

# RANDEC

Sep.2008 No.78

## ニュース

(財)原子力研究バックエンド推進センター



### 「ふげん」廃止措置の本格着手と知恵と汗

(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 所長 野田 正男

今年2月12日、新型転換炉ふげん発電所の名称から廃止措置計画認可申請書の認可（保安院）を受けて原子炉廃止措置研究開発センター（略称、「ふげん」）になりました。

「ふげん」廃止措置の進め方は国内での軽水炉では、はじめての廃止措置でもあり、使用済燃料を貯蔵していること、原子炉運転中の定期点検時と同等以下の総被ばく線量となるように放射能減衰を考慮すること、廃止措置工事に関する経験・実績を蓄積すること等から以下の4段階に区分し、この順序での実施に本格着手しました。

第一期間の使用済燃料搬出期間（平成25年頃まで）は、供用を終了した放射能レベルの比較的低い及び汚染のない施設・設備の解体撤去を行うとともに、使用済燃料及び重水搬出を行う。

第二期間の原子炉周辺設備解体撤去期間（平成30年頃まで）は、使用済燃料の搬出完了等に伴い供用を終了した放射能レベルの比較的低い及び汚染のない施設・設備の解体撤去

を行う。

第三期間の原子炉本体解体撤去期間（平成39年頃まで）は、放射能レベルの比較的高い原子炉領域の解体撤去を行う。また、施設内の汚染を除去した後に、すべての管理区域を解除する。

第四期間の建屋解体期間（平成40年度まで）は、管理区域を解除した建屋及び汚染のない建屋も含めて廃止措置対象施設をすべて解体する。

以上が工程ですが、「ふげん」の廃止措置によって発生する放射性廃棄物として処分が必要な約1万トンには適切な管理で放射性廃棄物として処理処分します。他方、一般廃棄物と同様な扱いが可能な廃棄物の量は約35万トンあり、地球環境に配慮してリサイクルすると資源になります。このことから「ふげん」廃止措置は研究・開発の着実な先駆的実証と模範的廃止措置と評価されるように地元の方々とも共生して戦略的な知恵と汗を進めていきたい。

# RANDECニュース目次

第78号 (2008年9月)

巻頭言 「ふげん」廃止措置の本格着手と知恵と汗

(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 所長 野田 正男

RANDECの事業に関する近況報告

1. 平成20年度廃棄物事業推進協力会総会の開催について…………… 1  
企画部
2. 大学・民間等廃棄物発生事業者連絡会議の開催について…………… 2  
企画部
3. 海外出張報告「韓国の低中レベル放射性廃棄物処分場を視察して」…………… 3  
圓山 全勝

関係機関の活動紹介

1. 東海発電所・東海第二発電所の事業活動…………… 7  
(放射性固体廃棄物の低減化への取り組み)  
日本原子力発電(株)東海発電所・東海第二発電所  
安全管理グループ課長 庄司 浩之
2. (株)アトックスの事業活動と廃棄物処理技術…………… 10  
(株)アトックス 取締役・技術開発センター長 藤川 正剛

海外技術情報

1. 低レベル廃棄物のEPRIの取り組み…………… 12  
宮本 喜晟
2. 原子力施設の廃止措置に関する国際動向…………… 15  
池田 諭志
3. 燃料貯蔵プールに蓄積されたスラッジの処理・処分…………… 18  
石川 広範
4. 廃止措置を考慮した新型原子力発電炉設計…………… 21  
福村 信男

委員会報告…………… 24

総務部から…………… 24

# RANDECの事業に関する近況報告

## 1. 平成20年度廃棄物事業推進協力会総会の開催について

企画部

記

平成13年、当RANDECが低レベル放射性廃棄物の処理処分事業の円滑な推進に資するため、「情報交換」、「技術的協力」、「会員相互の交流」を図ることを目的として、会員からご支援を頂き廃棄物事業推進協力会（以下、「協力会」という。）を設置して活動を続けてきております。

独立行政法人日本原子力研究開発機構法の一部改正（以下、「原子力機構法の改正」という。）が第169回通常国会において可決、成立され6月6日公布され、関係する政省令の改正と併せて9月1日に施行されました。平成20年度、廃棄物事業推進協力会総会は、まさに、国内の研究施設等廃棄物埋設処分の事業主体の法律が整備される中で開催されたものであり、廃棄物処理、埋設処分事業に密接に関連するメーカーなど本協力会を構成する会員からも、今後の事業進展など強い関心が寄せられていました。このような国内情勢を受け、当財団における大学、民間等が保有する研究施設等廃棄物の処理、処分事業推進へ向けた準備状況の報告に加え、原子力機構より「原子力機構法の改正と埋設処分事業の取組み」について講演を頂き、協力会会員（56社）の内、44社、63名のご出席を得て情報交流、意見交換などが行われました。なお、本総会は、下記の内容で開催しました。

1. 開催日：平成20年7月25日（15時～19時）
2. 場所：青山分室
3. 議事次第
  - (1) 開会挨拶 会長 菊池 三郎（当財団理事長）
  - (2) 特別講演  
「原子力機構法の改正と埋設処分事業の取組み」  
【講演者】日本原子力研究開発機構  
バックエンド推進部門  
埋設事業推進部長 原 啓二殿
  - (3) 審議事項  
平成20年度廃棄物事業推進協力会役員及び幹事
  - (4) 報告事項
    - ①平成19年度事業報告及び平成20年度事業計画
    - ②大学・民間等廃棄物の物流システム事業化の検討状況  
・物流システム事業化準備室の設置について  
・物流システム事業化準備室の活動状況について
  - (5) その他（懇親会）

以上

## 2. 大学・民間等廃棄物発生事業者連絡会議の開催について

企 画 部

研究施設等廃棄物の埋設処分を原子力機構が主体的に行う原子力機構法の改正は、当RANDECが機軸となり検討を進めている物流システム事業化に大きな影響を及ぼす出来事であり、これまで当財団の内部検討会として活動を進めてきた大学・民間等廃棄物発生事業者連絡会（以下、「連絡会」という。）のメンバーからも原子力機構法の改正の主旨、今後の動向など早急な意見交換等が強く要望されたことを踏まえ、平成20年度第1回連絡会を下記に示す内容で開催しました。

なお、連絡会メンバーの関心も高く、当日は委員（18名）、オブザーバー（5名）の計23名全員の出席を得て、改正原子力機構法に基づく国の基本方針（骨子）及び原子力機構の実施計画の検討状況などの紹介を行い、各委員より原子力機構へのRANDECの協力の在り方、技術協力・支援、保管廃棄物の処理・

処分費用などについて意見が出され活発な意見交換が行われました。

記

1. 開催日：平成20年7月28日
2. 場 所：当財団会議室
3. 議事次第
  - (1) 挨拶 理事長 菊池 三郎
  - (2) 平成20年度「大学・民間等廃棄物発生事業者連絡会議」構成員の紹介
  - (3) 議 事
    - ①基本方針（文部科学省）、実施計画（原子力機構）の検討状況及びこれらに係る意見交換
    - ②大学・民間等廃棄物の物流システム事業化の検討状況について

以上

### 3. 海外出張報告「韓国の低中レベル放射性廃棄物処分場を視察して」

特別参与 圓山 全勝

7月23日、真夏の日本脱出を試みてお隣の国、韓国は慶州市陽北面奉吉里（キョンジュ市ヤング面ポンギル里）に建設中の低中レベル放射性廃棄物処分場の視察に当財団の菊池三郎理事長、原子力機構バックエンド推進部門の坂井章浩氏それと小生の3人で出かけた。前日の宿泊地慶州市は、日本の奈良、京都と評される華麗な仏教文化を开花させた新羅千年の都であり、古い歴史と世界遺産等多くの史跡をもつ美しい街としても有名である。出張の合間のわずかな時間を利用して、古の息吹が伝わる世界遺産にも登録されている有名な仏国寺や石窟庵の散策にも出かけたが、本題の処分場の視察と合わせて、東京の暑さと喧騒を忘れさせてくれる思い出深い視察となった。

今回の視察は、菊池理事長の親交のあった駐日大韓民国大使館の任龍宰公使のご紹介で急遽実現したものであった。そのお陰で視察先の低中レベル放射性廃棄物処分事業の実施主体である韓国水力原子力株式会社（KHNP）は、これまでほとんど面識がなく、また、韓国の原子力関係者の中でも知名度の低いRANDECからの申し入れをVIP並みのもてなしで快く迎え入れてくれた。写真にもあるように玄関前の電光掲示板に映し出された“WELCOME, SABUROU KIKUCHI OF RANDEC”をバックに鄭基辰建設所長以下多数の幹部による出迎えから始まり、所長室での歓迎懇談、PR館では処分場等事業概要を紹介したビデオの鑑賞と展示内容の案内、事務所2階の処分場全景が見渡せる場所での建設現場の案内、更に処分場サイト近くにある日本海を挟んで対岸方向に位置するであろう“もんじゅ”の地元、敦賀市の白木地区のロケーションにも似た海岸沿いのレストランでの昼食懇談会等々、約3時間にも及ぶ視察であったが、先方の我々に対する心温まる、真摯な対応振りには、大変感銘を受けた。任公使及びKHNPの鄭所長以下対応して頂いた方々に感謝を申し上げたい。



