

# 南西諸島の土壌に関する研究

## 7. 奄美群島の土壌の腐植について

品川昭夫・大塚紘雄・岩下 徹  
佐野憲二・小林 嵩\*

### Studies on the Soils of the Nansei Islands in the Subtropical Region of Japan

#### 7. Humus of the Soils of Amami Islands

Akio SHINAGAWA, Hiroo OTSUKA, Tōru IWASHITA,  
Kenji SANO and Takashi KOBAYASHI

(Laboratory of Soil Science)

## I. 緒 論

1960年以來著者等は、琉球列島および奄美群島の主要な島々の土壌について一連の研究を行なつて来た<sup>1)~7)</sup>。本報では、奄美群島の土壌の腐植について報告する。

熱帯および亜熱帯地域の土壌の腐植について、MOHR<sup>8)9)</sup>は標高が高いほど、また土壌反応が酸性化するほど腐植集積量(以下の本文では腐植量と記す)が増加し、炭素率が大になると述べ、平野<sup>10)</sup>も、沖繩群島の母材を異にする各種土壌(畑の表層土)では、ジャーガル→鳥尻マージ→国頭マージの順で土壌酸性が強くなるほど炭素率が大なることを認めている。TAN<sup>11)</sup>は、インドネシアでは、火山灰土には、他の母材に由来する土壌よりも腐植化度の高い腐植が多量に集積し、かつ、腐植量/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>値は低い。しかし、各母材毎に比較すると、標高の高い場所の土壌には、低地よりも腐植が多く集積し、炭素率もまた大であると報告した。

著者等は、奄美群島の各母材より生成した多数の土壌の理化学性、鉍物組成を検討した結果、巨視的には、古生層の諸岩石、火成岩類、国頭礫層に由来する土壌と、琉球石灰岩に由来する土壌(以下の本文では琉球石灰岩質土壌と記す)で塩基飽和度の低い土壌は成帯性土の性格を有し、鳥尻層泥灰岩に由来する土壌(以下の本文では泥灰岩質土壌と記す)と、琉球石灰岩質土壌の中で、遊離炭酸石灰を含有するか、あるいは塩基飽和度の極めて高い土壌は間帯性土壌の範疇に

属するのではないかと考えた<sup>7)</sup>。よつて、成帯性土壌にのみ適用し得ると著者等が考える、JENNY<sup>12)</sup>、WELTE<sup>13)</sup>、MOHR<sup>9)</sup>等の、腐植量は気候(温度、水分)の函数であるとの概念が、奄美群島の中で成帯性土の性格を有する土壌に適用し得ると予測し、腐植の集積と気候との関係を数字で表現しようと試みた。

しかし、火山灰土壌等の間帯性土壌では、腐植集積は気候の函数であるとの概念は適用し得ず、母材及び母材に起因する無機物の質と量が気候因子よりも腐植に対して強い影響を与えていることは、内山等<sup>14)</sup>、品川<sup>15)</sup>等多くの研究者により明らかにされている。

前記の試みを行なう際に WELTE<sup>13)</sup>の  $Humus=f_1(Klima)-f_{II}(Klima)$  ( $f_1(Klima)$ : Organ. Substanzbildung,  $f_{II}(Klima)$ : mikrobielle Aktivität) の式には実測値を代入し得ず、また、MOHR<sup>9)</sup>の著書の記載図……嫌氣的条件では気温 35°C 以上、好氣的条件下で、且つ、十分な水分が供給される場合には気温 25°C 以上の環境下では、土壌に腐植は集積し得ない……も実測値との関係づけが困難である。よつて、腐植量を全窒素含量で表わし、全窒素%をNとし、 $N=0.55 e^{-0.08T} (1-e^{-0.005m})$  {T: 年平均気温, m: N-S係数, e: 自然対数の底}と表現した JENNY<sup>12)</sup>の式を奄美群島の気候(年平均気温: 22°C, 年降水量: 1700~3100 mm, 湿度: 75~85%)<sup>3)</sup>に適用した。年平均的気温: 22°C, 年間降水量: 1700 mm, 湿度: 75%では、N-S係数は 343 で、土壌の全窒素の計算値は 0.166%となる。また、年平均気温: 22°C, 年降水量: 3100 mm, 湿度: 80%では、N-S係数は 722 で、表土の全窒素含量は 0.201%と算出された。既

\* 前鹿児島大学教授、現在南九州大学教授

報<sup>3,4)</sup>で述べた供試土壤の中で、成帯性土の性質を持つと思われる 98 カ所の表層土の窒素含量の平均値は 0.169% であり、JENNY の式から計算した値とかなりよく一致する。間帯性土壤と考えられる栃木県の黒色火山灰土壤に JENNY の式を適用した内山等<sup>14)</sup>の検討結果では、全窒素の実測値は、栃木県中央部で 0.56%、南部で 0.24% であり、計算値はそれぞれ 0.189%、0.145% と実測値と計算値が非常に違った。奄美群島では、前記の如く、実測値の平均値は、気候因子から計算した値とほぼ等しくなる。勿論、後述するように、同一気候条件下の成帯性土壤と雖も、腐植集積の様相は、地形、母材および母材に起因する無機物の質、量などの諸因子に強く影響される場合も多い。しかし、著者等は、既報<sup>3,7)</sup>の実験結果と、上記の JENNY 式の適用結果から、奄美群島の大部分の土壤における腐植集積様相は、巨視的には気候に支配されると推論した。さらに、微視的な様相を明らかにするために、既報<sup>3,4)</sup>のデータを整理し、また、代表的な土壤の腐植の形態分析を行ない、腐植の量と質とに影響を与えている諸因子を検討することにした。

II. 供試土壤と実験方法

既報<sup>3,4)</sup>に述べた、奄美群島の主要五島（奄美大島：A、徳之島：T、沖永良部島：O、与論島：Y、喜界島：K）の 120 カ所の採取地から、母材、地目、土壤反応等を異にする表層土と第 2 層の土壤を計 35 点供試して腐植の形態分析を行なった。なお、腐植と諸因子との相関関係を図示する際には、既報のデータを利用した。

Mg-還元法により土壤から溶出する部分の量と質は、JEFFRIES 等<sup>16)</sup>の方法により土壤から溶出した部分を第 5 報<sup>6)</sup>と同じ方法で有機物を分解した後、珪酸、鉄およびぼん土を定量した。以下の本文では、

Mg-還元法により溶出した鉄、ぼん土の含量を活性 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と記す。

腐植の形態分析は第 1 報<sup>2)</sup>と同様に、5% HCl で土壤を前処理した後、土壤有機物量の 500 倍に相当する 0.5% NaOH で腐植を抽出する方法を用いた。200~700 m $\mu$  の範囲の粗腐植酸部の吸収スペクトルは、日立製自記分光光度計 EPS-3T 型により測定した。なお、抽出割合の算出は、大羽<sup>17)</sup>の記載の如く、N/10 KMnO<sub>4</sub> 1 ml をフルボ酸部では、C : 0.45 mg、粗腐植酸部では 0.4 mg として計算した。次に、HCl 前処理を行わず、0.5% NaOH（土壤有機物の 500 倍量添加）により土壤から抽出される腐植の量を、N/10 KMnO<sub>4</sub> 1 ml を C : 0.425 mg として算出した。……以下の本文で NaOH 抽出部と記した場合には、5% HCl 前処理後 0.5% NaOH で抽出される有機物を意味することとし、さらに NaOH 抽出部に酸を添加して沈澱する部分を腐植酸部と記す。酸前処理を行わず NaOH で直接抽出される有機物部分について述べる場合には、酸前処理を行わない NaOH 抽出部と記すことにする。……また、RF は既報<sup>15)2)</sup>と同様にして算出したので、第 1 報<sup>2)</sup>と本報の RF は、最近使用されている RF 値<sup>18)</sup>……{RF = 比色液の吸光係数 (K 600 m $\mu$ ) $\times$ 1000/比色液 30 ml 当りの 0.1 N-KMnO<sub>4</sub> ml} の、0.5% NaOH 可溶部では 2,105 倍、腐植酸部では 2,247 倍に相当する。

III. 実験結果、整理結果および考察

第 1 表に、腐植の形態分析を行なった土壤の理化学的性質を、第 2 表に腐植の諸性質を、第 1~20 図に腐植の量、質と諸因子との関係を、第 21~23 図に腐植酸部の吸収スペクトルをそれぞれ示した。

1. 腐植量と諸因子との関係

a. 腐植量と地目、標高 既報<sup>3,4)</sup>に述べた如く、

第 1 表 供試土壤の諸性質  
Table 1. Several properties of soil samples

*1 試料番号 Sample No.	深さ Depth cm	母材 Parent material	地目 Land classification	pH		置換性 二塩基 Ex-changeable (Ca+Mg) m.e./100g	塩基飽和度 Base saturation degree %	石灰飽和度 Ca saturation degree %	活性鉄、 ぼん土 Active R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Clay		
				H <sub>2</sub> O 1:2.5	N- KCl 1:2.5				*2 %	*3 SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(A) CEC (AcOca)	(B) CEC (AcONH <sub>4</sub> )	*4 (A) $\times$ (B)
O13-1 -2	0~10	国頭礫層 Kunigami gravel	草地 Grassland	5.1	3.7	4.86	32.4	13.5	6.13	0.13	39.5	1.64	64.8
	10~20			5.1	3.7	3.19	27.0	10.5	7.31	0.10	41.2		

A 4-1 -2	0~5 5~15	砂岩・頁岩 Sandstone, Shale	林地 Forest	5.2 5.0	3.6 3.6	3.28 1.75	27.4 15.7	9.4 3.1	3.33 4.44	0.32 0.19	27.5 34.3	1.28	35.1
T 10-1 -2	0~22 22~50	国頭礫層 Kunigami gravel	草地 Grassland	4.3 4.7	4.2 4.1	3.85 3.96	29.8 33.5	7.0 16.4	6.37 7.21	0.17 0.12	50.1 60.1	1.21	60.6
T 34-1 -2	0~5 5~50	粘板岩・輝緑岩 Slate, Diabase	林地 Forest	5.7 5.8	4.5 4.7	7.33 8.89	55.1 69.2	23.3 27.2	5.60 6.75	0.13 0.29	39.9 42.1	1.40	55.8
O 15-1	0~20	粘板岩 Slate	林地 Forest	4.6	3.8	0.79	10.2	2.8	8.00	0.51	58.5	1.24	72.5
A 36-1	0~10	粘板岩・砂岩 Slate, Sandstone	"	4.7	3.8	2.60	24.9	10.9	6.41	0.14	53.1	2.13	113.1
A 22-1 -2	0~10 10~30	粘板岩 Slate	"	4.6 4.6	3.4 3.3	3.95 2.46	19.5 15.0	8.1 1.6	10.64 7.49	0.07 0.14	52.3 53.8	1.41	73.6
O 12-1 -2	0~20 20~75	花崗岩 Granite	草地 Grassland	5.2 5.1	3.9 3.8	4.31 2.37	34.9 17.2	10.5 2.7	7.32 8.75	0.11 0.11	56.7 90.2	1.48	83.9
A 15-1	0~20	砂岩・頁岩 Sandstone, Shale	林地 Forest	5.4	4.2	3.50	31.7	8.5	4.03	0.44	38.3	1.58	60.5
T 2-1 -2	0~20 20~40	粘板岩・頁岩 Slate, Shale	草地 Grassland	5.9 5.6	4.4 4.0	10.53 11.35	68.4 81.1	24.4 27.2	2.96 5.38	0.28 0.21	43.0 37.7	1.57	67.5
T 8-1	0~30	国頭礫層 Kunigami gravel	林地 Forest	5.1	3.7	3.24	26.2	6.2	5.12	0.14	31.9	1.47	46.9
A 1-1 -2	0~20 20~40	"	"	4.6 4.6	3.7 3.7	1.65 0.72	19.2 8.9	8.1 3.0	6.35 7.97	0.20 0.14	33.7 37.3	1.59	53.8
K 13-1 -2	0~20 20~35	琉球石灰岩 Ryukyu limestone	草地 Grassland	5.3 5.4	4.1 4.0	3.11 3.63	40.1 37.2	10.8 7.7	6.03 6.02	0.59 0.59	54.5 64.2	1.54	83.9
Y 3-1 -2	0~25 25~55	"	畑地 Upland field	7.3 7.4	6.4 6.3	20.34 15.92	98.5 77.1	73.8 64.4	4.94	0.36	42.2	1.32	55.6
O 16-1	0~13	"	草地 Grassland	8.0	7.1	22.76	99.6	88.7	7.56	0.19	84.9	1.35	114.6
Y 12-1 -2	0~25 25~55	"	水田 Paddy field	7.8 7.9	6.5 6.8	17.04 15.23	98.1 93.2	73.8 72.6	3.34 2.84	0.21 0.19	55.1 58.8	1.43	78.8
K 10-1	0~30	"	林地 Forest	5.9	4.5	76.0	71.9	32.5	6.23	0.45	62.2	1.25	77.8
K 9-1 -2	0~20 20~50	"	草地 Grassland	7.9 7.3	7.2 6.1	18.9 16.1	88.8 75.3	66.0 47.3	3.20 4.91	0.37 0.05	30.4 33.3	1.30	39.5
K 25-1 -2	0~5 5~30	泥灰岩・砂岩 Marl, Sandstone	林地 Forest	7.1 6.5	6.0 4.9	14.39 8.66	95.7 89.9	41.7 30.0	2.36 2.16	0.26 0.26	37.9 24.1	1.30	49.3
K 1-1 -2	0~20 20~40	"	草地 Grassland	8.1 8.0	7.8 7.6	10.36 11.98	95.9 102.9	83.4 85.3	2.82 3.85	0.24 0.32	3.5 9.6	1.29	4.48
K 4-1	0~20	"	林地 Forest	5.2	3.6	5.56	40.1	11.2	4.77	0.48	50.1	1.05	53.3

\*1 A : Amamiōshima, T : Tokunoshima, K : Kikaijima, O : Okierabujima, Y : Yoronjima.

