

1959 年霧島火山群新燃岳の 爆発による林木の被害

火山噴出物による林木被害調査班

目 次

緒 言	甲斐原 一朗	68
I. 被害の実状と降灰処理試験地の概況	吉井宅男	68
II. 新燃岳が噴出した火山灰と火山ガス	松本幡郎	72
III. 降灰地の土壌の変化	明石諫男	79
IV. 降灰が林木に及ぼした被害と病虫害	小田久五 徳重陽山	82
V. 被害木の木質黒変現象	近藤民雄	87
VI. 火山灰の成分と林木の被害	徳重陽山 尾方信夫	90
VII. 降灰が林木の成長に及ぼした影響	小田久五 尾方信夫	94
VIII. 降灰による林地植生の変化	吉井宅男	99
IX. 降灰処理試験の結果	徳重陽山 尾方信夫	105
要 約		108
図版の説明		109
文 献		109
Résumé		111
Plate		1~4

緒 言

甲 斐 原 一 朗⁽¹⁾

霧島山新燃岳が 1959 年 2 月 17 日に突然爆発し、多量の噴石と火山灰を周囲の林地に降らした。このために林木に相当の被害があったが、これらの被害は主として噴石落下による枝幹の折損と、降灰堆積による枝の垂下彎曲、幹の倒伏挫折等の物理的な被害であった。

その後、夏作の農作物、大豆、甘薯等に大被害があらわれ、大問題となったが、林木においても同年 9 月ころよりスギ、ヒノキの葉色が全般的に赤味を帯び、生色に乏しく、点々とスギの枯損木が現われはじめた。熊本営林局の調査によれば、降灰地の土壌が極端に酸性化しておることがわかった。この降灰地域における 2 次被害が今後どのように進行するか、防除する対策があるか、新植造林の対策をどうするか等の点について、熊本営林局から九州支場に相談があった。九州支場としては未見の問題であるし、参考とすべき文献もないことから、この問題を解決するためには、各専門家による共同調査研究が必要であると判断した。かたがた、同局の依頼もあったので昭和 35 年九州支場が中心となって計画を立て、共同研究にふみきったわけである。共同研究の分担は、火山灰を中心とした基礎的問題を熊本大学理学部地学教室松本教官、被害木の含有成分問題を九州大学農学部近藤教授、降灰地の土壌問題を熊本営林局明石技官、林木の被害実状と降灰地の植生問題を同局吉井技官、被害木の症状、生理解剖、病害虫および降灰地の林木の成長、降灰処理試験地の設定調査を九州支場小田、徳重、尾方技官が担当することにした。

幸いにして、同被害は昭和 34 年の秋を頂点として減少の傾向を確認したが、共同研究によって、火山灰による林木の特異な被害観察の記録が得られ、また被害の原因として作用した物質および対策について、ある程度の解決をみたのでこれを発表する。

本研究を実行するにあたり、共同研究の分担を快くお引受けいただいた九州大学農学部近藤民雄教授、熊本大学理学部松本幡郎文部教官、熊本営林局吉井宅男係長、明石諫男係長に謝意を表す。共同研究を実行するにあたり種々の便宜を計っていただいた熊本営林局灘波前造林課長、小林営林署の方々、特に桶倉宮二、丸山国男、上飯屋国雄、西村正代、九州支場吉筋正二、下野園 正、岩崎 厚、清原友也の諸氏に謝意を表す。

I. 林木被害の実状と降灰処理試験地の概況

吉 井 宅 男⁽²⁾

噴石と火山灰が林木に及ぼした 1 次被害

1959 年 2 月 17 日に新燃岳が爆発し、噴石と火山灰を噴出したのであるが、噴石は主として火口の西側加治木営林署部内に落下し、当日東北の 5~10m の風が吹いていたために火山灰は東側的小林営林署部内に降下した。したがって、両者は全然違った形態の被害であったが、いずれも爆発による 1 次的な被害

(1) 九州支場長・農学博士 (2) 熊本営林局保護係長

であった。噴石、降灰の分布は第4～6図のとおりである。

加治木営林署部内の噴石落下による被害は、火口付近が激しく、800m 範囲内には直径 1 m に達する噴石、1,000m 範囲内には直径 50 cm 程度の噴石、2,000m 範囲内には直径 15 cm 程度の噴石が落下している。噴石の落下した範囲としては 50 ha に及んでいるが、火口付近の除地、天然林等がその大部分であったため、造林地としての被害は少なかった。当時の被害概況調査によると、キリシマアカマツ 300 本 (250m³)、ヒノキ 100 本 (22 m³)、ミヤマキリシマ火口周囲 5 町歩全滅、その他の広葉樹にも相当の被害があったものと推定された。そして、噴石落下による被害であるので、被害形態は枝幹の折損挫屈であった。

小林営林署部内に降った火山灰の量は火口付近が最も多く (70 cm)、火口を離れるにつれて少なくなっており、被害の程度は火山灰の量に比例していた。すなわち、樹上に堆積した灰の重量によって枝が弯曲垂下したり、幹が倒伏挫折したりする被害が発生した。降灰による 1 次被害は物理的な被害であって、ちょうど雪害と同様な被害形態であった。枝の垂下はスギ、ヒノキに起こり、樹齢は幼齢から壮齢のものに起こっていた (Pl. 1. 3, Pl. 1. 4)。樹幹の弯曲倒伏は幼齢の林に多く発生していた (Pl. 1. 2)。樹幹の挫折は壮齢のスギ林内に最も多く (Pl. 1. 7)、ついで老齢の林分にも少し発生した。以上のような被害を受けた林分の実害は、小林営林署の調査によると、スギ 5,135 本 537 m³、アカマツ 46 本 114 m³、クロマツ 7 本 20 m³、ヤマザクラ 1 本 3 m³、カエデ 1 本 4 m³、合計 5,190 本 678 m³ であった。

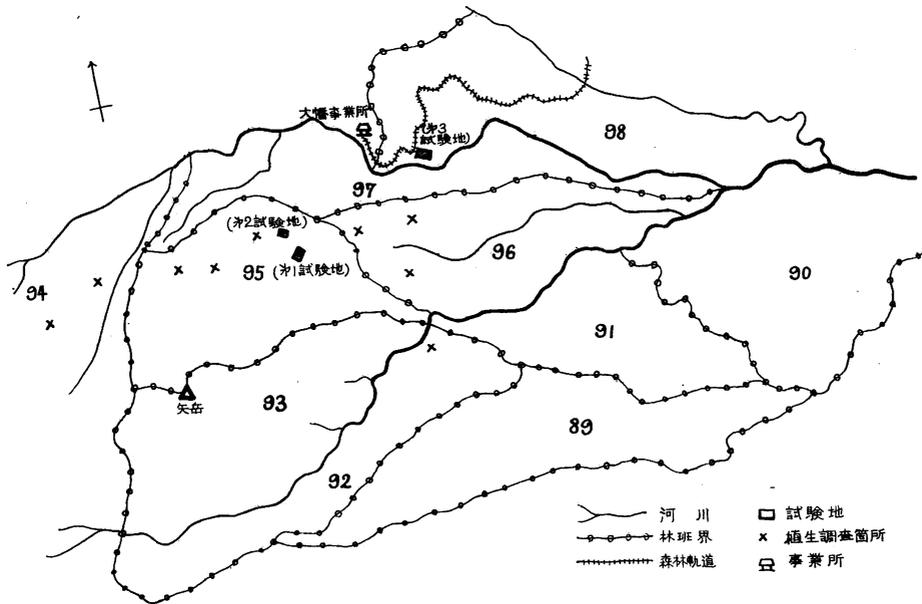
なお、樹上に積もった灰は水分を含んで非常に粘着性を帯び、少々の風雨で脱落しない状態であった。そこで、小林営林署では多数の人員を動員して、樹上の灰を棒で叩き落とし、弯曲倒伏している幼齢木を起こす作業を行なった。灰落しを行なわなかった木を 1 年間観察してみると、1 年後もかなり多量の灰が下枝に付着したままであり、倒伏した幼齢木は倒伏したままであった。このことから、灰落しの作業は、はなはだ有効な作業であったと思われる。

火山灰が林木に及ぼした 2 次被害

噴石と火山灰による 1 次的な被害が納まった後に昭和 34 年 8 月ころより、降灰地域のスギの葉色が一般的に赤味を帯び幾分生色に乏しい状態に見受けられたが、9 月にはいって局地的に幼壯齢木の樹勢が衰え、一部は完全に枯死するものが現われた。小林営林署の調査によると被害状況は、既往造林地スギ 25 年生 60 本 42 m³、昭和 33 年度造林地スギ 6,800 本 7%、ヒノキ 2,100 本 4%、昭和 34 年度造林地スギ 1,153 本 5% の枯損であった。熊本営林局の調査によれば降灰地の土壌が強酸性に変化していることがわかった。したがって、今度の場合は堆積火山灰の化学組成に基づく有毒物質を林木が根から吸収して起こった被害であって、明らかに 1 次的な被害とは違ったものであった。この新しく発生した被害を 1 次被害と区別するために、便宜上 2 次被害と名付けた。要するに、今回の新燃岳の爆発によって起こった林木の被害は、1 次被害と 2 次被害であったということになる。しかし、本共同研究は 2 次被害を研究対象として取りあげたのである。

降灰処理試験地

1959 年 2 月 17 日の爆発降灰後、造林予定地として伐採、地ごしらえを終わっていた地域に、予定のとおり造林が行なわれたのであるが、95 林班は小班に植えられたスギ、ヒノキはほとんど全滅、96 林班



第 1 図 降灰処理試験地の位置

ぬも小班に植えられたスギは 31% の枯損で補植が続けられた。したがって、新植予定地で堆積している火山灰が、今後なお被害を与えるものであるか、また造林地でどんな処置をとればその被害を避けることができるかという点を調べるために現地植栽試験を行なった。試験地は第 1 図に示すとおり、3 か所に設け、第 1、第 2、第 3 試験地とした。各試験地の概況と試験計画は下記のとおりである。

第 1 試験地

i) 試験地の概況

最も降灰の激しかったと考えられる地域で堆灰層は 10~12 cm、地形は Pl. 2. 1, Pl. 2. 2 に示すとおりである。試験地の位置は矢岳山麓標高 850m、東向 20° の傾斜面上、猪之尾国有林 95 林班は小班内である。土壌断面図は第 2 図に示すとおりである。

ii) 試験計画と実施

試験地の面積：300 m²

試験地の処理：試験地内の火山灰を全部除き、昭和 35 年 2 月 19 日実施。

樹種および本数：マツ 50 本、スギ 30 本、ヒノキ 50 本、昭和 35 年 2 月 24 日植栽。

試験対照区：試験地の周囲にスギ 3,500 本/ha、ヒノキ 4,000 本/ha、マツ 4,000 本/ha、昭和 35 年 2 月 15 日~22 日植栽。

第 2 試験地

i) 試験地の概況

第 1 試験地と同様な降灰状態の地域で堆灰層は 8~10 cm、地形は Pl. 2. 3, Pl. 2. 4 に示すとおりである。試験地の位置は猪之尾国有林 95 林班は小班内で、矢岳山麓標高 880m、東北向 5° の緩傾斜面上に設定した。土壌断面は第 3 図のとおりである。

第2図の説明

灰：灰層 10~12 cm 灰色 (N 6/0)

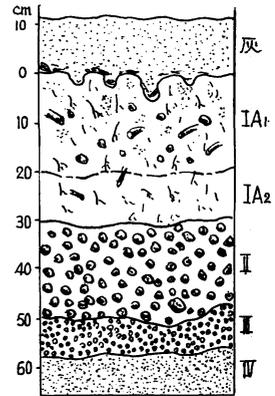
I A₁：20 cm 黒褐色 (7.5 yR 2/2) 推移漸，腐植富む，浮石礫（ボラ）を含む，砂質壤土，強度の団粒状構造，軟，湿，細中根多し。今次噴出の火山灰を含む。

I A₂：15 cm 黒褐色 (7.5 yR 3/2) 推移明，腐植富む，浮石礫を含む，埴壤土，中度の団粒状構造，軟，多湿，細中根あり。

II：18~22 cm 褐色 (10 yR 4/4) 推移明，火山礫層（ボラ層），軟潤，根系なし。

III：8~10 cm 褐色 (10 yR 4/6) 推移明，細い火山礫層，軟，潤。

IV：6~10 cm 黄灰色 (5 y 5/1) 推移明，微砂質の古い火山灰，軟，潤，根系なし。



第2図 第1試験地土壌断面 (明石原図)

第3図の説明

灰：8 cm 灰色 (N 6/0)

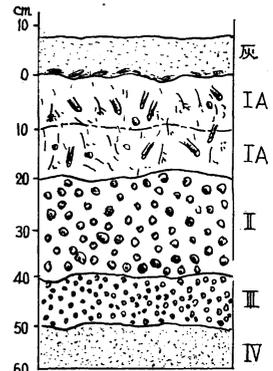
I A₁：8~10 cm 黒褐色 (7.5 yR 2/2) 推移漸，腐植富む，浮石礫を含む，埴壤土，強度の団粒状構造，軟，湿，細中根多し。今次噴出の火山灰を含む。

I A₂：8~10 cm 黒褐色 (7.5 yR 3/2) 推移明，腐植を含む，浮石礫含む埴，壤土，中度の団粒状構造，軟，湿，細中根あり。

II：20~22 cm 褐色 (10 yR 4/4) 推移明，火山礫層（ボラ層），軟，潤，根系なし。

III：8~10 cm 褐色 (10 yR 4/6) 推移明，細い火山礫層，軟，潤，根系なし。

IV：6~10 cm，黄灰色 (5 y 5/1) 推移明，微砂質の古い火山灰，軟，潤。



第3図 第2試験地土壌断面 (明石原図)

ii) 試験計画と実施

試験地の面積：270 m²

試験地の処理：試験地を3等分して，第1区除灰地区，第2区石灰散布区，第3区無処理区として，昭和35年3月28日実施。

樹種および本数：試験にはスギを使用し，第1区36本，第2区39本，第3区44本を昭和35年3月30日に植栽。

第3試験地

i) 試験地の概況

降灰の程度は中程度と考えられる地域で，降灰当時10 cm程度の厚さは堆積していたらしいが，試験設定時には5 cm内外の厚さに堆積していた。試験地の位置は猪之尾国有林65林班は小班内の独立した標高790 mの丘陵，南向20°の傾斜面である。試験地の地形はPl. 2. 5, Pl. 2. 6のとおりである。土壌断面は，場所による変化がはげしく，一般に稜線部ではI層（A層）が浅く，斜面下部は第1または第2試験地に類似した断面形態を有し，I層が厚い傾向がある。

ii) 試験計画と実施

試験地の面積：4,000m²

試験設計：傾斜面の稜線から谷に向かって、10m幅の除灰区、石灰散布区、無処理区を短冊形に設け、各区にマツ、ヒノキ、スギをおのおの3列ずつ植栽して、これをI区とし、同様なくり返しをII区、III区と行なった。要するに、試験実施上の便宜を考えて、3樹種（スギ 700 本、マツ 850 本、ヒノキ 800 本）、3処理（除灰区、石灰区、無処理区）、3反復の試験地を設けたのである。除灰は昭和 35 年 3 月 24 日～27 日。石灰散布は同 27 日～29 日、散布量は大工原法により算定 1m² 当たり 1kg の石灰を使用、植栽は同 29 日～31 日にそれぞれ実施した。

II. 新燃岳が噴出した火山灰と火山ガス

松 本 幡 郎⁽¹⁾

霧島火山に属する新燃岳は、過去高千穂峯と交互に活動をしてきたが、1821～1822 年の活動を最後に休止し、1959 年 2 月 17 日に突然爆発したのである。霧島火山の活動は岩滓を噴出することが多く、熔岩を流出した例はほとんどないようである。今回の爆発も噴石と多量の火山灰を放出し、火山灰は広い地域に降った。降灰直後は火山灰そのものにも、土壌にも大した変化は認められず、農作物に対する被害もなかったのであるが、日時の経過とともに強酸性に変わり、農作物や林木に被害が現われはじめた。被害の原因は当然火山灰にあるのであるから、火山灰の化学組成、可溶性成分、火山ガスの組成等を中心に研究を行なった。

1959 年 2 月 17 日の爆発概況

当日を含めてその前後は、連日雨天、曇天つづきであり、山頂を見ることができず確実でないが、爆発の時間は 14 時 50 分ごろと考えられる。各地の地震計にもその前兆と考えられる微震はなく、総括的に今回の爆発には前兆現象は認められていない。

