日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

硫黄山周辺（硫黄山・硫黄山西噴気帯）の地熱活動の変化について

活発な地熱活動が続いていた硫黄山噴気帯（硫黄山南火口），硫黄山西噴気帯（硫黄山西火口）であるが，硫黄山西噴気帯（硫黄山西火口）では地熱活動の衰退が見られた．硫黄山噴気帯（硫黄山南火口）では，10 月に入ってから Y2a，Y2b で定常的な湯溜まりがほぼ消失したが，活発な噴気活動は継続しており引き続き監視が必要である．

1. 概　要

えびの高原（硫黄山）周辺の南火口，西火口周辺を含む硫黄山及び硫黄山西噴気帯では，2022 年 5 月に入り表面活動に活発化がみられた（第 150 回火山噴火予知連絡会資料）．地熱活動の活発後にも継続調査を行い，7 月 28 日の調査では硫黄山西噴気帯域の地熱活動に縮小傾向，10 月には Y2a，Y2b での定常的な湯溜まりの消失が見られたため報告する．

2. 硫黄山南火口及び周辺の活動（硫黄山噴気帯）

硫黄山南火口及び周辺（**図 2**）の活動では，2022 年 5 月 18 日の調査で Y2b での活発な噴湯，Y2a 火口湯だまりにおいて複数箇所の噴湯が生じ，Y3 火口では 2018 年 12 月以来と考えられる高水位の湯だまり形成が形成されるなど非常に活発な活動が生じていた．その後，6 月 7～9 日の調査では，Y2b での噴湯はおさまり，Y3 の湯溜まりが消失していた（**図 7**）．また 7 月 28 日の調査では全体として地熱活動の大きな変化は見られなかったが（**図 2**），Y2a では噴湯する箇所数が少なくなっていた．また空中赤外映像（**図 3**）をみると，南火口の北側の噴気地帯（H,G,I）の高温領域の減少が見られている．

Y2a，Y2b 湯溜まり及び活発な噴湯活動が 9 月 18 日まで監視カメラにより確認できたが，その後台風による 900mm を越える降雨（えびの高原）に伴い，9 月 19 日には Y2a で急激な水位増減変化が少なくとも 3 回確認され，満水状態や噴気の停止・湯溜まりの消失現象が繰り返された．その後 9 月末までは，Y2a の湯溜まり及び噴湯現象が続いていたが，10 月に入ると湯溜まりが消滅し，地下からの噴気が直接噴出するようになっていた．10 月 21 日の現地調査では，Y2b に小さな湯溜まりを確認したが，Y2a には湯溜まりが見られなかった（**図 5～図 7**）．しかし，Y2a，Y3 では活発な噴気活動は継続しており，Y3 では 10 月 21 日に 124.0℃の噴気温を観測した（**図 14**）．一方，11 月 13 日の 30mm の降雨の後には Y2a の湯溜まりが一時的に復活していることが監視カメラにより確認されており，最近は地下水位の影響が強くなっているように考えられる．

3. 硫黄山西火口及び周辺の活動（硫黄山西噴気帯）

硫黄山西噴気帯の川湯周辺（**図 2**）では，2022 年 5 月になって，K2,U3 などジェット・可聴音を伴う活発な噴気活動や熱泥水孔の出現が確認されていた．しかし，7 月 28 日の調査では，K2 に顕著な噴気活動が見られず，熱水孔に高温のたまり水がある程度に衰えた（**図 9**）．U3 に形成された熱泥水孔もわずかに水頭が確認される程度であり水位低下が生じていた（**図 10**）．また，空中赤外映像調査によると，7 月 22 付近での県道西側の地熱域が縮小

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

しており，その他多くの地熱域や噴気が縮小・消失していた（**図 4**）．この傾向は 9 月 14 日，10 月 21 日調査でも変わらず，9 月 14 日には県道西に加え川湯周辺（K7，K2，K6）の地熱域が縮小していた(**図 2**)．一方，10 月 21 日の際には，硫黄山西火口（W4）から噴気活動が生じていたことを確認したが，以前の噴気と比べ顕著な変化は認められない（**図 8**）．

4. 2022 年イベントの地熱活動について

第 150 回火山噴火予知連絡会追加資料では，イベントを挟んだ K3 湧水の温度上昇率を示した．過去に生じた 2017 年ジェット噴気形成・2018 年噴火イベント前後では，いずれも K3 湧水温が急上昇し，その上昇率は概ね 0.30～0.35℃/day であった．第 150 回追加資料では，今回も 4 月 20 日以降に K3 湧水温の急上昇（0.79℃/day もしくは 0.37℃/day）が生じていることを報告したが，連絡会時にはその推移の判断はつかなかった．その後の 7 月 1 日（57.3℃），今回の 7 月 28 日（60.5℃）の結果から，5 月 22 日頃を境として上昇率が緩やかになる傾向に転じた（**図 12**）．この様なイベント前後の急な水温上昇から緩やかな水温上昇に変わる変化は 2017 年，2018 年イベント時にも観測され，それらと同程度の上昇率を示したが，現時点で上昇傾向は見られず安定もしくは低下傾向である（**図 15**）．

5. 化学組成の経時変動

南火口の湯だまりでは、2022 年の 5 月に Y3 噴気孔に再び湯だまりが形成されるなど噴気活動の活発化が認められ，これに合わせて $Cl/(Cl+HSO_4)>0.7$ を超える高い比が Y3，Y2a で観察された．さらに 6 月の調査時には Y3 の湯だまりが消失し噴気のみになったが Y2a，Y2b の湯だまりで $Cl/(Cl+HSO_4)>0.5$ を超える高い比を維持していた．しかし 7 月の調査時には，Y2a，Y2b の湯だまりでともに $Cl/(Cl+HSO_4)<0.2$ に低下し，2021 年 1 月から 4 月および 2021 年 11 月以降の冬季と同じレベルに戻っていた（**図 1**）．5 月の活動の活発化と関連するマグマ由来成分の供給は一時的であったと考えられる．

一方、県道のすぐ下から西火口にかけての地域の湯だまりの熱水 K2，U3 においては，5 月以降 $Cl/(Cl+HSO_4)$ ＜0.2 の低い比を保っている．また県道のすぐ下側に位置する湯だまり M8 においても $Cl/(Cl+HSO_4)<0.05$ の低い値を保っている（**図 1**）．これらの結果はマグマ由来成分の直接的な供給が南火口周辺に限定されていたことを示唆する．

【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．現地調査の際には，噴気温等の測定は九州工業(株)に，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．

【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.

