

# RANDEC

Dec.2008 No.79

# ニュース

(財)原子力研究バックエンド推進センター



## 『温故知新—Lesson Learned』

(独)日本原子力研究開発機構

バックエンド推進部門 部門長 林道 寛

110万kW級の原子力発電所の解体に伴って発生する廃棄物は約50万トン。このうち低レベル放射性廃棄物は約1万トン。施設を解体するとこれが残ることになる。原子力先進国では、原子力発電所のみならず、その役目の終了した多くの原子力施設の廃止措置が進められている。

廃止措置は、解体することのみで、壊して終わりと考えがちであるが、その経験をどのように活用していくのかについての活発な議論が行われている。これは、廃止措置に伴う廃棄物の発生量を低減して、処分に至るまでの合理的な廃棄物対策の重要性が根底にある。

例えばOECD/NEAでは、廃止措置のコスト評価、必要となる技術開発の成果、解体に伴う廃棄物管理の在り方等に関する議論、また、これらの検討を踏まえて、プラントの設計段階から廃止措置経験の反映という視点からの議論が行われている。また、IAEAにおいても、これら先進諸国の経験を原子力利用

の発展段階の国に反映していくために、昨年廃止措置情報のネットワーク (IDN: International Decommissioning Network) が発足し、経験についての情報収集とその集約化を行っている。

我が国においても、廃止措置経験を如何に後続のプラントの廃止措置や新規プラントに反映していくかという観点から、廃止措置エンジニアリングシステムの開発が進められている。日本原子力研究開発機構 (JAEA) は、(財)原子力研究バックエンド推進センター (RANDEC) と一緒になって、このエンジニアリングシステムの開発を進めてきた。現在開発のステージがほぼ終了し、JAEAの各拠点の解体実施データを入力して、システムを検証していく段階にある。このシステムは、施設解体の事前評価 (工程、被ばく量、作業人工、コスト等) を過去の知見を反映して行う。これは、知識ベースの活用システムと言える。

『廃止措置は、温故知新の宝庫』である。

# RANDECニュース目次

第79号 (2008年12月)

巻頭言 『温故知新—Lesson Learned』

(独)日本原子力研究開発機構

バックエンド推進部門 部門長 林道 寛

## RANDECの事業に関する近況報告

1. 平成20年度定期報告会「第20回 報告と講演の会」の開催 ..... 1  
総務部
2. 研究施設等廃棄物の物流システム事業化懇談会の開催について..... 3  
企画部
3. 原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会 ウラン廃棄物埋設  
検討小委員会での報告 —「海外諸国における核燃料使用施設の廃止措置  
等において発生するウラン廃棄物等の安全基準の調査」について—..... 5  
榎戸 裕二
4. 海外出張報告「カザフスタンの高速炉BN-350施設の調査」..... 6  
福村 信男

## 関係機関の活動紹介

1. 原子力技術(株)の事業活動..... 8  
原子力技術株式会社 運営管理部 部長代理 中村 光延
2. 東京ニュークリア・サービス(株)の廃止措置への取組み..... 10  
東京ニュークリア・サービス(株)常務取締役 宮沢 茂

## 海外技術情報

1. ドイツにおける研究炉の廃止措置の現状..... 12  
宮本 喜晟
2. カザフスタンの高速増殖炉BN-350のナトリウム冷却材処理・処分作業 ..... 15  
福村 信男
3. 韓国におけるクリアランスの状況..... 19  
鈴木 康夫
4. 規制管理下の再利用 —低レベル放射性廃棄物埋設処分の代替—..... 22  
佐藤 一彦

委員会報告..... 25

総務部から..... 26

# RANDECの事業に関する近況報告

## 1. 平成20年度定期報告会「第20回 報告と講演の会」の開催

総務部

11月28日(金)に東京都港区赤坂の三会堂ビル石垣記念ホールにおいて、RANDEC主催の平成20年度定期報告会「第20回 報告と講演の会」を開催しました。

当日は、朝方冷たい雨が降り参加者の動向も気になる天気模様でしたが、開会時間までには用意した席がほぼ満席となり盛況に開催することができました。

はじめに主催者を代表して菊池理事長より、RANDECは、原子力研究施設の廃止措置エンジニアリングシステムの開発、研究施設等廃棄物の物流システム事業化準備、バックエンド技術の普及啓発を3本の柱とし、世の中に貢献できるよう今後も務めていきたい旨の挨拶をさせていただきました。

続いて、来賓としてご出席いただいた文部科学省研究開発局原子力計画課長山野智寛様からご挨拶をいただきました。



菊池理事長 挨拶

引き続き、特別講演に移り、大変お忙しい中ご講演をお引き受けいただいた財団法人原子力安全研究協会理事長松浦祥次郎様から「放射性廃棄物は廃棄物か」と題してご講演を



特別講演  
財団法人原子力安全研究協会  
理事長 松浦 祥次郎 様

いただきました。

講演に先立ち、松浦様は50年間の研究者としての個人的考えと前置きされて、高レベル放射性廃棄物の活用について講演されました。

講演では、宮沢賢治のグスコーブドリの話を例に出しながら地球温暖化の中での原子力利用の役割を巨視的に話され、発電とともに発生する高レベル廃棄物の処分に係る最大の課題である立地を進めるためには、一般公衆がステークホルダーとして参加して頂く必要性を指摘されました。同時に「もったいない」意識を持って、資源として活用する方策としてエネルギー利用、水素発生源、放射線触媒法などについても研究を続けていくことが必要と話されました。

休憩の後、RANDECの事業報告に移り、福田常務理事より総括事業報告として、研究施設等廃棄物の処分地の立地等処理処分事業に関する調査、大学・民間等事業者から発生する低レベル廃棄物の物流システムの事業化検

討、研究開発用原子力施設のデコミッションングに関する調査・研究、技術情報の提供、普及啓発及び人材の養成への取組みについて、事業の成果と取組み状況の総括報告を行いました。

続いて個別のテーマ事業報告に移り、技術開発部の福村調査役から「金属廃棄物リサイクル総合評価システム（RECOSTE）の開発」（文部科学省委託事業）と題して、解体廃棄物リサイクル評価コード（RECOSTEコード）の開発成果が報告されました。これにより、原子炉の廃止措置により発生する金属廃棄物の発生量予測を時間的に評価することができ、再利用を含めた処理処分計画を合理的に策定することができることを示しました。

また、日野企画部長より「研究施設等廃棄物の物流システム事業化に向けた取組み状況」と題し、昨年度までの調査検討実績を説明するとともに、本年6月に発足させた物流

システム事業化準備室における3ヶ年の調査検討計画及び20年度の検討状況を報告しました。また、大学・民間等が保有している不要核物質の扱い等の事業化を進める上での課題を明らかにしました。

さらに技術開発部の桜井調査役から「天然ウラン、トリウムを含む製品の利用状況と安全確保」（文部科学省委託事業）と題して、法規制の対象外である少量の天然ウランとトリウムの利用状況と利用者の安全確保に係る今後の課題について国際動向とともに報告しました。

最後に森常務理事より閉会の挨拶を申し上げ、滞りなく終了しました。

皆様には、ご多忙の中多数ご参加をいただき誠に有難うございました。当財団は、公益法人として皆様のお役に立ちながら原子力開発利用を進めて参りますので、引き続きご支援ご協力をお願い致します。



報告と講演の会 開催風景

## 2. 研究施設等廃棄物の物流システム事業化懇談会の開催について

企画部

RANDECは、大学・民間等研究施設から発生する放射性廃棄物の内、保管廃棄物の約7割を占める民間事業者（以下、「主要民間事業者」という。）との連携、協力支援を受けて、研究施設等廃棄物の物流システム事業化の調査、検討を進めています。

本事業の調査検討に当たっては、主要民間事業者と基本的な考え方の整理を行いながら、「事業計画調査」、「技術調査」、「設備調査」及び「立地関連調査」を計画に沿って進めています。

今般、RANDECが進める物流システムの事業化準備と密接に関連する日本原子力研究開発機構の埋設処分業務に関して、文部科学省が策定する「基本方針(案)」がまとまり10月にパブリックコメントを受け、主務大臣が策定する段階を迎えています。

このような状況を踏まえて、政策的、技術的な面から物流システムの事業化準備を進めていくため、主要民間事業者の物流システム事業に係わる経営責任者と当財団理事長との間で「研究施設等廃棄物の物流システム事業化懇談会」を設置し、第1回懇談会を下記の

内容で開催し、関係者間の忌憚ない意見交換を行いました。

記

1. 日時：平成20年10月29日(水)
2. 場所：霞ヶ関・東海大学交友会館 会議室
3. 出席者：
  - (1) RANDEC：菊池理事長他
  - (2) 主要民間事業者：旭化成(株)、住友金属鉱山(株)、(株)東芝、ニュークリア・デベロップメント(株)、(株)日立製作所、三菱マテリアル(株) 他
4. 議題
  - (1) 埋設処分事業の準備状況について
  - (2) 物流システム事業化準備の調査検討状況報告
  - (3) 物流システム事業化準備への協力に関する考え方の整理について
  - (4) その他（物流システムのパンフレットの紹介）

以上

## 物流システムのパンフレット



原子力利用は、原子力発電やそれを支える核燃料サイクルだけでなく、研究開発、産業等の幅広い範囲に及んでいます。私たちは、放射性廃棄物の適切な処理処分を通じて、原子力利用の円滑な推進を図ります。



