

第 134 回

火山噴火予知連絡会資料

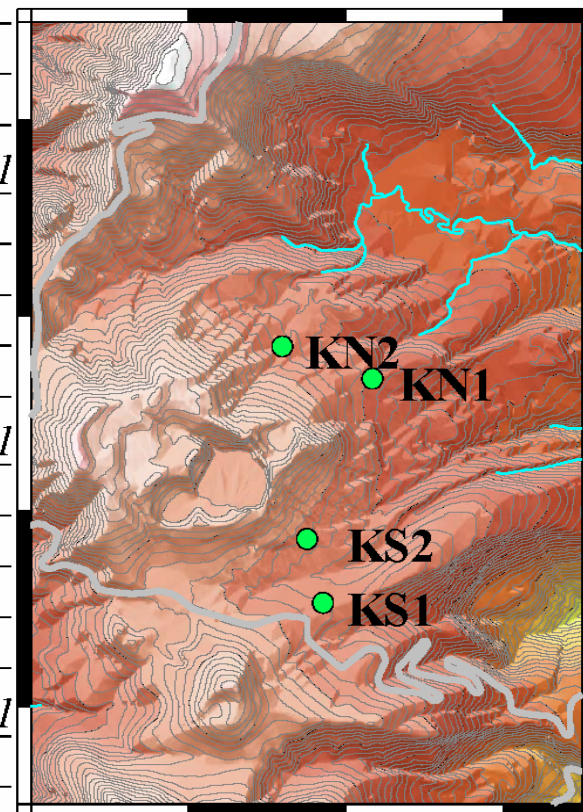
(その 11) 追加資料

平成 28 年 2 月 17 日

火山噴火予知連絡会資料（その11）

目次

草津白根山・.....	1
東工大 1-3	
御嶽山・.....	4
北大 4-5	
阿蘇山・.....	6
京大阿蘇 6-7	
霧島山・.....	8
気象庁 8-9、東海大 10-14	
桜島・.....	15
気象庁 15	



1

草津白根火山の地殻変動と熱活動

2014年3月6日から2015年11月1日までの体積膨張量は11万 m^3 である。日平均膨張率は、ピークだった2014年5月前後の400 m^3/day （2014年5月頃）から徐々に低下しており、2015年6月以降は100 m^3/day 以下となり、同11月以降は停滞している。湯釜火口湖の水温は、平年よりも明らかに高い状態が2014年5月頃から現在も続いている。

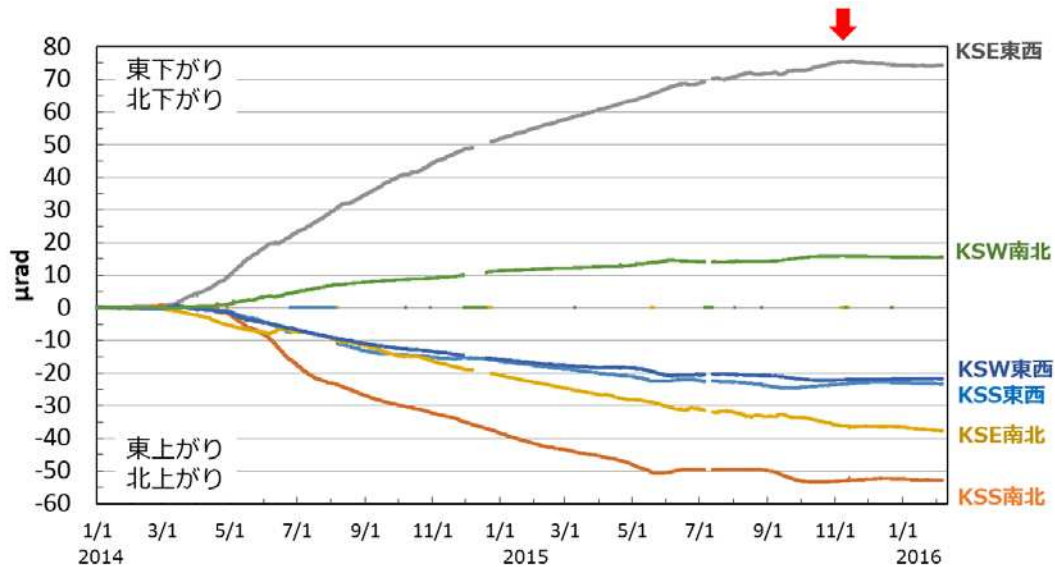


図1. 東工大のボアホール型傾斜計3点の変動（長期トレンド・気田応答・長野県北部地震時ステップ・潮汐を補正したもの）。2014年1月1日～2016年2月5日。2015年11月（赤矢印）以降、それまでの膨張変動は停滞している。

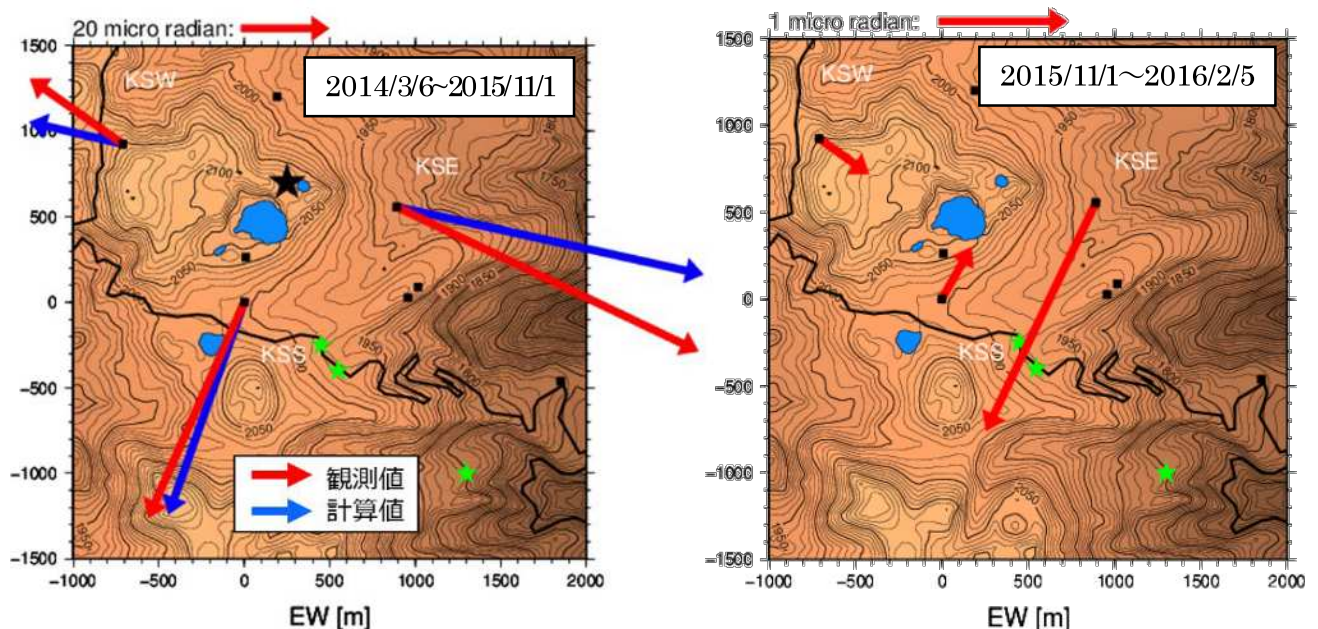


図2. (左) 図1のデータに基づき、2014年3月6日を規準に描画した傾斜ベクトル（赤矢印）と、茂木モデルを仮定して求めた力源の位置（★），および計算された傾斜ベクトル（青矢印）。3つの緑星は、2011年の膨張・収縮源（寺田・他，2011）の位置を示す。(右) 直近の2015年11月1日～2016年2月5日までの変動（季節変動補正済み）。3ヶ月間の変動量は1 μrad と小さく、ベクトルの向きも、それ以前と比較して概ね反転した。