*田島靖久・石橋純一郎・松島　健・宮本知治・前野　深

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

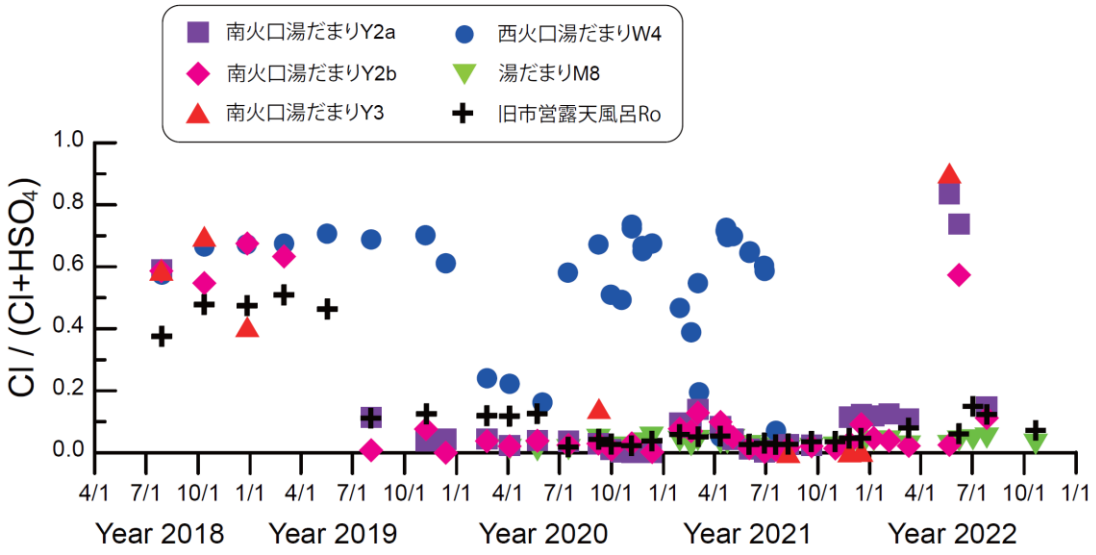


図 1　霧島硫黄山周辺の湯だまりおよび温泉水の Cl/(Cl+HSO_4) 比（モル比）の経時変化

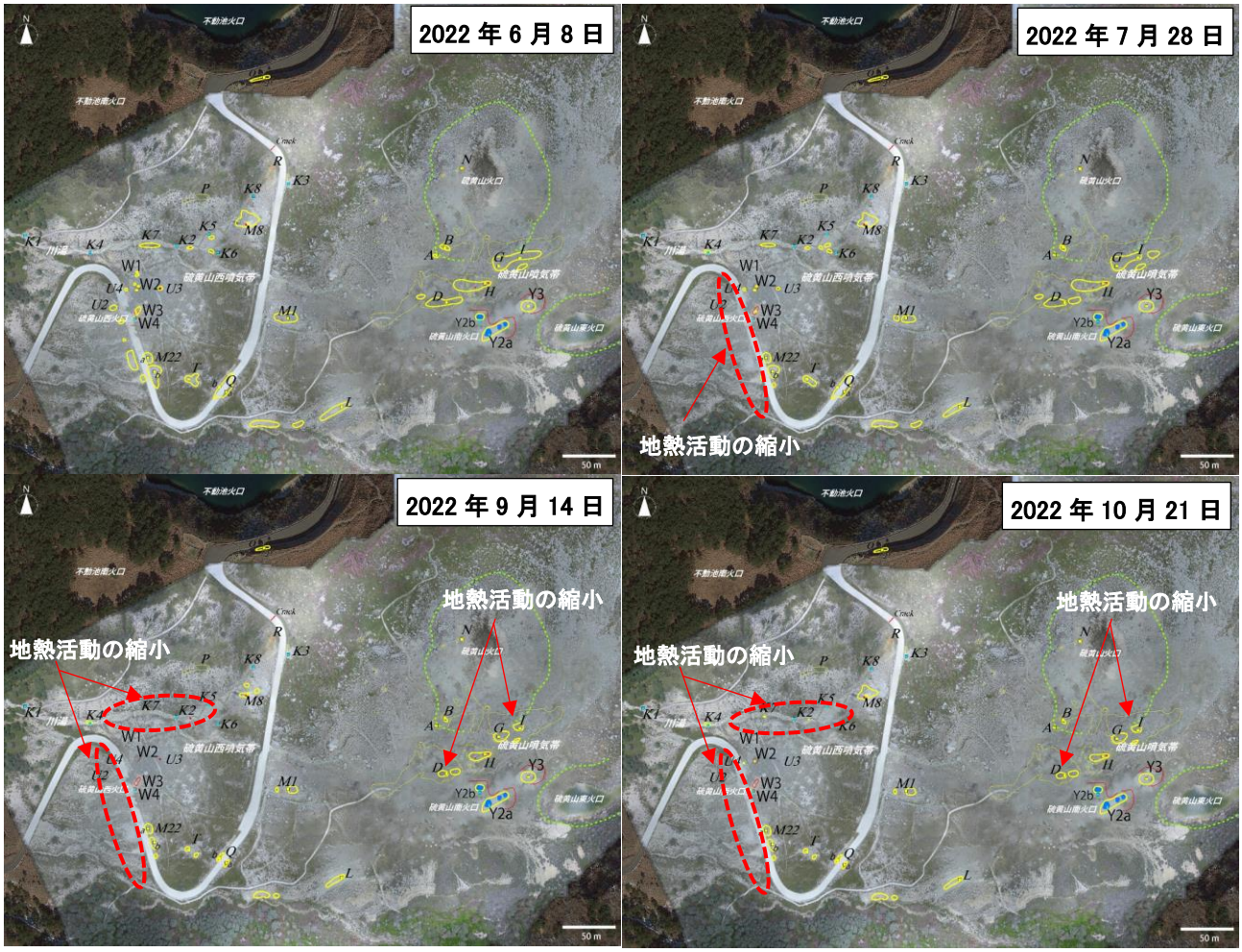


図 2　硫黄山噴気帯・硫黄山西噴気帯周辺の噴気位置変遷

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：噴気域．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．*Tajima et al.*(2020)に基づく．

