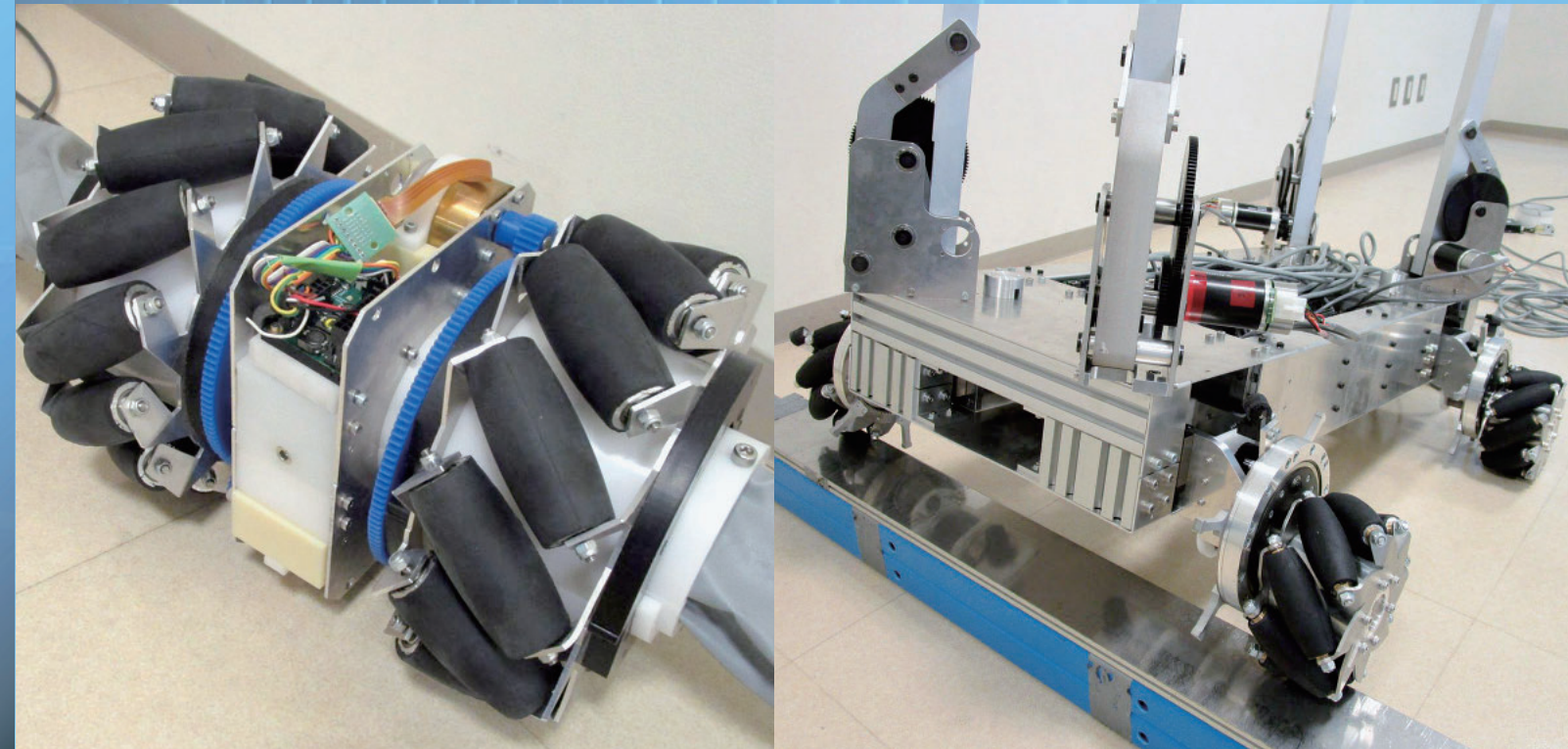


# アトックス技報

ATOX TECHNICAL REPORT

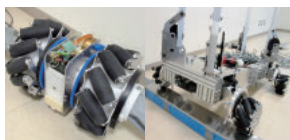
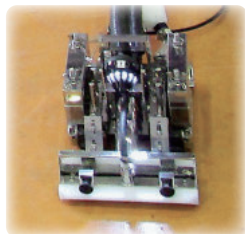
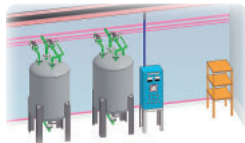
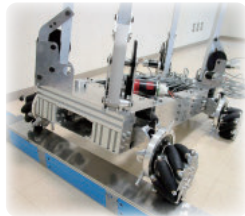
No. 8 2016



株式会社アトックス  
技術開発センター



頁/Page	<b>巻頭言</b>	<i>Preface</i>
1	Structuring and positioning for Fukushima challenge	
	<b>研究開発成果</b>	
	<i>R &amp; D Activities</i>	
2	コンクリートガレキ除染工法の検討 Examination of Surface Removal Technology for Contaminated Concrete Rubbles	
4	遠隔装置のための走行機構の開発 Development of Traveling Mechanism for Remote Control Equipment	
6	可搬型遮蔽体の開発 Development of Portable Radiation Shield	
8	原子炉建屋用昇降リフターの開発 Development of Elevating Lifter using in the Reactor Buildings	
10	使用済中性子検出器解体処理におけるBF <sub>3</sub> ガス安定化処理装置の開発 Development of BF <sub>3</sub> Gas Stabilization Apparatus for Spent Neutron Detector Dismantlement	
12	廃止措置工事の標準書作成 Planning Procedure Manual of Decommissioning Work	
14	医療用サイクロトロン施設向け放射化低減用中性子遮蔽体の開発とその評価 Development of a Neutron Shield for Activation Reducing in a Medical Cyclotron Vault and its Evaluation	
	<b>トピックス</b>	
	<i>Topics</i>	
18	「福島第一廃炉国際フォーラム」で技術開発成果を紹介	
18	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門で『技術業績賞』を受賞	
19	「福島県廃炉・除染ロボット技術研究会」が技術開発センターをご視察	
19	ANADEC：第3回エキスパートミーティングの開催	
	<b>アトックス情報</b>	
	<i>ATOX Information</i>	
20	技術開発センター各部における技術開発の取り組み状況	
21	技術開発センター紹介DVDを更新	
22	技術開発センターにおける化学分析等の業務の取り組み	
23	福島復興支社が新社屋に移転、廃炉と福島復興事業に総力	
23	頭部専用PET装置の実用化研究に着手	
24	登録特許一覧	
25	特許の紹介	
26	アトックスの概要	



**【表紙画像の説明】**

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内の段差や不整地を走破可能な走行機構を、千葉工業大学との共同研究により開発しました。画像の右側は走行装置が段差を走破している様子、左側はホース・ケーブル駆動装置の外観です(pp.4-5 参照)。

(バックエンド技術部 要素機器開発Gr. 加藤清朗、技術開発センター 勝沼好夫 編集)

## Structuring and positioning for Fukushima challenge

AREVA ATOX D&D SOLUTIONS Co., Ltd. (ANADEC)  
Vice President François ROUX



I had the honor to join the ANADEC fate in 2014, just after it was established by ATOX and AREVA. This is a great experience on many aspects.

ANADEC is shaped by a handful of motivated and dedicated people mainly from Japan, and few from France as well. ANADEC takes benefit from the respective culture of its Japanese and French members, far beyond the usual stereotypes that are attached to each nation. The identity of ANADEC was progressively clarified and embedded separately from its mother companies throughout of the team work and processes defined for the good management of the company. I fully appreciate and enjoy the strong and fair professional relationship I did establish with my ANADEC colleagues and with ATOX representatives as we jointly progress in such development.

ANADEC is also a unique opportunity for me to discover and be involved in the huge project and challenge of the Fukushima Decommissioning Project.

ANADEC is setting connections with TEPCO, IRID, manufacturers and construction companies, either on Fukushima site and in the headquarters.

Beyond its privileged relationship with its two mother companies, ANADEC is also developing connections with an international array of subcontractor like engineering companies or technology providers.

As ANADEC team got a better perspective of the Fukushima market's needs and players, it became obvious that ANADEC's most promising position is providing services in Decommissioning Field Engineering and relating site works.

Field engineering means developing and implementing short term and pragmatic solutions for new challenges in site works, that are emerging along with the progress of the decommissioning.

Such solutions are either based on AREVA existing technologies, such as extensive decontamination using chemicals, force feedback robot arm for remote controlled site work that requires special precision and flexibility, ..., or on technologies proposed by AREVA's subcontractors like Globall system for dose rate investigation, surveillance and dose integration reduction, Permeable Reactant Barrier in soil for water treatment.

Using such technologies, ANADEC will open the door to a new range of services and operations by ATOX, that will fulfil the next step in the Fukushima site remediation sequence: work inside the turbine and reactor buildings and on highly contaminated equipment.

These technologies and ANADEC's connections will similarly open new doors in the Dismantling and Decommissioning of the commercial reactors that is blooming in Japan.

This business direction is the result of the Fukushima site understanding and experience ANADEC team built jointly under the wise guidance of President Fujikawa.

This is the last but not the least fold of my tremendous experience in ANADEC, I wished to share with you today, and this is my tribute to each ANADEC team member.

December 2016

# コンクリートガレキ除染工法の検討

## Examination of Surface Removal Technology for Contaminated Concrete Rubbles

福島第一原子力発電所で発生したコンクリートガレキは、汚染レベルごとに保管管理されており、破碎処理によって減容される予定である。しかし、高線量区分のコンクリートガレキは、破碎の前に表面汚染を除去することで下位の線量区分への移行が期待でき、高線量廃棄物の低減につながると考えられる。本研究では、コンクリートガレキの表層除去技術について調査及び性能試験を行い、高線量コンクリートガレキの表面除染への適用性を確認し、実用化への課題を抽出した。

キーワード：福島第一原子力発電所、高線量コンクリートガレキ、破碎、表層除去

In Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, contaminated concrete rubbles stored will be reduced by crushing. About the high level radioactive concrete rubbles, these can expect a category shift to the lower dose of radioactivity division by removing surface contamination before crush, and it is thought that it leads to a decrease of the high level radioactive waste. In this study, a survey and testing were carried out about surface removal technology for the concrete rubbles to confirm applicability for decontaminate the surface of the high level radioactive concrete rubbles, and extract a problem to practical use.

Key Words : Fukushima Daiichi NPS, High Level Radioactive Concrete Rubbles, Crush, Surface Removal

### 1 背景と目的

福島第一原子力発電所で発生した高線量コンクリートガレキは、原子炉建屋内外に飛散し遠隔装置にて回収されたものが主であると考えられ、不定形状かつ人力で把持できる程度の大きさで想定される。

これらの表面汚染を除去し、低線量区分への移行を実現するため、コンクリートガレキ（以下、「ガレキ」という）の表層除去技術について調査し、適用性試験を行った。

「ショットブラスト工法」を、東京産業(株)を通じ(株)ニッチューの協力を得て選定した。以下に特徴を記す。また、試験装置の概要を図1に示す。

- ① 対象物を攪拌しながらブラスト投射するため、不定形状物の全表面を研削できる。
- ② 寸法 200mm 角以下の対象物を 70~100L 同時に処理することができる。
- ③ 対象物の自動投入及び自動排出の設計が可能
- ④ 密閉構造のため処理物の外部への飛散が少ない。
- ⑤ 研削材と異物の分別機構が充実にあり、研削材の健全性や機内の耐久性に配慮されている。

### 2 開発概要

#### (1) 開発要件

ガレキの特徴を踏まえ、表面研削性能、処理能力、作業性、作業員被ばく及び二次廃棄物量の観点から、以下の要件を満足する工法の調査を行った。

- ① ガレキの表面を均一に削れること
- ② 複数のガレキを同時に処理できること
- ③ 作業員が装置に近づくことなくガレキを出し入れできること
- ④ 汚染物質の飛散を抑制できること
- ⑤ 二次廃棄物の取扱いが容易で、メンテナンスの負担が少ないこと

#### (2) 工法概要

要件を満足する工法として、一般産業機械より複雑形状部品の錆・塗装落としなどに使用される「攪拌式

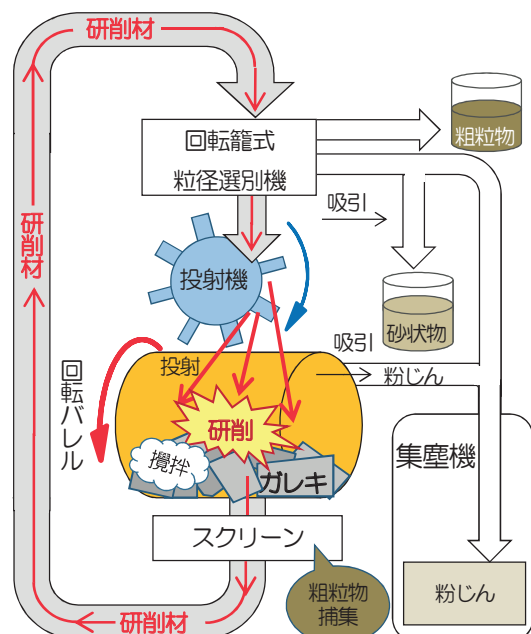


図1 攪拌式ショットブラスト試験装置の概要

(3) 適用性試験

攪拌式ショットブラスト工法によるガレキの表層除去性能を確認するため、塗装を施した模擬ガレキを用いて研削試験を行った。その際、研削深さの定量データを採取するため、模擬ガレキには直方体のサンプルブロックを混入させた。研削材と処理対象物の仕様を表1に示す。

