

# RANDEC

## ニュース

（財）原子力施設デコミッションング研究協会会報 Oct. 1994 No. 23



### 原子力技術体系完成のために

日本原子力研究所東海研究所

副所長 立川 圓 造

今年は例年のない異常な猛暑にみまわれ、連日「水不足」と「電力消費量」に関する記事が新聞紙上をにぎわした。

現在人類が直面している種々課題の中に「エネルギー確保」と「自然環境との調和、更には自然の回復」という大きな2つの課題がある。この2つの課題に対する種々対応のベストミックスが原子力発電であり、我が国での原子力発電による総発電容量は3800万kWを越えるまでに成長している。ここに到るまでには、安全第一主義を絶えず念頭に、被曝低減、コスト低減、廃棄物発生量の低減という3つの低減化を指向して種々の技術開発を進めた歴史がある。

今後これら3つの低減化は勿論のこと環境対策をもふまえた原子力発電技術開発が押し進められるところであるが、一方では既存原子力発電炉の寿命対応に関しても、これらを十分に包含した技術開発が必要である。我が国での現在稼働中の商業用発電炉48基のうち約20基は60～70年代に稼働に入ったものであり、既に建設から20年以上経っている。今後原子炉の長寿命化との関連があるが、“生あるものはいずれは死す”の譬えの如く、これら軽水炉の廃止措置の本格的開始時期はそう遠くはないであろう。

一般には新しい構造物の建設、更にはその運転・使用等、一見して建設的な事柄には積極的に取り組み易いが、後始末的な事柄、例えば廃棄物処理、廃止措置等に対しては今一つ積極的になりにくいと言う方もおられるようだ。しかし見方を変えれば、何事も、例えば魚であれば頭があり、胴があり、尻尾があって全体を成すように、物事を始めるには先ず頭から順次尻尾に向かうのである。原子力技術も今、尻尾に到着、これを完成

させることにより全技術体系を形成することになると考えられる。尻尾なくては魚は生きられないのであり、尻尾の完成こそ最終の段階である。

この廃止措置技術開発に関しては、よく知られているように、原研において昭和56年度からJPDRを使用して解体技術開発を進め、昭和62年度からは解体実施に入り、平成7年度には全て終了すべく現在最終段階に入っている。これらの期間を通し、ハード的には压力容器、格納容器、更には生体遮蔽コンクリート解体工法技術の確立とともに、諸外国での解体技術、評価法等についての情報交換も行いつつ、独自の、かつ汎用性のある解体システム、種々評価システム等を含むソフト技術の確立を目指している。

一方これらの解体実施計画を進める上で感ずることは、JPDRの建設当時は原子力発電技術の開発と習得に力点が置かれていたが、これに向けての努力が現在では高度の安全性のほか、先に述べた3つの低減化、更には維持管理し易い作業環境の確保に力点が移行している。今後は、更に発電炉が役割を果たしたあとの処理、すなわち廃止措置の観点からの考慮を設計に生かすべき時代と考える。

これは発電炉に限られるものでなく、他の関連原子力施設についても同様である。原子力発電炉の安定稼働を維持・促進するためにはウラン濃縮、転換・加工から燃料再処理、廃棄物の処理にいたる種々施設の安定・安全稼働が必須であるとともに、これらの廃止措置及び新たな施設の建設が必要となる。したがってランディックの事業の1つとして、解体技術開発に止まることなく、これまでに蓄積されたデータを全ての原子力施設の設計・運転に反映させるべく、データベースのより一層の整備・充実を図り、これらに対する積極的な提言を期待したい。



# 原子力における「国際協力」について

財団法人 原子力施設デコミッションング研究協会

理事長 村田 浩

村田理事長から原子力開発の黎明期における数々のエピソードをお話いただき、「原子力の黎明期の頃」と題して8回にわたって掲載してまいりましたが、前回をもって終了いたしました。今回、新たに「原子力における”国際協力”について」と題して、原子力の創世期から現在に到るまでの原子力の開発利用の推進は、まさに国際協力の問題を抜きにしては考えられないことを、色々な場面に立ち会われ、現在もその方面で御尽力されている理事長からお話し戴きました。原子力の開発に携わる私達にとって、今後の指針にもと考え前回同様、特集として本紙に掲載することと致しました。

今まで国際協力についてまとめた話はあまりなかったかな。

(そうですね、国際協力という形ではあまりなかったようです。国際的な関わりということでお話できればと思います)

それではね。原産の方から、毎年一度は東南アジア諸国に対する原子力協力ミッションを頼まれて行ったりしているが、この話の具体化には恐らくこれから5、6年位掛かるだろうからね。もっと古い昔の話から始めるとしよう。

私は原子力に関係する前から国際協力にかかわる機会が多かった。昭和30年に、当時の経済審議庁に新設された「計画部原子力室」に参加する前から、開発途上国に対する経済協力問題を勉強したりしていたからね。又、ヌルクセ教授の”デモンストレーション効果”に共鳴して国際経済学会に入会したこともあるくらいだ。そうした経験から始めて原子力の世界に入ったのだけれども、原子力の平和利用というのは、将に「国際協力で始まり、国際協力で”発展する”」と考えています。

今日みる我が国の原子力開発利用の発展は、もちろん我が国自身の営々たる努力の成果ですが、いまふり返ってみると、如何に国際協力が貢献しているかが判るでしょう。ただし、これまでの国際協力は、主として先進諸国から「入る」方の協力であったが、これからは開発途上国へ「出る」方の協力で、もっと力を注がねばならぬと思っ