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

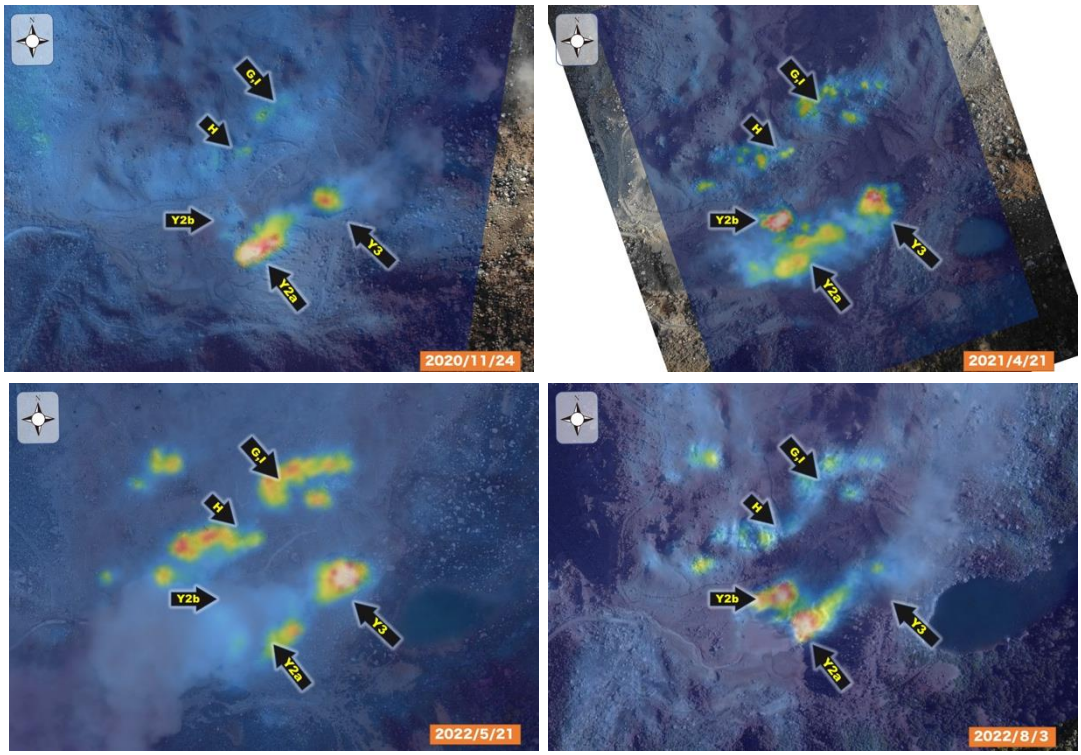


図 3 硫黄山南火口付近の空中赤外映像

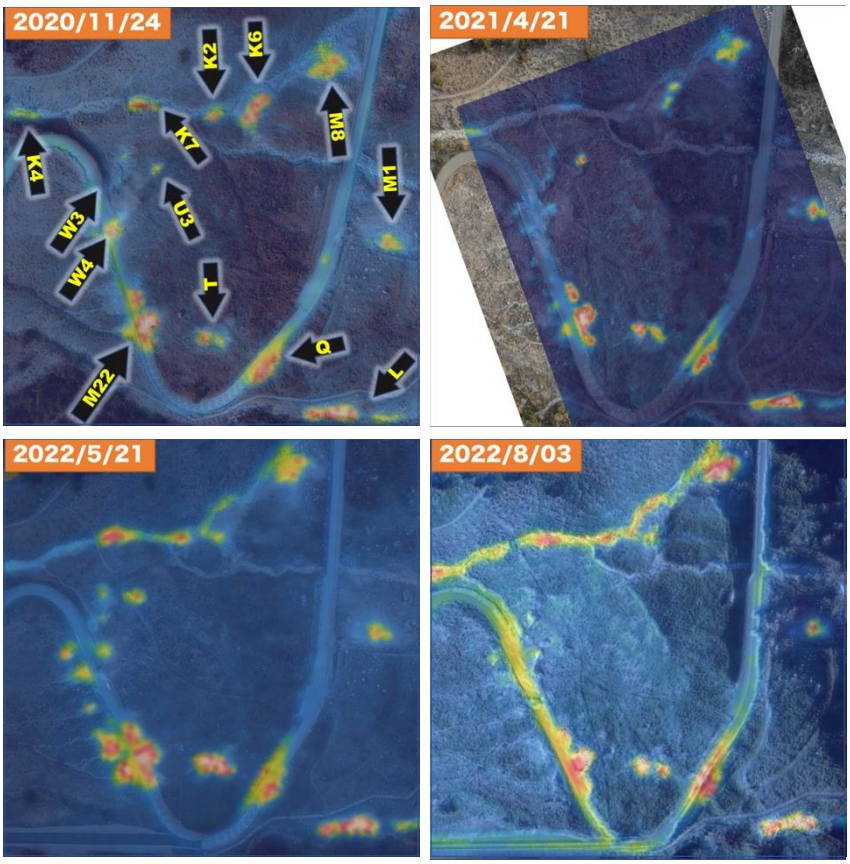


図 4　硫黄山西噴気帯の空中赤外映像

霧島山

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

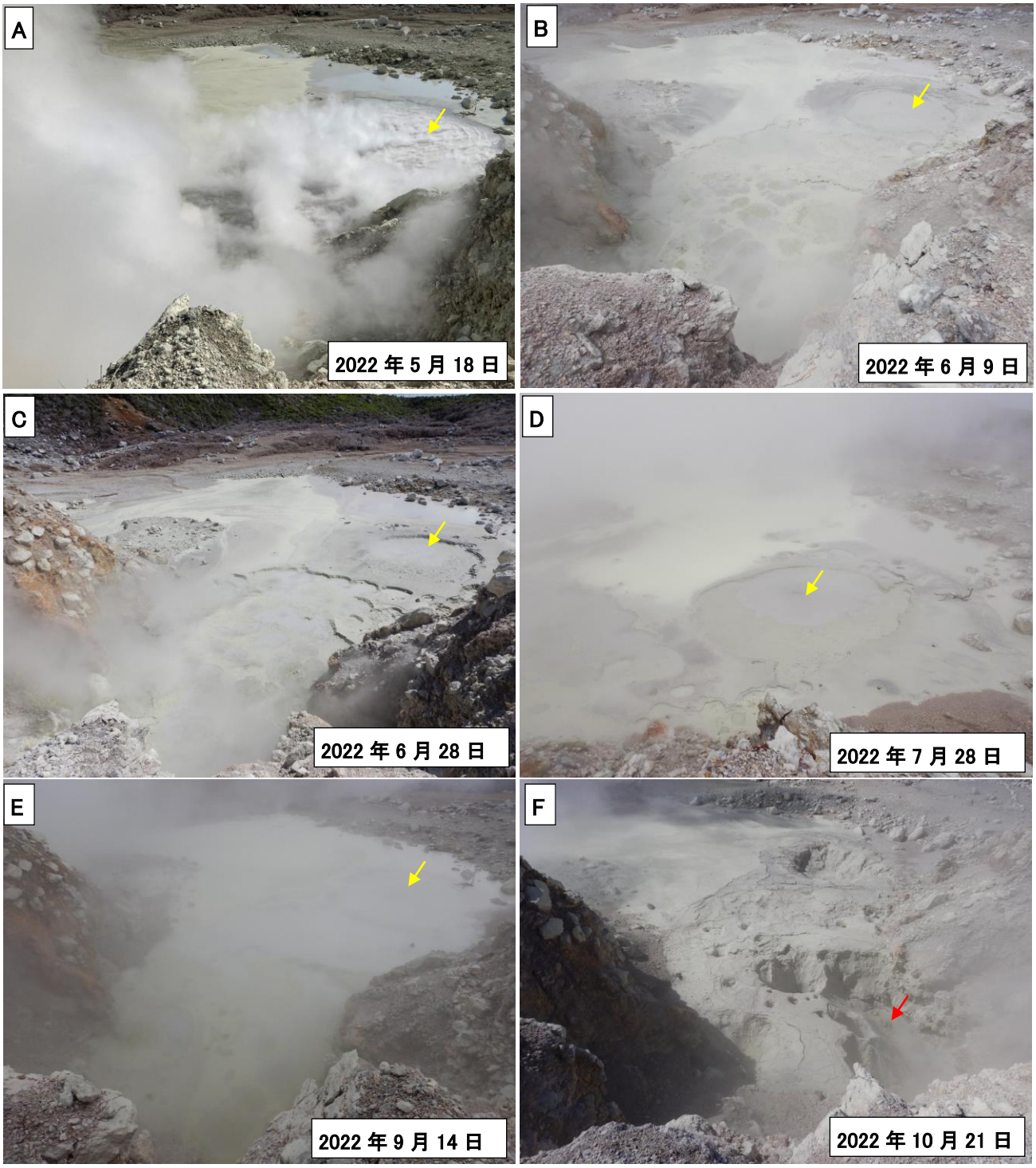


図 5 硫黄山南火口(Y2b)の湯だまりの変化

A. 2022年5月18日，ガス湧出量が多く噴気に覆われる．写真奥の小穴(黄矢印)からは活発な噴湯が見られる．B. 2022年6月9日，ガス湧出量が多く，小穴には湯だまりが見られる．C. 2022年6月28日，ガス湧出量が多く噴気に覆われる．小穴の水位に大きな変化はない．D. 2022年7月28日，ガス湧出量が多く噴気に覆われる．小穴の水位に大きな変化はない．E. 2022年9月14日，湯溜まりが維持される．直前に降雨があり，湯溜まりの水位がやや高い．F. 2022年10月21日，極一部に熱水湧出が見られるが(赤矢印)，湯溜まりがほぼなくなる．

