

学校プール水の除染の手引

Guide for Decontaminating Swimming Pool at Schools

量子ビーム応用研究部門

福島技術本部 福島環境安全センター 東海研究開発センター 原子力科学研究所 工務技術部 原子力基礎工学研究部門

Quantam Beam Science Directorate
Fukushima Environmental Safety Center,
Headquarters of Fukushima Partnership Operations
Engineering Services Department,
Nuclear Science Research Institute,
Tokai Research and Development Center
Nuclear Science and Engineering Department

July 2012

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(http://www.jaea.go.jp) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課 7319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department, Japan Atomic Energy Agency 2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2012

学校プール水の除染の手引

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 福島技術本部 福島環境安全センター 東海研究開発センター 原子力科学研究所 工務技術部 原子力基礎工学研究部門

(2011年12月21日受理)

東日本大震災を原因とする東京電力福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性物質の降下により、福島県の学校のプール水中の放射性物質濃度が高くなり利用できなくなった。原子力機構では、プール水から放射性物質を取り除いてこれを安全に排水するために、プールでの除染実証試験を行った。一刻も早くプール水除染活動に貢献するため、その成果を取り纏め、手引として公開した。本資料は、その後作成し、公開した英語版手引と合わせ、改めて試験研究の成果報告書としてとりまとめたものである。

JAEA-Testing 2011-007

Guide for Decontaminating Swimming Pool at Schools

Quantam Beam Science Directorate,

Fukushima Environmental Safety Center, Headquarters of Fukushima Partnership Operations
Engineering Services Department, Nuclear Science Research Institute,

Tokai Research and Development Center Nuclear Science and Engineering Department

Japan Atomic Energy Agency

Watanuki-machi, Takasaki-shi, Gunma-ken

(Received December 21 2011)

Because of TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident due to the Great East Japan Earthquake, a huge amount of radioactive materials was widely dispersed and precipitated into the environment. Swimming pools in Fukushima prefectures were contaminated with the radioactives. We JAEA carried out several demonstration tests to decontaminate the radioactives and discharge the pool water safely. We concluded the results obtained from the tests as "Guide for decontaminating Swimming Pool at School" and released it quickly. Following this, we also released the guide in English. This manuscript, as an experimental report of the swimming pool water decontamination, is consisted from the guide in Japanese and English prepared.

Keywords: Decontamination, Swimming Pool, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident, Radioactive Materials

Shimpei MATSUHASHI, Hiroshi KURIKAMI, Ryo YASUDA, Takao TAKANO, Noriaki SEKO, Hirochika NAGANAWA, Ryota KUROKI and Jun SAEGUSA

ii

目 次

1	概要	1
2	日本語版手引「学校プール水の除染の手引」	3
3	英語版手引「Guide for decontaminating Swimming Pool at Schools」	93
4	まとめ	187
謝話	辛 ····································	189
	Contents	
1	Overview	1
2	Guide in Japanese	3
3	Guide in English	93
4	Summary	107
Ack	xnowledgements	189

This is a blank page.

除染実証試験実施メンバー

氏 名	拠点名·部門名	部・ユニット名 課・室・グループ名
浅野 聡	広報部	
安達 基泰	量子ど一ム応用研究部門	量子ビーム機能性分子解析技術研究ユニット 分子構造・機能研究グループ
新井 栄揮	量子ど一ム応用研究部門	量子ビーム機能性分子解析技術研究ユニット 分子構造・機能研究グループ
伊藤 久義	量子ビーム応用研究部門	研究推進室
岩無 暁生	放射線高度利用施設部	利用計画課
植木 悠二	量子ビーム応用研究部門	環境・産業応用量子ビーム技術研究ユニット環境機能高分子材料研究グループ
上塚 寛	核燃料サイクル工学研究所	
字野 秀一	原子力科学研究所	工務技術部 工務第2課
大山 幸夫	原子力科学研究所	
大森 翔太	原子力科学研究所	工務技術部 工務第1課
小澤 隆志	原子力科学研究所	工務技術部 施設保全課
小原 和弘	原子力科学研究所	工務技術部 工作技術課
笠井 昇	量子ビーム応用研究部門	環境・産業応用量子ビーム技術研究ユニット環境機能高分子材料研究グループ
操上 広志	福島技術本部	福島環境安全センター
栗原 和男	量子ど一ム応用研究部門	量子ビーム機能性分子解析技術研究ユニット 分子構造・機能研究グループ
黒木 良太	量子ビーム応用研究部門	量子ビーム機能性分子解析技術研究ユニット
後藤 浩明	原子力科学研究所	工務技術部 業務課
後藤 浩仁	人形峠環境技術センター	安全管理課
小室 晶	原子力科学研究所	工務技術部 工務第1課

近藤 伸次	福島技術本部	福島環境安全センター
佐伯 誠一	量子ビーム応用研究部門	環境・産業応用量子ビーム技術研究ユニット環境機能高分子材料研究グループ
三枝 純	福島技術本部	福島環境安全センター
佐藤 丈紀	原子力科学研究所	工務技術部 工務第1課
椎名 孝夫	原子力科学研究所	工務技術部 施設保全課
柴田 光彦	原子力科学研究所	工務技術部 工作技術課
鈴木 伸一	量子ビーム応用研究部門	量子ビーム反応制御・解析技術研究ユニット アクチノイド錯体化学研究グループ
関野 伯明	原子力科学研究所	工務技術部 工務第1課
瀬古 典明	量子ビーム応用研究部門	環境・産業応用量子ビーム研究ユニット環境機能高分子材料研究グループ
高野 隆夫	原子力科学研究所	工務技術部 業務課
高橋 五志生	原子力科学研究所	ホット試験管理部、未照射燃料管理課
玉田 太郎	量子ビーム応用研究部門	量子ビーム機能性分子解析技術研究ユニット 分子構造・機能研究グループ
田村 健道	原子力科学研究所	研究炉加速器管理部 研究炉技術課
丹野 孝太朗	原子力科学研究所	工務技術部 工務第2課
坪井 孝志	原子力科学研究所	保安管理部 施設安全課
出井 竜美	原子力科学研究所	工務技術部 工務第2課
時澤 孝之	福島技術本部	福島環境安全センター
中嶌 純也	原子力科学研究所	放射線管理部 放射線管理第2課
長縄 弘親	原子力基礎工学部門	
永野 哲志	原子力基礎工学研究部門	環境・放射線科学ユニット 環境化学研究グループ
一草 叩中	福島技術本部	福島環境安全センター

成瀬 日出夫	原子力科学研究所	工務技術部
野口 宏	原子力科学研究所	
舟木 泰智	福島技術本部	福島環境安全センター
保科 宏行	量子ビーム応用研究部門	環境・産業応用量子ビーム技術研究ユニット 環境機能高分子材料研究グループ
美留町 厚	原子力科学研究所	工務技術部 工作技術課
前川 知之	原子力科学研究所	安全試験施設管理部 臨界技術第1課
益子 哲	法務室	
松橋 信平	量子ビーム応用研究部門	研究推進室
三田村 久吉	原子力基礎工学研究部門	環境・放射線科学ユニット環境化学研究グループ
矢板 毅	量子ビーム応用研究部門	量子ビーム反応制御・解析技術研究ユニット
安田 良	量子ビーム応用研究部門	
柳瀬 信之	原子力基礎工学研究部門	環境・放射線科学ユニット環境化学研究グループ
吉田 善行	原子力基礎工学研究部門	
和知 浩二	原子力科学研究所	工務技術部 工務第1課
石川 梅吉	がんばろう福島!絆づくり応援事業	
大橋 正幸	がんばろう福島!絆づくり応援事業	
普野 和子	がんばろう福島!絆づくり応援事業	
菅野 真一	がんばろう福島!絆づくり応援事業	
菅野 治夫	がんばろう福島!絆づくり応援事業	
菅野 正広	がんばろう福島!絆づくり応援事業	

菅野 良信	がんばろう福島!絆づくり応援事業
菊地 和浩	がんばろう福島!絆づくり応援事業
菊地 真由美	がんばろう福島!絆づくり応援事業
齋藤 翔	がんばろう福島!絆づくり応援事業
佐川 勝則	がんばろう福島!絆づくり応援事業
佐藤 精一	がんばろう福島!絆づくり応援事業
佐藤 宗典	がんばろう福島!絆づくり応援事業
霜山 公明	がんばろう福島!絆づくり応援事業
田代 智行	株式会社トーネット
田巻 浩一	がんばろう福島!絆づくり応援事業
長澤 登喜雄	がんばろう福島!絆づくり応援事業
成田 勝美	がんばろう福島!絆づくり応援事業
盛藤 勝也	がんばろう福島!絆づくり応援事業
宮田 秀典	がんばろう福島!絆づくり応援事業
山崎 良克	がんばろう福島!絆づくり応援事業
吉田 謙優	がんばろう福島!絆づくり応援事業

1 概要

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故では、大量の放射性物質が大気中に放出され、福島県を中心に広範囲に拡散した。屋外にある学校のプールに降着した放射性物質による汚染で、プール水中の放射性物質濃度が高くなり、プールの利用再開に向けた排水ができなくなった。このような状況下、原子力機構に対してプール水の除染の支援要請があり、これに応える事になった。

福島支援本部 (現・福島技術本部) では、学校プール水除染を実施する特別チームを平成 23 年 6月に機構横断的に編成した。このチームを軸に、伊達市および福島市にある 7 つの幼稚園、小学校、中学校において、平成 23 年 7 月から 9 月にかけ、ゼオライトと凝集剤を用いた凝集沈殿法および放射線グラフト重合捕集材による吸着法についてその有効性を試験するとともに、除染に関わる作業全般についての検討を加えた。実証試験を通して得た様々な知見から、成果のエッセンスを抽出し、一般の方にも実践できる内容の除染作業の手引(マニュアル)にまとめた。

作成した手引は、直ちに広く一般へ提供することを優先し、成果報告書としてとりまとめる前に、記者会見により発表するとともに、原子力機構のホームページに掲載した。

本稿は、学校プール水の除染法に関する実証試験を実施し、その成果を一般の方向けの作業手引として取り纏め、さらには一層の普及を図るために英語版への翻訳も行い、広くこれを公開した一連の活動について、学校プール水除染特別チームの活動成果である。

なお、本稿は実証試験の成果として作成したプール水の除先手引きについてとりまとめたが、 各校における実証試験の結果・考察等については、別稿 JAEA-Technology「学校プール水の除染 実証試験」にまとめる。 This is a blank page.

2 日本語版手引「学校プール水の除染の手引き」

This is a blank page.

日次

- 1. はじめに
- 2. 先ず、確認をして頂きたいこと
- (1) いつまでに何をしなければいけないかを確認しましょう
- (2) 国や自治体の考え方を確認しましょう
- 3. 準備をします
- (1)作業に参加する人を集め、役割を決めます
- (2)作業開始前の放射能測定を行います
 - ・「記録-1 作業開始前のプール水の放射性物質の濃度」
 - ・「記録-2 作業開始前のプールとプールサイドの空間線量率マップ」
 - ・「記録-3 (作業開始前)作業範囲の空間線量率マップ」
- (3)作業に必要な資材を調達します
 - ・「記録ー4 資材リスト」
- (4)作業を行うスケジュールを組みます
 - ・「記録-5 作業スケジュール表」
- 4. 作業を開始します
- (1)作業に当たる人の安全が確保できているかを確認しましょう
 - ・「記録ー6 個人線量計の記録」
- (2) 水中の放射性物質の濃度が排水の基準を満たすプール水の排水
 - ・「記録-7 排水路の泥などを入れた袋の表面での線量率測定結果」
 - ・「記録ー8 除染処理をしない排水中の放射性物質の濃度 吸水場所ー ()」
- (3) プールの底に溜まっている落ち葉などを取り除きます
 - ・「記録-9 プールの底の落ち葉などを入れた袋の表面での線量率測定結果」
- (4) プールの水を 1 トンポリタンクに移し、ゼオライト処理(1 次処理)を行います
 - ・「記録-10 1トンポリタンクによる作業記録(1次処理)」
- (5) 沈殿を残して、上澄み水を排水します
- (6) 1トンポリタンクの底に残った沈殿物の処理を行います
 - ・「記録-11 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」
- (7) プールの底に残った水と沈殿物を処理(2次処理、3次処理)します
 - ・「記録-12 プール水+沈殿物の2次処理前の放射性物質の濃度」
 - ・「記録-13 プール水+沈殿物の2次処理後の放射性物質の濃度」

- ・「記録-14 3次処理前の上澄み水の放射性物質の濃度」
- ・「記録-15 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」
- (8) ろ過で漉し取った沈殿物の処理・袋詰めを行います
 - ・「記録-16 プールの底の沈殿物を入れた袋の表面での線量率測定結果」
- (9) プール清掃をします
- (10)後片付けをします
 - ・「記録-17 後片付け作業で発生した廃棄物を入れた袋の表面での線量率測 定結果」
 - ・「記録-18 廃棄物の一時保管場所の空間線量率」

5. 最後の仕上げです

- (1) プールに水が入っていない状態での空間線量率を測ります
 - ・「記録-19 作業終了後のプールとプールサイドの空間線量率マップ」
 - ・「記録-20 (作業終了後)作業範囲の空間線量率マップ」
- (2) 最後に作業全体の確認をします
- (3) プールに水を張って、放射性物質の濃度を測定して下さい

6. 参考

- (1) 知っておきたい基準値
- (2) 放射性物質の測定方法
- 7. わからないことがあったときは・・・(「おわりに」の代わりに)

付録※

実際に作業をした学校のリストと、そのときの様子です

- ①福島大学附属幼稚園
- ②福島大学附属中学校
- ③伊達市立富成小学校
- 4)伊達市立柱沢小学校
- ⑤伊達市立松陽中学校
- ⑥伊達市立月舘小学校
- ?伊達市立保原小学校

※公開した手引では、各校毎にまとめた作業の様子を付録として添付したが、本稿においては割愛した。

1. はじめに

東日本大震災を原因とする東京電力福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性物質は広範囲に拡散・蓄積しています。子供達の夏の楽しみであるプールについても同じです。

放射性物質は、私達がこれまでに獲得した知識を使って、正しい方法で処理をすれば、安全に取り除くことが出来ます。

私達は、水処理でよく使われているゼオライトという鉱物とポリ塩化アルミニウム (PAC) という凝集剤を用いて、プール水中にある放射性物質を取り除く試験を行いました。そのときの結果と経験をもとに、作業全体の流れと操作の実際についてエッセンスを抽出し、1冊にまとめたものがこの手引きです。

この手引きにお示しした手順などに準拠し、資材があれば、水処理を行う民間企業が仕事として除染作業を行うことも出来ますし、学校の先生方、父兄の皆さん、あるいはボランティアの皆さんが除染作業をすることも出来ます。

このために、この手引には2つの役割を持たせてあります。

ひとつは、プール水の除染で実際に行う作業を一つ一つ確実に行っていただくためのマニュアルとしての役割です。

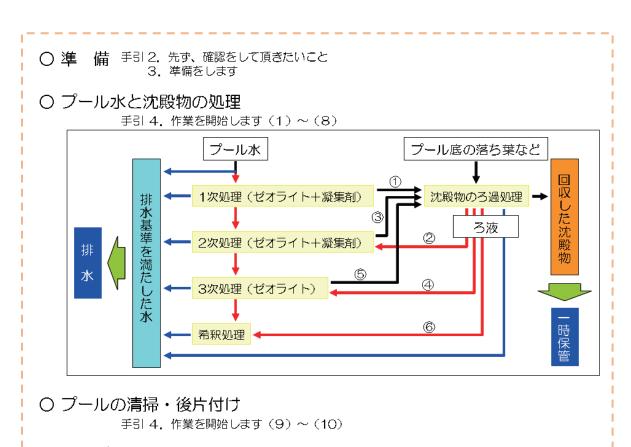
もう一つは、どのような作業を行ったのか、作業が正しく行われたのかを、後からでも確認できるように残しておく、記録としての役割です。

全ての大人が力を合わせ、子供達にプールを戻してあげたい。それが、私達の願いです。そして、私達がご紹介する方法が、少しでも皆様のお役に立つのであれば、、、この手引は、そんな思いを込めて作りました。

この手引をお示しするに当たり、皆様にお願いしたいことがあります。

私達は、自分たちが経験したことをもとに、今、皆様にお示しできる全てをこの手引にまとめました。しかし、この手引は完全なものではありません。皆様と一緒に、より良いものにしていきたいと考えています。お気づきの点などございましたら、どうか私達にお教え下さい。

次の図は、この手引で紹介する作業の全体像です。ここでは、「おおよそ、こんな 感じで進めるんだ」ということを掴んで頂ければ十分です。



○ 仕上げ 手引 5. 最後の仕上げです

2. 先ず、確認をして頂きたいこと

_		` · · -		. 		 	_
1	1	1 1 1 - 1 -	/\\\`\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	/	1 11 1 21 1	\ 7\\ \\ _ \L\\\ =\\ \\ \	ユ ー - へ
١.		1 1 1 1 1 1	(1/ 11 11 /4-1	1/2/1/1/2	1/11/1/1/1/	1 / リンと切出言語 し	14 1 14 1
\		/ VI / CS	くにつじ	C'6171 NG	V 11 2 7 CS V	かを確認し	ノひひるノ

先ず、ブ	゚ール水をい	1つまでに除染	するかとい	ハう時間の	目標を明確	にして下さ	い。
次に、ブ	ールという	る限られた場所が	から、少し	/周りに目	を向けて、	全体の動き	を確認
して下さい	∖。例えば、	学校全体の除業	染を行うう	る定、ある(ハは市町村	や地区で行	う除染
作業があれ	ば、そのE	1程を確認して ⁻	下さい。そ	それは、作	業の進め方	に密接に関	系して
くるからで	ぎす。						

A. プール	レ水の除染を約	終える目標は	まいつです	すか?
・ <u>平成</u>	年	月	В	が目標
	D地域の除染活 余染活動】	動は予定さ	されている	ますか?それはいつですか?
・開始	平成	年	月	
・ <u>終了</u>	平成	年	月	<u>B</u>
【地域の降	余染活動】			
・ <u>開始</u>	平成	年	月	
・ <u>終了</u>	平成	年	月	<u> </u>
C. そのほ 【 <u>項目:</u>	まかに、考慮し	ノておかな <u>け</u>	ければいけ	ナない予定はありますか? 】
・ <u>開始</u>	平成	年	月	日
・ <u>終了</u>	平成	年	月	日

