

土壤の各粒径別フラクションの塩基置換容量について

小柴尚博^{*}・佐野豊^{*}

Naohiro KOSHIBA and Yutaka SANO
Cation Exchange Capacities of the Different
Sized-Fractions of the Soils

はじめに

筆者等は玄武岩質土壤並びに輝石安山岩質土壤を用いて、国際土壤学会法⁽⁷⁾による土性と CEC との関係を検討したところ、粘土フラクションが少なく、細砂フラクションが多い下層断面内の土壤の CEC は粘土フラクションが多く、細砂フラクションの少ない上層断面内のそれとほとんど差異のないことを認めた。元来、土壤の粗大フラクションの CEC は小さく、微細フラクションの CEC は大きいのが一般的であり、上記の結果は矛盾しているように思われる。しかるに、土壤において、粗大フラクションがかなり高い CEC を有する場合がありますと報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。服部、川口、古井等は火成岩を母材とする森林下に生成した土壤では粘土以外の粗大フラクションがかなり高い CEC を有していると報告している。この点、筆者等が供試した土壤は火成岩を母材とすること、残積土壤であること等が類似しているため、粘土以外の粗大フラクションが土壤の CEC に影響を及ぼす特殊な土壤であることが推察された。この点を明かにするために、国際土壤学会法を適用して、土壤を各粒径別フラクションに分離し、各々の CEC を測定した結果、粘土以外の粗大フラクションがかなり高い CEC を有し、土壤

の CEC に影響を及ぼしていることが確認されたので報告する。さらに細砂フラクションについては、各種処理による CEC の変化を検討したので、合せて報告する。

実験 I. 各粒径別フラクションの CEC

1) 供試土壤

松江周辺に分布する玄武岩質土壤並びに輝石安山岩質土壤を上層、下層の 2 点に分けて採取し、前者の土壤を No. 1 土壤、後者のそれを No. 2 土壤とした。これらの供試土壤の主なる理化学的性質は第 1 表に示すとおりである。

2) 実験方法

国際土壤学会法⁽⁷⁾によって、粗砂、細砂、微砂、粘土の 4 フラクションに分離し、風乾後、実験に供した。CEC の測定は AOAC 法⁽⁷⁾によった。

3) 実験結果並びに考察

各粒径別フラクションの CEC の測定結果は第 2 表に示すとおりである。No. 1 土壤では粘土フラクションの CEC は約 30 me. であり、粘土以外の各フラクションの CEC は 25 me. 前後であった。No. 2 土壤では粘土フラクションの CEC は 40~63 me. であり、粘土以外の各フラクションの CEC は 15~25 me. であった。No. 1,

第 1 表 供試土壤の主なる理化学的性質

土壤番号	層位	機械的組成 (%)				全炭素 (%)	塩基置換容量 (me.)	置換酸度 (y ₁)	塩基飽和度 (%)	母材
		粗砂	細砂	微砂	粘土					
No. 1	上層	1.40	38.46	26.71	33.43	0.64	22.6	54.50	21.05	玄武岩
	下層	13.10	55.62	16.08	15.20	0.34	24.4	49.53	20.70	
No. 2	上層	1.61	26.01	41.16	31.22	1.56	20.5	20.30	50.95	輝石安山岩
	下層	0.97	68.49	25.69	4.85	0.17	22.8	29.22	55.95	

〔註〕 機械的組成、塩基飽和度、全炭素は乾物当り%を示す。
塩基置換容量は乾物 100 g 当り me. を示す。

* 土壤肥科学研究室

第2表 土壤の各粒径別フラクシヨンの CEC
(乾物 100 g 当り me.)

