

第 151 回 火山噴火予知連絡会資料

(その1の3)

西之島

令和4年 12 月6日

火山噴火予知連絡会資料(その1の3)

目次

西之島	3
気象庁	3- 6
気象研	7-14
東大震研	15-23
マンチェスター大・産総研	24-25
地理院	26-30
海保	31-38
JAXA	39-42
JAMSTEC	43
気象庁資料に関する補足事項	44

西 之 島

(2022 年 6 月～2022 年 10 月)

気象衛星ひまわりの観測では、10 月 1 日から 12 日にかけて噴火が確認された。引き続き、西之島付近の地表面温度は周囲と比較して高い傾向が認められ、今後、火山活動のさらなる活発化も否定できない。

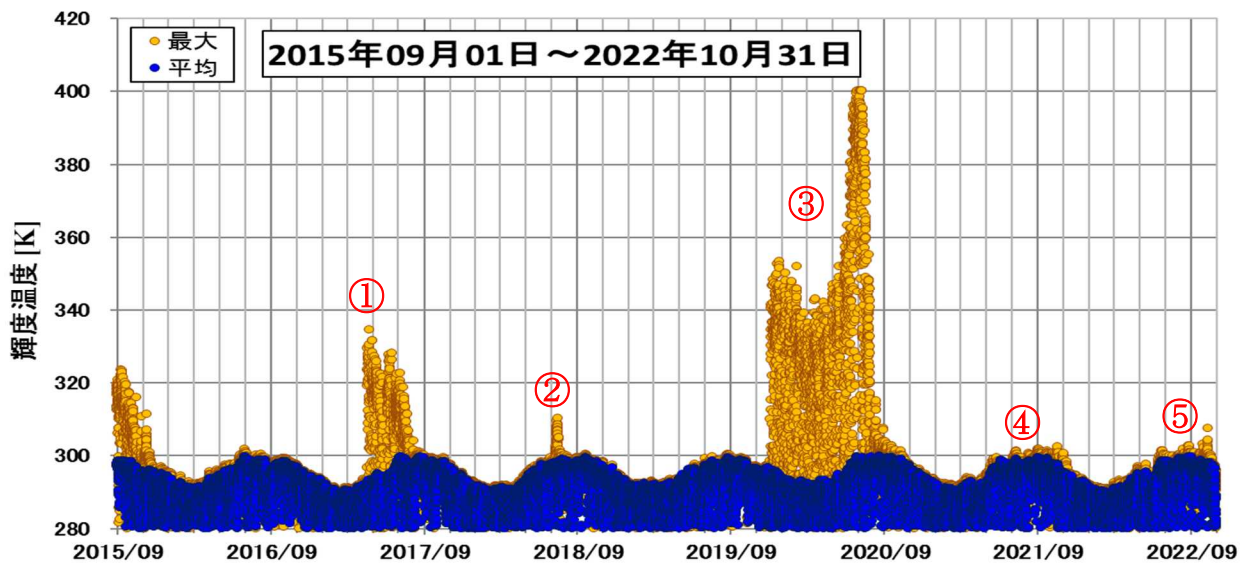


図 1 西之島 気象衛星ひまわり 8 号及び 9 号の観測による西之島付近の輝度温度の変化

(2015 年 9 月から 2022 年 10 月 31 日まで)

夜間の 1 時間ごとの輝度温度 (中心波長 $3.9\mu\text{m}$ 帯、HIMAWARI-8/AHI) をプロット<アルゴリズム>西之島 (27.247°N , 140.874°E) を中心に $0.28^\circ \times 0.28^\circ$ の範囲 ($15 \times 15 = 225$ 格子点) を抽出。島を含む画素とその周辺 224 格子点の輝度温度について平均値を算出。島の周辺の平均値はバックグラウンドとみなしている。

①～⑤は噴火活動期間を示す (表 1 参照)。

- ・ 10 月 1 日から 10 月 12 日にかけて気象衛星ひまわりにより噴火が確認された。
- ・ 2022 年 3 月中旬以降、西之島付近で周辺に比べて輝度温度が高い傾向が認められるものの、2019 年 12 月から 2020 年 8 月の期間に見られたような溶岩流出に伴う輝度温度の上昇と比較すると、その温度は低い。

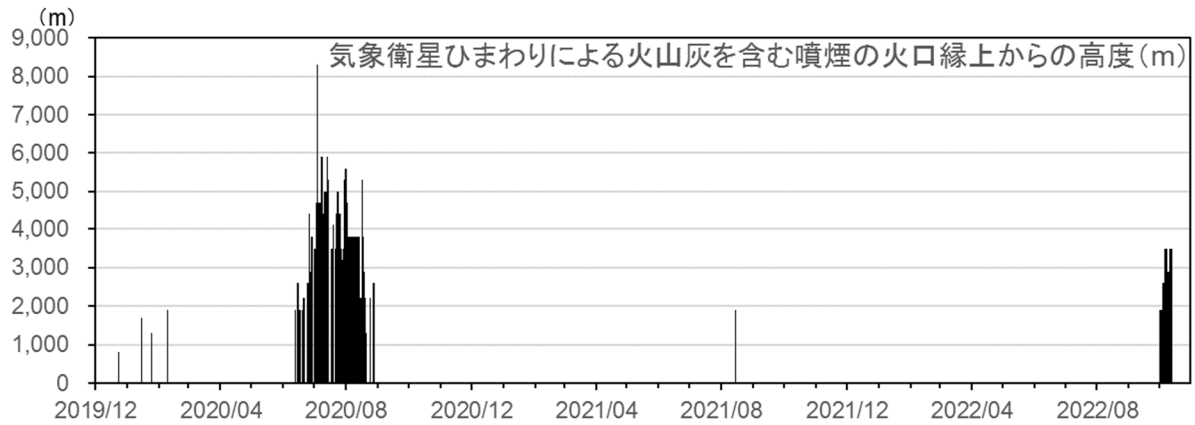


図2 西之島 気象衛星ひまわり8号で観測された噴煙高度の日最大値
(2019年12月から2022年10月31日まで)

- ・ 2022年10月中の火口縁上からの最大噴煙高度は3,500mであった。
- ・ 気象衛星ひまわり8号の観測で噴火を確認したのは、2021年8月以来である。

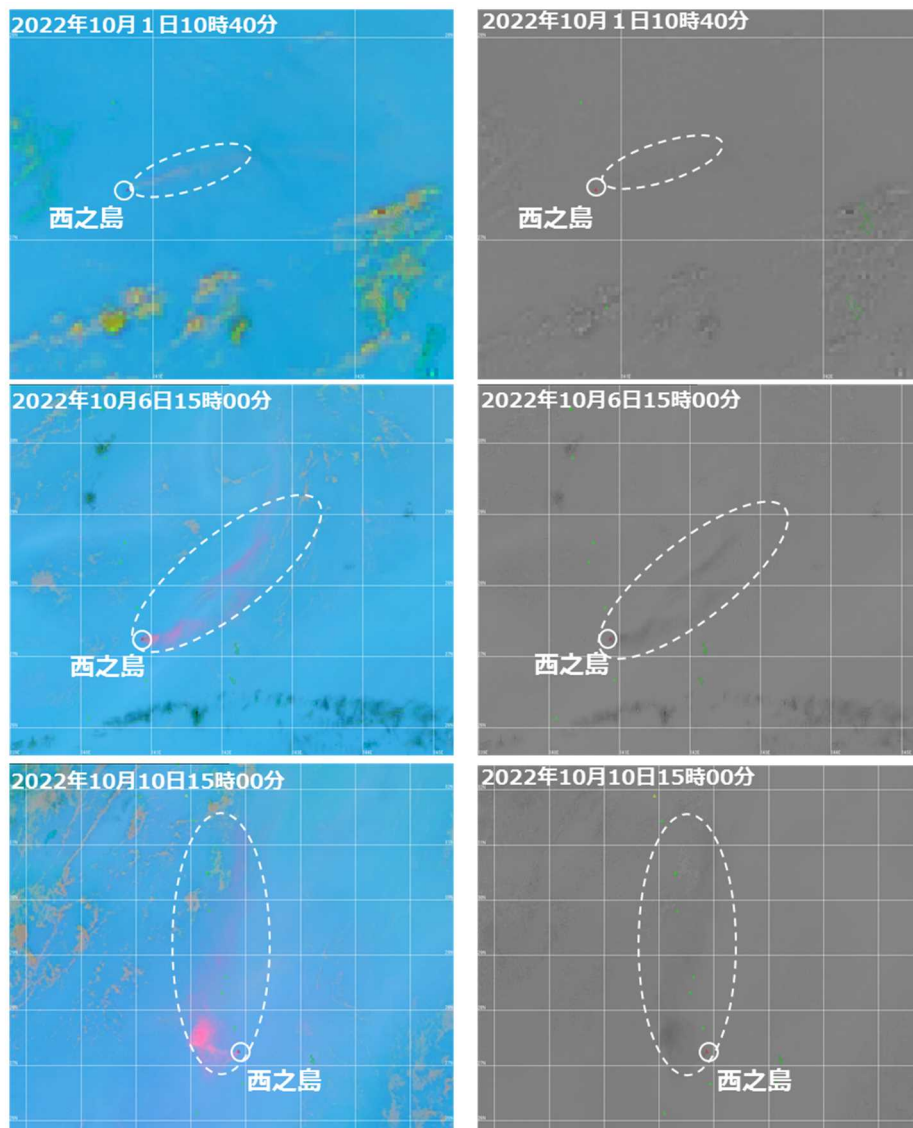


図 3 西之島 気象衛星ひまわり画像解析による火山灰、火山ガス (SO₂) の状況 (前ページ)

左 : AshRGB 画像 右 : S5 画像

AshRGB 画像とは、ひまわり 8 号の観測バンド B15 (12.4 μ m) と B13 (10.4 μ m) の差分、B13 と B11 (8.6 μ m) の差分、B13 画像をそれぞれ赤色、緑色、青色に割り当て、RGB 合成した画像。火山灰が存在すると赤、SO₂ が存在すると黄緑の色味を帯びて見える。

S5 画像とは、ひまわり 8 号の観測バンド B11 (8.6 μ m) と B13 (10.4 μ m) の輝度温度差分を取ることで、ガスによる吸収を受けた部分の明度が低くなるように設定されている。

- ・ 10 月 1 日 10 時 40 分頃から火山灰及び火山ガス (SO₂) を含む噴煙及びびが検知された。



図 4 西之島 海上からの観測による西之島の状況

(海洋気象観測船「啓風丸」観測、上段 : 2022 年 9 月 2 日 下段 : 2021 年 2 月 20 日)

- ・ 噴火は認められなかったが、中央火口から活発な噴気が上がっていた。
- ・ 前回観測 (2021 年 2 月 20 日撮影) と比較し、噴気活動が活発化していることを確認した。

表 1 西之島 図 1 に示す 5 つの噴火活動期間における観測結果

噴火活動期間	観測結果
① 2017 年 4 月 ～ 2017 年 8 月	1) 旧島に設置した地震計及び空振計のデータから、4 月 18 日に噴火が発生したと推定される[1]。 2) 気象衛星ひまわりによる観測で、4 月 19 日夜から西之島付近の地表面温度の急上昇を確認[2]。 3) 4 月 20 日に上空からの観測により噴火が確認され、8 月まで噴火を継続[3]。

② 2018 年 7 月	1) 12 日に上空からの観測により噴火を確認。30日以降、噴火は観測されず[3]。 2) 噴火活動に伴い輝度温度の上昇が認められたが、7月下旬以降、輝度温度は噴火前のレベルまで戻る[4]。
③ 2019 年 12 月 ～ 2020 年 7 月	1) 旧島に設置した地震計及び空振計のデータから、12月5日に噴火が発生したと推定される[5]。同日には 気象衛星ひまわりによる観測で西之島付近の輝度温度の急上昇を確認[6]。 2) 12月6日に上空からの観測により噴火を確認[3]。 3) 流出した溶岩の海への流入による海岸線の変化（陸域拡大）がしばしば確認される[3][7]。 4) 2020年7月20日に上空からの観測により噴火を確認。以降の観測では噴火は確認されていない[3]。
④ 2021 年 8 月	8月14日に気象衛星ひまわりにより、噴火を検知。その後、周囲と比較して、西之島付近の輝度温度にわずかに高い傾向が認められた[8]。
⑤ 2022 年 3 月 ～ 2022 年 10 月	1) 3月中旬以降、周囲と比較して、西之島付近の輝度温度にわずかに高い傾向が認められた（例えば[9]）。 2) 10月1日から10月12日にかけて、気象衛星ひまわりによる観測で噴火を確認[9]。 3) 10月12日の上空からの観測では、海岸線全周に溶岩流は認められなかった[3]。

【参考文献】

- [1] 武尾実, (2017), 2017 年 4 月 18 日からの西之島の噴火活動について. (<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/eq/1889/#20170418>) .
- [2] 気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センター, (2018), 西之島の火山活動 (2017 年 1 月～2017 年 5 月). 火山噴火予知連絡会会報第 127 号, p174.
- [3] 海上保安庁海洋情報部, 海域火山データベース. (<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo18-2.htm>)
- [4] 気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センター, (2019), 西之島の火山活動 (2018 年 6 月～9 月). 火山噴火予知連絡会会報第 131 号, p219.
- [5] 大湊隆雄, 【研究速報】西之島 2019 年～2020 年活動の観測. (<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/news/11621/>).
- [6] 気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センター, 西之島の火山活動解説資料 (令和元年 12 月). (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/19m12/326_19m12.pdf).
- [7] 国土地理院, 西之島のだいち 2 号 SAR データ解析結果 (2019 年 11 月 22 日～2020 年 10 月 9 日). (https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1_nishinoshima.html).
- [8] 気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センター, 西之島の火山活動解説資料 (令和 3 年 10 月). (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/21m10/326_21m10.pdf).
- [9] 気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センター, 西之島の火山活動解説資料 (令和 4 年 10 月). (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/22m10/326_22m10.pdf).

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地形変化

2022 年 9 月以降、中央火砕丘周辺部において、内壁崩落等の地形変化が進んだ可能性がある。また、8 月後半と 10 月に降灰を伴う火山活動が発生した可能性がある。

1. はじめに

2022 年 6 月以降に取得された SAR（おもに SPT）データを使った解析結果について報告する。

2. 解析結果

○干渉画像解析（第 1 図）：

観測間隔 A を除き 28 日毎のペアである。図 A、B では、中央火砕丘の北東部で衛星から遠ざかる方向の変化が認められた。図 C、E では、中央火砕丘付近で若干の位相変化が認められるが、それ以外の陸域部分に大きな変化はない。また、図 D では北部を中心にほぼ全島的に、図 F では中央火砕丘から西側にかけて干渉していない。

○相関画像解析（第 2 図）：

図 A、B では、中央火砕丘周辺も含めよく干渉している。一方で、図 C、E については、中央火砕丘（特に西側）を中心に干渉性が悪い領域が目立ち、図 F については、その領域が拡大している。また、図 D については、全島的に干渉性が悪い。

○強度画像解析（第 3 および 4 図）：

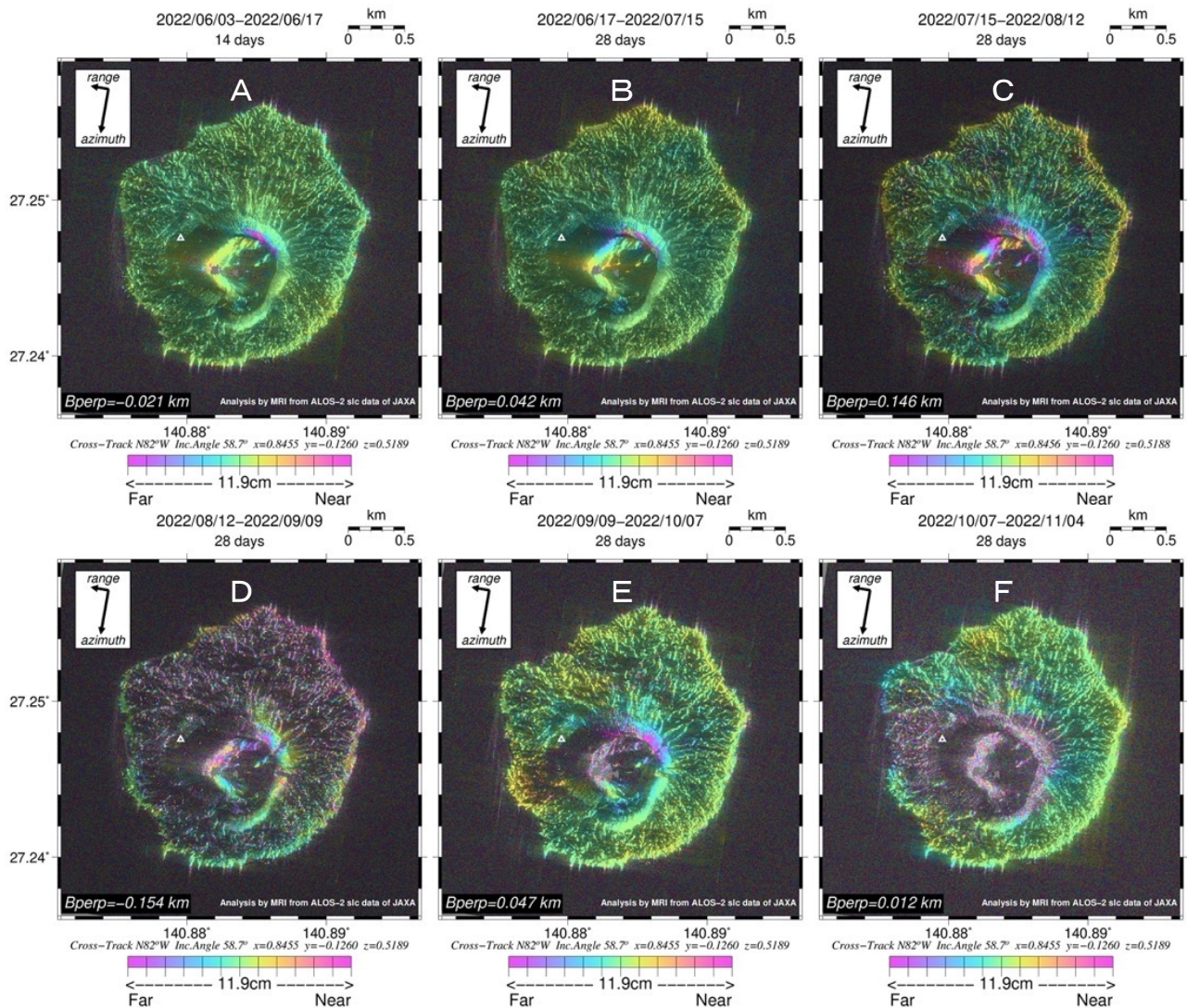
図 A、B、C では、加色混合法による大きな変化は認められない。図 D では、中央火砕丘の東側縁（2 時と 3 時の方向）で地形変化が認められる。図 E では、全島的に後方散乱強度が増加したが、中央火砕丘の北西側で地形変化に伴う後方散乱強度の低下が認められた。図 F では、中央火砕丘の地形変化がさらに進み、北西側の後方散乱強度が増加した。その場所は 10 月の観測時よりも外側に移動していることから、おそらく内壁の崩落が進んだと考えられる。

○活動経過図（第 5 図）：

ALOS-2 の観測開始以降における、強度画像による陸域面積、相関画像による低相関度領域、CIRC および GCOMC による温度変化の時系列結果では、強度画像から読み取った陸域面積は、2020 年 8 月をピークに微減状態が継続している（2022/11/4 現在）。低相関度領域の面積は、近年ではばらつきが大きい、撮像間隔の長さが影響している可能性が高い。CIRC および GCOMC による温度変化では、2022 年夏季頃から再び高まりが認められる。

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、国土地理院技術資料 C1-No.489 から生成した地形データを使用した。本解析で用いた CIRC のデータは、JAXA の火山活動・林野火災速報システムから提供された。ここに記して御礼申し上げます。

