

森林土壌の腐植に関する研究 第3報

黒色土壌, 退色型黒色土壌, 赤色土, 黄色土

およびレンジナ様土の腐植の形態

河 田 弘¹⁾Hiroshi KAWADA: Studies on the Humus Form of
Forest Soil IIIHumus form of the black soil, degraded black soil,
red soil, yellow soil and rendzina-like soil

要 旨: 第2報の褐色森林土に引きつづいて, わが国の主要な森林土壌の腐植の形態を明らかにする目的をもって, 黒色土壌, 退色型黒色土壌, 赤色土, 黄色土およびレンジナ様土の腐植の形態の分析を行なった。

黒色土壌は, A 層の腐植酸の抽出率および C_h/C_f がいちじるしく高いこと, 遊離および全腐植酸のほとんどが A 型腐植酸に属し, $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ が小さく, とくに, Rf がいちじるしく大きいことによって特徴づけられた。

退色型黒色土壌は, 黒色土壌と比べると, A 層では全腐植酸の抽出率および C_h/C_f 比が低いこと, 遊離および全腐植酸は主として A および P_0 型腐植酸で, 一部は B および B_{\pm} 型腐植酸に属していたこと, $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ が大きく, Rf が小さい点で, 明りょうな相違が認められた。

赤色土および黄色土は, 全抽出腐植, 全腐植酸の抽出率が低く, C_h/C_f 比も小さかった。遊離および全腐植酸は $P_{\pm} \sim P_H$ 型の P 型腐植酸の各亜型に属し, とくに, Rf が小さいことによって特徴づけられた。

レンジナ様土は, 全腐植酸中 Ca 型腐植酸の占める割合がとくに大きいことによって特徴づけられた。しかし, 全腐植酸の抽出率, C_h/C_f 比は前報の褐色森林土と同程度の値を示し, 遊離腐植酸は R_p 型, 遊離+Ca 型および全腐植酸は $P_0 \sim P_{\pm}$ 型腐植酸に属し, いずれも Rf は小さい値を示した。

各土壌群ごとの腐植酸の Rf と $\Delta \log k_1$ はいずれも有意な直線回帰が見られたが, それぞれの回帰式は明りょうな相違が認められた。この点は各土壌群の生成過程の相違を反映しているものと思われる。

1. はじめに

筆者は第2報¹⁾の褐色森林土に引きつづいて, 黒色土壌, 退色型黒色土壌, 赤色土, 黄色土およびレンジナ様土の腐植の形態について検討を行なった。これらの各土壌ごとの腐植の形態は, それぞれ明りょうな特徴を有することが認められたので, これらの結果について報告する。

2. 供試土壌

今回供試した試料の採取箇所は次のとおりである (Fig. 1 参照)。

新見 P17……岡山県阿哲郡哲西町新見営林署管内三光山国有林

同 P10……同上新見市同上タガネ山国有林

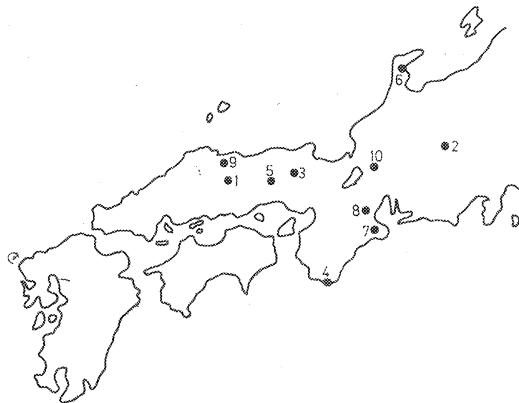


Fig. 1 試料採取地

Location of the selected soils.

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1) Niimi | 6) Anamizu |
| 2) Daimon | 7) Kano |
| 3) Wadayama | 8) Hakusancho |
| 4) Shionomisaki | 9) Kiyomizudera |
| 5) Yamazaki | 10) Mt. Ibuki |

大門 P 14……長野県小県郡長門町上田営林署管内大門国有林

和田山……兵庫県朝来郡和田山町民有林

潮岬 P 2……和歌山県西牟婁郡串本町民有林

山崎……兵庫県穴栗郡山崎町山崎営林署管内河原山国有林

穴水……石川県鳳至郡穴水町新崎民有林

蚊野……三重県度会郡玉城町蚊野民有林

白山町……同上一志郡白山町民有林

清水寺……島根県安来市清水寺境内林

伊吹山……滋賀県坂田郡伊吹町（伊吹山頂）

試料採取箇所の立地条件は Table 1 に示すとおりであった。

筆者は、黒色土壌と退色型黒色土壌とを、次のような A 層の色調の相違を基準にして、暫定的な区分を行なった。すなわち、A 層の色調^{*1}が、明度および彩度がいずれも主として 7.5 YR ないし一部は 10 YR の 2 以下のものを黒色土壌とし、2/3 ないし 3/2 (7.5 YR の場合が多い) を呈するものを退色型黒色土壌とした。退色型黒色土壌には、A₂ 層ないし A 層下部が 7.5 YR ないし 10 YR 2/2 以下の色調を示し、A₁ 層ないし A 層上部だけが退色しているものも含めた。

今回供試した試料の中で、特異なものは次のとおりであった。

潮岬 P 2 の黒色土壌は、潮岬東南部の海岸段丘上に小面積出現していた。潮岬付近一帯には、このほかに黒色土壌の分布はまだ知られていない。この土壌の黒色の A 層は厚さ約 1 m に達し、下層 (B 層) は赤色土層であった。

この土壌の一次鉱物組成^{*2}は Table 2 に示すとおりである。火山ガラスは少なく、大部分は音地型の軽石の風化物からなる。混在する石英粒子はいずれも角が磨滅して、平滑となっていることから、この土壌は水成の二次的堆積物と推定された。

伊吹山 (レンジナ様土) は、伊吹山頂部の石灰岩地帯に出現する。わが国のレンジナ様土についての報告はきわめて少なく、熊田ら⁹⁾¹⁰⁾の豊橋近郊、および黒鳥、小島¹⁵⁾の沖縄諸島における報告があるにすぎ

*1 土色は標準土色帳 (農林水産技術会議・日本色彩研究所編、富士平工業、1965) によった。

*2 80~150 メッシュのフラクションについて同定を行なった。これらの同定は、本場土じょう部地質研究室長木立正嗣博士のご厚意によって行なわれた。同氏に対して、心からの謝意を表する。

Table 1. 試料採取箇所の立地条件

Site conditions of sampling plot							
試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	母材 Parent material	標高 (m)	方位 Direction	傾斜 Inclination	地形 Topography	植生 Vegetation
黒色土壌 Black soil							
新見 Niimi P17	B/d	Volc. ash	680	N20°E	15°	Lower part of mountain slope	<i>Chamaecyparis obtusa</i> forest
大門 Daimon P14	B/d	Ibid.	1460	E	20°	Ibid.	<i>Larix leptolepis</i> forest
和田山 Wadayama	B/d	Ibid.	250	E	2~3°	Plateau	<i>Quercus acutissima</i> forest
潮岬 Shionomisaki P2	B/d	Volc. material	30	—	0°	Marine terrace	<i>Pinus densiflora</i> forest
退色型黒色土壌 Degraded black soil							
新見 Niimi P10	(B/d) _D	Volc. ash, Porphyrite	600	S40°W	30°	Lower part of mountain slope	<i>Chamaecyparis obtusa</i> forest
山崎 Yamazaki	(B/d) _D	Ibid.	700	S	30°	Ibid.	<i>Cryptomeria japonica</i> forest
赤色土 Red soil							
穴水 Anamizu	R _A	Tertiary (sandstone)	40	NW	20°	Marine terrace	<i>Pinus densiflora</i> forest
潮岬 Shionomisaki P1	R _B	Gabbro	60	—	0°	Upper terrace	Ibid.
蚊野 Kano	R _B	Diluvium, Volc. ash	40	—	0°	Platform	Ibid.
黄色土 Yellow soil							
白山町 Hakusancho	Y _B	Diluvium (sand)	240	S40°W	5°	Middle of hill slope	Ibid.
清水寺 Kiyomizudera	Y _B	Tertiary (andesite)	140	SW	20°	Upper part of hill slope	Broad-leaved forest
レンジナ様土 Rendzina-like soil							
伊吹山 Mt. Ibuki	Ren D	Limestone	1350	S	2~3°	Flat top of mountain	Mountain meadow

(注 Remarks) B/d: 適潤性黒色土壌 (Moderately moist black soil)
 (B/d)_D: 退色型適潤性黒色土壌 (Moderately moist degraded black soil)
 R_A: 乾性赤色土 (Dry red soil (Loose granular structure type))
 R_B: 乾性赤色土 (Ibid. (Granular or nutty structure type))
 Y_B: 乾性黄色土 (Dry yellow soil (Granular or nutty structure type))
 Ren D: 適潤性レンジナ様土 (Moderately moist rendzina like soil)

ない。

今回供試したレンジナ様土は、土地分類基本調査 (1/5 万) 長浜図幅²⁸⁾では伊吹3統一bに属し、褐色森林土として区分されている。しかし、筆者はこの土壌が石灰岩に由来する中性~弱塩基性の A-C 層型の土壌で、置換性 Ca の飽和度がすこぶる高く、A₂ 層では希 HCl で発泡が見られる点などの特徴から、

Table 2. 潮岬 P2 土壌の一次鉱物組成
Primary mineral composition of Shionomisaki P2 soil

(Part in 100)

層位 Horizon	火山ガラス Volcanic glass	軽石 Pumice	輝石 Pyroxene	長石 Feldspar	石英 Quartz	その他 Unidentified minerals
A ₁	20	30	10	5	20	15
A ₂	20	40	5	5	15	15
A ₃	5	60	5	5	15	10
A ₄	2	50	5	2	30	11
A-B	1	60	5	1	25	8
B	1	60	0	1	15	23

レンジナ様土として扱うことにした。この土壌は以下に述べる形態的な特徴から、KUBIENA²⁷⁾ の Brown rendzina に近いものと思われる。

この土壌の断面形態および植生は次のとおりであった。

A₀: +~1 cm, 草本類遺体。

A₁: 5 cm, 黒褐色 (7.5 YR 3/2), 腐植にすこぶる富む, 中礫 (石灰岩) を含む, CL, 団粒状構造, しょう, 潤, 草本類の根系多, A₂ との境界漸。

A₂: 40 cm, 暗褐色 (7.5 YR 3/3), 腐植に富む, 中大礫 (石灰岩) 多, CL, massive, 軟, 潤, 草本類の根系少, B-C との境界明。

