

黄色系褐色森林土と黄褐色森林土の関係^{*1}

—九州と関東における比較から—

今矢明宏^{*2}

今矢明宏：黄色系褐色森林土と黄褐色森林土の関係 九州森林研究 57：135-139, 2004 気候により分化しているとされる黄褐色森林土の存在と、その黄色系褐色森林土亜群との関係を明らかにするため、九州から関東地方の褐色森林土群の地域間比較を行った。九州と関東の褐色森林土には炭素含有率、A層厚、非晶質遊離酸化物含量、pHに差異があるが、遊離酸化鉄の活性度には差異が認められなかった。従って、これらの地域間には風化程度に違いは無く、その化学性に差異をもたらしているのは土壤母材への火山灰影響度の差であり、黄褐色森林土群に位置付けられた土壤は気候によって分化したのではなく、火山灰影響度のごく小さい褐色森林土であるとみなされた。

キーワード：褐色森林土、黄色系褐色森林土、黄褐色森林土、気候、火山灰

I. はじめに

褐色森林土群は、赤色土、黒色土、ポドゾル等の土壤群ように特徴ある土層を持たないが、層位の分化がみられ、未熟土群とは区分される土壤の総称で、全国に分布し、我が国森林土壤の約7割がこれに区分される。このため炭素等温暖化物質蓄積機能等の精密な評価に対しては、このような大きな土壤群では、土壤型レベルでも広範に同じ分類に属する土壤が存在することとなり評価が分かれなことから、土壤群の再評価が必要である。

林野土壤の分類(1975)(2)では、温暖湿潤な気候条件下の成帯性土壤である褐色森林土群の下に他の土壤生成作用の影響を受けたものを土壤亜群として設定している。これに対し、中でも温暖な西南日本には現気候条件下で生成する成帯性土壤として黄褐色森林土を認め、黄色系褐色森林土亜群がこれに含まれるといった意見がある(3, 12, 17)。これを受けて日本の統一的土壤分類体系第二次案(2002)(13)では、褐色森林土大群を設け黄褐色森林土群と普通褐色森林土群をその下に置いている。そして黄褐色森林土群には、林野土壤の分類における典型褐色森林土亜群の一部と黄色系褐色森林土が対比されている。

これまでの報告(6, 7, 8, 9)で、九州の褐色森林土群とその類縁土壌について林野土壤の分類(1975)と、黄褐色森林土の考えを導入した日本の統一的土壤分類体系第二次案(2002)(13)の両者の分類結果を対比し、九州低山帯の褐色森林土群は、半数程度が黄褐色森林土群に分類されること、黄色系褐色森林土亜群は黄褐色森林土群だけに含まれるものではないこと、黄褐色森林土群の分類基準の不備として、指標である鉄活性度は他の要因の影響を受け指標としての機能を十分に果たさない、識別層位が浅い位置からはじまり過ぎる、土色の範囲が広いといったことを明らかにしてきた。

しかし、黄色系褐色森林土亜群が過去に黄色風化を受けた母材から生成したもので全国に点在するのに対し、西南日本にはこの種の風化を受けたと思われる母材が広く分布するため、そこに生成する土壤の特性が母材に起因するのか気候によるのかが分別しがたい(16)。また前報(6)においても、黄褐色森林土群が気候によって分化しているということに疑義がもたれていた。

そこで、温暖な九州とそれよりは冷涼な気候条件にある関東の褐色森林土群とを比較することによって、これらの地域間の土壤に気候に応じた差異が見られるのか、またそれは典型と黄色系の土壤亜群間の差より大きいのかを明らかにすることにより、気候によって分化した黄褐色森林土群が認められるか検証した。

II. 調査地と方法

対象となる褐色森林土群(表-1)は、今矢ら(5, 一部未発表)による関東41断面(うち火山灰11断面、東北まで含めた黒色土7断面)、中部(愛知から島根まで)9断面と、前報(6)による九州24断面(低山帯19断面、高標高5断面)で、九州には典型亜群に加え黄色系褐色森林土亜群が含まれる。