ていますがね。前置きはこのくらいにして、私自身が原子力の国際協力の問題に関わるようになったのは、まあ、昭和30年頃から始まった日米原子力協定からです。その当時はね、アメリカがダントツの原子力先進国でね。戦後、日本がようやく原子力の研究・開発に着手できるようになったのは、サンフランシスコ条約発効後のことですが、最初の仕事というのは、これは前に話したかかどうか忘れたが、中曾根さん達超党派の国会議員、4人の侍達と呼ばれていたが、そういう方々が原子力を是非やらなきゃならないということで、早速、議員提出で予算を取られたのが、昭和29年度予算2億3500万円です。その2億3500万円というのは、もう今や皆さんが知っているように何のことはないU-235で、積み上げはないんだな<sup>注1)</sup>。

(掴みで)

そうそう、掴みでね。その予算を使った唯一の仕事は、私の記憶では、先ず、とにかく欧米先進国の状況を調べることだ。そういうことで、国会の先生方などがアメリカ並びにヨーロッパに調査に出掛けた。その費用にいくら掛かったかは知らんけれども、少なくとも2億はかかっていなかったと思う。それだけが昭和29年度に使われた予算です。先ずその調査から海外では非常に原子力の平和利用がどんどん進んでいるということかわかった。日本でもぜひやらなくてはいかんという議論が出て、さて、始めるとなった時、問題は

注1) 実際には更にウラン探鉱調査費1500万円を追加し、2億5000万円とされた

金と人と組織、それからウラン。お金と人と組織はなにをやるにしても必要なわけで、原子力の平和利用にはウランがなければどうしようもない。

そこで国内を探そうということで、地質調査所に2年計画だったと思うが、それまで調べてあった全国のデータを再調査し、さらに目星い所の鉾石を採取し調べてもらった。その結果、人形峠鉾山が出てきたんだけど、どうも日本には貧乏鉾しかないと言うことが調べているうちに分かってきた。天然資源に乏しい国だなということだね。

それで海外から入れなければならないということになり、海外から入れるについては先進国から入れなければならない。まずアメリカだという話になった<sup>2)</sup>。ですから、そういうような燃料を入れたり、さらに原子力技術や設備を導入したり、研究を進めたりするには原子力協定がいる。早速、協定の交渉が始まった訳だけれど、なにせ原子力については初歩的段階にあったから色々なことがあった。もう言ってもいいだろうけれども、有名な話ですが、燃料輸入についての日米協定の案文に翻訳ミスがあった。外務省が翻訳した訳だが、現在色々な所で問題にされている使用済み燃料のことで、それが英語では irradiated fuel となっているのを、英語の専門家が radiate していない fuel と訳した。だから利用されていない、つまり、まだ放射能化されていない燃料と訳したわけで、全く反対の意味になってしまった。それで大騒動になった。

で、当時は、原子燃料は普通ではとても手に入らないだろう、結局、国が手配するしかないのではないか。それには国の協定がいる。そこで、協定を作った訳ですね。しかも、天然ウランはアメリカだけが供給国ではない。当時としても南ア共和国があったし、カナダもあった。カナダは、ご承知のように、早くから天然ウランを開発し、天然ウラン型原子炉がある訳ですね。天然ウランはアメリカ独占ではないから、押さえられない訳です。そういう制約がないということが、日本として、最初の研究炉、動力炉を含めて天然ウラン炉をやりだした理由なんですね。つまり、濃縮ウランはなかなか手に入らない。天然ウランでやるし

かない。天然ウランでやろうと思えば重水減速炉か黒鉛減速炉ということになる。で、必然的にそういう原子炉を研究開発することになった。

最初にアメリカから購入したJRR-1、JRR-2、これは濃縮ウランを使った原子炉です。そこで、政府が濃縮ウランをアメリカから購入した。つまりアメリカ政府は、協定に基づいて濃縮ウランを日本政府にしか渡さなかった訳です。こうして、政府が入手した濃縮ウランを研究をやる場所、つまり原研に貸し与える訳です。研究所が所有する訳ではない。そういう形だった。そういう状況だと、民間が原子力発電をやるのに非常に大きな制約がある。そこで前に話した石川ミッションが1956年に欧米を視察して、どの原子力発電所が日本に導入する最初の原子力発電所として相応しいかという調査をした。その結果、当時の状況としてはコールドホール改良型・マグノックス型炉が適当であると報告した。同時に、それだと天然ウラン方式だから、日本としては今後国産化し易いという考えがあった。日本に続いてイタリアが原子力平和利用を開始し、イタリアも天然ウラン炉を購入している。そういう情勢の中でアメリカが原子力法を変えて、低濃縮ウランを民間に売るという方針を出した。そこで日本の電力会社は濃縮ウラン炉の導入の方が変わって来た。しかし、濃縮ウランを民間が買えるようにするためには、それまでの原子力協定を変えなくてはならないということで、そのような協定の改定交渉が始まった訳です。爾来、1986年の包括協定に到るまで日米協定は何回か改定されています。

もう一つはアイゼンハワーのAtoms for Peaceの政策に基づいて、アメリカ政府は平和利用を承認するという方針を打ち出した。原子力平和利用をやりたい国には、アメリカ原子力委員会の技術情報、US-AEC Reportsを無償で提供する、またアメリカから研究用原子炉を購入すれば35万ドルの費用を負担すると言う訳です。ですから、日本だけでなく、各国とも、特にそれまで原子力をやっていた国々にとってはまさに恩恵だった訳で、日本もその計画に取り組んで、最初に入れたのがJRR-1でしょう。(以下次号)

注2) 最初は双務協定ではなく、生産国の色をつかないIAEAから購入すべき、という話があり、原研がIAEAから4 tonの天然ウランを購入した。しかし結局は原産国カナダという色がつき、1回だけで取り止めになった。IAEAからウランを買ったのは現在までに日本の4 tonだけである。

# 新たな除染手法を用いた $\alpha$ - $\gamma$ セルのデコミッショニング

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター

照射材料試験室 秋山 隆

## 1. はじめに

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センターの照射材料試験室（以下MMSという）では、試験機及び設備機器の性能低下と高線量化が著しい被覆管試験セル（ $\alpha$ - $\gamma$ セル）のデコミッショニングを実施した。工事は、セル内の貯蔵ピットを除く全ての試験機及び設備機器を除染・解体及び撤去した後、高度化した試験機、設備機器を設置し遠隔保守性を改良することにより、照射後試験機能を向上したセルとして再使用するものである。

