

小笠原諸島における物質循環の特徴

誌名	ペドロジスト
ISSN	00314064
著者名	平舘,俊太郎 森田,沙綾香 加藤,英寿
発行元	ペドロジスト編集部
巻/号	56巻2号
掲載ページ	p. 96-100
発行年月	2012年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



シンポジウム

小笠原諸島における物質循環の特徴

平舘俊太郎^{*1}・森田沙綾香^{*1}・加藤英寿^{*2}

Characteristics of material circulation in Ogasawara Islands

Syuntaro HIRADATE^{*1}, Sayaka MORITA^{*1} and Hidetoshi KATO^{*2}^{*1} Biodiversity Division, National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES)^{*2} Makino Herbarium, Tokyo Metropolitan University

キーワード：海鳥、可給態リン酸、シマホルトノキ型高木林、植生群落タイプ、ち密度

1. はじめに

2011年6月に世界自然遺産として正式に登録された小笠原諸島は、その独特の自然生態系に注目が集まっているが、その自然生態系を支える物質循環の基礎は土壌にある。すなわち、小笠原の土壌を調べれば、小笠原における物質循環の特徴についてヒントが得られると考えられる。小笠原における物質循環については、研究事例はこれまで非常に少ないが、ここでは著者らがこれまでに調べた小笠原の土壌に関するデータを中心に整理し、小笠原における物質循環の特徴を考察する。

2. 小笠原諸島の土壌生成環境の特徴

小笠原諸島の土壌生成環境は、沖縄など南西諸島と比較して、気候や地形の点では大差ないものの、母材および土壌生成時間の点で大きく異なると考えられる。すなわち、南西諸島では後期更新世(0.126～0.0117 Mya)以降飛来した広域風成塵の影響を強く受けているため、多くの土壌では、これらの土壌母材が飛来して以降、南西諸島の環境下で風化作用を受けて生成したと考えられる。これに対して小笠原諸島の土

壤では、多くの場合主要粘土鉱物はハロイサイトであり、また広域風成塵の主成分であるシルトサイズの石英含量が非常に低い。また、土壌にシルトサイズの石英が含まれていても、そのESR信号強度は広域風成塵由来の石英の値とは大きく異なることから、小笠原の土壌では広域風成塵の混入の影響はほとんど受けていないと考えられる(平舘ら, 2012)。これは、南西諸島と異なり、小笠原では通年太平洋高気圧の影響下にあることが原因であると考えられる。このため、小笠原諸島では、島を構成する基岩である岩石が土壌母材となり、段階的に隆起しながら陸化して以降(10～5 Mya, 豊田, 2003)、土壌生成作用を受けたものと考えられる。生物の影響については、以下のセクションで詳しく考察する。

3. 小笠原諸島の生物相および栄養塩循環の特徴

小笠原諸島は、地質時代を通じて一度も大陸と陸続きになったことのない海洋島である。このため、陸化して以降、島に到達できた生物種は限定されており、したがって生態系を構成する生物種数は比較的少ない。ただし、島に到達できた生物種は、島内において多様なニッチ(生育環境)に侵入することができ、またそこで独自の進化を遂げたため、独特の小笠原の生態系が成立したものと考えられる。

小笠原諸島が日本人小笠原貞頼によって発見されたのは約400年前であると言われている。当時は、林内

^{*1} 独立行政法人農業環境技術研究所 生物多様性研究領域
(茨城県つくば市観音台3-1-3)

^{*2} 首都大学東京 牧野標本館(東京都八王子市南大沢1-1)
2012年10月17日受付・2012年11月5日受理

は昼なお暗く、無気味であったとの記録が残っている(豊田, 2003)。明治以降、急速に入植が進み、農地開発と同時に外来種の移入も進んだ。アカギ、シマグワ、ギンネム、リュウキュウマツ、トクサバモクマオウ、ガジュマルなどは、小笠原諸島における外来種(島外来種)であり、現在では、小笠原固有の植物を駆逐するなど、生物多様性の保全上、問題視されている。とくに、小笠原の固有植物は競争に弱いと考えられており、世界自然遺産として正式に登録された現在でも外来種問題は大きな課題となっている。

小笠原諸島における島外来種は、無秩序に生育地を広げているわけではなく、特定の環境を選んで生育しているように観察される。また、小笠原に典型的に見られる植生の群落タイプも、特定の環境要因との因果関係において出現する可能性が考えられる。そこで、小笠原諸島における植生の群落タイプおよび外来種の侵入と土壌特性の間に関係がないか、調査を行った。調査は、現地にて植生の群落タイプを調べるとともに、土壌表層0~5 cmを採取し、土壌pH、土壌全炭素含量、土壌全窒素含量、土壌中有効態リン酸(Bray II P)、電気伝導度、水抽出態カチオンおよびアニオンなどを調べた。また、数地点については、土壌断面調査を行った。その結果、小笠原諸島の中でも母島には土壌中有効態リン酸が異常に高い地点(> 1,000 mg P₂O₅ kg⁻¹ dry soil)が点在しており、このような地点には主に