これらの土壤に対し、気候条件が異なることで考えられる有機物分解率、風化程度、養分の洗脱への影響を、それぞれ炭素含有率、遊離酸化鉄活性度、pHによって指標し、これらが気候条件の差を受けて、地域間の差がみられるかを検討した。

炭素含有率は乾式燃焼法でCNコーダー(Yanaco MT-600)を用い、遊離酸化物はISRIC法(19)に準拠し誘導結合型プラズマ発光分析装置(ICP-AES)(Maxim. Fison Inst., Switzerland)により測定した。pHは生土1に対し水2.5を加え30分振とう後、ガラス電極法により測定した。

^{*1} Imaya, A.: The relation between yellowish Brown Forest Soils and Yellow Brown Forest Soils

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

表-1. 供試土壌とその分類

区分	断面ID	所在県	植生	表層地質	斜面位置	標高m	林野土壌の分類 (1975)	日本の統一的土壌分類体系 -第二次案(2002)-
関東	HT-5	茨城	ヒノキ	変輝緑岩	頂	280	乾性褐色森林土(細粒状構造型)	黄褐色森林土
	TKH-3	茨城	ヒノキ, マツ	花崗岩	頂	680	乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	普通褐色森林土
	NK-1	茨城	マツ	砂岩	頂	225	乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	黄褐色森林土
	NK-3	茨城	マツ	砂岩	頂	220	乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	風化変質赤黄色土
	KBD-2	茨城	ヒノキ	花崗岩	上	584	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	HT-1	茨城	スギ	緑色片岩	頂	455	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	HT-2	茨城	広葉樹	緑色片岩	頂	465	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	TKH-6	茨城	広葉樹	花崗岩	頂	360	適潤性褐色森林土(偏乾型)	黄褐色森林土
	TKH-5	茨城	スギ	斑レイ岩	上	340	適潤性褐色森林土(偏乾型)	風化変質赤黄色土
	HT-11	茨城	ヒノキ	緑色片岩	頂	220	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	KBK-1	茨城	広葉樹	花崗岩	上	640	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	HT-3	茨城	スギ	緑色片岩	中	400	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	TKH-4	茨城	スギ	斑レイ岩	下	300	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	KZ-3	茨城	スギ	緑色片岩	下	300	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	TKH-7	茨城	広葉樹	花崗岩	下	300	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	NK-2	茨城	ヒノキ	砂岩	下	190	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
	NK-4	茨城	ヒノキ	砂岩	下	180	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	HT-10	茨城	スギ	緑色片岩	中	170	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	(超塩基性岩)	HT-6	茨城	スギ, ヒノキ	蛇紋岩	頂	205	乾性褐色森林土(細粒状構造型)
HT-4		茨城	ヒノキ	蛇紋岩	下	210	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
HT-8		茨城	広葉樹	石灰岩	頂	205	適潤性褐色森林土(偏乾型)	固結岩屑土
HT-9		茨城	広葉樹	石灰岩	頂	205	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
HT-7		茨城	スギ	石灰岩	下	205	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
関東火山灰	KZ-1	茨城	広葉樹	火山灰	頂	380	乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	アロフェン黒ボク土
	KZ-2	茨城	スギ, ヒノキ	火山灰	中	330	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	KBD-10	茨城	ヒノキ	火山灰	中	620	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	KBG-19	茨城	ヒノキ	火山灰	中	486	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	KBK-10	茨城	広葉樹	火山灰	中	587	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	KBM-19	茨城	広葉樹	火山灰	中	536	適潤性褐色森林土	褐色黒ボク土