本デコミッショニングの特徴は、ドライアイスプラスト法と電解研磨法による除染及びエアープラズマ切断法による解体といった新技術を採用することにより、本作業は、平成5年4月より開始し、平成6年7月（正味13ヶ月）に終了した。本報告では、これらの新たなデコミッショニング手法を採用したデコミッショニングの特徴と実績を紹介する。

## 2. 被覆管試験セルの概要

被覆管試験セルは、高速炉用の燃料被覆管材料の照射後試験を行う $\alpha$ - $\gamma$ セルである。本セルでは1973年から約20年間に亘って照射済被覆管の強度試験、急速加熱バースト試験等の強度試験が行われてきた。図-1にデコミッショニング前の試験機及び設備機器の配置図を示す。

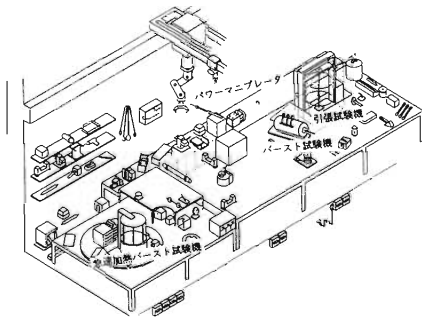


図-1 デコミッショニング前のセル内の試験機及び設備機器の配置図

強度試験では、被覆管内面に少量のU, Pu等の核物質が付着した状態で、高温（500～1200℃）まで被覆管を加熱するため、試験機及びセル内は、U, Pu, Cs等の核種で汚染している。汚染形態については、高温まで上昇した試験機部位では、表面への固着または金属母材に浸透した汚染形態であるのに対し、セル内のライニング及び設備機器は、表面に単に付着・堆積した汚染形態である。遠隔除染後のセル内空間線量当量率は数十～数mSv/hに達している。

## 3. デコミッショニングの基本方針

本セルのデコミッショニング時の制約条件を以下に示す。

- ①放射性廃液処理設備を持たないため、多量の水の使用ができない
- ②セルは再使用を前提としているため、セル気密部パッキン等に悪影響を及ぼす化学薬品（強酸類）を用いた除染ができない
- ③セル内は多数の試験機及び設備機器が配置されているため、効率的な遠隔除染が期待できない
- ④高レベル廃棄物の搬出量及び前処理施設の処理量の制約があり、施設での低レベル化処理（廃棄物容器表面：0.5mSv/h以下）と合わせて施設内でも廃棄物搬出のための前処理を相当量行う必要がある
- ⑤セル内への立入り除染は、作業員の被ばく量の増大及び立入り作業に伴い発生する廃棄物が膨大となるため、最小限に止める必要がある  
上記の制約条件を考慮し、新しい除染手法及び解体手法を採用した。

## 4. 除染・解体技術

### (1) ドライアイスプラスト除染法

本手法は、ドライアイスのペレットを圧縮空気(0.68～1.9MPa)で被汚染物に噴射し除染するものである。噴射物がドライアイスであるため、昇華することによって二次廃棄物が発生しない特徴がある。

プラストによる放射性物質の飛散は、インセル

フィルターの線量当量率の上昇を生じるため、局所フードの使用及び除染物に塗膜剝離剤を塗布してからブラストすることにより、汚染の飛散を抑制した。

## (2) 電解研磨除染法

ドライアイスブラストによる除染を行った後、さらに汚染密度を低減させる必要がある場合に電解研磨除染法を採用した。本方法は、試験機及び設備機器を解体した後、廃棄物の低レベル化処理(0.5mSv/h未満)のための除染法として浸漬式電解研磨法を、またセル内のライニングの除染には移動式のコテ式電解研磨装置を適用した。

その際、各除染に最も効果的な電解液を開発した。コテ式電解研磨装置は、除染物を陽極、コテ側を陰極として特殊布性のモップに電解研磨液を湿潤させ、除染対象物の表面を軽く拭き取ることにより除染するものである。コテ式電解研磨手法による除染状況を写真-1に示す。

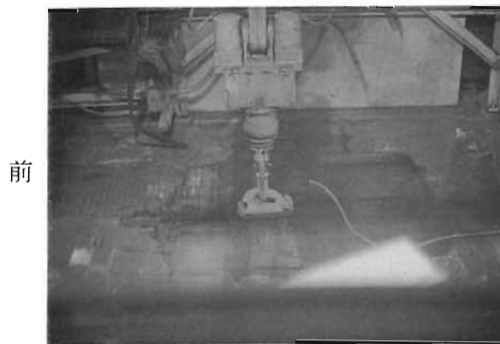


写真-1 コテ式電解研磨手法による除染状況

## (3) エアープラズマ切断手法

セル内に立入り作業する上で、本法は切断時間が機械式に比べ極めて早いため、被ばくの低減化に有効である。しかし、溶断時に発生する煙(ヒューム、0.1~3 $\mu$ m)がインセルフィルター(高性能フィルター)の目詰まりを引き起こすという欠点がある。そのため、ヒュームの飛散を防止するための局所フードを設置するとともに、インセルフィルターの前段に前置フィルターを設けることにより目詰まり防止を図った。

## 5. 除染・解体工事

セル内に設置されていた貯蔵ピットを除く、全ての設備機器及び試験機を解体撤去し、セルのデコミッションングは、平成6年7月に完了した。

放射性廃棄物は、ドライアイスブラスト除染、電解研磨除染及び従来手法の除染法により、高 $\alpha$ 固体廃棄物として約0.6t、低 $\alpha$ 固体廃棄物として約8.7tを搬出した。その内、約90%が金属類(SUS材、SS材、Pb材)、残りの10%は電気部品、電線ケーブル等の不燃物である。また、デコミッションングのために発生する放射性二次廃棄物の発生量は約0.7tであった。デコミッションングの前後におけるセル内の線量当量率の推移を図-2に示す。

