第 136 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の3)

霧島山

平成 28 年 10 月 4 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の3)

目次

気象庁 3-43 (気象研 42-43) 東大震研 44-53 東海大 54-59 京大阿蘇 60-62 九大 63 防災科研 64-70 地理院 71-80

霧島山 (2016年8月31日現在)

新燃岳

新燃岳では、火口直下を震源とする火山性地震が時々発生した。

白色の噴煙を時々観測し、最高で火口縁上 300mまで上がった。また、西側斜面の割 れ目付近及び割れ目の下方からも弱い噴気が上がっており、これらの噴気の周辺で弱い 熱異常域を確認した。

GNSS 連続観測によると、2013 年 12 月頃から、新燃岳の北西数 km の地下深くにある と考えられるマグマだまりの膨張を示す伸びの変動が見られていたが、2015 年 1 月頃か ら停滞している。一方、新燃岳周辺の一部の基線では、2015 年 5 月頃からわずかに伸び の傾向がみられていたが、2015 年 10 月頃から停滞した。

新燃岳火口から概ね1kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に 警戒が必要である。噴火時には、風下側では火山灰だけでなく小さな噴石(火山れき) が風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。降雨時には泥流や土石流に注 意が必要である。

平成 25 年 10 月 22 日に火口周辺警報 (噴火警戒レベル2、火口周辺規制)を発表した。その後、警報事項に変更はない。

概況(2016年5月~8月31日)

・噴煙など表面現象の状況(図1~8、図12-、図13-、図14-)

新燃岳では、今期間噴火の発生はない。白色の噴煙を時々観測し、最高で火口縁 上 300m(5月12日)まで上がった。噴煙が火口縁上 300m以上まで上がったのは、 2015年7月6日の400m以来である。

新湯温泉付近からの現地調査では、2008 年 8 月の噴火で形成された西側斜面の 割れ目付近で引き続き弱い噴気が認められた。また、割れ目の下方からも、弱い噴 気が上がっていることを確認した。赤外熱映像装置による観測では、噴気が上がっ ていた周辺が弱い熱異常域となっていることを確認した。

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

・地震や微動の発生状況(図9~11、図12- 、図13- ~ 、図14- ~) 火山性地震は時々発生し、月回数は20~49回だった。震源は、新燃岳付近のご く浅いところから海抜下3km付近に分布した。

火山性微動は2015年3月1日に発生して以降、観測されていない。

・地殻変動の状況(図13-、図14-、図15、図16)

傾斜計では、火山活動によると考えられる変化は認められなかった。

GNSS 連続観測では、新燃岳の北西数kmの地下深くにあると考えられるマグマだまりの膨張を示す地殻変動は、2013 年 12 月頃から伸びの傾向がみられていたが、2015 年 1 月頃から停滞している。一方、新燃岳周辺の一部の基線では、2015 年 5 月頃からわずかに伸びの傾向がみられていたが、2015 年 10 月頃から停滞している。

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。

・火山ガスの状況(図13-、図14-)

5月23日及び8月25日に実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)は検 出限界未満だった(最後に検出されたのは2012年9月26日の1日あたり10トン)。



図1 霧島山(新燃岳)噴煙の状況(2016年7月27日、韓国岳遠望カメラによる)



- 図2 霧島山(新燃岳) 火口周辺の地表面温度分布(韓国岳山頂付近から撮影)
 - ・韓国岳山頂からの観測では、火口内及び西側斜面の割れ目で、引き続き弱い噴気が認 められた。
 - ・赤外熱映像装置による観測では、火口内及び西側斜面の割れ目で、やや温度の高い部 分が観測されたが、熱異常域の分布に特段の変化は認められなかった。





図3 霧島山(新燃岳) 新燃岳火口内及び西側斜面の熱異常域の温度時系列 (2011 年 10 月 24 日 ~ 2016 年 8 月 1 日:韓国岳山頂付近から撮影)

新燃岳の火口内及び西側斜面の熱異常域の最高温度と熱異常のない領域との温度差は小さく なってきていると考えられる。



- 図4-1 霧島山(新燃岳) 可視画像および地表面温度分布(新湯温泉付近から撮影) ・西側斜面の割れ目付近(白色破線内)では、引き続き弱い噴気が認められた。
 - ・2016 年 5 月 23 日、7 月 27 日及び 8 月 1 日の観測では、割れ目の下方(赤破線内)からも、弱い噴気が上がっていることを確認した。
 - ・赤外熱映像装置による観測では、噴気が上がっていた周辺で、弱い熱異常域となっていることを確認した。



- 図4-2 霧島山(新燃岳) 可視画像および地表面温度分布(新湯温泉付近から撮影) ・西側斜面の割れ目付近では、引き続き弱い噴気が認められた。
 - ・赤外熱映像装置による観測では、2015 年 11 月以降、西側斜面の割れ目の下方(赤破線内) では、弱い熱異常域を観測した(2015 年 11 月 5 日は広角レンズで撮影)。



