

## 西之島における水路測量について<sup>†</sup>

福山一郎<sup>\*1</sup>, 白根宏道<sup>\*1</sup>, 小野智三<sup>\*2</sup>, 森下泰成<sup>\*3</sup>, 吉岡眞一<sup>\*4</sup>, 中村圭佑<sup>\*5</sup>,  
山川 峻<sup>\*1</sup>, 小川 遙<sup>\*6</sup>, 高橋日登美<sup>\*7</sup>, 佐藤 泉<sup>\*8</sup>, 濱崎翔五<sup>\*5</sup>

### Hydrographic surveys of Nishinoshima<sup>†</sup>

Ichiro FUKUYAMA<sup>\*1</sup>, Hiromichi SHIRANE<sup>\*1</sup>, Tomozou ONO<sup>\*2</sup>, Taisei MORISHITA<sup>\*3</sup>,  
Shinichi YOSHIOKA<sup>\*4</sup>, Keisuke NAKAMURA<sup>\*5</sup>, Shun YAMAKAWA<sup>\*1</sup>, Haruka OGAWA<sup>\*6</sup>,  
Hitomi TAKAHASHI<sup>\*7</sup>, Izumi SATO<sup>\*8</sup>, and Shogo HAMASAKI<sup>\*5</sup>

### Abstract

The eruption of Nishinoshima was confirmed in November 2013. The active eruption activity lasted two years, and the land area has expanded. The eruption activity calmed after November 2015 until it resumed in April 2017. Prior to the re-activation of the eruption, the Japan Coast Guard carried out hydrographic surveys with vessels and aircrafts, mapping Nishinoshima and its adjacent area.

### 1 はじめに

2013 年 11 月に噴火が確認された西之島では、その後およそ 2 年間にわたり活発な火山活動が続いた後、沈静化した。2017 年 4 月に再び噴火が確認された。この間、海上保安庁の測量船や航

空機を使用して、溶岩流により大きく変化した西之島周辺の水路測量を実施した。本報告では、この一連の調査について報告する。

なお、一連の調査のなかの西之島に上陸を伴う作業については、非常に稀な作業であり、今後同

---

<sup>†</sup> Received June 16, 2017; Accepted September 8, 2017

\* 1 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division

\* 2 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)

\* 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, 3<sup>rd</sup> R.C.G. Hqs.)

\* 4 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*)

\* 5 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division (現職 海上保安大学校 Now at Japan Coast Guard Academy)

\* 6 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division

(現職 技術・国際課 海洋研究室 Now at Japan Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division)

\* 7 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division  
(現職 技術・国際課 Now at Technology Planning and International Affairs Division)

\* 8 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division

様の作業を実施する際の参考として、上陸手法や安全対策及び環境対策などについて詳細に報告する。

## 2 調査概要

海上保安庁は、2013年の西之島の噴火以降、航行船舶の安全対策のため定期的に航空機を用いて監視観測を行っていたが、この観測の他に海図等の作製や海底地形の変化の解明のために、測量船や航空機を用いた海底地形調査を2015年から大きく分けて3回実施した。それぞれの調査について、その概要を示す。また、噴火活動と調査を対比した時系列について Fig. 1 に示す。

### 2.1 2015年6-7月の調査

2015年6月から7月にかけて、「昭洋」及び同特殊搭載艇（マンボウII）（Photo 1）に装着したマルチビーム測深機（Sonic2022, R2Sonic社）を使用して5日間の海底地形調査を行った。この他に、海上磁気測量・海底地質調査・採水作業等を行った。

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なっており、測量船の立ち入りができなかったため、無人による操縦調査が可能なマンボウIIを使用して、距岸200 mから水深200 m付近までの海底地形調査を行った。（Fig. 2）また、火口から半径4,000 mの外側については、測量船に搭載したマルチビーム測深機（EM122, Kongsberg社）により1日調査を行った。

本調査には報道機関が多数乗船し、噴火活動中

の西之島とともに、調査の様相などについても大きく報道された。

### 2.2 2016年5月の調査

2016年2月、火口からの警戒範囲が半径1,500 mに縮小されたことから、同年5月「昭洋」により、火口から半径1,500 m-4,000 m付近までの範囲について、2日間海底地形調査を行った。本調査で使用したマルチビーム測深機は、水深300 m以浅においてはEM710、水深300 m以深についてはEM122（いずれもKongsberg社）である。この他に、海上磁気測量・海底地質調査・底質採取・採水作業等を行った。

### 2.3 2016年10月以降の調査

2016年8月、火口からの警戒範囲が半径500 mに縮小（Fig. 3）されたことにより、海域については警戒範囲外となり、西之島周辺海域における船舶への航行制限が解除された。このため、同年10月から11月に「昭洋」と同搭載艇（1号艇）

