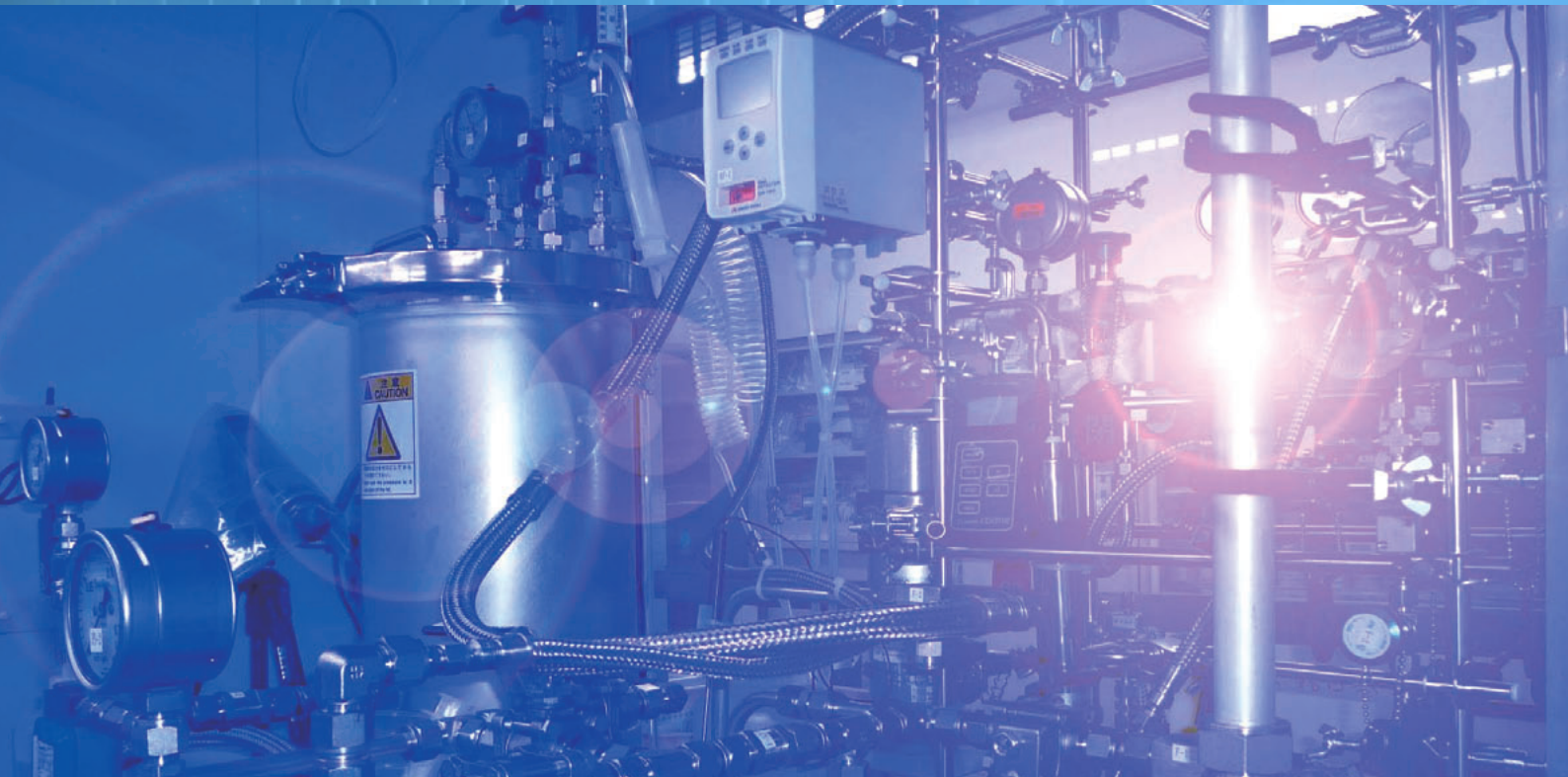


ISSN 2185-5420

アトックス技報

ATOX TECHNICAL REPORT

No. 5 2013



ATOX

		巻頭言	<i>Preface</i>
	頁/Page		
	1	キュリー夫妻の手作り装置	
		研究開発成果	<i>R & D Activities</i>
	2	小型遠隔除染装置“RACCOON”の開発 Development of Compact Equipment “RACCOON” for Remote Decontamination	
	4	除染ロボット用遠隔走行装置の開発 Development of Remote Controlled Traveling Equipment for Decontamination Robot	
	6	滞留水処理業務における付帯装置の開発・導入 Development and Introduction of Auxiliary System and Equipment in Contaminated Water Treatment	
	8	原子炉建屋内の線量解析 Dose Analysis for Nuclear Reactor Buildings	
	10	クラウンエーテル樹脂の合成とストロンチウム選択性評価 Synthesis of Crown-Ether Resins and their Strontium-Selectivity Evaluation	
	12	自動溶接による配管閉止工法の開発 Development of Pipe Closing Method Using Automatic Welding	
	14	可剥性塗料を用いた汚染防止方法の検討 Examination of Method of Contamination Prevention Using Strippable Coating	
	16	遮蔽計算コードによる ⁶⁰ Co照射施設の線量評価 Dose Evaluation of ⁶⁰ Co Irradiation Facility Using Shielding Calculation Codes	
	18	低集積線量インジケータの評価試験 Evaluation Test of Indicator Adapted to Low Radiation Level	
		トピックス	<i>Topics</i>
	20	福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術的取り組み ・ 開発機器の現場導入、福島支援における対応状況 ・ 国家プロジェクトへの積極的取り組み	
	21	福島復興／廃止措置事業を見据え、仏アレバ社と合弁会社設立で基本合意	
	21	新技術開発、新分野開拓への取り組み 一国内外の機関・大学との技術連携を強化一 ・ 無人ヘリコプターによる環境放射線測定プロジェクト ・ 太陽光パネル検査ロボットの開発	
			アトックス情報
			<i>ATOX Information</i>
	22	技術開発センターの研究施設・設備と提供サービスのご紹介	
	23	ロボット運用に関する環境を整備、技術サービスを提供	
	24	登録特許一覧	
	25	特許の紹介	
	26	アトックスの概要	

【表紙の説明】

原子力発電所や中性子線取扱施設の使用済BF₃計数管から、BF₃ガスを安全に抜き取り安定化処理する装置です。技術開発センターの化学実験室に設置し、BF₃ガスの処理試験に使用します。関連特許(発明者:櫻井達也)の概要は p.25 参照(写真撮影:技術開発部 材料・化学Gr. 末森友英)



キュリー夫妻の手作り装置

特別顧問
理学博士

吉田 善行



“ものづくり”への情熱は企業の血液であり、物を作る力はその筋肉であろう。1年半前に、40数年間在籍した研究機関を離れ当社の一員となった筆者にとって、ここはその血液と筋肉を肌で感じる場である。多くの“ものづくり”、しかも“手作り”の成果物が職場のあちこちにごろごろしているからである。例を挙げればきりがないが、ここで最初に目にした原子炉ウェル壁面遠隔除染装置には、手作りの香りが満ちていた。技術開発センターのシンボリック的存在の1/4模擬原子炉ウェルも、これまでに開発された除染機や切断・解体機類、点検ロボットも……そして本号で紹介されている小型遠隔除染装置RACCOONも、これらのすべてが当社の技術者らの創意、工夫、そして情熱が詰め込まれた手作りの作品である。

このような手作りのものづくりには手間がかかるし、汗もかかねばならない。それでも手作りすることは素晴らしく、思いもよらない成果を産み出すことさえある。一瞬ひらめいたアイデアや工夫をすぐに形にしてみる、昨日気付いた改良を明日には装置に反映させる、それをできるのが“手作り”である。また、改良品を他所に頼んで作ってもらったのはいいが、届けられた製品がイメージとはかけ離れたものであることをよく経験する。自分のイメージを正確に作品に映すには“手作り”に優る方法はない。手作りすることによって他の追随を許さない装置や道具が手に入る。エンジニア氏の創意、工夫が一杯詰まった手作りの物を真似るのは簡単ではなく、そのことが同氏を独創的な仕事ができる真のプロに押し上げるのだろう。

マリー・キュリー夫人はポロニウムやラジウムの発見という偉大な成果を得たが、それ以前にウランやトリウムの放射能の研究に情熱を傾けていた。その研究で大いに威力を発揮したのが放射線で発生する微弱な電氣量を検出する装置や道具であった。100年以上前のキュリー夫人の実験室での写真には、一目ですぐに手作りだと判る組立て式であろう簡素な装置が輝いて写っている。この装置こそ、ご主人のピエール・キュリーが手作りした電氣量検出用の圧電式石英電位計である。夫婦で力を合わせて人類に科学の進展をもたらしたが、まさにこの手作りの装置があって初めて達成された偉業と言える。

当社は今後長年にわたって、福島第一原子力発電所の廃炉に大きな貢献をしなければならない。これまで原子力発電所の運転・維持管理や点検に携わってきた現場力を期待されての使命でもあると思う。これから立ち向かう仕事には、これまでとは違って複雑な応用問題を解くような困難が伴うと思われ、従来の技術では越えることができない壁にもぶち当たるだろう。総合的なソリューションを提供する企業として、この難関を突破しなければならない。そのためには、外部とも連携して効果的に課題を解決することが重要だが、そのような局面でとりわけ大切なことは、知恵を絞って要求に見合った“ものづくり”をすることではないだろうか？ 各種の装置がブラックボックス化し、使い捨てを“売り”にする道具が幅を利かすこのご時世に、やはり窮地を救うのは自らの手によるものづくりであると強く感じている。

読者の皆様が本号の記事の中に、そのようなものづくり、手作りの醍醐味を感じ取っていただければ幸いです。

2013年12月吉日

小型遠隔除染装置 “RACCOON” の開発

Development of Compact Equipment “RACCOON” for Remote Decontamination

福島第一原子力発電所の廃止措置に向け、原子炉建屋の調査・補修が計画されている。しかし、原子炉建屋は放射線量が強く作業員の過剰被ばくが懸念されており、被ばく防止のための除染作業が求められている。そこで、原子炉建屋内での除染を目的として遠隔操作にて床面を除染する小型の装置を開発し、所期の要件を満足することを確認した。

キーワード：廃止措置、高線量、被ばく、遠隔操作、除染、原子炉建屋

As a measure toward the decontamination of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, investigation and repair works in the reactor building are planned. The reactor building has high radiation dose and the excessive radiation exposure of the workers is concerned. Therefore, the decontamination work with prevention of the radiation exposure is required. A compact remote decontamination equipment of floors in the reactor building was developed and the performance was examined.

Key Words : Decommissioning, High Radiation, Exposure, Remote Control, Decontamination, Reactor Building

1 背景と目的

福島第一原子力発電所の廃止措置に向け、原子炉建屋内の各種調査や設備の補修作業等が進められている。しかし、原子炉建屋内は高線量環境であるため、作業員の過剰被ばくが問題となり、被ばく低減のための除染作業が求められている。

この課題を解決するため、小型で遠隔操作が可能な装置を開発した。

2 開発概要

(1) 装置の要件

本装置の要件を以下に示す。

- ① 遠隔操作（有線）で床面を洗浄できること
- ② 洗浄後の廃液を回収し、移送できること
- ③ メンテナンス時の作業員の被ばくを低減させること
- ④ 小型、軽量であること
- ⑤ 作業後の装置の除染が容易であること

(2) 装置の概要

本装置は除染ユニットと中継ユニットから構成される。除染ユニットは除染ヘッド、走行ユニットから構成され、除染ヘッドを交換することにより、汚染形態に応じて除染を行う。汚染物質・廃液の移送手段としてエジェクタを使用する。エジェクタとは蒸気などをノズルから噴流し、噴流部出口の負圧を利用し他の流体を吸引し、排出する流体ポンプであり、最小内径部がノズル直後にあるため、汚染物質が蓄積しにくい構造となっている。エジェクタの構造を図1に示す。

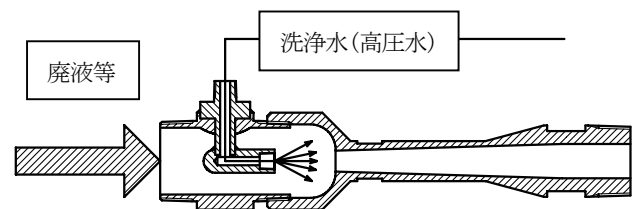
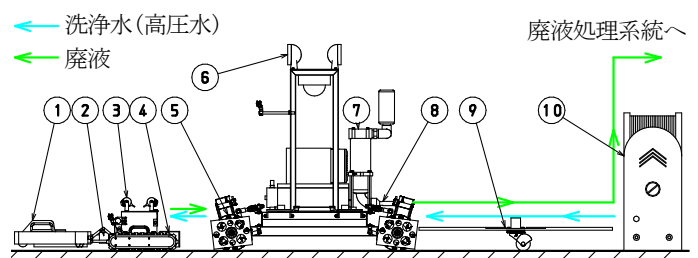


図1 エジェクタ

中継ユニットは除染作業の全体監視を行うとともにホース・ケーブルの取り回しを向上（牽引力の向上等）させる装置である。駆動部にメカナムホイールを用いることで、姿勢を変えず前後左右斜めへの移動ができる。また、本ユニットにもエジェクタを用い、廃液の長距離移送を可能としている。装置全体概略図を図2に、主な仕様を表1に示す。



