

RANDEC

Dec. 2016 No. 104

ニュース

(公財) 原子力バックエンド推進センター



長期視点に立ったバックエンド分野における 人材育成

北海道大学大学院工学研究院 エネルギー環境システム部門
教授 小崎 完

RANDEC が「原子力施設デコミッションング研究協会」として設立された平成元年、私は日本原子力研究所の新米職員として、JPDR の解現場にて廃止措置を学んでいた。そこでは、「近い将来の商業炉の廃止措置」に向けた技術開発とその実証が進められ、得られた知見が整理・分析されていた。

それから、四半世紀を経て廃炉技術は格段に進歩した。しかし、当時思い描いていた楽観的な「近い将来」のイメージはない。今日我々の目の前にあるのは、社会的側面での「厳しい現実」である。すなわち、当時は思いもよらなかった東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、原子力バックエンド事業への国民の不安は増大し、事業への理解は容易には得られにくい現実がある。また、急速に進む少子高齢化、若い世代の理系離れ、さらには福島第一原子力発電所の事故後の原子力離れによって、事業の遂行に不可欠な人材の確保が難しくなっているのも現実である。

このため、国民、とくに次の時代を担う若

い世代に対するより一層の理解促進活動が望まれる。北海道大学では、文部科学省の原子力人材育成補助事業として、学内外の専門家による廃炉工学や放射性廃棄物処分工学等の講義をビデオに収録し、編集・著作権処理の後にオープン教材として順次一般公開することで、「誰でも何処でも何時でも学べる」環境作りを進めている(<http://ocw.hokudai.ac.jp/>)。また、放射線の基礎を学ぶ英語の入門コースを海外向けの MOOC (大規模公開オンライン講座) として提供している。これらはすでに多くの受講者に活用されているが、今後、さらに広く周知を図るとともに、収録コンテンツの拡充も必要と考えている。

そうした中、RANDEC への期待は大きい。研究面はもちろんのこと、我々教育機関との連携をより密にして頂き、長年にわたって蓄積された知見とともに、この分野の魅力を若い世代に積極的にアピールする等、長期視点に立ったバックエンド分野における人材育成にも積極的に関与して頂ければと願っている。

RANDEC ニュース目次

第104号（平成28年12月）

巻頭言 長期視点に立ったバックエンド分野における人材育成

北海道大学大学院工学研究院 エネルギー環境システム部門 教授 小崎 完

RANDEC の主要な行事等

1. 第29回 原子力施設デコミッショニング技術講座の開催 1
情報管理部
2. 5事業者による日本原燃株及び六ヶ所核融合研究所の見学会を開催 3
総務部

RANDEC の事業・活動に関する近況報告

1. 福島ワークショップの共催とポスターセッション出展への対応 4
総務部
2. 福島工業高等専門学校の見学会に同行・講演 5
総務部
3. 賛助会員が日本原子力発電(株)東海発電所の廃止措置を見学 7
総務部

外部機関の活動状況の紹介

1. 高線量域における除染について ―帰還困難区域モデル除染等工事― 9
株式会社 安藤・間 (安藤ハザマ) 東北支店 中島 貴弘
2. 放射性セシウム暗紫色結晶化による強力防染マスクの紹介 13
株式会社 Eu-BS 代表取締役 露無 慎二
株式会社 カーボンエコプロダクツ 取締役 本谷 憲朗

海外技術情報

1. フランスにおける新しい廃止措置技術の活用 16
廃棄物処理事業推進部 秋山 武康
2. 新型パワー・マニピュレーターの紹介 19
企画部 金田 健一郎
3. 英国ドンレー施設の低レベル放射性廃棄物の処分 22
廃棄物処理事業推進部 泉田 龍男

世界の原子力発電所の廃止措置最新情報 26

東海事務所 榎戸 裕二

その他

- ・委員会等参加報告 31
- ・総務部から 31
- ・第 28 回「報告と講演の会」のご案内 32

RANDECの主要な行事等

1. 第29回 原子力施設デコミッショニング技術講座の開催

情報管理部

当センターは、去る10月27日（木）に東京赤坂の三会堂ビル石垣記念ホールで第29回原子力施設デコミッショニング技術講座を開催しました。今回は、6件の廃止措置プロジェクトを取り上げ、活動の現状や計画、技術と経験等についてご講演頂きました。原子力発電所の廃止措置では4件、また、小規模ながら既に主な活動を終え一部規制解除を達成した「武蔵工大炉」、及び人形峠の主要なウラン取扱施設の廃止措置活動の2件の講演です。このほか、「注目技術」に関して2件の新しい技術が紹介されました。今回の講座には、全国から2名の学生を含む80名の多数の方の参加があり、活発な質疑応答も行われ成功裏に講座を開催することができました。以下に、各講演内容を簡単に紹介します。

特別講演では、東京電力ホールディング（株）福島第一廃炉推進カンパニーの齊藤慎二部長から、ロードマップに従って進められている東京電力福島第一原子力発電所の廃炉活動について、各原子炉の現在の状態、地下水バイパスや遮水壁の効果、汚染水貯蔵タンクの交換等を進めていることが紹介されました。続いて、1～3号機の使用済燃料プールからの次年度の取出し開始を目途に原子炉建屋上部等の整備が順調に進んでおり、2020年度からの燃料デブリ取り出し準備と現場調査を行っていること、サイト内作業被ばく低減化と安全対策の強化を引き続き図っていること及び毎日約6000人が働くサイト内の環境整備を行っていることなどが説明されました。

原子力発電所の廃止措置プロジェクトに関する3件の講演では、まず、日本原子力発電（株）廃止措置プロジェクト推進室の斉藤史郎室長代理から、東海発電所のこれまでの廃止措置実績の概要、2基目の中間熱交換器の解体は1基目の遠隔操作手法との技術比較のため手動で行いデータを集積中であること、今後の原子炉領域の解体に向けて原子炉上部

の厚さ約3mの上部遮へい板の遠隔解体手法の調査研究を行っていることが紹介されました。さらに、発生が予想される低レベル廃棄物の管理方法、特に軽水炉と比し多く発生するL1廃棄物（黒鉛）の処理、L3廃棄物のサイト内埋設施設の紹介、事業申請、解体廃棄物のクリアランスの現状について説明されました。敦賀1号機の廃止措置計画申請の進捗状況と対応及び所内での廃止措置準備状況についても詳しく紹介されました。

次に、JAEAの原子炉廃止措置研究開発センターの中村信二技術副主幹は、ふげん発電所の廃止措置の進捗状況及び廃止措置における施設の保守管理技術について講演されました。旧原子力安全委員会の指針「原子力施設の解体に係る安全確保の基本的考え方」に基づく各設備に要求される機能・性能の維持に対するふげんの保守管理対応として、廃止措置の進捗により順次撤去される施設・設備に対処する適切な安全確保、保守項目の削減を通じたコスト削減方法を慎重に検討・実施していることが紹介されました。廃止措置では、とにかく活動自体に多くの関心が集中するが、

基盤技術として運転保守技術の管理の重要性を強調されました。

関西電力（株）原子力事業本部廃止措置技術センターの伊藤肇所長の講演では、美浜 1、2 号機の廃止措置計画の認可申請（本年 2 月）と保安規定変更認可申請（本年 8 月）の進捗状況及び今後 30 年間で行う 4 段階の活動計画、特に最初の認可後 6 年間で実施する活動の紹介がありました。早期の放射性廃棄物などの負の遺産の撤去に努めること、具体的には精緻な廃止措置計画の策定、除染係数 30 を目標にした系統除染の着手、汚染状況調査の徹底、廃止措置時の施設の維持管理の検討、特に、廃棄物量の低減を目指し L1、L2、L3 廃棄物の区分では保守的な評価をしない、最適な解体計画及び廃棄物管理計画を作成するなど、着々と認可後に向けた準備がなされていることが紹介されました。

東京都市大学原子力研究所三橋偉司所長のご講演では、武蔵工大炉の廃止措置について永久運転停止、使用済み燃料搬出から設備の撤去の第二段階を経て放射性廃棄物の処分及び放射性廃棄物の廃棄施設の一部解体に至る一連のプロセスを一通り完遂したことが報告されました。規模は小さいながら原子炉規制法に従った手続きによりサイト解放の実績を得ている。使用履歴や状況等の記録による評価もクリアランス、放射性廃棄物でない廃棄物の判断として取り入れられた。しかし、大学民間のいわゆる研究施設等廃棄物埋設処分施設事業が停滞していることから速やかな事業の進展を期待していることを述べられた。

注目技術（1）では、（株）シーエスデーの西島衛福島営業所長代理及び（株）インターコアの庄司公明社長から「廃止措置における複合現実（MR: Mixed Reality）技術の可能性」と題する講演がありました。大規模点群データの活用として 3D レーザースキャナーでデジタル化した空間情報で、数億点まで

の位置情報の集合（点群データ）をデジタル合成し仮想空間を作成する技術です。狭隘空間での作業、解体、点検等の可能性を臨場感あふれる画像にて事前に評価しかつ実作業においても適用できる支援技術として有望と考えられます。

注目技術（2）は、スリーエムジャパン（株）の零田治夫部長から「3M の ¹⁰B 濃縮技術と中性子吸収用途応用製品」と題した技術、特に原子力分野に应用される濃縮技術の紹介がありました。原子力分野の濃縮ボロンの用途として優れた中性子吸収機能の固体及び液体用途への適用が可能で緊急炉停止や臨界防止、福島廃炉事業でのデブリ回収時の臨界予防手段にも使える可能性があります。

最後にウラン取扱施設の廃止措置及びクリアランスの状況について JAEA の人形峠環境技術センターの大天正樹技術副主幹から講演頂きました。人形峠ではウラン精錬・転換施設、濃縮工学施設及びウラン濃縮原型プラントを用いたウラン燃料の製造に係る研究、技術開発を進め、使命を終えたこれらの施設の廃止措置を順次進めていること、現在実施中の濃縮工学施設の廃止措置について解体、滞留ウランの撤去・回収、クリアランスの実施状況と成果を主に紹介されました。滞留ウランを乾式除染により回収できたこと、クリアランス導入後アルミや鉄材約 610 t が発生するが、クリアランス化のため濃度検査を実施し、既に約 20 t の確認を終えたことなどが報告されました。

最後になりますが、ご講演の各事業者ともに、廃止措置に明確な目標を持ち、着実に活動を進めていることが講演内容から知ることができました。他の廃止措置を進める電力会社とともに原子力の負の遺産の解消に向け一層の活躍を期待したいと思います。広範囲にわたり多くの資料を準備頂きました各講師の方々に改めて御礼申し上げます。

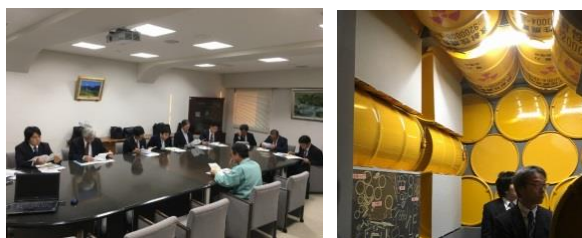
2. 5 事業者による日本原燃(株)及び六ヶ所核融合研究所の見学会を開催

総務部

本年 10 月 19 日、20 日の両日、当センターが取り扱う研究施設等廃棄物を保管する 5 事業者及び日本原子力研究開発機構からの参加を得て、青森県六ヶ所村の日本原燃(株) 埋設事業関連施設及び量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所を見学しました。

日本原燃では、施設見学に先立って六ヶ所原燃 PR センターにおいて、原子燃料サイクル施設の現状と原子力発電所の放射性廃棄物処分の現状について説明を受けました。PR センター内を見学後、低レベル放射性廃棄物埋設センターなどを見学しました。現在埋設している低レベル放射性廃棄物の内容、廃棄物管理建屋の概要、発電所から埋設までの流れ、埋設設備の構造、余裕深度処分の調査・研究などについて説明を受けました。参加者からは受入検査や地元理解など幅広く関心の高い内容について質疑応答が行われました。