図 5 霧島山(新燃岳) 西側斜面割れ目の下方の噴気位置 2016年4月20日の現地調査で確認された、西側斜面割れ目の下方の噴気位置(赤丸)。 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(新燃岳) 図 2 ~ 4の撮影位置と撮影方向 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。

図7 霧島山(新燃岳) 新燃岳西側斜面の熱異常域の温度時系列 (2016年2月24日~2016年8月1日:新湯温泉付近から撮影) 新燃岳の西側斜面割れ目及び割れ目の下方の熱異常域の最高温度の推移は、熱異常の ない領域の温度と同様な推移をしていることから、季節変化によるものと考えられる。 このことから、西側割れ目及び割れ目の下方の熱異常域の温度の推移に大きな変化は 認められない。

*なお、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が、 広角レンズを使用した観測データは温度時系列から除いた。

記号山で(第回岳、赤小) 0772401:54:12 RUN (1985年)	[25] (2014, 赤아) 07726 01: 58: 50 ENN 스 카임: 약:	(法国法、赤州) 077/28 01:24:17 パリト 〈 카뷰:아
د در د (د در ۲	روبو 3	ن دو. و ن دو. و ن دو. و
a 25.4 12.9	H 25.3 14.5	3 82.9 11.9 15.9
NEC/Avio	NEC/Avio	NEC/Avio
4 29.5 11.2 NEC (Avin	n 30.3 1813 NEC/Arin	ກ ປປຸງ ປີເຊິ່ງ NEC/Avin
31500 (1995) (1997) (1997) (1997) 31500 3105	(301.0) (30	(100 11) HUN (100 11) (100 11) (
A 22.3 10.3 15.1	A 91-53 1613	a 95,4 17,5
NEC/Avio	NEC/Avio	NEC/Avio
日本 (第四条 赤外) 08718 08:51:18 RIN (第四条 赤外) 08718 08:51:18 (10:52 (10:52) (10:52) (10:52)		このは、第日は、赤外、08学社901:38:50 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、
a 39.3 1819	a 35.3 15.2	4 91-3 1-3
NEC/Avio	NEC/Avio	NEC/Avio
R日山 (第三名、赤小) 08,722 01:84:56 RUN (⁵¹¹):21 ■ 45.0 (0.0)	Rul (1:85:56	☆日ピ(第三合、赤外) 037 80 01:83:86 RUN (⁵¹ 059) 45.0 (0.0)
A 25.0 3.3 13.5	A 28.3 日第	e under Vinder 7:0
NEC/AVIO	NEC/Avio	NEC/AVIO

図 8 霧島山(新燃岳) 韓国岳赤外カメラによる新燃岳火口周辺の温度分布変化 (2016 年 7 月 24 日 ~ 8 月 30 日)

温度分布に特段の変化は認められない。 画像の温度目盛りは固定

表示している震源には、震源決定時の計算誤差の入さなものか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。

12

霧島山

図 11 霧島山(新燃岳) VOIS 震源(上段)及び一元化(下段)による広域の震源分布図 (2010年1月~2016年8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 25000 (行政界・海岸線)』『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

13

傾斜計の毎年6~9月頃の変動は、降水等の気象条件の影響も含まれる。

<2015 年 5 月~2016 年月 8 日 31 日の状況>

- ・白色の噴煙を時々観測し、最高で 300m(2016 年 5 月 12 日)まで上がった。
- ・火山性地震は時々発生し、月回数は20~49回だった。
- ・傾斜計では、火山活動によると考えられる変化は認められなかった。
- ・2016 年 5 月 23 日及び 8 月 25 日に実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)は 検出限界未満だった。 二酸化硫黄放出量グラフ中の×印は、二酸化硫黄が検出限界未満だった場合を示す。

傾斜計の6~9月頃の変動は、降水等の気象条件の影響も含まれる。

新燃告周辺の一部の基線(図の、、、、)では、2015年5月頃からわすかに伸び 傾向がみられていたが、2015年10月頃から停滞している。

これらの基線は図16の ~ に対応している。 データについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良している。 灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。

これらの基線は図16の ~ に対応している。 データについては、電離層の影響を補正する等、解析方法を改良している。 灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。

図 16 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。

図 17 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 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。

追加資料

²⁰¹⁶ 年 9 月 17 日 18 時 29 分に発生した火山性微動の波形とランニングスペクトル (新燃岳南西観測点上下動)

前回(2015 年 3 月 1 日 09 時 29 分)観測された火山性微動の波形とランニングスペクトル (新燃岳南西観測点上下動)

図18 霧島山(新燃岳) 火山性微動の比較

上図:2016年9月17日18時29分に発生した火山性微動の波形とランニングスペクトル 下図:前回(2015年3月1日09時29分)観測された火山性微動の波形とランニングスペクトル 前回(2015年3月1日)と同様に5~15Hzの周波数が卓越しており、低周波成分は認められない。