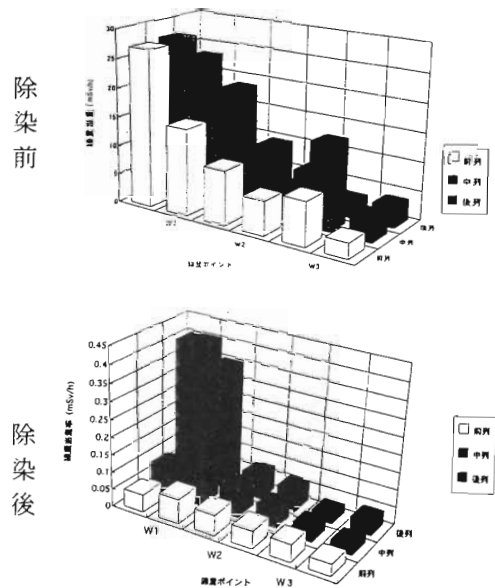


図-2 被覆管試験セルのデコミッションング「前後」における線量当量率の変化

デコミッションング後のセル内の最終的な線量当量率は、局所的に高い位置を除き、約0.05mSv/h以下にまで低減することができた。また、セルライニングの表面密度は、0.4Bq/cm<sup>2</sup>レベル( $\beta$ - $\gamma$ )まで低減できた。

今回新たなデコミッションング手法として採用したドライアイスブラスト除染法による除染係数は、2~20、コテ式電解研磨における除染係数は、60~100が得られた。

ドライアイスブラスト除染、電解研磨除染及びエアープラズマ切断法は、遠隔操作が可能であり作業者の被ばく低減化及び廃棄物低減に大きく寄与することが実証された。

# 今なぜデコミッションング(廃止措置)か？(その5)

RANDEC

専務理事 新谷英友

原子力施設の廃止措置はアメリカを始め、先進各国で進められています。今回はドイツの状況について述べます。

## 1 ドイツの原子力事情

ドイツでは現在20基の原子力発電所が稼働しています。原子力の総電力量は1500億kWhで全体の約30%を賅っています。ドイツでは社会的、政治的に環境問題が大きな関心事となっており、原子力発電所も1989年に運転を開始したNECKAR GKN-2を最後に、現在は建設中のものもなく、また新たな建設計画もありません。

東西ドイツの統合の後、東ドイツのグライフストとシュテンダールで建設中だったソ連製の原子炉も西側の安全基準に適合させるには費用が掛かり過ぎるとの理由で全て中止になっています。このような事情で現在、不足する電力はフランスからの輸入に頼っています。

放射性廃棄物の最終処分のため、ドイツ政府は現在ゴアレーベン、コンラッドおよび旧東ドイツのモルスレーベンの三つのサイトで整備計画を進めています。

ドイツで既に閉鎖した発電用原子炉は16基、その他研究用原子炉、核燃料サイクル施設などの施設が運転を取り止め、廃止措置を実施しています。廃止措置の技術開発はカールスルーエ原子力研究所やハノーバー大学などが中心になって積極的に進めています。

電力会社でも解体経験を得るため幾つかの発電所の廃止措置に取り組んでいますが、本格的な解体撤去は20年先になる見込みです。

## 2 ドイツのデコミッションング

ドイツでは、「廃止措置」を施設の有効寿命の終り当たり、人や環境に悪影響を与えないように適切な配慮をもって施設の供用を取り止めるための一連の活動であると規定しています。この場合、安全面で最も基本となる放射線防護の考え方はICRP(国際放射線防護委員会)の勧告とIAEA(国際原子力機関)の基準に準拠することになっています。

廃止措置に関する法律上の扱いとしては、連邦政府の原子力法によって規制されることになって

います。それによると、廃止措置の方式を「原子炉の閉鎖」Stage-1、「安全貯蔵」Stage-2および「解体撤去」Stage-3の3種に分類し、これに対する許可と監督の権限を各州政府に付与しています。現状では詳細な規定は無く、今後廃止措置の具体的な経験を参考に逐次条文整備を図ることとしています。

### ○ デコミッションングの実施計画

ドイツでは商用炉、研究炉、ウラン鉱施設、核燃料工場、試験用再処理施設など廃止措置が必要な施設が多数あります。ここでは代表的な4つの原子炉の例を述べます。

#### (1) リンゲン炉 (BWR 255 MWe)

この発電所は1978年に運転を停止し、翌年にStage-1(原子炉閉鎖)方式で廃止措置を行うことを決め、1983年に許可申請を行い、1985年に許可を得ました。廃止措置は3年後の1988年に完了しましたが、解体撤去(Stage-3)に持って行くまでの少なくとも2010年まではStage-1の状態を続けることになっています。これに要する総費用は1億3千万マルク(約83億円)と見積もられています。

