

2013–2015年噴火活動による西之島火山の地形変化[†]

小野智三^{*1}, 佐藤 泉^{*2}, 森下泰成^{*3}, 福山一郎^{*4}, 吉岡眞一^{*5}, 中村圭佑^{*6},
山野寛之^{*4}, 白根宏道^{*4}, 小川 遥^{*7}, 山川 峻^{*4}, 野上健治^{*8}

Topographic change due to the 2013–2015 eruption event at Nishinoshima volcano[†]

Tomozou ONO^{*1}, Izumi SATO^{*2}, Taisei MORISHITA^{*3},
Ichiro FUKUYAMA^{*4}, Shinichi YOSHIOKA^{*5},
Keisuke NAKAMURA^{*6}, Hiroyuki YAMANO^{*4},
Hiromichi SHIRANE^{*4}, Haruka OGAWA^{*7}, Shun YAMAKAWA^{*4},
and Kenji NOGAMI^{*8}

Abstract

The growth of the island as well as a significant bathymetric change to the surrounding waters due to the 2013–2015 eruption event were observed by hydrographic surveys. The Japan Coast Guard conducted a series of bathymetric surveys with multibeam echo sounders and an airborne LiDAR (Light Detection and Ranging) system over the period from June 2015 to January 2017. These surveys revealed detailed bathymetry from the shoreline to deeper water around the island. It is demonstrated the seafloor formed by the 2013–2015 eruption event fringes the shoreline, as a narrow band that is 100–250 m wide.

[†] Received June 26, 2017; Accepted November 24, 2017

- * 1 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division
(現職 海上保安学校 Now at Japan Coast Guard School)
- * 2 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division
- * 3 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division
(現職 第三管区海上保安本部 海洋情報部 Now at Hydrographic and Oceanographic Department, 3rd
R.C.G. Hqs.)
- * 4 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division
- * 5 海洋調査課 大陸棚調査室 Continental Shelf Surveys Office, Hydrographic Surveys Division
(現職 測量船「昭洋」 Now at S/V *Shoyo*)
- * 6 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division (現職 海上保安大学校 Now at Japan Coast Guard Academy)
- * 7 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division
(現職 技術・国際課 海洋研究室 Now at Ocean Research Laboratory, Technology Planning and
International Affairs Division)
- * 8 東京工業大学理学院火山流体研究センター Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo
Institute of Technology

1 はじめに

西之島火山で2013年11月20日に噴火が確認された「2013–2015年噴火活動」は、マグマ水蒸気爆発から始まり、ストロンボリ式噴火（マグマ噴火）に移行して2015年11月17日のブルカノ式噴火を最後に、約2年間にわたる噴火活動を休止させた。今回の噴火活動は大量の溶岩流出による西之島の面積拡大が特徴的であった。

最初に溶岩流が確認されたのは、噴火確認2日後の2013年11月22日であり、2013年12月26日には溶岩流が西之島と接続した（小野・他, 2015）。さらに2014年8–12月の時期には、溶岩流により西之島のほとんどの面積を埋没させ、その後2015年8月までの間、溶岩流の拡大に伴う面積の増加が継続した。その結果、西之島全体の面積は活動前から大きく拡大した（海上保安庁 HP 海域火山 DB 西之島, 2016）。

一時は鎮まった西之島火山であるが2017年4月20日に再噴火が確認され、7月頃まで活発な噴火活動が継続したが、9月中旬現在では再び静穏化している（海上保安庁 HP 海域火山 DB 西之島, 2017）。

海上保安庁では一連の活動における西之島周辺の海底地形の変化を捉えるため、噴火活動中の2015年6–7月と噴火活動が休止した2016年5月、10–11月及び2017年1月の4期間に測量船及び航空機を使用して周辺海域の水深測量を実施した（Table 1）。この水深測量で判明した海底地形について報告する。なお、2017年4月以降の再噴火の際に再び溶岩が海に流入していることが確認されている（海上保安庁 HP 海域火山 DB 西之島, 2017）。再噴火後の火山活動による西之島周辺の地形変化については本稿では報告しな

Table 1. List of surveys.

