

No.15

# デコミ ニュース

第15号

## 目次

1. 大型遮へい扉の除染と解体 ..... 1
  2. デコミッションングの新技术紹介 ..... 5  
(アイダホ国立環境研究所)
  3. ヤンキー・ロー原子力発電所の  
廃止措置からの知見 ..... 8
- トピックス  
トロージャン原子炉の廃止措置で、  
PMI国際プロジェクト賞を受賞 ..... 12

RAINDIEC

(財)原子力研究バックエンド推進センター  
デコミッションング技術本部

# 1. 大型遮へい扉の除染と解体

原子力施設に設置されている大型遮へい扉は、厚みがあり重量が重いことから切断や取扱が難しく、注目しておくべき解体作業の一つである。また、解体廃棄物の再利用や放射線管理の観点からも、解体前に十分に検討しておく必要がある。

米国エネルギー省及び米原子力規制委員会のプログラム支援などのために運搬されたRockwell 国際ホット試験施設において、汚染された大型遮へい扉の解体が実施された。扉の撤去方法、除染、輸送のための切断、放射線管理など一連の作業の概要とその結果についての評価が報告されている。これらは我が国の大型扉の除染方法、切断方法などにも大変参考になると思われるので、その概要を紹介する。

## 1. 遮へい扉の撤去

遮へい扉はミーハナイト 鋳鉄製で、寸法の異なる以下の5つの大型の遮へい扉が解体された。

遮へい扉	厚さ (cm)	縦×横 (m)	重量 (ton)
最 小	53	2.4 × 2.4	32
最 大	53	3.1 × 3.7	44

これらの扉を低レベル廃棄物として処分することは、輸送上の問題もある上、政策上からも得策でないことから除染し再利用されることになった。

扉の撤去にあたっては、特製の車輪付き運搬装置に乗せてローディング室まで運び、そこからトレーラーで50トンのクレーンが備えてある放射性廃棄物処理建屋まで運搬した。写真1に扉の撤去状況を示す。

## 2. 遮へい扉の放射能インベントリ評価

今後の遮へい扉の処理方法を決定するため、放射性廃棄物処理建屋内で放射線測定を行った。その結果、扉底部の一部に100 mrad/hの $\beta$ 汚染が見つかったが、扉表面の $\beta\gamma$ の平均的汚染レベルは、20,000 dpm/100c m<sup>2</sup>程度であった。

扉表面には、ペイントが塗布されているため、研磨材入りブラッシングやグラインダーなどで簡単に除染出来ると思われた。しかし、扉は27cm厚みの2枚の鋼板を重ね合わせて製作されており、無拘束解放を行うための測定を行うには、2枚を切り離し測定する必要があった。

## 3. 遮へい扉の除染

扉の本格的な除染を行う前に、取手部分、高度に汚染した扉底部、ボルト穴等のホット・スポット部を手持ちの研磨材入りブラッシング及びグラインダーで除染を行うことによって、かなりの汚染を除去することができ、扉の大部分を無拘束解放できる確信が得られた。

廃棄物処理建屋内には、種々の放射性物質を取扱う機器や除染設備は備えてあったが、大

型扉の本格的除染を行うためには、新たに大容量の換気装置を備えたグリーンハウスを設置する必要があった。

最初に、手持ちのスケーラ（needle scaler）を使用し扉表面のペイントの除去を実施した。この方法は有効であったものの、作業者に高度の負担が掛かるため、高出力の研磨材入りブラッシング装置を使用しペイント除去を実施した。この装置は、効率的にペイントの除去を行うことができる上、研磨材を再使用できるので二次汚染廃棄物の発生が低減でき、時間とコストを削減することができた。写真2に研磨材入りブラッシングによる除染状況を示す。

複雑形状部や扉底部エッジの除染は、当初、手持ちのグラインダーや磁気吸着ドリル・プレス（magnetic-based drill press）を使用し効果的に行うことができた。しかし、これも作業者に負担が掛かることから、これら複雑形状部や扉底部エッジの除染を行えるようミーリング・マシンを改良し、より効果的に除染を行った。写真3にミーリング・マシンの扉底部エッジの除染状況を示す。

#### 4. 大型扉の切断

扉除染は成功裏に終了したことから、総重量の内、80%以上がスクラップとして無拘束解放できることが判明した。大型扉を低レベル廃棄物とスクラップに分離するための切断、輸送などの取扱いを簡略化するため、切断技術の調査・検討が行われた。以下に示す結果からパウダージェット切断工法が採用されることになった。