#### (2) グンドレミンゲンA号炉 (BWR 237 MWe)

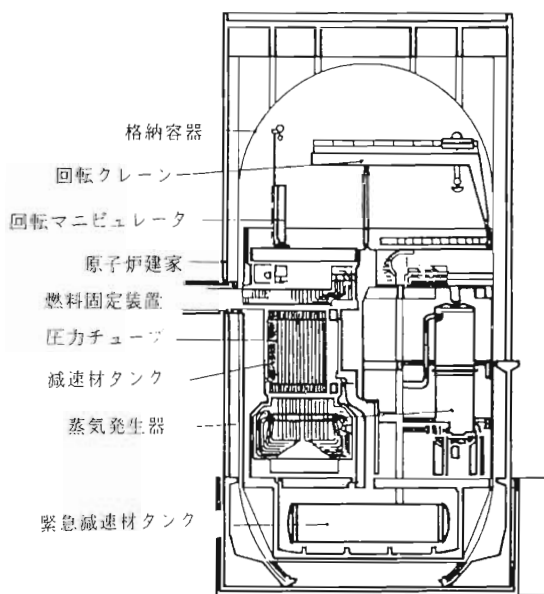
この発電所は1980年に運転を停止し、安全貯蔵(Stage-2)方式で廃止措置することを決め、実際の措置は1982年に開始されました。この計画はECが進めているデコミッションング研究開発計画の一環として行われました。原子炉建屋内の一部設備の解体も1990年に開始され、間もなく終了の予定です。しかし、原子炉本体の解体撤去は最終処分方式が確定するまで見送ることとしています。この廃止措置で適用された特徴的な技術としてはアイスソーイング法があります。これは入り組んだ配管等を内装した機器類を水で凍結、固定して切断する方式で、粉塵による汚染の拡大を防止し、作業による被曝を低く抑えることが出来ました。

#### (3) ニーダーライヒバッハ炉 (GCHWR 100MWe)

この炉はカールスルーエ研究所にある重水減速ガス冷却型の試験用発電炉で、1974年に永久停止しましたが、1980年に廃止措置技術の実証試験の

ためにStage-3の解体撤去を行うことを決めました。ドイツにおける唯一の完全解体計画ですが、1986年に許可が得られたものの、これに対する行政訴訟が起り、一年間作業が遅れました。解体作業は1988年に開始され、1994年中に終了の予定です。

この炉は軽水型の原子炉とは異なり、原子炉の炉心が351本の垂直圧力管の集合体になっており(図参照)、この解体のためマストタイプのマニピュレータを開発し、先端に取りつけられた12種類の道具を駆使して圧力管の撤去を行いました。



ニーダーライヒバッフ原子炉建家

マニピュレータで削りとか穴開け、トーチ操作などの作業を行いました。コンピュータ操作での誤差が10mm以下という高性能を実証しました。原子炉周辺の生体遮蔽体やタンク類の切断にはリングソーが用いられました。

発電用のタービンとかコンデンサーなど再利用可能な設備類は火力発電所に転用され、付属の建屋は廃棄物の保管用に利用されました。

発生した廃棄物のうち、汚染の無い130000tは無制限で再利用され、汚染の低い1700tが溶融されて制限付きで再利用されることになっています。その他の汚染廃棄物1200tが最終処分場で埋設される予定です。

原子炉の停止後に用いた廃止措置の総費用は1億8千万マルク(約115億円)と報告されています。

#### (4) THTR-300炉 (HTR 296 MWe)

この炉は高温ガス炉ですが、新しい安全基準に適合出来ずに予定より早く1988年に永久停止したため、解体資金の積立が間に合わず、困惑したというユニークな原子炉です。結局、連邦政府、州政府、オーナーの資金提供で1989年から廃止措置に入りました。当面はStage-2の安全貯蔵を行い、その後放射能が減衰するのを待って30年後に解体撤去することになりました。安全貯蔵の費用が2億2千7百万マルク(約145億円)、解体撤去の費用が3億3千5百万マルク(約215億円)と見積もっています。

#### ○ 旧東ドイツの原子炉

1990年の東西ドイツの統合後、旧東ドイツで運転中であったロシア製発電炉(ラインズベルク炉 - PWR 70MWe およびグライフスヴァルト1~4号炉 - 各PWR 401MWe)は全て安全性の観点から永久停止され、また建設中のグライフスヴァルト5~8号炉とスタンダー1、2号炉の工事も中止されました。

運転中だった5基の解体費用は、使用済燃料の処理や廃棄物の処理費を含めて130億マルク(約8320億円)と見積もられており、連邦政府は民間の協力を含めて資金の調達に苦慮しています。廃止措置の計画作りにはカールスルーエ研究所から派遣された専門家が当たっていますが、具体化にはまだ時間がかかりそうです。

#### 3 廃棄物対策

ドイツでは解体廃棄物を含む放射性廃棄物の処分のため、深地層の処分場の計画を進めています。非発熱性の廃棄物はコンラッド鉱山を活用する構想で1994年内に許可を取得し、3年後の1997年に供用開始の予定です。貯蔵能力は64万m<sup>3</sup>で50年間にわたり、全ドイツの95%の廃棄物を収納する見込みです。旧東ドイツでの処分場として使用されていたモルスレーベン岩塩鉱が2000年まで供用されることになり、コンラッド処分場が完成するまでの間、代役を務めることになります。

ドイツでは金属解体物の再利用に熱心で、現在ジンペルカンプ社が20tと3.2tの誘導炉で溶融し、再利用を進めています。後者の炉は鉄のほか、真鍮、アルミ、黒鉛等も処理可能な高性能なものです。

ドイツでの再利用の基準としては、無拘束再利用基準が0、1Bq/g、原子力での限定利用の基準が74Bq/gと定められています。

# アクチニド分解研究の現状と動向

## — CEA との技術協力 —

動力炉・核燃料開発事業団

再処理技術開発部 小 沢 正 基

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物 (HLLW) 中の核種分離に関する専門家会議をさる6月1日から3日にかけて動燃東海事業所において開催した。動燃事業団 (以後PNC) はフランス原子力庁 (以後CEA) との間で、原子力の先進技術を促進させることを目的とする技術協力協定を1991年6月に締結している (RANDEC ニュースNo. 10(1991, 8))。本会議は同協定に基づくもので、分離分野としては今回で第4回目となる。

### 2. 核種分離の目的と範囲

HLLWにはランタニドやCs、Sr、Ru、Tc等の大量の核分裂生成物の他、Am、Cm及びNp等のマイナーアクチニド (MA) が含まれている。HLLW中からこれらアクチニドを除去することで、HLLW固化体の内蔵毒性が低減し、しかもその毒性が有為である期間が短縮されることにより、地層処分上の負荷が軽減される可能性がある。また回収されたMAは高速炉の燃料資源として再利用できる。PNCではアクチニド核種の分離プロセスとして、中性の二座配位型有機リン系抽出剤であるCMPO (OφD[IB]CMPO: 図-1) をTBPと混合して用いるTRUEX法 (TRansUranium EXtraction) を選定し、その研究開発を進めている。