	【 <u>項目:</u>]	
	・ <u>開始</u>	平成	年	月	В			
	・ <u>終了</u>	平成	年	月	В			
(2	2)国やE	自治体のを	考え方を確認!	しましょう	Ď			
へ準におく	の排水、作 直と、 それ 計画の立 きましょう 打合せを行 プール水の	下業で発生 れらについ れいにでいる。 ないで、 では、 ないで、 はいで、 はいで、 はいで、 はいで、 はいで、 はいで、 はいで、 は	業では、プール 主した沈殿物な いての考え方で を中心的に進め 自治体、学校 染作業に取りて 業にあたってが 知っておきた	まどの一時を確認して める方は、 交、作業を かかる前に 知っておい	F保管の方法を おく必要があ 関係する基準 実施する方を きちんと決め で頂きたいま	など、国や あります。 き値などに など、関係 かておくこ きえ方や星	自治体が活 ついて、で する方々の ことが大切っ	央めた基 確認して D間で良 です。
<i>A</i>			引の条件を確認 での申し合わけ		_			
	•							_
	•							_
	【放射性物	勿質の濃度	度の基準値】					

・プール水の放射性物質の濃度:________Bq/L以下

B. 除染処理した水を外部に排水すると 【自治体や学校等、関係する方との間で	
·	
•	
【処理した水を排出できる基準値】	
・排水中の放射性物質の濃度:	Bg/L 以下
【その他の基準値】	
・項目:	基準値:
・項目:	基準値:
C. 作業で発生するゼオライトの沈殿物 廃棄物の管理(一時保管など)場所	や排水溝を掃除して出た落ち葉や汚など、 を確認して下さい。
【発生した廃棄物を管理(一時保管)す 	る場所】

3. 準備をします

(1) 作業に参加する方を集め、役割を決めます

作業全体の取りまとめを行う方や、学校・自治体などとの連絡を担当する方、作業の記録をする方など、中心となって活動して頂く方を決めて下さい。

また、学校や自治体などの窓口となる方のお名前なども確認して下さい。

各作業への人数の割り振りは、作業に参加する方の人数と、必要な作業に応じて行います。1トンポリタンクを使ってゼオライト処理を行う方(1班6人が目安で6本のポリタンクを担当します)、ゼオライトと凝集剤(PAC溶液)の計量を担当する方と放射線計測を担当する方、各1人が必要です。分担の詳細は、「3.(4)作業を行うスケジュールを組みます」で決めます。

A. 連絡や作業の中心となる方を決めて下さい	
・全体の取りまとめ役の方: <u>お名前</u>	
・学校や自治体との連絡役の方: <u>お名前</u>	
・記録を担当する方: お名前	
お名前	
B. 学校や自治体で窓口となって下さる方を確認して下さい	
・学校の窓口の方: <u>お名前</u>	
お名前	
・自治体の窓口の方: <u>お名前</u>	
お名前	
・原子力機構の担当者: <u>氏名</u>	
氏名	

(2)作業開始前の放射能測定を行います

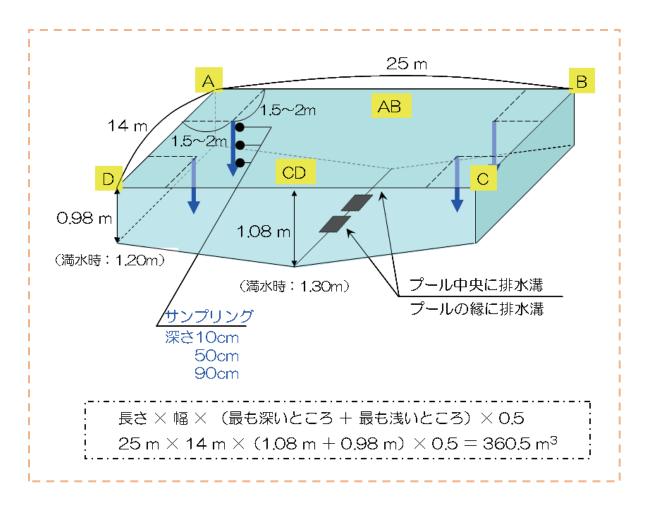
除染作業の方針を決め、具体的な計画を立てるために、プールの水量を把握するとともに放射性物質の濃度を確認して下さい。プールの水の放射性物質の濃度によっては、除染をせずにそのまま排水できる場合があります。

① プールの大きさを確認し、プールの水量を計算します

プールの大きさを確認し、プールの水量を計算します
・長さ: <u>m</u>
・幅:m
・最も深いところ: <u>m</u> 最も浅いところ: <u>m</u> (満水時の定格(プールに書かれている深さ)でかまいません)
プールの水量:m ³ _ ↓ (次の計算式で求めて下さい) 長さ × 幅 × (最も深いところ+最も浅いところ)× 0.5

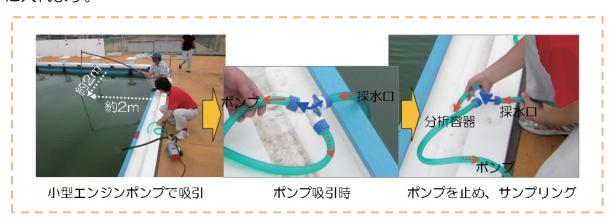
② プールの水に含まれる放射性物質の濃度を測定します

長さ $25m \times 幅 14m \times 深さ 1~1.3m$ のプールの例(次の図)を示します。 プールの 4 隅(A~D)それぞれで、プールの中央側に 1.5~2m 入った下向きの 青矢印の位置で、水面に近いところ(10cm)、真ん中付近(50cm)、底に近いところ(90cm)から水をサンプリングします。



次の写真は、サンプリングを実際に行っているところです。

小型のポンプを使って水を吸い上げ、放射性物質の濃度を測定するための分析容器 に入れます。



分析容器のふたに、「サンプリングをした場所」と「サンプリングをした時間」をマジックで書きます。

サンプリングした水は、放射能測定装置で放射性物質の濃度を測定します。測定した結果は、「記録-1 作業開始前のプール水の放射性物質の濃度」に記録します。





「記録ー1 作業開始前のプール水の放射性物質の濃度」

Щ 井 サンプリングをした日: 平成

Ш

皿 件 放射性物質の濃度の測定日:平成

は、これ、一世の世界は、一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一世の一	4	サンプリングの	ブの	水と容器の重さ	放真	放射性物質の濃度 (Bq/L)	
回路につくてい	幹	場所と深さ	ИI	(g)	セシウム-134	セシウム-137	中
時分	ا	,	cm	рυ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	ا	,	cm	рυ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	4	,	cm	ъΩ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	B-	,	cm	ρΌ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	B–	,	cm	рυ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	B—	,	cm	рΩ	Bq/L	Ba/L	Bq/L
時分	-O	,	cm	рΩ	Bd/L	Bq/L	Bq/L
時 分	-O	,	cm	рΩ	Bd/L	Ba/L	Bq/L
時 分	-O	,	cm	рΩ	Bd/L	Ba/L	Bq/L
時分	- Q	,	cm	B	Ba/L	Ba/L	Ba/L
時分	- Q	,	cm	Ø	Bd/L	Ba/L	Ba/L
時分	- Q	,	cm	B	Ba/L	Bq/L	Ba/L

③ 作業を開始する前に作業場所やその周りの空間線量率を測定し、線量マップを作成します

プールの周り、排水溝や外部水路への排水口とその周辺、作業での動線となる場所、 廃棄物を一時保管する場所などの空間線量率(地面から 100cm の高さ)を測定し、 どの場所がどれ位の空間線量率になっているかを示すマップを作ります。

作業前後での線量率の変化や、作業を行っているエリアから放射性物質が周囲に持ち出されていないこと、処理後に排出した水の影響で空間線量率が高くなったのではないことなどを確認するために必要な作業です。

学校敷地内の施設配置図など、既存のものが有ればそれを活用して下さい。既存のものがない場合は、建物や施設と測定位置の関係が分かる程度のものを作成して頂ければ大丈夫です。

プールとプールサイドの測定結果の記録には、「記録-2 作業開始前のプールと プールサイドの空間線量率マップ」を利用して下さい。

プール、外部水路への排水口、作業の動線、廃棄物の一時保管場所の記録には、「記録-3 (作業開始前)作業範囲の空間線量率マップ」を利用して下さい。

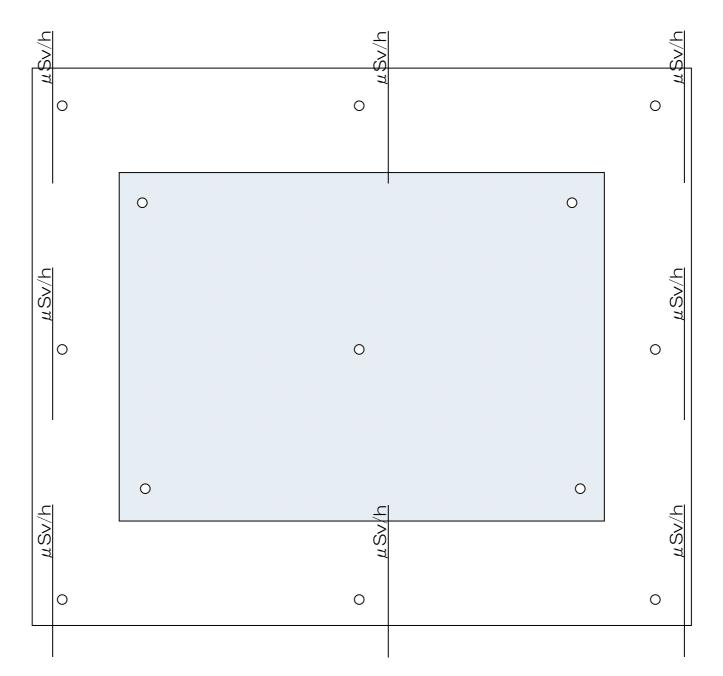
This is a blank page.

作業開始前のプールとプールサイドの空間線量率マップ」 「記録―2

※作業開始前はプールサイドの空間線量率だけを記録します。
※足洗い場、更衣室、用具置き場なども、適宜書き入れて下さい。それらのうちで、作業中に立ち入る場所があれば、空間線量率を測定しておいて下さい。
※作業終了後は、プール内にある排水口付近の空間線量率も測定し、結果を図に書き加えて下さい。

円の中に矢印の先が北を示すように、 方角を書き込んで下さい。

Щ 件 測定日:平成



X ,	A	
やマップ」		
(作業開始前) 作業範囲の空間線量率マップ」	町	
	平成年	
「言る録— 3	測定日:平成	

(3) 作業に必要な資材を調達します

作業に必要な資材とその数、調達する方法を確認します。私達が作業で使って、必要性が高いもの、使い勝手がよいものを「記録-4 資材リスト」に記載しました。 資材の準備に活用して下さい。

資材は、このリストに載っているものを準備しなければいけないということではありません。調達のしやすさや、調達にかかる時間を考慮して、予定を立てて下さい。 リストに載っている資材がどのようなものかは、次の写真を参考にして下さい。



資材一覧(2) 送水関連器具



エンジンポンプ (大)



エンジンポンプ (中)



エンジンポンプ (小)



電動ポンプと コードリール



エンジンポンプ用燃料



ホース



ホースバンド



ホースジョイント



重量ブロック



バグフィルター

資材一覧(3) 保安・清掃器具



ポケット線量計



サーベイメータ



大型の秤



計量カップと小型の秤



pHメータ



ちり取り



ブラシ類



長柄の柄杓



ワイパー



長靴



ゴム手袋



マスク

「記録ー4 資材リスト」

※ 必要量の欄のかっこ内の数字は、420 トンのプール(長さ 25m × 幅 14m × 深さ 1.2m)を処理する際に設定した数量です。これを目安にして下さい。

	品 名	準備した量	機構保有量	今回手配する量	単位	大きさ・特徴 (用途、他)
水処理関係	ゼオライト	(42)			kg	
	凝集剤(PAC)	(84)			L	
	pH 調整剤				kg	(無水炭酸水素ナトリウム)
	pHメーター	(1)	1		台	
	小型の秤	(2)	5		台	O.1g の精度で 1kg まで量れるもの
	大型の秤	(1)	1		台	30kg まで量れるもの
					kg L	
水処理関係	計量カップ	(3)	3		個	
	プール水採取器具	(1)	1			深さ 10、50、 90cm 専用のホースあり
	(放射能)分析容器	(50)			個	
水処理関係	メジャー	(1)				
	1 トンポリタンク	(18)			1	
	100L タンク	(3)	3		個	(排水、ゼオライト処理に使う)
	バケツ類	(20)	50		個	(機器の洗浄、ポンプの迎え水)
水処理関係						
		(0)				
	エンジンポンプ (大)	(2)			1	□径 80mm、最大 950L/min (プール水撹拌)
	エンジンポンプ(中)	(3)				口径 50mm、最大 600-650L/min (プール水撹拌、排水)
	エンジンポンプ(小)	(2)	2			回径 25mm、最大 115L/min、電動・エンジン (汚泥を除去後の汚染水の移動)
	ナンジン・ポン・プロルが小り					心布見をかり
	エンジンポンプ用燃料				<u>L</u>	少安里で唯味
	<u></u> 電動ポンプ	(1)	1		<u> </u>	(プール水のサンプリング、排水(夕方など音の発生を避けたいとき)
	电影ハノノ					(ノールがのソフノソフノ、排が(タカなと自の光土を避けたがこと)
	水中ポンプ	(1)	1		<u></u>	
	ルギバノノ					1

	ホース(取水)	(1)	1 1	式	(内径 80mm、50mm、25mm など)
	ホース接続部パッキン	(1)		式	
	ホースバンド	(4)		個	
	ホースジョイント				(予備)
	ホースリール	(1)	1	個	
	コードリール	(1)			
	重量ブロック	(4)	4	個	5kg
	魚取りの網	(5)	5	本	
沈殿物などの	バット	(12)	12	個	
ろ過用	コンテナ	(12)	12	個	側面・底面が網目のもの
	網かご	(12)	12	個	
	ろ過用シーツ	(12)		枚	
	麻袋	(50)		枚	
	長柄の柄杓	(2)	2	個	
	バグフィルター	(20)		個	100μm メッシュ
	ビニール袋(一時保管用)	(100)		枚	落ち葉や、凝集沈殿物を入れる
	(放射能測定用)	(100)		枚	
	(ゼオライト用)	(500)		枚	チャック付き
	土嚢	(50)		個	
	ブルーシート	(10)		枚	

连担 见 日华	ワイパー	(4)	1	<u></u> 本		
清掃器具等	19171	(4)	4	—		
	+ 10 HD 10	(0)		/III		
	ちり取り おはずこ	(2)	2	個		
	スコップ、移植ゴテ					
	—"— > , ₩∓	(0)		<u>_</u>		
	ブラシ類	(2)	2	本		
	/rr = -1 11					
	紙タオル・・・・					
	ウエス					
	高圧洗浄機					
	ゴミ袋				(作業中に発生したゴミを入れる)	
	中性洗剤					
放射線計測機器	放射能測定装置	(1)	1	式		
	サーベイメータ	(1)		台		
	個人線量計					
その他	救急箱	(1)		式		
	筆記用具	(1)		式		
	工具	(1)		式		
	ビニールシート	(1)		巻	プールサイドなどの汚染を防ぐための養生用	
	ガムテープ	(10)		 巻	ビニールシートの固定など	
	ロープ					
	ゴム手袋					
	マスク					
			<u>i </u>		<u> </u>	

(4)作業を行うスケジュールを組みます

プールの大きさ(水の量)、準備できる資材の数、作業に参加できる方の人数、全体の予定など、ここまでに調べたり、検討していただいた事柄をもとに、「記録-5作業スケジュール表」を作ります。

作業に要する時間の目安は以下の通りです。

【作業の概要説明】 1時間

作業開始前に行います。作業全体のことを参加される方全員で確認するための説明 と、それぞれの作業を担当するグループで、具体的な方法や注意点などの説明を行い ます。

【排水経路の確保(土砂撤去)】 0.5 日間

排水路に溜まった泥や落ち葉を予め取り除きます。

【作業開始前の放射能測定】 3時間

プールの測定点を決め、サンプリングした水について、放射能測定装置で水中の放射性物質の濃度を測定します。測定装置が現場にない場合は、サンプルを運ぶための時間を考慮する必要があります。

【上澄み水の排出】 1日間

プールの水に含まれる放射性物質の濃度が、排水の基準値より低い場合は、プール の底に溜まった泥や落ち葉を吸い上げないように注意しながら、エンジンポンプで上 澄み水を排出します。

【1トンポリタンクでの処理】 1トンポリタンク1個あたり 1.5 時間

放射性物質濃度が排水の基準値より高い場合は、水とプールの底に溜まった泥や落ち葉を 1 トンポリタンクに汲み上げて処理を行います。ゼオライト・凝集剤・中和剤の投入に 20 分ほどかかります。沈殿を十分に発生させるために 30 分間静置します。上澄み水の排出に 15 分、ポリタンクの底に残った沈殿物の回収に 15 分ほどかかります。

【沈殿物の水抜き】 半日間~2日間

ろ布を使ったろ過器で水を切ります。沈殿物の量や状態、天気によって水抜きに必要な時間は変わります。

【排水基準を満たさない水の処理(2次処理)】 1日間

プールに残った沈殿物を含む水を1トンポリタンクに汲み上げます。それぞれのポ

リタンクの上澄み水中の放射性物質の濃度を測定し、排水基準を満たしているものは 排水します。

排水基準を満たしていないポリタンクは、もう一度処理をします。ゼオライト・凝集剤を加え(2次処理)一晩おきます。翌日、上澄み水中の放射性物質の濃度を測定し、排水基準値以下であることを確認の上で排水します。

【沈殿物の処理・袋詰め】 1.5~2日間

タンクの底に残った沈殿物は、少量ずつろ布を使ったろ過器で漉して、水を切ります。

水は、放射性物質の濃度を測定し、排水基準を満たしていれば排水します。満たしていない場合は、ゼオライト処理をします。

残った沈殿物は、ろ布ごとビニール袋に入れ、密封します。

【プール清掃】 0.5 日間

水が無くなったプールの内部やプールの周囲を清掃します。 沈殿物の処理·袋詰めの作業と並行して行うことが出来ます。

【後片付け】 3時間

作業の後片付けをして下さい。

最後に、作業をした方の被ばく線量を確認し、記録します。

「記録ー5 作業スケジュール表」

	月	日()	月	日()	月	⊟()	月	日()	月	日()	月	日()
	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
作業の概要説明						:		· · · ·		 		
担当者:										1 1 1 1		
排水経路の確保(泥や落ち葉の除去)						<u>:</u> :						
担当者:										! ! !		
 作業をする方: <u>名</u>										 - -		
放射能測定												
担当者:												
作業をする方: <u>名</u>										!		
水処理(1次処理) 第1班												
担当者:												
作業をする方:										i !		i !
水処理(1 次処理) 第2班												
担当者:										: ! !		
作業をする方:		!						1		! ! !		! ! !
水処理(1 次処理) 第3班										! !		
担当者:												
作業をする方: <u>名</u>												
沈殿物などを含む水の処理								1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		! ! ! !		! ! !
(2 次処理、3 次処理)												
担当者:												
作業をする方:		<u> </u>						<u> </u>				
沈殿物の処理・袋詰め												
担当者: 作業をする方: <u>名</u>										! ! !		
作業をする方: <u> 名</u> <u> </u>												
プールの清掃										! !		<u> </u>
担当者: 作業をする方: <u>名</u>										: : :		
										! !		!
後片付け										! !		
担当者: 作業をする方: <u>名</u>												
作業をする方: <u> </u>												