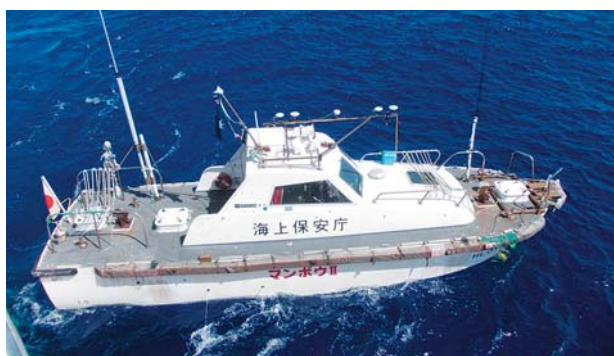


Photo 1. The unmanned survey boat "Mambo II."  
写真1. 特殊搭載艇「マンボウII」。

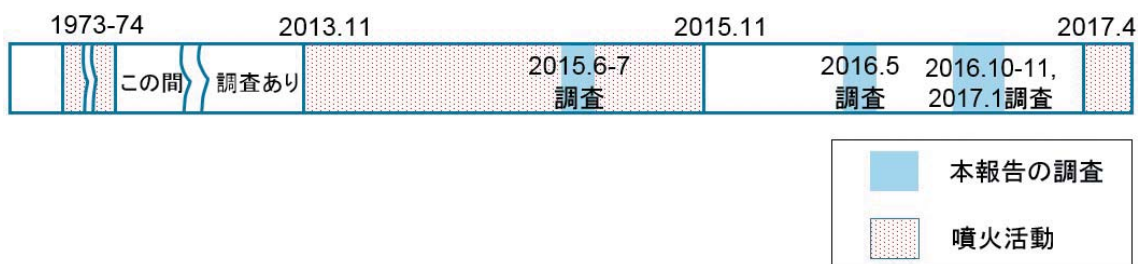


Fig. 1. The chronological table of volcanic activities and hydrographic surveys.

図1. 時系列（噴火活動と調査）。



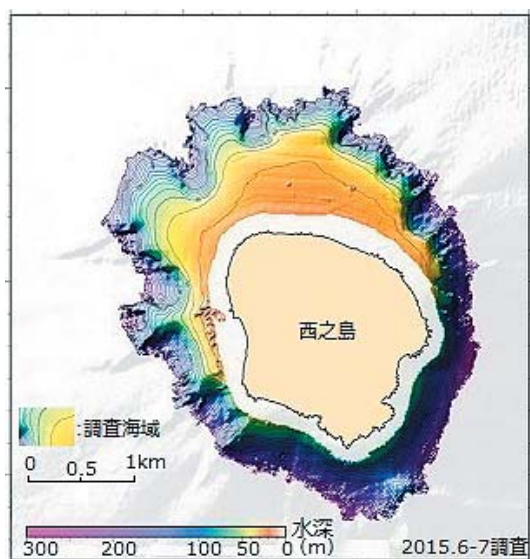


Fig. 2. Bathymetric map created with a multi-beam echo sounder equipped on “Mambo II” (from the survey in June-July, 2015).

図2. 特殊搭載艇「マンボウII」のマルチビーム測深機による海底地形調査結果 (2015年6-7月).



Photo 2. The survey boat equipped on the S/V Shoyo and multi-beam echo sounder (yellow box).

写真2. 「昭洋」搭載艇とマルチビーム測深機.



Photo 3. LIDAR (light detection and ranging) survey aircraft “Mizunagi, MA725”.

写真3. 航空機 MA725 「みずなぎ」.

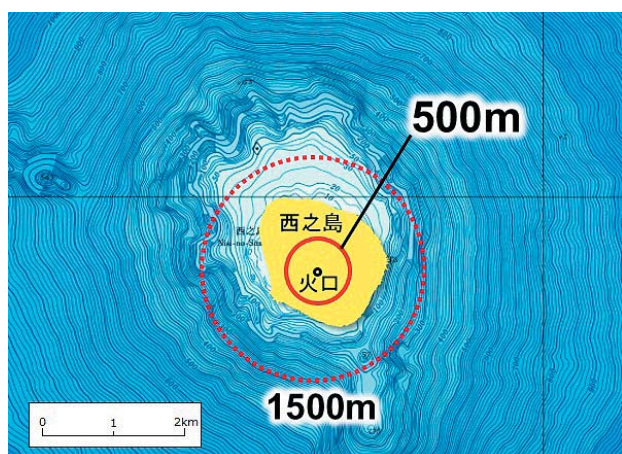


Fig. 3. Navigation-warning area around Nishinoshima volcano (reduced from radius of 1,500 m to 500 m).

図3. 火山警戒区域 (半径 1,500 m から 500 m に縮小).