Localities of sample soils were described in previous reports<sup>3,4)</sup>

\*2 Amounts of R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolved with Mg-reduction method

\*3 SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of dissolved fraction with Mg-reduction method

\*4 CEC of deferrated clays with Jackson's method

奄美群島の土壤の腐植量は、琉球列島<sup>1)2)</sup>と同様に、地目により異なる。すなわち、森林土壤の表層土の腐

植量が最も多く、草地在これに次ぎ、耕地では最も少ない。また、林地、草地、耕地のいずれにおいても、

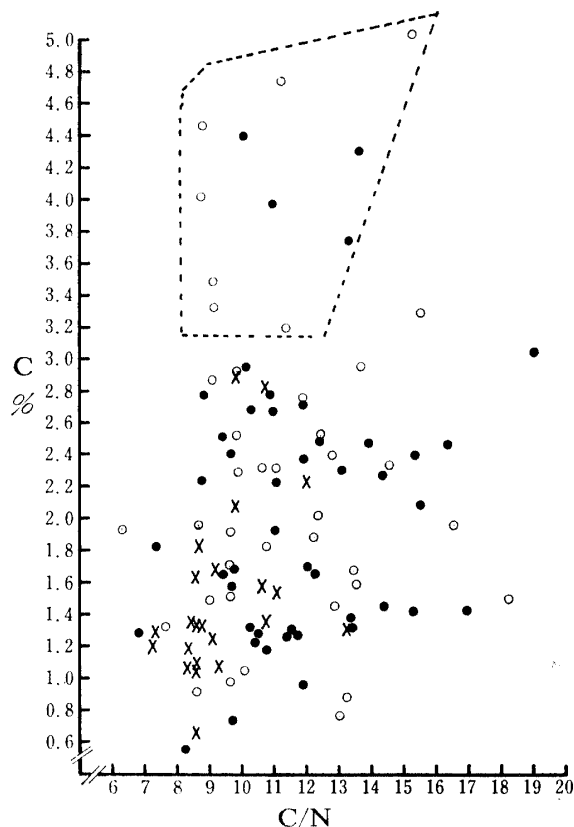
第2表 土壤有機物の諸性質  
Table 2. Several properties of soil organic matter

試 料 番 号  Sample No.	Total carbon  T-C  %	Total nitro- gen  T-N  %	C/N	Total Organic matter  %	Pretreatment with 5% HCl							
					None  Extracted Carbon with 0.5% NaOH mg/lg soil	Extracted Carbon with 0.5% HCl  % on T-C	Extracted Org. matter with 0.5% NaOH					
							Extracted Carbon with 0.5% NaOH % on T-C	Δlogk	RF	PQ	Crude humic acid	
											Δlogk	RF
O13-1 -2	3.75	0.28	13.4	6.47	27.84	16.8	73.7	0.842	47.6	52.9	0.724	91.7
	3.26	0.26	12.5	5.26								
A 4-1 -2	3.05	0.16	19.0	5.26	17.9	11.7	64.9	0.819	50.4	44.6	0.681	102.5
	1.56	0.09	17.0	3.23								
T 10-1 -2	2.90	0.21	13.6	4.98	14.3	40.2	58.0	0.630	71.9	44.3	0.545	171.3
	1.86	0.15	11.9	3.10								
T 34-1 -2	2.74	0.23	11.9	4.72	14.08	32.9	62.2	0.818	25.4	39.4	0.679	115.0
	1.17	0.12	10.0	2.02								
O15-1	2.68	0.26	10.3	4.62		33.8	38.9	0.657	52.4	48.3	0.609	87.9
A 36-1	2.67	0.24	11.9	4.60	10.13	32.3	65.2	0.705	12.4	46.3	0.624	108.7
A 22-1 -2	2.51	0.27	9.4	4.33	23.7	16.6	80.8	0.738	57.6	48.5	0.627	115.1
	1.87	0.15	12.5	3.21								
O12-1 -2	2.31	0.21	11.0	3.98	6.72	42.1	35.9	0.769	40.5	37.1	0.658	101.1
	1.38	0.13	10.6	3.38								
A 15-1	2.20	0.25	8.8	3.83	9.4	23.2	77.0	0.721	51.6	48.0	0.651	90.4
T 2-1 -2	1.69	0.13	13.4	2.91	7.76	24.3	45.6	0.840	71.7	34.4	0.564	96.1
	0.52	0.05	10.4	0.90								
T 8-1	1.41	0.08	16.8	2.42	5.33	39.3	34.8	0.790	22.4	21.9	0.587	84.5
A 1-1 -2	1.28	0.11	11.4	2.21	5.02	18.3	54.1	0.747	56.2	32.4	0.609	147.3
	0.31	0.06	5.0	0.53								
K 13-1 -2	2.73	0.25	11.8	4.71	15.24	9.05	69.8	0.845	20.0	24.5	0.640	99.3
	1.96	0.15	13.4	3.38								
Y 3-1 -2	2.21	0.19	12.1	3.80	10.39	14.0	71.9	0.580	214.9	74.2	0.553	281.7
	2.03	0.16	12.3	3.50								
O16-1	1.71	0.18	9.5	2.95	9.12	27.7	58.2	0.941	23.1	34.7	0.778	56.4
Y 12-1 -2	1.62	0.18	8.7	2.79		35.6	57.2	0.843	31.9	60.5	0.778	48.6
	1.27	0.15	7.6	2.36								
K 10-1	1.54	0.16	9.6	2.66	7.87	41.4	56.1	0.794	30.3	29.3	0.615	103.9
K 9-1 -2	0.96	0.10	9.6	1.66	3.89	17.2	48.2	0.753	46.5	42.6	0.634	121.6
	0.96	0.10	9.6	1.66								
K 25-1 -2	2.78	0.31	8.9	4.80	7.91	18.0	65.8	0.841	38.9	59.4	0.754	83.4
	0.90	0.12	7.3	1.55								

K 1-1	0.93	0.11	8.6	1.60	2.63	31.1	42.6	0.839	17.8	27.8	0.674	61.2
	-2	1.53	0.15	10.0								
K 4-1	0.57	0.07	8.2	0.98	0.89	19.0	43.6	0.977	16.2	20.5	0.685	80.5

植物の種類と生育状態により腐植量も異なるようである。植生、標高の腐植に対する影響は、両者が土壌気候を変えるために、腐植の量と質の変化をもたらす場合も多い。すなわち、林地土壌では、樹木のうっぺいにより、草地あるいは裸地よりも湿潤で低温な環境下に置かれることになり、腐植は、より多く土壌に残留する。草地は林地よりも乾燥され易く、土壌の最高温度が高くなり、腐植量は少なくとも腐植酸の腐植化度は林地よりも高くなる可能性がある。

第1図に、地目と全炭素、炭素率との関係を示した。第1図の上方、破線で囲んだ部分は、主に標高の高い場所の土壌である。供試土壌では、標高の高い場



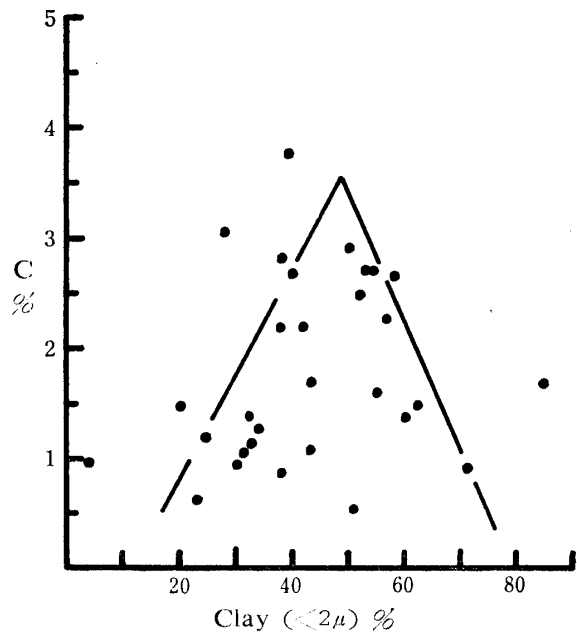
第1図 土壌の全炭素と炭素率、地目との関係  
Fig. 1. Relationship between the carbon content, C/N of the soils and land classification

- Forest soils
- Grassland soils
- × Cultivated soils
- ⋯ Soils of high altitude (about 80~250 m above sea level)

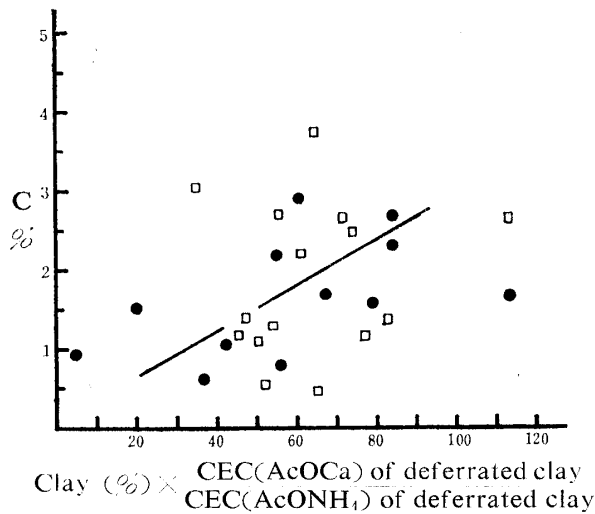
所の土壌の腐植量が多く、地目別には、林地の腐植量が多く、草地がこれに次ぎ耕地では最も少ないようである。しかし、試料を採取した林地は琉球松の疎林地が多く<sup>5)4)</sup>、疎林では過密林よりも土壌温度の低下度合と土壌水分の増大割合は小である。第1図で、林地と草地の腐植量の差異が必ずしも判然とは認め得ない理由の一つに、林地土壌試坑点選定の是非があると考えられる。第1図の炭素率については後述する。

**b. 腐植量と粘土の量と質** 第2図に全炭素と粘土( $<2\mu$ )含量との関係を示した。本図に見る如く、粘土含量がほぼ40%程度の土壌の腐植量が最も多いようである。粘土含量35%以下、60%以上の土壌では腐植量は明らかに少なく、琉球列島の土壌<sup>2)</sup>と同様な傾向を示している。

供試土壌の粘土中にはパーミキュライト様鉱物がかなり含まれている<sup>5)6)7)</sup>。パーミキュライトのCEC(AcOCa)はCEC(AcONH<sub>4</sub>)の3倍以上の値を得た松井等<sup>10)</sup>の実験例からも明らかのように、NH<sub>4</sub>固定能を持つパーミキュライトのCEC(AcOCa)は



第2図 土壌の全炭素と粘土( $<2\mu$ )含量との関係  
Fig. 2. Relationship between the carbon and clay ( $<2\mu$ ) content of the soils.



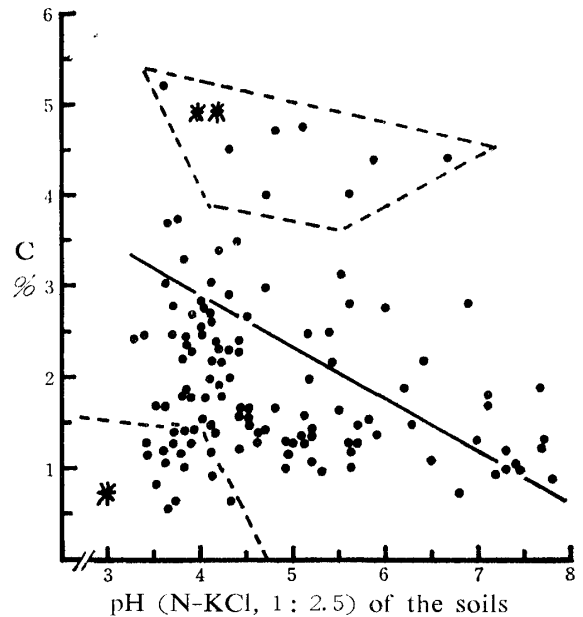
第3図 土壤の全炭素と粘土 (<math>< 2\mu</math>) 含量  
 $\times \frac{\text{CEC}(\text{AcO}Ca) \text{ of deferrated clay}}{\text{CEC}(\text{AcONH}_4) \text{ of deferrated clay}}$  との関係

Fig. 3. Relationship between the carbon content of the soils and clay content  
 $(\%) \times \frac{\text{CEC}(\text{AcO}Ca) \text{ deferrated clay}}{\text{CEC}(\text{AcONH}_4) \text{ deferrated clay}}$   
 □---Forest soils ●---Grassland soils, Cultivated soils