新燃岳の爆発により大浪池警察無線中継所は強烈な爆風に襲われ、宮崎県小林市高原町、鹿児島県霧島町では遠雷のごとき爆音が聞かれ、営林局関係の大幡事業所、新湯事業所においては相当の空振を感じたとのことである。小林からは雨雲上に 3,000～4,000m の黒色噴煙が望まれ、15 時ごろに小林高原地方に降灰が始まった。これにより霧島火山の活動であることがわかり、同夜現地調査に行かれた鹿児島気象台の一行により爆発が新燃岳であることが判明した。爆発は最初最も大きかったようで、その後段々と力を減じ、数日後は白色噴煙に化していった。この爆発により、多くの火口が直線的に大浪池方向に一列に開口し、新燃岳火口内に 3 個の火口のほか、山体に 5 個でき、その最大のものは長さ 80m、幅 30m、深さ 40m に達するもので新生火口であり、旧火口の復活爆発ではなかった。

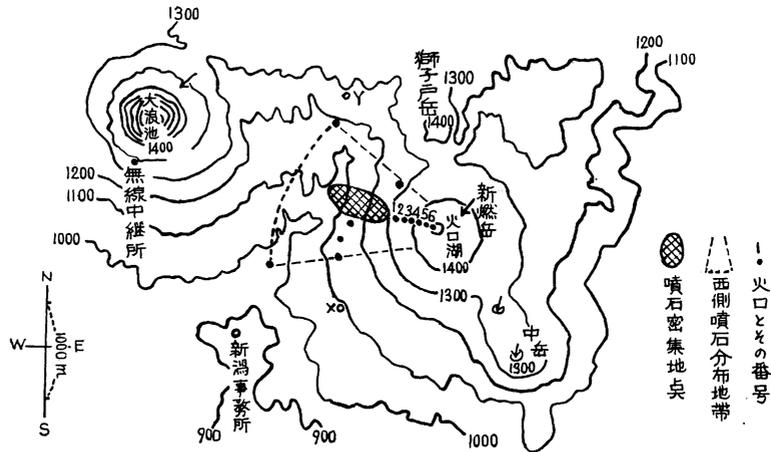
爆発物の量および分布

爆発物は噴石と火山灰であるが、噴石はほとんど西側に、火山灰はこれと反対にほとんど東に飛散していたことは面白い現象である。火口付近に生えていた低木類等すべて折損、擦過の被害を受けているにか

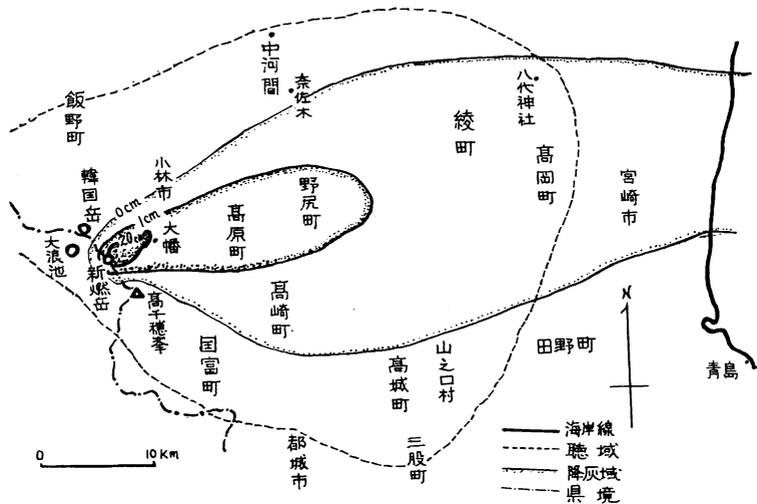
(1) 熊本大学理学部・理学博士

かわらず、焼痕は全く見つからず、したがって高温であったとは考えられず、岩漿から直接の熔岩とは考えられない。噴石の分布は偏っており、それを第4図に示した。

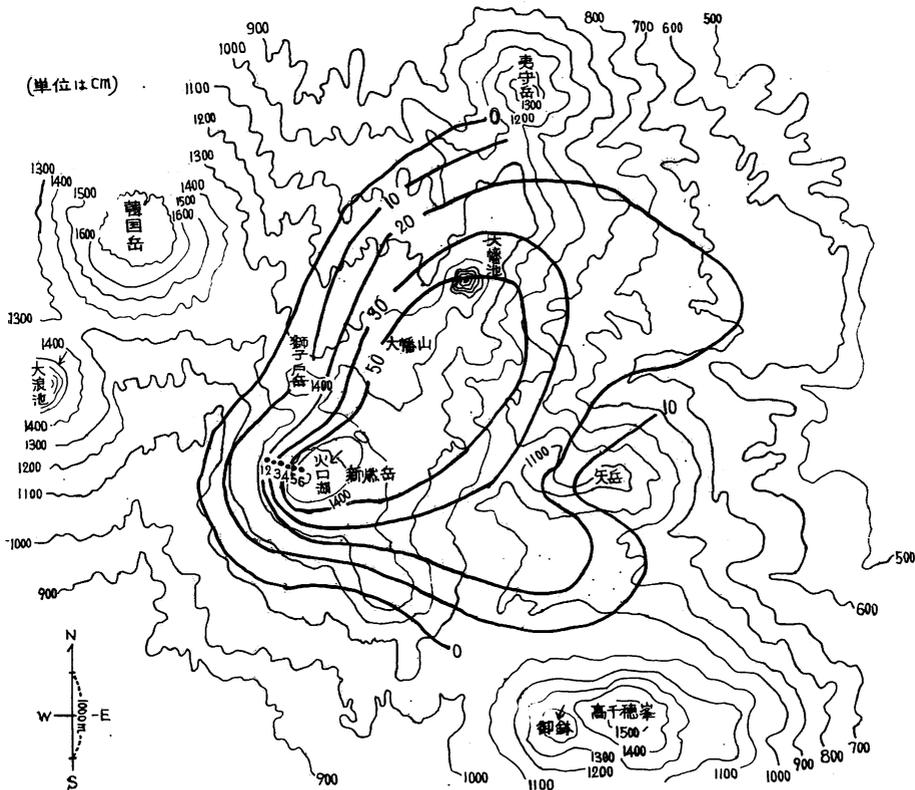
噴石の密集地域は新燃岳火口底の内部全般と、外部の火口列に沿って No. 2 火口より下方で幅 300~500 m の範囲であり、その間は噴石の巨大なものが重なっているが、この範囲から 40~60 m 離れると落下密度は急に下がり 2 m² に 1 個くらいになっている。第4図に示した扇形内の噴石の量は概略約 10,000 ton であり、噴石の速度は樹木の被害から見て大体 50 m/sec. 以下であり、これを基として爆発エネルギーを算出すると 3×10^{18} erg. であり大きいものではない。つまり、火山のごく小規模な爆発に過ぎない。



第4図 噴石分布図



第5図 降灰域と聴域



第 6 図 火口近くの降灰分布

次に、火山灰であるが、その降灰の分布は噴石の多い火口列の方向とは正反対で、当時の風向に支配され、東方に細長く分布する（第 5 図）。

降灰の多い線上、宮崎までの各地の降灰開始時刻をみると、約 1 分間に 1 km の割合で飛んできたことになる。これは当時の海拔 2,000 m 上空の風速と一致する。

火口近くにおける降灰の分布（第 6 図）に示すように、夷守岳、矢岳のかげでは降灰少なく、これも爆発力が弱かったことに幸いしている。

今回の爆発による火山灰は、はなはだ粒子が小さく、また降灰量は爆発規模に比して非常に大きいものであることが大きな特徴である。これは長期間地下浅所に蓄積された火山ガスの浅層爆発であったためである。

火山灰の性質

1. 鉱物学的性質

今回の爆発により噴出された火山灰は微粒で、かつ湿気のため非常に粘性を示しているが、これは普通の火山灰が細砂最も多く、粘土は 4% 以下であるのに今回の爆発によるものは第 1 表に示すように粘土が非常に多いためである。

阿蘇火山灰の 58062504 は 1958 年 6 月 24 日夜の、14 名の死者を出した時の爆発で噴出されたもの

第1表 火山灰の機械的組成

資料 No.	59022103	59080304	K 1	K 2	K 3	K 4	58062504	59101102
採集地	火口壁上	火口壁上	高 原 (屋 上)	小 林 (樹 上)	高 原 (樹 上)	高 原 (地 上)	阿蘇中岳火山灰	
採集日	1959. 2. 27	1959. 8. 3					1958. 6. 25	1959. 10. 11
粗 砂	6.87%	7.46%	2.42%	3.80%	4.23%	4.23%	27.16%	26.74%
細 砂	54.74	57.39	47.37	47.96	52.90	52.90	68.86	62.09
微 砂	27.17	24.23	27.51	26.57	25.30	25.30	2.98	8.48
粘 土	11.22	10.93	19.75	18.18	15.68	15.68	1.00	1.69

(注) K符号は九州農試、菅野氏の研究による。

第2表 火山灰の鉱物組成

鉱 物	量 比 %
斜長石	23~27
単斜輝石 (普通輝石)	7~10
斜方輝石 (紫蘇輝石)	10~15
鉄 鈷 石 (磁鉄鈷およびチタン鉄鈷)	3~4
橄欖石	+
赤鉄鈷	+
硫化鉄	1~2
火山玻璃	50~70

第3表 火山灰鉱物の光学的性質

鉱 物	光学的性質
単斜輝石 (普通輝石)	$\beta=1,695\sim1,700$ $2V(+)=50^{\circ}\sim54^{\circ}$
斜方輝石 (紫蘇輝石)	$\alpha=1,690\sim1,694$ $\gamma=1,700\sim1,708$ Fs 32~37%
斜長石	$\alpha=1,556\sim1,562$ $\gamma=1,564\sim1,576$ An 52~76%

である。新燃岳の火山灰中火口壁上のものは、遠くに飛散したK符号の火山灰に比し粒度の粗いものが多く、これに反し粒度の小さい粘土は少ない。しかし、少ないといっても優に10%を越え、阿蘇山のものの約10倍の粘土を含有している。このように粘土の多い事実は、本来の熔岩からの初生火山灰でないことを立証し、同時にこれらの火山灰は熱気的作用を受け、粘土化作用を受けたことを示す。

これらの火山灰の鉱物成分であるが、これは主成分は全く噴石と同様であり、このほかに硫化鉄が相当含有され、そのほかに粘土鉱物としてモンモリロナイト(バイデライト型)が存在する。鉱物組成は、その降灰地により、また粒度により若干の差があるのは当然であるが、火口壁上で爆発直後(1959年2月21日)採集したものについては第2表のとおりである。

単斜輝石、斜方輝石および斜長石の光学的性質は、噴石のそれらとほぼ同じ性質であり、第3表の

第4表 新燃岳 1959年2月17日爆発火山灰の化学組成

A		B	
組成	No.	組成	No.
SiO ₂	52.79	SiO ₂	59.49
TiO ₂	0.61	TiO ₂	0.65
Al ₂ O ₃	15.40	Al ₂ O ₃	14.13
Fe ₂ O ₃	5.93	Fe ₂ O ₃	7.06
FeO	1.64	MnO	0.09
MnO	0.08	MgO	2.35
MgO	2.00	CaO	3.20
CaO	4.04	Na ₂ O	4.50
Na ₂ O	3.16	K ₂ O	2.30
K ₂ O	1.29	P ₂ O ₅	0.16
P ₂ O ₅	0.13	Ig, lo	5.32
H ₂ O(+)	11.07	SO ₃	1.36
H ₂ O(-)	3.14		
計	101.28	計	100.61

A: 採集地 火口壁上, 採集日 1959. 2. 21
分析者 松本幡郎

B: 採集地 高原町, 分析者 菅野一郎 (九州農試)

とおりである。

2. 化学的性質

火口壁上の火山灰の分析結果および菅野氏による分析結果を第 4 表に示した。

これより見ると、灼熱減量 SO_3 および H_2O を別として、 SiO_2 およびアルカリに大きな差があり、他の成分についてはほぼ一致している。これは採集地の差によるもので、火口付近のものは爆力により散ったものであり、高原町のもは爆力で吹き上げられ、当時の風に乗って運ばれたため、粒子の小さい有色鉱物の少ない比重の小さいものためであると考えられる。この所で最も大きな問題は、灼熱減量 (A の H_2O (+)) および SO_3 である。これは火山灰の可溶性成分と大きな関連があり、樹木の被害の大きな原因である。

3. 火山灰の可溶性成分

イオンとしては、いずれの場合も硫酸イオンが圧倒的に多く、爆発直後のものはどこに降灰したのもでも 3% 以上の含有量であり、たとえば阿蘇の火山灰は、その活動により差はあるが 2% 以下 (1.78%……1958 年 6 月 24 日活動, 1.08%……1959 年 10 月 11 日活動) であり、桜島の火山灰も大体 1.7% 前後、三原山火山灰も 1.0% 前後であり、非常に多いことに注目せねばならない。陽イオンに関しては分析の結果、Ca の多いことが指摘されるが、これによって火山灰の可溶性成分としては、結局硫酸カルシウムが多いことが判明した。鉱物学的に見ると、硬石膏 (Anhydrite) であり、最初から $CaSO_4$ の状態ではなく石膏 (Gypsum) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ の変化によると思われる。阿蘇山において普通静穏の状態時の火口内の火山灰中に、しばしば石膏の美晶 (長さ 4~5 mm, 幅 1 mm 前後) が見い出され、火口内においては、石膏のできることは珍しいことではない。しかし、活動を始め噴石を飛ばすようになると、石膏は見あたらず硬石膏を代わりに見出すのである。硬石膏は塩酸酸性の水溶液に可溶性を示す。阿蘇山の例と同様に新燃岳の場合も、熱気により石膏ができ、活動によってエネルギーの供給が増加したことにより硫酸カルシウムに変わったと考えてよい。

つぎに、Ca と硫酸イオンはどのようにして、またその根源は何であるかという問題が生じる。Ca は

第 5 表 火山灰の可溶性成分

組成 資料	A	B	C
P. H.	6.3	6.8	6.8
V. R.	10.104%	8.024%	7.005%
SiO_2	0.041	0.027	0.025
CO_3''	n. d.	n. d.	n. d.
HCO_3'	n. d.	0.114	0.117
Cl'	0.082	0.046	0.038
SO_4''	6.043	3.489	3.337
F'	0.030	0.030	0.022
Al_2O_3	0.014	n. d.	n. d.
CaO	2.218	2.009	1.477
MgO	0.194	n. d.	n. d.
K_2O	n. d.	n. d.	n. d.
Na_2O	n. d.	n. d.	n. d.

