

ポドゾル性土壌に関する実験土壌学的試み (II) スコリアの理化学的特性の解析について

平山良治*・有光一登**・大角泰夫**

HIRAYAMA, Ryoji, Kazuto ARIMITU and Yasuo OHSUMI: A Study on the
Pedogenesis of Podzolic Soils by means of Experimental Pedology

(II) Analysis of Physicochemical Property of 'scoria'

テンションフリーライシメーターで集水した土壌水については、前報(平山ら1988)で報告した。実験土壌学的な生成実験において終了したカラム中の土壌の分析報告には、八木ら(1974)の報告がある。これらの報告では、外部から付加されるものが純水であるために土壌内部での物質の移動の多寡と速度のみが論議されることが多い。本研究では、外部から様々な自然環境そのもので生成される反応物質が実験の系の中に供給されるために解析が複雑になっている。しかしこの実験で得られる結果は土壌断面形成の過程を最も近似的に示していると考えられる。ライシメーター中の物質は物理化学的に変化を受けているはずであり、その変化は土壌水中に溶出するまでには至らなくても存在形態的に変化が起きていると考えられる。本報告の目的は、スコリアに含まれる物質の形態的特性を明らかにすることである。

実験方法

土壌水の実験は1974年度で終了し、ライシメーターはその後一年間現地に埋設したままにした。約四年間放置したことになる。現地で撤去した時のライシメーター中の土壌は、特に湿ったり乾燥したりしておらず、また隙間もできておらず現地の土壌と非常によく調和していた。植物の細い根などがライシメーター中にまでのびて、実験はほぼ良好に経過したと考えられる。撤去したライシメーターは土壌が入ったまま研究室に持ち帰り、丁寧に内容物を取り出した。特にスコリアは土壌と混じり合わないようピンセットなどで丁寧に取り出した。取り出した時のスコリアは、Pw(i)型のAO層とPd型のAO層のスコリア(以下Pw(i)-AO, Pd-AOと記す)で、黒色味を帯び、一つ一つの粒子がはっきり区別できない状態であった。Pd型のB層のスコリア(以下Pd-Bと記す)は、前2者と異なりスコリア粒子の周囲は黄色味の強い色で中心に行くほど黄色味が薄くなっていた。粒子の結合はみられずよく分離していた。

スコリアの一般理化学生の変化

1. 分析方法

pH…ガラス電極法。炭素(C)…硫酸希釈熱法。窒素(N)…キエルダール分解蒸留法。陽イオ

* 国立科学博物館 筑波実験植物園。Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Tsukuba, 305.

** 農林水産省 森林総合研究所 干305 茨城県稲敷郡茎崎町。Forestry and Forest Products Research Institute, Kukizaki-cho, Inashiki-gun, Ibaraki Prefecture 305.

ン交換容量(CEC)…ショーレンベルガー法, 試料が少ないので希塩酸で洗浄した細かい石英砂で試料をサンドイッチにした。交換性カルシウム・マグネシウム…原子吸光分析法。粘土含量…ピベット法で粘土全量採取し測定した。示差熱分析は三田村製でナトリウム粘土のまま測定した。X線回折は理学電気(株)製ガイガーフレックスD-8C, Fe 管球, Mn フィルターでマグネシウム粘土にして定方位で測定した。

2. 結果

スコリアの一般理化学性は Table 1 に示した。前報で報告した土壤水の平均値を Table 2 に示した。

Table 1. Chemical properties of the 'scoria'

	pH	C	N	C/N	CEC	ex-Ca	ex-Mg	Clay
	H ₂ O	%	%			me./100 g dry soil		%
スコリア原土	6.50	0.45	0.06	7.5	23	5.73	3.14	5.0
Pw(i)-A O	4.70	3.14	0.14	22	34	0.22	0.21	3.6
PD -A O	4.98	3.10	0.11	28	34	0.86	0.42	6.6
PD -B	5.89	0.94	0.05	19	25	2.36	1.77	8.7

on dry weight basis

Table 2. Mean value of amount and element concentration of soil water

	Volume l	pH	C	Ca	Mg	Fe	Al	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	
			ppm								
Pw(i) A O	Control	20<	4.26	13.1	0.46	0.27	0.078	0.553	0.25	0.13	0.42
	scoria	10<	4.44	11.2	0.64	0.40	0.073	0.513	0.25	0.09	0.35
PD-A O	Control	1.12	4.22	63.9	3.18	0.61	0.602	0.888	1.98	0.20	1.16
	scoria	1.83	4.55	25.0	2.64	0.84	0.634	1.148	1.05	1.39	0.65
PD-B	Control	1.35	4.48	3.1	0.42	0.25	0.048	0.631	0.11	0.42	0.21
	scoria	1.07	5.13	3.1	1.22	0.54	0.028	0.335	0.15	0.64	0.24