土壤番号	層位	粗砂	細砂	微砂	粘土
No. 1	上層	24.9	23.2	24.1	32.0
	下層	24.8	27.1	23.9	29.9
No. 2	上層	21.3	23.2	15.6	40.1
	下層	25.4	22.3	24.7	63.3

No. 2 土壤ともに、上層、下層に関係なく、粘土以外の各フラクシヨンの CEC は粘土フラクシヨンのそれよりも小さいが、かなり高い CEC を有していた。服部、川口、古井等⁽⁴⁾は各種土壤の粘土以外の各フラクシヨンの CEC を測定し、これと鉱物との関連性を究明している。同氏等によれば、粗砂、細砂フラクシヨンの CEC が高いのは鉱物粒子の表面が粘土鉱物化しているためであり、微砂フラクシヨンの CEC が高いのは 2~5 μ の部分に存在する粘土鉱物と鉱物粒子の表面における粘土鉱物化のためであると述べている。更にこれらの関係は堆積岩土壤よりも火成岩土壤に顕著であり、特に森林土壤に著しい。森林土壤のように、堆積時に激しい物理的風化作用を受けるのが少ない土壤では、粒子の粘土鉱物化した部分が、各粒径別フラクシヨンの分離の際、粒子表面に留まるために、CEC が大きくなると述べている。筆者等が供試した土壤は残積土壤であり、細砂フラクシオンでは、後述するように NaPO₃ 処理を行なうと、粘土フラクシオンが分離して来る点から、細砂フラクシオンでは、粒子の表面が粘土鉱物化し、国際土壤学会法で分離する際の処理に抗して、粒子の表面に留まり、粘土鉱物化した部分が完全に除去されなかったために、CEC が高くなったものと推察される。微砂フラクシオンでは、X 線回折により、No. 1 土壤の上層では石英、ハロイサイト、下層ではハロイサイトのピークが表われ、No. 2 土壤の上層では石英、種類不明な粘土鉱物、下層では石英、ハロイサイト、モントモリロナイトのピークが表われた。この点より推察すれば、微砂フラクシヨンの CEC が高いのは主として、その中に含まれる粘土鉱物によるものであろう。粗砂フラクシオンについても、CEC が細砂フラクシオンとほぼ同様に高いことから推察すれば、粒

子の表面の粘土鉱物化した部分の残留のためであらう。次に各粒径別フラクシヨンの CEC について、上層、下層間の比較をすると、No. 1 土壤では、粘土フラクシヨンの CEC は上層では僅かながら増大し、微砂フラクシオンでは変化がなかった。細砂フラクシヨンの CEC は上層では減少し、粗砂フラクシオンでは変化がなかった。No. 2 土壤では、粘土フラクシヨンの CEC は上層では明かに減少し、微砂フラクシオンも同様であった。細砂フラクシヨンの CEC は上層、下層間に変化がなく、粗砂フラクシオンでは上層で減少していた。このように各粒径別フラクシヨンの CEC は上層、下層間を比較すると、No. 1, No. 2 土壤ともに、同じような変化をするのではなく、土壤の種類によって異なる。

以上述べた各粒径別フラクシヨンの CEC が土壤の CEC に与える影響を検討した結果は第3表に示すとおりである。第3表には、各粒径別フラクシヨンの CEC から土壤 100 g 中の各粒径別フラクシヨンの CEC を算出した結果が示されている。No. 1, No. 2 土壤ともに土壤 100 g 中に占める粘土フラクシヨンの CEC は上層では下層に比べて増大し、微砂フラクシヨンの CEC は No. 1 土壤では上層が下層よりも高く、No. 2 土壤では上層、下層間に変化がなかった。細砂フラクシヨンの CEC は両種土壤ともに上層は下層よりも小さく、粗砂フラクシヨンの CEC は No. 1 土壤では僅かながら小さいが、No. 2 土壤では上層、下層とも極めて小さい。即ち本実験に供した土壤の上層では全 CEC に占める粘土フラクシヨンの CEC の比率は No. 1 土壤では 41%、No. 2 土壤では 50% で、粘土以外のフラクシヨンの CEC が 50% 以上を占めている。この関係は下層においては更に顕著で、全 CEC に占める粘土フラクシヨンの CEC の比率は No. 1 土壤では 17%、No. 2 土壤では 12% で、粘土以外のフラクシヨンの CEC が 80% 以上も占めている。また下層においては、粘土以外のフラクシヨンの内、細砂フラクシヨンの CEC は著しく高い。従って、本土壤の CEC はその大半が粘土以外のフラクシヨンの CEC によって占められている特殊な土壤であるといえる。

各粒径別フラクシヨンの CEC を合計して求めた土壤の全 CEC は原土壤のそれとは異なっていた。服部、川

第3表 土壤 100 g 中の各粒径別フラクシヨンの CEC (乾物当り me.)

