

桜島の降灰が土壤におよぼす影響について

宮内信文・長田智子

(土壌学研究室)

昭和57年8月10日 受理

Influences of Ash-Fall from Mt. Sakurajima on Soil Properties

Nobufumi MIYAUCHI and Tomoko NAGATA

(Laboratory of Soil Science)

はじめに

近年の桜島火山活動の激化とそれにともなう多量の降灰は、依然として劣えを見せず、農作物被害をはじめ住民の生活に様々な悪影響をおよぼしている。

本研究は、地上に降った灰が土の状態にどのように影響をおよぼしているかを、実験を通して推測しようとするものである。

I. 降灰の分布・量

昭和48年度から、鹿児島県農業関係研究機関において、防災営農施設整備計画にそった降灰対策の調査・試験研究が実施され、降灰の実態も調査されている。それによると²⁾、降灰量は噴火口から10 km以内できわめて多く(昭和49年6月から54年5月までの5年間で、年平均1 m²あたり黒神、有村で37 kg, 高免で23 kg)、10 km以遠では急減し、等降灰量線が噴火口を中心としやや東に片寄った同心円状となって距離とともに減少している。また季節的には、春から夏にかけて増加し秋から冬にかけて漸減する傾向を認めている。

II. 灰の理化学性

このように降り続く火山灰は、どのような性質のものなのか。土壤への影響を調べるには、まず灰そのものの理化学性を知る必要がある。そこで桜島島内5カ所、鹿児島市(対岸部)3カ所で、採取(降灰)期日を異にする計17点の試料を集め、主要な理化学性の分析を行った。なお、II.(3)、III.(4)で示すように灰中の可溶性成分は、いったん降雨にあうと急速に流出してしまうので、試料採取にあたっては、降灰直後の一度も雨にうたれていない新鮮灰を採取することとくに留意した。採取場所・期日を Fig. 1 に示す。

(1) 灰粒子の大きさ—粒度分布—

径0.1 mm までを水篩、それ以下の画分を沈降法により分画・定量した結果を Table 1 に示す。

特異例(2-c, 高免粗粒灰)を除くと、1 mm 以上の粗粒子、0.002 mm 以下の微細粒子はきわめて少なく、0.5~0.02 mm 画分の粒子が主体を占めていることがわかる。しかし、0.5~0.002 mm 画分内の粒度分布は試料間で差が大きい。この差は、噴火口近接の桜島島内試料で顕著であり、Fig. 2 で表わした粒径加積曲線から、同一場所(ここでは黒神)であっても、噴出日により異なった大きさの灰粒子が降下していることがわかる。たとえば、1-a と 1-b とでは、0.5 mm 以下の粒子が前者でほぼ100%であるのに対し、後者では75%となっている。また同一日の降灰であっても、1976年5月27日の黒神(1-b)と小池(4-b)試料の粒度分布も同様に異なっている。噴火口から離れた鹿児島市街地への降灰は、試料数が少ないが、細砂0.2-0.02 mm 画分に集中しており(3点90%, 1点80%)、比較的粒度分布がせまく粒径も一定しており、また遠距離のため微細粒子が多いとは必ずしもいえないように思われた。

(2) 灰の鉱物組成

近年の桜島灰の一次鉱物組成は、大庭ら^{5)~7)}によりくわしく研究されている。

本研究では、試料中に少~微量含まれている0.002 mm 以下のいわゆる粘土画分につきX線分析を行った。各試料の回析図とも、斜長石の回析ピークのみが認められ、結晶性粘土鉱物は検出できなかった。また、示差熱分析でも、900~1000°C 間の高温度発熱ピークが現われないところから、非晶質粘土鉱物アロフェンの存在も否定される。すなわち、この画分の粒子は一次鉱物(大庭ら^{5)~7)}の研究から、主に非晶質火山ガ

