

第 144 回  
火山噴火予知連絡会資料

(その5)

追加資料

令和元年 7 月 2 日

# 火山噴火予知連絡会資料（その5）

## 目次

### 追加資料

倶多楽	3
気象庁 3-4	
蔵王山	5
東北大 5	
吾妻山	6
気象研 6-8、東北大 9-12	
草津白根山	13
気象庁 13-14、東工大 15-20	
霧島山	21
産総研 21-22	

# 倶多楽 笠山地中温度分布の時空間変化について

笠山では 2015 年以降、西側斜面の地中温度が上昇している（本資料図 7 参照）。西側斜面周辺では植生が枯死しており、その領域は徐々に拡大している。札幌管区気象台では 2018 年 4 月から、植生が枯死した領域を横切る南北・東西の測線に沿って地中温度を測定し、地中温度分布の時空間変化を記録している。

6 月 25 日の現地調査では、地中温度（地表面から深さ 50cm）が概ね 90℃を超える領域が 2019 年 4 月よりもさらに拡大していた。

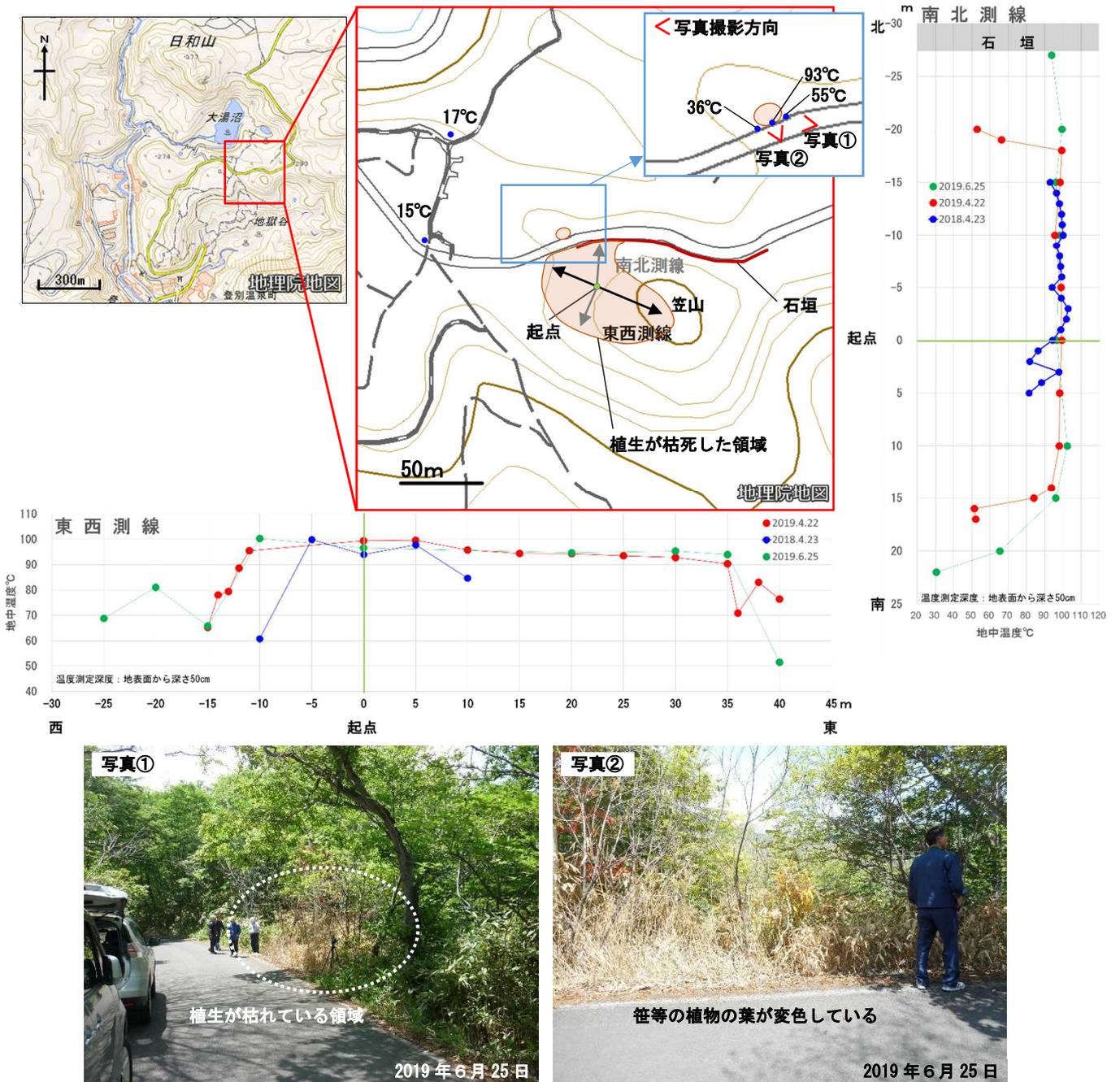


図 1 倶多楽 笠山地中温度分布の変化と周辺の植生の状況（2018 年 4 月、2019 年 4 月、6 月）

地中温度は、起点から東西南北方向へ 1～5 m おきに、地表面から 50cm の深さで熱電対温度計を用いて測定した。また青点の位置では、地表面から 40～50cm の深さで熱電対温度計を用いて温度を測定した

- ・ 前回（2019 年 4 月）よりも、地中温度の高い（概ね 90℃以上）領域が拡大し、新たに植生が枯れている領域が確認された。

笠山では、1974年秋頃から1975年にかけて地中温度が上昇し、西側斜面に新たな噴気地帯が出現し、それまで生い茂っていた植生はほぼすべて枯死した。噴気地帯内は、北西—南東に伸びた細長い形状をしており、地中温度（地表面から70～100cm）は高いところで90℃を超えていた。

なお、立木の枯死や葉枯れは笠山から離れた場所でも認められ、大湯沼南岸近くの湖底には、それまで知られていなかった噴気孔が発見された。これらの表面現象は、笠山西側斜面から北西方向の延長上約300mの範囲で認められた。

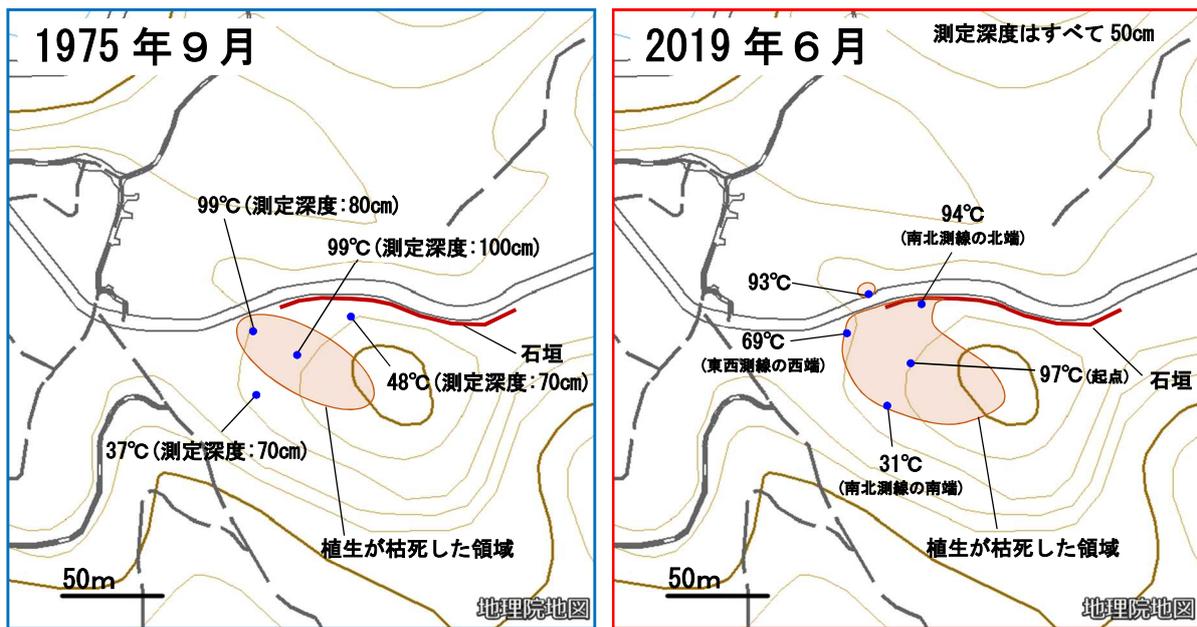


図2 倶多楽 笠山における1975年と2019年の地中温度および植生の枯死の状況の比較

1975年9月の地中温度および植生が枯死した領域は、北海道における火山に関する研究報告書第12編「倶多楽（日和山）」（1988年）より引用（一部改変）した。

- ・1975年9月に笠山で確認された植生の枯死した領域は、山の西側斜面に北西—南東方向に伸びた形状をしており、今回確認された領域と位置・形状ともに類似している。

