

氏 名(本籍) 伊 藤 豊 彰

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 500 号

学位授与年月日 平 成 6 年 5 月 12 日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学位論文題目 アンディソルの国際分類並びに非アロ
フェン質アンディソルの特性に関する研
究

論文審査委員(主 査) 教 授 庄 子 貞 雄
教 授 星 川 清 親
教 授 三 枝 正 彦

論文内容要旨

第1章 序論

本論文は、2つの研究より構成されている。1つは、米国土壌タクソノミーにおけるアンディソルの境界問題の解決およびアンディソル分類との対比による国内土壌分類の問題点の指摘である。もう1つは、非アロフェン質アンディソルの特性の整理とその成因に関する考察である。

国際土壌分類は、世界の土壌を包括的、体系的に理解するために不可欠である。効果的な農業技術の転移 (Agrotechnogy transfer) や地球規模の環境問題に対応するためにも、世界的な規模での土壌資源の評価が必要であり、この面からも国際土壌分類はますます重要となってきた。今日最も広く実用化されている国際分類は、米国の土壌タクソノミーである。その中で火山灰土を包括するアンディソル (Andisols) 分類は、1990年にほぼ完成したが、最も重要な課題であるスポドソルとの境界問題が未解決であった。そこで、第2章前半ではこの境界問題を解決するために火山灰由来のスポドソル43ペドンのデータベースを基に、新しい分類基準を含む火山灰由来スポドソルの分類案を提案した。

わが国の統一的土壌分類は現在改訂中である。統一分類の作成にあたって、わが国の分類体系の有効性と問題点を明らかにすることが重要であり、そのためには分類の対比が有効である。そこで、第2章後半では、火山灰土に関する国内分類の有効性と問題点を明らかにする目的で、わが国の代表的火山灰土にアンディソル分類と国内分類とを適用し、アンディソル分類の有効性を検証した上で、アンディソル分類と国内の3つの土壌分類を対比した。

アンディソルは、多くの特異な理化学性を示すことが知られているが、その多くは非晶質粘土であるアロフェンに起因するとされてきた。しかしながら、アロフェン質粘土をほとんどあるいは全く含まないがアンディソルの特性を示す非アロフェン質アンディソルが国内外に広く分布することが明らかとなってきた。また、従来からのアロフェン質アンディソルとの比較において非アロフェン質アンディソルの特性を総合的に整理した報告はない。そこで、第3章では、わが国の非アロフェン質アンディソル16ペドンのデータベースを基に、この土壌の物理性、化学性および鉱物学的特性をアロフェン質アンディソルとの比較しながら総合的に整理し、その成因に関する考察を行った。

第2章 国際分類における火山灰土の分類とそれに係わる国内分類の問題

1. 土壌タクソノミーにおけるアンディソル目とスポドソル目の境界問題解決のための分類案の提案

1989年に提出された国際スポドソル分類委員会のスポドソル分類提案の中でもよく整理されたNational Soil Survey Assurance Quality Staff案を火山灰由来スポドソルのデータベースにより検討し、その不備を明らかにした。そのうえで、アンディソルとスポドソルの境界問題を解決するための分類基準を以下のように提案した。

- (1) 土壌溶液論的研究より、火山灰由来スポドソルにおいてもポドゾル化作用が進行しており、その形態的、化学的、鉱物学的性質は非火山灰由来スポドソルと共通する(表-1)。したがって、スポドソルの形態的特徴を示す火山灰由来土壌はスポドソルとして認知し、分類すべきである。
- (2) スポドソル日はアンディソル日の後にキーアウトし、アンディソル日の基準にスポドソルの形態的特徴を持つ土壌を除くための除外規定を設定すること。
- (3) スポドソルの分類基準は、化学的基準より形態的特徴(アルビック層、スポディック層の土色やオルトシユタインの存在)を重視すること。
- (4) 火山灰由来スポドソルのアルビック層(溶脱層)の土色の基準を修正すること。
- (5) スポディック層のより汎用性の高い化学的基準「 $A_{lo}+1/2Fe_o$ 含量がスポディック層において溶脱層の2倍以上ある」を提案すること。
→湿性スポドソルにおいても「集積比」の基準が有効であるためには、 Fe_o 単独より $A_{lo}+1/2Fe_o$ の集積比の方がより適切な基準と考えられた(図-1)。
- (6) スポディック層とアンディソルの埋没A層を区別する方法を提案すること。
→断面上部に未風化の淡色火山灰層を持つアンディソルにおいては、未風化火山灰層がアルビック層に、埋没A層がスポディック層に形態的にも化学的にも誤認識される

可能性がある。そこで、スポディック層と埋没A層とを区別するために、ピロリン酸塩抽出腐植の性質の違いを利用した方法を確立・提案した。図-2によれば、スポディック層の基準を「抽出腐植割合 (Cp/OC) \geq 0.5、かつフルボ酸割合 (Cf/Cp) \geq 0.5」とすることによって、化学的に埋没A層と区分することが可能となった。