CEC (AcONH<sub>4</sub>) よりも当然大きい値を示す。著者等は、供試土壤中のパーミキュライトの単位胞の a, b 軸の長さを同一と仮定し、脱鉄粘土試料の CEC (AcO<sub>2</sub>Ca)/CEC (AcONH<sub>4</sub>) の値により粘土中でパーミキュライトの占める割合を相対的に表わし、この比に粘土%を乗じた値で、土壤中のパーミキュライト様鉱物の量を相対的に示すことにした。第3図から、供試土壤特に草地と耕地では、パーミキュライトが多いほど腐植量も多くなる傾向がうかがわれる。

c. 腐植量と土壤反応、置換性二価塩基含量及び活性 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 試坑点 120 カ所の表層土の pH (N-KCl, 1: 2.5) と全炭素との関係を第4図に示した。第4図の左下方、破線で囲んだ部分の土壤は、礫あるいは粘土含量が非常に多く、粗粒質あるいは細粒質に過ぎる土性が腐植量を少なくしていると考えたい。また、本図の上方の破線内には標高の高い場所の土壤が多い。上方と左下隅の破線内の土壤を除外すると、供試土壤では、土壤が酸性化するほど腐植量が増加する傾向を示し、MOHR<sup>8)</sup>、平野<sup>9)</sup> の見解と一致する。既報<sup>2)</sup> の琉球列島の土壤では、腐植量と土壤反応との間に明確な関係を見出し得なかった理由は、供試した表層土が僅か 12 点に過ぎなかった故であろう。

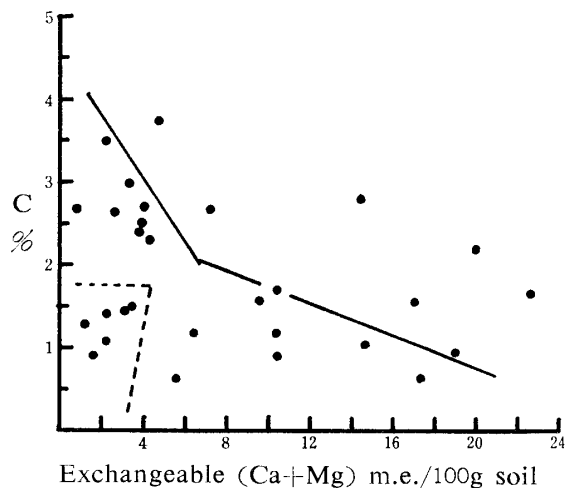
第5および6図に、全炭素含量と置換性 (Ca+Mg)



第4図 土壤の全炭素と土壤反応との関係

Fig. 4. Relationship between the carbon content of the soils and pH (N-KCl, 1: 2.5) of the soils

\* : Extremely coarse or light textured soils  
 \*\* : Soils of high altitude (about 80~250 m above sea level)

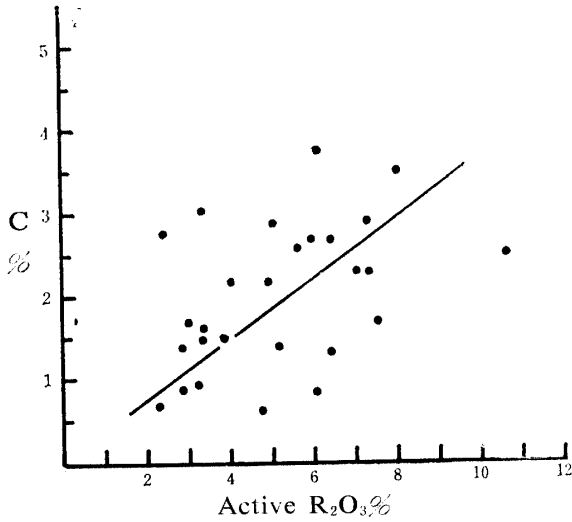


第5図 土壤の全炭素と置換性二価塩基含量との関係

Fig. 5. Relationship between the carbon content and the exchangeable (Ca+Mg) content of the soils

Extremely coarse or light textured soils

含量、活性 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量との関係をそれぞれ示した。第5図の破線内の土壤は、礫あるいは粘土含量が非常に多い。第5図の破線内の土壤を除外すると、第5、6図から、供試土壤では、置換性二価塩基含量が減少



第6図 土壤の全炭素と活性  $R_2O_3^*$  との関係

Fig. 6. Relationship between the carbon content and active  $R_2O_3^*$  content of the soils

\* dissolved  $R_2O_3$  with Mg-reduction method

し、活性  $R_2O_3$  の量が増加するほど腐植量が多くなるようである。これらの傾向は第4図の傾向とも合致する。すなわち、土壤生成作用が進み、置換性二価塩基が溶脱して土壤が酸性化し、活性  $R_2O_3$  含量が増加する。その結果、腐植は、二価塩基との結合から三価塩基との非置換的あるいは難置換的な結合に変わり、微生物に対する抵抗性が強まり、また溶脱され難くなり土壤に残留する割合が大となり腐植量も多くなると考え得よう。また、第7図に見る如く、HCl 前処理を

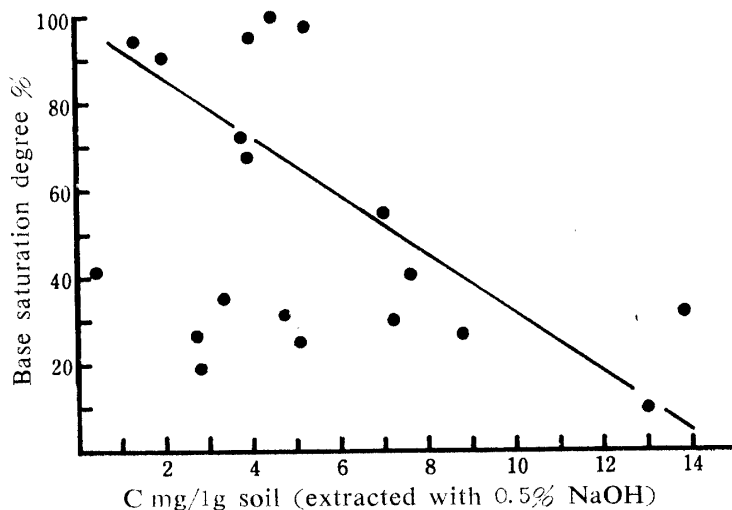
行なわず NaOH により直接に土壤から抽出される腐植の量は、土壤の塩基飽和度と逆比例的の相関関係を保つようである。すなわち、塩基飽和度の高い土壤ほど酸前処理を行なわず NaOH で抽出される腐植は少ない。さらに、酸前処理せずに NaOH で抽出される腐植が多い土壤ほど活性  $R_2O_3$  含量も多い。よって、著者等は、土壤の酸性化にともない活性化する  $R_2O_3$  量は、母材の種類によって異なるとしても、奄美群島の土壤特に成帯性土の性格を有する土壤では、腐植と無機物の結合形態は、Ca-humate から Al (Fe)-humate に変わりつつあると考えたい。

著者等は、琉球列島の土壤では、置換性 (Ca+Mg) 含量が 5m.e. 以下の土壤には腐植量は少ないと述べた<sup>2)</sup>。しかし、詳細に検討すると、第1報<sup>2)</sup>の21頁第3図で、置換性二価塩基含量が 5 m. e. 以下で、しかも全炭素含量が非常に少ない土壤は礫あるいは粘土含量が非常に多い。よって、琉球列島の土壤でも、奄美群島と同様に、土性が適当であれば、腐植量は置換性二価塩基含量と逆比例的の関係を保つであろうと訂正したい。

## 2. 腐植量と炭素率, PQ との関係

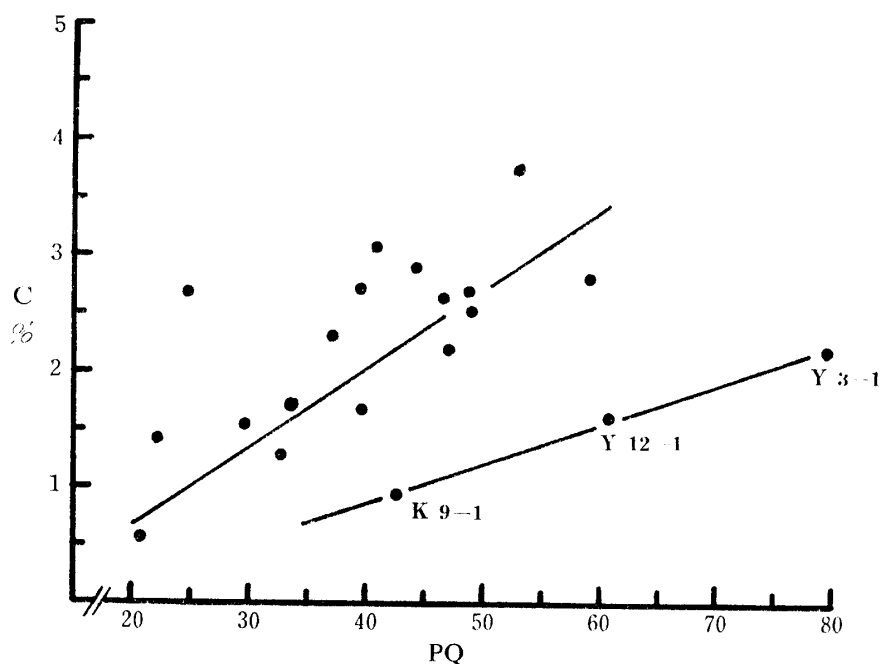
第1図と第8図に全炭素と炭素率, PQ との関係をそれぞれ示した。第2表, 第1, 8および16図から、供試表層土では、腐植量の増加と共に炭素率, PQ は増大し、NaOH 可溶部並びに腐植酸部の腐植化度もまた高くなることわかる。

第1図の上方の破線内の土壤は標高の高い場所で採



第7図 土壤の塩基飽和度と 0.5% NaOH (HCl 前処理せず) により抽出される有機物量との関係

Fig. 7. Relationship between the base saturation degree of the soils and extracted organic matter content with 0.5% NaOH without acid treatment



第8図 土壌の全炭素と PQ との関係

Fig. 8. Relationship between the carbon content of the soils and PQ of their humus (Base saturation degree Y 3-1: 98.5%, Y 12-1: 98.1%, K 9-1: 88.8%)

取され、腐植量が多い割には炭素率は小である。その理由として、高地では低地よりも湿潤、低温な環境となることを挙げたい。しかし、他の未知な要因もかなり強く作用しているかもしれない。本図中の耕地土壌は、腐植量同程度の草地、林地土壌よりも炭素率が小である。耕地では、農耕作業により土壌の通気状態が良好となって、微生物活動が一時的に非常に旺盛となり、有機物の無機化が急速に進み、残留する有機物の炭素率も常に小となるのであろう。

腐植量の増加と PQ の増大も相ともなっているようである(第8図)。しかし、本図内の土壌は、イ) 全炭素の増加に対して PQ が著しく増大する群と、ロ) PQ の増大割合はイ) 群よりも小である土壌群に分け得る。イ) 群の置換性二価塩基含量は非常に多く、塩基飽和度もまた高い。{Y 3-1: (20.1 m.e., 98.5%), Y 12-1: (17.4 m.e., 98.1%), K 9-1: (18.9 m.e., 88.8%)}. 従って、多量の置換性二価塩基が PQ を増大させる要因となると考え得、塩基飽和度が常に高い環境下で土壌生成作用が進行する場合には、塩基飽和度が急速に低くなる環境下の土壌とは異なった腐植化過程を辿るのではないかと思われる。

### 3. 腐植の質と諸因子との関係

炭素率、PQ の増大は相伴なっているようである(第9図)。第9図の上方の部分、すなわち、炭素率が

大である割には PQ が小さい土壌は粗粒質な土性の土壌が多く、右下方の PQ が大である割には炭素率が小さい土壌の塩基飽和度は非常に高い。

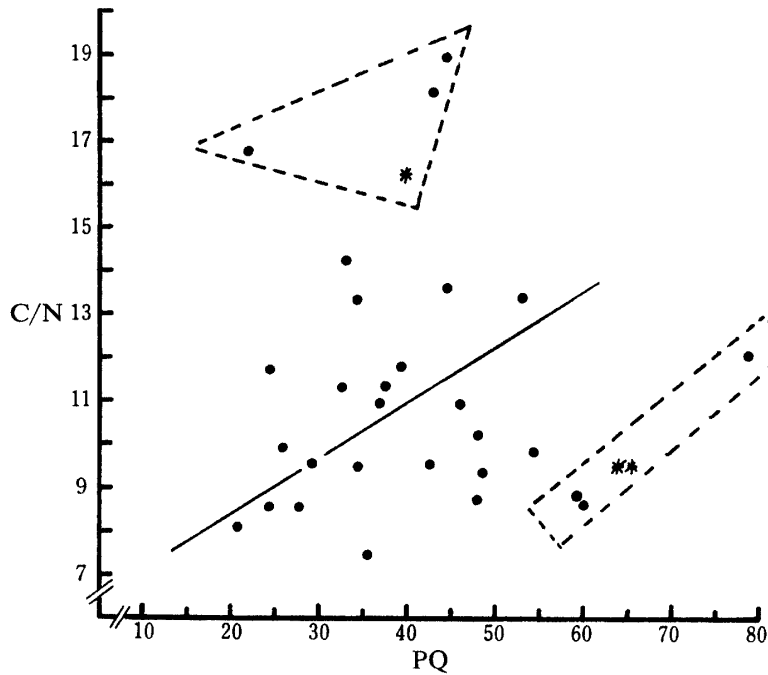
腐植量と炭素率、PQ との間には正の相関関係が認められ(第1, 8および9図)、粘土含量が35~60%の土壌には腐植が多く集積している(第1, 2表および第2図)。よって、他の因子が同じであれば、炭素率と PQ は粘土含量 35~60%程度の土壌で最も大になるであろうと考え得る。

