

千葉大学熱川暖地農場の土壌の諸性質について

第3報 熱川暖地農場火山灰土壌の無機成分の特徴と土壌分類学的位置

竹迫 紘¹⁾・和田直樹¹⁾・隅田裕明²⁾・川東正幸²⁾・宮本 淳²⁾・鈴木創三³⁾・田中治夫³⁾
・佐々木真一³⁾・田邊範子³⁾・野村敦子³⁾・室岡敦子³⁾・横田川毅³⁾・犬伏和之⁴⁾

(¹⁾明治大学農学部土壌学研究室 (²⁾日本大学生物資源学部土壌学研究室

(³⁾東京農工大学農学部土壌学研究室 (⁴⁾千葉大学園芸学部土壌学研究室)

Properties of Soil in Chiba University's Atagawa Farm.

III. Mineralogical Properties and Soil Classification of Volcanic Ash Soils

^{*1}Hiroshi Takesako, ^{*1}Naoki Wada, ^{*2}Hiroaki Sumida, ^{*2}Masayuki Kawahigashi,
^{*2}Jun Miyamoto, ^{*3}Sohzoh Suzuki, ^{*3}Haruo Tanaka, ^{*3}Shinichi Sasaki,
^{*3}Noriko Tanabe, ^{*3}Atsuko Nomura, ^{*3}Atsuko Murooka,
^{*3}Tsuyoshi Yokotagawa, and ^{*4}Kazuyuki Inubushi

(^{*1}Faculty of Agriculture, Meiji University,

^{*2}College of Bioresource Science, Nihon University,

^{*3}Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology,

^{*4}Faculty of Horticulture, Chiba University)

Abstract

Analysis of mineralogical properties by X-ray fluorescence spectrometry and X-ray diffraction combined with selective dissolution were performed on soil samples collected from soil horizons in Site 4 (located on lower part of the gentle foot slope in Chiba University's Atagawa farm). Total element analysis and identification of clay mineral composition of soils in Site 1 (located on top of hill in the farm) were also carried out for comparison with the properties of Site 4. The soil of Site 4 contained about 15% of allophane, and showed the high content of humus in surface layers and high values of phosphate absorption coefficient over 15 in all horizons. The soil of Site 4 was classified into Typic Kuroboku soil because of filling the classification criteria of Kuroboku soils according to the Unified Soil Classification System of Japan (1st Approximation) by Pedologist. In addition, the soil in Site 4 having Andic soil property was classified into Typic Melanudants by Soil Taxonomy. The soil in Site 1 showing low sensitivity of active alumina test, low phosphate absorption coefficients, brownish soil colors, and a poor character of Kuroboku A horizons and poor character of allophanic B horizons, was classified into Para-Kuroboku soils. In clay mineral compositions of Site 1 and 4, Al-vermiculite was dominant, and chlorite and illite were also observed. These crystalline clay minerals were deduced to be derived from aeolian mica that was contained in a coast deposit distributed along coasts of this region, and might be mixed with volcanic ash soils. Surface soils originated from young volcanic ash soils might be eroded and parent materials of old deposits in deeper horizons might form present Para-Kuroboku soil of Site 1 which showed high silicate aluminum ratio.

Soil in each Site was classified into Typic Para-Kuroboku soil for Site 1, Typic Yellowish-Brown Forest soil for Site 2, Acidic-Brown Forest soil for Site 3, Typic Kuroboku soil for Site 4 and Site 5.

1. はじめに

4 大学, 5 研究室で実施された土壌調査地点は, 植物遺伝資源および熱帯果樹, 野菜栽培など広範囲な学術研究を目的として利用されている千葉大学熱川暖地農場内, 北緯 $34^{\circ}49'51''\sim 65''$, 東経 $139^{\circ}3'43''\sim 85''$ に位置している。

熱川暖地農場周辺に分布する土壌は, ペドロジスト懇談会編による1/100万日本土壌図によれば, 土壌群では黒ボク土, 黄褐色森林土および褐色森林土に分類されている [10]。土壌調査は第1報で示した通り, 暖地農場内の標高340m~180mの常緑広葉樹林帯から果樹園地にかけて5地点で土壌断面調査および試料採取を実施した [5]。本報では火山灰を母材とする土壌であると考えられる, 下部緩斜面に位置する第4地点 (Site 4) を主体に, 全量分析, 選択溶解法による遊離Si, Al, Feの分布量, 遊離酸化鉄の形態および粘土鉱物組成の同定を行い, 熱川暖地農場内の果樹園に存在する火山灰土壌の特徴について検討を加えた。なお, 地形的位置の特徴を解析するための比較対照土壌として第1地点 (Site 1) の火山灰土壌の粘土鉱物組成, 全量分析をあわせて行った。この目的は, 熱川農場の頂部平坦~緩斜面 (Site 1) と下部緩斜面 (Site 4) には, 低い固相率および容積重 [5] に示されるように火山灰を母材とする土壌が分布しているが, 両地点の土壌の一般化学性 [5] を比較するとSite 1は腐植含量が少なく, 土色の黒味やB層の黄褐色味が薄いことやリン酸吸収係数が低いなど断面形態や化学性に相違が認められ, これらの相違の要因は, 侵食・再堆積など地形的位置に影響された土壌母材の堆積環境や, それに基づく母材の風化年代に差異があると考えられるためである。

また, 全調査地点の土壌断面形態, 土壌理化学性の分析結果より, 日本の統一的土壌分類体系に基づき各地点土壌の分類学的位置について検討した。

2. 方 法

(1) 全量分析

微粉碎 (0.5mm篩通過) 風乾土を磁製ルツボ, 電気炉を用い 900°C , 1時間灼熱し, 有機物の燃焼除去と含有元素の酸化処理を行った。放冷後, 土壌試料にメタホウ酸リチウムを1:10の割合で加え, メノー乳鉢で混合後, 白金ルツボを用い理学ビードサンプラでガラスビードを作成した。このガラスビードについて, 理学蛍光X線分析装置を用い検量線法で, ケイ酸 (SiO_2), アルミニウム (Al_2O_3), 鉄 (Fe_2O_3), チタン (TiO_2), マンガ

ン (MnO_2), カルシウム (CaO), マグネシウム (MgO), カリウム (K_2O), ナトリウム (Na_2O), リン (P_2O_5) の主要10元素を定量した。