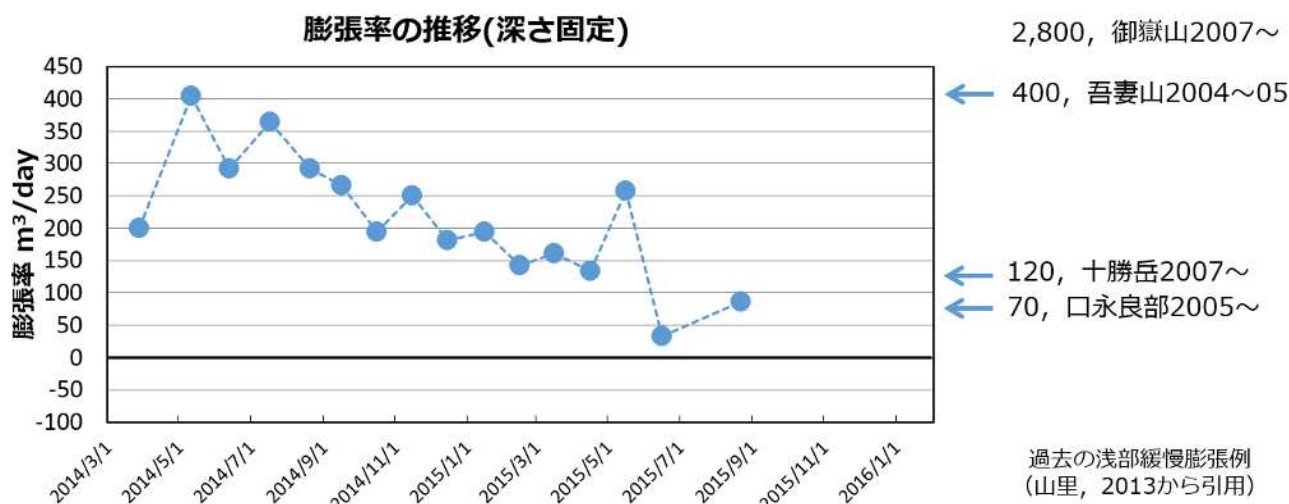


図 3. 月別の日膨張率の推移 (m^3/day で表示). 力現の深さを地表から深さ 500m に固定して, 茂木モデルを用いて膨張率の時間変化を見積もった. いずれの期間も, 力現の水平位置は水釜火口付近に求められる. ただし 2015 年 7 月以降は変動が小さく, 降水による一時的な擾乱の影響が大きいことから, 2015 年 7 月 1 日~11 月 1 日までを一期間として解析して, 日数でわることで日平均膨張率を算出した. 同 11 月以降については, 変動量が同時期の季節変動量 ($1\sim 3 \mu\text{rad}$) を下回っており, 解析の不確定が大きいために表示していない.

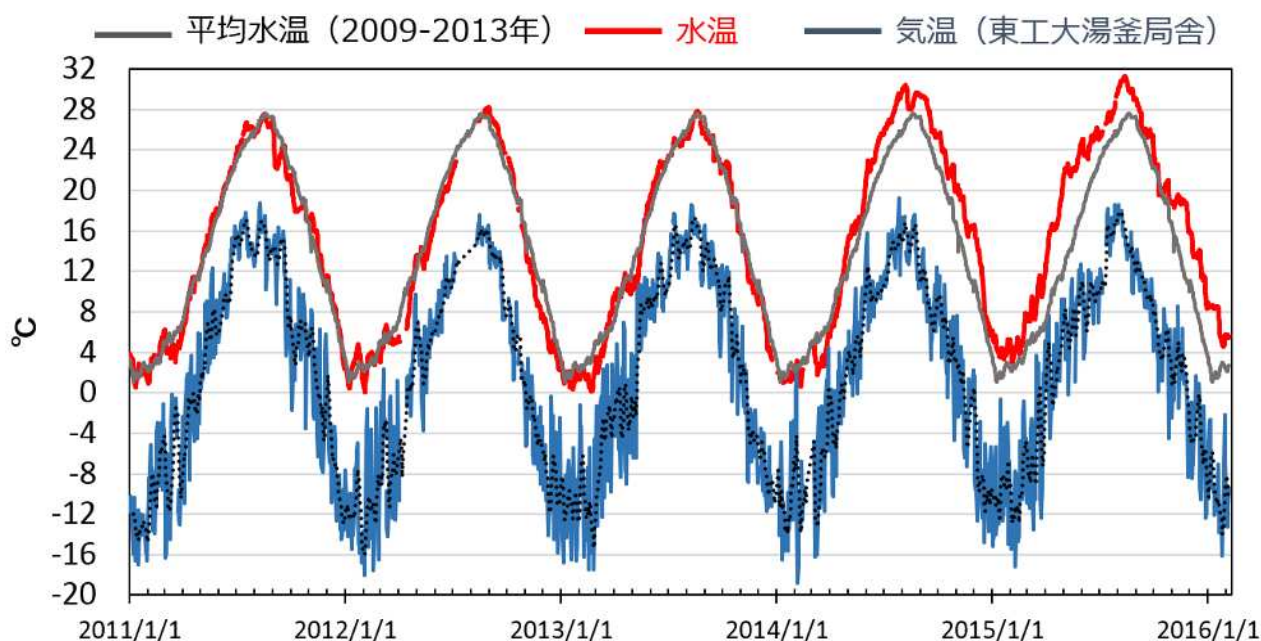


図 4. 湯釜火口湖の水温. 赤線: 実際に観測された水温, 灰色線: 2009~13 年に測定された毎年同一日の水温を平均し, その日付に対して示したものの, 青色: 湯釜局舎で測定された気温. 2014 年 5-6 月以降, 湯釜水温は平年よりも数 C 高い状態で推移している.

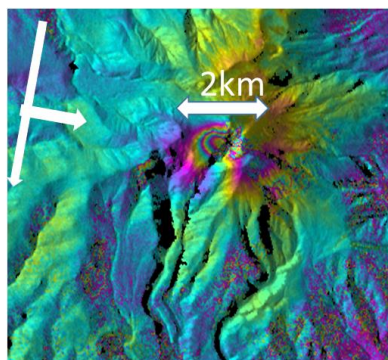
御嶽山

○ だいち 2 号(ALOS2)の合成開口レーダー(PALSAR2)干渉解析結果(暫定)

ALOS2 が西上空から観測した 2014/09/28-2015/07/19(南行軌道, 左観測, オフナディア角 46.4 度), 2014/10/03-2015/11/13(北行軌道, 右観測, オフナディア角 32.4 度) および 2015/06/12-2015/11/13(北行軌道, 右観測, オフナディア角 32.4 度)のデータを利用して干渉解析を実施した。ほぼ無雪期のデータであり, 良好な干渉が得られた。御嶽山山頂付近では, 噴火後, 一貫して山頂浅部を中心とする収縮を示唆する地殻変動が続いており, 平均 2-4 cm/月の衛星方向への距離伸長が観測された。

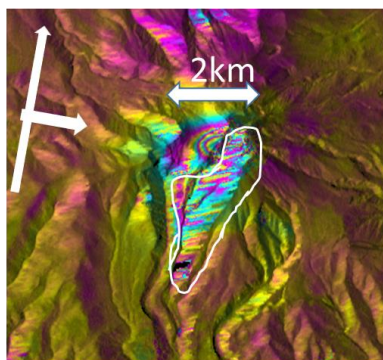
2014/10/03-2015/11/13 のペアに対して実施した, 半無限媒質内球状圧力源モデルのフィッティング結果によれば, 山頂直下約 450m における $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ の収縮源で変動の説明が可能である。