### 蔵王山の地震活動

【概要】

- 蔵王山では、今期間、火山性地震は少ない状態で推移した。発生した火山性地震は、火口湖御釜・地熱地帯の浅部で発生する微小地震が主たるものである。

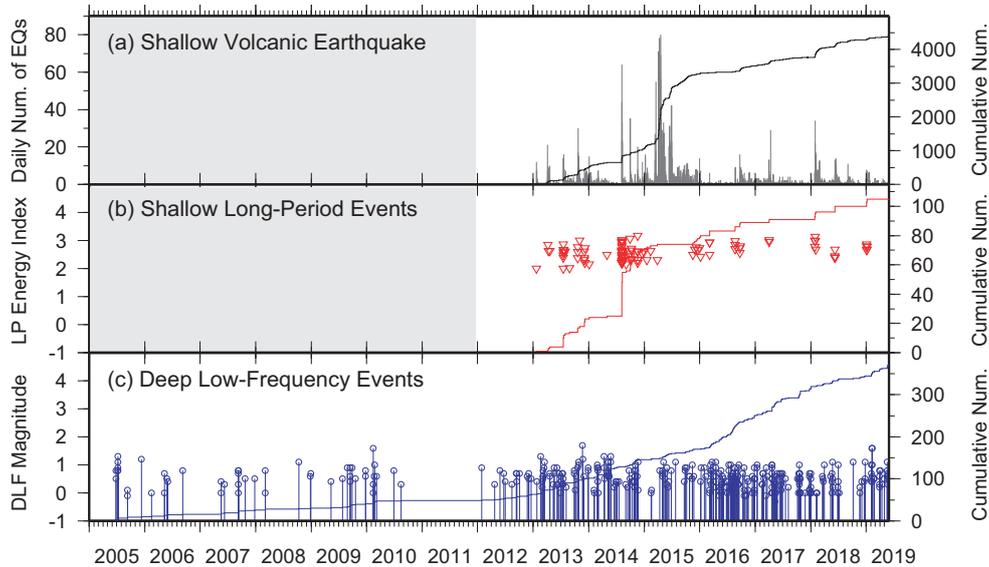


図1. 蔵王山における火山性地震の活動推移. (a) 日別発生数及び累積発生数. 蔵王観測点 (TU.ZAS) において頂点間振幅が  $0.8\mu\text{m/s}$  以上のものを計数. (b) 浅部長周期地震(卓越周期約 10 秒)の M-T ダイアグラムと累積発生数. (c) 蔵王山直下の深部低周波地震の M-T ダイアグラムと累積発生数(一元化震源による). (a) 及び (b) の灰色は未精査の期間を表す.

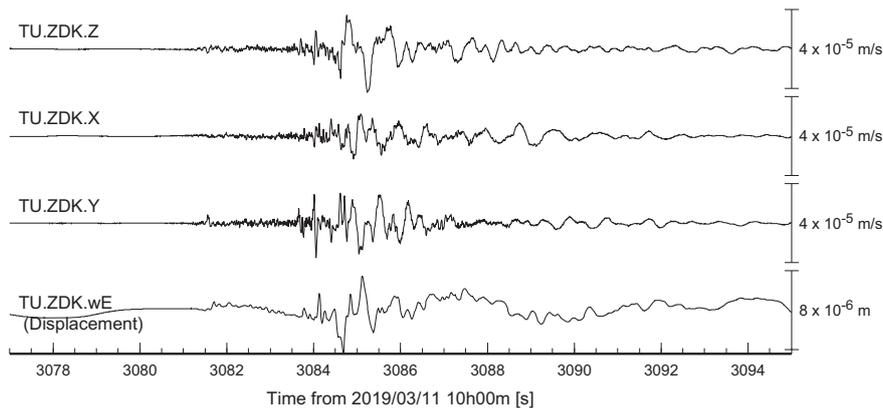


図2. 火山性地震の波形例 (2019 年 3 月 11 日 10 時 51 分). (a) 蔵王大黒天観測点 (TU.ZDK) における3成分速度波形及び東西動変位波形. Z, X, Y は、それぞれボアホール型短周期地震計の上下, 南北, 東西成分を表す. wE は、地表設置広帯域地震計の東西成分を表す.

御釜やや東側で発生する火山性地震は、低周波成分に富むものも多い。また、P波初動に先行して高周波の前駆的振動が認められることも多く、浅部における流体運動が地震発生に関与していることを示唆する。

## 吾妻山の土壌ガスと地殻変動観測

吾妻山の土壌ガス連続観測によると、2018年8月から11月頃、CO<sub>2</sub>放出率やH<sub>2</sub>S濃度が増大していた可能性がある。2019年3月に60℃程度であった土壌温度は、2019年6月末に90℃を越えていた。また、6月の光波測距観測では、大穴火口南側測線の短縮が継続している。

吾妻山の八幡焼(大穴火口南方0.3km)に、土壌ガスの連続観測装置を設置し、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の放出率観測を開始し、2019年6月までデータを取得した。種々の要因による欠測が多く、降水等の影響を評価できていないが、2018年8月頃から放出率が増大している可能性がある。2019年3月に60℃程度であった30cm深の土壌温度は6月末には90℃を越えていた。

また、2016年10月から開始した繰り返し光波測距観測によると、2018年8月頃から大穴火口が膨張する斜距離変化が観測され、その後も大穴火口南側測線の短縮が継続している。

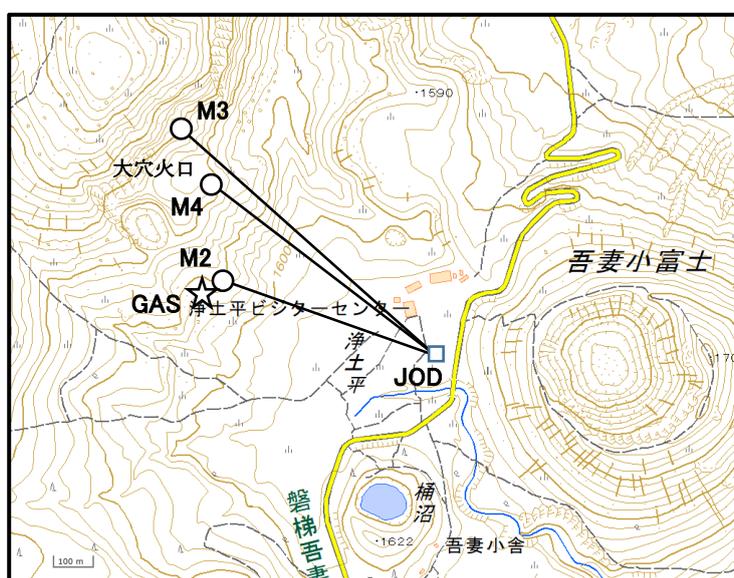


図1 吾妻山観測点配置図

星印(GAS)は土壌ガス連続観測点。四角(JOD)は光波測距機械点、丸印(M2~4)は反射点。



図2 土壌ガス観測点

左:土壌ガス装置正面から。後ろに一切経山大穴火口。右:土壌ガス装置背面から内部。

土壤ガス連続観測

2017年10月に大穴火口南方約0.3kmの場所にチャンバー式の土壤ガス連続観測装置を設置し(図1, 2), 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)および硫化水素(H<sub>2</sub>S)の放出率の他, 土壤温度(30cm深)や各種気象要素の毎時測定を開始した(図3).

チャンバーの動作不良やデータ収録媒体の不調, 気温・湿度センサーの異常等により安定してデータが取得できていないが, CO<sub>2</sub>放出率は2018年8月頃から増大した. H<sub>2</sub>S濃度もこの頃から大きくなっている. これらが増大し始めた時期は大穴火口の火山ガス組成に変化が現れ始めた頃と一致している. また, 2018年夏頃から60~70℃前後で推移していた土壤温度は2019年6月25~27日の観測で90℃を越えていた. このことは, 浄土平3監視カメラで2019年5月中旬頃から認められた, W-10地熱域の拡大と温度上昇に対応した現象である可能性もある.