(Photo 2) を使用したマルチビーム測深機 (Sonic2024, R2Sonic 社) による調査と, 航空機「みずなぎ」(羽田航空基地所属 MA725) (Photo 3) を使用した航空レーザー測深機 (CZMIL, Teledyne Optech 社) による調査を行った. Fig. 4 及び Fig. 5 は, 搭載艇と航空レーザーによる海底地形調査エリアを示す.

調査海域は, 過去警戒範囲だったため海底地形

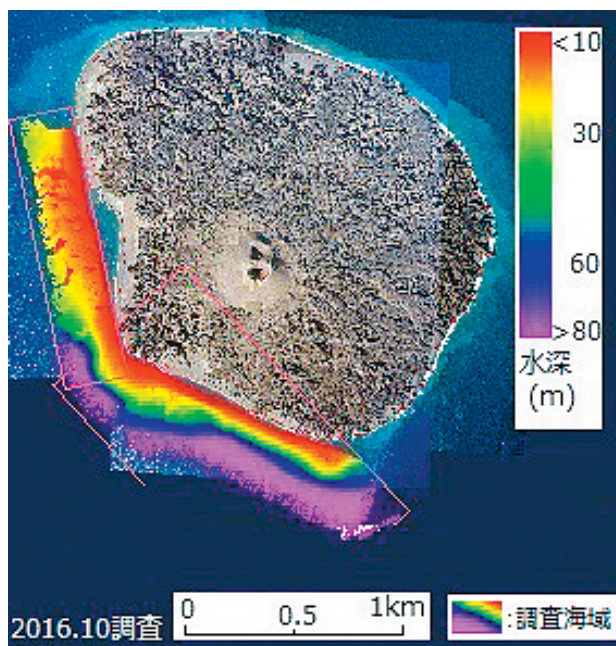


Fig. 4. Bathymetric map created by the survey boat equipped on the S/V Shoyo (October, 2016).

図4. 「昭洋」搭載艇によるマルチビーム測深調査結果 (2016年10月).



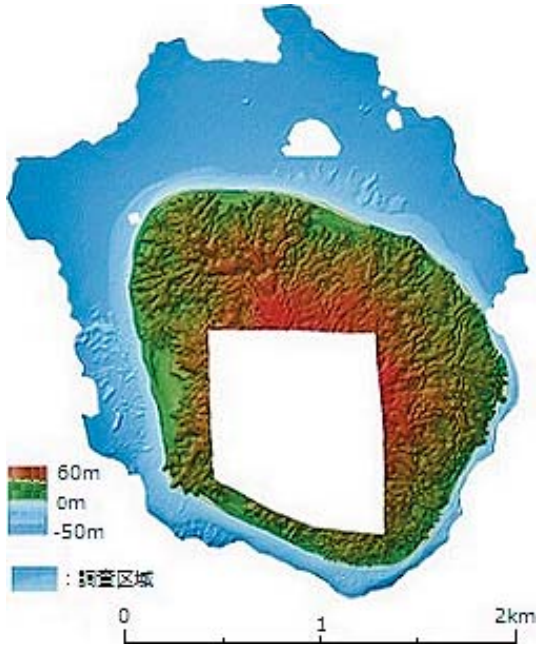


Fig. 5. Bathymetric map created with the LIDAR survey results from the aircraft MA725 Mizunagi (November, 2016).

図5. 航空機 MA725「みずなぎ」によるレーザー測深調査結果 (2016年11月).

調査を実施できていなかった距岸 200 m 以内の海域と、沖合いの補再測海域である。

験潮については、西之島の北側の沿岸（距岸約 200 m）に簡易験潮器（Level TROLL 500, In-Situ 社）を設置し測地験潮所とした。基準験潮所は父島験潮所（気象庁所管）とし、短期比較から決定した観測基準面上の最低水面を使用した。Z<sub>0</sub>については、測地験潮所で観測した潮位記録の 32 昼夜調和分解から算出した値を使用した。

本調査においては、島内の一部を除いて上陸調査が可能であり、航空レーザー測量の支援のため、西之島に上陸し GNSS 観測を行った。島内の観測場所については、一連の噴火に伴う溶岩流による埋没から逃れた、地盤が安定している旧西之島上とした。

なお、本調査には国土地理院職員 2 名も同乗し、地形図作製のため、島内に三角点 2 点を設置し、GNSS 観測を実施した。また、後日同院により実施する空中写真測量のため、同点に対空設標を施した。

当庁の作業及び国土地理院の作業は、お互い協力して実施した。

Fig. 6 は、島内及び周辺における各々の調査地点及び上陸点 A 及び C を示したものである。なお、三角点設置のため上陸を予定していた上陸点 B については、調査期間中波浪やうねりの高い状態が続き、上陸することができなかった。

