

## 原子力プラント廃止措置における放射性廃棄物の管理

Tim Carraway\*1

米国では、原子力施設の廃止措置が日本と比較すると先行しており、AECOM として複数の廃止措置プラントにおける廃止措置プロジェクトの計画・マネジメントを手掛けている。本講演では、米国での廃止措置実績に基づき放射性廃棄物の管理に関わる取組みと、実プラントの廃止措置作業により得られた教訓について紹介した。

**Keywords:** Connecticut Yankee, Waste management, Spent Fuel management

### 1. はじめに

AECOM は、交通分野（道路・橋梁・鉄道・空港整備）、施設管理（建物設計・建設・インテリアデザイン）、環境管理（環境影響評価・モニタリング・気候変動対策）、エネルギー／電力網整備、都市計画（実施可能性調査・マスタープランニング・経済分析）等、インフラ整備に関連する業務を全世界で取り組む専門家集団として、現在に至るまで多くの実績を有している。1990 年台から原子力関連を含む様々な企業との統合をし、成長してきた企業である。60 年間に亘り原子力産業へ貢献し続けている企業であり、原子力施設の廃止措置分野でも 30 年以上の経験を有している。具体的な実績としては、AECOM の廃炉措置管理チームは米国 3 ヤンキー（Yankee Rowe, Connecticut Yankee, Maine Yankee）での廃炉措置リーダー的役割を始め、現在 SONGS 及び ETTP（East Tennessee Technology Park）での廃炉措置も管理している。

本講演では、米国 Connecticut Yankee での廃止措置経験を中心に、放射性廃棄物の管理に関わる取組みや、得られた教訓を紹介する。



図 1 廃止措置前の CY サイト外観



図 2 廃止措置作業後の CY サイト外観

### 2. Connecticut Yankee (CY) 廃止措置での取組み

#### 2.1. プラント及び廃止措置の概要

CY は、出力 560MWe の 4 ループ型 PWR 原子力プラントであり、1968 年 1 月 1 日に商業運転を開始し、1996 年 12 月 9 日に運転を停止した（運転期間：約 28 年）。

1997 年より廃止措置へと移行し、2006 年末までの約 10 年間で作業を完了した。現在は、サイト近傍に設置された独立使用済燃料貯蔵建屋（IFSFI）での使用済燃料の管理が継続されているものの、サイト自体は開放されている。図 1 に廃止措置前のサイト外観を、図 2 に廃止措置作業完了後のサイト外観を示す。

#### 2.2. 廃棄物管理計画における要点

米国の廃止措置プロジェクトにおいても、国内と同様に廃棄物の管理が重要視されており、廃止措置全体計画に統合される必要がある。廃棄物管理計画を策定するに当たり、特に重要な項目として、以下に示す 2 項目の情報を調査・

収集し、計画に反映していくことが挙げられる。

- ・ 既設設備、システムの特性調査
- ・ 放射化、汚染状況の調査

また、米国では上記の情報を踏まえて、廃止措置及び廃棄物管理計画を策定する際の戦略的な観点として、事前に下記に示す項目についても検討される。

- ・ 使用済燃料の管理方法
- ・ エンドステートの状態設定
- ・ Cold & Dark<sup>1)</sup>の適用可否

これらの要点の中でも、特にサイトの特性調査（キャラクタリゼーション）を徹底的に行い、サイト内の汚染物質の存在箇所と、程度を適切に把握しておくことが重要である。特性調査に当たっては、放射化・汚染の解析調査や、土壌・地下水等のサンプル測定といった技術的な調査技術も重要であるが、これらに加えて、サイト職員への聞き取り調査により、漏えい等の発生有無を確認するアプローチも重要である。

CY 廃止措置プロジェクトを例に、サイト特性調査が重要であることの実例を述べる。CY では廃止措置着手時点では、十分な特性調査が行われず、解体作業前（2003 年頃）

1) 廃止措置作業におけるケーブル破断等のリスク防止のため、廃止措置に移行する段階で、電源等の既設ユーティリティを隔離し、仮設設備に切替えて運用する工法。米国を含めて複数の廃止措置プラントで採用されているものの、Connecticut Yankee では採用されていない。