- ・ 鋸切断：大型装置が必要になり高価。
- ・ ダイヤモンド・ワイヤーソー及びウォーター・ジェット：切断対象物の材質の問題及び大量の冷却水が必要。
- ・ 酸素・アセチレン及び酸素・プロパントーチ：ミーハナイト鑄鉄の切断は不可。
- ・ プラズマトーチ：厚み 50 cm の銅板の切断は不可。
- ・ パウダージェット切断：厚い銅板の切断が可能で信頼性があり経済的。

パウダージェット切断は、酸素切断の一種で、酸素中に鉄粉末を混入供給して、その酸化熱を利用して切断する方法で非鉄金属やコンクリートの切断に有効である。しかし、パウダージェット切断では、大量の熱、ドロス、ヒューム及び火花が発生するため作業エリアを隔離し、大容量の換気設備を取付ける必要があった。また、作業者の安全保護のため、バルブの開閉、モータ制御、パウダー流量などの切断制御は、隔離した作業エリアの外側から実施された。写真4にパウダージェット切断工法による大型扉の切断状況を示す。

扉を切断した後、放射線測定を行い、低放射性廃棄物と非放射性スクラップとに分別されて搬出された。除染及び切断作業を行うことにより、140 トン以上の金属が、再利用するために無拘束解放された。写真5に無拘束解放される切断後の遮へい扉を示す。

#### 5. 得られた教訓

- ・ 遮へい扉の処分において最も簡単で、かつ低コストで行う方法は、低レベル放射性廃棄物としてまるごと一体で処分することであろう。しかしながら、扉の汚染レベルの状況、輸送上の問題などを考慮に入れれば、除染を行い再利用する方法も有効な選択肢である。

- ・ 扉の切断に当たっては、製作図面を利用できたが、その材質を確認できなかったため、切断工法を決定するのに時間を要した。切断対象物の材質を考慮し、切断工法を選択する必要がある。
- ・ 除染及び切断作業を行うには、広いスペース、換気設備、クレーン等が必要であり、他の作業とのスケジュール調整なども行う必要がある。

## 参考文献

P.H.Waite, R.A.Marshall, Decontamination and size reduction of five hot-cell shield doors, WM'00 Conference, February 27-March 2, 2000, Tucson,AZ

