

# RANDEC

Jul. 2013 No. 94

# ニュース

(公財) 原子力バックエンド推進センター



## 公益財団法人発足に当たって

公益財団法人 原子力バックエンド推進センター

理事長 菊池 三郎

旧財団法人「原子力研究バックエンド推進センター」は、お陰様をもちまして、平成25年4月より公益財団法人「原子力バックエンド推進センター」(新RANDEC)として事業を開始することになりました。

我が国における原子力開発利用は、開始以来50年以上が経過しましたが、それに伴い発生する放射性廃棄物を処理処分し、また、所期の目的を果たした原子力施設を廃止措置(デコミッショニング)していく、いわゆるバックエンド分野の技術の確立と事業の推進は、原子力開発利用を健全に進めていく上で必要不可欠なものであります。

この考え方に基づき、RANDECは、研究用原子力施設のデコミッショニング技術の調査及び試験研究を約25年前に開始し、その後、平成13年には各種研究施設から発生する放射性廃棄物の処理処分に係る調査研究も事業として取り込み、これらの2本柱の業務によりバックエンドに係る中核的な機関として活動して参りました。この間、東日本大震災を契機とした東京電力福島第一原子力発電所の事

故が発生し、現在、原子力発電所の再稼働の在り方に関する議論が行われていますが、以前にも増してバックエンド事業の重要性が認識されてきています。

新RANDECでは、大学・民間等から発生する研究施設等廃棄物の処理処分を主たる事業として位置付け、併せて原子力施設のデコミッショニングに関する調査研究、さらには、当面の重要な課題である福島環境回復に関する技術支援にも取り組んでいく方針です。また、国際的な視野に立っての事業の成果等の普及にも努めていくこととしており、その手段のひとつとして機関誌「RANDECニュース」を定期的に発行しています。今回で数えて94号目になりますが、これからも本誌により新RANDECの事業に対するご理解を深めて頂くとともに、最新のバックエンド関連技術情報に触れる機会として活用して頂ければ幸いです。

新RANDECの事業に対するご支援・ご理解を宜しくお願い致します。

# RANDECニュース目次

第94号 (2013年7月)

巻頭言 「公益財団法人発足に当たって」

公益財団法人 原子力バックエンド推進センター  
理事長 菊池 三郎

平成25年度事業計画の概要 .....	1
企画部	
大学民間等廃棄物処理事業の実施状況報告 .....	3
物流システム事業準備室	
日本クリーン環境推進機構発足、活動を開始しました .....	4
一般財団法人 日本クリーン環境推進機構 理事長 石村 毅	
除染関係ガイドライン等の改定状況	
(1) 除染関係ガイドラインの改訂と除染の課題 .....	6
環境回復情報ネット 代表 森 久起	
(2) 除染廃棄物処分に関する電離放射線障害防止規則の改正 .....	9
パートナーズ・ネットワーク会員 桜井 直行	
外部機関の活動状況紹介	
(1) 除染可燃物焼却灰の減容固化技術 .....	12
安藤ハザマ 技術本部 原子力部 雨宮 清	
(2) 環境にやさしい放射性有機廃棄物の新処理技術の開発 .....	15
アーヴィア テクノロジー リミテッド 日本代表事務所 マイケル・コンティ＝ラムステン	
海外技術情報	
(1) 放射性廃棄物管理と原子力施設の廃止措置ーフランス電力庁の経験.....	18
事業計画部 泉田 龍男	
(2) ドイツにおける廃炉技術開発 .....	22
企画部 金田健一郎	
(3) 除染、切断及びはつり用の高圧液体窒素技術の改良 .....	26
設備準備部 秋山 武康	
(4) ホセ・カブレラ発電所の解体プロジェクトについて .....	29
企画部 菊池 孝	
世界の原子力発電所の廃止措置最新情報 .....	32
東海事務所 榎戸 裕二	
委員会等参加報告 .....	38
総務部から .....	38

# 平成25年度事業計画の概要

企 画 部

平成25年3月21日に開催された評議会及び理事会で承認された「平成25年度事業計画」について、その概要を紹介します。

## 基本方針

公益財団法人 原子力バックエンド推進センターは、研究施設等廃棄物の処理処分に関する事業を主たる事業とし、併せて、原子力バックエンドに関する調査研究及び成果普及に係る事業として、原子力施設のデコミッションに関する調査研究及び福島環境回復に係る技術支援を進める。

研究施設等廃棄物の処理処分に関する事業においては、大学・民間等廃棄物発生事業者（以下、「廃棄物発生事業者」という）と緊密に連携し、廃棄物の集荷・保管・処理事業に必要な施設・設備の設計・検討を進める。また、独立行政法人 日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という）が進める研究施設等廃棄物の埋設施設の設置に対し、公益社

団法人日本アイソトープ協会（以下、「RI協会」という）とともに支援を行う。

原子力施設のデコミッションに関する調査研究については、国内外の原子力施設の廃止措置に係る情報、新技術開発及び安全規制についての情報収集と分析を継続するとともに、国内の原子力発電所の廃止措置活動の新たな展開に向けて先導的な役割を果たせるように、関連技術の普及及び人材の育成に貢献する。

福島環境回復に係る技術支援については、除染作業に伴う除去土壌や事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の減容化等に係る技術開発・実証試験及び除染作業員等に対する教育等の支援業務を行う。

## 事業計画（概要）

### I. 研究施設等廃棄物の処理処分に関する事業

原子力機構が実施する埋設処分業務に関する計画を踏まえ、当該集荷・保管・処理事業を先行実施する場合の資金収支計画及び技術的課題などについて検討を行う。また、大学・民間等が保有する廃棄物データの整備やウラン廃棄物の除染設備を含めた各設備の設計検討等を進める。主要な廃棄物発生事業者で構成する検討会を設置し、本事業を推進していく。さらに、原子力機構及びRI協会との情報交換等を目的とした連絡協議会等を通じ、

これらの機関との協力・連携を進める。

研究施設等廃棄物の処理処分の立地に関する国あるいは原子力機構の検討、審議等に協力する。また、前述の先行実施に係る立地に関する検討を行う。

### II. 原子力バックエンドに関する調査研究に係る事業

#### 1. 原子力施設のデコミッションに関する調査研究

世界の廃止措置に係る情報の調査を行い、

廃止措置実績データベースの拡充と整備を図る。特にTMIやチェルノブイリ原発等の事故炉での活動の情報収集を行う。また、廃止措置の安全確保に必要な安全基準の検討に資するため、諸外国の規制動向調査を行う。

## 2. 福島環境回復に係る技術支援

国、地方公共団体等あるいはそれらの委託を受けた機関等が行う除染事業や除染・減容技術の実証試験・開発事業に、関係財団法人・民間法人等と共同で参画する。民間法人等の基礎試験等に対する技術支援を行う。

## Ⅲ. 原子力バックエンドに関する成果普及等に係る事業

### 1. 技術情報の提供・普及

「RANDECニュース」や「デコミッション

ング技報」の発行を通じて技術情報の提供と普及を図るとともに、ホームページへの掲載、パンフレット等の作成、報告会や廃棄物発生事業者への説明会等により普及啓発に努める。

### 2. 人材の養成

原子力バックエンドに関わる関係組織や機関の技術者を対象に「デコミッションング技術講座」を開催する。関係機関の専門委員会及び各種講演会、セミナーにおいて情報提供を行なう。また、福島県主催の除染技術講座に技術者を講師として派遣する。

事業計画の詳細及び予算書はホームページをご覧ください。

<http://www.randec.or.jp/>



# 大学民間等廃棄物処理事業の実施状況報告

物流システム事業準備室

RANDECでは、平成20年から大学・民間等の廃棄物を対象に、廃棄物を集荷、開梱・分別して埋設用廃棄体の製作を行う廃棄物処理事業（物流システム事業）の調査検討を進めてきました。

当初3年間は事業化調査、その後の2年間は事業準備の調査検討を進め、本年4月1日の公益財団法人の発足と同時に廃棄物処理事業の準備業務を開始いたしました。準備業務は、廃棄物処理事業施設の立地活動、事業収支や資金計画、施設・機器の基本設計、廃棄物データの整備等を進めています。

一方、廃棄物の埋設事業については日本原子力研究開発機構（原子力機構）の埋設事業センターが進めていますが、2011年3月11日の東日本大震災とその後の東京電力福島第一原子力発電所事故の影響もあり、当初計画より遅れが生じています。RANDECの廃棄物処理事業は埋設処分のための処理事業であり、埋設事業と協調して進めていく必要があります。特に廃棄物データ整備と核種インベントリの評価手法等を共同で実施していく予定です。しかし、事業工程の鍵となる施設の立地については不透明な部分が多く事業計画にはリスクが大きいと言えます。RANDECでは、上記のリスク緩和策の検討を今年度から開始する予定となっています。具体的な実施予定

内容を以下に示します。

(1) 廃棄物処理事業施設の独自立地の検討  
埋設事業施設と連動せずに独自に廃棄物貯蔵施設を建設し、集荷・保管事業から開始する場合の事業の成立性。

(2) 新規事業の検討

新規事業では、従来の集荷・保管・処理プロセス以外の処理事業について以下を検討します。

①ウラン廃棄物のクリアランス事業

ウラン廃棄物は法制でクリアランスが可能（金属）になっており、その事業性

②ウラン廃棄物インベントリ計測事業

大学・民間等廃棄物の約75%をウラン廃棄物が占めるが、ウランは廃棄物ドラム缶外部からの放射線計測が難しく、インベントリ評価が課題となっており、RANDECが原子力機構と共同開発したウラン計測システムの事業性

RANDECでは、今年度から事業準備業務に加え、上記の事業リスク緩和のための新たな事業の検討を開始しますが、検討に際しては「廃棄物処理事業検討会」を発足し、廃棄物発生事業者の方々からの要望及びコメントを反映していく予定です。



# 日本クリーン環境推進機構発足、活動を開始しました

一般財団法人 日本クリーン環境推進機構  
理事長 石村 毅

## 1. 発足の背景と目的

今年2月に一般財団法人日本クリーン環境推進機構(略称JCEP)が発足致しました。私たちの生活を取り巻く環境に係る様々な問題が、複層化した形で私たちを苦悩させています。この環境に関する問題は、最近のPM2.5問題を引用するまでもなく、ボーダレスであり、国を越えて解決すべき難題であります。

私たちJCEPは、特にこの環境という側面から私たちを取り巻く問題にアプローチをして、解決策を見出し、国内外に発信していこうと考えております。

## 2. 福島環境回復に向けて

特に、私たちは2年前に未曾有の東日本大震災・大津波に遭遇し、東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う放射性物質による環境汚染に直面しています。福島県をはじめ、汚染が広がった地域での除染とセシウムを含む膨大な量の堆積物の減容処理が、まずは急務となっております。インフラの復旧にしても、地元産業の復興や雇用の確保にしても、やはり除染と減容処理そして中間貯蔵施設の建設が重要な鍵となるのは衆目一致するところであります。政府や関係研究機関、大学、企業などとの連携協力の下で、これらの問題への貢献をJCEPとして最大限行っていくことが喫緊の課題であります。私どもJCEPに、皆様のご提案をどしどし持ち込んで頂きたいと存じます。発足から4ヵ月が経過する中で、既に数件のご提案を頂き、私どもの技術評価を受けて頂いております。熟達した専門家の下できちんとした評価を行うとともに

に、他の技術とのマッチングなども必要に応じて行うなど、実用化に向けた様々な支援も行っていくことにしております。

## 3. 関係研究機関との連携

福島環境回復関連では、RANDECは先駆者であり、豊富な経験と技術ノウハウを蓄積されています。RANDECは、言わば私たちJCEPの生みの親とも言える存在であり、今後RANDECが25年以上にわたって培ってこられた技術的知見などを漸次受け継ぎ、今以上にしっかりと技術評価ができる体制にしていきたいと考えております。更に、我が国で唯一の原子力研究開発機関である独立行政法人日本原子力研究開発機構(原子力機構)との連携も不可欠であり、今後福島環境回復問題に限らず、様々な課題の解決に、その豊富な知見、経験をもってご教授頂きたいと思っております。原子力機構は、福島第一原子力発電所事故の直後から福島に入り、モニタリングなどをはじめとする環境回復活動に、組織をあげて精力的に取り組んでおられ、そこには長年にわたり現場での技術開発活動を通じて培った知見や経験がしっかりと反映されていると思っております。また、福島環境回復には多くの大学がそれぞれの強みを発揮されて参画されていますが、JCEPとしても各大学との連携を更に深め、最適な技術を生み出す適切な連携関係を模索していくことにしております。

## 4. JCEPの事業概要

JCEPは、このような技術協力を行いながら、講演会やセミナー、勉強会などの開催あ

るいは学校などへの訪問対話を通じて、正確な情報の伝達、交流にも寄与してまいります。4月22日には第1回の講演会をRANDECのご後援を頂き開催いたしました。初回にもかかわらず100名を超える方々にご参加頂き、福島環境回復に向けた原子力機構の取り組み状況やRANDECによる除染・減容の研究状況をはじめ、日本のクリーン環境とエネルギー戦略に関する講演など、盛り沢山の内容となり、熱心に耳を傾けて頂きました。引き続き、除染や中間貯蔵施設の建設などに関する国の政策を中心とした第2回講演会を6月28日に開催致し、国の政策ご担当者と現地で実作業をご担当される方々との有意義な意見交換の場となりました。JCEPとしては、こういった様々な交流を通じて得られたご意見、ご要望などを含め、自らの調査・研究を