スコリア原土の pH 6.50 に対して, Pw(i)-AO は 4.70, PD-AO は 4.98, それに PD-B は 5.89 と低い値を示した。土壤水のスコリア区の pH 値もそれぞれ 4.44, 4.55, 5.13 と同じ様な傾向であった。炭素は Pw(i)-AO, PD-AO 共に 3% と非常に高い値を示した。PD-B も量的には少ないが 0.94% と増加していた。窒素は原土が 0.06% に対して, Pw(i)-AO で 0.14%, PD-AO で 0.14% の値を示したが, PD-B は原土よりわずかに低い値 0.05% を示した。C/N 比を計算すると, 原土が 7.5 に対して Pw(i)-AO が 22, PD-AO が 28, それに PD-B が 19 と非常に高い値を示した。CEC は Pw(i)-AO と PD-AO 共に 34, PD-B で 25 と原土の 23 より高い値を示した。交換性カルシウムは原土が 5.73% に対し Pw(i)-AO で 0.22%, PD-AO で 0.86%, それに PD-B でも 2.36% と非常に減少した。交換性マグネシウムもカルシウムと同様に, 原土では 3.14% に対し Pw(i)-AO で 0.21%, PD-AO で 0.42% それに PD-B でさえも 1.77% と非常に減少している。特に Pw(i)-AO の減少量が多く, pH の低さと一致した。粘土含量は Pw(i)-AO で 3.6% と原土の 5% より減少しているのに対し, PD-AO で 6.6%, PD-B で 8.7% と共に増加していた。特に B 層の含量が高い値を示した。粘土画分の X 線分析と, DTA 分析のデータを Fig. 1 に示した。総合して解析すると, 無定形のアロフェ

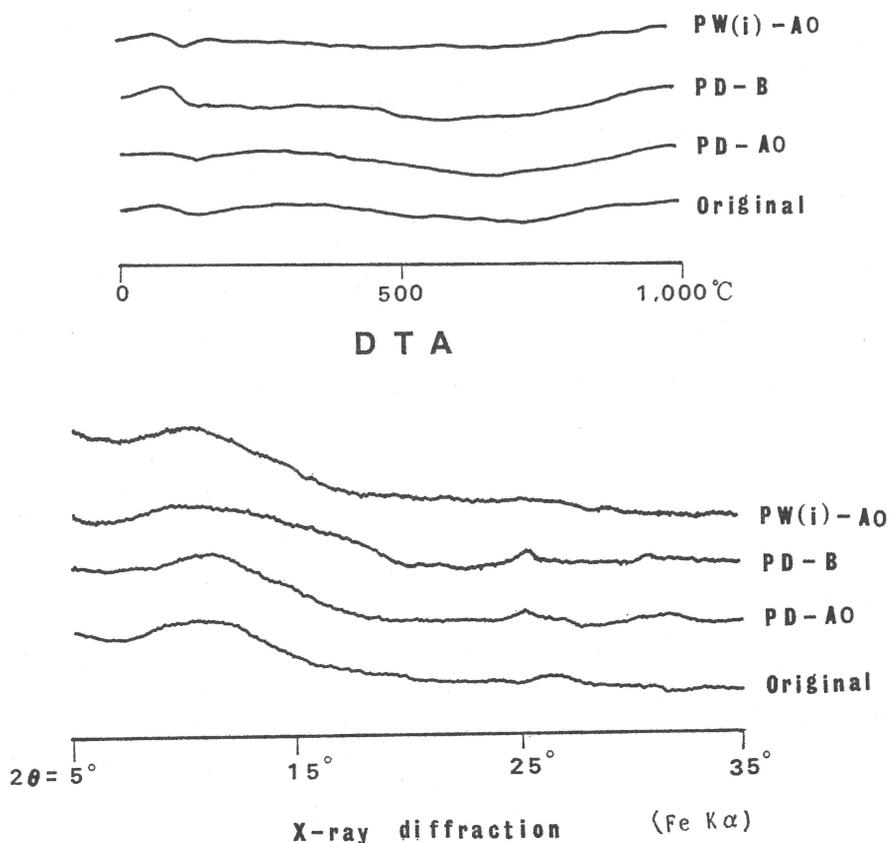


Fig. 1. X-ray diffractograms and differential thermal analysis (DTA) thermograms of clay of 'scoria'.

ン鉱物が主体で結晶鉱物は認められなかった。PD の両粘土には、 $2\theta=25^\circ$ (4.4 \AA) に同定できないピークが認められる。分析できる粘土量が少ないために何か夾雑物を生成した可能性もあり、今後さらに検討を加えたい。

3. 考察

表層から流下した土壤水は種々の有機無機物質を含み、ライシメーターの中のスコリアと反応し、さらに下層へと流れる。反応の一つは、アルカリ金属であるカルシウムやマグネシウムを少なくさせた反応で、結果としてスコリアの pH を低下させた。二つめは、スコリアが何等かの形で土壤水中の溶存成分を吸着した。顕著にみられるのは有機物である炭素の増加である。CEC の増加量から次式により計算してみると $\{(PD-B \text{ の炭素量}) - (\text{原土の炭素量})\} \div \{(PD-B \text{ の CEC}) - (\text{原土の CEC})\}$ は 0.25 となる。同様に Pw(i)-AO は 0.24, PD-AO は 0.27 となる。CEC の増加量と炭素の増加量が一致した。この実験では、CEC は炭素 (腐植) に多くを依存しているようだ。