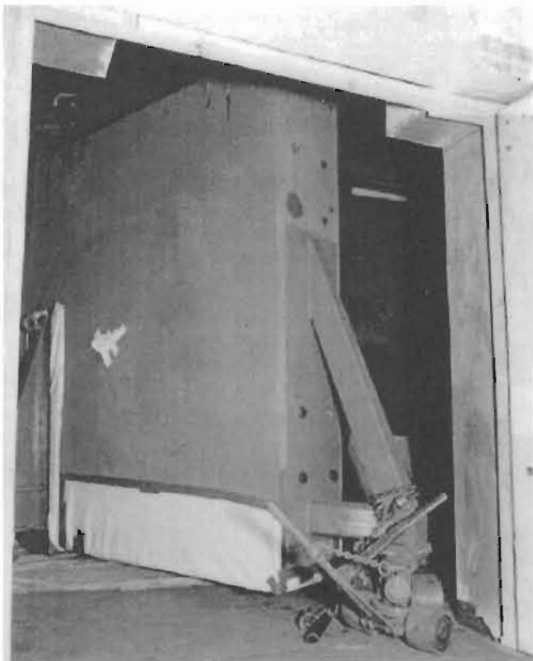


写真1 遮へい扉の撤去状況



写真2 研磨材入りブラスティングによる除染

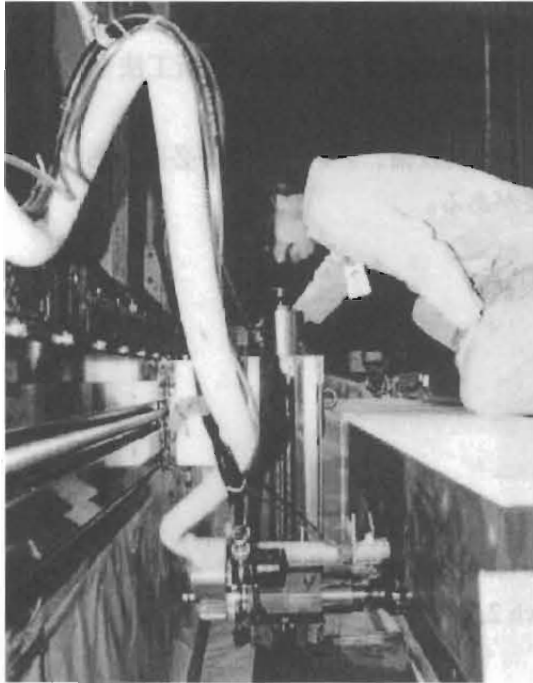


写真3 ミーリング・マシンによる扉底部エッジの除染



写真4 パウダージェットによる遮へい扉の切断



写真5 無拘束解放される切断後の遮へい扉

## デコミッショニングの新技术紹介 (アイダホ国立環境研究所)

米国のアイダホ国立環境研究所 (INEEL) では原子炉研究施設、燃料製造、廃棄物管理施設等を50年以上にわたり運転してきた。当研究所はこれらの経験から、除染やデコミッショニングに対し幅広い経験と専門的な技術を有しており、これまでに50施設以上のデコミッショニングを行い、無拘束利用に向けた解放を実施した実績も有している。

INEELはDOE、企業、大学、国際機関の革新的技術を調査し、コスト低減、工程の短縮化および作業者の安全性の観点からの改善を図るため、2つの計画を策定した。一つは大規模実証試験計画 (LSDDP: Large Scale Demonstration and Deployment Program) であり、他が技術実用化促進計画 (ASTD: Accelerated Site Technology Deployment Program) と呼ばれるものである。

LSDDPは1998年度に始まり、デコミッショニングの除染、解体、安全等の技術分野の200件以上の技術の中から35件を詳細評価して、そのうち16件について実証試験を行った。評価項目は性能、経済性、使用性、被ばく、二次廃棄物の発生量等であり、これらの総合評価が行われた。

一方、ASTDについては15件を現在進行中のデコミッショニングにおいて実践的に使用した。コスト評価結果では、進行中のD&D計画において、1999年度にこれらの技術を使って46万2千ドル (5,100万円) 節約できたとしている。

INEELでは、現在進めているD&Dにおいて今後10年間において1千4百万ドル (15億5千万円) の節約が見込めるとしている。代表的な技術として以下に記す3つの技術を紹介している。

### 1. Soft-Sided Waste Container (「軟壁」廃棄物容器)

Soft-Sided Waste Container (フレキシブルコンテナの一種) は低レベル廃棄物の輸送と貯蔵用に開発されたもので、従来INEELで使われていた「変形しない」廃棄物容器に代り使われ、収納物を入れたとき空隙が少ないので効率的に収納できる特徴を有する。

これまでは、廃棄物を容器に満杯にするには収納物を切断したり砕いたりしていたため、処理時間やコストが高んでいた。また、従来の容器の値段が一基735ドルであるのに対し半分のコストであること、4倍程度多く廃棄物を収納できるなど実質的には5倍以上のコスト低減効果があった。処分場での負担をも考慮するとその効果は計りしれない。

本体は0.6mmのポリプロピレン繊維を編んだものでその表面をポリエチレンで1mm被覆したものである。サイズも装荷重量も従来のスタンダードの容器よりも大きい。弱点は比較的紫外線に弱く劣化の恐れがあり、長期の日曝しは避ける必要がある (覆いを被せる等の対策を講じる)。

コストについては金属製のコンテナの価格が1立方フィート当たり11.20ドルであるのに対し、このコンテナは3.44ドルである。1999年INEELではこのフレキシブル容器によって35万3千ドル節約できたが、今後10年間に予想されるD&Dプロジェクト全体では3千

750万ドルの潜在的な節約の可能性がある。(写真1参照)

## 2. BROKK 解体システム

BROKK BM250 と呼ばれる装置は遠隔によりコンクリートの解体に使用するもので、ジャックハンマのような手動機器に代わるものとしてスウェーデンで開発された。回転台には3部分からなる油圧駆動アームが延びて、その先端には用途に応じた作業機器が取り付けられる。

なお、このBROKK BM250は世界中広範囲に使われており、英国SellafieldのPile-Chimneyのデコミッショニングでは100mの高所作業に使用されている。この装置は極めて強力で、フレキシブルな使い方ができる重機である。

