

# 山梨県下の火山灰土壌と褐色森林土の団粒の 安定性について

渡辺 実\*, 板川 秀雄\*, 寺沢 四郎\*\*

Evaluation of Aggregate Stability of Volcanic Ash Soil and  
Brown Forest Soil in YAMANASHI Prefecture  
Minoru WATANABE\*, Hideo ITAGAWA\*, and Shiro TERASAWA\*\*.

\*YAMANASHI Agricultural Experimental Station.

\*\*National Institute of Agricultural Sciences.

## 1. はじめに

作物生産上土壌団粒のはたす役割は非常に大きいと考えられる。しかし団粒の安定性評価法については、わが国では従来より主に湿式 Yoder 型的水中篩別法<sup>1)</sup>が用いられており、その他 Puri の分散係数<sup>2)</sup>や Middleton<sup>3,4)</sup>の分散率<sup>5)</sup>を計測する方法、さらに最近では小川らの方法も提案されているが、系統的な研究と言う意味ではまだまだ不十分である。

Emerson<sup>5)</sup>は1967年来、カオリナイトやモンモリロナイトなどを含む180種類のオーストラリア土壌について、団粒の安定性を試験し、団粒の安定性の分類法を提案した。その方法とは土壌団粒が浸水条件および機械的操作によって構造破壊された試料について、沸化作用、膨潤、さらには分散の有無などの“呈する状態”によって8段階に区分されるとした。この方法を用いて山梨県下の2種類の土壌団粒について安定性を検討したの

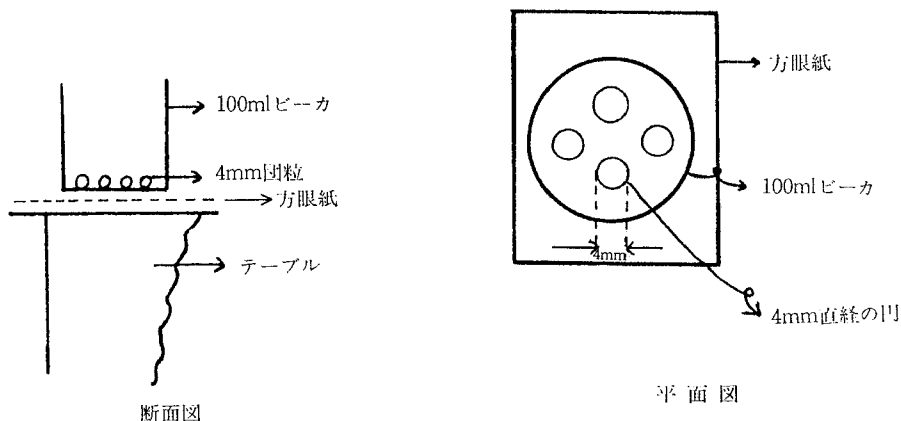
でその結果を報告する。

## 2. 試験方法

1) 供試土壌：山梨県八ヶ岳山麓大泉地区火山灰土壌ならびに水成岩を母材とする南部地区褐色森林土の第1層、第2層を供試した。

2) 団粒分析：Yoder型(高さ3.8cmの間を30回/分の上下運動)の水中篩別法により実施した。組篩はメッシュ2.0mm, 1.0mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.1mmのものを使用し、風乾土と生土試料について実施した。

3) Emerson法：第1表に示したEmerson<sup>5)</sup>の方法に準じて団粒の安定性を試験した。なお膨潤試験については、肉眼だけで膨潤の判定を行なうことは極めて困難であるので、第1図に示した方法で測定した。すなわち100mlの平底ビーカの下に4mm直径の円を描いたmm方眼紙を置き、膨潤判定の基準とした。なお試験数については前述した試料を各ビーカに4個の団粒を供試し各々3連