スコリアの粘土の成分は非晶質のアロフェン鉱物である。日本の火山灰の黒色味のもとアロフェンが腐植と結合しているからであり、弘法ら (1974b) によると、アロフェンは有機物と結合して安定な粘土-腐植結合体を造るとされている。この実験による炭素含量の増加つまり土壤水中の有機物の吸着はこのことに起因していると考えられる。

スコリアの粘土画分は 2-0.2 mm に篩ってあるためにあまり量的な変化はないと考えられた。

しかし試料調整中に PD-B の試料では見た目には粒子が分離しているようだが細かく崩れ易くなっていたので分析したら量的にも変化していた。PW(i) 型では、粘土の減少を、第 1 には多量の水で徐々に流亡して減少した。第 2 にはなんらかの結合物質ができ粘土の分散を阻害した。しかし結合物質ができたと考えるよりは流亡したと考える方が理にかなっているようだ。PD の増加は、第 1 に上部から粘土分が流入移動してきた。つまりレンバージの作用によるものであると考えられる。第 2 にその場でスコリアのマトリックスに土壌水中の溶存成分が作用して粘土結合物質を破壊し粘土分を増加させた。レンバージの作用なら、粘土組成の中に外部の土壌中の結晶性粘土鉱物が検出されてもいいのではないかと考えられる。X線のデータにもはっきりとした結果はでていない。粘土鉱物の大半がアロフェンであるから、第 2 の方が可能性は高い。しかし、AO層より B層の方が粘土含量が高いのでレンバージ作用が関与していないとはいえない。また、B層では粘土生成作用が働く可能性もある。さらに今後詳細な検討を要する。

カルシウム、マグネシウム、鉄、アルミニウムの形態別抽出

1. 分析方法

熱塩酸抽出法…スコリア 1g に対して熱塩酸 10 ml を加え、加熱抽出し、カルシウム・マグネシウムを原子吸光分析法で分析した。

ピロリン酸抽出法 (SPP 法)…スコリア 1g に対し 0.1 M ピロリン酸ソーダ 100 ml を加え、1 昼夜振とう抽出し、王水分解後、鉄・アルミニウムを原子吸光分析法で分析した。酸性シュウ酸抽出法 (TAMM 法)…酸性シュウ酸アンモニウム溶液抽出の常法にしたがった。王水分解後、鉄・アルミニウムを原子吸光分析法で分析した。ジチオナイト抽出法 (M. J 法)…常法にしたがった。王水分解後、鉄・アルミニウムを原子吸光分析法で分析した。

2. 結果

カルシウム、マグネシウムの形態別分析は Table 3 に示した。

Table 3. Fractional extraction of calcium and magnesium in 'scoria'

	カルシウム		マグネシウム	
	熱塩酸抽出	交換性	熱塩酸抽出	交換性
スコリア原土	17.95	1.15	10.80	0.38
Pw(i)-AO	14.99	0.04	9.89	0.03
PD -AO	15.31	0.17	9.55	0.05
PD -B	17.83	0.47	10.65	0.21

mg/g dried soil

熱塩酸抽出カルシウムでは、PW(i)-AO は 14.99%、PD-AO は 15.31%それに PD-B の 17.83%と原土の 17.95%より減少している。PW(i)-AO、PD-AO の減少は 15%にも及んでいる。この減少量は原土の交換性の 2 倍以上の量である。交換性カルシウムの減少も大きく、PW(i)-AO では原土の 3%にまで減少している。PD-AO で原土の 14%、PD-B で約 40%まで減少している。熱塩酸抽出マグネシウムでは、PW(i)-AO は 9.89%、PD-AO は 9.55%それに PD-B は 10.65%と原土の 10.80%より減少した。カルシウムと同様に PW(i)-AO と PD-AO の減少量は原土の交換性 2 倍から 4 倍であった。交換性は PW(i)-AO と PD-AO で原土の 10%前後まで減少し、PD-B で約 50%に減少していた。

Table 4. Fractional extraction of iron and aluminium in 'scoria'

	鉄					アルミニウム			
	ピロリン 酸塩可溶 (1)	酸性シュウ 酸塩可 溶(2)	ジチオナ イト可溶 (3)	(2)-(1)	(3)-(2)	ピロリン 酸塩可溶 (1)	酸性シュウ 酸塩可 溶(2)	ジチオナ イト可溶 (3)	(2)-(1)
スコリア原土	0.02	1.44	1.61	1.42	0.17	0.19	4.46	0.89	4.27
Pw(i)型 AO	0.14	1.68	1.69	1.54	0.01	0.53	4.27	1.11	3.74
PD型 AO	0.13	1.62	1.73	1.49	0.24	0.51	4.23	1.01	3.72
PD型 B	0.12	1.47	1.73	1.35	0.38	0.44	4.16	1.04	3.72

