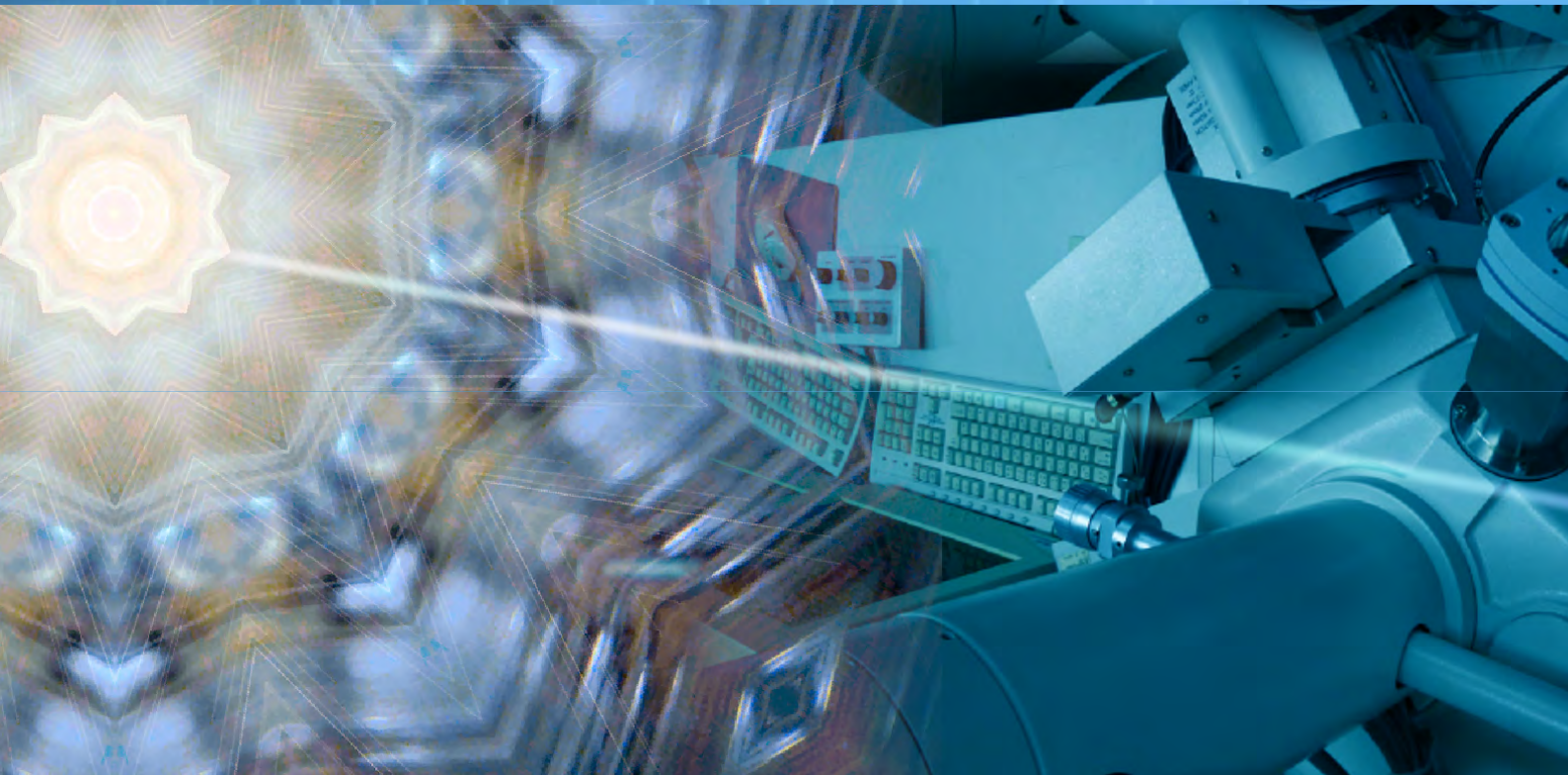




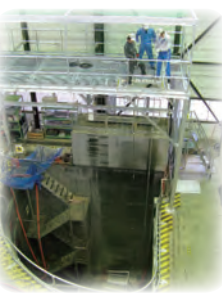

ISSN 2185-5420

# アトックス技報

ATOX TECHNICAL REPORT

No. 2 2010



頁/Page		巻頭言	Preface
	1	アトックス設立30周年にあたって	
		研究開発成果	R & D Activities
	2	ドラム缶表面観察装置の開発 Development of Visual Inspection Device of Radioactive Waste Storage Drums	
	4	APD/バイブユニットの開発 Development of Vibration Unit for Alarm Pocket Dosimeter (APD)	
	6	IDR型壁面除染機の開発 Development of IDR(Inner-Motor Decontamination Robot) Type Wall Cleaner	
	8	タンクのスラッジ回収装置の開発 Development of Bottom Cleaner for High Radioactive Waste Storage Tank	
	10	水中除貝装置の開発 Development of Device Removing Shellfish Underwater	
	12	廃止措置エンジニアリング –塔槽類撤去工事の例– Engineering Design of Decommissioning – Column and Vessel Facility –	
	14	プラスト除染工法の確立 Establishment of Blast Decontamination Method	
	16	金属ナトリウム除去工法に係る安全性の検討 Safety Study of Removal Methods for Metallic Sodium	
	18	モンテカルロ法による放射線輸送計算 –ホットセル監視カメラアセンブリの放射線遮へい– Calculation of Radiation Transport by Monte Carlo Simulation Code – Radiation Shielding of Camera Assembly used in Hot Cell –	
	20	微量ヨウ素の定量 –放射性廃棄物の処理・処分に係る分析技術の検討– Determination of Trace Amount of Iodine – Study of Analysis for Radioactive Waste Management –	
	<b>トピックス</b> <i>Topics</i>		
	22	アトックスは本年9月に設立30周年	
	22	技術開発センターへの訪問者が、本年7月に 1,000名を達成	
	22	配管内走行装置を千葉工業大学と共同開発	
	23	実験棟模擬ウエルにて、東北大学がニュートリノ実験用バルーンの展張試験	
23	サプレッションチェンバー内機器点検・清掃装置の試験・訓練施設整備		
	アトックス情報		ATOX Information
	24	厚板炭素鋼の水素ガス切断工法	
	24	三次元測量による廃棄物量の推定	
	25	当社保有装置を利用した分析・測定技術	
	26	登録特許一覧	
	27	特許の紹介	
	28	アトックスの概要	
			

## アトックス設立30周年にあたって

特別顧問 藤井 靖彦  
(東京工業大学名誉教授)



昭和55年9月、(株)ビル代行から現アトックスの前身である(株)原子力代行が分離独立した。

以来、企業規模も着実に拡大し、全国の原子力発電所、原子力・放射線関係の研究所に事業を広げ、原子力のメンテナンスを主とする総合サービス産業に発展した。これに伴い、売上高も設立時の68億円から最近の220億円以上まで3倍に増大している。この間、日本には好景気、不景気、バブル、失われた10年など、さまざまな経済状況があった。それにもかかわらず、一貫して、着実に事業規模を拡大してきた。お客様をはじめ関係各位のご支援と、経営陣と従業員の大いなる努力のたまものである。

日本の得意技は“ものづくり”とよく言われるが、実はもっとすごい日本の技はサービスである。質の高いサービスは日本社会の特色である。日本の組織はトップから従業員まで責任感をもっている。誰も単なる組織のパーツではなく、組織に主体的にかかわる能動的参加者である。これは日本の長い歴史のなかで、神道や仏教など基本的価値観が時間的に継続し、また高度で組織的な農業を産業とする社会が日本全国に広がり、労働を尊び、公(社会)を大事とする倫理観が人々のなかに形成されてきたからであろう。

原子力は電力と大メーカーが開発の主体になっているように見えるが、電力やメーカーから独立の立場にあるアトックスが、サービスの分野で日本のリーディングカンパニーとなっているところに世の注目が集まっている。アトックスがこの分野で成功している理由は、系列に頼らず、お客様に満足していただくというサービスの原点で事業を続けてきたためであろう。

2010年10月、ついに日本はベトナムの原子力発電所建設に参加することになった。世界に日本の原子力発電所を広める重要な一歩である。またそのメンテナンス・サービスでも、日本の技術を世界に広める時代がやってくる。

お客様に満足していただくサービス産業に技術力は欠かせない。アトックスは柏にある技術開発センターをますます充実させ絶えざる変革を行っている。技術の開発状況を広く知っていただくため、昨年度から本技報の発行も始まった。原子力、加速器、核融合、核医学、素粒子研究など最先端の科学技術を支えるアトックスのますますの発展が日本の活力強化となるよう、より一層精進してまいる所存である。

平成22年12月吉日

# ドラム缶表面観察装置の開発

## Development of Visual Inspection Device of Radioactive Waste Storage Drums

放射性廃棄物が充填されたドラム缶の表面を撮影する方法として、ドラム缶表面のカメラ画像を切れ目のない連続したものとしてモニタに表示させ、また、それらを画像データとして保存することが可能なドラム缶表面観察装置を開発した。本装置により、ドラム缶表面の検査作業の効率性及び安全性を向上させ、ドラム缶表面の高品質な画像記録を提供することができる。

キーワード：放射性廃棄物、ドラム缶、表面観察、ラインカメラ

As a method of photographing radioactive waste storage drum surface with a camera, we developed a visual inspection device, which indicating drum surface as a continuous and unbroken image on a PC monitor and saving it as image data. This device is capable of making visual inspection work of drum surface more efficiently and safely. And also, it can give us the quality of visual recording of drum surface.

Key Words : Radioactive Waste, Storage Drums, Visual Surface Inspection , Digital Line Camera

### 1 背景と目的

埋設処分のために搬出される放射性廃棄物が充填されたドラム缶は、国の指定機関による検査のほかに、各電力殿が自主検査を実施している。この自主検査では、ドラム缶表面の状態を“帳票”と呼ばれる記録用紙に手書きでスケッチしていたため、検査者の負担が大きく、ドラム缶への接近による被ばくが問題となっていた。

ドラム缶表面観察装置の開発は、そのような手書きでのスケッチをカメラ撮影に置き換えることで、検査者の負担軽減及び被ばく量の低減、帳票の品質向上を図ることを目的として実施した。

### 2 開発概要

#### (1) ドラム缶撮影における課題

原子力発電所などでは、放射性廃棄物が充填されたドラム缶の外観検査において、カメラ撮影により表面画像を記録する手法は以前から行われていた。しかし、単にカメラで撮影する方法では、ドラム缶表面をアングルの異なる複数枚の写真で確認することになる。この場合、ドラム缶1体の画像データが煩雑で、その整理や確認したい部位の検索に時間を要し、また、撮影した画像に切れ目が生じると、連続的な記録としてスケッチする帳票に比べて実物との対比が困難であった。

#### (2) 開発目標及び撮影方法の検討

開発にあたっては、①ドラム缶表面を切れ目のない画像で表示し、連続的に全周面の外観が見られること、

②画像データとして保存でき、スケッチ記録より高品質であること、③ドラム缶への接近時間を短くし、被ばく低減を図ること、④操作をシンプル化し、自動的に帳票が作成できること、などを目標とした。

撮影方法としてはドラム缶の撮影部位を3つに分け、上面と下面については高解像度 CCD カメラによる1ショット撮影方式、側面についてはラインカメラを用いたラインスキャン撮影方式を採用した(図1)。

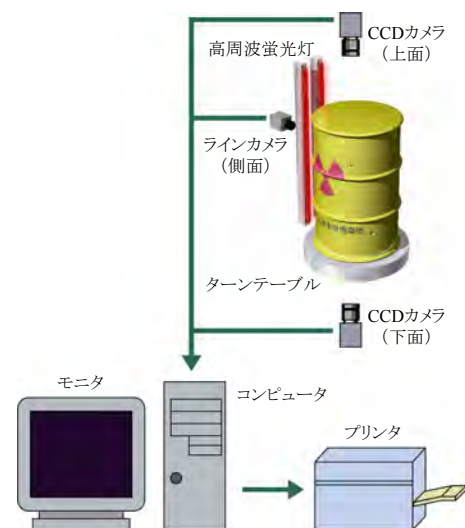


図1 装置構成の概念図

#### (3) ラインカメラ

ラインカメラによる撮影は原理的にはスキャナと同様であり、スキャン対象を帯状の細長い映像として取り込んでいく。実際のドラム缶撮影では、まず、ターンテーブル上に置いたドラム缶側面の上下全範囲を約1mm幅で撮影する。次に、撮影した幅分だけターンテ

ーブルを回転させ、その位置で撮影を行う。この操作を順次繰り返し、ドラム缶1周分の短冊状の映像を画像処理ソフトによりつなぎ合わせることで、切れ目のない展開図としてドラム缶側面画像が再現される（図2及び図3）。



図2 ラインカメラでの撮影イメージ

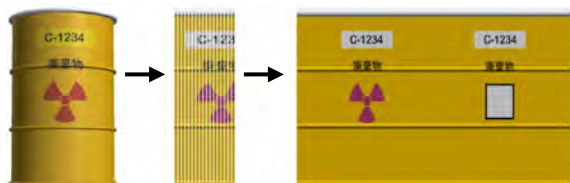


図3 スキャン映像の変換イメージ

(4) システム構成及び仕様

開発した装置では、ドラム缶の3つの部位を、  
 上面：ターンテーブル上に置いた状態  
 側面：ターンテーブル上で回転させた状態  
 下面：ターンテーブル上で垂直持上の状態  
 にしてカメラ撮影を行う（写真1及び表1）。

本装置の撮影用カメラは十分な解像度を有しており、錆やキズなどの確認はもちろん、ドラム缶表面に貼付されたラベルの細かい文字なども読み取ることができる。

また、撮影システムと並行して開発した専用の帳票作成ソフトにより、撮影した画像は自動的に所定のフォームに取り込まれ、他のドラム缶情報と一緒に帳票ファイルとして最終的にPDF形式で保存される。帳票をプリンタより印刷し、撮影直後に実物と比較することが可能である。なお、廃棄物情報などのデータベースを設けることで、帳票をさらに効率よく作成でき、バーコードリーダなどのハンディターミナルとの連携により、情報入力作業の省力化及び誤入力の防止を図ることができる。

使用時の安全性については、ドラム缶設置時などの衝突防止に位置検出器による警報発信機能を設けている。また、撮影時の被ばくを極力抑えるため、システム制御機器を本体より離し、遠隔で本体操作や帳票作成が行えるようにしている。