本研究の分類提案によって、スポドソルと暫定的に分類された火山灰由来土壌41ペドンのうち28ペドンはスポドソルとして再分類された。また、22ペドンはスポドソルの典型的形態であるアルビック層/スポディック層の存在によってスポドソルに分類された。本研究の提案の多くは、1992年のKeys to Soil Taxonomyのスポドソル分類に取り込まれた。その新分類によっても供試土壌のうち27ペドンはスポドソルに分類された。これによって、アンディソル分類は最終的に完成されたと言える。

2. 国際分類および国内分類における火山灰土分類の有効性と問題点

火山灰土は、火山灰の急速な風化のみならず、その堆積様式によって多くの特異な断面形態を示す(図-3: 模式図)。わが国の代表的な火山灰土地域より、このような形態を示す9ペドンを選定し、アンディソル分類を適用した。その結果、アンディソル分類によってわが国の代表的な火山灰土は的確に区別され、分類されることが明らかとなった(表-2)。

すなわち、湿性条件にある火山灰土はAquic亜目で、風化初期の未熟火山灰土はVitric亜目または大群で、埋没腐植層の存在はThaptic亜群で、腐植含量の高い(30cm以上の厚さ)黒い腐植層を持つ火山灰土はMelanic大群で、腐植含量は高いが、(30cm以上の厚さ)褐色の腐植層を持つ火山灰土はFluvic大群で、厚い腐植層の存在はPachic亜群で、また非アロフェン質火山灰土はAlic亜群で、それぞれの特異な性質が分類名に反映した形で的確に分類された。

次に、アンディソル分類と国内土壌分類との対比を中心概念、最上位カテゴリーにおける分類基準(表-3)および下位カテゴリーにおける土壌特性の表記状況(表-4)の面から行った。火山灰土の中心概念には林野土壌分類以外には「火山放出物を母材とすること」

が含まれている。もう一つの中心概念としては、アンディソル分類では「活性Al、Feの生成」が重要であるのに対して、国内分類では「腐植含量が高いか、土色が黒い腐植層の存在」が重要となっている。分類基準についても違いが見られる。アンディソル分類と北海道農牧地土壌分類では、異種母材との混合問題や分類対象とする層の厚さ（深さ）が定量的に規定されているのに対して、農耕地土壌分類と林野土壌分類では非火山灰土との境界問題が意識されていない。このことから、後2者では最上位の分類（黒ボク土、黒色土）においてさえ分類が不明確となる。

土壌特性の表記状況については、北海道農牧地土壌分類はアンディソル分類と良い対応関係にあり、非アロフェン質火山灰土を区別できないことを除いて、風化に伴う火山灰土の形態的、化学的特徴を的確に表記できることが明らかとなった。これに対して、農耕地土壌分類および林野土壌分類は、黒ボク土および黒色土の定義が明確に定義されないこと、火山灰由来の未熟土との境界が不明確であること、生成学的に重要な位置を占める褐色の火山灰土を区別できないこと、さらに酸性障害が問題となるAlicな火山灰土を区別する分類単位を持たないことなどの問題点があることが明らかとなった。土壌分類は土壌の利用・管理や今後ますます重要となる環境対策のための情報を提供することが求められるという観点から、このような問題は解決すべき重要な課題である。

第3章 非アロフェン質アンディソルの理化学的、鉱物学的特性

1. 非アロフェン質アンディソルの区分

非アロフェン質アンディソルは、「アロフェン質粘土をほとんどあるいは全く含まず、活性Alの主体がAl-腐植複合体よりなるアンディソル」と定義し、具体的な基準は「 $Alp/Alo \geq 0.50$ 、または $Alp/Alo < 0.50$ の場合は $Sio \leq 0.50\%$ 」とした（図-4）。非アロフェン質アンディソルはアンディソル分類のAlic亜群に相当した。

2. 非アロフェン質アンディソルの物理的特性

非アロフェン質アンディソルは、アロフェン質アンディソルに比較して腐植の集積量が

多く、炭素含量12~15%の層が最も多かった（A層の平均値は12.0%）。また、腐植の集積には両アンディソルともAl-腐植複合体の形成が強く関与することが明らかとなった。

容積重はいずれも0.9g/cm³と低いが、アロフェン質アンディソルの方がより低い値を示した（図-5）。これは、非アロフェン質では腐植の「鉱物粒子の凝集を促進して多孔質な団粒構造を形成する」機能によるもので、アロフェン質ではこれに加えてアロフェン質粘土の寄与が重要である。

水分保持量（1/3bar、15bar水分保持量）は、非アロフェン質では主に腐植が、またアロフェン質では腐植とアロフェン質粘土が強く関与することが明らかとなった。さらに、有効水分量は1/3bar水分保持量の20~60%であり、非アロフェン質、アロフェン質を問わず高いことが明らかとなった（図-6）。

3. 非アロフェン質アンディソルの化学的特性

1) 活性Al、Fe

活性AlおよびFe含量は、非アロフェン質くアロフェン質であり、このことは活性Alは2:1型粘土層間に取り込まれること、活性Feは結晶化が進んでいることによると考えられた（図-7, 8）。