大学・民間等の事業者から発生する低レベル放射性廃棄物の集荷・保管・処理(物流システム)に関する取り組み

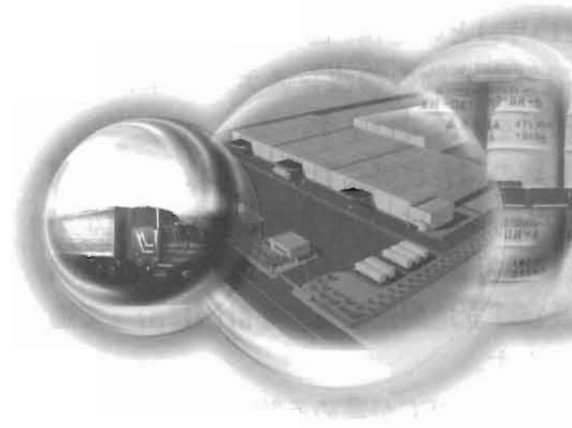
物流システム事業化への概略工程(予定)

	1年	3年	5年	7年	9年
事業計画					
技術調査(処理方法、廃棄体性状などの検討・評価)					
設備検討			安全確保・建設・試運転		
立地対応					



(財)原子力研究バックエンド推進センター  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-4-6 RANDEC3階 TEL: 03-2659-3026 FAX: 03-2651-0177  
www.randec.or.jp

物流システム事業化準備室  
RANDECでは、物流システム事業化の検討を進めています。



連絡先 原子力研究バックエンド推進センター



大学・民間等の事業者から発生する低レベル放射性廃棄物を安全に集荷・保管・処理する「物流システム」の確立が急がれます。

### 物流システムの流れ



国の法令に基づき、安全確保と環境保全を第一優先に物流システムの検討は進められています。

### 3. 原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会 ウラン廃棄物埋設検討小委員会での報告

#### 一「海外諸国における核燃料使用施設の廃止措置等において発生する ウラン廃棄物等の安全基準の調査」について

情報管理部 榎戸 裕二

10月2日に開催された原子力安全委員会の放射性廃棄物・廃止措置専門部会ウラン廃棄物埋設検討小委員会（主査、井口名古屋大学教授）において、当センターは昨年度原子力安全委員会事務局等から受託した事業の成果から標記のテーマについて報告した。

ウラン廃棄物埋設検討小委員会は今年度新たに設置されたもので、核燃料取扱い施設におけるウランのクリアランスレベル及び処分安全規制等を検討するもので、当面金属のクリアランスに関する調査・審議が優先的に行われる。

当日は、安全委員会鈴木委員長及び安全委員、井口主査及び専門委員が出席され、関係機関や傍聴者も含め会場はほぼ満席の状態であった。

当センターの報告は、小委員会の今後の検討・審議に先立ち、①国際機関（ICRP：国際放射線防護委員会、IAEA：国際原子力機関及びEC：欧州委員会）の勧告や指針、②欧米諸国のウラン廃棄物の安全規制や基準及び③各国の金属クリアランスの実績、について調査結果をまとめ、今後の審査に資することを目的に行われたものである。

小委員会では、最初に当センターが報告した後、日本原子力研究開発機構（JAEA）、新金属協会核燃料加工部会及び日本原燃株式会社の各事業者のクリアランス計画についての報告及びJAEAによる「ウランのクリアランスレベル評価におけるシナリオ及びパラメータ」について、小委員会の検討事項に関する

報告が行われた。

以下に、当センターの報告概要を示す。

人工核種の場合と異なり、ウラン等の天然放射性核種の安全規制においては、天然に存在する濃度レベルでの規制は規制行為に馴染まず、そのレベルは規制の体系から除外（Exclusion）するという考え方が採用され、クリアランス（Clearance）レベルは永続平衡にあるウラン等の免除（Exemption）レベル（IAEA BSS No.115）と同等であり、且つ天然の土壤中の濃度の上限に近い1 Bq/gが適用されている（IAEA RS-G-1.7）。また、RS-G-1.7によれば、天然放射性核種のクリアランスによる公衆の個人の実効線量は、人工核種の場合の $10 \mu\text{Sv/y}$ オーダーではなく、線量限度である1 mSv/yとして理由付けされている。

しかし、「クリアランスレベルの考え方は、人間の活動で無視できるとされるリスクレベル $10^{-6}$ を基にした実効線量率（ $\sim 30 \mu\text{Sv/y}$ ）となる放射能濃度であり、そのリスクレベルの複数の線源（10程度）から被ばくするとしても、線量限度を下回る」とされている。

以上の2つの考え方に矛盾はない（IAEA RS-G-1.7）としているが、実効線量の観点からは、2つの数値が提示されている。

当センターの報告では、海外諸国のウラン廃棄物クリアランスレベル適用動向について、下記の（1）～（4）のように調査結果を取りまとめた。

（1）再利用、再使用を目的としたウラン廃棄物のクリアランスレベルの国際的に統一さ

れた数値はない(各国の適用状況から)。特に、米国と英国においては国際機関の安全基準以外の基準が用いられている。

- (2) 世界の土壌中ウラン濃度上限値を適用することがIAEAにより提唱された。
- (3) ECをはじめ各国では、クリアランスは、無視できる些細なリスクレベル「 $10^{-6}$ 」に基づき、物質が放出される。即ち、線量基準 $10\mu\text{Sv/y}$ オーダーに基づき導出される放射能濃度と数量が適用されている。
- (4) NORMの免除レベルは、自然界でのウラン濃度及び規制可能な濃度から決められ

る。免除(クリアランス)レベルは、自然のバックグラウンド変動幅であり且つ原子力施設のサイト解放や放射性廃棄物処分場の線量拘束値として適用されている線量基準 $0.3\text{mSv/y}$ から導出される。しかし、海外では線量限度である $1\text{mSv/y}$ を適用している国が多い。

これらの結果を踏まえ、「まとめ」として我が国のクリアランスの制度と基準は、国際間の物流を考慮し国際的に整合性あるものとする必要があることを提案した。

## 4. 海外出張報告「カザフスタンの高速炉BN-350施設の調査」

技術開発部 福村 信男

文部科学省から受託している平成20年度「核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システム開発」の事業を効率よく実施するために、平成20年度業務計画書に基づき、平成20年9月22日から1週間、カザフスタンの原子力技術安全センター(NTSC)を訪問するとともに、マンギシラク原子力企業体(MAEC)所有のBN-350高速炉施設を調査し、技術討議及び情報交換を行ったので、以下に紹介する。

### 1. NTSC訪問

本事業を開始するに当たり、平成18年1月20日付けで、RANDECとNTSC間でBN-350の廃止措置に関する技術検討に係るプロトコルを結んだ。これに基づき、BN-350の廃止措置に関する技術討議及び情報交換を実施している。今回で、本事業のための調査は終了するので、データの最終確認及びこれまでの評価システム開発の状況について説明した。また、開発中のシステムを用いた解析結果を説明し、コールドトラップ(CT)の捕獲効率がトリチウムインベントリに与える影響や1次冷却材中酸素濃度が腐食生成物(CP)インベントリに与える影響について説明し、評価シ

ステム開発に関してこれらのデータが重要であることを強調した。さらに、今年度の事業である「ふげん」への適用性確認について説明した。

これに対し、Tazhibayeva所長(女性)から、開発したシステムのカザフスタンでの利用依頼及びFBRでのCPトラップの使用実績と重水中の放射能除去実績についての資料提供の依頼があった。

### 2. BN-350施設調査

Pugachev所長はじめ副所長のYuriy氏など専門家7名が参加し、技術討議及び情報交換を実施した。技術討議では、NTSCでの討議



も含め、評価システム開発に必要なデータ入手については、所期の目的を達成し、有効な評価システムが完成できる見通しであることを述べ、これまでの協力を謝意を表した。

施設調査では、所長の案内のもと、廃止措置状況を調査した。1次冷却系ポンプの残留ナトリウム (Na) の除去は、ポンプを切り離して、運転床の下部の部屋に移動後除染を行い、また系統に戻したとのことである。従って、この周辺は、空間線量が高く、約1時間の調査で $3.5\mu\text{Sv}$ の被ばくであった。中央制御室では運転員が1人(運転時は4人)常駐していた。

Na処理状況では、 $^{137}\text{Cs}$ 除去が終了し、安定化装置による作業を実施中であるが、装置トラブルにより遅延しているとのことである。(我々の訪問時に、装置の設置者である米国のANLの技術者が装置の修理のため作業をしていた。)安定化作業後ジオセメントによる固化を行い、200ℓドラム缶詰めする計画である。

### 3. 所感

我々がBN-350施設を訪問する前日にナザルバーエフ大統領が訪問し、サイトにVVER(ロシア型PWR)2基(合計60万kWe)を建設すると公式発表したとのことで、また若い技術者が多く雇用され、活気がみなぎると喜んでいた。このサイトでは、現在天然ガスが主エネルギーとなっているが、原油高騰の影響により2倍の価格となり、原子力への期待が高まっているとのことである。さらに、BN-350の運転で、住民との信頼関係が確立し、立地には、最適だとのことである。カザフスタンと日本との関係は、JAEAとの協定である平成22年度までのEAGLE-2計画や高温ガス炉技術支援計画(平成20年度から平成24年度まで)などがあり、また民間では、関西電力(株)、九州電力(株)、東芝(株)、原燃工(株)などとのウラン鉱山採掘や再転換などの協力関係が多数あり、両国の親密関係が当然継続しそうである。したがって、BN-350の専門家も、今後FBR路線を進む日本に対し、彼らの技術をもっと活用し、共有してほしいとの要望があった。