基に福島環境回復に向けた提言の発信も予定しております。建設的な提言とすべく、皆様との意見交換、交流を更に進めてまいります。

これらの活動を通じて、国内外のクリーン環境の推進に貢献してまいりますので、皆様の温かいご理解とご支援をよろしくお願い致します。



講演会（2013年4月22日）

## 日本クリーン環境推進機構（JCEP）概要

### <役員>

会長 愛知 和男  
理事長 石村 毅  
理事 菊池 三郎  
理事 本田 浩次  
理事兼事務局長 鈴木 和幸

### <連絡先>

〒102-0073 東京都千代田区九段北1-15-14  
九段バワンビル  
TEL：03-5214-3572 / FAX：03-5214-3573  
E-mail：info@jcep.or.jp  
Webサイト：http://jcep.or.jp/

### <事業内容>

JCEPは、設立目的にもとづいて、次の事業を日本国内・海外の両方で行います。

1. 資料及び情報の収集、提出及び普及啓発
2. 研究会、講習会等の開催
3. 図書、機関誌等の刊行
4. 国際協力・国際交流活動の支援
5. 技術及び事業化の調査研究及び開発
6. 技術協力の実施
7. その他本機構の目的達成に必要な事業

また、本機構の目的及び事業に沿った他の事業、プロジェクト等の支援も積極的に行います。

# 除染関係ガイドライン等の改定状況

寄稿

## (1) 除染関係ガイドラインの改訂と除染の課題

環境回復情報ネット 代表 森 久起

環境省は平成25年5月2日に除染関係ガイドラインを1年半ぶりに見直し、第2版として公表を行った。筆者は除染関係ガイドラインの検討に関与してきた者として、改訂のポイントと除染等の今後の課題などを示す。

初版は平成23年12月14日に公表され、放射性物質汚染対処特措法（以下「特措法」という）が平成24年1月より本格施行されるに併せて、自治体などが除染活動を行う際の指針的役割を担うことが期待された。

当時は、原子力機構による除染モデル事業が開始された段階であり、しかも、それまで、わが国では放射性物質によって広範囲に環境が汚染された事故もなく、当然除染活動の経験もない中で、特措法の政令、省令、告示などで細かく規定するも、除染実務を進める上での指針となるガイドラインを策定することが求められていた。また、除染に要する費用を東電へ求償する特措法の性格上、自治体が除染を行う上での予算の裏付けを有するガイドラインも求められていた。初版には除染などにかかる知見が加わるにつれて改訂を行うことが記載されていた。しかし、頻度の多い改訂による現場の混乱の懸念がある一方、除染技術の進展・除染経験の蓄積に連れて改訂への期待も高まっていた。

環境省では、これを受けて、有識者会合を開くとともに、広く自治体の意見もヒアリングして改訂検討が進められた。

今回の改訂のポイントは、

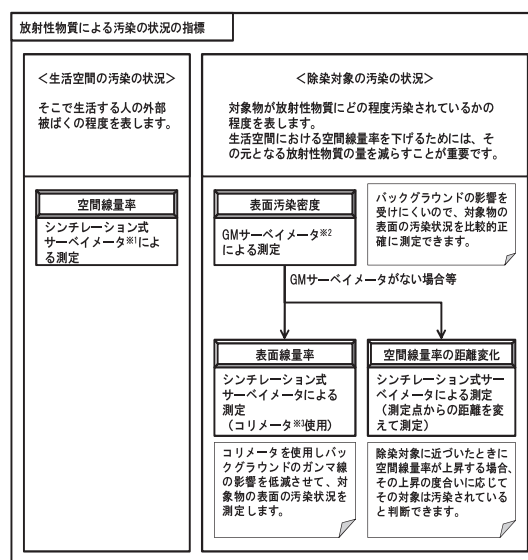
- (1) 新たな技術の取り込み
- (2) 除染作業のノウハウ、効果的・効率的な手法などの取り込み、除染対象の明

確化

- (3) 不適正な除染に対する対応
- (4) わかりやすさの向上
- (5) リスクコミュニケーションの観点からの説明の充実である。

そのうち、二つの代表的な改訂点について説明を加える。

第一に、第一編が充実され、除染実施者が行う除染前後の測定手法について詳細化が図られたことにある。即ち、生活空間の汚染状況の把握に加えて、除染対象の汚染状況の確



※1: NaIシンチレーションサーベイメータ、CsIシンチレーションサーベイメータ 等

※2: ガイガー・ミュラー計数管型サーベイメータ

※3: コリメータとは、測定機器のプロープ（検出部）に測定対象の外側にある線源からのガンマ線が入射することを防ぐための器具で、鉛などガンマ線を遮へいする材料（遮へい材）で作られています。（コロメータについては「6. 測定機器と使用方法」を参照してください。）

放射性物質による汚染状況の指標

（「除染関係ガイドライン第2版第一編」より）



認のための測定手法を明確にした。環境省は、平成25年1月18日に、国及び自治体が初期（主に平成23年度）に実施した除染結果を評価して、「国及び地方自治体がこれまでに実施した除染事業における除染手法の効果について」を公表している。引き続き、より精度ある除染データの積み重ねにより、除染効果を事前に住民に提示していくことを可能にするためにも、測定手法を明確化することへの必要性の認識があったためと考える。

第二に、不適正な除染への対応として、排水処理方法を明確化した。土壌に吸着したセシウムは水へ溶出しにくいことは初版当時でも分かっていたが、除染経験を積むに連れて、除染排水中へのセシウムの溶出が殆どないことがデータに裏付けられて明らかになった。また、土壌微粒子に付着して移動することも明らかになり、排水中の懸濁物の沈殿処理を適正に行えば、上澄み液にもセシウムが溶出することも殆どないことが明らかになった。

これを受けて、除染関係ガイドライン第2版は、除染の様々な手法で発生する排水に対

するケースごとの排水処理方法を明らかにした。

以上が除染関係ガイドライン第2版改訂の代表例であるが、ガイドラインは除染手法選択などの考え方の大要を示したものの性格上、自然環境が場所によって異なる全ての除染現場にガイドラインを適用させるのは難しい場合もあり、自治体などが実施するうえでの個別的課題などへの対応については、除染関係ガイドラインの関連で示されている「Q&A」（環境省ホームページに掲載）に留意する必要がある。

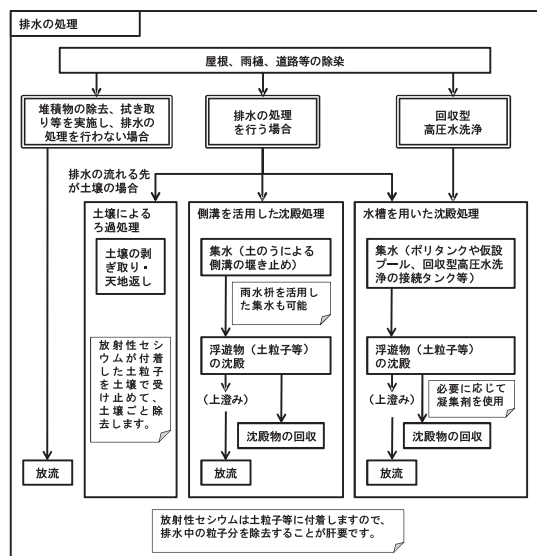
また、不適正除染の指摘はあったものの、自治体、除染実施者において、多くの創意工夫が凝らされて成果をあげており、それらの知見を関係者や地元住民が共有することは効果的・効率的な除染を遂行する上で重要であると考えられる。

環境省は、5月17日に、福島県内の自治体が行った除染事業での良好事例のうち、14事例（除染関係7事例、リスクコミュニケーション関係7事例）を環境省福島環境再生事務所ホームページにて公開している。今後、さらなる良好事例の蓄積と情報共有が望まれる。

なお、森林除染に関しては、調査検討の成果が出た段階で対処することとして、第2版では改訂を見送られたが、森林のみならず、その他の分野の除染の知見が今後も蓄積していくので、引き続き、除染関係ガイドラインの改訂を適宜行っていくことが必要であると考えられる。

除染を推進するうえでの今後の課題として、

- (1) 特措法の基本方針に示す除染目標の評価・見直し
- (2) 高線量地域の除染方法の検討
- (3) 森林除染の方策検討



排水処理の基本的な流れ

〔除染関係ガイドライン第2版第二編〕より）

(4) 中間貯蔵施設、除染廃棄物処分場の整備

(5) 除染と復興の一体化推進

があげられる。

特措法の基本方針では、追加被ばく線量が年間20mSv未満の地域(自治体実施除染地域)では、平成25年8月末までに実現する目標が設定されており、これまでの除染の結果を評価し、今後取るべき措置を検討するとともに、新たな目標設定が必要となる。

その際、昨年9月に環境省が取りまとめた「今後の森林除染の在り方に関する当面の整理」に基づいて進められている森林除染にかかる調査研究の成果が反映されていくものと考えられる。チェルノブイリ事故では森林除染は殆ど実施されていないが、わが国では、森林の利用形態、住民への隣接状態などを踏まえたマクロ的及びミクロ的な両面を考慮したきめ細かな対応が必要と考える。

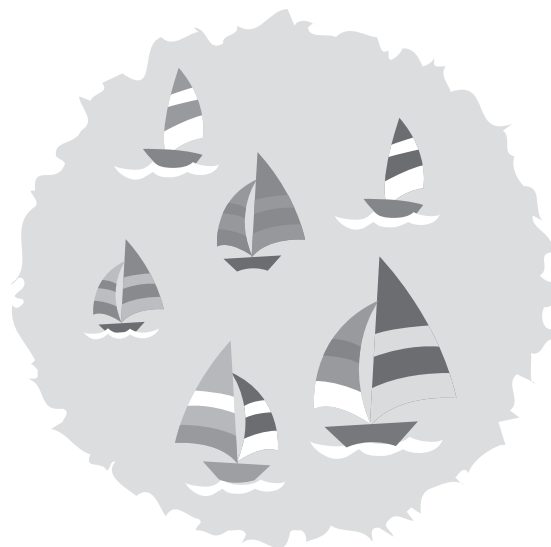
また、高線量地域の除染方法も重要であり、環境省では除染モデル事業を検討してお

り、中間貯蔵施設の整備と併せて、新たに再編されてできた帰還困難区域や居住制限区域への住民の帰還へ向けての今後の方針を示す上でも重要となってくると考える。

現在でも福島県では、被災された約15万人を超える方々が避難されている状態が継続している一方で、除染が完了した地域への住民帰還があまり進んでいないことが課題となっている。

遅れている東日本大震災からの復興事業と除染事業とを一体的に取り組むことによって、帰還した後に必要となるインフラ整備、雇用確保などに加えて、住民の方々が安心できるリスクコミュニケーションの充実などの総合的な取り組みが必要であると考えられる。

筆者は「わが国の総力を上げて除染を行うことが必要」と訴えて来ており、引き続き、産業界、学識者、国・自治体、それに住民の方々が力を合わせて難局を乗り越えていくための英知と努力との結集を心より願いたい。



## (2) 除染廃棄物処分に関する電離放射線障害防止規則の改正

パートナーズ・ネットワーク会員 桜井 直行

### 1. 改正の経緯

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い、福島県内を中心に各地の除染特別地域等で除染作業が実施されている。

放射線、放射性物質の利用の際に労働者を保護するため、従来から電離放射線障害防止規則があった。しかしこの規則では今回の事故のように屋外に広範囲に放射性物質が拡散したような場合を想定していないため、国は新たに除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のための規則いわゆる「除染電離則」を設け、平成24年1月から施行している。

ところで、除染電離則は当初除染作業のみを対象としていたが、同年7月に改訂があり、除染特別地域等で実施される以下の4種類の作業が含まれるようになった。

- (1) 汚染土壌等の除染作業
- (2) 汚染されたものの収集、運搬などの廃棄物収集作業
- (3) それ以外に汚染された土壌を取り扱う作業
- (4) 2.5  $\mu$ Sv/hを超える線量下で行われる上記以外の作業

一方、除染作業で発生した廃棄物の処理、処分業務は、上水施設、下水処理施設、焼却施設などの中間処理施設、埋設処分施設などで行われるので、必ずしも除染電離則が適用される除染特別地域等で実施されると限らない。そこで、それらの作業の安全規制は除染電離則ではなく、電離放射線障害防止規則(電離則)に追加され、25年7月より施行されることになった。

放射線防護上の分類で言えば、除染のよう

に線源が管理されていない現存被ばくの状況において行われる作業には、除染電離則が適用され、処分事業場所のように線源の管理が可能な、計画被ばくの状況に対しては従来の電離則が適用になり、管理区域が設定されると考えればよい。

### 2. 改正の概要

事故由来廃棄物等には除去土壌、汚染廃棄物、その他セシウム以外の放射性同位体で汚染されたものが入る。これらを処分する業務としては、選別、破碎、圧縮、濃縮、焼却などの中間処理、その後の中間貯蔵、最終埋立て、ならびに施設設備の保守点検業務などが想定されている。これらを実施する処分事業場で実効線量が3ヶ月で1.3mSvを超えるか、表面汚染が4 Bq/cm<sup>2</sup>を超える恐れがある場所では管理区域を設定する。それに伴い1週間の実効線量、労働者の被ばく線量の限度、被ばく線量の測定方法、作業環境の測定など、従来の電離則、関係法令と基本的には同一の条件が適用される。処分等に用いられる設備の安全上の要件、汚染拡大防止措置、作業管理、作業者の特別教育など以下の5項目が定められた。

- (1) 焼却炉、埋立施設などの事故由来廃棄物等の処分を行う設備の要件
- (2) 防じんマスク・保護衣などの着用、汚染検査などの汚染の拡大防止の措置
- (3) 作業規程(マニュアル)の策定などによる作業の管理など
- (4) 処分の業務に従事する労働者に対する特別教育の実施
- (5) 除染特別地域等に処分施設を設置する

## 場合の特例

ここでは上記の事故由来廃棄物の処分特有の事項について解説する。

### (1) 設備要件

まず、処分事業場の敷地があり、その境界を標識により明示し、そこに設置される事故由来廃棄物等の取扱い施設や設備は、気体液体が浸透しにくく、腐食しにくい材料を用い、表面が平滑で隙間が少ない構造、液体が漏洩する恐れが無いこと、粉塵の飛散を防止すること、出入り口は2重扉とするなど廃棄物の性状や処理プロセスに応じた機能が要求される。

