

湘南、高麗山地域の富塩基土壌の生成要因と分類学上の
位置づけについて (第2報)

分布、粘土鉱物組成、母岩の性質と生成・分類についての考察

森田佳行⁽¹⁾・大角泰夫⁽²⁾・田中永晴⁽³⁾

Yoshiyuki MORITA, Yasuo OHSUMI and Nagaharu TANAKA : On the Nature, Genesis
and Classification of Eutrophic Soils on the Coastal Hill (Mt. Komayama)
in the Shonan District of Kanagawa Prefecture (II)

—Distribution, clay mineral composition and properties of parent material of the eutrophic
Brown Forest soil, and the assumption of its forming process—

要 旨：湘南の高麗山地域に分布する富塩基土壌の生成条件を明らかにするため、本報では高麗山を中心とした周辺地域の土壌の塩基状態等を調べた。さらにこの富塩基土壌の主母岩である宝永スコリアおよび凝灰岩の性質を詳細に調べた。それらの結果から富塩基土壌の生成機構について考察した。得られた結果は以下のように要約される。

1) 湘南地域で比較的塩基に富む土壌は凝灰岩由来で、さらにその上に宝永スコリアが被覆していた。2) 富塩基土壌の粘土鉱物は2:1型膨潤格子型粘土鉱物および沸石を主要鉱物としており、周辺地域の富塩基土壌以外の土壌はこれらの粘土鉱物をほとんど含まないか、あるいはきわめて微量しか含んでいなかった。3) 玄武岩質の宝永スコリアは多孔質で風化されやすく、風化に伴って高 pH、富塩基条件を作り出すと推測された。4) 高麗山の凝灰質砂岩は2:1型粘土鉱物、沸石類を多量に含み、その粉碎試料は塩基置換容量が大きく、置換性塩基に富み、塩基飽和度が高いという特異な性質を示した。5) 以上の結果から考察すれば、湘南地域の富塩基土壌の特異な性質は、宝永スコリアの風化によって放出された多量の塩基類が、凝灰岩の風化に伴って放出、形成された沸石類や2:1型粘土鉱物に起因する高い塩基置換能を持つ材料によって吸着保持された結果もたらされたものと結論づけた。なお凝灰岩の風化物自身も多量の塩基を保持しており、スコリアと共に富塩基土壌の生成に関与していることはいうまでもない。

序 言

著者らは現在湘南丘陵高麗山に分布する塩基飽和度の高い森林土壌について、調査研究を進めており、すでに前報¹⁾でその性質を詳細に調べ、この土壌がわが国の褐色森林土としては、塩基状態が特異であることを明らかにした。

前報¹⁾で述べた高麗山土壌の基本的性質を要約すれば次のとおりである。形態的には褐色森林土であるが、全層にわたって pH が高く、有機物の少ない下層でも塩基置換容量（価下 CEC と記す）はきわめて大きく、置換性のカルシウム、マグネシウム（以下 Ex-Ca, Ex-Mg とする）の量は多い。さらに塩基飽和度はきわめて高く特に下層層著しい。有機物含有量の少ない B 層でも明度が低く、色相を別にすれば暗赤色土に類似する。主要粘土鉱物はモンモリロナイト、ヴァーミキュライト、および沸石類である。

本報ではこの特性が母岩の性質と強く関連すると予想されるため、生成条件の把握を目的として前報に示した調査地域を拡大し、その出現状態の概略を把握するとともに、湘南地方において類似の母岩から生成したと考えられる土壌の調査を進め、各土壌の類似点ならびに相違点を、主として母岩の性質、特に凝灰岩と宝永火口由来のスコリアのそれから検討した。同時に、この土壌の下層の高い塩基置換能の原因を解明するために粘土鉱物組成を調べた。その結果宝永火口由来のスコリア等が塩基を多量に放出し、高 pH な条件を作り出す可能性を保持しており、凝灰岩が CEC の大きい粘土鉱物を含み、かつ置換性塩基に富むことが確認された。以上の検討の結果、本土壌の生成条件の解明にきわめて有効と考えられる知見が得られた。

本研究の分布調査のうち、大磯千畳敷、大磯鷹取山頂、真鶴岬および逗子神武寺の調査は筆者らのうち森田のはるか久保哲茂土壌調査科長、土壌第三研究室宮川清主任研究官、小林繁男技官、加藤正樹技官および物奈川県林業試験場越路正技師によって行われた。

また、鷹取山尾根、善波峠、菜の花台の調査には、調査部海外林業調査科技術情報室長八木久義技官にご協力頂いた。これらの方に謝意を表するとともに、現地調査に当たっては終始多大の便宜とご協力を賜った神奈川県林業試験場越路正技師ならびに同林試各位に深甚な謝意を表する。また論文を書くに当たっては土壌調査科長久保哲茂技官に閣稿しご指導を頂いた。合わせて謝意を表する。

1. 土壌調査方法および分析方法

国有林野土壌調査方法書²⁾に準拠して調査を行い土壌試料を採取した。土壌試料の分析は前記方法書²⁾によったほか、全炭素、全窒素（以下 C 及び N とする）は C-N コーダで定量した。また土壌養分分析法³⁾に基づいて CEC を定量し、浸出液より Ex-Ca、Ex-Mg を原子吸光法にて定量した。岩片の化学組成は炭酸熔融法とフッ化水素酸分解法を併用し、SiO₂ は重量法、P₂O₅ はモリブデンブルー発色比色法、その他の成分は原子吸光法で求めた。粘土鉱物は X 線回析法で同定した。

2. 高麗山土壌に類似する土壌の分布の特徴

Fig. 1 に調査地点と、第三紀凝灰岩の分布範囲⁴⁾および宝永の軽石・スコリア層等厚線⁵⁾を示した。Table 1 に調査地の立地条件と断面形態を、Table 2 に土壌の化学的性質を示した。分布調査を行うに当たっては、1) 宝永スコリア、2) 臨海性常緑広葉樹林、3) 凝灰岩の 3 点に着目し調査地点を選定した。その理由と調査の結果は次のとおりである。

- 1) この地域には火山灰由来の土壌に宝永スコリアが被覆した土壌が広く分布している。

千畳敷、鷹取山、吾妻山および菜の花台がその例である。千畳敷は高麗山と尾根続きであり、鷹取山頂および吾妻山頂は高麗山と同一地形面の丘陵である。それより高い地形面の菜の花台はスコリア層が厚く (60 cm) 堆積した土壌であった。これらの土壌の塩基状態は Table 2 に示したように高麗山土壌のそれとは明らかに異なる性質を示した。しかしながら、スコリアに被覆されていない火山灰由来の土壌と比較すれば、下層の CEC は大きく、塩基飽和度は高い値を示した。これらのことから、火山灰土壌にスコリアが被覆しても富塩基な土壌の特性は形成されないと考えられた。

- 2) 常緑広葉樹は針葉樹に比較し塩基に富むと考えられる。また海岸に近いと海水の飛沫による塩類の供給も考えられるので、臨海性常緑広葉樹林の調査を行った。塩基状態は真鶴岬と神武寺について調べ

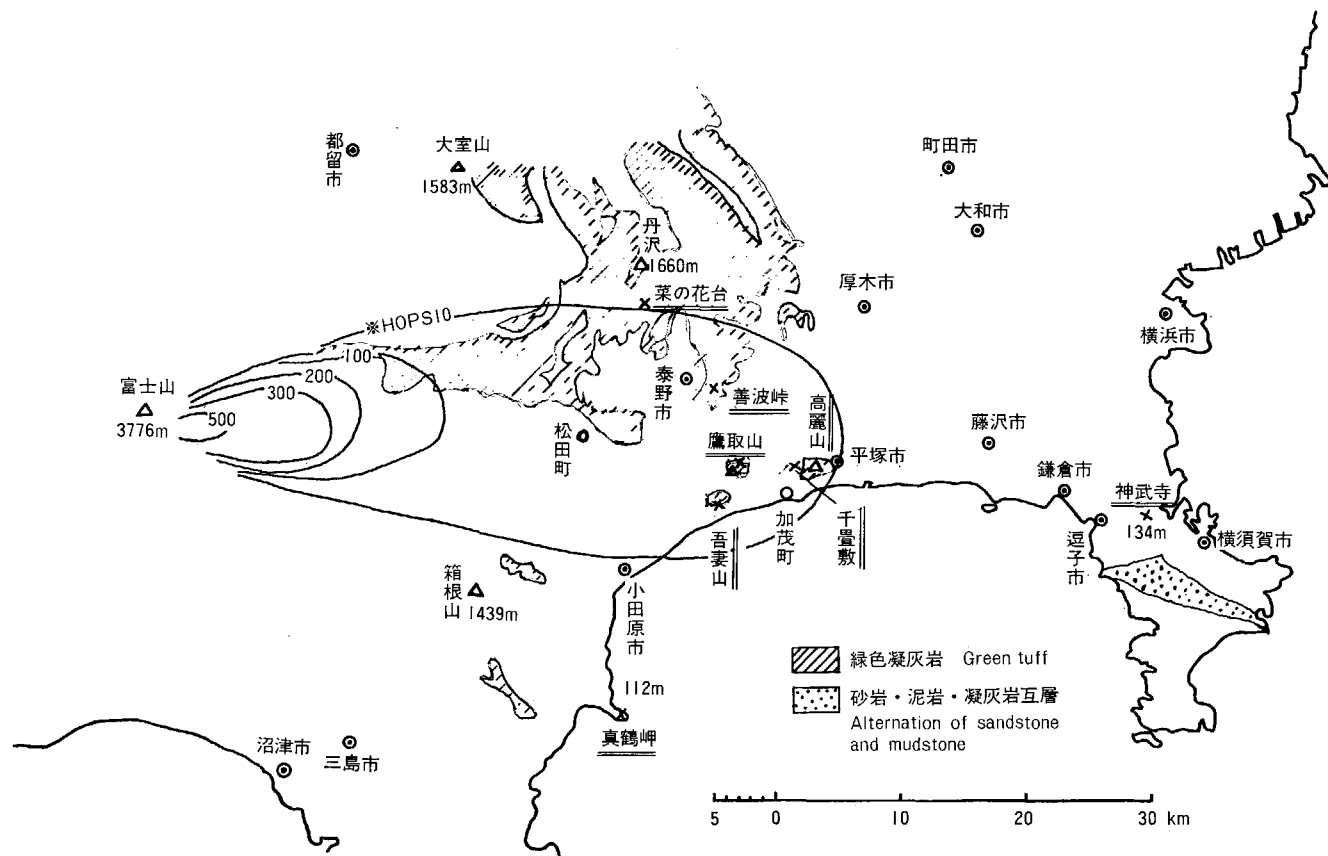


Fig. 1. 土壌調査位置, 凝灰岩分布, および宝永スコリヤ層等厚線図

Location of the soil surveys, distribution of tuff and isopach of Hoei scoria horizon.

