

# RANDEC

Jul.2009 No.81

# ニュース

（財）原子力研究バックエンド推進センター



## 「原子力発電」、民間企業の取り組み

清水建設(株) 原子力・火力本部長

専務執行役員 真木 浩之

中部電力(株)浜岡1, 2号機の廃炉が発表され、廃炉が身近な問題として、強く意識されるようになってきた。廃止措置は、どのようにしたらスムーズに行えるか。技術に加え、地域を含めた関係者の理解や信頼の獲得などが鍵となる。

そのため建屋放射化物量の正確な把握、経験に基づいた工事ノウハウの積み重ねなどが重要である。日本原子力発電(株)東海発電所では1980年代から日本初の商業用原子炉の廃止措置の研究・実施が進められてきた。

解体後は、放射性廃棄物として地下に埋設されることになるが、廃棄物埋設の技術的課題は、廃炉と同様に20年ほど前から、各種の検討が進められている。

建設時に、原子力発電所は、用地交渉から始まり、20年程度のリードタイムを要すると言われている。運転、廃止措置、地下埋設までのレンジで考えれば、立地・建設・運転・廃止措置・埋設と50年から100年の時間概念と

なる。

片や、民間企業の経営は、毎年の決算をどうするかで四苦八苦している状況であり、民間企業の時間概念と原子力技術の時間概念とは随分ずれがある。

民間企業にとって、原子力の仕事を継続していくためには、長期的観点に立って、高度な技術をどう維持・向上させていくかが課題となる。例えば、最近では地震動評価の出来る会社が限られてしまっており、リスク対応上課題がみられる。

技術伝承はメーカーの問題として一時議論が盛んであったが、建設会社でも同様である。建設時の技術は勿論のこと、廃止措置、埋設技術、更には、地震時の危機管理まで含めて、技術の維持・向上が必要である。受発注双方で、議論を深め、考えていかなければならない問題だと思っている。関係者のご理解をお願いしたい。

# RANDECニュース目次

第81号 (2009年7月)

巻頭言 「原子力発電」、民間企業の取り組み

清水建設(株)原子力・火力本部長 専務執行役員 真木 浩之

平成21年度事業計画について .....	1
	企画部
RANDECの事業に関する近況報告	
1. 物流システム事業化へ向けた準備状況について.....	3
	企画部
2. RANDEC東海事業所の品質保証活動について .....	4
	保安管理部
3. 核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システムの開発.....	5
	技術開発部
関係機関の活動紹介	
・ Making the Invisible Visible .....	6
	(株)ヴィジブル・インフォメション・センター 代表取締役 黒澤 直弘
海外技術情報	
1. 英国・ウィンフリスの照射後燃料試験施設(A59)の解体 .....	8
	宮本 喜晟
2. フランスの原子力における資金責任に係る新しい法制度について.....	11
	榎戸 裕二
3. バーセベック原子力発電所の廃止措置計画.....	14
	梶谷 幹男
4. 炉内構造物の解体技術の動向と機械的細断技術の経験.....	18
	宮坂 靖彦
総務部から .....	23

# 平成21年度事業計画について

企 画 部

平成21年3月18日の評議委員会及び理事会において承認された「平成21年度事業計画」は、次のとおりです。

## 基 本 方 針

財団法人 原子力研究バックエンド推進センター(以下、「RANDEC」という。)は、関係機関との連携の下、研究施設等廃棄物の処理・処分に関する事業並びに研究開発用の原子力施設のデコミッショニングに関する事業等を以下の方針により効率的かつ円滑に進めて行く。

研究施設等廃棄物の処理・処分に関する事業については、大学・民間等廃棄物の集荷・保管・処理(以下、「物流システム」という。)に関する事業化に向けた調査、検討を進めるとともに、独立行政法人 日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という。)の埋設処分施設の立地等の支援を行う。なお、放射性廃棄物の処理・処分に関する調査等を進めるに当たり、原子力機構、社団法人日本ア

イソトープ協会等との連携を図るものとする。

デコミッショニングの事業については、これまでの研究成果を生かし、研究開発用原子力施設への適用、廃止措置計画への支援など積極的に展開し、国内におけるデコミッショニング技術の先導的な役割を果たせるように進める。

これらの事業に関する技術・情報の提供、人材の養成及び普及啓発を積極的に展開するとともに、事業運営の一層の合理化を図る。

なお、これらの事業を推進する上では、平成20年12月に施行された公益法人改革の趣旨・移行期間を踏まえ、公益目的に則した法人の確立を目指した検討を行う。

## 事 業 計 画

### I. 研究施設等廃棄物の処理・処分事業に関する調査等

#### 1. 立地に関する各種調査等

研究施設等廃棄物の埋設処分施設の立地に関する各種調査並びに広聴広報活動等を行う。また、広聴広報活動に必要な各種説明資料等を整備する。

#### 2. 処分事業化に関する調査等

研究施設等廃棄物の処理・処分に関する調査等を適宜実施して行く。

#### 3. 法的制度等の整備への協力

研究施設等廃棄物の処理・処分に関し、国が行う安全規制基準の整備等についての検討、審議等に協力する。

## II. 物流システム事業化に関する調査、検討

大学・民間等廃棄物発生事業者と連携を図り、物流システム事業の早期実現へ向け、事業計画検討、技術事項調査、処理施設の設計等を推進する。

原子力機構と連携しつつ、大学・民間等廃棄物処理施設の立地に関する調査、検討を引き続き行う。

## III. デコミッションングに関する試験

### 研究・調査

#### 1. デコミッションングエンジニアリング技術に関する試験研究・調査

デコミッションングの計画立案に係る要素技術の試験研究・調査を実施するとともに、試験研究炉、研究開発段階炉、核燃料施設及び加速器施設等の解体を合理的に実施するためのエンジニアリング統合システムの開発を原子力機構と連携して進める。また、デコミッションングに関するデータベースの整備拡充を行う。

#### 2. 解体廃棄物の低減化、再利用等に関する試験研究・調査

原子力施設の解体廃棄物の低減化及び再利用等に関する試験研究・調査を原子力機構と連携して進める。特に、解体廃棄物の減容・安定化処理に係る試験・調査、解体廃棄物の低減化に向けたクリアランスへの対応等に係る放射能インベントリ・物量調査等を行う。また、放射能インベントリ評価の精度向上に係わる放射能測定技術の研究開発等を継続して進める。

#### 3. デコミッションング及び解体廃棄物等に係る規制の調査

原子力機構等と協力して、原子力施設の廃止措置ガイドライン(クリアランス検認、

処分区分に係る濃度上限値、サイト解放基準等)の検討へ向けた関連規制、指針等について国内外の調査を行う。

## IV. 技術・情報の提供

1. OECD/NEAの原子力施設廃止措置に関する技術協力プロジェクトに参加し、諸外国との廃止措置に関する情報交換を継続して行う。また、米国原子力学会等を通して各国の廃止措置の状況、研究開発の成果等の情報収集を行い国内の廃止措置事業への情報提供等を通して事業の円滑な推進に協力、支援を行う。

2. 物流システム事業に関する情報提供を積極的に進める。

3. 海外調査団を派遣し、諸外国における技術動向の調査を継続して行う。

## V. 人材の養成

原子力施設のデコミッションング及び放射性廃棄物の処理・処分に係る人材を養成するため、関係機関、民間等の技術者を対象とした技術講座を開催する。

## VI. 普及啓発

1. デコミッションング及び放射性廃棄物の処理、処分に係る国内外の動向紹介と技術の普及を目的としたRANDECニュースやデコミッションング技報の発行、ホームページの充実、パンフレット等の作成、配布及び事業活動に関する報告会・勉強会等を適宜開催して普及啓発に努める。

2. 研究施設等廃棄物の処分事業に関して、処分事業の必要性、安全性等について理解を得るための効果的な広報活動を行う。

# RANDECの事業に関する近況報告

## 1. 物流システム事業化へ向けた準備状況について

企 画 部

研究施設等廃棄物の埋設処分に関する国の基本方針が文部科学大臣、経済産業大臣により平成20年12月25日に策定されました。

この基本方針は、日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）が行う埋設処分業務について原子力機構法に基づき国としての基本的考え方を示したものです。この基本方針では、埋設処分業務の対象とすべき放射性廃棄物については、原子力機構は、原子力機構以外の発生者（研究機関、大学、医療機関、民間企業等研究施設等廃棄物発生事業者及び集荷・保管を行う事業者を含む。）から生じた低レベル放射性廃棄物についても、処分の委託を受け、我が国全体で抜け落ちのない処分体制を構築し埋設処分業務の推進を行うことが示されました。

