

有珠山の植生回復と土壌の性質

—地熱・火山ガス調査を交えて—

北海道大学環境科学院

川久保 恵理・山東 豪・三好 裕司

小川 洋平・春木 雅寛

はじめに

有珠山(海拔 740.1m)は、北海道南西部の洞爺湖の南岸に位置する火山である。1663年の噴火以降数十年ごとに噴火が起こっており、現在でも活動がみられる。近年の噴火による有珠山上部の植生消滅は噴石の直撃や降下堆積物、地熱活動での枯死が原因であるが、その後、年月を経て植生回復や土壌生成の進捗が報告されている(1, 4)。しかし、植生の回復は場所により様々である。例として、噴気孔の無い小有珠の南側斜面では、土壌環境の回復や植生の遷移が進み、ドロヤナギ(ドロノキ)やシラカンバを含む森林が形成されつつある。一方、活発な火山活動がみられるI火口周辺では、少数の草本が点在している程度に留まっている。噴気孔のある屏風山は、コケ類やハハコグサなどの草本が生育し木本種は少ない。本研究では、噴気孔の有無に着目し地熱や火山ガスが植生回復と土壌の性質にどのような影響を与えているのかを明らかにしようとした。

調査地

2008年6月～2009年9月に有珠山上部の西～南側外輪山の内壁、小有珠山腹下部、I火口周辺の5ヵ所で調査を行った。西側外輪山の一角を構成する屏風山(BL)の南西斜面は、斜面下部でコケ類が優占し、中部から上部にかけては、草本種や木本種がみられる。南側外輪山南南西向き内壁の急斜面(RI)は、斜面下部でコケ類が優占し、中部から上部にかけて草本種がみられる。また近くの南側外輪山内壁(RW)の斜面は、ドロノキ優占林が形成されつつある。小有珠南側山腹下部(KL)は、シラカンバを含むドロノキ壮齢林が形成されている。I火口周辺のオガリ山南西斜面(OL)では、イタドリなどの草本種が点在している。なお、噴気孔はBL, RI, OLの0m地点, RWの40m地点にあり噴煙をあげている。

調査方法

調査地では、各斜面に沿って下部(0m)から上部(30-60m)へ線状区を設定した(以後、各線状区について調査地と同じ略記号で表す)。OLのみ地形の違いから、上部(0m)から下部(100m)に向かって設定した。植生調査は、BL・RI・OLではそれぞれ5m, 10m, および20m間隔で2m×2m(BL), 5m×5m(RI・OL)の方形区、RWとKLでは10m×10mの方形区を設定し、出現した植物の種と被覆率を測定した。木本種の定着がみられたRWとKLでは毎木調査も実施した。土壌温度は、線状区に隣接して毎月0-10cmの深さで10m

間隔に測定を行った。土壌分析は、10m間隔で深さ0-5, 5-10, 10-15cmの土壌試料を採取して実験室に持ち帰り、pH(H₂O)(ガラス電極法)、水溶性成分分析(土:水が1:5、ろ紙による水抽出、イオンクロマトグラフ法)を行った。火山ガス測定に関しては、噴気孔からの距離に応じて北川式ガス検知管でNO₂, SO₂, H₂Sの測定(2009年6, 8月実施)、短期暴露用拡散サンプラーでSO₂測定(同7, 9月実施)を行った。また、温度による微生物の活動を検証するために調査地OL, BLにおいて土壌培養実験を行い(採取した土壌を深度5cmに埋め、1ヶ月間の培養を同7, 8月の2回実施)、無機態窒素量(アンモニア態窒素量と硝酸態窒素量)を測定した。

結果

1) 植生(図-1):

KL および RW は木本種が優占しており、被覆率はほぼ100%を示した。KLは、1999年の調査結果があり、当時に比べてドロノキ、シラカンバの樹高は約2倍、胸高直径は約1.5倍の成長がみられた。現在は、シラカンバとドロノキの優占林である。また、加入種としてカツラやエゾイタヤなど12種の幼樹が確認された。林床はベニバナイチヤクソウが地床の80%を被覆していた。RWは、噴気孔から20m離れた地点で、木本種のドロノキ(上層)、イヌコリヤナギ(下層)が優占していた。BLとRIは下部から中部にかけてシモフリゴケなどのコケ類とコケ内部にハハコグサが定着していた。BLは、草本出現種が約30種と最も多く、下部から上部にかけて被覆率は90-100%を示した。また、噴気孔から25m付近(上部)でドロノキおよびアキグミの定着がみられ、最上部ではオオイタドリが群落を形成していた。一方、RIは中部から上部にかけてスズメノヤリやススキなど数種の草本が出現する程度であったが、最上部ではススキが優占し、木本種のイタチハギとエゾヤマハギがみられた。OLは被覆率が約20%と他の調査地と比べてかなり低くイタドリが目立つ程度であった。木本種の出現はみられなかった。5つの調査地において、噴気孔のあるRI, BL, RWでは、噴気孔から離れるに従い木本種が確認された。また、BLとRWでは、噴気孔のないKLとほぼ同じ被覆率を示した。

