

<報 文>

東日本大震災による災害廃棄物等の受入れに伴う 秋田県内の環境放射能調査結果について 第3報*

安藤 梨沙子**・玉田 将文**

キーワード ①東日本大震災 ②災害廃棄物 ③放射能 ④放射性セシウム

要 旨

東日本大震災により岩手県内で発生した災害廃棄物を広域処理した公共施設及び首都圏等のごみ焼却施設から排出された焼却灰を受け入れている秋田県内の民間処理施設に関する試料における環境放射能を測定した。その結果、全ての放射能濃度は各種基準値を下回っており、施設周辺環境への放射性物質拡散を懸念する必要はないと考えられた。

また、焼却灰受入れに伴う環境試料等のうち、排水処理汚泥試料について粒度分布解析及び有機元素分析を行ったところ、放射性セシウム濃度と粒度との間に一定の相関関係が認められた。

1. はじめに

東日本大震災により発生した災害廃棄物の処理は、被災自治体にとって大きな負担であり、復興の妨げとなる可能性があった。これを受け、国は平成23年4月に全国の自治体に災害廃棄物の広域処理について協力を要請した。一方で、被災地からの災害廃棄物には福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性物質が付着しているおそれがあったことから、国は平成23年8月に「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン」¹⁾を公表した。

秋田県は、同ガイドラインを踏まえ、岩手県と災害廃棄物の処理に関する基本協定を締結し²⁾、平成24年4月～平成25年12月にかけて、岩手県内で発生した災害廃棄物の広域処理を県内7か所の廃棄物処理施設において実施した。

当センターでは、災害廃棄物を広域処理した公共施設周辺の環境試料等について、放射性物質による周辺環境への影響を監視するため、平成24年度から継続的に放射性物質濃度を測定している。

既報^{4),5)}では、測定開始～令和2年3月末の調査結果を報告した。本報では、災害廃棄物を広域処理した公共施設周辺の環境試料等（以下、「災害廃棄物受入れに伴う環境試料等」という。）について、令和2年4月～令和7年7月の調査結果を報告する。また、平成24年

5月以降に首都圏等のごみ焼却施設から排出された焼却灰を受け入れている秋田県内の民間処理施設に関する試料（以下、「焼却灰受入れに伴う環境試料等」という。）について、平成24年5月～令和7年7月の放流水及び排水処理汚泥の濃度推移、及び令和6年1月～令和7年7月にかけて採取された排水処理汚泥における粒度、C/N比、全有機炭素（TOC）及び全炭素（TC）と放射性物質濃度との関係性について報告する。

2. 方法

災害廃棄物受入れに伴う環境試料等は、令和2年4月～令和7年7月にかけて、放流水、地下水、放流先の河川水試料、施設周辺の水道水源及び排水処理汚泥を採取した。放射性物質の測定項目は、放射性セシウム（セシウム134 (¹³⁴Cs) 及びセシウム137 (¹³⁷Cs)）とした。

また、焼却灰受入れに伴う環境試料等は、平成24年5月～令和7年7月にかけて、放流水、地下水、放流先の河川水試料及び排水処理汚泥を月1回程度採取し、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs及びヨウ素131 (¹³¹I)（¹³¹Iは令和3年12月まで）を測定した。

前処理操作は、「緊急時におけるγ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」⁶⁾に基づき行い、測定操作は、「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」⁷⁾に基づき行った。

*Results of Environmental Radiation Monitoring Survey in Akita Prefecture for the Disaster Waste Receiving Caused by the Great East Japan Earthquake 3rd Report

**Risako ANDO, Masafumi TAMADA (秋田県健康環境センター) Akita Prefectural Research Center for Public Health and Environment

水試料は、2 Lマリネリ容器に入れゲルマニウム半導体検出器付き γ 線スペクトロメーター（SEIKO EG&G社製）により測定した。測定時間は、平成24年5月～令和3年3月は3,600秒、令和3年4月～令和7年7月は14,400秒とした。排水処理汚泥試料は、「放射能濃度等測定方法ガイドライン」⁸⁾に基づき試料の乾燥を行わずに水分を含んだ状態とし、U-8容器に入れ同測定機器により平成24年5月～令和3年3月は2,000秒、令和3年4月～令和7年7月は28,800秒で測定した。

