# 第 141 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2) 草津白根山

平成 30 年 6 月 20 日

# 火山噴火予知連絡会資料(その2)

# 目次

気象庁(気象研、地磁気含む) 3-49

東工大 50-64

東海大 65-72

防災科研 73-77

地理院 78-86

草津白根山降灰・噴石合同調査班 87-110

# 草津白根山 (2018年6月7日現在)

## 白根山(湯釜付近)

4月21日頃から湯釜付近を震源とする火山性地震が増加し、地震活動は、 4月22日以降、やや低下してはいるものの、増減を繰り返しながら継続して いる。また、地震活動開始とほぼ同時期の4月22日頃から、湯釜周辺の傾斜 計で、地殻変動が観測されていて、湯釜付近浅部の膨張の可能性も考えられ る。

湯釜火口から概ね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。また、噴火時には、風下側では火山灰だけでな く小さな噴石が風に流されて降るため注意が必要である。

## 〇 概況

#### ・地震活動(図1~10、図24~27)

4月21日から湯釜の北東側海抜1000m付近を震源とする地震が増加し、震源の深さ は活動当初は、海抜1000m以下であったが、4月22日頃から24日頃には、それより も浅い地震がみられた。発生した地震は、ほとんどがA型地震であるが、BL型地震も 4月21日から23日頃に観測された。

地震活動は4月22日11時頃以降、低下したものの、増減を繰り返している。4月 30日18時頃には、一連の活動では最大規模(M1.0(渡辺の式による))の地震が発生 した。震源は、これまでの震源域からやや北に外れた位置の海抜1000m付近である。 この地震発生前後で、地震が増加することはなかった。5月13日13時頃から15時頃 にかけて、湯釜付近を震源とする地震がやや増加し、BL型地震も観測された。5月26 日1時頃から6時頃にかけても、湯釜付近を震源とする地震がやや増加したが、A型 地震やBH型地震などの高周波の地震がほとんどであった。

#### ・噴煙など表面現象の状況(図 17~23)

奥山田監視カメラ(湯釜の北約1.5km)による観測では、4月21日頃から湯釜北側 噴気地帯の噴気が減少したが、4月23日には元の状態に戻った。4月22日に実施し た現地調査でも、湯釜北側噴気地帯の噴気孔から噴気量の少ない状態が確認された。 東京工業大学の監視カメラ(湯釜火口内)では、湯釜火口内に噴気は認められず、そ の他の状況にも特段の変化は認められない。

4月26日に実施した上空からの観測では、湯釜火口壁北側、水釜火口の北から北東 側斜面の噴気や熱異常域は活発な状態が継続している。

3

この資料は気象庁のほか、関東地方整備局、国土地理院、東京工業大学、東北大学、東京大学、京都大学及び国立研究開発法人防災科学技術研究所のデータを利用した。

地震活動の活発化とほぼ同時期の4月22日から、湯釜東(東工大)で西北西方向、 湯釜西(東工大)で南東方向、湯釜南(東工大)で北東方向が上昇する傾向の傾斜変 動が観測されている。この傾斜変動については、湯釜付近の地下浅部の膨張の可能性 もあるが、毎年、同様の変動がみられていることから、季節変動の可能性も否定でき ない。4月21日~22日頃、4月30日、5月6日、5月13日にも、湯釜付近浅部の膨 張の可能性も考えられるわずかな地殻変動が観測された。

GNSS 連続観測では、湯釜付近浅部の膨張を示す顕著な変動は観測されていないが、 2018 年に入ってから、草津白根山の北西もしくは西側の深部の膨張を示唆する可能性 のある変化がみられている。5月下旬に湯釜火口付近で行った GNSS 繰り返し観測では、 湯釜付近を挟む基線で、伸びの傾向に反転している可能性がある。



### 図1 草津白根山(白根山(湯釜付近)) イベントタイプ別地震日別回数(2017年1月1日~2018年 6月13日)

・4月21日頃から湯釜付近を震源とする地震が増加しだした。
 ・発生した地震の多くは、A型及びBH型地震であったが、4月21~23日、5月13日にはBL型地震が、ややまとまって発生した。
 ・逢ノ峰付近を震源とする地震は、3月後半から5月前半にかけて観測されていなかったが、5月後半から再び観測されている。本白根山火口付近の地震活動に変化はない。

草津白根山



図 2 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 湯釜付近の火山性地震の時別回数とその最大振幅 2018 年 4月10日~6月13日)(地震回数は水釜北東観測点のUD成分1µm/sec以上を計数)

・4月21日頃から増加した地震は、22日11時頃をピークに減少したが、5月13日、5月26日に 一時的にやや増加するなど、やや多い状態が続いている。
・発生した地震は、ほとんどがA型及びBH型地震であるが、BL型地震も、4月21日から23日頃、 5月13日にややまとまって発生した。5月26日はBL型地震はそれほど発生していない。

・4月30日18時頃には、一連の活動では最大規模のA型地震が発生した。この地震発生前後で、地震が増加することはなかった。

6

A型地震

BH 型地震





図3 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 湯釜付近の火山性地震の波形例(青葉山西 UD)

 A型地震は、P、S相が比較的明瞭な高周波地震で、BH型地震は、相が不明瞭な高周波な地震。BL 型地震は卓越周期が約0.3秒以上の低周波な地震。





- 図5 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 震源分布図(2014年1月1日~2018年6月13日) ●:2014年1月1日~2018年4月20日 ●:2018年4月21日~6月13日 図中のマグニチュードは渡辺(1971)の式を用いている。
- ・2018 年 4 月 21 日以降の地震活動の震源は、従来の震源のやや北東部に位置する。深さは従来と大きな違いはない。
- ・2018年4月30日18時頃の地震は、最近数年では最大規模の地震であった。

草津白根山



・活動当初は、海抜1000m以下であったが、4月21日頃~23日頃には、それよりも浅い地震がみられるようになった。その後は、再び、海抜1000m前後で経過している
 ・5月13日のやや増加時も、海抜1000m以下の地震がみられた
 ・5月下旬以降は、海抜1km以上の浅い地震が目立つ



- 図7 草津白根山(白根山(湯釜付近)) DD 法により再計算した震源分布図(2018年4月21日~2018 年6月11日)
- ・震央分布は、北東-南西に分布しているようにみえる ・4月 30日 18 時頃の地震は、やや北にずれる ・5月下旬以降は、海抜 1 km 以上の浅い地震が目立つ ・時空間分布及び図 5 を見ると、震源が広がっているようにはみえない



図8 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 初動押し引き分布(下半球投影)

・ほとんどは正断層でも説明できるタイプで、特に変化はない。2017 年 8 月以降もこのタイプがほとんどである。

・4月30日18時頃の地震(赤枠)は、北西-南東圧縮軸の逆断層型にみえ、それ以外の地震と、や や押し引き分布が異なる。このタイプの地震は、2017年8月以降、時折みられる程度である。



図 9 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 4月22日11時47分頃の湯釜南西広帯域地震計による超長 周期地震(図 12-1参照)の生波形(上段)と0.5Hzのローパスフィルター波形(中段)とその 積分による変位波形(下段)





図 10 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 4月22日11時47分頃の超長周期地震のLPF0.5Hzの変位 波形(図9下段)の振動軌跡(Oが始点)

・傾斜変動がみられた4月22日11時47分頃には、湯釜南西広帯域地震計で、周期約10秒の超長周 期イベントが観測された(図9)。 ・その振動軌跡をみると、湯釜方向から押しできており、湯釜付近での膨張を示唆する(図10)。



・4月22日頃より、湯釜南(東工大)で北東上がり、湯釜東(東工大)で北西上がり、湯釜西(東 工大)で南東上がりのわずかな変動が見られている。この変動は季節変動の可能性もあるが、地震活 動開始ともに始まっているので、火山活動による可能性も否定できない。 ・4月22日(①)、30日(②)、5月6日(③)及び13日(④)にもわずかな変動がみられている(赤 破線内)。



図 12-1 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 図 11 の①及び②の期間の傾斜変動記録とその変動ベ クトル(上段時系列図中の青矢印:湯釜南(東工大)の傾斜変動、赤矢印:湯釜西(東 工大)の傾斜変動)

気象庁



図 12-2 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 図 11 の③及び④の期間の傾斜変動記録とその変動ベクト ル(上段時系列図中の青矢印:湯釜西(東工大)の傾斜変動)

•	4月22日11時頃(①)、4月30日8時頃~5月2日(②)、5月6日11時頃~5月6日22時頃
	(③)、5月13日13時頃(④)にも、わずかな地殻変動が観測された。この変動は、湯釜付近浅
	部の膨張もしくは開口でも説明可能である。
•	4月22日11時頃(①)と5月13日13時頃(④)の傾斜変動については、地震活動が伴ったが、
	それ以外のものは伴わなかった。





- 図 14-1 草津白根山(白根山(湯釜付近)) GNSS 基線長変化(①~⑦)及び面積ひずみ変化(⑧⑨) (2013 年 1 月 1 日~2018 年 6 月 13 日)
- ・GNSS 連続観測では、2016 年以降、逢ノ峰南東観測点が長期的に南に動く変化以外は、顕著な変化 は無い



