

No.22

デコミ ニュース

第 22 号

目 次

1. 低中レベル放射性廃棄物の処分
— 各国の取組みとIAEAの活動 — … 1
2. 拡大欧州連合(EU)の放射性廃棄物管理と
廃止措置の現状と今後への対応方針 … 5
3. 英国原子力公社(UKAEA)におけるデコミッションング … 9
4. モルスレーベン処分場の操業停止・閉鎖の
許可申請手続きの準備状況 … 12
5. ワイヤソー工法による大型トカマク装置TFTRの解体 … 15

(財)原子力研究バックエンド推進センター

RAANDTEC

1. 低中レベル放射性廃棄物の処分

— 各国の取組みとIAEAの活動 —

1. はじめに

多くの国々において、核燃料サイクル及び医療、研究、産業界で使用された放射性物質が、多量の低中レベル放射性廃棄物 (L/ILW) として発生しており、これらを安全に管理することが重要な課題となっている。このため、各国あるいは国際機関は、放射線防護及び放射性廃棄物管理に関する基準や指針の改善をたゆまず進めている。とりわけ国際原子力機関 (IAEA) は、加盟各国と協力して、最新の技術情報の収集、検討、分析、発表に務め、また安全基準、指針、安全・技術報告書の作成、発行を進め、さらには国際会議、セミナー等の開催を通して、情報の普及及び交換を行っている。加えて、加盟国における研究開発の後援、開発途上国の支援と育成、さらには助言や評価サービスの提供を行っている。ここでは、L/ILW 処分に関する各国の取組みと IAEA の活動について紹介する。

2. L/ILW の処分と各国の取組み^{1), 2)}

高レベル放射性廃棄物 (HLW)、使用済燃料及び長半減期放射性廃棄物は、放射能の十分な減衰までに数万年から数十万年もかかることから、数百mの深さのいわゆる深地層処分される。一方、半減期の短いL/ILWは、数十年あるいは数百年以内に許容されるレベルまで減衰するため、浅地中処分される。半減期の短いL/ILWは、埋設後半減期の10倍程度の管理期間をとれば十分に減衰する。例えば各国のL/ILW処分施設で考えられている管理期間300年間とは、¹³⁷Csの半減期約30年及び⁹⁰Srの半減期約29年の約10倍からきている。

浅地中処分は、廃棄物の核種、特性や量、サイトの特性、国の規制要件、あるいは廃棄物管理政策によって検討され、主に二つのケースが考えられる。一つは地表 (土盛り) か地下施設 (トレンチ、地下室、ピット)、もう一つは岩盤層あるいは廃鉱山の掘削孔のようなもっと深い層に処分する施設である。前者のケースでは廃棄体を数mの厚さのバリアで覆う。後者のケースでは深さ数十mの岩盤層を利用する。

過去50年の間、廃棄物処分方法について検討されてきたが、ほとんどの経験は浅地中処分施設から得られてきた。これらは成功したものばかりではなく、失敗したものもある。失敗の例としては、雨水の浸入や地下水面の上昇によって処分トレンチが水浸しになったため廃棄物から放射性核種が早期に浸出したことである。これら経験を踏まえて、浅地中処分を行っているフランスのオーブ、日本の六ヶ所村、スペインのエルカブルル、英国のドリッグ、米国のバーンウェル及びリッチランド、南アフリカのバールプッツ及びチェコのデユコバニの各処分施設は、構想や技術的に改善を図った処分施設の開発を進めてきた。岩盤層処分施設については、スウェーデンのフォスマークが海面下60mの結晶岩層に建設している。その他フィンランドのオルキルト及びロビーサがスウェーデンと同様の形式の処分施設を稼働させている。これらは全て地下水面より下に位置している。廃鉱山の掘削孔の構想は、密封線源や浅地中処分を受け入れられないL/ILW用に開発されており、未だ評価段階であるが、ほとんどの国が密封線源を扱っているのでこの処分場が必要とされている。世界の主なL/ILW処分施設に関する情報を表1²⁾に示す。

表1 世界の主な低及び中レベル放射性廃棄物処分施設（1999年現在）

文献：“Fifth General Radioactive Waste Plan”, Ministerio de Industria y Enresa (July 1999)

国名	設置場所	技術	稼働開始年	受入れ容量(m ³)
ドイツ	Morsleben	地下(廃岩塩鉱、深さ500m)	1981	54,500 ⁽¹⁾
	Konrad	地下(廃鉄鉱山、深さ1,000m)	(2)	650,000
米国 ⁽³⁾	Barnwell	浅地中	1971	700,000
	Richland	浅地中	1985	360,000
	Beatty ⁽⁴⁾	浅地中	1962	130,000
スペイン	El Cabril	工学バリアを使用した浅地中	1992	50,000
フィンランド	VLJ	地下(花崗岩層、深さ100m)	1992	8,500
	Loviisa	地下(花崗岩層、深さ110m)	1995	7,800
フランス	La Manche ⁽⁵⁾	浅地中	1969	517,425
	L'Aube	工学バリアを使用した浅地中	1992	1,000,000
日本	六ヶ所村	工学バリアを使用した浅地中	1992	40,000 ⁽⁶⁾
英国	Drigg	トレンチ	1952	800,000
		工学バリアを使用した浅地中	1988	800,000
スウェーデン	SFR	浅地中(花崗岩層、水深50m以深の海底下60m以深)	1988	60,000 ⁽⁷⁾

(1) 2000年6月30日まで稼働（稼働ライセンス失効）

(2) ライセンス取得中

(3) 各州が単独あるいは連合して、各自の低レベル廃棄物貯蔵容量の提出を要求しており、これに基づいて放射性廃棄物政策改定法を制定。現在、次の確定廃棄物処分施設が建設ライセンス取得段階にある：Ward Valley（カリフォルニア）、Boyer Country（ネブラスカ）、Wake Country（ノースカロライナ）、Fackin Ranch（テキサス）

(4) 1992年末閉鎖

(5) 1994年7月閉鎖。サイト覆土作業は1996年中に完了

(6) 今後600,000m³に拡張可能

(7) 2000年頃に容量を30,000m³増加予定

3. L/ILW 処分に関する IAEA の最近の活動¹⁾

3.1 L/ILW 処分プログラムに関する刊行物

IAEAが行っているL/ILWの浅地中処分のプログラムの結果は、シリーズものの刊行物、会議やシンポジウムの論文集として発行されている。これら刊行物は、安全基準シリーズ、安全報告シリーズ、技術報告シリーズ、技術文書（TECDOC）、その他L/ILW処分関連資料として公表されている。これらの内、最近及び最新の刊行物の例を表2に示す。

