④　伊達市立柱沢小学校での活動記録

プール除染の考え方

〇環境に影響を与えないように、プール水の排水をすること
・プール水中の放射能を基準値（飲料水の暫定基準値：200Bq/kg）以下にすること
・pHを伊達市の条例範囲内（5.8-8.6）に調整すること

〇線量の高い汚泥・落葉などを集め、漏えい・飛散しないように、一時保管すること
・汚染の有無の確認
・空間線量の確認

メンバーの構成と役割分担

メンバー

福島支援本部：	3名	（三枝、操上、舟木）	統括
工務技術部：	3名	（高野、佐藤、丹野）	排水
ホット試験管理部：	1名	（高橋）	サンプリング測定
原子力基礎工：	1名	（吉田）	排水・pH測定
量子ビーム　：	1名	（安田）	線量管理
市雇用作業員：	19名		

作業員の役割分担

管理者：	1名
ポンプ班：	4名
サンプリング計測班：	4名
スタッフ：	3名
清掃班：	7名

作業員
・県のプロジェクトにもとづいて、市が雇用した地元の方々
・除染作業の実施だけでなく、除染技術の習得も重要な目的

全体説明

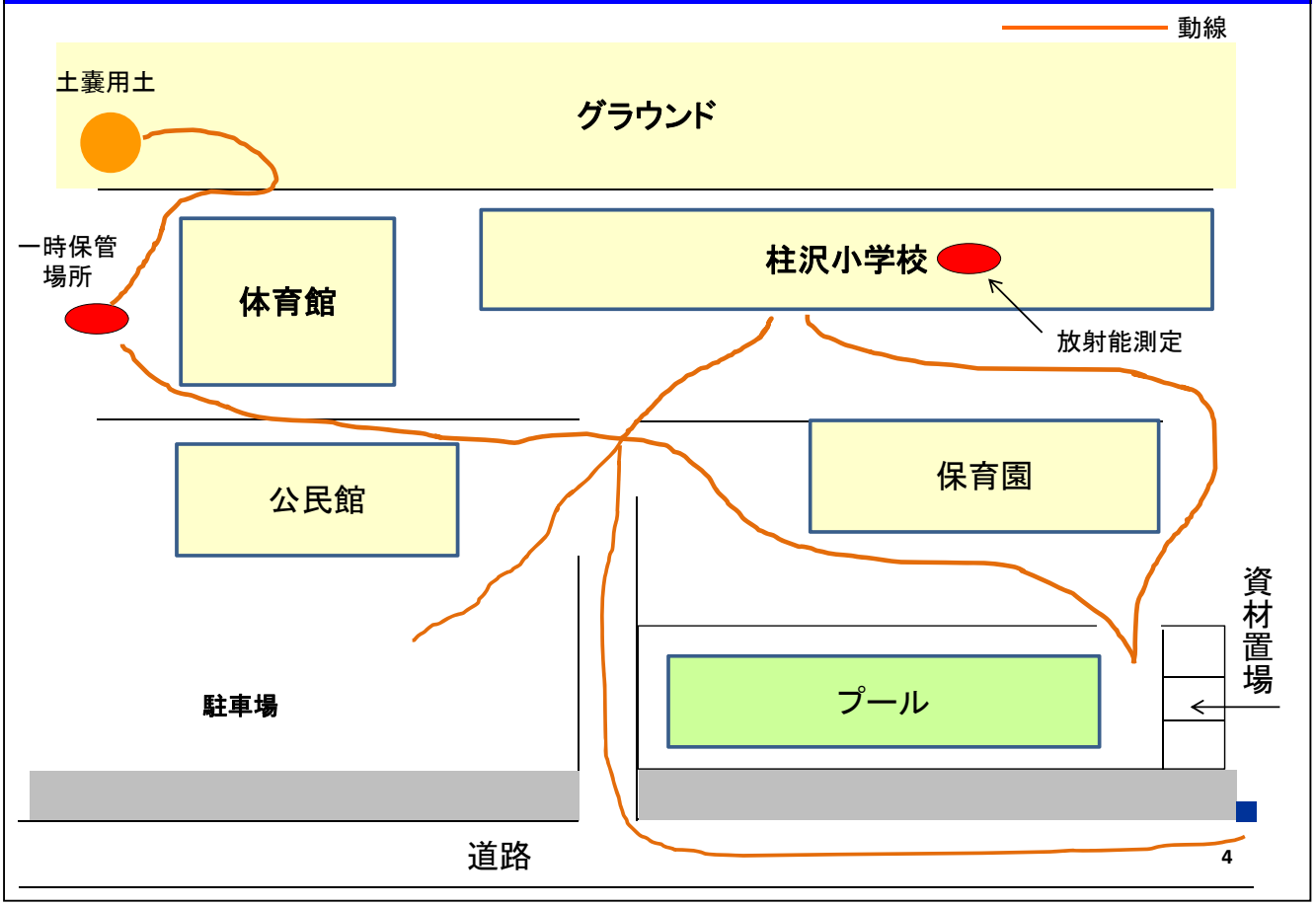
市雇用の地元の作業員（約20名）が参加

- 放射能測定（アロカ測定器）
- 水ポンプ操作
- 試料水サンプリング
- 水処理作業
- プール内清掃

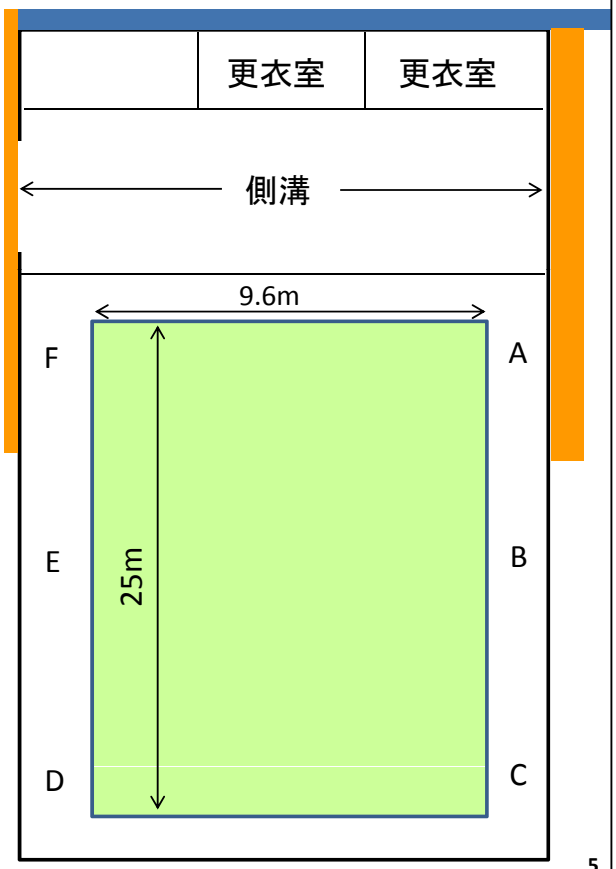
など作業を分担実施

放射能測定の技術指導

プール、一時保管場所の位置



作業前のプールの状況



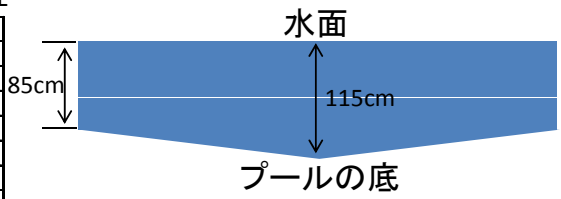
外観観察：
- アオコの繁茂は中程度か（？）
