

② 福島大学附属中学校での 活動記録

プール除染の準備

【プール除染における処理量】	想定量	実際の処理量
プール水全量	1.2x14x25=420t	→1.0x14x25=350t
3/4を排水後残量	330/4=82t	→6t
1tタンクによる二次処理	82t/10=8.2 cycles	→1 cycle
1日あたり処理量	4 cycles/day	
除染処理後の予想残査量	50Lx20=1000L	→1000L

【処理に必要な薬剤等】 想定量	実使用量
ゼオライト量: 420 x 0.1 kg=42 kg	(35kg)
PAC量: 420 x 0.2L=84 L	(70L)

注意！実際は1/3の能力(約200L/min)

【作業に用いる主な装置と主な用途】

大型ポンプ(2台、口径80mm、最大950L/min)
 中型ポンプ(3台、口径50mm、最大600-650L/min)
 小型ポンプ(2台、口径25mm、最大115L/min)
 プール水(深さ10, 50, 90cm)採取器具
 汚泥ろ過用(トロ缶、網かご大、網かご小)

プール水攪拌
 プール水攪拌、排水
 汚泥を除去後の汚染水の移動。
 作製
 12セット

1

福島大学附属中学校プール除染の大まかな流れ

	7/23(6)	7/24(8)	7/25(8)	7/26(15)	7/27(20)	7/28(25)
μSv/day(人)	6	8	8	15	18	25
主要な 処理工程	ゼオライト 一次処理	処理済プー ル水の排水	ゼオライト 二次処理	汚泥濾取と 排水	汚泥濾取と 排水	汚泥の 最終処理
AM 9:00-12:00		④処理後の 放射能評価 ★ 上澄排水開 始(98cm)★	⑤一次上澄 み排水★ (~5cm)	二次上澄み 排水★ 汚泥濾取	⑨汚泥ろ取 ★ ↓	ろ液の放 射能評価 ★
PM-1 12:00-15:00	①処理前の 放射能評価 ★	⑤上澄排水 (~40cm)★ ポンプ3台	タンクへの 汚泥移動 (6t)	⑧排水溝 洗浄 ↓	↓	⑨ろ取した 汚泥の袋 詰★
PM-2 15:00-18:00	②③ゼオラ イト処理 35kg, 70L	⑤上澄排水 (~15cm)★ ポンプ2台	⑦ゼオライ ト二次処理	⑨汚泥濾取 ★	⑨汚泥ろ取 ★	後かたづ け

★:ゲルマニウム検出器による10, 50, 90cm深さの放射能測定

★:ポンプ排水1時間ごとの放射能測定

★:ポンプ排水15~30分ごとの放射能測定

★:排水するろ液および廃棄物の放射能測定の実施を示す

2

福島大学附属中学校プール除染の大まかな流れ

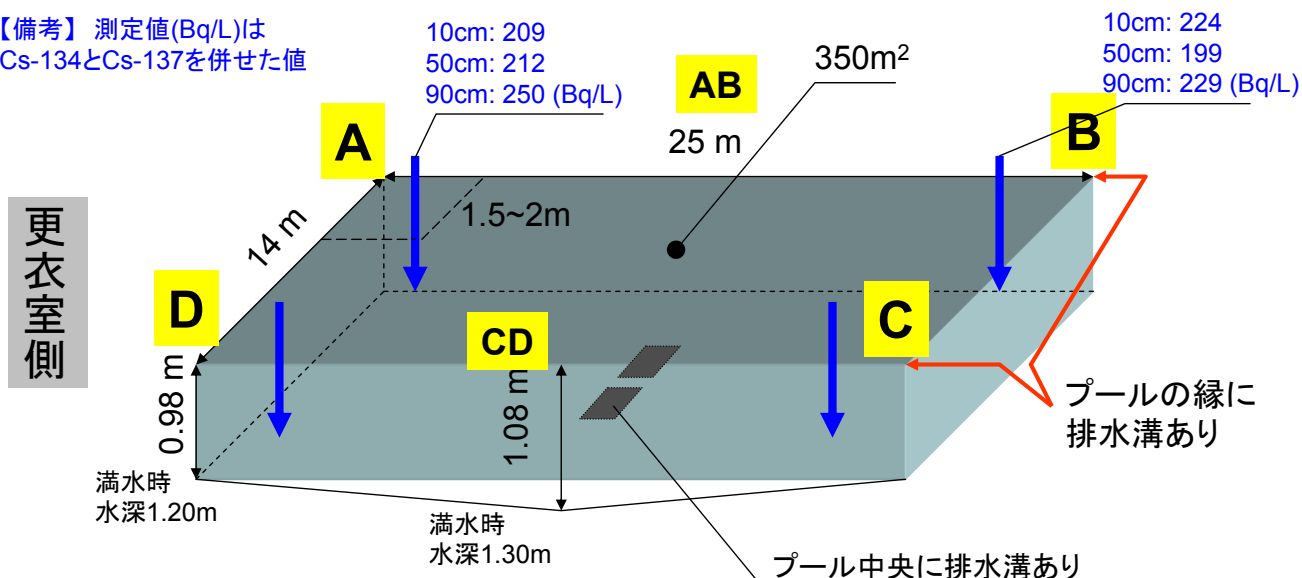
	7/23(6)	7/24(8)	7/25(8)	7/26(15)	7/27(20)	7/28(25)
μSv/day(人)	6	8	8	15	18	25
汚染レベル評価 ①, ④	⇒ 処理前★	⇒ 処理後★				⇒ 注水後★
ゼオライト処理 ②, ③, ⑦	⇒ プール(1次)		⇒ タンク(二次)	⇒	⇒	
上澄の排水 中型ポンプ使用 ⑤		⇒ (~40cm)★ 中型3台	⇒ (~5cm)★ 中型2台	⇒ 二次上澄 の排水★		
排水溝除染 ⑥				⇒	⇒ プール清掃	
汚泥濾取 ⑧,				⇒	⇒	⇒ 汚泥の 最終処理★

