

## 森林土壌の腐植に関する研究 (第5報)

琉球諸島(沖縄)における主要な  
森林土壌の腐植の形態河 田 弘<sup>(1)</sup>・故小 島 俊 郎Hiroshi KAWADA and the late Toshiro KOJIMA : Studies on the Humus Form  
of Forest Soil Part 5. Humus form of the representative  
forest soils in Ryukyu Islands (Okinawa)

**要 旨** : この報告は内地の主要な森林土壌(第2~4報)に引きつづいて、亜熱帯に属する琉球諸島の代表的な森林土壌、すなわち、赤色土、黄色土、表層グライ系赤・黄色土、暗赤色土、黒色土およびレンジナ様土の腐植の形態について検討した結果をとりまとめたものである。

各土壌ごとの腐植の形態はそれぞれ特徴を有し、各土壌相互の相違を明らかにすることができた。

供試土壌のうち、石灰質の母材料に由来する暗赤色土、一部の黒色土およびレンジナ様土では、全腐植酸中 Ca 型腐植酸の占める割合がきわめて高いことが注目された。Ca 型腐植酸が豊富に存在する土壌は、おおよそ置換性 Ca 飽和度 70% 以上、pH 6.5 以上と推定された。

赤色土、暗赤色土、黒色土では、全般的に内地の同じ土壌と同様の腐植の形態的な特徴を示していた。

琉球諸島の黄色土は古土壌と考えられている内地の黄色土とは異なり、現気候下に生成された土壌と考えられている。乾性の黄色土と比べると、湿性の黄色土では全般的に全腐植酸の抽出率、 $C_h/C_f$  比は増大を示したが、腐植化度は両者の間にとくに明らかな相違は認められなかった。

表層グライ系赤・黄色土では、腐植の形態はとくに明らかな相違は認め難かった。

レンジナ様土は、置換性 Ca の飽和度、pH の相違によって、Ca 型腐植酸の量はかなり異なることが認められた。Ca 飽和度、pH のいちじるしく高い場合には、豊富な Ca 型腐植酸が見られた。また、この土壌は全般的に腐植化度がいちじるしく高いことが注目された。

## 1. は じ め に

湿潤温暖な亜熱帯気候下の琉球諸島における森林下に出現する土壌の分布は、内地とはかなり異なった特異性を有すること、その分布がかなりの法則性を有することなどは、黒島および小島<sup>(1)(2)</sup>によって明らかにされている。これらの土壌の一部は内地の場合と共通しているが、これらの土壌について内地と琉球諸島の気候および植生の相違が腐植の形態におよぼす影響を明らかにすること、さらに、内地では分布が極限されている石灰質の森林土壌の腐植の形態の解明など、森林土壌の立場からはすこぶる興味のある問題といえよう。

今回筆者らは琉球諸島における代表的な森林土壌の腐植の形態を検討する機会に恵まれたので、その結果を報告する。

供試土壌は、石灰質土壌地帯を除く山地帯に普遍的に広く分布する黄色土と、石灰質土壌として、石灰

岩に由来する暗赤色土、レンジナ様土および一部の黒色土、そのほか赤色土、表層グライ系赤・黄色土および一部の黒色土などである。

## 2. 供 試 土 壤

供試土壌はすべて小島および黒島<sup>9)</sup>によって採取されたものの一部である。

試料採取箇所の立地条件は Table 1 に示すとおりである。

土壌の分類は新しい林野土壌の分類体系<sup>10)</sup>にしたがった。

Table 1. 試料採取地の立地条件  
Site conditions of selected soils

位 置 Location	試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	母材料 Parent material	標高 Altitude (m)	方位 Direction	傾斜 Inclination	地形 Topography	植生 Vegetation
土壌群：赤・黄色土 (Soil group: Red and yellow soils)								
1. 土壌亜群：赤色土 (Soil subgroup: Red soils)								
本島, 国頭村, 安田 Kunigami Village, Okinawa Island	P 43-43	RA	Diluvium	120	S 30° E	5°	Flat hill top (Terrace)	Broad-leaved evergreen forest
同上, 同上, 伊部 Ibid., Ibid.	P 42-34	RB	Ibid.	100	W	5°	Ibid.	Ibid.
同上, 糸満町, 座波 Itooman Town, Ibid.	P 42-85	RD	Diluvium Dolomite	40	S	10°	Upland	<i>Pinus luchuensis</i> forest
2. 土壌亜群：黄色土 (Soil subgroup: Yellow soils)								
同上, 国頭村, 与那岳 Kunigami Vil., Ibid.	P 42-27	Yc	pn-slate	455	N 30° W	10°	Upper part of gentle mountain slope	Broad-leaved evergreen forest
同上, 思納村, 伊武部 Onna Vil., Ibid.	P 42-36	Yc-Im	Quartz porphyry	30	N 70° E	10°	Gentle hill slope	<i>Pinus luchuensis</i> forest
同上, 国頭村, 牛首山 Kunigami Vil., Ibid.	P 42-37	Yd(d)	pn-slate	320	S 20° E	15°	Upper part of gentle mountain slope	Broad-leaved evergreen forest
西表島, 大富 Ohtomi, Iriomote Island	P 43-10	Yd(d)	pn-slate	160	S 30° E	12°	Ibid.	Ibid.
同上, 浦内川上流 Urauchi River, Ibid.	P 43-16	Yd	pn-sandstone	180	N 75° W	33°	Lower part of mountain slope	Ibid.
石垣島, 於茂登岳 Mt. Omoto, Ishigaki Island	P 43-24	Yd	Granite	390	S 75° E	10°	Ibid.	Ibid.
本島, 久志村, 南明治山 Kushi Vil., Okinawa Island	P 43-4	(R)-Yd	Diluvium	80	N 20° W	22°	Ibid.	<i>Casuarina equisetifolia</i> forest
本島, 国頭村, 辺野喜, ヨコツバ山 Kunigami Vil., Ibid.	P 43-42	Ye	pn-slate	220	N 10° E	5°	Valley floor	タイワンハンノキ林 <i>Alnus formosa</i> forest

位 置 Location	試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	母材料 Parent material	標高 Altitude (m)	方位 Direction	傾斜 Inclination	地形 Topography	植生 Vegetation
-----------------	--------------------	---------------------	------------------------	--------------------	-----------------	-------------------	------------------	------------------

## 3. 土壌亜群; 表層グライ系赤・黄色土

(Soil subgroup; Surface gleyed red and yellow soils)

## 3-1. 表層グライ化赤・黄色土 (Surface gley red and yellow soils)

同上, 久志村, 天 仁屋 Kushi Vil., Ibid.	P 42-26	gRY <sub>I</sub>	Diluvium	160	—	—	Flat hill top	Grass (Felled area)
---------------------------------------	---------	------------------	----------	-----	---	---	---------------	---------------------------

## 3-2. 表層グライ灰白化赤・黄色土 (Surface gley bleached red and yellow soils)

同上, 同上, 南明 治山 Ibid., Ibid.	P 42-14'	gRYb <sub>I</sub>	Ibid.	150	W	8°	Concaved gentle slope contiguous to flat hill top	Broad- leaved evergreen forest
----------------------------------	----------	-------------------	-------	-----	---	----	---	---

## 土壌群: 暗赤色土 (Soil group: Dark red soils)

## 1. 土壌亜群; 石灰岩に由来する暗赤色土

(Soil subgroup; Dark red soils from limestone)

宮古島, 上野町, 野原岳 Ueno Town, Miyako Island	P 43-32	DR <sub>D</sub> -ca	Limestone	90	S 50°W	10°	Gentle hill slope	Broad- leaved evergreen forest
本島, 今帰仁村, 諸志 Nakijin Vil., Okinawa Island	P 43-7	DR <sub>D</sub> -ca	Ibid.	30	N 60°W	2°	Gentle hill top	Ibid.
宮古島, 下地町, ツンブグ Shimoji Town, Miyako Island	P 43-30	DR <sub>D</sub> -ca	Ibid.	40	—	—	Upland	<i>Pinus luchuensis</i> forest

## 2. 土壌亜群; 非石灰質母材料に由来する暗赤色土

(Soil subgroup; Dark red soils from non-calcareous parent materials)

石垣島, 久字良 Kuura, Ishigaki Island	P 42-64	DR <sub>D</sub> (d)	Andestic agglomerate	75	S 65°E	5°	Terrace	Ibid.
---------------------------------------	---------	---------------------	-------------------------	----	--------	----	---------	-------

## 土壌群: 黒色土 (Soil group: Black soils)

同上, 登武野 Tsunnoh, Ibid.	P 42-68	B/c	Diluvium	120	S 30°W	5°	Flat hill top	Grassland
西表島, 大原, ザ ラ崎 Ohhara, Iriomote Island	P 42-57	B/b	Sand	5	—	—	Backmarsh	<i>Casuarina equisetifolia</i> forest

## 土壌群: 石灰岩に由来する土壌 (レンジナ様土)

[Soil group: Soils from limestone (Rendzina-like soils)]

本島, 大里村 Ohsato Vil., Okinawa Island	P 42-82	Ren <sub>D</sub>	Limestone	145	E	5°	Flat hill top	Broad- leaved evergreen forest
石垣島, 後原, 流川 Shiibaru, Ishigaki Island	P 42-69	Ren <sub>E</sub>	Ibid.	30	E	3°	Upland	<i>Podocarpus macrophyllus</i> forest
宮古島, 平良市, 東底原 Heira City, Miyako Island	P 42-43	Ren <sub>F</sub>	Ibid.	25	—	—	Concaved plot on upland	<i>Pinus luchuensis</i> forest

注) 土壌の分類は林野土壌の分類 (1975)<sup>16)</sup> にしたがった。Remark: The classification of soils is based on the "Classification of forest soils in Japan (1975)"<sup>16)</sup>.

### 3. 分析方法および腐植酸の分類方法

土壌の化学的性質および腐植の形態の分析方法は、いずれも第 2 報<sup>4)</sup>と同様である。ただし、土壌の有機 carbon の定量はすべてクロム酸酸化滴定法<sup>3)</sup>を用いた。

腐植酸のうちで、A, P および R<sub>f</sub> 型腐植酸に属し、615 m $\mu$  付近を中心にきわめて幅の広いゆるやかな吸収帯を認められるものを、第 3 および 4 報<sup>5)6)</sup>と同様に、それぞれ A $\sim$ A $\pm$ , P $\sim$ P $\pm$  および R<sub>f</sub> $\sim$ R<sub>f</sub> $\pm$  型として細分した (Fig. 1 参照)。

### 4. 土壌の化学的性質、腐植の組成および腐植酸の光学的性質 (結果)

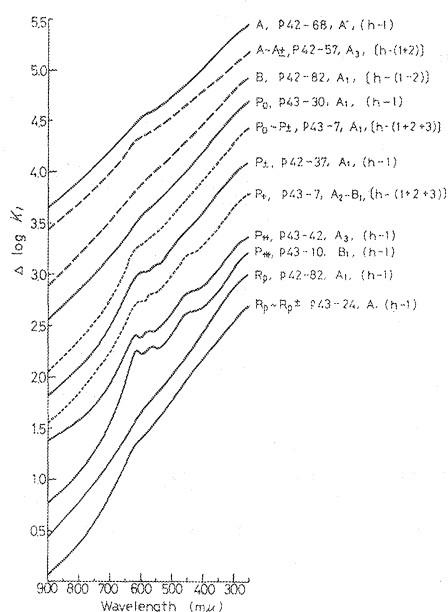


Fig. 1 各型の腐植酸の吸収スペクトル  
(濃度は適宜)

Absorption spectra of representative humic acid (Concentrations of humic acid are arbitrarily chosen).

供試土壌の化学的性質<sup>\*1</sup>は Table 2 に、腐植の組成は Table 3 に、腐植酸の光学的性質は Table 4 に、腐植酸の各型の代表的な吸収スペクトルは Fig. 1 に示すとおりである。

各土壌ごとの腐植酸の  $\Delta \log K_1$  ないし  $\Delta \log K_2$  と R<sub>f</sub> との直線相関係数は Table 5 に示すとおりである。 $\Delta \log K_1$  と R<sub>f</sub> は多くの場合有意ないし、きわめて有意な負の直線相関が認められたが、 $\Delta \log K_2$  と R<sub>f</sub> は大部分が有意な直線相関関係は認められなかった。

### 5. 赤・黄色土壌群の腐植の形態 (論議 I)

#### 5-1. 赤 色 土

琉球諸島における赤色土は、洪積世に形成された数段の段丘面に分布し、内地の赤色土と同様に古期の温暖期に類似した条件下に生成された土壌と推定されている<sup>13)</sup>。

一般に腐植の含有率は低い。C/N 比は表層土では 14 $\sim$ 16、下層土は 10 以下で全般にかなり低い。置換

性 Ca および Mg に乏しく、強酸性を呈する。P 42 $\sim$ 85 (R<sub>D</sub> 型土壌)<sup>\*2</sup>の A 層の置換性 Ca および Mg の含有率および飽和度、pH が他の赤色土より高く、さらに B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> 層の置換性 Mg の含有率および飽和度がかなり高いことは、母材料に泥灰岩の風化物を混入していることの影響によるものと考えられる。

供試した赤色土の抽出腐植および全腐植酸の抽出率は、それぞれ 40% 以下および 10% 以下で、いずれも低い。C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> 比も 0.4 以下で同様に低い。結合腐植酸 [h-(2+3)] もきわめて低いが、酸可溶腐植 (f-

\*1 土壌の化学的性質の一部は小島、黒島および的場<sup>10)</sup>に負うものである。

\*2 黒島および小島<sup>11)13)</sup>はこの土壌をテラロッサ様土として、赤色土と区分しているが、今回は赤色土に含めて扱うことにした。

Table 2. 土壌の化学的性質

Chemical property of soil

(on dry basis)