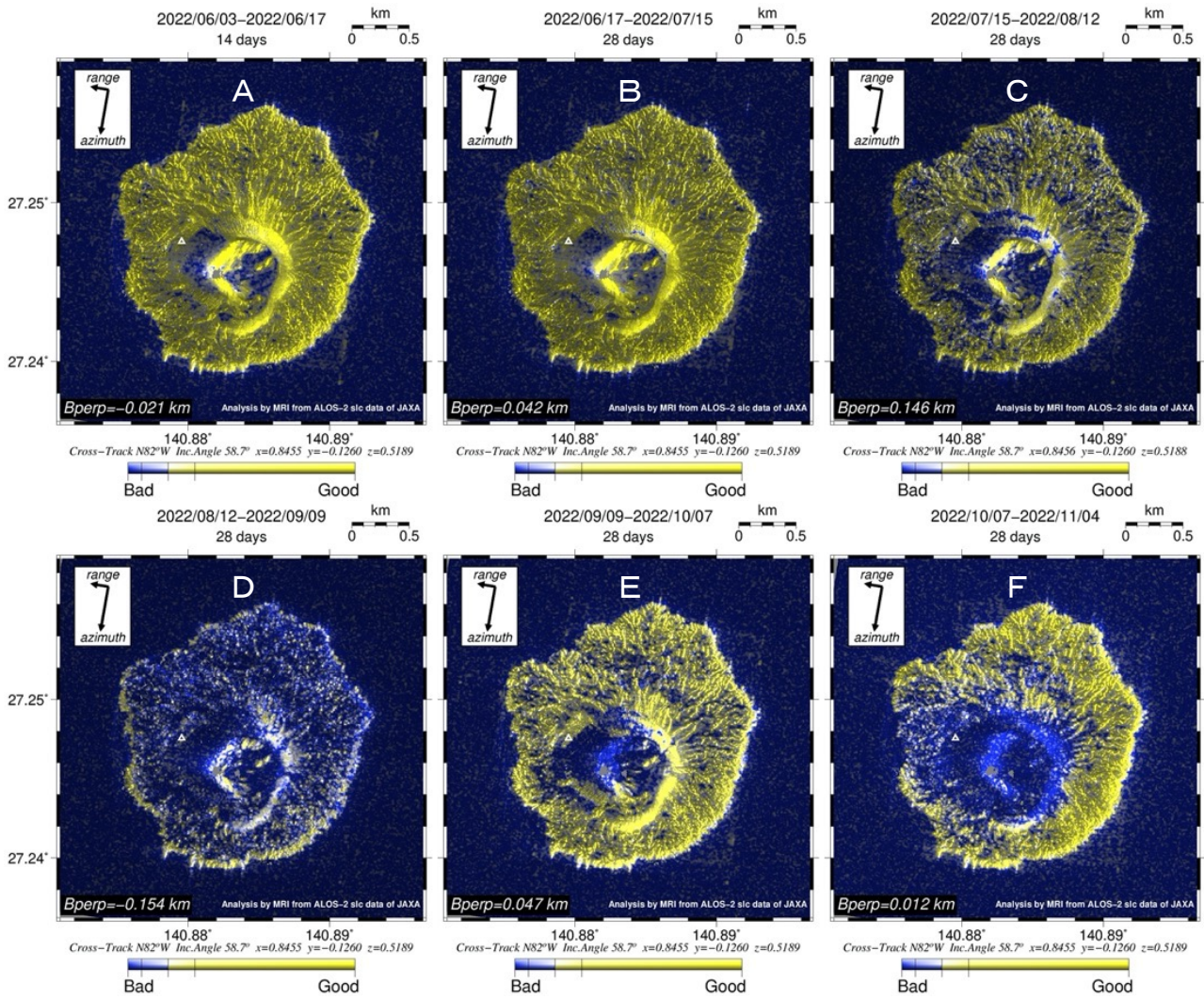


第 1 図 path14(SPT)における干渉画像

図中の三角印は旧西之島の山頂位置を示す。図 A は 14 日、その他は 28 日の間隔であることに注意。図 A、B では、中央火砕丘の北東側で局所的な衛星視線方向伸長の変化が確認できる。図 C、E では中央火砕丘においても位相変化が確認できる。図 D では、北部を中心にほぼ全島の、図 F では中央火砕丘から西側にかけて非干渉となっている。なお、対象領域が狭いため、対流圏遅延補正は行っていない。

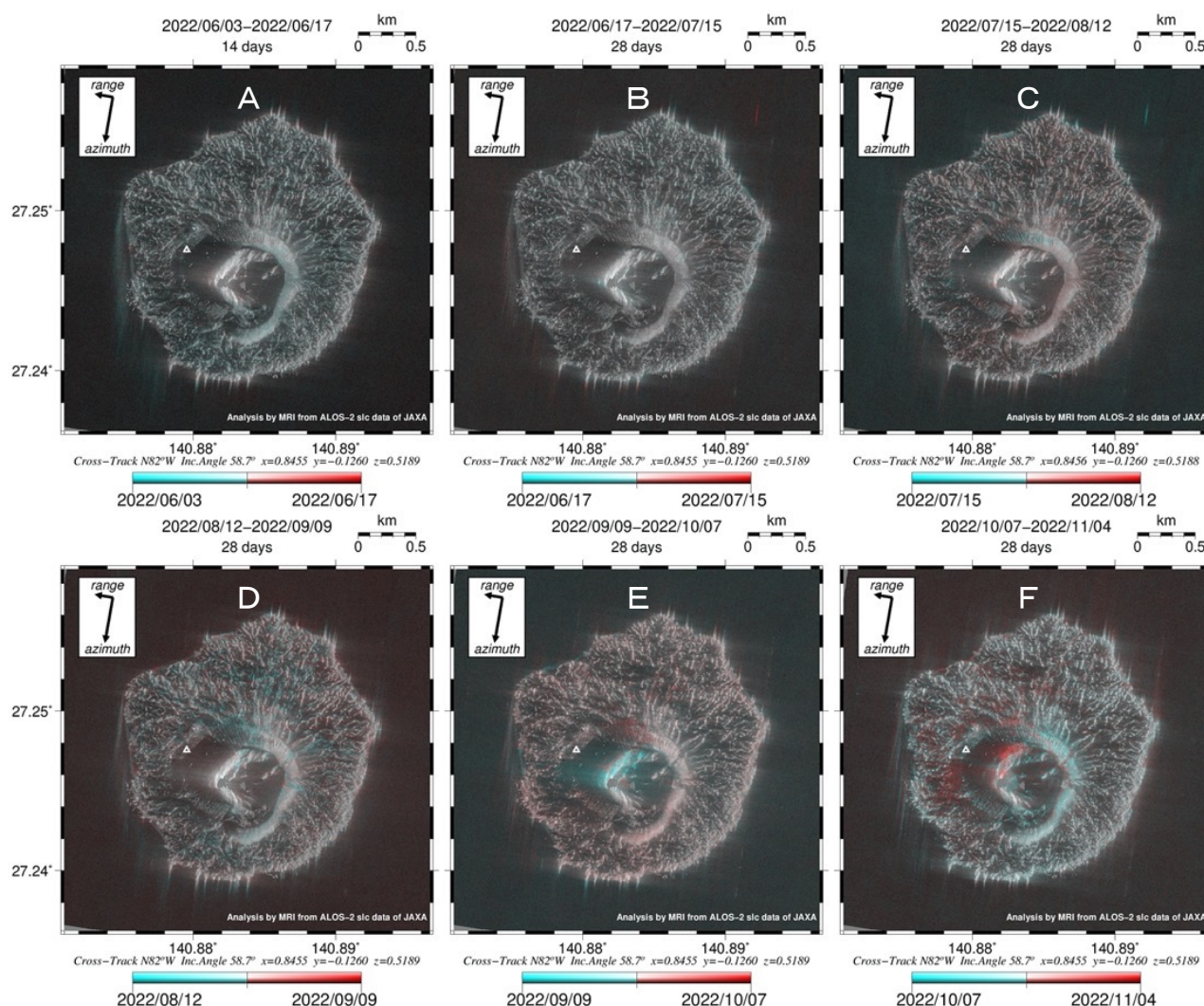
第 1 表 解析に使用したデータ

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
14-3081 (SPT)	南行	右側	58.7°	2021.06.03	2022.06.17	第 1, 2, 3, 4 図-A
				2022.06.17	2022.07.15	第 1, 2, 3, 4 図-B
				2022.07.15	2022.08.12	第 1, 2, 3, 4 図-C
				2022.08.12	2022.09.09	第 1, 2, 3, 4 図-D
				2022.09.09	2022.10.07	第 1, 2, 3, 4 図-E
				2022.10.07	2022.11.04	第 1, 2, 3, 4 図-F



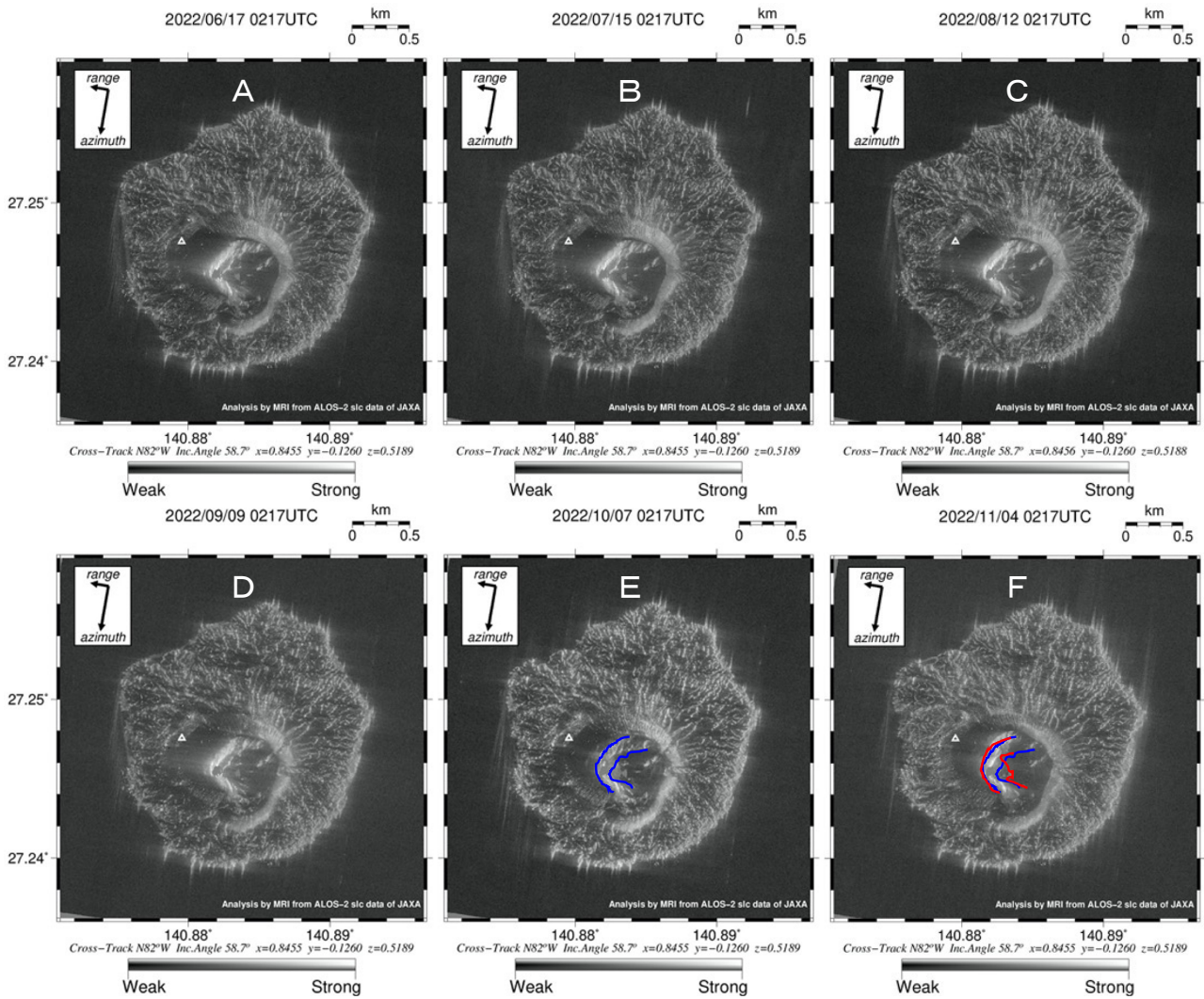
第 2 図 path14(SPT)における相関画像

図中の三角印は旧西之島の山頂位置を示す。青色部分は相関度 0.2 以下の部分を示す。図 A、B では全島的によく干渉している。図 D では、全島的に全島的に低い相関度となっている。図 C と E では、中央火砕丘で低い相関度となっており、図 F ではその領域が拡大している。



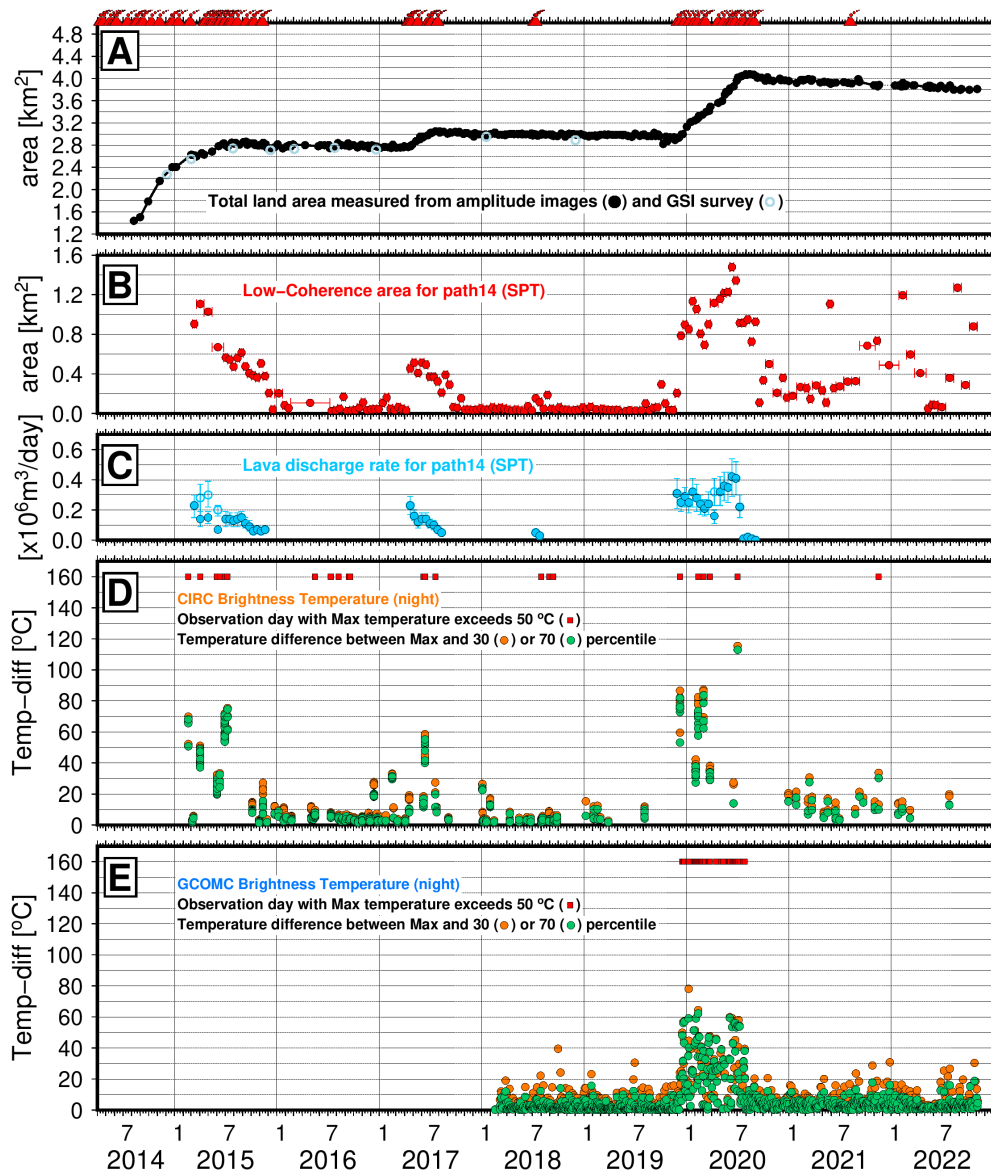
第 3 図 path14(SPT)における強度画像（加色混合法）

図中の三角印は旧西之島の山頂位置を示す。各ペアにおける後方散乱について、新しいデータが強い場合は赤色、古いデータが強い場合はシアン色に支配される。図 A～C では、大きな変化は認められない。図 D では、中央火砕丘の東側縁で地形変化が認められる。図 E では、中央火砕丘の北西側で地形変化が認められ、さらに全島の後方散乱強度が増加した。図 F では、さらに中央火砕丘の地形変化が進んだ。なお、図 E から F にかけては、後方散乱強度が強い部分が海岸よりにシフトしていることから、中央火砕丘の内側が拡大した可能性がある。



第 4 図 path14(SPT)における強度画像

図中の三角印は旧西之島の山頂位置を示す。各観測日における強度画像を後方散乱係数に変換し画像化した。青線は図 D における、赤線は図 E における特徴的な後方散乱係数の境界を示す。図 D では、中央火砕丘の 2 時と 3 時方向に崩落に伴うと考えられる筋が確認できる。図 E では、右側の青線の東側に崩落に伴う土砂の堆積と考えられる変化が確認できる。図 F では、北側への火口底の拡大が確認できることから、崩落がさらに進んだと考えられる。



第 4 図 A : すべてのパスの強度画像から算出した陸域面積, B : path14 の低相関度領域, C : 溶岩噴出率, D : CIRC により検出された温度推移, E : GCOMC により検出された温度推移

A : 陸域面積は 2020 年中頃に比べ微減しており、直近では約 3.8km^2 程度となった (2022 年 11 月 4 日現在)。噴火マークは、海上保安庁から火山噴火予知連絡会に報告された資料から読みとった。○は国土地理院で実施された空中写真等の計測結果による面積を示す。

B : 概ね 2 週間毎に撮像されている Path14 を用いた低相関度領域は、2020 年 12 月以降は約 0.4km^2 以下で推移していたが、直近では撮像期間が 1 か月程度に伸びた影響かもしれないが、ややばらつきが大きい。

C : 強度画像の比較と相関画像の結果から計算した。今期間における溶岩流下はない。

D : CIRC により観測された西之島周辺 (旧山頂から半径 3km) の温度推移 (最新データは 2022/7/27)。

E : GCOMC により観測された西之島周辺 (旧山頂から半径 3km) の温度推移 (最新データは 2022/11/5)。

■は最高温度 50°C 以上の観測日, ●は最高温度と 30 パーセントイル値の差分温度, ●は最高温度と 70 パーセントイル値の差分温度を示す。例えば、最高温度 50°C 以上の観測日において、差分温度が高いほど局所的、低いほど広範な熱異常を示しているとみなせる。

西之島の二酸化硫黄放出活動

衛星データの解析によると、西之島では2022年7月頃から二酸化硫黄の放出が観測され始め、9月下旬に増大して10月上旬には1万トン／日を超えたが、その後減少した。放出率は2021年の活動より大きい、2020年の活動より小さかった。

気象衛星ひまわりにより2022年10月1日に西之島で噴煙が検知された。地球観測衛星Sentinel-5*のデータを解析したところ、西之島では2022年7月頃から二酸化硫黄の放出が観測され始め、9月下旬に増大して10月上旬には1万トン／日を超えたが、その後低下した（図1、2）。放出率は2021年の活動より大きい、2020年の活動より小さかった。
*欧州宇宙機関（ESA）により打ち上げられた極軌道衛星で、センサーのTROPOMIにより主要な大気質の微量ガスとエアロゾルを毎日観測する（Veefkind et al., 2012）。