図 14-2 草津白根山(白根山(湯釜付近)) GNSS 観測点配置図

長野栄(国) (南北)	>		1cm		長野栄(国)	(東西)	Į.,		· 1cm				- 3 Ba	State State	n Bantan da
فالدين والالالالالالالا	and sheets	in the second	all season	-	and the	Mar .	1000	-	Record	and a	1. 1	i dan	29 - 24	AN CARL	100
er ni znazane	Section 2		1.0	-	1997	1.1			in contraction	State and	Sec. 1	1991	194	1. 1. 1.	100
							- · ·				185 3 200			2cm	100
2014	2015	2016	2017	2018	20	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
淡峙(南北)		1cm	1		渋峠(東西)		1cm	7	cal tak		淡峙(上下)	>		2cm	
			i i				L'AR	25.20	5 M A	See and	200	a de la las	Sector Sector	8 Stanley	Sec
in interest	Sec. 10 mil			a the se	1. 11.	Carlos Martin					Trace and	and the second	1997 - 199	1	
and the second	1.64	Allow Shell	Sec. 14	1	3544548				1		1.00				
2014	2015	2016	2017	2018	20	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Maria 🔪			1cm		逢ノ峰南東	(東西)			1cm		逢ノ峰南東(上下	).		2cm	
1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1				¥			7	de la	في الم	in stand		10010	Sec. 24	Margar 1	1 826
	N.Y			1. C.		1	See.	HER MELS	a superior de la compañía de la comp		and the second	1.00	27 P. P.	1000	100.00
	Non-		Same -	. X	and a string					1.1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1			1.1	6 C
逢ノ峰南東(南北)	1.0	Criffed an Arith	Section Section		and second										
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
青葉山西(南北)			1cm		青葉山西(3	東西)	1.6	in the second	bitting . c.	1.2045	青葉山西(上下)	·	Con the	Historia	فنفلتغ
Statistic relation							573	See Level			States of			1202	
1. S.		a san a	فتقسد تحسن	is Ma	× 10-67-8	1.540				* 1		120		1.1.4.4	2.1.3
-	2000	55.00 M		57	4.3.5	1 A A			1cm					2cm	
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
No. Walland			1cm		草津(国) (	東西)	7	20	1cm		草津(国)(上下)		and the	Sec. 10	
and the second se		2 12	- The State of a	in s		1	in the		n statisticona	W.S.	San Saint Sta	Sec. 1	1000		14,100
	Safety Ba	New Colores	a second to	AND SEC	10.00			1 113	1999 B				1994 - P. J.	0.084.63	8 (A) (A)
草津(国) (南北)					100		1	1.0	1000	1111	2.481.0	1.24		2cm	
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
谷沢原(防)(南北)			1cm		谷沢原(防)	)(東西)	1	XXX Car	843 A.	156 36	谷沢原(防)(上下	)	1. 18 200	1000	33 No
	Bariel	م م	a second		L			199 - C. A.	an ta	62m (8		389 	9 - A - A - A - A - A - A - A - A - A -	State Product	
	1000	a we have been	Section of the sectio	in en als			1.1	×	1cm	· ·		-5.5	1.51	2cm	
2014	2015	2016	2017	2018	20	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Sec.			1cm		干俣(防)(	東西)			1cm		干俣(防)(上下)	1	1000 64	Sec. 10	1.2
100						hickory		in the second	the last	and in	and the	Crew States			and a second
干俣(防) (南北)	1000	100 100	Res Land	1000	•	and the	8. Sec. 60	stanie stille	a week	a state		877), P 1	1 A 12	1 N N	21
												· ·		2cm	
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
仙乃入(南北)			lcm		仙乃入(東南	백)			lcm		仙乃入(上下)	-		2cm :	× 9
				-	·	and a		-				1	10	3. A.	
i sanaka			1.		10 884	- 18 A	1000				2 Carton	25	· 美子	- <b>9</b> 98- 0	
an dara da	See See	× 42	and the second	and the second			1	· · · ·	8 P. 1	22, 22				- 19	
2014	2015	2016	2017	2019		014	2015	2016	2017	2019			2016	2017	2019
2014	2015	2016	2017	2018	- #1 [2/01-1	(14	2015	2010	2017	2010	2014	2015	2010	2017	2018
二軒屋(防)(南北)	1. 100	. Salar	acres and		早†/座(防)	(東四)	-	and the second	and the second	-		)	1.2.5	area and	
		Same adding	electron and	1. 2.44				1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.8° Mili		1.6	1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 -	ALC: NO DECISION	
2014	2015	2016	1cm	2018	21	014	2015	2016	• 1cm	2019	2014	2015	2016	2017	2019
2014	2013	2010	2017	2010	(国)	(南西)		2010		2010	中之冬(国)(上下	2013	2010	2017	2010
	Sec. Sec.	الجنوب وجناد	Carlon and a	-	+-<	(****)	. Sector	and the second	and the second	Section Sectio	+~×(m)(1)	in ritriud	in the second second	a a grades	CHE ST
由う名(国)(あ44)			1.00		105 104	and the second	ROCK COL	- 1954 - 1954	licm	and the la		100	AN ALWAY	12cm	2 2
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
嬬恋(国) (南北)			1cm		602 -	· · .	14	>	1cm		嬬恋(国)(上下)			2cm	
	1	7	47	4 Vin			a former	Nin Line	See . Sec.		and the stand	Science of a	Read Ball	Serie Mars	39.00
National Contraction	Sec. Sec.	(manine) into	Constant of the owned	1	嬬恋(国)(	<b>車</b> 西)	1 Cardina	1.2		Martin a.	Constant of the second s	20.30.20		1217 Jan 1912	1.0
2014	2015	2016	2017	2018	2	014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
					-										

図 15 草津白根山 GNSS 観測による各観測点の変動(2013年1月1日~2018年5月26日)

・(国)国土地理院の観測点、(防)防災科学技術研究所の観測点を示す。

・地震やアンテナ交換等によるステップ、季節変動、長野栄(国)のトレンドを除去した.

・ 嬬恋(国)は、浅間山の膨張性地殻変動の影響を受けている。(図中の水色矢印)

2014 年から 2015 年にかけて発生した草津白根山の北西の深部膨張による変化(図中の 灰色矢印)と類似した変化(図中の緑色矢印)が 2018 年に入ってから,幾つかの観測 点で確認できる.

逢ノ峰南東では2018年1月の噴火に伴う変化(図中の黒色矢印)が確認できる





・湯釜付近を挟む基線で、縮みの傾向から伸びの傾向に反転している可能性がある。





図 18 草津白根山(白根山(湯釜付近) 水釜火口北側及び北東側斜面の状況及び地表面温度分布. (赤丸は同じエリアを示す)

・上空からの観測では、湯釜の北側付近地帯の地熱活動は活発な状態が継続している。



・4月26日に実施した上空からの観測では、水釜火口の水の色が、以前に比べややエメラルドグリ ーンになっていた。



・4月22日の観測では、噴気はほとんど認められない状態であったが、4月27日の観測では、噴気の状態は元の状態に戻っており、その後も噴気の状況に変化は認められない。





図 21 北側噴気地帯の新たな陥没孔(2018 年 4 月 22 日)



図 22 上空からの観測による北側噴気地帯の様子(左: 2018 年 2 月 14 日 右: 2018 年 4 月 26 日)

25

- ・4月22日の観測で、湯釜の北側噴気地帯で、新たな陥没孔が確認された。
- ・この陥没孔は2月14日の観測では確認できない。







図 23 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 赤外熱映像カメラによる水釜北東噴気地帯のそれぞれの領域(A~D領域)の日最高温度と地熱兆候がない領域の日最高温度(E領域)の差(2017年9月1日~2018年5月23日)

・今回の地震増加前後で、水釜北東噴気地帯の噴気温度に特段の変化は認められない。

#### 第141回火山噴火予知連絡会



- ・2011 年 3 月 11 日の東北太平洋沖地震後に山田峠時付近の地震が増加し、その後は落ち着いた状態 で経過していた。
- ・5月27日に傾斜変動を伴う火山性微動が発生した。その後、逢ノ峰付近の地震が一時的に増加した。
- ・地震活動はいったん収まったが、6月5~9日に湯釜付近の地震が急増した。発生した地震はA型 地震や BH 型地震で、BL 型地震の発生頻度が上がることはなかった。
- ・その後は、地震活動は静穏に経過した。
- ・全磁力変化や GNSS では、変化は観測されなかった。



図 25 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2014 年の地震活動

- ・2014 年3月上旬に、逢ノ峰付近の地震が発生後、湯釜付近の地震が増加した。発生した地震はA型及び BH 型地震であった。その後、地震活動は増減を繰り返した。
- ・2014年4月頃には、傾斜計で湯釜付近の膨張を示す地殻変動が明瞭になった。その後、傾斜変動 レートは徐々に増加し、2014年7月頃で最大となったが、その後は徐々に減少した。
- 5月の観測では、湯釜北側噴気の H2S 量が減少しているのがわかった。
- •7月には、BL型地震が目立ち、また湯釜直下の熱消磁を示すわずかな全磁力変化や湯釜の湖水の CIやF、S04の増加傾向がみられ始めた。
- ・8月中旬には、地震活動はやや落ち着いたが、傾斜変動はその変動レートが低下しつつも膨張傾 向や全磁力変化は2016年初め頃までつづいた。また、湖水のCI, F, S04量も2017年1月頃まで増 加傾向が続いた。



図 26 草津白根山(白根山(湯釜付近)) 2018 年の地震活動(2018 年 1 月 1 日~2018 年 6 月 13 日)

29

気象庁



30

## 本白根山

1月23日の噴火以降、噴火は発生していない。 本白根山火口付近ごく浅部の地震活動が継続していること、1月23日の噴 火が特段の前兆現象のない状態で発生したことから、しばらく火山活動の 推移に注意する必要がある。

## 〇 概況(2018年2月~2018年5月)

・噴気等の表面現象の状況(図 28 - ①、図 31~33)

1月23日の噴火以降、噴火は発生していない。噴火後、鏡池北火口北側の火口列 付近で、ごく弱い噴気がときどき観測されたが、2月22日を最後に観測されていな い。

2月14日及び4月26日に実施した上空からの観測、5月9日から10日にかけて 実施した現地調査では、火口周辺に顕著な地熱域は認められなかった。また、観測中 に火口周辺に噴気は認められなかった。