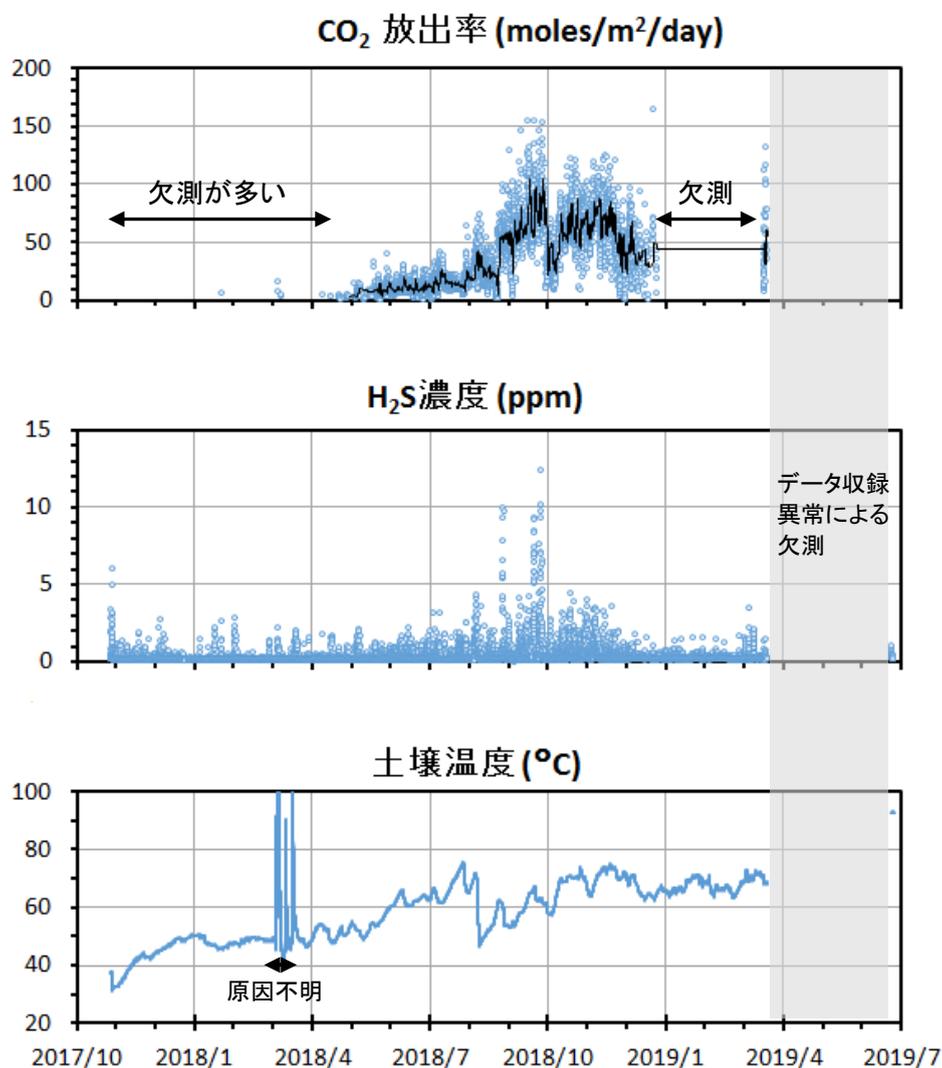


図3 吾妻山土壤ガス観測 2017年10月~2019年6月

(上段)CO<sub>2</sub>放出率. 2018年4月までは欠測が多い. 黒線は24時間の移動平均. 2018年12月以降は気温欠測のため5%程度大きくなる場合がある.

(中段)H<sub>2</sub>S濃度.

(下段)30cm深の土壤温度. 2018年3月の高温値の原因は不明.

光波測距観測

2016年10月、浄土平から大穴火口周辺に設置した反射点までの斜距離の繰り返し観測を開始した。その結果、2018年8月頃から大穴火口が膨張する斜距離変化が観測された。2019年6月の観測でも大穴火口の南に位置する測線で伸びが観測された(図4, 表1)。

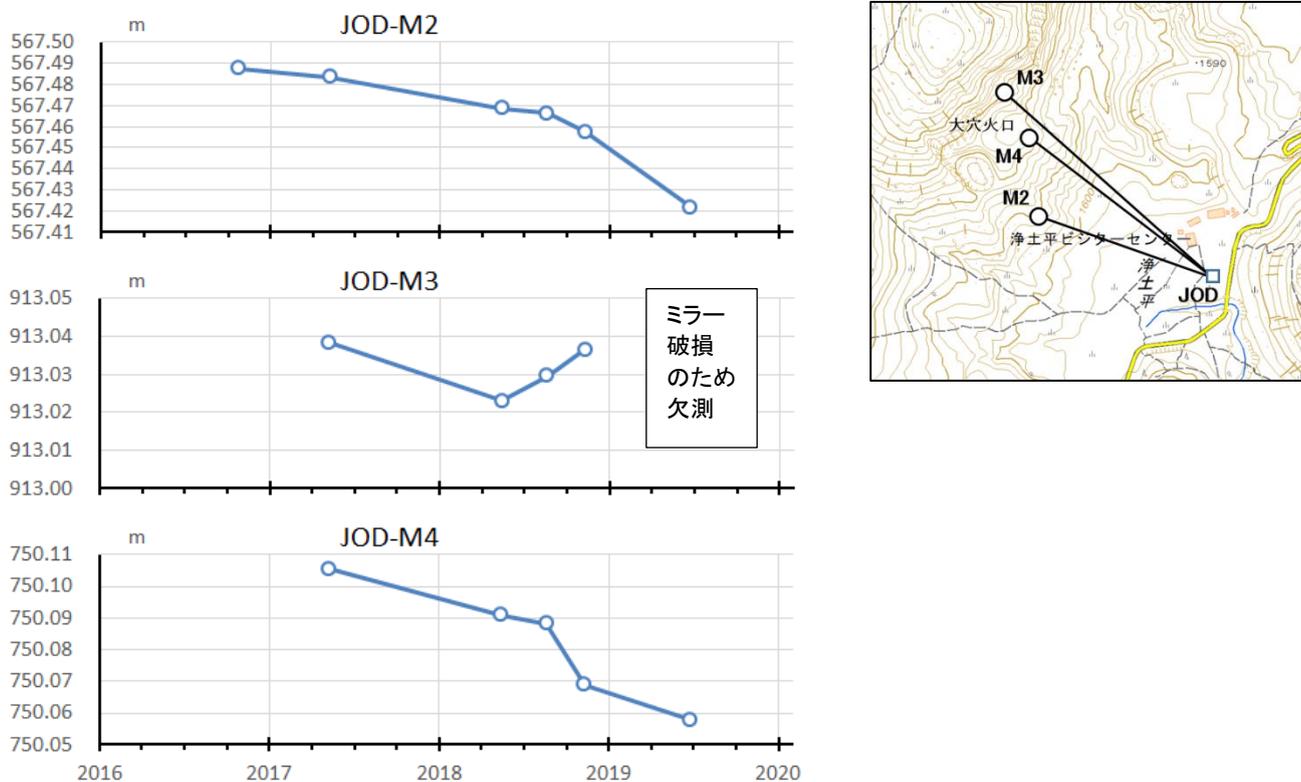


図4 吾妻山大穴火口周辺の斜距離変化(2016年10月～2019年6月)

機械点JOD(浄土平)から大穴火口周辺反射点(M2,3,4)までの斜距離の繰り返し観測結果。観測斜距離の気象補正には、気象庁メソ数値予報モデルの客観解析値(MANAL)を用いた(高木・他, 2010)。

2018年5月までの斜距離の短縮は、吾妻山周辺の短縮の場を反映しており、気象庁のGNSS観測結果と整合している。2018年8月頃から大穴火口が膨張する斜距離変化が観測された。2018年から2019年にかけても、大穴火口の南側の測線で短縮傾向が継続している。

表1 吾妻山大穴火口周辺の斜距離変化(2016年10月～2019年6月)

JOD -	M2 (m)	M3 (m)	M4 (m)
2016/10/25	567.487		
2017/5/9	567.483	913.039	750.106
2018/5/16	567.469	913.023	750.091
2018/8/22	567.467	913.030	750.088
2018/11/12	567.457	913.037	750.069
2019/6/27	567.422		750.058

## 吾妻山の地震活動

### 【概要】

- ・ 吾妻山では、2019 年 4 月末以降、活発な火山性地震活動がみられた。発生した火山性地震の震源は概ね大穴火口付近直下の標高 0~1300 m 程度である。
- ・ 5 月中旬以降には、大穴火口直下浅部において長周期地震(卓越周期約 10 秒)が断続的に発生した。この長周期地震の発生に前後して、大穴火口方向が傾き下がる過渡的な傾斜変動及び高周波成分の卓越した連続振動が観測された。これらの変動源の深さは標高 1200~1500 m 程度と推定される。

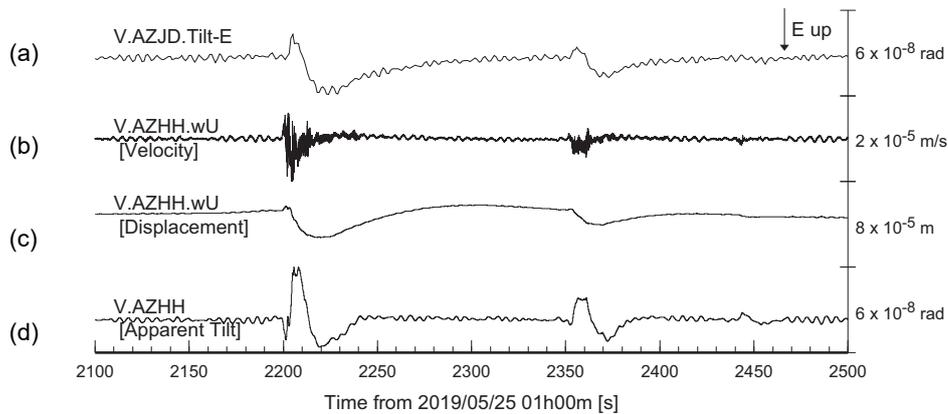


図1. 長周期地震とそれに伴う傾斜変動・高周波振動の例: 2019 年 5 月 25 日 1 時台。

(a) 気象庁浄土平観測点 V.AZJD における傾斜記録(東西成分). (b) 気象庁蓬莱山東平観測点 V.AZHH における広帯域地震計上下動速度波形. (c) 地震計特性を補正して得られた V.AZHH における上下動変位. (d) (c)をもとに計算した並進動が仮想傾斜計出力に及ぼす影響.

