

第 148 回 火山噴火予知連絡会資料

(その 4)

追加資料

令和 3 年 6 月 30 日

火山噴火予知連絡会資料(その4)

目次

十勝岳	3
気象庁 3-4	
阿蘇山	5
気象庁 5-8、京大阿蘇 9-12	
雲仙岳	13
気象庁 13-15	
霧島山	16
九大他 16-23、鹿大 24-27	
諏訪之瀬島	28
気象庁 28、地理院 29	

十勝岳

○ 62-2 火口内の状況について～6月28日現地調査速報～

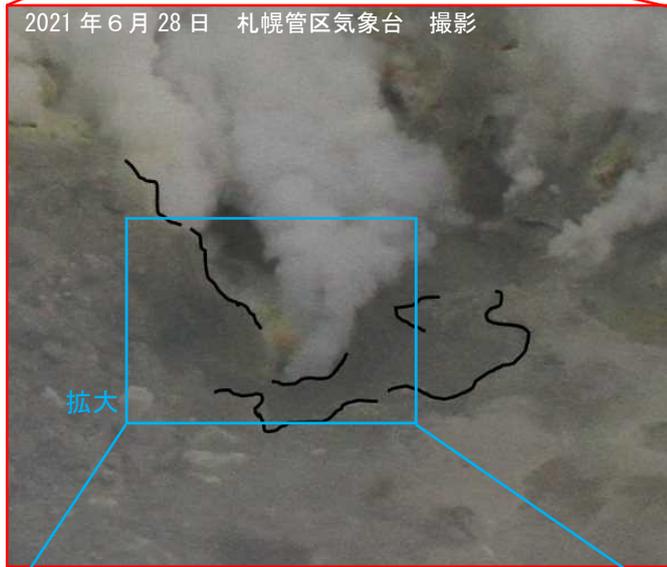


図1 十勝岳 62-2 火口内の状況

- ・ 6月28日に実施した現地調査で、62-2火口底の噴気孔の拡大が確認された。噴気孔内は6月16日（北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所撮影）に比べ変色が進んでいる。

温度(°C)

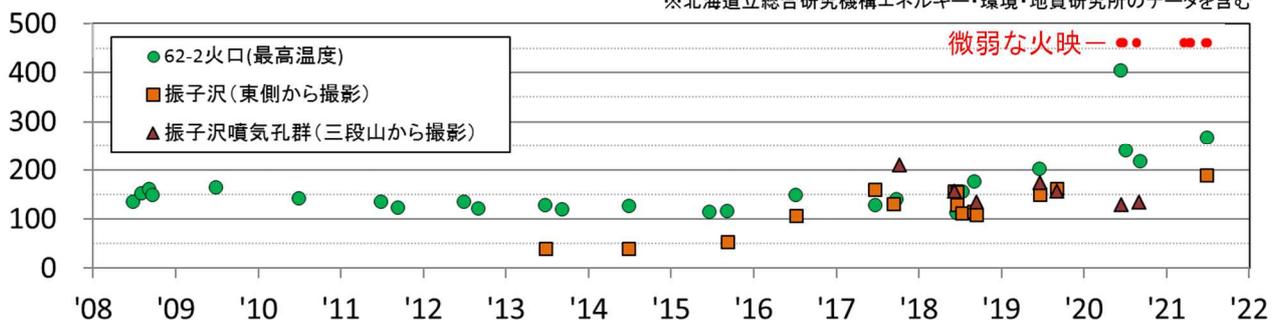


図2 十勝岳 62-2 火口及び振子沢噴気孔群の温度

- ・ 62-2 火口内は 2019 年以降、200°C以上の高温状態が続いている。

この資料は気象庁のほか、地方独立行政法人北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所のデータを利用して作成した。



図3 十勝岳 62-2 火口内の様子の変遷 (2005年6月~2021年6月)

阿蘇山（追加資料）

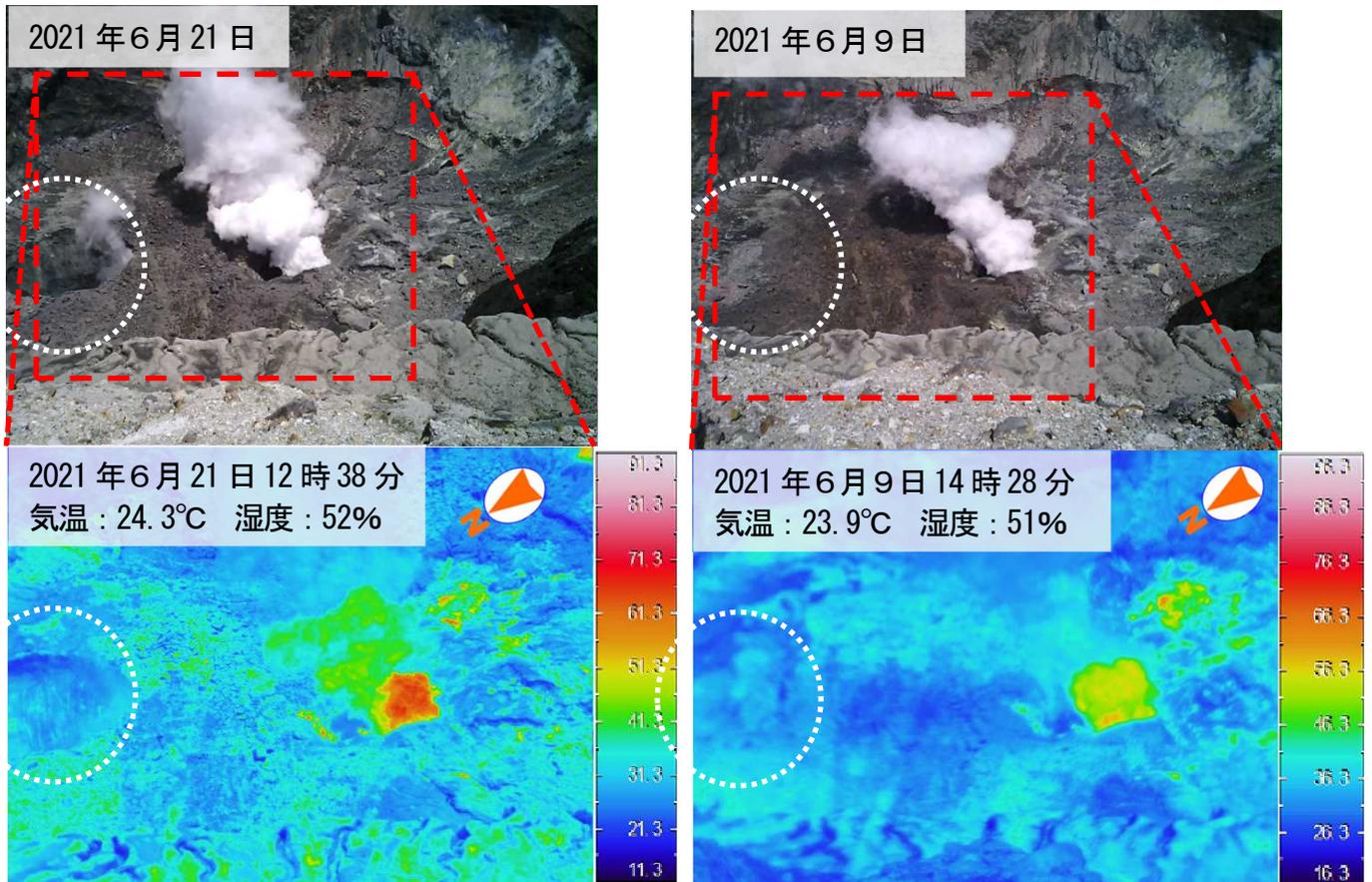


図 1-1 阿蘇山 191 火孔の北東側に形成された陥没孔（左：2021 年 6 月 21 日、右：2021 年 6 月 9 日）
 ・ 6 月 21 日に実施した現地調査では、6 月 18 日の火山性微動増大後の観測で、中岳第一火口内に新たに陥没孔（左図白破線）を確認した。陥没孔周辺には新たな噴出物は認められなかった。陥没孔は、阿蘇火山博物館提供の映像や京都大学の観測などから 18 日に形成されたものと考えられる。
 ・ 6 月 9 日に実施した現地観測では、陥没孔が形成された地点付近で地熱域の高まりや噴気は認められなかった。

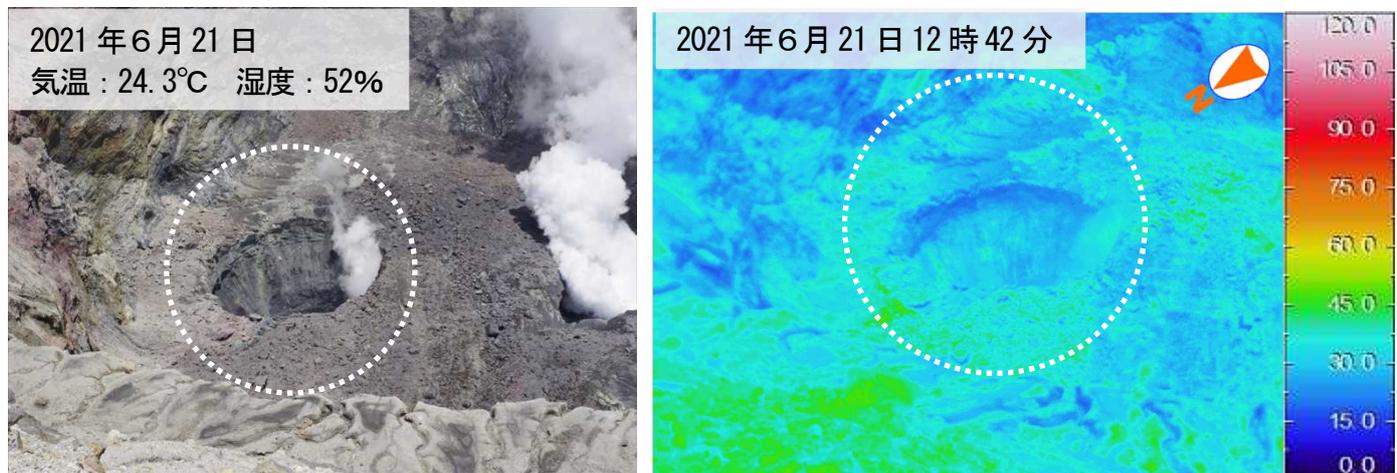


図 1-2 阿蘇山 191 火孔の北東側に形成された陥没孔（2021 年 6 月 21 日）
 陥没孔内及びその周辺（白破線）に弱い噴気が認められた。高温域は認められなかった。

この資料は気象庁のほか、九州大学、京都大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所及び阿蘇火山博物館のデータを利用して作成した。

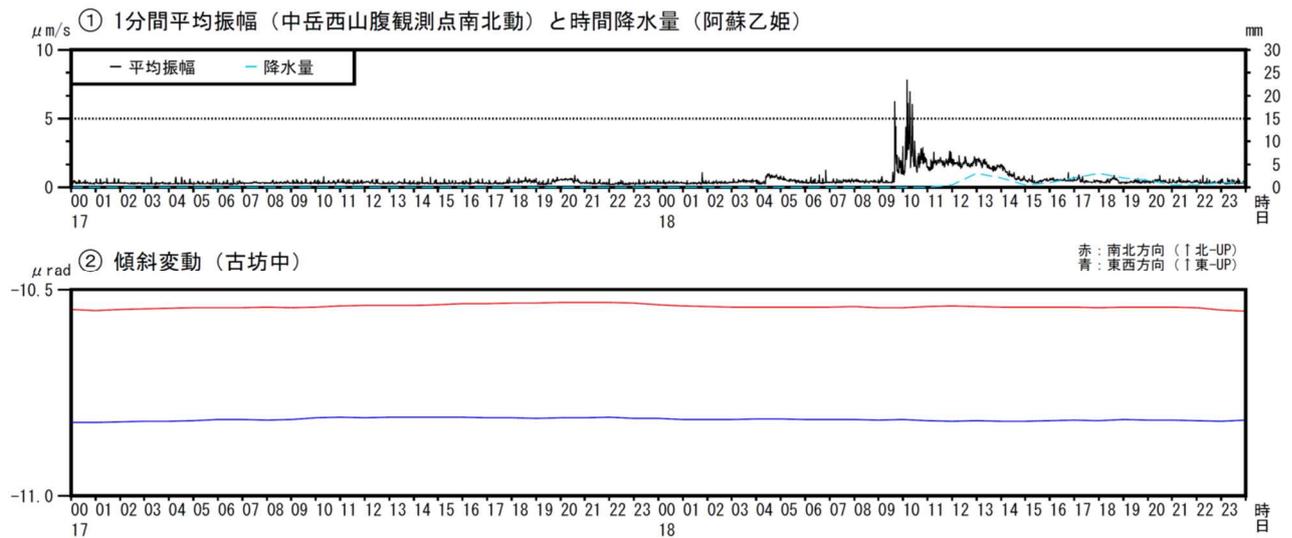


図 2 阿蘇山 微動振幅増大前後の 1 分間平均振幅の時系列（2021 年 6 月 17 日～18 日）

- ・ 6 月 18 日の 09 時 40 分頃から火山性微動の振幅が増大した。その後、振幅は次第に小さくなり、15 時以降は概ね小さい状態となった。
- ・ 傾斜計には微動振幅増大に伴った特段の変化はみとめられなかった。

