

氏 名(本籍) ^{たか}高 ^{はし}橋 ^{ただし}正

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 372 号

学位授与年月日 平 成 元 年 11 月 9 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 火山灰由来スポドソルとアンディソルの
成因、特性および国際分類に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 庄子 貞雄

教授 齋藤 隆

教授 小島 邦彦

助教授 南條 正巳

論文内容要旨

第1章 序論

わが国では、火山灰に由来する土壤のほとんどが黒ボク土とみられてきた。近年、火山灰土壤の国際的な分類体系作りを目的として国際火山灰土分類委員会(ICOMAND)が組織され、新しい土壤目であるアンディソル(Andisol order)を提案した。わが国の黒ボク土はこのアンディソル目に包括される。しかしながら生成環境によっては、アンディソル(黒ボク土)の性質をもちながらも他の土壤目の性質も示す火山灰由来土壤が出現することが次第に明らかになってきている。

このような火山灰由来土壤の多様性のうち、温帯から寒帯においては、そのポドゾル化が最大の問題である。アンディソルのアンディックな性質とポドゾル化によって生成したスポディック層の性質は非常によく似ている。そのためアンディソルとスポドソル(Spodosol order)の区別が、ICOMANDばかりではなく国際スポドソル分類委員会(ICOMOD)においても、重大な問題となっている。

そこで本研究では、3つの地域における火山灰由来スポドソルとアンディソルの関係を検討した。研究対象地域は青森県・南八甲田(第2章)、米国アラスカ州・キナイ半島(第3章)、青森県・下北半島(第4章)である。各章において土壤の生成状態と性質を詳細に検討し、それに基づいて、世界で最も広範に使用されている Soil Taxonomy(米国農務省)とICOMAND提案の分類法を適用した。第5章では、第2章から第4章までの結果に基づき、多様な土壤の生成要因とその意義、火山灰由来スポドソルの特徴、それに派生するスポドソルとアンディソルの分類上の問題を論じ、これにかかわる分類基準の改定案を提示した。

第2章 南八甲田における気候および植生系列を示す火山灰土壤

本地域では、十和田a火山灰(1000年)と中せり火山灰(5000年)から気候と植生の違いで、ポドゾル、褐色火山灰土、および黒色火山灰土が生成している(表-1)。以下に述べるように、気候系列の関係にあるポドゾルと褐色火山灰土との間には、土層の分化、化学性、腐植の集積状態とその性質、および粘土鉱物組成に大きな違いがみられた。一方、植生系列の関係にある褐色火山灰土と黒色火山灰土とでは、腐植層の土色と腐植の性質が大きく異なっていた。

ポドゾルは二つの母材火山灰層から別々に発達した、二段土壤であった。中せり火山灰

由来部分のポドゾル化は顕著で、鉄による固結層(2B_{smb}層)が発達していた。褐色火山灰土の腐植層は腐植含量は高いが、黒みが弱く、暗褐色を呈していた。黒色火山灰土の腐植層は真黒であった(図-1)。

ポドゾルは極強酸性～強酸性を示した(表-2)。褐色および黒色火山灰土の反応は強酸性～中酸性であった。活性Alの指標であるリン酸保持量はほとんどの層位で85%以上であったが、ポドゾルの十和田a火山灰由来層では、特徴的に低かった。

ポドゾルと褐色火山灰土の腐植酸は腐植化度の低いP型であった。これに対して黒色火山灰土の腐植層では、腐植化度のもっとも高いA型腐植酸が多量に存在していた(表-2)。

アロフェンの生成量はポドゾルよりも褐色および黒色火山灰土で多かった。ポドゾルの溶脱層(Oa, E)ではアロフェンは存在せず、一般のスポドソルと同様に膨張性2:1型鉱物のスメクタイトに富むことで特徴づけられた。火山灰土では、最表層にはスメクタイトは存在せず、2:1型鉱物はクロライト化していた(表-2)。ポドゾルの集積層への鉄の集積は、遊離全鉄と粘土含量との比から明らかであった(図-2)。

これらの土壌を国内の土壌分類法、Soil Taxonomy、ICOMANDの分類法によって分類した(表-5)。Soil Taxonomyによれば、本研究のポドゾルは形態学的なスポディック基準(表-4)を満たすので、Spodosolに分類された。しかしながら一部のポドゾルの集積層は、鉄とアルミニウムの集積が明らかであるにもかかわらず、化学的なスポディック基準を満たさないことが注目された(表-3)。ICOMANDによれば、ポドゾルはAndisolに分類することも可能であり、SpodosolとAndisolのどちらを優先させるかが問題となった。褐色および黒色火山灰土はAndisolに分類され、それぞれの土壌の特徴が大群の段階で良く示されていた。

第3章 アラスカ・キナイ半島における植生系列を示す火山灰土壌

キナイ半島では、無色火山ガラス主体の累積性火山灰から、植生の違いによって、ポドゾル化の著しい土壌(Spruce土壌、Alder土壌)、わが国の黒ボク土に似た土壌(Fescue土壌)、およびその中間の土壌(Bluejoint土壌)が生成している(表-6)。