資料採取場所：新燃岳火口壁上

新燃岳の岩石および火山灰に 20% 以上存する斜長石の変化により供給されたと考えられる。新燃岳の噴出物に関して、造岩鉱物を大別すれば珪酸塩の代表として存するのが斜長石であり、鉄苦土鉱物の代表として酸化鉄と輝石、すなわち鉄である。珪酸塩の方は、可溶性成分として硫酸カルシウムを生成し、鉄苦土鉱物の方は硫化鉄に変わったわけである。両者とも硫酸黄および硫酸化合物の SO_3 を相手としており、この根源は火山ガスに起因しているため、次に火山ガスについてのべる。

火山ガス

火山ガスの組成については、最近学会におい

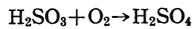
第6表 火口ガスの組成

年月日	温度	H ₂ O	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	S	HCl	R
1959. 2. 24	180°C	99.0%	77.4%	0.1%	16.6%	—	—	5.9%
1959. 3. 21	120	99.1	81.7	5.3	9.2	—	—	3.8
1959. 8. 2	87	98.9	90.8	2.0	4.8	—	—	2.4
1960. 1. 6	74	99.0	93.5	0.7	1.2	—	—	4.6

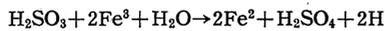
て注目をひいてきたが、その採取と分析はかなり困難である。筆者は、新燃岳の新火口から4回にわたりガスを採集し、分析を行なったが、その結果は第6表に示すとおりである。

これを阿蘇山の火山ガスと比較すると、新燃岳の火山ガスは CO₂ および残ガスが多く、これに反して H₂S および SO₂ が非常に少なく、また HCl が全く存在しないことで特徴づけられる。温度も最高 180°C で、阿蘇の静穏の時より高いが活動期よりもはるかに低い。なお爆発後、時の経つにつれ、温度は 180°C より 74°C と下降し、CO₂ の量が漸次増加し、硫黄化合物 (H₂S+SO₂) も漸次その量を減じエネルギーの弱まっていくのを示している。前述の硫酸イオンは、この火山ガスに由来するもので次の場合が考えられる。

- 1) 亜硫酸ガスの地下水中の溶存酸素による酸化



- 2) ガス通過壁中の鉄鉱物による酸化



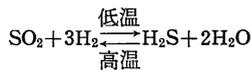
- 3) 空気の地表付近での混入による酸化

- 4) 亜硫酸ガスの自己酸化還元反応



以上であるが、火山灰の可溶性成分としての硫酸イオンを考えただけでも 1) 2) の機構では十分の量に達せず、3) では火山ガスの成分に N₂ の少ないことで説明できず、結局 4) による反応が最も有力である。

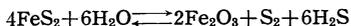
なお火山ガス成分中、H₂S が SO₂ より多い理由は次の式で示すとおりである。



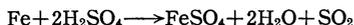
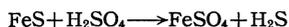
火山灰の酸性化と林木への影響

噴出直後の火山灰について分析の結果、水溶性成分中に硫酸イオンが異常に多いことがわかったが、陽イオンに関しては Ca が多いので、水溶性成分としては硫酸カルシウムが大部分を占めていることになり、水溶液の pH は 6.3 近くの値を示していた。しかし、日時の経過とともにしだいに酸性化が進み pH 3 前後の強酸性を示すに至った。これは火山灰中に新しく硫酸が生成された結果と考えられる。この硫酸生成に関与した物質は火山灰中の硫黄化合物であり、この物質の酸化にともなって硫酸が生成されたのであろう。硫黄の形態は前記の硫酸石灰と第2表に示すとおり数%含有されている硫化鉄である。この硫化鉄は黄鉄鉱であり、白鉄鉱ではない。硫酸生成に関与しているのは、この黄鉄鉱で、その酸化によって遊離の硫酸が生成されるものと考えられる。筆者は黄鉄鉱は次式のような反応で遊離の硫黄と硫黄化合

物を生じ、これらはさらに硫酸に変化するのであると考えるのである。またこの経路とは別に火山灰中に



吸着されていた火山ガスに由来する SO_2 等が酸化して遊離硫酸となる場合も加わってくる。いずれにせよ、生成された硫酸は土壌を強酸性化し林木の根に生理障害を与えると同時に Fe, Al, Ca, Mg, Na, K 等の陽イオンと水溶性の硫酸塩を作るものと考えられる。Fe について考えてみると次式のようになり、こ



の FeSO_4 から $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ に変化するものであろうと筆者は考察する。他の陽イオンについても同様で $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 等に変化したと考えることができる。しかし、 Na_2SO_4 , K_2SO_4 溶液は中性を示し、また CaSO_4 および MgSO_4 (CaSO_4 の含有量は非常に多いが) の溶解度は低く、最も強く植物に作用したのは硫酸塩類中では溶解度高く、溶液が強酸性となる $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ と $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ではないかと考える。しかし、ただ単にこれらだけでなく、あらゆる硫酸塩が一緒に作用したのであるから、どの成分と断定はできない。要するに、堆積火山灰の酸性化は火山灰中の硫黄化合物の酸化にともなって、硫酸が生成されたことに基因するもので、これが林木の根を害した主因と考えられるが、さらに種々の硫酸塩類も一要因として考えられる。

林木の被害を大きくしたもう 1 つの要因は火山灰中に粘土が多く、そのものはモンモリロナイトであり、これが吸湿すると、著しく容積を増大するとともに非常な粘性を呈し、水分の移動を妨害する。すなわち、毒性成分を可溶している水分を植物の根をとりかこみ動かさぬ役をしているため、その有毒成分は強く作用したと考えられる。

結 言

1959 年 2 月 17 日の新燃岳の爆発は、その噴出物から見て、浅性の蒸気圧増大による爆発である。噴出物は長期間雨水火口湖水および火山ガスにより、きわめて特異の性質を示している。とくに火山灰については粘土鉱物が多量に含まれており、その粘土もモンモリロナイトであることが特徴である。また火山灰中に水溶性物質が多く、これは硫酸カルシウムが主成分であった。

堆積した火山灰ははじめ微酸性であったが、日時の経過とともに強酸化して、1959 年 9 月ころから林木に枯損被害が出はじめた。これは、火山灰中の硫黄化合物の酸化にともなって、硫酸が生成されたことを示している。この硫酸が林木の根を侵した主因と考えられるが、同時に種々の硫酸塩類（硫酸鉄、硫酸アルミ等）も生成されているので、これも被害の一因になっていると推察する。いずれにせよ、これらの有毒物は水溶性のものであるから、1 雨ごとに溶脱されていくはずであり、今回の積灰量からしても、そう長く被害がつづくものとは考えられない。

III. 降灰地の土壌の変化

明 石 諫 男⁽¹⁾

新燃岳噴火直後の火山灰の化学的性質からは、とくに林木の生育および土壌の性質を、大きく変えるほどの要素は見あたらなかった。ところが、しだいに強酸性化していく傾向が現われた。そして1年を経過したころには、スギ、ヒノキ等の造林地に枯損木が生じ、また、土壌の化学性にも大きい変化がみられるに至った。すなわち、この項では、これら土壌の変化の経過を述べると同時に試験地内の土壌変化について報告する。

調 査 結 果

1. 爆発前および直後の土壌と火山灰の性質

爆発前の1953年に熊本営林局で調査した小林事業区の土壌調査の結果から、被害地に相当する分を列挙すると第7表のとおりである。

このように爆発前の土壌の化学性にはとくに欠点は見あたらず、むしろ全般的にみてこの地域は土壌の性質はすぐれていたと考えられる。

次に噴出直後の1959年2月24日に採取した火山灰について、簡単な実験を試みた結果は第8表のとおりであった。

第7表 降灰前の土壌の化学性

林 小 班 (旧林小班)	層 位	pH		置換酸度 Y_1	C %	N %	C/N	備 考
		H ₂ O	KCl					
97ぬ(14を)	A	6.4	5.0	0.3	7.1	0.52	16	Be 型
〃	B	6.5	5.3	0.1	2.7	0.19	14	No. 3 地点
99ぬ(12い)	A	6.2	4.8	0.6	8.0	0.55	17	B/D 型
〃	B	6.3	5.8	0.1	2.6	0.22	12	No. 6 地点

第8表 噴出直後の火山灰の化学性

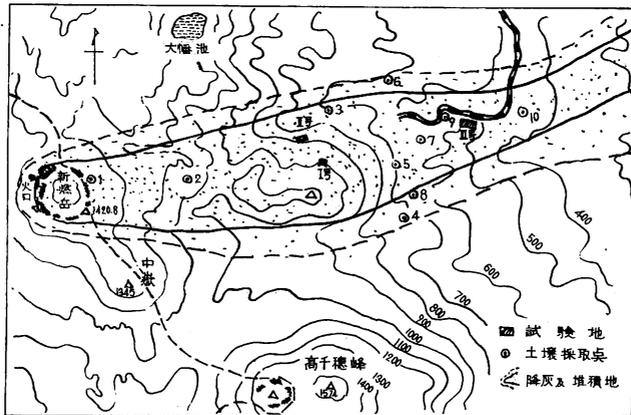
火 山 灰 採取年月日	pH		置換酸度 Y_1	置換性石灰 %	備 考
	H ₂ O	KCl			
1959. 2. 24	5.4	5.1	0.7	0.795	98 れ林小班

同表によると、噴出直後における火山灰の化学性は土壌ないし林木の生育にとくに大きい障害をおこすと考えられる点はなく、むしろ置換性石灰量が多いというプラスの点さえみられた。

2. その後の火山灰および土壌の化学変化

前記火山灰のサンプルを実験室内の試料ビン中に保管し、約3か月経過してふたたび実験に供したとこ

(1) 熊本営林局土壌調査室長



第7図 位置図

第9表 被害発生時の土壤の化学性

試料番号	層位	pH (H ₂ O)	y ₁	SO ₃ % (熱塩酸可溶)	備考
1	火山灰	3.4	38.00	5.40	火口付近の火山灰
	A層	2.8	17.50	0.37	
2	A層	3.9	10.50	0.31	94 に林小班 平坦地異常なし, B/m
3	A層	4.0	12.00	0.58	97 ぬ 〃 スギやや変色, 成長良好 灰 2~3 cm, Be
	B層	4.1	11.25	0.34	
4	A層	4.1	8.25	0.38	92 わ 〃 被害木なし, 灰わずかに堆積, B _D
5	火山灰	3.6	25.20	1.03	96 す 〃 点々と枯損イヌガヤ点々と枯死 * pH (5.4) は噴火当時, B _D
	A層	3.5	21.10	0.51	
6	A層	5.6	0.50	0.20	99 ぬ 〃 灰なし, 噴火時倒。 木多し, B _{1D}
	B層	5.5	0.25	0.35	
7	A層	3.7	28.75	0.56	96 わ 〃 灰 5~10 cm 30~40% 枯損, B _D
8	〃	3.8	13.00	0.65	92 わ 〃 灰 2~3 cm やや変色の傾向あり, B _D
9	〃	3.9	20.75	0.62	98 へ 〃 灰 2~5 cm, B _D
10	〃	3.9	27.50	0.48	98 れ 〃 灰 2~3 cm 枯死木多し, B _D

* 試料番号は第1回土壤採取点番号に同じ。

ろ, 反応に大きい変化が生じていることが察知された。さらに, 1959年10月ころからスギの枯損木が発生しはじめたので, 1960年1月に降灰地域の土壤および火山灰の本格的な調査を試みた。その結果を示すと第9表のとおりである。

第7表と第9表を比べてみると, 被害の小さい99林班ぬ小班の土壤は, 降灰前と降灰後の酸度や y₁ の値に大きい変化はみられなかったが, 被害の大きい97林班ぬ小班では大きい変化がみられる。また, 第9表によると一般に火口付近において強酸性で, SO₃の量が多く, 火口を遠ざかるにつれて弱酸性で SO₃の量も少なくなっていることがわかる。林木の被害分布も火口に近いほど大で, 遠ざかるほど小になっている。したがって, 両者の分布状態が一致しており, SO₃量の増減と被害程度の増減が関連した傾向

を示していると考えられる。

次に火山灰の 2.5 倍水溶液、10 倍水溶液と標準土壌採取円筒に採取した火山灰層を通過する浸出液について、酸度と SO₃ の量を測定した結果は第 10 表のとおりである。

第 10 表 浸出液の反応と SO₃

処 理 別	pH (H ₂ O)	SO ₃ %	備 考
2.5 倍 液	2.8	1.97	火山灰の水溶液
10 倍 液	3.1	1.38	〃
10 日 後	3.4	4.35	灰層通過水、1 日約 50 cc 透水
20 日 後	3.8	2.01	〃
30 日 後	4.2	1.67	〃
白鳥温泉	—	0.01	もよりの温泉の例

第 11 表 火山灰の機械的組成

火山灰	区分	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	土 性	備 考
そ の 1		14	35	46	5	微砂質壤土	火口付近 No. 1 点
そ の 2		8	42	45	5	〃	96 寸林小班 No. 5 点

注：国際土壌学会誌

第 12 表 試験地土壌の変化

試験地番	区 分	層位	pH			y ₁			SO ₃ % (水溶性)		
			1960, 4 月	1960, 10 月	1961, 1 月	1960, 4 月	1960, 10 月	1961, 1 月	1960, 4 月	1961, 1 月	
			1 号	除 灰 区 無 処 理 区	A 層 〃	3.6 3.6	4.0 4.0	4.2 4.0	20.6 41.8	22.6 24.7	7.7 15.7
2 号	除 灰 区	A 層	3.5	4.1	4.0	36.2	15.6	19.1	0.30	0.07	
		B 層	3.9	4.2	4.2	28.4	11.3	9.7	0.18	0.06	
	石 灰 区	A 層	3.4	3.9	3.9	33.0	19.6	25.3	0.22	0.17	
		B 層	3.9	4.0	4.0	24.2	12.2	18.2	0.13	0.19	
無 処 理 区	A 層	3.3	3.6	3.4	40.8	31.4	24.8	0.20	0.29		
	B 層	3.8	3.8	4.0	27.2	23.8	23.5	0.10	0.29		
3 号	斜面 上 部	除 灰 区	A 層	3.8	4.2	4.2	32.9	13.1	13.8	0.25	0.06
		石 灰 区	〃	4.0	5.9	4.6	22.0	0.1	6.5	0.15	0.06
		無 処 理 区	〃	4.0	4.0	4.0	15.5	18.5	19.5	0.10	0.07
	斜面 中 腹	除 灰 区	A 層	4.0	4.0	4.2	22.4	19.5	18.1	0.20	0.10
			B 層	4.0	4.2	4.3	19.4	16.2	10.6	0.17	0.07
		石 灰 区	A 層	3.6	4.2	4.7	28.5	11.2	4.9	0.22	0.05
			B 層	4.0	4.2	4.6	18.2	11.1	5.1	0.18	0.05
	無 処 理 区	A 層	4.0	4.0	4.2	17.0	17.8	18.5	0.18	0.08	
		B 層	4.0	4.2	4.2	18.7	13.8	21.8	0.16	0.08	
	斜面 下 部	除 灰 区	A 層	4.0	4.4	4.6	17.0	9.7	12.8	0.14	0.06
		石 灰 区	〃	3.9	5.2	5.0	26.2	12.6	14.2	0.17	0.08
		無 処 理 区	〃	3.9	4.2	4.0	22.6	14.6	29.0	0.36	0.27
平 均	除 灰 区	A 層	3.9	4.2	4.3	24.1	14.1	14.9	0.19	0.07	
	石 灰 区	〃	3.8	5.1	4.8	25.5	8.0	8.5	0.18	0.06	
	無 処 理 区	〃	4.0	4.1	4.1	18.4	17.0	22.3	0.21	0.14	

第10表のように10倍水溶液でもかなりの強酸性を示し、灰層の通過水も1か月を経過しても強酸性で、とくに SO_3 の量はなお過大な数値を示している。この量はもよりの白鳥温泉の湧湯の SO_3 の量にくらべてなおはるかに多量である。

なお、火山灰の機械的組成は第11表のとおりである。

3. 降灰処理試験地の土壌の変化

試験地の土壌の変化をpH, γ_1 , および SO_3 の3項目について検討するために、1960年4月、同年10月と1961年1月の計3回にわたって土壌を採取分析した。その結果を示すと第12表のとおりである。

第12表から次のようなことがわかる。

i) 降灰量が多く、傾斜地である1号試験地では、除灰区の変化が大であるが、同時に無処理区もかなりの変化をみせている。

ii) 降灰量が多く平坦な稜線部に当たる2号試験地では、除灰区、石灰区の順に変化が大きいが、無処理区の変化は顕著ではなく、 SO_3 の量はむしろ増加している。

iii) 降灰量の比較的少ない3号試験地では斜面の上中部では無処理区と処理区(除灰区、石灰区)の変化の差は顕著でないが、斜面下部ではその差が著しい。すなわち無処理区の変化は比較的僅少である。

結 言

噴出直後の火山灰には異常はなかったのであるが、10か月後には火山灰とその下の土壌は強酸性に変わった。これは、その中に SO_3 が増加したためと考えられ、これが降灰地区における林木の枯損原因であると考えられる。

降灰量が特に多く、地形が平坦な場所では自然のままに土壌が正常に復するにはかなりの年月を要すると考えられるが、その他の場所においては1年前後は急速に回復に向かっているものと判断される。なお、降灰地に新植する場合、除灰、石灰混入は有効な被害防止の方法である。

IV. 降灰が林木に及ぼした被害と病虫害

小田久五⁽¹⁾・徳重陽山⁽²⁾

1959年2月17日の降灰後、同年9月ごろから点々とスギ立木の枯死が目だちはじめ、この2次被害の増加が心配された。そこで、昭和35年3～12月まで、たびたび現地の状態を観察しつづけたが、ほとんど枯死被害は増加しなかった。この間の観察事実、被害木の症状および被害木と病虫害の関係について述べる。

調 査 結 果

1. 被害木の分布

被害木の分布について昭和35年春に調査を行なったので、その結果を第13表に示す。

(1) 保護部昆虫科昆虫第2研究室長

(2) 九州支場保護第1研究室長・農学博士

第 13 表 降灰地における被害木の分布

林 小 班	樹 齢	樹 種	被 害 の 程 度
95 林班 い小班	6 年 生	スギ, ヒノキ	各 2 本枯死, 谷沿い
95 林班 は小班	25 年 生 25 年 生 30 年 生	ヒ ノ キ ス ギ ス ギ	3 本枯死, 緩傾 4 本枯死 10 本枯死, 5 本半枯死
95 林班 は小班	新 植 地 改 植	ヒ ノ キ ス ヒ マ	ほとんど全滅, 傾斜地 5 割以上枯死 5 割程度枯死 3 割程度枯死
96 林班 め小班	新 植 地	ス ギ	3 割~4 割枯死, 傾斜地
96 林班 め小班	15 年 生	ス ギ ス ギ	8 本枯死, 谷沿い 5 本半枯死