### (2) 汚染拡大防止措置

事故由来廃棄物等や汚染物を一時的に貯蔵、あるいは埋立てたりするときは、汚染防止のため、飛散流出の恐れのない容器を用い、また事故由来廃棄物等を取扱うスコップなどの道具は専用とする。密封されていない廃棄物を埋め立てる場合は、仮設テントの使用など作業中の飛散、流出の防止を考慮する。

汚染検査のためには管理区域の出口に汚染検査場所を設け、作業従事者の身体、装具、持ち出し物品の検査をし、 $4\text{ Bq/cm}^2$ 以下であることを確認する必要がある（除染電離則では $40\text{ Bq/cm}^2$ 以下）。

作業環境の粉塵濃度、放射能濃度の測定結果や作業の種類に応じて、呼吸保護具、保護衣類等を適宜選択し、着用しなければならない。選択の基準については参考文献に記すガイドラインに詳しく出ているのでそれを参照されたい。

### (3) 作業管理

事故由来廃棄物等の処理業務を行うとき

は、放射線障害を防止するための作業規程、作業マニュアルを定めておく。作業者にその内容を周知し、規定類に従った安全措置をしなければならないのは当然である。被ばく線量が1週間あたり $1\text{ mSv}$ を超えると予想される場合は、あらかじめ労働基準監督署に届け出をしなければならない。

事故が発生したときは $15\text{ mSv}$ を超える被ばくの恐れがある区域を明示し、そこから作業者を立ち退かせること、必要に応じ医師の診察等を受けさせるとともに、労働基準監督署に報告をする。

### (4) 特別教育

作業員の放射線安全に関する一定レベルの知識、技能を確保するために、法令に定める内容で座学5時間、実技時間2時間の特別教育を受けさせ、さらに定期的な健康診断を実施する。元方事業者は安全統括者、放射線管理者を選任、安全衛生協議会の開催により、関係請負人への指導、援助を含めた一元管理を可能とする安全衛生管理体制を構築しなければならない。

### (5) 例外規定

既に汚染されている地域に処分事業場を設ける時には、上記の規定がそのまま当てはまらない場合があるので、いくつかの例外措置が定められている。

各種の環境測定、教育、被ばく線量測定の結果など法令に定める項目は記録して保管されなければならない。

なお、電離放射線障害防止規則に追加された規則に基づく事故由来廃棄物の処分に関しては参考文献に記載した改正電離則に関する参考資料1及び2が厚生労働省から公開されているので、詳細はそれらを参照されたい。

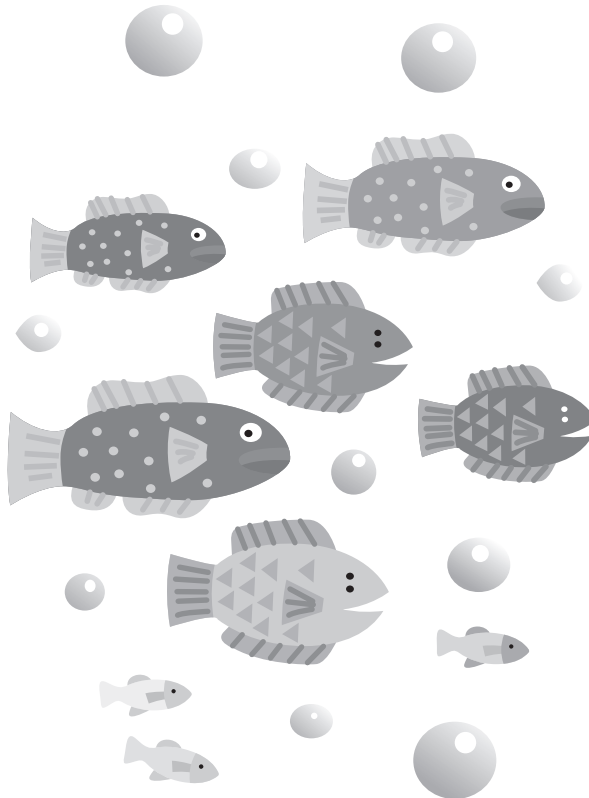
## 参考文献

### 改正電離則に関する参考資料

1. 事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン
2. 事故由来廃棄物等処分業務特別教育テキスト

### 除染電離則に関する参考資料

1. 除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン
2. 特定線量下業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン
3. 除染等業務特別教育テキスト
4. 特定線量下業務特別教育テキスト





# 外部機関の活動状況紹介

## (1) 除染可燃物焼却灰の減容固化技術

安藤ハザマ 技術本部 原子力部 雨宮 清

除染で発生した草木・汚泥等の可燃物は、原則として焼却して、焼却灰を貯蔵する計画である。焼却の目的は減容・無機化にあるが、焼却により発生する焼却灰には放射性セシウムや重金属等の有害物質が濃縮されるため、安全な取扱いが求められる。本稿では、ごみ焼却灰や石炭灰の取り扱いを紹介した後に、除染技術実証事業（環境省平成24年度）で実証された新たな固化技術を概説する。

### 1. 焼却灰の処理

「垣根の垣根の曲がり角 たき火だたき火だ落ち葉焚き」と唄われるように、草木を燃やすことは町内や田畑で広く行われてきた。ごみの処理という意味では、安全や有害物質の問題から焼却場に運搬されるのが一般的となり、平成22年度には国内で1221ヶ所の焼却処理施設が稼働し、484万tの処理後廃棄物が処分されている（環境省資料）。また、石炭の燃焼から発生する灰（石炭灰と呼ばれる）は、平成23年度に1157万t発生している。その3/4は電気事業からである（JCOAL資料）。

これらの灰は、溶融スラグ化や焼成によって人工骨材などの土木材料として利用されたり、セメント原料としての資源化がなされている。資源化できない焼却灰は最終処分場で適切に埋立処分されるが、例えば、100万kWの火力発電所の30年の稼働で生じる石炭灰を海面埋立処分する場合、110haに及ぶ浅海域（藻場、干潟、産卵場あるいは稚魚の生育場）が消失する。このため、石炭灰の有効利用が活発に研究され、盛土や路盤材としての利用、固化体の製作などが実用化している。特に、発電所地元の振興に効果がある消波ブロックや人工魚礁の構築が注目されている<sup>1)</sup>。



山間埋立処分地の例：エコランド音羽の杜（京都市）  
<http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000057881.html>

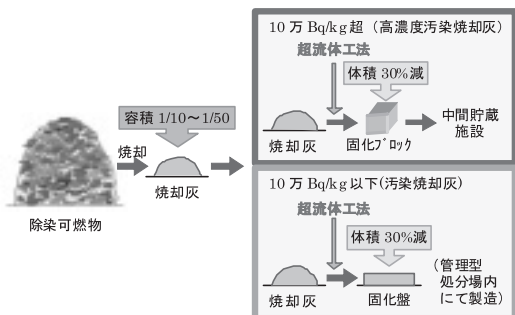


石炭灰のセメント固化製品（魚礁向けのブロック）  
[http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/ash/ash\\_02.html](http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/ash/ash_02.html)

## 2. 除染焼却灰の超流体固化技術

### 2.1 概要

前述の石炭灰固化製品（ブロック）の製造では、‘超流体工法’ とよばれる固化技術が開発された<sup>2)</sup>。これは、焼却灰に固化材（セメント）と少量の水を添加し、高周波の外部振動を与えることによって粉体状から塑性流体状に変化（流体化）させて締め固める特殊工法である。この技術は、a) 灰を密実に固める、b) ひび割れが少なく一様な固化体を製造できる、c) 練混ぜによる余剰水が発生しない等の利点を有し、これを除染焼却灰の処理へ適用すれば、焼却灰の減容と物理・化学的性質の向上が期待できる。



焼却灰固化技術の位置づけ

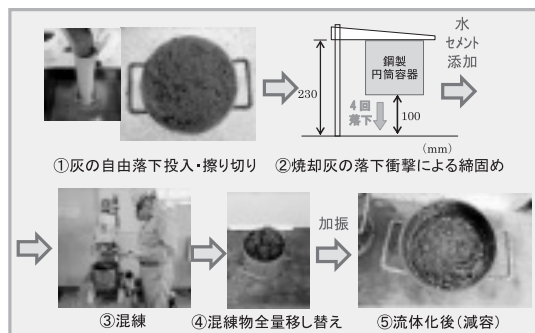
### 2.2 除染技術実証事業

平成24年度環境省除染技術実証事業において、「除染可燃物焼却時に生じた高濃度汚染焼却灰の特殊固化技術による処理」が採択された（ハザマ・九大共同提案）<sup>2)</sup>。ここでは、実際に放射能を含んだ焼却灰に対し、①超流体工法を適用できる配合（セメント、水の添加量）検討、②固化による減容効果の測定、③固化体の物性試験（強度、透水等）、④セシウム溶出抑制の検討、⑤実規模の固化体製造／施工試験、が実施された。

その結果、①に関しては、灰の産地によって最適な配合には差があるものの、飛灰（Fly Ash）単体でも、これに主灰（Bottom Ash）を混合した場合でも、灰重量の30%程度

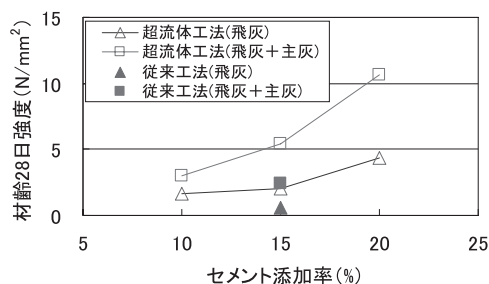
の水量で固化体が製作できることが示された（この水/灰比は従来工法の1/2以下である）。

②減容効果に関しては、固化体の体積は、固化体中に含有される同量の灰を軽い衝撃で締め固めた体積に比べ70%以下となった。



小型容器による減容効果の確認試験

③物性試験では、材齢28日強度は $2\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となり、同じセメント添加率では超流体工法は従来工法と比較して2～4倍の強度となった。透水係数は、 $10^{-7}\sim 10^{-9}\text{cm}/\text{s}$ のオーダーとなり、一般廃棄物処分場等の粘土遮水層の透水係数（ $10^{-6}\text{cm}/\text{s}$ 以下）と比較しても十分小さい。



セメント添加率と圧縮強度の関係

④「セシウム溶出率」に関しては、固化体を2mm以下に粉碎した場合は70～90%、コアの状態(有姿)では20～40%の溶出率となった。モルデナイト系ゼオライトを添加し固化した場合は、10～20%の添加によって溶出率は数%にまで低下した。セシウムや有害物質の閉じ込め性に関してはさらなる研究が望ま

れる<sup>3)</sup>。

⑤製造／施工確認に関しては、飛灰および飛灰＋主灰（質量比1：1）を用いて矩形ブロック（70cm角）および固化盤（90×90×厚30cm）を実際に製造した。減容率、強度、透水係数、密度ともに室内試験とほぼ同様の値が得られている。



(a) ブロック打込み



(b) 固化盤の打込み



(c) 製造後のブロック



(d) 製造後の固化盤

焼却灰の超流体内工法による固化実証試験



焼却灰の保管と流体化施工のイメージ

### 3. 結び

震災がれきの処理や除染作業で除去された草木類等の可燃物は焼却され、その結果大量の焼却灰が発生する。焼却灰は放射能濃度に応じて、埋立処分や中間貯蔵施設や管理型施設での保管が計画されているが、安全で効率的な処理と保管、資源化の取り組みが大きな課題となる。

本稿では、石炭火力発電所から大量に発生している石炭灰の資源化、安定化技術を焼却灰に適用した研究事例を紹介した。再利用の可能性、施設形態への適用、作業安全、コスト、長期の安定性など焼却灰の処理には検討する事項は多い。しかし、実績のある技術をさらに改良し震災復興に貢献することは技術者の役割であると考えます。

### 参考文献

- 1) 福留和人、「フライアッシュ硬化体の製造方法に関する研究」、学位取得論文、2000. 3.
- 2) 齊藤、弘末、中島他、「除染可燃物焼却時に生じた高濃度汚染焼却灰の減容固化技術」、土木学会第68回年次学術講演会、2013. 9 (投稿中).
- 3) 齊藤栄一、「エージング作用を受けた石炭灰フライアッシュ中の有害元素の挙動に関する研究」、学位取得論文、2010. 8.