り、ITER (国際熱核融合実験炉) 計画とその進捗状況、六ヶ所核融合研究所における研究開発と今後の計画などについて説明を受けたのち、施設見学を行いました。計算機・遠隔実験棟では、計算機シミュレーションによる核融合プラズマの研究や将来の ITER と高速ネットワークを結び研究を進めるための準備状況について、また、原型炉 R&D 棟では将来の原型炉に向けた材料や燃料に関する研究開発について、さらに、IFMIF/EVEDA (国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動) 開発試験棟では、IFMIF (国際核融合材料照射施設) 原型加速器の開発試験の進捗について説明を受けました。

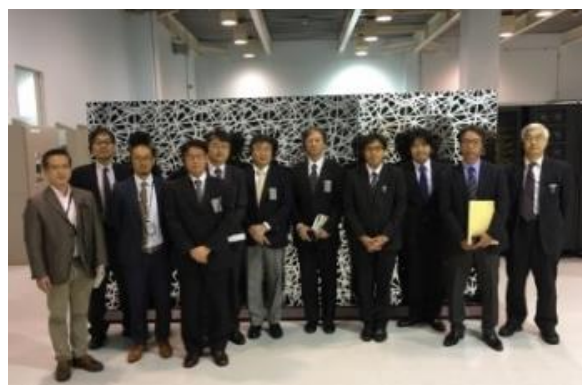


六ヶ所原燃 PR センター



低レベル放射性廃棄物埋設地

六ヶ所核融合研究所では、この 4 月に発足した量子科学技術研究開発機構の紹介に始ま



計算機・遠隔実験棟

今回の見学では、見学会を受け入れ、対応いただいた日本原燃(株)及び六ヶ所核融合研究所の皆様にご礼申し上げます。

RANDEC の事業・活動に関する近況報告

1. 福島ワークショップの共催とポスターセッション出展への対応

総務部

福島の復興を考える会（株式会社 新福島産業創生プロデュース）の主催、当センターの共催で、「福島の復興は新たな産業創生から」をテーマとする第 19 回ワークショップが 10 月 14 日（金）福島市内の“コラッセふくしま”にて開催されました。

今回は、「新たな産業創生」、「中間貯蔵除去土壌の減容・再生利用技術開発戦略」、「新たな産業創生（避難区域解除後の課題）」及び「復興に向けた産業創生提案」等に関し、地元企業や福島県商工労働部等、50 名以上の

出席者により積極的な議論が展開されました。

また、併設されたポスターセッション会場では、復興庁、日本原子力研究開発機構、地元企業等による福島復興に関わる取り組みが紹介されておりました。当センターとしては、事業の一つである放射性廃棄物の処理・処分体系等を紹介したポスター及び RANDEC ニュース、デコミショニング技報等を配備し、放射性廃棄物の処理・処分、福島環境回復等に関わる事業の現状についての説明、啓発活動を展開してきました。



ワークショップ会場



ポスターセッション会場

2. 福島工業高等専門学校の見学会に同行・講演

総務部

本年10月3日と4日にかけて福島工業高等専門学校（以下、福島高専）が日本原燃㈱の原燃サイクル施設、量子科学技術研究開発機構の六ヶ所核融合研究所及び環境科学技術研究所を見学しました。当センターはこの見学会に同行し、事前の勉強会では、「我が国における放射性廃棄物の管理～高レベル放射性廃棄物の処分まで～」と題して講演を行いました。

環境科学技術研究所では、研究所の研究概要の説明を受けたのち見学に入り、全天候型人工気象実験施設では青森県の特産であるリンゴを対象とした放射性物質移行研究などについて、先端分子生物科学研究センターではマウスを用いた低線量被ばくの影響研究について説明を受けました。



先端分子生物科学研究センター

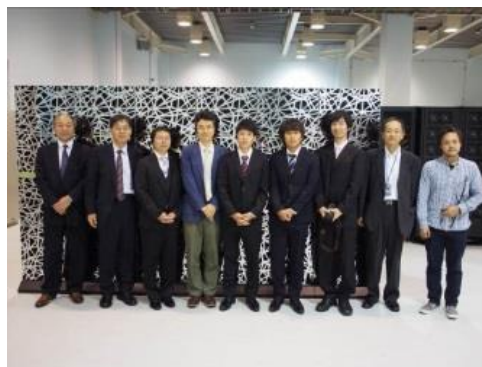


当センターの講演（勉強会）

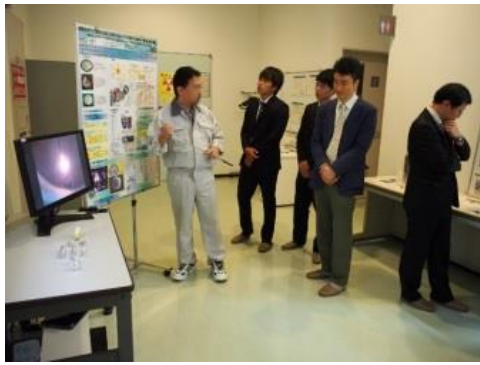
六ヶ所核融合研究所では、核融合の原理や研究開発の状況と今後の計画などについて説明を受けたのち施設見学を行いました。計算機・遠隔実験棟では核融合プラズマ研究シミュレーションなどに用いるスーパーコンピュータ「ろくちゃん」を見学、原型炉R&D棟では将来の原型炉に必要な材料開発や燃料に関する研究開発について、IFMIF/EVEDA（国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動）開発試験棟ではIFMIF原型加速器の開発試験の進捗について説明を受けました。



全天候型人工気象実験施設



スパコンろくちゃんの前で



原型炉 R&D 棟



六ヶ所原燃 PR センター
(放射性廃棄物の処理・処分コーナー)



IFMIF/EVEDA 開発試験棟



六ヶ所原燃 PR センター
(高レベルガラス固化体地層処分模型前)

日本原燃では、PR センターにおいて展示物を見ながら原子燃料サイクルや放射性廃棄物の処理・処分について説明を受けました。その後、低レベル放射性廃棄物埋設センター、再処理工場、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターなどを見学しました。

この福島高専の見学会は一般財団法人 日本原子力文化財団の放射性廃棄物の地層処分に関する学習の機会提供事業の協力を得て行われました。

3. 賛助会員が日本原子力発電(株)東海発電所の廃止措置を見学

総務部

本年 11 月 1 日、当センターの賛助会からの参加を得て廃止措置が進む日本原電(株)の東海発電所を見学しました。当センターは、発足当時から国内外の原子力施設の廃止措置に関する調査・研究を行っており、また、本年 10 月 27 日に開催した原子力デコミッションング技術講座において「東海発電所の廃止措置の現状と敦賀 1 号機の廃止措置計画について」と題して日本原子力発電(株)から講演をいただいたことなどから今回この見学会を開催しました。

施設見学に先立って東海テラパーク（日本原子力発電(株)原子力館の一つ）において、当センター東海事務所長の榎戸から挨拶と見学会の主旨説明を行い、引き続き、日本原電(株)から発電所のあゆみ、東海第二発電所の現状、東海発電所の廃止措置及び廃止措置で発生する放射能レベルの極めて低い L3 廃棄物の埋設について説明を受けました。

東海発電所の廃止措置は平成 13 年に着手し、これまでに周辺機器の撤去工事が進められ、現在、4 基ある熱交換器の撤去工事が行われている。建屋内では、解体撤去のために新たに設置された換気用配管や必要な配管や電源など誤って切断しないようにマーキングするなど安全に配慮した対応を知ることができた。中央制御室に入ると、初めて解体された 2 号熱交換器(高さ 24.7 m、直径 6.25 m、重量約 750 t)を大型のジャッキ装置で吊り下げながら、フランスから導入した遠隔切断装置で下部の部分から順次切断していく工法（ジャッキダウン工法）を採用した展示を見ながら説明された。本体から分割された部分を切り離すためには、本体胴体部に明けた窓から遠隔解体装置のアームを差し込んで狭隘な熱交換器内部構造物を切断する必要があり、その様子を設置されたモニタの映像通して理解することができた。その他、切断アーム、電動ディスクカッター、グリッパーなどが展示されていました。フランスでの遠隔装置の

操作訓練、実際の解体など一連の作業を経験して遠隔解体装置の操作技術やノウハウが習得・蓄積され、今後の商用炉の廃止措置に活かされると思われる。クリアランス（放射性物質として扱う必要のないもの）については、その流れについて説明を受け、測定装置を見ることができました。廃止措置により発生する廃棄物は推定約 200,000 t で、その内、低レベル放射性廃棄物（放射能レベル L1、L2、L3）は約 26,900 t、クリアランス対象物は約 41,100 t とのことです。ちなみに、廃止措置期間中に発生する廃棄物の多くが「放射性廃棄物でない廃棄物」であり、約 128,700 t と推定されています。

最後に、L3 廃棄物の埋設予定地を見学することができました。地下水や地質などの調査などを行い社有地内で埋設する安全性に支障がないことを確認、地元理解活動を進め、昨年 7 月に茨城県及び東海村に安全協定に基づく新增設等計画書を、また、原子力規制委員会に埋設事業許可申請を提出し、認可の可否の判断を待っているとの説明がありました。

その他、発電所敷地内をバスにより見学しました。ドライキャスク建屋、遠隔制御プレハブ、低レベル廃棄物建屋、排気筒、東海港、循環水ポンプ、廃棄物貯蔵建屋、東海第二発電所、東海第二タービン建屋などの外観を車窓から見学することができました。道路のところどころに津波の到達点の表示があり、当

時の状況と対応、その後の新規制基準対応などについても見学をしながら説明されました。

参加者から解体撤去範囲、クリアランスの利用実績、埋設予定地の津波対策、解体物のコンテナ充填方法等の質問が多く出され廃止措置への関心の高さを伺うことができました。

今回の見学には多くの応募があり、締め切

りを待たずに予定人員に達したことから多くの方々にキャンセル待ちの連絡をせざるを得ませんでした。このため、同様の見学会を行う方向で日本原電㈱と相談を開始しました。

今回の見学では、見学会を受け入れ対応いただきました日本原電㈱東海事業本部地域共生部、東海発電所の皆様に御礼申し上げます。



東海テラパーク（概況説明）



廃炉が進む東海発電所（外観）



遠隔解体風景または解体装置



切断アームまたは内臓構造物の切断風景



中央制御室



クリアランス測定器（外観）

外部機関の活動状況の紹介

1. 高線量域における除染について —帰還困難区域モデル除染等工事—

株式会社 安藤・間（安藤ハザマ）東北支店 中島 貴弘

年間予想被ばく線量が 50 mSv 超（空間線量率 9.5 μ Sv/h 超に相当）であった比較的高線量な帰還困難区域を対象にモデル除染等工事が行われた。モデル除染等工事は、ガイドライン等に定められた標準的除染方法を帰還困難区域に適用することによる線量低減効果を検証し、係る地域の復興の取組みを検討するための基礎データ収集を目的とした。本報ではモデル除染等工事の概要とその線量低減効果を報告する。

1. 工事概要及び位置

モデル除染等工事の概要を表 1 に位置を図 1 にそれぞれ示す。

工事対象箇所は、帰還困難区域に含まれる浪江町の 3 地区（A 地区、B 地区、C 地区）と、同じく双葉町の幼稚園、病院、広場の 3 施設である。

表 1 工事概要

工事名称	平成25年度双葉町・浪江町 帰還困難区域モデル除染等工事
発注者	環境省 福島環境再生事務所
施工場所	福島県双葉郡双葉町および浪江町
工期	平成25年8月22日～平成26年8月29日
受注者	安藤ハザマ・不動テトラ・浅沼組・岩田地崎建設 特定建設工事共同企業体