表2 放射性廃棄物の浅地中処分に関する最近及び現在の刊行物

安全	技術	管理	特別なトピックス
浅地中処分に関する放射性廃棄物安全要件 WS-R-1(1999)	浅地中処分のための地下水流の特性測定 TECDOC-1199(2001)	多国間の放射性廃棄物処分開発に関する技術的、制度的、経済的ファクターの重要性 TECDOC-1021(1998)	放射性廃棄物処分施設に関する品質保証の適用 TECDOC-895(1996)
放射性廃棄物の浅地中処分安全指針に関する安全評価 WS-G-1.1(1999)	浅地中処分施設における施設内工学バリア物質の性能 TECDOC-1255(2001)	デコミッション戦略としての処分 TECDOC-1124(1999)	放射性廃棄物処分のための記録維持管理 TECDOC-1097(1999)
掘削孔における使用済放射線源の安全処分 SRS (準備中)	浅地中処分施設的设计における技術的考察 TECDOC-1256(2001)	廃棄物管理技術の選択と実行に影響を及ぼすファクターのレビュー TECDOC-1096(1999)	浅地中処分用廃棄体の検査と確認 TECDOC-1129(1999)
浅地中処分施設の計測と監視 SRS (準備中)	浅地中処分施設の閉鎖のための手順と技術 TECDOC-1260(2001)	放射性廃棄物の浅地中処分に係る社会・経済的及び環境影響 TECDOC (準備中)	放射性廃棄物の管理と処分のためのシステム維持に関する廃棄物量記録 TECDOC-1222(2001)
	使用済密封線源のための処分オプション TECDOC (準備中)	浅地中処分施設のアップグレードに関する技術的課題と経験 TECDOC (準備中)	浅地中処分施設開発のための品質保証 TECDOC (準備中)
	処分状態にある低及び中レベル廃棄体の性能 TECDOC (準備中)	低中レベル廃棄物貯蔵開発に関するファクターとアプローチ TECDOC (準備中)	
	低中レベル放射性廃棄物の浅地中処分に関する科学的及び技術的基盤 TRS (印刷中)		

3.2 L/ILW 以外の廃棄物の課題

現在興味深い課題として、多くの加盟国における大容量の極低レベル放射性廃棄物 (VLLW) の管理がある。この廃棄物は、燃料サイクル、病院、研究所、原子力産業、非原子力産業から大量に排出される。とりわけ原子力施設のデコミッションにおいては膨大な量の VLLW が発生する。VLLW の定義は、加盟各国によって異なっており、国際的に認められている定義は存在しない。しかし、共通の認識として、VLLW は LLW の範疇にあり、クリアランス/規制免除レベルを超える放射性物質と認識されている。

幾つかの加盟国は、VLLW を国の I/LLW 処分施設に、あるいは既存の原子力施設が有する廃棄物施設に処分あるいはそれを計画しているが、VLLW の管理に関する明確な国際的合意は

未だ得られていない。スウェーデンや日本のような幾つかの国では、最小限の工学技術によって浅地中処分施設で処分することとしている。フランスはVLLW専用の新しい処分施設を開発している。このような状況ではあるが、多くの加盟国は、将来IAEA等がVLLWに関する指針や方針を策定したら、これに基づいて活動を開始する意向である。

VLLWのもう一つ問題として、非原子力産業において発生する天然の放射性物質（NORM）の廃棄物処分がある。これらは放射能濃度が極めて低くて、大量に発生するため浅地中処分が適切と思われるが、長半減期放射性物質を含んでいることから、長期間の保存中に人間が処分施設に侵入する可能性の問題がある。IAEAは現在、NORM廃棄物の安全管理に関する資料発行に取り組んでいるところである。

4. おわりに

I/LLWはほとんどの国において発生しており、この安全管理は非常に重要な課題である。このためIAEAは、加盟国が最も関心を有している浅地中処分に関して、技術的、非技術的を問わず、幅広く情報を収集して包括的プログラムに取り組んでいる。近年、IAEA加盟国はIAEAの活動に積極的に参加している。これを踏まえて、IAEAは放射性廃棄物管理の分野において、国、区域及び国際的レベルでの技術的支援や助言を行う役割を果たすことが増々必要になっている。

日本における放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物に区分されており、中レベル放射性廃棄物の区分はなく、これは低レベル放射性廃棄物として区分される。わが国では、既に、再処理で使用済からプルトニウムやウラニウム等を分離した後に残存する高レベル放射性廃棄物を安定な形態に固化（ガラス固化）して、青森県六ヶ所村で貯蔵を開始している。また、既に、原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物のコンクリートピットへの処分が進められているが、これら以外の施設から発生する低レベル放射性廃棄物の処分については、現在、実現に向けた具体的取組みを進めているところである。

（企画調査部 中山 富佐雄）

参考文献

- 1) Ramesh Dayal, "The IAEA's Current Activities in Low - and Intermediate-Level Radioactive Waste Disposal", Radwaste Solution, May/June (2002).
- 2) "Fifth General Radioactive Waste Plan", Ministry of Industrial Enresa, July (1999).

2. 拡大欧州連合(EU)の放射性廃棄物管理と 廃止措置の現状と今後への対応方針

1. はじめに

EU加盟国の中では、原子力利用についての政策的な相違はあるが、安全な放射性廃棄物管理、特に放射性廃棄物処分の解決策が必要であることには変わりはない。廃止措置についても、これまで各国で、ケース・バイ・ケースで実施されてきた。これらの事情により、放射性廃棄物管理や廃止措置に関連する環境、技術、社会そして資金等の役割分担が必ずしも明確になっていないのが現状である。これからの加盟候補国にとっては、特にこれらの問題が重要であると考えられている。(先頃2002年12月17日のEU首脳会議で中東欧・地中海10カ国の新規加盟が決定された。)

本稿は、EUにおける放射性廃棄物管理と廃止措置の現状、主要な課題、そして公衆の認識という3つの側面について、それぞれにまとめたもので、特に、公衆の役割を強調した基調報告である。報告者は、欧州委員会(EC)のエネルギー・輸送局(原子力・廃棄物管理及び輸送部門)の統括責任者であり、多種多様な原子力事情を抱えるEU諸国が、放射性廃棄物処理・処分と廃止措置に係る問題解決に向けて、どの様な統一的方向を打ち出そうとしているかが示唆されているので、その要旨を紹介する。

2. 放射性廃棄物の管理

2.1 現況

放射性廃棄物の発生量については、1992年に80,000m³/年と予測されたが、1999年には50,000m³/年と予測された。しかし、2,000年には40,000m³/年以下と予測されている。この減少の原因は、主として新規プラントの建設中止、老朽プラントの閉鎖、放射性廃棄物減量の努力及び最新減容技術の導入の結果である。使用済燃料の直接処分も含めた高レベル放射性廃棄物の処分量は、300～500m³/年となっている。これまで約2百万m³の低・中レベルの放射性廃棄物が処分された。

2.2 課題

放射性廃棄物管理の中で最も重要な事項は高レベル放射性廃棄物の管理、特にその処分である。英国、イタリアとオランダは、高レベル放射性廃棄物の処分を従来の50年から100年以上に延期した。このように、処分が遅れている理由は、長期貯蔵中に短半減期の核種の崩壊による放射能と発生熱の減少のため最終処分が容易になる技術的要因と候補サイトの住民の反対や政治的な援護がない社会的/政治的要因のためである。この問題の解決には社会と政治の同意が不可欠である。