※—HOPS: 宝永軽石・スコリヤ等厚線 (単位 cm), 関東ローマ (1965) による。緑色凝灰岩, 砂岩・泥岩・凝灰岩互層の分布は, 土地分類図表層地質図 (1975) による。×: 土壌調査地点 Location of the selected soils.

Table 1. 調査地の立地
General and morphological description

調査地 Location	土 壤 型 Type of soil 堆 積 様 式 Mode of deposition	母 材 Parent material	層 位 Horizon	層 厚 Thickness (cm)	土 色 Color	腐 植 Humus
千 疊 敷	B/d 一次火山灰	火 山 灰 宝永スコリア 混 入	A ₀	L薄層, クロマツ, ヤマザクラ		
			I A ₁	10	7.5 YR 2/1	頗る富
			I A ₂	30	" 1.7/1	"
			I A	50	" 2/1	"
			II A-B	50+	" 3/3	含
鷹 取 山 頂	B/d 一次火山灰	"	A ₀	L 3 cm 粗, タブノキ, ヤブニッケイ,		
			I A ₁	8	7.5 YR 2/2	頗る富
			I A ₂	25	5 YR 2/2	"
			I A-(B)	26	7.5 YR 2/3	富
			II A	30	10 YR 2/2.5	"
吾 妻 山 頂	1B/D(d) 一次火山灰	"	A ₀	L薄層, クロマツ, ミズキ, F破碎 3 cm		
			A ₁	15~20	7.5 YR 3/2	富
			A ₂	15~25	" 2.5/2	"
			A ₃	22~25	" 2/2	"
			B	35+	" 3/4	乏
菜 の 花 台	Im-B/d 匍 行	宝永スコリア 火 山 灰	A ₀	L 1 cm, ヒノキ, アカマツ, F薄層		
			I A	12~15	7.5 YR 2/1	含
			I (B)	30	"	乏
			I C	15	10 YR 3/1	"
			II A	38	" 2/1	富
			II B ₁	25	7.5 YR 2/1	含
真 鶴 岬	B/d 一次火山灰	火 山 灰	A ₀	L 2~3 cm 粗, クス, ヤブニッケイ, スダジ		
			I A ₁	10	7.5 YR 2/2	頗る富
			I A ₂	15	"	"
			I A-B	15	7.5 YR 2/3~3/3	富
			I B	25	" 3/3	含
			II A	25	" 2/3	富
神 武 寺	B/D(d) 残 積	凝 灰 質 砂 岩	II B	20+	5 YR 3/3.5	含
			A ₀	L 2~3 cm 粗, スダジ他, F破碎 5~10cm		
			A ₁	8	7.5 YR 2/3	富
			A ₂	14	" 3/3	"
			B ₁	18	5 YR 3.5/4	含
			B ₂	30+	" 3.5/6	乏

条 件 と 断 面 形 態
of the soil in surveyed plots.

構 造* Structure	土 性** Texture	ベンチジン*** 呈 色 反 応 Benzidin color reaction	標 高 Altitude 方 位 Direction 傾 斜 Inclination	地 型 Topography	植 生 Vegetation
cr・gr bk 弱 bk m	SL " " CL	— — — —	170m S 18° W 13°	丘 陵 丘頂緩斜面	クロマツ ミズキ アズマネザサ キブシ コゴメウツギ
F 破碎薄層 cr bk・cr 弱 bk m m	SL CL SiL CL "	— — — — —	210m S 50° W 7°	丘 陵 丘頂平坦面	タブノキ アオキ シロダモ ヤブニッケイ ツルマサキ
gr・bk 弱 bk・gr " m	SL CL CL C	— — — —	160m N 0°	"	クロマツ ミズキ アオキ トベラ キイチゴ
bk・cr — — 弱 n " m	S " " L " "	— — — — — —	590m S 30° W 26°	凸型斜面 上 部	ヒノキ アカマツ クロモジ ハナйкаダ キイチゴ メギ
イ, F 破碎薄層 cr・gr bk・gr bk 弱 bk m m	CL " SiL " CL "	— — — — — —	110m S 20° E 5°	台 地 平坦面	クスノキ スダジイ イヌビワ ムラサキシキブ テイカカズラ ホシダ
gr・fn " bk 弱 bk	CL " " "	— ± + ++	110m S 23°	丘 陵 凸型急斜 面 上 部	スダジイ モチノキ ニセジュズネノキ テイカカズラ

Table 1. (続き)

(Continued)

調査地 Location	土 壌 型 Type of soil 堆 積 様 式 Mode of deposition	母 材 Parent material	層 位 Horizon	層 厚 Thickness (cm)	土 色 Color	腐 植 質 Humus
鷹取山尾根	BD _(d) 残 積	凝 灰 岩 宝永スコリア	A ₀	L 6 cm, ケヤキ, タブノキ枝葉多し, F 3 cm		
			A	13~17	10Y R 2.5/1	富
			B	15~28	8Y R 3/2	含
			B-C	35+	9YR 3/3~ 10YR 4/4	乏
善 波 峠	B _c 残 積	凝灰質礫岩 (礫は流紋岩) 宝永スコリア	A ₀	L 5 cm, クロマツ, コナラ, F 5 cm		
			A	15	7.5Y R 2.5/2	富
			B	22	10Y R 3/3	含
			C	20+	// 3/4	乏

* cr 団粒状, gr 粒状, n 堅果状, bk 塊状, fn 弱い堅果状, m 壁状

** S 砂土, SL 砂質壤土, L 壤土, SiL 微砂質壤土

*** ベンチジン呈色反応 主にモンモリロナイトの呈色反応を見る目的, 細土試料を用い, 深青色に着色する度合によ……(冊) 著しく強く深青色を示したもの

た。真鶴岬のものは火山灰由来の土壌で、海岸に近いクススダジイの壮令林であった。A₀層は安定して厚く堆積しており表層の塩基飽和度は常緑広葉樹の落葉、落枝の影響が、かなり高い値を示していたが、下層に向って急減しており、高麗山土壌のそれとは異なっていた。神武寺のものは凝灰岩由来の土壌でスダジイ-モチノキ林下の土壌であった。ベンチジンによる呈色反応⁶⁾はB₂層で深青色の呈色反応を示し、モンモリロナイトの存在が予測された。B₂層のCECはかなり大きな値を示し、Ex-Mgに富む緑色凝灰岩由来(グリーンタフ)の土壌の特色が認められ、塩基飽和度もかなり高い値を示したが、高麗山土壌程ではなかった。両土壌とも宝永スコリアの影響がほとんどない地域の土壌であった。これらのことより暖帯臨海性常緑広葉樹林の影響のみでは富塩基土壌は生成しないと考えられた。

3) 凝灰岩由来の土壌にスコリアが被覆した土壌について検討した。調査は高麗山の西方約5 kmに位置する鷹取山尾根と高麗山から丹沢方向に約10 kmはなれた善波峠で行った。両地点とも宝永スコリア等厚線10 cmの範囲内であり、土壌が浅くB-C層、C層は礫土となっていた。特に鷹取山尾根土壌は火山灰の被覆の影響をなるべくさけるため、採取地をやせ尾根に求めた。したがってこの土壌は粘土量が少なく砂質である。鷹取山尾根のB層、善波峠のC層は、ベンチジンによる呈色反応が濃い深青色を示し、モンモリロナイトの存在が予測された。善波峠土壌の塩基飽和度はTable 2に示したように高麗山土壌よりやや低いと同様な性質であった。鷹取山尾根土壌は善波峠土壌より塩基飽和度がさらに低いが、これは塩基が流亡しやすい地形であること、および砂質なためではないかと考えられた。しかしながら、両土壌とも塩基飽和度の著しく高い土壌の部類に属する。なお、高麗山に塩基飽和度の高い土壌の典型的なものが広く分布するのは、神社林であったために、森林や土壌が荒されずに保存されていたこと、および海岸に近いために、海水の飛沫の影響もあるのではないかと考えている。

以上のことより推測すれば、湘南地域の富塩基土壌は、凝灰岩由来の土壌に宝永スコリアが被覆した土壌であり、分布は宝永スコリア層等厚線10 cm以上の範囲で、凝灰岩由来の土壌に生成されていると考えられる。湘南地方一帯が広く関東ロームに覆われているため、平坦ないし緩斜面の土壌は火山灰起源の土

Table 1. (続き)
(Continued)

構 造*	土 性**	ベンチジン*** 呈 色 反 応 Benzidin color reaction	標 高 Altitude 方 位 Direction 傾 斜 Inclination	地 型 Topography	植 生 Vegetation
gr・n bk・n —	SL // //	+	200m N10°E 30°	丘 陵 尾根上 急斜地	ケヤキ シロダモ アズマネザサ コウヤボウキ
gr n —	CL // SL	— ± ⦿	250m S20°W 10°	尾根上 急斜地	クロマツ コナラ エゴノキ コウヤボウキ

り次に示す通り区分した。(—) 着色しないもの、(±) わずかに着色が認められるもの、(+) 着色が認められるもの

壤となっていてところが多く、上記条件を具備する土壌の分布はかなり制限されと考えられ、現状では大磯等の海岸、鷹取山や高麗山のような突出部、および急斜な尾根の一部に限定されるのであろう。

一方、静岡県由比地域の泥灰岩由来の土壌が高 pH でモンモリロナイトを多く含んでいるという報告⁷⁾があるのでスコリアの降灰の多い地域の泥灰岩由来の土壌も、凝灰岩由来の土壌と同様に CEC の大きい粘土鉱物を含有している可能性が考えられる。今後高麗山土壌と湘南地域の泥灰岩由来の土壌との関連についても検討する価値があるであろう。

3. 粘土鉱物組成

第1報では高麗山土壌の粘土鉱物組成については、予備的な検討にとどめていたが、今回はX線分析の際に粘土を各種処理し詳細に検討した。試料には前報¹⁾と同じNo. 8土壌を用いた。No. 8土壌は高麗山で採取した土壌の中で最も安定した地形面のもので、下層のpHが高く、CECが大きく、塩基飽和度が100%以上であるなど、高麗山土壌に認められる特徴的性質をすべて具備した土壌である。その他の試料として分布調査を行った前述の土壌の中から、凝灰岩由来の3土壌を選び同様に検討した。