Spruce土壌とAlder土壌は一般のスポドソルと同様に、良く発達した溶脱層と集積層をもっていた。Fescue土壌は非常に黒い腐植層をもち、溶脱・集積層は全く認められなかった。Bluejoint土壌のE層は有機物で汚染されており、スポドソルからアンディソルへの移行が起こっているとみられた(図-3)。

このように、これらの土壌は異なった形態学的な性質を示すものの、母材である火山灰の性質を反映した共通の特徴をもっていた(表-7)。すなわち、すべての土壌の大部分の層位では火山ガラスに富み、安定な粒団を形成し、仮比重が小さく、活性アルミニウムに富み、リン酸保持量が多かった。しかしながら、それぞれの土壌はその土壌の生成過程に由来する特徴的な腐植の性質と鉱物学的な性質を兼ね備えていた(表-7)。Spruce土壌とAlder土壌の溶脱層では、腐植酸/フルボ酸比が高く、スポドソルに特徴的なスメクタイトに富んでいた。一方、集積層では、フルボ酸の割合が高く、クロライト化した2:1型鉱物が主体であり、遊離鉄の集積が著しかった。Fescue土壌は、わが国の黒ボク土にみられるような腐植化度の高い腐植酸を含み、粘土鉱物組成はアロフェンが主体であった。Bluejoint土壌は非アロフェン質であり、断面全体においてクロライト化した2:1型鉱物主体であった。

Spruce土壌とAlder土壌は良く発達した溶脱層と集積層をもち(図-3、図-4)、集積層は化学的スポディック基準を満足しているので、Spodosolに分類された(表-8)。両土壌はアンディック基準も満たし、Andisolにも分類可能である。しかしポドゾル化が明らかである以上、Andisolには分類すべきではないと考えた。Fescue土壌はアンディック基準を満たし、ポドゾル化は認められないので、Andisolに分類された。Bluejoint土壌では、スポディック基準のための粘土含量として米国農務省の方法での値を用いると、集積層はその基準を満たし、この土壌はSpodosolに分類された。しかし、わが国でよく用いられる超音波-pH調整処理で得られた粘土含量を用いると、 $(\text{Fep}+\text{Alp})\%/\text{粘土}\% \geq 0.2$ を満たさず、この土壌はSpodosolから除外された。したがって、火山灰由来土壌の分類のための粒径組成の分析方法の確立が急務であると考えた。

以上のように、アンディソルと火山灰由来のスポドソルには多くの共通性が認められた。しかしながら両土壌はその主要な土壌生成過程を反映した諸性質に基づいて区別すべきである。

第4章 下北半島における植生系列を示す火山灰土壌

青森県・下北半島では、石英安山岩質の火山灰から、強力なポドゾライザーであるヒバ植生下にはスポドソルが、ブナなどの植生下にはアンディソルが、そしてヒバ-ブナ混合植生下にはそれらの中間土壌が生成している(表-9、図-5)。

スポドソルは粘土含量50%以上の重粘な次表層をもつ(表-10)にもかかわらず、良く発達

したE層とBs層をもち(図-5、図-6)、一般のスポドソル(ポドゾル)に共通な化学的、鉱物学的な性質を示した(表-10)。すなわち、土壌の反応は極強酸性～強酸性であり、E層では膨張性2:1型鉱物に富み、B層にはクロライト化した2:1型鉱物、アロフェン、そして遊離鉄が多くなっていた。したがって、これらの土壌はSpodosolに分類されるべきである。しかしながら、本スポドソルは形態学および化学的スポディック基準を満たしていなかった。すなわち、その集積層は連続した固結、砂粒子上のコーティング、あるいは暗色のペレットをもち、 $(\text{Fep}+\text{Alp})\%/\text{粘土}\% \geq 0.2$ を満たさなかった(表-11)。したがって、これらの土壌はSpodosolから除外されてしまう。

アンディソルは森林植生下に生成しているため、A層の土色は真黒でなく、暗褐色であった(図-5)。仮比重は小さく、リン酸保持量および $\text{Al}_{0+1}/2\text{Fe}_{0+1}$ の値はいずれも高かった。したがって、この土壌はアンディック基準を満たし、Andisolに分類された(表-11)。

中間土壌では、E層は消失し(図-5)、スポドソルとアンディソルの中間的な化学的、鉱物学的な性質を示した(表-10、図-6)。

以上のことより、火山灰由来のスポドソルをSpodosolであると認定するためには、現行の形態学および化学的スポディック基準を検討し直す必要があると考えた。

第5章 総合考察 — 火山灰を母材とするスポドソルの特徴、 およびスポドソルとアンディソルとの分類上の境界問題

以上の3地域の土壌の生成状態より、火山灰を母材とする場合においても、寒冷な気候条件とポドゾル化を強く促進する植生の存在によって、アンディソルとは土壌生成過程の異なるスポドソルが生成することが明らかとなった。またアンディソルに包括される土壌の場合でも、草本か森林かの植生の違いによって、多様な土壌が生成していることが再確認された。

