

鹿児島県笠野原台地の黒色火山灰 土壌の腐植について (続報)

品川昭夫

I. 緒言

土壌有機物の研究は最近大いに発展し、就中 Springer, Simon, Hock, 等のドイツ学派は、腐植抽出剤についての深い配慮と、抽出された腐植酸の光学的研究により、腐植研究方法について一時期を劃した。ロシアの Tyulin 氏⁽¹⁾⁽²⁾は土壌膠質学的観点から腐植を検討し、Mattson の理論、Gedroiz の方法を基礎として、土壌有機物を分割解膠法により研究した。Tyulin 氏法は Atkinson 氏等⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾、わが国では原田氏等⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾により採用され、肥沃度との関連において幾多の興味ある結果が得られている。筆者等⁽¹⁰⁾は笠野原台地の黒色火山灰土壌の腐植を各氏法により研究したが、その後に Tyulin 氏法を応用して得た結果を発表する。

供試土壌は前報の研究に用いた 9 点で、その採集地、pH、全炭素、全窒素、等は既に報告⁽¹⁰⁾したので省略する。

II. 実験方法

i) Na⁺ による土壌の飽和

風乾細土各 50 g に、反応を pH……7.0 に調節した 20% NaCl 液 250cc を添加し、充分に攪拌して放置する。翌日これを濾過し、濾紙上の土壌を 20% NaCl にて一回洗滌した。濾液には Ca⁺⁺ の反応が認められなかつた。

ii) 蒸溜水による透析

Na⁺ にて飽和したこの土壌をセロファン袋に入れて、Cl⁻ の反応のなくなる迄蒸溜水にて透析した。このために約 70 時間を要した。

iii) G₁ の分離

このように調整した Na-飽和土壌を 500cc のビーカーに入れ 9~10cm の深さ迄蒸溜水を加え、充分攪拌して、室温にて 24 時間静置し深さ 8 cm 迄の懸濁液を採集した。この沈降法を 20 回反覆して G₁ コロイドを集めた。この操作の反覆により上澄液はほぼ無色になつた。

iv) G_{2a} の分離

G₁ を除去した土壌残滓に 0.004 N NaOH を添加し、G₁ の採集と同様に沈降法を 20 回反覆して G_{2a} コロイドを集めた。この場合は 20 回反覆後においても上澄液は清澄にならなかつた。

v) G_{2b} の分離

G_{2a} を除去した土壌に 0.01 N HCl を添加し、充分に攪拌して 24 時間放置し、上澄液を除

去する。この操作を上澄液の pH が 0.01 N HCl と同じになる迄反覆する。次に 0.01 NaOH と蒸溜水にて交互に沈降法を反覆して G_{2b} を集めた。この分別を各 20 回宛反覆したが上澄液は清澄にならず、その濁濁の程度は G_{2a} 採集後の場合より甚しかつた。

以上の操作にて得た G_1, G_{2a}, G_{2b} の懸濁液を遠心分離し、もはや上澄液がアルカリ反応を示さなくなる迄水洗し、70°C 以下にて乾燥後、秤量し、その炭素及び窒素を定量した。

vi) 残 滓

G_{2b} を除去した残滓 R_{2b} は蒸溜水にて数回洗滌した後、70°C 以下にて乾燥秤量して、その炭素及び窒素を定量した。

vii) G_1 の分別

G_1 の懸濁液に $\frac{N}{10}$ NaOH を加えて、正確に pH 9 とした。この液 500cc に対して固体の KCl を 15 g 添加し、充分攪拌して一夜放置した後これを遠心分離し、KCl-floc. と上澄液とに分つた。上澄液 1l に対して 1:3 HCl を 5cc 添加し 1st-humate を沈澱せしめた。