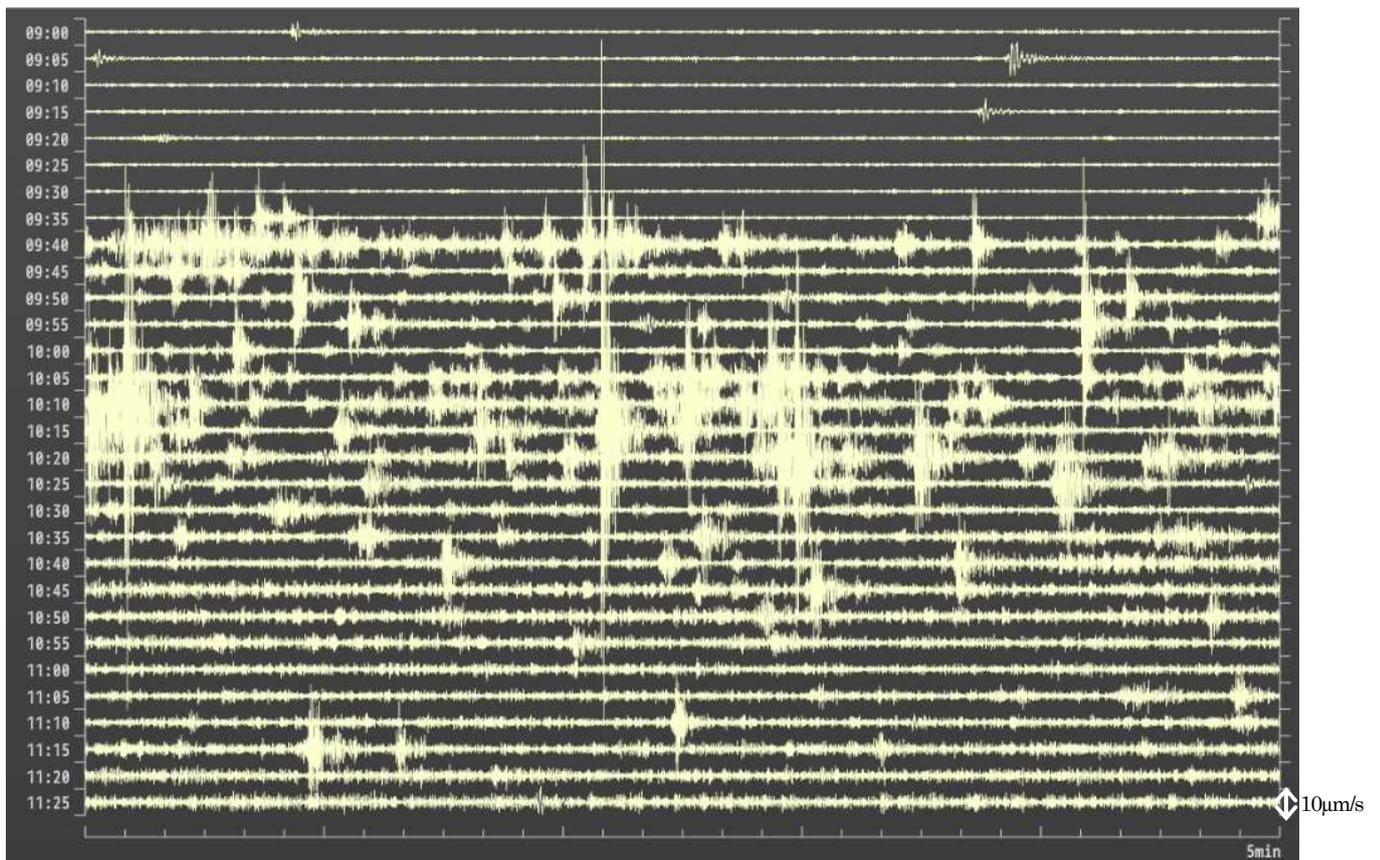


図 3-1 阿蘇山 中岳西山腹南北成分の連続波形（2021 年 6 月 18 日 09 時 00 分～11 時 30 分）

6 月 18 日の火山性微動の振幅増大と共に、09 時～10 時台を中心に、中岳火口付近が震源と推定される火山性地震が一時的に増加した。

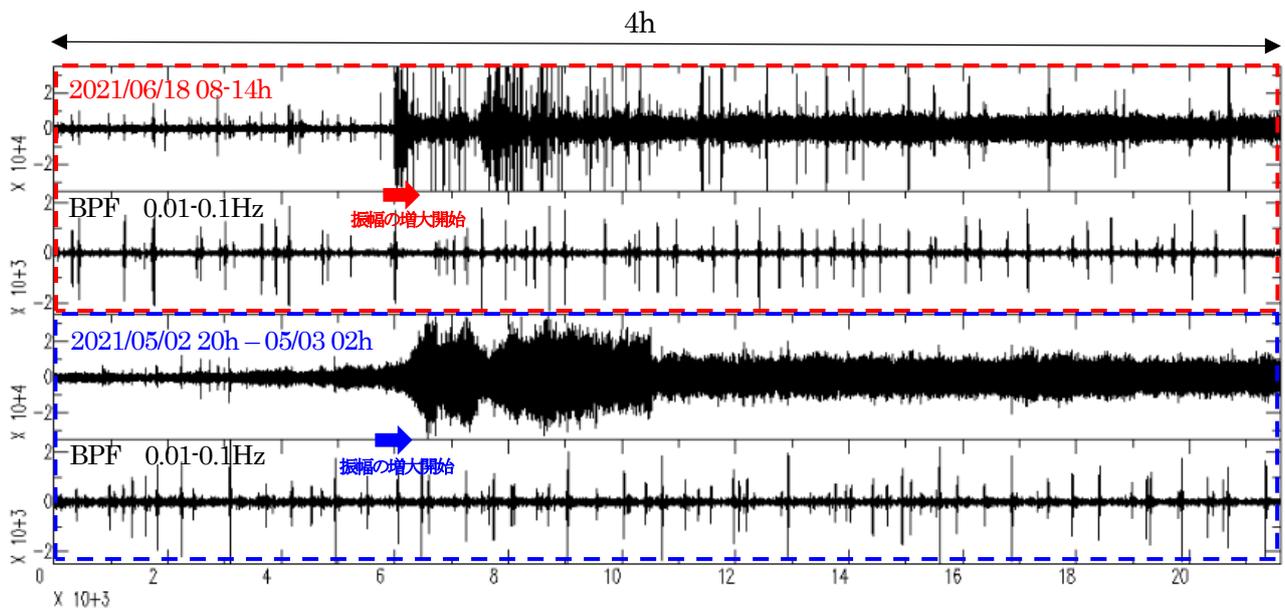


図 3-2 阿蘇山 古坊中上下成分の波形 6月18日と5月2日の比較
 (上2段：2021年6月18日08時～14時、下2段：2021年5月2日20時～3日02時)

- ・ 6月18日の火山性微動の振幅増大では、火山性地震の一時的な増加がみられた。
- ・ 火山性微動の振幅増大前後で、長周期成分に特段の変化はみられなかった。

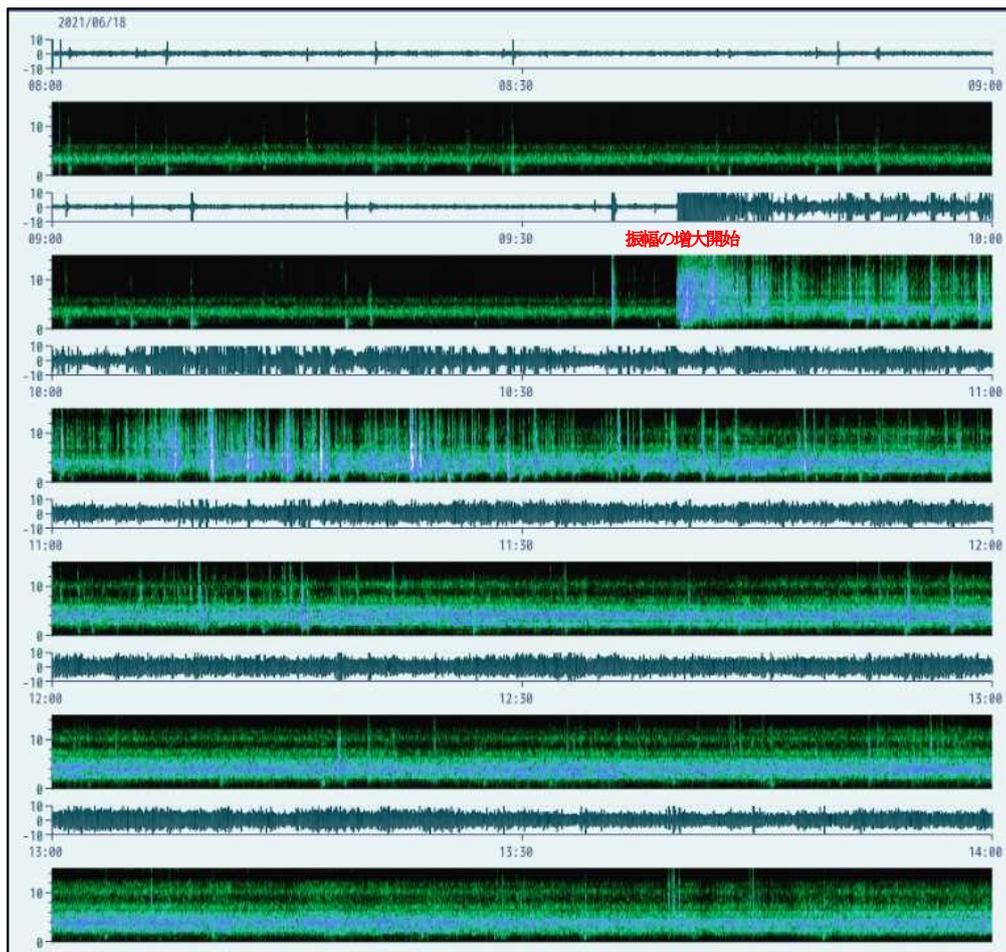


図 3-3 阿蘇山 中岳西山腹南北成分のランニングスペクトル (2021年6月18日08時～14時)

5月2日の火山性微動の振幅増大時と同様に、火山性微動は4Hz付近を中心にスペクトルのピークがみられた。

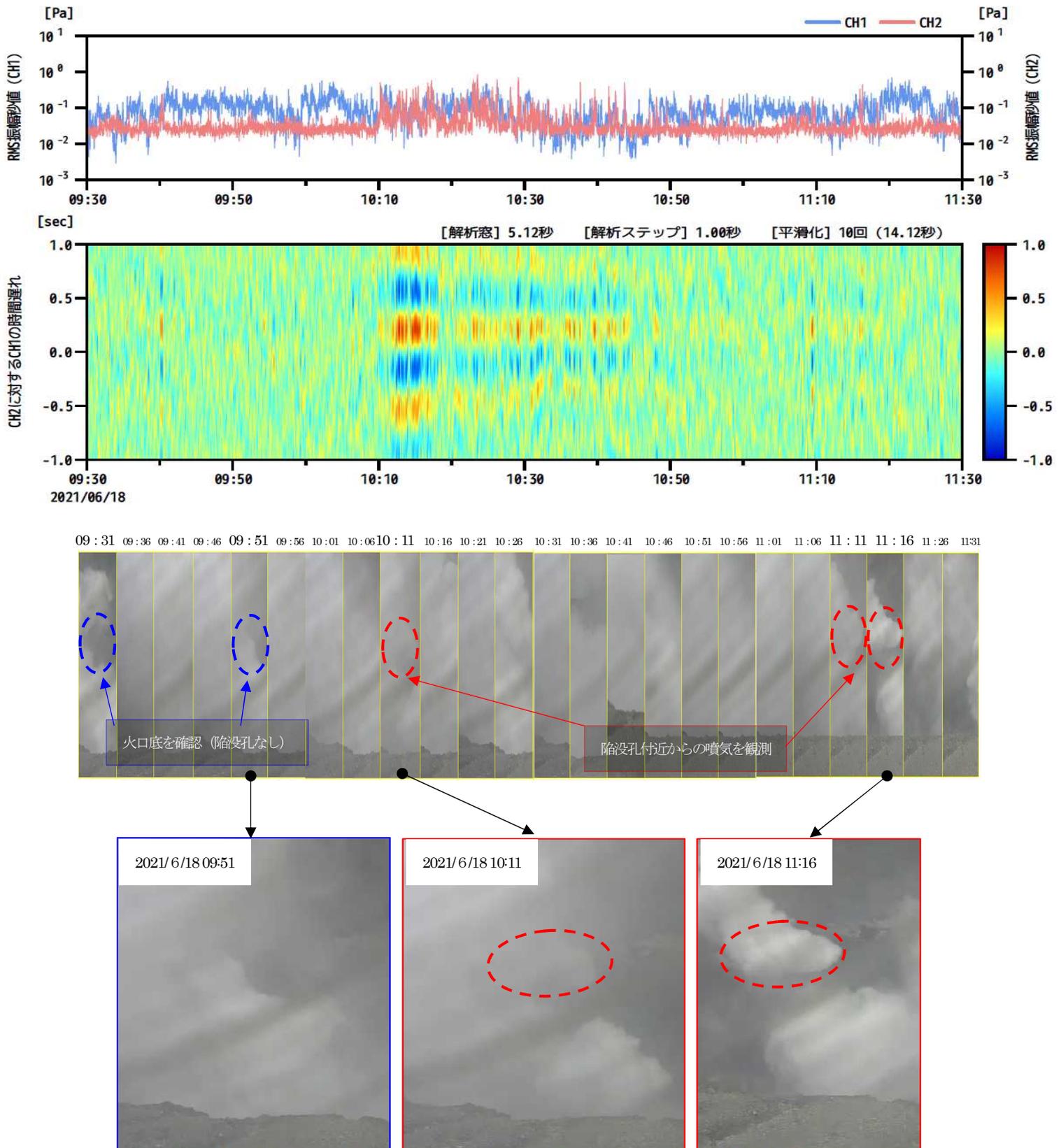


図4 阿蘇山 空振波形の相関 (ch 1:古坊中、ch 2 本堂 (京)) と中岳第一火口の状況 (阿蘇火山博物館提供の火口カメラAによる) (2021年6月18日09時30分~11時30分)

- ・中岳第一火口周辺の空振計では、10時10分頃に陥没孔形成に伴うと考えられる空振を観測した。
- ・中岳第一火口内は、ほぼ噴煙により状況が不明であったが、10時11分頃から陥没孔付近 (赤破線) からの噴気を観測した。

阿蘇山中岳第一火口の陥没孔について

阿蘇山中岳第一火口では、6月18日の午前10時10分頃に火口底陥没が発生したと考えられる。6月20日に実施した現地観測では火口底陥没領域の温度は約50°Cであった。また、6月23日に実施したドローン観測の結果、陥没孔の直径は50m、深さは30m以上であった。

阿蘇山では、2021年6月18日9時40分頃から火山性微動の振幅が増大し、火山性地震も多数発生した。京都大学火山研究センターでは、福岡管区気象台地域火山監視・警報センターおよび阿蘇山火山防災連絡事務所と連絡を取り合いながら、同日に現地調査を行った。

その際、火口監視員から「10時から11時の間に火口に穴があいているのを確認した」との情報を受けた。そこで、14時頃に阿蘇火山博物館Aカメラの位置から火口観察を行ったが、霧のため火口底を視認出来なかった。ただし、噴気音は191火孔から聞こえていただけであった。また、火口縁に噴出物の形跡は認められなかった。

6月20日に改めて火口調査を実施し、図1に示されているように、火口底の一部が陥没していることを確認した。ただし、火口縁および陥没孔の周りには、噴出物の痕跡は見当たらなかった。また、陥没孔の温度は50°C程度であり、ときおり火孔からの噴気放出を確認した。