	OMM-1	栃木	広葉樹	石英斑岩	中	1300	弱乾性褐色森林土	褐色黒ボク土
	AM-1	静岡	広葉樹	安山岩	下	600	適潤性褐色森林土(偏乾型)	褐色黒ボク土
	AMG-1	静岡	広葉樹	安山岩	頂	1110	適潤性暗色系褐色森林土	普通褐色森林土
	KW-1	静岡	スギ	凝灰岩	下	500	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	KW-2	静岡	広葉樹	凝灰岩	下	500	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
関東黒色土	HIM-1	岩手	ヒノキ	火山灰	上	850	適潤性黒色土	褐色黒ボク土
	HIM-2	岩手	スギ	火山灰	上	700	適潤性黒色土	褐色黒ボク土
	TAK-1	岩手	広葉樹	火山灰	中	215	適潤性黒色土	アロフェン黒ボク土
	TKH-2	茨城	スギ	火山灰	中	670	適潤性黒色土	非アロフェン黒ボク土
	TKH-1	茨城	スギ	火山灰	中	660	適潤性黒色土	非アロフェン黒ボク土
	MSM-1	静岡	ヒノキ	火山灰	頂	500	適潤性黒色土	アロフェン黒ボク土
	SIZ-1	静岡	ヒノキ	火山灰	中	755	適潤性黒色土	未熟黒ボク土
中部	KKY-1	奈良	広葉樹	砂岩	頂	670	乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	普通褐色森林土
	MIN-2	岐阜	ヒノキ	チャート	下	130	適潤性褐色森林土(偏乾型)	黄褐色森林土
	KKY-2	奈良	広葉樹	砂岩	中	550	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	SET-1	愛知	ヒノキ	花崗岩	下	434	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	SET-2	愛知	広葉樹	花崗岩	下	425	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	SET-3	愛知	スギ	花崗岩	下	420	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
	MIN-1	岐阜	スギ	チャート	下	130	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
	KAM-1	島根	広葉樹	石英安山岩	上	940	適潤性黒色土	普通褐色森林土
	KAM-2	島根	広葉樹	石英安山岩	中	935	適潤性黒色土	普通褐色森林土
	九州低山帯	INO-2	福岡	常緑広葉樹	角閃片岩	頂	510	適潤性褐色森林土(偏乾型)
TUR-4		熊本	ヒノキ	砂岩	下	250	適潤性褐色森林土(偏乾型)	黄褐色森林土
KNZ-1		佐賀	常緑広葉樹	花崗岩	頂	195	適潤性褐色森林土(偏乾型)	黄褐色森林土
KNZ-7		佐賀	ヒノキ	花崗閃緑岩	上	456	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
KNZ-6		佐賀	ヒノキ	花崗閃緑岩	上	399	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
INO-3		福岡	ヒノキ	角閃片岩	下	234	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
KNZ-4		佐賀	ヒノキ	花崗岩	中	100	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
KSI-2		福岡	タケ	角閃片岩	中	70	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
KSI-3		福岡	ヒノキ	角閃片岩	中	61	適潤性褐色森林土	黄褐色森林土
TMI-1		熊本	ヒノキ	砂岩, 礫岩	頂	130	乾性黄色系褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	風化変質赤黄色土
INO-1		福岡	ヒノキ	角閃片岩	上	428	弱乾性黄色系褐色森林土	普通褐色森林土
TUR-3		熊本	ヒノキ	砂岩	頂	300	適潤性黄色系褐色森林土(偏乾型)	風化変質赤黄色土
YTS-2		熊本	スギ	砂岩	頂	292	適潤性黄色系褐色森林土(偏乾型)	風化変質赤黄色土
YTS-1		熊本	スギ	砂岩	中	285	適潤性黄色系褐色森林土(偏乾型)	風化変質赤黄色土
TMI-2		熊本	ヒノキ	砂岩	上	125	適潤性黄色系褐色森林土(偏乾型)	風化変質赤黄色土
KNZ-5		佐賀	ヒノキ	花崗岩	中	130	適潤性黄色系褐色森林土	黄褐色森林土
(超塩基性岩)		YTS-3	熊本	スギ	石灰岩	頂	440	適潤性褐色森林土(偏乾型)
	TUR-1	熊本	ヒノキ	蛇紋岩	中	145	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	TUR-2	熊本	常緑広葉樹	蛇紋岩	下	130	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
九州高標高	OSZ-7	宮崎	スギ	溶結凝灰岩	頂	722	弱乾性褐色森林土	黄褐色森林土
	OSZ-1	宮崎	常緑広葉樹	溶結凝灰岩	頂	1270	適潤性褐色森林土(偏乾型)	普通褐色森林土
	OSZ-2	宮崎	ヒノキ	溶結凝灰岩	上	1000	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	OSZ-3	宮崎	ヒノキ	溶結凝灰岩	下	865	適潤性褐色森林土	普通褐色森林土
	OSZ-4	宮崎	常緑広葉樹	溶結凝灰岩	上	818	適潤性黄色系褐色森林土(偏乾型)	黄褐色森林土