試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	土色 Color	厚さ Thick- ness (cm)	C (%)	N (%)	C/N	C.E.C.	Exch.		飽和度 Rate of saturation (%)		pH (H <sub>2</sub> O)
									CaO	MgO	CaO	MgO	
								(m.e./100 g)					
土壌群: 赤・黄色土 (Soil group: Red and yellow soils)													
1. 土壌亜群; 赤色土 (Soil subgroup; Red soils)													
43-43	RA	I B II B <sub>1</sub> II B <sub>2</sub>	10YR6/8 7.5YR5/8 7.5YR4.5/8	12 18 25+	1.27 0.49 0.25	0.09 0.06 0.03	14.1 8.2 8.3	6.26 6.07 5.14	0.79 0.47 0.54	0.06 0.17 0.16	12.6 7.7 10.5	1.0 2.8 3.1	4.70 4.70 5.00
42-34	RB	(A)-B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	10YR6/6 5YR5-6/8 2.5YR4/8	15 10~20 40+	1.28 0.72 0.35	0.08 0.07 0.05	16.0 10.3 7.0	4.34 5.10 5.69	0.56 0.72 0.55	0.26 0.08 0.20	12.9 14.1 9.7	6.0 1.6 3.5	4.55 4.45 4.55
42-85	RD	A B <sub>1-1</sub> B <sub>1-2</sub> B <sub>2</sub>	10YR3/4 7.5YR4/6 7.5YR5/6 7.5YR5/6	2~15 0~15 20~25 30+	4.21 0.75 0.77 0.61	0.30 0.11 0.13 0.08	14.0 6.8 5.9 7.6	20.5 12.3 12.3 10.9	7.49 0.59 0.46 0.31	4.06 1.87 1.43 1.68	36.5 4.8 3.7 2.8	19.8 15.2 11.6 15.4	5.30 4.70 4.65 4.70
2. 土壌亜群; 黄色土 (Soil subgroup; Yellow soils)													
42-27	Yc	A-(B) B C	10YR4/4 7.5- 10YR6/8	10 20 20+	4.64 1.72 0.88	0.37 0.19 0.11	12.5 9.2 8.0	16.1 9.01 4.79	2.99 1.00 0.77	0.44 0.18 0.10	18.6 11.1 16.1	2.7 2.0 2.1	4.75 4.80 4.90
42-36	Yc-Im	A-(B) B B-C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	10YR4/4 10YR6/6 10YR7/6 10YR8/3	10 40 15~20 30+	2.41 0.59 0.46 0.14	0.12 0.04 0.03 0.01	20.1 14.8 15.3 14.0	11.2 12.2 19.7 9.2	1.30 1.80 1.37 1.10	2.22 2.80 2.24 0.53	11.6 14.8 7.0 12.0	19.8 23.0 11.4 5.8	4.35 4.95 5.10 5.20
42-37	YD(d)	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> -(B) B	10YR5/6 10YR5/6 7.5YR6-7/8	8~10 12~15 45+	5.71 2.99 0.87	0.39 0.25 0.11	14.6 12.0 7.9	15.2 9.81 5.37	0.71 0.50 0.40	0.37 0.32 0.41	4.7 5.1 7.5	2.4 3.3 7.6	4.15 4.70 4.90
43-10	YD(d)	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B-C	10YR4/3 10YR6/6 10YR6/8 10YR6/8	7 15 15 20+	2.78 0.69 0.68 0.68	0.21 0.06 0.06 0.06	13.2 11.5 11.3 11.3	12.0 9.80 9.68 8.96	0.29 0.12 0.25 0.25	0.27 0.09 0.49 0.41	2.4 1.2 2.6 2.8	2.3 0.9 5.1 4.6	4.45 4.70 4.70 4.75
43-16	YD	A A-B B B-C	10YR3/3 10YR5/4 10YR6/5 10YR7/7	15 13 22 30+	3.13 1.04 0.59 0.52	0.19 0.08 0.04 0.04	16.5 13.0 14.8 13.0	8.94 5.84 4.10 3.98	1.43 0.52 0.43 0.46	0.76 0.12 0.18 0.21	16.0 8.9 10.5 11.6	8.5 2.1 4.4 5.3	5.00 5.10 5.25 5.00
43-24	YD	A (A)-B B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	7.5YR3/2 10YR4/4 10YR6/6 10YR6.5/7	7 16 19 20+	6.08 1.82 1.01 0.62	0.44 0.16 0.10 0.05	13.8 11.4 10.1 12.4	20.2 9.31 8.95 8.79	8.10 2.33 1.46 0.23	5.70 1.21 0.75 0.15	40.1 25.0 16.3 2.6	28.2 13.0 8.4 1.7	5.30 5.20 5.10 5.05
43-4	(R)-YD	A(Y <sub>1</sub> ) B <sub>1</sub> (Y <sub>2</sub> ) B <sub>2</sub> (Y <sub>3</sub> ) B-C(R)	10YR4.5/4 10YR6/6 7.5YR8/6 5YR6/8	15 7 13 50+	1.79 0.50 0.42 0.21	0.11 0.04 0.03 0.02	16.3 12.5 14.0 10.5	7.19 6.24 10.2 13.3	0.47 0.61 0.87 0.58	0.19 0.16 0.09 0.16	6.5 9.8 8.5 4.4	2.6 2.6 0.9 1.2	5.00 5.10 4.90 4.9
43-42	YE	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> B	10YR3/3 10YR4/4 10YR3.5/4 10YR5.5/8	5 25 20 20+	8.45 2.92 2.50 1.63	0.69 0.28 0.25 0.19	12.2 10.4 10.0 8.6	26.2 16.8 14.0 10.5	4.10 1.30 0.50 0.46	1.31 0.42 0.88 0.63	15.6 7.7 3.6 4.4	5.0 2.5 6.3 6.0	4.20 4.30 4.85 4.80
3. 土壌亜群; 表層グライ系赤・黄色土 (Soil subgroup; Surface gleyed red and yellow soils)													
3-1. 表層グライ化赤・黄色土 (Surface gley red and yellow soils)													
42-26	gRY <sub>I</sub>	A-g B <sub>1</sub> -g B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	10YR4-5/2 2.5YR7/4 10YR7/6 10YR6/8 5YR6/8	6 14 8~16 20+	3.92 0.61 0.53 0.21	0.13 0.06 0.05 0.03	30.2 10.2 10.6 7.0	11.4 6.14 5.36 6.05	1.35 1.09 0.67 0.63	0.70 0.34 0.43 0.13	11.8 17.8 12.5 10.4	6.1 5.5 8.0 2.2	4.45 4.70 4.65 4.70

試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	土色 Color	厚さ Thick- ness (cm)	C (%)	N (%)	C/N	C.E.C.	Exch.		飽和度 Rate of saturation (%)		pH (H <sub>2</sub> O)
									CaO	MgO	CaO	MgO	
3-2. 表層グライ灰白化赤・黄色土 (Surface gley bleached red and yellow soils)													
42-14'	gRYb <sub>1</sub>	H A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	黒 灰明 濃黄 黄	4 12~20 8~10 30 20+	34.5 1.39 0.52 0.64 0.46	1.68 0.06 0.05 0.06 0.05	20.5 23.2 10.4 10.7 9.2	67.0 4.49 7.75 8.29 10.4	11.8 0.62 0.92 0.90 0.64	6.39 0.21 0.33 0.29 0.49	17.6 13.8 11.9 10.9 6.2	9.5 4.7 4.3 3.5 4.7	4.20 4.00 4.40 4.50 4.70
土壌群：暗赤色土 (Soil group : Dark red soils)													
1. 土壌亜群：石灰岩に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from limestone)													
43-32	DR <sub>D</sub> -ca	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B	5YR2/1.5 5YR2/1.5 5YR3.5/6	5 15 30+	13.2 6.22 1.76	1.20 0.60 0.22	11.0 10.4 8.0	73.8 49.8 29.2	68.9 40.0 20.9	12.6 5.68 3.31	94.6 80.3 71.6	17.1 11.4 11.3	7.15 6.90 7.05
43-7	DR <sub>D</sub> -ca	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> -B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> -C	7.5YR3/3 10YR4/4 5YR4/6	5 18 25+	10.0 4.61 1.61	0.90 0.45 0.18	11.1 10.2 8.9	51.4 32.9 28.3	45.3 24.7 20.4	9.54 4.55 3.82	88.1 75.1 72.1	18.6 13.8 13.5	6.50 6.50 6.45
43-30	DR <sub>D</sub> -ca	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B	8.75YR4/4 8.75YR4/4 5YR4/5	5 13 20+	2.64 1.55 1.37	0.22 0.17 0.17	12.0 9.1 8.1	14.7 12.7 15.3	4.97 3.67 4.43	3.99 2.17 1.98	33.8 28.9 29.0	27.1 17.1 12.9	6.00 5.90 5.60
2. 土壌亜群：非石灰質母材料に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from non-calcareous parent materials)													
42-64	DR <sub>D</sub> (d)	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	5YR4/2 5YR4/6 5YR4/8 5YR4/8	10 15 25 20+	2.99 1.18 0.88 0.72	0.23 0.12 0.09 0.09	13.0 9.8 9.8 8.0	14.9 13.3 11.6 13.2	5.13 1.29 1.22 1.15	4.21 2.72 2.97 3.94	34.4 9.7 10.5 8.7	28.3 20.7 25.6 29.8	5.85 5.15 5.15 5.20
土壌群：黒色土 (Soil group : Black soils)													
42-68	B/c	A A-B B B-C	7.5YR1.7/1 7.5YR3/2 10YR4/4 7.5YR5/6	15 15 15 20+	4.9 2.1 0.9 0.6	0.42 0.18 0.12 0.09	12 12 8 7	30.5 24.0 20.3 19.5	11.0 7.09 9.56 9.66	7.13 4.08 4.53 3.72	36.1 29.5 47.1 49.5	23.4 17.0 22.3 19.1	5.30 5.25 5.60 5.70
42-57	B/d	I (A <sub>1</sub> ) II (A <sub>2</sub> ) III (A <sub>3</sub> ) IV (C)	10YR1.7/1 2.5YR1.7/1 10YR2/1 10YR3/4	20 20 20 20+	6.0 2.4 1.4 0.3	0.36 0.18 0.09 0.02	17 14 15 15	19.6 10.5 9.26 2.32	15.8 20.6 12.7 3.15	2.88 1.21 0.10 0.16	80.6 196 137 136	14.9 11.5 1.1 6.9	6.70 7.70 7.70 7.70
土壌群：石灰岩に由来する土壌 (レンジナ様土) (Soil group : Soils from limestone (Rendzina-like soils))													
42-82	Ren <sub>D</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B-C	5YR3/1 7.5YR3/2 7.5YR3/4	12 20 20+	8.70 3.88 3.00	0.79 0.43 0.33	11.0 9.0 9.1	51.5 43.3 35.9	62.0 53.4 66.0	5.25 2.58 1.40	120 123 184	10.2 6.0 3.9	7.40 7.50 7.70
42-69	Ren <sub>E</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> B	10YR3/2 10YR3/2 10YR3/3 7.5YR4/3	5 25 10~12 20+	3.47 1.41 1.30 0.63	0.36 0.18 0.16 0.09	9.6 7.8 8.1 7.0	22.1 13.7 13.0 8.13	23.7 13.0 14.7 7.52	3.25 1.87 1.07 1.35	105 94.9 113 92.5	14.7 13.6 8.2 16.6	6.90 6.95 7.30 7.20
42-43	Ren <sub>F</sub>	A A-B B <sub>1</sub> -g B <sub>2</sub> -g	10YR3/4 10YR3/3 10YR3/3 7.5YR4/6 10YR4/2.5	22~26 12~15 20 35+	2.40 1.84 1.05 1.13	0.25 0.18 0.13 0.12	9.6 10.2 8.1 9.4	15.4 14.0 12.2 13.0	8.39 8.13 6.26 6.68	2.16 1.32 1.71 0.94	54.5 58.1 51.3 51.4	14.0 9.4 14.0 7.2	6.15 6.10 6.10 6.10

Table 3. 腐 植 の 組 成

## Humus composition

試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	層 位 Horizon	抽出腐植 Extractable humus	腐 植 酸 Humic acid			フ ル ボ 酸 Fulvic acid					$C_h/C_f$
				h-1	h-(2+3)	Total	f-1a	f-1	f-(2+3)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> soluble C	Total	

土壌群：赤・黄色土 (Soil group: Red and yellow soils)

## 1. 土壌亜群；赤色土 (Soils subgroup; Red soils)

43-43	RA	I B	37.5	9.8	0.4	10.2	14.9	8.3	4.1	—	27.3	0.37
42-34	RB	(A)-B <sub>1</sub>	35.9	8.9	0.6	9.5	12.7	13.1	0.6	—	26.4	0.36
		B <sub>2</sub>	40.3	5.5	trace	5.5	23.3	8.8	2.7	—	34.8	0.16
42-85	Rd	A	34.8	8.8	1.3	10.1	10.2	11.7	2.8	—	24.7	0.41
		B <sub>1</sub>	26.2	2.9	trace	2.9	15.5	5.2	2.6	—	23.3	0.12