2) リン酸吸着能

反応終点のリン酸濃度一定（P=0.05M）のリン酸保持容量には、非アロフェン質アンディソルではAl-腐植複合体が、またアロフェン質アンディソルではアロフェン質粘土およびAl-腐植複合体が強く関与し、活性Fe成分は有意な関係がないことが明らかとなった。また、非アロフェン質試料はアロフェン質B層試料に比較して活性Alあたりのリン酸吸着能は約2.5倍と高いことが明らかとなった（図-9）。反応性の高いAl-腐植複合体の割合が大きくなるほど活性Al1molあたりの吸着リン酸量は0.2~0.7molに増加した（図-10）。したがって、非アロフェン質アンディソルは、活性Alあたりのリン酸との反応性はアロフェン質アンディソルより高いことが明らかとなった。

3) 土壌酸性

非アロフェン質アンディソルは、ほとんどの試料でpH(H₂O)が5.3以下で交換性Alは

2me/100g以上であり、塩基不飽和の場合は酸性障害を起こす可能性が高い(図-11)。一方、アロフェン質アンディソルは塩基飽和度が同じ場合でもpH(H₂O)が低く、交換性Alはほとんど保持していない。

4) 荷電特性

両アンディソルのpH7.0における陽イオン交換容量(CEC)は、大半が腐植のカルボキシル基の解離によるもので、アロフェン質ではほとんどが変異性負荷電であることが明らかとなった。一方、非アロフェン質アンディソルは、一定負荷電を5~10me/100g示した(図-12)。一定負荷電は土壌のpH(H₂O)において発現するCEC(ECEC)にほぼ等しく、塩基の保持には重要な意義を持ち、特にK⁺などの1価の陽イオンの保持に強く関与することが示唆された(図-13)。

4. 非アロフェン質アンディソルの鉱物学的特性

1) 層状ケイ酸塩鉱物

主要粘土は、バーミキュライトの性格が強い2:1型粘土の層間に重合ヒドロキシケイ酸Alイオンが固定された中間種鉱物であることが明らかとなった(表-5)。層間物質のSi/Al比はおよそ0.8で、土壌の粘土含量の増加とともに層間物質の量は増加した(図-14)。

2) 鉄鉱物

非アロフェン質アンディソルの鉄鉱物は、粘土含量の増加とともに結晶化が進行し、アロフェン質アンディソルよりも結晶化が進行していると考えられた(図-15)。結晶性鉄鉱物は示差X線回折よりゲータイトと同定された。

5. 非アロフェン質アンディソルの成因に関する考察

非アロフェン質アンディソルにおけるアロフェン質粘土の生成が起こらない要因を考察した(図-16, 17)。非アロフェン質アンディソルは、強い溶脱条件と多量の2:1型粘土鉱物の存在によって強酸性条件が保たれ、表層では低pH条件でのAl-腐植複合体の形成が優先的に進行する。腐植含量の低下した下層部分では腐植複合体を形成できないAlイオン(もしくはHASイオン)は、膨張性2:1型粘土鉱物の層間に安定的に取り込まれる。これ

らの2つの要因によってアロフェン質粘土の生成は阻害される。そして、火山放出物の堆積量が少ない地域では、風化が進行すると、母材からのAl、Fe、Siの供給速度が減少するため、腐植や2:1型粘土鉱物のAlの取り込みに関する活性が低下しても、アロフェン質粘土の生成は起こりにくいと考えられた。

表-1 火山灰由来および非火山灰由来スポドソルの形態的、化学的および鉱物学的特徴の比較

	層位	項目	相違点		共通点
			火山灰由来	非火山灰由来	
形態的特徴	E層	存在するベドンの割合 厚さ 土色 埋没E層の有無	平均 5cm 灰褐色～黒褐色 有り	平均 8cm 灰褐色～灰黄褐色 無し	80%以上 灰褐色のものが最も多い
	スポディック層	土色 埋没層の有無	暗赤褐色のものが多い 有り	暗赤褐色～褐色 無し	暗赤褐色～暗褐色
化学的特徴	スポディック層	酸性状態			pH(H ₂ O) : 5前後が最も多く ほとんどが6未満 交換性Al含量 : 高い E層に比較して高い
		活性Al、Fe含量	Al _o +1/2Fe _o >2%	Al _o +1/2Fe _o <2%	
鉱物学的特徴	E層	主要結晶性粘土 非晶質粘土鉱物含量			膨張性2 : 1型粘土鉱物 ほとんど無し
	スポディック層	主要結晶性粘土 非晶質粘土鉱物 非晶質粘土鉱物含量 酸化鉄鉱物 酸化鉄鉱物含量 Al-腐植複合体含量	相対的に高い 相対的に高い 相対的に高い		クロライト化2 : 1型粘土鉱物 アロフェン質粘土が存在 フェリハイドライトが主体 E層に比較して高い