御鉢

火山性地震は少ない状態で経過した。火山性微動を 2016 年 5 月 25 日に観測した。 今のところ噴火の兆候は認められないが、今後の火山活動の推移に留意すること。 噴火予報 (噴火警戒レベル1、活火山であることに留意)の予報事項に変更はない。

概況(2016年5月~2016年8月31日)

- ・噴気など表面現象の状況(図 19、図 20-) 遠望観測では、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 20- ~ 、図 21)
 2015 年7月頃から火山性地震が増加し活動がやや活発となっていたが、2016 年3月以降は月回数が10回未満と次第に減少し、5月以降は5回未満と少ない状態で推移した。

2016 年 5 月 25 日に継続時間が約 1 分半の振幅の小さな火山性微動を観測した。 御鉢で火山性微動を観測したのは 2015 年 11 月 19 日以来である。 5 月 26 日以降、 火山性微動は観測されていない。

・地殻変動の状況(図21~23)

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 19 霧島山(御鉢) 遠望カメラによる御鉢の状況 (2016 年 8 月 22 日、猪子石遠望カメラによる)

図 20 霧島山(御鉢) 火山活動経過図 (2003 年 1 月~2016 年 8 月 31 日)

<2016年5月~2016年8月31日の状況>

・火口縁を超える噴気は観測されなかった。

・2015 年 7 月頃から火山性地震が増加し活動がやや活発となっていたが、2016 年 3 月以降は月回数が 10 回未満と次第に減少し、5 月以降は 5 回未満と少ない状態で推移した。 ・2016 年 5 月 25 日に継続時間が約 1 分半の振幅の小さな火山性微動を観測した。御鉢で火山性微動を観測したのは 2015 年 11 月 19 日以来である。5 月 26 日以降、火山性微動は観測されていない。

< 2016 年 5 月 ~ 2016 年 8 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。

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。

この基線は図 22 の ~ に対応している。

24

えびの高原の硫黄山では、噴気活動を伴う熱異常域の拡大傾向が続いている。

えびの高原(硫黄山)周辺では、規模の小さな噴出現象が突発的に発生する可能性が あるので今後の火山活動の推移に注意が必要である。また、噴気地帯の周辺では、火山 ガス(硫化水素)にも注意すること。

噴火予報(活火山であることに留意)の予報事項に変更はない。

概況(2016年5月~8月31日)

・噴煙など表面現象の状況(図 24~29、図 33-)

2015 年 12 月 14 日に硫黄山火口内の南西側で確認された噴気活動を伴った熱異 常域は、硫黄山火口南斜面及び南東側で拡大を続けている。これらの領域の最高 温度や噴気の量に大きな変化は認められない。

また、8月29日に実施した現地観測では火口内西側に新たな熱異常域が観測された。この領域の地表面の最高温度はおよそ93 であった。

えびの高原カメラ(硫黄山火口から約1km)で噴気が時々観測され、最高は稜線上60mであった。

硫黄山付近では明らかに感じる程度の硫化水素臭を確認した。

・火山性地震や火山性微動の状況(図30、図31、図32- ~ 、図33、図34) 火山性地震は少ない状態で経過し、火山性微動は観測していない。硫黄山付近の 火山性地震は主に海抜下0~2kmに分布した。

・地殻変動の状況(図33~36)

えびの高原(硫黄山)周辺の一部の基線では、2015 年5月頃からわずかに伸び の傾向がみられていたが、10月頃から停滞している。

傾斜計では、火山活動によると考えられる特段の変化は認められなかった。

・水温観測の状況(図37)

ビジターセンター足湯源泉では、2016年5月23日の調査で前回の観測(4月 20日36.5)と比べ3 以上低下した。また、旧市営露天風呂の温度も12.1 (前回4月20日13.5)と、温度が低下した。その後、8月に実施した3回の 調査では、ビジターセンター足湯源泉で1~1.5の上昇しているものの引き続き 低い状態となっている。旧市営露天風呂ではおよそ2の上昇が見られ、水温は 5月の低下前と同程度となっている。

図 24 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 硫黄山付近の状況 (8月12日、えびの高原カメラによる)

図 25 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 韓国岳登山道4合目付近から観測した 硫黄山の地表面温度分布(2016年3月29日~8月1日)

- ・赤破線円で熱異常域の拡大が続いている
- ・最高温度の上昇は認められない

- 図 26 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火口南西側斜面及び南側の可視画像及び地表面温度分布
 - ・赤破線円で熱異常域が拡大傾向
 - ・図中の白破線円で新たな熱異常域

図 27 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)火口内の可視画像及び地表面温度分布 火口内西側の白破線円で新たな熱異常域を確認