No.	品名	No.	品名
①	除染ヘッド	⑥	LED 投光器
②	エジェクタ	⑦	タンク
③	水中カメラ（照明付）	⑧	エジェクタ
④	クローラ	⑨	ホース・ケーブル牽引台車
⑤	メカナムホイール	⑩	高圧洗浄機

図2 装置全体概略図

各ユニットの概要を以下に示す。

1) 除染ユニット

装置全体外観を写真1に、除染ヘッドを写真2に示す。除染ユニットは、走破性が高いクローラ式を採用し、搭載した照明付水中カメラにより線量計の表示や、周辺状況が確認でき遠隔操作が可能である。また、装置の除染ができるように防水仕様とした。

除染ヘッドは3種類を用意し、床面の放射性物質の汚染形態に応じて使い分ける。吸引ヘッドは床に堆積した砂埃の回収、ジェットヘッドは遊離性汚染の除去、ブラシヘッドは固着性汚染の除去に使用する。

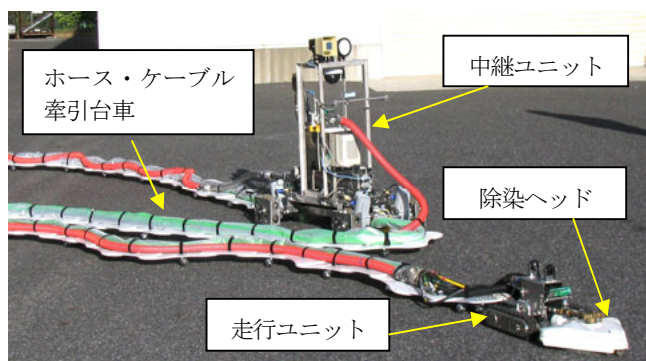


写真1 除染ユニット及び中継ユニットの外観



[ジェットヘッド] [吸引ヘッド] [ブラシヘッド]

写真2 除染ヘッド

2) 中継ユニット

中継ユニット外観を写真1に示す。中継ユニットはネットワークカメラ、スピーカ、照明、タンク、エジェクタを搭載している。メカナムホイールにより姿勢を変えず全方位に移動できるため、小スペースでの除染ユニットのホース・ケーブルの取り回しを可能にした。また、廃液移送用のタンクを設け、除染ヘッドが吸引するエアを取り除き、内部の圧力を調整することで、エジェクタの性能を活かし、廃液の150m先への移送を可能にした。

中継ユニットはPTZ (PAN・TILT・ZOOM) 機能を備えたネットワークカメラを用い、全体監視を行う。また、作業後の装置の除染が容易にできるよう防水仕様とした。

3) 作業用ホース・ケーブル牽引台車

本装置がホース・ケーブルを牽引する際、建屋内のコーナー部、構造物等への引っ掛かり、床面の摩擦に

より負荷が発生する。これは装置のモータの能力を上げ、牽引力を増すことによって解決されるが、モータの能力を上げることは、装置の小型化と相反する。そこで、建屋内のコーナー部や干渉物からの抵抗及び床面の抵抗を軽減させ、作業範囲の拡大とロボットの駆動力の低減を目的としてホース・ケーブル牽引台車を製作した。これにより、装置の小型化、コーナー部等の摩擦低減を可能にした。ホース・ケーブル牽引台車の外観を写真1に示す。

表1 小型遠隔除染装置の主な仕様

	項目	仕様
除染ユニット	走行ユニット	W404×L411×H299 mm
	吸引ヘッド	W337×L236×H145 mm
	ジェットヘッド	W462×L582×H148 mm
	ブラシヘッド	W458×L307×H157 mm
	質量 (走行ユニット)	35 kg
	洗浄流量	13 L/min
	走行速度	0~10 m/min
	カメラ	水中カメラ (LED 照明付)
中継ユニット	外形寸法	W630×L1,150×H1,170 mm
	質量	116 kg
	水使用量	13 L/min
	走行速度	10 m/min
	カメラ	ネットワークカメラ
	照明	LED 投光器 (前方・後方用)

3 結 語

本開発により、開発当初に設定した要件をすべて解決でき、汚染の形態に応じて建屋内床面の除染作業を遠隔で行うことを実現した。特にエジェクタを用いることにより、除染作業と汚染物質・廃液の吸引、移送を同時に行うため、汚染の拡大防止、作業時間の短縮が図られ、機器内部へ砂・汚泥を蓄積しにくい構造としており、メンテナンス時の被ばく低減を可能にした。

今後は、より長距離での除染を実現するため、操作システムをLAN化し、また走破性を含めスムーズな移動ができるよう改良する。



執筆者/技術開発部
機器・構造 Gr. 佐藤 伸弥



技術開発部
機器・構造 Gr. 伊藤 俊介

除染ロボット用遠隔走行装置の開発

Development of Remote Controlled Traveling Equipment for Decontamination Robot

福島第一原子力発電所建屋内は高線量環境であり、作業員の被ばく低減のため、遠隔操作による除染が必要となる。そのためには、建屋内の段差を装置が乗り越えられることや、ホース・ケーブルを柱や設備に引っかからせないこと、ホース・ケーブルの摩擦を低減させること等が求められる。本研究では、「先頭走行装置」、「ホース・ケーブル牽引装置」、「摩擦低減車輪」など、それらを解決するための要素技術を開発した。

キーワード：遠隔操作、段差昇降、障害物回避、摩擦低減、除染装置

Inside of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station building is high-dose environment. So, decontamination using remote controlled traveling equipment is needed to minimize the exposure to workers. For this purpose, overcoming steps in the buildings, prevention of hoses and cables from interference with posts and various equipment, and friction reduction of hoses and cables are essentially important. In this study, element technologies of “Lead traveling equipment”, “Hoses and cables traction equipment”, and “Friction reduction wheel” were developed.

Key Words : Remote Control, Step Lift, Obstacle Avoidance, Friction Reduction, Decontamination Equipment

1 背景と目的

福島第一原子力発電所の建屋内部調査では、さまざまな遠隔走行装置が投入されているが、柱や段差、床上に設置された機器類、水素爆発により散乱したガレキ等により装置の走行に支障を来しているのが現状である。

そこで、装置の段差昇降やホース・ケーブルの引っかかり、摩擦低減に対する方策についての要素技術開発を行うことを目的として、千葉工業大学工学部未来ロボティクス学科米田研究室との共同研究により遠隔走行装置の開発を行った。

2 開発概要

(1) 装置要件

本装置の開発要件を以下に示す。

- ① 遠隔操作（有線）が可能であること
- ② 全方向に移動可能であること
- ③ 100mm 程度の段差を昇降できること
- ④ ホース・ケーブルを柱や設置機器等の障害物に引っかからせずに走行できること
- ⑤ ホース・ケーブルの接地面との摩擦を低減できること

(2) 装置の概要

本装置は、先頭走行装置、ホース・ケーブル牽引装置、摩擦低減車輪「パッシブオムニホイール」から構成される。装置全体構成を図1に示す。

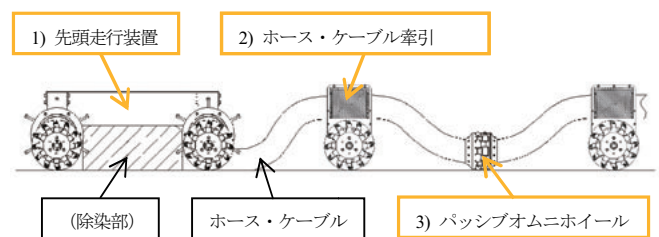


図1 装置全体構成

1) 先頭走行装置

装置外観を写真1に、段差昇降機構を図2に示す。

① 走行部

狭隘部の除染を容易にするためにメカナムホイールを採用した。メカナムホイールとは、車軸に対して45°傾斜したローラがホイールの円周上に配置されており、ホイールの回転方向や速度を制御することで装置を全方向に移動することができる車輪である。

② 段差昇降機構

メカナムホイールは一般的なホイールと比べ段差昇降能力が乏しいため、グローサホイールを使用した段差昇降機構を開発した。グローサホイールとは、突起が円周上に配置されたホイールである。

グローサホイールの突起が段差に接地し、ホイールの駆動力により走行装置を持ち上げる。その後、メカナムホイールが段差に接地し、走行装置が段差を乗り越える。

走行試験の結果、グローサホイールを使用することにより、走行装置の乗り越え高さが20mmから100mmに向上した。

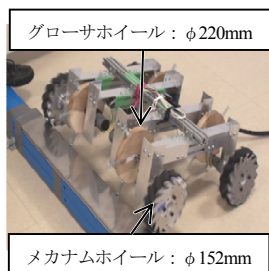


写真1 先頭走行装置

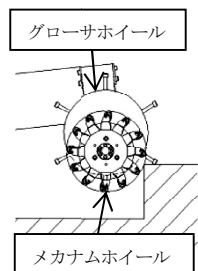


写真2 段差昇降機構

2) ホース・ケーブル牽引装置

装置外観を写真2に、走行の様子を写真3に示す。

① 走行部

先頭走行装置と同様にメカナムホイールを採用した。メカナムホイールの全方向移動により、ホース・ケーブルを障害物から回避させながら走行することができる。

② 走行制御

複数の装置の操作を容易にするため、1台のコントローラで操作できる走行制御プログラムを作成した。操作する装置を指定し、単独または複数台の一括操作が可能である。また、入力コマンド（移動量データ）に従って装置を自動操作させることも可能である。各装置にモータドライバを搭載しており、プログラムによりモータの回転速度を制御している。操作概要図を図3に示す。

走行試験の結果、手動操作では装置を障害物から回避させながら走行することが可能であったが、自動操作では移動量が指定量に満たなかった。これは、装置がホース・ケーブルの摩擦や弾性による影響を受けるためである。

現在、装置を指定量どおりに走行制御させるため、位置センサの搭載を検討している。

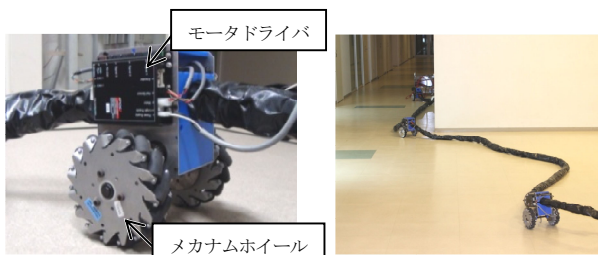


写真2 ホース・ケーブル牽引装置 写真3 走行の様子

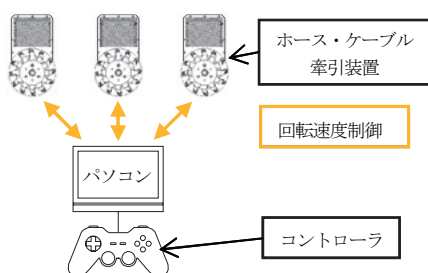


図3 操作概要図

3) 摩擦低減車輪「パッシブオムニホイール」

ホース・ケーブルが接地面から受ける摩擦を低減させる機構として、摩擦低減車輪「パッシブオムニホイール」を開発した。車輪外観を写真4に示す。車輪の内側にコロの回転機構を設けており、車輪自体が赤矢印方向に回転することで、ホース・ケーブルの左右の動きに対応し、移動する。また、円周上のローラが青矢印方向に回転することで、ホース・ケーブルの前後の動きに対応し、移動する。さらに、車輪の前後にはテーパ状のホルダが付いており、障害物や段差との引っかかりを防ぐことができる。

本車輪は写真5のオムニホイールの機構を基にしている。オムニホイールとは、車輪の回転と円周上のローラの回転の組み合わせによって、全方向に移動することができる車輪である。

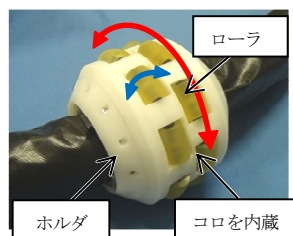


写真4 パッシブオムニホイール

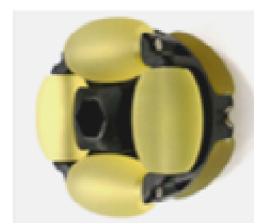


写真5 オムニホイール

3 結 語

本開発の結果、以下の成果が得られた。

- ① グローサホイールを使用した段差昇降機構により、走行部の踏破性が向上した。
- ② メカナムホイールを使用した牽引装置により、ホース・ケーブルを障害物から回避させながら走行できることを確認した。
- ③ ホース・ケーブルのあらゆる動きに対応できる摩擦低減車輪を開発した。

今後は、開発中の小型遠隔除染装置等に適用することを目標に、装置寸法の見直しや駆動部分の改良、フレームの強化などを行う。また、走行制御の精度向上を図り、先頭走行装置とホース・ケーブル牽引装置の連動操作を可能とする。



執筆者／技術開発部
機器・構造 Gr. 浦 広幸



技術開発部
機器・構造 Gr. 伊藤 俊介

滞留水処理業務における付帯装置の開発・導入

Development and Introduction of Auxiliary System and Equipment in Contaminated Water Treatment

東日本大震災以後、福島第一原子力発電所において大量の滞留水を処理する必要があった。これに対して国内外のメーカーが多様な浄化装置を導入し、滞留水を浄化している。当社はこれらの浄化装置の運転・管理を行っており、作業の効率化、被ばくの低減を目的に、付帯する各種設備を導入した。代表的なシステム・装置として、ITV システム、吸着塔監視用線量計システム、吸着塔水抜き・乾燥装置について述べる。

キーワード：滞留水、吸着塔、被ばく低減

After the Great East Japan Earthquake, there is a need to process large amounts of contaminated water at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Domestic and foreign companies have introduced a variety of treatment system for the contaminated water. ATOX has been engaged in the operation of treatment systems. For the purpose of enhancement of the work efficiency and the reduction of exposure, a variety of equipments were introduced to be incidental. Introduced typical system and equipment, ITV system, adsorption tower monitoring dosimeter system, adsorption tower draining and drying equipment are described.