第10図に炭素率と粘土中でパーミキュライトの占める割合との関係を示した。本図中で粘土含量が27~40%である K 9-1 (30.5%), A 1-1 (33.7%), T 34-1 (39.9%), O 13-1 (39.5%), T 8-1 (31.9%), A 4-1 (27.4%) を比較すると、上記の順で K 9-1 から T 34-1 までは、パーミキュライト様鉱物の割合が増加すると共に炭素率は大になり、炭素率が12以上の O 13-1, T 8-1, A 4-1 では炭素率が大きい土壌ほどパーミキュライトの割合は小になる。

第11図に、PQ とパーミキュライト様鉱物の割合との関係を示した。塩基飽和度が100%近い本図上方の Y 3-1 と Y 12-1 を除外すると、PQ: 50前後までは PQ とパーミキュライト様鉱物の割合は相伴って増大するようである。

第3, 10および11図の傾向から、腐植化度中程度

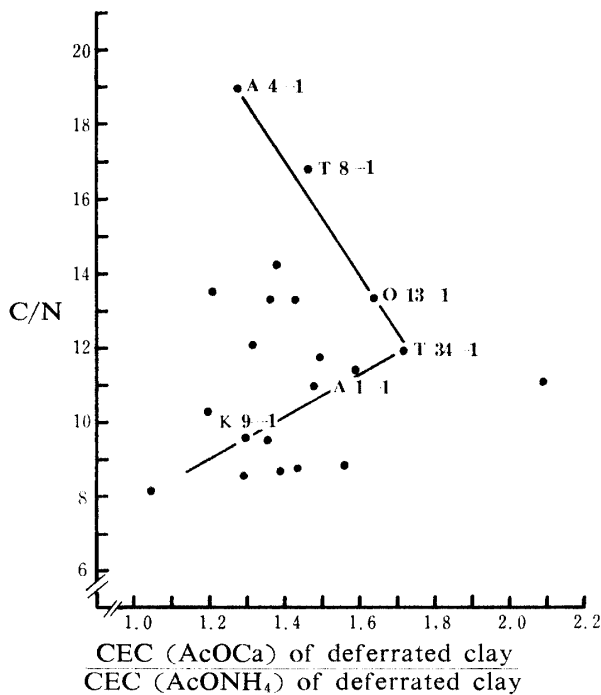




第9図 土壤の炭素率と PQ との関係

Fig. 9. Relationship between the carbon-nitrogen ratio of the soils and PQ

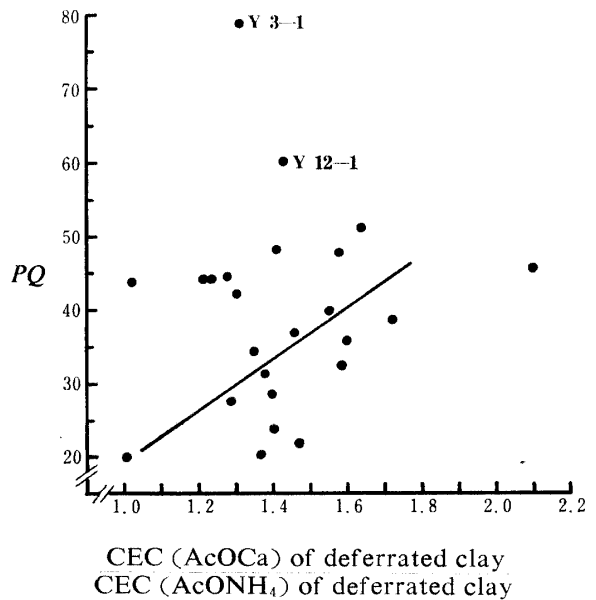
\* Extremely light textured soils  
 \*\* Base saturation degrees of these soils are nearly 100%



第10図 土壤の炭素率と  
 脱鉄粘土試料の CEC (AcOAc)  
 脱鉄粘土試料の CEC (AcONH<sub>4</sub>) との関係

Fig. 10. Relationship between the carbon-nitrogen ratio of the soils and  
 CEC (AcOAc) of deferrated clay  
 CEC (AcONH<sub>4</sub>) of deferrated clay

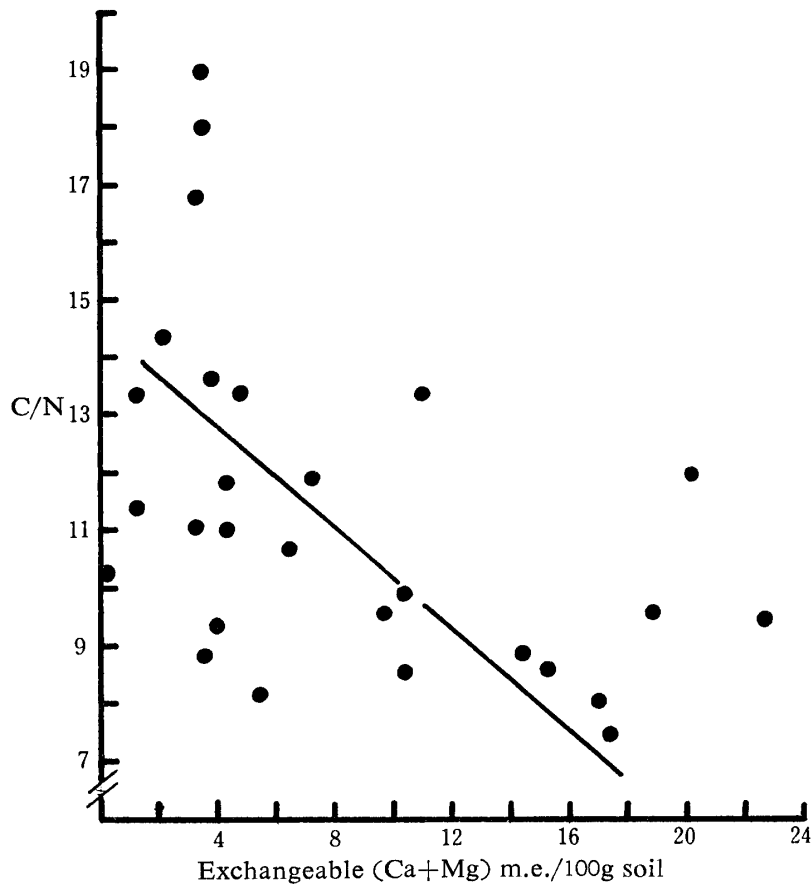
Clay content (%)  
 (K9-1: 30.5, A1-1: 33.7, T34-1: 39.9,  
 O13-1: 39.5, T8-1: 31.9, A4-1: 27.4)



第11図 PQ と 脱鉄粘土試料の CEC (AcOAc)  
 脱鉄粘土試料の CEC (AcONH<sub>4</sub>) との関係

Fig. 11. Relationship between PQ and  
 CEC (AcOAc) of deferrated clay  
 CEC (AcONH<sub>4</sub>) of deferrated clay

{ Base saturation degree (%)  
 (Y3-1: 98.5%, Y12-1: 98.1%) }



第12図 土壤の炭素率と置換性二価塩基含量との関係

Fig. 12. Relationship between the carbon-nitrogen ratio of the soils and exchangeable (Ca+Mg) content of the soils

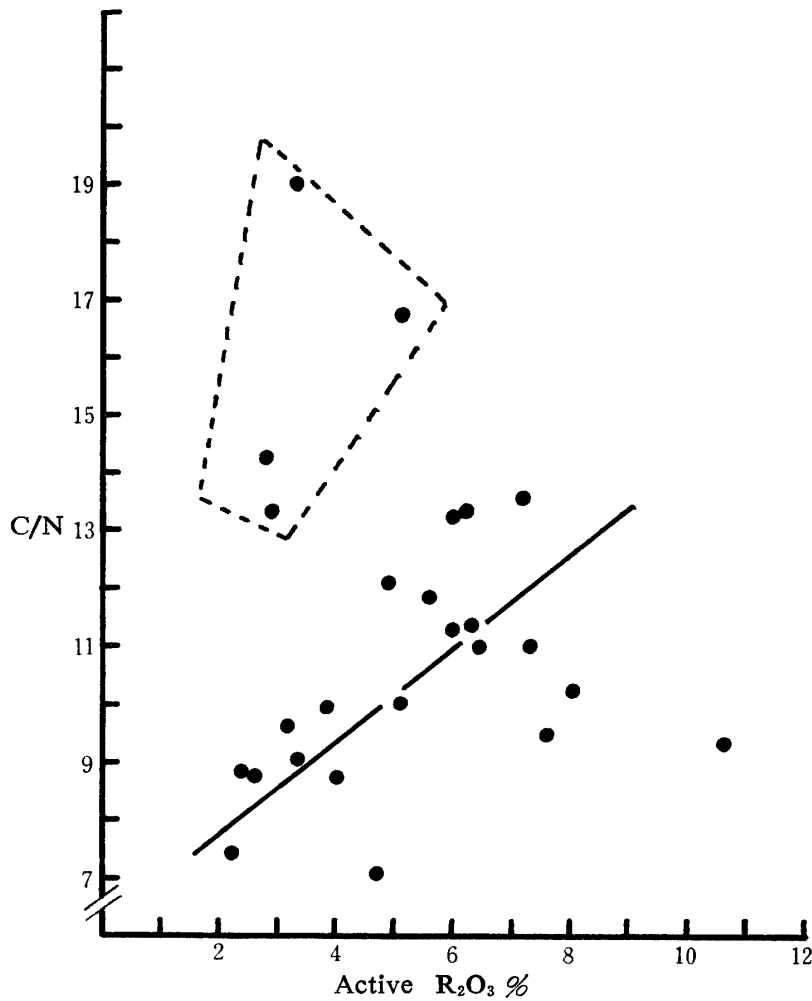
の腐植の集積に対して、パーミキュライトの存在はプラス因子となり得るが、腐植化度の高い腐植の集積に対しては無関係ではないかと考え得よう。この推論は、腐植化度および粒子量の異なる有機物を、Alを層間に含まないパーミキュライトに吸着させる室内実験により確認し得るであろう。また、パーミキュライトの総量、粘土部分中で占める割合については、エチレンジアミン吸着等により現在検討しつつある。

炭素率と置換性二価塩基含量との間には逆比例的相関関係(第12図)が、活性 $R_2O_3$ 含量との間には正の相関(第13図)が認められるようである。第13図の破線内の土壤は粗粒質であり、良好な通気条件が有機物の酸化重合を促進し、活性 $R_2O_3$ は少ないにも拘らず炭素率が大きくなったと考えたい。

第14図にPQと置換性二価塩基含量との関係を示した。第14図の右上方のY 3-1, K 25-1, Y 12-1などでは、二価塩基含量が非常に多く、PQもまた大で

ある。置換性二価塩基含量が10 m.e.以下の試料は、二価塩基含量が少なくなるとPQが増大する群と、PQが小になる群に分け得るようである。二価塩基の減少とPQ減少が相伴する群の土壤は活性 $R_2O_3$ 含量が一般に少ないようである。さらに、第15図では、破線内の置換性二価塩基含量が非常に多い土壤を除外すると、活性 $R_2O_3$ が増加するとPQもまた増大する傾向がうかがえる。

Y 12-1を除外すると、腐植量が多くなり、且つ、PQが大になるほど腐植酸部の腐植化度の指標と考えられるRFの値は増大する(第16, 17図)。また、Y 3-1を除外すると、腐植酸部のRFと置換性二価塩基含量との間には逆比例的関係(第18図)が、活性 $R_2O_3$ 含量との間には正比例的関係(第19図)が認められるようであり、さらに、Mg還元法により土壤から溶出する部分の珪鉄ばん比が小であるほどRF値は大きいようである(第20図)。また、粘土のエチレンジアミン吸着量が多いほど腐植酸部のRFが



第13図 土壤の炭素率と活性 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> との関係

Fig. 13. Relationship between carbon-nitrogen ratio and active R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* content of the soils

\* dissolved R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with Mg-reduction method  
 □ Extremely coarse textured soils

小になる傾向も見出されたが、詳細は別報で報告する予定である。

第12~20図から、塩基飽和度が100%近く、且つ、置換性二価塩基を多く含む土壤ではPQが非常に大になり、腐植酸部の腐植化度もまた高くなる場合もあるが、土性等の諸因子に大きな相違がない限り、供試土壤では一般的に、土壤の酸性化、置換性二価塩基含量の減少、活性 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の増加に伴って、炭素率と PQ が増大し、腐植酸部の腐植化度もまた高くなることがわかる。

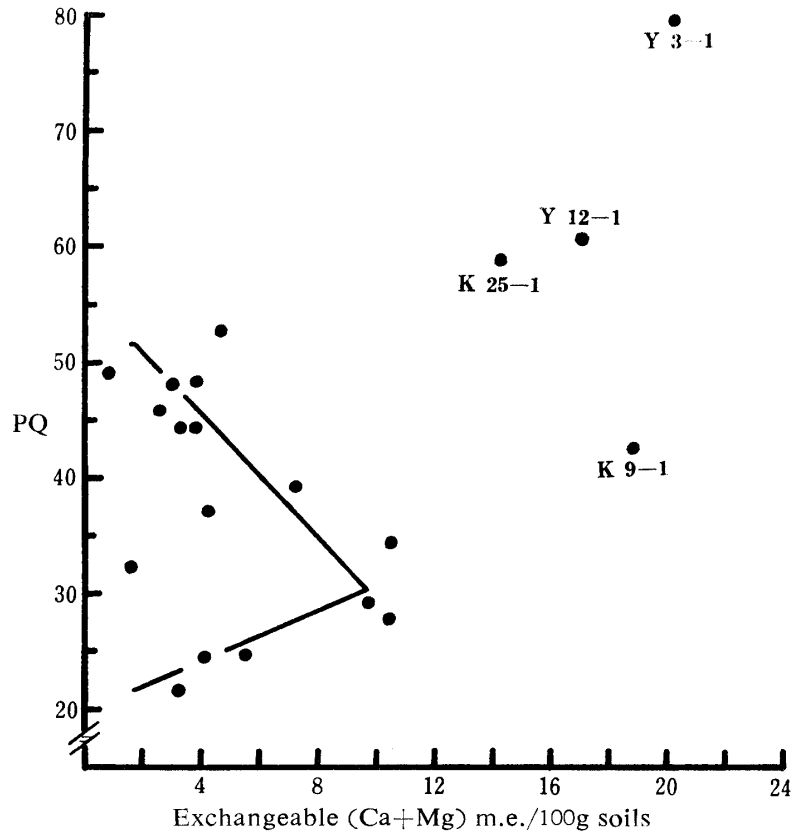
4. 腐植酸部の吸収スペクトル

腐植酸部の吸収スペクトルを、第21, 22および23図にそれぞれ示した。腐植酸部の Δlogk が小で、RF が大である Y 3-1, Y 3-2 (第23図), T 10-1, O 15-1 (第21図), K 9-1 (第23図) は熊田の A型腐植