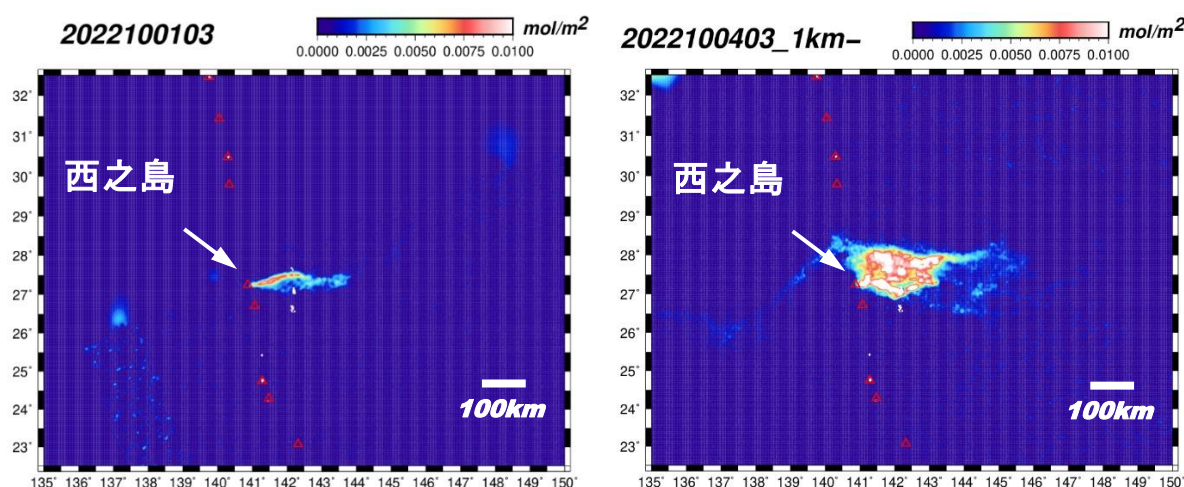


図1 衛星で検知された西之島の二酸化硫黄ガスのカラム積算量分布
左：2022年10月1日03UTC、右：10月4日03UTC 二酸化硫黄の濃度、領域とも増大した。

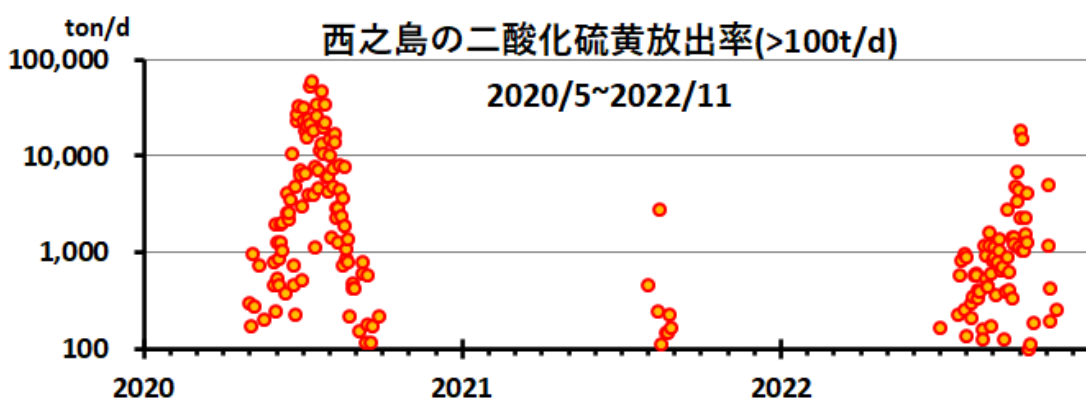


図2 気象モデルにより見積もられた西之島からの二酸化硫黄放出率（100トン/日以上）
2022年7月頃から検出され始めた二酸化硫黄は9月下旬頃から10月上旬に増大した。2021年の活動（最大約3,000 t/d）より大きい、2020年の活動（最大約60,000 t/d）より小さかった。

（補足）撮像は衛星により1日1回行われる。撮像範囲のうち北緯24～30度、東経138～144度の高度1～15kmのカラム積算量が0.0025mol/m²以上となるグリッドを撮像時刻に高度3000mにあったと仮定し、気象モデル（気象庁局地解析値）によって時間を遡り、西之島に戻ったものを西之島放出二酸化硫黄とみなして、1日あたりの放出率とした。検出される二酸化硫黄は時間経過とともに粒子化されるなど見かけ量は減衰するので、解析結果は過小評価となっている可能性がある。また、ノイズ除去の評価はなされていない。

(参考) 二酸化硫黄放出率の解析手順等

- ・ 欧州宇宙機関のSentinel-5P衛星（周回）に搭載されたセンサーTROPOMIにより、日本時間の毎日正午頃に、二酸化硫黄カラム積算量が観測される（観測格子の大きさ概ね 5×5 km）（図3左）。
- ・ 撮像範囲のうち北緯24～30度、東経138～144度の高度1～15kmのカラム積算量が 0.0025 mol/m^2 以上となる観測格子を対象とした。
- ・ 観測格子に対し気象モデル（気象庁局地解析値）を用いて1時間毎に格子の軌跡を過去に遡る後方追跡計算を行い、西之島付近の戻ったもの（火口から半径25km以内）を西之島から放出された二酸化硫黄とみなして1日あたりの総放出量を算出した（図3右）。この手法により、ノイズあるいは火山活動起源でない二酸化硫黄格子は概ね除外される。
- ・ 二酸化硫黄は時間経過とともに粒子化などの変化により、検出される見かけ量は減衰すると予想されるため、気象モデルによる放出率算出のための遡り時間を撮像時刻から6時間前までとした。
- ・ 気象モデルの衛星による後方追跡計算では高度の仮定も必要であるが、撮像データはカラム積算量（鉛直方向の積算モル量）である。このため、高度は今期間に気象衛星ひまわりで推定された噴煙高度の最大高度に近い3000mを与えた。
- ・ 必ずしも撮像されたすべての二酸化硫黄観測格子が、気象モデルにより西之島付近の遡上する計算結果になっていないため、過小見積もりとなっている可能性がある。その原因は高度の仮定その他、局地解析値の入力時間間隔（1時間）に起因している可能性がある。今後、西之島への収束率の検証や地上観測データとの比較等が必要である。

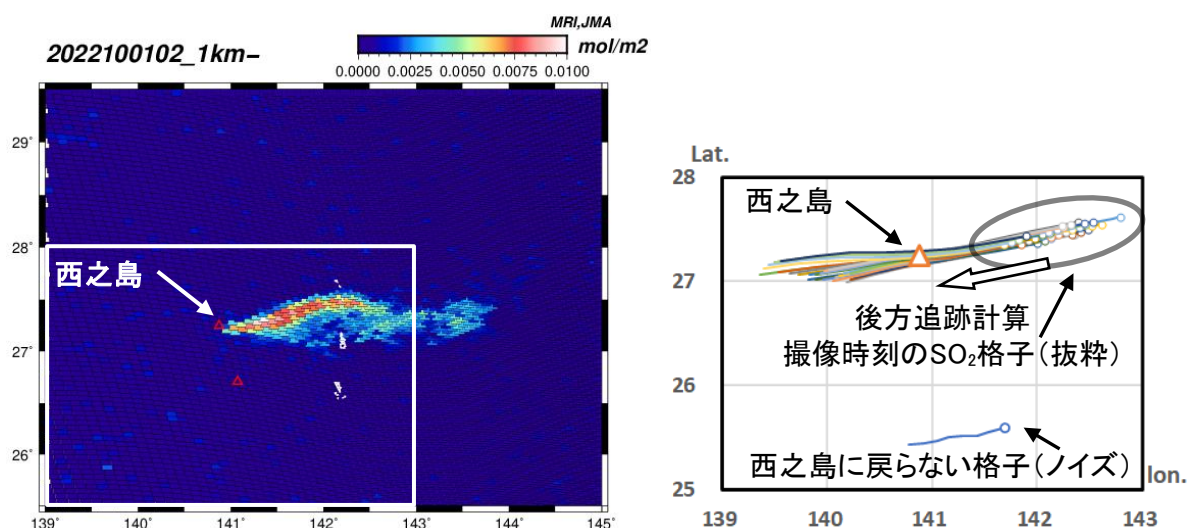


図3 カラム積算量格子の気象モデルによる後方追跡計算

- 左：衛星により撮像された西之島のカラム積算量の格子分布(2022年10月1日 02UTC)
- 右：気象モデルにより後方追跡計算された二酸化硫黄格子軌跡の抜粋（左図の白枠内に相当）
撮像された時刻（○印）から10時間前まで。ノイズ格子は給源に戻れない。

西之島の空振・衛星観測（2022 年 6–11 月）

父島に設置の空振計で 10–11 月にイベントを検知した。ひまわり 8 号による熱異常の観測では、2022 年 9 月 29 日に異常が検知されはじめ、以後 10 月上旬まで異常が確認できた。熱異常としては、2019–2020 年噴火に比べてはるかに小さい。Sentinel-2 による可視・赤外画像では、10 月 1 日から 10 月 11 日まで明瞭な火山灰を含んだ噴煙が確認された。溶岩の噴出は確認できない。

○空振観測

父島に設置の空振計による 10–11 月の観測（詳細は、Nishida and Ichihara, 2016, *Geophys. J. Int.*, <https://doi.org/10.1093/gji/ggv478> を参照）では、孤立的なイベントを断続的に検知した（図 1）。図 1 中段の赤丸が検知した空振イベントとその振幅に対応する。11 月 13 日夜には、期間内では振幅のやや大きな空振のイベントがあった。このイベントは数十分程度継続した。ただし、西之島から父島への風向きの影響を受けるため、定性的には冬に向かうほど検知はしやすく、今後の精査が必要である。

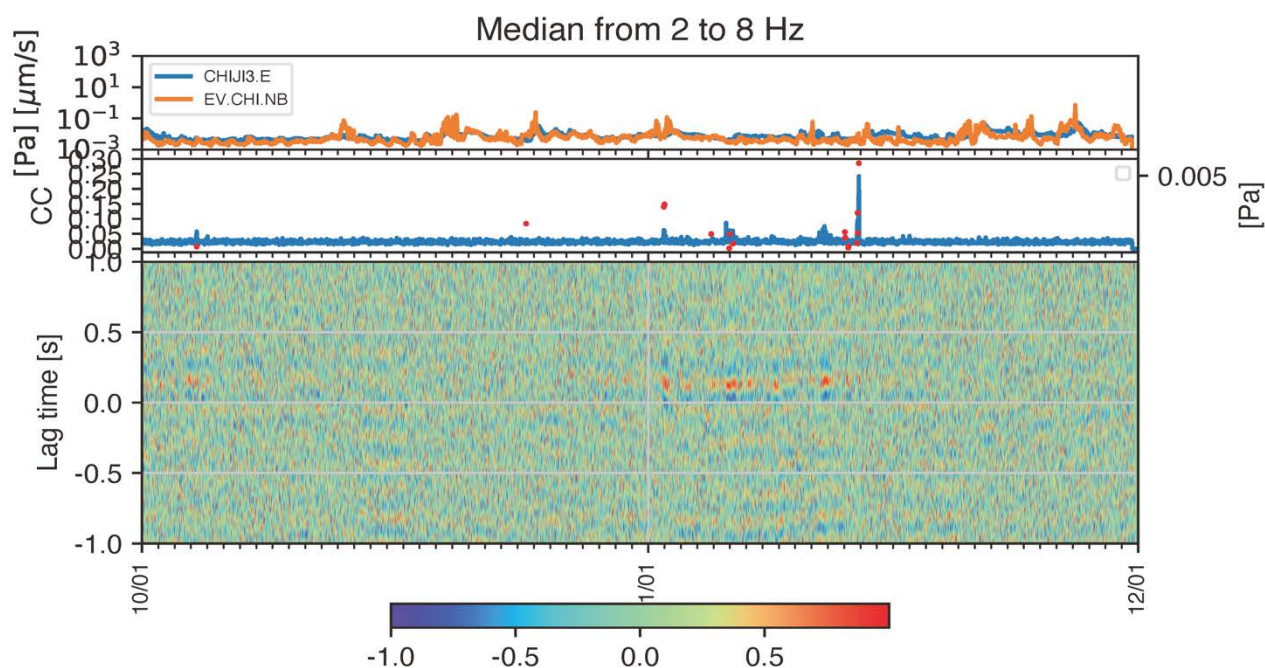


図 1 父島に設置の空振計による観測結果。上段) 空振計 EV.CHI と気象庁の地震計 CHIJI3 の RMS 振幅，中段) 規格化した相互相関の最大値（青色）と検知した空振イベントの RMS 振幅（赤色），下段) 規格化した相互相関とラグタイム。空振イベントの検知の判定は 30 分ごとのウィンドウで実施した。

○衛星観測

ひまわり 8 号の熱異常観測結果（図 2）では、9 月 29 日に中心波長 $2.3\ \mu\text{m}$ および $3.9\ \mu\text{m}$ のバンドで熱異常が確認された。この熱異常は、10 月 10 日ごろまで熱異常のレベルに変動をとめないながら継続した。熱異常のレベルは、2019–2020 年噴火に比べてはるかに小さく、中心波長 $1.6\ \mu\text{m}$ のバンドでは異常は確認できないことから、溶岩を噴出する活動ではないと考えられる。また、10 月上旬に一度熱異常のレベルが低下しているように見えるが、これは火山灰を含んだ噴煙により火口周辺が覆われているためであると考えられる。

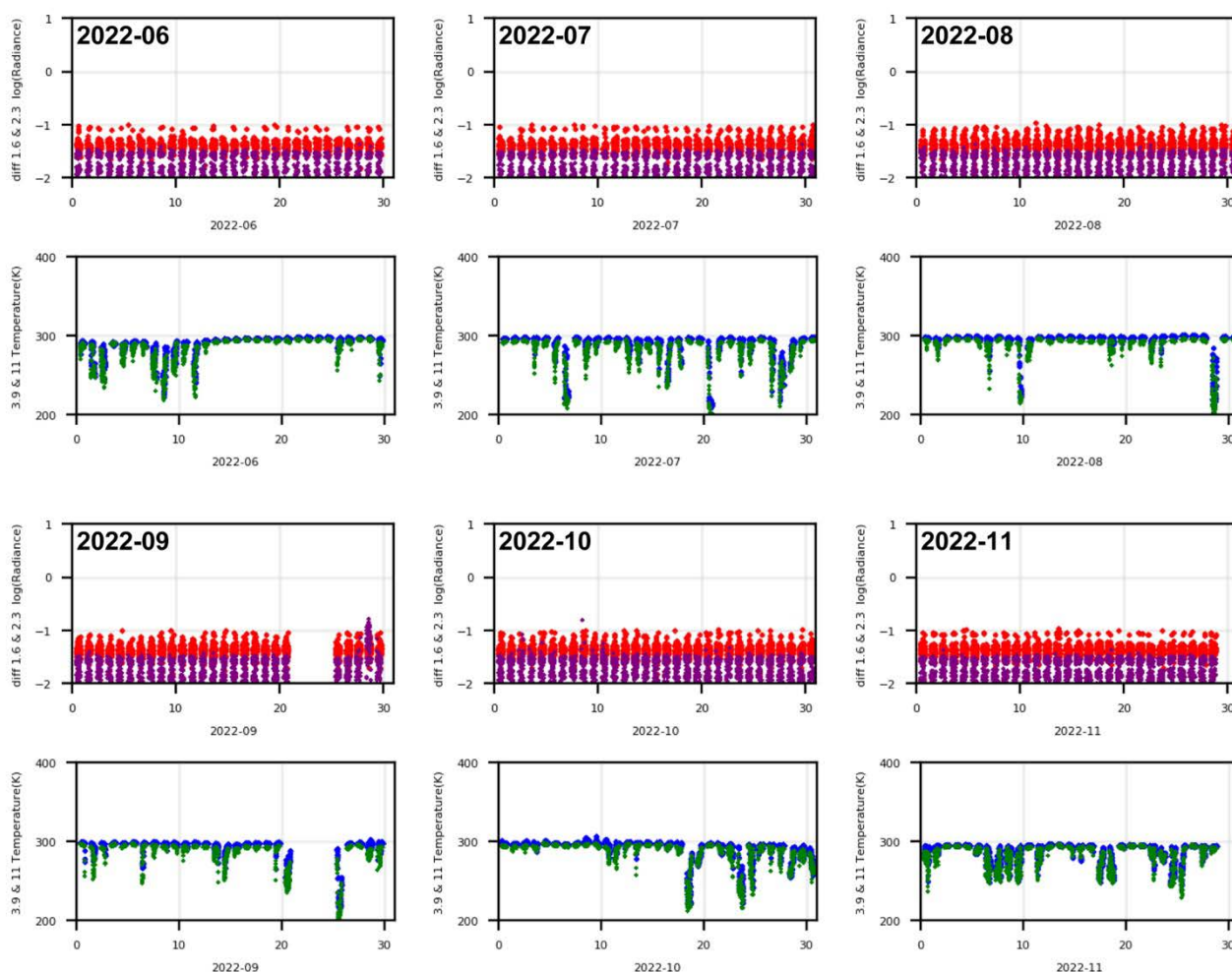


図 2 ひまわり 8 号による熱異常の観測結果。各月ごとに、上段が輝度（赤，紫はそれぞれ中心波長 $1.6\ \mu\text{m}$, $2.3\ \mu\text{m}$ のバンドに対応），下段が温度（青，緑はそれぞれ中心波長 $3.9\ \mu\text{m}$, $11\ \mu\text{m}$ のバンドに対応）の時系列を示す。

9 月から 11 月に観測された Sentinel-2 の可視・赤外合成画像を図 3（10 月の火砕丘のクローズアップ）、図 4（9-11 月の島内全域）に示す．期間を通して赤褐色の変色水が明瞭に確認される．噴煙活動は 9 月中旬以降特に活発となり，10 月 1 日には火山灰を含んだ噴煙となった．火山灰は 10 月 11 日の画像まで確認でき，10 月 13 日以降は白色の噴煙が継続的に確認される．11 月中旬以降，噴煙活動はやや低下したように見える．噴煙は火砕丘北側から放出されており，特に 10 月の SWIR 画像では，熱異常（赤色を呈している領域）が火口底から北側斜面に明瞭に確認される．火砕丘は北西側で噴火にともなうと思われる崩壊と若干の拡大が見られる．火砕丘内部の湯だまり（フォルスカラー画像で水色を呈する領域）は 10 月 3 日以降確認できない．溶岩の噴出は，期間を通して確認されない．

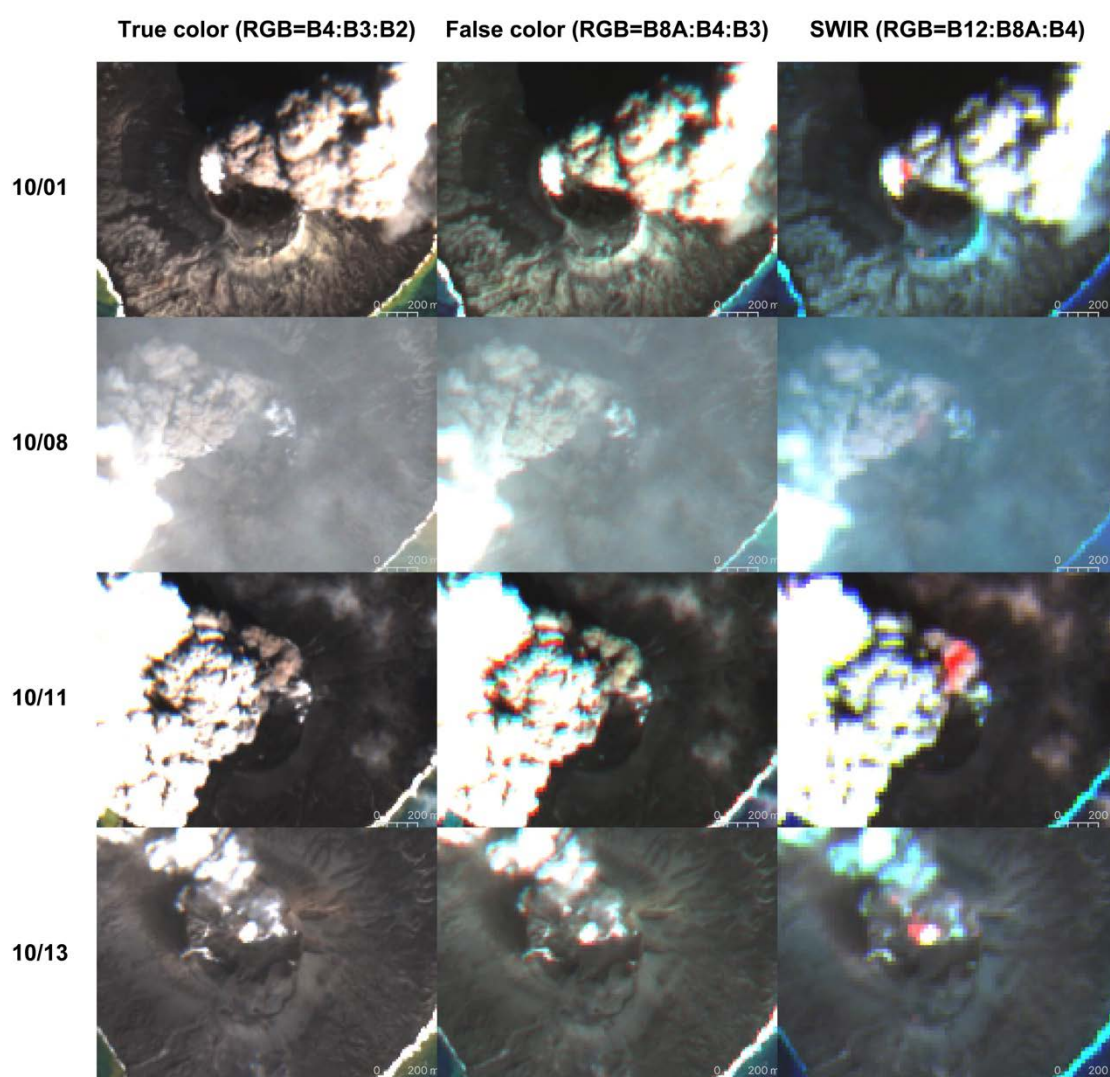


図 3 Sentinel-2 の可視・赤外合成画像（10 月の火砕丘のクローズアップ）．列は左からそれぞれ，トゥルーカラー，フォルスカラー，SWIR の合成画像に対応し，使用したバンドは上部に記載のとおり．地表面が見やすいよう，画像の色スケールを調整した．データはレベル 2A を使用し，Copernicus Open Access Hub よりダウンロードした．