4日間で終わるには → 1日に短縮化 → 1日に短縮化

Day-1 Day-2 Day-3 Day-4³

① プール水の放射能レベルと処理量の確認

【備考】測定値(Bq/L)は
Cs-134とCs-137を併せた値



【プール水の処理前の放射能レベルを計測する】

各コーナーから約2mの位置の水深10, 50, 90cm位置を採水し、処理前の放射能を測定する。

【プールの大きさを計測するとともに、排水溝の位置を確認する】

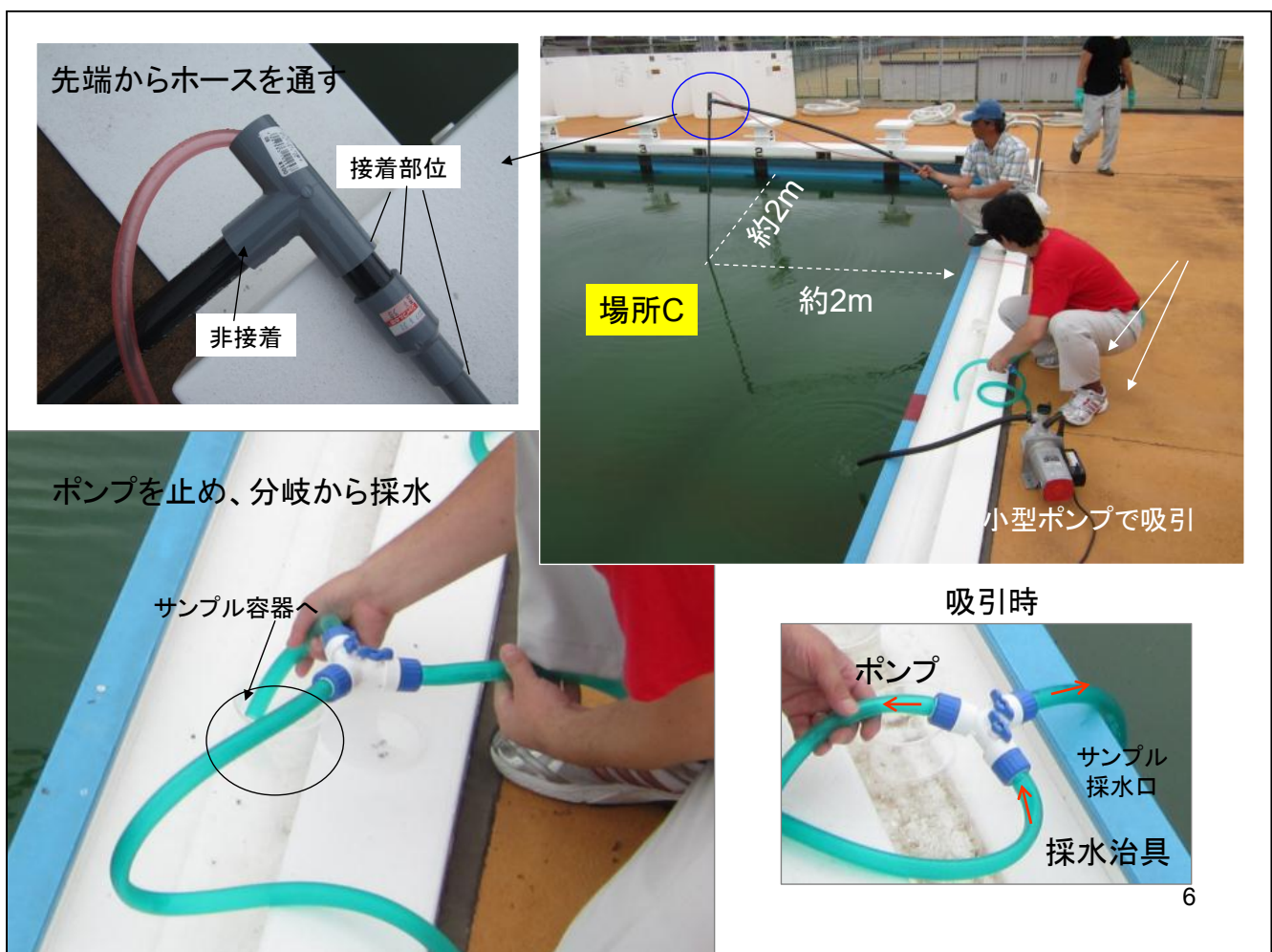
プールの大きさは、0.98x14x25m。従って、深さ10cmのプール水の体積は、35tになる。中央が10cm低いので、四隅の底が現れたときにまだ17tのプール水が存在する。プールの排水溝は中央に1箇所(ふた2つ)とプールに沿うように2箇所存在。

プール水(ゼオライト処理前)の放射能濃度(場所、深さごと)

(110723)

Date	Time	場所	Cs134	Cs137	Total
7/23	13:00	A-10	106	103	209
	13:00	A-50	92.2	120	212
	13:00	A-90	92	158	250
	13:05	B-10	99	125	224
	13:05	B-50	84	115	199
	13:05	B-90	95	134	229
	13:10	C-10	101	115	216
	13:10	C-50	96	108	204
	13:10	C-90	88	148	236
	13:15	D-10	114	144	258
	13:15	D-50	100	128	228
	13:15	D-90	129	144	273

5



6

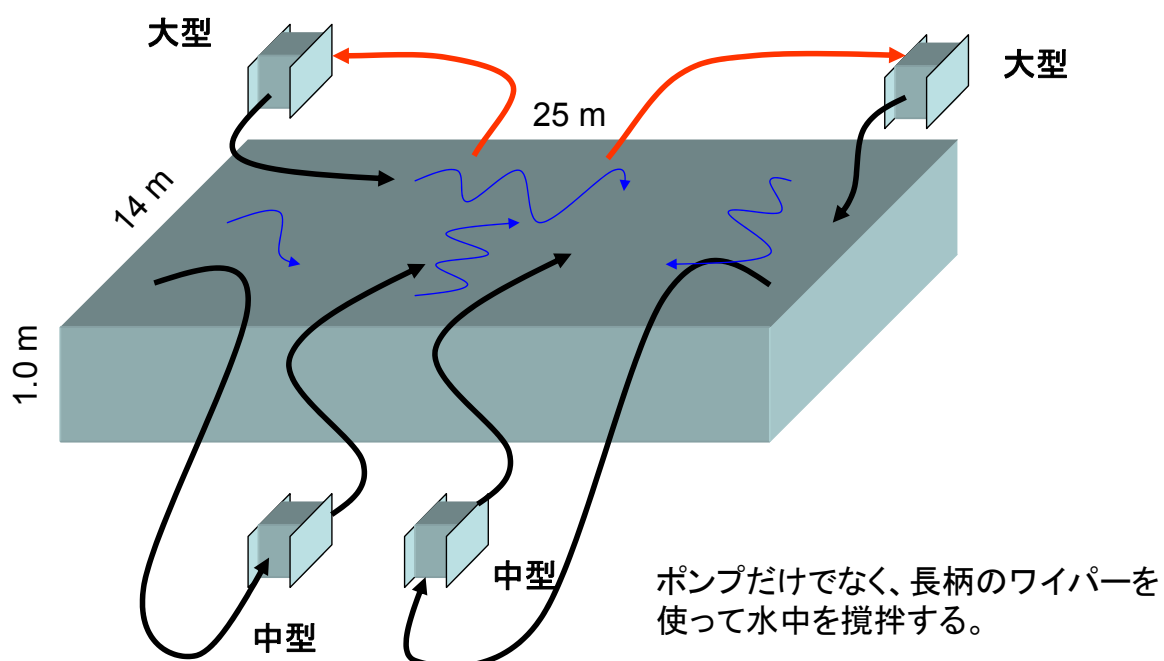
ゲルマニウム半導体検出器(移動式)