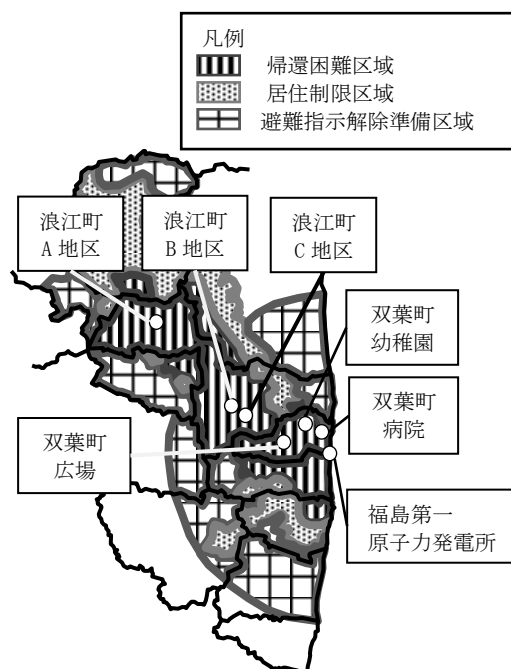


図 1 工事位置図(公表資料²⁾から作図)

2. 除染方法と管理値の決定

(1) 標準的除染方法

除染関係ガイドラインに定められる標準的除染方法は表 2 の通りである。

(2) 除染効果の評価

除染の効果は除染による放射線量の低下の度合で評価した。低下の度合は次式で定める低減率[%]で求めた。

低減率[%]

$$= \frac{\text{空間線量率(除染前)} - \text{空間線量率(除染後)}}{\text{空間線量率(除染前)}} \times 100$$

(3) 試験施工

各除染方法における低減率の把握と、除染効果が得られる具体的な施工方法の管理値（回数、削り取り深さ等）の確定を目的として試験施工を実施した。管理値は、同じ除染方法を繰り返し行い、低減効果の増大がみられなくなったときの回数や深さとした。得られた標準的除染方法の管理値を表 3 に示す。

1) 環境省、除染関係ガイドライン、第 2 版（平成 26 年 12 月追補）、2015.12

2) 内閣府原子力被災者生活支援チーム、避難指示区域の見直しについて、2013.10

低減率は、除染対象物の状況を把握するため、対象物表面から1 cmの位置での空間線量率から求めた。測定にはNaIシンチレーションサーベイメータを使用し、周囲の影響を取り除くために鉛コリメータを使用した。

表2 各対象物に対する主な標準的除染方法¹⁾

除染対象物	標準的除染方法
住宅	<ul style="list-style-type: none"> ・家の拭き取り ・庭の除草 ・表土削り取り[深さ5cm] ・客土
大型施設	<ul style="list-style-type: none"> ・屋上の高圧水洗浄 ・壁面の拭き取り ・舗装面の削り取り (ショットブラスト、超高压水洗浄)
農地	<ul style="list-style-type: none"> ・除草 ・表土削り取り [深さ5cm] ・客土 ・耕起[深さ15cm]
道路	<ul style="list-style-type: none"> ・堆積物除去 ・舗装面の削り取り (ショットブラスト、超高压水洗浄)
森林	<ul style="list-style-type: none"> ・除草 ・枝打ち ・堆積物除去

表3 得られた標準的除染工法の管理値

対象物	除染方法	管理値
住宅・宅地等	屋根	2回拭取り(乾拭き)
	外壁	2回拭取り(濡拭き)
	雨樋	堆積物除去、1回拭取り(濡拭き)
	舗装	吸引式高圧水洗浄 送水圧20MPa以上、洗浄回数2回
学校施設 (屋根・屋上)	金属屋根	拭取り 1回拭取り(濡拭き)
	シート防水	吸引式高圧水洗浄 送水圧15MPa、送水量15L/分、洗浄回数1回
学校施設 (外壁)	吹付けタイル	拭取り 1回拭取り(濡拭き)
	金属サイディング	拭取り 1回拭取り(濡拭き)
大型施設 (屋上)	コンクリート面	吸引式高圧水洗浄 送水圧15MPa、送水量15L/分、 洗浄回数1回
	シート防水	吸引式高圧水洗浄 送水圧15MPa、送水量15L/分、 洗浄回数1回
大型施設 (外壁)	吹付けタイル	拭取り 1回拭取り(濡拭)
	金属サイディング	拭取り 1回拭取り(濡拭)
大型施設 (舗装面)	アスファルト	超高压水洗浄 100MPaを標準圧とし、白線部や舗装損傷部は50MPaを下限として調整する、送水量20L/分、洗浄回数1回
	コンクリート	超高压水洗浄 100MPaを標準圧とし、白線部や舗装損傷部は50MPaを下限として調整する、送水量20L/分、洗浄回数1回
農地 (C地区)	水田	表土削取・覆土 5, 10, 15cmの深度方向の放射能濃度を調査して削り取り厚さを決定
	畑	表土削取・覆土 5, 10, 15cmの深度方向の放射能濃度を調査して削り取り厚さを決定
農地 (その他)	水田	表土削取・覆土 5, 10, 15cmの深度方向の放射能濃度を調査して削り取り厚さを決定
	畑	表土削取・覆土 5, 10, 15cmの深度方向の放射能濃度を調査して削り取り厚さを決定
森林	常緑樹	刈払・堆積物除去
	落葉樹	熊手による堆積有機物除去、竹帯による残渣除去 (林縁部から20mまで)
	雑木林	刈払・堆積物除去
	針葉樹林	刈払・堆積物除去

以下に、対象物毎の評価を整理する。

a) 住宅等建築物

屋根や外壁は雨水によるウェザリング効果(表面の洗い流し)により、除染前の線量がすでに低い場合が多いが、その場合でも1~2回の拭取りである程度の除染効果が得られた。ただし、スレート材やリシン吹付けのように表面が粗い材質の場合は、拭取りによる除染効果が得られないものがあった。これは粗い表面に放射性物質の沈着が進んだためと考えられる。特にリシン吹付けの外壁は剥離しやすいため、ブラシ等で軽く拭き取る除染方法を試みたが、除染効果がほとんど得られないために管理値は1回拭取りとした。雨樋は堆積物を除去してから1回拭取りとした。

b) 道路

超高压水洗浄は対象面を削取るため舗装面の欠損や白線の消失等を伴う。また、路面の平坦性により低減率がばらつく。そこで、圧力を下げる等の施工上の工夫が必要となる。モデル除染等工事では水圧100 MPaによる1回洗浄を標準とした超高压水洗浄を基本的除染方法としたが、白線部や舗装の損傷部分では圧力を下げて除染することとした。なお、同じく舗装面の標準的除染方法であるショットブラストは、除染後の舗装面の欠損等が著しいため、管理者と協議の上、モデル除染等工事では使用しなかった。

c) 農地

5 cm 剥取りと覆土の除染効果は大きいですが、浪江町C地区では5 cm以上の深さにも既に放射性物質が浸透している箇所もあり、追加的に10 cmまで削取りを行う等の措置を講じる必要があることが分かった。

d) 森林

事故後、初期に汚染された堆積層の上に更に汚染された落葉等の堆積が生じていることが予想され、表面的な堆積層の除去のみでは他の除染対象物に比べて低減率が低くなることが考えられた。しかし、モデル除染等工事

では保水や土砂流出防止等の森林機能の維持を重視し、森林除染は地表面の堆積有機物の除去程度に留めた。なお、除染対象範囲は各地区の生活圏であり、森林は林縁部から森林側に 20 m 入った部分までとした。

3. 除染工事状況

(1) 住宅・大型施設等建築物

写真 1 に屋根の除染状況、写真 2 には外壁の除染状況を示す。



写真 1 屋根の除染状況(拭取り[乾拭き])



写真 2 外壁の除染状況(拭取り[濡拭き])

(2) 農地

写真 3 に農地の除染状況を示す。ここでは、表土剥取りの状況を示す。

(3) 道路

写真 4 に道路の除染状況を示す。

(4) 森林

写真 5 に森林の除染状況を示す。



写真 3 農地の除染状況(表土の剥取り)



写真 4 道路(舗装面)の除染状況



写真 5 森林の除染状況(堆積物残渣の除去)

4. 除染効果と考えられる追加的措置

除染等工事の評価では、生活圏における除染効果を把握するため、地面や舗装面から高さ 1 m の位置での空間線量率を用いた。測定

では NaI シンチレーションサーベイメータを使用した。この場合、鉛コリメータは使わなかった。

評価の結果、森林以外の除染対象物では55%を超える低減率が得られたが、森林ほどの線量帯でも20%程度の低減率であることがわかった。先述のとおり、森林除染では森

林機能保持のため表層の堆積有機物の除去程度に留めたためと考えられる。

標準的除染方法では実施困難な対象物について十分な除染効果を得るためには、追加的措置の検討も必要である。モデル除染等工事の知見から想定される追加的措置の候補を表4に示す。

表4 除染対象物ごとに考えられる追加的措置

除染対象	線量低減に向けた課題	検討事項	追加的措置/対策
建築物	<ul style="list-style-type: none"> 軒下や軒樋の局所的高線量箇所解消 除染効果の得られない材質(粗面なもの)への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 局所的高線量箇所特定手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地削取りの追加措置 粗面な材質の建築物の除去
農地	<ul style="list-style-type: none"> 地表面5cm以深への放射性物質の浸透への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 深度分布調査による深度方向の汚染把握 	<ul style="list-style-type: none"> 深度方向汚染に応じた適切な除去と覆土
道路	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂やくぼみ等の局所的高線量箇所解消 	<ul style="list-style-type: none"> 局所的高線量箇所対応方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 吸引機構のある洗浄装置の採用 亀裂やくぼみ箇所の舗装面の打替え
森林	<ul style="list-style-type: none"> 堆積有機物除去のみの表面的な除染での低減率の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全と除染効果の両立(保全すべき機能) 土砂流出防止・保水機能 樹木保全機能 	<ul style="list-style-type: none"> 汚染源の確実な除去(薄層削取り等) 植生マットや植生土のうによる遮蔽 法面保護工などの補助工法の採用

5. おわりに

比較的高線量な地域の除染においては、標準的除染方法を実施した後にもある程度の線量が残ることがわかった。今後、更なる比較的高線量な地域の除染を検討する場合には、今回の知見を元に入念な事前検討を行うとともに、新規除染方法の採用のみならず、追加的措置や周辺区域の影響の考慮、遮蔽技術の検討などを組み合わせて地域の実情に合わせた除染計画を策定することが重要である。

謝辞

環境省福島環境再生事務所及び浜通り北支所、県中・県南支所のご指導のもと、「双葉町・浪江町帰還困難区域モデル除染等工事」を担当させて頂いたことに深く感謝申し上げます。

また、本報作成に当たっては、安藤ハザマ土木事業本部環境エンジニアリング部の丸山敏弘氏及び安藤ハザマ技術本部先端・環境研究部の丸山能生氏の協力を頂きました。

2. 放射性セシウム暗紫色結晶化による強力防染マスクの紹介

株式会社 Eu-BS 代表取締役 露無 慎二
株式会社 カーボンエコプロダクツ
取締役 本谷 憲朗

1. はじめに

著者は、白金ナノ粒子（平均直径 4 nm）が、①酸性条件中で可溶性セシウム及びヨウ素と反応して、 Cs_2PtI_6 の暗紫色樹状結晶（約 $2 \times 5 \mu\text{m}$ ）を形成すること、②アルカリ条件下では、この結晶や土壌などから結合・吸着したセシウムを可溶化できることを発見し、特許交付を受けた¹⁾。

一般的に 20 nm 以下の金属ナノ粒子は不織布などの担体に容易に担持されることが知られている。そこで、土壌などからセシウムを可溶化した後、この可溶化セシウムと反応して、これを捕捉するマスクや拭き取り用綿布を開発したので、これについて報告する。

2. セシウム、ヨウ素と暗紫色の結晶を形成する白金ナノ粒子

ここで用いた白金ナノ粒子（直径約 4 nm）は、塩化白金酸をクエン酸で還元し、アスコルビン酸などで安定化させて得た²⁾。この白金ナノコロイド液は、塩化セシウムとヨウ素

液（ヨウ素／ヨウ化カリウム）と混合すると、速やかに暗紫色の沈殿を形成した。この沈殿物を遠心分離して、エタノールで洗浄した粉体は（図 1）、電子顕微鏡下で樹状の結晶（図 2）として観察され、その成分分析及び X 線回析解析から、分子式は Cs_2PtI_6 と推定された¹⁾。