X線回折の条件：機種；理学電気ローターフレックス RV-200，測定条件；TIME CONST (SEC); 2°, RANGE; 100×4, PRESET; 1×2, MODE; RM, 電力; 35 kV, 20 mA, Cu 管球。

粘土の処理法：常法に従い、H₂O₂で有機物を分解し、NaOHにて分散し、沈降法で粘土部分を採取した。Mg粘土；Na粘土をMgCl₂で加温処理した。Mg-グリセリン粘土；Mg粘土をグリセリンで処理した。K粘土；Mg粘土をKClで加温処理した。クエン酸ソーダ-Mg粘土；Mg粘土を0.3Nクエン酸ソーダで繰り返し加温処理したのちMgCl₂で飽和した。クエン酸ソーダ-Mg-グリセリン粘土；クエン酸ソーダ-Mg粘土をグリセリン処理した。クエン酸ソーダ-K粘土；クエン酸ソーダ-Mg粘土をKClで加温処理した。さらにK粘土およびクエン酸ソーダ-K粘土については、110°C, 350°C, 550°Cでそれぞれ加熱処理した。各種処理をした粘土をX線回折を行い、須藤⁸⁾加藤⁹⁾菅野⁶⁾大角¹⁰⁾らの文献を参考にして粘土鉱物

Table 2. 供 試 土 壤 の 化 学
Soil chemical properties

調 査 地 Location	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	pH		酸 度 (y ₁) Acidity	
			H ₂ O	Kcl	置 換 酸 度 Exch.	加 水 酸 度 Hydrol.
千 畳 敷	B/D	I A ₁	6.10	4.60	0.1	32.1
		I A ₂	6.30	4.55	0.1	27.4
		II A	6.55	4.41	0.1	22.3
		II A-B	6.79	4.57	0.1	13.4
鷹 取 山 頂	B _D ~B/D	I A ₁	4.25	3.45	28.6	180.8
		I A ₂	4.38	3.65	31.4	142.6
		I A-(B)	5.02	3.94	13.2	60.1
		II A	5.21	3.90	9.2	45.8
		II A-(B)	5.60	4.09	1.6	33.1
吾 妻 山 頂	B _{D(d)} ? IB/D _(d)	A ₁	5.28	4.35	2.6	49.6
		A ₂	6.10	4.80	0.6	21.7
		A ₃	6.45	4.97	0.2	18.1
		B	6.60	5.01	0.1	14.2
菜 の 花 台	B/D-Im	I A	5.37	4.70	1.2	40.4
		I B	6.49	5.38	0.1	4.6
		I C	6.42	5.50	0.1	8.5
		II A	6.08	5.13	0.1	34.3
		II B ₁	6.22	5.28	0.1	23.7
		II B ₂	6.30	5.31	0.1	22.9
真 鶴 岬	B _D ~B/D	I A ₁	6.43	4.91	0.6	27.9
		I A ₂	6.30	4.65	0.4	25.2
		I A-B	5.91	4.32	0.3	21.6
		I B	5.99	4.31	0.2	15.2
		II A	5.52	4.31	0.2	15.7
		II B	5.75	4.49	0.2	11.8
神 武 寺	B _{D(d)}	A ₁	5.59	4.21	1.6	41.3
		A ₂	5.72	4.14	2.1	25.5
		B ₁	5.50	3.80	10.0	27.6
		B ₂	5.29	3.70	22.0	37.3
鷹 取 山 尾 根	B _{D(d)}	A	5.09	4.39	1.9	37.6
		B	6.51	4.28	1.4	7.8
		B-C	5.45	4.13	3.8	21.8
善 波 峠	B _C	A	5.32	4.42	1.2	33.7
		B	5.62	4.33	1.5	25.4
		C	6.40	3.98	2.9	11.5

的 性 質 (乾 土 当 り)

(on dry basis).

塩基置換容量 CEC (me/100g) Exchangeable capacity	置換性塩基 (me/100g) Exchangeable cation		飽 和 度 (%) Rate of saturation		
	カルシウム Ca	マグネシウム Mg	Ca C E C	Mg C E C	Ca+Mg C E C
44.9	21.7	6.5	48.3	14.5	62.8
37.5	16.9	6.0	45.1	16.0	61.1
42.9	20.2	6.0	47.1	14.0	61.1
30.8	14.5	3.2	47.1	10.4	57.5
79.3	7.2	1.3	9.1	1.6	10.7
69.4	3.5	0.5	5.0	0.7	5.7
31.3	3.9	0.5	12.5	1.6	14.1
28.6	6.3	1.6	22.0	5.6	27.6
30.2	9.7	3.9	32.1	12.9	45.0
38.3	10.9	4.6	28.5	12.0	40.5
27.4	8.4	3.8	30.6	13.8	44.4
30.6	12.7	4.2	41.6	13.7	55.3
32.9	14.7	4.3	44.7	13.1	57.8
20.3	7.8	1.7	38.4	8.4	46.8
1.7	1.1	0.2	65.9	12.0	77.9
5.0	2.9	0.6	58.5	12.1	70.6
46.8	13.5	5.8	28.9	12.4	41.3
35.7	10.8	3.5	30.3	9.8	40.1
36.8	11.4	3.8	31.0	10.3	41.3
75.4	35.7	14.0	47.3	18.6	65.9
49.9	9.2	6.3	18.4	12.6	31.0
41.6	2.8	3.1	6.7	7.5	14.2
38.5	2.1	3.5	5.5	9.1	14.6
43.0	1.1	1.0	2.6	2.3	4.9
43.9	1.3	1.8	3.0	4.1	7.1
35.3	12.2	6.0	34.6	17.0	51.6
23.9	6.2	5.9	25.9	24.7	50.6
25.1	4.7	6.3	18.7	25.1	43.8
31.8	1.3	11.3	4.1	35.5	39.6
31.7	14.8	4.4	46.7	13.9	60.6
32.4	20.8	6.9	64.1	21.3	85.4
27.7	12.4	6.6	44.8	23.8	68.6
40.2	18.8	7.8	46.8	19.4	66.2
38.5	18.6	9.0	48.4	23.4	71.8
52.8	41.6	13.5	78.8	25.6	104.4

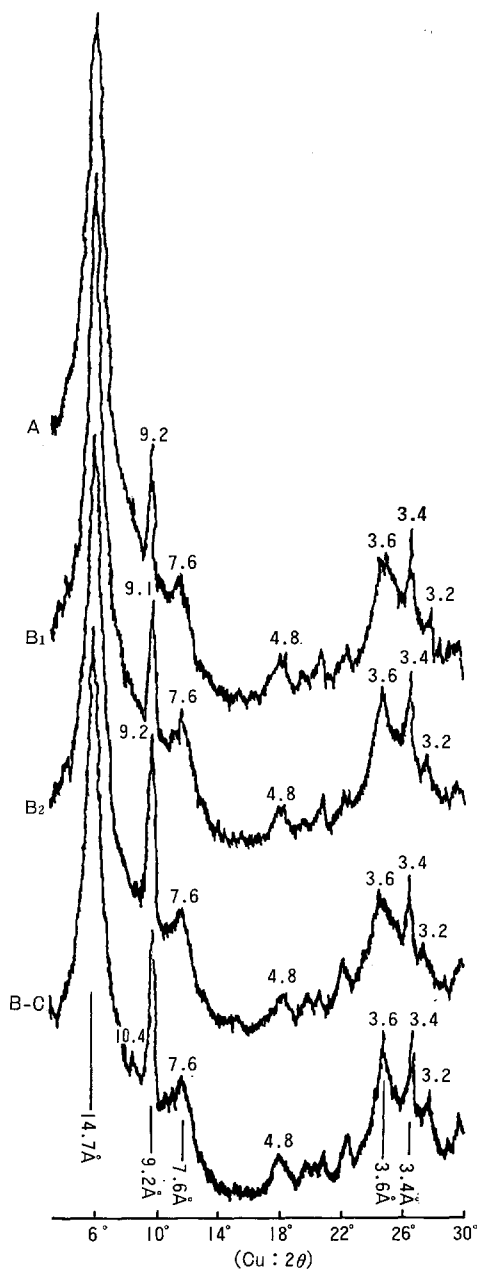


Fig. 2. 高麗山土壤 No. 8 粘土フラクションのX線回折像 (クエン酸処理-Mg 粘土)

X ray diffraction curve of clay fraction in Komayama soil No. 8 (citrate treated-Mg clay).

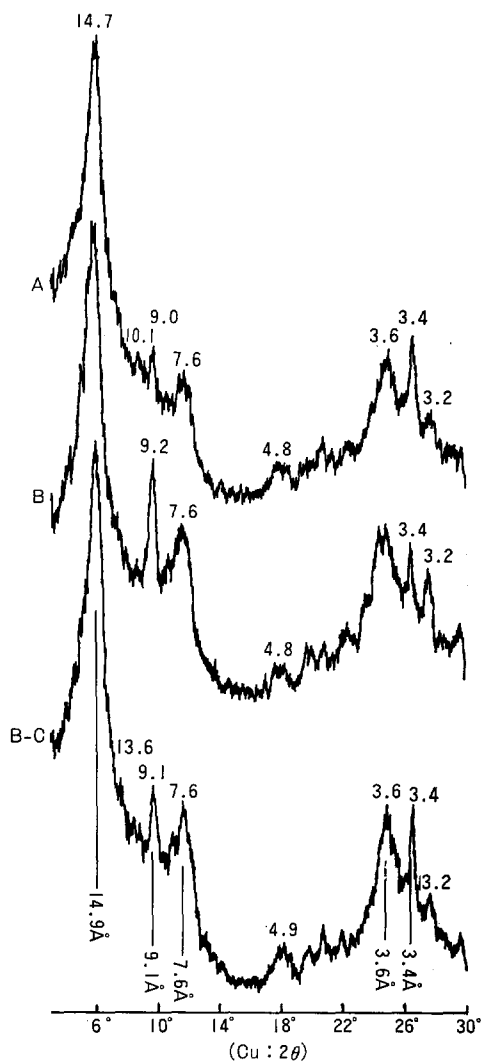


Fig. 3. 鷹取山尾根土壤粘土フラクションのX線回折像 (クエン酸処理-Mg 粘土)

X ray diffraction curve of clay fraction in ridge of mt. Takatori soil (citrate treated-Mg clay).