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

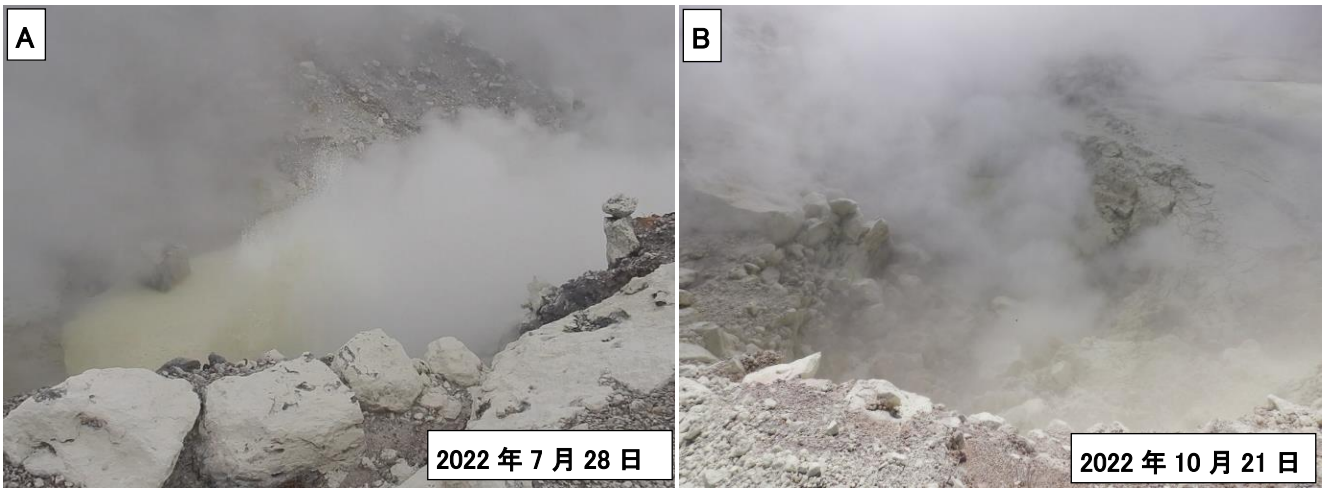


図 6 硫黄山南火口(Y2a)の湯だまり及び噴気

A. 2022年7月28日には湯だまりが維持されており，9月14日も同程度であった．B. 2022年10月21日の状況．湯だまりが消失した．

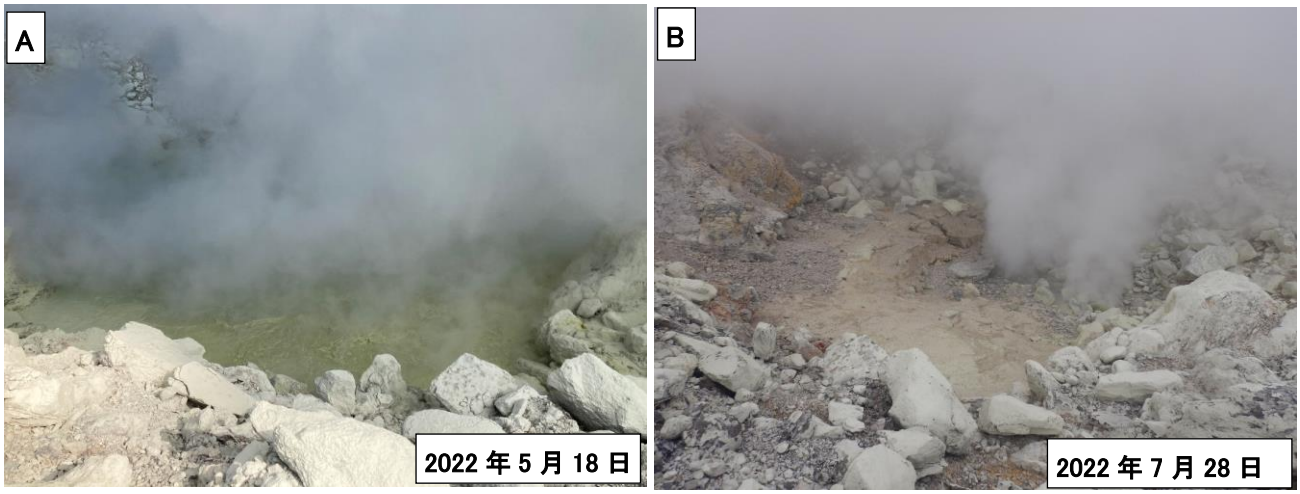


図 7 硫黄山南火口(Y3)の湯だまり及び噴気

A. 2022年5月18日の湯だまりは2018年12月以来の高い水位であった．B. 2022年7月28日の状況．湯だまりは消失しており，9月14日には降雨によると推定される水位が確認されたが，10月21日には消失していた．