前日大統領が公式声明を発表した会議室にて



BN-350の燃料集合体模型及び中間熱交換器模型(会議室横の展示室にて)



# 関係機関の活動紹介

## 1. 原子力技術(株)の事業活動

原子力技術株式会社 運営管理部  
部長代理 中村 光延

### 1. 会社概要

原子力技術株式会社は、昭和53年12月に動力炉・核燃料開発事業団殿（現日本原子力研究開発機構殿）の協力会社として、茨城県東海村に設立され今年で創立30周年を迎える。

設立から今日まで新型原子炉開発及び使用済燃料の再処理技術開発、プルトニウム燃料技術開発、放射性廃棄物の減容処理技術開発・管理等において、放射線作業を専門とした支援業務（原子力施設及び関連施設等の運転・保守管理、設備機器の除染解体工事、原子力関連機器の開発・設計製作・据付工事等）及び環境保全関連機器の開発製作事業を展開しており、グループ会社の再処理施設分析技術で実績を有する常陽産業(株)、トリチウム取扱技術の(株)TASとともに、先進の技術で核燃料サイクル技術開発へ幅広い技術サービスを提供している。

また、平成7年に茨城県ひたちなか市に工事・製作部門の強化、開発部門の拡充のためテクニカルセンターを創設し、原子力施設で使用されるグローブボックス（以下「GB」という。）をはじめとする関連機器及び一般産業向けの環境保全関連機器（溶剤回収等）の設計製作据付工事並びに除染解体撤去工事等一貫したサービスを提供できる体制とした。

以下に、テクニカルセンターのこれまでの実績について紹介する。

### 2. 除染解体等工事

除染解体等の工事は、昭和54年の動燃再処理施設の除染・修復工事をはじめとして今日まで、溶解槽装荷セルの除染工事、各種GBの除染解体撤去、管理区域内設置機器の改修工事等を受注し、機器の除染解体技術等で高い評価を受け、多くの実績を残してきた。これまでに受注した主要な放射線作業は120件を超え、積み重ねられた経験と確かな技術を裏づけている。解体及び改修工事では、除染が大きな要素であるが、再処理施設の高線量環境においても、的確な除染方法の評価選択により、目的を達成してきた。また、GB内機器の撤去更新においては大型かつ重遮へいボックスでのパネルを取り外して更新する方式をはじめ、GBのパネルを取り外さずにパネルを研磨する方法や、より効率的な解体切断方法の確立等を図ってきた。これらの放射線取扱作業、特にGB作業技術を活用し、一般産業界でも閉じ込め機能が求められる環境保全関連設備（PCB処理）での改修工事にも携わってきている。

### 3. 機器・装置製作

製作部門での代表製品は、GBである。原子力施設及び環境保全施設における閉じ込め機器として幅広いニーズに対応しており、現在GBの専門メーカーとしてこれまでに大型（10m<sup>3</sup>以上）から分析用小型（0.75m<sup>3</sup>）GBまで受注製作している。また、原子炉等規制法

に基づき再処理施設等で使用される設備機器の溶接の方法に対応した溶接施工工場であり、GB製作とあわせ原子力施設の安全上の品質を提供している。

試験機器等の製作では、各種の除染装置をはじめとして、産業機器や環境保全問題に関連した溶剤回収装置等を手がけている。



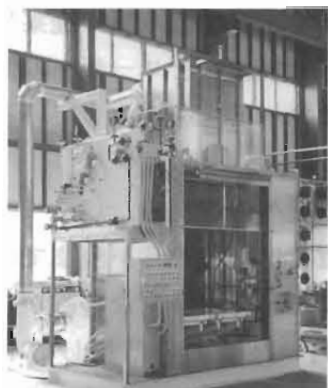
大型GB (10.5m<sup>3</sup>)



中型GB (3 m<sup>3</sup>)



小型GB (0.75m<sup>3</sup>)



油採取試験装置



溶剤回収装置

#### 4. むすび

原子力技術株式会社はこれまで、核燃料サイクル技術の研究開発において豊富な実績と確かな技術をもって技術サービスを提供して

きた。これからも、原子力利用技術の開発に貢献できるよう取組んで行くとともに、原子力を通じて蓄積された技術を基に環境事業へと展開を図って行きたい。

## 2. 東京ニュークリア・サービス(株)の廃止措置への取組み

東京ニュークリア・サービス(株)  
常務取締役 宮沢 茂

### 1. 会社概要

東京ニュークリア・サービス(株)(TNS)は昭和46年の設立以来、原子力施設・RI研究施設・医療施設に対して“安全”をキーワードにして、エンジニアリング、放射線管理、測定・分析などのソフトウェアサービスと、機器の製作・販売、メンテナンス、新設・改造・廃止工事などのハードウェアサービスを提供してきた。これらの質の高い技術サービスを実現するために、ISO9001認証やプライバシーマークを取得し、品質保証体制や個人情報保護に全社を挙げて取り組んでいる。

### 2. 業務紹介

#### (1) 施設の運営管理

大規模RI使用施設や加速器施設について、従事者管理、RI・廃棄物管理、線量・排水・排気測定、放射線モニター等の安全設備管理を包括的に行っている。また、全国のRI使用施設や医療施設に作業環境測定サービスを提供している。

#### (2) 施設の除染・解体工事

核燃料及びRI使用施設等の施設廃止・改造等に伴う解体工事計画を立案し、発生廃棄物量の低減化等を考慮した合理的な工法設計、汚染状況に応じた除染・解体方法を提案してきた。また、変更申請への助勢及び認可後の除染・解体作業を安全・迅速に実施してきた。

#### (3) 分析・測定

つくば開発センターの非密封RI使用施設では、Am-241、H-3、Eu-152などのクリアランス核種の使用許可を持ち、また、作業環境測定

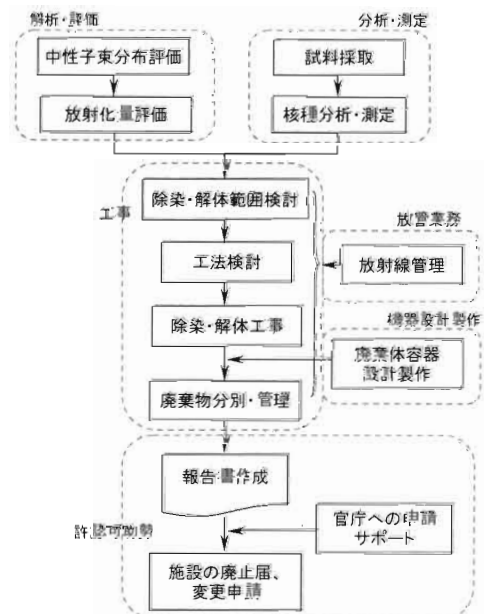
機関(放射性物質)の登録もある。バックエンド関連では、①放射化コンクリート等のH-3、全ガンマ濃度分析、②廃棄物埋設処分に係る核種収着試験の経験が豊富である。

#### (4) 放射線安全設計

発電炉や研究炉などの原子力施設や加速器施設の遮へい設計・臨界評価を行っている。遮へい設計では専門技術者が、精度の高い計算コードを用いて線量評価、放射能評価等を実施しており、線量低減策の提案や追加遮へい体の設計・製作などユーザーの側に立ったきめ細かなサービスを展開している。

### 3. 廃止措置への取組み

廃止措置では上流から下流までのあらゆるステージにおいて、豊富な経験から培ったノウハウと高い技術力を結集してトータルソリューションを提供している。

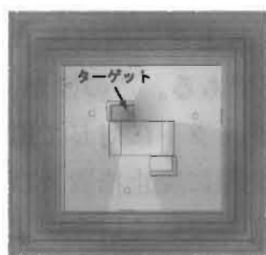


TNSの廃止措置への関わり

### (1) 放射能評価

原子力施設や加速器施設における廃止措置、クリアランス評価等の解析・評価の実績が豊富である。2次元Snコードや3次元モンテカルロ計算コードを用いた原子炉周りや加速器周りの中性子束分布から、放射能計算コードを用いた機器・コンクリート壁の放射化量分布評価まで一貫して行っている。

最近ではPET（陽電子放射断層撮影）用の小型加速器周りのクリアランス評価に関連して学会発表\*も行うなど積極的に展開している（\*原子力学会「2008年秋の大会」）。



モンテカルロ計算によるサイクロトロン室内線量分布

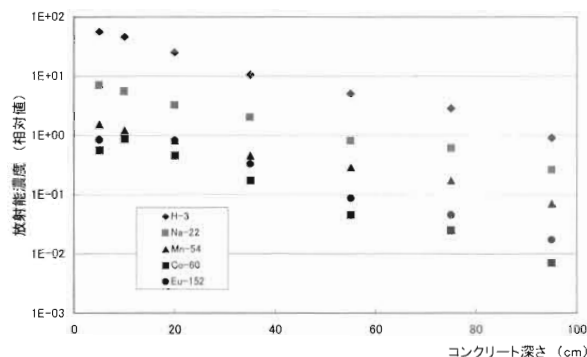
### (2) 分析・測定

コンクリート中のH-3、全ガンマ分析・測定を紹介する。H-3は加熱・冷却捕集法や水浸漬法にて回収し、液体シンチレーションカウンタによる測定の経験が豊富である。全ガンマ分析はGe検出器によりクリアランス核種分析を行う。加速器施設の放射化コンクリートの分析では、コアサンプリング、前処理、測定・分析を実施し、放射化計算と併せて放射能分布の検証を包括的に行う。

