

## 2021 年に実施された西之島総合学術調査における火山地質学的知見

長井 雅史<sup>1\*</sup>、前野 深<sup>2</sup>、金子 隆之<sup>2</sup>

### Geological findings in the 2021 Nishinoshima comprehensive scientific research project

Masashi NAGAI<sup>1\*</sup>, Fukashi MAENO<sup>2</sup> & Takayuki KANEKO<sup>2</sup>

1. 防災科学技術研究所 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1)  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 306-0006, Japan.
  2. 東京大学地震研究所 (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)  
Earthquake Research Institute, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-0032, Japan.
- \* mnagai@bosai.go.jp (author for correspondence)

#### 要旨

令和 3 年度の総合学術調査により、2020 年以降の西之島噴火の火砕堆積物の岩相と分布の概略を把握し、予察的な岩石学的分析を行った。2019-2020 年(第 4 期)の噴火活動では、安山岩質溶岩の流出主体の噴火から、玄武岩質安山岩マグマによるバイオレント・ストロンボリ式噴火に変化したことが知られているが、今回の調査では化学組成の変化と噴火様式の変化が同時期であったことがより明瞭になった。また、バイオレント・ストロンボリ式噴火に転じたのちは、脆性的な破碎が特徴的な灰噴火ないし水蒸気マグマ噴火に遷移したことが明らかになった。2021 年 8 月 14 日の噴火も噴出物の特徴が第 4 期火砕堆積物と類似するため、同様な噴火様式であったと考えられる。

#### キーワード

安山岩、火砕堆積物、噴火様式

#### 1. はじめに

西之島は小笠原諸島の西方約 130 km に位置する火山島で、2013 年から始まった噴火活動(第 1 期～第 3 期: 前野ほか、2018; 前野・吉本、2020) で面積を大きく広げた。そして火山島の生成過程だけでなく、人為の影響なく生態系が成立していく過程を観察できる貴重な場所として認知され、2019 年 9 月に総合学術調査が行われた(森

ほか、2020)。その後2019年12月から2020年8月にかけて再び大規模な噴火活動(第4期)があり、溶岩流によって島の面積をさらに広げただけでなく、爆発的な噴火活動によって火砕丘が大きく成長し、全島を厚く火砕堆積物が覆った。このため、西之島の生物相は再び原初の状態に戻った可能性が指摘されている。その後も活発な噴気活動が続き、2021年8月14日には小規模ながら再び噴火が発生した(第5期)。島の大部分が警戒の必要な範囲(火口から1.5 km)とされているため、環境省令和3年度西之島総合学術調査では西之島への上陸はせず、ドローンを活用した遠隔調査を2021年9月3日から9月7日にかけて実施した(図1)。地質班では、調査船上からの観察とドローンによる撮影や試料採取によって、不明な点が多い第4期以降の噴出物の分布や岩相の特徴を把握し、噴火の推移を解明することを主な目的とした。なお、2021年7月の予備調査の際に北海岸で採取された試料(図1)も分析対象とした。

## 2. 調査方法・試料採取方法

地形や地質構造の観察では、島を周回する調査船上から望遠レンズ( $f=150\sim 600$  mm)で撮影した写真やドローン搭載カメラの映像を利用した。ドローン撮影オルソ画像(図1)上で位置を特定できる場合に船上写真の画角と船との距離から大まかな厚さの把握や標高の推定をおこなった。海岸近くの地質断面では、海岸近くを飛ぶドローンに吊り下げられた観測装置や採集器もスケールとして写し込んで利用した。

ドローンによる試料採取では、運航を担当する(株)ヘキサメディアの作成した吸引式試料採集機を利用した。これはマキタ製の電動掃除機VC261DZ(全長約90 cm)で、対象物を掻き乱して吸引しやすくするための突起(釘)またはブラシ付きハンドグラインダーが口元に取り付けてあるものである(図2)。これをドローンからロープで吊り下げて試料採集地点まで飛行させ、試料採集機の自重を利用して吸引口を地表に押し付けて吸引する。傾斜している露頭面であれば試料採集機を垂直に下ろすことで堆積物を層準ごとに採取することが可能である。飛行中は電源スイッチを投入したままなので、余計なものが吸い込まれないように留意する必要がある。この吸引機により、火砕堆積物試料などの地質試料の採取(4地点;図1)を実施し、そのうち1地点で堆積物の内部と表層部の試料の採取を行なった(図2c, 2d)。そのほかに海鳥繁殖地などの生物サンプリング(計4地点;図1)においてもスコリア礫などの岩石試料が採取された。これらの試料採取時の吸引堆積物量は最大で2.5 kg、スコリア礫の最大径は長径3.5 cmであった。また、ドローンにより回収された生態観測用のデータロガー(4地点に設置;図1)にも火山灰が付着していたので、それらも参考試料とした。

## 3. 堆積物の分布

### 3-1 西之島の地形地質概要

調査時の西之島は直径約2.3 kmの円形で、地形的には中央部の火砕丘とそれを取り

巻く溶岩原で構成されている(図1, 図3)。火砕丘は底径1 km程度、比高150 m程度、主火口の直径540 m程度で、南側に底径550 m程度、直径350 m程度の火口を持つ別の火砕丘が接合してだるま形になっている。最高点は海拔250 m前後である。火砕丘斜面は傾斜30°前後の直線的な安息角斜面で構成されており、表面には細いガリーが多数形成されている。火口内にも崖錐斜面が形成されているが、火口壁の中部には赤褐色の成層した粗粒火砕堆積物が露出し岩塔や垂直な壁となっている(図4a~4c)。この部分は溶結している可能性がある。その上部は次第に15~20m程度の厚さがある暗灰色の未固結の粗粒火砕堆積物に移り変わり、さらに上位には厚さ2~5m程度の灰色の細かく成層した火山灰層が覆っている(図4a, 4c)。7月予備調査時に比べて主火口内の北半分は深い窪地になっており、南半分は埋積された緩やかな斜面になっている(図4d)。これらの地形変化は2021年8月14日噴火(第5期)の火口と火口近傍の堆積物の形成によると考えられる。

山麓の溶岩原は火砕丘北麓で海拔100 m程度の高さがある。Kaneko *et al.*(2022) などによると、2015年(第1期)ないし2017年(第2期)の溶岩流からなる北西・北東・南東の海岸付近の一部を除き大部分が第4期の溶岩流からなると考えられる(図5)。表面は第4期の火砕堆積物で厚く覆われているが、下位の溶岩流地形を反映した凹凸のある地形となっており、ローブ地形の境目に発達したガリーの谷底に溶岩が露出することも多い。海岸では海食崖の指状の溶岩流の断面が観察でき、前野・吉本(2020)が記載したような放射状と同心円状の割れ目の発達が見られる場合がある(図4e)。火砕丘の南側の厚い溶岩流の上には火砕岩からなる大小様々な突起が露出しており、最も大きなものは20 m近い比高を持つ(図4f)。これは溶岩流によって運ばれた火砕丘の断片(スコリアラフト)と考えられている。

噴出物に由来する再堆積物としては、土石流ないし河川成の砂礫質な堆積物が火砕丘の麓に接してまとまって分布し、ガリーの谷底や周囲の平坦地にも小規模に存在している。海岸では溶岩流の岬の間の入り江状の場所に砂礫が堆積し小規模な浜が形成されている。火砕丘東側斜面にはやや古い斜面崩壊地形(図1)があり、周辺の稜線には亀裂が発達している。のちに述べるように急峻な火口壁の崩壊も発生している。風による火山灰の再移動も頻繁に起きており、風下側の火口縁の稜線付近から溶岩原末端部までの広い範囲でしばしばつむじ風が発生し、表層の火山灰が巻き上げられていた。

噴気活動は活発であり地表に白色や黄色の析出物が付着している、噴気活動は火口内だけでなく、北側から東側にかけての溶岩源でも活発である(図3c, 4g, 4h)。ガリー内部や堆積物表面の割れ目などを通じて白色噴気が噴出している。目立った噴気が無くとも表面に析出物が付着していることも多い。しばしば噴出物表面が暗色になっているが、水蒸気が地下から浸透し、地表付近で凝結したために噴出物が湿気を帯びているものと考えられる。海岸近傍の海中では褐色~青緑色の変色水が湧出している

(図 1, 4i)。特に南西部や南東部海岸で顕著である。湧出点は直接確認できないが、周囲の溶岩の表面はしばしば褐色～赤褐色に変色している(図 4i)。今回変色水の採集・分析は行っていないが、小坂ほか(1996)などによれば海底火山活動において褐色の変色水は Fe や Al を多く含んでおり、火山活動度が高い状態で現れるとされている。

### 3-2. 溶岩原上の第 4 期火砕堆積物の分布

溶岩原上の第 4 期の火砕堆積物の層厚は北部で厚く海岸部で 5 m、南部では 1 m 程である(図 6a, 6b)。断面では全体に成層構造が認められ、下位の溶岩の作る凹凸地形に対してマントルベディングしているため、大部分は降下火砕堆積物であるとみられる。図 5 の等層厚線より噴出量を Hayakawa(1985)の方法によって概算すると約 0.14 km<sup>3</sup>である。堆積物の下部は暗色を呈し粗粒でスコリア(北部で長径 3-4 cm 程度の大きさ)を含む。上部は明灰色で成層構造が顕著な火山灰層からなる傾向がある(図 2c, 6c)。上部の成層構造が発達した部分は北部では全体の 1/10～1/3 程度の層厚であるが、南部では第 4 期火砕堆積物の大部分を占めていると考えられる(図 6b)。

