# 水質監視型オンサイト除染排水処理装置の開発

久保田 洋1\*、繁泉 恒河1、野口 俊太郎1、喜多 信悟2、江川 守俊2、武島 俊達3

<sup>1</sup>株式会社フジタ 建設本部環境エンジニアリングセンター 土壌環境部 (〒 243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1) <sup>2</sup>株式会社フジタ 東北支店 (〒 980-0803宮城県仙台市青葉区国分町 2-14-18 定禅寺パークビルヂング) <sup>3</sup>株式会社アステック東京 (〒 132-0035 東京都江戸川区平井 5-21-3 (ガーデン欣志 2F))

# The Development of an On-site Wastewater Treatment System with Monitoring Capabilities

Hiroshi KUBOTA<sup>1\*</sup>, Koga SHIGEIZUMI<sup>1</sup>, Shuntaro NOGUCHI<sup>1</sup>, Shingo KITA<sup>2</sup>, Moritoshi EGAWA<sup>2</sup>, and Toshikatsu TAKESHIMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Environmental Engineering Department, Construction Division, Fujita Corporation (2025-1 Ono, Atsugi, Kanagawa 243-0125 Japan)

<sup>2</sup>Tohoku Branch, Fujita Corporation
(Jozenji Park Building, 2-14-18 Kokubun-cho, Aoba-ku, Sendai 980-0803 Japan)

<sup>3</sup>Astec-Tokyo Corporation (5-21-3 Hirai, Edogawa-ku, Tokyo 132-0035 Japan)

## **Summary**

A compact Wastewater Treatment Unit that can monitor its own decontamination efficiency by using an underwater dosimeter and turbidity meter was developed. This equipment is so compact as to be able to be loaded up a 1t-class truck and is efficient enough to decrease radioactivity level of wastewater to under 10Bq/L. There are high levels of correlation between radioactivity and turbidity and underwater radiation dose (URD). Turbidity has the advantage of measuring low radiation density, whilst URD can measure radioactive contamination independently of other factors affecting water quality. However experiments showed that the relationship between turbidity and radioactivity density was changed according to radioactivity of the suspensoid, and that air dose rate had an impact on determination limit of URD index. As this Wastewater Treatment Unit has a dual—meter system, it is possible to calibrate the turbidity index with the measured URD. This dual- meter system would be able to monitor low radioactivity levels in a range of wastewaters.

Key Words: Radioactive wastewater, On-site treatment, Turbidity, Underwater radiation dose

#### 1. はじめに

平成23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故に由来する放射性物質により福島県を中心として広範囲の地域が汚染された。このような状況を踏まえ平成23年8月30日に公布された放射性物質汚染対処特措法(以下、特措法)に基づき、環境省により除染関係ガイドラインが策定され、国直轄の除染特別地域や市町村が中心となる除染実施区域において除染が進められている。

除染作業において発生する除染排水は現在、技術指針 <sup>1-2)</sup> に沿って側溝等にゼオライト等のろ過材を設置する処理や、

バキューム等により排水を回収し水槽にて凝集沈殿処理が行われている。除染作業に伴う排水の処理基準としては、特措法第33条に定められている同一人が0~70歳まで、その濃度の水を飲用した場合の年間放射能量1mSvに相当する、セシウム137の値を90で除した値とセシウム134を60で除した値の和が1以下という、廃棄物処理施設周辺の公共水域の水中の濃度限度が基準として用いられることが多い(以下、「公共水域限度」という)<sup>2-3)</sup>。