7

② ポンプでプール水を攪拌

大型ポンプ2台、中型ポンプ2台でゼオライト投入前まで約**2時間**攪拌

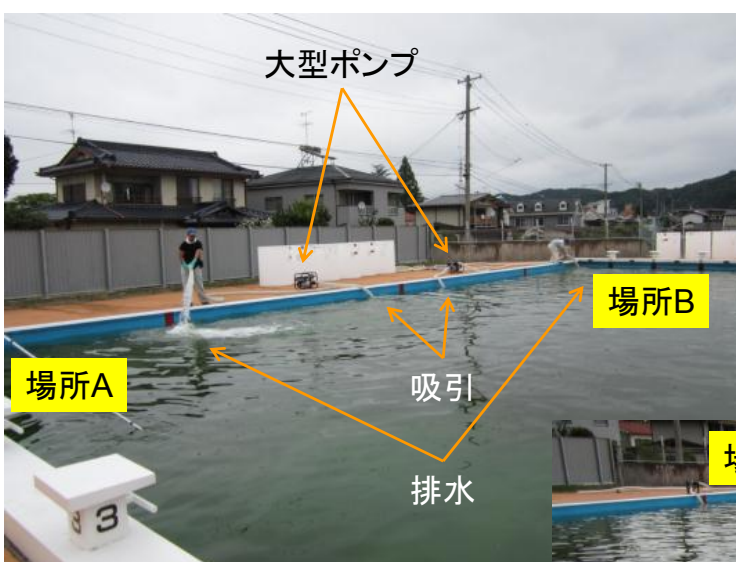


8

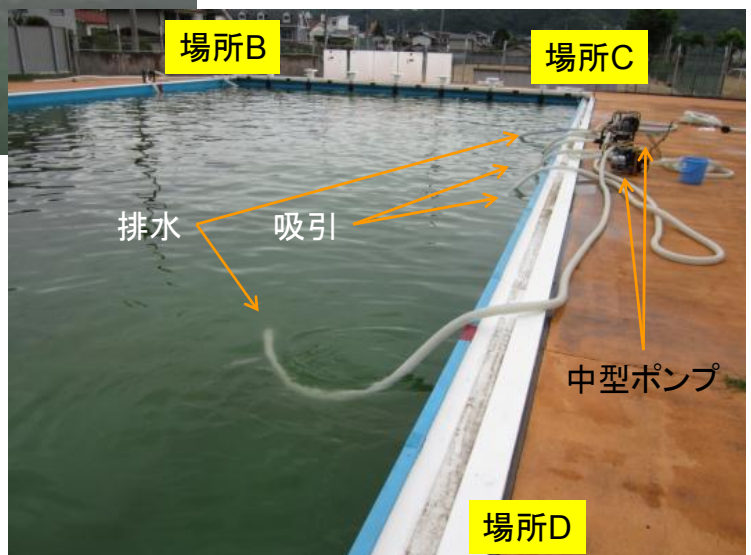


中型・大型ポンプで攪拌

水流の淀む箇所を手作業で攪拌



ポンプ・ホース配置



ポンプ・ホース配置

ポンプへのホース接続の注意点

【大型ポンプについて】



チューブ



ホースジョイント部



大型ポンプのホースジョイント部(口径80mm)のOリングが紛失していた。
適したOリングを入手できなかったため、テフロンチューブで代用。

【中型ポンプについて】



中型ポンプのホースジョイント部(口径50mm)は樹脂製と金属製の2種類がある。同質のジョイントを用いないと、ホースを接続できない。

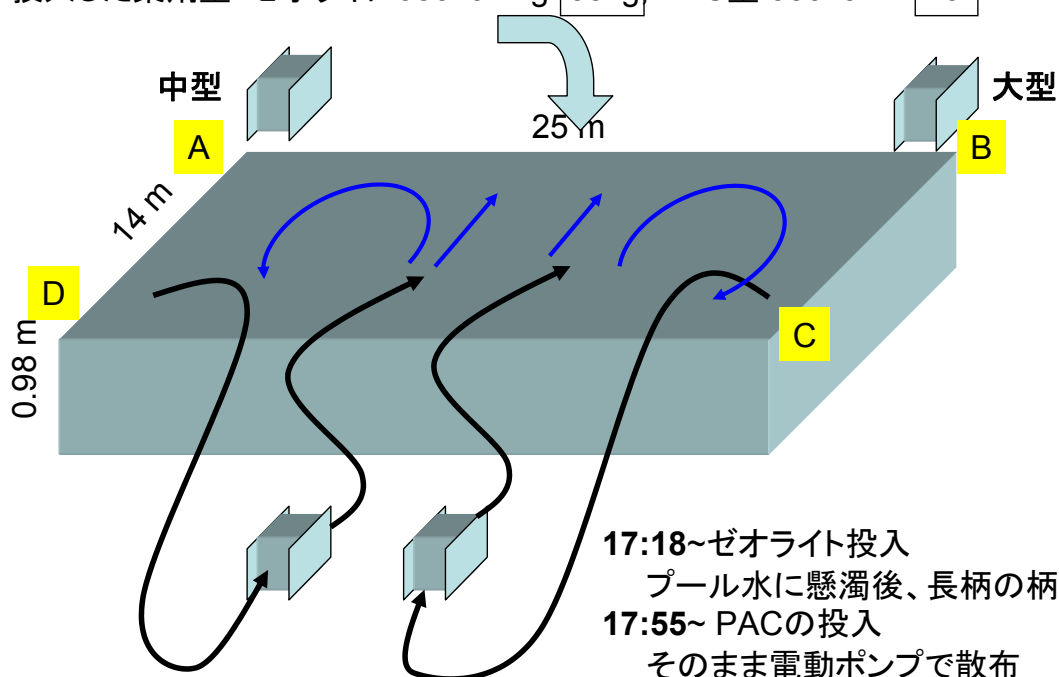
こちらもホースジョイント部のOリングの脱落があるので注意

11

③ プール水を攪拌しながらゼオライト, PACを投入

ゼオライト投入から攪拌終了まで約1時間

投入した薬剤量: ゼオライト/350x0.1kg=35kg, PAC量/350x0.2L=70L



17:18~ゼオライト投入

プール水に懸濁後、長柄の柄杓で投入

17:55~ PACの投入

そのまま電動ポンプで散布

(2倍程度に希釈した方が蒔きやすい)

18:19 攪拌終了

12



使用したゼオライト(25kg入り)

ゼオライト投入量は、
合計35kg(1袋と10kg)

ゼオライト(10kg)を計量



プール水でゼオライトを懸濁
(風で飛びやすいので
吸わないように注意！)

ゼオライトの投入作業

プールの縁から柄杓でゼオライト
懸濁液を散布
(ゼオライトの拡散がわかる)



