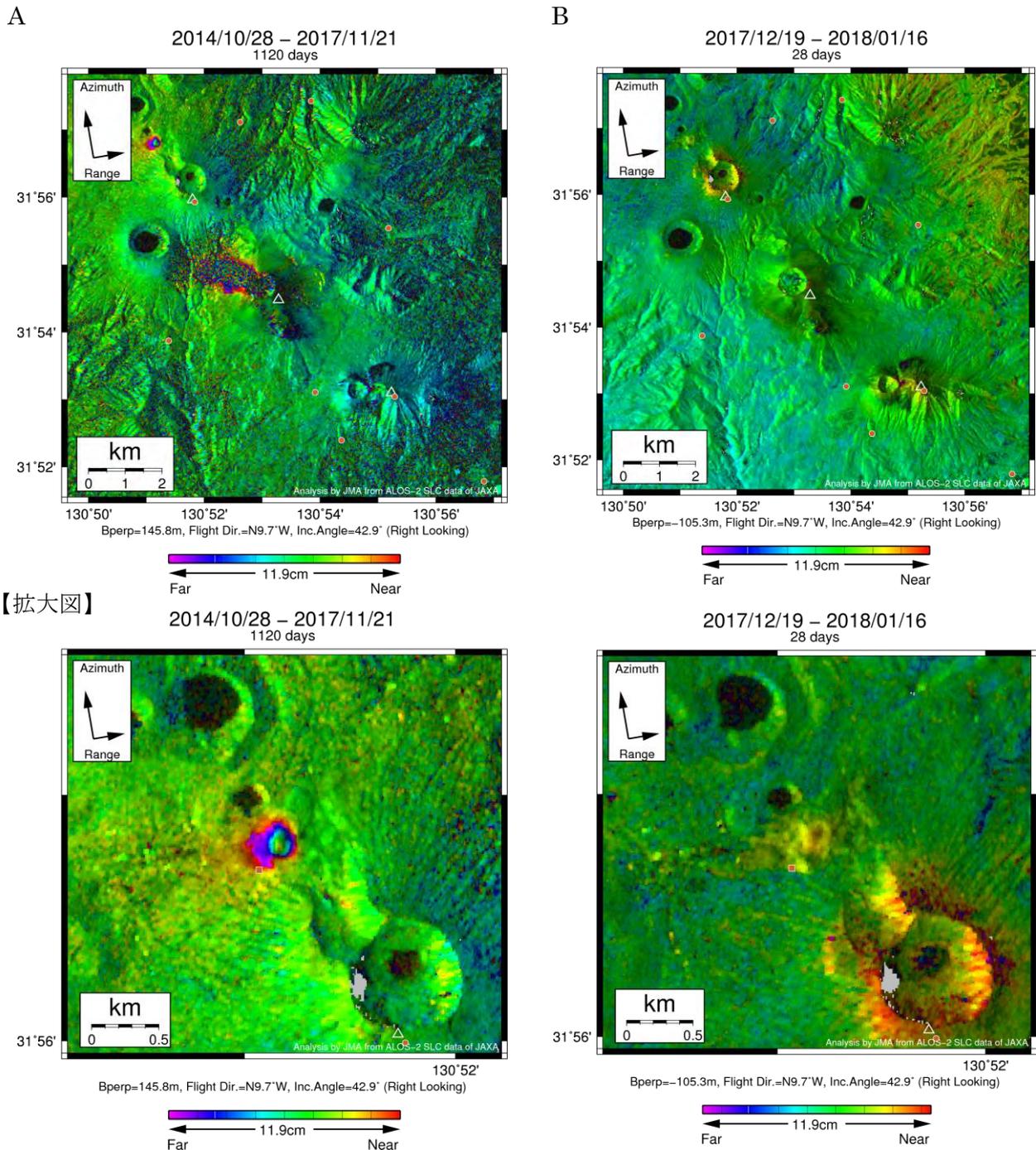


2017/12/11 – 2018/01/22
42 days



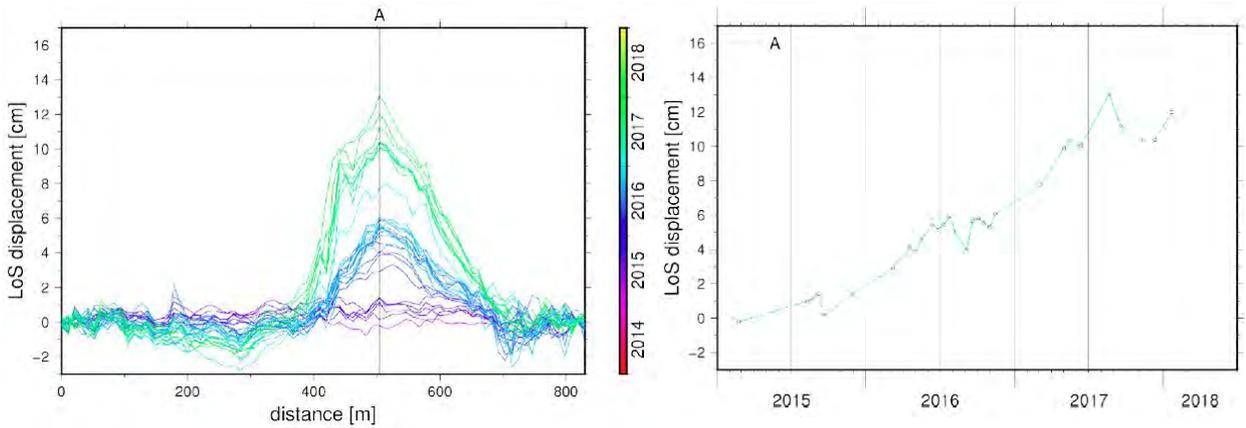
第 1 図 パス 23 (SM1_U2-7) による霧島山周辺の干渉解析結果 (上図)、えびの高原付近の拡大図 (下図)

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点を示す。四角印は硫黄山南西傾斜観測点を示す。A では、2017 年 10 月 11 日の噴火による地表面変化のため非干渉領域が認められる。また、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。B では、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。



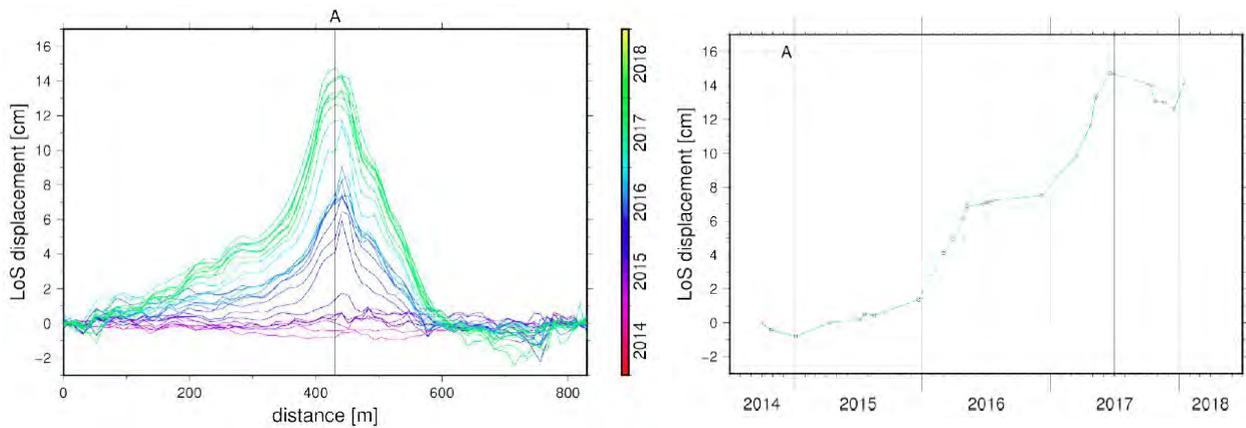
第 2 図 パス 131 (SM1_U2-9) による霧島山周辺の干渉解析結果(上図)、えびの高原付近の拡大図(下図)

凡例は第 1 図と同じ。新燃岳山頂付近では 2017 年 10 月 11 日の噴火による地表面変化のため非干渉領域が認められる。えびの高原(硫黄山)付近において、A では衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。B では、えびの高原(硫黄山)付近で衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。



第 3 図 パス 23 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'。2017 年 8 月 21 日の観測までは衛星視線方向短縮が継続していたが、その後は伸長へと反転した。直近の観測では衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。



第 4 図 パス 131 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 5 図と同じ。2017 年 6 月 20 日の観測までは衛星視線方向短縮が継続していたが、その後は伸長に反転した。直近の観測では衛星視線方向短縮が認められる。

霧島山硫黄山周辺の湧水の化学組成(2018年1月26日現在)

2016年8月から2018年1月までの期間、霧島山硫黄山の山麓および噴気地帯に湧出する湧水を採取し、化学分析を実施した。定点観測を実施している硫黄山西麓の Cl/SO₄ モル比は、2017年4月下旬までにかけて増加した後、同年7月頃までにかけて減少した。その後、Cl/SO₄ モル比は2017年11月ないし12月以降、再び明瞭な増加傾向を示している。

【試料採取・分析】

2016年8月30日から2018年1月26日の期間、霧島山硫黄山の山麓、および噴気地帯に湧出する湧水(温泉水も含む)を採取した(図1)。採取した湧水は口径0.45μm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⁻、SO₄²⁻濃度を分析した。

【結果】

湧水の分析結果を表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Cl⁻>SO₄²⁻型、その他の温泉水は全てSO₄²⁻>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)、湧水に溶存する火山ガス起源と考えられるCl⁻とSO₄²⁻の比率(Cl/SO₄モル比)も、火山活動の盛衰に応じて変化すると期待される。図2に、本調査期間に硫黄山西麓A地点で採取した湧水のCl⁻およびSO₄²⁻の濃度、およびCl/SO₄モル比の変化を示した。これによれば、当該湧水のCl/SO₄モル比は、2017年4月下旬までにかけて増加した後、同年6月下旬以降は増減を繰り返しながらほぼ横ばいで推移していたが、同年10月以降再び明瞭な増加傾向を示している。



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)

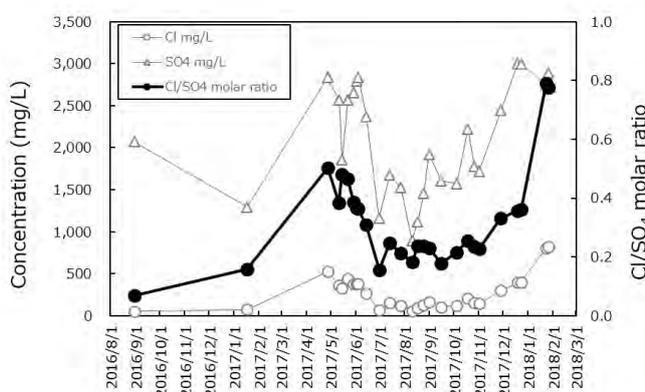


図2. 硫黄山西麓域A地点
Cl⁻濃度、SO₄²⁻濃度、Cl/SO₄モル比の変化

表 1. 温泉水の分析結果

Sample location	latitude (deg' min' sec")	longitude (deg' min' sec")	Date	WT °C	pH	E.C. S/m	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"	2016/8/30	37.1	2.18	0.499	52.3	2070	0.07
			2017/1/17	34.5	2.19	0.466	75.9	1290	0.16
			2017/4/27	43.3	2.03	0.782	526	2840	0.50
			2017/5/11	47.5	1.97	0.824	363	2570	0.38
			2017/5/15	44.1	2.17	0.550	331	1860	0.48
			2017/5/22	50.3	2.06	0.724	443	2570	0.47
			2017/5/29	49.1	2.00	0.776	379	2660	0.39
			2017/6/2	47.7	2.02	0.745	379	2800	0.37
			2017/6/4	49.6	1.93	0.837	381	2840	0.36
			2017/6/14	49.3	2.02	0.698	272	2370	0.31
			2017/6/30	46.8	2.30	0.345	66.9	1170	0.16
			2017/7/13	53.4	2.07	0.504	154	1680	0.25
			2017/7/27	76.6	2.11	0.480	120	1530	0.21
			2017/8/10	46.9	2.27	0.292	60.6	897	0.18
			2017/8/17	53.6	2.14	0.380	98.4	1120	0.24
			2017/8/24	54.7	2.04	0.487	127	1460	0.24
			2017/8/31	51.4	1.98	0.602	164	1920	0.23
			2017/9/15	50.9	1.98	0.529	106	1610	0.18
			2017/10/4	51.8	1.99	0.516	124	1570	0.21
			2017/10/18	49.4	1.85	0.789	209	2220	0.25
2017/10/26	49.0	1.91	0.614	155	1780	0.24			
2017/11/1	49.8	1.93	0.596	144	1710	0.23			
2017/11/28	47.0	1.75	0.873	299	2440	0.33			
2017/12/19	44.0	1.70	1.040	395	3010	0.36			
2017/12/23	43.5	1.69	1.060	400	3000	0.36			
2018/1/23	48.8	1.67	1.130	804	2750	0.79			
2018/1/26	48.5	1.65	1.180	827	2890	0.78			
硫黄山西麓 B	31° 56'49.1"	130° 51'00.9"	2017/1/17	24.5	2.37	0.338	77.0	1010	0.21
			2017/6/2	35.5	2.42	0.324	113	997	0.31
硫黄山西麓 C	31° 56'49"	130° 50'51"	2017/4/24	ND	2.40	0.356	152	1520	0.27
			2017/7/13	31.6	2.34	0.312	81.5	1180	0.19
硫黄山噴気域 a	31° 56'48.1"	130° 51'10.9"	2017/5/15	95.2	0.71	10.1	11000	2640	11.30
			2017/9/15	96.5	0.94	5.19	4840	2640	4.97
硫黄山噴気域 b	31° 56'46"	130° 51'11"	2017/3/21	ND	1.74	0.997	3.9	2520	0.00
			2017/9/15	95.4	1.82	0.629	32.7	1370	0.06
			2017/10/18	91.3	1.65	0.993	10.1	1870	0.01
			2017/11/28	93.9	1.50	1.330	2.5	3010	0.00
			2018/1/26	91.8	1.36	1.900	0.5	4440	0.00
硫黄山噴気域 c (旧韓国岳登山道入口)	31° 56'46"	130° 51'04"	2017/6/4	95.5	1.81	0.787	3.4	1550	0.01
			2017/7/27	93.0	1.46	1.570	1.3	3500	0.00
			2017/8/10	92.6	1.89	0.548	4.2	1060	0.01
			2017/8/17	94.0	1.73	0.748	3.5	1500	0.01
硫黄山北東麓 NE-A	31° 57'02.43"	130° 51'20.11"	2017/8/10	20.1	2.29	0.320	167	867	0.52
			2017/8/17	20.0	2.15	0.427	200	1250	0.44
			2017/10/4	20.8	2.11	0.441	169	1270	0.36
			2017/10/26	21.7	2.11	0.425	160	1200	0.36
			2017/11/1	21.8	2.12	0.406	156	1120	0.38
			2017/12/19	19.2	2.11	0.448	220	1250	0.48
			2017/12/23	18.8	2.10	0.446	219	1240	0.48
			2018/1/23	18.8	2.14	0.412	228	1120	0.55

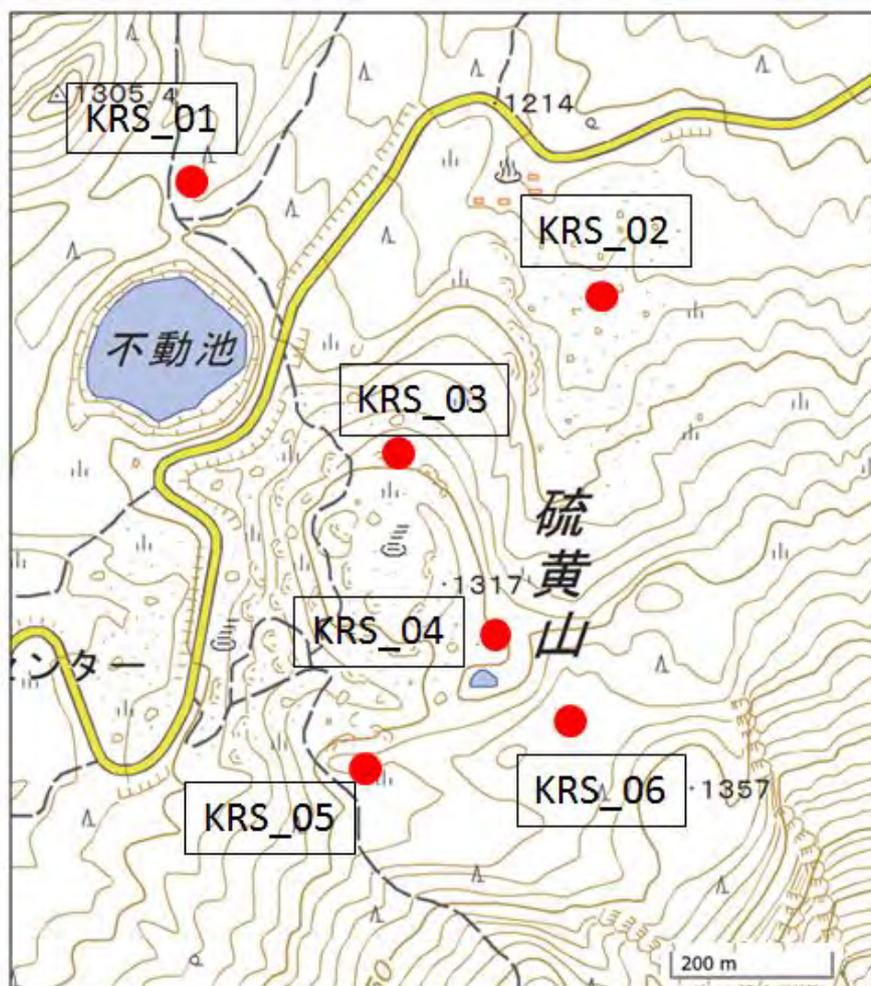
*分析値は、今後修正することがあります。

霧島山（硫黄山）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観測された熱消磁を示す小さな全磁力変化は、2017 年秋頃以降おさまっている。

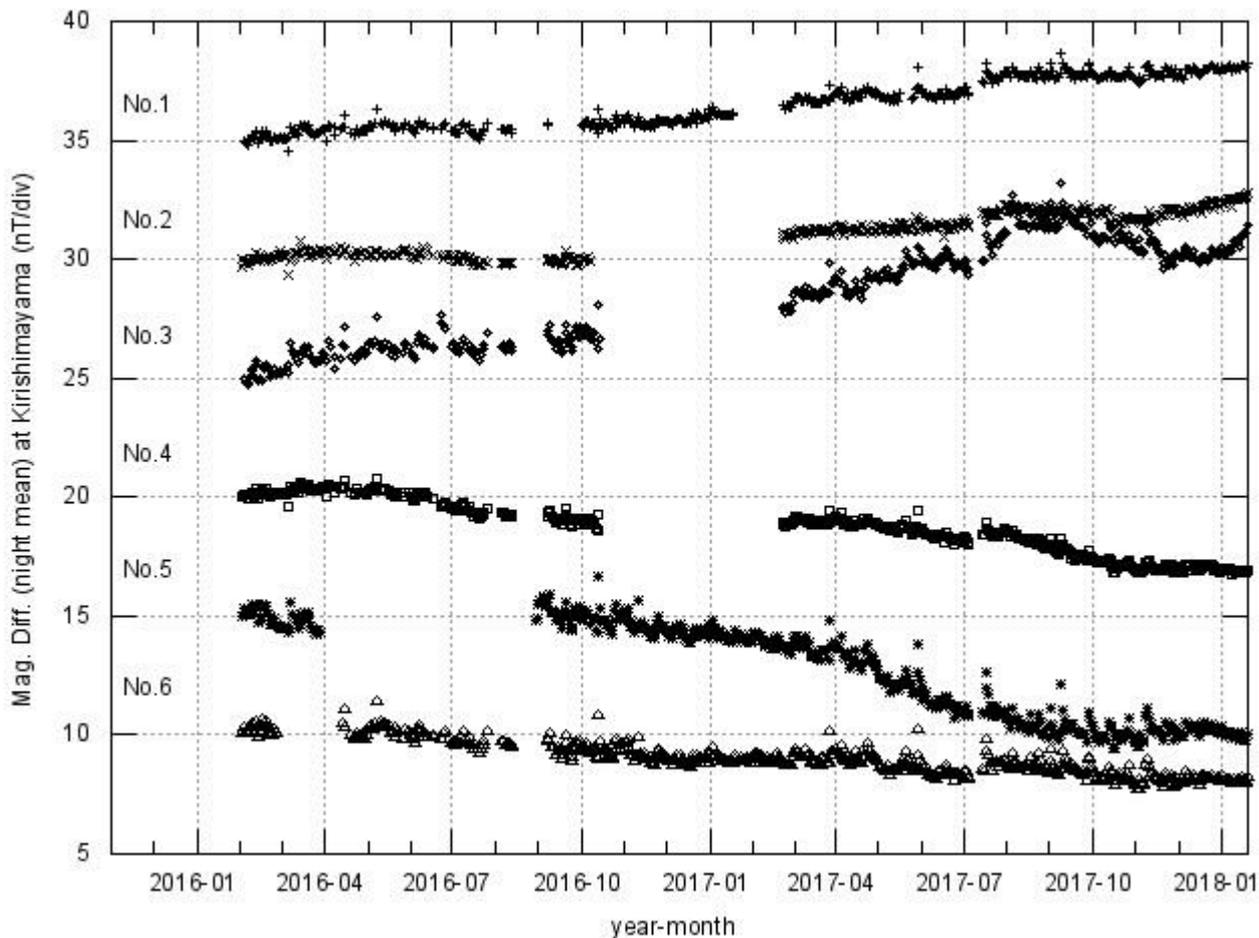
・地磁気全磁力観測

第 1 図に硫黄山周辺における全磁力連続観測点（KRS_01～06）、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。一昨年当初より、硫黄山山頂部の噴気帯北側の観測点（KRS_03）での全磁力増加、南側の観測点（KRS_04,KRS_05,KRS_06）での全磁力減少する変化が観測され、硫黄山で熱消磁が進行しているものと考えられたが、最近はおさまっているように見える。



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 ~2018 年 1 月 20 日)。

新燃岳 2017 年 10 月 11 日－12 日噴火の降下火山灰の水溶性付着成分と硫黄同位体組成の特徴

2017 年 10 月 11 日午前（10 月 11 日午後の火山灰を少量含む可能性がある）、2017 年 10 月 11 日午後 1 時以降、2017 年 10 月 11 日午後 4 時以降に降灰した火山灰を宮崎県高原町蒲牟田(図 1、図 2:KS-1)、2017 年 10 月 12 日に降灰した火山灰を宮崎県小林市細野(図 1:KS-2)で採取した。試料は、車が巻き上げる火山灰等の混入を避けるため、道路から十分に離れた場所にて許可を得て採取した。その後、採取した火山灰の水溶性付着成分に含まれる Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} の濃度（表 1）を分析した。また火山灰に含まれる硫酸塩鉱物と黄鉄鉱の硫黄同位体比から同位体平衡温度（表 1）を算出したので、それらの結果を報告する。



図 1 新燃岳 2017 年 10 月 11 日－12 日噴火の降下火山灰を採取した地点. なお、本図の作成には、国土地理院の地理院地図を使用した。



図 2 2017 年 10 月 11 日午後 4 時以降に降灰した火山灰. 宮崎県高原町蒲牟田, KS-1(図 1).

*池端 慶・丸岡照幸

表1. 新燃岳2017年噴火火山灰の水溶性付着成分と硫黄同位体平衡温度

降灰日	降灰期間	Na($10^3 \cdot \text{mg}/\text{kg}$)	K(mg/kg)	NH ₄ (mg/kg)	Mg($10^3 \cdot \text{mg}/\text{kg}$)	Ca($10^3 \cdot \text{mg}/\text{kg}$)	Cl($10^3 \cdot \text{mg}/\text{kg}$)	SO ₄ ($10^4 \cdot \text{mg}/\text{kg}$)	Cl/SO ₄ (molar ratio)	同位体温度(°C)
2017.10.11	午前	1.77	766	131	2.06	9.40	3.91	2.98	0.36	298-420
2017.10.11	午後1時以降	2.45	848	413	2.76	8.04	5.67	2.94	0.52	308-356
2017.10.11	午後4時以降	2.55	869	402	2.89	8.19	5.97	3.08	0.52	305-434
2017.10.12	全日	1.26	312	119	1.74	9.66	3.70	2.80	0.36	316-342

新燃岳火山灰(2017年10月11日-12日)の水溶性付着成分(例えば Cl/SO₄モル比:0.36-0.52)は、高温のガスが噴火に関与したと考えられている御嶽山1979年水蒸気爆発に伴う降下火山灰の水溶性付着成分(Cl/SO₄モル比:0.29-1.04; 小坂ほか, 1983)と類似する。2017年10月11日午後の噴出物のCl、Na、NH₄濃度は、他の噴出物と比較して高いが、それらはNaClやNH₄Clとして存在していたと考えられる。

採取した火山灰中の硫酸塩鉱物と黄鉄鉱の硫黄同位体比から見積もられる同位体平衡温度は298-434°Cであり、Kusakabe et al. (1982) が報告した御嶽山1979年水蒸気爆発に伴う降下火山灰中の硫酸塩鉱物と黄鉄鉱の硫黄同位体比から見積もられる同位体平衡温度(314-394°C, Ikehata and Maruoka, 2016)と同程度である。

なお、御嶽山2014年水蒸気爆発に伴う降下火山灰の水溶性付着成分のCl/SO₄モル比は、0.08-0.19(東京工業大学火山流体研究センター, 2014)、同火山灰中の硫酸塩鉱物と黄鉄鉱の硫黄同位体比から見積もられる同位体平衡温度は270-281°C(Ikehata and Maruoka, 2016)である。

引用文献

- Ikehata K and Maruoka T (2016) Sulfur isotopic characteristics of volcanic products from the September 2014 Mount Ontake eruption, Japan, *Earth, Planets and Space* 68:116
<https://doi.org/10.1186/s40623-016-0496-z>
- Kusakabe M, Mizutani Y, and Kometani M (1982) A preliminary stable isotope study of volcanic ashes discharged by the 1979 eruption of Ontake Volcano, Nagano, Japan, *Bulletin of Volcanology* 45 (3): 203-209. doi:10.1007/BF02597731
- 小坂 丈予, 小沢 竹二郎, 酒井 均, 平林 順一 (1983) 木曾御岳火山 1979 年噴火後の活動状況と地球化学的研究, *火山*, 28(1), 59-74.
- 東京工業大学火山流体研究センター(2014) 御嶽山 2014 年噴火に伴う降灰について, 第 130 回火山噴火予知連絡会資料(その 10)追加資料, p15.