B-C: 30 cm, 褐色 (7.5 YR 4/4), 腐植を含む, 大中礫 (石灰岩) すこぶる多, massive, 堅, 湿, 根系なし, C との境界明, 以下 C。

植生: (低木階) イボタ 1, アズキナシ 1, (草本階) シモツケソウ 3, アザミ 2, スゲ sp. 1, イブキジャコウソウ+, フウロウ+, トリカブト+, オオバコ+。

その他の試料は, いずれもわが国における森林土壌のそれぞれ相当する土壌型としては, ほぼ標準的な形態を示していた。

3. 分析方法および腐植酸の分類方法

土壌の化学的性質, 腐植の形態の分析方法および腐植酸の分類方法は, いずれも第 2 報⁴⁾と同様である。

4. 供試土壌の化学的性質

今回供試した土壌の化学的性質は Table 3 に示すとおりであった。

黒色土壌は, 新見 P17 A₁ 層以外はいずれも置換性 Ca および Mg の飽和度は低かった。筆者は, 黒色土壌の化学的性質は必ずしも斜面地形の影響を反映せず, 置換性 Ca および Mg に富む Type と乏しい Type が見られることを指摘したが³⁾, 今回の供試試料はいずれも乏しい Type に属すると考えられる。

退色型黒色土壌は, いずれも A₁ 層は置換性 Ca および Mg の飽和度はかなり高く, 同時に pH も高かったが, A₂ 層以下は塩基の飽和度はいちじるしい減少を示し, pH もかなりの低下が見られた。

赤色土および黄色土は, 菌糸網層を形成していた穴水 (RA 型土壌) の Am(R₁) 層以外は, いずれも carbon 含有率は低く, 置換性 Ca および Mg 飽和度も低く, 強酸性を呈していた。さらに, 蚊野の A-B(R₁) 層以外は C/N 比はいずれも高く, 有機物の分解過程が不良なことを示していた。穴水の Am(R₁)

Table 3. 土 壌 の 化 学 的 性 質
Chemical property of soil

(On dry basis)

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	厚さ Thick- ness (cm)	C %	N %	C/N	置換 容量 CEC	Exch.		飽和度 Rate of saturation %		pH (H ₂ O)
								CaO	MgO	CaO	MgO	
								(m. e./100 g)				
黒色土壌 Black soil												
新見 Niimi P17	B/b	A ₁	5	28.7	1.35	21.3	78.7	24.1	3.29	30.6	4.2	5.00
		A ₂	27	17.2	0.77	22.3	68.4	0.41	0.14	0.6	0.2	4.85
		A ₃	18	10.8	0.47	23.0	48.7	0.13	0.11	0.3	0.2	4.95
		B	20+	1.91	0.13	14.7	20.5	0.14	0.24	0.7	1.2	5.15
大門 Daimon P14	B/b	A ₁	12	16.2	0.98	16.5	46.9	6.76	1.68	14.4	3.6	5.50
		A ₂	17	13.6	0.78	17.4	44.6	3.68	0.75	8.3	1.6	5.45
		B	20+	7.39	0.43	17.1	30.6	0.84	0.15	2.7	0.5	5.30
和田山 Wadayama	B/b	A ₁	18	10.5	0.51	20.6	48.3	0.24	0.18	0.5	0.4	4.45
		A ₂	18	8.43	0.34	24.8	48.6	0.13	tr.	0.3	tr.	4.40
		B	30+	1.35	0.08	16.7	18.3	tr.	tr.	tr.	tr.	4.40
潮岬 Shiono- misaki P2	B/b	A ₁	10	8.35	0.36	23.2	45.2	0.69	0.21	1.5	0.5	5.00
		A ₂	20	9.73	0.26	37.4	55.9	0.27	0.08	0.5	0.1	4.75
		A ₃	30	5.81	0.16	36.3	42.4	0.15	0.12	0.4	0.3	4.80
		A ₄	30	3.35	0.10	33.5	32.4	0.15	0.16	0.5	0.5	4.60
		A-B	30	1.23	0.04	30.7	21.1	0.28	0.07	1.3	0.3	4.70
		B	50+	0.36	0.02	18.0	20.9	1.27	1.04	6.1	5.0	4.90
退色型黒色土壌 Degraded black soil												
新見 Niimi P10	(Bf) _D	A ₁	11	5.40	0.28	19.3	25.5	9.25	4.57	38.6	17.9	5.90
		A ₂	20	2.39	0.14	17.1	18.0	1.08	1.53	6.0	8.5	5.20
		B ₁	18	1.25	0.08	15.6	14.0	0.37	1.42	2.6	10.2	5.30
		B ₂	20+	0.72	0.05	14.4	12.2	0.37	1.42	3.0	11.6	5.35
山崎 Yamazaki	(Bf) _D	A ₁	12	10.7	0.66	16.2	45.0	12.4	2.25	27.6	5.0	5.60
		A ₂	25	6.89	0.42	16.4	36.4	2.62	1.10	7.2	3.0	5.15
		B ₁	25	2.98	0.23	13.0	25.5	0.73	0.36	2.9	1.4	5.15
		B ₂	10+	1.87	0.13	14.4	22.6	0.70	0.27	3.1	1.2	4.85
赤色土 Red soil												
穴水 Anamizu	R _A	Am(R ₁)	3	8.40	0.29	29.0	29.2	6.02	2.51	20.6	8.6	4.80
		B ₁ (R ₂)	8	2.64	0.10	26.4	23.9	1.94	1.42	8.1	6.0	4.60
		B ₂ (R ₃)	14	0.65	0.03	21.7	19.2	1.24	0.73	6.5	3.8	4.50
潮岬 Shiono- misaki P1	R _B	A-B(R ₁)	20	1.33	0.06	22.2	10.1	1.15	0.91	11.4	9.0	4.85
		B ₁ (R ₂)	30	0.51	0.03	17.0	11.6	0.68	0.69	5.9	5.9	4.90
		B ₂ (R ₃)	10	0.34	0.02	17.0	9.41	0.56	0.72	6.0	7.7	5.00
蚊野 Kano	R _B	A-B(R ₁)	18	1.35	0.11	12.3	9.74	0.43	0.26	4.4	2.7	4.65
		B ₁ (R ₂)	20	0.53	0.03	17.7	7.75	0.18	0.12	2.3	1.5	4.60
		B ₂ (R ₃)	47	0.18	0.02	9.0	9.69	0.37	0.14	3.8	1.4	4.95
黄色土 Yellow soil												
白山町 Hakusan- cho	Y _B	I (Y ₁)	12	1.42	0.07	20.3	16.0	0.22	0.24	1.4	1.5	4.25
		II (Y ₂)	40	0.45	0.02	22.5	10.0	0.50	0.50	5.0	5.0	4.50
		III (Y ₃)	55	0.40	0.02	20.0	8.62	0.40	0.59	4.6	6.8	5.20
清水寺 Kiyomizu- dera	Y _B	A(Y ₁)	13	2.23	0.07	31.9	16.2	1.20	0.68	7.4	4.2	4.60
		B ₁ (Y ₂)	20	0.71	0.02	35.5	12.4	0.59	0.26	4.8	2.1	4.55
		B ₂ (Y ₃)	18	0.46	0.02	23.0	11.8	0.76	1.71	6.4	14.5	4.80
レンジナ様土 Rendzina-like soil												
伊吹山 Mt. Ibuki	Ren D	A ₁	5	18.5	1.85	10.0	85.7	70.0	9.0	81.7	10.5	7.00
		A ₂	40	11.3	1.23	9.2	62.9	65.7	3.2	105	5.0	7.75

層の carbon 含有率が異常に高い点は、けんちよに発達した菌糸網の影響によるものである。以上の一部の例外を除くその他の諸性質は、わが国の森林下の赤色土および黄色土の一般的特徴といえよう。

レンジナ様土は、pH 7.0 ないしそれ以上の中性ないし微塩基性を呈し、置換性 Ca 飽和度は 82~105%，Ca+Mg 飽和度は 92~110% に達した。A₂ 層の Ca 飽和度が 100% をこえたことは、希 HCl によって発泡が見られるように、遊離の CaCO₃ の存在によるものである。A 層の C/N 比も 9~10 を示し、わが国の森林土壌の一般例から見ると、とくに小さいといえる。この土壌が高海拔高 (1,350 m) に位置することを考えると、このような C/N 比はかなり特異なものといえよう。

5. 腐植の組成および腐植酸の光学的性質—(結果)

供試土壌の腐植の組成は Table 4 に示すとおりである。

各土壌群の特徴および相互関係を明らかにするために、A 層の全腐植酸および全フルボ酸の抽出率、および C_h/C_f 比の範囲を、前報⁴⁾の褐色森林土の資料も含めて Fig. 2 に示した。この場合には、黄色土は赤色土と同様に古期の温暖期にかなり類似した生成過程を経過したものと推定されるので、赤色土と一括して扱った。

腐植酸の光学的性質は Table 5 に、腐植酸の吸収スペクトル

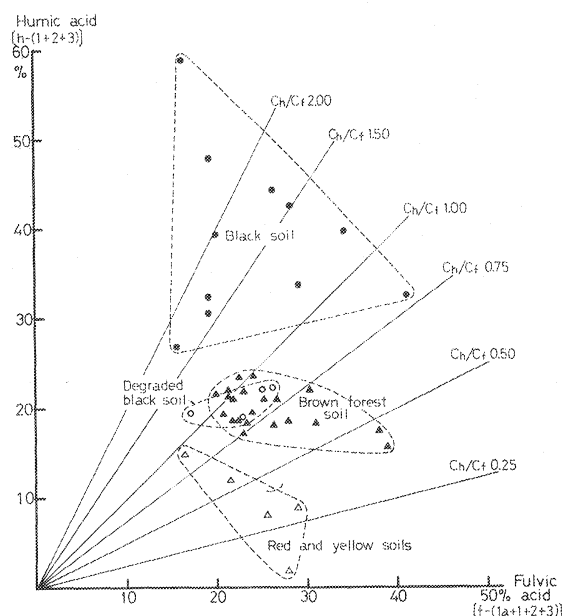


Fig. 2 黒色土壌、退色型黒色土壌、赤色土、黄色土および褐色森林土⁴⁾の腐植の組成 (A 層)

(褐色森林土は文献 4) から引用)

Humus composition of the black soil, degraded black soil, red soil, yellow soil and brown forest soil (A horizon).