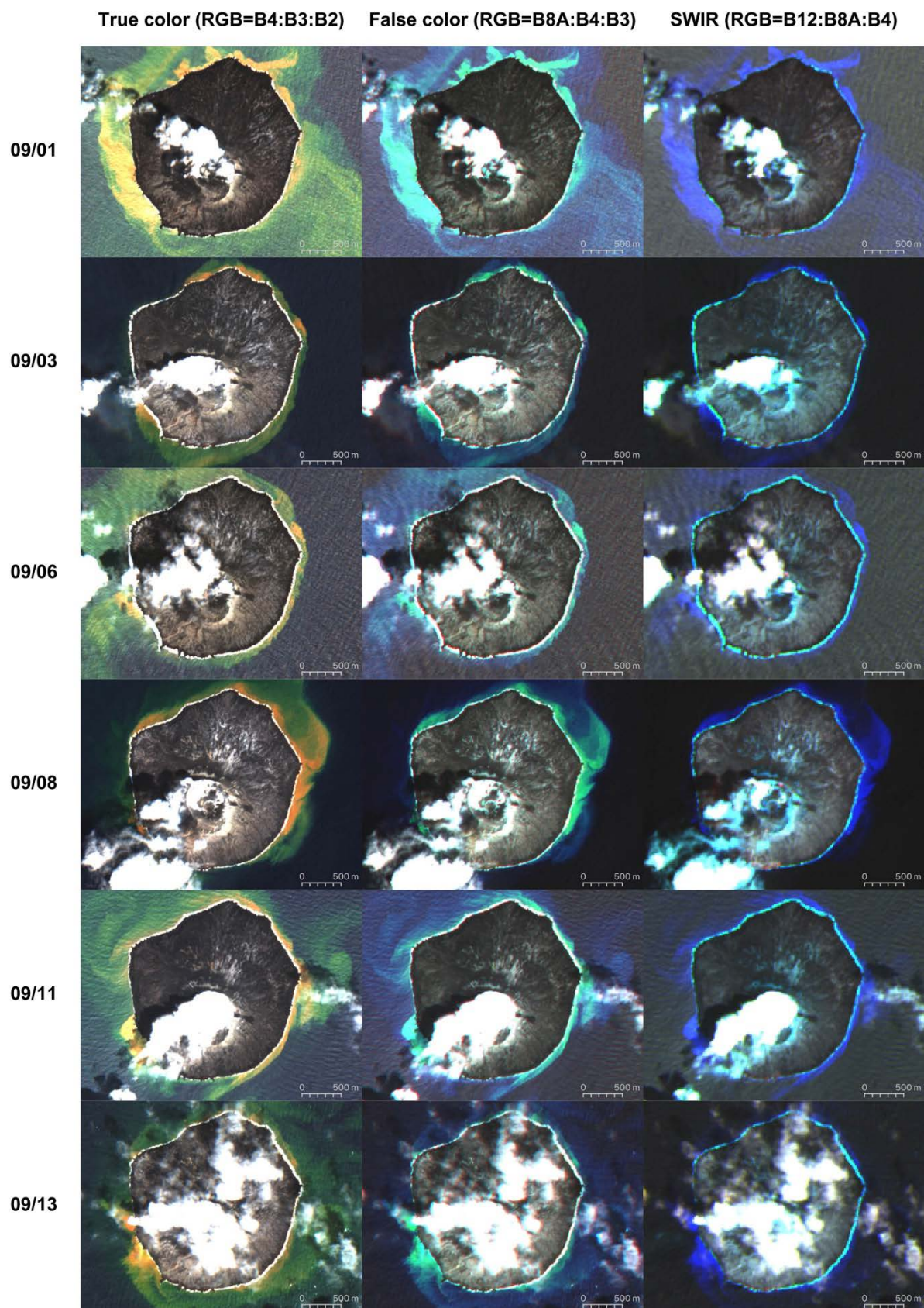


図 4 Sentinel-2 の可視・赤外合成画像 (9-11 月の島内全域)。表示は図 2 と同様。

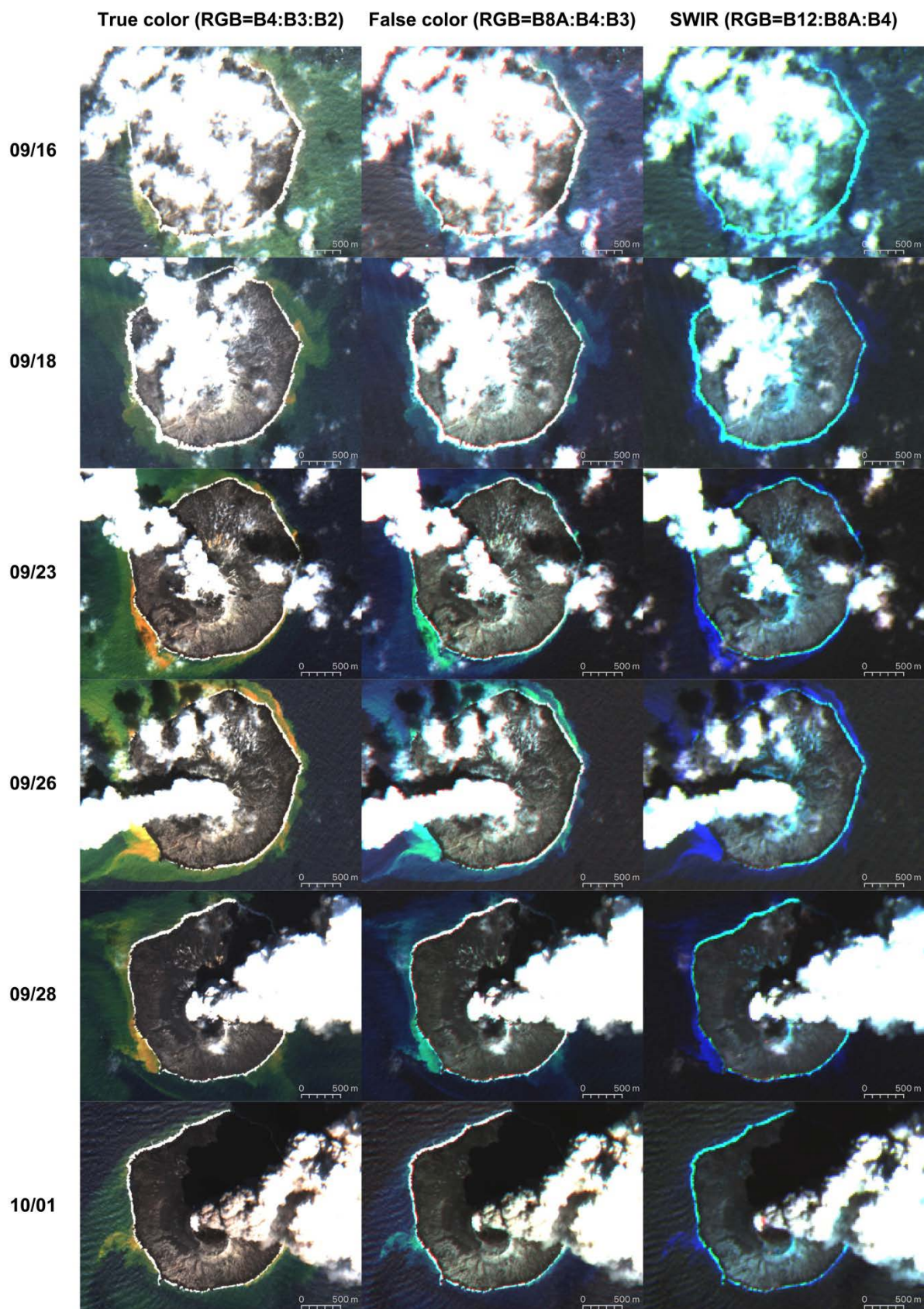


図 4 (続き)

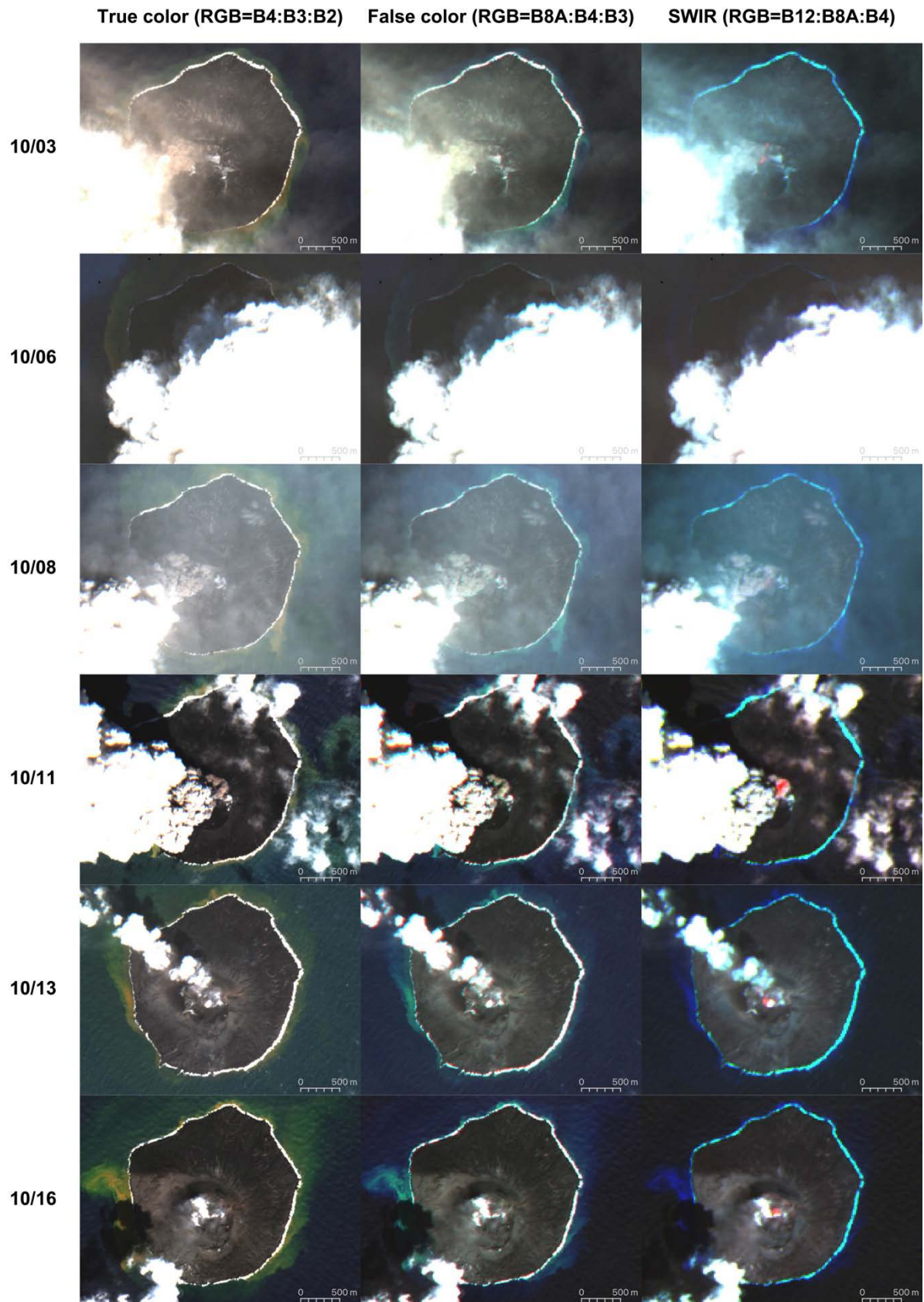


図 4 (続き)

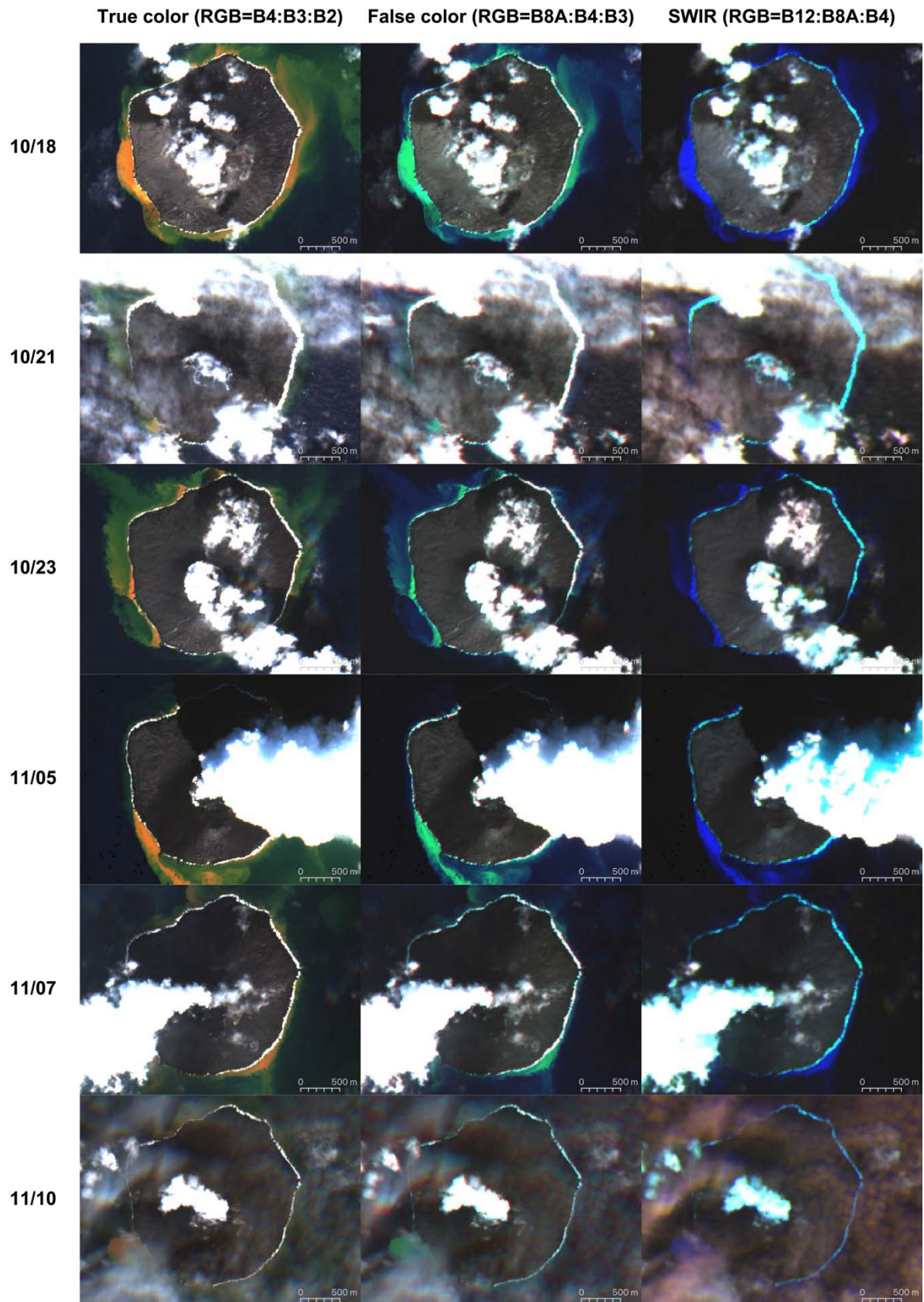


図 4 (続き)

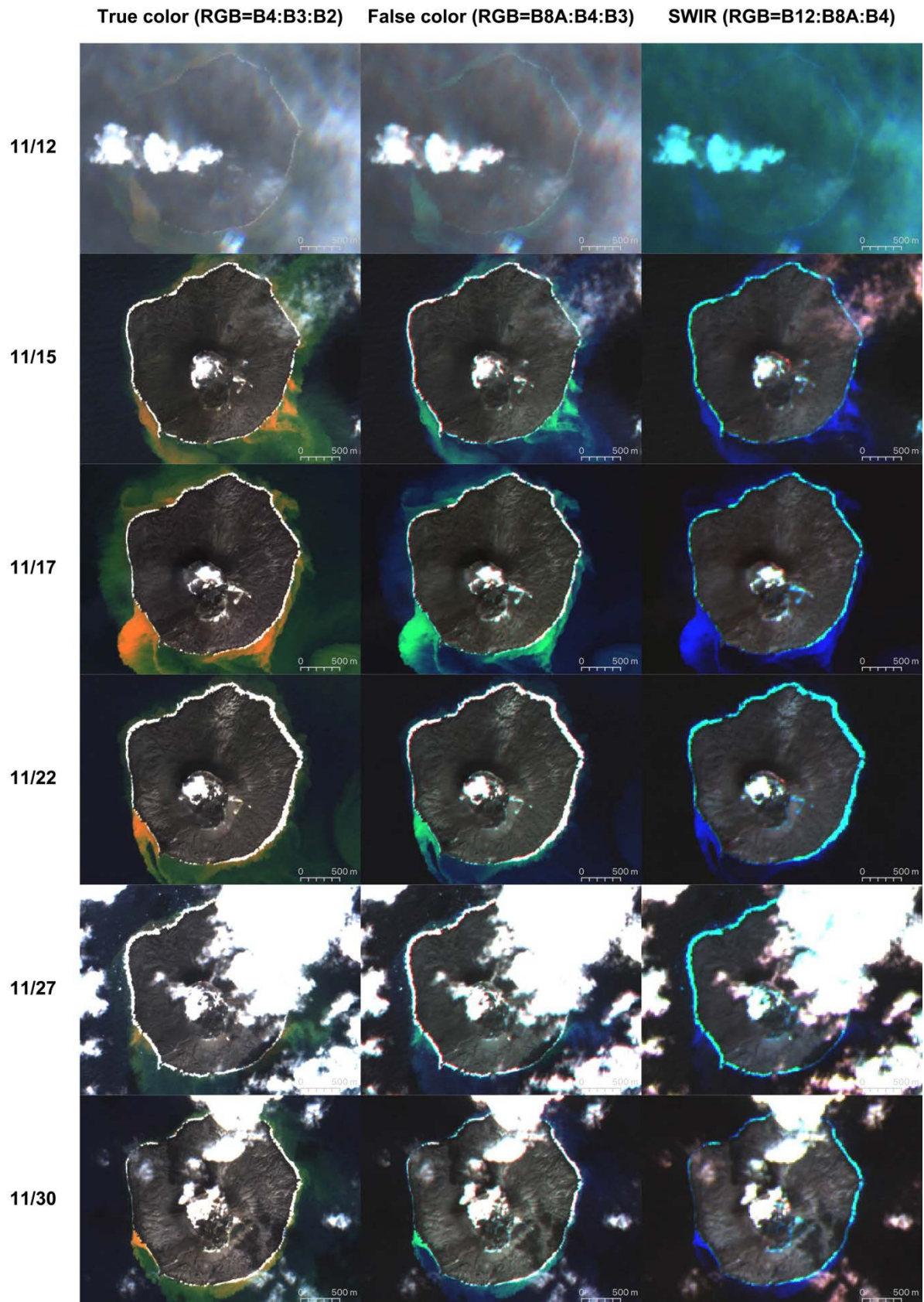


図 4 (続き)