図 28 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 図 28 の火口内西側で新たに確認された熱異常域の可視画像及び地表面温度分布 図中の白破線円内の地表面の温度はサーミスタ温度計でおよそ 93

図 29 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 熱異常域と撮影位置およびカメラの位置

図 30 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)

震源分布図 (2015 年 1 月 ~ 2016 年 8 月 31 日)

<2016年5月~8月31日の状況>

震源は、主に硫黄山付近(図の青破線円)の海抜下0~2km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。

(2013年12月~2016年8月31日)

< 2016 年 5 月 ~ 8 月 31 日の状況 >

- ・白色の噴気が時々観測され、概ね 20mで経過した。最高は7月27日の稜線上60m(色 不明)であった。
- ・火山性地震は少ない状態で経過し、月回数は 30~43 回だった。震源は、硫黄山付近の海抜下 0~2 km に分布した。

えびの高原(硫黄山)周辺の地震は2013年12月1日から計数を開始した。

傾斜計では、長期的には火山活動によると考えられる変動はみられない。 傾斜計の空白部分は障害等による欠測。

えびの高原(硫黄山)周辺の一部の基線では、2015年5月頃からわずかに伸びの傾向がみら れていたが、10月頃から停滞している。

緑色の破線は気象の影響による乱れとみられる。 この基線は図 37 の ~ に対応している。


えびの高原(硫黄山)周辺の一部の基線では、2015 年5月頃からわずかに伸びの傾向がみ られていたが、10月頃から停滞している。

緑色の破線は気象の影響による乱れとみられる。 この基線は図 37 の ~ に対応している。



図 36 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。





霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 水温の時系列変化 図 37

・ビジターセンター足湯源泉では、5月に温度の低下がみられ8月も低い状態が続いている。 ・旧市営露天風呂では、5月に温度の低下が見られたが、8月には以前と同程度まで上昇した。 0

0

0

霧島山GNSS基線長変化1(L:基線長, VD:標高差) (薄い色は標高差500m以上)



0 (基準値:4228.400m、標高差:31m) 0 夷守林道 - 新床 Ser Print (基準値:7603.141m、標高差:176m) 0 新床 - 皇子原 (基準値:10015.193m、標高差:602m) 0 荒襲 - 皇子原 (基準値:6365.264m、標高差:540m) 0 高千穂河原 - 御池 (基準値: (5226.681m、標高差:443m) 高千穂河原 - 皇子原 0 (基準値:6399.143m、標高差:633m) 高千穂河原 - 荒襲 0 (基準値:1501.055m、標高差:93m) 夷守林道 - 荒襲 0 (基準値:9340.024m、標高差:114m) 0 夷守林道 - 皇子原 (基準値:8414.864m、標高差:426m) NY. 0 韓国岳 - 夷守林道 10,70 A (基準値:4305.434m、標高差:908m) 韓国岳 - 韓国岳北東 0 3/00 (基準値:2613.192m、標高差:709m) a bar 0 韓国岳 - 野々湯 (基準値:6396.848m、標高差:972m) 0 韓国岳 - 新床 (基準値:3943.485m、標高差:732m) 0 韓国岳 - 高千穂河原 (基準値:6205.379m、標高差:702m) 韓国岳 - 高千穂峰 2 0 (基準値:7629.732m、標高差:131m) 韓国岳北東 - 夷守林道 0 ð (基準値:2023.375m、標高差:199m) 5 cm Ç, 韓国岳北東 - 野々湯 0

(基準値:8301.335m、標高差:263m) -21 韓国岳北東 - 新床 0 (基準値:6307.637m、標高差:23m) 2013 2014 2015 2016 年

図 38-1 霧島山 GNSS 連続観測による地殻変動(2013 年 1 月~2016 年 9 月 29 日)

一部の基線で2015年5月頃からわずかに伸びの傾向が認められていたが、2015年10月頃から 停滞している。

この基線は図 39 の ~ 21 に対応している。 空白部分は、データの欠測をあらわす。

39

霧島山GNSS基線長変化2(L:基線長,VD:標高差) (薄い色は標高差500m以上)



図 38-2 霧島山 GNSS 連続観測による地殻変動(2013 年 1 月~2016 年 9 月 29 日)

ー部の基線で2015年5月頃からわずかに伸びの傾向が認められていたが、2015年10月頃から 停滞している。

この基線は図 39 の 22~42 に対応している。 空白部分は、データの欠測をあらわす。

霧島山



図 39 霧島山 GNSS 観測点基線図

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

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

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

新燃岳火口内では局所的な衛星から遠ざかるセンスの位相変化が認められる.また、東側観測 ではえびの高原では衛星に近づくセンスの位相変化が認められる.いずれも季節変動の可能性を 含む.

