

粘土鉱物による最終処分場浸出水中の Cs, Sr の収着・保持に関する研究

岩手大学 学生会員 ○桑田麻衣

岩手大学 正会員 石川奈緒、伊藤歩、海田輝之

1.はじめに

2011年3月の東北地方太平洋沖地震に伴って発生した福島第一原子力発電所の事故において、環境中に大量の放射性物質が放出されたことにより、現在東日本地域の土壌などから放射性物質が検出されている。土壌や道路の降下物は雨と共に下水道へ流れ込み、下水汚泥、さらに焼却灰に濃縮された。そのような放射性物質を含む廃棄物は、放射性 Cs 濃度が 8000 Bq/kg 以下のものについては管理型最終処分場へ埋立処分されている。よって最終処分場から放射性物質の拡散を防止するための対策を検討する必要がある。

本研究では最終処分場から環境中への放射性物質の拡散を抑制する隔離層として有効と考えられる数種類の鉱物を用い、いくつかの条件下における Cs, Sr の収着挙動について実験的検討を行った。

2.実験方法

2-1 使用材料

収着実験に用いた試料は、ゼオライト（新東北化学工業）、イエローイライト（G・O ネットワークス）（以下 Y イライト）、ホワイトイライト（林商店）（以下 W イライト）、三河長石（カネヒョウ）の 4 種類である。表-1 に各鉱物中の元素濃度を示す。

本研究に用いる浸出液は、いわてクリーンセンターより採取した。表-2 に主な元素濃度を示す。浸出液は孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した後、そのろ液を実験で使用した。

表-1 各鉱物中の元素濃度

元素	ゼオライト	Y イライト	W イライト	長石
Al[mg/g]	62	75	19	69
Fe[mg/g]	11.8	16.0	4.2	1.4
Ca[mg/g]	14.8	2.2	2.4	6.0
K [mg/g]	7.6	26	20	38
Sr[mg/g]	0.12	0.07	2.4	0.11
Cs[mg/g]	13.2	5.1	—*	1.1
pH(1g:100ml)	7.08	7.00	6.55	7.35

*未測定

表-2 浸出液元素濃度

Ca[mg/l]	K[mg/l]	Mg[mg/l]	Sr[mg/l]	Cs[μg/l]	pH
2610	736	103	7.7	3.4	7.4

2-2 実験手順

(1)バッチ収着実験：pH の影響

実験はバッチ法で行った。50 ml の遠沈管に固液比 1 g : 100 ml となるように鉱物と Cs 溶液または Sr 溶液を加えた。Cs または Sr の初期濃度は 1 mg/l となるよう調整し、各溶液の pH は NaHCO₃-NaOH 緩衝液を用いて、6~12 で数段階に調整した。3 日間の水平振とうの後、上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した。ろ液中の Cs 濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置 (Thermo, iCAP Qs)、Sr 濃度を誘導結合プラズマ発光分析装置 (Shimadzu, ICPE-9000) で測定し、鉱物への収着量を求めた。

(2)バッチ収着実験：収着等温線

Cs について収着等温線を求めた。(1)と同様の固液比で Cs を加えた浸出液と鉱物を混合、振とうした。溶液中の Cs 濃度を 1~100 mg/l までで 5 段階変化させた。振とう 3 日後、試料を採取し、(1)と同様の分析を行った。

(3)脱離実験

Cs の鉱物への固定の程度を調べるため、バッチ収着実験後の Cs を収着させた固相を用いて脱離実験を行った。固液比 10 g : 100 ml となるように鉱物と 100 mg/l の Cs 溶液を混合し、3 日間振とうした。Cs 収着後の固相に、同様の固液比で浸出液を加え、1 日間の水平振とうの後、遠心機で固液分離し、液相中に溶出した交換態画分①を抽出した。次にその残渣に浸出液を加えた後、同様の条件で振とう、固液分離を行い、液相中に溶出した交換態画分②を抽出した。画分抽出後の残渣に含まれる Cs は、鉱物に固定した画分（固定画分）であると考えた。

3.結果および考察

3-1 pH の影響

図-1 は pH による収着量の変化を示したものである。なお、横軸は pH、縦軸は収着量[mg/kg]を表している。pH6~12 の範囲では、Cs の収着において、ゼオライトと W イライトはほとんど pH の影響を受けなかった。Y イライトでは pH の上昇と共に収着量が増加し、長石は pH の上昇と共に収着量の減少が見られた。