(2) 選択溶解による遊離酸化物

酸性シュウ酸塩可溶鉄 (Feo), アルミニウム (Alo), ケイ素 (Sio) は酸性シュウ酸アンモニウム溶液 (pH 3) を用い [1], ジチオナイト可溶鉄 (Fed), アルミニウム (Ald), ケイ素 (Sid) はジチオナイトークエン酸ナトリウム溶液により抽出を行った [1]。また, ピロリン酸ナトリウム可溶鉄 (Fep), アルミニウム (Alp), ケイ素 (Sip) は0.1Mピロリン酸ナトリウム (pH10.4) を用いた [1]。全鉄 (Fet) はフッ化水素—過塩素酸分解溶液を供試した。各金属の測定はICP法により定量した [1]。

(3) 粘土鉱物組成

粘土画分は定法 [12] に従い採取した。採取したNa—粘土の一定量を脱鉄, 脱アロフェンおよび脱層間アルミニウム (Tamura法) 処理し, Mg飽和, Mg飽和グリセロール処理, K飽和およびK飽和加熱処理 ($300\sim 350^{\circ}\text{C}$, $500\sim 550^{\circ}\text{C}$ 各1時間) [11] の定方位試料につき理学X線回折装置ガイガーフレックスによりX線回折した。なお, Site 1については脱アロフェン処理, 脱層間アルミニウム処理は行わなかった。

3. 結果および考察

(1) 全分析

1) 元素間の相関係数

第1表に2地点, 11層位から得られた各元素含量間の相関係数を示した。元素含量間の相関関係を見ると, Si, Mn, Ca, Mg, K, NaおよびPのグループ (Siグループ) とAl, FeおよびTiのグループ (Alグループ) との間には負の相関が認められた。特にSiグループのSi, CaおよびNaとAlグループの相関係数は-0.9以上であった。一方, Alグループのグループ内の相関係数は0.95以上であった。このことはアルカリ, アルカリ土類金属およびSiが母材から溶出・減少し, Al, Fe, Tiが相対的に富化されるという基本的な風化に伴う土壌生成過程を示すものと考察した。また, 両グループ内の元素含量間には比較的に高い正の相関が認められたが, その中でMgおよびKは相関係数が低かった。MnはAlグループと負の相関がありSiグループと同様の風化に伴う変化があることを示していると推察したが, 両グループの元素間における相関係数はMgとの0.9以外は比較的低い値であった。

第1表 熱川暖地農場火山灰土壌における全量分析による元素含量間の相関係数

	Si	Al	Fe	Ti	Mn	Ca	Mg	K	Na
Al	-0.954								
Fe	-0.994	0.957							
Ti	-0.982	0.966	0.933						
Mn	0.461	-0.645	-0.475	-0.503					
Ca	0.885	-0.973	-0.901	-0.925	0.630				
Mg	0.540	-0.731	-0.580	-0.611	0.907	0.775			
K	0.695	-0.826	-0.707	-0.764	0.711	0.826	0.703		
Na	0.904	-0.981	-0.922	-0.937	0.661	0.988	0.792	0.823	
P	0.862	-0.913	-0.874	-0.911	0.449	0.929	0.567	0.873	0.918

また、起源が腐植など生物由来と考えられるPはAlグループと高い負の相関が、SiグループとはMgを除き高い正の相関が認められた。この原因は、第1にPは腐植の多い表層部に多いこと。第2に表層部は新鮮な母材が混入するため下層部よりSi、Caなどの含量が多く、一般的に下層部より風化度が低いことに由来するものであり、風化が進行するとP含量が低下するとの法則性があるとは判断できない。

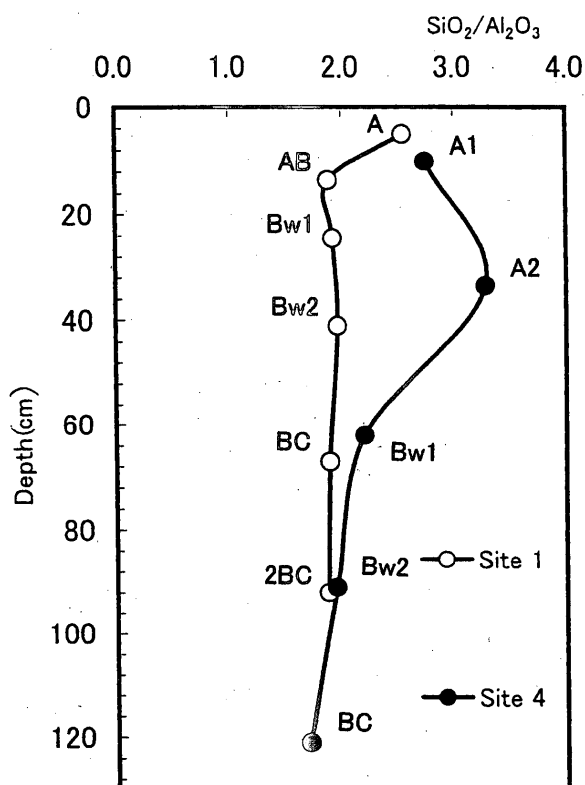
2) Site 1の特徴

第2表に分析結果の一覧を、第1図にケイバン比を示した。ケイ酸含量はA層において45%と高かったが、AB層以下は40%以下と低く、また $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ （ケイバン比）もA層が2.56とAB層以下よりも高い値を示した。加えてA層のCa、Mg、KおよびNa含量は下層より高い値であった。これらのことからA層は下層に比べケイ酸、塩基類の溶脱が少なく風化度が低いことが明らかになった。その理由は、表層部に噴出年代が若く風化度が低い火山灰が混入したためと考察した。

3) Site 4の特徴およびSite 1との比較

Site 4のケイ酸含量、ケイバン比および塩基含量はA1層よりもA2層が高く、風化に伴ってこれらが減少する観点からはA2層が最も風化度が低かった。この理由は、A1層部が果樹園の造成時にA2層上部に客土されたか、地形的に上部で侵食された土壌物質が移動し再堆積が起きていることを推察した。また、Bw1層以下ではA層部に比較すると鉄・アルミニウム含量が高く、ケイ酸含量、塩基含量およびケイバン比の値も低かった。特に最下層のBC層は上位層とは風化程度に差があった。これらのことから、Bw1層以下はA層部より風化度が高く、母材は非連続的と推定した。

Site 1とSite 4を比較すると、Site 1の方が全層的にアルカリ、アルカリ土類金属含量が低く、風化度が高い関係が認められた。この原因としてSite 1とSite 4の地形的位置を考慮すると、Site 1は頂部緩斜面に位置するために堆積年代の古い母材に由来する火山灰土壌が地表に



