第 143 回 火山噴火予知連絡会資料

(その1)霧島山、桜島

平成 31 年 2 月 27 日

火山噴火予知連絡会資料(その1)

目次

気象庁(気象研含む) 3-37 東大震研 38-58 東海大 59-64 京大阿蘇 65-69 九大 70-78 防災科研 79-86 産総研 87 地理院 88-100

気象庁 101-117 東大院理 118-120 京大桜島 121-131 地理院 132-143 砂防部 144-158

霧島山 (2019年1月31日現在)

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

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



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

<2009年1月~2019年1月31日の状況>

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

(国):国土地理院、国土地理院の解析結果(F3 解及び R3 解)を使用した。 ※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。 硫黄山では、2018 年 4 月 27 日以降、噴火は観測されていないが、引き続き活発な噴 気・熱泥噴出活動が続いている。

硫黄山付近では、ごく微小な地震を含む火山性地震は概ねやや多い状態で経過した。 また、浅い所を震源とする低周波地震も引き続き発生している。 GNSS 連続観測では、硫黄山近傍の基線で、2018 年6月上旬から伸びの傾向が続いて

いる。



図2 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 噴火位置、主な熱異常域

・☆は噴火位置を示す。○は気象庁、●は東京大学地震研究所の観測点を示す。

- ・主な熱異常域及び噴気地帯を一で示す。
- ・4月9日に確認した噴気地帯及び熱異常域を●で示す(一時期、活発な泥水の噴出がみられた)。
- ・噴火以降に拡大した噴気地帯を●及び●で示す。
- ●の領域内で湯だまり及び活発な熱水の噴出がみられている。



この地図の作成には、国土地理院発行の『基盤地図情報(数値標高モデル)』及び国土数値情報の 『湖沼』を使用した。 5



図4 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 温度計算に用いた領域

図3に示す硫黄山南赤外監視カメラで



図5 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 震源分布図(2015年1月~2019年1月31日) 震源は、主に硫黄山近傍のごく浅いところから深さ1km付近、韓国岳近傍とその周辺の深さ0 ~3km付近及び大浪池近傍の深さ2~4km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 6 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 図 7 に示した硫黄山の放熱率算出の解析 領域と温度分布の例(2018 年 10 月 12 日 14 時 04 分)
 - ・左図の領域A及びB内を解析領域とした。
 - ・右図は領域内の温度ピクセルの頻度分布と正規分布の比較であり、概ね平均値 T₀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。
 - ・T₀+3σ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7 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 地表面温度分布より算出した硫黄山の 放熱率の推移(値を観測日ごとに平均)(2016年1月~2019年1月)

Sekioka and Yuhara (1978)の手法により放熱率を算出し、値を観測日ごとに平均した。図6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 σ から、T₀+3 σ 以上を明らかな地熱異常域とみなした。積雪のある観測日のデータは、以上の仮定を満たさないので除去している。

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

※2018年2月26日以降は規制区域の変更に伴い、観測位置を変更した。



図8 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)

火山活動経過図

(2018年1月~2019年1月31日)

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

※④の2018年1月頃にみられる変化は、地面の凍上の影響と考えられる。



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

(2017年10月~2019年1月31日)

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

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

10



図 10 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 硫黄山周辺の GNSS 観測点基線図 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』及び国土数値情報 の『湖沼』を使用した。



図 11 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) GNSS 連続観測による基線長変化

(2015年1月~2019年1月31日)

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

これらの基線は図 13 の①~⑤に対応している。 緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。 基線の空白部分は欠測を示している。

12



図 12 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) GNSS 連続観測による基線長変化 (2015年1月~2019年1月31日)

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

これらの基線は図13の⑥~⑩に対応している。 緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。 基線の空白部分は欠測を示している。 (国):国土地理院



図 13 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) GNSS 観測点基線図

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

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



図15 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 全磁力連続観測点で観測された全磁力変 動(2016年2月~2019年1月31日)

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

〇概況(2018年10月~2019年1月31日) 観測を開始した 2016 年 2 月以降、硫黄山山頂部の噴気帯北側の観測点では全磁力の増加が、 南側の観測点では全磁力の減少が継続しており、硫黄山周辺の地下で熱消磁領域の拡大が現 在も進行していると考えられる。



- 図 16 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 2017 年2月~2018 年2月(左)および 2018 年2月~2019 年1月(右)の2つの期間に観測された全磁力変化を説明するために推定された等価磁気双極子モデル
 - ・2017 年2月~2018 年2月の期間については、熱消磁を表す強度 2.6×10⁶ Am²のモーメ ントを持つ磁気双極子が、硫黄山西側の地下約 150mの位置に推定された。
 - ・2018 年 2 月~2019 年 1 月の期間については、熱消磁を表す強度 8.7×10⁶ Am²のモーメントを持つ磁気双極子が、硫黄山火口の地下約 500mの位置に推定された。

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

日付	標高 (m)	体積変化量 (m3)	減圧・ 増圧	モデル	機器	解析を行った期間
2018/12/15	930	7. 4 × 10 ³	増圧	山川・茂木	GNSS	2018.10~2018.12.15の地殻変動
2018/9/29	-400	5. 8 × 10 ⁵	増圧	山川・茂木	GNSS	2018.6~2018.9の地殻変動
2018/4/19	950	1. 2 × 10 ⁴	増圧	山川・茂木	GNSS	4月19日噴火前の地殻変動
2018/1/19	940	8.8×10 ²	増圧	山川・茂木	傾斜計	微動発生に伴う傾斜変動前後
	30	2. 7 × 10 ³	減圧	岡田断層	傾斜計	
2017/9/5	550	1. 7 × 10 ⁴	増圧	山川・茂木	傾斜計	有感地震・地震増加伴う傾斜変動前後
	70	2. 9 × 10 ³	減圧	岡田断層	傾斜計	
2016/12/12	520	1. 2 × 10 ⁴	増圧	山川・茂木	傾斜計	地震増加・微動発生に伴う傾斜変動前後
	70	2. 9 × 10 ³	減圧	岡田断層	傾斜計	



図 17 霧島山 硫黄山周辺の圧力源(2018年10月~12月)

・硫黄山周辺の GNSS 連続観測の基線長の変化から、圧力源の推定を行った。

・周辺観測点のみで緯度経度を決定し、全観測点を含めて深さと体積を求めた。昨年 の硫黄山の噴火前後の圧力源の深さと同程度となった。

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



2017年10月 2017年12月 2018年2月 2018年4月 2018年6月 2018年8月 2018年10月 2018年12月

- 図 18 霧島山 韓国岳周辺の領域毎の面積ひずみの変化(2017年10月~2018年12月)
 - ・硫黄山噴火前の2018年3月から4月頃には、硫黄山近傍(①)で急なひずみの増加が みられた(赤矢印)。噴火後の6月以降も面積ひずみの増大は続いているものの、噴火 前の変化に比べれば緩やかである(赤破線矢印)(①②)。
 - ・硫黄山周辺(④⑥)では、噴火前の3月から面積ひずみは増大し続けていたが10月頃 から鈍化している。
 - ・2017 年 12 月から 2018 年 2 月頃と 12 月頃にみられる変化は、地面の凍上の影響と考 えられる(黒破線内)。

新燃岳

新燃岳では 2018 年 6 月 28 日以降、噴火は観測されていない。 火山性地震は、BH 型地震を中心に増減を繰り返しながら概ね多い状態で推移していた が、11 月中旬頃からは概ね少ない状態で経過した。

火山ガス(二酸化硫黄)の放出量も、9月下旬以降少ない状態で経過している。 GNSS 連続観測では、霧島山の深い場所でのマグマの蓄積を示すと考えられる基線の伸びは鈍化しているものの継続している。