建設事務所玄関前での記念撮影



所長室での懇談風景

## 1. 韓国の原子力事情

さて、本題の処分場の視察報告に入ることにするが、その前に韓国の原子力事情について触れておこう。

1) 韓国は、1978年に運転開始の釜山と慶州の日本海岸沿いの丁度中間地に位置する古里発電所を初めとして現在4地域（古里、月城、靈光、蔚珍）で20基の原子力発電所が稼働、原子力発電所の発電量は総発電量の40%を占めており、稼働率は90%にものぼる。現在、新たに6基の建設が行われており、今後2015年までにあと2基の建設計画が予定されているようである。原子力発電所の炉型は稼働中の20基中16基がPWRで4基がCANDU炉。建設中の6基は全てPWRである。今回訪問した奉吉里（ポンギル里）には、処分場に隣接して月城（ウオルサン）発電所（CANDU炉4基が稼働中、PWR2基が建設中）が立地されていた。

2) 各発電所の低中レベル放射性廃棄物は、現在それぞれの発電所の貯蔵庫に保管されているが、どの保管庫もあと数年で満杯を迎える見通しで、処分場の建設が一日も早く待たれる状況である。

## 2. 低中レベル放射性廃棄物処分場の概要等

今回視察した低中レベル放射性廃棄物処分場の概要は、以下のとおりである。

1) 韓国原子力委員会（KAEC）は、放射性廃棄物管理について、1998年9月に放射性廃棄物管理政策を策定し、次の5つの基本原則のもとに取り組んでいる。

- ①政府が直接管理し、責任を持つこと。
- ②安全性を最優先すること。
- ③廃棄物の発生量を最小限に抑えること。
- ④発生者が責任を負うこと。
- ⑤処分サイト選定プロセスに透明性を持たせること。

2) 韓国の低中レベル放射性廃棄物処分場は、慶州市街地から南東に向け車で約40分の陽北面奉吉里（ヤンブク面ポンギル里）の月城（ウオルサン）発電所の内陸側の隣接地に位置しており、国営の電力公社の出資会社であるKHNPが実施主体として運営に当たっている。

処分場の面積は約2km<sup>2</sup>（地層は花崗岩層）で、ここでの廃棄物処分は全体で200ℓドラム缶で80万本の埋設処分を予定。うち第1フェーズでは約10万本の処分を計画しており、以降、段階的に実施する予定である。

3) 処分方法は、自治体の代表者や専門家等で構成された委員会の意見に基づき、地下空洞型処分方法が採用され、6基のサイロ（直径30m、高さ50mのサイロで、1基当たり約16,700本の処分）、操業トンネル、建設トンネル、アクセス立坑等から構成されている。現在、廃棄物の検査施設や操作室等の地上施設の建設の為に斜面等を切り崩して整地が行われている。また、処分施設の方は、建設坑道と運転アクセス坑道を建設中。第1フェーズの処分施設の完成は、2009年12月を予定している。第1フェーズの建設費は1,523MillionUS\$である。（処分場のレイアウトと建設現場は後掲の図1、2を参照）。

## 3. 低中レベル放射性廃棄物処分場の立地選定経緯

長年、紆余曲折があり、難航した韓国の低中レベル放射性廃棄物処分場の立地選定の道のりは、以下のとおりである。

1) 韓国では、低中レベル放射性廃棄物処分場と使用済燃料を保管する中間貯蔵施設を同じ場所につくるとし、1986年から立地選定を開始。

選定方法は自治体からの立候補と予め政

府が候補地を選んで自治体と交渉する2つの方式を採ったが、反原発団体の反対活動等により、何度も失敗（過去9回ことごとく挫折）を繰り返した。特に、2003年に一旦、ソウルから西南に位置する黄海上の蝟島（ウイド）に決定したかに見えたが、地元知事が反対派から暴行を受ける等流血惨事にまで発展して立地選定はまたもや失敗し、暗礁に乗り上げた（この年の秋に開催したRANDECの報告と講演の会で特別講演を行って頂いた当時のKHNP・原子力環境技術院研究開発室長の宋明宰氏は、蝟島（ウイド）でほぼ決定したとの報告であったが、2～3ヶ月後に失敗の報道あり）。

2) このため、韓国原子力委員会は、中間貯蔵施設の併設立地を切り離した上で2005年3月に「低中レベル放射性廃棄物処分場誘致地域支援特別法」を制定。民主的で透明な立地プロセスの確保として、候補地を全国を対象に公募し、立候補地には住民投票で民意を問うことを義務付け、過半数を獲得して、最も賛成率の高いところに立地建設する事とした新たな取り組み方法を打ち出した。

また、新たな地域支援策として、

①立地自治体への3,000億ウオンの特別支援金の支給と廃棄物搬入手数料の導入

②KHNP本社の誘致自治体への移転

③陽子加速器の設置 等

が特別法の中に定められており、自治体の誘致合戦に拍車をかけている。これを受けて慶州、浦項（ボハン）、群山（クンサン）、盈徳（ヨンドク）の4箇所が立候補し、立地可能性調査（活断層、破碎帯、生態保護地、国立公園等）の実施後（4箇所とも処分地として可能であると判断）、11月に各自治体で住民投票が実施された。この結果、89.5%の最も高い賛成が得られた慶州

市（奉吉里）に立地が決定し、取り組み開始から約20年の歳月をかけて漸く低中レベル放射性廃棄物処分場の建設がスターとすることとなった。

#### 4. 立地決定後の動向

- 1) 慶州市奉吉里に立地が決定された以降、2007年5月迄に処分場の基本設計、環境影響評価、サイト特性調査等を実施終了し、同年7月にKHNPが処分場設置のため、MOICE（科学技術部）に事業実施計画の承認申請を行い、その後、MOST（産業資源部）に処分場建設の許認可申請を行った。
- 2) 同年7月からサイトの整地作業を開始しているが、現況からほぼ完成しつつあった。2008年8月に建設及び運転許可の取得を予定し、同月から建設開始を予定。前述したように2009年12月に第1フェーズの処分施設の完成を目標としているが、全体スケジュールは遅れ気味とのことであった。

#### 5. 所感

最後に、今回の視察を振り返って2～3所感を述べておきたい。

- 1) 韓国の低中レベル放射性廃棄物の処分事業に関する動向については、これまで、講演会の聴講やレポート情報等である程度、理解をしていたところであるが、今回の視察で、処分場の現場を直接観て、また、地元対応等で種々ご苦労された担当者から説明を聞き、懇談することにより、より深い実情を把握することが出来た。

一方、日本に比べ、原子力の後発国である韓国が、これまで日本に追いつけ、追い越せの掛け声のもと原子力事業に取り組んで来ていたと思われるが、今回お会いした方々との話の中から研究所施設等廃棄物の処分分野では、日本を追い越したという優



越感と自信にあふれた姿を垣間見た感じがし、これまでこのような事業の立地に携わってきた一人として若干悔しい思いがした。

- 2) 韓国は、これまでの何回もの立地の失敗の経験から、立地場所の決定に当っては、国及び実施主体がこれまでのように特定地域に申し入れて「やって下さい」と任せるのでは進まない、住民自らの問題として自発的に関与する仕組みにしなければならないと気づき、新たな方策(特別法の制定等)を打ち出して取り組んだことが、結果として短期間で成功につなげることになったようである。

立地場所の決定は、最終的には、公募方式で応募した4地域による住民投票で決定されたが、既に原子力発電所が立地され、原子力に対する理解がある程度進んでいる地域という側面があったにせよ、いずれの

地域も驚くほど高い賛成率であり、この背景には、誘致自治体自身も理解活動等に自発的に取り組んだ結果であると思われる。これまで住民投票がことごとく反対活動に利用されてきている日本の状況等からして、必ずしも韓国方式が良いとは言い切れないが、今後正念場を迎える日本の研究施設等廃棄物の処分事業の立地の取り組みにおいて、理解活動の進め方等に参考になる部分が大いにあると感じた。