表-2 各土壌分類によるわが国の代表的火山灰土の分類

ベドン名	模式図のベドン番号	アンディソル分類	北海道農牧地土壌分類	農耕地土壌分類	林野土壌分類
(北海道根釧地方)					
虹別	1	Thaptic Udivitrand	積層未熟火山性土	表層多腐植質黒ボク土 加久藤統	過潤性黒色土
桜ヶ丘	3	Acrudoxic Vitric Melanudand	積層軽しょう黒色火山性土	表層多腐植質黒ボク土 七本桜統	過潤性黒色土
茶志骨	5	Pachic Melanudand	厚層黒色火山性土 (典型的)	厚層多腐植質黒ボク土 久米川統	過潤性黒色土
川北	5	Pachic Melanudand	厚層黒色火山性土 (典型的)	厚層多腐植質黒ボク土 久米川統	過潤性黒色土
泉川	1または2	Thaptic Vitraquand	積層湿性未熟火山性土	表層多腐植質多湿黒ボク土 藤坂統	湿性黒色土
莨原	3	Typic Melanaquand	湿性厚層黒色火山性土	厚層多腐植質多湿黒ボク土	湿性黒色土
(宮城県南八甲田地域)					
葛沼	4	Acrudoxic Fulvudand	軽しょう褐色火山性土 (典型的)	淡色黒ボク土 大河内統	過潤性褐色森林土
湯の台1	5	Acrudoxic Melanudand	厚層黒色火山性土 (典型的)	厚層多腐植質黒ボク土 畑谷統	過潤性黒色土
(宮城県、東北大学付属農場)					
向山	6	Alic Pachic Melanudand	厚層黒色火山性土 (典型的)	厚層多腐植質黒ボク土 畑谷統	過潤性黒色土

表-3 各土壌分類における火山灰土の中心概念と分類基準

土壌分類	中心概念	分類基準	分類対象とする層の深さ、厚さ
アンディソル分類	主として火山放出物を母材とするか、または活性Al,Feを多量に含む。	$A_{lo}+1/2Fe_{o} \geq 2.0\%$ 、仮比重 ≤ 0.90 、 P 保持量 $\geq 85\%$ 、または砂画分中の火山ガラス $\geq 5\%$ または 30%	表層60cm以内に35cm以上
北海道農牧地土壌分類	ほぼ純粋な火山放出物を母材とし、層位分化している。	火山放出物を母材とし、かつ腐植含量 $\geq 5\%$ 、またはリン酸吸収係数 $\geq 1500mgP_{2O5}/100g$	表層50cm以内に25cm以上
農耕地土壌分類	主として火山放出物を母材とし、有機物が集積した黒い表層を持つ。	火山放出物を母材とするか、または土色が黒く（明度・彩度 ≤ 3 ）、かつ腐植含量 $\geq 5\%$ 、（またはリン酸吸収係数 $\geq 1200mgP_{2O5}/100g$ ）	（表層25cm以上の層）
林野土壌分類	厚い黒色のA層を持つ。	明度・彩度 ≤ 2 、または 7.5 ないし $10YR2/3,3/2$	規定なし

* () は明確に定義されていない場合

表-5 非アロフェン質アンディソルの結晶性粘土鉱物

No.	ペドン名	層位	主要粘土 (2:1型鉱物本体)	随伴粘土
1	藤沢	A1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
2		A2	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
3		2Bw1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
4		2C	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Illite
5		3Bw2	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Illite
6	六原	A1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
7		A2	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
8		2A3	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl. Illite
9	女夫坂	A1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
10		2A3	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
11		3A5	中間種 (Sm>Vt)	Kaolin Chl. Illite
12		3Bw2	中間種 (Sm>Vt)	Kaolin Chl. Illite
13	新庄	2Bw2	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Illite
14	北山	A1	中間種 (Sm)	Kaolin Chl. Illite
15		A2	中間種 (Sm)	Kaolin Chl. Illite
16		2A3	中間種 (Sm>Vt)	Kaolin Chl. Illite
17	檜葉	Ap	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
18		A1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
19		A2	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
20		Bw1	中間種 (Vt>Sm)	Kaolin Chl.
21	湖山	A1	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Vt
22		A2	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Vt
23		Bw	中間種 (Vt)	Kaolin Chl. Vt

