霧島火山，硫黄山周辺における 2018 年 4 月噴火後の活動*

Volcanic activity around the Ioyama after the April 2018 eruption in Kirishima Volcano

日本工営中央研究所，九州大学，神戸大学，東京大学地震研究所，防災科学技術研究所，大阪公立大学，情報通信研究機構

R&D Center Nippon Koei, SEVO Kyushu University, KOBEC Kobe University, ERI Tokyo University, NIED, Osaka Metropolitan University, NICT

1. 概 要

霧島火山，硫黄山では 2018 年 4 月の水蒸気噴火後も活発な噴気・熱水活動が継続しており，その盛衰は観光地における火山活動を評価する際の有益な情報となる．本研究グループでは 2015 年よりえびの高原-硫黄山（以下，硫黄山）において地表の火山活動やその現象の現地踏査を行い，2018 年 4 月の噴火までの活動は論文[1)]において報告した．また噴火後も継続して現地調査を実施し，その結果は火山噴火予知連絡会において定期的に報告してきた．本会報ではそれらの結果をまとめ報告を行う．なお本地域における噴気，火口，観測地点の名称は論文[1)]に従う．

2. 2018 年 2 月までの活動概要

硫黄山山頂域では，2015 年 12 月 14 日に噴気活動の再開が確認され，その後 2016 年 1～2 月，2016 年 12 月～2017 年 6 月の 2 回の地熱域の急拡大期を経て，2018 年 4 月 19 日 15：39 及び 4 月 20 日に小規模な噴火が発生した．この噴火に至る過程は Stage1～3 に分けられ[1)]，観測に基づき約 2 年間の前駆活動期間があったと考えられている．Stage1 は 2013 年 12 月から韓国岳付近における地震活動が活発化であり，その後 2014～2015 年にかけ硫黄山直下の極浅所における微動や地震活動が生じた．この 2014 年からの活動は，地表での現象は生じていないが地下で現象が進行したと考えられる．次の転機は，2015 年 12 月 14 日の噴気活動の再開であり，2016 年 1 月には地表の地熱域が急速に拡大し，その後 2017 年 1 月まで徐々に拡大した（Stage2）．一旦，地熱域の拡大は停滞するが 2017 年 1 月以降に再度急拡大し，2017 年 3 月～4 月にかけ泥水の湧出とジェット噴気孔（H，A 孔）の形成を伴う土砂噴出，暴噴（blowout）が発生した[1)]．Blowout 後の噴気孔 H においては 120～130℃の高温噴気が観測されたが，地熱域面積は 2018 年 1 月頃まで減少した（Stage3）．また，硫黄山西噴気帯では噴火前には M1，M8 において噴気活動が生じていた（第１図 a）．

3. 2018 年 2 月～2019 年 5 月の活動

3-1. 噴火直前～噴火

噴火前の硫黄山噴気帯の噴気活動は，山頂域に地熱域が広がっていた．2018 年 2 月 3 日の観測において新噴気（S）の出現を確認し，その後この地点は火口となった[1)]．また噴気 H では 2017 年 4 月の暴噴以来，高温噴気のジェット噴気（噴気孔 H）の活動が続いていた．噴気孔 H では，サーモカメラによる 127℃（2017 年 6 月 4 日）の観測後，熱電対によって 134.2℃（9 月 24 日），122.8℃（12 月 17 日）と継続した高温噴気を観測し 2018 年 2 月 3 日は 130.8℃となり，噴火直前には非常に強い音を伴う噴気活動が生じていた（第２図）．川湯沿いでは，川湯 1（K1），川湯 3（K3）の湧水点において水温観測を行

＊　2024 年 11 月 14 日受付

い，K3湧水温は，2017年12月17日に43.5℃であったが，2018年2月2日に47.2℃と上昇に転じ，噴火直前の4月10日には58.8℃，　4月16日に61.4℃と急激な上昇を示した（第３図）．噴火直前のK1水温は得られなかったが，それ以前ではK3水温から1～2ヶ月遅れてピークもしくは底に達し，硫黄山噴気帯の影響がK1にも及んでいたことが示唆される．

噴火直前の2018年4月7日からY1において多量の熱水湧出が発生し，その噴出時には直径6cmの小石が約5m飛散した．湧出した熱水は酸素－水素同位体比からマグマ水と天水がほぼ同量混合したと推定され，地下600～700mの熱水溜まりの熱水が直前に上昇し地表付近の地下水と混合したと考えられる[1)]．

4月19日15：39に始まった硫黄山の水蒸気噴火では，硫黄山山頂付近では噴気S付近から噴出が始まりS1～S7の南噴出孔群が生じ，S4～S6噴出孔はY2a火口，S1～S3噴出孔はY3火口，S7噴出孔はY2bの火口となった[2)]（第４図）．また，翌20日には硫黄山の西麓の県道付近でも噴出が始まり，W1～W7の西噴出孔群が形成された(第４図)．噴火イベントの推移は空振波形によって詳しく解析されている[3),4)]．噴出によって生じた堆積物量は，指数関数による計算方法を用い[5)]堆積密度1000kg/m^{3}と仮定した場合について求めた．その結果，硫黄山南噴出孔群からの噴出物量は約1500トン，硫黄山西噴出孔群からの噴出物量は約470トンと推定される[6)]．また，投出岩塊・礫は，硫黄山南噴出孔群から約180m，硫黄山西噴出孔群から約50mの距離に飛散した（第５図）．

3-2. 噴火後

噴火後，硫黄山南噴出孔群及び西噴出孔群はそれぞれY2a，Y3，Y2b火口（硫黄山南火口），W4孔（硫黄山西火口）において湯だまりが形成され活発な噴湯が続いた（第６図）．なお，Y2a，Y3，Y2b火口は，いずれも爆発によるすり鉢状の火口地形形成ではなく，噴火後の熱泥水流出による陥没によってすり鉢状地形となった[1)]．

南火口のY2a，Y3，Y2b火口とも2018年は湯だまりを維持していたが（第６図a-d），Y3火口は2019年2月12日に湯だまり消失（第６図e），Y2a，Y2b火口は2019年5月11日に湯だまりが一旦消失した（第６図g）．2019年5月は南火口すべての湯だまりが消失し噴火活動の区切りとなる可能性がある．この時期の湯だまりの化学組成の特徴としてCl/SO4比がCl/SO4>1と高いことが挙げられる．

硫黄山噴気帯では，2018年の7月にP付近，同年後半（遅くとも12月）にはM22，Q，Oにおいて噴気活動が生じていた（第１図b）．また，2018年10月頃から噴気Nで温度低下が見られ，地熱域の縮小が示唆された．また噴火前に130℃前後あった噴気孔Hの温度は，噴火後の2018年7月29日の観測では95.5℃とほぼ沸点温度に低下し，2021年中頃まで96℃前後の温度が継続した（第２図）．

硫黄山西火口W4孔では，噴火直後の2018年6月4日には湯だまりが見られなかったが，7月28日に噴湯を伴う湯だまりが見られた（第６図a，b）．西火口W4孔ではその後，湯だまりが安定して形成された．湯だまりのCl/SO4比は，南火口と同様にCl/SO4>1と高い値であった．

4. 2019年6月～2021年7月の活動

硫黄山南火口では，2019年8月3日にY2bに湯だまりの再出現が見られ（第６図h），Y2b火口の湯だまりは水位の上昇と下降を繰り返した．その湯だまりは，2021年1月までは淡青灰色となるケースが多かった（第６図i-q）．再出現後のY2b湯だまりは，水温低下とともにCl/SO4比も顕著に低下し（第２図），表層の地下水の影響が大きくなる環境に変化したと考えられる．2021年2月以降は，Y2b火口の湯だまり色が茶鼠色となり，この色の変化に合せてCl/SO4が上昇したが，Cl/SO4<1の範囲で推移した

（第２図）.その後2021年８月を除き，上昇と下降を繰り返しほぼ同様の色の湯だまりが維持された（第６図 r-w）．Y2a 火口では，2019年11月に湯だまりが再出現し，その後活発な噴湯を伴い湯だまりが維持された（第６図 i-w）.Y3 火口では，2021年７月まで湯だまりが形成されず活発な噴気活動が続いた（第６図 f-w）.

