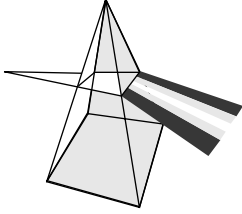


【技術報告】

廃棄物屋外貯蔵ピットの閉鎖措置



三代 広昭 加藤木 賢 石橋 祐三
 吉田 充宏 助川 泰弘* 鈴木 敏*
 入之内重徳

東海事業所 環境保全・研究開発センター 環境保全部
 *原子力技術株式会社

資料番号：10 - 5

Closure of Outside Waste Storage Pits

Hiroaki MIYO Masaru KATOI Yuzo ISHIBASHI
 Michihiro YOSHIDA Yasuhiro SUKEGAWA* Satoshi SUZUKI*
 Sigenori IRINOUCI

Waste Management Division, Waste Management and Fuel
 Cycle Research Center, Tokai Works

*Nuclear Technology & Engineering CD.,LTD

廃棄物屋外貯蔵ピット（以下、ピット）については、1997年8月26日に保管されている廃棄物の容器が腐食、浸水していることが確認されて以来、廃棄物の取出し、滞留水の流入調査及びピットからの漏水調査等の改善措置を実施してきた。改善措置が終了した後、ピットについては閉鎖し、再利用しないことが決定しコンクリートを打設した。

本報告は、ピットを閉鎖した閉鎖措置工事において実施したコンクリート躯体の除染方法を中心に報告する。

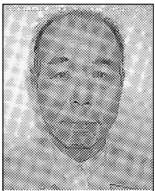
On August 26th 1997, JNC confirmed that waste vessels stored in the outside waste storage pits were corroded and flooded. The waste was extracted, an investigation was carried out to check for water intrusion into, and water leakage out of the pits, the pits was decided to close and then they were reclaimed with concrete.

This report describes the decontamination method used for the concrete structure wall as part of the work involved in closing the pits.

キーワード

廃棄物，廃棄物屋外貯蔵ピット，除染，ウラン，はつり

Wastes, Outside Waste Storage Pits, Decontamination, Uranium, Scrape



三代 広昭



加藤木 賢



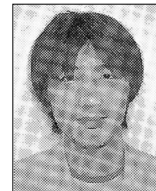
石橋 祐三



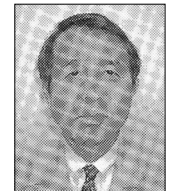
吉田 充宏



助川 泰弘



鈴木 敏



入之内重徳

1. はじめに

廃棄物屋外貯蔵ピット（以下、ピット）については1997年8月26日に、保管されていた廃棄物の容器が腐食、浸水していることが確認され、社会的に大きな問題となった。

このため、直ちにピット周辺の環境評価、ピット内滞留水の汲上げ、作業建家建設及び廃棄物の取出しを行った後、ピット水の漏水の可能性調査を行い顕著な漏えいはなかったことが確認され、国、県、村等に報告（1998年12月21日）し、ピットの改善措置を終了した。

その後、ピットの閉鎖措置として、ピット内壁を一般のコンクリート中に含まれる放射能レベルまではつり除染を行った後、管理区域を解除し、コンクリートを打設して2000年8月に工事を終了した。

なお、ピット閉鎖後の状況については、2000年9月12日に施設検査（外観検査）を受検し、2000年10月23日付けで合格証を取得した。

本報告は、ピット閉鎖措置工事において実施した除染を中心に報告する。

2. ピットの構造

ピットは、No.1 及びNo.2 の2つであり、No.1 は2槽（A、B）、No.2 は3槽（C、D、E）に分割されており、鉄筋コンクリート製である。No.2 には防水モルタル施工が施されている。

これらのピットは、原子燃料公社時代のウラン製錬等で発生した不燃性固体廃棄物を保管する目的で、No.1 は1967年に、No.2 は1970年に建設され、使用開始されたものである。