- 図 19 霧島山(新燃岳) 図 20 に示した新燃岳の放熱率算出の解析領域と温度分布の例 (2018 年 3 月 28 日 12 時 14 分)
 - ・左図の領域A及びB内を解析領域とした。
 - ・右図は領域内の温度ピクセルの頻度分布と正規分布の比較であり、概ね平均値 T₀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。
 - ・T₀+3σ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 20 霧島山(新燃岳) 地表面温度分布より算出した新燃岳の放熱率の推移 (値を観測日ごとに平均)(2017 年 5 月 11 日~2019 年 1 月 9 日)

Sek i oka and Yuhara (1978) の手法により放熱率を算出し、値を観測日ごとに平均した。図 19 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 σ から、 T₀+3 σ 以上を明らかな地熱異常域とみなした。



図 21 霧島山(新燃岳) 火山活動経過図(2018 年 2 月~2019 年 1 月 31 日)

<2018年10月~2019年1月31日の状況>

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

④火山性微動の振幅が大きい状態では、振幅の小さな火山性地震の回数は計数できていない。
⑤の赤線は、地震の回数の積算を示す。
⑥2018年6日下旬から2日下旬にかけてまれまった際水がたったため、真千穂河原観測点の傾

20

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



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

これらの基線は図 26 の①~⑥に対応している。 基線の空白部分は欠測を示している。

21



(2015年1月~2019年1月31日)

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

これらの基線は図 26 の⑦~⑪に対応している。 緑色の破線内の変化は、地面の凍上の影響と考えられる。 基線の空白部分は欠測を示している。 (国):国土地理院

2013 年1月~2019 年1月311



図 24 霧島山 噴出物データ及び地殻変動推移によるマグマ収支の時間変化の推定 (2009 年1月~2019 年1月)

膨張量収支については、GNSS 地殻変動観測からえびの岳地下付近をソースとする球状モデル(山 川・茂木モデル)の膨張量を期間ごとに計算(図 25)し、積算したものから時間変化を推定している。 マグマ噴出積算量については、2011年、2018年の噴火における噴出物データから見積もられたマグ マ噴出量を積算したものから時間変化を推定しており、ソース位置は 2017年7月から 2018年3月 初頭までの GNSS 地殻変動観測から推定し、2009年からソース位置は変わらないと仮定している(第 141回火山噴火予知連絡会、気象庁資料)。また、その座標を図中に示す。

期間(1)~(7)について、期間の日時及び GNSS 地殻変動観測から見積もったソース膨張量を図中に示す。2009 年 11 月 1 日からの膨張量収支としては、3.5×10⁷ mの膨張と推定される。

※(国):国土地理院 えびの(国)一牧園(国)の基線長については、国土地理院の解析結果 (F3 解及び R3 解) を使用した。

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



図 25 霧島山(新燃岳) 霧島山周辺の GNSS 変動源推定

図 24 で示した変動源位置を固定し、GNSS の水平変位量から球状モデルの膨張量を図 24 中の期間(1)~(7)で推定した。

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



図 26 霧島山(新燃岳) GNSS 観測点基線図

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

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

気象庁

御鉢

火山性地震は少ない状態で経過した。火山性微動は観測されなかった。 地殻変動観測では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められなかった。 噴火の兆候は認められないが、今後の火山活動に留意すること。



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

26



図 28 霧島山(御鉢) GNSS 観測点基線図

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



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 28 の①~⑥に対応している。 基線の空白部分は欠測を示している。 2010 年 10 月及び 2013 年 1 月に、解析方法を変更している。

28

霧島山 (広域)

図 30



⁽²⁰¹⁷年1月~2019年1月) _{霧島山}

第143回火山噴火予知連絡会



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

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

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

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

新燃岳火口内の中央やや東より付近では、衛星視線方向伸長の位相変化が認められる が、その周囲では衛星視線方向短縮の位相変化が認められる。硫黄山の西側 500m 付近 では 2018 年 4 月以降、緩やかな視線距離短縮が認められる。

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. 解析データ

解析に使用したデータを第1表に示す。

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.	
23-2970(SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2018.10.15	2018.12.10	第1図-A, B, C	
30_2930(SM1_U3_13)	南行	左	52.9°	2018.11.05	2019.02.11	第2図-A, B, C	

第1表 干渉解析に使用したデータ

3. 解析結果

第1図と第2図に霧島山周辺の干渉画像を示す。新燃岳付近では、火口の中央やや東より付近で衛星視線方向伸長の位相変化が認められるが、その周囲では衛星視線方向短縮の 位相変化が認められる。それ以外の地域ではノイズレベルを超えるような位相変化は認め られない。

第3図及び第4図にはえびの高原(硫黄山)周辺の地表変位の時間変化を示す。パス23では、2018年4月以降、硫黄山の西側500m付近で緩やかな視線距離短縮が認められる。 パス30ではノイズレベルを超えるような変化は認められない。

なお、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、宇宙航空研究開発機構(JAXA)にて観測・ 提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC*を使用した。 また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ(標高) を元にした DEHM を、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。





図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。Aの白破線 は新燃岳付近、赤破線はえびの高原付近の拡大図を示す。新燃岳火口内では、中央やや東より付近 で衛星視線方向伸長の位相変化が認められるが、その周囲では短縮の位相変化が認められる。それ 以外の地域ではノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



えびの高原(硫黄山)付近の拡大図(C)

凡例は第1図と同じ。新燃岳火口内では、中央やや東より付近で衛星視線方向伸長の位相変化が認められるが、その周囲では短縮の位相変化が認められる。それ以外の地域ではノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。



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-C中のP-P'。 Aではノイズレベルを超えるような変化は認められないが、Bでは2018年4月30日以降、視線距 離が緩やかに短縮している。



第4図 パス30を用いたえびの高原(硫黄山)付近の地表変位の時間変化 凡例は第3図と同じ。A、Bともに2018年5月21日以降ノイズレベルを超えるような変化は認め られない。

気象研究所・東海大学・東京大学大学院・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台

霧島山硫黄山周辺の湧水・湯だまりの化学組成

(2019年1月25日現在)

硫黄山西麓の湧水(A)の CI/SO₄モル比は 2018 年 4 月噴火前後で顕著に増加し、その後 は噴火前よりも高い値を維持している.

硫黄山南火口周辺(P)および硫黄山西火口(V2)の湯だまりの CI/SO₄ モル比は 2018 年 5 ないし 7 月の観測から 2019 年 1 月にかけて増加している.

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 塩素と硫黄の比率(Cl/S比)は増大することが知られおり(例えば、小坂ほか、1998)、火山周 辺の湧水等に含まれる火山ガス由来と考えられる塩化物イオンと硫酸イオンの比率 (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.気象研究所等では 2016 年 8 月以降、霧島山硫黄山周辺の湧水や湯だまりの化学組成を分析している.本報告 では主に 2019 年 1 月 25 日に採取した硫黄山西麓 A 地点の湧水、硫黄山南火口群 P 地点お よび硫黄山西噴火口 V2 地点の湯だまり(図 1)の分析結果を示す(表 1).

硫黄山西麓A地点(図2)の湧水のCl/SO4モル比は(図3),調査を開始した2016年8月時点では0.07程度であり、その後増減を繰り返しながら増加を続け2018年3月28日時点で0.9 程度となった.2018年4月噴火後の5月29日時点では同比は1.6まで増加し、その後は1.2 ~1.6程度と噴火前よりも高い値で推移している.2019年1月25日観測時点で同比は1.4である.