西火口 W4 孔では，湯だまりが安定して形成されていたが，2020年５月23日に定常的な湯だまりが消失した（第６図 c-l）．定常的な湯だまり消失後は，湯だまりの出現と消失を繰り返した（第６図 m-s）．湯だまりが消失した2020年５月に96～97℃のジェット噴気が観測された後，2020年８月には噴気温が100℃を超え，９月９日には118.7℃を記録している（第３図）．2020年８月には，道路縁に新たな噴気が出現し，噴気温上昇によってアスファルトが溶け道路端から 2.5 m 程孔が拡大した（第７図）．この活動における W4 孔の噴気温は2020年12月をピーク（125.6℃）としてその後低下し，2021年３月には90 ℃台とほぼ元の温度まで低下した（第３図）．なお，2021年３月３日には，W4 孔において溶融硫黄の流出があり硫黄の燃焼も生じた．また，2021年４月頃から湯溜まりへの湧湯と地下への吸引を繰り返す間欠的な現象が生じた[7]（第６図 t-v）．W4 孔では2021年７月２日に噴気温度が90 ℃台から40 ℃台に低下し，７月８日の３日間で500 mm を越える豪雨によって土砂が W4 孔内に流入・堆積し，噴気活動が認められなくなった（第６図 w）．W4 孔湯だまりの Cl/SO4 比は，ほとんどの期間 Cl/SO4>1 の高い値を消失まで保持していた．

硫黄山西噴気帯では M22，Q，O での噴気活動が続いたが，2020年11月頃までには現在とほぼ同じ噴気域分布となった（第１図 b）．

5. 2021年８月～の活動

2021年８月以降の顕著な変化は，噴気孔 H の温度が2021年10月から上昇し始めたことである．H 孔噴気孔温度は10月26日に98.8 ℃，11月30日に103.0 ℃と上昇した．これらは，硫黄山周辺において約96 ℃の沸点温度より明らかに高い．噴気孔 H の噴気温は，上昇と下降を繰り返し2024年７月12日に 135.7 ℃となり 2017 年 3 月のジェット噴気活動開始以降の最高温度を記録した（第２図）．2022年12月以降は Y2b，Y2a 火口湯だまりの Cl/SO4 比が Cl/SO4>1 の高い値を保持するようになった．この間の硫黄山噴気帯での噴気位置・面積に大きな変化はないが活動環境に大きな変化があったと推定される．噴気孔 H の温度上昇は H 孔給源域では増圧が生じる環境に変化したことを示唆する．一方，南火口群での多量の火山ガス放出も継続しており，主な火山ガス放出源が噴気孔 H と A のみであった噴火前と異なる活動環境にあると考えられる．

Y2b 火口では湯だまり水位の上昇と下降を繰り返し（第６図 y-am），本期間前半は水温が低いことが多く pH も相対的に酸性度が低下する．2022 年 10 月には Y2b 水位が低下し湯だまりが消失したが，11月 18-19 日間に小規模な噴出活動（第８図）が生じ Y2b-v5 孔が再開孔した[8]（第６図 y-an）．この頃から Y2b 水温は，ほぼ95℃に近い高い温度となっている．また2023年３月６日には Y2b-v5 孔の湯だまりが消失し，その直後の３月 17 日に小規模な噴出現象が発生し（第９図 b），イベント直後に水位が回復した（第６図 ap-aq）．2023年９月から Y2b-v5 孔の埋積が進み2024年５月には Y2b-v5 孔の痕跡が見られなくなった（第６図 au-ba）．一方，Y2b-v1 孔では2023年９月頃に孔周において泥質物の半円のマウンドが形成された．2024年７月にはそのマウンドが浸食によって消失したが，2024年８月にはマウンドが再形成された（第６図 au-bc）．

Y2a 火口では2021年８月以降も湯だまり形成と噴湯活動が続いたが（第６図 x-al），2022年10月に

は一旦湯だまりが消失する（第６図 am）．上記の Y2b 火口での 2022 年 11 月のイベント後，Y2a 火口でも湯だまりが形成された．また，2023 年 3 月 6 日には Y2b とともに湯だまりが消失した（第６図 ap）．その後，3 月 17 日のイベント後，湯だまり水頭が上昇し 6 月 6 日には湯だまりが生じていた．また 6 月 4 日頃から Y2a-v2（上段）火口周辺は著しく黄色に着色され，6 月 6 日頃に Y2a-v2 に噴気硫黄塔が形成され始めた．その後 Y2a 火口の湯だまりの上昇と低下を繰り返し，9 月 22 日頃から Y2a-v1（下段）においても噴気硫黄塔の形成が始まった．9 月 28 日には Y2a-v1 において高さ 3m程の噴気硫黄塔を確認した（第６図 au，第９図 c）．噴気硫黄塔形成中の 10 月 8 日に Y2a-v1 において噴出現象が生じ（第９図 c），10 月 10 日には Y2a-v2?において噴出現象が生じた[9),8)]．その後，Y2a 火口では湯だまりが 2024 年 9 月まで維持されているが（第６図 av-bd），7 月 30 日頃から Y2a-v1 では泥噴出が活発となり，Y2a-v1 孔周囲にマウンドを形成した（第６図 bc）．

Y3 火口においては 2021 年 8 月 10 日に小さな湯だまりが見られたが（第６図 x），これは 8 月 8 日頃の降雨の影響によって生じたと考えられる．その後 Y3 火口においてはジェット噴気活動が長く継続し，時々小さな湯だまりを形成する時期が繰り返された（第６図 y-az）．この間，2023 年 12 月 6-7 日の間に噴出現象が生じており[8)]，その後噴気活動が著しく衰えている（第６図 ba-bd）．

この時期は，噴気孔 H 及び湧水 K3 では温度上昇と低下を繰り返した（第２図，第３図）．その上昇過程及び下降過程において小噴出イベントが生じた．例えば，噴気孔 H では 2021 年 10 月 26 日（98.8℃）～2022 年 6 月 7 日（108.5℃）にかけ緩やかに上昇した噴気温度は 9 月 14 日に 102.2℃まで低下する．同様に 2022 年 10 月 21 日（102.6 ℃）から 12 月 1 日（115.6℃）にかけ温度上昇が起き，その後 2023 年 3 月 6 日に 104.3℃まで低下する．3 月 17 日の噴出後 H 孔温度は 112.1℃に上昇しその後 8 月 23 日まで上昇し 126.1℃に達した．11 月 10 日後の 12 月 6 日の観測では，100.2℃まで急速に温度が低下しており 11 月 27/28 日の H 孔での噴出（第９図 d），12 月 6/7 日に Y3 火口（第９図 e），12 月 11 日に Y2a-v2 火口（第９図 f）において小噴出イベントが生じた．2024 年 8 月頃から噴気 N において温度上昇が見られ，硫黄山周辺では地熱が拡がりやすい環境に変化している可能性が考えられる．