ピットの平面図及び断面図を図1に示す。

3. 閉鎖措置の全体工程

ピットの閉鎖措置は、ピット内壁を自然レベルまではつり除染を行い、ピット内の管理区域を解除する。その後、コンクリートを打設して閉鎖し、建家については、ウラン系廃棄物倉庫として活用する。

作業工程は、当初10ヵ月で計画していたが、実際のはつり作業においては、当初の計画に対し、はつり作業量（深さ、範囲）が増加したことにより2ヵ月ほど延長された。

一連の作業については、情報管理の観点より、ピットの形状、寸法、使用履歴、ピット内の除染方法、除染後の確認結果、分析サンプルの保存、写真及び打設コンクリートの情報等を整理し保存した。

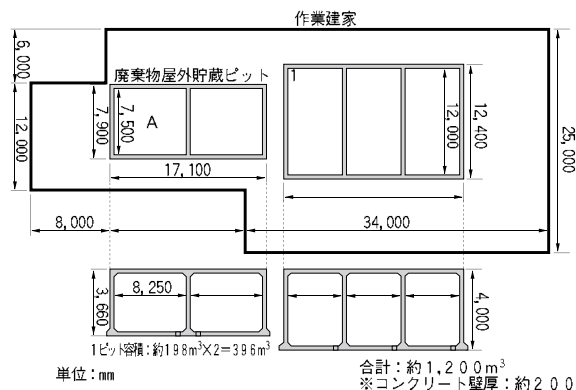


図1 廃棄物屋外貯蔵ピット平面図及び断面図

4. はつり除染及び放射能測定の見方

ピット内の管理区域を解除するに当たり、表面検査による放射能検査では不十分であり、コンクリート中のウラン濃度を測定することとした。そこで、日本原子力研究所（以下、原研）JPDRの解体における放射能測定等について調査し^{1),2)}、独自の汚染判定基準を設けた。

汚染判定基準としては、一般のコンクリート中に含まれる放射能のバックグラウンドレベル程度とした。

これら、はつり除染及び放射能測定についての基本的な手順を図2に示す。

4.1 はつり除染の見方

はつり除染に当たっては、滞留水、ピット内壁状況の調査を行い、滞留水と接触していない所（非接液部）と滞留水と接触があった所（接液部）に区分し、それぞれ汚染範囲の確認及び浸透汚染深さの確認を行った。

汚染範囲の確認においては、各ピット全面の表面汚染濃度を直接サーベイ法を用いて確認し、汚染マップ（Bピットの測定結果を図3に示す）を作成した。

また、浸透汚染深さの確認では、コンクリート躯体のコアサンプルを採取し、粉碎後、硝酸溶液にて溶解した液を誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）によりU238の定量を行った。