- 3) また、これまで放射性廃棄物の処分場等の海外視察となると、欧米の施設の視察が主であったと思われるが、日本から2時間程度でアクセス出来る身近な隣国に今や研究施設等廃棄物も含めた低レベル廃棄物処分場が建設されつつあり、“百聞は一見に如かず”ではないが、とにかく関係者は、一度時間をとって視察されてみたら如何でしょうか。

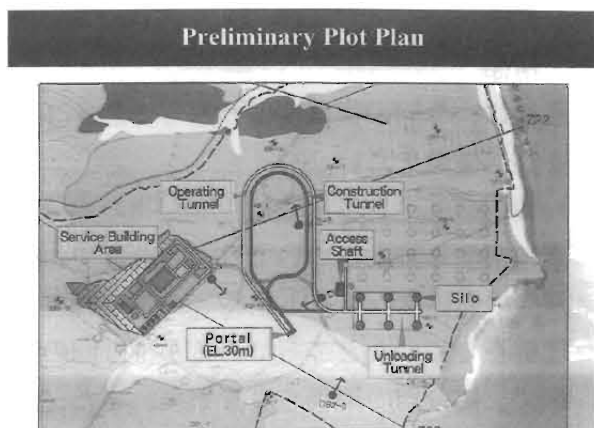


図1 処分場レイアウト



図2 処分場建設現場



# 関係機関の活動紹介

## 1. 東海発電所・東海第二発電所の事業活動 (放射性固体廃棄物の低減化への取り組み)

日本原子力発電株式会社 東海発電所・東海第二発電所  
安全管理グループ課長 庄司 浩之

### 1. 会社概要

日本原子力発電株式会社は、昭和32年11月に原子力発電専門会社として設立された。

昭和41年7月、茨城県東海村に日本で最初の商業用原子力発電所として東海発電所（電気出力16.6万kW）の営業運転を開始した。

その後、東海第二発電所（電気出力110.0万kW、昭和53年11月）、福井県敦賀市に敦賀発電所1号機（電気出力35.7万kW、昭和45年3月）及び2号機（電気出力116.0万kW、昭和62年2月）の営業運転を開始し、平成19年3月末の3発電所による累積発電電力量は49,031,800万kWhである。

平成10年3月には東海発電所の営業運転を停止し、平成13年12月より国内初の商業用原子力発電所の廃止措置工事に取り組んでいる。

以下に東海発電所・東海第二発電所における放射性固体廃棄物の低減化の取り組み等について紹介する。

### 2. 放射性固体廃棄物低減への取り組み

平成19年3月末の東海発電所・東海第二発電所の放射性固体廃棄物の累積保管量は、約53,300本\*で、保管設備容量74,600本\*に対する保管割合の約71%を占める。（\*：「200ℓドラム缶換算本数」以下、同じ）

放射性固体廃棄物の発生量の低減策として、不要な資材・物品は持ち込まないことを基本とした廃棄物発生量の目標値を定め管理しているほか、濃縮廃液の減容固化設備（濃



東海・東海第二発電所

縮廃液をペレット化し充填容器に封入）の導入（昭和61年度）、復水脱塩器樹脂に対して振動式樹脂洗浄装置（振動によりスラッジを分離）の導入（平成17年度）など、設備改善も実施している。

また、放射性固体廃棄物の保管量の低減策としては、発電所内減量と発電所外減量を実施しており、発電所内減量として、可燃性雑固体廃棄物の焼却処理設備の導入（昭和61年度）、雑固体減容処理設備の導入（平成18年度）により保管量の低減を図っている。

発電所外減量としては、平成4年度から平成9年度までに均質固化体（セメント固化体）約5,200本を青森県六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターへ搬出し、平成20年度中には雑固体減容処理設備により作られた充填固化体の搬出を計画している。また、平成20年度以降にはセメント混練固化装置の稼働

を計画しており、これにより均質固化体の製作・搬出を行ってさらなる放射性固体廃棄物の保管量低減を目指している。

### 3. 雑固体減容処理設備の導入と運転経験

雑固体廃棄物（工事等で発生した配管、コンクリート、保温材や塩化ビニール等の不燃物・難燃物）の減容策として、高周波誘導加熱方式を用いた雑固体減容処理設備を導入している。平成14年12月に導入手続きを開始し、平成18年4月から稼動している。

雑固体減容処理設備を導入した経緯としては、

- ・ 金属、保温材、コンクリート等の多種多様な不燃物の処理が可能
- ・ 従来は困難であった塩化ビニールの燃焼処理が可能
- ・ 燃焼室にて黒鉛スリーブ・活性炭を燃料とした焼却処理が可能

であること等による。

雑固体減容処理設備の特徴として、他電力が設置した設備に比べキャニスタ（金属等を溶かす坩堝）容量を大きくし高い減容効果を

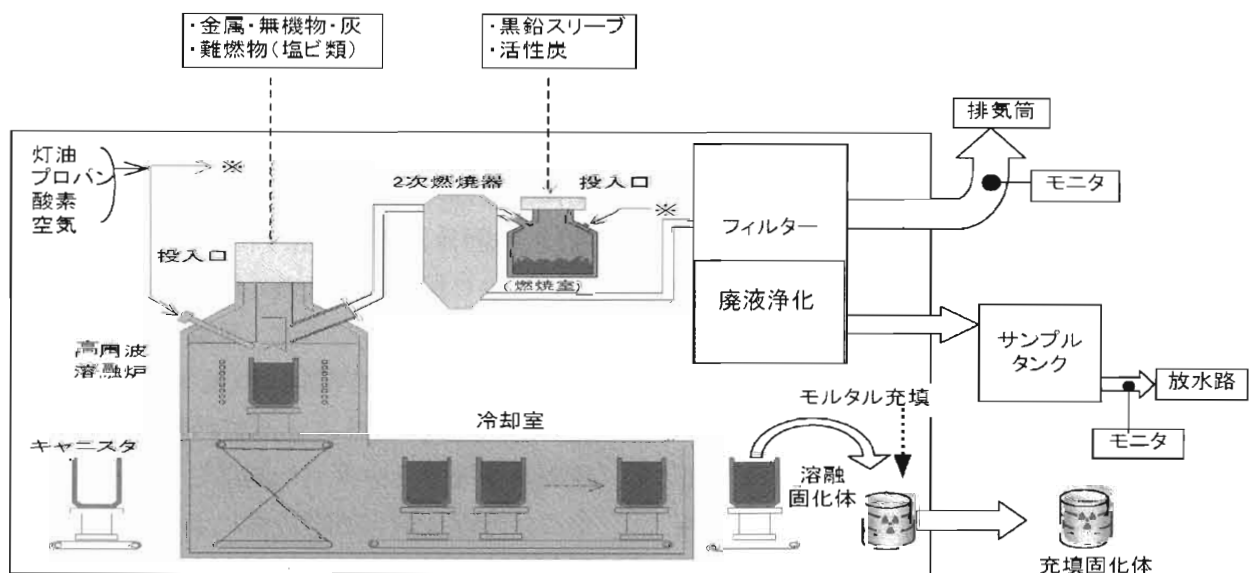
持たせている。

雑固体減容処理設備の運転実績としては、平成18年4月の運転開始以来、約2年間で217本\*の充填固化体を製作し、約148トンの雑固体廃棄物の減容を行った。製作した溶融体のうち184本\*を平成20年度中に、埋設事業者へ引渡す計画である。

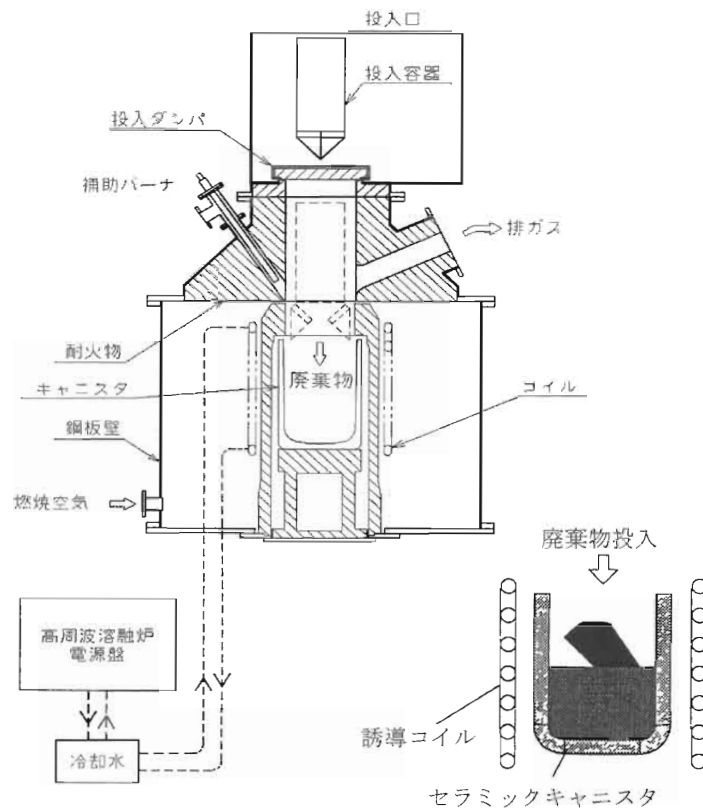
充填固化体を製作するにあたり、埋設センターへの搬出条件の一つに充填固化体の組成比の制約があり、前処理作業としてこの組成比を満足するように多種多様な不燃性雑固体廃棄物の金属を材質毎に分別するとともに、コンクリート・保温材等の無機物及び難燃物の分別も行い、キャニスタに投入可能な大きさに切断しているため、この前処理作業に時間を要していることが課題になっている。