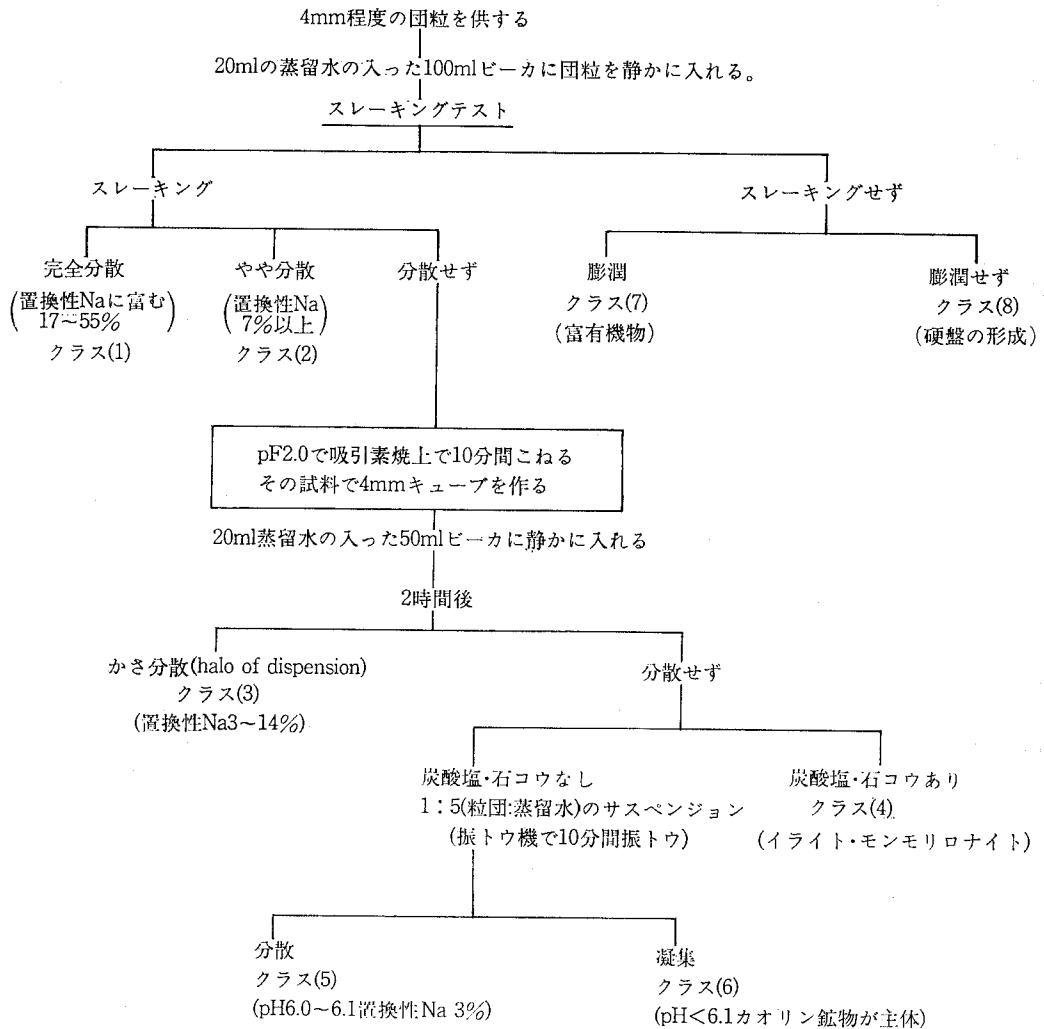


第1図 膨潤試験法

\* 山梨県農業試験場：山梨県北巨摩郡双葉町下今井1100

\*\* 農水省農業技術研究所：茨城県筑波郡谷田部町観音台3-1-1

第1表 Emersonの団粒の安定性分級法



で実施した。

4) 化学分析: pHはガラス電極法(1:2.5), ECは電気導度法(1:5), 置換性塩基はショールンベルガー法によりN酔安法で抽出後原子吸光法により分析した。

### 3. 結果と考察

#### 1) 耐水性団粒について

大泉火山灰土壌および南部褐色森林土の生土と風乾土における耐水性団粒の分析結果は第2表および第2, 3図に示したとおりである。団粒分析表から大泉火山灰土壌では団粒化度は1, 2層とも生土と風乾土間には大差がなかったが, 風乾土壌の方が生土土壌に比べやや高い値を示した。また各粒径ごとの分布割合をみると腐植含量の高い1層では風乾土は生土に比べ0.25~0.5mm粒径