PAC(70L)の散布作業

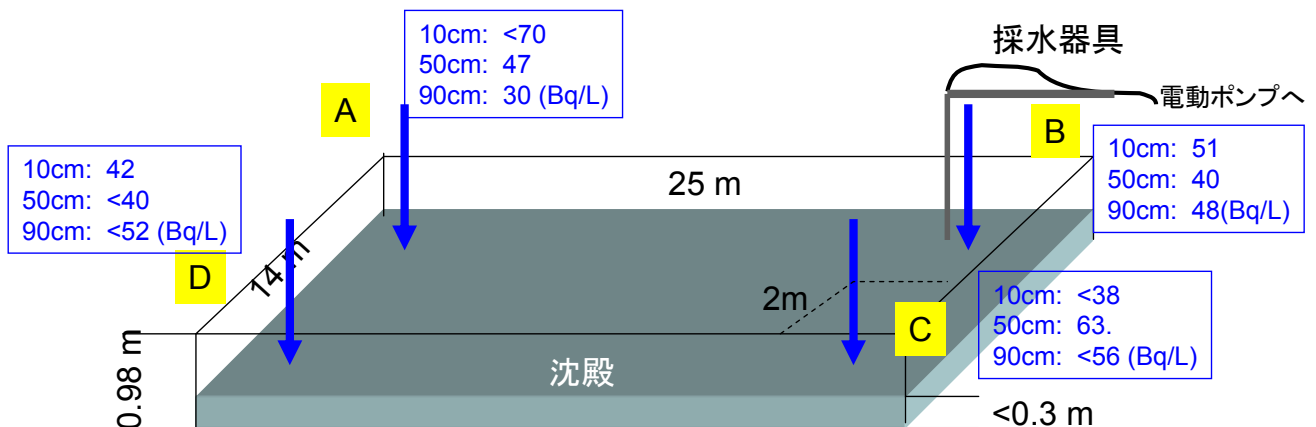


PAC(70L)を計量
(目分量)



ゼオライト・PAC散布直後・採水
(場所A:241Bq/L, 場所C:189Bq/L)

④ ゼオライト処理後のプール水のサンプリング



【ゼオライト処理後のサンプリング】

A-Dコーナーから約2m、深さ10cm, 50cm, 90cm位置で、約500mLずつサンプリングし、ゲルマニウム検出器で放射能濃度を測定した。(青カッコ内の数値)プール深さ90cmまでは一括排水可能と判断した。

【備考】

- 測定値(Bq/L)はCs-134とCs-137を併せた値
- Cs134または137のいずれかが測定限界値以下の場合、いずれかの数値を2倍した値より低いと表示した。

ゼオライト処理直後のプール水の放射能レベル

Date	Time	場所	Cs134	Cs137	Total
7/23	16:30	A out	126	162	288
	18:15	ゼオライトA	104	137	241
	18:15	ゼオライトC	80	109	189

ゼオライト処理後のプール水の放射能レベル(場所、深さごと)

Date	Time	場所	Cs134	Cs137	Total
7/24	09:00	A-10	ND	35	35
	09:00	A-50	15	32	47
	09:00	A-90	13	17	30
	09:05	B-10	16	35	51
	09:05	B-50	20	20	40
	09:05	B-90	18	30	48
	09:10	C-10	LTD	19	19
	09:10	C-50	31	32	63
	09:10	C-90	LTD	28	28
	09:15	D-10	17	25	42
	09:15	D-50	ND	20	20
	09:15	D-90	LTD	26	26

17

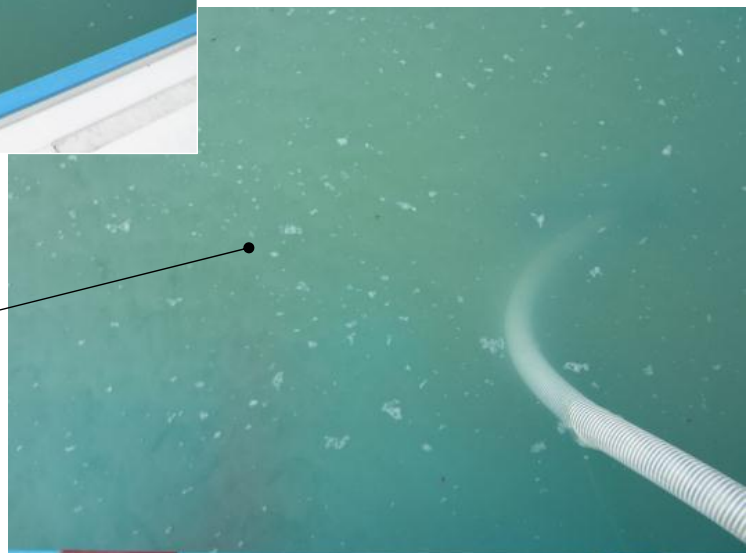


タンク処理と同様にプール底に黄緑色の沈殿が観測された。上澄みはやや濁っていた。

ゼオライト・PAC散布一晩後(拡大)

ゼオライト・PAC散布後、一晩たったあとのプール水面の様子

プール底に沈殿が観測できる。





小型ポンプでプール各深さ
(10, 50, 90cm)の
処理水を採水
(写真は場所D)

