

アトックス技報

ATOX TECHNICAL REPORT

No.13 2021

頁/Page

巻頭言*Preface*

- 1 EPC事業への挑戦と技術開発センター

研究開発成果*R & D Activities*

- 2 セシウム吸着塔のサンプリング技術の開発
Development of Sampling Technology from Cesium Adsorption Vessels
- 6 ドラム缶外観検査装置の開発
Development of Equipment for Visual Inspection of Drums
- 8 保管中ドラム缶外観確認用自律ロボットの開発
Development of Autonomous Robot for Observing Drums under Storage Conditions
- 10 原子炉建屋内除染装置の開発
Development of Decontamination Equipment in Nuclear Reactor Building
- 16 N-Visageシステムを用いた遮蔽シミュレーション
Shielding Simulation Using the N-Visage System

トピックス*Topics*

- 18 橋梁検査技術
- もんじゅ廃止措置に向けた残存ナトリウムの可視化
- 19 クリアランスのための放射能測定装置開発状況
- 廃液非排出型電解除染装置のご紹介

アトックス情報*ATOX Information*

- 20 アトックスの概要

— EPC事業への挑戦と技術開発センター —

「アトックス技報」第13号の刊行にあたり、ご挨拶申し上げます。

技術開発センターが監修し毎年発行している「アトックス技報」では、現場のニーズに応える研究・開発の一部をご紹介させていただきます。多くの方々にご覧いただき、当社の取り組みを知っていただければ幸いに存じます。

技術開発センターは、アトックスの技術を担う中核組織として長年にわたり現場のニーズに即した研究・開発と事・営業所の技術支援を行ってきています。各電力会社様をはじめとする多くのお客様から現場の課題解決に取り組む当社の技術力にご信頼を頂けるよう努力を重ねているところです。これまでの「アトックス技報」でも紹介されてきましたように、当社の強みである現場力に技術力が効果的に組み合わせられ、小規模ではあるものの、“痒い所に手が届く”実用的な当社独自のソリューションを一段高く、より幅広く提供できるように努める所存です。

さて、今後当社が目指すべきものとは何でしょう。2021年のエネルギー基本計画では2030年の電源構成における原子力の比率は20～22%とされています。その利用に当たっては「CO₂の排出削減に貢献する電源として、いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提のもと、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める」ことを求められています。こうした環境下で当社が目指すべきことは、世界で最も厳しい水準の規制をクリアした上で、コストダウンも実現しなくてはならないお客様のために、今までとは一味違ったソリューションを提供してお役に立つことだと考えています。

そのためには技術力を含めた会社力の底上げを行い、当社の価値を一段高いところへと引き上げることが必要となります。このため当社は2020年10月に設計・調達・施工能力の確保を目指し、ESCA（エンジニアリングサービスセンター）を立ち上げました。加えて、2021年4月に川崎重工業株式会社様の原子力事業を承継しました。同社が半世紀にわたり培った原子力関連技術とノウハウを吸収し、当社の現場力と融合させることによってエンジニアリング力を高め、お客様に一層役立つソリューションを提供することが目的です。承継したEPC事業の技術・ノウハウを活かして、当社はこれまでよりも高いレベルの仕事に積極的に挑戦してまいります。技術開発センターは、こうした新展開を技術面で支えるための組織として、これまで以上に重要な役割を担うことになります。

今後とも皆様からのご指導とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

2021年12月吉日

事業開発部長 兼 ESCA センター長

理事 袖山 康祐

セシウム吸着塔のサンプリング技術の開発

Development of Sampling Technology from Cesium Adsorption Vessels

当社では、福島第一原子力発電所に導入されているセシウム吸着装置の使用済み吸着塔からの吸着材サンプリング技術の開発を行ってきた。これまでに「吸着塔の穿孔」、「吸着材の採取」、「穿孔穴の閉止」という吸着材サンプリングに必要な要素技術を備えた要素試験装置を製作し、吸着材サンプリングの実規模試験に使用した。本報告では、実規模試験の結果と現場に導入する試料採取装置の製作に向けた改良点および検討事項について報告する。

キーワード：セシウム吸着装置、要素試験装置、試料採取装置

We have been developing adsorbent sampling technology from the used adsorption vessels of the cesium adsorption instrument of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. The elemental test equipment, which composed of the elemental technologies for the adsorbent sampling such as drilling of adsorption vessel, adsorbent sampling, and closing of perforated hole, was manufactured and used for the full-scale test of adsorbent sampling. This report describes the results of the full-scale test and the technical discussion for the sampling equipment which will be applied for actual adsorption vessels.

Key Words： Cesium Adsorption Instrument, Elemental Test Equipment, Sampling Equipment

1 背景と目的

東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所（以下、「1F」という）における汚染水処理のため、セシウム吸着装置（KURION/SARRY）が導入されている。これらは、吸着塔内に充填した吸着材に汚染物質を吸着させる構造であり、使用後は高線量となる。吸着材の処理、処分を検討する上で吸着材のサンプリングが必須であるが、密閉構造の吸着塔から高線量の試料を採取することは困難である。当社では、サンプリング技術を確立することを目的に IRID^{※1} 組合員として研究開発に取り組んできた。これまでの経緯については、既報を参照いただきたい。

2 開発概要

本件は、国費補助事業にて 2016 年下期より概念的な検討を開始した。2020 年度に「吸着塔の穿孔」、「吸着材の採取」、「穿孔穴の閉止」の要素技術を備えた要素試験装置を製作した。この要素試験装置を用いて実規模要素試験を実施し、試料採取装置の設計に必要な主要機構の成立性確認、各種仕様の決定、課題の抽出を行った。

(1) 実規模試験の準備

現場での作業性を検証するため、模擬吸着塔、試験用作業スタンドの設計・製作を実施した。模擬吸着塔および試験用作業スタンドは、実規模試験を合理的に

実施できる設計としており、実際の吸着塔と全長は変わるものの、装置との接合部は実吸着塔の形状を再現している。

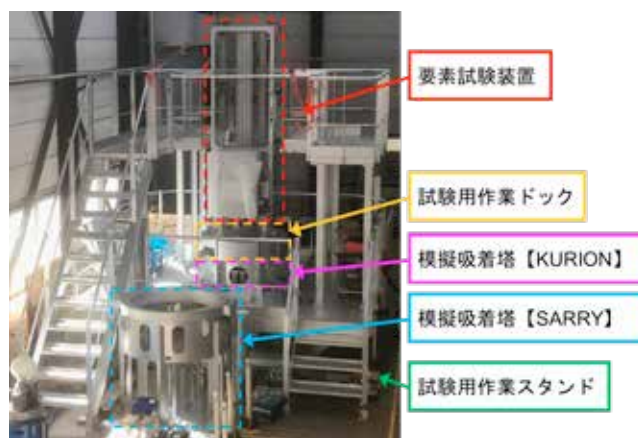


図1 実規模試験装置の外観

(2) 実規模試験から得られた結果

図1に示した実規模試験装置を用いて得られた試験結果および課題を以下に示す。

1) 積層フランジの穿孔

SARRY 吸着塔の遮蔽体は、最下部にステンレス製フランジを、その上に複数枚の鉄製フランジを積層させた構造となっている。

実規模試験装置には、データロガーを搭載し、穿孔時の回転トルク、垂直駆動トルクを連続測定することが可能となっている。回転トルク、垂直駆動トルクの変動を図2に示す。積層状態のフランジを穿孔するに

あたり、合わせ面での噛み込みが懸念されたが、トルクの変動は少なく良好に穿孔できることを確認した。また、最下層のステンレスフランジに到達すると、トルク負荷が増加し、到達深さの目安となることを確認した。

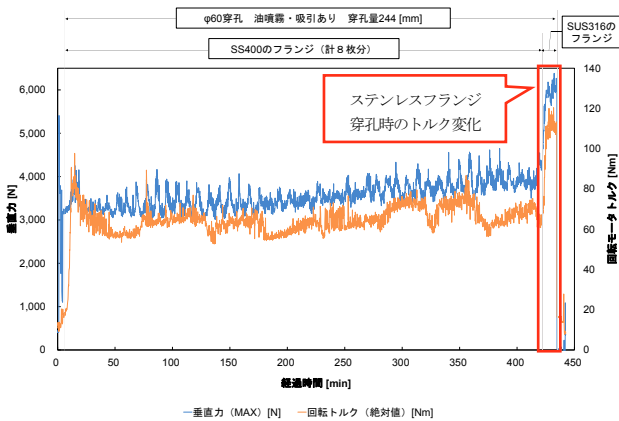


図2 積層フランジ穿孔時のトルク変動結果

2) 穿孔時のフランジの表面温度変化

セシウム吸着装置内では、放射線により水が分解されて水素ガスが発生する。穿孔時に火花の発生が懸念されるため、水素濃度を低減する対策として、あらかじめ吸着装置内部の空気を窒素に置換する。また、穿孔時の発熱によって水素ガスが発火するリスクもあるため、穿孔時のフランジ等の温度変化を測定した。

実規模試験装置では、ミスト状の切削油を給油しながら穿孔を行い穿孔刃の摩耗を低減している。同時に、穿孔に伴い発生した切粉を吸引回収しつつ吸引による冷却を行った。測定の結果、穿孔部中心から約6cmの位置での最高温度は約50℃であり、水素の発火点である500℃よりも十分低い温度であることを確認した(図3)。切削油の給油量を最適化したことや吸引による冷却が有効に機能したと考えられる。

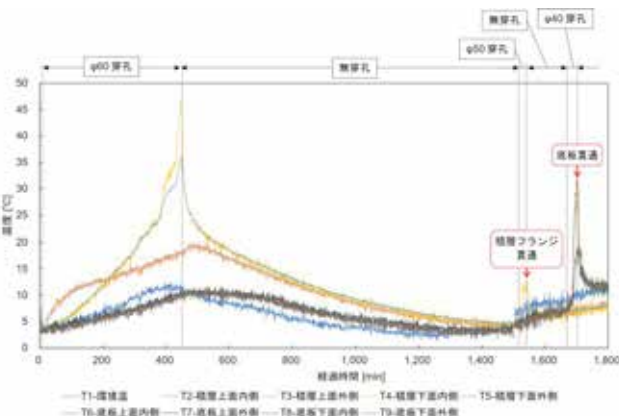


図3 積層フランジ穿孔時の温度変動結果

3) 吸着塔試料採取に要する作業ステップ

実規模試験を実施する前に作業ステップの検討を行ったが、確実に試料採取を実施するために後述する作業ステップを追加した。追加した①～③の作業ステップについて報告する。