硫黄山南火口 P 地点の湯だまりは 2018 年 5 月 29 日時点では一つの大きな湯だまりであったが,同年 10 月 19 日,2019 年 1 月 25 日の観測時点では水量が減少して小規模な 2 つの湯だまりに分かれていた(図 4; Pa および Pb 地点). 2019 年 1 月 25 日には 2 つの湯だまりで 採水した結果, Cl/SO4 比は Pa=1.8, Pb=2.3 であり, 2018 年 5 月 29 日の P 地点の同比 1.3 より も増加している.また,硫黄山西火口 V2 地点の湯だまり(図 5)にも Cl/SO4 比の増加が認め られており,同比は 2018 年 7 月 25 日に 1.3, 10 月 19 日に 1.9, 2019 年 1 月 25 日には 2.2 と 推移している.



図1. 試料採取および観測地点 (背景地図に地理院地図を使用した)

霧島山(硫黄山)

第143回火山噴火予知連絡会

気象研究所・東海大学・東京大学大学院・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台

		104114	- , , , , ,				
	拉田口	WΤ	рН	E.C.	CГ	S0 ₄	C I/SO 4
抹水地点	1本42 口	°C		S/m	m g/L	m g/L	m o lar ratio
A:硫黄山西麓湧水*	2018/3/28	57.5	1.56	1.53	1190	3510	0.92
A∶硫黄山西麓湧水∗	2018/5/29	68.2	1.47	2.35	3110	5370	1.57
A∶硫黄山西麓湧水*	2018/7/25	71.3	1.31	3.01	3390	7560	1.21
A∶硫黄山西麓湧水*	2018/8/6	72.5	1.39	2.74	3000	6730	1.21
A∶硫黄山西麓湧水∗	2018/8/28	72.0	1.38	2.69	3220	6370	1.37
A∶硫黄山西麓湧水∗	2018/10/19	68.8	1.35	2.94	3390	5640	1.63
A:硫黄山西麓湧水	2019/1/25	54.2	1.54	1.88	2220	4220	1.42
P:湯だまり(硫黄山南4/19火口,下段,PaPb)	昆合)*2018/5/29	86.4	0.61	11.70	11700	24200	1.31
Pa:湯だまり(硫黄山南4/19火口,下段)	2019/1/25	93.2	1.23	3.38	3800	5720	1.80
Pb:湯だまり(硫黄山南4/19火口,下段)	2019/1/25	94.5	0.82	7.96	10200	11800	2.34
Ⅴ2:湯だまり(硫黄山西4/26火口)*	2018/7/25	N D	0.97	6.33	7210	15400	1.27
Ⅴ2∶湯だまり(硫黄山西4/26火口)*	2018/10/19	95.2	0.87	7.60	8490	12300	1.86
V2:湯だまり(硫黄山西4/26火口)	2019/1/25	96.6	0.80	8.43	10100	12300	2.22

表1. 霧島山硫黄山周辺の湯溜り, 湧水の化学組成

pH およびECの測定にはガラス電極 (H 0 R B A, 9615S)および白金-白金黒電極 (H 0 R B A, 3552-10D)を接続したポータブルpH /EC計 (H 0 R B A, D -74)を使用した. C I, S0₄の分析にはイオンクロマトグラフ法 (Therm o, Integrion)使用した.

*気象研・東海大・東大院・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台(2018)第142回火山噴火予知連絡会資料,その1霧島山,80-84.



図 2. 硫黄山西麓 A 地点湧水

霧島山(硫黄山)

気象研究所・東海大学・東京大学大学院・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台



図 3. 硫黄山西麓域 A 地点湧水の水質(Cl/SO4 モル比, 電気伝導度, pH, 水温)の変化



図 4. 硫黄山南火口群 P 地点(2018 年 4 月 19 日噴火口周辺)湯だまり
*赤破線(P)地点は 2018 年 5 月 29 日の採水位置.
現在は水位が減少して陸化している.

霧島山(硫黄山)
第143回火山噴火予知連絡会 気象研究所・東海大学・東京大学大学院・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台



図 5. 硫黄山西火口 V2 地点(2018 年 4 月 26 日噴火口周辺)湯だまり

鹿児島大学理工学研究科 東京大学地震研究所・他①

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、気象庁のデータと併せて地殻変動データの解析を行っている.ここで解析し た観測点配置を図1に示す.なお、図には950486観測点のアンテナ交換や2016年熊本 地震によるスッテプも含まれている。図4、図5の2019年2月10日~2月18日は速報 暦を用いて計算した結果である。

長期的な変動(図2,図3)としては、2011年1月末の噴火後にも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、2014年9月頃に一 旦停止した.最近になり、2017年2月ごろから一部の基線長の伸びが見られはじめ、 2017年10月の噴火に至った.

この噴火前後の短期的な変動(図4、図5)としては,2017年10月の噴火直後にわず かに収縮したが、すぐに膨張を再開し、膨張が噴火以前よりも一時的に加速しているよう に見える.2018年3月上旬の噴火の際に基線長が縮んだが、また膨張を開始し、4月終わ りころから膨張が停滞している.この後7月中旬から膨張を再開し、9月上旬から再度停 滞している。12月ころより、長基線において膨張が再開したようにみえる.

今回 2018 年 3 月の噴火後から 8 月まで継続した膨張について変動源を推定した.図6 に膨張源を推定する際の期間分けを示す。図7は推定した膨張源の位置と推定に用いた観 測された変動ベクトル,理論変動ベクトルを示す.図8はこれまでに推定した変動源に今 回推定した膨張源の位置を重ねて示した.これまでとほぼ同じ場所に変動源が位置してい ることがわかる.図9は積算体積変化と膨張収縮率を示す.これまで膨張率に大きな変化 はなく、0.4~0.8m³/s の範囲におさまっている.

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,気象庁の観測データも利用した.また, 次世代火山研究人材育成総合プロジェクトの課題 B-4「火山内部構造・状態把握技術の開 発」の支援を受けている.ここに謝意を表す.



図1.霧島山(新燃岳)周辺のGPS観測網.



01/2010 01/2011 01/2012 01/2013 01/2014 01/2015 01/2016 01/2017 01/2018 01/2019 01/2020 図 2. 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~2019年1月). 基準点は KKCD 観測点



01/2010 01/2011 01/2012 01/2013 01/2014 01/2015 01/2016 01/2017 01/2018 01/2019 01/2020 図 3. 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~2019 年 1 月). 基準点は 950486(GEONET)観測点



図4.2011 年新燃岳噴火時の膨張源をはさむ基線の基線長変化(2017 年 1 月~2019 年 1 月).2019 年 2 月 10 日~2 月 18 日は速報暦による解析結果を示す.基準点は KKCD 観 測点.



図 5.2011 年新燃岳噴火時の圧力源をはさむ基線の基線長変化(2017 年 1 月~2019 年 2 月).2019 年 2 月 10 日~2 月 18 日は速報暦による解析結果を示す.基準点は 950486 (GEONET) 観測点.





図6. 膨張及び収縮源の推定期間の分け方. 下図は矢印の期間で膨張源を推定した.



図7.2018年3月8日から2018年8月31日までの変動により推定された膨張源の位置 と期間中の変動(青矢印)と理論値(赤矢印). 左図が水平変動,右図が鉛直変動.



図8.菱形:2018年3月8日から
8月31日までの変動より推定した
深部膨張源の位置.星印:これまで
に推定した他の期間の深部膨張源.
色は膨張源の深度を示す.



図9. 膨張収縮源の体積変化の積算を赤線で、体積変化率を黒線で示す. 矢印は今回膨張 源を推定した期間を示す。

東京大学地震研究所・九州大学・

日本工営(株)

硫黄山南・西火口群及び周辺の地熱・熱水活動

【概要】硫黄山南・西火口群及びその周辺では,2018年4月噴火以降活発な噴気活動,噴湯 現象が継続している.川湯3(K3)では僅かに温度低下が見られたが,A,B噴気孔の温度上 昇,Y2b火口の熱水温度上昇など活発な活動が継続している.西域では,W4火口湯だまり, M8噴気孔の温度上昇が認められ,M1南方の県道脇では新たな噴気が確認され,地熱活動が活 発化しており,土砂噴出等の突発的な現象に注意する必要がある.