表1 研削材及び処理対象物の仕様

項目	概略仕様・条件
研削材	形状：角を丸めた円柱状 材質：炭素鋼 粒径：1.0 mm 硬度：Hv650-750 投射量：80 kg/min
模擬ガレキ	寸法：□200×t60 mm 以下 1 バッチ投入量：100 L(空隙込み)
直方体サンプル	寸法：W150×L150×H100 mm

1) 試験結果

- ① 模擬ガレキの表面塗装をほぼ均等に除去できた。
- ② 平均深さ 2mm 以上を研削できた。
- ③ 100Lの模擬ガレキをバッチ処理できた。
- ④ 投射速度の増加に伴い研削量は増したが、研削深さの均一性は低下した。
- ⑤ 表層のセメント分の研削は容易であり、セメント分が除去されることで骨材が剥離した。
- ⑥ 削ったコンクリート片は分別機構にて捕集され、回収率は75~83%であった。

処理前後の模擬ガレキの外観、研削量の推移及び研削深さの分布を図2に示す。

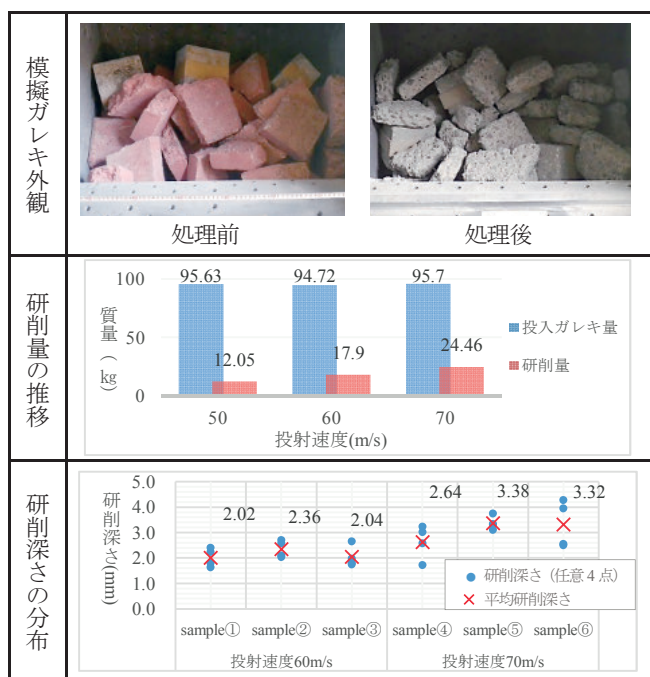


図2 試験結果抜粋

2) 考察

- ① ガレキの全表面に研削材が衝突しており、その均一性に大きな偏りはない。
- ② 壁面や床面のような型枠に当たっていた面に対しては、投射速度により研削深さのばらつきを調節でき、目標とする深さを研削できる。
- ③ 破断面に対しては、セメント分を削ることで骨材の剥離を発生させ、表層を除去できる。
- ④ 粒径選別と風力選別を備えた分別機構は、研削材とコンクリート片の分別においても有効であり、改良することで回収率の向上が期待できる。
- ⑤ 分別機能により研削材の健全性を維持できるためその交換頻度が減り、二次廃棄物の発生量を抑制できる。

(4) 実用化への課題と対策

分別機構で捕りきれずに研削材中に残留した砂類、細骨材等は投射機等の機内部品の消耗を早め、メンテナンス頻度や二次廃棄物の増大、ガレキの再汚染のリスクの要因となるが、風力選別機能の強化や磁力選別機を導入することで、これらのリスクを低減できると考えられる。

また、ガレキの研削では余分に削られる量が多いことから二次廃棄物量の増大が懸念されるが、研削深さのばらつきを抑えつつ処理量を確保できる投射条件を抽出することで抑制できる。

3 結語

これまでの実施結果より、攪拌式ショットブラスト工法は、コンクリートガレキに対する表層除去性能については有効と判断できる。

引き続き、課題として抽出したメンテナンス性、二次廃棄物量の低減、再汚染等への対策について、調査・試験を重ね、実機への適用性の向上を図り、概念設計を行う予定である。



執筆者/バックエンド技術部  
廃棄物処理設計 Gr. 長谷川 暁



執筆者/バックエンド技術部  
廃棄物処理設計 Gr. 櫻木 俊太



バックエンド技術部  
廃棄物処理設計 Gr. 柴田 浩平



# 遠隔装置のための走行機構の開発

## Development of Traveling Mechanism for Remote Control Equipment

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内は高線量環境であるため、遠隔操作装置による除染作業や調査作業等が必要である。建屋内への遠隔装置の適用には、装置が段差や不整地を走破できることや、ホース・ケーブルを柱や設備に干渉させないことが課題に挙げられる。本研究では、それらを解決するため「先頭走行装置」及び「ホース・ケーブル駆動装置」を開発した。

キーワード：走行装置、段差昇降、不整地走行、障害物回避

In Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, reactor buildings are high-dose environment area. So, decontamination and survey is needed to be done by remote controlled equipment. For this purpose, there are the problems of overcoming steps and uneven terrain in the buildings, and prevention of hoses and cables from interference with posts and various equipment. In this study, “Lead traveling equipment” and “Hoses and cables moving equipment” were developed.

Key Words : Traveling Equipment, Step Lift, Uneven Terrain Traveling, Obstacle Avoidance

### 1 背景と目的

福島第一原子力発電所原子炉建屋内の除染作業において、1階は当社で開発した小型遠隔除染装置 RACCOON 等による床面・壁面の除染が進められている。今後、中高所や上下階に対する除染や線量測定等が要求されると考えられ、建屋内の段差や不整地を走破可能な機構が必要である。

そこで、千葉工業大学工学部（現：先進工学部）未来ロボティクス学科米田研究室との共同研究にて、段差昇降機構や柱等によるホース・ケーブルの干渉や摩擦を低減させる装置を開発してきた<sup>1)</sup>。この装置をベースに、中高所除染装置や高所用線量測定装置等に適用できる遠隔走行機構を開発することを目的とする。

### 2 開発概要

#### (1) 装置要件

開発要件を以下に示す。

- ① 不整地の走行ができること
- ② 除染装置等の重量物を積載しても、走行及び段差昇降ができること
- ③ 積載物が不整地や段差等による走行装置の傾きに左右されずに姿勢を維持できること
- ④ ホース・ケーブルを柱や設置機器等の障害物に引っ掛からずに走行・牽引できること

#### (2) 装置の概要

開発した装置は、先頭走行装置とホース・ケーブルを自走させる駆動装置となる。

#### 1) 先頭走行装置

##### ① 走行部

アトックス技報 No.5にて、全方向に移動可能なメカナムホイールを車輪に採用し、段差昇降能力を補うため、突起が円周上に配置されているグローサホイールを用いた段差昇降機構を報告した<sup>1)</sup>。

本研究では、別々の機構であった段差昇降機構と走行機構を一体化させ、同一のモータで連動して駆動する機構として制御の簡略化を図った。また、走行機構と先頭走行装置の接続にダンパーとリニアガイドを利用したサスペンション機構を挟むことにより、常に車輪が地面に接地し、不整地の走行でも走行力の低下を防いだ。

さらに、メカナムホイールやグローサホイールの突起の強度を検討・設計することにより、先頭走行装置（重さ約 50kg）が約 45kg の重量物を積載した状態でも走行及び 100mm の段差を昇降できることを確認した。段差昇降時の装置外観を写真 1 に、一体化した走行機構を図 1 に、サスペンション機構を図 2 に示す。

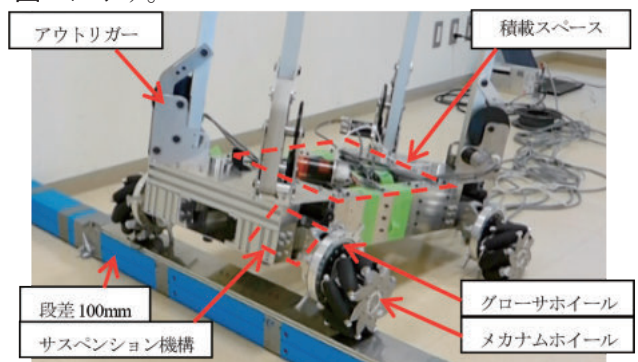


写真 1 先頭走行装置

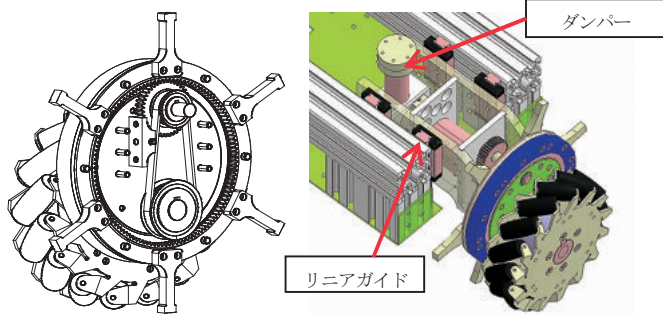


図1 一体化した走行機構 図2 サスペンション機構

② 左右方向の段昇降機構

メカナムホイールによる装置の左右方向の移動機能を活かして、左右方向の段昇降を可能とする機構を開発した。試験の様子を写真2に示す。

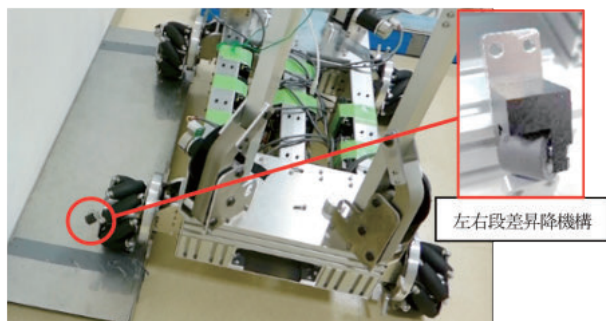


写真2 左右方向の段昇降

③ アウトリガー

不整地での高所線量測定等において走行装置の傾きの補正や転倒防止のため、リンク機構を併せたスイングアーム式のアウトリガーを開発した。走行装置の四隅で展開し、走行部を地切りさせることで装置を安定させる。アウトリガーの軌道を図3に、展開した様子を写真3に示す。

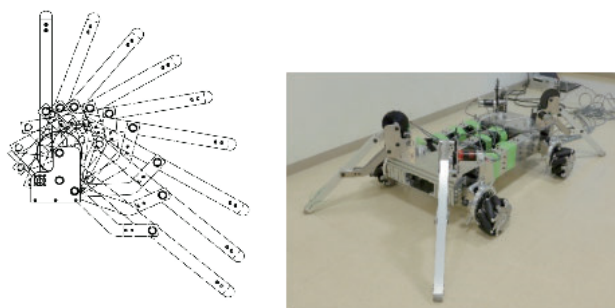


図3 アウトリガー軌道 写真3 展開した様子

2) ホース・ケーブル駆動装置

アトックス技報 No.5 にてホース・ケーブル牽引装置とホース・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」を報告した<sup>1)</sup>。

受動型の機構である摩擦低減車輪は、柱等に干渉した場合、能動的に脱出することができない。そこで、

ホース・ケーブルの牽引機構を全自走化し、障害物を能動的に回避できる装置として、ホース・ケーブル牽引装置と摩擦低減車輪を組み合わせたホース・ケーブル駆動装置を開発した。装置外観を写真4に示す。

本装置はメカナムホイールと小型の制御ユニットを搭載することで前後左右方向に移動することができる。また、着脱性を向上させるため、装置は分割が可能であり、ホース・ケーブルの任意の位置に取り付けることができる。分割図を図4に示す。

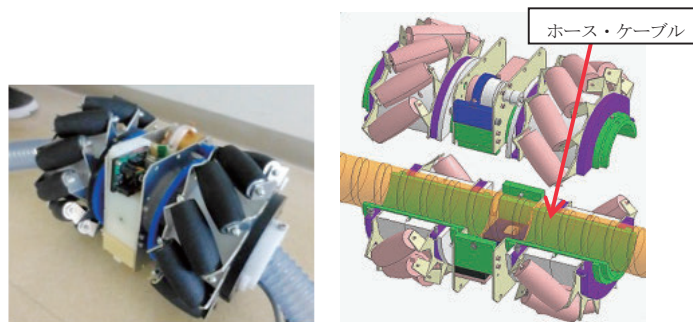


写真4 駆動装置

図4 分割図

3 結 語

本研究の結果、段昇降機構やサスペンション機構を搭載することにより、走行装置が高い走破性を有することを確認した。また、ホース・ケーブルを障害物から回避できる駆動装置を開発した。今後、開発した装置を現地に適用するためには、建屋内の環境や搭載する装置等に合わせた仕様に変更する必要がある。

なお、本研究の段昇降機構と走行機構を一体化した機構及び摩擦低減車輪は、千葉工業大学と共同で特許出願した<sup>2)3)</sup>。

参考文献

- 1) 浦広幸, 伊藤俊介, 除染ロボット用速隔走行装置の開発, アトックス技報 No.5 2013, pp.4-5, 2013
- 2) 米田完, 浦広幸, 段昇降車両, 公開特許公報, 特開 2015-140155, 2015.8
- 3) 米田完, 浦広幸, 可撓性長尺部材の移動支持機構, 公開特許公報, 特開 2015-140912, 2015.8



執筆者/バックエンド技術部  
要素機器開発 Gr. 加藤 清朗



バックエンド技術部  
要素機器開発 Gr. 浦 広幸



# 可搬型遮蔽体の開発

## Development of Portable Radiation Shield

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内での2m以上の中高所に対する衝立式遮蔽体の設置には、人力による足場組立作業が発生し、作業員の被ばくが問題となる。そこで、作業員の被ばくを低減するために、人力で運搬が可能であり、遠隔操作で中高所への遮蔽が可能で可搬型遮蔽体を開発した。

キーワード：遮蔽体、中高所、遠隔操作、可搬型

Most of screen-type shields to install in reactor buildings of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station are around 2m in height. The scaffold assembling by the worker is necessary to shield in a position of height more than 2m. The radiation exposure of the worker is a problem on this occasion. We developed the portable radiation shield that height more than 2m could cover at height more than 2m by remote control.