西之島の二酸化硫黄放出率観測（2022 年 6–11 月）

欧州宇宙機関の衛星 Sentinel-5 Precursor 搭載の紫外線センサーTROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) を用いて、2021 年 8 月 14 日から 2022 年 11 月 16 日までの西之島の二酸化硫黄 (SO_2) 放出率を解析した。2022 年 6 月以降の観測期間中の SO_2 放出率(図 1A) は、2022 年 7 月上旬まで検出限界 (100 ton day^{-1} 程度) 以下で推移していたが、7 月下旬より徐々に上昇し、9 月には $3,000\text{--}5,000 \text{ ton day}^{-1}$ 程度に達した。10 月の噴火の際には最大で約 $16,000 \text{ ton day}^{-1}$ の日平均値が観測された(図 1B)。噴火後も 11 月中旬までは $2,000 \text{ ton day}^{-1}$ 前後の値を維持している(図 1C)。

なお、解析には Level 2 プロダクトを使用し、データは Copernicus Open Access Hub より入手した。解析方法は、産総研・東大院理(2021, 第 149 回予知連資料)と同様で、気象雲に覆われているデータは解析から除外した。噴煙高度は、気象庁発表のひまわり 8 号による噴煙高度の観測結果および父島における気象庁のゾンデ観測の風向をもとに、8–11 月は海拔 $1\text{--}4 \text{ km}$ の範囲で設定し、それ以外の時期は海拔 1 km とした。風速は、風向と SO_2 雲の移流方向が一致していることを確認したうえで、ゾンデ観測の値を採用した。

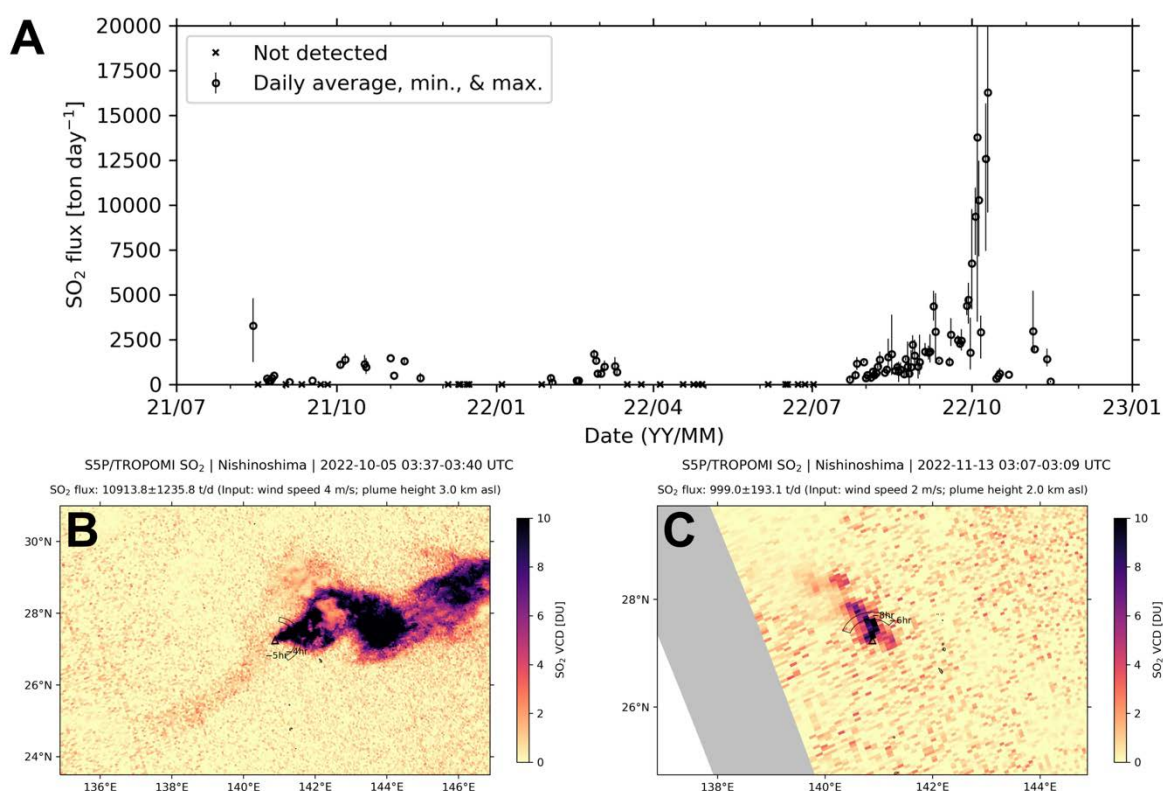


図 1 A) 西之島の SO_2 放出率解析結果。エラーバーは各日の最大値・最小値に対応する。
×印は、気象雲に覆われていない条件でも SO_2 雲が明瞭に確認できない状況(検出限界以下)に対応する。B) 10 月 5 日の解析結果。C) 11 月 13 日の解析結果。

西之島，衛星観測による 2022 年 9 月–10 月の二酸化硫黄 (SO_2) 放出率

概要

衛星 Sentinel-5 搭載の TROPOMI センサーによる西之島周辺の観測結果を噴煙移流モデル (Quei β er et al. 2018) を用いて解析し、2022 年 9 月 25 日–10 月 15 日の二酸化硫黄 (SO_2) 放出率を見積もった。 SO_2 放出率は 9 月 27 日から次第に増加し 10 月 4 日に 14000 t/d 程度に達したのち減少し、10 月 13 日以降には検出限界以下にまで低下した。

本文

西之島では 2022 年 9 月末から 10 月中旬にかけて、 SO_2 放出率の高まりがみられた。 西之島周辺の火山噴煙中の SO_2 分布を衛星 Sentinel-5 搭載の TROPOMI センサーのデータを元に解析した (図 1)。 PlumeTraj 噴煙移流モデル (Quei β er et al. 2018) を用いて、 噴煙中の SO_2 が火口から放出されてから経過した時間を解析した (図 2)。 これらの知見を合わせ、 西之島火山の 1 時間毎の SO_2 放出率を見積もり、 日別の SO_2 放出率を算出した (図 3)。

SO_2 放出率は 9 月末以前は検出限界以下であったが、 9 月 27 日から次第に増加し数千 t/d レベル以上になり、 10 月 3 日に 11000 t/d、 10 月 4 日には 14000 t/d と高い値で推移した。 その後、 SO_2 放出率は減少し、 10 月 13 日以降は検出限界以下まで低下した。

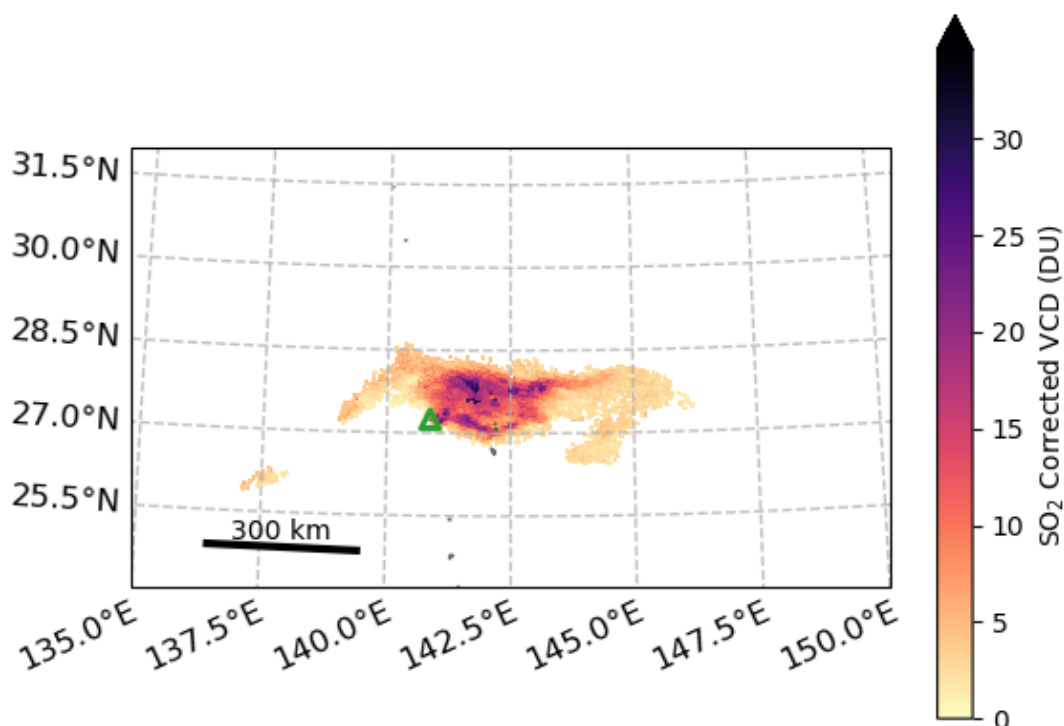


図 1 2022 年 10 月 4 日の TROPOMI のデータに基づき解析した西之島周辺の火山噴煙中の SO_2 分布図。 緑三角が西之島火口を示している。

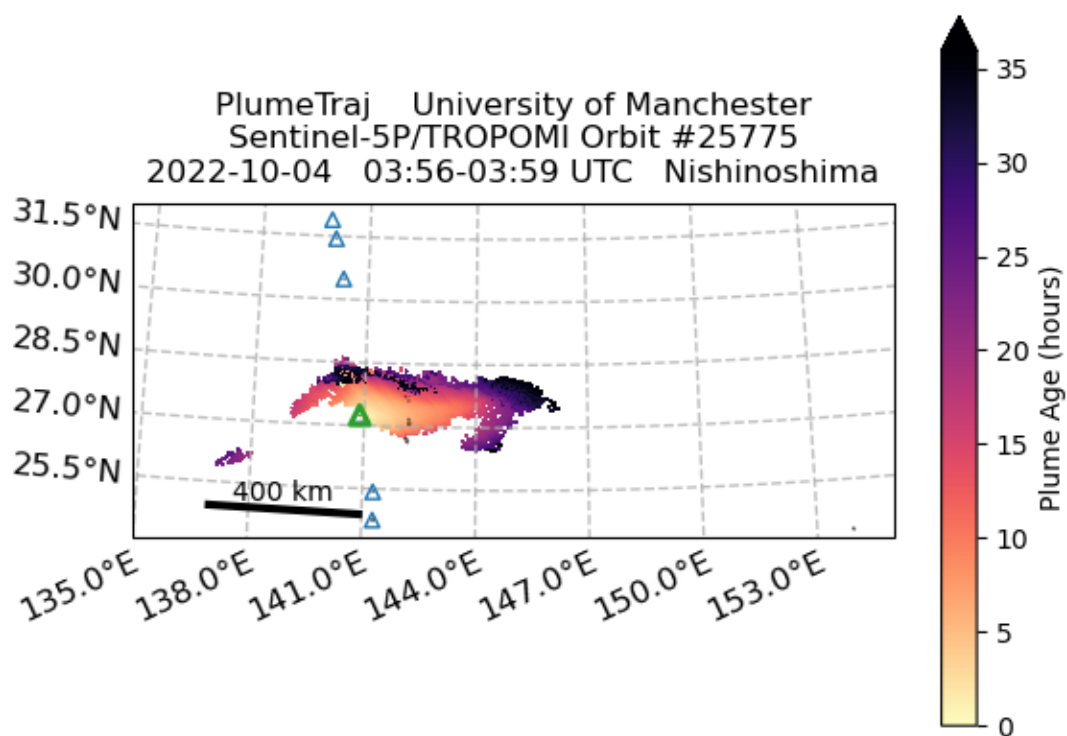


図2 2022 年 10 月 4 日の噴煙中の SO_2 が火口から放出されてから経過した時間. 緑三角が西之島火口を示している.

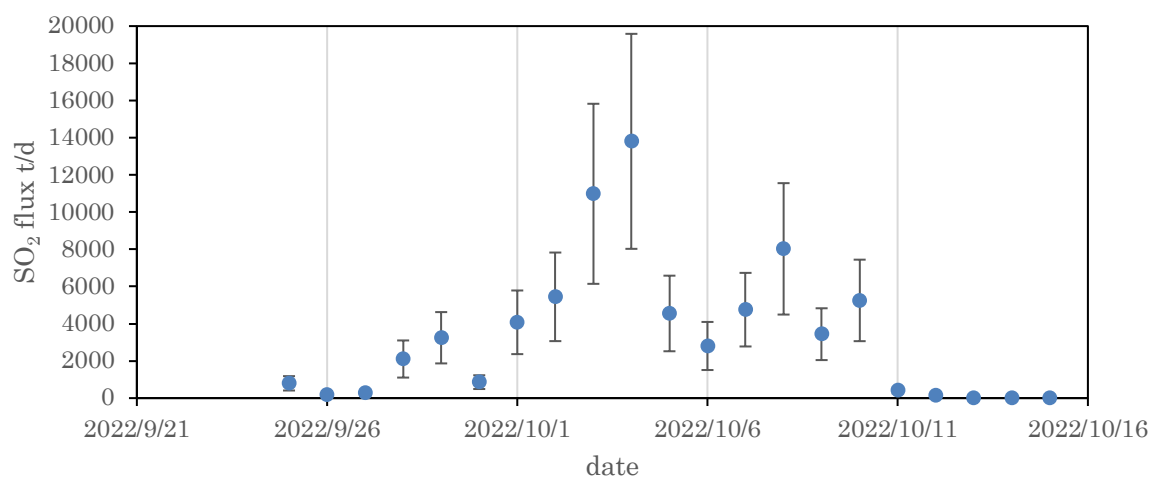


図3 西之島 SO_2 放出率の時系列.

西之島の地殻変動

Crustal Deformations of Nishinoshima Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第1図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。2022年5月～10月のペア(a)～(e)では、火砕丘に見られる変動以外に特段の変化は見られない。10月～11月のペア(f)では、火砕丘周辺及び西側に非干渉領域が見られる。

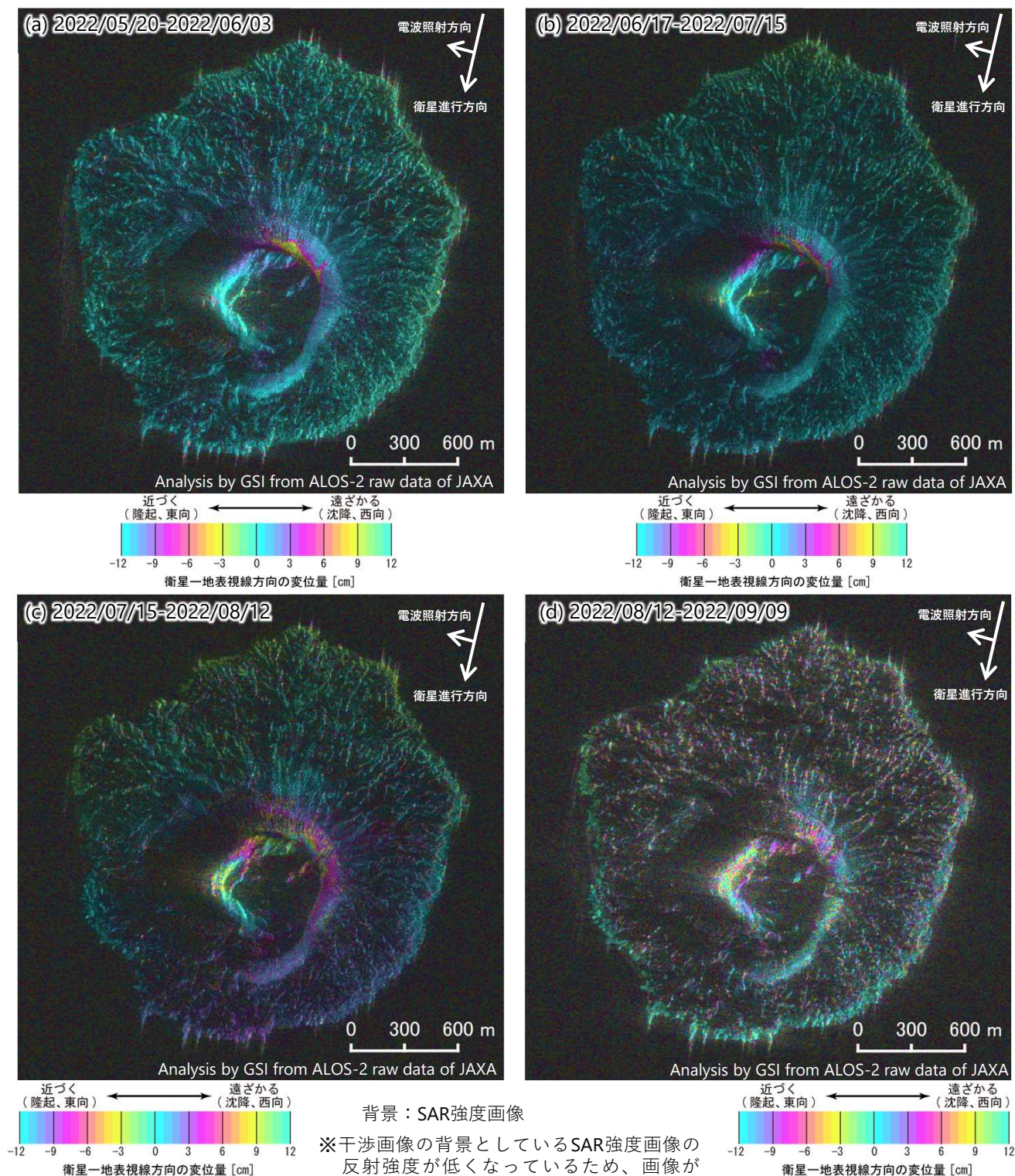
第2図は、「だいち2号」のSAR強度画像である。2022年9月の画像(d)では、火砕丘の北東斜面及び東側斜面の2か所に変化が見られる。10月の画像(e)では火口の西側に、11月の画像(f)では火口の北西側に変化が見られる。

謝辞

ここで使用した「だいち2号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、「だいち2号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

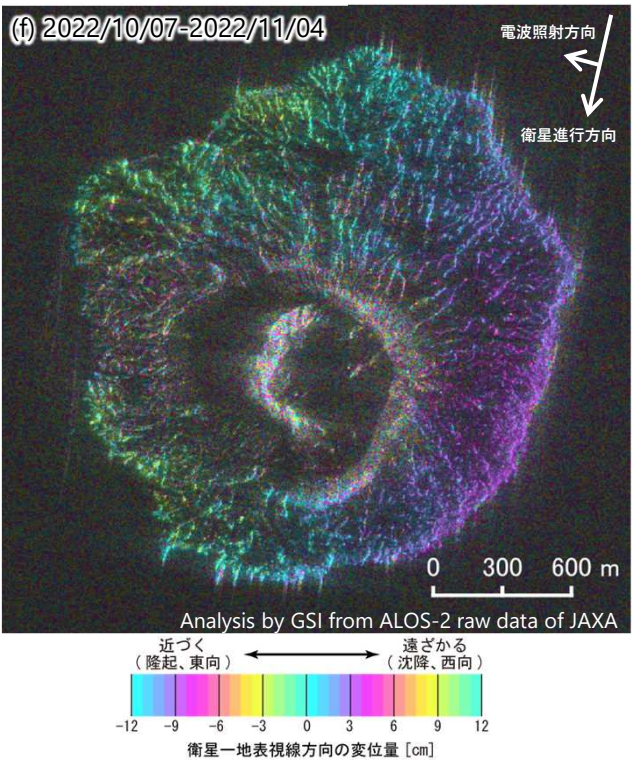
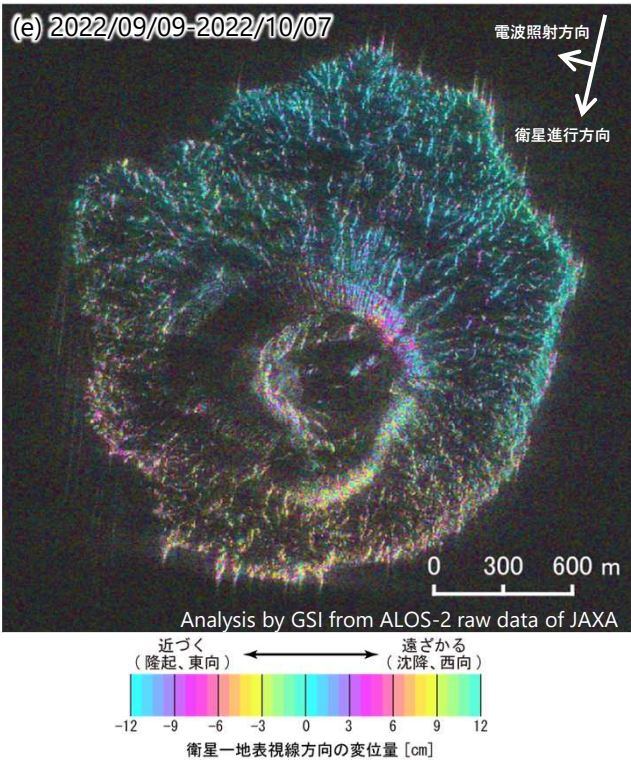
西之島のSAR干渉解析結果について