また、焼却灰受入に伴う環境試料等のうち排水処理汚泥試料について、107°Cで加熱後に乳鉢と乳棒で塊を碎きほぐしたものを乾燥試料とし、U-8容器に入れ同測定機により28,800秒で測定した。

粒度分布解析は、乾燥前試料を0.2 %w/v ヘキサメタリン酸ナトリウム中で分散させたのち、粒子径分布測定装置MT3300EX II (Microtrac社) により3回測定し、その平均値を結果とした。

有機元素分析は、乾燥試料を酸処理したのち有機元素分析装置CHN628型 (LECO社) により行った。

なお、焼却灰受入に伴う環境試料は、令和2年4月～5月、令和3年8月～9月、令和4年1月～5月及び令和4年9月において、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止の観点から検体採取が中止となったため、欠測となっている。

3. 結果及び考察

3.1 災害廃棄物受入れに伴う環境試料等について

災害廃棄物の広域処理を行った施設とモニタリング期間を表1に、水試料及び排水処理汚泥試料について、放射性セシウム ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) の検出状況をそれぞれ表2及び表3に示す。広域処理を実施した公共施設のうち、令和2年4月～令和7年7月の期間において調査を行ったのは、横手市南東地区最終処分場（令和2年4月で調査終了）の放流水、地下水、排水処理汚泥及び秋田県環境保全センター（令和7年11月現在も調

査継続中）の放流水、地下水、河川水、水道水源及び排水処理汚泥である。水試料では ^{134}Cs （検出下限値0.12～0.38 Bq/L）及び ^{137}Cs （検出下限値0.12～0.47 Bq/L），排水処理汚泥試料では ^{134}Cs （検出下限値1.0～8.3 Bq/kg）及び ^{137}Cs （検出下限値0.8～8.1 Bq/kg）で、いずれも不検出（ND）であった。既報⁵⁾に引き続き、放射性セシウムは全ての検体で検出されなかった。なお、令和3年4月から測定時間を延長し、これに伴い検出下限値が低下しているが、放射性セシウムは検出されなかった。このことから、災害廃棄物受入れに伴う施設周辺環境への現時点までの放射性物質の影響は確認されなかった。

3.2 焼却灰受入れに伴う環境試料等について

3.2.1 放射性物質の濃度推移

放射性セシウムは、地下水及び河川水ではNDであったが、放流水及び排水処理汚泥では検出された。令和2年4月～令和7年7月における試料別の検出状況は、放流水では ^{134}Cs は ND～0.4 Bq/L（検出下限値0.16～0.44 Bq/L）， ^{137}Cs は1.2～5.0 Bq/L（検出下限値0.18～0.50 Bq/L），排水処理汚泥で ^{134}Cs はND（検出下限値0.97～9.6 Bq/kg）， ^{137}Cs は5.6～30 Bq/kg（検出下限値0.96～8.2 Bq/kg）であった。 ^{137}Cs は、放流水及び排水処理汚泥で検出されたが、国が定める事業場及び最終処分場の周辺における公共の水域の濃度限度及び廃棄物の埋立基準を下回っていた。

平成24年5月～令和7年7月の放流水及び排水処理汚泥の放射性セシウム濃度推移状況を、図1及び図2に示す。 ^{137}Cs は、放流水及び排水処理汚泥とともに、平成28年11月以降の全試料で検出された。 ^{134}Cs は、放流水では平成24年5月～平成30年9月のほぼ全期間に加え、令和2年8月、令和3年4月及び令和6年11月に検出され、排水処理汚泥では平成25年9月、平成26年4月及び平成27年3月に検出されたが、それ以外の期間はNDであった。 ^{137}Cs の推移から、放流水では、平成29年度をピークとして減少傾向にあったものの、令和4年4月以降