シマホルトノキ型高木林が成立していることが明らかになった(表1)。この土壌中有効態リン酸が高い地点は、農地履歴とは関係が認められない(Morita *et al.*, 2010)。もともと、シマホルトノキ型高木林は、小笠原の中でも自然度の高い場所に典型的に出現する植生であり、大規模な人為的かく乱があった場所とは考えにくい。また、この土壌中有効態リン酸が異常に高い地点は安山岩地帯で多数見つかっているが、安山岩はとくにリン含有量が高い岩石ではなく、また安山岩地帯であっても必ずしも土壌中有効態リン酸が高いとは限らず、安山岩地帯の中でも土壌中有効態リン酸の値の差は1,000倍にも達することから、地質とも関係は薄いと考えられた。なお、有効態リン酸が高い土壌では、土壌pHが低く交換酸度が高い傾向が見られたが、全炭素含量は10%以上と比較的高く(図1)、このことから、これらの土壌はその場で比較的長い間土壌生成プロセスを受けていたと考えられた。

著者らは現在、この高い土壌中有効態リン酸は海鳥がもたらした可能性が高いと考えている。その理由としては、下記が挙げられる(Morita *et al.*, 2010)。

(1) 土壌断面調査の結果、有効態リン酸が異常に高い土壌では、土壌が非常に均質に混和されており、下層まで粒状の構造となっていた。また、土壌中の全炭素含量も下層まで比較的高かった。また、ち密度が非常に小さかった。これは、地中営巣性の海鳥が、頻繁

表1. 小笠原諸島・父島、兄島、母島における典型的な植生群落タイプと調査地点数

型名	植生群落タイプ ¹	特 徴	調査地点数 ²		
			兄島	父島	母島
A	シマホルトノキ型高木林	小笠原諸島では最も発達した森林タイプ。湿性で深い土壌に立地する。平坦地~緩斜面に出現する。自然植生あるいはそれに近い植生。	-	-	4 (3)
B	リュウキュウマツ-ムニンヒメツバキ型高木林	主に、第二次世界大戦後、耕作放棄地のあとに成立した二次林。	-	3	3 (1)
C	シマイスノキ型低木林	主に標高150m以上の山地の平坦地に出現する、多様性の高い乾性低木林。父島の代表的な植生。林内は明るく外来種が侵入しやすい。	2	1	1
D	シャリンバイ型低木林	C型に近い乾性低木林だが、シマイスノキを含まない。不安定で急傾斜の土壌面(海岸に面した斜面や谷斜面)に成立しやすい。	-	-	3
E	乾性型矮低木林	0.5~1.5mの単層の樹冠で構成される、矮性型の乾性低木林。土層が薄い乾性の岩屑地帯(例:標高150m以上の山の尾根部)に典型的に出現する。風衝の影響を受けている。自然植生。	1	2	-
F	海岸断崖地風衝草原	風衝地のイネ科草原(3地点)。乾性で風の強い場所に成立する。海に面した断崖上で典型的に見られる。自然植生。	-	-	3
G	その他	外来種が優占する植生	-	-	4 (1)