## (2) 環境にやさしい放射性有機廃棄物の新処理技術の開発

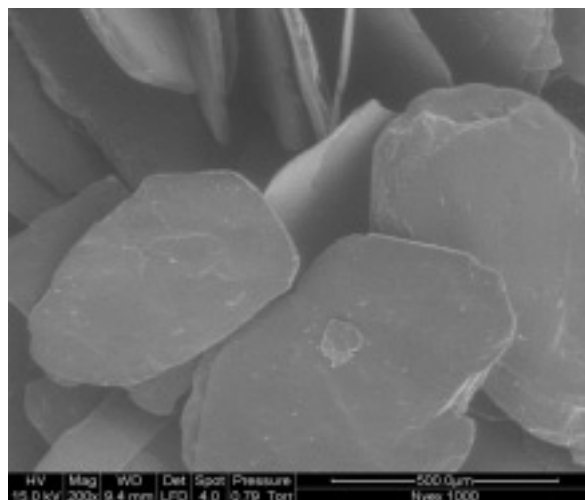
アーヴィア テクノロジー リミテッド 日本代表事務所  
マイケル・コンティ＝ラムステン

原子力業界における解決し難い困難な課題に対するソリューションは、驚く程面白い所から生まれることがあります。アーヴィア テクノロジー リミテッドは放射性有機廃棄物の処理に関する新しい技術を開発しました。

放射性廃棄物の処理を行う際、特に頭を悩ますのは、油、溶剤を始めとする様々な有機物です。一般的な処理、つまりエンキャプシュレーション、又は焼却を行う事は法律及び経済的な面で選択できない場合もあります。この両方をクリアする方法の探求が求められてはいるものの、上記条件を満たした技術が将来的に現れるまでは、中期間にわたりこの有機物を保管することが一般的な対応となっています。アーヴィア テクノロジー リミテッドはこのような環境の中、2001年から4年の間研究を行い、これまでに例のない処理加工の開発を成功させるに至りました。



開発担当 ナイジェル・ブラウン



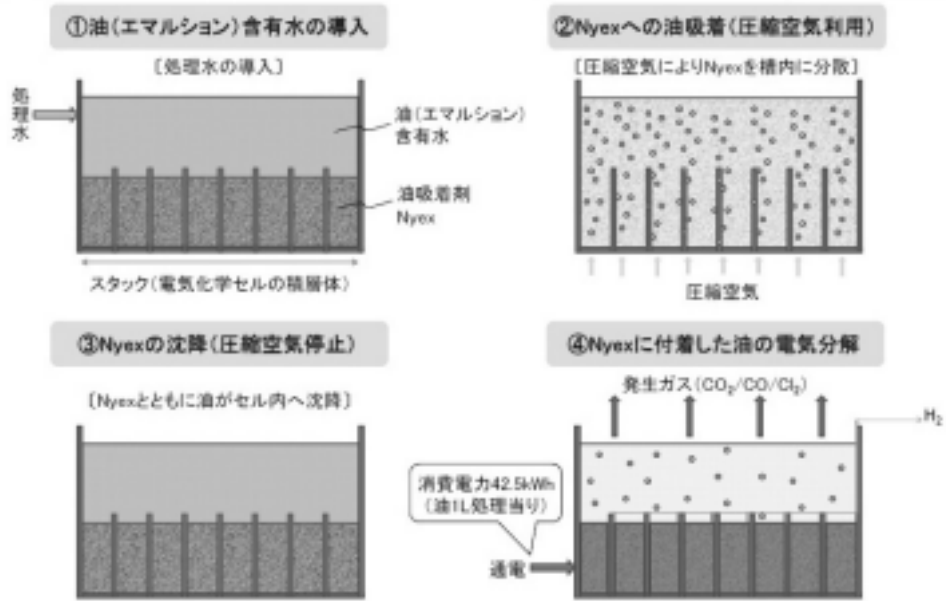
実際の吸着に用いるNyexを拡大した画像

この時からスタートし、アーヴィアはナイジェル・ブラウンの下で独立研究を行う大学の研究グループから、国際的な企業にまで成長しました。それはひとえに、この技術のユニークな特徴によるものです。

アーヴィアの「有機物分解セル」技術は原子力産業の混合有機廃棄物処理に新たな時代を切り拓くものです。この技術は電気化学酸化により、有機物を99.9%分解し、放射能は汚れていないきれいな水に溶出されます。アーヴィアの画期的な技術は化学物質を使用しておらず、また、処理によって発生する放射能汚染水も放射性物質排水施設または既存の処理場で処理することができます。Nyexという特別な吸着剤は有機物/油/微生物を吸着し、ドラム缶に保管されている放射性物質が含まれているオイル、溶媒、潤滑油、その他の有機廃棄物は炭酸ガスとクリーンな処理しやすいアクティブ水に変化します。この技術は原子力設備の廃炉を行う際、又は通常運



転で発生する処理困難な放射性廃棄物の最終 処分にとっても役に立つ可能性があります。



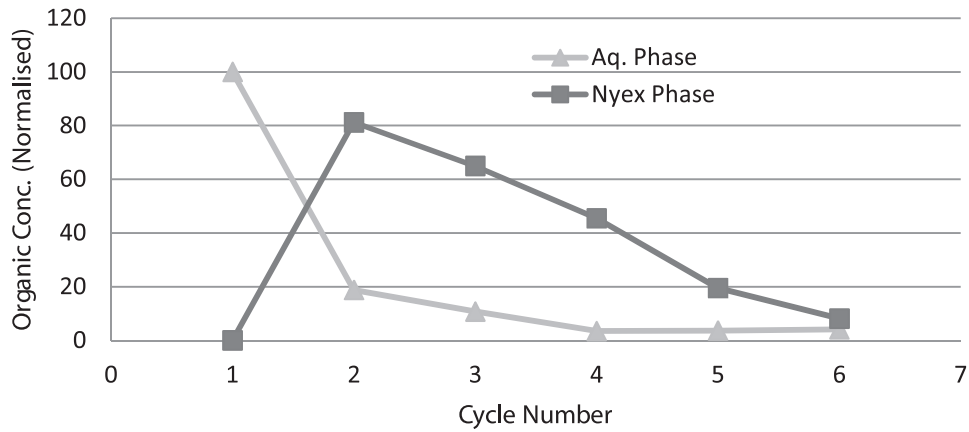
アーヴィアの放射性有機廃棄物分解の処理加工のフロー



Magnoxで行われた従来処理の困難な油の分解装置



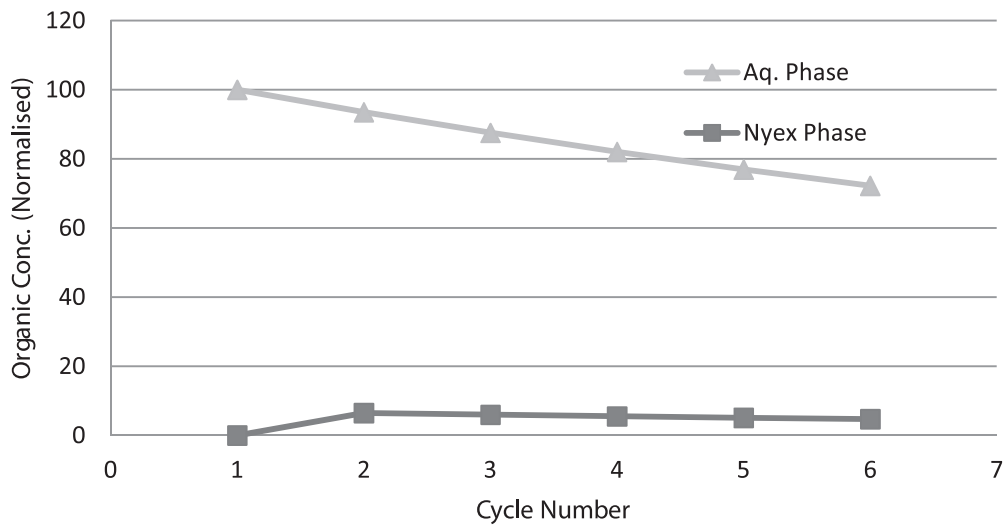
高濃度油 - Tellus 46



(1) 高濃度油-Tellus 46

- ・ほとんどの油の吸着は初期段階に行われる
- ・サイクルごとの高度な有機物分解
- ・有機物分解の有無にかかわらず進行する吸着

低濃度ケミカル - Ethylene Glycol



(2) 低濃度ケミカル-Ethylene Glycol

- ・吸着がサイクルごとに徐々に行われる
- ・サイクルごとに除去される有機物の量は比較的少ない
- ・有機物分解に合わせて吸着が進行

Nyexの表面に有機物が吸着される際の分解データの例

# 海外技術情報

## (1) 放射性廃棄物管理と原子力施設の廃止措置－フランス電力庁の経験

事業計画部 泉田 龍男

世界の原子力発電事業のリーダーであるフランス電力庁（EDF）は、放射性廃棄物の最大の発生者でもあり、また閉止した9基の原子炉廃止措置の責任者でもある。EDFは、強固な法的枠組みと規制があり、さらに透明性を求められているフランスの事業者であるが、責任ある原子力発電事業者として、どのように廃棄物管理と廃止措置の義務を果たしていくのであろうか。本紹介論文では、この問題に関しEDFの並々ならぬ自信にあふれた記述が満載である。EDFは、包括的な廃棄物管理の戦略展開と組織及び専門技術の集約化を進めてきた。ヨーロッパでは、放射性廃棄物問題の認識の高まりが、脱原発を決定した国々の中で早期の廃止措置に結びついている。また、廃棄物問題の有効な解決策を期待する国々が増えている。EDFは、そのような廃棄物管理の解決策に関し、専門技術で答えることができるとしている。

### 1. EDF関与の廃止措置プログラム

フランスでは1973年から1997年までに9基の原子炉が停止し、これらはEDFの責任の下に廃止措置が続けられている。9基の原子炉には4種類の炉型がある。

- ①重水炉1基：Brennilis（70MW）
- ②加圧水型炉1基：Chooz A（300MW）
- ③天然U黒鉛炉6基：Chinon A1（70MW）、Chinon A2（200MW）、Chinon A3（480MW）、Saint Laurent A1（480MW）、Saint Laurent A2（515MW）、Bugey 1（540MW）
- ④高速増殖炉1基：Creys-Malville（1240MW）

廃止措置プログラムには、長寿命な核種を含むILW廃棄物の処理と中間貯蔵を実施する施設（ICEDA）の建設と運営、燃料中間貯蔵施設（APEC）の廃止装置、黒鉛スリーブの中間貯蔵に使われているSaint Laurentサイロの廃止措置も含まれている。1990年代に始まったそのプログラムは、出来るだけ短期間に廃止措置を実施する目的で2001年に見直

しが実施されたが、今はさらにフランス原子力委員会とIAEAから2012年の法制に従った見直しが求められている。

EDFは2001年に550名の技術者で構成される廃止措置計画を管理する組織（CIDEN）をリヨンに設立した。CIDENでは、工程や適用技術の選択などの技術的な計画、経営戦略の検討、サイトでの全ての作業員の調整と管理を実施している。

2011年末現在で、Chooz A（PWR）、Creys-Molville（FBR）、Brennilis（HWR）の3基の原子炉廃止措置進捗率は30～50%である。この中で重要なステップには以下のものがある。

- ・ Creys-Molvilleの“Super-Phenix”のナトリウム除去が2010年に開始され、全量5,950tから3,150tが除去された。2014年に全量が除去される予定である。これによりサイトでの作業に対する大きな制約がなくなる。
- ・ Chooz A（PWR）では、4基の蒸気発生器が撤去され、その後蒸気発生器は2012

年末までに極低レベル廃棄物（VLLW）として埋設処分できるように除染が実施されている。

上記の実績の他に、新たな技術開発も行われている。Chooz Aの原子炉容器の詳細な廃止計画が、2014年からの作業開始に向けて検討されている。Brennilis原子炉では、原子炉ブロックの廃止計画が精力的に検討されている。Creys高速炉では、ナトリウムの処理終了後の2015年に原子炉中に水を注入し、原子炉容器の解体を実施予定である。また、水中解体を計画している黒鉛ガス炉については、Fort Saint Vrain炉（米国）の経験を基に詳細を計画中である。

放射性廃棄物については、第1世代の原子炉廃止措置計画で予想されている総計182,000tの廃棄物の内、VLLWと短寿命の低中レベル廃棄物（LILW）26,000tが既に処分場に送られた。長寿命核種を含む中間レベルの廃棄物は、Bugeyに建設予定のICEDAで貯蔵される予定である。この中間貯蔵は、2025年に建設が予定されている放射性廃棄物管理機関（ANDRA）の深地層処分施設の工程に合わせて認可される。

6基の黒鉛ガス炉から発生する17,000tの黒鉛については、今のところ処理・処分ルートが出来ていない。2006年の廃棄物の法令で2013年までに処分施設操業が要求されているが、ANDRAによる処分施設立地が中断している。

## 2. 放射性廃棄物管理：EDFの戦略

EDFは、世界の原子力発電事業者のリーダーであり、世界最大の放射性廃棄物の発生事業者である。フランスでは58基のPWRを運転することにより、毎年10,000～15,000m<sup>3</sup>の短寿命核種の放射性廃棄物が発生している。また、毎年1,200tの使用済み燃料が発生

し、そのうち1,050tがAREVAのラ・アーグ再処理工場で再処理され、150m<sup>3</sup>の高レベル廃棄物（HLW）と200m<sup>3</sup>の中レベル廃棄物（ILW）が発生している。また、9基の閉止した原子炉の廃止措置により、約180,000tの放射性廃棄物の発生が見込まれている。その廃棄物の大部分は、VLLWと低レベル廃棄物（LLW）である。

EDFの放射性廃棄物管理の基本方針は、2006年制定の放射性廃棄物法に従うことである。この法律は、2011年の放射性廃棄物のユーロ指令により強化された。EDFは放射性廃棄物の発生者としての責任があり、それを他に転嫁できないと同時に無期限に負うものである。また長期間の管理のために資金保障も要求される。

EDFは、フランスの原子力発電開始当時からPWRの運転や保守管理の際に発生する放射性廃棄物の管理方法及び技術を進化させてきた。これは、法律の変更や適用可能な技術の変遷への対応及び運転経験とそのフィードバックによることが大きい。このプロセスは廃止措置により発生する廃棄物へも適用されている。それは廃棄物の発生から埋設処分までの各段階での被ばくのリスクを最小限にしている。放射性廃棄物の持続可能な管理の戦略は以下のものである。

- ・再利用率などによる廃棄物発生量の制限
- ・廃棄物の処理処分を容易にするための物性や放射能レベルによる分類
- ・放射性廃棄物の発生から出来るだけ早くパッケージ化すること
- ・貯蔵を制限し出来るだけ早く埋設処分施設に送ること

## 3. 短寿命廃棄物

原子炉設計、燃料管理及び運転の改善により、過去25年間で短寿命放射性廃棄物の発生

量は1/4になった。電気出力当たりのデータでは1980年代中頃で51m<sup>3</sup>/TWh、2009年では13m<sup>3</sup>/TWhとなっている。廃棄物の圧縮装置等の減容装置が広く普及したことと、上記の設計や運転管技術の進歩により発生量が低減したためである。