1. 硫黄山南火口群

硫黄山南火口群に形成された Y2 火口湯だまりでは 12 月に水位上昇,2 月に水位低下を確認した. Y3 火口湯だまりでは 12 月に水位低下,2 月に湯だまりの消失を確認した.

- ・Y2a では,湯だまり内から高さ数 m のジェット状に噴出する熱水が認められ,火口壁の一 部が崩れ浸食が進行していた(図 2).Y2b,Y3 からも噴湯もしくはジェット状噴気が認め られ,活発な活動が継続している.
- ・Y3の水温は90.6℃(10/12),87.5℃(12/25)と低下し、2月12日にはドライアップによる湯だまりの消失と噴気孔からの火山ガス放出を確認した(図3).Y2bの水温は75.5℃(10/12),90.0℃(12/25),92.3℃(2/12)と上昇した(図1,11).
- ・湯だまり Y2a・Y2b は,12月に水位がやや高く Y2から湧出した熱水が泥水として下流の赤 子川に流れ出していが,2月には水位が低下し流出は見られなかった(図2,4,5).

2. 硫黄山西火口群

硫黄山西火口群では、W4火口湯だまりで高さ1~2mに達する活発な噴湯が認められた(図 6). W3 孔でも弱い噴気と熱水溜まりが認められた.

- ・W4 火口湯だまりでは,水温 93.7℃, pH 1.3 (10/12) に比べ 96.9℃, pH 1.2(12/25), 95.7℃, pH 1.4(2/12) であり水温の上昇が認められる (図 1, 11).
- •W4の熱水は、10月12日に引き続き、12月25日、2月12日の調査時点でもW4から泥水として下流の赤子川に流れ出していた(図6).

3. 硫黄山噴気帯及び湧水

- ・硫黄山山頂域の噴気帯の定点観測では、G、I噴気孔は大きな変化がなく、A、B噴気孔は僅かに上昇していた(図1,9).
- ・川湯 3 (K3) 湧水では,水温が 71.0℃(10/12)から 62.4℃(12/25), 57.7℃(2/12)と低下していた(図 11).
- ・硫黄山の西方斜面 M8 噴気孔は 113.5℃(12/25), 97.8℃(2/12)を観測し、ジェット音を伴う活発な噴気孔に成長した.ジェット状噴気の数 m 離れた地点では飛沫を伴う小熱水の湧出が認められ(図 7)、土砂噴出等に注意する必要がある.
- ・M1 南側の県道の法面擁壁に,新たなQ噴気が認められ 94.7℃であった(12/25)(図 8, 10).

4. その他

・旧市営露天風呂での湧水温度観測の結果,水温 24.5℃,pH 2.2 (12/25)であった.10 月 11-12 日測定では 21.5℃,pH2.2 であり,水温,pH ともに火山性流体の関与が認められる.

・硫黄山東火口には 10 月までは降雨による池ができていたが, 12 月では水が涸れていた. 硫黄山東麓から旧市営露天風呂方向に向かう湧水群も湧水量が減少しており,硫黄山周辺 域での地下水位の低下が推定される.



図1 硫黄山南・西火口群周辺の噴気及び熱水の観測結果

基図はドローン撮影より図化し、色調の異なる外側は Google Earth (Google Earth © 2018 ZENRIN 2018) による. 緑破線:旧火口地形. 黄線:噴気域. 赤線:2018-火口地形. 赤塗:噴気・熱水孔. 黄四角: 噴気観測定点,青四角:水温観測定点. 硫黄山南火口群及び西火口群の位置や名称は,第 141 回火山噴 火予知連資料に基づく. *N 地点は,表層の固結部の測定.



図2 硫黄山南火口群 (Y2) の熱水活動

上:2018 年 10 月では Y2a, Y2b, Y3 の湯だまり内に噴湯が見られるが、下流への泥水の流出は見られない. 下: 12 月は Y2a から高さ数 m 以上の活発なジェット状の噴湯が見られ、Y2a, Y2b から泥水が下流へ流出していた. また、Y2a の火口壁の一部が崩れていた.





図3 硫黄山南火口群(Y3)の地熱活動 10月12日に比べ12月27日は湯だまりの水位低下(数m),2月12日には消失が認められた.



図4 硫黄山南火口群(Y2b)の地熱活動 12月27日に比べ2月12日は湯だまりの水位低下が認められる.





図5 県道付近における硫黄山南火口群からの泥水流出状況 10月12日に泥水流出は見られず、12月25日は流出が認められ、2月12日は見られない.



図6 硫黄山西火口群(W4)での熱水活動

12月25日には、湯だまりの面積が2倍程度に広がっていたが、水位は10月とほぼ同じ状態である.湯だまりから溢れ出た泥水は側溝内を通り赤子川に流入しているが、12月は側溝口蓋の穴が 閉塞していたことにより一時的に県道路上に溢れていた.2月12日も同じ流出経路であった.



図7 M8噴気孔及び周辺での噴気及び熱水活動 噴気孔から数m離れた地点では飛沫を数10cmの高さに上げる小熱水湧出が見られた.



図8 県道の法面擁壁に出現した新たなQ噴気 M1 噴気孔南方の県道擁壁(約 20m 間)に12 月に認められた新たな噴気.

日本工営(株)



図9 硫黄山噴気帯山頂域の噴気温度測定結果(位置は図1参照)

日本工営(株)



2017/4/26土砂噴出(A噴気孔), 2018/4/19噴火(Y2-3火口), 4/20土砂噴出(W火口群), 4/26噴火(W火口群), 11/13(Y2火口)

図10 硫黄山噴気帯西域の噴気温度測定結果(位置は図1参照)

日本工営(株)



霧島火山群新燃岳の火口・噴気活動の状況

概要: 霧島新燃岳火口及び火口周辺の状況をドローンにより調査した。2018年3月の噴火により北西 火口縁から溢れ出した溶岩は、約150 m 流下して停止したが、その後は溶岩溢れ出し部付近に噴気 活動が生じ、これまで継続していた。今回の観察においても溶岩溢れ出し部や火口中央付近におい て依然として活発な噴気活動が認められた。その他の火口内及び周辺の噴気活動についても、これ までと比べて大きな変化は認められなかった。

[上空観察の概要]

2019年2月13日午後に、大浪池を起点として、新燃岳火口および山体斜面をドローンにより調査した。ドローン飛行に関しては、事前に鹿児島森林管理署と調整した上で実施した。

[溶岩流及び火口, 噴気活動の状況]

- ・ 2018 年溶岩の斜面への溢れ出し部 (とくに南側) では, 活発な噴気活動が認められた (図 1, 4)。
- ・ 火口蓄積溶岩の周縁部においては,噴気活動が活発な箇所が複数認められた(図 2, 3)。これ らは 2018 年噴火以降,継続して存在している噴気である。
- ・ 火口蓄積溶岩の中央には,主に2018年4月5日及び5月14日の噴火で形成された小火口が存在し,その南~南西側の縁において活発な噴気活動が認められた(図2,3,4)。
- ・山体西側斜面の噴気孔は、2018 年噴火直後に活発となりその後一時衰退したが、再び活動を生じ、今回の調査でも活動が認められた(図1,4)。



図1 新燃岳火口及び周辺の状況を西側から撮影。溶岩溢れ出し部に活発な噴気活動が認められる。

霧島山 (新燃岳)