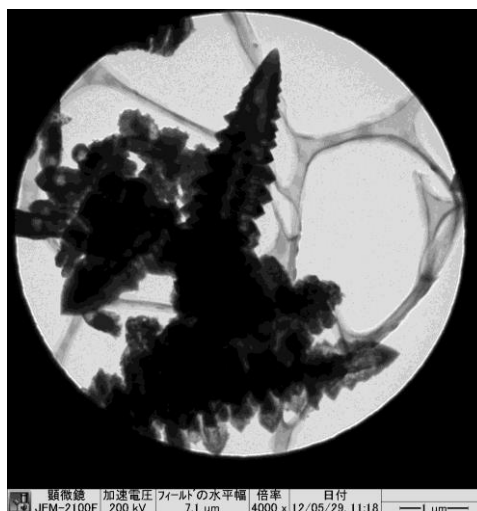


図 2 結晶の電子顕微鏡図
(静岡大学・立岡教授との共同研究による)



図 1 白金+セシウム

3. 白金ナノ粒子をマスクに固定化させてセシウムを捕捉

白金ナノコロイド液を、界面活性剤などの存在下で不織布マスクなどに噴霧して乾燥後、さらに、塩化セシウム液とヨウ素液を噴霧すると、マスクの表面に上記濃紫色の沈殿物が形成された（図 3）。



図3 無処理マスク（左）、捕捉された暗紫色セシウム含有結晶を形成した白金ナノ粒子担持マスク（右）

すなわち、マスクに固定化された白金ナノ粒子は、セシウムとヨウ素と反応して、結晶形成することによりこれらをマスク上に捕捉できることが確認された。

4. 極微細土壌・塵埃などに吸着したセシウムもブロック

原子力発電所などの事故により汚染された場所では、大部分のセシウムは土壌、塵埃などに吸着されている。現状では、呼吸を妨げない程度の口径のマスクでこれら吸着した微粒子の通過を物理的に阻止することにより、セシウムの吸入をブロックしている。しかし、粒子径のさらに小さな土壌、塵埃が存在する場合は、これをブロックすることができないため、吸入による被ばくの回避は完全ではない。より確実な防止には、これらの微細土壌粒子、塵埃に結合されたセシウムの吸入を阻止しなければならない。

筆者は、土壌などの担体に吸着したセシウムを可溶化する条件を検討したところ、担体に結合した状態からアルカリ条件で可溶化してセシウムを遊離させることを見出した¹⁾。なお、この可溶化したセシウム液を白金ナノ粒子及びヨウ素を加えて、酸性に戻すことに

よって濃紫色結晶を再度形成することも見出した¹⁾。

5. ナノ白金担持マスクを用いたより確実なセシウム吸込み防止

白金ナノ粒子を担持させたマスクをディスク状に切り取り、①多検体ろ過システムにセットして（図4）、②1 mlの種々濃度の塩化セシウムをマスク上に置床した後に風乾、③1 mlの蒸留水を加えて1時間静置後、ろ過システムの吸引開始、④マスクディスク表面が完全に乾燥するまで吸引、⑤吸引を終了し、各ろ液回収用筒中の検出用綿布（ヨウ素、白金を含む）でろ過液中のセシウム量を検出した。

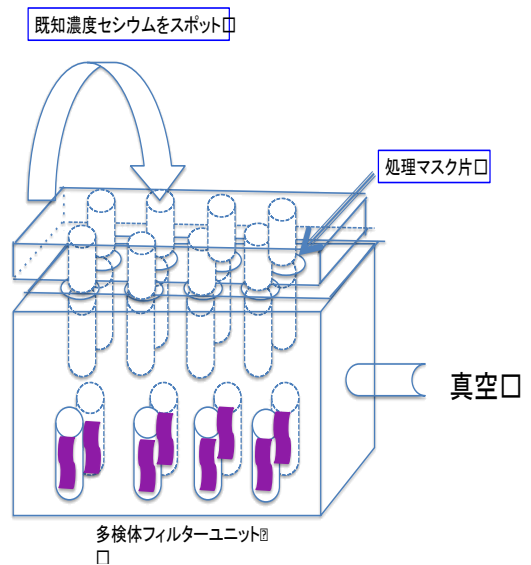


図4 多検体ろ過システムの略図

その結果、マスク（MASKIN NIOSH N95）に白金ナノ粒子を含む“EU-BS 社開発商品 2015”で噴霧処理することによって、トータル $9.6 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ までの可溶性塩化セシウムをマスク上に捕捉できることが確認された（図5）。

【処理液2015マスク、吸引セシウム捕捉試験】

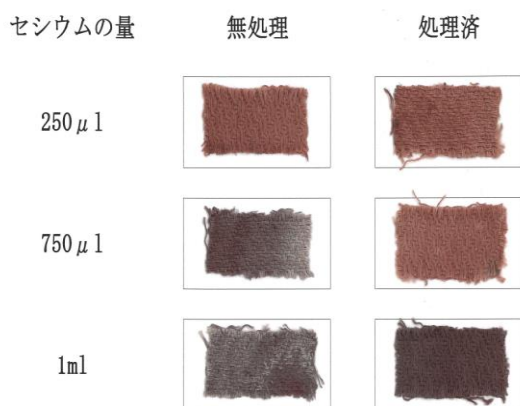


図5 ろ液中のセシウム（暗紫色）の存在

6. 福島汚染土壌を用いた実証試験等

これまでの実証試験に加えて、現場における放射性セシウムによる白金ナノ粒子とヨウ素を加えた濃紫色結晶 (Cs_2PtI_6) の生成確認実験と、白金ナノ粒子を担持した綿布による非放射性セシウムの拭き取り着色試験を計画した。放射性セシウム捕捉の実証実験は RANDEC に依頼して行った。

①福島第一原子力発電所事故により環境に放出された放射性セシウムが付着した土壌、塵埃、植物残渣などの水懸濁液「32.552 Bq/kg ($\text{Cs}137$: 84.9%、 $\text{Cs}134$: 15.1%)」を用いて、市販タイル面へ盛液後乾燥させ、白金ナノ粒子担持綿布によるタイル面からの拭き取り試験を実施した。拭き取り効果

は、95%前後の良好な効率が確認された。また拭き取り試験後の放射性汚染綿布を掃除機で吸引し、大粒子は吸い取られるが、吸引されない繊細な微粒子は綿布に担持されて残存していることが、ガンマ線スペクトロスコピ測定装置により確認できた。②さらに、ガラス面上にコールドの非放射性セシウム溶液を盛液し乾燥し、白金ナノ粒子担持綿布による拭き取り試験を行った。その結果、K/I 濃液噴霧により Cs_2PtI_6 ミニ結晶と想定される暗紫色発色反応が検出され、白金ナノ粒子担持綿布によるセシウムの拭き取りが可能であることが立証された。

7. おわりに

このような試験等から、白金ナノ結晶粒子のセシウム等を捕捉する特性及びヨウ素の共存下では暗紫色の Cs_2PtI_6 ミニ結晶形成の特性は、放射線環境下での作業用防塵・保安用マスク素材への活用が可能である。また放射性汚染環境の床、壁、其の他素材の拭き取り清浄用の布材等へ幅広く多様な活用・利用しうるものと考えている。

- 1) 特許第 5595477 号、「放射性セシウム回収方法」(2014 年公布)
- 2) 特許第 5637584 号、「抗ウイルス、抗アレルギー、抗ガス剤及び担体への固定化方法」(2014 年公布)

海外技術情報

1. フランスにおける新しい廃止措置技術の活用

廃棄物処理事業推進部 秋山 武康

フランスの原子力・代替エネルギー庁が、廃止措置における運転員の保護及び費用と発生廃棄物極小化のために、革新的な解決策を開発している。その主要分野は、①ITの手法とツール、②施設の特性評価、③廃棄物の評価、④ロボット工学、⑤除染、⑥廃棄物処理・廃棄体化の6分野で、概要が簡潔に紹介されているので、報告する。

1. はじめに

フランスは、原子力技術開発の積極的な国で、現在、電力の約75%が原子力発電である。また、電力の約17%がリサイクル核燃料から得られており、原子炉、核燃料製品及びサービスも主要な輸出品となっている。

フランスは、現在、9サイトを廃止している。フランスの原子力・代替エネルギー庁(CEA)は、核燃料サイクルで重要な原子力施設の事業者で、主要な新設及び除染・廃止措置(D&D)プロジェクトの責任者であり、さらに、技術移転の方針を持つ研究開発グループでもある。廃止措置下での汚染レベルの高い施設の数と多様性のため、D&DにおいてCEAは重要な役割を担っている。廃止措置における運転員の保護、総費用と発生廃棄物量の最小化のための、革新的な解決策が6分野で進められている。

2. ITの手法とツール

解体予測を評価するために、認定されたツールと方法を開発する必要がある。これらのツールは、建設前に施設の将来の解体費用を見積るとか、費用、スケジュール、積算線量、廃棄物量を最適化するために解体シナリオを比較することに利用できる。

フランス電力公社(EDF)とCEAは、積極

的に無線ネットワーク機能を検討し、開発している。

RFID(Radio Frequency Identification)タグは、作業者のバッジまたは監視されている廃棄物容器上に取り付けられる。このタグは、タブレット端末のソフトウェアによってアクセスし、以下のことができる。

- ・機器、部品の正しい初期状態の確認
- ・従業員の必要な資格の確認
- ・使用機器の正しい調整状態の確認
- ・サンプル識別と自動測定結果の提供
- ・GPS座標情報のリアルタイム提供

クラウドを介して外部システムへ送信されるデータは、GPS座標に連結されている。無線制御プラットフォームへの永続的な関係付けは、従業員の安全管理を改善し、システム上の作業管理を向上させる。

トレーサビリティの確保、D&Dプログラムによって提供されたデータの調和、並びに廃棄物管理シナリオを最適化するために、相互接続されたITツールのネットワークは、廃棄物と輸送管理に望ましい。

3. 施設の特性評価

廃止される施設の放射線や物理的条件の特徴付けは、危険の最小化や廃棄物量予測のために、適切なデータを提供することへの鍵で

あり、時間と費用を節約できる。

この分野の大きな課題は、労働者の被ばく線量低減及びサイトの混雑化した検査室救済のために、煩雑な分析を最小化することである。

新しい現場技術は、施設や土壌の地図化、ホットスポットの局在化、放射性核種の同定、放射能評価、サンプル数の最小化または同時放射化学分析、を行うために開発されてきた。これらの技術は既にフランスで使用されている。地球統計学のように商業化されているものもあれば、例えばガンマ線と中性子の画像診断、アルファカメラなどのように試作品で商業化途中のものもある。

4. 廃棄物の評価

以下のような、廃棄物の評価戦略の最適化と検証が必要である

- ・放射線学的、物理的及び基本的な廃棄物評価のための目標の作成
- ・廃棄物の回収のために実装する機材とシナリオの選択
- ・特性評価手順の最適化
- ・機器とシナリオを最適化できる高性能モデリングとシミュレーションツール

カスタマイズされた評価装置の設計と資格証明は、煩雑な分析の回避や規制要件の変化への適合に必要である。これらのシステムは、試作品の工業規模化もしくは既存システムの適合により開発できる。

5. ロボット工学

新しいツールは、ロボット、遠隔操作機器、切断プロセス、シナリオを検証し最適化するためのソフトウェアを含めて、除染や廃止措置を目的に開発されてきた。

20年の間、プロジェクトマネージャは現場調査から3D地図を取得し、それを使用して

廃止措置シナリオを考えることを夢見た。全ての技術的構成要素が利用可能になり、データ収集から運転員訓練まで関連付ける準備ができていた。

また、運転員は、運搬装置だけでなくコンピュータ支援型遠隔操作活動にも、既製システムまたは革新的なシステムで設計することにより、化学的及び放射線学的な条件下で使用するのに適した装置を選択することを学んだ。CEAは高放射線場で使用できる遠隔操作アームを開発し、サイバネティクスによって実用化した。遠隔装置をより高レベルの放射線場に適用させるには、進歩が必要である。