2) 土壌温度(図-2):

土壌温度は、月別の変化(季節変化)があった(図には示さない)。噴気孔の無いKLでは、距離による温度の違いがほとんどなかった。噴気孔を有する調査地(OL, BL, RI)は、噴気孔から約10m離れると温度の低下がみられ、約10-20mを

Eri KAWAKUBO, Go SANDO, Yuji MIYOSHI, Youhei OGAWA and Masahiro HARUKI(Grad.Sch.of Env.Sci., Hokkaido Univ., Sapporo, 060-0810)

Recovery of vegetation and the properties of soil on volcano Mt.Usu.

超えると距離による温度の変化は小さく、深度による上昇も少なかった。

3)火山ガス(表一1):

各調査地において検知管測定での NO₂ と短期暴露用拡散サンプラーを用いての SO₂ は検知されなかった。一方、検知管による SO₂ 測定は、OL と BL の噴気孔内で 4.6ppm(OL),7.4ppm(BL),噴気孔の縁で 2ppm(OL)の値を示した。このうち OL では、SO₂ 測定時に検知管の変色により H₂S の存在が明らかになった。H₂S は噴気孔の縁で 0.5ppm を示し、噴気孔の縁から 10cm 上でも 0.2ppm の濃度が検知された。

4)pH(H₂O) (図一3):

調査地 BL・RI・RW・KL は各月とも深度にかかわらずほぼ pH5.5-6.5 の範囲で微弱な酸性~弱酸性を示した。しかし、OL と RI の噴気孔近辺や噴気孔の跡地において、pH1-4 の強い酸性値を示す箇所がみられた(毎月確認された)。

5)土壌中の水溶性成分(図一4):

噴気孔近辺や噴気孔跡で、水溶性成分の硫酸イオン(SO₄²⁻)の値が顕著であった。特に OL と RI の噴気孔近辺や噴気孔跡では、多量の硫酸イオンが存在し、最も多いところでは 798mg/kg(乾土)の値(OL0m地点,深度 10-15cm)を示した。また、図には示さないが、BL(20m地点の噴気孔跡)においても OL の 0m地点と同様に深度による硫酸イオン含有量の値増加がみられた。

6)微生物の活動(図一5):

1ヶ月間(7,8月の2回)の現地培養実験の結果から、土壌温度の高い噴気孔近辺(0m地点)では、培養による無機態窒素量(NH₄+NO₃)が培養前と比べて OL で 1-2倍, BL で 1.2-3倍であった。0mから離れた2点(OLの50,100m, BLの15,30m)では、培養前と比べて OL で 1.1倍, ばらつきはあるが BL で 2倍であった。現地培養実験により、調査地 BL では、噴気孔近辺と離れた2点において OL よりも無機態窒素量の増加がみられた。

考察

土壌温度・火山ガス:

一般的に、火山ガスの主成分は H₂O であり若干の CO₂ を含むが、高温を示す火口や噴気孔では H₂S, SO₂, HCl のようなガス発生があることがわかっている。今回の調査で、ガス(SO₂)の検知がみられたのは約 60-95℃の噴気孔であった。調査地 OL, BL においては、噴気孔内部で最も高い濃度を示した。これは、噴気孔内部が、ガス発生源に近く拡散されにくい空間であるため、高濃度を示すと考えられる。また、ガスの検知がされなかった OL の噴気孔から最も近い植生のあるところ(調査地 OL の噴気孔から 10m地点, 表層の地温約 20℃)では、イタダリの葉の先端や周縁の褐色、葉脈間に褐色斑点が生じていた。(噴気孔から 20m 離れると植生に同じ現象はみられなかった)。これには、主に土壌中の養分元素である Mg 等の欠乏と亜硫酸ガスによる被害が考えられる。そのうち、ガスによる被害は、植物の気孔から吸収された SO₂ が水と反応して亜硫酸となり生体内で生成されたアルデヒドと反応し、その後毒性として働く説や酸化されて硫酸となり葉緑素を破壊しクロロシス等の被害を呈するとの報告がある(2)。さらに、検知で