表-4 各土壌分類における火山灰土の特性の表記状況

土壌の特徴	アンディソール分類	北海道農林地土壌分類	農耕地土壌分類	林野土壌分類
湿性特徴	亜目 (Aquand) 地表面から40~50cm 有機物層、斑紋、灰色化、2価鉄の存在	中分類(湿性) 地表面から50cm以内 花斑層、斑紋、灰色層、グライ層の存在	土壌群 (湿性黒ボク土、黒ボクグライ土) 地表面から50cm以内に厚さ20cm以上 斑紋、斑紋、グライ層の存在	土壌型 (湿性黒色土) (地表面から100cm以内) 斑紋の存在 (グライ層なし)
未熟火山灰土	亜目 (Vitrand) 地表面から60cm以内に35cm以上の層 15bar水分<30% (未熟乾土) 15bar水分<15% (黒乾土)	中分類 (未熟火山灰層) 地表面から50cm以内の25cm以上の層 腐植含量 \geq 5%、リン酸吸収係数<1500	設定されていない	設定されていない
埋没腐植層の存在	亜群 (Thaptic) 地表面から40~100cmにある10cm以上の層 有機態炭素含量>3.0%	小分類 (積層) 地表面から50cm以内に10~25cmの層 中分類とは異なる火山灰土層の存在	土壌統 厚さの特定なし 下層にある黒色腐植層の存在	設定されていない
黒色腐植層の存在	大群 (Melanic) 地表面から60cm以内にある30cm以上の層 湿土の明度・彩度 \leq 2, MI \leq 1.70、OC% \geq 6.0%	小分類 (黒色火山灰層) 地表面から50cm以内に25cm以上の層 湿土の明度・彩度が1.7/1.2/1.3/1.2/2 かつリン酸吸収係数 \geq 1500	土壌統群 (腐植質層、多腐植質層) 地表面から25cm以上の層 腐植含量 \geq 10%、湿土の色が明度・彩度<2 腐植含量 \geq 5%、湿土の明度・彩度が2/2.3/1	土壌統群 (黒色土) 特定なし 湿土の色が明度・彩度 \leq 2
褐色腐植層の存在	大群 (Fulvic) 地表面から60cm以内にある30cm以上の層 湿土の明度・彩度 \leq 3、OC% \geq 6.0%	小分類 (褐色火山灰層) 地表面から50cm以内に25cm以上の層 湿土の明度・彩度が1.7/1.2/1.3/1.2/2以外 かつリン酸吸収係数 \geq 1500	設定されていない	設定されていない
厚い腐植層の存在	亜群 (Pachic) 地表面から60cm以内に50cm以上の層 湿土の明度・彩度<3.5、OC% \geq 6.0%	小分類 (厚層黒色火山灰層) 地表面から50cm以内に30cm以上の層 層全体の平均腐植含量 \geq 12%、 構成層のすべてで腐植含量 \geq 10%	土壌統群 (全層腐植質層、全層多腐植質層) 地表面から50cm以上の層 腐植含量 \geq 10%、湿土の色が明度・彩度<2 腐植含量 \geq 5%、湿土の明度・彩度が2/2.3/1	設定されていない
非アロファン質火山灰土	亜群 (Alic) 地表面から25~50cmの間で10cm以上の層 KCl交換性Al>2.0me/100g	設定されていない	設定されていない	設定されていない

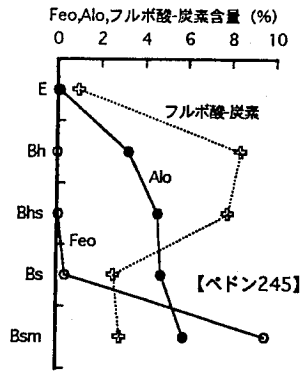


図-1
湿性スポドソルにおける活性Al, Fe
およびフルボ酸炭素含量の分布

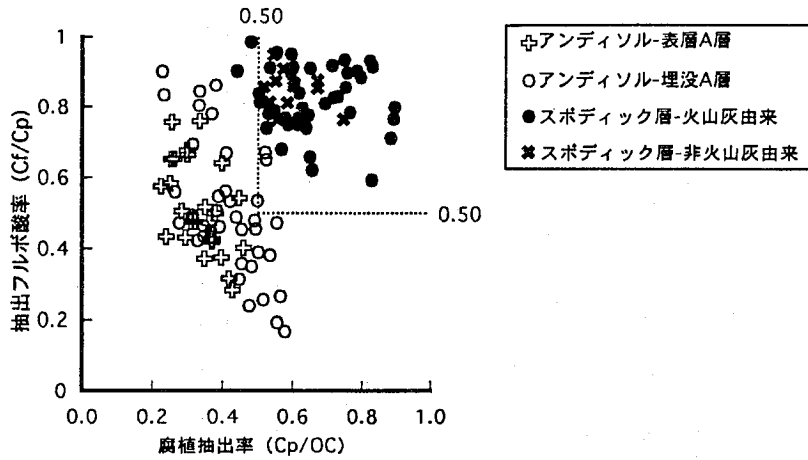
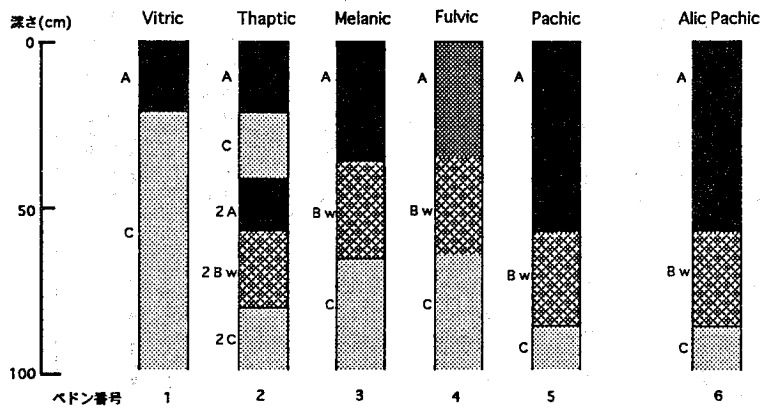