#### · 地震活動(図 28~30、図 34~35)

噴火直後に多発した本白根山火口付近ごく浅部の地震活動は、継続しているが徐々 に低調になっている。3月中旬頃からは火山性地震が観測されない日がみられ始め、 5月頃からは地震の発生頻度がさらに低下している。

· 地殻変動(図14)

GNSS 連続観測では、噴火に伴う変化以外に特段の変化は認められない。



- ・噴火直後に活発化した本白根山火口付近ごく浅部の地震活動は、増減を繰り返しながら減少し、5 月頃からはさらに発生頻度が低下している。
- ・ 逢ノ峰付近の地震(A型地震)は、3月後半から5月前半にかけて観測されていなかったが、5月 後半から再び観測されている。
- ・1月31日以降、風が弱く気温が低い午前中に、鏡池北火口の北側の火口列でごく弱い噴気が時々 観測されていたが、2月22日を最後に観測されていない。

32



- 図 29 草津白根山 (本白根山) 本白根山火口付近の地震活動 (2017 年 12 月 1 日~2018 年 6 月 13 日) (上段:青葉山西 UD で 0.1 µm/sec (逢ノ峰南東 2 UD で 10 µm/sec 相当)以上、下段:逢ノ峰南東 2 UD で 3 µm/sec 以上)
  - ・本白根山火口付近の火山性地震(BH型地震)は3月中旬頃から観測されない日がみられ始め、5 月頃からは地震の発生頻度がさらに低下している。
  - ・ごく微小な火山性地震(逢ノ峰南東2観測点 UD で3 µm/s 以上)は、徐々に減少しているが、引き続きときどき発生している。
  - ・逢ノ峰南東2観測点設置前の本白根山付近の微小地震の発生状況を湯釜南(東工大)観測点などのデータから推定した。湯釜南(東工大)の検知力は概ね0.1µm/secであり、この値は逢ノ峰南東2観測点に換算すると約5µm/secとなる。1月23日噴火発生前の期間は、湯釜南(東工大)観測点で本白根山火口付近を震源と推定される地震は検知されなかった。つまり、逢ノ峰南東2 観測点で少なくとも5µm/sec以上となる規模の地震は発生していない可能性が高い。





図 30 草津白根山 噴火後観測されている BH 型地震と逢ノ峰付近のA型地震の湯釜南(東工大)に対す る最大振幅比の距離減衰(なお、補正は遠地地震を用いてサイトエフェクトを算出して実施)

・最大振幅の距離減衰によると、噴火後に発生している BH 型地震の震源は、鏡池北火口の北側の火 口よりも、逢ノ峰南東2観測点近傍のごく浅部のほうが調和的である。

・噴火後発生している BH 型地震は、逢ノ峰付近の A 型地震とは観測点間の振幅比が明らかに異なる ことから、震源は異なり、しかも浅いと推定される。

#### 第141回火山噴火予知連絡会







草津白根山(本白根山)

・5月11日に実施した観測では、鏡池北火口の北側の火口内に地熱や顕著な噴気は認められなかった。

35



76. 0

66.0

- 12. 0

-22.0

#### 第141回火山噴火予知連絡会



日 10 時 19 分撮影

36

図 32 の撮影場所と方向

図 33 草津白根山(本白根山)

気象庁

35.0

20.0


図 34 草津白根山 一元化震源による周辺の地震活動(2000 年1月1日~2018 年6月6日) ・2011 年3月11日の東北地方太平洋沖地震後、草津白根山の北西から北にかけての地震活動が活発 化している。



37

第141回火山噴火予知連絡会





小さな白丸(〇)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。 (国):国土地理院、(防):防災科学技術研究所、(工):東京工業大学、(関地):関東地方整備局



小さな白丸(〇)は気象庁、小さな黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。 (国):国土地理院、(防):防災科学技術研究所、(工):東京工業大学、(関地):関東地方整備局

図 36 草津白根山 観測点配置図 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)』及び『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。

気象庁

## 降雨及び融雪の影響を除去した青葉山西の傾斜計データ

降雨及び融雪の影響を除去した青葉山西の傾斜計データには ,2014 年から 2015 年にかけて北西上がりの変動が確認できる.

草津アメダスの降水量,気温,日照時間のデータ及びタンクモデルを用いて青葉山西の 傾斜計データから降雨及び融雪の影響の除去を行った。傾斜計の東西成分では降雨や融雪 の影響を除去しなくても 2014 年から 2015 年にかけて西上がりの変化が確認できるが,南 北成分では降雨や融雪の影響を除去することによって 2014 年から 2015 年にかけて北上が りの変化が確認できる.この北西上がりの傾斜変化は GNSS から確認された膨張性地殻変動 によるものと考えられる.

#### 謝辞



本研究は新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費(2017-18)の助成によって行われた.

灰色の線は降雨及び融雪の影響を除去していない傾斜計データ,赤線は降雨及び融雪の影響を除去した 傾斜計データを示す.東西成分は2014年から2015年の変化に合わせてトレンドを除去している.2018 年の融雪の影響については,融雪の影響が最も小さかった2016年のパラメータの値を用いて計算した.

## 本白根山鏡池付近における長期的な収縮性地殻変動

GNSS 連続観測及び ALOS/PALSAR ,ALOS2-PALSAR2 で撮像された草津白根山周辺の干渉処 理結果から,本白根山鏡池付近の浅部において長期間に渡って収縮性地殻変動が生じ ていた可能性が示唆される.

気象庁では 2001 年から草津白根山の GNSS を連続観測しているが,そのうち『逢ノ峰南 東 - 仙乃入』の基線においては図1に示すとおり 2018 年 1 月の噴火前の約16 年間で約11cm の収縮の変化が確認されている.逢ノ峰南東は 2012 年に支柱及び基礎も更新しているが逢 ノ峰南東 - 仙乃入の収縮の変化は継続しており,観測点の設置環境による影響とは考えに くい.また,広域の GNSS 連続観測に着目した場合,『逢ノ峰南東 - 仙乃入』と同じ方向の 基線である『山ノ内 - 嬬恋』(いずれも国土地理院)では,東北地方太平洋沖地震発生以前 の 2002 年から 2010 年の 9 年間で約1cm 程度の収縮の変化しか確認できず,広域の変動に よる影響とも考えにくい.また,本白根山周辺の GNSS 連続観測の基線長グラフを図3に示 すが,2016 年以降『 逢ノ峰南東 - 仙乃入』だけが大きな収縮の変化を示している.東に 1.6km 離れた青葉山西では特段の変化が確認できず,逢ノ峰南東の GNSS だけが南東方向に 変動している可能性が示唆される.

一方,気象研究所(2015)は2006年10月から2010年10月のALOS/PALSAR データを用 いて草津白根山周辺の時系列解析を行った結果,本白根山山頂付近及び殺生河原付近で年 間約1cm 程度の衛星視線方向伸張の位相変化があったことを指摘している.また,図3で 示すとおりALOS2の2014年11月と2017年11月の長期ペアでは本白根山山頂付近で衛星 視線方向伸張の位相変化が確認できる。

ALOS 及び ALOS2 で確認できた本白根山鏡池付近の衛星視線方向伸張の領域は, 鏡池付近 から半径 1km 未満の範囲に収まっていることから収縮源はごく浅部であることが考えられ る.この収縮性地殻変動と逢ノ峰南東の GNSS の南向きの変動は整合しており, 逢ノ峰南東 の局所的な変動がこの本白根山鏡池付近の浅部の収縮性地殻変動によるものであるならば, かなりの長期間に渡って収縮性地殻変動が生じていた可能性が示唆される.

参考文献

(2015): 第 131 回火山噴火予知連絡会資料(その 11), 70-72.

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 使用した。ここに記して御礼申し上げます。



図1 GNSS による北北西 - 南南東方向の長期の基線長グラフ 逢ノ峰南東 - 仙乃入の基線は気象庁解析による。

山ノ内 - 嬬恋の基線(いずれも国土地理院)は国土地理院の解析(F3 解及びR3 解)による。



図 2 GNSS による本白根山周辺の基線長グラフ 草津は国土地理院、干俣は防災科学技術研究所の観測点。

Path-Frame	Orbit	Looking Inc. angle		Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.	
19-2880(SM1_U2_7)	南行	右	37.5 °	2014.10.28	2017.11.07	第3図	

表1 干渉解析に使用したデータ



図中の白三角印は山頂位置(本白根山・白根山)を示す。丸印は GNSS 観測点を示す。 本白根山鏡池付近で衛星視線方向伸張の位相変化が確認できる。

# ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 草津白根山における SAR 干渉解析結果

長期ペアでは鏡池付近において衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。短期ペア 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。

## 1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された草津白根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.	
126-720(SM1_U2_9)	北行	右	42.9°	2017.06.23	2018.04.13	第1図-A	
	南行	右		2017.11.07	2018.06.05	第1図-B	
19-2880(SM1_U2_7)			36.1°	2018.04.24	2018.05.08	第2図-A	
				2018.05.08	2018.06.05	第2図-B	

表1 干渉解析に使用したデータ

### 3. 解析結果

長期ペア(2017年6月23日-2018年4月13日と2017年11月7日-2018年6月5日) では、鏡池付近において衛星視線方向伸長の位相変化が認められる。

短期ペア(2018年4月24日-5月8日と2018年5月8日-6月5日)では、ノイズレベルを超えるような位相変化は検出されなかった。

なお,各干渉解析結果について,大気遅延地形相関補正を行っているが、気象ノイズが 取りきれていいない可能性がある。

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。



第1図 草津白根山周辺の長期ペア(A:パス 126、B:パス 19)による干渉解析結果 図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点を示す。鏡池付近において衛星視線方向伸 長の位相変化が認められる。



凡例は第1図と同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

## 草津白根山の光波測距観測による地殻変動

光波測距の繰返し観測によると、2014年から草津白根山湯釜火口付近の膨張が観測されて いたが、2015年7月頃から収縮に転じ、2018年6月の観測でも収縮は継続していた。

2014年10月から東京工業大学と共同で,草津白根山湯釜火口の周辺で繰返し光波測距観 測を実施している(図1).2014年からすべての測線で湯釜火口が膨張する傾向の斜距離変化 が継続していたが,2015年7月頃から収縮し,2018年6月の観測でも引き続き収縮していた (図2).