このような研究施設等廃棄物の処分へ向けた大きな進展を踏まえ、当財団の物流システム事業化へ向けた準備を円滑に進めるため、大学・民間等廃棄物発生事業者との連携、情報交流などを目的に下記に示す会議を開催致しました。なお、会議開催に際しては、国の基本方針に基づき策定が義務付けられている原子力機構の実施計画の準備状況についても原子力機構より特別講演として報告、紹介を頂きました。

### 1. 研究施設等物流システム事業化懇談会

- (1) 開催期日(場所)：平成21年2月27日  
(浜松町世界貿易センター)

### (2) 議題

#### 【特別講演】

「研究施設等廃棄物の埋設処分事業への取り組みについて」

原子力機構 埋設事業推進センター  
副センター長 原 啓二様

- ①平成20年度物流システム事業化準備の調査検討結果について
- ・全体概要及び事業化検討調査結果
  - ・技術事項調査及び設備準備調査結果
  - ・立地調査結果
- ②平成20年度予算収支報告
- ③出席者数（26名のうち、21名が出席）

## 2. 平成21年度大学・民間等廃棄物発生事業者連絡会議

#### 【特別講演】

「研究施設等廃棄物の埋設処分における廃棄体確認」

原子力機構 埋設事業推進センター  
次長 木原 伸二様

- (1) 開催期日(場所)：平成21年4月22日  
(虎ノ門 第二升本ビル)

### (2) 議題

- ①物流システム事業化準備の状況について
- ・全体概要及び事業化検討調査結果
  - ・技術事項調査及び設備準備調査結果
  - ・立地調査結果
- ②平成21年度業務実施計画について
- ③出席者数（26名のうち、18名が出席）
- (3) 意見交換

## 2. RANDEC東海事務所の品質保証活動について

保安全管理部

東海事務所は、原子力施設の解体・撤去等の業務に関する多くの技術情報と人材（協力者及び協力会社を含む）を擁しており、これまでに廃止措置を実施し又は計画中の多くの施設に技術情報と役務の提供を実施している。

このような状況の下で、原子力施設の解体・撤去等の業務に関して、顧客の要求に応える役務を提供するための品質保証活動を平成20年度も継続して実施した。

平成20年度に実施した役務（試験研究炉等廃止措置安全性実証等（プルトニウム燃料製造施設の廃止措置）発注元 文部科学省殿）を対象として、品質保証計画書の適用性と品質保証活動の有効性について内部監査を平成21年5月7日に実施した。

監査において、品質保証計画書で要求している実施体制、文書管理、設計管理、調達管理、役務作業管理、品質記録の管理、教育及び訓練等の事項に関する内容が適切に実施されていることを確認した。前年度に改善した事項は適切に実施されていたが、文書管理に係る文書手続きの確実な実施について周知の必要性が認められた。

平成21年度は、前年度に揚げた品質目標を見直し右図のように設定した。平成21年度もPDCAサイクルを廻し安全確保を最優先とする品質保証活動を確実に実施し、顧客の信頼に答えていく所存です。東海事務所の品質保

証活動について皆様のご理解、ご支援を賜りたくよろしくお願い致します。

平成21年度

### 「品質目標」

顧客の信頼に答える品質保証を提供するため、東海事務所品質保証計画書に基づいて品質保証活動を行い、顧客施設における作業安全を確保するとともに、東海事務所の事業の円滑な遂行を図る。

品質保証活動を適切に実施するため、以下の方針を定める。

- (1) 安全確保を最優先とする（TBM、KY等の実施）。
- (2) 法令・顧客の規程等のルール（顧客施設の指示事項を含む）を遵守する。
- (3) 承認を受けた実施要領書等を遵守する。
- (4) 作業員（顧客を含む）の意思疎通を図る。
- (5) 整理・整頓し、快適な作業環境を作る。
- (6) 通報連絡の徹底を図る。

平成21年4月1日

東海事務所長 福田 勝男

### 3. 核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システムの開発

技術開発部

平成17年10月策定の「原子力政策大綱」では、放射性廃棄物は、「発生者責任の原則」、「放射性廃棄物最小化の原則」、「合理的な処理・処分の原則」及び「国民との相互理解に基づく実施の原則」のもとで、適切に区分を行い、それぞれの区分ごとに安全に処理・処分することが重要であるとしている。さらに、原子力施設の廃止措置で生じる放射性物質として扱う必要のない資材を再利用することは、資源を有効活用する循環型社会の考え方も整合し、合理的であるとしている。

このような観点から、海外の廃止措置に係るデータを基に、高速炉等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短寿命核種等の移動を考慮した評価システムの開発、検証及び高速炉等への適用性の検討を、文部科学省からの受託事業として平成18年度から平成20年度まで実施した。以下に具体的な実施内容を示す。

初年度の平成18年度は、原子力機構が国の委託によりJPDRの解体実地試験データを反映し開発した国が所有する廃止措置計画の検討を支援する計算コードシステムCOSMARDと核分裂生成物（FP）、腐食生成物（CP）及びトリチウム（T）の移行挙動を評価するために、原子力機構が開発し所有する計算コードSAFFIRE、PSYCHE及びTTTとを統合するために、これら各コードを調査し、コード統合のための評価システム構築に際し改良すべき内容を抽出するとともに、統合システムの基本を構築した。また、現在廃止措置中のカザフスタンの高速炉BN-350に、多量に蓄積されているFP、CP及びTの生成移行に関するデータを調査した。

平成19年度は、統合システムの製作を行い、「もんじゅ」及び「常陽」と冷却系統の異なるBN-350の解析が行えるようコードの改良を行った。また、収集したBN-350のデータをデータベース化するとともに、BN-350に関する解析を実施し、統合システムの計算精度評価を実施した。さらに、「もんじゅ」及び「常陽」の計算を実施するために、これらの1次系、2次系、水・蒸気系に関する各種データを収集した。

平成20年度は、前年度に収集した「もんじゅ」及び「常陽」に関する各種データのデータベース化を行い、統合システムに組込むとともに、完成した統合システムの計算精度を評価した。

また、統合システムの高速度炉以外への適用性を確認するために、重水炉である「ふげん」を選択し、計算評価を行った。

本システムの開発により、高速炉施設の放射化放射能のみならず、FP、CP及びTの移動を考慮した放射能インベントリ評価が一貫してできる統合システムが完成するとともに、本システムは、冷却系統の異なる高速炉や高速炉以外の原子炉施設に対しても適用できるシステムであることが明らかとなった。

本システムの完成には、原子力機構、大学及び電力中央研究所の高速炉及びナトリウム取扱いの専門家の適切な助言及び支援並びにカザフスタンの高速炉の専門家の助言を頂き心から謝意を表すとともに、カザフスタンの専門家来日に際し、原子力機構の各施設の訪問を快く受け入れ、技術討議をして頂いた関係者の方々に厚くお礼を申し上げます。

# 関係機関の活動紹介

## Making the Invisible Visible!

株式会社ヴィジブル・インフォメーション・センター  
代表取締役 黒澤 直弘

### 1. 会社設立

私たち株式会社ヴィジブル・インフォメーション・センター（V.I.C.）は昭和57年に設立しました。初期の会社経営に精励したのは、当時の日本原子力研究所を離れ、起業の道を選択した龍福廣です。「原子力の安全利用に資する」という目的意識を持って作業に打ち込むことを龍福廣は社内で標榜していました。また、「海外の研究所ではガラス細工で実験器具をしつらえる技術者なんかをとてても大事にしているものです」と話して、社員の結束を高めようとする一面を持っていました。会社設立初期に龍福廣の指導を受けた社員は現在では二名だけとなっています。とはいえ、二十年を超えて会社が存続してきた礎は、科学的に考えることをいつも求め、自主的に行動することを進めてくれた会社設立時の気風にあると考えています。

### 2. ソフトウェアを駆使して

V.I.C.は科学計算にウェイトを置くソフトウェアカンパニーです。計算機環境の変遷や開発環境の高度化に対応してきているので、処理する技術や方法も大きく変わってきています。それでも、これまで育て上げ蓄積したテーマがいくつかあって定常的にこの分野の新たな問題に取り組む機会を与えていただいています。以下にV.I.C.が継続して取り組んでいるテーマを示します。

- 1) 遮へい・放射線輸送計算
- 2) 環境負荷物質挙動解析計算

### 3) 実験支援システムの開発

それぞれのテーマについてこれまで取り組んだ作業の中には、印象深く会社の財産となっている作業がありますので、いくつかを紹介합니다。

遮へい・放射線輸送計算では、モンテカルロ法による放射線輸送計算の技術を社内に根付かせるために取り組ませていただいた国立水戸病院と筑波大学付属病院のライナック施設の迷路内における放射線分布計算をよく記憶しています。実際に現場を見ておくことが解析計算をするためには重要ですよというアドバイスを受けて、現場で測定をされる研究者に同行したからです。ソフトウェアによる作業は机上での数字合わせに陥りやすい危うさをひそませていますが、解析結果を実測データと比較検討することで信頼性を高めてゆく作業姿勢はしっかりとV.I.C.へ浸透させておきたいと考えています。JCO臨界事故の解析に取り組んだことも貴重な経験となっています。第一加工施設棟内部のフィルムバッチに係る深層透過計算や空気中含有水分量の感度解析等々、視点を変えた計算を積み重ねて報告書を提出しました。当時採用した計算モデル図は核燃料サイクル機構の解析グループの論稿（原子力学会誌[43(1)(2001)]）に掲載されています。