発電所で発生した短寿命放射性廃棄物を減容処理する設備がすべての発電所に設置されている。水溶液、濃縮物、スラッジ及びフィルターはセメント固化、イオン交換樹脂は可動式処理設備によりエポキシ樹脂中でカプセル化処理を行っている。最終的には金属遮蔽を施したコンクリート容器に入れられる。

廃棄物の減容に対しては、1999年に建設されたCENTRACO処理施設の寄与が大きい。この施設はEDFグループ100%出資のSOCODEIによって運転されている。この施設には焼却炉と溶融炉が設置されている。焼却炉では発電所の運転により発生する可燃物と液体廃棄物（靴、衣類、洗浄液、油類、溶液）が焼却されている。溶融炉は、運転中の発電所の保守又は解体により発生するスクラップや金属機器を受け入れる容量がある。

CENTRACO処理施設は廃棄物の減容に大きな寄与を果たしており、減容率は1/5から1/20である。1999年から2008年の10年間で、EDFの発電所から発生した30,000m<sup>3</sup>の金属を溶融し、43,000m<sup>3</sup>の廃棄物を焼却した。これにより、処分施設に送るLLW廃棄物量を64,000m<sup>3</sup>低減した。これはANDRAのLILW施設の6年分の受け入れ容量と同等である。CENTRACO処理施設の開業は、これまで処理できずにサイトで貯蔵されていた廃棄物の処理を可能にしている。数千tの油、溶液及び各種の液体廃棄物とこれらにより汚染された廃棄物が、CENTRACO処理施設で焼却処理されている。

LLWの大部分は、オーブ地区にある

ANDRAの2つの施設で浅地中処分されている。オーブ処分施設は1993年に短寿命のLILWを対象に建設された。Morvilliers処分施設は2003年にVLLWを対象に建設された。現在、いくつかの廃棄物がまだ処分経路が未定で残されているものがある。それらの代表的なものは、アスベスト、水銀を含む廃棄物であり処分施設への受け入れにはまだ課題が残っている。この問題は、放射線に対するものではなく、化学的な特性が問題となっている。

上記のように原子力発電所で発生する短寿命放射性廃棄物は、発生から処分まで全て安全な管理・減容処理と最終埋設処分が実施されている。この数量はEDFの原子力発電所から発生する放射性廃棄物の90%を占めている。

#### 4. 長寿命放射性廃棄物

国家政策に従いEDFは使用済み燃料を再処理し、ウランとプルトニウムを再利用する道を選んだ。これはEDF原子炉の年間必要量の17%に相当する。使用済み燃料の再処理は、最終的な廃棄物量を1/10に低減している。また、これは最終処分施設の容量を少なくすることができ、また中間貯蔵施設についても同様である。加えて、PWRでの発電開始から燃焼効率を向上させており、これにより毎年25%の使用済み燃料発生量を低減させている。

再処理により発生するHLWと長寿命廃棄物に対しては、2006年の廃棄物法により深地層処分を実施することになった。2015年に建設の許可申請を行い、2025年に建設開始の予定となっている。一方で、HLWはガラス固化後にステンレス容器に入れた状態で、地層処分技術の開発段階は100年以上の期間にわたって貯蔵することになっている。ANDRAが、Cigeoプロジェクトと呼ばれる将来の地



層処分施設の設計と立地を行っている。EDFはAREVAとCEAと共に技術的に又資金的に責任を負う立場にある。Cigeoプロジェクトの成否は、ANDRAと上記の原子力事業者3社との協調にかかっており、2012年に上記4者の協定が合意された。協定の骨子は技術交流と共同研究を実施することである。

EDFは深地層処分施設の設計と建設に関する専門技術とノウハウを持っている。特に地下施設については、60年以上にわたる水力発電施設でのトンネル建設と運用の経験がある。EDFは、設計・建設を行った600以上の地下坑道、1500kmの地下通路と180の垂直抗を所有している。この経験により、EDFは地下の施設による深地層処分を推奨してきた。また、原子力施設での深い経験が地層処分施設で要求される排気、火災防護、作業者の安全対策などの専門技術の提案を可能にしている。加えて1960年代から地力学、熱水力学のシミュレーション、長期の廃棄物固化体の健全性と安全性の評価技術を開発してきた。これまでの経験と技術開発に基づいて、EDFは地層処分施設に対し技術的、経済的に最適な設計を提案できる。

## 5. これからの課題

放射性廃棄物に関し、EDFは以下の2つの課題を持っている。

①PWRプラントの長寿命化プロジェクトにおいて大規模な機器を交換することで熱交換器のようなVLLWが大量に発生する。フランスでは廃棄物のクリアランスが実施されていないので、処分施設への負荷を少なくするために廃棄物の再利用や溶融による減容技術適用を検討していく必要がある。

## 参考文献

- 1) E. Desroches, S. Beguin and P. Bernet, "NPP Decommissioning and Management of Radioactive Waste : the EDF Experience," ENC 2012, Manchester, UK, December 9-12 (2012).

②黒鉛ガス炉の解体により発生する黒鉛は2006年の廃棄物法令により浅地中処分することになっているが、処分施設の立地が進まず2010年に中断状態となっている。これは廃止措置計画の遅延の原因となっており、コスト上昇の大きなリスクとなっている。このリスク緩和のためにEDFは、黒鉛を熱処理することによるC-14とCl-36の除染技術を開発している。2008年にサンプル試験を実施し、2015年までに大規模試験により工学的な可能性を評価することになっている。

## 6. 結論

EDFは、フランスの商業用原子力発電所をすべて運営する電力会社であり世界最大の放射性廃棄物の発生事業者である。そのために責任は重く、国家機関のANDRA及び再処理を運営するAREVAと共にVLLW、LLW、長寿命放射性廃棄物及びHLWの処理処分という国家プロジェクトの当事者となっている。日本に当てはめると9電力会社が1社に合併したことに相当する。従って、これまでの運営経験が膨大で廃棄物の処理処分技術には大きな自信が窺える。

フランスでは、黒鉛の処分施設を除けば、VLLW、LLW、HLWの処分施設の立地及び運営が計画に従って進行しており、発電会社の廃棄物処理処分のリスクが我が国に比較して少ないことが明らかである。本論文に紹介されているフランスの発電所廃棄物の減容技術に関しては、我が国の技術と同等という印象である。しかし、フランスでは燃料サイクルが完結に向かっており、原子力の先進国として参考になる情報が多いと考える。



## (2) ドイツにおける廃炉技術開発

企画部 金田 健一郎

東日本大震災の発生当時、ドイツでは17基の原子力発電所が稼働していたが、東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、このうち、老朽化している8基のプラントの廃止が決定され、残りの9基についても、2015年から2022年にかけて段階的に運転を停止し、廃炉とする計画である。さらにドイツでは、旧東ドイツ時代の古い原発などがかねてから解体作業中で、これらを合わせるとドイツは今後、30基を超える原子炉を次々と廃炉にするという、これまでに経験したことのない取り組みを迫られることになる。ここでは、放射線測定や除染技術を含めた、ドイツにおける原子炉施設の解体技術開発の現状を紹介する。

### 1. はじめに

ドイツでは、将来における原子力施設の解体に備え、原子力施設解体のための技術及び管理に関する世界で最初の講座(TMRK:Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities)が、2008年6月にカールスルーエ工科大学(Karlsruhe Institute of Technology(KIT))に設置された<sup>1)</sup>。

ここでの研究は、技術と管理の2つの特殊分野に集中しており、管理分野においては、調達から放射性物質の最終処分に至るまでの解体工程を最適化することを目的としている。技術分野においては、新しい実用的な技術を開発し、原子力施設の解体に関する現状の装置及び技術の改良と自動化を目指している。

原子力施設で働く作業員の被ばくを最小化し、環境にも優しい効率的な解体技術を確立することが、解体技術開発分野における主要な目標である。

### 2. 削り取り及び融解技術

構造物や機器類の表面から汚染物質を取り除く除染方法には、洗浄、加熱、化学的又は電気化学的な手法、機械的な除去手法等がある。コンクリート表面の除染には、針状先端

による剥ぎ取り法(needle scaling)、炭化タングステン刃を使った荒削り法(scabbling)又はダイヤモンド・チップ付きの回転刃によるそぎ取り法(shaving)のような、主に機械的な表面除去手法が使用される<sup>2)</sup>。

そぎ取り法は、コンクリート表面のそぎ取り深さをミリメートル単位の正確さで行うことができること、騒音が低いこと、廃棄物の発生量が少ないこと等の多くの利点を有しているが、欠点としては大掛かりな足場組み立てが必要なことである。更に、機械的なそぎ取り法では、複数の作業員が一時的に現場で作業を行う必要がある。

#### 2.1 AMANDAプロジェクト(除染用マニピュレータ)

AMANDAとは、大面積を有する側壁や天井の除染方法として開発された革新的な技術であり、コンクリート表面を粉砕する装置を組み込んだマニピュレータが、遠隔操作で壁面等を上下、左右に移動することができる。真空の吸盤により機械装置全体を除染対象物に保持することができるようになっている。AMANDAの処理能力は、3～4mmの削り取り深さの場合で、1時間当たり6～8m<sup>2</sup>である。この装置は、1人の運転員で遠隔操作す

ることができる<sup>3)</sup>。

## 2.2 MANOLAプロジェクト（マニピュレータ駆動のレーザ融解技術）

MANOLAとは、AMANDAの改良技術開発であり、マニピュレータの保持や移動システ

ムはAMANDAと同様であるが、コンクリート表面の除染装置として、粉碎装置の代わりにレーザ装置が組み込まれている（図1～図3参照）。

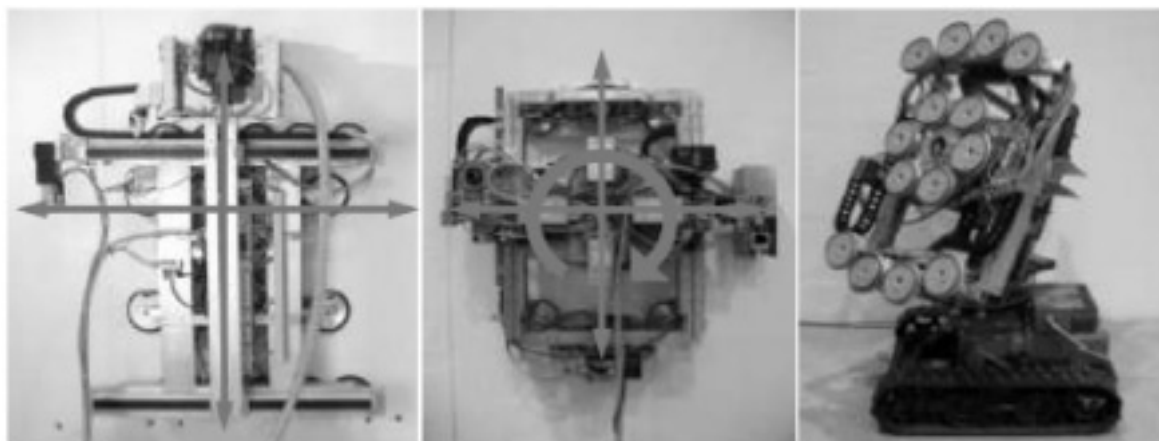


図1 AMANDA

図2 MANOLA

図3 Trolley System

## 3. 測定技術

解体工程の検討には、解体対象物の汚染の程度、放射線の種類及びエネルギーについての測定が必要である。

このため、測定系と除染装置を1つのシステムに組み込む研究が行われた。

### 3.1 MAFROプロジェクト（マニピュレータ駆動の廃棄前汚染測定技術）

MAFROは、MANOLAプロジェクトでの開発成果に基づいており、IPR（Institute for Process Control and Robotics）とTMRKとの共同プロジェクトとして、2011年の末に開始された。

MAFROプロジェクトの目的は、機器の汚染測定（事前測定）、除染及び廃棄前汚染（クリアランスレベル）測定（事後測定）のような、表面除染の主要な3つの工程を組み込んだシステムを開発することである。ドイツでは、クリアランスの基準は、「放射線防護規

則」のセクション29に規定されている。現時点では、汚染測定－除染－廃棄前汚染測定の工程を一体化したシステムは存在しない。

開発目標とするシステムは、移動機構を含む保持システム、除染手段としてのレーザ装置及び検知センサーのような、3つの主要なコンポーネントで構成される。

検知センサーは、汚染測定のためにマニピュレータに取り付けられる。

### 3.2 MerENプロジェクト（鉄系及び非鉄系の放射性金属スクラップに対する測定センサーを有するモニタリング・システム）

MerENプロジェクトは、無許可所持や紛失のために法令に基づく管理が行われなくなった放射線源である「身元不明線源（orphan sources）」を処理するためのものである。

身元不明線源は、スクラップ処理場や金属加工施設においてたびたび発見され、人間や

環境への脅威となっているので、これらの放射線源に対する放射線モニタリングが重要になってきている。

金属スクラップ処理場の作業員は、放射線源である可能性のある物質が破碎されて非放射性の物質と混ぜ合わせられる前の早い段階で、放射性物質に汚染された物質を検知するチャンスを有していることから、MerENプロジェクトの一部として、鉄系及び非鉄系の放射性金属スクラップに対する測定センサーを組み込んだモニタリング・システムが、今後開発される計画である。

#### 4. 配管除染技術

ドイツでは、除染技術開発の対象を原子炉施設に限定するのではなく、石油及びガス産業から発生する配管類に対する除染技術開発も行っている。

##### 4.1 DePRoVプロジェクト

「技術的に濃度が高められた自然発生の放射性物質 (TENORM)」\*) は、石油及びガス産業等から発生した配管類で見つかり、これらも除去する必要がある。

この分野において現在使用されている除染方法は、大量の2次廃棄物を発生するウォーター・ジェット及びブラスト研磨である。

DePRoVプロジェクトの主な目標は、2次廃棄物の発生を抑えることのできる新しい除染技術を開発することである。配管の被膜は、硬いけれども割れやすい特性を有しているので、機械的な作用で被膜を除去することができる。新しい除染技術は、配管類に機械的な振動を加える方法である (図4 参照)<sup>4)</sup>。