## 2. 土壌亜群；黄色土 (Soil subgroup; Yellow soils)

42-27	Yc	A-(B)	43.2	9.9	2.2	12.1	9.8	9.1	3.0	—	31.1	0.39
		B	47.3	3.9	0.1	4.0	30.9	7.8	4.6	—	43.3	0.09
		C	47.3	3.9	trace	3.9	30.7	8.3	4.4	—	43.4	0.09
42-36	Yc-Im	A	33.9	8.8	0.9	9.7	10.6	11.2	2.4	—	24.2	0.28
		B	37.6	0.2	trace	0.2	21.7	8.8	6.9	—	37.4	0.005
42-37	Yd(d)	A <sub>1</sub>	48.4	11.3	2.7	14.0	18.4	9.9	6.1	—	34.4	0.41
		A <sub>2</sub> -(B)	45.7	6.3	0.6	6.9	24.0	8.3	6.5	—	38.8	0.18
		B	38.4	1.7	trace	1.7	24.6	5.0	7.1	—	36.7	0.05
43-10	Yd(d)	A	43.3	22.5	trace	22.5	9.8	9.1	1.9	—	20.8	1.08
		B <sub>1</sub>	45.4	6.9	trace	6.9	30.7	7.8	trace	—	38.5	0.18
		B <sub>2</sub>	45.3	6.3	trace	6.3	30.7	8.3	trace	—	39.0	0.16
43-16	Yd	A	42.4	16.3	3.2	19.5	7.1	14.5	1.3	—	22.9	0.85
		A-B	42.1	8.8	1.8	10.6	18.1	12.4	1.0	—	31.5	0.34
		B	45.9	6.2	trace	6.2	23.6	15.7	0.4	—	39.7	0.16
43-24	Yd	A	41.0	20.7	0.5	21.2	4.8	13.3	1.7	—	19.8	1.07
		(A)-B	43.4	10.8	2.0	12.8	13.1	14.9	2.6	—	30.6	0.42
		B <sub>1</sub>	46.8	7.1	0.7	7.8	21.7	13.4	3.9	—	39.0	0.20
43-4	(R)-Yd	A	42.1	12.8	1.0	13.8	14.6	9.6	4.1	—	28.3	0.49
		B <sub>1</sub>	46.3	6.4	trace	6.4	24.1	9.4	6.4	—	39.9	0.16
		B <sub>2</sub>	33.9	2.5	trace	2.5	20.9	7.2	3.3	—	31.4	0.08
43-42	Y <sub>E</sub>	A <sub>1</sub>	41.8	19.9	trace	19.9	6.8	11.9	3.2	—	21.9	0.91
		A <sub>2</sub>	47.9	14.2	0.6	14.8	14.3	15.4	3.4	—	33.1	0.45
		A <sub>3</sub>	45.9	11.7	0.6	12.3	14.4	14.9	4.3	—	33.6	0.37
		B	49.0	7.1	2.8	9.9	19.3	15.4	4.4	—	39.1	0.25

## 3. 土壌亜群；表層グライ系赤・黄色土

(Soil subgroup; Surface gleyed red and yellow soils)

## 3-1. 表層グライ化赤・黄色土 (Surface gley red and yellow soils)

42-26	gRY <sub>I</sub>	A-g	41.3	21.3	0.3	21.6	5.9	8.8	5.0	—	19.7	1.10
		B <sub>1</sub> -g	38.9	7.3	0.2	7.5	17.3	13.9	0.2	—	31.4	0.23

## 3-2. 表層グライ灰白化赤・黄色土

(Surface gley bleached red and yellow soils)

42-14'	gRYb <sub>I</sub>	A	29.5	13.4	1.3	14.7	4.7	9.5	0.6	—	14.8	0.99
		B <sub>1</sub>	49.5	3.9	trace	3.9	29.8	13.7	2.1	—	45.6	0.09

Table 3. (つづき) (Continued)

試料番号 Sample no.	土壌型 Type of soil	層 位 Horizon	抽出腐植 Extract- able humus	腐 植 酸 Humic acid			フ ル ボ 酸 Fulvic acid					C <sub>h</sub> /C <sub>f</sub>
				h-1	h-(2+3)	Total	f-1a	f-1	f-(2+3)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> soluble C	Total	
土壌群：暗赤色土 (Soil group : Dark red soils)												
1. 土壌亜群；石灰岩に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from limestone)												
43-32	DRD-ca	A <sub>1</sub>	40.8	10.2	6.6+4.1	20.9	6.6	7.5	4.2+1.6	(3.4)	19.9	1.05
		A <sub>2</sub>	46.8	8.9	9.5+3.0	21.4	9.2	6.6	5.8+3.8	(2.3)	25.4	0.84
		B	36.0	1.7	2.0+1.7	5.4	14.0	1.1	7.2+8.3	(2.2)	30.6	0.18
43-7	DRD-ca	A <sub>1</sub>	37.7	11.6	6.1+1.4	19.1	6.5	6.0	3.2+2.9	(2.6)	18.6	1.03
		A <sub>2</sub> -B <sub>1</sub>	45.3	12.9	6.2+1.4	20.5	8.2	7.2	3.5+5.9	(2.0)	24.8	0.83
		B <sub>2</sub> -C	34.1	1.4	3.3+1.4	6.1	12.6	1.2	6.7+7.5	(2.2)	28.0	0.22
43-30	DRD-ca	A <sub>1</sub>	39.8	14.1	1.1+0.3	15.5	9.1	10.9	1.6+2.7	(2.2)	24.3	0.64
		A <sub>2</sub>	44.0	16.2	trace+3.1	19.3	12.6	9.2	0.2+2.7	(2.0)	24.7	0.78
		B	42.9	9.5	0.1+3.4	13.0	14.4	11.8	trace+3.7	(2.3)	29.9	0.48
2. 土壌亜群；非石灰質母材料に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from non-calcareous parent materials)												
42-64	DRD(d)	A	40.6	14.7	2.1	16.8	7.8	13.7	3.1	—	24.6	0.68
		B <sub>1</sub>	44.0	3.7	trace	3.7	23.6	11.8	4.9	—	40.3	0.09
		B <sub>2</sub>	33.6	2.4	trace	2.4	16.0	12.5	2.7	—	31.2	0.08
土壌群：黒色土壌 (Soil group : Black soils)												
42-68	B/c	A	54.9	29.6	6.1	35.7	4.7	9.9	4.6	—	19.2	1.86
		A-B	60.5	40.3	5.0	45.3	6.4	5.1	3.7	—	15.2	2.78
		B	45.7	10.7	12.4	23.1	11.7	3.9	7.0	—	22.6	1.02
		B-C	34.7	2.7	5.8	8.5	12.3	5.8	8.1	—	26.2	0.32
42-57	B/c	I (A <sub>1</sub> )	58.2	17.1	13.5+5.1	35.7	7.8	6.0	4.4+4.3	(1.6)	22.5	1.59
		II (A <sub>2</sub> )	47.3	3.4	10.6+16.1	30.1	8.0	1.2	1.8+6.2	(1.4)	17.2	1.75
		III (A <sub>3</sub> )	50.9	8.2	12.6+13.6	34.4	8.2	2.2	1.1+5.0	(1.2)	16.5	2.08
		IV (C)	60.4	2.3	38.7+trace	41.0	8.4	0.4	6.6+4.0	(2.4)	19.4	2.11
土壌群：石灰岩に由来する土壌 (レンジナ様土) (Soil group : Soils from limestone (Rendzina-like soils))												
42-82	Rend	A <sub>1</sub>	36.3	5.1	9.9+4.7	19.7	4.8	4.8	1.1+5.9	(2.7)	16.6	1.19
		A <sub>2</sub>	44.8	2.5	13.5+9.0	24.8	7.4	1.0	4.7+6.9	(2.0)	20.0	1.24
		B-C	30.0	1.7	6.2+0.3	8.2	9.3	0.8	9.1+4.2	(2.0)	21.8	0.38
42-69	Rene	A <sub>1</sub>	39.0	11.0	11.5+0.5	23.0	5.5	8.0	1.9+0.6	(3.4)	16.0	1.44
		A <sub>2</sub>	43.3	4.2	14.2+3.6	22.0	6.9	9.0	4.5+0.9	(1.3)	21.3	1.03
		A <sub>3</sub>	47.8	6.7	9.6+9.4	25.4	7.4	1.5	7.9+5.3	(1.2)	22.1	1.16
		B	50.2	6.6	10.4+6.4	23.4	7.4	4.8	6.3+8.3	1.0	26.8	0.87
42-43	RenF	A	47.8	16.2	2.0+3.0	21.2	9.6	13.6	1.3+2.1	(2.2)	26.6	0.80
		A-B	47.9	15.1	2.7+1.2	19.0	10.9	12.1	1.1+4.2	(1.8)	28.3	0.67
		B <sub>1</sub> -g	44.8	10.7	3.9+3.4	18.0	11.7	9.8	2.1+3.0	(1.7)	26.8	0.68
		B <sub>2</sub> -g	38.5	8.0	1.1+1.9	11.0	8.5	11.6	1.1+6.3	(2.0)	27.5	0.40

Remarks: Humus composition is expressed by the carbon of humus fraction as per cent of total soil organic carbon.

f-1a: acid soluble humus, h-1 and f-1: humic acid and fulvic acid in Fraction-1 (free humus),  
h-2 and f-2: humic acid and fulvic acid in Fraction-2 (humus combined with Ca), h-3 and  
f-3: humic acid and fulvic acid in Fraction-3 (humus combined with R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



Table 4. 腐植酸の光学的性質

Optical property of humic acid

試料番号 Sample no.	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
土壌群：赤・黄色土 (Soil group: Red and yellow soils)														
1. 土壌亜群；赤色土 (Soil subgroup; Red soils)														
43-43	RA	I B	0.708	0.761	0.135	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>	0.694	0.788	0.145	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>				
42-34	RB	(A)-B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.810	0.975	0.219	R <sub>P±</sub>	0.649	0.966	0.209	P <sub>±</sub>				
			0.816	0.667	0.179	R <sub>P±</sub>	0.605	0.622	0.159	P <sub>±</sub>				
42-85	RD	A B <sub>1</sub>	0.790	0.932	0.171	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>	0.719	0.995	0.169	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>				
			0.732	0.731	0.155	R <sub>P</sub>	0.736	0.632	0.130	R <sub>P</sub>				
2. 土壌亜群；黄色土 (Soil subgroup; Yellow soils)														
42-27	Yc	A-(B) B C	0.675	1.089	0.246	P <sub>±</sub>	0.659	1.001	0.242	P <sub>±</sub>				
			0.590	0.851	0.253	P <sub>±</sub>	0.473	0.924	0.240	P <sub>±</sub>				
			0.491	0.782	0.205	P <sub>±</sub>	0.479	0.684	0.191	P <sub>±</sub>				
42-36	Yc-Im	A-(B) B	0.511	0.927	0.255	P <sub>±</sub>	0.466	1.017	0.231	P <sub>±</sub>				
			0.435	—	0.242	P <sub>±</sub>	0.407	—	0.303	P <sub>±</sub>				
42-37	Yd(d)	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> -(B) B	0.603	0.875	0.305	P <sub>±</sub>	0.619	0.808	0.278	P <sub>±</sub>				
			0.510	0.858	0.267	P <sub>±</sub>	0.497	0.871	0.251	P <sub>±</sub>				
			0.573	0.713	0.199	P <sub>±</sub>	0.442	0.513	0.237	P <sub>±</sub>				
43-10	Yd(d)	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.726	0.920	0.204	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>	0.688	0.924	0.194	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>				
			0.462	1.051	0.283	P <sub>±</sub>	0.422	0.881	0.274	P <sub>±</sub>				
			0.520	0.878	0.227	P <sub>±</sub>	0.461	0.749	0.253	P <sub>±</sub>				
43-16	Yd	A A-B B	0.654	0.843	0.178	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>	0.649	0.723	0.164	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>				
			0.483	0.917	0.279	P <sub>±</sub>	0.469	0.789	0.238	P <sub>±</sub>				
			0.460	0.742	0.257	P <sub>±</sub>	0.411	0.624	0.234	P <sub>±</sub>				
43-24	Yd	A (A)-B B <sub>1</sub>	0.784	0.972	0.179	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>	0.737	0.896	0.187	R <sub>P</sub> ~R <sub>P±</sub>				
			0.624	0.937	0.225	P <sub>±</sub>	0.505	0.768	0.323	P <sub>±</sub>				
			0.527	1.030	0.304	P <sub>±</sub>	0.417	0.976	0.348	P <sub>±</sub>				
43-4	(R)-Yd	A(Y <sub>1</sub> ) B <sub>1</sub> (Y <sub>2</sub> ) B <sub>2</sub> (Y <sub>3</sub> )	0.574	0.777	0.249	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>	0.612	0.829	0.299	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>				
			0.629	—	0.156	P <sub>±</sub>	0.538	—	0.166	P <sub>±</sub>				
			0.680	—	0.195	P <sub>±</sub>	0.494	—	0.208	P <sub>±</sub>				
43-42	YE	A <sub>1</sub>	0.853	0.849	0.157	R <sub>P</sub>	0.793	0.748	0.161	R <sub>P</sub>				
		A <sub>2</sub>	0.572	0.680	0.325	P <sub>±</sub>	0.578	0.720	0.351	P <sub>±</sub>				
		A <sub>3</sub>	0.497	0.772	0.363	P <sub>±</sub>	0.490	0.773	0.433	P <sub>±</sub>				
		B	0.501	1.002	0.200	P <sub>±</sub>	0.428	0.950	0.355	P <sub>±</sub>				
3. 土壌亜群；表層グライ系赤・黄色土 (Soil subgroup; Surface gleyed red and yellow soils)														
3-1. 表層グライ化赤・黄色土 (Surface gley red and yellow soils)														
42-26	gRY I	A-g B <sub>1</sub> -g	0.609	0.785	0.267	P <sub>±</sub> P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>	0.604	0.728	0.284	P <sub>±</sub> P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>				
3-2. 表層グライ灰白化赤・黄色土 (Surface gley bleached red and yellow soils)														
42-14'	gRYb I	A B <sub>1</sub>	0.579	0.845	0.263	P <sub>±</sub> P <sub>±</sub>	0.564	0.724	0.247	P <sub>±</sub> P <sub>±</sub>				
			0.534	0.714	0.195	P <sub>±</sub>	0.569	0.689	0.191	P <sub>±</sub>				