しかし、現在は、地層処分の概念について住民に理解されつつあり、その必要性の認識が広がりつつある。また、処分に必要なR&Dは地下研究所で実施され、今では安全に処分できるようになり、これ以上処分を遅らせる技術的な理由はない。ただ、政治的な決定の遅れが市民の疑惑や反対を助長させているのみである。

さらに、他の2つの重要課題がある。1つは、廃止措置活動で大量に発生する極低レベル放射性廃棄物である。これを処分するためにはクリアランスレベルの共通ルール化が必要である。もう一つは、低レベル放射性廃棄物の処分である。EU全ての国が低レベル放射性廃棄物処分場を所有しているとは限らないし、処分場を所有している国でも新規サイトの建設は困難になってきている。

2.3 高レベル放射性廃棄物は長期貯蔵か処分か

高レベル放射性廃棄物管理の選択肢として長期貯蔵と地層処分がある。しかし、長期貯蔵は選択肢にはならない。何故なら、これは単に処分の決定を先送りするための安全貯蔵を意味する。EU国内では、高レベル放射性廃棄物貯蔵が環境に影響を与えとか放射能の恐怖感を増大させるとは考えられていなかった。しかし、2001年9月11日の米国での同時多発テロ事件発生以来、使用済燃料や高レベル放射性廃棄物の長期貯蔵の安全性について再評価する必要性が生じてきている。また、放射性核種分離や核変換 (Partitioning & Transmutation, P&T) の利点について、これまで種々検討されてきたが、もはやP&Tは放射性廃棄物管理の切り札 (Holy Grail) とはならず、地層処分が有力な選択肢となっている。

2.4 公衆の認識

放射性廃棄物について最も重要な事項は公衆の認識であり、放射性廃棄物管理に対し、将来、公衆が主要な役割を演じることになる。そこで、ECは、1998年に16,000人以上が参加した世論調査を行った。さらに、2001年10月と11月に新たな調査を実施した。1998年の調査では、人口の3/4が放射性廃棄物について不安を感じていた。特に、南部 (ギリシアで98%) は、北部 (スウェーデンで41%) より不安感が増大していた。しかし、2001年の調査ではこれらの数値は減少した。また、大多数の人 (約75%) は、放射性廃棄物について十分な情報を有していないとし、これらの情報をどこから入手するのが信用できるかについては、科学者、NGO、政府機関、メディア及び国際機関などをあげている。

さらに、“放射性廃棄物の処分施設について国として所有すべきか、あるいは自治体が所有すべきか” については、前者が63%、後者が18%となった。また、“もし放射性廃棄物が安全に管理される場合、原子力発電を選択するかどうか” についての結果を図1に示したが、各国とも賛成多数であった。最後に、“原子力発電の恩恵を受けている世代は、放射性廃棄物管理の責任を負うべきか” についての結果を図2に示したが、80%以上が賛同している。

3. 廃止措置

3.1 現況

現在、EU国内では110以上の原子力施設が廃止措置中である。EU15カ国では、今後20年間でさらに160施設が廃止措置に移行する。また、拡大EU (2004年1月に10カ国が加盟予定) では、旧ソ連の発電炉 (リトアニアのイグナリナRBMK炉、ブルガリアのコズロドイ及びスロヴァキアのボフニチェVVER-440/230) を含んだ50施設が加わる。

ECは、旧ソ連設計の発電炉閉鎖と廃止措置を助成するために、欧州開発銀行 (EBRD) に資金を準備するよう要請した。

3.2 廃止措置資金

廃止措置費用の中には、廃止措置の直接作業費用のみならず、関連する管理費や放射性廃棄物と使用済燃料の処理処分費まで含まれ、大規模なプラントでは10億ユーロになる場合もある。廃止措置を安全に行うためには十分に資金を準備する必要があることから、ECは廃止措置のために、より多くの資金プール制及びユーラトム融資の自由な使用を盛り込んだ電力指令(Directive)の改定を提案し、2002年3月の欧州議会で議論された。

4. 公衆の将来の役割

原子力の将来のカギを握っているのは公衆であるとの観点から、指令97/11/ECにより、放射性廃棄物処分施設サイトと廃止措置作業に対し環境影響評価(EIA)が課せられた。ECはEIAの役割について以下の3点の提言を行っている。

- ・原子炉施設の設置前の段階から公衆に参加する機会を与えるべきである。
- ・施設側は、EIAを地方自治体や代表者との公開の対話の道具であることを認識すべきである。
- ・EIAは、公衆の批判に対し防御するためのものではなく、あらゆる面から支持される施設側と公衆の共同記録簿である。

即ち、「早めの相談、頻繁な相談」が原子力開発に関する問題解決のキーポイントである。

(企画調査部 福村 信男)

参考文献

- 1) Derek M. Taylor, "Radioactive Waste Management and Decommissioning in An Enlarged European Union", NNC LIMITED IBC Decommissioning and Radioactive Waste Management (2002).

B：ベルギー、DK：デンマーク、D：ドイツ、EL：ギリシア、ES：スペイン、
 F：フランス、IRL：アイルランド、I：イタリア、L：ルクセンブルク、
 NL：オランダ、A：オーストリア、P：ポルトガル、SF：フィンランド、
 S：スウェーデン、UK：英国