除染作業で発生する排水中の放射性セシウムは粘土等の懸 濁物質(SS)に強く吸着されていることが分かっており<sup>4)</sup>、SS

<sup>\*</sup>Corresponding author: E-mail: hkubota@fujita.co.jp

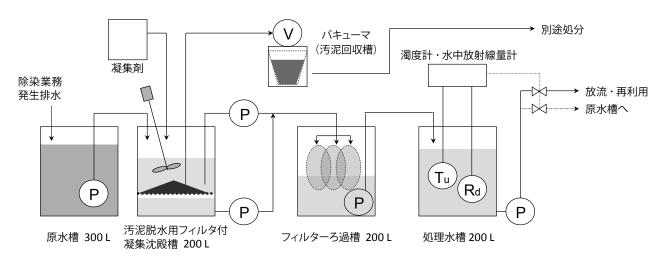


図1 排水処理フロー

分を除去することにより、排水中の放射能濃度を低減できることが確認されている<sup>5)</sup>。排水処理方法としてゼオライトろ過処理は現地で、凝集沈殿処理の場合は排水を回収し、特定の場所に水槽を設置して集約して処理することが多い。ただし凝集沈殿処理をオンサイトで実施する方法もあり、①ドラム缶やバケツ等を現地に持ち込み手作業で処理する方法、②4t車などに凝集沈殿処理装置一式を搭載し現地で処理する方法が既に行われている<sup>6)</sup>。これらの方法は除染排水を移動する必要が無いこと、またSS分を確実に除去できる点において大変有効な手法である。一方で、①の方法については手作業での移動や設置が必要であり処理能力が低いこと、②の方法については道路幅が大きい現場では良いが、住宅が密集しているエリアや狭い路地等では4t車の進入が困難な場合や住民の通行障害となる等その適用範囲が限られるという課題がそれぞれある。

加えて除染排水を処理した処理水の放射能濃度を測定する場合、正確な測定はゲルマニウム半導体検出器等による実験室内での測定が必要であり<sup>7)</sup>、費用と時間を要する。また現地測定法として提案されている簡易法でも分析用試料を別途採取する必要があり、測定に当たっては外部の放射線の影響を減衰させるための鉛箱などの遮蔽体を用いることが多い<sup>8)</sup>。

これらの除染排水処理の現状を鑑み、筆者らはオンサイトで凝集沈殿処理できる装置の適用範囲を広げるために従来よりもコンパクトで軽量な構造とし、また濁度と水中放射線量の両方をオンサイトで測定することにより、処理水放射能濃度が管理基準以下であることをリアルタイムで推定できるモニタリング機能を搭載した「水質監視型オンサイト除染排水処理装置」(以下、「本装置」という)の開発を行った。

#### 2. 方法

#### (1) 装置構成

# a) 排水処理フロー

本装置の処理フローを図1に、装置外観を写真1に示す。装置は排水処理を行う部分と水質のモニタリングを行う2つに大きく分けられる。排水処理装置としては、台座、原水槽、凝集沈殿槽、ろ過槽、処理水槽(モニタリング槽)、制御盤等から構成される。凝集沈殿槽には株式会社アステック東京社の「キュイーンシステム」"をろ過水槽には同社の「ロカッキー」100をそれぞれ導入し、それらが1~1.5 t トラックに搭載可能となるようにコンパクトかつ作業性が確保できる配置とした。原水槽・処理水槽は軽量化の観点から樹脂製タンクを用いた。各槽間の移送用ポンプのON-OFFスイッチ、濁度計の指示計を制御盤で操作できるようにし、また各槽間のバルブも作業者が操作しやすいように作業スペースへ集約させ



装置寸法: W 2,470×D1,600×H1,200 mm 装置重量: 600 kg

写真1 本装置外観



写真 2 濁度計



写真 3 水中放射線量計

た。また装置の車両への搭載が行いやすいように装置は鋼製の台座の上に設置し、ユニット化することにより移動式クレーン等を用いて一括で積み替えが可能な構造とした。

#### b) モニタリング用計測器

本装置にはモニタリング用計測器として、濁度計(写真2)及び水中放射線量計(写真3)を処理水槽(600×600×750 mmH)にそれぞれ設置した。両測定器とも上部より吊るして固定し、水中放射線量計は測定部が槽中央になるように調整した。それぞれの測定値について濁度計は制御盤の表示器に、放射線量計はタブレット型PCに接続することで外部にリアルタイムの数値を表示し、現場で作業者が確認することができるようにした。濁度計、水中放射線量計の主な仕様を表1に示す。

# c) 運転管理

装置の使用については、まず除染現場にて発生した排水をポンプ等で回収し、原水槽へ貯留する。一定量が貯留された段階で、水中ポンプにより凝集沈殿槽へ200 L 程度移送し、粉体凝集剤(商品名:PAPAT<sup>13)</sup>)を規定量添加後、撹拌機により2、3分間撹拌混合を行いフロックが形成されたのを確認して5~10分間静置する。静置後、上澄水をろ過槽へ移送しピンフロックを除去したものを処理水とした。上澄水排出後は