Table 4. (つづき) (Continued)

試料番号 Sample no.	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		
土壌群：暗赤色土 (Soil group : Dark red soils)																
1. 土壌亜群：石灰岩に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from limestone)																
43-32	DRD-ca	A <sub>1</sub>	0.779	0.778	0.142	R <sub>P</sub>	0.604	0.675	0.313	P <sub>0</sub>	0.665	0.681	0.318	P <sub>0</sub>		
		A <sub>2</sub>	0.752	0.760	0.209	R <sub>P</sub>	0.526	0.610	0.543	P <sub>0</sub>	0.562	0.613	0.521	B		
		B	0.773	—	0.058	R <sub>P</sub>	0.650	0.841	0.220	P <sub>+</sub>	0.660	0.844	0.173	P <sub>+</sub>		
43-7	DRD-ca	A <sub>1</sub>	0.819	0.776	0.162	R <sub>P</sub>	0.657	0.889	0.299	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>	0.689	0.879	0.292	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>		
		A <sub>2</sub> -B	0.746	0.808	0.222	R <sub>P</sub> ~R <sub>P</sub> ±	0.555	0.848	0.397	P <sub>+</sub>	0.624	0.825	0.392	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub>		
		B <sub>2</sub> -C	0.730	—	0.091	R <sub>P</sub>	0.587	0.807	0.265	P <sub>+</sub>	0.567	0.748	0.199	P <sub>±</sub>		
43-30	DRD-ca	A <sub>1</sub>	0.636	0.680	0.391	B~P <sub>0</sub>	0.550	0.661	0.437	P <sub>0</sub>	0.578	0.663	0.435	P <sub>0</sub>		
		A <sub>2</sub>	0.544	0.634	0.551	B	0.520	0.633	0.610	A	0.542	0.636	0.593	B		
		B	0.547	0.649	0.629	A	0.522	0.622	0.655	A	0.563	0.639	0.645	A		
2. 土壌亜群：非石灰質母材料に由来する暗赤色土 (Soil subgroup; Dark red soils from non-calcareous parent materials)																
42-64	DRD(d)	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0.581 0.597 0.623	0.640 0.696 0.665	0.380 0.394 0.204	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub> P <sub>+</sub> P <sub>#</sub>	0.524 0.531 0.577	0.649 0.736 0.695	0.460 0.394 0.210	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub> P <sub>+</sub> P <sub>#</sub>						
土壌群：黒色土 (Soil group : Black soils)																
42-68	B/c	A A-B B B-C	0.502 0.530 0.609 0.677	0.597 0.637 0.682 0.723	0.755 0.992 0.311 0.120	A A P <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0.473 0.517 0.512 0.551	0.545 0.626 0.631 0.732	0.821 0.980 0.727 0.310	A A A~A <sub>±</sub> P <sub>+</sub>						
		42-57	B/b	I (A <sub>1</sub> ) II (A <sub>2</sub> ) III (A <sub>3</sub> ) IV (C)	0.526 0.598 0.549 0.587	0.783 0.764 0.675 0.594	0.486 0.263 0.394 0.355	P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub> P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub> P <sub>0</sub> ~P <sub>±</sub> P <sub>0</sub>	0.443 0.441 0.432 0.420	0.568 0.614 0.702 0.680	0.741 0.891 0.902 1.085	A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub>	0.448 0.500 0.460 0.523	0.602 0.649 0.632 0.679	0.741 0.715 0.728 1.070	A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub> A~A <sub>±</sub>
				土壌群：石灰岩に由来する土壌 (レンジナ様土) (Soil group : Soils from limestone (Rendzina-like soils))												
42-82	Rend			A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B-C	0.791 0.731 0.729	0.828 0.587 —	0.140 0.167 0.110	R <sub>P</sub> R <sub>P</sub> R <sub>P</sub>	0.567 0.501 0.604	0.655 0.620 0.674	0.499 0.721 0.339	B A P <sub>0</sub>	0.583 0.557 0.616	0.670 0.623 0.665	0.494 0.627 0.398	B A P <sub>0</sub>
		42-69	Rene	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> B	0.811 0.615 0.633 0.624	0.755 0.684 0.637 0.609	0.150 0.324 0.230 0.259	R <sub>P</sub> P <sub>0</sub> P <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0.587 0.468 0.492 0.525	0.650 0.602 0.607 0.634	0.302 0.681 0.634 0.733	P <sub>0</sub> A A A	0.634 0.503 0.541 0.529	0.660 0.607 0.684 0.678	0.274 0.632 0.674 0.763	P <sub>0</sub> A A A
				43-43	Renr	A A-B B <sub>1</sub> -g B <sub>2</sub> -g	0.596 0.568 0.698 0.564	0.663 0.643 0.714 0.660	0.547 0.561 0.513 0.597	B B B B	0.506 0.491 0.549 0.496	0.651 0.643 0.637 0.636	0.679 0.772 0.579 0.828	A A B A	0.572 0.541 0.568 0.520	0.682 0.672 0.689 0.646

Remarks :  $\Delta \log K_1 = \log K_{400} - \log K_{600}$  $\Delta \log K_2 = \log K_{650} - \log K_{850}$ Rf is  $K_{600}$  of Na-humate solution containing carbon 100 mg per liter.

Table 5. 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  ないし  $\Delta \log K_2$  と Rf の直線相関係数Linear correlation coefficient between  $\Delta \log K_1$  or  $\Delta \log K_2$   
and Rf value of humic acid

腐植酸 Humic acid	土壌群, 亜群または土壌型 Soil group, subgroup or type of soil	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 value)			
h-1 h-(1+2+3)	Yellow soils, Yc-soils	5	0.332 -0.274
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., Y <sub>D</sub> (d), Y <sub>D</sub> and Y <sub>E</sub> soils	19	-0.615** -0.515*
h-1 h-(1+2+3)	Dark red soils, from limestone	9	-0.935** -0.889**
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., from non-calcareous parent materials	3	-0.899 -0.991**
h-1 h-(1+2+3)	Black soils, P 42-68	4	-0.809 -0.677
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., P 42-57	4	-0.946* -0.892*
h-1 h-(1+2+3)	Rendzina-like soils	11	-0.762** -0.877**
$\Delta \log K_2$ および Rf 間 (Between $\Delta \log K_2$ and Rf value)			
h-1 h-(1+2+3)	Yellow soils, Yc-soils	4	0.542 0.918*
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., Y <sub>D</sub> (d), Y <sub>D</sub> and Y <sub>E</sub> soils	17	-0.336 0.301
h-1 h-(1+2+3)	Dark red soils, from limestone	7 9	-0.968** -0.780**
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., from non-calcareous parent materials	3	-0.341 -0.274
h-1 h-(1+2+3)	Black soils, P 42-68	4	-0.846 -0.882*
h-1 h-(1+2+3)	Ibid., P 42-57	4	0.153 0.730
h-1 h-(1+2+3)	Rendzina-like soils	10 11	-0.234 -0.544
Remarks : Freedom			
Significant $r$ at 1% level			
at 5% level			
	2	3	4
	6	8	9
	10	16	18
	0.990	0.959	0.917
	0.834	0.765	0.735
	0.708	0.590	0.561
	0.950	0.878	0.811
	0.707	0.632	0.602
	0.576	0.468	0.444

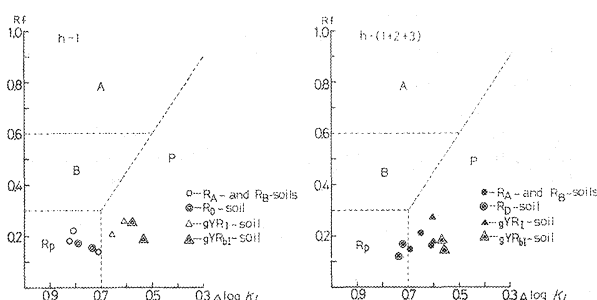


Fig. 2 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と  $R_f$  の関係 (赤色土, 表層グライ化赤・黄色土, 表層グライ灰白化赤・黄色土)

Correlation between  $\Delta \log K_1$  and  $R_f$  value of humic acid (Red soils, surface gleyed red and yellow soils and surface gleyed bleached red and yellow soils).

1a) の抽出率はかなり高く, 10~23% に達する。

遊離腐植酸 ( $h=1$ ) は  $R_P$ ,  $R_P \sim R_{P\pm}$  ないし  $R_{P\pm}$  型, 全腐植酸は  $R_P$ ,  $R_P \sim R_{P\pm}$ ,  $P_0 \sim P_{\pm}$  ないし  $P_{\pm}$  型に属し,  $P_g$  (Green humic acid, 緑色腐植酸) の影響は少ない。これらの各腐植酸はいずれも  $\Delta \log K_1$  は大きく, 0.71~0.82 および 0.61~0.74 に達し,  $R_f$  は小さく, 0.14~0.22 および 0.13~0.21 に過ぎず, 腐植化度は低い (Fig. 2 参照)。

これらの腐植の組成および腐植酸

の光学的性質に示される腐植の形態的な特徴は, 内地の赤色土の場合<sup>5)</sup> ときわめて近似しているといえる。

## 5-2. 黄色土

琉球諸島における黄色土は, 山地帯において石灰質土壌地域を除く全域に広く分布する<sup>11)13)</sup>。内地の黄色土は赤色土と類似した生成過程による古土壌と推定されているのに対して, 琉球諸島の黄色土は現気候下に生成されつつある土壌と推定されている<sup>13)</sup>。琉球諸島の黄色土に属する各土壌型の出現地形は, 内地における褐色森林土のそれぞれ対応する各土壌型の場合と同様である。

供試した黄色土の表層土における腐植の含有率は, 断面ごとにそれぞれかなり異なる。また, C/N 比は 12~20 を示し, 同じ土壌型でもかなりの相違が見られる。置換性 Ca および Mg の含有率および飽和度, pH は一般に低く, かなり酸性が強い。上述のように, 琉球諸島における黄色土の各土壌型とその地形的な分布状態は, 内地の褐色森林土の場合と同様であるが, 内地の褐色森林土の場合に見られるような土壌の水分環境の相違に対応した各土壌型の化学的性質の相違は, 琉球諸島の黄色土の場合には褐色森林土ほど明りように認められなかった。

供試した黄色土では, 表層土における抽出腐植は未熟な  $Y_c$  型土壌 (P 42-36) 以外では 41~48% を示し, とくに明りような相違は見られなかった。しかし, 全腐植酸の抽出率は乾性土壌 ( $Y_c$  型土壌) では低くて 10~12% であったが, 湿性土壌 ( $Y_d(d)$ ,  $Y_d$  および  $Y_e$  型土壌) では 14~23%, 多くは 20% 前後を示し, 明りような増大を示した。 $C_h/C_f$  比は乾性土壌では 0.28~0.39 に過ぎなかったが, 湿性土壌では 0.41~1.08, 多くは 1.0 前後を示し, 同様に湿性土壌では明りような増大が見られた。

また, 同じ断面では, 表層から下層に向って全腐植酸の抽出率,  $C_h/C_f$  比は減少を示し, 酸可溶腐植の抽出率は増大を示した。いずれの場合も, 結合腐植酸の全腐植酸に対する比率はきわめて低く, trace~20% 程度に過ぎなかったが, pH, 置換性 Ca の飽和度などから見て, 結合腐植酸は  $R_2O_3$  型腐植酸 ( $h=3$ ) が主体をなしているものと推定される。

遊離および全腐植酸は, いずれも一部は  $R_P$  および  $R_P \sim R_{P\pm}$  型であったが, 多くは  $P_0 \sim P_{\pm}$  型の P 型亜型が主体を占め, 全般的に  $P_g$  の影響はかなり強いといえる。 $\Delta \log K_1$  はそれぞれ 0.44~0.85 および

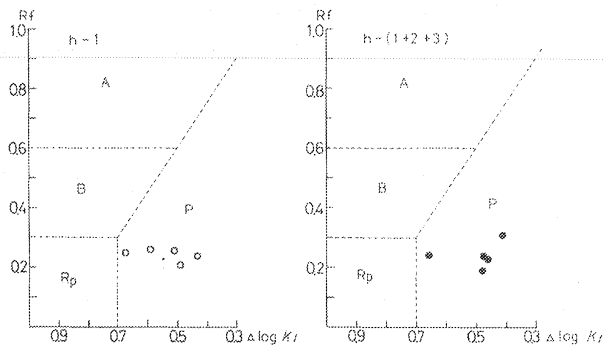
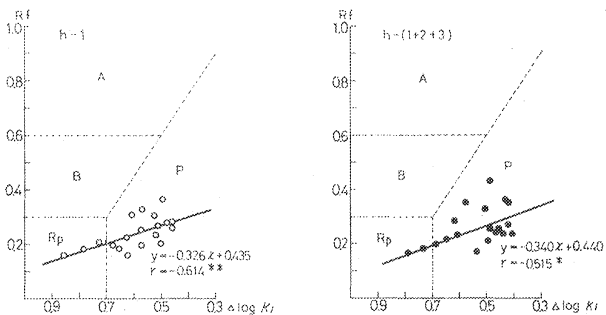


Fig. 3 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf の関係 (黄色土壌 (1), Yc 型土壌)  
Correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf value of humic acid (Yellow soils (1), Yc-soils).

Fig. 4 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf の直線相関関係 (黄色土壌 (2), Y<sub>D</sub>(d), Y<sub>D</sub> および Y<sub>E</sub> 土壌)  
Linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf value of humic acid (Yellow soils (2), Y<sub>D</sub>(d), Y<sub>D</sub> and Y<sub>E</sub> soils).