場所A-D, 深さ10, 50, 90cm
いずれも100Bqを越えるもの
はなかった。

ゼオライト・PAC散布一晩後・採水
1本のペットボトルに採水した。

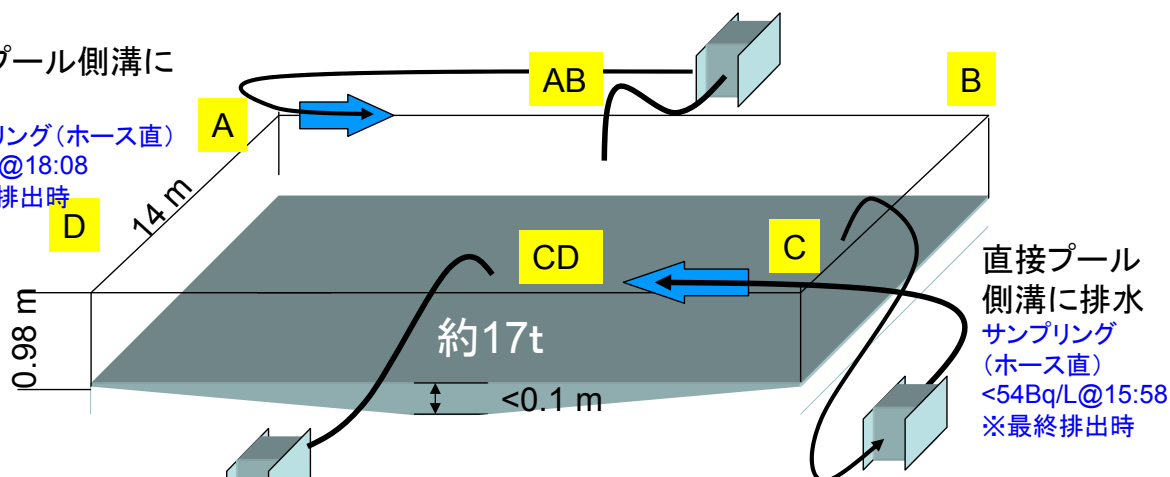


⑤ ゼオライト処理水の排水

放射能濃度を経時的に確認しながら、中型ポンプで深さ10cm(残り17t)を目標に排水する。最終的には約10時間で残り6tまで排水できた。

直接プール側溝に
排水

サンプリング(ホース直)
39Bq/L@18:08
※最終排出時



直接プール
側溝に排水
サンプリング
(ホース直)
<54Bq/L@15:58
※最終排出時

足洗い場で
緩衝させ排水

サンプリング
(緩衝)<50Bq/L@14:55
(ホース直)51Bq/L@18:05
※最終排出時

【処理水の排水】

処理水の排水は、プール底の沈殿物を乱さないように、深さ50cmまでは100Lタンクを、深さ10cmまではトロ缶を沈めて行う。

【排水中の放射能測定】

排水中の処理水をホースから直接(ホース直)、足洗い場で緩衝させ(緩衝)、継続的にサンプリングを行い放射能を測定。

7/24 排水の放射能濃度の推移

移動Ge車(測定:三枝) 110724														
ポンプ-A,AB					ポンプ-C					ポンプ-CD				
ホース先で約10Lをサンプリング (Bq/L)					ホース先で約10Lをサンプリング (Bq/L)					ホース先で約10Lをサンプリング (Bq/L)				
排水単位	時刻	134	137	Total	排水単位	時刻	134	137	Total	排水単位	時刻	134	137	Total
										0	10:00			
					0					1	10:45	15	29	44
0					1	11:45	16	19	35	2	11:45	20	30	50
1	12:45	22	37	59	2	12:45	26	15	41	3	12:40	16	27	43
2	14:10	17	31	48	3	14:10	24	24	48	4	14:10	20	25	45
3	15:02	24	18	42	4	14:58	21	28	49	5	14:55	14	25	39
4	16:00	20	32	52	5	15:58	LTD	27	(<54)	6	15:50	16	33	49
5	16:55	29	31	60	6	16:45				7	16:45			
6	18:08	22	17	39						8	18:05	25	26	51
	ave.	22	28	50		ave	22	23	40		ave	18	28	46
	stv	±4	±8	±9		stv	±4	±6	±7		stv	±4	±3	±4

()内の数値は、測定できたCs-134, 137
のいずれかの数値を2倍した参考値

21

7/25 排水の放射能濃度の推移

移動Ge車(測定:三枝) 110725									
ポンプ-A-B					ポンプ-C-D				
ホース先で約10Lをサンプリング (Bq/L)									
排水単位	採水時刻	Cs134	Cs137	Total	排水単位	採水時刻	Cs134	Cs137	Total
0	9:00				0	08:50	19	23	42
1	10:05	22	25	47	1	10:08	17	16	33
2	11:00	16	23	39	2	11:00	24	23	47
3	11:20	26	20	46	3	11:20	14	LTD	(<28)
4	11:30	LTD	26	(<52)	4	11:30	16	21	37
5	11:40	LTD	28	(<56)	5	11:45	LTD	25	(<50)
6	11:55	LTD	20	(<40)					
	ave.	21	24	44		ave.	18	22	40
	stv	±5	±3	±4		stv	±4	±3	±6

()内の数値は、測定できたCs-134, 137のいずれかの数値を2倍した参考値

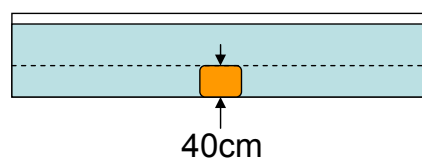
22



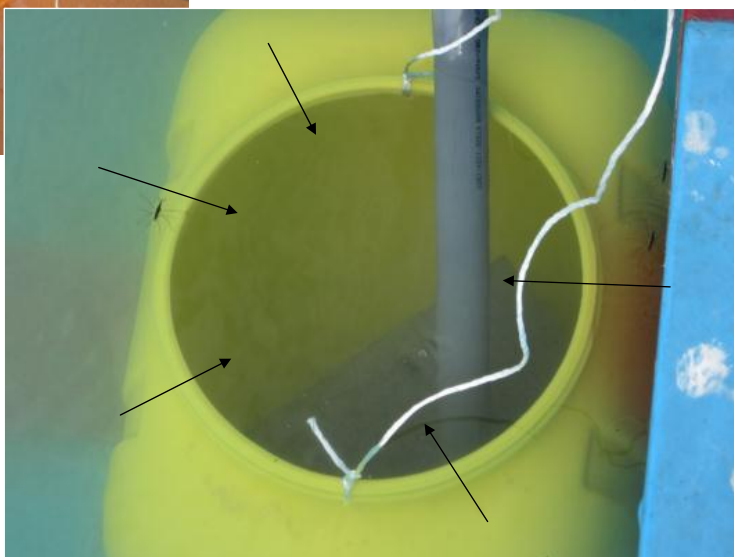
100Lタンク(+重り)を用意

タンクの使用により、吸引水流が
緩くなり、底を乱さないで済む

タンクを用いることにより、タンクの高さ(40cm)まで排水を行う。



タンクを沈めて中型ポンプで吸引



(緩衝槽) <50Bq/L@14:55

(ホース直) 51Bq/L@18:05
※最終排出時

定期的にホース(ホース直)
および足洗い場(緩衝槽)から
採水し、放射能濃度を評価





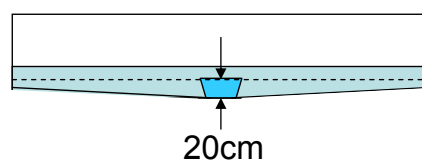
定期的に採水し、放射能濃度を確認

プール側溝(2箇所)から排水



バット(+重り)を用意

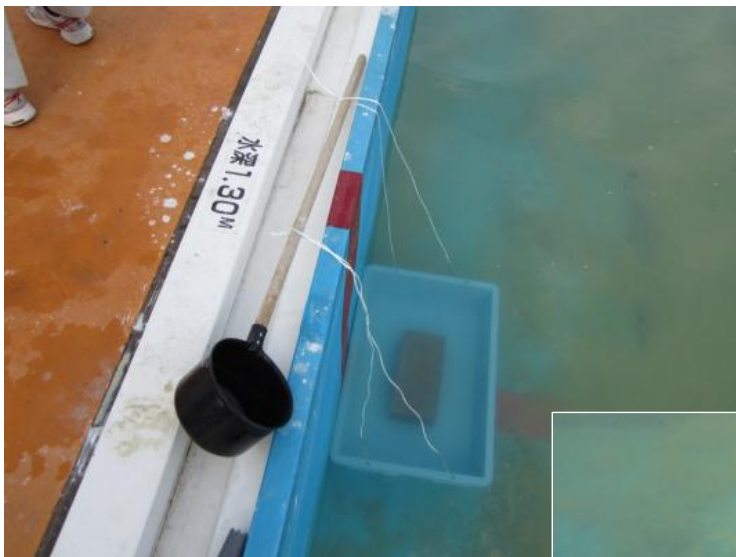
さらに排水を進めるため、プール中央2箇所へ重しを載せたバット(トロ缶)を沈めた。