凝集沈殿槽下部から真空ポンプにより吸引・脱水を行い、脱水物はバッキューマーを用いて回収する。処理水はモニタリング装置により水質の確認を行った後、放流または再利用水として用いる。処理水が設定した管理基準以上であった場合は、原水槽へ戻す返送ラインも装置として設けている。

# (2) モニタリング装置検証試験

#### a) 試験材料

モニタリング装置の性能を把握する目的で、空間線量率の 異なる福島県内の2か所の除染現場で試験を行った。試験用 に放射性物質を含有した汚染水を作製するため、除染現場で 回収した堆積物や汚泥を希釈水中で撹拌・混合し、初期汚 染水200Lを作製した。表2に試験サイトの空間線量率およ び初期汚染水濃度を示す。空間線量率は汚染水を投入する前 の水中放射線量計PA-1100Wの値である。

# b) 試験方法

試験はモニタリング装置を設置した処理水槽内(容量200 L、写真1参照)で行った。試験開始前に処理水槽を水道水(サイトA)、井水(サイトB)で満たし(以下、「希釈水」という)、バックグラウンド(以下、「BG」という)として濁度および水中放射線量を計測した。試験は初期汚染水200 Lを処

表 1 モニタリング用計測器の主な仕様 11-12)

	濁度計	水中放射線量計
機種(メーカー)	TC-100 (オプテックス)	PA-1100W (堀場製作所)
測定部寸法	ф32×163 mm	φ95 (最大)×339 mm
測定原理	透過光方式	CsI (TI) シンチレーション式
測定範囲	0-100度(ホルマジン度)	0.001 - 19.99 μSv/h
サンプリング時間	15 秒**	60 秒

※本試験では15秒間測定しその中央値を記録した

表 2 試験サイトの空間線量率および初期汚染水濃度

名称	住所	試験サイト空間線量率 μSv/h	使用材料	初期汚染水濃度 Bq/L
サイトA	福島県内	0.09	雨水枡等貯留堆積物	1,140
サイトB	福島県内	0.40	排水処理汚泥	295

理水槽に入れ、測定を行った後は汚染水を一定量排出した後に同量の希釈水を補給する方法で順次希釈していきながら、毎回処理水槽を200 Lにした状態で濁度および水中放射線量を計測した。また合わせて試料水の採取も行った。試験に当たっては SS 分の沈降を防ぐため、処理水槽内を常時撹拌しながら計測・試料採取を行った。

# c) 評価·分析方法

モニタリング装置で計測している濁度は表示器の中央値を、水中放射線量は5分間の平均値を記録した。採取した試料水については、pH、電気伝導率(EC)、懸濁物質(SS)濃度、放射能濃度を分析した。pHおよびECはJIS K0102 工場排水試験法、SS は環告59号付表9に基づく方法にて測定を行った。放射能濃度はゲルマニウム半導体検出器(GC2018、キャンベラ社製)で測定を行った。

#### (3) 実排水処理試験

#### a) 試験に用いた排水

試験には表2の試験サイトの除染現場それぞれで発生している3種類の実除染排水を用いた。排水の種類としては住宅除染で発生する樋・雨水枡洗浄排水、道路の高圧吸引洗浄で発生する路面洗浄排水であった。

# b) 試験方法

本装置による処理前後の水質を確認するため、原水槽内の 処理前排水および、その排水を処理した処理水を処理水槽 内より採取した。採取した試料の放射能濃度をゲルマニウム 半導体検出器で測定した。また併せて処理水槽内の濁度お よび水中放射線量を計測した。

# 3. 結果

#### (1) モニタリング装置検証試験

# a) 概要

モニタリング検証試験の結果を表 3、4 に示す。試験はサイト Aでは初期汚染水 1,140 Bq/Lを10 回希釈し10 Bq/Lまで、サイト B では初期汚染水 295 Bq/Lを 11 回希釈し検出下限以下 (1.5 Bq/L 未満) まで放射能濃度  $(^{134}$  Cs  $+^{137}$  Cs) を低減し、各回それぞれで測定・採水を行った。水中放射線量については初期汚染水を測定する前に、処理水槽 (200 L) 内を希釈水で満たし BG を計測した。サイト Aでは 0.025  $\mu$ Sv/h、サイ