Key Words : Contaminated Water, Adsorption Tower, Reduction of Exposure

1 背景と目的

東日本大震災以後、福島第一原子力発電所では複数の浄化装置を運用し、大量の滞留水を浄化している。

多くの浄化装置はセシウム等の汚染物質を吸着する物質を充填した「吸着塔」にて滞留水から汚染物質を取り除く方式である。吸着塔は汚染物質を取り除くにつれて吸着能力が飽和していくため、その傾向を外側からの線量率測定によって把握することが可能であり、飽和に達すると交換を行う運用としている。使用済吸着塔の線量率の確認や吸着塔の交換作業を人手により実施すると、作業員が大量の被ばくをしてしまう。多くの作業員を投入することは好ましくなく、人手での作業を定常的に行うことは避けるべきと考えられる。

そこで、作業現場における人的作業を極力少なくし作業員の被ばく低減に寄与するシステム・装置を開発・導入した。

2 開発装置の概要

(1) ITV システム

ITV システムは、クレーンを遠隔操作し、吸着塔の交換作業をサポートするシステムである。

本システムは、天井クレーン本体及びスキッド（吸着塔を収納する容器）周辺にパン・チルトカメラ、固定カメラ、集音マイクを設置し、クレーン周囲の映像を捉える。捉えた映像・音声は、低線量の別室に設置されたモニタに集約し表示している。交換する吸着塔の位置を把握しやすいよう映像に座標を表示する機能

を付与している。クレーン操作者は、この映像・音声を確認しながらクレーンを操作し、吸着塔の交換作業を行う。これにより、吸着塔に接近することなく吸着塔の交換が可能となる。

また、クレーン上の3台の固定カメラを除く全方位旋回可能なパン・チルトカメラを用いることにより、クレーン操作だけでなく、現場監視カメラとしても機能する。

(2) 吸着塔監視用線量計システム

吸着塔監視用線量計システムは、個々の吸着塔表面近傍の線量を測定し、吸着塔の交換（飽和）時期を推定するためのシステムである。

本システムは、線量率を測定する検出部を個々の吸着塔正面のスキッド外面に設置している。検出部は24台設置され、現場に設置される吸着塔全基を測定している。検出した線量率は、別室に設置されたPCにリアルタイムで送信される。これにより、作業員が各吸着塔に接近することなく、吸着塔の交換時期を計画できる。

また、可搬式エリアモニタ、可搬式ダストモニタを作業環境監視用として設置している。浄化前の滞留水と浄化後の処理水の線量率を計測する水モニタも設置している。

(3) 吸着塔水抜き・乾燥装置

吸着塔水抜き・乾燥装置は、使用済吸着塔の内部を洗浄及び乾燥し、安定した状態で保管できるよう処理を行う装置である。

本装置は使用済吸着塔に対し、以下の5段階の作業工程により洗浄及び乾燥を行う。

- ① ポンプにより残留した滞留水を抜き取る。
- ② 清水を通水させ洗浄を行う。
- ③ ポンプにより洗浄後に残留した清水を抜く。
- ④ 高温のエアを通気し水分を除去する。
- ⑤ アルゴンガスを吸着塔内部に充填する。

これらの作業工程は各種センサーで監視しながら全自動で行われ、現場での人的作業が大幅に削減される。

装置は、「屋外ユニット」、「操作ハウス」、「屋内ユニット」、「マニホールド」等から構成され、滞留水の漏えいを防止するため金属ホースで接続し、防水パン上に設置し、漏水センサーを設けている。装置の主要ユニットである屋外ユニットを写真1、屋内ユニットを写真2に示す。



写真1 吸着塔水抜き・乾燥装置-屋外ユニット



写真2 吸着塔水抜き・乾燥装置-屋内ユニット

(4) その他

(1)～(3)に述べた代表的なシステム・装置のほかにも、浄化装置運用に伴い、以下の簡易な装置・治具を導入している。

1) 遠隔操作治具

操作ポールの先端に治具を取り付け、作業用途に応

じて治具交換することで、高線量の吸着塔に接近することなく、バルブ操作、カプラ接続を行う。

2) クレーン芯出し装置

クレーンフックと吊荷との芯ずれをレーザー光で可視化し、クレーン操作者の視認性を高める。これにより、地切りの際に吊荷が振れることによる吊荷や周囲の破損等を防ぐ。

3) スキッド漏洩検知器

フロート式の水位計を用いて、万一吸着塔より水漏れが発生した際に、警報を発する。

4) タンク用水位計

超音波式の水位計を用いて、浄化後の処理水を溜めるタンク内の水位を測定する。

5) 小型保管ラック

洗浄後の使用済吸着塔を、転倒を防止し整理して保管する。

3 結 語

複数の浄化装置の運転・管理に伴い発生する、吸着塔の交換作業をサポートするシステム・装置を開発・導入した。

ITVシステムと吸着塔監視用線量計システムは、遠隔操作にて現場作業、監視を可能にすることで作業員の被ばく低減に寄与している。

吸着塔水抜き・乾燥装置は、全自動化することで現場での人的作業を大幅に削減し、作業員の被ばく低減に寄与している。さらに使用済吸着塔の長期保管における健全性確保にも寄与している。

今後も、滞留水浄化作業において発生する各種のご要望に引き続き対応し、震災後の作業をより安全かつ迅速に行えるよう支援及び提案を行っていく。



執筆者/エンジニアリングサービス部
技術サービス Gr. 藤原 主也



エンジニアリングサービス部
技術サービス Gr. 天内 真



エンジニアリングサービス部
技術サービス Gr. 毛利 哲也

原子炉建屋内の線量解析

Dose Analysis for Nuclear Reactor Buildings

事故のあった原子炉建屋内の線量低減方策を検討する基礎的な情報として、原子炉建屋内の汚染源を評価する必要があった。1~3号機原子炉建屋1階では実測された線量率を基に床面の汚染源を評価した。解析の結果、床面から150cm高さの線量率に対して床面汚染の線量寄与が30%程度であることが分かった。2号機原子炉建屋5階については、QADコードを用いて床面、壁面及び天井面の汚染密度を推定した結果、線量率はおおむね実測値と一致した。

キーワード：原子炉建屋、線量低減方策、線量率、線量寄与、QADコード

As basic information to plan dose reduction procedures in severely damaged reactor buildings, there are needs to evaluate the contamination source. We estimated the contamination source based on actually measured dose rates. As a result of the analysis, in the 1st floor of reactor buildings No. 1 to No. 3, the dose contribution from the floor's contamination is 30% at 150cm height. In the 5th floor of the reactor building No. 2, we estimated the contamination density of floors, walls and ceilings using QAD code. The calculated dose rates are roughly agreed with the measured values.

Key Words : Nuclear Reactor Buildings, Dose Reduction Planning, Dose Rate, Dose Contribution, QAD Code

1 背景と目的

資源エネルギー庁の平成24年度補助金事業「総合的線量低減計画の策定」では、福島第一原子力発電所1~3号機の原子炉建屋内の線量低減方策を検討した。線量低減には機器撤去、除染及び放射線遮蔽を効果的に組み合わせる必要があり、その判断材料として原子炉建屋内の汚染源を評価することが求められた。

原子炉建屋1~3号機の1階において、建屋内の詳細な構造物配置、並びに表面及び内蔵汚染の程度が不明であった。そのため汚染源を仮定した評価方法ではなく、線量率の実測値から床面汚染の線量寄与を評価する手法をとった。また2号機の5階においては内部の構造物が少ないことから、床面、壁面及び天井面を主な線源と仮定して、線量率分布を点減衰核積分コードQAD-CGGP2R¹⁾で求めた。

2 原子炉建屋内の汚染源評価の概要

(1) 1~3号機原子炉建屋1階の床面線量寄与の評価

原子炉建屋内の汚染物質は、図1のように蒸気あるいは水素爆発によって建屋全体に拡散しているものと考えられ、限定的な汚染であるホットスポットを除けば、ほぼ一様に汚染していると考えられる。

1階はロボットに搭載された線量計によって床上5cm及び150cmの線量率が測定された。この2点の高さでの線量率比をパラメータとして与えることにより、床上150cmでの床面の汚染源からの線量寄与とそれ以外の汚染源による線量寄与を評価した。

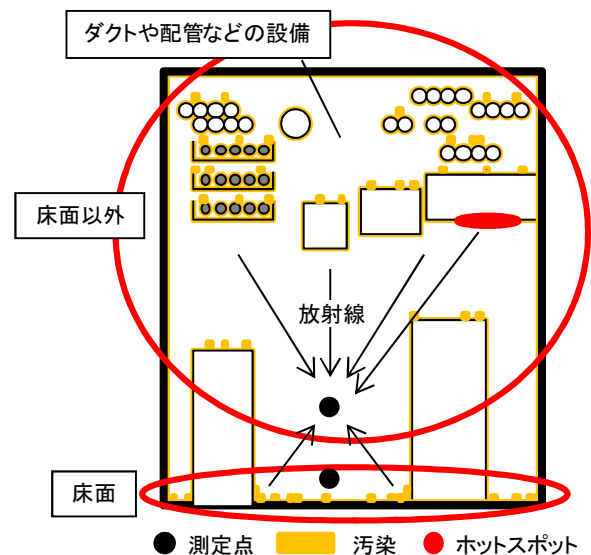


図1 建屋内の汚染状況のイメージ

床上 x cm ($x=150$ もしくは 5)における実測の線量率を D_x 、床面線源からの線量寄与の推定値を $d_{x,floor}$ 、壁・天井面及びホットスポット等の床面以外の線源からの線量寄与の推定値を $d_{x,other}$ とすると、式(1)及び式(2)の関係がある。

$$D_{150} = d_{150,floor} + d_{150,other} \quad (1)$$

$$D_5 = d_{5,floor} + d_{5,other} \quad (2)$$

床面の線源に起因する2点の線量率の比を式(3)のように f_{floor} 、床面以外の線源に起因する2点の線量率の比を式(4)のように f_{other} と定める。

$$f_{floor} = d_{5,floor} / d_{150,floor} \quad (3)$$

$$f_{other} = d_{5,other} / d_{150,other} \quad (4)$$

この比を用いると、 D_5 は式(5)に変形される。

$$D_5 = f_{floor} \times d_{150,floor} + f_{other} \times d_{150,other} \quad (5)$$

式(1)と式(5)の連立式から、 $d_{150,floor}$ 及び $d_{150,other}$ は式(6)、式(7)のように得られる。

$$d_{150,floor} = \frac{D_5 - f_{other} \times D_{150}}{f_{floor} - f_{other}} \quad (6)$$

$$d_{150,other} = D_{150} - d_{150,floor} \quad (7)$$

パラメータ f_{floor} は、測定点に対する床面の汚染範囲を2ケース想定し、半径2m汚染の場合の6.85、半径6m汚染の場合の3.20とした。一方、パラメータ f_{other} は、仮想的に2.0、1.0、0.5及び0.1の4ケースを設定し、2つのパラメータで合計8ケースに対する計算を行った。この結果の最大値と最小値を変動幅として評価した。

図2に、3号機1階での床上150cm線量率の実測値(上段数値)と床面寄与(下段数値)を示す。この結果、床面の線量寄与は30%程度であることが分かった。

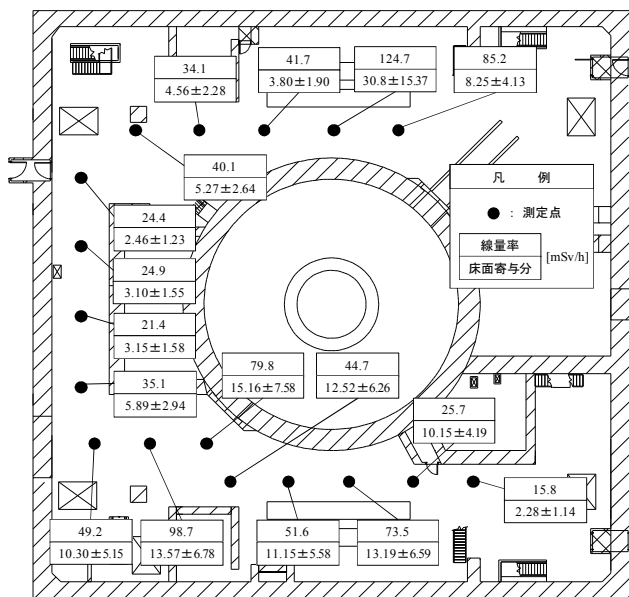


図2 3号機1階の線量率と床面寄与計算結果

(2) 2号機原子炉建屋5階の線源分布の評価

2号機の5階では、1階の線量測定とは異なるロボットで床上1mの高さでの線量率が測定されている。床面、壁面及び天井面を主な線源として、QAD-CGGP2Rを用いて線量率分布を解析した。床面の汚染の程度は実測値²⁾から推定し、図3に示すようにウェルプラグ上を含めて4領域で設定した。

