

西之島火山で 2023 年 1 月 25 日に発生した水蒸気噴火[†]

伊藤弘志^{*1}, 高梨泰宏^{*2}, 新村拓郎^{*3}, 岡野有花^{*4}, 野上健治^{*5}

Phreatic eruption at Nishinoshima Volcano on January 25, 2023[†]

Koji ITO^{*1}, Yasuhiro TAKANASHI^{*3}, Takuro SHINMURA^{*3},
Yuka OKANO^{*4}, and Kenji NOGAMI^{*5}

Abstract

Nishinoshima volcano, which belongs to the Izu-Ogasawara arc, is an active volcano composed mainly of mafic rocks, and has been active since it began erupting in 2013, expanding the island. The first Surtseyan eruptions were followed by Strombolian eruptions, but Vulcanian eruptions occurred in 2015 and Violent Strombolian eruptions occurred in 2020. In contrast, phreatic eruptions, which had not been seen before, were observed on January 23, 2023.

Phreatic eruptions produce black plumes, which were soon surrounded by white steam due to the large amount of water they contain. Because of its low temperature and low buoyancy, the eruption plume height is only about 400 m at its highest from the crater. No cock's tail jets or base surges were observed. The phreatic eruptions were caused by the reaction of magma rising from the active volcano with the hydrothermal system inside the pyroclastic cone, because of the scattered high-temperature areas showing active thermal activity throughout the island including the northwestern coast and the magmatic eruptions from the summit in April and July of 2023.

1 はじめに

東京から南に約 950 km, 小笠原諸島から西に約 120 km に位置する伊豆-小笠原弧火山フロント上の活火山である西之島火山は, 比高が約 3000 m 以上に達する円錐形の巨大な火山体を有

し, いくつかの側火山体も持つ (Fig. 1). 側火山体を含めた山体全体を構成する岩石は, Gill (1981) の分類では Medium-K series の, Kuno (1966) 及び Le Maitre (2002) 分類ではアルカリ岩系列及び非アルカリ岩系列の玄武岩から安山岩

[†] Received August 28, 2023; Accepted October 3, 2023

* 1 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

* 2 沿岸調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Coastal Surveys Division

* 3 第十管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 10th Regional Coast Guard Headquarters

* 4 沿岸調査課 Coastal Surveys Division

* 5 東京工業大学科学技術創成研究院 Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology

からなり（伊藤，2018），主に苦鉄質マグマから形成されている火山であるといえる。

西之島火山は2013年11月20日に海面上での噴火活動が発見され，21日まではスルツェイ式のマグマ水蒸気噴火を，22日以降はストロンボリ式噴火を繰り返してスコリアの放出及び溶岩の流出により山体を成長させ，2014年9月には噴火前からあった西之島の95%を覆い尽くすに至った．その後，2015年10月頃からストロンボリ式噴火に加えてブルカノ式噴火が発生するようになり，11月17日のブルカノ式噴火の観測を最後に噴火活動の見られない時期がしばらく続いた（小野・他，2018）．噴火活動はその後2017年の4～8月に再開し，2018年7月，2019年12月～2020年8月，2021年8月，2022年10月と，おおよそ1年に1度程度の割合で断続的に繰り返されてきた（柳澤・他，2020；気象庁，2023a）．その中でも特に2020年6～8月にかけての噴火様式はストロンボリ式噴火とプリニー式噴火の中間の規模であるバイオレント・ストロンボリ式噴火（Macdonald, 1972）であるとされ，この時期に火砕丘が一気に拡大・成長したことが知られてい

る（柳澤・他，2020）．このように，西之島火山では噴火が初めて確認された2日間に海中でスルツェイ式のマグマ水蒸気噴火がおきた時期を除き，主に乾燥したマグマ噴火が発生してきた．しかし，2023年1月25日の海上保安庁航空機からの観測において，これまで観測例の無い小規模な水蒸気噴火が観測されたので，その前後の観測結果と合わせて報告する．