環境負荷物質挙動解析計算では、極低レベル廃棄物の埋設処分に係る安全評価や低レベル放射性廃棄物浅地中処分の総合安全評価に協力する機会がありました。埋設処分に係る安全評価には会社設立当初から取り組んでき



ました。計算コードの名称はDOSWASTEと称されていて、開発されたけれど実際は利用されずに忘れられてゆく計算コードの多い中で二十数年、使われています。ワードプロセッサが専用マシンで高価だったので報告書を手書きしていた頃からですので、開発に参画したV.I.C.の社歴と共にある計算コードのひとつといえます。浅地中処分の総合安全評価では、計算モデル構築のリアリティを高めるために六ヶ所村へ現地調査に行きました。現在も再処理施設に関連する受託作業の打合せで六ヶ所村を訪問する機会があり、インフラが整備されていく速さに感嘆したりしています。あの当時の風景はといえば、だだっぴろい畑土が連なっているばかりでした。その一角で農民が遺跡の発掘調査をしていたり、地盤調査のボーリングの杭がぼつねんと立っていたりといった風情だったのです。

実験支援システムの開発では、リクエストに応じて様々なシステムの開発に挑んできています。現在では、東海村で稼動し始めている大強度陽子加速器施設J-PARCに関連するソフトウェア開発にも参画しています。そのひとつが茨城県生命物質構造解析装置(iBIX)で収集された実験データ解析処理システムSTARGazerの開発となります。V.I.C.には多種多様な人材が集まっていますが、中性子回折を専門とする人材がいる訳ではありません。作業のバックグラウンドを理解しようとしてこそ、プロダクトの質も向上するというのをV.I.C.ではモットーとしていて一人ひとりの社員に学ぶ姿勢を持ち続けることを求めています。大強度陽子加速器施設J-PARCの計画が動き始めた時点で一社員を茨城大学の社会人ドクターコースへ送り出し、バックグラウンドの理解を社内に汲み入れる準備をしました。また、測定技術や統計処理に秀でている人材、理論物理を専門としてい

る人材、もちろん自らソフトウェア開発を進めていける人材を積極的に迎え入れて来ました。今では、開発担当研究者の方々のアドバイスを受けながら、V.I.C.担当チームも精一杯、完成版にたどりつく努力を重ねています。先に紹介したDOSWASTEと同じようにSTARGazerが研究者の方々に継続して利用されてゆく計算コードとなっていくことを期待しています。V.I.C.は傍観者から見ると無謀と見なせる勢いで新しい分野に挑んでいくこともあります。茨城県環境放射線監視センターで運用されている携帯電話を利用した環境モニタリングデータ連続監視システムもあるいはそんな一例となるかもしれません。環境監視の現場から届いた『可搬性と瞬時異常値の検出』というニーズに応えるために携帯電話をターゲットとして携帯電話のメモリー内で稼動するJavaプログラムの開発に挑んで創りあげたシステムとなっています。

### 3. 先を見据えて

V.I.C.は、約三年後に会社設立三十年を迎えることとなります。とはいえ、会社もある意味、生き物なのでいつ何時どんなことが起こるか事前に把握できるわけではないので、リスク管理の重要性をしっかりと肝に銘じていきたいと考えています。つくば事業所も三年目に入り人材も拡充できたので活躍の場を増やしていく方針でいます。厳しい経済状況ですけれど、プロダクトの高品質こそが会社を支えてくれるものと念じて作業に傾注する組織であり続けることでしょう。

研究の場に近い地点で働けるということで多くの研究者に導かれてここまでたどりついたら実感しています。作業に結びつかなくても行き詰った折に話を聞いてくださり、指針を示してくださる研究者の知己に恵まれたことがV.I.C.の財産となっています。

# 海外技術情報

## 1. 英国・ウィンフリスの照射後燃料試験施設 (A59) の解体

技術開発部 宮本 喜晟

英国の南西部にあるウィンフリスサイトでは、同サイトにあるSGHWR（重水減速軽水冷却型炉）やDragon炉（高温ガス炉）等の原子炉の解体が進められている<sup>1), 2)</sup>。また、同時に貯蔵されている液体廃棄物の安定化処理、照射後燃料試験施設等の解体が行われており、規制からこのサイトの解放を目指した各種作業が進められている。これらのサイト作業の経験が発表されたので<sup>3)</sup>、この論文の中から照射後燃料試験施設 (A59) の解体について紹介する。

### 1. 概要

照射後燃料試験施設 (A59) は、燃料試験計画を支援するために、大型コンクリート遮へい施設「ケーブ」2基（南ケーブラインと北ケーブライン）を備えた施設で、1960年代に建設された。ケーブ内では常に開発された新しい設備と交換できるように、この建物には、器材除染エリアと放射能ワークショップの施設を備えている。

2000年に、英国のNuvia社はこの施設全体の不要物の撤去、除染、解体に関する契約を結んだ。この解体計画は以下の9段階からなっている。

- 不必要な装備、補助設備の撤去
- 作業員立ち入りが許される目標線量レベルまでの遠隔洗浄
- 残っている機器すべての撤去と低いレベルまでの表面除染
- 可動遮へい窓ユニットと埋め込み換気ダクトの撤去
- ケーブ内表面すべての微小 (de-minimus) レベルへの最終除染
- 2基のケーブライン構造物の解体
- 除染エリアと天井クレーンを含むすべてのケーブ外施設の撤去
- 建物構造の解体

- 建物スラブ（土台）及び埋め込み床の貯蔵ライナー等の設備の撤去

現在、この主要なプロジェクトは最後の9番目の段階にあり、建物スラブとその埋め込み設備の撤去が残っている。この作業に併行して、英国原子力公社 (UKAEA) がこのエリアの解放に関する検討を進めている。

### 2. 解体の進歩と技術

照射後燃料試験施設の解体の始めから、不必要になった2基のケーブラインの撤去と設置されたすべての架台やサービス設備の撤去を含む多くの仕事があった。

作業員の立ち入りによってケーブ内での作業を続けることを可能にするために、遠隔で除染された。その結果、内部両側面の大きな遮へいドア、移動窓、マニピュレータプラグユニットのような大型構造の設備撤去ができるようになった。その後、放射性ドレーンの除染、通風ダクト等の浄化と不必要な多数の設備の撤去に集中した。また、除染の結果、呼吸器なしでケーブライン2基への作業立ち入りができるまで進行した。この期間、除染と解体作業は種々の技術全体を使って行われた。使用された技術の多くが工業的によく知られているが、さらに若干の新しい技術が開

発され、今後役立つものとして、ここに示されている。使用したすべての設備の工夫の目標は、安価、単純、操作性がよく、遠隔操作のできる必要条件であった。

今後の解体に役立つ効果的な使用工具を以下に示す。

- ケーブ内に固定しアクセスできないボルトをはずすため、ケーブ内ホイスト支持される空気圧駆動スパナ
- 解体機器を設けるために、アクセスできない場所を見る照明付き小型TVカメラ
- ケーブ壁の排水管と埋め込まれた換気ダクト内から高レベル汚染物を除去するための回転圧力洗浄ヘッド
- ケーブ換気ダクト及びケーブ架台下のアクセスできない場所に適した外部の線量計に接続した小型円筒ガンマ検出器
- ケーブ壁と天井からの表面汚染物を取り除くために、サイクロン真空掃除機に接続し脱殻の原理で擦り取る「殻ザオ」
- ケーブドアから遮へいの重量物の除去及び再移動のためのガス駆動フォークリフト
- ケーブ内及び遮へいドアで、16~32tの重量物を持ち上げ、移動するガス動力「VersaLift」の使用
- コンクリートによって裏打ちされた厚いケーブの鋼製部分を切り離すための酸素-ガソリン混合「Petrogen」ガス切断機
- 鋼とコンクリート表面の除染のための強力なサイクロン真空装置付き「Blastrac」ショットブラストシステム
- いろいろな状況で仮の汚染物を管理するための、付着塗装用の水溶性の「Spraylat」

### 3. ケーブラインの解体

2基のケーブを解体する前に、この建物構造体が解体された。管理した方法で外部壁か

らアスベスト含有コンクリート被覆板が取り除かれ、何事もなく建物の解体が行われた。リサイクルのために、モニタリングの後に、瓦礫からかなりの構造用鋼材が回収された。瓦礫回収と処分を含むプロセス全体の作業には、およそ6週間かかった。