定量結果を図4（非接液部）、図5（接液部）に示す。図4から分かるように、非接液部については、ほとんど汚染はないものの、念のために2mmのはつりを行うこととした。

一方、接液部については、躯体の劣化部分のほとんどが床面であること、また、図5から分かるように、大半が表面から5mm程の深さで一般のコ

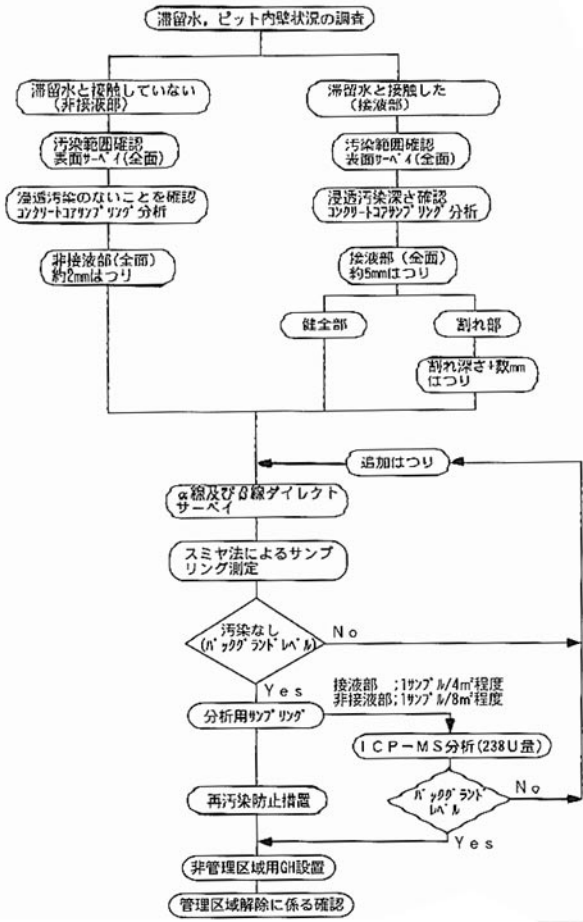


図2 はつり除染と放射能測定についての基本的な手順

コンクリート中に含まれる放射能レベルになるので、一律に5mmをはつり除染し、はつり作業中に実施する表面汚染濃度測定結果及び汚染マップ(図3)を活用しつつ、必要に応じて汚染部の追加はつりを行うこととした。

また、割れ部については、割れ深さプラス数mmはつりを基本とした。

4.2 除染後の放射能測定

はつり除染後の放射能測定は、はつりが終了したエリアごとに直接サーベイ法及びスミヤ法による放射能測定を行うとともに、分析用サンプリングを壁面から採取し、その後、汚染がなければ対象エリアの再汚染防止(ペイント塗布)を行うこととした。

はつり除染後の分析用サンプリングは、工事作業管理及び記録管理の観点から、パッチ処理(作業時間から2時間程度を目安)とし、接液部の採取面積は、約4m²とした。また、非接液部については、接液部に比べ汚染レベルが低いことから、

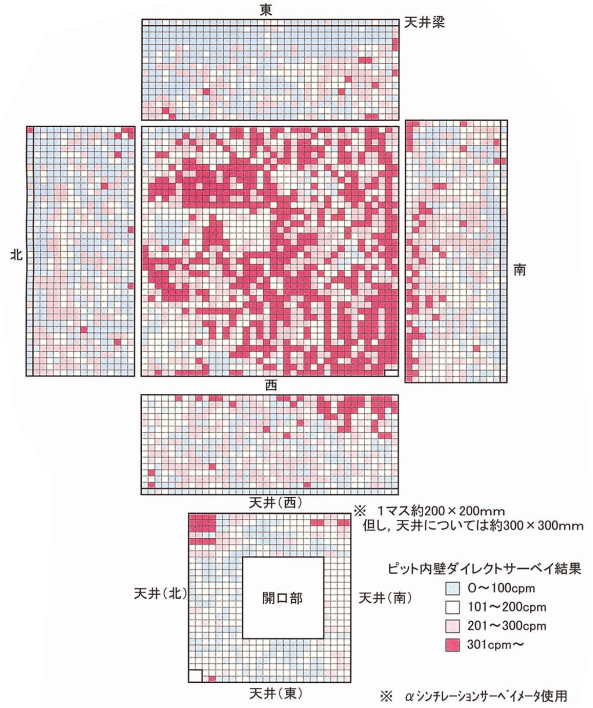


図3 Bピット汚染マップ

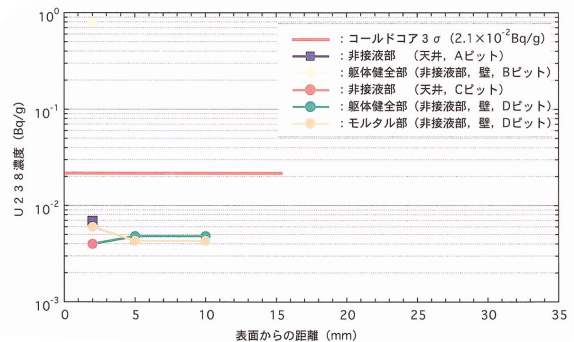


図4 表面からの距離に対するコンクリート中のU238濃度(割れ部除く)