INEELでは「La Boundary MSD-7R」という剪断機を本装置に取り付けて建物の壁全体に這っている配管を切断したり、通常のジャックハンマ等ではできなかった鋳鉄とコンクリート地下の床を開口するのに用いられた。この装置はデコミッショニングの種々の目的に使用されるが、コスト評価では1ジョブ当たり2ヶ月間作業で67,000ドルの節約となった。

本装置に関して、Oak Ridge 国立研究所と共同で本体にビデオカメラを取付け制御室から遠隔で操作できる研究が進められている。この研究では、4台のディスプレイを使用し、人間工学的に考慮して作られた椅子から2台の操縦桿を操作し、油圧動作を制御する方式に取り組んでいる。これらの改良により運転者は安全な場所から、ディスプレイ上で現場を確認しながら作業を行うことができ、手動による作業の半分以下の時間で、なおかつ粉塵の出ない環境で24時間通しての作業を可能とするものである。(写真2、3参照)

## 3. 身体氷冷却システム

デコミッショニング作業では防護具の着用環境によって作業者は高温作業を強いられる。これまでは作業者の過熱保護や、体の主要部の温度を国の工業衛生安全局 (IHSO) が定めた制限を越えないようにするために、作業時間が限定されていた。一方、INEELでの経験では作業者が過熱状態になると、注意力の低下からか、放射線防護具を汚染させる傾向があり、作業者の身体汚染に繋がる恐れがあった。

身体氷冷却システムはカナダのメーカーが開発したもので、氷の冷却効果を利用し、冷却水を循環させスーツを冷やし、間接的に人体を冷やす方式である。放射線防護具の下に着るロングスーツには冷却配管が縫い付けられている。

この冷却システム全体はフードからズボンまで身体全体を冷やせるようになっているが、INEELではチョッキと下着部分のみを購入した。実際には胴体部分の冷却が最も効率的なことが判かった。氷か冷却材を使った氷箱を断熱用の袋に入れ、それを放射線防護具の下部または頂部に装着して作業を行う。小さなポンプで冷却水を循環させ、氷箱で再び熱交換を行う。このシステムの重量は12ポンドである。身体氷冷却システムには以下の利点があるとされる。

38℃以上の雰囲気では滞在時間が無装備の時に比べ4倍延長でき、気分が爽快になり、体温が安全に保てることによって、滞在時間の増加と防護具の使用回数が減少するためコスト

節減が可能となる。

現在、INEELでは水冷却システムは鉛、ヒ素、水銀のような危険な重量物を移動する重労働において防護具を着用する作業で用いており、その際にこの冷却システムを使う効果が如実に現れている。コスト的にはシステムの量産効果を考慮すると今後10年間に380万ドルの節約になる。(写真4参照)

## 参考文献

- 1) Julia Tripp, Richard H.Meservey and Ann-Marie Phillips: "Saving D&D \$\$\$", Radwaste Solution November/December, (2000) 36
- 2) 榎戸裕二、岩崎行雄: "海外出張報告書" RANDN2000020、原子力施設デコミッションング研究協会、平成12年12月



写真1 「軟壁」廃棄物容器への収納



写真2 Brokk BM250(トラクター用)



写真3 Brokk BM250(固定台車用)



写真4 身体水冷却システム



# ヤンキー・ロー原子力発電所の廃止措置からの知見

## －廃止措置コストを適切に評価するために－

廃止措置コストは、廃止措置プロジェクトを進めていく中で、様々な要因によって、変更を余儀無くされてしまう場合がある。このため、廃止措置コストを適切に管理することは、専門的なプロジェクト管理の方法論や経済基盤を必要とする重要な業務である。プラントの解体・撤去の管理、サイトからの燃料撤去、ライセンスの終結、サイトの再利用等を、決められた廃止措置資金枠の中で、かつ、限定された条件の中で成功させるためには、プロジェクト管理者の能力が決定的な要因となる。

マサチューセッツ州にあるヤンキー・ロー原子力発電所の廃止措置プロジェクトにおいて、廃止措置の評価コストが1995年と1999年では、1999年ドル換算にして約70百万ドルの増加となった。このような経験から得られる情報は、プロジェクト管理者の一助となるし、廃止措置コスト評価方法にヒントを与える例となるので、ここに紹介する。