0.41~0.79, Rf は 0.16~0.36 および 0.16~0.43 を示した。これらの値は乾性土壌と湿性土壌との相違が明らかではなかった。また、赤色土と比べると、 $\Delta \log K_1$  の下限および Rf の上限はさらに拡大され、変化の幅はかなり大きいといえる。

遊離および全腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf は、湿性の土壌では有意ないし、きわめて有意な負の直線相関関係を示したが、 $\Delta \log K_1$  の低下にともなう Rf の増大は小さい。これに対して、乾性の土壌では有意な直線相関関係は認められなかった (Fig. 3 および 4 参照)。

これらの黄色土の乾性および湿性土壌の腐植の形態を、同様に現気候下に生成され、それぞれ同様の地形に出現する内地の褐色森林土の乾性および湿性土壌と比べると、腐植の組成の面では、乾性の黄色土の全腐植酸の抽出率および  $C_h/C_f$  比が小さいこと、腐植酸の光学的性質の面では、湿性の黄色土で全般的に  $\Delta \log K_1$  が大きく、Rf が小さく、 $\Delta \log K_1$  と Rf との回帰式において  $\Delta \log K_1$  の低下にともなう Rf の増大が小さいことなど、腐植化度が低いと考えられる点に相違が見られる。

### 5-3. 表層グライ系赤・黄色土

この土壌亜群は暫定的に表層グライ化赤・黄色土と表層グライ灰白化赤・黄色土の2つに区分されている。

#### 5-3-1. 表層グライ化赤・黄色土

この土壌は台地上の平坦ないし微凹地形に出現し<sup>18)</sup>、停滞水の影響による表層グライ化作用を受けた土壌である。

表層の A-g 層の腐植の含有率は比較的少ない。C/N 比がいちじるしく大きいことは、過湿によって土壌微生物の有機物の分解作用が阻害されることによるものであろう。また、B<sub>1</sub>-g 層以下で腐植の含有率

が激減していることは、土層がち密で透水性が不良なために、腐植の浸透が阻害されていることによるものである。しかし、 $B_1$ -g 層以下の  $C/N$  比は小さい。また、各層位いずれも置換性  $Ca$  および  $Mg$  に乏しく、 $pH$  も低く、強酸性を呈する。

腐植の組成は前述の湿性の黄色土ととくに明りょうな相違は見られない。

遊離および全腐植酸は、いずれも  $A$ -g 層は  $P_{\pm}$  型、 $B_1$ -g 層は  $P_0 \sim P_{\pm}$  型である。 $\Delta \log K_1$  および  $R_f$  に示される腐植化度は全般的に比較的低い (Fig. 2 参照)。

#### 5-3-2. 表層グライ灰白化赤・黄色土

この土壌は上述の表層グライ化赤・黄色土に隣接して、丘陵頂部および台地の緩斜面に出現する<sup>13)</sup>。この土壌の灰白化層の成因については、ポドゾル化作用によるものか、またはグライ化作用によるものかは、未だ定説が確立していない。

この土壌の化学的性質は、上述の表層グライ化赤・黄色土と同様の傾向を示しているが、 $A$  層の腐植の含有率はさらに低く、 $pH$  もさらに低く、強酸性を呈する。

腐植の組成および腐植酸の光学的性質は、全般的には上述の表層グライ化赤・黄色土と同様の傾向を示しているといえる (Fig. 2 参照)。しかし、 $A$  層の抽出腐植はきわめて少なく、30% に過ぎず、また、 $B_1$  層における酸可溶腐植はかなり大きく、30% に達したことが注目される。後者の特徴は、第 4 報<sup>9)</sup> に示したポドゾル化土壌の場合と同様の傾向を示しているといえる。

### 6. 暗赤色土群の腐植の形態 (論議 2)

供試した暗赤色土は、石灰岩に由来するものと、安山岩質集塊岩に由来するものである。新しい林野土壌の分類<sup>16)</sup>によると、暗赤色土群は塩基系、非塩基系および火山系の 3 亜群に区分される。塩基系および非塩基系の暗赤色土亜群は、 $B$  層の置換性  $Ca$  および  $Mg$  の飽和度の和が 50% を境にして区分されている。このような分類基準にしたがうと、石灰岩に由来する暗赤色土のうち、 $P 43-32$  および  $P 43-7$  は塩基系に、 $P 43-30$  は非塩基系亜群として区分されることになる。しかし、以下に述べるように、石灰岩に由来する暗赤色土の腐植の形態は一定の法則性のある変化が認められるので、筆者らは供試した暗赤色土を、石灰岩に由来するものと、その他の母材に由来するものとに区分して扱うことにする。

#### 6-1. 石灰岩に由来する暗赤色土

供試した石灰岩に由来する暗赤色土の  $A$  層の腐植の含有率は、断面ごとにかかなりの相違が見られる。しかし、 $C/N$  比は  $A$  層は 9~12、 $B$  層は 8~9 で、わが国の森林土壌としてはいちじるしく小さい。置換性  $Ca$  飽和度および  $pH$  は  $P 43-32$  は 72~95%, 6.9~7.2,  $P 43-7$  は 72~88%, 6.50,  $P 43-30$  は 29~34%, 5.6~6.0 を示し、土壌中の  $Ca$  の溶脱の程度は断面ごとにかかなり異なる。

腐植の組成は、 $A$  層の全腐植酸の抽出率および  $C_h/C_f$  比は、それぞれ 16~21% および 0.64~1.05 を示す。これらの価は上述の湿性の黄色土の場合とほぼ同程度である。

結合腐植酸の全腐植酸に対する比率は、置換性  $Ca$  飽和度および  $pH$  によって異なり、これらの価の高い  $P 43-32$  および  $P 43-7$  では約 35~75% に達したが、これらの価の低い  $P 43-30$  では約 10~30% に過ぎなかった。これらの結合腐植酸のうちで、 $Ca$  型腐植酸 ( $h-2$ ) の全腐植酸に対する比率は、 $P 43-32$  および  $P 43-7$  は約 30~55%,  $P 43-30$  は trace~約 10% 以下に過ぎなかった。

遊離腐植酸は、 $P 43-32$  および  $P 43-7$  は大部分が  $R_f$  型、一部が  $R_f \sim R_{f\pm}$  型に属し、 $\Delta \log K_1$  は

0.73~0.82で大きく、 $R_f$ は0.06~0.22で小さく、腐植化度は低い。これに対して、P 43-30では、A、Bおよび $P_0$ 型に属し、 $\Delta \log K_1$ は0.54~0.64、 $R_f$ は0.39~0.63を示し、腐植化度はかなり高くなっている。

遊離+Ca型腐植酸 [ $h-(1+2)$ ] および全腐植酸 [ $h-(1+2+3)$ ] は、P 43-32 および P 43-7 は主として $P_0$ 、 $P_0 \sim P_{\pm}$ 、 $P_{\pm}$ 、 $P+$  および  $P_{++}$  の各種P型亜型に属し、一部にB型が見られるが、P 43-30はA、Bおよび $P_0$ 型である。Pgの影響は前2者にわずかに認められるに過ぎず、全般的にきわめて弱いといえる。P 43-32 および P 43-7 では、 $\Delta \log K_1$ は0.53~0.69、 $R_f$ は0.17~0.54を示し、P 43-30では $\Delta \log K_1$ は0.52~0.58、 $R_f$ は0.44~0.66を示し、いずれも遊離腐植酸に比べると腐植化度の増大がいちじるしいが、P 43-30よりもP 43-32 および P 43-7の方がさらに顕著であった。

これらの供試暗赤色土の腐植の形態的な相違、すなわち、全腐植酸では腐植化度の相違は各断面はいずれも明りょうな相違が見られないが、遊離腐植酸がCaの溶脱の程度によって顕著な相違を示していることは、次のような見解を裏付けするものといえる。すなわち、腐植酸は腐植化度が異なるfractionの集合体と考えられる。Caが豊富に存在する土壌では、pHが中性に近いために土壌微生物の作用が活発となり、腐植化過程の進行が行われる。腐植化過程の進行したfractionはCaと結合してCa型腐植酸を形成し、同時に一部は $R_2O_3$ 型腐植酸を形成する。この場合に未熟なfractionは遊離腐植酸を形成する。その後土壌のCaの溶脱が進行すると、Ca型腐植酸は遊離腐植酸に変化し、その結果Ca型腐植酸の減少と腐植化度の高い遊離腐植酸が多量に生成されることになるものと推定される。供試土壌のうちで、P 43-32 および P 43-7 は未だCaの溶脱が進行していない段階、P 43-30はCaの溶脱がかなり進行した段階にあるものと推定することができる。

さらに、これらの結果は、土壌中にCa型腐植酸が豊富に(約30~50%ないし50%以上)存在するのは、おおそ置換性Ca飽和度が70%以上、pH 6.5前後以上と推定される。

遊離および全腐植酸は、いずれも $\Delta \log K_1$ と $R_f$ 間に有意な負の直線相関関係が認められる。いずれの場合も、 $\Delta \log K_1$ の低下にともなう $R_f$ の増大が大きいことが注目される (Fig. 5 参照)。

## 6-2. 非石灰質母材に由来する暗赤色土

供試した安山岩質集塊岩に由来する暗赤色土は、腐植の含有率は低いが、C/N比も同様に低く、上述の石灰岩に由来する暗赤色土と明りょうな相違は見られない。置換性Ca飽和度およびpHは、A層では比較的高いが、B層ではかなりの減少を示す。しかし、置換性Mgの含有率および飽和度はかなり高い。

腐植の組成では、A層の全腐植酸の抽出率および $C_h/C_f$ 比は、上述の石灰岩に由来する暗赤色土と明りょうな相違は見られない。これらの値は、いずれもB層以下ではいちじるしい減少を示す。また、各層

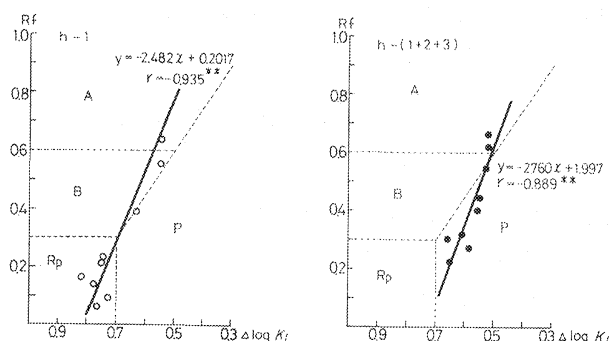


Fig. 5 腐植酸の $\Delta \log K_1$ と $R_f$ の直線相関関係 (石灰岩に由来する暗赤色土)

Linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and  $R_f$  value of humic acid (Dark red soils from limestone).

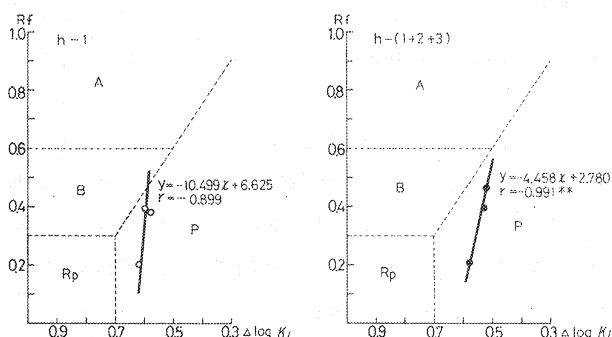


Fig. 6 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf の直線相関関係  
(非石灰質母材に由来する暗赤色土)  
Linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf  
value of humic acid (Dark red soils from  
non-calcareous parent materials).

位いずれも結合腐植酸の全腐植酸に対する比率は低く、trace～約10%に過ぎない。

遊離および全腐植酸は、いずれも  $P_0$ ,  $P_{II}$  および  $P_{III}$  型に属するが、酸性の強いB層ではPgの影響が強いことが認められる。 $\Delta \log K_1$  は0.58～0.62および0.52～0.58, Rfは0.20～0.39および0.21～0.46を示し、腐植化度は比較的高いといえる。

全腐植酸は  $\Delta \log K_1$  と Rf 間に

きわめて有意な負の直線相関関係が認められたが、遊離腐植酸は有意な関係は認められなかった。遊離および全腐植酸のいずれの場合も  $\Delta \log K_1$  の低下にともなう Rf の増大はきわめて大きく、前述の石灰岩に由来する暗赤色土の場合と同様の傾向を示しているといえる (Fig. 6 参照)。

### 6-3. ま と め

上述の2つの Subgroup に区分される暗赤色土の腐植の形態的な特徴は、土壤中のCaの影響の程度によって、Ca型腐植酸の抽出率、遊離腐植酸の光学的性質などの面でかなりの相違が見られるが、全腐植酸の抽出率および光学的性質、 $C_h/C_f$  比などの面では全般的にかなり近似しているといえる。

同時に、このような暗赤色土の腐植の形態的特徴は、内地の暗赤色土<sup>6)</sup>と近似しているが、さらに、赤色土と比べると、同様に内地の赤色土の場合も含めて、いちじるしい相違を示しているといえる。

暗赤色土の生成過程の解明は、わが国の森林土壌の分類体系を確立するための残された重要な研究課題の一つである。暗赤色土の遊離酸化物の形態については、内地における暗赤色土と赤色土が近似した特徴を有することが明らかにされているが<sup>7)</sup>、琉球諸島におけるこの両土壌群の遊離鉄の形態についても同様の事実が認められている<sup>15)</sup>。しかし、上述のように、腐植の形態的な特徴の面では、両土壌群がいちじるしい相違を示していることは、すこぶる興味のある事実であると同時に、今後の暗赤色土の生成過程の解明に対して有力な手がかりを与えるものといえよう。

### 7. 黒色土群 (非火山灰性) の腐植の形態 (論議 3)

琉球諸島における黒色土の分布はきわめて極限されている。今回供試した P 42-68\* は、洪積世の運積物を母材料として、山頂緩斜面に小面積出現しているに過ぎない。また、P 42-57 は海岸の背後の後背沼沢地 (Backmarsh) の排水陸化によって生成したものであって、多くの貝殻の破片を含む砂質な土壌で、明らかに水成の土壌である。