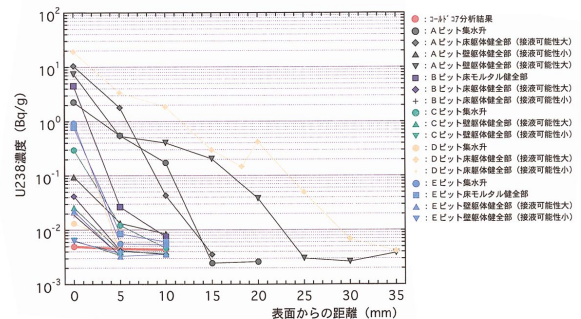


図5 表面からの距離に対するコンクリート中のU238濃度(割れ部除く)

約 8 m³から採取した。

一方、サンプリングは、ポイント的なサンプリングでなく、はつり後の躯体表面から全体的に採取することとした。

4.3 汚染判定基準

ピットの内壁面をはつり除染するための放射能濃度の目標値としては、一般のコンクリート中に含まれる放射能レベル(バックグラウンド)とした。

放射能の評価は、一般のコンクリート中に含まれる放射性核種がウラン、トリウム、アクチニウム系列の壊変核種に加え、カリウムやホールアウトによる核種などがあることが考えられること及びピット内に保管されていた廃棄物が天然ウラン(滞留水の分析及び国、IAEAのサンプリング分析並びに過去の資料より)で汚染されたものであったことからU238で評価することとした。

バックグラウンドについては、サイクル機構・東海事業所内の管理区域を有しない一般施設のコンクリート中に含まれる放射能(U238)をコンクリートコアのサンプリング(10箇所)結果から求め、バックグラウンドの範囲は、サンプリング分析の平均値にその標準偏差の3倍を加えた値とした。

汚染判定基準値は、バックグラウンドの上限値(平均値 + 3σ)と定義し、 2.1×10^2 (Bq/g)とした。

採取場所、分析結果等を表1に示す。

5. 除染方法

5.1 除染方法選定

ピット内壁等のはつり除染に当たっては、コンクリートを削ることのできる装置を調査し、プラ

スト装置、スクャブラ、ウルトラサンダー、Uカッター、電動ピック等を選定した。

ピット躯体状況については、防水モルタル施工の有無、躯体のひび割れ、貫通部、ジャンカ部(粗骨材のみ集まる不良部)、劣化部、コーナー部等様々な状態が確認されていることから、モックアップ試験を行い、はつり装置の適用性、操作性、効率性等について確認し、はつり装置の運用方法を決定した。はつり装置の適応性及び運用方法を表2、図6に示す。