被害木は第 13 表のとおり林班にでているが、大体矢岳山麓に限られている。

2. 被害木の発生している場所

被害の多く発生している地域は降灰量の多かった場所で、特に新植地の被害量は堆積火山灰量に比例している。既成造林木の被害は、降灰量の多かった地域の中で、特に谷間に生えている木に多かった。その他の地形的特徴はほとんど無関係のようである。

3. 被害を受けた樹種

新植地ではスギ、ヒノキに同様な被害が発生し、抵抗力に極端な差はないが、マツはかなり火山灰に対して抵抗力がある。既成の造林地では、スギに多く被害が現われているが、ヒノキの植栽本数が少ないのと、ヒノキの立地が谷筋ではないために被害をまぬがれているらしく、本当の抵抗力はいずれが大であるか不明である。しかし、マツの被害は 1 本もみとめられなかったので、マツは相当抵抗力があるものと思われる。

その他、造林地の下木で被害を受けたものを列記すれば、アオキ、イヌガヤ、ユズリハ、シロダモであった。

4. 被害の経過

昭和 35 年春に被害木を調査したさい、被害の発生していた地域は第 13 表のとおりであった。昭和 35 年 12 月にさらに調査を行なったが、新しい地域に被害は発生していなかった。また、既往被害地内で、被害木の本数はほとんど増加していなかった。したがって、今後昭和 36 年以降も被害は進展しないものと思われる。

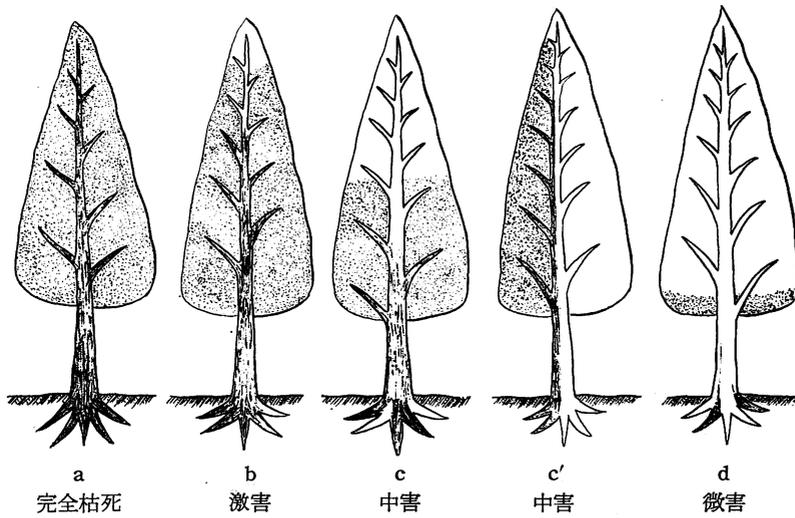
5. 被害を受けた林木の症状

i) スギ幼齢木の症状

1959 年春新植された 96 林班め小班的スギにその例がみられる。最初下枝の葉の先端から枯れを生じ、漸次上方の枝におよび全体が枯死する。枯死した苗を抜きとって幹部を縦断すれば黒色の条斑が走っているのが認められる。半枯れの状態の植栽木についても同様に Pl. 4, 5, 6 に示すとおりである。

ii) 被害スギ壮齢木の症状

a) 完全に枯死したスギ



第 8 図 被害の程度と症状

梢端のみが緑色を残し、それ以下の全枝葉が黄褐色から赤褐色に変色して枯死し、ついには暗褐色になる。根部、幹部、枝部の木質部は全部黒変している (Pl. 3, Pl. 4.)。

b) 激しい被害を受けたスギ

梢端部だけが緑色を残し、それ以下の全枝葉が赤褐色に変じてほとんど枯死している場合で、根部、幹部、枝部の木質部が上方の一部分を除いて黒変している (第 8 b 図)。

c) 中程度の被害を受けたスギ

樹冠の 1/2 以下の枝に枯死が起きている場合 (第 8 c 図)。樹冠の一侧の枝に枯死が起きている場合等がある (第 8 c' 図)。前者の場合には根、幹の下部断面全体に点状的黒点が認められ、下枝の一部に黒点が現われている。後者の場合には、特定の根の黒変およびその根に関係する幹の側面に黒変が現われ、特定の枝だけに黒変が現われている (Pl. 3, 2, 3, 5)。

d) 軽い被害を受けたスギ

下枝に枯死が起きているだけで、一部分の根のみに黒変が現われているか、幹のわずかな部分に黒変が現われて、枝にはまだ黒変が現われていない (第 8 d 図)。

iii) 被害を受けたスギの木質部に起きている黒変現象

a) 黒変している組織

根、幹、枝の木質部に起きている黒変は髄線柔細胞、木質柔細胞の細胞質が顆粒状黒変死を起こしているのと、細胞膜が淡褐色に染色されている結果によるものである (Pl. 4, 10, 11, 12)。年輪の晩材部が肉眼的に特に濃黒色に見えるのは、晩材部に柔細胞の多いことと、細胞数と細胞膜の厚いために起きている現象である。

b) 黒変が最初に起こる組織

枝、幹、根の中で最初に黒変の現われる部分は根部である。軽い被害を受けたスギの根部を調べてみると、枯死した一部の細根を中心に変色が起きている (Pl. 3, 6)。すなわち、このことは火山灰中の水溶性物質がスギの根を侵して枯死させ、その結果枯死した根を中心にして、さらに有毒物質が植物体

内に侵入して、変色を起こさせているものと考えられる。

iv) 被害を受けたスギの葉先褐変

中程度の被害を受けたスギの針葉の先端が褐変枯死している。これは葉の先端に火山灰が付着したために起こったものではなく、また地中から吸収された火山灰中の有毒物質が葉端に滞積して被害を起こしたのではなさそうである。これは解剖上明らかなように通導機能の破壊によって起こったもので、根幹の水分通導機能が破壊されたために、葉に供給される水分の欠乏を生じて乾燥型の枯死を起こしているものと考えられる。

v) 火山灰の付着しているスギ葉の変化

2月17日の降灰が付着したまま1年を経過したスギの枝はよく見受けられるが、これは火山灰中に粘着性の強い粘土が多いために、非常に粘着性を有して、このような結果になっているのである。しかし、この枝の灰を払い落としてみると、顕著な被害を受けていない。すなわち、被害木の葉の枯死と灰の付着とは無関係と思われる。

vi) 被害ヒノキ壮齡木の症状

95 林班は小班に 25 年生ヒノキの枯死木が 2 本あって、伐倒調査したが、根部、幹部、枝部の木質に淡青黒色の変色を認めた。これはスギほどの明りょうな変色ではないが、やはりヒノキでもスギと同様な変色が起こっていることが判明した。

vii) 被害下木の症状

被害を受けたイヌガヤは多く根部が黒褐色に変色枯死している。アオキ、ヒメユズリハは被害を受ければ葉色が悪くなり、葉は萎凋垂下し、最後に全身の萎凋をきたして枯死する。この際、初期のものを抜根してみると、根が侵されている場合と根には異状なくて、灰層に直接触れている幹部の黒変腐敗が起こっている場合がある (Pl. 4, 8, 9)。とくに、アオキは表皮が特に薄く、コルク層の発達が悪いため、灰層から浸出される有害物質が植物体内に浸透して起こるものと思われる。この場合被害部の上部から発根している現象をたびたび認めた (Pl. 4, 8)。しかしこの新しい根は灰層に接したところで先端が黒褐色になって、成長を停止し、灰層を貫くことはできない状態である。

6. 被害木と病虫害関係

i) 病害関係

完全に枯死した被害木の枝幹に暗色枝枯病菌の寄生を認めたが、もちろん、本被害の直接の病原菌とは思われない。しかし、本病菌がスギの乾燥衰弱木および乾燥枯死木によく現われる菌であるという点は、本被害が症状的に、乾燥枯死に似ている点と不思議に一致している。

ii) 虫害関係

a) スギタマバエの被害発生率の変化

降灰時期の関係から、降灰年のスギタマバエの発生は当然減少が予想されたが、第 14 表に示すように前年の発生と大差ない被害が出た。しかし、降灰の翌年 (35 年) において、降灰の著しい区域のスギタマバエの被害が激減しているように思えたので、一部資料を採取して調査した結果第 14 表に示した結果を得た。すなわち、降灰激の区域では、降灰当年には被害が減少しなかったが、その翌年になって、激減したことが明らかとなった。これは、激の区域のスギ林において、大体共通に見られる現象で、降灰の少なかった区域では、被害は減少していない。昭和 35 年 12 月にスギタマバエの老熟幼虫

第 14 表 降灰がスギタマバエの被害発生に及ぼした影響（被害率の移推）

採取林小班	調査枝 No.	降 灰 前 年					降 灰 年					翌 年				
		総数 (芽数)	健 数	全 %	完全被害 数 %	不完全被害 数 %	総数 (芽数)	健 数	全 %	完全被害 数 %	不完全被害 数 %	総数 (芽数)	健 数	全 %	完全被害 数 %	不完全被害 数 %
101 ぬ (35. 12. 3) 降 灰 (微)	1	12	0	0	6 50	6 50	73	0	0	59 81	14 19	70	4	6	46 66	20 28
	2	31	3	10	20 65	8 25	121	2	2	104 86	15 12	37	0	0	27 73	10 27
	3	25	3	12	12 48	10 40	89	0	0	78 88	11 12	31	0	0	25 81	6 19
	4	50	0	0	45 90	5 10	76	0	0	68 90	8 10	34	0	0	29 85	5 15
	5						67	0	0	61 91	6 9	37	0	0	28 76	9 24
	6	33	0	0	27 82	6 18	75	0	0	65 87	10 13	41	0	0	33 81	8 19
	7	11	0	0	5 45	6 55	123	5	4	100 81	18 15	63	0	0	43 68	20 32
	8	23	0	0	17 74	6 26	84	0	0	72 86	12 14	64	0	0	46 72	18 28
	9	35	0	0	21 60	14 40	129	0	0	112 87	17 13	64	0	0	35 55	29 45
	計	220	6	2	153 70	61 28	837	7	1	719 86	111 13	441	4	1	312 71	125 28
100 ろ (35. 12. 2) 降 灰 (ナシ)	1						18	0	0	12 67	6 33	110	0	0	94 86	16 14
	2						46	0	0	39 85	7 15	64	0	0	56 88	8 12
	3						26	0	0	18 69	8 31	83	0	0	70 84	13 16
	4						35	0	0	27 77	8 23	71	0	0	64 90	7 10
	5						14	0	0	8 57	6 43	64	0	0	54 84	10 16
	6	13	0	0	9 69	4 31	90	2	2	74 82	14 16	169	0	0	149 88	20 12
	7						34	0	0	25 74	9 26	76	0	0	70 92	6 8
	8						62	5	8	42 68	15 24	77	0	0	45 58	32 42
	9						110	0	0	92 84	18 16	130	5	4	85 65	40 31
	10						99	0	0	83 84	16 16	115	3	3	92 80	20 17
計	13	0	0	9 69	4 31	534	7	1	420 79	107 20	959	8	1	779 81	172 18	
96 ぬ (35. 12. 4) 降 灰 (激)	1	29	1	3	19 66	9 31	147	0	0	69 47	78 53	183	160	88	3 1	20 11
	2	19	0	0	18 95	1 5	32	0	0	21 66	11 34	42	40	95	0 0	2 5
	3	40	0	0	34 85	6 15	107	0	0	64 60	43 40	155	148	96	2 1	5 3
	4	54	0	0	47 87	7 13	132	0	0	101 77	31 23	110	105	96	0 0	5 4
	5	36	0	0	33 92	3 8	40	0	0	20 50	20 50	57	55	97	0 0	2 3
	6	31	0	0	25 81	6 19	102	0	0	78 77	24 23	88	83	94	0 0	5 6
	7	40	0	0	31 78	9 22	102	0	0	72 71	30 29	73	70	96	0 0	3 4
	8	18	0	0	16 89	2 11	44	3	6	21 48	20 46	71	68	96	0 0	3 4
	9	31	0	0	29 94	2 6	53	0	0	32 60	21 40	63	60	95	0 0	3 5
	計	298	1	0	252 85	45 15	759	3	0	478 63	278 37	842	789	94	5 0	48 6

を用いて、2月に採取した灰について、その殺虫性を試験したが、ほとんど殺虫力は示さなかった。上記スギタマバエの被害の翌年になっての減少理由は明らかでないが、その減少が降灰に起因するものと考えられる。

b) その他の虫害

降灰当年の秋から翌年春にかけて枯死した少数のスギ、ヒノキには2次的な穿孔虫類の寄生をみとめたが、それ以後降灰に起因する枯死木の発生はほとんどなく、虫害の発生はみとめられなかった。

結 言

1. 降灰が林木に及ぼした2次被害は、昭和34年秋を頂点としてそれ以上枯死木は増えなかった。
2. 被害木は必ず木質の黒色化を起こしていたが、これは細胞膜と髄線細胞内容物が黒色に染まっているためである。
3. 被害の最初は根端に始まり幹、枝に及んでいる。被害木全体の症状としては乾燥枯死である。
4. 林木は根部から有毒物質を吸収し、そのために通導機能を侵されて枯死したものと考えられる。
5. 枯死木にはスギの暗色枝枯病の単純寄生や穿孔虫の加害がみられるが、これは随伴現象であろう。
6. 降灰多量地域では、スギタマバエの発生は昭和34年は減少しなかったが、昭和35年には激減していた。

V. 被害木の木質黒変現象

近 藤 民 雄⁽¹⁾

被害木は木質部が黒変枯死しているので、この黒変の原因を木質部の分析結果から確かめるために本試験を行なった。

研 究 項 目

降灰地区：	{	枯死したスギの幹、根の分析		
		衰弱した	〃	〃
		健全な	〃	〃
無降灰地区：		健全なスギの幹、根の分析		

調 査 経 過

昭和35年8月3日から現地における野外調査を行ない、主としてスギ材について、着色枯死現象の立地的要因および発生経過についての知見を得るとともに分析に必要な試料の採取を行なった。ついで各採取試料について木材分析を実施するとともに、得られたデータについて考察を行ない、総合調査の一環としての分析結果について検討した。

(1) 九州大学農学部・農学博士

調 査 方 法

1. 調査試料

分析に使用した試料は次のとおり。

採取月日 昭和 35 年 7 月上旬

採取場所 大幡国有林 96 林班

採取部位 幹部：下部（地際），中部（幹の中央），上部（梢端下 1m）

根部

採 取 木 No. 1 健全木

No. 2 半枯死木（黒変が幹の大部分に及んでいる）

No. 3 枯死木

2. 木材分析

水分，冷水抽出物，熱水抽出物の定量と定性試験，灰分分布，硫化物定量および人工着色試験。

調 査 結 果

1. 水 分（以下％で示す）

第 15 表 木質の水分量（％）

資料の部位 資料番号	上 部	中 部	下 部	根 部	平 均
No. 1	12.38	12.17	13.73	11.87	12.54
No. 2	13.68	12.47	11.71	12.41	12.57
No. 3	12.29	12.16	12.74	12.42	12.38

2. 冷水抽出物量と pH

第 16 表 木質の冷水抽出物量

資料の部位 資料番号	上 部	中 部	下 部	根 部
No. 1	2.3	2.0	1.1	3.1
No. 2	1.4	2.1	2.1	2.5
No. 3	2.4	1.5	0.9	1.7

第 17 表 木質の冷水抽出定容濃縮液の pH

資料の部位 資料番号	上 部	中 部	下 部	根 部
No. 1	5.42	5.58	5.57	5.48
No. 2	5.41	5.23	5.23	5.20
No. 3	5.31	5.12	5.07	4.81

No. 3（根部）の濃縮液に BaCl₂ の飽和溶液を加えると白濁し，硫酸イオンの存在を示す。同一程度の白濁を与える硫酸濃度を求めると 0.00475 % H₂SO₄（対試料として 0.475 %）。

3. 熱水抽出物量と pH

第 18 表 木質の熱水抽出物量

資料の部位 資料番号	上 部	中 部	下 部	根 部
No. 1	6.5	5.6	4.1	5.7
No. 2	4.4	5.9	6.0	7.0
No. 3	5.1	4.9	5.2	6.5

第 19 表 木質の熱水抽出液の pH

資料の部位 資料番号	上 部	中 部	下 部	根 部
No. 1	6.14	5.86	6.24	5.34
No. 2	5.45	5.72	5.05	5.02
No. 3	4.89	5.21	4.53	4.21