噴火後の地殻変動(全て東向き観測)



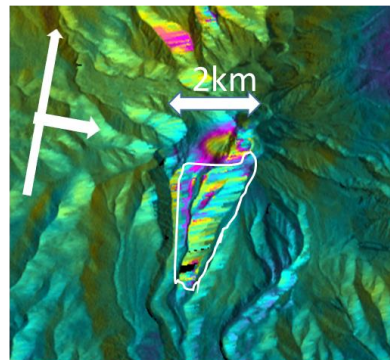
2014/09/28 – 2015/07/19
南行軌道, 左観測
オフナディア角: 46.4

38cmの距離増加/10ヶ月



2014/10/03 – 2015/11/13
北行軌道, 右観測
オフナディア角: 32.4
白線内: 非干渉領域

47cmの距離増加/13ヶ月



2015/06/12 – 2015/11/13
北行軌道, 右観測
オフナディア角: 32.4
白線内: 非干渉領域

9cmの距離増加/5ヶ月

図-1 ALOS2 干渉 SAR 結果

2014/10/03 – 2015/11/13

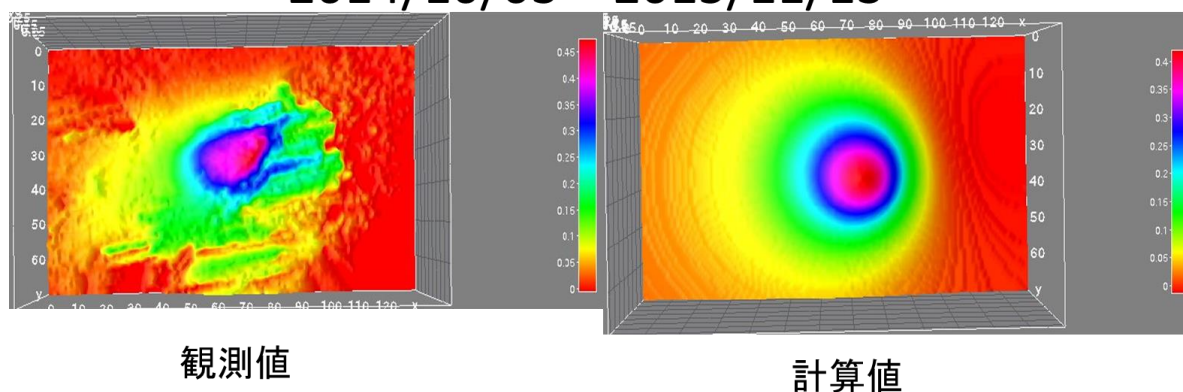


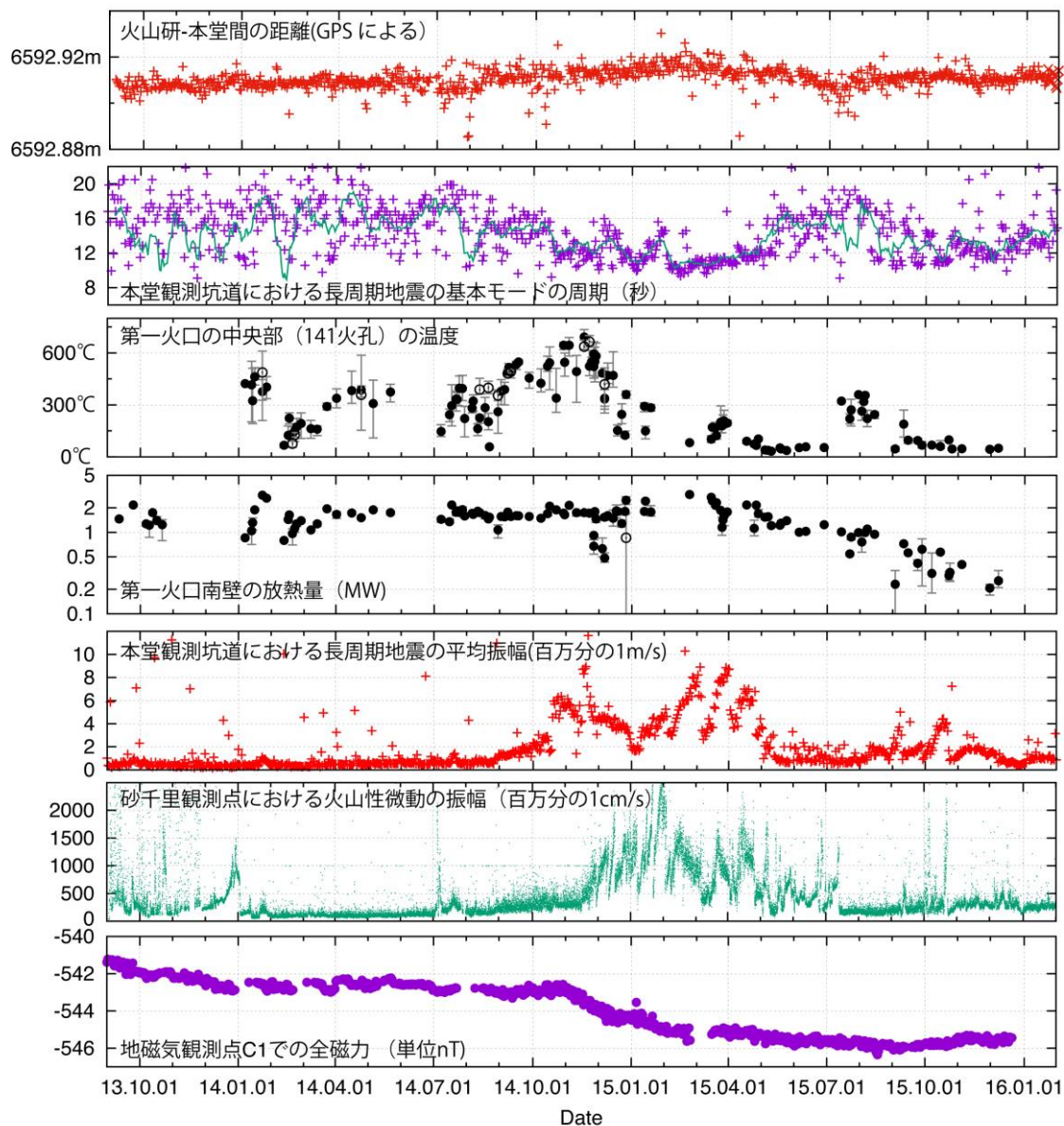
図-2 2014/10/03-2015/11/13 ペアに対する半無限媒質内球状圧力源フィッティング結果.
左が観測値, 右が計算値であり, それぞれの図の右側に付してあるスケールのレンジは,
0～約 0.5m である.

(成田, 村上)

謝辞: この解析に使用した ALOS2 のデータは, 火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通して宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から提供されたものである. 原データの著作権は JAXA にある. また, 干渉解析には, 小澤拓 博士が開発した RINC および国土地理院の 10m 標高を使用した. ここに記して感謝する.