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月のマグマ噴火前より霧島山（新燃岳）周辺にGNSS観測点を4点設置し、噴火後には東北大学、北海道大学、九州大学と共同で更に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2～4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。また、2016年熊本地震の影響も見られる。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。

図4で示す霧島山を挟む基線長の変化を見ると、2011年1月末の噴火後に継続していたマグマ蓄積は2011年11月頃一旦停止したが、2013年10月頃より再開し、これも2014年9月頃に停止した。しかし、最近2017年2月ごろから再々蓄積を示すと思われる基線長の伸びが見られ、2017年10月の噴火に至った。噴火直後にわずかに収縮したと思われるが、すぐに膨張を再開し、現在は膨張が以前よりも加速しているように見える。なお、この基線長変化は日々更新され、以下のHPの「GPS即時解析」で公開している。

<http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/MS/>

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。

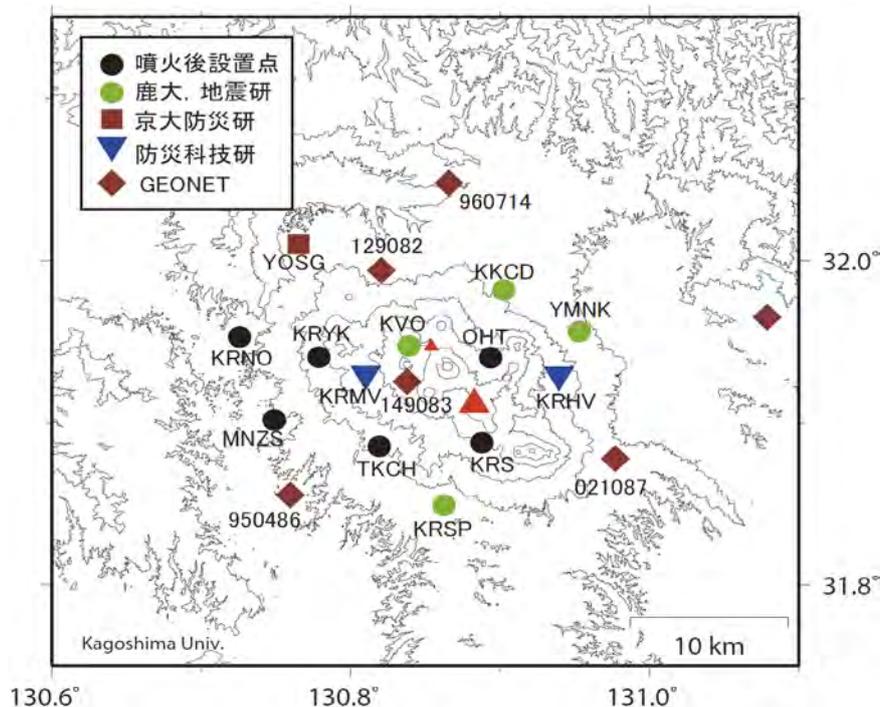


図1. 霧島山（新燃岳）周辺のGPS観測網。

霧島火山

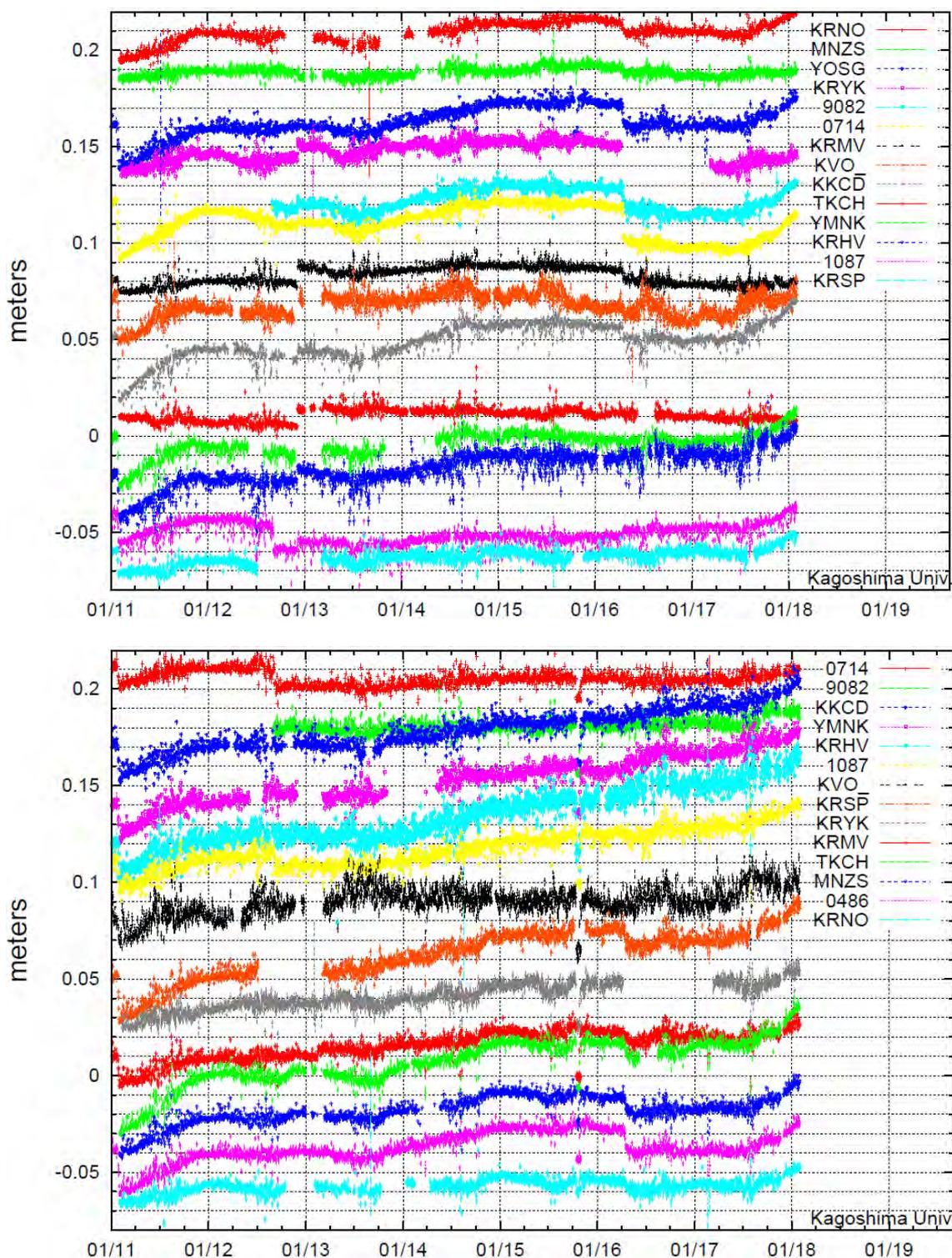


図 2. 霧島山（新燃岳）西側の観測点を基点として，東側観測点までの基線長の時間変化（2011 年 1 月～2018 年 1 月）。

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

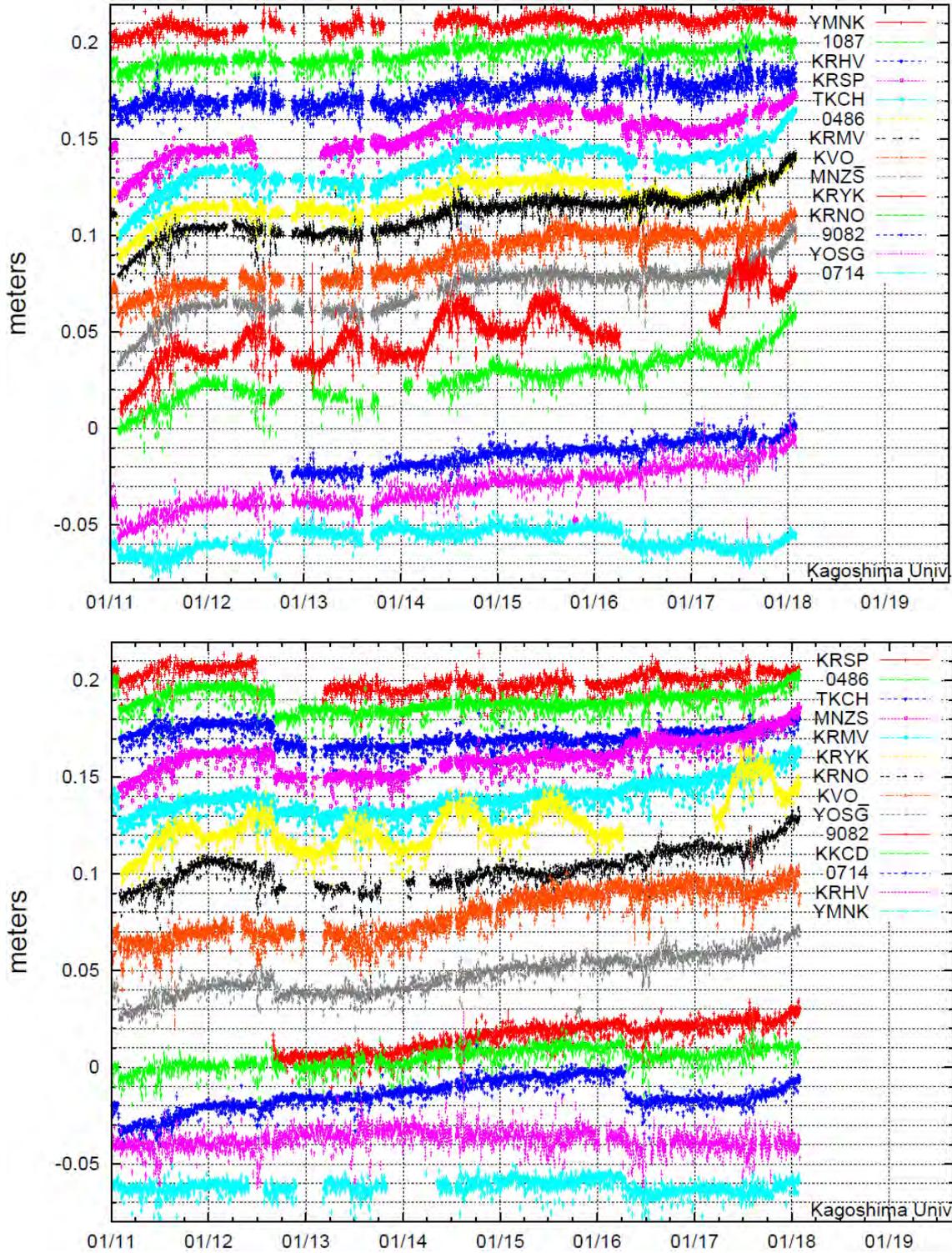


図 3. 霧島山（新燃岳）東側の観測点を基点として，西側観測点までの基線長の時間変化（2011 年 1 月～2018 年 1 月）. 上：基準点 KKCD 観測点，下：基準点 021087（GEONET）観測点.

霧島火山

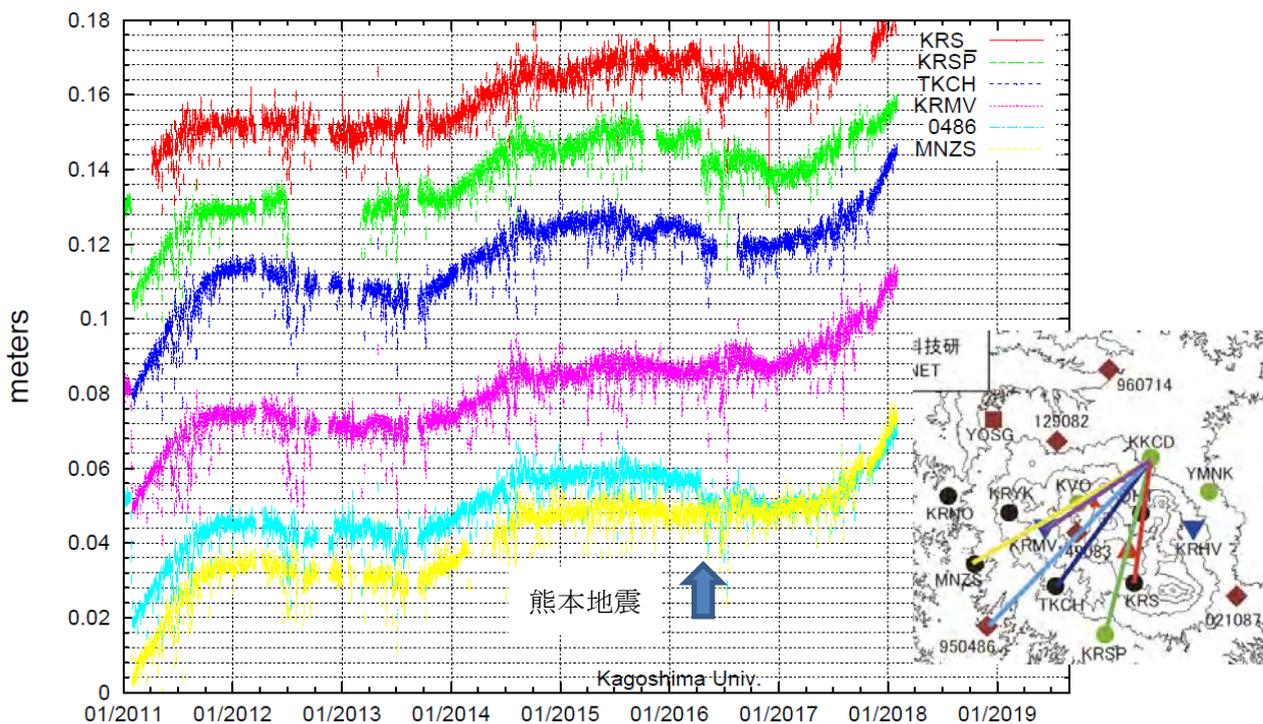


図 4. 霧島山 (新燃岳) をはさむ基線の基線長の時間変化 (2011 年 1 月~2018 年 1 月).
 基準点は KKCD 観測点

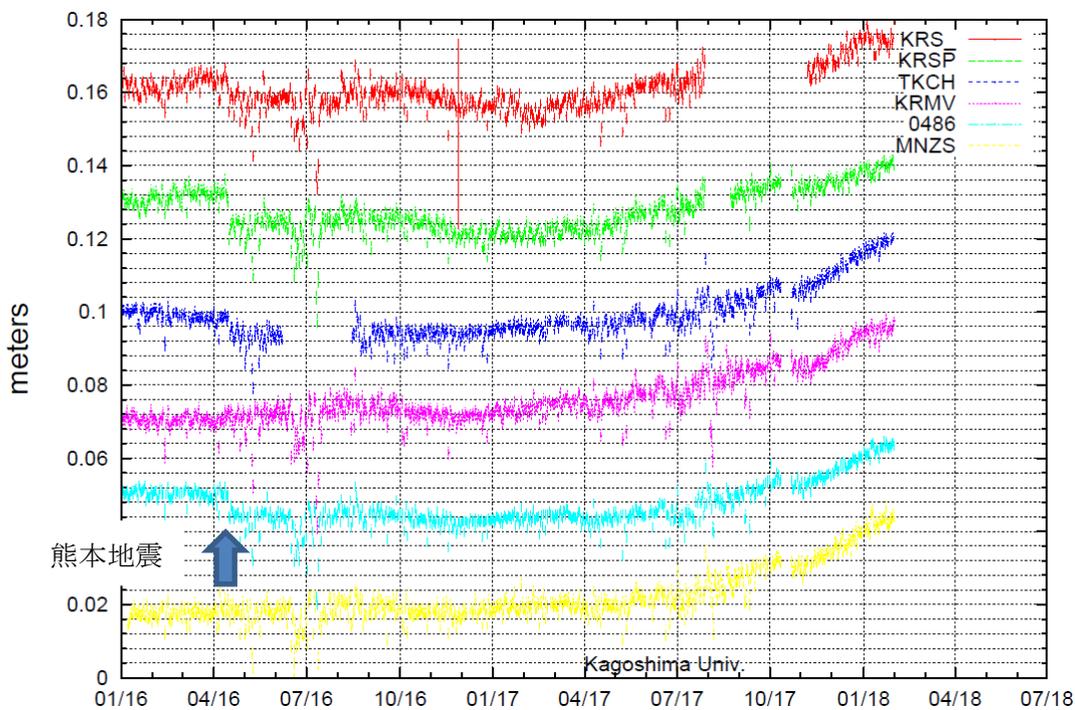


図 5. 2011 年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化 (2016 年 1 月~
 2018 年 1 月). 基準点は KKCD (GEONET) 観測点.

霧島火山

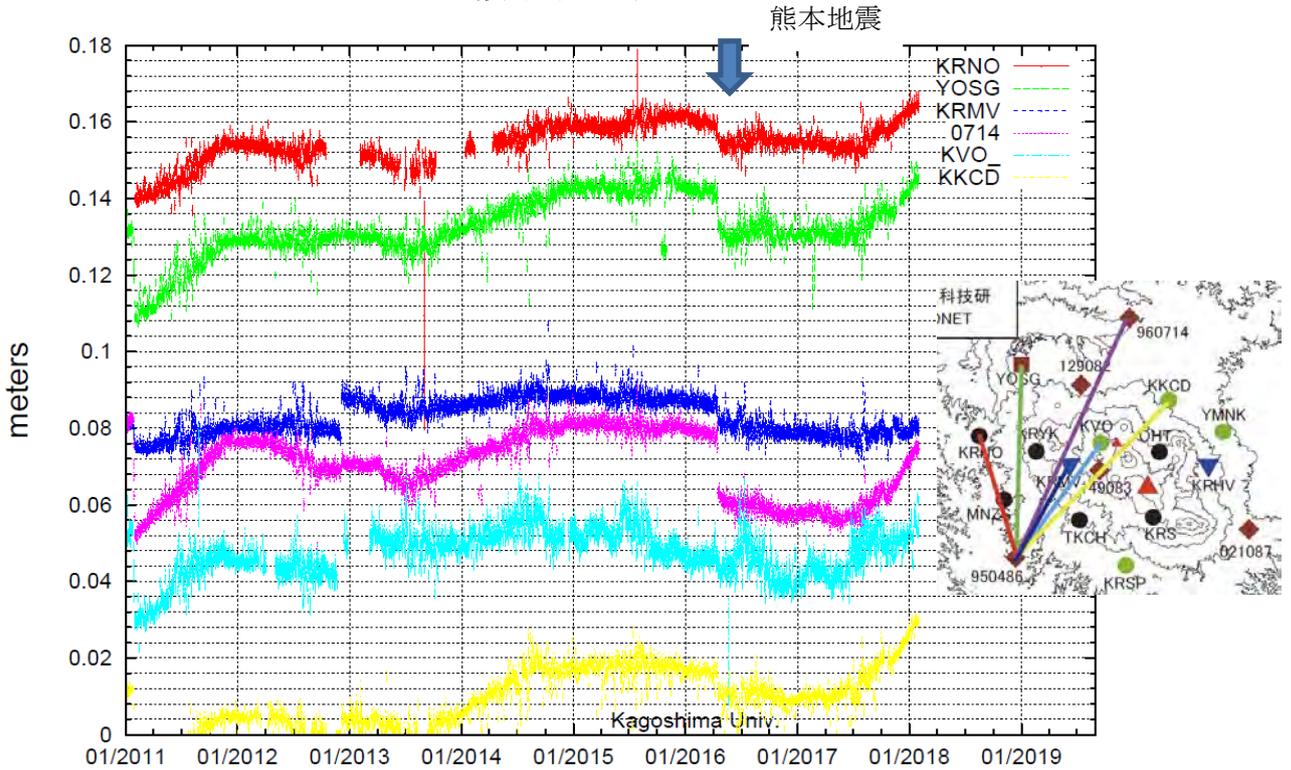


図 6. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2011 年 1 月～2018 年 1 月）.
 基準点は 950486（GEONET）観測点

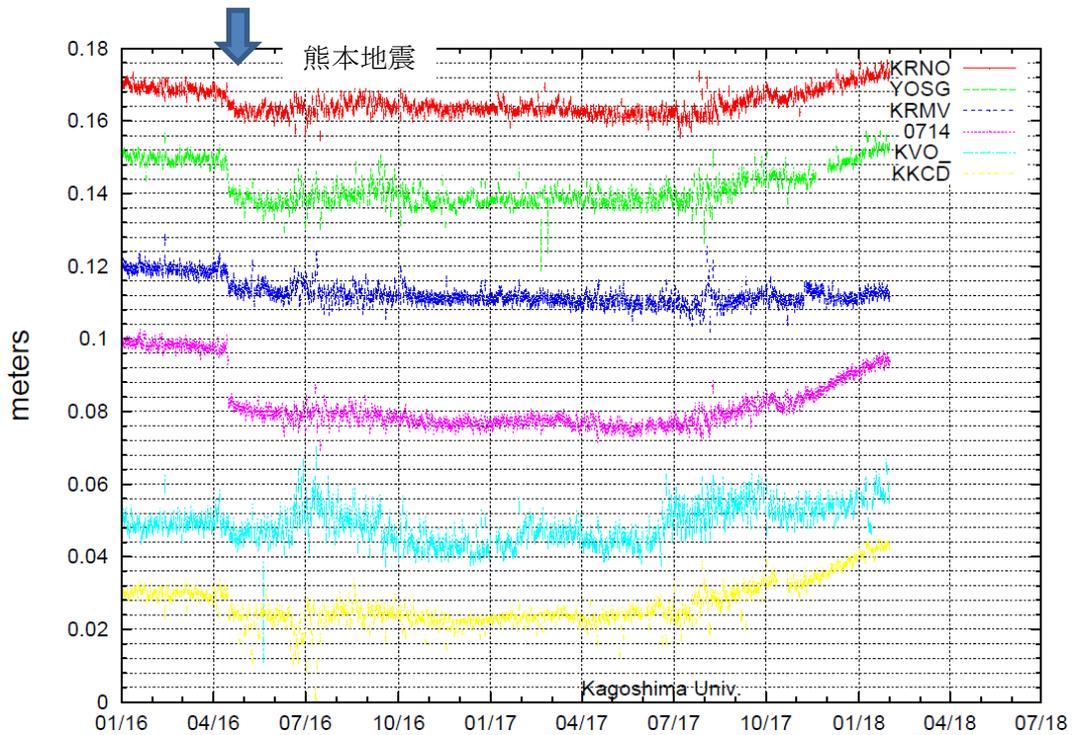


図 7. 2011 年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化（2016 年 1 月～
 2018 年 1 月）. 基準点は 950486（GEONET）観測点.

霧島新燃岳 2017 年噴火の火口および噴出量について

概要： 2017年10月の新燃岳噴火は、新燃岳山頂火口内の既存溶岩ドームの東縁付近で発生したが、噴火前には顕著な噴気活動が認められなかった場所である。火口近傍における噴出物の堆積は限定的で火口壁や外側斜面での火山灰の被覆は薄い。10月11日から14日にかけての主な3回の噴火の総噴出量は40万トン前後と推定された。

- ・ セスナ機（10月11日）およびドローン（10月12日）による新燃岳山頂火口内の観察をもとにする¹⁾、今回の噴火で形成された火口位置は、2011年噴火時の溶岩ドーム東縁付近で、噴火前には顕著な噴気活動が認められていなかった場所である。
- ・ 10月11日には火口は2つ存在し、両者から激しく噴煙が上昇していたが、12日には主な噴煙は1つの火口から発生している様子を確認した。
- ・ 噴火前後の航空写真の比較をもとにすると、新燃岳火口壁および外側斜面での火山灰の被覆は、せいぜい数mm程度と推定され、今回の火口付近を除き地形変化はほとんどないと考えられる。
- ・ 降灰調査の結果²⁾をもとにすると、10月11日、12日の噴出量はそれぞれ1-4万トン、6-22万トンと推定される。
- ・ 14日については、降灰分布域（主軸は北東）が気象庁により報告されている³⁾。また、新燃岳北東の夷守台（オートキャンプ場入り口）では、5時間で 1-3mm 程度の降灰があったことが、試料採取時の状況から推定されている⁴⁾。
- ・ 14日の噴出量は、上空観察から推定される近傍での火山灰層厚 1-3 mm のおよその範囲と、分布限界 ($0.1-1\text{g}/\text{m}^2$) の仮定をもとに、11日および12日の場合と同じ手法により、10-30万トン程度と推定される（図2）。
- ・ 従って、10月11-14日の総噴出量は40万トン前後と推定される。

なお、10月15-16日噴火の噴出量は1.4万トンと推定されているので⁵⁾、今回の噴火の総噴出量はこれを考慮しても40万トン程度になると考えられる。



図 1：2017年噴火前後の新燃岳山頂火口内東側の状況の比較。黄色点線の範囲が今回の推定火口。（左）噴火前の火口（2015年8月22日撮影）。今回の推定火口付近には噴火前に顕著な噴気活動は認められない。右上の小挿図は全景（GoogleEarth, 2016年12月17日の画像）。（右）今回噴火直後の火口付近の様子（2017年11月11日撮影）。噴火前に弱い噴気が認められていた周囲の場所からも強い噴気が発生している。

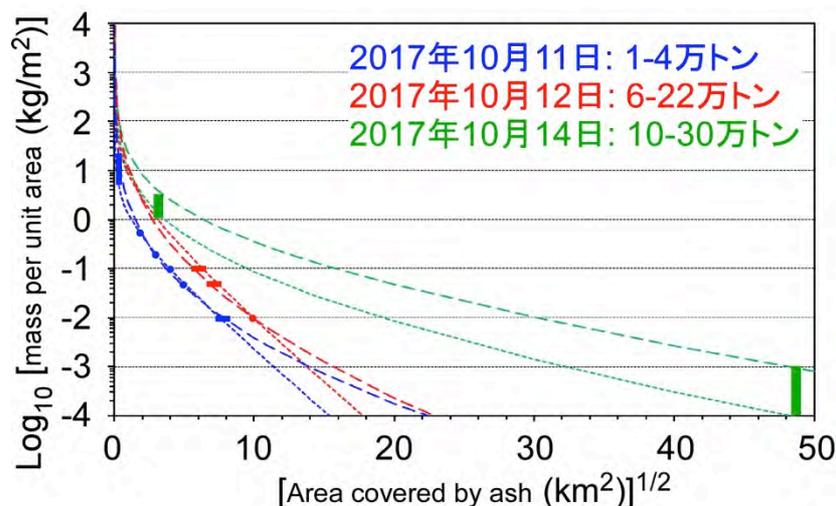


図2: 10月11-14日までの主な3回の噴火による降灰面積と単位面積当たり重量との関係。Weibull 関数によるフィッティング⁶⁾を行い、その積分値(総重量~噴出量)を算出した。それぞれの噴火日で2種のフィッティングは、降灰面積および降灰重量の仮定に由来する上下限を示す。

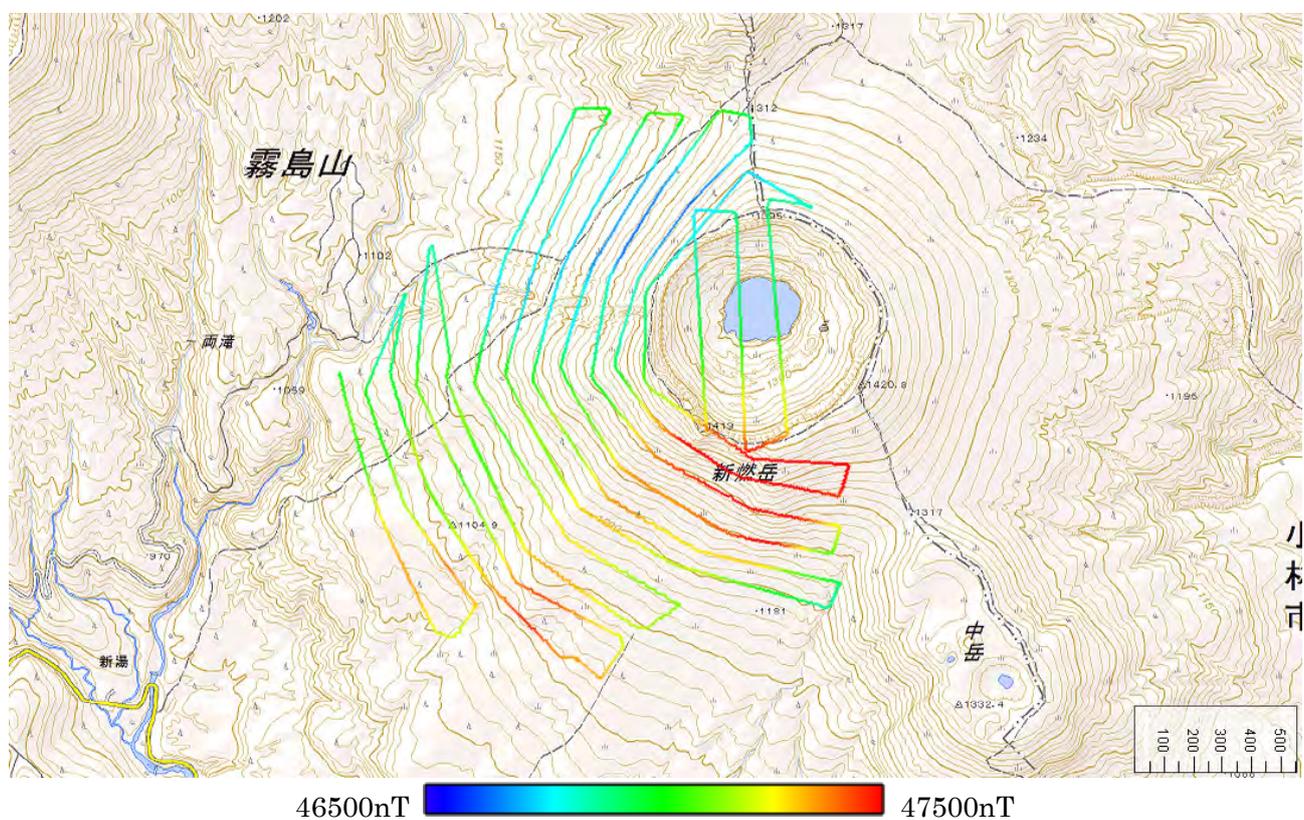
参考資料:

- 1) 東京大学地震研究所, 霧島火山群新燃岳の上空観察, 火山噴火予知連絡会資料, 2017年10月13日.
- 2) 東京大学地震研究所・熊本大学教育学部, 霧島火山新燃岳2017年10月11-14日噴火の噴出量(速報). 火山噴火予知連絡会資料, 2017年10月14日.
- 3) 気象庁, 霧島山(新燃岳)の火山活動解説資料. 平成29年10月14日18時15分発表.
- 4) 東京大学地震研究所・早稲田大学, 霧島新燃岳2017年10月12日, 14日噴火の火山灰について. 火山噴火予知連絡会拡大幹事会資料. 2017年10月17日.
- 5) 産業総合研究所, 霧島山(新燃岳)2017年10月14~16日にかけての降灰量(速報). 火山噴火予知連絡会拡大幹事会資料. 2017年10月19日.
- 6) Bonadonna, C. and Costa, A. (2012) Estimating the volume of tephra deposits: a new simple strategy. *Geology*, 40, 415-418.

