

2019年西之島総合学術調査の成果

川上 和人（森林総合研究所）
森 英章（自然環境研究センター）

要 約

小笠原諸島の西之島は太平洋に孤立した無人の海洋島である。この島で2013年から生じた火山の噴火と溶岩の流出による攪乱が自然環境に与えた影響と現在の島の自然の状況を明らかにするため、2019年9月に上陸調査を伴う総合学術調査が実施された。その結果、噴火の影響で島から個体群が消失した生物種が明らかとなるとともに、新たに生じた陸地への生物の拡散の状況が把握された。また、2017年に出現した溶岩の化学特性が明らかになり、地震・空振観測機器の設置により、噴火に伴う変化の遠隔把握が可能となった。今後は長期的なモニタリングにより西之島の自然の持つ価値をより明確にしていくとともに、保護担保措置をとり適切に管理していく必要がある。

I. はじめに

西之島は小笠原諸島の無人島で、本州から約840km南の位置にある。この島は小笠原諸島内でも孤立しており、東に位置する父島列島まで約130kmの距離がある。西之島は面積が狭く陸水も分布しないことから、過去に人間が定住した記録がない。このため小笠原諸島の中でも比較的人為的影響の少ない生態系を保っており、特に諸島内でも多種の海鳥が繁殖する場所として知られている（Chiba *et al.*, 2007）。

2013年11月、西之島の南東沖近傍において海底火山が噴火し、流出した溶岩により新たな島が形成された（前野ほか、2017）。この島はその後に旧西之島と接続し、西之島の面積は噴火前の約29haから、約290ha（2019年5月）まで拡大した（国土地理院、2019）。また、標高は25mから160mに増加した。一方で旧西之島に由来する陸地（以下、旧島）のほとんどは溶岩に覆われ、その面積は約0.4haまで減少した。その後も2020年3月現在まで断続的な火山活動が続いている。

小笠原諸島はその自然の持つ価値の高さから、2011年にユネスコの世界自然遺産に登録されており、旧西之島の範囲も遺産地域に含まれている。この範囲は自然公園法の特別保護地区および国指定鳥獣保護区に指定されると共に、バードライフ・インターナショナルによる重要野鳥生息地にも選定されている。また、旧西之島の一部は国有林であり、その

範囲は林野庁により小笠原諸島森林生態系保護地域に指定されている。2013年からの噴火は西之島の自然環境に多大な影響を与えており、西之島の自然の変化と現況を明らかにし、その価値を再評価する必要性が生じている。

西之島の生態系に起こった変化は、島嶼生物学において2つの意義を持つ研究フィールドを提供している。まず1つめは、火山噴火という大きな攪乱が島の生態系に与える影響を評価できるという点である。一般に島嶼では絶滅と移入を繰り返しながら生物相が成立していく (MacArthur & Wilson, 1967)。噴火により多くの絶滅が生じていると考えられる西之島は、そのケーススタディの1つとなる。噴火による生態系攪乱はこれまでもアリューシャン列島のカサトチ島などで確認されているものの (DeGange *et al.*, 2010)、例数は限られており、新たな事例の知見が得られる価値は高い。

2つ目は、新たな陸地が生じたことで、始原生態系における生物相の成立プロセスの解明が可能となる点である。これまでも火山噴火により新たな陸地が生じた例は、インドネシアのクラカタウ島やアイスランドのスルツェイ島などで認められている (Fridriksson, 1975; Thornton, 1997)。これらの島では、生物相の変化が長期的にモニタリングされており、新たな陸地における遷移の過程が明らかにされてきている (c.f. Magnússon *et al.*, 2014)。しかし、これらの島は大陸島であり、また生物の移入元となり得る隣島からの距離が20km以下しかなく、母集団の影響を強く受けると考えられる。一方で西之島は海洋島であるとともに、半径130km以内に島が存在しない。このような極めて孤立性の高い状況で新たな陸地が広く形成された海洋島は他に類例がなく、ハワイ諸島やガラパゴス諸島など特殊な生物進化を育む海洋島の生態系がいかにして形成されたかを実証できる、世界でも稀な場所と言える。また、西之島では旧島が小面積残存することにより、噴火以前から分布していた生物が生残している。一般に新たに生じた島では、外部からの生物の渡来、集団の定着、島内での拡散という過程を経る。西之島は孤立しているため、外部からの生物の渡来には時間がかかる可能性がある。しかし、旧島に生物が維持されていることで、集団の定着後の拡散プロセスを把握することができる。また、現在の生物相を網羅的に記録することにより、今後の島外からの渡来による新たな集団の定着過程を明らかにできると考えられる。特に西之島は孤立していることで自然環境に対する人為的な影響が極めて小さく、原生状態の遷移プロセスが保存された世界的にも希有な場所となっている。