トBでは $0.140 \mu Sv/h$ と空間線量率と比較して、それぞれ 28%、35%まで低減されており、200L 水槽により外部の放射 線量を70% 程度遮蔽できることが明らかになった。

本試験では初期汚染水を希釈水で順次希釈していく操作を繰り返したため、希釈率に応じて各サンプルの濃度は減少した。試料水の実測データである放射能濃度、SS、測定器によるモニタリングデータである濁度、水中放射線量は希釈率に応じて数値は減少した。ただし濁度は測定器上限 99.9 以下しかデータは得られず、水中放射線量についても BG とほぼ同等の値となった時点で測定を終了した。一方、試料水の pHやECについては希釈率に応じた減少は認められなかった。これらの結果から放射能濃度のモニタリング指標としてSS、濁度、水中放射線量は有効であり、一方 pHやECは適していないことが確認された。

# b) 放射能濃度と各指標の関係

#### ①水中放射線量

図2にモニタリング検証試験における水中放射線量と放射 能濃度の関係を示す。水中放射線量は放射能濃度に対して決 定係数でサイトA、B 共に 0.99 と非常に高い相関関係を示し た。回帰直線の傾きはサイトAでは1800なのに対してサイト Bでは1700とその誤差は6%程度であり、排水中の懸濁物の 違いによる影響をほとんど受けないことが示唆された。表3、4 より両サイトの水中放射線量は公共水域限度である 134 Cs/60 + 137 Cs/90 の値が 1 (75 Bq/L 相当) 以下の濃度域 であっても定量性が得られることが明らかになった。水中放 射線量の下限値としてはサイトAでは試料 A - (1) (13 Bq/L)、 サイトBでは試料 B-® (28 Bq/L) 以降の濃度ではBGとの 差が小さく定量は難しいことから、定量下限値はこれらの値 以上であり、サイトAでは30Bq/L程度、サイトBでは 50 Bq/L 程度であることが推定された。これらのことから水 中放射線量はオンサイトにおいて放射能濃度をモニタリングす る指標として有効であり、公共水域限度相当の75 Bq/Lであ れば適用可能であることが明らかになった。ただしサイトAよ りもBにおいて定量下限が高くなった理由としてバックグラウン ド線量が影響していると考えられ、高線量地域で使用する場 合にはさらに定量下限が上昇する可能性が考えられた。

#### (2) SS

図3にモニタリング検証試験におけるサイトA、Bそれぞれ

# Vol.3, No.2, 2015 / 環境放射能除染学会誌

表 3 モニタリング装置検証試験結果 (サイト A)

	試料		実測データ							モニ	タリングデータ
名称	内容	希釈率 %	134Cs Bq/L	<sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs/60 + <sup>137</sup> Cs/90	SS mg/L	рН	EC mS/m	 濁度 度	水中放射線量 <sup>**</sup> μ <b>Sv/h</b>
A- ①	希釈水(BG)	-	<0.76	<0.86	<1.6	<0.02	<1.0	7.4	6.6	0	0.025±0.002
A- ②	初期汚染水	100	280	860	1,140	14	1,700	6.5	14	>99	0.638±0.008
A- ③	希釈汚染水	50	140	460	600	7.4	660	6.6	10	>99	0.379±0.011
A- (4)	希釈汚染水	25	65	210	275	3.4	510	6.7	7.9	>99	0.189±0.008
A- (5)	希釈汚染水	13	34	110	144	1.8	260	6.9	7.2	>99	0.122±0.003
A- 6	希釈汚染水	7.8	25	69	94	1.2	220	7.0	6.9	>99	0.083±0.007
A- ⑦	希釈汚染水	5.9	19	54	73	0.92	180	7.0	6.7	99	0.067±0.006
A- (8)	希釈汚染水	4.4	16	38	54	0.69	47	7.0	6.5	83	0.058±0.006
A- 9	希釈汚染水	3.3	8.4	21	29	0.37	45	7.1	6.5	56	0.046±0.005
A- 10	希釈汚染水	1.3	3.1	11	14	0.17	27	7.1	6.4	29	0.040±0.002
A- 11	希釈汚染水	1.2	4.3	9.1	13	0.17	19	7.1	6.4	19	0.034±0.004
A- 12	希釈汚染水	0.9	2.2	8.1	10	0.13	19	7.2	6.4	14	0.035±0.004