4. 灰分分析

第 20 表 木質の灰分量

資料番号	項目		Fe	Na	K	Ca
	資料の部位					
No. 1	上	部	0.114	0.0172	0.120	0.096
	中	部	0.056	0.0138	0.090	0.088
	下	部	0.020	0.0276	0.073	0.065
	根	部	0.033	0.0126	0.080	0.057
No. 2	上	部	0.046	0.0120	0.107	0.104
	中	部	0.039	0.0143	0.102	0.067
	下	部	0.106	0.0120	0.063	0.059
	根	部	0.074	0.0184	0.061	0.126
No. 3	上	部	0.063	0.0253	0.105	0.118
	中	部	0.042	0.0304	0.093	0.132
	下	部	0.114	0.0155	0.018	0.134
	根	部	0.067	0.0149	0.012	0.042

第 21 表 木質の硫化物量

資料番号	項目		BaSO ₄ として	S
	資料の部位			
No. 1	上	部	0.72	0.0989
	中	部	0.64	0.0879
	下	部	0.56	0.0769
	根	部	0.36	0.0494
No. 2	上	部	0.76	0.1044
	中	部	0.80	0.1098
	下	部	1.60	0.2197
	根	部	1.56	0.2142
No. 3	上	部	4.12	0.5059
	中	部	2.04	0.2802
	下	部	3.00	0.4121
	根	部	3.48	0.4780

第 22 表 硫酸塩類による木質着色試験

試薬	濃度		
	0.01%	0.1%	1.0%
Al ₂ (SO ₄) ₃	—	—	—
FeSO ₄	±	++	+++
Fe ₂ (SO ₄) ₃	±	+	++

ただし、試料は湿式法で灰化した後で、Perkin-Elmer's Flame photometer および分光光度計で測定。

5. 硫化物定量

試料 1g 中の mg 数で示す（第 21 表）。

6. 人工着色試験

スギ辺材については硫酸塩着色試験を各種濃度（0.01, 0.1 および 1.0%）およびアルミニウム、

第一鉄、第二鉄塩、それぞれについて行ない肉眼的に観察した（第 22 表）。

考 察

分析項目別にみると冷水抽出物量については一定の傾向は認められない。しかし、その pH について見ると明らかに枯死木が低く、しかも着色の強い下部および根部の pH 低下が著しい。熱水抽出物量については被害木および被害部位が相対的に低い数字を示す傾向が見られないことはないが、なお決定的ではない。その pH については冷水抽出物の場合と同様の傾向が明らかに認められる。

灰分については Na, K については一般の傾向性は認めにくいだが、Fe と Ca についてみると、被害木および被害部位に明りょうな増加が認められ、硫化物については、特にこの傾向が顕著である。着色試験

は上記の諸定量値を考慮に入れて行なったもので、着色の主因は硫酸第一鉄と木材中のロイコアントシアンとの反応にもとづくフェノール、鉄複合体であることを示している。

結 論

降灰中の硫化物が酸化を受け、主として硫酸鉄イオンとして根系から吸収され、材中のロイコアントシアンが鉄イオンと硫酸イオン存在下に complex を作り、着色したものと推定される。

VI. 火山灰の成分と林木の被害

徳重陽山⁽¹⁾・尾方信夫⁽²⁾

火山灰の成分のなかで林木に毒物として作用するものは、水溶性であることには間違いない。しかも、火山灰中の水溶性物質は硫酸および硫酸塩類である。したがって、これらの硫酸および硫酸塩類を使用して、木材の呈色および林木の生理障害を試験した。

試験方法および結果

1. 枯死木、半枯死木の木質部黒変に関係している物質

前述のように被害地区の枯死木の木質部が暗黒色に変色しているの、この現象を起こさせる物質およびその濃度を求めた。

i) 材を黒変させる物質

試験方法：3×3×0.5 cm のスギの材片を作製、シャーレ中に各試薬 15 cc 入れて前記材片を木口面を浸す状態で立てて放置し、3 日後に調査した。材片は 2 個ずつ使用した。

試験結果：第 23 表のとおりで、鉄を含む硫酸塩は全部暗青色～暗黒色の呈色を示した。

ii) 材を黒変させる限界濃度

試験方法：試液として、硫酸第一鉄、硫酸第二鉄の 1%、0.5%、0.1%、0.05%、0.01%、0.005%、0.001%、0.0025%、0.0001% の各濃度の液を作り、前記の方法と同様な方法で呈色限界濃度を調べた。

試験結果：第 24 表のとおりで、硫酸第一鉄、0.001%～0.0005% の間で、硫酸第二鉄 0.01%～0.005% の間に呈色限界濃度がある。

第 23 表 硫酸塩類による材の呈色反応

供試材	黄鉄鉱 (低温性)	黄鉄鉱 (結晶性)	硫化鉄	硫黄	火山灰	蒸留水	硫化第一鉄	硫酸マグネシウム	硫酸ナトリウム	硫酸カルシウム	硫酸	硫酸第二鉄	火山灰浸出液
呈色反応	+	+	±	±?	+	-	+	-	-	-	-	+	+

第 24 表 硫酸鉄塩による材の呈色限界濃度

試薬 \ 濃度%	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.0001
硫酸第一鉄	+	+	+	±	-	-
硫酸第二鉄	+	+	-	-	-	-

(1) 九州支場保護第 1 研究室長・農学博士

(2) 九州支場造林研究室長

第 25 表 硫酸塩類による生立木の呈色反応

供試材料	黄鉄鉱 (低温性)	黄鉄鉱 (結晶性)	硫化第一鉄	硫 黄	火山灰	蒸留水	硫化第一鉄	硫酸アルミ	硫酸マグネシウム	硫酸カルシウム	硫酸
呈色反応	卅	卅	±	±?	卅	—	卅	—	—	—	—

第 26 表 硫酸塩類による生枝の呈色反応

試 薬	火山灰 浸出液 (iii)	硫酸マグネシウム	硫酸カルシウム	硫酸ナトリウム	硫酸カリウム	黄血塩	硫酸	硫酸アルミニウム	アルミ明礬	硫酸第一鉄	硫酸第二鉄	赤血塩	鉄明礬
呈色反応	+	—	—	—	—	—	—	—	±	卅	卅	±	卅

iii) 生木を黒変させる物質

a) 立木

試験方法：6～7年生のスギ立木3本に直径7mm、深さ3cmの孔を穿ち、各試験を填充し蒸留水を加えて綿栓をし、ビニールテープで巻いておき、2か月後伐倒、縦割し、変色を検査した。

試験結果：第25表のとおりである。すなわち、火山灰と鉄を含む硫酸塩類で呈色反応が現われた。

b) 生枝

試験方法：2、3年生のスギ枝を2本ずつ試薬を入れた500ccのビンに挿して、3日後には枝の木質部の呈色状態を検査した。

試験結果：呈色反応は鉄を含んだ塩類に多く、呈色反応の程度は硫酸第一鉄>鉄明礬>硫酸第二鉄であった（第26表）。

2. 林木の枯死に関係している物質

被害木の材が黒変しているが、黒変を起こさせる物質が林木を直接枯らした物質であるか、また別の物質であるか、この点を確かめるためにスギ、ヒノキ、マツの苗と切枝を使用して供試薬に浸漬し、被害度を調査した。

i) 切枝を使用した被害度試験

試験方法：スギ、ヒノキ、マツの2年生枝を2本ずつ合計6本を試薬の中に挿した。試薬は硫酸、硫酸カリ、硫酸マグネシウム、硫酸第一鉄、硫酸ナトリウム、火山灰によって調製した。各試薬は500ccのビンに各濃度の液を調製して400ccずつ入れた。10月1日に挿入し21日に最終的調査を行なった。

試験結果：第27表のとおりである。被害の大きいものから順に並べると、硫酸>硫酸第一鉄>硫酸アルミ>硫酸マグネシウム、硫酸カリ、硫酸ナトリウム>火山灰である。マツが強くスギ、ヒノキが弱い傾向の薬液をひろってみると硫酸第一鉄、硫酸アルミ、硫酸マグネシウムの3種となる。枯れ方が最も火山灰の浸出液に似ているものは硫酸マグネシウムで、やや似ているものは硫酸アルミである。

ii) 苗を使用した被害度試験

試験方法：スギ、マツ、ヒノキの2年生苗を2本ずつ合計6本を各試験液の中に挿した。試薬は切枝に使用した液のほか、結晶性黄鉄鉱、低温性黄鉄鉱および中性にした硫酸第一鉄を加えた。試験は10月28日に始め、11月12日に最終的の調査を終わった。

試験結果：第28表に示すとおりである。被害の大きいものから順に並べると硫酸>硫酸第一鉄>硫酸第一鉄（中性）>硫酸アルミ>硫酸マグネシウム、硫酸カリ、硫酸ナトリウム>低温性黄鉄鉱>結晶性黄鉄鉱、火山灰の順序になる。これは切枝を各種の試薬に挿入した場合と全く同様である。火山灰に対する

第 27 表 試液に枝を挿した場合

濃度%	試液			Na ₂ SO ₄			K ₂ SO ₄			MgSO ₄			Al ₂ (SO ₄) ₃			FeSO ₄			H ₂ SO ₄		
	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ
50	卅	卅	+																		
25	卅	+	—																		
10	+	±	—	卅	卅	卅															
5	—	—	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
2.5	—	—	—																		
1	—	—	—	+	卅	+	卅	卅	卅	+	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.5				—	±	±	±	卅	+	±	+	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.25							—	±	—	—	±	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.1				—	—	—				—	—	—	卅	±	—	—	—	卅	卅	卅	卅
0.05							—	—	—	—	—	—	±	—	—	+	—	—	+	卅	卅
0.025													—	—	—	—	—	—	+	卅	卅
0.01													—	—	—	—	—	—	—	—	—

注 卅：枯死，卅：重害，+：軽害，±：不明，—：無害。

第 28 表 試液に苗を挿した場合

濃度%	試液			K ₂ SO ₄			MgSO ₄			Al ₂ (SO ₄) ₃			FeSO ₄			FeSO ₄ 中性			H ₂ SO ₄			Na ₂ SO ₄		
	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ	スギ	ヒノキ	マツ
50	卅	卅	—																					
25	卅	卅	—																					
10	卅	+	—																			卅	卅	卅
5	+	—	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅													卅	卅	卅
2.5	—	—	—																					
1	—	—	—	卅	+	±	卅	卅	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.5				+	—	—	卅	—	—	卅	卅	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.25										卅	卅	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
0.1				±	—	—	+	—	—	卅	—	—	卅	卅	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	—	—	—
0.05				—	—	—	+	—	—	—	—	—	卅	—	—	卅	卅	卅	卅	卅	卅	—	—	—
0.025										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.01										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

スギ，マツ，ヒノキの現場における抵抗性はマツが非常に強い結果になっている。それが火山灰の浸出液に対する3樹種の抵抗試験においてもマツが強い結果になっている。

- この傾向を明りょうに示す試薬：硫酸マグネシウム，硫酸アルミニウム。
- この傾向をやや示す試薬：硫酸第一鉄，低温性黄鉄鉱。
- この傾向をほとんど示さない試薬：硫酸，結晶性黄鉄鉱，硫酸ナトリウム，硫酸カリウム。

スギ，マツ，ヒノキが火山灰液によって枯れる症状にいちばんよく似ている薬剤は硫酸マグネシウムであり，硫酸アルミニウムもやや似ている。硫酸第一鉄は，中性にした場合にやや毒性が低下するようであり，いずれも0.25%以上の濃度では葉面に暗黒色の反応が現われる。これは黄鉄鉱の場合も同様であり，約10%程度以上の濃度の場合に枝葉面に暗黒色の反応が現われる。

結 言

被害を受けた材は必ず黒色を呈しているが、この原因は火山灰中に含まれている黄鉄鉱の酸化によって発生した鉄の硫酸塩が吸収されて、発色現象を起こしているようである。次に林木の生理を害し、場合によっては枯死させた物質というものは、硫酸および硫酸の塩類であろうと思われるが、硫酸塩としては硫酸マグネシウム、硫酸鉄、硫酸アルミ等であろう。ただし、硫酸カルシウムは火山灰溶出中に最も多く含まれているのであるから、もちろん考えるべきであろうけれども、硫酸カルシウムの毒性は未検査に終わったので論じられない。

VII. 降灰が林木の成長に及ぼした影響

小 田 久 五⁽¹⁾・尾 方 信 夫⁽²⁾

降灰年（昭和 34 年）の秋から、その影響と思われる枯死木の発生が主に降灰量の最も多かった区域の一部見られたが、次期成長開始以後は新しい枯死木の発生はほとんど見られなかった。しかし、降灰による被害が雪害等にみられると同様な物理的被害現象以外に、根部よりの有害物質の吸収による被害と思われる現象が枯死木に見られたので、降灰の影響が、林木の降灰当年および翌年の成長にいかんにかかわっているかを解明するために、降灰区域を激、中、微およびその外側の隣接地域に分けて降灰区域の造林地の大半を占めるスギをおもな調査対象とし、これに一部採取できるヒノキ、マツ、モミ等につき、50、30、20、10 年の各前後の樹齢のものを降灰区分ごとに資料を採取した。採取年月日は昭和 35 年 12 月 1～4 日である。

調 査 方 法

1. 樹幹析解

各該当林分から大体標準木に近い径級のものを選び、樹幹析解の資料とした。スギが主でヒノキ、マツ、モミ等は、その林分で採取できた場合のみこれを資料とした。これらの資料から樹高、直径、材積各成長につき、それぞれ総成長量、平均成長量、連年成長量を出した。

2. 成長錐による方法

降灰の直径成長に及ぼした影響をみるため、各該当林分において胸高部一方向から成長錐を用いて資料を採取した。調査本数は大体 1 区から 10～20 本分を選んだが、マツ、モミおよびスギ、ヒノキの一部には少数の資料しか取れなかったものもある。

資料のとりまとめに際しては、降灰翌年（昭和 35 年）、降灰年（34 年）およびそれ以前（昭和 33～29 年）の年輪幅を測定し、次の組合せによりそれぞれ対応する 1 組の平均値の差の検定（t 検定）を行ない、有意性を検討した。

(1) 保護部昆虫科昆虫第 2 研究室長

(2) 九州支場造林研究室長

第 29 表 樹幹析解による結果の一括

降灰	林小班	調査木 No.	樹種	樹齡年	樹高 m	胸径 cm	外見上の被害	降灰が成長に与えた影響			
								樹高成長	直径成長		備考
									降灰年	翌年	
激	96 ぬ	No. 28	スギ(アカ)	17	6.78	18.86	頻死状態、樹冠の下から 1/2 は灰が枝条に付着して枯死。	被灰による低下を認めず。	低下をみとめる。	かなり回復	
〃	97 ぬ	No. 10	スギ(トサグロ)	14	7.80	9.98	樹体に異常なし。	〃	〃	回復	直径材積成長とも回復。
〃	95 は	No. 9	スギ(アカ)	25	11.20	16.90	頻死状態。	〃	〃	回復せず	直径成長の連年曲線が昭和 32 年に低下しているが、その原因は不明。
〃	95 は	No. 2	スギ(アカ)	25	13.90	22.16	樹体に異常なし。	〃	〃	やや回復	直径成長は降灰当年の連年成長が前年の 1/2 以下に低下し、また平均成長量に比較しても 1/2 に達しない。材積成長も当然その影響があらわれている。
微	101 ぬ	No. 17	スギ(メアサ)	32	15.75	34.70	〃	〃	低下をみとめず。		降灰による影響なし。ヒノキ林分(36年)内に点在するスギでヒノキよりも直径成長が特によい。
〃	102 ほ	No. 14	スギ(メアサ)	52	16.70	30.72	〃	〃	〃		降灰当年前後の樹高成長は平均成長曲線に対し、連年成長は常に低く、連年成長量によっても降灰の影響はみとめられない。直径成長にもその影響は認めがたく、むしろ降灰前年の連年成長量が低く、材積成長にも降灰の影響はない。
激	95 は	No. 8	ヒノキ	25	8.90	14.37	枯死木。	被灰による影響なし。	被灰による影響なし。		
〃	95 は	No. 7	ヒノキ	28	10.90	15.79	樹体に異常なし。	〃	〃		
微	101 ぬ	No. 18	ヒノキ	36	14.40	27.98	〃	〃	〃		
〃	99 る	No. 16	ヒノキ	50	15.50	23.46	〃	〃	〃		
激	95 は	No. 26	アカマツ	20	9.70	17.20	〃	〃	〃		
〃	95 は	No. 6	アカマツ	23	12.60	22.06	〃	〃	ほとんどなし		降灰の影響は軽微。
〃	101 た	No. 20	クロマツ	21	14.55	22.58	〃	〃	〃		〃
〃	95 は	No. 5	モミ	27	11.10	22.80	〃	〃	著しい低下をみとめる。	やや回復	降灰の影響は直径成長に著しい。