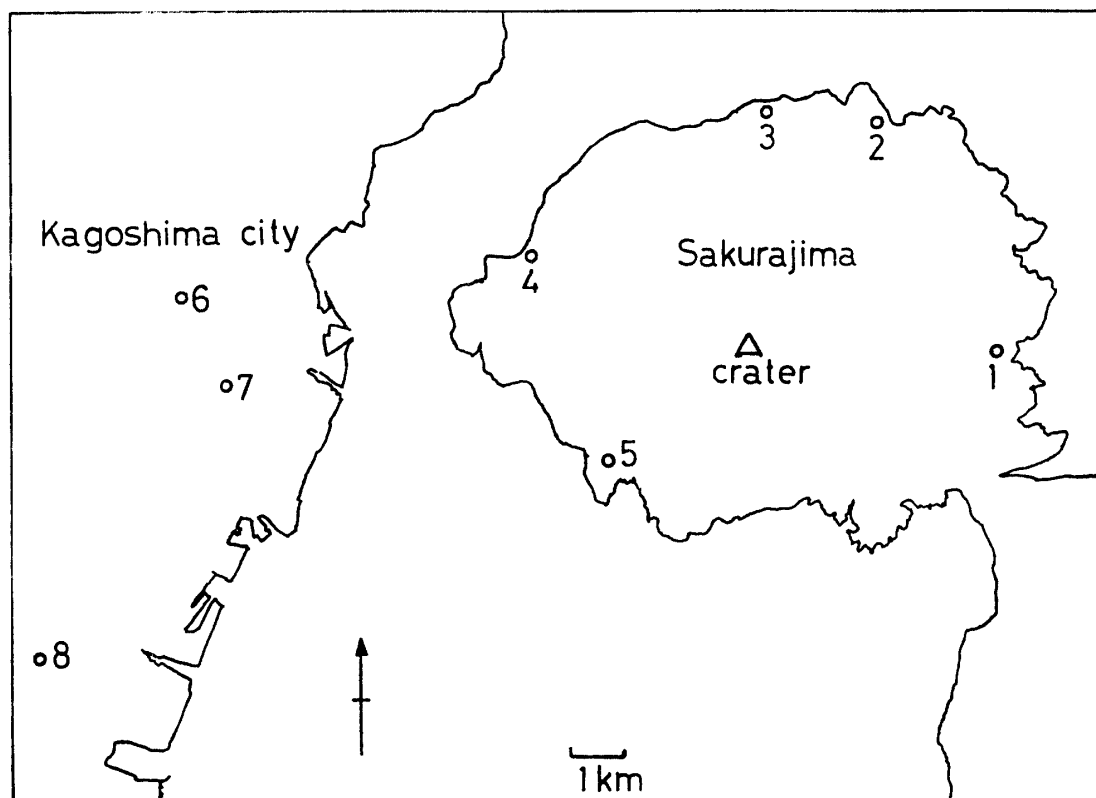


Fig. 1. Station of sampling.

1: Kurokami (a: 1976. 5. 16. b: 1976. 5. 27. c: 1976. 7. 12. d: 1976. 2. 15. e: 1976. 8. 11-12.)
 2: Komen (a: 1975. 7. 8. b: 1976. 11. 1. c: ?) 3: Futamata (a: 1976. 2. 15. b: 1977. 5. 13.)
 4: Koike (a: 1976. 5. 26. b: 1976. 5. 27.) 5: Mochigi (1976. 8. 3.) 6: Nishida (1978. 5. 24.)
 7: Korimoto (a: 1978. 5. 26 b: 1978. 10. 3.) 8: Taniyama (1976. 5. 24.)
 (): Date of ash fall

Table 1. Grain size distribution of ashes

Ash No.	Size fraction (mm)							
	<0.002	0.002-0.02	0.02-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0<
1-a	2.0	31.2	41.9	13.2	10.8	0.7	0.1	0
-b	0.6	11.0	29.0	11.4	23.5	16.0	6.8	1.8
-c	1.9	12.5	37.9	18.4	27.9	1.4	0	0
-d	2.0	9.6	42.9	25.4	18.4	1.6	0.0	0
-e	1.5	14.4	50.4	25.8	7.0	0.6	0	0.34
2-a	1.1	9.0	36.5	19.8	27.9	5.8	0.2	0
-b	0.6	10.0	35.0	19.0	27.9	5.2	1.9	0.6
-c	0	0	6.9	12.6	28.5	11.9	17.2	23.0
3-a	0.9	10.7	51.6	25.9	10.6	0.1	0.1	0.1
-b	0.5	9.4	26.6	10.7	40.3	12.6	0	0
4-a	0.4	8.8	40.2	20.5	28.0	1.8	0.2	0
-b	1.1	14.0	35.7	19.5	26.5	3.0	0.1	0
5	0.6	9.5	30.5	22.6	33.1	3.7	0.1	0
6	0.9	11.7	48.9	32.0	6.6	0	0	0
7-a	0.5	4.5	62.7	28.6	3.7	0	0	0
-b	0.7	7.2	76.0	16.0	0.2	0	0	0
8	0.2	10.6	75.6	13.5	0.1	0.1	0	0