西之島の噴火は生物学のみならず、海域火山研究上の価値も高い。国内には多くの海域火山が存在し、海底火山が噴火することは珍しくないが、新たに永続的な火山島が形成され観測された例は西之島以外では1934年から1935年に噴火した昭和硫黄島のみである (前野ほか, 2017)。また、世界的に見ても孤立した海洋島として新たな火山島が形成され

る例は珍しく、西之島におけるマグマの特徴や噴火メカニズムを理解することは、海域での噴火活動の理解につながると考えられる（前野ほか、2017）。

このような背景から、西之島の自然の現状と変化を把握することを目的として、第1回西之島総合学術調査が実施された。本稿では、この調査成果の概要を報告する。

Ⅱ. 西之島の状況と総合調査の実施

1. 西之島の履歴

西之島は今回の噴火以前に、1973年にも噴火による地形の変化を経験している。1973年より前のこの島の面積は約7haで、他には有史以来噴火の記録はない（青木・小坂、1974）。このときの噴火では、西之島の南東沖での海底火山の活動により溶岩でできた新島が出現し、浅瀬に火山噴出物の砂礫が堆積することで海浜が形成され、西之島と接続した。その後溶岩の崩壊と砂礫浜の地形の変化が生じ、2013年噴火の前には面積約29ha、標高約25mの島を形成していた（国土地理院、2019）。

その後は特に目立った噴火活動は見られていなかったが、2013年11月20日に西之島の南東沖約300mの場所でマグマ水蒸気爆発を伴う噴火が確認され、海面上に火砕丘が確認された。人工衛星による観測結果から、実際の噴火は2013年11月初旬からと考えられている（Maeno *et al.*, 2016）。新島は溶岩流出により拡大し同年12月25日には旧西之島と接合した（前野ほか、2017）。溶岩の流出は2015年12月まで継続し、旧西之島は面積の95%以上が溶岩の下に埋没した。その後噴火は一旦収束したものの、2017年4月～7月および2018年7月にも溶岩が流出した。2019年9月までに面積は最大で2.95km²、標高は最高160mに達し（国土地理院、2019）、旧島は島の西部に約0.4haが残存した。新たな陸地は、大部分を覆う溶岩、海岸に火山噴出物により形成された砂礫の浜、火砕丘によって構成されている。なお、2019年12月には爆発的な噴火が再開し、島の西部および北部から南東部にかけての範囲が新たに流出した溶岩により覆われている。この最新の噴火は2020年4月時点でもまだ継続しており、今後も地形の変化が生じると予想される。

西之島は過去に人間が定住した記録はないが、自然環境に対する人為的影響が全くなかったというわけではない。明治時代にはグアノ採集のため、約3ヶ月に1度の頻度で35名の作業者が上陸していたとされる（青木・小坂、1974）。また、この島にはアホウドリ *Phoebastria albatrus* が繁殖していたが、羽毛等の採集を目的に乱獲され絶滅している（靱山、1930; Austin, 1949; Chiba *et al.*, 2007）。また、下村（1933）は、漁船により持ち込まれたネコ *Felis catus* が蔓延していることを記録している。ただし、第二次世界大戦後は積極的な利用はされておらず、特に1973年噴火以後の人為的攪乱は少なく、外来生物もほと