4. 作業を開始します

- (1)作業に当たる人の安全が確保できているかを確認しましょう
- ① 作業前の準備を確認しましょう

A. 個人線量計を付けていますか?

用意できる個人線量計の数に応じて、着用する方を決めて下さい。線量計を着用する方は、線量計の番号、お名前、着用したときの値、一日の作業が終了したときの値を「記録-6 個人線量計の記録」に記入して下さい。

B. 作業をする支度はできていますか?

水を扱いますから、長靴、長ズボンを基本として下さい。上は半袖でかまいません。 ゼオライト処理で出た沈殿物を扱う作業などでは、ゴム手袋の着用が必要となります。

C. 熱中症の対策は出来ていますか?

夏場の作業では、熱中症対策は不可欠です。帽子の着用、日焼け止めの使用、水分の確保などの準備をして下さい。

水飲み場を作っておくことも有効です。

- D. 作業をする方が共通して使用する消耗品は用意できましたか? 軽いケガをしたときの処置を行うための救急箱や、ウエス、紙タオル、ゴム手袋、マスクなど、途中で必要になる消耗品を準備しておいて下さい。
 - E. ゴミを分けて処分できるように、ゴミ袋を用意して下さい。 除染の作業で直接発生したゴミと、除染作業とは別の所で発生したゴミは分別して

回収します。それぞれが混じることがないように、別々のゴミ袋を用意して下さい。

② 万が一のケガや事故への対応を予め確認しておいて下さい

プール周りでの作業となります。滑りやすいので、転んでケガをしたり、プールに落ちないよう、注意が必要です。特に、夏場のプールサイドは直射日光と照り返しで高温になります。暑さで自分が思う以上に判断力が鈍ります。通常では考えられないようなケガや事故が起こりますから、十分な暑さ対策を取って下さい。

A. 擦り傷や切り傷に備えて、救急箱を用意しておいて下さい。 傷ができてしまったときには、きれいな水で傷口を洗ってから手当をして下さい。 また、その後の作業には参加しないようにして下さい。 B. 誤ってプールに転落したり、ポンプの水が大量にかかった場合は、服を脱ぎ、 きれいな水でからだを良く洗って下さい。その後で、身体の表面汚染がないかサーベ イメータで確認して下さい。

プールの水を飲んでしまったときは、口の中を良くすすいでください。 脱いだ服は、線量を確認して、線量が高いようであれば廃棄して下さい。

- C. ゼオライトや凝集剤(PAC 溶液)が目に入った場合は、水で十分に洗って下さい。違和感があるようであれば、すぐに専門医に診てもらって下さい。
- ③ 作業から一時的に離れるとき、作業が終わったときは、身体汚染がないか確認して下さい

A. 作業で付着した放射性物質を持ち出さないために、作業から離れるときには、 きれいな水で履き物を洗い、手を洗って下さい。

B. 放射性物質の付着がないことを、サーベイメータで確認してください。

「記録ー6 個人線量計の記録」

	月	日()	月	日()	月	日()	月	日()	月	日()	月	日()
	お名	道	お名	3前	おを	3前	おを	3前	お名	3前	おを	3前
	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後
線量計番号:				0		0		0		0		0
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:	:		<u> </u>		;							
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:												
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:												
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:	i		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:												
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:	'		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		'		'		'		'	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:	i				·		i		·		·	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:												
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
線量計番号:												
小差II 田 J ・	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv

- (2) 水中の放射性物質の濃度が排水の基準を満たすプール水の排水
- 「3. (2)作業開始前の放射能測定を行います」の結果、上澄み水中の放射性物質の濃度が排水基準より低い場合は、ゼオライト処理をせずにそのまま排水します。その際、pH を測定し、環境省の排水基準を満たしていることを確認して下さい。
- ① 排水路を確保するために、プールの周囲にある排水溝や、足洗い場など、排出基準を満たした排水を流す水路に溜まった泥や落ち葉を予め取り除きます。

集めた泥や落ち葉は、通し番号を付けたビニール袋に入れます。袋の口は、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。この袋をさらにビニール袋に入れ、ビニール袋を2重にします。外側の袋の口も同様に、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。それぞれの袋について、放射線測定器で袋の表面での線量率を測定して下さい。また、可能であれば(kg 単位でかまいません)重さを量って下さい。袋ごとの測定結果を「記録ー7 排水路の泥などを入れた袋の表面での線量率測定結果」に記録しま

す。

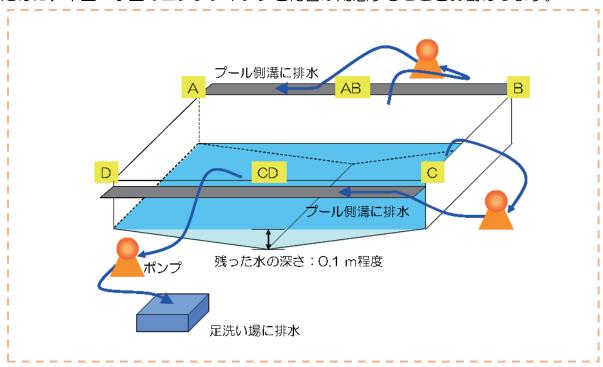
「記録-7 排水路の泥などを入れた袋の表面での線量率測定結果」

測定日: 平成 年 月 日

表面での線量率	重さ (kg)
$(\mu Sv/h)$	重じ (NS/
μSv/h	kg
	(μSv/h) μSv/h μSv/h

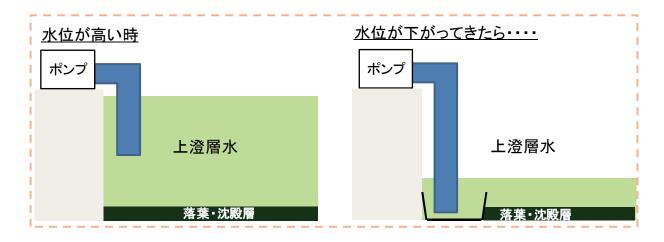
② 排水ポンプを次の図のように配置します

使用するエンジンポンプの大きさと位置は、排水を流す側溝や足洗い場の位置、配水管の太さなどを勘案して決めます。エンジンポンプの力が強すぎると、排水が間に合わなくなり、溢れ出してしまう可能性がありますから注意して下さい。これを防ぐために、中型~小型のエンジンポンプを何台か用意することをお勧めします。



③ ポンプの吸い上げ口をセットします

ポンプの吸い上げ口(プール中に入れるホースの口)が沈殿物を吸い込まないように、水位に応じてタンクやバットの中に吸い込み口が来るようにセットします。



排水が進み、水面がプールの底に近くなってからは、吸い込み口をセットするとき に、沈殿物を巻き上げたりしないように注意して下さい。



④ 排水を開始します



排水の速度は、排水口から流すことが出来る水の量を見て調整します。それぞれのエンジンポンプには、カタログ上の性能(流量)が記載されていますが、吸口と排出口

の高低差や、水の粘度によって実際の流量は変わってきます。実際の流量は、エンジンポンプ、吸口、排出口の位置をセットした状態で、容量の分かっているタンクを使った計測や、プール水面の変化から求めます。

⑤ 1時間ごとを目安に、排水からサンプリングをして、放射性物質の濃度をチェックします

サンプリングは、次の写真のように 10L のタンクに一旦水を受けて、そこから採水します。測定した排水中の放射性物質濃度は、エンジンポンプごとに「記録-8 除染処理をしない排水中の放射性物質の濃度 吸水場所-()」に記録します。



底に沈めたバットとプールの側面の間にホースの吸い込み口を差し込み、沈殿物を吸い込まないように注意しながら、ポンプで吸引する



排水作業直後のプールの底の様子

⑥ 水面がバットなどの容器より低く(少なく)なったら、次の写真のように、沈殿物が少ない場所を選び、バットとプールの側面の間にホースの口を差し込むようにして、沈殿物を吸い込まないように注意しながら、排水を進めます。



底に沈めたバットとプールの側面の間にホースの吸い込み口を差し込み、沈殿物を吸い込まないように注意しながら、ポンプで吸引する



排水作業直後のプールの底の様子(汚泥量約6t)

最終的には、5cm くらいまで排水することができれば理想です。もちろん、途中で排水中の放射性物質の濃度が増えてきたら、給水するエンジンポンプの数を減らすなどして水量を調節し、いつでも排水を止められるように気をつけます。5cm というのは、あくまでも目安です。10cm 残っていても、15cm 残っていてもかまいません。

「記録一8	除染処理をしない排水中の放射性物質の濃度	吸水場所一()]
(ポンプごと	に作成)		

 サンプリング日:
 平成
 年
 月
 日

測定日: <u>平成 年 月 日</u>

#>, = ;,>, <i>F</i> ;,	+ - ∩+ 88	放:	射性物質の濃度(Bq/L))
サンプリングし	ノに时间	セシウム-134	セシウム-137	合計
時	分	Ba/L	Bq/L	Ba/L
時	分	Bq/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Ba/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Ba/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L
時	分	Ba/L	Bq/L	Bq/L

処埋した水を排水して艮い放射性物質の濃度	
(基準値):	Bq/L

(3) プールの底に溜まっている落ち葉などを取り除きます

プールの底に溜まっている落ち葉など、大きな沈殿物を魚取りの網などで出来るだけすくい取ります。すくい取った落ち葉などは、網かごに集めて水を切ります。網かごから抜ける水は、バットなどで受けて、プールに戻して下さい。

水を切った落ち葉は、通し番号を付けたビニール袋に入れます。袋の口は、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。この袋をさらにビニール袋に入れ、ビニール袋を2重にします。外側の袋の口も同様に、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。

それぞれの袋について、放射線測定器で袋の表面での線量率を測定して下さい。また、可能であれば(kg 単位でかまいません)重さを量って下さい。袋ごとの測定結果を「記録-9 プールの底の落ち葉などを入れた袋の表面での線量率測定結果」に記録します。

「記録-9 プールの底の落ち葉などを入れた袋の表面での線量率測定結果」

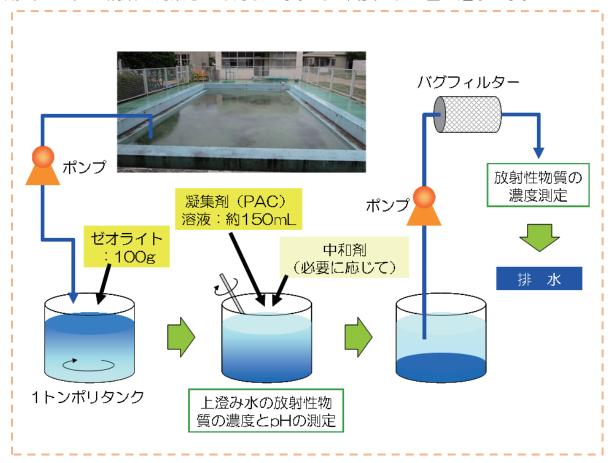
測定日: 平成 年 月 日

袋の番号	表面での線量率	重さ (kg)
	(μSv/h)	== (16)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg
	<u> </u>	<u> </u>

(4) プールの水を 1 トンポリタンクに移し、ゼオライト処理(1 次処理) を行います

1トンポリタンクでの処理は、1つの班が6本のポリタンクを担当します。1班は6人が目安です。また、ゼオライトと凝集剤(PAC溶液)の調整を担当する方1人、放射能測定を担当する方1人が必要です。

1 トンポリタンクに水を汲み上げてゼオライト処理をします。ゼオライト処理とは、水に溶けているセシウムをゼオライトに吸着させ、それをアオコや汚泥とともに凝集剤(PAC)で凝集・沈殿させる方法です。その概要は次の図の通りです。



① 6本の1トンポリタンクそれぞれにゼオライト(100g)を投入します

投入したゼオライトの量と時刻を「記録-10 1トンポリタンクによる作業記録 (1次処理)」に記録します。

② プールの水をエンジンポンプで汲み上げ、6本のポリタンクに順番に入れていきます

ポリタンクに水が約 0.8 トン溜まったところで、凝集剤(PAC)溶液約 150mL

を投入します。投入した凝集剤(PAC)溶液の液量と時刻を「記録-10 1トンポリタンクによる作業記録(1次処理)」に記録します。

③ ポリタンクに入れた水が 1 トンになったところで、水の pH を pH メータで確認します

確認した pH を「記録-10 1トンポリタンクによる作業記録(1次処理)」に記録します。pH が排水の基準値より低い場合は、中和剤(無水炭酸水素ナトリウム)を添加して、pH を調整します。

④ ポリタンクを静置します

ポリタンクはそのまま 30 分間静置して、沈殿が十分に沈むのを待ちます。静置している間に水面に浮かんできた藻は、魚をすくう網などですくい、ビニール袋に回収します。

⑤ 処理をしたポリタンクの水を排水できるか確認します

それぞれのポリタンクの上澄み水をサンプリングして、放射性物質の濃度測定と、pHの確認を行います。測定と確認の結果を「記録-10 1 トンポリタンクによる作業記録」に記録します。

私達は、プールに直接ゼオライトと凝集剤を入れて一気に処理をする方法についても試しています。効率は良いのですが、放射性物質を上手く凝集・沈殿させることができないリスクもあることから、ここでは、確実に処理をする方法として、1トンポリタンクを使う方法を説明します。

This is a blank page.

「記録-10 1トンポリタンクによる作業記録(1次処理)」(ポリタンクごとに作成)

·ポリタンクの番号:	・排水できる放射性物質の濃度:	Ba/L	・排水できる pH:	\sim	
		<u>- </u>			

平成	年 月 日	<u></u>					
処理番号	ゼオライトの投入量	凝集剤の投入量	凝集剤投入後	上澄み水をサンプリングした時刻	中和剤の投入量	上澄みの pH	排水の可否
	投入した時刻	投入した時刻	Mq O	放射性物質の濃度	(g)	上海のの PH	排水の可音
1	投入量: g	投入量: mL 時刻: 時		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	ğ		可・不可
2	投入量: g	投入量: mL		時刻: 時 分	g		可・不可
	時刻: 時 分	時刻:時分		放射性物質の濃度: Bq/L Bq/L Bj:	_		
3	投入量: g 時刻: 時 分	投入量: mL 時刻: 時		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
4	投入量: g	投入量: mL		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
5	接入量: g B B B B B B B B B B B B B B B B B B	接入量: mL 時刻: 時 分		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
6	接入量: g g	接入量: mL		時刻: 時 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
7	授入量: g 時刻: 時 分	投入量: mL 時刻: 時 分		時刻:	g		可・不可
8	投入量: g	投入量: mL		時刻: 時 分	g		回・不可
9	時刻: 時 分 投入量: g	時刻: 時 分 投入量: mL		放射性物質の濃度: Bq/L 時刻: 分	g		可・不可
	時刻: 時 分 投入量: g	時刻: 時 分 投入量: mL		放射性物質の濃度: Bq/L 時刻: 時			
10	時刻: 時 分	時刻: 時 分		放射性物質の濃度: Bq/L	ğ		可・不可
11	投入量: g 時刻: 時 分	投入量: mL 時刻: 時		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
12	投入量: g	投入量: mL 時刻: 時		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
13	投入量: g g 時刻: 時 分	投入量: mL 時刻: 時 分		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可
14	接入量: g 時刻: 時 分	接入量: mL 時刻: 分		時刻: 時 分	g		可・不可
15	投入量: g	接入量: mL		時刻: 時 分 放射性物質の濃度: Bq/L	g		可・不可

(5) 沈殿を残して、上澄み水を排水します

放射性物質の濃度とpHが排水の基準を満たしているポリタンクの水を排水します。

4. (2) ①に従い、排水路となるプールの周囲にある排水溝や、足洗い場などに溜まった泥や落ち葉を予め取り除きます。

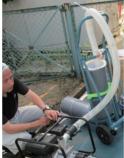
集めた泥や落ち葉は、通し番号を付けたビニール袋に入れます。袋の口は、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。この袋をさらにビニール袋に入れ、ビニール袋を2重にします。外側の袋の口も同様に、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。

それぞれの袋について、放射線測定器で袋の表面での線量率を測定して下さい。また、可能であれば(kg 単位でかまいませんから)重さを量って下さい。袋ごとの測定結果を「記録-7 排水路の汚などを入れた袋の表面での線量率測定結果」に記録します。

排水には、中型のエンジンポンプを使います。できるだけ沈殿物を乱さないように 水を吸い上げ、バグフィルターを通して排水します。







バグフィルター



バグフィルターを通した排水

(6) 1トンポリタンクの底に残った沈殿物の処理を行います

沈殿物は、水分をできるだけ除き、廃棄するためのろ過処理を行います。

次の写真のように、1 トンポリタンクの底に溜まった沈殿物を、小型エンジンポンプでくみ出し、シーツを被せたコンテナ(又は網かご)に少しずつ流し込みます。ろ液を受けるバットとコンテナ(又は網かご)を乗せる台は 2 組用意しておきます。

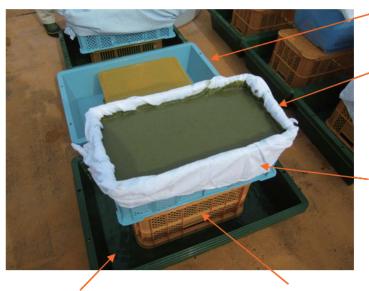


シーツろ過では、初流に高い放射性物質が含まれるため、初流だけを集めるためのバットを用意しておき、ろ液が透明になった後、ろ過器を移動させる

移動先用バットも予め用意する

小型ポンプで汚泥を移動する

沈殿物をろ過するため、2個のバットそれぞれにろ過器を乗せる台を入れ、さらにその上に網かごかコンテナを置き、シーツを被せる



初流を溜めるバット

シーツ シャガードシーツかフラット シーツを使用。シャガードシー ツの方が目が粗く濾過が早い

シーツを被せた沈殿物 受け用網かご 側面・底面ともにあみ目の あるものを使用

ろ液受け用バット ろ過器を乗せる台

シーツを使ったろ過では、次の写真のように、最初に放射性物質の濃度が高い濁っ

た水が出てきます。ろ液の色が透明になったら、ろ液を受けるバットを替えます。最初に出てきたろ液は、もう一度、同じシーツを使ったろ過器に入れて、ろ過します。 この作業を、いくつかのシーツを使ったろ過器を使って、並行して進めます。