上部の火山灰層の表面は脆性的な割れ目が生じる程度に弱く固結しており、直線状や円弧状のひび割れが多数形成されている(図 6d, 6e)。これらは谷壁に平行な最大傾斜方向に直角なものが多く、谷に向かって滑る重力的な変形で生じたものと考えられる。火砕堆積物表面に噴石(弾道岩塊)の可能性のある岩塊が存在するが(図 6f)、明瞭な着弾クレーター地形は確認できないことが多い。一方で着弾クレーターに類似する小さな窪地が存在する(図 6e)。これらは岩塊の着弾以外にも下位の溶岩のクリンカー一部などにある空隙へ表層の火山灰が落ち込んだ結果生じた陥没孔が含まれると考えられる。

火砕丘の構成火砕物と溶岩原上の堆積物の関係は直接にはほとんど確認できないが、岩相の類似性から下部の粗粒な層は火口壁の赤褐色固結～未固結火砕堆積物の部分、上部の成層火山灰層は火口縁の成層火山灰層に対比される可能性が高い。

### 3-3. 第 5 期 2021 年 8 月 14 日噴火噴出物の分布

2021 年 8 月 14 日噴火の発生は気象衛星の観測画像により検知された(気象庁地震火山部火山監視・警報センター、2021)。7 月に西側の溶岩原上の海鳥繁殖地に設置された残置カメラ(図 1, 5)のタイムラプス画像(撮影間隔約 20 秒)には噴火の様子が記録されていた(図 7)。夜明けにより画像上で山の輪郭が確認できるようになった 4:20 頃には既に噴煙が上昇しており、17 時頃まで強弱を交えつつほぼ連続的に噴煙が上昇していた。その後は噴煙上昇の勢いが弱まるとともに断続的になり、17:30 頃には一旦ほぼ終了した。18:05 頃に再度噴煙が上がったが 5 分程度でおさまり、その後は日暮れにより山の輪郭が確認できなくなる 19 時頃までの間に顕著な噴煙の存在は認められなかった。噴火の間、噴煙は一貫して火砕丘の左側(北側)に流れていた。手前の火

砕丘西斜面には噴石の落下および転動によると考えられる土煙が時折認められた（図 7）。東側の溶岩原上の海鳥繁殖地にも残置カメラが設置されていたが（図 1, 5）、こちらはレンズが海側を向いていたため噴火の映像はない。どちらの残置カメラ画像にも設置地点での降灰を示唆するような画像は得られなかった。

噴出物は、第 4 期火山灰層の固結した表面もしくは浸食面を覆っている、未固結で表面が滑らかな細粒火山灰層が対応すると考えられる。ガリーの谷底にも明瞭な浸食跡がないので（図 8a）、噴火後調査時までには顕著な降雨や暴風の影響を受けていないとみられる。正確な層厚分布は判明していないが、島の南部や東西海岸部には存在せず、北北西方向に厚く（図 5）、写真観察では火砕丘北麓付近で恐らく 10 cm を超えており（図 8b）、北海岸付近で 5 cm 前後の層厚で堆積していると考えられる（図 6a）。火砕丘の主火口内には厚く存在するようであるが（図 4d, 8c）、火砕丘の北斜面では 7 月の予備調査時にあった崖地形などがほぼそのまま残っており、あまり厚くはないとみられる（図 8d）。降下火砕堆積物であると考えられるので図 5 の等層厚線より噴出量を Hayakawa(1985)の方法によって概算すると約 0.0005 km<sup>3</sup>である。この噴火によるとみられる噴石の着弾クレーターや転動跡は少なくとも火砕丘北側斜面上部で認められる（図 8e）。残置カメラ映像には西斜面を転動する噴石の発する土煙が写っているので、実際には火砕丘斜面の全周に噴石の落下があった可能性がある。一方、火砕丘南西麓にも着弾クレーターの放出物が残存しているように見える新鮮な窪みが複数認められるが（図 8f）、残置カメラ映像では距離が遠いこともあり、この方面への噴石の落下を示すような土煙の発生などの現象は確認できていない。

### 3-4. 調査中の噴火活動

調査中にごく小規模な火山灰を含む噴煙の発生や火山灰の調査船への堆積があった。必ずしもすべてが噴火現象によるものではないが、西之島における物質移動の実態を示すものとして重要であるので以下に概要を報告する。

#### 3-4-1. 9月3日の崩落による噴煙発生

9月3日12時20分頃に赤褐色の噴煙が主火口から拡散し、火口上200m程度の高さまで達し北側に流れた（図 9a, 9b）。その後の観察で北側火口壁の赤褐色粗粒火砕堆積物の絶壁に崩落した痕跡が確認されたことから（図 9c, 5）、崩落で舞い上がった土埃状の煙であり噴火は発生しなかった可能性が高い。

#### 3-4-2. 9月4日夜～9月5日朝の火山灰の飛散

9月4日夕方から9月5日の朝7:30までの間に、西之島の北方（火口から約2km）に停泊していた調査船に、凝集した火山灰が付着した（図 9d）。この間南風が強かったので、島の表層部から二次的に舞い上がった火山灰である可能性がある。

### 3-4-3. 9月5日の連続噴煙

9月5日の7:55頃から主火口北東部に褐色の薄い火山灰噴煙が確認された(図9e)。噴煙は継続的に存在し、9時前から10時半頃まで勢いが強く最高で火口上300m程度まで到達した(図9f)。13時頃まで弱く断続し、その後夕方まで時折薄い噴煙の存在が認められた。噴出口は少なくとも2ヶ所に分かれて存在していた(図5)。主に噴出した方は8月14日火口内にあり、噴火中に撮影されたドローン撮影画像では噴煙を放出する小噴出孔が数個存在していた(図9g)。もう1ヶ所は主火口の火口壁上部にあり(図9h)、火山灰噴煙の噴出は断続的で、周辺の噴気孔と同様に白煙を上げることもあった。これらの火口はおおまかに北北東-南南西方向に配列しており(図5)、この方向に伸びる割れ目から噴出したものとみられる。

## 4. 噴出物の岩石学的検討

### 4-1. 白色析出物の鉱物同定

第4期の火砕堆積物表面を覆う白色析出物について粉末XRD定性分析による構成鉱物の同定をおこなった。試料は7月予備調査時に北海岸で上陸採取されたもの(図1のKK174)と9月本調査の南海岸でドローンにより採取されたもの(図1のNsG21090501, 図6b)である。どちらの試料も堆積物表面を薄く覆っていたものを堆積物ごとまとめて採取したものであり、分離しきれない火山灰粒子も試料に混入している。粉末化にはアセトン浸潤下でめのう乳鉢を用いて搗り潰した。測定には防災科研設置のRIGAKU製MiniFlex 600を使用した。測定条件は、Cu 対陰極管球を使用し電圧40kV、電流15mA、スキャンステップは0.02°、スキャン速度は2°/分、試料ホルダにはSi無反射板を使用した。測定の結果、混入火山灰由来と考えられる斜長石を除くと、岩塩(NaCl)が多く含まれており、その他に少量の石膏(CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O)や半水石膏(CaSO<sub>4</sub>・0.5H<sub>2</sub>O)が検出された(図10)。

### 4-2. 火山灰粒子の顕微鏡観察

代表的な噴出物試料について顕微鏡観察をおこなった。第4期噴出物については北西海岸露頭(図2c)で下部と上部に分けて採取された試料(図1のNsG21090601LとNsG21090601U)と南西山腹で採取された上部試料(図1のNsG21090401)を主に使用した。第5期8月14日噴出物については北山腹で採取された試料(NsG21090402)を使用した。

肉眼的には、いずれも火山灰サイズの粒子が多いが、第4期下部試料には3cm程度までのフレーク状や不定形状のスコリア礫が含まれる(図11a, 11b)。第4期上部試料には直径2~3mm程度の火山豆石(図11c)やセメント物質で硬結した火山灰からなる粒子も認められる。洗浄した直径約125-500μmの火山灰粒子について実体顕微鏡と

走査型電子顕微鏡を用いて観察した（図 11d～11i）。その結果、以下のような粒子が識別された。

ガラス質岩片：本質物質である可能性が高い、新鮮な褐色透明や黒色のガラス質粒子で、ブロック状や不定形スコリア状の形態をしているもの。発泡度は様々で液滴状の形態のものはほとんどなく、また急冷破碎の証拠となるような表面構造もほとんど観察されていない。結晶度は比較的高く針状ないし長柱状のマイクロライトが多く含まれる。

弱く変質したガラス質岩片：黒色不透明のブロック状、スコリア状のガラス質岩片で脱ガラス化が進んで表面に淡灰色や黄褐色の被膜が生じていたり全体的に赤褐色に酸化しているもの。

強変質岩片：ほぼ変質鉱物からなる粒子。白色や黄褐色を呈するものが多い。

石質岩片：溶岩などの結晶度の高い岩片。

結晶片：斜長石、カンラン石、単斜輝石、直方輝石、鉄チタン酸化物が確認された。

直径約 250-500 $\mu\text{m}$  の粒子について構成比を求めた結果（表 1）、第 4 期下部試料では 40%が新鮮なガラス質岩片で、ほぼ同量の弱く変質したガラス質岩片が含まれていた。残りの 20%近くは石質岩片で、結晶片や強変質岩片は合わせて数%以下であった。上部試料では新鮮なガラス質岩片が 20%程度と少なく、代わりに石質岩片が多い傾向にあった。8 月 14 日噴火試料も第 4 期上部に似ているが、弱く変質したガラス質岩片が 60%近く含まれていた。新鮮なガラス質岩片の内訳（表 1）では、いずれの試料においても褐色スコリア岩片は数%程度しかなく、黒色のスコリア質岩片とブロック状岩片が等量程度含まれていた。