んど確認されていない。

2. 2013 年噴火前の生物相

2013 年噴火以前には、生物に関する総合的な調査は行われていないが、植物および鳥類に関しては網羅的な調査が行われている。

西之島では 1973 年噴火以前は、オヒシバ *Eleusine indica*、イヌビエ *Echinochloa crus-galli*、スベリヒユ *Portulaca oleracea* の 3 種の植物しか確認されていなかったが、その後にグンバイヒルガオ *Ipomoea pes-caprae*、ハマゴウ *Vitex rotundifolia*、ツルナ *Tetragonia tetragonoides* が定着した (Abe, 2006)。これらの新規に定着した種はいずれも海流散布植物であり、砂礫の浜が形成されたことで定着が促されたものと考えられる。鳥類では、2004 年にオナガミズナギドリ *Puffinus pacificus*、アナドリ *Bulweria bulwerii*、オーストンウミツバメ *Oceanodroma tristrami*、アオツラカツオドリ *Sula dactylatra*、カツオドリ *Su. leucogaster*、クロアジサシ *Anous stolidus*、オオアジサシ *Sterna bergii*、セグロアジサシ *St. fuscata* の 8 種の海鳥の繁殖が確認された (川上ほか, 2005)。このうちアオツラカツオドリは 1991 年に初めてこの島で繁殖が確認されたが (千葉, 1991)、これは砂礫の浜が広がり環境が多様化したためと考えられる。

節足動物についてはまとまった調査はないが、大沢・倉田 (1983)、Abe (2006)、東京都小笠原支庁土木課自然公園係 (2013) などにより、機会的な観察等に基づく記録が残されている。これらの調査からは、トンボ目、ゴキブリ目、バッタ目、ハサミムシ目、カメムシ目、コウチュウ目、ハチ目、ハエ目、チョウ目、クモ目を含む少なくとも 17 種が記録されている (森ほか, 2020b)。

3. 西之島総合学術調査の実施体制

この調査は、環境省、東京大学、日本放送協会の連携により 2019 年 9 月 3 日から 5 日にかけて西之島に上陸して実施された。西之島では多数のカツオドリが繁殖していることから、調査による攪乱影響を最小限に抑えるため、繁殖期のピークを過ぎた時期としてこの日程を選定した。小笠原諸島ではカツオドリは 5 月～10 月に繁殖し (靱山, 1930)、9 月にはほとんどの若鳥が巣立ちを迎えることが経験的に知られている。ただし、結果的にはこの時期にも西之島では多くのカツオドリが繁殖中であった。調査では各動植物種の試料の採集が行われたが、個体数が限られる種については、集団の維持への影響を抑えるため、採集個体数を最小限にとどめた。

調査隊は鳥類、節足動物、植物、潮間帯生物、地質、地震の各分野の専門家を中心に、

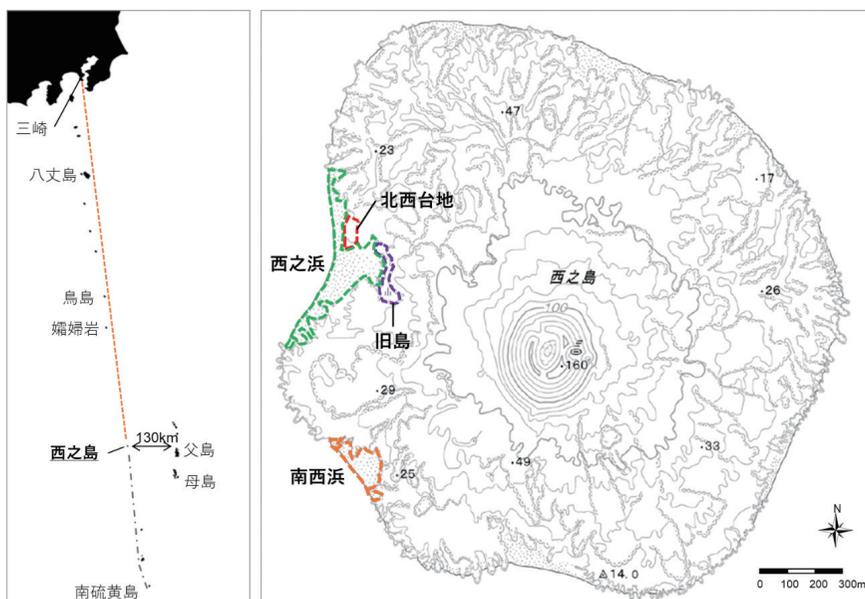


図1 西之島の地図

国土地理院の地形図をもとに作成。

調査支援要員を含め合計22名で組織された。上陸調査は、旧島、西之浜、北西台地、南西浜において行われた(図1)。また、踏査ができない地域では、生物の分布や地形等を把握するため、無人航空機を用いて広範囲の撮影を行った。