第1図 熱川農場火山灰土壌Site 1およびSite 4のケイバン比

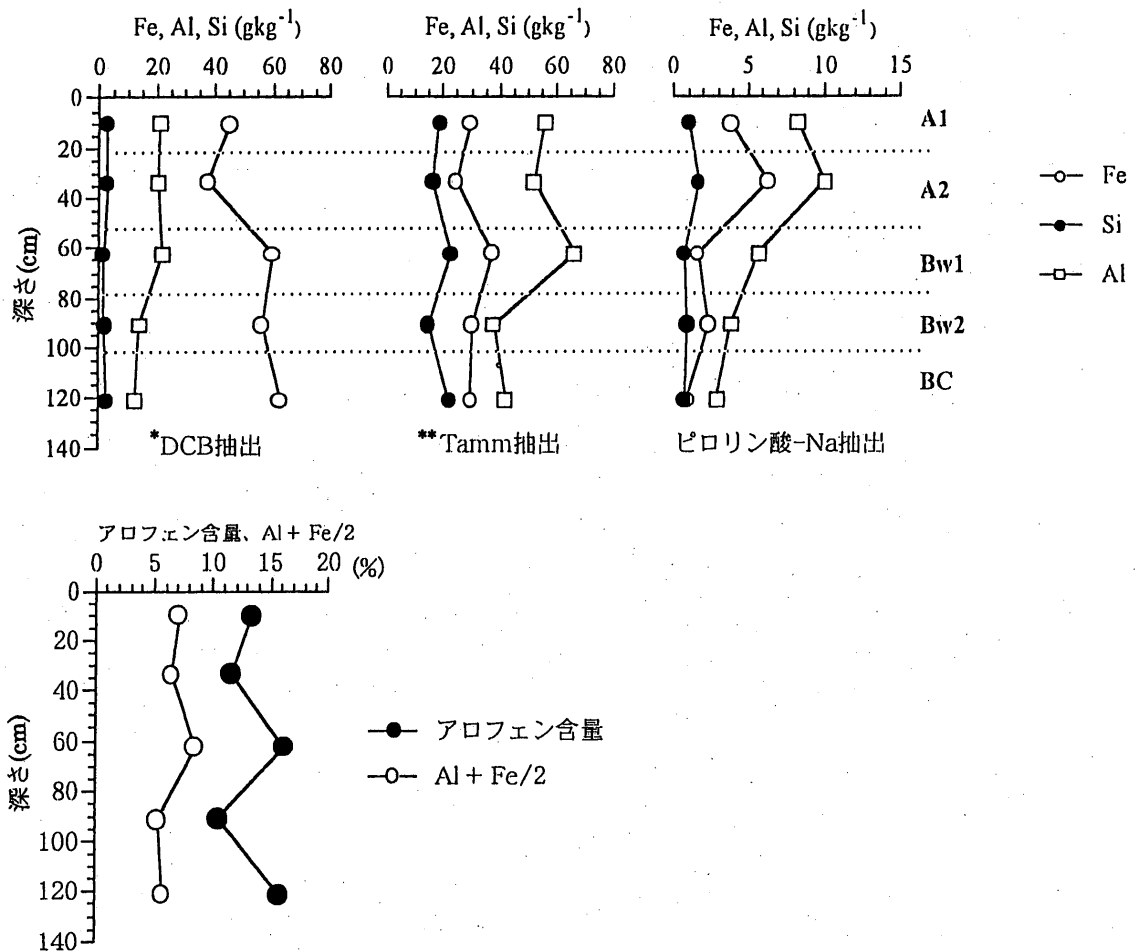
残存し、長期間にわたる風雨により緩やかに侵食される一方、Site 4は下部緩斜面に位置するために表層部には上部より移動・集積した降下年代の若い火山灰が再堆積してこのような土壌を生成した、とする仮説が考えられた。

(2) 選択溶解による遊離酸化物の特性

第2図にSite 4の選択溶解成分の断面内分布を示した。ジチオナイト（脱鉄処理）可溶成分は $\text{Fe} > \text{Al} > \text{Si}$ の順を示した。Fedは37.7~62.3g/kg、Aldは12.7~21.7g/kgおよびSidでは1.5~2.9g/kgが抽出された。FedはA1、A2層に比べBw1層以下の層位で増加していた。

第2表 熱川農場火山灰土壌の全量分析結果

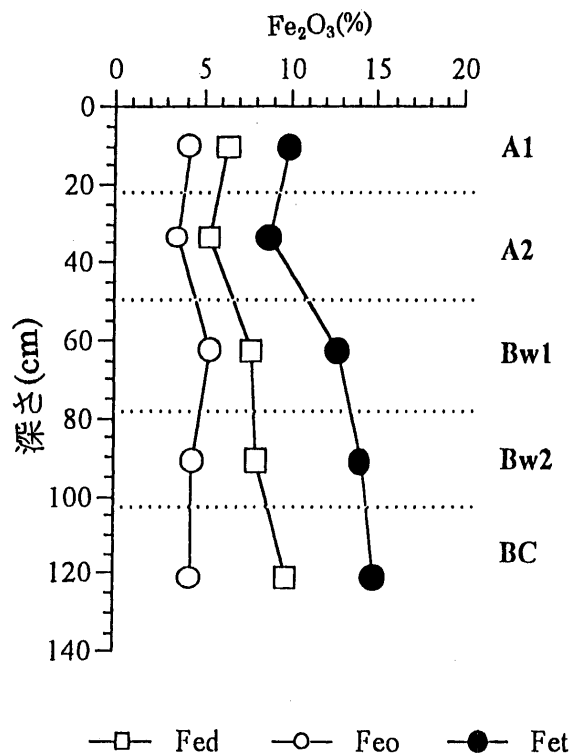
Horizon	Dry matt'r %										SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	
Site 1											
A	45.39	30.11	16.95	1.79	0.42	1.37	2.41	0.66	0.70	0.20	2.56
AB	39.89	35.87	19.89	2.04	0.22	0.19	1.06	0.58	0.16	0.07	1.88
Bw 1	39.89	35.15	19.68	2.06	0.24	0.42	1.56	0.55	0.36	0.10	1.92
Bw 2	40.89	35.28	19.28	2.00	0.19	0.23	1.23	0.58	0.22	0.08	1.96
BC	39.92	35.79	19.94	2.05	0.23	0.19	1.09	0.57	0.15	0.07	1.89
2 BC	38.98	35.26	21.02	20.18	0.28	0.17	1.17	0.68	0.17	0.08	1.87
Site 4											
A 1	46.94	28.89	15.79	1.62	0.41	1.60	2.15	0.95	0.84	0.82	2.75
A 2	49.99	25.80	14.22	1.45	0.34	2.66	2.33	0.94	1.12	1.16	3.28
Bw 1	41.89	32.21	18.66	1.90	0.43	0.95	2.39	0.79	0.51	0.26	2.20
Bw 2	39.33	34.25	19.94	2.03	0.35	0.70	2.09	0.77	0.38	0.17	1.95
BC	36.13	35.83	21.75	2.19	0.33	0.63	1.98	0.67	0.33	0.15	1.71