配管類の除染技術開発においては、まず、配管類の内面に形成された異なるタイプの被膜類の除染プロセスを調査するための試験が行われた。次のステップとして、被膜類の硬さ及び厚さ、工具の形状、工具と配管内面との距離、回転速度等の、除染性能に影響を及ぼす因子の評価を行った。

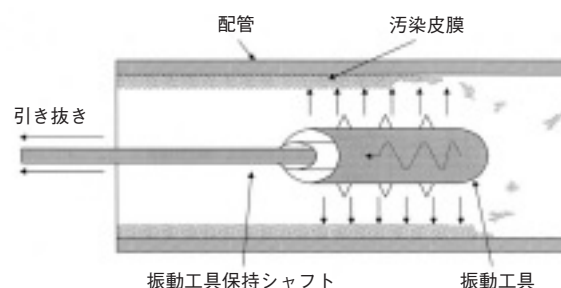


図4 振動を利用した配管類の除染

##### 4.2 SimViDekontプロジェクト

SimViDekontプロジェクトは、DePRoVプロジェクトを発展させたものであり、配管類の除染に適用する新しい振動方式の性能を向上させ、検証するためのシミュレーション・モデルを作成することを目的としている。

振動方式による配管類の除染技術開発は、DePRoV開発プロジェクトにより、基本的な機能が実証された。

#### 5. まとめ

本報告は、ドイツにおける原子力施設の除染技術の開発に関する現状ならびに原子力施設の解体に関して開発された技術が、原子力以外の分野である石油及びガス産業等から発生した配管類の内面の除染にも適用可能であることを簡単に紹介した。

\*) 地中には天然放射性元素が存在し、石油やガス等の地下資源の採取に伴いこれらの天然放射性元素が地上に出てくるが、こうした人工的に濃度が高められた自然発生の放射性物質を「Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Materials」といい、その頭文字をとって「TENORM」という。

## 参考文献

- 1) A. Stifi, P. Kern, A. Aminy and S. Gentes, “Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities - A Report from Germany,” ENC 2012.
- 2) The OECD Nuclear Energy Agency (NEA), “The Decommissioning and Dismantling of Nuclear Facilities, Status, Approaches, Challenges,” OECD 2002.
- 3) European Commission-Coordination Network on Decommissioning (EC-CND), “Dismantling Techniques, Decontamination Techniques, Dissemination of Best Practice, Experience and Know-how,” Final Report, June, 2009.
- 4) A. Aminy, IAEA Workshop, “Decontamination of Tubings,” 2010.





### (3) 除染、切断及びはつり用の高圧液体窒素技術の改良

設備準備部 秋山 武康

D&D（除染と廃止措置）では、種々の機械的、化学的な技術に挑戦し、実施することになる。高圧液体窒素を使用したD&D操作として、切断、表面除染及びコンクリートのはつりを行う新低温プロセス技術（NiThrow™法）の開発結果が報告されている<sup>1)</sup>。また液体窒素除染は、東京電力福島第一原発事故での原子炉建屋内の除染作業カタログ<sup>2)</sup>にも取り上げられている。ここで、その開発経緯、技術の概要を報告し、今後の有効利用への一助としたい。

#### 1. はじめに

原子力施設の除染と廃止措置は、大規模なプロジェクトが予見され、その解決策は異なる多数の機械的・化学的技術の実施を伴う。このような適用技術の将来性が、経済、技術、環境・社会の要件を満たすかは不確かである。

確かに効率、スピードだけでなく、運転に必要な作業員数、発生した廃棄物の量を確認することが重要な点となる。より速くより安全に、作業員と環境により友好的である新技術を開発することは重要である。

2008年から、AREVA社はAir Liquide社と高圧液体窒素を使用する新しい低温プロセス（NiThrow™法）の開発に取り組んできた。そのプロセスの概要と結果について報告する。

#### 2. NiThrow™法の概要

貯蔵容器内の液体窒素の標準条件は、圧力4～6 bar、温度-180℃程度であるが、NiThrow™法では圧力3500 bar（約3500気圧）、温度-140℃程度で液体窒素を放射する。このため、Nitrocision社製の特別な圧縮機ユニットを使用している。NiThrow™法の設備構成を図1に示す。

まず、液体窒素が低圧ホースを通過して極低温加圧ユニット（ポンプ、昇圧ポンプ、熱交換器で構成され、スキッドと呼ばれる）に搬送され、液体窒素が加圧及び冷却される。次いで液体窒素は、第二熱交換器で適温（約-140℃）に調整され、高圧ホースを介して放射ノズルに供給され、処理すべき表面上に放射される。なお液体窒素の消費量は20 l/min程

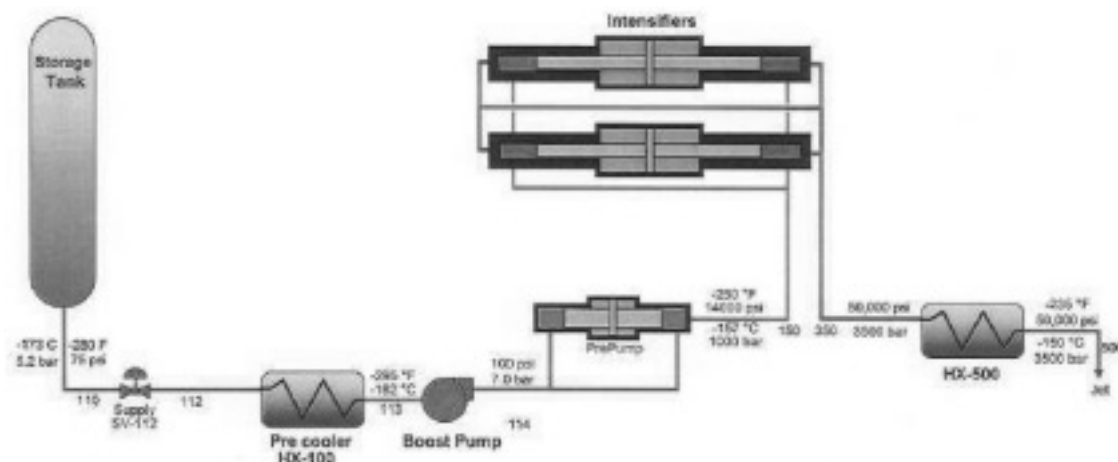


図1 NiThrow™法の基本構成

度である。

### 3. NiThrow™法によるD&D操作

NiThrow™法でのD&D（除染と廃止措置）として、①切断、②表面除染、③コンクリートのはつり、が実施できる。

#### (1) 切断

切断の用途に使用する際の主な利点は、ホットポイントの生成がないことである。また切断される材料の種類に応じて、研磨剤（使用量は0.4 kg/min）を必要とする。各切断対象物に対してテストを行い、最良のパラメータを見つけた（表1）。

表1 切断施工のためのパラメータ

母材	切断速度 [cm/min]	最大厚み [mm]	研磨剤
ステンレス鋼	4	50	鋼玉
ポリカーボネート	30	20	—
鉛	< 3	20	—
炭素鋼	10	20	鋼玉

#### (2) 表面除染

様々な種類の表面除染もD&D操作における重要なステップであり、NiThrow™法は汚染の様々な種類（さび、塗料、グリースなど）に適用できる。異なるタイプの模擬物質で被覆されたステンレス板上でテストを行い、性能を確認した（表2）。

表2 表面除染の処理速度

	処理速度 [m <sup>2</sup> /hr]
非固定汚染物 (白板インク)	> 10
固定汚染物 (銅細工インク)	> 5
エポキシ塗料	5

#### (3) コンクリートのはつり（図2）

この分野が最重要目的である。NiThrow™法は、ワンパスでかつ切断用具の付替えなしに、5～30mmのコンクリートをはつりできる。

実験室だけでなく、産業の条件でもテストを行った結果、はつり施工において最適な性能を保証できる（表3）。



図2 コンクリートのはつり

表3 はつりの処理性能

はつり深さ [mm]	5	14	30
処理速度 [m <sup>2</sup> /hr]	6	2.5	1

### 4. NiThrow™法の開発

核燃料工業協会（フランス、グルノーブル）における産業テストでは、原子力環境での使用に制限があったので、活性環境で提供することができるように2009年に野心的な研究開発プログラムを開始した。

#### (1) 自動搬送装置（図3）

自動モードの運転をめざし、作業環境の改善と被曝の減少を目的として、専用搬送装置を開発した。

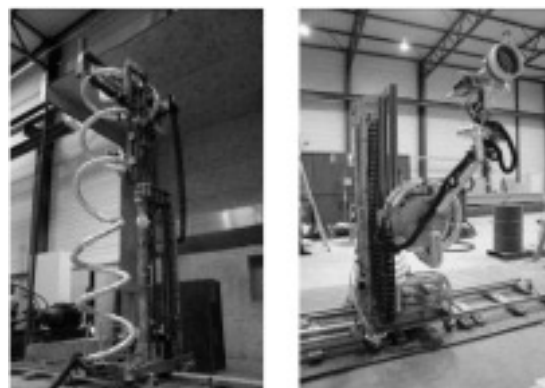


図3 自動搬送装置

## (2) 真空システム (図4)

汚染の拡散を防ぐため、適切な遮壁を開発し、さらに汚染をトラップできる真空システムの開発により、はつり粒子の95%以上を捕足できる。



図4 真空回収システム

## (3) 圧力と温度の制御

スキッドと放射ノズルとの距離が遠くても温度条件を保てるような高圧ホースの断熱材を開発した。2種の断熱材で、110m離れても温度は-130℃未滿に収まる。

## (4) 新しい切断用具 (図5)

当初の放射ノズルの回転シール部は数時間の使用で破損したが、回転部を持たない新型に変更して、平均故障間隔 (MTBF) を数週間にのぼした。また7.5kgから3.5kgへの重量減など人間工学的な配慮により取り扱いやすくした。



図5 新型の放射ノズル

## 5. 結論

NiThrow™法は原子力環境で取り扱えるよう開発された結果、非常に興味深い有望な技術となり、コンクリートはつり作業だけでなく、除染作業及び切断作業にも使用できる。NiThrow™法を経済・環境・社会面から評価すると、以下になる。

### ①経済性

処理速度の増加により、サイト監視コストを減少できる。

### ②環境面

不活性ガスを使用するドライプロセスであり、二次廃棄物の発生がなく、また化学物質の使用がない。

### ③社会面

激しい仕事の減少、ALARA原則にのっとり作業員への線量を減少できる。

AREVA社では、このNiThrow™法の将来性は高レベル活性環境下での実施にあると考えている。また本法の実施例として、セル内コンクリートはつりがAREVA/STMI社で2012年3月から再処理工場で開始されている<sup>2)</sup>。

## 参考文献

- 1) Yves Solognac, et al., “Improvements to High pressure Liquid Nitrogen Technology for Decontamination, Cutting and Scabbling,” KONTEC 2013, Dresden.
- 2) 原子炉建屋内の除染作業『除染技術カタログ』、“東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた燃料デブリ取出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログ提案の公募結果について” ([http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626\\_01.html](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626_01.html)) .

## (4) ホセ・カブレラ発電所の解体プロジェクトについて

企画部 菊池 孝

スペインのホセ・カブレラ発電所の解体プロジェクトが進められており、これまでに様々な教訓が得られている。作業はウェスティングハウス・エレクトリック社が請け負い、事前の実規模モックアップ試験等を通じて、同社が長年の経験を有している機械的切断方法が採用されている。細断した原子炉容器内構造物や原子炉の運転中に発生した放射性廃棄物は、放射線レベルに応じて専用の廃棄物容器に収納されている。

### 1. 当該発電所について

ホセ・カブレラ発電所は、マドリードの東部近郊にある16万kWeの小型PWRである。1968年から2006年まで約40年間稼働していたが、この発電所の解体は、バンデロス1号炉に続いてスペインの商用発電所で2番目となる。

### 2. 解体作業概要

同発電所の原子炉容器内構造物の解体作業は、2010年にウェスティングハウス・エレクトリック社がスペイン放射性廃棄物管理公社(ENRESA)から受注した。

作業内容は、原子炉容器内構造物や運転廃棄物を解体し、装置類を高放射化物用の多目的キャニスタ(MPC)に、また、一次・二次廃棄物を中低レベル廃棄物用の専用容器に収納することなどであり、プール環境を復旧し、全装置を除染してからサイト外に搬出する。

細断対象の原子炉容器内構造物のうち上部構造物は高さ約3m、重量約10t、下部構造物は高さ7m、重量約50tである。もうひとつの細断対象物である運転廃棄物は使用済み燃料プールに貯蔵されており、模擬燃料、ディフューザー、制御棒クラスタ集合体、シングル端栓などである。これらは放射線レベルに応じて中低レベル廃棄物と非中低レベル廃棄物に分類されるが、多くの運転廃棄物は非中

低レベル廃棄物となる。また、本作業で用いられる中低レベル用の廃棄物用容器は、いわゆるCE-2A及びCE-2Bであり、非中低レベル用の容器には多目的キャニスタが使われる。

### 3. 作業設計等

このようなプロジェクトでは、作業計画や手順等を開始前にきちんと評価することが重要であり、まず初年度に、工学的調査や作業に必要な装置類の設計・製作が行われた。この中では、詳細な3次元モデリングが重要な手段となり、また、解体装置や作業員に対する適合性確認が事前に行われている。結果として、原子炉容器内構造物の切断作業でウェスティングハウスが長期にわたる経験を有している機械的切断法が採用された。なお、前述の適合性確認試験は、ヴェステロス(スウェーデン)にあるウェスティングハウスの試験施設の実規模モックアップ設備で行われた(図1)。