小笠原諸島では生物系の研究者により、「小笠原諸島において陸域調査を行う場合の研究者のガイドライン」が公表されており、西之島は特に貴重な生態系を有することから、外来生物の随伴を避けるため下記の検疫措置が推奨されている。1) 調査に使用する装備は基本的に新品を用いること、2) 新品の装備が準備できない場合は冷凍、アルコール洗浄等により清浄化すること、3) 装備の準備は燻蒸したクリーンルームで行うこと、4) 上陸時には海水で装備や調査者自身を洗浄するためウェットランディングを行うこと。今回の調査ではこの方針に従い検疫を実施した(森ほか、2020a)。また、西之島は自然の遷移の過程が原生状態に保たれていることに大きな価値があることから、島内での生物の移動を防止するため、上陸する海浜ごとに異なる装備を使用した。逆に西之島から父島への生物の移動を防止するため、父島に持ち帰った装備は原則として凍結処理をし、凍結できない物資はダートイレームでアルコール洗浄を行った。具体的な検疫方法は南硫黄島自然環境調査における対策等を参考にした(加賀・佐々木、2018)。

本調査では安全対策についても下記の配慮を行った(森ほか、2020a)。西之島の火山活動は完全には停止していないことから、突然の噴火による災害を避けるため、上陸前に火

口の噴気の確認、衛星画像による熱異常の有無の確認等を行い、火山活動を監視した。西之島は海岸部の地形が安定しておらず、上陸時の安全を十分に確保する必要がある。このため、事前に水泳訓練を行うと共に、上陸時には2名のダイバーによるサポート体制を準備した。上陸後は日陰がないことから、熱中症のリスクを軽減するため、原則として1時間ごとにタープの下で休息することとした。その他、2人1組でのパディ行動、医療班の設置、AEDの持参、感染症予防、緊急時の連絡体制の確保等を行った。

Ⅲ. 西之島総合調査の成果

1. 地形・地質と地震観測

西之島では2013年から2015年(第1期)の溶岩流出の後、2016年に東京大学地震研究所を中心とした上陸調査を実施し、地質調査および岩石試料の採取を行った(前野ほか、2017)。しかし、その後に2017年の噴火(第2期)および2018年の噴火(第3期)により地形や地質が大きく変化した。このため、今回の調査では第2期の火山活動で出現した溶岩から岩石試料を採集し、分析が行われた。その結果、第2期の噴出物は第1期のものと同じく安山岩であるものの、化学組成が異なることが明らかになった(前野・吉本、2020)。しかしその変化はわずかだった。

2016年の上陸調査では、旧島上に地震・空振観測装置が設置され、火山活動のモニタリングが行われた(武尾ほか、2018)。しかし、第2期の噴火の影響によりこの機器からの通信が途絶えたため、本調査では新たに地震・空振観測機器が旧島上に設置された(大湊・渡邊、2020)。機器は太陽電池で電源を供給し、衛星通信を用いてデータを毎日送信している。この機器により、2019年12月4日から地動振幅の増加が捉えられ、翌5日からは大きな空振が観測された。これはこの時に再開した噴火活動に一致しており、地震のモニタリングにより火山活動の開始を早い段階で捕捉できることを示している。

2. 植物・植生・土壌

植生調査の結果、旧島およびその直近の海浜部においてオヒシバ、イヌビエ、スベリヒユの3種が記録された(図2; 上條ほか、2020)。これらは旧西之島由来の集団と考えられた。2013年噴火以前に記録されていたグンバイヒルガオ、ハマゴウ、ツルナは見つからず、この島では溶岩による生息地の被覆により絶滅したものと考えられる。一方で溶岩上では維管束植物、地衣蘚苔類の生息は確認できなかった。ただし、海に面した溶岩上では藻類の可能性のある緑色の被覆が観察された。また、今後の植生の遷移過程を明らかにすることを目的に、モニタリング調査のための10m四方の方形区を5地点設置した。



図2 旧島上の様子

オヒシバ群落、多数のカツオドリの雛が見られる。奥の黒色は溶岩。

表層土壌の調査の結果、2017年の溶岩上では全炭素量はほぼゼロに近く、全窒素量の方が多かった。一方、2014～2015年の溶岩上では全炭素量の平均はその約40倍、全窒素量は約2倍となっていた（上條ほか、2020）。これは、海鳥の排泄物由来の有機物や栄養塩が供給されたためと考えられる。

