

## 速報

## 2011年新燃岳噴火による周辺土壌への影響について\*1

— 2011年8月の土壌の状態 —

石塚成宏\*2・釣田竜也\*2・稲垣昌宏\*2

石塚成宏・釣田竜也・稲垣昌宏：2011年新燃岳噴火による周辺土壌への影響について— 2011年8月の土壌の状態— 九州森林研究 66：94—96，2013 2011年1月から2月にかけて爆発的な噴火を起こした新燃岳噴火口から約3kmの地点を中心に5ヶ所のプロットを設定し，2011年8月に土壌サンプルを採取し，物理性および化学性分析を行った。細粒質の火山灰と軽石を中心とする粗粒質の火山砕屑物の2種類が主として堆積していた。火山灰層の細土堆積量は， $5.2\sim 21.2\text{ kg m}^{-2}$ ，軽石層は大半が礫で細土は非常に少なく，定容積細土重は $0.13\sim 0.85\text{ Mg m}^{-3}$ と小さかった。pH(H<sub>2</sub>O)は4.93~6.03を示し，水溶性各種イオンでは硫酸イオンとアンモニウムイオンが優占していた。軽石層では土壌層よりも可給態リン含量が高く，火山灰層ではさらに高かった。火山灰と軽石の全硫黄含量は $340\sim 663\text{ }\mu\text{g g}^{-1}$ であり，土壌層の $779\sim 1141\text{ }\mu\text{g g}^{-1}$ より低かった。このことから，今後酸性化によって樹木被害が発生する可能性は低いと考えられた。

キーワード：新燃岳 2011年噴火，土壌化学性，土壌物理性

## I. はじめに

2011年1月から2月にかけて爆発的な噴火を起こした新燃岳の火山噴出物は，主として南東方向に広がり落下・堆積した。火口から南東方向に3km程度離れた場所では，樹木の被害が認められ，数十cmの火山噴出物が堆積していた。1959年の噴火では，噴火直後だけでなく約半年経過した時点で樹木被害が発生しており，その主要因として火山噴出物に含まれる硫黄分が酸化し硫酸を生成し，樹木根系に被害が及んだことを挙げている（松本，1965）。今回の噴火においても同様の樹木被害が心配されたため，継続的に土壌をサンプリングし，その物理性および化学性の時間変化を明らかにすることを目的とした。

## II. 試験地とサンプリング

2011年8月に新燃岳噴火口から約3kmの地点を中心に，目視の樹木被害の程度に応じた5ヶ所において，土壌サンプルを採取した。主としてアカマツの被害が大きかったため，アカマツの被害程度に応じてP1，P2（激害区），P3，P4（中被害区），P5（対照区）と区分した。P1，P3およびP4は緩斜面上に，P2，P5はほぼ平坦面上に位置し，P2は谷底部に相当した。これらのプロット内の各3ヶ所ずつから表層堆積火山噴出物と噴火前は地表面だったと思われる表層土壌を採取した。サンプルは物理性測定用の400mL容円筒試料と化学性分析用の攪乱試料を採取した。400mL容の円筒試料が採取できない場合は，ブロックサンプリング（独立行政法人森林総合研究所立地環境研究領域・温暖化対応推進拠点，2012）によって物理性測定用試料とした。

## III. 分析方法

土壌円筒試料およびブロックサンプリング試料は採取時重量を測定した後，各種土壌物理性（三相組成，定容積細土重，重量含水率，粒径組成）を測定した（森林立地調査法委員会，2010）。土壌化学性用サンプルは風乾した後，2mmの篩を通し，各種土壌化学性（CEC，交換性塩基量，有効態リン（Truog法），リン酸吸収係数，pH(H<sub>2</sub>O)，pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)，電気伝導度）の分析に供した。また，水：土壌=5:1となるように混濁液を作り，1時間振盪後， $0.45\text{ }\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターを通して濾過した溶液中の各種イオン濃度（Cl<sup>-</sup>，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>，PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，Na<sup>+</sup>，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>，K<sup>+</sup>，Mg<sup>2+</sup>，Ca<sup>2+</sup>）について，イオンクロマトグラフ（Dionex，DX-500）を用いて測定した。また， $0.1\text{ mm}$ の篩を通し，全炭素・全窒素含量について乾式燃焼法（住化分析センター，NC-22F）を用いて測定した。さらに， $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ で乾式灰化後，酢酸溶液で抽出し，硫酸濃度をイオンクロマトグラフで測定する方法（Tabatabai，1996）により全硫黄量を定量した。