(Data of the brown forest soil are cited from literature 4))

●---Black soil, ○---Degraded black soil, △---Red soil and Yellow soil, ▲---Brown forest soil

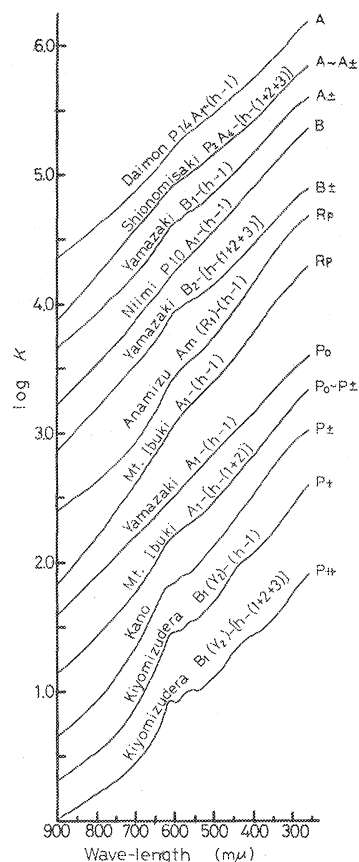


Fig. 3 供試土壌の各型の腐植酸の吸収スペクトル (濃度は適宜)

Absorption spectra of the representative humic acid of the selected soils.

(Concentrations of humic acid are arbitrarily chosen)

Table 4. 腐 植 の 組 成

Humus composition												
試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	抽出腐植 Ex-tract- ed hu- mus	腐植酸 Humic acid			フルボ酸 Fulvic acid					C _h /C _f
				h-1	h-2+ h-3	Total	f-1a	f-1	f-2+ f-3	Na ₂ SO ₄ soluble carbon	Total	
黒色土壌 Black soil												
新見 Niimi P17	B ₁ o	A ₁	42.8	26.3	0.7	27.0	4.9	10.6	0.3	—	15.8	1.71
		A ₂	59.5	38.7	0.9	39.6	11.2	3.8	4.9	—	19.9	1.99
		A ₃	71.0	37.6	tr.+5.0	42.6	19.4	2.8	tr.+6.2	(1.2)	28.4	1.50
		B	57.6	17.5	0.3+12.1	29.9	17.5	5.1	tr.+5.1	(1.9)	27.7	1.07
大門 Daimon P14	B ₁ o	A ₁	51.9	32.6	tr.	32.6	10.8	8.3	0.2	—	19.3	1.69
		A ₂	49.9	29.4	1.5	30.9	12.2	5.4	1.4	—	19.0	1.63
		B ₁	51.4	22.9	2.1	25.0	17.2	7.9	1.3	—	26.4	0.95
和田山 Wada- yama	B ₁ o	A ₁	67.4	48.0	tr.	48.0	10.6	7.9	0.9	—	19.4	2.48
		A ₂	75.3	56.6	2.3	58.9	11.4	4.2	0.8	—	16.4	3.59
		B	30.9	2.2	0.3	2.5	26.3	1.5	0.6	—	28.4	0.09
潮岬 Shiono- misaki P2	B ₁ o	A ₁	63.2	30.8	3.2	34.0	16.8	7.8	4.6	—	29.2	1.16
		A ₂	71.2	40.6	4.1	44.7	18.7	3.2	4.6	—	26.5	1.69
		A ₃	74.3	39.8	0.1	39.9	20.7	2.6	11.1	—	34.4	1.16
		A ₄	74.2	27.4	5.4	32.8	20.6	4.7	16.1	—	41.4	0.79
		A-B	50.6	6.8	3.8	10.6	28.2	6.9	4.9	—	40.0	0.27
退色型黒色土壌 Degraded black soil												
新見 Niimi P10	(B ₁) _D	A ₁	36.4	16.2	1.4+1.8	19.4	5.3	10.1	0.2+1.4	(1.1)	17.0	1.14
		A ₂	41.5	14.2	0.2+4.4	18.8	9.9	11.6	tr.+1.2	(1.2)	22.7	0.83
		B ₁	40.7	11.9	2.7	14.6	13.7	6.8	5.6	—	26.1	0.56
		B ₂	38.3	9.2	4.3	13.5	12.4	6.5	5.9	—	24.8	0.54
山崎 Yama- zaki	(B ₁) _D	A ₁	47.1	20.6	1.5	22.1	10.5	10.3	4.2	—	25.0	0.88
		A ₂	52.5	19.1	3.2	22.3	14.9	9.3	6.0	—	30.2	0.74
		B ₁	53.3	8.6	4.3	12.9	22.7	8.3	9.4	—	40.4	0.32
		B ₂	54.1	8.6	5.6	14.2	23.8	2.6	13.5	—	39.9	0.36
赤色土 Red soil												
穴水 Anamizu	R _A	Am(R ₁)	31.2	15.0	tr.	15.0	7.3	8.9	1.4	—	16.2	0.93
		B ₁ (R ₂)	36.0	7.9	tr.	7.9	13.8	8.1	1.2	—	23.1	0.34
		B ₂ (R ₃)	21.7	0.7	0.1	0.8	12.3	8.6	tr.	—	20.9	0.04
潮岬 Shiono- misaki P1	R _B	A-B(R ₁)	29.7	1.9	tr.	1.9	17.8	6.8	3.2	—	27.8	0.07
		B ₁ (R ₂)	30.2	tr.	tr.	tr.	19.2	8.3	2.7	—	30.2	—
蚊野 Kano	R _B	A-B(R ₁)	33.1	7.6	tr.	7.6	13.9	8.5	3.1	—	25.5	0.30
		B ₁ (R ₂)	26.8	2.1	tr.	2.1	12.2	12.5	tr.	—	24.7	0.09
黄色土 Yellow soil												
白山町 Hakusan- cho	Y _B	I (Y ₁)	38.0	8.9	tr.	8.9	15.1	11.5	2.5	—	29.1	0.31
		II (Y ₂)	21.8	tr.	tr.	tr.	7.8	13.9	0.1	—	21.8	tr.
清水寺 Kiyomizu- dera	Y _B	A (Y ₁)	33.8	11.0	1.2	12.2	8.4	12.6	0.6	—	21.6	0.52
		B ₁ (Y ₂)	34.1	6.1	tr.	6.1	15.3	10.3	2.4	—	23.0	0.22
		B ₂ (Y ₃)	30.2	3.4	tr.	3.4	16.5	10.1	0.2	—	26.8	0.13
レンジナ様土 Rendzina-like soil												
伊吹山 Mt. Ibuki	Ren D	A ₁	48.0	9.6	8.9+1.3	19.8	7.6	10.5	3.9+6.2	(1.4)	28.2	0.70
		A ₂	48.7	4.3	11.1+4.8	20.2	10.6	2.7	7.4+7.8	(1.5)	28.5	0.71

注) 腐植の組成は各フラクションの carbon の土壌全有機 carbon に対する % で示した。

Remark) Humus composition is expressed by the carbon amount of humuss fraction as % of total soil organic matter.

Table 5. 腐植酸の光学的性質
Optical property of humic acid

試料名 Sample name	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	h-1				h-(1+2+3)				h-(1+2)			
			$\Delta \log k_1$	$\Delta \log k_2$	Rf	Type of humic acid	$\Delta \log k_1$	$\Delta \log k_2$	Rf	Type of humic acid	$\Delta \log k_1$	$\Delta \log k_2$	Rf	Type of humic acid
黒色土壌 Black soil														
新見 Niimi P 17	B/d	A ₁	0.528	0.585	0.582	B	0.522	0.556	0.608	A				
		A ₂	0.491	0.576	1.045	A	0.483	0.569	1.034	A				
		A ₃	0.483	0.592	1.139	A	0.470	0.586	1.168	A				
		B	0.498	0.620	0.837	A	0.465	0.594	1.082	A				
大門 Daimon P 14	B/d	A ₁	0.546	0.593	0.610	A	0.538	0.577	0.633	A				
		A ₂	0.509	0.596	0.706	A	0.516	0.591	0.722	A				
		B	0.492	0.594	0.772	A	0.506	0.600	0.787	A				
和田山 Wada- yama	B/d	A ₁	0.494	0.614	1.104	A	0.490	0.618	1.104	A				
		A ₂	0.515	0.627	1.117	A	0.505	0.633	1.199	A				
		B	0.632	0.808	0.268	P ₊	0.592	0.720	0.334	P ₊				
潮岬 Shiono- misaki P 2	B/d	A ₁	0.461	0.652	1.045	A	0.469	0.652	1.108	A				
		A ₂	0.494	0.653	1.087	A	0.475	0.649	1.131	A				
		A ₃	0.509	0.697	0.963	A~A _±	0.467	0.695	1.050	A~A _±				
		A ₄	0.510	0.694	0.894	A~A _±	0.471	0.688	1.007	A~A _±				
		A-B	0.590	0.756	0.722	A~A _±	0.532	0.739	0.883	A~A _±				
退色型黒色土壌 Degraded black soil														
新見 Niimi P 10	(B/d) ₀	A ₁	0.654	0.705	0.410	B	0.606	0.670	0.423	P ₀	0.610	0.693	0.430	P ₀
		A ₂	0.555	0.638	0.638	A	0.505	0.610	0.621	A	0.540	0.629	0.648	A
		B ₁	0.550	0.691	0.606	A	0.519	0.689	0.623	A				
		B ₂	0.529	0.724	0.649	A	0.518	0.690	0.670	A				
山崎 Yama- zaki	(B/d) ₀	A ₁	0.611	0.638	0.418	P ₀	0.567	0.620	0.426	P ₀				
		A ₂	0.537	0.615	0.621	A	0.516	0.620	0.584	B _±				
		B ₁	0.528	0.625	0.602	A _±	0.510	0.618	0.610	A _±				
		B ₂	0.556	0.707	0.539	B	0.521	0.740	0.588	B _±				
赤色土 Red soil														
穴水 Anamizu	R _A	Am(R ₁)	0.748	0.727	0.159	R _p	0.686	0.702	0.166	P ₀				
		B ₁ (R ₂)	0.691	0.824	0.160	P _±	0.636	0.711	0.164	P _±				
		B ₂ (R ₃)	0.634	0.636	0.193	P _±	0.626	0.501	0.205	P _±				
潮岬 Shiono- misaki P 1	R _B	A-B(R ₁)	0.552	0.875	0.194	P _±	0.536	0.758	0.183	P _±				
		B ₁ (R ₂)	—	—	—	—	—	—	—	—				
蚊野 Kano	R _B	A-B(R ₁)	0.653	0.859	0.201	P _±	0.563	0.843	0.199	P _±				
		B ₁ (R ₂)	0.596	0.719	0.235	P _±	0.582	0.848	0.231	P _±				
黄色土 Yellow soil														
白山町 Hakusan- cho	Y _B	I (Y ₁)	0.667	0.769	0.147	P _±	0.586	0.672	0.163	P _±				
		II (Y ₂)	—	—	—	—	—	—	—	—				
清水寺 Kiyomizu- dera	Y _B	A(Y ₁)	0.606	0.817	0.209	P ₊	0.558	0.742	0.208	P ₊				
		B ₁ (Y ₂)	0.502	0.766	0.266	P ₊	0.483	0.709	0.258	P ₊				
		B ₂ (Y ₃)	0.552	0.628	0.202	P ₊	0.512	0.625	0.208	P ₊				
レンジナ様土 Rendzina-like soil														
伊吹山 Mt. Ibuki	Rend	A ₁	0.775	0.895	0.165	R _p	0.619	0.722	0.247	P ₀ ~P _±	0.628	0.752	0.261	P ₀ ~P _±
		A ₂	0.714	0.746	0.144	R _p	0.567	0.674	0.309	P ₀ ~P _±	0.579	0.721	0.286	P ₀ ~P _±

注 Remarks) $\Delta \log k_1 = \log k_{400 m\mu} - \log k_{600 m\mu}$ $\Delta \log k_2 = \log k_{650 m\mu} - \log k_{850 m\mu}$ Rf: 腐植酸 carbon 100 mg/l 溶液の $k_{600 m\mu}$ $k_{600 m\mu}$ of Na-humate solution containing carbon 100 mg per liter.