2017 年 6 月~2018 年 6 月の斜距離変化量は, -5 ~ -15 mm であった.



図1 草津白根山の光波測距観測点配置図 測線に付した番号は図2に対応.



図2 草準白根山の斜距離時系列図(2014.10-2018.6) 湯釜火口が膨張する変化を示していたが2015年7月以後 鈍化し((1)~(4)),2018年6月まで収縮が継続している. 圧力源が湯釜火口北東部にあるとすると,圧力源の収縮 により,(1),(2),(3)および(6)の測線は短縮となる. 対流圏補正は高木・他(2010)による.

## 草津白根山(湯釜付近)における地磁気全磁力変化

## 湯釜周辺では、2016年の夏以降、温度低下を示唆する緩やかな帯磁傾向の変化をしていたが、 2018年4月下旬頃から温度上昇を示唆する消磁傾向の変化を示している。

### 〇観測の結果

草津白根山(湯釜付近)における2018年5月までの地磁気全磁力変化について報告する。

第1図に草津白根山における全磁力連続観測点 P、Q、R および新 P 点の配置図を示す。

第2図~第4図に、八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所、草津白根山から南方約62km) 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。

1996年以降、湯釜近傍地下の岩石の帯磁(冷却)によると考えられる全磁力変化(湯釜の南側の観 測点で増加、北側で減少)が継続していたが、2014年5月から6月に小規模な熱消磁とみられる変 化が発生した。

この変化は2014年7月以降停滞し、2016年の夏頃からは温度低下を示唆する緩やかな帯磁傾向の 変化が継続していたが、2018年4月下旬頃から温度上昇を示唆する消磁傾向の変化を示している。



第1図 草津白根山の全磁力観測点配置図

■:連続観測点(観測中) □:連続観測点(2012 年 5 月観測終了) ●:繰返し観測点 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(承認番号 平 29 情 使、第 798 号)、道路(破線)の記載には、「国土数値情報(道路データ)国土交通省」を使用した。



第2図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び月別地震回数(1990年~2018年5月31日) 連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁 力の夜間(00:00~02:59(JST))日平均値差。最下段に草津白根山で観測された月別地震回数を示す。



第3図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数(2014年1月~2018年5月31日) 連続観測点 P、Q、R および新 P における八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁 力の夜間(00:00~02:59(JST))日平均値差。最下段に草津白根山で観測された日別地震回数を示す。



第4図 全磁力連続観測による全磁力値の変化及び日別地震回数(2017年1月~2018年5月31日) 連続観測点P、Q、Rおよび新Pにおける八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)(Y)との全磁 力の夜間(00:00~02:59(JST))日平均値差。最下段に草津白根山で観測された日別地震回数を示す。

### 参考 : 地磁気観測所 H30 年度 草津白根山観測計画

1. 白根山(湯釜付近)

全磁力連続観測点3点における観測および定期の全磁力繰返し観測(10月実施予定)を実施し、 湯釜周辺の熱活動の状況を継続的に把握する(第1図参照)。

2. 本白根山

○全磁力観測

本白根山の地下の熱活動の状況を把握するため、鏡池北火口周辺に全磁力繰返し観測点を設置し、観測を実施する。観測点は10点程配置し、年内3回(6月、8月、10月)の観測を予定。

### ○自然電位観測

本白根山地下における熱水活動の状況を推定するため、本白根山周辺(鏡池北火口・鏡池周辺) において自然電位分布の測定を実施(6月実施予定)。



第5図 本白根山 全磁力繰返し観測および自然電位観測 実施予定エリア (出典:国土地理院 (https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html))

湯釜湖水陰イオン濃度の時間変化



50



51



北側噴気帯の様子



第141回火山噴火予知連絡会

東工大・火山流体研究センター

# 八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化(2011年5月~2018年5月)



第141回火山噴火予知連絡会

東工大・火山流体研究センター

八ヶ岳に対する草津白根山周辺の地磁気変化(2017年1月~2018年5月)

Magnetic field change (ref.: YAT of ERI, Univ. Tokyo)



## 草津白根山における長周期地震

#### 【概要】

- ・ 草津白根山では、4月21日から22日にかけて湯釜周辺における地震活動が活発になるとともに傾斜変 動が観測された.この活動において、湯釜北東・浅部を震源とする長周期地震が観測された.
- ・長周期地震は、湯釜直下の浅部流体系における急速な体積膨張及び緩和過程を反映したものと考えられる.



図1. 草津白根山における長周期地震の波形例(2018年4月22日11時47分). 2018年1月末に臨時設置した静可山観測点(KSZ)・石津観測点(KSI)における速度波形とその パワースペクトル密度.wUは広帯域地震計の上下動成分を表す.



図2. 図1に同じ.(a) 東工大 KSYGw 観測点における広帯域地震計 3 成分生記録(黒線)及び ローパスフィルタ波形(コーナー周波数 1 Hz;赤線).(b) 東工大 KSYGw, KSRHw, KSJw 観測点 における上下動速度のローパス波形(0.5 Hz;黒線)及び生記録を積分して得た変位波形(青線). 約5秒の時定数をもつ膨張過程とその後のやや長い時定数の収縮過程が認められる.

この資料は,東京工業大学のほか,気象庁のデータを利用して作成した.また,文部科学省次世代火山研究 推進事業における緊急調査により展開した臨時地震観測点のデータも用いた.



図3. 長周期地震の粒子軌跡(a)水平面内. (b) 動径-鉛直面内.

ローパスフィルタ (コーナー周波数 0.33 Hz) を施した速度波形を使用. 東工大 KSE, KSW 観測点 及び気象庁 V.KSAO 地震計の短周期地震計(固有周波数 1 Hz)は,固有周期 30 秒の地震計特 性に変換して用いた.湯釜北東部の×印は初動走時を用いて推定した震央を表し,(b)の横軸はこ の震央を中心とした動径成分.

粒子軌跡は、湯釜北東の浅部に震源が位置することを示唆する.



図4. 長周期地震のモーメントテンソル解析結果(暫定解).

ローパスフィルタ (コーナー周波数 0.33 Hz) を施した速度波形を使用し,点震源モーメントテンソル6成分の時間関数を推定した. 震源位置は,震央は初動走時を用いて推定した位置と仮定し, 深さを100m間隔でグリッドサーチした.速度構造は一様とし,50mメッシュの地形データを用いた. (a) 残差最小となる解. (b) 主要部分 (2842 秒から3 秒間)のモーメントテンソルの主軸方向及びその大きさ. (c) 観測波形 (黒線) と 合成波形 (赤線)の比較.

暫定解は,標高1,300~1,500 mをセントロイドとする北東-南西走向のやや傾斜した開口亀裂(あるいは北西-南東方向に短軸をもつ扁平3軸楕円体)の急速な体積膨張及びその後の緩やかな収縮を表す.この長周期地震のセントロイドの深さは,初動走時から推定した同地震の震源に比べやや浅く,浅部への流体貫入及びその後の拡散・緩和過程を示唆する.

## 草津白根火山・湯釜火口周辺の地震と地殻変動

2018年4月22日に始まった湯釜付近の群発地震の震源域は、2014年活動域の北東側に中心がある (図1).この活動開始とともに、東工大設置の傾斜計3台の変動傾向に変化が認められる(図1). 傾斜変動はKSE(湯釜東)で最も大きい.傾斜の向きや大きさの空間分布は、力源が2014年活動よ りも非等方的であることを示唆する.体積膨張量は、等方力源の場合は16,000 m<sup>3</sup>(370 m<sup>3</sup>/day)、クラッ クを震源域直上に置いた場合は23,000 m<sup>3</sup>(530 m<sup>3</sup>/day)である.計算された膨張率は、2014年活動に観測・推 定された値の範囲内にある.ただし、今回の傾斜ベクトルの計算 - 観測値はあまり一致しない.



図1. 東工大のボアホール傾斜計の記録. 季節による年周変動や、地震や装置交換によるステップ変化等を補正後.



図2. 等方力源を仮定した場合のソース最 適位置(★). 深さは海抜1280m, 体積膨 張量16,000m<sup>3</sup>(370m<sup>3</sup>/day). 赤と青矢印 は,それぞれ観測および計算値であり,両 者はよく一致しない. なお,小さな丸は東 工大で手動決定された震源位置を示し,灰 色は2016年以降,白丸が2018年4月22日以 降である.



図3. クラックの位置を震源域上端付近(海抜1300m)に固定し、クラックの走向、傾斜、長さ、開口量の最適値を探した例. ここでクラックの縦横比は1:2とした. 体積膨張量は23,000m<sup>3</sup>(530m<sup>3</sup>day)と計算される. 小さな丸は東 工大で手動決定された震源位置を示し、灰色は2016年以降、白丸が2018年4月22日以降である. このモデルでは、北 東へ約45度で傾き下がる長さ220m、幅110mのクラック(開口量は約1m)によって、KSEの大きな変動とKSWの 西傾斜を説明している. また、開口による伸長場で湯釜南西部に沈降域を作ることで、KSSで観測されている南西向 きの傾斜を説明している. 赤と青矢印は、それぞれ観測および計算値を示すものの、両者の一致はあまり良くない.