表1. 調査一覧。

調査回数	調査期間	調査内容
第1回	2015年6月–7月	測量船「昭洋」：測深・採水 特殊搭載艇「マンボウII」：測深・採水
第2回	2016年5月	測量船「昭洋」：測深・採水
第3回	2016年10月–11月	測量船「昭洋」：測深・採水 航空機「MA725」：測深
第4回	2017年1月	測量船「拓洋」：測深

い。

2 西之島火山の地形変化概要

西之島火山は伊豆・小笠原弧の火山フロント上にある安山岩質の成層火山である。西之島火山の山頂部は小笠原トラフからの比高が約4,000 m以上、底面の直径は約70 km以上ある巨大な円錐型海底火山であり、周囲には西之島火山より古い山体がいくつも存在している。山頂部には側火山体も認められ、顕著なものとしては西之島の南に西之島南海丘が存在する（Fig. 1）。

これまでに知られていた西之島噴火は1973–1974年の噴火であるが、その噴火前には海底火山の山頂に最大水深107 mの火口があり、その北西縁上に西之島が存在していた（Fig. 2）。

西之島における火山活動の詳細については、海洋情報部研究報告第52号の小野・他（2015）、および本報告の小野・他（2018）にて報告されているので、ここでは西之島の火山活動に伴う地形変化の変遷をまとめておく。

1973–1974年噴火活動では、1973年5月に噴火が確認されてから、約1年間火山活動を継続した。その間、火口の位置を数回変えながら火砕物や溶岩流を放出し新島を形成した。この時に形成

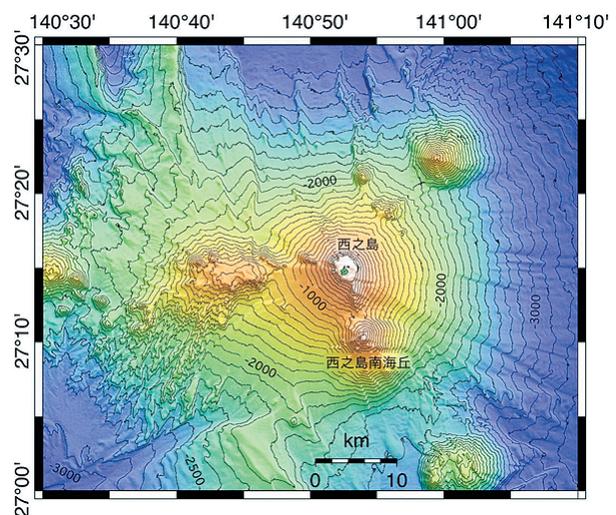


Fig. 1. Bathymetric map around Nishinoshima volcano before the 2013–2015 eruption event.

図1. 2013–2015年噴火活動前の西之島周辺の海底地形図。

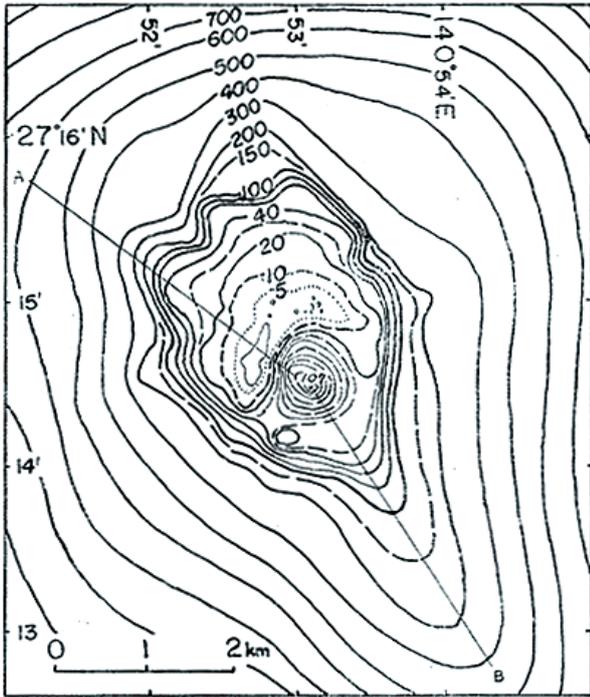


Fig. 2. Bathymetric map before the 1973–1974 eruption event at Nishinoshima volcano.