ケーブラインの解体は、施設の解体位置から離れた西端にエアムーバーを取り付けた後に開始された。エアムーバーの大気への排気は、放射性排出物を最小にし、サイト基準の制限値以下にするために、二重のHEPAフィルターを通して一定の速さのサンプリングシステムを適用した新しい水平排出スタックに導かれた。また、解体の初めから、作業期間中に環境に放出するダストを最小にするために市販の水噴霧装置が配置された。

この装置は、穏やかな日ではよく稼働したが、風のある期間は別の水スプレーも解体現場で使用された。

2基のケーブラインのうち、規模の小さい南ケーブライン（約1.5m厚さの壁/天井で、12.5m×6.5m×5.5m）の解体が、2006年8月に始まり、4週間で終了した。解体により発生したコンクリート瓦礫のおよそ675t（270m<sup>3</sup>）から鉄筋材がリサイクルのためにモニタリングされ、回収された。

この解体経験から、大型北ケーブライン（26.5m×6.6m×5.5m）の解体には、この施設の3つの側面周りと上部にエンクロージャを取り付けることがよいと判断され、足場と3側面にビニール・カバーが取り付けられた。このエンクロージャには、およそ100個の「Hiltiアンカー」が使用され、市販の「HAKI」構造を含んだ天井は、鋼製レールの上に支持され、足場サイド壁の上部に取り付けられた（図1）。解体が2007年3月に再開し、ダスト問題もなくおよそ3週間で終了した（図2）。この解体により発生したコンクリート瓦礫

は、およそ1000t (400m<sup>3</sup>) である。

これらの解体により発生した少量の汚染コンクリートは他の廃棄物と区別され、LLWとして処分するために保管された。

#### 4. おわりに

これらの解体で学んだ教訓は、免除物質を多くし、低レベル廃棄物を最小にするため、

放射能モニターを十分に行う必要があったこと。第2に、解体前にケーブルラインの内部表面の十分な汚染情報を得て、除染を行うことが重要であった。また、初期の誤りを繰り返さないため、実施した作業結果をできるだけ明らかにするとともに、作業員のけがを少なくするために、安全管理にも重点を置いた。



図1 北ケーブルラインにおける解体ダスト管理用エンクロージャ



図2 北ケーブルラインの解体後にエンクロージャからシートを外した状態

#### 参考文献

- 1) 英国Winfrithサイトの廃止措置からの教訓、RANDECニュース、No.72 (2007).
- 2) 英国・ウィンフリスSGHWRの解体、RANDECニュース、No.75 (2007).
- 3) K. Miller, Decommissioning Experience at UKAEA Winfrith, Decommissioning Challenges: An Industrial Reality?, Avignon, Sep.28-Oct.2 (2008).

## 2. フランスの原子力における資金責任に係る新しい法制度について

情報管理部 榎戸 裕二

### 1. 制定された法律の主旨について

フランスの原子力分野では、2つの重要な法律が2006年半ばに成立した。ひとつは、“2006年6月13日No.2006-686”「原子力分野の透明性と安全性」(TSN法と称す)であり、原子炉施設、使用済燃料や放射性廃棄物の管理施設等のINB施設(主要な原子力施設)における安全性と被ばく防護に係る新法である。この法律は以下の3つの点で従来に比し重要な特徴を持つ。

- (1) 放射性物質管理に責任のある原子力施設運転者(以下、「運転者」という。)と公的機関の有する情報への一般のアクセスを保証し、安全性と放射線防護の透明性を示す。
- (2) 原子力施設及び放射性物質の輸送安全の基盤を高める。
- (3) ASN(Nuclear Safety Authority:原子力安全局)を政府から独立した行政局に改編させ、機能強化を図る。

TSN法に基づいて、INB施設に係るデクレ、“2007年11月2日No.2007-1557”や放射性物質の輸送に係わるデクレ、“2008年4月21日No.2008-378”が發布されている。

TSN法は、“1961年8月2日No.61-842”「大気汚染及び臭いの規制に関する法律」(所謂1961法)を受け継ぎ改定されたものである。

もうひとつの法律は、“2006年6月28日No.2006-739”「放射性物質及び廃棄物の持続的管理に関わる計画法」(2006計画法又は廃棄物法という)である。“1991年12月30日No.91-1381”「放射性廃棄物管理の研究に係わる法律」(1991法)に基づいたそれ以降の15年間の研究開発成果を踏まえたもので、この法律

に基づき、複数のデクレができ、例えば、フランスの放射性廃棄物の今後の研究計画、処分方策や処分場の設置期限が決められている。同時に、この法律は原子力施設の廃止措置や放射性廃棄物等の長期管理における財務上の責任への対処の法的枠組みを定め、運転者の新しい資金的義務を課している。<sup>1)</sup>

### 2. 「廃棄物法」における負の遺産に対する財務上の責任の考え方<sup>2)、3)</sup>

フランスの基本的考え方はEC(欧州委員会)に由来するが、ECでは、長期管理の資金責任を負うものが、資金欠如に陥らないため、2006年に以下のポイントの勧告を出している。

- ① 廃止措置サイトの全責任範囲が評価され、負債が所定の国家機関へ提出されること、
- ② 資金方策は運転者が手立てすること、
- ③ 資金は廃止措置にのみ使われ、投資する場合は低リスクのものに限ること。

さらに、ECでは、「廃止措置基金グループ」という委員会が基金項目を精査し、定期的に廃止措置、使用済燃料及び放射性廃棄物の財源に関する報告書を作成する。

フランスではこれまで、主要施設でさえも基金準備において法的責任は無かったが、2005年に財務監査機関が基金算定のコスト評価の透明性が必要であるとした。これにより2006年に上述の2つの法律ができ、基金の法規制上の枠組みができた。

### 3. 行政局の設置と役割

2006年廃棄物法の第20条では、「汚染者の支払い原則」が決められ、研究施設、照射装置、加速器、廃棄物貯蔵施設に至る全ての施

設での財務措置が規定されるとともに、運転者は、施設解体、使用済燃料管理、過去の廃棄物の処理、放射性廃棄物の長期管理及び閉鎖後の処分施設の監視に関し、長期的責任を負う、とされた。コストの正確な評価のため、運転者は選択する廃止措置戦略シナリオを特定する必要がある。運転者の示す財務義務の履行においては、公的機関（Administrative Authority：行政局と訳す）の監督を受ける。このため、定期的に行政庁へ以下の資料提出を行う。

- ① 3年毎に、負債（コスト推定）評価、カバーする財源、内部監査などの全分野の運転者の責任に関わる状況を記述した完全な報告書（3年レポート）、
- ② その他の各年では、上記報告書提出後の期間での主な更新内容の報告、
- ③ 資産明細目録の3ヶ月毎の通知。

#### 4. 運転者義務の監督

上記の行政局は、経済及びエネルギー大臣共管の法律で設置された機関である。監督を実施するために、3年レポートに関して、ASNに意見を求めなければならない。行政局は、廃止措置戦略と財源管理に責任を有するのみで運転者のレポートの承認はしない。しかし、情報不足や不適切な情報に対しては不備を指摘し、もし指摘事項等に対応しない場合には制裁ができる。極端な場合として、行政局は必要な運転者の基金をANDRA（National Agency for the management of Radioactive Waste：放射性廃棄物管理局）の管理基金に渡すことを命ずることが可能である。

一方、法律により行政局の監督を評価するために、CNEF（National Financial Evaluation Commission：財務評価委員会）が設立されている。その構成は、国民議会と上院のエネル

ギー、財務関係議員、議会と政府指名の各4名の有識者である。この委員会は、3年毎に報告書を作成し、議会及び「原子力安全の透明性と情報」上級委員会（議会、環境団体、原子力施設の運転者及びASNの委員で構成される）に提出される。

#### 5. 監督の実施と目的、対象

財務の監督には、幾つかの機関が係っている。エネルギー大臣と環境大臣はDGEC（General Directorate for Energy and Climate：総合エネルギー及び気象理事会と訳す）（運転者に対する窓口であり、運転者から全情報を得る）に対して監督の調整を指示する。一方、DGECは技術的鑑定のためにASNと相談するが、ASNは3年レポートの特に廃止措置戦略に関する評価をしなければならない。財務鑑定には、保険監督機関などの公的機関が関わる。監督結果はDGECがまとめ、当該大臣に提出する。

監督では、基金の項目が法で定める全項目をカバーしていることを確認する。行政局は、責任が運転者間で分担されている場合には、その責任分担割合を各運転者の情報からチェックする。ASNは国の原子力安全と廃棄物管理政策に鑑み、運転者の戦略と財源との整合性を評価する。即ち、ASNは以下4項目を評価する。