硫黄山西火口の W4 孔では，2021 年 7 月の活動停止後の 9 月，10 月末の調査においても湯だまり及び噴気は認められず，地熱活動が著しく低下した状態が継続していた．W4 孔では，2021 年 11 月 30 日に拡大孔に 98.1℃の噴気を確認したが，翌 12 月 1 日には降雨のため噴気が消失した（第３図）．この活動直前には 11 月 29 日 6 時から 10 時頃に硫黄山南西を震源とする有感地震が発生し，最大震度 2 が 6 回，最大震度 1 が 4 回観測された[10)]．W4 孔では 12 月 12 日に温度が上昇し 13 日～14 日には音を伴う活発な噴気が確認され（第６図 ab），その後 W4 孔の噴気は温度の上昇と低下を繰り返し 2022 年 5 月頃まで続き活動を停止した（第６図 ac-ag）．また，2024 年 8 月 8 日 16 時 43 分頃に発生した日向灘地震（M7.1）[11)]の直後の 8 月 14 日にも W4 孔において温度上昇が生じたが，その後地熱活動は見られない．硫黄山付近においてやや大きな揺れを感じる地震では，W4 孔等においてキレツが一時的に開口し噴気活動が生じた可能性も考えられる．また 2024 年 9 月 5 日頃に韓国岳火口内の水たまり東縁に白濁が見られたとの通報があった．堆積物の顕微鏡観察では湧出口近くの風化岩と同種の岩石破片，鉱物片が見られ，現時点で火山活動との関係を示唆する証拠は認められない．

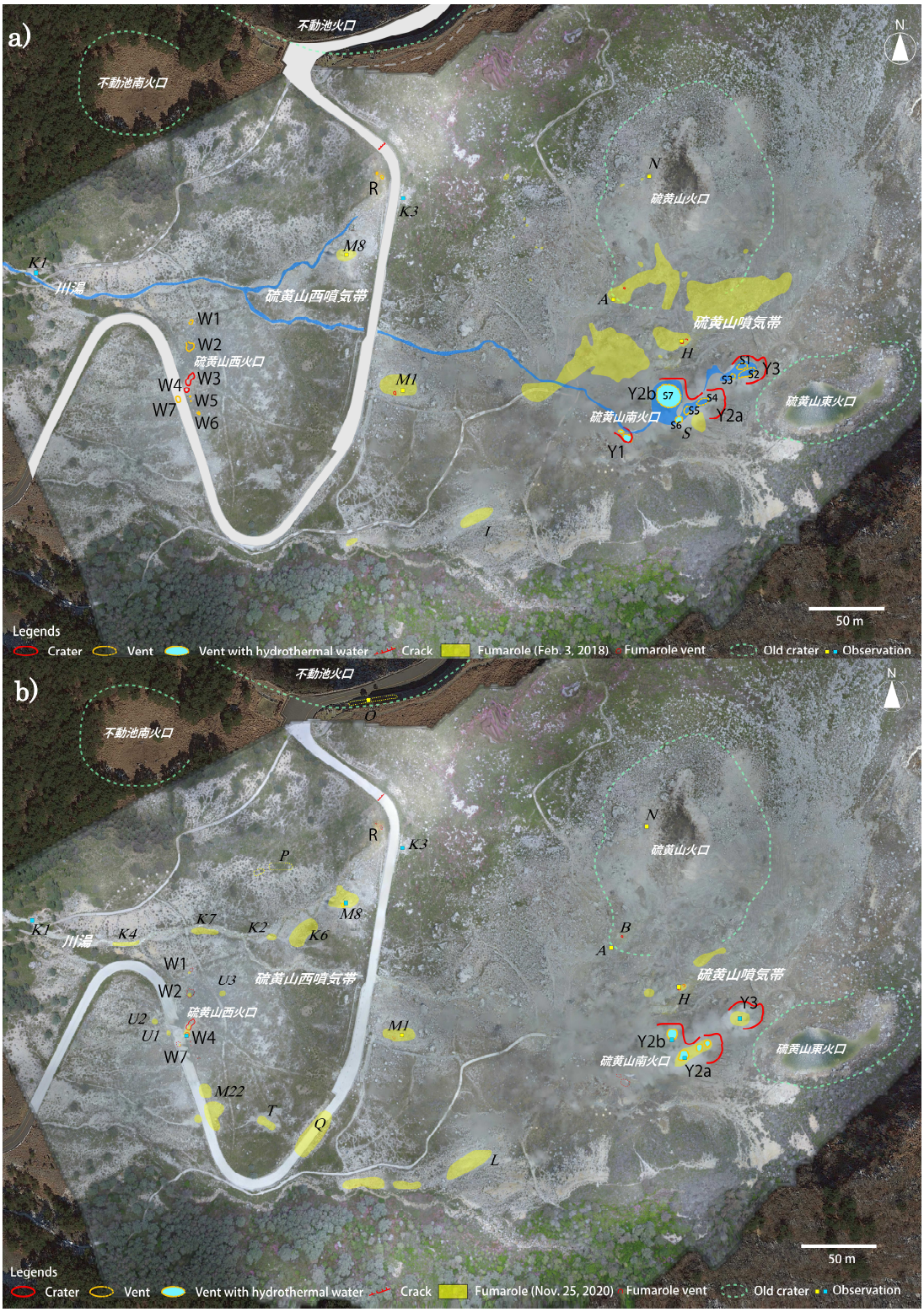
＊田島靖久・松島 健・石橋純一郎・宮本知治・前野 深・及川 純・村松　弾・中田節也・長井雅史・
益田晴恵・鈴木桂子・村田健史

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. 2023年12月1日に噴出物情報を東京大学の角野浩史氏よりいただいた. 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. 現地調査では霧島ネイチャーガイドクラブの方々に, 室内分析では日本工営中央研究所の諸氏にお世話になった. なお写真の一部は古園俊男氏に提供いただいた. ここに御礼申し上げます.