(a)～(e)では、火砕丘に見られる変動以外に特段の変化は見られません。(f)では、火砕丘周辺及び西側に非干渉領域が見られます。



本解析で使用したデータの一部は、火山噴火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。

西之島



背景：SAR強度画像

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022/05/20 2022/06/03 11:18頃 (14日間)	2022/06/17 2022/07/15 11:18頃 (28日間)	2022/07/15 2022/08/12 11:18頃 (28日間)	2022/08/12 2022/09/09 11:18頃 (28日間)	2022/09/09 2022/10/07 11:18頃 (28日間)	2022/10/07 2022/11/04 11:18頃 (28日間)
衛星進行方向	南行	南行	南行	南行	南行	南行
電波照射方向	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)
観測モード*	S-S	S-S	S-S	S-S	S-S	S-S
入射角	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 61 m	- 42 m	- 145 m	+ 153 m	- 46 m	- 12 m

* S：スポットライト（3×1m）モード

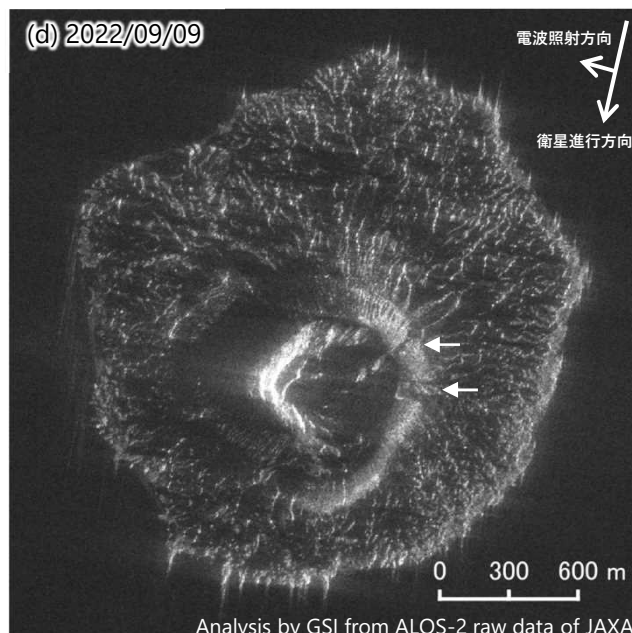
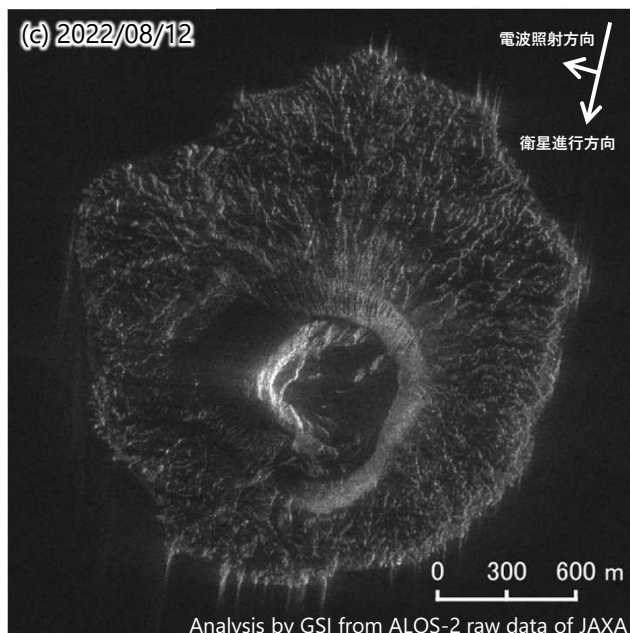
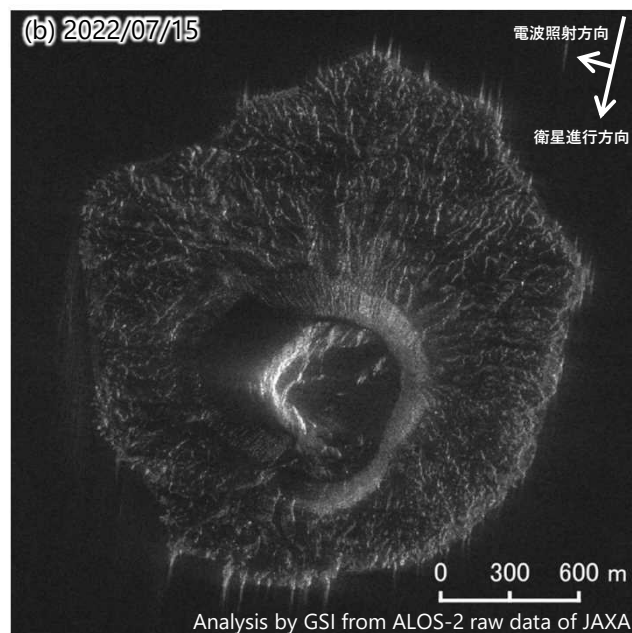
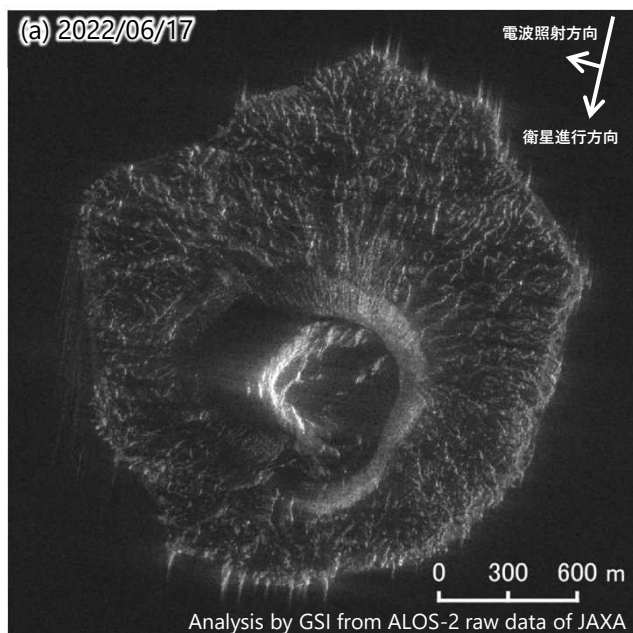
本解析で使ったデータの一部分は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

第1図つづき 「だいち2号」PALSAR-2による西之島の解析結果

西之島

西之島のSAR強度画像について

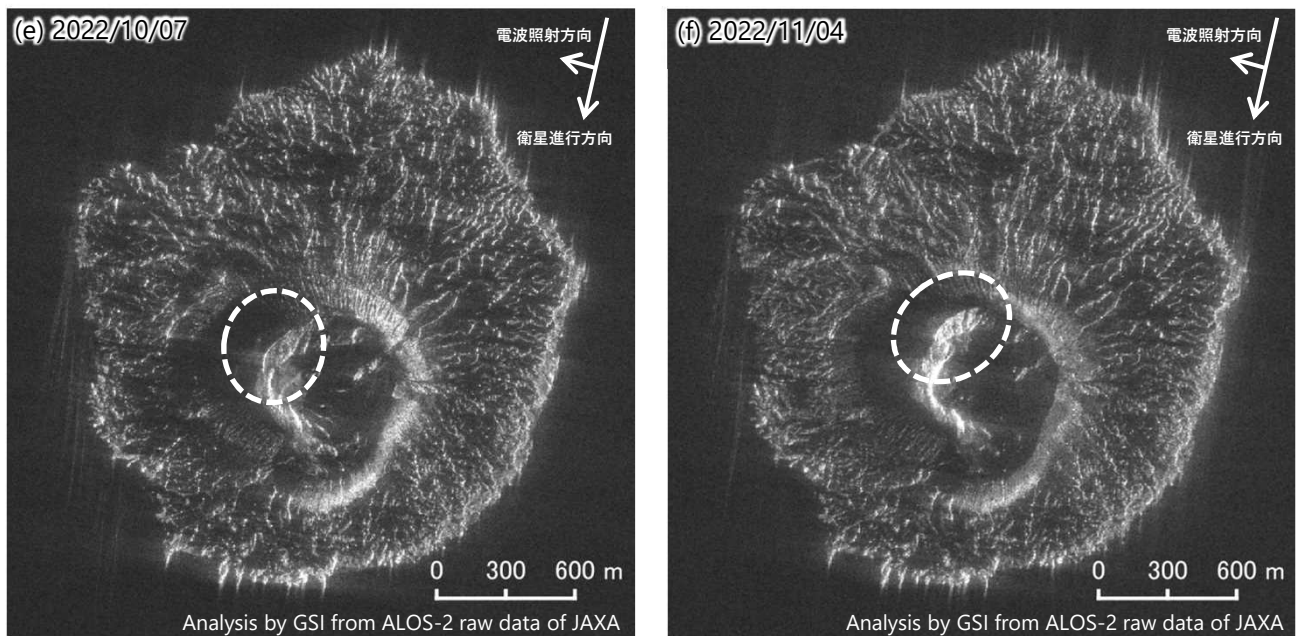
(d)では、火砕丘の北東斜面及び東側斜面の2か所に変化が見られます（白矢印）。(e)では火口の西側に、(f)では火口の北西側に変化が見られます（白破線）。



本解析で使用了データの一部分は、火山噴火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。

第2図 「だいち2号」PALSAR-2による西之島の解析結果

西之島



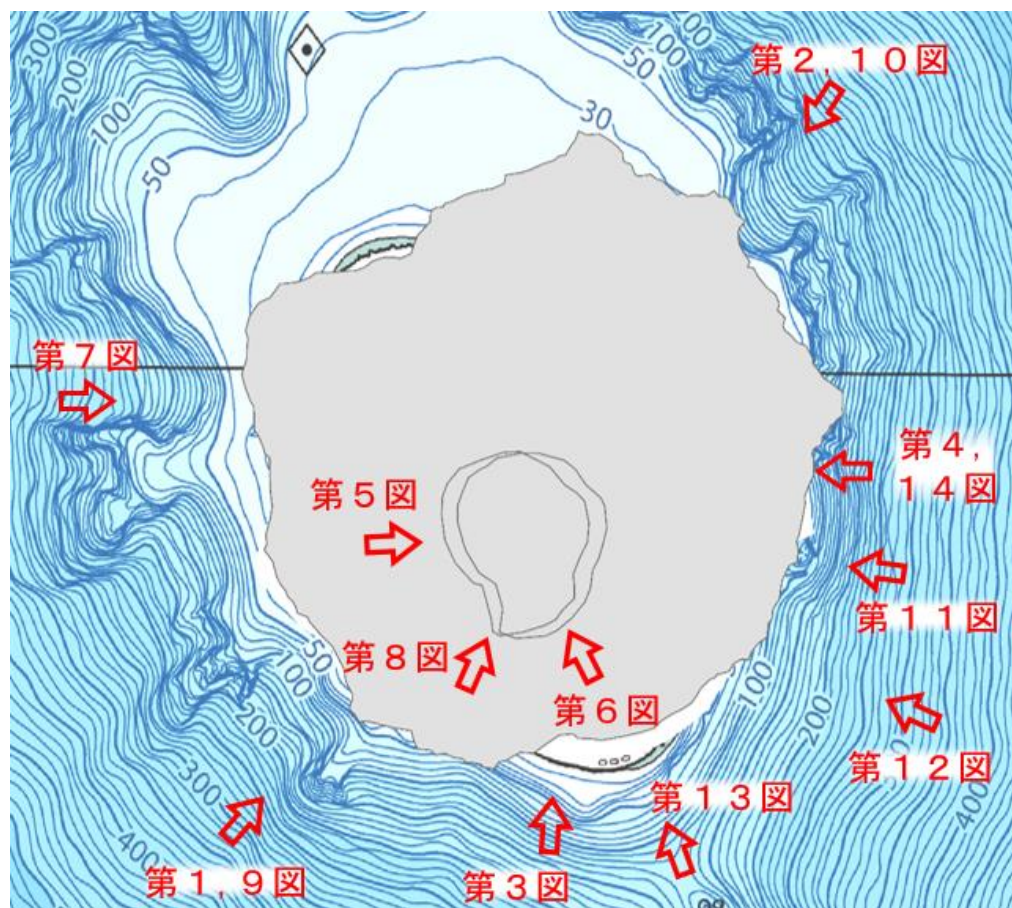
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022/06/17 11:18頃	2022/07/15 11:18頃	2022/08/12 11:18頃	2022/09/09 11:18頃	2022/10/07 11:18頃	2022/11/04 11:18頃
衛星進行方向	南行	南行	南行	南行	南行	南行
電波照射方向	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)
観測モード*	S	S	S	S	S	S
入射角	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°	58.7°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH

* S：スポットライト（3×1m）モード

本解析で使⽤したデータの⼀部は、火山噴火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。

第 2 図 つづき 「だいち 2 号」 PALSAR-2 による西之島の解析結果

西之島



地形図には沿岸の海の基本図「6556-8」(2017)を使用した。

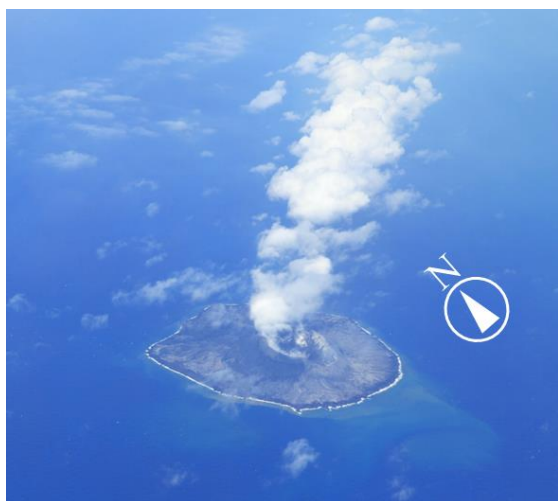
海岸線は

SPOT7 (©AirbusDS/SpotImage (2020)) の衛星画像 (11 月 17 日撮影) から作成した。

矢印は画像の撮影場所を示す。

○ 最近の活動について

年月日	活 動 状 況
2022/7/11	・噴火は認められなかったが、火砕丘中央火口から白色噴気が高さ約 1,500m まで、ほぼ連続的に上がっているのを認めた (第 1 図)。 ・島の全周に薄い黄褐色～薄い黄緑色の変色水が分布していた (第 2 図)。特に西岸において、濃い茶褐色の変色水の湧出を認めた (第 3 図)。変色水の色と範囲については、前回 6/17 観測と比較し、減少していた。 ・北東部の火砕丘中腹において白色噴気の放出を認めた (第 3 図)。放出量は前回 6/17 観測と同程度であった。 ・火砕丘中央火口の湯だまりを引き続き確認した。場所や色に変化はなく、火口底に 2 箇所、火口南縁に 1 箇所認め、3 箇所とも茶褐色であった (第 3 図)。 ・硫黄昇華物が引き続き火砕丘中央火口内及び北部～東部～南部の火口縁に分布していた (第 3 図)。場所や色に変化はなかった。 ・西之島南海丘周辺海域に特異事象は認められなかった。