中央が一番低い

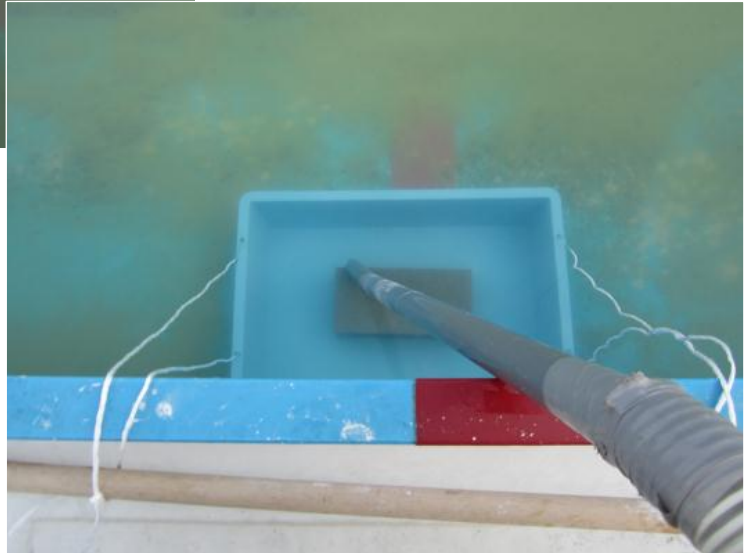
柄杓で水を入れ、バットをプール底へゆっくりと沈めた





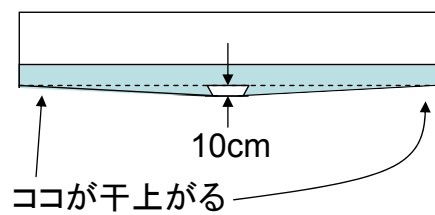
中型ポンプで排水を継続

プール底へ沈めたところ
(トロ缶の高さ: 約15cm)



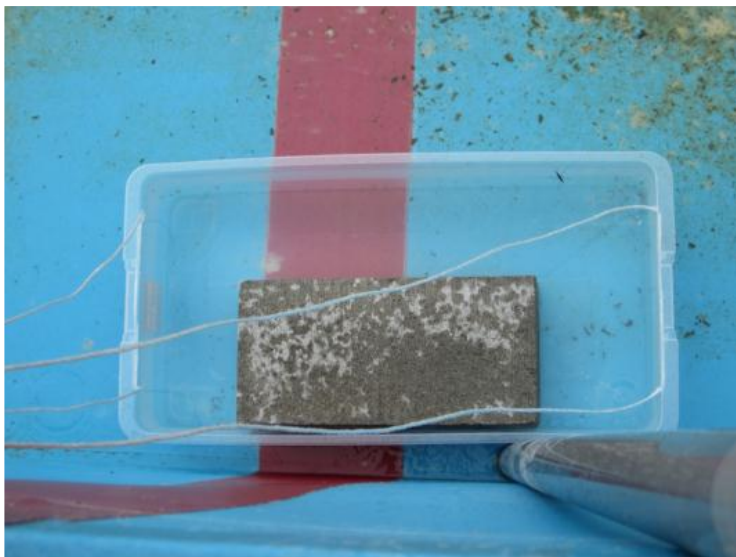
バット(+重り)を沈めた

さらに排水を進めるため、より浅い
バットに交換し、中央2箇所で排水
を継続した。



中型ポンプで排水





排水作業直後の
プール底の汚泥の様子
(汚泥量約6t)

沈殿物を吸い込まないように注
意しながら、沈殿物のないところ
を直接吸引した。

最終的に深さ約5cmまで排水を
進めた。



汚泥を逆に浅い方に移動させて天日で
干すことも考えたが、降雨の懸念があっ
たため、汚泥を1tタンク6基へ移動させ、
処理することにした。



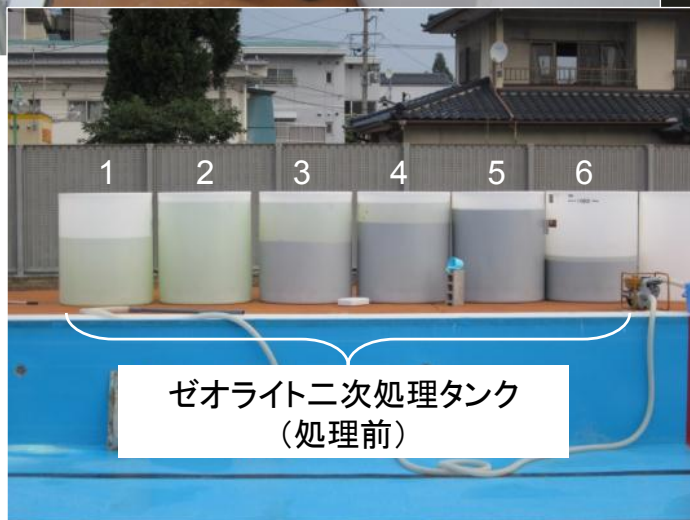
沈殿物の状態



汚泥を含むプール水(約6t)を1tタンクへ移動

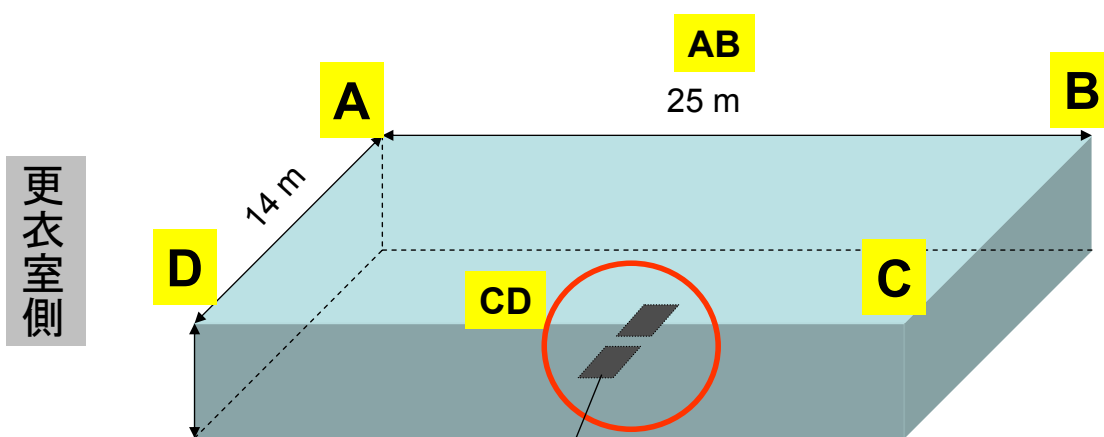


汚泥を含むプール水の排出の様子



水道水で側部・底部を簡単に洗浄

⑥ プール中央の排水溝の除染



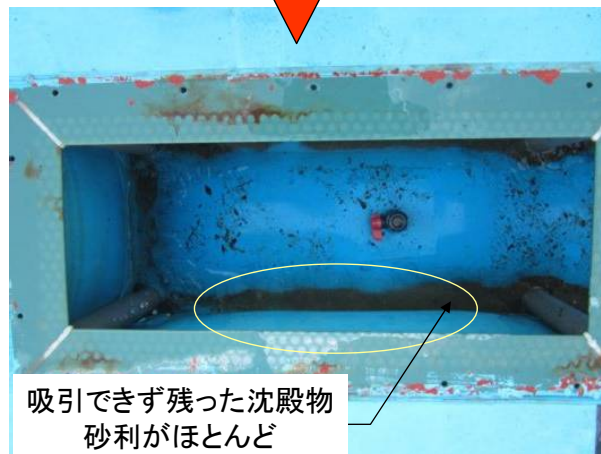
プール中央の排水溝

排水溝の上澄み(80Bq/L)
沈殿物を攪拌(5030Bq/L)