Table 6. 腐植酸の $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ と Rf との直線相関係数
 Linear correlation coefficient between $\Delta \log k_1$
 or $\Delta \log k_2$ and Rf of humic acid

腐植酸 Humic acid	土壌群 Soil group	試料数 No. of sample	直線相関係数 Linear correlation coefficient
$\Delta \log k_1$ および Rf 間 Between $\Delta \log k_1$ and Rf			
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Black soil	15	—0.780** —0.873**
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Degraded black soil	8	—0.921** —0.909**
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Red* and yellow soils	9	—0.816** —0.648*
$\Delta \log k_2$ および Rf 間 Between $\Delta \log k_2$ and Rf			
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Black soil	15	—0.412 —0.058
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Degraded black soil	8	—0.119 —0.178
$\left. \begin{array}{l} h-1 \\ h-(1+2+3) \end{array} \right\}$	Red* and yellow soils	9	—0.141 —0.000

注 Remarks) 1% および 5% 有意水準における r
 自由度: Freedom 14 8 7
 Significant r at 1% level 0.623 0.765 0.798
 5% level 0.497 0.632 0.666

* 穴水土壤 $A_m(R_1)$ (mycelial layer) は除外した。
 $A_m(R_1)$ (mycelial layer) of Anamizu is excluded.

ルの代表的な型は Fig. 3 に示すとおりである。

潮岬 P2 (Bb 型土壤) の $A_3 \sim A-B$ 層の遊離および全腐植酸 ($h-1$ および $h-(1+2+3)$), 伊吹山 (レンジナ様土) の A_1 および A_2 層の遊離+Ca 型腐植酸 [$h-(1+2)$] および全腐植酸は, いずれも 615 m μ 付近を中心として, きわめて幅の広いゆるやかな肩状の吸収帯が認められた。これらの吸収帯は, きわめて弱度の Pg (green humic acid, 緑色腐植酸) の影響によるものと思われるが, A および A_{\pm} 型ないし P_0 および P_{\pm} 型腐植酸と区分するために, それぞれ $A \sim A_{\pm}$ ないし $P_0 \sim P_{\pm}$ 型腐植酸として表示した。

供試土壌の腐植酸の $\Delta \log k_1$ ないし $\Delta \log k_2$ と Rf との直線相関係数は, Table 6 に示すとおりであった。この場合も上述のように, 赤色土と黄色土は一括して扱った。また, 穴水土壤 (Ra 型土壤) の A_m 層の腐植の形態は, 以下に述べるように, 前報⁴⁾ の Ba 型土壤と同様の特徴を有し, 他の赤色土および黄色土とはかなり異質な性質を示していたことは, A_m 層を形成する菌糸束およびその遺体の影響によるものと推定されたので, この層位は除外して扱った。

いずれの場合も, $\Delta \log k_2$ と Rf の間には有意な直線相関は認められなかったが, $\Delta \log k_1$ と Rf との間にはきわめて有意ないし有意な直線相関が認められた。 $\Delta \log k_1$ と Rf との間の回帰式は Fig. 4 および 5 に示すとおりである。この場合も Fig. 2 と同様に前報⁴⁾ の褐色森林土の回帰式をあわせて示しておいた。

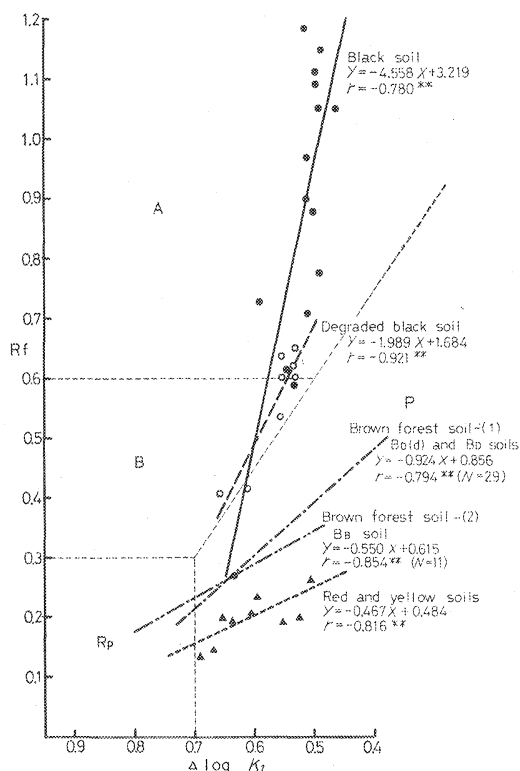


Fig. 4 遊離腐植酸 (h-1) の $\Delta \log k_1$ と Rf の直線相関関係

(褐色森林土の回帰式は文献 4) から引用)

Linear correlation between $\Delta \log k_1$ and Rf of free humic acid (h-1).

[Regression curves of brown forest soil are cited from literature 4)]

●...Black soil, ○...Degraded black soil, ▲...Red and Yellow soils.

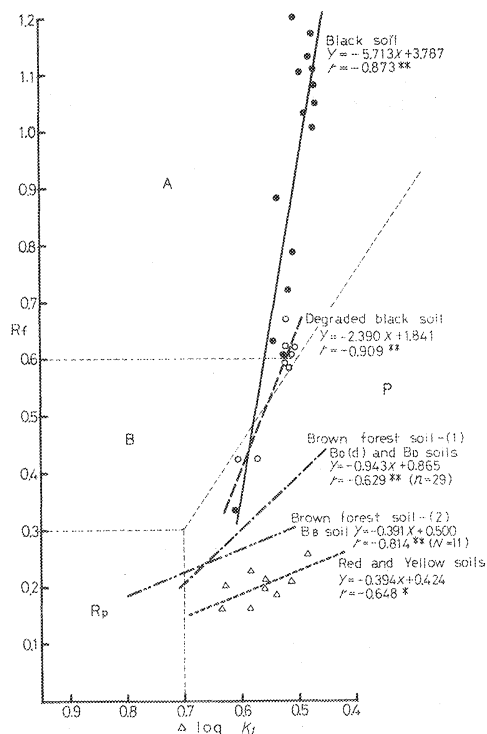


Fig. 5 全腐植酸 [h-(1+2+3)] の $\Delta \log k_1$ と Rf の直線相関関係

(褐色森林土の回帰式は文献 4) から引用)

Linear correlation between $\Delta \log k_1$ and Rf of total humic acid [h-(1+2+3)]

[Regression curves of the brown forest soil are cited from literature 4)]

●...Black soil, ○...Degraded black soil, ▲...Red and Yellow soils

6. 黒色土壌の腐植の形態 (論議—1)

供試土壌のうち、新見 P 17 A₁ 層は他の試料と比べると、carbon 含有率が異常に高く、むしろ H-A 層的な性格を有するものと思われた。この土層の全抽出腐植、全腐植酸および酸可溶腐植 (f-1 a) の抽出率が他の黒色土壌の試料よりも低く、第 2 報⁴⁾で述べた褐色森林土の H-A 層とかなりの類似点を有することは、このような性格を裏付けるものといえる。

その他の黒色土壌の特徴層位をなす A 層の全抽出腐植および全腐植酸の抽出率は、それぞれ 50~75% および 31~59% に達した。これらの値は第 2 報の褐色森林土および以下に述べる他の土壌群と比べると、かなり高いといえる。A-B 層および B 層では、これらの値はそれぞれ 31~58% および 3~30% を示し、各断面ごとにいちじるしい相違が見られた。

結合腐植酸 [h-(2+3)] の全腐植酸に対する比率は、新見 P 17 B 層および潮岬 P 2 A-B 層では約 40% 前後に達したが、その他の場合はいずれも低く、trace~15% 前後にすぎなかった。これらの結合腐植

酸は、各土壌の pH および置換性 Ca 飽和度から見ると、いずれも R_2O_3 型腐植酸 (h-3) によって占められているものと推定された。

C_h/C_f 比は同じ断面では A_2 層が max. の場合が多かった。特徴層位の A 層では、0.79~3.59 を示したが、潮岬 P2 の A_1 , A_3 および A_4 層 (0.79~1.16) 以外は、いずれも 1.50 以上の高い値を示した。

酸可溶腐植の抽出率は、上述のように、H-A 層的な性格を有する新見 P17 A_1 層 (4.9%) 以外は 11~28% に達し、同じ断面では下層ほど増大を示した。

腐植酸の型は、新見 P17 A_1 層の遊離腐植酸が B 型、和田山 B 層の遊離および全腐植酸が P_{\pm} 型であった以外は、いずれも A 型に属していた。また、潮岬 P2 の A_3 ~B 層の遊離および全腐植酸は、上述のように A~ A_{\pm} 型として区分したが、Pg の影響がわずかに認められた。

供試土壌のほとんど大部分を占める A 型に属する遊離および全腐植酸の $\Delta \log k_1$ は、それぞれ 0.46~0.59 および 0.47~0.54, $\Delta \log k_2$ は 0.58~0.76 および 0.56~0.74, Rf は 0.61~1.14 および 0.63~1.17 を示した。これらの値は他の型の腐植酸と比べると、 $\Delta \log k_1$ は全般的に多少小さく、とくに $\Delta \log k_2$ はいちじるしく小さく、Rf はいちじるしく大きかった。とくに、Rf がいちじるしく大きいことは、A 型腐植酸は腐植化の進行がとくにいちじるしいことを示すものといえる。