土壤番号	層位	粗砂	細砂	微砂	粘土	粒径別全 CEC	原土壤の CEC
No. 1	上層	0.3	8.9	6.2	10.7	26.1	22.6
	下層	3.3	15.1	3.8	4.6	26.8	24.4
No. 2	上層	0.3	6.0	6.4	12.5	25.2	20.5
	下層	0.3	15.3	6.4	3.1	25.1	22.8

(4) 口, 古井等は土壌を国際土壌学会法の A 法を用いて, 各粒径別フラクシヨンに分離し, CEC を測定し, これより算出した全 CEC は原土壌のそれと一致すると述べている。筆者等の結果はこれとは異なっていた。そこで各粒径別フラクシヨンに分離する過程で CEC が増大したのではないかと推察されたので, 土壌の有機物を除去後, 0.2 N-HCl で処理したのも, 更に NaOH で分散処理したものの 2 種の方法を用いて, それらの CEC を測定した。その結果は第 4 表に示すとおりである。第 4 表に示

第 4 表 土壌の各粒径別フラクシヨンの分離過程における CEC の変化 (乾物 100 g 当り me.)

土壌番号	層位	塩酸処理	塩酸処理後カセイソーダ処理	土壌の各粒径別フラクシヨンのより算出	原土壌
No. 1	上層	26.0	25.9	26.1	22.6
	下層	26.1	26.4	26.8	24.4
No. 2	上層	24.5	24.4	25.2	20.5
	下層	24.8	24.5	25.1	22.8

すように, 土壌を 0.2 N-HCl で処理したものは原土壌に比較して明かに CEC は増大し, 更に NaOH で分散処理しても増大しなかった。森田によれば, 土壌を弱酸で処理すると, 吸収母体を被覆している鉄, アルミニウムが除去されるために, CEC が増大するといわれている。従って, このような違いが生じたのは, 土壌を各粒径別フラクシヨンに分離する際の処理法の差異に基因するものと考えられる。

実験 II. 各種処理による細砂フラクシヨンの CEC の変化

実験 I で明かなように, 本供試土壌は粘土以外のフラクシヨンの CEC がかなり高い特殊な土壌である。そこで粘土以外のフラクシヨンのうち, 代表的なものとして細砂フラクシオンについて, 2, 3 検討した。

1) 実験方法

国際土壌学会法⁽⁷⁾で得た細砂フラクシオンには, 粒子の表面が粘土鉱物化した部分, 並びに活性酸化物, 主として Al₂O₃, Fe₂O₃ が存在すると推察されたので, これらの除去に重点を置いて実験を行なった。即ち, 4% Na₂CO₃ 溶液中で 4 時間振とうする場合と本土壌のように国際土壌学会法では細砂粒子は完全に分散しないと推察されたので, 分散しにくい火山性土壌において藤原が採用した 0.4 N-NaPO₃ 溶液中で 2 時間振とうする場合の 2 つの方法を採用した。後者の方法では, 粘土, 微砂フラクシオンが分離するので, これらを除去した資料を

第 5 表 細砂フラクシヨンの各種処理と CEC との関係 (乾物 100 g 当り me.)