### 4. 今後の取組み

近年の主な放射性固体廃棄物の発生源は、東海第二発電所の場合は定期検査時に行われる改良工事等による廃棄物と東海発電所の廃止措置工事による廃棄物であり、廃棄物の保管量が増加傾向にある。



雑固体減容処理設備の概略図



高周波溶融炉の詳細図

前述した不燃性雑固体廃棄物の前処理作業の効率向上による雑固体減容処理促進及び埋設センターに効率的に搬出するための検査・輸送船への船積み作業など一連の作業の円滑化のため、固体廃棄物作業建屋の建設を計画

中である。

固体廃棄物作業建屋完成後には、雑固体減容処理設備の前処理作業が大幅に改善されることから、放射性固体廃棄物貯蔵庫の保管量の減少が期待される。

## 2. (株)アトックスの事業活動と廃棄物処理技術

株式会社 アトックス

取締役・技術開発センター長 藤川 正剛

### 1. 会社概要

(株)アトックス（以下「ATOX」という）は、昭和55年に、ビルメンテナンス会社の(株)ビル代行から原子力部門が分離して設立（社名は(株)原子力代行で、平成5年に現在の社名に変更）された。ATOXは、((株)ビル代行の時代を含め）日本の原子力産業創世期から、民間で最初の企業として原子力施設のメンテナンスを手がけ、以来、今日まで約半世紀にわたり原子力関連事業に携わってきた。現在では、国内の全原子力発電所及び六ヶ所・札幌・東海・大洗・敦賀・東京・大阪・福岡を拠点に、原子力、RI、原子燃料サイクル施設のトータルメンテナンス会社として事業を展開している。

また、昭和63年に、千葉県柏市に技術開発センターを開設し、現場経験に裏打ちされたATOX独自の技術開発に力を注ぐとともに、昨年には同じ柏市にあった財団法人の $\gamma$ 線照射施設を含む研究施設を取得するなどして、より高度な技術開発を目指し、お客様への「安全」「安心」「高度」なサービスの提供を心がけている。

### 2. 原子力発電所でのサービス

国内の全原子力発電所でサービスを行っている。主な業務は、原子炉及びその他設備の除染工事、放射線管理業務、廃棄物処理業務、化学分析、清掃・ランドリー業務などである。

### 3. RI施設でのサービス

施設の管理業務代行や廃止変更に伴う設備の除染・解体・撤去工事のほか、放射線管理、施設の運転・点検・保守・廃棄物処理業務、マンピュレータの販売・据付・点検・修理な

ど、一貫したサービスを提供している。

### 4. 原子燃料サイクル施設でのサービス

施設の運転補助や設備の除染工事のほか、放射線管理、マンピュレータや使用済み燃料キャスクなどの点検・保守、廃棄物処理などのサービスを提供している。

### 5. その他施設でのサービス

原子力発電所やRI施設などで培った技術などを、貯水ダムや一般施設などの点検保守にも役立てている。

### 6. ATOXの技術開発

技術開発センターでは、ATOXの技術開発拠点として、原子力発電所、原子力研究施設、原子燃料サイクル施設、RI施設などの安全運転、点検補修、デコミッションングなどに関する技術開発並びに環境保全に係わる測定、分析、評価などの作業を行っている。

また、技術開発センターには、メンテナンス企業では稀な、BWR型原子力発電所の原子炉ウエル（平面90°分）を模擬した施設があり、新たに取得した $\gamma$ 線照射施設と併せて、試験研究・機器開発の立会いや施設見学などで、年間200人ほどの関係者の訪問を頂いており、今後もソリューションセンターとしての機能の充実に努めていく。



原子炉ウエル  
模擬施設



$\gamma$ 線照射施設

## 7. 廃棄物処理技術

ATOXは、原子力発電所やRI施設等の運転、メンテナンス並びに廃止や変更に伴う設備の除染・解体切断・廃棄物処理などの工事のために、各種機器を開発している。

以下に、廃棄物処理技術に関するATOXの開発機器、作業管理技術等を紹介する。

### ◆除染・洗浄装置

A発電所に導入したターンテーブルブラスト除染装置は、導入して1年で約420トンの金属廃材を処理した。



ターンテーブル  
ブラスト除染装置

また、電解除染システムは、ATOXが提供する数々の除染技術の中で最も古いものの一つで、これまでに原子力発電所や研究施設等に導入され、合わせて約100トン近い除染処理実績がある。



電解除染システムの一部

### ◆解体切断装置

配管縦割切断装置は、20A～200Aの小口径配管を長さ方向に切断する装置で、除染後の汚染サーベイに威力を発揮する。

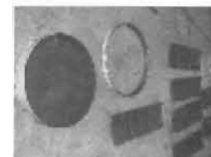


配管縦割切断装置

ドラム缶切断装置は、放射線管理区域で使用した廃棄ドラム缶をエアプラズマ切断処理するもので、1日（5時間作業）で約35本の処理能力がある。



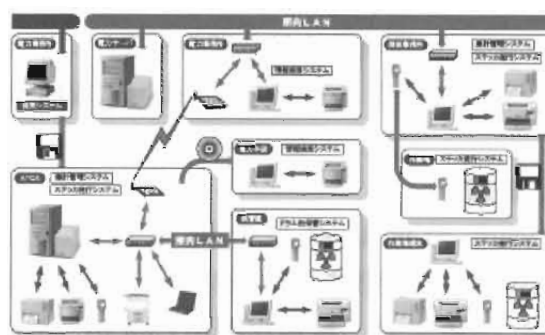
ドラム缶切断装置



切断後の状態

### ◆分析・検査・情報管理

廃棄物情報管理システムは、放射線管理区域から発生する廃棄物を、ドラム缶単位あるいは袋単位で、管理することができる。これまで3原子力発電所に納入実績がある。



廃棄物情報管理システムの一部

### ◆作業管理技術と作業実績

ATOXは、放射線環境下での作業、放射性廃棄物処理に関する作業などを安全に実施するため、作業に必要な資格を持った技術者を多数揃えており、これまでに原子燃料サイクル施設や加速器の解体工事等、数多くの作業実績を有する。

## 8. むすび

ATOXの企業としての使命は、より安全でより高品質の作業をお客様に提供することであると認識し、日々技術・技能の向上に努めている。今後とも、デコミッション、廃棄物の処理等に関する技術を始めとして、原子力トータルメンテナンスサービス分野において、原子力エネルギー利用の推進を支えるべく、当社の社名の由来にもなっている始まりを意味する“A”から未知の可能性を意味する“X”へと、挑戦を続けていく所存である。

# 海外技術情報

## 1. 低レベル廃棄物のEPRIの取り組み

技術開発部 宮本 喜晟

米国のBarnwell廃棄物処分施設が最終的にコンパクト（州間協定を結んでいる州）以外の州からの廃棄物受入れを2008年6月末に中止することを発表してから、米国電力研究所（EPRI）は、影響を受ける原子力発電所の廃棄物の対処を支援する取り組みを開始した。この中には、安全で実行可能な長期保管を保証するためにプラントサイトにおいて低レベル廃棄物（LLW）の貯蔵を取り巻く問題を再考し、費用対効果が高いLLW処分の分類基準の骨組を見直し、クラスB及びクラスCの廃棄物の量を減らすことに加えて、専門的な開発も含まれている。具体的な内容が発表されたので<sup>1)</sup>、その概要を以下に紹介する。

### 1. 経緯

1980年の低レベルの廃棄物政策法（LLWPA）に責任を持つ米国の原子力規制委員会（NRC）は、連邦規則10 CFR 61「放射性廃棄物の陸地処分のための許認可要件」を導入した。この規則では、廃棄物の放射能濃度による分類が含まれている。この分類は次のように定義された：最小の防護を必要とするクラスA；最小の防護要求事項の他に安定化を必要とするクラスB；さらに深い処分により侵入者に対する防護を必要とするクラスC。