Ⅲ. 結 果

供試した褐色森林土群を九州低山帯、九州高標高（海拔700m以上）、中部、関東、関東火山灰に区分し、関東黒色土と合わせて、炭素含有率、非晶質遊離酸化物含量、遊離酸化鉄活性度（以上、図-1）、A層厚（図-2）、pH（H₂O）（図-3）を比較した。

1. 炭素含有率

九州の低山帯土壌の炭素含有率は、関東や中部の土壌より低く、その傾向は表層部で顕著であった。これに対し、九州でも高標高の土壌は、関東の火山灰由来土壌に類似の傾向を示していた。これは関東の火山灰由来とはみられない褐色森林土群よりも高く、九州高標高に区分された土壌への火山灰の影響を示唆する結果となった。

2. A層厚

漸移層であるAB層まで含めたA層の厚さは、炭素含有率同様、九州と関東に差異が認められた。九州では低い炭素含有率を反映して、A層厚も平均約10cmと薄い。しかし、九州でも高標高の土壌は関東のものに近くなり平均約30cmで、これらの間に差異は認められなかった。また関東の火山灰由来の褐色森林土群も同様の傾向を示していた。一方、黒色土はこれらに対して非常に厚いA層を持つものが認められた。

3. 非晶質遊離酸化物

酸性シュウ酸溶液可溶の遊離アルミニウムと鉄による $Al_0 + 1/2 Fe_0$ の値は、火山灰由来の易風化鉱物の風化によって供給される非晶質の遊離酸化物量を表し、火山灰土壌を判定する指標(13)となっている。

そのため火山灰土壌で高いのはいうまでもないが、九州の低山帯土壌より関東のほうが高かった。また、この傾向は表層部において顕著で、これは炭素含有率の傾向と一致していた。このことから関東の土壌は、火山灰由来とみられなかった土壌においても火山灰の影響を多少なりとも受けている結果となった。従って炭素含有率にみられた地域間の差が、火山灰の影響度の差によるものである可能性が示唆された。

4. 遊離酸化鉄の活性度

遊離酸化鉄の活性度 Fe_0/Fed は、Fedがジチオナイト溶液によって抽出される結晶質、非晶質、有機物複合体の3つの画分、 Fe_0 が酸性シュウ酸溶液によって抽出され、Fedのうち活性が高い非晶質、有機物複合体の2つの画分を表す。活性度は遊離酸化鉄の結晶化度とともに風化程度がそれぞれ異なるとされる赤色土群と黄褐色森林土群、褐色森林土群の区分に用いられている(12)。黄褐色森林土群と褐色森林土群は結晶化度の範囲は同じで、活性度のみが異なり、風化が進んでいるとされる黄褐色森林土群でその値は低くなる。

関東と比較して九州の褐色森林土群は特に活性度が低いという事は無く、風化程度に差は認められなかったと考えられた。ここで活性度が高いのは、火山灰の影響を受けている土壌であった。

5. pH

pH（H₂O）は、母材に関わらず関東、中部より九州で低く、その傾向は下層ほど顕著であった。さらに断面内垂直分布様式も異なっており、関東では表層で低く、下層で増大しその増大幅も比