**※** ±S.D.

表 4 モニタリング装置検証試験結果 (サイト B)

	試料		実測データ							モニタリングデータ		
名称	内容	希釈率 %	<sup>134</sup> Cs Bq/L	<sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs/60+ <sup>137</sup> Cs/90	SS mg/L	рН	EC mS/m	 濁度 度	水中放射線量 <sup>**</sup> μSv/h	
B- ①	希釈水(BG)	-	<0.63	<0.86	<1.5	<0.02	1.7	8.1	22	0.34	0.143±0.005	
B- ②	初期汚染水	100	65	230	295	3.6	6,600	7.4	31	>99	0.296±0.009	
B- ③	希釈汚染水	75	50	150	200	2.5	5,400	7.5	30	>99	0.250±0.007	
B- ④	希釈汚染水	56	39	130	169	2.1	4,200	7.5	29	>99	0.221±0.008	
B- (5)	希釈汚染水	42	30	98	128	1.6	2,500	7.5	28	>99	0.196±0.006	
B- ⑥	希釈汚染水	32	23	76	99	1.2	2,000	7.6	25	>99	0.185±0.009	
B- ⑦	希釈汚染水	16	14	47	61	0.76	980	7.7	25	>99	<b>0.155</b> ±0.005	
B- ®	希釈汚染水	7.9	5.9	22	28	0.34	560	7.8	25	>99	0.140±0.005	
B- ⑨	希釈汚染水	4.0	2.3	9.9	12	0.15	280	7.9	24	>99	0.137±0.007	
B- 10	希釈汚染水	1.0	0.59	2.2	2.8	0.03	67	7.9	24	63	-	
B- 11	希釈汚染水	0.5	<0.81	1.5	1.5	<0.03	37	7.9	24	32	-	
B- 12	希釈汚染水	0.3	<0.66	1.1	1.1	<0.02	21	7.9	23	18	-	
B- 13	希釈汚染水	0.1	<0.66	<0.85	<1.5	<0.02	8.1	7.9	22	10	-	

**※** ±S.D.

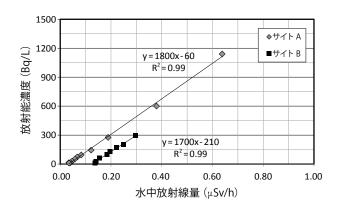


図2 水中放射線量と放射能濃度の関係

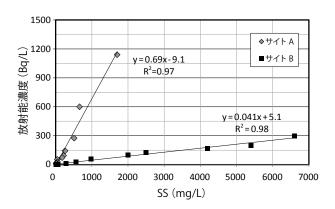


図3 SSと放射能濃度の関係

のSSと放射能濃度の関係を示す。放射能濃度との関係ではサイトAで決定係数 0.97、サイトBで 0.98 と共に高い相関関係を示した。このことから排水中の懸濁物質量と放射能濃度には高い相関関係があることが確認された。しかし水中放射線量と異なりサイトAとBでは回帰直線の傾きがそれぞれ 0.69 と 0.041 と 10 倍以上もサイトA が高い結果となり、SS 当たりの放射能濃度が排水によって大きく異なることが確認された。実際、初期汚染水の放射能濃度を SS で除して求めた使用材料の放射能濃度はサイトAで 670,000 Bq/kgDW、サイトBで45,000 Bq/kgDWであった。

#### ③濁度

図4にモニタリング検証試験における濁度と放射能濃度の関係を示す。濁度は測定器(TC-100)の測定範囲が最大99.9であるため、それ以下の値について放射能濃度との相関関係を調べた。放射能濃度との関係ではサイトAで決定係数0.97、サイトBで0.99と共に高い相関関係にあることが明らかになった。