EPRIのLLWに対する検討は、一般的な許認可基準として処分施設の機能のために作られた規則10 CFR 61がほとんど30年前の議論より決められたものであるという単純な意見から始まった。EPRIは、原子力エネルギー協会（NEI）とともに、10 CFR 61とLLW処分を規制している他のガイダンスのもとになった考え方の徹底的なレビューを行い、一層費用対効果の高い廃棄物処分のオプションを検討してきた。

### 2. 初期検討

2006年後半から、EPRIは現在の規則10 CFR 61によって規制される米国の処分分類基準に対する代案を検討している。EPRIは、規則に含まれるもっと深い専門的な考え方と廃棄物分類の濃度限界を理解するために、10 CFR 61自身と、この規則のもとになった環境影響評価（EIS）のドラフト（NUREG-0782、1981年9月）のレビュー（被ばくシナリオ、被ばくによる濃度決定核種等）を行った。

10 CFR 61で定義された濃度限界は、侵入者—農業と侵入者—建設の被ばくシナリオをもとに、また、放射能の濃度限界の廃棄物が一様に分布するとの仮定により決定された。10 CFR 61の規則とともに、この規則を補足するガイダンスとして、NRCはLLW部門の技術的な内規（BTP）を提供している。

10 CFR 61に示されている分類の濃度に関して、NRCは平均化の方法を制限しなかった。すなわち、その濃度限界は1 m<sup>3</sup>当たりのCiの放射性核種による核種濃度の平均値あるいはその濃度限界が1 g当たりのCiで定義された平均値である。基本的に、この規則を補足するガイダンスとして、BTPでは、別の廃棄物流れを混合して平均化する際に、平均値

の上下10倍（鍵となるガンマ放出放射性核種（Co-60、Nb-94、Cs-137等）に対しては1.5倍）に限定している<sup>2)</sup>。また、クラスAとクラスCの間の濃度制限値は10倍の相違があるが、BTPでは、クラスC廃棄物がクラスA廃棄物で平均化することに制限を設けている。このことにより、クラスAパッケージが少なく、クラスB及びクラスCパッケージを多くしている。

事前の調査の結果、EPRIは2つの規則の提案をまとめた。

- ・第1は、より広く互換性がある廃棄物タイプを混ぜ合わせることを認めるためにBTPを修正すること。
- ・第2は、サイト特定の水文地質学の特性曲線と最終土地利用シナリオに基づく代替りの処分基準を認めるために10 CFR 61.55（廃棄物の分類）を改正すること。

例えば、非耕地サイト上にある処分施設で食物摂取経路によって支配される核種はそのサイトにおいて分類を決定するための計算から免除するべきである。もし実質的な農業ができないのであれば、このシナリオは考察から除外すべきである。

放射線被ばくからの健康影響に関する新しい処分技術及び最新の研究を反映し、国際処分基準との整合性をとるために、10 CFR 61の分類方法を修正することが将来必要になる。

### 3. 原子力発電所のLLW

その後、EPRIとNEIは、原子力発電所から発生するLLWについて、平均化の方法がどのように処分オプションに影響するかを検討した。

2007年に、EPRIは運転中の原子力施設から送られた廃棄物量と放射能に関してデータを集めた<sup>3)</sup>。運転中の原子力発電所100ヵ所のうち42施設が調査に対応した。データは体

積、重量、放射性核種による放射能の内訳、処分日付、処分ストリームと廃棄物分類を含んでいる。10,000パッケージの記録合計が2003年1月から2007年3月の期間に集められた。評価目的のために、廃棄物の流れは、均質廃棄物（樹脂、チャコール、ろ過材）、メカニカルフィルター、乾燥放射性廃棄物（DAW）、放射化金属の4つのグループに整理統合されている。

全体的に、電力界では1年間当たりの廃棄物は、体積でおよそ百万ft<sup>3</sup>（28千m<sup>3</sup>）の量を発生する。その内、DAWはおよそ90%、樹脂は9%、フィルター類は1%である。一方、放射能による割合でみると、樹脂とフィルターの放射能は99%以上を占める。放射化した金属を除いて、廃棄物の放射能は年におよそ28,000Ci（1,040TBq）、そのうち沸騰水型原子炉から18,000 Ci（670TBq）、加圧水型原子炉から10,000 Ci（370TBq）が発生する。クラスの分類では、クラスA廃棄物は廃棄物の体積で全体の約99%、廃棄物の放射能でおよそ35%を占める。また、クラスB廃棄物は放射能が全体の半分以上を占める。なお、クラスC廃棄物は放射能で14%である。クラスB廃棄物は、短寿命の放射性核種、特にCs-137とNi-63によって放射能が大きくなっている。

### 4. 広範囲な平均化方法

もし、廃棄物の全体的な分類を見るなら、重み付き平均分類ベースは、10 CFR 61の短寿命核種に対するクラスAの濃度限界の10%、長寿命核種のためのクラスA濃度限界の1.4%であるにすぎない。この物質の代表的な集積物が処分サイトに置かれると想定すると、公衆防護パラメータの全てを満足することになる。

原子力発電所から現在1年におよそ87,000ft<sup>3</sup>の樹脂廃棄物量が発生する。従来の



濃度による分類に従うと、そのうち75,000ft<sup>3</sup> (86%)はクラスAとして処分できるが、廃棄物の流れの平均化で考慮すると83,000ft<sup>3</sup> (95%)がクラスAとなるので、サイトに残る樹脂廃棄物は、12,000ft<sup>3</sup>から4,000ft<sup>3</sup>と1/3に減少する。

## 5. リスク情報に基づく規則の必要性

放射性廃棄物に関するNRC諮問委員会(ACNW)は、2005年にLLW規制に対する最新のフレームワークの必要性に関する白書を発行した(「米国における商業のLLW放射性廃棄物管理の歴史と骨組」、NUREG-1853、2007年1月)。ACNWはNRCがリスク情報に基づいたアプローチを発展させるために、10 CFR 61を再び取り上げることがを提案した。

これに対して、NRCは平均化に関するBTPを再考すること及び分類方法の代替システムを実行するためのガイダンスを作成することの必要性を認識した戦略上の評価を発表した(「NRC低レベル廃棄物規制計画の戦略上の評価」、SECY 2007-180、2007年10月)。戦略上の評価における共通の論題は、LLWの計画をリスク情報に基づくようにする必要性であった。これまで、10 CFR 61で規定する濃度限界のためのベースは決定的侵入者シナリオから得られたもので、処分要求事項が過度に制限的な傾向があった。

## 参考文献

- 1) P. Tran and D. James, "EPRI Takes on Low-Level Waste Disposal Issues," Radwaste Solutions May/June 2008, 14 (2008).
- 2) NRC's Branch Technical Position, "Issuance of Final Branch Technical Position on Concentration Averaging and Encapsulation, Revision in Part to Waste Classification Technical Position," January 17 (1995).
- 3) Manifest Information Management System, <http://mims.apps.em.doe.gov/>.

## 6. EPRIの継続中の研究計画

EPRIの現在の研究計画における主要な提案は以下の2項目である：第1に、濃度平均化に関するNRC部門技術内規に関するNRCレビューを支援するためのデータを提供すること、第2に、サイト特定の処分分類及び特徴付けベースの開発に対して、設計解析を実行するためのガイド作成のためのNRCへのデータ提供。さらに、コストと利益の検討と同様に、リスク情報に基づく付帯的な影響解析の開発の解析が含まれている。

全体的な目的は、原子力発電所のサイトからクラスB及びクラスC廃棄物の蓄積を最小にすること、及びより一層費用対効果が高く、信頼性も高い処分オプションを追求することである。

これらの検討に含む他の項目として、(a) 10 CFR 61処分基準の基礎をなしている考え方の理解を発展させること、(b) 非電力分野の廃棄物に関連付けのある課題の摘出、(c) 最新のICRPの線量換算率に沿ってIAEAの処分案のような他の処分モデルを取り上げることによる影響を調査すること、である。

現在の研究計画あるいはNRCの活動から、特に取り扱われていない長期の提案によって規制の改定する動機となる可能性がある。

## 2. 原子力施設の廃止措置に関する国際動向

技術開発部 池田 諭志

供用期間を終了しようとしている原子力施設が増加するにつれ、安全な廃止措置、廃棄物管理、規制からのサイト解放など、適切な廃止措置計画の必要性の認識が世界中でますます強まっている。過去40年間に、廃止措置が小規模の活動から、原子力発電所、核燃料サイクル施設、研究炉など広範囲の施設をカバーする大規模産業へと進展してきた状況を踏まえ、IAEAがとりまとめた原子力施設の国際活動計画の現状や背景等について紹介する<sup>1),2)</sup>。