エアロゾルの発生及び生成廃棄物を制限して切断収率を改善するために、レーザープロセスが開発された。レーザーヘッドは、水漏れを防止するために空冷での切断や、水中切断できるように設計された。さまざまな技術基盤やツールが、新しい機器を最適化し適用するために開発された。

6. 除染

固形物の除染のための技術が開発され、多くの幾何学的構成体や広範囲の物質、各種汚染物に適応された。これらには、自己乾燥コーティングゲル、汚染された小物を処理するためのトッピングゲル、レーザー切断、粘性泡、活性溶液、フロート発泡体、超臨界流体を含む。

放射線学的及び化学的放出を減少させるために、いくつかの化学媒体と適切な技術が、現場で実施するために研究された。

7. 廃棄物処理・廃棄体化

除染の効率を高めるため、二次廃棄物量を最小にして運転員を保護し、全体費用を最小化するために、複雑な放射性廃棄物の処理が開発された。

革新的な解決策として、化学的、電気化学的、湿式冶金的、及び高温化学反応を含むプロセスの開発が進められている。

液体廃棄物の除染技術の進歩は、主に2つの相補的なアプローチ、すなわちプロセス開発と試薬・材料開発に基づいている。

液体廃棄物処理に使用される主要なプロセスは2つある。1つはろ過で、従来の方法（精密ろ過、ナノろ過または逆浸透）と高度なプロセス（例えば、光触媒と組み合わせた精密ろ過、生物学的な吸着剤に結合されたる過）を含む。もう1つは、固定床及び流動床上での固相吸着で、共沈プロセスを含む。

これらのプロセスのモデル化は、それらを改善し、実験室規模からパイロット規模に、次いで工業規模に進めるために非常に重要である。液体廃棄物処理プロセスで用いられる材料及び試薬は、効率を改善し最終的な廃棄物管理を最適化するために、化学的組成、形態及び微細構造を制御するように設計されている。

水熱酸化またはプラズマ焼却による有機液体の焼却・安定化を含むいくつかのプロセスは、固体または液体の有機放射性廃棄物の処理のために開発されてきた。

水中でのプラズマによる塩素もしくはフッ素を含む放射性溶剤の焼却プロセスは、フランスで工業化されている。この方法はダスト処理を簡素化し、設備の腐食を防ぐ。

歴史的に廃棄体化の段階での2つの主要な開発分野は、セメント固化とガラス固化である。マグネシウムのカプセル化のための鉱物ジオポリマーでのセメント固化及び高レベル廃棄物のための「缶中融解」によるガラス化が、フランスで行われている。

放射線分解による二水素の発生を減少させる最適化されたセメント系マトリックスも開発中である。これは中間レベルの廃棄物の充填を増加でき、セメント固化廃棄物容器の数を減少できる。

8. 将来に向けて

原子力と非原子力分野とも、刺激的な新しい技術が現れている。次のステップは、適用可能な技術を開発し、廃止措置用に統合することである。それには業界の合意、協力、集中が必要になる。自律型機器や高出力レーザーや長期モニタリング及びより強力なデータ収集や処理能力など、テーマに特有な取り組み機能を実現するために、広範囲な取り組みが必要である。これらの機能は、より良いプロジェクト管理、ペーパーレス作業の制御や地球統計学とデジタル空間モデルのような判定ツールと組み合わせる必要がある。このような技術基盤を開発することは、次世代のロボット工学と自律型機器や他の発展技術を安全に展開し、活動的な廃止措置プロジェクトの統合に大いに役立つ。

参考文献

- 1) Harvey Farr, Gerard Laurent and Christine Georges, "Leveraging new D&D technologies in France," NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL, February 2016.

2. 新型パワー・マニピュレーターの紹介

企画部 金田 健一郎

原子炉の廃止措置では、放射能レベルが高い場所での作業のためマニピュレーター等の遠隔解体装置が必須である。マニピュレーターは多様な作業に柔軟に適用できる特徴を有しているが、機構が複雑であり、一般に取扱い重量も小さいため重量物取扱いや振動の大きな作業には不向きである。しかし、取扱重量や動作範囲に対するニーズの増加により、重量物を取り扱うためのパワー・マニピュレーターが開発されてきた。パワー・マニピュレーターには、電気機械方式と油圧方式があるが、作業に最適なマニピュレーターを選択するためには、多くの要素を考慮する必要がある。ここでは、海外で開発された最新型パワー・マニピュレーターのいくつかを紹介する。

1. 概要

遠隔操作のためにパワー・マニピュレーターの使用が必要になった場合、使用環境、放射線環境、運転条件等が考慮されなければならない。既存の技術が最大限に利用できれば、システムコスト及びリードタイムが削減でき、信頼性も向上する。ここでは、油圧方式及び電気機械方式である ModuMan 100、ModuMan PRM、A1000 及び TELBOT システムの概要を紹介する。

油圧方式及び電気機械方式マニピュレーターは、両方とも大きな取扱重量に対応できるが、それぞれ長所と短所がある。油圧方式は圧力を伝達するのに追加的なギアや機械的な要素が必要でないため、出力密度が高く、電気機械方式に比べてジョイント部を簡素化できる。油圧方式である ModuMan 100 及び ModuMan PRM はこの利点を有している。

一方、電気機械方式は、油圧方式に比べて正確性、スピード及び繰り返し性に優れており、改良した制御システムにより油圧方式の欠点を補うことができる。また、保守性、精度、アクセス性等にも優れている。

2. パワー・マニピュレーターの特徴

(1) 耐放射線性

油圧方式及び電気機械方式ともに、高放射線環境下で使用することが可能である。電子系、絶縁系、電気部品、ホース、シール及びベアリングを含むすべての材質は、放射線に耐えなければならない。ほとんどの IC (集積回路) の使用を避けなければならない。放射線に加え、除染の容易性も考慮しなければならない。汚染を防止するための二重バリアとしてアクチュエーターにブーツを取り付けることが可能である。

(2) 破損モード

マニピュレーターの破損モード及び修理は、マニピュレーターの選定において重要なファクターである。

電気機械方式は、運転環境に液体が漏れ出すリスクがほとんどない。また、故障の発生や電源供給ができなくなった場合には、ギア又はブレーキシステムの使用によりマニピュレーターはその位置に留まることが可能である。TELBOT は、ブレーキ部を開けると柔軟に曲がるように特別に設計されている。

油圧方式は、接合部が緩んだ場合には液体が漏れたり、大きな破損が起こった場合には大量に漏れる可能性がある。油圧方式には、

圧力が喪失した場合に不意の動きを防止するため、平衡保持バルブ（counterbalance valve）が使用されている。油圧方式では、すべてのバルブは外側に設置されているため、マニピュレーターの内部に蓄えられた圧力を逃すことができ、それによりマニピュレーターは曲げやすくなり、補修のため貫通孔から容易に引き出すことができる。

(3) 工具

油圧方式及び電気機械方式とも、各種工具を取り付けることができ、T型ハンドルを使ったグリッパーや工具交換器によって保持される。通常使われる工具は、グリッパー、ハサミ状切断器、トーチ（プラズマ、ウォーター・ジェット用）、グラインダー、たがね、ノコ（往復式、回転式）であり、これらの工具はマニピュレーター内部やマニピュレーターの外側にある供給パイプを使って供給される。

(4) 制御システム

改良型制御システムは、マニピュレーターの操作性及び安全性を向上させるとともに、診断機能も有している。運転者が2つの3軸ジョイスティック（操作レバー）を使って、ジョイントによりマニピュレーターのすべての動きを手動で調節できるようになっている。この運転モードは、障害物を避けるためにしばしば使用される。改良型制御システムは、コンピューターを使って各ジョイント部を調整し、マニピュレーター端部にあるエフェクターでマニピュレーターを思いどおりに動かすことができる。

改良型制御システムでは、グリッパーや工具はワールド座標（world mode）又はツール座標（tool mode）で駆動される。ワールド座標では、運転者はマニピュレーターの動きをデカルト座標で指示する。ツール座標では、運転者は工具とともに動く座標系を使ってグリッパーや工具を動かす。ツール座標は、工

具交換や連結部の結合のような細かな作業の際に有効である。

さらに、制御システムは衝突の防止や運転者へフォース・フィードバックを伝えるために容易に変更することができる。衝突回避システムは、フォース・フィードバックの装置により作業中に操作対象物やマニピュレーター自身に損傷を与えるのを防ぐことができる。

(5) カスタマイズ可能な規格品

ModuMan 100（図1）は、6自由度の油圧式で、最大取扱重量は100 kg、リーチは2.54 mである。このマニピュレーターは、標準MSM（master slave manipulator）で使用するように設計されているが、操作範囲を拡大するため他の機能を付加することが可能である。全てのバルブは貫通孔の外側に設置されており、各ジョイント部は耐放射線性のリゾルバーを使って位置情報をフィードバックする機能がある。

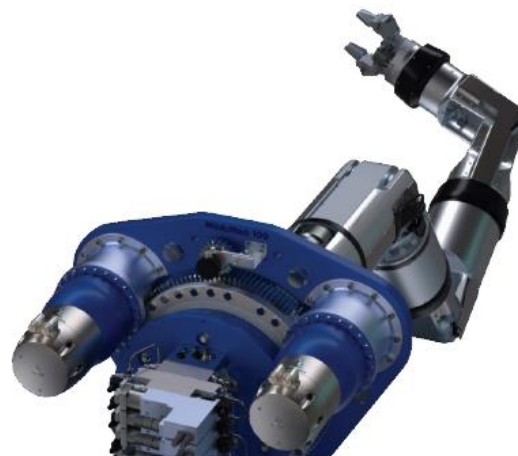


図1 ModuMan 100（油圧式）

ModuMan PRM（図2）は、高信頼性の油圧式である。このマニピュレーターは、6自由度の7つのジョイント部を有し、最大取扱重量は50 kg、リーチは4.2 mである。位置情報フィードバックのためにModuMan 100と同様のリゾルバーが使用されており、すべてのバルブと制御機器はセルの外に設置され

ている。2重のエルボー・ジョイントにより、 ± 180 度の動きができる。

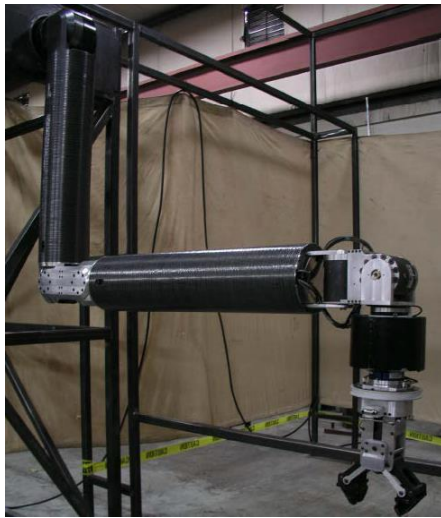


図2 ModuMan PRM (油圧式)

A 1000 (図3) は、マストと6自由度を有する電気機械式である。ガントリーシステムのため、作業範囲が非常に広い。リーチにより変わるが、最大取扱重量は50~500 kgである。



図3 A 1000 (電気機械式)

る。マストの外側にはワイヤーはなく、腕及びほとんどのジョイント部は連続回転が可能である。

TELBOT (図4) は、同心チューブと傾斜ギヤを使った大型の電気機械式マニピュレーターで、ドライブユニットで全てのジョイント部を駆動することができる。ドライブユニットはセルの外側に設置され、リゾルバーを備えている。

このマニピュレーターは、長さの異なる各種のジョイント部での構成が容易である。取扱重量はリーチに依存するが、5~150 kgの範囲であり、高速で正確な繰り返しの動きが可能である。また、全体を密封することができ、水中や危険物の存在下環境で運転することが可能である。このマニピュレーターは、マスターアーム、フォース・フィードバック制御システムを利用することが可能で、直感的制御のために各ジョイント部がセル外に2重化されている。



図4 TELBOT (電気機械式)

参考文献

- 1) Shannon Callahan, Scott Adams and Ian Crabbe, "Guide to Specifying a Powered Manipulator for Operation in Hazardous Environments," WM2015 Conference, March 15-19, 2015, Phoenix, Arizona, USA.