写真1 ドラム缶表面観察装置

表1 ドラム缶表面観察装置の主な仕様

項目	仕様
外形寸法	W1,250×L1,980×H2,140mm
質量	738kg
カメラ部	・上面用：CCD カメラ ・下面用：CCD カメラ ・側面用：ラインカメラ
ターンテーブル	許容質量：1,000kg 回転速度：1回転/分
撮影時間	3分/ドラム缶1体
システム制御機器	・汎用PC ・バーコードリーダ ・撮影&帳票作成ソフト
安全装置	ドラム缶位置検出器 ドラム缶位置警報器

3 結 語

ドラム缶表面観察装置は平成10年度より開発に着手し、平成11年度には試験装置を製作し、性能等の試験及び検証を行った。平成12年度に実機第1号機が、平成21年度には改良バージョンとなる第2号機が製作され、ドラム缶表面の撮影及び記録、また、帳票作成に利用されている。

本装置により、自主検査での以前のドラム缶外観検査と比べて、

- ・ドラム缶表面記録の時間短縮
- ・ドラム缶表面記録時の被ばく量低減
- ・帳票の客観性の向上

などの改善を図ることが可能となり、検査作業の効率性及び安全性、品質の向上に寄与している。



執筆者／開発・研究 Gr. 石山 博紀

# APD バイブユニットの開発

## Development of Vibration Unit for Alarm Pocket Dosimeter (APD)

警報付ポケット線量計（以下、APD という）は、作業者が計画線量を超える被ばくをしないように警報音で知らせる機能がある。しかしながら、高騒音下では警報音が聞こえにくい状況であった。このため、騒音下でも作業者が APD 警報を感知できるように、振動と光で警報を発する APD バイブユニット（以下、APD-VU という）を開発した。この対策により、高騒音下でも警報を確実に作業者が認識できることから、過剰被ばく防止に貢献することができた。

キーワード：線量計、振動、警報、被ばく、騒音

The alarm pocket dosimeter (APD) notifies workers when their exposure approaches a predetermined level, so that the worker's radiation dose does not exceed this predetermined level. In an extremely noisy work environment, however, the APD's alarm sound may not be easy to hear. As a solution to this problem, a vibration unit for the APD device has been developed. This unit communicates the alarm by both vibrations and light, in order to enable the workers to recognize the APD alarm even in a noisy environment. By enabling operators to always recognize the APD alarm even in an extremely noisy environment, the vibration unit has helped to prevent workers from receiving overdoses of radiation.

Key Words : Dosimeter, Vibration, Alarm, Exposure, Noise

### 1 背景と目的

原子力発電所等で広く用いられている APD は、あらかじめ設定した線量に達した際に、警報音及び警報ランプにて作業者に知らせる機能を有しており、この機能により作業者の 1 日の線量は計画的に管理されている。

しかしながら高騒音下の作業場所においては、APD の警報音より周囲の音が大きく、作業者が警報音に気が付かない場合がある。また、通常 APD は作業服の内側ポケットに入れて作業を行うため、警報ランプが点灯しても作業者からは確認することができない。

そのため高騒音下の作業場所でも、確実に作業者に APD の警報を知らせる手段の開発の必要があった。

本開発では、APD の警報発信を音ではなく振動と光により、作業者に確実に伝えることができる機構を開発することを目的とする。

### 2 開発概要

#### (1) 動作原理

APD 本体には、警報音を発するスピーカーと警報時に点滅する LED が備わっている。LED は赤色 LED である。

APD-VU は、APD 本体が警報時に発する赤色 LED の光を検知し、振動と光で作業者に伝える仕組みとなっている。光検知部分には、一般的に光検知器等に多く用いられているフォトトランジスタを採用している。

APD-VU 側の検知部であるフォトトランジスタに APD の赤色 LED 光が入射した際に電流が流れ、この電流をトリガとして APD-VU の振動モータが作動する。一連の流れを図 1 に示す。

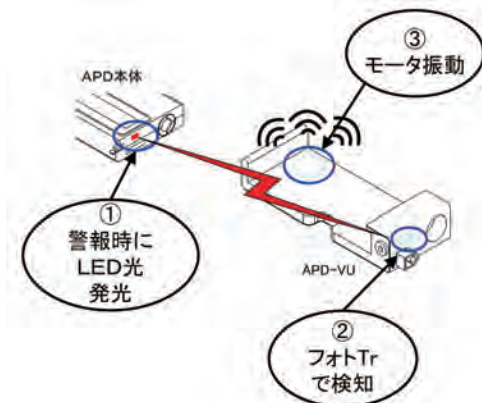


図 1 APD-VU 動作原理

APD-VU は、APD 本体の赤色 LED を検知できる形状となっており、APD 本体の赤色 LED 窓の部分は、APD-VU の光検知部に接合する構造となっている。APD-VU に APD 本体を装着した例を写真 1 に示す。



写真 1 APD 装着例

また、振動モータ作動中は APD-VU 本体コネクタ部より電気信号が流れている。このコネクタ部に首掛式 APD-VU を接続することで、作業者の首部へ直接振動を伝えることができるほか、APD の警報を赤色点滅型 LED の光によっても知らせることができるようになるため、当事者以外の周囲の作業者へも、警報発信を知らせることができる。これらを図 2 に示す。

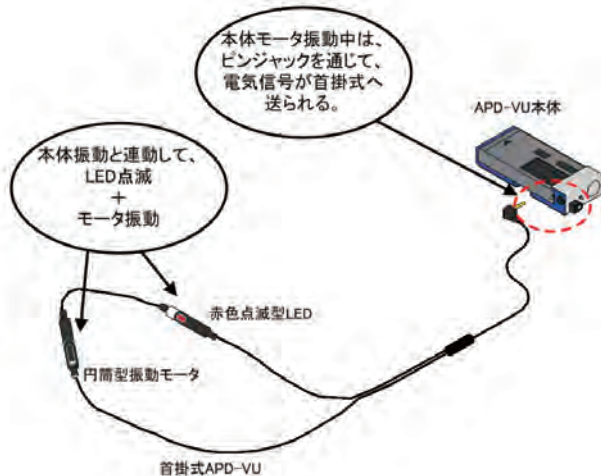


図 2 首掛式 APD-VU

(2) 現地試験運用結果と対策

原子力発電所での現場運用のなかで、以下に示す問題点が抽出され、必要な対策を講じた。

1) APD 本体の LED 発光光度のばらつきと対策

LED 製品自体の発光光度のばらつきや、APD 本体 LED 窓表面の汚れ等により、実際の赤色光の照度にはバラツキのあることが分かった。

この対策として、APD 本体の赤色 LED 光の照度をあらかじめチェックしておき、適用可能な APD のみ使用することとした。本対策で開発したチェック装置を、写真 2 に示す。



写真 2 APD 光量チェック機

2) 外光による APD-VU の誤作動と対策

APD 本体の表示部より、作業灯として用いられているハロゲンランプ光が入射され、APD 本体 LED 窓を通じて APD-VU の検知部まで達し、APD-VU が誤作動する恐れがあることが判明した。

作業灯光入射経路と LED 窓の位置関係を、写真 3 に示す。



写真 3 作業灯光進入経路

この対策として、ハロゲンランプ光を遮断する生地を用いたポケットを有する作業服（ベスト）を作成し、ポケット内部に APD 本体及び APD-VU を収納することで、ハロゲン光の APD 本体内部への進入を防ぐこととした。用いた生地は、完全遮光性能を有する生地とした。ベストを用いた装着状況を、写真 4 に示す。



写真 4 現場での APD-VU 装着状況

3 結 語

今回の開発で、あらかじめ APD に設定した線量を超えた際に、APD と連動して、振動と光で作業者に警報発信を知らせる APD-VU を完成することができた。

APD-VU 動作時は、本体及び首掛部が振動し、さらに首掛部の警報ランプが点滅する。警報ランプは、本人以外の周囲の作業者へも警報発信を知らせることができるようになった。

国内原子力発電所に納入し、これまで 4 年間使用している。APD-VU を用いることで高騒音下でも警報を確実に作業者が認識できることから、過剰被ばく防止に貢献することができた。

現在も、検知部の信頼性向上や首掛部の強度向上等、製品の完成度を高めるための検討を続けている。



執筆者／開発・研究 Gr. 河村 真吾

# IDR 型壁面除染機の開発

## Development of IDR(Inner-Motor Decontamination Robot) Type Wall Cleaner

当社では、原子炉ウェルなどの壁面除染作業に使用する壁面除染機の開発・改良を長年行ってきた。従来の壁面除染機は、ほとんどが小型で強いトルクがあるサーボモータを使用しており、ベルトを介してブラシ、走行車輪を駆動する機構となっている。この駆動方法は、除染作業中に不具合が発生した場合、モータの修理・交換に時間を要するため、計画工程内で除染作業を完了できなくなる恐れがあった。そこで、モータに不具合が発生した場合でも短時間で復旧できるモータ内蔵型のユニットを有する IDR 型壁面除染機を開発した。

キーワード：壁面除染機、除染作業、モータ内蔵

Atox has developed various types of wall cleaners to decontaminate the wall of the reactor pools. As small and high torque, servo motors were adopted in the traditional wall cleaners, as drivers of the wash brushes and wheels with timing belts or chains. In repairing a motor with troubles, maintenance skills and there was a great risk of delay for finishing the work. Then the Atox developed a new cleaner which enable us to recover quickly by built-in motor units even if the cleaner has a motor trouble.

Key Words : Wall Cleaner, Decontamination, Built-in motor

### 1 背景と目的

従来の壁面除染機の駆動機構は、作業直前及び作業中に不具合が発生した場合、修理・交換に時間を要するため、計画工程内に除染作業を終わらせることができなくなる恐れがあった。そこで、不具合により駆動機構の交換が必要になった場合でも、短時間で復旧できる除染機の開発が望まれていた。

### 2 開発概要

#### (1) 従来の壁面除染機の要改善点と対応

従来の壁面除染機の駆動方法は、以下のような問題点があり、改善が望まれていた。

- ①取り扱いは、特殊な知識が必要であり、復旧に多くの時間を要する。
- ②ベルトを介してブラシ・走行車輪を駆動させるため、必要な部品点数が多くなり大型で質量が重くなる。
- ③サーボモータは配線数が多いため、大型のコネクタが必要となり、壁面除染機内に設けられない。また、不具合が発生した場合、その対策に時間を要する。

現在、技術の発達によりサーボモータのほかにも、小型でトルクのあるモータが市販されるようになった。そこで、配線数が少なく制御が簡単な DC モータを採用し、シャフト内にモータを組み込み、ユニット化することで、モータに不具合が発生した場合でも、ユニットごとと交換することで、短時間で復旧できる IDR 型

壁面除染機を開発を行った。

#### (2) IDR 型壁面除染機の駆動機構の改良点

IDR 型壁面除染機を図 1 に示す。駆動機構を有する部分は主ブラシ、サイドブラシ、走行車輪でありすべての部分をユニット化した。以下に各部仕様を示す。

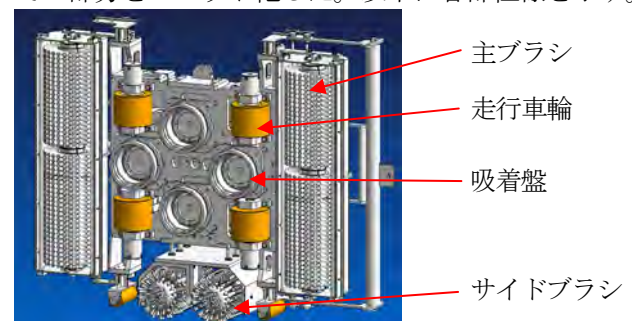


図 1 IDR 型壁面除染機

#### 1) 主ブラシ

図 2 に主ブラシの外形図を示す。除染作業に必要なトルクを確保するため、DC モータを 2 つ組み込んだ。ボールベアリングにより軸固定することで、駆動時に外枠の筒のみ回転するような構造とした。

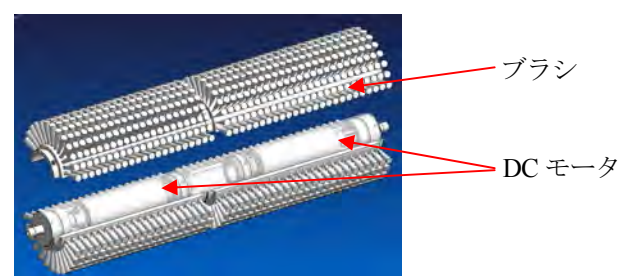


図 2 主ブラシ外形図

#### 2) サイドブラシ

図 3 にサイドブラシの外形図を示す。DC モータを 1



つ組み込んだユニットに、先端用ブラシと半割りのブラシを取り付けている。ブラシの駆動機構は、主ブラシと同様である。また、ブラシの接続箇所にある隙間で除染できない箇所は、図3のように片方のユニットの長さを変えることで、お互いに隙間を補う構造とした。

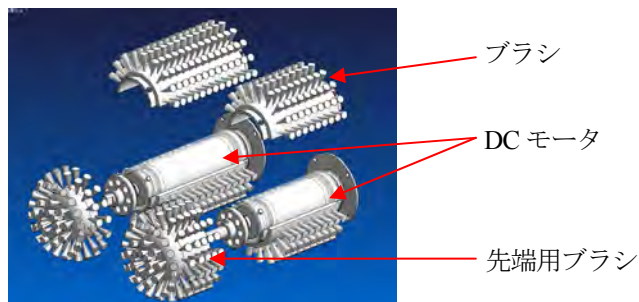


図3 サイドブラシ外形図

### 3) 走行車輪

従来よりも走行車輪の交換を容易にするため、各走行車輪にモータを組み込む構造とした。図4に走行車輪の外形図を示す。

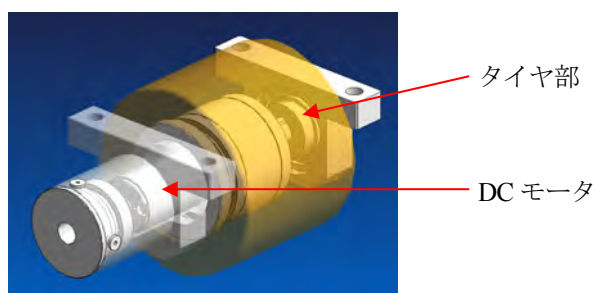


図4 走行車輪外形図

#### (3) ユニット化によるその他の特徴

壁面除染機の駆動機構をモータ内蔵型のユニットとすることで、上述のほかに以下のメリットが得られた。

- ①部品点数が少なくなったため、従来の壁面除染機よりも軽量化できた。従来の壁面除染機が約80kgであるのに対して、IDR型壁面除染機は約60kgとなり、25%の軽量化が図れた。
- ②ユニット化により、モータ組立時に必要な部品で外部にむき出しになっているボルト数を少なくすることができ、部品落下防止の点から品質が向上した。
- ③動力配線のみとなったため、ケーブル（移動電線）のメンテナンスが容易になった。