2 2022年10月の噴火

2023年1月25日噴火の直前の噴火活動は2022年10月の噴火であり，それについて簡単に記載する．噴火は10月1日に開始し，12日まで継続した（気象庁，2023b）．海上保安庁航空機による観測は10月12日の12時36分から13時14分の間行われたが，その時間帯には噴火は発生しておらず，火口からは大量の白色噴気が盛んに放出されていた．噴気は強風により西に向かって流されていたが，その下の地表には茶褐色の火山灰が堆積しており，これも強風によって巻き上げられ噴煙のように流されていた（Photo 1）．2022年10月の噴火様式は明らかではないが，一度堆積

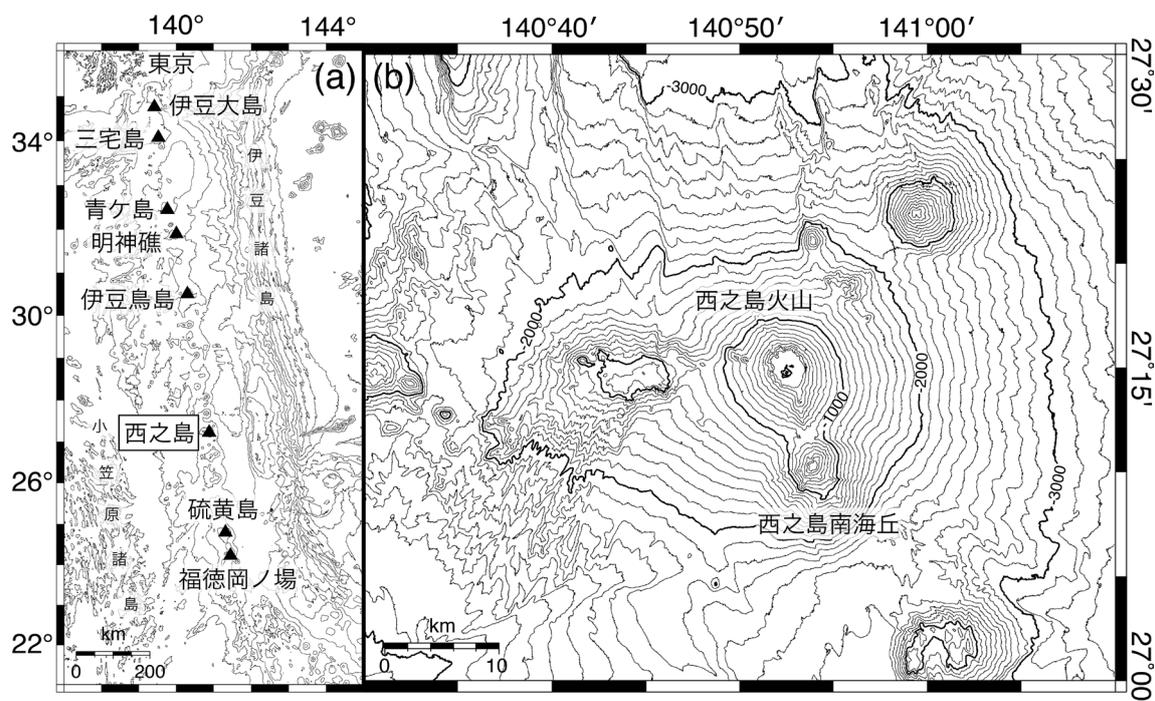


Fig. 1. (a) Location and (b) topography of Nishinoshima Volcano.

図1. 西之島火山の (a) 位置と (b) 山体地形。

した火山灰が風によって再浮遊していたということは、火山灰が細粒であり水を含まず乾燥した状態であったといえる。西之島火山では2015年10月以降ブルカノ式噴火が発生している（小野・他, 2018）。2022年10月1日～12日の噴火においても、少なくとも噴火の末期においては、細粒の火山灰

放出を主とするような爆発的噴火が発生していたことがわかる。



Photo 1. Nishinoshima Volcano on the afternoon of October 12, 2022. A white steam column is emitted from the crater, and the volcanic ash that is deposited on the ground is blown up by strong winds and looks like an eruption plume.

写真1. 2022年10月12日午後西之島火山。火口から白色噴気が放出され、地面に堆積した火山灰が強風で巻き上げられて噴煙のように見えている。



Photo 3. Black eruption plume on January 25, 2023. (a) Visible light image. (b) Infrared image.