% on dry weight basis

鉄・アルミニウムの形態別分析は Table 4 に示した。

ピロリン酸ソーダ抽出 (SPP) の鉄は、原土が 0.02% に対し Pw(i)-AO で 0.14%、PD-AO で 0.13%、それに PD-B で 0.12% と増加していた。TAMM 抽出それに M. J 抽出でも同様に増加していた。(TAMM 抽出) - (SPP 抽出) を計算してみると原土が 1.42% に対し Pw(i)-AO が 1.54%、PD-AO が 1.49% と増加しているのに対し、PD-B 1.35% と減少した。(M. J 抽出) - (TAMM 抽出) も原土で 0.17% に対して、Pw(i)-AO で 0.01% と減少しているのに対して、PD-AO が 0.24% それに PD-B が 0.38% と増加した。(TAMM 抽出) - (SPP 抽出) では、PD-AO の方が B より高い値を示したのに対し、(M. J 抽出) - (TAMM 抽出) では PD-B が高い値を示した。アルミニウムを見てみると、SPP 抽出では、原土が 0.19% に対し Pw(i)-AO で 0.53%、PD-AO で 0.51%、PD-B で 0.44% と高い値を示した。TAMM 抽出では、原土が 4.46% に対し Pw(i)-AO は 4.27%、PD-AO は 4.23% それに PD-B は 4.16% と低い値を示した。M. J 抽出では、原土が 0.89% に対し Pw(i)-AO は 1.11%、PD-AO は 1.01% それに PD-B は 1.04% と高い値を示した。(TAMM 抽出) - (SPP 抽出) では、原土が 4.27%、Pw(i)-AO が 3.74%、PD-AO が 3.72%、PD-B が 3.72% となり原土が一番高い値で、他のものはほぼ同じ値であった。

3. 考察

熱塩酸抽出のカルシウム・マグネシウムは、スコリア中の全カルシウム・マグネシウムと考えられるし、交換性カルシウム・マグネシウムは易溶出性と一般に考えられる。熱塩酸抽出と交換性との差が安定した形態と考えられ、純水抽出の試験程度では容易に溶け出さない。しかしながら、両土壌の AO 層のスコリアの安定した形態の量は、スコリア原土の安定したカルシウム・マグネシウムの量(16.80, 10.42%) よりも少なかった。B 層はこの安定した形態の 16.80% や 10.42% の値よりも多くが残り、ほぼ交換性のものが溶出したようだ。AO 層中を通過した土壌水には、相対的に強いイオン交換能力があるようで、安定した形態の部分まで変化が及んでいる。

永塚 (1975) は酸性シュウ酸塩可溶鉄をもって、非晶質遊離鉄部分とし、ジチオナイト可溶鉄と酸性シュウ酸塩可溶鉄との差をもって結晶質遊離の鉄のおおよその尺度とした。同様の研究は山家ら (1970, 1972) によって褐色森林土についての報告がある。非晶質鉄と結晶質鉄の概念は土壌の鉄の形態を区分するのに有効である。Ball ら (1972) はピロリン酸ナトリウム可溶の鉄とアルミニウムを “fresh hydrous oxides” としシュウ酸塩可溶のものを “fresh + aged hydrous oxides” として研究を行った。鉄にたいしていえば、ピロリン酸可溶部が新鮮で遊離の形態、(酸性シュウ酸可溶) - (ピロリン酸可溶) が狭義の非晶質遊離の形態、(ジチオナイト可溶) - (酸性シュウ酸可溶) が結晶質遊離の形態と考えられる。全てのサンプルにいえることは、新

鮮で遊離の形態が最も多く増加し原土の6~7倍に達している。Pw(i)型では結晶質遊離の形態がなくなり、狭義の非晶質遊離の形態が増加している。PD型では、結晶質が増加し狭義の非晶質がAO層ではやや増加、B層ではやや減少した。これらのことから考えられることは、Pw(i)型では、片岡ら(1958)の報告にあるように水の影響によりゲータイトからヘマタイトにまで至ったのではないかと考えられる。ゲータイトの形状だと酸性シュウ酸塩では抽出されないが、ヘマタイトでは抽出される。PD型では、逆に結晶化が何等かの形で進んだと考えられる。このような現象に対する室内実験の報告はない。この結果がポドゾル化と表層グライ化との差であるか、さらに検討を要する問題である。弘法ら(1974a)は、火山灰性土壌では、ジチオナイト可溶のものより、酸性シュウ酸塩可溶のアルミニウムが多いことを報告している。非火山灰性の土壌以外の形態別の分析にはあまり適していないようである。この実験でもジチオナイト可溶部分は少なかった。火山灰が多少でも混入している場合は注意を要する。しかし、ピロリン酸可溶のアルミニウムは増加しているが、シュウ酸塩可溶では減少している。全量として減少しているかははっきりしない。ピロリン酸可溶のアルミニウムが多いことから、アロフェン等の非晶質の形態の分析を行う必要がある。