KCl-floc. に 0.01 N HCl を添加して一夜放置後遠心分離し、上澄液の反応が 0.01 N HCl のそれと同じになる迄この操作を反覆した。次に沈澱を 0.01 N NaOH 中に分散せしめ、上の場合と同様に KCl を添加して上澄液と KCl-floc. とに分ち、上澄液については 1st-humate 採取の場合と同様に処理して、2nd-humate を沈澱せしめた。

viii) G_{2a}, G_{2b} の分別

それぞれの懸濁液に KCl 固体を添加し、上記 vii) の G_1 の場合と同様の操作で、1st-humate, 2nd-humate, KCl-floc, 濾液を分離した。

G_1, G_{2a}, G_{2b} , 等を分割して得た各 fraction は 0.01 N HCl にて数回、蒸溜水にて数回洗滌し、70°C 以下にて乾燥秤量して、その全炭素、全窒素を定量した。1st-humate, 2nd-humate 採集後の濾液は濃縮し、同様に全炭素、全窒素を定量した。

ix) 窒素及び炭素の定量法

全窒素はすべてマイクロケルダール法にて定量した。全炭素は、固体試料は改良クロム酸法にて定量し、フルボ酸と見做される、各 humate よりの濾液は $\frac{N}{10}$ $KMnO_4$ 消費量より全炭素を計算した。(Hock⁽¹¹⁾ に従い、フルボ酸では $\frac{N}{10}$ $KMnO_4$, 1cc は 0.63 mg の炭素に相当するとして計算した。)

Table 1. Amount of different groups of colloids.

Soil	No.	Horizon	Content			Ratio
			G_1^*	G_{2a}^*	G_{2b}^*	$G_1 : G_{2a} : G_{2b}$
	111	A	1.59 %	2.04 %	7.61 %	14 : 18 : 68

112	a	0.47	0.61	3.11	11 : 15 : 74
113	A ₁	0.59	1.26	5.03	9 : 18 : 73
114	A ₂	0.53	1.30	3.92	9 : 23 : 68
115	a ₁	0.29	0.94	3.25	6 : 21 : 73
116	a ₂	0.31	0.80	2.50	8 : 22 : 70
130	A ₁	1.69	2.16	5.49	18 : 23 : 59
131	A ₂	0.69	1.39	3.98	12 : 22 : 66
132	a	0.74	1.12	3.17	14 : 22 : 64

* air-dry basis

Table. 2. Distribution of Carbon and Nitrogen among the different group of colloids.

Soil No.	Horizon	Colloid	Carbon		Nitrogen		C/N
			in colloid	in total C	in colloid	in total N	
111	A	G ₁	10.65(%)	2.77(%)	1.41(%)	6.80(%)	7.5
		G _{2a}	13.64	4.56	0.98	6.71	13.9
		G _{2b}	22.57	28.14	0.70	22.98	32.4
112	a	G ₁	17.96	0.93	1.16	1.05	15.4
		G _{2a}	13.36	0.90	0.64	0.93	20.8
		G _{2b}	19.65	3.68	0.57	4.23	34.4
113	A ₁	G ₁	15.45	1.40	1.55	2.04	9.9
		G _{2a}	13.31	2.12	0.90	2.53	14.7
		G _{2b}	20.91	7.27	0.85	9.50	24.6
114	A ₂	G ₁	11.78	0.72	1.12	1.25	10.5
		G _{2a}	11.24	1.70	0.84	2.54	13.8
		G _{2b}	21.19	5.26	0.81	6.75	26.1
115	a	G ₁	11.35	0.40	1.46	1.16	7.7
		G _{2a}	14.04	1.62	0.49	1.28	28.7
		G _{2b}	20.04	4.35	0.40	3.64	49.7
116	a ₂	G ₁	13.97	0.58	1.25	1.22	6.2
		G _{2a}	10.47	1.11	0.50	1.25	20.9
		G _{2b}	15.51	2.80	0.45	3.51	34.4
130	A ₁	G ₁	18.33	0.39	1.50	5.91	12.2
		G _{2a}	15.49	2.29	1.30	6.52	11.9
		G _{2b}	21.82	8.20	0.92	11.67	23.8
131	A ₂	G ₁	14.94	0.89	1.35	1.73	11.0
		G _{2a}	11.17	1.35	1.03	2.65	10.8
		G _{2b}	22.38	4.21	0.92	6.80	24.2
132	a	G ₁	13.90	0.86	1.17	1.52	11.8
		G _{2a}	14.24	1.32	1.06	2.08	13.4
		G _{2b}	20.07	2.90	0.91	5.05	22.1

Table 3. Amount of the 1st-humate and KCl-floc.: in the colloids, and Carbon and Nitrogen in the fractions.