第2表 畑土壌の団粒組成

項目	団粒百分率 (%)				団粒化度* (%)
	0.25~0.5mm	0.5~1.0mm	1.0~2.0mm	2.0mm以上	
大一生土	31.4	16.1	9.9	37.7	82.6
大一風乾土	8.8	19.6	22.4	32.7	87.7
大二生土	23.2	21.7	15.8	32.9	94.1
大二風乾土	21.8	21.0	15.5	35.3	94.5
南一生土	10.8	7.5	11.6	31.6	63.9
南一風乾土	19.6	6.8	5.9	8.1	42.0
南二生土	10.2	6.7	10.5	40.9	69.9
南二風乾土	18.8	7.9	6.4	14.1	49.8

\* 基準粒径は0.25mmとした。

の団粒割合が約20%ほど少なく、反対に1.0~2.0mm粒径の団粒割合は約10%ほど多い傾向がみられた。しかし2層では生土—風乾土間にはほとんど差がみられず各粒径毎の団粒組成はほぼ同程度の値を示した。

一方南部褐色森林土では、風乾土は生土に比べ明らかに団粒化度が低下することが認められた。また各粒径ごとの団粒組成をみると、2層とも風乾土は生土に比べ1mm以上の団粒割合が減少し、反対に0.25~0.5mm粒径の小団粒割合が明らかに増加した。しかし1、2層間の団粒組成にはほとんど差がみられなかった。

次に団粒の累積度曲線は第2~3図に示したとおりである。大泉火山灰土壌では1、2層とも風乾土—生土間には大差なく、第2図を見る限りでは生土、風乾土とも平均重量直径は同程度の値が得られるものと推察された。

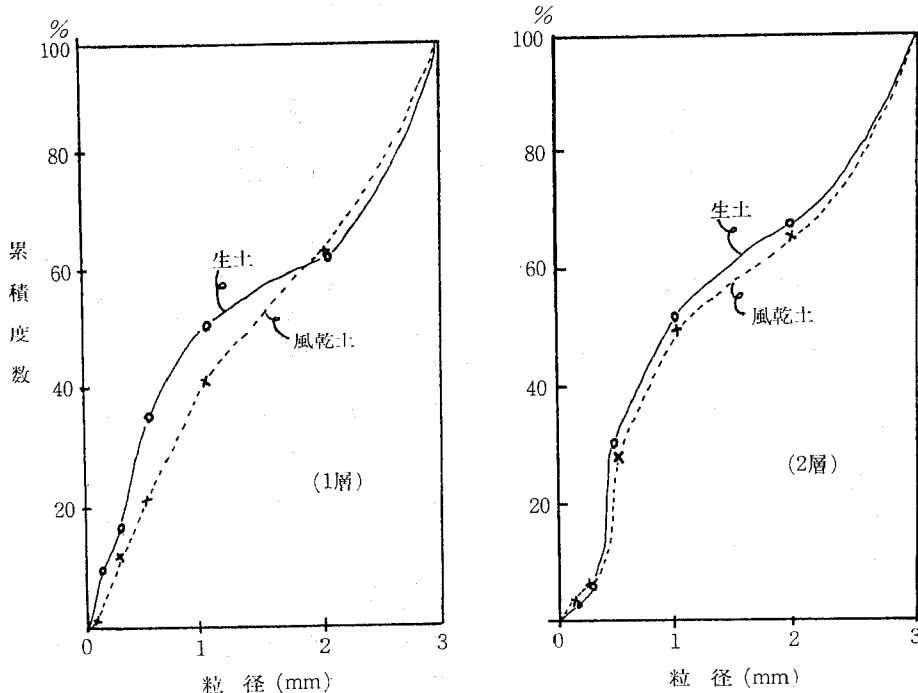
一方、南部の褐色森林土では1、2層とも風乾土と生土間には明らかな差が認められた。即ち風乾土は生土に比べ小粒径の団粒割合が多く、当然のことながら、平均重量直径が生土に比べかなり小さくなることが想定された。水中篩別法における団粒の安定度をみると火山灰土壌では生土、風乾土にかかわらず比較的団粒の安定度が高いことが認められた。また生土—風乾土間の比較では若干風乾土の方が高い安定性を示すことが認められた。同様な傾向は小川<sup>4)</sup>もアロフェン質の火山性土を用