写真3. 2023年1月25日の黒色噴煙。(a) 可視光線画像。(b) 赤外線画像。



Photo 2. Large black eruption plume around the start of the observation on January 25, 2023.

写真2. 2023年1月25日観測開始頃の規模の大きな黒色噴煙。

3 2023年1月25日の噴火

2023年1月25日の観測は13時26分から14時02分の間に行われた。火砕丘の山頂火口からは白色の噴気が大量に放出されており、噴気の中から黒色の噴煙が湧き上がる様子が見られた (Photo 2)。この噴煙自体は黒色であるが、多量の水を含んでいるとみられ、噴煙はすぐに内部から分離した白い湯気に取り巻かれ、一見したところ白色噴気のように見える (Photo 3a)。このように、水蒸気が冷却・凝縮された白色の湯気に黒いテフラが覆われる様子は、1963年のアイスランド・スルツェイ火山でのマグマ水蒸気噴火におい

ても観測されている (Thorarinnsson, 1967)。赤外線画像において、この噴煙は周囲の白色噴気に比べてそれほど高い温度は示さないことから、噴煙は低温であることが分かる (Photo 3b)。画像の一部に高温の領域が見られるのは火口壁の中の高温の層準であり、おそらくマグマから分離した高温の火山ガスの抜け道になっているものと思われる。また、火口から放出された噴煙はそれほど上昇せずにすぐに真横に流れていくことも、噴煙に供給される熱エネルギーが少なく、噴煙が低温であることを示している。噴煙は、観測開始直後のものは黒色が強く、最高高度は約600 m (火口縁