#### (4) ユニットの交換方法

動力配線のみとなったため、ユニットごとに小型のコネクタを設けることが可能となった。また、ユニットは、六角レンチだけで交換できるようにした。

これにより、壁面除染機内の配線系統のメンテナンスが容易になり、特殊な技術を有することなく駆動機構のユニット交換が可能になった。したがって、除染作業中に不具合が発生した場合でも、短時間での現場復旧が可能となった。

#### (5) その他の改良点

駆動機構のほかに、従来の壁面除染機で挙げられていた問題点を以下のように改良した。

##### 1) 走行車輪タイヤ部の改良

壁面除染機の走行車輪が、除染作業中にスリップする事象が発生したため、タイヤ部の材質・硬度・表面処理方法を変えて要素試験を実施し、スリップしにくい車輪を開発した。走行車輪タイヤ部の仕様を表1に示す。

表1 走行車輪タイヤ部の仕様

項目	仕様
材質	ウレタン
硬度	ショア A90
表面処理	ローレット加工

##### 2) 吸着盤の改良

従来の壁面除染機に使用されている吸着盤は、スポンジにフッ素樹脂製のテープを貼り付けて使用していたが、テープが摩耗するため1回の除染作業で、数回吸着盤のリップを交換する状況も発生していた。

そこで、吸着盤を加工品に変更し、要素試験を実施して、フッ素樹脂加工を施したニトリルブタジエンラバー製の吸着盤を開発した。これにより、除染作業中の吸着盤交換がなくなり、作業時間を短縮することができた。

### 3 結語

駆動機構をユニット化したIDR型壁面除染機の導入により、メンテナンス性が向上し、除染作業中に不具合が発生した場合の短時間での復旧が可能となったほか、除染機の軽量化も図ることができた。併せて走行車輪タイヤ部、吸着盤などを改良したことで、品質向上を図ることができた。



執筆者／機器・装置設計 Gr. 畑谷 周作

# タンクのスラッジ回収装置の開発

## Development of Bottom Cleaner for High Radioactive Waste Storage Tank

放射性廃液貯蔵タンク底部に線量の高いスラッジが堆積している場合は、点検時の作業員の被ばくが課題となる。そこで、点検時の線量低減対策として、タンク底部の高線量スラッジを遠隔操作にて回収できる装置を開発した。実際の放射性廃液貯蔵タンクへの適用により、被ばく低減への寄与、十分なスラッジ回収能力を有することを確認できた。

キーワード：廃液タンク、線量低減、スラッジ回収、遠隔操作

Workers will be exposed to radiation at the radioactive effluent storage tank inspection, if high radioactive sludge is deposited at the bottom of the tank. A bottom cleaner to collect high radioactive sludge remotely to reduce radioactivity was developed. The contribution to contamination reduction, and the sufficient sludge recovery capability were demonstrated by using to an actual radioactive effluent storage tank.

Key Words : Liquid Waste Storage Tank, Dose Reduction, Sludge Collection, Remote Control

### 1 背景と目的

原子力発電所の放射性廃液貯蔵タンクの開放点検工事において、対象タンクの線量が高い場合は、作業員の被ばく低減のため、タンク内の線量低減対策が必要である。タンク底部のスラッジ回収はこれまで機械化されていないため、遠隔操作にてスラッジ回収できる装置の開発を行った。

### 2 開発概要

#### (1) 装置の要件

走行装置は遠隔操作でタンク底部（鏡面部）を走行できること、スラッジ回収ユニット搭載でタンク底部のスラッジをスムーズに回収できること、ブラシユニット搭載でタンク底部の除染ができることを装置開発の要件として、検討を行った。

#### (2) 装置の概要

本装置は、走行装置、回収ユニット、ブラシユニットから構成される。概要は以下のとおりである。

##### 1) 走行装置

走行装置にクローラを用いタンク底部（鏡面部）の走行性能を向上させた。また、遠隔操作が可能なよう水中カメラ、暗所対応の水中照明を設けた（表1）。

表1 走行装置の主な仕様

項目	仕様
ユーティリティ	電源；AC100V
走行速度	0～9m/min
水中カメラ	38万画素、f=2.2 画角；水平93度、垂直71度(気中)
水中照明	5W、LED照明(3900lx)×2
防水性能	最大水深；30m

##### 2) スラッジ回収

走行装置に回収ユニットを搭載し、スラッジ回収作業に使用する。

スラッジはダイヤフラムポンプを用いて回収する系統とし、ジェット噴流により塊状のスラッジを粉砕してスムーズな回収を行える構造とした（写真1及び表2）。

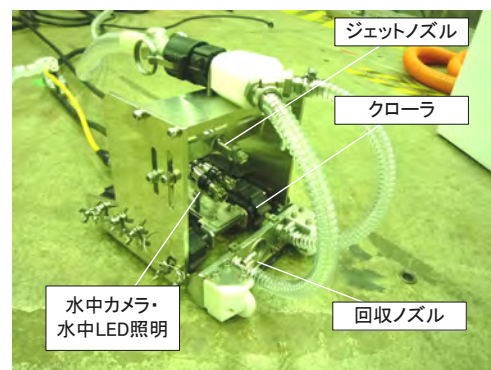


写真1 スラッジ回収装置（回収ユニット搭載時）

表2 スラッジ回収装置の主な仕様

項目	仕様
外形寸法	約W188mm×L393mm×H245mm
ジェットノズル	噴射流量；約12.6dm <sup>3</sup> /min(15MPa時)
回収ノズル	断面積；約12.4cm <sup>2</sup>
防水性能	最大水深；30m

##### 3) タンク底部の除染

走行装置にブラシユニットを搭載し、タンク底部の除染作業に使用する。

ブラシ（ブラシ軸内にモータを配置）の回転によりタンク底部の除染を行える構造とした（写真2及び表3）。

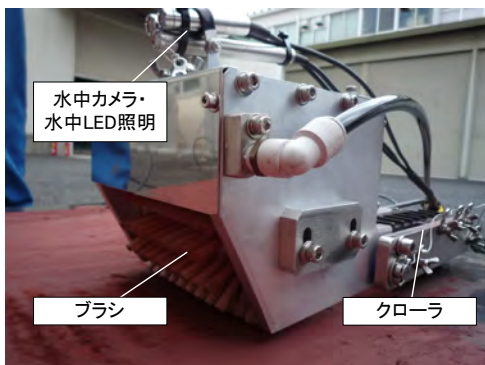


写真2 タンク底部除染装置 (ブラシユニット搭載時)

表3 タンク底部除染装置の主な仕様

項目	仕様
外形寸法	約W188mm×L393mm×H245mm
ブラシ	回転速度; 200rpm
	ブラシ外径; 140mm
	電動機; DCモータ 60W 1/33
	毛材; 610ナイロン
切込量; 0~10mm	
防水性能	IPX7

ット噴流により飛散させることで、装置に粉碎能力があることを確認した。



写真4 装置搭載の水中カメラ映像

### 3) ブラシ性能

タンク底部のモックアップに模擬スラッジを塗布し、装置のブラシ性能試験を行った(写真5)。

選定したブラシの毛材、線径、切込み量にて、模擬スラッジを除去できることを確認した。



写真5 ブラシ性能試験

### (3) モックアップ試験結果

タンク底部のモックアップを用いて、装置の走行性能、スラッジ回収性能、ブラシ性能のモックアップ試験を行った。

#### 1) 走行性能

水中で走行性能試験を行った(写真3)。装置に搭載した水中カメラ映像(写真4)により模擬スラッジの堆積状態を確認しながら走行させた。模擬スラッジ堆積箇所は、回収ノズルにてスラッジ回収を行いながら走行する方法により、滑りが軽減され良好な走行が可能であった。

また、回収ホースに浮きを取り付け、ホース反発力を低く抑えることで装置旋回等の複雑な走行が可能となった。

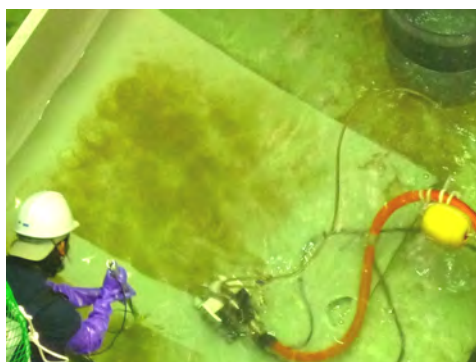


写真3 走行性能試験

#### 2) スラッジ回収性能

試験を行った結果、回収ノズルにより模擬スラッジを回収することができた。また、模擬スラッジをジェ

### (4) 実タンクでの作業結果

原子力発電所の高線量タンクにおいて、本装置を使用してタンク底部の高線量スラッジの回収を行った。その結果、モックアップ試験と同様に、タンク底部での遠隔操作による走行性能、及びスラッジ回収性能を確認することができた。

## 3 結 語

今回開発したスラッジ回収装置により、原子力発電所にて高線量タンクの線量低減を図ることができた。走行性能、スラッジ回収性能ともに十分な能力を発揮した。この装置は、他の原子力発電所にも水平展開できるものと期待される。



執筆者/機器・装置設計 Gr. 伊藤 俊介

# 水中除貝装置の開発

## Development of Device Removing Shellfish Underwater

原子力発電所内の循環水配管（以下、CW 配管という）内の除貝作業は、作業環境が厳しく作業改善が求められている。そこで水中ロボット（以下、ROV という）を利用し、配管の水抜き前に遠隔にて配管内面に付着した貝類等を除去する水中除貝装置を開発した。試験運用を重ねて改良を加え、実作業に適用可能な装置を目指している。

キーワード：CW 配管、除貝、ROV、省力化、機械化

It is required to improve the working conditions of removal of shellfish growing on the wall of the circulation water pipes in a nuclear power plant. Then, an underwater device with a remotely operated vehicle (ROV) was developed to remove the shellfish remotely before draining water in the pipes. In this report, the improvement of the device from the result of test runs is introduced.

Key Words : Circulation Water Piping, Removal of Shellfish, Remotely Operated Vehicle, Labor-Saving, Mechanization

### 1 背景と目的

CW 配管の定期点検時には、配管内の除貝、管壁の補修、及び塗装の点検が手作業で行われている。特に除貝作業はケレンによる手作業で、作業環境も厳しく、作業員の負担軽減や作業の効率化が望まれている。そこで、作業改善を目的とし機械化を検討した。

### 2 開発概要

#### (1) 工法の検討

管内の除貝、管壁の補修、及び塗装の点検、それら定期点検作業すべてを機械化すると、かえって効率が悪くなる恐れがあった。そこで、作業ごとに必要な人員と時間、プラント全体工程との兼ね合いを調査し、人手による作業と機械化の合理的な分担について検討した。

調査の結果、垂直管部点検（図 1）のために行う足場の設置、解体に多大な労力と時間が費やされていることが分かった。そこで足場組立を不要とするために、垂直管部分の除貝のみ機械化を導入することとした。

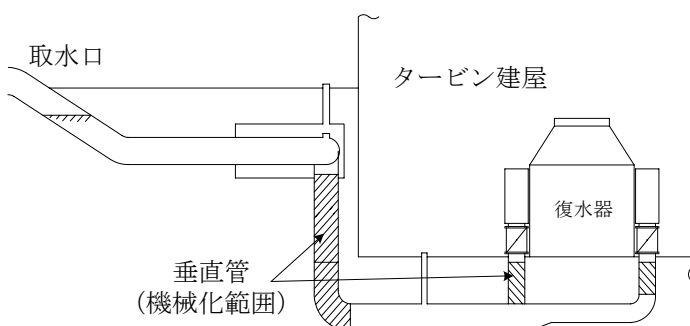


図1 取水側作業場所例

#### (2) 水中除貝装置の概要

水中除貝装置は、遠隔操作にて水中を航行する ROV に2台のハンマブラシ式除貝ユニット（以下除貝ユニットという）を搭載した装置である。装置の外観を図 2 に示す。

高速回転するハンマブラシ先端の爪が貝を弾き飛ばすことで、連続して除貝を行う。

ROV には、水中カメラ、照明、姿勢検出用ジャイロセンサ、コンパスが搭載されており、操作員が除貝状況と管内における位置を把握できる。

水抜き前の CW 配管内に水中除貝装置を進入させ、垂直管部分の管壁にハンマブラシを押付けながら航行することで、付着した貝を掻き落とす。除去した貝は配管の下部に堆積し、配管内の水を抜いた後に手作業で回収する。また水中除貝装置の適用のために塗布した高耐久性塗料により、除貝後に実施する管壁の補修も不要となり、垂直管部が長いプラントであれば足場を組み立てる必要がなく、装置導入のメリットは大きい。

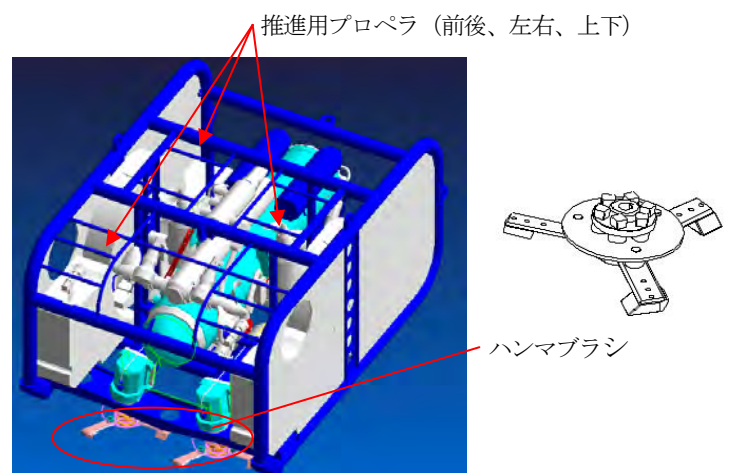


図2 水中除貝装置外観及びハンマブラシ

(3) 現地試験運用における不具合と改良

原子力発電所における現場運用試験のなかで、実使用における以下に述べる問題点が抽出され、所要の改良を加えた。

1) 装置各部

電子基盤の損傷や、ハンマブラシヘッドの破断、除貝ユニットの破損、コネクタ閉め付け不良による浸水などが生じた。これらは衝撃や振動に対する構造不備、強度不足、ヒューマンエラーといったことが要因である。強度的な面については、除貝作業時の衝撃や振動といった機械的負荷を明確にすることが必要であった。そこで実具による除貝試験を行い、衝撃力などを測定した(写真1)。