きなかった微量な火山ガスの影響も考慮する必要があると思われる。しかし、本調査地では、葉全体への被害ではなかったため、ガスによる影響よりも、むしろ、土壌中の養分元素の欠乏による被害であったと考えられる。

次に H₂S は OL で 0.2-0.5ppm を示した。H₂S は有毒ガスとして知られているが、植物への被害は SO₂ よりも軽く、感受性のよい植物でも 20-40ppm(5時間暴露)で軽いクロロシス等の被害に留まるといわれる(被害は種による)。このことから、今回の調査では H₂S の影響は低いものと思われる。

植生の定着のない高温(60℃以上)を示して火山ガスの発生がみられた場所は、土壌が灰黄色を示すことから、硫黄の付着により土壌の生成が遅れ植生の定着に厳しい環境であったことが考えられる。

pH・土壌水溶性成分:

噴気孔近辺や噴気孔跡では、pH1-4 と強酸性を示し、多量の硫酸イオンが存在した。噴気孔近辺では、火山ガス(SO₂)が雨や土壌中の水分と反応して硫酸イオンとなって土壌中に存在し、噴気孔跡では、以前に噴煙を上げていた火山ガスが上記と同様な反応により現在でも硫酸イオンとして土壌中に残存していると思われる。

噴気孔を離れるに従い、草本種が散在し木本種が定着するなど植生の回復がみられた。噴気孔を有することで、高い土壌温度や火山ガス、土壌中の硫酸イオン、強酸性の影響が、土壌の生成や木本種の増加、森林形成への促進を抑制していると考えられる。また、火山ガス発生のない約 30℃の噴気孔近辺では、温度によって植生の発達状況が異なり、噴気孔から離れる(約 10-20m)に従って木本種の定着がみられた。温度の低下もまた、森林植生の回復に重要な要素と考えられる。

現地培養:

土壌中の有機態窒素の分解については、土壌温度が上がると土壌微生物の活動が活発になり有機態窒素の無機化が促進されることが知られている(3)。実験調査地 OL と BL においても、地温の高い噴気孔近辺で無機化の促進がみられた。しかし、噴気孔近辺の温度が高い OL よりも BL の無機態窒素量が多く、無機化が促進されていた。また、噴気孔近辺から離れた2点では、OL と BL の場所による温度差はほとんどないが、BL の無機化が促進された。これらの結果は、植物の被覆率(OL 約 20%, BL 約 97%)と有機物含量の指標といわれる灼熱減量の測定(OL 2.4%, BL 4.9%を示す(5))から、BL のほうが無機化できる有機物量が多いためではないかと考えられる。

無機化の促進は、温度の上昇と共に無機化できる有機物量との関係も重要であることが示唆された。さらに、土壌中の微生物の種や量、物質移動等にも関係が深いと思われる。

今回の調査から、植生の回復には、噴気孔の影響が減少し、その後、土壌環境が安定することが植生回復にとって重要な要素の一つであることが明らかになった。今後、無機態窒素量や有機物含量、水溶性成分等の結果も踏まえ、統計的な面からも噴気孔の影響について解析する方向をとってみたい。

引用文献

(1) Anne Riviere (1986) Properties of the New Volcanic Substrate of Mt.Usu with Regards to Natural Revegetation. Environ. Sci. Hokkaido 9(1) : 89-112.
 (2) 阿相敏明・武田麻由子・相原敬次 (2001) 西丹沢山地における三宅島火山ガスの影響, 神奈川県環境科学センター研究報告, 24 : 90-95.
 (3) 伏和之・安西徹郎・梅宮善章・後藤逸男・妹尾啓史・筒木潔・松中照夫 (2001) 土壌学概論. 朝倉書店, 東京, 219pp.

(4) 伊藤浩司・春木雅寛 (1984) 1977-1978 年有珠山噴火後 6 年の植生回復. 有珠山 1977-1978 年噴火に伴う環境変動の追跡調査, 北大環境科学研究科, 168pp.
 (5) 川久保恵理・山東豪・春木雅寛 (2008) 有珠山の森林形成過程における土壌環境について. 日林北支論 57:125-127.