Nuclear Power Plant Decommissioning Waste Management Operations by Tim CARRAWAY (Timothy.a.Carraway@aecom.com)

\*1 AECOM, 原子力および環境管理サービスグループ

AECOM, Nuclear and Environment Management Services Group  
〒231-0023 神奈川県横浜市中区山下町 168-1 レイトンハウス横浜  
1305 号室

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会主催第 33 回バックエンド夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

に特性調査を実施した。調査の結果、タンク貯留水の漏えいに起因する土壌汚染が発覚し（図3参照）、土壌回収等の計画外作業が発生した。



図3 サイト特性調査による汚染土壌確認エリア

サイト特性調査が重要であることの、他の事例としてCYでの系統除染作業が挙げられる。表1にCYとMaine Yankee (MY)での系統除染適用技術と除染効果(DF)を示す。適用技術が異なるため、単純な比較はできないものの、CYでは十分な除染効果を得ることが出来なかった。その要因の一つは、CYでは既設設備の保守が十分にされない状態で系統除染を実施したことにより、除染作業中に漏えいが発生し、作業を中断したためである。この経験から、既設設備を廃止措置中にも運用する場合には、適切な保守・管理を行うと共に、サイト特性調査の段階で、設備状態を把握しておくことが教訓として得られた。

表1 CY及びMYでの系統除染適用技術と効果

プラント名	CY	MY
適用技術	CORD D UV <sup>2)</sup>	DFD <sup>3)</sup>
除染効果 (DF)	15.9	31.5

### 2.3. 使用済燃料の管理

米国では、高レベル放射性廃棄物及び使用済燃料の処分施設の立地、建設、運営は米国エネルギー省(DOE)が責任を担っている。しかしながら、現在においても使用済燃料の処分施設は運営されておらず、米国では使用済燃料の25%が乾式貯蔵施設に保管されている状態にある。

廃止措置プロジェクトでは、使用済燃料を使用済燃料貯蔵プール(湿式保管)から移送できないと、解体等の実作業へ移行することが困難である。この問題に対し、独立使用済燃料貯蔵施設(ISFSI<sup>4)</sup>)を設置し、ISFSI内で乾式保管する取組みがなされている(図4参照)。ISFSIの立地を含めて、使用済燃料の管理方法については、ステークホルダーと早期に協議し、理解を得ておくことが重要である。

### 2.4. プラント解体撤去作業

CYでは、解体撤去作業は大きく、炉内構造物・原子炉容器等の大型機器、建屋、土壌及び地下水の浄化の3つの手順で進められた。

解体作業時の課題としては、隣接する建屋との十分な距離を確保できない環境下での解体作業や、土壌の汚染レベルが高かったことによる飛散防止対策の必要性が挙げられ



図4 ISFSI 外観(CYでの例)

る。これらの課題に対しては、一時的な補強設置や、汚染防止用のテント設置等の取組みが適用された。

また、廃止措置作業では様々な企業が係るため、全体の作業管理、進捗状況の共有を目的に、解体対象施設の順序と状態を可視化し、管理された(図5参照)。

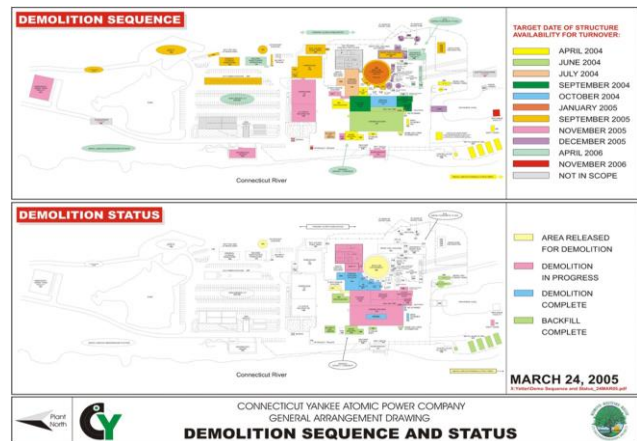


図5 施設解体順序と状態マップ  
(上:解体順序, 下:施設状態)