解析結果はおおむね実測値と一致したが、原子炉建屋北側や燃料交換機(図3破線部)周辺の計算値は実測値よりも小さい値となった。これらの点は汚染蒸気の通り道となった可能性があり、また構造物の表面汚染が影響しているためと考えられる。

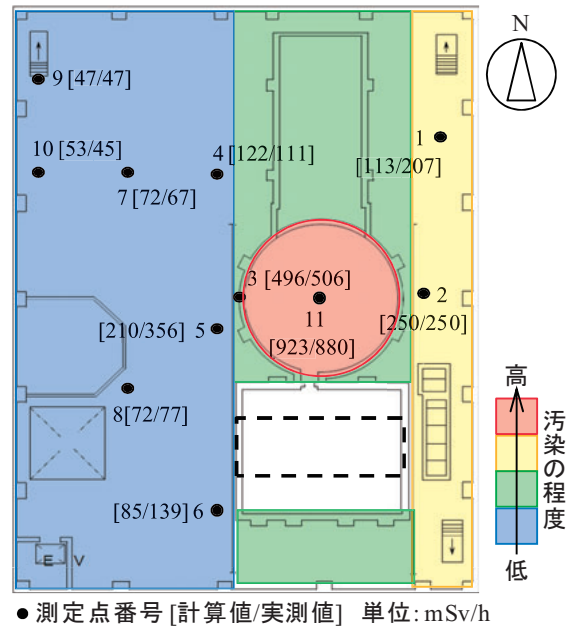


図3 2号機5階の線量率の計算値と実測値

3 結語

1~3号機の原子炉建屋1階で高さの異なる2点の実測線量率から、床面の線量寄与を評価した。この結果、床上150cmにおいては床面の線量寄与が30%程度であることが分かった。2号機の原子炉建屋5階では、実測値とQAD-CGGP2Rによる解析結果との組み合わせで、おおむね想定どおりの汚染源分布と推定できた。

今後は未調査の場所の情報や、さらに詳しい実測値を入手し、線量評価の精度向上を図っていく。

本検討は、平成24年度経済産業省資源エネルギー庁発電用原子炉等事故対応関連技術開発費補助金公募事業「総合的線量低減計画の策定」にて実施した。

参考文献

- 1) Y.Sakamoto, S.Tanaka, QAD-CGGP2 AND G33-GP2: REVISED VERSIONS OF QAD-CGGP AND G33-GP (CODES WITH THE CONVERSION FACTORS FROM EXPOSURE TO AMBIENT AND MAXIMUM DOSE EQUIVALENTS), JAERI-M 90-110, 日本原子力研究所, 1990.7
- 2) 東京電力株式会社 「福島第一原子力発電所2号機 原子炉建屋内調査結果(3階~5階)(平成24年6月13日実施)」 <http://photo.tepco.co.jp/date/2012/201206-j/120614-01j.html>



執筆者/エンジニアリングサービス部
エンジニアリングGr. 河野 秀紀



技術開発センター 坂本 幸夫

クラウンエーテル樹脂の 合成とストロンチウム選択性評価

Synthesis of Crown-Ether Resins and their Strontium-Selectivity Evaluation

ある種のクラウンエーテルはストロンチウムに親和性があり、樹脂化したクラウンエーテルはストロンチウム選択性の吸着剤になることが期待される。本研究は安価で実用的なストロンチウム吸着樹脂の開発を目的とし、3種類のクラウンエーテル（15-クラウン、18-クラウン及び21-クラウン）をそれぞれシリカビーズに担持させたクラウンエーテル樹脂を合成しストロンチウム選択性を評価した。特に18-クラウン-6-エーテル樹脂は高濃度塩酸で高い選択性を示した。
キーワード：ストロンチウム、クラウンエーテル、クラウンエーテル樹脂、吸着剤

Some crown-ethers form the complex with strontium, therefore crown-ether resin can be adsorbent to select the strontium. The purpose of this study is the development of practical and inexpensive strontium-selective resin. Three crown-ether resins were synthesized in the crown-ether (15-crown, 18-crown and 21-crown) and silica beads, and evaluated strontium-selectivity. Especially 18-crown-6-ether resin showed high selectivity in high concentration of hydrochloric acid.

Key Words : Strontium, Crown-Ether, Crown-Ether Resins, Adsorbent

1 背景と目的

クラウンエーテル(CE)は金属イオンと錯体を形成し、抽出剤になることが知られている。さらにCEを樹脂化すると、繰り返し使用可能なストロンチウム(Sr^{2+})選択性吸着剤となることが期待される。本研究では、空孔径がそれぞれ異なる環状エーテル(15-クラウン-5-エーテル、18-クラウン-6-エーテル及び21-クラウン-7-エーテル)のモノマーを縮合重合し樹脂化した。さらに合成した3種のCE樹脂への Sr^{2+} 分配係数を、塩酸系及び硝酸系で測定した。本研究は東京工業大学原子炉工学研究所との共同研究で実施した。

2 実験概要

(1) CE樹脂の合成

ベンゾクラウン(BC)またはジベンゾクラウン(DBC)、ビスフェノール-A及びパラホルムアルデヒドを溶媒兼酸触媒であるトリクロロ酢酸に溶解した。これを粒径約 $60\mu\text{m}$ の多孔性シリカビーズに吸収させ、約 90°C で重合した。合成したCE樹脂の構造及び二次電子像(SE像)を図1、CE樹脂の物性を表1にそれぞれ示す。

(2) 実験方法及び結果

1) Sr^{2+} 吸着実験 (バッチ法)

表1に示したCE樹脂を用い、塩酸系及び硝酸系で Sr^{2+} 単独の分配係数を算出した。

Sr^{2+} 濃度を 0.1mol dm^{-3} に調製した $0.1\sim 9\text{mol dm}^{-3}$ 塩

酸または硝酸にCE樹脂2gを加え、 25°C で24h振とうさせた後、 Sr^{2+} 濃度を測定し分配係数を算出した。塩酸系及び硝酸系における Sr^{2+} 分配係数を図2及び図3にそれぞれ示す。

本実験における Sr^{2+} 吸着特性は以下のとおりである。

- ① CE樹脂の Sr^{2+} 分配係数は高塩酸濃度で高く、硝酸系では非常に低い値であった。
- ② 塩酸系におけるCE樹脂の Sr^{2+} 分配係数はBC18樹脂、BC15樹脂の順に高い値であった。
- ③ BC18樹脂及びBC15樹脂に吸着した Sr^{2+} は低濃度の塩酸で溶離可能と考えられる。

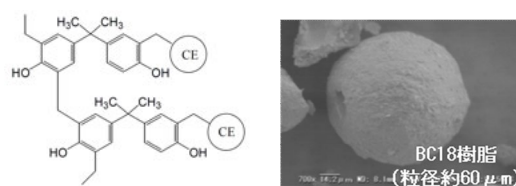


図1 合成したCE樹脂の構造及びSE像

表1 合成したCE樹脂の物性

CE樹脂 (略号)	構造 (図1のCE部)	空孔径 (μm)	CE量 (mmol g^{-1})
Benzo-15-crown-5 (BC15樹脂)		170-220	0.397
Benzo-18-crown-6 (BC18樹脂)		260-320	0.382
Dibenzo-21-crown-7 (DBC21樹脂)		340-430	0.354
4,4'-(5')-Di-t-butyl- cyclohexano-18- crown-6(Sr Resin®*)	 (Sr Resin®カタログより)	260-320	未開示

*) Eichrom Technologies Inc.の市販品 (吸着性能比較用)

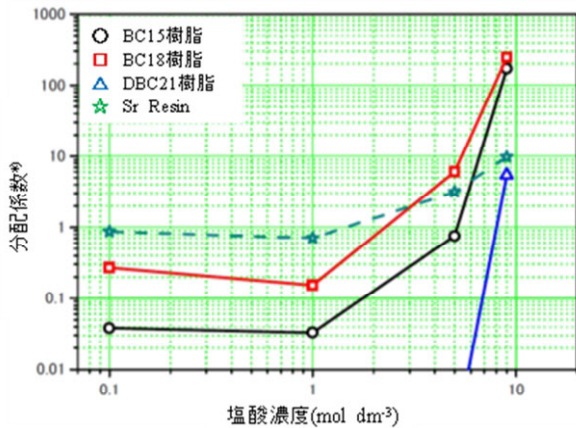


図2 塩酸系における Sr²⁺分配係数

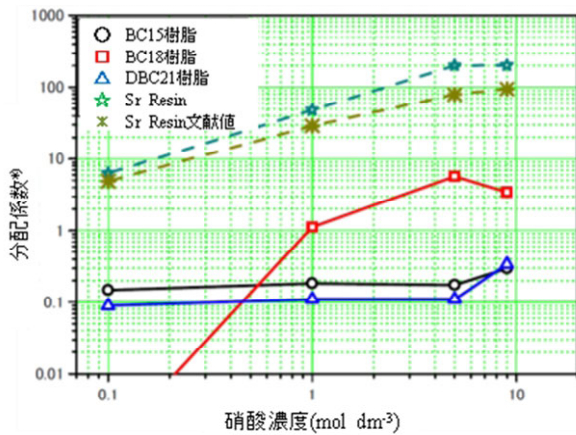


図3 硝酸系における Sr²⁺分配係数

*) 分配係数=CE 樹脂中 Sr²⁺濃度/酸溶液中 Sr²⁺濃度

2) カチオン混合溶液の分離実験(カラムクロマトグラフ法)

Sr²⁺吸着実験(バッチ法)の結果から、塩酸系でSr²⁺選択性の高いBC18樹脂を用い、カチオン混合溶液からSr²⁺を単独で分離するカラムクロマトグラフ実験を行った。

BC18樹脂7.4gをカラム(φ0.8cm×長さ30cm)に充填した。それぞれ0.5mmol dm⁻³のカチオン(Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺及びBa²⁺)を含む9mol dm⁻³塩酸をカラムに通液しカチオンを吸着させた。溶離液には9mol dm⁻³, 2mol dm⁻³及び0.1mol dm⁻³塩酸をそれぞれ150cm³用い、この順でカラムに注入した。流出液を適宜サンプリングしカチオン濃度を測定した。カチオン混合溶液の分離実験結果を図4に示す。

本実験におけるカチオンの分離特性は、以下のとおりである。

- ① Sr²⁺は9mol dm⁻³塩酸で強く吸着されるため、9mol dm⁻³塩酸では溶離しないが、2mol dm⁻³塩酸により速やかに全量溶離した。
- ② Ba²⁺も9mol dm⁻³塩酸で強く吸着されるが、2mol dm⁻³塩酸による溶離は遅く、0.1mol dm⁻³塩酸で全量溶離した。
- ③ Na⁺, K⁺及びMg²⁺は酸性においてBC18樹脂に

吸着しにくいいため、初期の段階で溶出した。

- ④ Ca²⁺はブロードな溶離ピークを示した。
- ⑤ 以上の結果から、カラムクロマトグラフ法によるSr²⁺と他のカチオン(Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺及びBa²⁺)との分離は可能であると考えられる。

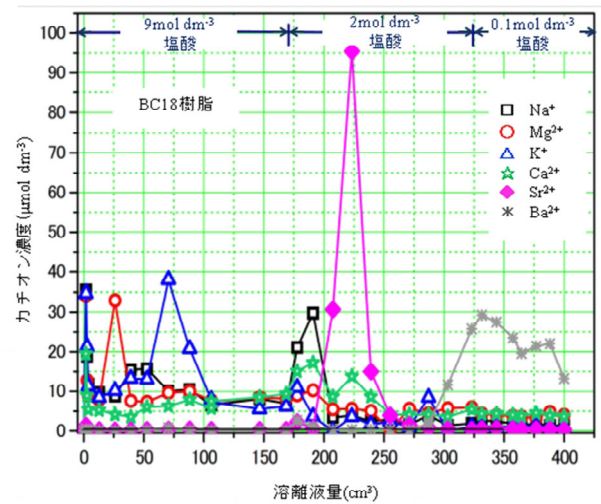


図4 BC18樹脂の塩酸溶離液によるカチオンのクロマトグラム

3 結語

BC18樹脂は特に高濃度塩酸系でSr²⁺選択性が高く、カラムクロマトグラフ法により主要なアルカリ及びアルカリ土類金属からの分離も可能である。したがって、BC18樹脂は高濃度塩酸におけるSr²⁺吸着剤として適当であることが認められた。一方、放射化学分析または質量分析による放射性Sr分析用吸着剤への利用を考えた場合、Y³⁺及びZr⁴⁺等の分離についても検討が必要である。なお、本研究の成果は日本原子力学会「2013年春の年会」にて発表を行った¹⁾。

参考文献

1) 櫻井達也 ほか, クラウンエーテル樹脂の合成とストロンチウム選択性評価, 日本原子力学会「2013年春の年会」予稿集, p.291(F28), 2013.