透明になったろ液だけを集めるために、ろ過器を初流を受けたバットから空の ろ過液受けバットに移動させる







透明になったろ液

シーツの代わりに麻袋をろ過に使う方法もあります。麻袋はシーツに比べ目が粗いのでろ過にかかる時間が短くてすむ長所がありますが、細かい沈殿物は目から抜けてしまう短所もあります。

1トンポリタンクの底に残った沈殿物は、次の写真のように、柄杓ですくえるだけすくい、ろ布を使ったろ過器に入れます。壁面についている沈殿物に少量の水道水をかけ、デッキブラシでこすり落とし、タンクの内壁を洗います。タンクを静かに倒し、残っている沈殿物をちりとりなどでできるだけすくい取り、シーツを使ったろ過器に入れます。最後は、ウエスで拭き取ります。



タンクの沈殿物を柄杓でろ過器に移す



少量の水道水をかけ、デッキ ブラシでタンク内壁を洗浄



柄杓で汲み出す



ポリタンクの底に残った沈殿物の処理



最後にウエスで拭き取る



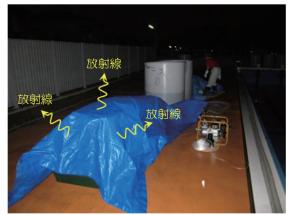
適宜、少量の水道水で洗う



チリ取りですくい取る

次の写真のように、シーツを使ったろ過器にブルーシートをかけて一晩放置します。 翌日、バットに溜まったろ液の放射性物質の濃度を測定します。結果を「記録-11 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」に記録します。放射性物質の濃度が排水 の基準値より低ければ、バットの中の水を排水します。

雨が入らないようにブルーシートなどのカバーをかけ、重しで飛ばないようにして一晩放置する。ブルーシートには「放射線源があることに注意」の表示をする。翌日、バットに溜まったろ液を回収



ブルーシートをかけたろ過器



放射性物質の濃度を確認して排水

「記録ー11 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」

Ш

田

栱

測定日:平成

	排水の可合	回 ・ 不可	•	回・不可	回 · 不可	回 ・ 不可	回 · 不可	回 · 不可	回 · 不可	回 ・ 不可	回 ・ 不可	回・不可	可・不可		回・不可	回・不可	回 · 不可		回・不可	可・不可	可 · 不可										
	⊕																														
放射性物質の濃度 (Bq/L)	セシウム-137																														
放身	セシウム-134																														
	の適器の 雑売	_	2	8	4	Ŋ	9	7	∞	o	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
	回報いつ	尔	公	尔	尔	尔	尔	尔	尔	尔	尔	尔	尔	公	尔	尔	尔	尔	尔	尔	尔										
	サンノリンクした時間	蛇	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铝	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅										

- (7) プールの底に残った水と沈殿物を処理(2次処理、3次処理)します
- ① プールの底に残った水と沈殿物を、エンジンポンプで吸い出し、1トンポリタンクに移します

プールの底にある排水口の位置を確かめ、次の写真のように、ワイパーで排水口に向かって、沈殿物を水と一緒に集めるようにします。この作業は、排水口からエンジンポンプで 1 トンポリタンクに水と沈殿物を吸い上げながら進めます。水だけを吸ってしまうと、沈殿物の吸い上げが困難になりますので、できるだけ沈殿物を吸い上げるようにします。





ワイパーで沈殿物を排水口に集めながらポンプで吸い出す

吸い上げた沈殿物を含む水は、次の写真のように1トンポリタンクに入れます。

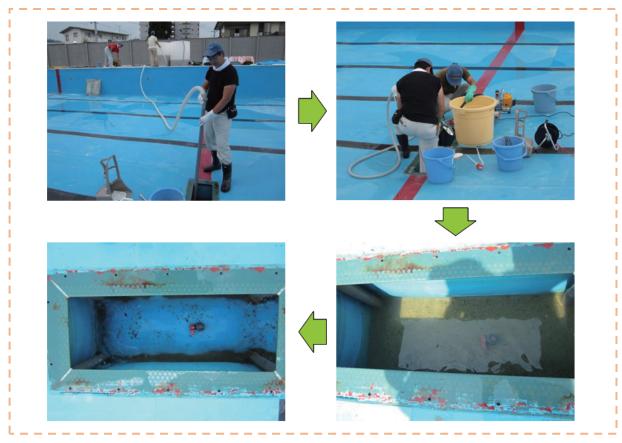




沈殿物を含むプール水をポンプで1トンポリタンクへ移動

次の写真のように、プールの底面の排水口の中に残った水と沈殿物は、中型~小型のエンジンポンプを使って吸い上げて1トンポリタンクへ入れます。落ち葉などは移植ゴテを使ってすくい取り、網かごに移して水を切ります。水はバットなどで受けて

1トンポリタンクに入れます。



② 1トンポリタンクに移した水と沈殿物の放射性物質濃度を測定します

1トンポリタンクの中の水はそのまま静置して、沈殿物が沈むのを待ちます。沈殿物が沈みきると、次の写真のように、横から見たときに水の部分と沈殿の部分がはっきり分かれます。



ポリタンクの中の水と沈殿物が分かれたら、それぞれのポリタンクから上澄み水をサンプリングして、含まれる放射性物質の濃度を測定します。測定の結果は、「記録 -12 プール水+沈殿物の2次処理前の放射性物質の濃度」に記録します。

排水の基準値より低い上澄み水は、エンジンポンプを使って排水します。このとき、 沈殿物が舞い上がったり、吸い込まないようにエンジンポンプの吸い口の位置を調節 して作業を行います。

排水の基準値より高い上澄み水は、ゼオライトを使って2次処理をします。

This is a blank page.

「記録―12 プール水+沈殿物の2次処理前の放射性物質の濃度」

	光回の光量		.		回 ・ 不可	回・不可	可・不可		可・不可	可,不可	可・不可	可,不可	回・不可		可,不可	可・不可	回・不可	回・不可		回・不可	回・不可	回・不可	可,不可	回・不可	可,不可			
	##																											
(1)20) 电影 (1)20)	Tが見り 107/日/107 107/日/107 107	E7.74-131																										
	が入り、これの人	104																										
	1 トンポニケンク・米印		. 2	ო	4	Ŋ	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16	17	48	19	20	21	22	23	24			
測定日:平成 年		いしていている国		分留	日	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	日子	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時 分	時分	時分	時分			

③ 1トンポリタンクに残った水の2次処理をします

これまでの作業と同様に、1 トンポリタンク 1 本あたり、ゼオライトを 100g、 凝集剤(PAC)溶液を約 150mL 投入します。

まず、別の容器でゼオライトを水に懸濁させて、この懸濁液をポリタンクに投入し、 柄の長い柄杓で攪拌します。30 分ほどたったところで、凝集剤(PAC)溶液約 150mLを投入し、柄の長い柄杓で攪拌します。

ゼオライトと凝集剤の効果を十分引き出すために、ポリタンクはそのまま一晩放置します。

ゼオライトを使った2次処理:ゼオライト100g/トン、凝集剤(PAC)溶液約150mL/トンを投入後、一晩放置



ゼオライトを投入し、柄杓で攪拌



PACを投入し、柄杓で攪拌

④ 上澄み水の放射性物質の濃度を測定して、基準を満たしていれば排水します

それぞれのポリタンクの上澄みに含まれる放射性物質の濃度を測定します。測定した結果は、「記録-13 プール水+沈殿物の2次処理後の放射性物質の濃度」に記録します。

上澄み水中の放射性物質の濃度が、排水の基準を満たしていれば、中型のエンジンポンプを使って、沈殿を吸い込まないように気をつけながら排水します。排水の基準を満たしていない場合は、次の⑤のように3次処理を行います。

This is a blank page.

「記録―13 プール水+沈殿物の2次処理後の放射性物質の濃度」

測定日:平成 年 月

‡ 	お次の可含	可 · 不可	回 · 不可	り・不可	り・不可	可・不可	可・不可	可・不可	可・不可	可・不可	可,不可	可 · 不可	可・不可	可,不可	可,不可	可・不可	可・不可											
	<u></u>																											
放射性物質の濃度 (Bq/L)	セシウム-137																											
放射	セシウム-134																											
り ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	トンドンタンンの命句	~	2	က	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
	回倒いつ ヘイハイロ	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時		時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分			

⑤ 上澄み水と沈殿物の3次処理を行います

2次処理後の上澄み水に含まれる放射性物質の濃度が基準値を越えている場合には、次の写真のように、1 トンポリタンクから小型エンジンポンプで 100L タンクに水を移して、ゼオライトを使った3次処理を行います。移した水に含まれる放射性物質の濃度を測定し、「記録-14 3次処理前の上澄み水の放射性物質の濃度」に記録します。

100Lタンクに移した水に、ゼオライトを添加します。3次処理では、凝集剤(PAC)は使いません。

放射性物質の濃度が排水の基準値を越えている上澄み水は、小型ポンプで 100Lタンクに移動し、ゼオライトを使った3次処理を行う





3次処理では、ゼオライトのみを添加する

タンクの底に残った沈殿物は、「(6) 1 トンポリタンクの底に残った沈殿物の処理 を行います」で行った、ポリタンクの底に残った沈殿物と同じ方法で処理します。

一晩放置して、バットに溜まったろ液の放射性物質の濃度を測定します。結果を「記録-15 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」に記録します。

放射性物質の濃度が排水の基準値より低ければ、バットの中の水を排水します。

放射性物質の濃度が排水の基準値を超えている場合は、水道水で希釈し、基準値を満たしていることを確認した上で排水します。

「記録ー14 3次処理前の上澄み水の放射性物質の濃度」

田

井

測定日:平成

排水の可否		可,不可	可,不可	可,不可	可,不可	可・不可	可,不可							
	40													
放射性物質の濃度 (Ba/L)	セシウム-137													
放	セシウム-134													
100L タンクの番号 -		_	2	თ	4	5	9	7	8	6	10	1	12	
7		尔	尔	分	分	分	尔	分	分	分	分	分	分	
日本は、これ、十	シングレング	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	铅	

「記録ー15 ろ布によるろ過処理後の放射性物質の濃度」

Щ

年

測定日:平成

		山苯〇點與文	放	放射性物質の濃度(Ba/L)		米回乡光井
	国際しつくく	り囲う唱画へ	セシウム-134	セシウム-137	一	13F-2005-19E
		_				可,不可
		7				回, 不可
		೮				可 · 不可
		4				可,不可
		9				回, 不可
x x x x x		9				可 · 不可
な な な な		2				可,不可
な な な		8				可,不可
宋 宋 宋		6				可 · 不可
宋 宋		10				可 · 不可
A		11				可 · 不可
		12				可 · 不可

(8) ろ過で漉し取った沈殿物の処理・袋詰めを行います

シーツを使ったろ過器に残った沈殿物は、次の写真のようにシーツの端を結び、ビニール袋に入れます。袋の外側には、どのシーツを使ったろ過器で処理をしたかが分かるように、番号をマジックで書いておきます。

袋の口は、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。この袋をさらにビニール袋に入れ、ビニール袋を2重にします。外側の袋の口もねじって折り返し、結束バンドで閉じます。



それぞれの袋について、放射線測定器で袋の表面での線量率を測定して下さい。また、重さ(kg 単位でかまいません)を計って下さい。袋ごとの測定結果を「記録ー16 プールの底の沈殿物を入れた袋の表面での線量率測定結果」に記録します。

沈殿物は、放射性物質を多く含むので、作業中の仮置き場所、一時保存する場所の選定は十分に検討して下さい。

「記録-16 プールの底の沈殿物を入れた袋の表面での線量率測定結果」

測定日: 平成 年 月 日

袋の番号	表面での線量率 (μSv/h)	重さ (kg)
1	μ Sv/h	kg
2	μ Sv/h	kg
3	μ Sv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μ Sv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg
21	μ Sv/h	kg
22	μ Sv/h	kg
23	μSv/h	kg
24	μ Sv/h	kg
25	μSv/h	kg
26	μSv/h	kg
27	μSv/h	kg
28	μSv/h	kg
29	μSv/h	kg
30	μSv/h	kg

(9) プール清掃をします

プールの中を、通常の清掃と同じ方法で洗って下さい。水道水を使いながらの作業でかまいません。また、念のため、水は放射性物質の濃度を測定してから排水してください。



(10) 後片付けをします

① 作業後の放射線量を確認します

個人線量計を付けて作業した方は、線量計の数値を確認して、「記録-6 個人線量計の記録」に記入して下さい。

② 除染作業に使用した器具や装置、発生したゴミなどを片付けます

放射性物質が付着している布などは、沈殿物などと一緒に一時保管するために、通常のゴミと分けてビニール袋に入れます。袋の外側には、通し番号をマジックで書いておきます。

袋の口は、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。この袋をさらにビニール袋に入れ、ビニール袋を2重にします。外側の袋の口も同様に、ねじって折り返し、結束バンドで閉じます。

それぞれの袋について、放射線測定器で袋の表面での線量率を測定して下さい。また、重さ(kg 単位でかまいません)を量って下さい。袋ごとの測定結果を「記録ー17 後片付け作業で発生した廃棄物を入れた袋の表面での線量率測定結果」に記録します。

「記録-17 後片付け作業で発生した廃棄物を入れた袋の表面での線量率測定結果」

測定日: 平成 年 月 日

袋の番号	表面での線量率 (μSv/h)	重さ(kg)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μ Sv/h	kg
20	μSv/h	kg

③ 除染で発生した廃棄物を一時保管します

除染作業で発生した、泥や落ち葉を集めたもの、プールの水処理により発生した凝集沈殿物、作業で使った資材のうち除染ができないものなどは、安全に一時保管します。作業の流れは次の通りです。

予め決めた一時保管場所に、ブルーシートのように水を遮断できるシートを2重に 敷きます。

一時保管の対象となる廃棄物等を積み上げます。

ブルーシートを上にたたみ込んで、積み上げた袋をくるむようにします。その上から雨除けのブルーシートをかけます。

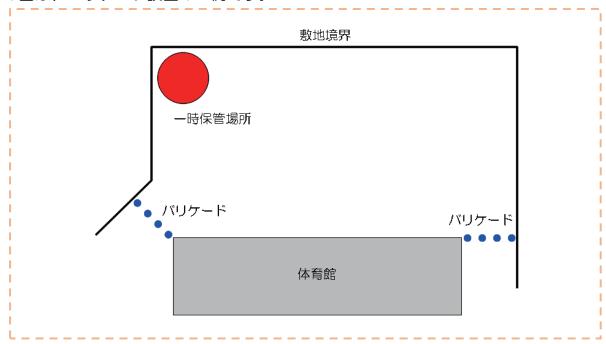
さらにその上に土嚢を乗せて固定します。土嚢は放射線を遮へいする役目をします。



一時保管のための作業の前後で、周辺の空間線量率がどう変わったかを把握しておくために、廃棄物を運び込む前、廃棄物を予定の位置に積み重ねた状態、ブルーシートで包み、砂と土嚢で固定した後の空間線量率を測定します。廃棄物の位置を示す簡単な地図と測定した結果を「記録-18 廃棄物の一時保管場所の空間線量率」に記録します。

固定に使った土嚢で放射線が十分に遮蔽されていることが確認できたら、人が無用

に近づかないように、バリケードを設置します。盗難には十分注意をして下さい。次の図は、バリケード設置の一例です。



This is a blank page.

JAEA-Testing 2011-007 「記録―18 廃棄物の一時保管場所の空間線量率」 一時保管場所の配置図

一時保管場所の線量率

測定日:平成

	土嚢で固定した後		μSv/h		μSv/h		μSv/h		μ Sv/h		μSv/h		
高さ1mでの線量率 (μSv/h)	廃棄物を積んだ状態		$\mu Sv/h$										
10	廃棄物の搬入前		μ Sv/h										
測定位置(上の図に×印を書き、A,B,C など ellototav、 と底容性ない の間類	0.55005500055500555600555600555600555560055556005555600555560055556005555600555560055556005555600555	測定位置:	距 離: m										

5. 最後の仕上げです

- (1) プールに水が入っていない状態での空間線量率を測ります
- (1) プールの底面とプールサイドの空間線量率を測定して下さい

測定は、作業を開始する前に測定したとき(「記録-2 作業開始前のプールとプールサイドの空間線量率マップ」)と同じ場所で行います。

プールの底面は、4隅と中央の5箇所が基本です。排水口など、排水が集まる場所は測定箇所に加えるようにして下さい。

測定した結果は、「記録-19 作業終了後のプールとプールサイドの空間線量率マップ」に記録します。

② 作業に使った場所の空間線量率を測定します

作業を開始する前に測定した、プール、外部水路への排水口、作業の動線、廃棄物の一時保管場所と同じ場所(「記録-3 (作業開始前)作業範囲の空間線量率マップ」)で空間線量率を測定し、その結果を、「記録-20 (作業終了後)作業範囲の空間線量率マップ」に記録して下さい。

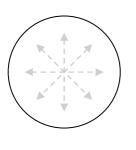
This is a blank page.

「記録ー19 作業終了後のプールとプールサイドの空間線量率マップ」

※足洗い場、更衣室、用具置き場なども、適宜書き入れて下さい。それらのうちで、作業中に立ち入る場所があれば、空間線量率を測定しておいて下さい。
※作業終了後は、プール内にある排水口付近の空間線量率も測定し、結果を図に書き加えて下さい。

卅

測定日:平成



円の中に矢印の先が北を示すように、 方角を書き込んで下さい。

 $\mu Sv/h$ 0 0 0 u Sv/h 0 μ Sv/h $\mu Sv/h$ 0 0 0 0 μ Sv/h 0 0 0

	THE TOTAL POSTING 2011 OUT	
2間線量率マップ」 日		
(作業終了後) 作業範囲の空間線量率マップ」		
「記録ー20 (作美測定日:平成		

(2) 最後に作業全体の確認をします

次の枠の中の項目を確認し、作業が完了したことを確認して下さい。

3.(2)③で確認した作業開始前の空間線量率から大きく変わった場所はありますか?
()全ての測定点で大きな変化はない → オッケーです!
<u>()大きく変化している場所がある</u>
・ → 原因を調査し、必要があれば除染を行って下さい。 ↓
・ → もう一度空間線量率を測定して下さい。
↓ <u>()作業開始前と同じ空間線量率になった</u> → オッケーです!
()作業前の空間線量率を大きく超えている↓→ 放射性物質が固着していると思われます。取扱いについて、学校、自治体、原子力機構の担当者と相談して下さい。
除染が困難な箇所の取扱についての方針

(3) プールに水を張って、放射性物質の濃度を測定して下さい

プールに水を張ってください。満水となったら、新しく張った水の放射性物質濃度を測定し、「2.(2) A.」で予め確認した、プールを使用する際の放射性物質濃度の基準をクリアしていることを確認してください。

・新しく張った水の放射性物質濃度:	Bq/L
	<u></u>

これで全ての作業はおしまいです!