Soil No.	Horizon	Colloid	Fraction		carbon in fraction	Nitrogen in fraction	C/N	
			mgm/100gm soil	in colloid (%)				
111	A	G ₁	1st-humate	122	8.01	3.04	0.13	23.3
			2nd-humate	169	11.06	11.37	1.12	10.1
			KCl-floc.	881	55.47	7.24	1.66	4.4
		G _{2a}	1st-humate	730	39.38	18.38	0.95	19.3
			2nd-humate	265	12.96	8.10	0.11	73.6
			KCl-floc.	732	35.88	9.93	0.97	9.9
		G _{2b}	1st-humate	1921	38.19	49.33	1.48	33.3
			2nd-humate	22	0.29			
			KCl-floc.	3786	49.75	7.05	0.23	30.6
112	a	G ₁	1st-humate	73	15.65	11.75	0.31	35.5
			2nd-humate	274	58.21	12.50	0.79	15.9
			KCl-floc.	199	47.21	11.06	0.12	92.2
		G _{2a}	1st-humate	263	42.19	10.36	0.41	25.3
			2nd-humate	101	15.81	11.26	0.46	24.5
			KCl-floc.	152	24.9	20.07	0.78	25.7
		G _{2b}	1st-humate	450	14.47	33.04	1.83	18.1
			2nd-humate	76	2.43			
			KCl-floc.	838	26.96	8.21	0.39	20.9

Table 4. The distribution of Carbon and Nitrogen in the colloids fractionated by the Tyulin's method.

Soil No.	Carbon			Nitrogen		
	mgm/100gm soil	in total C of soil	in total C of colloid	mgm/100gm soil	in total N of soil	in total N of colloid
Original soil	6110	100(%)	(%)	330	100(%)	(%)
Residue R _{2b}	3714	60.76		192.4	57.80	
Group 1 G ₁	169.3	2.77	100	22.42	6.80	100
1st-humate	3.7	0.06	2.20	1.59	0.48	7.09
2nd-humate	19.3	0.32	11.37	1.89	0.57	8.43
KCl-floc.	66.4	1.09	39.19	14.60	4.42	65.12
Filtrates from 1st-humate	45.4	0.74	26.82	2.89	0.87	12.89
Filtrates from 2nd-humate	28.8	0.47	17.01	1.38	0.42	6.16
Group 2a G _{2a}	278.3	4.56	100	19.99	6.71	100

111	1st-humate	134.2	2.20	48.21	6.94	2.10	34.72
	2nd-humate	21.5	0.35	7.71	0.29	0.09	1.45
	KCl-floc.	72.7	1.19	26.12	7.53	2.28	37.67
	Filtrates from 1st-humate	35.3	0.58	12.68	3.82	1.16	19.11
	Filtrates from 2nd-humate	18.6	0.30	6.68	1.11	0.34	5.55
	Group 2b G_{2b}	1641.5	26.85	100.	53.30	22.98	100.
	1st-humate	947.6	15.51	57.53	28.50	8.64	53.47
	KCl-floc.	266.9	4.37	16.26	8.71	2.64	16.34
	Filtrates from 1st-humate	340.5	5.57	20.74	12.10	3.66	22.70
	Filtrates from 2nd-humate	20.2	0.33	12.31	2.50	0.75	4.69
112	Original soil	9070.	100.		420.	100.	
	Residue R_{2b}	8090.	89.19		332.70	79.22	
	Group 1 G_1	84.4	0.93	100.	5.45	1.05	100.
	1st-humate	8.7	0.01	10.20	0.23	0.05	4.22
	2nd-humate	34.2	0.38	40.33	2.15	0.51	39.45
	KCl-floc.	22.0	0.24	25.94	0.24	0.06	4.40
	Filtrates from 1st-humate	23.1	0.25	27.24	1.56	0.37	28.63
	Filtrates from 2nd-humate	12.6	0.14	14.86	1.40	0.33	25.69
	Group 2a G_{2a}	81.5	0.90	100.	3.90	0.93	100.
	1st-humate	27.3	0.30	33.49	1.09	0.26	27.95
	2nd-humate	11.4	0.13	13.99	0.47	0.11	12.05
	KCl-floc.	30.6	0.34	37.54	1.19	0.28	30.51
	Filtrates from 1st-humate	10.4	0.11	12.76	0.75	0.17	19.23
	Filtrates from 2nd-humates	7.5	0.08	9.20	0.52	0.12	13.33
	Group 2b G_{2b}	611.1	3.68	100	17.72	4.23	100.
1st-humate	148.7	1.64	24.33	8.24	1.96	46.50	
KCl-floc.	68.8	0.76	11.25	3.26	0.78	18.40	
Filtrates from 1st-humate	188.2	2.32	30.79	1.76	0.42	9.93	
Filtrates from 2nd-humate	95.8	1.34	15.67	1.06	0.25	5.98	