阿蘇・中岳の活動状況

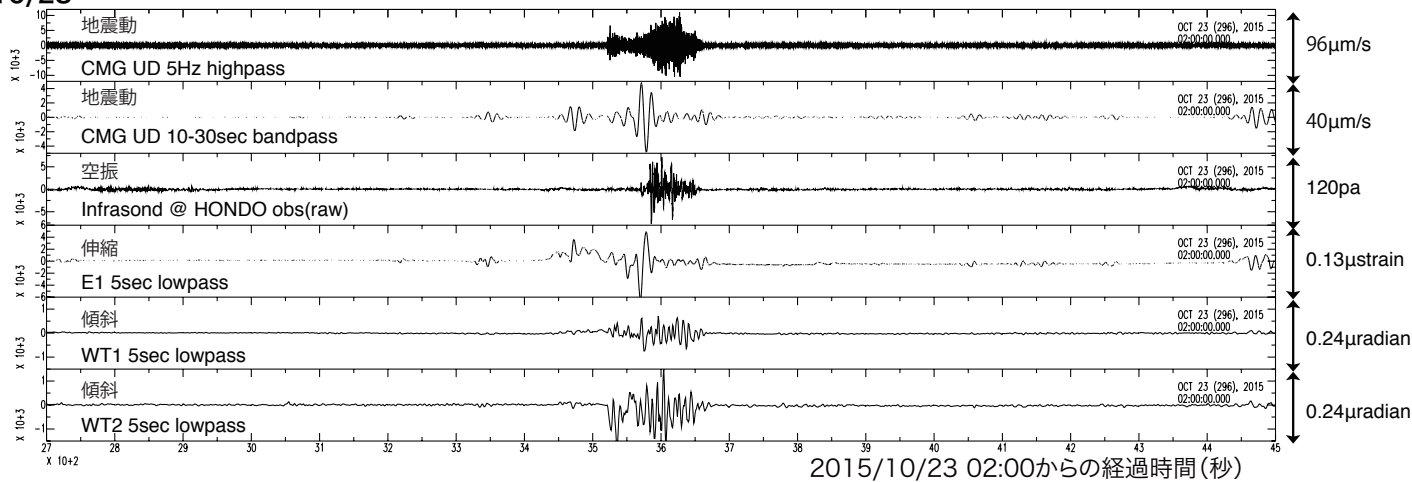
阿蘇・中岳の活動に関するデータについて、2013 年 9 月から 2016 年 1 月までを示す。



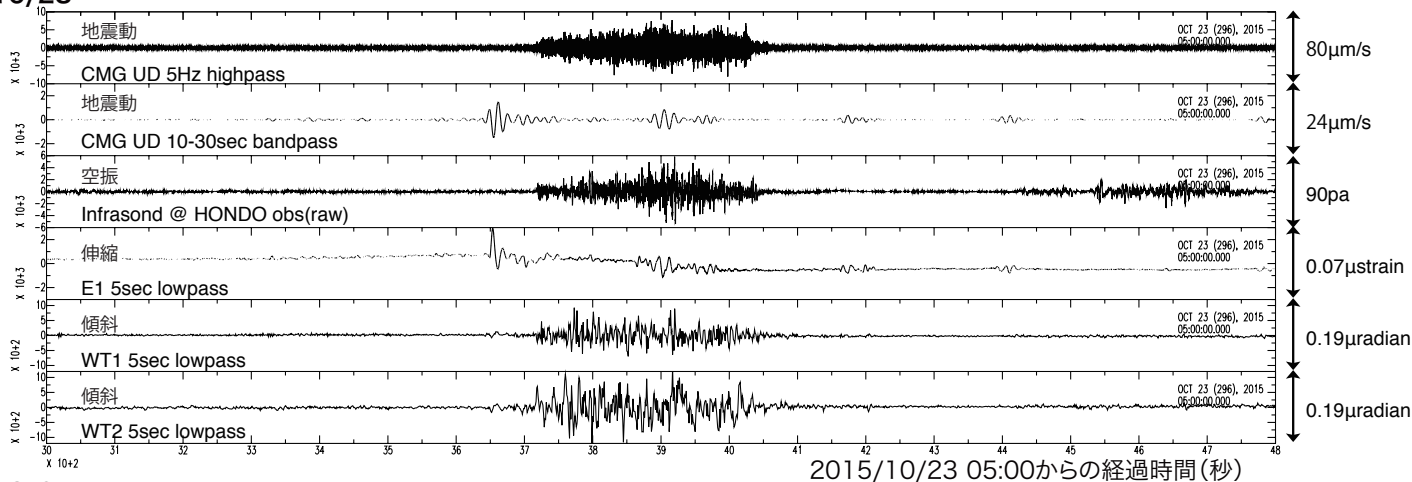
GPS による距離 (上段の図) は、従来は退縮傾向であったが、一連の噴火前に伸び転じ、2015 年 3 月以降短縮傾向でとなった。しかし、7 月以降は横ばいとなっている。微動の振幅や長周期地震の基本モードの周期などは、地下からの火山ガスの供給が低下していることを示しているが、また、増大する傾向も見えている。

2015年10月および12月に発生した4回の水蒸気噴火の本堂坑道および観測所での観測波形。いずれにも前駆的な伸縮変動がとらえられている。そのうち、10月23日6時の噴火前の変動継続時間が最も長い。