<u>1. 使用データ</u>

表 1 干渉解析に使用したデータ

Path-Frame	軌道方向	照射方向	データ1	データ2	図番号
23-2970	南行	右	2016.03.07	2016.09.05	図 1
131-620	北行	右	2016.05.10	2016.07.19	図 2

2. 解析結果

新燃岳及びえびの高原周辺について、ペアの期間は異なるが、干渉解析を行った.新燃岳火口内 では、東側観測で最大 7cm (1.2cm/mon)程度、西側観測で最大 4.7cm (2.0cm/mon)程度の衛星 から遠ざかるセンスの位相変化が認められる.えびの高原では、東側観測で最大 3cm 程度の衛星 に近づくセンスの位相変化が認められるが、西側観測では特に位相変化パターンは認められない. 新燃岳火口内、えびの高原共に西側観測と東側観測の結果に差が大きく、また水平成分が卓越する ような地殻変動は考えにくいことから、気象などによるノイズの影響が大きいと考えられる.

謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 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宇宙航空開発機構(JAXA)にて観測・提供されたものである. PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある. PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防 災科学技術研究所の小沢拓氏により開発された RINC を使用した.また、処理の過程や結果の描 画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ(標高)を元にした DEHM を使用した.こ こに記して御礼申し上げます.



図 1 パス 23-2970 の解析結果

左:新燃岳火口内において最大 7cm の衛星から遠ざかるセンスの位相変化が認められる. 右:硫黄山周辺で最大 3cm の衛星に近づくセンスの位相変化が認められる. なお変位量 の計算には白丸の点を無変動と仮定した.



図 2 パス 131-620 の解析結果

左:新燃岳火口内において最大4.7cmの衛星から遠ざかるセンスの位相変化が認められる. 右:硫黄山周辺ではノイズレベルを超える位相変化は認められない.カラーバーは図1と 同じ.

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

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

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



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

図1. 霧島山(新燃岳)周辺のGPS観測網.



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~2016年8月).

上:基準点950486観測点 (GEONET),下:基準点 YOSG観測点.



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~2016年8月).上:基準点 KKCD観測点,下:基準点 021087 (GEONET)観測点.



霧島火山

観測点.



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



EBN2 基点.期間は 2016 年1月から 2016 年8月まで.

第136回火山噴火予知連絡会

硫黄山火口周辺の噴気・湧水活動について

硫黄山南西の噴気(硫黄山噴気帯)について,地震研究所が協力し,霧島ネイチャーガイドクラブが噴気温度及び周辺の湧水・地中の温度を測定した(図1).また,噴気帯の高温域(50℃以上)の時間的変化を4月29日に続き8月20日に調査した.

- ・8月20日は4月29日に比べ, A~E周辺の高温域面積が縮小した.一方, G周辺の高温 域が拡大し(第135回報告のI周辺とつながった), D, H周辺も拡大している(図2). 今期間は,主に南東側のG, H周辺の拡大が進行した.硫黄山噴気帯全体の高温域面積も 緩やかであるが拡大傾向にある(図3).
- ・8月20日にD周辺の南側(N1),9月10にA周辺の北側(N2)に新たな噴気を確認した (図1).N1は8月20日に95.0℃,N2は9月24日に92.8℃を観測した.
- ・A 点では 9 月 24 日に 95.3℃の噴気温度を観測し,以前に比べ大きな変化は認められない. その他の地点も 94.9~95.3℃と安定している(図 4).
- ・川湯 1,川湯 3 とも,4月 29 日後も徐々に水温が上昇する傾向が見られる.川湯 3 は,8 月 20 日に 37.5℃を観測した(図 5).



図1 硫黄山噴気帯及びえびの高原周辺の湧水温・噴気温測定地点 地理院地図(電子国土 Web)を使用

東京大学地震研究所



図2 硫黄山噴気帯の高温域(50℃以上)の変遷

1月16日にハンディ GPS によって高温域の範囲測定を行った.その後,新たに拡大した高温域に対して基点2点を設定し,約50℃の位置を基点からの距離として測定した(簡易計測).簡易計測では,ハンディ GPS によって基線等の位置を測定し位置補正を行った.地理院地図(電子国土 Web)を使用.



図3 硫黄山噴気帯の高温域(50℃以上)の面積変遷 1月16日以後のハンディ GPS 及び簡易計測による面積測定誤差は±1 m を見込んだ. △は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.



図4 硫黄山噴気帯の噴気温度測定結果

東京大学地震研究所



図5 えびの高原周辺の湧水の測定結果

霧島えびの高原硫黄山噴気の化学組成・安定同位体比

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

1. 概要

2015 年 12 月から 2016 年 8 月にかけて,霧島えびの高原硫黄山において,噴気を数回,直接採取し, 化学組成と安定同位体比の変動を調べた.噴気に含まれるマグマ起源成分としての CO₂ 濃度は 2016 年 5 月頃まで上昇したが、7 月以降低下傾向にあり、マグマ脱ガス活動が低下しつつあることを示している. 反応, SO₂+3H₂=H₂S+2H₂O の見かけ平衡温度(AET)や H₂O の同位体比の変化から,地下の温度はわずかに 上昇傾向にあり、地下におけるマグマ起源 H₂O の比率も緩やかな上昇傾向にある. H₂S 濃度は 2016 年 5 月以降、上昇傾向にあり、噴火災害とは別に火山ガスによる災害の防止に注意する必要がある.