- 周囲の落葉樹（とくに桜）が大量に入っている模様
- 周辺も含めてプールの老化が進んでいる（亀裂、汚れなども多い）
- 側溝に土が溜まり、排水が困難

事前調査

プール水全量	（0.85+1.15）/2x9.6x25=240t
pH	6.0-8.3 （3箇所測定）
放射能濃度	N.D.~80 Bq/L（上澄層水） 229Bq/L （プールの底攪拌後、底から10cmの高さの水をサンプリング）

表1 処理前のプール中の放射能濃度（3点測定） 単位：Bq/L

測定位置	水面からの深さ（cm）					
	10			95		
	Cs-134	Cs-137	Total	Cs-134	Cs-137	Total
A	50.3	22.9	73.2			
B	–	–	–	N.D.	N.D.	N.D.
C	–	–	–			
D	N.D.	N.D.	N.D.	41.3	39.4	80.7
E	–	–	–			
F	N.D.	N.D.	N.D.			



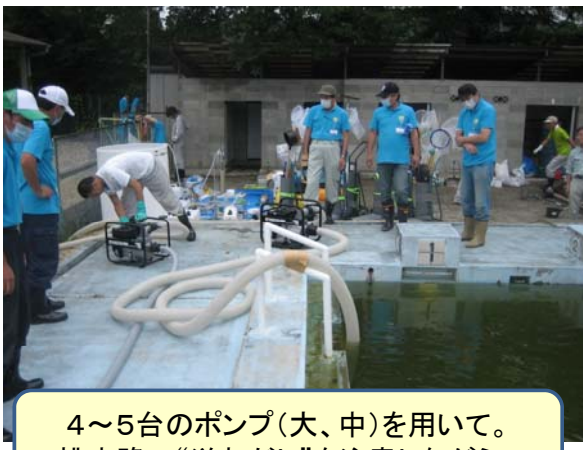
放射能濃度測定：アロカ製食品分析装置

上澄み層の放射能濃度が規制値（200 Bq/kg)以下であることを確認。pHも基準値（5.8-8.6）範囲内であることを確認。⇒上澄層のみを直接放流。
（放流作業中、適宜、上澄み層の放射能測定を実施）

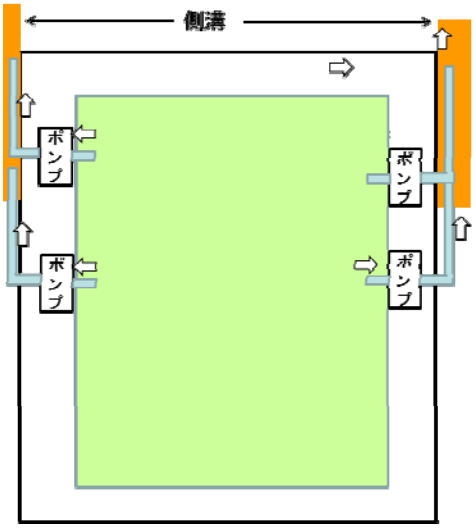
排水作業（上澄層水）_1

排水の準備作業
- 側溝中の土を除去
- ポンプの設置作業　（排水溝とのとりあい）
- 校長先生（関係各署）への連絡（校長先生から地元の農業委員会？、消防署に連絡）
- 排水する川のサンプリング　（測定結果：N.D.）