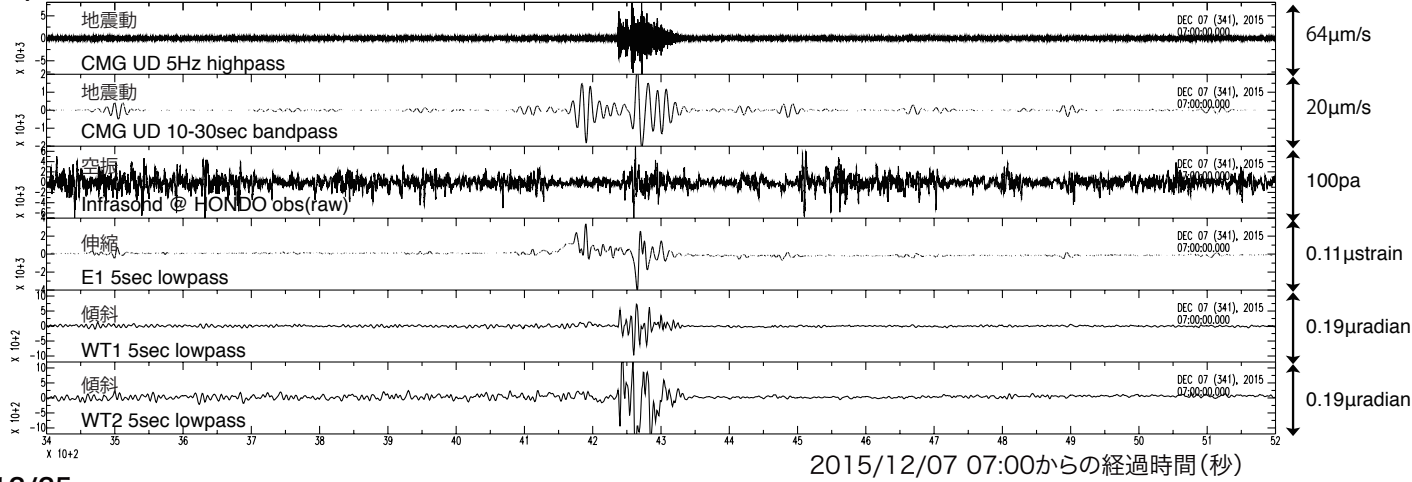
2015/10/23



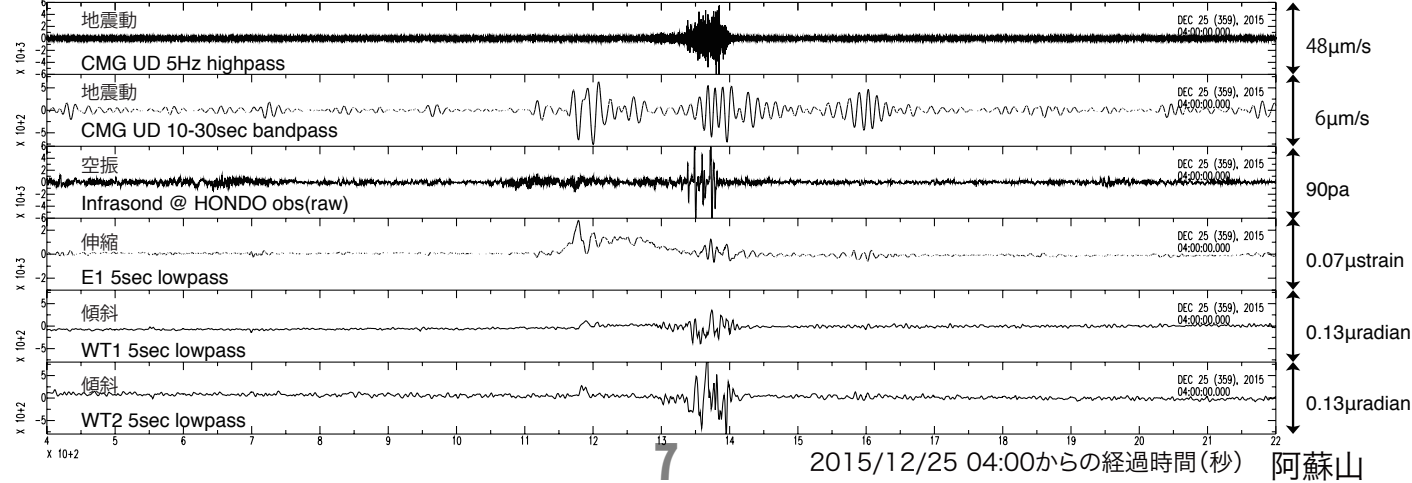
2015/10/23



2015/12/07

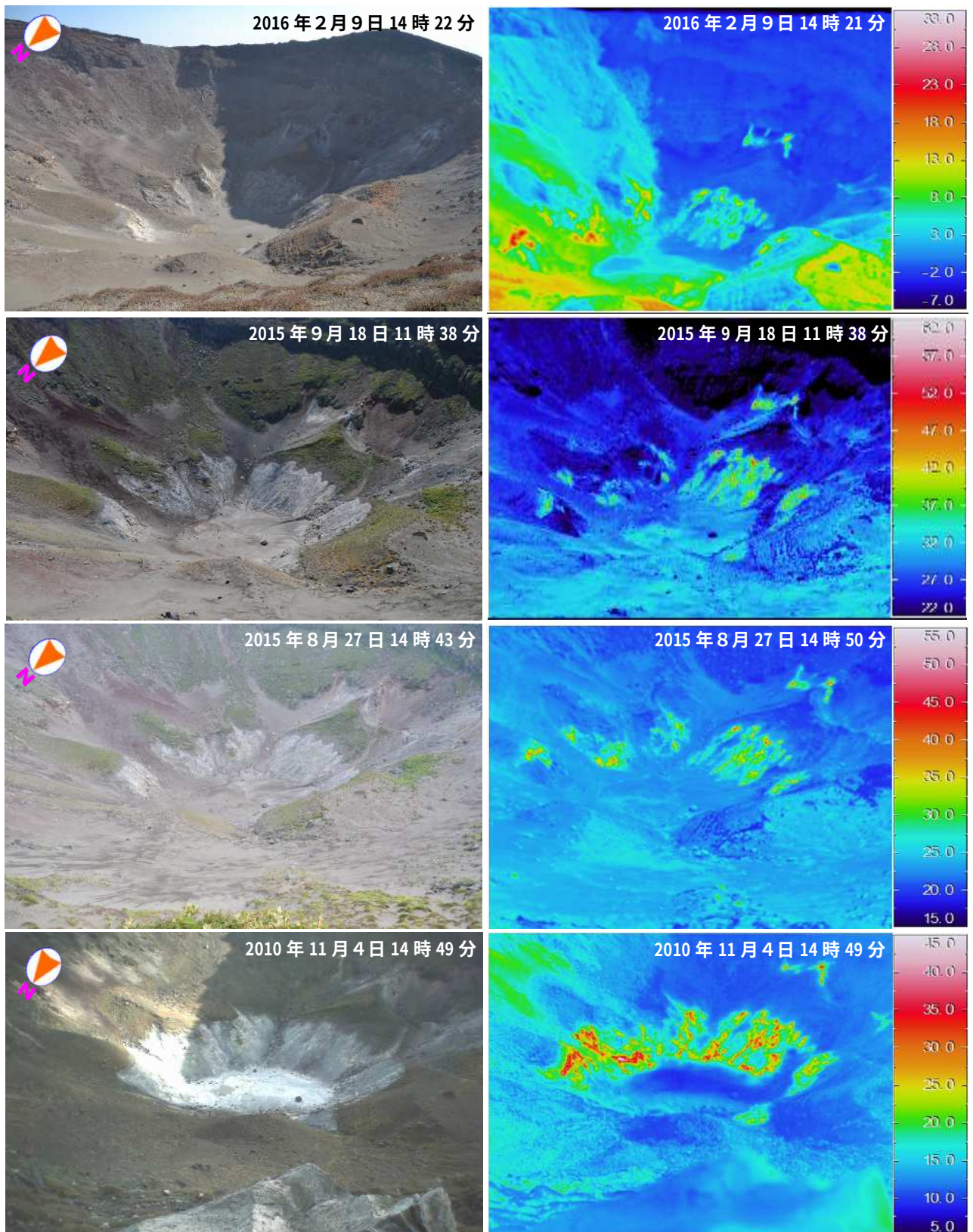


2015/12/25



霧島山（御鉢）追加資料

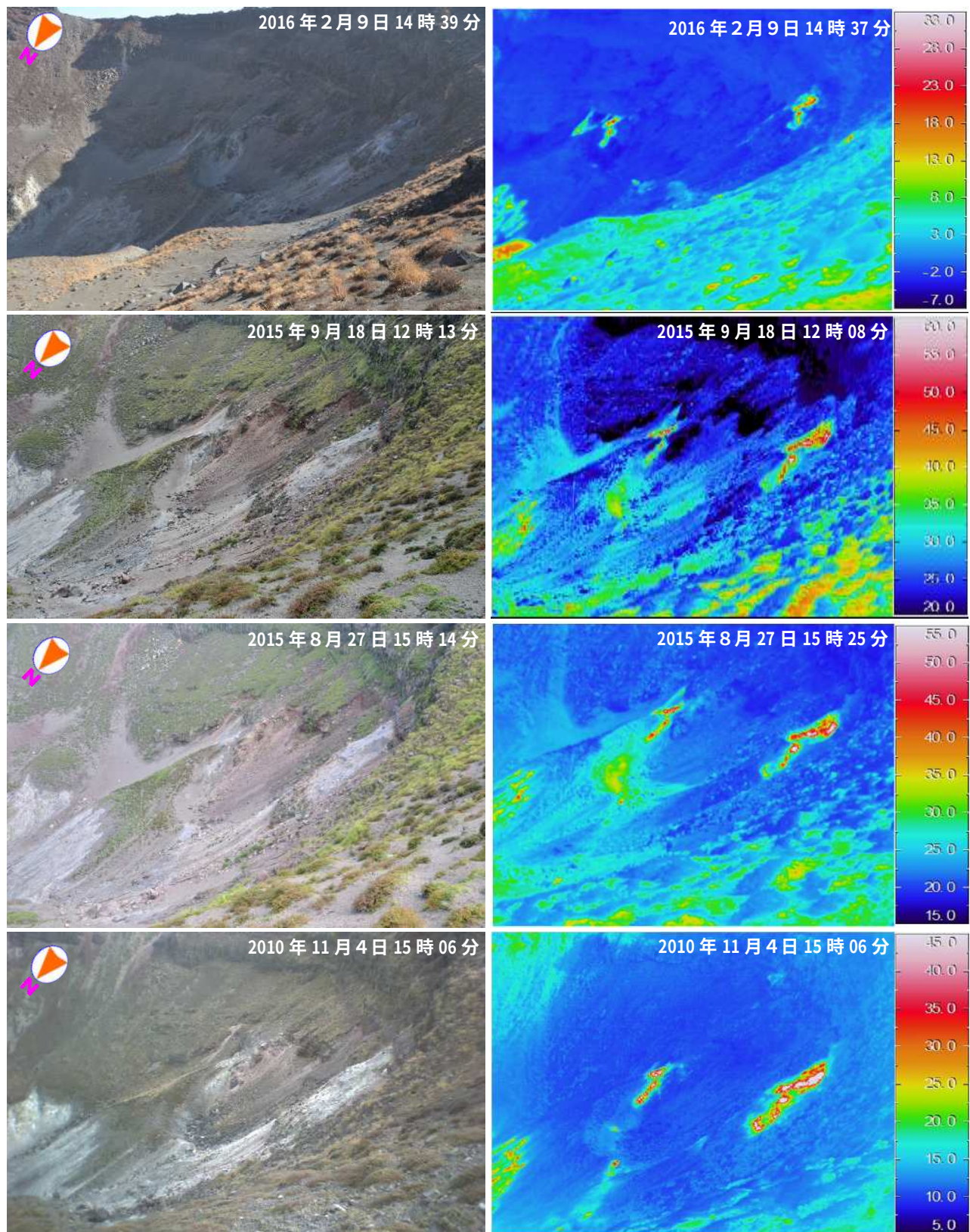
（2016 年 2 月 9 日現在）



第 1 図 霧島山（御鉢） 火口縁北西側から撮影した可視画像と赤外熱映像装置による地表面温度分布

火口底及び南西側斜面の熱異常域に大きな変化は認められなかった。

霧島山（御鉢）



第 2 図 霧島山（御鉢） 火口縁西側から撮影した可視画像と赤外熱映像装置による地表面温度分布

南西側斜面の熱異常域に大きな変化は認められなかった。

東海大学火山観測報告書： 霧島山えびの高原硫黄山の噴気について (2016・2・14)

東海大学・理学部・化学科 大場武, 谷口無我

序

気象庁の観測によると霧島山えびの高原硫黄山では 2014 年初頭から火山性地震の回数が増加し、2015 年 7 月には火山性微動が観測され、2015 年 12 月 15 日には硫黄山山頂火口内の南西側で弱い噴気の出現が確認された [1]。これらの観測結果は硫黄山の火山活動が活発化しつつあることを示し、噴気の化学組成や安定同位体比にも変化が予測される。一般に噴気にはマグマ起源の成分が含まれ、その組成は火山活動の盛衰に応じて変化する。今回の火山活動の推移を予測することを目的とし、2015 年 12 月 22 日に噴気の現地調査を行った。

試料の採取・分析

火山ガスの採取は図 1 に示す噴気孔で行った。噴気孔の位置は、北緯 31 度 56 分 48.3 秒、東経 130 度 51 分 10.5 秒であった。採取地点の様子を図 2 に示す。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。これは空気の混入を防ぐための措置である。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 5M KOH 水溶液 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 KOH 水溶液に吸収させた。これとは別に、噴気の $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比を決定するために、現場で KIO_3 -KI 溶液と噴気を反応させた。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。噴気の化学分析は小沢の方法[2]に従った。

結果

表 1 に化学組成および H_2O の安定同位体比を示す。噴気の温度は水の沸点に近く、HCl 濃度は検出限界以下であった。火山活動の良い指標とされる $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は、0.027 と低く、1994 年に採取した噴気[3]と大差がない。図 3 に採取した噴気の $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{S}$ 三成分比 (黒丸) を示す。ここで、S は SO_2 と H_2S の合計を指す。比較のために、1991 年と 1994 年に硫黄山、新燃岳、御鉢で採取した噴気の数値もプロットした。1991 年と 1994 年の硫黄山の成分比に対し、2015 年の成分比は CO_2 が増加している。図 4 に噴気に含まれる H_2O の安定同位体比を示す。今回採取した噴気の数値は、1991、1994 年に採取したものの噴気よりも安定同位体比が低い。図 5 に噴気の微量成分である N_2 , Ar, He の三成分比を示す。今回採取した噴気は 1991、1994 年に採取した噴気に比べて He が多い傾向が見られる。

考察

噴気の硫黄成分である SO_2 と H_2S は以下の反応について平衡に達している場合が多い。