大穴火口近傍浅部において約 10 秒間の膨張とその後数百秒かけて進行する収縮が発生したと考えられる. 大穴火口浅部における圧力増加の部分的な解消プロセスを反映していると考えられる. 同様のイベントは、2018 年 8 月中旬から 12 月下旬の期間にも、断続的に観測された.

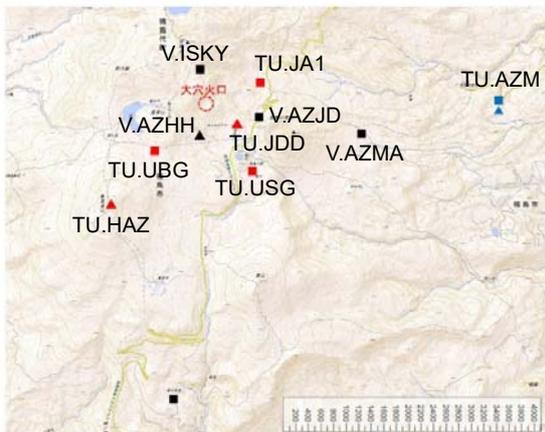


図 2. 吾妻山周辺の地震観測点配置図.

青及び黒の四角・三角は、それぞれ東北大学、気象庁の定常観測点を示す。  
赤の四角・三角は、2015 年度設置の東北大学機動観測点(TU.JDD, TU.USG, TU.UBG は現地収録型)。  
四角, 三角はそれぞれ短周期地震計, 広帯域地震計の観測点を示す。

この資料は、東北大学のほか、気象庁のデータを利用して作成した。

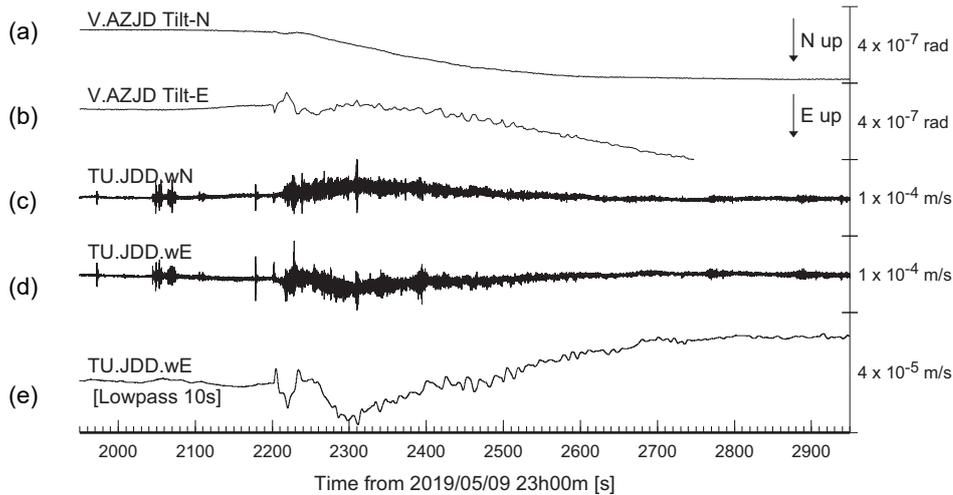


図 3. 長周期地震とそれに伴う傾斜変動・高周波振動の例: 2019 年 5 月 9 日 23 時台.

(a),(b) 気象庁浄土平観測点 V.AZJD における傾斜記録. (c)~(e) 東北大学浄土平観測点 TU.JDD における広帯域地震計速度波形及び東西成分のローパス・フィルタ波形(カットオフ周期 10 秒). Tilt-N, Tilt-E は, それぞれ傾斜記録の南北成分, 東西成分を表す. wN, wE は, それぞれ広帯域地震計の南北成分, 東西成分. 広帯域地震計(固有周期 120 秒)の記録は, 機器特性の補正は行っていない.

図 1 同様に大穴火口付近浅部(標高 1200~1500 m)で発生する約 10 秒間の膨張とその後数百秒かけて進行する現象を示しているが, 吾妻山周辺広域において傾斜変化が観測されるイベントでは, 傾斜変化の過程において, 長周期(周期10秒以上)の振動を伴うことがある. 浅部圧力源及び火道における圧力擾乱の伝播を示唆する.

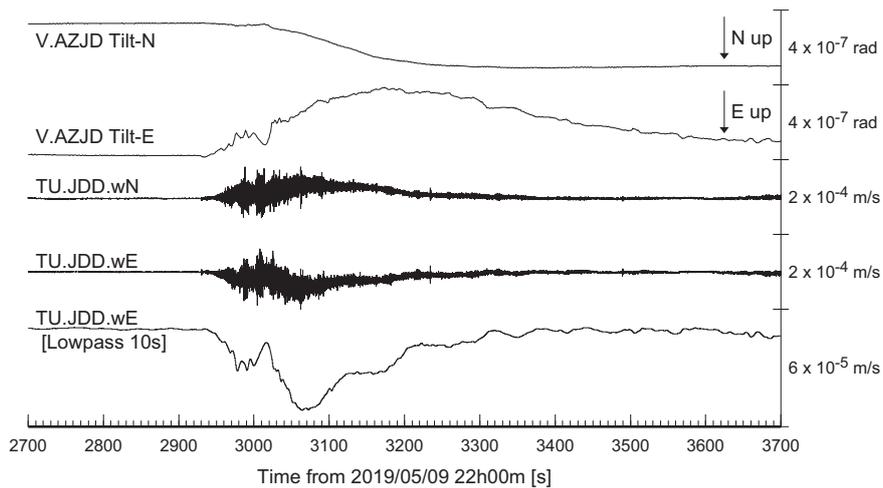


図 4. 図 3 と同じ. ただし, 2019 年 5 月 9 日 22 時台に発生したイベントの例.

5 月 9 日から 10 日にかけて発生した一連の傾斜変動のうち最大の傾斜変化率を示す 5 月 9 日 22 時 48 分発生イベントでは, 数十秒から百秒程度の周期をもつ長周期振動が観測された. 圧力擾乱の空間スケールが時間的に変化していることを反映している可能性もあるが, 今後さらなる精査が必要である.

## 吾妻山で 2019 年 5 月 9 日に発生した傾斜変動

### 【概要】

- 吾妻山では、5 月 9 日から 10 日にかけて微動を伴う短期的傾斜変動が断続的に発生した。傾斜変動・微動の開始時には長周期震動や低周波震動も認められる。同様の現象は 2018 年 7 月 22 日、10 月 7 日、11 月 25 日にも観測されている。
- 一部の傾斜変動は、大穴火口から 5 km 以遠でも捉えられており、大穴火口直下浅部における膨張現象とともに、深部(海拔下約 8 km)における収縮変動が連動した可能性を示唆する。

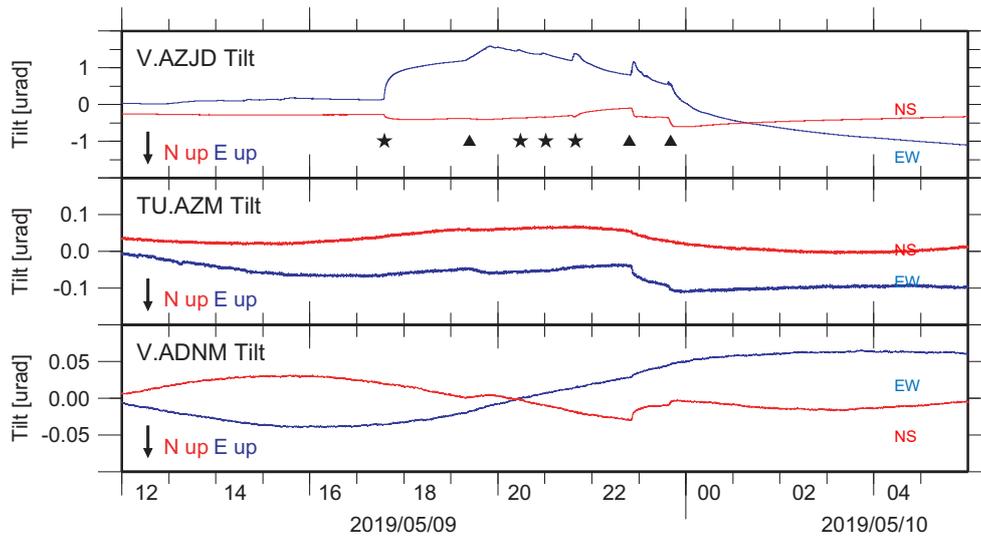


図 1. 2019 年 5 月 9 日から 5 月 10 日に発生した傾斜変動の記録例。

気象庁吾妻浄土平 V.AZJD 観測点，東北大学吾妻 TU.AZM 観測点，気象庁安達太良山沼尻山甲 V.ADNM 観測点における傾斜記録。観測点の位置は，図 2 を参照。