Key Words : Radiation Shield, Middle and High Place, Remote Control, Portable

### 1 背景と目的

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内等に設置されている衝立式遮蔽体の高さは2mまでであり、2m以上の高さでの遮蔽体設置には足場組立作業が必要であり、作業員の被ばくが問題となってくる。

そのため、被ばく低減を図るため、2m以上の高さの遮蔽体を容易に設置できる可搬型遮蔽体の開発を目的とする。

### 2 開発概要

#### (1) 可搬型遮蔽体の開発要件

開発の要求事項は以下のとおりである。

- ① 中高所（3～4m）へ容易に遮蔽体を設置できること
- ② 設置場所へ人力で運搬できること
- ③ 設置中、地震により転倒しないこと
- ④ 幅700mm程度の狭隘な通路を通過できること

#### (2) 可搬型遮蔽体の概要

可搬型遮蔽体は、走行部、鉛マット揚重部、天井遮蔽板、転倒防止板で構成されている。水圧ユニットを用いて水圧ポールを伸縮することにより、鉛マットを揚重することができる。

1台当たりの幅は約700mmであるため、複数台を並べて設置することにより壁一面を遮蔽する。

可搬型遮蔽体の外観を写真1に、水圧ユニットの外観を写真2に、系統接続を写真3に、主な仕様を表1にそれぞれ示す。

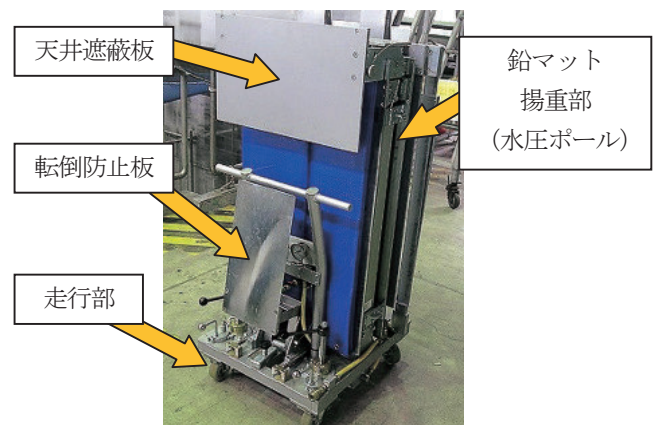


写真1 可搬型遮蔽体の外観



写真2 水圧ユニットの外観

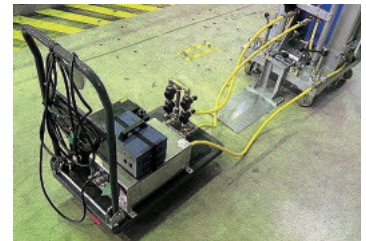


写真3 系統接続の外観

#### 1) 走行部

重量物の運搬、段差乗り越えを考慮し、径100mmの自在型と固定型のキャスタを採用した。設置時の横移動に対応するために、固定型キャスタは90度回転できる機構を搭載している。また、可搬型遮蔽体設置中の移動を防ぐため、アジャスタパッドを地面と接地させ、全キャスタを浮かす機構としている。

#### 2) 鉛マット揚重部

容易に鉛マットの揚重を可能とするために、3段伸縮式の水圧ポールを2個搭載した。運搬時には高さ1.8mであり、設置時には最大高さ3mまで伸張する。



水圧ポール最大伸張時の状態を写真4に示す。

3) 天井遮蔽板

可搬型遮蔽体の最上部には、水平方向90度に開閉可能な鉄製の遮蔽板を搭載している。天井遮蔽板を展開することにより、天井方向からの放射線を遮蔽できる。天井遮蔽体の外観を写真5に示す。

4) 転倒防止板

可搬型遮蔽体を設置した時の地震による転倒を防ぐために、地面と接地する転倒防止板を搭載している。転倒防止板は作業員の移動の妨げにならないように、板厚は薄くしスローブ形状としている。転倒防止板の外観を写真6に示す。



写真4 水圧ポール最大伸張状態の外観



写真5 天井遮蔽板の外観

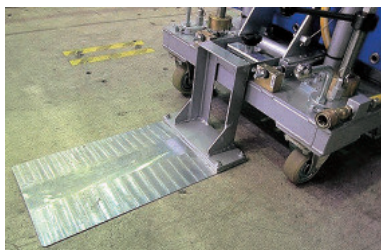


写真6 転倒防止板の外観

表1 可搬型遮蔽体の主な仕様

項目		仕様
遮蔽体	外形寸法 (運搬時)	H1,350×W600×L700 mm
	最大床高さ	H3,003 mm
	質量	370 kg (鉛マット含まず)
	積載質量	200 kg
	移動キャスタ	径 100 mm ウレタンゴム
水圧ユニット	外形寸法	H820×W450×L700 mm
	水タンク容量	22 L
	質量	60 kg
	水吐出量	6~8 L/min
	電源	鉛バッテリー DC 12V 65 Ah

(3) 試験結果

1) 搬送試験 (段差乗越え含む)

可搬型遮蔽体に鉛マットを搭載した状態で、1人によるコンクリート上搬送試験では、約1m/sの速度で運搬できることを確認した。

10mmの段差を乗り越える試験では、可搬型遮蔽体を1人が押し、もう1人が引張る状態で乗り越えられることを確認した。

2) 鉛マット揚重速度試験

可搬型遮蔽体に鉛マットを8枚搭載した状態での水圧ポールの揚重時間は、ストローク約1,600mmに対して約80秒であることを確認した。

3 結 語

可搬型遮蔽体の設計製作により、以下の事項を実現できた。

- ① 水圧ポールを利用して鉛マットを揚重することにより、最大高さ3mの遮蔽が可能となった。
- ② 水圧ポールの動力を別ユニットにして軽量化を図ることにより、人力での運搬ができた。また、系統接続部をホースのみとしホースを長くすることにより、遠隔にて鉛マットを揚重することが可能となった。
- ③ 設置固定後には、アジャスタパッドと転倒防止板が地面に接地することで、転倒防止策を講ずることができた。
- ④ 可搬型遮蔽体を複数台並列に設置することを考慮し、1台の幅を700mmにできた。

今後は、可搬型遮蔽体をより実用性の高い物へと改良していく必要がある。具体的には、搬送性向上のための更なる軽量化、キャストの大型化は必須である。また、作業員の被ばく低減に繋げるために、次年度の現場導入へ向けて自動運搬化のための開発を進めていく。



執筆者/ロボティクスエンジニアリング部  
運用技術開発 Gr. 加藤 貴志



ロボティクスエンジニアリング部  
運用技術開発 Gr. 宗片 英樹  
(現:三菱原子燃料株式会社)



ロボティクスエンジニアリング部  
運用技術開発 Gr. 小林 峰人

# 原子炉建屋用昇降リフターの開発

## Development of Elevating Lifter using in the Reactor Buildings

福島第一原子力発電所の原子炉建屋では、燃料デブリ取り出し等に向けて様々な作業が計画されており、そのためには建屋内の線量率を低減する必要がある。建屋1階ではすでにガレキ撤去、床面除染等の作業が進められているが、上部階（2階、3階）については、階段以外の経路で各種装置を上部階に搬送できる手段がないため、作業が実施されていない。そこで建屋上部階にアクセスし、各種作業機器を搬送するための昇降リフターの開発を行っている。

**キーワード**：原子炉建屋、上部階、搬送、昇降リフター

In the Reactor Buildings of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, the various works were planned including of extraction of fuel debris. It is necessary to reduce the radiation dose rate to perform them. In the first floor, decontamination of the floor is performed. However, there is no means to convey various devices to the upper floor (the second floor, the third floor) except course of stairs, and work has not gone underway. Therefore, we develop the elevating lifter to carry various apparatuses to there.

**Key Words** : Reactor Buildings, Upper Floor, Carrying, Elevating Lifter

### 1 背景と目的

福島第一原子力発電所の原子炉建屋1階では、燃料デブリ取り出し等に向けて床面除染等の作業がすでに実施されている。一方で上部階については、階段以外の経路で各種装置を上部階に搬送できる手段がなく、作業は着手されていない。

そこで、既設の設備に手を加えることなく、上部階（2階、3階）にアクセスし、各種の作業機器を搬送することができる昇降リフターの開発を行う。

装置の外観を写真1及び図1に、スロープ部の外観を写真2に、主な仕様を表1にそれぞれ示す。



写真1 昇降リフターの外観

### 2 開発概要

#### (1) 装置の要件

本装置の開発要件を以下に示す。

- ① 原子炉建屋1階の機器ハッチ開口下部に設置できること
- ② 機器ハッチ開口部より、上部階の2階（高さ約9.5m）及び3階（高さ約18.0m）にアクセスできること
- ③ 各種作業で実績のあるKobraとPackBot同時（最大質量300kgまでの各種作業機器）の搬送が行えること
- ④ 既設の手摺（高さ約1.1m）を撤去することなく、機器の搬送が行えること
- ⑤ 有線により100mまでの遠隔操作が行えること

#### (2) 装置の概要

本装置は走行部、昇降部及びスロープ部で構成され、有線ケーブル（100m）で接続されたコントローラによって遠隔で操作を行う。

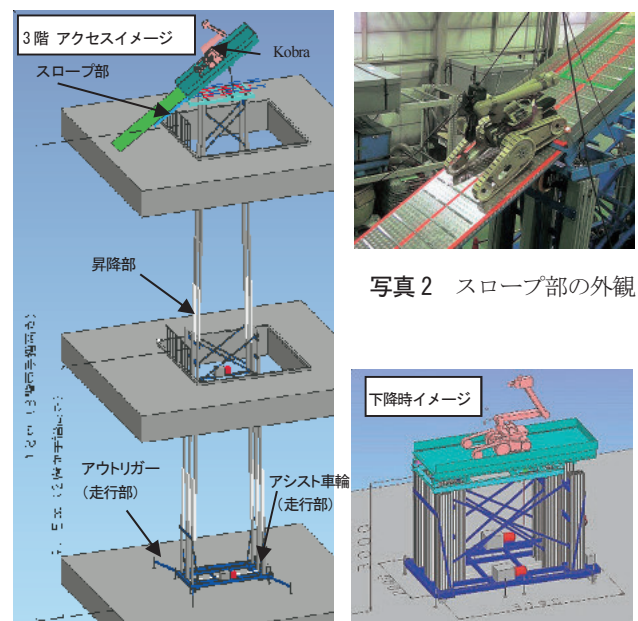


図1 昇降リフターの概略図

#### 1) 走行部

6個の車輪及び1個のバッテリー式電動アシスト車輪（舵付）を搭載し、人力による装置の移動が可能となっている。また、設置時の装置の水平調整及び転倒防



止策としてアウトリガーを4個搭載している。

2) 昇降部

揺れ・たわみ防止、装置全体の軽量化を考慮し、アルミ合金製で両端支持のスライドレールが下部6本、上部4本で構成される。昇降の駆動は油圧を用いる。

3) スロープ部

昇降部上部に配置され、作業床の傾斜及び延長により、既設の手摺に干渉させずに、搭載された各種機器を各階に搬送できる。

4) カメラ

遠隔操作時の作業監視として、乗り移り確認、昇降高さ確認、昇降干渉確認のため、PTZカメラ(Webカメラ)を3台搭載する。

5) コントローラ

主な操作はメイン電源のON/OFF、リフトの昇降、スロープのスライドであり、その他安全対策用として、非常停止機能を設けた。

表1 昇降リフターの主な仕様

項目	仕様
外形寸法	W3,740×L2,000×H3,108~19,058 mm ※ アウトリガー収納時
質量	約 3,100 kg
最大積載質量	300 kg
転倒余裕角度	6°
走行部	車輪 6個 バッテリー式電動アシスト車輪 1個
昇降部	アルミ合金製 両端支持のスライドレール方式 油圧駆動
スロープ部	W1,100 (有効寸法) ×L3,700 mm 延長ストローク 3,600 mm 傾斜角 32° (最大) 先端部床検知式
使用電源	AC 200 V
設置方法	バッテリー式電動アシスト車輪による 有人設置
操作方法	有線による 100m の遠隔操作
カメラ	PTZカメラ(Webカメラ) 3台
その他	設置位置調整のため、天井照射用 レーザーマーカを搭載