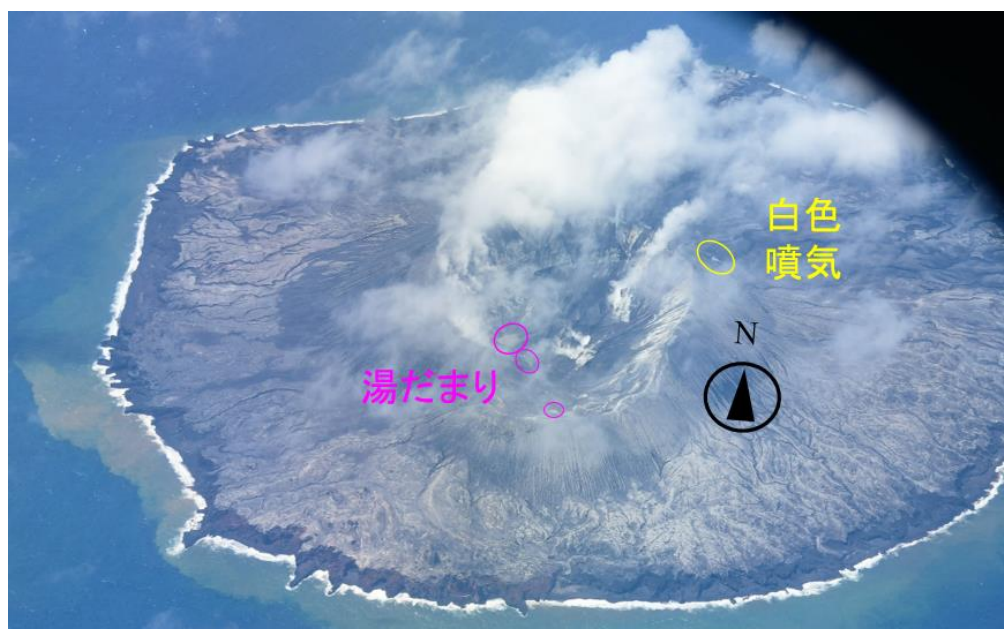
第 1 図 西之島遠景（南西方から撮影）

2022 年 7 月 11 日 13:13 撮影



第 2 図 西之島遠景（北東方から撮影）

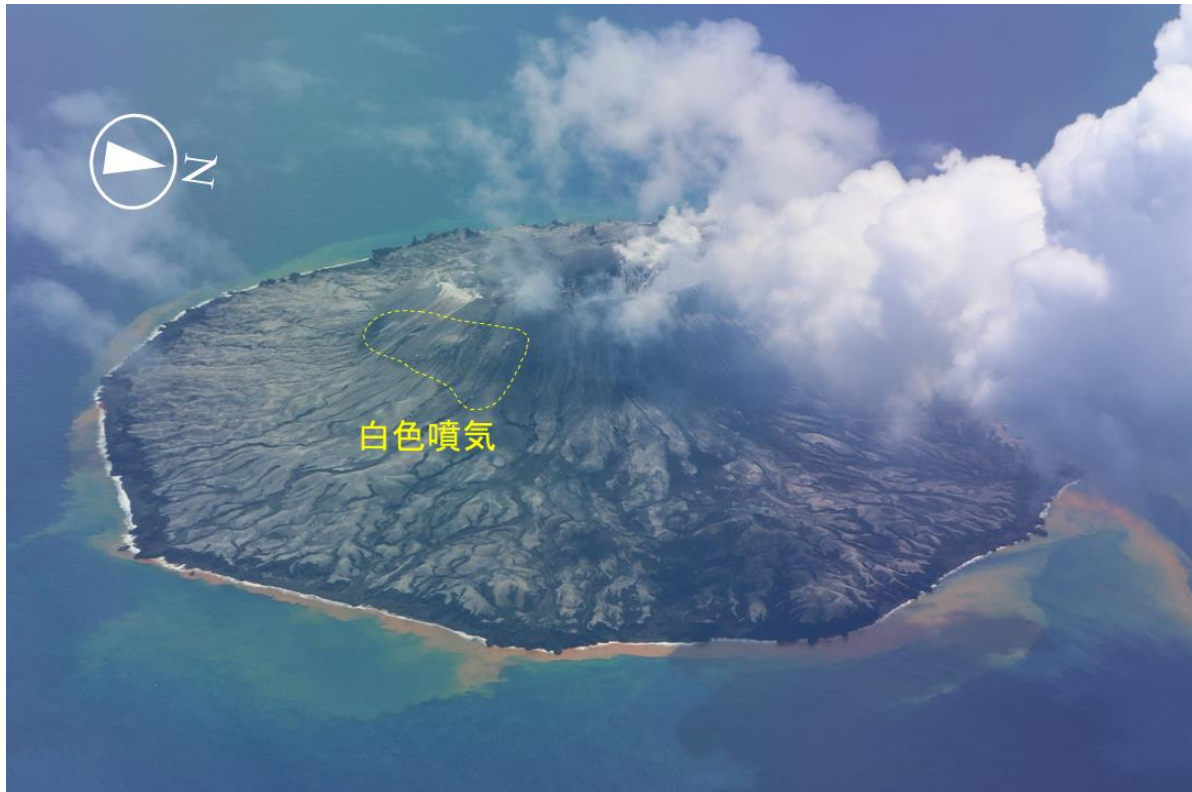
2022 年 7 月 11 日 13:16 撮影



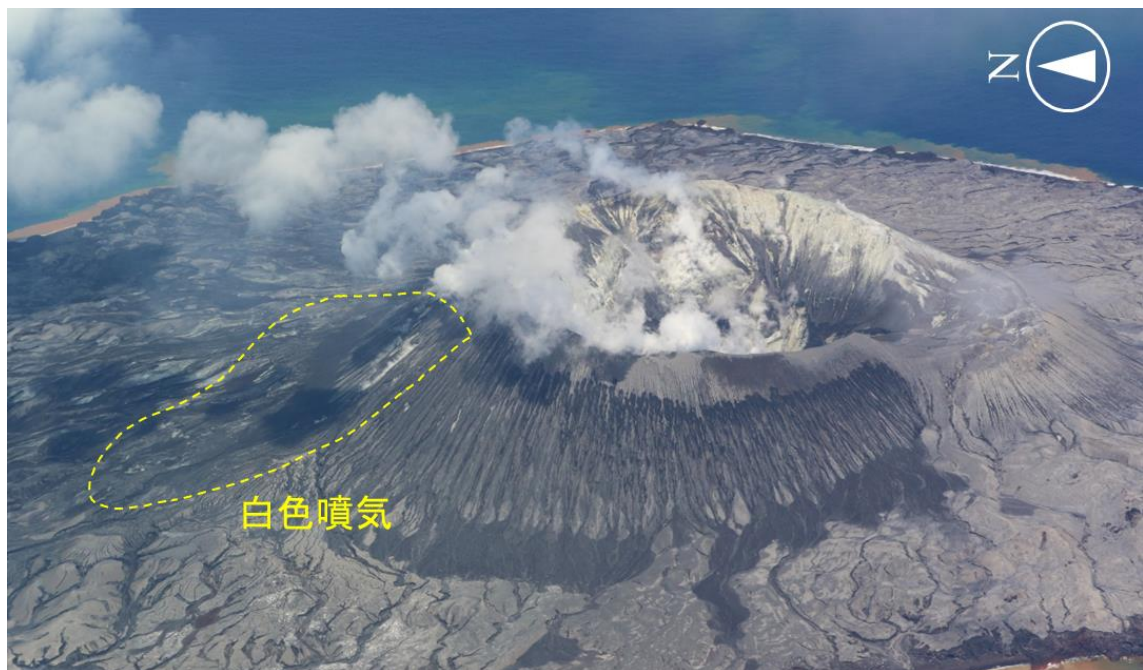
第 3 図 西之島（南方から撮影）

2022 年 7 月 11 日 13:22 撮影

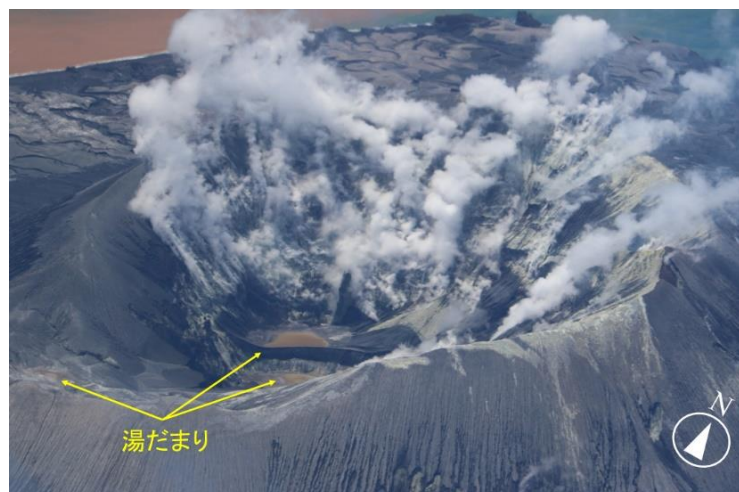
年月日	活 動 状 況
2022/8/15	・噴火は認められなかったが、火砕丘中央火口から白色噴気の放出を認めた（第 4～6 図）。 ・島のほぼ全周に濃厚な茶褐色及び黄緑色の変色水が分布していた（第 4・5 図）。前回 7/11 観測と比較し、色が濃厚であった。 ・北部～東部の火砕丘中腹及び山麓において白色噴気の放出を認めた（第 4・5 図）。放出量は前回 7/11 観測より多かった。 ・火砕丘中央火口の湯だまりを引き続き確認した。場所や色に変化はなく、火口底に 2 箇所、火口南縁に 1 箇所認め、3 箇所とも茶褐色であった（第 6 図）。 ・硫黄昇華物が引き続き火砕丘中央火口内及び北部～東部～南部の火口縁に分布していた（第 5・6 図）。場所や色に変化はなかった。



第 4 図 西之島（東方から撮影）2022 年 8 月 15 日 13:05 撮影



第 5 図 西之島（西方から撮影）2022 年 8 月 15 日 13:08 撮影



第 6 図 西之島 火砕丘中央火口

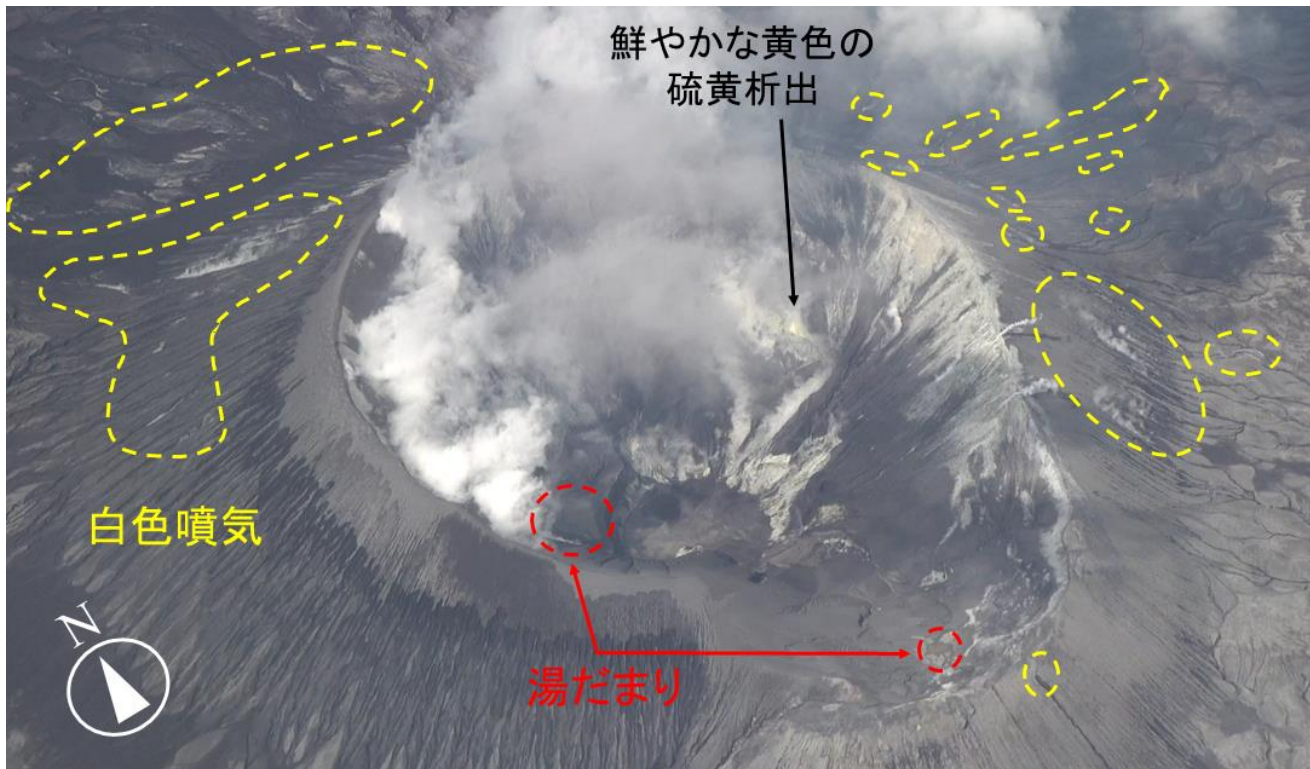
2022 年 8 月 15 日 13:07 撮影

年月日	活 動 状 況
2022/8/23	・ 噴火は認めず、火砕丘中央火口から白色噴煙が高さ約 2,500m まで上がっていた (第 7 図)。 ・ 北部～東部～南部の火砕丘中腹、北部～東部の山麓において白色噴気の放出を認めた (第 8 図)。放出量は前回 8/15 観測に引き続き多く、遠景でもはっきりと視認できる量であった。 ・ 火砕丘中央火口の湯だまりを引き続き確認した。噴煙により詳細は確認できなかったが、火口底で 1 箇所、火口南縁で 1 箇所を認めた。2 箇所とも茶褐色であった (第 8 図)。 ・ 硫黄昇華物が引き続き火砕丘中央火口内、火口縁の北部～東部～南部及び火砕丘中腹の北部に分布していた (第 8 図)。中央火口内には特に鮮やかな黄色の箇所があった (第 8 図)。 ・ 島のほぼ全周に濃厚な茶褐色及び黄緑色の変色水が分布していた (第 7 図)。茶褐色の変色水は色がかなり濃厚で、分布範囲も広がった。 ・ 西之島南海丘周辺に、特異事象は認められなかった。



第 7 図 西之島遠景 (西方から撮影)

2022 年 8 月 23 日 14:18 撮影



第 8 図 西之島 火砕丘中央火口 2022 年 8 月 23 日 14:23 撮影

年月日	活 動 状 況
2022/9/16	・噴火は認めず、火砕丘中央火口から白色噴煙が上がっていた（第 9～11 図）。 ・西部～北部～東部の火砕丘中腹、北部～東部の山麓において白色噴気の放出を認めた（第 9～11 図）。放出量は前回 8/15 観測に引き続き多く、遠景でもはっきりと視認できる量であった。 ・火砕丘中央火口の湯だまりを引き続き確認した。噴煙により火口内は確認できなかったが、火口南縁で 1 箇所、茶褐色の湯だまりを認めた（第 9・11 図）。 ・火砕丘中央火口における硫黄昇華物は噴煙により詳細は確認できなかったが、火口南東縁で引き続き認めた（第 9・11 図）。 ・島のほぼ全周に茶褐色及び黄緑色の変色水が分布していた（第 9～11 図）。変色水の分布範囲及び濃さは、前回 8/23 観測と比較して減少していた。



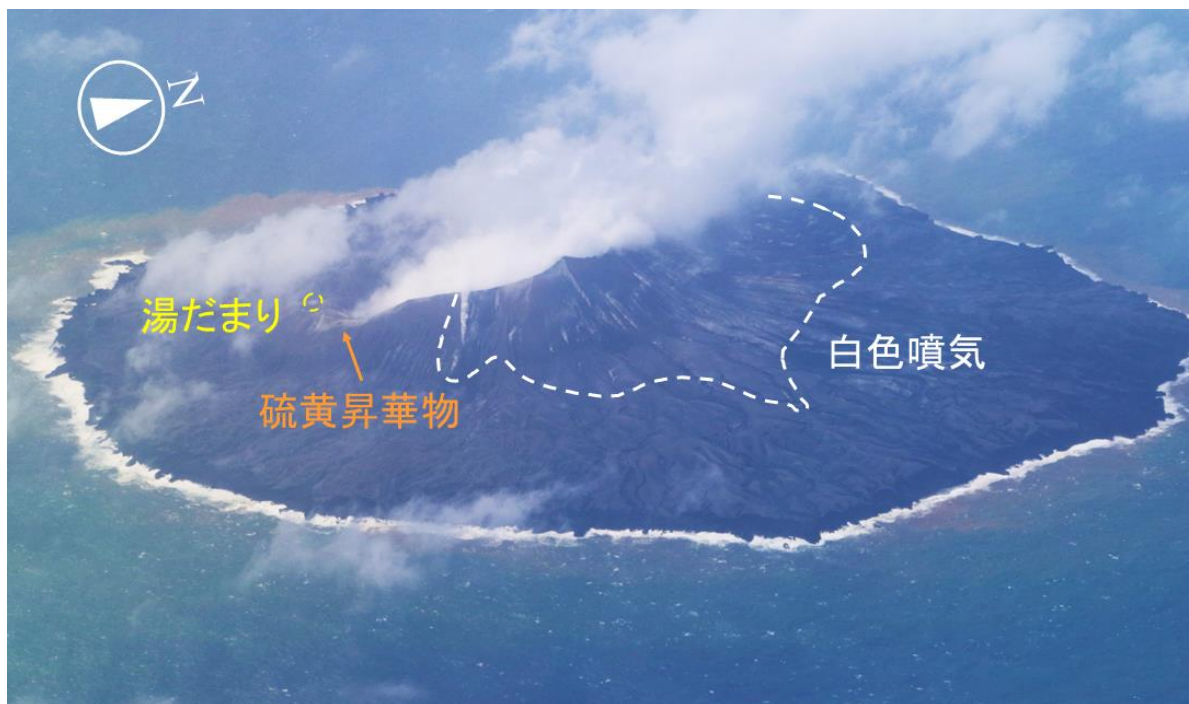
第 9 図 西之島 （南西方から撮影）

2022 年 9 月 16 日 12:52 撮影

西之島

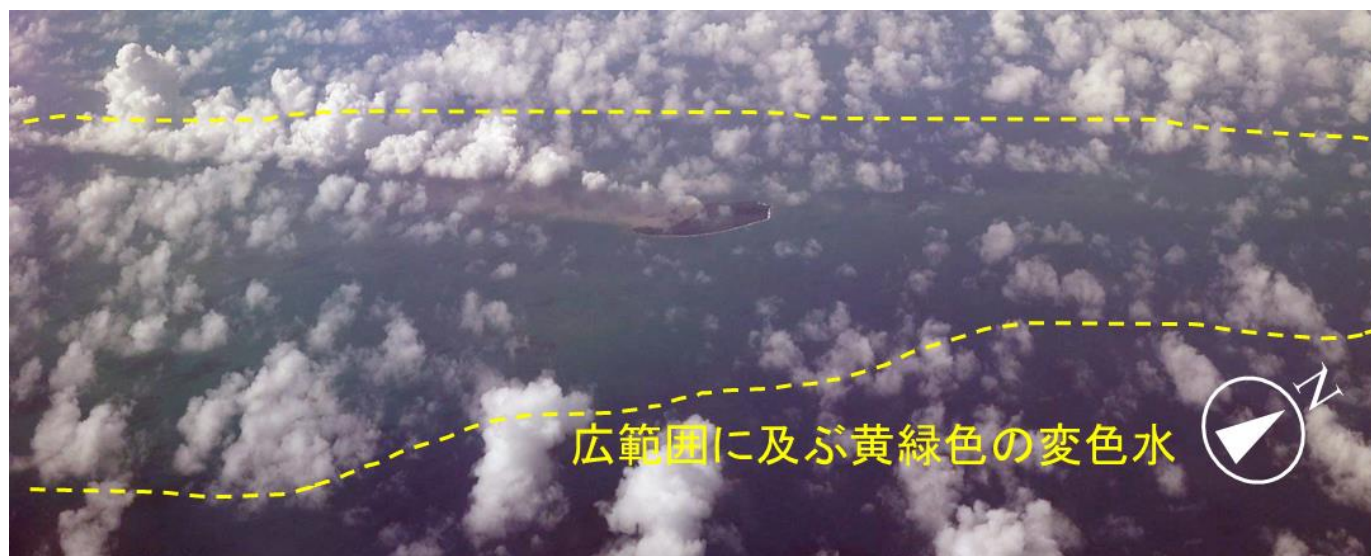


第 10 図 西之島 (北東方から撮影) 2022 年 9 月 16 日 12:54 撮影

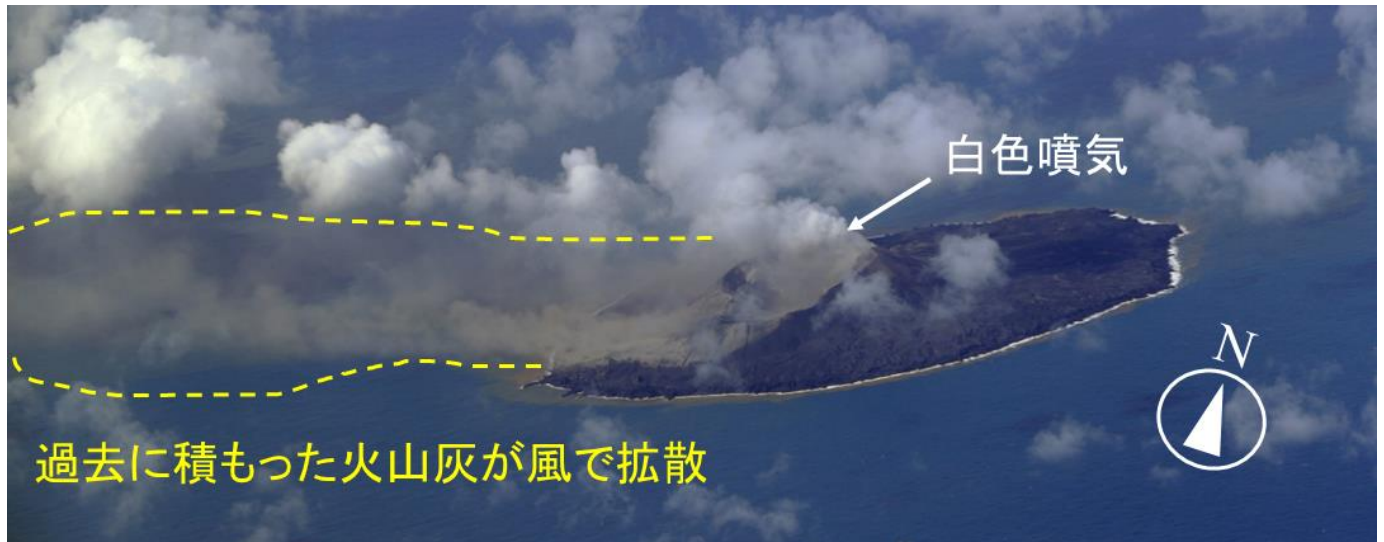


第 11 図 西之島 (東方から撮影) 2022 年 9 月 16 日 12:51 撮影

年月日	活 動 状 況
2022/10/12	・ 観測中、噴火は認めなかった。 ・ 火砕丘中央火口から白色噴気が高さ約 3,600m まで上がり、西方に流れていた。(第 12～14 図)。 ・ 南東部の火砕丘中腹において白色噴気を認めた (第 14 図)。 ・ 島の西側に降り積もった火山灰が、東風に乗って島の西方に拡散していた (第 13 図)。 ・ 過去の噴煙と見られる、やや灰色がかった雲を島から西方に約 40km の地点まで認めた。 ・ 島のほぼ全周に茶褐色及び黄緑色の変色水の分布を認めた。前回 9/16 観測と比較して、茶褐色の範囲は減少していたが、その外側の黄緑色の範囲は広範囲に広がっていた (第 12～14 図)。 ・ 火砕丘中央火口の湯だまりについて、火口内は噴気で確認できなかった。火口南縁のものは、孔は引き続き認めたが、以前のような顕著な茶褐色の湯だまりは認めなかった (第 14 図)。 ・ 硫黄昇華物は、目視できる範囲では認められなかった (第 14 図)。 ・ 海岸線全周に新規の溶岩流は認められなかった。 ・ 西之島南海丘周辺に、特異事象は認められなかった。