## 草津白根火山・湯釜の熱活動

2018年3月以降,湯釜火口湖の水温・放熱量は僅かに高い状態にあり,湖底から噴出している熱水の温度または噴出率の高まりを反映している可能性がある.



図1. 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,各日付について表示したもの.青色:湯釜局舎で測定された気温.2014年5月から2016年 8月まで,湯釜水温は平年よりも数℃高い状態であった.2018年3月以降,平年値よりやや高い状態で推 移している.



図2.湯釜局舎で観測された気温に基づき 計算した湯釜の湖面放熱量(赤丸).黒丸 は平年値.2018年3月以降は、平年よりも やや大きな値を取る日が多いように見え る.また、例年よりもバラつきが大きい.

59

## 草津白根火山における空中観測(セスナ機・ドローン)

2018 年 4 月 28 日 18~19 時ごろ,白根・本白根火砕丘,および周辺地熱域を対象に夜間空中赤外線観測を 実施した.白根火砕丘周辺や殺生河原噴気域などの既存熱活動に,前回観測(2017 年 11 月 4 日)と比較して 大きな変化はなかった.水釜も含めて,白根火砕丘周辺に新たな高温域は認められなかった.本白根火砕丘 2018 年1 月23 日噴火口の内部,およびその周辺に高温域などの地表面熱活動は存在しなかった.

さらに、2018年5月29日にはドローンを用いて火口周辺の空撮(可視画像)を行った. 上記観測を行った4 月と比較して、大きな変化は認められなかった.



図 1. 赤外線オルソモザイク画像(草津白根火山全体). 温度分解能は 0.2 ℃, 典型的な空間分解能 0.9 m/pixel. 2018年4 月28 日観測.

## 第141回火山噴火予知連絡会



図2. 白根火砕丘周辺, 2017 年 11 月 4 日 と 2018 年 4 月 28 日における赤外線画像の比較. 温度分解能は 0.2 ℃, 典型的な空間分解能 0.9 m/pixel. (左列) 北側噴気域. (右列) 水釜北東噴気域.



図3. 白根火砕丘北側噴気域,2017年11月4日と2018年4月28日における赤外線画像の比較. 温度分解能は 0.2 ℃, 典型的な空間分解能 0.9 m/pixel. (左列) 水釜火口, (右列) 殺生河原.



図 4.本白根火砕丘, 2017 年 11 月 4 日の赤外線画像の比較. 温度分解能は 0.2 ℃, 典型的な空間分解能 0.9 m/pixel. (左) 鏡池火口, (右) 鏡池北火口.



図5. 白根火砕丘周辺. 2018年4月29日11時頃.



図6. 水釜火口. 2018 年4 月29 日11 時頃. 噴気なし.



図7. 水釜火口. 2018 年5 月29 日15 時頃. 噴気なし.



図8. 湯釜北側の噴気列. 2018年5月29日15時頃.

(謝辞) 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.

# 草津白根山噴気の化学組成・安定同位体比(2014年7月~ 2018年5月)

# Chemical composition and stable isotope ratio of the fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan (July 2014 to May 2018)

#### 1. 概要

2014 年 7 月から 2018 年 5 月にかけて、草津白根山湯釜火口北部地熱地帯の三か所で、繰り返し噴気 を採取・分析した.3つの噴気で CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>0 比は 2017 年 11 月まで低下傾向を示したが、2018 年 5 月に上 昇に転じた.CO<sub>2</sub> はマグマ起源成分であり、この傾向は、湯釜直下の熱水系に対するマグマ成分の流量 が増加したことを暗示する.CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> 比および CH<sub>4</sub>/He 比は 2014 年 7 月から 2015 年 10 月まで小さな値で あったが、その後急速に増加し、2017 年 11 月まで高い値を保ったが、2018 年 5 月に大きく減少した. CH<sub>4</sub> は熱水系成分であり、CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>0 比の変化で暗示されたマグマ成分の流量増加と調和する.反応、 SO<sub>2</sub>+3H<sub>2</sub>=H<sub>2</sub>S+2H<sub>2</sub>0 の見かけ平衡温度(AET) は 150~190°Cの間で変動したが、一つの噴気を除き、一定の 上昇あるいは低下の傾向は見られなかった.H<sub>2</sub>0 の安定同位体比についても、2018 年 5 月に一つの噴気 では顕著な低下が見られたが、全体的には 2017 年 11 月と比較して大きな変化はない.

2. 噴気の採取・分析

草津白根山の湯釜火口の北山麓に広がる地熱地帯において、図1に示す3つの噴気孔W, C', E で噴 気を採取した.噴気孔の緯度・経度を表1に示す.これまでC噴気を継続して採取していたが、2018年 5月に噴気の放出が止まっていたので、北方に27m程度離れたC'噴気で採取を行った.これらの噴気を 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.噴気の化学分析は主に、小沢の方法[1]に従った.

噴気の採取とは関係ないが、図1の日地点に陥没孔が形成されていた.この陥没孔は2017年11月に は存在していなかった.陥没孔形成の日時は不明である.孔の底では、93.4℃の熱水が沸騰していた(図 2).

3. 結果·考察

表2に噴気の化学組成,H<sub>2</sub>0の安定同位体比,見かけ平衡温度(AET)を示す.噴気の温度は観測期間 を通じて水の沸点程度であった. AET は火山ガスの成分間で以下の化学反応,

$$SO_2 + 3H_2 = H_2S + 2H_2O$$
 式 1

が平衡に到達する温度で,浅部熱水系の温度を反映すると考えられている. AET はガスの圧力に依存す るので,本報告では,圧力として AET における飽和水蒸気圧を用いた.

噴気 W, Cについて, H<sub>2</sub>0 を除いた噴気成分中の H<sub>2</sub>S 濃度は, 2014 年 7 月に 10%前後であったが, その 後, 増加し, 2017 年 11 月には 25%を超えた. しかし 2018 年 5 月には全ての噴気で H<sub>2</sub>S 濃度は 18~19% に低下した(図 3). 既存の研究[2]によると, 草津白根山では, H<sub>2</sub>S 濃度が 10%程度に低下すると火山活 動が活発化し, 噴火の可能性が高まる. 図 3 に示される変化は, 2017 年 11 月まで噴火の可能性が低下 していたが, 2018 年 5 月には, その傾向は逆転したことを示唆する. 図 4, 5 にそれぞれ CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比, H<sub>2</sub>S/H<sub>2</sub>O 比の変化を示す. CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 比は 2017 年 11 月まで一貫して低下し, 2018 年 5 月に上昇したが, H<sub>2</sub>S/H<sub>2</sub>O 比 は変動を伴うものの安定している. 図 3 の H<sub>2</sub>S 濃度の変化は, 本質的には CO<sub>2</sub> 濃度の変化が原因である と考えられる.

図 6 と 7 に、それぞれ、CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>比と CH<sub>4</sub>/He 比の変化を示す. 2015 年まで徐々に値が増加し、その後、 急上昇したが、W と E は 2017 年 4 月から 11 月にかけて減少に転じた. C は 2017 年 11 月まで上昇を続 けている. 2018 年 5 月には、CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>比と CH<sub>4</sub>/He 比は全ての噴気で急激に減少している. 一般に CO<sub>2</sub> と He はマグマ起源流体に高濃度で含まれる. 他方、CH<sub>4</sub> は熱水系流体に高濃度で含まれる. ここで、熱水 系流体とは、元来マグマ起源の流体が、地殻内に長期間滞留し、岩石との相互作用で還元的になった流 体を想定している. 2018 年 5 月の噴気に見られる CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>比や CH<sub>4</sub>/He 比の低下は、噴気を生産する熱水 系において、マグマ起源成分の寄与が増加し、一方で熱水系流体の寄与が低下したことを示している.

図8で噴気C'の見かけ平衡温度(AET)は顕著に低下したが,他の二つの噴気については,2017年11 月から大きな変化はみられない.図9および図10で,噴気C'のH<sub>2</sub>0の水素・酸素同位体比は2017年11 月の値から大きく低下したが,他の二つの噴気については,2017年11月から大きな変化はみられない. 噴気C'の変化は局所的な現象であり,おそらく火山ガスが地表近くで冷却を受け,水蒸気の一部が凝縮 したと考えられる.

### 5. 文献

[1] 小沢竹二郎(1968) 地球化学におけるガス分析法(I). 分析化学, 17, 395-405.
[2]. J.Ossaka et al.(1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanol., 43, 207-216.

66

TADIE I. LOCALION OF TUMATORES USED FOR MONITORING									
Fumarole	Latitude	Longitude							
W	N 36d 38m 52.3s	E 138d 32m 15.6s							
C	N 36d 38m 52.4s	E 138d 32m 22.6s							
C'	N 36d 38m 53.29s	E 138d 32m 22.55s							
E	N 36d 38m 50.5s	E 138d 32m 33.0s							

表 1. 採取・分析を行った噴気孔の位置 Table 1. Location of fumaroles used for monitoring

### 表 2. 草津白根山噴気の化学組成,安定同位体比,見かけ平衡温度(AET)

Table 2. Chemical and isotopic composition of fumarolic gases sampled at Kusatsu-Shirane volcano, Japan with the apparent temperature calculated based on chemical composition.