無人ヘリによる霧島新燃岳での繰り返し稠密空中磁気測量

2017 年 10 月 31 日に霧島新燃岳上空にて、無人ヘリコプターを利用し 6 回目となる空中磁気測量を実施した。総測線距離およそ 31 km を 10m/s の飛行速度で全磁力測定を実施した。

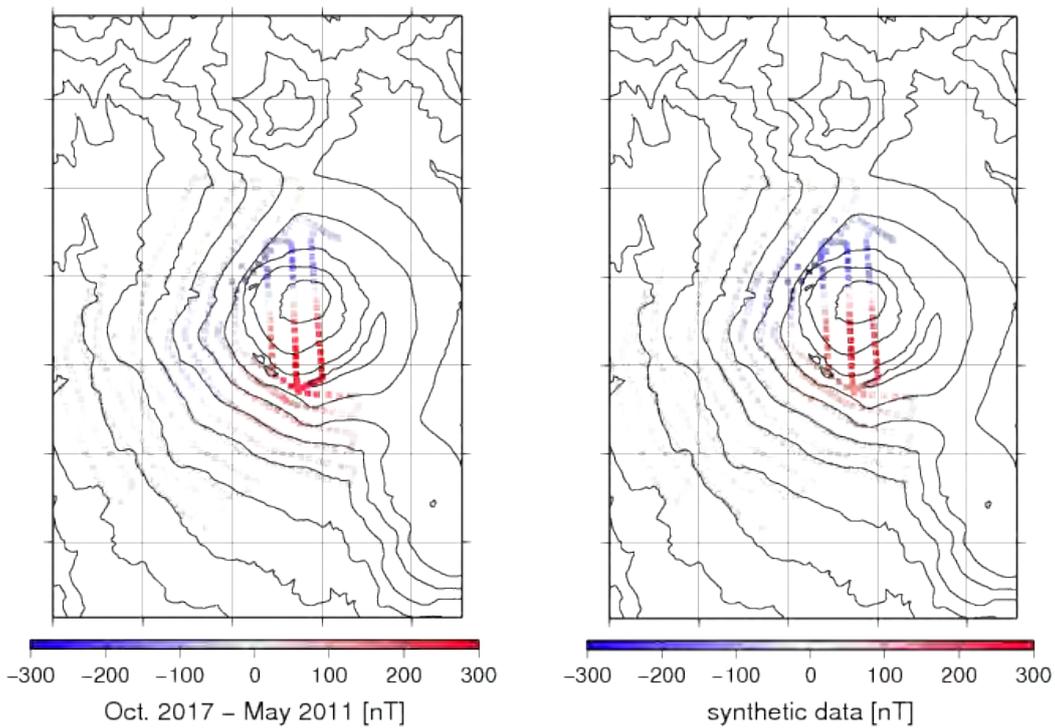
測定は 10 月 11 日の噴火後であったが、解析の結果、これまで同様新燃岳火口内の溶岩は帯磁の傾向を強めていることがわかった。噴火活動に伴ってごく局所的に高温状態になった可能性は否めないものの、火口スケールで高温状態にはなっておらず、全般としては順当に冷却過程が継続していると言え、火山活動の活性化は特に認められない。



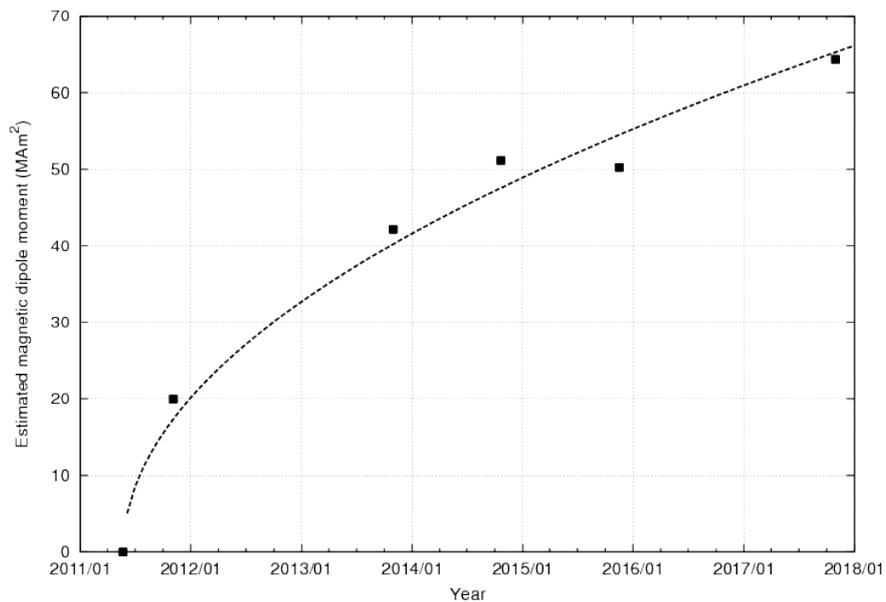
空中磁気測量測線平面図、測線は測定された全磁力値で色づけしている。

謝辞：作図や解析にあたっては、国土地理院発行の数値地図・カシミール 3 D を利用させていただきました。

霧島山



- 左図) 今回の全磁力データと初回 2011 年 5 月に実施した全磁力データとの差。火口をはさんで南正北負の顕著な帯磁パターンが見られる。
- 右図) 火口内容岩が全体で 65MAm^2 帯磁したと想定した場合の全磁力異常理論値。左図のデータを比較的によく説明していることがわかる。



推定された火口内容岩平均磁化の時間変化 (■)。経過時間の $1/2$ 乗によく比例し (破線)、現在までのところ熱拡散過程で順当に冷却している様子がわかる。昨年 10 月 11 日の噴火事象に関連する大きな変化は特に認められない。

霧島山

第 140 回火山噴火予知連絡会

硫黄山火口周辺の噴気・熱水活動について

【概要】えびの高原硫黄山周辺では地熱活動が活発に続いている。2月初旬の現地調査では、昨年9月下旬の調査に比べ熱異常領域がやや拡大するなど活発な状態が継続している。

1. 熱異常域調査及び地形変化

2017年9月24～25日（前回）に引き続き、硫黄山噴気帯の熱異常域の面積調査を2018年2月3日（今回）に実施した。

- ・熱異常域（50℃）面積は前回の約4600 m²から、今回の5400 m²となり拡大した（図1）。前回の熱異常域の急速な減少から今回は増加に転じており、地下からの熱供給量が増加していると考えられる。
- ・前回の調査後、G-I域では東北東方向に、D域では西南西方向に熱異常域が拡大した。A-E域は引き続き縮小傾向にある。それ以外に、J付近に2箇所の新たな熱異常域、硫黄山噴気帯の南側も新たな熱異常域Sを確認した（図2）。
- ・噴湯孔F付近では引き続き熱水が湧出しており、その温度は94.5℃であった。

2. 噴気温度測定

硫黄山火口の南側に見られる硫黄山噴気帯について噴気温度及び周辺の湧水・地中の温度を測定した。なお、12月17日にも温度測定を実施した。

- ・噴気孔Hでは9月24日に134.2℃、12月17日に122.8℃を観測した。2月3日は130.8℃を観測した（図3）。
- ・噴気孔Aは9月24日の98.3℃の観測後、12月17日に95.5℃、2月3日に97.2℃であり、噴気孔Hと同じ傾向を示した（図3）。
- ・噴気孔Bは9月24日の121.1℃の観測後、12月17日に99.6℃、2月3日に97.9℃と低下傾向にある（図3）。
- ・I点などその他の地点は95.0～95.5℃を維持していた（図5）。

3. 湧水温度測定

- ・川湯3の湧水温度は、9月24日に54.9℃であったが、2月2日は47.2℃であった。川湯3は、2018年5月以降、50℃前後の湧水温度を維持している（図6）。
- ・川湯3の電気伝導度は8月～11月にかけて310～350 mS/mに低下したが、12月以降は710～770 mS/mの値を示した（図6）。

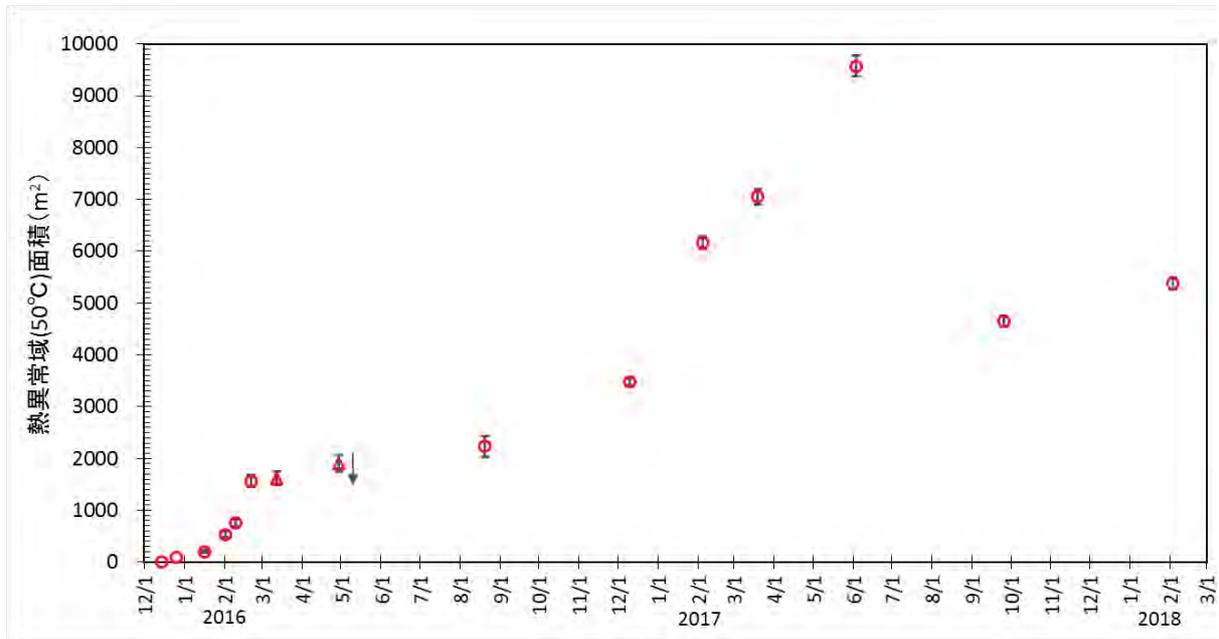


図1 硫黄山噴気帯の熱異常域（50°C以上）の面積変遷

2016年1月16日～8月20日の簡易計測による面積測定誤差は±1 mを見込んだ。△は2016年2月21日の面積に、新たに生じた高温域の面積を追加した。2017年12月10日以後はドローン撮影による基図を元に面積を測定した。



図2 硫黄山噴気帯の熱異常域（50°C以上）の経時変化

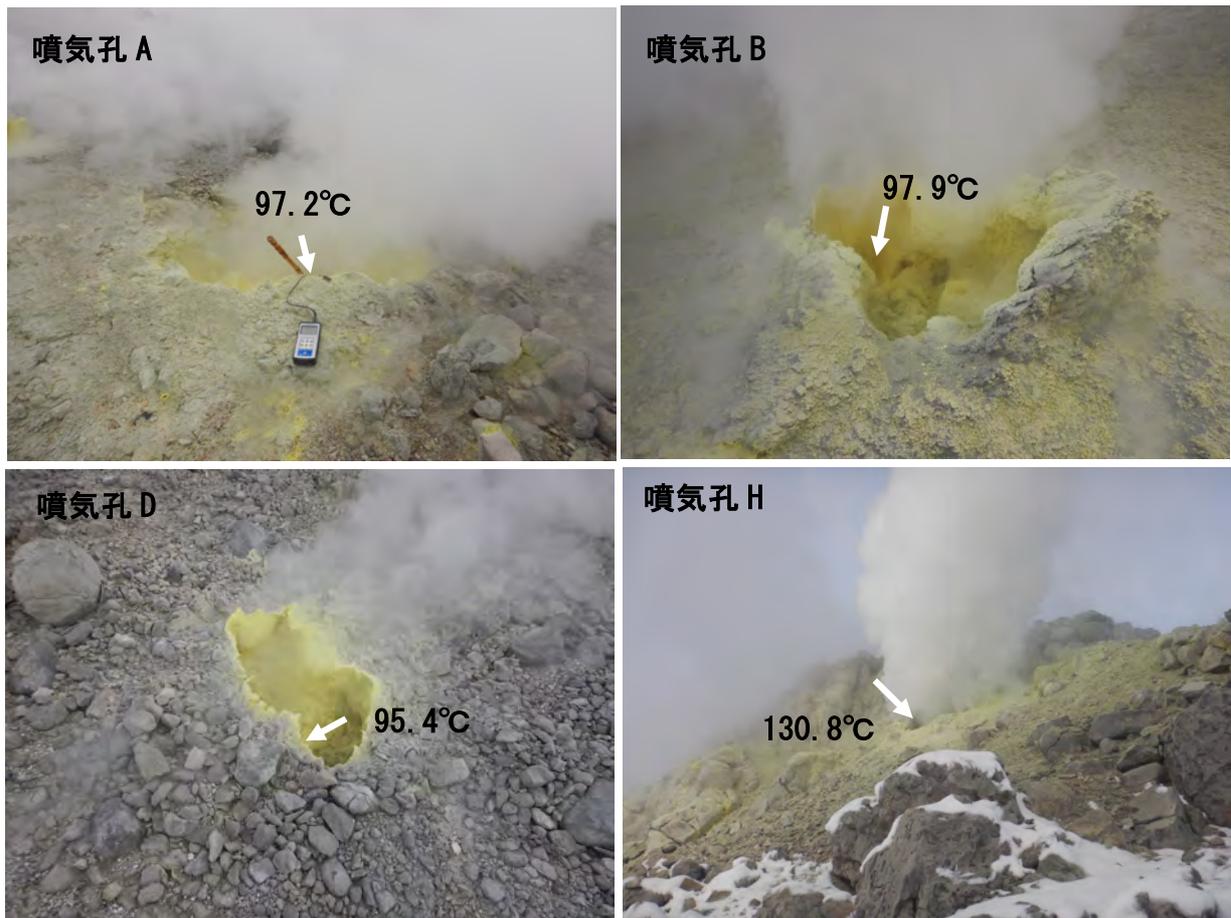
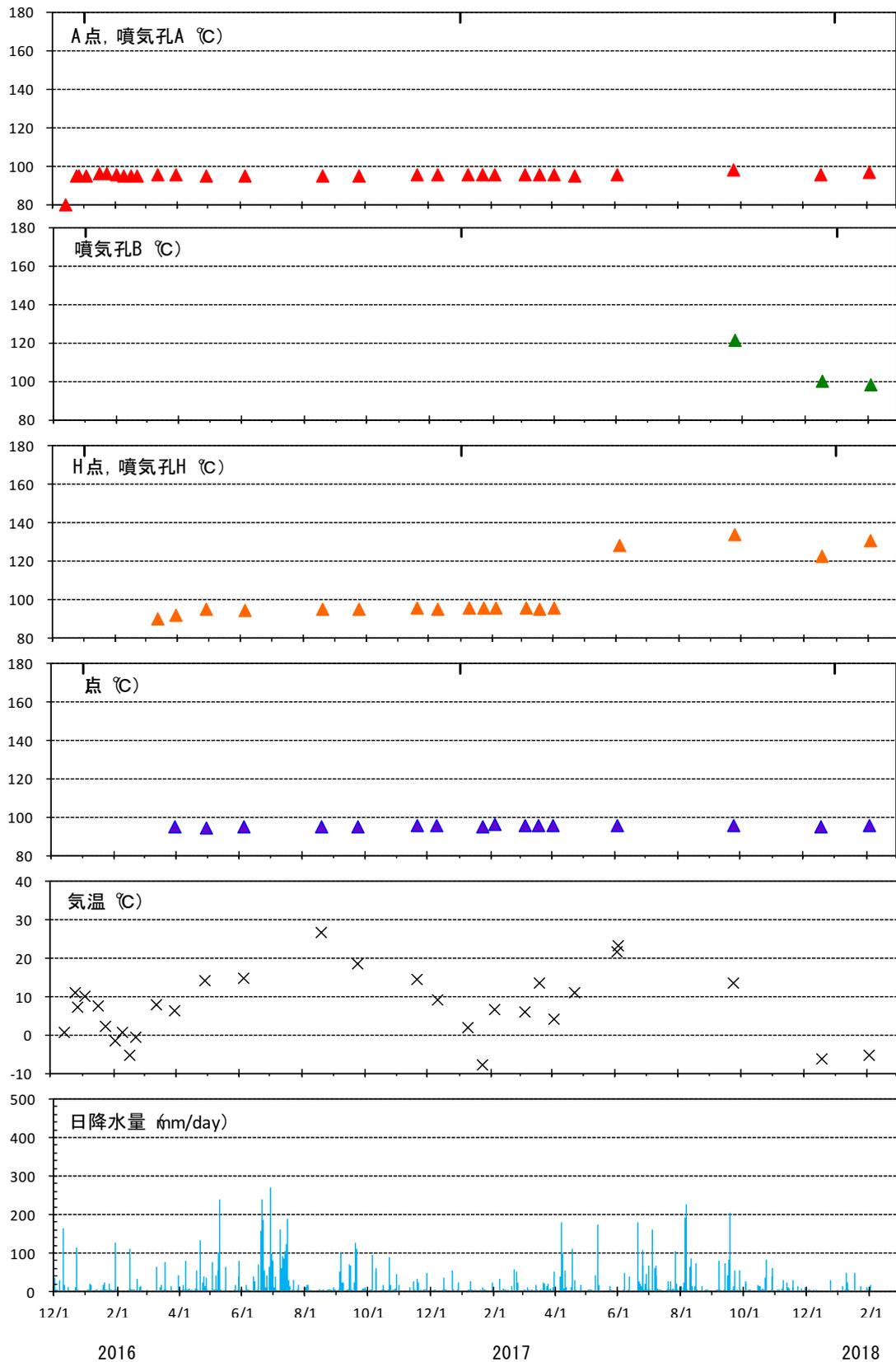


図3 噴気孔の温度測定結果 (2018年2月3日)



図4 硫黄山噴気帯及びえびの高原周辺の湧水温測定地点
地理院地図(電子国土Web)を使用



2016 2017 2018
 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).

図5 硫黄山噴気帯の噴気温度測定結果 (位置は図2 参照)

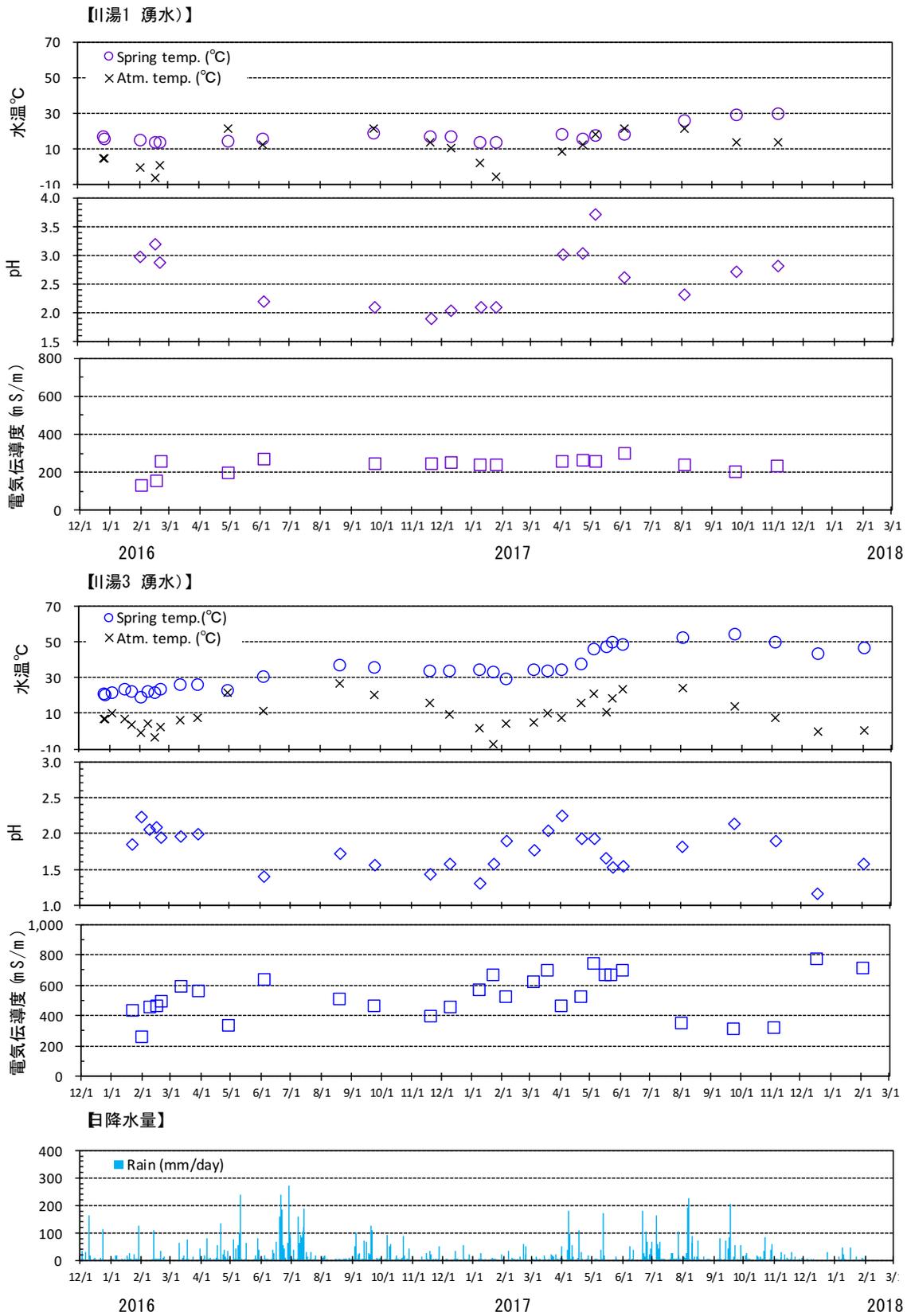


図6 えびの高原周辺の湧水の測定結果（位置は図4参照）

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

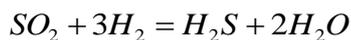
2015年12月から2018年1月にかけて、霧島硫黄山で繰り返し、噴気を採取・分析した。噴気の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 比は2016年5月頃まで上昇したが、同年7月以降低下し、2017年1月から9月にかけては停滞した。これらの比は熱水系内におけるマグマ起源成分の比率を反映していると考えられる。その後、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 比は2017年10月、11月にかけて協調的に上昇し、その後低下した。2017年11月から2018年1月にかけては、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比が低下したものの、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 比は上昇した。これらの比の変化から地表付近の浅い領域では若干温度が低下し、熱水系深部ではマグマ起源成分の比率が増加しつつあると推定される。

2. 噴気の採取・分析

硫黄山では、図1に示す噴気孔 a, b, c, h で噴気を採取した。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 を封入した。真空ガラス瓶の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。採取後の噴気の化学分析は、主に小沢の方法[1]に従った。

3. 結果

2017年5月に山頂付近で火山ガスの放出量が増大したが、2017年9月に放出量は低下したように感じられた。その後、2017年11月まで放出量の少ない状態が継続し、2018年1月には若干放出量が増大したように感じられた。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。噴気 a, b, c の温度は水の沸点程度であったが、噴気 h の温度は2017年7月に 148°C と、比較的高い温度を示した。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2017年9月まで徐々に低下したが、噴気 b と c は2017年11月にかけて上昇し、2018年1月には再び低下した。 $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$ 比は2017年10月に低下したが、その後上昇傾向にある(図3)。 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比と類似した変動がみられる(図4)。 CO_2/CH_4 比(図5)と He/CH_4 比(図6)の変動は類似している。即ち、2017年9月までは比較的小さな変動で推移したが、それ以降は大きな変動を伴い上昇した。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月から7月にかけて 500°C に達する高い温度を示した後、9月には 300°C 程度まで急激に低下し、その後は安定している(図7)。2017年11月と2018年1月の値を比較すると、a, b, c すべての噴気で AET は低下した。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 H_2/H_2O 比と SO_2/H_2S 比に依存する。これらの値は、図 8, 9 にそれぞれ示すように、2017 年 5 月～7 月の期間、高い値を示したが、2017 年 9 月以降は低い値を保っている。噴気に含まれる H_2O の水素同位体比（図 10）と酸素同位体比（図 11）は、2016 年 2 月から 2017 年 5 月にかけて、徐々に高まり、その後は安定している。

4. 考察

噴気に含まれる He や CO_2 はマグマ起源の成分であり、 H_2S や CH_4 は熱水系で形成される成分に分類される。よって、これらのガスの比である CO_2/H_2S 、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 の上昇は、地下においてマグマ起源流体の比率が上昇していることを示し、火山活動の活発化と対応すると考えられる。実際に霧島硫黄山ではこの対応関係は成立しており、2015 年 12 月～2016 年 2 月の期間、火山性地震が頻発した時期にこれらの比は協調して高い値を示している（図 4, 5, 6）。同様に 2017 年 8 月以降に増加した火山性地震に対応し、2017 年 9 月から 10 月にかけて、 CO_2/H_2S 、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 は協調して上昇したと考えられる。しかし、2017 年 11 月から 2018 年 1 月への変化には、比によって相違がみられる。即ち、 CO_2/H_2S は低下したものの、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 比は上昇した。

噴気に含まれるガス成分には反応性に相違がある。たとえば、 H_2 は最も変化しやすい成分とされ、地表に近い地下の条件（温度、酸化還元ポテンシャル）に影響される。 H_2S も同様で、噴気地帯に見られるように噴気孔の自然硫黄は硫黄成分が沈殿して形成されたものであり、噴気の硫黄成分濃度は地表近くで変化している可能性がある。地殻の岩石に含まれる Fe^{2+} と H_2S が反応して火山ガスから H_2S が失われる可能性もある。一方で、 CO_2 や CH_4 は比較的变化し難い成分であり、He は希ガスのため決して地下を移動する過程で失われることは無い。これらのことから、変化し難い成分の比である He/CH_4 、 CO_2/CH_4 は比較的深い地下の環境を反映していると考えられる。よって、2017 年 11 月から 2018 年 1 月にかけて生じた CO_2/H_2S 、 He/CH_4 、 CO_2/CH_4 比の変化は、AET の変化に示されるように、地下浅部の温度を示し、一方で熱水系深部ではマグマ起源流体の比率が上昇しつつあることを示していると解釈される。

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。

6. 謝辞

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. 霧島硫黄山噴気の化学組成, 安定同位体比, 見かけ平衡温度 (AET)

Location	Date	Temp °C	H2O %	CO2 %	H2S %	SO2 %	He %	H2 %	CH4 %	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	2.1E-05	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	2.3E-05	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	1.9E-05	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	1.2E-05	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	4.3E-06	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	5.5E-06	4.7E-02	8.8E-06	-42	-2.2	534	東海大・気象研
硫黄山-a	2017/9/15	106.0	99.1	0.54	0.31	0.022	5.5E-06	2.4E-03	7.7E-06	-48	-3.7	321	東海大・気象研
硫黄山-a	2017/10/18	96.0	99.0	0.87	0.14	0.015	7.0E-06	2.0E-03	5.5E-06	-48	-3.5	319	東海大・気象研
硫黄山-a	2017/11/28	95.9	99.1	0.70	0.20	0.010	8.0E-06	4.9E-03	7.6E-06	-49	-3.7	347	東海大・気象研
硫黄山-a	2018/1/26	96.8	98.9	0.78	0.32	0.008	7.6E-06	2.7E-03	4.5E-06	-48	-3.7	311	東海大・気象研
硫黄山-b	2016/2/24	96.2	98.3	1.58	0.10	0.004	2.2E-05	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	2.4E-05	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	1.9E-05	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	4.0E-06	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	1.0E-05	6.0E-02	1.6E-05	-46	-4.0	530	東海大・気象研
硫黄山-b	2017/9/15	96.4	99.3	0.40	0.26	0.004	4.6E-06	2.7E-03	7.4E-06	-44	-1.9	306	東海大・気象研
硫黄山-b	2017/10/18	96.0	99.0	0.82	0.13	0.005	7.6E-06	1.8E-03	4.4E-06	-45	-2.6	301	東海大・気象研
硫黄山-b	2017/11/28	96.0	98.5	1.19	0.25	0.003	1.3E-05	4.4E-03	1.1E-05	-47	-3.4	323	東海大・気象研
硫黄山-b	2018/1/26	96.4	99.1	0.64	0.26	0.001	7.3E-06	1.7E-03	4.9E-06	-44	-1.9	268	東海大・気象研
硫黄山-c	2017/5/15	95.2	99.0	0.80	0.11	0.037	1.1E-05	4.2E-02	1.4E-05	-57	-6.8	499	東海大・気象研
硫黄山-c	2017/9/15	96.1	99.5	0.30	0.21	0.002	4.2E-06	1.1E-03	6.6E-06	-44	-2.7	265	東海大・気象研
硫黄山-c	2017/10/18	96.2	99.0	0.90	0.13	0.002	7.5E-06	3.1E-04	5.7E-06	-48	-3.7	232	東海大・気象研
硫黄山-c	2017/11/28	95.8	98.6	1.16	0.25	0.004	1.3E-05	5.2E-04	1.4E-05	-51	-4.5	247	東海大・気象研
硫黄山-c	2018/1/26	95.7	99.0	0.72	0.26	0.002	7.9E-06	4.5E-04	3.9E-06	-44	-2.7	236	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		-44	-4.1	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	-43	-3.4	364	産総研(AIST)
硫黄山-a	2017/7/25	95.6	99.3	0.49	0.07	0.091		2.5E-02		-39	-1.6	493	産総研(AIST)
硫黄山-h	2017/7/25	148.0	98.8	0.52	0.32	0.269		2.9E-02		-37	0.2	495	産総研(AIST)

* AET の計算では平衡圧力を 1bar と仮定した。

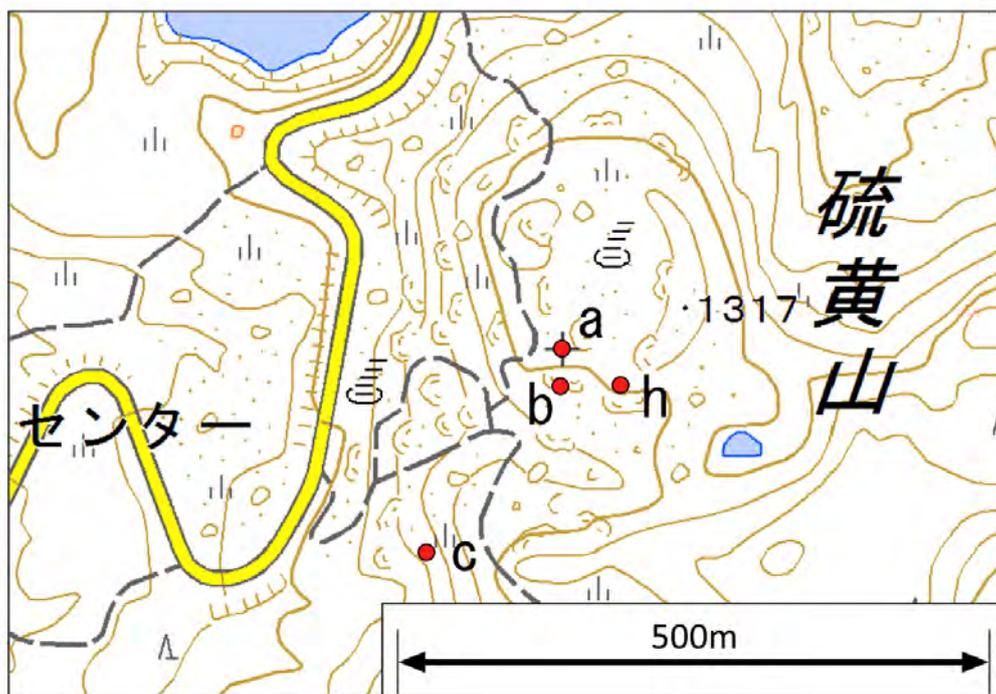


図 1. 硫黄山噴気 a, b, c, h の位置 (背景の地図として, 国土地理院 1/25000 地形図を使用した)