表1 秋田県から岩手県への可燃物及び不燃物受入概要とモニタリング期間

搬出元	開始年月日	終了年月日	受入れ施設名	処理量(t)	モニタリング期間	可燃物焼却灰埋め立て処分場	モニタリング期間
岩手県宮古市 (可燃物)	平成24年4月23日	平成25年7月31日	大仙美郷環境事業組合 大仙美郷クリーンセンター	2,610	平成24年4月～平成25年8月	大仙美郷環境事業組合 一般廃棄物最終処分場	平成24年4月～平成31年4月
岩手県野田村 (可燃物)	平成24年9月4日	平成25年3月19日	秋田市総合環境センター	5931.18	平成24年5月～平成25年5月	秋田市総合環境センター 一般廃棄物最終処分場	平成24年5月～平成30年4月
	平成24年9月11日		横手市東部環境保全センター	577.59	平成24年7月～平成25年5月	横手市南東地区最終処分場	平成24年7月～令和2年4月
			湯沢雄勝広域市町村圏組合 貝沢ごみ処理施設	697.57	平成24年7月～平成25年5月	湯沢雄勝広域市町村圏組合 八面一般廃棄物最終処分場	平成24年7月～平成30年4月
	平成24年9月25日	平成24年10月31日	由利本荘市本荘清掃センター	150	平成24年7月～平成25年5月	広域市町村圏組合 一般廃棄物最終処分場	平成24年7月～平成30年4月
岩手県野田村 (不燃物)	平成24年12月3日	平成25年12月18日	田沢湖一般廃棄物最終処分場	4,155	平成24年11月～平成30年4月	矢島鳥海 一般廃棄物最終処分場	平成24年7月～平成30年4月
	平成25年4月22日		秋田県環境保全センター	23,381	平成24年4月～現在		

表2 災害廃棄物受入れに伴う環境試料等（水試料）
における放射性セシウム検出状況

施設名	試料媒体	調査地点数	災害廃棄物受入れ前			災害廃棄物受入れ後 (令和2年4月～令和7年7月)		
			検体数	最大濃度 ^{a)}	検出検体数	検体数	最大濃度 ^{a)}	検出検体数
横手市南東地区最終処分場 ^{b)}	放流水	1	2	ND	0	1	ND	0
	地下水	1	2	ND	0	1	ND	0
秋田県環境保全センター	放流水	1	12	ND	0	21	ND	0
	地下水	1	12	ND	0	21	ND	0
	河川水	5	4	ND	0	72	ND	0
	水道水源	3	3	ND	0	21	ND	0

a)濃度単位はBq/L

b)令和2年4月で終了

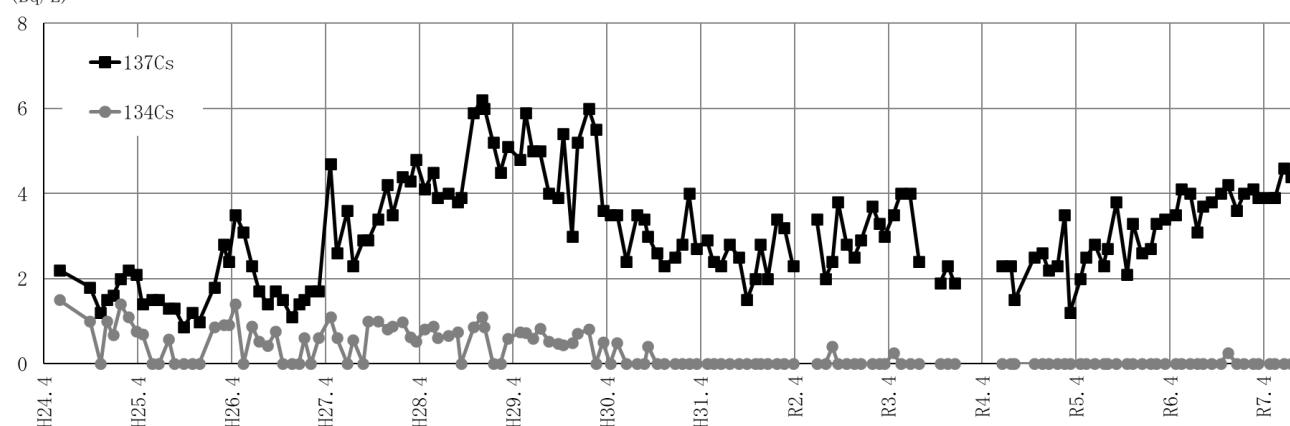
表3 災害廃棄物受入れに伴う環境試料等（排水処理汚泥）における放射性セシウム検出状況

施設名	試料媒体	調査地点数	災害廃棄物受入れ前			災害廃棄物受入れ後 (令和2年4月～令和7年7月)		
			検体数	濃度範囲 ^{a)}	検出検体数	検体数	濃度範囲 ^{a)}	検出検体数
横手市南東地区最終処分場 ^{b)}	排水処理汚泥	1	0	-	-	1	ND	0
秋田県環境保全センター	排水処理汚泥	1	12	ND	0	21	ND	0