参考文献

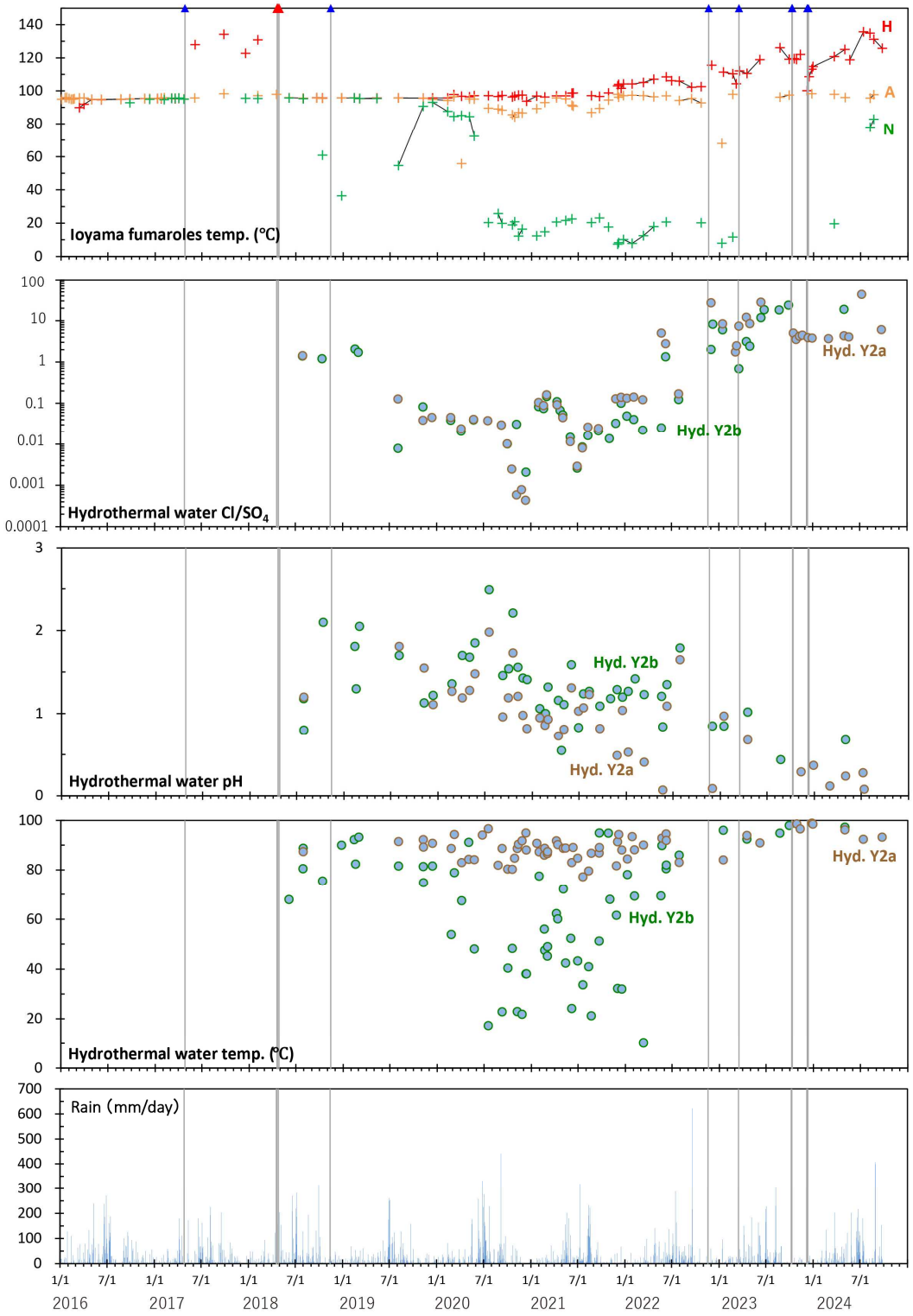
1) Tajima, Y., Nakada, S., Maeno, F., Huruzono, T., Takahashi, M., Inamura, A., Matsushima, T. Nagai, M. and Funasaki, J. (2020): Shallow magmatic hydrothermal eruption in April 2018 on Ebinokogen Ioyama volcano in Kirishima volcano group, Kyushu, Japan. Geosciences, 10:183.
2) 田島靖久・中田節也・長井雅史・前野 深・渡邉篤志 (2019)：霧島火山群, えびの高原硫黄山の2018年4 月の小噴火, 火山, 64, 2, 147-151.
3) Muramatsu, D., Matsushima, T., Ichihara, M. (2021): Reconstructing surface eruptive sequence of 2018 small phreatic eruption of Iwo-yama volcano, Kirishima Volcanic Complex, Japan, by infrasound cross-correlation analysis. Earth Planet Space, 73:8.
4) Muramatsu, D., Ichihara, M., Matsushima, T., Kuwano O., Tajima Y. (2022): Surface eruptive dynamics of 2018 small phreatic eruption of Iwo-Yama volcano, Japan: Constraints from seismo-acoustic observation and mud suspension rheology. J Volcanol Geotherm Res, 421:107452.
5) Fierstein J., Nathenson M. (1992): Another look at the calculation of fallout tephra volumes. Bull Volcanol, 54, 156-167.
6) 長井雅史・田島靖久・前野 深・中田節也・古園俊男・渡邉篤志 (2018)：霧島火山えびの高原硫黄山地域2018年噴火の噴出物, 日本火山学会講演予稿集, A1-06, 2018年度秋期大会, p7.
7) Tanabe H., Matsushima, T., Aiazawa K., Muramatsu, D. (2023): Multi-parametric observations of intermittent hydrothermal water discharge in West Crater of Iwo-Yama volcano, Kirishima Volcanic Complex, Japan. Earth Planet Space, 75:75.
8) 田島靖久・松島 健・石橋純一郎・鈴木桂子・村松 弾・及川 純・村上千晶・村田健史 (2024)：霧島火山, 硫黄山南火口及び噴火孔における 2022～2023 年の小噴出イベント, 日本火山学会講演予稿集, 2024年度秋期大会, B1-15, p63.
9) 村松 弾・市原美恵・行竹洋平・松島 健・田島靖久・西村太志・長妻 努・村田健史 (2024)：霧島硫黄山南火口における地震・空振活動と表面現象, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, SVC26-02, pSVC26-02.
10) 気象庁 (2021)：令和３年 (2021年) の霧島山の火山活動, 火山活動解説資料 (霧島山), 令和3年霧島山, 年報 1-44.
11) 気象庁 (2024)：令和６年８月８日 16時 43分頃の日向灘の地震について, 気象庁地震火山部, 報道発表資料.



第 1 図　えびの高原−硫黄山周辺の地熱活動．a）2018 年 3 月 2 日の噴気域及び 4 月噴火による火山地形変化．b）2020 年 11 月 25 日の噴気域．Tajima et al.(2020)に基づいて作成．背景の濃い色の地図は「Google Map」を用いた．