6月22日に阿蘇火山博物館のAカメラで記録された動画をチェックし、6月18日の10時2分と10時11分の間いずれかのタイミングで陥没が発生していたことを確認した。また、その陥没孔は10時25分にかけて拡大していた。

図3は6月18日の9時~11時のACM観測点における空振波形、図4は10時10分ごろの火口近傍観測点における空振波形を示している。図4に示されているように、緩やかな負圧から始まる空振イベントが記録されており、これが火口底の陥没により引き起こされたシグナルに対応する可能性がある。

6月23日にドローンにより空撮を実施しオルソ画像を作成した。その結果、陥没孔の直径はおよそ50m、深さは30m以上であった。そして、過去の可視画像や熱赤外映像と比較した。陥没孔の中心は141火孔の北北西縁に位置し、2020年8月18日にこの領域には温度異常は確認されていない(図5および第147回予知連・京大阿蘇資料)。

謝辞：火口調査やドローン空撮は阿蘇火山防災会議協議会の協力のもと実施されている。阿蘇火山博物館からはAカメラ動画の提供をいただいた。その際、阿蘇山火山防災連絡事務所にご尽力いただいた。また、産業技術総合研究所から空撮用のカメラを借用した。記して感謝する。



図1. 阿蘇山・中岳第一火口底の写真. 2021年6月20日に北西側から撮影

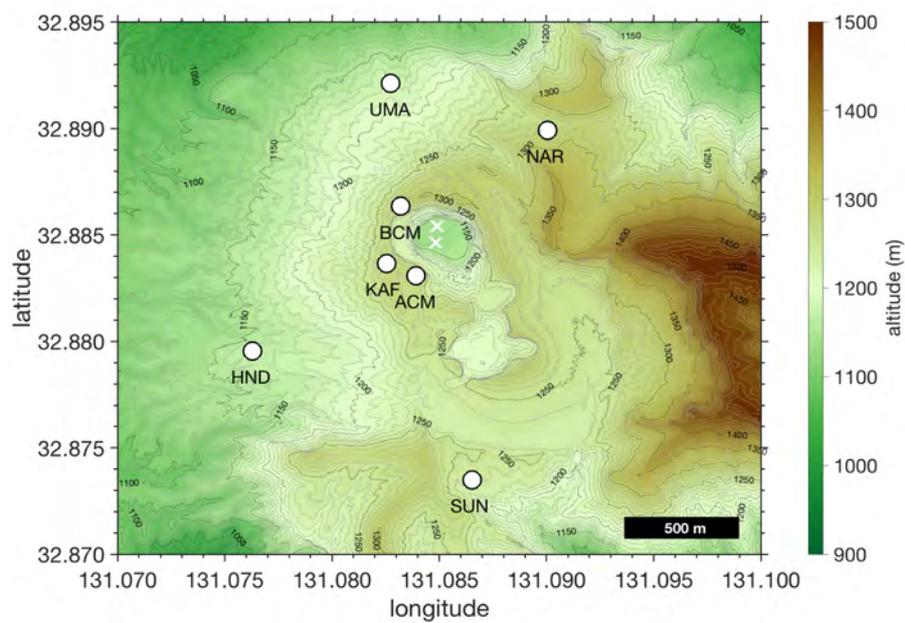


図2. 阿蘇山・中岳周辺の空振観測点. 地形データは国土地理院による
火口内の白×印が陥没孔と191火孔に対応している

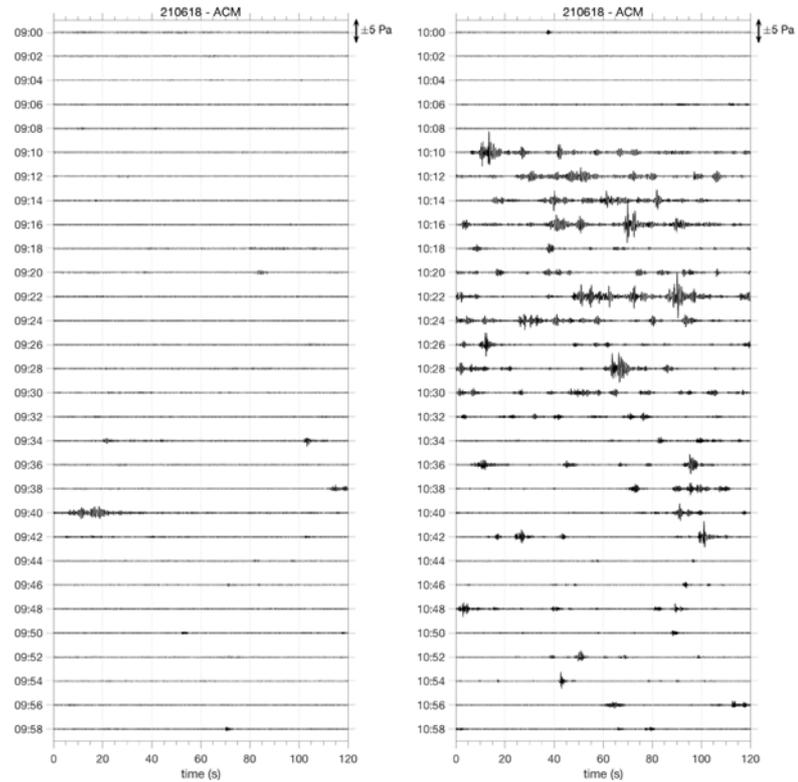


図 3. ACM 観測点における空振波形. 6 月 18 日の 9 時から 2 時間分

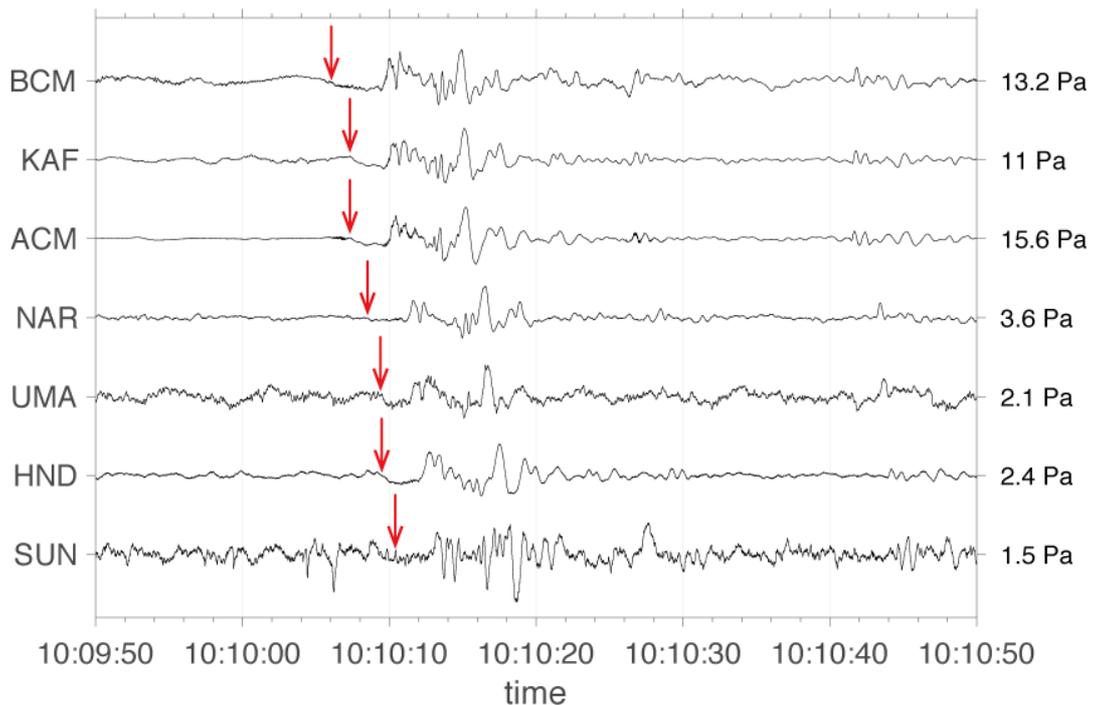
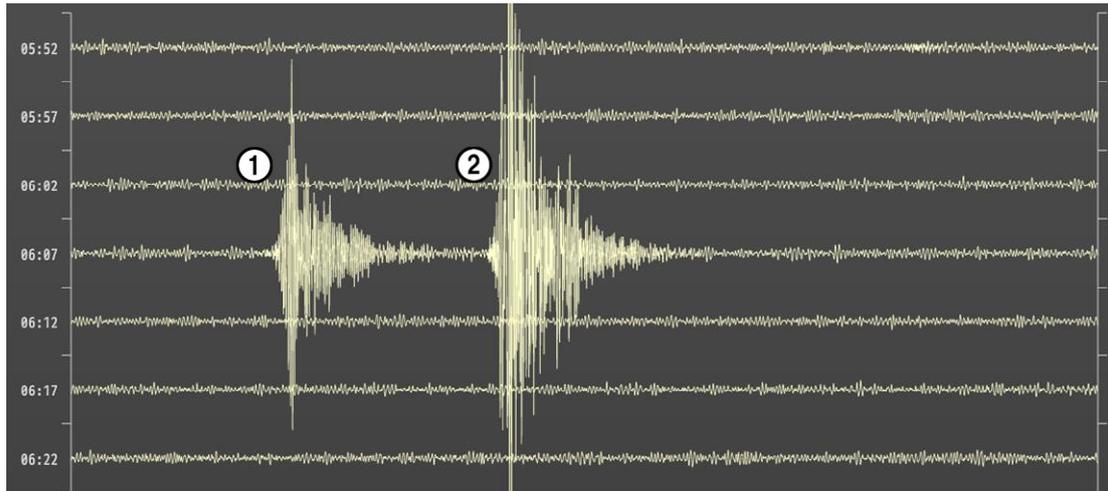


図 4. 中岳第一火口周辺の空振波形. 赤矢印の負圧で始まるイベントが捉えられている

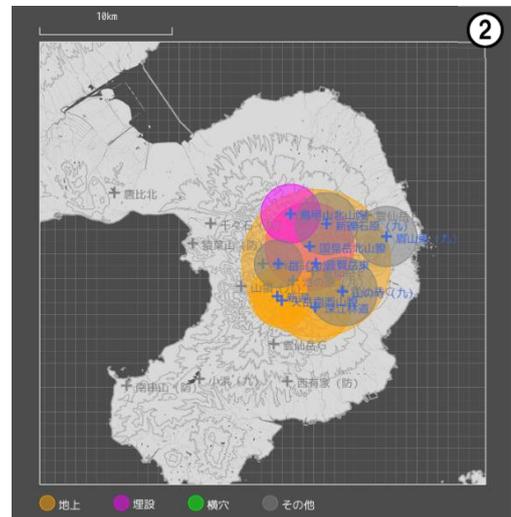
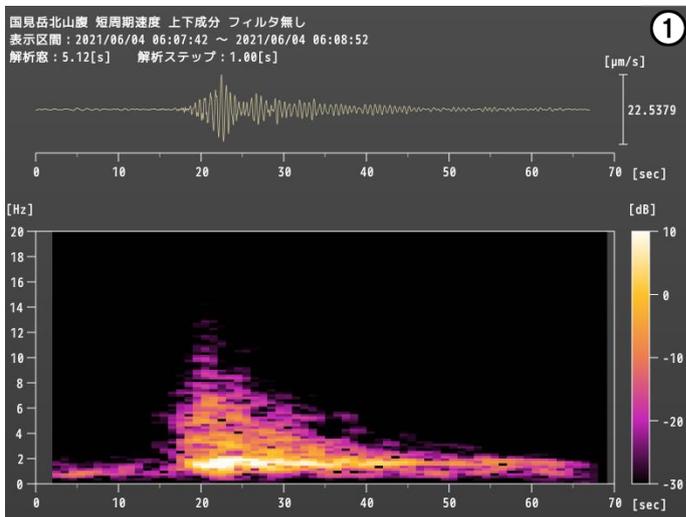


図5. 上：6月23日に実施した空撮によるオルソ画像。下：南側から撮影した阿蘇山・中岳第一火口底。左2015年4月21日。右2021年6月20日撮影

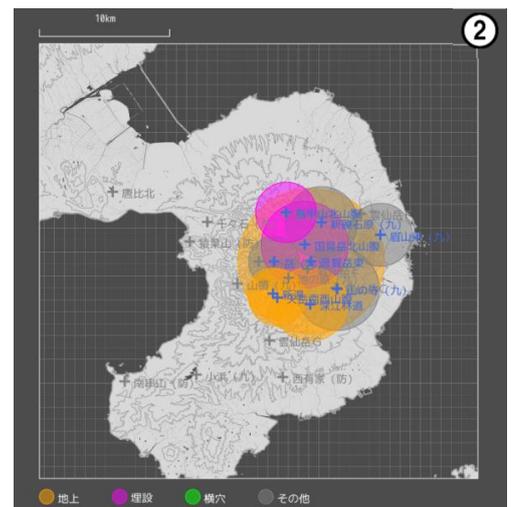
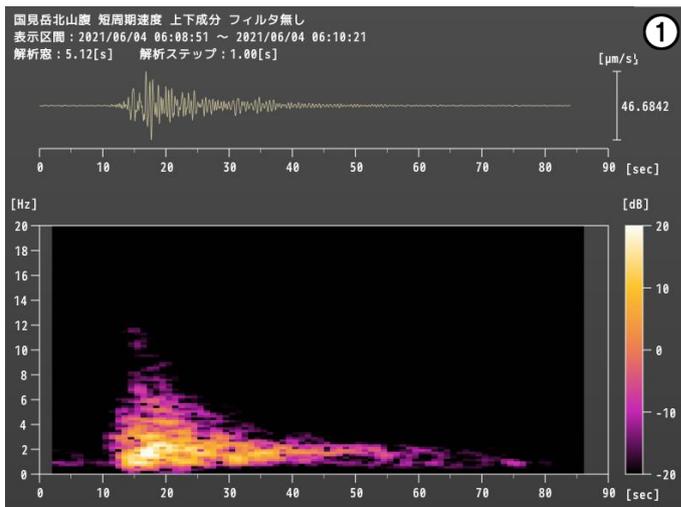
雲仙岳（追加資料）