1: 植生群落タイプは、Shimizu (2003)を引用するとともに、G型を著者らが書き加えたもの。

2: 括弧内の数値は、調査地点の中でも土壌中の有効態リン酸が異常に多いもの(> 1,000 mg P₂O₅ kg⁻¹ dry soil)。

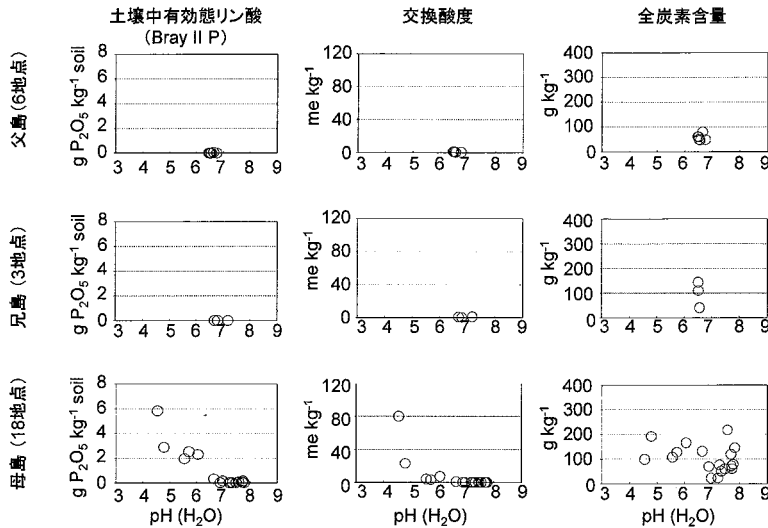


図1 土壤 pH (H_2O) と土壤中有効態リン酸 (Bray II P, 左図), 交換酸度 (中央), 土壤中全炭素含量 (右図) の関係。土壤は, 表層 0~5 cm から採取した。上段は父島, 中段は兄島, 下段は母島から採取したサンプルのデータを示す。

にかく乱した影響であると解釈できた。

(2) 有効態リン酸が異常に高い土壤では, 土壤断面内における有効態リン酸の分布は, 下層土ほど高くなるパターンが観察された。これは, 地中に営巣した海鳥が継続的に土壤中にリンを持ち込んだ結果であると解釈できた。

(3) 土壤中有効態リン酸が高いほど土壤 pH が低いのは, 海鳥の糞に含まれる N が硝酸化成によってプロトンを放出したためと解釈できた。

現在, 地上および地中営巣性の海鳥は, 父島および母島ではほとんど確認できないが, 無人島となっている聳島列島の島々や, 父島や母島の属島, 火山列島の北硫黄島や南硫黄島において繁殖が確認されている。海鳥は, リンや窒素などの植物栄養塩を海洋生態系から島内に持ち込むと考えられる。しかし, とくに地上および地中営巣性の海鳥は, 人間が持ち込んだ外来種であるクマネズミや野生化したノヤギやネコによって, いち早く駆逐されることが知られている。このため, これらの外来種が蔓延している父島や母島では, 地上および地中営巣性の海鳥は戻って来られない状況が続いているものと考えられる。

聳島列島の媒島は, かつて入植した履歴をもっており, ノヤギやクマネズミが繁殖していたが, 現在は無人島となっており, また駆除事業によってノヤギやクマネズミの生息密度は激減したため (ノヤギは 2003

年度に完全に駆除された), カツオドリやオナガミズナギドリといった海鳥が戻ってきている。その媒島の表層土壤 (0~5cm) を調べた結果, 主に海鳥の営巣場所付近で $1,000 mg P_2O_5 kg^{-1} dry soil$ を越える高い有効態リン酸が検出された。また, 母島の属島である二子島, 南鳥島, および山羊島において, 海鳥の営巣地となっている場所の土壤断面を調査したところ, やはり $1,000 mg P_2O_5 kg^{-1} dry soil$ を越える高い有効態リン酸が検出された。とくに, 地中営巣性であるオナガミズナギドリの営巣地では, 深い土層においても高い有効態リン酸が検出され, また同時に交換酸度も高かった。

以上の結果から総合的に考察すると, かつて母島でも海鳥が繁殖しており, 海洋生態系からの N や P の流入が起こっていたと考えられる。そして, その影響が現在でも土壤の深い層位に記録されて残っているものと考えられた。そして, こういった海鳥のもたらす富栄養的な環境に出現するのが, シマホルトノキ型高木林である可能性が考えられる。すなわち, シマホルトノキは, 富栄養的な環境に適応している, あるいは土壤からの N および P の供給量が比較的多い環境を要求している可能性が考えられた。こういった土壤環境は海鳥によってもたらされたものであるとすれば, シマホルトノキ型高木林を復元しようとするならば, まずは海鳥を呼び戻す必要があるだろう。そして, 海鳥を

呼び戻すためには、クマネズミやネコの駆除が必要であろう。このように、小笠原の生態系における物質循環は、NやPといった植物栄養塩が、海洋生態系→海鳥→土壌→植生→陸域生態系、といった一連の連鎖の中で駆動していたと考えられる。

このような小笠原の自然生態系における物質循環は、南西諸島など多くの島しょ生態系とは大きく異なると考えられる。南西諸島など大陸と陸続きになった歴史を持つ多くの島々では、多様な生物が入り込み、多様な生物相を構成しているのに対し、小笠原諸島は海洋島であるために生物種が限られており、人間が入るまではクマネズミなどの肉食動物は生息していなかった点が大きな違いを生んだと考えられる。すなわち、小笠原諸島は、人間が入る以前は海鳥の楽園であった可能性が考えられる。実際に、これまで入植が行われていない小笠原群島火山列島の南硫黄島は、現在でも海鳥の楽園の様相を呈していることが報告されている。これに対して南西諸島では、ネズミに加え、ヘビやイタチなど肉食動物が多数生息しており、海鳥の営巣地としては適していないと考えられる。このため、海洋生態系→海鳥→土壌→植生→陸域生態系といったNやPの流れは小笠原の場合に比較すると非常に小さいと考えられる。