III. 実験結果及び考察

Table 1. に土壤中の G_1 , G_{2a} 及び G_{2b} の含量, Table 2. に各コロイド中の炭素と窒素の分布, Table 3. に 1st-humate, 2nd-humate, 及び KCl-floc. の分布及びそれらの炭素, 窒素含量, Table 4. に炭素及び窒素の各部位における分布をそれぞれ示した。

Table 1. によれば G_1 , G_{2a} , G_{2b} の乾物量は土壌の深さを増すに従い、いずれも減少する。 G_1 は A 層の (黒ボコ) で約 0.6~1.6%, 下層 (a) の (黒ニガ) で 0.3~0.5%, G_{2a} は上層では 1.3~2.0%, 下層では 0.6~1.4%, を示した。またすべての土壌において $G_1 < G_{2a} < G_{2b}$ の関係があり、全分離コロイド中で G_1 の占める割合は著しく低く、8~18%に過ぎない。そして G_1/G_2 は下層程小さくなる。

各コロイド含量は、Tyulin 氏⁽¹⁾⁽²⁾, Atkinson 氏⁽³⁾が得た値とはかなり相異している。特に G_1/G_2 は Tyulin 氏⁽²⁾が未耕ポドゾール土壌, 7 点について得た値 0.12~0.8%, よりもさらに低い。

Table 3 及び 4 によれば, G_1 の 1st-humate 含量は極めて少く, またその炭素含量 (有機物含量の基準となる) は G_1 の全炭素の 2~10%, 土壌の全炭素の 0.01~0.06% を占めるに過ぎないことが判る。Tyulin 氏は, G_1 では elektrokinetic potential が高くて elektronegative gel をなし, このコロイドにおいては, 1st-humate は無機コロイド表面に最も弛く附着し, 且窒素含量も高いので植物養分として重要であると述べている。このことは Atkinson 氏等⁽⁴⁾, 原田氏等により確認されている。笠野原土壌の G_1 及びその 1st-humate 含量は極めて低く, 且 G_1 の 1st-humate の有機物含量及び窒素含量もチェルノーゼム土壌等に比し著しく低いことから推察すれば, 本黒土の腐植が植物生育に好ましい形でないことは明らかである。

より強い解膠剤によつて分散する G_{2a} , G_{2b} 含量は G_1 に比べて大である。併し, Table 4 にも示される如く R_{2b} 中の炭素量は土壌の全炭素のうち, “黒ボコ” では 60%, “黒ニガ”, では 90% を占め, 窒素も土壌中の全窒素のうち “黒ボコ” では約 60%, “黒ニガ” では 80% が R_{2b} 中に存在する。また各コロイドの C/N は, 土壌の深さを増すに従い大となり (Table 2), すべての土壌においてコロイドの炭素率は常に $G_1 < G_{2a} < G_{2b}$ である。即ち C/N の高い火山灰土特有の腐植酸はアルカリ濃度を高くするに従い, 一層多量に溶解して来る。以上の諸点から考えると, 黒土の上層の腐植は下層のそれより幾分かは所謂熟化されていることを示してはいるが, 有機物の大部分は non colloidal soil component として極めて難溶性な形態として存在するものと思われる。