遊離および全腐植酸は、いずれも $\Delta \log k_1$ と Rf との間に、きわめて有意な負の直線相関関係が認められた。それぞれの回帰式に示されるように、 $\Delta \log k_1$ の減少にともなう Rf の増大は、前報⁴⁾の褐色森林土および今回の他土壌群と比べると、いちじるしく大きいことが注目された。

以上の結果を総合すると、黒色土壌の腐植の形態的な特徴は、特徴層位の A 層における全抽出腐植および、とくに、全腐植酸の抽出率がきわめて高いこと、 C_h/C_f 比がいちじるしく大きいこと、遊離および全腐植酸のほとんど大部分が A 型腐植酸に属し、Rf がきわめて大きいこと、 $\Delta \log k_1$ と Rf の直線相関の回帰式における $\Delta \log k_1$ の減少にともなう Rf の増大がきわめて大きいこと、などの諸点によって、他の土壌群とは明らかに区分しうるといえる。

これらの結果を今までの黒色土壌の腐植に関する成果と比べると、次のとおりである。

筆者は以前に今回とは抽出条件および結果の表示方法は異なるが、黒色土壌を腐植の形態の相違によって 3 つの group に区分した⁹⁾。その中のもっとも腐植化の進んでいた Group 1 は、今回の黒色土壌に相当するものと推定される。

熊田ら¹¹⁾¹²⁾は、黒色土壌の腐植酸は A 層ではすべて A 型腐植酸、B および C 層は一部は同様に A 型、他は B 型腐植酸に属し、黒色土壌の腐植の形態は A 型腐植酸が卓越していることによって特徴づけられるという。かれらの結果は、今回の筆者の結果とよく一致する。

わが国の火山灰土壌*の腐植の形態的な特徴として、非火山灰性土壌と比べると、全般的に腐植の集積が大きいこと、腐植酸は重合度が大きく [$\Delta \log k(\log k_{400} - \log k_{600})$ が小さい]、遊離型が主体をなすこと、母材料の風化の進行 (allophane の増大) にともなう C_h/C_f 比が増大するが、未熟な土壌を除けば C_h/C_f 比が一般に大きいこと、などの諸点が指摘されている¹³⁾¹⁹⁾²²⁾。今回の黒色土壌についての結果もほぼ同様の傾向を示しているといえる。

* 農業関係の土壌分類では、黒土, ando soil, 黒ボク土, 腐植質アロフェン土などともよばれている。森林土壌の分類体系における黒色土壌のうち、火山灰に由来するものはこれに該当する。

しかし、火山灰土壌の腐植の C_h/C_f 比については、地理的にかなりの相違が見られることが指摘されているが、諸研究者の結果は一致した結論を得るに至っていない¹⁾²⁾¹⁶⁾²⁰⁾²²⁾。

火山灰土壌の特異な腐植の形態について、allophane の影響を重視する見解も見られる。すなわち、久馬および川口¹⁸⁾は、allophane が polyphenol の酸化的重合に対して、触媒的な効果を有することを認めている。また、熊田¹⁹⁾らは allophane および Al が pyrogallol, catechol, hydroquinone などの褐変反応を促進すること、反応中間生成物は Al と錯化合物を生成し、褐変物質の一部が土壌物質に吸着されることを報告している。

土壌の腐植の生成は、微生物による有機物の分解および再合成の過程における代謝生成物である polyphenol, quinone 類とアミノ酸、蛋白質の縮合によるもので⁶⁾、腐植化はこれらの過程における褐変反応と考えられている⁸⁾。

したがって、これらのモデル実験の結果は、火山灰土壌（ないし火山灰性の黒色土壌）における多量の腐植の集積と腐植化過程の進行に、allophane が重要な役割を果たしている可能性を示唆しているように思われる。しかし、小島、黒鳥、筆者ら¹⁷⁾が先に報告した沖縄の石垣島の非火山灰性（非 allophane 質）の黒色土壌が、今回の火山灰性の黒色土壌と同様の腐植の形態的な特徴を示したことは、黒色土壌の特異な腐植の生成には、allophane の関与は必ずしも必要な条件ではないことを示唆していると思われる。

上述の農業関係の各調査研究は、いずれも火山灰土壌の腐植の生成を、各地域の現気候下の植生による有機物の土壌への供給と分解過程に、さらに allophane の影響を重視しながら把握しようと試みている。

これに対して、黒鳥および大政¹⁴⁾は、北九州地方の赤色土にともなって出現する黒色土壌は、新期洪積世から旧期沖積世には生成された古土壌であること、その腐植は主として水辺植物の遺体と一部は二次的に流入した有機物が水中に堆積し、比較的溜水条件下で嫌氣的な分解が行なわれた後に、陸化、排水されて生成されたこと、これらの黒色土壌は一部を除いて火山灰の混入は少ないが、化学的諸性質は火山灰性黒色土壌とはほぼ同様の性質を有すること、さらに、同様の水成の生成過程によって生成されたと判定される黒色土壌が、国内各地で、段丘上位面、古扇状地、盆地地形、山間部の谷間、準平原上などに見られることを指摘している。

黒色土壌の生成過程はまだ完全に解明されていない。筆者は上述の黒色土壌の腐植酸の $\Delta \log k_1$ と Rf との直線相関関係における回帰式が、前報⁴⁾の褐色森林土や次報で述べるポドゾルも含めて、他の土壌群とはいちじるしく異質なものと考えられる点は、黒色土壌の生成はこれらの現気候下における陸成の土壌とは異質なものであろうとする見解を支持する根拠を与えるものと考えている。

以上のように、黒色土壌の腐植の形態とその生成に関与する諸因子との関係については、多くの問題点が残されているが、これらの解明は今後の調査研究の発展に待ちたい。

7. 退色型黒色土壌の腐植の形態（論議—2）

供試した退色型黒色土壌の全抽出腐植の抽出率は約36~54%に達し、AおよびB層間ではとくに相違は見られなかった。A層の全腐植酸の抽出率は19~20%、 C_h/C_f 比は0.74~1.14を示し、B層ではいずれも減少を示した。特徴層位をなすA層のこれらの値は、黒色土壌と比べるといずれも低く、前報の褐色森林土における対応する Bo(d) および Bp 型土壌とはほぼ同程度の値といえる。

結合腐植酸の全腐植酸に対する比率は7~40%に達し、下層ほど増大を示した。pH および、Ca および Mg 飽和度が高い値を示した新見 P10 A₁ 層では、Ca 型腐植酸 (h-2) は全結合腐植酸の約45%に達したが、全腐植酸に対しては大きな比率を占めるに至らなかった。その他の場合は、pH, Ca および Mg 飽和度から見ると、R₂O₃ 型腐植酸 (h-3) が結合腐植酸の主体をなすものと思われた。

遊離および全腐植酸は、新見 P10 では A₁ 層は B および P₀ 型、A₂ 層以下はいずれも A 型であった。山崎の場合は、A₁ 層はいずれも P₀ 型、A₂ 層以下はそれぞれ A, A_±, B 型および A_±, B_± 型に属していたが、全腐植酸の場合はいずれも Pg の影響が弱度に認められた。

A および A_± 型腐植酸の $\Delta \log k_1$ は 0.51~0.56, $\Delta \log k_2$ は 0.61~0.72, Rf は 0.60~0.69 を示した。これらの値は上述の黒色土壌の A 型腐植酸と比べると、 $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ はその中へ上限に、Rf はその下限に相当していた。B および B_± 型腐植酸の $\Delta \log k_1$ は 0.52~0.65, $\Delta \log k_2$ は 0.62~0.74, Rf は 0.41~0.59 を示した。これらの値を A 型腐植酸と比べると、 $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ はほぼ同程度の値であったが、Rf はやや小さかった。P₀ 型腐植酸の $\Delta \log k_1$ は 0.57~0.61, $\Delta \log k_2$ は 0.62~0.67, Rf は 0.42~0.43 を示した。これらの値は B 型腐植酸と比べると、 $\Delta \log k_1$ および $\Delta \log k_2$ は明りょうな相違が見られなかったが、Rf は下限に近い値を示していた。

退色型黒色土壌の遊離および全腐植酸は、いずれも $\Delta \log k_1$ と Rf との間にきわめて有意な負の直線相関関係が認められた。それぞれの回帰式に示されるように、 $\Delta \log k_1$ の減少にともなう Rf の増大は上述の黒色土壌と比べると低いが、前報⁴⁾の褐色森林土の B₀(d) および B₀型土壌と比べるとかなり高く、両者の中間と見るよりもむしろ黒色土の方に近いといえる。

以上の結果を総合すると、退色型黒色土壌と黒色土壌の腐植の形態の相違は、A層における次の諸点に明りょうに示されるといえる。すなわち、退色型黒色土壌では黒色土壌に比べると、全抽出腐植および全腐植酸の抽出率、C_h/C_f 比が低いこと、腐植酸の型は A 型以外に B ないし P₀ 型も含まれるが、Rf は黒色土壌は大部分が 0.7 以上を示したのに対して、退色型黒色土壌では 0.6 前後ないしそれ以下であること、 $\Delta \log k_1$ と Rf の直線相関の回帰式における $\Delta \log k_1$ の減少にともなう Rf の増大がかなり低いこと、などである。

前報⁴⁾の褐色森林土の対応する B₀(d) および B₀ 型土壌と比べると、褐色森林土の場合はいずれも腐植酸は P_±~P_≡ の P 型亜型に属していたこと、 $\Delta \log k_1$ と Rf の直線相関の回帰式における $\Delta \log k_1$ の減少にともなう Rf の増大がかなり高いこと、などの諸点に明りょうな相違が見られる。

前述の筆者の以前の腐植の形態の相違による黒色土壌の区分³⁾において、Group 1 と適潤性~湿性褐色森林土 (B₀~B_F 型土壌) の中間型に相当すると推定された Group 2 は、今回の退色型黒色土壌に相当するものと思われる。

退色型黒色土壌の腐植の形態は、前報の Group 2 の場合と同様に、黒色土壌の腐植が森林下に新たに生成された腐植の混入によって、褐色森林土的方向に推移しつつある中間型であるか、あるいは黒色土壌の腐植の生成がなんらかの特殊な生成因子の作用が関与したと仮定すれば、その作用が十分に行なわれず、途中の段階でとどまったものか、そのいずれかであろうと思われるが、この点の解明は今後の研究の進展を待たなければならないと思われる。

8. 赤色土および黄色土の腐植の形態の特徴 (論議—3)