火山灰由来のスポドソルは、ポドゾル化の結果を反映して、一般のスポドソルに共通した性質が認められた(図-7)。すなわち、溶脱層と集積層の層位分化が明瞭であること、このことは活性鉄およびアルミニウムの断面内の分布で確認されること、土壌反応は極強酸性～強酸性であること、溶脱層の結晶性層状ケイ酸塩鉱物はスメクタイト主体であること、集積層ではアロフェンや非結晶質鉄鉱物が集積し、2:1型鉱物はクロライト化していることである。

しかしながら、これらのスポドソルは風化抵抗性の小さい火山ガラスを多く含むため、一般のスポドソルにはみられない特異な性質を兼ね備えていた(図-7)。火山灰由来のスポドソルの集積層では、in situでの風化も盛んにおこっている。このため形態学的なスポディックの基準の、砂粒子上のコーティングや暗色のペレットは存在しなかった。また多量の非結晶質物によって安定性の高い粒団が形成され、そのため粒径分析の際の分散が著しく妨げられた。仮比重は一般のスポドソルに比べて、非常に小さかった。

このような火山灰由来のスポドソルの集積層の性質は、アンディソルのアンディックな性質と非常に良く似ている。したがって火山灰由来のスポドソルとアンディソルとを、分類上どのように区別するかが問題となった。その解決法として次のような提案を行った。

- ①火山灰由来のスポドソルとアンディソルは、その土壌生成過程の基本概念と、それを反映した性質に従って区別し、分類すべきである。
- ②アンディソルはスポドソルの前にキイアウトすべきである。アンディソルでは、スポドソルに該当する土壌を除外する規定を設ける。
- ③スポドソルの定義には、スポディック層だけの存在ではなく、アルビック層(漂白層)(あるいはアルビック層の痕跡)とそれに続くスポディック層の存在も明記されるべきである。
- ④スポディック層の形態学的基準を火山灰由来のスポドソルにも適用できるように修正すべきである。
- ⑤粘土含量を用いる化学的スポディック基準の使用には疑問がある。もし今後とも使用するのであれば、その分析方法と基準値を検討し直す必要がある。

表-1. 南八甲田における標高、気候、植生と土壌の関係

	標高 (m)	年平均気温 (°C)	年降水量 (mm)	植生 (林床)	土壌
亜高山帯	1200~900	3~5	> 2000	アオモリトドマツ-ブナ (チシマザサ)	乾性ポドゾル 湿性ポドゾル
	900~800	5~6	> 2000	ブナ (チシマザサ)	乾性ポドゾル
低山帯	800~400	6~9	2000~1700	ブナ (チシマザサ)	褐色火山灰土
	< 600	7~9		ススキ	黒色火山灰土

ポドゾル (ペドンNo. 3)
(標高790m, ブナ林)

褐色火山灰土 (ペドンNo. 5)
(標高430m, ブナ林)

黒色火山灰土 (ペドンNo. 7)
(標高410m, ススキ)