図 2. 1973–1974 年活動以前の海底地形図.

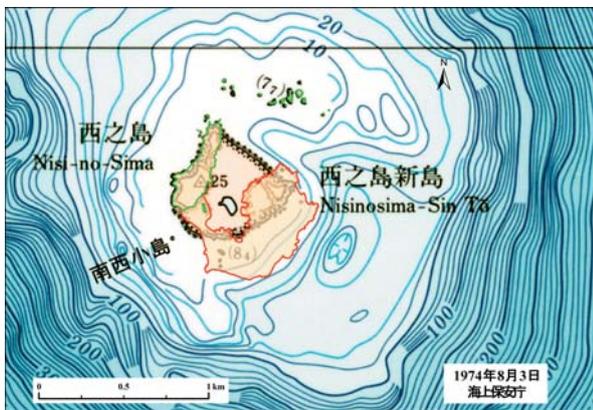


Fig. 3. Bathymetric chart after the 1973–1974 eruption event at Nishinoshima volcano. Green lines are Nishinoshima's coastlines before the 1973–1974 eruption event. Red line is Nishinoshima-Shinto's coastline formed out of the 1973–1974 eruption event. Bathymetric map extracted from Basic Maps of Coastal Bathymetric Chart "Nishinoshima".

図 3. 1973–1974 年活動後の海底地形図. 緑線は 1973–1974 年活動以前の西之島の海岸線, 赤線は 1973–1974 年活動により形成された西之島新島の海岸線. 海底地形図は沿岸の海の基本図「西之島」から抽出した.

された新島（西之島新島）は、漂砂等により西之島と接続した (Fig. 3). 1973–1974 年活動における西之島新島の大半は、その後の波浪による浸食のためその一部が残るのみであった。また、噴火前に存在していた最大水深 107 m の火口は南東側を除いてほぼ埋め立てられた。

1973–1974 年活動から約 40 年後の 2013 年 11 月に再び噴火が確認された。2013–2015 年活動における西之島の活発な火山活動の様子を抜粋して Figs. 4–6 で示す。

2013–2015 年活動の特徴の一つに溶岩流による島の面積拡大がある。特に 2014 年 8 月から 9 月の期間には、火砕丘北側の溶岩流出口から大量の溶岩を流出し旧西之島の区域を短期間で埋没させた。この 2 年間にわたって継続した噴火活動に



Fig. 4. The eruption of Nishinoshima (Photo taken on November 20, 2013).

図 4. 西之島の噴火 (2013 年 11 月 20 日撮影).



Fig. 5. The lava flow and the buried old Nishinoshima (Photo taken on September 17, 2014).

図 5. 旧西之島を埋没させた溶岩流 (2014 年 9 月 17 日撮影).

よる溶岩流出で西之島の面積は、 0.22 km^2 から 2.68 km^2 に拡大した (Fig. 7).

しかしながら、2017年4月以降に起きた再噴火の際に再び溶岩が海に流入していることが確認されており、周囲の地形がさらに変化していると推定される (Fig. 8).



Fig. 6. Vulcanian eruption of Nishinoshima (Photo taken on November 17, 2015).

図6. プルカノ式噴火 (2015年11月17日撮影).



Fig. 8. Re-eruption of Nishinoshima (Photo taken on April 27, 2017).

図8. 再噴火した西之島火山 (2017年4月27日撮影).

3 西之島周辺での海底地形調査

海上保安庁では、西之島の噴火開始から航空機を用いて定期的な監視観測を継続して実施してきたが、この航空機による監視観測の他に火山活動による海底地形の変化の解明や海図作成のために測量船等を用いた海底地形調査も実施した (Fig. 9).