また、スクャブラ、ウルトラサンダー、Uカッターでは、集塵機を接続し粉塵飛散防止を図ることとした。

さらに、各はつり装置の特性よりクロスコンタミを考慮し、仕上げはつりはプラスト装置を使用することとした。

5.2 プラスト装置の改造及び特性把握

(1) プラスト装置の改造

プラスト装置は、圧縮空気によりプラスト材を噴射し、対象面を削るものであり、一般には部品

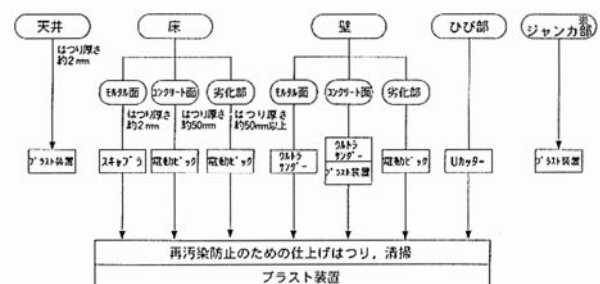


図6 はつり装置の運用方法

表1 サイクル機構・東海事業所内の一般施設のコンクリート中に含まれるウランの分析結果

採取場所	コア径 mm	試料番号 No.	試料重量 g	分析結果※ Bq/cc	U238濃度 Bq/g
濃縮自動販売機建家床	32	S-1	1.0133	7.1E-06	7.0E-03
M棟南側擁壁	32	S-2	1.0275	7.9E-06	7.7E-03
RETF工事監視棟通路の擁壁	32	S-3	1.0205	9.6E-06	9.4E-03
工学試験棟1F機器室床	32	S-4	1.0152	8.0E-06	7.9E-03
濃縮公用車置場基礎	32	S-5	1.0172	1.1E-05	1.1E-02
輸送容器保管施設	32	S-6	1.0150	1.0E-05	9.9E-03
グラウンド共同溝出入塔壁	32	S-7	1.0176	1.9E-05	1.9E-02
旧中央運転管理室前共同溝出入塔壁	32	S-8	1.0157	9.7E-06	9.6E-03
旧LPガスタンク配管基礎	32	S-9	1.0181	9.6E-06	9.4E-03
第2検査技術開発室	32	77	1.0356	5.7E-06	5.5E-03

※分析結果；供した試料を粉碎後、硝酸中に溶解し、1000mlに定容したものの分析

U238濃度平均値	9.6E-03
標準偏差	3.7E-03
3σ	1.1E-02
平均値+3σ	2.1E-02 Bq/g

表2 はつり装置の適用性

はつり装置	はつり部位				はつり深さ		クロス コンタ ミ	※粉塵 飛散	適用
	床	壁	天井	ひび部	浅 (1~5mm)	深 (1~5mm)			
ブラスト	○	○	◎	○	○	×	◎	◎	ひび割れ部以外全面使用
スクャブラ	○	×	×	×	○	×	△	○	床面の粗はつり
ウルトラサンダー	○	○	×	×	○	×	△	○	壁面のはつり
電動ピック	○	×	×	○	×	◎	×	×	掘削を要するはつり
リカッター	○	○	×	◎	×	○	×	○	ひび割れ部以外全面使用割れ部のはつり

※スクャブラウルトラサンダーリカッターには集塵機を取り付けた状態
◎：最適 ○：適 △：ふつう ×：不適

の表面処理、錆・塗装剥がし等に使用されている。

今回は、コンクリートをはつるため、プラスト材にスチールを選定し、スチールのリサイクル及びリサイクルに伴う再汚染防止の観点から改良を図った。

構造は、サイクロンセパレータ及び集塵機を追加し、排気系での再汚染防止を図った。

また、廃棄物低減のためにプラスト材をリサイクルできる構造とするとともに、プラスト材のブリッジ、閉塞を防止するため圧空ラインに除湿器(アフタークーラー)を設けた。

ブラスト装置のフローを図7に示す。

(2) プラスト装置の特性把握

ブラスト装置については、効率的なはつり除染方法及び安全性、信頼性等の特性把握を目的にモックアップ試験を行った。

1) ノズルの操作性

コンクリート板を用いて、床、壁、天井、コーナー部を模擬し、はつり作業を行ったときのノズルの取扱い、ホースの引き回し及びプラスト材の飛散状況の確認を行った。

その結果、ノズルとホースの自重及び姿勢により操作性が大きく異なること、また、コーナー部については、はつることはできるが、はつり面とノズル部に隙間が生じやすく、プラスト材が飛散することが分かった。そこで、コーナー部のはつ

りを行う場合に、隙間が発生しないようにするため、消耗品のノズルブラシを改良した(図8参照)。

2) はつり能力

a) はつり時間とはつり深さ

モルタル及びコンクリートを用いて、一定時間ノズルを固定した状態でのはつり能力を確認した結果、ノズル固定時間を増やすことで深さ、幅とも増加傾向を示した。

b) ノズルの移動速度と研磨能力

ノズルを一定速度で移動・噴射させ、コンクリートに対する研磨能力を確認した結果、はつり深さは、移動速度に関係なく、同じ位の値となったが、はつり幅に関しては、移動速度が小さくなるほど、幅広くはつれた。