(3) 確認試験結果

以下の試験を実施し、本装置の性能を段階的に確認した。試験の状況を写真3に示す。

1) 走行、設置試験

コンクリート面上を走行し、人力にて所定場所に移動でき、設置が可能であることを確認した。

2) 昇降確認

スロープ部に Kobra を搭載し、対象床面の高さ約 7.0

m まで昇降できることを確認した。

3) 搬送確認

スロープ部を搬送場所に設置して Kobra を自走させ、搬送 (回収) が行えることを確認した。



写真3 確認試験の様子

3 結語

開発当初に設定した要件を満たす昇降リフターを製作し、基本性能を段階的に確認した。

今後は、カメラのみの情報で高さ 18.0m の昇降、機器搬送の動作確認を行うとともに、実現場での運用 (装置故障時の対応、メンテナンス性の向上、搭載機器の緊急時回収等) を考慮して本装置に改良を加え、現場導入を目指して開発を進めていく。



執筆者 / ロボティクスエンジニアリング部  
遠隔技術開発 Gr. 蓮見 忠之



ロボティクスエンジニアリング部  
遠隔技術開発 Gr. 毛利 哲也

# 使用済中性子検出器解体処理における BF<sub>3</sub> ガス安定化処理装置の開発

## Development of BF<sub>3</sub> Gas Stabilization Apparatus for Spent Neutron Detector Dismantlement

加圧水型原子力発電所の炉外核計装系の一部には BF<sub>3</sub> 計数管を内蔵した中性子検出器が使用されている。使用期間を経過した使用済中性子検出器は放射性廃棄物として解体処理されるが、BF<sub>3</sub> ガスは空气中で腐食性のある毒性の酸ミストを生成するため、空气中に漏洩させることなく安定化処理する必要がある。そこで、密封系で吸収液を BF<sub>3</sub> 計数管に注入して、BF<sub>3</sub> ガスを安定化処理する装置を実用化した。

**キーワード**：使用済中性子検出器、BF<sub>3</sub> ガス処理、安定化

Neutron detectors with a built-in BF<sub>3</sub> counter tube are used as part of the out-of-core nuclear instrumentation system of pressurized water nuclear power plant. Spent neutron detectors elapsed lifetime are dismantled as radioactive waste, BF<sub>3</sub> gas generates corrosive and toxic acid mist in the air, it must be processed stabilized without leaking into the air. Therefore, BF<sub>3</sub> gas stabilization pragmatic apparatus by injecting absorbing liquid to BF<sub>3</sub> counter tube in sealed system has been developed.

**Key Words** : Spent Neutron Detector, BF<sub>3</sub> Gas processing, Stabilization

### 1 背景と目的

使用済中性子検出器の解体処理にあたっては、中性子検出器に内蔵されている BF<sub>3</sub> 計数管を処理する必要がある。BF<sub>3</sub> ガスは毒物及び劇物取締法によって毒物に指定されている毒性の強い物質である。さらに空气中の湿分で分解し、毒性の強いフッ化水素（以下、「HF」という）ガスを生成する。このため、解体処理においては、安全性の観点から BF<sub>3</sub> ガスを空气中に漏洩させることなく安定化処理する必要がある。

従来は真空系で BF<sub>3</sub> 計数管を開孔し、乾燥空気中で BF<sub>3</sub> 計数管内部を希釈・通気しながら、槽内で BF<sub>3</sub> ガスと水を反応させる方式を採用していた<sup>1)</sup>。しかしこの方式では、長年の使用により HF ミストが真空系に残留し、希釈操作に時間を要する等の課題が発生した。

そこで、密閉系で BF<sub>3</sub> 計数管を開孔し、吸収液（炭酸ナトリウム水溶液）を BF<sub>3</sub> 計数管に直接注入・循環し BF<sub>3</sub> ガスを処理する試験を行い、解体処理作業場に適用する処理装置を実用化した。

### 2 開発概要

#### (1) 処理装置の要件

- ① HF ミストを防止するため、吸収液を BF<sub>3</sub> 計数管に直接注入し循環できること
- ② HF ガスの管理濃度（作業環境評価基準別表）である 0.5ppm 以下に管理できること
- ③ BF<sub>3</sub> ガスが処理されたことを確認できること

#### (2) 試験方法

処理装置の要件を検討するため、次の BF<sub>3</sub> ガス処理試験を行った。

##### 1) 模擬 BF<sub>3</sub> 計数管の製作

実物の BF<sub>3</sub> 計数管にできるだけ近い寸法及び材質の模擬 BF<sub>3</sub> 計数管（写真 1）を製作し、内部に BF<sub>3</sub> ガスを充填して処理試験に供試した。

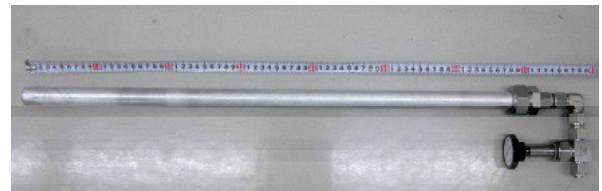


写真 1 模擬 BF<sub>3</sub> 計数管の外観

##### 2) 処理試験

ガス吸収槽の吸収液を定量注入ポンプで送液し、模擬 BF<sub>3</sub> 計数管の下部及び上部を開孔することにより内部に吸収液を通水し、式(1)のとおり BF<sub>3</sub> ガスと反応させる試験を行った。試験装置の概略を図 1 に、代表的な処理試験条件を表 1 にそれぞれ示す。

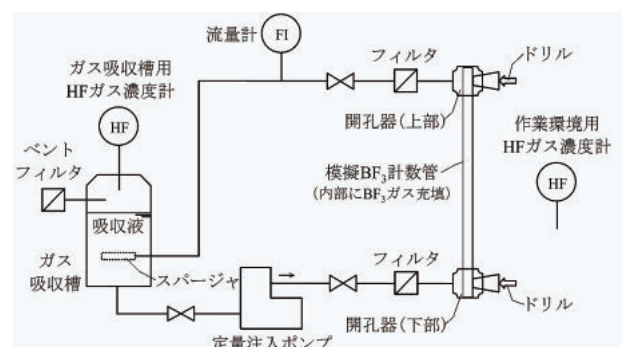


図 1 BF<sub>3</sub> ガス処理試験装置の概略



表1 代表的な処理試験条件

対象	項目	条件
模擬 BF <sub>3</sub> 計数管	BF <sub>3</sub> ガス 充填圧力	0.1 MPa*
	BF <sub>3</sub> ガス容量	256 mL
吸収液	種類	0.05 mol/L Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 水溶液
	容量	10 L
	流量	100~300 mL/min
	積算流量	模擬 BF <sub>3</sub> 計数管内容積の 10 倍

\* 多くの BF<sub>3</sub> 計数管の充填圧力は 67 ~ 80 kPa<sup>2)</sup>であるが、本試験ではより厳しい条件の 0.1 MPa とした。



(3) 試験結果

表1 の処理試験条件における試験結果を次に示す。

1) HF ガス濃度

処理試験中にガス吸収槽ヘッドスペース及び作業環境の HF ガス濃度を連続測定し、常時 0.0ppm であることを確認した。このことから HF ガスまたは BF<sub>3</sub> ガスは吸収液からヘッドスペースに移行せず、空気中へ漏洩しないことを確認した。

2) BF<sub>3</sub> ガスの処理能力

ICP 発光分析法 (JIS K 0102 47.3) に準拠し、ガス処理試験後における吸収液のホウ素濃度を測定した。測定結果は BF<sub>3</sub> ガス充填圧力及び BF<sub>3</sub> ガス容量から算出したホウ素量と一致したため、BF<sub>3</sub> ガスの全量が処理されていることを確認した。

(4) 処理装置の実用化

これらの結果に基づき、解体作業場に適用する処理装置を設計・製作した。処理装置の主な仕様を表2に、装置の外観を写真2にそれぞれ示す。

BF<sub>3</sub> 計数管 1 本あたりの処理は、準備作業を含め 1 時間程度である。また、装置全体を小型かつ一体化しているため、管理区域内のどのような作業場にも持ち込むことが可能である。

表2 BF<sub>3</sub> ガス処理装置の主な仕様

項目	仕様
外形寸法	W900×L500×H800 mm
本体質量	125 kg
接液部材質	SUS304、SUS316 またはフッ素樹脂
ガス吸収槽	吸収液容量 10 L
定量注入ポンプ	最大吐出量 500 mL/min
開孔器	外径 25.4 mm (1 インチ) の BF <sub>3</sub> 計数管に対応
HF ガス濃度計	検知範囲 0.0~3.0 ppm (ガス吸収槽用 1 台、作業環境用 1 台)

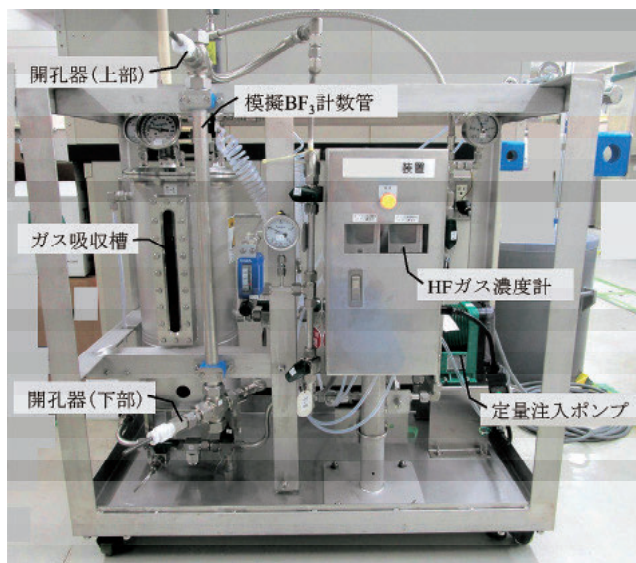


写真2 BF<sub>3</sub> ガス処理装置の外観

3 結語

密閉系で BF<sub>3</sub> 計数管を開孔し、吸収液 (炭酸ナトリウム水溶液) を直接注入・循環し BF<sub>3</sub> ガスを処理する試験を行い、処理装置を実用化した。処理装置は BF<sub>3</sub> ガスまたは HF ガスを空気中に漏洩させることなく安定化処理することが可能であり、解体作業の安全性及び作業効率を向上させることができる。

処理装置を用いた BF<sub>3</sub> ガス処理作業は、A 原子力発電所の使用済中性子検出器解体工事 (平成 27 年度) に適用された。さらに他の原子力発電所における解体処理作業にも水平展開する予定である。

参考文献

- 1) 大橋秀道 ほか, 使用済 NIS 検出器充填 BF<sub>3</sub> ガスの安定化処理装置の開発, アトックス技報 No.3 2011, pp.14-15, 2011.
- 2) Glenn F. Knoll, 放射線計測ハンドブック (第 4 版), (株)オーム社, pp.543-544, 2013.



執筆者 / 基盤技術開発部

櫻井 達也



基盤技術開発部  
ケミカルプロセス Gr. 相川 浩平



基盤技術開発部  
ケミカルプロセス Gr. 濱田 洋成  
(現: 東海営業所)

# 廃止措置工事の標準書作成

## Planning Procedure Manual of Decommissioning Work

原子力発電所の廃止措置に関する工事の増加が見込まれるなか、当社においては機器等解体に伴う除却関連工事が主要な業務として予想される。これらの工事を受注し遂行する上で合理的な工事計画を的確に立案する必要がある。そこで、当社が過去に実施した解体工事、除却工事における工事実績や技術情報を整理し、工事計画や工法選定の際に参照するための標準書を作成した。

キーワード：廃止措置、解体、除却、標準書

As the number of works related to decommissioning of nuclear power plants is expected to increase, it is expected for us to get orders of work related to removal activity with dismantling of equipment. In order to get orders and carry out these works, it is necessary to make a reasonable schedule of the work with accuracy. Therefore gathering our past records and technical information of dismantling and removal works were conducted systematically. And then a procedure manual to help us make a schedule and select a method of the work was prepared.