式 1 の反応は温度に影響され、高温になると平衡状態は左に移動する。つまり、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比が上昇する。火山活動が活発化すると噴気の $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は上昇する場合がある [4]。2015 年 12 月に採取した噴気の $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は低い値であることから、熱水系浅部の温度が上昇している可能性は低いと考えられる。

今回採取した噴気は安定同位体比が特に低く (図 4)、凝縮の効果を受けているかもしれない。今回

の噴気は、これまで噴気の放出が停止していた変質地帯で出現している。火山ガスの流れが一度途絶えると、ガスの通路は冷却する。そこに再びガスが通るとガスが冷やされ、水蒸気が部分的に凝縮する可能性は高い。仮に水蒸気が凝縮する以前の同位体比を推定すると、図 4 で元の水蒸気は点線上に位置する。ここで凝縮は 100℃で起きると仮定した。ある水蒸気が部分的に凝縮し 70%が失われ、残りの 30%が今回採取した噴気に相当する場合を考える。この時、凝縮前の水蒸気同位体比は点線上の「0.3」の場所にプロットされる。この同位体比は 1994 年に採取した硫黄山の噴気同位体比に近い。次に、失われた H₂O を今回採取した噴気に付加し、元の H₂O-CO₂-S 三成分比 (○と十字を組み合わせた記号) を復元し図 3 に示した。この計算で凝縮による水蒸気の損失は 70%とした。復元された三成分比は 1991 年に硫黄山で採取した噴気の成分比に近い。

N₂-Ar-He 三成分比に関し、1991、1994 年に硫黄山、新燃岳、御鉢で採取した噴気は、安山岩質マグマに特有な端成分と空気起源成分の混合線状に分布する (図 5)。これに対し今回採取した噴気はこの混合線から外れ He に富む傾向が見られる。Kita らは南西日本の火山、例えば、雲仙普賢岳では He に富む端成分が存在していることを報告している[5]。硫黄山でこれまでと性質の異なるマグマが脱ガスしているか？あるいは火山ガスが地殻を上昇する過程で何らかの変化が N₂-Ar-He 三成分比に起きたのか？測定データが僅か一点なので、今後観測を繰り返し、He が多い傾向が真実なのか確かめたい。

結論

硫黄山で 2015 年 12 月に採取した噴気には水蒸気が部分的に凝縮した特徴が見られ、凝縮前の主成分組成は 1991 年に硫黄山で採取された噴気の組成に近いと考えられる。噴気には SO₂ が乏しく、2015 年 12 月時点で、地殻浅部の温度が上昇している可能性は低い。

謝辞

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。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。

文献

- [1] 霧島山 (えびの高原(硫黄山)周辺) の火山活動解説資料 (平成 27 年 12 月 15 日)
- [2] 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.
- [3] Ohba, T., Nogami, K., Hirabayashi, J. (1997) Hydrothermal system of the Kirishima volcanic area inferred from the chemical and isotopic composition of spring waters and fumarolic gases. Bull.Volcanol.Soc.Japan, 42, 1-15.
- [4] Ossaka, J., Ozawa, T., Nomura, T., Ossaka, T., Hirabayashi, J., Takaesu, A., Hayashi, T. (1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanol., 43, 207-216.
- [5] Kita, I., Nitta, K., Nagao, K., Taguchi, S., Koga, A. (1993) Difference in N₂/Ar ratio of magmatic gases from northeast and southwest Japan: New evidence for different states of plate subduction. Geology, 21, 391-394.