わが国の赤色土は、更新世の温暖期にラテライト的な風化を受けて生成された古土壌であるが⁽⁵⁾⁽¹⁴⁾²¹, 黄色土も赤色土と類似した生成過程を経た古土壌であろうと推定されている。今回供試した赤色土および黄色土の腐植の形態は、一般にきわめて類似した特徴を有していたので、両土壌を一括して論ずることにする。

供試試料のうちで、穴水土壌 (RA 型土壌) の表層土 [Am(R₁) 層] はきわめてけんちよな菌糸網層の発達が見られた。穴水土壌の表層土は、他の赤色土および黄色土と比べると、carbon 含有率が異常に高く、同時に腐植の形態の面では、 C_h/C_f 比が異常に大きく (0.93), 酸可溶腐植の抽出率が低い (7.3%) こと、遊離および全腐植酸の型がそれぞれ R_p および P_o 型に属していたことなどの諸点で、いちじるしい相違を示していた。このような穴水土壌の表層土の腐植の形態的な特徴は、全腐植酸の抽出率が多少低い (15.0%) こと以外は、第2報⁴⁾で述べた BA 型土壌の Am 層ときわめて類似した傾向を示していたといえる。したがって、穴水土壌の表層土の腐植の形態の特異性は、BA 型土壌の場合と同様に菌糸網の影響によるものと思われた。

その他の一般の赤色土および黄色土の腐植の形態については、褐色森林土と比べると次のような特徴が認められた。腐植の組成の面では、全抽出腐植の抽出率は20~45%で、第2報⁴⁾の未熟な褐色森林土の場合と同様であった。全腐植酸の抽出率は表層土では低く (2~12%), 下層ほどさらに減少を示した。各層位的全腐植酸中結合腐植酸の占める比率は trace~約20%で、多くの場合結合腐植酸の占める比率はきわめて小さいといえる。前報⁴⁾の褐色森林土と比較すると、酸可溶腐植の抽出率 (8~19%) は大きな相違が見られなかったが、表層土の C_h/C_f 比 (0.07~0.56) はかなり低かった。また、下層土の C_h/C_f 比は、表層土に比べるとさらに減少を示した。

腐植酸の光学的性質については、次のような特徴が認められた。遊離および全腐植酸の型は、いずれも P₊~P₊ の P 型亜型に属し、 $\Delta \log k_1$ は0.50~0.69および0.48~0.64, $\Delta \log k_2$ は0.63~0.88および0.50~0.85, R_f は0.15~0.27および0.16~0.26を示した。これらの値は、前報⁴⁾の褐色森林土の対応する土壌型に相当する Bb 型土壌の場合と近似した値といえる。

また、遊離および全腐植酸の $\Delta \log k_1$ と R_f は、それぞれ有意ないしきわめて有意な負の直線相関関係が認められたが、回帰式に示された $\Delta \log k_1$ の低下に対応する R_f の増大はきわめて小さく、前報⁴⁾の Bb 型土壌の場合とほぼ同様であった (Fig. 4 および 5 参照)。

以上のように、赤色土および黄色土の腐植の形態は、全抽出腐植および全腐植酸の抽出率および C_h/C_f 比がいちじるしく小さいこと、腐植酸は P₊~P₊ の P 型亜型に属し、R_f が小さいことによって特徴づけられるといえる。

赤色土および黄色土は、上述のように、いずれも古温暖期にラテライト的な風化を受けた古土壌であるが、その腐植は主として、現気候下における植生の影響によって生成されたものであろうと筆者は推定している。一般に、赤色土および黄色土では植生が比較的貧弱なために、土壌に対する植物遺体 (有機物) の供給が乏しく、したがって腐植の集積は少ない。また、乾性の水分環境におかれているために、土壌微生物の有機物の分解活動が阻害され、腐植化の進行が妨げられるために、乾性の褐色森林土の場合と同様に、腐植化過程は未熟な段階におかれているものと思われる。

赤色土および黄色土の、腐植の形態に関する今までの研究はきわめて少ない。熊田ら^{10,12)}は、赤色土壌の腐植酸は主として R_p 型であるとしているが、上述の筆者の結果とは一致した傾向は見られない。

9. レンジナ様土の腐植の形態の特徴 (論議—4)

この土壌の全抽出腐植および全腐植酸の抽出率は、それぞれ、46~48%および20%に達し、 C_h/C_f 比は0.70~0.78、酸可溶腐植の抽出率は8~11%を示した。これらの値は、前報⁹⁾の褐色森林土において対応する B_0 型土壌の場合と同程度であったといえる。しかし、全腐植酸中結合腐植酸の占める割合は約50~80%に達し、きわめて高かった。さらに、 Ca 型腐植酸 ($h-2$) が結合腐植酸中に占める割合は約70~90%に達し、結合腐植酸の大部分を占めていたことが注目された。

これらの結果は、 Ca 型腐植酸がきわめて多く、全腐植酸中主要な地位を占めるのは、土壌が中性ないし弱アルカリ性を呈し、 Ca 飽和度がきわめて高く、ほとんど完全に飽和されている場合に限られることを示すように思われる。

腐植酸は、 A_1 および A_2 層はいずれも、遊離腐植酸は R_p 型、遊離+ Ca 型腐植酸 [$h-(1+2)$] および全腐植酸は $P_0 \sim P_{\pm}$ 型に属し、後2者の場合には P_g の影響がわずかに認められた。

R_p 型腐植酸は、 $\Delta \log k_1$ は0.71~0.78、 $\Delta \log k_2$ は0.75~0.90、 R_f は0.14~0.17で、腐植化過程は未熟な段階にあることを示していた。 $P_0 \sim P_{\pm}$ 型腐植酸は、 $\Delta \log k_1$ は0.57~0.63、 $\Delta \log k_2$ は0.67~0.75、 R_f は0.25~0.31であった。レンジナ様土の $P_0 \sim P_{\pm}$ 型腐植酸の R_f および $\Delta \log k_1$ の値を、前報⁹⁾の褐色森林土の対応する土壌型に相当する B_0 型土壌と比べると、 R_f はその下限、 $\Delta \log k_1$ はその上限付近にほぼ相当する。

以上の結果から、レンジナ様土の腐植の形態は、 Ca 型腐植酸が全腐植酸中に占める割合がとくに大きく、さらに、 Ca 型腐植酸が結合腐植酸の主体をなすことによって、特徴づけられるといえる。

熊田ら^{9,10)}は、石灰岩に由来する土壌 (各種のレンジナ様土) について、土壌の pH の変化を一応の指標として、その進化過程と腐植の形態の遷移を明らかにしている。かれらは、土壌生成の初期の弱アルカリ性の場合には、腐植化度の低い腐植酸がフルボ酸とともに比較的少量集積し、豊富に存在する Ca とかなり高い割合で結合し、遊離腐植酸は R_p 型、結合腐植酸は B 型であるが、中性付近では腐植量は増大し、腐植酸の一部は無機成分と一層強固に結合し、腐植化度が上昇し、結合腐植酸は A 型であるという。今回の筆者の供試土壌は、ほぼ中性付近の土壌であるが、熊田らとは分析方法は多少異なるが、腐植酸の型および腐植化度がとくに高くない点で相違が見られるといえる。

10. おわりに

この報告は、黒色土壌、退色型黒色土壌、赤色土、黄色土、レンジナ様土について、それぞれの腐植の形態的な特徴について述べたものである。さらに、前報⁹⁾の褐色森林土も含めて、各土壌間の相違を明確にすることができた。

この研究は、筆者の関西支場勤務中に行なわれた。稿を終わるに当たり、この研究の遂行に多大の援助をいただいた関西支場長黒鳥 忠博士に、心からの謝意を表する。

文 献

- 1) 足立嗣雄：火山灰土壌における腐植組成の地域性について，ペドロジスト，10，115～121，(1966)
- 2) 菅野一郎：火山灰土といわれる黒ボク土の分類と命名，同上，9，83～92，(1965)
- 3) 河田 弘 (KAWADA, H.)：森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究 (A study on chemical properties and humus forms of forest soil)，林野土調報 (Forest Soils of Japan)，10，1～108，(1957)
- 4) 同上 (Ibid.)：森林土壌の腐植に関する研究 第 2 報 褐色森林土の腐植の形態 (Studies on the humus form of forest soil Part 2, Humus form of the brown forest soil)，林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.)，270，89～110，(1975)
- 5) 木立正嗣・大政正隆：赤色土壌の研究 III 本邦赤色土壌の生成に関する地質学ならびに鉱物学的研究，林野土調報，14，1～126，(1963)
- 6) KONONOVA, M. M.: Soil organic matter, Pergamon Press, (Oxford), (1966)
- 7) KUBIENA, W. L.: The soils of Europe, Murby, (London), (1953)
- 8) KUMADA, K.: Studies on the color of humic acid, Part 1, On the concepts of humic substances and humification, Soil Sci. and Plant Nutr., 11, 151～156, (1965)
- 9) 熊田恭一 (KUMADA, K.)：豊橋近郊の石灰岩に由来する土壌における腐植化過程 (The composition of humus in the soils derived from lime stone near Toyohashi City)，日土肥誌 (J. Soil Sci. Manure)，34，387～393，(1963)
- 10) 熊田恭一・太田信婦 (KUMADA, K. and OHTA, S.)：Ibid. Part 2, Ibid. 36, 57～62, (1965)
- 11) 同上：中部地方の土壌腐植の形態，同上，38，267～274，(1967)
- 12) KUMADA, K., SATO, O., OSUMI, Y. and OHTA, S.: Humus composition of mountain soils in Central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid, Soil Sci. and Plant Nutr., 13, 151～168, (1967)
- 13) 熊田恭一・太田誠一 (KUMADA, K. and OHTA, S.)：腐植土生成に関する実験的研究 (Experimental studies on the formation of humic soil)，第四紀研究 (Quat. Res.)，10，151～158，(1971)
- 14) 黒鳥 忠・大政正隆 (KUROTORI, T. and OHMASA, M.)：赤色土壌の研究 II，九州地方の赤色土とこれにともなう黒色土壌について (Studies of red soils in Japan, Part 2 Red soils and their accompanying black soils in Kyushu)，林野土調報 (Forest Soils of Japan)，13，1～88，(1963)
- 15) 黒鳥 忠・小島俊郎：沖縄の森林土壌概説，日林誌，51，227～230，(1969)
- 16) 弘法健三・大羽 裕：火山灰土壌の有機物含量，炭素率および腐植の形態と土壌の風化度，母材型との関係，本邦火山灰土壌の生成論的研究 (第 7 報)，日土肥誌，45，227～233，(1974)
- 17) 小島俊郎・黒鳥 忠・河田 弘・的場節子 (KOJIMA, T., KUROTORI, T., KUWADA, H. and MATOBA, S.)：琉球諸島の非火山灰性黒色土について (On the non-volcanic black soils in Ryukyu islands)，日林誌 (Jap. J. For.)，56，1～6，(1974)
- 18) KYUMA, K. and KAWAGUCHI, K.: Oxidative changes of polyphenols as influenced by allophane, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28, 371～374, (1964)
- 19) Ministry of agriculture and forestry, Japanese government: Volcanic ash soils in Japan, 1～211, (1964)
- 20) 大羽 裕：火山灰土壌の腐植，ペドロジスト，9，26～30，(1965)
- 21) 大政正隆・黒鳥 忠・木立正嗣：赤色土壌の研究 1 新潟県に分布する赤色の森林土壌の分布，形態的性質および生成について，林野土調報，8，1～24，(1957)
- 22) TOKUDOME, S. and KANNO, I.: Characterization of humus of humic allophane soil in Japan, Part 1 Humic acids (Ch)/Fulvic acids (Cf) ratios, Bull. Kyushu Agr. Exp. Stat., 10(2), 185～193, (1964)
- 23) 吉岡二郎・衣笠忠司ほか：土地分類基本調査 (1/5万)，長浜図幅 (経済企画庁)，(1968)