霧島硫黄山

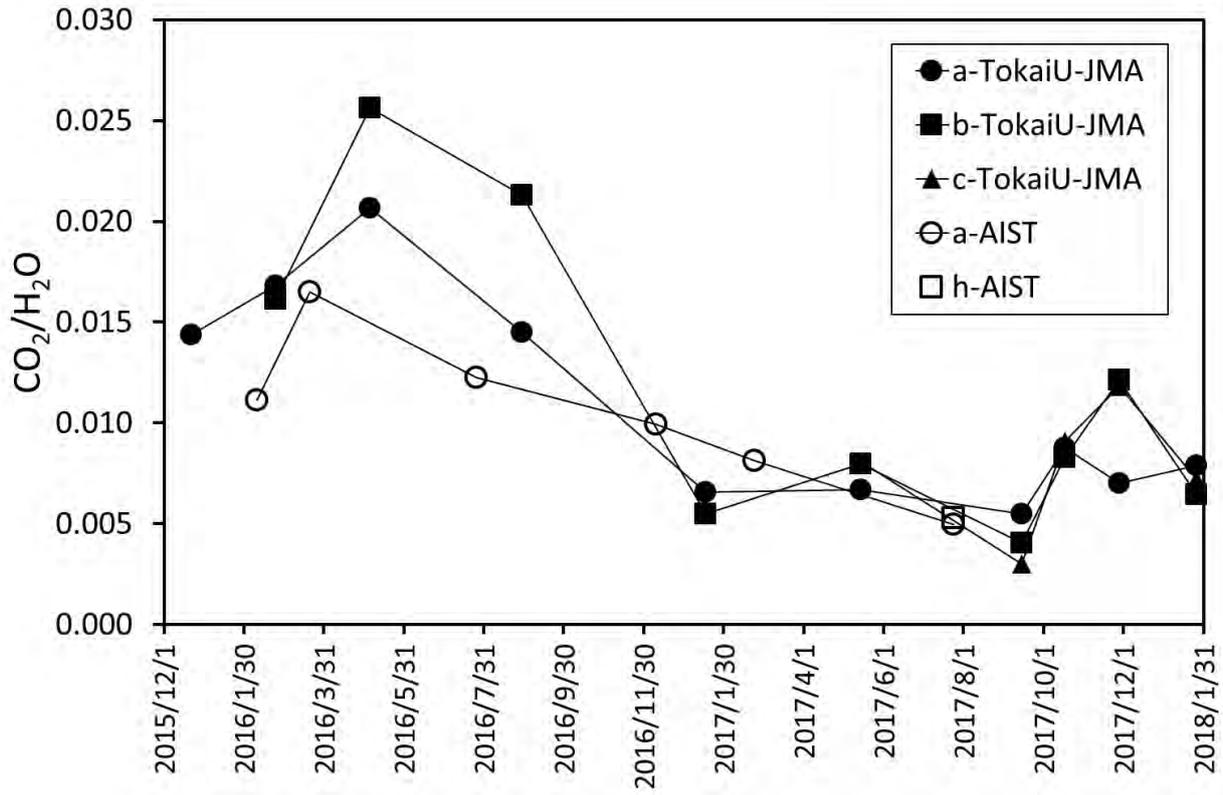


図 2. CO₂/H₂O 比の時間変化

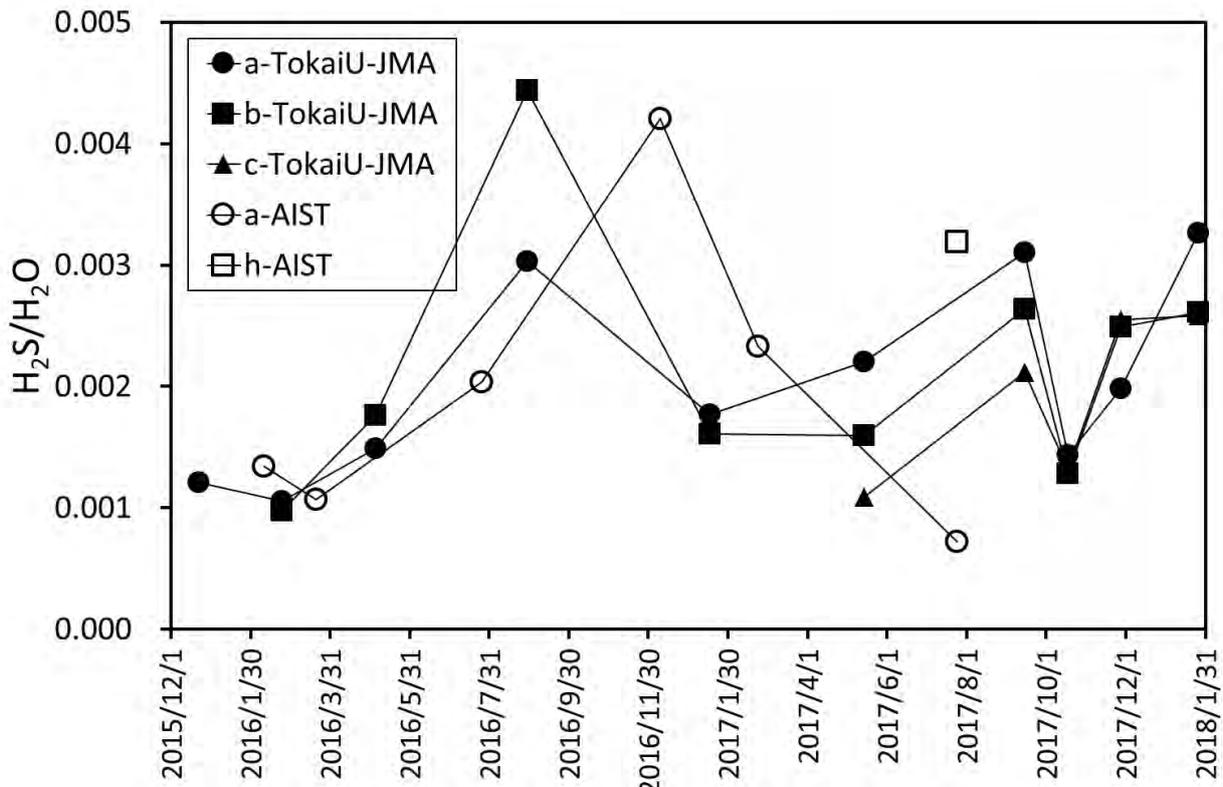


図 3. H₂S/H₂O 比の時間変化

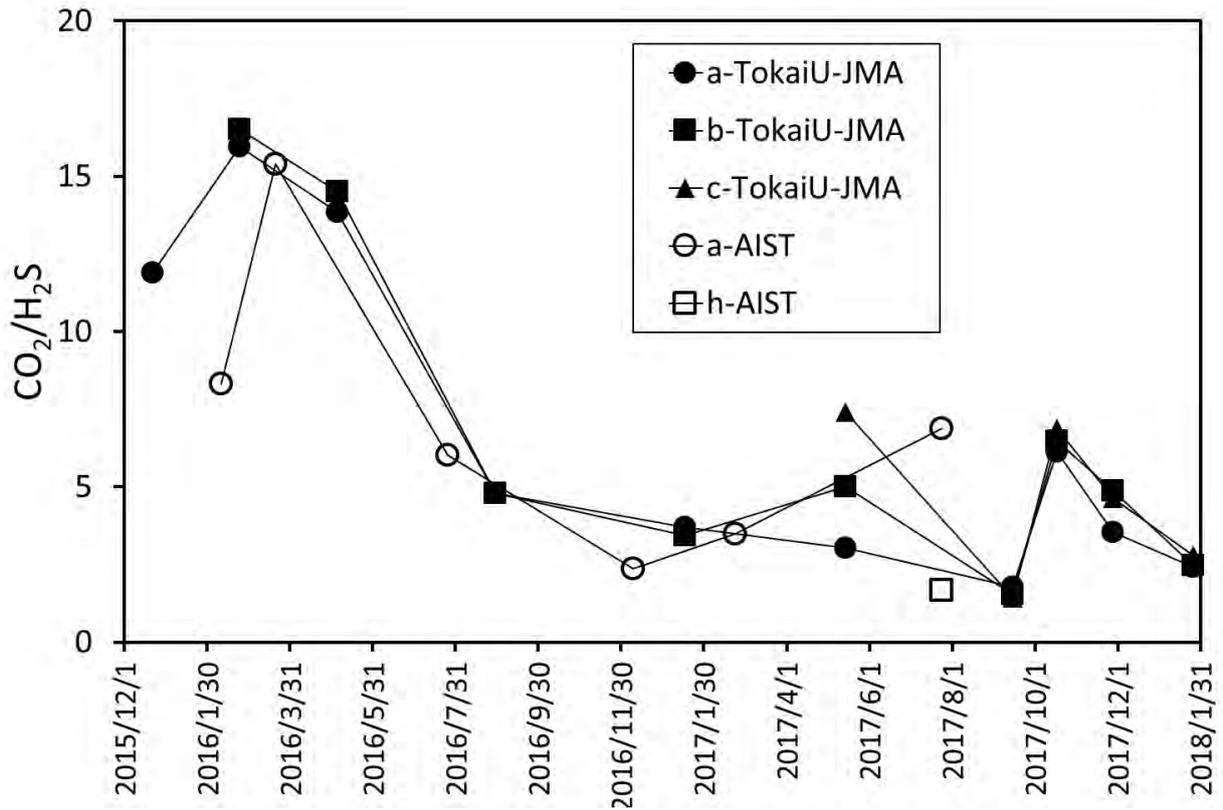


図 4. CO₂/H₂S 比の時間変化

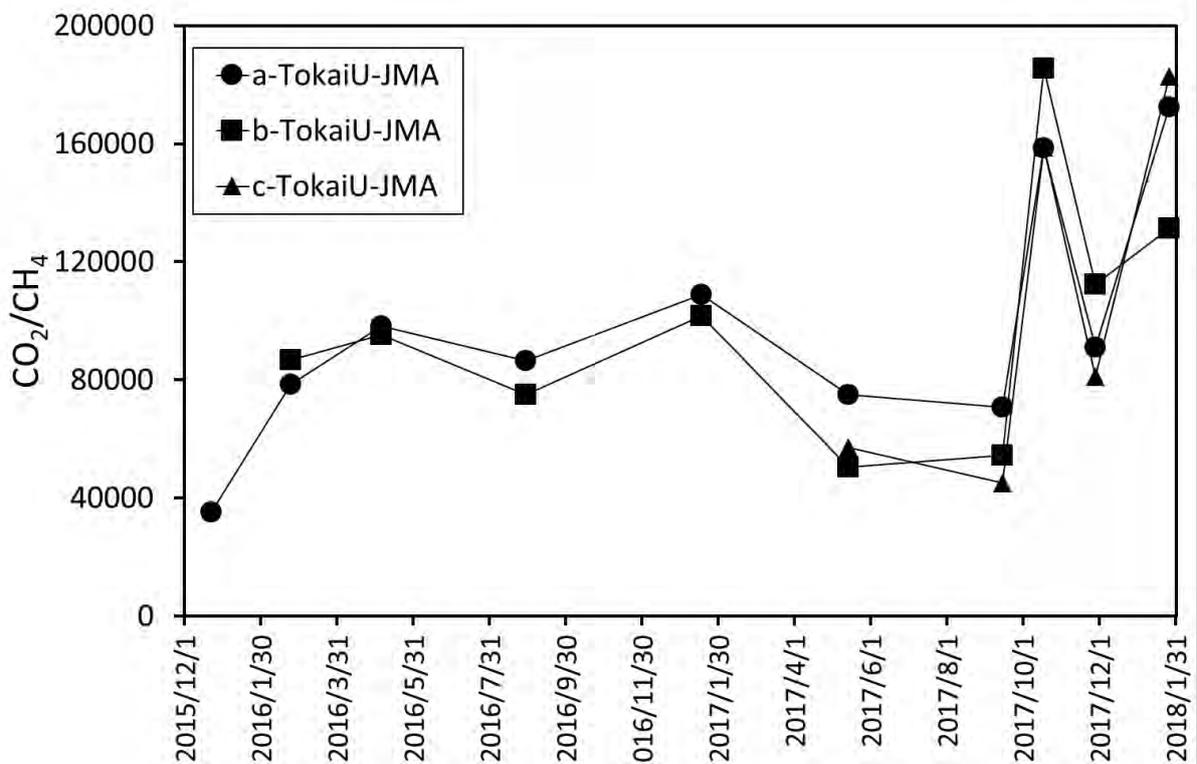


図 5. CO₂/CH₄ 比の時間変化

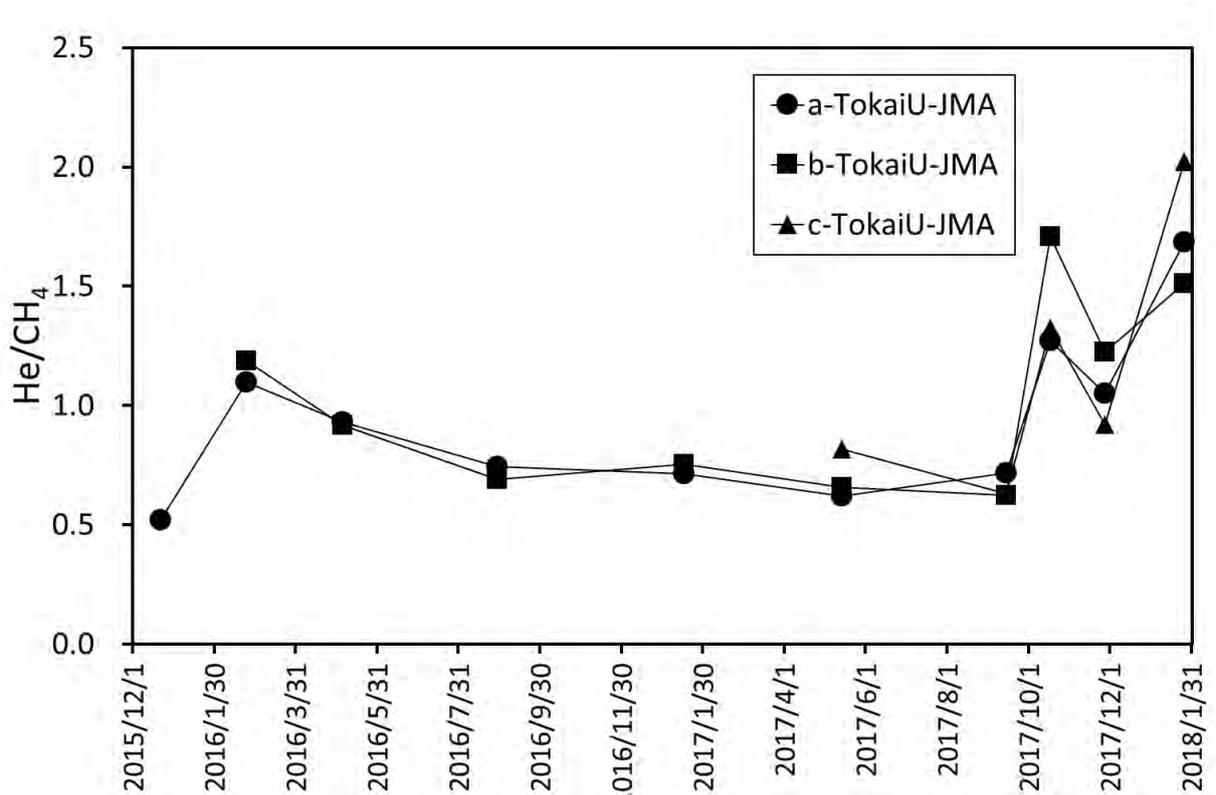


図 6. He/CH₄ 比の時間変化

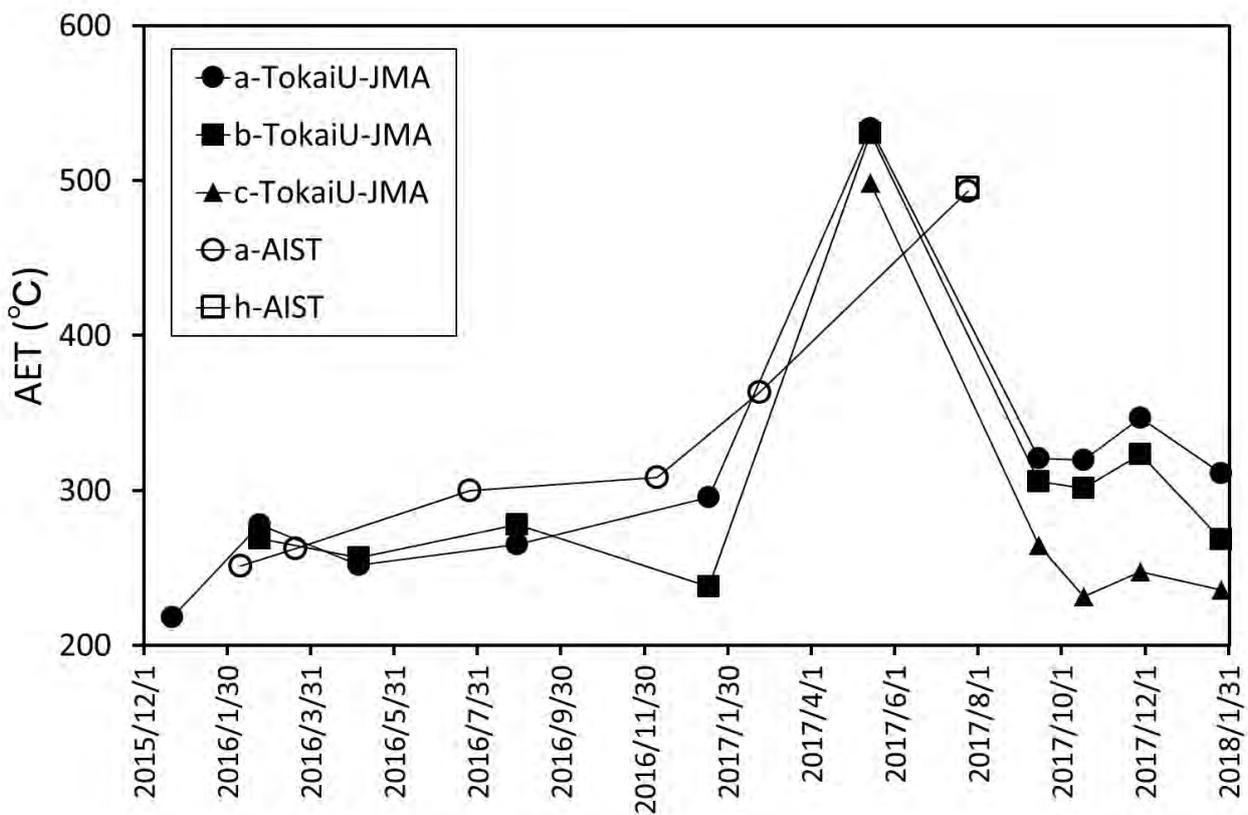


図 7. 見かけ平衡温度 (AET) の変化

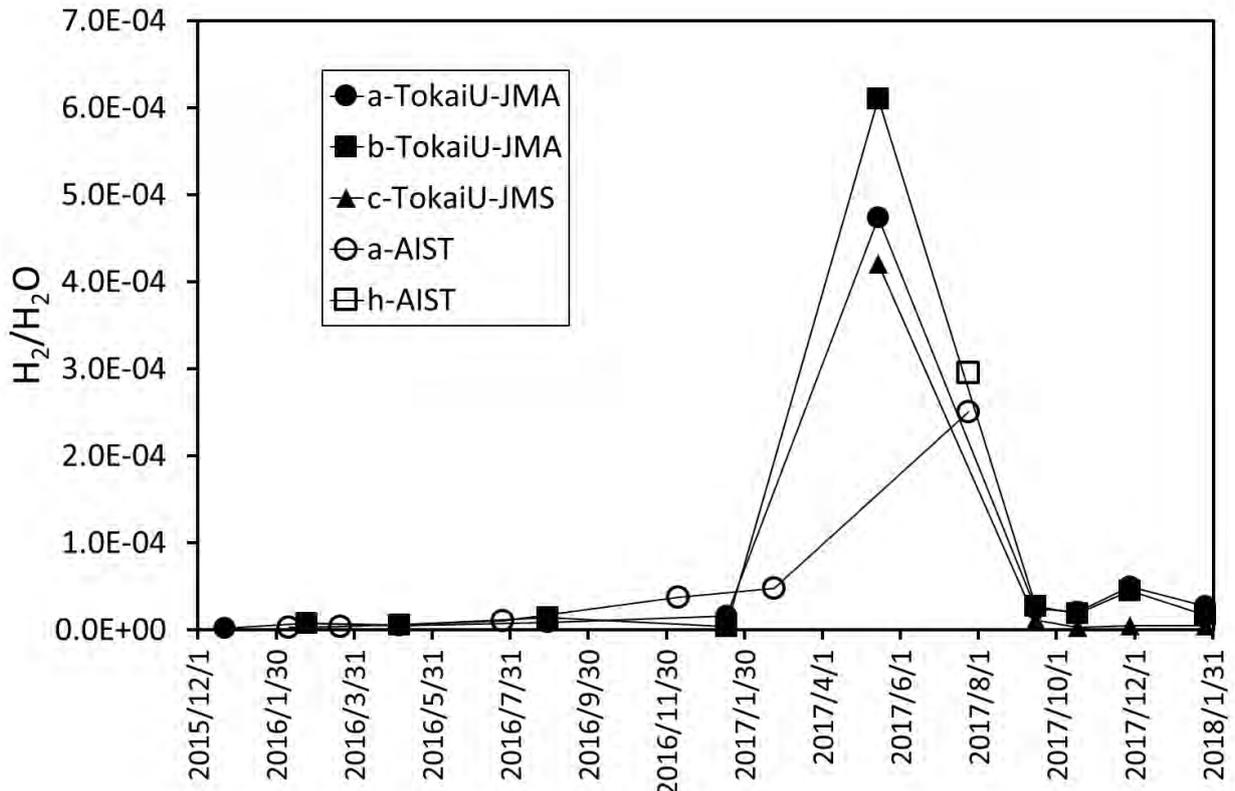


図 8. H₂/H₂O 比の変化

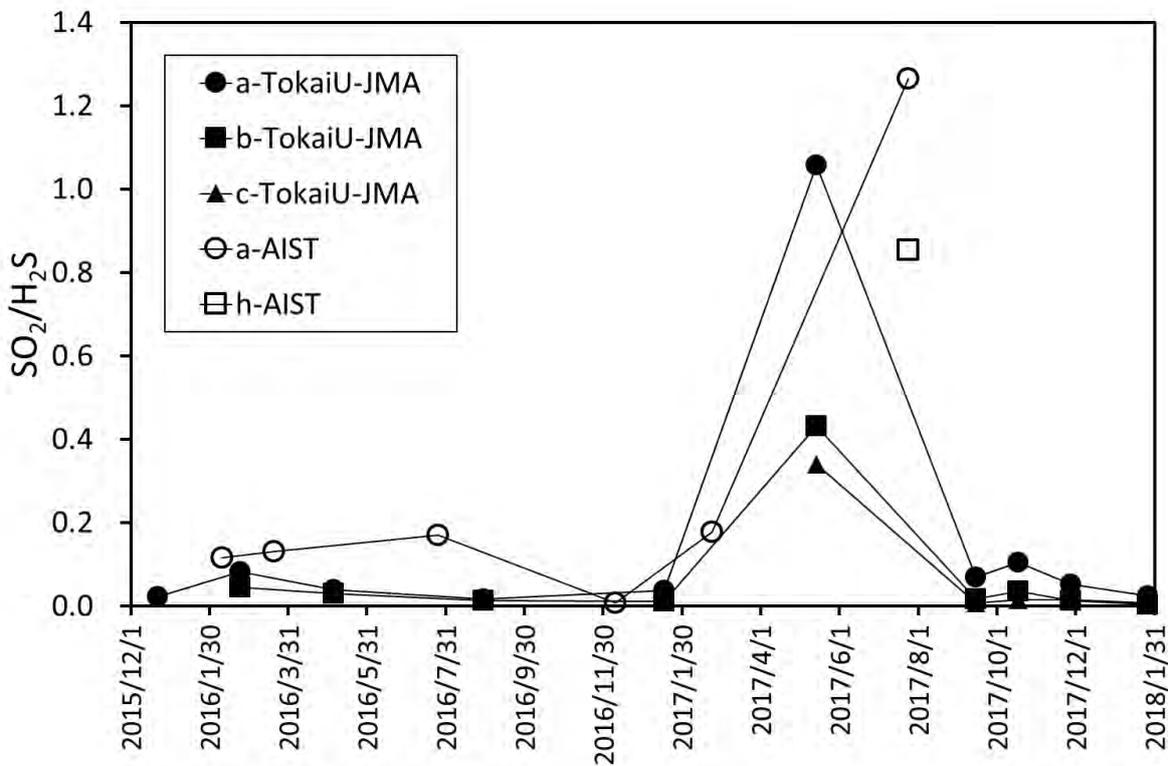


図 9. SO₂/H₂S 比の変化

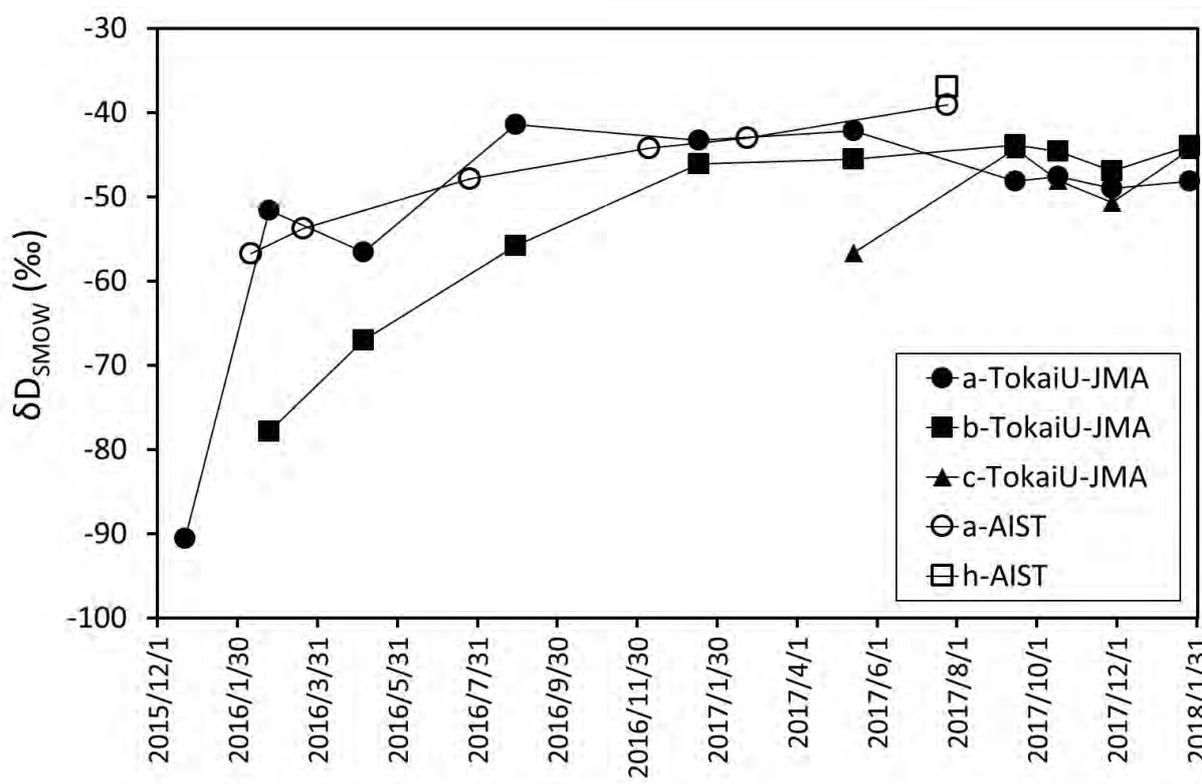


図 10. H₂O の水素同位体比の変化

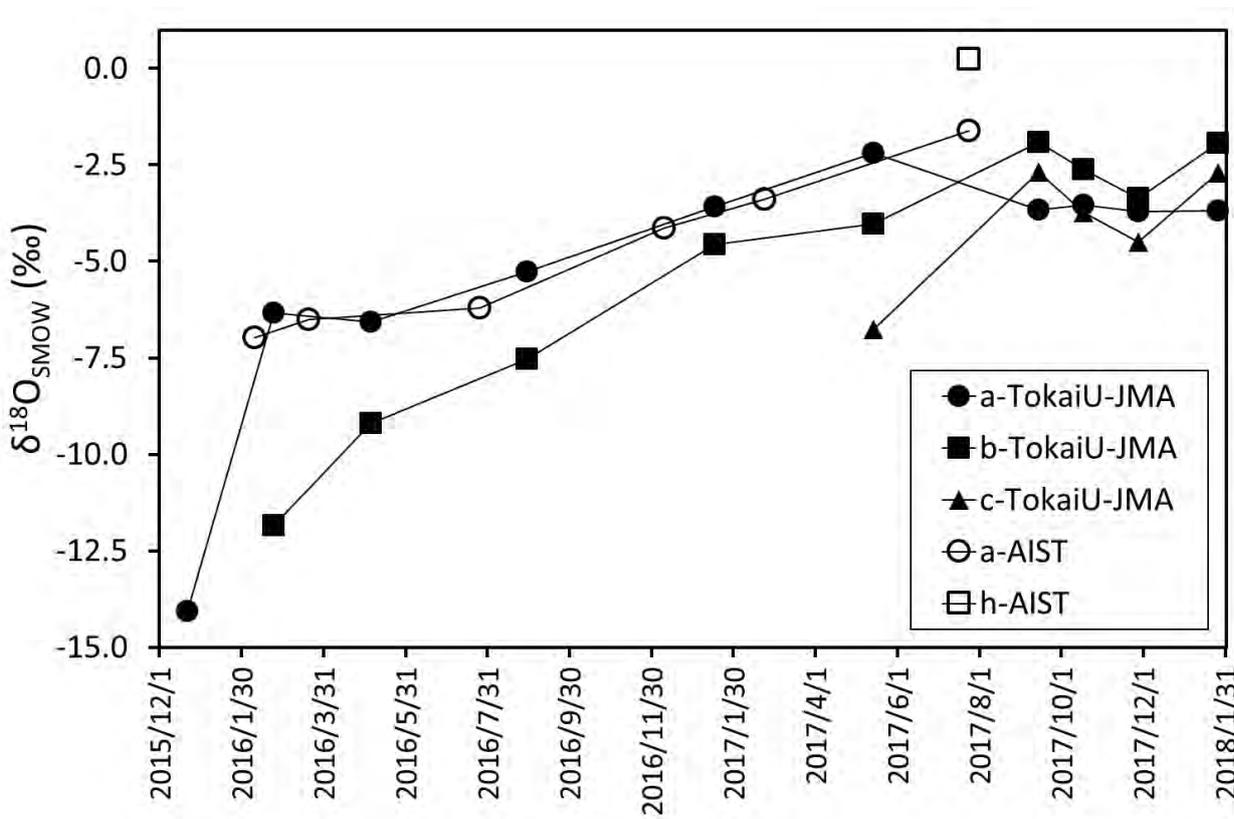


図 11. H₂O の酸素同位体比の変化

霧島火山群えびの高原の地中温度および温泉・湧水の調査結果 (2017年11月21日)

えびの高原において図1に示す EBI8、EBI9 の 2 点で地中温度 (約 1m) の連続測定を、硫黄山北東、硫黄山西および足湯において温泉・湧水の電気伝導度と化学分析を繰り返している。2017年11月21日に調査を行ったので、その結果を報告する。



図1 測定点位置

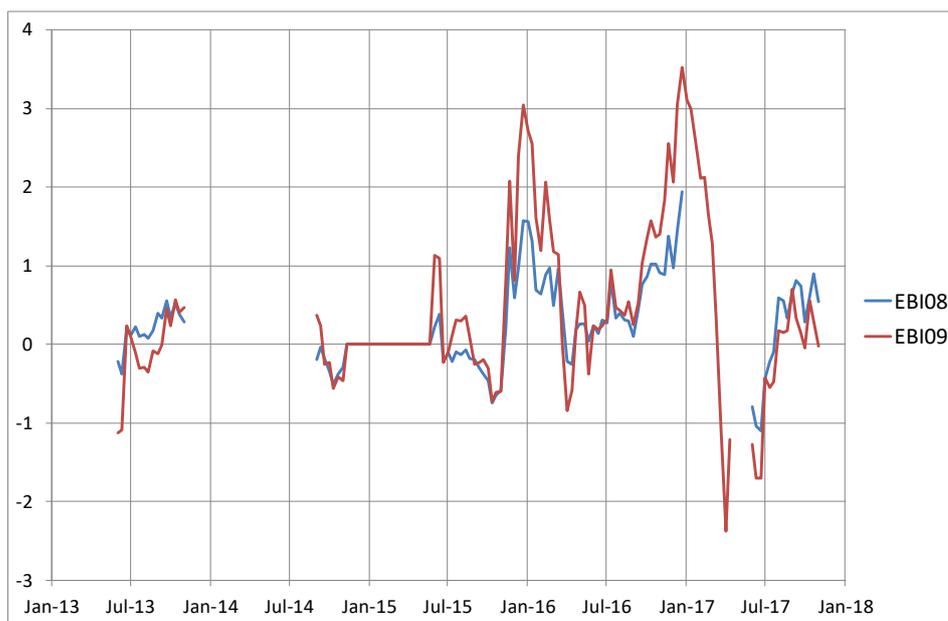


図2

地中温度の測定結果を図2に示す。図は、過去の地中温度測定結果から標準的な年周変化を計算し、観測される地温と同旬の標準地温との差を示している。2015年10月頃から温度が上昇し、2016年2月頃にいったん上昇が停滞した後、2016年8月頃から2017年3月頃まで再び上昇している (前回報告)。2017年3月以降は標準的な温度変化の範囲内に収まっている。温度上昇がみられる時期は、微動の発生や、硫黄山山頂での噴気の出現、高濃度の硫化水素放出の時期と整合的である。現在はこの領域での温度上昇は止まっていると考えられる。