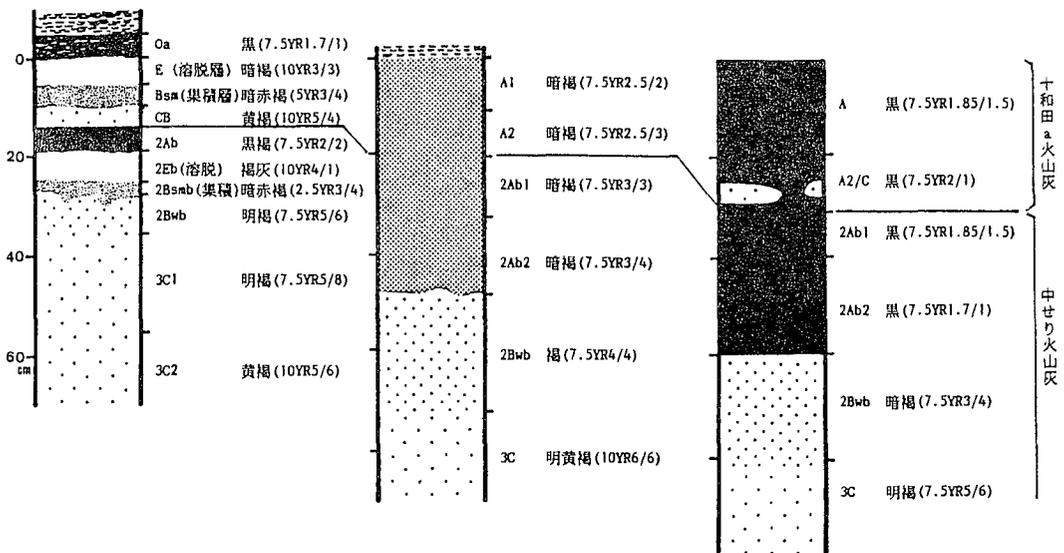


図-1. 南八甲田の代表土壌の断面模式図

表-2. 南八甲田土壌の諸性質

層位	pH (H ₂ O)	全炭素 (%)	腐植酸の型	腐植酸/フルボ酸比	アロフエン%	結晶性*	粘土鉱物
ポドゾル (ペドノンNo.3 赤沼)							
Oa	4.3	27.7	P	1.55	0	Sm	Int
E	4.7	5.7	P	1.12	0	Sm, Int	Int
Bsm	4.8	2.9	P	0.34	0.9	Sm, Int	76
CB	4.9	1.0	P	0.16	1.8	Int	
2Ab	4.9	9.7	P	0.93	1.4	Int	
2Eb	5.1	7.5	P	0.52	4.0	Int	
2Bsmb	5.5	3.2	P	0.11	7.5	Int	96
2Bwb	5.5	1.2	-	0.01	8.9	Int	123
3C1	6.0	0.6	-	0	9.9	Int	
褐色火山灰土 (ペドノンNo.5 葛沼)							
A1	4.6	12.4	P	0.71	1.4	Int	
A2	4.7	8.3	P	0.61	3.1	Int	
2Ab1	5.6	4.9	P	0.33	7.9	Int	
2Ab2	5.7	4.5	P	0.24	9.8	Int	
2Bwb	5.9	2.6	P	0.23	8.4	Int	
3C	6.0	0.5	P	0.13	4.4	Int	
黒色火山灰土 (ペドノンNo.7 湯の台-1)							
A1	4.9	10.7	B	1.15	1.6	Int	
A2/C	5.3	5.3	A	0.97	2.9	Int	
2Ab1	5.5	6.5	A	1.30	6.1	Int	
2Ab2	5.6	6.5	A	1.20	8.6	Int	
2Bwb	5.7	3.6	A	0.43	10.6	Int	
3C	6.2	0.6	P	0.11	3.8	Int	

* Sm:スメクタイト, Int:クロロライト化した2:1型鉱物

表-3. 南八甲田土壌のアンデティック基準と化学的スボデティック基準の検討結果

層位	アンデティック基準			スボデティック基準		
	1	2	3	1	2	3
ポドゾル (ペドノンNo.3 赤沼)						
E	0.77	0.68	63	0.07	0.81	
Bsm	1.05	0.68	69	0.13	0.87	76
CB	0.85	0.99	53	0.07	0.54	
2Ab	2.54	0.43	94	0.11	0.78	
2Eb	3.55	0.54	96	0.08	0.61	
2Bsmb	4.34	0.89	97	0.08	0.27	96
2Bwb	3.32	0.89	93	0.05	0.18	123
褐色火山灰土 (ペドノンNo.5 葛沼)						
A1	1.52	0.51	85	0.09	0.85	
A2	2.17	0.51	92	0.12	0.77	
2Ab1	3.40	0.55	96	0.06	0.54	
2Ab2	3.82	0.55	97	0.06	0.45	
2Bwb	2.88	nd	93	0.05	0.34	
黒色火山灰土 (ペドノンNo.7 湯の台-1)						
A1	1.73	0.48	90	0.08	0.85	
A2/C	1.76	0.57	89	0.09	0.77	
2Ab1	3.07	nd	96	0.07	0.63	
2Ab2	3.90	0.56	97	0.06	0.54	
2Bwb	3.76	0.61	96	0.05	0.33	

アンデティック基準

1. 酸性シユル酸塩可溶Al+%Fe(Al₂O₃+%FeO%) (≧2.0%)

2. 仮比重/cm³ (≦0.9g/cm³)

3. リン酸保持量(>85%)

スボデティック基準

1. ピロリン酸ナトリウム可溶Fe+Al%/粘土%:
(Fe+Alp)/clay(≧0.2)

2. ピロリン酸ナトリウム可溶Fe+Al%/デイチ
オナイト可溶Fe+Al%:(Fe+Alp)/(Fed+Al₂O₃) (≧0.5)

3. 集積指数:Σ{(CFC(pH8.2)-%clay^{0.5})}×厚さcm (≧65)

表-4. スポディック層の基準 (Soil Taxonomy)

1. >2.5cmの厚さをもつ有機物、Fe、およびAlで固結された連続した亜層位をもつこと。
2. sandyまたはcoarse-loamyな粒径クラスをもつこと。砂粒子はひびわれた被覆物をもつか、暗色のペレットがあること。
3. 次のような亜層位をもつこと。
 - a. $\geq 0.1\%$ の抽出性Feがあれば、ピロリン酸抽出Fe+Al%/粘土%の比 $((\text{Fep}+\text{Alp})/\text{clay})$ が ≥ 0.2 であること。かつ、
 - b. ピロリン酸抽出Fe+Al%/ディチオナイト抽出Fe+Al%の比 $((\text{Fep}+\text{Alp})/(\text{Fed}+\text{Alid}))$ が ≥ 0.5 であること。かつ、
 - c. 集積指数: $\Sigma (\text{CEC}(\text{pH}8.2)-1/2\text{粘土}\%) \times \text{層厚cm}$ が ≥ 65 であること。

表-5. 南八甲田土壌の分類結果

林野土壌分類	農耕地土壌分類	Soil Taxonomy	ICOMAND
ポドゾル (No.3)	乾性ポドゾル	—	Placorthod Placudand
褐色火山灰土 (No.5)	適潤性 褐色森林土	淡色 黒ボク土	Dystrandept Fulvudand
黒色火山灰土 (No.7)	適潤性 黒色土	厚層多腐植質 黒ボク土	Dystrandept Melanudand