① レーザ距離計を使用した対象物までの距離測定

吸着塔の設計寸法を基準に、採取操作プログラムを設定しているが、吸着材の充填量など個体差があった場合、正常に採取が行えない恐れがある。実測により補正を行い、レーザ距離計による計測の成立性を確認した。

② 吸着塔内部の確認

要素試験の結果から、採取に用いるサンプリングヘッドの形状は、吸着材の性状(乾燥、湿潤、粘性など)に応じて選定する必要があることを過去の試験から把握している。そこで、試料採取前に吸着材の性状を把握するために、吸着塔内部にカメラを挿入して吸着材の性状を把握する手順を検討した。

図4に実規模試験で使用した内視鏡治具を示す。内視鏡先端には触診棒を設けており、触診棒で吸着材に触れたときの映像を確認することで、吸着材の性状把握が可能であることを確認した。



図4 内視鏡治具および確認時の映像

③ 穿孔穴の清掃

穿孔穴の内面は、切削油や切粉が付着しており、その状態では閉止栓を性能通り取り付けることが困難であった。そこで、穿孔ロッド先端に清掃用のバフを取り付けて清掃し、余計な油分や切粉を除去した(図5)。

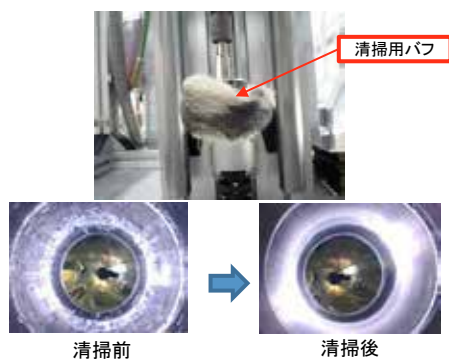


図5 穿孔穴の清掃前後の様子

4) 吸着塔試料採取に要する作業時間

前述した作業ステップを反映した上で、各吸着塔一体当たりの一連の作業時間を求めた(表1)。KURIONでは一体当たり約160分、SARRYでは約580分を要する結果となった。この値は作業時間だけであり、作業に伴う作業員の移動時間や、サンプリングツールを収納した遮蔽容器を運搬する時間は含まれていない。

表1 KURIONの試料採取に要するステップと時間

作業ステップ	詳細作業サイクル	操作時間
穿孔	準備作業	3分
	φ60穿孔	50分
	穿孔部クリーニング	4分
	ロッド交換	4分
	φ50穿孔	40分
	穿孔部クリーニング	4分
採取	ロッド交換	4分
	穿孔部洗浄	15分
	準備作業	17分
	ロッド交換	4分
	サンプリング	4分
閉止	サンプリングツール取り外し	3分
	ロッド交換	4分
	閉止栓取付	2分
合計時間		158分

5) 作業員の被ばく推定

一連の試料採取に必要な作業時間が得られたため、推定したセシウム吸着装置周囲の空間線量から被ばく量の推定を行った(表2)。作業に伴う個人被ばく最大線量は許容範囲内であり、作業が実現可能である見通しを得た。

表2 推定した被ばく線量

	個人被ばく最大線量	総被ばく線量
KURION吸着塔	0.85[mSv/人]	3.269[mSv/23人]
SARRY吸着塔	0.85[mSv/人]	4.295[mSv/35人]
採取後の取扱い作業	0.9[mSv/人]	2.16[mSv/7人]

6) 今後に向けた課題

実規模試験で確認された課題を以下に示す。

① 金属板(ディスク)および切粉の落下

穿孔刃で穿孔した際、穿孔刃と同径のディスクや切粉が発生することが確認された(図6)。これらは穿孔穴が貫通した際に吸着材上面に落下したため、これらの発生を抑制する穿孔方法の検討を行う。



図6 模擬吸着塔内に落下したディスクおよび切粉

② 閉止栓の耐圧性能

耐圧試験において、目標とする2.06MPaの耐圧性能を確認した。耐圧試験は複数回実施しているが、耐圧性能にバラつきが認められたため、追加で耐圧試験を行い、バラつき低減に向けた改良を検討する。

(3) 試料採取装置の設計に向けた課題と対策

実規模試験装置は、コールド環境における性能評価のための試験装置であったため、開発に必要な最小限の構成とした。現場適用時のリスクを考慮し、1Fで適用する試料採取装置の設計には、以下の改良点を反映する。

1) 汚染拡大防止対策

現場では高線量の吸着材の試料採取を行うため、ダストが試料採取装置内に飛散するリスクが考えられる。そこで、試料採取装置内部に飛散したダストを外部に漏出させないようにするため、外装パネルの気密性を向上させる。また、試料採取装置内部に飛散したダストを吸引回収するため、穿孔時に切粉を吸引回収するユニットを用いてダスト回収を行う機構とし、排気側にはHEPAフィルタを設ける(図7)。

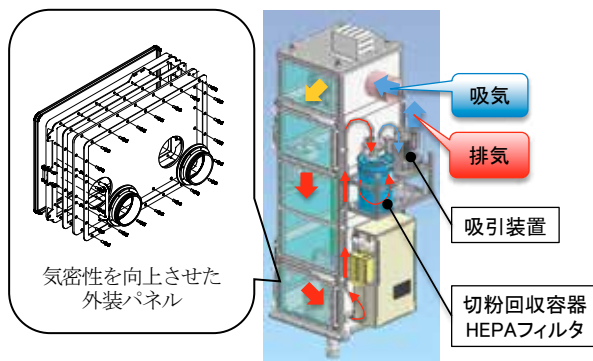


図7 試料採取装置に反映した汚染拡大防止対策

2) 作業員の被ばく低減対策

吸着塔に穿孔穴が貫通した状況では、ビーム状の高線量の放射線が放出されるため試料採取装置に作業員が近付くと作業員が過剰に被ばくすることが懸念される。被ばく低減に向けた改良点を以下に示す。

① ロッド交換時の作業性向上

要素試験装置では、穿孔ロッドとモータの嵌合部分が長くロッド交換に時間を要していた。ロッドの嵌合部の形状を見直すことで、ロッド交換に要する作業時間を短縮し、作業員の被ばくを低減する。

② 遮蔽ブロックの追加

穿孔穴から放出されるビーム状の放射線を遮蔽するため、電動シリンダでスライドする遮蔽ブロックを追加する(図8)。穿孔が完了し、ロッドが上端に到着すると遮蔽ブロックが穿孔穴上部にスライドする仕組みとなっている。これによりビーム状の放射線が遮蔽されるため、試料採取装置近傍で作業する作業員の被ばく低減を図る。

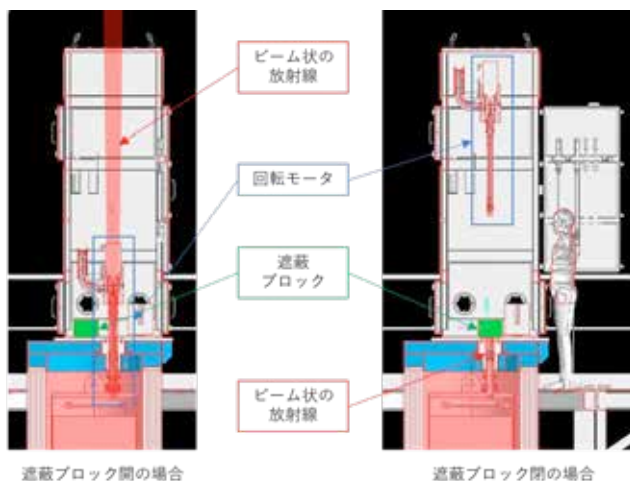


図8 遮蔽ブロックの位置
(左：穿孔作業時、右：ロッド交換時)

(4) 現場作業に向けた課題

現在、試料採取を行う作業場所は決定していない。作業場所の決定には、他作業との取り合いやダスト飛散防止、周辺環境への放射線も考慮する必要がある。また、作業場所を決定した上で作業スタンド等の設計・製作も必要となる。作業場所の調整を関係各所と行う。

3 結 語

要素試験装置を用いて行った実規模試験の結果から、作業ステップや作業時間、被ばく線量を具体化したことで試料採取が実現可能との見通しを得た。また、試料採取装置に汚染拡大防止策や被ばく低減に向けた改良を加えたことで安全に作業ができる機能を持たせた。

今後は、実規模試験で判明した課題の解決に向けた検討を行うとともに、試料採取装置等の設計・製作、採取計画の策定に向けた検討、調整を進める。

本成果は経済産業省／平成 30 年度補正予算廃炉・汚染水対策事業補助金により得られたものである。

【用語の解説】

※1 IRID : International Research Institute for Nuclear Decommissioning (技術研究組合 国際廃炉研究開発機構) の略称。

参考文献

- 1) 櫻木俊太ほか、セシウム吸着塔のサンプリング技術開発、アトックス技報, No.12, pp6-9, (2020).



執筆者／技術開発センター
廃棄物技術 Gr. 鈴木 康之



福島復興支社 廃炉事業部
廃炉技術課 櫻木 俊太



技術開発センター
廃棄物技術 Gr. 中村 直哉



技術開発センター
廃棄物技術 Gr. 堀井 顕良



技術開発センター
水島 俊彦

ドラム缶外観検査装置の開発

Development of Equipment for Visual Inspection of Drums

原子力発電所では、運転や定期検査、施設の解体などに伴い、放射性廃棄物が発生する。放射性廃棄物はドラム缶に充填され、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターに搬出されるが、厳密な受入れ基準があり、搬出前の検査が重要となる。そこで、ドラム缶の表面確認と変形測定を同時に行う装置を開発した。高画質カメラでの撮影やレーザスキャンにて変形を数値化して確認することで、従来の目視確認と手作業による測定での見落としや測定ミスといったリスクが低減され、高品質な作業を提供することができる。

キーワード：ドラム缶、放射性廃棄物、外観確認、レーザスキャン、ラインカメラ

Radioactive waste is generated at nuclear power plants due to operations, periodic inspections, and dismantling of facilities. Radioactive wastes are filled into drums and transported to the Rokkasho Low-Level Radioactive Waste Disposal Center, but there are strict acceptance standards and inspection before transportation is important. Therefore, we have developed a device to check the surface and measure the deformation of the drums at the same time. By shooting with a high-definition camera and quantifying the deformation by laser scanning, the risk of oversight and human errors caused by conventional visual inspection and manual measurement can be reduced, and high quality work can be provided.

