

土壌の画分別鉱物相の違いが Cs の吸着と固定能力に与える影響 Influence of mineral phases in different soil fractions on the adsorption and fixation capacity of Cs

○黄榮*・橋井一樹**・藤田優樹***・登尾浩助*

Huang Can, Kazuki Hashii, Yuki Fujita, and Kosuke Noborio

1. 背景

2011 年の福島第一原子力発電所事故で、 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs が大気中に放出され、土壌に残存した。特に、 ^{137}Cs は半減期が 30.2 年と長いので、環境中に長期間存在する。そのため、 ^{137}Cs の土壌への吸着や固定能力の解明が重要となる。

物理的風化作用により、岩石は礫、砂、シルト、粘土と粒径が細くなり、その過程で一次鉱物が化学的風化作用を受け、二次鉱物が生成される。粒径が小さくなると、石英が減少し、粘土鉱物の含有率が増加する(田中と山本、1988)。砂は石英を主体とし、長石や重鉱物を含む。粘土には粘土鉱物を主体とし、Fe/Al の酸化物や、少数の石英や長石などが含まれる。シルト画分は、砂画分および粘土画分の鉱物相が混在している(Fig. 1)。

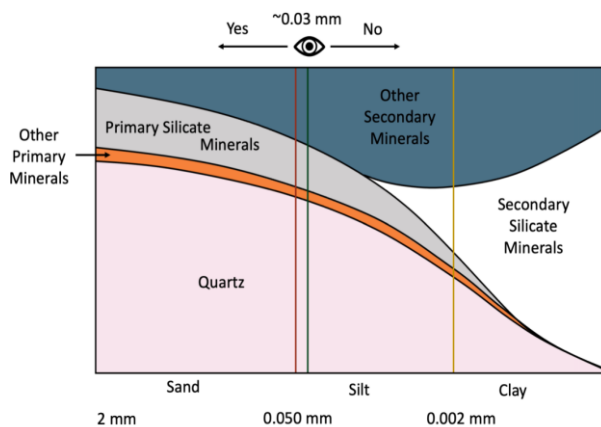


Fig. 1 Size distribution of minerals in soil.
(Loganathan (1987) adapted by Lewis Fausak)

イライトとバーミキュライトといった雲母質鉱物の層間には、 Cs^+ が固定され、脱離しにくい Frayed Edge Site (FES) が存在する。FES は Cs^+ と K^+ , NH_4^+ に対して高い選択性を持ち、 Cs^+ への選択性は極めて高い(Brouwer et al., 1983)。雲母質鉱物ではないモンモリロナイトやカオリナイトには、FES がほとんど存在しない(Nakao et al., 2008)。そのため、土壌が含有する粘土鉱物の種類とその含有率は Cs^+ の固定能力を左右する。

これまでの研究では、主に粘土画分に着目して粘土鉱物と Cs の吸脱着挙動が調べられてきた。しかし、シルト画分に存在する粘土鉱物も、Cs の吸着と固定に作用すると考えられる。したがって、本研究は、土壌の画分別における鉱物の種類およびその含有率と、Cs の固定および吸着の関係を明らかにすることを目的とする。

*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

**京都府立大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University

***株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル Oriental Consultants Global

キーワード [粒度別画分、粘土鉱物、Cs の吸着と固定能力]

2. 材料と方法

福島県相馬郡飯舘村明神岳で採取した真砂土と、岩手大学下台圃場で採取した黒ボク土を風乾し、2 mm のふるいを通過させて使用する。試料の有機物を 30%過酸化水素水で分解する。その後、超純水を加えて試料を分散処理する。各土壌試料から、ふるいを用いて砂画分 (2 mm - 0.05 mm) を分離し、沈降法によりシルト画分 (0.05 mm - 0.002 mm) および粘土画分 (0.002 mm 以下) を分離する。各画分について、X 線回折装置 (SmartLab, Rigaku 社製) による鉱物相を評価する。

さらに、画分ごとに、Cs のバッチ吸脱着試験を行う。CsCl 溶液を用いて、土壌試料への Cs の吸着試験を行い、液相中の Cs 濃度を測定する。

$$K_d = \frac{V}{M} \times \frac{(C_0 - C_i)}{C_i}$$

ここで K_d は固液分配係数 (L kg^{-1})、 V は液相の体積 (mL)、 M は固相の質量 (g)、 C_0 は反応開始時の液相中の Cs 濃度 (mg mL^{-1})、 C_i は反応終了時の液相中の Cs 濃度 (mg mL^{-1}) を示す。

吸着試験に続いて、Cs を吸着させた試料に含まれる交換態 Cs を、酢酸アンモニウム溶液を用いて抽出し、交換態 Cs 濃度と固定態 Cs 濃度を算出する。

3. 予想される結果

砂画分の鉱物相は石英が主体と予測される。粘土画分には、福島県飯舘村の真砂土では、バーミキュライトと緑泥石の中間構造 (HIV)、雲母鉱物とカオリナイトが同定され (海老澤と小暮、2021)、真砂土の粘土画分にはこれらの鉱物が含まれると考えられる。一方、岩手山火山灰にはアロフェン、イモゴライトを主とし、バーミキュライト、モンモリロナイト、イライト、カオリン鉱物などを含むことから (井上ら、1974)、黒ボク土の粘土画分にはこれらの鉱物が含まれると考えられる。

粒径が小さくなると Cs の固液分配係数 K_d が増加することから (田中と山本、1988)、Cs の固液分配係数 K_d は、粘土画分 > シルト画分 > 砂画分となると推測される。

交換態イオンの量は比表面積と比例し、固定態の量は粘土鉱物の含有率に依存すると報告されており (田中と山本、1988)、粘土画分では交換態 Cs および固定態 Cs の濃度が最も高いと考えられる。

4. 謝辞

岩手大学農学部の武藤由子先生には黒ボク土を提供していただいた。深謝いたします。

5. 引用文献

- Loganathan, P. (1987): Soil quality considerations in the selection of sites for aquaculture, ARAC/87/WP/12(5), Sec. 4.1.
Warren, J., & Spiers, G. (2021): In Digging into Canadian soils: An introduction to soil science. LibreTexts. Chapter 3.1 Soil mineralogy.
Brouwer, E., Baeyens, B., Maes, A. and Cremers, A. (1983): Cesium and rubidium ion equilibria in illite clay. J. Phys. Chem., 87, 1213-1219
Nakao, A., Y. Thiry, S. Funakawa and T. Kosaki. (2008): Characterization of the frayed edge site of micaceous minerals in soil clays influenced by different pedogenetic conditions in Japan and northern Thailand. Soil Science and Plant Nutrition, 54, 479-489
田中忠夫・山本忠利 (1988): 分配係数の土壌粒度依存性に及ぼす土壌物性の影響. 日本原子力学会誌, 30(10), 933-941
海老澤駿・小暮敏博 (2021): 福島県東部に分布する粘土鉱物の種類とその起源. 第 64 回粘土科学討論会講演要旨集, 127-128
井上克弘・吉田稔・谷村一郎 (1974): 岩手山東麓および南麓における火山灰断面の粘土鉱物組成. 岩手大学農学部報告, 12(2), 1974