国見岳北山腹上下動成分（6月4日05時52分～6時27分）



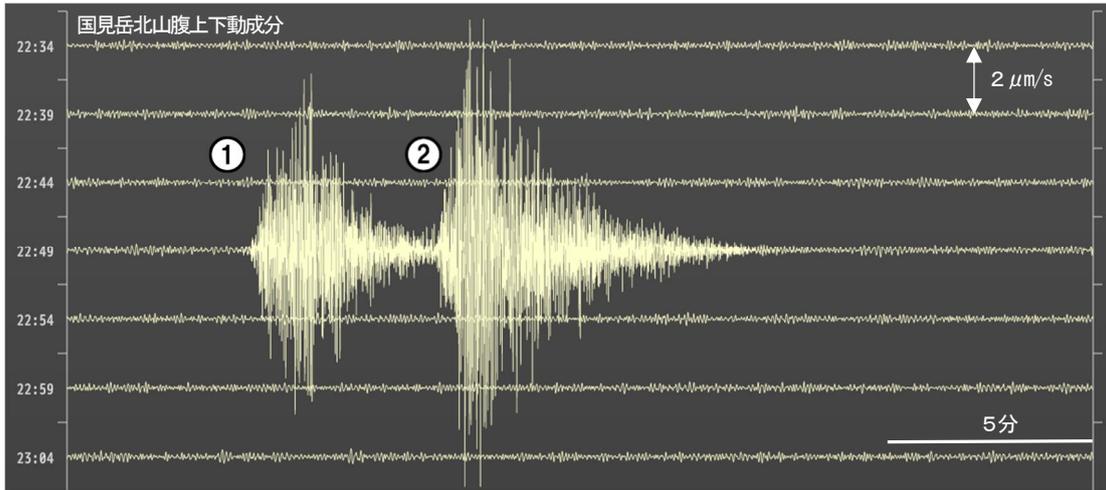
波形①のランニングスペクトル（左）と最大振幅分布



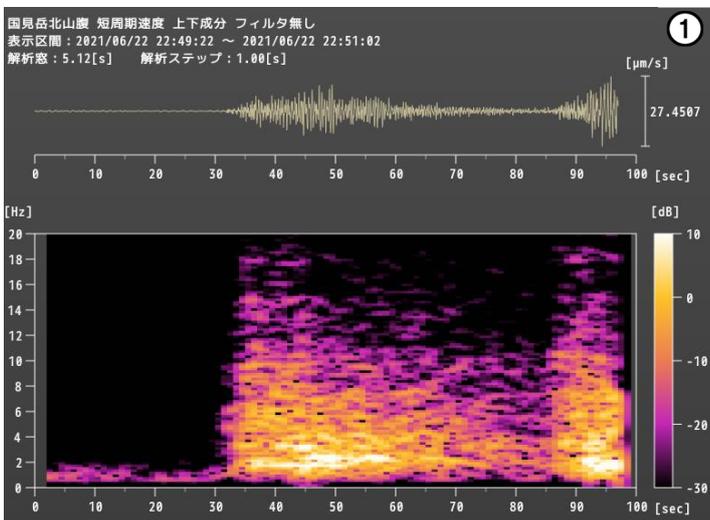
波形②のランニングスペクトル（左）と最大振幅分布

図 1-1 雲仙岳 2021 年 6 月 4 日に観測された低周波地震、ランニングスペクトル、最大振幅分布

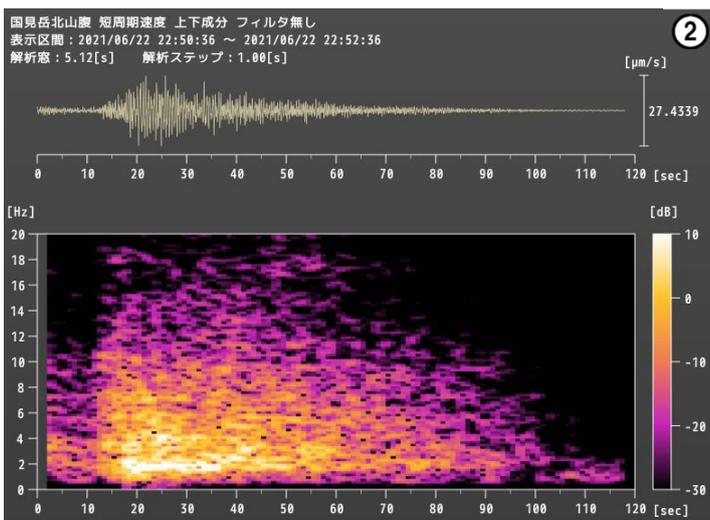
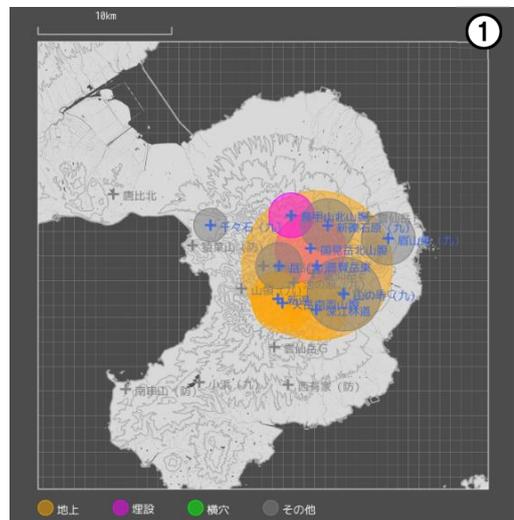
この資料は気象庁のほか、雲仙砂防管理センター、九州大学及び国立研究開発法人防災科学技術研究所のデータを利用して作成した。



国見岳北山腹上下動成分（6月22日22時34分～23時09分）



波形①のランニングスペクトル（左）と最大振幅分布



波形②のランニングスペクトル（左）と最大振幅分布

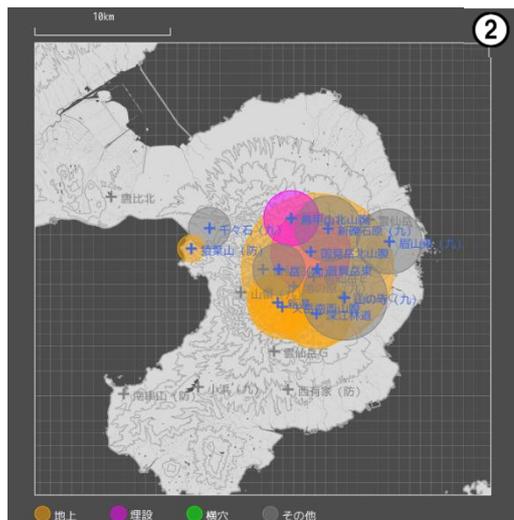
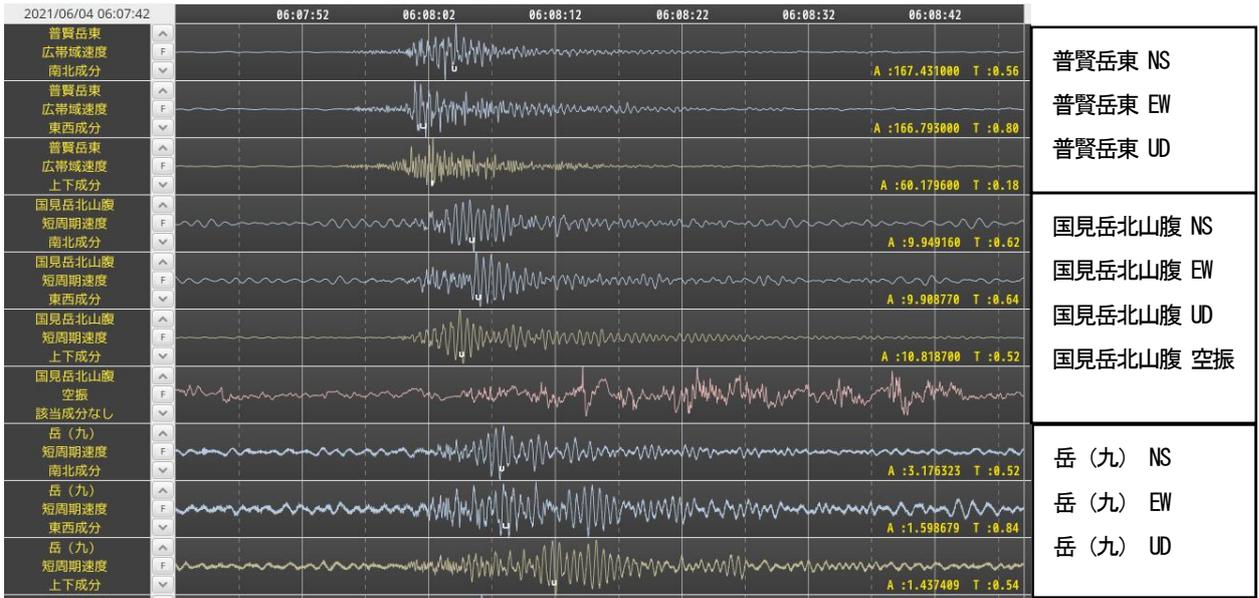


図 1-2 雲仙岳 2021 年 6 月 22 日に観測された低周波地震、ランニングスペクトル、振幅分布

2021年6月4日 06時07分の低周波地震



2021年6月22日 22時49分の低周波地震

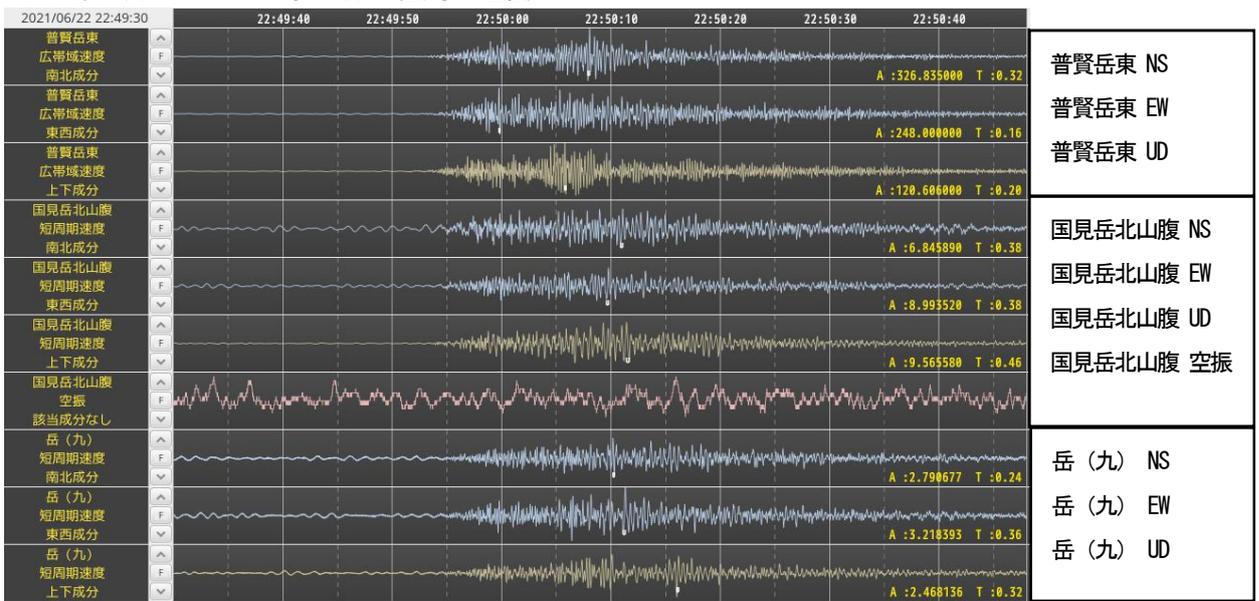


図2 雲仙岳 2021年6月22日に観測された低周波地震
6月4日と22日の地震で、初動到着時に違いが認められる

硫黄山噴気帯及び硫黄山西噴気帯における地熱異常

硫黄山噴気帯では、硫黄山南火口において高さ 10mに達する噴湯現象 (Y2a, 2021 年 2 月) や湯溜まりの再出現 (Y2b, 1 月) があり、Y3 では依然 100°C前後の噴気が観測されている。また 2 月には地熱域 (B 域, D 域, H 域) の拡大や噴気温の上昇 (A 域) が認められたが、その後継続した活発化は見られなかった。従って、硫黄山噴気帯では地熱活動が一時期高まったが、現在は安定していると考えられる。一方、硫黄山西噴気帯では、硫黄山西火口 (W4) における水位変動が認められるが、川湯沿いの地熱活動域などに大きな変化はない。直近 6 月には W4, M1, M8 の噴気が 100°Cを超えることもあり、地熱活動の継続した監視が必要となる。

1. 硫黄山噴気帯

- ・硫黄山南火口の Y2b では、2020 年は淡い緑色を呈する湯だまりが形成され、12 月には水位が低下し活動が停止状態だったが、2021 年 1 月以降は泥質物を伴う灰色の濁った湯だまりに変わった (図 4)。また、Y2a では 2 月 19 日に高さ約 10 m の噴湯を確認した (図 3B)。Y2b は 2 月に高い水位だったが、5 月には低下を確認した。南火口 (Y2a, b) では水温が安定せず、引き続き浅層地下水の影響が示唆される (図 6)。
- ・南火口 (Y3) では、2020 年 5 月以降 100°C前後の噴気温が観測されており、2 月 24 日に 105.2°C, 4 月 7 日 103.6°C, 6 月 6 日 100.4°C, 6 月 11 日 105.6°Cを記録した (図 6)。
- ・周辺の噴気帯では、2 月に H 噴気孔の南西側, D 域の南側において地熱域の拡大が認められた (図 1), B 噴気孔周辺にも地熱域の僅かな拡大が認められた。H 噴気孔南西側では、2 月に直径約 1m の噴気を伴う陥没孔の形成 (Fb) が認められたが、熱泥水の湧出は見られない (図 3F)。A 噴気孔 (図 7) では 1~4 月にかけて噴気温の上昇が見られたが、直近では低下した。

2. 硫黄山西噴気帯及び川湯の湧水

- ・硫黄山西噴気帯では、第 147 回火山噴火予知連絡会に報告した地熱活動域から顕著な変化は認められない (図 1) が、W4 で間欠泉の現象が 4 月から確認されており (九大別途報告)、4 月 21 日には水位上昇時に溢れた泥水が赤子川に流入していることを確認した。
- ・W4 孔 (西火口) の噴気温は 2020 年 12 月 10 日に 125.6°Cを記録したが、その後は低下したが、6 月は 101.3°C (6 日), 98.7°C (11 日), 122.9°C (26 日) であった (図 6)。また、W4 孔の火山ガスの主噴出点が道路付近に移り (図 5C~H)、それまで活発な噴湯が生じていた道路外の W4 孔では去年 11 月 25 日後は安定した湯だまりが見られず、水温は示していない。
- ・W2 孔では弱い噴気が生じていたが、2 月 19 日に直径 30 cm ほどの噴気孔の形成を確認した。噴気温度は 97.6°C (2 月 21 日), 97.3°C (5 月 13 日), 74.5°C (6 月 6 日) であった。
- ・西噴気帯の M1, M8 では 5 月 13 日まで 96~97°Cであった噴気温が、6 月 6 日に 100.5°C (M1), 100.4°C (M8) となった (図 7)。M8 が 100°Cを超えるのは 2018 年 12 月 25 日以来、M1 が 100°Cを超えたのは初めてであるが、6 月 11 日 98.1°C (M1), 97.9°C (M8) と低下した。これらの温度は、当地域の沸点 (約 96°C) よりわずかに高い。
- ・川湯 3 (K3) は、2020 年 9 月以降湧水温が低下傾向となっていたが 2021 年 3 月以降 43~

48°Cと安定し, 6月6日に56.6°C, 6月11日に58.6°Cと上昇した(図6).