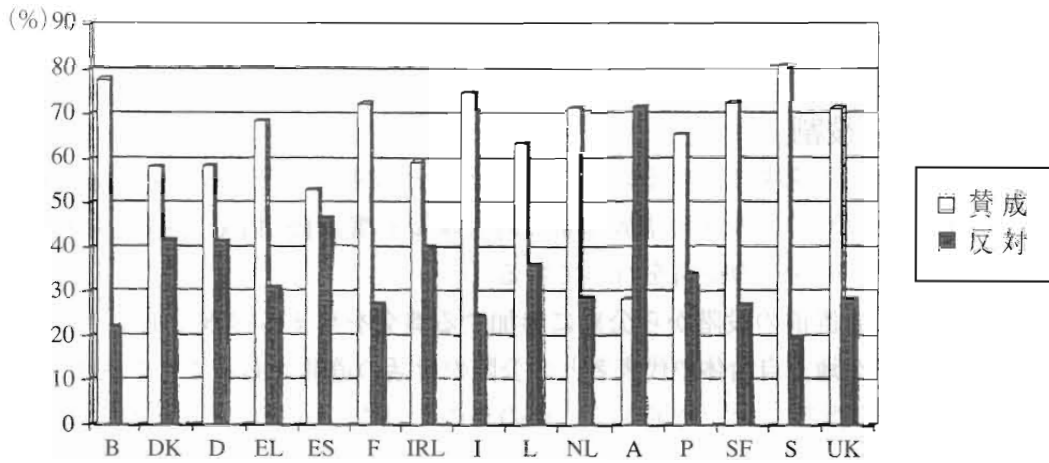


図1 放射性廃棄物が安全に処理されるなら、原子力発電に賛成か？

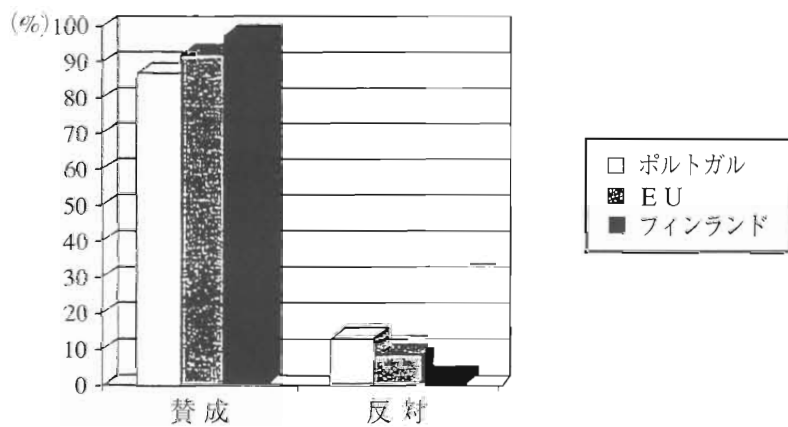


図2 原子力の恩恵を受けている世代は、放射性廃棄物処理に責任を持つべきか？

3. 英国原子力公社(UKAEA)におけるデコミッションング

1. はじめに

2002年12月3日、今後50年間に渡って実施する英国最北端のドーンレイサイト復旧計画のため、英国原子力公社(UKAEA)は中レベル放射性廃棄物(ILW)中間貯蔵施設の建設を行う参加企業(体)の募集を始めた。この施設は2005年着工し、2008年に操業が開始される。¹⁾ ILWの最終処分地の選定が上手く進まない中で、その代替ともいえるILW貯蔵施設が建設されることの意義は大きく、今後のドーンレイのサイト浄化計画の進展が期待される。本ニュースでは、最近のUKAEAにおけるデコミッションングの状況と今後の計画及びその廃棄物管理の動向を概括する。

2. UKAEAにおけるデコミッションング

2.1 UKAEAの変遷と負の遺産の処理コスト評価^{2), 3)}

UKAEAは1994年に改組され、これまでの開発成果の利用を図る部門を別会社AEA Technology(1996年に民営化済)に分離すると共に、原子力施設の負の遺産の管理部門並びに利用可能な施設を運転管理する部門(1995年民間に売却)とに3分割された。現在のUKAEAはカラムサイト(JET核融合実験装置)の運転管理を除き、基本的には後述する国内4サイトの約200施設の負の遺産を安全に管理・処理し、サイトを復旧するための英国貿易産業省傘下の公的機関となっている。

負の遺産の管理施設としては、1971年旧UKAEAの燃料サイクル開発成果の商業化を図るために設立されたBNFL(英国核燃料会社)が所有する原子力施設や旧CEGB(英国中央電力庁)が所有したマグノック発電炉も含まれる。軍事施設を除き、サイト浄化コストは英国全体で475億ポンド(約9兆円)と見積もられている。このうち、UKAEA分は80億ポンド(1兆5千億円)であり、上述のドーンレイサイトの浄化にはその50%にあたる40億ポンドが必要とされる。また、高レベル放射性廃棄物の地層処分分担金とサイト内の廃棄物処理費用の7億ポンド(1,330億円)及びBNFLへの作業依頼分費用として20億ポンドが予定されている。さらに、UKAEAの他のサイトでのコストは、ウィンズケールサイトが6億ポンド、ハーウェルサイトで8億ポンド、ウインフリスサイトで6億ポンド、と会計検査院から報告されている。

2.2 各サイトの主要なデコミッションング実績と今後の計画^{2), 3), 4)}

(1) ドーンレイ:

現在、高速原型炉PFRの解体はデコミッションングステージIを実施中で全燃料が撤去され、その70%は1996年の溶解槽破損前に再処理された。さらに、タービンは解体撤去され、液体ナトリウムの固化処理プラントが建設された。一方、高速実験炉DFR炉はステージIを完了し、C&M(各ステージに到達するための準備状態)状態から今後20年掛けてステージIIIまでにする作業が開始された。その他、このサイトには多数の施設があるが、残った燃料の再処理に必要な施設であり、再処理終了後にデコミッションングされる。このサイト修復計画は1998年のHSE/SEPA(保健安全執行部/スコットランド環境保護局)による安全監査結果に基づき、2000年秋に公表されたが、今後50~60年間で、プラントの施設・設備の除染と解体、汚染土壌の浄化、廃棄物の長期貯蔵・処分に適した安定化処理を行うこととしている。最終目標はグリーンフィールド化である。

(2) ウィンズケール：

WAGR (Windscale Advanced Gas Cooled Reactor) は現在ステージⅢのデコミッショニングを実施中で、2010年までには生体遮蔽と格納容器だけ残して最終解体待ちの状態となる。Pile-1 (Windscale Pile-1) では排気筒の解体を含めステージⅡを早く完了させる。解体で発生する低レベル放射性廃棄物 (LLW) はドリッグ処分場へ、また ILW は処分場ができるまで再梱包しサイトで保管する。今後、WAGR 及び Pile-1、-2 の3つの原子炉をデコミッショニングを続行し、2070年までに UKAEA はサイト所有者の BNFL に敷地を返却する。

(3) ハーウェル：

ハーウェルは英国原子力研究開発の発祥の地であり、英国最初の原子炉 (臨界実験装置) BEPO や GLEEP を始め、重水炉 DIDO、PLUTO 等がある。現在、原子炉は**全て**運転停止され、ステージⅠを終了しステージⅡの安全貯蔵状態にある。このサイトには照射後試験施設等の種々の施設があり、いくつかの施設が完全撤去されている。現在は、HPIEF と呼ばれる施設の設備の解体撤去を行っている。施設の一部は許認可解除されテナントが居住している。LLW はセラフィールドのドリッグ処分場で処分する。ILW は適切に梱包しセラフィールドの BNFL 内の高減容施設で処理後、処分場ができるまで貯蔵される。

デコミッショニングの目標は2020年までにサイトの再使用のため原子力の許認可を解除することである。サイトの最終的な許認可の解除は、国の役割となっている ILW 処分場の開設後に、廃棄物貯蔵施設をデコミッショニングしてからとなる。

(4) ウィンフリス：

既に、MOX 燃料製造施設は完全撤去され、現在は、照射後試験施設の解体が精力的に行われている。小型の研究炉2基は解体撤去された。SGHWR (Steam-Generating Heavy Water Reactor)、DRAGON 炉及び臨界実験炉 ZEBRA はステージⅠ後の C&M 状態に維持されている。2012年までに SGHWR と DRAGON 炉を除き他の施設は撤去される。なお両炉は2023年と2030年まで C&M 状態で管理された後、SGHWR は約10年かけて解体を行う。

LLW はドリッグへ移送、処分する。ILW はハーウェルで同系廃棄物と同じ処理に廻すが、レベルの高い ILW は国の処分施設の完成までサイト内で保管する。

これまでに許認可解除された施設には既に40程度の企業が居住しているが、さらに早期に許認可の解除を進め工業団地としての再利用を目指す予定である。

3. デコミッショニング経験から学んだこと²⁾

過去20年以上の作業経験から得た知見は、以下のような内容であり注目すべきである。

- (1) デコミッショニング計画立案の要点は、国の政策、安全性、周辺環境、財政事情、人材資源等を考慮して多くの案を検討することである。特に、規制当局や利害関係者の視点を考慮すべきである。
- (2) デコミッショニングには種々のリスクがあるが、計画案を検討する際にはリスク評価が不可欠であり、選択した案に対するリスクが詳細に審査されねばならない。工事業者が作業に取り掛かる際には潜在的なリスクに気付くことが重要である。
- (3) ステージⅠの段階では、施設の経験者は多いが、解体時には大抵の施設の運転履歴が曖昧なることから、熟練したデコミッショニングチームの編成が必要である。