執筆者/技術開発部 櫻井 達也



技術開発部
材料・化学 Gr. 濱田 洋成



技術開発部
材料・化学 Gr. 岩田 将幸

自動溶接による配管閉止工法の開発

Development of Pipe Closing Method Using Automatic Welding

原子力関連施設の配管の撤去作業においては、系統によっては配管内部に汚染物質や有害物質が残留している場合がある。これらの物質を配管内部に封じ込めておくために、安全かつ効率的に配管を切断、閉止し撤去物の安定保管を可能とする技術の開発が要求される。本件では、グローブボックス内での配管切断、閉止方法について確証試験を実施し、汚染物質や有害物質を大気中に飛散させることなく配管を恒久閉止できる技術を開発した。

キーワード：解体、配管、恒久閉止、自動溶接

At dismantling and removal works of pipes in nuclear facilities, contaminated or toxic substances may remain in them depending on their lines. A safe and efficient cutting and closing technology is required to block such substances within pipes for safe storage. Cutting and closing technologies were developed and examined in a glove box. Permanent closing without dispersion of contaminated or toxic substances in the atmosphere was developed.

Key Words : Decommissioning, Pipes, Permanent Closing, Automatic Welding

1 背景と目的

原子力関連施設の解体工事では、プラント配管撤去作業が数多く発生する。撤去する系統によっては、配管内の残留物質が空気と反応し、発火または有毒ガスが発生し飛散する可能性がある。このような配管は、処理方法が決定するまで有姿保管されることが多く、配管内部の化学反応を防ぐ恒久閉止方法が求められる。

本件では、既存工法であるグローブボックス工法と組み合わせ、安全かつ効率的に配管閉止を行う工法を開発を行った。

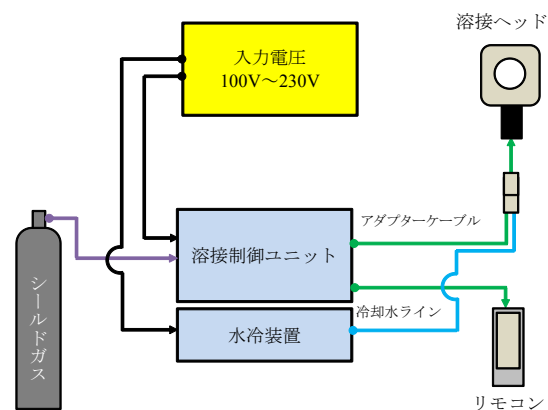


図1 配管自動溶接機の機器構成

2 開発概要

(1) 恒久閉止方法の検討

配管を恒久閉止するための開発条件としては、以下の項目を満たす必要があった。

- ① 切断、閉止時の化学反応抑制、有毒ガス、放射性物質飛散を防止するため、グローブボックス内で閉止作業が完結すること
- ② 長期安定保管を考慮し、経年劣化に強い閉止方法であること
- ③ 機械的強度、気密性が高いこと
- ④ 切断から閉止までの作業性がよいこと

上述の開発条件を満たす閉止方法として、一般産業用配管自動溶接機を候補とし、溶接条件、取り扱い上の問題点と検討事項を抽出した。

図1に配管自動溶接機の機器構成を示す。配管溶接機を取り扱う上での問題点と検討事項を次に述べる。

(2) 問題点と検討事項

配管自動溶接機による閉止方法を開発するに当たり、以下の問題点について検討することとした。

- ① 溶接閉止を行う場合、開先面の垂直精度が重要である。手動式のバンドソー切断では、垂直に精度よく切断することができず、溶接不良を招く。垂直切断精度を上げるため、手動バンドソーに装着する垂直切断治具の検討を行う。
- ② 配管自動溶接機は、円周方向に電極を移動して溶接する構造であるため、開先面と電極の位置精度が重要である。グローブボックス内で簡単に位置決め精度が確保できる治具の検討を行う。
- ③ 配管を自動溶接する上での最適な条件（溶接電流値、送り速度、シールドガス流量）を確認する。
- ④ 溶接部の気密性を確認するため、日本工業規格（JIS）Z2329 2002 発泡漏れ試験方法のうち、真空法を適用する。この試験を精度よく効率的に行うため、発泡漏れ試験用治具の検討を行う。

(3) 確認試験

上述の問題点と検討事項を踏まえ、以下の項目について治具の開発、確認試験を実施した。

1) 垂直切断治具の開発

市販バンドソーに案内レール、配管側にバンド型の案内ガイドを新たに取り付けた。この治具によって、グローブボックス内で配管自動溶接機が求める垂直切断精度が得られることを確認した。開発した垂直切断治具を写真1に示す。



写真1 垂直切断治具

2) 溶接位置決め治具の開発

配管自動溶接機が確実に溶接できる位置決め精度（電極と開先面位置、ギャップ寸法の許容値）を試験にて確認した。また、グローブボックスでの作業性を考慮した位置決め治具を試作した。

3) 最適な溶接条件の確認

実際の現場を想定し、小口径（40A）と中口径（125A）の配管に対する最適な溶接条件（溶接電流値、送り速度、シールドガス流量）を確認した。また、溶接ビードを切断し、溶け込み量を電子顕微鏡にて確認した。

4) 発泡漏れ試験治具の検討

発泡漏れ試験（真空法）をグローブボックス内で簡単かつ確実に実施する必要がある。試験結果の合否がグローブボックスの外側から判定できるように、透明塩化ビニル製の試験治具の開発を行い、作業性を確認した。開発した試験治具を写真2に示す。



写真2 発泡漏れ試験治具

(4) 総合試験

確認試験で得られた垂直切断治具、溶接ヘッド位置決め治具、発泡漏れ試験治具の性能を確認するため、小口径（40A）100回、中口径（125A）20回の溶接試験を実施した。その結果、小口径、中口径ともに100%の溶接成功率を得た。溶接部の外観も、熟練溶接工が行う溶接面と遜色ない品質であった。

また、試験で使用した各種治具についても、現場適用可能と判断できた。写真3に配管自動溶接機による溶接ビード（125A）を示す。

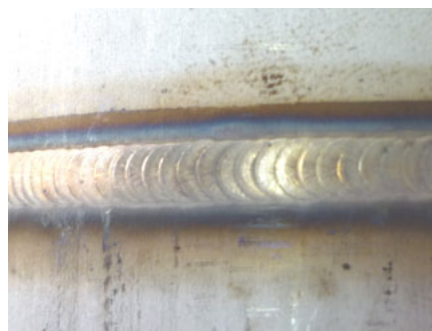


写真3 配管自動溶接機による溶接ビード（125A）

3 結 語

今回開発した配管自動溶接機とグローブボックスを組み合わせた配管閉止工法は、原子力関連施設の解体工事のうち、発火、有毒ガス発生、飛散の恐れのある配管の恒久閉止法として有効であることが確認できた。

しかしながら、この工法を有効に活用するため、以下の項目についてさらなる改善が必要である。

- ① グローブボックスの気密性向上
- ② グローブボックス内の不活性ガス置換法確立
- ③ グローブボックスの組立、解体の作業性向上

今後、これらの項目について改善を行うことにより、あらゆる作業現場での適用が可能と考える。



執筆者／技術開発部
廃止措置 Gr. 藤田 尚史



技術開発部
廃止措置 Gr. 阪田 生馬



技術開発部
廃止措置 Gr. 長谷川 暁



六ヶ所事業所 早坂 昌展

可剥性塗料を用いた汚染防止方法の検討

Examination of Method of Contamination Prevention Using Strippable Coating

汚染区域の資材は、汚染防止のためシート及びテープを用いた養生を行う。しかし、この方法では複雑形状部や突起部の養生は困難である。複雑形状部等の汚染防止方法として、可剥性塗料を用いた養生方法の検討を行った。塗膜の強度、水分への耐性に優れ、塗布及び剥離作業が容易な可剥性塗料を選定し、有効な汚染防止方法を検討・確認した。

キーワード：汚染防止、養生方法、可剥性塗料

When carrying construction materials or tools into a contaminated place in a nuclear facility, they are rapped with sheets and tapes for contamination prevention. However, if the items to be rapped are complicated shapes and have tangs, rapping work is not easy and takes long time. To solve this problem, a new method “strippable coating” has been examined and tested. As a result of the examination, it was confirmed that strippable coating is one of the effective measures for contamination prevention, and is superior to the strength, to the tolerance to moisture and to the workability.

Key Words : Contamination Prevention, Method of Coating, Strippable Coating

1 背景と目的

汚染区域の資材は、汚染防止措置が必要である。そのため、汚染防止方法としてシート及びテープによる養生方法が用いられることが多い。しかし、シート及びテープによる複雑形状部や突起部への養生作業は困難であり、養生が不十分となる箇所が発生する。

本件は、複雑形状部等へのシート及びテープによる養生に替わる汚染防止方法の検討を目的とする。

2 開発概要

(1) 汚染防止方法の要件

複雑形状部や突起部をもつ大型構造物への汚染防止措置の一つである養生による汚染防止方法の検討を行う。

複雑形状部にも養生可能であり、所要の作業終了後には容易に剥離可能な可剥性塗料（以下、塗料という）を用いた養生方法に注目し、本対象物の養生に塗料が適用可能であるか試験を行う。

本対象物への適用に当たり、塗料に求められる要件は以下のとおりである。

- ① 複雑形状部や突起部等への塗布・剥離が容易なこと
- ② 作業員や他の資機材等の接触により、容易に傷つかず、剥がれないこと
- ③ 水分との接触により、溶けたり剥がれないこと

(2) 検討事項と検討結果

7 種類の塗料を対象に、各塗料の性能及び作業性を

確認するための試験を実施し、本用途に適する塗料の選定を行った。選定試験フローを図1に示す。

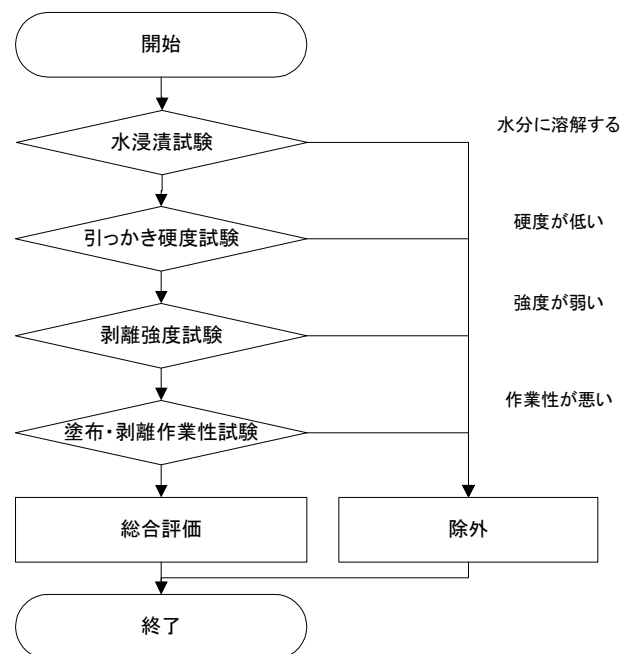


図1 塗料選定試験フロー

1) 水浸漬試験

対象物を養生後、水分との接触が避けられない場合、水分により塗料が溶解及び剥離しないことが条件である。

試験は各塗料を塗布した試験片を純水に浸漬し、水分との接触により溶解及び剥離する塗料を除外した。試験結果の例を写真1に示す。



写真1 水浸漬試験結果の例

2) 引っかかり硬度及び剥離強度試験

養生後の塗料は、作業員及び資機材等の接触による損傷及び剥離が懸念された。

塗膜の機械的性質を調べる試験は、日本工業規格(JIS)K5600-5-4(引っかかり硬度(鉛筆法))及び(JIS)K5600-5-7(付着性(プルオフ法))に準拠して行い、塗膜の硬度及び強度がより高い塗料を高評価とした。

引っかかり強度試験は、6B~6Hまでの鉛筆を用いて、塗膜の硬度を確認した。試験に用いた試験機及び試験結果の例を、写真2及び写真3に示す。

剥離強度試験は、塗膜剥離時の力の大きさをデジタルフォースゲージにより測定し、比較を行った。試験に用いた試験機を写真4に示す。

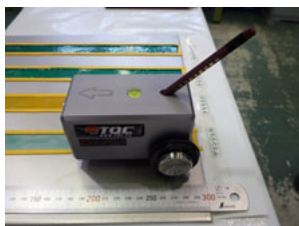


写真2 引っかかり硬度試験機

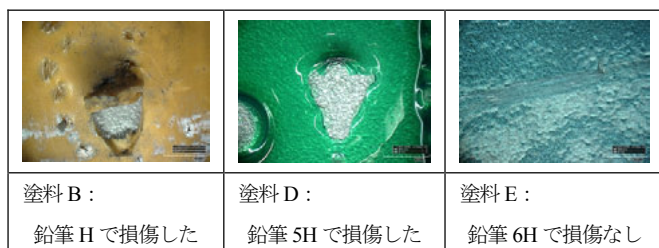


写真3 引っかかり硬度試験結果の例

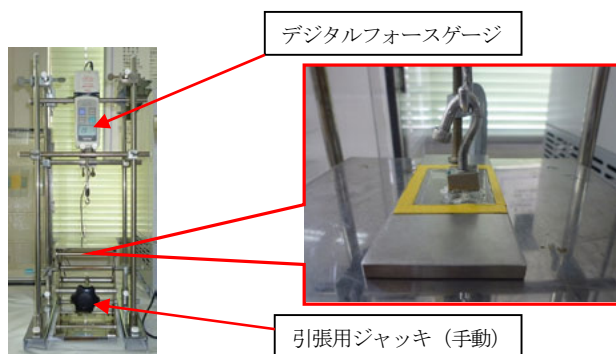


写真4 剥離強度試験機

3) 塗布・剥離作業性試験

本対象物の複雑形状部を模擬し、塗布及び剥離作業性を確認した。確認事項は、塗布及び剥離の容易さ、塗料の伸び、剥離残りの有無、視認性、指触乾燥までの時間である。試験結果の例を写真5に示す。