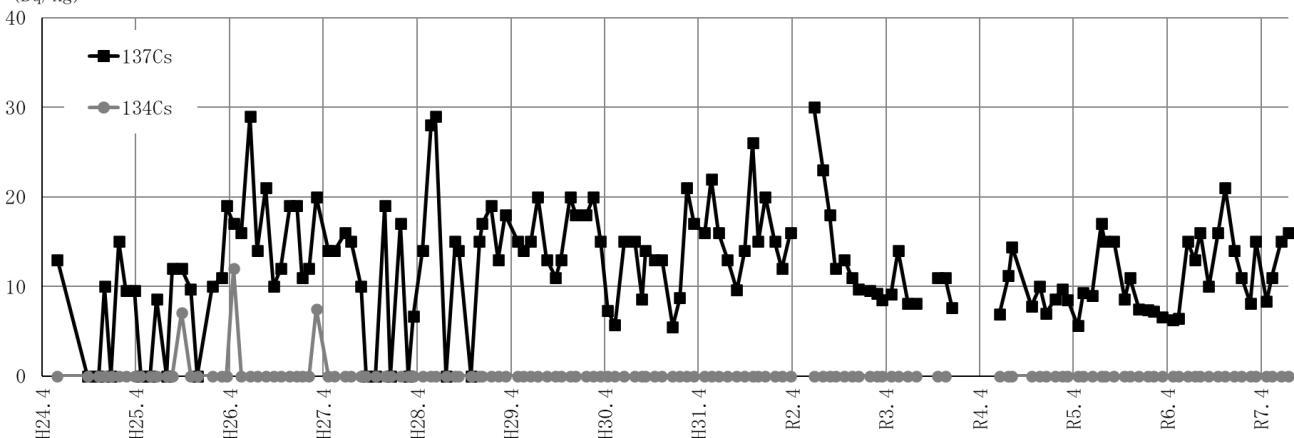
a)濃度範囲はBq/kg

b)令和2年4月で終了

(Bq/L)


図1 焼却灰受入に伴う環境試料等（放流水）における放射性セシウム濃度の推移

(Bq/kg)


図2 焼却灰受入に伴う環境試料等（排水処理汚泥）における放射性セシウム濃度の推移

増加傾向にあるため、今後の傾向を注視していく必要がある。排水処理汚泥では、令和2年6月をピークに減少し、現在はほぼ横ばいで推移している。また、¹³⁴Cs濃度は、¹³⁷Cs濃度と比較して低くなっているが、これは¹³⁴Csの半減期が約2年と¹³⁷Csの半減期である約30年より短いことから、測定条件における検出下限値未満まで¹³⁴Cs濃度が減少したからと推察される。

なお、¹³¹Iは平成24年5月～令和3年12月まで、全試料においてNDであった。

3.2.2 排水処理汚泥の粒度分布及び有機元素分析

3.2.2.1 排水処理汚泥試料における粒度分布及び有機元素分析

排水処理汚泥試料における¹³⁷Cs濃度と粒度、C/N比、TOC及びTCとの関係について図3に示す。シルト分(%)