### ヤンキー・ロー原子力発電所の廃止措置コスト評価の経験

#### 廃止措置作業実績と今後の予定

ヤンキー原子力発電所は“ヤンキー・ロー”という名称で知られている。この発電所は1992年2月に恒久停止し、1993年から廃止措置を開始した。1994年に炉内構造物の撤去が完了し、1996年に原子炉圧力容器を一括撤去して、1997年にこれをバーンウェル廃棄物処分場へ輸送し、現在、廃止措置はほぼ完了している。残りの最終作業は、燃料プールに保管されている533体の使用済燃料集合体を、新たに建設した乾式保管施設に移送することであり、これは2001年に行われる予定である。移送が完了した後、原子炉建屋及びその他建屋の撤去を行う。廃止措置前と現在のサイト状況及び新たに建設した使用済燃料保管施設のみを残すサイトの想定状況を添付の写真に示す。

#### 廃止措置コスト評価と実際のコスト

廃止措置のコスト管理は難しい業務である。1995年に、ヤンキー・アトミック電力会社(YAEC)は、ヤンキー・ロー原子力発電所の全廃止措置コスト(解体・撤去費、人件費、廃棄物処分費、使用済燃料長期保管費、その他)を、1995年ドル換算で306百万ドルと評価した。これは、1999年ドル換算で407百万ドルと評価されている。この評価額は、作業範囲の変更、関連工程の相違及び規定変更によって変更を来した。

#### 業務範囲の変更

連邦エネルギー規制委員会(the Federal Energy Regulatory Commission)に廃止措置評価額を提出した後、YAECは、プラント全体にPCBをベースとしたペイントが使用されていたり、アスベストやその他の危険物が存在していたということから、予測不可能な作業範囲の拡大を経験した。

さらに、初めに評価していたよりも、かなり多くのコンクリートを撤去する必要が生じた。これは、原子炉容器廻りのエリアでとりわけ顕著であった。コンクリートは計画されていた深さ3/4インチを超えて3～4インチ深さまで削り取らねばならなかった。

PCBをベースとしたペイント及びコンクリート撤去に係る作業に加えて、土壌撤去に係わる作業範囲の変更が生じた。これは、当初、汚染のないと思われたエリアの土壌が、深さ2～4フィートまで汚染されていることが判明したため、これら土壌を撤去する必要が生じた。

関連作業範囲の変更の最後の例は、ディーゼル発電建屋の解体に関して発生した。この建屋の解体に関する許可を得る直前に、最終調査と確認サーベイを行った結果、バリウムペイントが、蓄電池室の床表面に使用されていることが判明した。この危険物は、建屋解体前に撤去しなければならなかった。

これらと他の関連作業範囲の変更によって、1995年の評価コストより約32百万ドルの増加となった。

### 関連工程の変更

1995年の評価では、ヤンキー・ローの使用済核燃料をUSDOEが1998年1月から受入れを開始する計画であった。このため、ヤンキー・ローの全ての燃料は2018年までにサイトから撤去されるはずであった。しかし、DOEの燃料受入れ計画が不首尾となってしまったことから、今後、DOE計画が軌道に乗り、ヤンキー・ローのサイトからの燃料撤去時期まで、YAWCが使用済核燃料貯蔵用の乾式貯蔵施設を建設することとなった。この燃料貯蔵関連コストの変更により、1995年の評価コストに55百万ドル加算する結果となった。

### 規定変更

最後に、規定料金、保険及びDOE関連料金の変更が、プロジェクトコストに大きな影響をもたらした。これらの変更により、1995年の評価コストを約17百万ドル減少させる結果となった。

### 変更後の評価コスト

これらコスト変更の影響により、YAECは、1999年ドル換算で477百万ドルになると評価している。これをまとめると下表のとおりとなる。

評価コストの変化（単位：百万ドル）

増減要因	1995年評価コスト (1995年ドル換算)	1995年評価コスト (1999年ドル換算)	1999年評価コスト (1999年ドル換算)
作業範囲変更	—	—	+32
関連工程変更	—	—	+55
規定変更	—	—	-17
合計	306	407	477

## ヤンキー・ローから得られた教訓

廃止措置プロジェクトの成功の鍵は、プロジェクト管理者が計画立案、整合及びコスト管理をいかに行うかによって大きく左右される。ヤンキー・ロー原子力発電所の廃止措置の経験から次のような教訓が得られる。