- (4) 作業記録は助けになるため、不完全な書類はかつての従業員の聞き取りによって補足しておかねばならない。
- (5) 「廃棄物発生を最少化せよ」というような呼びかけにより、業者が廃棄物の仕分けや測定に注意を払うようになるなどの利点がある。
- (6) 核種の半減期が短い場合は、デコミッショニングを遅らせるメリットはあるが、プルトニウム汚染された施設では即時デコミッショニングの利点が大変大きい。アメリカウムの生成と α 線による照射損傷によるグローブの損傷が起きるためである。
- (7) 廃棄物の全体的な管理と施設間の廃棄物の取り合いに注意する必要がある。

4. 英国の放射性廃棄物区分と各サイトにおける処理処分対応²⁾

現時点での廃棄物の区分と各サイトの廃棄物処理処分方策は以下のようなものである。

(1) HLW：高レベル放射性廃棄物

使用済燃料の再処理から発生するかなりの発熱があるもので、UKAEAではドーンレイの高速炉燃料再処理プラントに液体として貯蔵されており、その処理はガラス固化である。ガラス固化体はドーンレイサイトに新貯蔵施設を建設し、処分場の完成まで保管する。

(2) ILW：中レベル放射性廃棄物

ILWはHLWより放射能濃度が小さいもので、RH ILW（照射燃料を含むもの）とCH ILW（ α 放出物質を含む）ものに2分される。どのサイトも最終処分は処分場開設待ちである。従って、長期に受動的安全性を備えた固体として保管する。

(3) LLW：低レベル放射性廃棄物

LLWは α 放射能濃度が4GBq/t、 β ・ γ 放射能濃度が12GBq/tを超えないもので、南部サイトでは全てドリッグ処分場で処分する。ドーンレイサイトではLLW処分場がサイト内にあるが、ほぼ満杯となっている。現在、中間貯蔵施設はあるが、現在、新処分施設が計画されている。

(4) LLE（Low Level Liquid Effluent）：低レベル放射性廃液

低レベル廃液は出来る限り放射能を除去し規定濃度以下にして放出し、分離された放射能を含む固体は固定化している。

（情報管理部 榎戸 裕二）

関連資料

- 1) Nucleonic Week, 日本語版第43巻 第49号(2002年12月5日).
- 2) K. Langley, "Decommissioning in the UKAEA", IBC Decommissioning and Radioactive Waste Management 2002, London, June (2002).
- 3) "White Paper on Managing the Nuclear Legacy-A Strategy for Action", <http://www.dti.gov.uk/>.
- 4) A. Edwards, "A Preliminary View by the Liabilities Management Unit on Decommissioning Strategy in the UK", 8th International Conference on Decommissioning of Nuclear Facilities, London November (2002).

4. モルスレーベン処分場の操業停止・閉鎖の 許可申請手続きの準備状況

1. はじめに

ドイツは人口密集地であり、歴史的に全ての放射性廃棄物の最終的な処分は深地層処分が考えられてきており、浅地中処分はない。低レベル放射性廃棄物（LLW）処分は、旧西ドイツではアッセII岩塩鉱跡へ1967年から1978年まで、旧東ドイツでは国境を挟んで向かい側のモルスレーベン岩塩鉱跡へ1986年以来継続して実施されてきた。更に、低レベル廃棄物処分はアッセ近くのコンラッド鉄鉱山坑道跡の利用可能性が認められ、その施設計画が検討されている。モルスレーベン処分場はドイツ統一後の唯一の低中レベル放射性廃棄物（LLW/ILW）処分場として稼働してきたが、現在は永久停止の決定に続き、関係事業者が操業停止及び閉鎖許可手続きの準備を開始している。この活動での第一次申請を既に2001年秋に提出し、全関連申請を2002年中に終了する予定とされている。

本稿では、最近の発表¹⁾に基づき、モルスレーベン処分場の操業経過と世界最初の処分場停止及び閉鎖の許認可準備の近況を紹介する。

2. モルスレーベン LLW/ILW 処分場の操業実績

2.1 処分場の操業経過

北ドイツのザクセン・アンハルト州にあるモルスレーベン処分場は、かつての最初にカリウム採掘、ついで1969年まで岩塩採掘に利用された地下約500mの空洞（約800万m³）を旧東ドイツ政府が1971年に暫定許可以来LLW/ILW処分場として操業された。統一後も連邦政府の施設となり、放射線防護庁（BfS）の監督の下に、廃棄物処分場建設運転会社（DBE）が操業してきた。この結果、1998年までの27年間の先駆的な操業実績をもっている。1998年の永久停止は政権が交代した新政府の決定による。

操業経過を少し詳しく振り返る。1971年の暫定操業許可はRI製造及び使用に伴う廃棄物を処分対象としたもので、次いで、実用規模の試運転を1978年から開始した後、1986年に本格的運転許可となった。1990年のドイツ統一後も原子力法の改定により、これまでの許可条件での操業が継続となり、最終的に2005年までの操業が許可されていた。一時期に裁判に絡んで中断したものの操業が再開された。1998年の連邦議会選挙による政権交代の直前の9月に最後の作業を行い、新政府の決定により2001年4月の永久操業停止となった。

2.2 埋設放射性廃棄物の概要

モルスレーベン処分場は地下約500mにあり、ドイツでは深地層処分場として技術的に取扱われる。放射性廃棄物埋設方法は通常的な方式で、廃棄体を遮へい付きフォークリフトを使用して図1に示すようなチャンバー内へのドラム缶積重ね方式である。1997年認可の1チャンバーは容量2万m³あり、ドイツの7年間のLLW全発生量が埋設できる能力になる。遮へい付きオーバーパック容器で搬入される高い放射能の廃棄体は、遮へい付き移送機構により封鎖式チャンバーに定置される。

この廃棄物処分は、発生事業者と連邦政府の契約により、受入れ後の廃棄体は政府の所有になり、埋設及びその後の費用は事業者が支払っている。

処分場操業は、旧東ドイツの原事業許可を延長して操業継続となっていた。この3種類の廃棄物区分についての仕様及び最終的な廃棄処分量とその特徴を表1に示す。最終状態での埋設廃棄物の全体については、約3万7千m³、6千6百個の線源、 $\beta \cdot \gamma$ 核種廃棄物が 3.83×10^{13} Bq、 α 核種廃棄物が 3.15×10^{13} Bqで、それぞれ施設許可値の3.83%、3.15%に相当し、放射能量的には、施設の安全評価上特段の問題があるものではないと見なされる。