図2 新燃岳火口を南東側から撮影。火口蓄積溶岩の中央東よりと周縁部の複数箇所に活発な噴気活動が認め られる。



図3 (左)新燃岳火口蓄積溶岩の南東側の状況。岩塊や火山灰に覆われており, 亀裂が発達している。縁辺 部の所々に活発な噴気がある。左端は中央の小火口からの噴気。(右)中央の小火口。凹地形の南西縁に沿う ように活発な噴気地帯が存在する。

霧島山 (新燃岳)



図4 新燃岳火口全体の状況。主な噴気活動の場所,凹地形(小火口),亀裂等を示している。ドローン撮影 データからオルソ画像を作成し,地形判読を行っている。

霧島山 (新燃岳)

無人へリによる霧島新燃岳での繰り返し稠密空中磁気測量

2018年10月に霧島新燃岳上空にて、無人ヘリコプターを利用し7回目となる空中磁気測量を実施した。総測線距離およそ38kmを10m/sの飛行速度で全磁力測定を実施した。 昨年3月の噴火後初めての空中磁気探査であった。解析の結果、従来の帯磁傾向から逸脱して磁化が強くなっており、あらたに新燃岳火口内に滞留した溶岩が地表面で冷却されたため急速に帯磁を強めたものと考えられる。なお、帯磁レートは2011年噴火時直後よりも落ちている。今回の噴火事象により、もとあった溶岩が消磁したために、見かけ上帯磁量が減ったものと考えられる。



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3Dを利用 させていただきました。

第143回火山噴火予知連絡会

東京大学地震研究所



- 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) 火口内溶岩が全体で 81MAm²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。



推定された火口内溶岩平均磁化の時間変化(■)。今回の測定結果(○)は従来の帯磁曲線 を逸脱していることがわかる。また、2011年時と比べると、変化の傾きがゆるい。

霧島山

霧島硫黄山噴気の化学組成(2019 年1月 25 日)および環境大気 H₂S 濃度変化

Chemical composition of the fumarolic gases at Iwoyama volcano, Kirishima, Japan (25th January 2019) with H_2S variation in environmental air

1. 概要

2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて霧島硫黄山火山ガスの S0₂/H₂S 比は若干上昇し, H₂O の同位体 比も上昇した. 2018 年 4 月の噴火前にこれらの値はいずれも上昇しており, 2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて火山活動活発化の兆候が見られる. 地熱地帯の環境大気 H₂S 濃度は 2018 年 4 月の水蒸気噴火 の際に高い値が記録されたが, その後は低い値が継続している.

2-1. 噴気の採取・分析

硫黄山では、図1に示す噴気孔a,b,c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) 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.

2-2.環境大気中のH₂S濃度観測

M8 地点(図 2)で地上から 1m の高さにおける大気中 H₂S 濃度を5分間隔で測定・記録した.測定には 硫化水素ガス無線モニタリングシステム(オダログ:http://www.jmsystem.co.jp/kazan/odalog.html) を用いた.5分おきの濃度を平均化し,各日の代表濃度とした.

3. 結果

図3に噴気の S0₂/H₂S 比の時間変化を示す. 噴気 a の S0₂/H₂S 比は 2018 年 5 月から 10 月にかけて急激 に低下したが、2019 年 1 月に再び上昇した. 噴気 b でも 2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて上昇が 観測された. 図4に H₂O の酸素同位体比の時間変化を示す. 3 つの噴気全てに 2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて同位体比の上昇が見られた. 図5に CO₂/H₂O 比の時間変化を示す. 3 つの噴気全てで、2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて大きく低下した. 図6に H₂S/H₂O 比の時間変化を示す. 3 つの噴気で 2018 年 10 月から 2019 年 1 月にかけて僅かに低下した. 地熱地帯の大気に含まれる H₂S 濃度は、2018 年 4 月以降は、低い値が継続している(図7).

4. 考察

一般に CO₂ はマグマに起源する成分, H₂S は熱水系に起源する成分であり, 熱水系に対するマグマ起源 ガスの流量が増大すると CO₂/H₂S 比は上昇する. 草津白根山や箱根山では噴気の H₂S/H₂O 比が時間的に安

霧島硫黄山

定しており、CO₂/H₂S 比はマグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の良い指標となる.図6に示される ように、霧島硫黄山噴気の H₂S/H₂O 比は変動が激しく、草津白根山や箱根山とは状況が異なる.さらに 噴気毎の振る舞いにも統一性が見られない.例えば、2018 年 1 月から 3 月にかけて、噴気 a の H₂S/H₂O 比はほとんど変化しなかったが、噴気 b, c では大きく低下した.2018 年 3 月から 5 月にかけて噴気 a では H₂S/H₂O 比は大きく低下したが、噴気 c では逆に上昇した.このように H₂S/H₂O 比の変化は噴気の間 で協調しておらず、H₂S/H₂O 比変化の原因は局所的であると考えられる.このため、霧島硫黄山では噴気 の CO₂/H₂S 比をマグマ性 CO₂ の熱水系に対する流量の指標として用いることは適当でないと考えられる.

これに対し, 噴気の S0₂/H₂S 比は 2018 年 1 月に低い値であったが, 噴火の直前に当たる 2018 年 3 月 に急上昇している. しかも S0₂/H₂S 比の上昇は 3 つの噴気で協調している(図 3). S0₂/H₂S 比の上昇は 2017 年 5 月にも起きている. この時期, 噴気の放出量が増大し, 極めて勢いの強い噴気が出現していた. H₂O の酸素同位体比は大まかには 3 つの噴気で協調して変動している. 2018 年 4 月の噴火の直前である 3 月に酸素同位体比は噴気 a, b で極大値に達していた(図 4). また S0₂/H₂S 比が高い 2017 年 5 月に噴 気 a で高い酸素同位体比が観測されている. S0₂/H₂S 比と酸素同位体比を合わせて考慮すると, 2017 年 5 月には 2018 年 4 月に類似した火山活動が起きており, いわゆる噴火未遂の状態であった可能性が高い.

SO₂/H₂S 比と酸素同位体比について,2018 年 10 月と2019 年 1 月の値を比較すると,噴気 a, b では協調して上昇している.噴気 c で酸素同位体比は上昇したものの,SO₂/H₂S 比は低い値を維持している.こ れらの変化は,2018 年 4 月の噴火に先立つ2018 年 1 月から 3 月にかけての変化と類似しており,今後 火山活動が活発化する可能性がある.

5. 謝辞

本研究実施のために、文部科学省次世代火山研究推進事業(課題B3)の研究費を使用しました.大 気中の H₂S 濃度に関するデータを宮崎県から提供していただきました. 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. ここに記して心より感謝いたし ます.



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



図 2. 大気中 H₂S 濃度の観測点



図 3. S0₂/H₂S 比の時間変化(赤線は気象庁による月別地震回数:右縦軸,青の縦実線は硫黄山噴火, 青の縦破線は新燃岳噴火を示す)



図 4. H₂0 酸素同位体比の時間変化(赤線は気象庁による月別地震回数:右縦軸,青の縦実線は硫黄山 噴火,青の縦破線は新燃岳噴火を示す)



図 5. CO₂/H₂S 比の時間変化(赤線は気象庁による月別地震回数:右縦軸,青の縦実線は硫黄山噴火,青の縦破線は新燃岳噴火を示す)



図 6. H₂S/H₂0 比の時間変化(赤線は気象庁による月別地震回数:右縦軸,青の縦実線は硫黄山噴火,青の縦破線は新燃岳噴火を示す)



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

(2018年12月および2019年2月)

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 行っている。2018年12月および2019年2月に調査を行ったので、その結果を報告する。







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 2016年2月頃および2016年8月頃から2017年3月頃まで温度が3℃程度わずかに上昇し ている(140回報告)。これらの時期は、微動の発生、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が、2018年4月の噴火、噴気の噴出の影響は、こ の測定点周辺には及んでいなかった。しかし、2018年12月頃より EBI8 において地温の