【備考】 測定値(Bq/L)はCs-134とCs-137を併せた値

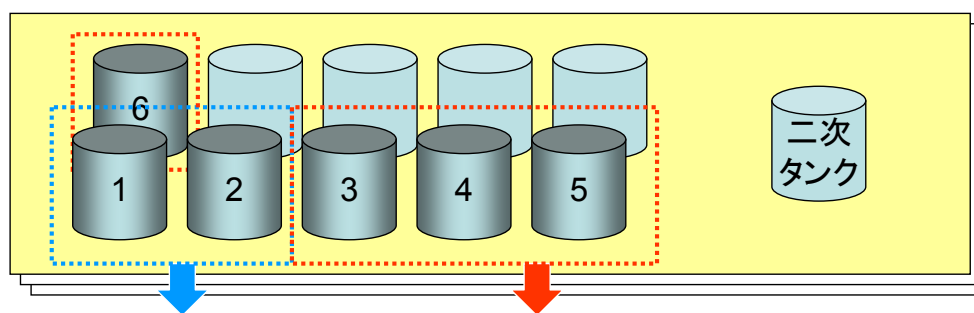


中型ポンプで1000Lタンクに移動
枯葉類は移植ごてでザルで濾す

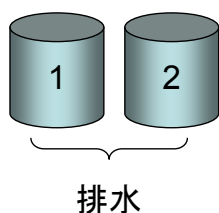


吸引できず残った沈殿物
砂利がほとんど

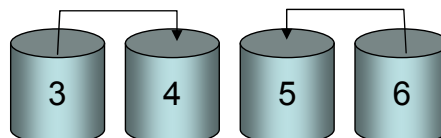
⑦ 沈殿をタンクへ移動させ、2次ゼオライト処理



ゼオライト処理不要
($<161\text{Bq/L}$)

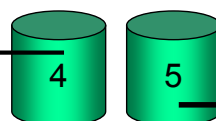


タンク3-6を2次ゼオライト処理



上澄み($<73\text{Bq/L}$)を排水し、汚泥をタンク-4, 5に集める

上澄み(313Bq/L)は3次ゼオライト処理へ



汚泥はシートろ過へ

【備考】 測定値(Bq/L)はCs-134とCs-137を併せた値

1サイクル/10tの
単位でバッチ法に
よる二次処理を
実施する予定で
あったが、最終的
に処理量が6t以
下となったため、
全量をタンクへ移
動させ、二次ゼオ
ライト処理を実施。



1) ゼオライトを投入し、柄杓で攪拌

タンク3-6のゼオライト二次処理
ゼオライト100g/t
PAC 200mL/t
投入後、一晩放置

2) PACを投入し、柄杓で攪拌



上澄みを採水し、目安の濃度を下回っていることを確認後、
中型ポンプで上澄みを側溝に排水



上澄み排水の状況
写真上は小型ポンプ使用時



タンク4, 5の汚泥処理

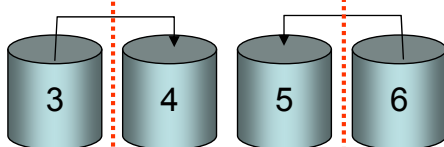
上澄みの濃度が目安以上の場合、
小型ポンプで100Lタンクに移動し、
ゼオライト三次処理を行う



ゼオライトのみ添加

⑧ 汚泥と上澄みの最終処理

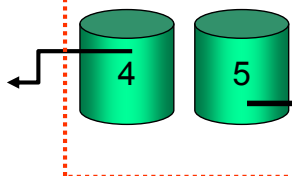
タンク3-6を2次ゼオライト処理



プール汚泥全量をタンク
へ移動させ、二次ゼオライ
ト処理を実施。

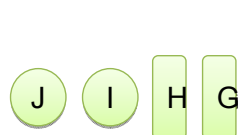
上澄み(<73Bq/L)を排水し、汚泥をタンク-4, 5に集める

上澄み(313Bq/L)は、
3次ゼオライト処理へ

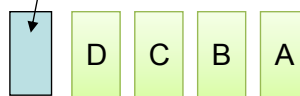


汚泥はシートろ過へ

汚泥ろか装置の初期配置



初流用



初流を除去して濾過装置を移動



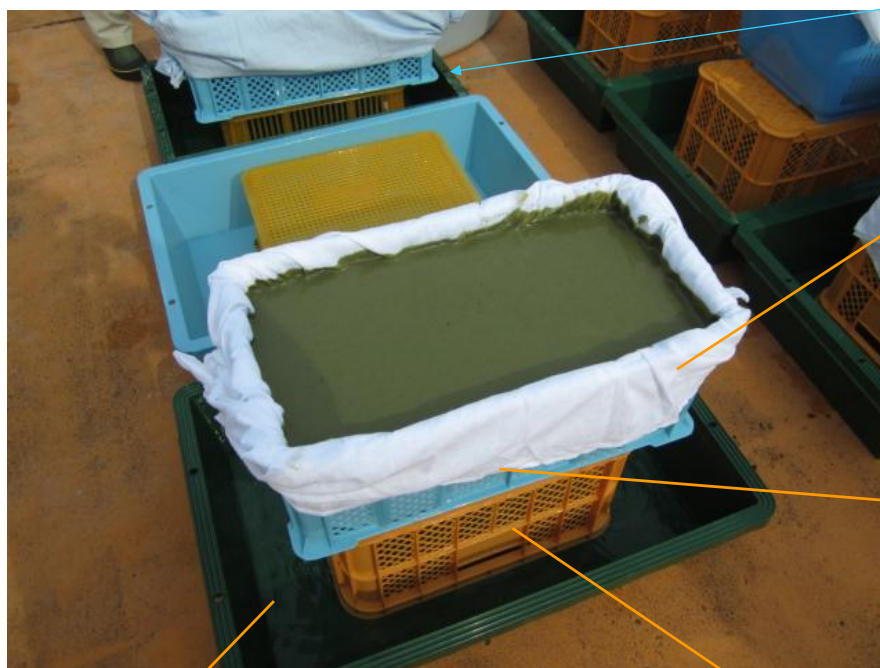
シートろ過では、ろ過性能がよい
くないため、初流だけを集める
ためのバットを用意しておき、ろ
液が澄明になった後、移動させ
る。