まず、噴火が活発であった2015年6-7月の間には、測量船「昭洋」を用いて調査を実施した (Fig. 9 黄色斜線内). この期間の調査では、西之島の火口から半径4,000 m以内の区域は噴火警報に基づく警戒範囲として測量船の立ち入りができなかった. このため無人で調査航行することができる特殊搭載艇「マンボウII」を用いて水深調査を行った. 特殊搭載艇「マンボウII」では、無人による操縦性能を考慮して海岸線からの距離が400 m - 約1,200 mで水深10-100 m程度の比較的浅い水深の調査を行った. また、警戒範囲の外側では、測量船「昭洋」で水深調査を実施した (森下・他, 2015).

2016年2月に警戒範囲が火口から1,500 mの範囲に縮小された. このことから、2015年6-7月には警戒範囲が設定され実施できなかった火口からの距離が1,500-4,000 mの範囲の水深調査を、2016年5月に測量船「昭洋」を用いて実施した (Fig. 9 白色点内).

さらに2016年8月には、西之島の火山活動が

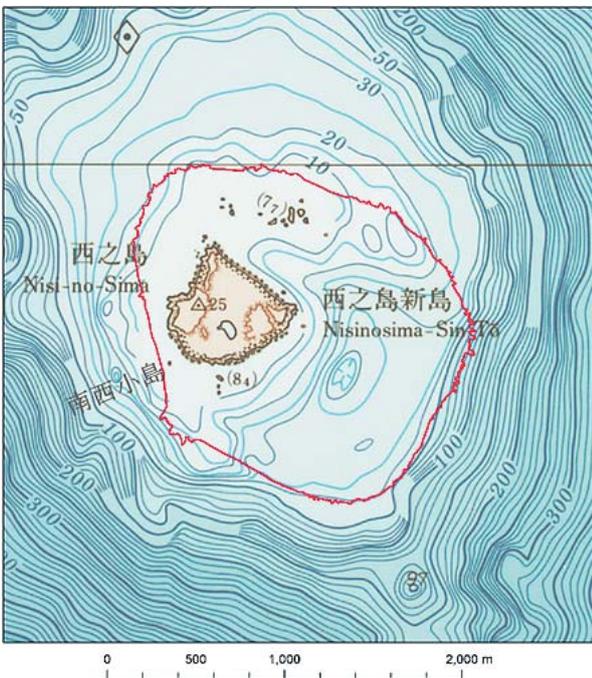


Fig. 7. Bathymetric map of Nishinoshima volcano. The red line indicates the coastline on November 17, 2015.

図7. 西之島火山の海底地形図. 赤線は2015年11月17日の海岸線を示している.

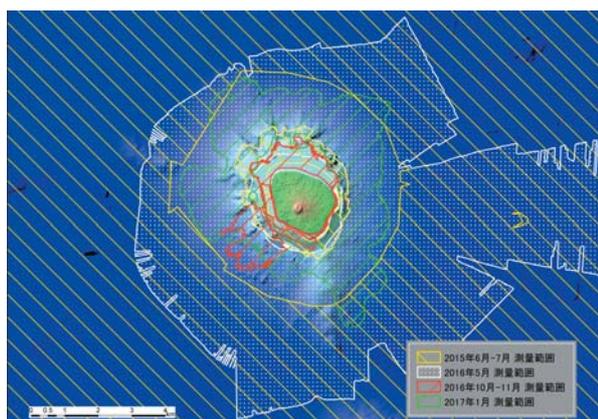


Fig. 9. Sounding coverage for each topographic survey around Nishinoshima in 2015–2017. The bathymetric surveys were carried out by the S/V *Shoyo* and ASV *Manbo II*, while the shallow area and land were surveyed by airborne LiDAR (Light Detection and Ranging) system. Topographic data around the 7th crater is quoted from the public data on the GSI (Geospatial Information Authority of Japan) website.

図9. 西之島測深範囲図. 西之島周辺は測量船「昭洋」および特殊搭載艇「マンボウII」, 浅海部及び海岸付近の陸域は航空レーザー測深の成果による. 第7火口付近の地形は国土地理院のHP公開データを使用した.

静穏化したため警戒範囲が陸上部分のみの火口から500 mの範囲に縮小されたことから, 海上警報が解除された.