シマホルトノキ型高木林では、島外来種であるアカギやシマグワが侵入していることが多い。しかし、アカギやシマグワは、貧栄養的な環境である乾性低木林などにはほとんど侵入していない。これは、アカギやシマグワは、シマホルトノキ同様、富栄養的な環境を好んで生育しており、逆に貧栄養的な環境には適応していない可能性が考えられる。アカギは日本在来種であり沖縄にも自生するが、小笠原で見られるような破壊的な侵略性は、沖縄では観察されない。このことから、著者らは、海鳥がもたらした植物栄養塩とアカギの侵略性との間の関係に興味を持って研究を進めている。このように、外来種を導入した場所の自然環境がその外来種の生育にとって好適である場合、予期できないほどに蔓延しその後の駆除は非常に困難となる場合があることから、外来種の導入は慎重に行う必要がある。

4. 小笠原諸島独特の地質が植物生育に与える影響

小笠原諸島の地質は、高いMg含量で特徴付けられる。農業生産場面では、Mg過剰障害が発生しないよ

う留意が必要なほどである。農耕地生態系以外の環境でも高Mg含量の地質が植物生育に影響していないか調べるため、小笠原諸島・父島、母島、兄島、媒島、西島、鳥島から40種の植物の葉をサンプリングし(n=4~45)、植物体内の無機栄養元素組成を調査した。その結果、植物種ごとの平均Mg含量は0.14~1.26%の範囲内にあり、この中には平均的な植物体Mg含量(0.2%)の6倍以上となる非常に高い値を持つ植物種もあった。これは、高Mg含量の地質に由来するものと考えられた。K, Ca, Mgは、植物体内においてお互いに拮抗的に作用すると考えられているが、トキワイヌビワ、モンテンボク、オオタニワタリ、シマグワ、ウスベニニガナは、MgのみならずCaおよびK含量も高かったことから、これらの植物はMgとともにCaおよびKの体内濃度を高く保つことによってCa/Mg比およびMg/K比を適正範囲に保っている可能性が考えられた。一方、オオバシロテツ、ホウキギク、ツボクサ、スズメノコビエは、植体内のMg含量が高いにもかかわらずCaおよびK含量が高まらない植物であり、Mg過剰症の発現を防ぐ何らかのメカニズムを植物体内において持っている可能性が示唆された。その他、植物体内のMgおよびCa含量は高いがK含量は低い植物種群、逆にMgおよびK含量は高いがCa含量は低い植物種群もみられた。一方、植物体内のNおよびP含量は、多くが低含量タイプか普通タイプであった。このように、小笠原諸島において生育する植物は、高Mg含量の地質に由来する高Mg環境への適応という特徴を持っている可能性が示唆された(Hiradate *et al.*, 2012)。

5. おわりに

小笠原諸島における物質循環は、まだ解明の途についたばかりであるが、その生態系は独特であり、研究対象としての魅力は大きい。また、南西諸島との比較は、物質循環研究に限らず、多方面の分野で新たな発見が期待される。今後は、生態学的な視点に加えて、ペドロジーの視点からも、新たな発見に寄与することが期待される。

引用文献

平館俊太郎・森田沙綾香・北川靖夫・前島勇治
2012. 小笠原諸島父島および母島の土壤に含まれる

- 粘土鉱物とその由来, 日本ペドロロジー学会 2012 年度大会講演要旨集.
- Hiradate, S., Morita, S., Kusumoto, Y., Koyanagi, T., Hata, K., Sugai, K., and Kato, H. 2012. Characteristics of mineral compositions of plants growing on Ogasawara Islands, Japan. Abstracts of 59th Annual Meeting of Ecological Society of Japan, Otsu, Shiga, Japan.
- Morita, S., Kato, H., Iwasaki, N., Kusumoto, Y., Yoshida, K., and Hiradate, S. 2010. Unusually high levels of bio-available phosphate in the soils of Ogasawara Islands, Japan: putative influence of seabirds. *Geoderma*, 160: 155-164.
- Shimizu, Y., 2003. The nature of Ogasawara and its conservation. *Global Environ. Res.*, 7: 3-14.
- 豊田武司(編著). 2003. 小笠原植物図(譜増補改訂版), pp. 523, アボック社.