3. 操業停止許可及び閉鎖に係る許可申請の準備

モルスレーベン処分場の原操業許可条件は現在の操業停止に係る許可要件を満たさないため、現在の許可の解除手続き全体を見直す必要もある。この許可手続きも世界的に先駆的な取り組みであり、この処分場所有者は処分場閉鎖後の放射線防護面のみならず地盤沈下防止策、地下水汚染防止などの環境影響も含めて、長期的な対策の信頼性を確認することが求められている。

1997年5月の最初の許可申請は、処分施設の多重障壁の閉じ込めシステムの隔離性能を規制当局に示すことが主旨であった。このサイト安全評価は当初には予備的なもので埋め戻しと封鎖概念に基づいている。更に詳細な原位置情報に基づく安全解析によりこの方式概念は最適ではないことが分かってきた。

そこで、現在は下記の3事項についてより確実な論証を示すことが目標であり、ドイツの現在の規制基準とそれへの適合の考え方を記す。

- 1) 長期的放射線防護：最終処分場に係る放射線防護対策は、現在同様な検討段階にあるコンラッド処分場の場合と同様に、基準の原則は将来世代に対しても現世代と同様な放射線防護の考え方が適用されるところから、“無限の長期間防護”を意図しているものであるが、安全解析上の取扱いは、超長期の事象の予測が正確さを欠くため、モデル計算として100年までを仮定している。
- 2) 地盤の沈下防止対策：この規制要件は連邦鉱山法とその関連規則によるもので、地下空洞をサイト近傍で想定される地震時において急激な崩壊を防止するための安定化対策を考えている。
- 3) 地下水汚染防止対策：これは廃坑空間に地下水が浸入しそれが塩分で汚染することがあってはならない、という水質保護法による規制要件である。通常的な対策は、空洞を適切な埋め戻しをすること、構築物による閉鎖、坑道の封鎖などである。しかし、これらは廃棄物最終処分場としては不十分である。そこで3つの新しい手段、a. 完全な埋め戻し概念、b. 空洞ガス貯留概念、c. 廃棄物封缶概念、が挙げられる。

これらの処分施設概念選定の検討は、GfS (国の処分監督者)、DBE (処分事業者)、BGR (地層調査機関) が共同して実施しており、2002年末に全安全解析書を完成させ、規制機関であるザクセン・アンハルト州環境省に対しての許可申請を予定している。

ところで、この技術的信頼性の論証に関して、詳細検討を要する特殊な課題は、有機材料の微生物分解と金属材料の無気性生物腐食によるガスの発生とこれによる処分概念への影響評価である。何故ならば、岩塩層は実体上密閉性が高いことのため、ガス生成により障壁機能が損傷し、地下水の浸入、塩分吸収というシナリオにより外部に流出することが問題となるからである。初期的段階での検討では廃棄物を缶詰し、その他の空隙を完全に埋め戻す方式は確かに有望な方法であると見られる。

なお、高レベル廃棄物の深地層処分については、旧西ドイツ時代からゴアレーベン岩塩ドームでの掘削調査が続けられている。現在はゴアレーベンとアーハウスの2カ所で中間貯蔵施設

(地表)が一部ではあるが使用されている他、発生元の原子力発電所(使用済燃料貯蔵設備)や再処理工場に保管されている。

上記のように、ドイツは放射性廃棄物処分関し、技術オプションは深地層処分のみであり、かつ既に操業実績があるという特殊な背景を持っている。深地層処分の今日の問題解決の先導役の動きが注目される。

(情報管理部 荒井 長利)

参考文献

- 1) M. Ripkens, E. Biurun, "Decommissioning and Closure of the Morsleben Deep Geological Repository the Final Step", WM'02 Conference, 2002, Tucson, AZ. (2002).

表1 モスレーベン処分場の廃棄体区分及び廃棄処分量とその特徴

区 分	処理又は処分形態	受入条件 (BfS 基準) (浅地中埋設基準相当)	処分量 (m ³)	放射能(Bq)	
				$\beta \cdot \gamma$	α
クラス A1 (固体廃棄物)	ドラム缶積上げ 及び チャンバーに定置	<ul style="list-style-type: none"> 線量率 < 1 Sv/h (10cm) 放射能濃度 α 廃棄物 : 0.4GBq/m³ β/γ 廃棄物 : 40TBq/m³ 核種毎の制限濃度 	26,000	3.4x10 ¹⁴	2.3x10 ¹¹
			2,000		
クラス A2 (液体廃棄物)	水硬性固化剤で 現地安定化し缶詰	(不可)	8,000		
クラス A3 (密封線源)		放射能 < 200GBq	6,600 (個)	4.3x10 ¹³	8.5x10 ¹¹