このため, 2016年10–11月に測量船「昭洋」と航空機による水深調査を実施した (Fig. 9 赤色斜線内). 測量船「昭洋」による水深調査では, 搭載している小型測量艇で西之島周辺の水深調査を実施した. 航空機による水深調査は, 航空機に搭載した航空レーザー測深機で水深及び陸上地形を計測する航空レーザー測量を行った. この航空レーザー測深機は, Green Laser光を利用し海底及び陸上の地形計測を行うことができるため, 海岸付近の陸上から浅海域のシームレスな地形データを取得することが可能である. この特徴を生かし航空レーザー測量では, 特に測量船・艇の進入が非常に困難な極浅海区域の地形データを取得することができた.

また, 2017年1月には測量船「拓洋」で西之

島周辺海域の補測を行った (Fig. 9 緑色斜線内) (福山・他, 2018).

これら4回にわたって実施した海底地形調査の各調査期間の調査区域は, 調査漏れがないように管理して調査を実施している. 一連の調査の結果得られた地形データは, 新たに作成した西之島の海図や海底地形図の作成に活用されている.

4 西之島周辺海域の地形

西之島火山は, 水深4,000 mから海面に達する長径約70 kmの底面を持つ成層火山の海底火山である. 西之島周辺には水深50 m以浅の陸棚が形成され, その外縁部から急激に水深が増し, 傾斜約6°以上の斜面が形成されている (海上保安庁, 1993). この斜面の傾斜は一様ではなく, 西之島の北側及び東側–南側では急斜面が発達しているが, 南西側から西側の斜面ではやや緩やかな斜面となっている. 西之島周辺には3つの側火山があり, 北東方の側火山は山頂水深が1,245 m, 南方の西之島南海丘は196 m, 西方のものは543 mである (Fig. 1).

西之島の周辺に形成されていた陸棚は, 北側では, 溶岩流による陸上部分の拡大があったにもかかわらず, 溶岩が達しなかった海底下では西之島側から水深50 m以浅までほぼ平坦な海底で緩やかに傾斜しつつ陸棚外縁に続いている (Fig. 10a). その北側の陸棚地形の外縁からは急斜面で深海底に接続している (Fig. 10b). 2013–2015年活動以前に存在した西之島南側の陸棚地形は, 溶岩流のためほぼ埋没したものの, 陸棚外縁から沖側は溶岩流の影響を受けず, 噴火前の地形を保っている (Fig. 10c). これら陸棚外縁から水深50–500 m程度までの地形の傾斜は, 17° (300/1,000)の極めて急な斜面を形成している (海上保安庁, 1993).

西之島の今回活動した火口から南東方向にある西之島南海丘を結ぶ線上に火砕丘をともなう火口状の地形が連なっている (Fig. 10 矢印).

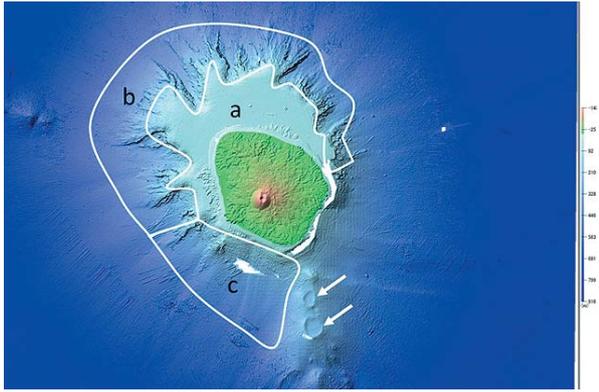


Fig. 10. Bathymetric map around Nishinoshima volcano. Topographic data around the 7th crater is quoted from public data on the GSI website.

図 10. 西之島周辺の海底地形図. 第7火口付近の地形は国土地理院のHP公開データを使用した.