本結果から濁度は放射能濃度が公共水域限度相当の75Bq/L以下はもちろん10Bq/L以下と非常に低い濃度領域におい

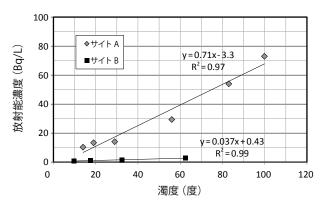


図 4 濁度と放射能濃度の関係

ても直線性を有しており、放射能濃度の指標として有効であることが確認された。この結果から濁度をオンサイトにおいて放射能濃度をモニタリングする指標として用いることにより、水道水の管理目標値<sup>14)</sup>である10Bq/Lについても管理基準として適用することが可能であることが示唆された。ただし濁度についてもSSと同様にサイトA、Bの回帰直線の傾きは大きく異なっており、排水中の濁質分と放射能濃度との関係式を排水の種類毎に作成しておく必要がある。

# (2) 実排水処理試験

表 5 に実排水試験の結果を示す。3 種類の排水は原水が59  $\sim$  172 Bq/Lであったが、本装置で処理したあとの処理水は10 Bq/L以下まで低下しており、低減率は最大99%以上であった。このことから本装置が実排水の処理においても有効であることが確認された。

モニタリングデータはサイトAで行った試験では濁度および水中放射線量とも低い値を示しており、実測の放射能濃度に沿う結果となった。一方、サイトBで行った実排水試験では水中放射線量がBGよりも0.1 µSv/h以上高い値を示した。しかし濁度は25であり、図4の関係式(サイトB)からも放射能濃度は低いことが推定された。結果的には、サイトBの実排水試験を行った場所の近傍にあったフレコンからの線量の遮蔽有無が結果に影響していることが判明し、実測の放射能濃度は濁度が示すとおり低い値であった。このことから水中放射線量計の測定時には周辺環境を確認し、線量が安定している場所を選ぶ必要があることが示された。

#### 4. 考察

# (1) オンサイト除染排水処理システム

本装置と従来の方法 (4 t 車などに搭載する可搬式のオンサイト凝集沈殿処理装置) の比較を表 6 に示す。

本装置は1t車に搭載可能な容積・重量に収まるよう設計したことにより、除染作業現場が住宅街や狭い路地などで大型

表 5 実排水の処理試験結果

				放射能濃度		処理水	槽モニタリングデータ
サイト	実排水	134Cs Bq/L	<sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs Bq/L	<sup>134</sup> Cs/60+ <sup>137</sup> Cs/90		水中放射線量 μSv/h
Δ.	雨水枡等洗浄排水	15	44	59	0.74	-	-
Α	処理水	<0.73	<0.89	<1.6	<0.02	0.3	0.038 (0.03 - 0.04)
Δ.	樋等洗浄排水	40	132	172	2.1	-	-
Α	処理水	<0.5	0.71	0.71	<0.02	11	0.049 (0.04 - 0.05)
	路面洗浄排水	40	130	170	2.1	-	-
В	処理水	<0.8	1.7	1.7	<0.03	25	0.42 (0.28 - 0.30)

※括弧内はBG (希釈水測定時) の放射線量

のトラックが入れない、もしくは住民の通行障害となってしまう ような場所にも対応することが可能である。また従来の方法で は車上にて装置を接続するため、装置の積み下ろし作業が煩 雑であるのに対して、本装置ではユニット化されていることか ら、積み下ろし作業は一括で短時間のうちに行うことができ る。そのため必要時にのみ車両に搭載して使用することも可 能である。

処理フローは凝集沈殿処理に加えてろ過処理を行うことにより、凝集沈殿の上澄水に含まれる細かなフロックまでも捕集することを可能とした。実際の除染排水の処理試験においても処理水は水道水の管理目標値である10 Bq/L以下まで浄化されており、処理性能が確認された。さらに従来のオンサイト排水処理では行われていない測定器を用いた処理水水質の管理を濁度と水中放射線量で行うことで、処理が確実に行われていることを「見える化」し、より安心な除染排水の処理を提供することを可能とした。一方で、排水中の濁質状況に応じた凝集剤添加方法や汚泥の脱水方法についてはシステムの最適化をはかる上で改善の余地があると考えられた。