各 humate からの濾液はフルボ酸と見做されるが, この中に各コロイドの有機物の 20~50%, 又全窒素の 15~60%が含まれる (Table 4)。この事は前報⁽¹⁰⁾において述べた如く, β -fraction 含量の多い事及び P·Q, H·Q, Z·G, が 50~70 程度なる結果と併せ考えれば, 本黒土腐植の中には腐植化途上の有機物がかかなり多いことを裏付けるものである。

黒土の腐植に関しては各研究者により多方面から研究されているが, 未だ判然と解明されていない点が多い。Tyulin 氏の分割解膠法においては, NaCl の使用により土壌または腐植の二価の (+) イオンを一価の Na イオンで置換し, コロイド集合体の部分的解膠を起させ, Gel の状態で安定する腐植を Na で飽和して直径約 1μ の Sol 状態に転移せしめて分散させる。また Simon 氏法では石灰捕獲剤の NaF (pH 5.8) を使用して Ca-humate を Na-humate に転化さ

せて分散せしめるのであるが、供試火山灰土壌では置換性の二価塩基含量は少く、NaCl 処理の最初の濾液中にも Ca^{++} の反応は認められず、また G_1 含量は極めて少なかつた。Simon 氏法を適用した場合には、NaF で抽出される有機物は NaOH で抽出される有機物の 20~40%に過ぎず、また酸による前処理如何は有機物抽出量に殆んど影響がない。林氏⁽¹²⁾ は火山灰土の腐植は、二価陽イオンで飽和されているのではなく、大部分の腐植が三価の Fe や Al で飽和されていると述べている。しかりとすれば、二価陽イオンにて飽和され、或は飽和されるべき方向にある腐植の抽出に、腐植自体の Denaturation を出来るだけ避けるといわれる Simon 或は Tyulin などの抽出法を火山灰土腐植にそのまま適用することは適切であるか疑いなしとしない。また熊田氏⁽¹³⁾ は各地土壌を、Simon 氏法にて処理して得た腐植酸の A 型、B 型、の吸収スペクトルを測定した結果、A 型及び B 型は各地の土壌において酷似しているもので、これらを以て腐植酸の基本形と見做した。火山灰土においてこれら諸法にて抽出される腐植は、全腐植の極く一部を占める二価塩基飽和腐植か、或いは幾分なりとも Denaturation を蒙っているのではないか、即ち抽出過程において変化を受け、実験に供される腐植酸は本来の形とは多少異つて来る可能性があるのではないかと思われる。

筆者が約二年前に分離して保存している、黒土の β -fraction (Waksman 氏法による) の中で、乾燥の場合に誤つて温度を高めたものと保存中に空気と接触したものは一部分黒変し、そのままでは Simon の pH 4.0 の醋酸ソーダ緩衝液に不溶であるが、一旦弱アルカリに溶かし酸で沈澱させると可溶になつた。このことは、抽出過程における腐植の Denaturation と、フルボ酸より腐植酸の生成について何らかの示唆を与えるものと思う。フルボ酸の中で、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の等電点附近で沈澱する Waksman 氏の所謂 β -fraction は、笠野原台地の黒色火山灰土では 20% 近く含まれ、その炭素含量は 10%以上である。灰分は 50%以上含有されているが、その殆んど全部が礫土である点よりして、火山灰土では、有機物は徐々に礫土と作用して、火山灰土特有の腐植に変化するのではないかと思われる。