10cm 深地中温度分布

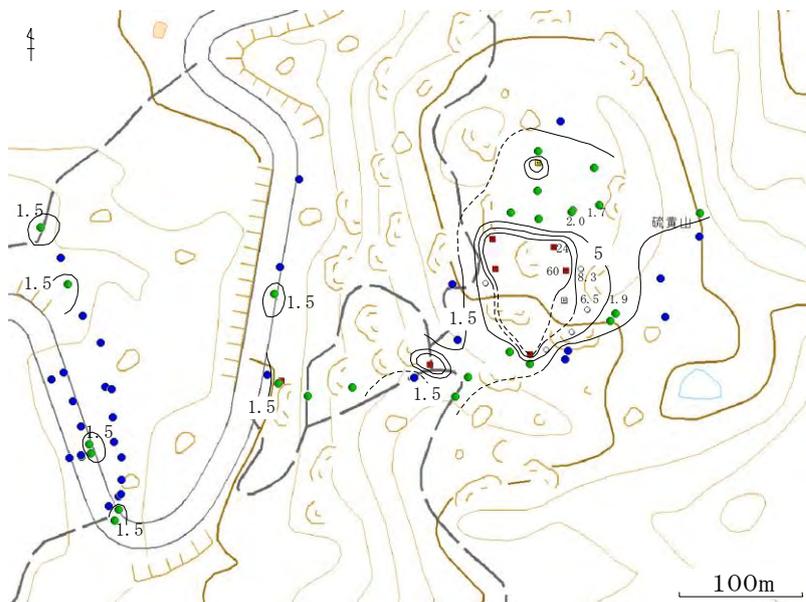


図 3 2017 年 6 月測定



図 4 2017 年 11 月測定

硫黄山山頂の南部に温度異常が広がっている。これらの異常域は 1970 年代に 150℃以上の噴気が見られた場所である。温度異常が硫黄山西斜面や北東側に広がる傾向がある。県道沿いのわずかな異常は、硫化水素の噴出に対応しているが、拡大は停止しているように見える。

温泉・湧水の電気伝導度および化学成分分析の結果

硫黄山西麓の湧水は、2014年8月の微動発生以降、塩素イオンの濃度が雨による希釈の影響を上回る増加を示していた。2017年11月の測定では減少に転じている（図5）。

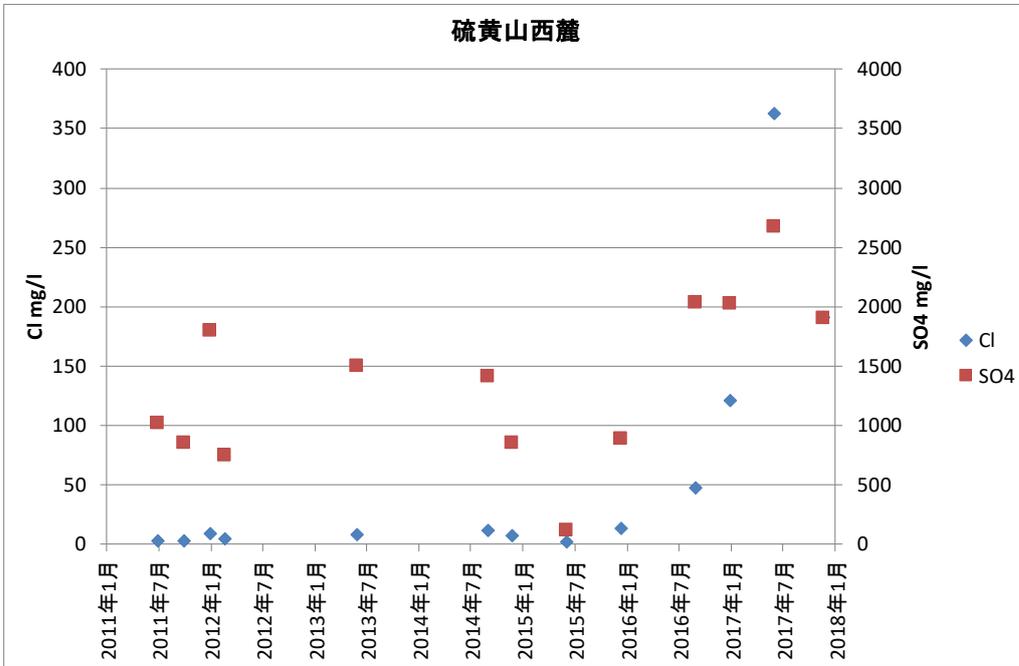


図 5

図6に、塩素イオンと硫酸イオンの濃度比および化学平衡温度を示す。2014年8月の微動発生以降、塩素/硫酸イオン比の増大が続いていたが、やや低下している。化学平衡温度も、2015年12月の噴気出現以降上昇したが、やや低下している。なお、湧水の湧出量を測定した結果、放熱率は0.1 MWであり、地表面からの放熱よりも十分小さい。

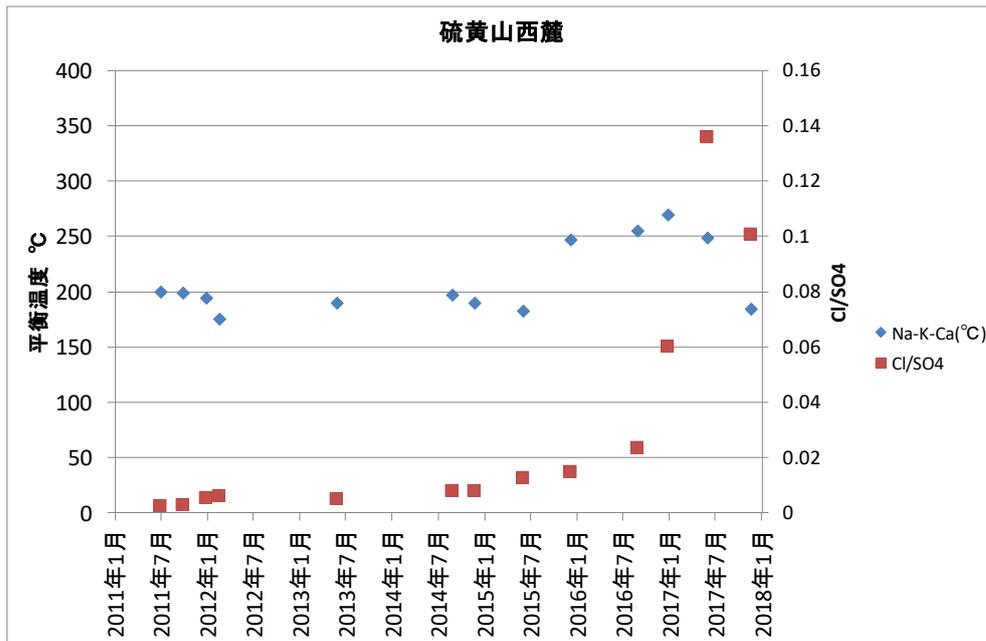


図 6

硫黄山北東麓は、2016 年頃まで明瞭な変化は認められなかったが、2017 年以降塩素イオン濃度が急激に増大した。しかし、11 月の測定では減少に転じている。10cm 深地中温度分布で、硫黄山山頂北東側に温度異常が出ていることから、地熱活動が北東へも拡大したためと思われるが、現在はその拡大は停止していると思われる。

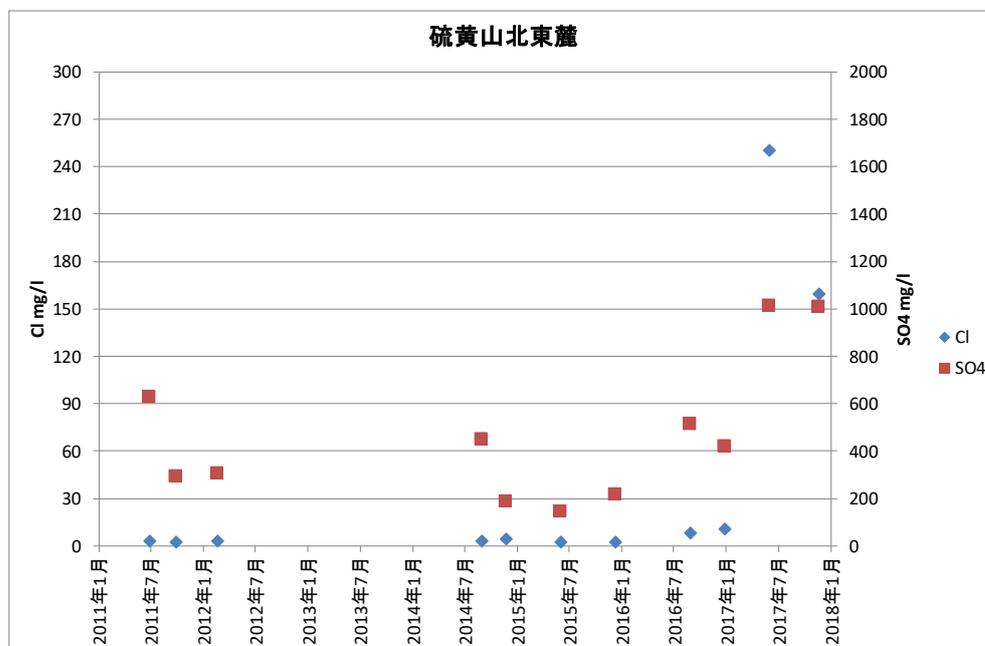


図 7

塩素イオン／硫酸イオン比も急激に大きくなったが、低下に転じている。化学平衡温度は 200℃程度であり変化していない。

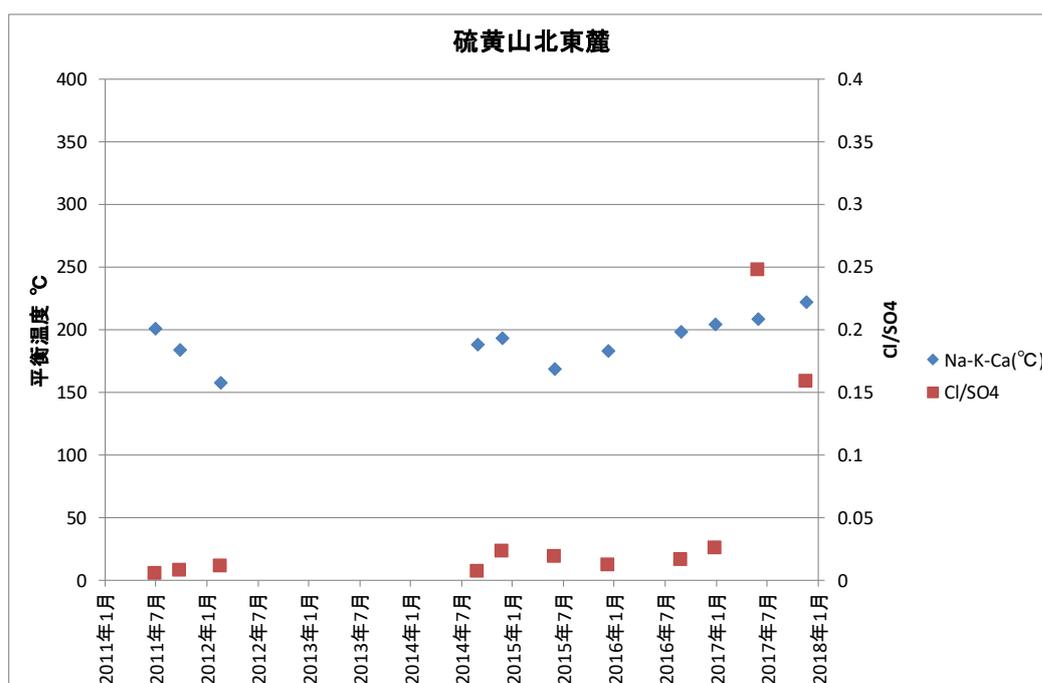


図 8

えびの高原足湯は雨の影響をあまり受けていない。図 9 に塩素および硫酸イオンの濃度を示す。塩素イオンの減少と硫酸イオンの増大が進んでいる。また、図 10 に化学平衡温度と塩素/硫酸イオンを示す。平衡温度はあまり変化していないがわずかに上昇している。また、イオン比は低下している。

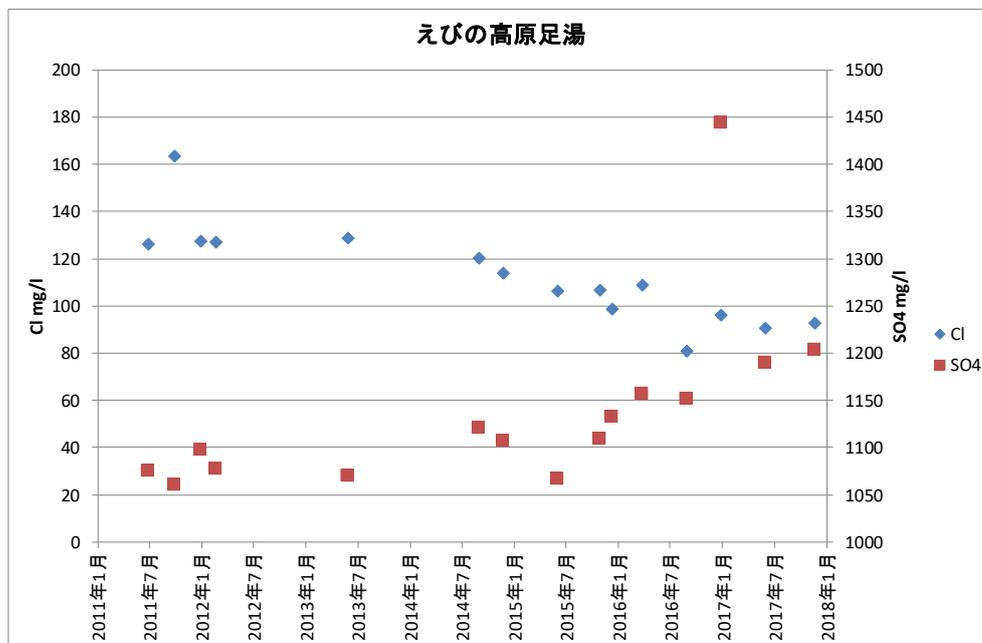


図 9

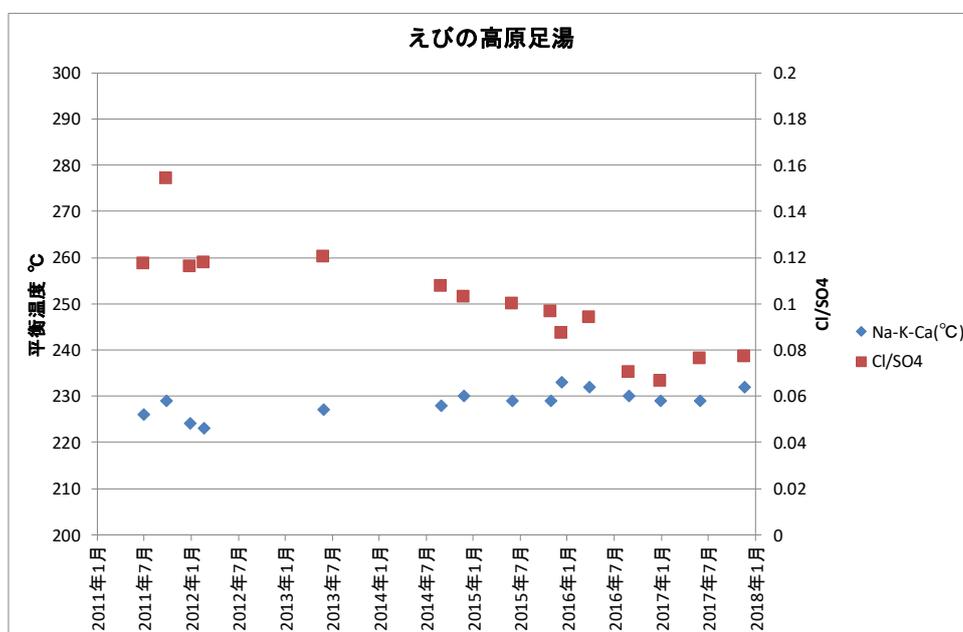


図 10

湧水・温泉水の電気伝導度

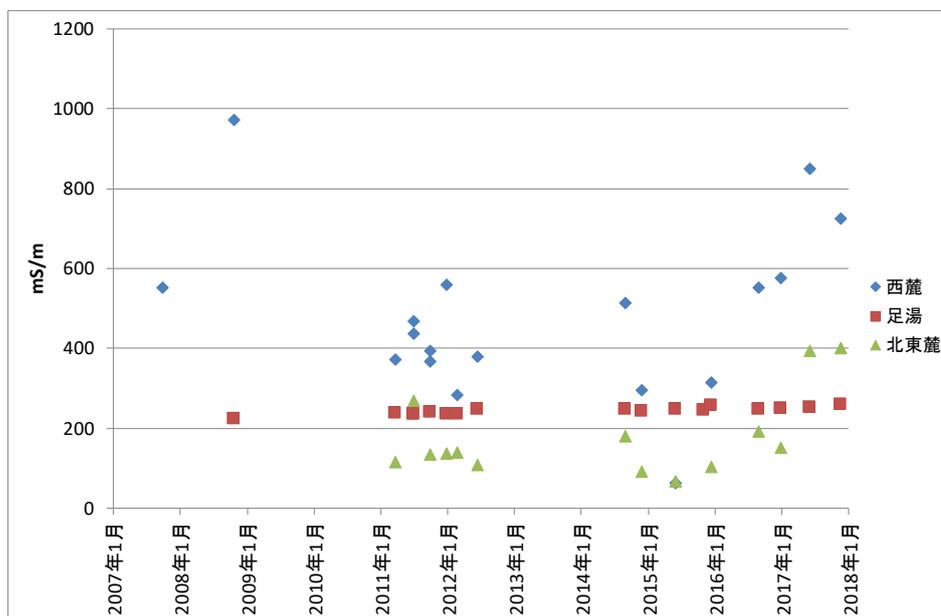


図 1 1

硫黄山西麓および北東麓の湧水は雨の影響を受けるため、電気伝導度は大きく変動する。しかしながら、2016年、2017年の電気伝導度の上昇は、雨の影響を上回る上昇に見える。2007年以降の電気伝導度を見ると、2008年の新燃岳の噴火、2011年の新燃岳の噴火後、最近の硫黄山の噴気再開の時期に急増しているように思われる。

霧島・硫黄山における噴気温度連続観測

2017年8月より硫黄山の3カ所において噴気温度の連続観測を実施している(図1)。センサーはハステロイC製の保護管にいたPt100温度計を使い、携帯電話通信により10分毎の温度を毎日1回クラウドサーバーに転送している。図2に各噴気の温度変化を示す。噴気Iはほぼ沸点温度を保っているが、噴気Aは温度が徐々に上昇し、県道沿いの噴気M1は9月上旬から下降している。



図1. 噴気温度観測点配置図。噴気地点の記号(A, I, M1)は、東大震研の資料と同一である。

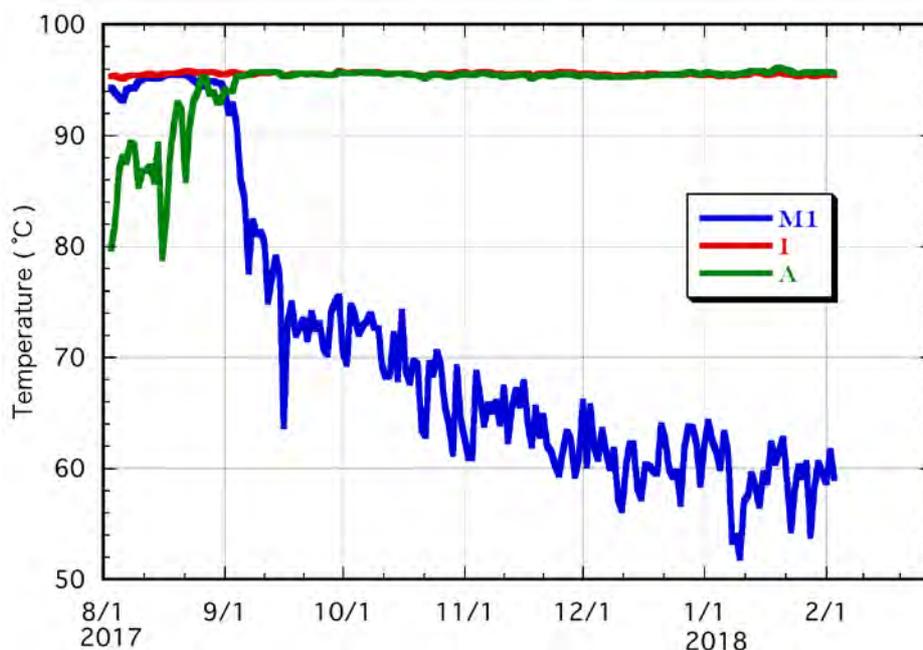


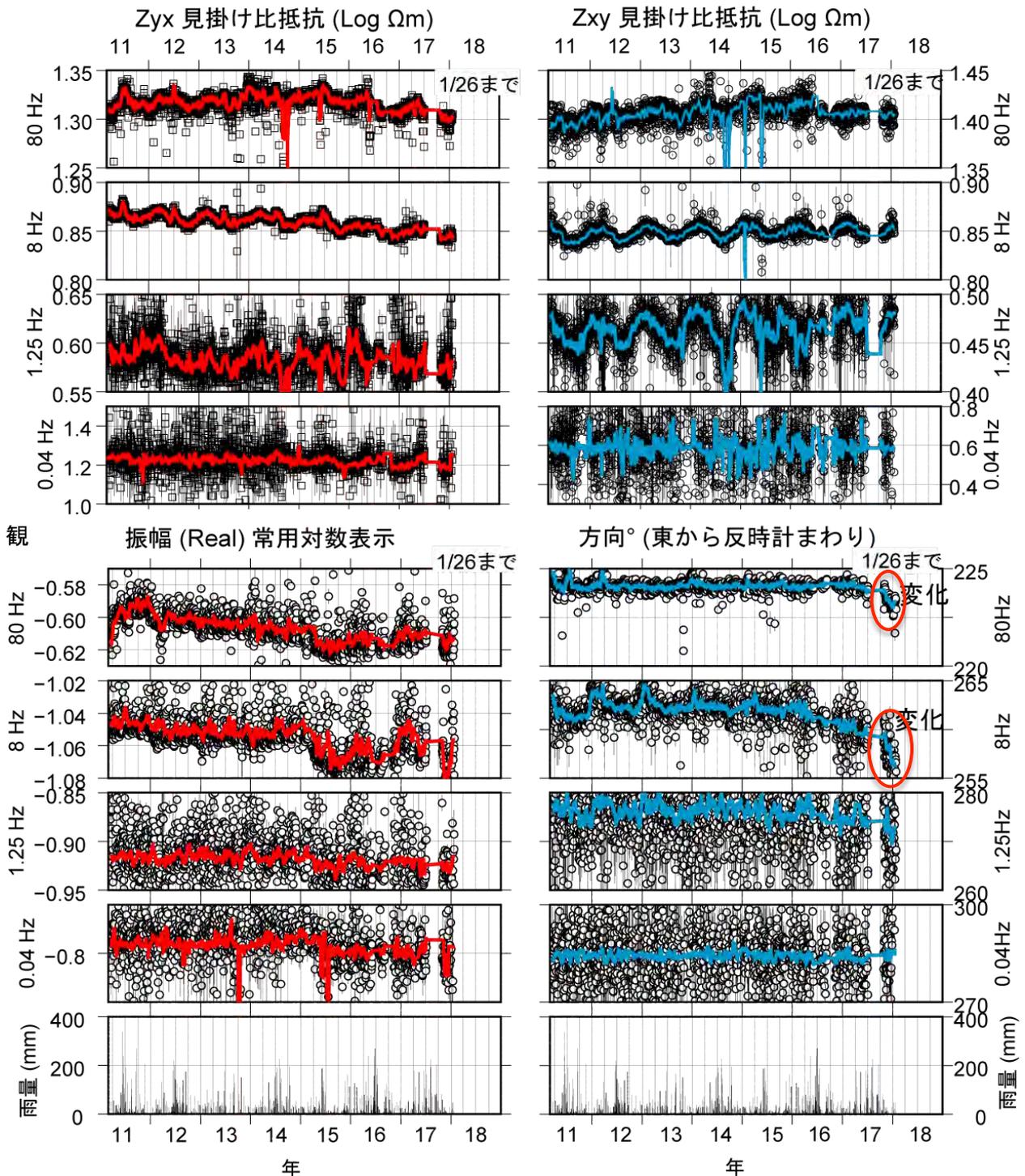
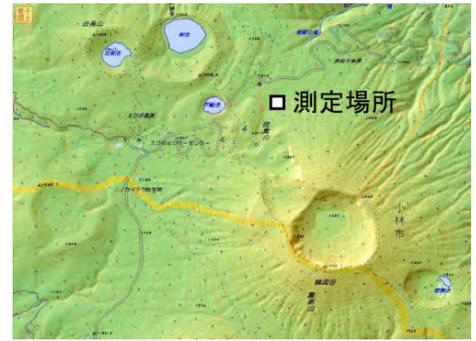
図2. 各噴気地点の温度変化。1日毎の最大値をプロットした。

観測点設置にあたっては、田島靖久博士、古園俊男氏、篠原宏志博士の協力を得た。ここに記して感謝する。

地図の作成にはGoogle Map(衛星写真)、スーパー地形を使用した。

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

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(図 1 下段)では、80Hz、8Hz 付近のインダクションベクトルの向きが 2017 年 10 月ごろから数度ほど北向きに変化している。これは硫黄山方向の浅部の高比抵抗化(液相物質の減少)もしくは硫黄山北部の低比抵抗化と定性的には解釈できる。

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。

航空機 SAR(Pi-SAR2)による霧島新燃岳観測結果

平成 29 年 11 月 16 日午後 0 時頃から 1 時頃にかけて、霧島新燃岳周辺の航空機 SAR 観測を実施した。

平成 27 年 12 月 6 日に観測した（第 134 回で報告）画像とを比較し、火口内の東部に新たな噴出孔の存在が確認される。

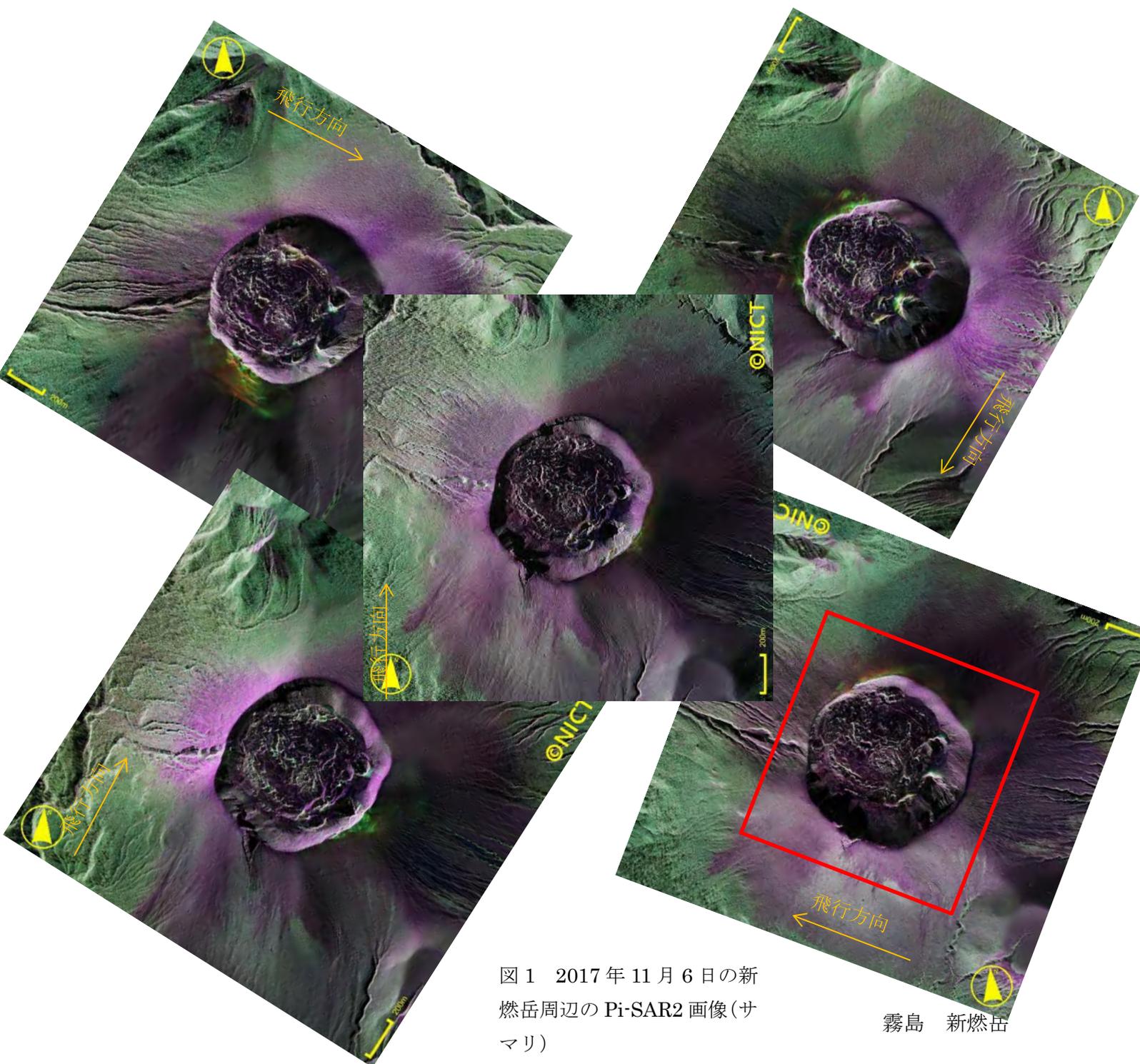


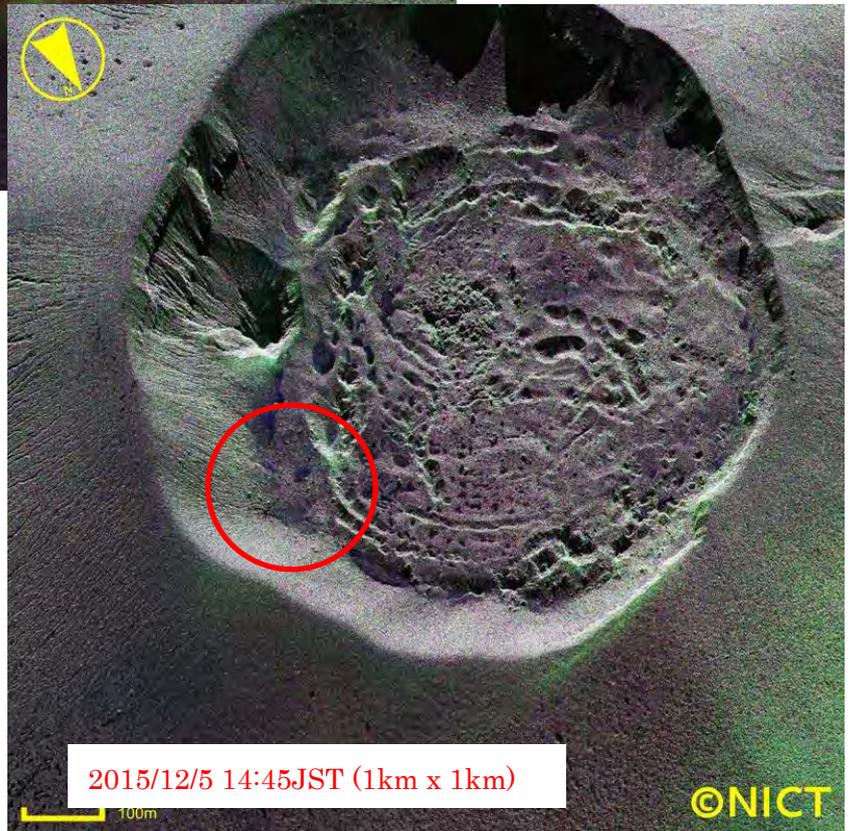
図 1 2017 年 11 月 6 日の新燃岳周辺の Pi-SAR2 画像(サマリ)