腐植の形態分析

1. 分析方法

熊田・太田(1963)の0.1N水酸化ナトリウムと0.1Mピロリン酸ナトリウムによる逐次抽出法に準拠した。

結果の表示……a, b: それぞれスコリア1gに相当する腐植酸及びフルボ酸の0.1N過マンガン酸カリウム消費量(ml), 添え字1, 2はそれぞれ水酸化ナトリウム, ピロリン酸ナトリウム抽出部を示す。HT: 全腐植量, 土壌1gの0.1N過マンガン酸カリウム消費量(ml)。HE: 抽出腐植量, a+b。HE/HT×100(%): 腐植の抽出割合。PQ: $[a/(a+b)] \times 100\%$, 沈澱部割合…抽出腐植のうち腐植酸の占める割合。 $\Delta \log K$: 色調係数, $\log K_{400} - \log K_{600}$ nmにおける吸光係数。RF: 相対色度 $[K_{600}/\text{吸光度の測定に用いた腐植酸溶液 } 30 \text{ ml あたりの } 0.1 \text{ N 過マンガン酸カリウム消費量 (ml)}] \times 1000$ 。腐植酸の吸光曲線は常法にしたがってとめた。

2. 結果

結果はTable 5に示した。

スコリアが土壌水中の有機物を何等かの形で吸着したことは、前述のスコリアの有機炭素の結果で明らかである。ここでは、この吸着された有機物がどのような形態のものであるか明らかにする。

原土とPD-Bは腐植量が非常に少ないので、0.1N水酸化ナトリウムと0.1Mピロリン酸ナトリウムの添加量を適宜増やした。原土は水酸化ナトリウムではほとんど抽出できず、ピロリン酸ナトリウムで少量抽出できた。Pw(i)-AO, PD-AO共に水酸化ナトリウム抽出部は、40.2,

Table 5. Humus composition analysis by fractional extraction of 'scoria'

	0.1 N-NaOH extract								0.1 M-Na ₄ P ₂ O ₇ extract							
	HT	HE1	HE1/HT	a1	b1	PQ1	$\Delta \log K1$	RF1	HE2	HE2/HT	a2	b2	PQ2	$\Delta \log K2$	RF2	
スコリア原土	5.1	0.2	2.0	0.0	0.1	0.0	—	—	2.2	43.1	0.2	2.0	9.1	0.609	47.1	
Pw(i)-AO	54.1	40.2	74.3	10.7	29.5	26.6	0.674	39.7	7.0	12.9	1.0	6.0	14.3	0.626	61.9	
PD -AO	44.1	33.4	75.7	6.6	26.8	19.8	0.786	33.6	5.4	12.2	0.7	4.7	13.0	0.651	56.0	
PD -B	12.2	2.8	23.0	0.3	2.5	10.7	0.729	32.3	2.1	17.2	0.2	1.9	9.5	0.637	46.9	