## IV. 結果と考察

物理性分析の結果を表-1に，化学性分析の結果を表-2に示す。

## 1. 堆積層厚と堆積量について

細粒質の火山灰（以下火山灰層）と軽石を中心とする粗粒質の火山砕屑物（以下軽石層）の2種類が主として堆積していた。細粒質火山灰の堆積厚は，P1およびP2では $1.7\sim 5\text{ cm}$ および $1.5\sim 3\text{ cm}$ であったが，P3では $1\text{ cm}$ 程度であり，堆積厚が不足して3ヶ所のうち1ヶ所しかサンプルを採取できなかった。軽石層の堆積厚は，P1で $8\sim 20\text{ cm}$ ，P2で $21\sim 25\text{ cm}$ と厚く，

\*1 Ishizuka, S., Tsurita, T. and Inagaki, M.: Impact on the surrounded forest soil by the 2011 eruption of Mt. Shinmoe - the condition of the soil on August 2011-.

\*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

P3では10~12 cm, P4では13~17 cmとなり, P5では2~3 cmと薄くなった。P1は斜面上にあり, 掘り返しても軽石が崩れてくるために1ヶ所でしか土壌層のサンプルを採取できなかった。

火山灰層の細土堆積量は, P1で21.2 kg m<sup>-2</sup>, P2で36.5 kg m<sup>-2</sup>, P3で5.2 kg m<sup>-2</sup>であった。軽石層では礫が大量に含まれ, 細土は非常に少なく, 定容積細土重は0.13~0.85 Mg m<sup>-3</sup>と小さかった(表-1)。2 mm以下の粒径の画分においても94~98%が粗砂で, シルトや粘土はほとんど含まれなかった。サンプリングを行った時期は噴火から半年程度が経過しており, 梅雨期をえているため, 表層のシルト質以下の画分の多くが流亡してしまった可能性が考えられた。

## 2. pH (H<sub>2</sub>O)

pH (H<sub>2</sub>O) は4.93~6.03を示し, P2の火山灰層および土壌層が5.05および4.93と低い値を示した(表-2)。この2つとP3の土壌層を除けば5.5以上であり, 植物に影響を与えるほどの酸性化は起こっていないと考えられた。

表-1. 物理性分析の結果

地点	層厚 cm	三相組成					定容積重量		粒径組成			
		固相率	気相率	液相率	細土重	含水率	粗砂	細砂	シルト	粘土		
		%	%	%	Mg m <sup>-3</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	%	%	%	%		
P1 火山灰層	2.9	41.1	37.2	21.7	0.73	0.20	70.0	21.0	7.5	1.5		
	軽石層	12.7	33.9	45.0	21.1	0.20	0.23	97.1	0.3	0.7	1.9	
	土壌層	5.0	41.7	27.0	31.4	0.74	0.28	53.0	32.0	11.9	3.2	
P2 火山灰層	2.2	54.7	20.4	25.0	1.68	0.17	39.9	37.6	20.1	2.6		
	軽石層	23.0	34.1	46.9	19.1	0.13	0.21	97.6	0.3	1.1	1.3	
	土壌層	15.0	27.4	21.6	51.0	0.63	0.76	45.8	32.1	15.8	6.2	
P3 火山灰層	1.0	51.0	22.9	26.1	0.52	0.20	81.6	13.0	4.2	1.2		
	軽石層	11.0	37.7	44.9	17.4	0.46	0.18	95.8	1.4	1.8	1.1	
	土壌層	21.3	27.6	25.5	47.0	0.59	0.64	58.4	27.0	10.3	4.3	
P4 軽石層	14.3	37.0	45.7	17.3	0.45	0.18	97.8	0.2	1.5	0.5		
	土壌層	17.3	33.4	32.8	33.8	0.78	0.45	59.6	25.1	9.7	5.6	
P5 軽石層	2.5	34.3	51.3	14.4	0.85	0.17	94.3	2.5	0.5	2.7		
	土壌層	14.3	29.2	27.2	43.6	0.74	0.55	43.9	34.3	16.4	5.5	