上昇が明瞭になった。この点は2018年12月に気象庁によって確認された噴気地帯に近く、 また、1990年代までは45℃程度の地温異常があった地点である。



図 2b に拡大図を示す。

旬別平均地温を見ると 2018 年 12 月 1 日~10 日のデータでは上昇が明瞭であり、11 月 21 日~30 日のデータでもわずかに上昇する傾向が見られる。

図 2c は、30 分値である。この図では 11 月 25 日から 26 日頃に温度上昇に転じている。



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。2018年に入り急増した(図3)。2018年7月には6月よりも減少したが、12月の測定では再び増加している。



図4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き、2018年4月の噴火後の測定では、急増し ている。2018年7月には6月よりもやや低下したが、12月には再び増加している。化学平 衡温度は、2015年12月の噴気出現以降上昇したが、その後落ち着いている



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、2018年の測定ではさらに急増している。2018年7月の測定では、 6月の値よりも低下したが、2019年2月にかけて再び増加している。



塩素イオン/硫酸イオン比も同じように上昇しているが化学平衡温度は、2018年6月以降 低下傾向にある。



えびの高原足湯では、図7に示すように塩素イオンの減少と硫酸イオンの増大が進んで きたが、最近では落ち着いている。図8の化学平衡温度と塩素/硫酸イオンも同じような 傾向を示している。





精密水準測量で検出された霧島・硫黄山の地盤上下変動 (2015年6月~2018年12月)

2018 年 12 月 25~28 日にかけて霧島えびの高原において精密水準測量を実施した。その結果、硫黄山の地下 600~700 m にあると推定される圧力源は、2017 年 10 月以降膨張を続けており、その膨張量は 2016 年当時の 3 倍に達していると推定 された.

九大を中心とした大学合同水準測量班は、2015年6月にえびの高原周辺に水準路線 を増設した(図1).その後、硫黄山では火山性地震の群発や傾斜変動をともなう火山 性微動がたびたび発生し、2015年12月中旬には地表に新たな噴気帯が生じ、2017 年5月には火山泥の噴出が確認されている.その後噴気活動は一時沈降傾向になったが、 2018年2月には火山性地震が増加し、噴気現象も再度活発になってきた.4月上旬か ら硫黄山の南側に沿って東西に新たな噴気孔列が生じ、一部で小噴火を発生させている.

2017 年 10 月以降の主な水準測量結果を図2に示す.また主な水準点における隆起量の時間変化を図3に示す.いずれも2015 年 6 月および,測線の西端の BM1120 を基準としている.再隆起が始まった2017 年 10 月以降の隆起量を図1のコンターラインで示す.硫黄山山頂に近い BM3050 で2018 年 12 月までに 65.4 mm の隆起が見られる.隆起中心も2017 年 5 月以前よりは,南西側に移動しており,地表の噴気領域の移動と調和的である.

表1に推定された圧力源の位置を示す. 圧力源の位置は, 2017 年 10 月以前は硫黄 山噴気群の東側約 100mであったが, 2017 年 10 月以降は硫黄山南噴気孔の南側に存 在していると考えられる. またその深さも, この地点の標高を 1300m と考えると, 地 表からそれぞれ, 700m, 620m となり, 圧力源の位置も徐々に上昇していると考えら れる. 硫黄山直下では厚さ 700 m 程度の低比抵抗層(スメクタイト層と推定)が 3 次元 MT 解析で推定されており(Tsukamoto et al., 2018), これがキャップロックとなりこ の直下で熱水溜まりの圧力が増加しているものと推定される.

図4に水準測量から推定された硫黄山下の圧力源の体積変化量を示す.2017年10 月以降は地下の圧力源の膨張傾向が続いている.2018年4月の噴火現象に伴う一時的 な圧力低下も見られているが,現在の圧力源は2016年当時の3倍の体積(157,000 m³) 膨張になっていると推定される.

硫黄山の圧力源の膨張現象は、地表での火山活動より、3~6ヶ月先行して発生している.硫黄山周辺では2017年10月~2018年3月に再び隆起し,地表においても2018年4月以降に噴気活動が活発となった。2018年12月時点では、地下の圧力源は膨張を続けていると考えられることから、現在小康状態にみえる地表現象も、今後再度活発化する可能性が高いと考えられる。

参考文献

Tsukamoto K., Aizawa K., Chiba K., Kanda W., Uyeshima M., Koyama T., Utsugi M., Seki K., and Kishita T., Three-dimensional resistivity structure of lwo-yama volcano, Kirishima Volcanic Complex, Japan: Relationship to shallow seismicity, surface uplift.

and a small phreatic eruption, Geophysical Research Letters, in press.



図1 えびの高原~硫黄山区間の水準路線と2017年10月から2018年12月までの隆起量 を示す.2018年4月から活発化した噴気領域や、これまでの水準測量から推定された圧力 源の水平位置も同時に示す.国土地理院電子地形図(タイル)を使用した



図2 2017 年 10 月以降の主な水準測量結果。隆起・沈降の中心は硫黄山付近の浅部と考えられる。

表1 推定された圧力源の位置.

	2017年10月以前	2017年10月以降
北緯	31.946777	31.94517
東経	130.85460	130.853975
海抜高度	600m	680m



図3 主な水準点の標高の時間変化.2017年2月以降に沈降傾向がみられていたが,10月以降は隆起傾向がみあられ,地下の圧力源の急膨張が推定されている.BM3040 は硫黄山西側噴気孔近傍の県道沿いに位置し,2018年4月20日からの硫黄山西側噴気の活発化に伴い,局所的に約8cmの隆起がみられたため,その後の解析では使用していない.



図4 水準測量から推定された硫黄山下の圧力源の体積変化量.

地下の圧力源の推定には、気象研究所の火山用地殻変動解析ソフトウェアのMaGCAP-Vを使用した.本研究の一部は、文部科学省による「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」および東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けた.ここに記して感謝する.

*2018 年 12 月 測量作業 内田和也・松島 健・古賀勇輝・岩佐優一

霧島山
2019年2月15日 九州大学、大阪市立大学

硫黄山周辺の熱水・湧水の化学組成について

2018年4月の噴火以後に形成された湯だまりを中心に、硫黄山周辺の温泉水、湧水を、2018年7月28-29日,10月12日にひきつづき12月26-27日に採取した。この5ヶ月余りをはさんだ期間の化学組成・安定同位体比の経時変化について報告する。

1. 試料の採取と分析

試料採取は、硫黄山南火口群とその北東に広がる湿地帯を中心に行った。継続して採取を続けて いるのは、南火口群に形成された Y2, Y3 の 2 つの湯だまり、南火口群の H 噴出孔の麓を流れる噴 気凝縮水、西火口群の中で最も活発な W4 の湯だまり、硫黄山の北側に位置する旧市営露天風呂の 源泉、硫黄山の北東に広がる湿地帯にある湧水池(硫黄芝と思われる白色の沈殿物を伴う池 Sw と 緑色の藻が繁茂する池 Sg)である。ただし 12 月の採取時には、H 噴出孔の麓を流れる噴気凝縮水 と硫黄山の北東に広がる湿地帯にある湧水池(2 つとも)は水がなく採取できなかった。

図1にこれらの採取地点の位置を示す。



図1 試料採取地点(国土地理院の地図「電子国土 web」に追記)

化学組成については、陽イオン (Na, K, Mg, Ca) と Si を ICP 発光分析法により、陰イオン (C1, S0₄) をイオンクロマトグラフィーにより、九州大学で分析した値を報告する。誤差はそれぞれ±5% 程度である。水素・酸素同位体比の測定はキャビティーダウン分光法により、産業技術総合研究所 において行われた。誤差は δ D について±1‰、 δ ¹⁸0 について±0.3‰である。