表 1. 硫黄山で採取した噴気の化学組成および安定同位体比

Location	Code	Date yy/mm/dd	Temp °C	Main component				
				H2O %	CO2 %	H2S %	SO2 %	R-gas %
硫黄山	f12	2015/12/22	97.2	98.4	1.42	0.0977	0.00268	0.0333
				R-gas				
				He	H2	O2	N2	CH4
				%	%	%	%	%
				0.063	0.520	0.044	98.5	0.120
				Ar				
				0.796				

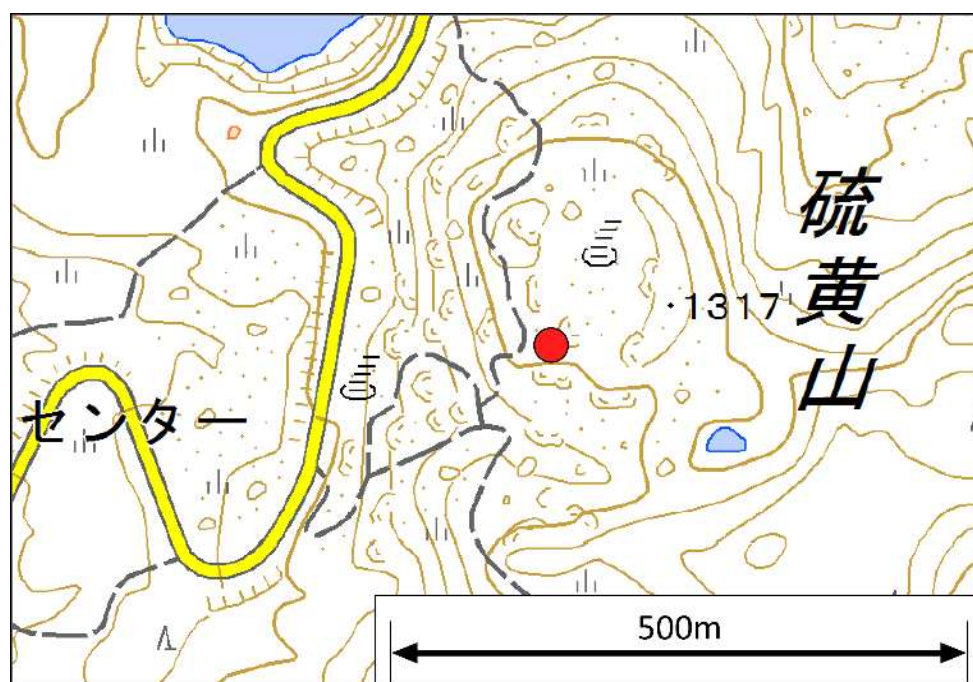


図 1. 試料を採取した噴気孔の位置 (赤丸). 2015 年 12 月 22 日において, 赤丸以外の場所に噴気は視認できなかった.



図 2. 噴気孔と採取の様子 (2015 年 12 月 22 日)

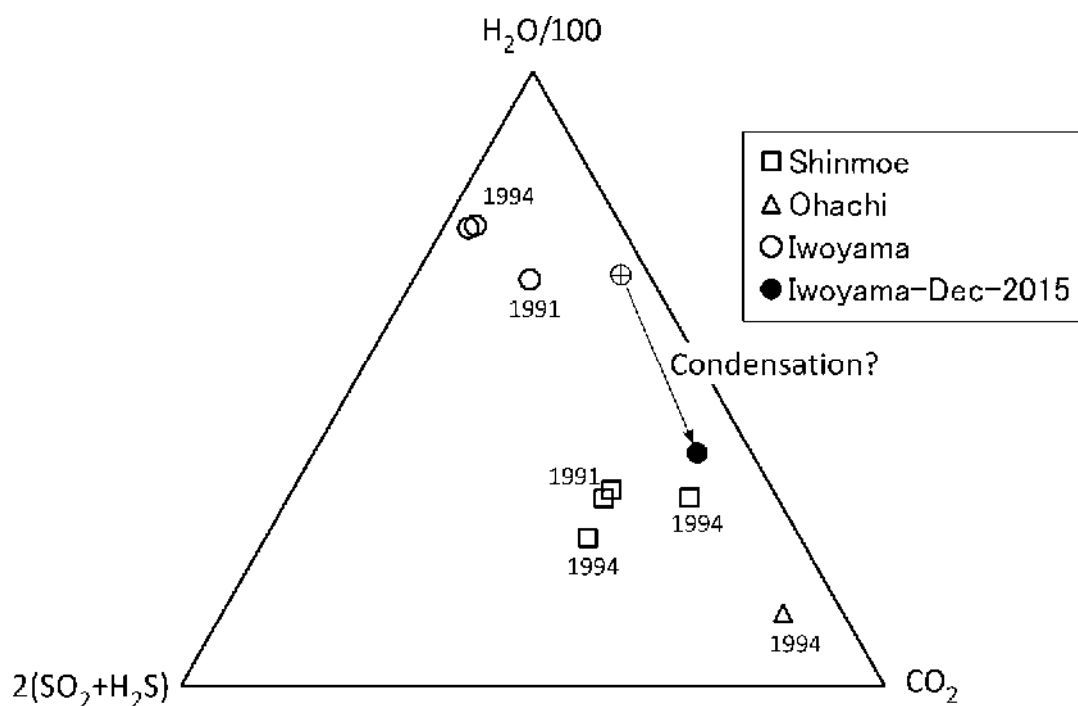


図 3. 霧島山噴気の $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{S} (\text{SO}_2+\text{H}_2\text{S})$ 三成分比. ○と+を組み合わせた記号は Iwoyama-Dec-2015 が水蒸気の部分的な凝縮を受ける前の仮想的な組成を示す.

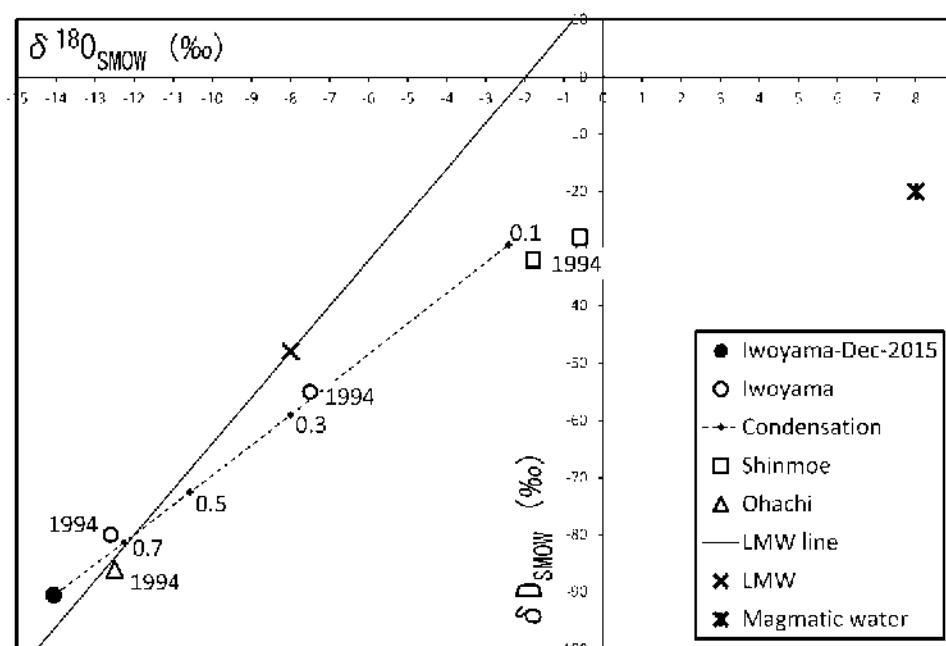


図4. 噴気に含まれるH₂Oの安定同位体比. 点線は凝縮に伴う同位体比の変化を示す. 例えば, 「0.3」の場所に位置する水蒸気の70%が凝縮し, 30%の水蒸気が残った場合, 蒸気の組成はIwoyama-Dec-2015 (黒丸) になる. 実線は天水線 ($\delta D = 8\delta^{18}O + 16$).