排水作業



4～5台のポンプ（大、中）を用いて。
排水路の“溢れだし”を注意しながら。

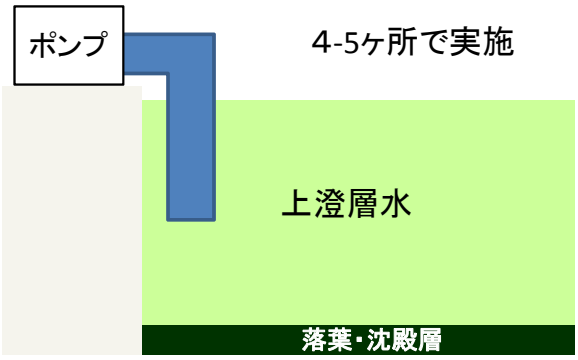


ポンプの配置図

＊ポンプ4-5台により、排水。水位が低下した段階で、ポンプをプール中央部の2台にする。[7]

排水作業（上澄層水）_2

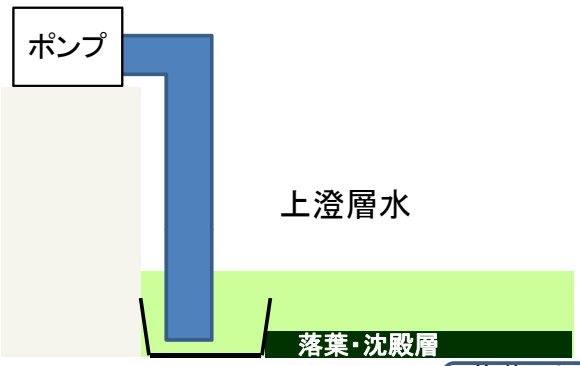
水位が高い時



中程度高さに吸い口を置く

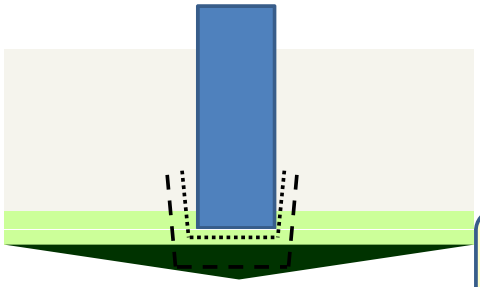
排水作業（上澄層水）_3

水位が下がってきたら・・・・



落葉・沈殿槽より高いバット等を利用して“堰”を作る

水位がさらに下がったとき



プール中央最深部でのプール水汲みだし作業（ネットを利用）

汚泥・落葉の回収作業_1

水位が下がって汚泥・落葉が露出してきたら・・・

・空間線量：高さ:1mで約2μSv/h

・塵取り、モップ等で露出した汚泥、落葉等を麻袋に集める。

・ポンプによる排水作業と並行して実施。

汚泥・落葉の回収作業_2

ポンプで排水できなくなった段階

・麻袋の線量率：表面近傍で20-30μSv/h
・回収作業により残水が攪拌されたので、翌日までに汚泥を沈降させる（濃度：12,800Bq/kg）。
・残水の総量：約6t
・8/2は、この段階で終了。

排水作業中のサンプリング結果

ポンプ排水を20-30分毎にサンプリング

排出された水は近くの農業用水に流れる

表3　ポンプ排水の測定結果　　単位：Bq/L

時刻	Cs-134	Cs-137	Total
14:00	N.D.	N.D.	N.D.
14:30	33.6	N.D.	N.D.
15:00	41.1	34.3	75.4
15:30	42.4	46.3	88.7
16:00	N.D.	N.D.	N.D.
16:20	N.D.	N.D.	N.D.
16:40	N.D.	28.7	28.7
17:00	N.D.	N.D.	N.D.

表4　伝樋川のサンプリング結果　　単位:Bq/L

時刻	Cs-134	Cs-137	Total
13:35	N.D.	N.D.	N.D.
14:45	N.D.	N.D.	N.D.