3. 動物相（鳥類・節足動物・潮間帯海洋生物）

鳥類調査の結果、旧島およびその周辺でカツオドリ、アオツラカツオドリ、オナガミズナギドリ、クロアジサシ、オオアジサシの繁殖の証拠が得られた（川上・小山田、2020）。カツオドリは繁殖期が終息しておらず、抱卵中から巣立ち後の雛まで様々な繁殖段階が見られた。雛は約400個体が確認され、その分布は新たに形成された海浜や溶岩上などにも広がっていた。UAVによる調査では、雛は海岸から400m程度内陸の溶岩上でも見つかった。アオツラカツオドリは成鳥62個体を含む集団が、オナガミズナギドリは296ヶ所の巣穴と462個体の夜間飛来が（図3）、クロアジサシは約400個体の観察が確認された。また、2016年に旧島に設置した自動録音機には2016年11月から2018年6月までの録音記録が保存されており、冬季にオーストンウミツバメが多数飛来していることが明らかになった（川上・小山田、2020）。

陸上節足動物調査では、旧島を中心として15目28科33種が確認された。このうち21



図 3 夜間に旧島に飛来した多数のオナガミズナギドリ

種は西之島初記録の種だった（森ほか、2020b）。これらの初記録の種は、噴火後に新たに定着したものではなく、過去に十分な節足動物調査が行われていなかったため未発見ただけで、2013年噴火以前から生息していたものと考えられる。海鳥繁殖地や海鳥の休息地では、岩の下から海鳥寄生性のクチビルカズキダニ *Carios capensis* が多数検出された。なお、今回の調査で発見された中には、外来種であるワモンゴキブリ *Periplaneta americana* も含まれている。一方で、噴火前の2012年に確認されていた10種の節足動物のうち7種は今回の調査では確認されなかった。その中には、トノサマバッタ *Locusta migratoria* のように体の大きいものやオオシワアリ *Tetramorium bicarinatum* のように一般に個体数が多い種も含まれており、噴火の影響により集団が消失した可能性がある。

節足動物は、まだ植生のない西之浜や北西台地、南西浜でも確認された（森ほか、2020b）。西之浜では特にヤニイロハサミムシ *Anisolabis picea* が優占していた。また、南西浜ではトビカツオブシムシ *Dermestes ater* およびクロバエ科の1種が確認された。これらは主に分解者であり、海鳥の死体や吐き戻し、排泄物等に依存しているものと考えられる。ヤニイロハサミムシは無飛翔性であるため、溶岩を越えなければ到達できない南西浜には進出できないが、飛翔できるカツオブシムシとハエはいち早く旧島から離れた地域に進出したものと考えられる。また、北西台地では特にカツオドリの死体の下から、土壌生成に重要な役割を果たす土壌動物であるトビムシ類とササラダニ類が見つかった。これら



図4 旧島で確認されたオオカクレイワガニ

の種が植物の生育していない場所から見つかることは珍しく、海鳥の死体を分解することで土壌生成に寄与している可能性があると考えられた。

潮間帯海洋生物相の調査では、貝類4種（シワガサ *Cellana radiata enneagona*、クロカラマツガイ *Siphonaria (Mestosiphon) subatra*、コウダカタマキビ *Littoraria pintado*、オガサワラタマキビ *Echinolittorina cinerea*）、甲殻類2種（オオイワガニ *Grapsus tenuicrustatus*、オオカクレイワガニ *Geograpsus crinipes*）、魚類1種（アオモンギンボ *Entomacrodus caudofasciatus*）が確認された（中野・港、2020）。このうちクロカラマツガイとオオカクレイワガニ、アオモンギンボは西之島で初めて記録された。西之島の海岸線は2013年からの噴火によりほぼ全てが新しい陸地に置き換わっているため、潮間帯生物は一度全て絶滅した可能性がある。今回の調査で見られた生物は、浮遊幼生時の海流分散により新たに西之島に進出した可能性がある。シワガサとクロカラマツガイは殻のサイズから2016年または2017年に定着したものと考えられた。これらの種は浮遊幼生期が短いため（c.f. Nakano *et al.*, 2020）、近隣の島からの移入の機会は少なく、興味深い発見と言える。オオカクレイワガニは旧島付近で複数が確認され（図4）、海鳥の吐き戻し等を食物としている可能性があった。なお、この種は幼体も確認されている。