								R-gas					H2O	H2O		
Fumarole	Date	Temp.	H2O	CO2	H2S	SO2	R-gas	He	H2	02	N2	CH4	Ar	δD <sub>SMOW</sub>	$\delta^{18}O_{SMOW}$	AET
	y/m/d	С	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	(‰)	(‰)	°C
W	2014/7/23	92.4	95.4	4.19	0.389	0.00503	0.0421	0.0845	0.0617	0.0625	99.6	0	0.178	-65	-6.7	166
W	2015/5/15	93.5	96.4	3.11	0.426	0.00357	0.0321	0.0711	0.1412	0.0000	99.6	0.025	0.205	-69	-7.8	177
W	2015/10/15	94.2	97.4	2.05	0.504	0.00103	0.0254	0.0541	0.1369	0.0197	99.5	0.043	0.227	-67	-7.1	156
W	2016/4/22	93.5	97.5	1.93	0.518	0.00695	0.0294	0.0330	0.1468	0.0465	99.4	0.184	0.210	-78	-8.2	180
W	2016/10/28	93.4	98.3	1.31	0.396	0.00490	0.0248	0.0222	0.1079	0.0247	99.1	0.230	0.560	-66	-7.0	165
W	2017/4/25	93.3	98.1	1.42	0.445	0.00455	0.0190	0.0263	0.1696	0.0558	99.2	0.309	0.268	-81	-10.1	169
W	2017/11/10	93.6	98.4	1.13	0.426	0.00269	0.0173	0.0283	0.1328	0.0336	99.3	0.203	0.324	-75	-8.1	155
W	2018/5/18	94.3	97.9	1.72	0.396	0.00469	0.0187	0.0856	0.1201	0.0148	99.5	0.044	0.242	-74	-7.8	160
С	2014/7/23	94.1	95.5	3.97	0.533	0.00715	0.0435	0.0834	0.0573	0.0278	99.7	0	0.176	-77	-9.5	165
С	2015/5/15	93.4	96.8	2.76	0.410	0.00494	0.0298	0.0741	0.0800	0.0154	99.7	0.00754	0.167	-68	-7.2	162
С	2015/10/15	93.6	97.8	1.77	0.404	0.00208	0.0237	0.0530	0.0947	0.0251	99.6	0.02579	0.196	-70	-7.2	153
С	2016/4/22	97.2	97.8	1.75	0.419	0.00762	0.0258	0.0335	0.0868	0.0524	99.5	0.14492	0.209	-67	-5.4	164
С	2016/10/28	93.8	98.1	1.48	0.420	0.00498	0.0224	0.0273	0.1079	0.0140	99.4	0.22339	0.195	-66	-6.1	162
С	2017/4/25	93.6	98.2	1.34	0.423	0.00511	0.0194	0.0255	0.1119	0.0354	99.4	0.23343	0.231	-66	-6.3	159
С	2017/11/10	94.1	98.2	1.30	0.484	0.00376	0.0235	0.0262	0.1666	0.0120	99.2	0.26517	0.281	-75	-8.0	172
C'	2018/5/18	94.3	97.9	1.73	0.396	0.00234	0.0183	0.0890	0.0889	0.0198	99.5	0.05498	0.238	-118	-16.3	145
E	2015/5/15	93.4	96.9	2.74	0.289	0.00345	0.0252	0.0953	0.1686	0.0000	99.5	0.01696	0.192	-88	-10.9	179
E	2015/10/15	93.3	97.7	1.93	0.299	0.00191	0.0212	0.0688	0.2378	0.0146	99.4	0.02537	0.214	-79	-8.8	177
E	2016/4/22	94.1	97.8	1.84	0.346	0.00603	0.0246	0.0427	0.2055	0.0329	99.4	0.1043	0.208	-88	-10.0	187
E	2016/10/28	93.6	98.6	1.09	0.268	0.00263	0.0174	0.0282	0.3128	0.0220	94.7	0.14282	4.754	-79	-8.5	184
E	2017/4/25	93.8	98.5	1.11	0.344	0.00238	0.0167	0.0267	0.3870	0.0389	99.1	0.20363	0.232	-96	-12.9	185
E	2017/11/10	93.0	98.9	0.84	0.261	0.00272	0.0147	0.0285	0.3264	0.0101	99.2	0.17008	0.278	-84	-9.6	180
E	2018/5/18	94.8	98.4	1.28	0.303	0.00182	0.0171	0.0574	0.3161	0.0289	99.1	0.07411	0.401	-84	-9.9	178



図 1. 草津白根山山頂北側山麓噴気 W, C', E の位置. H は新たに生じた陥没孔(背景図として, GoogleMap を使用した) Fig. 1. Location of fumaroles W, C' and E on the north flank of Kusatsu-Shirane volcano. H is a newly formed hole with boiling water. (GoogleMap was used for the background)



図 2. 陥没孔 (図 1 の H 地点)の様子. 底では 93.4℃の熱水が沸騰していた. Fig. 2. Hole with boiling water at H in Fig. 1.





69





図 9.H₂0 の水素同位体比(δ <sup>18</sup>0)の変化

Fig.9. Changes in the hydrogen isotope ratio of  $H_2O$  in fumarolic gases



Fig.10. Changes in the oxygen isotope ratio of  $H_2O$  in fumarolic gases


草津白根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。

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

### ○ 地殼変動

2018 年 1 月 23 日 10 時 02 分に噴火が発生した。図 1 は傾斜計設置以降の変動記録、図 2 の GNSS 基線長解析結果である。2018 年 4 月下旬頃より、KSHV と KSNV 間の基線長に伸びが認め られる(図 3 赤枠)。しかしながら、他基線や傾斜計の記録には、明瞭な変動は認められない ので、火山活動以外の要因に関わる変動である可能性がある。なお、干俣観測点(KSHV)の 傾斜計は、2017 年中頃から北下がり・西下がり(北西方向下がり)の傾向が見えるが、他の 2 点の傾斜計が変動していないことから降雨の影響と考えられる。



# 草津白根山の傾斜変動(2012/4/1~2018/06/03)





<sup>138.5<sup>®</sup></sup> 図 2 草津白根山周辺 V-net 及び国土地理院 GEONET 観測点における GNSS 解析結果

防災科学技術研究所

2018/1/23 10:02 噴火



### 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
	草津白根山干俣		2012/3/26	2周波観測開始
	(KSHV)		2016/1/20~2/13	機器異常による欠測
	古法方相小一和民		2014/11/25	2周波観測開始
	早洋口113円一軒座 (KSNIV)		2015/1/15~	海传网络不再
	(KSNV)		2015/4/17	通信凹脉个詞
	古法白田山公识店		2015/1/19	2周波観測開始
			2017/12/29~	機器用尚にとる方測
(KSTV)			2018/1/12	(成 क 共 吊 に よ る 大 原

# 草津白根山

2018年から、「長野栄」-「草津」等の基線でわずかな伸びが見られます。



草津白根山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

### 草津白根山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960591	草津	20150617	受信機交換
020982	長野栄	20150201	アンテナ交換

# 国土地理院・気象庁



※[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・気象庁



※[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・気象庁



<sup>※[</sup>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・気象庁



※[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

950247 020982 長野栄 妙高高原 1 36° 50' 950265 山ノ内 . 940044 新治 950267 4 J424 渋峠 長野 36° 40' 12 J423 J421 青葉山西 逢ノ峰南東 960591 020954 中之条  $\wedge$ 草津 本白根山  $\overset{}{\bigtriangledown}$ J422 仙乃入 950221 嬬恋 36° 30' υ 138° 20' 138° 30' 138° 40' 138° 50'

基準期間:2018/02/17~2018/02/26[F3:最終解] 比較期間:2018/05/17~2018/05/26[R3:速報解]

草津白根山周辺の地殻変動(水平:1年)

☆ 固定局:中之条(020954)

☆ 固定局:中之条(020954)

甘油占相

国土地理院・気象庁

国土地理院・気象庁

草津白根山



83

草津白根山周辺の地殻変動(水平:3か月)

国土地理院





本解析で使用したデータの一部は、火山噴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。 草津白根山



〇 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

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
衛星名	衛星名 ALOS-2 ALC		ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
	2015/05/15	2017/06/23	2017/11/07	2017/11/07	2018/04/24
	2017/06/23	2018/04/13	2018/04/24	2018/05/08	2018/05/08
11111111111111111111111111111111111111	23:45 頃	23:45 頃	11:50 頃 11:50 頃		11:50 頃
	(770 日間)	(294 日間)	(168 日間)	(182 日間)	(14 日間)
衛星進行方向	北行	北行	南行	南行	南行
電波照射方向	向 右 右		右	右	右
観測モード* U-U U-U		U-U	U-U	U-U	
入射角(中心)	入射角(中心) 42.6° 42.6°		37.5°	37.5°	37.5°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	垂直基線長 - 54 m + 55 m		+ 479 m	+ 417 m	- 61 m

\*U: 高分解能(3m)モード

国土地理院

草津白根山の干渉 SAR 時系列解析結果について

- 2018年1月の噴火前の約3年間にわたり、本白根山鏡池付近で1cm/yr程度の微小 な収縮性の変動が見られます。
- 同時期に湯釜の北西側では1cm/yr程度の微小な膨張性の変動が見られます。



図 1. 衛星-地表方向(LOS)平均変位速度。(a) 南行軌道、(b) 北行軌道。

	衣「. 使用ナーダ										
(a) 南行・右	入射角約 37°	計 11 枚									
2014/10/28	2014/11/11	2015/06/23	2015/09/15	2015/11/24	2016/06/07						
2016/08/16	2016/11/08	2017/06/06	2017/08/15	2017/11/7							
(b) 北行・右	入射角約 43°	計9枚				_					
2014/12/12	2015/04/17	2015/05/15	2015/07/10	2015/07/24	2016/04/01						
2016/07/08	2016/12/09	2017/06/23									

背景:地理院地図 陰影起伏図·傾斜量図 Analysis by GSI from ALOS-2 raw data of JAXA

### 本白根 2018 年1月 23 日噴火の火口及びその近傍での降灰・噴石調査

2018 年 1 月 23 日噴火の火口およびその周辺域での降灰・噴石調査を,2018 年 4 月 21 日,5 月 5 日,5 月 10-12 日に行った.本調査は,噴火後に火口域で最初に行われた調査である.