残水の処理_1

残水の上澄層水のサンプリング結果：57.7Bq/kg
残水量：約6t（推定）
} 1tタンク×6個による沈殿処理

残水3t ⇒ PAC投入量の最適化に使用。PAC量：100, 150, （180）, 200 ml
残りの残水⇒ 最適条件で処理

プール残水（8月3日 午前8時30分）

1tタンク

残水の処理（ポンプ排水準備）_2

・汚泥・落葉をポンプで吸い込まないようにカゴ内側の汚泥を除去

・排水口にメッシュの細かいザルを入れる
・プールの排水口周りをメッシュのあるカゴで囲む
・カゴは重りで抑える

30分ほど汚泥を沈降
⇒残水を吸い上げる準備完了

残水の処理（ゼオライトとポンプ排水）_3

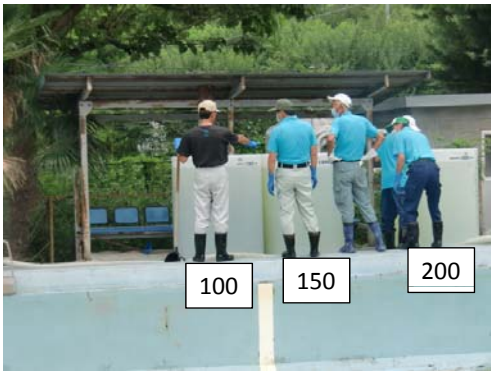
ゼオライト100gを水でとぎ、3セット分用意。

1tタンク3個にゼオライトをそれぞれ投入。

プール内の汚泥の沈降を確認後、ポンプにより残水を1tタンクに注入

残水の処理（PAC注入とpH測定）_4

PAC：100、150、200mlをそれぞれ1tタンクに投入し、ゆっくり攪拌。30分程度沈降を待つ。



100 mlの場合、沈降が不十分で、PACを80ml追加。

それぞれのタンク中残水のpHを確認。
結果は表5を参照。

pHメーター

表5　pHの値

PAC投入量（ml）	pH
150	6.2
180	5.7
200	5.5

目視の結果、150,180,200mlの間、上澄水の色に差はないことから、pHが基準値内に入る**150mlを最適値**とした。

残水の処理（浮上藻の処理）_5

浮いてきた藻を網ですくい、麻袋に入れる。

麻袋

ザル：麻袋からの漏水
に触れないように

バケツ：漏水を受ける。
漏水は、再度処理。

表6　浮上してきた藻の核種と放射能濃度

核種	放射能濃度（Bq/L）
I-131	540
Cs-137	45000
Cs-134	39300
K-40	18100

藻や凝集物は非常に濃度が高い!

藻がなくなるまで、麻袋に入れる。

残水の処理（中和処理）_6

pHの調整

PACを180,200ml注入したタンクのpHは、基準値範囲外。そのため、pH調整が必要。

中和剤：0.5%＆5%水酸化ナトリウム溶液（NaOH）

計量カップ＆小型の秤

〇中和のための準備計算

アルカリ：0.5%　NaOH　（規定度　0.125　mol/L）、体積：V
酸：PH　5.5、体積：1000L

$$pH = \log_{10}\frac{1}{[H^+]}$$

[H⁺]：水素濃度　mol/L

$$5.5 = \log_{10}\frac{1}{[H^+]}$$

$$10^{-5.5} = [H^+]$$

$$[H^+] = 3.16\times10^{-6}$$

**中和：ある系のアルカリ中のOH⁻
と酸中のH⁺の数を等しくする。**

$$3.16\times10^{-6}\times1000 = 0.125\times V$$

$$V = 0.0253L$$

0.5%NaOHの場合、約25mLとなる

残水の処理（中和処理結果）_7

pHの調整

〇PAC注入後のpHが基準値範囲（pH:5.8-8.6）外のみ中和処理を実施（黄色塗部）。
〇計量カップに小分けして、重さを測りながらタンクに、少しづつ注入。
〇NaOHの投入量は、計算値とは全く合わない（表7参照）。
〇余ったNaOH水溶液は、必ずポリ瓶にもどす。

表7　中和処理の結果

タンク	PAC量（ml）	中和処理前のpH	0.5%NaOH(g)	中和後のpH
①	180	5.7	63	6.1
②	150	6.2	–	–
③	200	5.5	81	6
④	150	6.1	–	–
⑤	150	6.2	–	–
⑥	150	5.7	133	6
⑦	150	6.2	–	–
⑧	150	5	533	5.9

タンク①ー⑥:プールの残水
タンク⑦:プール洗浄水+プール排水口の溜まり水
タンク⑧:プール排水口配管洗浄水

残水の処理（タンク内上澄水の排水）_8

上澄水をサンプリングをして、基準値以下であることを確認。

表8　タンク内上澄水の放射能濃度　Bq/kg

タンク	Cs-134	Cs-137	Total
①			
②	37.5	N.D.	37.5
③	N.D.	19.3	19.3
④	N.D.	47.2	47.2
⑤	N.D.	22.7	22.7
⑥	N.D.	27.4	27.4
⑦	58.7	67.7	126.4
⑧	N.D.	N.D.	N.D.

ポンプの排水ホースにフィルターとして麻袋を装着

ポンプでタンクから側溝に排水

残水の処理（タンク内沈殿物の除去）_9

タンク内に残った沈殿物

沈殿物を虫取り網ですくい上げる。ひしゃくで水ごとすくい上げて麻袋で濾すことも効果的（作業後半はほとんど後者）。

沈殿物を麻袋に回収

取りきれないごく少量の残渣は、凝集処理するタンクに再注入、または希釈して排水。

残水の処理（プール内水の回収と洗浄）_10

タンク6個分により、残水のほとんどを回収

再度プール内の汚泥&落葉を麻袋に回収

水中ポンプを排水口部に設置し、プール表面の残水を回収。

プール内の麻袋をプール脇に設置したバットの上に移動。

残水の処理（麻袋の仮置き）_11

線量率：保育園との境界　1.83μsV/h
表面：22.5μSv/h
1m　：4.6μSv/h

麻袋をバットの上に直接乗せると水が漏れ、汚泥や落葉が乾燥しにくくなる。水を切って乾燥させるために、網板やメッシュの付いたカゴの上に乗せる。漏水はタンクに回収して、希釈して排水。