### 2.5. 放射性廃棄物の処理処分

米国での放射性廃棄物の分類と、日本国内で対応する廃棄物レベル区分を表2に示す。また、CY廃止措置に伴い発生した放射性廃棄物の分類別物量を表3に示す。CYでは、発生廃棄物の内、8割以上が規制除外対象に分類されるものであった。

CYでは、処分費の低減、サイト内作業の低減を目的に、以下に示す廃棄物の処理処分方針が適用された。

- ・ 廃棄物の分別を徹底し、規制除外対象物量を最大化
- ・ 処分費用低減のため、コンクリート瓦礫を減容
- ・ 大型機器は可能な限り、直接(埋設)処分(切断作業回数の低減)
- ・ クラスB/Cに該当する樹脂、フィルター類はサイト外処理施設で減容
- ・ クラスAに該当する瓦礫、土壌類は直接(埋設)処分

上記に示す方針に従い、廃棄物の処理処分作業が進められたものの、CYではサイト外処理施設への廃棄物搬送速度が、廃棄物の発生速度を下回ったことによる作業の停滞が発生した。これは、CYとサイト外施設を結ぶ交通網が整備されていなかったことによるものである。この経験より、廃棄物の管理に当たっては、処理施設への搬送計画等

2) Chemical Oxidation Reduction Decontamination, Decommissioning, Ultra Violet

3) Decontamination for Decommissioning

4) Independent Spent Fuel Storage Installation

の関連する全てのプロジェクトを統合して計画することが教訓として得られた。

**表 2 米国での放射性廃棄物の分類と国内との対応**

分類	対象物／国内との対応
GTCC <sup>5)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉内構造物が主</li> <li>・日本での L1 に相当</li> <li>・使用済燃料と共に、ISFSI 内で保管</li> </ul>
クラス B/C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本での L1 及び L2 の中間層に相当</li> <li>・処分費低減のため、減容処理（圧縮等）の後に処分</li> </ul>
クラス A	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本での L2 に相当</li> <li>・費用対効果が低いため、減容等の処理は行われず、直接処分</li> </ul>
規制除外品 (BSFR <sup>6)</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本での L3 に相当</li> <li>・公衆に与える年間被ばく線量が 10 <math>\mu</math> Sv 未満となることを示す必要がある</li> <li>・費用対効果が低いため、減容等の処理は行われず、直接処分</li> </ul>

**表 3 CY での分類別廃棄物発生量**

対象物	分類別物量 (ton)					総計
	Class A	Class A - Shielded	Class B/C	GTCC	Class A / BSFR	
構造物・土壌	1,808	-	-	-	167,839	<b>169,647</b>
大型機器	901	178	33	9	129	<b>1,248</b>
系統設備	3,848	203	-	-	8,762	<b>12,813</b>
<b>上記計</b>	<b>6,557</b>	<b>380</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>176,730</b>	<b>183,708</b>

### 3. 最後に

最後に、CY 廃止措置を含む米国での廃止措置実績に基づき、得られた教訓を以下に示す。

- ・廃棄物の発生ストリームは正確に、かつ早期に設定する必要がある。
  - ⇒廃棄物の発生前に特性調査を完了
  - ⇒処分計画までを網羅した廃棄物管理計画の立案
- ・廃止措置では運転プラントと比較し、廃棄物発生量が多く、発生速度が速いことを理解しておく。
  - ⇒多種多様な廃棄物が同時期に発生することを考慮した計画策定
- ・米国での経験上、廃棄物は除染・汚染分離（ダウングレード処理）よりも、破砕し直接処分のアプローチの方が費用対効果が高い。
  - ⇒廃止措置の全体コストと、廃棄物処理・処分方法の選択肢を整備した上で、最適な処理方法を選択
- ・サイト上に廃棄物管理エリアを設置することが有効。
  - ⇒廃棄物の処理、梱包等の作業に必要とされる敷地の確保（他の作業との干渉回避）

5) Greater Than Class C

6) Bulk Survey for Release