火山灰土壌は等電点が高く、かつ遊離礫土を多量に含むことは周知であるが、これら礫土が腐植生成過程において如何なる役割を演ずるか、またこれらが腐植酸と如何なる形で結合しているか、Al-humate を多く含む黒土に対し、単に石灰施用のみで Ca^{++} の置換侵入を起させ良好な Ca-humate を作り得るか、等々の問題解決の為、礫土と有機物の関係についての研究が尙一層進められねばならぬ。

IV. 摘 要

前報に引続き、笠野原台地の黒色火山灰土壌の腐植を Tyulin 氏法により分別定量した。

1) 黒土の上層の“黒ボコ”から下層の“黒ニガ”へと土壌の深さを増すに従い、次の傾向がある。

a) G_1 G_{2a} 及び G_{2b} はいずれも含量が少くなる。

- b) G_1/G_2 が小となる。
- c) G_1 , $G_{2\alpha}$ 及び G_{2b} はいずれも, その窒素含量及び炭素率が減少する。
- d) R_{2b} 中の有機物含量が増加する。
- 2) 全ての供試黒土において
- a) コロイドの含量は常に $G_{2b} > G_{2\alpha} > G_1$ で, G_1 含量は風乾細土の 0.3~0.5%, G_1 の $1s_1$ -humate 含量は G_1 の 8~15%, G_1 の 1st-humate 中の窒素は G_1 の 0.1~0.3% で土壌の全窒素の 0.01~0.06%を占めるに過ぎない。
- b) コロイド中の窒素含量は常に $G_{2b} < G_{2\alpha} < G_1$ である。

本実験について御懇篤なる御指導を賜った九州大学青峰重範教授, 元鹿児島大学助教授花井七郎兵衛先生, 並びに実験に助力を惜しまれなかつた内田隆氏に深甚なる謝意を表する。

文 献

- | | |
|--|----------------------|
| (1) Tyulin. A. Th.; Bodenkunde und Pflanzenernähr. | 16, 544 (1940) |
| (2) Tyulin. A. Th.; Soil Sci. | 45, 343 (1938) |
| (3) Atkinson. H. J. & Jurner. R. C.; Soil Sci. | 57, 233 (1944) |
| (4) " " ; " | 57, 243 (1944) |
| (5) Sowden. F. J. & Atkinson. H. J.; " | 68, 433 (1949) |
| (6) 原田・橋本・渡辺; 日・土・肥 | 19, 93 (1948) |
| (7) 原田・橋本・吉沢・原; " | 21, 153 (1955) |
| (8) 原田・吉沢・橋本; 九州大学農学部学芸雑誌 | 13, 116 (1951) |
| (9) 原田研究室; 農業技術研究所プリント | (1951) |
| (10) 花井・品川; 鹿児島大学農学部学術報告 | 1, 63 (1952) |
| (11) Hock. A; Bodenkunde und Pflanzenernähr. | 13, (58), 118 (1939) |
| (12) 林 常孟; 鳥取大学農学部紀要 (英文) | 1, (1), 1~52 (1951) |
| (13) 熊田恭一; 日・土・肥 | 23, 150 (1950) |

RÉSUMÉ

**Studies on the Humus of Black Volcanic Ash Soils at Kasanohara
in Kagoshima Prefecture (II)**

Akio SHINAGAWA

The studies were made on the organic matters of black volcanic ash soils at Kasanohara in Kagoshima Prefecture by Tyulin's fractional peptization method, and the following results were obtained.

1) With the increase of depth of black soil, a) amount of each colloid, b) the value of G_1/G_2 , and c) nitrogen contents and C/N of each colloid became respectively lower, d) in the so-called non-colloidal soil components, amount of organic matter became higher.

2) In general, following facts were found in the humus of soil samples used in this analysis. a) amount of different colloids was $G_{2b} > G_{2a} > G_1$ in each sample, b) value of G_1/G_2 : 0.06~0.18%, G_1 : 0.3~0.5% of air dry soil, first humate in G_1 : 8~15% of G_1 , and nitrogen content of first humate in G_1 : 0.01~0.06% of total nitrogen. The latter value is notably lower as compared with the one of common soil, c) Nitrogen content in each colloid was always $G_{2b} < G_{2a} < G_1$.