3. ドローン調査

2020年4月21日にサーマルセンサーを搭載した小型ドローン(DJI社製 MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL)を使用して硫黄山およびその周辺の地熱地帯を撮影した(図2). 4月21日調査では, 硫黄山噴気帯, 硫黄山西噴気帯, 川湯などの熱異常域に大きな変化は認められない(図2).

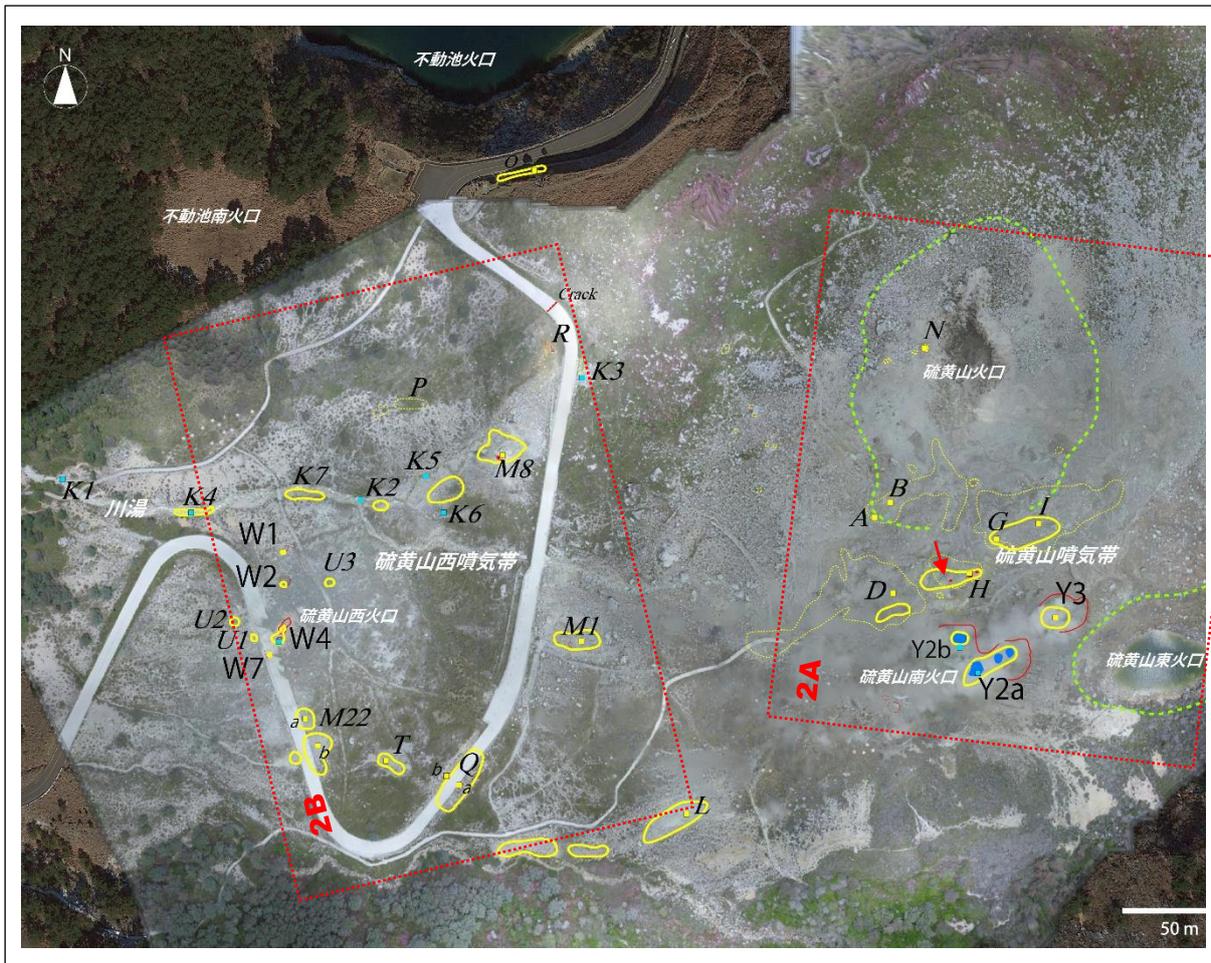


図1 硫黄山噴気帯・硫黄山西噴気帯周辺の熱異常及び熱水の位置図

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: 2020年4月21日地熱域. 黄破線: 2018噴火前に見られた噴気域. 赤線: 2018-火口地形. 赤塗: 噴気・熱水孔. 赤破線は活動が停止. 黄四角: 噴気観測定点, 青四角: 水温観測定点. 位置や名称は, Tajima et al. (2020) に基づく. 赤点線枠は熱異常気域撮影範囲(図2). 赤矢印は新たに形成された噴気を伴うFb陥没孔(図3).

【文献】

Tajima, Y., Nakada, S., Maeno, F., Huruzono, T., Takahashi, M., Inamura, A., Matsushima, T. Nagai, M. and Funasaki, J. (2020) Shallow magmatic hydrothermal eruption in April 2018 on Ebinokogen Ioyama volcano in Kirishima volcano group, Kyushu, Japan. *Geosciences*, 10:183.

【謝辞】

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(課題B4)」, 「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第2次)」, 東京大学地震研究所共同研究プログラムおよび九州大学「実践的火山専門教育拠点」プログラムの援助を受けた. 現地調査(温度観測)は, 古園俊男氏に依頼した. また現地調査の際には, 安全確保のために気象庁鹿児島地方気象台に火山活動監視を依頼した.

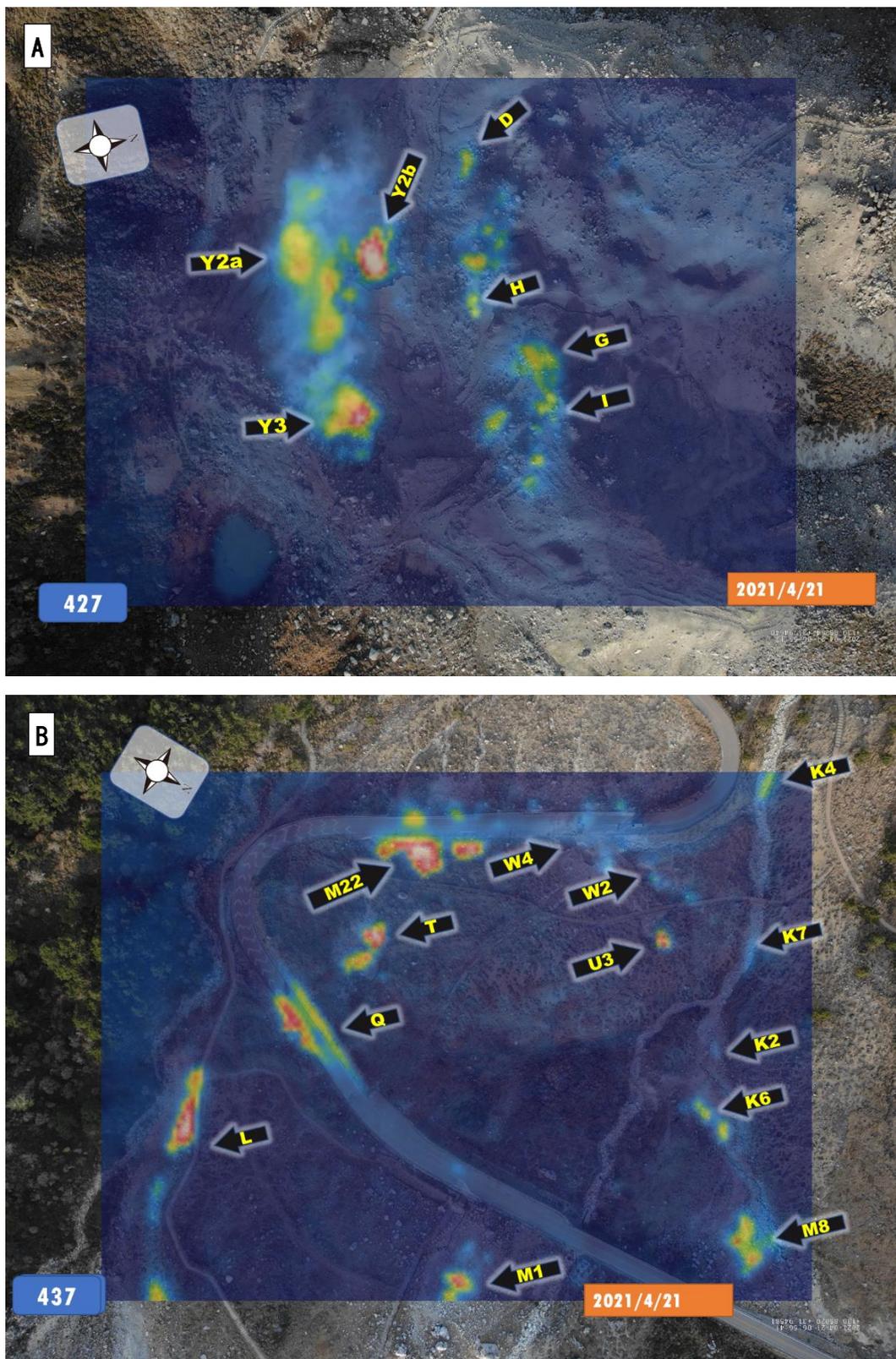


図2 ドローン調査による硫黄山の地熱活動 (2021年4月21日)

A. 硫黄山南火口 (Y2a, Y3, Y2b) を含む硫黄山噴気帯の地熱異常. B. 硫黄山西火口 (W4) を含む硫黄山西噴気帯の地熱異常.

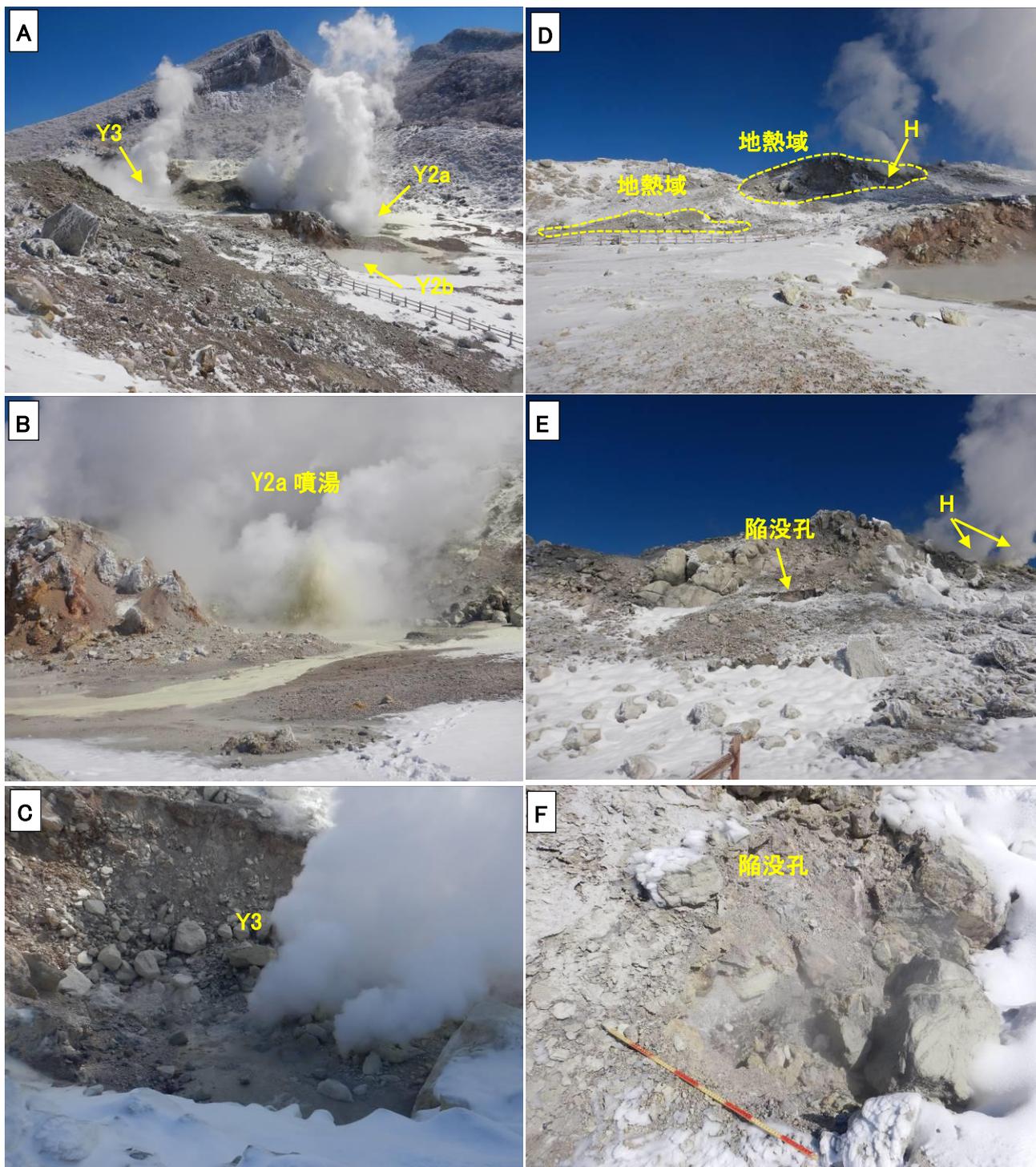


図3 硫黄山噴気帯の地熱活動 (2021年2月19日)

A. 硫黄山南火口周辺の地熱活動. B. Y2aの噴湯状況. 高さ約10mのしぶきを上げる噴湯が生じていた. C. Y3におけるジェット音状の噴気活動. D. 硫黄山溶岩南斜面の地熱域. 11月25日に比べ地熱域(融雪域)が拡大した. E. 地熱域に形成された噴気を伴う陥没孔(Fb). 他にも数カ所陥没が生じていた. F. 噴気を伴う陥没孔(Fb)の状況. 泥水湧出は見られない. Fb孔の位置は, 図1に示す.