- ① 廃止措置戦略、② 技術シナリオと計画、③ 運転廃棄物の取出しと処理、④ 廃棄物管理の原則。

#### 6. 実施結果と結論

2007年6月に廃棄物法が運用されると同時に運転者は最初の報告書を提出したが、その審査の結果を以下に示す。

- (1) 運転者において大きな財政上の欠落事項は見出さなかった。ただ、何人かの

運転者には考慮すべき周辺事項や情報レベルの精緻化（例、廃止措置シナリオの不確定性と流動性）に関して指摘した。

- (2) 財源の確保と同様に、この廃棄物法をパスすることは、公的機関に対して、運転者の戦略の理解、責任の把握、運転者の対応内容の適切な比較が的確に行われたことを意味する。この繰返しによって運転者は彼らの状態を常に評価し改善することができ、廃止措置基金の充足性と利用について透明性を改善できるものと思われる。この監査は今後も定期的に行われ、より多くの視点を深く理解していくのに貢献する。

#### 参考文献

- 1) The third National Report on Compliance with the Joint Convention Obligations（使用済燃料及び放射性廃棄物管理安全に関わる条約に基づく）, ASN/France, Sept. (2008).
- 2) C. MAOCEC and M. Olivier, “Introduction to the French legislation dealing with nuclear liabilities,” Decommissioning Challenges: an Industrial Reality?, Avignon, Sep.28-Oct.2 (2008).
- 3) ASN Annual Report, “Nuclear Safety and Radiation Protection in France 2007,”.  
(<http://annual-report2007.asn.fr/report-2007.html>)

#### 7. まとめ

2007年以降、施設の廃止措置、使用済燃料及び放射性廃棄物管理のコスト評価と財源に係る法的枠組みが上手く機能している。これは、長期の負債を考慮した「汚染者の支払いの原則」が原子力分野の運転者にも受け入れられていることを示す。運転者は内部資産明細書を作成し、長期負債の引当金を準備し、それを公的機関の監督下に置くものである。この法律は、施行後未だ日が浅いものの制度の枠組み構築や運転者の監督、さらには原子力エネルギーにおけるパブリックアクセプタンスにとって重要な長期にわたる財源安定化に向けた成果をもたらすものである。

### 3. バーセベック原子力発電所の廃止措置計画

技術開発部 梶谷 幹男

スウェーデンのエネルギー資源は、水力が中心で他に頼れる資源を持たない国であった。それ故に増える電力需要を原子力に期待し、1972年に最初のオスカーシャム発電所が稼働、1975年にバーセベック原子力発電所を稼働させ、1970年代末に12基の原子力発電所が電力量の約50%を供給していた。しかし北欧でも環境意識は高まり、1979年のTMI事故の影響もあり、1980年には脱原子力政策を国民投票で決めた。段階的に原子力を全廃し、風力等の自然エネルギーで代替する内容であった。しかし電力会社の最高行政裁判所へ原発閉鎖反対の控訴とか、エネルギー確保の議論が続いた。1986年には旧ソ連のチェルノブイル事故が発生した。計画した代替電力の達成は不可となり、最近の著しい地球温暖化の影響もあり、結果的には30年後、脱原子力政策の転換となった。この間に、バーセベック1号機は1999年11月30日に運転閉鎖となった。また2号機は2005年5月31日に運転閉鎖となった。現在は10基の原子力発電所が約50%の電力を供給している。バーセベック原子力発電所は、隣国デンマークの首都コペンハーゲンから25kmの距離にある。スウェーデンの高人口密度地帯に立地している。稼働率80%以上のバーセベック発電所であったが、閉鎖せざるを得ない状況に至った。ここではバーセベック原子力発電所の廃止措置計画について紹介する。

#### 1. バーセベック1号機、2号機の概要

発電所はBWR型式で、容量が1800MWt (615 MWe) を2基配置し、合計1230MWeである。運転開始は1号機が1975年、2号機は1977年である。建設はアセア・アトム社 (ASEA Atom)、所有主はEKS (シドクラフト社：ドイツ系資本55%)、運転管理者はBKAB (バーセベック運転管理会社)、総発電量は93,4TWh (1999) / 108TWh (2005) である。現在は永久運転閉鎖、2006年12月以降、施設保守と管理の状態にある。1、2号機は隣接する同型の発電所であり、電気建屋、制御建屋と管理建屋は共通である。プロセス設備も2発電所で統合されている。

#### 2. 運転閉鎖について

経営陣と労働組合が協力して全従業員の就業を保証した計画を作成した。1号機と2号機が共に閉鎖となり、2006年12月以降は施設

の維持・監視状況に移行した。国のバックエンド政策に従い、全ての燃料はオスカシャムにある使用済燃料の集中中間貯蔵施設 (CLAB：総貯蔵容量5000t、地下25mの岩盤空洞内で約40年貯蔵) へ移送された。燃料体は最終的には内側鋳鋼製と外側銅製の2重缶密封構造の容器に詰められて、地下約500mに2045年以降に地層処分される計画である。

発電所の監視運転：発電所の施設解体までは、施設を正常な状態に保存し維持し監視される。サイトには管理部門、安全部門、危機管理部門、火災保全部門、廃棄物管理部門、保健衛生部門、放射線防護部門、環境保全部門と多くの組織がある。

新業務について：将来、他産業へのサイト活用のため、建物、保守管理センター、事務所、売店・ストア、工作部門施設、ホテル等の部門を生かして活用する。

組織改造：従業員には3年間の職場の勤務を



保証し、かつ新職務への転職も支援する。BKABの組織は、商業運転中には450人体制であったが、2008年4月1日で51名体制へ移行し、1号機と2号機の施設監視を継続する。先々は40～50名の従業員体制を計画している。

### 3. 規制への対応

廃止措置計画はスウェーデン政府、原子力発電検査機関（SKI）、放射線防護機関（SSI）からの要件条項を満たす。規制局は発電所の建設段階の当初の設備機器の廃止措置計画を求める。この廃止計画は段階的に詳細化される。一方、スウェーデンの環境法は環境裁判所からの要件を求める。また設置者が施設廃止に移行する前に環境影響評価レポートも要求される。施設の維持・監視期間の環境影響評価レポートは、2006年中に裁判所へ提出された。現在2012年までの計画はBKABへ許可するとの裁判所指令が出ている。2013年から2018年には新しい申請内容が更に必要となる。

全体計画：発電所の設置者（EKS：シドクラフト社）は発電所の解体計画の責任を有している。EKSとBKABは契約書を交わしている。BKABはバッテンホール社（国営電力会社）が主力で、リングハウスABは、バッテンホール（70%株）とエーオン・スウェーデン（30%株：ドイツ系）に所有され、資本構成と管理実態の内容はEU内部を中心に多国間に及んでいる。

スウェーデンシステムでは、放射性廃棄物の輸送から最終貯蔵までをスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）が取扱う。低中レベル放射性廃棄物の最終貯蔵サイトはSFR 3（注1）であり、解体の開始前までに諸準備が整っていなければならない。SKBの計画では2020年、貯蔵開始の予定である。1、2号機の解体業務とSFR 3のプロジェクトとは連携している。発電所サイトの維持・監視期

間の操業は簡潔で安全かつ経費節約に徹する。またエネルギー消費もミニマム・システムを目指す。必要不可欠な監視内容を抽出し、作業の残留リスクをミニマムにし、かつ維持・監視の操業はコストの節約を徹底し、将来のプラント解体へ備えている。

計画工程：2006年12月1日、施設の監視・操業を開始し、2018年プラント解体開始、2025年にサイトの開放に移行する。体系的な汚染除去作業を実施し安全解析を段階的に進め、大型機器の解体作業を実行する。業務の迅速遂行のため詳細な作業解析を実施し、法規制への漏れの無い準備、後戻りのない計画立案を進める。廃棄物を細かく区別けし、解体作業を終了した段階で排出物を最終処分廃棄体にする。経費節約の点からサイトのプラント解体の期間は5年以内とする。サイト解放をして、電子部品工場を建設しサイトの再利用をする。

### 4. 解体の主要項目

計画は2018年から廃止措置の準備、大型機器の運搬、サイトの汚染除去、許認可の終了手続き、サイトの解放の2026年までの工程である。1号機と2号機はほぼ並行して解体を進める。原子力発電所の廃止措置事業は、現在はもちろん将来へ向けて、スウェーデンの原子力産業界の重要な実験的業務と見なされている。

### 5. 行政当局の要求に伴う主な計画業務

計画業務の主なものを以下に具体的に列挙する。

全体計画をサイト所有者とスウェーデン行政当局へ提出する。サイトの全燃料をオスカーシャムにあるCLABに輸送する。タービンオイルや化学的危険物は搬出する。発電所の放射線サーベイ調査の実施、発電所の過去

