

2020年度 研究活動報告書

土壌に吸着した放射性セシウムの不溶化に向けて

福島県立福島高等学校 SS部放射線班

1. 研究の動機

福島第一原子力発電所事故後の除染活動により生じた約1400万 m^3 もの除去土壌は、中間貯蔵施設を経て最終処分される予定である。処分に関する議論は放射性セシウムの漏出がないことを前提に進められているが、土壌から放射性セシウムが絶対に漏出しないとは言えない。そこで私たちはゼオライト鉱物の一種であるポルサイトに着目した。ポルサイトはセシウムを含んだ状態で天然に何千万年もの間存在しており、他ゼオライト鉱物の中でもセシウムの漏出がないとされている。そのため高濃度の放射性セシウムの封じ込めが可能であると考えられ、pH変化に対して酸性からアルカリ性まで強く溶けにくい鉱物でもある。私たちは除去土壌を水熱合成によってポルサイト化し、セシウムの漏出がなく体積の小さい形で保管することを目的に研究を始めた。

合成されたポルサイトからの放射性セシウムの漏出の有無についてはまだ検証が進んでおらず、ポルサイトを作成し漏出実験を行うことによって調査することにした。本レポートではポルサイトからの漏出の有無を確認する予備実験として、腐葉土、土壌、灰を用い調査した。

また、ポルサイトの水熱合成においては、放射性セシウムを含む溶液が合成毎に廃液として発生してしまうという問題がある。その解決のために廃液を再利用したポルサイトの循環合成が福島大学の大橋准教授らによって考案されたが、できるだけ多くの回数を再利用するための最適な条件については研究が進んでいない。そこで私たちは合成に用いる溶液の含有物の量を変えてポルサイトの循環合成実験を行い、廃液の再利用可能回数を調査した。

2. 活動の内容

〈出前講義〉

①日時：2020年10月28日（水） 16時30分～18時00分

場所：福島県立福島高校（オンライン）

題目：「甲状腺検査をもう一步深く理解する」

講師：横谷進（福島県立医科大学 甲状腺・内分泌センター長）

内容：甲状腺検査について基本的なことから、過剰診断などもう一步踏み込んだテーマについて講義を受けた。

〈その他の活動〉

①日時：2020年10月30日（土）～11月7日（土）

発表の場：ノートルダム清心学園中学・高校主催 理系女子 Web 交流会

発表題目：「セシウム不溶化の循環合成とその漏出の有無について」

発表形態：動画発表

発表者名：坂田紀乃（2年）、根本くるみ（2年）、松原蓮（2年）、宍戸愛菜（1年）

②日時：2020年12月4日（金） 8時30分～10時00分

発表題目：「Creating our hopeful future」

発表形態：オンライン（スライド）

発表者名：坂田紀乃、根本くるみ、松原蓮（2年）、高橋輝星、樋口萌絵（1年）

ICRP 原子力事故後の復興に関する国際会議にて、自分たちの研究に加えて福島や復興についての想いを発表した。



出前講義の様子



ICRP 原子力事故後の復興に関する
国際会議

3. 実験

〈実験1. 流水実験〉

操作

腐葉土または土壌を石英砂で希釈し全体を指定廃棄物の指定基準である 8000Bq/kg 付近に収まるようにしたものを晒の中に入れ、ポリエチレン-ポリプロピレン材質のものでシールした。それを下図（流水実験装置）の赤丸部分に設置し、10Lの水を12時間かけて流した。12時間経過後、千代田テクノル製の NaI(Tl)シンチレーションカウンターを装備した「RAD IQTM PS200」を用いて実験後の試料の放射性セシウム濃度を測定した。去年は腐葉土と土壌、今年は灰を試料に用いて実験を行った。

結果

土壌、腐葉土、灰のいずれにおいても放射性セシウムの漏出を確認できた。土壌の実験3回目と4回目で実験前より実験後の値が大きくなっている点については流水実験装置の清掃不足が考えられたため、灰を用いた実験から改善した。灰については実験中に計測機器の横軸にずれが見られその原因特定と校正に時間がかかってしまい、十分な数の実験を行うことができなかったが1回分のデータを得られ、セシウムの漏出を確認した。

サンプル	流水前	流水後
1	7978.2	4395.3
2	7261.2	5985.0
3	6576.6	4060.0
4	4187.4	3647.1
5	3836.5	3833.1

腐葉土の流水実験結果 (Bq/kg)

サンプル	流水前	流水後
1	7198.4	7164.2
2	6077.5	305.1
3	6163.9	9293.8
4	10607.9	11554.8
5	11257.4	10615.2

土壌の流水実験結果 (Bq/kg)

サンプル	流水前	流水後
1	3483.1	1930.5

灰の流水実験結果 (Bq/kg)