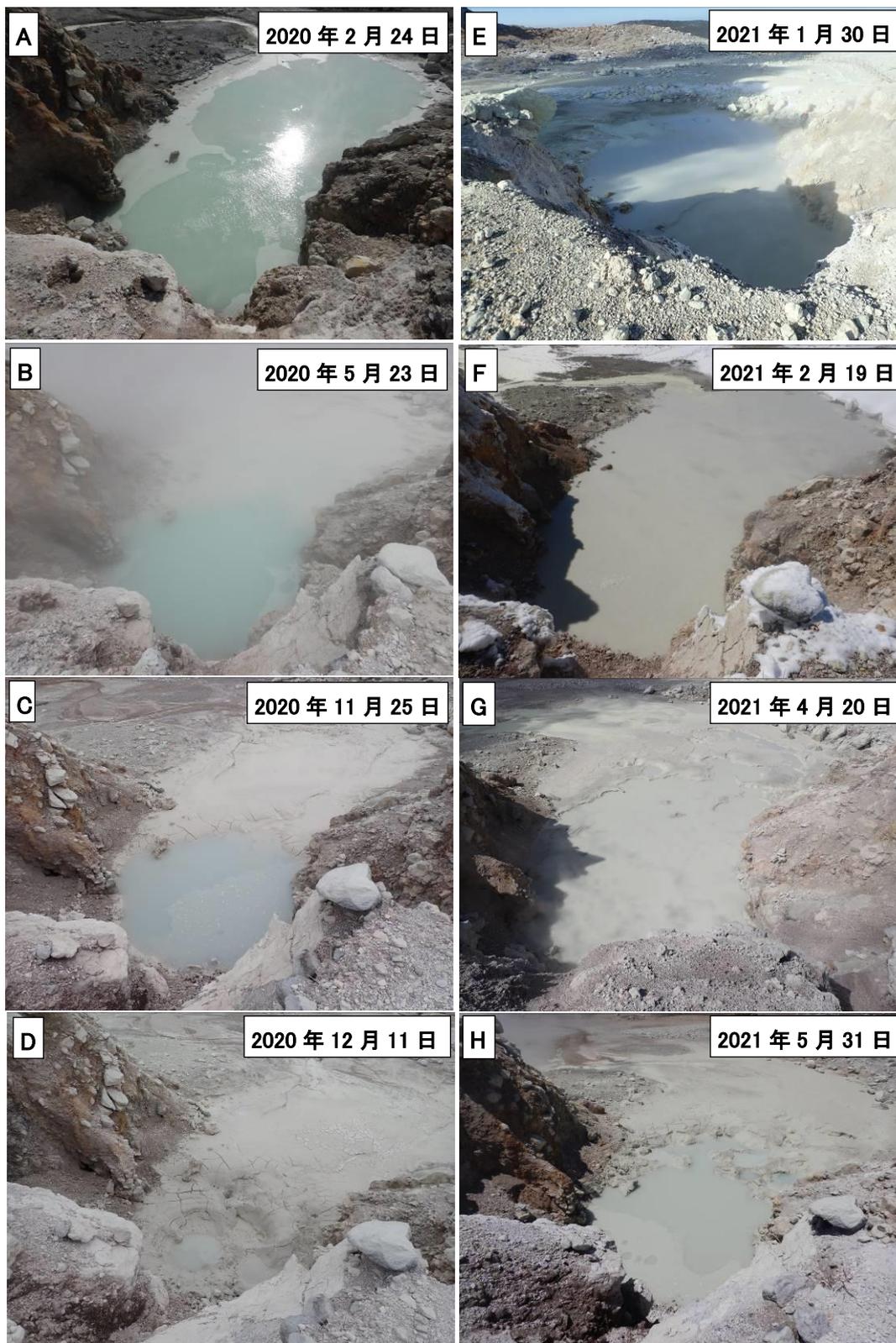


図4 硫黄山南火口(Y2b)の地熱活動

A. 2020年2月24日, 緑がかった薄い色の湯だまり. B. 2020年5月23日, 緑がかった薄い色の湯だまり, 水温48.1°C. C. 2020年11月25日. D. 2020年12月11日, 湯だまりがほぼなくなる. E. 2021年1月30日, 灰色に濁った湯だまり. F. 2021年2月19日, 泥で灰色濁った湯だまり. G. 2021年4月20日, 灰色濁った湯だまり, やや水位が低下する. H. 2021年5月31日, 灰色濁った湯だまり, 水位が低下する.

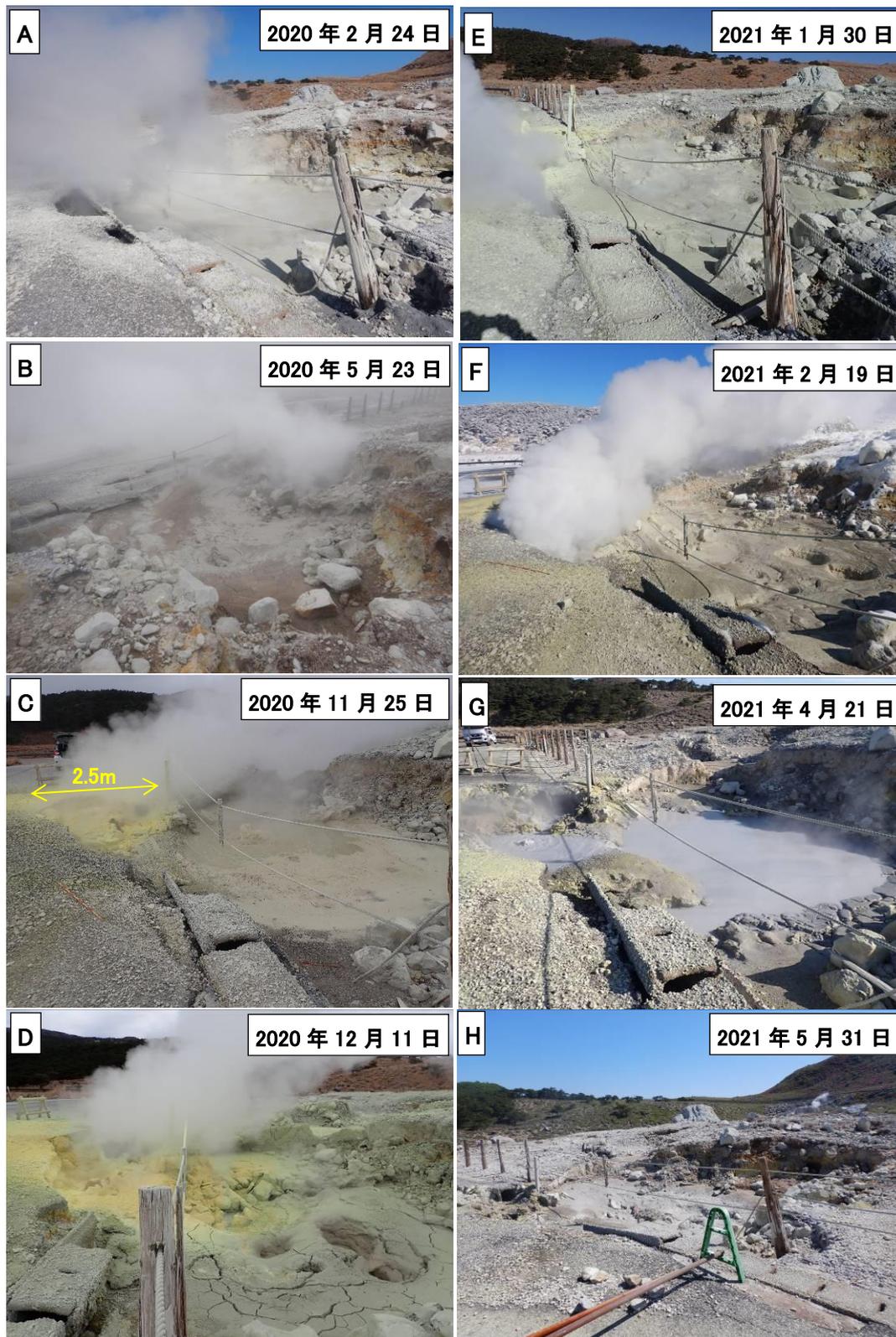
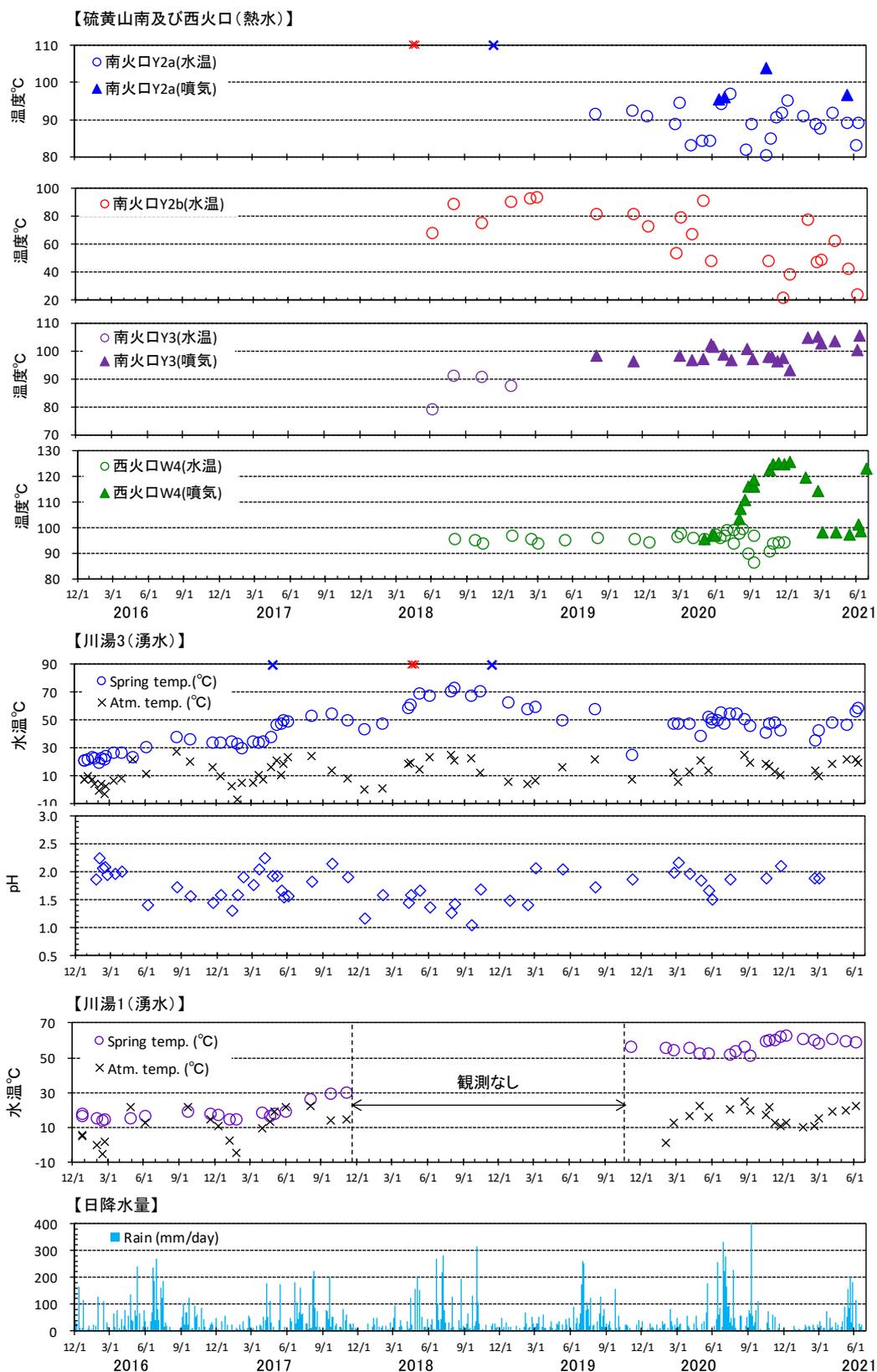


図5 硫黄山西火口(W4)の地熱活動

A. 2020年2月24日, 湯だまりが見られる. B. 2020年5月23日, 湯だまり消失. C. 2020年11月25日, 噴気移動によって孔が拡大. 黄色矢印は5月23日後の拡大範囲. D. 2020年12月11日, 湯だまりがほぼ消失. E. 2021年1月30日, 噴気位置が僅かに南側に移動. F. 2021年2月19日, 湯だまりは消失しジェットエンジン音状の噴気が認められる. G. 2021年4月21日, 間欠泉現象中の湯だまり形成. H. 2021年5月31日, 間欠泉現象中の湯だまり消失.