図-2
Cp/OCとCf/Cpによるスポディック層およびアンディソルA層の分離法

図-3 わが国の代表的アンディソルの断面模式図



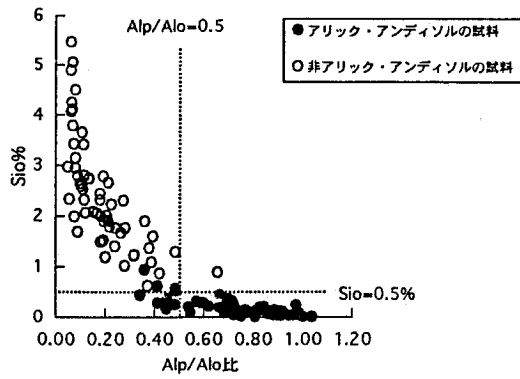


図-4 SiO₂含量とAlp/Alo比との関係

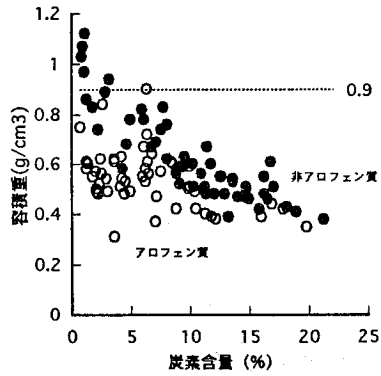


図-5 炭素含量と容積重の関係 (Ap層除く)