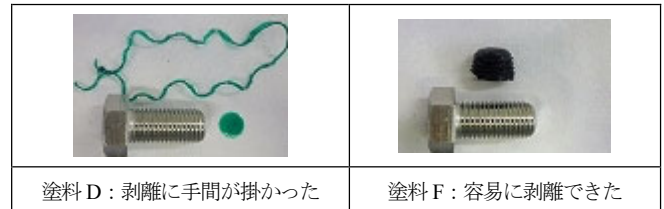


写真5 剥離作業性試験結果の例

4) 総合評価

1)~3)の試験結果を表1に示す。これらの結果を総合的に評価し、本用途に適する塗料として塗料Fを選定した。なお、選定塗料の成分は、調査し発電所内での使用に問題ないことを確認している。

表1 試験結果

	A	B	C	D	E	F	G
水浸漬試験	×	△	×	◎	◎	◎	×
引っかかり硬度	×	×	○	△	◎	○	◎
剥離強度	×	×	○	○	○	○	◎
塗布・剥離作業性	○	○	○	×	×	◎	△

3 結 語

本件では実作業を想定した試験によって、水分への耐性、塗膜強度、塗布及び剥離が容易な塗料を選定し、複雑形状部に有効な汚染防止方法を確認した。

また、汚染箇所に塗布することで、汚染の封じ込め・放射性ダストの飛散防止にも有効であると考えられ、養生以外の用途への適用も検討している。



執筆者/技術開発部
廃止措置 Gr. 高橋政太郎



技術開発部
廃止措置 Gr. 山本 敏雄
(現：東海営業所)



技術開発部
廃止措置 Gr. 野口 春奈

遮蔽計算コードによる⁶⁰Co 照射施設の線量評価

Dose Evaluation of ⁶⁰Co Irradiation Facility Using Shielding Calculation Codes

今後、透過線に加えて散乱線の寄与を考慮する必要のある施設や、加速器の放射化物量に対する評価が想定されることから、当社では、高度な計算ニーズに対応できるよう技術の向上を図っている。本論文では、⁶⁰Co 照射施設内の線量率を QAD コードとモンテカルロ計算コードである PHITS コードで計算し、その結果を紹介する。計算結果は測定値とよく一致する結果となった。

キーワード：線量評価、計算コード、QAD、PHITS

Dose evaluation taking into account of contribution of scattered radiation and the amount of radioactive resources is expected to increase in the near future. Therefore we have tried to improve calculation technique to be able to use more sophisticated code and to satisfy customer needs. This paper introduces a dose calculation of ⁶⁰Co irradiation facility using PHITS code as well as QAD code. Measurement and calculation results are in good agreement.

Key Words : Dose Evaluation, Monte Carlo Code, QAD, PHITS

1 背景と目的

福島第一原子力発電所の事故では、原子炉建屋内、発電所構内及び発電所敷地外に放射性物質が放出され、環境の放射線レベルが高くなっている。また、一般の原子力発電所や加速器施設でも、長期間の運転に伴う放射化量の増大や放射性クラッドの蓄積が無視できないことから、保守点検や廃止措置の計画策定時の線量評価等で、遮蔽計算コードによる線量評価のニーズが高まっている。RI 施設や原子力施設の各現場からも多様な計算のニーズがあり、当社の線量評価技術を継続的に向上させることが肝要である。

これらのニーズに対して、より速く正確な計算結果を提供できるようになることを目標に、ベンチマーク計算のひとつとして技術開発センターが保有する⁶⁰Co 照射室内の線量率計算を行い、測定値との比較評価を行った。

2 計算コード活用による線量評価の概要

(1) 評価対象と評価方法

1) 評価対象

評価対象は⁶⁰Co 照射室とした。図 1 に照射室の概要を示す。⁶⁰Co 線源の総放射能は 1.36PBq (2012 年 12 月現在) であり、線源から照射室外までは迷路構造となっている。線量評価を行う際、貫通孔及びマニプレータは省略した。また、⁶⁰Co 線源は、放射能が不均一な複数の細い円筒状の線源が同心円状に配置され構成されているが、これらを 1 本の円筒状線源であると近似した。

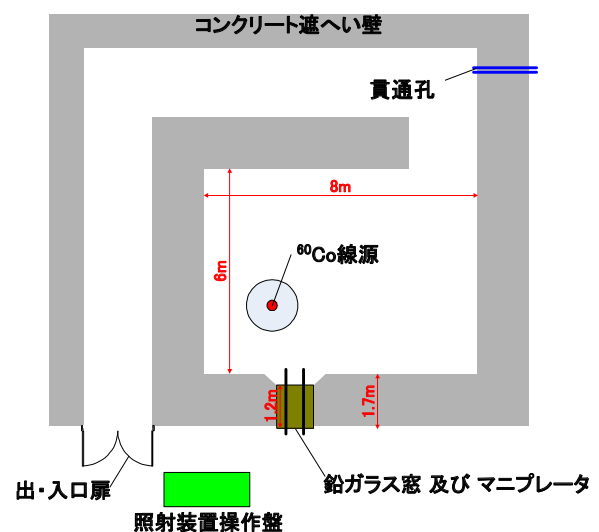


図 1 ⁶⁰Co 照射室概要

2) 評価方法

線量評価は 2 種類の計算コードを用いて行った。

QAD コード¹⁾は、点線源からのガンマ線の距離の逆二乗則と遮蔽体の透過による減衰、及び遮蔽体での散乱線の効果を表すガンマ線ビルドアップ係数で線量率を計算する点減衰核積分コードである。使い方が容易で、短時間で計算結果が得られることから、広く用いられている。

PHITS コード²⁾は、日本原子力研究開発機構、高度情報科学技術研究機構及び高エネルギー加速器研究機構で共同開発した粒子・重イオン輸送計算コードである。モンテカルロ計算法によるので、放射線のエネルギースペクトルを評価できるとともに、粒子線による放射化量も計算できる。

(2) 評価結果

図2にQADコードで計算した照射室内の線量率分布を示す。20cmメッシュで線量率を計算し、PHITSコードのグラフィックツールであるANGELでクラスタープロットした。図中の実線はコンクリート壁との境界を表しているが、QADコードは透過線のみを評価するため、迷路入口付近から線量率が極端に低くなっている。

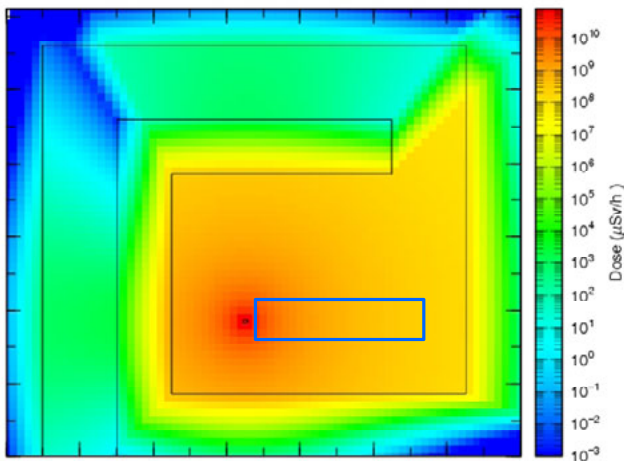


図2 QADコードによる照射室内線量分布計算結果

図3にPHITSコードによる照射室内の線量率分布計算結果を示す。ガンマ線が照射室のコンクリートで十分遮蔽されている様子がよく分かる。図2と図3を比較すると、迷路部分では透過線よりも散乱線の寄与の大きいことが分かる。また、長時間の計算を行っても粒子がなかなか到達しない領域（図中の白い部分）があり、効率的な計算を行うにはある方向に強制的に粒子を飛ばすバイアス法の工夫が必要となる。図2と図3の青い四角で囲んだ領域について、線源中心からの距離と線量率との関係を両コードで計算した。図4にそれら計算結果と測定値との比較を示す。測定値は株式会社研製の電離箱式線量率計により得られた値である。計算結果は測定値とよく一致している。

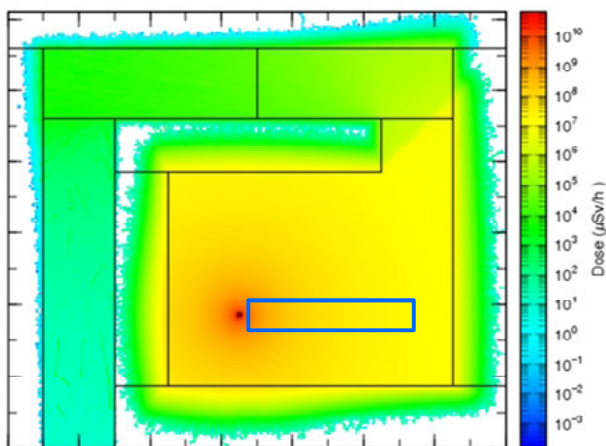


図3 PHITSコードによる照射室内線量分布計算結果

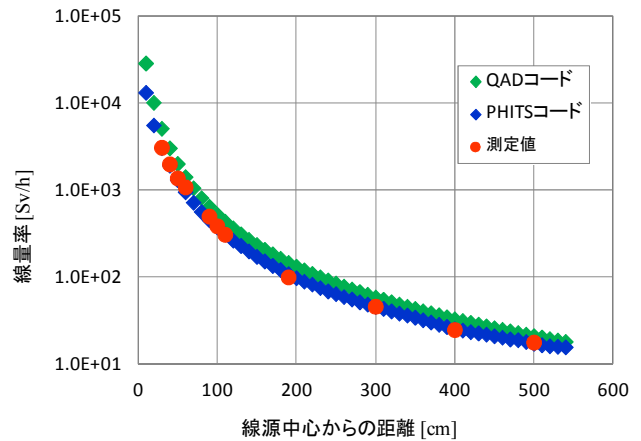


図4 照射室内線量率の線源からの距離依存性

3 結語

本論文では、線源を直視する領域での電離箱による線量率とQADコード、PHITSコードによる計算結果を比較し、良い結果が得られることを確認した。QADコードは無限媒質中のビルドアップ係数を用いていることから、安全側の評価となっている。また、迷路内の線量評価には、モンテカルロ計算が必須であることも示した。

モンテカルロ計算は様々な計算用途に対応でき有用である反面、計算誤差を十分小さくするためには計算に長い時間を要するというデメリットもある。そこで現在、Linuxコンピュータの並列化による高速計算を実施し、より短時間で精度の高い計算結果を得ることを目指している。

今後は、並列化コンピュータを用いて散乱線の寄与を考慮する必要のある施設や、加速器施設に対する計算を実施していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Y.Sakamoto, S.Tanaka, QAD-CGGP2 AND G33-GP2: REVISED VERSIONS OF QAD-CGGP AND G33-GP (CODES WITH THE CONVERSION FACTORS FROM EXPOSURE TO AMBIENT AND MAXIMUM DOSE EQUIVALENTS), JAERI-M 90-110, 日本原子力研究所, 1990.7
- 2) K. Niita, N. Matsuda, Y. Iwamoto, H. Iwase, T. Sato, H. Nakashima, Y.Sakamoto and L.Sihver, PHITS: Particle and Heavy Ion Transport code System, Version 2.23, JAEA-Data/Code 2010-022 (2010)



執筆者／技術開発部
材料・化学 Gr. 鶴巻 麻美

低集積線量インジケータの評価試験

Evaluation Test of Indicator Adapted to Low Radiation Level

放射線環境下で使用するロボットは、耐放射線性の観点から、電子部品の交換時期を設定するための集積線量の把握が望まれている。本研究では電子機器の耐放射線性に対応した 100Gy 以下の集積線量を現場で簡易に把握できるインジケータの評価試験を行った。その結果、低濃度のインジゴカルミン溶液を用いる方法が、100Gy 程度の集積線量を識別できる簡易なインジケータとして適用できることを確認した。

キーワード：インジケータ、集積線量、可視化、インジゴカルミン

Measurement method of cumulative radiation dose to robots used in radiation environment is required as an indicator of replacement of electronic devices taking into account of the radiation resistance. In this study, a simple measurement method of cumulative dose was developed to measure dose level of 100Gy corresponding to the radiation resistance of electronic devices. It is concluded that low concentration indigo carmine solution is applied to a simple indicator to measure cumulative dose level of 100Gy.