また、放射化電磁石など大型金属解体物の非破壊放射化量測定法の開発を目指している。



つくば開発センターのGe検出器



放射化コンクリートの測定例

### (3) 廃止工事

廃棄物保管ピット内の保管容器の整理・保守、保管廃棄物管理のデータベース化を実施してきた。解体された放射性廃棄物を保管する容器（角型容器等）の設計製作も行っている。また、セメント廃棄物のクリアランスレベル調査についても計画中である。



廃棄物角型容器



保管体線量測定

## 4. まとめ

TNSは創立以来37年、原子力・放射線利用の進展とともに歩み、顧客に信頼されるサービスを提供し、実績を重ねて来ました。

原子力業界が社会からより一層の信頼を獲得する一助となるべく、これからも安全・確実なサービスを提供し続けていきます。

これまでの実績と技術を、未来を支える事業に活かし、広く社会に貢献することが願いです。

# 海外技術情報

## 1. ドイツにおける研究炉の廃止措置の現状

技術開発部 宮本 喜晟

1956年に最初の原子力プログラムを発表して以来、ドイツでの原子力に関する研究開発は、高速炉と燃料サイクルを含む種々の原子力技術を開発し、エネルギーの安全で低コスト及び自給率を達成するために、連邦政府が研究炉及び実証炉の建設、運転を進めた。しかし、2001年の原子力政策の転換による原子力発電所の段階的廃止に伴って、これらの原子炉の廃止措置を進めている。最近、ドイツにおける研究炉の廃止措置の現状が発表された<sup>1)</sup>ので、以下に紹介する。

### 1. 概要

ドイツでは原子炉の廃止措置の実施責任が3つの主体に分けられている。第1に、電気事業会社が原子力発電所に対して責任を持っている。第2に、ドイツの再統一条約で規定されているように、旧ドイツ民主主義共和国の廃止措置プロジェクト(例えば、GreifswaldとRheinsberg発電所)に対して経済技術省(BMWi)が責任を持っている。最後に、教育省(BMBF)が責任を持つ施設、すなわち8基の原子炉、カールスルーエ再処理工場(WAK)、アッセ研究鉱山及び国立研究センターにおけるホットセルと研究施設である。

ドイツでの原子力研究開発を支援するために、カールスルーエ研究センター(FZK)とユーリッヒ研究センター(FZJ)が設立され、2006年に50周年を祝った。しかし、80年代の初めから、FZKとFZJの研究活動の焦点は、原子力から新しい研究分野、例えば、情報通信工学、ナノ技術、再生可能なエネルギー技術へシフトしている。

BMBFの廃止措置戦略は、多くの場合、早期の「緑地化」サイトへの回復である。この戦略は、パブリックアクセプタンス、コスト、そして安全な閉鎖の間に知識の損失を避けることにある。

BMBFが行っている廃止措置プロジェクトに関するコストは、年間およそ1億6千万ユーロ(1ユーロ=120円で、192億円)である。2035年までの合計はおよそ50億ユーロ(同換算率で、6000億円)である。このほか、民間企業がこれらのプロジェクトに対して追加の金を支払っている。実際に廃止措置及び解体が進行中及び既に完了している研究炉におけるコストの詳細を表1に示す。

### 2. 主要な廃止措置プロジェクト

ドイツにおけるこれまでに行われたBMBF所管の代表的な研究炉、実証炉の廃止措置の現状を以下に示す。

(1) コンパクトナトリウム冷却実験炉(KNK)はFZKに建設された電気出力20MWの実験炉である。KNKは2つの炉心で運転された。1971年から1974年まではプラントは熱中性子炉KNK-Iとして運転され、1977年から1991年までは高速実験炉KNK-IIとして運転された。この2番目の炉心の運転が高速原型炉SNR-300への道を開くと考えられたが、原子炉は1991年に停止した。

停止後に、ナトリウムと燃料集合体は、燃料再処理のためマルクールにある仏原子力庁(CEA)へ送られた。KNKは冷却材に

ナトリウムが使用されたので、その汚染されたナトリウムは英国原子力公社(UKAEA)と共同で処理された。また、原子炉の熱切断方法の使用は不可能であり、機械切断のみが使用された。さらに、KNK-IIとしての運転中に高速中性子のために生体遮へいは深く放射化されていたので、原子炉タンク、1次遮へい(60センチの鋳鉄)と生体遮へいの一部が遠隔操作の装置と一緒に取り扱われた。昨年までに解体作業は順調に進み、現在の計画によれば、「緑地化」は2011年末までに達せられると考えられる。

(2) 多目的研究炉(MZFR)は重水減速加圧水型炉で、低濃縮ウラン燃料で運転された。MZFRは1965年に初めて臨界になった。その時点で、MZFRは200MWの熱出力と57MWの電気出力で世界の最も大きい重水減速原子炉であった。MZFRは1984年に最終停止までほとんど20年間非常に成功裏に運転された。

停止の後に、原子炉の安全な閉じ込めが最初に計画されたが、1989年に、完全にプラントの解体に変えられた。原子炉が生体遮へいに埋め込まれていたため、頂上から底まで、また、内側から外部へと解体のため、遠隔操作システムによって行われた。減速タンクのような最も高い放射化された内部機器は、水中で解体された。さらに、熱遮へいの遠隔操作の切断のために、水中プラズマ切断技術と水中接触式アーク金属切断が使われた。

MZFRの廃止措置と解体は2009年に終了する計画である。その後、核融合研究のための新しい研究施設として、このエリアを使うことが議論されている。

(3) AVR実験炉はFZJにあり、高温ガス原型炉THTR-300の前の実験的な装置であった。

AVRは1967年から1988年までの20年以上にわたって運転され、1988年に停止された。2003年に、AVRの廃止措置に責任があったAVR GmbHは、Energiewerke Nord (EWN) GmbHに引き継がれた。EWNは、安全な閉じ込めの代わりに、原子炉容器を一括撤去する新しい廃止措置戦略に従い、原子炉容器は軽量コンクリートで充填され、原子炉サイト近くの新しい貯蔵施設に中間貯蔵のために移動する。

(4) ニーダーライヒバツハ原子力発電所(KKN)は重水減速炭酸ガス冷却型原子炉で、1972年から1974年にかけて運転され、その後、停止して安全貯蔵状態であったが、1987年に開始した廃止措置と放射化部分の遠隔操作廃止措置が1990年から1993年まで行われた。このプロジェクトの間にドイツで最先端の多くの技術が確立され、1996年に旧原子炉サイトの植生による緑地化への復帰を実現させて終了した。

(5) カールシュタイン過熱蒸気原子炉(HDR)は100MWの熱出力の沸騰水型原子炉で、1969年10月に運転を開始したが、燃料破損のため、1971年に最終停止を行った。その後、HDRはテスト施設に改造され、1974年から1991年末まで、原子炉の安全性試験が行われた。デコミ及び解体は1994年から3つのステップで実行された。最初に、安全性試験の実験装置が取り去られた。2番目のステップは、原子炉圧力容器を含めて原子炉装置の解体撤去であった。ただ、少量の放射能を持っている原子炉圧力容器はプロパン切断システムを使って取り除かれた。3番目のステップは、格納容器中のコンクリート構造物の撤去であった。最終的に、外部施設のクリアランス測定と同様に、クリアランス測定と管理区域の解除が次に続いた。HDRは完全に解体され、そして緑地

化が達せられた。

- (6) SNR-300はナトリウム冷却高速原型炉で、1985年に完成したが運転されなかった。全部のプロジェクトは1991年に終わり、設備は1995年に企業に売却された。205の燃料集合体は2005年までハナウに貯蔵された。2005年末までに、ハナウでの貯蔵施設は閉鎖され、燃料集合体はフランスに送られて、MOX燃料のために使われる。
- (7) トリウム-高温ガス炉 (THTR) は300MWeの高温ガス原型炉で、被覆燃料粒子を含む特別な球形の黒鉛燃料要素の状態、ペブルベッド炉心技術の実行可能性を実証することであった。3年間の運転後、1989年に停止した。安全な閉じ込めの決定が1989年末に行われた。安全な閉じ込めが

1997年に達せられて、プラントを最高30年の安全な閉じ込め状態が続いている。

### 3. 原子力施設のデコミと解体に対する技術開発

大規模な廃止措置プロジェクトに加えて、BMBFは、この分野の多くの技術、例えば、切断技術やコンクリート表面の除染技術を開発した。これまでの5年間に、年平均4百万€を割り当てた。この研究プログラムについては、カールスルーエ研究センターのプロジェクト管理センター (PTKA-WTE) によって公表された刊行物で、半年ごとに報告される。これらの刊行物はFZKのWebサイト上に載せられている (<http://www.fzk.de>)。

表1 教育研究省 (BMBF) の廃止措置プロジェクト

施設名	デコミ期間及び目標	全コスト	年間予算	BMBFの割合
		百万ユーロ	百万ユーロ	%
KNK炉	1992-2011年、緑地化	301	~15	90 <sup>1</sup>
MZFR炉	1985-2009年、グレイ化、新設施設に置き換わる予定	298	10-12	100
Merlin (FRJ-1)	1995-2007年、完全撤去	30	2	90 <sup>2</sup>
TRIGA II	2002-2006、完全撤去	2	11	90 <sup>2</sup>
AVR炉	1987-2012年、安全貯蔵、建物撤去	398	~15	70 <sup>2</sup>
KKN炉	1996年完了、緑地化	130	-	100
HDR炉	1996年完了、緑地化	40	-	100
SNR-300	2006年完了、	238	-	252
THTR-300	1997年に安全密閉、1997年-2009年第一段階の貯蔵期間	~95 (安全貯蔵)	2.5	~33 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> 州との共同出資、<sup>2</sup> 民間 (ライン・ウエストファーレン電力会社) との共同出資、<sup>3</sup> 州と民間企業との共同出資

### 参考文献

- 1) M. Weigl, Decommissioning of German Nuclear Research Facilities under the Governance of the Federal Ministry of Education and Research, WM 2008 Conference, Phoenix, AZ, February 24-28, 2008.