### 1. 国際活動計画の現状

21世紀には数多くの原子力施設がその供用を終了し、運転、廃止措置によって発生した廃棄物の処分を安全に完了させることが重要となる。このような業務に係わりをもつ、規制、廃棄物や放射線防護の専門家、産業界等の間で幅広い情報交換をするために、IAEAでは、2002年10月にベルリンで「原子力活動のための安全な廃止措置に関する国際会議」を開催し、2006年12月にアテネで「原子力施設の廃止措置及び原子力活動の安全な終了から得られた教訓に関する国際会議」を開催した。ベルリンでの国際会議にはRANDECも海外調査団を派遣して参加した<sup>3),4),5)</sup>。

IAEAでは、この他にも加盟国に対する様々な支援活動などを行っている。例えば、2002年のベルリンでの国際会議における加盟国からの要望に基づき、原子力施設の廃止措置における安全評価実証のための手法開発を目的として2004年から2007年まで「原子力施設の廃止措置における安全評価手法の整備と実証 (DeSa)」プロジェクトを実施した。

また、IAEAにおいては、1991年から国際合意を得た調和の取れた安全基準の文書としてRADWASS (RADioactive WAstE Safety Standards) 文書の策定を進めてきた。安全基準体系を、安全原則、安全要件、安全指針と階層化している。廃棄物に関する重要な文書

の出版や既存文書の改定が精力的に行われており<sup>6)</sup>、2006年後半には原子力施設の廃止措置に関する2件の安全基準文書が刊行された。

- ・「放射性物質を用いる施設の廃止措置」(WS-R-5:安全要件)
- ・「行為の終了に際しての規制管理からのサイトの解放」(WS-G-5.1:安全指針)

「放射性物質を用いる施設の廃止措置のための安全評価」(DS376:安全指針)については出版準備中であり、またNORMを含む廃棄物の管理方針に関する検討も進められている。

我が国における「クリアランス制度」、「新しい廃止措置規制」といった規制制度導入においてIAEAの安全基準策定などの動向が参考にされている。

### 2. 最新の国際活動計画とその背景

アテネで開催された国際会議の成果や加盟国からの多くの要望からも、規制や実施関係者に対して、安全基準文書や経験豊富な国々の経験を経験の不足している加盟国に活かすための国際機関の支援活動の必要性が明らかとなっている。

最新のIAEAの活動計画における優先順位の高い分野、各々の活動計画とその意図は、以下のとおりである。

(i) 放射性廃棄物管理に関する国際的安全体制の発展

**【廃止措置に対する政府の役割と責任】**

政府が早めの計画、適切な政府の基金、廃止措置、廃棄物及び使用済燃料管理の長期戦略について認識することを重要視し、国際条約、地域協力等既存の枠組みを利用して加盟国政府へ技術的支援や助言を行う。

**【廃止措置戦略】**

多くの施設で望ましいのは即時解体であるが、処分より貯蔵を望む加盟国に対して遮へい隔離等の適切な廃止措置戦略の選択とサイト解放についての要因や考慮すべき点を明確化する。

(ii) 放射性廃棄物管理に関する情報交換の促進

**【持続性の維持】**

安全な廃止措置に関する知識や経験を維持していく国際的な枠組みの必要性が認識され、異なる施設や技術を用いたプロジェクト間の国際的廃止措置ネットワーク、規制や実施の専門家の育成等を目指し、定期的な情報交換の促進を図る。

**【国際的評価の仕組み】**

加盟国の廃止措置に関する計画や実施の適切性等を評価、助言し、安全で効率的な廃止措置を実施するための国際的評価機関を設置する。

**【新規施設設計での廃止措置の教訓】**

最新の知識や経験の伝承を目的に、新規施設の設計、運転、維持に対し、廃棄物発生最小化、公衆、作業員、環境に対する防護の改善、物質やサイトの規制からの解放等に役立つ廃止措置の経験をデータとして統合化する。

(iii) 原子力活動の安全な終結に関する手引きの整備、提供

**【小規模施設の廃止措置】**

研究炉や研究施設のような限られた人的、経済的資源での小規模施設の廃止措置に関する国際支援では、R<sup>2</sup>D<sup>2</sup>P (Research Reactor Decommissioning Demonstration Project) のようなアフリカ、ヨーロッパ、中南米諸国における地域協力プロジェクトが奨励されている。

**【安全基準文書の適用と確立】**

新しく承認された安全基準文書とともに、明確な規制政策、安全要件や安全規準、記録管理の仕組み、規制者と実施者間の安全ケースの評価方法や規準、両者の相互影響等の確立と改訂版への反映による安全性実証の重要性が認識されている。

**【廃止措置中の物質及びサイトの管理】**

明確な廃棄物等管理の早期計画は、廃止措置プロジェクト成功の核心である。クリアランスやサイト解放に関する国際的コンセンサスはあるが、各国レベルでは国際レベルとの調和を保った実施方法、許容するための監視の戦略と仕組み等の更なる作業が必要である。

廃止措置の計画策定や明確な廃止措置終了点の定義等に関する利害関係者の早期関与も重要である。調和の取れた実施に向けて、規制者、実施者、国際機関の協力や、廃止措置における廃棄物に関する社会的経済的な要因も含めた重要な経験の交流のためのフォーラム開催が計画されている。

**【基金と費用見積り】**

実際の廃止措置に要する費用、どの程度の財源を廃止措置のために確保しておくべきかには不確実性がある。

現実的な費用見積りに裏付けられた基金管理の仕組みの確立は、多くの国において

重要性が高い。異なるタイプの施設、異なる潜在的危険性を有する施設に対する費用見積り方法、或いは規制上の評価に関する詳細な勧告を整備する。

(iv) 施設の廃止措置のための実証された技術の移転促進

#### 【廃止措置技術】

廃止措置技術は成熟しているのか、更なる重要な改善が望まれるのかという疑問に対し、コスト、廃棄物、被ばくを削減する余地が大きい場合に技術開発は正当化されると考えられる。

先進国において、廃止措置は準成熟技術であると考えられ、アテネの国際会議では、新しく革新的な技術より実証され利用可能な技術が一般的に好まれることが明らかとなっている。国際機関の役割として、

例えば、プロジェクトに最適化された一連の技術といった包括的なアプローチの重要性が考えられ、技術の選定や簡単な技術的解決に関して援助する仕組みを確立することが重要である。

### 3. 結論

様々な種類の原子力施設廃止措置プロジェクトにおいて、既に豊富な経験があり、世界中の進捗や成果を比較し議論することが可能となっている。中長期的観点で、教訓に注目し活用することが重要で、経験から得られるものが効果的な進展に貢献するものと思われる。

RANDECも出版物を翻訳しており<sup>7)</sup>、海外での経験、教訓等を今後の国内における廃止措置の実施に役立てて頂ければ幸甚である。

### 参考文献

- 1) “Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation and Transport Safety and Waste Management,” Revision of the International Action Plan on the Decommissioning Nuclear Facilities, IAEA 2007.
- 2) B. Batandijeva and M.Laraia, “D&D Programmatic and Project-specific Decommissioning Updates,” IAEA, Fall 2007.
- 3) Proc. Int. Conf. on Safe Decommissioning for Nuclear Activities, Berlin, 14-18 October 2002, IAEA(2003).
- 4) 原子力施設デコミッションング及び放射性廃棄物処分に関する欧州調査団報告書(2003年4月): 残部無し
- 5) Proc. Int. Conf. on Lessons Learned from the Decommissioning of Nuclear Facilities and the Safe Termination of Nuclear Activities, Athens, 11-15 December 2006, IAEA(2007).
- 6) 「IAEAの放射性廃棄物に係る安全基準文書について」、願安協だより、第220号(2007.10.25).
- 7) 「原子炉以外の原子力施設の廃止措置 (IAEA技術報告シリーズNo.386) 翻訳版」(平成12年11月発行): 残部有り.