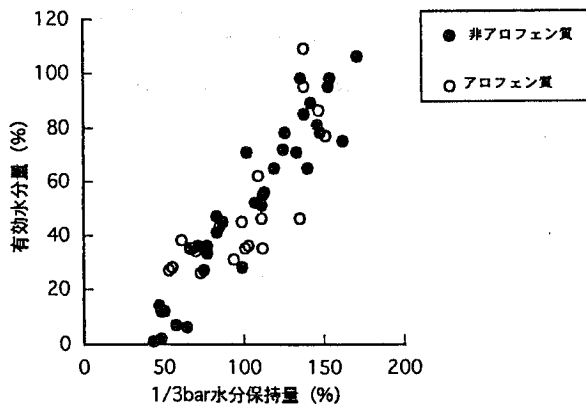


図-6 1/3bar水分保持量と有効水分との関係

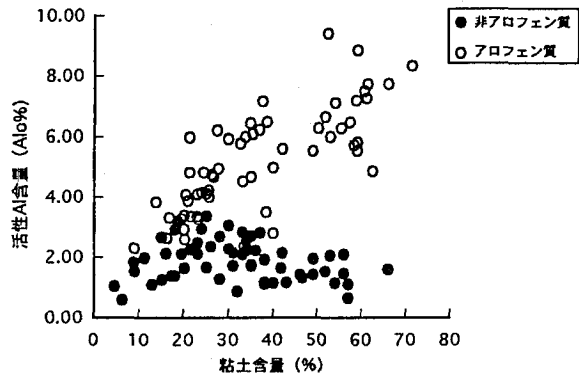


図-7 粘土含量と活性Al含量との関係

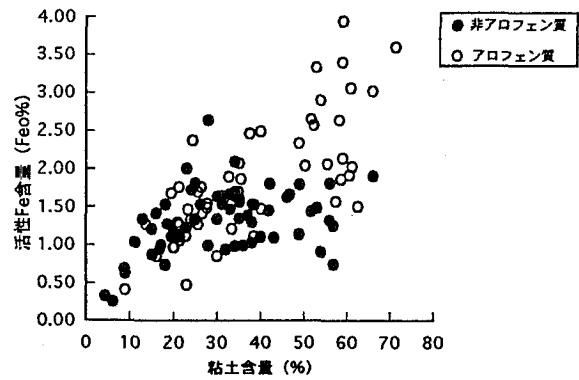


図-8 粘土含量と活性Fe含量との関係

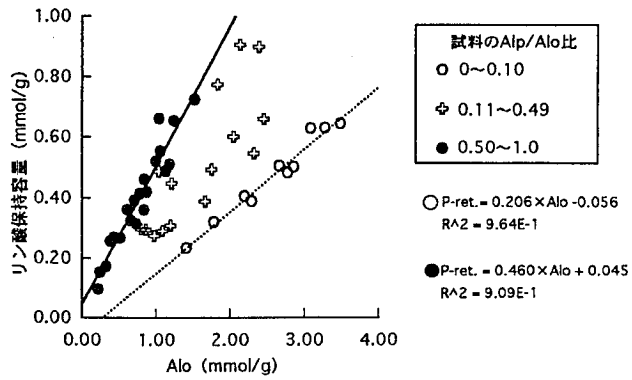


図-9 活性Al含量とリン酸保持容量の関係

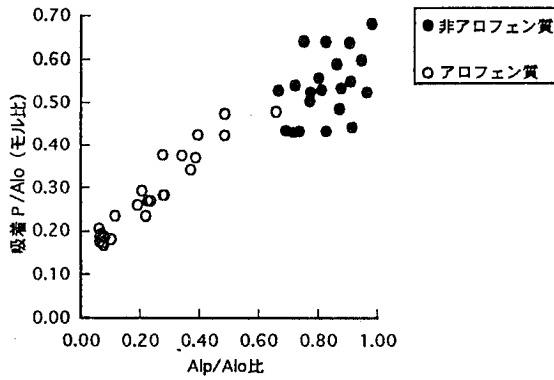


図-10
活性Al中の腐植複合体Alの割合と活性Al
に対するリン酸保持容量のモル比との関係

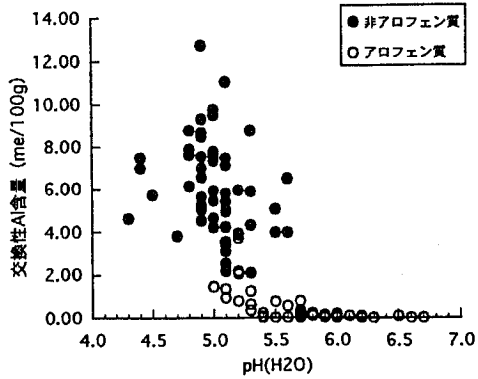


図-11 pH(H2O)と交換性Al含量の関係

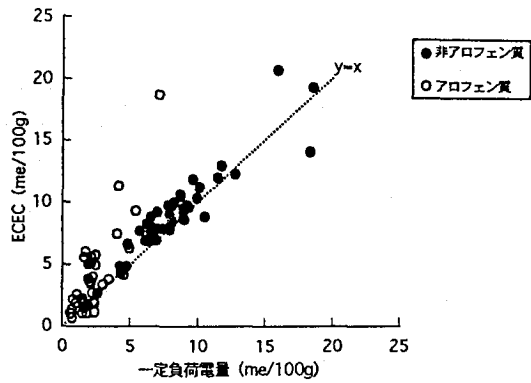


図-12 一定負荷電量とECECとの関係

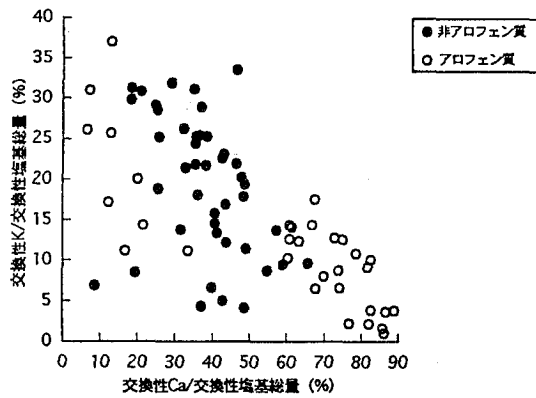


図-13 交換性塩基総量に対する交換性Caと交換性K含量の割合の関係

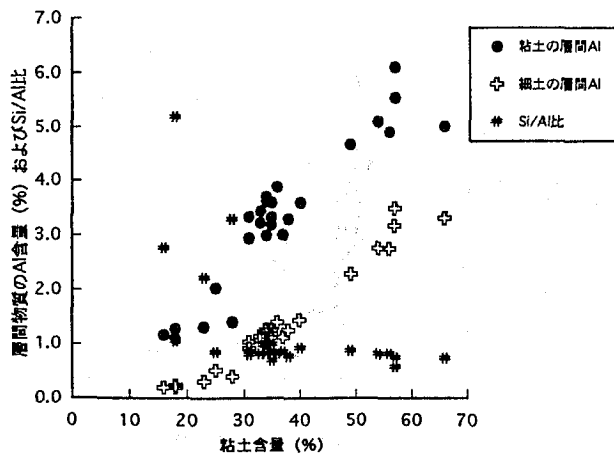


図-14 非アロフェン質アンディソルにおける粘土含量と熱クエン酸ナトリウム抽出の層間物質のAl量およびSi/Al比との関係

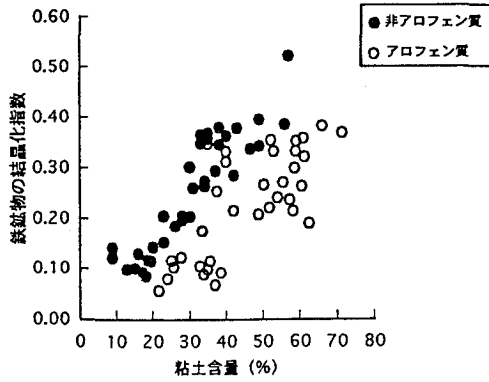


図-15 粘土含量と遊離酸化鉄の結晶化指数との関係

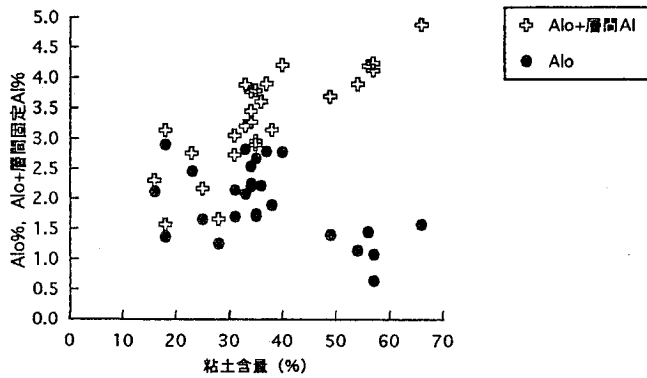


図-16
非アロフェン質アンディソルにおける土壌の粘土含量
とAlO含量およびAlO+層間固定Al含量との関係

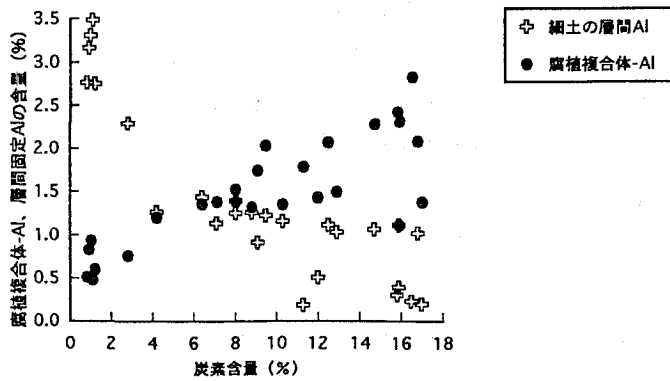


図-17
非アロフェン質アンディソルにおける腐植の減少に伴う
腐植複合体-Al量と層間固定-Al量の変化

論文審査の要旨

本論文は、2つの研究より構成されている。1つは米国の土壌タクソノミーにおけるアンディソルの境界問題の解決とアンディソル分類との対比による国内土壌分類における火山灰土分類の問題点の明確化である。もう1つは、アンディソルあるいは火山灰土の中心概念の確立に不可欠である非アロフェン質火山灰土の特性とその成因を明確にすることである。