Studies on the Humus Form of Forest Soil III
Humus form of the black soil, degraded black soil, red
soil, yellow soil and rendzina-like soil

Hiroshi KAWADA⁽¹⁾

1. Introduction

The writer described the humus form of the brown forest soil, the most representative and widely distributed forest soil in this country²⁾. He wishes to make clear the humus form of the black soil, degraded black soil, red soil, yellow soil and rendzina-like soil. The features of humus form of every soil group are distinctive and they reflect their forming process.

2. Selected soils

The location of the selected soils is given in Fig. 1 and their site conditions are briefly stated in Table 1.

The writer temporarily subdivided the black soil group into two subgroups, i. e. the black soil and the degraded black soil, by the following differences of color of their A horizon:

The hue* of A horizon of both subgroups is similar and it belongs to mainly 7.5 YR and partly 10 YR, whereas its value/chroma* is 1.7~2/1~2 in the black soil and 2/3 or 3/2 in the degraded black soil.

The writer includes the soil which is observed the color degradation in only its surface or upper horizons into the degraded black soil group.

Among the selected soils, the following is unique and worthy of note:

The most part of Shionomisaki district is covered with the red soil from gabbro represented by Shionomisaki P1. The distribution of the black soil is extremely limited occurring only on the lower marine terrace. On the primary mineral composition of Shionomisaki P2, the representative black soil in this district, stated in Table 2, abundant rotted pumices and a few volcanic glasses suggest that it is from Onji type volcanic materials. Moreover, its rounded quartz particles imply that it is from secondary sediments.

The writer found a soil with weakly basic reaction from limestone at the top of Mt. Ibuki. The distribution of such soil is extremely limited in this country except in Okinawa islands. The soil named Mt. Ibuki is A-C soil from limestone with well developed, blackish brown and humus rich A horizon. Its having from neutral to weakly basic reaction, extremely high rates of exchangeable Ca saturation and effervesces with HCl at A₂ horizon are noticeable (see Table 3). The writer temporarily classified it into the rendzina-like soil, more explicitly the brown rendzina-like soil, after KUBIENA⁷⁾.

Received July 28, 1975

(1) Soil Survey Division

* After Munsell soil color chart

3. Analytical method and classification of humic acid

The analytical method and classification of humic acid are the same as those described in Part 2⁴⁾.

4. Chemical property of selected soils

The chemical properties of the selected soils are set forth in Table 3.

The rates of exchangeable Ca and Mg saturations are relatively high in only A₁ horizons of Niimi P17, Niimi P10 and Yamazaki soils among the selected black and degraded black soils, and they sharply decrease from surface downwards. They are low throughout profiles with a few exceptions as mentioned above. The writer³⁾ pointed out that the effect of the topographical factor on the chemical property of soil, i. e. the eluviation of bases from the ridge or upper part of mountain slope and the illuviation of them in the lower part of mountain slope or valley floor, was vague on the black soil group. He subdivided the black soil group into the exchangeable base rich, and the poor types. All of the selected black and degraded black soils may belong to the latter type.

The low organic carbon content, wide C-N ratio, low rates of Ca and Mg saturation and low pH value of the selected red and yellow soils with a few exceptions agree well with the information confirmed by many soil researchers. The remarkably high carbon content of Am layer of Anamizu soil is unusual. It is owing to the very well developed mycelial layer.

The from neutral to weakly basic reaction of the rendzina-like soil, Mt. Ibuki, is mentioned above. Its very low C-N ratios, i. e. 9~10, are unique among those of the forest soil in this country, especially taking its high altitude into consideration.

5. Humus composition and optical property of humic acid (Result)

The humus composition of the selected soils is stated in Table 4.

The ranges of total humic and fulvic acids and C_h/fC ratio of A horizon of every soil group are expressed in Fig. 2. Those of the red and yellow soils are brought together for their similar forming process and humus form as explained below, and those of the brown forest soil given in Part 2⁴⁾ are added.

The optical property of humic acid is stated in Table 5 and the representative types of absorption spectra of humic acid in Fig. 3.

The writer named A or P type humic acids, having a very weak and broad shoulder band near 615 m μ , A~A \pm or P₀~P \pm types to distinguish them from typical A and A \pm or P₀ and P \pm types, respectively.

The linear correlation coefficients between $\Delta \log k_1$ or $\Delta \log k_2$ and Rf value of the free and total humic acids of every soil group are given in Table 6. In this case, those of the red and yellow soils are brought together, whereas those of Am layer of Anamizu soil are excluded for its singularity of humus form (see 8).

Free and total humic acids of every soil group express a very significant or significant negative linear correlation between $\Delta \log k_1$ and Rf value, whereas no significant correlation

is found between $\Delta \log k_2$ and Rf value. These trends are similar to those of the brown forest soil. The regression curves between $\Delta \log k_1$ and Rf value, adding those of the brown forest soil in Part 2¹⁾, are expressed in Fig. 4 and 5.

6. Humus form of the black soil (Discussion-1)

Among the selected black soils, the extraordinary high carbon content in A₁ horizon of Niimi P17 suggests that it may be similar to H-A layer. Its ranges of extracted humus, total humic acid and acid soluble humus (f-1a) have a strong resemblance to those of H-A layer of the brown forest soil in Part 2¹⁾.

The ranges of extracted humus and total humic acid in A horizon of the black soil except A₁ of Niimi P17 are 50~75% and 31~59%, respectively. They are remarkably higher than those of A horizon of the other soil groups. The rates of combined humic acid [h-(2+3)] to total humic acid [h-(1+2+3)] range from trace to about 15% except B horizon of Niimi P17 and A-B horizon of Shionomisaki P2 where they are about 40%. Their relatively low pH values and low rates of exchangeable Ca saturation suggest that the most part of their combined humic acid may be R₂O₃-humate (h-3). The ranges of C_h/C_f ratio of A horizon are 0.79~3.59. In detail, their ranges are over 1.50 except only those of A₁, A₃ and A₄ horizons of Shionomisaki P2 where they are 0.79~1.16. Those of acid soluble humus (f-1a) are 11~28% except A₁ of Niimi P17 and they increase from surface downwards in every profile.

The most part of free and total humic acids belong to A type. Their ranges of $\Delta \log k_1$, $\Delta \log k_2$ and Rf value are 0.46~0.59 and 0.47~0.54, 0.58~0.76 and 0.56~0.74, and 0.61~1.14 and 0.63~1.17, respectively. Comparing these values with those of the other types of humic acid, $\Delta \log k_1$ are somewhat decreased, $\Delta \log k_2$ are remarkably decreased and Rf values are extraordinarily increased. These facts suggest the remarkably advanced humifying process of A type than that of the other type humic acids.

Very significant negative linear correlation is expressed in free and total humic acids. The remarkable increase of Rf value corresponds to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them of the black soil than that of the other soil groups, including the brown forest soil in Part 2¹⁾, and is worthy of note.

Summarizing the results described above, the distinctive features of humus form of the black soil are most sharply expressed in those of its A horizon and they are as follows:

The extracted humus, especially, total humic acids and the increase of Rf value corresponds to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them are remarkably high. The most part of free and total humic acids belong to A type.

The writer subdivided the black soil into three groups by its difference of humus form in his previous work³⁾, but the analytical method used was not all the same as that used in this work. Among them the Group 1 where the humifying process is most advanced corresponds to the black soil in this work.

KUMADA *et al.*¹¹⁾¹²⁾ stated that on the black soil the humic acids in its A horizon were A type, whereas A, B and P types may occur in its B horizon. The dominance of A type humic acid in its A horizon was the distinctive feature of the black soil. The writer's result agrees well with their information.

On the humus form of the volcanic ash soil*¹, its distinctive features were summarized as follows in comparison with that of the other soil groups:

The organic carbon accumulates abundantly, free humic acid (h-1) is very abundant and combined humic acid (h-(2+3)) is rare, the polymerization of humic acid (i. e. the decrease of $\Delta \log k$ ($\log k_{400} - \log k_{600}$)) is advanced and C_h/C_f ratio that increased according to the advance of weathering process of its parent material is remarkably large.

The geographical differences of C_h/C_f ratio of the volcanic ash soil is controversial and it is a problem awaiting solution in future, but those distinctive features of its humus form agree well with those of the black soil as a general trend.

Some agricultural soil researchers attached an importance to the effect of allophane on the formation of specific humus form of the volcanic ash soil. KYUMA and KAWAGUCHI¹⁸⁾ pointed out the catalytic effect of allophane on the oxidative changes of polyphenols to dark-colored polymerized humus-like substances. KUMADA *et al.*¹⁹⁾ found the acceleration of browning reaction of pyrogallol, catechol and hydroquinone by allophane and aluminum, the formation of complexes between aluminum and those reactants and the absorption of these browned materials by soil substances.

Those model experiments suggest that allophane plays an important part on the abundant humus accumulation and the advanced humifying process in the volcanic ash soil.

In the writer's opinion, the agricultural soil researchers were apparently making a trial to elucidate the humus formation of the volcanic ash soil with the interrelation between organic matter supply from plant residue and its decomposing process under the current climatic conditions with special reference to the catalytic action of allophane as a general trend.