### 4. 準備作業

実際の切断作業の開始前には、2011年の秋から2012年初頭まで準備作業が行われたが、初期段階では、プールの漏えいが発生し、その漏えい量が非常に大きいことや、発生場所がプールの全エリアであったことから、そのシール作業が困難を極めた。このため、コン



クリートによるプール床の補強、壁へのシール材の注入、非浸透性のペンキによる全面塗装が行われた。使用済み燃料プールにはかなり高線量の運転廃棄物が貯蔵されているために水を抜くわけにはいかず、このためプール内では潜水士が水中でシール作業を実施した(図2)。

## 5. 廃棄物等の切断作業

準備作業の後に、制御棒クラスタ集合体、一次系廃棄物及び二次系廃棄物などがせん断装置で切断され、特別に設計されたキャニスタに収められたが、これは後日、他の高放射化廃棄物とともに多目的キャニスタに収納されることになる(図3)。

次に原子炉容器内上部構造物を抜き出し、使用済み燃料プールに入れ、ターンテーブル上で、円盤状治具やせん断治具で切断した。ターンテーブルは、物品で溢れている使用済み燃料プール内での作業を容易にするものであり、切断片は専用のバスケットに収納された。原子炉容器内下部構造物の切断は、上部炉心シュラウドの切断とともに始まり、炉心シュラウドは、バンドソーを用いて鉛直状に切断した後に水平(円周)方向切断を行い、切断片をひとつずつ取り除く方法を採用した(図4)。

バップルプレートなどの炉心領域も上部炉心シュラウドと同じ方針で今後切断することになっている。また、下部構造物のさらに下部(プレナム)も今後バンドソーや円盤状切断治具で切断される。

## 6. 廃棄物の収納

中低レベル廃棄物は発生するたびに連続的に容器に詰められ、プールから取り出されている。高レベルの廃棄物は今後インサートトレイに入れて切断作業が終わるまで原子炉プール内に貯蔵され、その後、インサートトレイごと多目的キャニスタに収納してプールから運び出されることになる。

## 7. プール及び装置の洗浄

使われた工具はすべて、細断作業中、常に洗浄されており、高圧水を使い、必要であればアルコールで拭き取る方法が用いられている。切断作業で発生した切粉は、スコップで取り除いた後に、最終的には水中吸引装置で集められる。特別な処置を要しない装置は、容器に詰められウェスティングハウスの貯蔵施設に輸送され、別の細断作業が行われるまで貯蔵される。

## 8. 得られた教訓

これまでに、準備作業に予想よりも非常に多くの時間がかかること、スラッジなどの初期デブリ量が予想よりも非常に多く、ろ過システムが追加で必要となったこと、機械的切断がかなりうまくいったこと、サイトで作り直す湾曲可能な治具が非常に有用であったことなど、重要な教訓が得られている。なお、ウェスティングハウスは、2000年から、フォルスマルク、グラント・ガルフ、ホセ・カブレラなど、運転中から停止中の各国のBWR及びPWRにおいて、30以上のプロジェクトで水中機械的切断の経験を積んできている。

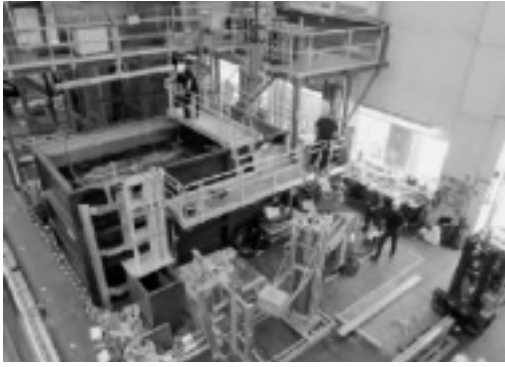


図1 ヴェステロスにおける適合性確認試験



図3 細断の対象となる運転廃棄物



図2 水中でのシール作業



図4 炉心上部バレルの切断

#### 参考文献

- 1) P. Segerud, S. Fallström and M. Sanchez, “Feedback from José Cabrera Plant Decommissioning Project,” KONTEC 2013, Dresden, Germany, March 2013.

# 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

スペインで最古の原子力発電所 Santa Maria De Garona (BWR、46万6千kWe) (福島第一原子力発電所の姉妹機とされる) が、2013年7月に42年間の運転の後、恒久運転停止する。2009年に4年間の寿命延長を行ったが再延長を行わないことが決まった。

米国では、運転期間60年への寿命延長したKEWAUNE原子力発電所 (運転期間38年、PWR: 58万kWe) の運転停止が発表された。安価な化石燃料との比較で経済性に乏しいのが停止の理由である。廃止措置費用は約10億ドルとされる。注目されるのは、廃止措置方式が米国のこれまでの基本である即時解体 (DECOM) ではなく、安全貯蔵 (SAFSTOR) であり、2073年までのC&Mが続くことである。発生する低レベル廃棄物は、Wisconsin州外に処分されるが使用済燃料はサイトの中間貯蔵施設 (新設) に長期保管される。処分費用は上記廃止措置費用の1/3とされる。米国では更にフロリダ州のCrystal River 3 発電所 (運転期間約46年、PWR: 56万kWe) の廃炉が2013年に入り発表された。理由は高額な修理費用である。今後2年以内に廃止措置計画書が提出されるが、Duke社では新規の天然ガスプラントの建設を検討している。ドイツでは、稼働中の9基の運転停止予定がBMU省で公表されている。2015年12月には Grafenheinfeld 発電所が、2022年12月には最後の ISAR 発電所の2機とその他2機の4機で計9基である。本誌では、下記の廃止措置情報一覧にカナダの停止中の CANDU 型炉3基を追加した。この結果、現時点で世界の運転停止した発電炉は147基 (米口の旧生産炉を除く) になった。

表 世界の原子力発電所廃止措置情報一覧 (2013年5月現在)

No.	国	施設名	運転期間	電気出力 (ゲロス)	炉型	廃止措置方式	廃止措置現状	廃止措置完了 (予定) 時期		
1	アルメニア	アルメニア-1	1977/10/06~1989/02/25	408MW	PWR	未定	計画検討中	2048年		
2	ベルギー	BR-3	1962/10/10~1987/06/30	12MW	PWR	即時解体		2011年		
3	ブルガリア	コズロドイ-1	1974/10/28~2002/12/31	440MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	未定		
4		コズロドイ-2	1975/11/10~2002/12/31	440MW	PWR					
5		コズロドイ-3	1981/01/20~2006/12/31	440MW	PWR					
6		コズロドイ-4	1982/06/20~2006/12/31	440MW	PWR					
7	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	未定		
8		ジェンティイ-1	1972/05/01~1977/06/01	266MW	HWLWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中			
9		ジェンティイ-2	1982/12/04~2102/12/14	675MW	PHWR	未定	未定			
10		ロルフトンNDP-2	1962/10/01~1987/08/01	20MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中			
11		ピッカリング-2	1971/10/06~2007/05/28	542MW	PHWR	未定	未定			
12		ピッカリング-3	1972/05/03~2008/10/31	542MW	PHWR	未定	未定			
13			ビュジェイ-1	1972/07/01~1994/05/27	540MW	GCR	安全貯蔵		解体計画作成中	2027年以前
14			シヨウ-A	1967/04/15~1991/10/30	320MW	PWR	安全貯蔵		圧力容器解体準備	2019年
15	フランス 12基	シノン-A1	1964/02/01~1973/04/16	80MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2027年		
16		シノン-A2	1965/02/24~1985/06/14	230MW	GCR		部分解放済 (ステージII)	2026年		
17		シノン-A3	1966/08/04~1990/06/15	480MW	GCR		安全貯蔵中	2033年		
18		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)	未定	
19	マルクール-G3	1960/04/04~1984/06/20	43MW	GCR						

No.	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 現況	廃止措置完了 (予定) 時期	
20	フランス 12基	モンダレー EL 4	1968/06/01～1985/07/31	75MW	HWGCR	安全貯蔵	原子炉解体準備中	2016年	
21		サンローラン-A1	1969/06/01～1990/04/18	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備作業中	2032年	
22		サンローラン-A2	1971/11/01～1992/05/27	530MW	GCR			2028年	
23		スーパフェニックス	1986/12/01～1998/12/31	1241MW	FBR	即時解体	Na処理継続 「最終運転停止段階」で燃料撤去	2026年	
24		フェニックス	1974/07/14～2010/02/01	142MW	FBR	即時解体		2023年	
25			グライースバルト-1	1974/07/02～1990/02/14	440MW	PWR	即時解体	解体中、サイトの部分解放済	2012年
26			グライースバルト-2	1975/04/14～1990/02/14	440MW	PWR			
27			グライースバルト-3	1978/05/01～1990/02/28	440MW	PWR			
28			グライースバルト-4	1979/11/01～1990/07/22	440MW	PWR			
29			グライースバルト-5	1989/11/01～1989/11/24	440MW	PWR			
30			グロスヴェルツハイム (HDR)	1970/07/02～1971/04/20	25MW	BWR	即時解体	サイト解放済	1998年完了
31			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
32		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	
33		カールVAK	1962/02/01～1985/11/25	16MW	BWR	安全貯蔵	サイト解放済	2010年	
34		カールスルーヘ-KNK-II	1979/03/03～1991/08/23	20MW	LMFBR	即時解体	解体中	2013年	
35		カールスルーエ-MZFR	1966/12/19～1984/05/03	57MW	PHWR	即時解体	解体中	2011年	
36		リングゲン (KWL)	1968/10/01～1979/01/05	268MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (2013年までの25年間)	2013年解体予定	
37	ドイツ 27基	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	2014年	
38		ニダーアヒバッハ (KKN)	1973/01/01～1974/07/21	106MW	HWGCR	即時解体	解体及びサイト解放済	1995年完了	
39		ラインスベルグ	1966/10/11～1990/06/01	70MW	PWR	即時解体	解体中	2012年	
40		シュターデ	1972/05/19～2003/11/14	672MW	PWR	即時解体	解体中	2015年	
41		THTR-300	1987/06/01～1988/04/20	308MW	HTGR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (2027年までの30年間)	未定	
42		ヴェルガッセン	1975/11/11～1994/08/26	670MW	BWR	即時解体	解体中	2014年	
43		オピリッヒハイム	1969/03/31～2005/05/11	357MW	PWR	即時解体	解体中	2020年	
44		ビブリスA	1974/08/25～2011/08/06	1167MW	PWR	未定	未定	未定	
45		ビブリスB	1976/04/25～2011/08/06	1240MW	PWR	未定	未定	未定	
46		ブルンスビュッテル	1976/07/13～2011/08/06	771MW	BWR	未定	未定	未定	
47	イザール1	1977/12/03～2011/08/06	878MW	BWR	未定	未定	未定		
48	クリュンメル	1983/09/28～2011/08/06	1346MW	BWR	未定	未定	未定		
49	ネッカーヴェストハイム1	1976/06/03～2011/08/06	785MW	PWR	未定	未定	未定		
50	フィリップスベルグ1	1979/05/05～2011/08/06	890MW	BWR	未定	未定	未定		
51	ウンターヴェーザー	1978/09/29～2011/08/06	1345MW	PWR	未定	未定	未定		
52	イタリア	カオルン	1981/12/01～1990/07/01	882MW	BWR	安全貯蔵	解体中	2016年	
53		ガリグリアーノ	1964/06/01～1982/03/01	160MW	BWR	安全貯蔵	解体中	2015年	
54		ラティーナ	1964/01/01～1987/12/01	160MW	GCR	安全貯蔵	解体中	2020年	



No.	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 現況	廃止措置完了 (予定) 時期
55	イタリア	トリノ・ヴェルチェッレ	1965/01/01～1990/07/01	270MW	PWR	即時解体	解体中	2014年
56		動力試験炉 (JPDR)	1963/10/26～1976/03/18	13MW	BWR	即時解体	建物解体撤去、サイト解放済	1996年完了
57		東海発電所	1966/07/25～1998/03/31	166MW	GCR	即時解体	解体中	2017年
58		「ふげん」	1979/03/20～2003/03/29	165MW	HWLWR	即時解体	解体中	2028年
59		浜岡発電所 1号機	1976/03/17～2009/01/30	540MW	BWR	即時解体	解体準備中	2036年
60	日本 9基	浜岡発電所 2号機	1987/11/29～2009/01/30	840MW	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
61		福島第一 1号機	1970/11/17～2011/05/20	460MW	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
62		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
63		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
64		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
65	カザフスタン	BN-350	1973/07/16～1999/04/22	90MW	FBR	安全貯蔵	廃止措置計画準備中	2075年頃
66	リトアニア	イグナリア-1	1983/12/31～2004/12/31	1300MW	LWGR	未定	運転停止	未定
67		イグナリア-2	1987/08/20～2009/12/31	1300MW	LWGR	未定	運転停止	未定
68	オランダ	ドゥーテハルト	1969/03/26～1997/03/26	60MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2045年以降
69		ペロヤルスク-1	1964/04/26～1983/01/01	108MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	不明
70		ペロヤルスク-2	1969/12/01～1990/01/01	160MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	不明
71	ロシア	ノボボロネジ-1	1964/12/31～1984/02/16	210MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵終了し解体中	不明
72		ノボボロネジ-2	1970/04/14～1990/08/29	365MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	不明
73		オブニンスク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
74		ボフニチェ-A1	1972/12/25～1977/02/22	143MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2057年頃
75	スロバキア	ボフニチェ-V1-1	1980/04/01～2006/12/31	440MW	PWR	即時解体	安全貯蔵準備中	2062年頃
76		ボフニチェ-V1-2	1981/01/01～2008/12/31	440MW	PWR	即時解体	安全貯蔵準備中	2062年頃
77	スペイン	パンデロス-1	1972/05/06～1989/10/19	500MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2028年以降
78		ホセ・カブレラ-1	1968/07/14～2006/04/30	150MW	PWR	安全貯蔵	廃止措置準備中	不明
79		オゲスタ	1964/05/01～1974/06/02	10MW	PHWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	2040年頃
80	スウェーデン	バーセベック-1	1975/07/01～1999/11/30	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中 (SFR-2 処分場開設待)	2020年頃解体開始
81		バーセベック-2	1977/03/21～2005/05/31	615MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	2040年頃
82	スイス	ルーセン	1968/01/29～1989/01/21	6MW	HWGCR	安全貯蔵	安全貯蔵後解体しサイト解放済	1994年完了
83		チェルノブイル-1	1978/05/27～1996/11/30	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中	2074年まで安全貯蔵後解体
84	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 (2045年まで)	解体、敷地除染修復 (2046～2065年)
85		チェルノブイル-3	1982/08/27～2000/12/15	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2013年)	2074年まで安全貯蔵後解体
86		チェルノブイル-4	1984/03/26～1986/04/26	1000MW	LWGR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2015年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
87		パークレ-1	1962/06/12～1989/03/31	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2013年)	2074年まで安全貯蔵後解体
88	イギリス 29基	パークレ-2	1962/10/20～1988/10/26	166MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2015年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
89		ブラッドウェル-1	1962/07/01～2002/03/31	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2015年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
90		ブラッドウェル-2	1962/11/12～2002/03/30	146MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2015年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体