写真1 実具による除貝試験

除貝試験で得られたデータを基に構造の見直し、各 부품の強化を行い、作業においても強度的に問題ないことをベンチテストで確認した。また、ハンマブラシ駆動ギアやハンマブラシヘッド等、磨耗や疲労破壊が避けられない部品については使用期限を定め、定期的に交換することとした。

2) 除貝ユニット

除貝時の衝撃力が定格トルクを大幅に超えることによる、モータ破損が頻発した。そこで、衝撃力からモータを保護するためマグネットカップリング機構を採用した。マグネットカップリングとは磁力を介して動力を伝達するもので、一定のトルク以上で空転(脱調という)させるものである(図3)。

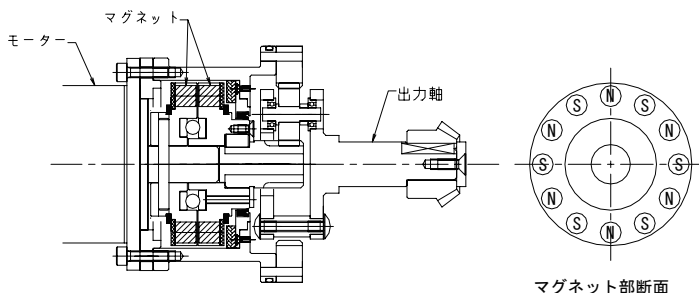


図3 マグネットカップリング

除貝に必要なトルクとモータ保護の観点から、各種試験を実施し、最適な脱調トルクが得られるマグネットカップリングを開発した。

図4にトルク負荷と脱調トルクの試験結果の一例を示す。

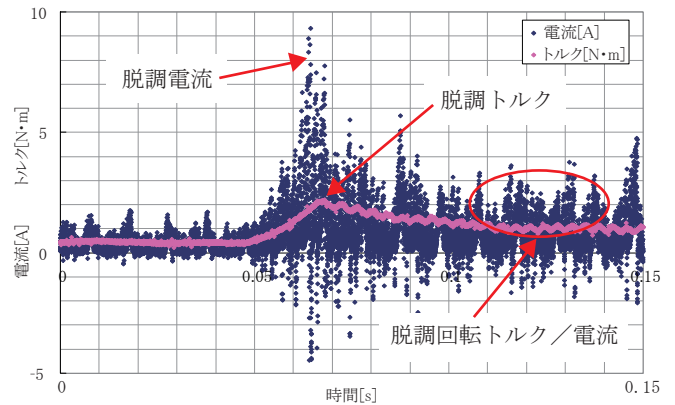


図4 マグネットカップリング試験結果

3 結 語

今回の開発において、水中除貝装置の実用化に向けた成果を得た。

- ① CW 配管のうち垂直管部の除貝作業を機械化することが最も効率的である。
- ② 実具による除貝試験の結果、装置設計に必要な機械的負荷が明らかになった。
- ③ 主要機構である除貝ユニットのマグネットカップリングの仕様を決定するとともに、各要素の耐久寿命が明確になった。
- ④ 実機化に向けた、メンテナンス性を考慮した設計、強度評価が完了した。

現状の除貝装置は各部の改良を行い、ほぼ実作業に対応可能な装置、仕様となっている。今後は実作業においてデータの検証を行い、実用機の製作に向けた検討を継続していく。



執筆者/構造・開発設計 Gr. 鈴木 貴史  
(現：福島第一事業所)



技術開発部 忠海 俊也

# 廃止措置エンジニアリング

## －塔槽類撤去工事の例－

### Engineering Design of Decommissioning

#### － Column and Vessel Facility －

廃止措置を合理的に進めるには、解体から処分までの全工程を総合的な観点で最適化することが重要で、当社でも解体作業の経験と技術データの整理により廃止措置に必要な情報蓄積を進めている。本報では、当社が原子力関連施設において蓄積してきた知見や実証された技術と技能を活用し、塔槽類撤去工事を例に、解体作業計画策定段階での物量調査について紹介する。

キーワード：廃止措置、現場事前調査、撤去対象物物量、塔槽類、エンジニアリング設計

It is important for reasonable decommissioning of nuclear facilities to optimize the all processes from demolition to waste disposal. A support system has been developed to obtain necessary information based on the accumulated technical data and experience from works of decommissioning of nuclear facilities. In this report, a decommissioning engineering design of a tank and column facility is introduced as an example.

Key Words : Decommissioning, Pre-Site Investigation, Demolish Volume of Materials, Column and Vessel, Engineering Design

## 1 背景と目的

廃止措置工事の実施においては、安全の確保、効率的な解体撤去作業、作業工程の確保、発生廃棄物量低減が非常に重要な課題となる。これらの事項を含めた作業計画を策定するうえでは対象となる設備と物量を把握することが大切で、調査結果が作業工期に反映されるため重要な作業となっている。規模の小さい設備機器類を対象とする施設等では短期間での作業設計を要求されるため、現場事前調査作業で発生物量を調査・把握する方法を活用している。

## 2 概要

作業設計は、基本方針を踏まえ現場事前調査から作業実施までの作業ステップごとに着目すべき項目を定め調査・検討している。作業フローを図1に、現場調査での調査のポイントを図2に示す。以下、現場事前調査、物量調査、作業量の推定等について例を述べる。

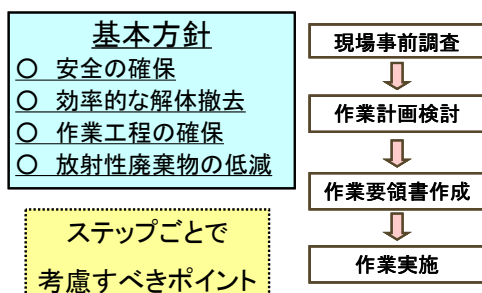


図1 作業フロー

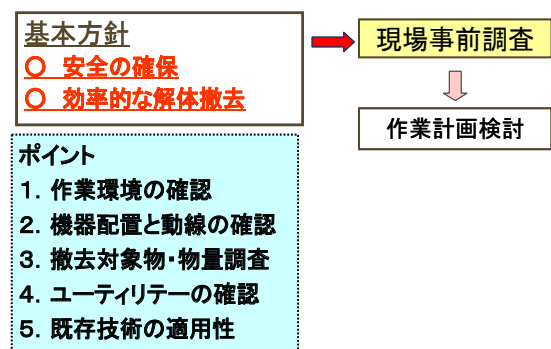


図2 現場事前調査での作業のポイント

### (1) 現場事前調査

対象となる物量を調査し把握することにより、除染作業、解体工法の選定、製作導入機器の有無、作業安全確保、作業工程等の作業計画に反映させている。特に核燃料施設、研究施設での構成機器は、小口径配管や小型の設備機器で塔槽類が多い。調査作業は机上調査と現場調査としている。

撤去対象物と調査項目との関係を図3に示す。

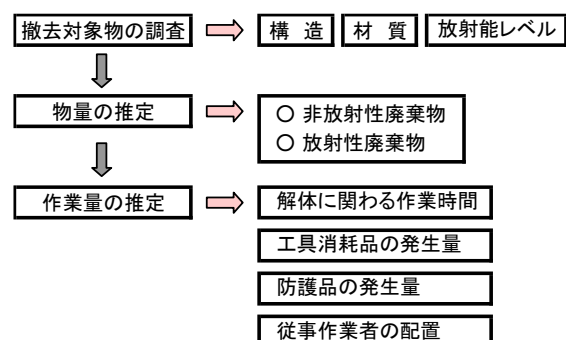


図3 撤去対象物と調査項目

(2) 物量調査

物量調査は以下の項目について実施した。

- ①設備配管の種類と物量
- ②塔槽類の物量
- ③周辺構造材の物量
- ④除染作業を含む処理区分（上記①～③）

得られたデータをもとに対象部材別の撤去作業工法、解体作業に使用する工具等を選定し、作業計画を策定している。配管物量の調査集計表を表1に示す。

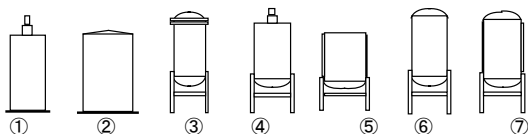
調査集計は、対象配管の口径、配管長、付属部材及び切断形状を入力することで、①配管口径別の合計質量、②配管長、③切断回数、④除染対象部材質量、⑤保管容器発生量予想を一覧で出力している。

表1 配管物量の調査集計表の例

槽類の調査は、図面確認と現場での確認で行った。現場確認の結果、槽類については形状より7種類に分類し直径、高さ、肉厚、材質及び付帯接続配管、サポート部寸法の調査結果を入力することにより対象設備の質量、切断長、分別を出力できるようにした。

槽類の調査様式を図4に、種類を図5に示す。

図4 槽類の調査様式の例



- ① 円筒型タンク
- ② 上部平坦
- ③ 上下球形サポート付
- ④ 上部平坦サポート付
- ⑤ 上部平坦(二重構造)サポート付
- ⑥ 通常サポート付
- ⑦ 通常(二重構造)サポート付

図5 槽類の種類

槽類の解体作業に関わる所要時間及び解体に伴って発生する二次廃棄物量については、解体作業工法を選定する際に集計した切断長のデータを使用し検討した。

(3) 作業量の推定

従来、機器解体手順、作業員配置、作業動線等は、平面上で検討していたが、複雑に機器が配置されている場合が多く、作業ハウス設置場所選定、撤去手順の検討、解体作業スペース確保を検討する段階で3DCADの機能を可能な範囲で利用した。

槽解体作業検討図を図6に示す。図6は、3DCAD機能を利用し短冊状に胴部を切り出し撤去した場合の作業性について検討した例である。これらの検討をもとに作業量を推定した。

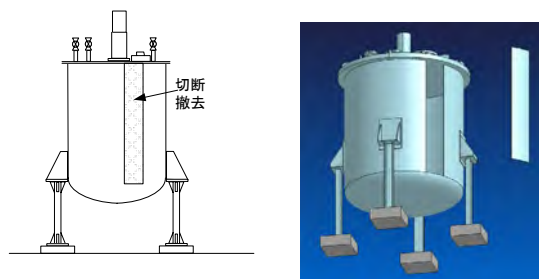


図6 槽解体作業検討の例

3 結語

塔槽類撤去工事の工事計画策定では、机上検討作業も含め物量事前調査作業結果を活用した。槽類の物量調査結果は、算出値と提供データ値とに大きな差はなかったことから、今後調査対象物の種類を増やすとともに短時間で行える集計方法の開発を進めることにしている。なお、切断作業計画では、調査段階で確認できなかった突起物と使用工具との干渉が原因で予想した切断ラインを変更することになり、作業時間に影響を与えた。また、配管物量調査では、高所に配置されている配管の確認が難しく、調査方法の改善が必要である。

今後の課題として、以下が挙げられる。

- ①構造物、ケーブルも対象とする。
- ②集計方法を簡素化し調査時間を短縮する。
- ③配管調査方法を検討する。
- ④標準切断方法の作業時間に関わるデータを整備する。



執筆者/廃止措置 Gr. 淀 利美

# ブラスト除染工法の確立

## Establishment of Blast Decontamination Method

今後予定されている原子力発電所や原子力施設の廃止措置に伴い、大量の放射性金属廃棄物が発生する。これら廃棄物のクリアランス化などのための除染工法の確立が必要となっている。本開発では、各種試験を実施して除染装置の設計根拠となる基礎データを採取し、顧客の要求に合わせた除染装置の設計、製作を行った。このクリアランス対象物処理用に製作した除染装置は、これまでに約 1,000 t の処理実績を上げている。

**キーワード**：廃止措置、除染工法、遠心投射式ブラスト、クリアランス

A large amount of radioactive metallic waste is generated by decommissioning of nuclear power plants and nuclear facilities in the future. It is necessary to establish a decontamination method for clearance etc. Various examinations were executed, and basic data of design grounds of decontamination device were collected. A new device was designed and manufactured. The decontamination device has processed about 1,000 tons for clearance so far.

**Key Words** : Decommissioning, Decontamination Construction Method, Centrifugal Projection Type Blast, Clearance

### 1 背景と目的

原子力発電所や原子力研究施設の廃止措置が今後予定されている。また、原子炉の高経年化に伴い大型機器の改修、交換等が発生している。それに伴い大量に発生する放射性金属廃棄物を除染する必要がある。廃棄物の材質、形状、物量、処理量、汚染度合、現場のユーティリティに見合う除染工法の確立が必要である。

本開発では、金属廃棄物のクリアランス化などのための除染において、廃液処理を必要としない物理的な除染工法であるブラストに注目した工法を確立することを目的とする。

ブラストを除染に用いた事例は少なくないが設計根拠となる基礎データはほとんど存在しないため、各種試験を実施して基礎データを取得し、客先の使用用途に適合する除染装置を設計、提案する。

### 2 開発概要

#### (1) 装置の設計条件

装置設計を行うために必要な条件としては、処理対象物の材質、形状、表面性状、表面汚染密度、最大寸法、最大質量、処理量（例：t/日）、使用可能なユーティリティ、作業エリアのスペース等がある。本開発では処理対象物の材質は炭素鋼、形状は複雑形状物と単純形状物に分け、処理量は3t/日、処理には水を使用せず、二次廃棄物は極力低減するものとし、作業エリアは約4×8mとする。

#### (2) 研削材と投射方法の選定

処理に適する研削材の種類と研削材の投射方式の選

定を(3) 1)に示すコールド試験により行った。研削力は高くないが耐久性のある SUS 製研削材を選定した。投射方式は、低い研削力を補うため、大量投射により大量処理に適した遠心投射式ブラストを選定した。

#### (3) 試験方法

##### 1) コールド試験

ブラスト装置を使用し投射試験を行い、研削材の選定、投射条件の選定、研削材の耐久性の確認を行った。

##### 2) ホット試験

現場に持ち込んだブラスト装置を使用して汚染のあるサンプルに投射を行い、コールド試験で選定した投射条件で除染が可能かを確認した。

#### (4) 試験結果

##### 1) コールド試験

研削材の繰り返し使用による研削力の低下具合と形状の変化を確認した。試験の結果、使用初期に研削力が大きく低下するものの、その後は一定の研削力を維持することを確認した(図1)。