を推定した。

結果：各土壌粘土試料ともクエン酸ソーダ処理で底面反射の位置は変わらないが、ピークは鮮明にかつ強まった。クエン酸ソーダ処理で除去される非晶質物がかなり多く含まれていたと推定された。このX線回折像を Fig. 2～5 に示した。主としてクエン酸ソーダ-Mg 粘土のX線分析結果をもとにして、各土壌の粘土鉱物組成を半定量的に推定した。結果を Table 3 に示した。Table 3 で明らかなように高麗山土壌の粘土鉱物組成は、全層位主として2:1型鉱物で、次いでかなりな量の沸石を含んでいる。その他の鉱物として石英、メタハロイサイトおよび若干量のギブサイトと長石を含んでいる。鷹取山尾根土壌は高麗山土壌とよく似た粘土鉱物組成であるが、2:1型鉱物、沸石の含有量が若干少ない。またB-C層は石英含有量が多く、不規則混合層鉱物も認められる。善波峠土壌はC層を除けば鷹取山尾根土壌よりさらに2:1型鉱物および沸石の含有量は少ない。そのかわりメタハロイサイトは多く、不規則混合層鉱物が全層位に認められ、ギブサイトは認められない。一方、同じ凝灰岩由来の土壌であるが、塩基飽和度がそれ程高くない神武寺土壌は、善波峠土壌よりさらに2:1型鉱物含有量は少なく、沸石はまったく認められない。

クエン酸ソーダ-Mg 粘土の2:1型粘土鉱物をさらに詳細に検討するために、粘土を各種処理しX線分析を行った。これをもとに14Å付近の粘土鉱物を同定した結果が Table 4 である。高麗山土壌の2:1型

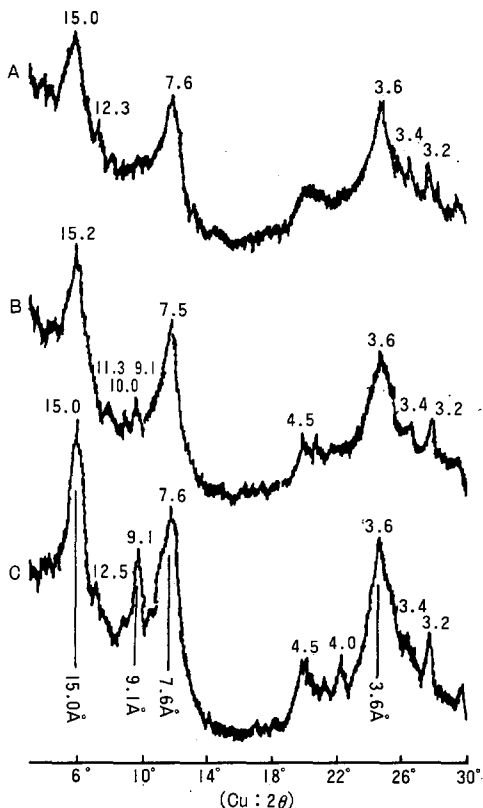


Fig. 4. 善波峠土壌粘土フラクションのX線回折像 (クエン酸処理-Mg 粘土)

X ray diffraction curve of clay fraction in Zempa-tooge soil (citrate treated-Mg clay).

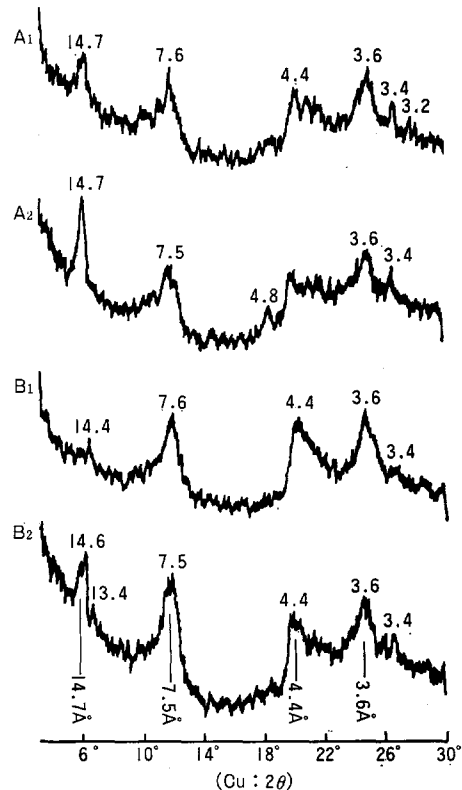


Fig. 5. 神武寺土壌粘土フラクションのX線回折像 (クエン酸処理-Mg 粘土)

X ray diffraction curve of clay fraction in Jimmu-dera soil (citrate treated-Mg clay).

Table 3. 凝灰岩を主とする土壌のX線回折結果 (粘土部分)
Major peaks in X-ray diffraction curve
(clay fraction of the soil derived from tuff).

		長 石	石 英	ギブサイ ト	メタハロ イサイト	ハロイサ イト	沸 石	2:1 型 鉱 物	不規則混 合層鉱物
		3.2Å	3.4Å	4.8Å	7.0Å	10.0Å	9.1Å	14.0Å	11~13Å
高 麗 山 No. 8 B-C	A	×	+	+	+	—	++	冊	—
	B ₁	×	+	×	+	—	++	冊	—
	B ₂	×	+	×	×	—	++	冊	—
	B-C	×	+	+	+	×	++	冊	—
鷹取山尾根	A	×	+	×	+	×	+	冊	—
	B	+	+	×	+	—	++	冊	—
	B-C	×	++	+	+	—	+	冊	×
善 波 峠	A	×	×	—	+	—	×	+	×
	B	×	×	—	++	×	+	++	×
	C	+	×	—	++	—	+	冊	×
神 武 寺	A ₁	×	×	—	+	—	—	+	—
	A ₂	—	×	×	+	—	—	++	—
	B ₁	—	×	—	+	—	—	×	—
	B ₂	—	×	—	++	—	—	+	×

* 相対強度: クエン酸-Mg 粘土のX線のピークの高さにより次の様に区分した。(—): 認められない, (×): 1cm 以下, (+): 1.1~3 cm, (++) : 3.1~6 cm, (冊): 6.1~9 cm, (冊): 9.1~12 cm, (冊): 12 cm 以上

Table 4. 凝灰岩を主とする土壌の 2:1 型鉱物のX線回折結果
Major peaks in X-ray diffraction curve [(2:1 clay fraction)
of the soil derived from tuff].

		モンモリロナイ ト Montmori- llonite	Al-モンモリロ ナイト Montmorillo- nite (Al-type)	ヴァーミキュラ イト Vermiculite	Al-ヴァーミキ ュライト Vermiculite (Al-type)	クロライト Chlorite
高 麗 山 No. 8 B-C	A	S		VW	D	
	B ₁	W		W		
	B ₂	M		W		
	B-C	M		W		
鷹取山尾根	A	W	VW	VW	VW	
	B	D	M	D	D	
	B-C	VW	W			
善 波 峠	A	VW	VW	D		
	B	VW	VW	VW		
	C	W	VW	VW		
神 武 寺	A ₁					VW
	A ₂					W
	B ₁					VW
	B ₂	VW	D			D

* 相対強度 D: 痕跡 VW: 極弱度 W: 弱度 M: 中度 S: 強度

Table 5. 湘南地域の富塩基土壌の pH (H₂O) と沸石との関係
Relation between pH and zeolite of the eutrophic
soils sampled in Shonan district.

調 査 地	層 位	pH (H ₂ O)	沸石の相対強度*
高 麗 山 No. 8	A	5.4	++
	B ₁	5.7	+++
	B ₂	6.1	+++
	B—C	6.3	+++
鷹 取 山 尾 根	A	5.1	+
	B	6.5	+++
	B—C	5.5	++
善 波 峠	A	5.3	—
	B	5.6	+
	C	6.4	++

* クエン酸ソーダ-Mg 粘土の X 線のピークの強さにより区分した。

— 認められない, + 痕跡, ++ 弱度, +++ 中度, ++++ 強度

粘土鉱物は、主としてモンモリロナイトからなり、付随的にヴァーミキュライトが存在している。また A 層には Al ヴァーミキュライトが痕跡程度認められる。

鷹取山尾根土壌の A 層ではモンモリロナイトが少量認められるが、下層に向かってさらに少なくなる傾向である。Al-モンモリロナイトはその反対の傾向を示す。また A、B 層にはヴァーミキュライト、Al-ヴァーミキュライトが極少量または痕跡程度認められた。善波峠土壌では C 層にモンモリロナイトが少量認められる外は、モンモリロナイト、Al-モンモリロナイト、ヴァーミキュライトが極少量または痕跡程度認められるだけであった。一方、神武寺土壌は 2:1 型粘土鉱物含有量が少なかったが、その 2:1 型粘土鉱物のほとんどは、クロライト的 Al-ヴァーミキュライトであり、B₂ 層にモンモリロナイトが極少量、Al-モンモリロナイトが痕跡程度認められるだけであった。なおここでクロライト的 Al-ヴァーミキュライトというのは 350°C 加熱によってもなお 14 Å に反射が残り、550°C で 10 Å にシフトするものを意味する。