Key Words : Drum, Radioactive Waste, Appearance Check, Laser Scan, Line Camera

1 背景と目的

原子力発電所で発生した放射性廃棄物はドラム缶に充填され六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターに搬出される。搬出先で実施される外観検査にて、技術基準に適合しないドラム缶が1本でも発生した場合は、同時期に搬入した全てのドラム缶が搬出元の電力会社へ返却され、全数の再検査を実施する運用となっており、実際に返却される事態も発生している。技術基準に適合しないドラム缶を搬出してしまうリスクを低減することを目的に、レーザスキャンにて変形量を計測する装置を開発した。

2 開発概要

(1) 開発の要件

開発要件を以下のとおり定めた。

- ① ハレーションを起こさない撮影画像が取得できること
- ② 撮影画像からドラム缶の錆やキズ、印字された文字を読み取ることができること
- ③ 変形値±2mm以上の凹みや膨らみを検知できること
- ④ 技術基準に適合しない変形を検知した場合、測定画像上に自動的に表示できること
- ⑤ 検査時間が5分/本程度であること

(2) 撮影方法の検討

撮影方法としては、既存技術であるドラム缶の撮影部位を3箇所に分け、上面と下面については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ナ撮影方式とした。

撮影時のハレーション対策としては、ドラム缶周囲にカバーを設け、ドラム缶表面に直接光が当たらない構造とし、間接照明によりカバー内の照度を最適化した(図1)。



図1 装置照明の配置

(3) 変形測定方法の検討

測定方法としては、レーザセンサによるスキャナ方式とした。ドラム缶のそれぞれの面を1スキャンで測定しようとした場合、2,000mm以上の照射距離を確保する必要があり、装置サイズが拡張する問題が生じた。そこで、上下面レーザについてはXY軸移動にて4分割、側面レーザについてはZ軸移動+ドラム缶の回転

により3分割測定し結合することで照射距離を短縮し装置の最小化を図った(図2及び図3)。



図2 上下面変形測定

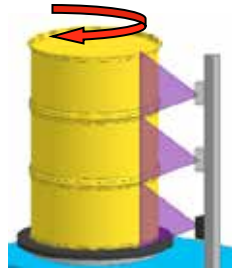


図3 側面変形測定

(4) 開発結果

装置の概要は以下のとおりである(表1及び写真1)。

表1 ドラム缶外観検査装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W1,800×D1,950×H2,150 mm
質 量	1,200 kg
撮影部	上面用：CCD カメラ 下面用：CCD カメラ 側面用：ラインカメラ
測定部	全面：3D レーザセンサ
ターンテーブル	許容荷重：1,000 kg 回転速度：2rpm
撮影時間	5分30秒/本
制御機器	汎用 PC 撮影&測定ソフト



写真1 ドラム缶外観検査装置

本装置はドラム缶をセットし、上面・側面の撮影と変形測定を実施後、ドラムポータにてドラム缶を垂直に持ち上げた状態で下面の撮影・変形測定を行う2段階操作となる。

撮影用カメラは十分な解像度を有しており、錆・キズ等の確認やドラム缶に印字された文字や刻印まで読み取ることができる。変形測定についてはレーザセンサと開発したソフトにより任意の設定値を超えたものを検知して、膨らみは赤、凹みは青の欠陥マークと変

形値を測定画像上に表示することができる(表2)。

表2 ドラム缶撮影・変形測定画像

上面カメラ	下面カメラ
側面カメラ	
上面レーザ	下面レーザ
側面レーザ	

3 結 語

本装置は、従来のドラム缶外観検査と比べて、以下の効果が期待される。

- ① 解像度の高い撮影画像の記録
- ② 外観検査での欠陥見落としリスクを低減
- ③ 測定者に左右されず一定の測定精度が得られる
- ④ 外観検査時の被ばく低減



執筆者／事業開発部
技術営業室

荻原 勇哉



事業統括部
玄海事業所

山田 一範

保管中ドラム缶外観確認用自律ロボットの開発

Development of Autonomous Robot for Observing Drums under Storage Conditions

低レベル放射性廃棄物が充填されたドラム缶を保管状態のまま外観確認を可能とする自律ロボットの実証機について報告する。本実証機は多関節のマグネットクローラ、自己姿勢を把握可能な各種センサ、周囲のドラム缶を検出可能な LiDAR 及び 3 個のカメラから構成されており、センサ信号からのフィードバック制御により自己姿勢を補正しながらドラム缶を連続的に乗り移り、周囲の映像を記録する。本実証機による試験により、ドラム缶を保管状態のまま自動的に確認する工法の成立性が示された。

キーワード：ロボティクス、マグネットクローラ、LiDAR、自律制御、廃棄物管理

This paper reports on a demonstration machine of an autonomous robot that observes drums filled with low level radioactive wastes under storage conditions. This machine consists of multiple jointed magnet crawlers, various sensors for detecting the self-posture, LiDAR for detecting surrounding drums, and three cameras. It continuously travels from one drum to the next with self-correction of its posture by feedback control using sensor signals, and it records images of its surroundings. The results of the tests using this machine show the feasibility of the working method that automatically observes the drums under storage conditions.

Key Words： Robotics, Magnet Crawler, LiDAR, Autonomous Control, Waste Management

1 背景と目的

原子力関連施設では放射性廃棄物が充填されたドラム缶が多段に密集配列されて保管されている。ドラム缶は経年劣化により内容物が漏れいするリスクがあるため定期点検が必要だが、1 体ずつドラム缶を抜き出して行う従来の点検工法は作業が大がかりとなるため施設によっては実施困難であった。

そこで当社は 2016 年よりドラム缶を保管状態のまま点検可能とする工法の開発を継続している。まず、電動関節と手動伸縮機構を持つ操作ポール先端に照明と全天球カメラを取り付けた「ドラム缶外観確認治具」を開発し、2019 年から発電所に導入して活用している。次に、操作ポールではアクセス困難な遠距離のドラム缶を確認するため、千葉工業大学との共同研究によりドラム缶側面を磁気吸着走行する遠隔自走ロボットの試験機を開発した。この試験機は機体構造と走行原理の成立性確認を目的としておりオペレータが機体と対象ドラム缶を直接目視して操作する必要があった。今回、オペレータが直接目視することなくドラム缶の外観確認が可能な自律ロボットの実証機を開発した。

2 開発概要

(1) 実証機の全体概要

本実証機の走行機構は試験機を踏襲しており、電動関節、バネによる弾性関節及びピン接合のフリー関節を組み合わせた計 10 リンクのマグネットクローラである。各関節の角度を制御しながら走行することにより連続的にドラム缶側面を乗り移る。実証機の外観を

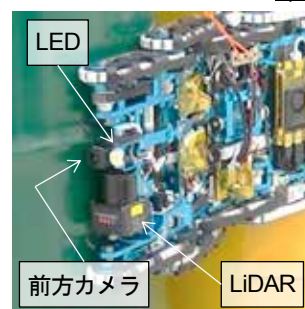
図 1 に示し、主な仕様を表 1 に示す。

(2) 各センサによる自己姿勢の把握

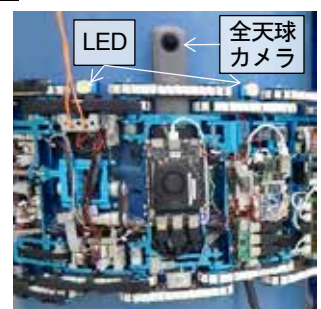
ロボットを直接目視せず操作するためには、ロボットの姿勢と周囲の状況を把握することが必要である。本実証機は、各リンクの接地センサ、各関節の角度センサ及びジャイロセンサによって、ドラム缶への吸着状態、機体の姿勢及び水平度を数値的に取得する。取得した情報からフィードバック制御を行い、適切な吸着状態と水平姿勢を自律的に維持する。



a) 全体



b) 先頭部



c) 中央部全天球カメラ展開

図 1 実証機の外観

表 1 実証機の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	L1,155×W302×H64.1 mm 全地球カメラ展開時：W+65.3 mm
対応ドラム缶間隔	65～180 mm
ロボット本体質量	14.5 kg（ケーブルを除く実測値）
搭載モータ数	走行用：上下各 3 個／電動関節用：前後各 1 個
速度	走行：最大 124 mm/s 乗り移り：約 2 min/サイクル
制御方式	プログラムによる自律制御 ゲームパッドによるマニュアル制御
OS／開発言語	Windows 10／C#

(3) LiDAR によるドラム缶の自動検出

本実証機は前後の LiDAR^{※1}により周囲の物体を 2 次元点群データとして取得し、そのうち円弧状に分布したものをドラム缶外縁として検出する。ドラム缶自動検出のイメージと表示画面を図 2 に示す。

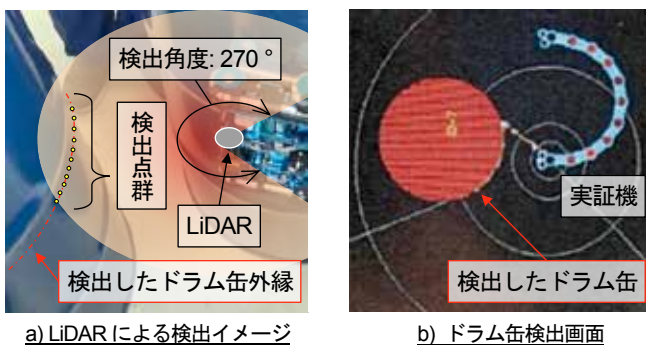


図 2 LiDAR によるドラム缶の自動検出

(4) カメラによるリアルタイム映像確認及び記録

本実証機は前方カメラ、後方カメラ及び全地球カメラを搭載しており、実証機の動作中リアルタイムの映像確認が可能であるとともに自動的にドラム缶側面の映像記録を行う。各カメラ映像を図 3 に示す。