降灰年の成長

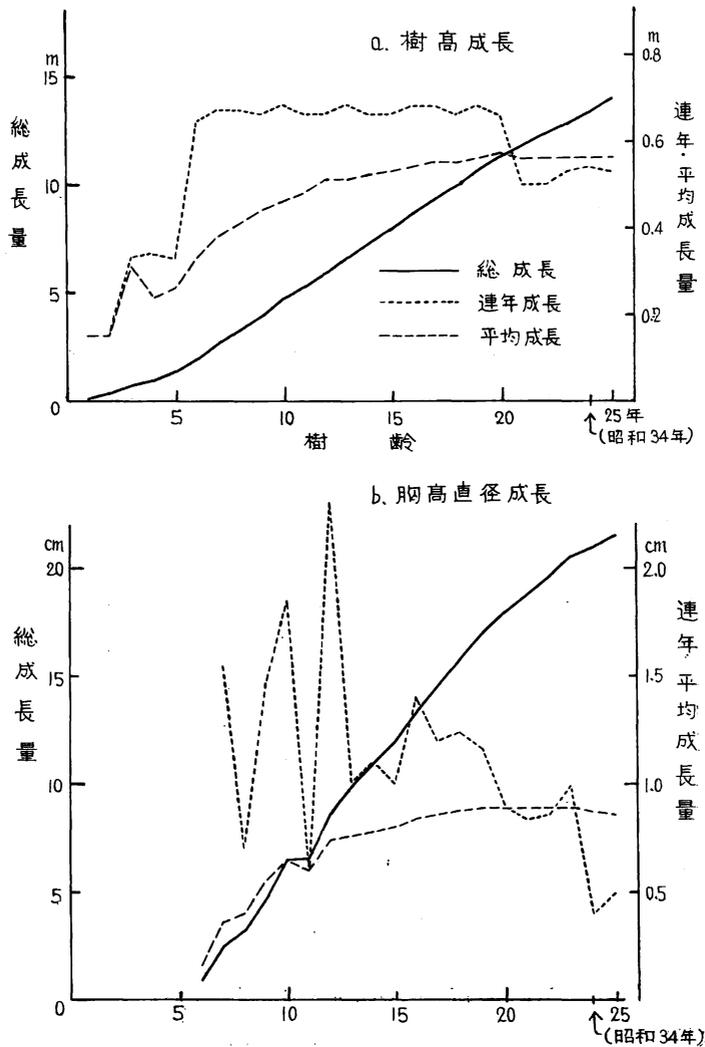
- 降灰年の年輪幅：降灰前年の年輪幅（前年）。
- 降灰年の年輪幅：降灰前5か年の年輪幅中の最少値（最小値）。
- 降灰年の年輪幅：降灰前5か年の年輪幅の平均値（平均）。

降灰翌年の成長

- 降灰翌年の年輪幅：降灰年の年輪幅（当年）。
- 降灰翌年の年輪幅：降灰前年の年輪幅（前年）。

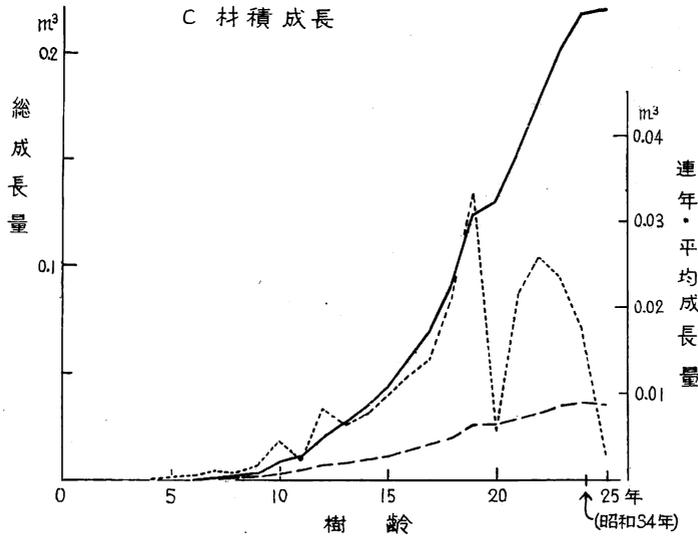
調査結果

樹幹析解の結果を全部総括して第 29 表とし、調査木の中から 1 例を図示すれば第 9 図のとおりであ



激害地区のスギ（オビアカ）標準木（95-は林小斑）

第 9 図 激害地区のスギ（オビアカ）標準木の成長



第30表 成長錐採取資料による

降灰量	齡級	樹種		スギ						ヒノキ								
		成長	林小班	調査本数	平均胸高直径	降灰年の成長			翌年の成長			調査本数	平均胸高直径	降灰年の成長			翌年の成長	
						前年	最小値	平均	当年	前年	前年			最小値	平均	当年	前年	
						%	%	%	%	%	%			%	%	%	%	
激	XI	96 か	20	38	-44	-28	-48	+32	-26	本	cm	%	%	%	%	%		
〃	VII	101 い	20	31	-60	-47	-60	+93	-22									
〃	V	95 は①	10	22	-53	-40	-53	-5	-56									
〃	V	〃〃②	10	18	-54	-38	-50	+30	-30									
〃	V	〃〃③	10	22	-53	-43	-58	+60	-23									
〃	V	〃〃④	10	19	-36	-26	-38	+20	-24									
〃	V	〃〃⑤	10	18	-53	-50	-60	+40	-34	15	17	-40	-14	-43	-35	-42		
〃	V	101 た																
〃	IV	96 ほ	20	16	-66	-63	-71	+150	-24									
〃	IV	96 む	20	14	-49	-39	-54	+55	-21									
〃	III	97 む1	10	12	-34	-21	-43	+31	-14									
中激	II	97 ち	10		+18	+148	+67	+7	+26									
〃	V	99 る1								20	24	+17	+11	-21	+42	+17		
〃	VII	101 よ	6	29	-38	-22	-46	+35	-16									
〃	II	94 い	10	4	0	+50	+24	-17	-16	4	7	+15	+208	+65	+10	+26		
〃	III	99 へ	10		-26	+41	-4	+15	-12									
微	X	102 ほ	20	26	-13	+16	-17	+21	+5									
〃	VII	101 む	20	37	-13	-5	-35	+23	+6	20	21	+4	+102	+18	-18	-14		
ナシ	II	99 む																
〃	II	100 る	10		-7	+111	+36	+27	+18									

注 ①～⑤…採取箇所区分, 当年…降灰当年, 前年…降灰前年最小値…降灰前年より5か年間の最

る。降灰の成長に及ぼす影響を成長錐によって比較した結果を第 30 表、第 31 表に示す。

結 言

1. 樹幹析解の結果と、成長錐による調査結果とはほぼ一致した。
2. 降灰の成長に及ぼした影響は、降灰量の最も多い激の区域に強くあらわれており、中以下の区域では、あまり明らかでない。その影響は肥大成長にあらわれて、いずれの場合でも樹高成長には影響がない。
3. スギ、ヒノキ、マツ、モミのなかで、スギに最も明らかにあらわれ、有意性も大きい、他の樹種では明らかでない。
4. 激の区域のスギは、III～VI各齢級のいずれのものも、降灰年は前年に比して 30～50% くらいの直径成長の減少をきたし、過去 5 か年間の最低値に対してもほぼ同様の低下が認められ、その有意性は大きい。翌年の成長は、降灰年に比較して回復しているが、降灰前年の成長までには回復していない。すなわち、その影響が翌年まで及んでいる。
5. 激の区域のヒノキ、マツ、モミも一部の区域では、スギとほぼ同様な影響が胸高直径の成長にあらわれているが、該当調査数の少ないため有意性の十分な検討ができなかった。

胸高部直径成長の平均値の増減率

調査 本数	マ ツ						モ ミ						備考	
	平均胸 高直径	降灰年の成長			翌年の成長		調査 本数	平均胸 高直径	降灰年の成長			翌年の成長		
		前年	最小値	平均	当年	前年			前年	最小値	平均	当年		前年
本	cm	%	%	%	%	%	本	cm	%	%	%	%	%	林内 林縁
3	21	-48	-34	-49	+72	-14	3	21	-41	-26	-44	-5	-44	
4	23	-49	-42	-58	+70	-31	3	32	-59	-38	-51	+45	-41	
20	16	-11	+54	+2	+70	+48								
		-36	-22	-36	+19	-23								
							3		+2	+210	+19	+29	+32	
10		0			-7	-7								

小値, 平均値…降灰前年より 5 か年間の平均値

第 31 表 成長錐採取資料による

降灰量	齡級	樹種 成長	スギ						ヒノキ							
			降灰年の成長				翌年の成長		降灰年の成長			翌年の成長				
			前年	最小値	平均	影響	当年	前年	影響	前年	最小値	平均	影響	当年	前年	影響
激	林小班	96 か	*** —	** —	*** —	++	*** +	*** —	++							
〃		101 い	*** —	*** —	*** —	++	*** +	*** —	++							
〃		95 は①	*** —	** —	*** —	++	—	*** —	++							
〃		〃 ②	*** —	—	*** —	++	* +	*** —	++							
〃		〃 ③	*** —	*** —	*** —	++	*** +	—	+							
〃		〃 ④	*** —	** —	*** —	++	+	* —	++							
〃		〃 ⑤	*** —	*** —	*** —	++	* +	** —	++	*** —	—	*** —	++	—	*** —	++
〃		101 た														
〃		96 ほ	*** —	*** —	*** —	++	*** +	*** —	++							
〃		96 む	*** —	*** —	*** —	++	*** +	—	+							
〃		97 む	*** —	* —	*** —	++	* +	—	+							
中激		97 ち	+	*** +	*** +		+	* +								
〃		99 る 1								—	+	** —	** +	+		
〃		105 よ	—	—	** —		* +	—								
〃		94 い	+	*** +	* +		* —	—		+	* +	** +	+	+		
〃		99 へ	*** —	+	—		+	—								
微		102 ほ	* —	+	** —		*** +	+								
〃		101 む	* —	—	*** —		*** +	+		+	*** +	+	—	—		
ナシ		99 む														
〃		100 る	—	*** +	*** +		*** +	* +								

注 +…年輪幅増加, —…年輪幅減少, *…5%有意差, **…1%有意差, ***…0.5%有意差

6. 降灰中以下の区域では、スギに多少の影響がみとめられたが、十分な有意性はみとめられなかった。ヒノキ、マツ、モミ等では影響はみとめられなかった。

VIII. 降灰による林地植生の変化

吉 井 宅 男⁽¹⁾

新燃岳の噴火にともなう降灰が林木その他林地の植物に被害を与え、ある種の植物を枯死消滅させた。この植生の変化を調査すれば降灰に対し、強、中、弱の抵抗力を持つ植物の種類が明らかになり、また、植生の回復状態から林地における降灰の影響の軽減を判定できるので、この目的のために降灰林地の植

(1) 熊本営林局保護係長

マ				ツ			モ				ミ			備 考
降灰年の成長				翌年の成長			降灰年の成長				翌年の成長			
前年	最小値	平均	影響	当年	前年	影響	前年	最小値	平均	影響	当年	前年	影響	
							** +	-	-	+	+	-		モミ林内 ク 林縁木
-	-	-		* +	-		-	-	-		-	*		アカマツ
-	* -	* -		+	-		-	-	-		+	-		アカマツ
*	*** +	+		*** +	*** +									クロマツ
*** -	* -	*** -	+	+	* -									アカマツ
							+	** +	*** +		+	+		
+				-	-									アカマツ

生調査を行なった。

植生調査は、まず概況調査を行ない、次に、降灰程度の激甚であった地域と軽微であった地域でスギ人工造林6か所、天然林1か所を選びその植生を調査した。さらに、降灰防除試験地内の植生変化について調査を行なった。

調 査 と 結 果

1. 降灰林地の植生概況

降灰の激甚地における自生植物の抵抗性を知るため、とくに草本層に属する植物について94に林小班内標高800mの地点において概況調査を行なった。その結果は次のとおりである。

ミズナラo, コハウチワカエデf, ヤマザクラr, ハネミイヌエンジュr, ハリギリr, ネジキo, アカマツr, シラキr, ツクシイヌツゲo, ヤブツパキo, アカガシr, ヤマツツジr, チゴユリア, ソヨ

ゴ r, ヤマホトトギス o, クロヅル vr, コパンノキ r, サワシバ r, コパノミツバツツジ o, コツクパネ
ウツギ o, サワアジサイ r, ツクシアザミ r, ヘクソカズラ r, サルトリイバラ o, マツバサ r, フクオ
ウソウ o, キガンピ r, イヌシデ o, サワフタギ o, コパノガマズミ o, エンコウカエデ f, ウリハダカ
エデ r, ハイノキ o, ヤマフジ o, シンガシラ a, コパノトネリコ o, モミ r, カナクギノキ r, シロダ
モ o, ケナシカマツカ r, シロモジ o, オウバウマノスズクサ r, メギ r, サンカクヅル r, コウモリソ
ウ o.

上記調査によると草本類では、チゴユリ、ナルコユリ、ヤマホトトギス等ユリ科植物とシンガシラが強
いようである。

木本では、コハウチワカエデ、エンコウカエデ、ウリハダカエデ等カエデ科の植物が強いようである。

2. 降灰林分内の植生

i) 調査箇所

降灰程度の激甚であった地域と軽微な地域から次表のような7か所を選び調査した。

第 32 表 植生調査箇所

調査箇所	96 か	92 ろ	95 は	96 る	94 い	96 ぬ	91 は	備 考
樹 種	ス ギ	ス ギ	ス ギ	モミ, ウラ ジロカン, ヤブツバキ	ス ギ	ス ギ	ス ギ	激害地は降 灰 30 cm 以上
林 齢	57 年	50 年	25 年	40 年	6 年	1 年	10 年	
地 形	尾 根	尾 根	山 腹	尾 根	山 腹	山 腹	山 腹	
標 高	660m	660m	660m	680m	760m	660m	500m	
方 位	S	S	EN	S	ESE	E	SE	
傾 斜	緩	平 坦	緩	緩	緩	緩	緩	
平均樹高	26m	15m	13m	24~12m	4 m	1 m	5 m	
降灰程度	激	微	激	激	激	激		

ii) 調査方法

調査対象林分の適当な箇所に幅 1 m, 長さ 50 m のベルト上に 1 m² の調査框 50 か所を設け, 低木層
以下の植生について被度の調査を行なった。

iii) 調査結果

当地域におけるスギの人工造林地で生育状態の中層な壮齢林分内に普通自生し, 低木層以下に属する主
要な植物は, フユイチゴ, コチヂミザサ, チゴユリ, ハナイカダ, コアカソ, イヌガヤ, アオキ, コンテ
リギ, アオガン等であるが, 降灰の激甚 (30 cm くらいの厚さに積もった) 地域では, チゴユリ以外の草
本類はほとんど全滅し, なお適潤性の木本類も主として被害を受けているようであるが, 調査結果を示す
と第 33, 34 表のとおりである。

降灰地域に自生する植物のなかで, 降灰に対して強い抵抗を示して生き残るものと, 弱い抵抗力しかも
たずに枯損してしまう植物があるが, 第 33, 34 表から降灰による抵抗力に差のあると思われる植物を分
けてみると, 次のとおりになる。

a) 低木層以下の木本で被害を受けやすい植物は次のようである。

第 33 表 低木層以下の木本類の枯死状況（降灰激基地）

調査箇所 層 区分 種	95 は (スギ)				96 か (スギ)				96 る (天然林)			
	低 木		草 本		低 木		草 本		低 木		草 本	
	頻度	枯損率	頻度	枯損率	頻度	枯損率	頻度	枯損率	頻度	枯損率	頻度	枯損率
ナガバキイチゴ	6	100										
イヌガヤ	14	85	30	87								
ムラサキシキブ	8	100	2	100								
クロウメモドキ	6	100										
ハナイカダ	18	100	22	100	16	100			6	100		
ヤマイバラ	10	40	2	100								
コンテリギ	12	17	24	42	2	100	6	33				
アブラチャン	8	100										
アオガシ	2	100										
サンショウ	2	100							2	100		
ツルシキミ									30	20		
アカガシ									4	50		
ウラギンツルグミ									4	50		
モミ			8	25			12	33			32	6
シラキ			2	100								
アオキ	4	0	2	100								