酸の形態を示し、その他の試料はB型腐植酸の範疇に入るようである。

T 10-2, -1, T 8-1, A 22-2, O 15-1, K 9-2, K 13-1, -2, O 12-1, -2, T 2-2, T 34-2, A 4-2 の各試料特に第2層の試料の吸収スペクトルには、615, 570, 450 mμ 付近に最大吸収あるいは吸収の肩が認められ、P型腐植酸<sup>20)</sup> の存在を示している。

P型腐植酸のピークの出現と、土壤の pH (第1表) とを比較すると、K 9-2 のみを除外すると、土壤反応が pH (H<sub>2</sub>O, 1: 2.5) > 7, pH (N-KCl, 1: 2.5) > 6 の土壤では、Y 3-2, K 1-2, K 25-2, Y 12-2 等の第2層の腐植酸でもP型のピークは全く認められないかあるいは極めて弱い。対照的に、P型のピークが判然と現われている土壤の酸性は、いずれもかなり強い。しかし、本報での K 9-2, 沖縄島土壤の P-III-



第14図 PQと置換性二価塩基含量との関係

Fig. 14. Relationship between PQ and exchangeable (Ca+Mg) content of the soils

2\* の如く、土壤反応は中性でもP型のピークが存在する試料もある。従って、南西諸島の土壤では、酸性土壤にのみP型腐植酸が存在するとは結論し得ないが、中ないし微アルカリ性土壤にはP型が現出する例は少ないと考え得よう。

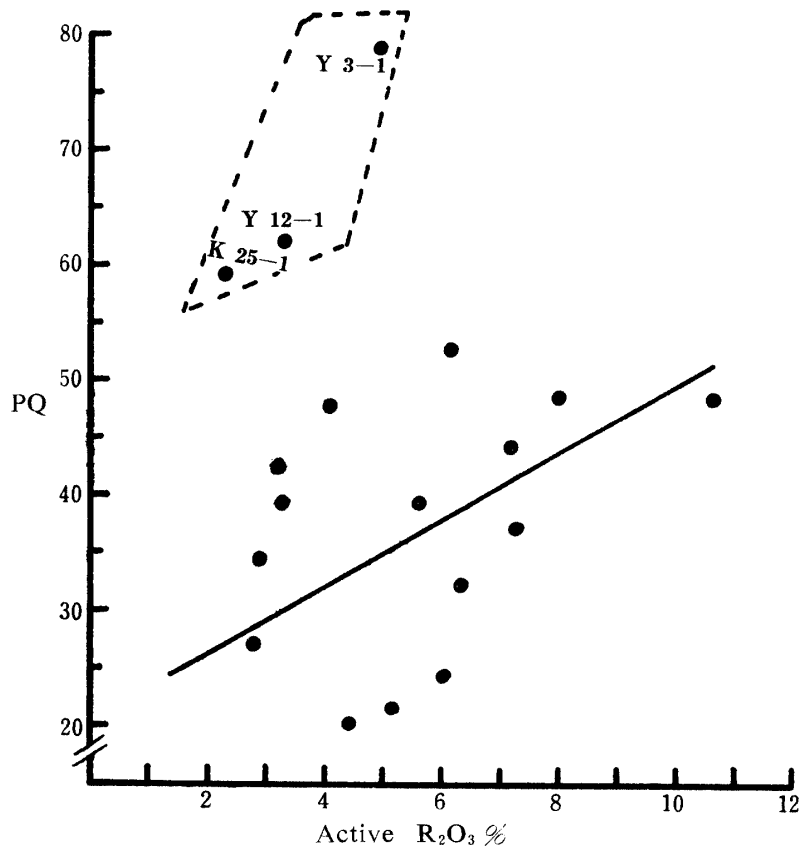
##### 5. 表層土と下層土の腐植の相違

供試土壤では、一般的に、下層土は表層土よりも腐植量が少なく、炭素率、PQも小で、0.5% NaOH可溶部の $\Delta \log k$ は大で、RFは小々である(第2表)。しかるに、同一試坑点での表層土と第2層の腐植酸部を比較すると、14カ所中12カ所では、第2層の腐植酸部の方が表層土よりも $\Delta \log k$ は小で、RFは大である。P型腐植酸に起因する $615 m\mu$ の吸収が認められる試料では、吸収スペクトル図の $550 m\mu$ から $625 m\mu$ を直線と見做し、 $600 m\mu$ の吸光係数を補正して算出した $\Delta \log k$ 、RF値を用いても、第2層の方が表層土よりも $\Delta \log k$ は小でRFは大である。すなわち、腐植酸部のみを比較すると、第2層の方が表層土

よりも腐植化度が高い場所が多いことになる。

熊田<sup>21)</sup>は、石灰岩質土壤において、下層土の腐植酸の腐植化度が表層土よりも高いことを認め、表層土の方が下層土よりも新鮮有機物供給量が多いことを原因と考えた。著者等は、新鮮有機物の供給量の観点からのみでなく、無機物による腐植の残留の面から下層土の腐植酸部の腐植化度の高い理由を考察してみた。すなわち、Mg-還元法により土壤から溶出される鉄、ばん土(活性 $R_2O_3$ として記している)の量は、第2層の方が表層土よりも多く、かつ、溶解部の珪鉄ばん比も下層土の方が小である。ゆえに、ほとんどの供試土壤において、活性に作用する $R_2O_3$ は、表層土よりも下層土に多く含まれることになる。第19及び20図に示した如く、表土では、Mg-還元法で溶出される $R_2O_3$ 量が多く、溶出部の珪鉄ばん比が小さいほど腐植酸部のRFは大である。従って、活性 $R_2O_3$ 含量が表層土よりも多い下層土では、腐植酸の中で腐植化度が高い部分は、 $R_2O_3$ と結合して表層土よりも安定した形態となり、微生物に対しても抵抗性が強くなり、より長期間土壤中に残留するのではないかと考えた。

\* 既報<sup>2)</sup>に記載した。吉生層石灰岩を母材とし、土壤反応は $pH(H_2O, 1:2.5):7.84$ ,  $pH(N-KCl, 1:2.5):7.00$

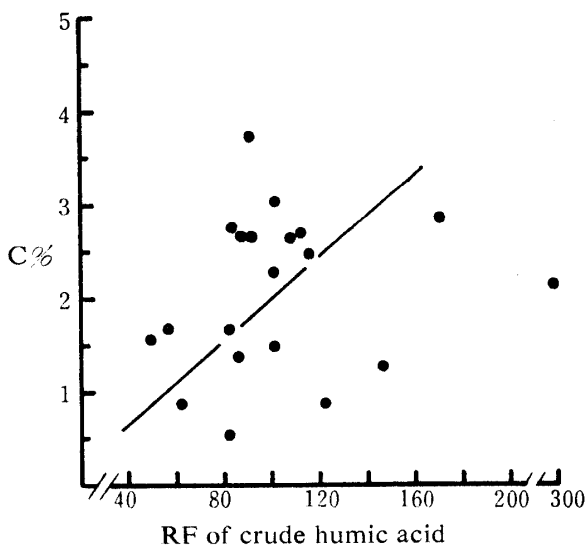


第15図 PQと活性  $R_2O_3$  との関係

Fig. 15. Relationship between PQ and active  $R_2O_3$  content of the soils

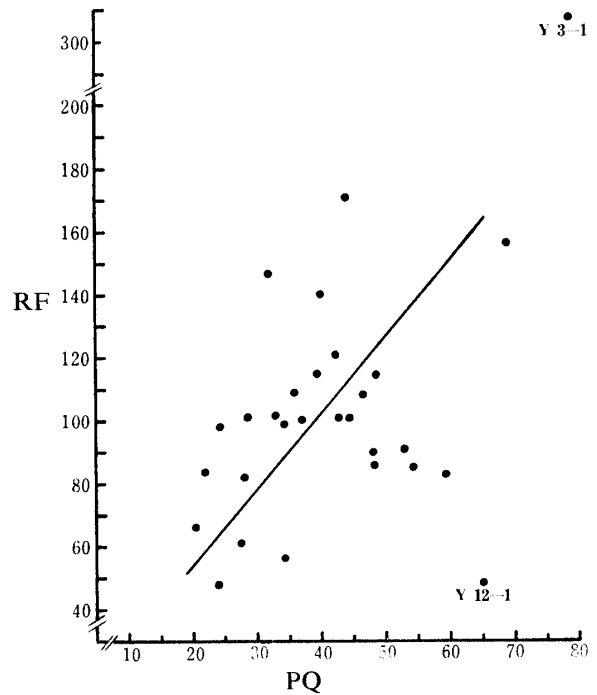
\* dissolved  $R_2O_3$  with Mg-reduction method

□ Base saturation degrees of these soils are very high



第16図 土壤の全炭素と粗腐植酸部の RF との関係

Fig. 16. Relationship between the carbon content of the soils and RF of the crude humic acid



第17図 PQと粗腐植酸部の RF との関係

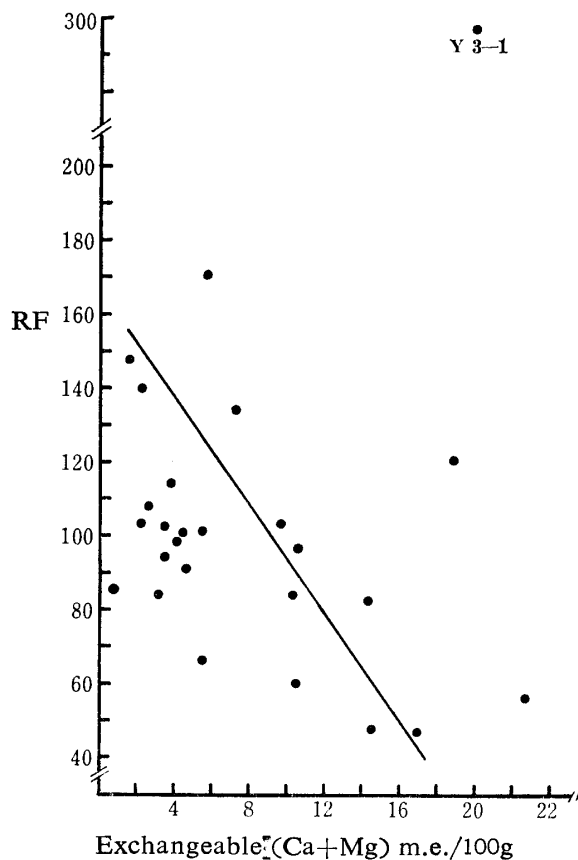
Fig. 17. Relationship between PQ and RF of crude humic acid

また、供試土壌では、一般的に、パーミキュライト様鉱物の割合は、下層土よりも表層土の方が大きいようである<sup>5)6)7)</sup>。パーミキュライトは、腐植化度中程度の腐植の集積に対してはプラス因子となり得るが、腐植化度の高い腐植の集積にとっては、無関係あるいはマイナス因子となることも予想される(第3, 10および11図)。よって、同一試坑点におけるパーミキュライト(AIを層間に有しない)の垂直分布の状態も、下層土の腐植酸部の腐植化度が表層土よりも高い理由の一つに挙げ得るかもしれぬ。この点については今後の研究課題と考える。

#### IV. 論 議

##### 1. 奄美群島の、成帯性土壌の性質を有する土壌の腐植について

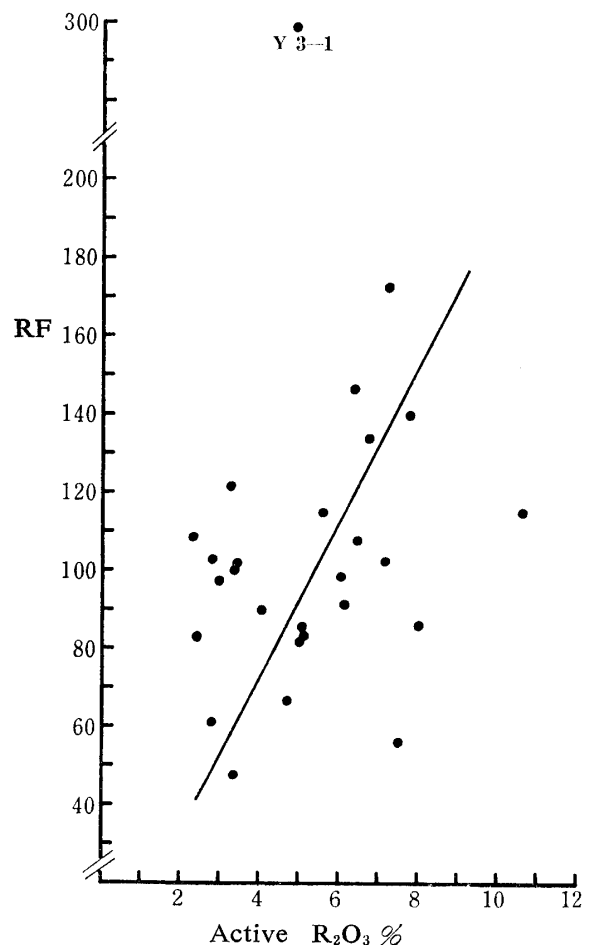
緒論に記した如く、著者等は、奄美群島の古生層の諸岩石、火成岩類、国頭礫層に由来する土壌と、琉球石灰岩に由来し、かつ、塩基飽和度の低い土壌は成帯