Key Words : Decommissioning, Dismantling, Removal, Manual

### 1 背景と目的

平成 24 年の原子炉等規制法の改正により、新基準に適合しない原子力発電所の廃止措置に関する工事の増加が今後予測されるなか、当社においては廃止措置工事が主要な業務のひとつになるものと予想される。そのなかでもこれまでの工事実績から、機器等の解体に伴う除却関連工事をターゲットとすることが有効と考える。これらを受注し遂行するためには、合理的な工事計画を迅速かつ的確に立案する必要がある。

そこで、当社が過去に実施した除却関連工事における工事実績や技術情報を全社的にとりまとめ、標準書に反映させることで、より効率的な作業設計を行うことが可能となる。

### 2 標準書の概要

標準書の記載項目は、検討事項、廃棄物及び解体に係る事項、放射線管理の事項である。

#### (1) 検討事項

工事計画の立案で必要となる事前の調査、作業内容等の項目についてまとめており、工事及び放射線管理の仕様書等に基づいて該当項目を確認するとともに、その内容及び手順に従い工事計画を具体化する。検討事項の一部を表 1 に示す。情報収集、現地調査、作業検討及び客先提案の 4 分類に対して、表の右端の詳細は合計 140 個の項目を選び出している。

表 1 検討事項の一部

分類	項目	内容	詳細
1. 情報収集	1. 状況調査	1. 取り扱い機種 2. 使用履歴	・ 客先情報から取り扱い機種、使用履歴、汚染状況のインベントリ調査を行う。
	2. 施設形状	1. 建屋寸法、面積 2. 部屋数、寸法 3. 通路寸法、出入口の場所	・ 全体寸法や面積は建屋内部の除染にかかる作業時間の算出に用いる。 ・ 部屋や通路の寸法は機器類の運搬、搬出入に影響するため把握が必要。
	3. 設備機器配置	1. 機器、装置類 2. 付帯設備 3. 配管、バルブ、フランジ 4. ケーブル、ケーブルラック	・ 客先保有の配置図、敷設図等から機器情報入手する。 ・ 情報を基に施設の物量を算出しておく。 ・ 現地調査時に用いる機器リストの作成資料とする。
2. 現地調査	1. 施設形状	1. 建屋寸法、面積 2. 部屋数、寸法 3. 通路寸法、出入口の場所	・ 現場で実際に測量を行い図面と照合する。また、図面からは読み取ることができない障害物等の有無を確認する。 例) 施設の改造はないか?
	2. 物量調査	1. 機器、装置類	・ 調査項目 ① 配置エリア ② 機器形状、寸法、板厚、材質 ③ 付帯機器の有無、寸法、数量 ④ 周辺機器との取り合い、障害物の有無 ⑤ 汚染状況(現時点では使用履歴から推測)
	2. 付帯設備		・ 調査項目 ① 付帯機器の有無 ② 付帯機器の形状、寸法、材質 ③ 付帯機器の数量 <付帯機器例> 【バルブ、計装機器、接続配管、保温材、架台、基礎コンクリート等】

#### (2) 廃棄物関係の事項

放射能レベルによる廃棄物の分類方法、除却物の重量算出方法等についてまとめている。

除却物の全体構成の例を図 1 に、貯槽等をモデルとした場合の重量算出例を図 2 に示す。

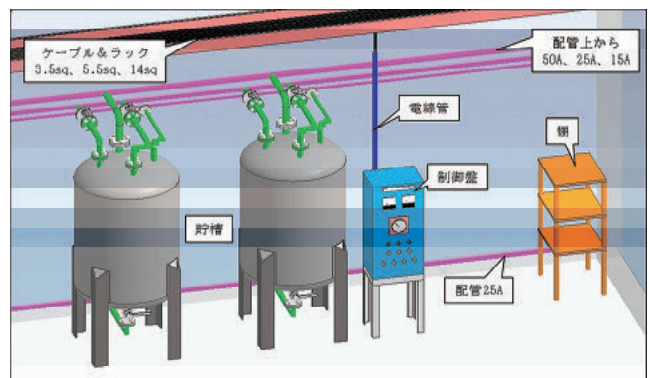


図 1 除却物の全体構成の例



胴部 (SUS)	比重d (SUS)	7.93	
	直径 D	700 mm	
	高さ H	1,200 mm	
	フランジ長 $\phi 1$ (板厚tの約3倍)	20 mm	
	板厚 t	6 mm	
	鏡板	2 枚	
	胴部質量	126 kg	
接続配管 (SUS)	50A	本数	1 本
		長さ $\phi 3$	100 mm
		単位質量	4.97 kg/m
	25A	本数	3 本
		長さ $\phi 3$	100 mm
		単位質量	2.32 kg/m
	15A	本数	1 本
		長さ $\phi 3$	100 mm
		単位質量	1.2 kg/m
		質量	1 kg
フランジ (SUS)	50A	枚数	1 枚
		単位質量	1.86 kg/枚
	25A	枚数	3 枚
		単位質量	1.12 kg/枚
	15A	枚数	1 枚
		単位質量	0.56 kg/枚
サポート (SS)	L100×100×t10	長さ $\phi 2$	820 mm
		単位質量	14.1 kg/m
	本数	4 本	
	質量	47 kg	
	対象機器数	2	
単体重量	234.0 kg		
合計重量	468.0 kg		

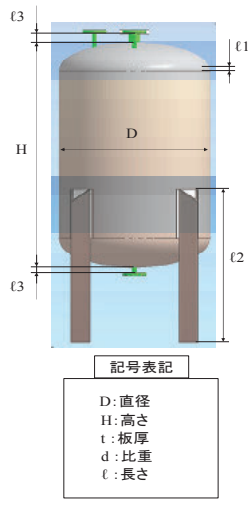


図2 重量算出例

重量算出では表計算ソフトを用い、図2の水色セルに条件を入力すると、黄色セルに重量が自動的に出力される。除却物ごとに重量を算出し、最終的には部屋ごともしくは作業単位ごとに算定シートとして出力する。

(3) 解体関係の事項

解体工法、切断工具及び切断用ハウスに対する検討項目についてまとめている。

解体工法の検討では、解体工法を図示し作業手順をまとめている。機械式解体工法のまとめの例を図3に示す。また、機械切断と熱切断での解体工法ごとに、その場での解体と切断用ハウスへの移動後での解体など、作業条件が異なる場合についてまとめている。

項目	除却物	保温材撤去	接続配管縁切り	タンク仮吊り
図				
作業手順	1. 上部平座サポート付タンク全体: H12,000・ $\phi$ 900mm 胴部: H1,300・ $\phi$ 800mm サポート: C100・50×5×7.5mm L900mm 保温材あり 接続配管あり	1. ジャケット、保温材を撤去する。 2. ジャケットは崩壊、もしくは折りたたむ。保温材は崩壊した空気を吸込機で回収する。各廃棄物はドラム缶に投入する。	1. 接続配管はフランジ部で縁切する。 2. フランジ部で切離せない場合は、タンクに近づく配管をパイプカッター、バンドソー等で切断する。(クローズド法もしくはハウス内作業) 3. タンクを器のようにハウスを設置する。	4. 切断寸法に合わせてマジック等でタンク表面に算書をを行う。 5. タンクの上蓋に吊具を掛け、上蓋の仮吊りを行う。(胴部切断による上蓋落下防止)
項目	胴上部切断	フランジ切断	胴下部及び鏡板切断	サポート切断
図				
作業手順	8. タンク胴部を算書に沿って縦方向に切断する。 9. 次にタンク胴部を算書に沿って横方向に切断する。 10. 切断片は1枚ずつ運搬、もしくはタンク内に落下しないよう処理する。	11. 胴部の底蓋が完了したら、仮吊りしている上蓋を吊り降ろし、柱木等で支える。 12. 上部接続配管やポートを切断する。 13. 上蓋を撤去する。	14. タンク上部の解体が完了したら、胴下部、鏡板を切断解体する。	15. ハンドソーやチェーンソーを用いて、サポートを切断する。

図3 機械式解体工法のまとめの例

切断工具の検討では、機械切断、熱切断と工法を分け、工具の特徴について表にまとめている。

切断用ハウスの検討では、除却物の汚染レベルに応じたハウスの構造や換気回数の算出方法等についてまとめている。

(4) 放射線管理の事項

測定器や測定方法、除却関連工事の現場管理、保護具や管理区域解除についてまとめている。

現場管理では、除却物の解体・撤去時の空間線量率測定や空气中汚染濃度測定といった作業環境測定ごとの管理についてもまとめている。

管理区域解除では、解除範囲の区画方法から汚染検査、作業場所の管理方法といった管理区域解除までの流れについてまとめている。

測定器については $\alpha$ 線、 $\gamma$ 線といった放射線ごとに測定可能な機器をまとめ、基本的な操作方法の説明を行っている。

保護具については作業環境により着用条件が異なるため、汚染レベルごとに着用条件を表にまとめている。

3 結語

除却関連工事の標準書では、実作業に沿った形式でとりまとめを行っているが、廃棄物に対するクリアランス制度、労働安全衛生規則や粉じん障害防止規則といった関連法令と追加すべき項目については未着手である。

原子炉施設とRI施設では、関係法令の条項や作業規則が一部異なることがあり、対象施設に応じた除却関連工事について標準書を取りまとめる必要がある。

標準書を作成することにより、当社における除却関連工事実績を集約し、活用していく。今後も工事実績や技術情報の追加・拡充を行い、標準書を随時更新していく。



執筆者/バックエンド技術部  
廃止措置バリエーション Gr. 佐野優太郎



バックエンド技術部  
廃止措置バリエーション Gr. 伊藤 学

# 医療用サイクロトン施設向け 放射化低減用中性子遮蔽体の開発とその評価

## Development of a Neutron Shield for Activation Reducing in a Medical Cyclotron Vault and its Evaluation

PET 検査等のために長期間運転を行ったサイクロトン施設においては、壁や床等のコンクリート構造体の放射化が問題視され、施設廃止時に発生する放射化物が膨大な量になると予想されている。そこで、施設の壁や床に施工でき、発生する構造体放射化物の低減が可能な中性子遮蔽体の開発を行うとともに、遮蔽性能の評価を行った。

キーワード：医療用サイクロトン、中性子遮蔽、放射化

There is an activation problem of concrete walls and floors in the medical use cyclotron facilities exposed for a long time. In the decommissioning of facilities, a lot of activated concrete will be produced. Accordingly we developed and evaluated the neutron shield which is possible to carry out on the wall or floor, and reduce the amount of generated radioactive waste.

Key Words : Medical Use Cyclotron, Neutron Shield, Activation

### 1 背景と目的

平成 22 年 4 月の PET 検査の保険適用範囲拡大を境に、全国の医療用サイクロトン施設数は 149 施設と爆発的に普及してきている（日本核医学会 PET 核医学分科会調べ、2015 年 9 月 5 日現在）<sup>1)</sup>。

近年、長期間運転を行ったサイクロトン施設における壁や床等のコンクリート構造体の放射化が問題視されており、特に自己遮蔽体を持たないサイクロトン施設においては、施設廃止時に発生する放射化物は膨大な量となることが予想されている。そこで、施設の壁や床に施工でき、発生する構造体放射化物の低減が可能な中性子遮蔽体を開発するとともに、その遮蔽性能の評価を行うことは非常に重要である。

本開発は、高エネルギー加速器研究機構（KEK）殿と当社の共同研究として、KEK 殿が照射試料の測定、測定結果の解析・取りまとめを、当社が照射試験用資材の調達や照射試験の実施、KEK 殿測定及び解析の補助を担当して実施したものである。

### 2 中性子遮蔽体の構成

中性子遮蔽体による遮蔽のイメージを図 1 に示す。中性子吸収材には、使用済燃料輸送容器等でも使用されている  $^{10}\text{B}$  含有のボロンアルミ板を使用した (t2.5 mm、 $\text{B}_4\text{C}$  30wt%)。また、PET 用サイクロトンから発生する中性子は熱中性子成分 ( $10^{-3}\sim 10^2\text{eV}$ ) だけではなく熱外中性子成分 ( $10^1\sim 10^2\text{eV}$ ) も多く含まれるため、ポリエチレン板を減速材に使用した 2 層構造とし、効率のよい中性子遮蔽構造とした。