図 3 各カメラ映像 (a、b は異なる試験にて撮影)

(5) 主要動作フロー

本実証機は各センサ信号のフィードバック制御及び LiDAR による周囲ドラム缶の自動検出によりドラム缶側面を自律走行し、自動的にドラム缶外観確認作業を実施する。実証機の主要動作フローを図 4 に示す。

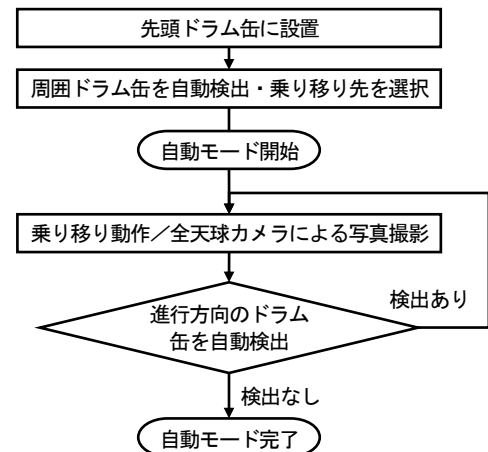


図 4 実証機の主要動作フロー

3 結 語

千葉工業大学との共同研究成果である走行機構と各種センサ等から構成される自律ロボット実証機を開発し、オペレータが直接目視できない位置にあるドラム缶の外観確認を可能とした。今後はプログラムの改良等により走行安定性を高めるとともに、先行開発した確認治具と合わせて各サイトの保管状況に適した点検工法や装置の提案を継続し、現場の課題解決に繋げる。

謝辞：本装置の開発にあたりご協力いただきました千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科 米田研究室の皆様へ厚く御礼申し上げます。

〔用語の解説〕

※1 LiDAR：Light Detection and Ranging（光検出と測距）の略。レーザ光を広範囲に照射して周辺にある物体までの距離や形状を計測するもの。



執筆者／技術開発センター
廃棄物技術 Gr. 中村 直哉



技術開発センター
廃棄物技術 Gr. 堀井 顕良



事業開発部
技術営業室 及川 智也

原子炉建屋内除染装置の開発

Development of Decontamination Equipment in Nuclear Reactor Building

福島第一原子力発電所2号機の使用済燃料貯蔵プールに貯蔵されている使用済燃料取出のため、原子炉建屋南側に燃料取出し用の構台を建設し、燃料取扱設備を設置する計画である。設備設置のためにオペレーションフロアの線量低減が必要であり、除染及び遮蔽設置にて線量低減を図る計画である。除染装置の開発、また、高所除染を実現するための高所作業車の遠隔化を実施した。

キーワード：原子炉建屋、除染、高線量、高所作業車、遠隔操作

As a construction method to remove the spent fuel stored in the SFP of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2, the stage for a fuel treatment device will be set on the south side of the reactor building. It is necessary to reduce the dose on the operation floor for the installation of the fuel handling equipment. The reduction of the dose by decontaminating and installing shielding is planned. The decontamination devices were developed. Enabling remote operation of the high place working car was conducted to realize for decontamination of the high place.

Key Words : Reactor Building, Decontamination, High Radiation, Articulating Boom Lift, Remote Control

1 背景と目的

福島第一原子力発電所2号機の使用済燃料取出しに向け、オペレーションフロア（以下、オペフロという）にて燃料取扱設備の設置工事やメンテナンス等の有人作業が必要となるが、オペフロの線量率が高く被ばく低減対策が必要である。そのため、高所部を含む対象範囲を除染する装置の開発及び除染装置を搬送する装置の遠隔化を実施した。

2 開発概要

オペフロの現場調査及び線量解析の評価をもとに、除染対象は床面、壁面、天井、天井梁（以下、トラスという）、天井クレーンガータ（以下、天クレという）となった。

汚染形態は遊離性汚染及び固着性汚染と想定され、天井、トラスや天クレは剥離しかけている塗膜を除去することになった。

以上を踏まえ除染対象の汚染形態に対し有効な除染装置や除染対象に寄り付き可能な搬送装置を開発した。

(1) 除染装置の要求仕様

過去の実績をもとに、遊離性汚染に対しては吸引除染、高圧水・散水除染、固着性汚染に対してはブラシ除染とすること。また、塗膜は剥離しかけていることからブラシ工法による除去とすること。

(2) 搬送装置の要求仕様

除染対象範囲の高所(高さ 16m)に寄り付けること。また、オペフロ内全域(約 45m×35m)を走行できるように装置幅は3m 以内、100mm の段差を踏破できること。

3 装置概要

(1) 装置概要

要求仕様をもとに除染対象の床面、壁面、天井、トラス、天クレに分けて装置を開発した。そのほか、低所壁面や狭隘部の除染を対象に治具を開発した。除染対象ごとの装置一覧を表1～4に示す。

表1 床面除染装置

除染工法	除染装置	搬送装置
吸引	床面吸引除染装置	—*1
高圧水	床面高圧水除染装置	—*1
ブラシ	床面ブラシ除染装置	—*1

*1 介助用に遠隔操作ロボット（汎用装置）を使用。

表2 壁面除染装置

除染工法	除染装置	搬送装置
ブラシ	壁面ブラシ除染装置	遠隔搬送装置
散水	壁面散水除染装置	遠隔搬送装置

表3 天井、トラス、天クレ除染装置

除染工法	除染装置	搬送装置
ブラシ	天クレ側面除染装置	遠隔搬送装置
	天井除染装置	遠隔搬送装置
	天クレ下部・トラス除染装置	遠隔搬送装置

表4 低所壁面、狭隘部用除染治具

除染工法	除染装置	搬送装置
ブラシ	低所壁面除染治具	—*2
高圧水	高圧水除染治具	—*2
吸引	吸引除染治具	—*2

*2 搬送用に遠隔操作ロボット（汎用装置）を使用。

(2) 遠隔搬送装置

要求仕様を満たす除染装置の搬送装置として、長野工業株式会社製高所作業車の遠隔化改造を行った。

1) 高所作業車

高所作業車の主な仕様を表5に示す。

表5 高所作業車（型式：NUL18uj）の主な仕様

項目	仕様
外形寸法（輸送時）	L6.1×W2.3×H2.4 m
最大作業床高さ	17.95 m
最大水平移動長さ	8.1 m
車体質量	9,660 kg
最大積載荷重	200 kg
最大登坂角度	20°
最大乗越え段差	100 mm

2) 遠隔化改造

操作システムは、有線での制御を基本とし、遠方からの走行操作、リフト操作を可能とした。

そのほかの主な改造は以下のとおりである。

- ① 遠隔操作に必要なカメラ15台、照明8台を搭載
- ② 接触防止や転倒防止に側域センサ、距離センサ、ワイヤセンサ、角度センサを搭載
- ③ 車体の全体姿勢をモニタ上に表示するソフトウェアを追加
- ④ オペフロ内排気フィルタへの影響緩和のため、マフラー部に黒煙除去装置を取付

図1に遠隔搬送装置の概略系統図、写真1に遠隔搬送装置外観を示す。

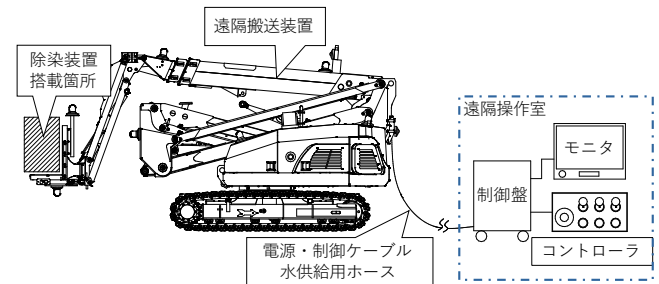


図1 遠隔搬送装置 概略系統図



写真1 遠隔搬送装置外観

3) 安全対策の強化

現場でのトラブルを防止するため、以下の安全対策を実施した。

- ① 転倒防止のため、本体が3°以上傾いた状態でのリフト操作の無効化
- ② 断線等による有線操作不具合発生時のリカバリー対策として、無線操作機能の追加
- ③ 電気系統のバックアップとして予備バッテリーを搭載し、電圧低下時には予備バッテリーに自動切換できるようにシステムを構築
- ④ オイル漏れ対策としてオイルパンを追加搭載

(3) 壁面除染装置

壁面の除染のためにブラシ除染による壁面ブラシ除染装置、散水除染による壁面散水除染装置を開発した。

1) 壁面ブラシ除染装置

壁面ブラシ除染装置は、ブラシ横行部、寄り付き駆動部、制御盤等から構成される。

ブラシ横行部には、当社で導入実績のあるウェル・D/SP 壁面除染装置のロールブラシや横行機構の技術を流用した。遠隔搬送装置は壁面に精度よく寄り付くことが困難であるため、装置に寄り付き駆動部を設けた。また、遠隔搬送装置が壁面に傾いて接触することを考慮し、ブラシ面が傾斜に追従する機構とするとともに、距離センサや荷重検知機構により遠隔搬送装置の許容水平荷重を超えない制御方法とした。写真2に壁面ブラシ除染装置外観（側面）、写真3に壁面ブラシ