#### 4-3. 石基ガラス化学組成

マグマ液体部分の組成変化を調べるため、顕微鏡観察で使用した試料について、250 $\mu\text{m}$  以下の新鮮なガラス質岩片の石基ガラスの主成分組成を測定した。測定には防災科学技術研究所設置の日本電子製走査型電子顕微鏡 JSM-IT500 と OXFORD 製 EDS 分析装置 Ultim MAX65 を使用した。測定条件は印加電圧 15 kV、電流 0.5 nA、測定範囲 5  $\mu\text{m}$  角、測定時間 40 秒である。その結果、いずれの試料も石基ガラスは 2018 年以前の噴出物に比べて苦鉄質な傾向にあり、 $\text{SiO}_2=58\sim 59\text{ wt}\%$ 付近と  $62\sim 65\text{ wt}\%$ に集中する（表 2、図 12）。これらの特徴は 2020 年 7 月 20 日に気象庁の調査船で採取された降下火山灰試料に類似している。なお、 $\text{SiO}_2$  量が低い粒子は発泡度が高く結晶度が低く、高い粒子は気泡に乏しくブロック状で、結晶度がやや高い傾向がある。

#### 4-4. 全岩化学組成

マグマ組成の変化を推定するため、北西部の第 4 期火砕堆積物の下部試料から比較的新鮮なスコリア礫 3 個、北東部の土壌採取時の試料から流水によって移動した再堆

積物と考えられる赤褐色のスコリア礫 1 個の全岩化学組成を測定した。7 月予備調査時に北海岸で採取された第 4 期の溶岩、スコリア礫、噴石として定置した類質岩片の可能性が高い岩塊も測定した。これらは原則として 1 個の試料から 1 分析試料を作製したが、細粒なスコリア礫については数個の礫をまとめて粉末化して 1 分析試料とした。測定方法は 1:5 ガラスビード試料による蛍光 X 線分析とし、測定には東京大学地震研究所設置 RIGAKU 製 ZSX Primus II を用いた。試料作製条件や測定条件は外西ほか (2015) による。

主成分についての分析結果を表 3 に示す。スコリア礫は 7 月に気象庁の調査船で採取された試料とほぼ同じ玄武岩質安山岩の組成を示した (図 13)。2020 年 5 月頃の噴出とみられる溶岩流試料や類質岩片の可能性が高い火山弾 (?) 試料は第 3 期までの噴出物と類似した安山岩であった。

## 5. 議論

### 5-1. 噴出物の噴出時期と噴火様式

Kaneko *et al.*(2022)は第 4 期の噴火経緯をまとめ、溶岩流出が主で火砕丘の成長が伴われた時期をステージ 1、バイオレント・ストロンボリ式噴火 (violent Strombolian) が主体となり、火砕丘が成長したステージ 2、火砕丘の成長が停滞し、水蒸気マグマ噴火によって火口が拡大したステージ 3 に区分した。火砕丘体積の大部分を占めている赤色酸化した粗粒火砕堆積物はステージ 2 の前半の 2020 年の 6 月中旬から 7 月初頭までのバイオレント・ストロンボリ式噴火で赤熱した噴出物が激しく放出され、火砕丘が急激に成長していた活動に対比されると考えられる。赤色酸化した粗粒火砕堆積物の上位は未固結の粗粒火砕堆積物に遷移している。これは次第により破砕度や分散度の高い噴火へと変化したことを示しており、ステージ 2 後半のかなり火山灰を含んだ噴煙の放出に対応していると考えられる。これまでステージ 2 の噴火中に得られた試料は 7 月 11 日と 7 月 20 日に気象庁の調査船に降下したもの (柳澤ほか、2020) で、褐色や黒色の発泡度の高い不定形状のガラス質火山灰粒子を主体としていてバイオレント・ストロンボリ式噴出物としては典型的なものと考えることができる。今回山麓部で採取された試料でステージ 2 噴出物と考えられるのは第 4 期火砕堆積物の下部層である。これは発泡のよいスコリア礫を含むものの、火山灰サイズの粒子においては発泡度が低く黒色ブロック状のガラス質火山灰粒子がかなり含まれている。この試料の採集地点(北西海岸)での顕著な降灰は Kaneko *et al.*(2022)によると 7 月中旬頃以降である。さらに採集地点の下部層全体の半分程度の厚さの部分から採取されたことを勘案すると、おそらく調査船に降下した試料よりも後の 7 月下旬の噴出物であると考えられる。

褐色と黒色のガラス質本質粒子の共存はしばしば苦鉄質マグマの噴火ではみとめられ (Taddeucci *et al.*, 2002 や Miyabuchi & Hara, 2019 など)、黒色でブロック状のガラス



質火山灰粒子はより脱ガスと結晶化が進み粘度が高くなったマグマの脆性的な破碎により生じていると考えられている。また弱く変質したガラス質粒子は recycled ash (D'Oriano *et al.*, 2014) に相当すると考えられ、一旦火口近傍に堆積した火砕物粒子が再び大量に放出されていることを示す。このことは山体の破壊を伴った噴火であったことを示唆する。7月下旬には通常のバイオレント・ストロンボリ式噴火よりもマグマの結晶度が高く、より脆性的な破碎が起きる噴火へと変化していたことが示唆される。

火口壁最上位の互層状の火山灰層の部分は安息角斜面を薄く覆う可能性が高く、火砕丘の成長にはあまり寄与していない。火砕丘の大きさがほぼ変わらず、一方で火口の拡大が進んだ Kaneko *et al.*(2022)のステージ3の活動で7月末ごろから8月中旬にかけて形成されたと考えられる。これに対応する山麓の堆積物は火砕堆積物上部層である可能性が高い。上部層に火山豆石が含まれ、また広い範囲で表面が固結していることは、三宅島2000年噴火の際に水蒸気ないし水蒸気マグマ噴火で生じた凝集火山灰粒子を多く含む細粒火山灰層が降雨後に泡入り火山灰に変化し固結したこと(中田ほか、2001)と類似している。また下部層よりも山体構成物の混入割合が増加したとみられる。これらの特徴は、Kaneko *et al.*(2022)がステージ3は水蒸気マグマ噴火の時期と考えることと整合的である。ただし、ガラス質粒子に急冷破碎の組織などが確認されていないなどの点でマグマと水の接触の証拠があまり明瞭でないので、ash eruption (灰噴火:小野ほか、1995 ; Ono *et al.*, 1995) に相当する可能性もある。

今回の調査結果はステージ2の途中から灰噴火ないし水蒸気マグマ噴火への遷移が生じていたことを示唆している。第5期(8月14日)の活動も、第4期上部の火山灰と構成物が類似していることから、同様に灰噴火か水蒸気マグマ噴火であった可能性が高い。マグマ-水相互作用は噴火の爆発性を大きく左右すると考えられているので、西之島の噴火様式の遷移において外来水の果たした役割を今後明確にすることは非常に重要である。

## 5-2. マグマ組成の時間変化

全岩化学組成では第4期ステージ1の2020年5月頃の噴出の溶岩と6月以降の噴出と考えられるステージ2のスコリア礫では組成が異なり、マグマは第3期までと同様な安山岩組成から玄武岩質安山岩組成に変化している。火山灰粒子の火山ガラス化学組成も第4期では玄武岩質安山岩組成のガラスが主体的になっている。Kaneko *et al.*(2022)は深部から供給された揮発性成分に富む苦鉄質マグマが浅部マグマだまりに注入し、安山岩質マグマを押し出すことでステージ1末期に噴出率が上がりはじめ、ステージ2にはいつて揮発性成分に富むマグマ自体が噴出することで爆発的な噴火になったと考えており、今回得られた試料の示唆する経時的組成変化はこの考えと調和的である。なお、火山ガラスには従来の組成に近い安山岩質のものも含まれているが、

これらは混合後の噴出マグマに不均質があった可能性や、マグマの局所的な結晶化によりメルト組成の分化が進んだ可能性がある。第 5 期については粗粒な噴出物が確保されていないので全岩組成が不明であるが、火山ガラス組成は第 4 期火山灰と同様の特徴をもつので、マグマ組成も苦鉄質なままで維持されていた可能性が高い。

## 6. まとめ

令和 3 年度の総合学術調査により、2020 年以降の西之島噴火の火砕堆積物の岩相と分布の概略を確認することができ、少数ながら試料も採取できた。2019-2020 年の第 4 期の噴火活動では、安山岩質溶岩流出主体の噴火から、玄武岩質安山岩マグマによるバイオレント・ストロンボリ式噴火に変化したことが知られているが、今回の調査では化学組成の変化と噴火様式の変化が同時期であったことがより明瞭になった。また、バイオレント・ストロンボリ式噴火に転じたのちは、脆性的な破砕が特徴的な灰噴火ないし水蒸気マグマ噴火に遷移したことが明らかになった。第 5 期（2021 年 8 月 14 日）噴火も規模は小さいが噴出物の特徴が第 4 期と類似するため、同様に灰噴火ないし水蒸気マグマ噴火であったと考えられる。

調査中にも小規模な火山灰噴煙を噴出する噴火が確認された。火口だけでなく山麓溶岩原での噴気活動や海岸付近での変色水湧出も活発であり、以前の噴火期よりも地下の熱水系が発達した状態にあると考えられる。

今回の予察的な調査により、噴出物の性質と経時変化の概要は把握されたが、具体的に変化のメカニズムを推定するには情報が不足している。今後は上陸調査などで近接した露頭観察により、詳細な層序区分を行い、時間分解能の高い試料セットを取得してマグマの生成・上昇・噴出のメカニズムの解明を進める必要がある。西之島の火山活動は島弧における火山島の成長と、そこに形成される生態系の発展の場としての役割について普遍的な理解を得るために役立つと考えられるので、定期的な調査と解析研究が実施できる体制を維持する必要がある。