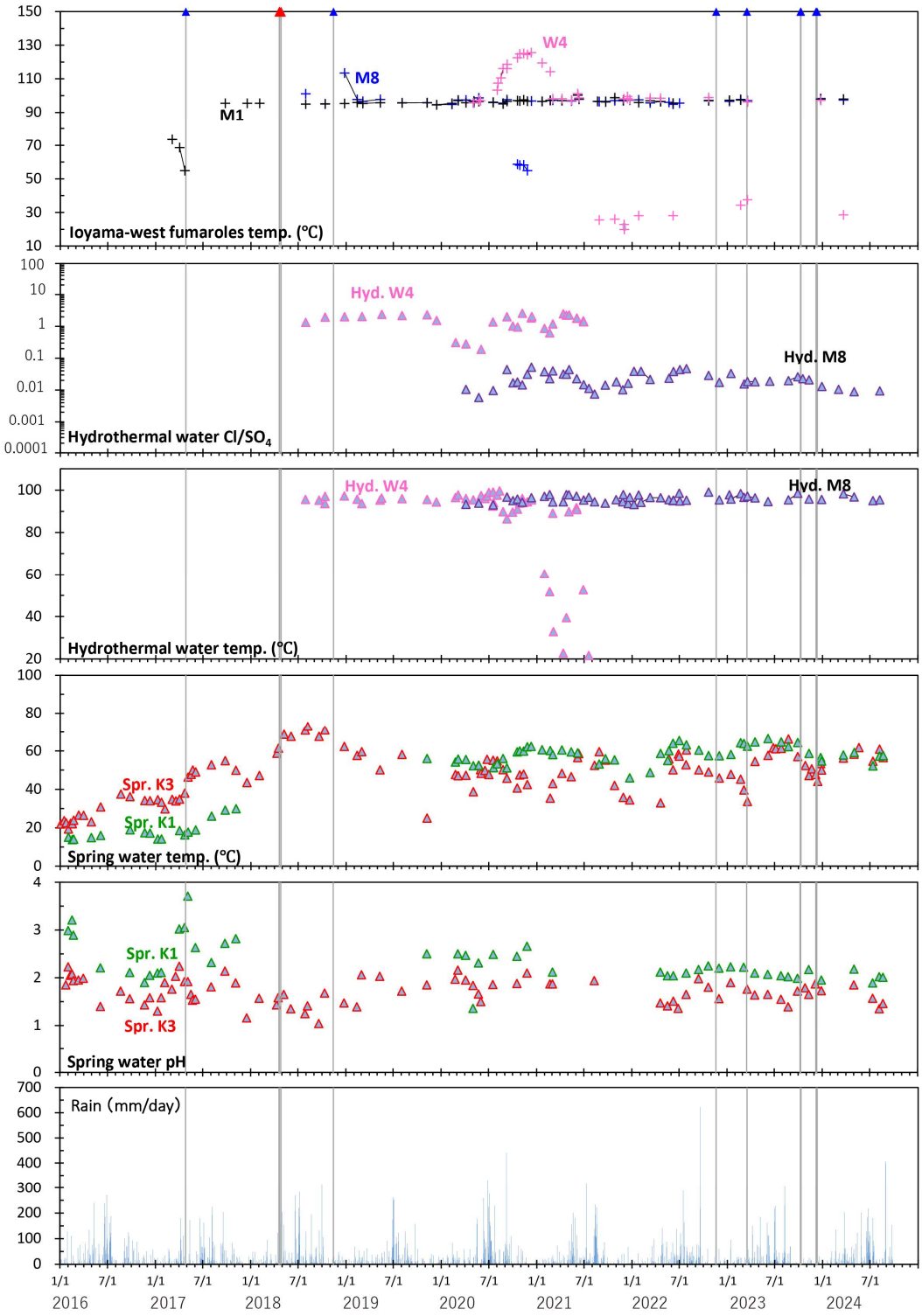
Fig. 1. Distribution maps of the geothermal activity in the Ebinokogen-Ioyama. **a)** Fumarole spots area on March 2, 2018 and volcanic topographic changes of the 2018-April eruption. **b)** Fumarole spots areas on November 25, 2020. Two maps based on Tajima et al. (2020). The dark-colored part in the background is used “Google Map”.

霧島山



第２図　硫黄山噴気帯・南火口における噴気，熱水温度と熱水化学組成の経年変化．火口・噴気名称は第１図を参照．▲：土砂噴出，▲：噴火．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」により，2023/10/1～10/13 間は「宮崎県　小林」（気象庁ホームページ）．

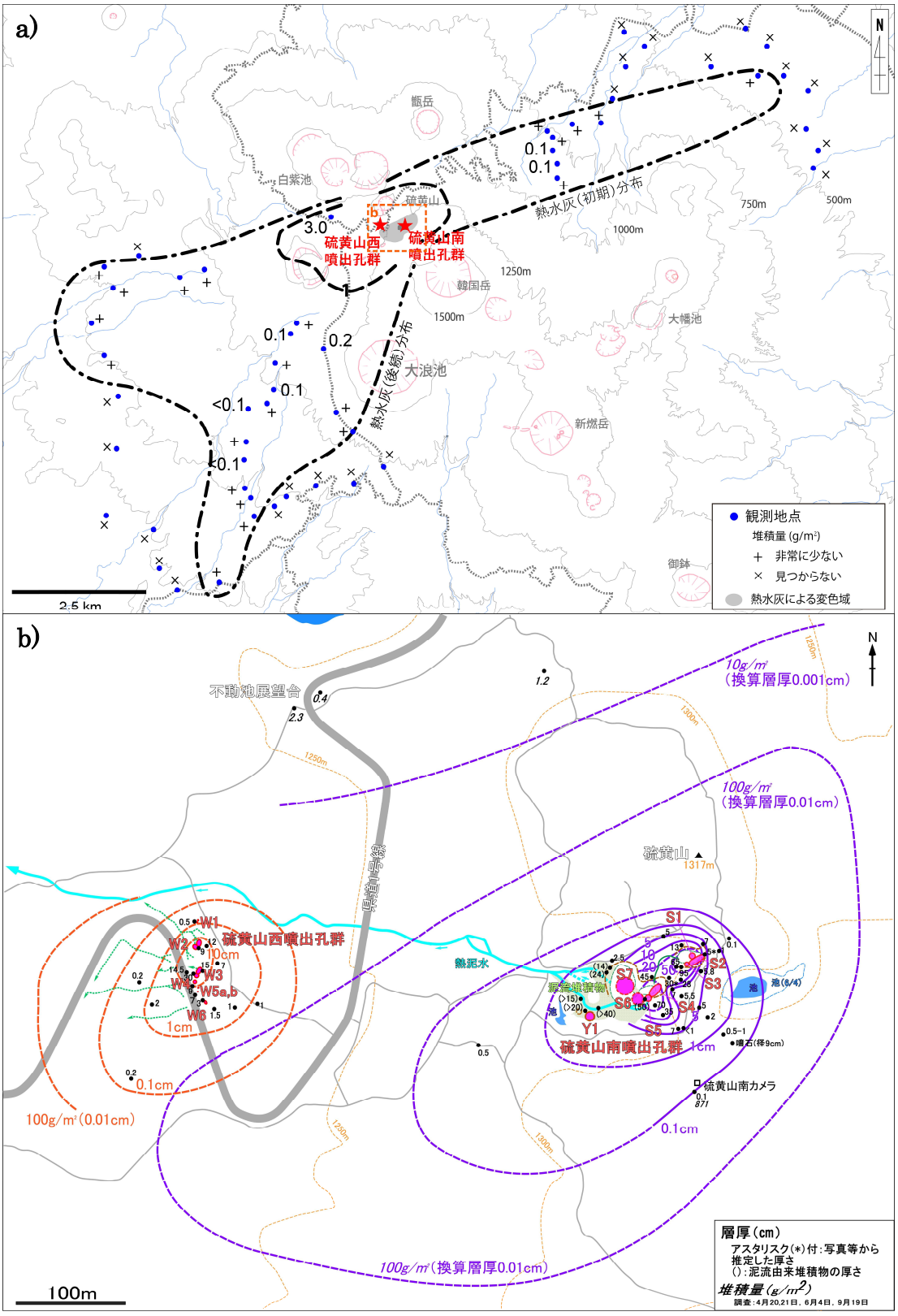
Fig. 2. Long-term changes in the temperatures of fumaroles in the Ioyama fumaroles area, and temperatures/chemicals of hydrothermal waters in the Ioyama south craters. ▲: Blowout, ▲: Eruption. The amount of rainfall is based on the past meteorological data search at Miyazaki Prefecture Ebino on the JMA website, and for the period 2023/10/1 to 10/13 is based at Miyazaki Prefecture Kobayashi.



