

ゼオライトとイライトへの Cs 収着に対する土壌の溶存有機物の影響

岩手大学 学生会員 ○福田栞、千葉悠人
岩手大学 正会員 石川奈緒、伊藤歩

1. 背景

福島第一原発の事故により発生した放射性 Cs を含む廃棄物の一部が管理型最終処分場で処分されている。処分場浸出水に放射性 Cs が溶出し、結果として処分場から環境中に拡散する恐れがある。過去の研究において、廃棄物中の放射性 Cs の溶出を抑制する土壌層および隔離層の土壌に、Cs 保持材として有効であると考えられる鉱物を混合することで、各層の Cs 保持能を向上できる可能性が示された。しかし、土壌中の溶存有機物は鉱物に収着し、鉱物が Cs を特異的に吸着し固定化するサイトを覆うことで Cs の収着を阻害すると報告されている。これらのことから、鉱物や土壌の種類により溶存有機物の Cs 収着阻害効果が起こるのか検討した。

2. 実験方法

2-1 使用材料

実験に用いた鉱物は、モルデナイト型のゼオライト(Z)イエローイライト(I)の2種類である。表-1に含水率、陽イオン交換容量(CEC)、放射性セシウム捕捉ポテンシャル(RIP)を示す。土壌は黒ボク土、灰色低地土の2種類を用いた。表-2に各土壌の強熱減量を示す。

表-1 鉱物の理化学特性

	Z	I
含水率 (%)	2.4	1.4
CEC (cmol/kg)	83	79
RIP (mol/kg)	62	2.7

表-2 各土壌の強熱減量(%)

黒ボク土	灰色低地土
35.1	7.8

2-2 土壌中の溶存有機物の溶出動態

土壌と超純水を固液比 1 : 10 になるように混合した。25℃の恒温室で振とうし、経時的に試料を採取した。1,000 rpm で 5 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターと孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過し、ろ液中の溶存有機態炭素 (DOC) を全有機体炭素計 (Shimadzu, TOC-VCSH) で測定した。

キーワード 溶存有機物 イエローイライト ゼオライト セシウム

連絡先 : 岩手大学 岩手県盛岡市上田 4-3-5、TEL : 019-621-6449

2-3 土壌溶液の作成

土壌と超純水の固液比を 1 : 10 になるように混合し、25℃の恒温室で振とうした。振とう期間は黒ボク土で 1 日間、灰色低地土は 5 日間とした。1,000 rpm、5 分間遠心分離した後、上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過し、そのろ液を土壌溶液とした。

2-4 鉱物への溶存有機物の収着

遠沈管に鉱物 0.3 g を秤量し、作成した土壌溶液を 30 mL 加えた。試料を 25℃の恒温室で振とうし、経時的に試料を採取した。1,000 rpm で 5 分間遠心分離し、その上澄み液を孔径 0.3 μm のガラス繊維フィルターでろ過後、DOC を全有機体炭素計で測定した。

2-5 Cs 収着に対する溶存有機物の阻害試験

土壌溶液 1 L をホットプレートで 100 mL まで濃縮した後、過酸化水素水(30%v/v)を 400 mL 加えてホットプレートで加熱し有機物を分解した。これを DOM 分解溶液とした。土壌溶液と DOM 分解溶液の元素濃度および DOC 濃度を表-3 と表-4 に示す。分解前後での元素濃度はほとんど変わらないが、DOC は分解溶液で低くなっており、過酸化水素によって DOM が分解されたことを確認した。

遠沈管中に鉱物 0.3 g を秤量し、超純水、土壌溶液、DOM 分解溶液を 30 mL 加えた。この際、土壌溶液を加えた鉱物には DOM が収着したと考えられる。各試料を 1 日振とうし、試料に 0.01、0.1、0.5、1 g/L の Cs 溶液を 300 μL 添加し、5 日間振とうし Cs を収着させた後、試料を遠心分離、ろ過し、ろ液中の元素濃度と DOC を測定した。

表-3 土壌溶液(①)と DOM 分解溶液(②)の
元素濃度(黒ボク土)

	Cs (μg/L)	Rb (μg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	DOC (mg/L)
①	N.D.	0.84	1.7	3.3	2.3	14
②	N.D.	0.67	1.9	3.3	1.5	6.7

表-4 土壤溶液(①)と DOM 分解溶液(②)の
元素濃度(灰色低地土)

	Cs ($\mu\text{g/L}$)	Rb ($\mu\text{g/L}$)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	DOC (mg/L)
①	5.1	12.4	1.7	2.7	0.080	38
②	5.7	14.1	1.9	2.5	0.082	12

3. 結果および考察

3-1 土壤中の溶存有機物の溶出動態

1 日～5 日間経時的に DOM を測定した結果、黒ボク土は 1 日、灰色低地土は 5 日で溶出平衡に達した。この結果から、土壤溶液を作成する際には、各土壤について溶出平衡に達するまでの期間で振とうした。