除染装置外観（遠隔搬送装置搭載時）、表 6 に壁面ブラシ除染装置の主な仕様を示す。

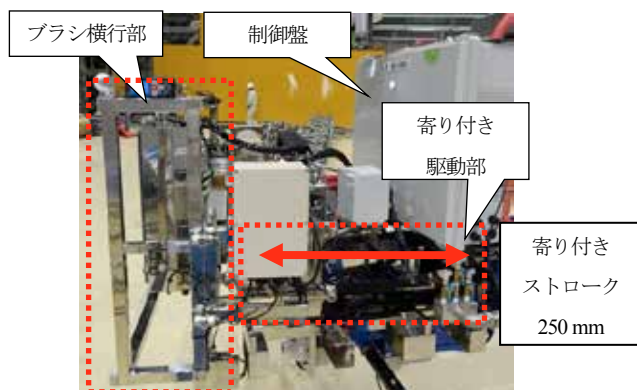


写真 2 壁面ブラシ除染装置外観（側面）

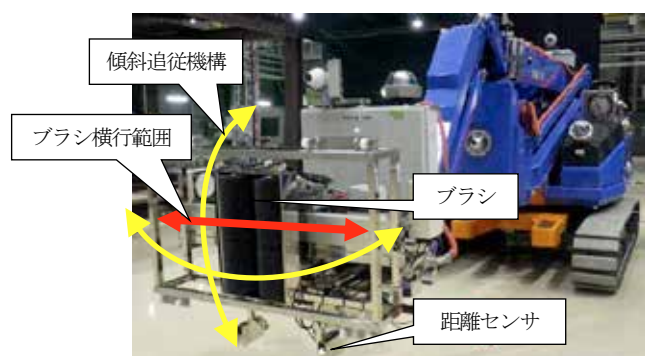


写真 3 壁面ブラシ除染装置外観
（遠隔搬送装置搭載時）

表 6 壁面ブラシ除染装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W1,383×L1,121×H1,248 mm
質 量	220 kg

2) 壁面散水除染装置

壁面散水除染装置は、3 台の散水ノズルを搭載することにより広範囲に散水除染を行う。表 7 に壁面散水除染装置の主な仕様、図 2 に壁面散水除染装置概要図を示す。

表 7 壁面散水除染装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W620×L560×H750 mm
質 量	36.5 kg

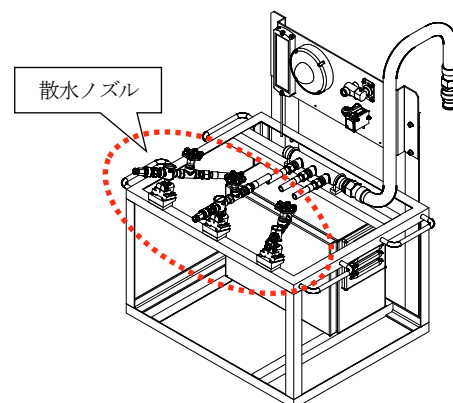


図 2 壁面散水除染装置 概要図

(4) 床面除染装置

床面除染装置は、走行ユニットと除染ヘッドから構成される。

走行ユニットには遠隔操作に必要なカメラ及び照明をユニット前後に搭載した。また、介助用の遠隔操作ロボットにてユニットを持ち上げ、段差を乗り越える運用とするため、把持部を設けた。なお、推力増加のため、走行部に重りを搭載している。図 3 に走行ユニットの概要図、表 8 に走行ユニットの主な仕様を示す。

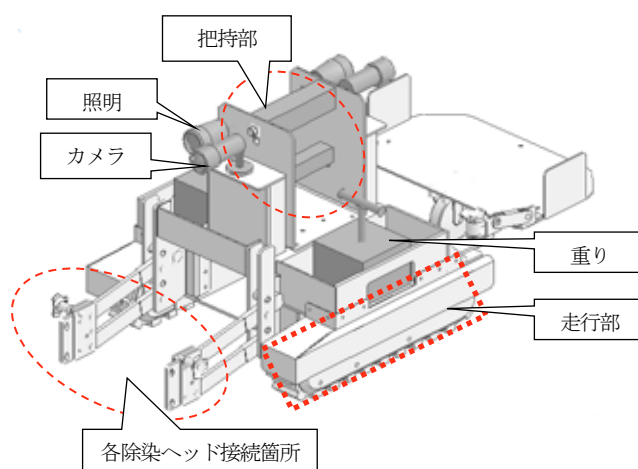


図 3 走行ユニット 概要図

表 8 走行ユニットの主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W455×L900×H405 mm
質 量	約 29 kg

除染ヘッドは除染工法に合わせブラシヘッド、高圧水ヘッド、乾式吸引ヘッド、湿式吸引ヘッドの 4 種類を開発した。写真 4 に除染ヘッド外観、表 9 に除染ヘッド機能を示す。

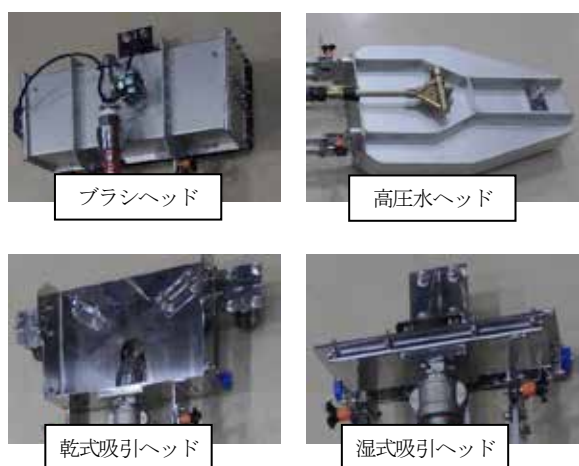


写真4 除染ヘッド外観

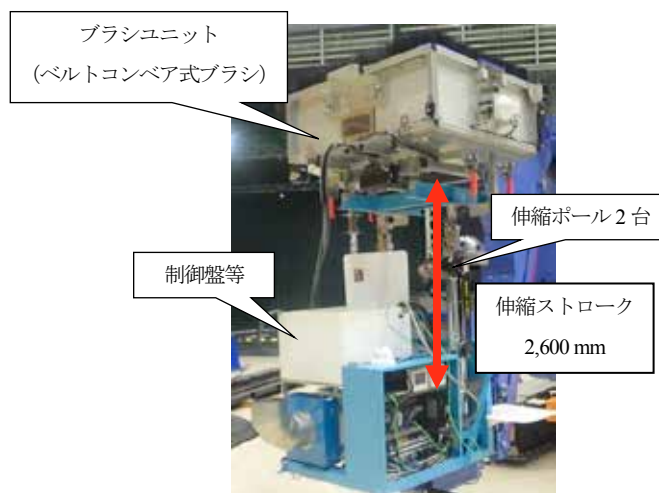


写真5 天井除染装置外観

表9 除染ヘッド機能

項 目	機 能
ブラシヘッド	ブラッシングにより遊離性・固着性汚染を除去
高圧水ヘッド	高圧水により遊離性汚染を除去
乾式吸引ヘッド	吸引ブロアと接続し、遊離性汚染を除去
湿式吸引ヘッド	吸引ブロアと接続し、除染水を回収

表10 天井除染装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W1,060×L1,341×H1,900 mm
質 量	195 kg

(5) 天井、トラス、天クレ除染装置

天井、トラス、天クレ除染装置は、除染対象箇所に応じた塗膜片をブラッシングするため、3種類の装置を開発した。遠隔搬送装置は除染対象に精度よく寄り付くことが困難であるため、各装置に寄り付き駆動部を設けた。

1) 天井除染装置

天井除染装置は、ブラシユニット、寄り付き駆動部(伸縮ポール)、制御盤等から構成される。

トラスとの干渉を回避し除染面積を拡大させるため、ブラシユニットを伸縮ポールにより直上に昇降させる寄り付き方法を採用した。ブラシユニットは、昇降ストローク(2,600 mm)を安定して昇降させるため、モータ台数が少なく軽量のベルトコンベア式ブラシを採用した。また、天井との接触に距離センサや荷重検知機構を取り付け、遠隔搬送装置の安定性を確保した。写真5に天井除染装置外観、表10に天井除染装置の主な仕様を示す。

2) 天クレ下部・トラス除染装置

天クレ下部・トラス除染装置は、ブラシユニット、寄り付き駆動部、制御盤等から構成される。

ブラシユニットは壁面・床面除染装置と同様にロールブラシを使用し、寄り付き駆動部により直上に昇降する機構とした。

剥離した塗膜片の飛散防止策として、天クレ下部にはブラシユニットの4辺を除染対象に接触させ飛散を防止する。トラスは幅が3種類あるため、トラス幅に応じたカバーをユニット開口部に取り付け飛散を防止する。写真6に天クレ下部・トラス除染装置外観、写真7にブラシユニット(カバー取り付け後)、表11に天クレ下部・トラス除染装置の主な仕様を示す。

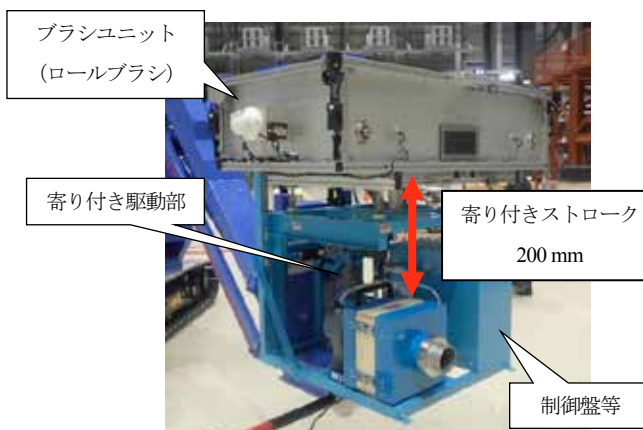


写真6 天クレ下部・トラス除染装置外観

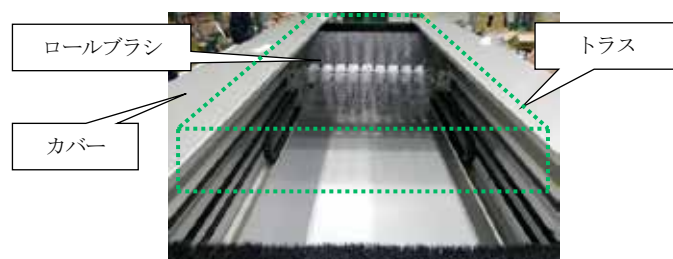


写真7 ブラシユニット（カバー取り付け後）

表11 天クレ下部・トラス除染装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W1,260×L850×H1,243 mm
質 量	159 kg

3) 天クレ側面除染装置

天クレ側面除染装置は、ブラシユニット、寄り付き駆動部、制御盤等から構成される。

ブラシユニットは壁面・床面除染装置と同様にロールブラシを使用し、寄り付き駆動部により水平にスライドする。装置が天クレ側面に接触や離れる場合、塗膜片が落下する可能性があるため、可動式の受け皿を設けた。写真8に天クレ側面除染装置外観、表12に天クレ側面除染装置の主な仕様を示す。