希釈した腐葉土及び土壌を晒の中に入れ、ポリエチレン-ポリプロピレン材質のものでシールしたもの



流水実験装置

〈実験2. ポルサイト水熱合成〉

操作

今回の実験では合成前の溶液中の CsCl 量を 20g、40g、10g と変えて実験し、ポルサイト合成可能回数に与える影響を調査した。

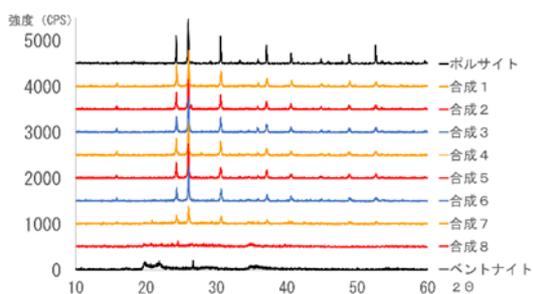
- ①クニミネ工業社製ベントナイト(1g)、イオン交換水(50ml)、NaOH(2g)、そして CsCl は 20g、40g、10g と変えてそれぞれ懸濁溶液を作り、水熱合成容器の中に入れる。
- ②アズワン株式会社製の低温乾燥機を用いて 180℃で 9 時間保ち、ポルサイトの水熱合成を行う。
- ③沈殿物と上澄み液 (廃液) に分離し、沈殿物は乾燥させてから XRD(RIGAKU Ultima-III) パターンを測定する。
- ④上澄み液 (廃液) にはベントナイト(1g)を加えて水熱合成容器に入れる。
- ⑤ ②～④を繰り返す。

なお、④で発生する廃液は徐々に減少していくが、水を新たに加えることなく水熱合成を繰り返した。

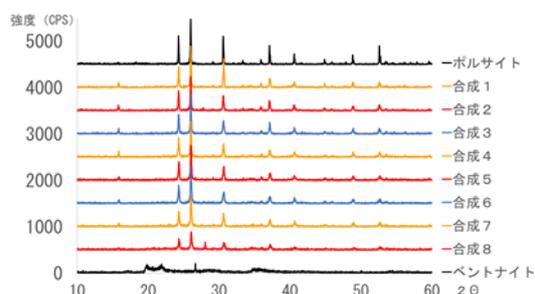
10g の CsCl を用いた実験では、pH 試験紙を用いて合成前の溶液(廃液)の pH の値も測定した。

結果

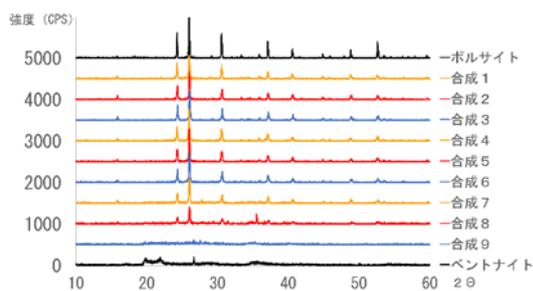
いずれの CsCl 量の実験でも 8 回目以降の合成で生じた物質のポルサイト特有の回折ピークが消滅、あるいは弱化していた。よって廃液再利用可能回数は 7 回目までだと判断した。廃液の pH は 0 回目から 12 回目にかけて 14 から 9 まで下がっていた。合成ができなくなった 8 回目では 12 を示した。



繰り返し合成における各回の XRD パターン
(CsCl:20g)



繰り返し合成における各回の XRD パターン
(CsCl:40g)



繰り返し合成における各回の XRD パターン
(CsCl:10g)

合成回数	0	6	7	8	12
pH 試験紙					
pH	14	13	13	12	9

合成前の溶液（廃液）の pH

5. 研究成果の発表

①日時：2020年9月3日（木） 13時00分～14時00分

発表の場：環境放射能除染学会 第9回研究発表会

発表題目：「セシウム不溶化鉱物の循環合成とその漏出の有無について」

発表形態：■その他（オンライン、ポスター）

発表者名：坂田紀乃（2年）、根本くるみ（2年）、松原蓮（2年）

優秀ポスター賞を受賞することができた。



②日時：2020年11月1日（日） 12時00分～16時00分

発表の場：福島県高等学校生徒理科研究発表会 県北地区大会

発表題目：「放射性セシウムが吸着した土壌の減容化を目指して～セシウム不溶化鉱物の循環合成とその漏出の有無～」

発表形態：■その他（オンライン、スライド）

発表者名：安齋真実（1年）、高橋輝星（1年）、樋口萌絵（1年）

③日時：2020年11月23日（月）10時

発表の場：福島県高等学校生徒理科研究発表会 福島県大会

発表題目：「放射線セシウムが吸着した土壌の減容化を目指して」

発表形態：■スライド ■ポスター

発表者名：坂田紀乃（2年）、根本くるみ（2年）、松原蓮（2年）、齋藤 聖（1年）
宍戸愛茉（1年）

6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

私たちは福島県民であり研究者であり、その間にいる立場ですので広く正しい情報を噛み砕いて発信していくことで私たち放射線班の目標である風評払拭ができるのではないかと考えています。復興に向けて、原発事故で生じた廃棄物の処理はとても重要なことですが、どうしても風評問題などが絡んで進みにくい状況にあります。このような状況を少しでも良く出来たらと思い、研究を始めました。この研究は測定に最低 5 時間かけなくてはならず、活動時間が制限されている中では困難な部分もたくさんありましたが、正確なデータを取るということを第一にどうしたら効率よく出来るか班員で話しながら活動することができて良かったです。

7. 今後の課題

・流水実験

灰は粒が細かいため灰ごと漏れだしている可能性もあるので、まずろ紙などを利用して確認作業を行う。腐葉土、土壌、灰の流水実験が終わったのち、ポルサイトを用いた流水実験を行う。また、現在は水道水を使っているが、実用化した場合を想定して雨水や海水を使った実験も行っていきたい。

・ポルサイト水熱合成

合成前の溶液の pH に焦点を当てた実験を行う。