3. 英国ドンレー施設の低レベル放射性廃棄物の処分

廃棄物処理事業推進部 泉田龍男

英国スコットランドのドンレーにある高速増殖炉の研究施設を中心とした英国の原子力開発施設では、現在は研究炉や各種施設の廃止措置が進められている。廃止措置にあたっては、これまで発生した放射性廃棄物や今後の廃止措置によって発生する多量の廃棄物の処理処分施設が必要となっている。特に廃棄物容量の大部分を占める低レベル放射性廃棄物（LLW）を浅地層処分する新たな処分用ボルトを建設し、運用を開始したのでその概要を示す¹⁾。

1. 概要

ドンレーサイトでは、現在実施中の廃止措置及びサイト復旧活動により生じる大量の LLW を処分するための施設が必要で、2014 年に LLW 処分用の新規ボルトの建設が決定した。このボルト施設は、ドンレーサイトの北西に隣接しており、原子力廃止措置機関(NDA)の所有地である。第一期工事で 2 基のボルトを建設するが、最終的には 6 基の浅地層コンクリートボルトの建設承認を受けている。少なくとも、もう一つのボルトがドンレーの廃止措置により生じる LLW の処分に必要であることが分かっている。

今回建設されたボルトでは、レベルが低い破砕物 LLW と残りの LLW をそれぞれのボルトに処分する。ボルトは、廃棄物収容量が許容量に達した後に閉鎖され、残った掘削孔が埋め戻される。その後天井の屋根が除かれて、上部が塞がれる。その後は、適切な緑化などにより、出来る限り元の環境に近づくように復元される。

以下に、ボルト建設の概要と各種の LLW 管理への取り組みと背景、必要な許認可、安全と環境問題、関係者との調整等について述べる。

2. 第一期工事

工事は 2 基のボルトが同時に 2011 年に

開始され、約 240,000m³の岩盤が掘削された。掘削には、工事期間短縮のために爆破工法が 4 か月間にわたって使用され、近隣居住者への工事による影響を低減するのに役立った。掘削終了後に補強用鉄筋が組み、セメントを流し込んで床スラブが作られた。続いて補強壁が作られ、さらに鉄骨構造物と屋根材により屋根が作られた。機械設備と電気設備の取付けが続き、ボルトの水叩き、スロープ及び進入路が並行して作られた。

掘削土壌は、海岸線と反対側に整地して、将来の汚染浸透水が陸地側よりも海側に流れるようにした。処分終了後にはボルトが閉鎖され、植生と土壌は出来るだけ初期状態に戻す予定である。

3. グラウト材プラント

グラウト材は、処分用 LLW コンテナ内にセメントをベースとしたグラウト材を注入して廃棄物を固定化するために使われる。また、ボルト内の LLW コンテナ間の隙間等にも注入する。この方式は、カンブリア州のドリッグ処分施設でも使われている。

グラウト材を注入した廃棄物コンテナはボルト内で 4 段に積み重ね、コンテナ間の隙間にグラウト材を注入する。この積層コンテナ上に鉄筋補強した床を作り、再びグラウト材注入された廃棄物コンテナが 4 段

に積層され、コンテナ間隙及びボールド内の全空間にグラウト材が注入され、最終的にコンクリートスラブによってカバーされる。

破砕物 LLW は大きなナイロン製バックに入れてボールド内に置かれ、グラウト材注入は実施しない。このボールドは、砂や破砕岩石のような安定な粒状物で埋め戻される。ボールドが満杯になると柔軟性のある低浸透性の材料で上部がカバーされる。

4. LLW の内容

ドンレー施設の廃止措置及び復旧を請け負っているドンレー復旧会社 (DSRL) は、廃止措置で発生する 175,000 m³ の固体 LLW を処理する必要がある。固体 LLW は、金属、コンクリート、ガラス、砂や他の物質 (ポリエチレンシート、プラスチックグローブ、紙類等) であり、放射能汚染は軽微なものである。この汚染放射エネルギーは、ドンレー施設の放射性廃棄物の放射エネルギーの 0.01% であるが、容積は 80% を占める。

5. 許認可プロセス

DSRL はボールド建設の許認可を得るために計画書を 2006 年にハイランド行政区に提出した。スコットランド環境保護局 (SEPA) による環境安全評価 (ESC) のために審査期間が延長され、2009 年にハイランド行政区から 26 項目の条件付きで許可された。例えば建設中の騒音及びダスト、交通問題、景観への影響等である。

DSRL は、「放射性物質法 1993」に基づき SEPA からの許可も必要である。それは ESC と呼ばれる環境評価を実施し、今回の処分方式が公衆の健康保全と利益及び環境との整合性に適したものであることを証明する必要がある。申請書が 2008 年に提出され、2010 年

に改訂、2013 年に条件付き許可が SEPA から得られた。

6. 放射能に対する安全性

ボールドは、出来る限り長期間、廃棄物中の放射能をボールド内に閉じ込めるように設計されている。この放射能は二つの方法で閉じ込められる。一つは、廃棄物の固定化、埋戻し及びボールドのコンクリート構造物が LLW への地下水の浸透を防ぐことで放射能の外部放出を低減している。

二つ目は、セメントを主体としたグラウト材が地下水環境下で化学変化して、放射性核種の溶解度を低下させると同時に放射性核種がグラウト材に吸着結合する。これにより放射能の外部放出を低減できる。

ボールド閉止後は、管理期間が設けられ、ボールドが目的通りに機能しているかどうか監視が続けられる。廃棄物中の放射能は核種の崩壊プロセスに従って減少していく。300 年後には 95% 以上が消滅する。この期間を過ぎれば、制度的管理が不要であり、廃棄物による危険も存在しなくなる。

7. 関係者との対話と地域の利益

多くの対話イベントが開催され、そこでの関係者との対話がドンレー施設の隣接地に浅地層埋設を行うという基本計画の決定を確かなものにした。加えて、計画の条件の一つとして近隣の居住者との連絡会を、建設期間の間に定期的を開催することを求められた。DSRL は、「バルドー連絡協議会」で近隣住民と、また「地域社会との連絡協議会」でより広範囲な地域住民との対話を実施している。関係者や近隣居住者との合意は、許認可を得るための必須部分であり、地域住民との共生のためにも必須である。

ハイランド行政区は、ドンレー施設周辺地

域の経済発展を目的とした計画を求めた。NDA は、「the Caithness & North Sutherland 基金」に 400 万ポンドを拠出することを約束した。建設開始時に 100 万ポンド、運用開始後 10 年間に毎年 30 万ポンドが基金に支払われる。この基金は、2011 年に活動を開始し、NDA の地域経済発展というポリシーに従った地域経済の再生プロジェクトに資金を分配している。

8. 今後の計画

ドンレーの今後のボールド計画は以下である。

- ①第一期で建設されたボールドは、2015 年初頭に廃棄物を収容する予定である。
- ②第二期の収容数量は、施設の廃止措置の進捗に従った最新データによって決められる。DSRL は少なくとももう一つのボールドが必要と考えている。建設時期は将来決定する。

参考文献

- 1) M. Mackay and B. Covert, “Managing Low-Level Waste at Dounreay,” WM2016 Conference, March 6-10, 2016, Phoenix, Arizona, USA.



図 1 完成した 2 基のボールド全景

③第三期ボールドの対象廃棄物は、現在のドンレー施設ピット内の LLW である。取り出し可能なものを取り出して、ボールド処分する。

④最終段階では、ボールドは全て密封し、周辺の掘削箇所が埋め戻され、ボールド上部には特注の蓋が施され、地表土壌を蓋に被せて周辺と一体化し、その地域全体が周辺環境と調和するように再生される。

9. 結論

ドンレー施設の廃止措置の実行を左右するのは大量に発生する LLW の処理処分であるが、今回のボールド完成と今後の計画により、道筋が整ったといえる。これには数百万ポンドの投資と数百人の労力が必要であったと本論文では記述されているが、我が国と比較すれば随分と低予算の印象がある。我が国の「研究施設等廃棄物」の処理処分事業の進捗を期待している。



図 2 掘削後の床面、壁面建設中のボールド



図3 完成したボールド内部



図4 グラウト材プラント全景

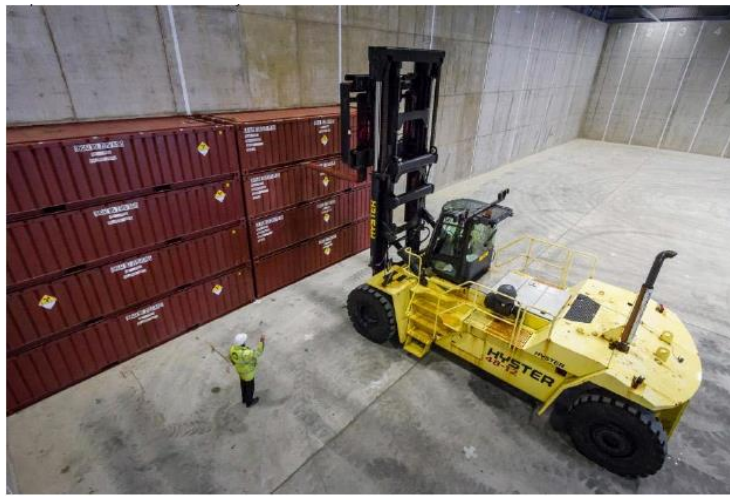


図5 ボールド内での廃棄物コンテナの積層状況

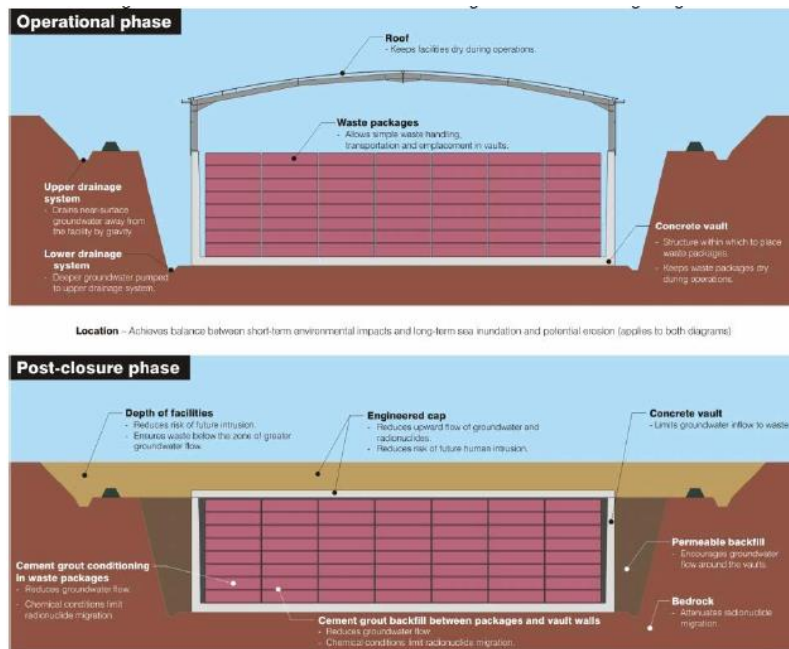


図6 ボールドの閉止後の状況図(上図:操業中、下図:埋め戻し後)

世界の原子力発電所の廃止措置最新情報

東海事務所 榎戸 裕二

2016年7月～2016年10月までに米国ネブラスカ州のフォートカルホーン発電所(PWR、51万2千kW)が恒久運転停止となった。運転期間60年の運転延長を行っていたが経済性が天然ガスに比し劣ることが停止理由である。米国で60年への運転延長を行った原発で廃止措置に向け運転停止したのは7基目である。米国で20年ぶりとなる新規の原発テネシー州のワッツバレー原子力発電所(PWR 115万kW)が10月19日に営業運転した。国内の廃炉の動向としては、先行している原電東海発電所、JAEA「ふげん」発電所及び中部電力浜岡原発1、2号機は廃止活動を計画通り継続している。九電玄海原発1号、関電美浜原発1、2号機、原電敦賀原発1号機及び中国電力島根原発1号機に関して申請された「廃止措置計画書」は原子力規制委員会にて審査中であり、また、四国電力伊方原発1号機は申請準備中である。本年10月末時点での日本及び世界の運転停止した発電炉はそれぞれ17機及び162機となる。