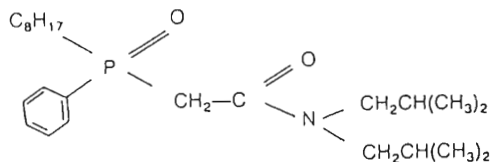


図-1 CMPO

### 3. CEAとの協力の概要

1991年11月以来、毎年1回分離技術に関する専門家会議を開き技術交流を深めている。協力の範囲としては当初アクチニド分離技術の比較 (PNCとCEAはそれぞれ異なる新抽出剤を用いた分離研究を行っている) を主目的としたが、次第に協力の範囲が拡大し、PUREX法の高度化研究や、さらに前回からは長寿命核分裂生成物の分離研究が追加されるに至っている。

#### 1) CEAにおける研究の現状

フォンテネオローズ研究センターにおいては、マロン酸型ジアミド (図-2) とそれによる分離法 (DIAMEX法) を研究開発中である。

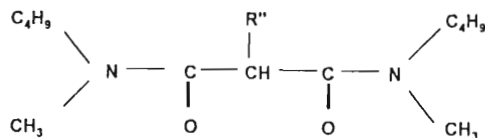


図-2 マロンジアミドの例

CEAは分子中にリンを全く含まず、廃棄物処分の容易な新抽出剤の研究を意欲的に行っており、その対象はHLLW中のMA分離に留まらず、溶解液中のアクチニドの分離、またランタニドの分離にも検討が及んでいる。ジアミドも二官能性の為にアクチニドに対し優れた抽出能を発揮するがCMPOと比べると若干劣る。そのため、アミドを修飾するアルキル基の種類や立体配座等を系統的に検討してその分子構造を最適化する基礎研究を進めている。最近になって、DIAMEX法による実HLLWを用いた向流多段試験が実施された。またランタニド分離の為に新抽出配位子として、ピコリンを配した新しいモノアミドの構造最



適化に関する研究成果が紹介された。一方カダラッシュ研究センターでは放射性廃液中のセシウム、ストロンチウム等の核分裂生成物を対象とした大環状化合物による分離研究が進められている。今回の報告では、クラウンキャップを配した新しいカリックスアレン誘導体のCsに対する良好な選択抽出能に注目が集まった。

## 2) PNCにおける研究の現状

アクチニド核種の分離は将来の”アクチニドリサイクル”における新しい再処理構想の要となる技術である。PNCではTRUEX法についての研究を主体に進め、PUREX法の改良やHLLW中の長寿命核種の分離を対象とした新しい抽出配位子の研究にも着手している。主な研究項目は次の通りである。

### ○アクチニド核種分離:

- TRUEX法の適用性、改良・高度化
- ランタニド分離法の開発及びTRUEX法への付加

### ○PUREX法の高度化:

- Np、Tc及び白金族制御/分離機能の強化
- ソルト・フリープロセス (In situ 電気化学プロセスの適用等)

### ○新配位子の研究:

- 大環状化合物の適用性、分子構造の最適化

TRUEX法については1990年より本格的な研究に着手し、主に高レベル放射性物質研究施設(CPF)のホットセルにおける実HLLWを用いた向流多段試験を機軸に成果を挙げつつある。本協力の間ではCMPOのアクチニドに対する優れた抽出分離特性をDIAMEX法と比較提示し、議論を進めてきている。TRUEX法の改良については、独自の”高硝酸濃度条件”を採用したフローシートによるNp及びRuの抽出/分離性の向上、また各種ソルト・フリー試薬を組み合わせることによるアクチニドの分別的逆抽出法の案出に焦点をあてている。本会議ではこれら成果の他に、CMPO-金属錯体構造及びその錯形成反応の熱力学的データ、第三相生成・消滅特性、溶媒劣化物の生成・洗浄等に言及している。新配位子については、過去数年間に渡り複数の大学の協力を得つつ大環状化合物に着目した研究を実施して

きた。その成果として構造に改良を施したクラウンエーテル及びカリックスアレンの誘導体にSr、Cs及びランタニドのそれぞれに対する選択抽出能が見出されている。PNCではPUREX法におけるネプツニウムの抽出性促進において特別な試薬を用いないフローシートの検討をしており、これについてもCEAと議論を交えている。

## 4. まとめ

アクチニドリサイクルはPNCにおいては比較的新しい構想であり、これを支えるHLLWの核種分離は対象とするアクチニドの存在量が微量であること、種々の妨害イオンが存在すること、また高放射線・高硝酸下での抽出操作であること等から、プロセス化学的に非常に難しい操作である。従って、本技術を燃料サイクル技術の一つとして成立させるまでには、基礎研究の積み重ねによる着実な技術の進展と正当な評価が不可欠である。この点ではほぼ同時期に同様な構想(SPIN計画)を立てたCEAとは、競争的な協力関係をさらに強化していくことが重要と考えている。本分野での協力においては次回専門家会議が来年6月、フランスにて開催されることが予定され、また研究者の長期相互派遣も既に実現している。

終わりにあたり、前述のCMPOは種々の液性の放射性廃液からのα核種の抽出能に優れているので、核施設の解体の際の化学除染剤としても注目される。実際にDOEではハンフォード施設に貯蔵された廃棄物の浄化を目的として、CMPOに独特な構造のクラウンエーテル(図-3)を混合した溶媒によるアクチニド及びSrの一括除染フローシートの開発を進めている。