Sr に関しては、長石は pH の影響を受けず、ゼオライトは pH の上昇により収着量が増加する傾向が見られた。

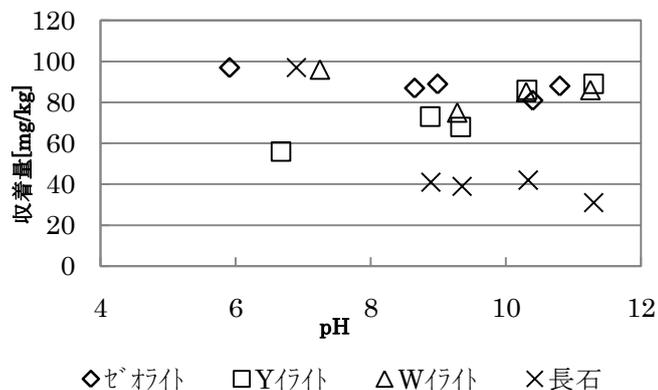


図-1 Cs の吸着に対する pH の影響

3-2 吸着等温線

図-2 は、Cs の吸着等温線である。どの鉱物についても吸着等温線は、フロインドリッヒの吸着等温式 (式[1]) で表された。

$$Q = a[C]^b \quad \text{式[1]}$$

Q : 吸着量[mg/kg] [C] : 液相濃度[μg/l]

a : フロインドリッヒ係数 b : フロインドリッヒ指数

ここで特性の違いを見るために、浸出水中の Cs 濃度 (2.78 μg/l) に対する吸着量を計算した。

吸着量の値より (表-2)、吸着等温線から想定される吸着能は Y イライト > ゼオライト > W イライト > 長石 の順であることが分かった。

Sr で同様の実験を行った結果、Sr は浸出水を用いた実験では、ほとんど鉱物に吸着しなかった。これは浸出水に含まれる共存元素、特に同族元素の Ca が 2.6 g/l 含まれており、Sr の吸着を阻害していると考えられる。

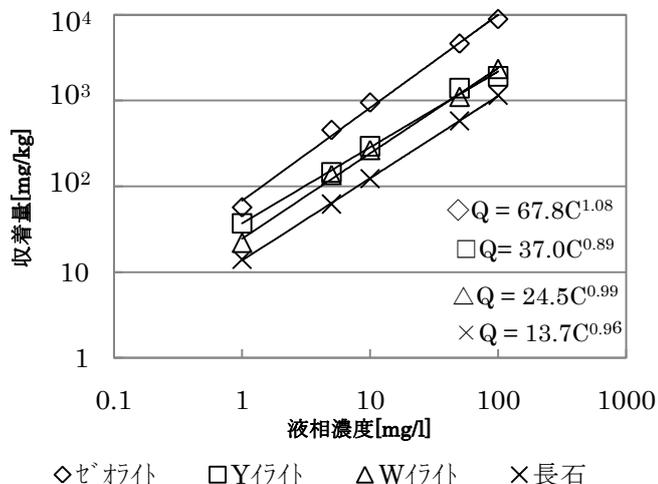


図-2 Cs の吸着等温線

表-2 浸出水中の Cs 濃度(2.78 μg/l)に対する吸着量

鉱物	吸着量[mg/g]
ゼオライト	115
Y イライト	202
W イライト	70
長石	48

3-3 脱離実験

図-3 は脱離実験の結果を示したものである。ゼオライトは Cs をほぼ 100%吸着し、さらにそのほとんどが固定画分であった。一方、W イライトでは吸着した Cs の約半分が脱離した。これは浸出水中に Cs 以外の元素も多く含まれているため、交換サイトに吸着していた Cs と浸出水中の他の元素がイオン交換するためと考えられる。

長石は、他の鉱物に比べ吸着量は低い、そのほとんどが固定画分であり、一度吸着した Cs は脱離しにくいことが分かった。

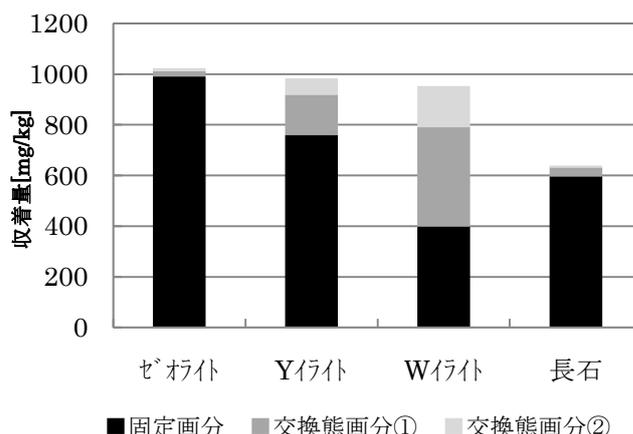


図-3 脱離実験の結果

4.まとめ

本研究の条件下では、ゼオライト、Y イライト、W イライトにおいては Cs をほぼ 100%吸着し、長石は他の 3 種類に比べ吸着能が小さいことが分かった。また、脱離実験において、ゼオライトに吸着した Cs のほとんどが固定画分であったことと、pH の変動に対しても吸着に影響がないことから、本研究で用いた鉱物では、ゼオライトが Cs 固定に最も有効であると考えられる。

Sr については浸出水中の Ca 等他の主要元素の共存により、本研究で用いた鉱物では Sr を保持することはできなかった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 12014030 の助成を受けたものです。