- ① 廃止措置コストを効率的に管理するためには、各プロジェクトの内容を一つのマスター計画、コスト評価及び工程にまとめることである。
- ② プロジェクト管理者は、作業範囲を明確に決め、かつ、その結果からコスト評価を行い、基準となる工程に反映させる必要がある。
- ③ プロジェクト管理者は、作業内訳の構成がコスト評価のためのベースではなく、プロジェクト達成のために作られるものであることを認識する必要がある。これを意味するものとして、廃止措置コストとは、業務範囲と工程の関数であるようなプロジェクト工程に積み上げてコスト評価することができることである。もし、経費と工程を一つに積み上げたものであれば、プロジェクトの達成を制御し、監視することができる。
- ④ 規則の変更、多重規制、放射性と非放射性の両方の存在、使用可能な処分場、使用済燃料の最終処分等を、早期かつ適格に把握しておくべきである。例えば、廃棄物が非放射性である場合は、産業廃棄物に関する規則に従って処分すること等に留意する。

## 参考文献

- (1) Michael S. Terrell, "Keeping an Eye on the Bottom Line", Radwaste Solutions , September/October 2000.
- (2) 宮坂靖彦 「米国の発電用原子炉デコミッションングの最新動向」、デコミッションング技報 第21号 (2000年3月)
- (3) Leo P. Lessard "Benchmarking Decommissioning Costs at Yankee Nuclear Power Station" , Yankee Atomic Electric Company (1996.11.12)
- (4) Web Site <[http://www.yankee.com./](http://www.yankee.com/)> (2001.1)