第18図 土壌の置換性二価塩基含量と粗腐植酸部のRFとの関係

Fig. 18. Relationship between the exchangeable (Ca+Mg) content of the soils and RF of crude humic acid

性土壌の性格を有すると考えている。腐植量を JENNY の式<sup>12)</sup> から計算すると、計算値と実測値がかなり一致した。よって、直接的、間接的いずれにせよ、温度、水分等の気候因子が、奄美群島の成帯性土壌の腐植に対して強い影響を与えていると判断したのである。JENNY の考察及び式の適用については、多くの批判もあるが、著者等は、細かい数字を比較するのではなく、一地域の多くの場所から採取した土壌の実測値の平均値と JENNY の式から計算した値がかなり一致するか、または数倍にも達する差異があるかにより、腐植集積の様相が主に気候に支配されるか否かを判定し得ると考えている。従って、奄美群島で、標高、地目を異にする土壌の腐植の相違は、標高、植生が土壌気候を変化させるために有機物供給量と微生物活動状態が変わることに先ず原因を求めべきであろう。



第19図 活性  $R_2O_3^*$  と粗腐植部の RF との関係

Fig. 19. Relationship between active  $R_2O_3^*$  content of the soils and RF of crude humic acid

\* dissolved  $R_2O_3$  with Mg-reduction method

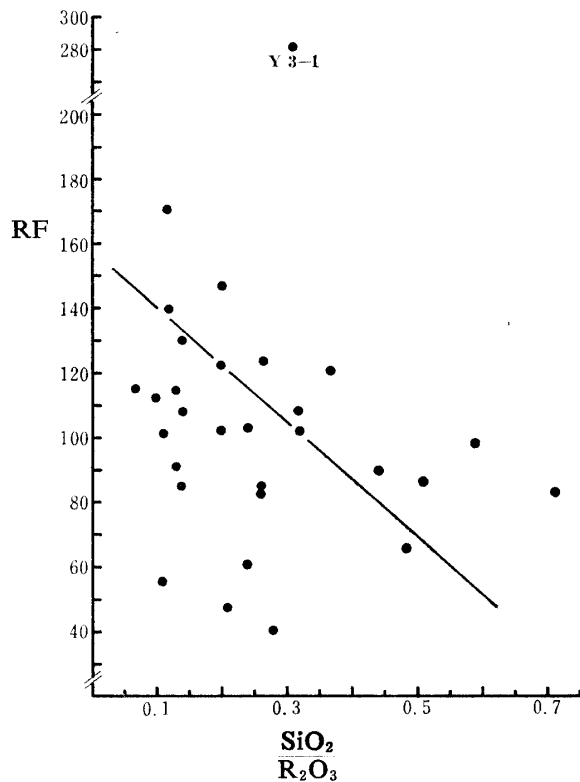
成帯性土の性格を有し、奄美群島と気候条件が異なる場所の赤色土、黄色土の腐植集積状況が奄美群島と異なるとすれば、相違の原因を考察する際には、最初に気候の差異を比較する必要がある。KONONOVA<sup>22)</sup>の著書および原田の紹介<sup>23)24)25)</sup>によるソビエトの湿润亜熱帯地域(年平均気温:12~16°C,年間降水量:1500~2000 mm)に分布するクラスノゾームと呼ばれる赤色土の腐植量が4.0~8.0%とかなり多い理由は、主に現在の気候条件の差異に基づくと考えたい。また、いわゆる古赤色土は、奄美群島よりも高緯度の地域に分布している場合が多いので、恐らくは、奄美群島土壌よりも腐植量は一般に多いと考えられる。

巨視的には、気候条件に支配されると思われる腐植集積様相も現実的には、粘土の量、質、土壤反応、Base status等とかなり強い相関関係を保っている。これら諸因子は、気候のみならず、母材、地形等によりかなり異なる。従って、成帯性土の性格を有する奄美群島の土壌の腐植も、微視的には、地形、母材の影響

を蒙っていることは疑を入れぬ。

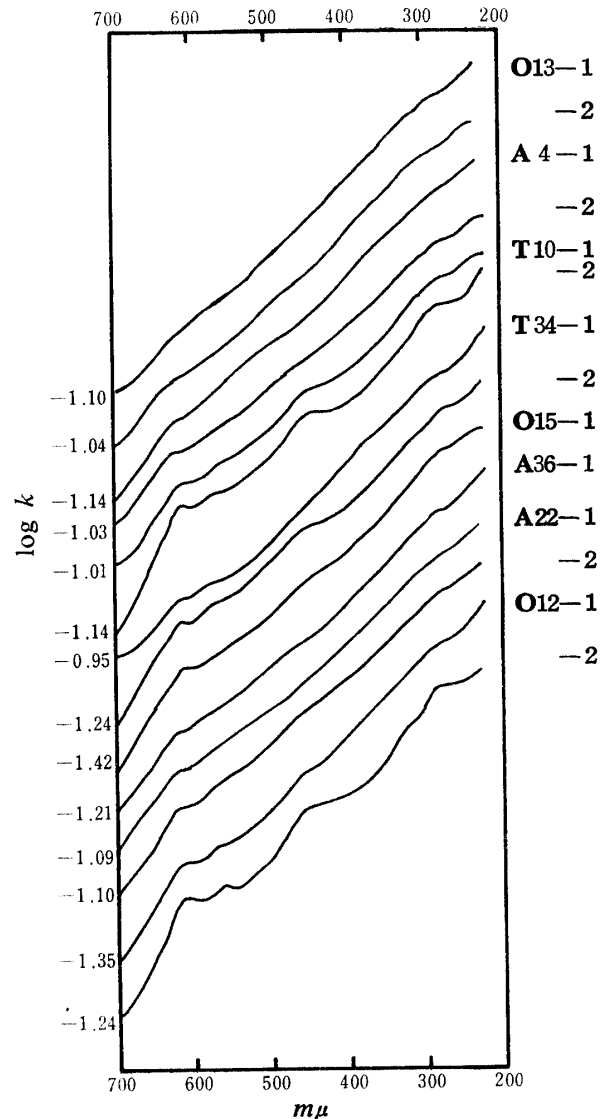
粘土鉱物の種類によって様相は異なるが、一般的には、粘土含量:40~50%程度の土性は、腐植量の増加と腐植酸の腐植化度の進行に対して好都合であろうと、前節の結果から推定し得る。

粘土鉱物の種類と有機物の関係については、弘法・藤沢<sup>26)27)28)</sup>、SINGH<sup>29)</sup>、和田・井上<sup>30)31)</sup>等により多くの研究成果が挙げられている。諸研究者の得た研究結果を簡単に要約すると、イ)有機物吸着量は、アロフェン、水酸化アルミニウムで最も多く、以下、モンモリロナイト、イライトと続き、カオリン等の1:1型鉱物では最も少ない。ロ)吸着される有機物の質は、モンモリロナイトには、炭素率、粒子量が大で、



第20図 Mg-還元法により溶解する部分の  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$  と粗腐植酸部の RF との関係

Fig. 20. Relationship between  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$  of dissolved fraction with Mg-reduction method and RF of crude humic acid



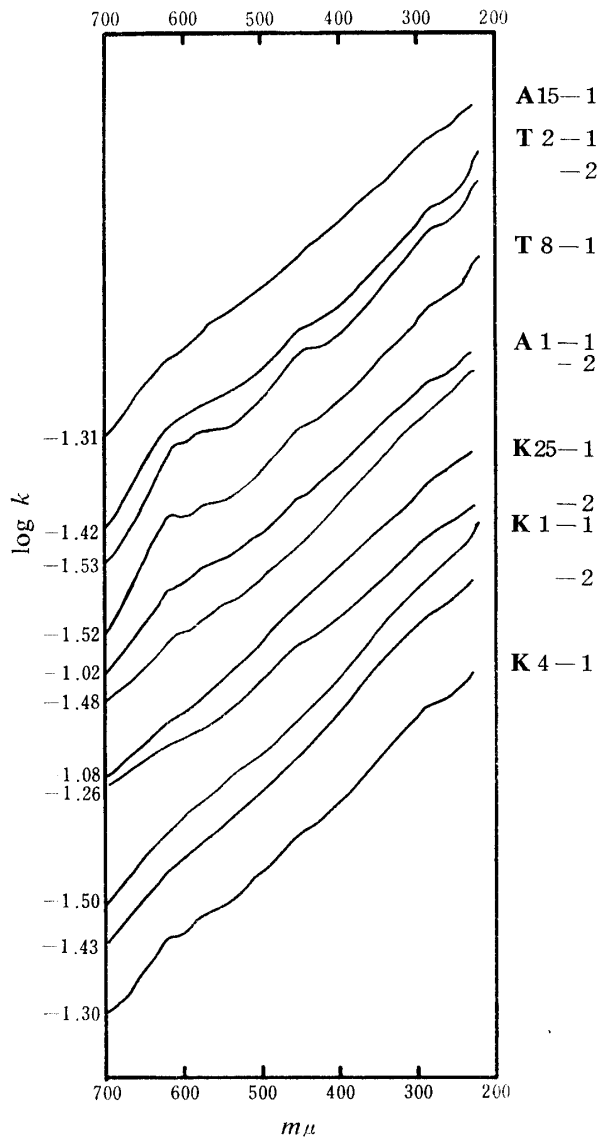
第21図 粗腐植酸部の吸収スペクトル

Fig. 21. Ultra violet and visible absorption spectra of crude humic acids

色も最も黒く、腐植化度の高い有機物が吸着され、以下アロフェンと水酸化アルミニウム、イライト、1:1型鉱物の順で吸着される有機物の腐植化度（炭素率、色、粒子量等から判断した）が低くなる。著者等は、現実の多数の供試土壌について、腐植と粘土の質との関係について検討する際以下の現象を予想した。  
イ) Al を四面体層間に有しないパーミキュライトの存在は、腐植量の増加をもたらすかもしれぬ。ロ) バイデライト様鉱物をかなり含む泥灰岩質土壌の腐植酸の腐植化度は高いであろう。ハ) ギブサイト、ヘマタイト等の結晶性酸化物の多い土壌の腐植量は少ないであろう。ロ) については次項 2. で述べる。ハ) については結晶性酸化物含量の多い表層土が極めて少な

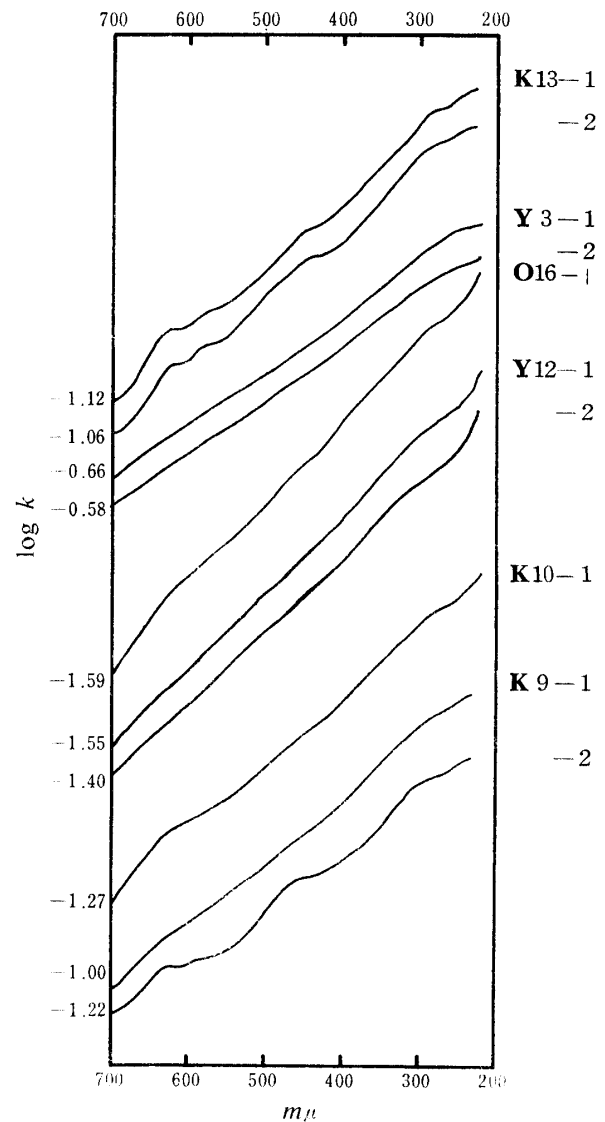
かったので確認し得なかった。イ) については前節で述べたように、パーミキュライトが多いほど、炭素率: 12 程度、PQ: 40~50 前後の腐植がより多く土壌に残留するようである。パーミキュライトの四面体層間に、粒子量が比較的小さい有機物が保持されると考えたいが、その証明は本研究ではなし得なかった。