第2図 Site 4における選択溶解法による可溶性Fe, Al, およびSi

*DCB抽出: ジチオナイト (脱鉄処理) 可溶成分

**Tamm抽出: 酸性シュウ酸塩 (脱アロフェン処理) 可溶成分



第3図 Site 4における全鉄および可溶性鉄の分布

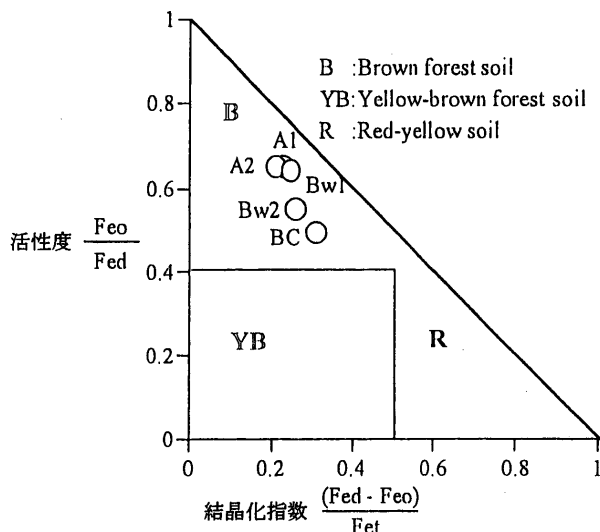
*Feo：酸性シュウ酸塩可溶性鉄量
Fed：ジチオナイト可溶性鉄量
Fet：全鉄量

AldおよびSidはA1～Bw1層ではほぼ一定であったが、Bw2、BC層で低下する傾向を示した。Feは表層より下層で結晶化が進んでいることが示唆された。また、FedではA1層に比べA2層が低く、A層内での分布が特徴的であった。

酸性シュウ酸塩（脱アロフェン処理）可溶成分の抽出量は $Al_o > Fe_o > Si_o$ の順を示し、各成分ともBw1層での含量が最も高く、Bw1層で非晶質画分の多いことが認められた。 Si_o 含量より求めたアロフェン含量は10.6～16.1%を示し、Bw1層で最も高いアロフェン含量を示した。また、Soil TaxonomyによるAndic特徴層位を示す基準である $Al + Fe/2$ は全層位で5%を越え、その基準値を上回っていた[9]。

ピロリン酸ナトリウム可溶成分は $Al_p > Fe_p > Si_p$ の順を示し、A1、A2層の含量がBw1層以下の層位に比べ高く、A1、A2層では腐植複合体の形態で存在する割合が高いことが示された。さらに各成分ともA2層で最も高い含量を示した。第2報で、有機物含量はA1、A2層ではほぼ同様な含量を示していたが[4]、A2層ではAl-腐植複合体としての存在割合が高いことが認められた。

第3図に形態別酸化鉄の断面内分布量を示した。全鉄



第4図 Site 4における遊離鉄酸化物の活性度と結晶化指数

*Feo：酸性シュウ酸塩可溶性鉄量
Fed：ジチオナイト可溶性鉄量
Fet：全鉄量

量は8.7～14.8%、ジチオナイト可溶性鉄5.3～9.7%および酸性シュウ酸塩可溶鉄（弱結晶性鉄、非結晶性鉄）は3.5～5.4%を示した。全鉄、ジチオナイト可溶性鉄ともにBw1層以下の層位での含量が高く、さらに層位の深さとともに増加する傾向を示した。Bw1層以下では弱結晶性鉄、非結晶性鉄の存在は減少し、結晶性鉄の割合が増加する傾向が認められた。

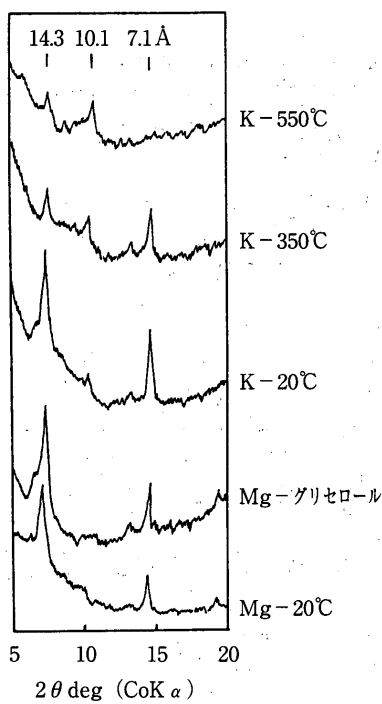
第4図には各層位の遊離酸化鉄の活性度と結晶化指数を永塚の分類に従い図示した[8]。各層位ともこの分類上では褐色森林土の領域に含まれた。活性度（ Fe_o/Fed ）は0.45以上を示し、遊離鉄の活性度が高いこと、また結晶化指数は0.3以下を示し、鉄の結晶化は進行していないという特徴を示していた。Bw1層以下の層位では深さとともに遊離酸化鉄の活性度が低下し、結晶化指数が増加した。これは、後述の全分析による風化度合いの結果と整合していた。

第2図よりジチオナイト、酸性シュウ酸塩可溶成分の分布から弱結晶および非結晶性成分のBw1層への移動・集積を推察した。さらに、遊離酸化鉄の存在状態がBw1層を境に異なること、この地点の地形条件を加味して、A1層は上部からの崩積による再堆積の可能性が大きいことを推察した。