(5 μm~75 μm) 及び泥分率(粘土分(～5 μm)(%) + シルト分(%))は有意な正の相関がみられたもの

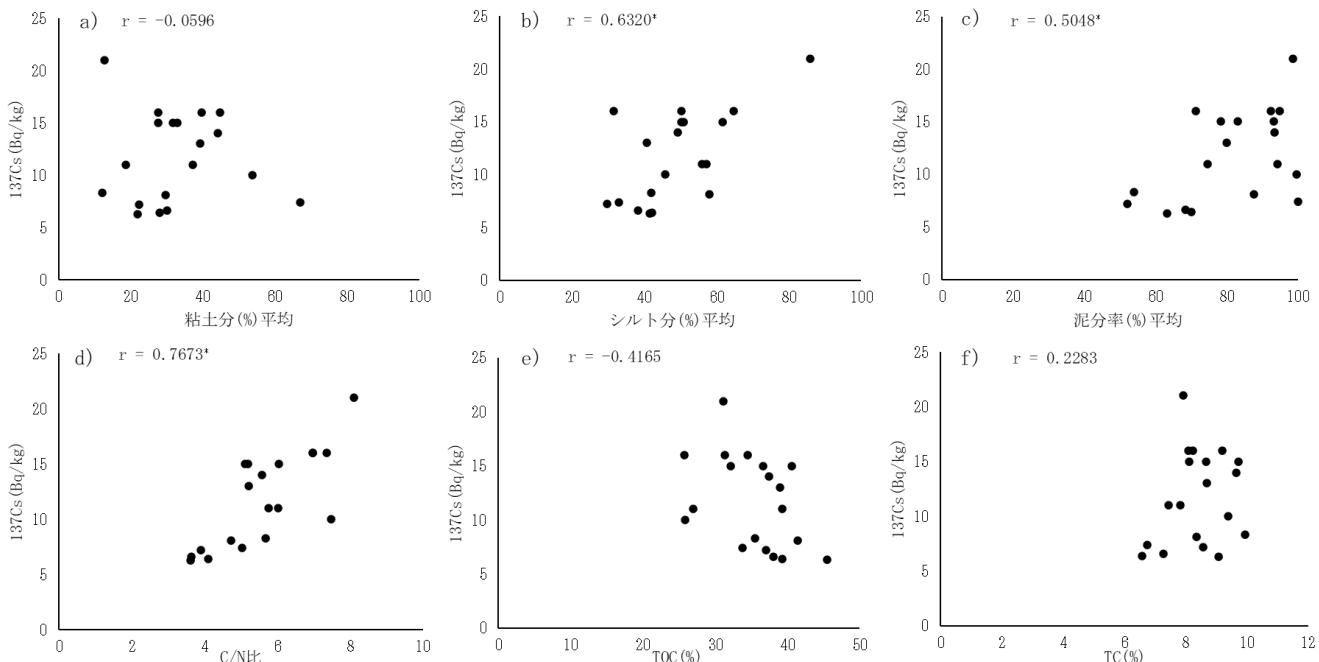


図3 未乾燥試料における¹³⁷Cs濃度と粒度、C/N比、TOC及びTCの関係
a)粘土分, b)シルト分, c)泥分率, d)C/N比, e)TOC, f)TC
*:p<0.05