第 12 図 西之島 遠景 (南東方から撮影) 2022 年 10 月 12 日 13:09 撮影



第 13 図 西之島 (南南東方から撮影) 2022 年 10 月 12 日 13:09 撮影



第 14 図 西之島 (東方から撮影) 2022 年 10 月 12 日 12:49 撮影

衛星「しきさい」(GCOM-C)による 西之島周辺の変色水 および西之島陸域の熱赤外線の観測結果

GCOM-C (※) の観測データを用い、西之島周辺の変色水発生状況を確認した。

2021 年 9 月から 2022 年 5 月上旬まで大規模 (50km) に広がっていた変色水が、5 月中旬には変色水が淡く小さく (50km 以下) になった。しかし、8 月上旬からは再び大規模 (50km 以上) となり、11 月現在も継続している。

なお、西之島陸域の熱赤外線輝度温度と気温との温度差は、2022 年 5 月以降は、噴火前に近い値が継続している。

※衛星「しきさい」(GCOM-C)は、可視光線 (近紫外線を含む) から熱赤外線まで、15 の波長 (色) や偏光により 19 チャンネルで地上を 250m 分解能で観測する衛星である。各波長の明るさを正確に測定できる。海域火山活動の把握のため、変色水や熱を観測している。

1. 西之島周辺の変色水観測結果

図 1 に西之島周辺の GCOM-C 可視海色画像 (2022 年 11 月 17 日) を示す。火山活動速報システム (<https://kazan.jaxa.jp>) で公開中である。西之島周辺の約 100km にわたり変色水がひろがっていることが分かる。

表 1 に西之島周辺の変色水の観測結果の推移を示す。2022 年 5 月まで継続的に大規模 (50km 以上) な変色水が、5 月中旬から 7 月までは変色水の範囲が 50km 以下となった。しかし、8 月から再び変色水が大規模となった (図 1、表 1)。

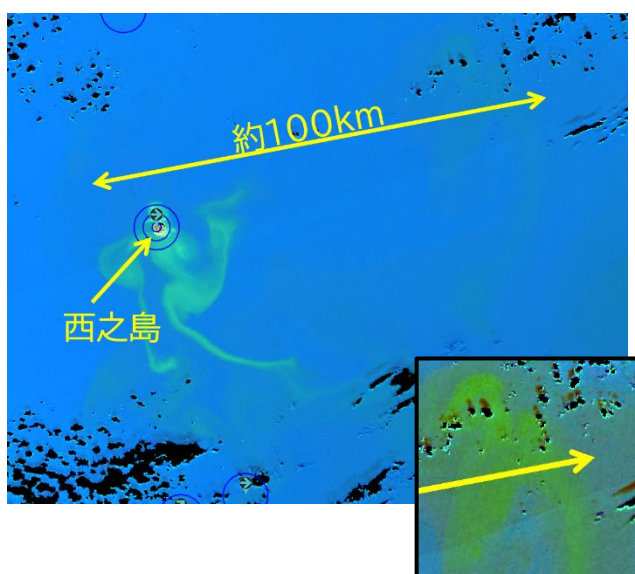


図 1：西之島周辺の GCOM-C 可視海色画像 (2022 年 11 月 17 日、黒色は雲、陸面、太陽光反射等、右下は先端の色調強調画像)

表 1： GCOM-C による西之島周辺の変色水の観測結果の推移
(橙色背景は変色水が 50km 以上に広がった時期を示す)

時期	変色水(概ね)	変色水の観測結果※
2020 年 5 月 31 日～ 2020 年 9 月 8 日	10km 以上	継続的に 10km を超えていた。 6 月下旬～8 月下旬に 50km を超えていた。
2020 年 9 月 14 日～ 2021 年 8 月 13 日	10km 以下	明確な変色水は概ね 10km 以内であった。 30km に広がる場合もあったが淡いものであった。
2021 年 8 月 14 日～ 2021 年 8 月 17 日	50km 以上	変色水の面積が拡大し、変色も濃かった。 (8 月 14 日の噴火直後の期間)
2021 年 8 月 20 日～ 2021 年 9 月 4 日	10km 以下	明確な変色水は概ね 10km 以内であった。 10km 以上の場合は、淡い変色水であった。
2021 年 9 月 5 日～ 2022 年 5 月 15 日	50km 以上	変色水の面積が拡大し、変色も濃く明確であった。 一時的に 10km 程度の場合もあった
2022 年 5 月 16 日～ 2022 年 7 月 31 日	10km 以上	変色水の範囲は 50km 以下となっている。 西之島沿岸には明確な変色水が見られる。
2022 年 8 月 3 日～ 2022 年 11 月	50km 以上	変色水の面積が拡大し、変色も濃く明確であった。

※変色水の範囲は、周辺の海の色と異なる範囲を測定したもの

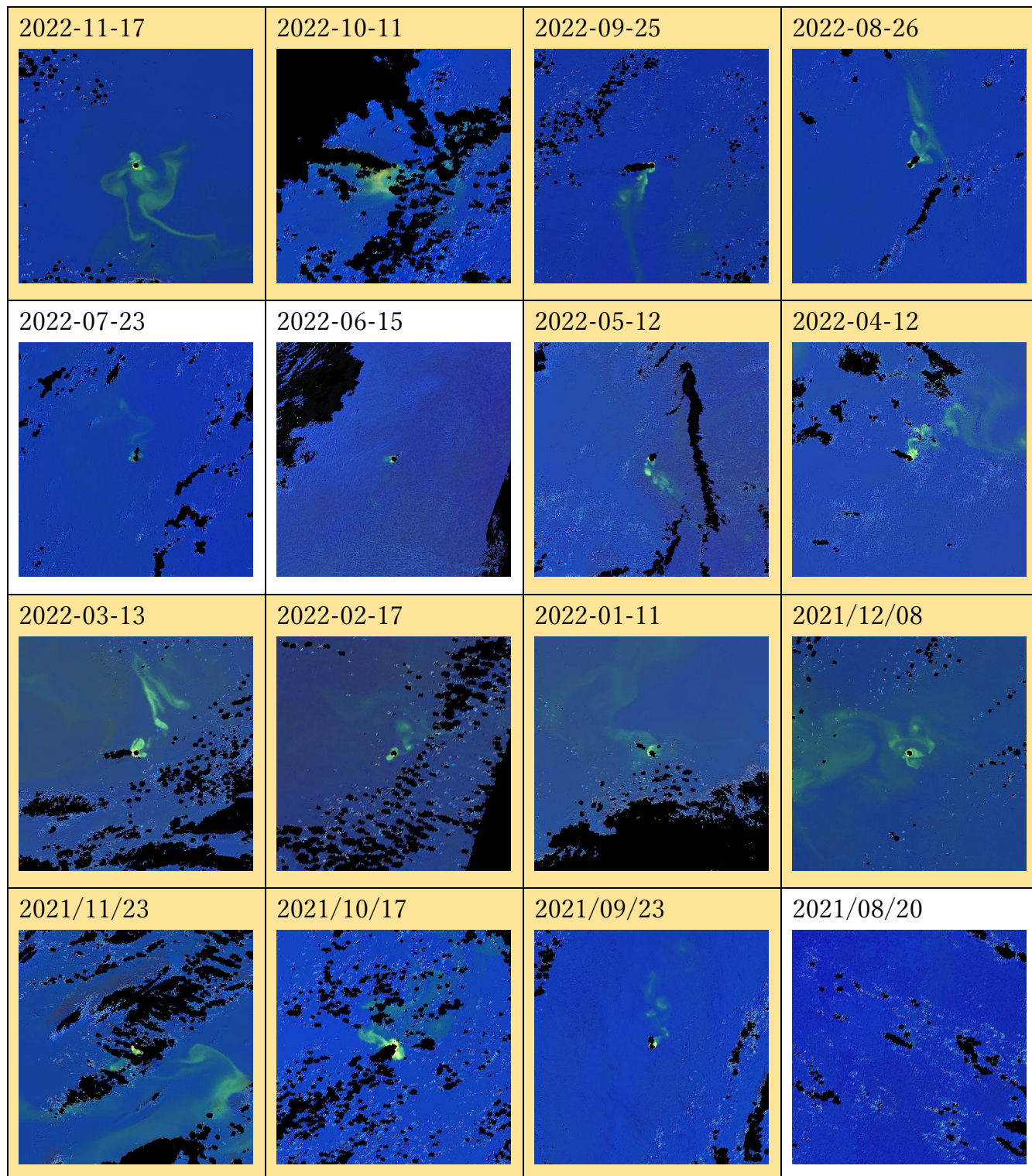
表 2： 航空機観測と衛星観測の特徴比較

観測手段	長所	課題
航空機観測	分解能が高い、曇天でも観測可能	観測視野が限られる
衛星観測	広範囲、高頻度 (GCOM-C は平均 2 日毎) 観測可能 大気や海面の影響を補正し海水のスペクトルを推定	曇天時は観測不可 低分解能

図 2 に、各月の代表的な GCOM-C の可視海色画像を示す。背景が橙色の箇所は図 1 と同様である。ここに示した変色水の増加縮小傾向は、航空機観測ともおおむね一致しているが、衛星と航空機では観測手法や観測範囲に違いがあり (表 2)、変色水を認める範囲が異なっている。

図 2：西之島周辺の GCOM-C 可視海色画像（新しい順に月 1 回掲載）

（色調強調、縦：南北 100km、横：東西 89km を図示、背景色は表 1 に同じ）

元データ配布元：https://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/index_catalog_j.html

海色プロダクト（海面射出放射輝度）の算出手順：

https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/files/ATBD_ocean_ac_murakami_v2_en.pdf

2. 西之島陸域の温度と気温との「温度差」の推移

図 3 に、西之島陸域における、GCOM-C の夜間観測の輝度温度と気温との「温度差」の推移を示す。夜間の地表面温度は気温の影響を受けるが、火山活動による熱により地表面の温度が上昇し、気温との「温度差」を生じる。そこで西之島の火山活動活動の把握に資するものとして、「温度差」の推移に着目した。

①2019 年 12 月の噴火直後は 50°C におよんでいた「温度差」は、②2022 年 4 月以降は噴火前の水準まで下がったが、③2022 年 10 月に最大で約 10°C と再び上昇した。2019 年 12 月よりも規模は小さいものの、火山活動が再び活発化した可能性がある。

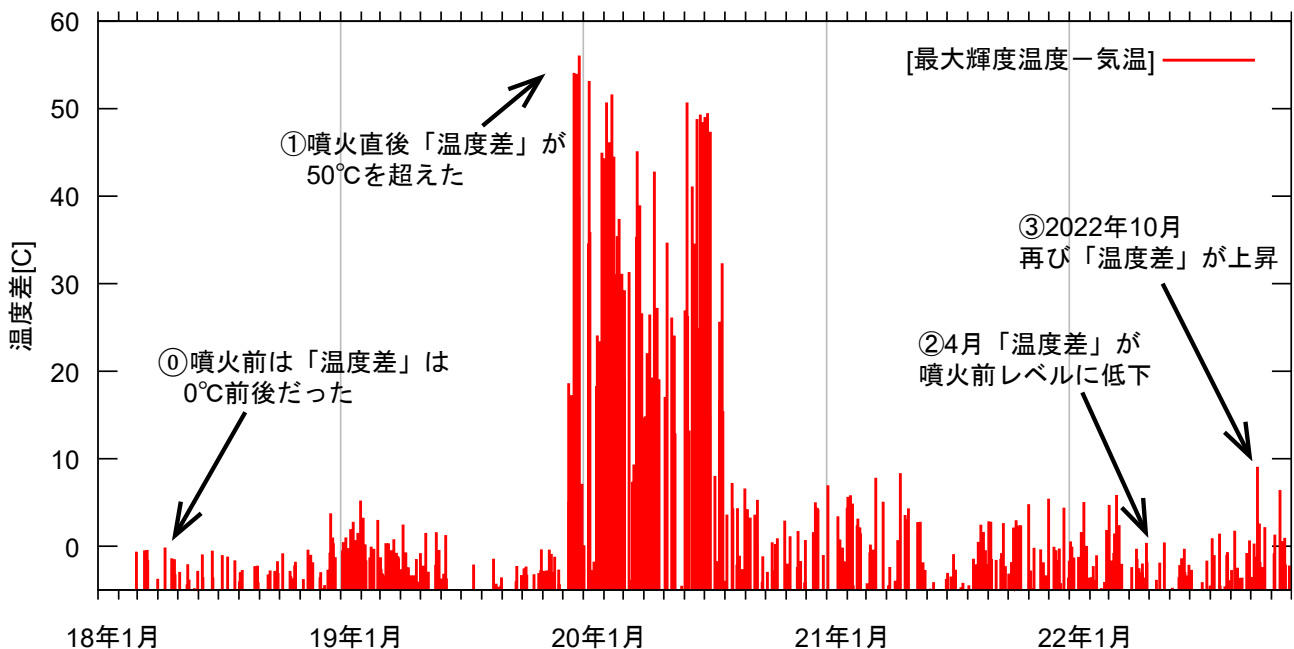


図 3： 西之島陸域の温度と気温の「温度差」の推移

なお、陸域の温度には、GCOM-C で観測した夜間の熱赤外線から推定した輝度温度を用い、気温には JAXA が気象庁から提供を受けた全球数値予報モデル(GSM)の日本域格子点値(GPV)データ (0.2 度グリッド) を使用した輝度温度と気温の温度差を用いた。衛星の熱赤外線輝度にもとづく温度は、季節変動や日々変動が大きく、火山活動による温度差がかき消される。そこで、気温との温度差を用いて、季節変動や日々変動を打ち消し、火山活動由来の熱の変動をとらえやすくしている。

以上

西之島

第 151 回火山噴火予知連絡会

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

海洋研究開発機構が 2022 年 8 月 14 日～27 日に、調査船「よこすか」で実施した西之島の火山観測（YK22-15 航海）の概要を報告します。

調査日と海域 : 2022/8/16～18（西之島）、8/19～24（福徳岡ノ場）

実施機関 : 海洋研究開発機構

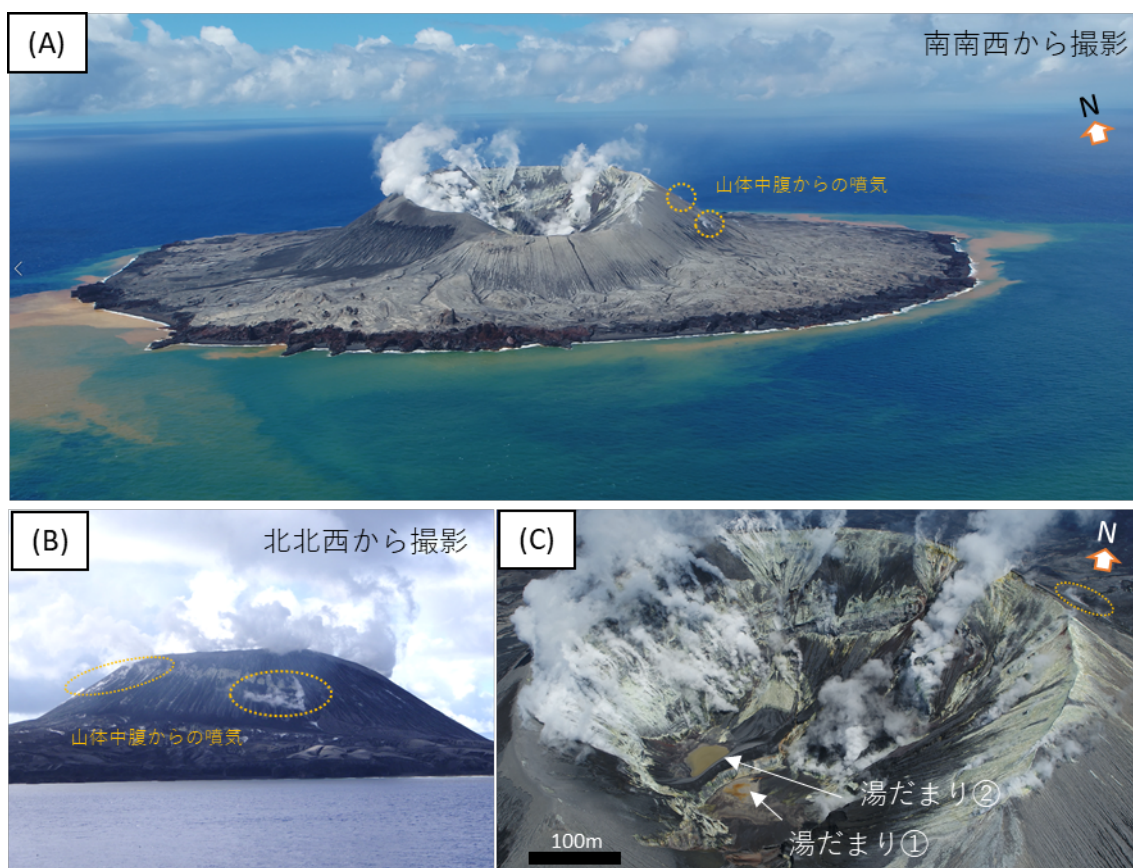


図 1. (A) 南南西から撮影した西之島全体像，2022 年 8 月 16 日にドローンによる空撮。(B) 西之島北西斜面，2022 年 8 月 16 日 8:19 手持ちカメラで船上から撮影。(C) 西之島中央火口近景，2022 年 8 月 16 日にドローンによる空撮

観測期間中の噴火は認められなかったが、中央火口からは白色噴気が連続的に上がっているのが認められた（図 1A-C）。また、火口縁や火砕丘斜面にも噴気が見られ、山体中腹の斜面で、縦筋の方向に白色噴気を出している箇所が認められた（図 1B）。

島のほぼ全周に茶褐色～黄緑色の変色水が分布しており（図 1A）、特に島の北側と南西側で濃い茶褐色のものが分布していた。

火砕丘中央火口の底には海上保安庁の報告（8/15 観察）と同様に湯だまりが確認できた（図 1C）。日本テレビが公開している 7 月 31 日撮影の映像と比較したところ、“赤い池”と表現されていた湯だまり①は赤褐色の水が見られたものの大きさが縮小しており、褐色の湯だまり②は大差ない大きさであった。

気象庁資料に関する補足事項

1. データ利用について

- ・資料は気象庁のほか、以下の機関のデータも利用して作成している。

北海道地方（北方領土を含む）：国土交通省北海道開発局、国土地理院、北海道大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、北海道、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・地質研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

東北地方：国土交通省東北地方整備局、国土地理院、東北大学、弘前大学、北海道大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、青森県及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

関東・中部地方：関東地方整備局、中部地方整備局、国土地理院、東北大学、東京工業大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、長野県、新潟県、山梨県、神奈川県温泉地学研究所及び公益財団法人地震予知総合研究振興会

伊豆・小笠原地方：国土地理院、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、東京都

九州地方・南西諸島：九州地方整備局大隅河川国道事務所、九州地方整備局長崎河川国道事務所（雲仙砂防管理センター）、国土地理院、九州大学、京都大学、鹿児島大学、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、宮崎県、鹿児島県、大分県、十島村、三島村、屋久島町、公益財団法人地震予知総合研究振興会及び阿蘇火山博物館

2. 一元化震源の利用について

- ・2001 年 10 月以降、Hi-net の追加に伴い検知能力が向上している。
- ・2010 年 10 月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
- ・2016 年 4 月 1 日以降の震源では、M の小さな地震は、自動処理による震源を表示している場合がある。自動処理による震源は、震源誤差の大きなものが表示されることがある。
- ・2020 年 9 月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した手法で求められている。

3. 地図の作成について

- ・資料内の地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線・地図画像)』、『数値地図 50m メッシュ (標高)』、『基盤地図情報』及び『電子地形図 (タイル)』を使用した。