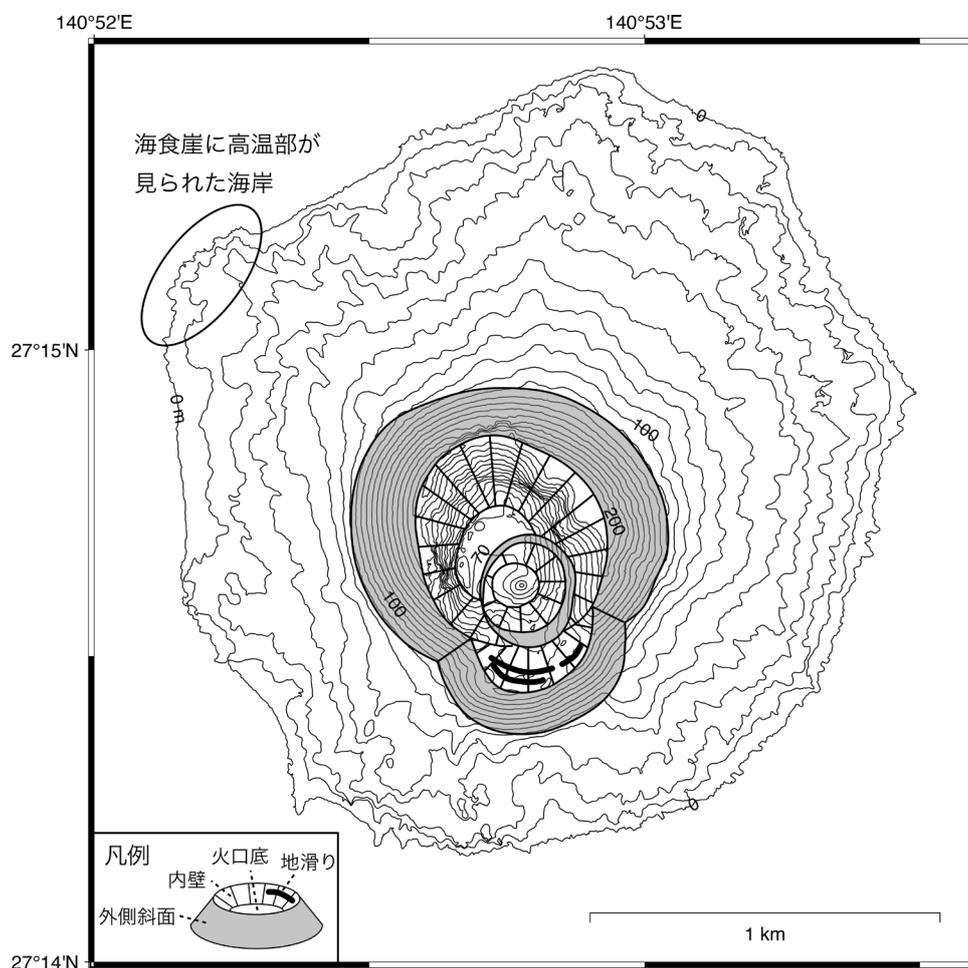


Fig. 2. Topographic classification of the pyroclastic cone of Nishinoshima Volcano. Topographic features were read from photographs taken by the Japan Coast Guard's aircraft on June 18, 2022. Contour lines were plotted using DEM data analyzed from the SAR data of the ALOS-2 artificial satellite on February 2, 2023 by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI) (2023b). The contour interval is 10 m.

図2. 西之島火山火砕丘の地形区分。地形は海上保安庁航空機から2022年6月18日に撮影した写真から読み取った。等高線は国土地理院(2023b)による2023年2月2日のだいち2号SARデータから解析されたDEMデータを使用して作図した。等高線間隔は10 m。

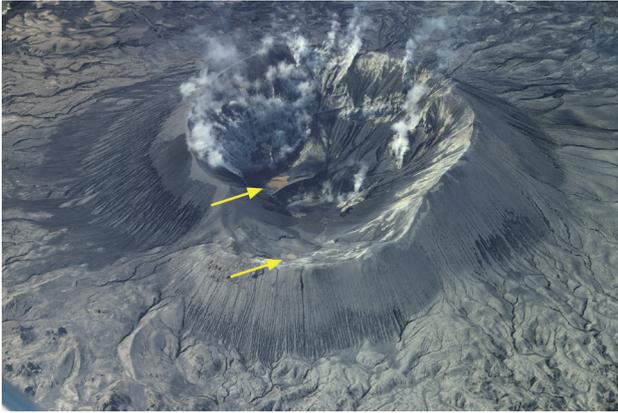


Photo 4. Interior of the crater of the pyroclastic cone, photographed on June 18, 2022. Two hot water pools can be seen in area indicated by arrows.
写真4. 2022年6月18日に撮影された火砕丘の火口内部。矢印部分に計2つの湯溜まりが見える。

からは約400 m)であり、火口縁を水平方向に越えた辺りで灰色の薄い靄状の火山灰雲となって風に流されていた。この火山灰雲は最終的に高度約900 mまで到達していた。観測後半になると噴煙の勢いは弱まり、白色の湯気の割合も大きくなって、噴火の発生頻度や噴煙の到達高度も低下していた。観測期間を通じてベースサージやコックステイルジェットといった現象は見られなかった。なお、南に流れた噴煙の下部においては、顕著な火山灰の堆積は見られなかった。

これらの噴火の発生位置は白色噴気に遮られてはっきりとは見えないものの、火砕丘山頂火口の南西部付近から噴煙が立ち昇っていた。ALOS-2衛星のSAR干渉画像の解析によると、2022年12月30日と2023年1月27日の間で火口南西部が拡大しており(国土地理院, 2023a)、この火口の拡大は今回の水蒸気噴火が原因である可能性が高い。2022年6月18日時点での西之島火山の火口内には南北に並んだ小火孔があり、南側の火孔のほうが小さく浅いが地形的には新しい(Fig. 2; Photo 4)。北側の小火孔底及び火口縁南側における地滑り地形の窪地には湯溜まりが見られ、また南側の小火孔底にも水の流れたような跡があることから、火砕丘の火口内は水が滞留しやすい環境にあったといえる。今回の噴火は、噴煙の発生位

置や2つの火孔の新旧関係、そして火口南西部の地形変化を考え合わせると、南側の小火孔付近で発生したものと思われる。

また、火砕丘の外斜面にも白色の噴気が多数見られていたほか、北西部の海岸においても白色の湯気が立っていた。島内の溶岩流表面やこの北西部の海食崖には赤外線画像で高温部が見られ(Photo 5)、未だ山体は高い熱的状态にあるといえる。