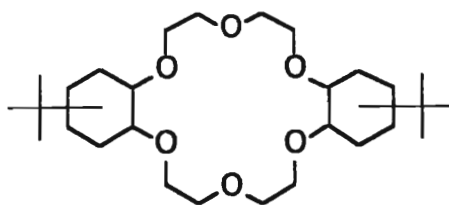


図-3 クラウンエーテル ; DtbuCH18C6

# 海外調査報告

— SPECTRUM' 94 に参加して —

RANDEC 上家好三・江連秀夫

米国・ジョージア州アトランタ市において開催された放射性廃棄物及び有害廃棄物の管理に係る国際会議「SPECTRUM' 94」に出席し、放射性廃棄物の処理処分に関する各国の情報を収集するとともに、アルゴンヌ国立研究所のEBWRの現状の視察・調査及びSEG社の放射性廃棄物の処理状況及び再利用について調査したので紹介する。

## 1. 調査の概要

### 1.1 SPECTRUM' 94 参加

#### (1) 本会議

本会議は、1994年8月14日より18日にわたり開催され、32ヶ国から約1200名が参加した。日本からは22名が参加し、6件（動燃、原研など）の発表があった。本会議では、放射性廃棄物及び有害廃棄物の処理に係る研究開発、環境修復活動、施設のデコミッションング、各国の廃棄物管理に係わる規制など、52セッションにのぼるトピックスに対して502件（口答発表 358件、ポスター 144件）の発表があったが、ベラルーシュ、ウクライナなど旧ソ連邦の口頭発表の取消（論文は出したが発表者が出席できない）も多かった。

施設のデコミッションング(D&D)では、EU、ベルギー、ドイツ、日本などから7件の発表があった。EUからは5ヵ年計画に基づくプラズマアークCO<sub>2</sub>レーザーによる解体技術等のR&D、イギリス(WAGR)、ベルギー(BR-3)、フランス(AT-1)での解体プロジェクトの進捗状況について発表があった。

ベルギーからは、高レベル廃液タンクの除染経験と教訓について発表があった。

また、ドイツからは排ガス処理室遠隔解体の経験が、日本からは動燃(RANDEC鈴木氏共同発表)の $\alpha$ ・ $\gamma$ 施設(AGF)におけるホットセルの改造と除染に関する経験の発表があった。その他興味深い発表としては、米国DOEのD&D活動における廃棄物管理の考え方、商用炉のデコミッションングにおける放射能測定とその評価等があげられる。

#### (2) Savannah River Site Technical Tour

サバンナリバーサイト(SRS)はサウスカロライナ州の南西部、ジョージア州との州境に位置し

ており、米国エネルギー省の重要な原子力施設として1952年から核兵器用の原材料であるトリチウム及びプルトニウムの製造を行ってきた。敷地は約800平方キロ。東京23区の約1.3倍の広さに、5つの原子炉、2つの化学分離施設、1つの燃料製造施設、事務及びその他支援施設など900棟以上の建屋が点在する。原子炉は5基のうち4基は完全に停止され、K原子炉と呼ばれる原子炉のみが“コールドスタンバイ”の状態にある。

SRSでは環境修復及び廃棄物の管理活動として廃棄物の処理、保管及び処分、汚染地下水の浄化余剰施設のD&D等が現在進行中である。

本テクニカルツアーでは、廃棄物の焼却施設(CIF)、高レベル廃液のガラス固化処理施設(DWPF)低レベル放射性廃棄物の処分施設など主に廃棄物の処理、処分関連の施設見学を行った。

SRSでは廃棄物管理の役割が廃棄物の貯蔵から廃棄物の安定化と最終処分に必要な処理へと大きく変わりつつあるようである。CIF及びDWPF施設とも現在は、実作業に向けた予備試験を行っている段階にある。今回のツアーでは、特にカメラも持ち込みが許されたのでホットケープの中まで撮影することができた。何度か同種ツアーに参加経験のある人の話では、このようなツアーは始めてだそうである。写真1に見学中のDWPF施設を示す。



写真1 見学中のDWPF施設

### 1.2 SEG(Scientific Ecology Group)

SEG社は1985年に低レベル放射性廃棄物の処理を主要業務として設立されたWH社の子会社で、テ

ネシー州ノックスビル市街地から西に車で約40分  
オークリッジの森林地帯に位置する。

同社では原子力発電所、DOE 関連の研究所等の  
廃棄物を受け入れて処理し、顧客に返送あるいは  
処分場に輸送して処分している。

この他、汚染サイト土壌の処理、廃棄物容器の  
設計・製造、放射性廃棄物等の輸送業務、廃棄物  
処理設備のエンジニアリング、廃棄物処理のコン  
サルタントサービスも行っている。

SEG 社のOak Ridge 事業所には、廃棄物の処理  
内容に応じてドライ系とウェット系の2箇所の施  
設があるが、我々は、ドライ系の施設の現場見学  
を行った。ドライ系の処理施設では廃棄物の仕分  
け、除染、圧縮、焼却、金属溶融等の処理を行っ  
ている。廃棄物の仕分け作業は、ターンテーブル  
に廃棄物を広げ、防護マスク及び防護衣を身に付  
けた作業員が仕分けする方式で、完全な手作業で  
ある。圧縮処理は非TRU 系とTRU 系廃棄物の2系  
統が設けられており、非TRU系廃棄物は角型容器  
及びドラム缶の両方の圧縮処理が可能な5,000t  
プレスで、TRU 系廃棄物は500tプレスで処理され  
ている。また焼却設備に関しては、焼却炉は強制床  
燃焼タイプで 400~720kg/h の処理能力を持ち、  
焼却による減容比は約 1/200 である。

金属廃棄物の溶融処理に関しては、1992年の8  
月から専用の建屋で行われている。溶融処理建屋  
は廃棄物の受け入れ、切断及び圧縮等の前処理、  
溶融、鋳造等の各エリアから構成されている。