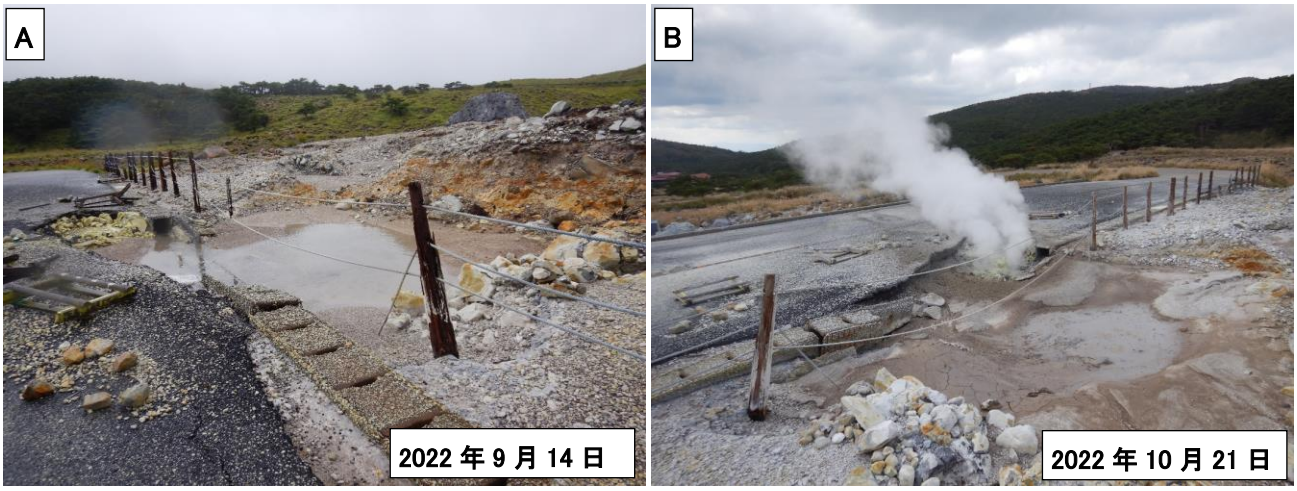


図 8 硫黄山西火口(W4)の湯だまり及び噴気

A. W4は2022年5月18日に停止し，9月14日には水たまりが形成されていた．B.10月21日にW4噴気活動の再開を確認した．

霧島山

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

図 9 硫黄山西噴気帯 K2 熱水孔

A. K2熱水孔(長径2.0m，短径1.2m，深さ0.4m)は噴湯しており，下流への白濁水流出が確認できる．**B**. K2熱水孔の孔底に温水が溜まる程度で顕著な噴気は見られない．

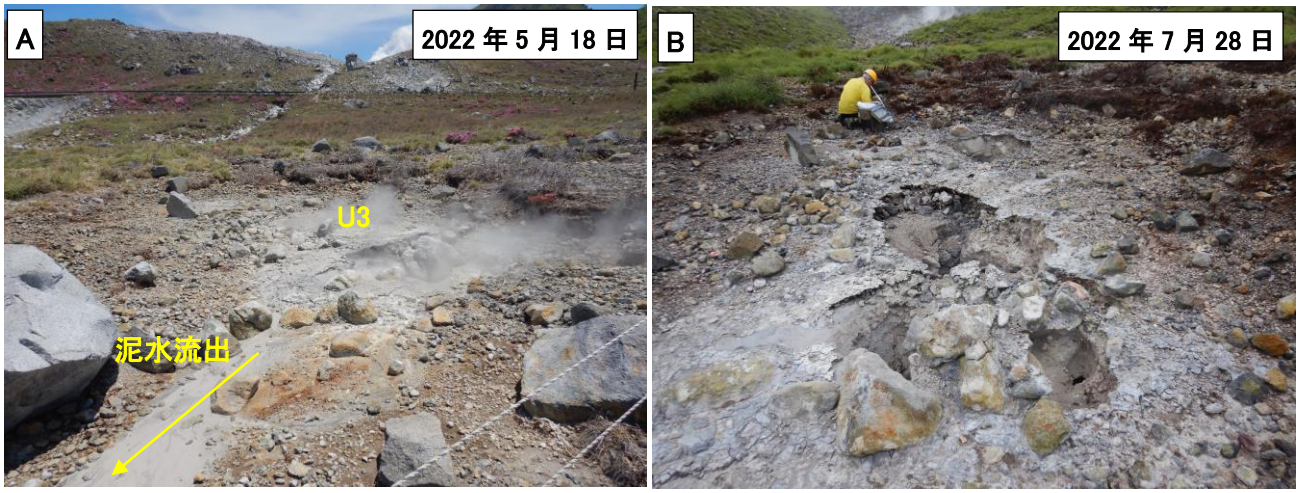