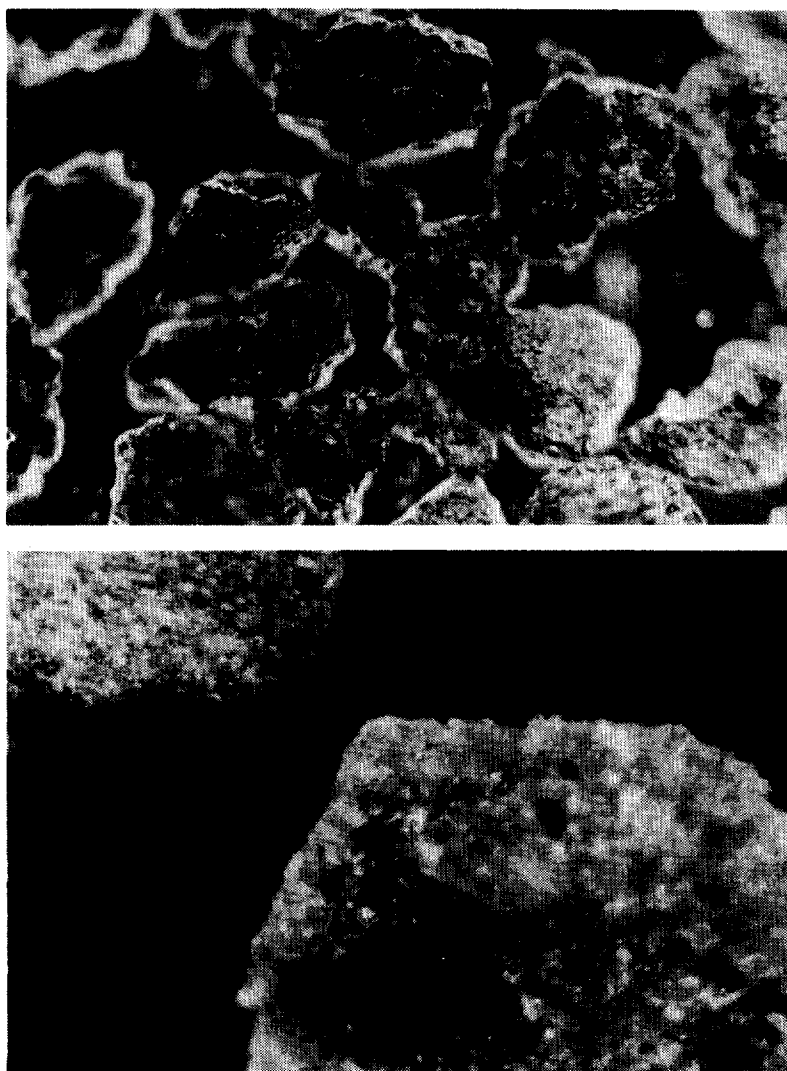
粘土鉱物の同定結果は以上のとおりであるが、高麗山土壌および高麗山土壌類似の土壌の様に CEC が大きく、塩基飽和度の高い土壌は、CEC の大きいモンモリロナイト、ヴァーミキュライト、沸石を多く含む傾向が認められ、同じ凝灰岩由来の土壌でも塩基飽和度が比較的低い神武寺土壌は、2:1 型粘土鉱物含有量も少なく、2:1 型粘土鉱物の中で CEC の小さいクロライト的な Al-ヴァーミキュライトを主としており、CEC の高い粘土鉱物は B₂ 層にわずかに存在するのみであった。したがって湘南地域の富塩基土壌が有機物の少ない下層で CEC の高い原因は、これら CEC の高い粘土鉱物に起因しているものと推定された。

9.1 Å 付近の反射は各種処理を行っても変位しないが、K 粘土、クエン酸ソーダ-K 粘土では反射は弱まり、加熱処理の温度が高くなるとさらに弱まる傾向がうかがわれる。9 Å 付近に反射をもつ粘土鉱物としては、沸石がよく知られており¹¹⁾¹²⁾、この回折線は前報¹⁾で予測したとおり、沸石によるものと推測された。沸石は陽イオン交換能が大きいこと、および含水量が極めて高いことを特徴とすることが知られており¹³⁾、土壌の生成にあたって重要な役割をなすものと思われる。Stebbut¹⁴⁾は沸石は酸性に弱く、酸性の場合には生成しないか、生成しても分解して珪酸やアルミニウムのゲルになると指摘している。湘南地域の富塩

基土壌の pH (H_2O) と沸石の相対量との関係を Table 5 に示したが、pH が 5 に近づくとピークは小さくなり、6 以上中性に近づくとピークは大きくなる傾向がうかがわれ、湘南地域の場合も沸石は酸性が強くなると少なくなる傾向がうかがわれた。

4. 高麗山土壌の母材の性質

高麗山土壌の主な母材は、凝灰岩風化物、二宮層風化物、火山灰、宝永スコリアであるが、その中で富塩基土壌の生成にもっとも関係が深いと考えられる、高麗山の凝灰岩と宝永スコリアの性質を調べた。凝灰質砂岩、同頁岩、および宝永スコリアの化学組成を Table 6 に示した。



Phot. 1. 高麗山で採取した宝永スコリア顕微鏡写真

上×40, 下×80

Microscopic pictures of Hoei scoria sampled at mt. Koma.

Table 6. 岩石およびスコリアの化学組成 (灼熱重ベース %)
Chemical composition of scoria and rock (on ignited basis %).

試料	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
凝灰質砂岩	63.7	8.6	14.9	7.0	2.2	—	—	—	—	—
凝灰質頁岩	62.7	7.5	16.7	6.6	2.4	—	—	—	—	—
土壤中凝灰岩腐礫	70.7	2.2	17.0	4.6	1.5	—	—	—	—	—
宝永スコリア	52.1	11.0	15.7	9.5	5.4	0.7	2.2	0.2	2.0	0.3

宝永スコリアの性質：宝永4年(1707年)宝永の大噴火の際に放出されたスコリアで普通輝石-カンラン石玄武岩質であるといわれており¹³⁾、富士東麓より神奈川県西部にかけて分布する。Table 6に示したように高麗山のスコリアの化学組成はSiO₂が比較的少なく、Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂Oを比較的多量に含んでいる。顕微鏡観察結果をPhoto. 1に示したが、拡大率40倍の写真では、スコリア全体が多孔質である様子がよくわかる。また拡大率80倍の写真では表面が針状または海綿状になっている状態がみられた。なお高麗山地域でのスコリアの粒径はほとんど1mm以下でかなり細かい粒子がそろっていた。以上スコリアの観察結果から、スコリアは表面が凹凸で多孔質で粒径が小さいので表面積が大きく風化を受けやすいのではないかと考えられた。

玄武石の化学的風化はまず長石が分解し、輝石・橄欖石がこれに次ぎ一時その色は暗色または緑色となるといわれている¹⁴⁾。高麗山の宝永スコリアは現在黒色を示し、粉碎すれば淡い緑色である。また細粒状で粘土化はほとんど進んでいないことなどから、風化の初期にあたると考えられる。玄武岩質のスコリアは風化が速く、風化にともなって多量の塩基を放出し、その際一時pHが高くなるといわれている¹⁴⁾。高麗山の宝永スコリアから塩基の溶出程度を見るために簡単なカラム実験を行った。

実験方法はFig. 6に示す通りの内径2.5cm、高さ15cmのガラス製円筒に試料約40gを詰め、常温静置し、充填試料にひび割れが生じないように試料の上に常に高さ約1cmの液層を保った。浸出速度は1昼夜に250ccの浸出用溶液が通過するように流量を調節した。回収液250ccで1回とし、実験は6回行い、それぞれの回収液中の成分を調べた。浸出用溶液にはpH 6.41の純水、及び中性塩溶液としてCH₃COO-NH₄、KCl、NaClのいずれも1N、pH 7の溶液を用いた。中性塩基液を用いた理由は、pHの高低によって影響を受けると予想される浸出条件の変化をなるべく押さえるためである。またNaClは海水のスコリアに与える影響を検討するため用いた。試料には高麗山北斜面で採取したスコリアのほか、それが物

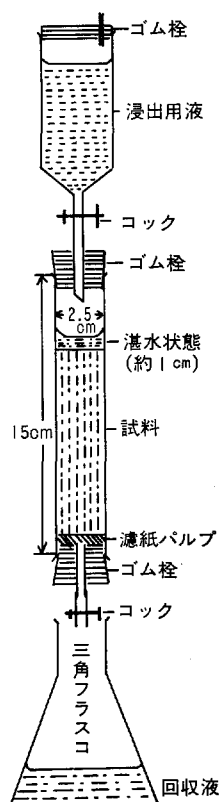


Fig. 6. カラム実験装置

Schema of equipments for experiment.

Table 7. カラム実験によるスコリアからの
Eluviated amount of Ca, Mg, and Mn from

試料 pH (H ₂ O)	浸出用溶液	Ca (mg/100 g)					
		1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回
宝永スコリア原試料 pH(H ₂ O) 6.80	H ₂ O	3.1	1.9	1.7	2.1	1.7	1.6
	CH ₃ COONH ₄	50.0	4.2	2.5	2.5	1.9	1.4
	NaCl	50.0	—	—	—	—	—
宝永スコリア粉碎試料 pH(H ₂ O) 7.45	H ₂ O	3.9	2.5	2.3	1.9	1.6	1.5
	CH ₃ COONH ₄	68.3	4.1	2.4	2.1	1.9	1.8
	KCl	68.3	4.2	2.1	1.6	1.5	1.4
	NaCl	66.6	—	—	—	—	—

理的に風化が進んだ場合を想定して、表面積を増すためと、新鮮面を出すために、メノー乳鉢で0.5 mm 以下に粉碎した試料を用いた。原試料が pH (H₂O) 6.80 であるのに対し、粉碎試料は7.45 であった。計算は供試料乾重 100 g 当りに換算し mg/100 g で表示した。

実験結果は Table 7 に示す通りである。純水を用いた場合は、スコリア原試料、同粉碎試料ともに一回目は多少多く Ca・Mg が浸出されるが、2 回目より少なくなり以後いくらか減少の傾向を示しながら毎回継続して浸出があった。Mg より Ca の方が浸出量が多かった。中性塩溶液を用いた場合は、スコリア原試料、同粉碎試料ともに純水の場合に比し、1 回目多量の Ca・Mg の浸出があり、2 回目は急減し、3 回目以後は純水の場合と同様な値で推移した。中性塩の種類による浸出量の差は CH₃COONH₄ と KCl とではほとんど同じ値であり、NaCl では Ca の浸出はわずかに少なく、Mg はさらに少ない傾向があった。

各実験とも Ca より Mg の方が浸出量が著しく少ない。EBELMAN¹⁴⁾ は、玄武岩の風化の初期には水酸化物が生成し、少量の SiO₂ が失われ、同時に苦鉄鉱物の著しい酸化が起きると述べている。宝永スコリアは風化の初期に当たり、Mg が酸化物になっていてイオン化しにくく、Mg の浸出量が少ないのではないかと予想される。

スコリア粉碎試料では、同原試料の場合に比し、純水、中性塩浸出ともかなりの増加が見られた。この増加は試料を粉碎することによる表面積の増加およびスコリアに新鮮面ができたためと考えられる。しかしその効果は3 回目浸出以降はほとんど認められなくなった。スコリア原試料の pH (H₂O) は高く 6.80 であるが粉碎試料はより高く、7.45 で中性以上の pH 値を示した。このことは粉碎することによって鉱物中に含まれていた塩基が溶出するためと考えられる。

容易に還元されて水溶化しやすいと考えられる Mn の溶出特性についても調べた。Mn は Ca・Mg の場合のように多量の浸出は見られないが毎回少量ずつ連続して浸出が見られた。NaCl を用いた場合が最も多く浸出された。Mn はスコリア中の含有量が少ないこともあるが、Ca・Mg より浸出されにくい成分であると考えられた。

上記のような簡単な実験からも、カラム中のスコリア層を通過して出て来る回収液中にはかなり多量の塩基を含んでいることがわかった。

以上高麗山の宝永スコリアについて種々検討したが要約すれば、スコリアは粒子が小さく、表面が凹凸に富み、しかも多孔質である。したがって表面積が大きく風化を受けやすい。その上塩基性で長石に富み、

Ca, Mg, Mn の溶出量 (供試料 100 g 当り)

scoria by the experiment in a column.