5 測量結果

西之島近傍のマルチビーム測深機による面的な調査は初めてであったため、今まで航空写真等で海中に確認されていた1973-1974年活動以前から存在していた溶岩流地形も詳細に捉えられた。この溶岩流地形は今回の溶岩流拡大に伴いそのほとんどが埋没しているが、西之島の北側、西側及び南西側の海底地形にその名残を留めている (Fig. 11)。西之島の極近傍の海底は海岸線から約100-250 mの幅で斜面を形成しており、北側か

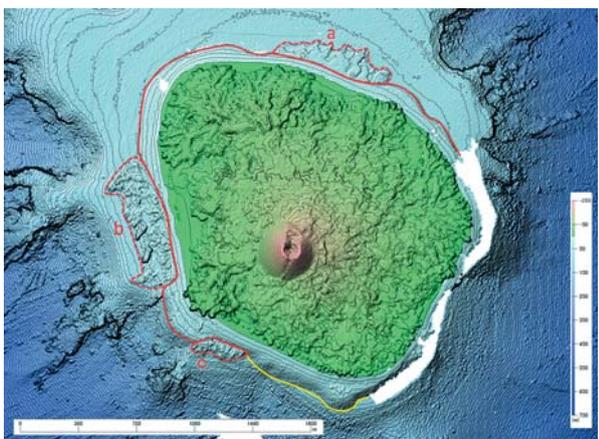


Fig. 11. Bathymetric map of Nishinoshima volcano. Topographic data around the 7th crater is quoted from public data on the GSI website.

図 11. 西之島の海底地形図. 第7火口付近の地形は国土地理院のHP公開データを使用した.

ら南西側の海底では平坦な陸棚に明瞭な境界を持って接続している (Fig. 11 赤色実線)。また、南側では深海底に続く斜面にやや不明瞭ながらも境界を持って接続している (Fig. 11 黄色実線)。

この斜面は今回の噴火活動による溶岩流の拡大に伴って形成された地形で、ほぼ平滑な表面を持つ斜面となっているため、溶岩が海中に突入した時の水冷破砕物と波蝕による碎屑物の堆積によるものと推定される。

新たに形成された地形の海底における傾斜は、南岸、西岸、北岸で見ると以下のとおりである。

南岸、西岸、北岸の海底地形のプロファイルを Fig. 12 に示す。Fig. 13 は Fig. 12 と同様に海底地形のプロファイルであるが、海岸線近くを拡大して示している。各プロファイルの位置は Figs. 14

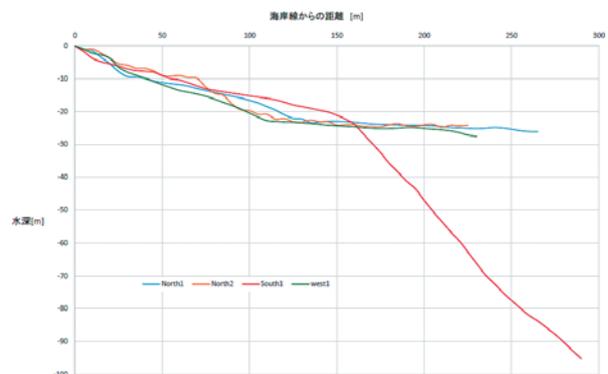


Fig. 12. Bathymetric profiles across the coastline of Nishinoshima.

図 12. 西之島海底地形プロファイル.

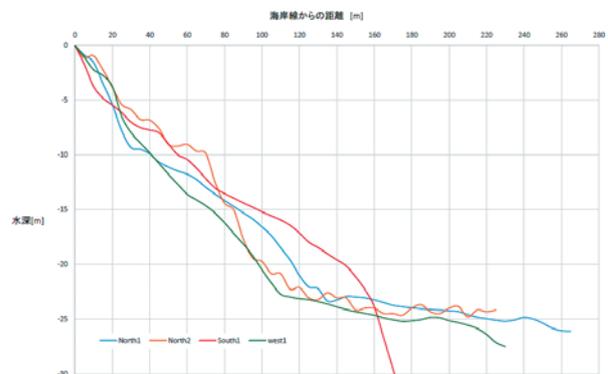


Fig. 13. Bathymetric profiles across the coastline of Nishinoshima (enlarged view).

図 13. 西之島海底地形プロファイル (拡大図).