Against them, KOJIMA, KURATORI and the writer¹⁷⁾ pointed out that the humus form of the non-allophanic (non-volcanic) black soil in Okinawa islands strongly resembled that of the volcanic black soil mentioned above. Hence, those facts suggest that the agency of allophane on the formation of specific humus form of the black soil is not always necessary.

KURATORI and OHMASA¹⁴⁾ stated that the genesis of the black soil accompanying the red soil in north Kyushu is as follows:

The accumulation of organic materials derived mainly from plant residues at the waterside and partly from organic material brought by rivers or streams. These organic materials might decompose at first in the water under relatively anaerobic conditions and become, up-lifted, and drained, this presenting the features of the current black soil. Though such black soil contained a small amount of volcanic ash with a few exceptions, their chemical properties were similar to those of the volcanic ash soil. Furthermore, they found a wide distribution of the black soil from similar forming process at upper terrace, relic alluviacal fan, basin, valley floor and penepplain in other districts.

The forming process of the black soil is not yet clarified and remains controversial. The writer attaches a great importance to its extraordinarily unusual regression curves of humic acids between $\Delta \log k_1$ and Rf value from those of the other soil groups in Part 2~4*². In

*¹ The volcanic ash soil is also named the black soil, ando soil, kuroboku soil and humic allophane soil, etc. in the agricultural soil classification. The category of the black soil in the forest soil classification is rather more broad, and it includes the soils with black colored humus in their A horizon from any parent materials. Hence, a part of the black soil from volcanic ash corresponds to the volcanic ash soil.

*² Part 4 will soon appear in this Bulletin and it will deal with the humus forms of the dry and wet podzols, dark red soil and miscellaneous soils.

the writer's opinion, the singularity of humus form of the black soil will support the view that its forming process will be different from that of the other terrestrial soil groups under the current climatic condition.

As stated above, many unelucidated problems on the forming process of humus of the black soil are left, and the writer hopes to advance the study in future.

7. Humus form of the degraded black soil (Discussion-2)

The ranges of extracted humus is about 36~54% in the selected degraded black soils, and no clear difference is found between A and B horizons in every profile.

On their A horizons, the range of total humic acid is 19~20% and that of C_h/C_f ratio is 0.74~1.14 and they decrease from surface downwards. They are lower than those of the black soil and they are similar to those of B₀(d) and B₀ soils in Part 2⁴⁾. The rates of combined humic acids [h-(2+3)] to total humic acid range 7~40% and they increase from surface downwards in every profile. The rates of Ca-humate (h-2) to combined humic acid [h-(2+3)] are high and it reaches about 45% in A₁ of Niimi P10 where there is high pH value and high rates of exchangeable Ca and Mg saturations. In other cases, taking the low pH values and rates of exchangeable Ca and Mg saturation into consideration, the most part of the combined humic acid would be R₂O₃-humate.

On the types of humic acid, A, A_±, B, B_± and P₀ types are found and A and A_± types are most dominant among them.

On A and A_± type humic acids, their $\Delta \log k_1$ and $\Delta \log k_2$ correspond to from medium to upper levels and Rf value to the lower level of those of the same types from the black soil.

On B, B_± and P₀ type humic acids, $\Delta \log k_1$ and $\Delta \log k_2$ are similar to those of A and A_± types, whereas Rf value is somewhat decreased in the following order: A and A_± > B and B_± ≥ P₀.

The free and total humic acids of the degraded black soil gave a very significant negative correlation between $\Delta \log k_1$ and Rf value, respectively, but no significant correlation between $\Delta \log k_2$ and Rf value. The regression curves of free and total humic acids are rather similar. The increase of Rf value corresponding to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them is less than that of the black soil, but it is closer to that of the black soil than that of B₀(d) and B₀ soils in Part 2⁴⁾.

The humus form of the degraded black soil is distinguished from that of the black soil by the following features:

The ranges of extracted humus and total humic acid are low, the type of humic acid belongs to B and P₀ types in addition to A type, the Rf values of free and total humic acids are less than 0.6, whereas most of those of the black soil are over 0.7 and the increase of Rf value corresponding to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them is low.

Comparing the humus form of the degraded black soil with the features of humus form of B₀(d) and B₀ soils in Part 2⁴⁾, although no clear difference is found on the humus composition, the following differences on the optical property of humic acid are observed:

The types of humic acid of the degraded black soil are as stated above, whereas those of B₀(d) and B₀ soils are P_±~P_≡ types. As a general trend, $\Delta \log k_2$ decrease and Rf values

increase in the degraded black soils. Rf value corresponding to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them increases.

The features of humus form of the degraded black soil suggest that it is closer to those of the black soil than those of the intermediate between the black soil and Bp(d) and Bp soils.

The distribution of the degraded black soil that accompanies the black soil is quite prevalent. The degraded black is often included into the black soil in the forest soil survey because of its close profile features. However, in the writer's opinion, the above-mentioned clear differences of humus form between the two soils confirm the propriety of the subdivision of them.

The writer subdivided the humus form of the black soil into three groups in his previous work³⁾ and Group 2 was supposed to be either an intermediate where there was degrading from the black soil (Group 1) to the brown forest soil by admixture of newly formed humus from plant residues under the current climatic condition or the soil where the forming factors of the black soil would not sufficiently affect. The humus form of Group 2 seemed to be the intermediate between that of Group 1 and the moderately moist~wet brown forest soils. At that time the degraded black soil in this work was not subdivided. In the writer's opinion, the Group 2 corresponds to the degraded black soil.

However the elucidation of the forming process of the degraded black soil is one of the problems awaiting future solution.

8. Humus form of the red and yellow soils (Discussion-3)

The red soil is the relic soil formed by the lateritic weathering during the warm period in geological age, i. e. the old diluvial age. Although the forming process of the yellow soil is not yet clarified it is presumed to be similar to the red soil.

The writer discusses both soils together because of their strong resemblance of forming process and humus form.

Among the selected red and yellow soils, the surface horizon of Anamizu soil (Am layer) has a very well developed mycelial layer. Comparing its humus form with that of the other red and yellow soils, its remarkably high organic carbon content, extraordinarily high C_h/C_f ratio, low rate of acid soluble humus and types of humic acid which are R_p and P_0 types express its distinctive features (see Table 3~5). They show a very similar trend to the humus form of Am layers of Ba soils in Part 2⁴⁾ except its relatively low total humic acid. Its singularity seems to be owing to the effect of the mycelial layer.

The distinctive features of humus form of the usual red and yellow soils are as follows:

The range of extracted humus is 20~45% and it is of similar level to that of the immature brown forest soils. That of total humic acid is very low, i. e. 2~12%, and it decreases from surface downwards. The rate of combined humic acid to the total humic acid is trace~20% and it is usually very low. The range of acid soluble humus is 8~19%. That of C_h/C_f ratio of surface horizon is very low, i. e. 0.07~0.56, and it decreases from surface downwards.

The types of free and total humic acids belong to the subtypes of P type, i. e. P_{\pm} ~ $P_{\#}$. Their ranges of $\Delta \log k_1$, $\Delta \log k_2$ and Rf value are 0.50~0.69 and 0.48~0.64, 0.63~0.88 and 0.50~0.85 and 0.15~0.27 and 0.16~0.26, respectively. They are of similar level to those of B_a soil in Part 2⁴⁾ which is the corresponding type of soil in the brown forest soil group.

The significant or very significant negative correlations are given between $\Delta \log k_1$ and

Rf value of free and total humic acids, respectively. The increase of Rf value corresponding to the decrease of $\Delta \log k_1$ in the regression curve between them is very small and it is of similar level to that of B_h soils.

Summarizing the results mentioned above, the humus form of the red and yellow soils are characterized by their very low ranges of extracted humus and total humic acid, low C_h/C_f ratios and Rf values and P_±~P₊ type humic acids.

In the writer's opinion, the humus of the red and yellow soils is formed from mainly current plant residues, whereas their parent materials were affected by the relic lateritic weathering in the geological age. As a general trend, their poor accumulation of humus is due to their poor vegetation and annual supply of plant residues. Furthermore, their arid moisture regime checks their organic matter decomposition and advance of humifying process.

The previous papers on the humus form of the red and yellow soils are very few. KUMADA *et al.*⁽¹⁾⁽¹²⁾ pointed out that the type of humic acid of the red soil is mainly R_p type. The present data do not well agree with them.

9. Humus form of the rendzina-like soil (Discussion-4)

The ranges of extracted humus and total humic acid are 46~48% and 20%, respectively. The range of C_h/C_f ratio is 0.70~0.78 and that of acid soluble humus 8~11%. They are of similar level to that of B₀ soils in Part 2¹⁾, whereas the rates of combined humic acid to the total humic acid are very high, being 50~80%. Furthermore, it is worthy of note that the most part of the combined humic acid, i. e. 70~90%, is Ca-humate (h-2).

These results suggest that the very abundant Ca-humate and its dominancy in the combined humic acid are found only in the soils which are from neutral to weakly basic and almost completely saturated with exchangeable Ca.

The types of humic acid are R_p type in free humic acid and P₀~P_± type in free+Ca-humate (h-(1+2)) and total humic acids.

On R_p type humic acid, the ranges of $\Delta \log k_1$, $\Delta \log k_2$ and Rf value are 0.71~0.78, 0.75~0.90 and 0.41~0.17, respectively, and hence their humifying process is still immature.

On P₀~P_± type humic acid, their ranges of $\Delta \log k_1$, $\Delta \log k_2$ and Rf value are 0.57~0.63, 0.67~0.75 and 0.25~0.31, respectively. Comparing their $\Delta \log k_1$ and Rf value with those of the same types of humic acid from B₀(d) and B₀ soils in Part 2¹⁾, Rf values correspond to the lower level and $\Delta \log k_1$ to their upper level.

From the above-mentioned results, the humus form of rendzina-like soil is characterized by abundance of Ca-humate.

KUMADA *et al.*⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ found the following relation between the transformation of humus form and the advance of soil forming process on the rendzina-like soil:

Small amount of immature humic acid combined with Ca which is abundant in soil accumulates together with abundant fulvic acid at the early stage of soil formation. Their free humic acid is R_p type, whereas the combined humic acid is B type. In the soils with nearly neutral reaction where there is a more advanced stage of soil formation, the amount of humus increases, a part of humic acid more strongly combines with minerals, the humifying process is advanced, and the combined humic acid changes to A type.

Although the rendzina-like soil described above is in the nearly advanced stage of soil forming process, and the analytical method is not entirely the same as that of KUMADA *et al.*,

its humus form does not well agree with them.

10. Acknowledgement

The writer carried out this work at the Kansai Branch of this Experiment Station and he is grateful to Dr. T. KUROTORI, the director of Kansai branch, for his encouragement throughout the research.