Mg (mg/100 g)						Mn (mg/100 g)					
1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回
0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
5.8	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
3.9	—	—	—	—	—	1.1	—	—	—	—	—
1.0	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
9.1	0.6	0.3	0.2	0.3	0.3	1.0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
9.1	0.6	0.4	0.2	0.3	0.2	1.1	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
7.0	—	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—

Table 8. No. 8 土壌および母岩中の塩基状態
Fraction of bases in the soil No. 8 and in its parent material.

試料 Sample	塩基置換容量 (me/100g) CEC	置換性塩基 (me/100g)				置換性* (mg/100g)		飽和度 (%)	
		Ex-Ca	Ex-Mg	Ex-K	Ex-Na	Ex-Fe	Ex-Mn	Ca+Mg CEC	Ca+Mg+K+Na CEC
凝灰質砂岩粉末**	83.2	79.3	14.5	3.2	19.3	—	—	112.7	139.7
A	48.5	27.8	10.0	2.3	3.8	tr	15.6	77.9	90.5
高麗山 B ₁	53.9	36.3	16.0	1.0	6.0	tr	7.9	97.0	110.0
No. 8 土壌 B ₂	60.0	44.8	19.5	0.7	7.4	tr	13.6	107.2	120.7
B-C	68.1	57.7	20.6	0.7	10.2	tr	15.6	114.9	131.0

* Ex-Mn が何価であるかわからないので mg/100 g で表示した。

** 凝灰質砂岩粉末の塩基量は $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 可溶塩基とすべきであるが、土壌と比較するために便宜上交換性塩基とした。

高麗山 No. 8 土壌の塩基状態の内 CEC, Ex-Ca, Ex-Mg 値は第1報¹⁾で報告したものである。

苦鉄質であるので化学的風化抵抗性が弱い。スコリアは降灰後 270 年を経過しているが風化の初期にあり、この時期は多量の塩基を放出し高 pH を示すものと考えられ、カラム実験でもこのことが裏付けられた。

高麗山土壌の中でもスコリアの堆積の厚い層位は高 pH を示す傾向がうかがわれた。すなわち、前報¹⁾の高麗山土壌においては、斜面下部の土壌 (No. 1, No. 2, No. 3) がスコリアの堆積が厚く pH も表層から高い傾向があった。また分布把握のため調査した前述の土壌の中では、千畳敷、吾妻山頂、菜の花台がスコリアの堆積が厚い。これらの土壌の採取地は丘頂または斜面上部であり、土壌が酸性になりやすい地形であるので、最表層は若干 pH が低い、次層からは高 pH を示していた。特にスコリアの堆積の厚い菜の花台は、ヒノキの閉鎖林になっており、植被の影響が強いと考えられる表層を除き高 pH を示していた。

凝灰岩の化学組成 : Table 6 に示したように高麗山で採取した凝灰質砂岩も同頁岩も化学組成はよく似ており、CaO は 6.6~7.0%, MgO は 2.2~2.4% である。両者は凝灰質岩石としては、塩基に富む部類に属する。しかし、より塩基に富む塩基性岩からもわが国の気候では塩基に富む土壌はほとんど生成していない。したがって凝灰岩が普通に風化したのでは富塩基な土壌が生成する可能性はきわめて少ないと考えられる。

Table 9. カラム実験による凝灰質砂岩からの浸出液の化学組成 (mg/100 g)
Chemical composition in extracted liquid of the parent material tuffaceous sandstone
by the experiment in a column.

浸出回数(回)	250 cc を浸出するに要した日数	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	pH
1	9 日間	3.1	2.4	0.5	27.4	tr	tr	7.99
2	7 //	1.4	1.1	0.4	20.3	tr	tr	7.99
3	7 //	0.9	0.8	0.4	17.3	tr	tr	8.00
4	7 //	0.7	0.6	0.4	15.6	tr	tr	8.15
5	11 //	0.6	0.6	0.4	14.3	tr	tr	8.10

凝灰岩の風化による元素の動きを調べるために土壤中の腐礫の化学組成を調べ、Table 6 に示した。腐礫は前記2試料の凝灰岩と比べると、 Fe_2O_3 が2.2%と著しく減少しており、ついでCaO、MgOが減少している。凝灰岩はこれらの成分を溶出しながら風化するものと考えられた。

高麗山の凝灰質砂岩の塩基状態：高麗山で採取した凝灰質砂岩を0.5 mm 以下になるように粉碎した試料と、前報¹⁾で用いた高麗山 No. 8 土壌の塩基状態を調べ比較検討した。両者の塩基状態は Table 8 に示すとおりである（凝灰質砂岩粉末の塩基量は $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 可溶塩基とすべきであるが土壌と比較するために便宜上置換性塩基とした）。

凝灰質砂岩粉碎試料の CEC は 83.2 (me/100 g) と著しく大きな値を示している。このことは凝灰質砂岩中に CEC の大きな鉱物を多量に含んでいるためではないかと推測される。また中性 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 可溶塩基が著しく多く、特に Ca, Na, Mg が多い。その中でも Na が多い。このように塩基が多いために塩基飽和度は高く 100% を超える。高麗山の凝灰質砂岩・頁岩の塩基含有量は Table 6 に示したようにそれ程多くない。しかし中性 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 可溶の塩基含有量は多い。このことは凝灰質砂岩中の塩基の多くが中性塩に可溶な型になっているためと考えられる。

凝灰質砂岩粉碎試料と No. 8 土壌の B-C 層の CEC は B-C 層の方が小さい。粘土化が進んでいる土壌の方が CEC が小さいことは奇異であるが、粘土化するに伴って CEC の大きな鉱物が分解したのではないかと考えられる。Ex-Ca, Ex-K, Ex-Na は B-C 層の方が少なく、Ex-Mg は凝灰質砂岩粉碎試料の方が多。土壌化に伴う塩基類は洗脱のため B-C 層では塩基類の減少が予想されたが、Mg の場合は反対に増加していた。この Ex-Mg の増加は凝灰岩に取り込まれていた Mg が土壌化に伴いイオン化して溶出されたのか、または表層部のスコリア、植被などからの供給などの可能性が考えられるが、Ex-Mg が下層程多いことから前者ではないかと考えている。このような違いはあるが全体的に見れば凝灰質砂岩粉碎試料と B-C 層の塩基状態はよく似た値である。普通はわが国のような湿潤多雨な地域では、風化に伴い塩基は洗脱し不飽和な土壌が生成するはずである。それにもかかわらず高麗山地域の下層では過飽和な土壌が生成している。いかなる過程で凝灰岩が風化すれば洗脱の少ない土壌化をするかを調べるのが富塩基土壌生成の解明となると考えられる。

凝灰質砂岩の化学的風化の程度を調べるためカラム実験を行った。実験方法および実験装置は前記宝永スコリアで行ったものと同じである。ただし、浸出溶液には純水 (pH 6.41) を用い、浸出液 250 cc を 1 回とした。実験は 5 回行った。結果は Table 9 に示すとおりである。

250 cc を浸出するのに長日時かかり、1 回目は 9 日間、以後 1 回につき 7 日～10 日間を要した。このよ

うに透水性が悪いのは、試料が微細に粉碎されているためと、後述するが凝灰質砂岩中に2:1型粘土鉱物を多量に含有しているために膨潤したためではないかと考えられる。カラム中を通過した浸出液の pH は高く、1回目7.99以後わずかずつではあるが上がる傾向が見られた。この高 pH の原因は塩基が溶出されるためと考えられる。湛水状態に長日時放置するので還元状態になり Fe, Mn など溶出するのでは

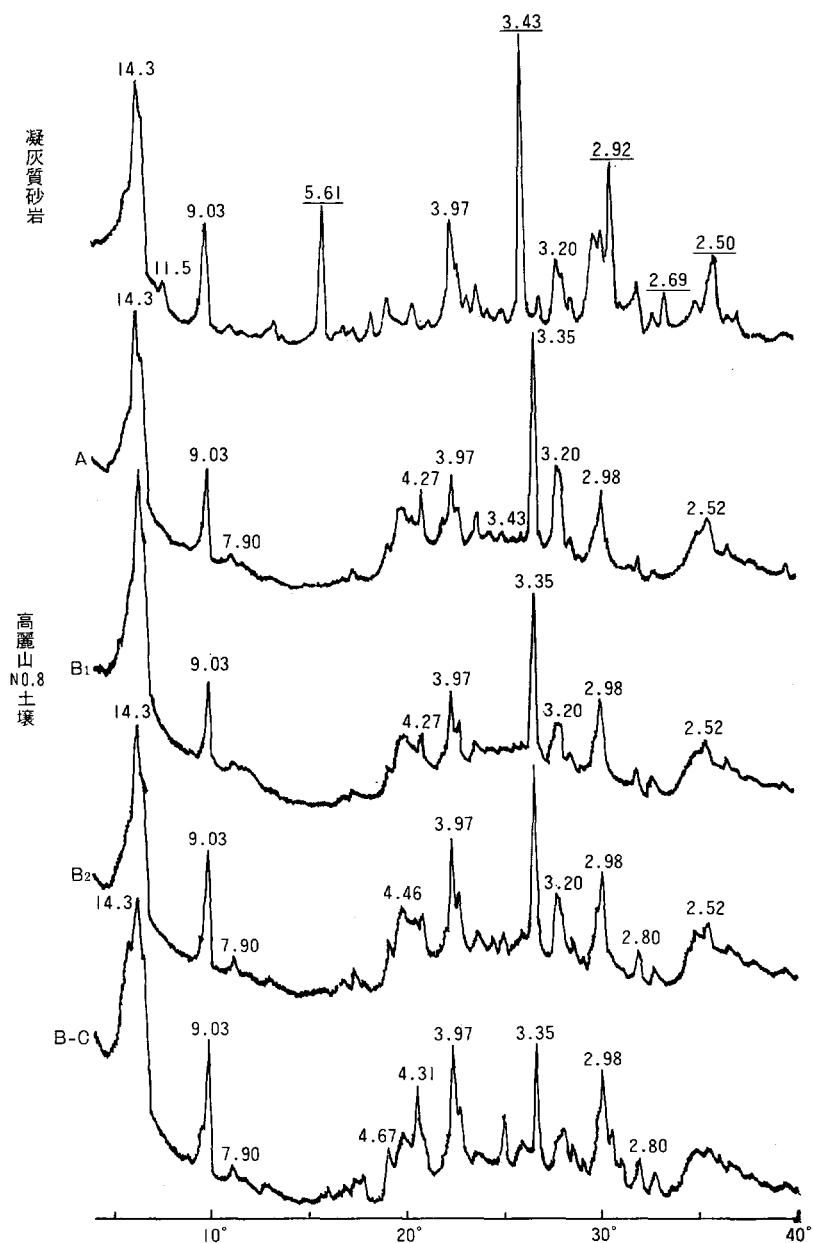


Fig. 7. 凝灰質砂岩と高麗山 No. 8 土壌細土の X 線回折像
X ray diffraction curve of fine sand fraction in Komayama soil No. 8 and tuffaceous sandstone.