大変ご苦労様でした。

6. 参考

(1) 知っておきたい基準値

①プールの利用

- 〇福島県内の学校の屋外プールの利用について(平成23年6月16日 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課、スポーツ・青少年局学校健康教育課)
- ○水浴場の放射性物質に関する指針について(平成23年6月24日 環境省 水·大気環境局水環境課長)

②学校のプールの水質

- ○学校環境衛生基準(平成21年3月31日 文部科学省告示第60号)
- ○学校環境衛生の基準(平成16年2月10日 文部省体育局長裁定)

③学校生活

○5月27日「当面の考え方」における「学校において『年間 1 ミリシーベルト 以下』を目指す」ことについて(平成23年7月20日 文部科学省)

4水道水

○福島第一・第二原子力発電所の事故に伴う水道の対応について(平成23年3 月19日 厚生労働省健康局水道課長)

5廃棄物

- ○福島県内の災害廃棄物の処理の方針(平成23年6月23日 環境省)
- 〇「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱に関する考え方」 について(平成23年6月16日 原子力安全·保安院)

⑥排水

〇水質汚濁防止法(昭和45年12月25日 法律第138号)

(2) 放射性物質の測定方法

放射性物質を測定する方法には、いくつかの種類があります。それぞれ一長一短があります。ここでは、Ge(ゲルマニウム)半導体検出器とNal(Tl)(ナトリウム(タリウム))検出器について、その特徴を表にまとめました。

	Ge 半導体検出器	Nal(TI)検出器
		(食品モニタ等の名称で市販)
概要	・容器封入の水を遮へい体内の検出器上に置き、出力信号を波高弁別	・容器封入の水を遮へい体内の検出器上に置き、出力信号を波高弁別
操作性	△・熟練者による操作・現場での定量は難	○・一般の人でも取扱可能な製品 有り
測定精度	○・標準的な放射能定量法・エネルギー弁別能:優・検出下限:10分間測定で30Bq/L以下	・標準的な放射能定量法・エネルギー弁別能:良・検出下限:10分間測定で60Bq/L
コスト	・1 千万円以上	○ ・2~5百万円
備考	・試料測定を専門機関((財)放射線計 測協会、等)に依頼し た場合:1~2万円/1 試料	・アロカ:CAN-OSP-NAI ・ORTEC:FoodGurard-1™ ・Berthold:LB200、LB2045 ・応用光研:FNF-401、等

7. わからないことがあったときは・・・(「おわりに」の代わりに)

この手引は、これまで放射線と関わったことがない一般の方に、ご自身の安全を確保しながらプールの除染作業を実施して頂くことを念頭に作成しました。また、少しでも多くのプールで活用して頂けるよう、一般的・標準的なものとなることを意識して作成しました。

そのため、いざ、準備や作業に取りかかろうとしたとき、考え方や作業の細かいこと、個別のプールについて適しているかどうか、など、「あれ?」と疑問に思うこと、意味がよく分からないことなど、出てくると思います。

その時は、遠慮なさらずに私達にお尋ね下さい。

また、「1. はじめに」にも記載しましたが、この手引や作業の方法について、お 気づきになったこと、お感じになったことがあれば、どうぞ私達にお教え下さい。

私達は、自分たちが持つ経験と知識の全てを使って、皆様のサポートをいたします。 お手数をおかけいたしますが、福島技術本部 福島環境安全センターまでご連絡を 頂ければ幸いです。

連絡先

独立行政法人日本原子力研究開発機構

福島技術本部 福島環境安全センター

住所: 〒960-8031 福島県福島市栄町 6-6 ユニックスビル 7階

電話:024-524-1060

This is a blank page.

3 英語版手引

"Guide for decontaminating Swimming Pool at Schools"

This is a blank page.

Contents

- 1. Introduction
- 2. What should be checked at first?
- (1) Check what needs to be done and by when.
- (2) Confirm policy of the national and local governments.
- 3. Preparation
- (1) Gather workers and assign them tasks
- (2) Measure radioactivity before the work
- Record 1: Radioactivity concentration of the pool water
- Record 2: Ambient dose rate map of the swimming pool and pool side before the procedures
- Record 3: Ambient dose rate map in the work area (before the procedures)
- (3) Procure materials and tools required for the work
- · Record 4: Material and tools list
- (4) Set a time schedule of the work
- Record 5: Time schedule of the work
- 4. Start decontamination procedures
- (1) Confirm that the safety of the workers is ensured.
- Record 6: Record of personal dosimeters
- (2) Discharge pool water whose radioactivity concentration meets the criteria for drain
- Record 7: Dose rate measured on the surface of bags that contains mud accumulated at the discharge flow path
- Record 8: Radioactivity concentration of discharged water without decontamination treatment – Sampled at ()

- (3) Remove fallen leaves and other objects accumulated on the bottom of the swimming pool
- Record 9: Dose rate measured on the surface of bags that contain fallen leaves, etc. collected from the pool
- (4) Pump the pool water into 1 ton plastic tanks for the treatment using zeolite (first treatment)
- Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)
- (5) Discharge the supernatant, while leaving precipitate
- Record 11: Radioactivity concentration in the water after filtration using a filter with a filter cloth
- (6) Treat the precipitate left on the bottom of the 1 ton plastic tanks
- (7) Treat water and precipitate left in the pool (2nd and 3rd treatment)
- Record 12: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate before the 2nd treatment
- Record 13: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate after the 2nd treatment
- Record 14: Radioactivity concentration in the supernatant before the 3rd treatment
- Record 15: Radioactivity concentration in the water after filtration with a filter cloth
- (8) Bag in the sludge after filtrating the precipitate
- Record 16: Dose rate measured on the surface of bags that contains the filter sludge
- (9) Clean the swimming pool wall

(10) Clearance

- Record 17: Dose rate measured on the surface of bags that contains waste generated during the clearance
- Record 18: Ambient dose rate at the temporary storage of the waste
- 5. Final finishing

- (1) Measure ambient dose rate at the condition without pool water
- Record 19: Ambient dose rate map at the pool and pool side
- Record 20: Ambient dose rate map in the work area (after the work)
- (2) Review the entire work
- (3) Measure the radioactivity concentration of the pool water after filling water into the swimming pool
- 6. References
- (1) Criteria that you should be familiar to
- (2) Radioactivity measurement methods
- 7. When you find anything you want to know For concluding remarks

Appendix *

List of schools where the decontamination a swimming pool was conducted and photos of the decontamination work.

- a. Fukushima University Kindergarten
- b. Fukushima University Junior High School
- c. Tominari Elementary School, Date-city
- d. Hashirasawa Elementary School, Date-city
- e. Tsukidate Elementary School, Date-city
- f. Hobara Elementary School, Date-city

^{*} In this report, the appendix was omitted.

1. Introduction

Radioactive materials released into the environment during the accident at the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant due to the Great East Japan Earthquake were dispersed widely and precipitated in different areas. Swimming pools that children are awaiting opening in summer are not the exception.

The radioactive materials in the swimming pool could be removed safely by processing the pool water according to correct treatment procedures based on knowledge obtained to date.

The method we employed utilizes a mineral called zeolite and poly-aluminum chloride (PAC) as a flocculant, which are commonly used for processing water. Based on data and previous experience in decontamination tests of the swimming pool water using this flocculant, we determined the essential elements of the work flow and practical procedures, and compiled them as a guide for the decontamination of the swimming pool water.

By following the procedures described and using materials and tools shown in this guide, teachers, parents or volunteers could decontaminate the swimming pool water, or private companies could establish a decontamination business.

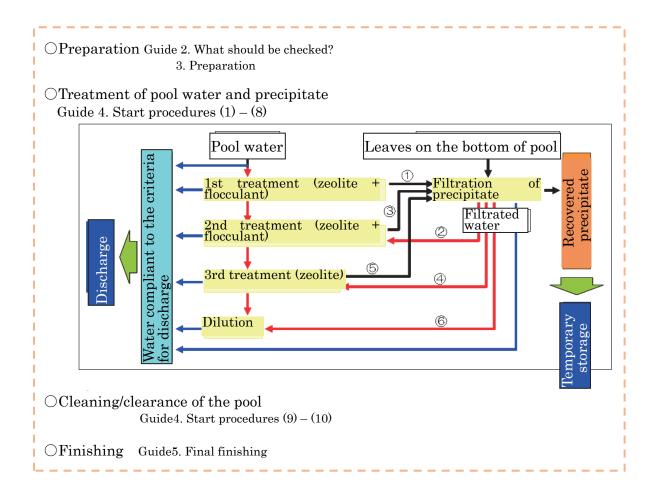
Thus, this guide has two major purposes: to serve as a manual for the steady step-by-step implementation of decontamination procedures of swimming pool water, and to make records that allow verification of what works and how correctly the work was completed, at a later stage.

As adults, all of us will cooperate to allow children to return to the swimming pools – this is our desire. We prepared this guide with the hope that it will help those adults engaged in this work in the future.

In presenting this guide, we also have a request to those of you using it. We compiled all of our knowledge and our experience into this document, realizing however, that this guide will not be complete. We would like to improve the guide with you. Please inform us anything you notice about the guide that could be changed or added to make it better.

The figure below show a whole picture of work described in the guide, intending to

show more clearly how the work should be done.



2. What should be checked at first?

(1)) Check	what	needs	to be	done	and	by	when.
-----	---------	------	-------	-------	------	-----	----	-------

Define a goal with respect to time when the decontamination of the pool water be completed. Then check other relevant activities planned such as decontamination of the entire school and decontamination activities by local municipalities or communities.

A. When do you plan to complete the	decontamination of the pool water?
• Target date: Month Day Year	r
B. Are decontamination activities plant they?[Decontamination at school]	nned at school or communities? When are
• <u>To be started on Month Day</u>	Year
• <u>To be completed on Month Da</u>	ay Year
[Decontamination at communities]	
• <u>To be started on Month Day</u>	Year
• To be completed on Month Da	ay Year
C. Is there any other plan that has to	be taken into account?
[Event name:	
• <u>To be started on</u> Month Day	Year
• <u>To be completed on Month Da</u>	ay Year
In .	•
[Event name:	
• To be started on Month Day	Year
• <u>To be completed on Month Da</u>	ay Year

(2) Confirm policy of the national and local governments.

The decontamination of the swimming pool water should follow policies of the national and local governments with respect to timing of restarting utilization of the swimming pool, drainage of the pool water after decontamination and temporary storage of sludge generated from the decontamination activities.

Key persons responsible for planning and implementation of the plan should check relevant criteria. Responsible persons from municipalities and the school as well as program staffs should be share information about the criteria through meetings before starting the decontamination procedures.

Documents describing key principles and criteria to be aware of before starting the decontamination program are listed in the section, "6. References (1) Relevant criteria".

A. Check conditions to reopen the swimming pool. [Common understanding among communities or schools or other consent]
•
•
•
[Criteria on radioactivity concentration]
• Swimming pool water: < Bq/L

B. Check conditions to discharg	ge pool water after decontamination to the
environment.	
[Common understanding with	relevant communities or schools]
toommon understanding with	Total value communitations of solitoois,
•	
•	
•	
	_
Criteria for discharging pool w	vater after decontamination]
Criteria for discharging poor w	vater arter decontamination;
. D. 1: 1: 1: 1	1
• Radioactivity concentration	in the water to be discharged:
	_ < Bq/L
(Other criteria)	
• Item :	Criteria :
• Item:	Criteria :
10cm ·	
	1 1:
-	e waste (e.g. temporary storage) such as zeolite
precipitate generated during	g the decontamination and fallen leaves and
mud collected by cleaning di	rain gutters.
[Place to manage (temporarily	store) wastes]
Li idee to manage (temperarily	20020, 11000002

3. Preparation

(1) Gather workers and assign them tasks

Define key staffs that are responsible for total coordination of the program, communication with the school and municipalities, and recording of the decontamination procedures.

Check contact persons of the school, municipalities and other relevant organizations.

Determine the number of staffs assigned to each task considering total number of staffs involved in the program and details of the task. The task will include; treatment with zeolite in plastic tanks (one six-member group assigned to six plastic tanks), weighing of zeolite and flocculant (PAC solution) (one staff) and radiation measurement (one staff). Details of the staffing will follow the section, "3. (4) Establish a schedule".

A. Select key persons for communication and decontamination					
• Total coordinato	or: Name				
• Communication	with the school and communities: Name				
• Recording secret	tary: <u>Name</u>				
	Name				
B. Check contact	B. Check contact persons in the school and communities				
• School:	Name				
	Name				
• Communities :	Name				
	Name				
• JAEA:	Name				
	Name				

(2) Measure radioactivity before the work

Estimate the volume and measure radioactivity concentration of the pool water to establish a decontamination strategy and a detailed decontamination plan. The pool water may be discharged directly depending on the radioactivity concentration.

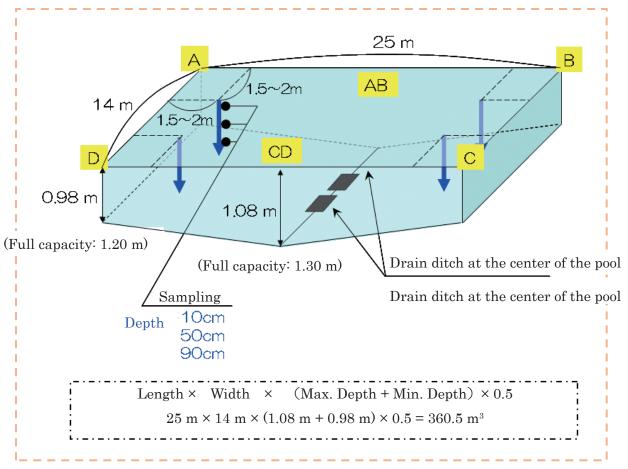
(a) Estimate the volume of the pool water based on dimensions of the swimming pool.

Calculate the volume of the pool water based on dimensions of the swimming pool
• Length:
• Width:
• Depth (Max.): m Depth (Min.): m (You may use nominal depth (posted at the swimming pool) at the full capacity)
Volume of the pool water : $\underline{\qquad \qquad \qquad }$ \downarrow (Calculate according to the following formula) Length \times Width \times (Max. Depth + Min. Depth) \times 0.5

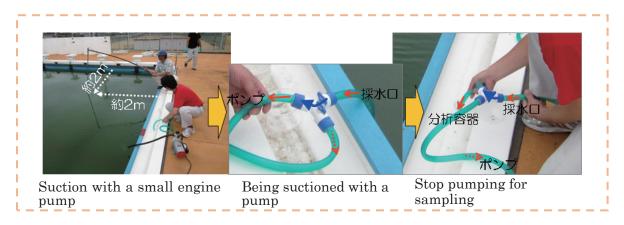
(b) Measure radioactivity concentration of the pool water

Described below is an example for the swimming pool with dimensions of $25 \text{m}^{\text{L}} \text{x} 14 \text{m}^{\text{W}} \text{x} 1\text{-}1.3 \text{m}^{\text{D}}$ as shown in the figure below.

Take water samples at four corners of the pool (A through D), locations 1.5 - 2 m from the side wall (blue line). At each location, take samples at three different depth; near the water surface (10 cm from the surface), middle (50 cm) and near the bottom (90 cm).



Actual sampling activities are shown in the photos shown below. Water samples are taken using a small pump and filled in analysis cells.



Write a memo of sampling place and sampling time with a permanent marker on the cap of the cells.

Measure the radioactivity concentration of the sample water with a radiation counter. The results shall be put in the "Record 1: Radioactivity concentration of the pool water".





Record 1: Radioactivity concentration of the pool water

Sampling date: Month Day Year

Measurement date: Month Day Year

Radioactivity concentration (Bq/L)	Total		Bq/L												
	Cesium-137		Bq/L												
	Cesium-134		Bq/L												
Weight (Water +	Cell)	(g)	مم	ad	8	ad	ac	ad	88	8	æ	مم	ad	S	
Sampling position and	depth		A- , cm	A- , cm	A- , cm	B- , cm	B- , cm	B- , cm	C- , cm	C- , cm	C- , cm	D- , cm	D- , cm	D- , cm	
	Sampling time		: (AM, PM)												

(c) Measure ambient dose rates at and around the work place to make a dose map before starting decontamination procedures

Survey ambient dose rates around the swimming pool, at and around the drain gutter and outlet to external waterway, along work flow lines and temporary storage of radioactive waste at the height of 100 cm to make a map allowing knowing dose rate at anywhere you want.

The surveys are required for determining the change in dose rates before and after the procedures, and confirming that no radioactive material is taken away from the work place, and that the dose rate has not been increased due to water discharged after the treatment.

Utilize any available site layout drawing of the school. If not available, prepare a simple layout drawing that shows location of measurement points relative to the school buildings and facilities.

Use the form, "Record 2: Ambient dose rate map of the swimming pool and pool side before the procedures" to write down the survey results for the swimming pool and the pool side.

Use the form "Record 3: Ambient dose rate map in the work area (before the procedures)" to write down the survey results for outlet to external waterway, along work flow lines and temporary storage of radioactive wastes.

rocedures
the p
ol side before the
side l
pool
and]
pool
ambient dose rate map of the swimming pool and pool side befor
swir
$_{\mathrm{the}}$
$_{ m o}$
map
ose rate map
dose
ient
Amb
::
C/
Record

Fill ambient dose rate at the pool side only, before starting the procedures,

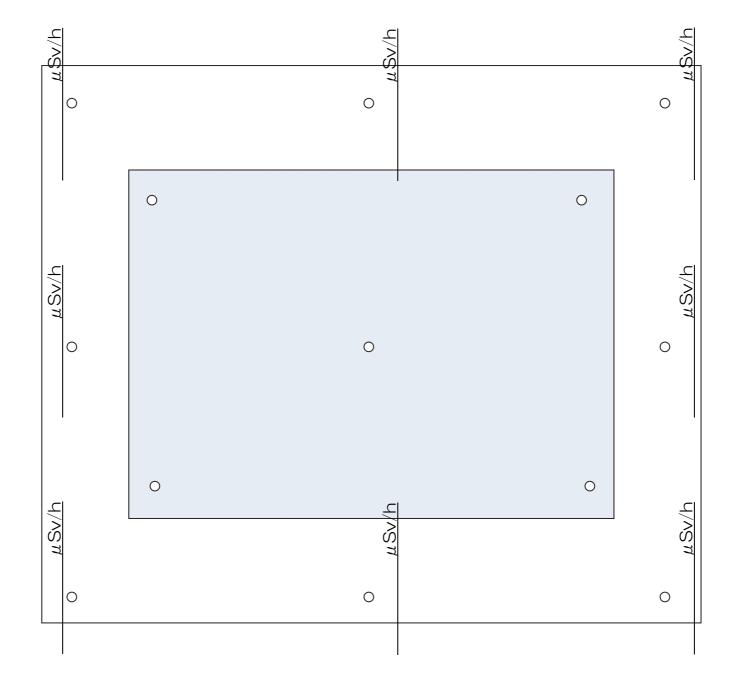
Add foot washing pond, locker room, tool yard, etc. in the drawing as appropriate. Measure the dose rate at the place where frequent access is required during the procedures, among those places added in the drawing.