大穴火口近傍の V.AZJD のみで観測される傾斜変動(図中★)に加え，広域で観測される傾斜変動(図中▲)も認められる。前者は，同期して発生する長周期地震同様に大穴火口直下浅部(標高 1200~1500 m)における膨張現象によるものである。一方，後者は，大穴火口方向が下がるセンスであり，大穴火口近傍に等方収縮源を仮定した場合，その深さは海拔下約 8 km と推定される。

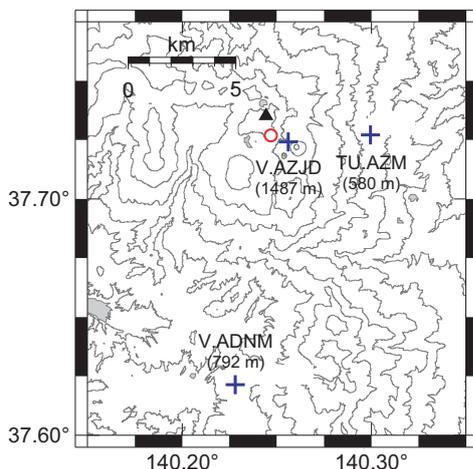


図 2. 吾妻山周辺の傾斜観測点配置。

赤丸，黒三角は，それぞれ大穴火口，一切経山山頂を表す。等高線は 200 m 間隔。

V.AZJD, TU.AZM は，それぞれ大穴火口の東方約 0.8 km, 約 5 km, V.ADNM は東南東約 11 km に位置する。観測点名の下に数字は，計器設置標高を表す。

地図の作成には，国土地理院発行の電子地形図を使用した。

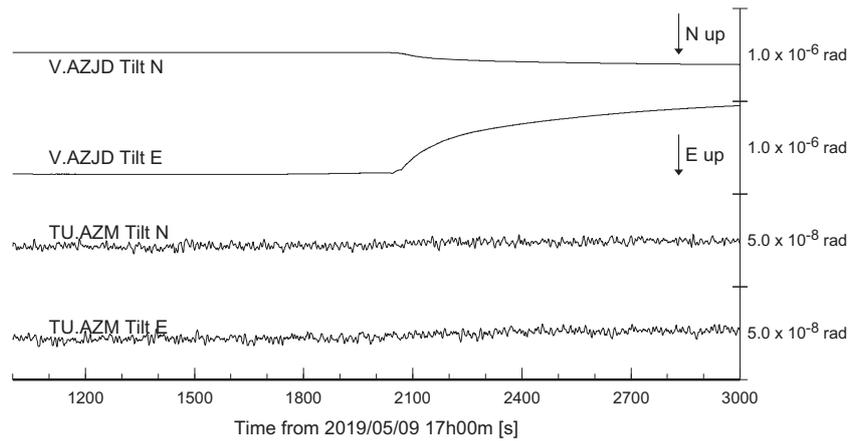


図 3. 2019 年 5 月 9 日 17 時 33 分に発生した傾斜変動の V.AZJD, TU.AZM における記録. TU.AZM では、ノイズレベルを超える変動は認められない。

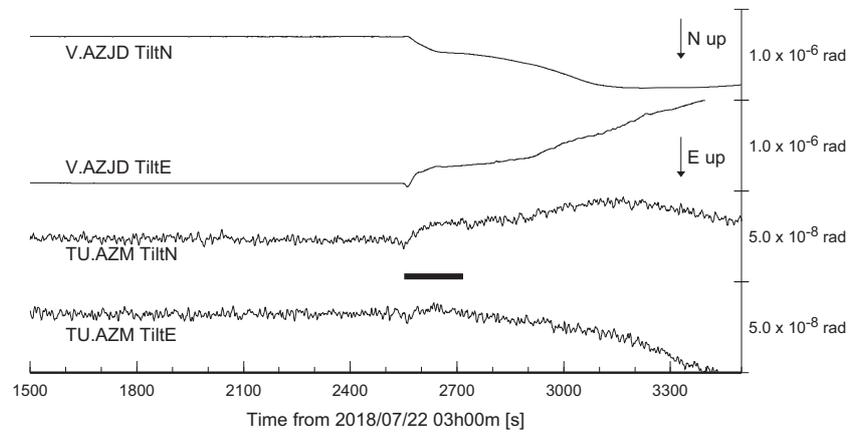


図 4. 図 3 と同じ。ただし、2018 年 7 月 22 日 03 時 42 分に発生した傾斜変動の例。図 3 に例示したイベントと同様に、大穴火口近傍の V.AZJD のみで明瞭に傾斜変化が認められる変動であるが、TU.AZM でも傾斜変動開始時の長周期地震のあとにノイズレベルを超える傾斜変化が有意に認められる(黒太実線部分)。

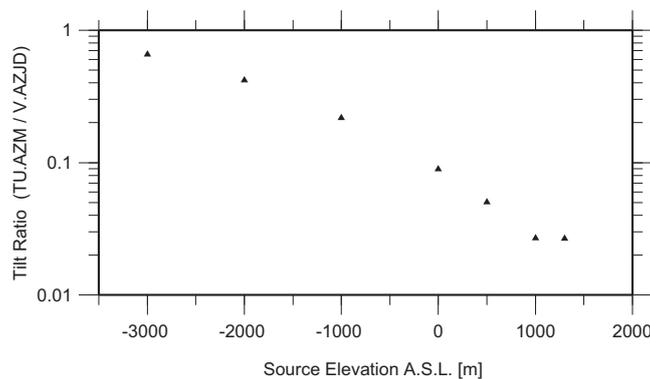


図 5. 大穴火口直下に等方圧力源を仮定した場合の TU.AZM, V.AZJD における傾斜変化量の比。半径 50 m の球状等方圧力源を仮定して、両観測点における傾斜変化量を有限要素法により計算した。計算には、国土地理院発行の電子地形図を基にした 20 m DEM を使用した。両観測点における傾斜変化量の比は、5 月 9 日 17 時 33 分のイベントが、2018 年 7 月 22 日のイベントに比べ、より浅部で発生した可能性を示唆する。

## 草津白根山 (2019年7月1日現在)

- ・2019年6月30日02時35分、湯釜付近が震源と推定される振幅の大きなBL型地震が発生した。振幅は、水釜北東観測点（検測基準点）で  $63.5 \mu\text{m/s}$ （上下動）を記録した。空振の観測はなかった。