いた含水比を変えた実験においてpF5.5で団粒の崩落率が最低なることを報告している。このように火山灰土壌の団粒が高い安定度を示す要因には多量に含まれる腐植と土粒子の結合の増加及び久保田<sup>6)</sup>が指摘するアロフェン質特有の乾燥脱水に伴う凝集性の増加などの要因が考えられる。なお鉢物生産において培養土資材として火山灰土壌中に含まれる団粒が好んで使われる理由もこの辺にあるものと考えられる。

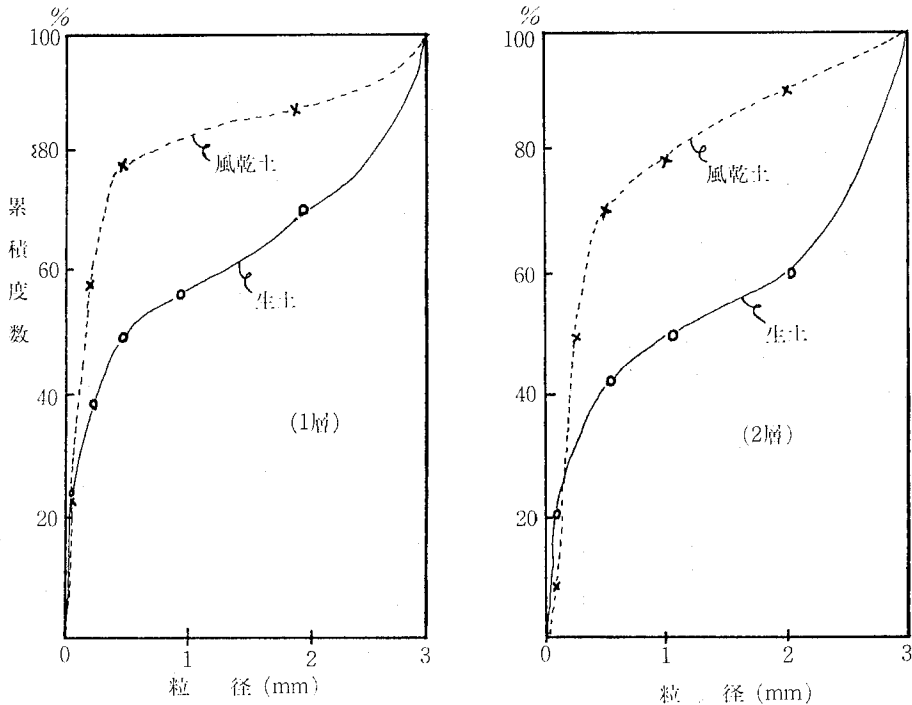
一方水成岩の風化物を母材とする南部褐色森林土では風乾処理によってスレーキングによる崩壊が加わり団粒の安定度が低下した。この原因としては火山灰土壌との粘土鉱物自身の質的な違いによってもたらされるものと考えられる。褐色森林土の土粒子の結合手は、従来言われている<sup>4)</sup>ように鉄などが主なるものと考えられた。

2) Emerson 法による団粒の安定性

④生土試料：大泉火山灰土壌および南部褐色森林土の団粒の安定性の検討結果は下記のとおりである。スレーキングテストの結果は第3表のとおりで、全試料とも沸化作用による団粒の崩壊は認められなかった。なお同表に示した膨潤判定の結果では、火山灰土壌の1層において若干の膨潤が認められたが、その他の試料についてはほとんど膨潤は認められなかった。この結果から両土壌とも1、2層中の団粒はクラス(7)ないし(8)に分類されるものと考えられる。特に若干の膨潤が認められた大泉



第2図 大泉火山灰土壌団粒の累積度数曲線



第3図 南部褐色森林土の団粒の累積度数曲線

第3表 Emerson 法における沸化作用および膨潤による分級

名称	層位	連数	供試個数	沸化作用		膨潤	
				有	無	有	無
八ツ山岳大泉地区壤	1層	1	4	0	4	1	3
		2	4	0	3	1	3
		3	4	0	4	判定不可	
	2層	1	4	0	4	"	
		2	4	0	4	"	
		3	4	0	4	"	
南褐色森林区土	1層	1	4	0	4	"	
		2	4	1	3	"	
		3	4	0	4	"	
	2層	1	4	0	4	"	
		2	4	0	4	"	
		3	4	1	3	"	