3-2 鉍物への溶存有機物の収着

土壤の溶存有機物は鉍物へ収着する際に 1 日以内に収着平衡に達した。また、黒ボク土はイライトとゼオライトで減少量かわらないが、灰色低地土はイライトとゼオライトで減少量の程度が違う。DOM の分配係数(K_d)を次式より求めた。

$K_d (\text{L/kg}) = \text{DOC 収着量}(\text{mg/kg}) / \text{液相中 DOC 濃度}(\text{mg/L})$
表-5 に各鉍物での K_d を示す。ゼオライトの方がわずかに K_d が大きく、DOM の収着性が高いことが示された。

表-5 DOC の $K_d (\text{L/kg})$

	ゼオライト	イライト
黒ボク土	25	21
灰色低地土	21	13

3-3 Cs 収着に対する溶存有機物の阻害

図-1、2 に灰色低地土の土壤溶液を用いて得た Cs の収着等温線をゼオライト、イライトについてそれぞれ示す。DOM 分解溶液では土壤溶液よりも収着等温線が図の左側に移動しており、超純水での結果と類似している。したがって、土壤溶液では DOM により鉍物への Cs 収着の阻害が起きていると考えられる。

図-1、2 で線形を示す濃度範囲において収着等温線を次式に示すフロイドリッヒモデルに当てはめた。

$$Q = K_F \times C^n$$

ここで、 Q は Cs 収着量(mg/kg)、 C は液相中 Cs 濃度(mg/L)、 K_F と n は定数である。表-6 に各収着等温線での係数と R^2 を示す。この式を用いて $C=0.01 \text{ mg/L}$ の場合の Q を求めたところ、DOM 分解溶液の Cs 収着量は、土壤溶液に対

して、ゼオライトでは 4.9 倍、イライトでは 8.9 倍であった。この収着量の差異は、DOM による Cs 収着阻害を示している。

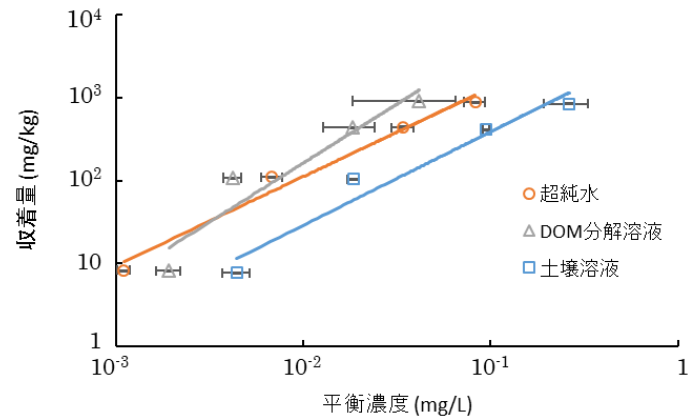


図-1 収着等温線（ゼオライト、灰色低地土）

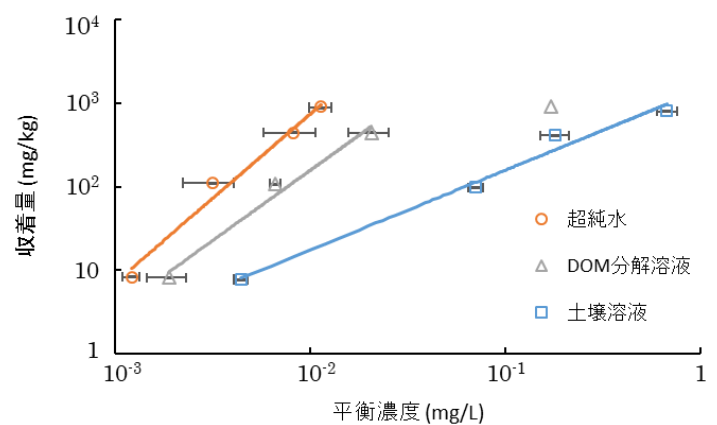


図-2 収着等温線（イライト、灰色低地土）

表-6 フロイドリッヒモデルの各係数

ゼオライト	K_F	N	R^2	Q
超純水	7.2×10^4	1.3	0.82	167
DOM 分解溶液	2.2×10^4	1.1	0.93	141
土壤溶液	5.4×10^3	1.1	0.98	28.7
イライト	K_F	N	R^2	Q
超純水	7.0×10^7	2.3	0.81	1581
DOM 分解溶液	3.7×10^5	1.7	0.98	158
土壤溶液	1.4×10^3	1.0	0.98	17.8

4. まとめ

本研究では、土壤中の溶存有機物が鉍物の Cs 収着に対してどの程度阻害するか検討した。結果として溶存有機物の妨害効果を定量的に確認でき、さらに灰色低地土ではイライトの方が阻害効果が高いことが明らかになった。