これは、プラスト材が骨材にはじかれ、移動速度が小さくプラストに時間をかけるほど周りに広がり、コンクリートをはつったと考えられる。

今回の移動速度内であれば、はつり能力に支障なく使用でき、実作業における個人差の影響は出にくいと考えられる。

ノズル移動速度と研磨能力の関係を表3に示す。

c) 時間当たりのはつり面積

実作業での処理能力を検討するために、模擬した天井、壁に対する一定面積のはつり作業を行い、はつり能力の把握を行った。

その結果、はつり深さが約2mm、はつり能力は

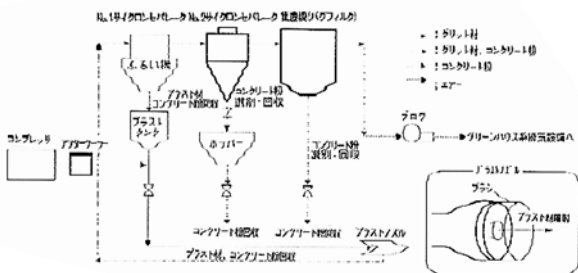


図7 プラスト装置フロー

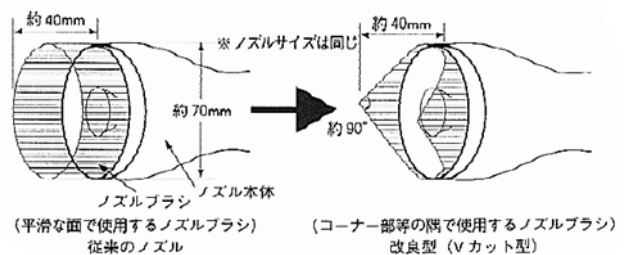


図8 ノズルブラシの改良

表3 ブラストノズル移動速度と研削能力の関係

測定箇所	移動速度	①	②	③	④	⑤	⑥	平均
はつり幅	10cm/秒	40	50	50	50	45	50	48
	5cm/秒	55	45	50	50	45	50	49
	3cm/秒	55	55	50	50	50	50	52
はつり深さ	10cm/秒	2	2	3	2	2	3	2
	5cm/秒	2	2	2	2	3	2	2
	3cm/秒	3	2	2	2	2	2	2

試験条件：コンプレッサ圧力 0.7MPa
 スチールグリッドの粒径 約0.3mm
 長さ50cmのコンクリートで測定箇所は10cm間隔で6箇所

単位：mm

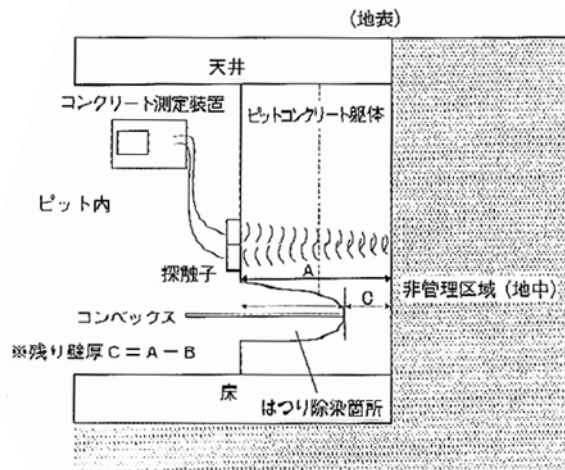


図9 ピットコンクリート躯体の測定例

約 3 m²/hから約 6 m²/hの幅であることが確認された。

試験結果から、実作業におけるはつり能力は、ブラスト装置のはつり能力より、作業者の操作(作業姿勢、作業環境等)に依存することが確認された。

一方、作業工程を定めることから接液部のはつり能力は、約 4 m²/バッチ(作業時間を考慮し、2時間を1バッチと考えた)とした。

5.3 はつり厚さの管理

ピット躯体については、内部に負荷がないため土圧によりくずれの可能性があるため、はつり除染においては、躯体強度の観点及び施工管理の観点から、はつり厚さの管理が必要であった。