較的大きいが、九州では断面を通してあまり変化は無く、あってもその幅は小さかった。石灰岩や蛇紋岩を母材とした塩基に富む土壌では、地域を問わず高い傾向にあったが、分布様式には地域間の差異がみられ、母材の違いは地域間の違いより養分動態に及ぼす影響が小さいと考えられた。

Ⅳ. 考 察

九州と関東において褐色森林土の化学性を比較した結果、地域間の差が認められたのは、炭素含有率、A層厚、非晶質遊離酸化物、pHであり、差が認められなかったのは遊離酸化鉄活性度であった。

地域間での炭素含有率、A層厚の差を生じた要因は、関東の土壌は九州の低山帯土壌と比較して非晶質遊離酸化物が高く火山灰の影響を強く受けていること、遊離酸化鉄の活性度の結果から九州と関東で風化程度に差が認められないことから、気候の違いよりも、火山灰の影響度の違いによるものであると考えられた。地域間で火山灰の影響度が異なった背景には、本研究で用いた九州低山帯の土壌が、九州の中でも北西部に偏っており、給源火山より西方に位置する場合が多く降灰が及びにくく、これとは反対に、関東の調査地周辺の土壌には男体、赤城火山からの火山灰の混入が報告されている(4, 18)ように、給源火山の東方に位置しており降灰が及びやすいことが考えられる。また最近では、黄褐色森林土群の母材として広域風成塵の寄与が高いことも報告(10)されており、北部九州では第四紀における気候変化に伴う地形変化が緩やかで、大陸からのレスの土壌母材としての寄与が大きく、多いところで2mほどの堆積箇所も見られる(14)。このように北部九州の褐色森林土群では土壌母材への火山灰の影響度は相対的に低くなっている。

遊離酸化鉄の活性度は、火山灰の易風化鉱物から供給される非晶質遊離酸化物や、有機物による結晶化の阻害があるため、火山灰が含まれ、炭素含有率が高い関東の土壌の方が高くなっていてもおかしくはない。しかし、関東の調査地では、乾燥により脱水作用が強く働き結晶化が進んでいる地点が含まれ、反対に九州の調査地では、高温多雨により鉱物が溶解し非晶質分が供給される地点が含まれたため、火山灰や有機物含量の及ぼす活性度への影響と相まって、九州と関東で同等の範囲を示す結果となった。

このため本研究では、九州と関東の地域間に風化程度の差を認めなかった。しかし、九州から関東にかけての今回の調査地域について松井(15)は、黄褐色森林土帯として一括している。低地の値ではあるが土壌温度レジュームも九州から関東まで同じThermicに区分される(11)。このように気候傾度が小さかったことも風化程度に差が認められなかった一因として考えられた。

このように風化程度に差異を生じ得ない気候条件内にある九州から関東地方では、成帯性土壌として黄褐色森林土群と普通褐色森林土群が区分されないため、黄褐色森林土群とは異なった黄色系褐色森林土亜群そのものの性質というものも明瞭には抽出できない。今矢(6, 8, 9)の報告では、九州低山帯の典型褐色森林土亜群と黄色系褐色森林土亜群の間でさえ、今回地域間に差異がみられた炭素含有率等化学性について差異は認められていない。そのため九州でみられた亜群間の化学性の変異よりも、今回みら