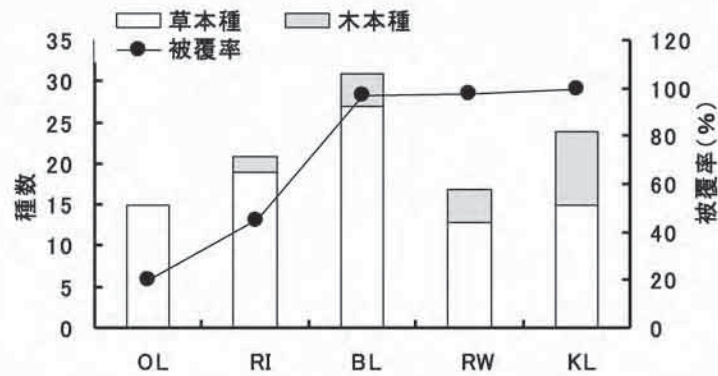


図-1 各調査地の出現種数と被覆率

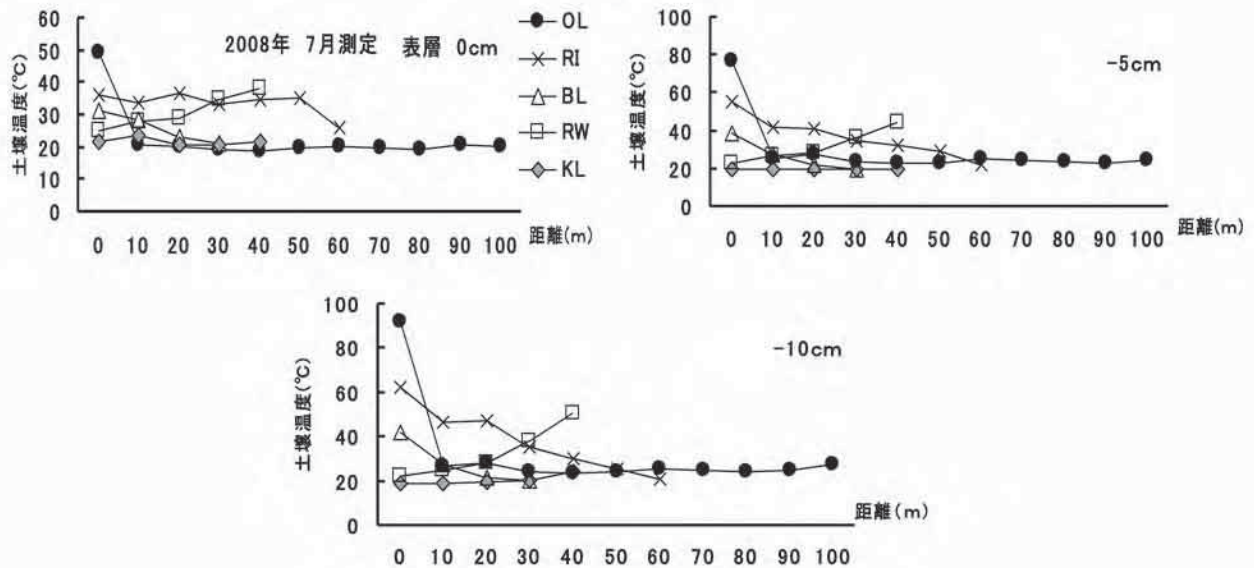


図-2 噴気孔からの距離に対する深度別土壌温度

表-1 ガス検知管による測定結果

	測定日	Temp (°C)	SO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)
BL				
噴気孔内(深さ40cm)	09.6/19	76.4	7.4	0
噴気孔縁	09.8/7	34.6	0	0
OL				
噴気孔内(深さ10cm)	09.6/19	61.4	4.6	検知管変色
噴気孔縁	09.8/7	31.3	2	0.5
噴気孔縁10cm上	09.8/7	25.5	0	0.2