の運転中の機器類への放射能汚染の調査、幾つかの漏洩防止の閉じ込め用養生、核種の捕集対応の準備等を実施する。過去の報告書類は保存し、さらに継続して保存する。原子力発電所は国際協力のR&D計画を持ち、格納容器の経年劣化の実験等に協力している。BKABは他組織（SKBや国際機関（IAEA, OECD/NEA, WNA, ENISS:WANO, E.ON, Vattenfall Europe, EPRI）と協定を交わしている。

新運営管理要領書、新安全解析書、業務の実施に関する新しい技術規制書を作成し行政当局へ提出する。ANPEL計画、電気系統と運転システムの再構築をしサイトの維持・監視のため施設に必要な電気系統を調整する。汚染除去作業 2007年から2008年、1号機と2号機は一次系設備と原子炉容器タンクの下部の除染作業を実施した。作業環境の整備と放射線量を下げ、解体作業や輸送作業を容易にした。アレバ社のオスカーシャム（OKG）で勤務中の専門家からの協力・指導を受けた。CORD法を用いた除染を行い1号機の除染係数は平均で293、2号機は93であった。中央制御室は2007年12月17日以降、無使用であったが、維持・監視業務の期間は交代勤務に入る。

#### 維持・監視期間の主作業

IAEAとECの国際機関及び国内ではスウェーデン規制当局（実質的にはSKI、SSI）の新規制を受ける。SSIは、IAEAとECからの勧告を受けて物品や機器、建物のサイト解放への規制を検討している。現在 英国と類似の特定核種の測定や、従来以上に低いすそ切りレベルへの法的要求内容の実施要領書を作成している。プロジェクトの項目別の検討作業は2008年4月にスタートした。最終目標は、放射能レベル毎の分類とアスベスト等の危険物質の残留解析である。現在 原子炉容器を一体物として外へ持ち出し、SKBの最終

処分場へ輸送の可能性を検討している。運転廃棄物は施設サイトに貯蔵されている。炉心格子部品（グリッド）はSKBの中間貯蔵施設が出来るまで（2012年）、サイトのプールに運転当初から全て貯蔵されている。原子力発電所の運転開始以降のイオン交換樹脂類は発電所サイトのタンクに貯蔵されている。サイトに交換樹脂をコンクリート固化する新固化装置が建設されている。コンクリート固化装置は2008年から操業開始し、約7年間の運転を予定している。発電所の運転・管理の総コストを低減するため、系統や設備機器を保守して使う場合と、新規に設備を備え付ける場合と比較し、コスト・メリットのある方法を選ぶ。エネルギー使用量（電気 ガス 水 換気システム）も評価する。国内外の協力を経てデコミッショニング知識を関係者間で構築する。環境影響評価書は2013年から2018年まで延長する。

#### 6. 教訓及び得られた知見

発電所の解体計画から得た重要な具体的な教訓を以下に示す。

1号機では従業員が廃止措置に集中的に勤務し、2号機では安全運転とサイト維持のコスト合理化に重きをおいた組織再編を行った。従業員の就労に大切な社会的かつ経済的なプログラムを立案した。業務関係者及びスウェーデン規制当局が守秘内容としていた事もまとめた。規制局からの新しい規制項目が国際的（IAEAやEC）に新しいプロセスとして整備された。効率的実務プロセスが最重要である。小組織がサイト業務には有効である。信頼できる複数の電気技術者が必要となる。業務内容を解析し、主業者の作業状況を調整し、トラブル発生の防止対策が重要である。系統除染を可能な限り進めるとメリットが大きい。プラントのイベント・トラブル

事象の履歴経緯を整理し、スタッフに経験と知識として共有する。関係者間で連帯意識を育て責任範囲を共有する。廃止措置の新文書類、多くの有益な新書類を作成できた。廃止措置への意識付け・動機付けが成功への鍵である。BKABの経験は、炉運転能力集団としての国際的な専門的経験知もあり優れていた。サイトの維持・監視運転の業務を進め、運転の永久停止と廃止措置の業務と、新ビジネスも考慮し、コスト合理化モードで仕事を並行してやるのが重要である。出来るだけ危険物質はサイトから運び出し、最終安全解析レポートに詳細を説明することが大切である。

## 7. あとがき

1980年以降、スウェーデン（1980）、イタリア（1987）、ベルギー（1999）、ドイツ（2000）の各国で脱原子力政策が生じた。しかし20数年後 スイス国民は脱原子力政策に反対66%

（2003）、スウェーデンの世論調査における原子力支持80%（2004）、スウェーデン原発撤廃政策を転換（2009、2月）、イタリアが仏の協力で4箇所に原発新設を計画中（2009、2月）、と原子力カルネッサンスが顕在化している。現在 スウェーデンでは自国に10基のLWRが稼動継続し、1988年から低中レベル放射性廃棄物処分施設（SFR）が操業し、1985年からCLABも運転中であり、さらに使用済燃料最終処分施設の試験研究も実施中である。KBS-3の使用済燃料最終処分場の準備が進んでいる。スウェーデンは日本の国土の1.2倍、人口は約900万人、化石エネルギー資源を持たない国であり、独自の自立的な原子力利用政策を推進している。北欧4カ国は、多様な資源、産業、地理的環境と歴史的背景を持ちつつ、相互の連携（送電線網の連結など）も確保しつつ、自国の自律的なエネルギー安全保障の具体化に努力している。

## 参考文献

- 1) Hakan Lorentz, "Barseback NPP Decommissioning project," Decommissioning Challenges: an Industrial Reality?, Avignon, Sep.28-Oct.2 (2008).
- 2) LORENTZ / PALSSSSON, The Decommissioning plan for Barseback NPP. (Darwin 1884576),2008

(注1) SFR3:首都ストックホルム市の北方160kmのボスニア湾に面するエスタマル自治体（人口21600人）のフォルクスマルク原子力発電所の近くに、放射性廃棄物処分場・SFR処分場がある。この処分場に隣接してSFR-3と呼ぶサイロと水平空洞からなる処分施設の増設が計画されている。この増設施設をSFR-3と呼んでいる。

## 4. 炉内構造物の解体技術の動向と機械的細断技術の経験

技術開発部 宮坂 靖彦

### 1. 国内外の軽水炉の炉内構造物の解体技術の動向

国内外の軽水炉の廃止措置における炉内構造物（Reactor Vessel Internal、以下「RVI」という）の解体撤去技術としては、熱的切断技術、機械的切断技術等の実績が多く報告されている。JPDRの解体では切断ツールにプラズマトーチを用い、水中での遠隔解体装置としてマスト型が開発されている。諸外国の例でも遠隔解体装置としては、マスト型、マニピュレータ型が開発されている。

切断ツールとしては、熱的な方法であるプラズマ、放電加工、接触式アーク切断等、機械的な方法であるバンドソー、せん断、パイプカッター、研磨材入り超高压水ジェット等が用いられている。

最近の米国のランチョ・セコ発電炉の廃止措置では、RVIの撤去・細断工法には5種類の機械式ツール、即ち、レシプロソー、ボルトミーリング、ボルトせん断、回転式切断装置、直径38インチのリニヤー型切断が使用された。

また、稼働中の軽水炉で安全性及び性能向上のためにRVIの交換工事が行われ、表1示すように多くの撤去・細断工法の例が報告されている。国内のBWR型の炉の炉心シュラウドの撤去には、まず福島第一・3号機では放電加工を用い、また細断にはプラズマアーク切断で行っている。その後の2号機及び5号機では、ロールカッターによる撤去、研磨材入り超高压水ジェットによる細断工法が採用された。これは、二次廃棄物の発生量が少ない、二次廃棄物の回収が容易、ガス発生がないなどの利点による。PWRでは、被ばくが少

なく、工期が短いなどの理由からRVIの一体撤去方式を採用している。

スウェーデン及びフィンランドのBWR型の発電炉では、原子炉の安全性及び性能向上のためにRVIの交換工事が行われている。プール内に取出したRVIは、処分に向けて、機械的な細断・処理が行われた。この細断方法を中心に、次に紹介する。

最近、放射能レベルの特に高いRVIの解体技術は、熱的切断から上記の利点に加え切削ツールの性能向上も伴い機械的切断へ移行している。

### 2. WES社のRVIの機械的細断技術の経験

スウェーデン・ウエスチングハウス社(WES社)は、1999年以降、プール内に保管されていたRVIの細断・処理工事を、スウェーデンのForsmark F1及びF2号機、Oskarshamn O1号、O2号及びO3号機、及びフィンランドのOlkiloto OL1号及びOL2号機について実施した。RVIの各パーツとそれぞれに適用した代表的な機械的細断工法を図1に示す。

WES社は、原子炉プラント所有者と共同で、高い放射能レベルを有するRVIの処分のための細断、輸送及び貯蔵システムを開発した。計画では、作業者の被ばく低減・プラントの安全性、作業環境の清浄・保持及び貯蔵・処分コストの最小化を考慮している。代表的なプロジェクトにおけるプール内の装置、RVI及びコンテナの配置を図2に示す。すべての細断は、RVIが高放射化されているためプール内の水中で主に機械的な方法で行われた。細断プロジェクトの主な作業は、装置設置、工具の交換、切断作業、切断片の回収・