第4表 供試土壌の化学性

土壌の名称	pH (H <sub>2</sub> O)	全炭素 %	置換性塩基 me/100 g D.W				
			Ca	Mg	K	Na	
大泉	1層	6.58	8.5	12.2	2.8	1.7	0.2
	2層	5.70	1.8	2.3	0.4	0.8	0.1
南部	1層	5.07	1.4	9.4	10.2	2.0	0.1
	2層	4.91	0.3	9.2	10.0	1.4	0.1

火山灰土壌の1層は、第4表の団粒の化学性に示したように腐植含量が高いことからみて、Emerson の分類法ではほぼクラス(7)に分類される。

⑥風乾試料：スレーキングおよび膨潤テストの結果は第5表に示したとおりである。大泉火山灰土壌は1、2層とも生土同様沸化作用による団粒の崩壊は認められなかった。しかし南部褐色森林土壌では1、2層ともか

第5表 Emerson 法における沸化作用および膨潤による分級 (風乾土)

名称	層位	連数	供試個数	沸化作用		膨潤	
				有	無	有	無
大泉	1層	1	4	0	4	3	1
		2	4	0	4	4	0
		3	4	0	4	4	0
南部	2層	1	4	0	4	2	2
		2	4	0	4	3	1
		3	4	0	4	2	2

なりの試料において団粒の崩壊が認められた。次にスレーキングの認められなかった大泉火山灰土壌団粒については、1, 2層中の大半の供試団粒はほぼ膨潤することが認められた。これまでの結果に第4表の化学性を併せてEmersonの分類法に照合すると大泉火山灰土壌の団粒は比較的団粒安定度の高いクラス(7)に分類されるものと考えられた。

次にスレーキングを起した南部褐色森林土壌団粒について分散の有・無を検討した結果を第6表に示した。

第6表 南部土壌(風乾土)の分散判定

名称	層位	連数	供試個数	分散	
				有	無
南褐色森林区土	1層	1	4	0	4
		2	4	0	4
		3	4	0	4
	2層	1	4	0	4
		2	4	0	4
		3	4	0	4

1, 2層中の供試団粒はいずれも分散する結果はみられなかった。この結果から南部土壌の風乾団粒は機械的操作を要するクラス(3)~(6)に分類されることになる。このため南部土壌団粒については、さらに分級法に沿って機械的操作を導入し検討した。すなわち1, 2層中から4mm程度の団粒を取り出し、pF2.0で吸引している吸引圧装置の素焼板上で約10分間こねた後、4mm cubeを作りスレーキングテストと同様に約20mlの蒸留水の入ったビーカー中に静かに落とし、2時間後に『かさ分散』(halo of dispersion)が起るか否かを検討した。その結果、第7

第7表 南部土壌(風乾土)のかさ分散判定

名称	層位	連数	供試個数	かさ分散	
				有	無
南褐色森林区土	1層	1	4	0	4
		2	4	0	4
		3	4	0	4
	2層	1	4	0	4
		2	4	0	4
		3	4	0	4

表に示したように1, 2層中の供試団粒はいずれの試料とも『かさ分散』は起きなかった。この結果から南部土壌の分級範囲はさらに限定され、クラス(4), (5), (6)のいずれかに分類されることになる。次にEmersonの分級法では、サスペンションによる分散判定に移る前に石コウ含量の多少による判定基準(クラス(4)では石コウ含量

多)をもうけている。しかし南部土壌については筆者らが行なった塩酸可溶性灰量や従来の知見<sup>7)</sup>からみて、石コウが多量に存在することは考えられず、Emerson分級法のクラス(4)には分類されないものと考えられる。この結果南部土壌団粒はサスペンションの分散および凝集の判定基準にもとづくクラス(5)ないしクラス(6)のいずれかに限定される。サスペンションの作成は先のpF2.0吸引圧下の素焼板上でこねて作った4mmキューブを蒸留水と1:5で10分間振とうして行なった。5分間放置後のサスペンションの状態は第8表のとおりであった。1,