ハナイカダ、イヌガヤ、ムラサキシキブ、アブラチャン、ナガバキイチゴ、クロウメモドキ、シラキ、サンショウ、アオガシ、アカガシ、ウラギンツルグミ、ヤマイバラ、コンテリギ、モミ、ツルシキミ、アオキ等。

b) 低木層以下の木本で被害に強い植物は次のようである。

ツタウルシ、コハウチワカエデ、サルトリイバラ、ヤブコウジ、シラキ、エンコウカエデ、イヌシデ、シロダモ、ネズミモチ、ウラジロガシ、タブノキ、アオジクユズリハ、テイカカズラ、ヒサカキ、ヤブツバキ等。

c) 低木層以下の草本類で強いのはチゴユリである。

なお、幼齢造林地ではススキが優占種であり、ワラビも強いようである。

3. 降灰処理試験地の植生

前記のとおり試験地では、降灰除去、石灰混入、無処理の3処理を行なったが、約1年経過後各区の植生を調査して植生の遷移を知ろうとした。

i) 調査方法

各試験地内の苗木の植栽列（植栽方向）に直角（等高線に平行）に1m幅のベルト（降灰除去、石灰混入、無処理の各区内を一直線にとおした）を設け、各処理区ごとにベルトに添って1m²の調査枠内に発生した植物の被度の調査を行なった。

ii) 調査結果

調査の結果を取りまとめて第35表に示す。

第35表から、次の事項が帰納される。

第 34 表 低木層以下の

調査箇所 層 頻度と 平均被度 種	96 か(激)(スギ)				92 ろ(微)(スギ)				95 は(激)(スギ)			
	低 木		草 本		低 木		草 本		低 木		草 本	
	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度
サルトリイバラ	24	0.5	14	0.2			12	0.1			22	0.3
シロダモリ			12	0.2							10	0.1
チゴユノ	18	0.5	12	+			70	0.5			12	+
タブノキ	24	0.5	18	0.1								
ネズミモチ												
イヌガシ	12	0.3										
アオジュズ	18	0.4										
アヲガ	12	0.4			22	0.6						
ウラジロガシ	26	0.6										
モミ	14	0.3										
アオケイ			24	0.3	18	0.3	10	0.1				
ヤブニッケイ			12	0.1								
ツルシキ			10	+								
コアカ					10	0.2						
イヌザク					10	0.3						
ハナインカダ					10	0.4						
コバノキ					14	0.5						
ツクシイヌツギ					16	0.4						
ツクシウツギ					10	0.2						
フユイチゴ							80	1.1				
キツタ							32	0.2				
ツバウレシ							76	0.7			36	0.4
ナガバキ							44	0.3				
コナンテ							20	0.3			14	0.3
イワガラ							18	0.1				
テカカズラ							22	0.1				
コハウチワカエデ									26	0.4		
エンコウカエデ									12	0.2		
イヌシデ									12	0.4		
シラキ									16	0.3		
ヤブコウジ											20	0.1
ヤブツバキ												
ヒサキ												
エノキ												
ハルニレ												
ツクシ												
ノシヤブ												
クシヤブ												
キツバ												
ミツバ												

a) 石灰混入区

植物の種類が最も多く他の調査区に比して草本類が特に多く発生し被度も高い。これは石灰施用の効果
があらわれたためであろう。

頻度 10% 以上の木本類はヤブコウジ, スイカズラ, ヤマフジ, エンコウカエデ, シロダモ, タブノ

植生調査

96 る (激) (天然)				94 い (激) (スギ)				96 ん (激) (スギ)				91 は (微) (スギ)			
低 木		草 本		低 木		草 本		低 木		草 本		低 木		草 本	
頻度	平均被度	頻度	平均被度												
%		%		%		%		%		%		%		%	
30	0.7	24	0.2			22	0.3			30	0.5	20	0.3		
12	0.3	12	0.1							12	0.2			14	0.1
12	0.2														
10	0.2														
12	0.3	12	+												
		30	0.3												
52	1.1	14	0.1			12	0.1								
		12	0.1												
24	0.4	38	0.3												
						18	0.2					10	0.1		
						12	0.1					10	0.2		
						10	+							38	0.4
						34	1.1								
						22	0.3			10	0.2	16	0.3		
		34	0.2			26	0.3								
10	0.2														
12	0.2	12	+			14	0.2			14	0.2				
18	0.3	36	0.3												
		12	0.1			18	0.2								
				12	0.2										
				20	0.3										
				40	0.9										
						16	0.2			14	0.3				
						12	0.1								
								18	0.3	16	0.3				
										14	0.2	24	0.3	32	0.3
										50	1.1	44	1.0		
										18	0.4	100	5.0		
										12	0.2				
										36	0.5				
										16	0.3				
										10	0.2				
												24	0.6		
												18	0.2		
												12	0.2		
												12	0.2		

キ, スルデ, ウラジロガシ, ヤブツバキ, エゴノキ, ネムノキ, ヤマザクラ, アカンデ, サルトリイバラ, ミズナラ, ノブドウ, クロヅル, タラノキ, イヌシデ, ツクシイヌツゲ, ケヤキ, サンカクヅル等。

同じく草本類は, ススキ, コチヂミザサ, ヤクソウ, コナスビ, シマホロギク等である。

b)降灰除去区

第 35 表 降灰防除試験地の植生調査 (頻度 10%以上掲上)

種	試験地		第 1 試験地				第 2 試験地				第 3 試験地							
	処理区分		除灰区		対照区		除灰区		石灰区		対照区		除灰区		石灰区		対照区	
	頻度平均被度		頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度	頻度	平均被度
	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
シロダモ	24	0.2			11	+	10	+			14	0.5	25	0.2	20	0.2		
タブノキ	21	0.2											16	0.2				
ヌルデ	29	0.5					15	+					13	+				
ウラボシ	15	+			22	0.2	10	+							17	0.1		
ヤブコウジ	12	+					33	0.2					16	0.2				
アカメガシワ	12	+			17	0.1					32	0.2			13	+		
ヤマブツバキ			24	0.2	11	0.1					43	0.2	19	0.1				
ススキ			18	0.2							32	0.3	69	+	10	+		
クロヅル	24	0.3			11	+	20	0.3										
タラノキ	35	0.8			17	0.1	10	+										
ムラサキシキブ	21	0.2																
ヒメドリ	21	0.2																
ヤエギ							50	0.6	33	0.7			16	0.2				
サルトリイバラ					17	0.2	10	+			18	+	16	0.1				
ミズナ					11	0.1	20	0.2	14	0.1	11	+			13	0.1		
イヌシ							10	0.1										
スズク							15	0.3										
ヤマノイモ							10	0.1										
アツギ					11	0.2												
サカキ							50	0.6	14	0.2								
ツタ					11	+			14	0.1								
カナクギノキ					17	0.1	17	+										
サルトリイバラ							20	0.3										
クロヅル							10	0.3										
ツタウルシ					11	+												
エンコウカエデ					11	0.5	35	0.3	14	0.1								
ヒサカキ											11	+			10	+		
ツタ											14	+						
ネ													13	+				
カナクギノキ											11	+						
ヤマザクラ													13	+				
コナギ											14	+	25	0.2	10	+		
ヤブコウジ													22	0.1				
アツギ													16	0.2				
コナギ													16	+				
アツギ													19	0.2				
ネ															13	+		
															10	0.1		

この調査区では木本類の頻度と被度が他の調査区に比較して高いようである。これは降灰の除去により、タラノキ、ヌルデ、アカメガシワ、ヤマザクラ等の陽樹の発生を促したことと前生樹の伐根より萌芽によるものである。

頻度 10% 以上の木本類は、ヤブツバキ、タラノキ、アカメガシワ、ヌルデ、シロダモ、タブノキ、ウラボシ、エゴノキ、ツクシイヌツゲ、ヒサカキ、ツタ、カナクギノキ、サルトリイバラ、クロヅル、コンテリギ、ツタウルシ、エンコウカエデ、ムラサキシキブ等である。

頻度 10% 以上の草本類は、ススキ、コチヂミザサ、ヤマノイモ、ヒメドリ等である。

c) 無処理区

他の調査区に比して植物発生種類は少なく被度頻度も低いようである。

頻度 10% 以上の木本類は、ヤマフジ、ヤブツバキ、シロダモ、ウラボシ、クロヅル、サルトリイ

バラ、スイカズラ、アカガシ、エンコウカエデ、アカメガシワ、ヒサカキ、アオキ、ネズミモチ等である。

頻度 10% 以上の草本類はススキ、コチヂミザサ等である。

結 言

火山灰の降灰のため幼壮齢林内に自生するチゴユリ、ナルコユリ、ヤマホトトギス等以外の草本類がほとんど全滅し、低木層に属するハナイカダ、イヌガヤ、ムラサキシキブ、アブラチャン、ナガバキイチゴ、シラキ、アオガシ、コンテリギ、アオキ等が枯死する場合は降灰の影響による土壌の化学的变化のために土壌条件が非常に悪くなっている。

降灰の激甚な伐跡地では、降灰後 1 年半を 経過すれば 頻度や被度は低いが、すでに木本類ではタラノキ、ヌルデ、アカメガシワ、ネムノキ、ケヤキ等がある。草本類ではススキ、コチヂミザサ、ナキリスゲ、ケトダンバ、ヒメアブラススキ、サツマスゲ、ヒヨドリバナ、コナスビ、タチツボスミレ等が侵入している。

降灰の激甚な地域の造林に当たっては、降灰後 1 年くらい経過した後に植栽すべきであろう。

IX. 降灰処理試験の結果

徳 重 陽 山⁽¹⁾・尾 方 信 夫⁽²⁾

調 査 結 果

1. 第 1 試験地の結果

調査の結果は第 36 表に示すとおりである。

これらの結果から次の点が考えられる。

i) 除灰区はマツ、スギ、ヒノキともに枯死率が 5% 前後であるが、無処理区ではマツ 60%、スギ、

第 36 表 第 1 試験地の結果

処理	樹種 苗の状態	項目	マ			ス			ギ			ヒノキ		
			本数	%	平均苗高	本数	%	平均苗高	本数	%	平均苗高	本数	%	平均苗高
除灰区	枯死	半枯死	2	4.2	—	2	6.6	—	4	7.5	—			
		健全	1	2.1	20	9	30	39.7	1	1.8	43.0			
		計	44	93.6	25.9	19	66.3	54.2	48	90.5	46.2			
	計	47		25.7	30		47.0	53		46.1				
対照区	枯死	半枯死	9	26.4	—	20	57.1	—	19	52.7	—			
		健全	1	2.9	22	6	17.1	38.5	3	8.3	30.6			
		計	24	70.5	22.4	9	25.7	48.0	14	38.8	39.3			
	計	34		22.4	35		44.2	36		37.8				

(1) 九州支場保護第 1 研究室長・農学博士

(2) 九州支場造林研究室長

ヒノキ 55% 程度の枯死率である。

ii) 除灰区のマツ、ヒノキの苗高はいずれも無処理区のそれよりも大きい。これは除灰によって火山灰の影響を減少させた結果と思われる。

iii) 相当多量の降灰があった地区でも灰を除去すれば、苗木を枯死させたり、成長を停止させたりする毒力は激減することがわかる。

iv) マツはスギ、ヒノキに比較して、火山灰に対する抵抗力は相当強いようである。

2. 第 2 試験地の結果

調査の結果は第 37 表に示すとおりである。

第 37 表 第 2 試験地の結果

苗の状態	処理項目	除 灰 区			石 灰 区			対 照 区		
		本 数	%	平均樹高	本 数	%	平均樹高	本 数	%	平均樹高
枯 死		6	16.6	—	21	53.8	—	24	58.5	—
半 枯		4	11.1	47.7	3	7.6	41.0	6	14.6	32.5
健 全		26	72.2	56.1	15	38.4	56.0	11	26.8	44.1
計		36	100	55.0	39	100	53.5	41	100	40.0

これらの結果から次の点が考えられる。

i) 除灰区の枯損率は 17%、石灰区は 54%、対照区は 59%で除灰の効果は非常にあることを示している。案外に石灰区が高い枯損率を示しているのは、石灰による薬害が現われているものと思われる。

ii) 除灰区と石灰区の苗高はほぼ同じであるが、対照区の苗高は両者よりかなり低く、枯死をまぬがれても、相当の影響を受けて成長がほとんど停止していることを示している。

3. 第 3 試験地の結果

第 3 試験地の調査の結果は第 38~41 表に示すとおりである。

第 38 表 第 3 試験地の苗枯死率と傾斜、処理、樹種との関係

試験区	処理**		除 灰 区			石 灰 区			対 照 区		
	傾斜上の位置	樹種	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ
			%	%	%	%	%	%	%	%	%
第 1 区	上 部		10	10	10	55	42	42	14	30	20
	中 部		0	0	0	45	34	34	10	45	19
	下 部		8	0	15	39	37	34	13	27	15
第 2 区	上 部		0	0	0	45	34	24	28	39	14
	中 部		0	10	10	37	17	22	17	34	24
	下 部		0	0	8	38	30	25	13	29	31
第 3 区	上 部		10	16	0	58	26	38	10	43	26
	中 部		10	14	16	66	34	31	17	24	37
	下 部		8	21	17	56	20	34	0	32	23
平 均			1.4	3.7	3.6	56.0	26.7	32.2	6.7	31.1	16.8

第 39 表 第 3 試験地の苗半枯死率と傾斜、処理、樹種との関係

試験区	傾斜上の位置	処理		除 灰 区			石 灰 区			対 照 区		
		樹種	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	
			%	%	%	%	%	%				
第 1 区	上 部	0	14	14	0	0	0	10	0	0		
	中 部	0	10	10	0	0	14	10	10	14		
	下 部	0	0	0	10	0	20	10	0	10		
第 2 区	上 部	0	0	0	0	0	14	0	0	14		
	中 部	0	0	14	0	0	10	0	10	10		
	下 部	0	0	8	10	0	12	0	8	13		
第 3 区	上 部	0	10	0	14	10	0	0	10	0		
	中 部	0	0	10	0	10	10	0	0	0		
	下 部	0	12	15	0	13	13	0	0	0		
平 均		0	1.4	3	1.3	1.2	4.3	1.0	1.2	2.6		

第 40 表 第 3 試験地の苗高と傾斜、処理、樹種との関係

試験区	傾斜上の位置	処理*		除 灰 区			石 灰 区			対 照 区		
		樹種**	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	
			cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
第 1 区	上 部	19	48	54	14	39	54	26	44	56		
	中 部	20	49	55	21	41	61	26	42	49		
	下 部	19	49	58	18	41	61	19	43	55		
第 2 区	上 部	24	48	59	17	38	56	19	46	50		
	中 部	21	45	55	18	43	58	20	45	52		
	下 部	20	46	56	18	42	57	19	49	51		
第 3 区	上 部	23	51	53	17	38	58	24	41	50		
	中 部	23	49	48	17	37	59	28	44	51		
	下 部	22	36	47	19	38	58	27	51	53		
平 均		21.1	46.9	53.8	17.7	39.8	57.9	23.0	45.0	51.8		

これらの表から次の事項が集約できる。

i) 試験地傾斜面上の上部、中部、下部間では、苗高、枯死率、半枯死率について有意な差が認められなかった。したがって、傾斜面の上部にある苗が特に苗高が低かったり、枯死率、半枯死率が低かったりすることはないようである。

ii) マツの苗高は処理区ごとの有意差なし。ヒノキの苗高は除灰区>対照区>石灰区の順になり、有意差（5%有意水準）あり。

スギの苗高は処理区ごとの有意差なし。

iii) マツの枯死率は石灰区（56%）>対照区（6.7%）>除灰区（1.4%）で、顕著な有意差（1%有意水準）あり。ヒノキの枯死率は対照区（31.1%）>石灰区（26.7%）>除灰区（3.7%）で顕著な有意差あり。スギの枯死率は石灰区（32.2%）>対照区（16.8%）>除灰区（3.6%）で、顕著な有意差あり。

iv) マツの半枯死率は石灰区（1.2%）、対照区（1.0%）>除灰区（0.0%）で、顕著な有意差あり。ヒ

第 41 表 第 3 試験地の各区の着果苗率

傾斜面上の位置		除 灰 区			石 灰 区			対 照 区		
		マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ	マ ツ	ヒノキ	ス ギ
第 1 区	上 部	0	0	33.3	0	0	0	0	0	23.5
	中 部	0	0	42.8	0	0	5.7	0	0	25.0
	下 部	0	0	40.3	0	0	0	0	0	6.8
第 2 区	上 部	0	0	5.8	0	0	0	0	0	14.7
	中 部	0	0	11.1	0	0	0	0	0	19.4
	下 部	0	0	16.6	0	0	3.5	0	0	2.2
第 3 区	上 部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中 部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下 部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平 均		0	0	16.7	0	0	1.0	0	0	10.2

ノキの半枯死率は処理区ごとに有意差なし。スギの半枯死率は処理区ごとに有意差なし。

v) 除灰区の枯死率は樹種間に有意差なし。石灰区の枯死率はマツ (56%) > スギ (32.2%), ヒノキ (26.7%) で、有意差あり。対照区の枯死率はヒノキ (31.1%) > スギ (16.8%) > マツ (6.7%) で、有意差あり。

vi) 試験地のスギ苗で球果をつけたものが多数あったが、これは特定の母樹から採種育苗されたものがこの傾向を示しているにすぎず、火山灰の影響とは考えられない。

結 言

1. 噴出火山灰によって林地に灰が積もっても、火山灰を除去すれば、新植しても被害はほとんどないことがわかった。

2. 石灰の散布で被害を軽減できるはずであるが、今回の試験では石灰の散布後、すぐに苗を植えたために石灰による葉害を生じた。この葉剤に対して最も弱いのはマツであり、スギ、ヒノキの順序に強くなる。