Fig. 7 及び Fig. 8 は、それぞれの上陸点（A 及び C）から調査地点までのルートを示したものである。

本調査において、島の北部海域に設置した簡易験潮器と、島内に設置した GNSS 観測機器については、台風等の影響により当該調査期間中に回収するに至らず、同年 12 月に横浜海上保安部所属の巡視船により回収した。Fig. 9 に簡易験潮器の設置概要を示す。また、陸上に設置していた GNSS 観測機器については、2017 年 1 月に「拓洋」により回収した。この際に、一部の海域について本船のマルチビーム測深機（EM122, Kongsberg 社）を使用して補測を実施した。

一連の海底地形調査海域（海図採用水深）につ

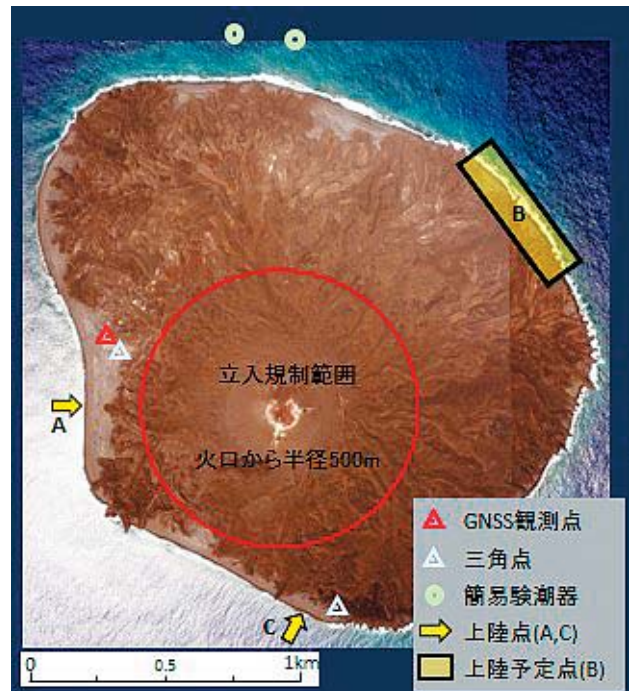


Fig. 6. Observation points of each device on and around Nishinoshima.

図6. 西之島及び周辺海域における各機器の観測地点。



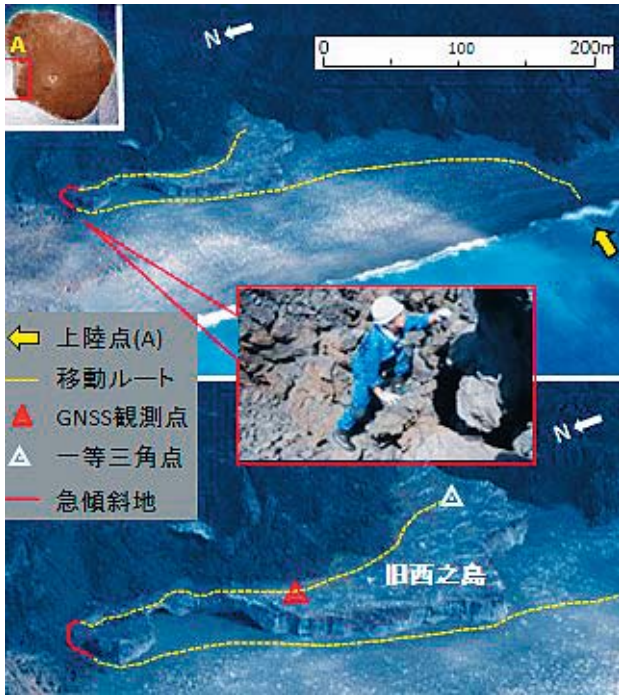


Fig. 7. Route from the landing point A to the observation points.