第8表 南部土壌(風乾土)サスペンションの分散判定

名称	層位	連数	供試個数	サスペンションの分散	
				有(やや分散)	凝集
南褐色森林区土	1層	1	4	4	0
		2	4	4	0
		3	4	4	0
	2層	1	4	4	0
		2	4	4	0
		3	4	4	0

※サスペンションのやや分散程度は1層<2層

2層中の供試団粒のキューブはいずれもやや分散する傾向がみられた。なお分散程度は1層の方が2層よりも少ない傾向であった。この結果から南部褐色森林土の団粒は、分散性を示すことにより、クラス(5)に分類される。しかしEmersonの分級に附随する化学的特性(pH6.0~6.1, 置換性ソーダ3%)<sup>8)</sup>と筆者らが行なった化学性とは必ずしも一致しなかった。

上述したようにEmerson法は、単に沸化作用による団粒の崩壊程度をみるだけでなく、同時に分散性をも計測出来る便利さを持っている。そこで従来行なわれている「団粒の安定性評価法」とのかかわりの中でさらにEmerson法について考えてみる。まず沸化作用による崩落性(Emerson法ではスレーキングテスト)について前述した水中篩別法との対比でみると、Emerson法のスレーキングテストの結果は水中篩別法で得られた耐水性団粒の団粒百分率や団粒化度、さらには累積度数曲線で示した結果とかなり高い適合性があるものと考えられた。即ちEmerson法のスレーキングテストで生土、風乾土とも団粒の崩壊を起さず高い団粒の安定性を示した大泉火山灰土壌は、水中篩別法においても団粒化度や累積度数曲線の結果で示したように生土、風乾土とも同様に高い団粒の安定性を示すことが認められた。この傾向は南部褐色森林土でもみうけられた。即ち風乾土でスレーキングの認められた褐色森林土の団粒は、水中篩

別法でも風乾土は生土に比べ団粒化度や平均重量直径が低下しており、団粒組成では1 mm以上の団粒が沸化作用で団粒の崩落が激しく認められた。

小川は、Emersonの方法で扱われる、団粒のスレーキングと分散の状態を一定の条件で定量的に評価できるような方法の検討をおこない、団粒の崩落率と分散率による分類法を提唱した<sup>3,4)</sup>。Emerson法でクラス(7)に分類された大泉火山灰土壌の場合は、スレーキングや分散性が小さいことから、小川の方法ではほぼグループ(I)に分類される。その場合小川は「グループ(I)の中には多腐植性に起因し、腐植と土粒子が安定的に結合している各土壌型のA層団粒やアロフェン質の火山性土などが含まれる」ことを例示している<sup>4)</sup>。また南部褐色森林土の団粒は沸化作用による団粒の崩落程度が激しく、かつ分散性が小さいことから、小川の方法では褐色森林土のグループ(II)に位置づけられよう。このように、小川らや著者らの研究からEmersonの評価法は、わが国の火山灰土壌や褐色森林土の団粒の安定性の評価に、十分適用できる方法であることが認められた。

Emersonの評価法は、団粒の膨潤、スレーキング、分散などに対する力学的抵抗性を尺度とした方法であるが、これらの抵抗性を左右する要因として、土壌の有機物、置換性ソーダ、炭酸塩などの含量、pHの高低、主要粘土鉱物の種類などが、各クラスの土壌の化学的特性として例示されている。クラス(1)から(4)の土壌は、比較的雨量の少ない乾燥地の土壌を対象としたものであり、クラス(5)~(8)の土壌は、pHが6.1以下で置換性ソーダが少なく塩分集積の影響のない土壌を対象としたものとみなされる。

したがって、雨量の多いわが国の溶脱型土壌では、pHが低く置換性ソーダが微量で腐植に富むので、クラス(5)~(8)に分級される土壌が多いものと推察される。

Emersonがこの分級で取扱った土壌の多くは、オーストラリアの比較的雨量の少ない乾燥地帯の土壌を対象としたものなので、塩分集積をうけた高いpHの土壌が多かったものと推察される。一方、雨量の多いわが国では、置換性ソーダの多少が問題になるのは干拓地のようなきわめて特殊な土壌であり、また炭酸塩や石コウを多く含む土壌は、きわめて稀にしか存在しない。しかも、これらの土壌の生成条件は乾燥地域とはかなり異質な生成過程をとるものと思われるので、各クラスに対応する土壌の化学的特性は、必ずしもEmersonの示した特性と一致しないことが起こりうるであろう。このような化学的特性の不一致は、むしろ各クラスに含まれる土壌の種類が多面的で、かつ一義的に土壌の特性がきめられないことを示唆している。例えば、わが国に広く分布する火山灰土壌は、アロフェン質で腐植が集積し易いため