## 2. カザフスタンの高速増殖炉BN-350のナトリウム冷却材処理・処分作業

技術開発部 福村 信男

現在廃止措置中のカザフスタン国の高速増殖炉BN-350の冷却材である放射性ナトリウム (Na) の処理・処分作業の全貌が最近明らかにされた<sup>1)</sup> ので紹介する。この作業は、カザフスタンと米国及び英国との国際協力及び資金援助により実施されている。

なお、RANDECはカザフスタンの原子力技術安全センターとBN-350の廃止措置に関する技術情報交換協力のプロトコールを結んでいる。

### 1. BN-350の概要

カスピ海沿岸のアクタウ市にあるBN-350は、Na冷却のループ型高速増殖炉で、発電用、海水淡水化用及び住宅への熱供給用として1968年に建設された。熱出力は750MWt (260MWe)である。炉容器は、高さ約12.3m、直径は、上部約6m、下部約2m、厚さ約50mmのオーステナイトステンレス鋼 (SUS) 製である。炉容器内には、炉心燃料とブランケット集合体があったが、現在撤去され、SUS製のダミー燃料体と中性子遮へい体が装荷されている。冷却系は、1次系、2次系と

も各6系統あり、炉容器と1次系は、厚いコンクリート遮へい体内の部屋にある。運転は、1973年から1999年まで行われ、1993年には認可された20年間の運転を終了し、さらに10年間の60%出力運転が認められたが、1998年IAEAから提出された安全改善策に多額の費用がかかるため、1999年4月に正式に運転停止を決めた。図1に冷却系統を示す<sup>2)</sup>。

### 2. 廃止措置戦略

解体を開始するまで、50年間放射能の崩壊を待ち安全に貯蔵する。このためには、燃料

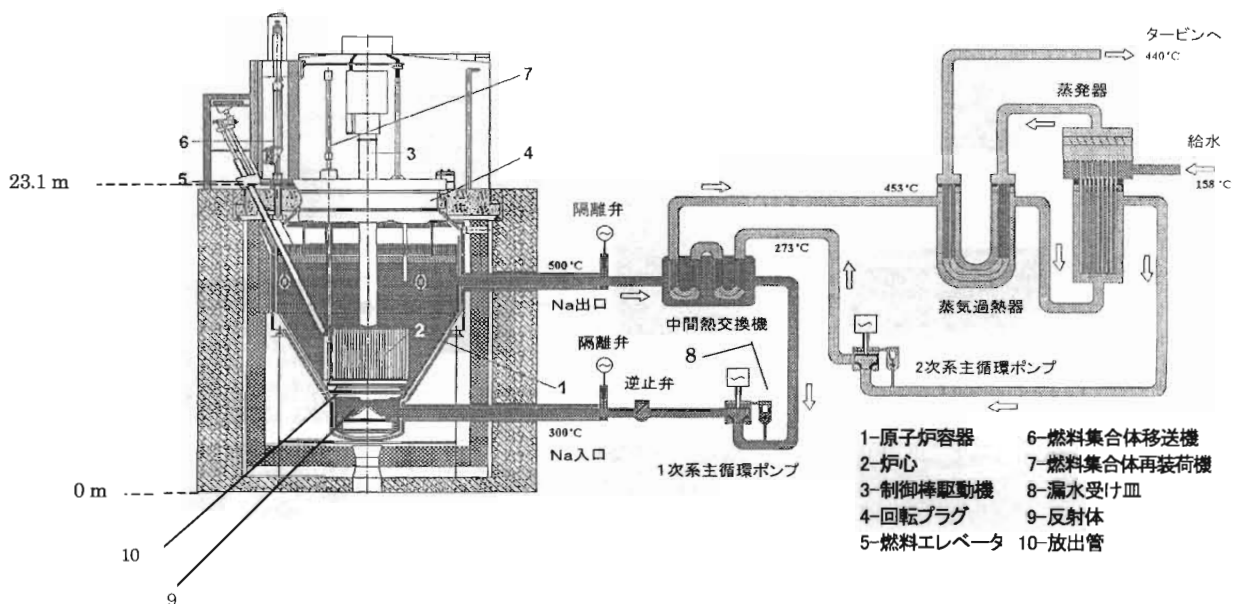


図1 BN-350の主系統

の撤去（使用済燃料貯蔵プール内の燃料）、運転中に発生した放射性廃棄物及び危険で化学的に活性な液体金属冷却材であるNaの撤去である。Naの危険性を排除する戦略は以下のとおりである。

- ①放射線量を減少させるために新除去システムを使い、放射性<sup>137</sup>CsをNaから除去する。
- ②炉内構造物内のポケットに残留するNaを最小限にするために、1次系からNaを除去する。
- ③アイダホ国立研究所の高速実験炉（EBR-II）で成功したNa処理装置（SPF）を基に、新装置を米国の資金と技術により設計・製作する。処理したNaOHをジオセメント材で固化し、50年間安全に貯蔵する。
- ④2次系Naは、再利用する。
- ⑤炉容器、1次系、2次系と各機器内に残留しているNaは除去及び処理する。
- ⑥NaK（コールドトラップ）は処理する。

### 3. Cs除去

運転中の燃料破損のため、1次系Naの放射

能は、停止時に約296MBq/kgあり<sup>137</sup>Csが主である。サイトでは、運転中にCs除去を行った経験がある。この装置は、原子炉級黒鉛を吸着物質として使い、1979年～1989年に燃料移送機を用いた。

新装置は、遮へいされ、Csはスポンジ状ガラス炭素材（RVC）のトラップに吸着される。RVCは、表面積対体積比が非常に大きくコンパクトな設計となる。Naは、1次系から取出され、トラップを通り、1次系へ戻される前に過熱器と熱交換器により冷却される。7個のトラップを1個、1個交換して処理し、<sup>137</sup>Csを除染係数（DF）≒800で0.37MBq/kgまで除去した。本事業は、米国との国際協力で行われ、1999年に設計開始、2002年9月に稼働、2003年11月に運転終了した。使用済みトラップは、遮へい付容器に貯蔵された。

### 4. Naドレイン

炉建屋内には、12個の1次系Naを十分貯蔵できるタンクがあるため、Na処理にも使用可能である。BN-350の特徴である炉容器底部

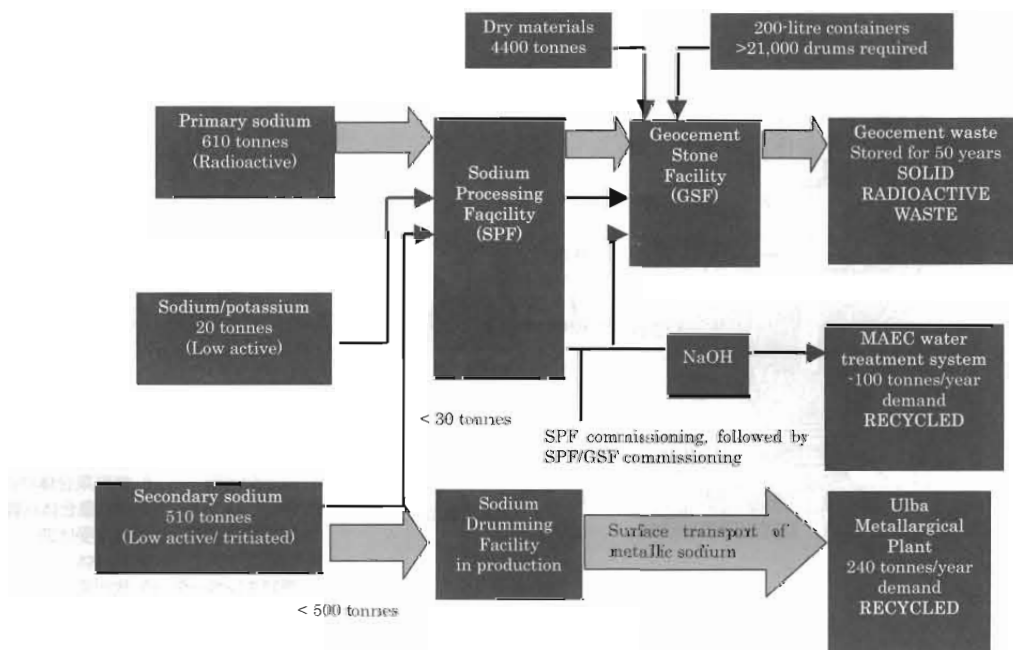


図2 BN-350のNa処理シナリオ

(炉頂から約13m下、図1参照)の入口配管のマニホールド周辺には、Naが残留し特別な治具なしではドレインが不可能である。このため、直径25mmの長尺の案内管を作り、マニホールド内の偏向版にドリルで直径43mmの孔をあけ、Na貯蔵タンク内へ155m<sup>3</sup>排出した。運転時間は18時間41分で、最大流量は20～23m<sup>3</sup>/hである。除去中の温度維持は、1972年にNa充填用に使用した加熱ガス供給系を復活させ用い、温度降下は、初期温度280℃から約20℃であった。Naコレクター底部には残留Na層厚24mmで56ℓのNaがあった。