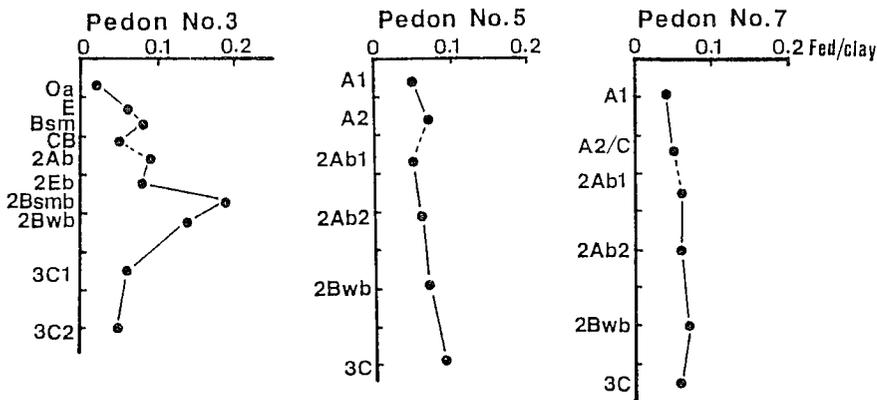


図-2. 南八甲田土壌の全遊離鉄/粘土比の断面内分布

表-6. キナイ半島における土壤の生成とその環境

土壤名	年平均気温 ℃	年降水量 mm	植生	ポドゾル化
Spruce	2.2	700	Sitka spruce (トウヒ)	明瞭
Alder	2.2	700	Sitka alder (ハンノキ)	明瞭
Fescue	1.0	600	fescue (フェスク)	なし
Bluejoint	2.2	700	bluejoint grass (ノガリヤス)	不明瞭 (溶脱層が 不鮮明)