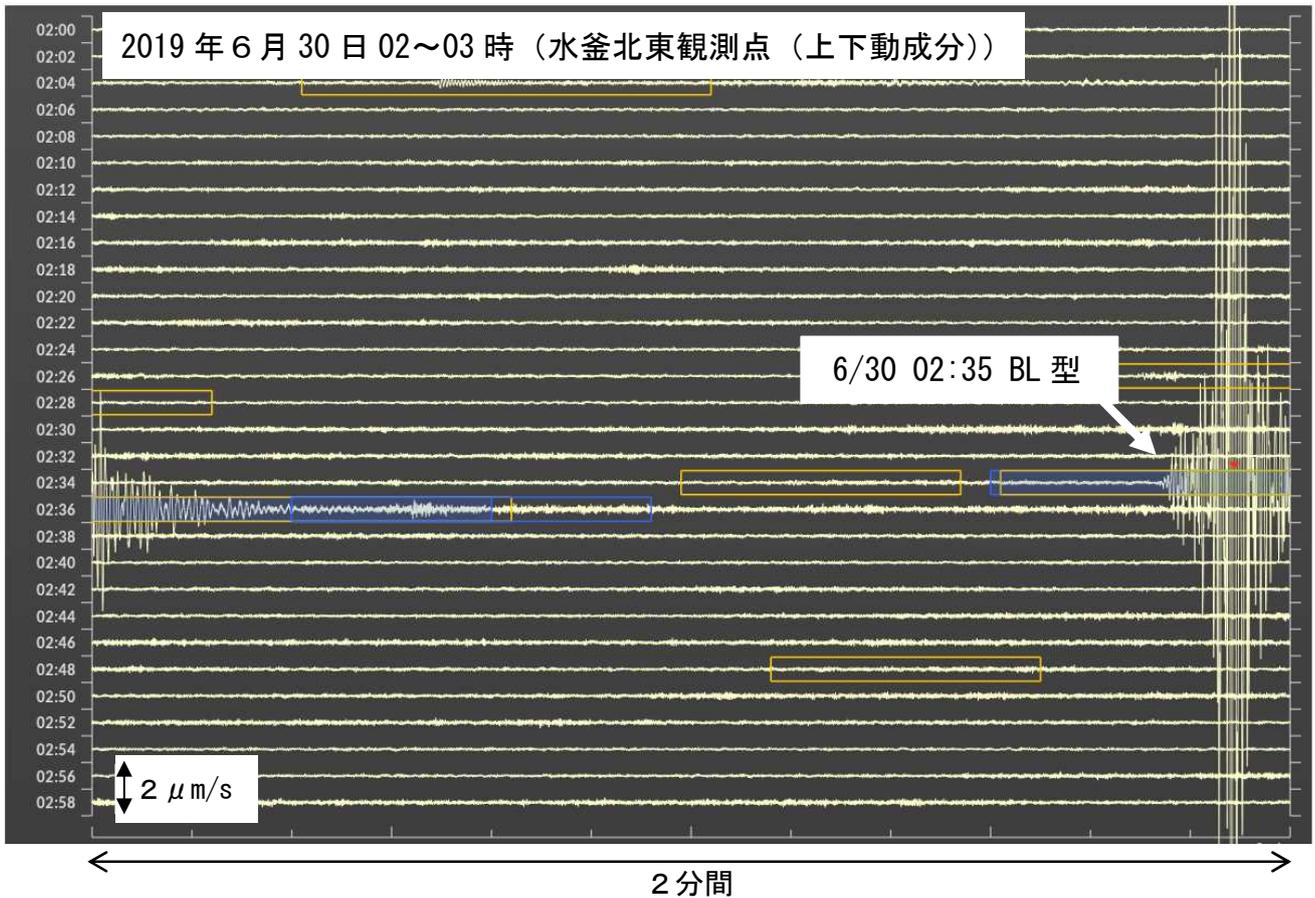


図1 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 水釜北東観測点地震波形

- ・2019年6月30日02時35分に、湯釜付近が震源と推定されるBL型地震が発生した。
- ・振幅は、水釜北東観測点（検測基準点）で  $63.5 \mu\text{m/s}$ （上下動）を記録した。
- ・空振はなく、現地有感もなかった（万座プリンスホテルに確認）。

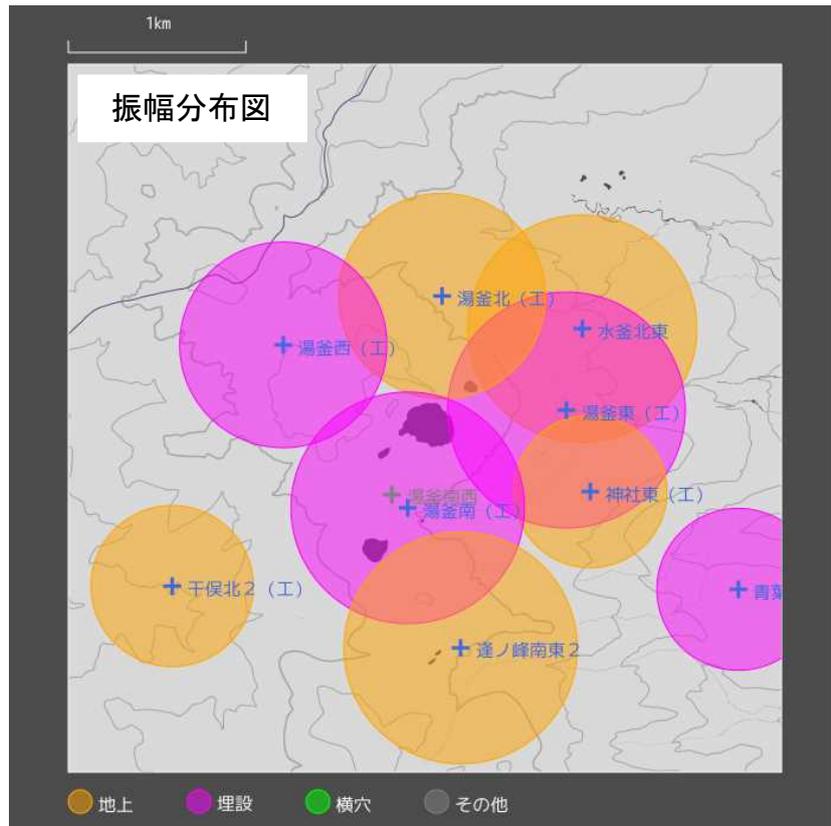


図 2 草津白根山（白根山（湯釜付近）） 振幅分布図  
 (2019年6月30日02時35分のBL型地震)  
 ・湯釜周辺観測点の振幅分布や地震波の到達順から、震源は湯釜付近と考えられる。

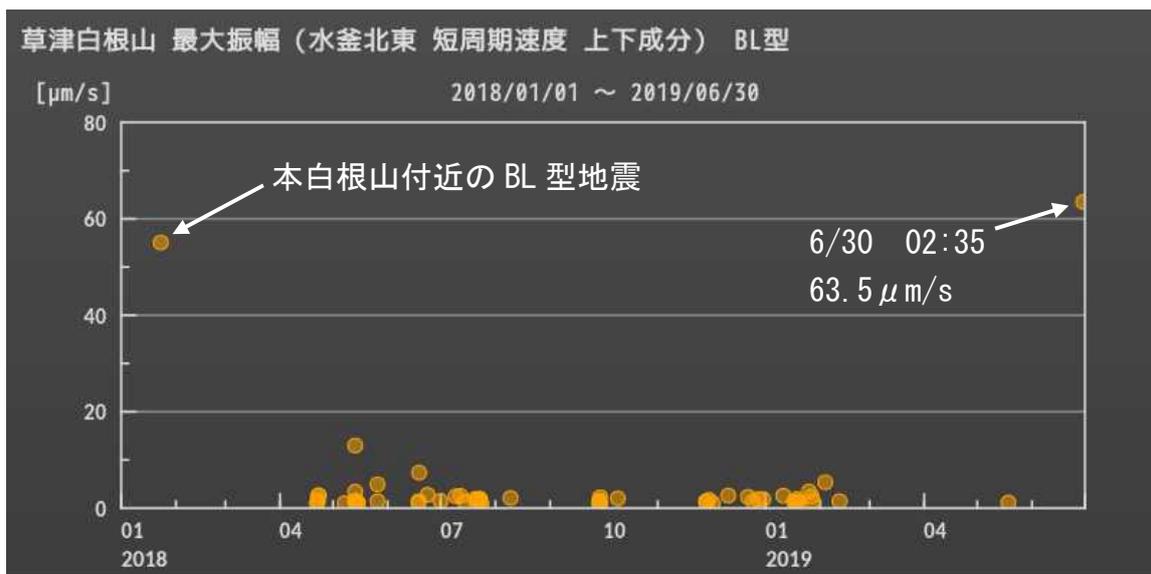


図 3 草津白根山（白根山（湯釜付近）） BL型地震振幅時系列グラフ（水釜北東観測点）  
 (2018年1月1日～2019年6月30日)  
 ・2019年6月30日02時35分に発生したBL型地震の最大振幅は、水釜北東観測点（検測基準点）で  $63.5 \mu\text{m/s}$ （上下動）を記録した。

### 最近の湯釜について

2018年6月と比較して、2019年5月24日の湯釜湖水位は60cm±20cm程度上昇している(図1)。これは湖水量が約6%増加したことに相当する。東工大湯釜雨量計によれば、当該期間の降水量は平年よりも少ない。島状の地形が水没しているが(図2)、その理由は水位上昇ばかりでなく、水位が上昇したことで波浪による浸食が進んだためである。

2019年6月30日頃から湯釜東部の1ヵ所において黒灰色の変色が認められ、7月1日には変色場所が3ヵ所に増えたように見える(図6)。1日に行ったドローンによる撮影では4ヵ所の変色が認められ、N.O.2と呼称した湧出が最も明瞭である。また、湖面全体が汚れたように見えていた(図3)。同様の変色は2018年6月から7月にかけても認められている(図4)。水釜、北側斜面に目立った変化は認められない(図5)