図7. 上陸点Aから観測点までのルート。

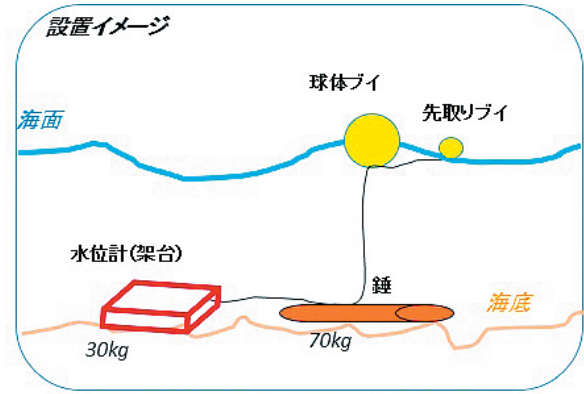


Fig. 9. Schematic view of tide observation

図9. 験潮器設置概要。

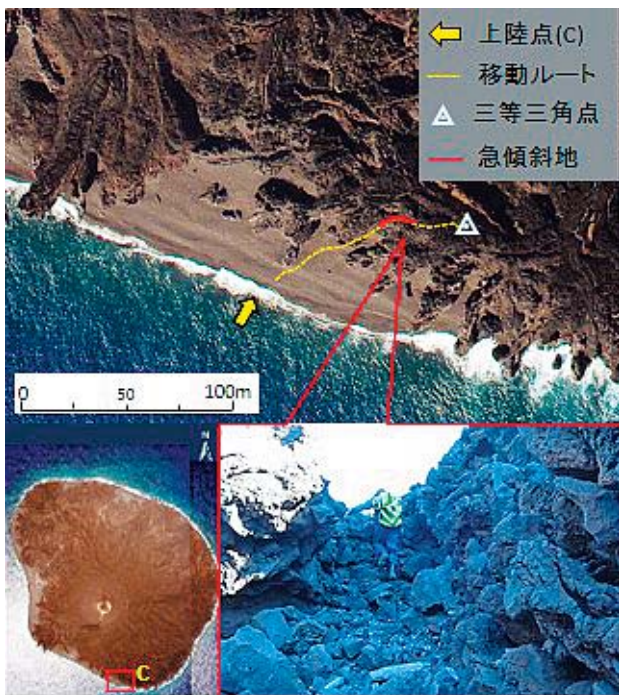


Fig. 8. Route from the landing point C to the observation point.

図8. 上陸点Cから観測点までのルート。

いてまとめたものを Fig. 10 に示す。

なお、2016年10-11月の「昭洋」の調査においては、多数の報道機関が乗船し、テレビカメラやドローンを用いて、調査の様相や西之島の状況について取材を行い、東京入港後はその様相が大きく報道された。

### 3 安全対策

2015年の調査時は、警戒範囲外とはいえ噴火活動中の西之島周辺海域での調査であったため、必要となる安全対策を講じた。

また2016年10-11月の調査においては、航空レーザー測量及び国土地理院地形図作製支援のため上陸を伴う調査であった。上陸には「昭洋」搭載の8人乗りゴムボート (Photo 4) を使用し、運航要員4名と上陸要員2-4名の構成で、必要に応じて調査機材を搭載した。また、噴火活動が休止したとはいえ、不測の事態を考慮した各種作業の安全対策を策定し、本調査のほか、2017年1月の「拓洋」による調査実施時の上陸を伴う作業

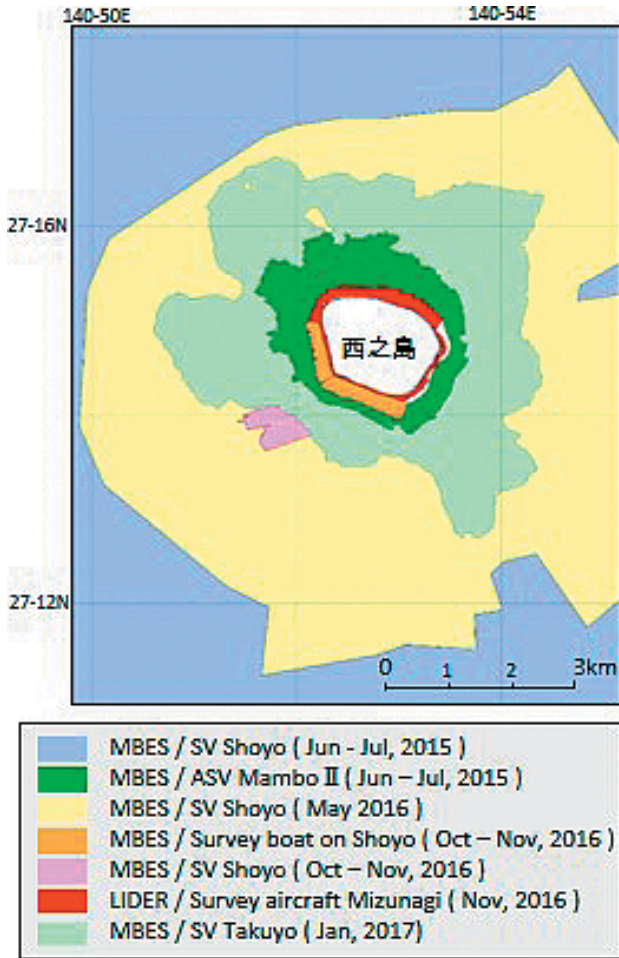


Fig. 10. Index map of the bathymetric surveys around Nishinoshima.

図 10. 海底地形調査索引図.



Photo 4. The inflatable boat for landing.  
写真 4. 上陸用ゴムボート.