Key Words : Indicator, Cumulative Dose, Visualization, Indigo Carmine

1 背景と目的

福島第一原子力発電所の事故に伴い原子炉建屋内は高線量となっており、作業員の被ばくを避けるため汎用重機やロボットが投入されている。これら機器には汎用の電子部品が用いられ、耐放射線性は数 10Gy～100Gy とされている¹⁾。それ以上に高線量にさらされると故障等を引き起こし、その後の作業に支障が生じる恐れがある。そのため、適切な時期での部品交換を考え、集積線量を簡易に把握することが望まれる。

現在市販されている放射線量インジケータは 10kGy 以上のものが多く、汎用の電子部品付随の機器の集積線量の把握には不向きである。このため、本研究では、100Gy 以下の集積線量を現場で簡易に把握することのできるインジケータの評価試験を行った。

インジゴカルミン溶液に着目し、同溶液の青色の消失と集積線量の関係を明らかにすることとした。

表 1 照射物質及び照射結果

物質名	溶液濃度 (溶媒)	変色時の 集積線量
ガラス板	—	5 kGy～
KI/デンプン溶液	0.1 g/L (純水)	50 kGy～
メチルオレンジ溶液	0.1 g/L (純水)	10 kGy～
チモールブルー溶液	0.1 g/L (純水:エタノール=1:1)	10 kGy～
インジゴカルミン溶液	0.1 g/L (純水)	1 kGy～

2 試験概要

(1) 物質選定試験

集積線量インジケータは、用いる物質の色の変化により集積線量の評価を行う。そこでまず、目視にて色の変化が識別できる物質の選定を行った。

文献^{2,3)}から抽出した物質に対し、技術開発センター所有の⁶⁰Co 照射施設にて、0～50kGy のガンマ線照射を行い、色の変化を確認した。

抽出した物質のうち、色の変化が見られた物質の試験結果を表 1 に示す。また、表 1 のうち、低い集積線量で変化した結果を写真 1 に示す。表 1 及び写真 1 から、インジゴカルミン溶液が 1kGy と最も低い線量で色の変化が現れ、青色が消失した。したがって、今後、

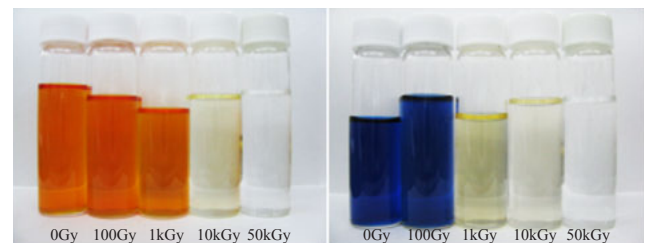


写真 1 照射による色の変化

(左側：チモールブルー溶液、右側：インジゴカルミン溶液)

(2) 濃度確認試験

インジゴカルミン溶液の濃度の違いによる青色の消失の影響確認試験を行った。

濃度は表 2 に示す 6 種類とし、線量は物質選定試験時よりさらに低い線量 (0～5kGy) で確認した。

結果を表2に示す。表2から、インジゴカルミン溶液の濃度により消色する集積線量が異なり、低濃度溶液を使用すれば100Gy付近も視認できることが分かった。また、分光光度計（島津製作所製 UV-2550）を用いて数値からの変色の評価を行ったところ、表2に示す結果とほぼ同等の集積線量で青色が消失したことを確認した。

表2 インジゴカルミン溶液の濃度による色の変化

インジゴカルミン溶液濃度 [g/L]	消色時の集積線量
0.005	70 Gy～
0.01	100 Gy～
0.05	500 Gy～
0.1	500 Gy～
0.5	変化なし
1	変化なし

(3) 試作インジケータの評価試験

以上の試験結果を踏まえ、実際にインジケータを試作し、比色による評価試験を行った。

表3に示した条件で標準試料及び未知試料を調製し、標準試料から未知試料の線量を評価者に評価してもらった。なお、評価者は、未知試料の線量を知らない者とした。

評価試験で使用した試料を写真2に、結果を図1に示す。図1から、40Gyの未知試料では、若干評価にばらつきがみられたが、80Gyの未知試料では、正確に評価することができた。以上より、本試作品は100Gy付近のインジケータとして使用できると考えられる。

表3 評価試験条件

物質名	インジゴカルミン溶液
濃度	0.005 g/L
液量	4 mL
試料容器	ガラス製スクリュウ瓶
標準試料	0,10,30,50,70,100,150 Gy
未知試料	40 Gy、80 Gy
評価者数	各 10 名

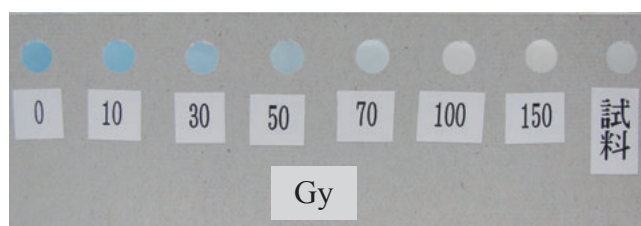


写真2 標準試料と未知試料の比較

(左側：標準試料、右側：未知試料 (80Gy))

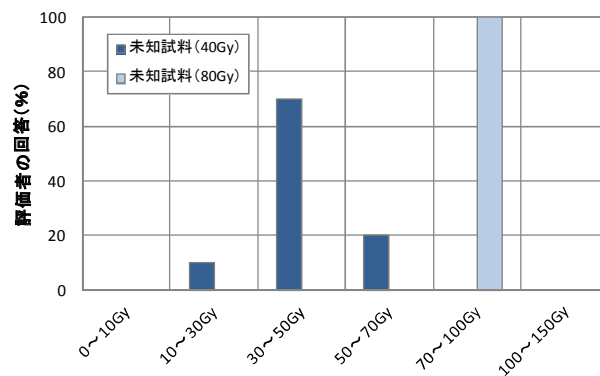


図1 未知試料に対する評価結果

3 結語

低集積線量インジケータの評価試験を実施した結果、以下の成果が得られた。

- ① インジケータの物質選定試験の結果、低集積線量領域ではインジゴカルミン溶液が適当であることが分かった。
- ② インジゴカルミン溶液の濃度確認試験の結果、低濃度溶液を使用することにより100Gy付近の視認が可能であることが分かった。
- ③ インジケータを試作し、評価試験を実施したところ、100Gy付近の集積線量を正確に評価することができた。

今後、環境条件（温度、紫外線等）の影響や固形化試験など更なる検討をしていき、より使いやすい最適なインジケータの開発を行う。

参考文献

- 1) リモートコントロール化プロジェクトチーム, 汎用重機やロボットにおける耐放射線性評価と管理方法の基本的考え方 第1版, 政府・東京電力統合対策室 (旧: 福島原子力発電所事故対策統合本部), 2011.4.27.
- 2) 坂本義人ほか, 放射線量インジケータの原理とその応用, 日本放射線技術学会計測分科会誌, Vol.10, No.2, 2002, pp.13-18.
- 3) 藤田勝三, 宮田伸樹, 抱水クロラル・インジゴカルミン水溶液に対する放射線の作用, 日本医学放射線学会雑誌, Vol.33, No.2, 1973, pp.121-125.



執筆者／技術開発部
材料・化学 Gr. 大石 有希子



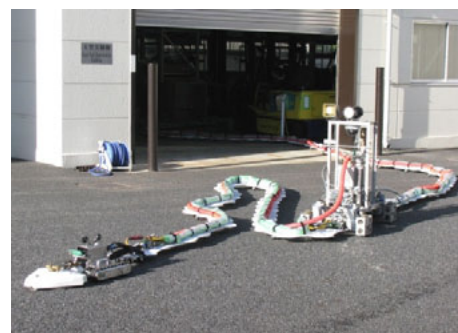
技術開発部
材料・化学 Gr.
Jamsranjav Erdenetogtokh

【福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術的取り組み】

☆ 開発機器の現場導入、福島支援における対応状況

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内での除染を目的に、遠隔操作にて床面を除染する小型装置“RACCOON”を開発しました（pp.2-3参照）。5号機でのトレーニングを経て、2号機へ投入し原子炉建屋内床面の除染を行っています。

また、当社福島第一事業所は、震災直後から放射性滞留水処理装置の運転・保守管理を継続して実施しています。技術開発センターは、この業務への技術支援などを引き続き行っています。



小型遠隔除染装置“RACCOON”

☆ 国家プロジェクトへの積極的取り組み

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けて、経済産業省は中長期ロードマップにもとづいて様々な国家プロジェクトを進めています。当社は、そのうち資源エネルギー庁の補助金事業「総合的線量低減計画の策定」、及び委託事業「円筒容器内水位測定のための遠隔基盤技術の開発」を実施しています。また「原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発」では、プラントメーカーに協力して各種の技術検討や原子炉建屋内での作業を実施しています。

〔総合的線量低減計画の策定〕

福島第一原子力発電所1～3号機の燃料デブリ取り出しに向けて、格納容器漏えい箇所調査や補修作業、爆発損傷階での使用済み燃料取り出しなどを行う作業員、及びそれに先立つ除染などの線量低減作業を行う作業員の被ばく低減を目的として、総合的線量低減計画の策定を行うものです。

2012年度は、高線量の原子炉建屋1階及び爆発損傷階の作業エリアの線量率分布、構造物配置などの情報整理を行い、線量低減の効率的な方策について、最適な除染技術、遮蔽体設置などの様々な技術の組み合わせにより、作業エリアの線量低減効果の検討、計画策定を、国内のプラントメーカー、大手ゼネコン、海外機関の叡知も活用して行い、成果を取りまとめました。

〔円筒容器内水位測定のための遠隔基盤技術の開発〕

福島第一原子力発電所の事故収束対応においては、作業環境の特殊性のため遠隔技術によるプラント内部の状況把握が必要です。特に、サブプレッションチェンバー（以下、S/C）内部は水に満たされた状態にあり、その漏えい箇所を探索するためには、当該箇所の水位を外部より測定する必要があります。

高放射線下でアクセス困難な作業環境において、S/Cのような円筒曲面上を遠隔操作で超音波探触子が無軌道で移動させて密閉容器内の水位を測定する技術がないことから、探触子の遠隔移動機構を含む密閉円筒容器内の水位測定技術を開発しました。装置は水位探知の確度向上のため、探触子を固定しピンポイントで測定する定位型と、探触子を移動させ連続的に測定する走査型の2つの型式を開発しました。



定位型水位測定装置



走査型水位測定装置



ウインチユニット、搬送装置

現場での水位測定に先立ち、当社技術開発センターの大型実験棟内の原子炉ウェル模擬施設に模擬S/Cを製作・設置して、モックアップ試験及び操作訓練を行いました。その後、福島第一原子力発電所5号機及び2号機において実証試験を行いました。



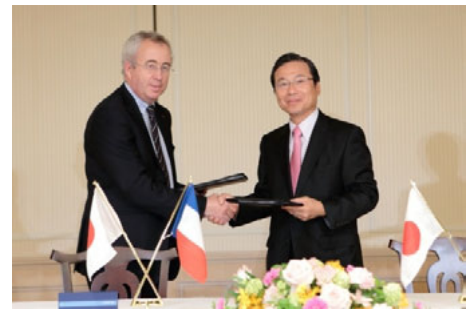
模擬S/C

【福島復興／廃止措置事業を見据え、仏アレバ社と合弁会社設立で基本合意】

当社は、東日本大震災以来、福島第一原子力発電所の事故収束と周辺自治体の環境修復を最重要課題と位置づけ、全社を挙げてこれらに取り組んできました。

フランスの原子力総合企業であるアレバ社とは、以前から技術情報交換などを行っていましたが、3.11の福島事故を契機に技術協力関係を強めてきました。両社の強み・ノウハウを生かしてより広い領域で福島復興に貢献すべく検討を重ね、2013年度内に合弁会社（JV）を設立することで基本合意しました。

このJVは、福島サイト内外の復興と再生に一層貢献するだけでなく、今後わが国で増大が予想される原子力施設の廃止措置、及び環境修復に活用できる工法・技術・機器の開発・製作・販売への展開を目指しています。



合弁会社設立で基本合意書を締結
(アレバ社ウルセル社長と当社矢口社長)

【新技術開発、新分野開拓への取り組み ―国内外の機関・大学との技術連携を強化―】

☆ 無人ヘリコプターによる環境放射線測定プロジェクト

現在福島県を中心に大規模な除染作業が行われていますが、森林、高線量地域など人間が容易に立ち入れない場所での放射線量の測定が課題となっています。

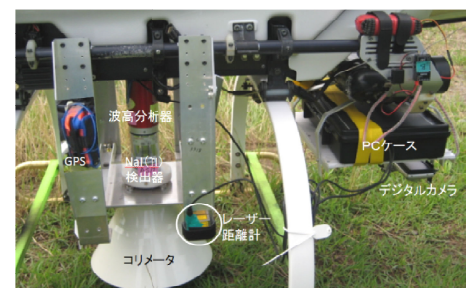
当社は、それに対する有効な解決方法として、無人ヘリコプターによる遠隔放射線モニタリング技術について、仏アレバ社、航空測量大手の(株)パスコと共同で開発を進めています（その後、(独)森林総合研究所も参加）。

この測定法は、コリメータを用いて放射線測定を行うことが最大の特徴であり、測定結果をマッピング処理し、ビジュアルで汚染分布やホットスポットの確認ができます。

これまでに本測定方法が有効であることを確認し、楡葉町や伊達市でデモンストレーションを実施しました。今後、官公庁や自治体及び企業への普及を目指しています。



無人ヘリコプターでの測定の様子



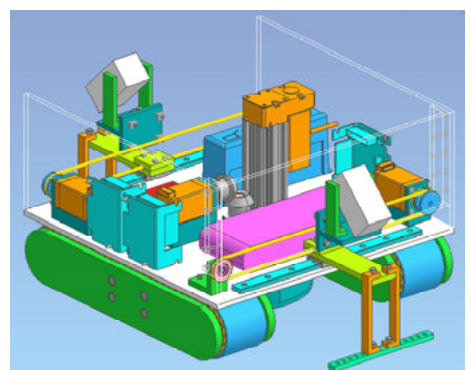
無人ヘリコプターへの搭載機器

☆ 太陽光パネル検査ロボットの開発

当社は、これまで培ってきた洗浄技術やロボット技術を新分野・新技術に活かすべく、また将来のエネルギー事情も見通して、2013年度より(独)産業技術総合研究所、長岡技術科学大学、(株)戸上電機製作所との4者共同により、太陽光パネル検査ロボットの開発研究を実施しています。