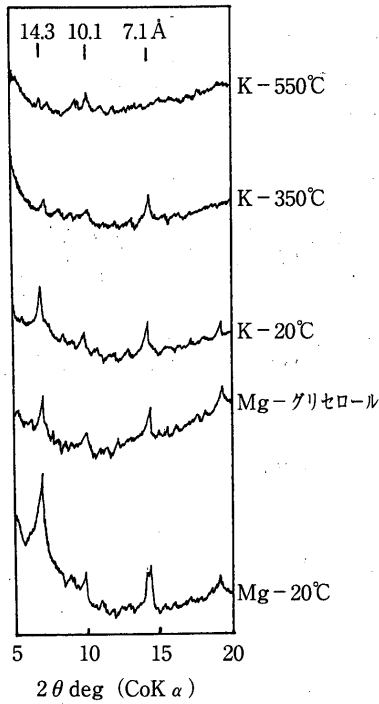
(3) 火山灰土壌中の粘土鉱物組成の特徴

1) Site 4

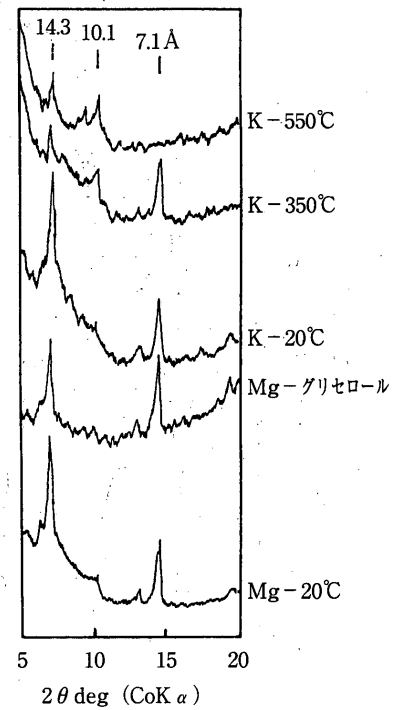
第5図から第9図にSite 4のA1からBC層のX線回折図を示した。また第3表に各層位の主要粘土鉱物組成を



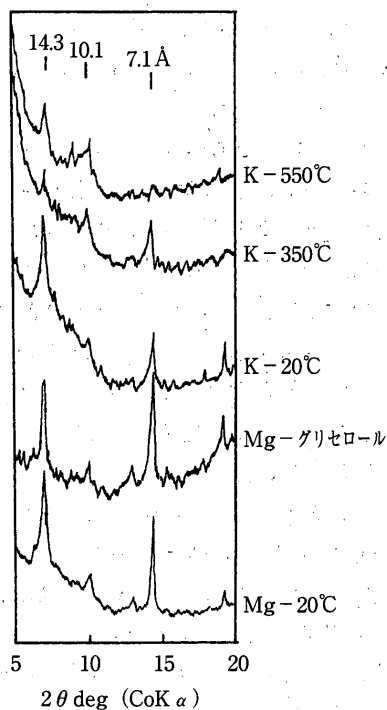
第5図 Site 4のA1層の粘土のX線回折図
(脱鉄—脱アロフェン—脱層間Al処理粘土)



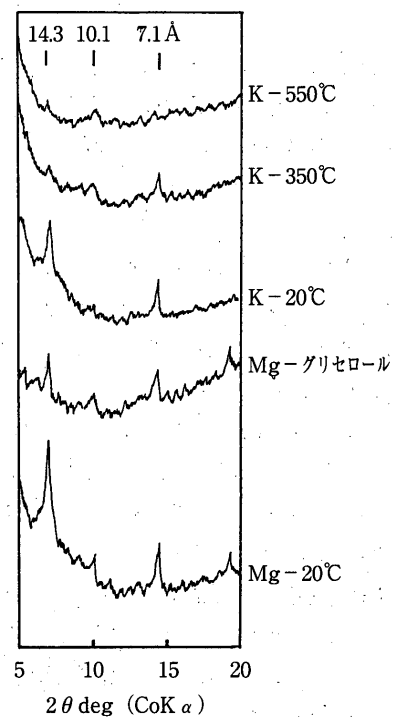
第6図 Site 4のA2層の粘土のX線回折図
(脱鉄—脱アロフェン—脱層間Al処理粘土)



第7図 Site 4のBw1層の粘土のX線回折図
(脱鉄—脱アロフェン—脱層間Al処理粘土)



第8図 Site 4のBw2層の粘土のX線回折図
(脱鉄—脱アロフェン—脱層間Al処理粘土)



第9図 Site 4のBC層の粘土のX線回折図
(脱鉄—脱アロフェン—脱層間Al処理粘土)

示した。A1層では第5図のように、Mg処理により14.3および7.1Åに顕著な、10.1Åに弱いピークが認められた。14.3および10.1Åのピークはグリセロール処理での移動は認められなかった。また、K処理により14.3、10.1および7.1ÅのピークがMg処理と同様に認められた。これにより、14.3Åのピークの構成粘土組成はバーミキュライトとクロライトの混在が、10.1Åはイライトおよびバーミキュライトの存在が、7.1Åはクロライト、バーミキュライトの(002)反射に加えカオリン鉱物の存在が示唆された。K飽和の350℃加熱処理では14.3、10.1および7.1Åのピークが残存したが、14.3Åのピークの減少と10.1Åのピークの増大が観察され、さらに14Åから10Åにかけて連続的にベースラインが上昇していた。この結果、このバーミキュライトには層間に水分子とアルミニウムを種々の割合で含むAl-バーミキュライトが存在していることが判明した。K飽和の550℃加熱処理では14Åおよび10Åピークは残存し、14Åはクロライト、10Åはバーミキュライトおよびイライトと同定した。一方、この処理で消失した7Åピークはカオリン鉱物および著しく弱まったクロライトによるものと判断した。しかし、K飽和の550℃加熱処理の7Åピークの消失によるクロライトとの識別には、より高次の反射の測定等が必要であるが、今回はそのような測定を行ってなかった。また、Site 1では後述するような理由でカオリン鉱物は存在しないと判断したことから、7Åピークについてはカオリン鉱物ではなくクロライトの可能性が高いと推察した。これらの顕著なピーク以外に存在した15.8および7.79Åの微小なピークは膨潤性が無く、加熱処理で消失したことからバーミキュライト的およびイライト的な構造を持つ2:1型粘土鉱物の不規則混合層の

一次および二次反射であると推察した。以上の結果より、A1層の主要粘土鉱物組成はAl-バーミキュライト、バーミキュライト、クロライトおよびイライトであると同定した。