on dry weight basis

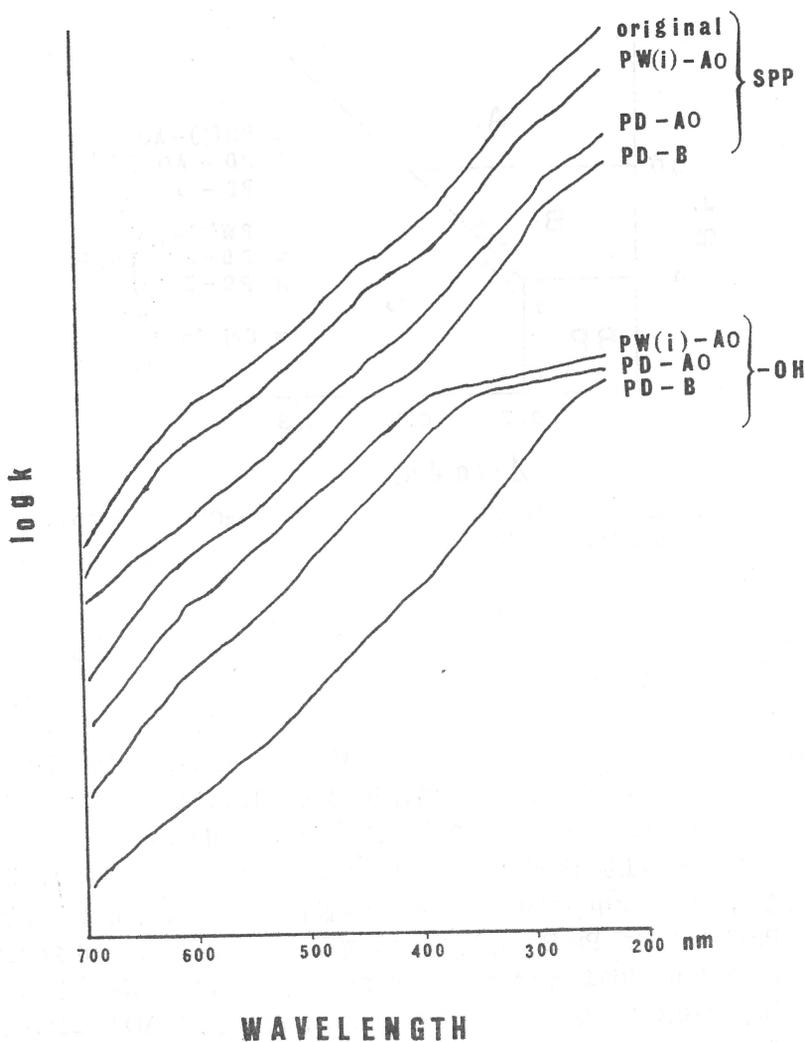


Fig. 2. UV and visible absorption spectra of 'scoria' (Concentrations were arbitrarily chosen).

33.4 と非常に高く、ピロリン酸抽出部は原土に対して数倍にとどまっていた。水酸化ナトリウム抽出部を見ても PW(i)-AO では、フルボ酸部 (b1) が腐植酸部 (a1) の約 3 倍、PD-AO では約 4 倍と多かった。ピロリン酸抽出部においても、PW(i)-AO、PD-AO 共にフルボ酸部 (b2) が多かった。PD-B では、ピロリン酸抽出部は原土とほぼ同じ程度に対し、水酸化ナトリウム抽出部が増加しその中でもフルボ酸部 (b1) の増加が著しい。腐植酸の吸光曲線を、Fig. 2 に示した。水酸化ナトリウム抽出部で、PW(i)-AO が 620 nm に多少肩らしいものがあったが、他は右上がりのだらだらした曲線であった。ピロリン酸抽出部は原土、PW(i)-AO それに PD-B に 620 nm 付近に僅かに肩があり、450 nm にも存在した。PD-AO と PD-B は 270~280 nm 付近に肩があった。しかし全体としては、はっきりとした吸収は認められなかった。

熊田 (1977) の腐植酸の分類に従って区分すると Fig. 3 に示したようになる。水酸化ナトリウム抽出部は PD-AO、PD-B が RP 型で、PW(i)-AO が P 型であった。ピロリン酸抽出部では、原土と PD-B が P 型、PW(i)-AO と PD-AO が B 型であった。水酸化ナトリウム抽出部

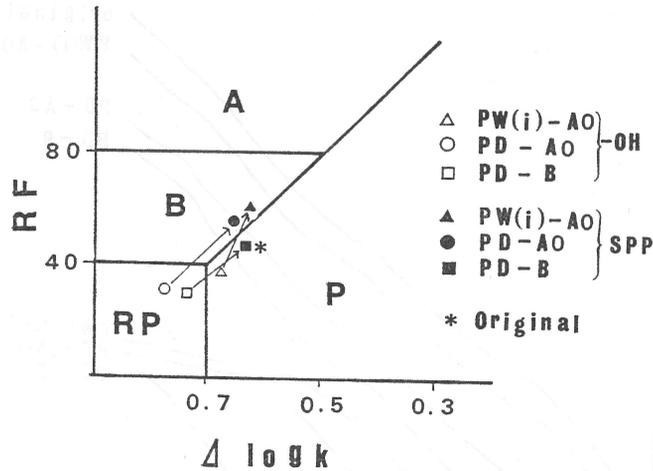


Fig. 3. Changes in the RF and $\Delta \log k$ values of NaOH- and $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -extracted humic acids of 'scoria'.

の、腐植化度は、すべて低い値であったが、ピロリン酸抽出部は比較的高い値であった。上部から流入した新鮮有機物は腐植化度の低いものであった。僅かではあるが、結合度の高い形態のものも短期間のうちにできていた。

3. 考察

熊田 (1977) は水酸化ナトリウム抽出で遊離形の腐植が抽出され、その抽出残渣をさらにピロリン酸ナトリウム抽出で抽出されたものを結合形の腐植としている。スコリアは火山性降下物で、厳密には土壌というよりは土壌母材である。しかし腐植の抽出のデータからみる限りにおいては、スコリアも一般の土壌と同じように取り扱ってよいと思われる。原土には、遊離形のものほとんどなく、スコリア中のアロフェンなどの非晶質のものと結合した有機物がある。Pw(i)-AO, PD-AO それに PD-B の結果からは、遊離形の腐植が多量に抽出されている。土壌中を移動する土壌水中の有機物は新鮮であるために低分子量の遊離形の形状のものが多く、弱くスコリア中の非晶質部分と結合している。しかしながら、両土壌とも AO 層においては、結合形の有機物も数年という短期間にしては増加していた。B 層において、遊離形の有機物が多く結合形が少ないのは、土壌水中の有機物の量の違いであろう。同じ AO 層でも、Pw(i) 型は PD に比べて腐植酸が多く腐植化度の高いものを多く吸着していた。同じ AO 層でも Pw(i) 型が腐植の進んだ H 層を主体にしているのに対し、PD 型では F 層を主体にしていることがこれらの結果にてたとえられる。Schnitzer ら (1969) は、ライシメータで補足した土壌水中の有機物が土壌中のフルボ酸とよく似た性質であると報告している。スコリアに吸着された腐植は水酸化ナトリウム抽出部、ピロリン酸ナトリウム抽出部共に腐植酸よりもフルボ酸の割合が多かった。