### 3. 燃料貯蔵プールに蓄積されたスラッジの処理・処分

東海事務所 石川 広範

商用炉、研究炉、軍事施設、再処理施設等の使用済燃料プールには大量の使用済燃料が貯蔵されており、これら使用済燃料プールには、使用予定期間を超えたものやプール内部が高度に汚染されているものがあり、使用済燃料プールの解体や浄化は重要課題の一つである。

世界各国の使用済燃料プールで蓄積されている高度に汚染されたスラッジが、世界各国でどのように撤去され、処理・処分されているかについて、米国ハンフォードの使用済燃料貯蔵施設、仏国マルクールUP1再処理施設及び英国セラフィールドのマグノックス燃料貯蔵施設を例にとり紹介する。

#### 1. 米国ハンフォード使用済燃料貯蔵施設

同施設（K Basins spent fuel storage facilities）は、K原子炉（プルトニウム生産炉）からの使用済燃料を一時貯蔵するため建設され、1950年代から供用を開始した。プールの大きさは、38m×20mで貯水容量は4,000klで設計寿命20年の施設である。使用済燃料プールには使用予定期間を超えて、使用済燃料が貯蔵されているため、使用済燃料被覆管の腐食や蓄積されたスラッジ、破片等で使用済燃料プールは高度に汚染された。

使用済燃料プールの接合部等から漏洩が生じたため、早急にプール内の燃料、スラッジ、残存物等を撤去する必要に迫られ、最初にプールから使用済燃料が搬出され、継続してスラッジの除去作業が実施された。スラッジには、金属ウラン（重量%で4～90%）の残存物などの高線量の放射性核種が含まれていた。

スラッジの除去作業は、ストレイナーを装備した水中ポンプを使用し行った。この除去作業は、予想以上に難しく、多くの時間を費やすことになった。その問題点の第1は、スラッジ中に多量の破片が混入しているため、スラッジと破片を分離して除去する必要があった。スラッジを除去するには、破片を取

り除く必要があり、その破片を除去するにはスラッジが邪魔になった。そのため、特殊なバキュームヘッドを開発し、効率的にスラッジと破片の混合物を回収した。

また、空気中に放射性の浮遊物が発生するため、除去作業には呼吸保護具の着用が必要になったことや水中の浮遊物により視界が悪化したことも原因であった。なお、視界悪化の防止対策としては、水中カメラとモニターを使用し改善が図られた。

スラッジには高濃縮の金属ウランが含まれているため、制限値を超える水素ガスを発生する恐れがあることから、廃棄物隔離パイロットプラント（WIPP）に搬出する前に、加熱処理等を行い208ℓ（55ガロン）ドラム缶に固化処理して収納される。この廃棄物は、ウラン・超ウラン廃棄物として、遠隔操作により処分作業が行われる。一般的には、ウラン・超ウラン廃棄物は、廃棄物1g当たり、 $\alpha$ 線を放出する超ウラン同位元素を3,700Bq以上含む廃棄物である。同施設のスラッジ処理から、ドラム缶約1,300本分の廃棄物が発生する。

#### 2. 仏国マルクールUP1再処理プラント

同プラントは、フランス南部のマルクール

に建設されて、主にガス冷却炉や研究炉からの使用済燃料、約20,000トンの再処理を行い1997年に運転を終了している。このプラントでは、ウラン、プルトニウム及び核分裂生成物の分離が、種々の化学溶解セルや溶解抽出セルを使用して実施された。

燃料貯蔵施設No.7は、7.3m×4.6m、深さ6.8m、容量200m<sup>3</sup>で、壁及び床はエポキシ樹脂でコーティングされており、45m<sup>3</sup>のスラッジが蓄積されている。一方、燃料貯蔵施設No.14は、9.8m×4.9m、深さ7.6m、容量357m<sup>3</sup>で、壁及び床はステンレススチールで内張されており、71m<sup>3</sup>のスラッジが蓄積されている。同スラッジは、グラファイト、ゼオライト、酸化マグネシウム、イオン交換樹脂等で構成されており、ウランの含有重量割合は、1～6%である。

スラッジをポンプで汲み上げ、長さ350mのパイプを使用して一時貯蔵プールに移送した。スラッジ除去作業では、吸引ノズル部に水噴射ノズルを取り付け、作業の効率化を図った。

プール上部のカバープレートに可搬式の遮へい付きプレートを取り付け、被ばくを防止するとともに、ヘッド部を回転できる構造にした(図1参照)。ポンプは水中ポンプを使用し、プール上部の全ての配管に遮へいを施すなどの処置を行い、作業者の被ばく低減を図った。

なお、この作業を実施するにあたり、前もってフルスケールで実証試験を行った。2004年に燃料貯蔵施設No.14に装置を取り付けてスラッジ除去作業を開始した。この作業では1日平均、600kgスラッジを除去することができた。除去されたスラッジは、固化処理される<sup>1),2)</sup>。



図1 UP1におけるスラッジの汲み取り作業

### 3. 英国セラフィールドマグノックス燃料貯蔵施設

同施設は、マグノックス燃料の貯蔵と燃料被覆管の分離を行う施設で、1959年～1985年まで使用された。同施設では、約2.5百万の燃料エレメント(約27,000トンの燃料)が取り扱われた。同施設の燃料貯蔵ポンドは屋外にあり、再処理前の放射化されたマグノックス燃料が貯蔵されていた(図2参照)。

1970年代、再処理プラントの停止や発電用燃料の増加に伴い、予想を超える期間、この燃料貯蔵ポンドが使用されることになった。その結果、腐食生成物やスラッジの増加、放射線レベルの上昇、ポンド水の視界の悪化等の現象をもたらすことになった。1970年代にはポンドの放射能レベルは、10<sup>6</sup> MBq/m<sup>3</sup>程度に達した。

これら問題の解決策として、ポンド内の放射線量率を低減するために、イオン交換樹脂を用いた除染が行われたが、この方法ではポンド内の一部を除染できるだけであった。1986年には、ポンド内に1,200m<sup>3</sup>のスラッジが蓄積されていると見積もられた。

視界の悪化、高度の放射能汚染等により、通常の方法による検査やモニタリングを行うことに支障が生じた。そのため、使用済燃料、スラッジ、放射線レベル、構造物等の状

況を調査するために、遠隔操作の水中移動車（ROV：Remotely Operated Submersible Vehicles）を使用し調査を実施した。ROVを使用することにより、使用済燃料やスラッジに関する情報をより正確に取得することができた。また、5,000時間を超えるビデオ撮影も行われ、ポンド内残留物撤去の計画作成に利用された。ポンド内には、約400トンの使用済燃料関連の破片、1,200m<sup>3</sup>の高線量のスラッジ、1,500m<sup>3</sup>の低レベル固体廃棄物が含まれた。

現在の計画では、将来のスラッジの処理処分に備えて、スラッジを鉄製のコンテナに一時的に収納する予定であるが、スラッジの処理プロセスは明確にされていない。高温でのガラス固化、ドラム缶に固化体として収



図2 屋外燃料貯蔵ポンド

#### 参考文献

- 1) M. W. Peres, “A Comparison of Challenges Associated with Sludge, Treatment and Disposal at Several Spent Fuel Storage Locations,” WM’07 Conference, Tucson, AZ, February 25-March, 2007.
- 2) 平成16年度「海外調査団（米国）」報告書、(財)原子力研究バックエンド推進センター、2007.

納、乾燥後の圧縮処理等について検討がなされている<sup>1)</sup>。

#### 4. まとめ

各国の使用済燃料貯蔵プールに蓄積されたスラッジは、汚染核種、汚染レベル、スラッジ密度、蓄積されているスラッジ量、ウラン含有量等様々であり、その処理方法も異なっている。多くの施設では、廃棄物処分場や再処理施設の不足により、多くの使用済燃料プールで当初の使用予定期間を超えて使用が継続されているため、想定していた以上に腐食や放射能汚染が拡大されることになった。また、高線量の破片等の混入、水中視界の悪化、記録の不足などにより、プールの清掃をより困難にしている。スラッジの処理計画を作成するに当たっては、スラッジの内容物、放射線レベル、容量等を正しく確定する必要がある。これらの調査費用や高線量のスラッジ処理費用が増大している。

規制当局は、使用済燃料プール浄化計画を早急に作成し、よりベターな浄化方法を考案しプールの浄化作業を優先的に進めるよう、施設管理者を指導している。

そのためには、使用済燃料プール浄化作業におけるスラッジの撤去作業や処理処分での経験や得られた知見についての情報交換を行うとともに、新しい使用済燃料プールの管理政策に、これらの得られた情報を反映させることも大切であるとしている。



## 4. 廃止措置を考慮した新型原子力発電炉設計

技術開発部 福村 信男

世界で今後15年間に60基から130基の新型原子力発電炉（以下、「新型炉」という。）建設計画がある原子力リネッサンス期を迎えた現在、これらの炉の廃止措置を考慮した設計を何故しなければならぬのかを解説する。

### 1. 原子力発電の動向

原子力発電（原発）は、長期の低迷後ようやく上昇傾向を示すようになった。IAEAの2004年の見積りによると2020年までに世界で430GWeの発電量となり、2002年に比べ20%もの増加である。即ち、現在運転中の原発は442基であるが、今後60基から130基の新規建設計画がある。特に、高度経済成長を続けている中国やインドを含めたアジアでのエネルギー利用は、この期間中に約3倍となる。