に、団粒の安定性は高くクラス(7)~(8)にランクされる土壌であることを、化学的特性の中に付け加えることが必要であろう。

このように、Emersonの評価法を湿潤温帯下で生成したわが国の各種の土壌型に適用しながら、土壌型と団粒の安定性階級との関係、あるいは安定性に及ぼす肥培管理の影響などを調査し、その結果の積み重ねによって安定な団粒の生成機構の解明と土壌改良技術の策出に資することが期待される。なおこの研究は、渡辺が1976年に農研土壌物理研究室に研修したさいに手がけたものであり、わが国でEmerson法を最初に試験した結果であることを附記する。

#### 4. 要 約

山梨県下の大泉火山灰土壌と南部褐色森林土の団粒の安定性を、Emersonの方法で検討し、つぎのような結果を得た。

1) 生土の土壌団粒を用いた場合、正確な団粒の安定性の判定はできなかった。しかし、風乾した試料では、膨潤、スレーキング、分散などの有無が測定され、Emersonの方法を適用できることが認められた。

2) 風乾土試料による団粒の安定性は、大泉火山灰土壌ではクラス(7)に、南部褐色森林土ではクラス(5)に分級された。

3) Emersonが分級した各クラスの土壌の化学的特性の中に、日本の土壌の粘土鉱物や化学的特性を附記する必要があることを指摘した。

[謝辞] この研究をおこなうにあたり、種々のご便宜を与えられた農技研土壌物理研究室の方々に深く謝意を申しあげる。

#### 引用文献

- 1) 土壌物理性測定法委員会編(1972): 土壌物理性測定法, 養賢堂, 59~427.
- 2) 川口桂三郎・青峰重範ら(1965): 土壌学, 朝倉書店, 99.
- 3) 小川和夫・岩間秀雄・渡辺治郎(1974): 沸化作用測定法の検討と二三の測定結果について, 北農試報, 124, 81~94.
- 4) 小川和夫(1981): 土壌団粒の安定性(崩落率, 分散率)の測定および安定性と土壌型の関連, 土壌の物理性, 43, 14~20.
- 5) Emerson, W. W. (1967): A Classification of Soil Aggregates based on Their Coherence in Water, Aust. J. Soil. Res 5, 47~57.
- 6) 久保田徹(1976): 火山灰土壌の界面化学的研究, 農研報告, B-28, 1~74.
- 7) 山梨県(1978): 地方保全基本調査総合成読書, 124~125.
- 8) Emerson, W. W., Baker, A. C. and Oades, J. M. (1973): The Comparative Effects of Exchange Calcium, Magnesium and Sodium on some Physical Properties of Red-Brown Earth Subsoils, Aust. J. Soil. Res 11, 143~150.

- 9) Emerson, W. W., Baker, A. C. (1973) : The Comparative Effects of Exchange Calcium, Magnesium and Sodium on some Physical Properties of Red-Brown Earth Subsoils, Aust. J. Soil, Res 11, 151~157.

### Summary

The aggregate stability of OHIZUMI Volcanic ash soil and NANBU brown forest soil was classified according to the method of Emerson to evaluate the degree of swelling, slaking and dispersion of the soil aggregate. Results obtained are as follows.

1) Aggregate stability could not be readily evaluated by applying Emerson's method when the samples were wet. On the other hand, the degree of swelling, slaking and dispersion of the soil aggregates was easily evaluated in air-dried samples.

2) The aggregate stability of OHIZUMI volcanic ash soil was found to correspond to class (7), and that of NANBU brown soil to class (5).

3) It is suggested that Emerson's method can be applied to the evaluation and classification of aggregate stability of Japanese soils provided that the distinctive characteristics of the soils are taken into account.