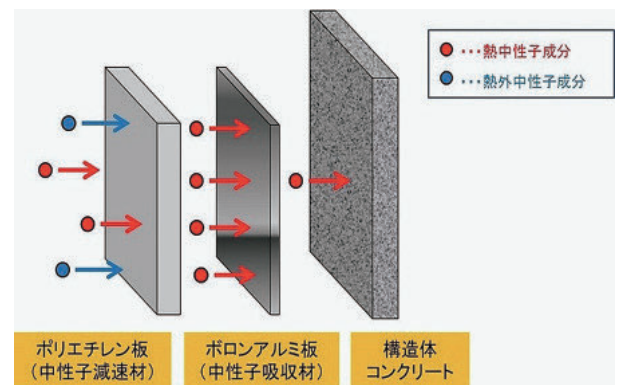


図 1 中性子遮蔽体による遮蔽のイメージ

### 3 遮蔽性能確認試験

#### (1) 試験施設

開発した中性子遮蔽体の遮蔽性能を評価するために、獨協医科大学病院 PET センター殿のご協力のもと、PET 用 RI 製造用の陽子サイクロトン加速器室の一部スペースを借用して評価試験を行った<sup>2-4)</sup>。

施設で使用しているサイクロトンの仕様と運転条件を表 1 に、外観を写真 1 に示す。

表 1 サイクロトンの仕様と運転条件

項目	仕様
サイクロトン名称	HM-18
メーカー名	住友重機械工業(株)
ビームエネルギー	18 MeV
ビームカレント	45 $\mu\text{A}$
照射時間	80 分
照射ターゲット	O-18





写真1 HM-18 サイクロトロンの外観

(2) 試験方法

中性子遮蔽体用ポリエチレン板の選定にあたっては、必要以上のポリエチレン板厚を使用することは、遮蔽体の高コスト化や照射室内広さの減少につながるため好ましくない。そこで、ポリエチレン板の最適厚を決定するための試験を行った。

試験体の構成を図2に示す。ボロンアルミ板の設置位置を変えることにより、ボロンアルミ板前段のポリエチレン板厚を変化させた。試験体の構成条件は、以下の4条件とした。

- 条件1：  
ボロンアルミ板なし
- 条件2：  
表面から40mmにボロンアルミ板を設置
- 条件3：  
表面から80mmにボロンアルミ板を設置
- 条件4：  
表面から120mmにボロンアルミ板を設置

照射室には条件の異なる試験体を2体設置し、2回の照射を行った。

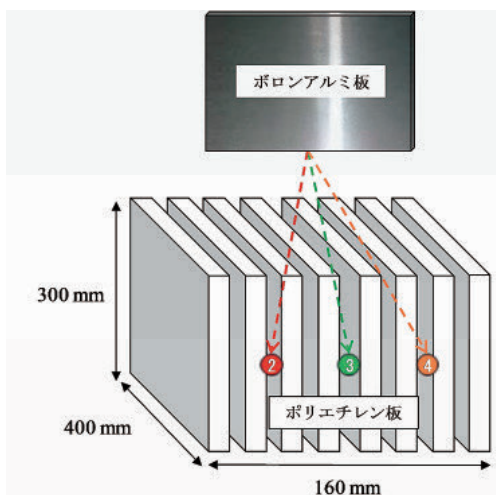


図2 試験体の構成

試験体の設置場所はサイクロトロン室入口付近の壁面とするとともに、鉛ブロックやポリエチレン板による追加遮蔽を施した(中性子の回り込み成分を低減し、正面からの寄与を評価するため)。試験体の設置状況を写真2に示す。



写真2 試験体の設置状況

(3) 評価方法

中性子強度の測定には金箔(φ6.0mm)を使用した。金箔はあらかじめ試験体の板間(板の中心位置)に貼り付けておき、<sup>197</sup>Au放射化により生成した<sup>198</sup>Auの放射エネルギーから板に衝突する中性子量を評価した。放射能の測定にはGe半導体検出器とイメージングプレートを使用した。金箔貼付けのイメージを図3に、イメージングプレートによる放射化金箔の分析例を写真3に示す。

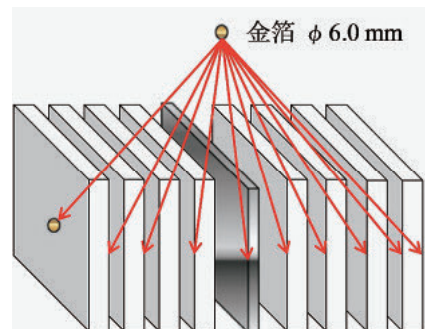


図3 金箔貼付けのイメージ

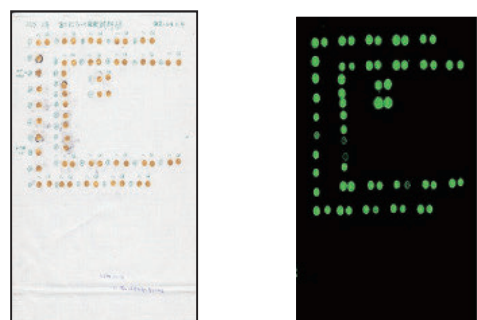


写真3 イメージングプレートによる放射化金箔の分析例 (写真左が分析前、右が分析後)

(4) 試験結果

試験結果を図4に示す。横軸はポリエチレン板の深さを、縦軸はポリエチレン板表面（深さ0mm位置）における金箔放射エネルギーを1としたときの相対値を表している。また、条件1（青線）はボロンアルミ板を設置しなかった場合、条件2（赤線）はポリエチレン表面から40mmにボロンアルミ板を設置した場合、条件3（緑線）はポリエチレン表面から80mmにボロンアルミ板を設置した場合、及び条件4（橙線）はポリエチレン表面から120mmにおけるボロンアルミ板を設置した場合のそれぞれにおける相対放射能変化を表している。

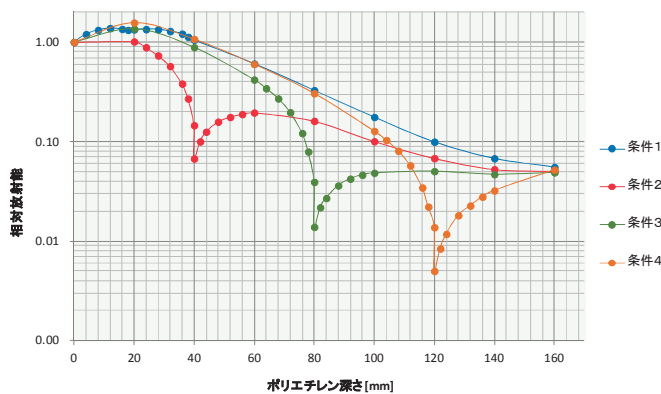


図4 試験結果

図から、ボロンアルミ板の設置位置が深ければ深いほど相対放射能の減衰割合は高くなることが分かった。また、ボロンアルミ板通過後における相対放射能値の上昇は、壁側からの後方散乱成分や前段のポリエチレン板で減衰しきれなかった熱外中性子成分が熱中性子成分となった影響によるものと考えられる。

今回の試験結果のまとめを表2に示す。

表2 試験結果のまとめ

	ポリエチレン板厚 [mm] (ボロンアルミ板前段部分)	ボロンアルミ板通過後における最大相対放射能	最大相対放射能減衰率 [%]
条件1	0	1.35	—
条件2	40	0.20	85
条件3	80	0.05	96
条件4	120	0.05	96

条件1（ボロンアルミ板なし）における最大相対放射能値は1.35であったが、条件2~4のようにボロンアルミ板を挿入することにより、最大となる相対放射能値を85~96%分減少することが分かった。また、条

件2ですでに85%の減衰率を達成していることから、今回の施設条件における中性子遮蔽体に最適なポリエチレン板厚は40mmであるという結論に至った。

4 線源中性子スペクトルの評価

以上の遮蔽性能確認試験結果に対して、遮蔽計算コードで遮蔽体の深さごとの中性子スペクトルを評価し、その精度を調べることにする。そこで、陽子ビームが照射されたターゲットから発生する中性子のエネルギースペクトルを計算した。

本試験の中性子発生源は、18MeV陽子が照射された<sup>18</sup>O濃縮の水ターゲットである。粒子・重イオン輸送計算コードシステムPHITS<sup>5)</sup>で計算した18MeV陽子入射による銅及び水のターゲットから放出される中性子のエネルギースペクトルを図5に示す。今回の水のターゲット計算では、<sup>18</sup>Oを濃縮していないので銅ターゲットに比べて中性子の発生量は非常に小さい（図5では10<sup>4</sup>倍して表示）。同図には量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所のイオン照射研究施設TIARAで測定された放出方向別の中性子エネルギースペクトル<sup>6)</sup>を示す。エネルギーが数MeVの中性子スペクトルは、ほぼ銅ターゲットでのスペクトルで近似できることが分かった。遮蔽性能確認試験ではコンクリート中の中性子透過率を議論するので、発生中性子数の絶対値については問わないことにする。

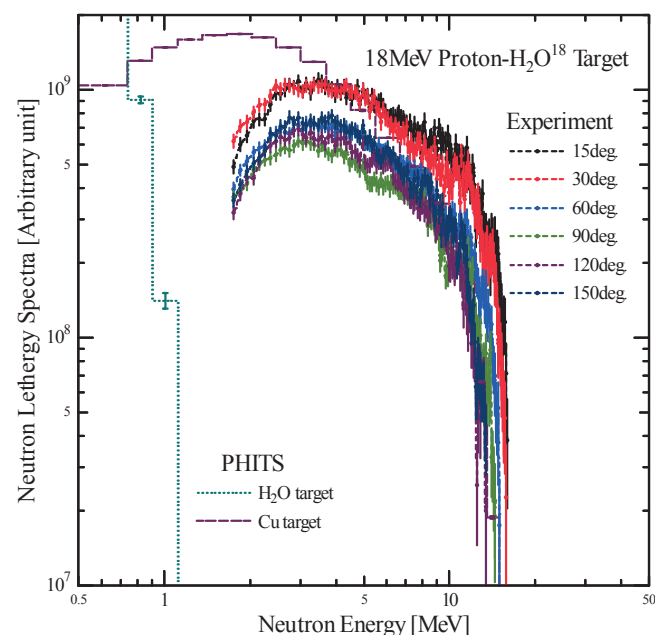


図5 線源中性子のエネルギースペクトル



5 結 語

ポリエチレン板とボロンアルミ板の組合せは医療用サイクロトロン施設内遮蔽においても非常に有効であることが確認できた。また、今回の施設条件においては40mmのポリエチレン板厚があればボロンアルミ板組合せの中性子遮蔽には十分であることが分かり、今後の中性子遮蔽体の製品化において非常に良い指標を得ることができた。現在はポリエチレン板厚40mmを用いた中性子遮蔽体とコンクリート平板を組み合わせたより現場に近い条件での照射試験の実施と、実施した照射試験の妥当性を確認するためのシミュレーション評価を行っている中であり、今後も製品化に向けた検討を進めていく。

今回開発した中性子遮蔽体は、運用中の施設に後施工等することで、廃止時に発生する放射化物を大幅に低減できる可能性が期待されている。また、今回の研究データを元に、インベントリ調査や廃止措置工事など、総合的なサービスを提案していきたいと考えている。

参考文献

- 1) <http://www.jcpet.jp/1-3-4-1>
- 2) M. Kumagai, et al., A proposal of activation reduction for concrete wall in a cyclotron vault, Proc. Of 8<sup>th</sup> International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-8).
- 3) 熊谷雅章 ほか, コンクリート放射化の低減を目的とした中性子遮蔽体, 第55回日本核医学会学術総会, (2015).
- 4) 熊谷雅章 ほか, サイクロトロン施設内コンクリートにおける放射化低減方法の提案, 日本放射線安全管理学会第14回学術大会, (2015).
- 5) 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)
- 6) M. Hagiwara, et al., Spectrum measurement of neutrons and gamma-rays from thick H<sub>2</sub><sup>18</sup>O target bombarded with 18 MeV protons, Journal of the Korean Physics Society, V.59, No.2, pp.2035-2038 (2011).



執筆者／事業開発部

熊谷 雅章



事業開発部

山下 大地



事業開発部

袖山 康祐



基盤技術開発部  
測定・解析 Gr.