このロボットは、20～30°傾斜して設置された太陽光パネルの上をインターコネクタ線に倣って自動走行を行い、インターコネクタ線の断線検査を行うものです。現在、試作ロボットにて性能実証試験を実施中です。

11月に日本太陽エネルギー学会の研究発表会で発表を行いました。2014年2月の太陽光発電システム施工展での展示発表を経て、2013年度中の装置及び運用手法の開発を目指しています。



太陽光パネル検査ロボット

【技術開発センターの研究施設・設備と提供サービスのご紹介】

☆ 原子炉ウェル模擬施設

BWR 型原子力発電所の原子炉ウェルを模擬した、現場状況を原寸大で再現できる施設です。壁面除染装置などの開発、性能・動作試験を行うモックアップ施設として 1988 年に建設され、開発機器・開発工法の試験運転などによる作業性や安全性の確認、作業員の運転訓練などを行い、作業安全の向上に努めています。

近年は、形状や貯水能力を利用して、福島事故対応を想定した試験や訓練のほか、お客様のニーズに応じた試験も実施しています。

【仕様】

- ・外形寸法：扇形形状、半径 5.0 m×深さ 8.0 m
- ・材 質：SUS304 鋼板

【試験実績】

- ・原子炉ウェル壁面部(曲面部)/機器貯蔵プール壁面部(平面部)の機械除染試験及び操作訓練
- ・貯水能力を利用した水中装置の動作確認試験及び操作訓練
- ・大学等外部機関の研究・実験・調査への協力(バルーンの水中展張試験等)
- ・BWR 型原子力発電所の円筒容器 (S/C) 内水位測定モックアップ試験



原子炉ウェル模擬施設



壁面除染装置の動作試験

☆ ガンマ線照射施設

技術開発センターが保有しているガンマ線照射施設は、国内有数の放射線強度を備えていることから、大線量照射に適しており、さらに照射スペースが広いいため、大型の対象物を多数同時に照射することが可能です。付帯設備・機器としてクレーン、100/200V 電源、鉛遮蔽壁、貫通孔、及び恒温槽、熱電対温度計、データロガーを備えており、ニーズに合わせた照射サービスを提供することができます。

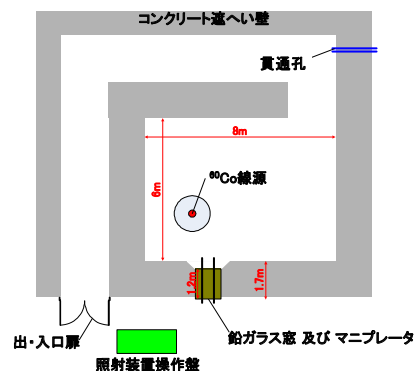
近年、福島第一原子力発電所事故に関連して、遮蔽材への利用を目的とした各種材料の遮蔽性能試験や、原子力発電所建屋内で使用される材料・機器類の耐放射線試験など、照射利用が拡大しています。

【主な仕様】

- ・線 源： ^{60}Co (密封線源)
- ・許可使用量：1.4271 PBq
- ・数 量：約 1.21 PBq (2013 年 12 月現在)
- ・線 量 率： $0.1 \sim 10^4$ Gy/h
- ・照射室寸法：幅 6.0 m×長さ 8.0 m×高さ 5.0 m

【試験実績】

- ・ケーブル、絶縁体、高分子材料の放射線劣化試験
- ・電子機器、通信機器の耐放射線試験
- ・放射線下での金属腐食試験
- ・各種材料の遮蔽性能確認試験



照射室のレイアウト



照射装置操作盤と前面壁



照射試験の状況

☆ 非密封放射性同位元素使用施設

技術開発センターの非密封管理区域で、放射性同位元素を使用した様々な試験・研究を行っています。今後、福島関連の除染・放射性廃棄物処理に関する研究開発の拡充のため、一層の整備を進めていきます。

〔使用許可物質〕 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{14}C など

〔試験実績〕

- ・環境試料の核種分析
- ・空気中のトリチウム測定技術の研究開発
- ・除染技術性能評価試験
- ・ヨウ素除去用活性炭フィルタ性能試験



ヨウ素除去用活性炭性能試験

☆ 化学分析・放射能測定技術

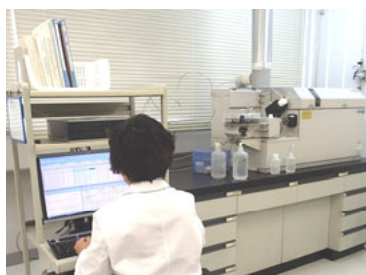
高精度の化学分析・測定装置や放射能測定機器を多数保有しており、それらを用いて、材料の組成、表面物性、粒子物性の分析や溶液中の微量元素分析、化学組成分析、及び放射能測定など、様々な測定・分析・評価に関する業務を行っています。

技術開発センターにはガンマ線照射施設と分析・測定を行う化学実験設備が同一敷地内にあります。このため、溶液試料に含まれる化学成分などの照射前と照射直後の変化を知ることができます。

また、福島第一原子力発電所事故以降は、自治体、企業からの依頼で水や土壌などの環境試料中、及び農産物、食品・井戸水などに含まれる放射性物質の測定を継続して実施しています。

〔主な保有装置〕

- ・ICP 質量分析装置 (ICP-MS)
- ・ICP 発光分析装置 (ICP)
- ・微小 X 線回折装置 (μ -XRD)
- ・ゲルマニウム半導体検出器



ICP 質量分析装置 (ICP-MS)



ゲルマニウム半導体検出器による環境試料中の放射能測定

〔分析・測定実績〕

- ・微量元素分析
- ・放射性廃棄物処分に係る核種収着試験
- ・シビアアクシデント時のヨウ素発生挙動に関する化学分析
- ・環境試料中の放射能濃度測定及び核種分析

【ロボット運用に関する環境を整備、技術サービスを提供】

福島第一原子力発電所事故を契機として、過酷事故などへの対応のため様々なロボットによる作業が増大しています。当社は、同発電所でいち早く活躍した米国iRobot社製のロボットに着目し、2012年度に取扱いに関する協定を締結し取扱ライセンスを取得しました。2013年度には、同社より「PackBot」、「Warrior」を取得し、技術開発センターの遠隔技術試験棟内に、操作訓練や作業検証を行える環境を整備しました。

当センターで、ライセンス取得者によるロボット取扱い教育を行い要員の育成を行っています。また、ロボットを使用した作業方法の検討や、ロボットを組み合わせた機器の開発、試験を行い、ロボットに関連する総合的な技術サービスを提供していきます。



PackBot と操作 PC



扉開閉作業

◆ 登録特許一覧

2013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)
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溶解装置	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 ₃ 計数管内にあるBF ₃ 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、榎井 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、齊藤 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
4627597	H22.11.19	循環水エルボ配管部に設置する作業足場	柿崎 傳、高橋 剛史	—
4639355	H22.12.10	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
4806782	H23. 8.26	円筒形ストレーナの清掃装置及びこの装置によるストレーナの清掃方法	菅野 隆行、伊藤 俊介 松隈 勇、鈴木 康之	—
5175469	H25. 1.11	イオン交換樹脂の処理方法	伊東 一昭、西川 宣子	(公財)微生物化学研究会
5181204	H25. 1.25	配管切断用治具及び切断機	大場 誠一郎、古平 顕	—

◆ 特許の紹介

特許番号：特許第4115708号

発明の名称：BF₃計数管内にあるBF₃ガスの安定化処理方法及びこの方法を実施する装置

本発明は、原子力発電所や高エネルギー粒子線取扱施設等の中性子線取扱施設における使用済BF₃計数管を放射性廃棄物処理する際の、計数管内BF₃ガスの安定化処理方法とこれを実施する装置に関するものである。

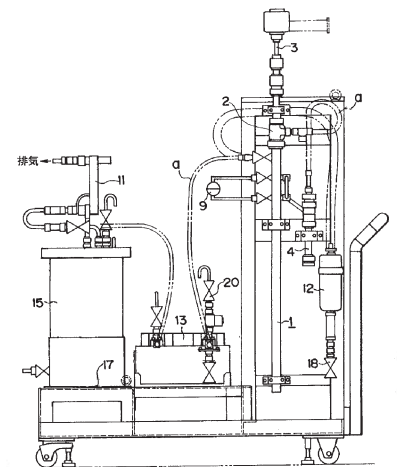
【課題】

BF₃計数管からBF₃ガスを安全に抜き取り安定化処理することにより、有毒ガスの漏洩や放射性廃棄物容器の腐食等の問題を発生させることなくBF₃計数管を処理・処分する方法と装置を提供することを目的とする。

【解決手段】

密封されたBF₃ガス計数管を密閉管内で開封し、内部のBF₃ガスを密閉管から清水中に吹き込んでフッ化水素酸とフルオロヒドロキシホウ酸類を生成させ、この溶液を中和させてフッ化ナトリウムとオルトホウ酸として安定化した後、除湿空気を計数管内に送入して、計数管内の残留BF₃ガスを希釈して清水中に吹き込み、希釈操作を繰り返すことを可能にする。

装置は、密封されたBF₃ガス計数管1と、その一端に設けられ計数管と同軸方向に密封状態で進入可能なドリル刃3を備えたBF₃ガス抜きアダプタ2と、このアダプタとバルブを介し管路で接続されたガスを引き出す真空ポンプ13と、真空ポンプの排気側にある清水を貯えたガス吸収槽15とからなる。アダプタと真空ポンプとを結ぶ管路に開閉可能なバルブ18を備えた除湿器12を分岐配管し、除湿空気を計数管内に送入し、残留BF₃ガスを希釈して清水を貯えたガス吸収槽に送り出し、希釈操作を繰り返し可能にした。



特許番号：特許第5181204号

発明の名称：配管切断用治具及び切断機

【課題】

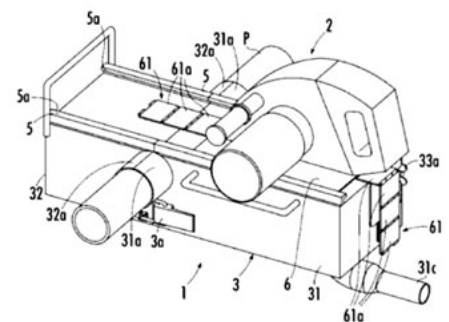
原子力発電所等の既設配管を切断する場合、従来は、有害物質が飛散しても環境汚染につながらないように周囲を養生などで覆う準備作業が面倒であった。本発明は、これを改善するため、作業性を向上させた配管切断用治具と切断機を提供することを目的とする。

【解決手段】

配管を切断機で切断する際に用いられる配管切断用治具1であって、切断機2で切断される配管Pの部分を收容する收容箱3と、收容箱内を負圧にする負圧機構に接続される接続部31cと、收容箱に配管を保持する保持部と、收容箱上で配管を切断する方向に設けられ切断機の刃部を收容箱内に受け入れるスリットとを備えることを特徴とする。

配管の被切断部分が收容箱に收容されるため、切粉はすべて收容箱に收容され、收容箱内を負圧状態にできるので、スリットからの切粉の飛散を抑制することができる。これにより、養生などにより周囲の環境汚染対策を施す準備作業を省くことができ、作業性を向上できる。

また、スリットからの切粉の飛散をより抑制するために、收容箱に切断機の切断方向への移動を案内するガイドレール5を設け、ガイドレールに收容箱からの切断機の浮き上がりを阻止する掛止部5aを設けて、切断機の收容箱に対する浮き上がりを防止するとともに、ガイドレールに沿って切断機を移動させるだけで配管を切断することができる。



※ 当社保有特許に関するお問い合わせ等は、技術開発センターまでお願いします。

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	1億5000万円	
設立年月日	1980（昭和55）年9月1日	
役 員	代表取締役会長	鈴木 貞一郎
	代表取締役社長	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	瀧谷 静雄
	取締役	上田 諭
	取締役	祝 輝行
	取締役	酒井 敏光
	取締役	伊東 一昭
	取締役	坪井 伸一
	取締役	鈴木 良男
	監 査 役	石田 藤照
従業員数	1,582名（2013（平成25）年10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を開設
	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（現在 休業中）	

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っては、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

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託いたしておりません。直接、本誌発行元(以下の連絡先)へお問い合わせください。

「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)より納本しており、東京本館及び関西館において利用することができます。

また第3号(No.3 2011、平成23年12月発行)以降は、独立行政法人科学技術振興機構の科学技術文献データベースに収録されており、株式会社ジー・サーチのJDreamIIIを通じて、「アトックス技報」の“技術開発成果”論文を利用することができます。

アトックス技報 No.5 2013

平成25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

〒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.5 December 2013

Published and Edited by

Engineering Research & Development
Center
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、技術開発センター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