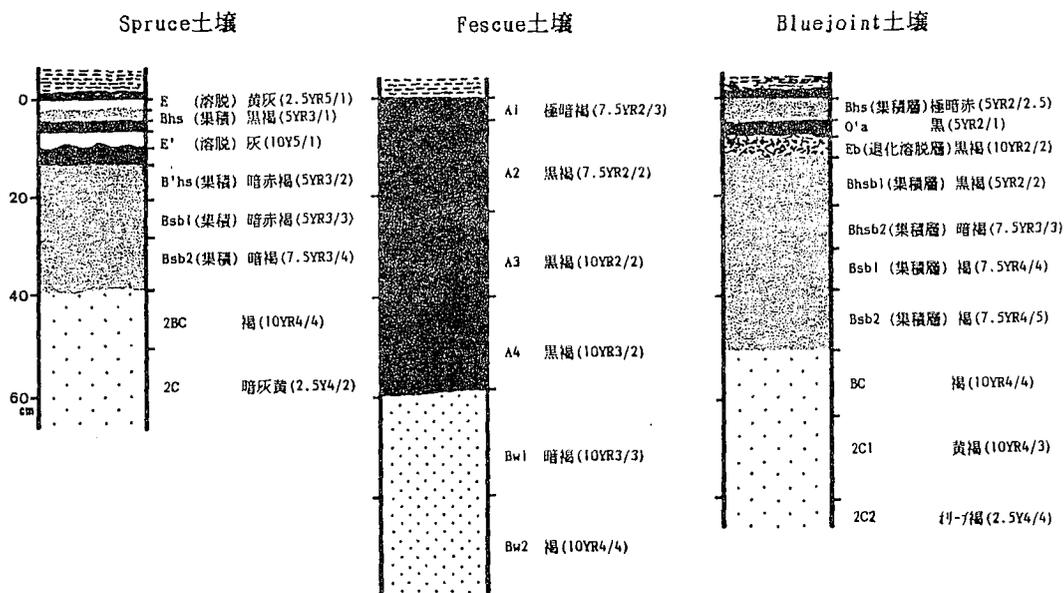


図-3. キナイ半島の代表土壤の断面模式図

表-7. キナイ土壌の諸性質

層位	pH (H ₂ O)	全炭素 %	HA/FA 比 †	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ %	リン酸 保持量 %	アロフ エン %	結晶性 * 粘土組成
Spruce 土壌							
E	4.6	5.8	1.22	0.23	31	0	Sm
Bhs	5.0	6.3	0.50	1.00	83	0.2	Int
O ¹ a	-	-	-	-	-	-	-
E ¹	5.1	6.2	1.34	0.42	55	0.1	Sm
O ¹ a	5.1	14.9	0.99	1.64	95	0.3	Sm
B ¹ hs	5.0	12.7	0.36	2.22	98	0.4	Int
Bsb1	5.1	10.3	0.21	3.34	98	1.8	Int, Chl
Bsb2	5.2	5.1	0.15	2.62	94	3.1	Int, Chl
2BC	5.4	2.7	0.14	1.87	85	3.1	Int, Chl
2C	5.5	1.1	0.52	0.76	54	1.6	Chl
Fescue 土壌							
A1	5.0	9.5	0.89	1.11	81	0.3	Int, Chl
A2	5.3	8.8	0.62	2.46	96	2.4	Int, Chl
A3	5.6	6.3	0.79	2.29	92	2.8	Int, Chl
A4	6.1	3.9	0.76	1.91	81	3.6	Int, Chl
Bw1	6.0	2.8	0.39	2.22	84	4.6	Int, Chl
Bw2	5.9	1.9	0.21	1.95	78	3.4	Int, Chl
C	5.9	0.2	0.10	0.26	22	0.4	Int, Chl
Bluejoint 土壌							
Bhs	5.0	8.4	0.72	1.02	86	0.3	
O ¹ a	4.9	37.9	1.95	1.43	88	0.1	Sm, Int
Eb	4.6	4.9	1.07	0.47	47	0.1	Int
Bhsb1	4.7	9.2	0.55	1.47	85	0.1	Int
Bhsb2	4.8	9.4	0.38	2.17	91	0.4	Int
Bsb1	4.8	8.0	0.25	2.93	95	0.8	Int
Bsb2	5.0	6.0	0.17	3.06	95	1.8	Int
BC	5.4	4.1	0.15	3.31	96	4.8	Chl, Int
2C1	5.6	1.7	0.17	1.89	92	3.4	Chl, Int
2C2	5.8	0.7	0.18	0.75	63	0.6	Chl, Int

† 腐植酸/フルボ酸比

* Sm: スメクタイト, Chl: クロライイト.

Int: クロライイト化した2:1型鉱物.

表-8. キナイ土壌の化学的スポディック基準の検討結果と Soil TaxonomyおよびICOMANDによる分類

層位	スポディック基準*			Soil Taxonomy	ICOMAND
	1	2	3		
Spruce 土壌 (ベドンNo.234)					
E	0.03	0.06	0.64	90	
Bhs	0.18	0.34	0.83	221	
E ¹	0.05	0.06	0.84	191	Alic
O ¹ a	-	0.20	0.92	-	Haplocryand
B ¹ hs	0.24	0.29	0.87	1118	
Bsb1	0.32	0.35	0.83	858	
Bsb2	0.32	0.23	0.81	806	
2BC	0.23	0.15	0.63	1062	
Fescue 土壌 (ベドンNo.235)					
A1	-	0.10	0.76	-	
A2	0.21	0.20	0.87	1424	
A3	0.19	0.18	0.89	1013	Dystric Vitric
A4	0.22	0.12	0.77	667	Cryandepts Haplocryand
Bw1	0.16	0.12	0.64	561	
Bw2	0.17	0.13	0.60	488	
Bluejoint 土壌 (ベドンNo.230)					
Bhs	1.47	0.17	0.92	203	
Eb	0.12	0.05	0.78	190	Typic
Bhsb1	0.27	0.12	0.82	888	Cryohumod
Bhsb2	0.66	0.18	0.89	635	(Dystric) #
Bsb1	0.64	0.18	0.86	654	Cryandept) # Haplocryand
Bsb2	0.39	0.17	0.77	740	
BC	0.22	0.10	0.66	589	

* スポディック基準.

1: (Fep+Alp) / %clay

2: (Fep+Alp) / (Fed+Ald)

3: Index of accumulation, {CEC(pH8.2)-1/2%clay} × 厚さ (cm).

† 超音波処理、pH調整して分散させたときの粘土含量を用いた

超音波処理、pH調整での粘土含量を用いたときの分類

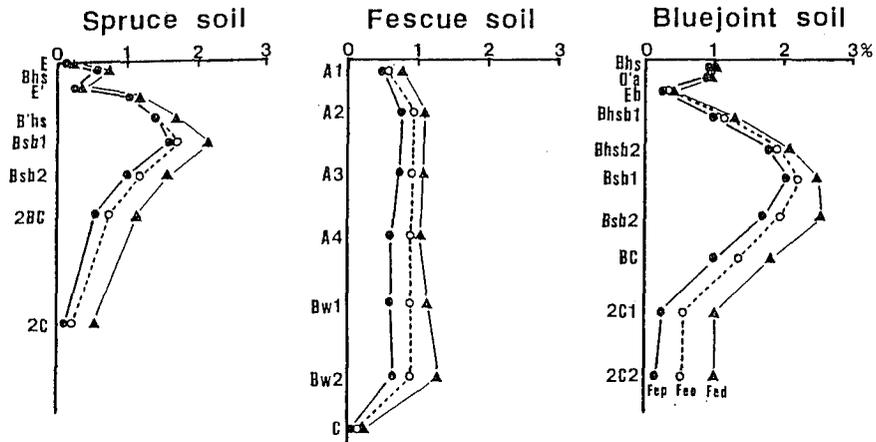


図-4. キナイ土壤の遊離鉄の断面内分布

Fep:ピロリン酸塩可溶鉄, Feo:酸性シュウ酸塩可溶鉄,
Fed:ディチオナイト可溶鉄.