このため、目視では、はつり厚さや残りの壁厚の管理が困難なことから、超音波を利用したコンクリート厚さ測定装置を用いることとした。測定原理は、コンクリート躯体上で探触子間の超音波の伝達する時間(伝播時間)を測定するものである。

モックアップ試験では、接触媒質の影響、コンクリート内音速測定、コンクリート厚測定、鉄筋の影響評価を確認し、直接測定は厚さ30 mmまで可能であることを確認した。

一方、残り壁厚を直接測定できない場合は、近傍の壁厚を測定し、はつり深さを差し引くことで厚さを管理した(図9参照)。

さらに、上記のモックアップ試験で、音速測定によってコンクリートの劣化が推定できる(コンクリートにより超音波伝播速度が異なることを利用するもの)ことを確認し、ピット内の劣化の度合いを調査した(表4参照)。

これは、今後のデコミッシングにおいて事前調査することにより、効率的なはつり除染に応用できること、さらに、コンクリートの経年劣化把

表4 コンクリート音速と品質(劣化の度合い)の関係

超音波伝播速度(m/s)	品質	ピット内壁
4000以上	良	○Bピット北壁 ○Bピット集水弁 ○Aピット東壁
3500~4000	やや良	○Bピット南壁 ○Bピット南壁 ○Bピット床
3000~3500	可	○Bピット東壁 ○Bピット床
3000以下	不可	今回の測定では、該当者なし

(なお、品質については阪神高速道路公団基準による)

握、補修にも活用できると考えられる。

6. 作業結果

実際のはつり除染においては、図6のはつり装置の運用表を基に、Aピットの天井面からはつり除染を開始し、その後、B~Eピットに順次着手した。

6.1 はつり除染

天井及び壁の非接液部については、約2mmのはつり除染により、ほとんどがバックグラウンドとなった。

しかし、接液部の床で、特に防水モルタルのなかったA,Bピットでは、平均的に約40mm、部分的に約100 mmを超えるはつり深さとなった。これは、コンクリートの劣化が著しく、滞留水中のウランがコンクリート中に浸透したためと考えられる。

6.2 コンクリートの分析

はつり除染後のサンプリング分析にて汚染判定基準値を超えた場合には、はつり除染、サンプリ

表5 はつり後確認測定データ（Bピット）

バッチNo.	場所	はつり厚さ 機寸(mm)	サンプルNo.	サンプル分析 結果(Bq/g)	追加はつり
B-B-1	床	約30~90	B-B-1	4.2×10 ⁻³	無
B-B-2	床	約30~90	B-B-2	6.1×10 ⁻³	無
B-B-3	床	約30~100	B-B-3	5.8×10 ⁻³	無
B-B-4	床	約30~80	B-B-4	5.7×10 ⁻³	無
B-B-5	床	約30~90	B-B-5	6.7×10 ⁻³	無
B-B-6	床	約30~70	B-B-6	7.7×10 ⁻³	無
B-B-7	床	約30~90	B-B-7	1.8×10 ⁻³	無
B-B-8	床	約30~85	B-B-8	6.9×10 ⁻³	無
B-B-9	床	約30~85	B-B-9	9.6×10 ⁻³	無
B-B-10	床	約30~90	B-B-10	8.0×10 ⁻³	無
B-B-11	床	約30~65	B-B-11	6.6×10 ⁻³	無
B-B-12	床	約30~85	B-B-12	8.3×10 ⁻³	無
B-B-13	床	約30~80	B-B-13	8.1×10 ⁻³	無
B-B-14	床	約30~80	B-B-14	5.5×10 ⁻³	無
B-B-15	床	約30~90	B-B-15	7.7×10 ⁻³	無
B-B-16	床	約30~75	B-B-16	6.1×10 ⁻³	無
B-B-17	集水弁	約100	B-B-17	9.4×10 ⁻³	無