### 1. 降灰調査

鏡池北火砕丘北面の2 露頭において,石崎・亀谷・石峯により降灰産状の調査と試料採 取・分析が行われた(第1図).この2 露頭では,1月23日噴火の降灰がザラメに挟まれ た状態で産出する.いずれの降灰堆積物も,融雪等による改変を受けておらず,噴火当時 の堆積構造を保存していると判断される.降灰層内には堆積の休止を示す浸食面や層理面 が見られず,全体として正級化構造をもつ.このような堆積構造から,地点1・2の降灰層 は,規模を縮小しつつある噴煙から連続して堆積した降下堆積物と判断される.



第1図 露頭地点(国土地理院発行地形図に加筆)

# 草津白根山降灰·噴石合同調查班\*

① 地点1

本地点では,層厚約10 cmの降灰層が見られる.層の下〜中位ではラピリが卓越し,上 位では火山灰が卓越する.噴石と考えられるラピリ(最大径4 cm)が降灰の下位2~10 cm の積雪中に点在する.



第2図 地点1の降灰の産状.〇内にはラピリサイズの噴石が見られる.

### ② 地点2

本地点では,層厚約8cmの降灰層が見られる.最下部には連続性の悪い茶色の火山灰卓 越層が見られ,その上位に細粒ラピリの卓越する黒灰色火山灰(約6cm)と茶色火山灰(約 2cm)が載る.噴石と考えられるラピリ(最大径5cm)が降灰の下位2~6cmの積雪中に 点在する.



### 第3図 地点2の降灰の産状

③ 粘土鉱物分析

地点1と2で採取した火山灰について亀谷が XRD 分析を行った(第4図).地点1では 火山灰層を下部・中部・上部に分けて採取し,地点2では下部と上部に分けて採取した.

同定された鉱物種より,地下では強酸性熱水による高度粘土化変質作用(Meyer and Hemly, 1967)が生じていると推測される.パイロフィライトと石英が含まれることから, 爆発地点地下に比較的高温(200~300 ℃)の熱水が存在した可能性も考えられる.

粗粒粒子の不定方位試料では、いずれの試料においても同様の回折ピークを示す.これ に対し、細粒粒子(粘土)の定方位試料は地点ごと、あるいはユニットごとに回折ピーク の高さに違いが見られ、鉱物の含有量が異なることが示唆される.地点1の定方位試料で は、下位のユニットほどスメクタイト、パイロフィライト、カオリン鉱物が増加する傾向 が見られる.石英は不定方位・定方位試料のいずれにおいても下部から上部まで高い含有 量を示すことから、爆発地点の付近には石英を主な構成物とする珪化変質帯が広く存在し ていると推測される.今回分析した試料(特に下部)には、噴火直後に山麓で採取した試 料および3月の調査時にゴンドラの天井部から採取した試料には含まれていないスメクタ イトが含まれており、また、カオリン鉱物の含有量も高いことから、噴火の初期に珪化変 質帯の周囲に発達したカオリン鉱物やスメクタイトが放出され、火口近傍域に堆積したと 推測される.



第4図 XRD 分析結果

#### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

④ 降灰分布図(等重量線図)の改訂と噴出量の再計算

新たに火口近傍の計 5 地点で,定面積法により降下火山灰の堆積量調査が行われた.こ れらの降灰量データを,既に草津白根山降灰合同調査班(2018)により公表されている降 灰分布図に加筆したものを第5図に示す.改訂版を基に,Fierstein and Nathenson(1992) の手法(2 slopes 法)により算出された噴出量は約3.6万トンである.この値は草津白根山 降灰合同調査班(2018)による噴出量の速報値(3-5万トン)の下限値に近く,火口近傍の 堆積量の見積もり精度をあげた結果と思われる.なお,この計算では,主火口リム部での 層厚を2m,その面積を200m<sup>2</sup>,主火口周辺域での層厚を1m,その面積を10000m<sup>2</sup>,堆 積物密度を一律1100 kg/m<sup>3</sup>として 等重量線を2つのグループに分けて近似曲線を引いた.



第5図 本調査で得られた火口近傍のデータを加えた噴出物の等重量線図(単位は g/m<sup>2</sup>). 草津白根山降灰合同調査班(2018)に加筆.この図の作成には国土地理院地図を使用 した.

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

### 2. 火口及びその近傍に産する噴出物の調査

1月23日噴火では, 鏡池北火砕丘頂部の火口内に形成された火口(主火口)とともに, 鏡 池火砕丘頂部の火口内と鏡池北火砕丘の西麓の2か所に火口が形成された(それぞれ, 南 火口, 西火口と呼ぶ).4月21日に石崎・亀谷・石峯による西火口の予察調査,5月5日に 石崎・寺田による全火口の予察調査が行われ,5月11日に全火口で合同調査が行われた. また,5月11日には寺田によりドローンを用いた空中写真撮影が行われた(第6~8図).



第6図 鏡池北火砕丘の新火口列(主火口).破線は新火口または亀裂の位置を表す.



第7図 鏡池北火砕丘の西外側火口(西火口)

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第8図 鏡池火口内に形成された火口列(南火口). 矢印は新火口の位置を表す.

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

### ① 西火ロリム部の噴出物

西火口の東側リム部(第9図)では,噴出物の層厚は約30 cm であり,溶岩塊とその 表層を覆う土壌の上に堆積している.噴出物は全体として正級化しているように見え,ま た,色調を基に3ユニットに区分される.いずれのユニットも火山岩塊・ラピリ混じりの 火山灰層であり,下位ユニットは茶色,中位ユニットは灰色,上位ユニットは薄茶色であ る(この色調変化は,地点2の降灰堆積物の色調変化(第3図)と一致する).上位ユニッ トには,大量の植物根・土壌も混在する.各ユニット間に明瞭な層理面がないことから, 上記3ユニットは一連の噴火で連続的に堆積したと推測される.



第9図 西火ロリムでの噴出物の産状(背景は西火口)

### 主火ロリム部の噴出物

主火口は複数の火口からなる火口列を作っており(第6図),各火口のリム部で噴出物層 の産状を観察した(火口を挟んでもう一方の火口リムから火口壁断面を観察した;第10図). 各リム部に見られる噴出物層は全体として黒灰色であり,いずれも火山岩塊・ラピリを主 体とする.層厚は最大で約3mであり,全体として正級化しているように見える.また, 堆積物層中には明瞭な層理面が見られないため,一連の噴火で連続的に堆積したと推測さ れる.各層の基底には噴出物により倒された樹木が見られ,噴火当時の積雪が残っている 箇所も見られる.

草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第10図 主火口の火口リムでの噴出物の産状(○の長径が約2m)

### ③ 南火ロリム部及び割れ目火口沿いの噴出物

南火口は鏡池火砕丘の火口(鏡池火口)の火口壁の西側斜面上に形成されたやや大きな 火口(本稿では大火口と呼ぶ)と、それに付随して鏡池西岸付近まで線状に伸びた小規模 な割れ目火口からなる(第1図).割れ目火口は長さ4m以下,幅70 cm以下の小さな噴出 口群が17 個あり、N50°W 方向に配列する(図8・11 図,第1表).東側はほぼ1 直線上に 配列するが、西側ではオフセットするものがある.大火口近傍の噴出物はやや茶色を帯び た、火山岩塊・ラピリ混じりの火山灰層である.当時の地表に繁茂していた笹を覆って噴 出物は堆積しており、その層厚は最大で50 cm程度と推測される(第12 図).割れ目火口 に沿っても、層厚数~10 cmのラピリ混じりの灰色の火山灰層が見られる(第13 図).

なお、南火口と主火口の中間地点には木道が設置されているが、木道上には大小の噴石 を確認できるものの、降灰は確認できない(木道周辺の樹木の葉の上にも降灰は確認でき ない)(第14図).また、鏡池東岸域でも降灰はほとんど確認できない.そのため、南火口 からの降灰は、主に鏡池火口の西半部内に限定された分布をもつと推測される.

草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第11図 南火口の噴出口配列. GNSS 基点から巻尺を使って簡易測量して,国土地理院災 害図に投影した.1が南火口の大火口.

噴出口	基点からの距離 (m)	長さ (m)	幅 (m)	<b>深さ</b> (m)	温度 (℃)		備考
1	69-85.5	16.5	4±	3±			山側は一部埋積されている
2	50.5-54.5	4	0.7	0.8			東側火口列から南へ4mオフ セットする
3	46.5-49.2	2.7	0.5	1±			
4	35.6-36.0	0.4	0.3	1.5+			
5	33.5-33.9	0.4	0.15	0.6			
6	7.8-9.1	1.3	0.3	2			
7	6.4-7.5	1.1	0.5	1.2			
8	2.6-4.3	1.7	0.5	1.2+	5.2	(気中)	地下に丸い穴が3つ並び, 下 までメジャーが届かない程深い
9	0.7-1.8	1.1	0.3	1.1	4.8	(地中)	
10	0-1.0	1	0.4→0	2	1.4	(地中)	東側に向かって幅狭くなる
11	1.5-4.2	2.7	0.3-0.4	1.6	1.2	(地中)	
12	4.8-5.8	1	0.7	1.9	2.7	(地中)	
13	7.0-7.3	0.3	0.4	0.2			
14	7.8-8.3	0.5	0.45	0.15-0.3			
15	9.0-9.2	0.2	0.18	0.45			
16	9.2-9.8	0.6	0.3	0.1			
17	10.3-11.7+	1.4+	0.3	0.8			割れ目が北傾斜で下に伸びる
18	14.2-14.3	0.1	0.09	0.2			

表1 南火口噴出口群の形状および温度測定結果

草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第12図 南火口(大火口)における噴出物の産状(〇の長径が約2m)



第13図 鏡池西岸に続く割れ目火口

草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第14図 主火口と南火口の中間付近にある木道の写真.木道の上はその周囲には大小の噴 石が点在しているものの,火山灰は見られない.