土壌番号	層位	無処理	NaPO ₃ 処理	Na ₂ CO ₃ 処理
No. 1	上層	23.2	27.9	25.3
	下層	27.1	33.8	30.3
No. 2	上層	23.2	23.7	23.1
	下層	22.3	22.7	22.7

第 6 表 NaPO₃ 処理による, 粘土微砂の量の変化 (乾物当り %)

土壌番号	層位	粘土	微砂
No. 1	上層	10.60	0.85
	下層	11.45	0.40
No. 2	上層	8.25	2.25
	下層	7.50	1.45

実験に供した。

活性 Al₂O₃, Fe₂O₃ の測定は松尾⁽⁸⁾の方法によった。

2) 実験結果並びに考察

このような方法で得た細砂フラクシヨンの CEC の測定結果は第 5 表に示すとおりである。第 5 表によれば, Na₂CO₃ 溶液中で振とうすると, No. 1 土壌では, 上層, 下層ともに CEC が増大し, No. 2 土壌では, 上層, 下層ともに変化しなかった。NaPO₃ 溶液中で振とうすると第 6 表に示すように, 微砂, 粘土フラクシオン, 特に粘土フラクシオンが分離した。これらは国際土壌学会法では除去できなかったものであり, ここに分離して来た微砂, 粘土フラクシオンを除去した資料の CEC を測定すると, No. 1 土壌では, 上層, 下層ともに CEC は増大し, その増大は Na₂CO₃ 溶液中で振とうした資料よりも著しかった。No. 2 土壌では上層, 下層ともに CEC が変化しなかった。この結果より推察すると, No. 1, No. 2 土壌ともに国際土壌学会法で得た細砂フラクシヨンの粘土鉱物化した部分は NaPO₃ の溶液中で振とうしても, 完全に除去され得ず, 粒子の表面に堅固に結合していて, 強烈な化学的処理では分離し得ないものであろう。次に Na₂CO₃, NaPO₃ 溶液中で振とうして得た資料中の活性 Al₂O₃, Fe₂O₃ を測定した結果は第 7 表に示すとおりである。第 7 表によれば, No. 1 土壌では Na₂CO₃ 溶液中で振とうした資料は活性 Al₂O₃, Fe₂O₃ が減少し, NaPO₃ 溶液中で振とうした資料は更に著しく減少した。No. 2 土壌では Na₂CO₃ 溶液中で振とうした資料の活性 Al₂O₃, Fe₂O₃ の減少は No. 1 土壌に比較して少なく, NaPO₃ 溶液中で振とうした資料も減少が少なかった。これらの結果と先に述べた CEC との関係は類似していた。森田⁽⁹⁾によれば土壌の塩基吸収母体は

第7表 細砂フラクションの Na_2CO_3 , NaPO_3 処理に伴う活性 Al_2O_3 , Fe_2O_3 の変化 (乾物 100 g 当り mg.)

土壤番号	層位	Al_2O_3			Fe_2O_3		
		無処理	NaPO_3 処理	Na_2CO_3 処理	無処理	NaPO_3 処理	Na_2CO_3 処理
No. 1	上層	642	409	601	228	125	218
	下層	1111	909	997	421	280	391
No. 2	上層	236	106	222	32	10	26
	下層	509	357	493	52	50	52

鉄, アルミニウムによって被覆されていて, これを除去すると CEC は増大するといわれている。従って, No. 1 土壤の細砂フラクションを Na_2CO_3 溶液中で振とうすると, CEC が増大するのは粒子の表面の粘土鉱物化した部分の活性 Al_2O_3 , Fe_2O_3 が除去されるためであり, No. 2 土壤の細砂フラクションでは CEC の変化が見られなかったのはこれらの活性酸化物の除去が少ないためと判断される。No. 1, No. 2 土壤の細砂フラクションを NaPO_3 溶液中で振とうすると微砂, 粘土フラクション, 特に粘土フラクションが分離し, これらを除去したにもかかわらず, CEC が減少せず, No. 1 土壤ではむしろ増大し, No. 2 土壤では何ら変化しなかったことは, このような処理では粒子の表面の粘土鉱物化した部分の一部が除去されるに過ぎず, 細砂フラクションとして残留した粒子の表面上に活性 Al_2O_3 , Fe_2O_3 が少ないこと, 粒子自体の細粒化に基づくものと推察される。