今回供試した両土壌は、いずれも非火山灰性の黒色土であるが、母材料、母材料の影響による土壌の化学的性質および腐植の組成 (Ca型腐植酸)、生成過程などの面で明りょうな相違が見られるので、それぞれ別個に論ずることにした。

\* P 42-68 については、一部を文献 8) に発表した。



## 7-1. 非 Ca 質黒色土 (P 42-68)

この土壌は、内地の黒色土と比べると、腐植の含有率はいちじるしく低く、同時に C/N 比も低い。置換性 Ca およびとくに Mg 含有率および飽和度、pH は、わが国の森林土壌としては比較的高い。

この土壌の特徴層位である A および A-B 層では、全腐植酸の抽出率は 36~45%,  $C_h/C_f$  比は 1.86~2.78 を示し、すこぶる高い。これらの値はいずれも下層ほど減少を示し

ている。結合腐植酸の全腐植酸に対する比率は 10~70% に達し、下層ほど増大を示している。これらの結合腐植酸は、土壌の置換性 Ca 飽和度および pH などから見て、 $R_2O_3$  型腐植酸が主体をなすものと思われる。

遊離および全腐植酸は、特徴層位である A および A-B 層はいずれも A 型に属する。 $\Delta \log K_1$  は 0.50~0.53 および 0.47~0.52 で小さく、Rf は 0.76~0.99 および 0.82~0.98 でいちじるしく大きく、腐植化度はいちじるしく高い。

これらの A および A-B 層における腐植の形態の特徴は、第 3 報<sup>5)</sup>で示した内地の黒色土の場合と同様である。

下層土の B および B-C 層では、遊離腐植酸は  $P_0$  型、結合腐植酸は A~A $\pm$  型および P+ 型に属していた。A~A $\pm$  型腐植酸はほぼ上述の A 型腐植酸と同様の形態的な特徴を示していたが、その他は A 型腐植酸に比べて  $\Delta \log K_1$  は大きく、Rf は小さくて、腐植化度は低い。

遊離および全腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf 間の負の直線相関関係において、 $\Delta \log K_1$  の低下にともなう Rf の増大はいちじるしく大きく、この点は第 3 報<sup>5)</sup>の内地の黒色土と同様の傾向を示しているといえる (Fig. 7 参照)。

## 7-2. 石灰質黒色土 (P 42-57)

この土壌は腐植の含有率は低く、C/N 比は比較的大きい。置換性 Ca の含有率および飽和度はいちじるしく高く、II (A $_2$ ) 層以下ではそれぞれ飽和度は 100% をこえ、pH 7.70 に達していることはとくに注目に値する。

腐植の組成の面では、全層位いずれも全腐植酸の抽出率は 30~41%,  $C_h/C_f$  比は 1.59~2.11 に達し、いずれもすこぶる高い。結合腐植酸の全腐植酸に対する比率も 52~94% とすこぶる高い値を示したが、とくにそのうち Ca 型腐植酸の比率が全腐植酸の 35~94% に達していたことがとくに注目に値する。この点は土壌のすこぶる豊富な Ca の影響によるものといえる。

遊離腐植酸は  $P_0$  ないし  $P_0 \sim P_{\pm}$  型に属し、 $\Delta \log K_1$  は 0.53~0.60、Rf は 0.26~0.49 を示し、腐植化度は比較的高い。遊離 + Ca 型腐植酸および全腐植酸は A~A $\pm$  型に属し、 $\Delta \log K_1$  は 0.43~0.52、Rf は 0.71~1.09 を示し、腐植化度はいちじるしく高い。

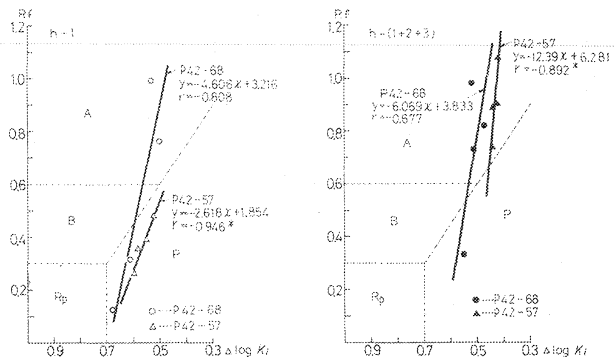


Fig. 7 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と Rf の直線相関関係 (黒色土)

Linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf value of humic acid (Black soils).

これらの諸点は、前述の石灰岩に由来する暗赤色土の場合と同様に、腐植酸を構成する各 fraction 中腐植化度のいちじるしく高い fraction が  $R_2O_3$  およびとくに Ca と強固に結合し、腐植化度の低い fraction が遊離腐植酸を形成している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 間に有意な負の直線相関関係が認められた。この場合の  $\Delta \log K_1$  の低下にともなう Rf の増大はいちじるしく大きい (Fig. 7 参照)。

この土壌の以上のような腐植の形態的な特徴は、Ca 型腐植酸に富む点以外は、上述の P 42-68 の場合と同様に、内地の黒色土の場合と同様といえる。

### 7-3. ま と め

今回供試した 2 つの黒色土は、生成過程が異なると思われるにもかかわらず、きわめて近似した形態的な特徴を有し、また、内地の黒色土の場合とも良く一致している。

内地の黒色土の生成については、allophane に富む火山灰に由来する母材的な特性の影響によるものとする見解が一般的である<sup>14)</sup>。しかし、一方では非火山灰性 (非 allophane 質) の黒色土<sup>17)20)</sup> や水成の黒色土<sup>12)</sup> も報告されている。

今回の黒色土はいずれも非火山灰性である。P 42-57 は後背沼沢地の陸化によるもので、その腐植は水性ないし水辺植物の遺体が水中において嫌氣的分解を受けて、その後陸化して引きつづいて好氣的な分解を受けて生成されたものであろうと推定される。

第 3 報<sup>6)</sup> で論じたように、allophane の存在は腐植化過程の進行に有利な条件であるとしても、allophane の認められない今回の黒色土が、allophane 質の黒色土ときわめて近似した腐植の形態を示していることは、黒色土の生成には allophane の存在は必ずしも必須の条件ではないことを示しているものといえるであろう。

上述の石灰岩に由来する暗赤色土および以下に述べるレンジナ様土の例に明らかなように、土壌中の豊富な Ca の存在とそれにとまなう中性に近い土壌条件は、腐植化過程の進行に有利な条件であるとしても、石灰質の黒色土の分布はきわめて極限されたものに過ぎない。また、これらの石灰質の母材料に由来する土壌の腐植の組成は、全腐植酸の抽出率および  $C_h/C_f$  比は黒色土に比べるといちじるしく低い点で明りょうな相違が見られる。第 4 報<sup>6)</sup> の泥炭土は腐植の組成の面では黒色土と近似性が見られるが、腐植酸の光学的性質に見られる腐植化度はかなり低い点で明りょうな相違が見られる。

これらの点から見て、黒色土の生因を単一の因子に求めることは難しいのではないかと思われるが、いずれにもせよ、黒色土の成因の解明にはなお今後の研究の発展を期待したい。

## 8. レンジナ様土 (石灰岩に由来する土壌) の腐植の形態 (論議 6)

琉球諸島の隆起珊瑚礁石灰岩 (琉球石灰岩) 地帯では、黒島および小島<sup>11)13)</sup> によってレンジナ様土と命名された土壌の分布が見られる。この土壌の命名は暫定的なもので、分類上の位置は未確定である。

この土壌の断面形態は、赤色風化ないし暗赤色風化の兆候は見られず、厚い黒褐色の A 層を形成する。置換性 Ca の含有率および飽和度、pH は断面ごとにかんがりの相違が見られるが、いずれも全般的にいちじるしく高く、母材料の性質を強く示しているといえる。琉球諸島の湿潤、温暖な気候下に出現するこの土壌を、レンジナ様土と命名することは多少の問題が残されているといえるが、上述の形態的特徴や母材料の影響を強く反映している点などから、この報告においても同様にレンジナ様土として扱うことにする。

供試したレンジナ様土は、腐植の含有率は各断面ごとにかなりの相違が見られるが、C/N 比は小さく、11 以下である。置換性 Ca の含有率および飽和度、pH は各断面ごとにかなりの相違が見られ、Ca 飽和度は 100% をこえて、稀 HCl によって発泡の見られるものから、50~60% まで、pH は 7.4~7.7 の微塩基性を呈するものから、6.1 前後までかなりの相違が見られる。この点は高温多雨の気候下における Ca の溶脱の進行の程度の相違によってもたらされたものと思われる。

腐植の組成の面では、A 層における全腐植酸の抽出率は 19~25%、 $C_h/C_f$  比は 0.67~1.24 を示し、さらに、B 層ではこれらの値は減少を示した。結合腐植酸の全腐植酸に対する比率は置換性 Ca 飽和度、pH によって異なり、飽和度 100% 前後および pH 7.0 前後ないしそれ以上を示す P 42-82 および P 42-69 では、50~90% に達する。一方飽和度 50~60%、pH 6.1 前後の場合には、結合腐植酸は全腐植酸の 20~40% に過ぎない。また、そのうち Ca 型腐植酸は前 2 者は約 50~75% に達するが、後者は約 10~20% に過ぎない。

これらの諸点は、前述の石灰岩に由来する暗赤色土および第 2~4 報<sup>4)~6)</sup> で述べた各種土壌についての結果も併せて総合すると、Ca 型腐植酸がかなり豊富に存在し、全腐植酸の約 30~50% に達するのは、Ca 飽和度約 70%、pH 6.5 前後以上と見られ、きわめて豊富に存在し、全腐植酸の 50% 以上に達するのは、Ca 飽和度 100%、pH 7.0 前後以上と考えられる。

遊離腐植酸は、結合腐植酸の比率がとくに高い P 42-82 および P 42-69 はいずれも  $R_p$  ないし  $P_0$  型に属し、 $\Delta \log K_1$  は 0.62~0.81、 $R_f$  は 0.11~0.32 を示し、腐植化度は比較的低い。これに対して、結合腐植酸の比率の低い P 42-43 は B 型に属し、 $\Delta \log K_1$  は 0.56~0.70、 $R_f$  は 0.51~0.60 を示し、腐植化度はかなりの増大を示している。

遊離+Ca 型腐植酸および全腐植酸は、一部に B および  $P_0$  型が見られたが、大部分は A 型である。A 型腐植酸は  $\Delta \log K_1$  は 0.47~0.56、 $R_f$  は 0.63~0.84 を示し、腐植化度はいちじるしく高い。

このような各断面ごとの腐植の組成および腐植酸の光学的性質の相違は、前述の石灰岩に由来する暗赤色土の場合と同様の考え方——すなわち、土壌中の豊富な Ca の存在による腐植化過程の進行と腐植化度の高い Ca 型腐植酸の生成、その後の Ca の溶脱にともなう Ca 型腐植酸の減少および腐植化度の高い遊離腐植酸の生成——によって説明し得るであろう。

遊離および全腐植酸は、いずれも  $\Delta \log K_1$  と  $R_f$  間にきわめて有意な負の直線相関関係が認められる (Fig. 8 参照)。この場合  $\Delta \log K_1$  の低下にともなう  $R_f$  の増大はいずれもかなり大きいといえるが、とくに全腐植酸の場合にいちじるしい。

これらの琉球諸島のレンジナ様土の腐植の形態は、第 3 報<sup>5)</sup> の内地のレンジナ様土と比べると、全腐植酸の腐植化度がいちじるしく高い点に相違が見られる。この点は、後者が冷涼なブナ帯に位置するために、気

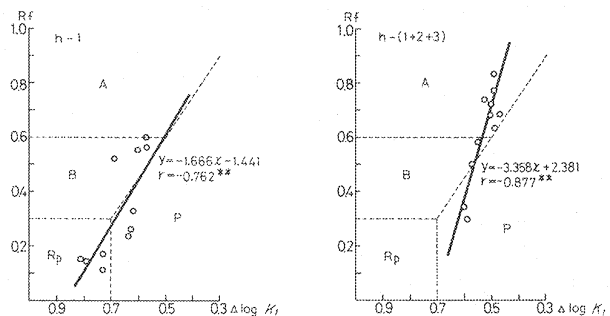


Fig. 8 腐植酸の  $\Delta \log K_1$  と  $R_f$  の直線相関関係 (レンジナ様土)

Linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and  $R_f$  value of humic acid (Rendzina-like soils).