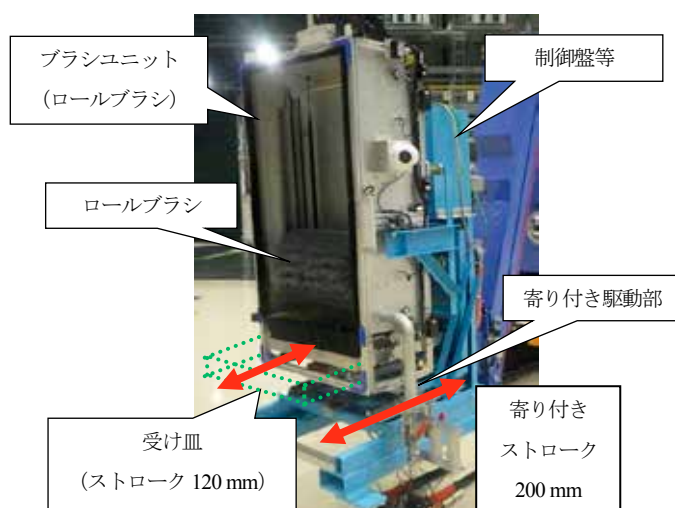


写真8 天クレ側面除染装置外観

表12 天クレ側面除染装置の主な仕様

項 目	仕 様
外形寸法	W730×L795×H1,550 mm
質 量	154 kg

(6) 低所壁面、狭隘部用除染治具

低所壁面や狭隘箇所を対象に遠隔操作ロボットで運搬する小型の除染治具を開発した。除染治具は低所壁面除染治具、高圧水除染治具、吸引除染治具の3種類を開発した。また、オペフロ内でダストが発生した際にダスト抑制用にミスト散水を行う治具を開発した。

表13に除染治具の主な仕様を示す。

低所壁面除染治具は、床面から高さ約1mの範囲の壁面をロールブラシにより除染する。遠隔操作ロボットで除染対象に押し付けて除染するため、把持部に直動機構を設け、治具の破損を防止する構造とした。直動機構は高圧水除染治具、吸引除染治具にも採用した。写真9に低所壁面除染治具外観を示す。

高圧水除染治具は、FHM レール溝やコーナー部に対して高圧散水を行う。配管内部に高圧水ノズル、配管先端にブラシを取り付けることで高圧散水時に水が飛散しない構造とした。写真10に高圧水除染治具外観を示す。

吸引除染治具は、FHM レール溝やサービスボックス内の残置物、汚染水の吸引回収を行う。吸引口の先端はブラシ構造とホース構造の2種類開発し、遠隔操作ロボットでの作業性が高いホース構造を採用した。

表13 除染治具の主な仕様

項 目	外形寸法
低所壁面除染治具	W457×L471×H463 mm
高圧水除染治具	W100×L1,050×H338 mm
吸引除染治具	W100×L1,006×H 291 mm



写真9 低所壁面除染治具外観

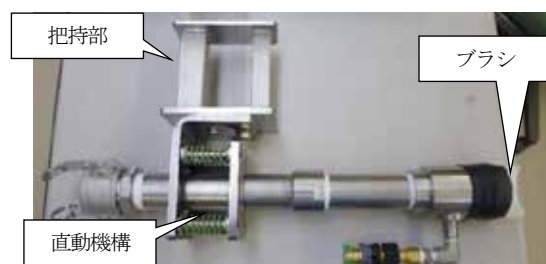


写真10 高圧水除染治具外観

4 モックアップ検証

今回開発した装置は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の櫛葉遠隔技術開発センター（NARREC）内でモックアップ検証を行った。

モックアップのレイアウトを図4に示す。

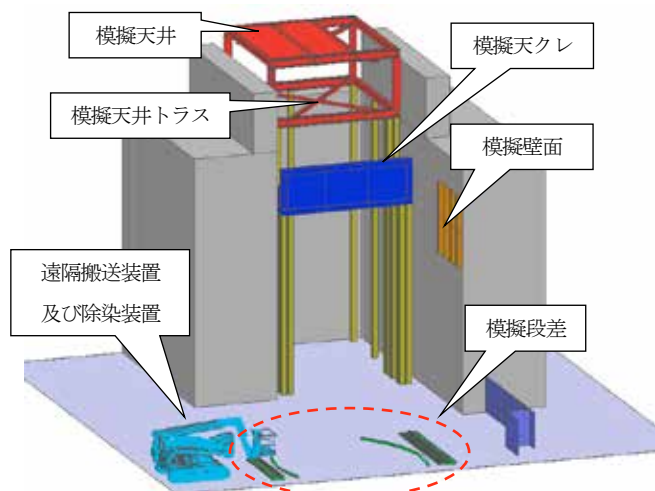


図4 モックアップのレイアウト

検証では、遠隔搬送装置と各除染装置を組合せ、模擬段差の乗越え、模擬除染対象へのアクセスや除染作業を実施し、設定とおりであることを確認した。写真11に模擬段差の乗り越え検証の様子、写真12に模擬天井アクセスの様子を示す。

なお、モックアップにより遠隔搬送装置や除染装置の操作訓練も実施した。

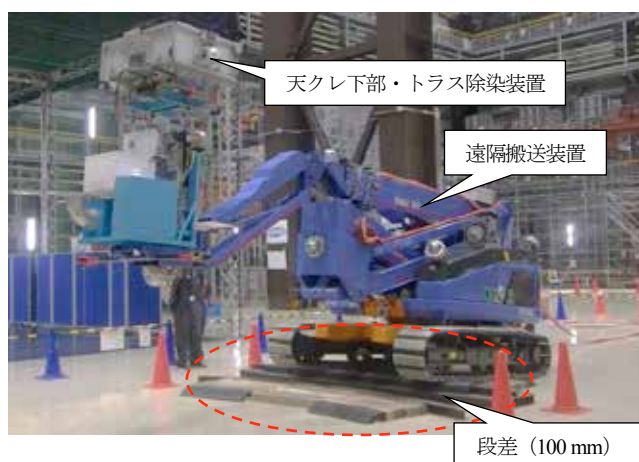


写真11 模擬段差の乗越え検証

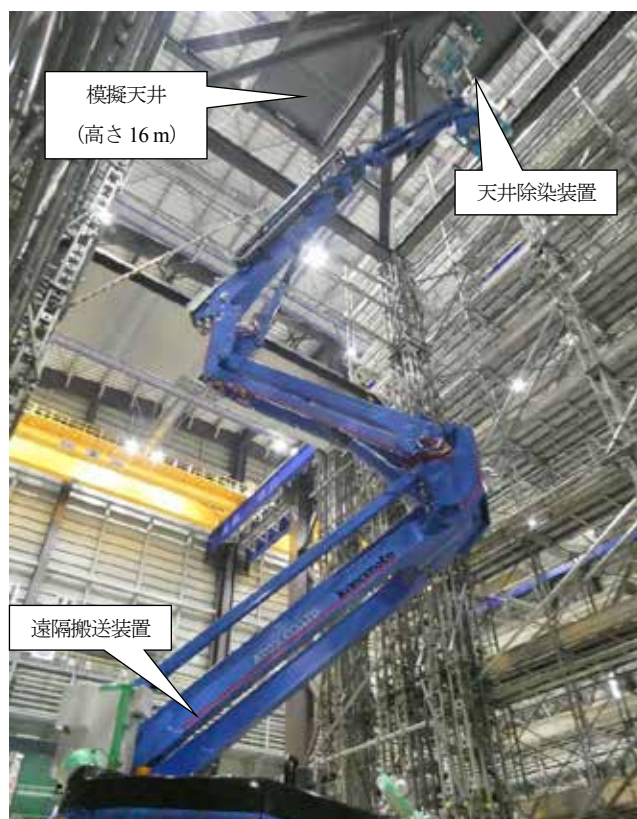


写真12 模擬天井アクセス

5 今後の展開

製作した各装置は2021年8月より福島第一原子力発電所2号機オペフロ除染作業に導入し、除染作業の完遂を目指す。

また、本件名で得られた高所作業車遠隔化及び除染装置開発のノウハウを活かし、今後の高線量環境下における高所部の調査、除染作業への展開を図る。



執筆者／技術開発センター
運用技術 Gr.

伊藤 俊介



技術開発センター
遠隔技術 Gr.

蓮見 忠之



技術開発センター
遠隔技術 Gr.

松元 絢也

N-Visage システムを用いた遮蔽シミュレーション

Shielding Simulation Using the N-Visage System

福島第一原子力発電所のプロセス主建屋において、機器撤去や処理設備設置に向けた作業エリアでの線量低減が計画されている。同エリアは高線量率場で人の立ち入りが困難であるため、N-Visage システムを用いた線量率調査及び汚染分布解析を行い、同エリア内に影響を及ぼしている原因・場所を特定した。さらに、解析結果から放射線遮蔽シミュレーションを行い、同エリア内の線量低減に向けた工法を検討立案した。

キーワード：福島第一原子力発電所、N-Visage システム、線量率調査、プロセス主建屋

In the process main building of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, dose reduction works have been planned for the work area toward equipment removal and installation of treatment facilities. Since it is difficult for workers to access the work area due to high radiation dose rate, the N-Visage system was used for dose rate survey and contamination distribution analyses to identify causes and positions which influence on the work area. In addition, a radiation shielding simulation was performed based on the results of the analyses, and a method for the reduction of radiation dose rates in the work area was studied and planned.