## 3. 水溶性各種イオン

陰イオンでは硫酸イオンが, 陽イオンではアンモニウムイオンが優占していた(表-2)。土壌層で認められる硝酸イオン, 塩素イオンやカリウムイオンは火山灰層や軽石層では少なかった。土壌層でも硫酸イオン濃度が高いことから, 火山噴出物から硫酸が生成し土壌中に浸透した可能性がある。

## 4. CEC, 交換性塩基量, 可給態リンとリン酸吸収係数

火山灰層のCECは1 cmol kg<sup>-1</sup>と低く, 養分保持能力はほとんどないと考えられた。交換性塩基量は非常に少なく, P5の土壌層のCaが最大であったが, 0.9 cmol kg<sup>-1</sup>であった(表-2)。すべての土壌で, 養分状態が劣悪な状態であると考えられる。可給態リンの含量は土壌層で13.7~23.0 mg kg<sup>-1</sup>を示し, 日本各地で計測された値(BrayII法による値で2.8~130 mg kg<sup>-1</sup>, 石塚, 2002)の範囲内であった(表-2)。軽石層では土壌層よりも可給態リン含量が高く, 火山灰層ではさらに高かった(表-2)。リンに関して, 今回の火山噴出物は大きな供給源となっていたと考えられる。火山灰層ではリン酸吸収係数は0 g kg<sup>-1</sup>と低く, 未風化の火山灰であることを示していた。

## 5. 全硫黄含量と pH (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

谷川ら(2004)によると日本の森林土壌の表層土壌では500~2200 μg g<sup>-1</sup>程度の全硫黄含量を示す。今回の火山噴出物の全硫黄含量は340~663 μg g<sup>-1</sup>であり, やや低めの値を示した。土壌層では779~1141 μg g<sup>-1</sup>を示しており, 今回の噴出物よりも高濃度の硫黄が含まれていた。サンプルの採取時期が噴火から半年程度経過しており, 噴出物のかなりの硫黄が酸化して雨水によって土壌層に移動し固定されたという可能性(辻, 1987)がある。また, 1959年の噴出物は硫黄を多く含んでいたと考えられる(松本, 1965)ため, 元々土壌層の全硫黄量が高かった可能性も考えられる。また, 元々土壌層と今回の噴出物は同じ程度の全硫黄量であったが, 前の噴火から50年程度の間大気由来の硫黄が継続的に蓄積し, 全硫黄量が多くなっている可能性も考えられた。すなわち, 大気からの年間のS沈着量が0.75 gSm<sup>-2</sup>と見積もられており(1990年でのモデル推定値, 池田・東野, 1997), これに従えば52年間の沈着量は39 gSm<sup>-2</sup>となるため, 火山灰層, 軽

表-2. 化学性分析の結果

地点	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	全窒素 mg g <sup>-1</sup>	全炭素 mg g <sup>-1</sup>	EC μScm <sup>-1</sup>	リン <sup>*1</sup> mg kg <sup>-1</sup>	Pret <sup>*2</sup> g kg <sup>-1</sup>	全硫黄 含量 μg g <sup>-1</sup>	全硫黄 量 g m <sup>-2</sup>	CEC cmol kg <sup>-1</sup>	交換性塩基量				水抽出											
											Ca	Mg	K	Na	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
											cmol kg <sup>-1</sup>										μg g <sup>-1</sup>					
P1 火山灰層	5.7	2.9	0.1	0.6	106	62.0	0.0	442	9.2	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.5	0.0	92.8	3.8	31.0	3.5	0.1	0.5	
	軽石層	5.6	3.0	0.0	0.8	130	27.7	0.0	566	13.8	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.6	0.0	102.0	4.2	31.4	3.4	0.4	1.9
	土壌層	5.5	2.8	1.5	21.5	156	23.0	4.6	894	32.9	6.7	0.2	0.1	0.1	0.0	4.7	0.0	0.0	30.8	0.0	95.8	3.2	48.8	10.1	0.1	0.2
P2 火山灰層	5.0	3.0	0.1	0.4	137	104.3	0.0	556	19.7	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.4	0.0	127.0	4.4	34.1	4.0	0.9	5.4	
	軽石層	5.5	2.8	0.1	0.6	149	23.3	0.0	663	18.9	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.5	0.0	124.1	3.8	39.1	3.9	0.5	1.6
	土壌層	4.9	2.6	2.6	39.0	321	18.3	8.1	945	29.8	11.1	0.3	0.1	0.1	0.0	5.6	0.0	0.0	33.5	0.0	252.4	5.3	95.0	19.8	2.5	4.3
P3 火山灰層	6.0	3.0	0.1	1.1	85	60.0	0.0	413	2.1	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.4	0.0	66.1	2.5	25.1	2.9	0.0	0.2	
	軽石層	5.8	3.1	0.0	0.6	74	33.7	0.0	438	21.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.2	0.0	64.3	2.9	21.6	2.5	0.1	0.3
	土壌層	5.3	2.6	2.3	36.5	170	18.7	8.0	779	23.6	11.7	0.3	0.1	0.1	0.0	4.7	0.0	0.0	39.9	0.0	108.4	3.8	54.8	12.1	0.4	0.8
P4 軽石層	5.8	3.0	0.0	0.6	84	30.3	0.0	464	28.4	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.2	0.0	66.9	3.0	22.6	2.8	0.1	0.4	
	土壌層	5.7	3.1	2.0	31.7	153	14.7	7.0	1141	41.3	11.1	0.4	0.1	0.1	0.0	4.5	0.0	0.0	31.4	0.6	85.8	3.4	52.7	8.5	0.1	0.4
P5 軽石層	5.9	2.3	0.2	2.9	69	23.7	0.0	340	7.2	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	4.0	0.5	42.5	2.8	21.4	3.9	0.1	0.4	
	土壌層	6.0	3.3	1.6	24.1	100	13.7	8.8	838	31.3	10.0	0.9	0.1	0.1	0.0	5.5	0.0	0.0	13.3	0.0	43.1	3.4	33.5	5.9	0.1	0.5