候条件の相違の影響によるものであらうと思われる。

また、黒色土と比べると、同様に全腐植酸はA型腐植酸を主体とし、腐植化度がいちじるしく高い点で共通性を有するが、全腐植酸の抽出率が低い点に明りょうな相違が見られる。

## 9. お わ り に

この報告は沖縄における主要な森林土壌の腐植の形態的な特徴を明らかにするとともに、先に報告した内地における同じ土壌群の腐植の形態との比較を行い、これらの相互の関係を明りょうにしたものである。さらに、内地では分布の極限とされている石灰質の母材料に由来するレンジナ様土および暗赤色土の特異な腐植の形態や、非火山灰性（非 allophane 質）の黒色土の腐植についても興味のある知見を得ることができた。

この研究は、筆者らの一人河田の関西支場在勤中に行われたものである。

稿を終えるに当り、琉球諸島の森林土壌について有益な助言を与えられ、またこの研究の遂行に対して多大の御援助をいただいた関西支場長 黒鳥 忠博士に対して心からの謝意を表する。

## 文 献

- 1) 江川友治・佐藤昭夫：東海地方に分布する、いわゆる黒ぼく土壌の粘土鉱物，粘土科学の進歩(4)，239～247，(1962)
- 2) 加藤芳朗 (KATO, Y.)：東海地方東部の「黒ボク」土壌の細砂鉱物組成 (Mineralogical composition of fine sand fractions of some "kuroboku" soils in the eastern area of the Tokai Region, along the Pacific coast of Japan)，日土肥誌 (Jap. J. Sci. Soil and Manure)，31，25～28，(1960)
- 3) 河田 弘 (KAWADA, H.)：TYURIN 法による土壌有機炭素の定量の検討およびその改良法について (An examination of the TYURIN's method for determination of soil organic carbon and a proposed modification of the chromic acid titration method)，林野土調報 (Forest Soils of Japan)，8，67～80，(1957)
- 4) ————：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 soil)，林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.)，270，89～110，(1975)
- 5) ————：同 上 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 (Ibid., Part 3. Humus form of the black soil, degraded black soil, red soil, yellow soil and rendzina-like soil)，同 上 (Ibid.)，278，51～74，(1975)
- 6) ————：同 上 第4報 乾性および湿性ポドゾル，暗赤色土，泥炭土および泥炭の腐植の形態 (Ibid., Part 4. Humus form of the dry and wet podzols, dark red soil, peaty soil and peat)，同 上 (Ibid.)，284，57～80，(1976)
- 7) 河田 弘・西田豊昭 (KAWADA, H. and NISHIDA, T.)：森林土壌の遊離酸化物について (Free sesquioxide in representative forest soils)，同 上 (Ibid.)，275，1～22，(1975)
- 8) 小島俊郎・黒鳥 忠・河田 弘・的場節子：(KOJIMA, T., KURATORI, T., KAWADA, 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 soil in Ryukyu Islands)，日林誌 (Jap. J. For.)，56，1～6，(1974)
- 9) 故小島俊郎・黒鳥 忠 (The late KOJIMA, T. and KURATORI, T.)：沖縄地域の森林立地学的研究 第1報，土壌環境と出現した土壌の種類ならびに形態，分布の特徴 (Forest soils of Okinawa Part 1. Environment, morphological character and distribution of forest soil)，林試研報投稿予定

(Will appear in Bull. Gov. For. Exp. Stat.)

- 10) 小島俊郎・黒鳥 忠・的場節子：同 上 第2報，主要な土壌の一般化学的性質，同 上
- 11) 黒鳥 忠：沖縄の森林土壌を調査して，森林立地，XI (1)，20～27，(1969)
- 12) 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)
- 13) 黒鳥 忠・小島俊郎 (KUROTORI, T. and KOJIMA, T.)：沖縄の森林土壌概説 (General remarks of forest soils in the Ryukyu Islands)，日林誌 (Jap. J. For.)，51，227～230，(1969)
- 14) Ministry of agriculture and forestry; Japanese Government: Volcanic ash soils in Japan, 1～211, (1964)
- 15) 西田豊昭・小島俊郎 (NISHIDA, T. and KOJIMA, T.)：沖縄地域の森林立地学的研究 第3報 赤色土，黄色土，赤黄色土，表層グライ化赤黄色土および暗赤色土の遊離酸化鉄の形態 (Forest soils of Okinawa, Part 3. On the form of free iron oxide in red, yellow, red-yellow and dark red soils in Okinawa)，林試研報投稿予定 (Will appear in Bull. Gov. For. Exp. Stat.)
- 16) 林業試験場土じょう部 (Forest Soil Division)：林野土壌の分類 (1975) [Classification of forest soil in Japan (1975)]，林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.)，280，1～28，(1976)

## Studies on the Humus Form of Forest Soil Part 5

### Humus form of the representative forest soils in Ryukyu Islands

Hiroshi KAWADA<sup>(1)</sup> and the late Toshiro KOJIMA

#### 1. Introduction

The Ryukyu Islands (Okinawa) locate in the warm and humid subtropical zone. Their climatic conditions, vegetation and distribution of soil are unique and different from those of the homeland (Honshu, Shikoku and Kyusyu). Though some soil groups or subgroups are common to those of the homeland, the wide distribution of the yellow soils and the relatively wide distribution of the neutral or weakly basic soils from limestone are very interesting.

The writers wish to throw light on the humus form of the representative forest soils.

The selected soils are the red soils, yellow soils, surface gleyed red and yellow soils, dark red soils, black soils and rendzina-like soils.

#### 2. Selected soils

The selected soils are a part of the soils taken by the late KOJIMA, one of the writers, and KUROTORI and their detailed data on their environmental factors, morphological characters and distribution will soon appear<sup>9)</sup>.

Received April 21, 1976

(1) Forest Soils Division

The site conditions of the selected soils are briefly described in Table 1.

The classification of soil is based on the 1975 Report of the Forest Soil Division of our Experimental Station<sup>10)</sup>.

### 3. Analytical method and classification of humic acid

The analytical method and classification of humic acid are the same as those in Part 2<sup>4)</sup>. But the carbon of soil is determined by the chromic acid titration method<sup>9)</sup>.

The writers subdivided the A, P and R<sub>p</sub> types of humic acid having a very broad and weak shoulder band near 615 m $\mu$  into A $\sim$ A $\pm$ , P<sub>0</sub> $\sim$ P $\pm$  and R<sub>p</sub> $\sim$ R<sub>p</sub> $\pm$  types to distinguish them from typical A and A $\pm$ , P<sub>0</sub> and P $\pm$  and R<sub>p</sub> and R<sub>p</sub> $\pm$  types, respectively, as stated in Part 4<sup>6)</sup> (See Fig. 1).

### 4. Chemical property of soil, humus composition and optical property of humic acid (Result)

The chemical properties of the selected soils are set forth in Table 2, their humus compositions in Table 3, their optical properties of humic acid in Table 4 and the absorption spectra of the representative type of humic acid in Fig. 1.

The linear correlation coefficients between  $\Delta \log K_1$  or  $\Delta \log K_2$  and R<sub>f</sub> value of the free and total humic acids of every soil group, subgroup or type are stated in Table 5.

### 5. Humus form of the red and yellow soils group (Discussion 1)

#### 5-1. Soil subgroup : Red soils

The red soils in the Ryukyu Islands distribute on the diluvial terraces<sup>13)</sup>. Their genesis is supposed to be very similar to that of the same soils in the homeland, namely, the relic soil formed in the older diluvium under the warm climatic condition.

They are low in humus content. Their C/N ratios are relatively low and they are 14~16 in surface horizons and less than 10 in lower horizons.

They are acidic and poor in humus and exchangeable Ca and Mg. But the higher pH value and rates of exchangeable Ca and Mg saturation of A horizon and higher exchangeable Mg contents and their rates of saturations of B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> horizons in P 42-85 may be the effect of the dolomitic parent materials\*.

The ranges of extractable humus and total humic acid are low and they are less than 40% and 10%, respectively. Those of C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratios are low, i. e. less than 0.41. Those of acid soluble humus (f-1 a) are 10~23%. The rates of combined humic acid [h-(2+3)] to the total humic acid [h-(1+2+3)] are very low, i. e. less than about 10%.

The free humic acid (h-1) belongs to R<sub>p</sub>, R<sub>p</sub> $\sim$ R<sub>p</sub> $\pm$  and R<sub>p</sub> $\pm$  types and the total humic acid to R<sub>p</sub>, R<sub>p</sub> $\sim$ R<sub>p</sub> $\pm$ , P<sub>0</sub> $\sim$ P $\pm$  and P $\pm$  types. The effects of P<sub>g</sub> (green humic acid) are low in general.

The free and total humic acids express the high  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.71~0.82 and 0.61~0.74, respectively. Besides, their R<sub>f</sub> values are low, i. e. only 0.14~0.22 and 0.13~0.21, respectively

\* KURATORI and KOJIMA<sup>13)</sup>, one of the writers, classified P 42-85 into terra rossa-like soil and distinguished it from the true red soils. Though the writers include it into the red soil subgroup in their present paper, the classification of the red soils from dolomitic parent material will be a problem awaiting solution in the future.

(see Fig. 2). Those values stated the unadvanced humifying process of humic acid.

Summarizing the features of humus composition and optical properties of humic acid, the humus form of the red soils in the Ryukyu Islands is very similar to that of the same soils in the homeland in Part 3<sup>5)</sup>.

#### 5-2. Soil subgroup: Yellow soils

Yellow soils in the Ryukyu Islands widely distribute on the mountainous area except that from the calcareous parent materials<sup>18)</sup>. Against the yellow soils in the homeland supposed to be the relic soil formed under the similar genetic process to the red soils, the yellow soils in the Ryukyu Islands are presumed to be formed under the current environmental factors<sup>18)</sup>.

The humus contents of surface horizons of the selected yellow soils are divergent by profile. The ranges of their C/N ratio are 12~20 and fairly different among the soils of same type. Their exchangeable Ca and Mg contents, their rates of saturation and pH values are low in general. Though the relation between the type of soil and their topographical distribution is quite similar to that of the brown forest soils in the homeland, the differences of the chemical properties among the types of soil are not clearly recognized in the yellow soils as those of the brown forest soils.

The ranges of extractable humus in surface horizon are 41~48% except the immature Bc-soil (P 42-36). But the ranges of total humic acid of surface horizon are increased in the wet yellow soils (Y<sub>D</sub>(d)-, Y<sub>D</sub> and Y<sub>E</sub>-soils) in comparison with the dry yellow soils (Y<sub>C</sub>-soils). They are 14~23% and the greater part of them are about 20% in the former and only 10~12% in the latter. Their C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratios show the similar trend, and they are 0.41~1.08 and about 1.0 for the most part in the former and 0.28~0.39 in the latter. The total humic acid and C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratio decrease and the acid soluble humus (f-1 a) increases from surface downwards in every profile.

The rates of combined humic acid to the total humic acid are low, i. e. trace~about 20%. Taking the pH values and rates of exchangeable Ca saturation into consideration, the most part of the combined humic acid would be R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> type (h-3).

A part of the free and total humic acids is R<sub>F</sub> and R<sub>F</sub>~R<sub>F±</sub> types, but the greater part of them is the subtypes of P type humic acid, i. e. P<sub>0</sub>~P<sub>#</sub>. The effect of P<sub>g</sub> increases in the yellow soils in comparison with that in the red soils.

The ranges of  $\Delta \log K_1$  of free and total humic acids are 0.44~0.85 and 0.41~0.79 and those of their R<sub>f</sub> value are 0.16~0.36 and 0.16~0.43, respectively. The differences of those values between the dry and wet yellow soils are not clearly recognized. Comparing those values with those of the red soils, the lower limits of  $\Delta \log K_1$  and upper limits of R<sub>f</sub> value are expanded.

Very significant or significant negative linear correlations are expressed in the free and total humic acids of the wet yellow soils. The increases of R<sub>f</sub> value corresponding to the decreases of  $\Delta \log K_1$  in the regression curves are low. However, no significant linear correlation is observed in the dry yellow soils (see Fig. 3 and 4).

Comparing the above-mentioned values of the yellow soils with those of the corresponding types of the brown forest soils in the homeland in Part 2<sup>9)</sup>, the lower total humic acids and C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratios in the dry yellow soils and larger  $\Delta \log K_1$ , lower R<sub>f</sub> values and less increases of R<sub>f</sub> value corresponding to the decreases of  $\Delta \log K_1$ , i. e. the unadvanced humifying process, in the wet yellow soils are noticeable.

### 5-3. Soil subgroup : Surface gleyed red and yellow soils

The soils of this subgroup are subdivided into the surface gley red and yellow soils, and the surface gley bleached red and yellow soils.

#### 5-3-1. Surface gley red and yellow soils

The soil distributes on the flat or slightly concaved plots on the upland<sup>33)</sup>. Their surface gleyed horizon by the stagnated water is characteristic.

The humus content of its surface horizon, A-g horizon, is low. Its large C/N ratio is induced by the effect of the checked activity of soil microbes in its anaerobic condition. The remarkably decreased humus contents of B<sub>1</sub>-g and downward horizons are affected by the utmost decreased water percolation due to their extreme compactness. Their C/N ratios are low. Every horizon is poor in exchangeable Ca and Mg and low in pH values.

No clear difference is observed on the humus composition of this soil comparing with that of the above-mentioned yellow soils.

Free and total humic acids are P<sub>±</sub> type in A-g horizon and P<sub>0</sub>~P<sub>±</sub> type in B<sub>1</sub>-g horizon. Their humifying process is unadvanced as expressed in its high  $\Delta \log K_1$  and low pH values (see Fig. 2).

#### 5-3-2. Surface gley bleached red and yellow soils

The distribution of this soil is contiguous to the surface gley red and yellow soils on the gentle slopes of the hill top and upland. The genesis of this soil, that is, whether formed by the surface gleyization or by the podzolization is not still confirmed.

The chemical properties of this soil expressed a similar trend to those of the above-mentioned surface gley red and yellow soils. But it is low in humus content in A horizon and more acidic in the corresponding horizons. Its humus composition and optical properties of humic acid are similar to those of the surface gley red and yellow soils (see Fig. 2). But very low extractable humus of A horizon, i. e. about 30%, and relatively large acid soluble humus in B<sub>1</sub> horizon, i. e. 30%, are noticeable. The latter feature is similar to that of the podzolic soils in Part 4<sup>6)</sup>.

## 6. Humus form of the dark red soil group (Discussion 2)

The newly proposed classification of forest soil (1975)<sup>16)</sup> divides the dark red soil group into the eutric, dystic and volcanic dark red soils in its subgroups. The criteria to divide the eutric and dystic subgroups are the rates of exchangeable Ca + Mg saturation of B horizon where the border line is 50%. According to that classifying system, P 43-32 and P 43-7 belong to the eutric subgroup and P 43-30 to the dystic subgroup among the selected soils. However, as described hereunder, the humus form of the dark red soils from limestone express a methodical change by their degrees of leaching of Ca. Therefore, the writers temporarily divide the selected dark red soils into the following two subgroups; Dark red soil from limestone and that from non-calcareous parent material.