## 7. 謝辞

本研究は環境省が主催した令和 3 年度西之島総合学術調査によって行われたものである。調査を実施するにあたり関係各機関に多大な便宜を図って頂いた。森林総合研究所の川上 和人氏と自然環境研究センターの森 英章氏には予備調査で採取された試料と関係資料を提供して頂いた。株式会社ヘキサメディアの野口 克也氏にはドローンを利用した遠隔試料採取を実施して頂いた。自然環境研究センターの港 隆一氏とNHK の撮影チームの皆様には貴重な映像資料を提供して頂いた。東京大学地震研究所の安田 敦氏と外西 奈津美氏には岩石試料の分析で協力を頂いた。以上の方々にして感謝の意を表す。

## 8. 引用文献

- D'Orlando C, Bertagnini A, Cioni R & Pompilio M (2014) Identifying recycled ash in basaltic eruptions. *Scientific Reports* 4: 5851. DOI:10.1038/srep05851.
- Hayakawa Y (1985) Pyroclastic geology of Towada Volcano. *Bulletin of the Earthquake Research Institute* 60: 507–592.
- 外西 奈津美・安田 敦・中田 節也 (2015) ガラスビード法による蛍光 X 線分析装置 (XRF) を用いた珪酸塩岩石の主・微量成分分析. 地震研究所彙報 90: 1-14.
- Kaneko T, Maeno F, Ichihara M, Yasuda A, Ohminato T, Nogami K, Nakada S, Honda Y & Murakami H (2022) Episode 4 (2019–2020) Nishinoshima activity: abrupt transitions in the eruptive style observed by image datasets from multiple satellites. *Earth, Planets and Space* 74: 34. DOI:10.1186/s40623-022-01578-6.
- 気象庁地震火山部火山監視・警報センター (2021) 西之島の火山活動解説資料 (令和3年8月). 6p.  
[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/tokyo/21m08/326\\_21m08.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/21m08/326_21m08.pdf) (最終閲覧日: 2023年1月19日)
- 前野 深・安田 敦・中野 俊・吉本 充宏・大湊 隆雄・渡邊 篤志・金子 隆之・中田 節也・武尾 実 (2018) 噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス. 海洋理工学会誌 24: 35-44.
- 前野 深・吉本 充宏 (2020) 西之島の噴火による地形・地質・噴出物の特徴とその変化. 小笠原研究 46: 37-51.
- Miyabuchi Y & Hara C (2019) Temporal variations in discharge rate and component characteristics of tephra-fall deposits during the 2014–2015 eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano, Japan. *Earth, Planets and Space* 71: 44.  
DOI:10.1186/s40623-019-1018-6.
- 森 英章・港 隆一・小山田 佑輔・川上 和人・大湊 隆雄・向 哲嗣・川口 大朗・高嶺 春夫・永野 裕・寺田 剛・日高 裕華・安齊 友巳・菅野 康祐・横山 直人 (2020) 第1回西之島総合学術調査の概略. 小笠原研究 46: 1-35.
- 中田 節也・長井 雅史・安田 敦・嶋野 岳人・下司 信夫・大野 希一・秋政 貴子・金子 隆之・藤井 敏嗣 (2001) 三宅島 2000 年噴火の経緯—山頂陥没口と噴出物の特徴—. 地学雑誌 110: 168-180.
- Ono, K, Watanabe K, Hoshizumi H & Ikebe S (1995) Ash eruption of the Naka-dake crater, Aso volcano, southwestern Japan, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 66: 137-148.
- 小野 晃司・渡辺 一徳・星住 英夫・高田 英樹・池辺 伸一郎 (1995) 阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物. 火山 40: 133-151.
- 小坂 丈予・平林 順一・野上 健治・土出 昌一・足立 紀佳 (1996) 福徳岡ノ場海底火

山活動に伴う変色海水—海底火山活動の指標としての変色海水—, 火山 41: 107-113.

Taddeucci J, Pompilio M & Scarlato P (2002) Monitoring the explosive activity of the July–August 2001 eruption of Mt. Etna (Italy) by ash characterization. *Geophysical Research Letters* 29: 71-1-71-4. DOI:10.1029/2001GL014372.

柳澤 宏彰・飯野 英樹・安藤 忍・高木 朗充・及川 輝樹 (2020) 西之島の2020年6～8月のバイオレント・ストロンボリ式噴火. 火山 65: 119-124.

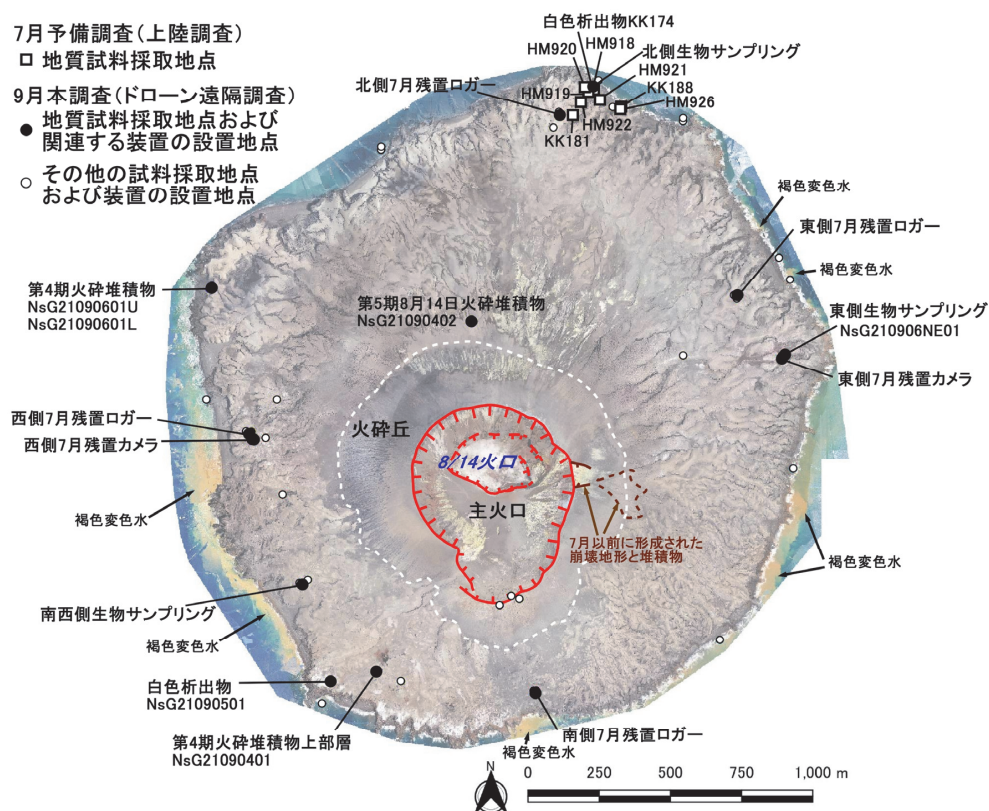


図1. 西之島のオルソ画像

株式会社ヘキサメディアによって2021年9月3日に撮影・作成されたオルソ画像を使用し、地質関連の試料採集位置を示した。

Figure 1. Location map of Nishinoshima Island

The location of geological samples and related observation sites are shown on an orthomosaic photograph generated from drone flight images taken on September 3, 2021 by HEXaMedia Inc.

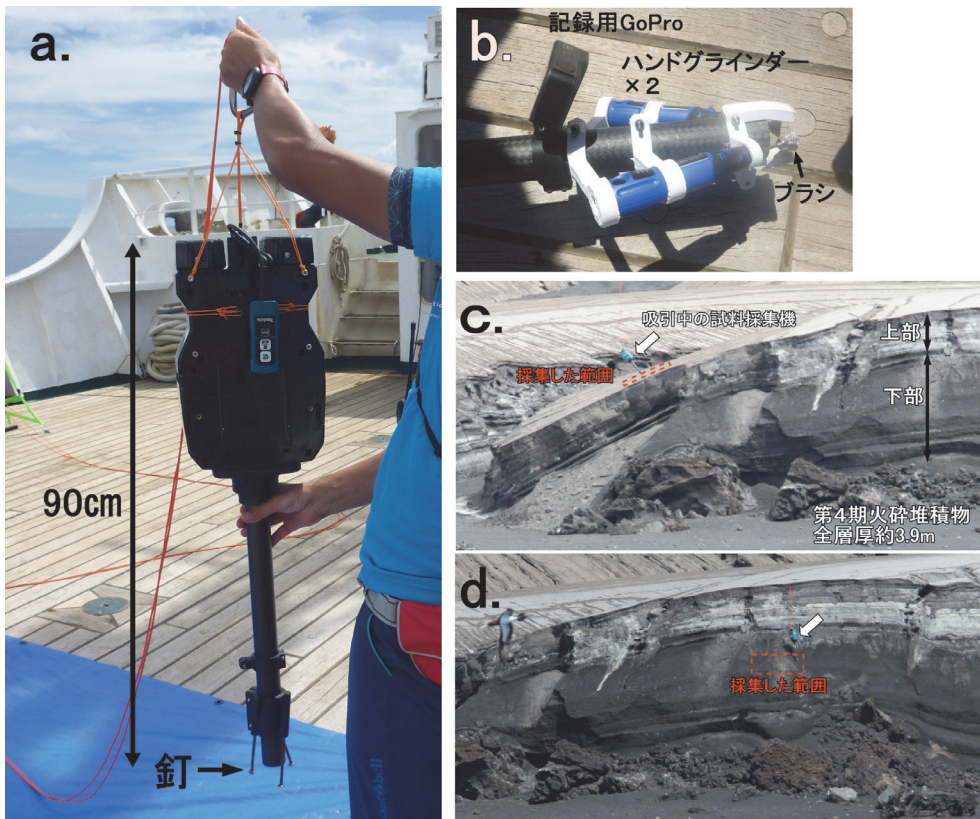


図2 吸引式試料採集装置の概要

(a) 採集装置全景。口元に釘を装着した状態。(b) 口元にブラシを装着した状態。(c) 北西海岸における試料NsG21090601Uの採取状況。(d) 北西海岸における試料NsG21090601Lの採取状況。

Figure 2. Overview of the suction-type sampling device

(a) Full view of the sampling device. Nails are attached to the mouth to collect the deposit more easily by disturbing the surface. (b) Two hand grinders with brushes attached to the mouth of the sampling device to collect powdery deposits. (c) Collection of the geologic sample (No. NsG21090601U) from the upper part of the Episode 4 pyroclastic deposit on the northwest coast using the sampling device. (d) Collection of the geologic sample (No. NsG21090601L) from the upper part of the Episode 4 pyroclastic deposit on the northwest coast using the sampling device.