霧島 新燃岳



2017/11/6 12:08JST (1km x 1km)

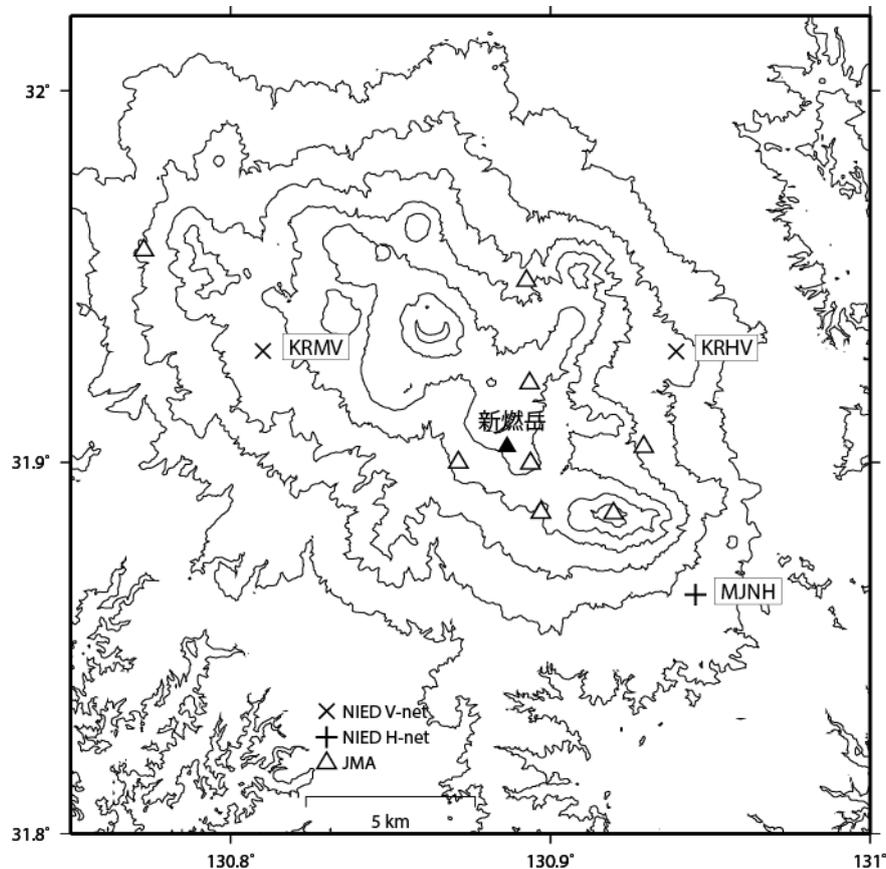
図2 2017年11月6日の新燃岳火口内部(図1の赤枠内)を2015年12月の画像と比較。赤丸内に新たな噴出孔の存在が確認される。



2015/12/5 14:45JST (1km x 1km)

霧島 新燃岳

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

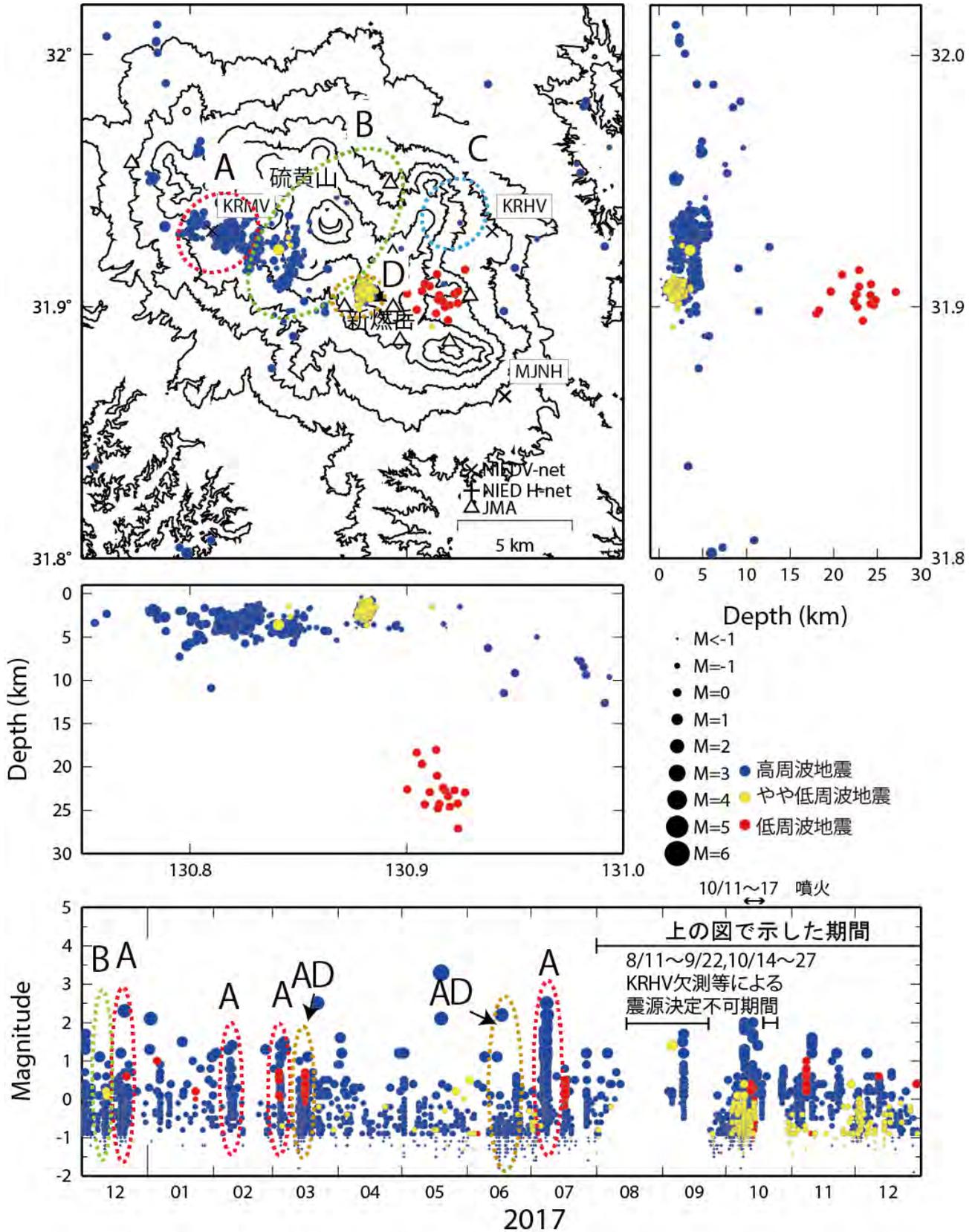
○ 地震活動

2017年10月11～17日にかけて霧島山新燃岳で連続的に噴火が発生した。噴火直前・直後の状況は拡大幹事会で報告済みである。新燃岳直下では、やや低周波地震が噴火直前・直後に多かったが、それ以降は低下傾向にある。高周波地震は、万膳観測点（KRMV）直下（図1A）で発生していた。硫黄山を含む韓国岳周辺（図1B）では高周波地震の発生数が一時的に高まった。

○ 地殻変動

2017年12月までの期間中、傾斜計記録（図2）には、万膳観測点（KRMV）のEW成分に噴火前から直線的な変化が認められるが、夷守台観測点データには変動が認められないため、万膳観測点（KRMV）のEW成分の変化と噴火活動との関連性は判断できない。GNSS解析結果（図3）においては、2017年12月まで基線長に若干の伸びの変化が認められる。

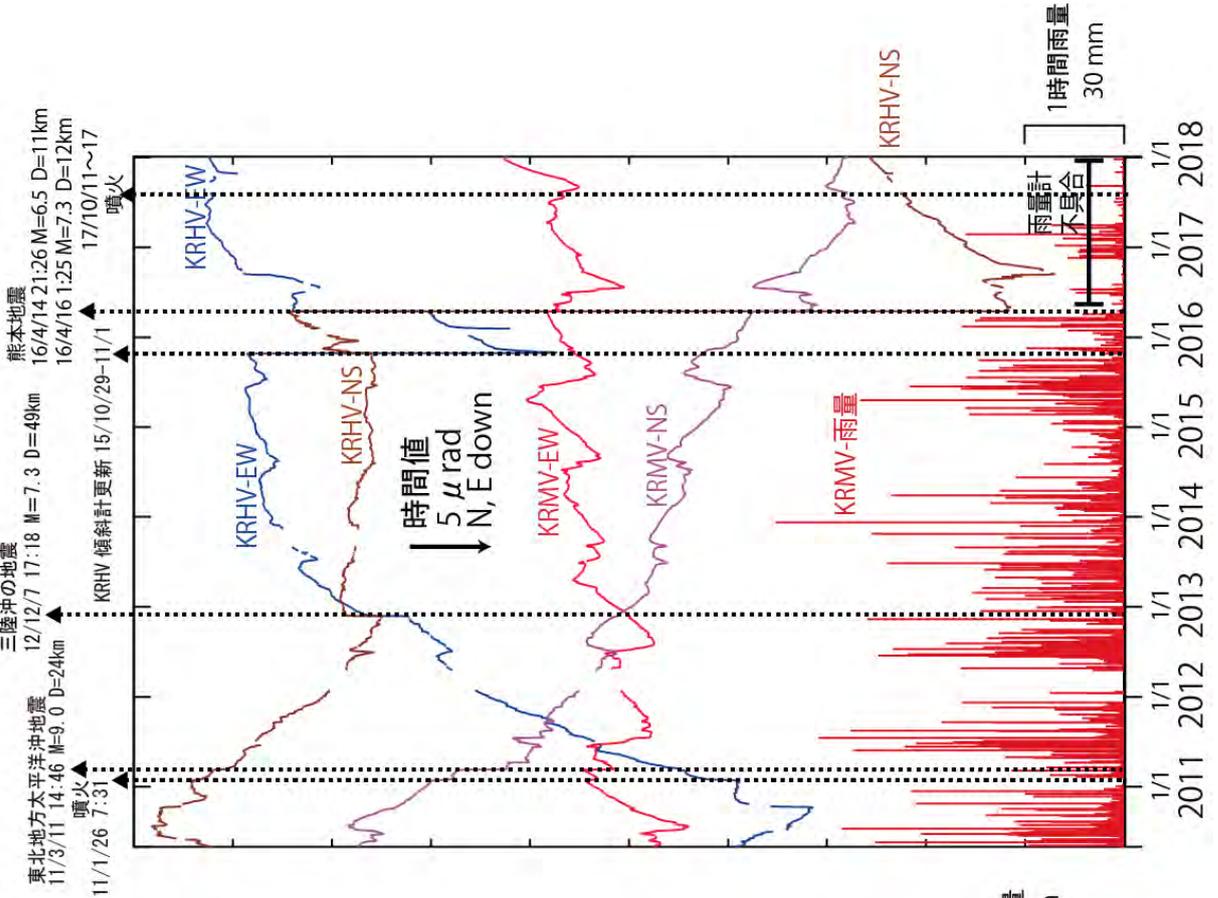
霧島山の地震活動 (2017/08/01 - 2017/12/31)



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 (2017/08/01 - 2017/12/31)

霧島山の傾斜変動 (2010/05/01 ~ 2018/01/03)



霧島山の傾斜変動 (2017/05/01 ~ 2018/01/03)

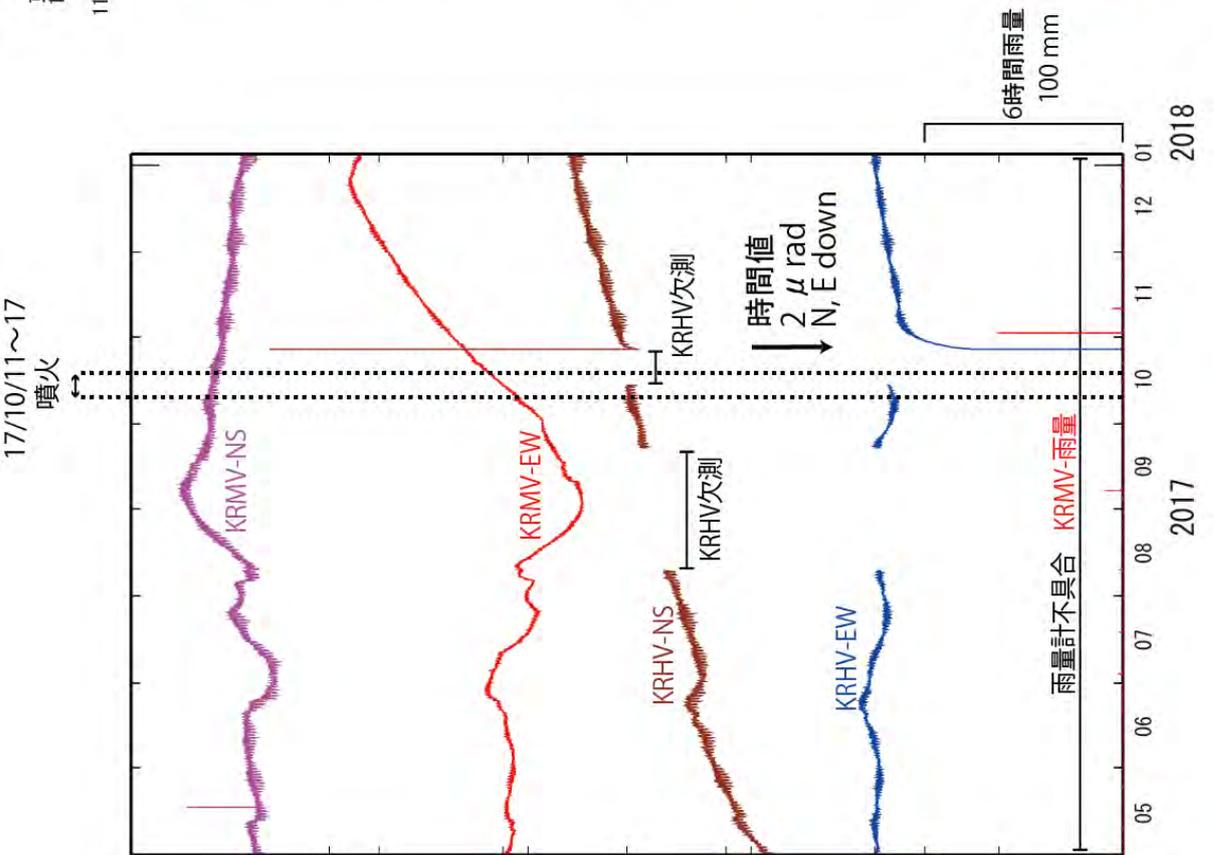
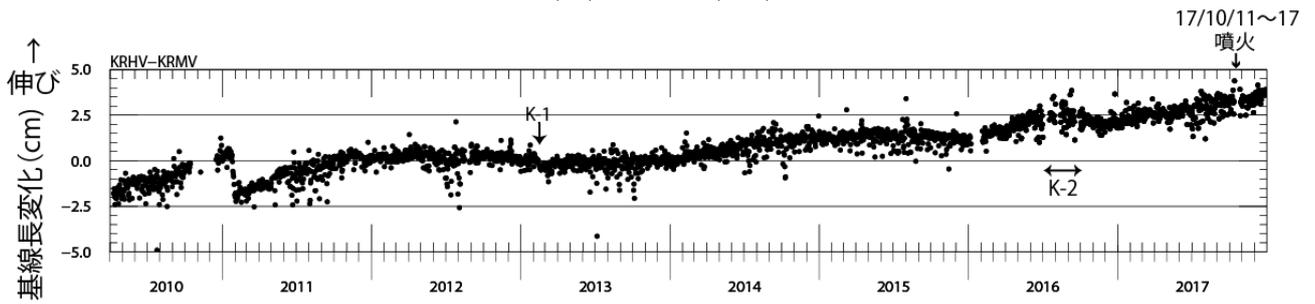


図 2 霧島山の傾斜変動

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
2010/4/1~2017/12/31



2017/08/28-2017/12/31 の地殻変動【大口 (950485) 固定】

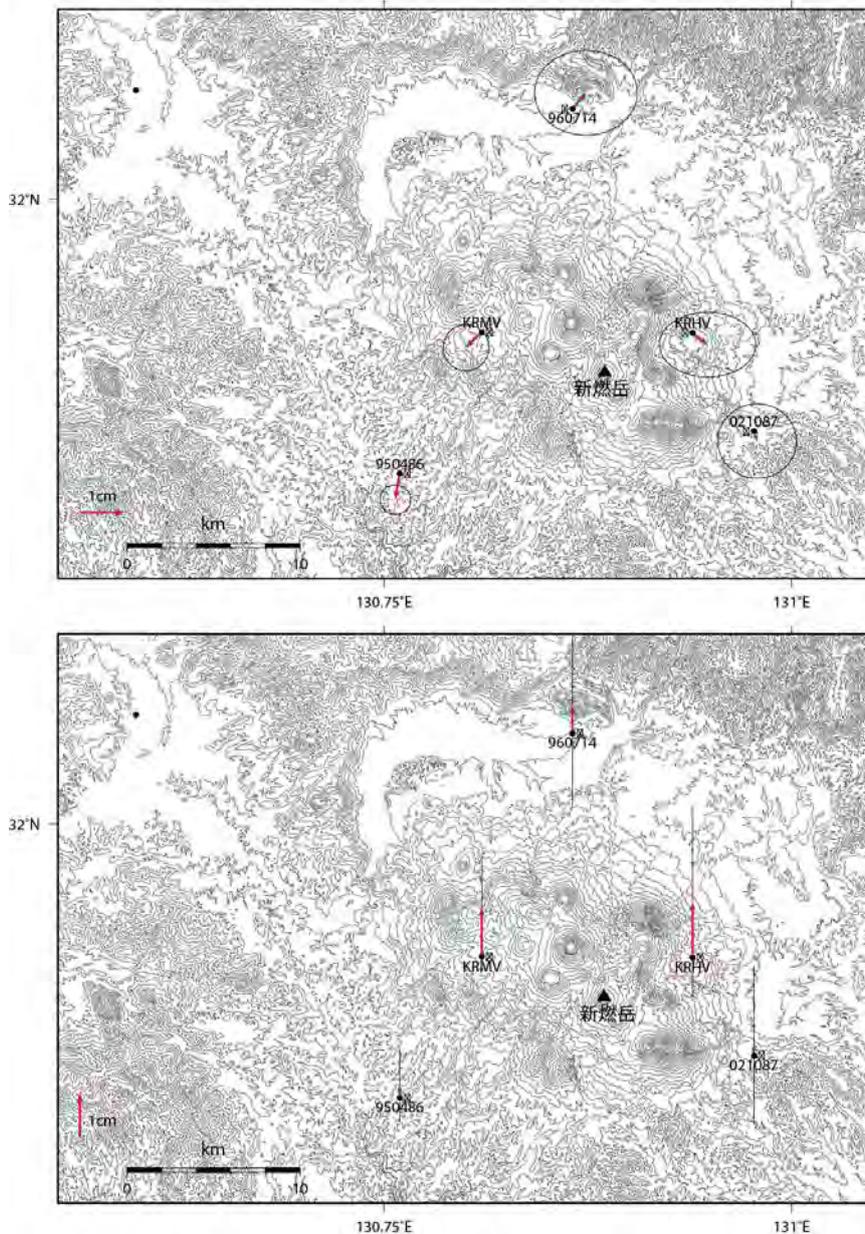


図 3 霧島山 GNSS 解析結果. ※ベクトル図は速報暦使用

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)	K-1	2010/4/10	2周波観測開始
			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)	K-1	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
			2013/2/15	アンテナ台改善作業

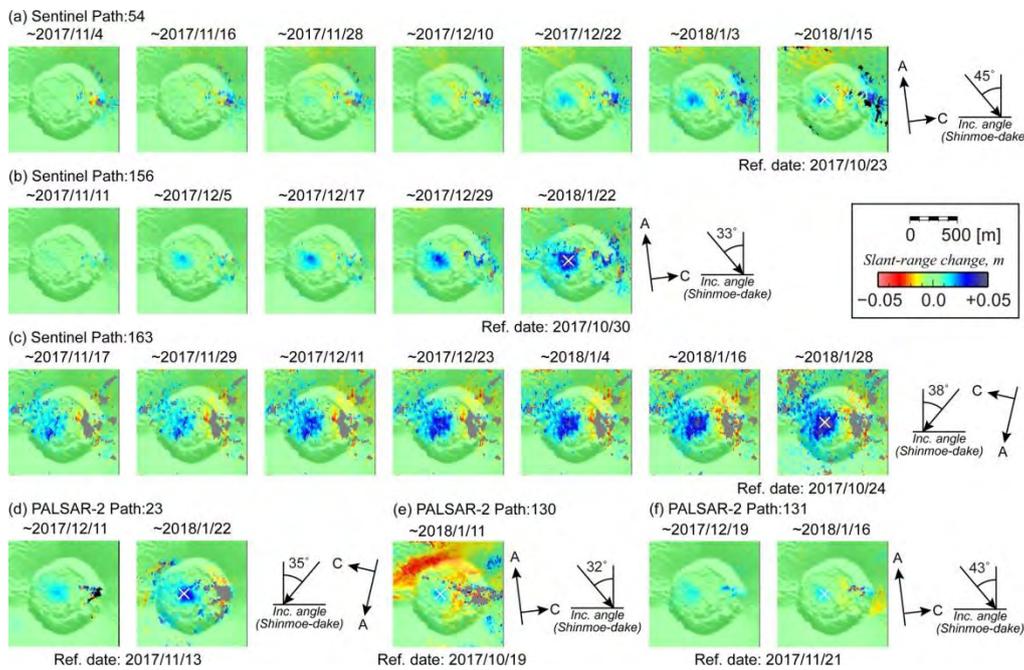
SAR 干渉解析による新燃岳火口および硫黄山付近の地表変形

新燃岳火口:

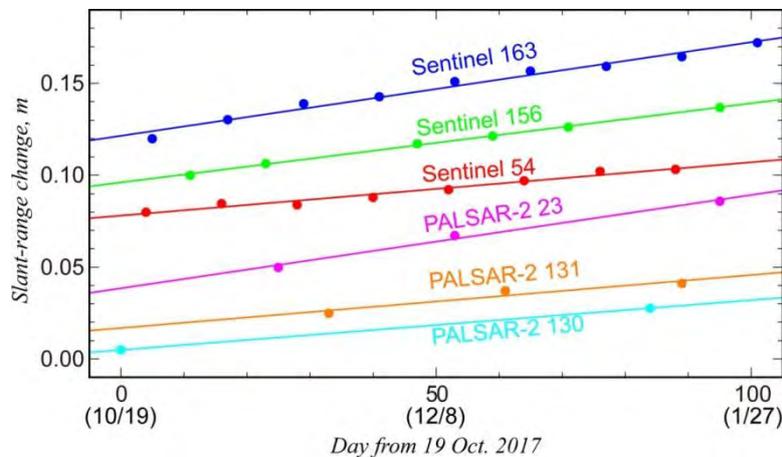
2017/10/19～2018/1/28 の期間に観測された SAR 画像から火口内の地表変動を調査した。

- 火口中心付近に衛星—地表間距離伸長変化が見られる(第 1 図)。
- **スラントレンジ変化速度はほぼ一定(第 2 図)。**
- スラントレンジ変化速度を求め(第 3 図)、これらを説明する地表変動の東西成分と準上下成分を求めた(第 4 図)。
- 火口中心付近(以前に隆起が見られていた領域)に約 **5cm/100 日**の沈降が見られる。
- 火口中心部に**東進(約 2cm/100 日)**、火口東縁部に**西進(約 1cm/100 日)**が見られる。

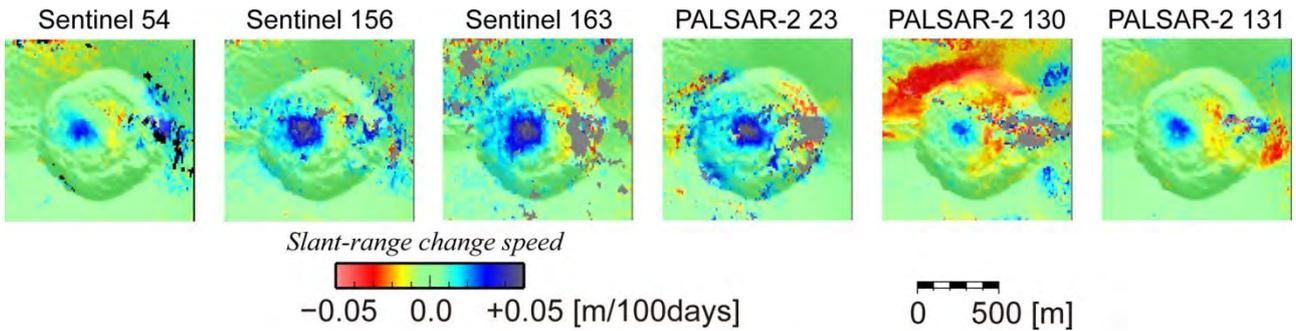
硫黄山:2017 年 11 月 5 日～2018 年 1 月 28 日の期間に、有意な変化は見られない(第 5 図)。



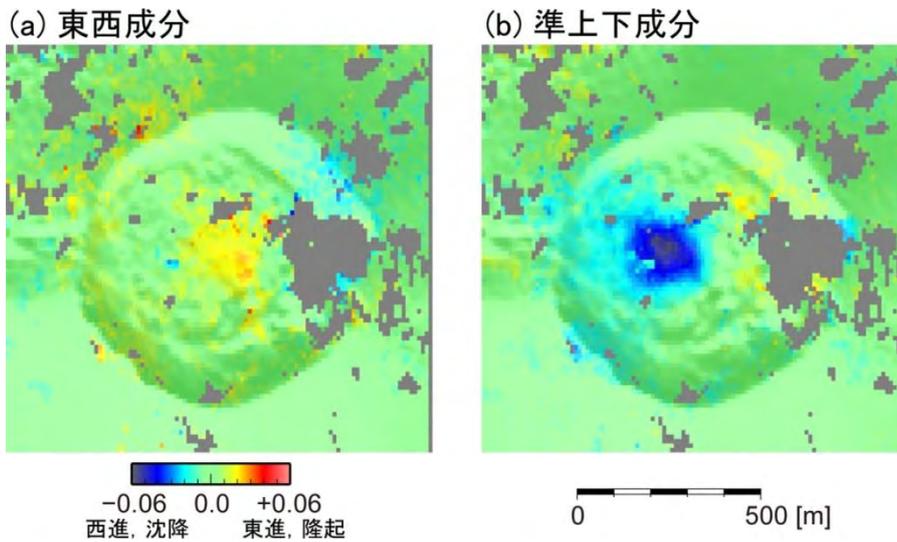
第 1 図. Sentinel-1 および PALSAR-2 データを解析して得られた、新燃岳火口内の衛星—地表間距離分布。



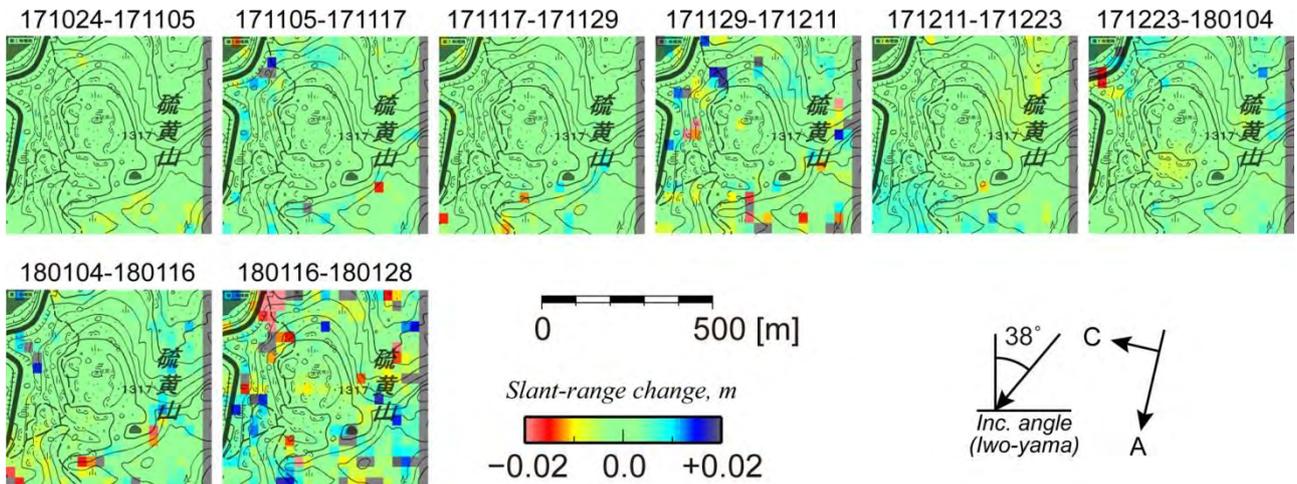
第 2 図. 第 1 図の白×印における、衛星—地表間距離変化の時系列。



第 3 図. スラントレンジ変化速度分布 (m/100 日)。



第 4 図. スラントレンジ変化速度の(a)東西成分および(b)準上下成分。



第 5 図. Sentinel-1 データを解析して得られた、硫黄山周辺の衛星—地表間距離分布。

謝辞. 本解析で使用した PALSAR-2 データの一部は、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構との共同研究契約に基づいて提供され、PIXEL グループで共有しているものである。また、一部は火山 WG を通じて提供されたものである。PALSAR-2 データの所有権は宇宙航空研究開発機構が有する。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。