### 5. Na処理施設 (SPF)

これは、Na<sup>-</sup>水反応により35% NaOH溶液を生成するためのものである。炉室内の1次系Na貯蔵タンクからSPF建屋までNaをポンプ移送する。ここには、2個の2.2t容量のデイトンクがある(図2)。反応容器内ノズルにより110～140℃で加圧・霧化し、NaとNaOHと反応させる。水が反応容器に添加され35%濃度のNaOHに調整される。容器は、防食の

ためNi製である。処理速度は、110～170kg/hである。設計・製作は、米国出資の核不拡散と核軍縮の米国の資金から調達された。2008年初め最終据付に入り12月に終了予定で、2次系Na30tを用いコールド試験を行う。ホット試験はGSF(ジオセメントNa固化施設)の建設進捗状況に依存する。図3にNa処理施設を示す。

### 6. GSF

カザフスタンの基準に適合させるために、NaOHをジオセメント固化し、放射能が十分減衰するまで200ℓドラム缶に安全貯蔵する。機械的強度、耐吸湿性及び低浸出性を増すために他の鉱石を添加する。開発初期では、米国との協同開発であったが英国が実規模開発時に参加し、建設と運転は、カザフスタンの資金で行う。2010年中頃完成する。

### 7. 再利用

使用済Naは洗浄し、次期のFBRに再利用するのが良いが、カザフスタンでは、不可能で

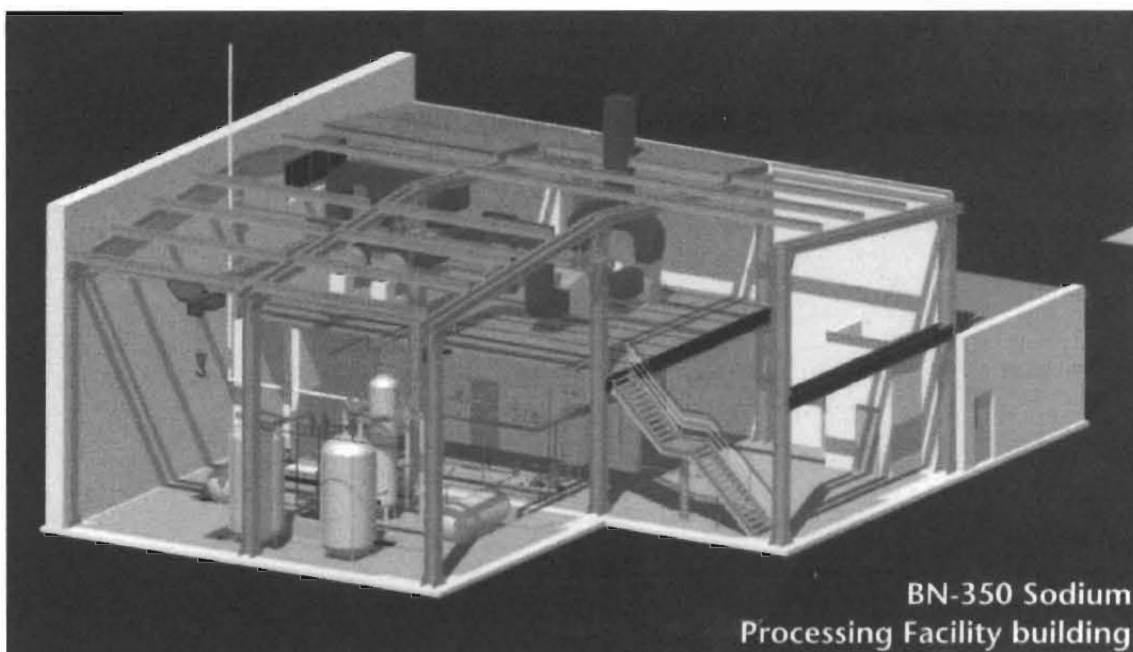


図3 BN-350のNa処理施設

ある。510tの2次系Naは $^3\text{H}$ でやや汚染されているが外部被ばくの恐れはなく、窒素ガス充填の100ℓドラム缶に210℃で注入され、冷却され、鉄道で東カザフのウルバ冶金工場へ輸送し再利用される。1日15個のドラム缶詰めができ、2007年9月までに150tを輸送した。

## 8. Na洗淨

炉容器内面、1次系内及び撤去不可機器内には約1000ℓのNaが、2次系内には約1000ℓのNaが付着している。この洗淨にはEBR-IIで成功した湿り炭酸ガスを使った。これは、ドレイン不可の場所やNa表面に保護膜の重炭酸塩を生成するところでは有効である。BN-350用の開発は米国のDOEの資金で行ったが、処理作業は、英国資金のISTC（国際科学技術センター）の支援で実施した。作業は2006年初めに開始され2009年半ばに終了する。手順は以下の通りである。

①撤去された弁、ポンプなどの洗淨。このためには、SUS被覆材の切断や遮へいブロッ

クの撤去作業が加わる。

②この装置の設置には、湿り炭酸ガスを送るバブラー装置や換気系が必要。

③主系統からSG、CT等の分離作業。

④湿り炭酸ガスの処理。

2007年末までに、1次系の主要機器が洗淨され系統に戻された。燃料交換機は、洗淨後貯蔵庫に格納された。

今後は、1次系に使った37TBqの放射能をもつ5個のCT（コールドトラップ、16m<sup>3</sup>のNa）、SF冷却用CT（NaK使用、20m<sup>3</sup>のNaK）、6個の2次系CTのNa処理を検討する。

## 9. まとめ

BN-350のNa処理は、米国のEBR-II及び英国のドーンレイ炉の廃止措置経験の反映及び資金援助による国際協力で行われ、リスク及びコスト削減に多大の貢献をした。今後の各国の高速炉廃止措置にこれらは有効に活用される。

## 参考文献

- 1) A. Herrick, D. Wells and D. Field, "Kazakh cleanup," Nuclear Engineering International, July, 2008.
- 2) Fast reactor database, IAEA-TECDOC-866, February, 1996.

### 3. 韓国におけるクリアランスの状況

立地推進部 鈴木 康夫

韓国では、原子力関連施設から出る放射性廃棄物に関し、クリアランスレベルが定められている。クリアランスレベル以下の廃棄物は、事業場廃棄物（日本の産業廃棄物に相当）として処分、再利用又は焼却することができる<sup>1)~3)</sup>。クリアランスにより、放射性廃棄物の保管容量の確保や処分管理費用の節減が可能となる。本稿では、韓国の商用原子炉から出た固体放射性廃棄物のクリアランスの実績<sup>3)</sup> 及び研究用原子炉から出た放射性廃棄物を扱う韓国原子力研究所（KAERI）におけるクリアランスの実績<sup>1)</sup> を紹介する。

#### 1. 韓国におけるクリアランス制度

韓国においてクリアランス制度が採用され始めたのは1994年である。現在、韓国のクリアランス制度に係る規制基準やガイドラインは、原子力エネルギー法(AEA)、同法施行令、同法施行規則及び放射性廃棄物の安全規制を行っている科学技術部(MOST)の告示によって示されている。クリアランスとは「原子力関連施設から出た放射性廃棄物をMOSTの関連規制指導を遵守した焼却、埋設、再利用によって処分すること」(AEA施行令)と定義されている。クリアランスのための線量基準は、IAEAの安全シリーズNo.115に従い、個別線量 $10\mu\text{Sv/y}$ 未満、集団線量 $1\text{人}\cdot\text{Sv/y}$ 未満と定められている。加えて、30の短寿命 $\beta/\gamma$ 放出核種に対し、 $100\text{Bq/g}$ という単一濃度上限が設けられている(MOST告示No.2001-30)<sup>3)</sup>。技術的な評価、施設の監査等の規制活動は韓国原子力安全技術院(KINS)がMOSTの委託により行っている<sup>5),6)</sup>。申請者はKINSに「クリアランス計画書」を提出し、一般的な説明の評価、表面線量率、表面汚染、代表サンプリング、放射能測定、計算に基づく線量期待値、検証のための独立した評価、といった観点でクリアランス計画の実行可能性を審査される<sup>3)</sup>。

#### 2. 商用原子炉から出る固体放射性廃棄物のクリアランス<sup>3)</sup>

韓国では現在、コリ(古里)、ウォルソン(月城)、ヨングァン(靈光)、ウルチン(蔚珍)の4箇所において原子力発電所(原子炉20基)が操業中である。1994年から2004年までの間に、これら商用原子炉から出た固体放射性廃棄物に関し、21のクリアランス許可申請がなされ、許可された。2000年から2004年までのクリアランス対象物の量は約12,800トンであった。実績によれば、許可申請に対する審査に要した時間は数週間から約1年であった。クリアランスされたものの種別は、土壌(57%)、コンクリート(34%)、使用済樹脂(3%)、鉄くず(1.4%)などであった。処分形態は、埋設86%、再利用11%、焼却3%であった。また、クリアランスされた廃棄物の中で検出された主要な $\gamma$ 放出核種はMn-54、Fe-59、Co-60、Cs-134、Cs-137であり、核種ごとの放射能濃度は、検出されないレベルから $0.1\text{Bq/g}$ の範囲であった。主要な $\beta$ 放出核種はH-3、C-14であり、核種ごとの放射能濃度は、検出されないレベルから $100\text{Bq/g}$ の範囲であった。