##### 2) ホット試験

これまでに行ったホット試験結果を表1、表2に示す。

試験ではクリアランス化を目指す対象物の除染が可能であった(表1、表2③)。

#### (5) 装置の設計

##### 1) 投射条件の決定

ホット試験において除染が可能であった投射条件を設計条件とした。

##### 2) 装置の設計

設計条件を満足する処理対象物の搬送機構、投射能



力を決定し、装置の設計を行った。

処理対象物の形状や処理量から、処理対象物の搬送機構は回転テーブル式（図2）とローラーコンベア式（図3）を選定した。

今回設計、製作した除染装置の仕様を、表3に示す。

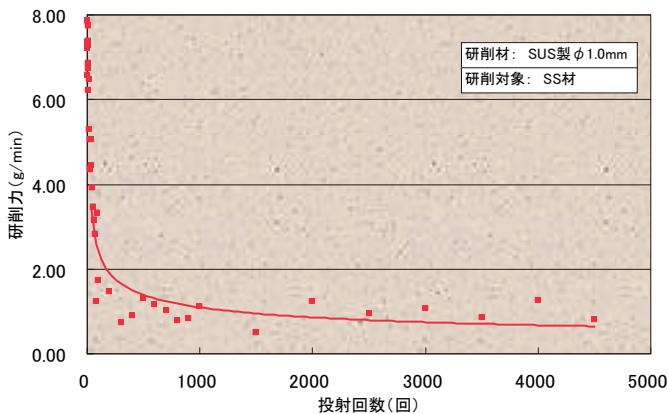


図1 研削材の繰り返し使用回数と研削力の関係

表1 表面汚染の違いに対する除染ホット試験結果

投射前の状態	投射時間	投射後の状態
塗装、油分、錆	20秒	素地露出
表面汚染密度 約2.4kcpm (最大)	40秒	除染可 (搬出基準以下)
表面汚染密度 約10kcpm (平均)	200秒	除染可 (搬出基準以下)

表2 形状の違いに対する除染ホット試験結果

対象物形状	投射時間	表面汚染密度	
		投射前	投射後
①複雑形状物	150秒	平均 10kcpm	平均 700cpm
②単純形状物 (部位1)	700~1,500秒	13~20kcpm	100cpm
③単純形状物 (部位2)	50秒 (4枚)	2~5kcpm	搬出基準 以下
	100秒 (1枚)		
	250秒 (1枚)		

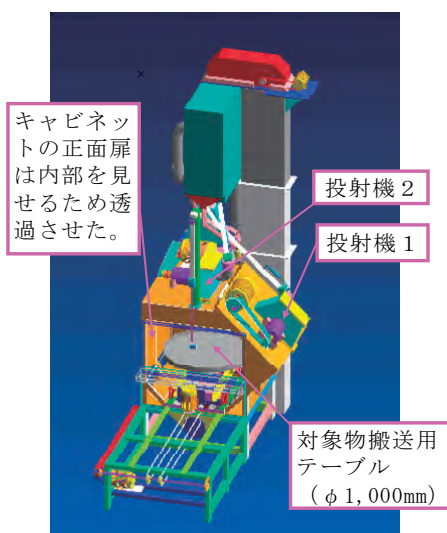


図2 回転テーブル式ブラスト装置

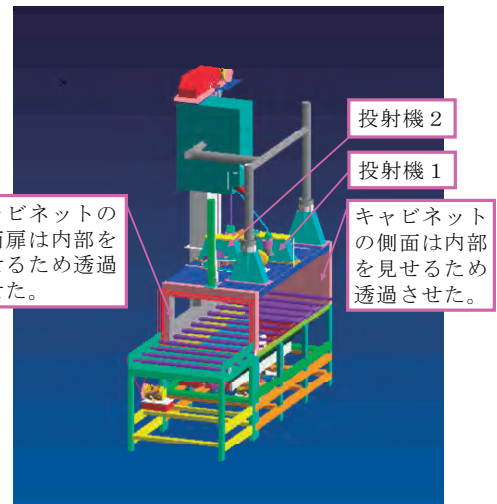


図3 ローラーコンベア式ブラスト装置

表3 除染装置の仕様

装置名	回転テーブル式 ブラスト装置	ローラーコンベア式 ブラスト装置
装置寸法	W1,800×L3,000× H4,300mm	W1,800×L4,000× H4,300mm
装置質量	約 2,500kg	約 3,500kg
投射機	5.5kW×2 台	5.5kW×2 台
対象ワーク 形状	複雑形状、ブロック状	単純形状、平板状
ワーク テーブル	φ1,000mm、 耐荷重 2,000kg、 H500mmまで積載可能	1,000mm 角パレット、 耐荷重 1,000kg、 H500mm まで積載可能

### 3 結語

当社がこれまでに原子力施設へ導入したブラスト除染装置の設計及び作業実施の経験と、今回実施した各種試験結果を基に、処理対象物への研削材投射の密度、速度、角度や処理対象物の搬送機構等の仕様を定め、除染装置の設計、製作を行った。これにより、炭素鋼を対象とした場合のブラスト除染工法を確立した。

製作した除染装置は、原子力施設の廃止措置における金属廃棄物のクリアランス化に適用された。平成18年より現在までに約1,000tの除染処理を実施し、解体金属廃棄物のクリアランス化に大きく貢献している。

今後も客先の使用用途に適合する除染装置の設計、提案を進めていく。



執筆者/廃止措置 Gr. 武田 直樹  
(現: 原電事業所)

# 金属ナトリウム除去工法に係る安全性の検討

## Safety Study of Removal Methods for Metallic Sodium

金属ナトリウムは高速増殖炉の冷却材やNAS電池、ナトリウムランプに使用されている。これらのナトリウム使用施設の保守管理及び廃止措置に備えて、金属ナトリウム除去工法及びその安全取扱に関する知識を把握しておく必要がある。一般的な金属ナトリウムの処理方法として、水蒸気処理やアルコール処理等が挙げられる。これら既存の処理方法で試験を実施し、作業効率及び安全性を考慮した除去工法の検討を行った。

キーワード：金属ナトリウム、除去、作業効率、安全性

Metallic sodium is widely used for NAS batteries, sodium lamps and coolant of fast breeder reactors. Just in case of maintenance and dismantlement of sodium handling or storage facilities, an accurate picture of methods for the metallic sodium removing and safe handling is needed. The sodium treatment methods with water vapor or alcohol are general methods. Examinations for existing metallic sodium treatment methods were conducted and methods for metallic sodium removal are proposed in consideration of work efficiency and safety.

Key Words : Metallic Sodium, Removal, Work Efficiency, Safety

### 1 背景と目的

ナトリウム使用施設の保守管理及び廃止措置には、設備内に付着した残留金属ナトリウムの除去処理が伴う。そのため、既存の処理方法について精査しておく必要がある。

金属ナトリウムの残留条件としてナトリウム使用プラント特有の金属ナトリウム付着状況を模擬して、水蒸気処理やアルコール処理等既存の処理方法で試験を実施し、状況に適した処理技術の検討を行った。

### 2 試験と結果

#### (1) 試験方法

現場の状況を模擬し、バルブ中及びタンク中の残留金属ナトリウムを対象にして各種処理試験を実施した。

##### 1) バルブ中の金属ナトリウム処理試験

###### ①水蒸気処理試験

水蒸気処理試験の外観を写真1に示す。ベローズバルブ（以下バルブ）を用いて試験を実施した。弁箱内面に付着させた金属ナトリウムに過熱水蒸気を吹き付け、反応の状態を観察した。バルブの形状を考慮し、横置き及び縦置きの2通りの姿勢で試験を実施した。



写真1 水蒸気処理試験外観(左:縦置き、右:横置き)

##### 2) タンク中の金属ナトリウム処理試験

###### ②水滴滴下処理試験

試料に一定流量で水滴を滴下し、滴下部分に形成されるプールを広げていき、反応の状態を観察した。

###### ③噴霧処理試験

試料に一定流量で水を上方から噴霧し、反応の状態を観察した。

###### ④水没処理試験

試料が浸るように注水し、反応の状態を観察した。

###### ⑤アルコール処理試験

試料全体が浸かるように一定量のアルコール溶液を注入し、反応の状態を観察した。

金属ナトリウムは危険物第3類に該当するので、作業環境は可能な限り酸素濃度を抑えた環境で試験を実施した。加えて、④、⑤の試験では急激な反応を考慮して、段階的に規模を拡大させながら試験を実施した。

#### (2) 試験結果及び除去方法の検討

##### 1) バルブ中の金属ナトリウム処理試験

①の試験結果の例を写真2に示す。バルブの姿勢の違いによる除去能力の差がないことが確認できた。表1に作業中の問題点及びそれに対する措置を示す。

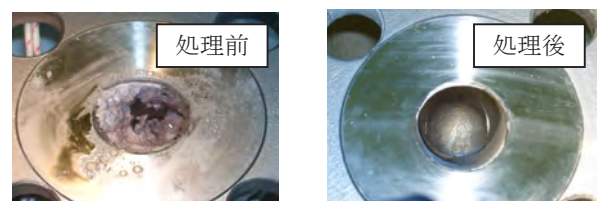


写真2 バルブ弁箱内面水蒸気処理試験結果

表1より、作業効率、安全性を考慮するとバルブを横置きにした姿勢で水蒸気処理を行うのが望ましい。

表1 水蒸気処理作業中における問題点及び対応措置

問題点	考えられる対応措置
1.燃焼反応の可能性 2.狭窄部の処理が困難、進捗状況の把握が困難 3.苛性ソーダ及び金属ナトリウムのバルブ外への流出	1.空気の遮断、安全保護具着用 2.水蒸気の吹き付け時間及び流量の調整 3.バルブ横置きで実施、砂上環境で作業

## 2) タンク中の金属ナトリウム処理試験

②の試験では試験中に飛散反応(写真3)が、④の試験では試験中に爆発的反応(写真4)が観察された。②、④で起こったそれぞれの反応の原因と防止策について表2に示す。



写真3 飛散反応

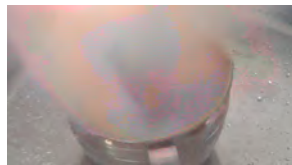


写真4 爆発的反応

表2 タンク中の金属ナトリウム処理試験中の反応と防止策

反応	原因	防止策
飛散反応	溶融金属ナトリウムへの衝撃付与	滴下箇所部分の試料を除去
爆発的反応	燃焼反応による水素ガスへの引火	反応熱の放散及び作業雰囲気酸素濃度を管理

表2の防止策を施すことにより、飛散反応を防止でき、穏やかな反応で処理が可能であることが確認できた。④の試験方法では試験の規模が大きくなるにつれて爆発的反応を防ぐのが困難になることから、大量に処理するには適さないと判断した。

試験結果より、各処理方法における特徴と留意点を表3に示す。表3より、部分的に処理が可能で反応の制御が容易という点から、水滴滴下処理が最も適していると考えられる。

## 3 結 語

今回の試験結果より、各処理試験の作業効率及び安全性を確認した。現状で考えられる作業効率及び安全性を考慮した処理方法を次のとおり選定した。

### ①バルブ中の金属ナトリウム処理

不活性ガス環境中または導入系で水蒸気処理(バルブ横置き)

### ②タンク中の金属ナトリウム処理

あらかじめ滴下箇所部分の試料を可能な限り除去し、不活性ガス環境中で水滴滴下処理

少量の除去処理残りの可能性も考えられるので、最終確認として水没処理を実施することにより、確実に処理が完了したことを確認可能である。

今回の試験結果を反映し、NAS 電池製造設備の更新及び FBR のナトリウム処理などの関連業務に展開が期待できる。加えて、今後はこの経験を活かし、独自の除去工法の確立を目指して研究を積み重ねていきたい。

表3 タンク中の金属ナトリウム処理試験結果

処理方法	特徴と留意点
水滴滴下処理	1.反応の制御が容易 2.部分的に処理が可能 3.安定したペースで処理が可能 4.処理完了の目処が付きやすい 5.処理速度が苛性ソーダ濃度に影響
噴霧処理	1.反応の制御が容易 2.広範囲で反応 3.処理に時間を要する
水没処理	1.処理時間が短い 2.燃焼及び爆発的反応の可能性 3.反応の制御が困難 4.最終確認または少量処理向き
アルコール処理	1.穏やかな反応で処理が可能 2.腐食しない 3.可燃性液体使用による燃焼の危険 4.処理に時間を要する 5.有機廃液が発生 6.高価

## 参考文献

- 1) 平川 康, 吉田英一, 郡司 茂, ナトリウム洗浄技術開発-湿り窒素ガス洗浄法によるナトリウム洗浄速度試験-, JAEA-Technology 2006-033, June 2006
- 2) 堀 雅夫, ナトリウム-水反応試験計画と大リーク試験の進捗状況, 動力炉技報 No.3, pp.55-62, 1972.2
- 3) 大洗工学センター機器構造開発部, ナトリウム技術研究開発, 動燃技報 No.73, pp.73-80, 1990.3



執筆者/環境・化学 Gr. 濱田 洋成



環境・化学 Gr. 櫻井 達也



技術開発部 田中 洋平

# モンテカルロ法による放射線輸送計算

## —ホットセル監視カメラアセンブリの放射線遮へい—

### Calculation of Radiation Transport by Monte Carlo Simulation Code

#### - Radiation Shielding of Camera Assembly used in Hot Cell -

高燃焼度使用済燃料を取扱うホットセル内を観察する目的で生体遮へい用コンクリート壁に監視カメラを取り付けた場合の遮へい評価を行う。高燃焼度燃料を線源として、当該カメラ内及び生体遮へいコンクリート壁外側に輸送される中性子、ガンマ線の強度をモンテカルロ計算コードである粒子・重イオン輸送計算コード PHITS を用いて評価した。

**キーワード**：線量計算、モンテカルロ計算、PHITS、中性子、ガンマ線、遮へい、高燃焼度使用済燃料

The high performance cameras are set in the biological shielding concrete for observation in a cell. Some high burn-up nuclear fuels will be put in operation in the cell. In this study, neutron and gamma ray distributions in the camera assembly and out of the biological shielding concrete wall were calculated by the Monte Carlo computation code named PHITS.