図1. 湯釜南岸の測量ポール設置場所付近での比較。岩「5」は、水面から十分高い位置にあり、周辺岩石との位置関係も明らかな変化がないので、移動していないと考える。2018年ポールと2019年ポールの位置は異なるが、岩「3」「4」の間に設置している。ポールは既に流出しているので厳密な比較はできないので、岩5とポールの相対位置に基づき水位上昇量を見積る。岩「5」からみて、2018年6月の水面は-80cm、一方で2019年の水面は-20cmと見積もった。あまり厳密ではないが、ポールの白赤(20cm)程度の信頼性はあるとみて、2018年6月19日と2019年5月24日の水位差は60cm±20cm程度で増加したものと推定した。



図2. 展望台定点からの比較。

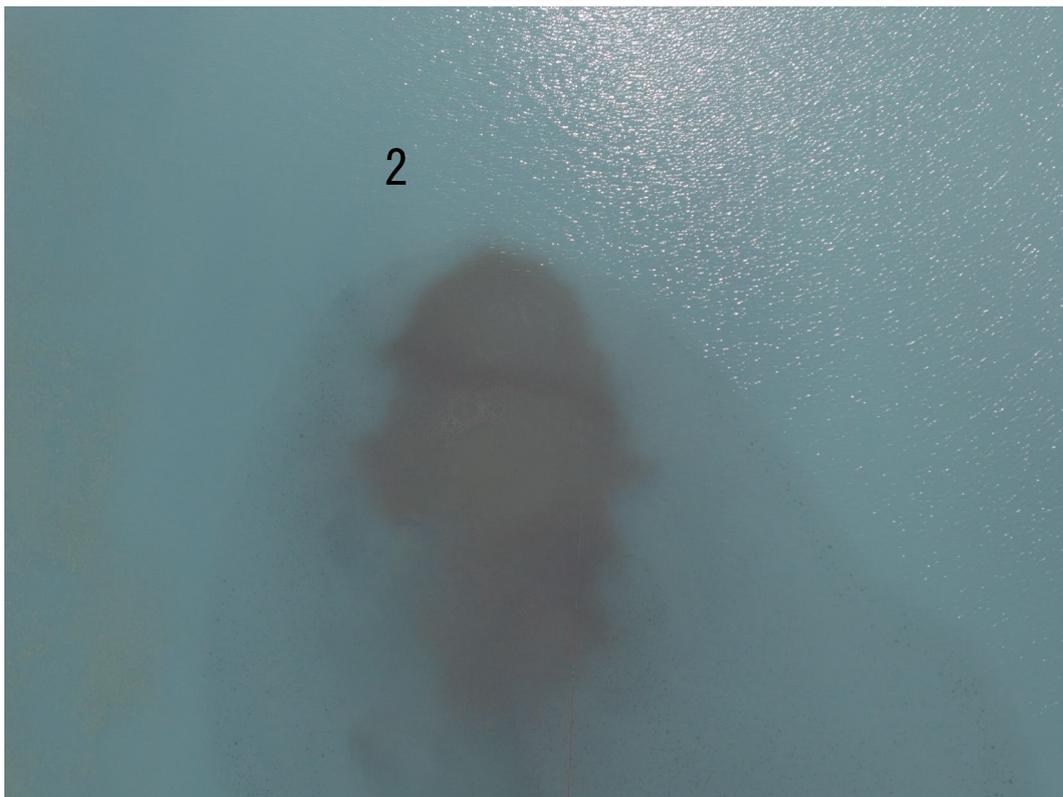
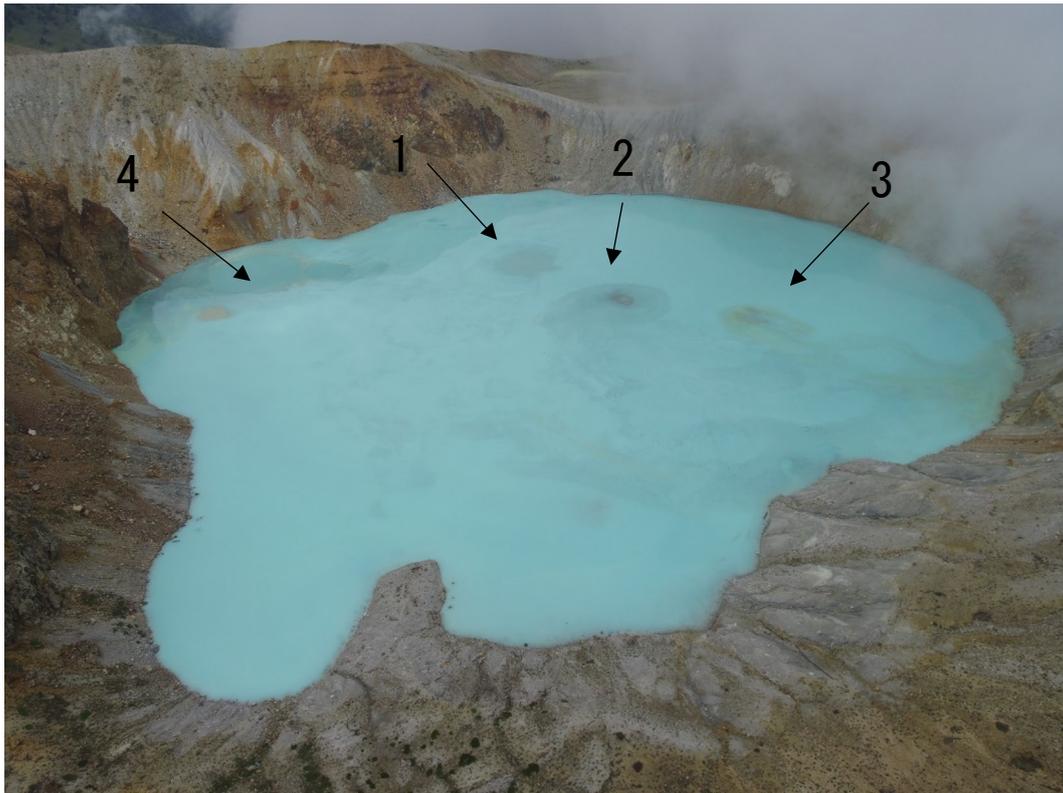


図3. 2019年7月1日お昼前後にドローンで撮影した湯釜の様子。数字は2018年変色事象時（図4）と同じ場所であることを意味する。主な湧出・変色は4ヵ所認められ、湖面全体が黒や黄色などで汚れて見える。湖面の大部分がいつもより白濁しているように見える一方で、湖面北側～西側の一部（画面奥側）はやや色が異なり、いつもの色に見える。（上）2019年7月1日13時29分頃。（下）12時13分頃。

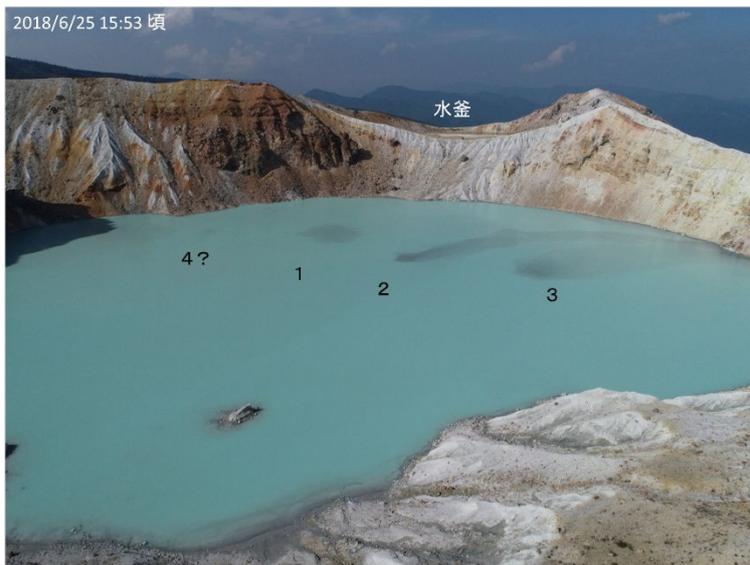


図4. 参考のため過去の空撮画像を示す。(上)今年、2019年5月24日12時頃の様子。黒灰色の変色なし(中・下)2018年に観察された湖面変色、いずれも2018年6月25日16時頃の撮影。



図5. 2019年7月1日お昼前後にドローンで撮影した水釜および北側斜面噴気の様子. (上) 2019年7月1日11時47分頃. (下) 11時46分頃.

2019年7月1日午前



2019年6月30日午後



図6. 東工大湯釜カメラから示唆される2019年6月30日, 同7月1日の黒灰色の湖面変色. 黄色や灰色の浮遊物はふだんから認められるが, 黒っぽく, 風下方向へ湖岸まで尾を引くような特徴は, 2018年6月から7月にかけて認められた変色によく似ている. ただし本カメラではよく観察できないので, ドローン等を用いて確認中である.