2. 噴気の採取・分析

図1に示す噴気孔aとb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強いアルカリ性水溶液(KOH あるいは NaOH) 20mlを封入しておいた.コックを慎重に開けることにより火山ガスをアルカリ性水溶液に吸収させた. 安定同位体比の測定のために噴気を水冷したガラス二重管に通し、凝縮水を採取した.凝縮水を採取し た後の気体は一旦プラスチック製の袋に集め、検知管により、CO2 と H₂S の濃度を現場で測定し、CO2/H₂S 比を求めた.噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った.

3. 結果

表1に噴気の化学組成,H₂0の安定同位体比,見かけ平衡温度(AET)を示す.噴気の温度は水の沸点 に近い.図2,3,4,5,6に,それぞれ,CO₂/H₂0比,AET,H₂0のδ180,H₂S/H₂0比,CO₂/H₂S比を 示す.AET は火山ガスの成分間で以下の化学反応,

が平衡に到達する温度である. AET はガスの圧力に依存する. 本報告では, 圧力は AET における飽和水 蒸気圧と仮定した.

4. 考察

図2に示されるように、CO₂/H₂O 比は 2016 年 5 月頃まで増加傾向にあったが、7 月以降減少に転じた. CO₂ はマグマ起源成分を代表する化学種で、マグマ脱ガス活動が 7 月以降低下しつつあることを示して いる.図3に示される AET の変化から、地下の温度は 2015 年 12 月の噴気出現後、急激に 300℃程度ま で上昇し、その後、停滞か、あるいはわずかに上昇していると推定される.噴気に含まれる H₂O の酸素

えびの高原硫黄山

同位体比は、マグマ起源の H₂0 と地下水起源の H₂0 の寄与の比率を判断する有用な指標である.一般に マグマ起源 H₂0 の同位体比は高く、地下水起源 H₂0 の同位体比は低い.図4に示されるように、2015 年 12 月の噴気出現後、同位体比は低かったが、急激に上昇し、その後、緩やかな上昇が継続している.AET や同位体比の変化は、冷たく地下水に満たされた地下の領域に、深部からマグマ性ガスが侵入し、温度 上昇と、地下水がマグマ起源 H₂0 により置き換えられる過程が進行していることを示している.

図5に示されるように、H₂S/H₂O 比は、噴気の出現後、2016 年 3 月ころまで低い値を示していたが、 その後、一貫して上昇傾向にある. CO₂/H₂O 比が 2016 年 8 月になり低下しているので、H₂S/H₂O 比の上昇 を、マグマから脱ガスする硫黄成分の増加で説明することはできない. むしろ、マグマ起源流体の本来 の硫黄成分濃度は高く、地下を移動する間に何らかの原因で、硫黄成分の除去が起きており、その効果 が弱くなりつつあるために、地表での H₂S/H₂O 比が上昇したと考えるのが妥当である. H₂S/H₂O 比の上昇 は、火山ガスによる災害の危険性が高まりつつあることを意味している. 噴火による災害とは別に火山 ガスによる災害の防止のために、火山ガス、特に大気に拡散した H₂S のモニタリングを継続する必要が ある.

図6に示されるように、CO₂/H₂S 比は 2016 年 2 月から 3 月にかけてピークを示し、その後低下した. CO₂/H₂S 比は精密な化学分析とは別に、検知管を用いることにより現場で簡易に測定できる.図6に示す ように、両者の値はわずかに系統的な差があるものの、時間変化の傾向ほぼ一致している.

CO₂/H₂S 比の変動を CO₂/H₂O 比の変化と比較すると、低下のタイミングが早まっている. 箱根山の例で は、CO₂/H₂O 比の変化と CO₂/H₂S 比の変化は相似している. 硫黄山で相違が生じた原因は、H₂S が 2016 年 5 月以降、上昇したためである. CO₂/H₂S 比は現場で簡易に測定できる便利な指標であるが、硫黄山のよ うに新たに出現した噴気については、H₂S 濃度の変動があり得るので、解釈に注意する必要がある.

6. 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.