% on oven-dry basis

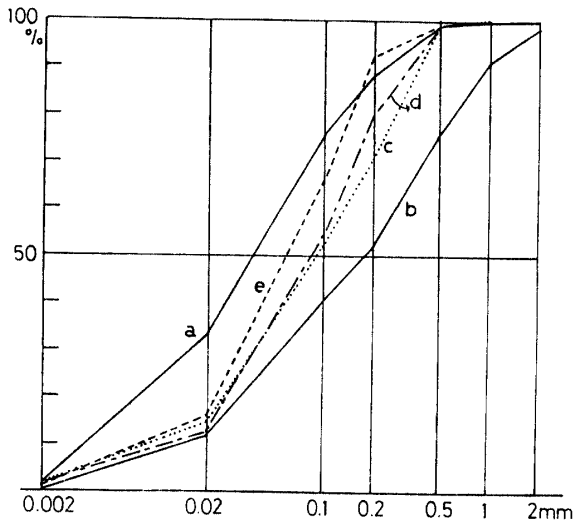


Fig. 2. Grain size accumulation curves for Kurokami samples.

ラスからなる石質岩粒子と斜長石など)が機械的に破碎・細分化されたもので、二次鉱物(粘土鉱物)は存在していないといえる。このことは、1977年8月7日~14日の北海道有珠火山爆発の際噴出した火山灰が、比較的多量の粘土分(4~6%)を含みその鉱物種が粘土鉱物モンモリロナイトであるという点で著しく異なり(近堂ら³⁾), 土壤理化学性への影響はもとより、様様な被害の様相にも微妙な違いをもたらしていると考えられる。

(3) 灰の化学性

pH

Table 2 に、13試料についての pH 値(試料:水=1:2.5の懸濁液の pH)を示す。この試料の他に、鹿児島県農業試験場から供与された試料を加え計66点の

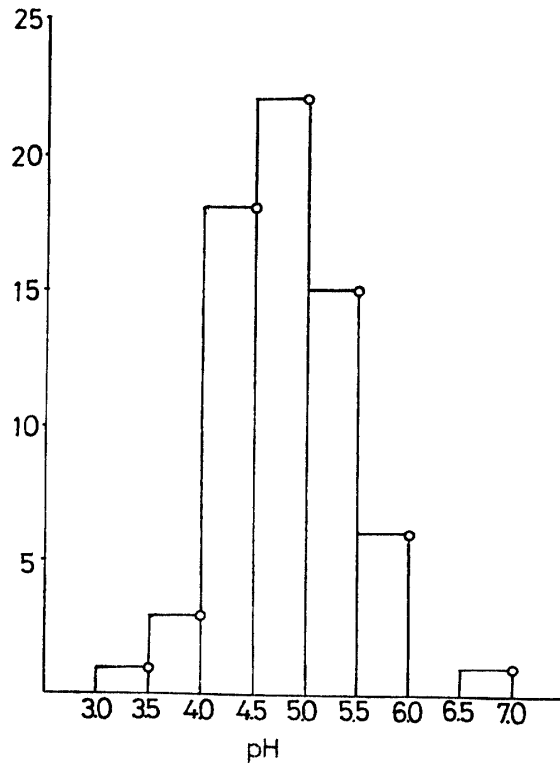


Fig. 3. Frequency distribution diagram of ash pH.

pH 値の度数分布を Fig. 3 に示す。図に示すように、pH 7~3 のかなり広い pH 域に分布していること、分布は正規分布型($\bar{x}=4.71, \sigma_n=0.55$)であることがわかる。(2)で述べたように、灰中には荷電を有するコロイド(粘土鉱物)の存在が認められないので、pH 値は水溶性陰陽イオンのみが関与していると考えられる。