要 約

2 種類の火成岩土壤を用いて, 土壤の CEC と国際土壤学会法による土性との関係を検討したところ, 粘土以外の粗大フラクションが土壤の CEC に影響を及ぼす特殊な土壤であることが推察された。そこでこの点を明かにするために, 土壤を各粒径別フラクションに分離し, 各々の CEC を測定した。その結果は次のようであった。

1) No. 1 土壤では粘土フラクションの CEC は約 30 me. であり, 粘土以外の粗大フラクションのそれは 25 me. 前後であった。No. 2 土壤では粘土フラクションの CEC は 40~63 me. であり, 粘土以外の粗大フラクションのそれは 15~25 me. であった。

2) 全 CEC に占める粘土フラクションの CEC の比率は No. 1 土壤の上層では 41%, 下層では 17% であった。No. 2 土壤の上層では 50%, 下層では 12% であった。

3) 各種粒径別フラクションの CEC より算出した全 CEC は原土壤のそれよりも大であった。

更に細砂フラクションについては, Na_2CO_3 , NaPO_3 溶液中で振とうした場合の CEC の変化を観察した。その結果は次のようであった。

1) Na_2CO_3 溶液中で振とうすると, No. 1 土壤では細砂フラクションの CEC は増大し, これは粘土鉱物化した粒子の表面の活性 Al_2O_3 , Fe_2O_3 が除去されるためである。

2) NaPO_3 溶液中で振とうすると, 分離した微砂, 粘土フラクションを除去しても, No. 1 土壤では細砂フラクションの CEC は増大し, No. 2 土壤では変化しなかった。これは国際土壤学会法で得た細砂フラクションの粒子の表面の粘土鉱物化した部分の一部が除去されたに過ぎず, 残留した粒子の表面に活性 Al_2O_3 , Fe_2O_3 が少ないことと粒子の細粒化に基因する。

引用文献

1. 青峰重範, 和田光史: 九大農, 学芸雑誌 14, 377, 1954
2. 藤原彰夫: 我国において採用すべき機械的分析並びに土性の命名法に関する研究, 東北大農学部 1959
3. 原田登五郎, 久津那浩三: 農技研報告 B 3, 17, 1959
4. 服部共生, 川口桂三郎, 古井憲良: 土肥誌 30, 333, 1959
5. 菅野一郎: 九州農誌彙報 7(2), 187, 1961
6. KARIM, A. and ISLAM, A.: Soil Sci., 32, 433, 1956
7. 京都大学農学部農芸化学教室篇: 農芸化学実験書第 1 巻, 1957, 東京, p 258
8. 松尾嘉郎: 土壤中における活性酸化物の移動, p 6 1959
9. 森田修二: 土壤学汎論, 1959, 東京, p 317

Summary

As a result of the investigation of relationship between cation exchange capacity and the soil texture by the method of International Society of Soil Science in two kinds of igneous rock soils, these soils were estimated to be the uncommon soils, in which cation exchange capacities of larger particles than clay were considerably high. In order to clarify this estimation, cation exchange capacities of the different sized-fractions separated from upper layer soils and lower layer ones were studied. The results were as follows:

1) Cation exchange capacities of clay sized-fractions were about 30 me. in No. 1 soil and 40—63 me. in No. 2 soil. Those of larger different sized-fractions were about 25 me. in No. 1 soil and 15—25 me. in No. 2 soil.

2) In No. 1 soil, the ratio of cation exchange capacity of clay sized-fraction to total one was 41 % in upper layer and 17 % in lower layer. In No. 2 soil, it was 50 % in upper layer and 12 % in lower layer.

3) In all soils, the total amounts of cation exchange capacities of the different sized-fractions were higher than cation exchange capacities of original soils.

The changes of cation exchange capacities of fine sand sized-fractions by shaking in Na_2CO_3 and NaPO_3 solution were studied. The results were as follows:

1) By shaking in Na_2CO_3 solution, cation exchange capacities were increased in No. 1 soil and did not, in No. 2 soil.

2) By shaking in NaPO_3 solution, those were increased in No. 1 soil and did not, in No. 2 soil.