残水の処理（プール内水の回収と洗浄）_12

プールを水で洗浄し、その水も水中ポンプによりタンクに回収

プール水の全てを排水・回収（8/3　17:58撮影）。

プール残水、洗浄水、バット内の麻袋からの漏水を回収したタンク(タンク⑦に相当。表7参照)。翌日、沈降処理するため、タンクをビニルシートで覆う。8/3の作業はここまで。

排水口内の洗浄_1

8/3の排水口内の水のサンプリング結果：約5,600Bq/L
⇒排水口配管内に汚染物が残存

ホースを排水口配管に可能な限り突っ込む

出てきた水を水中ポンプや手でひたすら回収

この作業を数回繰り返す。

排水口内の洗浄_2

表9　排水口のサンプリング結果

単位:Bq/L

	Cs-134	Cs-137	Total	備考
1回目	2510	3080	5590	8月3日　16:20測定。
2回目	N.D.	N.D.	N.D.	8月4日9:10測定　前日に排水口を水道水で満水。その水をサンプリング。
3回目	1550	2010	3560	洗浄後、9:30に測定。
4回目	233	288	521	洗浄後、9:50に測定。
5回目	186	232	418	洗浄後、10:48に測定。
6回目	N.D.	N.D.	N.D.	洗浄後、11:29に測定。

・6回目の試験により、基準値以下になったことを確認。

・その後、デッキブラシ等を使って、プール洗浄を行い、プールの排水作業は終了。

麻袋からの漏水を希釈処理

溜めた麻袋からの漏水（サンプリング結果：約600 Bq/L(2倍希釈)）

1tタンクで水道水により希釈（サンプリング結果：N.D.）

注意：
バットやバケツを洗浄する際に、最初は少量の水で付着している汚泥を落とし、洗浄した水すべてをバケツに全て集め、それらも希釈処理すること。
（**測定結果：約430Bq/L**）

麻袋の一時保管_1

乾燥させた麻袋

保育園を通るので、極力汚染をしないように、麻袋をバットに載せて、そのバットを猫車に載せ、3人で体育館裏の保管場所まで運ぶ。

一時保管場所にビニールシートを二重に敷く。ビニールシートを抑える土嚢は、予め用意しておく。

麻袋の一時保管_2

ビニールシート上に直接麻袋を水が漏れない
ように、畳んで積む

ビニールで下から包む

雨除けのビニールシートを被せて、
砂と土嚢で固定。ここで、終了！！

麻袋の一時保管__空間線量率測定

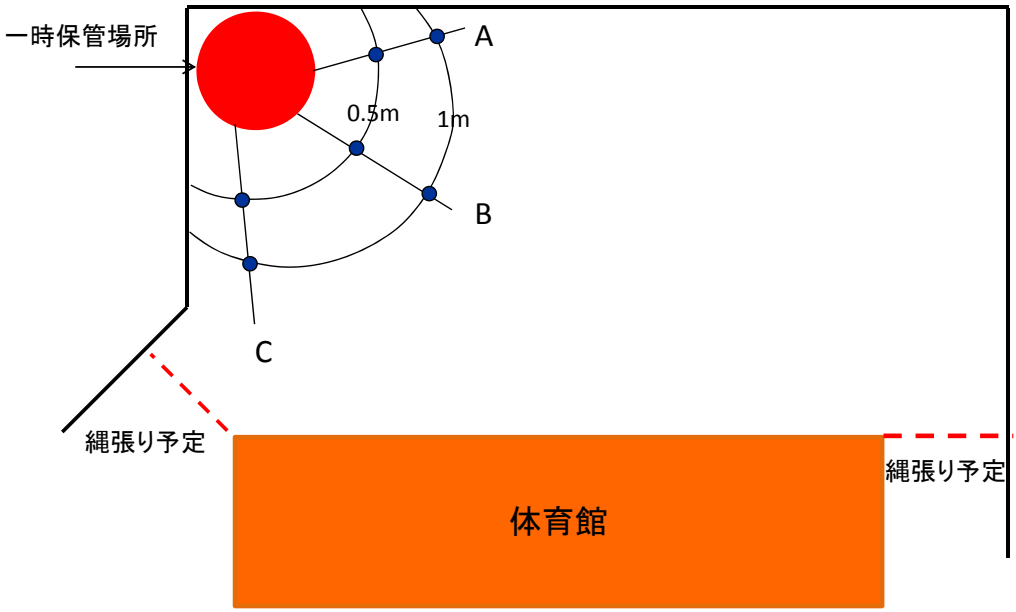
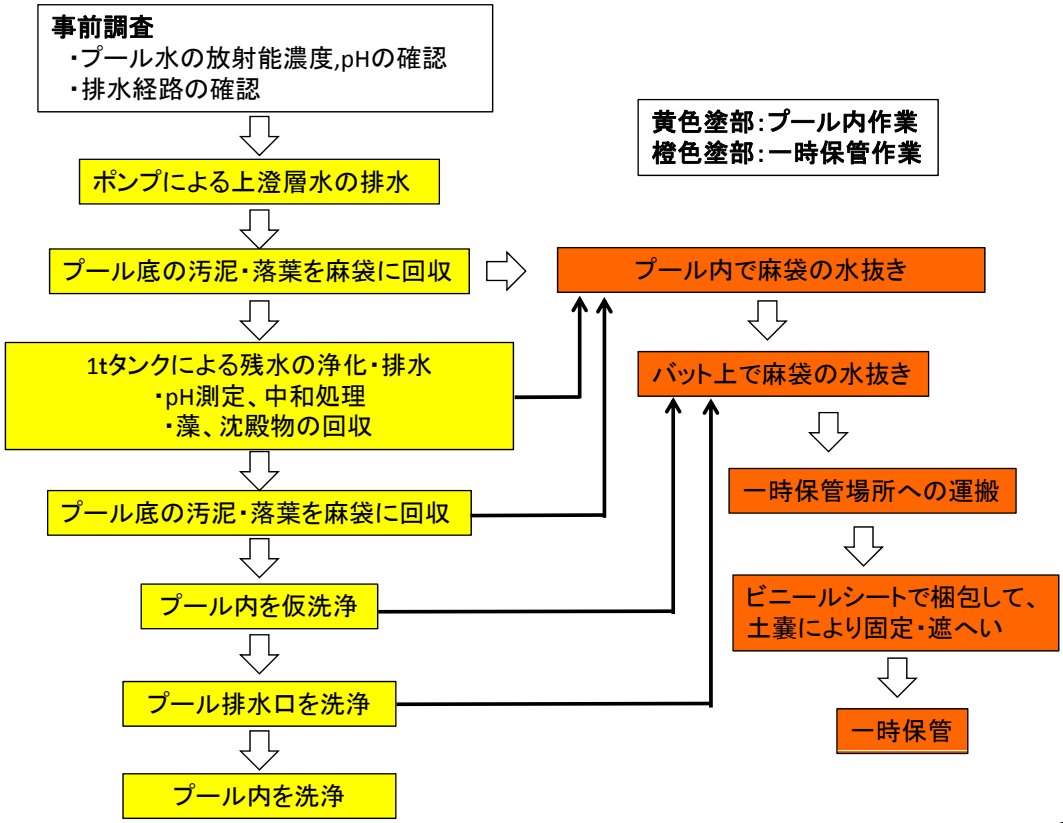