電導度(EC)と水溶性成分

灰の元素組成については前述の大庭ら⁵⁾⁻⁷⁾の報告がある。灰中の鉱物粒子自体は化学的には不活性なの

Table 2. Chemical properties of ashes

Ash No.	pH (H ₂ O)	EC (m Ω /cm)	Soluble ions (ppm)					
			Ca	Mg	K	Na	SO ₄	Cl
1-a	5.3	0.22	55	4	63	8	—	224
-b	5.4	0.19	45	3	18	8	—	29
-c	4.1	3.44	865	133	348	50	5140	2340
-d	4.3	1.91	415	56	160	17	3700	888
-e	5.1	1.61	423	34	108	25	3760	695
2-a	5.0	1.73	425	22	71	23	4480	136
-b	5.1	0.28	65	6	63	10	—	154
3-a	4.5	1.40	340	29	183	32	2210	615
-b	5.1	0.48	125	15	89	13	780	260
4-a	4.8	1.35	280	44	190	26	1760	610
-b	5.1	0.81	444	46	197	23	2040	519
5	4.9	0.63	165	14	110	28	1190	260
8	5.6	0.47	125	10	105	19	910	74

で、本研究では灰全体の化学分析は行わず、短期間に直接土壌状態に変化を与えると考えられる可(水)溶性成分、EC値のみを測定した。Table 2に、灰5gに水25mlを加え30分振とう後の浸出液につき、ECと Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 K^+ 、 Na^+ 、 SO_4^- 、 Cl^- 量を示す。なお、陽イオンは原子吸光法、 SO_4^- は BaSO_4 の白沈を利用した比濁法、 Cl^- は硝酸第二水銀滴定法により定量した。

EC値の大小は、水溶液中の電解質濃度の高低、すなわち溶存陰陽イオン全量の多少の指標となる。施設園芸などで作物の濃度障害が問題となってきているが、EC値はその際に用いられ、鹿児島県¹⁾では土壌診断基準として $0.5\text{m}\Omega/\text{cm}$ 以下となるように指導がなされている。灰のEC値は試料間でばらつきが大きい。全体として相当量の易溶性成分が含まれていて、試料の半数以上が土壌診断基準値をこえる値を示した。溶存各イオン量についても試料間で違いは大きく、たとえば同一地点黒神試料でも、1-a、1-bと1-cとでは、後者が前二者に比べてCaで約16.7倍、Mgは40倍前後も大きい値を示す。とくに注目されるのは、通常の土壌(硫酸根、塩酸根肥料を施さない場合)と異なる SO_4^- 、 Cl^- の存在である。両イオンの存在量が、灰の酸性の大きな因子となるが、この量もまた、 SO_4^- で最高0.5%に達するものから検出困難なものまで、 Cl^- も2300~30ppmと大きな差がみられる。降灰時に硫酸黄のにおいの強い時、そうでない時をよく経験するが、 SO_4^- などの成分の含量の違いから理解されよう。

つぎにこの章で述べてきた各状態値間の関係を調べた。しかし、粒度分布とpH、可溶性成分量、pHと可溶性成分量間に明瞭な相関は認められなかった。

III. 降灰の土壌におよぼす影響

II章で述べたように、灰の理化学性が多様であること、各状態値間に相関が認められないことが、降灰の土壌におよぼす影響を一律に、定量的に解明あるいは予知することを困難にしている。

ここでは、多量に採取できた小池4-b試料を用いて土壌への影響を調べ、普遍的な推測を可能なかぎり試みることにした。

降灰の土壌におよぼす影響のしかたに、大別して二通りの型が考えられる。一つは多量の降灰が堆積し地表を覆う場合であり、いま一つは降灰が少量であったり、積った灰が耕耘などによったりして、既存の土壌と混合する場合とである。この両場合をモデル的に設

定して実験を行った。

(1) 植物生育でみた降灰と土壌

農耕地土壌の“良否”の直接的指標は、当然植物の生育自体で表わされると考えた。そこで、土の上に灰を堆積した区、土と灰の混合区、土だけの対照区を設定し、種子の発芽、幼植物の成長状況を各区で比較検討した。