本報告では情報の更新を行っています。

世界の原子力発電所廃止措置情報一覧 (2016年10月末現在)

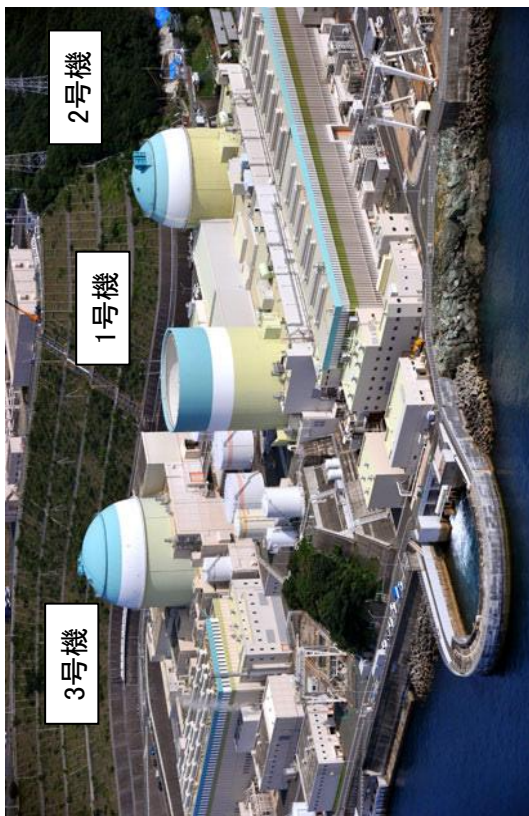
国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定)時期
アルメニア ベルギー	アルメニア BR-3	1977/10/06～1989/02/25	408MW	PWR	未定	計画検討中	2048年
	コスドロイ-1	1962/10/10～1987/06/30	12MW	PWR	即時解体	解体中	2020年
	コスドロイ-2	1974/10/28～2002/12/31	440MW	PWR			
	コスドロイ-3	1975/11/10～2002/12/31	440MW	PWR			
	コスドロイ-4	1981/01/20～2006/12/31	440MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵(20年)解体中	2035年
	コスドロイ-4	1982/06/20～2006/12/31	440MW	PWR			
カナダ 6基	ダグラスポイント	1968/09/26～1984/05/04	218MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	
	ジェンテイル-1	1972/05/01～1977/06/01	266MW	HWLWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	
	ジェンテイル-2	1982/12/04～2012/12/14	675MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	
	ロルフトンNDP-2	1962/10/01～1987/08/01	20MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	未定
	ピッカリング-A2	1971/10/06～2007/05/28	542MW	PHWR	安全貯蔵	停止中	
	ピッカリング-A3	1972/05/03～2008/10/31	542MW	PHWR	安全貯蔵	停止中	
	ビュージェイ-1	1972/07/01～1994/05/27	540MW	GCR	安全貯蔵	解体計画作成中	2028年
	シヨ-ア	1967/04/15～1991/10/30	320MW	PWR	安全貯蔵	解体中(2014年～)	2019年
	シノン-A1	1964/02/01～1973/04/16	80MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2027年
	シノン-A2	1965/02/24～1985/06/14	230MW	GCR	安全貯蔵	部分解放済(ステージII)	2026年
	シノン-A3	1966/08/04～1990/06/15	480MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中から解体中	2033年
	フランス 12基	マルクール-G2	1959/04/22～1980/02/02	43MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中(Cの処分場開設待)
マルクール-G3		1960/04/04～1984/06/20	43MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2025年
モンダレ-EL4		1968/06/01～1985/07/31	75MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2032年
サンローラン-A1		1969/06/01～1990/04/18	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2028年
サンローラン-A2		1971/11/01～1992/05/27	530MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2026年
スーパーフェニックス		1986/12/01～1998/12/31	1241MW	FBR	即時解体	解体中(Na処理継続)	2023年
フェニックス		1974/07/14～2010/02/01	142MW	FBR	即時解体	「最終運転停止段階」で燃料撤去	2023年
グライフスマルト-1		1974/07/02～1990/02/14	440MW	PWR	即時解体	廃止措置終了	2016年
グライフスマルト-2		1975/04/14～1990/02/14	440MW	PWR	即時解体		

国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定)時期
ドイツ 28基	グラライフスバルト-3	1978/05/01～1990/02/28	440MW	PWR	即時解体	廃止措置終了	2016年
	グラライフスバルト-4	1979/11/01～1990/07/22	440MW	PWR	即時解体	廃止措置終了	2016年
	グラライフスバルト-5	1989/11/01～1989/11/24	440MW	PWR	即時解体	廃止措置終了	2016年
	グロスヴェルツハイム(HDR)	1970/07/02～1971/04/20	25MW	BWR	即時解体	廃止措置終了	1998年
	グンドレミンゲン(KRB-A)	1967/04/12～1977/01/13	250MW	BWR	即時解体	設備・機器の解体撤去(建家残存)	2006年完了
	AVR実験炉	1969/05/09～1988/12/31	15MW	HTGR	即時解体	設備・設備の解体撤去済	2013年
	カールVAK	1962/02/01～1985/11/25	16MW	BWR	安全貯蔵	廃止措置終了	2010年
	カールスルーヘ-KNK-II	1979/03/03～1991/08/23	20MW	LMFBR	即時解体	解体中	2019年
	カールスルーヘ-MZFR	1966/12/19～1984/05/03	57MW	PHWR	即時解体	解体中	2016年
	リンゲン(KWL)	1968/10/01～1979/01/05	268MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2013年迄の25年間)	解体予定
	ミュルハイム・ケールリッヒ	1987/08/01～1988/09/09	1302MW	PWR	即時解体	解体中	2015年
	ニダーアヒェバツハ(KKN)	1973/01/01～1974/07/21	106MW	HWGCR	即時解体	廃止措置終了	1995年完了
	ラインスベルグ	1966/10/11～1990/06/01	70MW	PWR	即時解体	解体中	2016年
	シュターデ	1972/05/19～2003/11/14	672MW	PWR	即時解体	解体中	2015年
	THTR-300	1987/06/01～1988/04/20	308MW	HTGR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2027年迄の30年間)	2015年
	ヴェルガッセン	1975/11/11～1994/08/26	670MW	BWR	即時解体	廃止措置済終了	2015年
	オピリツヒハイム	1969/03/31～2005/05/11	357MW	PWR	即時解体	解体中	2020年
	ビプリサ	1974/08/25～2011/08/06	1167MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	ビプリスB	1976/04/25～2011/08/06	1240MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	ブルンスビュッテル	1976/07/13～2011/08/06	771MW	BWR	即時解体	廃止措置計画提出	2028年
	イザール1	1977/12/03～2011/08/06	878MW	BWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	クリュンメル	1983/09/28～2011/08/06	1346MW	BWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	ネッカーヴェェストハイム1	1976/06/03～2011/08/06	785MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	フィリップスブルグ1	1979/05/05～2011/08/06	890MW	BWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	ウンターヴェェーザー	1978/09/29～2011/08/06	1345MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	未定
	グラフェンラインフェルト	1981/12/30～2015/06/27	1345MW	PWR	未定	未定	未定
	カオルン	1981/12/01～1990/07/01	882MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2016年
	ガリアーノ	1964/06/01～1982/03/01	160MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2022年
	ラティーナ	1964/01/01～1987/12/01	160MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵から解体中	2035年
	トリノ・ヴェルチエレッツェ	1965/01/01～1990/07/01	270MW	PWR	即時解体	安全貯蔵から解体中	2014年
	動力試験炉(JPDR)	1963/10/26～1976/03/18	13MW	BWR	即時解体	廃止措置済終了	1996年完了
	東海発電所	1966/07/25～1998/03/31	166MW	GCR	即時解体	解体中	2020年
「ふげん」	1979/03/20～2003/03/29	165MW	HWLWR	即時解体	解体中	2033年	
浜岡発電所1号機	1976/03/17～2009/01/30	540MW	BWR	即時解体	解体中	2036年	
浜岡発電所2号機	1987/11/29～2009/01/30	840MW	BWR	即時解体	解体中	2036年	
福島第一1号機	1970/11/17～2011/05/20	460MW	BWR	即時解体	解体中	2040年～50年目標	
福島第一2号機	1973/12/24～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標	
福島第一3号機	1974/10/26～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標	
福島第一4号機	1978/02/24～2011/05/20	784MW	BWR	未定	ロードマップに基づき事前準備開始	2040年～50年目標	
福島第一5号機	1977/09/22～2014/01/31	784MW	BWR	未定	事故炉の廃止措置技術実証用	未定	
福島第一6号機	1979/05/04～2014/01/31	1100MW	BWR	未定	未定	未定	

国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定)時期
(日本)	敦賀発電所1号機	1969/11/16～2015/04/27	357MW	BWR	即時解体	廃止措置計画提出	2016～2039頃
	美浜発電所1号機	1970/08/08～2015/04/27	340MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	2016～2045頃
	美浜発電所2号機	1972/04/21～2015/04/27	500MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	2016～2045頃
	玄海原子力発電所1号機	1975/02/14～2015/04/27	559MW	PWR	即時解体	廃止措置計画提出	2016～2044頃
	島根原子力発電所1号機	1973/12/02～2015/04/30	460MW	BWR	未定	廃止措置計画準備	～2045年頃
	伊方原子力発電所1号機	1977/09/30～2016/05/10	566MW	BWR	未定	廃止措置計画準備	～2045年頃
	BN-350	1973/07/16～1999/04/22	90MW	FBR	安全貯蔵	廃止措置計画準備	2075年頃
	イグナリア-1	1983/12/31～2004/12/31	1300MW	LWGR	即時解体	運転停止	未定
	イグナリア-2	1987/08/20～2009/12/31	1300MW	LWGR	即時解体	安全貯蔵中	2045年以降
	オランダ	ドーンバルト	1969/03/26～1997/03/26	60MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵後解体中
ロシア	ベロヤルスク-1	1964/04/26～1983/01/01	108MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵後解体中	不明
	ベロヤルスク-2	1969/12/01～1990/01/01	160MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	不明
	ノボロネジ-1	1964/12/31～1984/02/16	210MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	不明
	ノボロネジ-2	1970/04/14～1990/08/29	365MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	不明
スロバキア	オプニンスクAPS-1	1954/12/01～2002/04/29	6MW	LWGR	安全貯蔵	燃料撤去後博物館化された。	不明
	ボフニチエ-A1	1972/12/25～1977/02/22	143MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2033年
	ボフニチエ-VI-1	1980/04/01～2006/12/31	440MW	PWR	即時解体	解体中	2025年
	ボフニチエ-VI-2	1981/01/01～2008/12/31	440MW	PWR	即時解体	解体中	2025年
	バンデロス-1	1972/05/06～1989/10/19	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2035年
スペイン	ホセ・カブレラ-1	1968/07/14～2006/04/30	150MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵後解体中	2016年
	サンタマリアデルガロニャ	1971/03/02～2013/07/31	466MW	BWR	未定	未定	未定
スウェーデン	オゲスタ	1964/05/01～1974/06/02	10MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2040年頃
	バーセバック-1	1975/07/01～1999/11/30	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2007～2022)、 解体(2023年～)	2029年
	バーセバック-2	1977/03/21～2005/05/31	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2007～2022)、 解体(2023年～)	2029年
スイス	ルーセン	1968/01/29～1969/01/21	6MW	HWGCR	安全貯蔵	廃止措置終了	1994年完了
	チェルノブイル-1	1978/05/27～1996/11/30	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2040年頃
ウクライナ	チェルノブイル-2	1978/05/28～1991/10/11	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2040年頃
	チェルノブイル-3	1982/08/27～2000/12/15	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2007～2022)、 解体(2023年～)	2029年
	チェルノブイル-4	1984/03/26～1986/04/26	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2040年頃
	バークレ-1	1962/06/12～1989/03/31	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2045年まで)	解体、敷地除染修復 (2046～2065年)
(イギリス)	バークレ-2	1962/10/20～1988/10/26	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2045年まで)	解体、敷地除染修復 (2046～2065年)
	ブラッドウェル-1	1962/07/01～2002/03/31	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2006年～2021年)	2070年まで安全貯蔵、 79年解体完了
	ブラッドウェル-2	1962/11/12～2002/03/30	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2006年～2016年)	2085年まで安全貯蔵、 95年解体完了
	コールダーホール-1	1956/10/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2006年～2026年)	80年の安全貯蔵期間後解体
	コールダーホール-2	1957/02/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(1995年～2022年)	2071年まで安全貯蔵、 80年解体完了
	コールダーホール-3	1958/05/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(1995年～2022年)	2071年まで安全貯蔵、 80年解体完了
	コールダーホール-4	1959/04/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(1995年～2022年)	2071年まで安全貯蔵、 80年解体完了
	ハンターズトン-A1	1964/02/05～1990/03/30	173MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2004年～2025年)	2081年まで安全貯蔵、 90年解体完了
	ハンターズトン-A2	1964/07/01～1989/12/31	173MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2004年～2025年)	2081年まで安全貯蔵、 90年解体完了
	ヒンクレーポイント-A1	1965/03/30～2000/05/23	267MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2004年～2025年)	2081年まで安全貯蔵、 90年解体完了
	ヒンクレーポイント-A2	1965/05/05～2000/05/23	267MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2004年～2025年)	2081年まで安全貯蔵、 90年解体完了