At the completion of the procedures, measure the dose rate around the drain ports of the swimming pool, and fill the

results in the drawing.

Indicate a direction with an arrow in a circle with its head north

Measurement date: Month Day Year



Record 3: Ambient dose rate map in the work area (before the procedures) Year Day MonthMeasurement date:

(3) Procure materials and tools required for the work

Identify materials and tools and their numbers required for the work, and determine how to procure them. Those we feel highly required and practical based on our experiences are listed in "Record 4: Material and tools list". We hope it will help you in procuring the materials and tools.

Not all of materials and tools need to be prepared. The procurement may be adapted depending on the conditions such as availability and time required to procure.

Photos below show some of typical materials and tools.



Materials and tools (1) Chemicals/Treatment vessels

Materials and tools (2) Pumps and related components



Engine pump (large)



Engine pump (medium)



Engine pump (small)



Motor pump and cord reel



Engine pump fuel



Hose



Hose band



Hose joint



Heavy block



Bag filter

Materials and tools (3) Safety /cleaning tools



Personal dosimeter



Survey meter



Large balance



Measuring cup and small balance



pH meter



Dustpan



Brushes



Long handle ladle



Wiper



Long boot



Rubber gloves



Mask

Record 4: Material and tools list

* Numbers in the parenthesis are those estimated for the decontamination of a swimming pool with a capacity of 420 tons of water (25mLx14mWx1.2mD). These numbers may be referred to in establishing a plan.

	Items	Prepared quantity	Obtained from JAEA	To be procured for the decontamination	Unit	Remarks (Size, features, purpose, etc.)
For the treatment of	Zeolite	(42)			kg	
water	Flocculant (PAC)	(84)			L	
	Neutralizer	(0.1)			kg	(Anhydrous sodium hydrogen carbonate)
	pH meter	(1)	1			
	Small balance	(2)	5			Up to 1 kg, with an accuracy of 0.1g
	Large balance	(1)	1			Up to 30kg
	Measuring cup	(3)	3			
	Pool water sampling tools	(1)	1		Set	Depths of 10, 50 and 90 cm, with a dedicated hose
	(Radioactivity) sample cell	(50)				
	Tape measure	(1)				
	1ton plastic tank	(18)	18			
	100 L tank	(3)	3			(For drain and treatment with zeolite)
	bucket	(20)	50			(For cleaning of equipment, and fetching a pump)
	Engine pump (large	(2)	2			80 mm caliber, Max.950 L/min (For stirring pool water)
	capacity) Engine pump (medium capacity)	(3)	3			50 mm caliber Max 600 – 650 L/min (For stirring pool water, and disicharge)
	Engine pump (small	(2)	2			25 mm caliber, Max.115 L/min, motor/engine (For transfer of

	capacity)				contaminated water after removing sludge)
	Engine pump fuel			L	Secure required quantity
	Engine pump ruei				Secure required quantity
	Motor pump	(1)	1		(Sampling of pool water, discharge of water (used to avoid noises in the evening))
	Submersible pump	(1)	1		
	hose (water sampling)	(1)	1	Set	(inner diameters of 80 mm, 50 mm, 25 mm, etc.)
	Hose connecting packing	(1)		Set	
	Hose band	(4)			
	Hose joint				(Backup)
	Hose reel	(1)	1		
	Cord reel	(1)			
	TT 11 1				w1
	Heavy block	(4)	4		5kg
	Fish net	(5)	5		
For the					
filtration of precipitate	Tray	(12)	12		
	Container	(12)	12		With meshed side and bottom
	Net basket	(12)	12		
	Filter sheet	(12)			
	Jute bag	(50)			
	Long handle ladle	(2)	2		

	Bag filter	(20)	İ			100 μm mesh
	Plastic bag					
	(For temporary	(100)				For fallen leaves and flocculation/precipitation product
	storage)					
	(-					
	(For radioactivity	(100)				
	measurement)	(*00)				XX1
	(For zeolite)	(500)				With a zipper
	C 11	(50)				
	Sand bag	(50)				
	Dlagatost	(10)				
	Blue sheet	(10)				
Cl. : 1	****	(4)	1		<u> </u>	<u> </u>
Cleaning tools	Wiper	(4)	4			
	Ducton	(2)	2			
	Dustpan Second Troppel	(2)	2			
	Scoop, Trowel					
	Brush	(2)	2			
	Drusii	(2)	<u> </u>			
	Paper towel					
	Waste cloth					
	Waste Cloth					
	High pressure water					
	sprayer					
	Trash bag					(for trash generated during the work)
	Neutral detergent					,
Radiation						
detectors	Radiation detector	(1)	1		Set	

	Survey meter	(1)		
	Personal dosimeter			
Others	First-aid kit	(1)	Set	
	Stationary	(1)	Set	
	Tools	(1)	Set	
	Plastic sheet	(1)	Role	To prevent decontamination of the pool side.
	Rubber tape	(10)	Role	To tape plastic sheets in place
	Rope			
	Rubber gloves			
	Masks			

(4) Set a time schedule of the work

Set a time schedule of the work using the form, "Record 5: Time schedule of the work" based on information obtained in the precedent steps such as dimension of swimming pool (volume of pool water), number of available materials and tools, available number of staffs and overall schedule.

Approximate times that are assumed to require for each task are shown below.

(Briefing of the procedures) 1 hour

Briefings are held before starting the procedures. It will include explanation to all of the program members to inform about the entire procedures and detailed explanation to each task group members about practical method and note to be aware of.

[Securing of a discharge flow path (removal of sediment)] 0.5 day Remove mud and fallen leaves accumulated in the discharge flow path.

【Radiation survey before work】 3 hours

Sample swimming pool water at predetermined sampling points, and measure radioactivity concentration with a radioactivity detector. If the radioactivity detector is not available at the site, time required to transport the samples needs to be added to the above time.

(Discharge of supernatant) 1 day

When the radioactivity concentration in the pool water is lower than the criteria for discharge, discharge the supernatant with engine pumps, while taking care of not to pumping up mud or fallen leaves accumulated on the bottom.

(Treatment in 1 ton plastic tank) 1.5 hour/one tank

When the radioactivity concentration is higher than the criteria for the discharge, pump up the pool water together with mud and fallen leaves accumulated on the bottom. It takes 20 minutes to feed zeolite, flocculant and neutralizer. Leave at rest 30 minutes to allow sufficient precipitation. It takes 15 minute for discharging the supernatant and 15 minutes for recovery of the precipitate on the bottom of the plastic tank.

[Remove water from the precipitate] 0.5-2 days

Drip water using a filter with a filter cloth. The time required will depend on volume and condition of the precipitate as well as weather.

[Treatment of water not meeting the criteria for discharge (2nd treatment)] 1 day

Pump up the pool water containing precipitate in the swimming pool into the 1 ton plastic tanks. Measure radioactivity concentration of the supernatant in each tank, and if it meets the criteria for discharge, discharge the supernatant.

If it does not meet the criteria, provide additional treatment. Feed the zeolite and flocculant and leave it at rest for one night (2nd treatment). The next day, measure the radioactive concentration of the supernatant to confirm the compliance to the criteria, and discharge it.

[Conditioning and packing of the sludge] 1.5-2 days

Feed the precipitate left on the bottom of the tanks to the filter with a filter cloth at a small feed rate to remove water.

Discharge the filtrated water after confirming the compliance to the criteria for discharge, or if not, provide further treatment using the zeolite.

Pack residual sludge into plastic bags together with the filter cloths.

[Cleaning of the swimming pool] 0.5 day

Clean inside and around the swimming pool without water.

It can be conducted in parallel with the treatment and packing of the sludge.

[Cleanup] 3 hours

Cleanup the work area.

Finally, check the personal dosimeters and make documents of personal exposure doses of the staffs.

Record 5: Time schedule of the work

	Month I	Day ()	Month Day	· ()	Month Da	y ()	Month Day	()	Month Da	у ()	Month Da	у ()
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Briefing Staff:												
Securing of a discharge flow path (Removal of mud and fallen leaves) Staff: Number of workers:												
Measurement of radioactivity Staff: Number of workers:												
Treatment of pool water (1st treatment) Group 1 Staff: Number of workers:												
Treatment of pool water (1st treatment) Group 2 Staff: Number of workers:												
Treatment of pool water (1st treatment) Group 3 Staff: Number of workers:												
Treatment of waster containing precipitate (2 nd & 3 rd treatment) Staff: Number of workers:												
Conditioning and packing of precipitate Staff: Number of workers:												
Cleaning of the swimming pool Staff: Number of workers:												
Cleanup Staff: Number of workers:												

4. Start decontamination procedures

- (1) Confirm that the safety of the workers is ensured.
- (a) Check the progress of the preparation before starting the procedures

A. Do the workers wear a personal dosimeter?

Determine who wears a personal dosimeter depending on how many they are available. Let each staff who wears the dosimeter fill the dosimeter number, his name, reading of the dosimeter when he worn and reading at the end of the day's work in the form, "Record 6: Record of personal dosimeters".

B. Are the worker ready for starting the procedures?

Wear, in principle, long boots and long pants because the workers will handle water. Half-leaved working jacket may be allowed. The workers require wearing rubber gloves when handling precipitate generated during the treatment using zeolite.

C. Are the workers prepared for heat stroke?

Measures against heat strokes are essential for the work during summer season. Prepare hats, sunscreen and water with them. A water fountain may be effective.

D. Have consumables commonly used by the workers been prepared?

Consumables to be required during the work should be prepared in advance, which include first-aid kit for the treatment of slight injuries, waste cloths, paper towels, rubber gloves and masks.

E. Prepare trash bags for segregation of waste

Wastes generated directly from the decontamination procedures and those generated in other work than decontamination should be recovered in separate bags to prevent their mixing.

(b) Confirm responses in case of injury or accident

The procedures are conducted at the slippery place around the swimming pool. Caution will be required not to tumble or fall into the pool. Particularly in summer, it tends to be hot at the pool side due to a combination of direct and

reflected sunshine. The heat will compromise the worker's judgment more than they imagine, which could lead to incomprehensive injuries or accident under normal circumstances. Sufficient measures against heat will be required.

- A. Prepare first-aid kit in case of abrasion or cut.

 When injured, clean the wound with clean water before dressing it. It should be noted that not let the staff join the work after the treatment.
- B. In case of falling into the swimming pool or got wet with a large volume of pumping water, take off clothes and rinse the body with clean water. Then check surface contamination of the body with a survey meter. If he has drunken the pool water, rinse his mouth. Check radioactivity of the clothes, and dispose them if the radioactivity should be high.
- C. When the zeolite or flocculant (PAC solution) should leap into worker's eye, clean the eye well with water. If he felt something wrong, consult with a specialist.
- (c) Check contamination of the body when the workers leave from the work place or they have finished the work.
- A. Wash shoes and hands with clean water to prevent the radioactive materials attached on them being transported to other uncontaminated area.
- B. Check for radioactive contamination using a survey meter.

"Record 6: Record of personal dosimeters"

	Month Day	()	Month Day	()	Month Day	()	Month Day	()	Month Day	()	Month Day	()
	Nan	ne	Nar	ne	Nan	ne	Nan	ne	Na	me	Nar	ne
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Dosimeter No.:		7	a !	- C	g .	- C	g !	- C	g !		a i	Q
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No. :			:		:						:	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No.:	:		:				;				:	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No. :							,		,			
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No. :			:		:						:	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No. :			:						:			
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No. :	<u> </u>		i		i		i		i		i	
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No.:			-									
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No.:												
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
Dosimeter No.:									,			
· <u></u>	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	$\mu S v$	μSv	$\mu S v$	μSv	$\mu S v$	μSv	μSv

(2) Discharge pool water whose radioactivity concentration meets the criteria for drain

When radioactivity concentration of the supernatant is lower than the criteria for discharge based on the results in the step "3 (2) Measure radioactivity before the starting the procedures", the supernatant can be discharged without providing a treatment using the zeolite, however, pH of the supernatant needs to be checked for the compliance with the criteria for discharge established by the Ministry of Environment.

(a) In order to secure a discharge flow path, remove mud and fallen leaves accumulated in the flow path such as drain gutters and foot washing pond around the swimming pool for discharging water that meets the criteria for discharge.

Put collected mud and fallen leaves into plastic bags with a serial number. The mouth of the bags shall be twisted, folded back and closed with a banding band. Put the bags into additional plastic bags, forming a double packing. The outer bag shall also be twisted, folded back and closed with a banding band.

Measure the dose rate of each bag at the surface using a radiation detector. If possible, weigh the bag (weight by the kilogram is acceptable). Write down the results in the form, "Record 7: Dose rate measured on the surface of bags that contains mud accumulated at the discharge flow path".

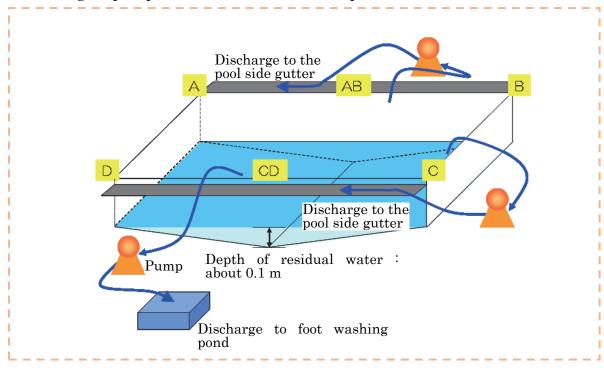
Record 7: Dose rate measured on the surface of bags that contains mud accumulated at the discharge flow path

Measurement date: Month Day Year

Measurement of	late: Month Day Year	
Bag No.	Dose rate on the surface (µSv/h)	Weight (kg)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg

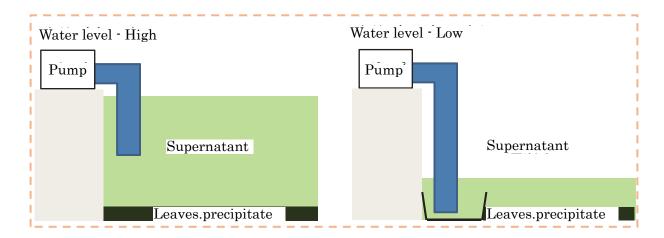
(b) Set up discharge pumps as shown in the figure below.

Determine capacity and locations of engine pumps considering locations of the gutter to discharge the water and foot washing pond as well as size of the discharge hoses. Engine pumps with excessively large capacity could cause overflow of the gutter. In order to prevent such a case, it is suggested to use several engine pumps with medium to small capacities.

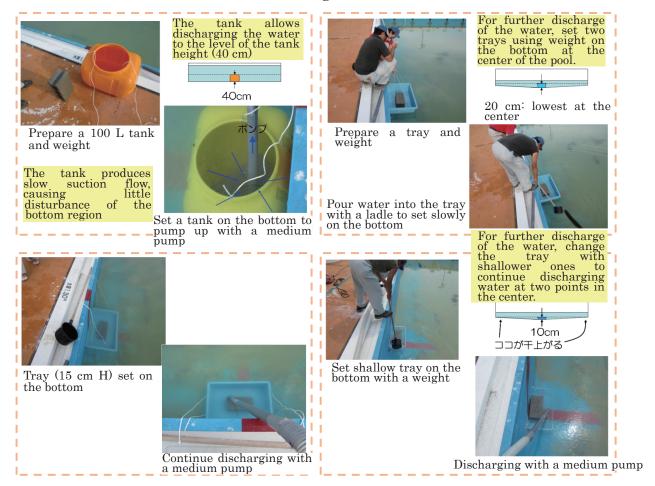


(b) Set suction ports of the pump

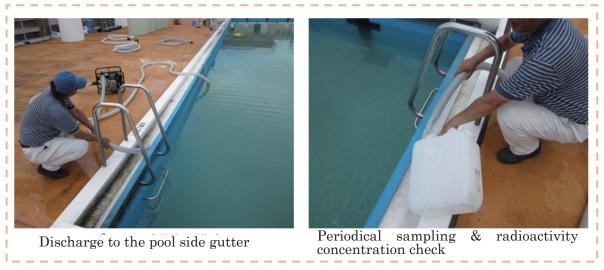
Set suction ports (nozzle of a hose to be set in the pool) so that they are set in the tank or tray depending on the water level in order to prevent pumping up the precipitate.



Take care not to raise the precipitate during setting the suction port when water level comes near the bottom at a later stage.



(d) Start discharging.



Control discharge rates while observing the flowing condition at the drain gutter. The capacity (flow rate) of each engine pump described in catalogues may vary depending on the difference of heights between suction and ejection ports and

viscosity of the water. The actual flow rate shall be obtained by the measurement using a tank with a known volume or change in water level of the swimming pool under the final set up of engine pumps, and suction and ejection ports.

(e) Take samples from the discharge water approximately every one hour to check for the radioactivity concentration.

Water for sampling shall be put into a 10 L tank temporally as shown in the photo below, and then samples shall be taken from the tank. Write down the obtained radioactivity concentration of the discharge water in the form, "Record 8: Radioactivity concentration of discharge water without decontamination treatment – Sampled at ()" for each pump.



Put the hose nozzle in the space between the tray set on the bottom and the side wall of the pool, and pump up water while taking care of not pumping precipitate.



Bottom of the pool just after the discharge has been completed.

(f) When the water level decreased to that lower than containers such as tray, put the hose nozzle in the space between the tray and the side wall of the pool where less precipitate is left (see photos below), and continue discharging of the pool water.



Put the hose nozzle in the space between the tray set on the bottom and the side wall of the pool, and pump up water while taking care of not pumping precipitate.



Bottom of the pool just after the discharge has been completed (6 tons of sludge).

The discharge will e successful if pool water could be discharged to the level of 5 cm from the bottom. It will be obvious that, when radioactivity concentration should be increased, then discharge rate should be decreased by reducing the number of pumps, and you should be prepared for stopping anytime necessary. The water level of 5 cm is just a target but 10 cm or 15 cm could be acceptable.

Record 8: Radioactivity	concent	ration of	discharge	water w	ithout d	econtan	nination
$treatment-Sampled\ at$	())					
(To be prepared for each	pump)						
Sampling date: Month	Day	Year					

Measurement date:	Month	Day	Year	
Sampling time		Rad	lioactivit	ус

Complingting	Radioact	tivity concentration	(Bq/L)
Sampling time	Cesium-134	Cesium-137	Total
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L
: (AM, PM)	Bq/L	Bq/L	Bq/L

Radioactivity concentration limit for dischargeable water	
(Criteria):	Bq/L

(3) Remove fallen leaves and other objects accumulated on the bottom of the swimming pool

Scoop up large items in the precipitate such as fallen leaves accumulated on the bottom using fishing net or other tools. The scooped items such as fallen leaves shall be collected in a basket to drain water. Collect the water passing through the basket in a tray and return it to the pool.