植物はアサガオとコマツナを選んだ。使用土壌は、桜島島内の土壌がすでに降灰の影響下にあるため、鹿屋のクロボク畑土壌(作土層)とした。植木鉢(プラスチック製12号鉢)を用い、灰区は土壌上3cmを灰層とし、土灰混合区は土:灰=2:1の割合で混合した。無肥料。各鉢にアサガオの場合は3粒、コマツナ20粒を1978年4月17日播種。各区三連、ガラス室内で行った。

発芽

対照区、混合区では、アサガオ、コマツナとも発芽率ほぼ100%近く、時期の違いも両区間で認められなかった。これに対し灰区では、発芽時期がまちまちで、最終的には、アサガオで約1/3、コマツナで3/4しか発芽しなかった。灰区での発芽抑制には、撒水後灰が締まって灰層がきわめて硬くなることに原因があると考えた。コマツナとアサガオの違いは、後者の種子を前者にくらべてより深い位置に播いたため、硬化した灰層をもち上げるのにより大きな抵抗があるためと思われる。灰層の硬化については、III-(3)で詳述する。

幼植物の成長

対照区と混合区では、アサガオの成長に明瞭な差は認められなかったが、コマツナでは混合区の方が旺盛な成長を示した。これは、灰中の水溶性Ca、Mg、Kなどが植物に養分として働いたものと思われる。なお、この灰試料のpHは5.1、ECは0.81でこれが土壌で3倍に稀釈されることになり不良性としては表われなかったと思われる。

一方、灰区では、比較的発芽のよかったコマツナが、おそらく硬化した灰層中で根の伸長が妨げられたため(無窒素のためもあるが)、地上、地下部の境目から枯れていき、播種後11日目、発芽後約5、6日目で全て枯死する結果となった。アサガオは、対照、混合区にくらべて成長が遅いが枯死までにはいたらなかった。コマツナ同様地上、地下部の境目に損傷を受ける現象を観察した。

無施肥のため本実験は幼植物の段階で打切った。

これらのことから、灰が堆積し一定の厚さの層となり、灰そのものが植物生育の場となると、種子の発芽、

その後の成長とも困難になることがわかった。一方灰と土とが混合した場合は、灰、土壤の種類、混合比により相違するとしても、それほど悪影響は受けず、むしろ灰が肥料の役割を果たすこともありうることが示唆された。

(2) 灰と土壤が混合した場合の土壤の変化

上：灰=2:1の混合比の場合、前節のような植物生育を示したが、数段階の混合比を設定し、各比率でもとの土壤の理化性がどのように変化しているかを調べた。

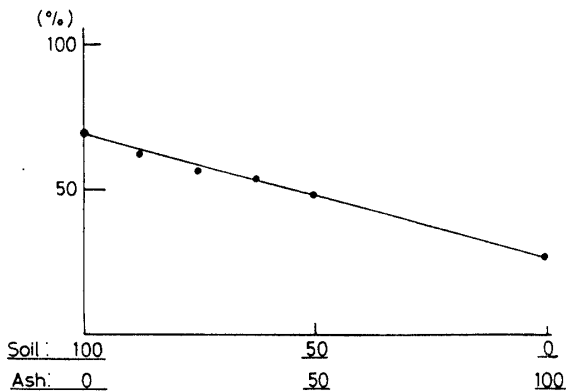


Fig. 4. Maximum water-holding-capacity for mixture of soil and ash at various mixture ratios.

例として Fig. 4 に最大容水量値を示す。図から明らかなように、値は灰量が増加するにつれて直線的に減少している。換言すると、土壤および灰自体の値の混合比率での算術和となって表現されていることになる。

この関係は、pH, EC, 水溶性各イオン量でもほぼ同様であった。

しかし微生物活性については、やや異なる結果を得た。土壤・灰等量混合試料と土壤試料とに、基質として尿素を加え 40°C で48時間振とう培養後、NH₃-N を定量しウレアーゼ活性を検定した⁴⁾。灰の活性を 0 とするなら、混合試料のウレアーゼ活性 (NH₃-N 生成量) は、土壤試料の 50% であるはずだが、定量的結果は 35% であり、仮定値より明らかに低い。すなわち、灰はウレアーゼ活性—微生物活動にマイナスの要因となることが示された。