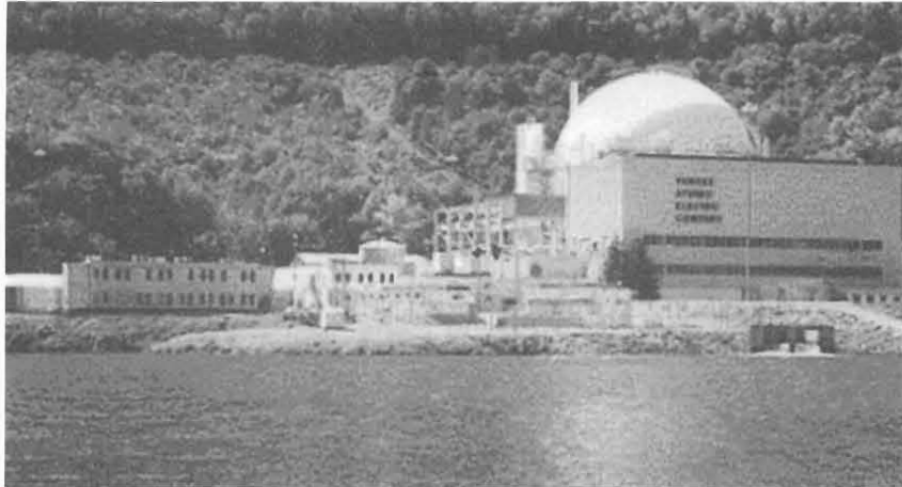


写真1 廃止措置前のヤンキー原子力発電所

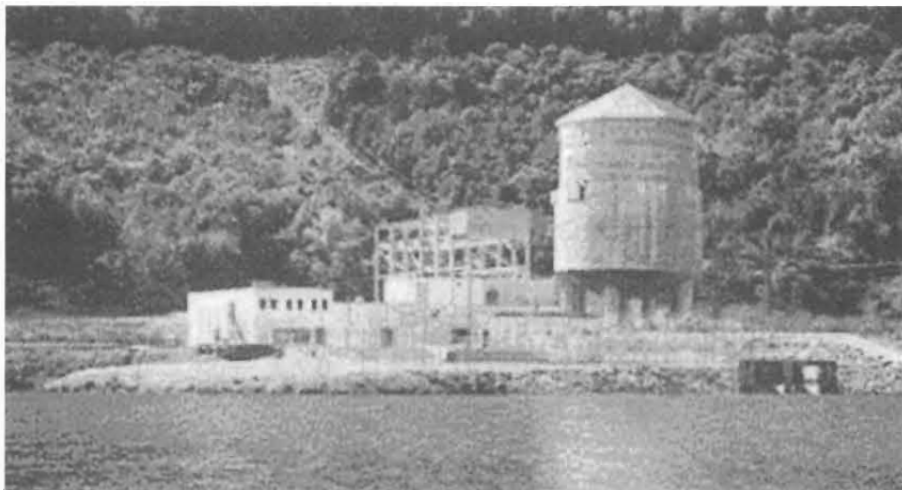


写真2 廃止措置中(2000年)のヤンキー原子力発電所

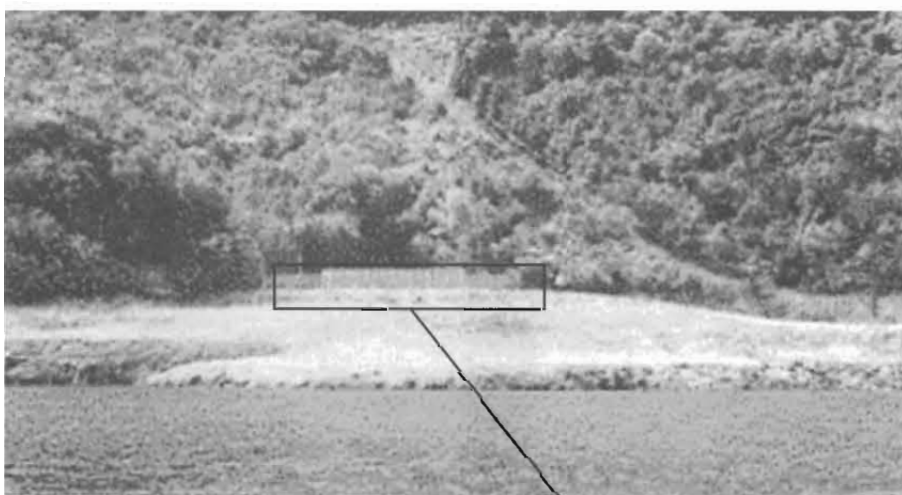


写真3 新たに建設した使用済燃料保管施設のみを残す想定サイト状況  
(2001年以降)

デコミニユース No.15 (2001年2月)

## トピックス

### トロージャン原子炉の廃止措置で、PMI国際プロジェクト賞を受賞

米国のポートランド電力会社（PGE）は、原子炉圧力容器を安全に一括撤去することに成功し、完了させたことに対して、プロジェクト管理協会（PMI）から2000年度のPMI国際プロジェクト賞を受賞した。PMI国際プロジェクト賞は、優れた実績を残し、特に模範的なプロジェクトに対し与えられる。PMIには、プロジェクト管理に関する専門家が世界各国から約6万人参加している。

PGE社は、原子炉圧力容器の一括撤去に関して、1998年10月に原子力規制委員会（NRC）から認可され、撤去、処分等を開始した。原子炉圧力容器は、200万キュリーの放射能を持つ炉内構造物を入れたまま低密度コンクリートで充填された。コンクリート充填後に、大型ノズルは切断され、密封溶接された（写真1）。さらに、原子炉圧力容器の外周部に鉄遮へい（炉心部5インチ厚さ）を取り付けてパッケージ化（950トン）した後、原子炉格納容器から撤去された（写真2）。

その後、サイトからワシントン州のリッチランド近くのU.S.エコロジー社の処分場までコロンビア河をバージ輸送され（写真3）、1999年8月8日に同処分場に浅地中処分された（写真4）。

このプロジェクトは、最初の大型商業炉への一括撤去工法の適用ということで国際的に注目された。撤去から輸送までの作業者の被ばく線量は、0.7人・mSvと低く、また、コストも21百万ドルと低く、これらの観点からも評価された。

### 参考文献

- ① Trojan Reactor Shipment Wins International Project of the Year Award, ANS NEWSLETTER, DD&R Division Oct. 2000
- ② トロージャン原子力発電所のデコミッションング、デコミッションング技報第19号（1999, 12）