### 3. 韓国原子力エネルギー研究所 (KAERI) におけるクリアランス<sup>4)</sup>

テジョン (大田) にある韓国原子力エネルギー研究所 (Korea Atomic Energy Research Institute) では、研究炉HANARO、核燃料サイクル施設、研究施設から発生した放射性廃棄物が、200ℓドラム缶で13,000本以上保管されている。これらの廃棄物は、KAERI内の放射性廃棄物処理施設RWTF (処理施設、天日乾燥施設と保管施設からなる) に集められ、処理、保管されている。

さらに、施設の運転、研究や原子炉の廃止措置の過程で、年間でドラム缶約420本の放射性廃棄物が発生する。以上の放射性廃棄物の減容措置を行わなければ、2014年にはKAERIの保管可能容量に達してしまう。このため、以下の2つのクリアランスが実施された。

(1) 現在保管されている放射性廃棄物のドラム缶のうち約4,500本は1988年にソウルの研究用原子炉の廃止措置によって発生したものであり、KAERIの保管可能容量の28%を占めている。廃棄物の大半は土壌とコンクリートであり、主要な放射性核種はCo-60とCs-137である。廃棄物は18年以上保管されているため、放射能は減衰している。廃棄物の約68%の放射能濃度は0.1Bq/g未満であり、一方、0.4Bq/g以上の放射能濃度を持つものは全体の11.2%に過ぎない。

KAERIは、このドラム缶約4,500本分の廃棄物に対し、クリアランス制度を適用した。クリアランスの基準としては、AEAの要求する個別線量 $<10\mu\text{Sv/y}$ 、集団線量 $<1\text{人}\cdot\text{Sv/y}$ に加え、IAEAが安全レポートシリーズ44でCo-60とCs-137について推奨している0.1Bq/g未満という条件を取り入れ、さらに公衆の受け入れを考慮し、総 $\gamma$ 放射能濃度が0.08Bq/g未満となるように

した。その結果、クリアランス対象物の合計量はドラム缶約2,800本となった。これらは規制当局の認可を受け、産業廃棄物の処分場場に投棄される予定である。

(2) 1997年から2005年にかけての韓国の研究用原子炉KRR-1とKRR-2の廃止措置に伴い、およそ2,200トンの固体廃棄物が発生した。主要な廃棄物はコンクリート (約1,711トン) と金属 (約104トン) であったが、KAERIはこれらを放射能レベルに応じて、放射性廃棄物 (約289トン)、制限付解放可能廃棄物 (約82トン)、非放射性廃棄物 (約1,826トン) に分類した。放射性廃棄物は、 $\beta/\gamma$  放出核種に対し、0.4Bq/gより高い放射能を持っており、全体の13%を占めている。放射性廃棄物は4 $\text{m}^3$ のコンテナ又は200ℓドラム缶に封入され、一時的に保管される。一方、制限付解放可能廃棄物と非放射性廃棄物はコンテナに封入され、放射性廃棄物とは別途管理された。制限付解放可能廃棄物についてはKAERIでの現地処分や長期保管の研究が近い将来行われる予定である。非放射性廃棄物の放射能レベルは $\beta/\gamma$  放出核種に対し、0.013Bq/gよりも低い。非放射性物質のうち約800トンは生体遮蔽コンクリートからなり、クリアランス対象物となった。そしてクリアランス許可を得て道路基盤として再利用された。

以上のクリアランス措置により、KAERIでは放射性廃棄物の保管容量が満杯になる時期を2020年まで延ばすことができた。また約2,500億ウォン (2.6億USドル) の処理コストを確保できるだけでなく、放射性廃棄物のための管理コストも削減できた。

また、クリアランスに際し、KAERIでは放射能測定のための簡易なサンプリング方法や機器の開発も行い、測定に係るコストや時間の効率化を図った。

土壌のサンプリングと測定では、以下の手順で行った。1) 表面線量率 $0.3\mu\text{Sv/h}$ 未満のドラム缶を選定。各選定ドラム缶について2) 内容識別後、トレイ上に土壌を注ぐ。3) 土壌を平らにし、格子で100区画に等分。各区画には番号が付与されており4) 予め用意した乱数に基づき30区画を選び、そこから2ℓ分の土壌をサンプルとして採取。そのうち1ℓを確認用に保存、残り1ℓを分析に用いる。 $\gamma$ 線測定を経て、 $0.4\text{Bq/g}$ 未満の放射能濃度の廃棄物はクリアランス対象物、 $0.4\text{Bq/g}$ 以上は放射性廃棄物として分類。

一方、生体遮へいコンクリートの測定では、原子炉の運転による放射化で様々な放射性核種 (H-3、C-14、Fe-55、Co-60、Ni-63、Cs-134、Cs-137、Eu-152とEu-154) が含まれるが、放射能濃度は、酸化燃焼法や

液体シンチレーションカウンター (H-3、C-14)、抽出クロマトグラフィー法及び液体シンチレーション分析を組合せた方法 (Fe-55とNi-63)、 $\gamma$ 線測定 (その他の放射性核種) により測定した。サンプルの均一性確保のため、コンクリート表面を $100\text{cm}\times 100\text{cm}$ に区画し、各区画の表面からサンプルを採取。サンプルの10%を取り、均一に混合し、放射能分析し、 $0.013\text{Bq/g}$ 未満のものを非放射性物質とした。

なお、2005年に低中レベルの放射性廃棄物の処分場が韓国のキョンジュ (慶州) に建設されることが決定し、2009年からの操業開始に向けて建設が進められている<sup>5)</sup>。KAERIのRWTFに保管されている放射性廃棄物はこの処分場に埋設処分される予定である。

## 参考文献

- 1) 文部科学省、「諸外国の低レベル放射性廃棄物処分の現状」(2007年3月)。
- 2) 財団法人日本産業処理振興センター、鄭 智允、「韓国の廃棄物事情」(第9回JW談話会、講演要旨)、[http://www.jwnet.or.jp/event/K\\_H19\\_7\\_23\\_02.pdf](http://www.jwnet.or.jp/event/K_H19_7_23_02.pdf)。
- 3) Je-Keun Chon, Min-Chul Song, Jae-Hak Cheong, Wan-Tae Kim, Hong-Tae Kim, “Regulatory Practices for Clearance of the Solid Radwaste Generated from Nuclear Power Plants in Korea,” 4<sup>th</sup> International Symposium “Release of Radioactive Material from Regulatory Control-Harmonisation of Clearance Levels and Release Procedures,” Hamburg 20-22 March 2006.
- 4) D.S. Hong, Y.Y. Ji, .S. Shon, S.B. Hong, “Experiences on a Regulatory Clearance of the Radioactive Wastes at KAERI-8323,” WM2008 Conference, Phoenix, AZ February 24-28, 2008.
- 5) 坂井章浩、菊池三郎、圓山全勝、「韓国における低中レベル放射性廃棄物処分施設の立地経緯及び現在の建設状況について」、デコミッションング技報、第38号 (2008.11.14)。
- 6) Nuclear Energy Development, Ministry of Science and Technology, <http://park.org/Korea/Pavilions/PublicPavilions/Government/most/policye5.html>。

## 4. 規制管理下の再利用 —低レベル放射性廃棄物埋設処分の代替—

総務部 佐藤 一彦

低レベル放射性廃棄物（LLRW）処分の一環として原子力産業の中で規制を受けながら再利用されているものがある。各国のLLRWの管理方策は、その国の文化や大衆心理、政府の機構、政治、地理的条件等のような要因によって影響されており、LLRWの処分方策としては、長期貯蔵と無条件又は条件付物資の解放や、無処理埋設又は処理後の埋設処分、処理後に無条件解放、全ての産業界で無条件に再利用又は再使用、原子力産業における規制をしつつ再利用する、などがある。本稿ではこの中の「規制管理の下での物資再利用」について動向<sup>1)</sup>について紹介する。

### 1. LLRW管理方策の決定要因と規制問題

廃棄物管理に影響を与える最大の要素は処分施設を持てるかどうかである。欧米諸国の現状を見ると処分の選択肢は広く多様性がある。これが再利用を考える重要な決定要因になる。米国会計検査院が調査したところ、すべてのLLRWの処分方策が完備している国はない。再利用の成立性は、処分コスト、財源、パブリックアクセプタンス、輸送の可能性に依存する。

処分コストは重要な決定要因となりうるが、それは埋設費用について公共料金の支払者が料金の一部として容認した場合である。一方、放射性廃棄物のクリアランス基準で統一されたものはない。それゆえに廃棄物のある国から別の国へ輸送することが懸念材料になりうるが、IAEAは安全シリーズ（「除外、免除とクリアランスの概念の適用」RS-G-1.7）によって基本原則は国際的に合意されている<sup>2)</sup>。

### 2. 物資の再利用の主な実例

再利用は国際的にも広く行われている。例えば米国、フランス、ドイツ、スウェーデン、英国は、制限付再利用を実際に行っている。（ドイツでは、沸騰水型の原子炉から発生す

る金属の93%を再利用し、大半を無条件再利用している。）具体的に実施又は検討されている再利用の事例を①から⑥は材料別に、原子力産業内の再利用例を以下に記す。

- ①ニッケルは需要と価格で再利用の優良候補である。蒸気発生器の配管交換に利用でき、インコネルの材料となる。
- ②鉛は原子力産業で広く再利用されている。遮へい（壁）のための同じ施設又は別の施設で利用する鉛ブロックに溶かされる。
- ③ステンレス鋼は大規模に産業界で使用されているが、あまり広くは再利用されていない。除染されたステンレス鋼の公共区域への再利用については、スウェーデンや他の国にて着手されている。（採算性のあるステンレス鋼の再利用に向けては高い需要を産み出す特殊な製品を見出す必要があるとの見方がある。）
- ④炭素鋼の再利用は価格が安いため限定されたものになっている。ステンレス鋼と同じように高い需要があることが再利用を行うために必要である。
- ⑤コンクリートは他の施設と同様、原子炉の建設に使われる主要な原材料であり、新しいプラントのため埋め戻し材として、サイト内で再利用することができる。