IV. まとめ

1. 自然環境の現状

今回の調査により、西之島の自然環境の現状を詳細に把握することができた。現在の西之島はまだ噴火が始まってからそれほど時間が経っていないため、本調査で分布が確認された陸上動植物は、旧島に依存して噴火前から生き残った種だと考えられる。これらについて網羅的な種リストを作成できたことで、2013年噴火によりどの種の集団が消失したのかを明らかにすることができた。また、今後の生物相の変化を評価するための基礎情報が得られたと言える。一方で、海岸線は島の全域に亘り環境が消失したため、潮間帯の生物については噴火後に新たに定着した可能性がある。浮遊幼生期のある海洋生物は陸生生物に比べ、新たな陸地に対する侵入が早いのもかもしれない。

今回の調査では、旧島から新たな陸地への陸上生物の進出が確認された。特に海鳥では、溶岩上と砂礫の海浜に分布を広げていることが確認された。節足動物は、死体や吐き戻し、排泄物など海鳥由来の有機物に依存して、海鳥の分布拡大の後を追って拡散しているものと考えられる。これらに対し、植物はまだ旧島の直近にしか進出していなかった。

2. 海鳥先行型生態系

一般的な遷移では、まず新たな陸地に地衣類等が進出し、空中窒素を固定して土壌に窒素を供給し、これを利用して植物が定着し、植物を食べる節足動物が分布を広げ、さらにその捕食者となる節足動物や爬虫類、鳥類等が進出すると考えられる。しかし西之島では、まず海鳥が新たな陸地を利用し、これに由来する有機物に依存した節足動物が進出するという、一般とは逆のプロセスが始まっていることが示唆された。海鳥は海で食物を採り、陸上生態系に依存せずに陸地に営巣できるため、海鳥分布地ではこのような過程が成立し得るものと言える。海鳥はネズミやネコ、ヤギなどの外来生物の影響により世界各地の多くの島で繁殖集団が消失している (Townsend *et al.*, 2011)。このため、このような過程が保存されている場所が少なく、これまでに気づかれていなかったと考えられる。実際には海鳥の分布地ではこのプロセスは普遍的である可能性がある。実際スルツェイ島では、海鳥が繁殖するようになってから植生遷移の速度が上がったことが知られている (Magnússon *et al.*, 2014)。

海鳥は漂着した枝や海藻などを巣材として用いることで、有機物を内陸に堆積する機能を持ち得る。また、海鳥は排泄物を介した栄養塩供給や、付着型の種子散布、巣内における節足動物との共生など、様々な生態系機能を持っている (Ellis, 2005; Aoyama *et al.*, 2012; 那須ほか, 2014)。また、カツオドリは旧島から新たな陸地にオヒシバを巣材として

運んでおり、種子を含む巣材を使用することで種子散布をする可能性も高い（川上・小山田、2020）。西之島では今後海鳥がさらに新たな陸地に分布を拡大することで、遷移が進んでいくと考えられる。

1973年噴火から2013年噴火までの40年間に、西之島に新たに侵入した植物は3種しか認められていない（Abe, 2006; 東京都小笠原支庁土木課自然公園係、2013）。このことを考えると、島外からの植物の侵入は時間がかかる可能性がある。しかし、西之島の海岸線の長さは以前より延長され、また植物が定着しやすい海浜の数も増えている。このため、植物の侵入速度は以前よりも早いかもしれない。

3. 西之島の保全と管理

西之島の生物相は、すでに噴火直後の最も分布が縮小した時期を過ぎ、新たな陸地への進出が始まっていることが明らかになった。また、西之島は2020年4月現在も噴火による溶岩の流出が継続しており、地形や環境は変化を続けている。2019年に上陸調査を行った北西台地はすでに溶岩に覆われ、旧島と西之島の北部も溶岩に埋まっていると考えられる。この変化により、西之島の生物相、地形等は今後数年間にさらに大きく変化すると予想される。当面はこの変化を把握できる頻度で調査を実施すべきである。急速な変化が収束した後は、生態系の攪乱を最小限に抑えるため、上陸を伴う総合調査は10年に1度にするなど低頻度で実施することが望ましい。なお、今回の調査で海鳥生息地から多数発見されたクチビルカズキダニは、人獣共通感染症の病原体であるボレリア *Borrelia* 等を媒介することが知られている（Reeves *et al.*, 2006）。このため、今後上陸調査を行う際には、感染症についても十分に配慮する必要がある。