小型ポンプで汚泥を移動

移動先用バットも予め用意



汚泥をろ過するためトロ缶の上に2つの網かごをのせ、シートを用意する



初流を溜めるバット

シート

・シャガードシート
・フラットシート
を使用
シャガードの方が
目が粗く濾過が早い

シートを敷いた汚泥受け
用網かご
側面・底面ともにあみ目のあ
るものを使用

ろ過液受け用バット
(トロ缶)

台座用網かご

澄明化したろ液のみを集めるため、汚泥濾過器具を初流受けバットから、ろ過液受けバットに移動させる。



濾過開始直後の初流
(緑色に濁っている)
この部分には、
約500Bq/L以上の放射能がある



澄明化した濾液



ろ過液の目視による確認



タンクの汚泥を柄杓で濾過器具に移動

雨が入らないようにカバー
(+重し)をして、一晩放置

ブルーシートをかけた
濾過器具



濃縮された汚泥は、
周辺の空間線量にも影響

処理タンク残査の処理



汚泥が少量になってからは、
少量の水道水を手桶でかけ、
デッキブラシでタンク内壁を洗浄



充分少量にしてから、
漏れないようにタンクを倒す



チリ取りですくい取る



適宜、少量の水道水で内壁を
洗い流す 43



最後は、ウエスで拭き取り取る



バットに溜まったろ液を採水し、
線量限度以下を確認して排水

排水

約1tの汚泥を合計12基の
ろ過装置で処理した



汚染水の最終処理



①初流はゼオライト処理して再ろ過
(この状態では汚染物を濾過できず)



(720Bq/L)

②最終的に残ったろ過液を全て
100Lタンクに移動し、線量を確認

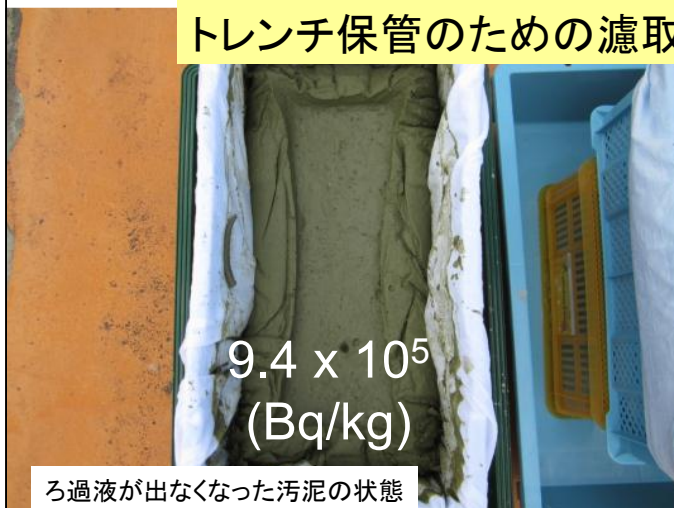


(130Bq/L)

③目安となる放射能濃度を超えたため、水道45で
希釈し、目安以下であることを確認して排水

【備考】測定値(Bq/L)はCs-134とCs-137を併せた値

トレンチ保管のための濾取した汚泥の最終処理



9.4×10^5
(Bq/kg)

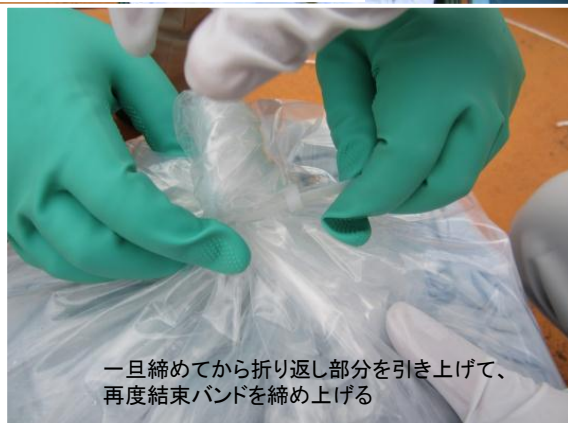
ろ過液が出なくなった汚泥の状態



シーツの端を結ぶ



汚泥をシーツごとビニール袋に移動し、これをさ
らにビニール袋に入れて二重に包む



一旦締めてから折り返し部分を引き上げて、
再度結束バンドを締め上げる

一重目、二重目それぞれに対して、口
をねじり折り返し、結束バンドで閉じる



汚泥を入れたビニール袋表面の線量
60-100 μ Sv/h

ビニール袋に移された汚泥

汚泥周辺では、4~6 μ Sv/hの放射線量がある。



検出器:電離箱
Range:100 μ Sv/h

⑨ 個人線量計による被ばく量の変化

	作業者A (黒木)	作業者B (栗原)	作業者C (安達)	作業者D (玉田)	作業者E (新井)
作業期間	7月22-28日	7月22-28日	7月27-28日	7月22-27日	7月22-27日
作業日数	7	7	2	6	6
7月22日	1	1		1	1
7月23日	6	6		6	6
7月24日	7	7		8	8
7月25日	8	8		8	8
7月26日	11	14		17	12
7月27日	17	20	7 (午後より作業)	16	15
7月28日	22	29	18		
線量合計(μ Sv)	72	85	25	56	50
一日平均 (μ Sv/day)	10	12	13	9	8

赤: 汚泥のシートろ過

緑: プール底排水口除染

汚泥のシートろ過(汚泥表面の線量: ~150 μ Sv/h程度)や、プール底排水口の砂利等(~5000Bq/L)の除去を行う工程⑥(26-28日)において、被ばく量が増加した。



学校側作業員によるプール全体の本格的な清掃 (110727)

49



除染作業後のプール

除染前:>200 Bq/L

除染後:検出限界以下



必要資材一覧(1) 薬品・処理槽など



ゼオライト



ポリ塩化アルミニウム(PAC)



大型の秤



・ 計量カップ
・ 小型の秤



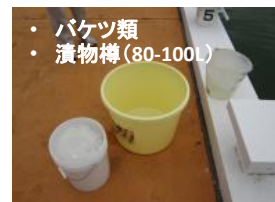
1tタンク



網かご類



トロフネ(トロ缶)



・ バケツ類
・ 漬物樽(80-100L)



シート



分析容器



・ 100Lタンク
・ 工具類
・ ロープ類



コンテナ類
(側面・底面に目があるもの)



バグフィルター
(目合:50-200um程度)

必要資材一覧(2) 送水関連器具



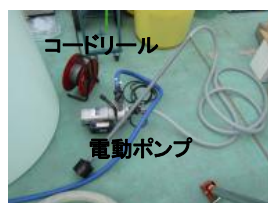
エンジンポンプ(大)



エンジンポンプ(中)



エンジンポンプ(小)



コードリール

電動ポンプ



レギュラーガソリン



混合燃料



ホース各種



チューブ類



ホースバンド類



ホースジョイント類



重量ブロック

必要資材一覧(3) 保安・清掃器具



長靴



ゴム手袋



ポケット線量計



ミズキリワイパー



ちり取り



ブラシ類



長柄の柄杓