河野 秀紀



基盤技術開発部

坂本 幸夫

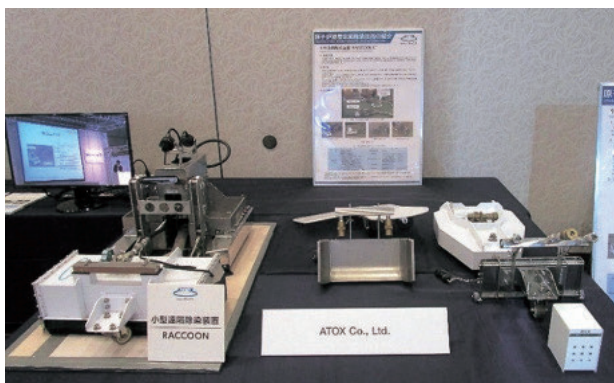
## 【「福島第一廃炉国際フォーラム」で技術開発成果を紹介】

当社は、2016年4月10、11日に福島県いわき市内のコンベンションホールで開催された「第1回福島第一廃炉国際フォーラム」に参加するとともに、同時開催イベントの『廃炉技術展』で以下の技術・成果を紹介しました。

- ① 当社独自開発の小型遠隔除染装置 RACCOON II
- ② 国の委託事業であるサプレッションチェンバー（S/C）内水位遠隔測定技術開発の成果
- ③ AREVA-アトックス-ANADEC が連携して実施した国の研究開発プロジェクトなどの成果

このフォーラムは、東日本大震災と福島第一原子力発電所事故発生から5年を迎えた2016年春に、経済産業省資源エネルギー庁と原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDA）の共催で開催されました。国際原子力機関（IAEA）などの国際機関や国内外の関係機関や専門家、地元関係者などが一堂に会する廃炉分野における初めての国際的なフォーラムであり、15カ国から専門家など約640人（うち外国人は約100人）が参加し、当社からも10人が参加しました。

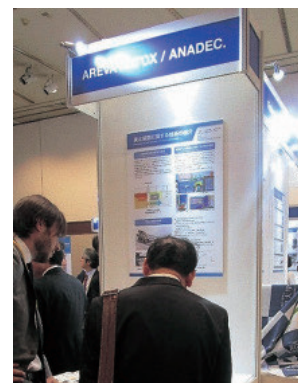
『廃炉技術展』にはフォーラムセッションの休憩、昼食時などに大勢の方々が訪れ、当社のブースにも国会議員、マスコミ関係者、福島県の関係者をはじめ、電力会社、研究機関、企業の廃炉関係者など、外国人を含めて多数の方々に来場いただきました。特にRACCOON IIの除染ヘッドの実物展示と福島第一原子力発電所2号機1階の除染作業のビデオ放映を行ったロボット実演コーナーのブースでは、熱心な質疑応答や意見交換が行われました。



① 小型遠隔除染装置 RACCOON II の除染ヘッドの展示（ロボット実演コーナー）



② S/C 内水位遠隔測定技術の展示（福島県廃炉・除染ロボット技術研究会ブース）



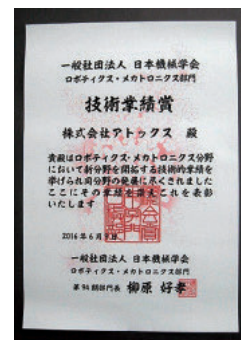
③ 国プロなどの成果の展示（AREVA/ATOX/ANADECブース）

## 【日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門で『技術業績賞』を受賞】

2016年6月9日に横浜市で開催された一般社団法人日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門主催の「ロボティクス・メカトロニクス講演会2016」（この分野では国内最大規模の講演会）の表彰式において『技術業績賞』を受賞し、賞状とメダルを贈呈されました。

この受賞は、当社がロボティクス・メカトロニクス分野において萌芽的かつ発展性のある技術業績があり技術業績賞にふさわしいと同学会の先生方から推薦をいただき、部門表彰委員会・運営委員会において贈賞が決定されたものです。

当社が福島第一原子力発電所で行ってきた2号機のサプレッションチェンバー内水位の遠隔測定など、新分野を開拓する技術的業績が評価されました。





### 【「福島県廃炉・除染ロボット技術研究会」が技術開発センターをご視察】

2016年1月26日に「福島県廃炉・除染ロボット技術研究会」の会員26名が技術開発センターを訪問され、廃炉や除染で使用される当社所有のロボットやガンマ線照射施設などの実験施設をご視察されました。

この研究会は、福島県内の製造業の保有技術や能力を福島第一原子力発電所の廃炉・除染分野に活用していくことを支援するために、福島県ハイテクプラザ※の研究会として設立されたもので、当社も会員になっています。

当社の事業と技術開発センターにおける活動の概要をご紹介した後、RACCOON II、狭隘部遠隔除染装置SWANの試作機、ドローンと遠隔操作ロボットのデモンストレーション、ガンマ線照射施設などをご覧いただき、会員の方々の間で活発な交流が行われました。

※ 福島県が県内における工業の振興を図るため設置した公設の試験研究機関です。



狭隘部遠隔除染装置  
SWANの試作機



遠隔操作ロボット



ガンマ線照射施設

### 【ANADEC：第3回エキスパートミーティングの開催】

AREVAの化学、除染及び計測分野の専門技術者3名が2016年10月13日から25日までANADEC本社を訪れ、1月、5月に引き続き、ANADEC及びアトックスの技術者と福島第一原子力発電所の廃炉に関する技術的課題について協議する第3回のエキスパートミーティングが開催されました。

この会合は、通常は電子メール・TV会議を通じて行っている技術情報の共有、お客様への課題解決等の提案のための協議の一環として、対面での会議体で実施しているものです。ANADEC及びアトックスからは現場での課題が提示され、AREVAからは経験に基づく解決案が出されて、集中した協議は効果的で有意義なものとなりました。

今後もエキスパートミーティングは定期的に行われ、AREVAの高度で実績のある技術を現場に適した仕様にカスタマイズするとともに、アトックスの現場実践力を最大限に活用することで、当面は福島第一原子力発電所への適用を図ってまいります。



## 【技術開発センター各部における技術開発の取り組み状況】

福島第一原子力発電所をはじめとして原子力を取り巻く環境は日々変化しており、これらに対応するため技術開発センターの各部では、お客様や当社の現場からの要望などを取り入れて、高度なロボット・遠隔技術、高線量廃棄物の処理技術、及びトータル・デコミッションング技術の開発、並びにこれらを支える基盤技術の開発及び蓄積に関して様々な取り組みを実施しています。ここでは、各部における技術開発の取り組み状況、今後の展開などをご紹介します。

### 〔基盤技術開発部〕

基盤技術開発部はケミカルプロセスグループ、測定・解析グループ、材料プロセス・分析グループの3グループで以下の技術開発を進めています。

#### (1) 化学除染、化学処理・安定化に関する技術開発

原子力発電所の建屋の壁・床のコンクリート面、機器の鋼材面等に付着した放射性物質と油脂が混合した油膜汚染に対する化学除染工法を開発を行っています。また、建屋周辺からの放射性物質を含む雨水の浄化のため、これまでに開発したセシウム吸着フィルタの排水路への適用性検討を行っています。さらに、多核種除去設備（以下、「ALPS」という）で発生したスラリーの安定化処理について、スラリー及びケーキの性状把握、化学的検討・評価に取り組んでいます。

#### (2) 計測、遮蔽に関する技術開発

福島第一原子力発電所等における高放射線環境下での表面線量率測定手法の開発、及び線量調査結果の解析や各種作業に対する遮蔽・被ばく線量評価を行うために、放射線の挙動解析に関する計算コード及び手法の整備を行っています。また、これらを用いてRI施設の許認可申請に関わる遮蔽計算や加速器施設の放射化・遮蔽計算を行うとともに、 $\beta$ 線と $\gamma$ 線の混在場での線量評価手法の開発やクリアランス検認装置の開発を行っています。

#### (3) 化学分析、放射能分析に関する支援・技術開発

福島第一原子力発電所で発生する廃棄物等の化学分析、放射能分析に関し、技術開発センターで所有する各種装置を活用して分離・抽出試験、測定試験等を行うとともに、各人の分析技術力の向上、現地での貢献を目指しています。

### 〔バックエンド技術部〕

バックエンド技術部は廃止措置エンジニアリンググループ、廃棄物処理設計グループ、要素機器開発グループの3グループで以下の技術開発、支援を行っています。

#### (1) 廃棄物処理・安定化に関する技術開発

福島第一原子力発電所の線量低減のため、建屋床面に堆積したスラッジを回収する遠隔操作ろ過ユニットを開発し、実装置の導入を行いました。また、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）で進めている「事故廃棄物処理・処分技術の開発」に関して、ALPSで発生したスラリーの安定化処理について処理技術の確証を行い、実作業に向けた処理工法概念設計に取り組んでいます。さらに、ALPSの吸着材の採取、原子炉建屋床面コンクリート等の採取機器の開発に取り組んでいます。

#### (2) 廃止措置に関する技術開発

廃止措置に関して、大型機器を除却するための切断・解体工法、除染工法、クリアランス処理システムの構築、現場環境に適した解体廃棄物の除染工法の選定、除染装置の仕様及び付随する前処理、運用方法等の検討を行っています。



**(3) 再稼動に向けた支援・開発**

再稼動に向けて新規基準に適合するための改造・補強が原子力発電所で行われています。この改造・補強に伴い、東日本大震災前に導入した機器類も改造・補強、あるいは新たに設計・製作が必要となるものが発生しています。これらに関して、強度計算等の解析が必要な構造物や機器の設計・製作、導入への支援を行っています。また、可燃物の難燃化等、緊急時の防災対策に関わる開発も行っています。

原子力発電所の再稼動に貢献する支援、技術開発をこれからも実施していきます。

**【ロボティクスエンジニアリング部】**

ロボティクスエンジニアリング部は、2014年4月 発足時の2グループから、現在は遠隔技術開発グループ、運用技術開発グループ、オペレーション技術グループの3グループで以下の技術開発を行っています。

**(1) 遠隔技術、付帯機器に関わる設計・開発**

原子炉建屋の高所や地下階、2階、3階にアクセスするための機器の開発に力を入れており、大学との共同研究によるロボットの開発をはじめ、原子炉建屋用の各種リフターなどの開発を行っています。また、各種の作業を行うための遠隔技術、付帯機器の開発を行っています。

**(2) 遠隔機器を利用した機器、工法及び運用技術の開発**

今までは困難であった細かい作業や複雑な動きをするロボット及び従来の移動機構では踏破できない狭隘部や階段などでの移動機構の開発を行っています。

また、原子力発電所へのドローン（小型無人航空機）の活用の期待も大きく、操作員が直視できない場所等での高度な運転技術を駆使した特殊環境下での線量率測定方法を開発中です。

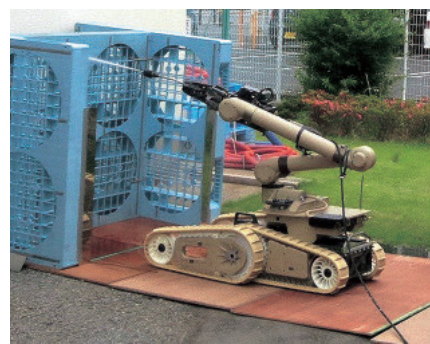
**(3) 遠隔機器の運転・保守技術の開発**

各種作業の高度化に対応するため、PackBot や Kobra（旧名称 Warrior）などの不整地移動ロボットを利用した遠隔作業法の開発と、運転操作のスペシャリストと保守要員の育成を行っています。

また、ドローンの操作技術者の訓練・育成を行うことにより、現場での高度な操作対応及び点検、修理、技術指導等のオペレーション体制の構築を進めています。



ドローンによる福島第一タービン建屋屋根の線量調査  
 廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議（第13回 平成26年12月25日）  
 【資料3-3】環境線量低減対策より（東京電力(株) 殿ホームページより）



不整地移動ロボットによる  
 原子炉建屋内作業の検証の例

**【技術開発センター紹介 DVD を更新】**

技術開発センターにおける技術開発活動の概要とともに当社の事業概要を紹介する映像資料（DVD）を、このたび更新しました。若手と中堅社員が前面に出た12分の映像資料で、日本語版と英語版があります。このDVDは、技術開発センターを訪問された国内外のお客様や関係者の方々にご覧いただいています。



【技術開発センターにおける化学分析等の業務の取り組み】

〔トリプル四重極 ICP-質量分析装置 (ICP-MS) を導入〕

溶液中の極微量元素の分析などに 15 年間使用してきた誘導結合プラズマ質量分析装置 ICP-MS (Agilent 7500c) に替わり、2016 年 10 月に新機種のトリプル四重極 ICP-MS (Agilent 8800) を導入しました。

ICP-MS は近年飛躍的に進化しています。従来の装置では、分析対象元素のイオンの質量分析において他元素の同重体による妨害があるときは、コリジョンリアクションセル (CRC) を用いて妨害を除去していましたが、それでも除去しきれない妨害が残る問題がありました。新機種では CRC の前後に 2 台の質量分析部 (Q1 と Q2) を配置し、Q1-CRC-Q2 のコンビネーションで同重体による妨害の除去を極めて高い性能で可能とします。これにより検出下限が大幅に向上し、今まで以上に正確で信頼性の高い分析結果が得られるようになりました。極微量元素の分析装置として廃棄物処理処分や廃止措置等の原子力分野でも今後、大いに活用されると期待されています。



誘導結合プラズマ質量分析装置  
ICP-MS (Agilent 8800)

〔化学分析等の実施事例 (材料、溶液、物性の分析)〕

技術開発センターが所有する各種の分析・測定装置を使用して、材料分析、溶液分析、物性分析などのサービスを提供しています。分析室に近接したガンマ線照射施設を使用して、照射前後の試料中の成分の分析ができるのも特徴の一つです。

また、福島第一原子力発電所の廃炉で要求される種々の試料の分析技術を確立するとともに、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「大熊分析・研究センター」における分析業務にも対応できるよう、高度な分析技術の力量を備えた人材を育成しています。下表に分析業務実施の例を示します。