今回の調査により、西之島にはアフリカ原産の外来種であるワモンゴキブリが生息していることが確認された（図5）。西之島は原生状態の生物間相互作用が維持されていることに大きな価値が認められる。ワモンゴキブリは旺盛な分解者であるため、生物間相互作用のバランスを崩す可能性がある。この種の分布はまだ旧島の周辺に限られており個体群サイズはそれほど大きくないと考えられるため、原生状態の保全を目的に本種を早期に根絶することが理想的である。また今後も外来生物が島に侵入してくる可能性は十分にある。特に海鳥はしばしば外来植物の種子を羽毛に付着させて拡散させることが知られているため（Aoyama *et al.*, 2012）、海鳥の個体数増加は外来種侵入リスクを増加させる。すでに侵入しているワモンゴキブリだけでなく、未侵入の外来種も含め、具体的な管理対策について早急に検討すべきである。

西之島の新たな陸地部分は、まだ境界が確定されていないため、法的な保護担保措置が



図 5 旧島で確認されたワモンゴキブリ

取られていない。西之島の最大の価値は、人為的影響のない原生の状態で遷移のプロセスが推移していくことにある。このため、可能な限り早く法的な根拠を持つ保護担保措置が図られることが望ましい。具体的には、原生自然環境保全地域や自然公園法上の特別保護地区などに指定し、立ち入りを制限することを検討すべきだろう。

一方で、現在の西之島の状況を直接観察することは、自然環境の価値と保全を理解する上で正の効果があると考えられる。特に世界自然遺産地域に居住する小笠原諸島の島民が、西之島の価値を正確に理解し保全意識を高めることは、遺産地域全体の管理を進める上でも効果が期待される。西之島の管理は、保全のみならず普及啓発的側面も含めて議論を進めるべきである。

謝辞

本報告は 2019 年 9 月に環境省、東京大学、日本放送協会の連携により実施された第 1 回西之島総合学術調査に基づくものである。本報告では、小笠原研究 46 号に掲載された「特集西之島 2019」の内容の一部を引用・改訂して用いた。

当該調査を実施するにあたっては、環境省、林野庁、小笠原村、小笠原漁業協同組合等の各関係機関の皆様には様々な便宜を図っていただいた。また、本調査の成果は学術調査に参加した調査員および調査実施に尽力いただいた関係者の方々の努力の賜である。これ

らの皆様にここに深くお礼申し上げたい。

文 献

- Abe T (2006) Colonization of Nishino-shima Island by plants and arthropods 31 years after eruption. *Pacific Science* 60: 355-365.
- 青木 斌・小坂 丈予 (1974) 『海底火山の謎 西之島踏査記』東海大学出版会, 250p.
- Aoyama Y, Kawakami K & Chiba S (2012) Seabirds as adhesive seed dispersers of alien and native plants in the oceanic Ogasawara Islands, Japan. *Biodiversity and Conservation* 21: 2787-2801.
- Austin OL Jr (1949) The status of Steller's albatross. *Pacific Science* 3: 283-295.
- 千葉 勇人 (1991) 小笠原諸島の海鳥. *Birder* 5(8): 18-27.
- Chiba H, Kawakami K, Suzuki H & Horikoshi K (2007) The distribution of seabirds in the Bonin Islands, southern Japan. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology* 39: 1-17.
- DeGange AR, Byrd GV, Walker LR & Waythomas CF (2010) Introduction - the impacts of the 2008 eruption of Kasatochi Volcano on terrestrial and marine ecosystems in the Aleutian Islands, Alaska. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 42: 245-249.
- Ellis JC (2005) Marine birds on land: A review of plant biomass, species richness, and community composition in seabird colonies. *Plant Ecology* 181: 227-241.
- Fridriksson S (1975) *Surtsey: Evolution of Life on a Volcanic Island*. Butterworth, 288p.
- 加賀 芳恵・佐々木 哲朗 (2018) 南硫黄島調査における外来生物の拡散防止対策. 小笠原研究 44: 67-90.
- 上條 隆志・廣田 充・川上 和人 (2020) 2019年における西之島の植物・植生・土壌. 小笠原研究 46: 69-77.
- 川上 和人・小山田 佑輔 (2020) 2019年における西之島の鳥類相. 小笠原研究 46: 79-94.
- 川上 和人・山本 裕・堀越 和夫 (2005) 小笠原諸島西之島の鳥類相. *Strix* 23: 159-166.
- 国土地理院 (2019) 西之島の地形図と海図を改版 ～我が国の管轄海域がさらに約 50 平方キロメートル拡大～.
<https://www.gsi.go.jp/kanri/kanri61003.html> (最終閲覧日：2020年3月19日)
- MacArthur RH & Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, 203p.
- 前野 深・吉本 充弘 (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.