についても、同様の対策をとった。

以下に各々の調査における対策を報告する。

### 3.1 2015年6-7月

西之島付近海域滞在中は、毎日熱赤外線撮影及び目視等により、火山活動状況を監視・把握し

た。また、夜間や調査時以外については、風向きを考慮し、島から十分離れた海域で待機した。このほか、有毒な火山ガスに備えて、船内にガス検知器を設置し有毒ガスの濃度を監視した。緊急時には防毒マスクを使用することとした。ガスの種類と基準値は、以下のとおりとした。

二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) : 0.5 ppm  
硫化水素 (H<sub>2</sub>S) : 1 ppm

### 3.2 2016年10-11月

本調査では、西之島沿岸域（概ね距岸 200 m 以内）における搭載艇を用いた海底地形調査、ゴムボートを使用した上陸作業、島内における測量作業、航空レーザー測量の際、現地の測量船から航空機へ気象や火山活動の情報提供体制の確保などの安全対策を講じた。以下に代表的な対策について報告する。

#### 3.2.1 事前訓練

安全対策の一環として、現地回航前に館山湾（千葉県）の砂浜海岸において、ゴムボートによる西之島上陸を想定した訓練を実施し、現地作業に備えた。上陸訓練は、Fig. 11 に示した手法により実施した。

手順は、以下に示すとおり。

- ① 前方を監視しながら、上陸点向け進入する。
- ② ゴムボート後部からアンカーを投入し、さらに上陸点向け進入する。この際、アンカーの効きを確認する。アンカーが十分に効いていない際は、再度①から実施する。
- ③ アンカーロープを張り合わせつつ、距岸

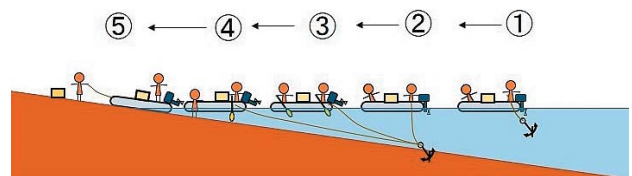


Fig. 11. Landing procedure with the inflatable boat (Training in Tateyama, Chiba).

図 11. ゴムボート上陸手順（館山訓練時）.



20 m 程度となったら、船外機をチルトアップ（底触防止）し、オールを漕いでさらに上陸点向け進入する。

- ④ 水深が1 m 以下（オール等で確認）となったら、ゴムボート前部から上陸者は順次上陸する。
- ⑤ 上陸者においては、上陸後は資機材の陸揚げや、ゴムボートの船体保持に努める。

船体保持については、後部のアンカー索と、前部のもやい索を張り合わせることで、船体が波の方向に立てた状態（海岸線に対して直角）となり、横から波浪を受けることが無く、転覆のリスクが軽減される。

### 3.2.2 火山活動の監視

西之島付近滞在中は、測量船から熱赤外線カメラによる西之島の熱分布のパターンに変化がないか確認を行った。（Photo 5）

このほか、噴煙・音・振動などについて、本船、搭載艇及び上陸時に目視等により監視を行った。また、異常が確認された際は、ガス濃度を計測し設定した基準値（SO<sub>2</sub> : 0.5 ppm, H<sub>2</sub>S : 1 ppm）を超えた場合は作業を行わないか、作業中であれば作業を中止して本船に帰船することとした。結果として、調査中及び西之島付近滞在中に異常は確認されなかった。

上陸者のうち1名は特定の作業には従事せず、作業の監視のほか、火山の監視にあたった。



Photo 5. Monitoring volcano with thermal infrared measurement camera.

写真5. 熱赤外線カメラによる火山監視。

### 3.3 ゴムボートによる上陸と回収

基本的には、事前訓練（館山湾）に倣った手順としたが、現地では以下の3点について変更した手法をとった。

1点目は、アンカーの投入に際して、アンカーが海底を走錨する状態となり、この作業に時間を要し、結果ゴムボートが砕波帯付近に位置する時間が長くなり、時より押し寄せる外洋の大きなうねりによる転覆の危険性が増すこととなったため、アンカー投入時は岸と平行にゴムボートを走らせアンカーを投入し、走錨しないことを確認した後、ゴムボートを陸地に近づけていく事とした。

2点目は、オールを漕いで陸に接近することとしていたが、ゴムボートを運航する測量船の配慮により、ウエットスーツを着用した測量船の上陸支援要員が、泳いで先に陸に向かうこととした。これにより、ゴムボート前部のもやい索を早期に陸側で張り合わせることができ、船位の安定維持までの時間を短縮することができた。Fig. 12は、ゴムボート上陸までの一連の流れを示した図である。（Photo 6）

手順は、以下に示すとおり。

- ① ゴムボートは砕波帯の沖側で、海岸線と平行に航走しアンカーを投入する。
- ② アンカーの効きが確認できたら、上陸点に向かう。
- ③ 距岸20 m 程度になったら、船外機をチルトアップし、ウエットスーツを着用した上陸支援要員がゴムボートから入水し、上陸点まで泳ぐ。
- ④ 上陸支援要員は、前部もやい索を使用して

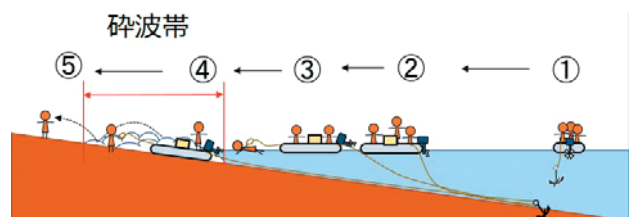


Fig. 12. Landing procedure with the inflatable boat (Nishinoshima).