Key Words : Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, N-Visage System, Dose rate survey, Process Main Building

1 背景と目的

2018 年度より福島第一原子力発電所内のプロセス主建屋内の調査作業が続けられている¹⁾。機器の撤去作業に向けて、撤去物の対象範囲及び作業エリアに該当する DAF[※] 周辺の線量率測定を行った。さらに、測定データの解析に基づき遮蔽体設置のシミュレーションを行うとともに、作業エリア内の線量低減に向けた作業工法の検討立案を行った。

2 測定解析結果と線量低減対象エリア

N-Visage システムで取得した図 1 に示す DAF 周辺のオーバーレイ画像[※]から、北側下部にホットスポットが確認された。線量解析によると DAF 北東側で最大 72mSv/h であった。図 2 に示す青破線枠が作業予定エリアであり、線量率を 1mSv/h 以下に低減することが目標である。他にも汚染箇所は存在するが、作業エリアの線量率に大きく寄与しているのは DAF であることから、この寄与への対策が本検討の主体となった。



図 1 取得したオーバーレイ画像

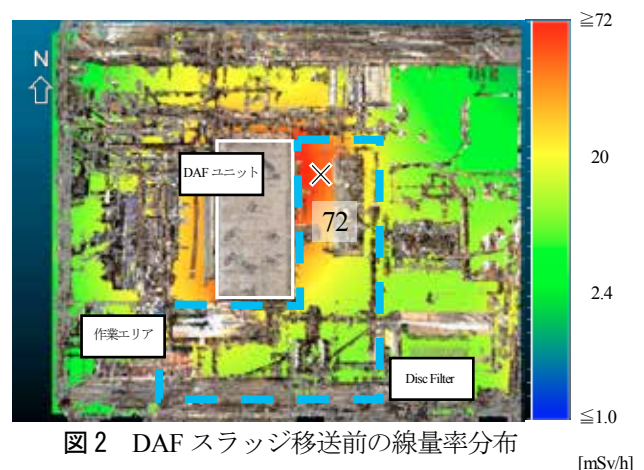


図 2 DAF スラッジ移送前の線量率分布

3 線量低減作業と解析シミュレーション

(1) 線量低減作業 (DAF 内スラッジ移送)

水中カメラで撮影された DAF 内部には水とスラッジが確認されたため、DAF 内のスラッジを地下の D ピットへ移送する作業が行われた。スラッジ移送後の再測定で得られた図 3 のオーバーレイ画像では、図 1 で見られた DAF 下部に伸びるホットスポットは無くなった。

測定データを解析し、スラッジ移送前後の線量率分布を比較すると、図 2 のスラッジ移送前は DAF 周辺で高い線量率を示す赤～橙色の分布に対して、図 4 のスラッジ移送後は同じレンジで中程度の線量率分布を示す緑色に変化した。



図3 DAF スラッジ移送後のオーバーレイ画像

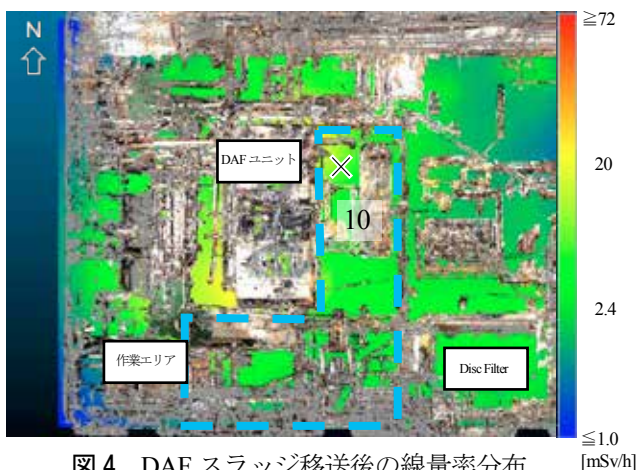


図4 DAF スラッジ移送後の線量率分布

作業エリア外では20mSv/h以上の線量率が一部確認できるが、DAF北東側の線量率は10mSv/h程度になっており、スラッジをDピットへ移送したことで、作業エリアの線量率を低減することができた。

(2) 放射線遮蔽シミュレーション

スラッジ移送作業を実施したことで、作業エリア内の線量率は高くても10mSv/hまで低減できたが、目標線量率である1mSv/h以下には到達できていない。さらなる低減のために、作業エリア周辺を取り囲む遮蔽体設置を想定し、N-Visageシステムによる線量低減シミュレーションを実施した。計算条件は、遮蔽体として厚さ45mmの鉄を用い、作業エリア内にある撤去対象機器は、汚染が無い設定とした。

放射線遮蔽シミュレーションの結果を図5に示す。今回は、DAFの周囲と建屋南側の機器を遮蔽することで、作業エリア内の線量率を2mSv/h程度まで低減できることが分かった。図5の赤破線枠内も遮蔽体設置の予定であったが、線量解析で東側からの影響が少ないことから、今回のシミュレーションでは遮蔽体を設置しないこととした。

作業エリア内の線量率分布は遮蔽体設置前と比べて低線量率（青色）に変化していることが分かる。

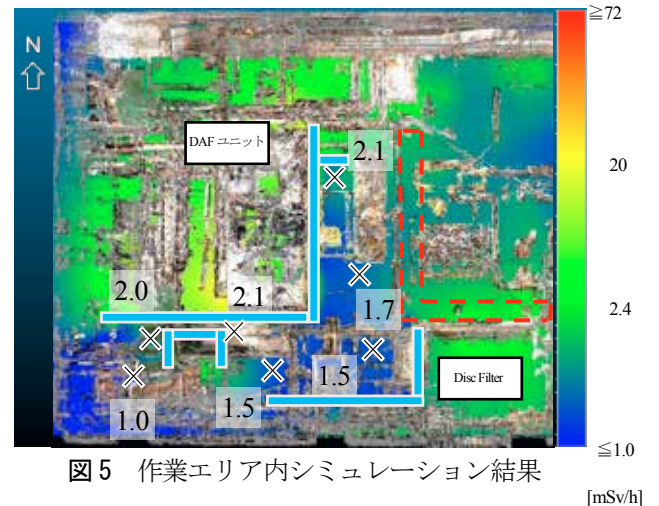


図5 作業エリア内シミュレーション結果

4 結 語

N-Visageシステムを用いてプロセス主建屋の調査データを解析し、作業エリア周辺の線源位置・強度を特定した。主たる線源であるDAF内のスラッジを移送したことで、作業エリアの線量率を10mSv/h程度まで低減できた。さらに、放射線遮蔽シミュレーション結果より、作業エリア周辺への遮蔽体の設置で2mSv/h程度まで低減されるだろう。目標線量率である1mSv/h以下の達成には、遮蔽体の設置以外にも作業エリア周辺の機器撤去や除染を組み合わせる必要がある。

今回の線量低減に向けた作業工法の検討では、N-Visageシステムによる遮蔽シミュレーションが有効であった。今後、ほかの建屋の線量低減に対しても、N-Visageシステムの活用が大いに期待できる。

【用語の解説】

- ※1 DAF : Dissolved Air Flotation (加圧浮上分離装置)。
- ※2 オーバーレイ画像:パノラマ写真に測定点への線量寄与の強さを色で重ねた画像。

参考文献

- 1) 佐野優太郎, プロセス主建屋Dピット周辺除染業務, アトックス技報, No.11, pp4-5, (2019).



執筆者／事業開発部

ESCA 解析 Gr. 石川 晃大



事業開発部

ESCA 解析 Gr. 五味 正博



事業開発部

ESCA 解析 Gr. 河野 秀紀

【橋梁検査技術】

1960年代後半から、わが国の高度経済成長期に橋梁をはじめとする多数の社会基盤構造物が建造され、社会の発展を支えてきましたが、近年劣化が目立ち始め、不具合や事故が散見されるようになってきています。

本技術は、これらを背景に鉄筋コンクリート構造物(特に橋梁)の耐荷性能に影響を及ぼす鋼材の状態を可視化することに主眼を置いたもので、X線源を用いた非破壊検査技術です。

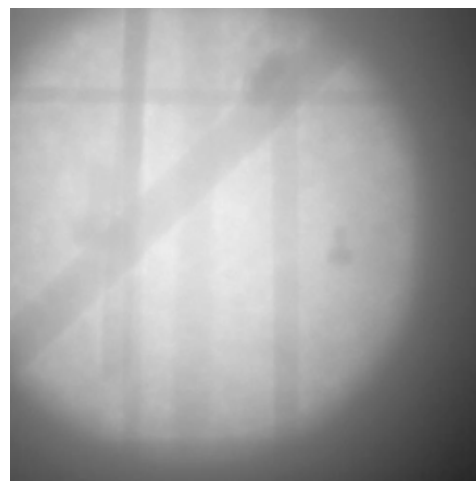
現在使用中のX線装置は2種類あり、ひとつは9.3 GHz, 300 kW (peak) のマグネトロンを高周波源とし、最大 950 keV、50 mGy/min @ 1 m の950 keV X線システム、もうひとつは、9.3 GHz, 1.5 MW (peak) のマグネトロンを高周波源として使用した 3.95 MeV X線システムです。これらはともに屋外使用が出来るよう、装置サイズ、重量を考えられ製作されたものです。

(法令では、原子力規制委員会に届け出を行えば4MeV以下の放射線の屋外使用ができることになっています)

放射線のエネルギーは透過性に影響を及ぼすため、橋梁検査においてはコンクリート厚が約400mmまでは950keVを、それ以上は3.95MeVを使用しています。ただ3.95MeVを橋梁検査に使用する場合には、放射線規制区域の設定が必要になるため、どちらか一方の走行車線を通行止めにするなどの処置が必要になり、950keVを使用するよりも大がかりなものになります。

鋼材の状態を判断するポイントは2点あり、1点が腐食による鋼材の断面欠損と、もう1点が腐食に繋がる隙間の存在です。これらを精度よく把握するためには、X線撮像技術のほかに画像処理技術も必要になります。

現在、数百mm厚のコンクリートの実用的な非破壊検査技術として、高エネルギーX線源を用いた方法以外は困難です。鋼材1本1本を正確に、かつ高コントラストで撮像するだけでなく、鋼材周辺の部材や隙間を詳細に把握するためには、重なった鋼材の分離撮像やパノラマ撮像などの技術的課題もあり、これらを一つ一つ改良し積み重ねてゆくことで、より安定的なビジネス化が可能になると考えられます。