### 6-1. Soil subgroup : Dark red soils from limestone

The humus content of A horizons of the selected soils are divergent by profile. But their C/N ratios are very low, i. e. 9~12 in A horizons and 8~9 in B horizons. The rates of exchangeable Ca saturation and pH values are decreased according to the advances of leaching of Ca and they are 72~95% and 6.9~7.2 in P 43-32, 72~88% and 6.5 in P 43-7 and 29~34% and 5.6~6.0 in P 43-30.



The rates of extraction of total humic acid and  $C_h/C_f$  ratios of their A horizons are 16~21% and 0.64~1.05, respectively. Those values are nearly equal to the above-mentioned wet yellow soils. The rates of combined humic acid to the total humic acid relate to the rates of exchangeable Ca saturation and pH value. On P 43-32 and P 43-7 which are nearly neutral or slightly acidic, the rates are 35~75%, but on P 43-30 which is low in pH value, they are only 10~30%. Besides, the rates of Ca-humate to total humic acid are 30~55% in the former and trace~less than 10% in the latter.

The greater part of free humic acids of P 43-32 and P 43-7 is  $R_f$  type and a part of them is  $R_f \sim R_{f\pm}$  type. Their low humifying process are expressed in their large  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.73~0.82, and small  $R_f$  values, i. e. 0.06~0.22. Against them, free humic acids of P 43-32 are A, B and  $P_0$  types and their relatively small  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.54~0.64, and relatively large  $R_f$  values, i. e. 0.39~0.63, express their advanced humifying process.

On the free humic acid + Ca-humate [ $h-(1+2)$ ] and total humic acid, those of P 43-32 and P 43-7 are B,  $P_0$ ,  $P_0 \sim P_{\pm}$ ,  $P_{\pm}$  and  $P_{++}$  types and those of P 43-30 are A, B and  $P_0$  types.

On the former, their  $\Delta \log K_1$  are 0.52~0.69 and their  $R_f$  values are 0.17~0.54. On the latter, its  $\Delta \log K_1$  are 0.52~0.58 and its  $R_f$  values are 0.44~0.66. The more advanced humifying process are recognized in combined humic acid than in free humic acid in every case.

The remarkable differences of the optical properties of free humic acids of the selected dark red soils are explained as follows: Humic acid is supposed to be an aggregate of the fractions which are in various humifying processes. In the soil rich in Ca, its nearly neutral reaction accelerates the soil microbial activities and humifying process. The fraction in advanced humifying process will combine with Ca and form Ca-humate. At that time immature fraction will be remaining as free humic acid. After that time, if the leaching of Ca in the soil is advanced, Ca-humate would be changed into free humic acid and that induces the decrease of Ca-humate and the increase of free humic acid that will be in an advanced stage of humification. On the selected dark red soils, P 43-32 and P 43-30 at the stage where the leaching of Ca is not still advanced, but P 43-30 is at the stage strongly leached.

Summarizing those results, the soils abundant in Ca-humate, i. e. about 30~50% or more, would be more than about 70% in exchangeable Ca saturation and more than 6.5 in pH value.

Significant negative linear correlations between  $\Delta \log K_1$  and  $R_f$  value are expressed on the free and total humic acids. The increases of  $R_f$  value corresponding to the decrease of  $\Delta \log K_1$  in the regression curves are large (see Fig. 5).

#### 6-2. Soil subgroup: Dark red soils from non-calcareous parent materials

One of the selected dark red soils, P 42-64, is from andestic agglomerate. Its humus contents are low. Its C/N ratios are low and similar to those of the same soils from limestone. The rates of exchangeable Ca and pH value are relatively high in its A horizon but they remarkably decrease in its B horizon. Even so, the rates of Mg saturation are relatively high in its every horizon.

The total humic acid and  $C_h/C_f$  ratio of its A horizon are similar to those of the dark red soils from limestone. But the rate of combined humic acid to the total humic acid in its every horizon is low, i. e. trace~about 10%.

Free and total humic acids are  $P_0$ ,  $P_{++}$  and  $P_{\equiv}$  types. The effect of  $P_g$  is strongly expressed in its B horizon. Their fairly advanced humifying process is expressed in their relatively low  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.58~0.62, and 0.52~0.58, and relatively high  $R_f$  values, i. e. 0.20~0.39 and 0.21~0.46, respectively.

Very significant negative linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf value is expressed on the total humic acid but no significant correlation on the free humic acid. The increases of Rf value corresponding to the decrease of  $\Delta \log K_1$  in the regression curves are remarkably large (see Fig. 6).

### 6-3. Summary

The humus form of two soil subgroups of the above-mentioned dark red soils are very similar except the rates of Ca-humate and the optical properties of their free humic acids. They are also very similar to those of the dark red soils in the homeland in Part 4<sup>6)</sup>. But they are very different from those of the red soils including those of the homeland.

The clarification of genesis of the dark red soils is one of the remaining important problems for the classification of the forest soils. The form of free sesquioxides of the dark red soils is very similar to that of the red soils in the homeland<sup>7)</sup>. The similar trend is recognized on both soils in the Ryukyu Islands, too<sup>15)</sup>. However, remarkable difference of the humus form between both soils as above-mentioned is worthy of note, and it will provide an important suggestion for the elucidation of the genesis of the dark red soils.

## 7. Humus form of the black soil group (Discussion 3)

The distribution of the black soil in the Ryukyu Islands is extremely limited. P 42-68 is from the diluvial transported materials and it expresses no sign of allophane in its DTA curves<sup>9)</sup>. It locates on the gentle slope near mountain top. P 42-57 is formed by the drainage of a backmarsh and it contains abundant fragments of shell. It is one of the hydrogenetical soils and its humus will be from hydrophitic plant residues.

The writers discuss their humus separately for the difference of genesis.

### 7-1. P 42-68

The humus content of this soil is low comparing with that of the black soils in the homeland. Its C/N ratios are low; but its contents and rates of saturation of exchangeable Ca and, especially, Mg and pH values are relatively high. On its A and A-B horizons, the characteristic horizons of the black soil, the remarkably high total humic acid, i. e. 36~45%, and  $C_h/C_f$  ratio, i. e. 1.86~2.78, are noticeable. Those values are decreased in its lower horizons.

The rates of combined humic acid to the total humic acid ranged from 10 to 70% and they increased from surface downwards. Taking the rates of saturation of exchangeable Ca and pH value of every horizon into consideration, the greater part of combined humic acid would be  $R_2O_3$ -type.

Free and total humic acids are A type in A and A-B horizons. Their humifying processes are extremely advanced as expressed with their low  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.50~0.53 and 0.47~0.52, and their remarkably high Rf values, i. e. 0.76~0.99 and 0.82~0.98, respectively.

Those characteristics of the humus form of A and A-B horizons are quite similar to those of the black soils in the homeland in part 3<sup>9)</sup>.

On its B and B-C horizons, their free humic acids are  $P_0$  type and their total humic acids are A~A<sub>±</sub> and P<sub>+</sub> types.

The  $\Delta \log K_1$  and Rf values of A~A<sub>±</sub> type are similar to those of A type but other types are larger in  $\Delta \log K_1$  and lower in Rf value than those of A type.

On the regression curves of the negative linear correlation between  $\Delta \log K_1$  and Rf value, the increase of Rf value corresponding to the decrease of  $\Delta \log K_1$  is remarkably large (see Fig. 7).

## 7-2. P 42-57

This soil is low in humus content and relatively high in C/N ratio. The extremely high contents and rates of saturation of exchangeable Ca are noticeable. The rates of saturation are over 100% and their pH values are 7.70 in A<sub>2</sub> horizon and downwards.

Its extremely large total humic acid, i. e. 30~41%, and C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratio, i. e. 1.59~2.11, are worthy of note. The rates of combined humic acid to the total humic acid are remarkable high, i. e. 52~94%, and, especially, the extremely high rates of Ca-humate, i. e. 35~94%, are noticeable.

Free humic acid is P<sub>0</sub> and P<sub>0</sub>~P<sub>±</sub> types. Their  $\Delta \log K_1$  are 0.53~0.60 and R<sub>f</sub> values are 0.26~0.49. Such values express the relatively advanced humifying process. Free humic acid + Ca-humate and total humic acid are A~A<sub>±</sub> type. Their  $\Delta \log K_1$  are 0.43~0.52 and R<sub>f</sub> values are 0.71~1.09. Their fairly lower  $\Delta \log K_1$  and remarkably larger R<sub>f</sub> values comparing with those of free humic acid express the extremely more advanced humifying process. The above-mentioned facts suggest that the more humified fraction of humic acid combines with R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and, especially, Ca and forms Ca- and R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-humates. Against them, unadvanced humifying fraction forms the free humic acid.

Significant negative linear correlations between  $\Delta \log K_1$  and R<sub>f</sub> value are expressed on the free and total humic acids. The increase of R<sub>f</sub> value corresponding to the decrease of  $\Delta \log K_1$  in the regression curves are extremely large (see Fig. 7).

The above-mentioned humus form of this soil is very well agreed with that of P 42-68 except its abundant Ca-humate.

## 7-3. Summary

Though the genesis of the selected two black soils seems to be different, their humus form is very resembling and, besides, well agrees with that of the black soils in the homeland.

An opinion that the volcanic ash (allophane) affects the genesis of the black soil is generally accepted by the soil scientists in our country. Against them, some soil researchers reported non-volcanic (non-allophanic)<sup>218)</sup> and hydrogenous black soils<sup>12)</sup>, though such cases are certainly in the minority.

Both selected black soils are non-volcanic (non-allophanic). P 42-57 from the backmarsh is one of the hydrogenous soils. The source of its humus would be hydrophytic plant residues. They were decomposed under the anaerobic (water-logged) condition at first stage and then their aerobic decomposing process would produce the current extremely humified humus form.

The effect of allophane would be helpful for the advance of humifying process as discussed in Part 3<sup>9)</sup>. However, the very similar humus form of the selected non-allophanic black soils to that of the allophanic black soils in the homeland suggest that the effect of allophane is unnecessary for the genesis of the black soil.

## 8. Humus form of the rendzina-like soils from limestone (Discussion 4)

The rendzina-like soils in the Ryukyu Islands distribute in the area from raised coral reef limestone (Ryukyu limestone)<sup>129)</sup>.

Their blackish-brown A horizon and yellowish-brown B horizon express no sign of the similar forming process to the red soils or dark red soils. Their remarkably high exchangeable Ca contents and rates of saturation and pH values are due to the effects of their basic parent

materials (limestone).

The humus contents of the selected rendzina-like soils are divergent by profile, but their C/N ratios are low, less than 11, in every horizon. Their exchangeable Ca contents, their rates of saturation and pH values are also divergent by profile. The ranges of exchangeable Ca saturation are from more than 100% to 50~60% and those of pH value from 7.4~7.7 to about 6.1. Those differences are induced by the degree of eluviation of Ca under the warm and humid climatic condition.

Their ranges of total humic acid are 19~25% and those of  $C_h/C_f$  ratio are 0.67~1.24 in their A horizons. Those values decrease from surface downwards. The rates of combined humic acid to total humic acid are divergent as follows by their rates of exchangeable Ca saturation and pH values: The rates are 50~90% in P 42-82 and P 42-69 where there are about 100% or more in the rate of exchangeable Ca saturation and about 7.0 or more in pH value. But they decrease into 20~40% in P 42-43 which has about 50~60% in the rates of exchangeable Ca saturation and about 6.1 in pH values. Besides, the rates of Ca-humate are about 50~75% in the former but they decrease into 10~20% in the latter.

Taking the humus composition of rendzina-like soils, the above-mentioned dark red soils from limestone and various soils in Part 2~4<sup>1)-6)</sup> into consideration, the abundance of Ca-humate is affected by the rate of exchangeable Ca saturation and pH value and is as follows: Relatively rich Ca-humate, i. e. about 30~50% of the total humic acid, is in the soil having about 70% in the rate of exchangeable Ca saturation and about 6.5 in pH value. Abundant Ca-humate, i. e. more than about 50% is in the soil having about 100% or more in exchangeable Ca saturation and 7.0 or more in pH value.

The free humic acids of P 42-82 and P 42-69 are  $R_f$  and  $P_0$  types. Their  $\Delta \log K_1$  are 0.62~0.81 and their  $R_f$  values are 0.11~0.32. Their humifying process is low. Against them, the free humic acids of P 42-43 are B type. Their humifying process are more advanced as expressed by their lower  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.56~0.70 and higher  $R_f$  value, i. e. 0.51~0.60.

The greater part of free humic acid + Ca-humate and total humic acid is A type, and a part of them is B and  $P_0$  types. The remarkably advanced humifying process of A type is expressed in its low  $\Delta \log K_1$ , i. e. 0.47~0.56, and remarkably high  $R_f$  value, i. e. 0.63~0.84.

Above-mentioned differences of the abundance of Ca-humate and the optical properties of free humic acid of the selected rendzina-like soils are explained by the same opinion as those of the above-mentioned dark red soils from limestone.

Very significant negative correlations between  $\Delta \log K_1$  and  $R_f$  value are expressed in the free and total humic acids. The increases of  $R_f$  value corresponding to the decrease of  $\Delta \log K_1$  in the regression curves are extremely large, especially in the total humic acid (see Fig. 8).

The extremely humified total humic acid of the rendzina-like soil is common to that of the black soils, but its lesser rate of extraction of the total humic acid than that of the black soils is helpful in distinguishing both soils.

#### Acknowledgement

The writers are grateful to Dr. T. KURATORI, the Director of Kansai Branch Station, for his useful advice on the soils of the Ryukyu Islands and his encouragement throughout the work.