4 西之島火山の活動における水蒸気噴火の意味

水がマグマに熱せられて気化し、急激に体積が増加することにより噴火が発生する。このときの放出物にマグマ由来の本質物質を含むものをマグマ水蒸気噴火、含まないものを水蒸気噴火とよんで区別するが、今回の噴火においては赤外線画像に高温の粒子が全く見られないことから本質物質の放出が起きたとは考えにくく、水蒸気噴火であると判断した。水蒸気噴火はこれまで国内外の火山でしばしば発生しており、近年では三宅島2000年の山頂での噴火や、御嶽山2020年噴火が知られている。西之島火山の火口内には2022年3月から湯溜まりが観察されており、火口内部に存在していた熱水系と苦鉄質のマグマが反応して水蒸気噴火が発生したものと考えられる。

水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火は、マグマが火道内を上昇し地下水や海水と接触した場合(スル

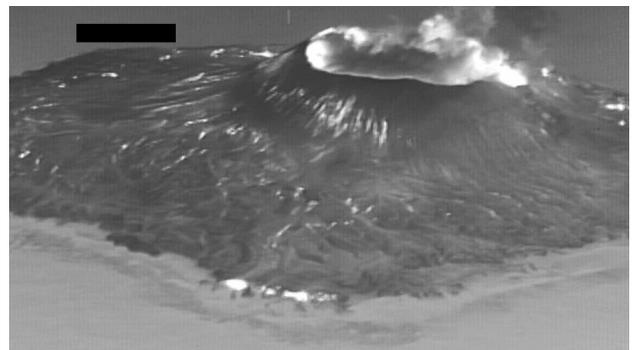


Photo 5. High-temperature areas at the northwestern sea cliffs on January 25, 2023. The image is an infrared image.

写真5. 2023年1月25日の北西部海食崖で見られた高温部。画像は赤外線画像。

ツェイ火山 1963～64 年噴火 (Thorarinsson et al., 1964), 西之島火山 1973～74 年噴火 (小坂, 1974) 等) の他, 逆に火道内を満たしていたマグマが地下深部に戻っていく (ドレイン・バック) 際にも発生することがある (キラウエア火山 1924 年噴火 (Jaggard and Finch, 1924), 手石海丘 1989 年噴火 (Yamamoto et al., 1991) 等). 今回の西之島火山における水蒸気噴火がマグマのどのような挙動によって発生したのかについては, 1 月 25 日に西之島火山の高い熱的活動を示唆する高温領域と湯気が北部海岸等で見られたこと, この噴火の後, 4 月と 7 月に噴火が発生している (気象庁, 2023b) ことから, 2022 年後半から 2023 年前半にかけての熱的な活動は高い状態であったと推測できる. したがって, 今回の水蒸気噴火はマグマが深部から上昇してきたことが原因である可能性が高い. すなわち, 2023 年 1 月 25 日の水蒸気噴火の発生はその後の活発な活動の前触れであったと解釈できる. 西之島火山の噴火は今後も活発な状態が継続することが予想される. 噴火後の火口内の地形は白色噴気に遮られて観察できていないが, 火口縁南部の湯溜まりは 2023 年 8 月 24 日には健全であり, 今後も水蒸気噴火が発生する可能性もある. 水蒸気噴火は熱的にはマグマ噴火に比べて低温であり, 気象庁による人工衛星「ひまわり」の輝度温度観測では検出できない可能性も高い. 西之島火山の噴火活動の把握のためには, 今後とも航空機による観測が重要である.

5 まとめ

2023 年 1 月 25 日に西之島火山で発生した噴火は, 水蒸気を多く含むこと, 高温物質を含まず温度が低いことから, 水蒸気噴火であったと考えられる. また, 同時に活発な熱的活動を示す高温領域が島内各所に見られたり, その後の 4 月と 7 月にマグマ噴火が観測されたりしたことから, マグマのドレイン・バックによるものではなく, 火山活動が活発化し, 上昇してきたマグマが火口内の湯溜まりを形成していた熱水系と接触したことによる活動であった可能性が高い. 西之島火山では

今後も噴火が継続するものと思われる.