ないかと考え Fe, Mn を定量したが認められなかった。

高 pH 条件のため Ca, Mg の溶出は比較的少ない。これに反して Na は多量に溶出されている。この原因は 1 価の陽イオンは高 pH の条件でも溶出されやすいことおよび Ex-Na が非常に多いためと考えられる。

高麗山の凝灰質砂岩と No. 8 土壤細土の鉱物組成：塩基状態を調べたのと同じ試料について X 線回折を行い粘土鉱物組成を調べ、これらの結果から土壌化に伴う粘土鉱物組成の変化を検討した。X 線回折像を Fig. 7 に示す。

凝灰質砂岩には 14 Å 付近の 2:1 型鉱物、9 Å 付近の沸石（沸石の種類は不明であるが、ここでは便宜上 9 Å 付近の沸石と記す）が認められた。その他主なピークとしては、3.43, 2.92, 2.50, 2.69 Å が認められるが、これらのピークの特徴から中島ら¹⁵⁾と同じく方沸石(Analcite)と同定した。方沸石はかなり多量含まれていると考えられる。したがって高麗山の凝灰質砂岩の主な鉱物組成は 2:1 型鉱物、9 Å 付近の沸石、および方沸石が混在しているものと考えられる。一方 No. 8 土壤細土の粘土鉱物組成は、14 Å 付近の 2:1 型鉱物（No. 8 土壤粘土中の 2:1 型鉱物が主にモンモリロナイトであったことから、この 2:1 型もモンモリロナイトではないかと考えられる）および 9 Å 付近の沸石を含有することは、凝灰岩の場合と同様であるが、方沸石のピークはほとんど認められない。代るものとして 3.34, 4.27, 3.19 Å に鮮明なピークが認められるが、これらのピークの特徴からギスモンディ沸石 (Gismondine) と同定した¹⁶⁾。沸石は風化に伴い同族の別の沸石を生じやすいといわれている¹⁴⁾ことから凝灰質砂岩中の方沸石 {Na (Al Si₂O₆) · H₂O} は土壌化に伴い、方沸石中の Na が Ca に置換してギスモンディ沸石 {Ca (Al₂ Si₂O₆) · 4 H₂O} に変質したのではないかと考えられる。このことは凝灰質砂岩は著しく Ex-Na 含有量が多く、土壌化すれば Ex-Na が減少していること、および凝灰質砂岩粉碎試料をカラム実験で水浸出した場合 Na が多量に溶出されたことによっても裏付けられる。しかしこの点については今後の研究を必要とする。ギスモンディ沸石は同じ No. 8 土壤の粘土中にはまったく認められないので粘土化が進めば消失するものと考えられる。このことが凝灰質砂岩粉碎試料の方が No. 8 土壤の B-C 層より CEC が大きい一因となっているのではないかと考えられる。以上のことにより高麗山 No. 8 土壤細土の粘土鉱物組成は主に 2:1 型鉱物、9 Å 付近の沸石、およびギスモンディ沸石からなるものと考えられる。高麗山土壤が下層で著しく CEC が大きいのはこれらの CEC の大きい粘土鉱物によるものと考えられた。

わが国には沸石が二次的に生成する環境条件はほとんどない。金子らは¹⁷⁾¹⁸⁾福島県会津盆地、宮城県古川市付近の水田土壤の沸石生成について検討し、この地域の沸石は第三紀凝灰岩中の沸石が供給源となっていることを報告している。高麗山の場合も 9 Å 付近の沸石のピークが No. 8 土壤と凝灰質砂岩とよく似

Table 10. 新潟県女川地域の塩基飽
Chemical properties of the Brown Forest soil sampled

土 壌 型 堆 積 様 式	層 位	土 色	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	置換酸度 (y ₁)	塩基置換容量 CEC
崩 積	A	10 YR 3/2	6.3	5.1	1.5	79.3
	A-B	" 3/3	6.1	4.5	14.0	78.4
	B ₁	" 3/4	5.9	4.2	50.1	78.6
	B ₂	" 6/4	6.1	4.1	36.3	74.9

ていること、および方沸石がギスモンディ沸石に変質したと考えれば沸石の供給源は凝灰岩によるのではないかと考えられる。

以上凝灰質砂岩粉碎試料と典型的な富塩基土壌である高麗山の No. 8 土壌細土の塩基状態と粘土鉱物組成について検討したが、両者の性質がよく似ていることから、高麗山の富塩基土壌の主な母材は凝灰質砂岩・頁岩ではないかと推測された。

5. 生成・分類についての2・3の考察

成因について：わが国は温帯湿潤地域にあることから、土壌中の水は下部への移動が卓越するので、乾燥地帯や半乾燥地帯に見られるような、富塩基土壌はある特殊な例を除いて自然土壌では生成しない。

特殊な生成条件の一つとして蛇紋岩、石灰岩など著しく塩基に富む母材から、富塩基な暗赤色土が生成することが報ぜられている¹⁹⁾。これらの土壌は生成過程において、母岩の影響が気候のそれに優越した事例である。

もう一つの特殊な例として加藤が⁷⁾静岡県由比町で発見した Grumusol 類似の土壌がある。この土壌はモンモリロナイトを主要粘土鉱物とする中新統泥岩起源の土壌が上方からの塩基の供給を受けて生成したものと推測されている。この土壌は塩基の供給作用があり、吸着作用が強い場合に生成した非常に特殊な例であるが、わが国でも一定の条件さえ整えば富塩基土壌の生成する貴重な例であると考えている。筆者らも加藤の由比の土壌⁷⁾とよく似た塩基飽和度の著しく高い土壌を新潟県女川地域で発見した²⁰⁾。この土壌は凝灰岩と花崗岩由来の滴潤性褐色森林土であった。化学的性質を Table 10 に示したが CEC が下層まで高く、A-B層の粘土鉱物を調べた結果ではモンモリロナイトの存在が推測されている。この土壌のおかれている位置は斜面下部で、上方から塩基の供給を受けやすい地形であった。この種の土壌はこの地域では周囲には見あたらず分布はきわめて限定されていた。

湘南地域の富塩基土壌の場合はこれらの土壌とは分布する地形的位置が異なり、高麗山においては尾根、沢を問わず全山、その他の地域においても尾根筋に分布しているので斜面上部よりの塩基の供給は考えられない。湘南地域の富塩基土壌は分布傾向からすれば凝灰岩風化物の直上に宝永スコリアが堆積した場所に分布すると結論づけられた。これら凝灰岩と宝永スコリアの性質からこの土壌は以下のごとくして生成したのではないかと推測される。

1) 高麗山の凝灰岩は CEC の大きい 2:1 型膨張格子型粘土鉱物および沸石類を多量に含み、かつ粉碎試料でも CEC が大きく、 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 可溶塩基に著しく富む。これらの性質は富塩基土壌の塩基状態に酷似する。なお沸石は風化の進行とともに別のタイプの沸石へと変化する。

和度の高い褐色森林土の化学的性質

in Onagawa district whose rate of saturation is high.

置換性 (me/100 g)		Ca CEC (%)	Mg CEC (%)	Ca+Mg CEC (%)	炭素 C (%)	窒素 N (%)	C/N
Ca	Mg						
29.9	34.6	37.7	43.6	81.3	4.5	0.11	41
18.8	39.1	24.0	49.8	73.8	2.6	0.09	29
17.9	41.9	22.8	53.3	76.0	1.0	—	—
20.4	40.6	27.3	54.2	81.5	0.7	—	—

2) 上記性質の凝灰岩風化物の上に塩基含量の高い宝永スコリアが推積し、その豊富な塩基と早急な風化速度のため、かなり多量の塩基が放出され、高 pH、富塩基な土壤条件を作り出した。

3) 宝永スコリアが風化して作り出す、高 pH、富塩基な条件の中に、主として凝灰岩が風化した土壤がおかれたので 2:1 型膨張格子型粘土鉱物および、酸性条件では不安定な沸石も安定し、また塩基の洗脱も比較的少なく土壌化したために、凝灰岩の特殊な性質を多く残存した富塩基土壤が生成したと推測される。これらの事を裏付けする様に、富塩基な土壤の中でも pH の低い層位は 2:1 型膨張格子型粘土鉱物および沸石の含有量が少なく、また凝灰岩土壤でもスコリアの被覆の少ない神武寺土壤は、pH は低く、塩基飽和度は少なく、2:1 型膨張格子型粘土鉱物は下層にわずかに含んでいるだけであり、沸石はまったく認められなかった。なお、現在は富塩基な土壤であっても急峻なやせ尾根においては、スコリアの流亡が激しく、かつこのような地形では土壤は酸性になりやすいので表層の pH が低く、B 層の塩基飽和度も若干低くなっている現象が調査した土壤の中にも見られた。この様な土壤は将来は富塩基土壤の特性が薄れていくのではないかと考えている。反対にスコリアが安定している地域の土壤の富塩基状態は今後ある程度永く継続する可能性が高いと予測される。

以上がこの富塩基土壤が湘南地域に存在する理由と考えられ、同時に今後の推移予測である。しかし凝灰岩の風化と宝永スコリアの降下堆積の間には、富士山等の噴火による火山灰の降下があったわけであり、この火山灰は主として平坦地や緩斜地に現在も厚く堆積して酸性土壤が生成しているが、富塩基土壤地域の場合はこの火山灰はどの様に消失したかの検討が必要である。