#### (2) 現地モニタリングならびに水質管理方法

モニタリング装置の検証試験結果より本装置に設置されて いる濁度計および水中放射線量計で測定した値はそれぞれ実 測の放射能濃度と高い相関関係を示すことが確認された(図 2、4)。このことからこれら測定器の指示値を用いて実際の 放射能濃度を推定することが可能であることが示された。濁 度については、低濃度域においても高い相関関係を示すこと が報告されており16)、本試験においても10Bq/L以下で良好 な相関関係が得られることが明らかになった。ただし、濁度 計は排水中のSSあたりの放射能濃度によって変換係数(回帰 直線の傾き)が大きく異なるため、排水の種類により回帰式を 作成しておく必要があると考えられる。一方、水中放射線量は 直接排水の線量を測定しているため、濁質の影響を受けにくく 変換係数はほぼ一定の値を示すことが本結果から明らかに なった。水中放射線量により放射能濃度を推定する場合、 BG の線量を差し引いた正味水中放射線量を用いる。そのた め正味水中放射線量がゼロもしくはその値が水中放射線量の 標準偏差より小さくなってしまうと放射能濃度の推定はできず

表 6 車載式オンサイト凝集沈殿処理方法の比較

	本装置	従来タイプの
処理能力	400 L/hr	$20\sim30~\text{m}^3/\text{hr}$
装置仕様	搭載車両 1~1.5 t トラック (寸法例:L4,690 × W1,695 × H1,950mm) 装置はユニット化	搭載車両 4 t トラック (寸法例: L 8,195 × W 2,260 × H 3,050mm) 複数装置を個別に搭載、車上で接続
モニタリング	濁度、水中放射線量	(濁度) 15)
適用場	住宅街、狭い道路・たたき スポット的に発生した排水	道路、広い駐車場 比較的多量の排水が発生する場

定量下限となる。本試験ではサイトAでは30Bq/L、サイト Bでは50 Bq/L 程度が定量下限であると考えられた(表 3、4)。 水中放射線量を測定するためには、通常外部放射線の影響を 低減するため、鉛箱や大きな水タンクを設け遮蔽する手法が 行われる。これらの手法は測定精度は確保されるが、遮蔽用 構造物の重量やスペースが大きくなり、また測定に時間も要す るため車載型で現地モニタリングする装置としては必ずしも適 していない。本装置では2001 水槽を用いることにより空間線 量を70%程度低減できることは確認されているが、空間線量 の上昇により定量下限が上昇することも明らかになっている。 そこで本装置では低放射能濃度域の直線性が高い濁度と水 中放射線量を組み合わせることにより、外部放射線量の影響 が大きい場所であっても、大きな遮蔽構造物を用いずに排水 処理の放射能濃度の管理基準を低く保つことが可能であると 考えられる。また濁質の影響を受けにくい水中放射線量の値 がオンサイトで得られることにより、放射能濃度の実測を行わ ずに濁度の変換係数を補正することも可能となるため、様々な 種類の土壌を取り扱う除染現場だけでなく、分級などの中間 処理にともなう排水処理の水質管理においても有効な手法と 考えられる。

放射性セシウムは土壌中に沈着したあと粘土鉱物と強固に結合することが知られており<sup>17)</sup>、土壌由来の SS 分が主である除染排水においては、処理水の濁度やSSを測定すればほとんどの場合は処理品質を確保できると考えられる。しかし焼却灰由来の排水等の一部の排水には溶解性セシウムが存在することが知られており<sup>4)</sup>、そのような排水の処理においては濁度だけでなく、直接的に放射線量を測定する機器を設置することにより、確実な水質管理と住民に大きな安心を与えることが期待される。

# 謝辞

本試験を実施するにあたり、水中放射線量計の貸与をはじめ、モニタリング装置検証試験において多くのご協力を頂いた株式会社堀場製作所の中西保之氏、伊藤浩史氏、渡辺崇氏、高井義則氏に感謝いたします。