米国では、2007年のエネルギー情報局の予測によると、2030年までに発電量は、12.5GWe増加する。これは、2006年予測6GWeの約2倍である。2005年のエネルギー政策法により、新規原発を建設する企業に対し、税額控除やローン保証などの優遇策が示され、原発建設に拍車がかかっている。2007年5月現在、2008年末までに17基のCOL（建設・運転一体認可）申請が計画されている。現在運転許可されている104基にこれらが付加されると総電力量の約20%を占める<sup>1)</sup>。

### 2. 新型炉設計の現状

このようにエネルギー需要増加や原子力リネッサンスが新規炉建設のみならず既存炉の出力増強や許認可延長を促進している。即ち、数年前までは廃止措置を予定していた多数の既存炉がさらに20年以上運転されたりする。米国では、2007年中期までに48基がライセンスを更新され、8基がNRCのレビュー中

で、22基がこの5年間で認可される。出力増強に関しては、2005年以来11基が認可され、10基がレビュー中である。これら既存炉の多くは、安全で信頼できる運転を継続している第2世代のプラントである。しかし、建設中か計画中の新型炉は、第3世代のものである。また、設計研究が進んでいる第4世代の新型炉は、2030年以降に市場に進出すると思われる。これらの推移を図1に示す<sup>2)</sup>。新型炉設計は、革新的であるが、既存炉の設計が基礎となっており、新技術と重要な運転経験に基づいている。軽水炉は、既存炉の約80%を占め、新型炉設計は、PWRやBWRの技術に基づいている。これらの設計は、図1に示すように、ジェネラルエレクトロニクス社（GE）のABWR、ESBWR、ウエスチングハウス社（WH）のAP-600、AP-1000や欧州のEPWR、ロシアのWWER-1000等がある。カナダと同様インドでは、革新型重水炉CANDUを開発中である。また、高温ガス炉については、南アフリカ共和国の国営企業Escom社が実証炉PBMP設計を終えている。仏国のSPXは世界唯一のFBR商用炉である。これらのうちNRCが認可した新型炉は、WHのAP-600、AP-1000、システム80+、GE—東芝—日立のABWR等がある。

### 3. 廃止措置を考慮した新型炉設計

新型炉設計で廃止措置が考慮されない理由として①新型炉運転後60年以上は廃止措置と



図1 原子力発電炉の進化

れない、②ライセンス延長により廃止措置は、初期のライセンス期間より長期になる、③プラントの安全性や経済性に比べ廃止措置は緊急性がない、④長期に亘る運転期間中に進化した技術は、廃止措置に応用できる、⑤高レベル廃棄物や使用済燃料（SF）貯蔵のような処分場等の建設は、廃止措置コストに影響を与えるが、これらは、国家事業であるので産業界が関与できない等が挙げられる。

しかし、前述した新型炉AP-1000の資本費は、WHによると約20億US\$と見積られ、平均的な廃止措置費用は約6億US\$であり、新型炉設計で将来の廃止措置の最適化設計を考慮することは経済的に重要となる。

ここでは、前述の新型炉AP-1000の設計を例にとり、解体時の廃棄物処分費削減のために、従来炉より設備・機器物量をどれだけ削減したかを示す。

AP-1000の標準設計は、出力1100MWeの2ループPWRで、従来の標準型4ループPWRに比べ物量削減を行っている。AP-1000は、NRCが認可した初の受動型安全炉である新型炉AP-600の改良型である。NRCは、2004年

9月に認可したが、変更を行い、2006年5月に最終認可した。設計寿命は、炉容器の更新なしで60年であり、蒸気発生器（SG）などは更新する。図2に機器設計の削減例<sup>1)</sup>を示す。

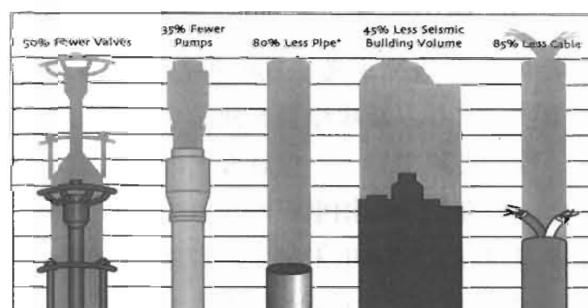


図2 解体を考慮した新型炉AP-1000設計の機器物量削減効果<sup>1)</sup>

上記の他に、これまでの広範囲な廃止措置経験に基づき、新型炉設計で考慮すべき解体を容易にする主要素をまとめると以下ようになる。ここでは、これを“廃止措置設計7要素”と呼ぶ。

①システム設計：機器物量の削減、除染と廃止措置（D&D）作業での細断を容易にするモジュール設計等。

- ②建築物／構築物の設計：建築や構築物の解体を容易にするモジュール設計、構築物からの大型機器の簡単撤去、平滑な床／壁面、汚染物質が入り込むクラック、ひび、継ぎ目の削減等。
- ③運転設計：系統の保守や更新の容易化、除染の容易化、遠隔操作機能の採用等。
- ④材料設計：低放射化材料及びリサイクル／再使用可能材料の採用、有害物質の使用回避等。
- ⑤解体廃棄物：解体廃棄物や混合廃棄物の最小化、Beや黒鉛やNa等の特異物質の考慮、オンサイトか独立使用済燃料貯蔵施設（ISFSI）かオフサイトかのSF貯蔵の設計等。
- ⑥現在と未来の廃止措置技術：従来の廃止措置経験の課題と知見の採用、一定の廃止措置計画更新等。
- ⑦サイト条件：サイト解放、将来の都市化及びD&D中の一時廃棄物貯蔵の考慮。

上記“廃止措置設計7要素”に加え、廃止措置の検討を行うには、①新型炉のシステムや構造物の最適化設計の初期から廃止措置技術者を加えること、②解放基準はこれまで画

期的に進化してきており、残留放射能を持つ物質や土壌の解放基準は、サイト解放基準と同様将来進化すること等の考慮が必要である。

最近のIAEA報告書<sup>3)</sup>には、これまでの原子力施設の廃止措置に関する計画、管理及び組織から得られた知見についてよくまとめられているので参考になる。

#### 4. まとめ

新型炉設計においては、以下の4項目を重視することが必要である。

- ①原子炉の寿命末期で廃止措置を検討するのが普通だが、炉設計開始時点から廃止措置を考慮すべきである。
- ②DID（深層防護）と経済性は、新型炉の設計当初から考慮されるが、廃止措置が数十年後だとしてもD&Dを考慮した設計をすべきである。
- ③“廃止措置設計7要素”は、新型炉の設計と場所を検討する場合、良き材料となる。
- ④新型炉の設計当初から廃止措置要素を考慮すると廃止措置コストが適度になることを保証できる。

#### 参考文献

- 1) Jas S. Devgun, “Designing Decommissioning into New Reactor Designs,” Radwaste Solutions, Vol.14, No.5, September/October 2007.
- 2) 松井 一秋、“第4世代原子炉開発の動向”、季報 エネルギー総合工学、Vol.24 No.4 (2002.1).
- 3) “Planning, Managing and Organizing the Decommissioning of Nuclear Facilities: Lessons Learned,” IAEA-TECDOC-1394 (2004).

## 委員会報告

平成20年7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
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7月3日
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8月28日

## 総務部から

### 1. 人事異動

#### ○職員等

異動（8月1日付）

兼 技術開発部（情報管理部）

深尾 泰右

## ご案内

### 第20回「報告と講演の会」

当センター主催の第20回「報告と講演の会」を下記の日程で開催いたします。

開催日時：平成20年11月28日(金) 13時00分～16時50分

開催場所：石垣記念ホール(赤坂・三会堂ビル9F)

内 容：

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 殿

事業報告：

- ・「金属廃棄物リサイクル総合評価システム(RECOSTE)の開発」  
技術開発部 調査役 福村 信男
- ・「研究施設等廃棄物の物流システム事業化に向けた取り組み状況」  
企画部長 日野 貞己
- ・「天然ウラン、トリウムを含む製品の利用状況と安全確保」  
技術開発部 調査役 桜井 直行

### 平成20年度「海外調査団(米国)」参加者募集のご案内

研究施設等廃棄物の処理処分の準備が本格化する中、当センターでは「海外調査団」の派遣を実施いたしますので、奮ってご参加をお願いいたします。

今回の調査は、バーンウェル(サウスカロライナ州)及びクライブ(ユタ州)処分場ならびにベアクリーク(テネシー州)処理施設を視察し、米国における低レベル放射性廃棄物の処理・処分の最新の情報を収集することを目的としております。詳細につきましては、別途募集要項でご案内させていただきます。

実施時期：平成21年2月5日(木)から2月15日(日)(予定)

問合せ先：総務部 佐藤 Tel. 03-3591-3091

©RANDECニュース 第78号

発行日：平成20年9月22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](mailto:decomi@randec.or.jp)