写真1 原子炉圧力容器ノズル部（ウォータージェットによる切断後）

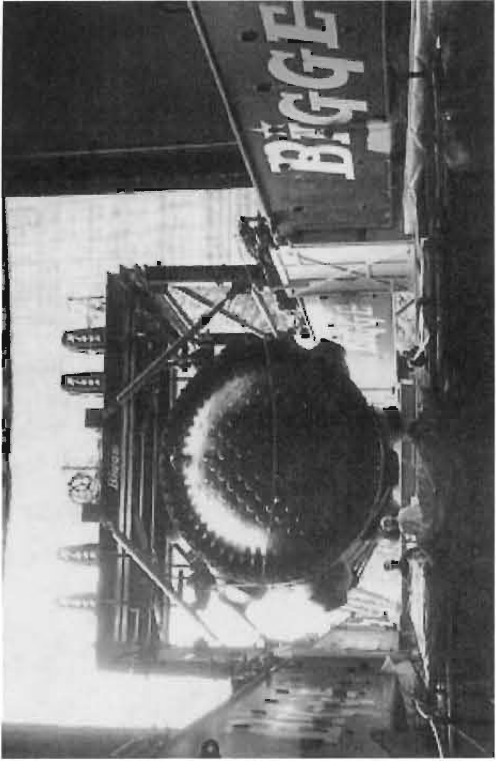


写真2 原子炉圧力容器の格納容器からの搬出

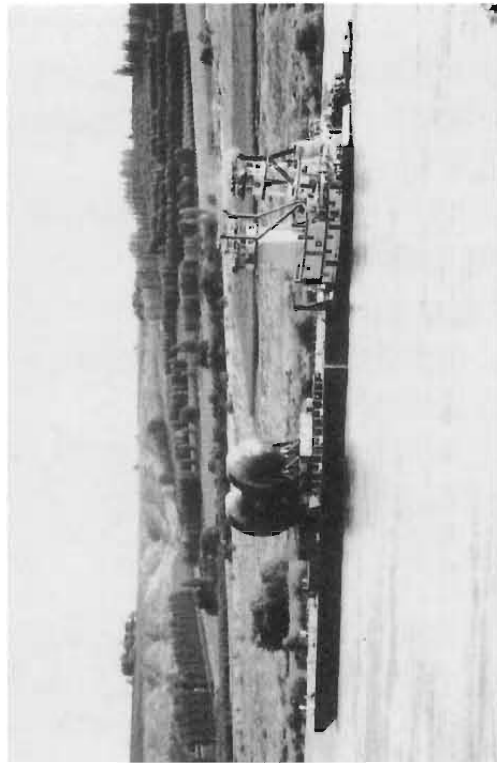


写真3 原子炉圧力容器のバージ輸送（コロンビア河）



写真4 原子炉圧力容器の浅地中処分

## ご案内

### 第12回「デコミッショニング技術講座」

— 充実した内容をめざして —

ご好評を戴いております当協会主催の第12回「原子力施設デコミッショニング技術講座」を開催いたしますので、ご案内申し上げます。

講座の概要は、原子力施設のデコミッショニングに関する以下の内容を予定しておりますので、奮ってのご参加をお待ち致しております。

- ・ 計画策定と解体技術
- ・ 除染技術
- ・ 炉内構造物の交換技術と処分安全の考え方
- ・ 核燃料施設等の廃止措置技術
- ・ 海外の廃止措置と再利用の現状と動向等

日 時：平成13年3月21日（水）10:00～16:40

場 所：石垣記念ホール（三会堂ビル）港区赤坂1-9-13

受講締切：平成13年3月16日（金）（定 員：50名）

### 2000年「米国調査団」の報告書 完成！

原子力施設デコミッショニング調査団は、2000年9月23日から10月6日まで北アメリカで開催された国際会議への参加およびデコミッショニング中施設の訪問を行い、情報収集をして参りました。

このたび、多くの新鮮な情報が掲載された「報告書」が完成いたしましたので、ご案内申し上げます。

#### 1. 「報告書」の主要事項

(1) 国際会議：SPECTRUM2000

(2) 施設訪問：

①研究炉GTRR（ジョージア工科大）

②原子力発電所

・ コネチカットヤンキー

・ オコーニー

③除染専門会社（PNサービス社）

④廃棄物処理専門会社（GTS Duratek社）

2. 総頁数：200頁

3. 価 格：5,000円（消費税・送料込み）

ご購入を希望される方は、当推進センター  
総務部までご連絡をお願い致します。

Tel. 029-283-3010 Fax. 029-287-0022

◎デコミニュース 第15号

発行日：平成13年2月15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

〒319-1111 茨城県那珂郡東海村舟石川821-100

Tel.029-283-3010, 3011

Fax.029-287-0022

ホームページ：<http://www1.sphere.ne.jp/randec/>

E-mail：[randec@olive.ocn.ne.jp](mailto:randec@olive.ocn.ne.jp)