(3) 堆積灰の硬度変化

種子の発芽、成長で示されたように、灰が締まって硬化することは、降灰激甚区では大きな問題である。

灰が“さらさら”と降って来て(降雨時を除く)積った状態を、試料灰を用いて再現し、山中式硬度計で測

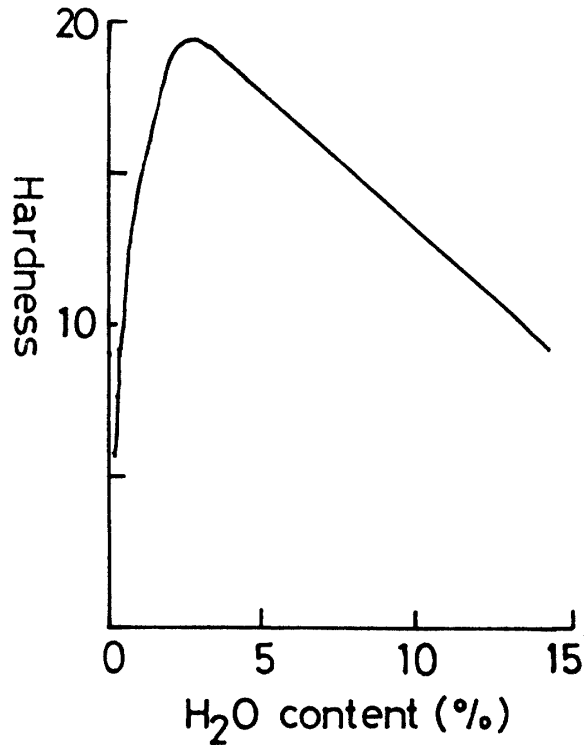


Fig. 5. Change of ash hardness with water content.

定すると硬度は 0 であった。つぎに容器の底部をたたきながら、できるだけ灰をつまらせる、機械的にできるだけ密に灰粒子を充填した時の硬度は 6 に上った。

一方、自然堆積の硬度 0 状態に降雨があったときを想定し、飽和状態(最大容水量)になるよう水を加え硬度を測定、その後これを放置して、以後の各水分含量での硬度を測定していった。Fig. 5 に結果を示す。供試灰の最大容水量は 14.1% でそのときの硬度は 9.3、その後水分が減少するにつれ硬度は増大し、3% 前後で最高硬度約 20 に達し、さらに水分が減ると一転して硬度は急激に低下し、風乾時の水分 0.2% に下がると硬度 5.6 となる。この 5.6 という数値は、前述の風乾試料を機械的に最密充填させた時の硬度とほぼ一致しており、水の作用で粒子が密な状態に詰まっていくものと解される。風乾時の吸着水以上の水分は、粒子間の間隙水となる。その毛管張力で灰粒子を圧着させ摩擦抵抗を増大させるので硬度が高くなると思われる。本試料では、3% 前後の水分が摩擦抵抗最大となる量でさらに水分が多くなれば、この毛管張力が減少→消滅の方向に向うものと思われる。

硬度 20 以上の層は、下層土にはしばしばみられるが、作上層ことに播種のため耕起した場合は、はるかに低く、15 程度以上 (1) 節での実験で想定される値) では、種子の発芽や幼植物根の伸長を抑制するものと思

われる。

(4) 堆積灰下の土壌の化学性変化

積った灰の下は、降雨による灰中の易溶性成分の下方浸透の影響を受けると思われる。このことを、鹿児島県農業試験場内 シラス沖積水田土壌を用い、100 ml 容採土円筒をつなぎあわせ 0-15 cm の上層としたカラム実験でチェックした。

表層土の上に厚さ 5 cm の灰の堆積を仮定した場合、連続降雨 15~20 mm 相当量の水添加で水の土層への浸透がはじまった。最初の 1 時間に 20 mm、以後 10 mm ずつ計 100 mm 相当量の水を加え、カラム土層下部から浸出してくる浸透液を経時的に採取、この浸透液と実験終了時の灰、深さ 0~5、5~10、10~15 cm の各土層の EC、水溶性成分量を測定した。その結果、対照土層にくらべ灰堆積土層の浸透液の EC は、当初25倍の値を示し、以後急減するが、約10倍濃度で平衡に達しその後を経過した。実験終了後の灰の EC は、当初の1/4に減じたがそれでも対照土層の4~5倍、灰下の土層では、0~5、5~10 cm 層で対照土層の7~8倍、10~15 cm 層で5倍の値を示した。