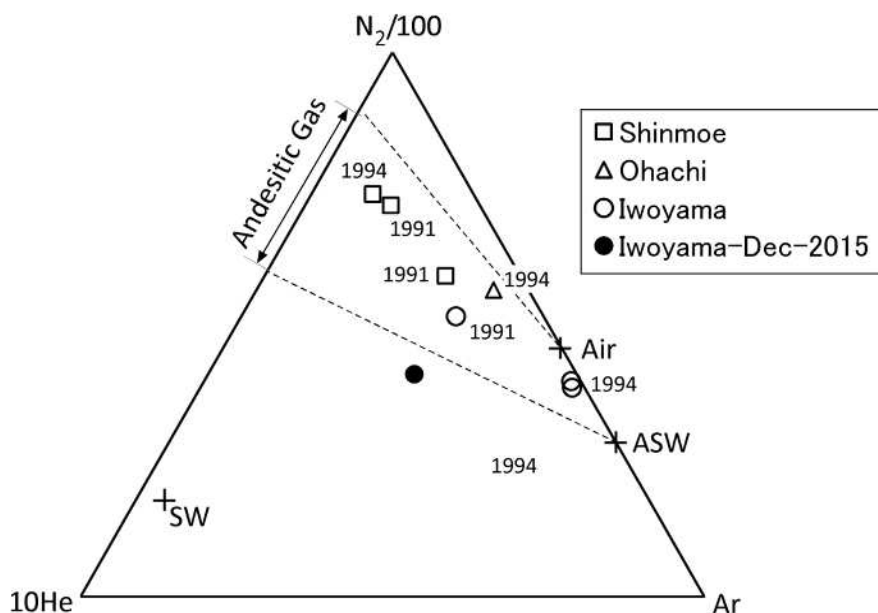


図5. 霧島山噴気のN₂-Ar-He三成分比. Andesitic Gasは島弧の安山岩質マグマに固有な端成分. ASWは空気に飽和した水に溶存する成分. SWはKita et al (1993)が提唱した南西日本の火山に見られるHeに富む端成分.

桜 島（追加資料）（2016 年 2 月 10 日現在）

噴火 番号	爆発 番号	噴火種別 (Ex or Er)	噴火発生時刻 yyyy/mm/dd hh:mm	噴 煙					振動		爆発 音	体感 空振	空振(Pa)					噴石 [合目]	火 砕 流 [km]
				色	量	高(m)	流向	火口	横山 [μm] (横山2)	瀬戸上下動 [mkine] (瀬戸2)			横山 (横山2)	瀬戸 (瀬戸2)	東郡元 (O点)	有村	あみだ川		
1	1	Ex	2016/2/5 18:56	GW	4	2200	SE	S	8.4	12.7	-	2	9.1	48.1	13.8	98.3	22.8	3	-
2	-	Er	2016/2/8 7:08	GW	3	2100	SE	S	1.6	2.3	-	-	1.3	8.5	2.1	13.4	2.6	-	-
3	2	Ex	2016/2/8 8:41	GW	4	2500	SE	S	2.4	4.8	-	-	1.4	10.0	2.2	15.2	3.2	4	-
4	-	Er	2016/2/8 9:41	GW	3	1000	SE	S	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	-
5	-	Er	2016/2/8 17:12	GW	4	2000	SE	S	0.6	1.2	-	-	0.2	1.4	X	2.4	0.5	-	-
6	-	Er	2016/2/8 20:46	GW	>3	>1000	E	S	2.8	4.5	-	-	0.6	3.8	X	7.6	2.0	7	-
7	-	Er	2016/2/8 23:23	GW	>3	>1000	E	S	1.0	2.5	-	-	0.4	3.1	X	6.0	2.2	7	-
8	-	Er	2016/2/9 3:02	GW	>3	>1000	E	S	1.9	3.6	-	-	0.5	4.8	X	7.0	1.4	7	-
9	-	Er	2016/2/9 8:05	GW	3	1000	SE	S	2.5	6.8	-	-	0.6	3.8	X	6.0	X	8	-
10	3	Ex	2016/2/9 20:06	GW	2	700	SE	S	3.6	3.3	-	-	1.7	15.7	2.2	19.5	4.2	6	-
11	4	Ex	2016/2/10 16:51	GW	2	800	S	S	0.7	1.5	-	-	5.6	18.4	9.8	51.8	7.5	5	-
12	-	Er	2016/2/10 23:05	GW	3	1000	SE	S	0.5	0.9	-	-	0.4	2.0	1.2	3.7	0.9	6	-
13	-	Er	2016/2/11 0:20	GW	3	1500	SE	S	1.8	4.0	-	-	0.7	5.3	1.6	5.9	1.9	7	-
14	-	Er	2016/2/11 0:38	GW	3	1800	SE	S	0.7	0.9	-	-	0.6	3.0	X	5.4	1.1	8	-
15	5	Ex	2016/2/11 1:35	GW	3	1900	SE	S	4.2	7.6	-	1	4.3	18.5	7.8	32.7	9.5	6	-
16	-	Er	2016/2/11 1:45	GW	3	1200	SE	S	0.4	0.7	-	-	X	0.2	X	0.4	X	-	-
17	-	Er	2016/2/11 6:43	GW	3	1000	SE	S	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	-
18	-	Er	2016/2/11 8:02	GW	3	1000	SE	S	X	0.1	-	-	X	X	X	X	X	-	-
19	-	Er	2016/2/11 8:46	GW	3	1200	SE	S	X	0.1	-	-	X	X	X	X	X	-	-
20	-	Er	2016/2/11 10:39	GW	3	1300	W	S	0.2	0.2	-	-	X	X	X	X	X	-	-
21	6	Ex	2016/2/11 22:46	GW	3	1300	NW	S	3.7	3.5	-	1	18.8	46.5	18.3	61.1	25.5	5	-
22	-	Er	2016/2/11 22:56	GW	3	1200	NW	S	1.0	1.8	-	-	0.2	0.6	X	X	0.4	8	-
23	7	Ex	2016/2/12 17:05	GW	3	1600	N	S	9.9	13.3	-	1	11.4	33.2	10.9	51.7	21.8	5	-
24	-	Er	2016/2/12 17:17	GW	3	1100	N	S	1.7	3.5	-	-	0.1	0.4	X	0.8	X	-	-
25	8	Ex	2016/2/13 2:16	X	X	X	X	S	6.7	8.1	-	1	8.2	32.5	8.1	52.0	16.4	6	-
26	9	Ex	2016/2/13 14:42	X	X	X	X	S	1.9	2.5	-	X	4.3	28.1	X	31.1	15.4	X	-
27	10	Ex	2016/2/13 17:32	X	X	X	X	S	2.3	2.8	-	X	1.5	10.0	X	13.8	5.0	X	-
28	11	Ex	2016/2/14 4:20	X	X	X	X	S	1.7	3.1	-	X	2.6	32.4	3.1	42.9	10.6	5	-
29	12	Ex	2016/2/14 10:21	X	X	X	X	S	4.1	9.5	-	X	1.8	13.4	X	18.2	4.9	5	-

第1図 桜島 噴火観測表（2016 年 1 月～2 月 16 日 17 時）

昭和火口では、2016 年 2 月 5 日以降、時々噴火が発生している。

2 月 16 日 17 時までには 29 回の噴火があり、そのうち爆発的噴火が 12 回である。