Put the drained fallen leaves in plastic bags with a serial number.

The mouth of the bags shall be twisted, folded back and closed with a banding band. The bags shall be put into additional plastic bags, forming a double packing. The outer bags shall also be twisted, folded back and closed with a banding band.

Measure the dose rate of each bag at the surface using a radiation detector. If possible, weigh the bag (weight by the kilogram is acceptable). Write down the results in the form, "Record 9: Dose rate measured on the surface of bags that contain fallen leaves, etc. collected from the pool".

Record 9: Dose rate measured on the surface of bags that contain fallen leaves, etc. collected from the pool

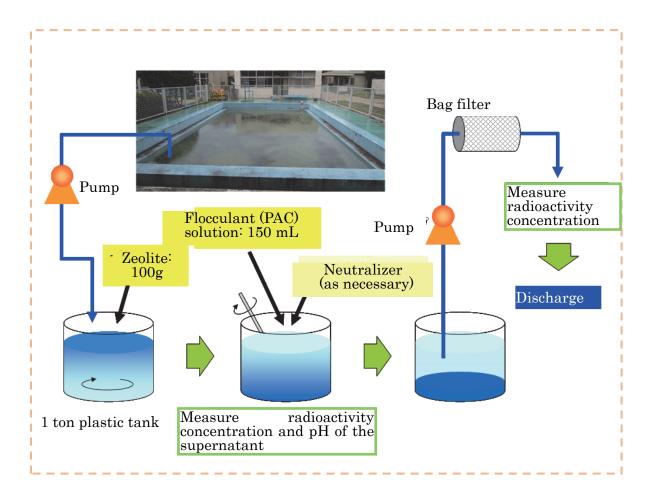
Measurement date: Month Day Year

Bag No.	Dose rate on the surface (µSv/h)	Weight (kg)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg

(4) Pump the pool water into 1 ton plastic tanks for the treatment using zeolite (first treatment)

For the treatment in 1 ton plastic tanks, one group will be responsible for six tanks. One group will consist of approximately six members. In addition, an operator responsible for preparation of zeolite and flocculant (PAC solution) and an operator responsible for radioactivity measurement are required.

Pump up the pool water into the 1 ton plastic tanks for the treatment with zeolite. The treatment involves adsorption of cesium dissolved in water with the zeolite and flocculation/precipitation of the zeolite together with blue-green algae and mud with the flocculant (PAC solution), as shown in the figure below.



(a) Feed 100 g of zeolite into each of the six 1 ton plastic tanks.

Write down the fed amount of zeolite and the fed time in the form, "Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)".

(b) Pump up the pool water into each of the six plastic tanks in series with an engine pump.

Add approximately 150 mL of flocculant into the tank when approximately 0.8 tons of the pool water is pumped. Write down the volume of added flocculant and added time in the form, "Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)".

(c) Check for the pH of the water in the plastic tanks when one ton of water has been pumped.

Write down the measured pH in the form, "Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)". When the pH is lower than that in the criteria for discharge, add neutralizer (anhydrous sodium bicarbonate) to adjust the pH.

(d) Keep the plastic tank at rest

Keep the plastic tank at rest for 30 minutes to allow sufficient precipitation. Scoop algae floated to the surface during the resting time with fish net or other tools to recover in plastic bags.,

(e) Check for the water in the tank if it can be discharged.

Take samples from the supernatant in each plastic tank to measure radioactivity concentration and pH. Write down the results in the form, "Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)".

This guide introduces the method in which the pool water is pumped up into 1 ton plastic tanks where it is treated with zeolite and flocculant.

We tested a method in which zeolite and flocculant are added directly into the pool. This method seems effective but there is a risk of insufficient flocculation/precipitation of radioactive materials. Therefore, we introduced here the method to use 1 ton plastic tanks as a more reliable one.

This is a blank page.

Record 10: Work record using 1 ton plastic tanks (1st treatment)

Plastic tank No.: Acceptable radioactive concentration for discharge: Bq/L Acceptable pH for discharge:	
---	--

reatment no.		Quantity of added flocculant Added time	pH after addition of flocculant	Supernatant sampling time Radioactivity concentration	Quantity of added neutralizer (g)	pH of the supernatant	Discharge
1		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
2		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
3		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
4		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
5		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
6		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
7		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
8		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
9		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
10	Added quantity g	Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
11		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	σ		Yes • No
12		Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
13	Added quantity g	Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	g		Yes • No
14	Added quantity g	Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	σ		Yes • No
15	Added quantity g	Added quantity mL Time : (AM, PM)		Time : (AM, PM) Rad. concentration : Bq/L	σ		Yes • No

(5) Discharge the supernatant, while leaving the precipitate

Discharge the water in the plastic tank when it meets the criteria for discharge with respect to radioactivity concentration and pH.

In accordance with the section 4.(2)(a), remove mud and fallen leaves accumulated in the discharge flow path such as drain gutter around the swimming pool and foot washing pond to discharge water compliant to the criteria.

Put collected mud and fallen leaves into plastic bags with a serial number. The mouth of the bags shall be twisted, folded back and closed with a banding band. The bags shall be put into additional plastic bags, forming a double packing. The outer bags shall also be twisted, folded back and closed with a banding band.

Measure the dose rates of each bag at the surface using a radiation detector. If possible, weigh the bag (weight by the kilogram is acceptable). Write down the results in the form, "Record 7: Dose rate measured on the surface of bags that contains mud accumulated at the discharge flow path".

Use medium capacity engine pumps for the discharge. Take care to pump up as little precipitate as possible, and discharge it through a bag filter.



(6) Treat the precipitate left on the bottom of the 1 ton plastic tanks

Apply filtering to the precipitate to remove water as much as possible for disposal. Pump up precipitate accumulated on the bottom of the 1 ton plastic tanks with a small capacity engine pump into a container covered with a sheet (or basket) at a low flow rate. Prepare two sets of tray to receive the filtrated water and a

container (or basket) stand.



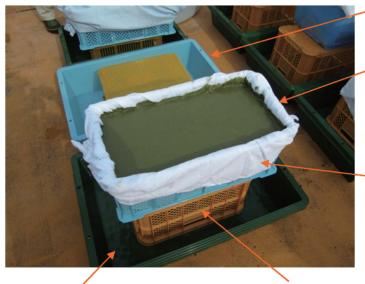
Prepare a destination tray in advance

Because turbid liquid containing high concentration of radioactive materials is produced at first in the filtration using a sheet, move the filter to the fresh empty receiving tray when the filtrated water has become clear.



Transfer sludge using a small pump

Prepare two sets of a filter stand in a tray. Prepare a filter by putting a sheet on the net basket or container on the filter stand.



Tray for collecting initially filtrated water

Sheet

Use Jacquard or Flat sheet. The former is coarser, and thus shows faster filtration.

Precipitate receiving net basket covered with a sheet.

Use a basket with a net side and bottom.

Tray to receive filtrated water

Filter stand

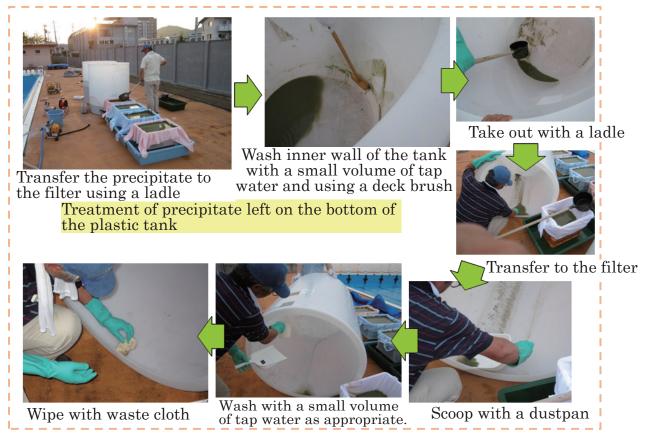
During the filtering using a sheet, turbid liquid containing high concentration of radioactive materials is produced at first as is seen in the photo. Change the receiving tray when the filtrated water has become clear. Apply filtration to the water produced at first again.

Conduct the filtration using several filters with a sheet in parallel.



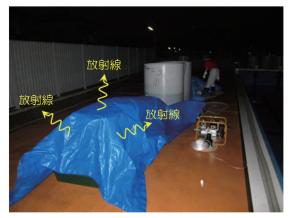
Jute sacks may also be used for the filtration instead of the sheet. The jute sack that is coarser than the sheet has an advantage of short filtering time, but also has a disadvantage of passing fine precipitate through.

Scoop precipitate left in the bottom of the 1 ton plastic tank as much as possible using ladles and put it into filters with a filter cloth. Wash inner wall of the tank by adding small quantity of the tap water and rub away the precipitate on the wall. Tumble the tank gently to scoop the residual precipitate as much as possible using a dustpan or other tools, and feed it into the filter. Finally, wipe the inner wall of the tank with waste cloths.



Cover the filters with a sheet with a blue sheet and keep it for one night as shown in the photo below. The next day, measure the radioactivity of the filtrated water in the tray. Write down the results in the form, Record 11: Radioactivity concentration in the water after filtration using a filter with a filter cloth. When the radioactivity concentration is lower than the criteria for discharge, then discharge the water in the tray.

Cover the filter with a blue sheet and put weights to prevent blowing out in order to protect it from rain water, and leave it for one night. Put an indication "Caution: Radiation source" on the blue sheet. On the next day, recover the filtrated water in the tray.



Filters covered with a blue sheet



Check for radioactivity concentration before discharging the filtrated water

This is a blank page.

Record 11: Radioactivity concentration in the water after filtration using a filter with a filter cloth Measurement date: $\frac{Month}{Month}$ Day $\frac{Year}{N}$

Discharge		Yes • No	Yes • No	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m No}$	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m No}$	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m A}$	Yes • No	Yes • No	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m No}$	vo vo	m Yes • No	Yes • No	Yes • No	$_{ m oN}$ $ullet$ seX	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m V}$	vo vo seX		Yes • No	Yes • No	Yes • No	$_{ m oN}$ $ullet$ se $_{ m N}$										
(Bq/L	Total																														
Radioactivity concentration	Cesium-137																														
Radioact	Cesium-134																														
Filter No.		_	2	က	4	2	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
Sampling time		: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)										

- (7) Treat water and precipitate left in the pool (2nd and 3rd treatment)
- (a) Pump up water and precipitate left on the bottom of the pool into 1 ton plastic tanks.

Find a drain port on the bottom of the swimming pool and wipe precipitate with water using wipers toward the drain port (photos below) while pumping up precipitate with water at the drain port using an engine pump into 1 ton plastic tanks. Avoid pumping up water only, because it leads to a difficult condition for the precipitate being pumped up. Make efforts to pump up precipitate as much as possible.



Wipe precipitate with water using wipers toward the drain port while pumping up precipitate with water.

Pour the pumped up water containing precipitate into the 1 ton plastic tanks as shown in photos below.



Transfer pool water containing precipitate into 1 ton plastic tanks.

Pump up water and precipitate lesft in the drain port on the bottom of the pool

into 1 ton plastic tanks using a medium to small capacity engine pump. Scoop fallen leaves with trowels and put into a basket to drain the water. Put the drained water received in the tray into the 1 ton plastic tank.



(b) Measure radioactivity concentration of the water and precipitate in the 1 ton plastic tanks

Leave the water in the plastic tank at rest to allow precipitation. When the precipitation is completed, water and precipitate phases are clearly separated as shown in the photo below (side view).



Take samples from the supernatant of each plastic tank to measure radioactivity concentration when water and precipitate have been separated. Write down the measurement results in the form, "Record 12: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate before the 2^{nd} treatment".

Discharge the supernatant with radioactivity concentration lower than the criteria for discharge using an engine pump. Adjust position of the hose nozzle of the engine pump not to raise or pump up the precipitate.

Provide secondary treatment with the zeolite to the supernatant with radioactivity concentration higher than the criteria for discharge.

This is a blank page.

Record 12: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate before the 2nd treatment

Day

Month

Measurement date:

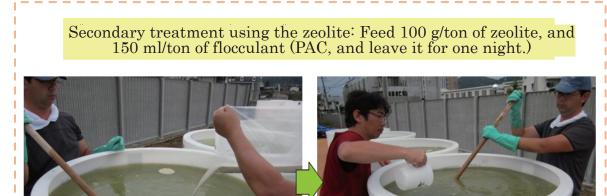
	Discharge	Yes • No	Yes • No	Yes • No	$ m Yes \bullet No$	$ m Yes ~ \cdot ~ No$	Yes • No	$ m Yes \bullet No$	Yes • No	Yes • No	$ m Yes ~ \cdot ~ No$	Yes • No	Yes • No	$ m Yes \bullet No$	$ m Yes ~ \cdot ~ No$	Yes • No	Yes • No	$ m Yes ~ \cdot ~ No$	Yes • No									
(Bq/L)	Total																											
Radioactivity concentration	Cesium-137																											
Radioactiv	Cesium-134																											
	1 ton plastic tank No.	_	2	3	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
	Sampling time	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)			

(c) Secondary treatment of the water left in the 1 ton plastic tanks

Similar to precedent works, feed 100 g of the zeolite and 150 mL of the flocculant (PAC solution) into each 1 ton plastic tank.

Pour suspended zeolite solution prepared in a separate container and stir it with a long handle ladle. After 30 minutes, add 150 ml of the flocculant (PAC solution) and stir it with a long handle ladle.

Keep the plastic tank at rest for one night to allow the zeolite and flocculant functioning sufficiently effective.



Feed the zeolite and stir with a ladle.

Feed the PAC and stir with a ladle.

(d) Measure radioactivity of the supernatant, and discharge it when it meet the criteria.

Measure the radioactivity of the supernatant in each plastic tank. Write down the measurement results in the form, "Record 13: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate after the 2nd treatment"

Discharge the supernatant using a medium capacity engine pump while taking care of not to pump precipitate when the radioactivity concentration meets the criteria for discharge. When it does not meet the criteria for discharge, provide 3rd treatment as described in the section (e).

Record 13: Radioactivity concentration in the pool water and precipitate after the 2nd treatment

Day

Month

Measurement date:

Discharge)	Yes • No	Yes • No	$_{ m oN}$ $ullet$ No	m Ves • No	$_{ m oN}$ $ullet$ No	m Ves • No	$_{ m oN}$ $ullet$ No	$_{ m oN}$ $ullet$ SeX	$_{ m oN}$. $_{ m es}$	$_{ m oN}$ $ullet$ seX	$_{ m oN}$. $_{ m seX}$	$_{ m oN}$. $_{ m es}$	vo vo No	$_{ m oN}$ $ullet$ es	$_{ m oN}$. $_{ m es}$	m Yes • No	$_{ m oN}$. $_{ m seX}$	$_{ m oN}$ $ullet$ sə $_{ m N}$	yes • No	vo vo	vo vo	$_{ m oN}$ $ullet$ sə $_{ m N}$	$_{ m oN}$ $ullet$ es	${ m Yes}$ • ${ m No}$			
(Bq/L)	Total																											
ion	Cesium-137																											
Radioactiv	Cesium-134																											
1 t plastic tank No.	4	1	2	3	4	2	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Sampling time)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)			

(e) 3rd treatment of the supernatant and precipitate

When the radioactivity concentration of the supernatant after secondary treatment is higher than the criteria for discharge, transfer the water in the 1 ton plastic tank to 100 L tank using a small capacity engine pump where 3rd treatment is conducted using the zeolite (photos shown below). Measure the radioactivity of the transferred water and write down the measurement results in the form, "Record 14: Radioactivity concentration in the supernatant before the 3rd treatment".

Add zeolite to the water in the 100 L tank. No flocculant (PAC) is used in the 3rd treatment.

Transfer supernatant with the radioactivity concentration higher than the criteria for discharge to the 100 L tank using a small capacity engine pump, and provide 3rd treatment using the zeolite.





Add zeolite only for the 3rd treatment

Treat the precipitate left on the bottom of the tank using the same method as that applied to the precipitate left on the bottom of the plastic tank, as described in the section "(6) Treat the precipitate left on the bottom of the 1 ton plastic tanks".

Keep at rest for one night and measure radioactivity concentration of filtrated water accumulated in the tray, and write down the results in the form, "Record 15: Radioactivity concentration in the water after filtration with a filter cloth".

When the radioactivity concentration is lower than that in the criteria for discharge, discharge the water in the tray. When it is higher, dilute the water with the tap water, and discharge it after checking for the compliance.

Record 14: Radioactivity concentration in the supernatant before the 3rd treatment

Year

Day

Month

Measurement date:

	Discharge	Yes • No	m Yes • $ m No$	Yes • No	m Yes • $ m No$	m Yes • $ m No$	Yes • No							
(Bq/L)	Total													
Radioactivity concentration (Bq/L)	Cesium-137													
Radioacti	Cesium-134													
1001 toul M.	100L tank No.	_	2	8	4	5	9	7	8	6	10	11	12	
O	Sampling time	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)	: (AM, PM)								

Record 15: Radioactivity concentration in the water after filtration with a filter cloth

Year

Day

Measurement date: Month

D::-0	Discharge	Yes • No												
(Bq/L)	Total													
Radioactivity concentration (Bq/L)	Cesium-137													
Radioact	Cesium-134													
T:11	FIITEF INO.	_	2	က	4	5	9	7	∞	0	10	11	12	
	Sampling time	: (AM, PM)												

(8) Bag in the sludge after filtrating the precipitate

Bag in the sludge left on the filter cloth (sludge) after binding both ends of the sheet as shown in the photo. Mark a number with a felt pen on the surface of the bag to identify which sheet was used for the filtering.

The mouth of the bags shall be twisted, folded back and closed with a banding band. Put the bags into additional plastic bags, forming a double packing. The outer bags shall also be twisted, folded back and closed with a banding band.



Measure the dose rate of each bag on the surface using a radiation detector. If possible, weigh the bag (weight by the kilogram is acceptable). Write down the results in the form, "Record 16: Dose rate measured on the surface of bags that contains the sludge".

A tentative storage area during the work and the place for the temporary storage of the sludge needs to be selected after careful consideration, since the sludge contains relatively large quantity of radioactive materials.

Record 16: Dose rate measured on the surface of bags that contains the filter sludge

Measurement date: Month Day Year

Bag No.	Dose rate on the surface (µSv/h)	Weight (kg)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg
21	μSv/h	kg
22	μSv/h	kg
23	μSv/h	kg
24	μSv/h	kg
25	μSv/h	kg
26	μSv/h	kg
27	μSv/h	kg
28	μSv/h	kg
29	μSv/h	kg
30	μSv/h	kg

(9) Clean the swimming pool wall

Clean the swimming pool by a conventional method. Cleaning using tap water will be acceptable, however, to be safe, the water would be better off discharging after checking the radioactivity concentration.