表-9. 下北半島の火山灰由来土壤とその環境

植生	出現土壤	供試ベドン	標高 (m)	年平均 気温(°C)	年平均 降水量(mm)
ブナ(コナラ、スギ、 アカマツ)	褐色火山灰土 (移行土壤)	Andisol 1	180	8.8	1713
		Andisol 2	420	7.7	1971
		Andisol 3	290	7.7	1971
ヒバ (標高150~300m)	ポドゾル	Spodosol 1	240	8.1	1954
		Spodosol 2	240	8.4	1919

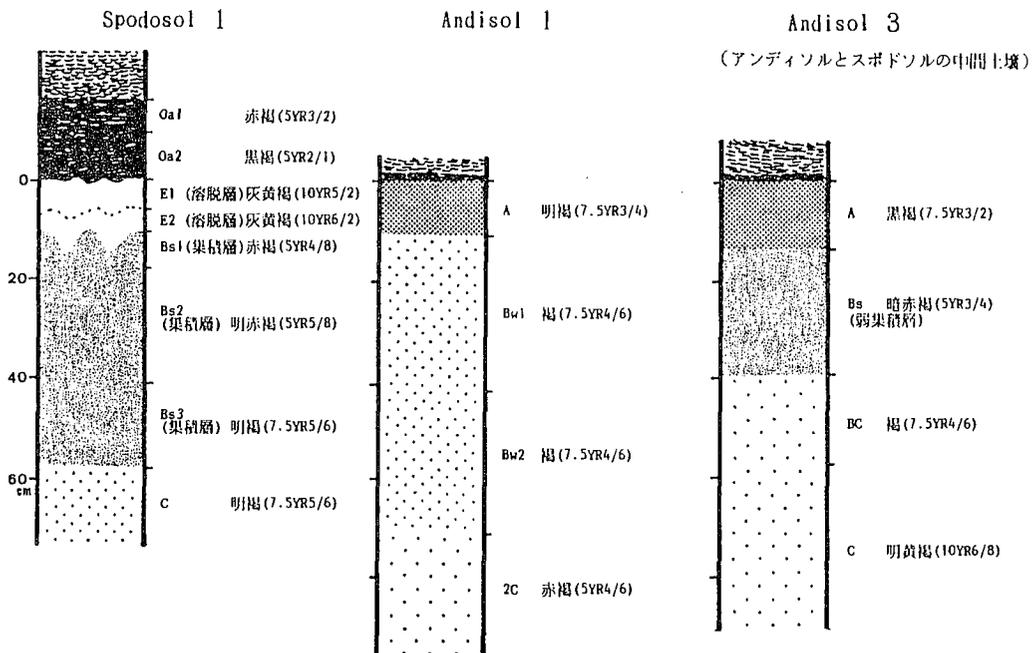


図-5. 下北半島の代表土壤の断面模式図

表-10. 下北土壤の諸性質

層位	粘土 %	炭素 %	pH (H ₂ O)	Al ₂ O ₃ %Feo%	リン酸 保持%	アロフ エン%	結晶性 粘土組成*
Spodosol 1							
Oa2	43.4	39.9	3.5	0.34	18	0	Sm
E1	18.4	23.0	3.9	0.27	26	0	Sm
E2	37.4	18.6	3.9	0.50	51	0	Sm
Bs1	52.1	8.1	4.1	1.57	79	0.1	Sm
Bs2	53.8	4.4	4.3	3.00	94	0.2	Int, Sm
Bs3	51.0	3.0	4.7	2.84	95	0.9	Int, Chl
C	44.6	2.3	4.8	3.50	97	5.6	Int, Chl
Andisol 1							
A	47.9	7.5	5.5	2.36	94	1.2	Int, Chl
Bw1	54.7	2.2	5.6	2.79	96	2.6	Int, Chl
Bw2	52.7	1.4	5.6	2.23	95	1.8	Int, Chl
C	62.2	1.8	5.4	4.16	98	5.6	Int, Chl
Andisol 3							
A	28.7	4.6	4.5	1.25	61	0.1	Sm
Bs	47.1	5.2	4.6	2.61	88	0.3	Int
BC	52.7	3.1	4.8	3.57	96	4.1	Int, Chl
C	51.7	2.6	4.7	4.66	97	8.7	Int, Chl

* Sm: スメクタイト, Int: クロライト化した2:1型鉱物,
Chl: クロライト.

表-11. 下北土壤の化学的スポディック基準の検討結果と分類

層位	Fep+Alp % clay	Fep+Alp Fed+Al ₂ O ₃	Accumulation Index(集積指数)	分類 (ICOMAND)
Spodosol 1				
E1	0.02	0.68	284	Alic Fulvudand
E2	0.02	0.56	180	medial, amorphic
Bs1	0.05	0.50	227	(ferrihydrite), mesic*
Bs2	0.10	0.62	1019	
Bs3	0.07	0.63	553	
C	0.04	0.36	>1117	
Andisol 1				
A	0.05	0.49	351	Alic Hapludand,
Bw1	0.03	0.34	389	medial, amorphic
Bw2	0.03	0.32	323	(allophane/imogolite),
C	0.02	0.20	>302	mesic
Andisol 3				
A	0.07	0.61	336	Alic Hapludand,
Bs	0.09	0.67	729	medial, amorphic
BC	0.06	0.56	465	(allophane/imogolite),
C	0.03	0.30	>931	mesic