国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定)時期
イギリス 30基	オールドベリー A1	1967/11/07～2012/02/29	230MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2013年～2027年)	2088年まで安全貯蔵、97年解体完了
	オールドベリー A2	1968/04/06～2011/06/30	230MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2013年～2027年)	2074年まで安全貯蔵、83年解体完了
	トロースフォニッド-1	1965/03/24～1991/02/06	236MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(1995年～2016年)	2087年まで安全貯蔵、97年解体完了
	トロースフォニッド-2	1965/03/24～1991/02/04	236MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2009年～2027年)	2087年まで安全貯蔵、97年解体完了
	サイズウェル-A1	1966/03/25～2006/12/31	245MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2009年～2027年)	2087年まで安全貯蔵、97年解体完了
	サイズウェル-A2	1966/09/15～2006/12/31	245MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2009年～2027年)	2087年まで安全貯蔵、97年解体完了
	ダンジネス-A1	1965/10/28～2006/12/31	230MW	GCR	安全貯蔵		
	ダンジネス-A2	1965/12/30～2006/12/31	230MW	GCR	安全貯蔵		
	チャペルクロス-1	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵		
	チャペルクロス-2	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵		
	チャペルクロス-3	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2011年～2028年)	2085年まで安全貯蔵、95年解体完了
	チャペルクロス-4	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵		
アメリカ 35基	ウイルファア-1	1971/01/24～2015/12/30	530MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備(2015～2025)	2095年まで安全貯蔵、2101年解体完了
	ウイルファア-2	1971/06/21～2012/04/25	550MW	GCR	安全貯蔵		
	ドンレーDFR	1962/10/01～1977/03/01	14MW	FBR	即時解体	解体中	2024年
	ドンレーPFR	1976/07/01～1994/03/31	250MW	FBR	即時解体	解体中	2024年
	ウインズケール WAGR	1963/02/01～1981/04/03	36MW	GCR	即時解体	解体中	2035年
	ウインプリス SGHWR	1968/01/01～1990/09/11	100MW	HWLWR	安全貯蔵	安全貯蔵後解体中	2042年
	ビッグロックポイント	1965/11/01～1997/08/29	71MW	BWR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	2007年完了
	GE バレシトス	1957/10/19～1963/12/09	24MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2019年完了
	クリスタルバー-3	1977/03/13～2013/02/20	890Mw	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	2076年
	CVTR	1963/12/18～1967/01/01	19MW	HWLWR	安全貯蔵	サイト解放済	2009年完了
	ドレスデン-1	1960/07/04～1978/10/31	207MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(2007年～2027年)	2036年完了
	エルクリバー	1964/07/01～1968/02/01	24MW	BWR	即時解体	サイト解放済	1974年完了
エンリコフェルミ-1	1966/08/05～1972/09/22	65MW	FBR	安全貯蔵	解体中		
EBR-II	1965/01/01～1994/09/01	20MW	FBR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定	
ハンフォードN原子炉	1966/04/01～1988/02/01	860MW	LWGR	安全貯蔵	ISS(蘭化)方式の安全貯蔵準備中	75年間ISS後解体	
フォートセント・ブレイン	1979/07/01～1989/08/29	342MW	HTGR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	1997年完了	
ハダムネック(C・Y)	1968/01/01～1996/12/09	603MW	PWR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	2007年完了	
ハーラム	1963/11/01～1964/09/01	84 MW	その他	遮蔽隔離	隔離中(100年以上)	1969年完了	
ファンボルト・ベイ-3	1963/08/01～1976/07/02	65MW	BWR	即時解体	解体中		
インデアン・ポイント-1	1962/10/01～1974/10/31	277MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(～2013年)	2026年完了	
ラクロス	1969/11/07～1987/04/30	53MW	BWR	即時解体	解体予定	2026年完了予定	
メインヤンキー	1972/12/28～1996/12/06	900MW	PWR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	2005年完了	
ミルストーン-1	1971/03/01～1988/07/21	684MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定	
パスファインダー	1966/07/02～1967/10/01	66MW	BWR	安全貯蔵	サイト解放済	2007年完了	
ピーチボトム-1	1967/06/01～1974/11/01	42MW	HTGR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2034年以降予定	
ピカー	1963/11/01～1966/01/01	12MW	その他	遮蔽隔離	隔離中(放射能減衰に120年以上)	1969年完了	
プエルトリコ ボーナス	1965/09/01～1968/06/01	18MW	BWR	遮蔽隔離	隔離中(放射能減衰に120年以上)	1970年完了	
ランチョセコー-1	1975/04/17～1989/06/07	917MW	PWR	即時解体	サイト解放済(ISFSI及びLLW貯蔵のみ)	2009年完了	
サンオノフレ-1	1968/01/01～1992/11/30	456MW	PWR	即時解体	解体完了(2、3号機と同時に許可終了)	2030年完了	

	国	施設名	運転期間	電気出力 (グロス)	炉型	廃止措置 方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定)時期
150		サンオフレ-2	1982/09/20～2013/06/12	1127MW	PWR	即時解体	PSDAR (廃止措置計画書)提出	2034年完了
151		サンオフレ-3	1983/09/25～2013/06/13	1128MW	PWR	即時解体	PSDAR (廃止措置計画書)提出	2034年完了
152		シップングポート	1957/12/02～1982/10/01	60MW	PWR	即時解体	サイト解放済	1989年完了
153		シヨ-ハム	運転せざくに閉鎖	880MW	BWR	即時解体	サイト解放済	1995年完了
154		スリーマイルアイランド-2	1978/12/30～1979/03/28	959MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵中(1号機同時解体)	2036年完了予定
155	(アメリカ)	トロ-ジャン	1976/05/20～1992/11/09	1155MW	PWR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	2005年完了
156		ヤンキーロー-	1961/07/01～1991/10/01	180MW	PWR	即時解体	サイト解放済(ISFSIのみ)	2007年完了
157		ザイオン-1	1973/12/31～1997/02/21	1085MW	PWR	即時解体	解体中	2020年完了予定
158		ザイオン-2	1973/12/31～1996/09/19	1085MW	PWR	即時解体		2020年完了予定
159		サクストン	1967/03/01～1972/05/01	3MW	PWR	安全貯蔵	サイト解放済	2005年完了
160		キウオーニー	1974/6/16～2013/05/07	595MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	2073年完了予定
161		バーモントヤンキー	1972/09/20～2014/12/29	635MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備	2073年完了予定
162		フォートカルホーン	1973/09/26～2016/10/24	512MW	PWR	安全貯蔵	2017年初頭廃止措置計画書提出	2076年頃解体完了
	アメリカ	フィッツパトリック	1975/07/28～1017/0/27	851MW	BWR	未定	未定	未定
	ドイツ	グンドレミンゲン(KRB-B)	1984/07/19～2017/末	1344MW	BWR	未定	未定	未定
	韓国	コリ号機	1977/06/26-2017/07末	608MW	PWR	即時解体	2022年頃から解体予定	未定
	スウェーデン	オスカーシヤム-1	1972/02～2017/06末	492MW	BWR	未定	未定	未定



四国電力伊方原子力発電所1号機



米国 フォートカルホーン原子力発電所

委員会等参加報告

前報告から平成 28 年 11 月までの外部機関委員会等への参加者は以下の通りである。

外部機関名	委員会等の名称	参加者氏名	開催日時
原子力デコミッション ニング研究会	原子力デコミッション ニング研究会 (第 3 回)	澁谷 進	7 月 8 日
原子力学会	第 25 回 LLW 放射能評価分科会	泉田龍男	7 月 27 日
原子力デコミッション ニング研究会	原子力デコミッション ニング研究会 (第 4 回)	澁谷 進	8 月 9 日
原子力デコミッション ニング研究会	原子力デコミッション ニング研究会 (第 5 回)	澁谷 進	9 月 9 日
原子力学会	第 26 回 LLW 放射能評価分科会	泉田龍男	9 月 16 日
原子力学会	第 27 回 LLW 放射能評価分科会	泉田龍男	10 月 18 日
原子力学会	第 38 回廃止措置分科会	梶谷幹男	10 月 19 日
原子力デコミッション ニング研究会	原子力デコミッション ニング研究会 (第 6 回)	澁谷 進	11 月 11 日
原子力デコミッション ニング研究会	日台原子力廃炉技術セミナー (台湾)	澁谷 進	11 月 21～24 日

総務部から

人事異動

○評議員

新任（平成 28 年 10 月 19 日付）

佐藤 克哉（非常勤）

菊地 昌廣（非常勤）

勝村 庸介（非常勤）

退任（平成 28 年 8 月 23 日付）

石塚 昶雄（非常勤）

杉山 俊英（非常勤）

退任（平成 28 年 9 月 30 日付）

柴田 徳思（非常勤）

第 28 回「報告と講演の会」のご案内

当センター主催の第 28 回「報告と講演の会」を以下のとおり開催します。当センターの事業報告をさせて頂くとともに、特別講演等を予定しております。詳細につきましては、追ってご案内させていただきますので、皆様のご来場をお待ち申し上げます。

開催日時：平成 29 年 1 月 20 日(金) 13 時 30 分～17 時 00 分

開催場所：三会堂ビル 9 階「石垣記念ホール」 東京都港区赤坂 1-9-13

参加料：無料

－プログラム－

1. 主催者挨拶

理事長 菊池 三郎

2. 来賓ご挨拶

文部科学省 研究開発局 原子力課 企画官

村山 綾介 殿

3. 特別講演

「福島第一原子力発電所の現状と福島復興に向けた取り組み」

東京電力ホールディングス株式会社 代表執行役副社長 福島復興本社代表

石崎 芳行 殿

4. 事業報告

(1) 「平成 28 年度事業計画の進捗状況」

企画部長 中井 俊郎

(2) 「研究施設等廃棄物の処理事業への取り組み」

廃棄物処理事業推進部 担当課長 鈴木 康夫

(3) 「放射性物質対策への取り組み」

－白金系セシウム吸着素材の性能試験－

企画部調査役 梶谷 幹男

(4) 「国内外の廃止措置と解体廃棄物の処分動向」

東海事務所長 榎戸 裕二

5. 閉会挨拶

専務理事 澁谷 進

©RANDEC ニュース 第 104 号

発 行 日 : 平成 28 年 12 月 15 日

編集・発行者 : 公益財団法人 原子力バックエンド推進センター

〒319-1107 茨城県那珂郡東海村豊白一丁目 3-37

Tel: 029-283-3010

Fax: 029-287-0022

ホームページ : <http://www.randec.or.jp/>

E-mail : decomi@randec.or.jp

本誌からの引用・複写は、当センターの許諾を受けて下さい。