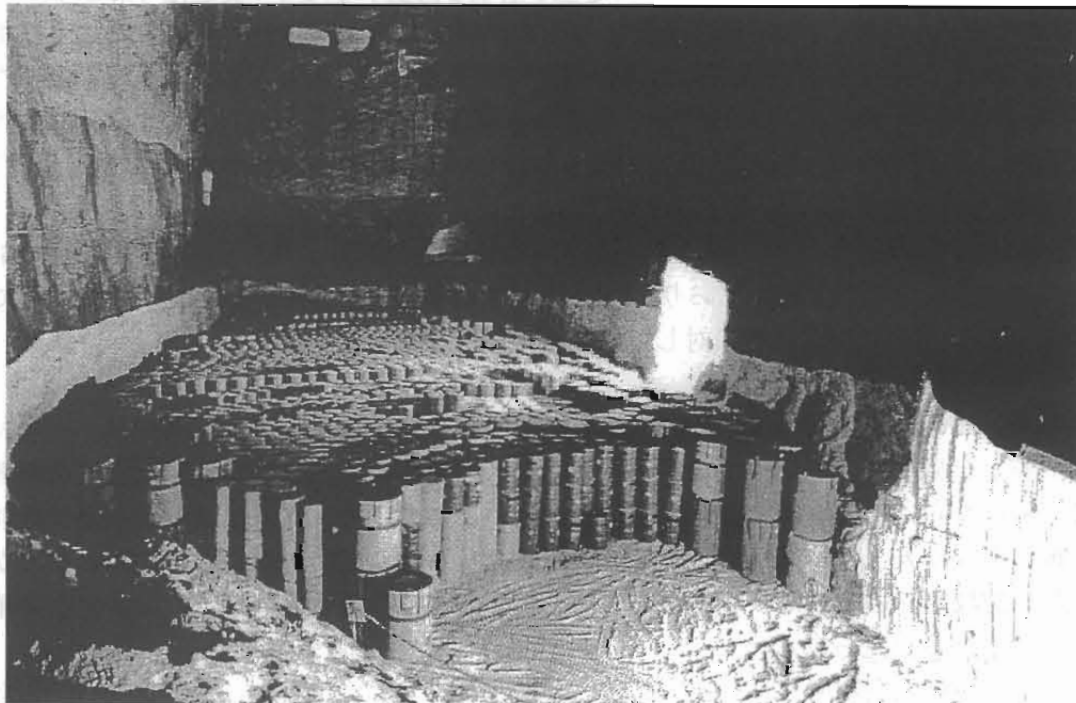


図1 モスレーベン処分場チャンバー内へのドラム缶積重ね埋設廃棄状態

5. ワイヤソー工法による大型トカマク装置TFTRの解体

1. はじめに

原子炉施設のコンクリート建造物の解体工法として広く使用されているワイヤソー工法が、アメリカのトカマク型核融合試験装置(TFTR)の炉心部を収納する真空容器の切断に採用され、成功した。TFTRはプリンストン大学に設置され、1982年から実験をおこなっていたが、1997年4月に運転停止し、1999年10月から廃止措置が開始されている。真空容器の大きさは、トラス直径496cm、プラズマ断面径170cmで、容積約100m³である。真空容器内部の残存放射能は、トリチウムのインベントリーが 2.6×10^{14} Bq (7,000 Ci) 以上、放射化による線量率が0.5mSv/hrに達する。現時点における金属建造物の標準的な切断工法は、プラズマアーク切断法であるが、最近、配管、板、熱交換器のバンドル等炭素鋼材料の切断に著しい進歩のあるワイヤソー工法に着目し、モックアップ試験の結果を踏まえて、実機に適用し10分割に切断した。今後、放射性大型金属機器の解体への適用が期待される。

2. 技術開発

TFTR真空容器の解体にワイヤソー工法を適用するためには、次の4つの解決すべき課題があった。

- ①放射能の飛散を防止しつつ最適切断性能を得るためのワイヤソーの冷却材選定
- ②最適切断条件とワイヤソーの破断防止を図るための遠隔操作・制御方法
- ③切断場所からの放射性物質の飛散防止策
- ④複雑な金属建造物をプラズマアークと比べて安全に、経済的に切断する改良

これらの課題を解決するため、図1に示すように直径約230cm、長さ約120cmの円筒型の真空容器模擬試験体を用いたモックアップ試験を実施した。模擬試験体は、板厚1.27cmのSUS304に、板厚1.6cmのインコネル、2.54cmのSUS304ペローカバーが付き、さらに黒鉛タイルが張り付けられている。

1) 冷却材

ワイヤソー工法では、通常、冷却材として水や液体窒素が使用される。水は安価で、回収して再利用され、ダストの発生を抑制するが、ミストの飛散、水の回収、水のコンクリートへの浸透に課題がある。一方、液体窒素は高価であり、再利用が不可能であり、切断エリアに消散され、さらに作業員へのダスト吸入管理が必要となる。しかしながら、冷却効果が高く、ワイヤソーの切断性能を高めることから、液体窒素を使用することとした。

2) 遠隔制御システム

ダイヤモンドワイヤソー工法は、通常、ワイヤソーを切断対象物に巻き付けて、駆動輪を油圧モーターで回転させる。ワイヤソーと油圧システムをセットした後は、遠隔で切断操作が行える。複雑な構造のTFTR真空容器の切断を低コストで、作業員の安全を確保して行うため、次のような治具や制御系の開発を行った。

- ①真空容器へのワイヤソーの接触角度を制御するプーリーの自動化

多層の金属の切断が進むにつれて、ワイヤソーが非常に鋭角に金属と接触するようになって、ワイヤソーの破断原因となる。このため、プーリーを制御シャフトに取り付けて、サーボモーターによる遠隔制御で移動させて接触角度を制御した。

②引張り工法と押切り工法

引張り工法と押切り工法の両方の切断が可能ないようにシステム設計を行った。図2、図3にシステム配置とプーリーの各種配置を示す。

3) 汚染制御

切断と制御技術が確立した後の課題は、放射性物質の閉じ込めと汚染制御である。これには次の3つの技術が採用された。

- ・真空容器内への低密度コンクリートの充填
- ・ワイヤー経路からの飛散粉塵の直接回収
- ・切断作業場所の閉じ込めと排気

①低密度コンクリート

低密度コンクリートは、下記の点で有効であった。

- ・黒鉛タイルの固定
- ・黒鉛中のトリチウムの捕捉と排気系への飛散防止
- ・ γ 線に対する遮へい効果
- ・解体した真空容器の埋設処分の必要条件である内部空隙の防止

②ワイヤー経路からの飛散粉塵の直接回収

ワイヤー経路の周りに排気囲いを設置し、高性能集塵システムを接続した。高性能集塵システムは、フィルタを自動的に逆洗してダストをドラム缶に充填する自動システムとしている。

③切断作業場所の閉じ込めと排気

真空容器、集塵装置、プーリーシステムは主囲いで覆い、高性能集塵システムを経て排気筒に排出した。ワイヤーソー駆動装置も囲いの中に収納し、主囲いに接続して同じ高性能集塵システムで排気させた。

①と②の排気システムでトリチウムと他の放射性物質の閉じ込めを達成した。また、切断区域への作業者の立入を最小限として切断を行い、放射性物質の汚染拡大防止を図ることができた。

モックアップ試験結果から、標準工法であるプラズマアーク工法とワイヤーソー工法を用いて、TFTRの真空容器を1切断するのに必要なコスト等を比較した結果を表1に示す。

表1 真空容器1切断当たりの切断性能とコスト

工 法	総コスト	切断速度	切断時間
ダイヤモンドワイヤーソー — 水冷却	\$45,531	0.32m ² /h	13h
ダイヤモンドワイヤーソー — 液体窒素冷却	\$52,046	0.32m ² /h	13h
プラズマトーチ	\$123,391	200mm/min	1.8h

3. 真空容器の解体結果

2001年6月に真空容器内への低密度コンクリート (0.8g/cm³) の充填を開始し、約84m³を3階に分けて充填した。図4には第2回目の切断の準備状況として粉塵飛散防止囲いの様子を示す。

ワイヤーソーは直径11mmのものを使用したが、途中でワイヤーソーを交換する必要が生じた時には、ダイヤモンドビーズが摩耗して切断溝が狭くなっているため、直径10mmのワイヤー

ソーを使用した。

真空容器は10個に切断することとし、最初の切断を2001年8月に開始し、2002年2月に全切断が終了した。1切断当たりの切断時間は約15時間であった。切断中は飛散防止囲いの中に作業員が立ち入ることはなかった。切断工法は引張り工法を主として採用し、押切り工法は切断の最終段階の切り離し時に使用した。ワイヤーソーの破損が生じた場合には飛散防止囲いの中に入る必要があった。汚染制御システム、方法、放射線防護は良好であり、作業員のケガ等もなく安全に実施できた。

4. おわりに

ワイヤーソー工法はコンクリート構造物の切断技術として完成されたものであった。ステンレス鋼のような柔らかい金属とインコネルのような硬い金属の切断を、コンクリート充填との組み合わせにより切断できることが実証され、標準的な切断工法とされるプラズマアーク切断法と比較して、ワイヤーソーは切断性状、放射線安全、労働安全の観点からも非常に優れている。今後、原子炉、熱交換器、タンク等の大型金属容器の切断への適用範囲の拡大が期待される。このワイヤーソー工法による切断を成功させるためには、次のようなことが重要である。

- ① 熟練した、経験の豊富な技術者の確保
- ② コンクリート充填材の選定(大型金属の切断、内部構造物の固定、輸送基準に対応する充填)
- ③ 冷却材の選定(冷却水廃液は回収、固化処理に課題があり、一方、液体窒素は粉塵が発生し、酸欠の危険性がある)

(研究開発部 宮尾 英彦)

参考文献

- 1) Keith Rule, Erik Perry, Robert Parsells, "Diamonds Area Cutter's Best Friend" Radwaste Solutions, p.40, May/June (2002).
- 2) Keith Rule, Erik Perry, S. et al., "Demonstration Diamond Wire Cutting of the TFTR", Proc. WM'00, Tucson, USA, Feb. 27-March 2, (2000).