A2層以下の粘土鉱物組成は第6～9図のようにA1層とほぼ同様であった。A2層およびBC層では350℃加熱処理で存在する14Åのピークは550℃加熱処理によって極めて微弱になったことからクロライトの含有量は極めて低いと推定した。

Site 4の全層位における結晶性粘土鉱物組成は第3表のようにAl-バーミキュライトが優越し、バーミキュライト、イライトおよびクロライトを含むと同定した。

2) Site 1

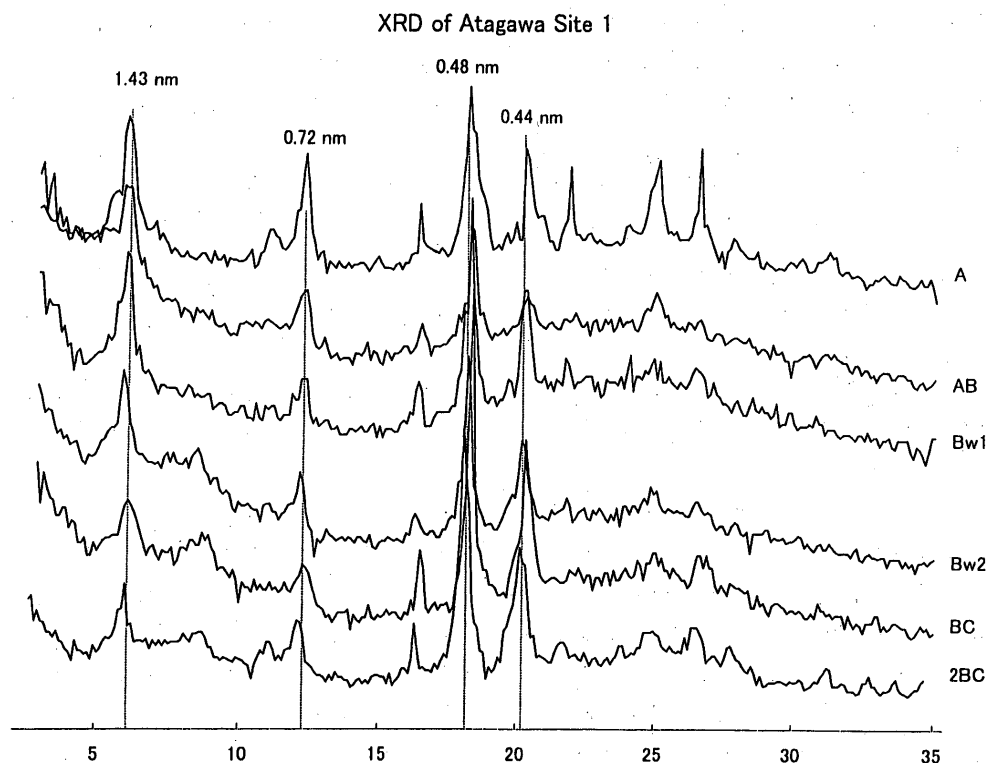
脱アロフェン処理をしていない全層位、Mg飽和粘土のX線回折を第10図に示した。グリセロール処理、K飽和および加熱処理のデータはSite 4と同様であるために省略した。なお、A層の試料は粘土分離が不充分で2μm以上の粒子が混入しているため、一次鉱物の長石、クリストバライトの回折ピークが存在していた。

各層位ともに14.3、7.2、4.8Å付近に顕著な、またBw2、BC、2BC層には10Åに微弱なピークが見られた。14Å、10ÅはMgグリセロール飽和処理で膨張を示さなかったため、14Åはバーミキュライト、クロライト、10Åはイライトの存在が示唆された。7Åはクロライト、バーミキュライトの二次反射とカオリン鉱物の存在が示唆された。4.8Å付近は14Å鉱物（バーミキュライト）の三次反射に相当するが、本土壌ではピークが極めてシャープなことから、ギブサイトの存在も考えられる。K飽和粘土はMg飽和粘土と差異が無かった。K飽和350℃加熱処理では14Åのピークが著しく低下し、10Å

第3表 熱川農場火山灰土壌中の結晶性粘土鉱物組成およびアロフェン含量

層位	結晶性粘土鉱物	アロフェン (乾土当たり%)
Site 4		
A1	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	13.3
A2	Al-Vermiculite>Chlorite,Illite (±)	11.6
Bw1	Al-Vermiculite>Chlorite,Illite (±)	16.1
Bw2	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	10.4
BC	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	15.7
Site 1		
A	Al-Vermiculite>Chlorite,Illite (±)	n.d.
AB	Al-Vermiculite>Chlorite,Illite (±)	n.d.
Bw1	Al-Vermiculite>Chlorite,Illite (±)	n.d.
Bw2	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	n.d.
BC	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	n.d.
2BC	Al-Vermiculite>Chlorite>Illite	n.d.

n.d.未分析



第10図 熱川農場Site 1のX線回折図 (Mg・air dry)

のピークは高くなったが14Åから10Åへの移動はSite 4と同様に顕著でなく14Åから10Åにかけて全体のベースラインが上昇したような形状を示した。このことはSite 4で述べたように、14Åのピークで存在が示唆されたバーミキュライトは層間を水分子とアルミニウムが種々の割合で占めているバーミキュライト、すなわちAl-バーミキュライトであると同定した。また、4.8Åのピークは消失したことからギブサイトの存在は否定された。さらに、K飽和550℃加熱処理では7Åのピークが消失したためカオリン鉱物の存在も考えられた。しかし、クロライトの(002)反射に由来する7Åも同様に消失することに加え、Mg飽和でクロライトの(003)反射(Cu-K α の $25.1^\circ = 3.54\text{\AA}$)にピークが存在し、カオリナイトの(002)反射(Cu-K α の $24.9^\circ = 3.57\text{\AA}$)には存在しなかったことからカオリン鉱物は含有しないと判断した。

以上の検討結果からSite 1においては、全層位ともに主要結晶性粘土鉱物としてAl-バーミキュライト、クロライトを含有し、特にBw2層より下層位にはイライトが含有することが明らかになった。なお、本地点は酸性シュウ酸塩溶液によるAl, Siの定量を行っていないのでアロフェンの量的な把握は出来ないが、土壌pHの酸性が強いにもかかわらず ΔpH が低いので弱酸的交換基を有する粘土鉱物、すなわちアロフェンも結晶性粘土鉱物