–16のとおりである。

南岸の“Line South 1”では海岸線から距離約15 mでは傾斜が約 18° であり、海岸線から約45 mまでの傾斜は約 7° である。その先の海岸線から約45–55 mでは約 23° の急斜面で深海底への斜面に接続している。海岸線から約50 m付近の接続面付近では急な傾斜となっていることから、海中に突入後急冷されたことにより行き足を止めた溶岩流の上に新たな溶岩流が流下したことにより形成された地形であると考えられる。また、海岸線から距離約15–50 m付近の緩い傾斜は水冷破砕物の波蝕作用により、均された様な緩い傾斜が形成されたと考えられる。

西岸の“Line West 1”では海岸線から距離約10 mまでは約 12° でその先の海岸線から約10–20 mの間は約 9° とやや緩い傾斜となっているが、海岸線から約20–25 mでは約 29° と急傾斜で、深海へ続く約 12° の斜面へ接続している。このあたりまで火砕物の影響があったと考えられる。

北岸では“Line North 1”, “Line North 2”ともに、海岸線から約25–30 mまでは約 12° – 17° の比較的急傾斜で、その先の海岸線から約70–105 mの範囲は約 6° の緩い傾斜が続き、海岸線から約95–135 mで約 11° – 21° の急傾斜で西之島北方海底に広がる傾斜が約 2° – 1° の平らな陸棚地形に明瞭な境界を形成して接続している。この海岸線から約95–135 mに形成されていた急斜面の地形までが新たな溶岩流が流下したことにより形成された地形であると考えられる。これらのことから西之島北方の平らな陸棚地形は今回の噴火の影響が及んでいないことが分かった。

なお、海岸線付近から約20–30 m付近の比較的急な傾斜は、西之島北岸は波高が高く、強い波蝕作用を受けた影響であると考えられる (Fig. 17).

これらのことから、海底では溶岩流の顕著な延伸は認められず、海中での溶岩流による噴出物の分布は西之島の海岸線のごく近傍に限られることがわかった。

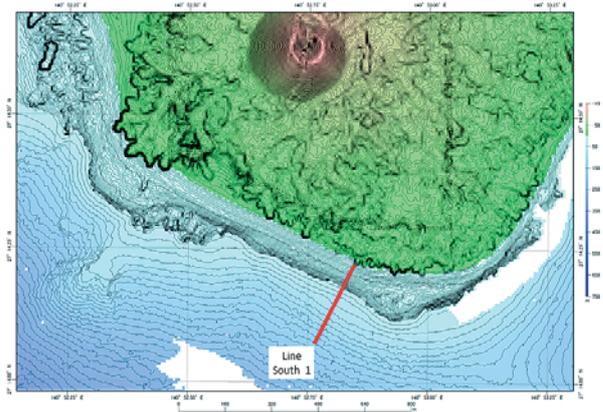


Fig. 14. Bathymetric map of the southern coast of Nishinoshima.

図 14. 西之島南岸海底地形図.

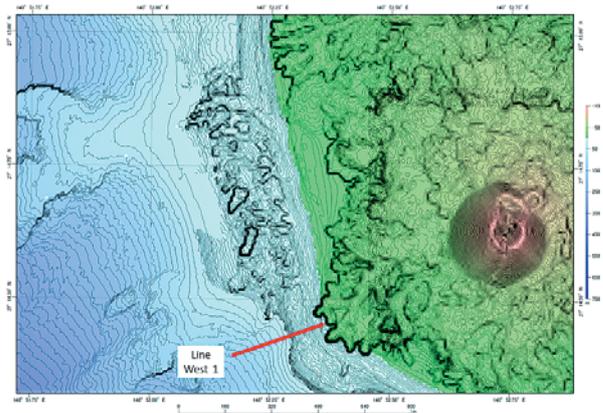


Fig. 15. Bathymetric map of the western coast of Nishinoshima.

図 15. 西之島西岸海底地形図.