1 土壌タクソノミーにおける火山灰土分類の完成と国内分類の問題点の明確化

1) 土壌タクソノミーにおけるアンディソルとスポドソルの境界問題の解決

アンディソル（火山灰土）とスポドソルは、形態的類似性と化学的共通性を有するために、区別が困難であり、アンディソル分類の最終的完成の障害となっていた。そこで、この境界問題を解決するために、火山灰由来スポドソルの形態的、化学的および鉱物学的特徴が一般のスポドソルと共通することを明らかにし、これを基に、新しいスポディック層の化学的基準とともに火山灰由来スポドソルをスポドソルとして認知する分類提案を行った。

この火山灰由来スポドソルを認知する提案は、火山灰由来土壌をスポドソルから排除する、という国際的に主流であった考え方を変更し、1992年の最終的なスポドソル分類に採用された。

2) アンディソル分類との対比による国内の火山灰土分類の問題点の明確化

アンディソル分類（1992）と国内分類における火山灰土の中心概念と火山灰土の特性表記の対比を行い、以下のような問題点を明らかにした。

(1) 北海道農牧地土壌分類は、アンディソル分類と良く対応し、形態的特徴を的確に表現する。(2) 農耕地土壌分類では、未熟火山灰土や褐色火山灰土を区分できない。(3) 林野土壌分類では、最高位カテゴリーの分類が不明確である。(4) すべての国内分類は、混合母材土壌の扱いが不明であり、火山灰土の管理上も重要な化学的性質を基準に採用していない。

2 非アロフェン質アンディソルの特性と成因の解明

主に、鉱物学的、化学的特性について明らかにした。

1) 鉱物学的特性 (1) 約50%と多量に含まれるコロイド成分は、Al腐植複合体と結晶性粘土によって90%が占められる。(2) 結晶性粘土の大部分が2:1~2:1:1型中間種鉱物であり、その層間物質はヒドロキシアルミノケイ酸ポリマー ($Si/Al=0.8$)である。

2) 化学的特性 (1) 多量の一定負荷電と有効CECを有し、アロフェン質に比較して塩基保持力が強い。(2) リン酸との反応性がアロフェン質に比較して非常に高く、活性Alあたりのリン酸吸着量は約2.5倍である。

以上の研究は、今日広く世界的に使用されている土壌タクソノミーのアンディソル分類の完成に貢献したこと、今後の国内分類の改善・整備に有益な火山灰土分類上も重大な問題点を明確にしたこと、さらに非アロフェン質火山土の特性や成因の解明に貢献した。

よって、著者は博士（農学）の学位を授与されるに十分な資格があるものと判定された。