図 10 硫黄山西噴気帯 U3 に形成された熱泥水孔

A. U3に形成された熱泥水孔，長径1.1m，短径0.8m，深さ0.3m，下流への泥水流出が見られた．**B**. 熱泥水が見られる孔は1箇所のみである．下流への流出は見られない．

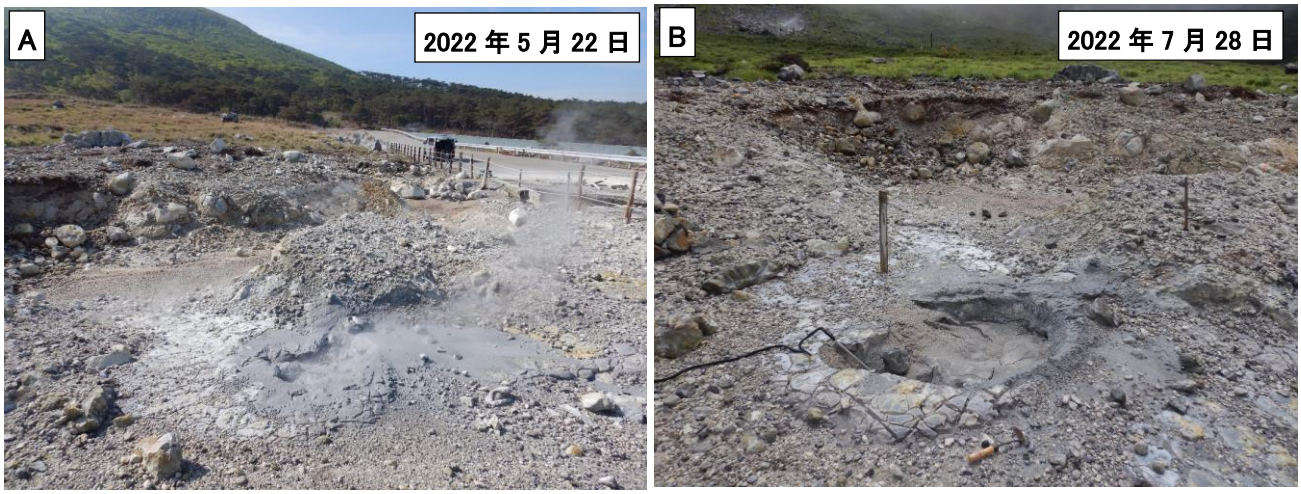


図 11 硫黄山西噴気帯 W3 火口脇に形成された熱泥水孔

A. W3火口の脇に形成された熱泥水孔．**B**. W3火口脇の熱泥水孔に熱泥水は見られない．

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

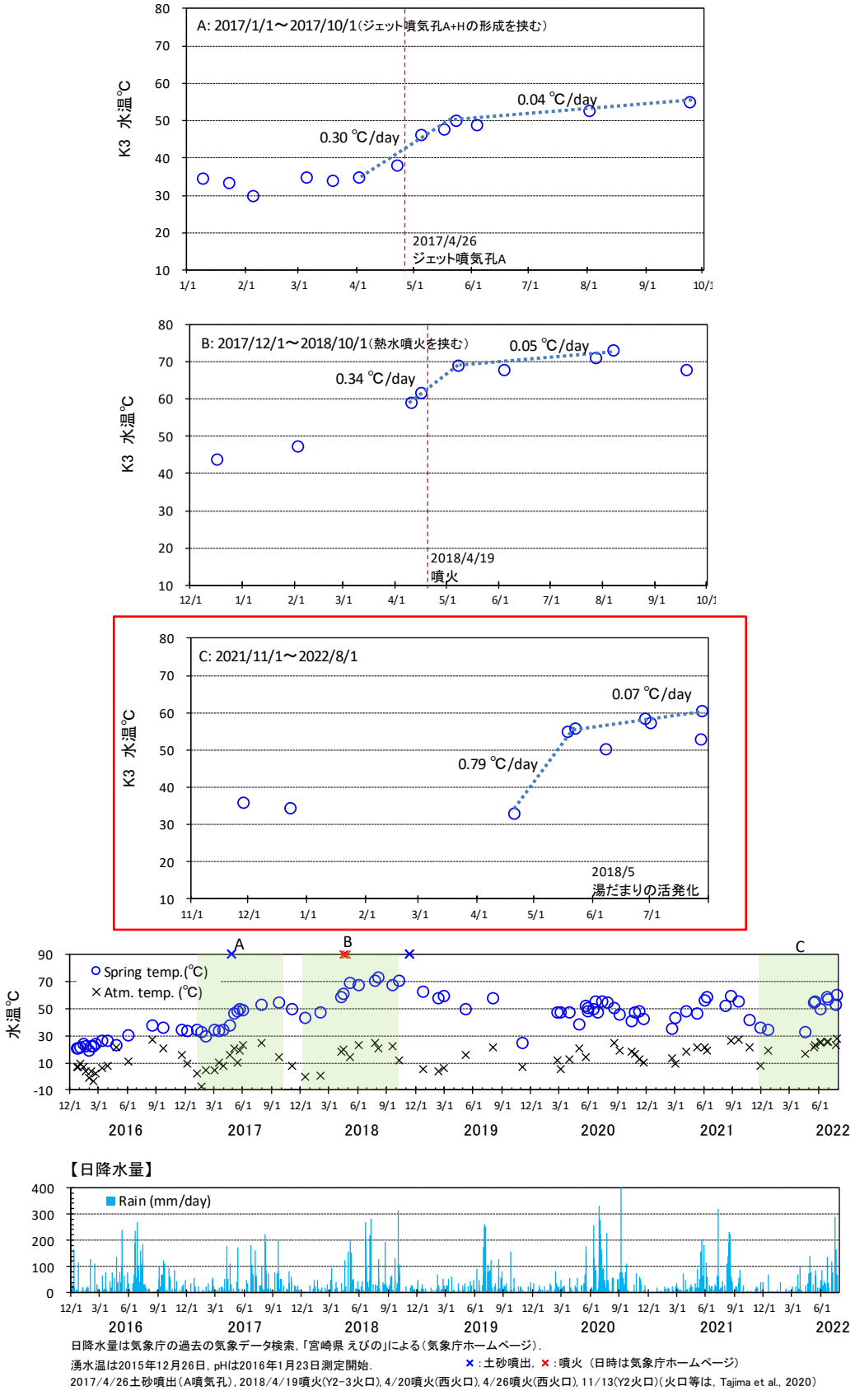
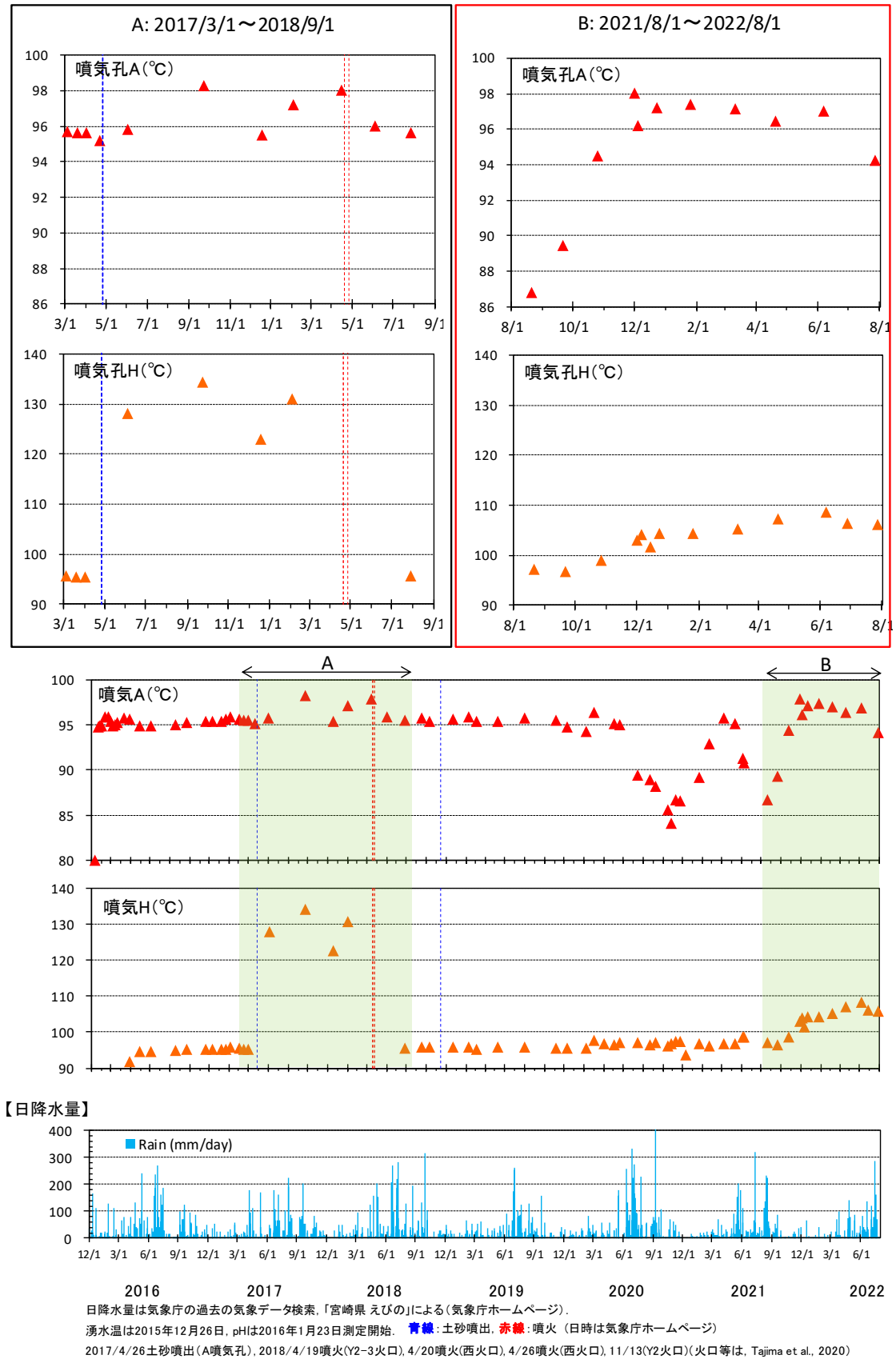