霧島山新燃岳 2017 年 10 月 11 日～16 日噴火の火山灰に含まれる粘土鉱物

霧島山新燃岳から 2017 年 10 月 11 日～16 日に噴出し山腹に降下した火山灰は比較的細粒であり、粘土分を多く含んでいた。粘土分を構成する鉱物を明らかにするため、粉末 X 線回折 (XRD) 実験を行なった。

試料は 11 日、12 日、14 日および 15～16 日噴出の降灰軸別(風向の時間変化により北北西、西北西、西南西の 3 つがあると推定されている)に採取された火山灰試料計 6 点である(図 1:一部は 10 月 19 日開催拡大幹事会資料の再掲)。これらはそれぞれの噴出当日に採取された(15～16 日の西北西軸試料のみ 3 日後の 19 日)。

実験の結果、酸性～中性の熱水変質帯に由来するとみられる鉱物のピークが検出された(図 2)。しかし鉱物組み合わせは噴出時期によってやや異なっており、例えばやや高温の環境を示す粘土鉱物のパイロフィライトは 11 日の試料にはほとんど含まれていないが、12 日と 14 日の試料には明瞭に存在し、15 日～16 日の試料では再び減少する傾向がある(図 3)。これは一連の噴火活動中に時期によって破壊・噴出された熱水系の領域が異なることを示す可能性がある。

謝辞:10 月 14 日噴火の試料は霧島ネイチャーガイドクラブの古園俊男氏に提供して頂きました。日本大学文理学部の竹村貴人教授と金丸龍夫博士には X 線回折装置使用の御許可を頂きました。記して感謝いたします。

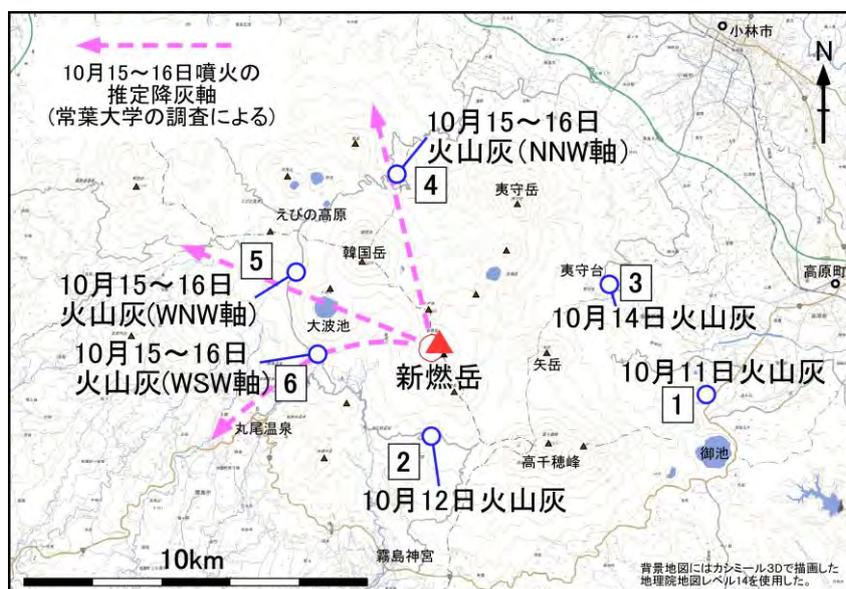


図 1. XRD 分析試料採集地点。

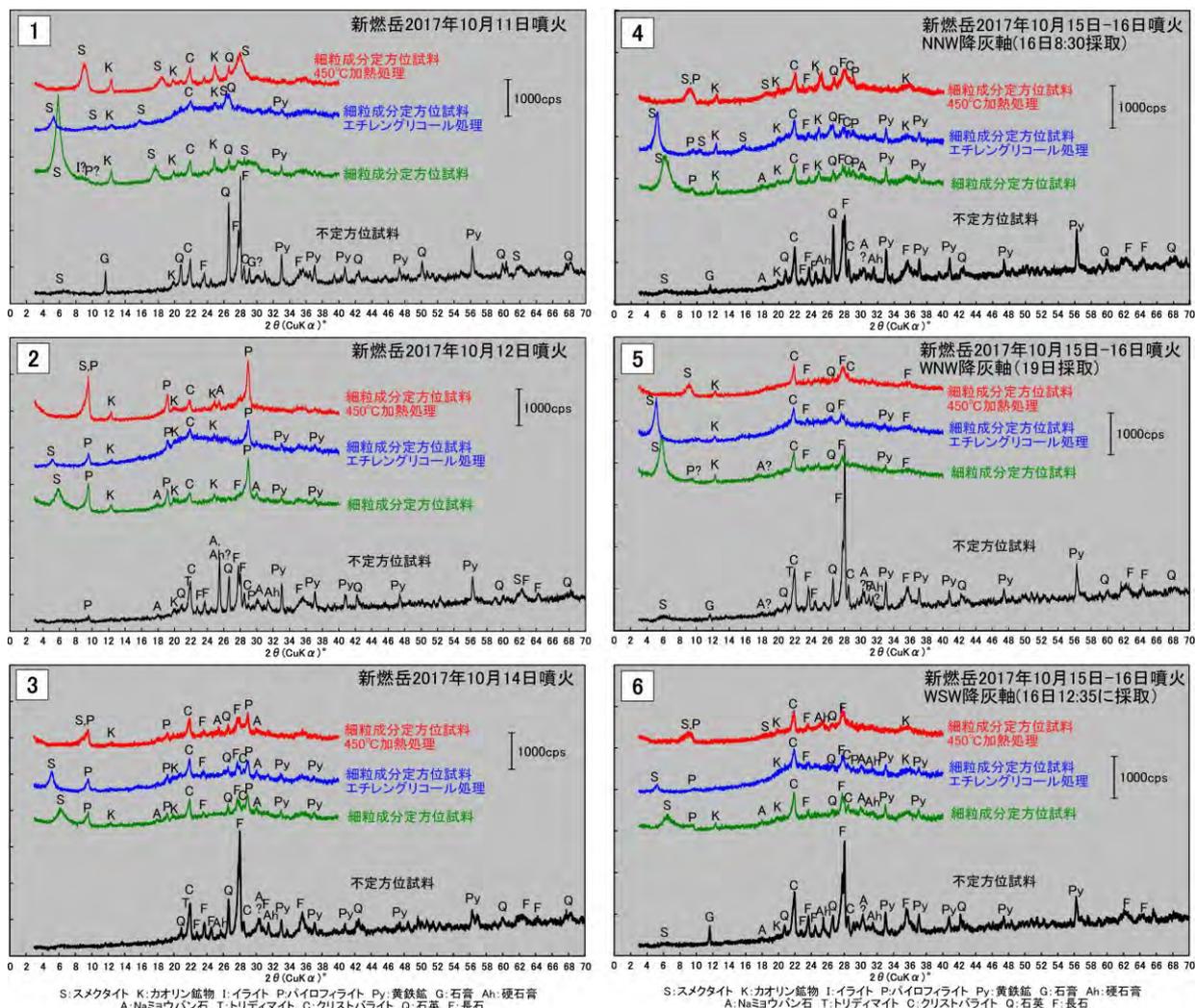


図 2. X線回折実験結果。10月11日、12日の試料の結果(1, 2)は鉱物ラベルを一部訂正して再掲した。10月14日以降の噴火の火山灰が含まれている試料(3~6)は、降灰時~採集時まで雨水にさらされていた期間があるため、不定方位試料では水溶性成分が流失や再晶出をしている可能性がある。

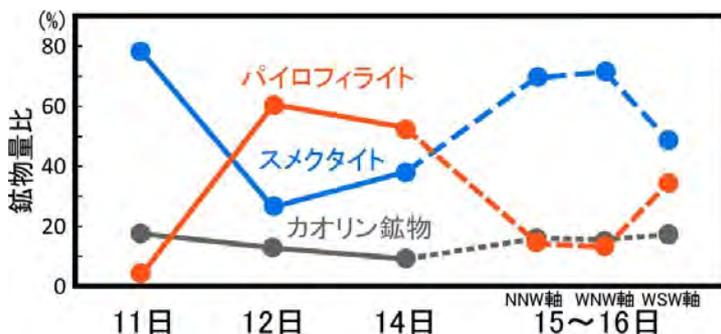
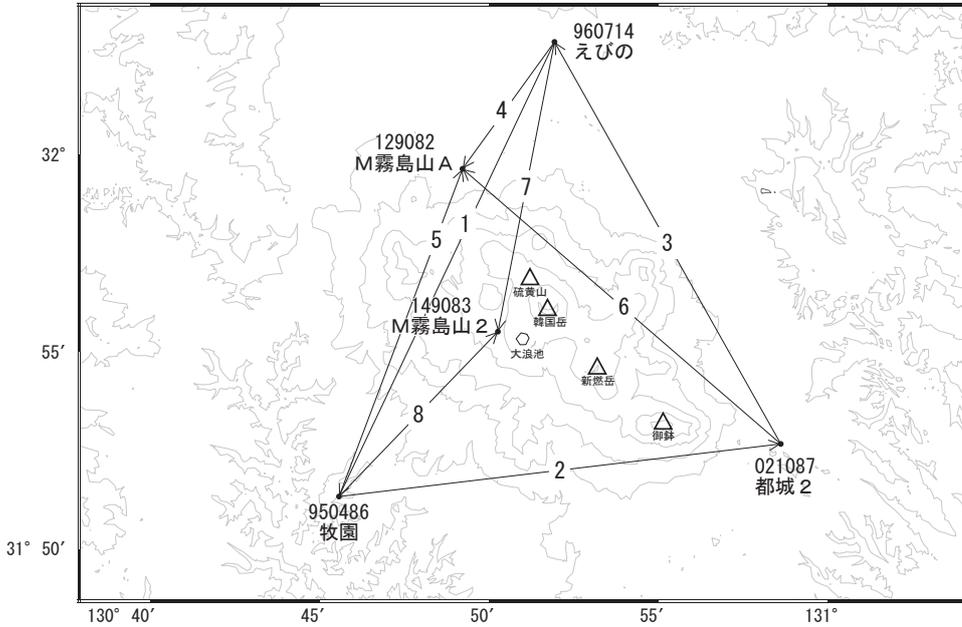


図 3. 主要粘土鉱物の鉱物量比の時間変化。粘土鉱物の底面反射強度比から Oinuma (1968)の基準強度比(パイロフィライトについてはカオリン鉱物と同じ値とした)を利用して半定量的に鉱物量比を求め、スメクタイト・パイロフィライト・カオリン鉱物の3鉱物間で100%に規格化した。10月15~16日の各降灰軸の順序については降灰時期が明確になっていないので破線で示してある。

霧島山

2017年7月頃から見られている霧島山を挟む基線での伸びが継続しています。

霧島山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(1)



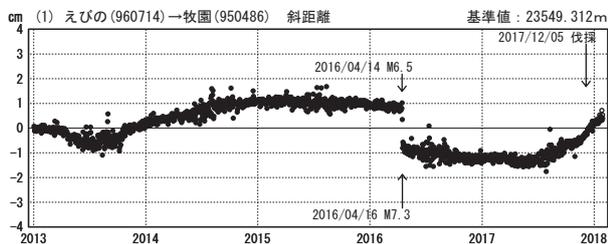
霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	20131013	伐採
		20150622	受信機交換
		20171205	伐採
960714	えびの	20140814	伐採
021087	都城2	20130913	受信機交換
		20140616	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	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

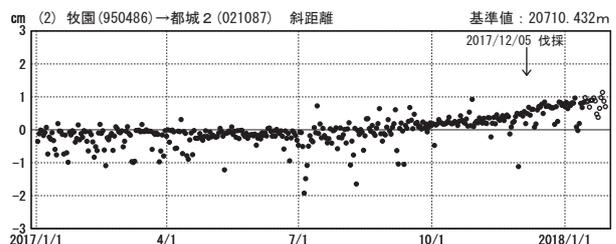
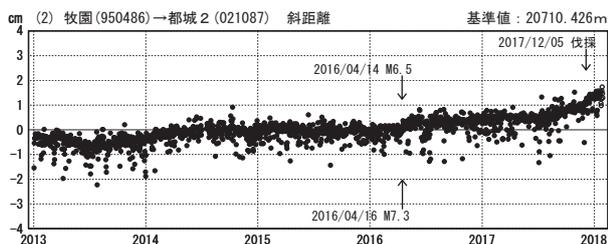
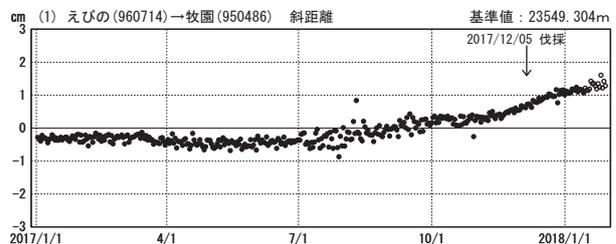
基線変化グラフ

期間: 2013/01/01~2018/01/28 JST



基線変化グラフ

期間: 2017/01/01~2018/01/28 JST

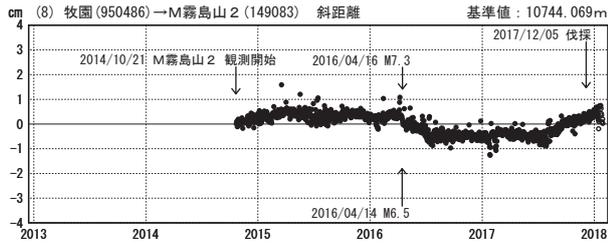
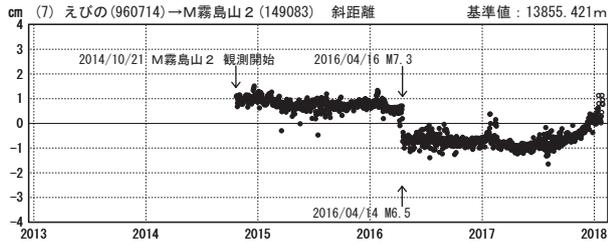
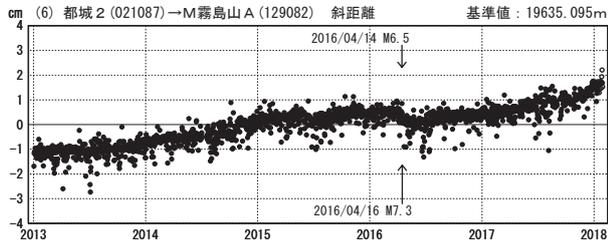
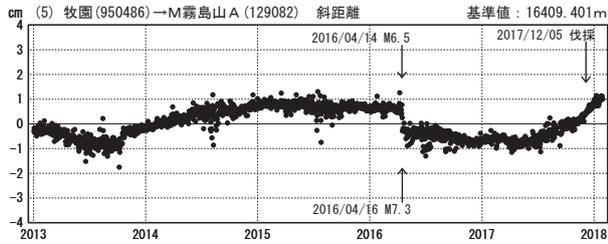
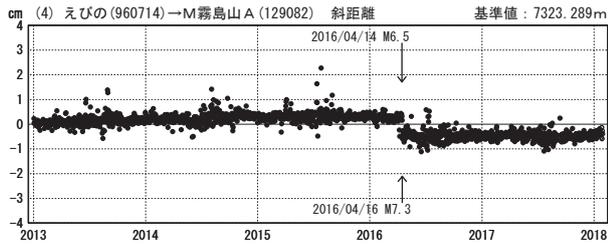
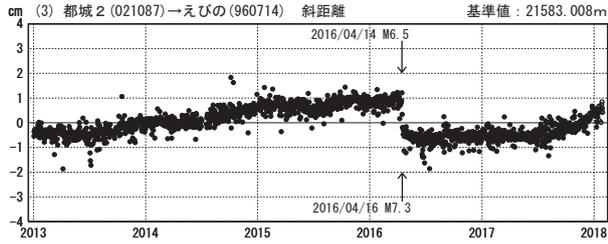


●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

※[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

基線変化グラフ

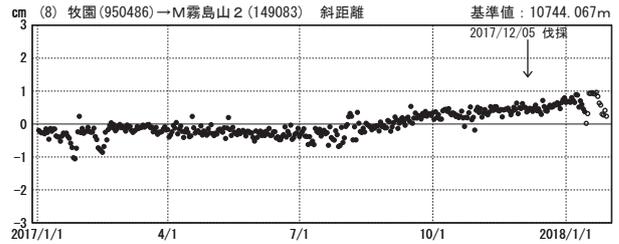
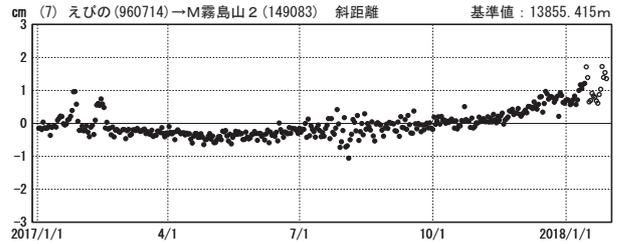
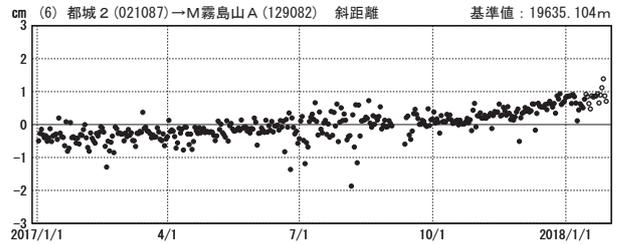
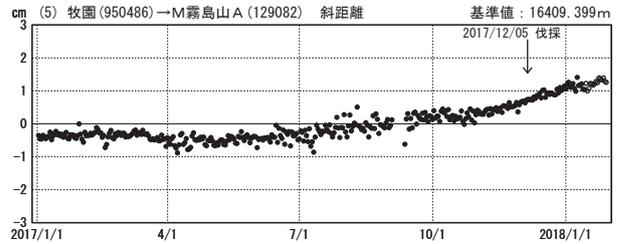
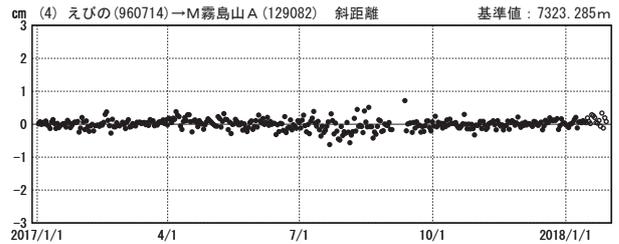
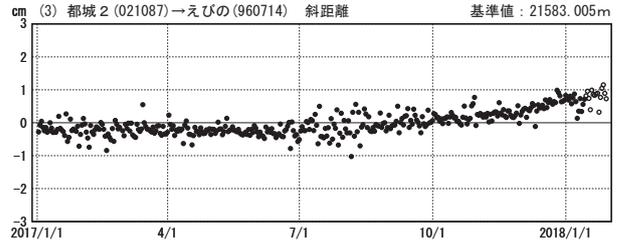
期間：2013/01/01~2018/01/28 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2017/01/01~2018/01/28 JST

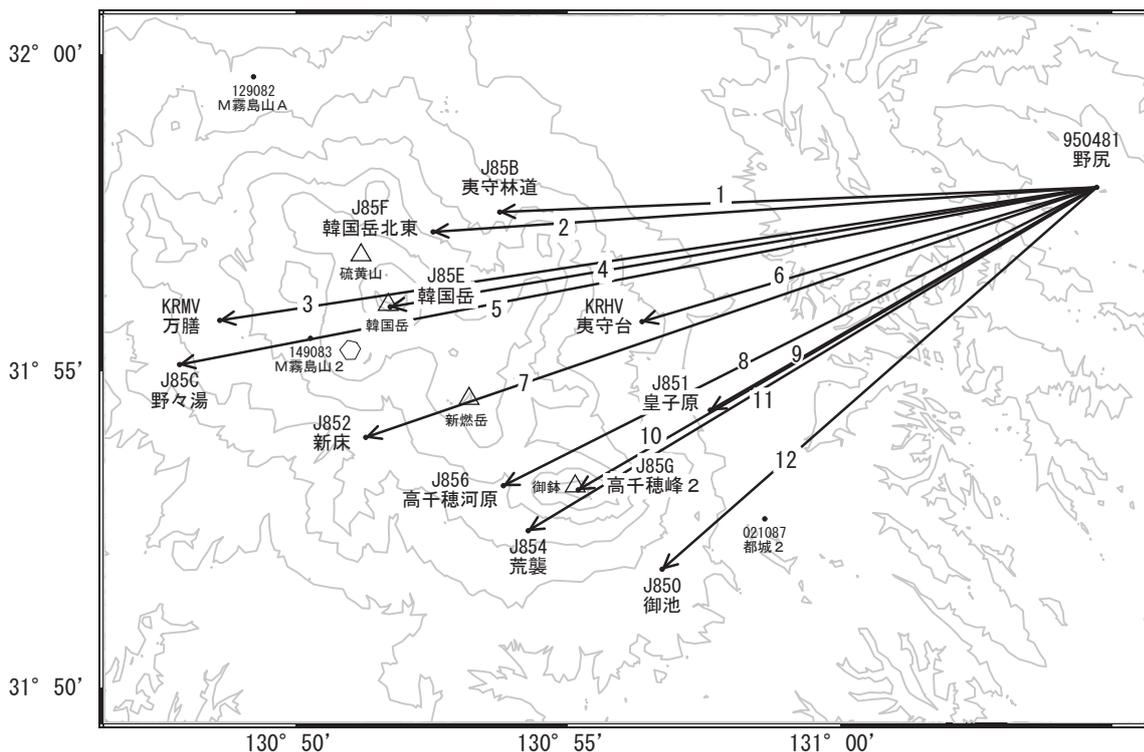


国土地理院

※[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)

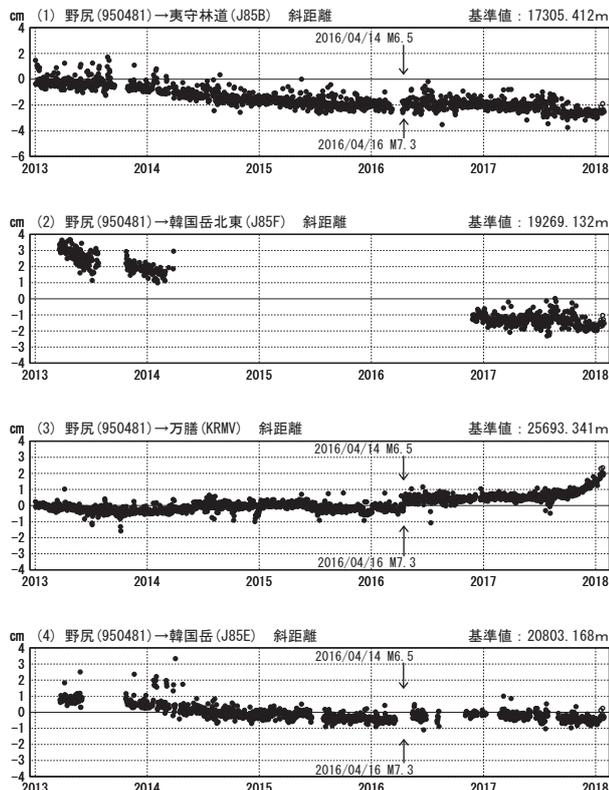


霧島山周辺の各観測局情報

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

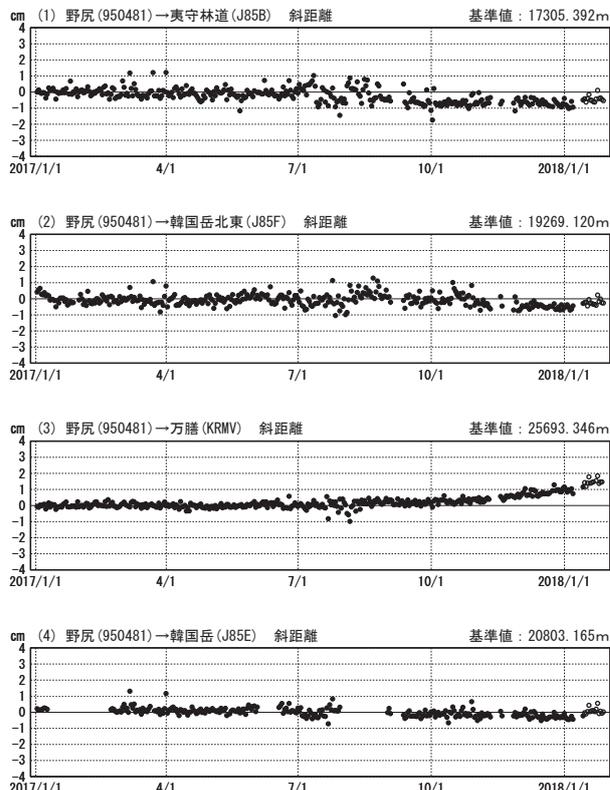
基線変化グラフ

期間: 2013/01/01~2018/01/27 JST



基線変化グラフ

期間: 2017/01/01~2018/01/27 JST

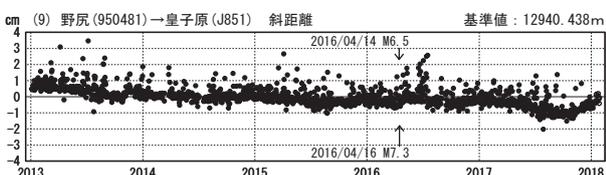
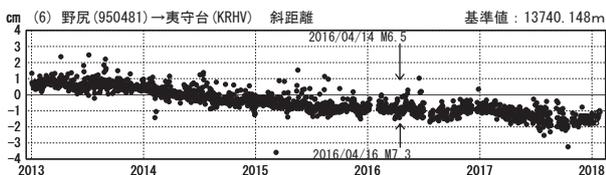
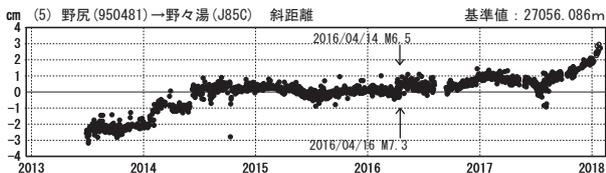


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

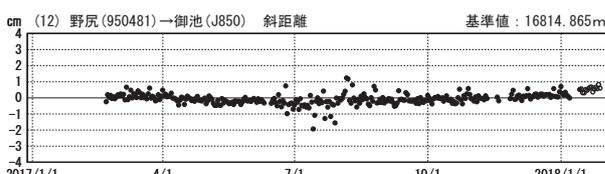
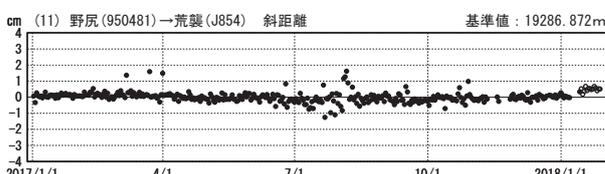
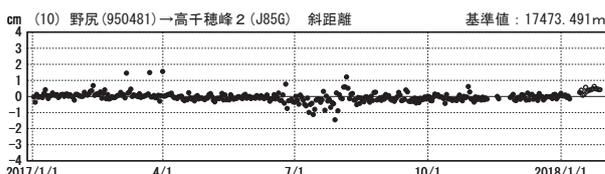
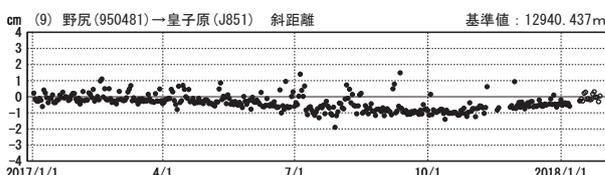
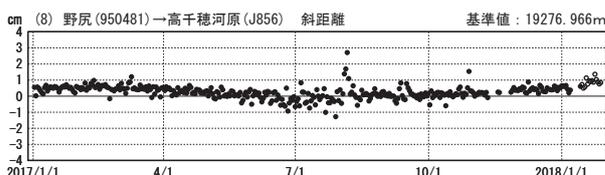
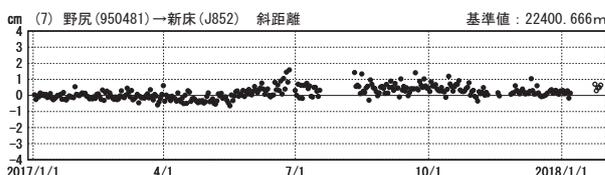
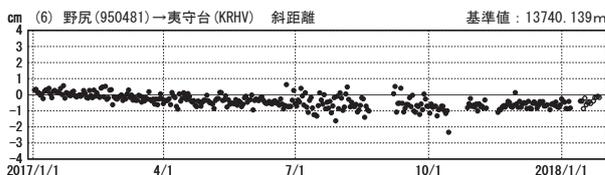
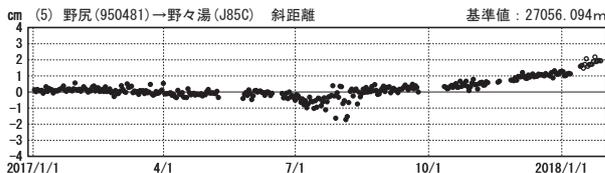
基線変化グラフ