図12. ゴムボート上陸手順（西之島現地）。



Photo 6. The landing with the inflatable boat.  
写真6. ゴムボートによる上陸風景.



Photo 7. Anchor buoy in the sea.  
写真7. 海上に設置したアンカーブイ.

ゴムボートを上陸点へ引き寄せる。この際、後部のアンカー索は張り合わせつつ徐々に伸ばしていく。

- ⑤ 上陸者は順次上陸する。上陸後は、速やかに機材の陸揚げやゴムボートの船体保持を行う。

3点目は、投入したアンカーについて、2回目以降の上陸作業軽減のために現場に残しておくこととした。当該アンカー索の終端部に、浮体を取り付けることとした。また、この浮体はゴムボートが上陸点へ向かう際、目標物ともなり有効であった。(Photo 7)

回収については、上記の逆の手順となる。一部これとは別に、水密性があり、浮力を有するものを回収する際、ゴムボートを比較的動揺が少ない砕波帯の沖側に位置させ、前部もやい索に回収物を結索し、これをゴムボート側から引っ張り回収する手法をとった。この手法は、波が高くなり通常の回収では困難な場合も、比較的容易に回収す

ることができると思われる。また、同手順については、人員についても代用することが可能である。(上陸支援要員は、この手順でゴムボートに戻る場面もあった。) Fig. 13は、前述の機材回収の一連の流れを示した図である。(Photo 8)

手順は、以下に示すとおり。

- ① ゴムボートは後部のもやい索を引いて、徐々に沖に向かい、砕波帯を通過した付近に留まる。この際、前部のもやい索は上陸点の要員が張り合わせつつ、徐々に伸ばしていく。
- ② 上陸点の要員は、機材を前部もやい索と結束する。ゴムボート側の人員は、結束が確認できたら、前部もやい索を引き、機材を引き寄せゴムボートへ回収する。複数回実施する際は、ゴムボートから前部もやい索を上陸者へ投げ渡し、繰り返し作業を行う。人員についても、もやい索につかまり乗艇することも可能。
- ③ 予定した機材等をゴムボートで回収した

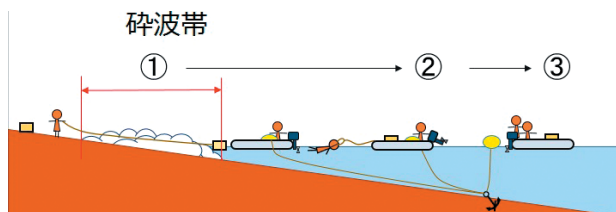


Fig. 13. The procedure for retrieving survey instruments using the inflatable boat.

図13. ゴムボートによる機材回収手順.



Photo 8. Retrieval of survey instruments using the inflatable boat.

写真8. ゴムボートによる機材回収風景.



ら、後部アンカー索（終端部に浮体あり）を海上に残し本船へ向かう。

#### 4 環境対策

西之島への上陸に際して、同島の在来生態系の保全の観点から、環境省策定の「小笠原諸島西之島の保全のための上陸ルール」（小笠原諸島世界自然遺産地域科学委員会 平成 28（2016）年 6 月 14 日策定）に則り上陸した。

以下に具体的な対策を記す。

##### 4.1 必要最小人員・頻度での上陸計画

人為的攪乱を可能な限り避けるため、上陸後の移動時間や作業時間などを最小にすることを考慮した計画を立てた。結果、人員については、海上保安庁職員 4 名、国土地理院職員 2 名、東京工業大学野上教授の計 7 名とし、上陸回数は 3 箇所の上陸点を選定し、全 8 回の計画とした。上陸回数については、海上模様や調査計画の変更などにより、結果 5 回となった。

##### 4.2 新品の機材・服装などを使用

不注意な随伴生物の持込を避けるため、作業服は新品でなければならなかったが、制服の作業着の新品が用意できなかったため、市販の作業服（新品）を調達した。また、安全靴についても同様の理由のほか、非常に鋭利な溶岩上の歩行や、大小さまざまな大きさの溶岩が散在する不安定な斜面等を歩行するなどの特殊性を考慮して、市販のすね部まで締めつける編み上げタイプのものを調達した。