No.	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
91	イギリス 29基	コールダーホール-1	1956/10/01～2003/03/31	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2006年～2026年)	80年の安全貯蔵期間 後解体
92		コールダーホール-2	1957/02/01～2003/03/31	60MW	GCR			
93		コールダーホール-3	1958/05/01～2003/03/31	60MW	GCR			
94		コールダーホール-4	1959/04/01～2003/03/31	60MW	GCR			
95		ハンターストン-A1	1964/02/05～1990/03/30	173MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (1995年～2016年)	65年間(2081年まで) 安全貯蔵後解体
96		ハンターストン-A2	1964/07/01～1989/12/31	173MW	GCR			
97		ヒンクレーポイント-A1	1965/03/30～2000/05/23	267MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2004年～2014年)	80年間(2095年まで) 安全貯蔵後解体
98		ヒンクレーポイント-A2	1965/05/05～2000/05/23	267MW	GCR			
99		オールドベリー-A1	1967/11/07～2012/02/29	230MW	GCR	未定	未定	未定
100		オールドベリー-A2	1968/04/06～2011/06/30	230MW	GCR	未定	未定	未定
101		トロースフィニッド-1	1965/03/24～1991/02/06	23.6MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (1995年～2012年)	2088年まで安全貯蔵 後解体
102		トロースフィニッド-2	1965/03/24～1991/02/04	23.6MW	GCR			
103		サイズウェル-A1	1966/03/25～2006/12/31	245MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2009年～2017年)	2102年まで安全貯蔵 後解体
104		サイズウェル-A2	1966/09/15～2006/12/31	245MW	GCR			
105		ダンジネス-A1	1965/10/28～2006/12/31	230MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2009年～2017年)	2102年まで安全貯蔵 後解体
106	ダンジネス-A2	1965/12/30～2006/12/31	230MW	GCR				
107	チャペルクロス-1	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2011年～2018年)	2116年まで安全貯蔵 後解体、2128年にサ イト解放予定	
108	チャペルクロス-2	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR				
109	チャペルクロス-3	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR				
110	チャペルクロス-4	1959/03/01～2004/06/29	60MW	GCR	安全貯蔵	安全貯蔵準備中 (2011年～2018年)	1～3号機と同じ 未定	
111	ウイルフェー-2	1971/6/21～2012/04/25	550MW	GCR				
112	ドンレー DFR	1962/10/01～1977/03/01	14MW	FBR	即時解体	解体中	2024年	
113	ドンレー PFR	1976/07/01～1994/03/31	250MW	FBR	即時解体	解体中	2024年	
114	ウインズケール WAGR	1963/02/01～1981/04/03	36MW	GCR	解体へ変更	解体中	2028年	
115	ウインプリス SGHWR	1968/01/01～1990/09/11	100MW	HWLWR	解体へ変更	解体中 (2015年完了予定)	2042年へ変更	
116	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	2007年完了	
117	GE バレシトス	1957/10/19～1963/12/09	24MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	2019年完了予定	
118	クリスタルリバー-3	1977/03/13～2013/02/05	890MW	PWR	未定			
119	CVTR	1963/12/18～1967/01/01	19MW	HWLWR	安全貯蔵	サイト解放済	2009年完了	
120	アメリカ 32基	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年完了予定
121		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
122		エンリコ・フェルミ-1	1966/08/05～1972/09/22	65MW	FBR	安全貯蔵	解体中	2012年予定
123		EBR-II	1965/01/01～1994/09/01	20MW	FBR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定
124		ハンフオーDN原子炉	1966/04/01～1988/02/01	860MW	LWGR	安全貯蔵	ISS(圃化)方式の安全貯蔵準備中	75年間ISS後解体
125		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	1997年完了

No.	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
126	アメリカ 32基	ハダムネック (C・Y)	1968/01/01～1996/12/05	603MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2007年完了
127		ハーラム	1963/11/01～1964/09/01	84MW	その他	遮へい、隔離	隔離中 (100年以上)	1969年完了
128		ファンボルト・ペイ	1963/08/01～1976/07/02	65MW	BWR	安全貯蔵	解体準備中	2015年完了予定
129		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年完了予定
130		ラクロス	1969/11/07～1987/04/30	53MW	BWR	安全貯蔵	解体予定	2026年完了予定
131		メイntyンヤンキー	1972/12/28～1997/08/01	900MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2005年完了
132		ミルストーン-1	1971/03/01～1998/07/01	684MW	BWR	安全貯蔵	安全貯蔵中	未定
133		バスファインダー	1966/07/02～1967/10/01	66MW	BWR	安全貯蔵	サイト解放済	2007年完了
134		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
135		ピカー	1963/11/01～1966/01/01	12MW	その他	遮へい、隔離	隔離中 (放射能減衰に120年以上)	1969年完了
136		プエルトトリコ ボーナ	1965/09/01～1988/06/01	18MW	BWR	遮へい、隔離	隔離中 (放射能減衰に120年以上)	1970年完了
137		ランチョセコ-1	1975/04/17～1989/06/07	917MW	PWR	即時解体	許認可解除 (建物残存)	2009年完了
138		サンオノフレ-1	1968/01/01～1992/11/30	456MW	PWR	即時解体	解体中	2030年完了予定
139		シッピングポート	1957/12/02～1982/10/01	60MW	PWR	即時解体	サイト解放済	1989年完了
140		シヨールハム	運転開始しないで閉鎖	880MW	BWR	即時解体	解体済	1995年完了
141		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
142		トロージャン	1976/05/20～1992/11/09	1155MW	PWR	即時解体	サイト解放済	2005年完了
143		ヤンキーロー	1961/07/01～1991/10/01	180MW	PWR	即時解体	サイト解放	2007年完了
144		ザイオン-1	1973/12/31～1998/02/13	1085MW	PWR	安全貯蔵	解体準備中	2020年完了予定
145		ザイオン-2	1973/12/31～1998/02/13	1085MW	PWR	安全貯蔵	解体準備中	2020年完了予定
146		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
147		キーウオーニー	1974/06/16～2013/05/07	595MW	PWR	安全貯蔵	安全貯蔵 (C&M) 準備	2073年完了予定



Santa Maria de Gerona発電所 (スペイン)



Kewaunee発電所 (アメリカ)



Crystal River 3発電所 (アメリカ)

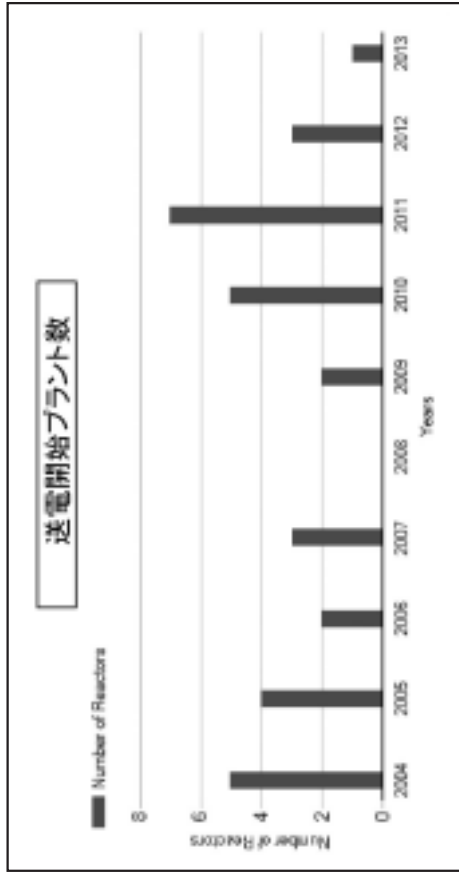
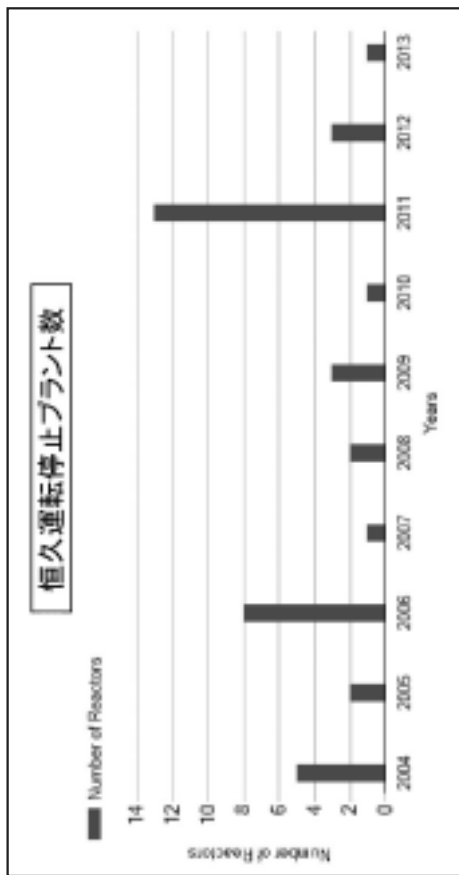


図 最近10年間の発電所の恒久運転停止数（左のグラフ）及び新規発電所の件数（右のグラフ）  
IAEA PRIS (Power reactor Information System)から



## 委員会等参加報告

前報告から平成25年6月末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
おおさかATCグリーンエコプラザ 水・土壌汚染研究会	震災復興・環境再生セミナー	澁谷 進	3月10日
原子力デコミッションング研究会	平成25年度第1回研究会	澁谷 進	4月18日 ～19日
原子力デコミッションング研究会	平成25年度第2回研究会	澁谷 進	5月24日

## 総務部から

### 1. 理事会及び評議員会の開催

- (1) 第78回理事会及び第69回評議員会が平成25年3月21日に当センターにおいて開催され、平成25年度事業計画・予算書並びに公益法人移行後の主要規程類の整備案について審議され、原案通り承認された。
- (2) 第1回理事会及び第1回評議員会が平成25年6月10日、平成25年6月26日に当センターにおいて開催され、評議員の選任、平成24年度事業報告・決算報告並びに会計規程等の整備案について審議され、原案通り承認された。

### 2. 人事異動

#### ○理事

退任（4月15日付）

熊谷 隆

退任（6月20日付）

鈴木 良典

#### ○評議員

新任（6月26日付）

柴田 徳思

（公益社団法人日本アイソトープ協会 理事）

近藤比呂志

（三菱マテリアル株式会社 常務執行役員）

退任

半沢 正利

石樽 顕吉

## 第26回「原子力施設デコミッショニング技術講座」 ご 案 内

当センター主催の第26回「原子力施設デコミッショニング技術講座」を以下の通り開催します。皆様のご参加をお待ちしております。詳細につきましては追ってご案内申し上げます。

開催日時：平成25年10月28日(月) 10時30分～17時  
開催場所：東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル9階 石垣記念ホール

## 第25回「報告と講演の会」 ご 案 内

当センター主催の第25回「報告と講演の会」を以下の通り開催します。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。皆様奮ってのご来場をお待ち申し上げます。

開催日時：平成25年11月29日(金) 13時～17時  
開催場所：東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル9階 石垣記念ホール



## デコミッショニング技報(特別号) －福島環境回復技術－ の頒布について

福島環境回復に貢献すべく除染等に有望な技術の開発・実績を取り纏めた特別号を発行いたしました。これらの技術が少しでも多くの機会に活用していただき、早期の環境回復に貢献できればと願っております。

### 目次

#### (土壌等の除染・減容化技術)

- ・ 亜臨界水熱爆砕法による放射性廃棄物処理
- ・ 無人高所掘削機械を用いた道路法面表土剥ぎ取り除染技術実証試験
- ・ BAT(混気ジェット旋回流ポンプ)等による汚染土壌の減容化
- ・ ウェットブラスト除染技術の実証
- ・ ナノカルシウムによる放射性セシウム汚染土壌の除染技術
- ・ ナノバブル水を用いた放射性物質汚染側溝汚泥の洗浄減容化実証試験
- ・ 事故由来の放射性Csによって汚染された有機物の「Bio 21」微生物生分解装置による減容

#### (遮断技術)

- ・ 放射線遮蔽フレコンバック等の実証研究

#### (放射能濃度評価技術)

- ・ 航空機広域モニタリングによる放射能汚染分布と地質の関係
- ・ ガンマカメラの開発と除染関連用途への適用検討

定価：3,000円 (賛助会員等 2,000円)  
申し込みは、HPから <http://www.randec.or.jp>  
問合せ：東海事務所 電話 029-283-3010

©RANDECニュース 第94号

発行日：平成25年7月20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](mailto: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。