期間：2013/01/01～2018/01/27 JST



基線変化グラフ

期間：2017/01/01～2018/01/27 JST



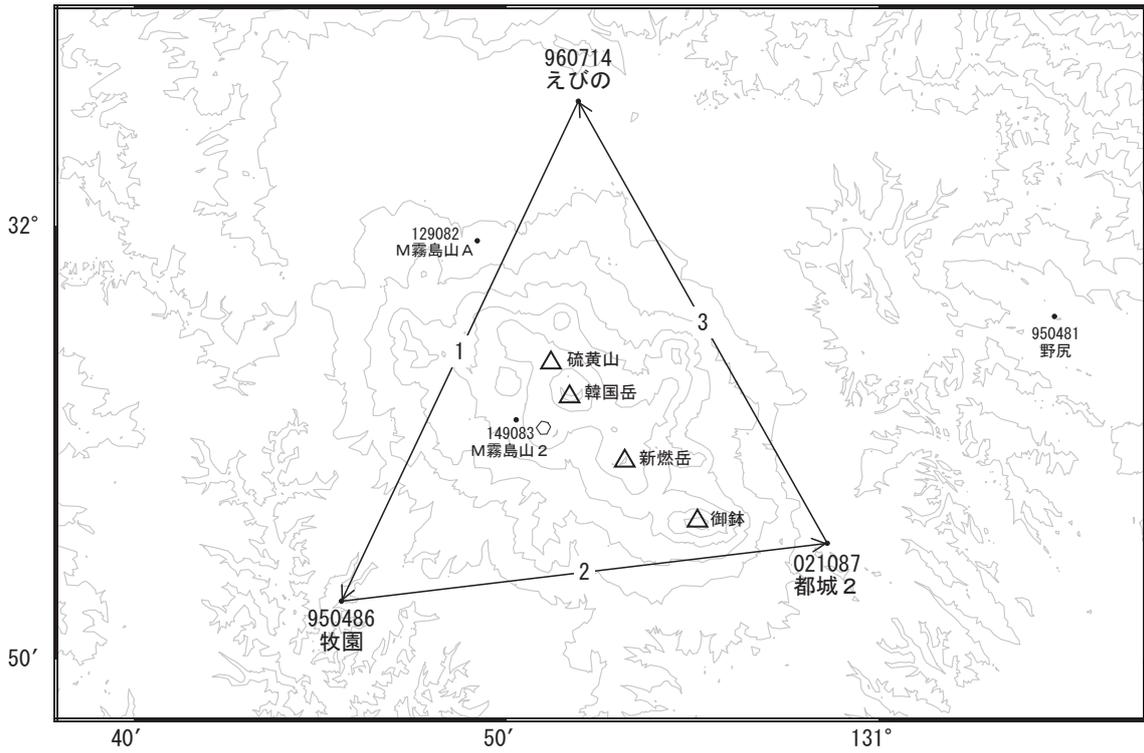
●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

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

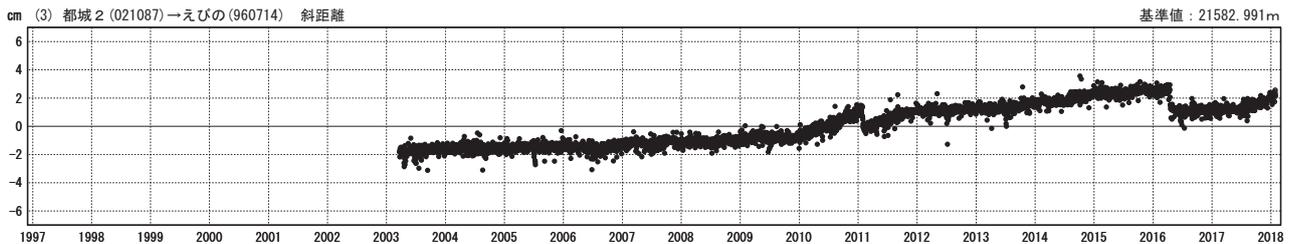
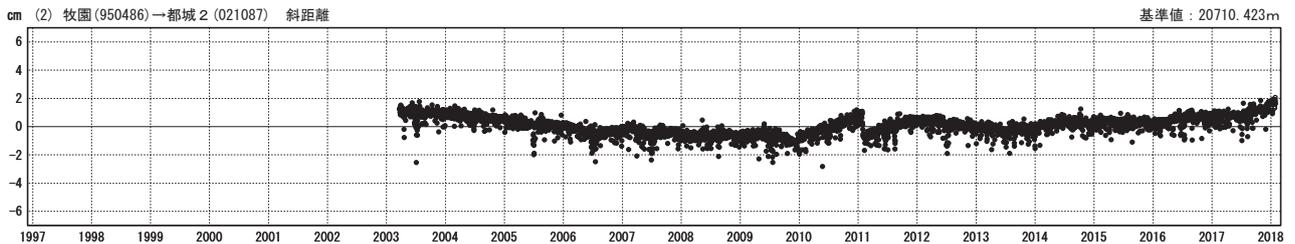
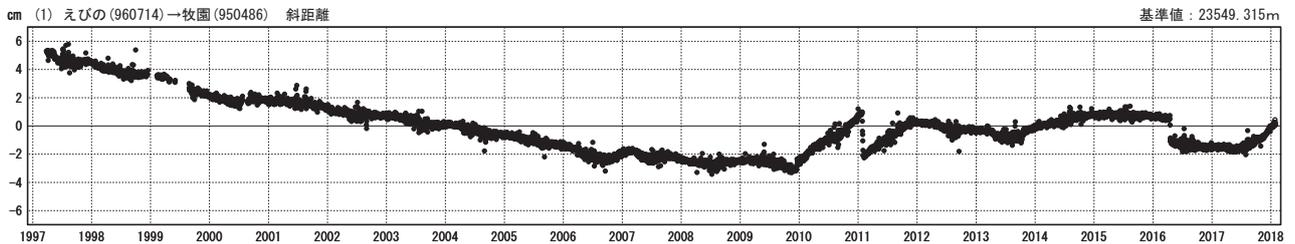
霧島山

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: 1997/01/01~2018/01/28 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

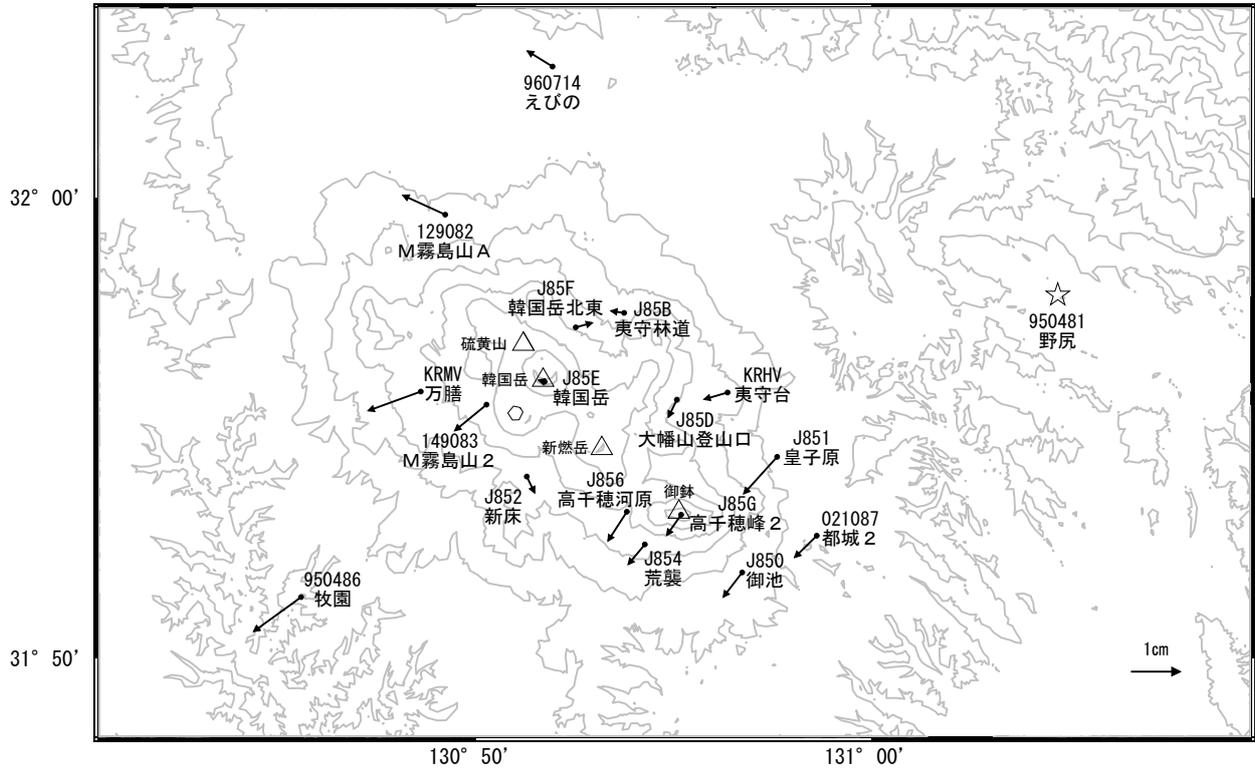
国土地理院

※[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:2017/10/18~2017/10/27[F3:最終解]
比較期間:2018/01/18~2018/01/27[R3:速報解]

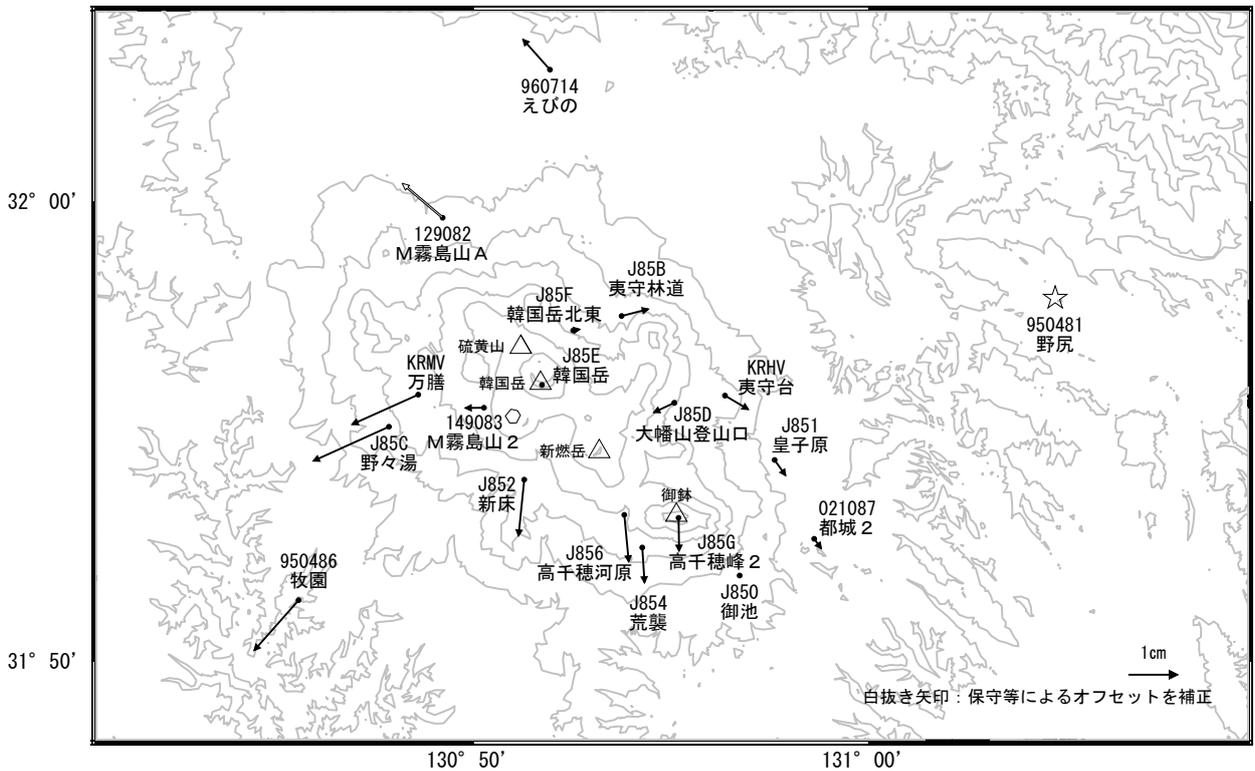


☆ 固定局:野尻(950481)

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:2017/01/18~2017/01/27[F3:最終解]
比較期間:2018/01/18~2018/01/27[R3:速報解]

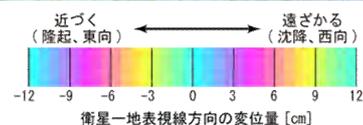
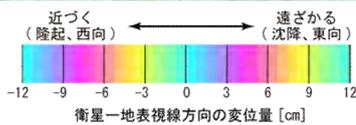
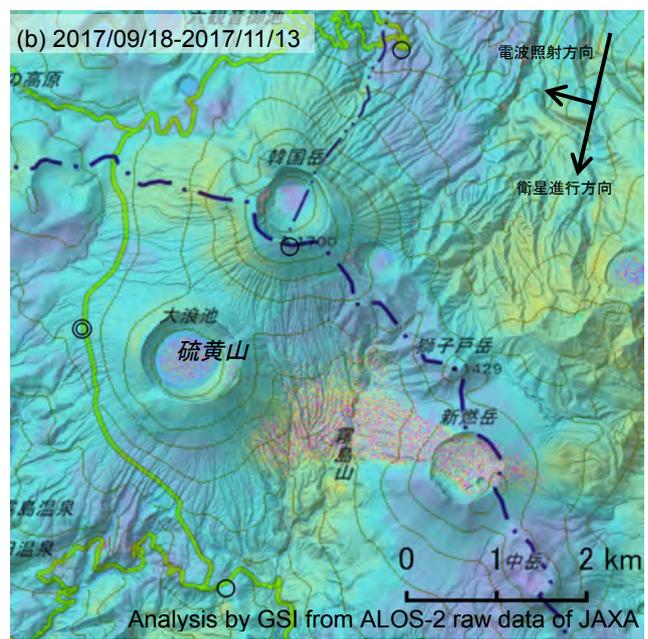
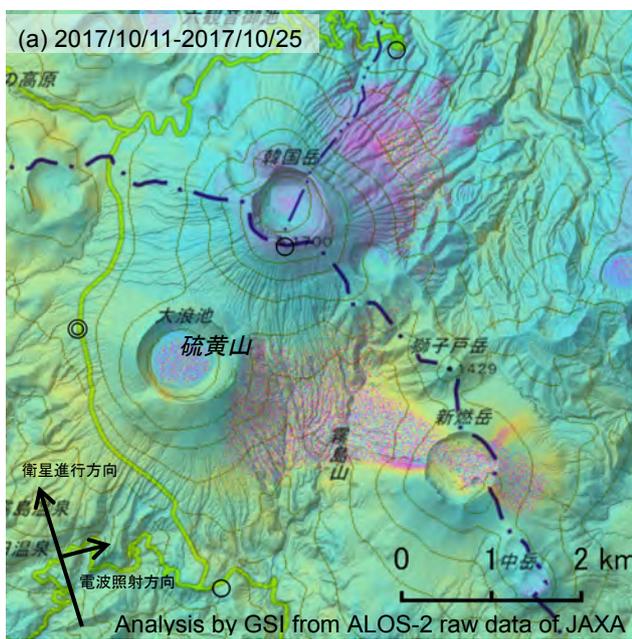


☆ 固定局:野尻(950481)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

霧島山の SAR 干渉解析結果について

判読) 2017年10月の噴火前後の(a)、(b)では、新燃岳で火口を中心に東西方向に火砕物による影響と考えられる非干渉領域が見られます。
 2017年10月の噴火後の(c)、(d)のうち、(c)ではノイズレベルを超える変動は見られません。(d)では、新燃岳火口西北西と東北東で衛星から遠ざかる変動が見られますが、火砕物による影響と考えられます。
 2017年12月以降の(e)、(f)では、硫黄山で膨張と思われる衛星に近づく変動が見られます。

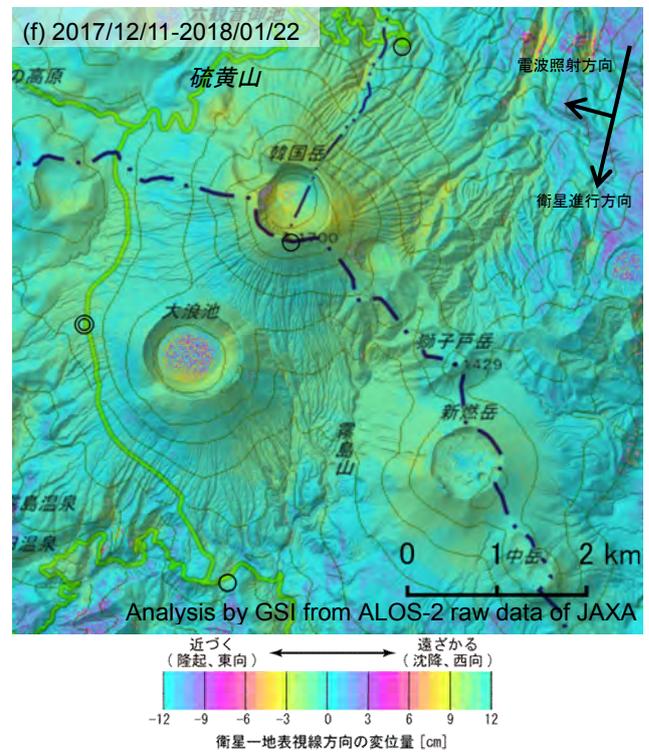
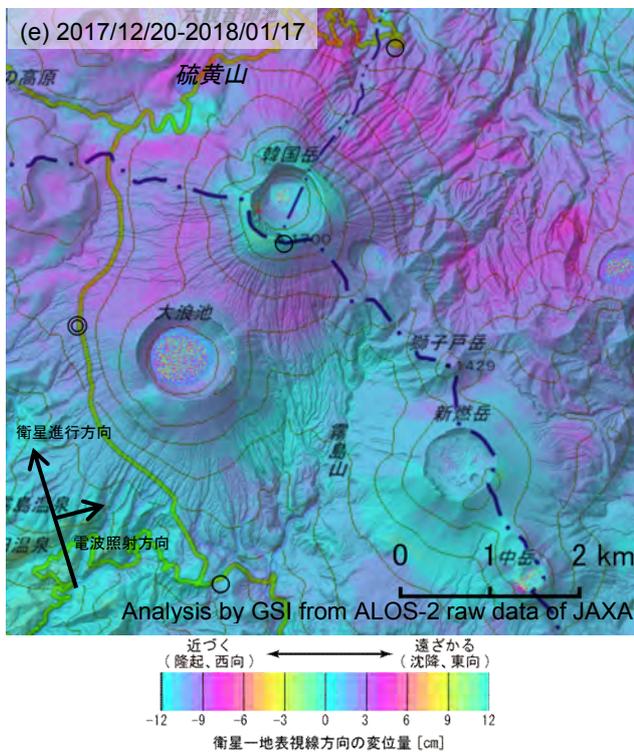
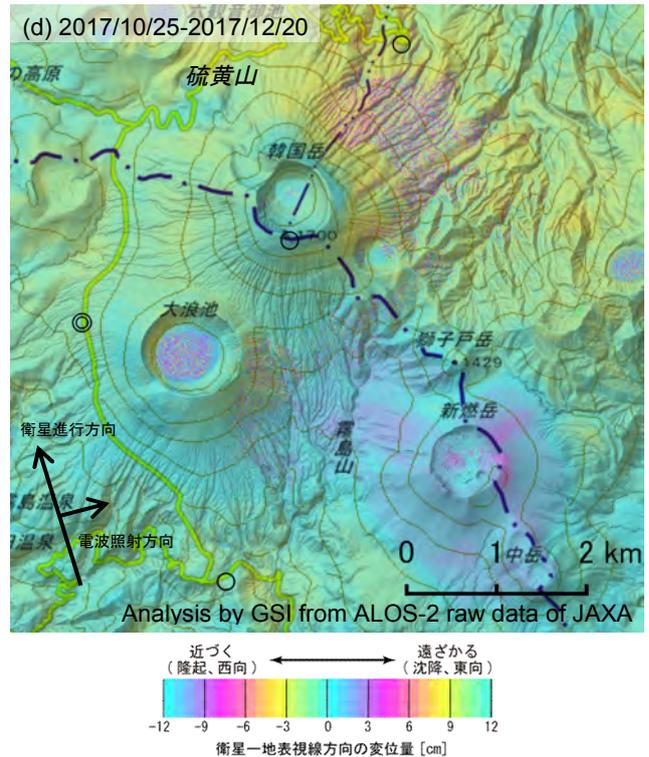
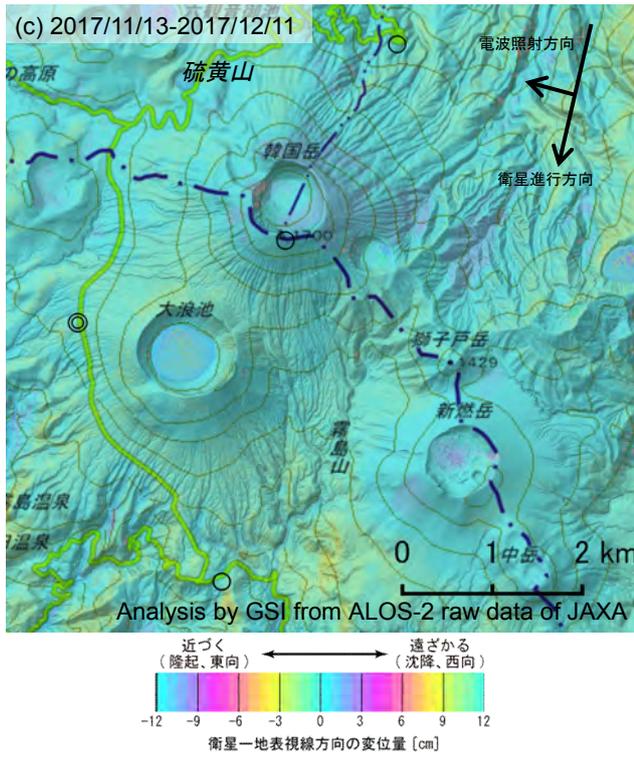


- ◎ 国土地理院 GNSS 観測点
- 国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

霧島山



◎ 国土地理院 GNSS 観測点

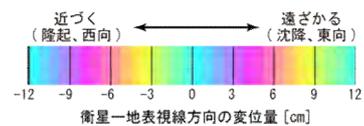
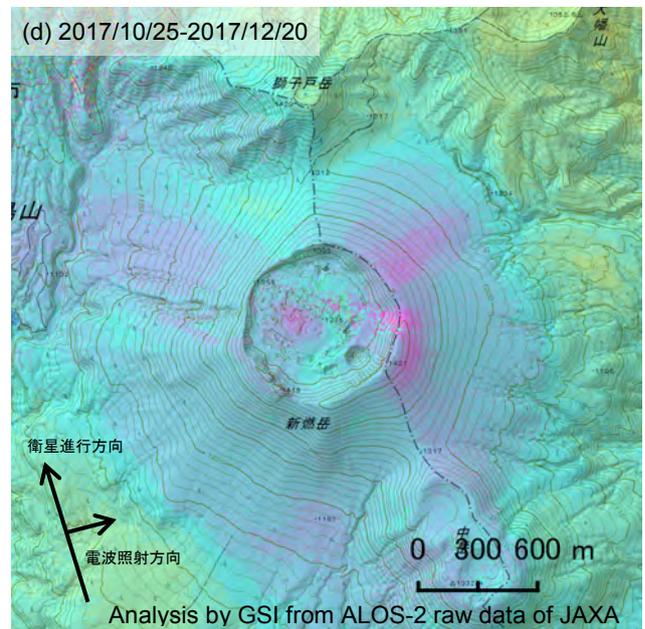
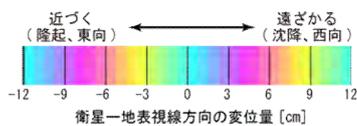
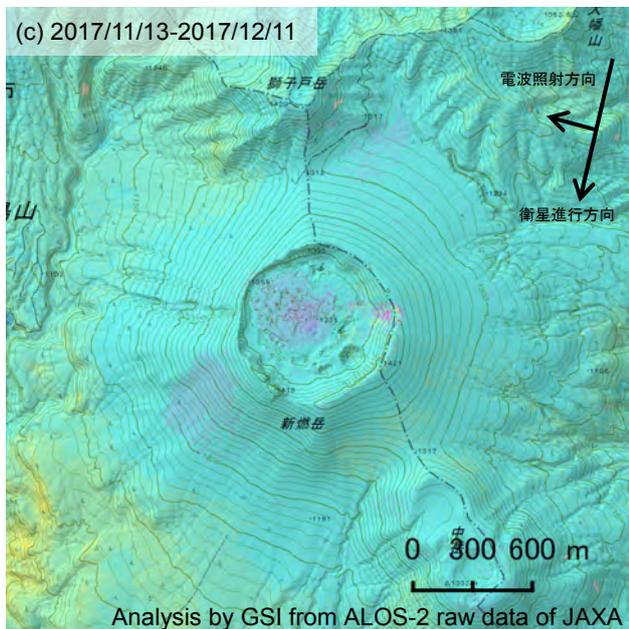
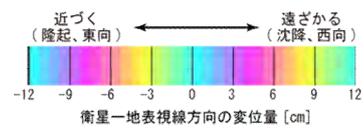
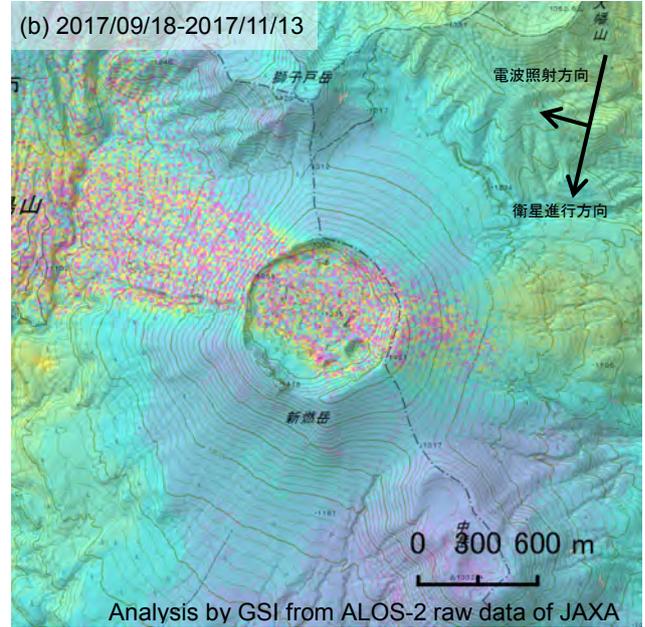
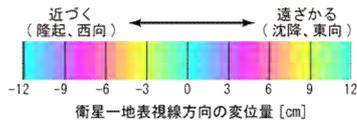
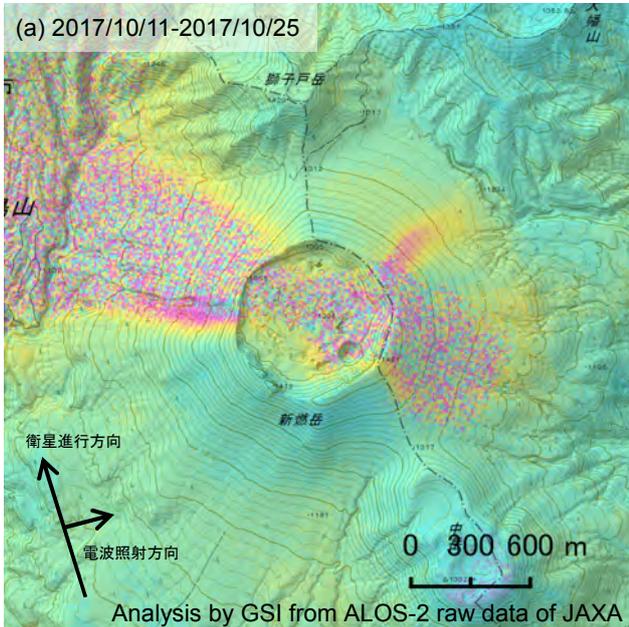
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

霧島山

【新燃岳の拡大図】

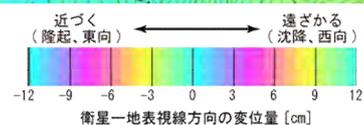
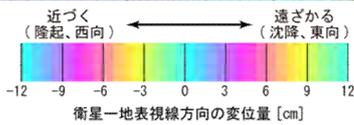
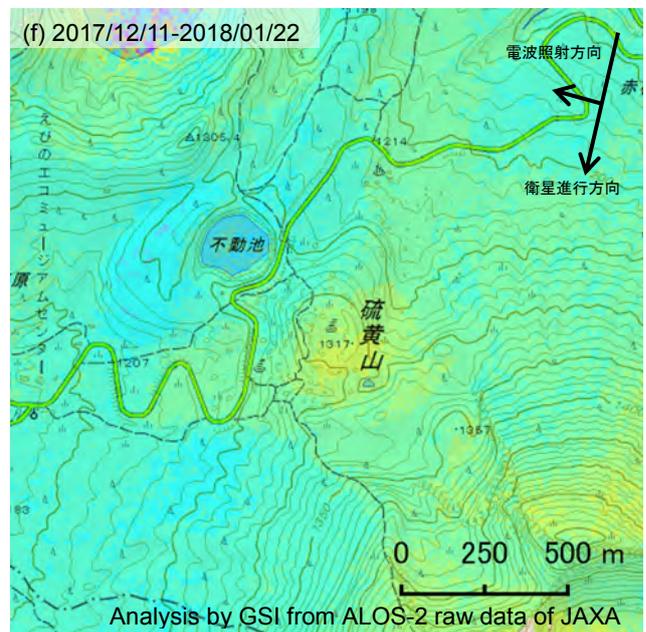
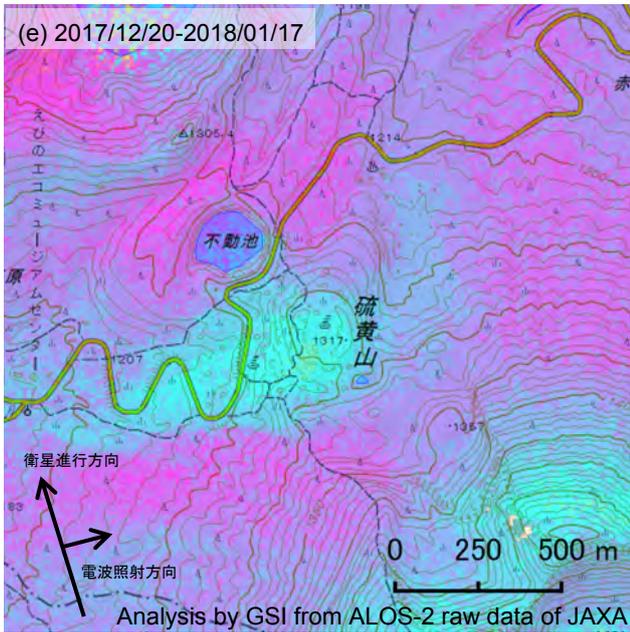


背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

霧島山

【硫黄山の拡大図】



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2017/10/11 2017/10/25 0:19 頃 (14 日間)	2017/09/18 2017/11/13 12:19 頃 (56 日間)	2017/11/13 2017/12/11 12:19 頃 (28 日間)	2017/10/25 2017/12/20 0:19 頃 (56 日間)	2017/12/20 2018/01/17 0:19 頃 (28 日間)	2017/12/11 2018/01/22 12:19 頃 (42 日間)
衛星進行方向	北行	南行	南行	北行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	42.9°	35.5°	35.5°	42.9°	42.9°	35.5°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 59 m	+ 89 m	+ 3 m	+ 87 m	- 104 m	+ 235 m

*U: 高分解能(3m)モード

本解析で使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

霧島山