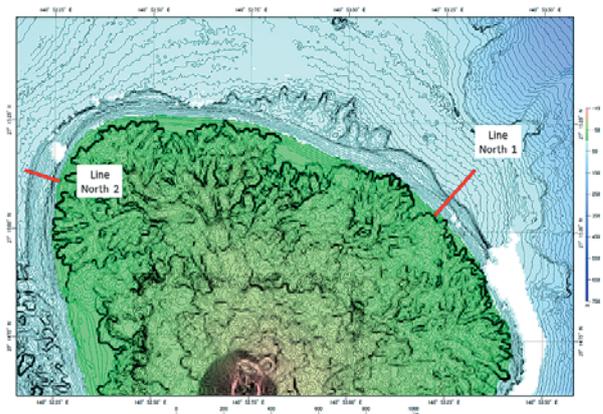


Fig. 16. Bathymetric map of the northern coast of Nishinoshima.

図 16. 西之島北岸海底地形図.

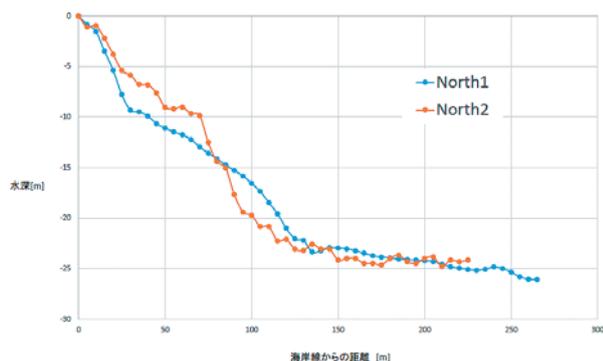


Fig. 17. Bathymetric profiles across the northern coast of Nishinoshima.

図 17. 西之島北岸海底地形プロフィール.

6 まとめ

西之島の 2013–2015 年噴火活動は、活動期間中ほぼ連続して噴火が継続し、溶岩が安定して供給されたことで陸地を形成拡大し続けた活発な火山活動であった。

海上保安庁では、活発な噴火活動期間中から無人搭載艇や測量船を投入して水深調査を実施した。また、噴火活動が静穏化した後は、測量船による水深調査に加えて、海底から陸上地形までをシームレスに計測できる航空レーザー測深機による水深・地形調査を行った。

これらの調査結果により西之島近傍の詳細な海底地形が判明し、溶岩流により拡大した地形の海底における影響は海岸線近傍に限られていた事がわかった。

謝 辞

今回の西之島の調査に際して、水深測量を実施した測量船「昭洋」及び「拓洋」乗組員、羽田航空基地職員に感謝を申し上げます。合わせて、水深測量の解析に必要な験潮器の回収に協力を頂いた巡視船「ぶこう」乗組員及び第三管区海上保安本部横浜保安部職員にも感謝申し上げます。また、本稿執筆に際してご助言等頂いた匿名査読者の方にも深く御礼申し上げます。

文 献

福山一郎・白根宏道・小野智三・森下泰成・吉岡

眞一・中村圭佑・山川峻・小川遥・高橋日登美・佐藤泉・濱崎翔五 (2018) 西之島における水路測量について、海洋情報部研究報告, 55, 66–76.

海上保安庁 (1993) 5 万分の 1 沿岸の海の基本図「西之島」海底地形地質調査報告, 22–23.

海上保安庁, 海域火山データベース <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo18-2.htm>.

国土地理院, 国土地理院における西之島付近の噴火活動関連情報のページ, <http://www.gsi.go.jp/gyoumu/gyoumu41000.html>.

森下泰成・小野智三・濱崎翔五・高橋日登美・野上健治 (2015) 西之島火山の調査航海結果 (速報), 日本火山学会 2015 年秋季大会ポスターセッション.

小野智三・濱崎翔五・矢島広樹・伊藤弘志・野上健治 (2015) 西之島火山の 2013–2014 年噴火活動, 海洋情報部研究報告, 52, 56–78.

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 (1991) 日本近海における海底火山の噴火, 東海大学出版会, 279.

要 旨

西之島の 2013–2015 年噴火活動では、大量の溶岩流出による面積拡大が特徴的であった。

海上保安庁では、噴火活動中の 2015 年 6–7 月と、噴火が一時的に沈静化した 2016 年 5 月、10–11 月及び 2017 年 1 月の 4 期間にマルチビーム測深機及び航空レーザー測深機による海底地形調査を行った。

この調査結果で判明した 2013–2015 年噴火活動の影響による地形変化について報告する。