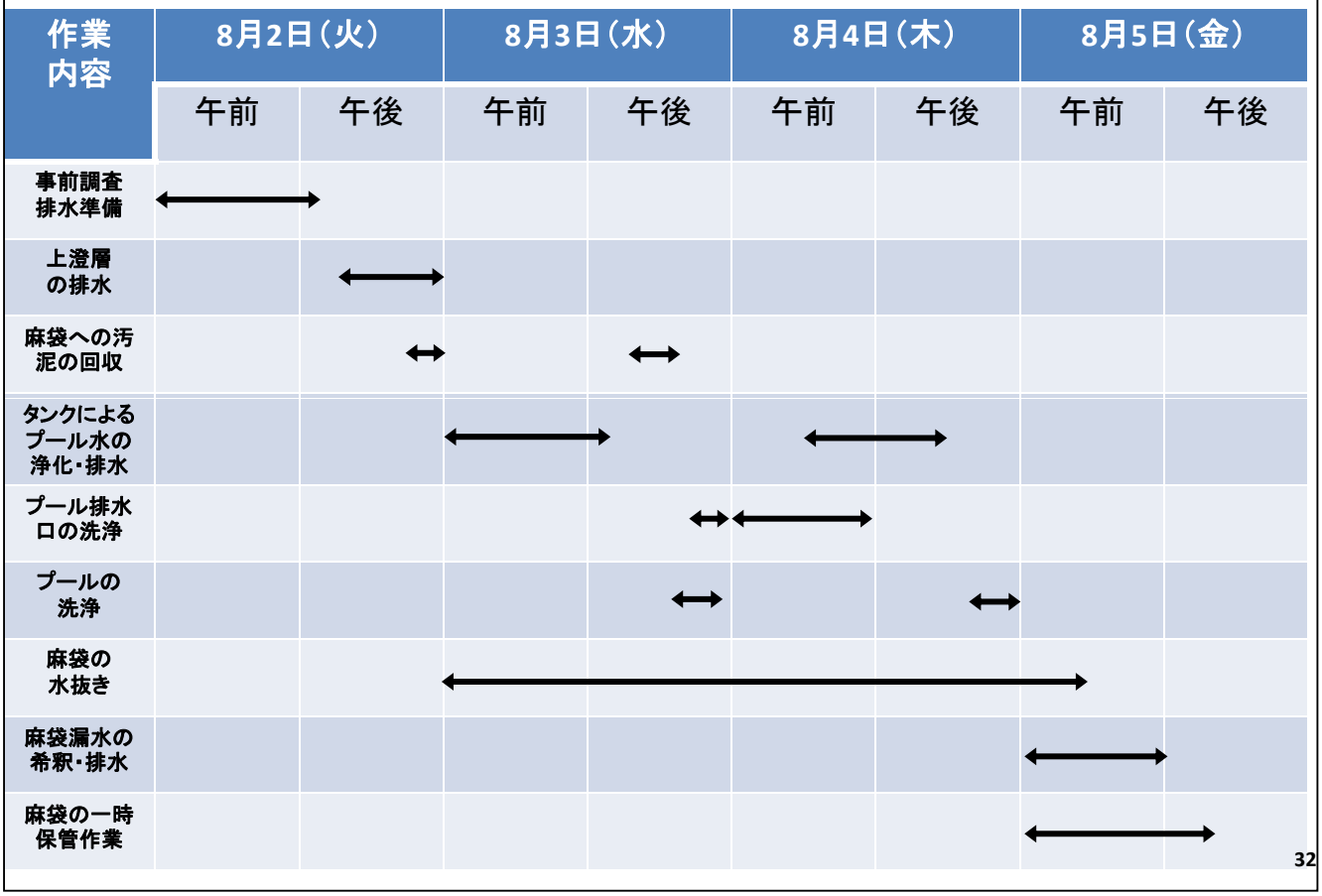
表10　一時保管場所の空間線量率　　単位：μSv/h

測定位置	麻袋保管前		麻袋のみ保管		土嚢で固定	
	0.5m	1.0m	0.5m	1.0m	0.5m	1.0m
A	0.76	0.85	22	21.5	1.05	1
B	0.7	0.75	18	15	1.07	1.11
C	0.65	0.65	15	13	1.05	1.11

作業のフローチャート（実績）



作業工程表（実績）



作業中の積算被ばく線量