収納等である。そのうちの実切断時間の占める割合は約30%である。

放射線レベルの評価は、作業被ばく管理の観点からプラント毎に計画を詳細化するために行われた。切断装置に使用したツールの除染には、格納容器内に特別エリアを設け、高圧水ジェット、アルコール、アイスプラストが用いられた。すべての切断ツールは、遠隔操作できるように設計された。被ばく低減、最適化プロセスの確認のためのモックアップ装置での訓練は、非常に重要である。

(1) Forsmarkサイトでの細断プロジェクト (1999-2000)

Forsmark F1号及びF2号機の炉心シュラウドの細断にはバンドソーを、また炉心支持グリッドの細断にはせん断ツール及びバンドソーが用いられた。二番目のF2炉の作業は、先行作業の経験が生かされ作業時間を約30%低減した。

(2) Forsmarkサイトでの細断プロジェクト (2003-2004)

F1号及びF2号機の炉心スプレイステムの細断には、放電加工が用いられ、F3号機での細断には、せん断機(図3参照)及びバンドソーが用いられた。

(3) Oskarshamnサイトでの細断プロジェクト (2003-2004)

Oskarshamn O1号及びO2号機の炉心シュラウドカバーの細断には、特殊切断ツール装置が開発された。炉心支持グリッドの蒸気配管の切断のために配管切断ツールが設計された。15トンの炉心支持グリッドを反転させる必要がありモックアップ試験に基づいて、反転操作を実施した。炉心支持グリッドと炉心スプレイステムはせん断ツール及びバンドソー(図4参照)で細断された。先行したO2号機で7か月を要したが、O1号機

では1.5か月に短縮された。

(4) Olkiloto サイトでの細断プロジェクト (2004-2006)

Olkiloto OL1号及びOL2号機の炉心シュラウドカバー、炉心支持グリッド及び蒸気分離器の細断には、せん断ツールとバンドソーが用いられた。また、炉心シュラウドカバーのサポートビームの切断には、デスクソーが用いられた。

(5) 実施中のForsmarkサイトでの細断プロジェクト (2009開始)

Forsmarkの3号機の原子炉では、原子炉出力上昇のため、再度、炉内構造物を交換する。実際の炉内構造物の細断作業は、2009年に開始する予定である。そのための実物大のモックアップ試験が行われている。

### 3. WES社の機械的切断技術の選択の考え方と評価

上記の炉内構造物の細断プロジェクトでは、主にバンドソー、デスクソー、せん断ツール、パイプカッター等を水圧、油圧等の遠隔装置により行われた。肉厚の構造材には、バンドソーが用いられた。

また、デスクソーは、非常に効果的であるが、長い切断物には推奨されない。

細断技術を選択するには、特に、解体作業に伴う放射性物質の空気中への放出、二次廃棄物の発生量、回収の容易性等を考慮する必要がある。

熱的切断方法には、微粒子の発生が伴うため水中作業時に監視が困難となる。また、フィルターシステムに大型のフィルターカートリッジが必要となり、バブルの発生に伴ってマイクロサイズの放射能を持つ粒子が空気中へ放出する欠点がある。

また、研磨材入り超高压水ジェット切断方

法には、熱的切断の方法と同様の欠点があり、特にミクロンサイズの粒子が装置や仕切り壁の表面に付着することに配慮するとともに、多くの二次的な廃棄物の処理が必要となる。

上記の機械的切断の方法は、切子の回収作業が容易であり、放射性物質を含むガスの発生リスクが少ないことである。機械的切断で生じたチップは、既存の水中クリーニング装置、サイクロンで回収が容易にできる。微粒子状のものは、サイクロンで分離し、また、フィルターで回収できる。

各種の切断装置に対する細断に伴うガス発生及びフィルターの必要性の関係を模式的に図5に示す。WES社の評価を要約すると、次のとおりである。

- ①機械的な切断工法は、炉内構造物の細断に優れている。
- ②細断プロジェクトは、人的な怪我を含む事故もなく実施できた。
- ③炉内構造物の細断は廃棄物コンテナへの収納を効率的にし、コンテナの最小化に寄与する。

表1. 国内外の原子力発電所の炉内構造物の交換工事における撤去・細断工法

プラント名 (型)	工事時期	撤去工法	炉内構造物の細断工法
福島第一・3号機 (BWR)	1997-1998	放電加工 (EDM)	プラズマ
福島第一・2号機 (BWR)	1998-1999	中間シュラウド： ロールカッター 下部シュラウド：EDM	研磨材入り超高压水ジェット (AWJ)
福島第一・5号機 (BWR)	1999-2000	〃	AWJ
敦賀1号機 (BWR)	2001	EDM	AWJ
島根1号機 (BWR)	2001	〃	AWJ、バンドソー
伊方1号機、2号機、 玄海1号機 (PWR)	~2006	一体取り換え	細断せずに大型保管容器に収納
AA社製BWR Oskarshamn O1, O2, O3 Forsmark F1, F2 Olkiloto OL1, OL2	1999-2006	ボルト外し (AA社製のシュラウド はボルト止めであるため 撤去が容易)	機械式； バンドソー、せん断ツール、 パイプカッター、研磨材入り高 圧水ジェット (AWJ)