**Key Words** : Dose Calculation, Monte Carlo Computation, PHITS, Neutron, Gamma Ray, Radiation Shield, High Burn-up Fuel

## 1 目的

ホットセル監視用カメラアセンブリ（以下、アセンブリという）は、重コンクリートセル構造の生体遮へい体を貫通して設置されている。このため、アセンブリ自体の放射線遮へい能力が重コンクリートと同程度であることを評価する必要がある。また、アセンブリ内のカメラ部に与える放射線の影響を評価し、設計に反映する必要がある。

本計算は、高燃焼度燃料を取扱うホットセルを想定し、放射線遮へい体を内部に配置したアセンブリに輸送される中性子及びガンマ線の強度を評価するものである。

## 2 アセンブリの構造

アセンブリのセルへの設置状態を図1に示す。アセンブリは全長 155cm、外径 29cm の円筒形状のステンレス筒内に多数のレンズを組み合わせた画像導入部とカメラ部が組み込まれ、カメラはアセンブリ先端（ホットセル内面）から約 130cm の位置に設置される。アセンブリの中性子やガンマ線に対する遮へいは、鉛、ポリエチレン、ボロン等で構成される。

## 3 放射線源

ホットセル内の線源としては、図2に示す中性子エネルギー分布を有する典型的な PWR 高燃焼度使用済燃料を想定した。本ケースの場合、 $^{244}\text{Cm}$ 等の超ウラン元素及び核分裂生成物が主要な放射線源となり、中

性子とガンマ線が放出される。なお、ガンマ線のエネルギースペクトルは $^{60}\text{Co}$ と仮定した。

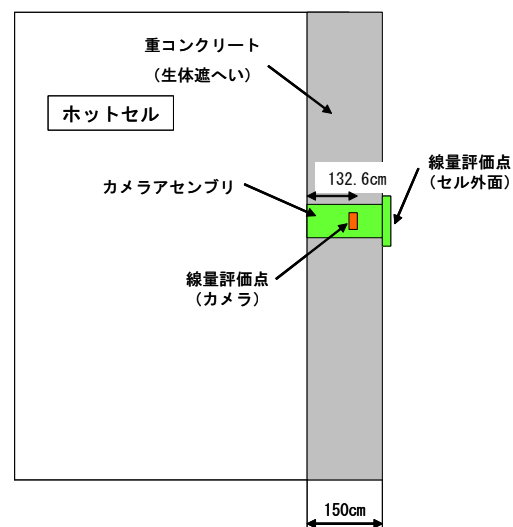


図1 アセンブリのセルへの設置状態

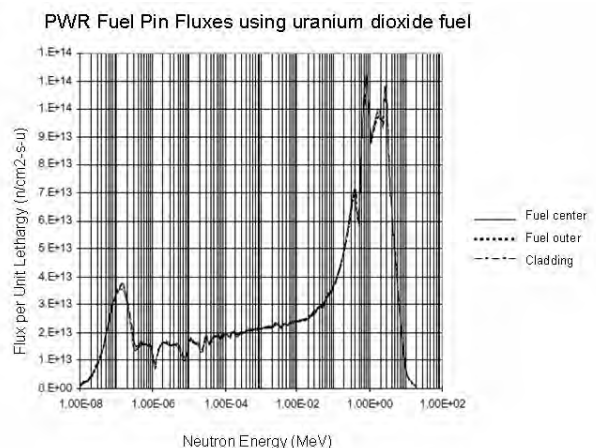


図2 高燃焼度燃料の中性子エネルギー分布<sup>1)</sup>

4 計算方法

(1) 計算コード及び核データ

遮へい計算には、(独)日本原子力研究開発機構ら3者が共同で開発した、粒子・重イオン輸送計算コードPHITS<sup>2)</sup>、核データには評価済核データライブラリJENDL-3.3<sup>3)</sup>を使用した。

(2) 計算モデル

放射線は、アセンブリの軸方向に平行に入射するものとし、アセンブリ先端を中心に半径200cm以内は空気、半径200cm位置の境界条件はボイドとした。

なお、信号線引き出し部については、放射線のストリーミング防止をした設計とすることから、本計算では考慮しなかった。

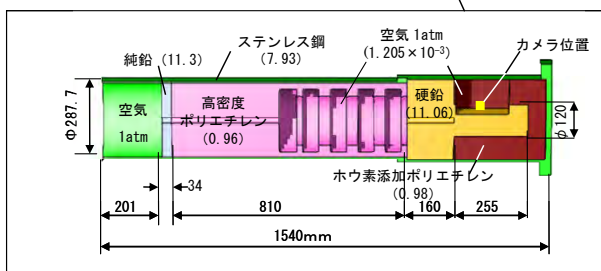
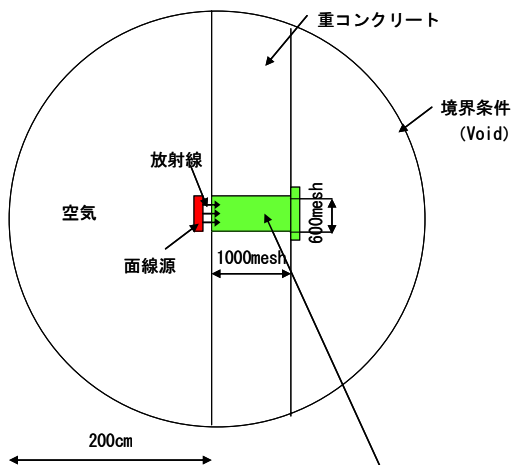


図3 計算モデル  
(括弧内は各材料の密度[g/cm<sup>3</sup>])

5 計算結果

放射線入射位置に対するカメラ位置及びホットセル外表面位置の中性子及びガンマ線の減衰率を表1に示す。また、アセンブリ内の中性子及びガンマ線束分布を図4に示す。表1から、中性子及びガンマ線の減衰率はカメラ位置でそれぞれ  $4.74 \times 10^{-4}$ 、 $2.85 \times 10^{-5}$  に、セル外表面位置でそれぞれ  $2.12 \times 10^{-8}$ 、 $1.84 \times 10^{-8}$  になり、十分な遮へい能力を有することが分かった。

表1 評価対象位置での粒子線減衰率

線量評価点及び線種		入射位置での 粒子線束 (a) [1/cm <sup>2</sup> /source]	評価対象位置での 粒子線束 (b) [1/cm <sup>2</sup> /source]	減衰率 (b)/(a)
カメラ位置	中性子	$1.07 \times 10^{-3}$	$5.08 \times 10^{-7}$	$4.74 \times 10^{-4}$
	ガンマ線	$9.32 \times 10^{-4}$	$2.65 \times 10^{-8}$	$2.85 \times 10^{-5}$
ホットセル 外表面位置	中性子	$1.07 \times 10^{-3}$	$2.27 \times 10^{-11}$	$2.12 \times 10^{-8}$
	ガンマ線	$9.32 \times 10^{-4}$	$1.72 \times 10^{-11}$	$1.84 \times 10^{-8}$

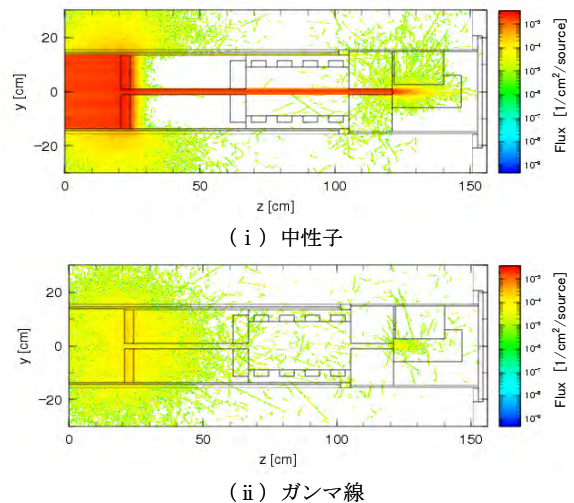


図4 中性子及びガンマ線束分布

6 結 語

本計算は、計算モデルに示した構造を一つのケースとしてアセンブリ内を輸送される放射線を評価したものである。アセンブリの設計に当たっては、さらに放射線による核発熱及び材料の劣化も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) J. S. Herring, P. E. MacDonald, Characteristics of Mixed Thorium – Uranium Dioxide High Burnup Fuel, ANS 1999 Annual Meeting, INEEL/CON-99-00141, June 6, 1999 – June 10, 1999
- 2) K. Niita, T. Sato, H. Iwase, H. Nose, H. Nakashima and L. Sihver, “PHITS-a particle and heavy ion transport code system,” Radiat. Meas. 41, (2006) 1080-1090.
- 3) K. Shibata, T. Kawano, T. Nakagawa, O. Iwamoto, J. Katakura, T. Fukahori, S. Chiba, A. Hasegawa, T. Murata, H. Matsunobu, T. Ohsawa, Y. Nakajima, T. Yoshida, A. Zukeran, M. Kawai, M. Baba, M. Ishikawa, T. Asami, T. Watanabe, Y. Watanabe, M. Igashira, N. Yamamuro, H. Kitazawa, N. Yamano and H. Takano: "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-3: JENDL-3.3," J. Nucl. Sci. Technol. 39, 1125 (2002).



執筆者／開発・研究 Gr. 伊藤 麻美

# 微量よう素の定量

## —放射性廃棄物の処理・処分に係る分析技術の検討—

### Determination of Trace Amount of Iodine

#### - Study of Analysis for Radioactive Waste Management -

高レベル放射性廃棄物の地層処分において天然バリア材中におけるよう素の挙動を把握することが重要な課題となっている。これらに関する試験では、分析試料中のよう素濃度が微量であるために高感度測定のできる方法（ICP 発光分光分析法（ICP-OES 法）や ICP 質量分析法（ICP-MS 法））を用いる。しかし微量よう素を分析する際には、試料溶液中の共存成分が干渉するなど、さまざまな影響を受ける。本研究では、その影響を考慮しながら、試料溶液中の微量よう素を ICP-OES や ICP-MS によって正確に定量する方法を検討した。

キーワード：ICP-MS、ヨウ素分析、酸性、アンモニア水、共存成分

Iodine is one of the important elements in the geological disposal of high-level radioactive wastes. The concentrations of iodine in sample solutions are sometimes at a low level, though ICP-OES and ICP-MS are conventionally used for the measurements of trace iodine. However, in those measurements, there are many influences such as co-existing materials. These influences lead to inaccuracies in the analysis data. In the present report, we examined the method of accurate analysis for trace iodine using ICP-OES and ICP-MS.

Key Words : ICP-MS, Iodine Analysis, Acidity, Ammonia Solution, Co-Existing Materials

## 1 背景と目的

$^{129}\text{I}$  は高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価で重要な核種であり、その半減期は 1600 万年と長く、また天然バリアへの吸着性が小さいなどの特徴がある。そのためこの核種の環境影響評価において、バリア材の多様な環境条件下での挙動を把握する必要がある。このため、 $\mu\text{g}$  レベルの微量よう素を用いてのさまざまな検討が各研究機関で進められている。

当社はこれまでに、原子力発電所での炉水中への亜鉛注入に用いられる減損亜鉛中の不純物分析法を確立するなかで、ICP-OES 法による微量よう素を含むハロゲンの分析に取り組んできた<sup>1)</sup>。これらの知見を用い、さらに数種類の分析試料のよう素分析を検討しているので、本報ではその一部を紹介する。

## 2 分析法及び測定結果の事例

### (1) ICP-OES 法

#### 1) 塩酸の影響

ICP-OES を用いた数種類の共存成分を含む溶液中のよう素分析を行った。試料 A は母液で、B、C は岩石に A 液を浸透させた試験後の溶液である。各々、塩化ナトリウム (NaCl) 濃度を  $0.1 \text{ mol/dm}^3$  及び  $0.01 \text{ mol/dm}^3$  の 2 種類に設定した試料であった。測定結果を表 1 に示す。

表 1 試料中のよう素濃度測定結果 ( $\text{g/dm}^3$ )

試料名	NaCl 添加量 ( $\text{mol/dm}^3$ )	ICP-OES 法		吸光光度法 JIS K 0102 準拠
		HCl 添加有	HCl 添加無	
A-1	0.1	0.13	0.13	0.13
A-2	0.01	0.13	0.13	0.13
B-1	0.1	0.73	0.12	0.12
B-2	0.01	0.75	0.13	0.13
C-1	0.1	0.9	0.12	0.12
C-2	0.01	0.93	0.12	0.13

ICP-OES 法では、試料に塩酸 (HCl) を添加しない場合、よう素濃度はすべての試料でほぼ同じだが、HCl を添加した場合に B 及び C グループで濃度が高い。吸光光度法でも測定したが、この測定値と比べても異常である。これより、ICP-OES 法でのよう素分析では HCl を添加すると試料によっては異常値を示すことが分かる。どの成分による干渉かは不明であるが、ICP-OES 法での酸性試料溶液中のよう素分析では注意を払う必要がある。

#### 2) チオ尿素溶液とよう素の壁面吸着

共存成分による干渉が予想される場合の微量ハロゲン分離濃縮法として、これまでにハロゲン化銀共沈法を開発している<sup>1)</sup>。よう化銀の溶解度積はハロゲン化銀中で最も低く、共存成分からのよう素の分離回収に有効である。よう化銀の溶解には、チオ尿素 (TU) 溶液を使用する。一方、よう素は一般的に、樹脂製容器

(試料溶液の保存時などに使用)の壁面に吸着しやすいと言われており、TU 溶液でもよう素が樹脂製容器壁面に吸着するかを確認した。表 2 の結果から、いずれの場合もよう素濃度はほぼ 100%であり、20 時間程度では容器壁面への吸着現象は確認されなかった。

表 2 樹脂容器へのよう素 (I) の吸着試験結果

No.	I	溶液組成	発光強度比 (%)	
	(mg/dm <sup>3</sup> )		PE 製容器	PP 製容器
1	0.5	純水	98	104
2	1.0	純水	99	104
3	0.5	TU	101	107
4	1.0	TU	99	103

(注) 検量線用溶液は、測定直前に調整した。

## (2) ICP-MS 法

### 1) 溶液組成の検討とメモリー効果

ICP-MS は、ICP-OES に比べ 3 桁以上の高い測定感度を有し、ICP-OES で測定できない微量濃度測定が可能である。反面、試料導入系などへのよう素の残留現象(メモリー効果等)で測定結果に影響を及ぼす可能性がある。ICP-MS でのよう素測定において、試料溶液組成には、文献 2) では 1mol 硝酸溶液を、また一部の装置メーカーではアルカリ性を推奨している。そこで、組成の異なる 5 種類の溶液について、よう素を同濃度添加し ICP-MS で測定した。測定時には、He ガスによるコリジョン(衝突)モードで <sup>1</sup>H と <sup>126</sup>Xe との分子イオン(Ar ガス由来)による影響を緩和した。

表 3 各組成溶液のよう素測定結果 (cps)

測定 順序	I	純水	アンモニア水	硝酸	TU	TU+銀
	(μg/dm <sup>3</sup> )		(1+200)	(0.5mol/dm <sup>3</sup> )	(0.2ng/dm <sup>3</sup> )	※
1	0	760	849	829	1,588	868
2	10	9,545	13,186	54,530	12,644	20,163
3	10	9,547	13,085	64,117	12,094	19,680
4	0	944	865	3,821	1,071	844
5	50	48,234	63,509	670,783	55,426	65,073
6	50	47,613	63,966	717,019	54,995	64,399