表10　原子力機構職員の積算被ばく量　　単位：μSV

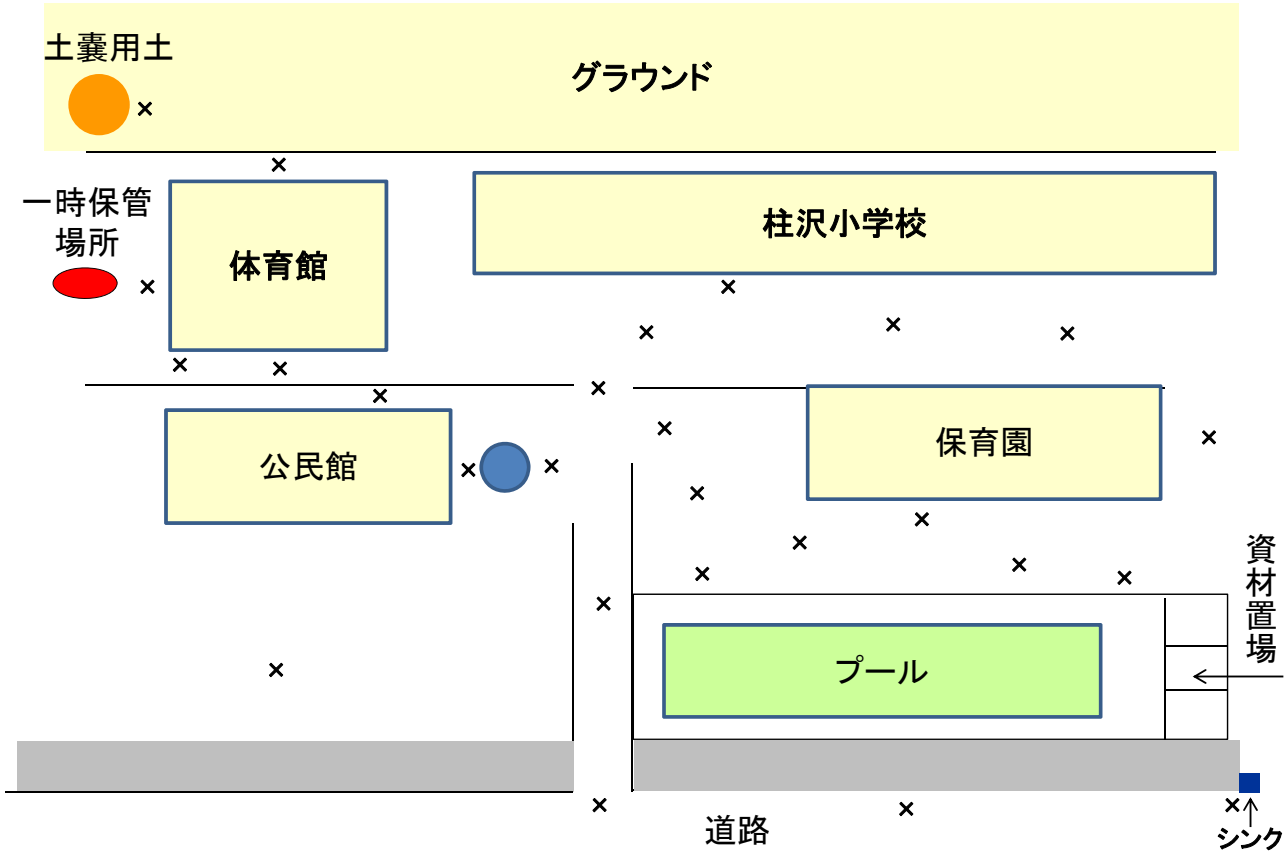
職員	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日	Total
A	5	15 (9)	24 (19)		24
B	4	15 (9)	24 (19)		24
C	4	14 (7)	21 (17)		21
D	2	7 (5)	18 (17)		18
E	4	13 (8)	23 (17)	32 (26)	32
F	4	15 (8)	23 (18)		23