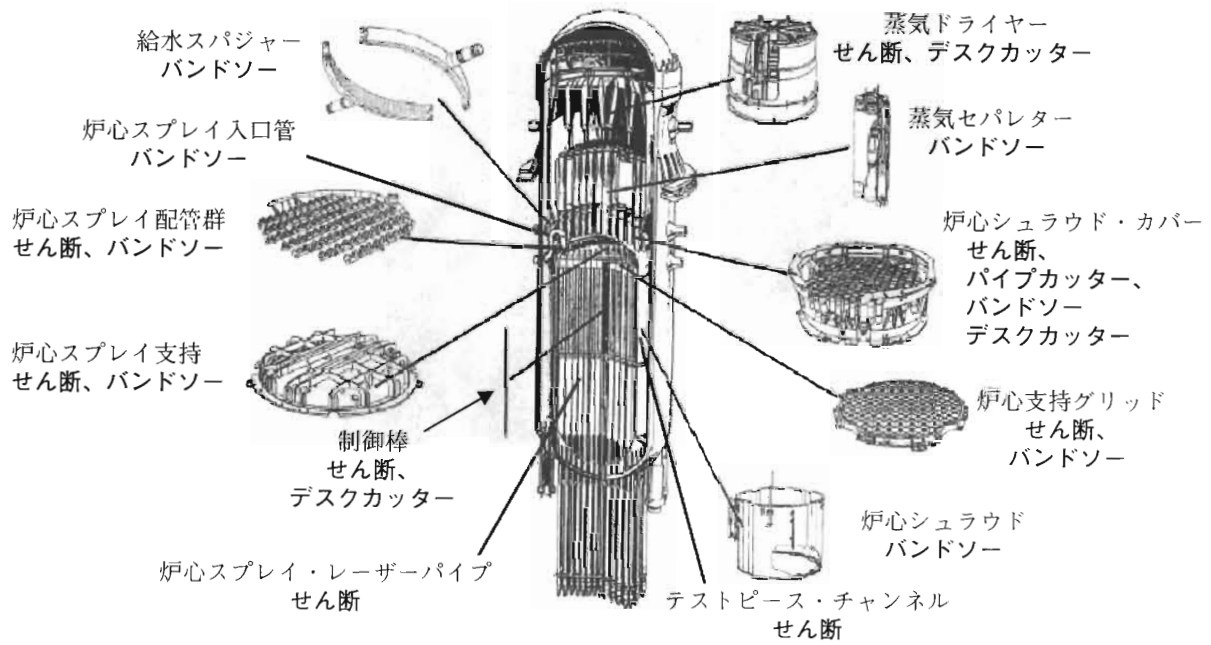


図1 炉内構造物の各パーツに用いた細断技術

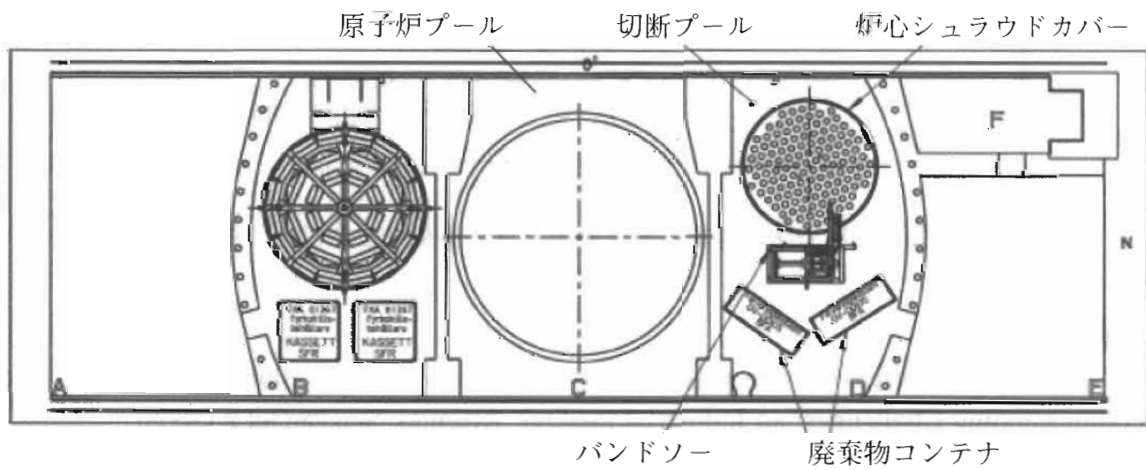


図2 代表的なプロジェクトにおける炉内構造物、バンドソー、コンテナ等の配置図

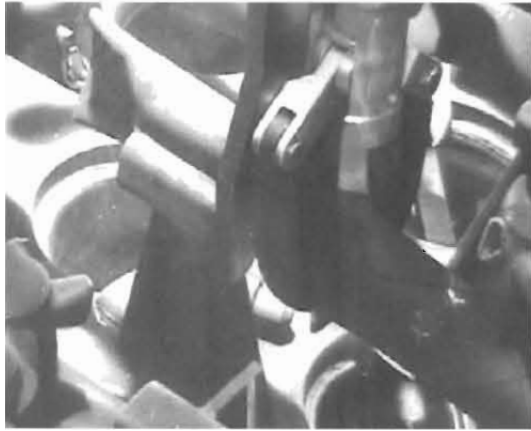


図3 せん断ツールによる炉心スプレキシテムの切断 (Forsmark)

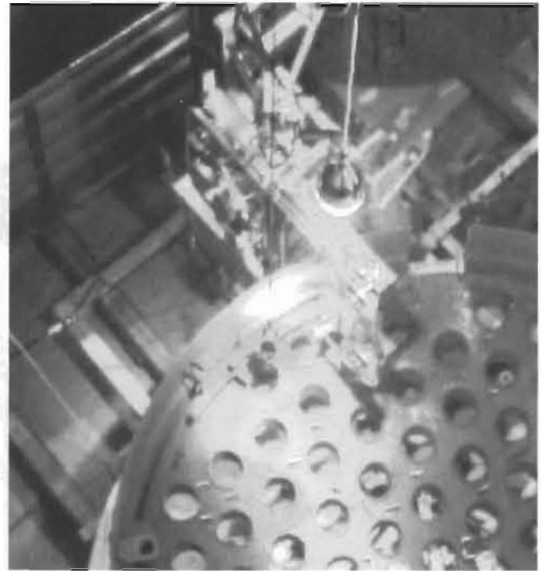


図4 バンドソーによる炉心シュラウドカバーの切断 (Oskarshamn)

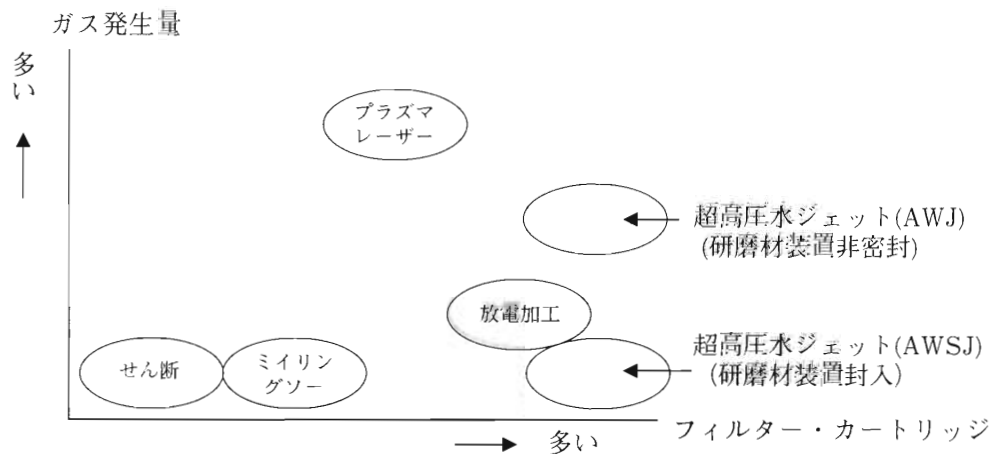


図5 各種の切断方法に対するガス発生とフィルターの必要性の相関関係

### 参考文献

- 1) Per Segerud, "Experience from reactor Vessel Internals Segmentation-Mechanical Cutting," Decommissioning Challenges: an Industrial Reality?, Avignon, Sep.28-Oct.2 (2008).
- 2) M.G. Anderson, J.A.Fennema, "Mechanical Cutting of Irradiated Reactor Internal Components," WM'07, March 2007.
- 3) 山下 裕宣, "シュラウド等炉内構造物の取替工事" デコミッショニング技報、第20号、(1998年 8月)。
- 4) 山内純一, "伊方発電所 1号機における炉内構造物の取替え (CIR)" デコミッショニング技報、第35号、(2007年 3月)。
- 5) 宮坂靖彦, "原子炉施設デコミッショニングにおける最近の解体技術動向" デコミッショニング技報、第25号、(2002年 3月)。



## 総務部から

### 1. 理事会及び評議員会の開催

第64回理事会及び第58回評議員会が平成21年3月18日（水）に当センターにおいて開催され、平成21年度事業計画・支出予算書並びに役員の選任、評議員の選任等が審議され、原案のとおり承認されました。

同日に引き続き第65回理事会が開催され、理事長、常務理事の選任について審議のうえ原案のとおり承認されました。

### 2. 人事異動

#### ○理事

新任（4月1日付）

真木 浩之

（清水建設株式会社専務執行役員 原子力・火力本部長）

退任（3月31日付）

貝原 光恭

三上 信可

#### ○監事（4月1日付）

数土 幸夫

（財団法人 原子力安全技術センター常務理事）

高山 進一

（財団法人 核物質管理センター理事）

退任（3月31日付）

石井 治夫

大山柳太郎

#### ○評議員

新任（4月1日付）

山本 晃三

（株式会社竹中工務店 原子力火力本部 本部長）

斉藤 直

（大阪大学 ラジオアイソトープ総合センター教授）

熊谷 隆

（社団法人 日本アイソトープ協会 総務部 企画課長）

退任（3月31日付）

荻原 勉

片田 元己

武藤久美子

#### ○特別参与委嘱（4月1日付）

前田 充

石黒 秀治

○職員等

派遣解除（3月31日付）

総務部次長

新保 幸夫

立地推進部 課長

鈴木 康夫

参事 兼技術開発部長

池田 諭志

技術開発部 部長

安念 外典

技術開発部 課長

下山 清志

技術開発部

小幡 和弘

退職（3月31日付）

総務部

斉藤 明子

採用（4月1日付）

総務部課長代理

大澤 政雄

立地推進部課長 兼物流システム事業化準備室

技術部

鈴木 康夫

技術開発部長

安念 外典

技術開発部 調査役

望月 民三

異動（4月1日付）

参事・総務部長 兼 立地推進部

（参事・総務部長）

佐藤 一彦

情報管理部長 兼 技術開発部

（情報管理部長）

榎戸 裕二

採用（5月1日付）

物流システム事業化準備室事業計画部長

泉田 龍男

技術開発部

小幡 和弘

異動（5月1日付）

解兼務（物流システム事業化準備室事業  
計画部長）

日野 貞己

採用（6月1日付）

技術開発部

小栗 朋美

# ご 案 内

## 第22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22回「原子力施設デコミッショニング技術講座」を以下の通り開催致します。皆様のご参加をお待ち致しております。

講座のプログラムにつきましては、追って会誌・会報・ホームページ等を通してご案内させていただきます。

開催日時：平成21年10月27日(火)

開催場所：石垣記念ホール（赤坂・三会堂ビル 9階）

## 第21回 「報告と講演の会」

### — 原子力研究のWaste Managementの確立を目指して —

当センター主催にて第21回「報告と講演の会」を次の通り開催するはこびとなりました。詳細につきましては追ってご案内させていただきます。

当センターの事業報告をさせて頂くとともに、特別講演を予定しておりますので、皆様のご来場を心よりお待ちしております。

開催日時：平成21年11月30日(月)

開催場所：石垣記念ホール（赤坂・三会堂ビル 9階）

©RANDECニュース 第81号

発行日：平成21年7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  
〒319-1107 茨城県那珂郡東海村豊真一丁目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)