※ [チオ尿素 (0.2mg) + 銀(0.14mg)] / cm<sup>3</sup>

表 3 ではアンモニア水を含む溶液が最も安定した値を示した。一方、硝酸溶液では同じよう素濃度の試料で値が 1~2 割異なった。値は 2 から 3、5 から 6 へと進むにつれて高くなっていることから、直前の測定試料のメモリー効果によるものと考えられる。これらより、ICP-MS によるよう素の測定値は、溶液組成によっては不安定になることが分かる。異なる溶液組成の

分析試料を扱う際には、十分な検討をしなければならない。

### 2) アンモニア溶液による効果

2 (1) 2) ではよう素が樹脂製容器壁面へ吸着しないことを確認できた。今回は液性を替え、試料に硝酸を添加し、酸性にして保存した試料溶液について測定した。溶液を PE 製容器で保存したところ、添加後 2 時間保存した溶液の測定値は約 24,000cps だったが、50 時間経過後は 430cps になった。この後アンモニア水を添加して微アルカリ性になると、1 時間後はほぼ初期値に回復した。このことより、長時間の保存期間を経過した試料については、アンモニアによるアルカリ性としている。ただし、共存成分による水酸化物の沈殿生成による影響に留意することが肝要となる。

## 3 結 語

ICP-OES 及び ICP-MS を用いたよう素分析事例を紹介した。これまでの検討で次のことが分かった。

ICP-OES 測定では、

- ① 酸性試料溶液の場合、共存成分に注意する。
- ② TU 溶液中では、よう素は樹脂製容器の壁面へ吸着しない。

ICP-MS 測定では、

- ① 溶液組成によっては測定値が安定しない。試料溶液の液性や装置内のメモリーに十分留意する。
- ② 硝酸酸性溶液よりもアルカリ溶液が安定した結果となる。

微量よう素分析についてはいくつかの検討課題が残っている。今後は、安定な測定条件を見出すなど、正確で精度の高い測定が可能となるように検討していかなければならない。

### 参考文献

- 1) 飯塚幸子ほか、減損亜鉛化合物中の微量塩素・臭素・よう素の定量、アトックス技報 2009, pp.21-22, 2010.1
- 2) 文部科学省“環境試料中ヨウ素 129 迅速分析法” 2004.



執筆者/環境化学 Gr. 結城 真美



環境化学 Gr. 飯塚 幸子



協力/ 小林 義男

## 【アトックスは本年 9 月に設立 30 周年】

当社は、1980（昭和 55）年 9 月に株式会社ビル代行から分離独立し、株式会社原子力代行として発足しました。その後、1993（平成 5）年に株式会社アトックスに社名を変更し（※1）、本年 9 月 1 日をもって設立 30 周年を迎えることができました。本誌を借りて、改めて関係各位に深く感謝いたしますとともに、今後も一層のご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

当社は、日本の原子力産業の草創期より半世紀にわたり、原子力関連施設のメンテナンスを手掛けてきました。これまで培ってきた信頼、蓄積してきた技術・ノウハウに、新たな発想を加え、もう一段高い技術、高度なサービスをお客様に提供していきます。

（※1） アトックス（ATOX）は、始まりを意味する「A」から、未知の可能性を意味する「X」へと、挑戦を続ける私たちの情熱をそのまま社名に織り込んだものです。



設立 30 周年記念の  
アトックス 30 年史

## 【技術開発センターへの訪問者が、本年 7 月に 1,000 名を達成】

現在の技術開発センターは本格稼働を開始して、本年度で3年目となります。

当社との技術情報交換や研究施設見学のために当センターを訪問された方々が、7月6日に三井住友建設㈱常務執行役員の黒崎様のご来訪で 1,000 名に達しました。

これまで電力会社、研究機関、大学、企業の方々には訪問いただき、数々の貴重なご意見、コメントや共同研究のお申し出、さらには試験・実験の依頼をいただきました。このように当社の技術力に対する理解を増やしていただき、新たな業務に繋げていきたいと考えています。



技術開発センター来訪者 1,000 名にあたる  
黒崎常務執行役員（左）と当社 矢口社長（右）

## 【配管内走行装置を千葉工業大学と共同開発】

原子力発電所の海水系配管には、内径 500～800mm の配管が多く使用されています。この配管内部の点検・洗浄作業（ゴムライニングのピンホール検査など）は人手により行われていますが、配管内は海生物やヘドロの堆積により作業困難な環境となっています。そこで平成 22 年より、人手に頼らずに現在の点検精度と同水準の作業が可能な点検装置の開発を、千葉工業大学工学部の未来ロボティクス学科の米田研究室と共同で開始しました。実用化に向けた開発を進めています。

この装置が開発されると、手作業では困難な環境での点検が可能となり、作業員の負担も軽減されます。また、この技術は、原子力発電所以外の地熱発電所の蒸気配管などの分野においても活用が期待されています。

ロボット関連研究に力を入れている千葉工業大学との技術交流により、新たな視点からの技術の開発、人材育成や技術基盤の強化をめざしています。



千葉工業大学・米田研究室でのゼミの様子



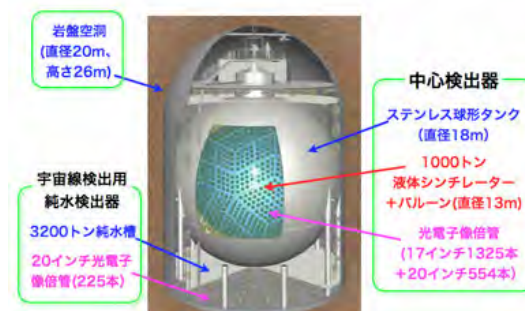
## 【実験棟模擬ウェルにて、東北大学がニュートリノ実験用バルーンの展張試験】

現場モックアップ施設である模擬ウェル（5m×5mの扇形状、深さ8m）は1988年に実験棟に建設され、これまで除染機の性能確認試験や導入前動作試験、各種水中作業の操作訓練など、作業安全の確保のために使用してきました。この模擬ウェルの活用の多様化の一つとして、先日行われた試験を紹介します。

東北大学ニュートリノ科学研究センターの研究者が、岐阜県飛騨市の神岡鉱山跡の実験室（地下1,000m）内に設置された「カムランド検出器」で予定しているミニバルーン装填のためのモックアップ試験を、模擬ウェルで実施されました。

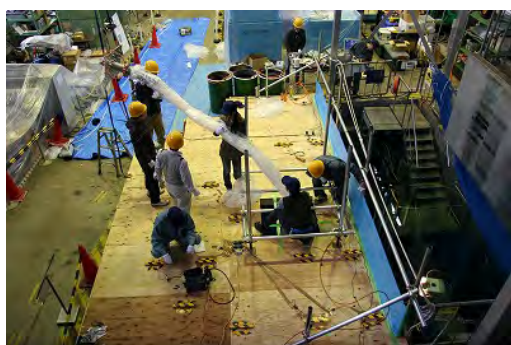
カムランド検出器（※2）は、世界最大（1,000t）の液体シンチレータを用いた世界最高感度のニュートリノ検出器です。

実環境に近い状況での装填を想定し、平成22年5月27日から6月5日に、模擬ウェルを直径13mのバルーンに見立て、その中に直径3.4mのミニバルーンを展張する試験が行われました。試験により、ミニバルーンを水中に装填できスムーズに膨らむことを確認でき、さまざまな重要なデータを収集できたと、東北大学関係者から感謝の意が伝えられました。

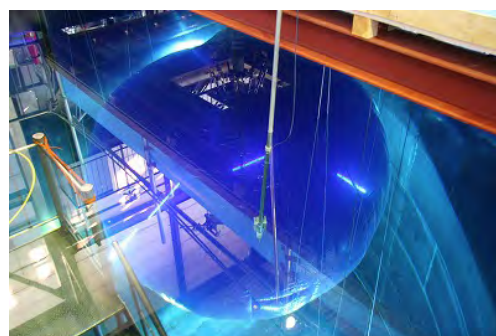


カムランド検出器（※2）

（※2）東北大学ニュートリノ科学研究センターHPより引用



模擬ウェルへのミニバルーンの投入



模擬ウェル中のミニバルーン（満水の状態）

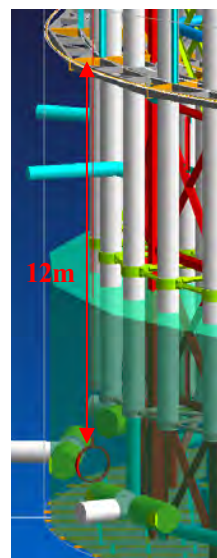
## 【サブプレッションチェンバー内機器点検・清掃装置の試験・訓練施設整備】

平成19年に、BWRマークI型のサブプレッションチェンバー（S/C）内のECCS用ストレーナを遠隔で点検・清掃できる装置を開発しました（※3）。以降2年間にわたり5か所のBWRに14台の同装置を導入し、お客様より高い評価をいただきました。

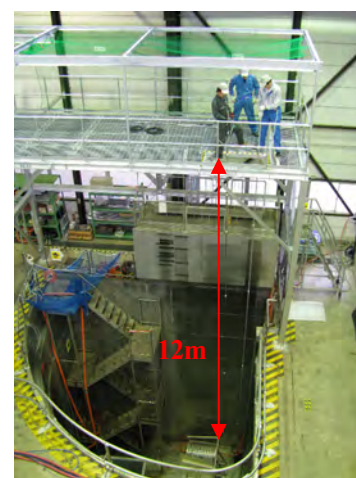
さらに、この実績を基にBWRマークII型のS/Cへ展開するため、装置の開発を行ってきました。当社事業所と協同してお客様に提案を行い、平成22年9月に、S/C内ストレーナの点検・清掃作業を無事完了しました。

開発に当たっては、装置の実環境下での機能試験、操作性の確認試験、作業者の操作訓練のため、技術開発センター内の原子炉模擬ウェル上に新たに作業架台を新設しました。作業架台からストレーナまでの垂直距離は、原子炉発電所と同じ条件の12mを確保しています。架台は、模擬ウェル廻りのほかの作業と干渉しないよう配置しており、各種の試験、訓練に活用していきます。

（※3）本装置の開発成果は、「アトックス技報2009」の9～10ページに紹介されています。



サブプレッション  
チェンバー概念図



試験・訓練用施設  
（原子炉模擬ウェル）

【厚板炭素鋼の水素ガス切断工法】

一般産業界では、水素を使用した鋼材切断工法が二酸化炭素の発生を削減するクリーンな工法として脚光を浴びています。アセチレンやプロパン等の化石燃料を燃焼させる従来のガス切断工法に比べて環境に優しく、コストダウンや生産性アップ等の特長があり、今後の鋼材切断工法の主流になると期待されています。

原子力業界においても、施設の高経年化などに伴う機器更新や廃止措置工事では、大型構造物の切断作業が発生します。

この切断作業に、未だ解体工事では使用実績が少ない水素ガス切断工法を活用することを目的に、従来のガス切断工法との比較試験を実施しました。

試験の結果、切断速度が最大 40%向上し、単位時間当たりのガスに係わるコストも最大 20%削減されることから、トータルの切断コストを大幅に削減できることを確認しました。

また、切り口の幅が狭くなるため、二次廃棄物として扱われるノロの発生量を最大 10%抑制することも確認しました。

切断能力についても優れており、厚さ 300mm の炭素鋼を 135mm/min の速度で切断可能です。

今後、水素ガス切断工法を解体工事向けに積極的に活用したいと考えています。



切断状況



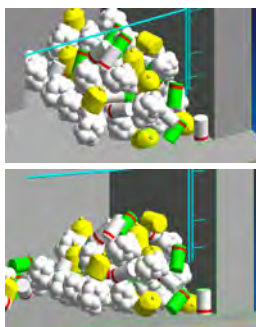
切断面

【三次元測量による廃棄物量の推定】

物体を複数の視点から観察し、視差の情報から形状を求める三次元写真計測は古くから利用されています。しかし、計測には専用のカメラが必要であり、画像処理にも専門技術が必要なことから、現場測量等に容易に使える方法ではありませんでした。

近年、パソコンの高性能化は著しく、画像処理ソフトが誰でも容易に扱えるようになりました。また、昨年夏に一般向けの 3D デジタルカメラが販売され、三次元写真計測は、急速に実用可能な技術となってきています。

以下に三次元モデル作成のフローを示します。

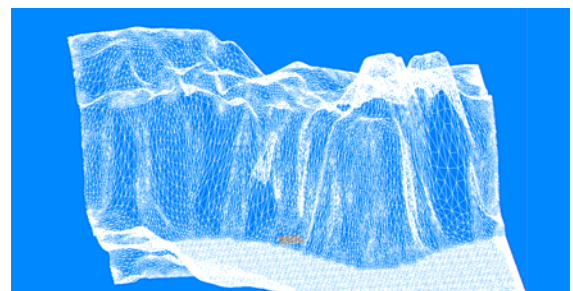


三次元写真撮影

アングルの異なる 2 枚の写真を撮影



画像処理



三次元モデル

当社では、この技術を原子力施設に保管された廃棄物の体積計測に適用しました。撮影した三次元写真から、廃棄物の三次元モデルを作成し、その体積を自動算出しました。

この技術は、撮影時に死角となる場所は計測できないという課題もありますが、現場において施設の構造や線量当量率の点から接近が難しい場所の測量、除却（廃棄）物の形状調査などへの活用が期待できます。

今後も調査、検討を継続して、より簡便で計測誤差の少ない三次元写真計測技術の確立をめざしていきます。

【当社保有装置を利用した分析・測定技術】

技術開発センターでは、高度な分析・測定装置を多数保有しており、各種の分析・測定・評価作業を行っています。そのなかから、主な分析・測定技術を紹介します。

① 廃油中のリン分析

ICP 発光分光分析装置では、各種工業材料、環境物質、有機溶媒など、溶液化できるほとんどの試料の定性、定量分析が行えます。有機溶媒分析対応の装置により、廃油中のリン (P) 濃度の定量分析を行い、そのまま焼却処理すると焼却炉に悪影響を与えるリン含有量の高い廃油を特定しました。

使用装置：ICP 発光分光分析装置  
 エスアイアイ・ナノテクノロジー社製  
 SPS3000 シーケンシャル型、有機溶媒分析用導入系  
 定量下限：～0.1 mg/dm<sup>3</sup> (P の場合)、 分析本数：数十検体/日  
 分析実績：廃油試料の分析により、P 含有量を測定