# 参考文献

- 1) 環境省:除染関係ガイドライン第2版(2013)
- 2) 福島県:除染業務に係る技術指針第2版 (2014)
- 3) 経済産業省:原子力発電所以外に適用されている放射能 に関する主な指標例 (2012)。http://www.meti.go.jp/ earthquake/nuclear/pdf/120427\_01a.pdf (2015年3月 15日閲覧)
- 4) 独立行政法人国立環境研究所: 放射性物質の挙動から みた適正な廃棄物処理処分(技術資料 第四版)(2014)

- 5) 独立行政法人原子力研究開発機構:福島第一原子力発 電所事故に係る避難区域等における除染実証業務報告 書(2012)
- 6) 福島県生活環境部:平成24年度第一回福島県除染技術実証事業実施結果報告書(2013)
- 7) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ No.7、「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」、pp17-35 (1992)
- 8) 除染廃棄物・技術協議会浄化土壌 WG: 受け入れ土壌 / 浄化土壌の測定技術の情報。http://tacrwm.jp/03\_techinfo/pdf/03\_06/03\_06\_02\_material\_pub.pdf (2015 年 3 月 15 日閲覧)
- 9)株式会社アステック東京: 簡易型濁水・汚泥処理装置 キュイーン。http://www.astec-tokyo.co.jp/product/ queen.html (2015年3月15日閲覧)
- 10) 株式会社アステック東京: 超簡易型ろ過機ロカッキー。 http://www.astec-tokyo.co.jp/product/rokakky.html (2015 年 3 月 15 日閲覧)
- 11) オプテックス株式会社: 濁度チェッカーTC-100/500/3000。http://www.optex.co.jp/env/products/tc100/(2015 年 3 月 15 日閲覧)
- 12) 株式会社堀場製作所:環境放射線モニタ Radi PA-1100。 http://www.horiba.com/jp/process-environmental/ products-jp/environmental-radiation-monitor/ details/pa-1100-16189/ (2015年3月15日閲覧)
- 13) 株式会社アステック東京: 粉体水処理凝集剤 PAPAT。 http://www.astec-tokyo.co.jp/product/papat.html (2015 年 3 月 15 日閲覧)
- 14) 厚生労働省: 水道水中の放射性物質に係る指標の見直しについて(2012)。http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000018ndf-att/2r98520000024of2.pdf(2015年3月15日閲覧)
- 15) 農林水産省: 農地除染対策の技術書 (第 2 編施工編) (2013)。http://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/ (2015 年 3 月 15 日閲覧)
- 16) 小林 政広、坪山 良夫、篠宮 佳樹、池田 重人: 森林 流域から流出する放射性セシウムの調査法。森林総合 研究所研究報告、**13**、No.3 147-154 (2014)
- 17) H. Tsukada, A. Takeda, S. Hisamatsu, J. Inaba: Concentration and specific activity of fallout <sup>137</sup>Cs in extracted and particle-size fractions of cultivated soils. *J.Environ. Radioactiv*, **99**, 875-881 (2008)

2015年1月15日受付 2015年3月20日受理

# 和文要約

除染作業で発生する排水中の放射性セシウムは粘土等の懸濁物質 (SS) に強く吸着されていることが分かっており、SSを除去することにより、排水中の放射能濃度を低減できることが確認されている。筆者らはオンサイトで凝集沈殿処理を行う車載型排水処理方式の適用範囲拡大に向け、1t 車クラスに搭載可能なコンパクトな排水処理装置に濁度計と水中放射線量計を備えた「水質監視型オンサイト除染排水処理装置」を開発した。本装置により実排水を処理した試験では処理水は10 Bq/L以下まで低減できることが確認された。また処理水のモニタリング用に設置した濁度計と水中放射線量計の値は共に実測の放射能濃度と高い相関を示した。これらの値はモニタリング指標として有効であることは確認されたが、濁度はSSあたりの放射能濃度が異なる場合、別途関係式を作成する必要があること、水中放射線量の定量下限はバックグラウンド線量の影響を受けることも明らかになった。ただし本装置は両測定器を設置することにより、水中放射線量を用いて濁度の指標を補正することが可能であり、オンサイトで排水の変動に対応しながら低濃度域までモニタリングできる可能性が示唆された。