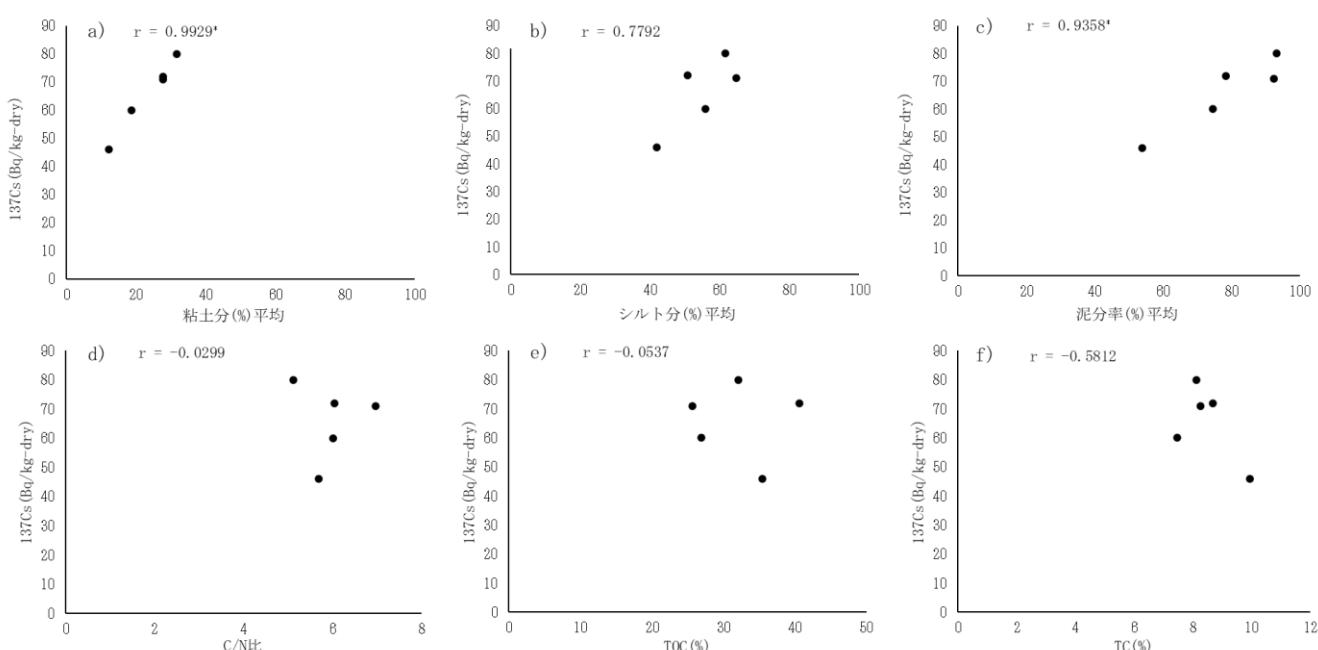


図4 乾燥試料における¹³⁷Cs濃度と粒度、C/N比、TOC及びTCの関係
a)粘土分, b)シルト分, c)泥分率, d)C/N比, e)TOC, f)TC
*:p<0.05

の、粘土分(%)は相関がみられなかった。また、¹³⁷Cs濃度とC/N比には有意な正の相関がみられたが、TOCとTCはいずれも有意な相関はみられなかった。

放射性セシウムは、水中で粒子状又はイオンとして存在している。一般的にセシウムイオンは、吸着・交換能力のある濁質に吸着しやすいため、粒子に吸着した状態で懸濁物質と同様の挙動をとりやすい⁹⁾とされ

ており、下水処理施設における排水処理過程において、放射性セシウムは懸濁体と同様の挙動を示すことを示唆¹⁰⁾する報告もある。また、海底土での過去の研究では¹³⁷Csは、土壤の粘土・シルト分と結合している¹¹⁾ことが報告されている。一方で、土壤中のセシウムの移動について、土壤有機物がセシウムと粘土・シルト分との吸着を阻害する¹²⁾ことが報告されており、土壤中のTCやTOCと、放射性セシウム固定能の指標である放射性セシウム捕捉ポテンシャルの間には負の相関がある^{13), 14)}ということが報告されている。しかし、採取した試料のTOC及びTCと、¹³⁷Csとの間に負の相関関係はみられなかった。この要因として、既往の研究^{11), 13), 14)}では土壤を乾燥させたうえで放射能濃度測定を行っていることから、令和7年3月～令和7年7月までの排水処理汚泥試料について乾燥試料を作成し、再度¹³⁷Cs濃度測定を行った。

3.2.2.2 乾燥試料における粒度分布及び有機元素分析

乾燥試料における¹³⁷Cs濃度 (Bq/kg-dry) と粒度、C/N比、TOC及びTCとの関係を図4に示す。未乾燥試料(図3)と比較すると、粘土分及び泥分率については乾燥試料では¹³⁷Cs濃度と強い相関が得られた一方で、C/N比については相関がみられなくなっていた。TOC及びTCとは相関がみられなかった。

乾燥前と比較し¹³⁷Cs濃度と各指標との相関関係が変化した部分もあったものの、泥分率とは強い相関がある一方で、TOCやTCとの相関がないことは試料乾燥の有無で共通していた。よって、排水処理汚泥中の放射性セシウムは、粘土・シルト分との関係については既往の研究¹¹⁾と同様正の相関関係がみられた一方で、TOCやTCとの関係については既往の研究^{13), 14)}とは異なり相関関係がみられなかった。

排水処理汚泥は、処分場における滲出水を排水処理する過程で生じる汚泥であり、排水処理の過程で生物処理や凝集沈殿などの工程を経由する中で、有機物の分解や活性汚泥の混入及び凝集剤の添加により自然界の土壤とは組成が異なる。よって、海底土や土壤における既往の研究^{11), 13), 14)}と、今回の排水処理汚泥試料における¹³⁷Cs濃度と粘土・シルト分やTOC及びTCとの相関関係について直接比較することはできない。しかしながら、排水処理汚泥試料においても¹³⁷Cs濃度と粘土・シルト分との間には正の相関関係がみられた。

粘土・シルト分と¹³⁷Csの吸着については二つの要因が関係していると考えられている。一つは、粒径が小さいほど比表面積が大きくなるため、放射性セシウムに対する吸着サイト数が多くなる¹⁵⁾からである。排水