謝 辞

西之島火山の観測は海上保安庁海洋情報部職員, 第三管区海上保安本部職員, 羽田航空基地の職員と航空機搭乗員の皆様によって実施されました. また, 匿名の査読者には原稿を改善する上で有益な助言をいただきました. 合わせて感謝いたします.

文 献

- Gill, J. B. (1981) *Orogenic Andesite and Plate Tectonics, Minerals and Rocks* 16, 392pp., Springer-Verlag.
- 伊藤弘志 (2018) 2013 年噴火直前に得られた西之島火山の地球物理学的, 地質学的特徴, 海洋情報部研究報告, 55, 1–19.
- Jaggard, T. A. and R. H. Finch (1924) The explosive eruption of Kilauea in Hawaii, 1924, *Am. J. Sci.*, s5-8, 353–374.
- 気象庁 (2023a) 西之島の火山活動解説資料 (令和 5 年 7 月), 4pp., https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/23m07/326_23m07.pdf.
- 気象庁 (2023b) 令和 4 年 (2022 年) の西之島の火山活動, 8pp., https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/2022y/326_22y.pdf.
- 国土地理院 (2023a) 西之島の SAR 干渉解析結果について【2023 年 1 月】, 2pp., <https://www.gsi.go.jp/common/000246709.pdf>.
- 国土地理院 (2023b) 技術資料 C1-No.515, https://saigai.gsi.go.jp/1/R5_0202nishinoshima/2023-02-02_nishinoshima_dem.zip.
- Kuno, H. (1966) Lateral variation of basalt magma types across continental margins and island arcs, *Bull. Volcanol.*, 29, 195–222.
- Le Maitre, R. W., A. Streckeisen, B. Zanettin, M. J. L. Bas, B. Bonin, and P. Bateman (2002) *Igneous Rocks: A Classification and Glossary*

- of Terms, 252pp., Cambridge University Press.
- Macdonald, G. A. (1972) *Volcanoes*, 510pp., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- 小野智三・佐藤 泉・森下泰成・濱崎翔五・野上健治 (2018) 2013-2015 年の西之島火山の火山活動, 海洋情報部研究報告, 55, 20-54.
- 小坂丈予 (1974) 小笠原西之島火山の活動とその経過, 地学雑誌, 83, 61-69.
- Thorarinsson, S., Th. Einarsson, G. Sigvaldason, and G. Elisson (1964) The submarine eruption off the Vestmann Islands 1963-64. A preliminary report, *Bull. Volcanol.*, 27, 435-446.
- Thorarinsson, S. (1967) *Surtsey. The New Island in the North Atlantic*, 47pp., The Viking Press, New York.
- Yamamoto, T., T. Soya, S. Suto, K. Uto, A. Takada, K. Sakaguchi, and K. Ono (1991) The 1989 submarine eruption off eastern Izu Peninsula, Japan: ejecta and eruption mechanisms, *Bull. Volcanol.*, 53, 301-308.
- 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.

要 旨

伊豆-小笠原弧に属する西之島火山は主に苦鉄質の岩石からなる活火山であり, 2013 年に噴火を開始してから島を拡大させながら活発に活動を続けている。噴火様式は最初期のスルツェイ式噴火に続き, 主にストロンボリ式噴火が発生してきたが, 2015 年にはブルカノ式噴火が, 2020 年にはバイオレント・ストロンボリ式噴火が発生した。それに対し, 2023 年 1 月 23 日にはこれまで見られなかった水蒸気噴火が発生していることが観測された。

水蒸気噴火は黒色の噴煙を発生させていたが, 水を多量に含んでいるためすぐに白色の湯気に取り巻かれる。その温度は低く, 浮力が小さいため噴煙の火口からの高度は精々 400 m 程度に過ぎ

ない。コックステイルジェットやベースサージといった現象は見られなかった。また, 北西部の海岸を含む島内全域に活発な熱的活動を示す高温領域が点在していること, 2023 年 4 月と 7 月には山頂からのマグマ噴火が発生していることから, 今回の水蒸気噴火は火山活動の活発化に伴い上昇してきたマグマが火砕丘内部の熱水系と反応することにより発生したものと推測される。