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

#### 3. 噴石調査

5月5日に石崎・寺田により各火口から噴出した噴石の採取が行われた.また,5月10日に古川・関口・簗田・本多,5月11日に吉本・本多・長井により噴石分布調査が行われ, 噴石産出密度の概要が明らかになった.

### ① 噴石に見られる"本質物に特有の構造"の解釈

現地で観察した噴石には、本質物に特有の、平滑面に囲まれた形態をもつものや、階段 状の冷却縁をもつものが多く見られる.このような噴石には多かれ少なかれ風化皮殻が見 られるため、これらが本質物ではなく類質物と判断できる(第15図).本噴火の噴石に見 られる急冷縁などの構造は、おそらく、噴火が発生した火砕丘の構成物(火山弾やスコリ アなど)がもともともっていた構造と考えられ、それらが保存されたまま噴石として放出 されたことを物語っている.



第15図 火口近傍で採取した噴石の写真(←が風化皮殻)

### ② 噴石分布·産出密度

噴石は主火口の北西~東北東に約500 mまでの範囲に分布し,特に北~北東にかけて集中的に分布する(第16図).今回の調査で確認された最も火口から離れた噴石は鏡池北の主火口中心から東北東約600 m 地点(振子沢)のものである.そのほか,北西側は主火口から約500 m地点(ロープウェイ山頂駅西150 m),南東側は火口から約450 m 地点まで 噴石の分布が確認される.火口近傍では1 m を超えるものが見られる.本調査では長径64 mm 以上の噴石の産出個数密度を14 地点で計測した.なお,鏡池北の北側の登山道沿いの 北~北東にかけては火山灰の堆積が厚いことと噴石の産出個数が多いため測定できていない.測定できた中で最も産出密度が多かった地点は主火口の東250 m 地点で1m<sup>2</sup> あたり33 個である.北西側では個数密度は少ないものの長径約20 cm を超えるものが点在する.



第16図 登山道沿いの火山灰の厚さ(上図), 噴石の産出密度(下図) 星印は, 南東側の 産出限界

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

# ③ ロープウェイ山頂駅建屋に降下した噴石の計数

5月11日にドローンを低空飛行させることで、ロープウェイ山頂駅建屋(主火口から約400m)の屋上を撮影した(撮影・解析は寺田が担当;第17図).屋上に残された衝突痕や 貫通孔は、様々な角度から観察することで容易に認識でき、疑わしいものを含めて合計20 ヵ所認められた.屋上面積を約1,500m<sup>2</sup>(西部分:28m、東部分:35m、国土地理院地図 より)とすれば、降下数密度は0.013個/m<sup>2</sup>である(10m<sup>3</sup>あたり約1.3個).



第17図 ドローンにより得られた映像から判読した噴石衝突痕の位置

### 草津白根山降灰·噴石合同調查班\*

### 4. 鏡池湖水の地球化学的解析

鏡池の湖水を 2018 年 5 月 5 日に寺田が採取し,その主要成分および H<sub>2</sub>O の水素・酸素 安定同位体比を大場・谷口が分析・考察した.その結果,塩化物および硫酸イオン濃度は 数 mg/L 以下と少ないなど,湖水の化学組成は一般的な天水,あるいは天水を起源とする 地表水に矛盾しないことが分かった(第 2 表).安定同位体比についても,天水が大気環境 下において蒸発した場合に予測される値を示す(第 18 図).すなわち鏡池の湖水に関して, 火山活動の関与,例えば高温火山ガスの混入等は認められない.

第2表 鏡池湖水 2018 年5月5日の主要溶存成分濃度.

pН	E.C.	CI	$SO_4$	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	SiO <sub>2</sub>
3.9	0.011	1.6	24	0.62	5.6	0.55	0.42	0.55	0.057	0.79	11.5



第18図 鏡池および周辺湖水の水安定同位体組成.

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

### 5. 本白根周辺で観察される土砂移動

2018 年 5 月 29 日にドローンを用いた現状確認を寺田が行った. 鏡池北火砕丘,および その西外側火口に噴気などは認められず,5 月 10-11 日の現地調査と比較して大きな変化は ない. 噴火以前から線状に樹木がなかった領域(おそらく旧スキーコース, 鏡池北火砕丘 北東斜面)で,ごくわずかな土砂の移動が認められる.



第19図 鏡池北火砕丘の新火口列(主火口)



第20図 鏡池北火砕丘の北東斜面

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第21図 ごくわずかな土砂移動(垂直写真)



第22図 位置図 (Google Earth より引用, 改変)

#### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

### 6. 新火口の熱兆候

新たに形成された火口において,接触式温度計および赤外線カメラに温度測定を実施した (測定は,古川・関口・簗田が実施).サーミスタ温度計(佐藤計量器製作所 SK-1250MC Ⅲ α)では,顕著な高温は検出されず,最高で 20℃程度であった.また赤外カメラ(InfRec R500Ex-Pro,広角レンズ InfRec IRL-WX02D)でも日射を超えるような熱領域は見られなか った. 観測にはデジタルカメラ Nikon D5300,気象計 Kestrel 4000 を使用した.

南火口

亀裂(割れ目火口)のうち,主要な数箇所においてサーミスタ温度計で温度を測定した が,いずれも10℃以下であり,噴気も認められなかった.大火口(第11図の crater 1)に おいて熱映像装置による観測を実施したが,顕著な地熱域は見られなかった.



第 23 図 2018 年 5 月 11 日 12 時 53 分 南火口(大火口)を西側から撮影 天気:快晴 気温:12.6℃ 湿度:30.5% 風速 0.9m/s 気圧:794.5hPa



第 24 図 2018 年 5 月 11 日 12 時 56 分 南火口(大火口)を北側から撮影 天気:快晴 気温:12.6 ℃ 湿度:30.5 % 風速 0.9 m/s 気圧:794.5 hPa

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

# ② 主火口

鏡池北火砕丘の主火口は東西に配列しており,長径 100 m 前後,深さは 10 m 以上と思われる.火口壁は徐々に崩れており,火口底は土砂で埋積されていた.熱映像装置による観測では,いずれの火口においても日射の影響を超えるような**顕著な地熱兆候はなかった**. 西側の小クレーター底(crater 9)では 20 ℃程度であった(第 32 図).



第25図 鏡池北火砕丘主火口の地形図(東大地震研・アジア航測による)と観測位置 赤数字は火口番号



第 26 図 2018 年 5 月 11 日 14 時 46 分 主火口東側(第 25 図の crater 4~7) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8 hPa

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第 27 図 2018 年 5 月 11 日 14 時 52 分 主火口西側(第 25 図の crater 6, 7) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8 hPa





第 28 図 2018 年 5 月 11 日 14 時 54 分 主火口西端(第 25 図の crater 8) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8 hPa

# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*





第 29 図 2018 年 5 月 11 日 15 時 04 分 主火口東側の小火口(第 25 図の crater 3) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8 hPa

#### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第 30 図 2018 年 5 月 11 日 15 時 07 分 主火口東側の小火口(第 25 図の crater 2) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8h Pa



第 31 図 2018 年 5 月 11 日 15 時 08 分 主火口東側の小火口(第 25 図の crater 1) 天気:薄曇り 気温:11.5 ℃ 湿度:27.1 % 風速 3.5 m/s 気圧:795.8 hPa



第 32 図 2018 年 5 月 11 日 15 時 25 分 主火口西側の小火口(第 25 図の crater 9) 天気:薄曇り 気温:11.5℃ 湿度:27.1% 風速 3.5m/s 気圧:795.8hPa なお,本クレーターの地中温度(22.5 ℃)は他のクレーターの地中温度(数℃)に比べ 高く,わずかではあるが熱活動が見られている可能性がある(石崎・寺田).
# 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*

第3表 サーミスタ温度計による測定結果

測定場所	測定時刻	温度	測定深度
Crator 9の火口底	15:20	22.5°C	30cm

### ③ 西火口

鏡池北火砕丘から振子沢上流の谷を隔てた双子山の斜面に形成された小火口で,長さは 約15mでおおよそ南北に伸びていた.火口内に噴気は認められず,サーミスタおよび熱映 像装置による観測でも特に**熱異常域は見られなかった**.また,東側に山を下った谷筋沿い の斜面には小規模な亀裂(開口割れ目)がみられた.亀裂周辺に噴出物および地熱兆候は 認められなかった.



第33図 西火口底での温度測定(左)と谷筋沿いの亀裂の調査(右)

測定場所	測定時刻	温度	測定深度
西側火口の火口底	15:58	7.0°C	10cm
亀裂内部	16:08	O°±℃	10cm

第4表 温度測定結果

## 第141回火山噴火予知連絡会資料

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班\*



第 34 図 2018 年 5 月 11 日 15 時 54 分 西側火口 天気:快晴 気温:11.8℃ 湿度:44.0% 風速 0.3m/s 気圧:799.0hPa



第35図 2018年5月11日16時09分 谷筋沿いの亀裂 天気:薄曇り 気温:10.2℃ 湿度:35.4% 風速0.8m/s 気圧:799.6hP

### 草津白根山降灰・噴石合同調査班

石崎泰男h,石塚吉浩d,石峯康浩a,大場 武e,亀谷伸子h,関口悠子c,谷口無我b, 寺田暁彦f,長井雅史i,古川竜太c,本多 亮j,前野 深g,南 裕介d,簗田高広c, 吉本充宏j(a:鹿児島大学,b:気象研究所,c:気象庁,d:産業技術総合研究所,e:東 海大学,f:東京工業大学,g:東京大学地震研究所,h:富山大学,i:防災科学技術研究所, j:山梨県富士山科学研究所)(氏名・所属は五十音順)