(10) Clearance

(a) Check the radioactivity after the work

Check the reading of the personal dosimeter, and fill in the form, "Record 6: Record of personal dosimeters".

(b) Put tools and equipment used for the decontamination and generated waste away.

Put clothes contaminated with radioactive materials in plastic bags separately from conventional trash so that they can be stored together with those containing the precipitate. Mark a serial number on the bag with a felt pen.

The mouth of the bags shall be twisted, folded back and closed with a banding band. Put the bags into additional plastic bags, forming a double packing. The outer bags shall also be twisted, folded back and closed with a banding band.

Measure the dose rate of each bag on the surface using a radiation detector. If possible, weigh the bag (weight by the kilogram is acceptable). Write down the results in the form, "Record 17: Dose rate measured on the surface of bags that contains waste generated during the clearance".

Record 17: Dose rate measured on the surface of bags that contains waste generated during the clearance

Measurement date: Month Day Year

Bag No.	Dose rate on the surface (µSv/h)	Weight (kg)
1	μSv/h	kg
2	μSv/h	kg
3	μSv/h	kg
4	μSv/h	kg
5	μSv/h	kg
6	μSv/h	kg
7	μSv/h	kg
8	μSv/h	kg
9	μSv/h	kg
10	μSv/h	kg
11	μSv/h	kg
12	μSv/h	kg
13	μSv/h	kg
14	μSv/h	kg
15	μSv/h	kg
16	μSv/h	kg
17	μSv/h	kg
18	μSv/h	kg
19	μSv/h	kg
20	μSv/h	kg

(c) Temporary storage of waste generated from the decontamination

Temporarily store safely the mud and fallen leaves collected during the decontamination, a flocculation/precipitation product generated by the treatment of the pool water and materials and tools used in the work but that cannot be decontaminated. The storage procedures are as follows.

Spread water sealing sheets such as blue sheet double at the predetermined place. Stack the waste bags to be stored temporarily.

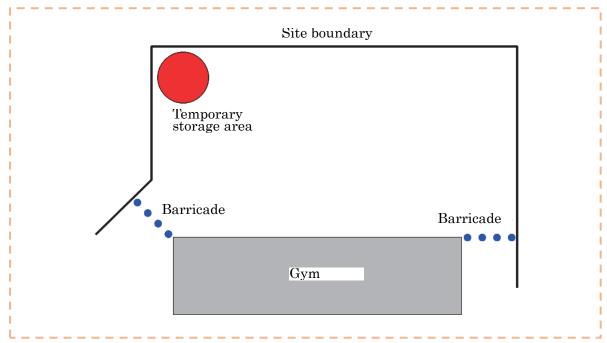
Fold up the blue sheets so that the stacked bags are packed with the sheet. Put a blue sheet cover to protect it from rain water.

Put soil on the cover sheet to stabilize the sheet, which is also expected as a shielding against the radiation.



Measure the ambient dose rate at different conditions; the condition before carrying in the waste, that in which waste bags are stacked at the planned location, that after the blue sheets, covering the waste bags, have been fixed with sand and soil, in order to recognize changes in the ambient dose rate. Write down a rough map indicating the location of the waste and measurement results in the form, "Record 18: Ambient dose rate at the temporary storage of the waste".

When sufficient shielding by the sandbag used for stabilizing the sheet is confirmed, barricade the area to prevent unnecessary human access. Sufficient care should be provided against thefts. The figure shown below is an example of the barricade.



Record 18: Ambient dose rate at the temporary storage of the waste Layout of the temporary storage

Dose rate at the temporary storage

Measurement date: Month

SHOWII ADOVE: LOSECLIEI WILLI AIDIIADEL SIEII/		
(100 - 100 -	Refore introducing	
and distance from the wastes	Delote metadang	Waste bags sta
	wastes	
Measurement point		

v/h)	After fixing with sand bags		µSv/h		µSv/h		µSv/h		h/vSu/		h/vSu	
Dose rate at a height of 1 m (µSv/h)	Waste bags stacked		µSv/h		μSv/h		μSv/h		μSv/h		μSv/h	
Dose	Before introducing wastes		µSv/h									
Measurement points (Mark x on the map	snown above, togetner with alphabet sign/ and distance from the wastes	Measurement point	Distance: m									

5. Final finishing

- (1) Measure ambient dose rate at the condition without pool water
- (a) Measure the ambient dose rate at the bottom of the swimming pool and pool side.

Survey ambient dose rates at the same measurement points as those before starting the work (Record 2: Ambient dose rate map of the swimming pool and pool side before the work)

Measurement points are at four corners and the center, in principle, of the bottom of the swimming pool. Add locations where drain water is collected such as drain port as measurement points.

Write down the measurement results in the form, "Record 19: Ambient dose rate map at the pool and pool side".

(b) Survey ambient dose rate at the places used for the work

Survey ambient dose rate at the same measurement points as those in the swimming pool, outlet to external water way, along work flow lines, temporary storage of waste surveyed before starting the procedures, and write down the measurement results in the form, "Record 20: Ambient dose rate map in the work area (after the work)".

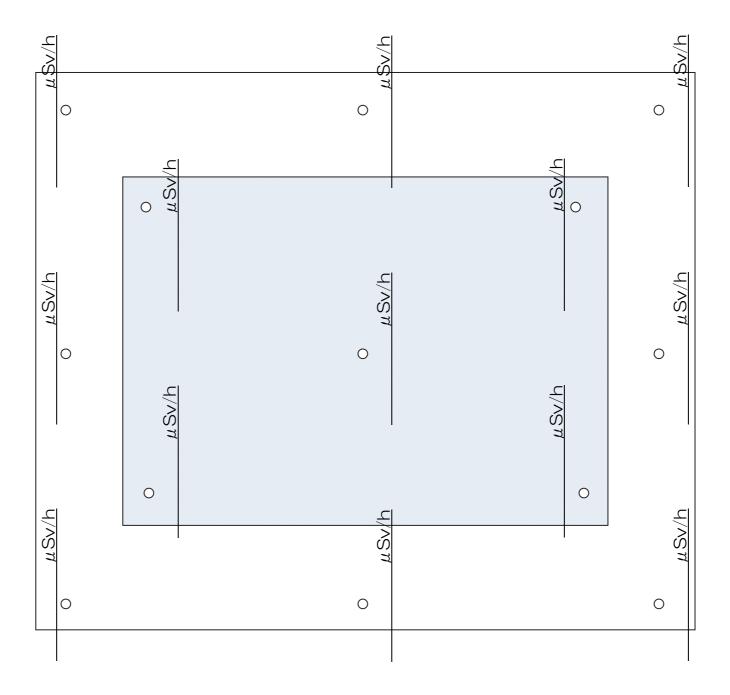
Record 19: Ambient dose rate map at the pool and pool side

Add a foot washing pond, a locker room, tool yard, etc. as appropriate. Measure the dose rate at the places where frequent access is required during the work, among them.

At the completion of the work, measure the dose rate around the drain ports in the swimming pool, and fill the results in

Indicate a direction with an arrow in a circle with the head north

Year DayMeasurement date: Month



Year Day Measurement date: Month

Record 20: Ambient dose rate map in the work area (after the work)

(2) Review the entire work

Review the following check list to verify the completion of the work.

Is there any place where the ambient dose rate has changed significantly from that before starting the work, as checked in the section 3. (2) (c)?
() No significant change at any point. → Acceptable!
 () Significant change at some points. → Investigate the causes, and provide decontamination there, if necessary.
→ Measure the dose rates again.

 () Dose rates significantly higher than those before starting the work. ↓ → Fixed contamination is assumed. Consult with responsible persons from the school, communities and JAEA.
How to deal with the fixed contaminations

(3) Measure the radioactivity concentration of the pool water after filling water into the swimming pool

Fill the swimming pool with water. When filled, measure radioactivity concentration of the fresh pool water to verify the compliance with the criteria for utilizing swimming pools with respect to radioactivity concentration, as defined in the section 2.(2)A..

• Radioactivity concentration of the fresh pool water :	
	Bq/L

This is the end of the decontamination procedures.

You did a fine job!

6.]	References
(1)	Criteria that you should be familiar to
(a)	Utilization of swimming pools
	Utilization of outdoor swimming pool at schools in Fukushima (July 16, 2011, MEXT)
	Guideline for radioactivity concentration in swimming areas (June 24, 2011, MOE)
(b)	Quality of swimming pool water at schools School environmental health standard (march 31, 2011, MEXT Notice No. 60) Criteria for the school environmental health (February 10, 2004, MEXT decision)
(c)	School life
	Basis of the tentative policy issued on May 27, 2011, stating that radiological exposure at schools shall be suppressed below 1 mSv in a year (July 20, 2011, MEXT)
(d)	Tap water
(a)	Measures against accidents in Fukushima Daiichi and Daini Nuclear Power Plants (March 19, 2011, MHLW) Waste
	Policy on the treatment of wastes and refuses due to disaster in Fukushima (June 23, MOE)
(f)	Effluent
	Water Quality Pollution Control Act (December 25, 1970, Law No. 138)

(2) Radioactivity measurement methods

There are several types of radioactivity measurement method, and each of these methods has its own merits and demerits. Here, we listed features of two typical types of detector, germanium (Ge) solid-state detector and sodium iodine (NaI) scintillation counter.

		37.7 (m)
	Ge solid-state detector	NaI (Tl) scintillation counter (Commercially available as food monitor, etc.)
Description	• Place a sample cell on the detector within a radiation shield, and output signals are subjected to the pulse-height discriminator.	• Place a sample cell on the detector within a radiation shield, and output signals are subjected to the pulse-height discriminator.
Operability	 Operation by experts Difficult to quantify at the site 	• Some types are operable by non-expert operators
Accuracy	 Standard radiation measurement method Superior energy discrimination capability Detection limit (10 minutes measurement): < 30Bq/L 	 Standard radiation measurement method Good energy discrimination capability Detection limit (10 minutes measurement): < 60Bq/L
Cost	×• > 10 M Yen	• 2-5 M Yen
Other remarks	• 10-20 thousands yen/sample when commissioned to specialized institutions (e.g. Institute of Radiation measurements)	 Aloca: CAN-OSP-NAI ORTC: FoodGurard-1TM Berthold: LB200,LB2045 OHYO KOKEN: FNF-401

JAEA-Testing 2011-007

7. When you find anything you want to know - For concluding remarks

This guide intended the use by the general public who have not involved in any

radiological work when they will be involved in decontamination of a swimming

pool while ensuring their own safety. Also intended was to make the guide generic

so that the guide could be used for decontamination of swimming pools as many as

possible.

Therefore, there may be many questions or vague points on details of the work or

adaptation to a specific swimming pool when implementing the guide. Please

don't hesitate to consult us in those cases.

As described in the introduction of the guide, please inform us anything you notice

about the guide that could be changed or added to make it better.

We will support you using all of experiences and knowledge we have. We will be

happy if we could get contacted by you.

Contact information

Japan Atomic Energy Research Agency

Headquarters of Fukushima Partnership Operations

Fukushima Environmental Safety Center

Address: Yunix Building 7 F

6-6, Sakae-cho, Fukushima-city, Fukushima-pref. 960-8031

Phone:

+81-24-524-1060

4 まとめ

東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が広範囲に拡散・蓄積した。このため、屋外プールの水から放射性物質が検出され、利用再開に向けた排水ができなくなったプールが相当数発生した。このため、原子力機構では、学校プール水の除染方法についての実証試験を行うとともに、除染方法を一般化したマニュアルを作成することとし、このためのチームをつくり、平成23年6月から9月にかけて活動した。

実証試験を開始するにあたり、除染処理後に排出するプール水中の放射性セシウム濃度については、環境省が示した水浴場における暫定規制値 50Bq/kg ではなく、厚生労働省が示した上水についての暫定規制値 200Bq/kg がより妥当性が高いことから、学校、自治体、地元関係者等との事前打ち合わせでは、この規制値により排水の可否を決めることで了解を得た。

実証試験では、除染作業に一般の方が参加することを念頭に置き、危険を伴わない方法、可能な限りシンプルな方法、確実性が高い方法、適用範囲が広い方法、特殊な装置や資材が不要な方法とするために、ゼオライトと凝集剤 PAC を用いた凝集沈殿法について重点的に試験を行った。プールに直接ゼオライトや凝集剤を投入する方法および1トンポリタンクを用いたバッチ式で処理する方法について検討し、多少の手間がかかっても確実性を優先し、ポリタンクを用いる方法を選択した。その上で、ゼオライトと PAC の添加量、添加方法、添加のタイミング、処理開始前、処理途中、処理後のプール水の放射能濃度と pH の管理、プールの底に溜まった沈殿物のろ過回収法、凝集沈殿物の一時保管方法などについて検討に加えた。また、作業者の安全確保と放射線管理の方法についても検討を加えた。

7 校 8 箇所のプール水除染の実証試験を通して、ゼオライトと凝集剤を用いた凝集沈殿法が有効であることを確認した。これら、実証試験において得た貴重な知見から、操作のエッセンスを抽出し、これを「学校プール水の除染の手引」にまとめることができた。3 ヵ月ほどの短い期間において、当初目的を達成した。

謝辞

実証試験の実施に当たって、各学校の先生方、父兄の皆様、地元の皆様にご理解とご協力を頂いたことに深く感謝いたします。特に、原子力機構との窓口役を快くお引き受け頂いた福島大学の斎藤栄一氏、伊達市の佐藤真氏には、そのご尽力に対し深く感謝いたします。

実証試験後半で、がんばろう福島!絆づくり応援事業を通して除染作業に取り組んで下さった 皆様の真摯で前向きな取り組みに対して敬意を表するとともに、感謝いたします。

このほか、中山真一福島技術本部福島環境安全センター副センター長をはじめ、企画調整部、福島環境安全センター(旧・環境支援部)を始め、ご協力下さった全ての方々に感謝いたします。

国際単位系(SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位						
- 本半里	名称	記号					
長 さ	メートル	m					
質 量	キログラム	kg					
時 間	秒	s					
電 流	アンペア	A					
熱力学温度	ケルビン	K					
物 質 量	モル	mol					
光 度	カンデラ	cd					

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	SI 基本単位		
知立重	名称	記号		
面	積 平方メートル	m ²		
体	積立法メートル	m^3		
速 さ , 速	度メートル毎秒	m/s		
加速	度メートル毎秒毎秒	m/s^2		
波	数 毎メートル	m ⁻¹		
密度,質量密	度キログラム毎立方メートル	kg/m ³		
面 積 密	度 キログラム毎平方メートル	kg/m ²		
比 体	積 立方メートル毎キログラム	m³/kg		
電 流 密	度アンペア毎平方メートル	A/m ²		
磁界の強	さアンペア毎メートル	A/m		
量濃度 ^(a) ,濃	度モル毎立方メートル	mol/m ³		
質 量 濃	度 キログラム毎立法メートル	kg/m ³		
輝	度カンデラ毎平方メートル	cd/m ²		
屈 折 率	(b) (数字の) 1	1		
比 透 磁 率	(b) (数字の) 1	1		

- (a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

	SI 組立単位			
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方
平 面 角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立 体 角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 (b)	$m^{2/}m^2$
周 波 数	ヘルツ ^(d)	$_{\mathrm{Hz}}$		s^{-1}
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	$m^2 \text{ kg s}^{-2}$
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電 荷 , 電 気 量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧),起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静 電 容 量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^{-2} A^{-1}$
磁 束 密 度	テスラ	T	Wb/m ²	$kg s^{-2} A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	$^{\circ}$ C		K
	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照度	ルクス	lx	lm/m ²	m ² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与,	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 s^{-2}$
カーマ		3,5		0
線量当量,周辺線量当量,方向性線量当量,個人線量当量	シーベルト (g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸 素 活 性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはや

コヒーレントではない。 (b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明

実際には、使用する時には記ずTauxvosia/10. (a)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度階層を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能(activity referred to a radionuclide)は、しばしば融った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト(PV,2002,70,205)についてはCIPM勧告2(CI-2002)を参照。

表4. 単位σ	中に固有の名称と記号を含		位の例		
	SI 組立単位				
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方		
粘度	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹		
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2 \text{ kg s}^{-2}$		
表 面 張 力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²		
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹		
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²		
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³		
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$		
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$		
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²		
熱 伝 導 率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹		
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²		
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹		
電 荷 密 度		C/m ³	m ⁻³ sA		
	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m 2 sA		
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA		
誘 電 率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$		
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²		
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹		
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹		
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA		
吸 収 線 量 率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ^{*3}		
放 射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³		
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³		
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m³	m ⁻³ s ⁻¹ mol		

乗数 接頭語 乗数 接頭語 記号 記号 10^{24} 10 d 10^{21} 7. 10.2 c 10^{18} Е 10.3 m 10^{15} Р 10^{-6} 10^{12} Т 10^{-9} 10^9 G $10^{\cdot 12}$ р 10^{6} Μ 10^{-15}

SI 接頭語

10⁻¹⁸

10⁻²¹ ゼ

10.24

h

da

10³

 10^{2}

 10^{1}

表 6. SIに	属さない	ヽが、SIと併用される単位
名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	0	1°=(п/180) rad
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(n/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, 1	1L=11=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	$1t=10^3 \text{ kg}$

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値			
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J			
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg			
統一原子質量単位	u	1u=1 Da			
天 文 単 位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m			

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

	名称		記号	SI 単位で表される数値
バ	_	ル	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オン	グストロー	ーム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海		里	M	1 M=1852m
バ	_	ン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm)2=10 ⁻²⁸ m ²
1	ツ	ト	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネ	_	パ	Np	SI単位との数値的な関係は、
ベ		ル	В	対数量の定義に依存。
デ	ジベ	ル	dB ~	

±0 田右の夕新な↓ ○CCC知立単位

表 9. 固有の名称をもつUGS組立単位					
名称	記号	SI 単位で表される数値			
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J			
ダ イ ン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N			
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s			
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{cm}^2 \text{ s}^{-1} = 10^{-4} \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$			
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²			
フ ォ ト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx			
ガル	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²			
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$			
ガ ウ ス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{-2} = 10^{-4} \text{T}$			
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe △ (10³/4π)A m ⁻¹			

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 △ 」は対応関係を示すものである。

	表10. SIに属さないその他の単位の例					
	3	名称	;		記号	SI 単位で表される数値
牛	ユ		IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レ	ン	卜	ゲ	ン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ				ド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レ				A	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガ		ン		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	工		ル	3		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	ートル	系)	カラッ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
卜				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力	口		IJ	_	cal	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー),4.1868J (「IT」カロリー)4.184J(「熱化学」カロリー)
ŝ	ク		ロ	ン	μ	$1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$