第３図　硫黄山西噴気帯・西火口における噴気，熱水，湧水温度と熱水化学組成の経年変化．火口・噴気名称は第 1 図を参照．▲：土砂噴出，▲：噴火．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」により，2023/10/1～10/13 間は「宮崎県 小林」（気象庁ホームページ）．

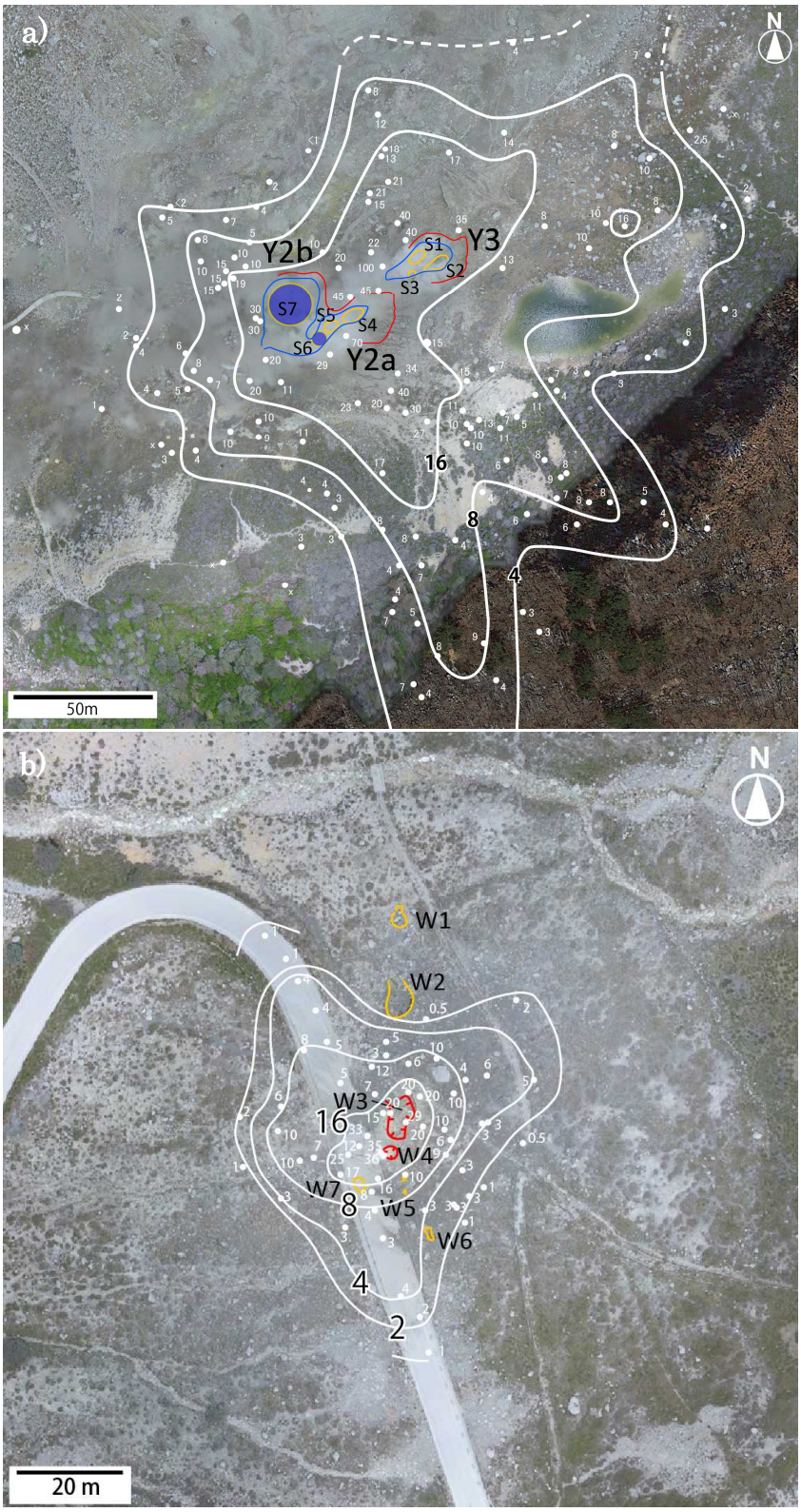
Fig. 3. Long-term changes in the temperatures/chemicals of fumaroles and hydrothermal/spring waters in the Ioyama-west fumaroles area and the Ioyama west crater. ▲: Blowout, ▲: Eruption. The amount of rainfall is based on the past meteorological data search at Miyazaki Prefecture Ebino on the JMA website, and for the period 2023/10/1 to 10/13 is based at Miyazaki Prefecture Kobayashi.

霧島山



第 4 図　2018 年 4 月噴火の熱水灰及び熱泥水流出の分布図．**a)** 4 月噴火の熱水灰分布．**b)** 噴出孔近傍の熱水灰及び熱泥水分布．b 図は長井・他（2018）に基づく．

Fig. 4. Distribution map of hydrothermal ashes and hydrothermal streams from the eruption vents in April, 2018. **a)** Distribution of the hydrothermal ash from the eruption. **b)** Distribution of the hydrothermal ashes and hydrothermal streams near the eruption vents. The b map is based on Nagai et al. (2018).



第５図　2018 年 4 月噴火の投出岩塊及び礫分布図．a）硫黄山南噴出孔群からの投出岩塊・礫の分布図．b）硫黄山西噴出孔群（W3，W4）からの投出岩塊・礫の分布図．数字はセンチメートル．背景の濃い色の地図は「Google Map」を用いた．

Fig. 5. Distribution maps of ballistic blocks and lapilli of the eruption in April, 2018. **a)** Distribution map of ballistic blocks and lapilli from the Ioyama south eruption vents. **b)** Distribution map of ballistic blocks and lapilli from the Ioyama west eruption vents (W3, W4). The numbers are in centimeters. The dark-colored part in the background is used “Google Map”.