日降水量は気象庁の過去の気象データ検索、「宮崎県 えびの川」による(気象庁ホームページ)。
 湧水温度は2015年12月26日、pH・電気伝導度は2016年1月23日測定開始。 ×: 土砂噴出、×: 噴火(日時は気象庁ホームページ)
 2017/4/26土砂噴出(A噴気孔)、2018/4/19噴火(Y2-3火口)、4/20噴火(西火口)、4/26噴火(西火口)、11/13(Y2火口)(火口等は、Tajima et al, 2020)

図 6 硫黄山周辺の湯だまり・湧水の測定結果(位置は図 1 参照)

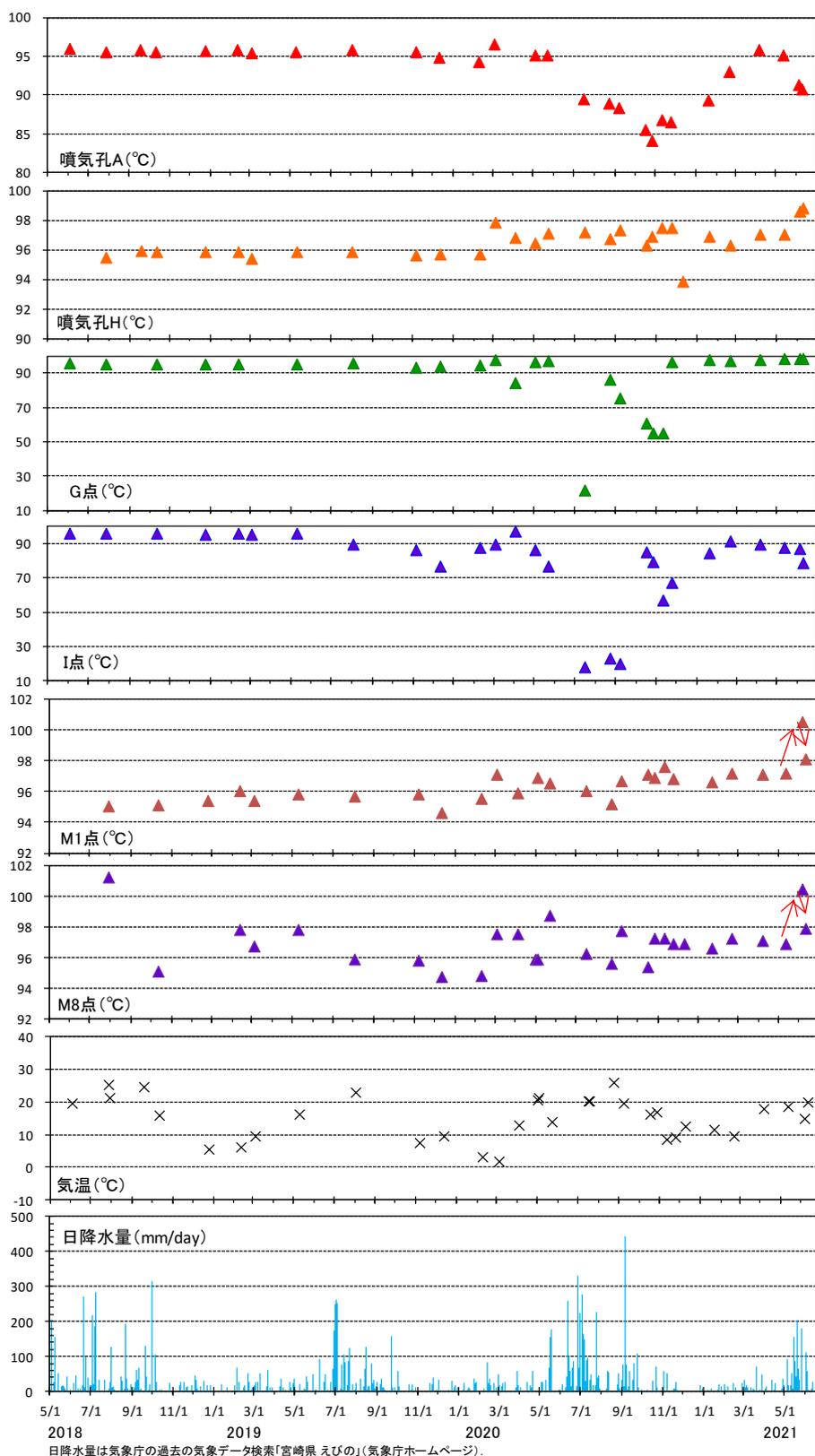


図 7 硫黄山及び硫黄山西噴気帯の噴気温度測定結果(位置は図 1 参照)

赤矢印は, 5 月 13 日, 6 月 6 日, 6 月 11 日の変化.

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月の噴火前より霧島山（新燃岳）周辺にGNSS観測点を4点設置し、東北大学、北海道大学、九州大学と共同で観測点を増設し、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。観測点配置を図1に示す。

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。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。その後すぐに基線長の伸長が再開し、2018年3月上旬の噴火の際に収縮した。その後伸長が再開したが、2011年噴火時の収縮源をはさむ基線のうち、2019年1月上旬から2019年6月くらいまでに基線長の収縮が始まり、継続している。

図4，図5に2017年1月から2021年5月までの拡大図を示す。2018年9月上旬から停滞しているように見える。そのなかでもKKCD-KRS，KKCD-KRSP（どちらも図4）の新燃岳の直上を通る基線では速度は遅いものの伸長しているように見えていたが、2019年4月ころより停滞ののち収縮に転じている。また、KKCD-950486，KKCD-MNZS（どちらも図4），950486-960714，950486-KVO（どちらも図5）は2019年7月ごろから緩やかに縮んでいたが、2021年に入り停滞しているように見える。

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://wwwweic.eri.u-](http://wwwweic.eri.u-tokyo.ac.jp/MS/)

[tokyo.ac.jp/MS/](http://wwwweic.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。

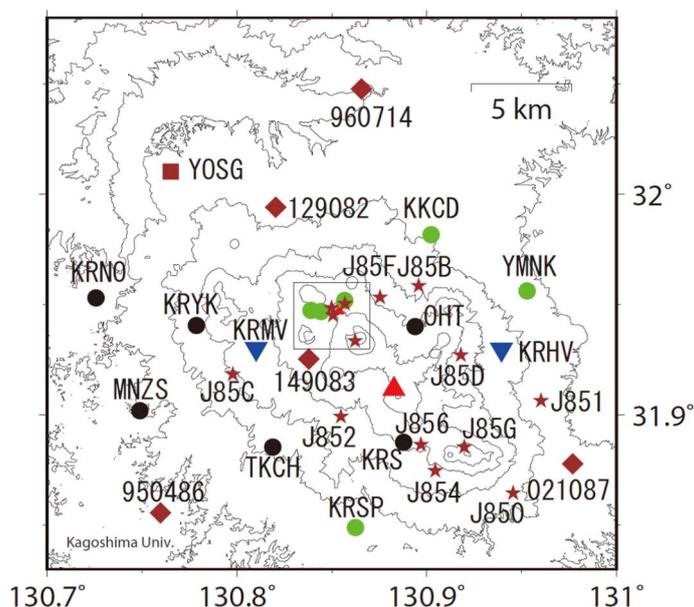


図1. 霧島山（新燃岳）周辺のGNSS観測網

霧島火山

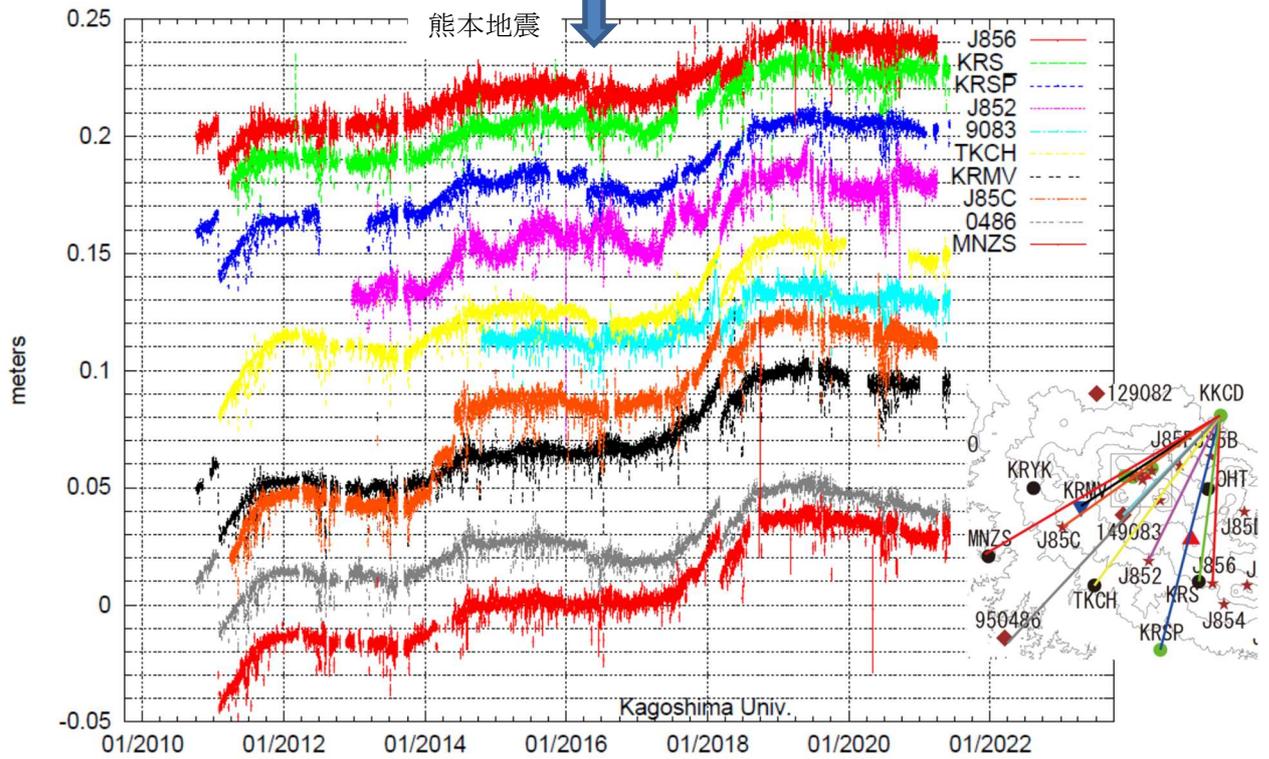


図2. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2010年10月～2021年5月）. 基準点は KKCD 観測点

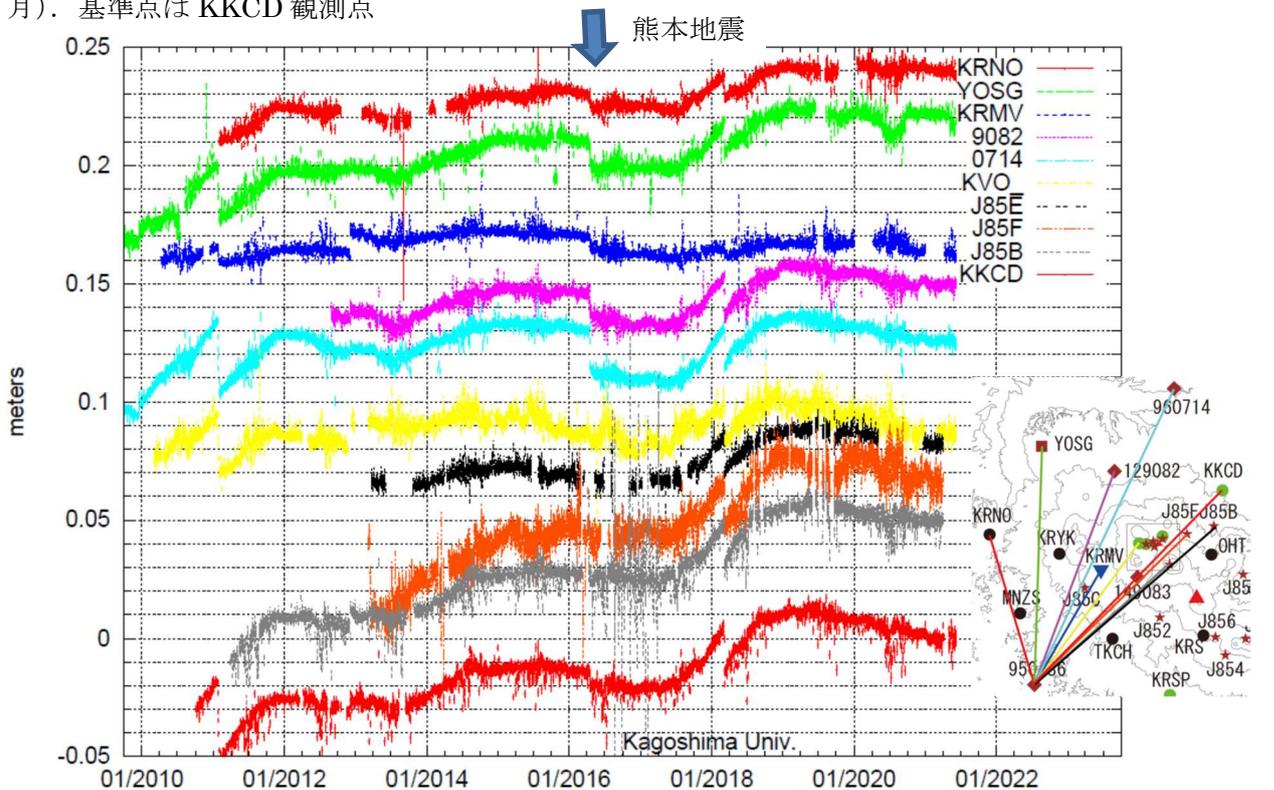


図3. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2009年10月～2021年5月）. 基準点は 950486 (GEONET) 観測点

霧島火山

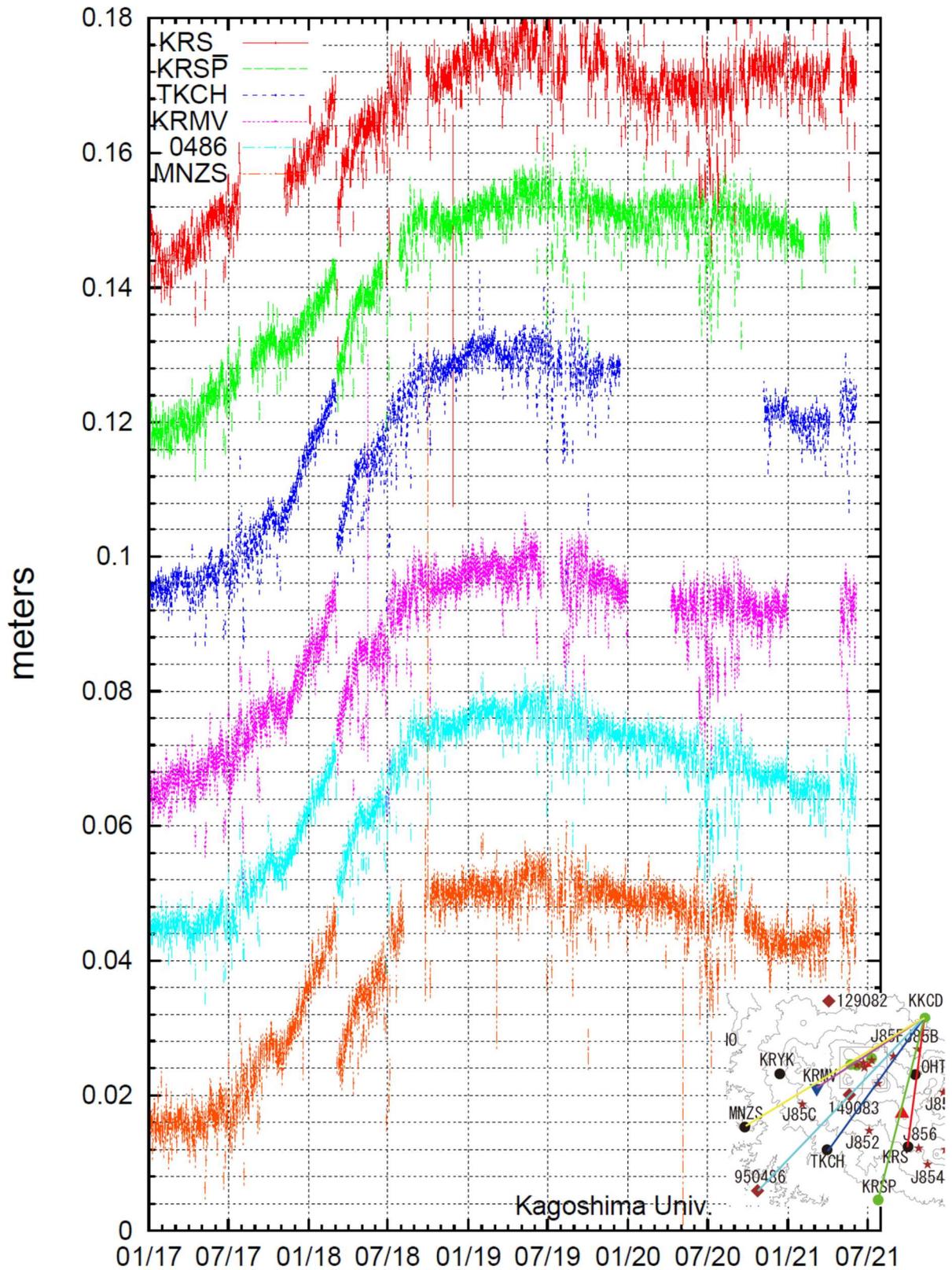


図4. 2011年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化(2017年1月～2021年5月). 基準点はKKCD観測点.