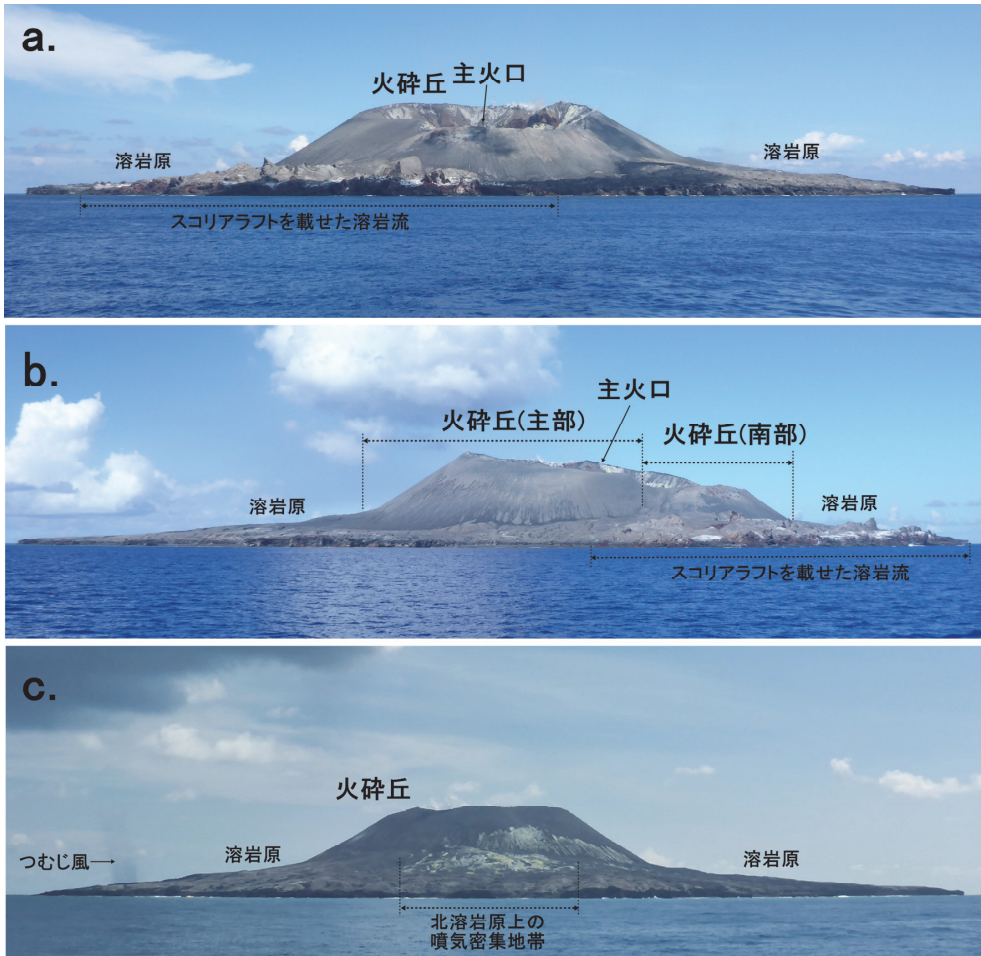


図3 西之島全景

(a) 南側から撮影。(b) 西側から撮影。(c) 北側から撮影。

Figure 3. Overall view of Nishinoshima Island

Taken from the (a) south, (b) west, and (c) north sides.

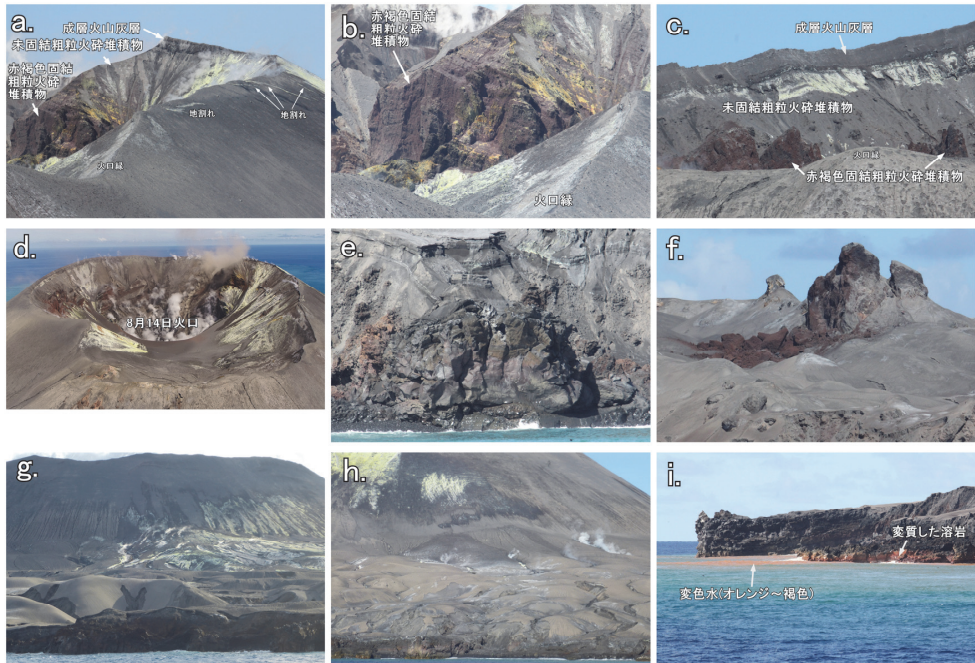


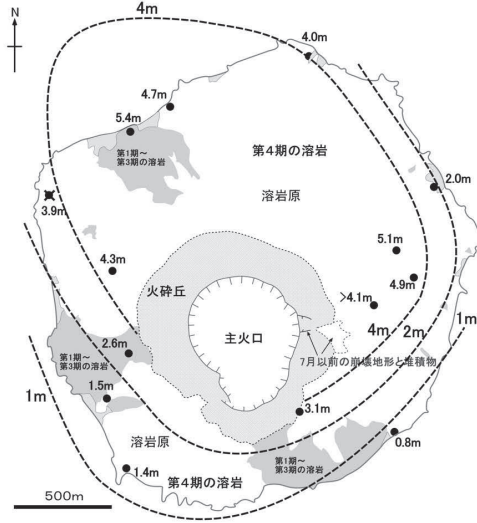
図4 西之島概況写真(1)

(a) 北側火口壁に露出する火砕丘構成堆積物。(b) 固結した粗粒火砕堆積物部分の拡大。(c) 西側火口壁に露出する火砕丘構成堆積物。(d) 主火口内の状況。(e) 北東海岸海食崖の溶岩流断面。(f) 南側溶岩原に突出する大型のスコリアラフト。側面が崩落している。(g) 北側溶岩原上の噴気群。(h) 東側溶岩原上の噴気群。(i) 南東海岸の変色水と変質した溶岩流。

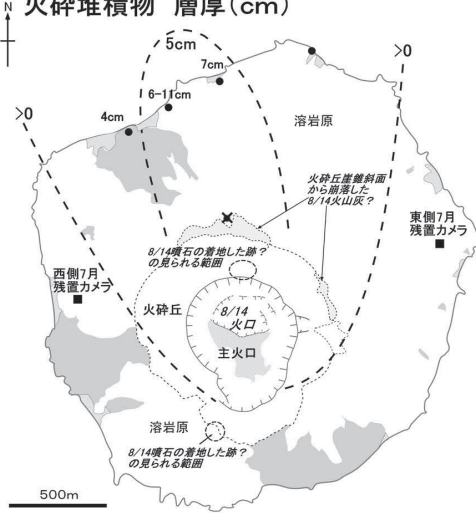
Figure 4. Selected photographs of Nishinoshima Island (1)

(a) Pyroclastic deposits constituting the pyroclastic cone exposed on the north crater wall. (b) Enlarged photograph of the consolidated coarse-grained pyroclastic deposit shown in (a). (c) Pyroclastic deposits exposed on the western crater wall. (d) Inside of the main crater. (e) Vertical section of a lava flow lobe at the sea cliff of the northeast coast. (f) A large scoria raft on the southern part of the lava field. The sides have collapsed. (g) Fumaroles on the northern part of the lava field. (h) Fumaroles on the eastern part of the lava field. (i) Discolored water and altered lava flow on the southeast coast.