奄美群島で成帯性土の性格を有する土壌は、粘土の珪ばん比: 2~2.5, 粘土中の非晶質物<sup>32)</sup>: 20%程度、メタハロイサイトを主成分とし、イライト、パーミキュライトをかなり含み、土壌反応は、 $pH(H_2O, 1:2.5)$ : 4~5 程度、置換性二価塩基は非常に少なく、土壌から Mg-還元法により溶出する  $R_2O_3$  は 10%以下の性状で一応の平衡に達するのではないかと著



第22図 粗腐植酸部の吸収スペクトル

Fig. 22. Ultra violet and visible absorption spectra of crude humic acid



第23図 粗腐植酸部の吸収スペクトル

Fig. 23. Ultra violet and visible absorption spectra of crude humic acids



者等は考えている<sup>21)</sup>。腐植も、土壌の *Base status* の観点からみると、前節に述べた如く、土壌の酸性化、置換性二価塩基の減少、活性  $R_2O_3$  の増加に伴って、腐植量も増加し、腐植酸部の割合も増大し、腐植酸の腐植化度も一般的に高くなる。また、塩基飽和度が低く、活性  $R_2O_3$  (特に  $Al_2O_3$ ) が多い土壌ほど、酸前処理を行わずに  $NaOH$  で溶解する腐植が多い。従って、腐植の結合形態も  $Ca$  (一部には  $Mg$ ) 型腐植から、非あるいは難置換性の  $Al$  (あるいは  $Fe$ ) 型に変わりつつあり、 $Al$  型腐植がかなり多い状態となって平衡に達すると考えたい。

奄美群島よりも低緯度で、表土にもギブサイト、ヘマタイト等が大量に生成する環境、さらに、ラテライトが生じる条件下では、高温、多湿に起因する微生物の活性化によってのみならず、高温での乾燥等によって、鉄、ばん土の結晶化、すなわち、 $R_2O_3$  の不活性化現象も、腐植が土壌中に残らぬ原因となり得るであろう。

## 2. 島尻層泥灰岩に由来する土壌の腐植について

沖縄島南部の“ジャーガル”と俗称される泥灰岩質土壌の主要粘土鉱物はモンモリロナイトであり、腐植量は少ないが腐植酸の腐植化度は高く、そのために帯黒の土色を呈している<sup>22)</sup>。前項にも述べた如く<sup>29)30)31)</sup>、モンモリロナイトは腐植化度の高い、あるいは黒い有機物をよく吸着する。SINGH<sup>29)</sup> が研究したインドの *Black cotton soil*、川口・久馬<sup>33)</sup> の発表によるタイの *Grumsol*、MOHR の著書中に述べられているインドネシアの *Margalitic soil*、さらに米国の土壌分類体系7次試案による *Vertisol* の *Grumaquert*<sup>34)</sup> と呼称される土壌群は、沖縄島の“ジャーガル”と同様に、*tropical rendzina* の概念が適用され、モンモリロナイトを多く含み、その結果として腐植酸の腐植化度もまた高いことが特徴であろうと著者等は考えている。

喜界島の泥灰岩質土壌にはバイデライト様鉱物がかなり含まれている<sup>35)</sup> ので、“ジャーガル”と同様に腐植酸の腐植化度はかなり高いであろうと予測した。しかし、第2表および第22図に見る如く、泥灰岩質土壌である  $K 4-1$ 、 $K 1-1$ 、 $K 25-1$  等の土壌では、前項の成帯性土壌と見做される試料と比較しても腐植酸の腐植化度は高くなく、寧ろかなり低い。ただ、 $K 25-1$  の如く、土性が適当であり、かつ、塩基飽和度が非常に高い土壌の  $PQ$  が大きな値を示すに過ぎぬ。

モンモリロナイトとバイデライトでは有機物に対する行動が異なるのか、また、喜界島の泥灰岩質土壌の

モンモリロナイト型鉱物の量が少ないのか、あるいはまた、有機物と交換反応を起こさない程度に安定した  $Al$  が四面体層間に存在していることが理由なのか、現在の研究段階では明らかにし得ない。バイデライト様鉱物をかなり含む喜界島の泥灰岩質土壌の腐植集積状態は、熱帯、亜熱帯地域のモンモリロナイトに富む土壌とは異なり、腐植酸の腐植化度は高くないと記すにとどめる。

## 3. 琉球石灰岩に由来する土壌の腐植について

### 附. 与論島の“マードル”と俗称される土壌について

著者等は、琉球石灰岩質と呼称される土壌の土壌体は、本質的には、母岩である石灰岩中に含まれている非石灰質の珪酸塩鉱物から生成されたものであると考えている<sup>36)</sup>。従って、琉球石灰岩質土壌も以下の2群に分けて考察するのが妥当である。イ) 遊離炭酸石灰が消失し、1. 節の成帯性土壌群と同様な土壌生成作用を経て、塩基飽和度が低くなった土壌 ( $K 13-1$ 、 $K 10-1$ )。ロ) 土壌生成初期段階にあり遊離炭酸石灰が土壌中に存在しているか、あるいは表面流去水や土壌滲透水が集中する場所で、周囲の石灰岩や石灰岩質土壌から塩基特に石灰が常時供給され、塩基飽和度が非常に高い土壌群 ( $Y 3-1$ 、 $K 9-1$ 、 $O 16-1$ 、 $Y 12-1$ )。しかし、両群の粘土鉱物組成<sup>36)</sup> は類似している。

腐植集積状態も前記の二群に分けて考察すると、イ) の塩基飽和度の低い土壌群では、地目、標高、粘土の量、質の影響もこうむるが、土壌の酸性化、置換性二価塩基の減少、活性  $R_2O_3$  の増加に伴って腐植量は増加し、腐植酸の腐植化度は高くなるであろう。

ロ) の塩基飽和度の非常に高い土壌の腐植の状態はさらに、a.  $O 16-1$ 、 $Y 12-1$  の如く腐植酸の腐植化度が低い群と b.  $Y 3-1$ 、 $K 9-1$  のように腐植酸の腐植化度が高い土壌 ( $K 23-1$  の如く腐植量 7.6%にも達する試料もある) の二群に分け得るようである。地目、標高は、a. b. 群に分ける指標とはなり得ず<sup>37)</sup>、粘土含量は、a. 群の  $O 16-1$ : 84%,  $Y 12-1$ : 55%, b.  $Y 3-1$ : 42%,  $K 9-1$ : 30.4% で、b. 群の方が腐植化度の高い腐植の集積に対して僅かに有利なようである。粘土鉱物組成、特に粘土中の非晶質部<sup>32)</sup> の量あるいは土壌から  $Mg$ -還元法により溶出される  $R_2O_3$  の量によっても両群は区別し得ない。よって、a. b. いずれの土壌群の腐植状態が、塩基飽和度の高い土壌の腐植の正常な形態であるかは容易に判断し得ない。

しかし、b. 群の  $Y 12-1$  は腐植酸の腐植化度は低

いが、PQ は 60.1 と供試土壌の中では非常に大きい値を示す。また、泥灰岩質土壌である K 25-1 (粘土含量: 38%) も塩基飽和度は 98.1% で PQ は 60.1 である。従って、極めて重粘な土性の O 16-1 を除外すると、奄美群島の塩基飽和度 100% 近い土壌は、土性が適当であれば、琉球石灰岩質土壌でも、泥灰岩質土壌でも、HCl 前処理後 NaOH 抽出により腐植の形態分析を行えば、成帯性土と見做される土壌よりも、腐植酸部の割合は大であるとい得よう。

豊橋附近の石灰岩質土壌並びに三重県の、石灰岩に由来する酸性土壌の腐植化過程を研究した熊田<sup>35)21)</sup>は、土壌反応が中性付近で腐植の量も質も極盛相に達し、土壌反応が酸性化すると共に腐植量は減少し、腐植酸の腐植化度も低くなり B 型もしくは P 型腐植酸になると推定した。著者等は、奄美群島の琉球石灰岩質土壌では、土壌反応が中性付近で、且つ、塩基飽和度の非常に高い土壌の腐植酸部の割合は大であるが、土壌が酸性化し、塩基飽和度が低くなり、活性  $R_2O_3$  が増加すると腐植量は増加し、腐植酸部の腐植化度もまた高くなり、成帯性土の腐植と同様な集積状態を示すと考えたい。どの程度の pH と塩基飽和度から、腐植の量、質が成帯性土の性格が変わるかについては今後の研究にまたねばならぬ。

Y 3-1, -2 は、与論島城附近に小面積分布し、“マードル”と俗称されている。主に凹地底部に存在し、周囲の石灰岩および石灰岩質土壌からの表面流去水、滲透水が集中し、土壌に対して常に石灰が供給される環境下にあり、土色は黒色火山灰土壌と誤認するほど黒く、(7.5 YR 3/2, 5.0 YR 2/2)、腐植量は 3.8% とかなり多く……マードルは低地に分布しているゆえに、すべて耕地となっている。未耕地のマードルの腐植量はかなり多いであろうと予測される……。PQ: 79.2, 腐植酸部の  $d \log k$ : 0.533, RF: 282 と供試土壌中では腐植酸の腐植化度は最も高く、且つ、A 型腐植酸である。粘土含量は約 45% で、粘土鉱物にはモンモリロナイト型鉱物は全く見出されず、メタハロイサイト、イライトが主体を占め、14 Å 鉱物は僅かしか存在せず、特に、Al を層間に有するパーミキュライトは殆んど認められない。活性  $R_2O_3$  は約 5%、粘土 (< 2  $\mu$ ) の非晶質部分は約 16% で、供試土壌中で特に多い範疇には入らぬ。土壌反応はほぼ中性で塩基飽和度は 98%、石灰飽和度は 74% である<sup>4)6)</sup>。既報<sup>4)6)</sup>には記載しなかったが、固相率は 50~60% であり、火山灰土よりもかなり大である。

以下において、著者等の未発表の研究および諸研究者により明らかにされた非火山性黒色土の性質を“マードル”と比較してみよう。

既報<sup>2)~7)</sup>並びに本報でも対象としなかったが、奄美群島の各島の琉球石灰岩表面、あるいは喜界島の沖積珊瑚礁表面の数平方 cm が僅かに風化し、深さ 1~3 cm の土壌が生成し、コケ、コオニシダ、メドハギ等が自生している場所がしばしば見出される。それらの土壌は、遊離炭酸石灰をかなり含み、塩基飽和度は 100% であるが、活性  $R_2O_3$  はほとんど含まれず、しかも腐植量は極めて多く (5~20%)、腐植酸の腐植化度もまた非常に高い。粘土含量は 0~数% に過ぎず、結晶性粘土鉱物は全く存在せず、礫含量は 30~70% にも達する。これらの、石灰岩上に点在する僅かな残積土は、土性、粘土鉱物の質、活性  $R_2O_3$  含量は“マードル”と非常に相違するが、腐植の量と質、土色 (5.0~7.5 YR 2/2 程度)、石灰飽和度は“マードル”と酷似している。

日本内地の非火山性黒色土あるいは非火山性母材より生成し、腐植化度の高い腐植が多量に集積している土壌としては、東海地方のいわゆる“黒ボク”が挙げられよう。加藤<sup>36)~42)</sup>によれば、東海地方の非火山性黒土は、腐植量: 7~10% で炭素率は非常に大きく、土壌反応は強酸性で、活性  $R_2O_3$  含量も非常に多く、粘土鉱物はハロイサイト、メタハロイサイトを主とし、イライト、ギブサイト、Al-パーミキュライトを含み、固相率は約 40%、酸性岩、塩基性岩等多様な母材から生成し、中位段丘群以下に分布している。上記の研究結果から、加藤は、東海地方の非火山性黒色土における多量の腐植化度の高い腐植の集積を、多量の活性  $R_2O_3$  (あるいはアロフェン) と湿潤な水分環境に帰結せしめている。すなわち、非火山性ではあるが、腐植化度の高い腐植の集積原因の大部分を、火山灰土壌と同様に活性  $R_2O_3$  (あるいはアロフェン) の存在に求めているといえよう。“マードル”と東海地方のいわゆる“黒ボク”とは、粘土鉱物組成は類似しているが、土壌反応、塩基飽和度、活性  $R_2O_3$  含量等は明らかに異なる。

前項 2. で述べた熱帯、亜熱帯地域の黒土で、*Tropical rendzina* の概念が適用出来る土壌は、いずれもモンモリロナイトの存在により、腐植化度の高い腐植が集積すると思われるので、“マードル”と腐植の質は似ているが、粘土鉱物組成は非常に異なる。

GERASIMOV<sup>43)</sup>により報告された、北方地域の *Humus calcareous soil* は、土壌反応中性付近で、遊離

炭酸カルシウムを僅かに含み、腐植量は AoA 層で 20~24%, A 層で 2~4%, 炭素率は AoA: 16~35, A: 10~14 とかなり大であり、腐植集積様相と塩基飽和度は、“マードル”や、前述の、石灰岩上に僅かに生成した土壤と類似しているようである。しかし、年降水量: 360~370 mm, 平均年気温: -9~-8°C の寒冷乾燥気候下で生成した土壤であるゆえ、高温多雨の条件下にある“マードル”とは気候条件が非常に異なる。

上記の各土壤との比較から、著者等は、“マードル”における腐植化度の高い腐植の集積の原因を、塩基特に石灰が常に土壤に対して多量に供給される環境に求めたいと考えている。しかし、この点については、今後詳細に検討する必要があると考える。