これらのことは、灰堆積下で降雨により灰の可溶性成分が初め急速に溶出したのち、かなり長期間一定割合で流出を続け、そのため灰下の既在土層がかなりの深さまで水溶性成分に富化されることを意味する。

要 約

土壌に対する降灰の影響を知るために、まず灰自体の理化学性を調べた。灰の粒度分布、pH、EC、水溶性成分量は、灰試料の降灰場所、期日によって変動が大きく、土壌への影響も複雑であることがうかがわれた。

多量に採取でき、ほぼ平均的な理化学性値を示す試料を用いて、地表に灰が堆積した場合と灰が既存土壌と混合した場合の二通りを想定しモデル実験を行ったところ；

灰がかなりの厚さで堆積し灰層自体が植物生育の場となる場合、植物（本研究ではアサガオとコマツナ）

の種子の発芽がまず顕著に抑制され、発芽しても正常な生育は望めないことがわかった。これは、水分添加により灰層が締り、硬化することに原因があると考え、灰層の水分量と硬度との関係を検討した。その結果、灰層の硬度は水分3%前後で20に達していることがわかった。

また灰層の下の既存土壌は、降雨水の浸透に伴う水溶性成分の移動で、これら成分の富化が起こっていることが示唆された。

つぎに灰が既存の土壌と混じり合った場合、その理化学性値は、上、灰の混合比率での算術和となること、極端に高い EC 値、低い pH の灰が多量に混合される場合を除いては、植物生育にさほどの悪影響はあたえず、プラスの効果のあることも示唆された。

謝辞 本研究を行うにあたり本学農学部品川昭夫教授に終始御助言をいただいた。また、難波直彦教授には本論文の校閲を、鹿児島県農業試験場土壌肥料部からは試料の供与をいただいた。記して深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) 鹿児島県地力増強推進本部・鹿児島県経済農業協同組合連合会：土壌改良及び施肥改善指針（改訂版），p. 232-233（1981）
- 2) 鹿児島県農業試験場他五試験場：桜島火山降灰対策に関する研究報告書，p. 12-21（1980）
- 3) 近堂祐弘・近藤鎌三・勝井義雄：1977年8月噴出の百珠火山灰の粘土鉱物。土肥誌，**49**，167-169（1978）
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局：土壌養分分析法，p. 155-158，養賢堂，東京（1970）
- 5) 大庭 昇・富田克利・山本温彦・大迫暢光・井ノ上幸造：桜島火山灰の鉱物組成、化学組成および形成機構。岩鉱誌，**75**，329-336（1980）
- 6) 大庭 昇・富田克利・山本温彦・大迫暢光・井ノ上幸造：桜島火山の黒灰・赤灰・白灰の性状と成因。鹿大理紀要，**No. 13**，11-27（1980）
- 7) 大庭 昇・山本温彦・富田克利・大迫暢光・井ノ上幸造・中村俊文：1979-1980年噴出桜島火山灰の構成物質、性状および生成メカニズム。鹿大理紀要，**No. 14**，1-19（1981）

Summary

The influences of volcanic ash-fall from Mt. Sakurajima on some properties of soils were investigated.

Rather wide differences were noted among the physicochemical properties of the ash samples, such as grain size distribution, pH, electroconductivity and the amounts of soluble Ca, Mg, K, Na, SO₄ and Cl ions. Thus the influences of ash on soils were supposed to be of some complications.

In this work, model experiments were carried out on this subject, using an ordinary fallen ash as sample.

Concerning the situation in which ash falls on to soils, two types are presumed:

1. In the case in which ash falls heavily and deposits forming a certain thickness on soil surface, it was ascertained that plant seeds (morning glory and *komatsuna*, a kind of Chinese cabbage in this experiment) in the deposited ash could hardly germinate to grow. This was attributed to the hardening of the ash layer after addition of some amount of water: in this experiment, maximum hardness of 20 was shown at about 3% water content in the ash. In this situation, the soils under ash-deposit became richer in the soluble ions.

2. In the case in which the fallen ash is mixed with soil, the soil-ash mixture shows physicochemical values which are proportional to its mixture ratio. In case in which the mixture ratio was soil 2: ash 1, rather better growth of plants was observed in the soil-ash mixture than in soil only. The soluble elements in the ash seemed to have been available to plant growth.