##### 4.3 新品の機材・服装などが、準備できない際の代替措置

上記 4.2 が準備できない場合は、服装などについては洗濯後に冷凍保存、観測機器等についてはアルコール洗浄の後ビニール袋などで密封、バックやケース類については掃除機による吸引を施し清浄化した後にクリーンルームで保管した。特にバック類の面ファスナー（マジックテープ）部に

ついては、種子等の付着の可能性が大きいため、入念に清浄化を行った。

##### 4.4 クリーンルームの設置

清浄化後の使用する機材について、生物や種子の再混入を避けるため、船内にクリーンルームを設置した。クリーンルームについては、国土地理院所有のテント（約 2 メートル四方、高さ約 2 メートル）を船倉に設置し、隙間などを密閉した後に、市販の燻煙式害虫処理剤を用いて燻蒸処理を施した。なお、燻蒸処理については、クリーンルームから機材の出し入れの度に実施した。（Photo 9）

上陸調査時は、このクリーンルームから直接ゴムボートに機材を搬送した。

##### 4.5 ウエットランディング（海水による全身洗浄）

ゴムボートから上陸する際に、衣服等に付着している可能性がある外来種を取り除くため、人間は全身を海水で洗浄した後上陸した（Photo 10）。

##### 4.6 上陸時の食事等

種子などの持込を考慮して、乾パン等の行動食とした。また、トイレについては「小」は可能であるが、「大」については、原則禁止とした。Photo 11 は、上陸時の食事の一例である。



Photo 9. The tent belonging to Geospatial Information Authority of Japan was installed in the ship's hold and utilized as the clean room

写真 9. 船倉に設置したクリーンルーム（国土地理院所有のテント）。



Photo 10. Wet landing (washing the clothes and the body in seawater to prevent introduction of non-native species) before arrival.

写真 10. 上陸前のウェットランディング。



Photo 11. Example of a meal on Nishinoshima.

写真 11. 上陸時の食事の一例。

#### 4.7 島内生物

旧西之島付近に生息しているアオツラカツオドリなどは、上陸調査時は産卵・ふ化の時期と重なっていたため、砂地で卵や雛を温める親鳥が多数確認された。これら島内の生態系について、可能な限り距離をとるなど十分注意して行動した (Photo 12)。

#### 4.8 検疫の実施

西之島に持ち込んで使用する機材や装備等の環境対策について、透明性を確保するため、測量船が基地を出港する前に、環境省職員による検疫のチェックを受けた。



Photo 12. Survey was conducted with extreme care toward the native environment, such as wild birds and eggs in their nests.

写真 12. 鳥や卵など環境に配慮した調査。

### 5 装備品

上陸に際しては、以下に示す装備品を用意した。

- ・作業服 (新品)
- ・ヘルメット (陸上用, ゴムボート用)
- ・ニーガード
- ・作業用救命胴衣
- ・保護メガネ (ゴーグル)
- ・編上げ安全靴 (陸上用)
- ・地下足袋 (ゴムボート用)
- ・救急キット
- ・通信機 (当庁用及び特定省電力)

Photo 13 は班員が装備した状態と、それぞれの装備品である。

また、ゴムボートから上陸した際は、衣服等が海水により濡れるため、上陸後に別途持参した作



Photo 13. Standard gear (left) and a surveyor outfitted (right) for the landing by the inflatable boat.

写真 13. 上陸員の装備状況 (ゴムボート乗船時)。



業服・安全靴・ヘルメット等に替えて作業にあたった。

装備品のうち着用しているもの以外、また調査機材については、水密性を備えたクーラーボックスやバックに収納し運搬した。

## 6 まとめ

2013年の西之島火山の噴火以降に実施した一連の調査活動は、2ヶ年度にわたり実施したものである。年度の異動に伴い、現地作業職員も交替したり、火山活動状況により警戒範囲が変更になったりする中、それぞれの条件の下で調査を行ってきた。

調査の実施にあたっては、調査船舶・航空機及び陸上関係部署間で綿密な打ち合わせを繰り返し実施し、各種対策を含めた作業方針を決定してきた。今後同様の調査がある際に、本報告が調査計画・実施時の参考となれば幸いである。

## 謝 辞

本報告にあたり、現地にて火山監視の技術指導にあたっていただいた東京工業大学野上健治教授、現地作業の支援や資機材の提供を受けた国土地理院職員、現地作業に従事した「昭洋」及び「拓洋」乗組員、羽田航空基地職員、横浜海上保安部職員をはじめご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。

## 要 旨

2013年11月に噴火が確認された西之島は、2015年11月までの約2年間、活発な噴火活動が続き、大量の溶岩の流出により陸域が拡大した。

2015年11月以降は、噴火活動は鎮まっていたが、再び2017年4月に噴火が確認された。

海上保安庁では、2017年4月の再噴火の前に、測量船や航空機を使用して、西之島周辺海域の水路測量を実施し海図等を作製したので、その調査の概要を報告する。