\*1 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として

\*2 リン酸吸収係数, 単位はP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として

石層（それぞれ2.1~19.7, 7.2~28.4 gSm<sup>-2</sup>）と土壤層の全硫黄含量（23.6~41.3 gSm<sup>-2</sup>）の差分が酸性降水から供給されていたと考えても矛盾しない。

pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)は2.30~3.27の値を示した。いくつかのサンプルでは酸化熱で突沸をおこしたものがあつた。使用した過酸化水素水のpHが3.45であつたので、含硫鉱物等の酸生成物質があれば、この値よりも低いpH値を示すと考えられる。P2とP3の土壤層がそれぞれ2.6と比較的低い値を示し、P5では軽石層が2.3と全層位中最も低い値を示した。P2の火山灰層や土壤層ではpHが低下しており、水溶性硫酸イオン濃度も高いため噴火後に硫酸の負荷による酸性化が起つたと考えられるが、今回の噴出物のpH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)はいずれも3前後の値を示して、かつ全硫黄量もあまり多くないことから、酸化して酸を生成する含硫鉱物の含有量も多くないと考えられ、今後酸性化によって樹木被害が発生する可能性は低いと考えられる。

### 謝辞

本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト「平成23年新燃岳噴火に伴う林地被害と土砂災害評価のための緊急調査」によつて行われた。試験地の設営は、森林総合研究所九州支所の山地防災研究グループおよび森林生態系研究グループのメンバーと、暖

帯林育成チーム長と共同で行つた。試験地の設置許可に関しては、環境省および鹿児島県および宮崎県の担当者の方々には大変お世話になつた。全硫黄量の測定については、森林総合研究所関西支所の谷川東子氏に助言をいただいた。試料の調整から分析補助に至るまで、非常勤職員の阪本由美子さんには大変お世話になつた。以上の方々に、ここに厚く感謝の意を表します。

### 引用文献

- 独立行政法人森林総合研究所立地環境研究領域・温暖化対応推進拠点（2012）第二期森林土壌インベントリ方法書（1）野外調査法，80 pp.
- 池田有光・東野晴行（1997）大気環境学会誌 32：175-186.
- 石塚成宏（2002）東京大学学位論文，pp 118.
- 森林立地調査法編集委員会（2010）森林立地調査法，pp 284，博友社，東京.
- 松本幡郎（1965）林試研報 182：72-78.
- Tabatabai（1996）Sulfur. (*In* Methods of Soil Analysis Part 3, Sparks D. L. (ed.)，1390 pp, Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison), 921-960.
- 谷川東子ら（2004）地球環境 9：19-28.
- 辻（1987）草地試研報 37：50-56.
- （2012年11月4日受付；2013年1月21日受理）