7. 謝辞

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

Location	Date	Temp	H2O	CO2	H2S	SO2	H2	δD	δ18Ο	AET	分析
		°C	%	%	%	%	%	‰	‰	°C	
硫黄山−a	2015/12/22	97.2	98.4	1.42	0.12	0.003	0.00017	-91	-14.1	232	東海大·気象研
硫黄山−a	2016/2/24	97.2	98.2	1.65	0.10	0.008	0.00074	-52	-6.3	313	東海大·気象研
硫黄山−a	2016/5/6	95.3	97.8	2.02	0.15	0.006	0.00043	-57	-6.6	277	東海大·気象研
硫黄山−a	2016/8/30	96.9	98.3	1.42	0.30	0.005	0.00088	-41	-5.3	296	東海大·気象研
硫黄山−b	2016/2/24	96.2	98.3	1.58	0.10	0.004	0.00070	-78	-11.9	301	東海大·気象研
硫黄山−b	2016/5/6	95.2	97.3	2.49	0.17	0.005	0.00055	-67	-9.2	283	東海大·気象研
硫黄山−b	2016/8/30	95.2	97.5	2.08	0.43	0.006	0.00138	-56	-7.5	314	東海大·気象研
硫黄山−a	2016/2/10	95.7	98.7	1.10	0.13	0.015	0.00030	-57	-7.0	276	産総研
硫黄山−a	2016/3/19	96.4	98.5	1.37	0.12	0.013	0.00036	-54	-6.5	284	産総研
硫黄山−a	2016/7/26	95.8	98.5	1.21	0.20	0.034	0.00105	-48	-6.2	345	産総研

表1. 硫黄山噴気の化学組成,安定同位体比,見かけ平衡温度



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



図2. CO₂/H₂0比の時間変化



えびの高原硫黄山





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

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。また、2016年8月29日に硫黄山周辺において10cm 深地中温度分布調査を 行った。硫黄山の地熱活動は拡大しているが、地殻変動を伴う微動の余効と思われる。



地中温度の測定結果を図2に示す。いずれの点でも温度異常は検知されない。過去には 温度異常が見られた場所であるので、今後、山頂部で確認されている温度異常が拡大して くるかどうかに注意する必要がある。



硫黄山周辺の 10cm 深地中温度分布を示す。平常的温度を差し引いた値である。異常域は、 硫黄山山頂南部にあり(同日気象庁が調査した北西部の異常は調査域に含まれていない)、 いずれも 1990 年代まで噴気活動が存在した場所である。東側火口壁北部や南部の大地獄跡 西側山腹の小地獄までは拡大していない。



温泉・湧水の電気伝導度および化学成分分析の結果

硫黄山西および北東麓の電気伝導度は、雨による希釈の影響を受けるので、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(図4)。2014年8月の微動発生以降、 塩素/硫酸イオンの増大し、2015年12月の噴気出現以降は化学平衡温度が上昇している。



えびの高原足湯は雨の影響をあまり受けていないので、図5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6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。





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~2016年6月)

2015年6月~2016年3月に硫黄山を中心に15mmを超える隆起が観測されたが、それ以降は沈降傾向に変化した。



図1 えびの高原~硫黄山区間の水準路線と2015年6月~12月に記録された上下変動分布. 推定 された圧力源の水平位置も同時に示す.国土地理院電子地形図(タイル)を使用した.

九大および北大,日大,京 大の水準測量班は,2015年 6月にえびの高原周辺に水準 路線を増設した(第133回予 知連資料).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,12月中旬には 地表に新たな噴気帯が生じた. 我々は2015年12月,



2016年2月3月,6月に同路線

を再測定した. このうち,2015年12月までに観測された隆起量と,それから推定された圧力源(茂木モデル)の位置を図1に示す. 圧力源は硫黄山噴気領域の東150m,標高 600m(地表から700m 深)の地点に推定された. 圧力源の深さは,Aizawa *et al.* (2013)が MT 観測から推定している低比抵抗層(難透水層)の下面に一致しており,この難透水層の下面が圧力源となって,硫黄山の周辺が隆起していると考えられる. また

主な水準点における隆起量の時間 変化を図2に示す. 2016年3月 以降は沈降に転じていることが分 かる.

圧力源の位置が変化しないと仮 定し,各期間において推定された 体積変化量とレートを表に示す.

Period	Volume m³	Rate m³/yr
6/2015 - 12	+ 3.0×10⁴	> + 6.0×10⁴
12/2015-2/2016	+ 1.1×10⁴	+ 6.6×10⁴
2/2016 - 3	+ 0.6×10⁴	+ 7.2×10⁴
3/2016 - 6	- 0.5×10⁴	- 2.0×10⁴

表 各期間における, 圧力源の体積変化量とそのレート

*2016 年 6 月測量作業 森田花織・松島 健・内田和也・手操佳子



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

2016年2月万膳観測点直下(図1A)に地震活動が集中した。硫黄山を含む韓国岳周辺(図1B)では地震活動は低かった。

○ 地殻変動

傾斜計記録(図2)には、火山活動に関連するような傾斜変動は認められなかった。 GNSS 解析結果(図3)においては、基線長に伸びの変化が認められるが、熊本地震に 伴う影響も含まれており、火山活動のとの関連性は不明瞭である。





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(2016/04/01 - 2016/07/31)





図2 霧島山の傾斜変動



図3 霧島山 GNSS 解析結果. KRHV(防災科研・夷守台観測点)-KRMV(防災科研・万膳観 測点)間に,2016年4月14,16日に発生した熊本地震の影響と見られる基線長の伸びが 見られる(上図).