⑥黒鉛はイギリスだけで、80,000トン以上ある。黒鉛を再利用することには技術的な課題がある。しかし、燃料要素や減速材、新型炉などにおいて大きな潜在的な利用価値が存在する。最も安全で、最も費用対効果の高い方法を決定するために広範囲な研究が行われている。

(事例別)

#### 1) Studsvik社における再利用について

1987年以来Studsvik社は金属再利用を行っている。処理後に金属中の放射エネルギーを確認するための溶融を行っている。スクラップ金属は主に原子力発電所、核燃料施設等の原子力施設から生じたものである。

Studsvik Rad Waste社では150トン程度の熱交換器などの大型機器を取り扱っている。スウェーデンにおけるクリアランスレベルが達成できるように、同社の施設に到着した時点で表面汚染濃度を低減させるため処理される。配管内部に特殊なブラスト設備（粒子を吹付ける方法）を装備し吹きつける。クリアランスした後は、原子力施設外で運転している製鋼炉か鋳造場で金属を再溶融する。又、Agesta加圧型重水炉から発生した2つの蒸気発生器部材を除染、切断、溶融、再利用している。

#### 2) Energy Solutions(ES)社による放射性金属再利用について

ES社とBritish Nuclear Group(BNG)社は中低レベルの放射性金属を規制に適合した、環境に優しく、且つ費用対効果の高い方法で、安全で利益が得る再利用が可能であることを実証している。

ES社とBNGは30個の中低レベル廃棄物容器を英、米、その他の国際規制の認可を受け、梱包し、大西洋横断の輸送を行った。ISO容器に積み込まれ、英国と米国へ輸送された。

Mittman Transport Service社が、ES社のBear Creek作業場へそれらを配送した。2006年12月溶融キャンペーンの間Energy Solutions社はその容器を原子力産業にて使われる10トン遮へいブロックとして再利用した。2008年にES社は鉛を遮へい構成要素の多様性にあわせるため、顧客の仕様に合わせ、円滑に再利用を続けている。1997年以来ES社は原子力産業から発生した590万ポンド(2,680トン)以上の鉛をいろいろな円筒形遮へい容器、レンガ、錘、遮へい体に再利用してきた。

#### 3) International Uranium Corp社(IUC)によるウラン鉱石の再利用について

日本の廃鉱になった鳥取県湯梨浜町の鉱山から発生したウランが含まれる500トンの土壌は、米国ユタ州南東部のIUC社のWhite Mesa Millに運ばれた。

日本はウラン濃縮工程から出る副産物を処分する施設を持っていないので、IUC社がその土壌の再利用を請け負うこととした。日本では放射性廃棄物と考えられているものが米国ではウラン鉱石として再分類される。(「再分類」は、米国原子力規制委員会(NRC)の許可で輸送監視がなくなるか、あるいはワシントン州のEverettの海岸に土壌が到着する時の一度だけ許可が必要となることを意味する。)IUC社と日本政府はその土は汚染された選鉱くずではなく自然鉱石であると説明している。放射性のウラン鉱石が特別許可なしでオーストラリアやカナダから入っていることとの横並びでの合理的な考え方と言える。

10個の150立方フィートの汚染された土は、トラックでEverettからユタ州のWhite Mesa Millへ輸送され、核燃料に再利用のためイェロ・ケーキに精製される。

### 3. 再利用のメリット

規制管理下での再利用を促進するために再利用が不適切に行われるのではないかとの懸念を持つステークホルダーときちんと対応がなされてきた。今日では、原子力産業内におけるLLRWの再利用が実践的かつ経済的であることが示されている。多くの場合、LLRWの再利用と処分を比べると、再利用は費用的に有利である。現在までに、約100の鉱山、90基の商業用原子炉、250基を超える研究炉、その他多くの核燃料サイクル施設が廃止措置され、いくつかは完全に解体された。原子力発電所の大部分は極めて低いレベルで汚染されているだけで、大半の金属は再利用することができる。

再利用は、環境にとって有益である。

廃棄物の減容と新品製品を作るために新しい原材料を入手する必要性がないことが最大のメリットとなる。①資源の節約、②エネルギーの節約、③処分場埋設サイトの節約になると言える。

廃棄物管理の選択肢を持たないことが時折原子力施設の廃止措置を遅らすことになる。

再利用の道筋が利用可能なものになれば、廃止措置を加速させるかもしれない。

### 4. 「規制管理下の再利用」の推進に向けた今後の取り組み

各国はその再利用概念を持ち続け、大規模生産によるコストダウンができるように類似原材料の大量供給を続けることが重要である。実践的かつ経済的な、収益性のあるものである必要がある。

再利用された物資が何処に移動され、最終的に何処に処分されたのかを表示する統一的に原材料を追跡するメカニズムが、規制された再利用の受容に必要であろう。

具体的な再利用受容方策は国ごとに異なる。一部無条件再利用に賛同しない意見もあるが、原子力産業内での再利用はステークホルダーの受容を確かにするものとする方策であり十分な規模で実施されている。

各国間の規制に整合性を持たせるためには、各国の一層の努力が必要であるが、その纏め役としてIAEAの役割も大きい。

### 参考文献

- 1) “Controlled Recycle: An Alternative to the Burial of Low-Level Radioactive Waste,” Radwaste Solutions September/October 2008.
- 2) “Application of Excursion, Exemption and Clearance,” IAEA 放射線防護指針 RS-G-1.7(2006).

## 委員会報告

平成20年9月以降に開催したRANDECの委員会は以下のとおりである。

日 時	委 員 会
平成20年10月10日	委員会名：核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システム開発委員会（第1回）
	出席委員：堀池 寛 委員長（大阪大学大学院工学研究科 教授） 他5名
	主な議事内容： 国内の原子力施設の廃止措置時に発生する解体廃棄物の放射能インベントリに係る核種等の移動を考慮した放射能評価システムの開発に関する第1回委員会を開催し、平成20年度事業についての説明を行った。

平成20年9月以降に開催された外部委員会へのRANDEC参加者は、以下のとおりである。

委 員 会 名	主 催 者	所属及び氏名	開 催 日 時
廃止措置基準化調査専門部会	独立行政法人 日本原子力研究開発機構	技術開発部 池田 諭志	平成20年9月11日
日本原子力学会標準委員会 原子燃料サイクル専門部会 LLW放射能評価分科会	社団法人 日本原子力学会	技術開発部 福村 信男	平成20年10月1日 平成20年10月28日 平成20年11月19日
原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会 ウラン廃棄物埋設小委員会	内閣府 原子力安全委員会	情報管理部 榎戸 裕二 技術開発室 安念 外典	平成20年10月2日
日本原子力学会標準委員会 研究炉専門部会 廃止措置分科会	社団法人 日本原子力学会	技術開発部 池田 諭志	平成20年10月22日 平成20年11月20日

## 総務部から

### 1. 人事異動

#### ○職員等

採用（9月16日付）

技術開発部主査

有富 忠彦

退職（9月30日付）

保安全管理部長 兼 技術開発部

佐藤 博

異動（10月1日付）

兼 保安全管理部長（常務理事）

福田 勝男

採用（11月1日付）

保安全管理部調査役 兼 技術開発部

西沢 市王

## ご案内

### 第21回「原子力施設デコミッショニング技術講座」

当センター主催の第21回「原子力施設デコミッショニング技術講座」を以下の通り開催いたします。皆様のご参加をお待ちいたしております。参加要領につきましては、別途ホームページ等でご案内申し上げます。

1. 開催日時：平成21年2月13日(金) 10時30分～16時50分
2. 開催場所：石垣記念ホール（東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル9階）
3. プログラム：

理事長挨拶 菊池 三郎

#### <特別講演>

- 1) 研究用原子炉「JRR-3」の解体廃棄物クリアランスの安全規制  
文部科学省 原子力規制室長 吉田九二三 氏

#### <国内原子力施設の廃止措置の状況等について>

- 2) 東海発電所の廃止措置状況について  
日本原子力発電(株) 廃止措置プロジェクト推進室  
処理処分計画グループ課長 関口 雅彦 氏
- 3) 新型転換炉「ふげん」の廃止措置活動の現状  
(独)日本原子力研究開発機構 原子炉廃止措置研究開発センター  
開発実証課 技術副主幹 北山 尚樹 氏
- 4) 国内外の原子炉解体で適用された技術及びその解体経験  
(財)原子力研究バックエンド推進センター 技術顧問 宮坂 靖彦
- 5) ウラン・プルトニウム廃棄物等のクリアランスのための高感度測定技術  
(独)日本原子力研究開発機構  
原子力エネルギー基盤連携センター グループリーダー 春山 満夫 氏
- 6) 大学・民間等から発生する研究施設等廃棄物の物流システム事業化  
における技術課題  
(財)原子力研究バックエンド推進センター  
物流システム事業化準備室 技術部長 室井 正行

©RANDECニュース 第79号

発行日：平成20年12月26日

編集・発行者：財団法人 原子力研究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