2. 分析結果

熱水、温泉水、湧水の化学分析の結果を表1~3に示す。なお、水温,pH,EC(電気伝導度)に ついては採水時の測定値である。水素・酸素同位体比の測定結果をVSMOWに対する δ 表記で表4に 示す。

	水温	pН	EC	Na	К	Mg	Са	CI	SO ₄	Si	CI/SO ₄
採取地点	(°C)		(S/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	モル比
南火口湯だまりY2	80.5	1.18	86.6	2740	508	476	462	8720	16800	470	1.40
南火口湯だまりY3	91.3	1.10	93.7	2830	500	484	490	9070	17300	439	1.42
H噴気孔麓凝縮水	26.3	0.79	116.5	3290	585	616	594	10500	19500	525	1.46
西火口湯だまりW4	94.5	1.47	51.5	1990	335	786	602	6750	13600	397	1.34
旧市営露天風呂 Ro	26.3	1.83	9.5	165	50	73	144	564	2550	63	0.60
湿地帯(白色池)Sw	22.0	3.68	1.8	73	21	43	70	302	363	58	2.25
湿地帯(緑色池)Sg	16.5	3.65	1.0	23	<1	15	37	85	261	45	0.88

表1.2018年7月28-29日採水試料の化学分析値

表2. 2018年10月12日採水試料の化学分析値

	水温	pН	EC	Na	К	Mg	Са	CI	SO_4	Si	CI/SO ₄
採取地点	(°C)		(S/cm)	(mg/L)	モル比						
南火口湯だまりY2	69.4	2.10	9.4	219	16	79	87	918	2080	125	1.20
南火口湯だまりY3	96.0	1.55	40.9	1980	285	301	351	5730	6770	337	2.29
H噴気孔麓凝縮水	18.2	1.40	35.4	1570	180	317	378	5240	6420	325	2.21
西火口湯だまりW4	97.0	1.33	59.5	2790	450	526	534	8270	11300	465	1.97
旧市営露天風呂 Ro	21.4	2.19	5.3	110	25	45	90	420	1250	58	0.91
湿地帯(白色池)Sw	17.9	3.57	0.9	29	10	16	36	44	224	50	0.53
湿地帯(緑色池)Sg	18.8	3.38	9.7	30	8	17	37	57	240	48	0.65

表3. 2018年12月26-27日採水試料の化学分析値

	水温	pН	EC	Na	К	Mg	Са	CI	SO ₄	Si	CI/SO ₄
採取地点	(°C)		(S/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	モル比
南火口湯だまりY2	82.4	1.30	60.2	2960	495	370	435	9410	12400	220	2.06
南火口湯だまりY3	88.9	1.67	39.2	495	79	126	169	2380	9490	163	0.68
西火口湯だまりW4	97.2	1.33	59.5	3150	592	703	557	9670	12900	396	2.03
旧市営露天風呂 Ro	26.0	2.08	8.4	243	52	101	179	420	1250	58	0.90

表4. 水素・同位体比測定の結果

採取月	201	8/7	201	8/10	2018/12	
	δD	δ ¹⁸ Ο	δD	δ ¹⁸ Ο	δD	δ ¹⁸ Ο
	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
南火口湯だまりY2	-20	+4. 3	-13	+5.3	-5	+9.0
南火口湯だまりY3	-18	+4.5	-14	+5. 1	-10	+6.9
H噴気孔麓凝縮水	-13	+3.9	-8	+5.0	-	-
西火口湯だまりW4	-	-	-21	+4.0	-24	+3.9
旧市営露天風呂 Ro	-51	-7.4	-52	-7.6	-50	-7.0
湿地帯(白色池)Sw	-51	-7.7	-53	-8.2	-	-
湿地帯(緑色池)Sg	-53	-8.3	-56	-8.5	-	-

3. 結果の解釈

南火口の湯だまりでは、10月採取時に比べて12月は水位が低下していることが観察された。複数の採取点で水がとれなくなったことも、水位の低下に対応していると考えられる。原因としては冬期の降水量の低下を考えることができる。湯だまりのC1/SO4比は10月採取時に比べると変動しているが、Y2で高くなっているのに対してY3で低くなっているなど、変動の傾向を読み取ることが難しい。一方、西火口の湯だまりW4は、水位の変動の影響を受けないためか、全イオン濃度,C1/SO4比ともに安定している。

熱水(湯だまり)および湧水の水素・酸素同位体比の関係を図2に示した。産業技術総合研究所 ほか(2018/6/5付け)により報告されている4月16日に採取された南火口の湯だまりの同位体比 に比べて、7月以降に南だまりで採取された熱水の同位体比は水素、酸素ともに高いδ値を示して いる。このことは、湯だまりへのマグマ水の寄与が天水の寄与よりかなり大きくなったことを示唆 する。7月以降の5ヶ月の期間にも同位体比の経時変化が認められ、特に湯だまりY2で顕著であ る。これらの変動は、水の沸騰に伴う蒸発や凝縮に伴う傾向で説明できる。一方、水位の変動の影 響を受けない西火口の湯だまりW4では3ヶ月の間の同位体比の経時変化が認められない。

降水量の季節変動に伴う水位の変動と化学組成、同位体比との関係を考える議論が必要であり、 今後の観察を続けたい。



図2 熱水(湯だまり)と湧水の水素・酸素同位体比の関係 (星印は産業技術総合研究所ほか:予知連報告(2018/6/5)の値をプロットした)

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(図 1). 観測された時系列データから,電場一磁場 応答関数を1 日 ごとに決定した(図 2). 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.





観測点の側方方向に感度が高いインダクションベクトル振幅(第2図下段)では、8Hz より短周 期のインダクションベクトルの向きが2017年10月末ごろから数度ほど北向きに変化した。 低比抵抗である粘土層(Tsukamoto et al., 2018, GRL)が火口直下で部分的に高比抵抗化した とすると説明可能な変化である。

2018 年 4 月の小規模水蒸気噴火以降は見掛け比抵抗、インダクションベクトルとも安定して 推移している。

この観測データの一部は文部科学省次世代火山研究推進事業により取得された。

気象庁えびの観測点の雨量を使用させていただいた。

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.



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

2018 年 9 月 25 日~2019 年 1 月 25 日の期間中、霧島山新燃岳では、やや低周波地震が深さ 5km より浅いところで集中して発生していた。硫黄山では同じく深さ 5km より浅いところで浅部低 周波、低周波地震、高周波地震が多数発生していた。一方、高周波地震は、万膳観測点(KRMV) 直下で発生していた。M-T分布図(図 1 下段)では、2018 年 11 月以降、地震数の減少が認 められる。

〇 地殻変動

傾斜計記録(図2)には、3月から4月の爆発的な噴火に伴う変動が記録されている。また、 GNSS 解析結果(図3)においては、2018 年9月から2019 年2月16日までは、基線長の伸び が認めらない。

霧島山



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(2018/09/25 - 2019/02/16)





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



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

新燃岳火口内の変形を調査するため、だいち2号のPALSAR-2データを用いたSAR 干渉解析を実施した。南行軌道(パス23)の右方向視で観測されたSAR データと、南行軌道(パス30)の左方向視で観測されたSAR データを解析し、得られた結果を組み合わせて、準東西成分と準上下成分を求めた(第1図)。火口内においては、火口中心付近の火孔周辺を除く全域において、42日間(だいち2号の3回帰)で10cmを超えるような隆起が求まった。また、火口東縁付近において、西進が見られる。このような地表変形は、第142回火山噴火予知連絡会で報告したとおりである。同様の変動は、2018年12月から2019年2月の期間においても見られたが、わずかに減速しているように見える。第1図に示す3期間における、準上下成分から求めた体積増加速度は、それぞれ335、314、275m³/daysであった。