## 霧島硫黄山火山ガス組成変化（2019 年 6 月 30 日まで）

霧島硫黄山 H 噴気孔近傍で、Multi-GAS を用いた火山ガス組成連続観測を実施している（図 1）。6 月以降の連続観測結果では、 $\text{SO}_2$  濃度および  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$  比の急増が認められる（図 2）。同様の変化は、2018 年 4 月の噴火前にも認められている。

ただし、5 月 16 日の現地観測では、従来は湯だまりであった Pa、Pb、V1 のお湯がほとんどなくなっており、ガスのみを放出する状況に変化していた。観測されたガス濃度や組成の変化が、地下からの供給の変化ではなく、地表の湯だまりの状況の変化に起因する可能性もある。

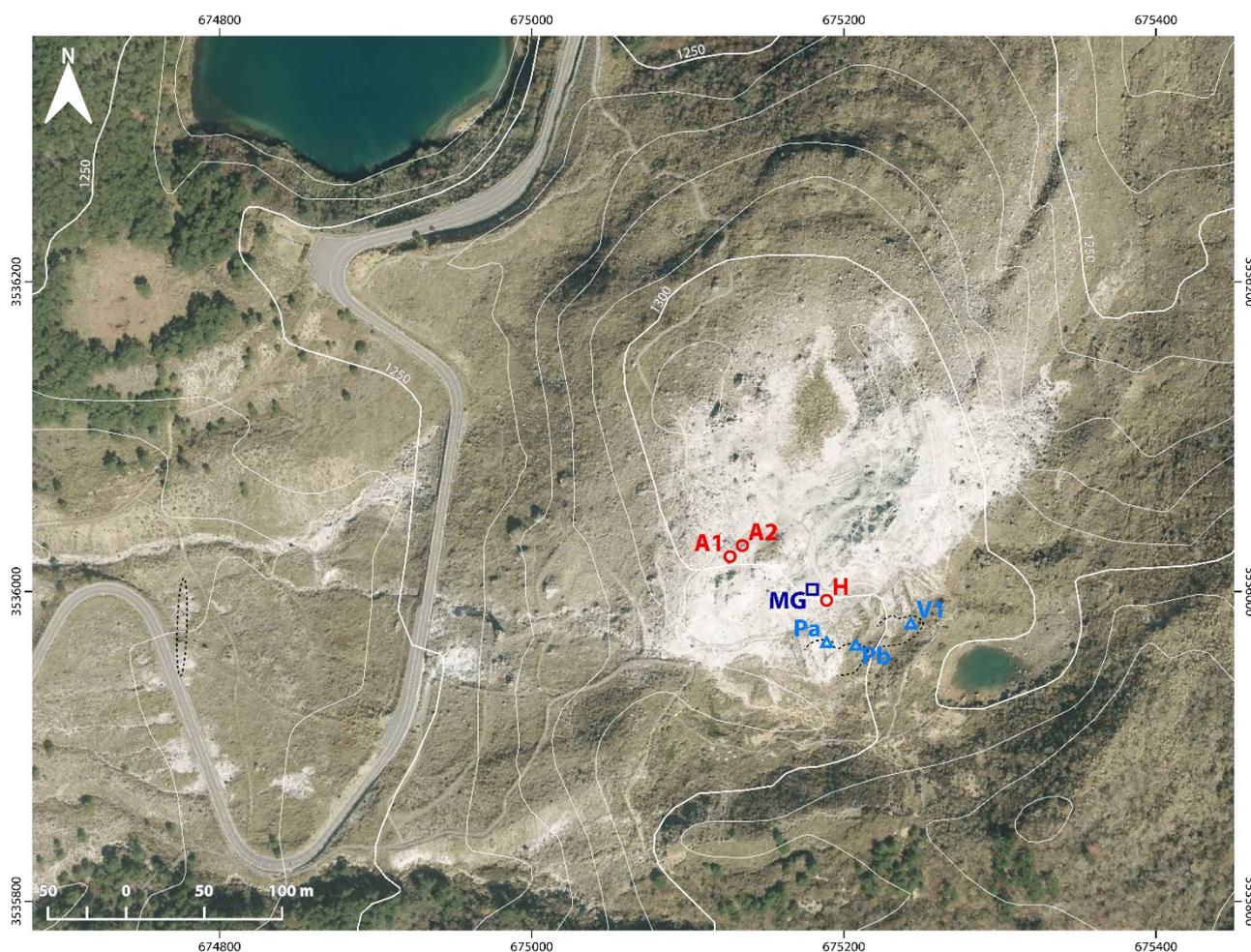


図 1 霧島硫黄山観測点配置図。MG は連続観測点，H，A1，A2，Pa，Pb，V1 はそれぞれ噴気孔および湯だまりに対応する。背景には、国土地理院の空中写真および数値標高モデル 10m メッシュ（火山標高）を使用した。

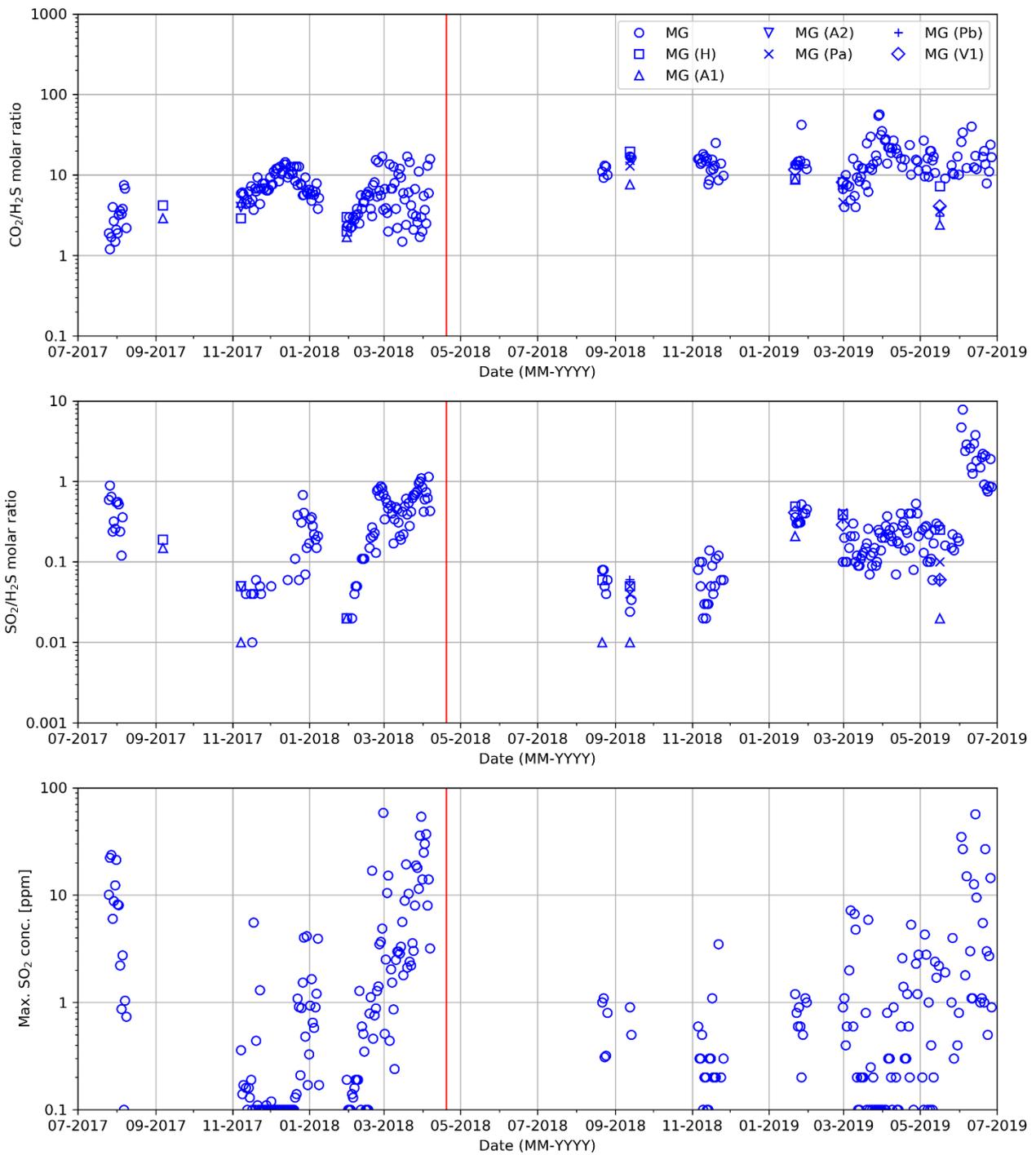


図2 霧島硫黄山火山ガス組成観測結果。順に、上)  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  比, 中)  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$  比, 下)  $\text{SO}_2$  濃度最大値。凡例のうち、丸印は連続観測結果, それ以外のシンボルは現地観測結果 (各噴気孔および湯だまりの値) に対応する。赤の縦線は2018年4月19日の噴火に対応する。