第4期火砕堆積物 層厚(m)



第5期2021年8月14日噴火  
火砕堆積物 層厚(cm)



2021年9月5日噴火

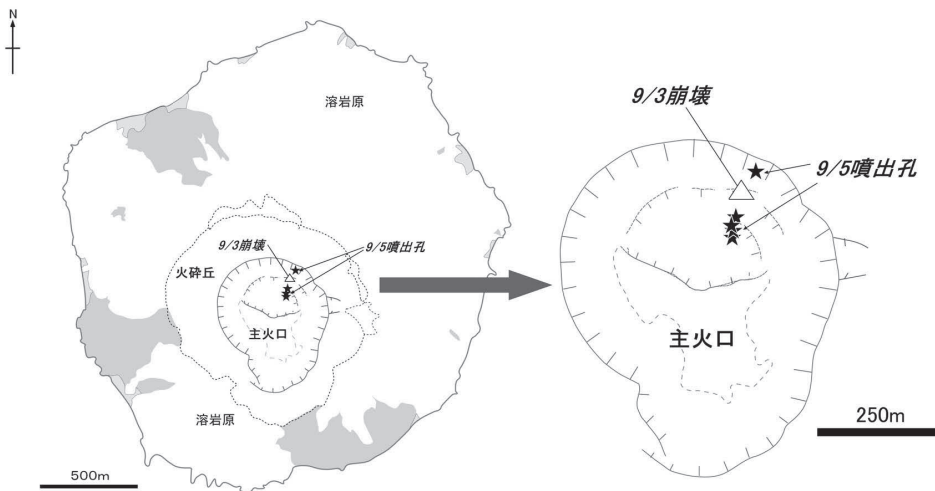


図5 第4期以降の火砕堆積物の分布と火口の位置

Figure 5. Distribution of pyroclastic deposits and location of craters in the Episode 4 period onward.



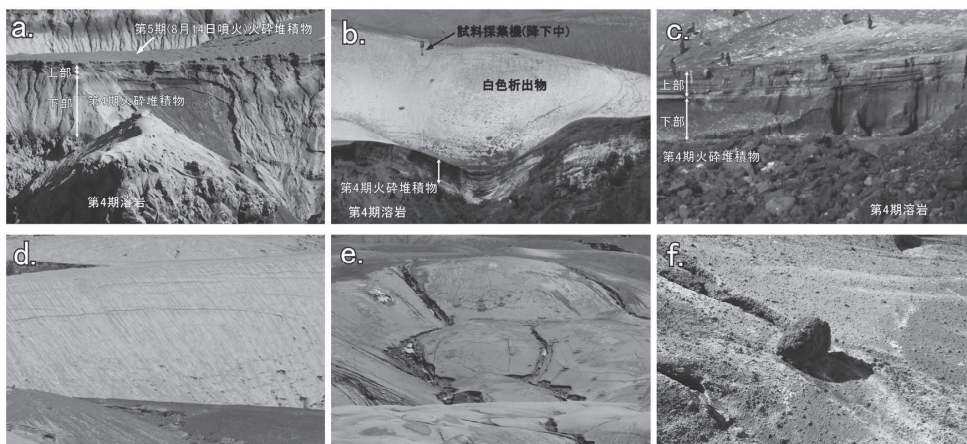


図 6 西之島概況写真(2)

(a) 北海岸の第 4 期火砕堆積物と 8 月 14 日噴火火砕堆積物。(b) 南海岸の第 4 期火砕堆積物。谷地形をマントルベッディングで覆っている。表面を白色析出物が薄く覆っている。(c) 東海岸の第 4 期火砕堆積物。(d) 弱く固結した第 4 期火砕堆積物の表面に尾根地形と平行な割れ目が多数形成された(北西海岸付近)。(e) 弱く固結した第 4 期火砕堆積物の表面に割れ目や小孔(噴石落下跡か陥没跡)が多数形成された(南側溶岩原)。(f) 北海岸の第 4 期火砕堆積物上の岩塊(KK181)。噴石として飛来した可能性があるが、火山弾ではなく類質岩片と考えられる。川上 和人氏撮影。

Figure 6. Selected photographs of Nishinoshima Island (2)

(a) Episode 4 and August 14 eruption pyroclastic deposits on the north coast. (b) Mantle-bedded Episode 4 pyroclastic deposit on the south coast. The surface of the deposit is thinly covered with white sublimate. (c) Episode 4 pyroclastic deposit on the east coast. (d) Many cracks parallel to the ridge formed on the surface of the weakly consolidated Episode 4 pyroclastic deposit (near the northwest coast of the lava field). (e) Many cracks and small holes (impact crater of ballistics or sink holes) formed on the surface of the weakly consolidated Episode 4 pyroclastic deposit (southern part of the lava field). (f) Volcanic block (KK181) above the Episode 4 pyroclastic deposit on the north coast. It may have fallen as a ballistic block, but it is considered to be an accessory fragment rather than a volcanic bomb. Taken by Dr. Kazuto Kawakami.



図 7 2021 年 8 月 14 日噴火の残置カメラ映像(部分拡大)

Figure 7. One frame of long-term lapse camera images of the eruption on August 14, 2021 (partially enlarged)

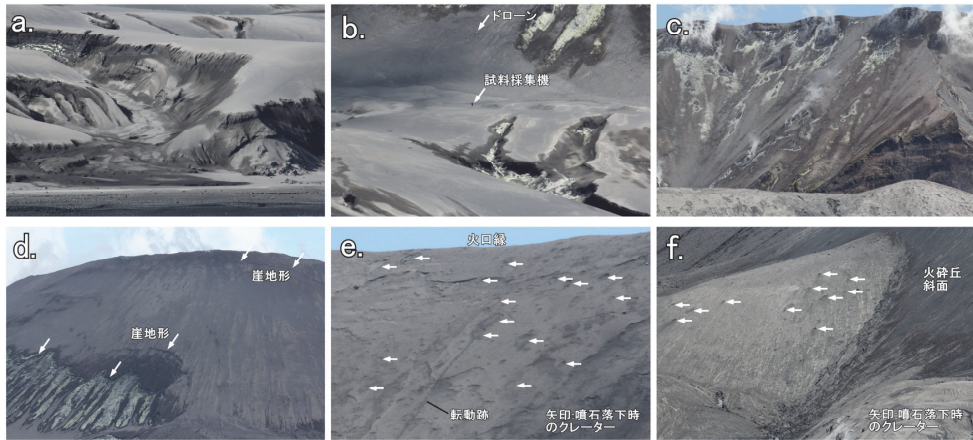


図8 西之島概況写真(3)

(a) 北海岸の8月14日噴火火砕堆積物。ガリー谷底まで火山灰が覆っていて流水の痕跡は見られない。(b) 北側溶岩原上部、ドローン試料採集地点の8月14日噴火火砕堆積物。噴出物が地形の凹凸を滑らかに覆っている。(c) 主火口内の崖錐斜面を覆う8月14日噴火火砕堆積物。(d) 火砕丘の北斜面。表面に8月14日噴火の火山灰が堆積しているが、噴火以前から存在するガリーや崖地形はほぼそのまま残っている。(e) 火砕丘の北斜面上部の拡大写真。8月14日噴火の際に形成されたとみられる新鮮な噴石の落下跡や転動跡が確認できる。(f) 火砕丘南西麓の噴石の落下跡(?)。クレーターの放出物が残存しているように見えることから、8月14日噴火の際に形成された可能性がある。

Figure 8. Selected photographs of Nishinoshima Island (3)

(a) August 14 eruption pyroclastic deposits on the north coast. Volcanic ash covers the bottom of the gully and no trace of running water can be seen. (b) August 14 eruption pyroclastic deposits at the drone sampling site in the upper part of the northern lava field. The ash deposit smoothly covers the unevenness of the terrain. (c) August 14 eruption pyroclastic deposits covering the inner talus slope of the main crater. (d) Northern slope of the pyroclastic cone. The volcanic ash of the August 14 eruption has accumulated on the surface, but the gullies and cliffs (arrows) that existed before the eruption remain almost unmodified. (e) Enlarged photo of the upper part of the northern slope of the pyroclastic cone. The impact craters and rolling traces formed by the landing of ballistic ejecta, which seem to have been formed during the August 14 eruption are confirmed. (f) Possible impact craters formed by ballistic landing at the southwestern foot of the pyroclastic cone. They may have been formed during the August 14 eruption, as crater emissions appear to remain.