*Proposed classification:

Spodosol 1: Humic Haplorthod, fine, mesic

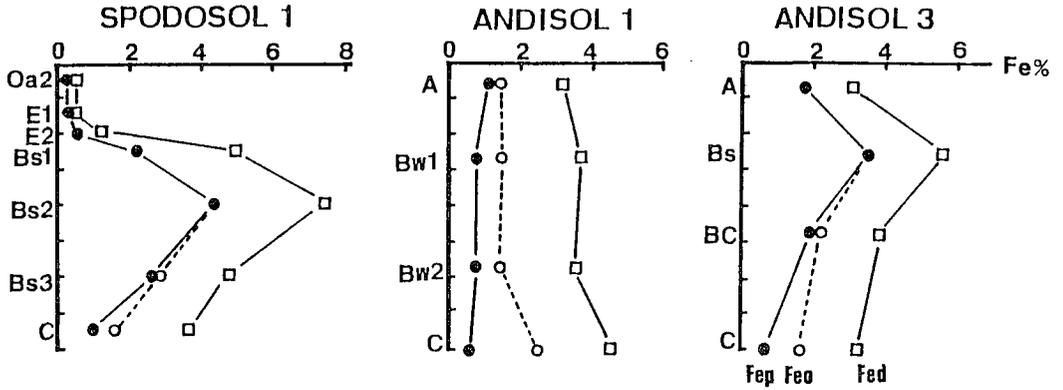
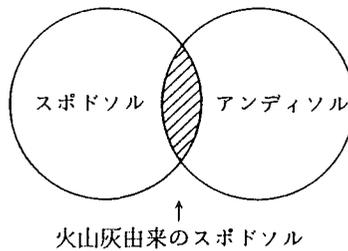


図-6. 下北土壤の遊離鉄の断面内分布

Fep:ピロリン酸塩可溶鉄, Feo:酸性シュウ酸塩可溶鉄,
Fed:ディチオナイト可溶鉄.

図-7. 火山灰を母材とするスポドソルの性質



一般のスポドソルに共通した性質

- ・溶脱層と集積層の層位分化が明瞭
- ・鉄、アルミニウムの移動・集積が顕著
- ・土壤の反応は極強酸性～強酸性
- ・溶脱層に膨張性2:1型粘土鉱物（スメクタイトなど）が存在
- ・集積層に非結晶質鉱物が集積

一般のスポドソルにみられない特性(アンディソルと共通)

- ・形態学的スボディック基準（砂粒子上のコーティング、ペレットの存在）に不適合
- ・仮比重が非常に低い
- ・非常に安定な粒団の形成 — 粘土含量の定量が困難

審査結果の要旨

国際火山灰土分類委員会（ICOMAND）によってわが国の黒ボク土にはほぼ対比されるアンディソル目（Andisol order）の分類が完成されようとしている。しかしアンディソル目とスポドソル目（Spodosol order）は、土壌生成過程がはっきりと違っているにも拘らず、多くの共通する性質を持っていることから、特に火山灰母材のスポドソルとアンディソルの識別が重要な問題となっている。

そこで著者は、以下のような土壌生成要因が異なる環境下で、スポドソルとアンディソルが気候あるいは植生系列の関係にある火山灰土壌を選定し、土壌の成因と特性を詳細に研究し、国際土壌分類上の問題点とその解決案を提出した。

著者は、青森県の南八甲田において火山灰を母材とする気候系列下にあるポドソルと褐色の黒ボク土、植生系列下にある褐色の黒ボク土と黒色の黒ボク土の成因と特性を詳細に検討し、国際土壌分類を適用した。次いで米国アラスカ州キナイ半島において同一火山灰を母材とする植生系列の関係にあるポドソルと黒色の黒ボク土、および、両者の中間土壌、さらに青森県の下北半島で、植生系列下のポドソルと褐色の黒ボク土および両者の中間土壌について、それぞれ成因と特性を明らかにし、国際土壌分類を行った。そしてこれらの研究より著者は、火山灰由来のスポドソルとアンディソルとを区別する場合の問題点とその解決法を提案した。

- ①火山灰由来のスポドソルとアンディソルは、その土壌生成過程の基本概念と、それを反映した性質に従って区別し、分類すべきである。
- ②アンディソルはスポドソルの前にキイアウトすべきである。アンディソルでは、スポドソルに該当する土壌を除去する規定を設ける。
- ③スポドソルの定義には、スポディック層だけの存在でなく、アルビック層（漂白層）（あるいはアルビック層の痕跡）とそれに続くスポディック層の存在も明記されるべきである。
- ④スポディック層の形態学的基準を火山灰由来のスポドソルにも適用できるように修正すべきである。
- ⑤粘土含量を用いる化学的スポディック規準の使用には疑問がある。もし今後とも使用するのであれば、その分析方法と規準値を検討し直す必要がある。

これらの提案並びに土壌の成因・特性の研究は、火山灰土壌の国際分類に大きく貢献した。よって著者に農学博士の学位を授与するに値すると判断した。