処理汚泥試料においても、粘土・シルト分と¹³⁷Cs濃度との間に正の相関がみられたことから、比表面積による要因は排水処理汚泥においても存在するものと考えられる。もう一つは、フレイド・エッジ・サイト(FES)と呼ばれる、土壤中に含まれる粘土鉱物に含まれるセシウムを吸着固定する部位の存在¹⁶⁾である。この要因については、排水処理汚泥に含まれる土壤粒子の割合等を改めて解析することで、排水処理過程におけるセシウムの挙動の理解につながるものと考える。

4.まとめ

災害廃棄物受入れに伴う環境試料等においては、放射性セシウムは全ての検体で不検出であった。焼却灰受入れに伴う環境試料等においては、放射性セシウムは国が定める濃度限度及び廃棄物の埋立基準を下回っていた。また、放流水の¹³⁷Cs濃度が増加傾向にあり、排水処理汚泥試料について、粒度と放射性セシウム濃度の間には一定の相関関係があることが示唆された。今後も調査を継続し、放射性セシウム濃度の傾向を注視していく。

5.引用文献

- 1) 環境省：東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン，
https://www.env.go.jp/jishin/attach/memo20120111_shori.pdf (2025.7.11アクセス)
- 2) 秋田県：災害廃棄物の処理に関する基本協定の締結について，
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/5794> (2025.7.11アクセス)
- 3) 秋田県：千葉県流山市のごみ焼却施設から排出された溶融飛灰について～第1報～，
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/5320> (2025.7.11アクセス)
- 4) 田村高志、玉田将文、菅原剛、高橋英之、高嶋司、高橋浩：東日本大震災による災害廃棄物受入れに伴う秋田県内の環境放射能調査結果について。全国環境研会誌, 39, (2), 10-15, 2014.
- 5) 玉田将文、和田佳久：東日本大震災による災害廃棄物等の受入れに伴う秋田県内の環境放射能調査結果について 第2報。全国環境研会, 45, (3), 49-54, 2020
- 6) 公益財団法人日本分析センター：緊急時におけるγ線スペクトロメトリーのための試料前処理法(1992年, 2019改訂)，
<https://www.envraddb.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No24.pdf> (2025.7.11アクセス)

- 7) 公益財団法人日本分析センター：グルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー,
<https://www.envraddb.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No7.pdf> (2025. 7. 11アクセス)
- 8) 環境省：放射能濃度等測定方法ガイドライン 第2版（平成25年3月）,
<https://www.env.go.jp/content/900483737.pdf> (2025. 7. 11アクセス)
- 9) 環境省：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（平成29年度版）,
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/current/07-06-05.html> (2025. 7. 11アクセス)
- 10) 尾馬育夫, 小越眞佐司, 山下洋正, 原田一郎：下水処理場における放射性セシウムの挙動調査及び溶出試験. 水環境学会誌, **36**, (1), 23–28, 2013
- 11) Shigeyoshi Otosaka, Takuya Kobayashi: Sedimentation and remobilization of radiocesium in the coastal area of Ibaraki, 70km south of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. Environmental Monitoring and Assessment, **185**, 5419–5433, 2013
- 12) 辰野宇大, 濱本昌一郎, 二瓶直登, 西村拓：土壤有機物が土壤中のCsの移動に与える影響. 土壤の物理性, **152**, 39–46, 2022
- 13) Qiaohui Fan, Yoshio Takahashi, Noriko Yamaguchi, Masato Tanaka: Relationship between Adsorption Species of Cesium and Radiocesium Interception Potential(RIP) for Soil and Clay Minerals. 2013年度日本地球化学会第60回年会講演要旨集, 2013
- 14) Noriko Yamaguchi, Hirofumi Tsukada, Kazunori Kohyama, Yusuke Takata, Akira Takeda, Shingo Isono, Ichiro Taniyama: Redio cesium interception potential of agricultural soils in northeast Japan. SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION, **63**, (2), 119–126, 2017
- 15) 田中万也, 岩谷北斗, 坂口綾, 高橋嘉夫, 恩田裕一：河床堆積物中の放射性セシウムの粒径別分布. 2013年度日本地球化学会第60回年会講演要旨集, 2013.
- 16) 奥村雅彦, 中村博樹, 町田昌彦：粘土鉱物とゼオライトにおけるセシウムの吸着挙動：第一原理計算から見るその微視的機構. 表面科学, **34**, (3), 135–142, 2013