総 合 考 察

土壌生成作用というものは長年月作用しないと完全に発現しにくい。しかし、われわれの取り扱う土壌は生成過程の途中であることが多いし、多くの異なった生成過程が一つの土壌型を形成することが多い。単一土壌生成作用つまりポドゾル化作用によってできた土壌であると考えられる数少ない土壌型がポドゾル性土壌である。土壌生成作用に関与する系を分析的に抽出して実験することは不可能に近く、実験土壌学的手法を用いてポドゾル性土壌の生成機構について

現地直接実験を行った。つまり、スコリアという無機物を現地のライシメーター中で直接土壌水と反応させることにより、土壌水中の溶存成分の量・質の変化と挿入したスコリアという物質の各成分の量・質の変化を把握することで、ポドゾル化作用の生成過程の動きを調べた。4年間という土壌生成時間においては、非常に短い時間であるが土壌型の違い、土壌断面内の層位の違いによってもかなりの変化が認められた。腐植がAO層に挿入したスコリアで3%までになった。増えた腐植も単純な遊離の状態のものだけでなく、かなり重合の進んだ状態のものまでできあがっていた。さらに腐植酸よりもフルボ酸が多く存在していた。この結果は、コノノワ(1963)によるとポドゾル性土壌生成環境下では、微生物が少なくその生物的活動が小さいために、植物遺体の腐植過程はゆっくりと進み中間分解生産物の生成をとめない、また過剰の水分と媒質の酸性反応のためにフルボ酸型の腐植物質の形成が助長されるということとよく適合している。フルボ酸がカルシウムや2・3酸化物と反応して有機無機複合体をつくる。これらが下方へ流下し一定の条件下でフルボ酸と分離する。スコリア中のカルシウム等が、フルボ酸によって相当強い反応を受けたことは形態分析からもうかがえる。鉄やアルミニウム等の2・3酸化物については、土壌水の分析データからも明瞭な結果は認められず、完全分析をおこなうことによって、はっきりしたことが判断できる。しかしながら、Pw(i)-AOのデータからは、松井(1972)が指摘したように林野土壌分類の湿性ポドゾルの生成環境に、表層グライ化作用を考えてもいいようだ。ジチオナイトによる抽出分析は非常に強力で、自然界の土壌中で移動可能な2・3酸化物は溶出すると考えていい。2・3酸化物については、次の系が考えられる。安定した結晶質の段階から遊離の状態へと変換していき、さらに遊離の状態の中でも結晶質の状態から非晶質の状態までにいる。今回の実験は、遊離の状態だけでの変化なのか、また安定した結晶の段階まで反応しているのか明らかにできなかったが、安定した結晶の状態にまで反応が及んでいるとした方が解釈は楽である。今後検討に値するものである。

実験土壌学の新しい知見を得るために‘*in situ*’の状態で行った。土壌生成因子条件の中に一つだけ‘スコリア’という異なる系を付加したわけであるが、この材料の選択と、時間という因子の長さの設定が適切にできるとさらに明確な結果を得られるのではないかと思う。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、国立科学博物館筑波実験植物園黒川造園長、東京農工大農学部教授浜田竜之介、助手坂上寛一氏に貴重な御助言をいただいた。記して謝意を表す。

Summary

An experimental pedogenetic study was carried out ‘*in situ*’ for clarifying the mechanism of podzolization of dry podzolic soil (PD), that is one of the typical podzolic type at Mt. Kokushidake, Nagano-ken. The differences between pedogenetic mechanism of dry podzolic soil (PD) and that of wet iron podzolic soil (Pw(i)) at Mt. Naeba, Niigata-ken were also clarified. In the previous paper, we recognized that there was difference in the concentration and the change of pairs of strong correlation of elements in the soil water when ‘scoria’ was used or not.

In this paper, we investigated the changes in quality and quantity of content of certain elements of ‘scoria’ which reacted for four years to soil water collected at the bottom of AO layer of Pw(i) and PD and B2 horizon of PD by tension free lysimeters.

Analyses were made for pH, C, N, CEC, ex-Ca, ex-Mg and clay. Fractionation analyses of Ca, Mg, Fe, Al and humic acid were also carried out.

The results were as follows.