分析・測定対象		装置名	実施事例	備考
溶 液	極微量元素濃度分析	誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) アジレント・テクノロジー(株) Agilent 8800	<ul style="list-style-type: none"> <li>試料溶液中の各種微量元素濃度測定</li> <li>垂鉛同位体比分析</li> <li>海水中の Sr 除去試験</li> </ul>	極微量分析 多元素同時分析 同位体比分析
	微量元素濃度分析	誘導結合プラズマ発光分析装置 (ICP-AES) セイコーインスツルメンツ(株) SPS5000	<ul style="list-style-type: none"> <li>材料中の微量元素 (Zn, Pb) 分析</li> <li><sup>60</sup>Co 照射後の溶液中ヨウ素分析</li> </ul>	簡便・迅速測定 多元素同時分析
	陰イオン分析	イオンクロマトグラフ分析装置 (IC) 日本ダイオネクス(株) DX-120	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中の Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 分析</li> <li>除染剤発生ガス分析 (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</li> </ul>	イオン種別微量分析
材料表面	表面分析 観察・元素分析 局所分析	走査電子顕微 (SEM) (株)日立ハイテクフィールドイテック S-3000N	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブラスト前後の材料表面観察、元素分析</li> </ul>	非破壊分析 元素分布観察
粉末試料	結晶構造	X線回折装置 (XRD) (株)リガク Multiflex	<ul style="list-style-type: none"> <li>粉末結晶試料の同定</li> <li>石綿定性・定量分析</li> </ul>	微量試料には $\mu$ XRD 測定
		微小領域部 X 線回折装置 ( $\mu$ XRD) (株)リガク RINT-rapid		
	粒径分布	粒子径分布測定装置 日機装(株) MT3300EX II	<ul style="list-style-type: none"> <li>電解除染廃液中のスラリー粒径分布測定</li> </ul>	高分解能



イオンクロマトグラフ  
分析装置 (IC)



走査電子顕微鏡 (SEM)



X線回折装置 (XRD)

### 【福島復興支社が新社屋に移転、廃炉と福島復興事業に総力】

福島復興支社は、2016年7月4日に福島県双葉郡の広野町より富岡町の富岡工業団地内の新社屋に移転しました。

新社屋には協力企業を含めて約1,400名が一堂に集まり、福島第一原子力発電所の廃炉事業と福島の復興事業に総力を挙げて取り組んでいきます。

施設の一部には新たに本社事業本部が「技能訓練センター」を開設し、社員・協力企業一丸となって高度な技術技能を磨くとともに、安全・品質水準のさらなる向上を図っていきます。

また、当社の技術開発の拠点である千葉県柏市の技術開発センターも福島支所を設置しており、ロボットによる遠隔技術の活用や除染技術の高度化により一層努めていきます。

さらに新社屋の一角には、フランスの原子力企業アレバとの合弁会社である ANADEC の福島営業所も移転し、海外の叡智・技術や豊富な経験と当社の現場実践力とを組み合わせ、様々な課題を克服し廃炉事業の進展に貢献していきます。



### 【頭部専用 PET 装置の実用化研究に着手】

当社は、国立研究開発法人放射線医学総合研究所（現：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所）と共同で2014～2015年度に実施した「頭部専用 PET 装置に関する研究」の成果<sup>※</sup>を踏まえて、新たに商品化を目指した「頭部専用 PET 装置の実用化に関する研究」の共同研究契約を2016年7月に締結しました。

アルツハイマー病早期診断のために PET 装置の活用と普及が望まれています。市販 PET 装置は全身用で大型であり、低コスト化や画質改善の課題が残されています。そこで昨年度に引き続き、放射線医学総合研究所と市販装置より高感度で低コスト、普及に有利な小型のヘルメット型頭部専用 PET 装置の実用化を目指した共同研究を開始しました。また、あわせて、製品化に向けて試作機的设计・開発を担当するヒロセ電子システム株式会社と2016年8月に開発委託契約を締結しました。

これまでの研究成果を反映し、実用化に向けたコスト低減、画像再構成の最適化、臨床研究などを行い、製品化に向けた一次試作機の製作に伴う技術、ノウハウを蓄積していきます。

<sup>※</sup> アトックス技報 No.7 2015, p.24 【本社事業開発部における医療事業分野への取り組み】をご参照ください。

◆ 登録特許一覧

2016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	—
3452138	H15. 7.18	配管内足場設置方法及び配管内足場	—	—
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	—
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	—
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 <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	—
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、榊井 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	—
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	—
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	(国研)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	—
5684626	H27. 1.23	電解除染方法及びそれに用いる装置	末森 友英、熊木 直人 小林 義男	—
5921299	H28. 4.22	管理区域境界用バリア	笠井 信二、松下 恵一	—
5946037	H28. 6.10	走行装置	木村 裕姫	(学法)千葉工業大学



◆ 特許の紹介

特許番号：特許第 5684626 号

発明の名称：電解除染方法及びそれに用いる装置

本発明は、表面が放射性物質で汚染されたステンレス鋼材の電解除染方法とその装置に関するものです。

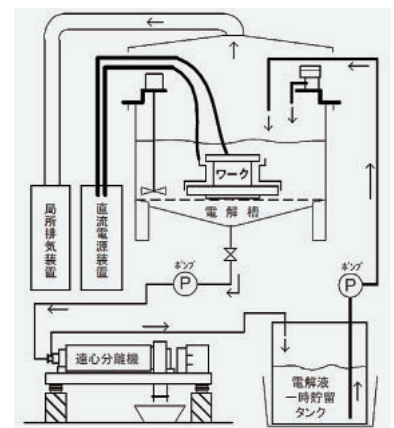
【課題】

従来、表面が放射性物質で汚染されたステンレス鋼材を除染するために、希硫酸・リン酸等の酸性溶液を電解液として用いて電解除染する方法が知られていますが、除染に伴い削られた金属イオンが電解液に蓄積し、電解液が劣化するという問題があります。本発明は、酸性電解液の代わりに中性電解液を用いることにより、電解液の劣化を防ぎ、飛躍的に電解液の寿命を延ばすことができ、中性電解液を用いる場合の課題であるステンレス鋼材の電解除染に伴い発生する六価クロムの抑制により、電解液を繰り返し用いることができる電解除染方法とその装置を提供することを目的としています。

【解決手段】

表面が放射性物質で汚染されたステンレス鋼材を、電解槽中の中性電解液中に浸漬し、ステンレス鋼材を陽極として、陽極と電解液に浸漬された陰極との間に直流電流を供給してステンレス鋼材の表面を電解除染する方法において、電解液に微量の還元剤を添加するとともに、電解槽内に分離沈殿した金属水酸化物を電解液とともに取り出し、金属水酸化物を濾別した後、電解液を再び電解槽に供給することを特徴としています。

この方法では、ステンレス鋼材の表面に付着していた放射性物質を金属水酸化物とともに除去することができます。また、金属水酸化物を濾別した後の電解液は、再び電解槽に供給することにより再利用します。



特許番号：特許第 5946037 号

発明の名称：走行装置

本発明は、配管の点検、清掃などのために対向する壁面の間を走行可能な走行装置に関するものです。

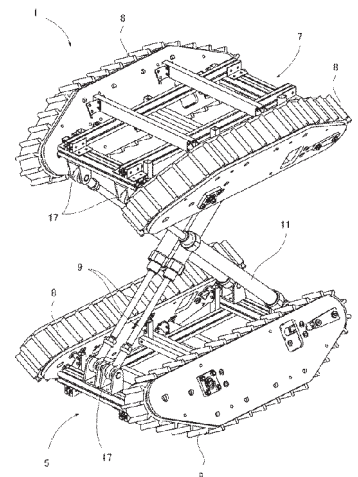
【課題】

従来の走行装置は、配管の内径や幅が比較的大きく狭まる部分が存在すると、その部分を走行することができません。本発明は、配管内で堆積物や付着物などにより内径や幅が狭くなっている部分が存在しても、配管内の対向する壁面間を走行可能な走行装置を提供することを目的としています。

【解決手段】

走行装置 1 は、対向する壁面間の一方の壁面上を走行自在に構成される第 1 走行機構 5 と、この対向位置に配置され、他方の壁面上を走行自在に構成される第 2 走行機構 7 と、第 1 走行機構の前方部に一方の端部を回動自在に連結し、第 2 走行機構の後方部に他方の端部を回動自在に連結して、弾力的に伸縮自在な第 1 直動機構 9 と、第 1 走行機構の後方部に一方の端部を回動自在に連結し、第 2 走行機構の前方部に他方の端部を回動自在に連結して、弾力的に伸縮自在な第 2 直動機構 11 とを備えることを特徴としています。

走行装置は、第 1 及び第 2 直動機構を押し縮めながら、第 1 及び第 2 走行機構の前方側の間隔を狭めるようにして、堆積物や付着物などを乗り越えて走行できます。また、堆積物や付着物などを乗り越えた後は、第 1 及び第 2 直動機構が伸びて第 1 及び第 2 走行機構の前方側の間隔を押し広げながら、対向する壁面に沿って走行できます。



※ 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	〒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	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	上田 諭
	常務取締役	藤川 正剛
	常務取締役	伊東 一昭
	常務取締役	鈴木 良男
	常務取締役	土堂 広一
	取締役	岸本 邦和
	取締役	佐藤 明雄
	取締役	酒井 敏光
	取締役	坪井 伸一
	取締役	柏原 進
	取締役	加藤 正平
	取締役	柳樂 昌宏
	取締役	紺谷 修二
	取締役	谷津田 尊之
	取締役	須賀 正和
	監査役	石田 藤照
従業員数	1,756 名 (2016 (平成 28) 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
	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 AREVA 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	

(注) 本訳文は、p.1 の“巻頭言”を参考のために翻訳したものです。

## 福島の問題解決に向けて

株式会社 AREVA ATOX D&D SOLUTIONS (ANADEC)  
代表取締役副社長 ルー・フランソワ

アトックスと AREVA によって設立された ANADEC に 2014 年より参加させていただいたことを大変光栄に思っております。この会社への参加は色々な面で素晴らしい経験になると考えています。

ANADEC はやる気があって熱心な日本人、フランス人の少数メンバーで構成されています。日本人とフランス人のそれぞれの文化の良いところを吸収し、フランスと日本に対する通常の固定観念に捉われることはありません。当社のアイデンティティは各親会社から別々に取り込まれ、チームワークと会社の優れたマネジメントを行うために設定したプロセスを通して次第に明確になりました。同僚やアトックスの代表者とともに、強く公正でプロフェッショナルな関係を築き発展させてまいりました。私はこのことに感謝し喜んでおります。

当社は私にとっても大きなプロジェクトである福島の廃炉プロジェクトにチャレンジするまたとない機会であります。

当社は東京電力ホールディングス株式会社、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)、メーカー、ゼネコンと福島オフィスや本社において良好な関係を築きつつありますし、二つの親会社との恵まれた関係を越えて、エンジニアリング会社やテクノロジープロバイダーといった海外の企業との関係も築きつつあります。

チームは福島の問題ニーズに対してより優れた視点を持っており、廃炉分野のエンジニアリングと関連する活動に尽力していくことが最も将来性のある道であると確信しています。

廃炉の進捗に伴って浮上する現場業務での新たな問題に対して、短期間で現実に即したソリューションを開発し実行していくことがフィールドエンジニアリングです。

このようなソリューションは AREVA がすでに所有する技術に基づく場合もあります。例えば、化学薬品を使用した広範囲の除染や、現場作業で要求される特別な正確さや柔軟性を持つ遠隔操作のためのフォースフィードバックロボットです。もしくは線量調査や監視、集積線量低減のための Globall システム、汚染地下水処理のための土壌の浸透性反応性バリア (Permeable Reactant Barrier) といった AREVA の関連会社が提案した技術です。

このような技術を使用して当社はアトックスの現場サービスと運用の可能性を広げ、福島復興の工程を進める努力をいたします。例えば、タービン建屋と原子炉建屋内での作業や高汚染機器に関する作業です。

これらの技術や連携によって、日本でこれから始まる商用原子炉の D&D 分野において新たな道を開き、実行していきます。

このビジネス方針は、藤川社長の優れた指導のもとでチームが協力して築いてきた福島における理解と経験の結果です。

最後になりましたが、ANADEC での素晴らしい経験を皆様と共有するとともに、チームメンバーへ感謝の意を表したいと思います。

2016 年 12 月





複写をご希望の方へ

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、(一社)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、当該企業等法人が公益社団法人日本複製権センター((一社)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、(一社)学術著作権協会に委託しておりません。直接、本誌発行元の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.8 2016

ATOX TECHNICAL REPORT

平成 28 年 12 月 1 日発行

No.8 December 2016

編集・発行

株式会社アトックス  
技術開発センター

Published and Edited by

Engineering Research & Development  
Center  
ATOX Co., Ltd.

〒277-0861 千葉県柏市高田 1201 番地

1201, Takata, Kashiwa-shi, Chiba 277-0861

TEL 04-7145-3330

TEL 04-7145-3330

FAX 04-7145-3649

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。