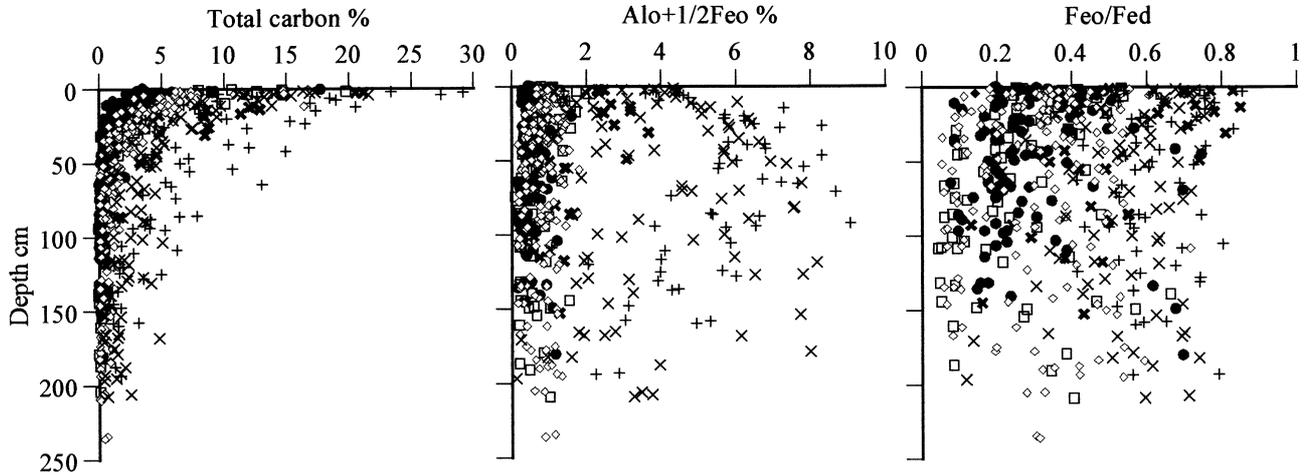


図-1. 九州，中部，関東地方の褐色森林土における炭素含有率，非晶遊離酸化物含量 (Alo + 1/2Feo%)，遊離酸化鉄活性度 (Feo/Fed) の断面内垂直分布様式
●九州低山帯，×九州高標高，□中部，◇関東，×関東火山灰，+関東黒色土