霧島火山

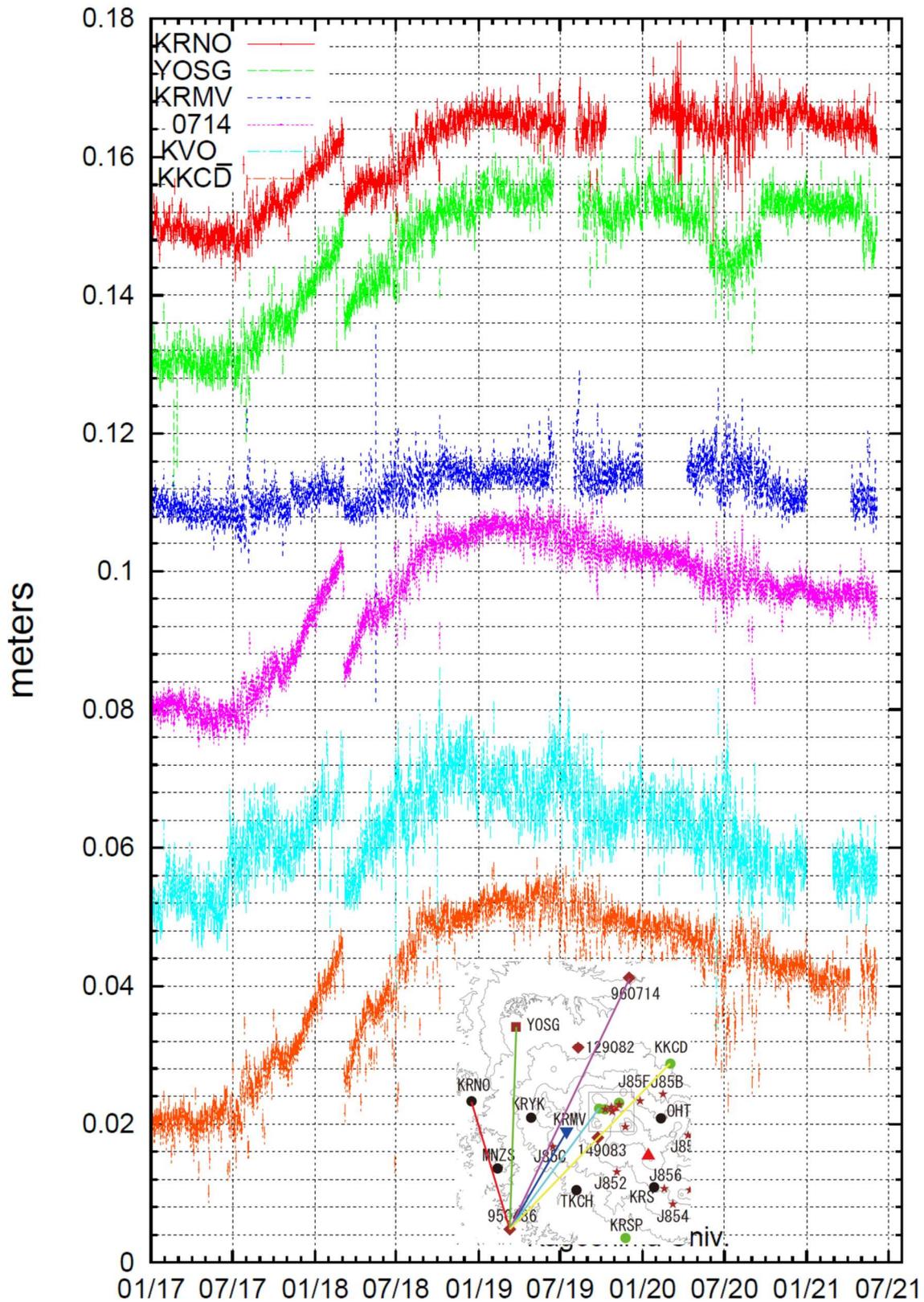


図5. 2011年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化 (2017年1月～2021年5月). 基準点は950486 (GEONET) 観測点.

諏訪之瀬島（追加資料）

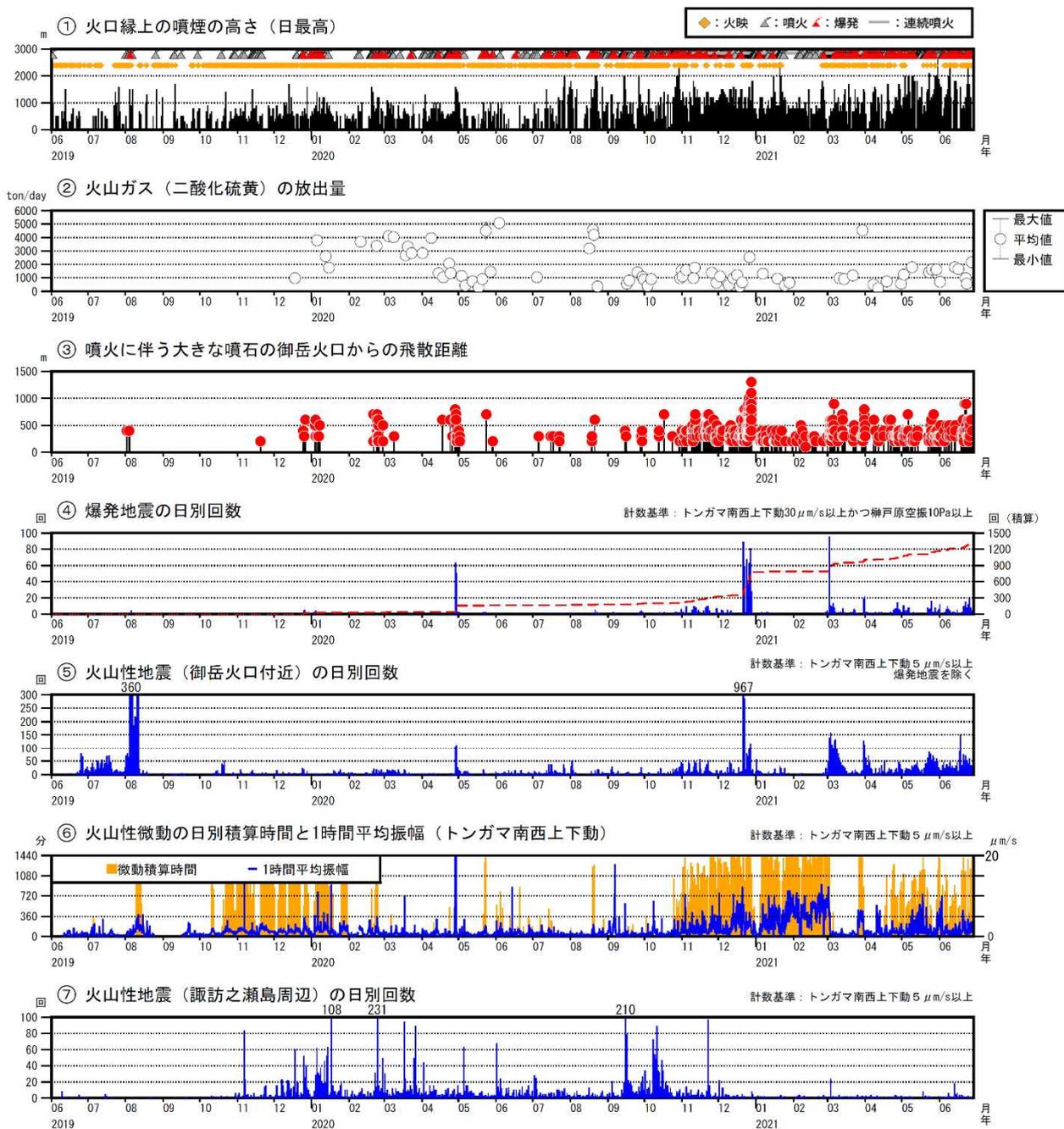


図 1 諏訪之瀬島 短期の火山活動経過図（2019 年 6 月～2021 年 6 月 27 日）

<2021 年 6 月の状況>

- ・ 噴火による噴煙の高さの最高は火口縁上 2,400m であった。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1 日あたり 600～2,200 トンで経過した。
- ・ 6 月 21 日及び 23 日には火口から約 900m まで達する大きな噴石を観測した。

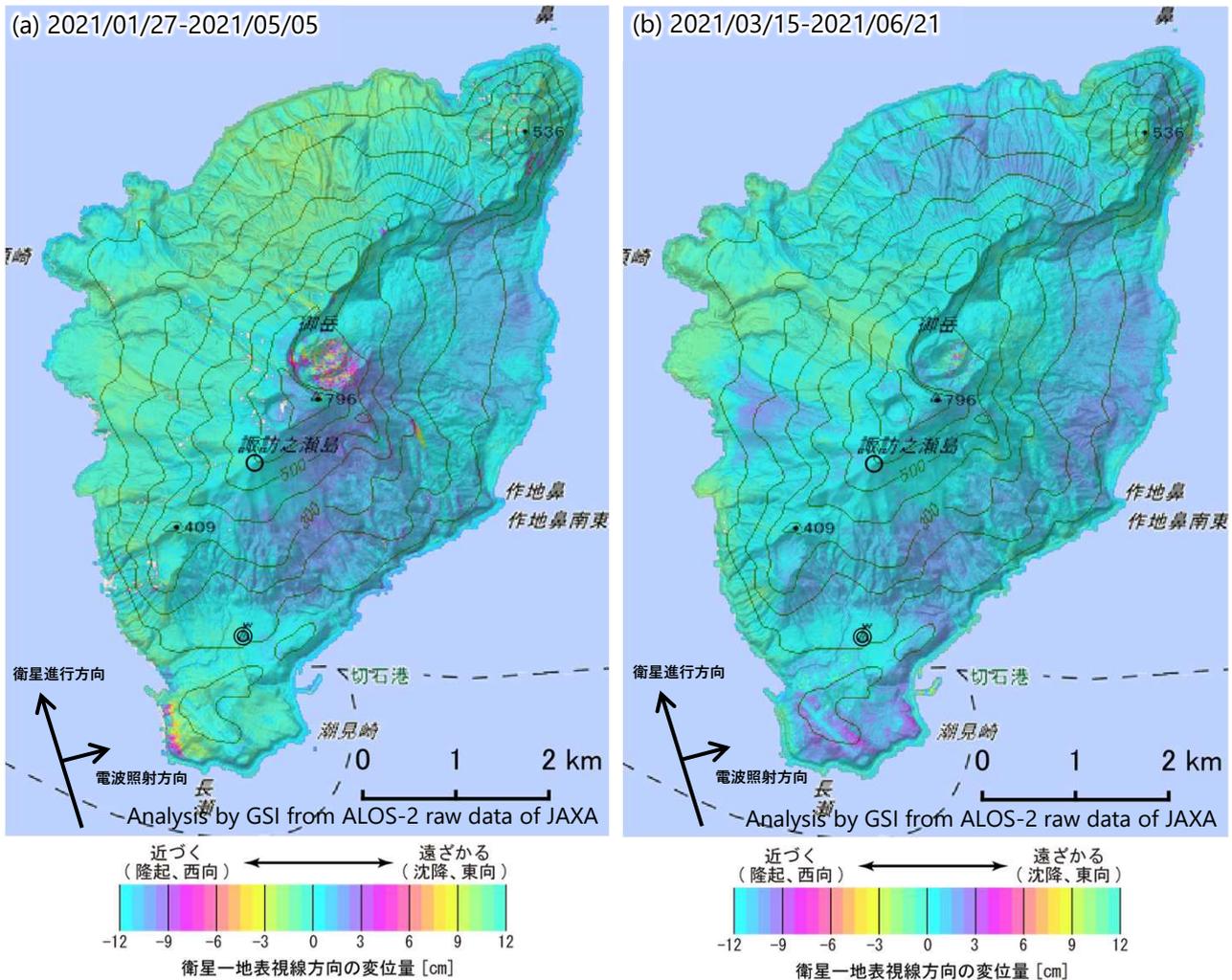
トンガマ南西観測点の地震計が機器障害等により欠測の場合は、ナベタオ観測点（計数基準：上下動 0.5 $\mu\text{m/s}$ 、爆発地震計数基準：上下動 3 $\mu\text{m/s}$ ）で計数している。

⑧の基線（黒）の空白部分は欠測を示している。トンガマ観測点は 2021 年 1 月 14 日から障害中。

この資料は気象庁のほか、東京大学、京都大学及び十島村のデータを利用し作成した。

諏訪之瀬島のSAR干渉解析結果について

ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/01/27 2021/05/05 0:18頃 (98日間)	2021/03/15 2021/06/21 0:25頃 (98日間)
衛星進行方向	北行	北行
電波照射方向	右(東)	右(東)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	32.7°	43.7°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 363m	- 24m

- ◎ 国土地理院GNSS観測点
- 国土地理院以外のGNSS観測点

* U：高分解能(3m)モード

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

諏訪之瀬島