The pH of 'scoria' of AO layer of both PD and Pw(i) soils and B2 horizon of PD soil were slightly lower than that of original 'scoria'. The carbon contents of 'scoria' of AO of both PD and Pw(i) soils showed increase to about 3% (C contents of original 'scoria' was 0.4%). The nitrogen contents of 'scoria' of AO of both PD and Pw(i) soils had some increase in value (PD-0.11%, Pw(i)-0.14%, original-0.06%). The CEC values (me./100 g) of 'scoria' of AO of both PD and Pw(i) soils had some increase in value (PD-34, Pw(i)-34, original-23). The carbon and nitrogen contents of 'scoria' of B2 of PD soil showed similar value of those of AO of 'scoria' of Pw(i) soil (B2-PD...C-0.94%, N-0.05%). At fractionation analyses of Ca, Mg, Fe and Al, total contents of Ca (T-Ca) and Mg (T-Mg) of 'scoria' of AO of both soils and 'scoria' of B2 decreased to a large extent from those of original 'scoria' (T-Ca of AO-PD...15.31 mg/g, AO-Pw(i)...14.99 mg/g, B2-PD...17.83 mg/g and original...17.95 mg/g, T-Mg of AO-PD...9.55 mg/g, AO-Pw(i)...9.89 mg/g, B2-PD...10.65 mg/g and original...10.80 mg/g). Contents of free iron oxides of 'scoria' of AO of both soils extracted with 0.1 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (SPP) (fresh iron oxide) increased to a large extent from those of original 'scoria' (SPP-Fe of AO-PD...0.13%, AO-Pw(i)...0.14%, B2-PD...0.12% and original...0.02%). Contents of crystalline free iron oxide ((M. J extract)-(TAMM extract)) of 'scoria' of AO of Pw(i) soil showed decrease in value (AO-Pw(i)...0.01%), although that of 'scoria' of AO and B2 of PD soil showed increase in value (AO-PD...0.24%, B2-PD...0.38% and original...0.17%). Contents of free aluminium oxide of 'scoria' of AO of both soils (extracted with 0.1 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) showed increase in those of original 'scoria' (SPP-Al of AO-PD...0.51%, AO-Pw(i)...0.53%, B2-PD...0.44% and original...0.19%). Contents of amorphous free aluminium oxide ((TAMM extract)-(SPP extract)) of 'scoria' of AO of both soils showed decrease in those of original 'scoria' (amorphous-Al of AO-PD...3.72%, AO-Pw(i)...3.74%, B2-PD...3.72% and original...4.27%). At the fractionation analyses of humus, 'scoria' of AO of both soils gained not only simple free form but rather complexity form of nemic acids. A large part of humus of extracted with NaOH and $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ was fluvic acid and humic acid portion was relatively small.

文 献

- Ball, D.F. & P. Beaumont, 1972. Vertical distribution of extractable iron and aluminium in soil profiles from a brown earth-peaty podzol association. *J. Soil Sci.* 23: 298-308.
- 平山良治・有光一登・大角泰夫, 1988. ポドゾル性土壤に関する実験的試み (I) 乾性ポドゾルと湿性ポドゾルについて. 筑波実験植物園研報 7: 121-135.
- 片岡一郎・北村哲郎, 1958. "Broun Gel" (Hydrous Ferric Oxide) の老化に関する研究 (その 1) Gel の水中老化, 土肥誌 29: 403-405.
- コノノワ, M.M. (菅野一郎ら訳), 1963. 土壤有機物. 300 p. 新科学文献刊行会, 米子.
- 弘法健三・大羽 裕, 1974a. 火山灰土壤の非晶質態アルミニウムおよび遊離鉄量と土壤の風化度・母材型との関係—本邦火山灰土壤の生成論的研究 (第 6 報)—. 土肥誌 45: 181-186.
- , 1974b. 火山灰土壤の有機物含量・炭素率および腐植の形態と土壤の風化度・母材型との関係—本邦火山灰土壤の生成論的研究 (第 7 報)—. 土肥誌 45: 227-233.

- 態田恭一・太田信婦, 1963. 腐植の抽出について. 土肥誌 34: 417-422.
- , 1977. 土壤有機物の化学. 220 p. 東京大学出版会, 東京.
- 松井光瑤, 1972. 表層還元層の認められる森林土壌について. ペドロジスト 16: 107-110.
- 永塚鎮男, 1975. 西南日本の黄褐色森林土および赤色土の生成と分類に関する研究. 農技研研究報告 B 26: 133-257.
- Schnitzer, M. & J.G. Desjarding, 1969. Chemical characteristics of a natural soil leachate from a humic podzol. Can. J. Soil Sci. 49: 151-158.
- 八木久義・松井光瑤, 1974. Pw 型土壌の生成要因に関するモデル実験(Ⅲ). 日林講 84: 109-112.
- 山家富美子・黒鳥 忠, 1970. 天城高尾土壌の遊離酸化鉄, 遊離酸化アルミニウム—森林土壌の遊離酸化物に関する研究 (第1報)一. 土肥誌, 41: 477-482.
- , 1972. 四国南部の森林土壌の遊離酸化鉄, 遊離酸化アルミニウム—森林土壌の遊離酸化物に関する研究 (第2報)一. 土肥誌 43: 397-402.