図 12　K3 湧水点の水温上昇とイベントの関係（位置は図 2 参照）

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *

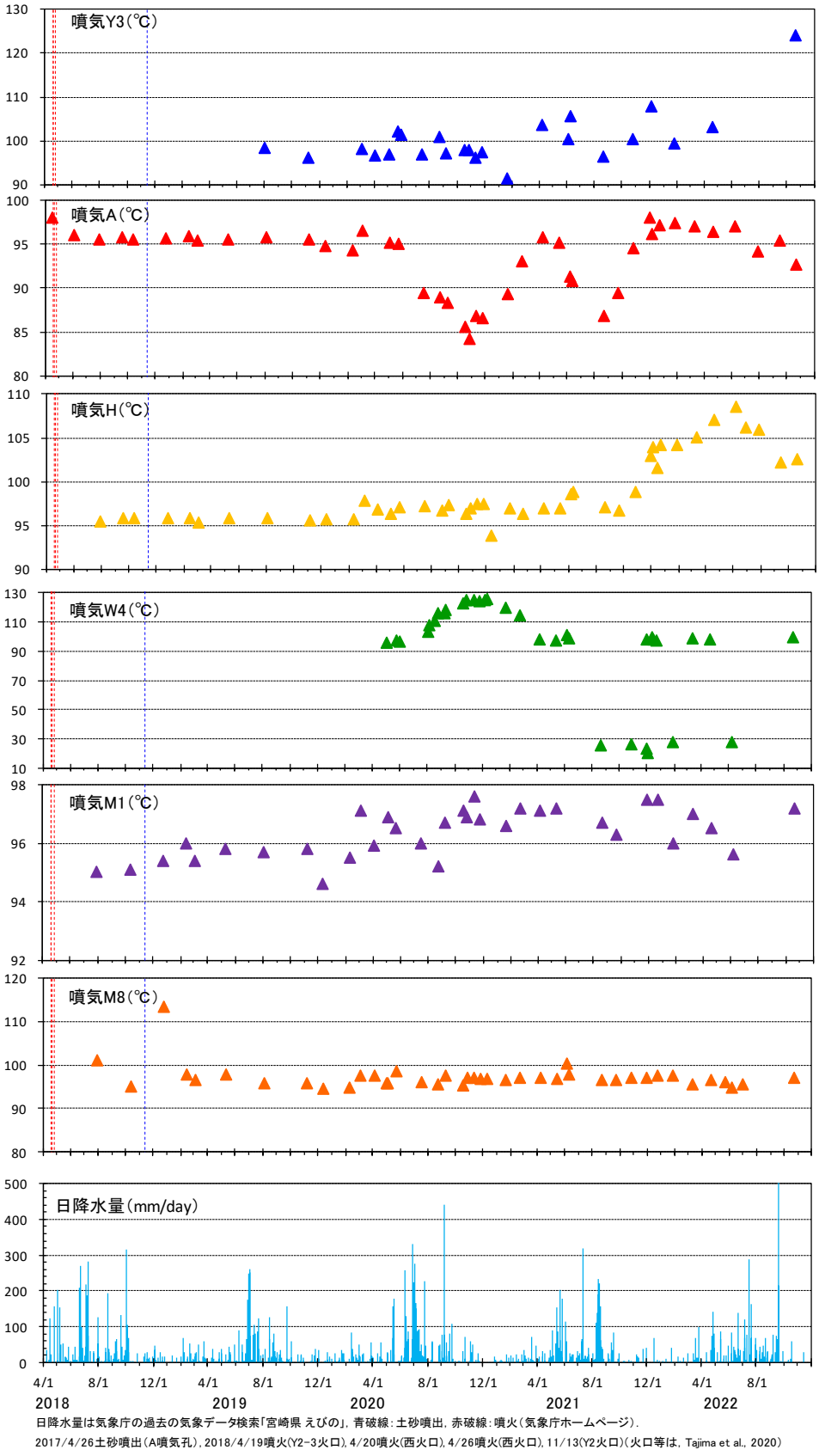


日降水量は気象庁の過去の気象データ検索,「宮崎県 えびの」による(気象庁ホームページ).
湧水温は2015年12月26日, pHは2016年1月23日測定開始. **青線**:土砂噴出, **赤線**:噴火 (日時は気象庁ホームページ)
2017/4/26土砂噴出(A噴気孔), 2018/4/19噴火(Y2-3火口), 4/20噴火(西火口), 4/26噴火(西火口), 11/13(Y2火口)(火口等は, Tajima et al., 2020)

図 13　噴気孔 A・噴気孔 H の噴気温とイベントの関係（位置は図 2 参照）

霧島山

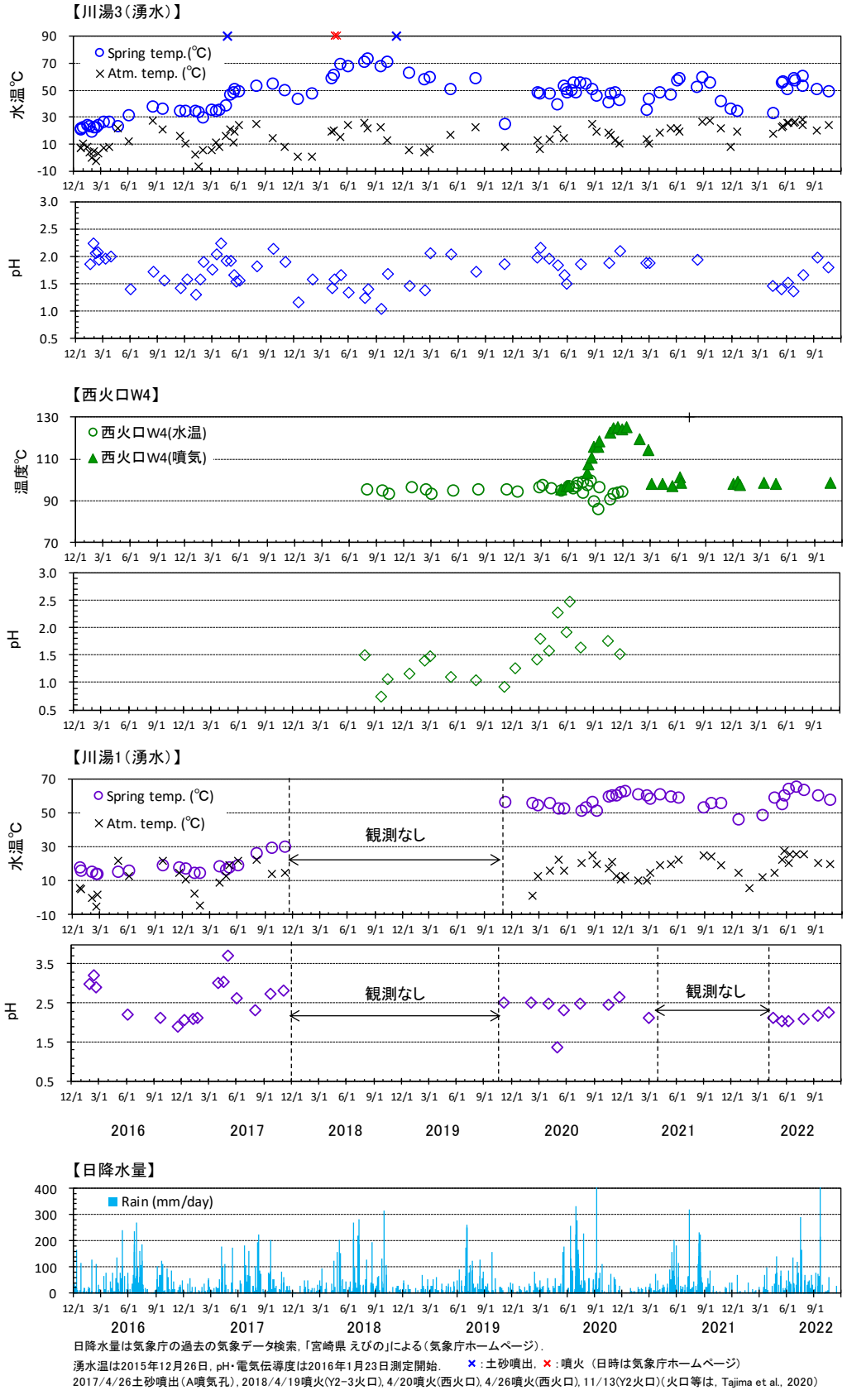
日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *



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」，青破線：土砂噴出，赤破線：噴火（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 14　硫黄山南・西火口周辺の噴気温度の測定結果（位置は図 2 参照）

日本工営(株)，神戸大学，九州大学
東京大学地震研究所 *



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」による(気象庁ホームページ).
湧水温は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 15　硫黄山西噴気帯の湯だまり・噴気・湧水の測定結果(位置は図 2 参照)