第2図は、Sentinel-1の南行軌道(右方向視)で観測されたデータを解析して得られた、スラントレンジ変化 量の時間変化である。PALSAR-2の解析結果と調和的なスラントレンジ短縮変化が見られ、その変化量は時 間とともに増加している。この結果から、スラントレンジ変化がすべて上下変位に起因すると仮定して、体積変 化量を求めた結果を第3図に示す。2018年10月から2019年2月の期間における体積増加速度は、おお よそ一定か、若干の減速が見られる。だいち2号のPALSAR-2データを解析して得られた体積増加量と比べ て、体積増加量は2割程度小さいが、これはSentinel-1の解析においては、水平変動を考慮していないこと によると考えられる。ただし、体積増加速度の時間変化の傾向については整合的と言える。

謝辞.本解析で使用した PALSAR-2 データは、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構(JAXA)の共同 研究に基づいて提供され、PIXEL で共有しているものである。PALSAR-2 データの所有権は JAXA が有する。 Sentinel-1 データは Copernicus Open Access 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。解析および描画においては、国土地理院の基盤地図情報10mメッシュDEMを使用した。



第1図. だいち2号の南行軌道(パス23)の右方向視による観測データ解析結果と、南行軌道(パス30)の左方 向視による観測データ解析結果を組み合わせて推定した、3期間の地表変動の準東西成分(N105℃-N75°W成分)と準上下成分(垂直から3度傾く成分)。比較のため、すべて42日間の変動量で示した。

防災科学技術研究所



第2図. Sentinel-1の SAR データから求めた、新燃岳火口周辺の 2018年10月7日からのスラントレンジ変化。



第3図. Sentinel-1の解析結果(第2図)において得られたスラントレンジ変化は、すべて上下変位に起因すると 仮定して求めた体積変化量の時系列。

SAR干涉解析による硫黄山周辺の地表変形

硫黄山周辺の地表変動を調査するため、だいち2号の南行軌道(パス23)において PALSAR-2の右方向 視で観測された2018年9月17日と2019年2月18日の干渉ペアと、南行軌道(パス30)の左方向視で観 測された2018年9月24日と2019年2月11日の干渉ペアを解析し、これらの解析結果を組み合わせて、 準東西成分と準上下成分を求めた(第1図)。この期間に、顕著な地表変動は検出されなかった。

謝辞.本解析で使用した PALSAR-2 データは、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構(JAXA)の共同研究に基づいて提供され、PIXEL で共有しているものである。PALSAR-2 データの所有権は JAXA が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の地理院地図、基盤地図情報 10m メッシュ DEM を使用した。



第1図. (a)だいち2号の南行軌道(パス23)においてPALSAR-2の右方向視で観測された2018年9月17日と2019年2月18日の干渉ペアから得られたスラントレンジ変化分布(0.91倍)と、(b)南行軌道(パス30)の左方向視で観測された2018年9月24日と2019年2月11日の干渉ペアから得られたスラントレンジ変化分布。(c),(d)パス23とパス30の解析結果を組み合わせて求めた、地表変動の準東西成分(N105°E-N75°W成分)と準上下成分(垂直から3度傾く成分)。

霧島山硫黄山火山ガス組成変化

霧島硫黄山 H 噴気孔近傍で Multi-GAS を用いた火山ガス組成観測を実施している。 2019年1月末までの測定では、SO₂/H₂S 比は 2018年4月の噴火以降低下していたが 再度上昇し、CO₂/H₂S 比は高い状態継続しており、2018年4月噴火直前の組成に類似 している。



本結果は SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)の課題 「レジリエントな防災・ 減災機能の強化」により開発・整備された火山ガス多成分測定装置を用いた連続観測に より得られたものである。

霧島山

霧島山を挟む基線での伸びは2018年9月以降鈍化しています。



霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容	点番号	- 点名	日付	保守内容
950486	牧園	20150622	受信機交換	129082	M霧島山A	20140514	受信機交換
		20171205	伐採			20141021	受信機交換
960714	えびの	20140814	伐採			20150909	受信機交換
021087	都城2	20140616	受信機交換	149083	M霧島山2	20141021	新設
		20140717	受信機交換			20150909	受信機交換

基線変化グラフ(長期)





●----[F3:最終解] O----[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

88



※[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

89



霧島山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)

基線変化グラフ(長期)



基線変化グラフ(短期)



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

基線変化グラフ(長期)





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



霧島山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2018/10/27~2018/11/05[F3:最終解] 比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解] 960714 えびの ME 129082 M霧島山A 32°00' J85F 韓国岳北東 ☆ 950481 野尻 夷守林道 硫黄山 🛆 KRMV 」 1850 大幡山登山口 _{韓国岳} 韓国岳 万膳 KRHV J850 野々湯 4 149083 **J85**1 百 M霧島山2 新燃岳△ J852 5 021087 ¶都城 2 新床 J856 J850 高千穂河原 御池 950486 J854 荒襲 牧園 1 cm 31° 50' 130° 50' 131°00

☆ 固定局:野尻(950481)

☆ 固定局:野尻(950481)

霧島山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2018/01/27~2018/02/05[F3:最終解] 比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解] 960714 まびの 129082 M霧島山A 32°00' J85F J85B 公 950481 韓国岳北東 **惠守林**道 硫黄山 🛆 野尻 385E 385E KRMV KRHV 韓国岳 🏠 万膳 守台 J850 野々湯 1 149083 韓国岳 J851 ▲新燃岳 子原 M霧島山2 3856 J856 高千穂河原高千穂峰 2 御鉢 J856 J850 2 021087 J852 御池 都城2 新床 950486 J854 荒襲 牧園 1 cm 31° 50' 130° 50' 131°00



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

国土地理院

霧島山の SAR 干渉解析結果について

判読)長期ペアの(a)(c)では、新燃岳で火砕物による非干渉領域が見られます。また、2.5 次元解析によると、2018年5月以降、硫黄山で最大約5cmの隆起、最大約2cmの東西方向の相対的な伸長の変動が見られ、地下浅部での膨張によるものと考えられます。新燃岳で約2cmの沈降、最大約2cmの東西方向の相対的な短縮の変動が見られ、山体の収縮によるものと考えられます。 短期ペアの(b)(d)の新燃岳で火口内で膨張とみられる衛星に近づく変動が見られます。



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

【硫黄山の拡大図】



背景:地理院地図 火山基本図・陰影起伏図・傾斜量図

○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

本解析で使用したデータは、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





背景:地理院地図 火山基本図·陰影起伏図·傾斜量図

本解析で使用したデータは、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。

【(a) 2018/05/14-2018/12/10 と(c) 2018/05/21-2018/12/17 の 2.5 次元解析結果】 【硫黄山】



背景:地理院地図 火山基本図 準上下成分、準東西成分ともコンター間隔 1cm

本解析で使用したデータは、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

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
	2018/05/14	2018/09/17	2018/05/21	2018/09/24
細調口吐	2018/12/10	2018/12/10	2018/12/17	2019/01/14
1110 円 吋	12:19 頃	12:19 頃	13:07 頃	13:07 頃
	(210 日間)	(84 日間)	(210 日間)	(112 日間)
衛星進行方向	南行	南行	南行	南行
電波照射方向	右	右	左	左
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	35.5°	35.5°	53.2°	53.2°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 185 m	- 253 m	+ 199 m	- 153 m

*U: 高分解能(3m)モード

35-

30-

25

20-

15

10-

5

体積膨張 x10⁶m³



霧島地域の茂木ソースの位置と体積変化



2019年1月26日まで

*電子基準点の保守等による変動は補正済

99

霧島地域観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)





*熊本地震の変動は補正済み