と同様に多量に含有していると考えるのが妥当であろう。

3) 本地点の結晶性粘土鉱物の由来

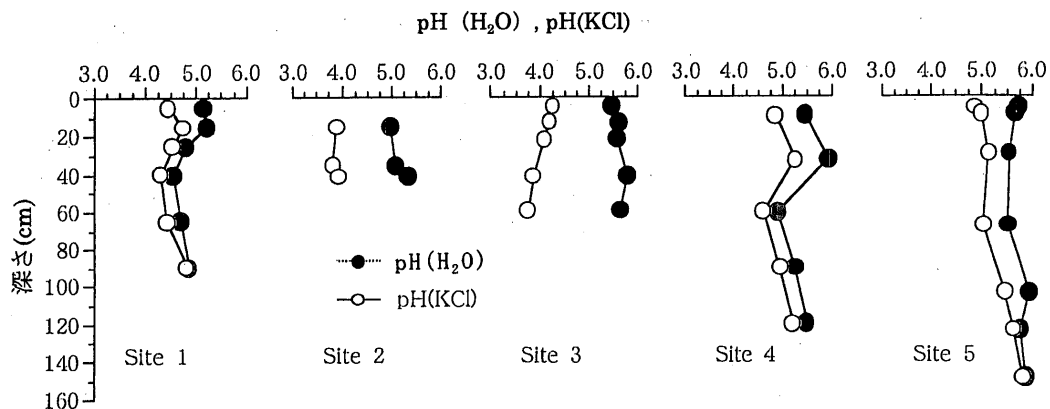
Site 4およびSite 1の両火山灰土壌中に、多量のAl-バーミキュライトを主体にクロライト、イライトの結晶性粘土鉱物が含有することが明らかになった。火山灰土壌中の主にバーミキュライトを主体とする結晶性粘土鉱物は、外来物質の混入に由来すると考えられている。特に井上ら[3]による中国からの風成塵説が黄砂現象の存在により有力である。

一般的にバーミキュライトおよびクロライトはイライト(雲母)を起源とする風化生成物と考えられている[6]。したがって、本地点の両火山灰土壌中に確認されたバーミキュライト、クロライトは外部から混入した雲母に由来したものと考えられる。本地域には海浜砂丘が広く分布し、これに含まれる雲母が風成作用で混入し[2]、これが本地域火山灰土壌の結晶性粘土鉱物の起源となっている可能性が高い。

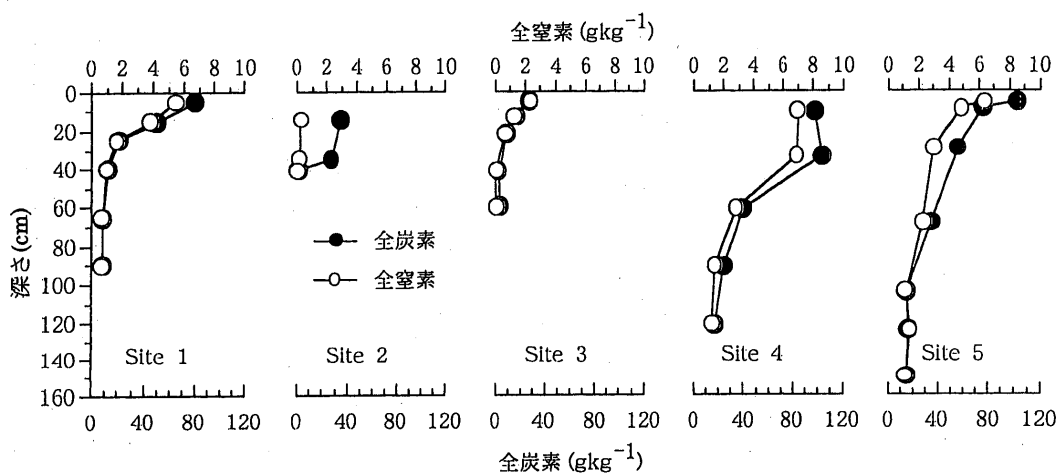
4. 熱川暖地農場の土壌分類

第11～13図に全調査地点のpH(H₂O)、(KCl)、全炭素、全窒素およびリン酸吸収係数の層位別変化を示した。

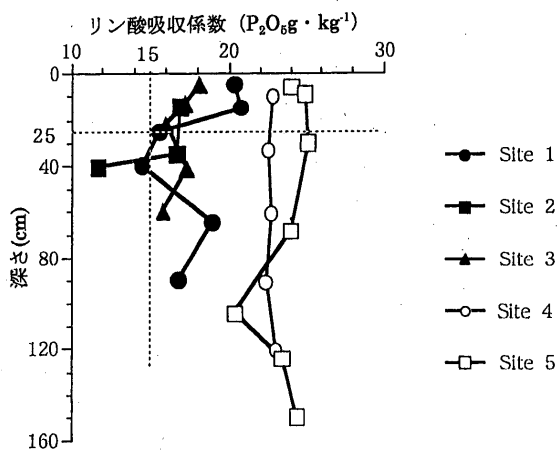
pH(H₂O)はSite 1からSite 5へ標高の低下とともに上昇する傾向が認められた。このことは、塩基類は地形



第11図 各調査地点の層別pH (H₂O) およびpH (KCl) の変化



第12図 各調査地点の層別全炭素，全窒素の変化



第13図 各調査地点の層別リン酸吸収係数

的上位から下位へ地表水とともに移動・集積することを示している。Site 1では丘陵頂上部緩斜面に位置することからA, AB層では落葉などに由来する有機物中の塩基類の影響を受け、これらの層位で高い値を示した。しかしSite 2, Site 3では急斜面に位置することから、表層部においては有機物の蓄積より流亡の方が多いために、

表層でのpH上昇は認められなかった。また、pH (H₂O) とpH (KCl) の差を示す ΔpH はSite 2, 3では他の地点に比べ高く、これら2地点では陽イオン交換基は母材由来の結晶性粘土鉱物由来であることが示唆された。またSite 2, Site 3の下層の塩基飽和度が高いのは母材が残積成であることに起因すると考えられた。

全炭素, 全窒素はSite 5>Site 4>Site 1>Site 3, Site 2の順を示した。Site 4を除く地点では表層で高く, 層位とともに低下する傾向を示したが, Site 4ではA2層で増加する傾向を示した。

リン酸吸収係数はSite 4, 5地点では他の地点に比べ, 明らかに高く20を越えていた。その他の地点では下層で15以下を示す層位が存在するものの, 全地点ともに表層から25cmまでは15以上を示した。