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		2010/4/10	2周波観測開始
	(KRHV)	K-1	2013/2/14	アンテナ台改善作業
			2010/4/9	2周波観測開始
	霧島山万膳		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

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

新燃岳火口: 2011年から継続的に見られていた新燃岳火口内の膨張変形は、2016年4月頃から減少する傾向が見られ、2016年7月25日から9月11日の期間においては、検出限界を超えるような変化は見られなかった。5月から8月の期間においては、膨張が見られていた領域の周辺でスラントレンジ伸長(沈降もしくは西進が卓越)変化が見られた。同様の傾向は、過去の梅雨時にも見られていた(第1図、第2図)。



第1図. Sentinel-1A データを用いた SAR 干渉解析により求めた新燃岳火ロ周辺のスラントレンジ変化量分 布(灰色は低干渉領域). 各画像の上にしめす日付は、使用したデータの観測日を示す. 括弧内の 数字は、使用したデータの観測間隔(日数). 赤枠は、前回(第135回火山噴火予知連絡会)の報告 以降、新たに得られた結果を示す.



第2図. SAR 干渉解析結果から求めた体積増加率の時間変化と軌道間距離(視線方向に対する垂直成分). 体積増加量の推定においては、火口内の地表変動は上下変位のみと仮定し、隆起域の値のみから求 めた.

硫黄山: 2016年4月以降に,顕著な変化は見られない(第3図)。



第3図. Sentinel-1A データ用いた干渉解析から求めた硫黄山周辺のスラントレンジ変化分布.赤枠は、スラントレンジ短縮変化が見られた結果を示す.

謝辞.本解析で使用した Sentinel-1A データは Sentinel-1 Scientific Data Hub を通じて提供されたものである。 Sentinel-1A 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

「平成28年熊本地震」の影響を受け、全体的に南北方向の短縮が見られましたが、 その後目立った変動はありません。



霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	20121212	アンテナ交換
		20131013	伐採
		20150622	受信機交換
960714	えびの	20111111	受信機交換
		20120912	アンテナ・受信機交換
		20140814	伐採
021087	都城2	20120912	アンテナ・受信機交換
		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
109078	M霧島山	20110203	新設
129082	M霧島山A	20120829	新設(M霧島山より移転)
		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



●----[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

^{国土地理院} 霧島山

国土地理院




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	20110921	受信機交換
		20120228	アンテナ・受信機交換
		20131205	アンテナ交換

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

基線変化グラフ



基線変化グラフ



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ヶ月)



基準期間:2016/04/28~2016/05/07[F3:最終解] 比較期間:2016/07/28~2016/08/06[F3:最終解]

霧島山周辺の地殻変動(水平:1年)

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

霧島山

☆ 固定局:野尻(950481)

☆ 固定局:野尻(950481)

基準期間:2015/07/28~2015/08/06[F3:最終解] 比較期間:2016/07/28~2016/08/06[F3:最終解] 960714 えびの 129082 32°00' M霧島山A **J85B** 夷守林道 ☆ 950481 △硫黄山 野尻 KRMV 万膳 KRHV 全韓国岳 夷守台 149083 ○J85E J85C M霧島山2韓国岳 野々湯 J85D ▲ 大幡山登山口 新燃岳 J852 新床_J856 ↑ ▲ J856 高千穂河原 ↑ 高千穂峰2 .1851 皇子原 021087 1 都城2 荒眞 J850 950486 御池 牧園 1cm 31° 50' ₽ 10km 白抜き矢印:保守等によるオフセットを補正 131° 00' 130° 50'

76

国土地理院

霧島山の SAR 干渉解析結果について

判読)従前に見られた新燃岳火口内西側の衛星に近づく局所的な変動は、4月以降小さ くなっている。新燃岳火口内東側で4月以降に衛星から遠ざかる変動が見られる。 従前と同様に、硫黄山付近で衛星に近づく変動が見られる。



霧島山

国土地理院

【新燃岳火口拡大図】



霧島山

	(a)	(b)	(C)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
	2015/07/08	2016/03/30	2015/09/21	2016/04/18
ᇷᆱᇿᅳᄘ	2016/07/06	2016/07/06	2016/08/08	2016/08/08
眖川口 可	0:18 頃	0:18 頃	12:18 頃	12:18 頃
	(364 日間)	(98 日間)	(322 日間)	(112 日間)
衛星進行方向	北行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	43.0°	43.0°	36.3°	36.3°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 208 m	- 42 m	- 46 m	- 4 m

*U: 高分解能(3m)モード

国土地理院

新燃岳火口付近の陰影段彩図