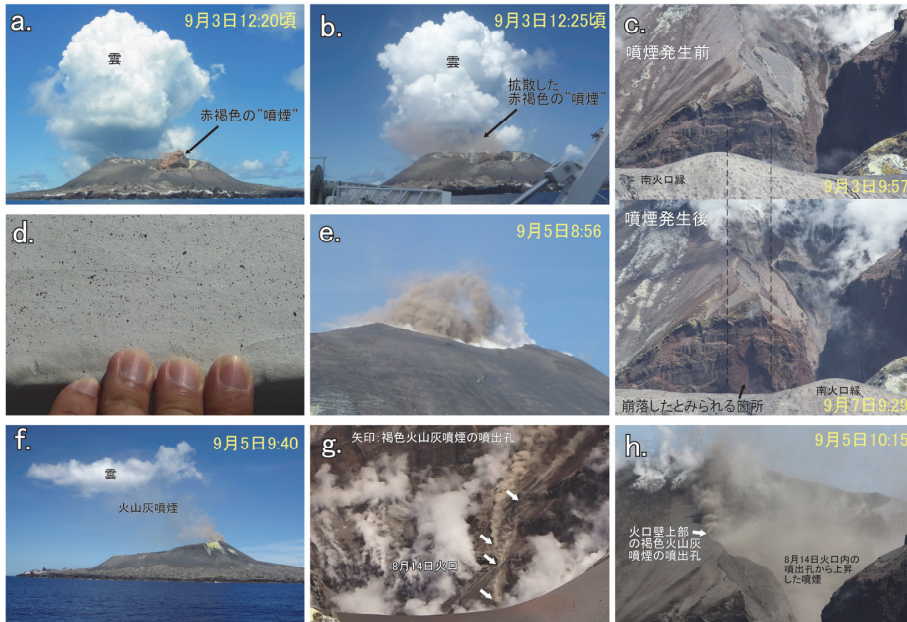


図9 西之島概況写真(4)

(a) 9月3日の火口壁崩落によるとみられる噴煙(発生直後)。港 隆一氏撮影。(b) 9月3日の火口壁崩落によるとみられる噴煙(5分後)。拡散が進んでいる。(c) 9月3日の火口壁崩落箇所とみられる場所。噴煙発生の前後で地形が変化している。(d) 9月5日朝に船体に付着していた凝集火山灰。(e) 9月5日噴火の火山灰噴煙。(f) 9月5日噴火の火山灰噴煙。南方向にたなびいている。(g) 9月5日噴火時の8月14日火口内部のドローン撮影画像。4個程度の噴出孔から火山灰噴煙が噴出している。(h) 9月5日噴火で火山灰噴煙を上げる火口壁上部の噴出孔。

Figure 9. Selected photographs of Nishinoshima Island (4)

(a) Colored smoke probably generated upon collapse of the crater wall on September 3, 2021 (immediately after the outbreak). Taken by Ryuichi Minato. (b) Colored smoke probably generated upon collapse of the crater wall on September 3, 2021 (ca. 5 minutes after the outbreak). The diffusion of the smoke is progressing. (c) Possible site where the crater wall collapsed on September 3, 2021. The shape of the cliff has changed before and after the occurrence of the smoke. (d) Aggregated volcanic ash adhering to the hull of the research vessel on the morning of September 5, 2021. (e) Eruption plume of the September 5 eruption. (f) Eruption plume of the September 5 eruption flowing southwest. (g) Drone shot image of inside the crater formed during the August 14 eruption, taken on September 5th. Colored eruption cloud are ejected from about four eruptive vents. (h) Eruptive vent at the top of the crater wall that raises colored eruption cloud during the September 5 eruption.

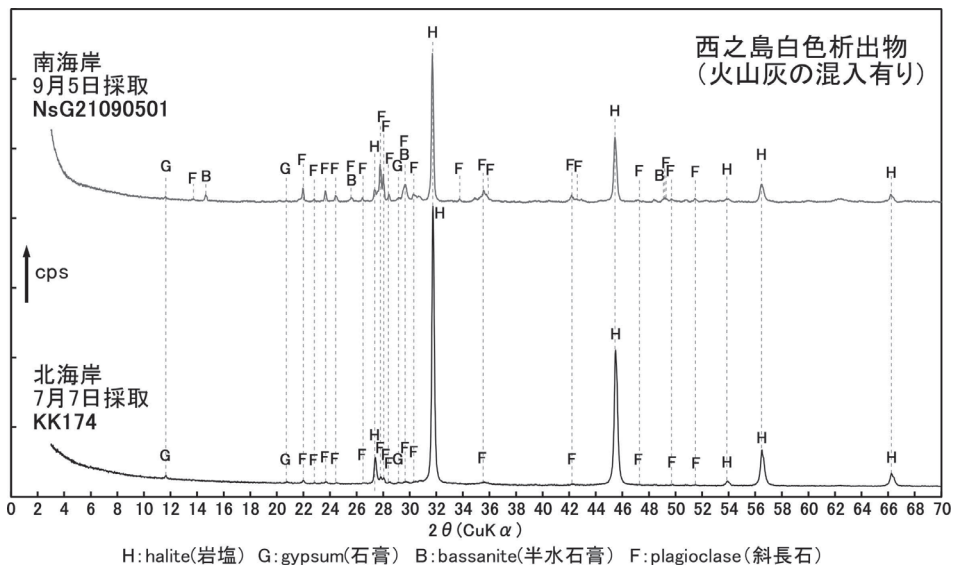


図 10 白色析出物の XRD 測定結果

Figure 10. XRD pattern of white sublimate

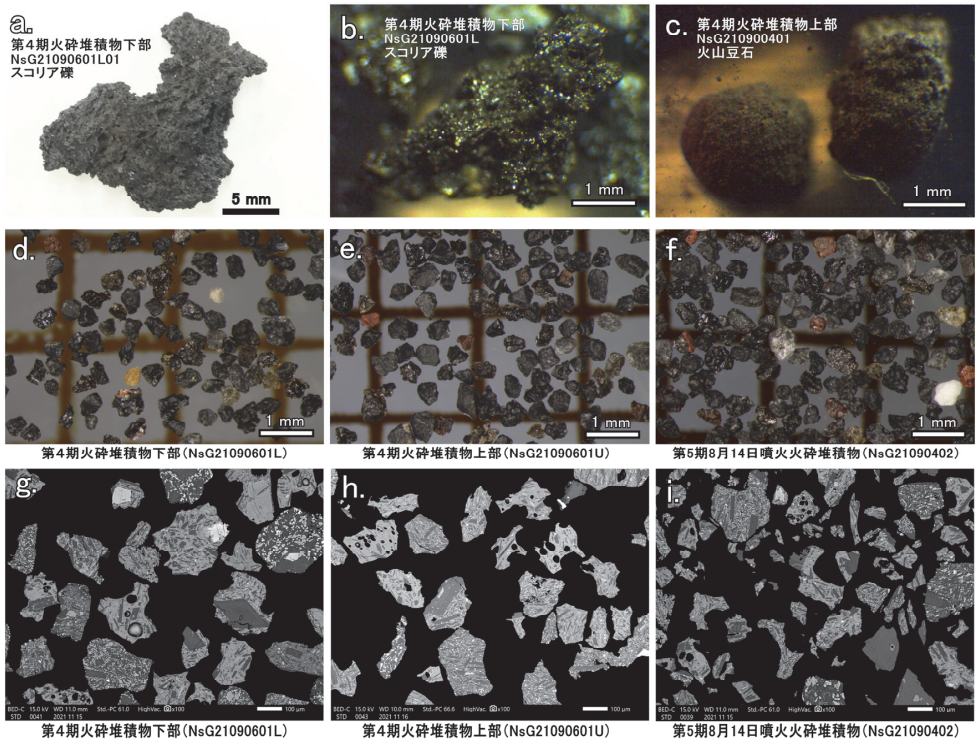


図 11 火砕堆積物構成粒子の写真

(a) – (c) 礫サイズの特徴的粒子の近接/実体顕微鏡写真。(d) – (f) 直径 250-500  $\mu\text{m}$  の粒子の実体顕微鏡写真。(g) – (i) 直径 125  $\mu\text{m}$  以下の粒子の研磨試料の反射電子画像。

Figure 11. Representative photographs of constituent particles of pyroclastic deposits

(a) – (c) Micrographs of lapilli-sized characteristic particles.

(d) – (f) Micrographs of 250–500  $\mu\text{m}$  diameter particles.

(g) – (i) Backscattered electron images of polished particles diameter of 125  $\mu\text{m}$  or less.

表 1 火山灰粒子の構成物分析

直径 250-500 $\mu\text{m}$  の粒子について各試料とも 500 個の粒子を計数した。

Table 1. Component analysis of volcanic ash particles

Five hundred particles with diameters of 250–500  $\mu\text{m}$  were identified from each sample.

層位	試料名	全粒子の内訳 (n=500)						新鮮ガラス質岩片の内訳				
		新鮮ガラス質岩片	弱変質ガラス質岩片	石質岩片	結晶片	強変質岩片	合計 (%)	褐色スコリア質岩片	褐色ガラス質ブロック状岩片	黒色スコリア質岩片	黒色ガラス質ブロック状岩片	合計 (%)
第4期噴出物下部	NsG21090601L	40	38	18	3	1	100	8	2	41	50	100
第4期噴出物上部	NsG21090601U	22	42	34	1	1	100	6	2	42	50	100
第5期8月14日噴出物	NsG21090402	24	55	15	4	2	100	12	0	49	39	100

表2 火山灰粒子の石基火山ガラス化学組成

全鉄は tFeO とし、主成分の合計を 100% に規格化して表した。各試料ともバイモーダルな分布を示すので、SiO<sub>2</sub>=60wt% で 2 つの集団に分けてそれぞれの平均と標準偏差を算出した。

Table 2. Chemical composition of groundmass volcanic glass of ash particles

All the analysis values for major elements have been normalized to 100% volatile-free with total iron calculated as FeO. Since the analysis result of each sample showed a bimodal distribution, the results were divided into two groups at the point where the value of SiO<sub>2</sub> = 60 wt%, and the mean and standard deviation of each group were calculated.