Maeno F, Nakada S & Kaneko T (2016) Morphological evolution of a new volcanic islet sustained by compound lava flows. *Geology* 44: 259-262.

前野 深・中野 俊・吉本 充宏・大湊 隆雄・渡邊 篤志・川上 和人・千田 智基・武尾 実 (2017) 新火山島の初上陸調査—西之島(東京都小笠原村)—(日本の露頭・景観100選). *地学雑誌* 126: N1-N13.

Magnússon B, Magnússon SH, Olafsson E & Sigurdsson BD (2014) Plant colonization, succession and ecosystem development on Surtsey with reference to neighbouring islands. *Biogeosciences* 11: 5521-5537.

榎山 徳太郎 (1930) 小笠原諸島並びに硫黄列島産の鳥類に就いて. *日本生物地理学会会報* 1: 89-186.

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 (2020a) 第1回西之島総合学術調査の概略. *小笠原研究* 46: 1-35.

森 英章・岸本 年郎・寺田 剛・永野 裕・荻部 治紀・川上 和人 (2020b) 西之島の陸上節足動物. *小笠原研究* 46: 95-108.

中野 智之・港 隆一 (2020) 西之島の潮間帯海洋生物相. *小笠原研究* 46: 109-121.

Nakano T, Nakayama R & Takahashi Y (2020) Artificial fertilisation and early development of a *Lottia tenuisculpta* (Patellogastropoda: Lottiidae). *Molluscan Research* 40: 52-59.

那須 義次・坂井 誠・川上 和人・青山 夕貴子 (2014) 小笠原諸島で繁殖する3種類の鳥類の巣に生息する鱗翅類. *蝶と蛾* 62: 73-78.

大湊 隆雄・渡邊 篤志 (2020) 2019年 西之島における地震・空振観測. *小笠原研究* 46: 53-68.

大沢 雅彦・倉田 洋二 (1983) 西之島新島への植物の侵入. *採集と飼育* 45: 377-380.

Reeves WK, Loftis AD, Sanders F, Spinks MD, Wills W, Denison AM & Dasch GA (2006) *Borrelia*, *Coxiella*, and *Rickettsia* in *Carios capensis* (Acari: Argasidae) from a brown pelican (*Pelecanus occidentalis*) rookery in South Carolina, USA. *Experimental & Applied Acarology* 39: 321-329.

下村 兼二 (1933) 『小笠原島の動植物』アルス, 81p.

武尾 実・大湊 隆雄・前野 深・篠原 雅尚・馬場 聖至・渡邊 篤志・市原 美恵・西田 究・金子 隆之・安田 敦・杉岡 裕子・浜野 洋三・多田 訓子・中野 俊・吉本 充宏・高木

朗充・長岡 優 (2018) 西之島の地球物理観測と上陸調査. 海洋理工学会誌 24(1): 45-56.

Thornton IW (1997) *Krakatau: The Destruction and Reassembly of an Island Ecosystem*. Harvard University Press, 346p.

東京都小笠原支庁土木課自然公園係 (2013) 『平成 24 年度西之島自然環境調査報告書』 東京都小笠原支庁, 52p.

Towns DR, Byrd GV, Jones HP, Rauzon MJ, Russell JC & Wilcox C (2011) Impacts of introduced predators on seabirds. In: *Seabird Islands: Ecology, Invasion, and Restoration* (Ed. By Mulder CPH, Anderson WB, Towns DR & Bellingham PJ), Oxford University Press, 56-90.