括弧内の数字は作業開始時の値

表11　作業員の被ばく量、他

作業員番号	被ばく量　μSv				担当	備考
	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日		
1	–	–	–	–	管理者	pH測定を習得
2	–	–	–	–	ポンプ	ポンプによる排水技術を習得
3	4	–	–	–	ポンプ	ポンプによる排水技術を習得
4	3	4	7	4	ポンプ	ポンプによる排水技術を習得
5	–	–	–	–	ポンプ	ポンプによる排水技術を習得
6	–	0	–	–	計測	放射能測定器の使用法を習得
7	0	–	–	–	計測	放射能測定器の使用法を習得
8	–	–	–	–	計測	放射能測定器の使用法を習得
9	1	–	0	–	計測	放射能測定器の使用法を習得
10	4	4	5	3	スタッフ	pH測定を習得
11	4	4	4	6	スタッフ	土嚢による一時保管技術を習得
12	–	–	–	–	スタッフ	土嚢による一時保管技術を習得
13	–	–	–	–	清掃	pH測定を習得
14	–	–	–	3	清掃	プール水のサンプリング技術を習得
15	–	–	–	–	清掃	プール水のサンプリング技術を習得
16	–	–	–	–	清掃	汚染物の洗浄に関する技術を習得？
17	3	5	4	–	清掃	汚染物の洗浄に関する技術を習得？
18	–	–	–	–	清掃	汚染物の洗浄に関する技術を習得？
19		5	4	6	清掃	プール水のサンプリング技術を習得

作業後の汚染チェック

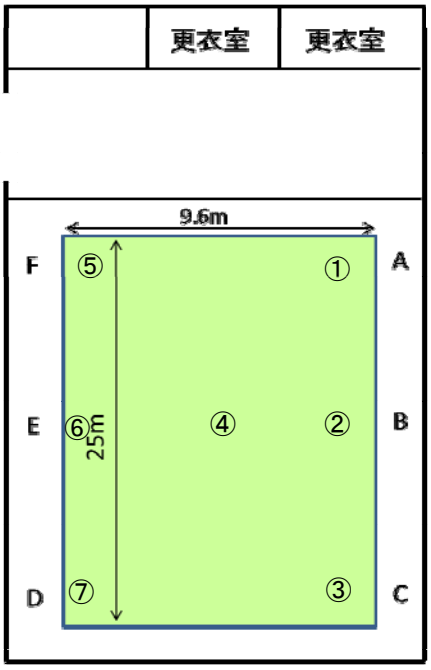


全ての場所において、汚染レベル（＞7000cpm）以下であった。

作業前後のプール周辺の空間線量率・表面汚染

表12　プール周辺の空間線量率・表面汚染

測定位置	空間線量率（μSv/h）				表面汚染（cpm）			
	作業前	8月3日	8月4日	作業後	作業前	8月3日	8月4日	作業後
A	0.88	1	1.07	1	2800	－	3000	4500
B	0.9	1	1.2	1.05	4000	－	2000	3700
C	1.15	1.1	0.93	1.15	2800	－	3000	4600
D	1	0.9	－	1.02	3400	－	－	5000
E	0.7	0.8	0.85	0.8	3500	－	4000	4000
F	0.9	1	0.97	0.95	4300	－	3500	3700
G	0.9	0.9	－	0.95	3200	－	－	4000



・作業期間内において、空間線量率に大きな変化はない

・表面汚染は、測定する場所により大きくばらつく。
7000cpm以下であれば、汚染はないと判断。

表13　プール内部の空間線量率・表面汚染（8月4日　17:00測定）

測定位置	空間線量率（μSv/h）	表面汚染（cpm）
①	0.79	1000
②	0.85	1500
③	0.75	1000
④	0.8	500
⑤	0.75	1500
⑥	0.7	500
⑦	0.75	500

・プール周辺に比べて、線量率、汚染も小さい

事前サンプリングの調査結果（参考）

表14　松陽中学校のプール水測定結果　単位:Bq/L

サンプリング位置	松陽中学校		
	Cs-134	Cs-137	total
水面から10cm	74.1	81.6	155.7
真ん中から55cm	80.2	67.4	147.6
水面から1m	77.8	86.8	164.6

表15　月舘小学校のプール水測定結果　単位:Bq/L

サンプリング位置	月舘小学校		
	Cs-134	Cs-137	total
底から66.5cm	81.3	86.9	168.2
底から38cm	81.9	72.2	154.1
水面から1m	81.1	82.5	163.6

表16　保原小学校の大プール測定結果　単位:Bq/L

サンプリング位置	保原小学校　大プール		
	Cs-134	Cs-137	total
北西角82	N.D.	N.D.	N.D.
北西角46	N.D.	N.D.	N.D.
北西角下から10cm	N.D.	N.D.	N.D.

表17　保原小学校の小プール測定結果　単位:Bq/L

サンプリング位置	保原小学校　小プール		
	Cs-134	Cs-137	total
東中央18cm	N.D.	N.D.	N.D.
西中央32.6	N.D.	N.D.	N.D.
藻	6000	6910	12910

おわりに

○事前調査が重要

○作業に関する学校関係者への周知・連絡の徹底

○排水するときは必ずサンプリング

○放射線管理の徹底

○作業風景の写真、データの記録を必ず残す