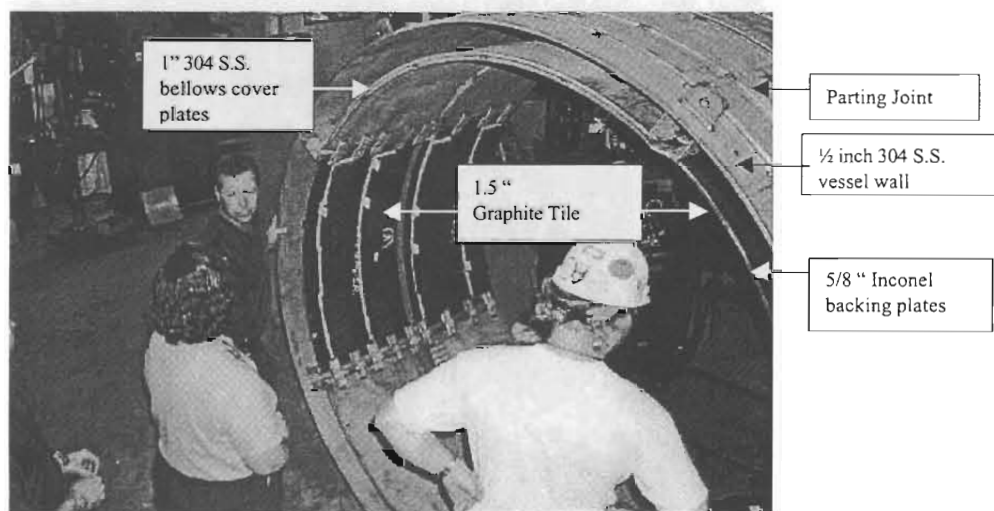


図1 真空容器の模擬試験体

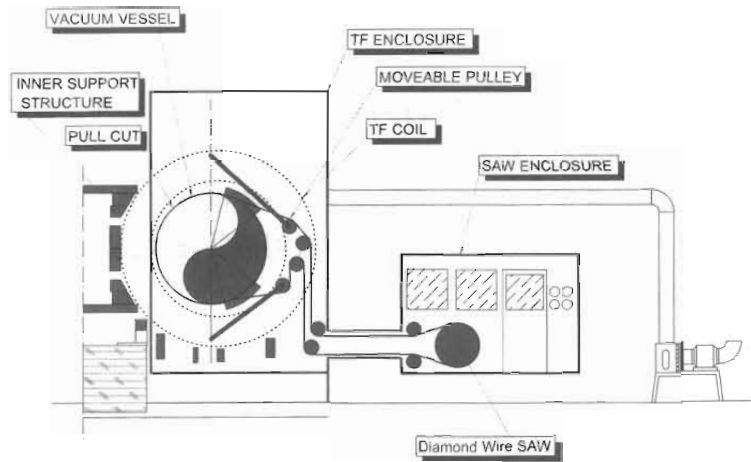


図2 引張り切断工法

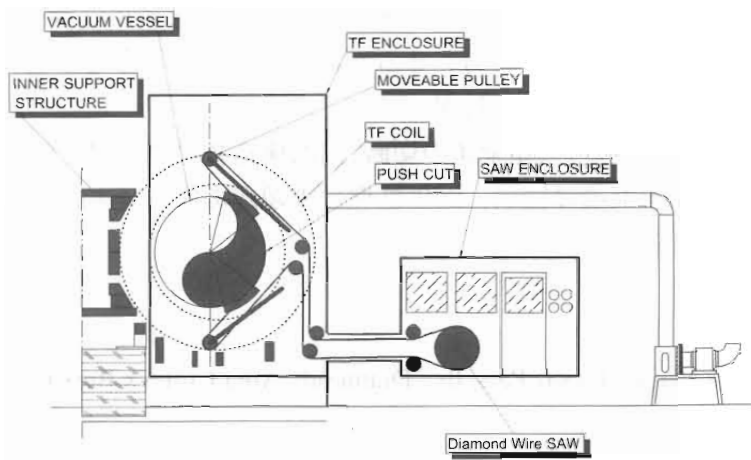


図3 押し切り切断工法

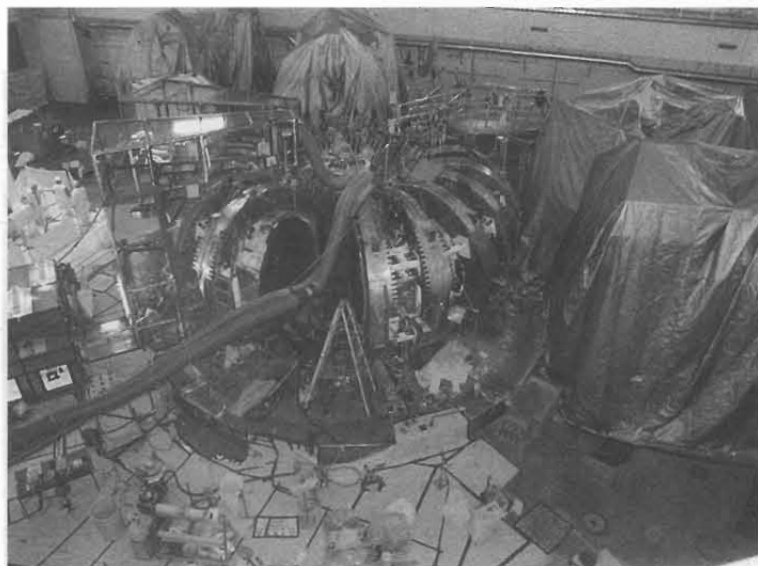
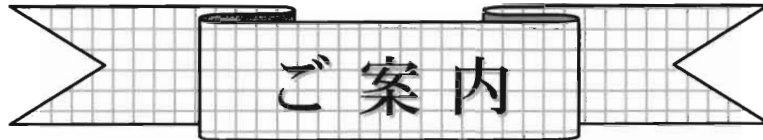


図4 TFTR 真空容器の第2回切断の準備状況



「2002年海外調査団(欧州)」の報告

原子力施設のデコミッショニングに関する欧州調査団は、去る10月12日から10月26日までドイツで開催されたIAEAデコミッショニング会議への参加およびデコミッショニング実施中の施設の調査を行い、情報収集をして参りました。

近々、多くの新鮮で有益な情報を掲載する「報告書」を発行する予定です。ご期待下さい。

© デコミ ニュース 第22号

発行日 : 平成15年1月20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://www.randec.or.jp>

E-mail : decomi@randec.or.jp