溶融炉は誘導溶融方式で、20t バッチ (6t/h)  
の処理能力がある。金属は、鋼種毎 (炭素鋼/ス  
テンレス鋼/混合物) に分類し、予熱後、炉に投  
入されるが、放射能レベルに応じて減容処理あ  
るいは再利用が行われる。現在、米国エネルギー省  
との契約により、再利用製品として角型 (目視で  
約0.9m角×0.6m) の遮蔽ブロックの製造が行われ  
ており、製品はロスアラモス研究所の高エネルギ  
ー物理学施設において利用される予定である。ま  
た将来的には、圧延で厚板を製造し、廃棄物の収  
納容器を製作する予定であるとのことである。

### 1.3 EBWR施設

EBWR施設は、米国アルゴンヌ国立研究所(ANL)  
が所有する熱出力 20Mwt、電気出力5MWeの沸騰水

型実験用原子炉で、1956年に初発に成功した。

その後、熱出力を100Mwtまで出力アップさせた  
が電気出力は変更せず余剰熱は原研のJPDR同様に  
コンデンサで除去し、大型 BRWの開発のための実  
験を重ね、1969年に停止した。1986年から除染・  
デコミッショニング(D&D) が開始された。

EBWR施設は、シカゴ市郊外のアルゴンヌ国立研  
究所内にあり、同研究所のプロジェクトマネー  
ジャーであるC. R. Fellhauer 氏の案内で解体現場の  
調査を行った。現場事務所は仮設のトレーラハウ  
スで、ANL のプロパーはたったの3名という少人  
数で解体を行っていた。現在、原子炉圧力容器(R  
PV) の解体が終了し、ジャイアントブレイカーに  
似た工法 (ハンドル操作は、サービスフロア) を  
用いて遮蔽コンクリートの解体を行っていた。

RPV の解体は、当初 RPVをジャッキアップして  
外側からアブレッシブウォータージェットを用いて  
切断する予定であったが、廃棄物処理、工期、費  
用等の理由から機械的切断工法(Split Frame Mac  
hine, SFM) を用いることになった。SFM は円周の  
外側180°方向に2個取り付けられたバイトを油圧  
機構で回転させながらRPV を切削する機械である。

SFM は、通常大口径配管の外側に取り付けて配  
管の外側から切削する機械であったが内側からセ  
ット出来るように改造したものである。RPVは、  
SFM を用いて内側より底部制御棒シンプル部及び  
胴体部4ヵ所、合計5ヵ所を切断して6分割され  
た。切断片は、RPVの内側に吊り上げ用ボルトを  
取付けシャックルスリングを用いてクレーンで吊  
り上げ細断場所まで搬送した。この作業は、約1  
カ月で終わったそうである。切断片の細断は、主  
にグリーンハウス内で行われた。RPV 及び遮蔽体解  
体等の本年度予算は、日本円換算で約2億3千万  
円だそうである。

### 2. 感想等

会議の会場には、持ち帰り自由の文献類が多数  
置いてあった。テクニカルツアーでは、核兵器  
を製造していたサバンナリバーサイトにカメラの  
持ち込みが自由と言う米国の変化と情報の開放度  
には驚ろかされた。また、米国に於ける環境修復  
及び廃棄物の管理活動の規模の大きさは、日本に  
いては想像もつかないほど大規模のものであった。

# JPDR & 「むつ」 NOW

## ◎JPDR

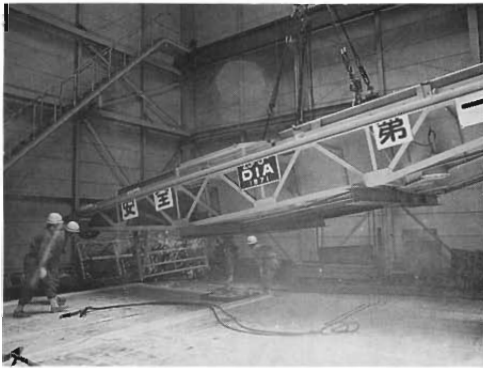
平成6年度第一四半期におけるJPDRの解体実地試験の進捗状況は次のとおりです。

### ・機器等の解体撤去

原子炉格納容器機器設備では、ポーラークレーンのフック、ワイヤー及びドラムが解体撤去されました。また機器搬出入口と作業員出入口の扉、床等が撤去されました。

原子炉付属設備機器の解体撤去では、緊急建屋内の一次炉心スプレー系、消火系、圧縮空気系等の配管・弁類及び低圧ポイズンポンプが解体されました。

燃料貯蔵建屋では、天井クレーンが撤去されました。



燃料貯蔵建屋天井クレーン撤去工事の状況

### ・建家コンクリート表面除染

格納容器地下1階、燃料貯蔵建家の浄化脱塩器室、燃料プール等、制御建家の化学実験室、タービン建家の1階、地階のコンクリート製ダクト等のコンクリート表面除染が行われました。また、タービン建家の一部、廃棄物処理建家外エリアの確認測定が開始されました。

## ◎「むつ」

平成6年8月末における「むつ」の解役作業及び関連工事の進捗状況は以下の通りです。

### ・本船

原子炉補機室等の機器類は、HFモニタと仮設排気設備以外は全て撤去され、撤去後の床面等の仕上げ作業と確認測定の準備が行われています。

### ・むつ科学技術館（仮称）建設工事

工事の進捗度は80%程度で、9月下旬に使用前検査、10月に供用開始の予定とのこと。

### ・港湾整備

炉室一括移送に備えた港内の浚渫工事は80%程度の進捗度で、10月末には完了する予定とのことです。



むつ科学技術館（仮称）建設工事状況  
（建屋屋上の排気塔は、本船から移設したものです）

◎ RANDEC ニュース 第23号

発行日：平成6年10月20日

編集・発行者：財団法人 原子力施設

デコミッションング研究協会

〒319-11 茨城県那珂郡東海村舟石川821-100

Tel. 0292-83-3010, 3011 Fax. 0292-87-0022