② 岩石中の水分非破壊分析

マイクロフォーカス X 線 CT 装置では、生物試料、岩石、電子部品など X 線が透過するものの試料内部の断面像が非破壊、非接触で得られます。この装置を用いて、非破壊で岩石内部の間隙構造や間隙水の挙動を定期的に測定しました。

使用装置：マイクロフォーカス X 線 CT 装置  
 Skyscan 社製 1072 型  
 1mm アルミニウムフィルタ使用可、再構築データ処理可  
 分解能：最高 2 μm  
 分析実績：岩石や粘土鉱物中の間隙構造、間隙水分析 (最大約 40mm φ)



③ 原子の局所構造分析

X 線吸収微細構造測定装置 (XAFS) では、非晶質試料 (ガラス中の微量金属)、触媒試料 (中心金属)、結晶化しない生体高分子、液体試料 (溶液中の微量金属)、X 線回折法での解析が難しい化合物などの原子レベルの局所構造 (原子の価数や周囲の物質の配置等) を調べることができます。この装置を用いて、液体試料中のセリウム (Ce) や、還元雰囲気中で試験を行った試料のセレン (Se) の価数分析を行いました。

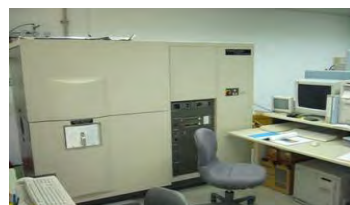
使用装置：X 線吸収微細構造測定装置 (XAFS)  
 リガク社製  
 R-XAS Looper 型  
 分析試料：固体試料、液体試料、薄膜試料等  
 分析実績：Ce、Se の価数分析



④ 材料表面の組成及び化学結合状態分析

走査型 X 線光電子分光分析装置 (XPS) では、金属、高分子材料、絶縁物、あらゆる固体物質の試料表面 (表面～数 nm 深さ) の組成や化学結合状態を調べることができます。この装置を用いて、金属試料中の腐食部位成分や腐食部位の深さ分析を行いました。また、触媒の表面に担持させた金属の結合状態や、触媒によって吸着された物質の化学的な情報を得ることなどにも使用できます。

使用装置：走査型 X 線光電子分光分析装置 (XPS)  
 PHYSICAL ELECTRONICS 社製  
 Quantum2000 型  
 走査型 X 線源ビーム径：10～200 μm  
 分析試料：固体試料、薄膜試料等 (最大 100mm φ)  
 分析実績：金属腐食部分分析



◆ 登録特許一覧

平成 22 年 10 月末 現在

特許番号	登録日	発明の名称	当社発明者	共同権者
2997242	H11.10.29	高周波融着によるシール性を有する放射線作業用シート	伊東 一昭 相馬 光枝	(独)日本原子力研究開発機構
3452138	H15. 7.18	配管内足場設置方法及び配管内足場	—	—
3491207	H15.11.14	水中における海生物除去装置	上田 諭、高橋 剛史 忠海 俊也	東電工業(株)
3726922	H17.10. 7	原子力発電所で使用する防護マスクの除染・洗浄装置	工藤 一博、秦 和則 石川 俊行、海野 英雄	四国電力(株)
3737380	H17.11. 4	原子力施設等で用いる床面除染装置	中西 友和 佐々木 由美子	日本原子力発電(株) 原電事業(株)、アマノ(株)
3740615	H17.11.18	無人潜水機を用いて行う水中清掃用器具及び該器具を使用して行う水中構造物の清掃方法	鈴木 貞一郎、上田 諭 高橋 剛史、菅原 晴夫 五井 直人	—
3748293	H17.12. 9	原子炉ウエルのバルクヘッド部に取付ける異物混入防止装置	本間 征八郎、安田 正男 鈴木 貞一郎	—
3782684	H18. 3.17	靴	中西 友和、河村 真吾	九州電力(株) (株)ムーンスター
3788827	H18. 4. 7	原子炉ウエル内のバルクヘッド設置台のカバー	柿崎 傳、高橋 幸 鈴木 貞一郎	—
3824371	H18. 7. 7	原子炉設備に於ける壁面除染機	堀江 直之 鈴木 貞一郎	—
3836932	H18. 8. 4	自動除染装置における補助壁面吸着装置	堀江 直之 鈴木 貞一郎	—
3863627	H18.10. 6	簡易遮蔽鉛材の小型再熔融装置	青木 義明、上野 正治 鶴田 純規、中家 真一 鈴木 貞一郎	—
3936801	H19. 3.30	壁面用粘着テープ貼り機	小松 一、吉村 英夫、 岡 由真、大良 秀樹、 鈴木 貞一郎	—
3986918	H19. 7.20	循環水配管における垂直管部作業用足場	高橋 剛史、柿崎 傳 菅野 隆行	—
4035083	H19.11. 2	小口径配管の半割切断機	高橋 幸、飛田 哲史	—
4115708	H20. 4.25	BF <sub>3</sub> 計数管内にある BF <sub>3</sub> ガスの安定化処理方法及びこの方法を実施する装置	櫻井 達也	—
4219026	H20.11.21	水圧差を利用した異物回収装置	山王 敏雅、伊東 一昭 忠海 俊也	中部電力(株)
4223371	H20.11.28	小口径配管の連続除染装置	吉村 英夫、高橋 幸	—
4227713	H20.12. 5	大径の円筒部材の切断方法及び装置	堀江 直之	—
4256538	H21. 2. 6	フードマスク洗浄装置	工藤 一博、梶井 茂 渡辺 一也	—
4256548	H21. 2. 6	フードマスク用送気管の養生方法及びこの方法を実施する養生器	松本 秀生、高木 宏明	—
4260268	H21. 2.20	ゴム靴の除染方法	工藤 一博、石川 俊行	四国電力(株)
4261905	H21. 2.20	圧力抑制プールにおけるストレーナ、水没弁の点検方法及びその方法に使用する隔離シート、ストレーナ閉止カバー	忠海 俊也、武田 直樹 渡部 光一、下宮 克徳	—
4303098	H21. 5. 1	ジェット洗浄及び洗浄水回収装置	吉村 英夫	—
4460267	H22. 2.19	ダクトの清掃除染装置	吉村 英夫、上野 和輝 堀井 顕良、田中 寛之	—
4473767	H22. 3.12	スプレー式電解研磨除染装置	高橋 幸、馬場 賢哉	—
4509732	H22. 5.14	小口径配管の半割方法及び装置	高橋 幸、斉藤 浩 福田 寛	—
4514688	H22. 5.21	水中塗膜補修装置	忠海 俊也、武田 直樹	東京電力(株)
4520786	H22. 5.28	原子炉格納容器内における圧力抑制室のベント管開口部の養生装置	堀江 直之、渡部 光一 新川 浩幸	—
4560393	H22. 7.30	ポケット型外部被ばく計測器を使用した被ばく線量超過警報装置	山王 敏雅、吉村 英夫	—
4604175	H22.10.15	可視光応答型光触媒の製造方法	勝田 博司、伊東 一昭 海野 英雄、相馬 光枝	(独)日本原子力研究開発機構

◆ 特許の紹介

特許番号：特許第 3726922 号

発明の名称：原子力発電所で使用する防護マスクの除染・洗浄装置

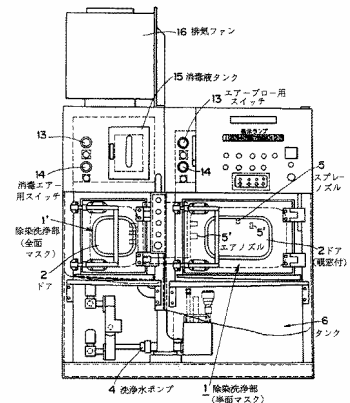
本発明は、原子力発電所で呼吸用保護具として使用される防護マスク（全面マスクまたは半面マスク）の放射能の除去及び一般の汚れを洗浄する除染・洗浄装置に関するものである。装置は、洗浄系に高圧ポンプを用いたジェットスプレー洗浄を使用し、洗浄後に水切り用のエアブローを使用し、エアブローで乾燥した後に消毒用噴霧機で消毒し、装置内の汚染雰囲気を出す排気装置から構成される。

【課題】

防護マスクの除染を自動化し、作業労力の低減を図ること、及び防護マスクのようなゴム材を含むマスクの狭隘部まで十分に洗浄できる装置を提供する。

【解決手段】

防護マスクに付着した放射能の除去及び一般汚れの洗浄において、駆動シャフトによって回転可能で、半面防護マスクを支持する複数個のマスク固定枠を備えた洗浄かごを備えた除染・洗浄部を有し、除染・洗浄部に高圧のスプレーノズルと、乾燥と消毒水噴霧用のエアノズルが装着され、かつ装置内の汚染雰囲気の装置外への漏洩を防ぐ排気装置を設けた。高圧ポンプの駆動、電力及び圧縮空気供給電力を同一供給源より送るようにした全面防護マスク除染・洗浄部を設けた。



特許番号：特許第 4261905 号

発明の名称：圧力抑制プールにおけるストレーナ、水没弁の点検方法及びその方法に使用する隔離シート、ストレーナ閉止カバー

【課題】

原子力発電所の圧力抑制プール内の冷却水をすべて抜くことなく、ストレーナと水没弁との点検を可能とし、工期の短縮、作業の効率化及び作業者の被ばく線量低減を図ることができるようにする。

【解決手段】

課題解決のため、以下の点検方法と、その方法に使用する隔離シート及びストレーナ閉止カバーとを提供する。

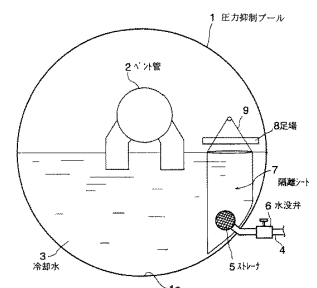
第1の方法は、ストレーナの点検方法であって、ストレーナの周囲を隔離シートで覆ってストレーナを冷却水から隔離した後、隔離シートの上部開口から隔離シート内へ清水を注入し、隔離シートの下部開口と圧力抑制プールの底壁との間から隔離シート内に存在する冷却水を隔離シートの外へ流出させ、隔離シート内の冷却水を前記清水で希釈し、隔離シート内の視界を良好にした後、ダイバーによりストレーナの潜水点検を行うことを特徴とする。

第2の方法は、ストレーナの点検方法であって、ストレーナの周囲を隔離シートで覆った後、隔離シート内に存在する冷却水をポンプで吸引しフィルタで濾過する浄水回路を足場上に設け、浄水回路で濾過した水を再度隔離シート内に戻して隔離シート内の冷却水を浄化し、隔離シート内の水が浄化され、視界が良好になったところでストレーナの潜水点検を行うことを特徴とする。

第3の方法は、水没弁の点検方法であって、ストレーナの周囲を隔離シートで覆い、隔離シート内の視界が良好になったところで、足場上から人力で、取付治具を用いて、非透水性材料で作られたストレーナ閉止カバーでストレーナを覆った後、ストレーナより下流側に存在する冷却水のみを抜いて水没弁の点検を行うことを特徴とする。

隔離シートは、非透水性材料で円筒状に構成され、円筒の上部開口には合成樹脂材料よりなるリング状のエアチューブを備え、下部開口は斜めにカットされてその周りには複数個の垂を配設し、上部開口と下部開口との間の胴部には複数のリング状水チューブを隔設し、複数の水チューブを縦方向のチューブで互いに連通していることを特徴とする。

ストレーナ閉止カバーは、吊下可能な取付治具を備え、非透水性材料製で筒状をなし、筒状の一端が閉じられ他端が開口し、筒状の胴部には、互に連通した複数のエアチューブが円周方向に設けられ、エアチューブにエアを供給することによって膨張させ、ストレーナに取付けられるようにしたことを特徴とする。



※ 当社保有特許に関するお問い合わせ等は、技術開発部までお願いします。

アトックスの概要

商 号	株式会社アトックス	
所 在 地	〒104-0041 東京都中央区新富二丁目3番4号	
資 本 金	1.5億円	
設立年月日	1980（昭和55）年9月1日（株式会社ビル代行から分離独立）	
役 員	取締役会長	鈴木 貞一郎
	取締役社長	矢口 敏和
	専務取締役	岸本 邦和
	常務取締役	佐藤 明雄
	常務取締役	藤川 正剛
	取 締 役	上田 諭
	取 締 役	瀧谷 静雄
	取 締 役	祝 輝行
	取 締 役	酒井 敏光
	取 締 役	伊東 一昭
	監 査 役	石田 藤照
従業員数	1,709名（2010（平成22）年9月末現在）	
沿 革	1953（昭和28）年10月	株式会社ビル清掃設立
	1964（昭和39）年9月	株式会社ビル代行に商号変更
	1967（昭和42）年4月	本社に原子力部を設置
	1980（昭和55）年9月	株式会社ビル代行原子力部門を分離し、株式会社原子力代行を設立
	1988（昭和63）年8月	千葉県柏市に技術開発センター開設
	1993（平成5）年6月	株式会社アトックスに商号変更
	2008（平成20）年8月	技術開発センターを拡充し現在地に移転
関連会社	株式会社ビル代行 日本ビルサービス株式会社 株式会社エフ・ティ販売 株式会社青森クリエイト 株式会社福島クリエイト 株式会社西日本クリエイト おおくまホテル株式会社	

複写をご希望の方へ

当社は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けてください。ただし、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあつては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先： 一般社団法人学術著作権協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F  
FAX : 03-3475-5619 E-Mail : info@jaacc.jp

「アトックス技報」は、国立国会図書館法（昭和 23 年法律第 5 号）により、国立国会図書館に創刊号（No.1 2009、平成 22 年 1 月発行）より納本しています。

同館ホームページ上の『日本全国書誌』や『NDL-OPAC（国立国会図書館蔵書検索・申込システム）』にその書誌データが掲載されており、NDL-OPAC トップページ的一般資料から和雑誌新聞の検索を行い申込むことにより、「アトックス技報」を創刊号より利用することができます。

---

アトックス技報 No.2 2010

平成 22 年 12 月 1 日発行

編集・発行

株式会社アトックス  
技術開発センター 技術開発部

〒277-0861 千葉県柏市高田 1201 番地  
TEL 04-7145-3330(代表)  
FAX 04-7145-3649

ATOX TECHNICAL REPORT

No.2 December 2010

Published and Edited by

Engineering Research & Development  
Department  
ATOX CO.,LTD.

1201, Takata, Kashiwa-shi, Chiba 277-0861  
TEL 04-7145-3330  
FAX 04-7145-3649

URL <http://www.atox.co.jp>

---

アトックス技報に関するご意見・ご要望等ございましたら、技術開発部までご連絡ください。

株式会社アトックス  
技術開発センター