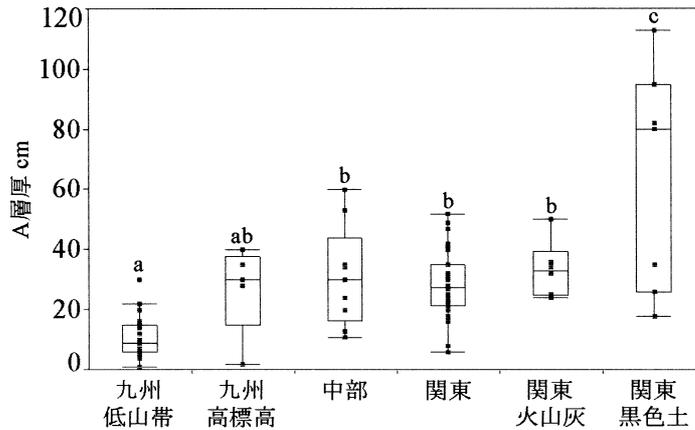


図-2. 九州，中部，関東地方の褐色森林土における A 層厚の比較
添字は，Tukey-Kramer HSD test (P<0.05) による比較結果

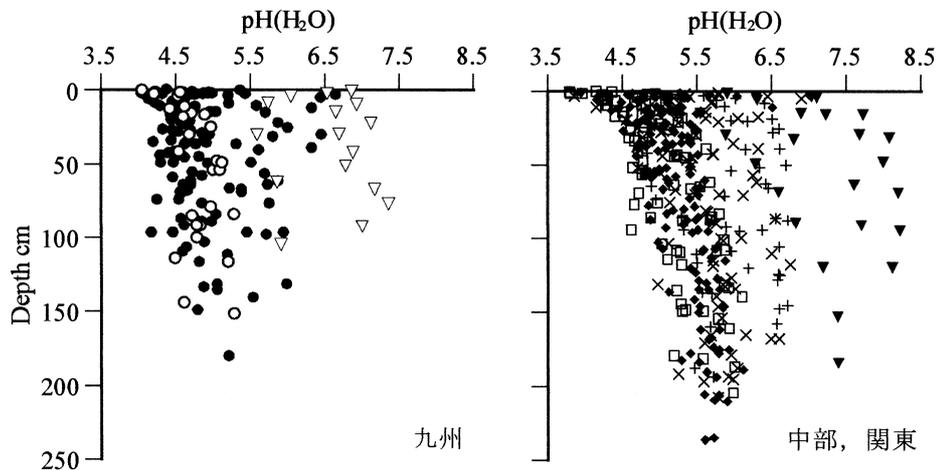


図-3. 九州，中部，関東地方の褐色森林土における pH (H₂O) の断面内垂直分布様式
●九州低山帯，○九州高標高，▽九州超塩基性岩，□中部，◆関東，×関東火山灰，▼関東超塩基性岩，+関東黒色土

れた九州と関東の地域間での変異のほうが大きい。

これらのことから、黄褐色森林土群とされた土壌は、気候によって分化したものというよりも、火山灰影響度のごく小さい褐色森林土群ではないかと考えられた。

V. おわりに

黄褐色森林土群の存在を明らかにするためには、火山灰の影響度が同等でありながら、気候条件に今回より大きな差の見られる地域間で比較を行う必要がある。また九州低山帯において火山灰の影響度が高い場合に、関東の火山灰由来褐色森林土群と同じ特徴を示すのか確認する必要もある。黄色系褐色森林土亜群を黄褐色森林土群と区分するためには、その母材が黄色風化を受けており、これが古赤色土の分布と関係が深い(2)ことから、古赤色土の形成時期とされる11~13万年前(最終間氷期)(1)以降に堆積もしくは地表に現れた土壌母材が黄褐色森林土群の生成する気候条件下に置かれていない地域における黄色系褐色森林土亜群と比較する必要がある。

謝 辞

調査地の使用にあたり九州森林管理局各森林管理署に協力賜った。調査にあたっては森林総研小林政広氏の協力を得た。ここに深く感謝いたします。

引用文献

- (1) 赤木功ほか(2003) 土肥誌 74: 623-630.
 - (2) 土じょう部(1976) 林試研報 280: 1-28.
 - (3) 遠藤健治郎(1966) ペドロジスト 10: 2-10.
 - (4) 磯部一洋(1991) 地質調査月報 42: 175-197.
 - (5) Imaya, A. *et al.* (2002) 17th WCSS Transactions, CD-ROM, Thailand.
 - (6) 今矢明宏(2003) 九州森林研究 56: 248-250.
 - (7) 今矢明宏(2003) 日本ペドロロジー学会2003年度大会講演要旨集: 13.
 - (8) 今矢明宏(2003) 日林学術講 114: 659.
 - (9) 今矢明宏(2003) 土肥要旨集 49: 112.
 - (10) Kurihara, H. *et al.* (2003) Soil Sci. Plant Nutr. 49: 405-415.
 - (11) Kyuma, K. (1985) Soil Sci. Plant Nutr. 31: 463-468.
 - (12) 永塚鎮男(1975) 農技研報 B26: 133-257.
 - (13) 日本ペドロロジー学会第四次土壌分類・命名委員会(2002) ペドロジスト 46: 36-45.
 - (14) 町田洋ほか(2001) 日本の地形7, 355pp, 東大出版会, 東京.
 - (15) 松井健(1987) 日本の土壌の過去・現在・未来, (百年・千年・万年後の日本の自然と人類, 日本第四紀学会編, 231pp, 古今書院, 東京), 184-211.
 - (16) 大政正隆(1977) 土の科学, 225pp, 日本放送出版協会, 東京.
 - (17) ペドロジスト懇談会土壌分類, 命名委員会(1986) ペドロジスト 30: 123-139.
 - (18) 関陽尼ほか(2000) 地質調査月報 51: 129-141.
 - (19) Van Reeuwijk, L.P. (ed.) (1993) Procedures for soil analysis, ISRIC, Netherlands.
- (2003年10月30日 受付; 2003年12月10日 受理)