橋梁コンクリート内部のX線撮像

【もんじゅ廃止措置に向けた残存ナトリウムの可視化】

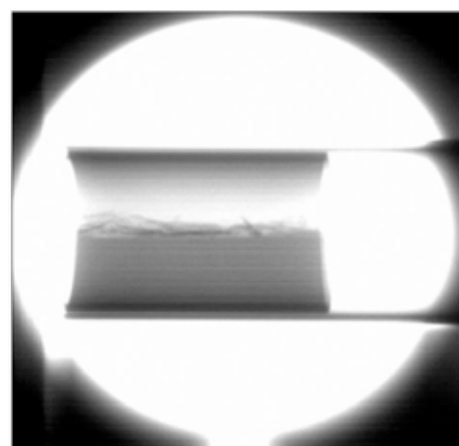
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の高速増殖原型炉もんじゅは、原子力規制委員会より2018年に廃止処置の許可を受けた施設です。

これからの廃止処置のための重要なテーマのひとつとして、ステンレス材配管内の残存ナトリウムの把握があります。

配管内の残存ナトリウムは、空気中の水分と反応して水素を発生させることから、配管を電動工具で切断した際、火花が水素に引火して爆発的に発火する危険性があります。また仮に配管が切断できたとしても、その後の金属ナトリウムが空気中の水分と反応して水素が発生し、反応熱により発火する危険性もあります。

今回、基礎実験として、実際の配管状態を想定したサンプルを用い、内部構造の撮像を高エネルギーX線源で行いました。ステンレス材とナトリウムは比重差が大きいため、透過された画像は16bit階調の高コントラストなものとなります。このレベルの画像を用いれば、配管などの切断前にナトリウムの存在が把握でき、事故につながる可能性を下げる事が出来ると考えられます。

実際に行うには、検査効率など生産性を考慮する必要がありますが、本内容は実現性のある方法です。



配管内のナトリウム撮像

【クリアランスのための放射能測定装置開発状況】

原子力発電所の運転・廃止措置に伴って発生する廃棄物の一部を、放射性廃棄物として廃棄するのではなく資源として再利用することを目的に、放射能が基準値未満であることを確認するための測定装置を開発しています。

上下各2台のGe半導体検出器における2回測定により、200～1,000kgの鋼材を一度に測定することができます。クリアランス対象物を収納する専用ボックスは内寸1,245.4mm×1,245.4mm×562.7mmであり専用ボックス内の位置により検出効率が大きく異なるため、放射性物質の位置によらず安全側評価を行うために、安全係数を高めに設定する必要がありました。そこで、放射性物質の位置を段階的に追跡し、特定する手法（下図参照）を開発しました。更に検出が容易な区画と困難な区画とで安全係数に差をつけることで、過小評価を防ぎ、より妥当な放射能評価を行うことが可能な装置となっています。



クリアランス用測定装置全景



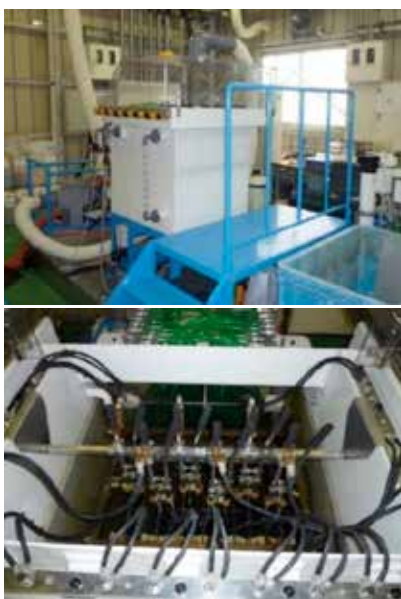
放射性物質の段階的な追跡イメージ

【廃液非排出型電解除染装置のご紹介】

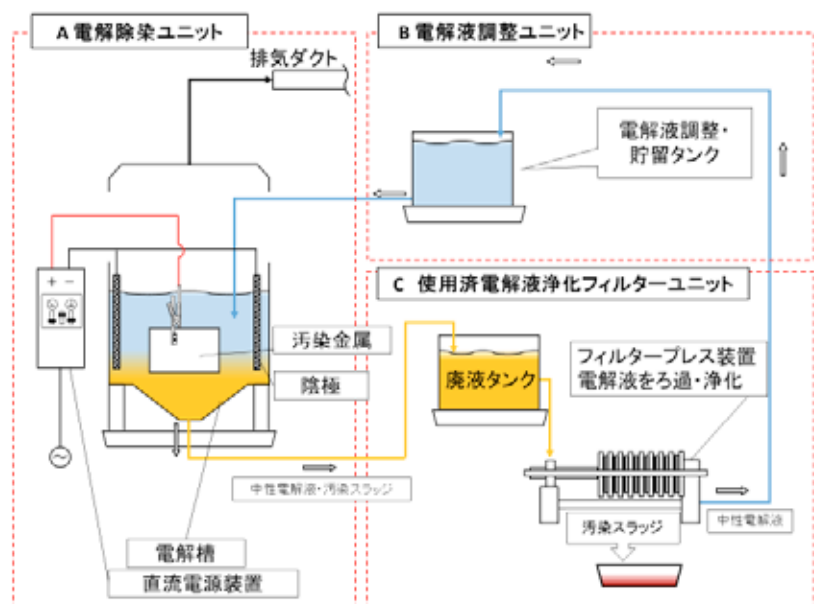
当社では古くから電解除染工法について研究を重ねてきました。電解除染は廃液の排出がネックと言われていましたが、現在では電解液の組成を大幅に見直し、廃液を排出しない次世代の除染工法として確立されました。

電解除染工法は、金属廃材（主にステンレス材）の除染に大変有効です。金属表面を電気化学的に溶解し汚染を除去するため、コンタミやダストの発生が少なく高汚染～低汚染物品まで幅広く対応しています。遠隔除染にも対応するので、高線量物品の除染にも適しています。除去された汚染物質は電解液中で粒子状の水酸化金属となり、フィルター等で分離することで電解液は何度でも再利用可能です。

今後、廃止措置関連の除却工事での活躍が期待されております。



上段：電解槽 下段：槽内部



廃液非排出型電解除染装置 概念図

アトックスの概要

商 号	株式会社アトックス																												
所 在 地	〒108-0014 東京都港区芝四丁目 11 番 3 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	<table> <tr> <td>代表取締役社長</td><td>矢口 敏和</td></tr> <tr> <td>専 務 取 締 役</td><td>上田 諭</td></tr> <tr> <td>常 務 取 締 役</td><td>土堂 広一</td></tr> <tr> <td>常 務 取 締 役</td><td>原 徹徳</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>伊東 一昭</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>紺谷 修二</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>須賀 正和</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>飯嶋 康之</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>中里 誠</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>藤井 浩</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>大澤 高志</td></tr> <tr> <td>取 締 役</td><td>吉谷 裕二</td></tr> <tr> <td>監 査 役</td><td>伊藤 克己</td></tr> <tr> <td>相 談 役</td><td>鈴木貞一郎</td></tr> </table>	代表取締役社長	矢口 敏和	専 務 取 締 役	上田 諭	常 務 取 締 役	土堂 広一	常 務 取 締 役	原 徹徳	取 締 役	伊東 一昭	取 締 役	紺谷 修二	取 締 役	須賀 正和	取 締 役	飯嶋 康之	取 締 役	中里 誠	取 締 役	藤井 浩	取 締 役	大澤 高志	取 締 役	吉谷 裕二	監 査 役	伊藤 克己	相 談 役	鈴木貞一郎
代表取締役社長	矢口 敏和																												
専 務 取 締 役	上田 諭																												
常 務 取 締 役	土堂 広一																												
常 務 取 締 役	原 徹徳																												
取 締 役	伊東 一昭																												
取 締 役	紺谷 修二																												
取 締 役	須賀 正和																												
取 締 役	飯嶋 康之																												
取 締 役	中里 誠																												
取 締 役	藤井 浩																												
取 締 役	大澤 高志																												
取 締 役	吉谷 裕二																												
監 査 役	伊藤 克己																												
相 談 役	鈴木貞一郎																												
従業員数	1,771 名 [2021（令和 3）年 9 月末 現在]																												
沿 革	<table> <tr> <td>1953（昭和 28）年 10 月</td><td>株式会社ビル清掃設立</td></tr> <tr> <td>1964（昭和 39）年 9 月</td><td>株式会社ビル代行に商号変更</td></tr> <tr> <td>1967（昭和 42）年 4 月</td><td>本社に原子力部を設置</td></tr> <tr> <td>1980（昭和 55）年 9 月</td><td>株式会社ビル代行原子力部門を分離、株式会社原子力代行を設立</td></tr> <tr> <td>1988（昭和 63）年 8 月</td><td>千葉県柏市に技術開発センターを開設</td></tr> <tr> <td>1993（平成 5）年 6 月</td><td>株式会社アトックスに商号変更</td></tr> <tr> <td>2008（平成 20）年 8 月</td><td>技術開発センターを拡充し現在地に移転</td></tr> <tr> <td>2014（平成 26）年 7 月</td><td>本社を東京都港区に移転</td></tr> </table>	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、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	2014（平成 26）年 7 月	本社を東京都港区に移転												
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、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																												
2014（平成 26）年 7 月	本社を東京都港区に移転																												
関連会社	グローブシップ株式会社 株式会社エフ・ティ販売 株式会社 Orano ATOX D&D SOLUTIONS Co., Ltd.（略称 ANADEC） 株式会社西日本クリエイト 株式会社青森クリエイト 株式会社福島クリエイト																												

複製をご希望の方へ

株式会社アトックスは、本誌掲載著作物の複製に関する権利を一般社団法人学術著作権協会（JAC）に委託しています。

本誌に掲載されている著作物の複製を希望する場合は、事前に JAC の許諾を受けてください。

一般社団法人学術著作権協会（JAC）

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル

Fax : 03-3475-5619 E メール : info@jaacc.jp

ただし、複製以外の引用・転載・翻訳等に関しては、直接、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、国立研究開発法人 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)ジー・サーチの JDreamIII を通じて、“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.13 2021

令和 3 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

FAX 04-7145-3649

ATOX TECHNICAL REPORT

No.13 December 2021

Published and Edited by

Engineering Research & Development

Center

ATOX Co., Ltd.

1201 Takata, Kashiwa-shi, Chiba 277-0861

TEL +81-4-7145-3330

FAX +81-4-7145-3649

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。

人×技術で Next Stage へ



株式会社 アトックス