3. 対照区で最も枯死率の少ないのはマツであり、次にスギ、次にヒノキの順に増えてくる。したがって、アルカリ性の害に対してはマツは最も弱く、酸性の害に対しては最も強い。ヒノキは丁度逆の性質を有しているようであり、スギは両者の中間的性質を有している。

4. 降灰後は、枯死率が全般的にたかまり、特に降灰量の多い地域 96 林班等は相当な被害である。しかし、その後、補植された苗は活着し、それ以上の枯死は発生しないようであるから降灰中の有毒成分もしだいに溶脱されていることを示している。

要 約

1959 年 2 月 17 日霧島火山群の新燃岳が突然爆発して、多量の噴石と火山灰を林地に降らし、そのために林木は折損倒伏の被害を受けた。火山灰による幼齡木の倒伏に対しては灰を落として起こしてやる必要かつ有効な作業であった。その後、同年 9 月ころより降灰堆積地区でスギ、ヒノキの枯死被害

が現われはじめた。これは1次被害と全然別の被害で、根から吸収した有毒物による生理障害と考えられたので、この新しい被害について、その原因と防除法を研究する必要が起り、この共同研究が行なわれたのである。

その結果を要約すると次のとおりである。

1. 降灰が林木に及ぼした枯死被害は、降灰後8か月ころを頂点にして以後はほとんど増加せず、翌1960年にはやや回復の兆候が見られた。これは土壤状態の好転（強酸化の減退、SO₂量の減少）、林地植生状態の回復、林木肥大成長の回復等の調査結果によって裏付けされた。しかし、降灰が林木の肥大成長に及ぼした影響は大きいもので、降灰量の多かったスギ林では、降灰当年の肥大成長は前年に比べて50%以上減っており、降灰翌年の肥大成長は降灰当年のそれに比べればやや回復はしているが、降灰前年に比べると30%減っていた。しかし、スギ以外の樹種については、それほど顕著ではなく、樹高成長についてはスギにも降灰の影響が認められなかった。

2. 林木の被害は可溶性の有毒物によって根の組織を侵され、そこから有毒成分を吸収して枯死していた。枯死木中に異常に多量の硫化物が含まれており、木質は黒く変色していた。この黒い変色は吸収した溶液中に硫酸鉄塩の存在を示すもので、木材中のロイコアントシアンが鉄イオンと硫酸イオンの存在下に複合体を作り着色したものであろう。この硫化物や硫酸鉄塩は火山灰から浸出されたものと考えられる。一方、火山灰は降灰直後微酸性を示していたが、日時の経過とともに強酸化していった。そこで、林木に被害が出はじめたわけであるが、強酸化の原因は明らかに火山灰中に含まれていた硫黄化合物の酸化にともなって、遊離の硫酸が生成されたことによるものである。したがって、林木に被害を与えた有毒物としては主体は硫酸であろうが、同時に生成される硫酸塩類等も含まれるであろう。

3. 林木の被害程度は、火山灰の性質と降灰量によって定まるが、今回の場合既往造林地では、10 cm程度の積灰ならば被害はほとんど発生しない。15 cm程度になると局部的に点々と発生し、20 cm以上になるとかなり被害が発生するようである。しかし、1年経過すれば、それ以上に被害は進展しないようであり、被害を与えた毒物は雨水によって意外に早く溶脱されるようである。したがって、積灰を除去すれば、降灰当年でも造林可能であるが、新植は1, 2年後に有害成分の溶脱をまっけて行なうことがよいであろう。石灰の散布は理論的には正しいが、実際的には種々の難点がある。なお、樹種としては、マツがこの種の被害に対して強い抵抗力をもっているので、防除対策としてはマツを造林樹種として選定することも一つの方法である。

文 献

- 1) 菅野一郎・有村玄洋・桑野幸男：1959年噴出せる霧島火山群新燃岳火山灰中の硫黄化合物，ベトロジスト，3,2, pp. 50~53, (1959)
- 2) 土持綱男：新燃岳噴出火山灰が農作物に与えた影響 第1報，宮崎県農業試験場，(1959)

図版の説明

Plate 1

- 1: 97 ち林小班の降灰状態（スギ）
- 2: 降灰による幼齡スギの倒伏
- 3: 97 に林小班の降灰状態（スギ）

- 4: 94 い林小班スギ壮齡木の降灰による枝、梢端部の垂下
- 5: 降灰 1 年後における、95 は林小班内の堆灰層と地中浸入状態
- 6: 降灰 1 年後における、96 ん林小班内の堆灰層
- 7: 降灰によるスギ壮齡木の折損状態

Plate 2

- 1: 第 1 降灰防除試験地（中央三角形の伐跡地）の遠影、正面矢岳
- 2: 同上試験地の内影
- 3: 第 2 降灰防除試験地の遠影
- 4: 同上試験地の内影
- 5: 第 3 降灰防除試験地の遠影
- 6: 同上試験地の内影
- 7: 第 3 試験地除灰区のスギ苗
- 8: 第 3 試験地堆灰区のスギ苗

Plate 3

- 1: 激害を受けて枯死したスギの幹横断面の黒変
- 2: 微害を受けたスギの幹縦断面上の斑紋黒変
- 3: 中害を受けたスギの幹横断面半分に現われた黒変
- 4: 微害スギの斑紋黒変（幹基部横断面）とそれに関係をもつ根部黒変
- 5: 微害スギの条斑黒変（幹基部縦断面）とそれに関係をもつ根部黒変
- 6: 微害スギの黒変枯死した細根につながっている根部木質の条斑黒変
- 7: 激害を受け枯死したヒノキの幹横断面の淡黒変
- 8: スギ生立木に硫酸第一鉄（上）と黄鉄鉱（下）を填充して現われた条斑黒変
- 9: 激害を受け枯死したスギ根部の黒変（縦断面）
- 10: 同上（横断面）

Plate 4

- 1: 幼齡スギ被害木の幹の条斑黒変と枝の条斑黒変のつながり
- 2: 幼齡スギ被害木の幹の条斑黒変
- 3: 幼齡スギ被害木の根の条斑黒変
- 4: 軽い被害を受けたスギ幼齡木の黒色斑紋と条斑
- 5: 被害を受けて枯れた新植スギ苗の暗色条斑
- 6: 同上
- 7: 激しい被害を受けて枯死したスギ幼齡木の黒色斑紋と条斑
- 8: 激害を受け枯れたアオキの堆灰に接した組織の亀裂
- 9: 同上の組織の黒変
- 10: 激害を受けて枯死したスギの横断切片
- 11: 同上
- 12: 激害を受けて枯死したスギの縦断切片

**Damage to Forest Trees by the Shinmoe-dake Ejecta of the
Kirishima Volcano Cluster, following Eruption in 1959.**

Working Group on the Damage to Forest Trees by the Ejecta

(Résumé)

In February 17, 1959, Shinmoe-dake of Kirishima Volcano Cluster went into eruption without prior warning, and injury of snapped twigs and deep bowed trees occurred on the forest trees by a great deal of ejecta (volcanic blocks and ashes). In the case of the initial injury, it was necessary to brush aside and set upright the fallen ashy young plants, and that was very effective. Then, from about September, injury causing dying off appeared on *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* at the region of the accumulated ashes. As it was believed that this injury was quite different from the initial one, a common study was needed to investigate the cause and its prevention. The results of such investigation yielded the following:

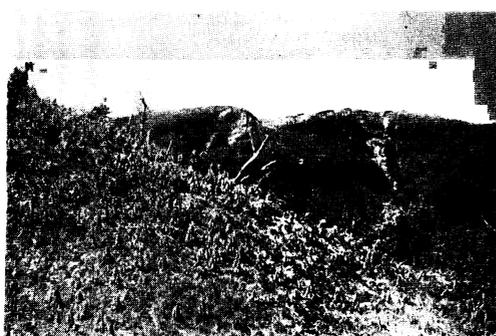
1. It seemed that injury by the ashes leading to death stopped increasing after eight months, and in the following year, 1960, some signs of recovery were observed. This was proved by the findings: improvement in the soil condition (decline in the heavy oxygenation, decrease in SO_3), recovery in the vegetational situation of the stand, and recovery in the dick growth of forest tree. But the dick growth of *Cryptomeria japonica* in the ash-fallen year decreased over 50% against the year before (1958), and in the next year (1960) comparing with the ash-fallen year, it somewhat recovered. But it decreased 30% against the year before the last (1958).

2. The woody plants were damaged in their root tissues by a soluble poisonous substance, then they died from poisonous elements absorbed from the roots. Some of the dead plants contained much sulfide, and the xylem was stained black. The stain may be a complex of leuco-anthocyan in woods and Fe^{++} . These sulfide and sulfates must be substances which were exuded from the ashes. On the other hand the ashes showed a slight acid reaction just after the eruption, and came to show heavy acid reaction day by day; then the injury began to appear on the trees. Evidently the heavy acidity of the ashes indicated formation of free sulfuric acid, which was formed by acidity of sulfur compounds in the ashes. Therefore, the main poisonous substances injuring the trees may be sulfuric acid, and additionally sulfates too.

3. The rate of damage to forest trees may be determined by the properties and quantity of the volcanic ash. In the present instance the ash-fall of about 10 cm caused little injury, that of about 15cm caused localized damage and that of 20 cm or over caused considerable injury. Apparently after one year there are no signs of increase, because the poisonous substances unexpectedly are not present and rapidly disappear, carried away by rain. In the case of new planting seedlings, if they are planted in the ash land one or two years after the eruption, they may be unharmed, and if the fallen ashes are brought out on land, the afforestation is possible there immediately, not losing sight of the fact that the scattering of lime has many difficult points in practice. Besides, the pinus offers hard resistance

against injury of this sort, so this is one good point in choosing pinus as a species of afforestation.

Kyūshū Branch Station of the Government Forest
Experiment Station, Kurokami, Kumamoto, Japan.



1



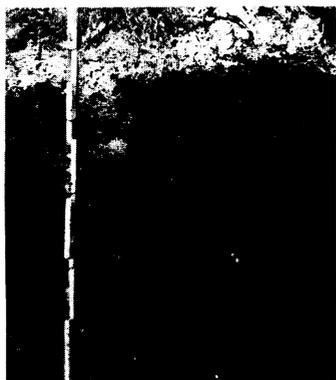
2



3



4



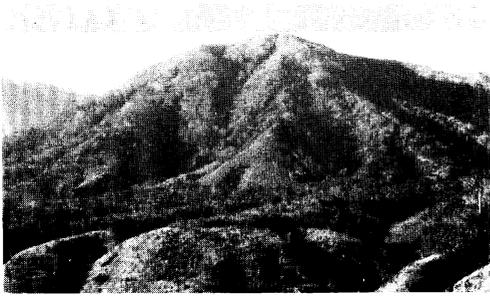
5



6



7



1



2



3



4



5



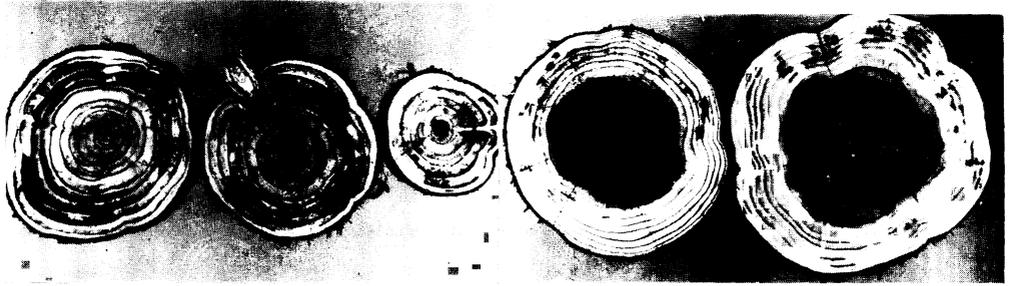
6



7

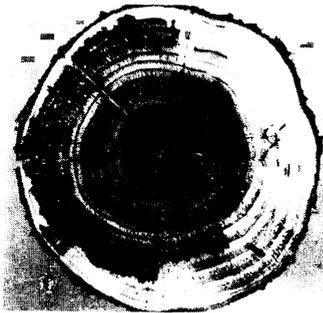


8



1

2



3



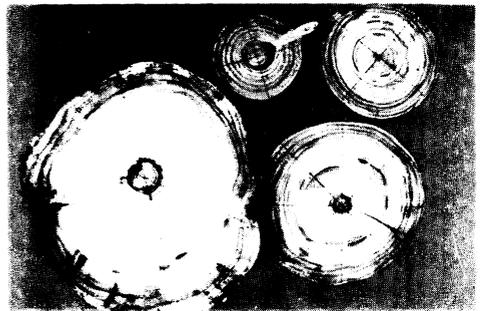
4



5



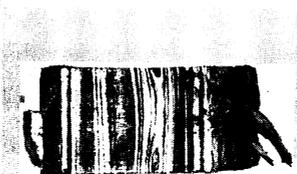
6



7



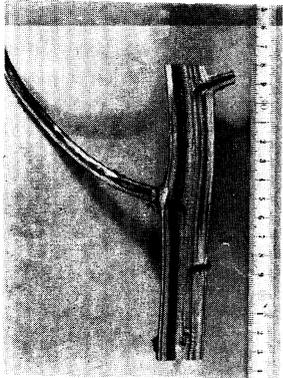
8



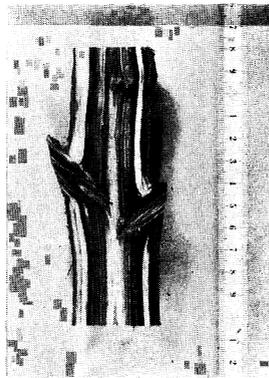
9



10



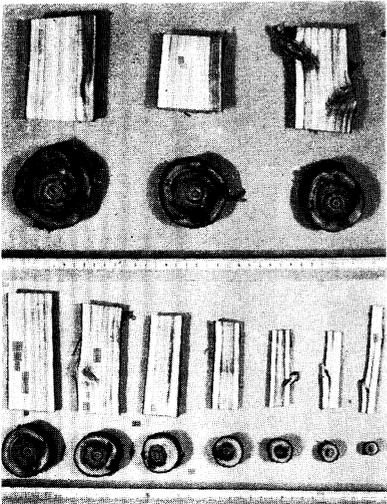
1



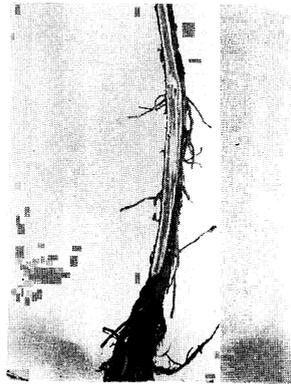
2



3



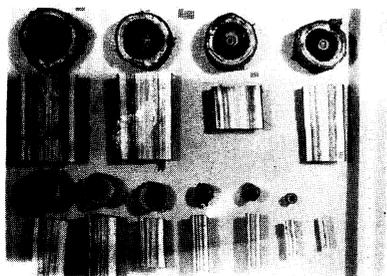
4



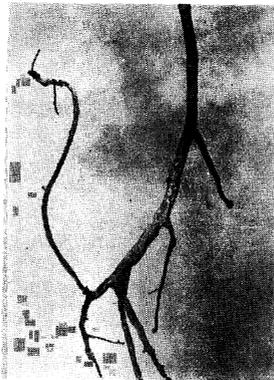
5



6



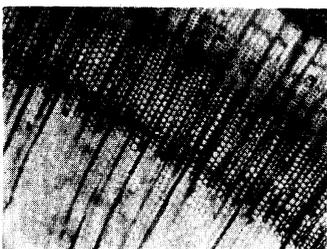
7



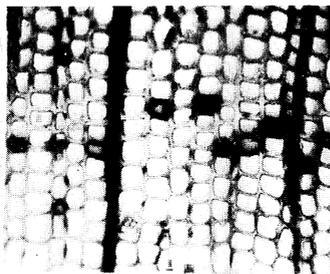
8



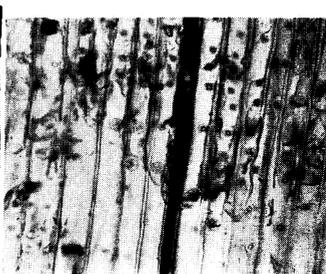
9



10



11



12