層準	試料名		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	tFeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	total(wt%)
第4期 噴出物 下部	NsG21090601L												
	NsmG21090601L(1)	平均	58.59	1.58	12.79	12.97	0.23	2.64	6.31	3.33	1.30	0.25	100.00
		n=15	1σ	0.55	0.09	0.28	0.29	0.06	0.26	0.39	0.35	0.09	0.04
	NsmG21090601L(2)	平均	63.47	1.40	12.83	10.18	0.25	1.40	4.55	3.96	1.64	0.33	100.00
	n=7	1σ	1.24	0.08	0.19	0.48	0.04	0.23	0.28	0.58	0.20	0.04	
第4期 噴出物 上部	NsG21090601U												
	NsmG21090601U(1)	平均	58.14	1.50	13.38	12.54	0.24	2.83	6.46	3.39	1.31	0.20	100.00
		n=11	1σ	0.42	0.14	0.60	0.88	0.07	0.36	0.51	0.76	0.19	0.04
	NsmG21090601U(2)	平均	62.94	1.39	12.68	10.27	0.21	1.65	4.63	4.06	1.86	0.31	100.00
	n=10	1σ	1.67	0.14	0.32	1.14	0.05	0.34	0.61	0.37	0.31	0.05	
第5期 8月14日 噴出物	NsG21090402												
	NsmG21090402(1)	平均	58.47	1.52	13.08	12.94	0.27	2.83	6.56	2.83	1.28	0.22	100.00
		n=14	1σ	0.32	0.12	0.32	0.32	0.07	0.26	0.38	0.53	0.13	0.06
	NsmG21090402(2)	平均	63.51	1.39	12.54	10.17	0.24	1.48	4.53	4.16	1.70	0.29	100.00
	n=9	1σ	0.96	0.08	0.32	0.54	0.08	0.19	0.25	0.08	0.10	0.05	
火山ガラス 標準試料	AT (Kamishibanda)	平均	77.79	0.17	12.39	1.28	0.06	0.12	1.11	3.81	3.26	0.00	100.00
	n=11	1σ	0.20	0.07	0.10	0.06	0.06	0.03	0.03	0.06	0.08	0.00	

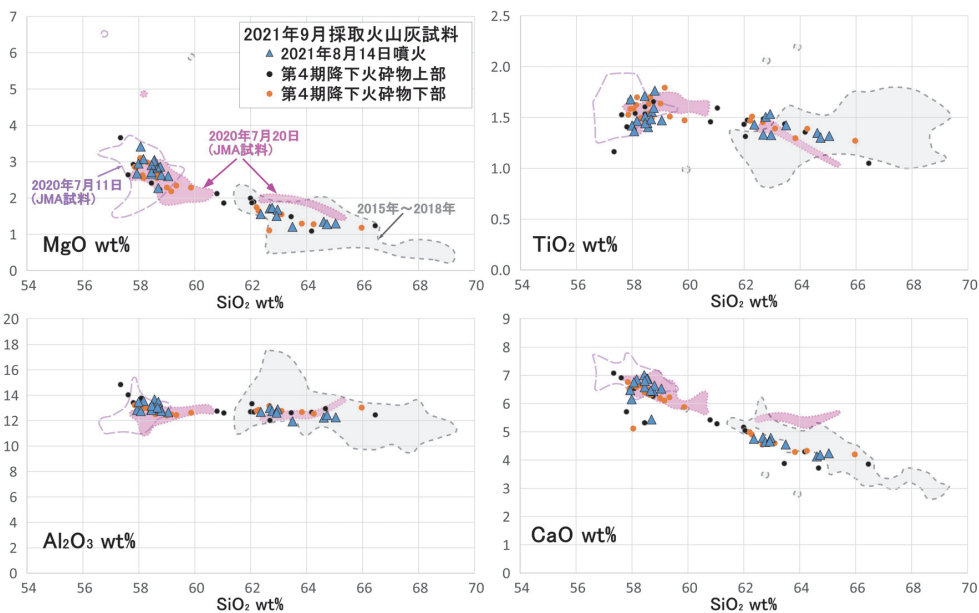


図12 火山灰粒子の石基火山ガラスの組成変化図

Figure 12. SiO<sub>2</sub> variation diagrams of groundmass volcanic glass of ash particles

表3 噴出物の全岩化学組成

全鉄は tFeO とし、主成分の合計を 100% に規格化して表した。

Table 3. Whole-rock chemical composition of pyroclastic materials and lava samples

All the analysis values for major elements have been normalized to 100% volatile-free with total iron calculated as FeO.

採集時期	試料名	産状	推定噴出時期	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	tFeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	total(wt%)
2021年 7月 予備調査	NSH_KK181	火山弾(類質岩塊)	第4期末期?	58.73	1.04	15.57	9.75	0.21	2.84	6.74	3.89	0.96	0.25	100.00
	NSH_KK188	溶岩	第4期2020年5月	59.62	1.04	15.36	9.38	0.21	2.46	6.29	4.18	1.19	0.27	100.00
	NSH_HM918	スコリア礫	第4期2020年6月-7月	55.11	1.02	16.07	10.72	0.21	4.05	8.67	3.15	0.81	0.19	100.00
	NSH_HM919	スコリア礫(細粒)	第4期2020年6月-7月	54.82	1.01	15.99	10.60	0.21	4.06	8.69	3.55	0.89	0.19	100.00
	NSH_HM920	溶岩	第4期2020年5月	58.04	1.05	15.57	9.89	0.21	3.05	7.11	3.82	1.02	0.24	100.00
	NSH_HM921	スコリア礫	第4期2020年6月-7月	55.16	1.02	16.09	10.69	0.21	3.94	8.70	3.22	0.80	0.19	100.00
2021年 9月 本調査	NSH_HM926	スコリア礫(細粒)	第4期2020年6月-7月	54.90	0.99	16.34	10.42	0.20	3.97	8.83	3.30	0.85	0.19	100.00
	NsG210906L01	スコリア礫	第4期2020年7月	55.26	1.02	16.08	10.66	0.21	3.89	8.65	3.23	0.80	0.19	100.00
	NsG210906L02	スコリア礫	第4期2020年7月	55.06	1.02	16.20	10.73	0.21	3.86	8.71	3.23	0.79	0.19	100.00
	NsG210906L04	スコリア礫	第4期2020年7月	55.26	1.03	15.96	10.70	0.21	3.95	8.67	3.24	0.79	0.19	100.00
	NsG210904NE01	スコリア礫(再堆積?)	第4期2020年6月-8月?	55.06	1.00	16.21	10.47	0.20	3.97	8.92	3.18	0.78	0.20	100.00

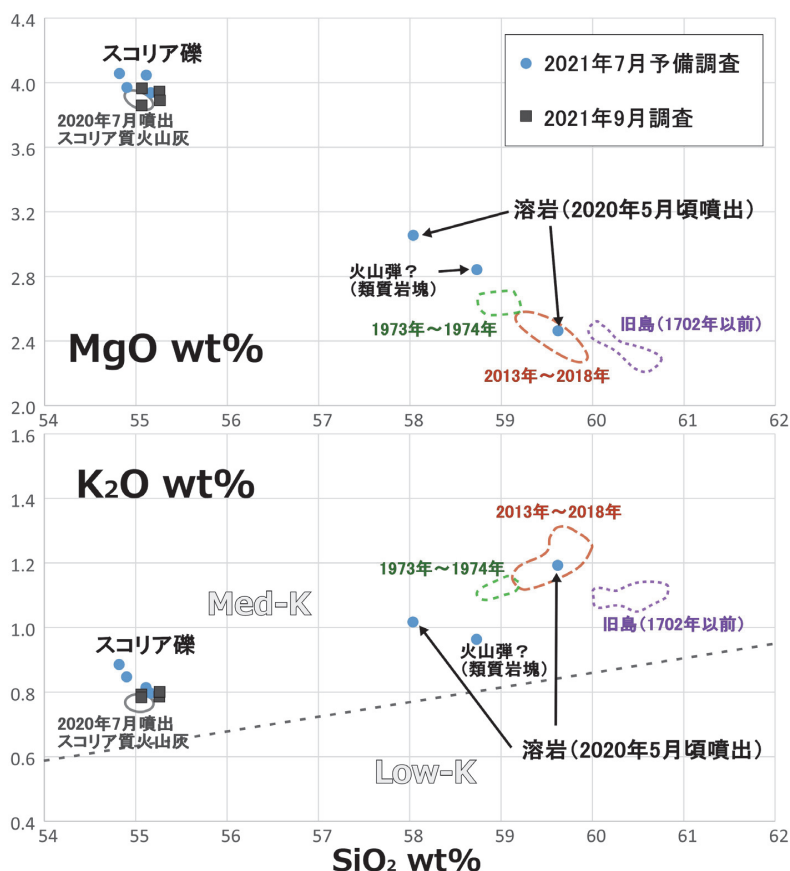


図13 噴出物の全岩化学組成変化図

Figure 13. SiO<sub>2</sub> variation diagrams of whole-rock chemical composition of pyroclastic materials and lava samples



**SUMMARY**

Geological findings in the 2021 Nishinoshima comprehensive scientific  
research project

Masashi NAGAI<sup>1\*</sup>, Fukashi MAENO<sup>2</sup> & Takayuki KANEKO<sup>2</sup>

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 306-0006, Japan.
  2. Earthquake Research Institute, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-0032, Japan.
- \* mnagai@bosai.go.jp (author for correspondence)

Through the Nishinoshima comprehensive scientific research project in 2021, we examined the outline of distribution and lithological profiles of the pyroclastic deposits of Nishinoshima volcano after eruption in 2019–2020 (Episode 4), and conducted a preliminary petrological analysis. The 2019–2020 eruption activity changed from andesitic lava outflow to basaltic–andesitic violent strombolian eruption within the period. In the survey conducted, it became clearer that the changes in chemical composition and eruption style occurred around the same time. After a continuation of the violent strombolian eruption, the eruption style changed furthermore to ash eruption or phreatomagmatic eruption, which is characterized by the brittle fragmentation of pyroclastic materials. The eruption style on August 14, 2021 (the first eruption of Episode 5) was inferred to be similar to the late stage of Episode 4, because of their similar ash deposit characteristics.

**Key words**

Andesite, Eruption style, Pyroclastic deposit