また高麗山から菜の花台にかけて、同一母材から生成された土壤の塩基性は除々に下がる傾向にある。この原因については地形の問題、異種母材の混入の問題など多種考えられるが、その原因の一つとして海水の飛沫も考えられよう。今後これらの点、またその他の生成に関する要因などを検討することによってさらに補強される予定である。

分類について：湘南地域に局所的に分布する富塩基土壤は、わが国の現気候下で主に凝灰岩と宝永スコリアを母材として生成した褐色の土壤で、断面形態からは普通の褐色森林土として分類される。しいて断面形態上の特徴を上げれば、表層 5～50 cm ぐらゐの所に粒状・堅果状構造がよく発達していること、炭素量の少ない B 層でも明度が低く暗色を呈していること、砂質な土壤が多いこと、などである。しかしながら理化学的性質、粘土鉱物組成はわが国の典型的な褐色森林土と比較すると大きく異なる。それを要約すると、pH が高い、CEC が大きい、それは下層程著しい。置換性陽イオンに富む、塩基飽和度が著しく高く 100% を超える土壤も見受けられる。主要粘土鉱物はモンモリロナイトと沸石などである。

本報のような性質の土壤はわが国では、沖縄の第三紀泥岩由来のジャガール²¹⁾、中新世泥岩由来の土壤が斜面上部からの塩基の供給を受けて生成したと考えられている静岡県由比のグルムゾル様土²²⁾、同じグループに属すると考えられている知多半島の凝灰質頁岩風化物上のチョコレート褐色の重粘な土壤²³⁾、近年小笠原で発見された火成岩や凝灰岩に由来する暗色土壤²³⁾、などが知られている。国外の土壤では FAO-UNESCO (1974)²⁴⁾ の Eutric Cambisol に類似点が多い。

加藤²³⁾はわが国のこの種土壤を一括して、土壤型レベルで独立させたいと考えている。筆者らも、この種土壤がわが国の褐色森林土、黒色土とは明らかに異なる性質を示す点、母材および生成過程はそれぞれ異なるが、生成した土壤はよく似た性質を示すことから加藤と同意見の点もあるが、本報の富塩基土壤についてもまだ残された問題が多いこと、女川地域の富塩基土壤のような土壤が今後点々と発見される可能

性があることなどからして、本報の土壌は現時点では実用上次の様な分類を提案したい。褐色森林土群の中で取り扱い、属の段階で区分し、「凝灰岩の性質を多く残して生成した富塩基土壌」としたかどうかと考えている。

引用文献

- 1) 森田佳行・八木久義・大角泰夫：湘南，高麗山地域の富塩基土壌の生成要因と分類学上の位置づけについて(第1報)形態の特徴ならびに一般理化学性，林試研報 314, 147~162, (1981)
- 2) 農林省林業試験場，林野庁：国有林林野土壌調査方法書，1~42，林野共済会，東京，(1960)
- 3) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，33~43，養賢堂，東京，(1970)
- 4) 大木靖衛・小鷹滋郎：土地分類図(神奈川県)表層地質図，国土庁土地局，(1975)
- 5) 関東ローム研究グループ：関東ローム，関東ローム等厚線図，築地書館，東京，(1965)
- 6) 菅野一郎：日本の土壌型，その生成・性質・研究法，469 pp，農山漁村文化協会，東京，(1962)
- 7) 加藤芳朗：静岡県由比町における“Grumusol”類似の土壌，ペドロジスト，11, 81~86, (1967)
- 8) 須藤俊男：粘土鉱物，498 pp，岩波全書，東京，(1974)
- 9) 加藤芳朗：X線回析における土壌粘土定方位薄片の有用性，ペドロジスト，4, 112~114, (1960)
- 10) 大角泰夫：X線回析法による粘土鉱物の同定，林試土壌部内資料，(1978)
- 11) 林 久人・須藤俊男・松岡正近：凝灰岩の粘土鉱物化と沸石化，粘土化学の進歩，2, 157~164, 技報堂，東京，(1960)
- 12) 本多朗郎：モンモリロナイト-沸石共生の一例，粘土化学の進歩，2, 136~145, 技報堂，東京，(1960)
- 13) 地団研地学事典編集委員会：地学事典，1009~1010, 950, 平凡社，東京，(1970)
- 14) 佐伯秀章：農林地質学，330 pp，朝倉書店，東京，(1950)
- 15) 中島和一・小泉光恵：横黒線に沿う地帯の第三紀層中の沸石-グリーンタフの鉱物(2)-地球化学，58, 26~31, (1962)
- 16) Joint Committee on Powder Diffraction Standards Search Manual : Pennsylvania, U. S. A., 299 pp, (1975)
- 17) 金子誠二・庄子貞雄・増井淳一：水田土壌中のゼオライトについて(第1報)-ゼオライトの存在-土肥誌，42, 5, 177~182, (1971)
- 18) 同上(第2報)-東北地方の水田土壌中におけるゼオライトの存在と含有状態-，土肥誌，42, 11, 407~412 (1971)
- 19) 林試土壌部：林野土壌の分類(1975)，林試研報，280, 1~28, (1976)
- 20) 有光一登・森田佳行：林地土壌生産力研究成果報告書，北越地域(部内資料)，林業試験場土壌部，(1966)
- 21) 小林 嵩・品川昭夫：南西諸島の土壌に関する研究，1. 琉球列島の土壌について，鹿大農学部，第16号，(1966)
- 22) 松井 健他：知多半島南部における地質・地形・土壌の対応関係，ペドロジスト，15, 2, (1971)
- 23) 加藤芳朗・宇津川徹：小笠原諸島の土壌-とくにその生成・分類について-，ペドロジスト，27, 2, (1983)
- 24) FAO-UNESCO : Soil Map of the World 1 : 5,000,000, Vol. I, Legend, 59 pp., UNESCO, (1974)

On the Nature, Genesis and Classification of Eutrophic Soils on the Coastal Hill
(Mt. Komayama) in the Shonan District of Kanagawa Prefecture (II)

—Distribution, clay mineral composition and properties of parent materials of the
eutrophic Brown Forest soil, and the assumption of its forming process—

Yoshiyuki MORITA⁽¹⁾, Yasuo OHSUMI⁽²⁾ and Nagaharu TANAKA⁽³⁾

Summary

The eutrophic soil was found at a part of the coastal area in Kanagawa Prefecture. The morphological features of the soil are similar to that of the Brown Forest soil, except the common Brown Forest soil is acidic in Japan. We tried to determine how the soil could keep such high contents of bases and their origin. If the soil is common in the coastal area of Japan, the forest soil classification system and land utilization in the coastal area should be reconsidered. In a previous paper, morphological condition, chemical properties, mechanical conditions and other general properties, particularly base conditions were discussed. The results of the previous paper are summarized as follows: Morphological conditions are similar to the Brown Forest soil except for the low value of humus of B horizon despite the low content of carbon. Soil pH ranges from 6 to 7. Cation exchangeable capacity is very high (40-70 meq., even in lower horizon) and the soil is almost saturated by Ca and Mg, sub-horizons particularly are over saturated. In this report, since this soil would reflect the nature of parent material, geological conditions of the region were superimposed with the distribution of the soil. And clay mineralogical composition was determined to be the cause of high exchangeable capacity. Moreover, the source of bases was discussed.

1. *Relationship between parent material and soil properties*

Major parent materials of the area are volcanic ash, green tuff and scoria from the Hoei cinder cone of Mt. Fuji. In addition coastal areas get sea water splash when wind blow is strong. Soil from volcanic ash with thin cover of scoria from Mt. Hoei is more acidic and has a lower cation exchangeable capacity throughout horizons than those of typical eutrophic soil. Soil from green tuff with thin cover from Hoei scoria is quite similar to the eutrophic soil, in soil reaction and CEC condition. Soil pH in the coastal area is high in the top soil but the sub-soil and its CEC varies with the type of parent materials. Therefore, green tuff and scoria would be closely related to the eutrophic conditions.

2. *Mineral composition of clay size fraction*

Major minerals in the clay fraction from typical eutrophic soil are montmorillonite with considerable intensity of reflection of zeolite by X-ray diffraction. Trace reflection of meta-halloysite is also detected. In this soil, three types of zeolite were detected which are analcite, 9.2 Å zeolite and gismondine. Montmorillonite has high CEC which is about 120 meq. and common zeolite also has very a high capacity, sometimes over 400 meq.. Since the soil material has very high clay fraction rate, content of the minerals mentioned above is very large. This is probably the reason why the soil has a high CEC value. As green tuff contains considerable quantity of zeolite, clay material

Received November 14, 1984

(1) (2) (3) Forest Soil Division

would be formed by weathering of the tuff. Mineralogical properties of the tuff varies in location. The Komayama area, where the typical eutrophic soil is observed has zeolite rich tuff and montmorillonite rich clay. But, in other areas like Takatori and Zenbatoge, high contents of zeolite are not detected, and montmorillonite content is also lower. However, their CEC is still higher than that of common Brown Forest soil. Therefore since green tuff has 83 meq. of CEC, major reason of high CEC value is probably due to the weathered material of the tuff, which contains high quantities of montmorillonite and zeolite in addition to high clay content.

3. *Origin of bases*

Hoei scoria is very porous and easily damaged by the weather. Its pH is about 7. Fresh scoria is about 10% Ca and 5% Mg. These elements would quickly be leached out by water and soil solution. The leaching test of scoria by water and neutral salt shows high a rate of removal of the elements. In addition to this, the green tuff itself contains considerable amounts of Ca (7%) and Mg (2%). Its ground material is over saturated by bases (CEC: 83 meq. and Ca+Mg+K+Na: 116 meq.). As top soil on the coastal area has a higher exchangeable cation content compared with that of the inner area, splash from sea water would be a part of the source of bases. Therefore, these three materials are the major sources of the base in the eutrophic Brown Forest soil, particularly, the weathered material of green tuff and the fragile Hoei scoria.

4. *Soil forming process of the eutrophic Brown Forest soil*

The eutrophic soil is formed from the green tuff with the Hoei scoria cover. Weathered material of the green tuff produced heavy soil which contained a high proportion of highvalent minerals like montmorillonite and zeolite. These minerals prevent base removal from soil. The weathered material itself has a large quantity of bases. Overlying scoria and sea water splash apply additional bases. This is the mechanism of formation of the eutrophic Brown Forest soil.

5. *Classification of the soil*

The classification of the soil should be discussed later because the cause of the dark color of the B horizon has not been made clear. When the soil forming process of Dark red soils is made clear, the soil can suitably be classified. In FAO soil classification, this soil might be related to the eutrophic Cambisol.