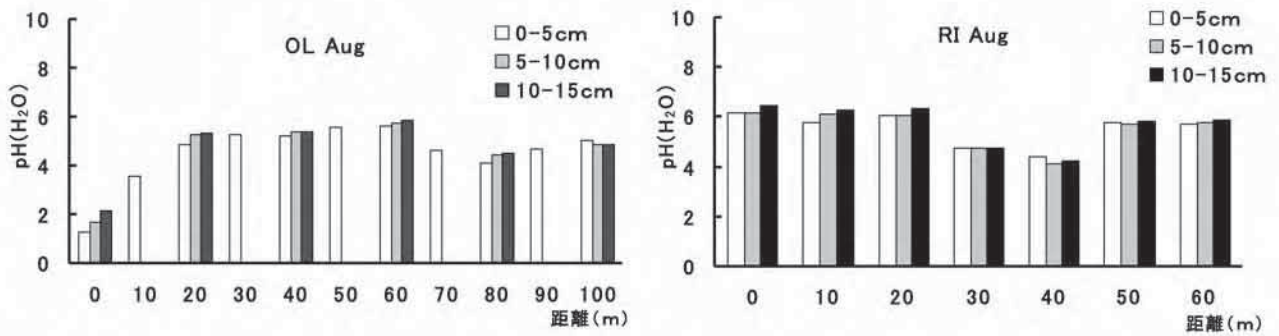


図-3 調査地 OL, RI における pH(H₂O)

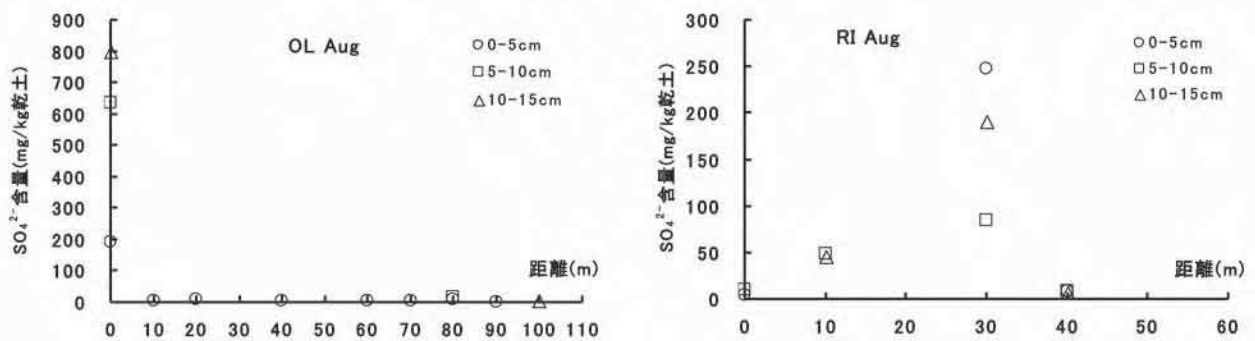


図-4 調査地 OL, BL における噴気孔からの距離に対する水溶性硫酸イオン含有量

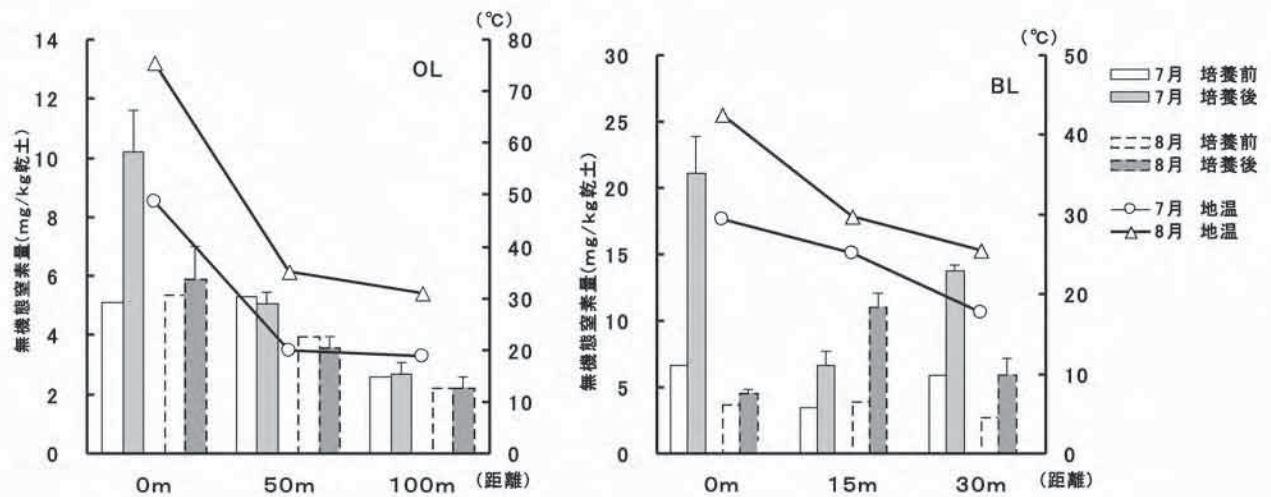


図-5 調査地 OL, BL における温度変化と培養前後の無機態窒素量