## V. 要 約

奄美群島の、母材を異にする土壤の腐植について研究し、以下の結果を得た。

1. 腐植集積量は一般に少なく、表層土でも 3% 以下の土壤が多い。炭素率は 9~12 程度で、腐植酸部の割合 (PQ) は小で、腐植酸部の腐植化度もまた低い。
  2. 一般には、腐植集積量の多い土壤ほど、炭素率、PQ も大で腐植酸の腐植化度も高い。
  3. 塩基飽和度特に石灰飽和度の非常に高い土壤を除外すると、腐植集積量は、巨視的には気候条件に支配され、腐植集積についての JENNY の式を適用し得る。
  4. 地目、標高によって腐植の量と質は異なる。林地では腐植の集積量が最も多く、草地在これに次ぎ、耕地では最も少ない。標高の高い場所では腐植集積量は多いが、炭素率は、腐植の量が多い割には小である。
  5. 粘土含量: 35~55% 程度の土壤には、腐植が多く集積している。
- 喜界島の泥灰岩に由来し、モンモリロナイト型鉱物 (モンモリロナイト、バイデライト) をかなり含む土壤では、モンモリロナイトに富む、沖縄島の“ジャーガル”とは異なり、腐植酸の腐植化度は低い。
- 炭素率: 約 12, PQ: 45 程度の腐植の集積に対して、層間に Al を有しないパーミキュライトの存在はプラスに作用すると思われる。
6. 土壤反応が微酸性~酸性である土壤では、土壤が酸性化し、置換性二価塩基含量が減少し、活性鉄、ばん土含量が多くなるとともに、腐植集積量は増加し、炭素率、PQ も大になり腐植酸の腐植化度もまた

高くなる。

土性が適当で、かつ、塩基飽和度が 100% に近い土壤の PQ は大であることが多い。

また、塩基飽和度が非常に高い土壤で、モンモリロナイトを全く含まないにもかかわらず、炭素率、PQ が非常に大で、腐植酸の腐植化度も高く、かつ、腐植集積量もかなり多い土壤も存在する。

7. 腐植酸の吸収スペクトルでは、B 型腐植酸の形態を示す土壤が多く、A 型腐植酸の存在する土壤は僅かである。

酸性土壤の下層土には、P 型腐植酸が存在する。中~微アルカリ性土壤には、P 型腐植酸はほとんど認め得ない。

8. 同一試抗点の下層土は、表層土よりも腐植集積量が少なく、炭素率、PQ も小で、NaOH 抽出部の  $\Delta \log k$  は大で RF は小であるにもかかわらず、腐植酸部の腐植化度は表層土よりも高い場合が多い。

本研究の遂行に協力された鹿児島大学農学部助教授宮内信文博士、大山光子、米沢貴子、伊藤秀文 (現在北陸農試)、浜崎忠雄 (現在農技研)、吉留吉弘の諸氏、並びに現地調査及び試料採取に助力して頂いた鹿児島農試大島支場友野育造氏、鹿児島農試大島支場徳之島試験地 (現在糖業支場) の中村弘氏 (現在鹿児島農試)、大島支庁農務課、与論町役場、南西糖業株式会社 (徳之島)、生和糖業株式会社 (喜界島)、南栄糖業株式会社 (沖永良部島) の各位に深く感謝する。

なお、本研究の経費の一部は、昭和 39、40 年度の文部省科学研究助成金と、昭和 36 年度鹿児島大学奨助会の研究費によった。記して謝意を表する次第である。

## 引用文献

- 1) 小林嵩: 鹿大農学術報告, **10**, 108~164 (1961)
- 2) 小林嵩・品川昭夫: *ibid.*, **16**, 11~55 (1966)
- 3) 小林嵩・品川昭夫: *ibid.*, **17**, 43~72 (1966)
- 4) 小林嵩・品川昭夫・市来征勝: *ibid.*, **18**, 93~131 (1968)
- 5) 小林嵩・品川昭夫・宮内信文・市来征勝: *ibid.*, **19**, 99~110 (1969)
- 6) 小林嵩・品川昭夫・宮内信文・中野篤治: *ibid.*, **19**, 111~119 (1969)
- 7) 小林嵩・品川昭夫・宮内信文: *ibid.*, **19**, 121~133 (1969)
- 8) MOHR, E. C. J. and VAN BAREN, F. A.: *Tropical Soils*, Interscience Publishers, INC, New York (1954) 282~285 pp.
- 9) *idem*: *ibid.*, 280p.
- 10) 平野俊・土肥誌, **13**, 511~516 (1939)
- 11) TAN, K. H.: *Soil Sci. Pl. Nutr.*, Tokyo, **12**,

- 80~84 (1966)
- 12) JENNY, H. : *Factors of Soil Formation*, McGraw-Hill book company, INC, New York (1941) 171 p.
- 13) WELTE, E. : *Pflanzenähr., Düng. Bodenk.*, **46** (91), 244~278 (1949)
- 14) 内山修男・阿部和雄・上原 正 : 農技研報告, **B3**, 43~138 (1954)
- 15) 品川昭夫 : 鹿大農学報報告, **11**, 155~205 (1962)
- 16) JEFFRIES, C. D. and JACKSON, M. L. : *Soil Sci.*, **68**, 57~73 (1949)
- 17) 大羽裕 : ペドロヂスト, **8**, 108~116 (1964)
- 18) 熊田恭一 : 分析化学講座 **9-C**, 土壌及び肥料分析, 共立出版 (1957), 25 p
- 19) 松井健・松本マズミ : 資源科学 研究所業績 第1043号, 水質汚濁研究, **2**, 90~106 (1962)
- 20) KUMADA, K. and SATO, O. : *Soil Sci. and Pl. Nutr. Tokyo.* **8**, 31~33 (1962)
- 21) 熊田恭一・太田信婦 : 土肥誌, **36**, 57~62 (1964)
- 22) KONONOVA, M. M. : *Soil Organic Matter*, Pergamon Press. London. (1961) 231~272pp
- 23) 原田竹治 : 農業技術, **10**, 414~417 (1955)
- 24) idem : *ibid.*, **10**, 457~459 (1955)
- 25) カチンスキー著・原田竹治訳 : ソビエト土壌学入門, 青銅社 (1954), 209~215 pp
- 26) 弘法健三・藤沢 徹 : 土肥誌, **32**, 440~446 (1961)
- 27) idem : *ibid.*, **34**, 13~17 (1963)
- 28) idem : *ibid.*, **35**, 40~46 (1964)
- 29) SINGH, S. : *J. Soil Sci.*, **7**, 43~58 (1956)
- 30) WADA, K. and INOUE, T. : *Soil Sci. and Pl. Nutr. Tokyo.* **13**, 9~16 (1967)
- 31) INOUE, T. and WADA, K. : *9th International Congress of Soil Science Transactions, Vol. III.* Paper 30, 289~294 (1968)
- 32) HASHIMOTO, I. and JACKSON, M. L. : *Clays and Clay Minerals. Proc. 7th Natl. Conf.*, 102~113 (1960)
- 33) KAWAGUCHI, K. and KUMA, K. : *Reports on Research in Southwest Asia, Natural Science Series, No. 4*, 1~270 (1969)
- 34) 農業技術研究所 : 農技研資料 **B8**号, 抱括的土壌分類試案 (第II部) (1964) 246~269 pp
- 35) 熊田恭一 : 土肥誌, **34**, 387~393 (1963)
- 36) 加藤芳朗 : 土肥誌, **30**, 549~562 (1960)
- 37) idem : *ibid.*, **31**, 25~28 (1960)
- 38) idem : *ibid.*, **32**, 328~332 (1961)
- 39) idem : *ibid.*, **33**, 513~516 (1962)
- 40) idem : *ibid.*, **33**, 517~520 (1962)
- 41) idem : 粘土科学の進歩, **4**, 311~325 (1962) 技報堂
- 42) idem : 第4紀研究, **3**, 212~222 (1963)
- 43) GERASIMOV, I. P. : *Soviet Soil Sci.*, No. **2**, 140~188 (1965)

### Résumé

The studies presented here are to carry out further works in the field of humus of the soils in Amami Islands, derived from various parent materials.

In the preceding reports<sup>31-7)</sup>, the physical, chemical and mineralogical properties of Amami soils were elucidated, and the following conceptions were obtained: the soils derived from Paleozoic rocks, Igneous rocks and the Kunigami gravel beds have the characteristics of zonal soils, the soils derived from the marl and sandstone of Shimajiri beds in Kikaijima (hereafter these soils are designated as MS) are regarded to be intrazonal soils, and, for the soils derived from Ryukyu limestone (hereafter these soils are designated as LS), some of LS whose base saturation degree is low, have zonal character, while the major parts of LS whose base saturation degree is very high and in which free calcium carbonate often exist, are rather considered as intrazonal soil.

Accordingly, the concept that the character of humus accumulation of the most soils in Amami Islands are zonal, was preestimated by the authors.

So, total nitrogen content of the top-soils was calculated on the base of Jenny's equation according to the humus accumulation, and this content was computed as 0.166-0.201%. By the actual measurement, nitrogen content of the top-soil was 0.169% on the average of 100 zonal soil samples. This value was nearly equal to the above-mentioned calculated nitrogen per cent. Consequently, it is believed that humus accumulation of the greater parts of Amami soils was considered the function of climate; namely, temperature, precipitation and humidity, first of all.

Afterthat, several properties of humus and the relationships between the abundance, the nature of humus and the various factors which may have important effect upon the humus were investigated.

The results obtained and the discussion may be emulated as follows:

- 1) Humus content of most of the top-soils are generally less than 3% and carbon-nitrogen ratio of the top-soils are within the range from 9 to 15 and the value of PQ is low...percentage

of humic acid on extracted organic matter (in this report, the extracted organic matters are denoted as org. matter dissolved with 0.5% NaOH after decalcification by 5% HCl treatment) ...and the humification degree of humic acid is low, too.

2) Generally speaking, in conformity with the augmentation of humus, carbon-nitrogen ratio becomes narrower, PQ and humification degree of humic acids get higher.

3) Humus content of Amami soils seems to be considerably influenced by the land condition and the altitude of sampling localities. For the soils of forest and grassland, humus content is more abundant than in that of cultivated land, and relatively large amounts of humus are often found more in the soils of high altitude than in that of low altitude. The primary influence of those two factors upon humus may be ascribed to the changes of the soil climate by both factors.

4) Differences in the abundance and nature of humus of Amami soils and of the other reddish-yellow zonal soils are believed to be largely responsible for the difference in the present-day climatic soil conditions. Hereafter, it should be investigated from the stand-point of the amounts and properties of the inorganic matter.

5) For the medium textured soils.....clay (<2 $\mu$ ) content ranges approximately from about 35% to 55%....., relatively large amounts of humus are accumulated and humification degree of those humus is high.

For MS in Kikaijima, the considerable amounts of montmorillonite groups (montmorillonite and beidellite) were contained in those clay fractions<sup>5)</sup>, but humus content is relatively small and humification degree of them is definitely low. Thus the nature of humus of MS is widely differed from that of humus of common tropical rendzina.....black soils in tropical region, "Jagaru" in Okinawa, marginalitic soils and Grumusol etc. belong to this soil type, montmorillonite is the main clay mineral of those soils and humification degree of those humic acid is very high, consequently, the color of those soils is black. ....It should be kept in mind that MS in Kikaijima is similar in clay mineral composition but is dissimilar in humification degree of humic acid to tropical rendzina. These discrepancies were left unexplained in this paper.

Vermiculite was always main clay mineral composition of most of the sample soils<sup>5)6)7)</sup>, and large amounts of vermiculite may be effective for the accumulation of medium humified humus (C/N: 12, PQ: 45), but it is not clear-cut relationships between the increase of vermiculite and the accumulation of high humified humus.

6) In general, in acidic or weakly acidic soils, as soil acidity develops, magnitude of exchangeable (Ca+Mg) content decreases and active R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> becomes enriched, correspondingly, humus content increases, carbon-nitrogen ratio becomes wide, value of PQ gets higher and humification of humic acid goes on.

While, for the soils, those base saturation degree is nearly 100 per cent, value of PQ and humification degree of humic acids are revealed in two ways, namely high and low. Moreover, the soils whose humus content are exceedingly large are often found in LS.

In Yoronjima, exceedingly highly humified humus is sometimes present in LS whose base saturation degree is nearly 100%. Those soils are called "Maduru" and black in color according to humus; nevertheless, montmorillonite minerals were scanty in those soils. "Maduru" are narrowly distributed among Yoronjima and generally, those soils are formed in the sunken place, therefore, "Maduru" are always supplied with plentiful bases especially Ca from the running water of the surrounding limestone or LS. "Maduru" are differed widely from the previously discussed tropical rendzina, from the view-point of existence of montmorillonite, but their humification degrees are quite alike. Accordingly, "Maduru" may rightly be regarded as black (or humus) calcareous soil in the tropical or subtropical region by authors. The augmentation of highly humified humus may presumably be attributed to the base-rich environment.

7) Judging from the ultra violet and visible absorption spectra of humic acids, most of the humic acids belong to Kumada's B-type and a few to Kumada's A-type humic acid. Kumada's P-type humic acids are found in most of acidic or weakly acidic soils, especially in sub-soils, and are scarce in neutral or weakly alkaline soils with a few exceptions.

8) For the sub-soils, the amounts of humus are smaller, carbon-nitrogen ratio is narrower, the value of PQ and humification degree of extracted organic matter with 0.5% NaOH after decalcification is lower than that of the top-soils; on the other hand, humification degree of humic acid is clearly higher than that of the major part of the sample top-soils.