黒ボク土は腐植に富み, アロフェン質を示し, 黒ボク質A層とアロフェン質B層を持つ陸生腐植質土壌と定義されている [10]。この条件は厚さ20cm以上, 土色10~5YR3/2, 2/3までを呈し, 腐植含量5%以上, A型腐植酸をもつ腐植層, および活性アルミナテストで「++」を示し, リン酸吸収係数15以上の性質を持つ必要がある [10]。5地点の断面形態および理化学性を検討すると, リン酸吸収係数はすべての地点でこの条件を満たすが, アルミナテストではSite 3, 4および5のみが「++」で条件を満たした。さらに断面形態の特徴である土色および層厚を満たす土壌はSite 4, 5のみであり, 腐植含量も5%以上を示す層位が20cm以上存在する。これらの結果から, Site 4, 5は黒ボク土の定義に示した性質が典型的であると判断されることから, 典型的黒ボク土に分類される。

一方, Site 1は固相率, 仮比重から母材は火山灰であると推定されるが, リン酸吸収係数が15前後と典型的黒ボク土より低く, 粘土鉱物組成は結晶性粘土鉱物が多く含有し黒ボク土よりアロフェンの性質が弱いこと, さらに活性アルミナテスト(±)や断面形態から典型的黒ボク土より準黒ボク土に分類することが適切であると判断した。Site 2は暗赤褐色のA層と暗褐色のB層, 明赤褐色—橙色のC層から構成されていることから赤色風化殻上に生成する黄褐色森林土に暫定的に分類することにした。Site 3は2CB層以下が黄褐色を示し黄褐色森林土様であるが, B層は暗褐色—褐色であり黄褐色森林土としての土色を充足しないので褐色森林土に分類するのが妥当と考えた。また, 全層にわたり酸性を示し, さらに他の亜群の特性を持たないことから, 酸性亜群に分類される。また, Site 3は活性アルミナテストが++で, リン酸吸収係数が17程度と比較的に高い値を有し, 高アルミナ質の性質を示すが, この原因は火山灰の混入や長石含量が高い安山岩 [7] 由来の母材的要因があるものと考えられる。

5. ま と め

(1) 千葉大学熱川暖地農場の果樹園として利用されてい

る下部緩斜面に分布する火山灰土壌 (Site 4) は, アロフェンを15%程度含有し, 断面形態, 腐植含量, リン酸吸収係数など, ペドロジスト懇談会, 統一的土壌分類体系 (第一次案) の黒ボク土壌の条件を充足しているため, 典型的黒ボク土に分類した。また, Soil TaxonomyのAndic Soil Propertyの条件を充足しており, Typic Melanudantsに分類した。

- (2) 黒ボク土壌 (Site 4) の粘土画分中の結晶性粘土鉱物は全層ともAl-バーミキュライトが優越し, クロライト, イライトを含有していたが, これらは本地域に広く分布する海浜砂に含まれる雲母が風成塵となり起源物質として混入したものと考察した。
- (3) 上部緩斜面 (Site 1) に分布する火山灰土壌は, 調査時の活性アルミナテストが±, リン酸吸収係数が低く, 土色が褐色で黒ボク質A層, アロフェン質B層の存在が明瞭でないことから準黒ボク土に分類した。
- (4) Site 1の準黒ボク土は, ケイバン比が高く, 風化が進んでいることから, 表層部の堆積年代の若い火山灰層が侵食され, 深層部の堆積年代の古い母材により生成していると考えられた。
- (5) Site 1の粘土鉱物組成はSite 4と同様に, 雲母由来と考えられるAl-バーミキュライトを主体にクロライト, イライトを含有していた。
- (6) 調査地点の土壌分類学的位置はSite 1: 典型的準黒ボク土, Site 2: 典型的黄褐色森林土 (暫定的), Site 3: 酸性褐色森林土, Site 4: 典型的黒ボク土, Site 5: 典型的黒ボク土とした。

本報告は, 「はじめに」, 「選択溶解による遊離酸化物」, 「土壌分類」の項を隅田・川東, 「Site 4粘土鉱物組成」の項を鈴木・田中, 「Site 1粘土鉱物組成」, 「全量分析」, 「まとめ」の項を竹迫が分担執筆し, 全体について竹迫・犬伏が調整した。

引用文献

- [1] 土壌環境分析法編集委員会 (1997): 土壌環境分析法, 博友社, 東京, 288-294
- [2] 浜崎忠雄 (1972): 種子島の火山灰土壌に関する2・3の問題について, ペドロジスト16, 2, 78-91
- [3] 井上克弘 (1981): 火山灰土壌中の14Å鉱物の起源—風成塵の意義—, ペドロジスト, 25, 97-118
- [4] 犬伏和之, 岡崎正規, 豊田剛己, 手嶋さざり, 鈴木悠一, 秀島裕, 松島未和, 飯塚麻里代, 吉村英郎, 古市寛, 山口典子 (2001): 千葉大学熱川農場の土壌の諸性質について, 第2報 有機物と微生物特性, 千葉大学園芸学部学術報告, 56, 19-25

- [5] 犬伏和之, 竹迫紘, 岡崎正規, 田中治夫, 川東正幸, 隅田裕明, 鈴木創三, 豊田剛己 (2001): 千葉大学熱川暖地農場の土壌の諸性質について, 第1報 土壌の基本的な性質, 千葉大学園芸学部学術報告, 56, 11-18
- [6] 加藤芳朗 (1962): 静岡県磐田原「黒ボク」土壌の粘土鉱物, 粘土科学の進歩 第4集, 技報堂, 東京, 311-325
- [7] 国土庁土地局国土調査課監修 (1971): 土地分類図 (静岡県), 表層地質図
- [8] 永塚鎮男 (1975): 西南日本の褐色森林土および赤黄色土の生成と分類に関する研究, 農業技術研究所報告 B, 第26号 133-257
- [9] 日本土壌協会 (1999): Soil Taxonomyによる土壌分類の手引き, 18-20
- [10] ペドロジスト懇談会土壌分類・命名委員会編 (1990): 日本土壌図 (1:1,000,000), 中央日本, 内外地図, 東京
- [11] 鈴木創三 (1991): 1. 粘土鉱物 (X線回折, 示差熱分析), (実験書シリーズNo.1 土の理工学性実験ガイド, 土の理工学性実験ガイド編集委員会編) 社団法人農業土木学会, 東京, 27-34
- [12] 和田光史 (1966): 粘土鉱物の同定および定量法, 土肥誌, 37, 1, 9-17