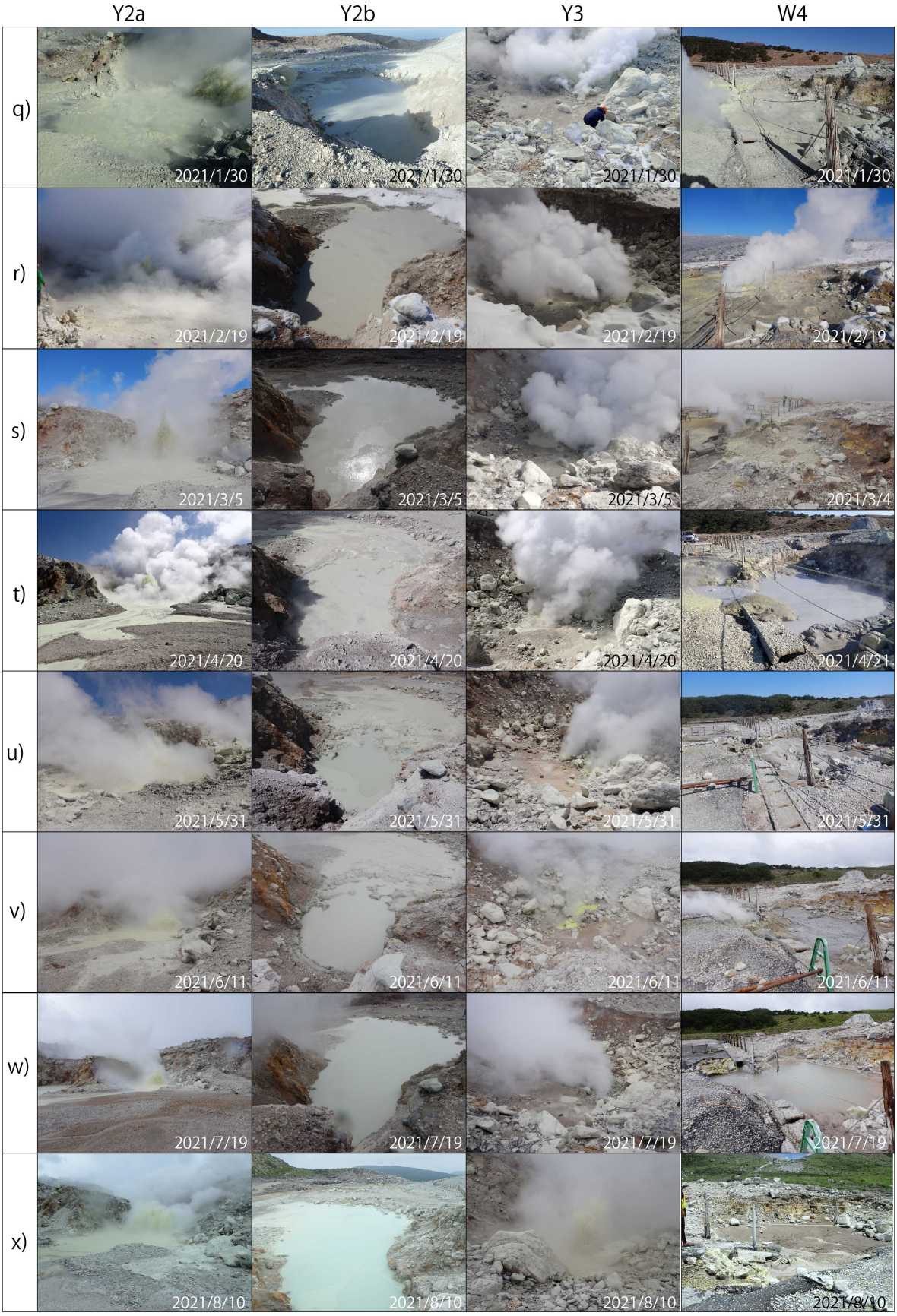
第 6 図　2018 年 4 月噴火後の硫黄山南火口（Y2a，Y3，Y2b）と西火口（W4）の活動状況.
Fig. 6. Activity sequence at Ioyama south craters (Y2a, Y3, Y2b) and west crater (W4) after the April 2018 eruption.

霧島山



第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continues)

霧島山



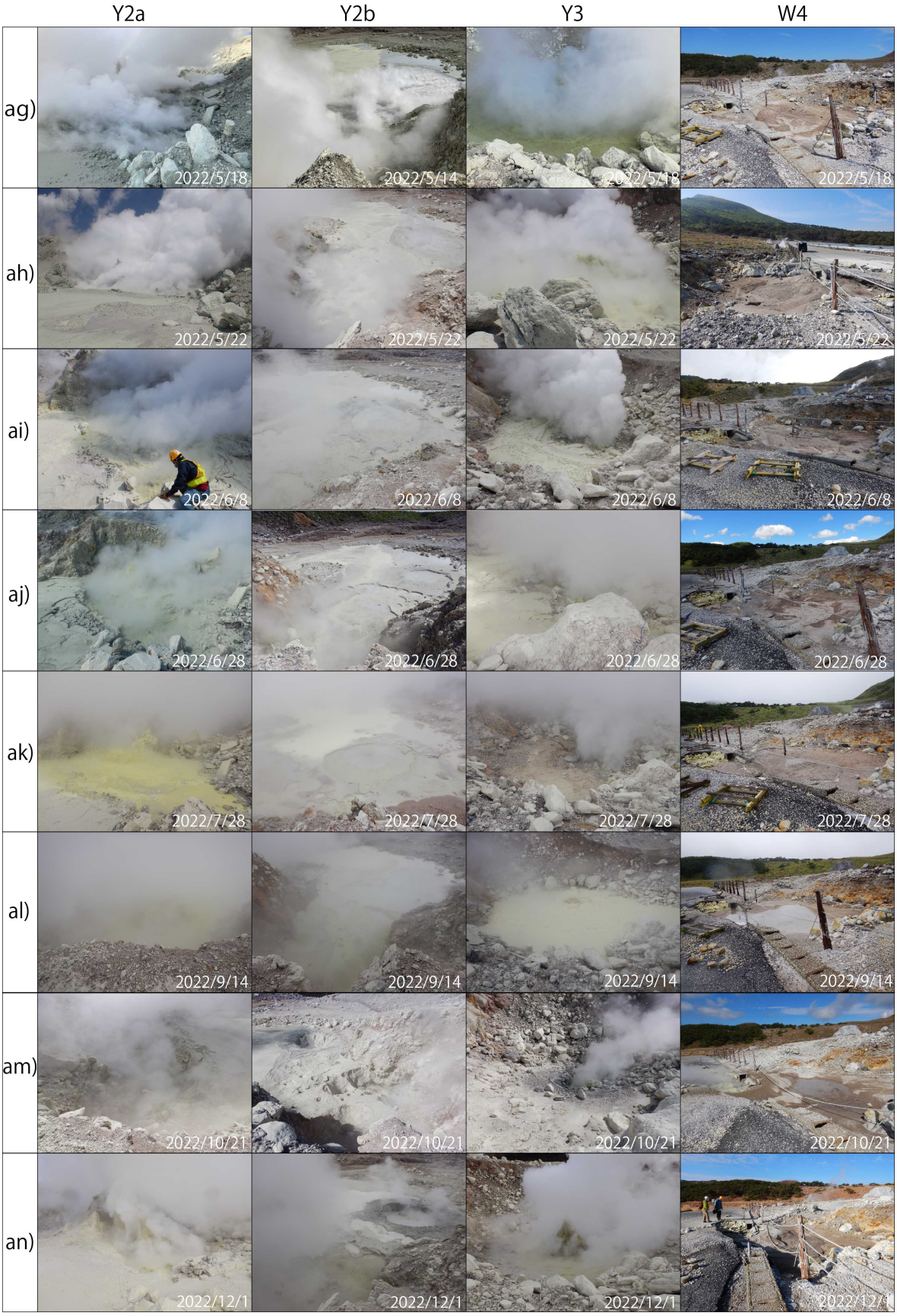
第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continues)

霧島山



第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continues)

霧島山



第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continues)