汚染判定基準値：2.1×10⁻²(Bq/g)

ング分析を繰り返し行い、すべて汚染判定基準値未満であることを確認した（表5にはつり後確認測定データの一例を示す）。

分析件数は、約320件となり、その前処理、分析に多くの時間を要した。

6.3 廃棄物発生量等

プラスト装置によるはつり除染で用いたプラスト材（スチールグリッド）の使用量は、約2tであり、単位面積当たりになると、約1.5 kg/m²となった。

はつり粉、プラスト材粉等の廃棄物は、はつり対象面積約1,300m²に対してドラム缶で約200本発生した。他の廃棄物は、ドラム缶換算で約1,100本発生しているが、推定発生量より2割ほど発生量を抑えることができた。

低減できた要因としては、以下が挙げられる。

はつり除染作業では、はつり装置のモックアップ試験を行い、各機器に応じた運用方法を定め、効果的なはつり作業ができたこと。

設備等の解体撤去は、極力分解、細断し、板状の形状にしたこと。

金属細断物などの養生には、防護装備等2次廃棄物を用いたこと。

梱包において、できる限りエア抜きを実施したこと。

7. 設備等の解体撤去及びコンクリート打設

廃棄物取出し詰替作業に使用したドラム缶圧縮機、木材破砕機、水切り台などの処理設備、器材及び建家排気設備などの内装設備については、器材等の許認可を要しない物から解体撤去し、許認可後にドラム缶圧縮機等の処理設備及び内装設備を解体した。

器材及び設備の解体については、1999年8月中旬から作業を開始し、はつり除染に使用した装置及びグリーンハウスの解体等を含め、2000年6月上旬に終了した。

その後、ピット内にコンクリートを打設するためピット内の管理区域を解除した。

コンクリート打設作業は、各ピットとも約1m厚を目安に3回（3日）に分けて行った。

8. 今後の計画

閉鎖したピットについては、今後、上建家の床として管理する。また、上建家については、ウラン系廃棄物倉庫として、ピットの閉鎖措置に係る廃棄物等を当面（第2ウラン系廃棄物貯蔵施設へ移動保管するまでの間）、保管する。

また、第2ウラン系廃棄物貯蔵施設へ廃棄物を移動後（2003年度）は、上建家を一般倉庫等として利活用する計画である。

9. おわりに

ピット内のはつり作業は、1999年9月上旬から開始し、2000年2月末にほぼ終了した。

はつり除染に当たっては、表面汚染部、浸透汚染部を把握して区分管理したことから、それぞれに合った除染装置の選定ができ、効率的な作業及び廃棄物低減を図ることができた。

また、ピット躯体を一般コンクリートと同レベルの放射能まで除去することができるとともに、躯体への影響を考慮しつつ、適切な施工管理ができた。

今回採用したピット内のはつり除染方法は、今後のデコミショニングに反映できることを確認した。

しかし、コンクリート中のU238の前処理、分析に人と時間を要したため、今後は、効率的な評価手法として、非破壊測定による汚染判定の検討が必要と考える。

謝辞

ピット閉鎖措置にご尽力いただいた関係各部署に紙面を借りて感謝申し上げますとともに、今後このような業務が発生しないよう点検・保守等の廃棄物管理を徹底してゆく所存である。

参考文献

- 1) 畠山睦夫，立花光夫 他：“動力試験炉(JPDR)の解体における建家表面の除染と放射能測定”，JAERI-Tech 97-064
- 2) 宮坂靖彦，渡辺正秋 他：“JPDR解体実施試験の概要と成果”，日本原子力学会誌 Vol.38, No.7 (1996)