霧島山



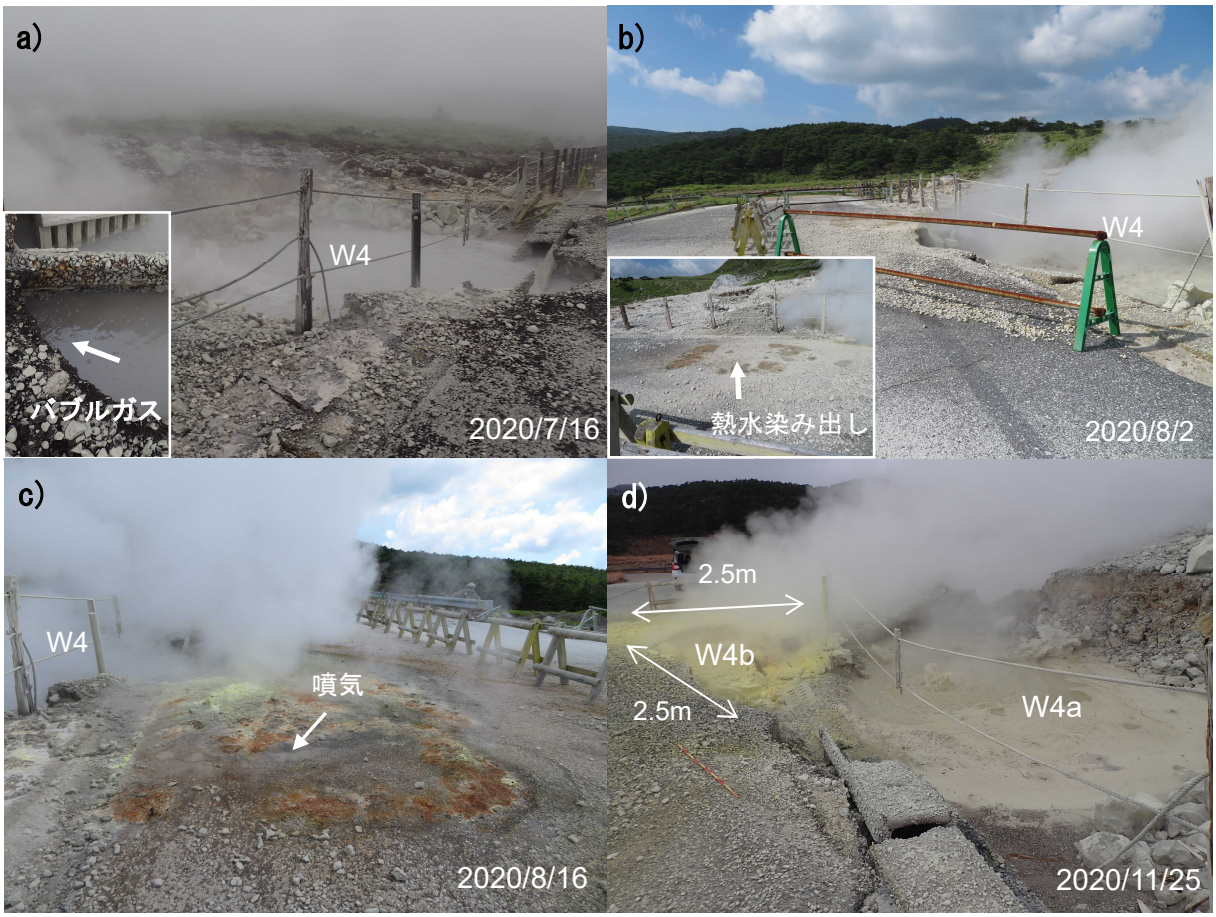
第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continues)

霧島山



第 6 図　（続き）
Fig. 6. (continued)

霧島山



第 7 図　2020 年 7 月から 2020 年 11 月における西火口 W4 孔における拡大孔の形成．a）W4 孔，道路侵食に大きな変化はない．道路の側溝ぎわの湯だまりにバブルガスが見られる．b）道路上に輪状の染み出し跡が見られる．c）b の染み出し域から噴気が生じ，道路面が変色する．d）噴気及び湯だまりによって拡大した W4a 孔．矢印は 5 月 23 日後の拡大域（W4b）．b，c の写真は，古園俊男氏撮影．

Fig. 7. Photographs indicate formation of an enlarged vent at the W4 of the Ioyama west crater from July to November 2020. **a)** There was no significant change in road erosion. Bubble gas was seen in the hydrothermal pool at the edge of the road gutter. **b)** Ring-shaped spots began to infiltrate on the road. **c)** Steam was emitted from the infiltration area of b, causing discoloration of the road surface. **d)** The W4a vent enlarged by fumarole and hydrothermal water. The arrows indicate an expanded part after July 16 (W4b). Photographs b and c were taken by T. Huruzono.



第８図　硫黄山南火口(Y2b)に再形成された湯だまり孔．**a1−2)** Y2ｂ火口に再形成された Y2b−v5 湯だまり（撮影 2022 年 12 月 1 日）．**b1−2)** Y2b−v1，v2，v3，v4 孔における湯だまりの消失（撮影 2022 年 10 月 21 日）．矢印の木，棒は a，b 写真における同じ位置．

Fig. 8. A reformed hydrothermal pool in the Y2b crater of the Ioyama south crater. **a1-2)** Reformed hydrothermal water pool in the Y2b-v5 vent (Photo was taken on Dec. 1, 2022). **b1-2)** Disappeared hydrothermal water pools in the Y2b-v1, v2, v3, v4 vents (Photo was taken on Oct. 21). The wood and stick (arrows) are in the same position between photos a and b.



第９図　硫黄山南火口周辺における 2022. 12－2023. 12 の小イベント．a）2022 年 11 月 18/19 日の Y2b-v5 周辺の新鮮な堆積物．b）2023 年 3 月 17 日の Y2b-v5 で発生した土砂噴出．c）2023 年 9 月 28 日に観察した Y2a-v1 の硫黄噴気塔．d）2023 年 10 月 8 日の Y2a-v1 周辺の新鮮な堆積物．e）2023 年 10 月 10 日の Y2a-v2 周辺の新鮮な堆積物．f）2023 年 11 月 27/28 日の噴気孔 H 周辺の新鮮な堆積物．g）2023 年 12 月 6/7 日の Y3 火口周辺の新鮮な堆積物．h）2023 年 12 月 11 日の Y2a-v2 火口周辺の新鮮な堆積物．

Fig. 9. Small blowout events around the Ioyama southern crater from Dec. 2022 to Dec. 2023. **a)** Fresh hydrothermal ash deposit around the Y2b-v5 blown out on Nov. 18/19, 2022. **b)** A blowout occurred at the Y2b-v5 on Mar. 17, 2023. **c)** Sulfur chimney was observed in the Y2a-v1 (photo taken on Sep. 28, 2023). **d)** Fresh ash deposit around the Y2a-v1 blown out on Oct. 8, 2023. **e)** Fresh ash deposit around the Y2a blown out on Oct. 10, 2023. **f)** Fresh hydrothermal ash deposit around the fumarole H blown out Nov. 27/28, 2023. **g)** Fresh hydrothermal ash deposit around the Y3 blown out on Dec. 6/7, 2023. **h)** Fresh hydrothermal ash deposit around the Y2a-v2 blown out on Dec. 11, 2023.