

福島原発事故収束に向けたバックエンド領域の論点（II） 「廃止措置事例からの論点」

苅込敏*1

福島第一原発の事故については、現在その状況の安定化および、周辺地域における放射性物質対応が懸命に行われているところであり、この対応が急務であることは論を待たない。一方、サイト内外の事態が沈静化した後の、取り組むべき課題としてはメルトダウンしているであろう燃料の取出し、原子炉及びその周辺機器、建屋の解体撤去の進め方が挙げられる。本講演では、わが国で初めて商業炉の廃止措置が進められている東海発電所の事例、及び米国のスリーマイルアイランド2号機（以下「TMI-2」）の除染、燃料取出し実績を概観した上で、福島第一原発事故後の課題等について考察する。

Keywords:福島原発, 廃止措置, TMI-2, 東海発電所

Concerning Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant, there is no doubt that the first priority is to make stable state and to reduce Cs concentration in Fukushima prefecture. On the other hand, investigation on how to deal with the fuels inside the reactors which are melted down, and how to dismantle and demolish the reactors, equipments and buildings inside nuclear power plants should be carried forward. In this presentation, use the decommissioning experience of Tokai Nuclear power plant which is the first experience as commercial NPP in Japan, the melted fuel recovery work and decontamination work in Three Mile Island-2, as reference, investigate items to be solved for the Fukushima NPP after the accident.

Keywords: Fukushima Nuclear Power Plant, decommissioning, TMI-2, Tokai Nuclear Power Plant

1 はじめに

今回の震災ならびに津波の影響をこうむり、被災された方々に紙面をお借りして心からお見舞い申し上げたい。茨城県に立地する日本原子力発電東海第二発電所も震災、津波による被害をこうむったが、幸い、無事原子炉を冷温停止することができた。また、現在商業用原子力発電所として初の廃止措置を続けている東海発電所についても、施設内の地盤の沈下や一部機器、建屋の損傷が発生したが、廃止措置そのものに大きな障害となるほどではなかった。

さて、福島第一原発においては、電源喪失に端を発する事故後の安定化に向けた努力が懸命に続けられており、また、発電所周围のフォールアウトによる影響についても、環境修復の観点からその方策の検討などが続けられているところである。

本稿においては状況の一定の沈静化が達成された後に実施すべきメルトダウンしたと想定されている核燃料物質の取扱い、施設全体の除染、更には廃止措置に向けた検討について、東海発電所の事例や米国 TMI-2 の事例などを参考に留意点などを考える。

2 東海発電所の廃止措置

東海発電所はわが国初の商業用原子力発電所として、昭和41年に営業運転を開始し、約32年間の運転を経て、平成10年に恒久停止した。わが国で唯一の黒鉛減速・炭酸ガス冷却型原子炉（GCR）であり、金属天然ウラン燃料を使用していた。わが国唯一の炉型であったこと、英国でも退役する GCR が増加したことなどから経済性が悪化してい

た。また、原子力に係る人材育成などの所期の目的も達成されたことから経営判断として、運転停止を社内決定した。このように、運転停止を決定する要因として多いのは経済性の悪化であり、この他に、政治的要因、事故等を原因とする場合もあるが、多くの場合、復旧費用が高いことが原因であり、この意味では、経済性による理由と考えることもできよう。

東海発電所の廃止措置は昭和60年ごろに総合エネルギー調査会が検討し、廃止措置引当金算定のベースとなっている標準工程に準じた計画としている。概要は以下の通りである。また、全体工程を、Fig.1に示す。

- 原子炉、付属設備および建屋を解体撤去し、更地の状態に復することを基本。
- 原子炉領域は、安全貯蔵後、解体撤去。
- 原子炉領域以外の付属設備等は、安全貯蔵期間開始時点から順次解体撤去。

廃止措置計画の策定に当たっては、運転停止の数年前から残存放射能評価、全体計画検討、維持管理設備の取捨選択、要員・費用計画・地元等社会的受容性の確保などの諸項目について、検討を重ねた。例えば、残存放射能評価では放射化放射能の評価が必要となるが、この前提となる運転中の中性子束の実測は、運転中で無ければできないため、準備工程も重要である。

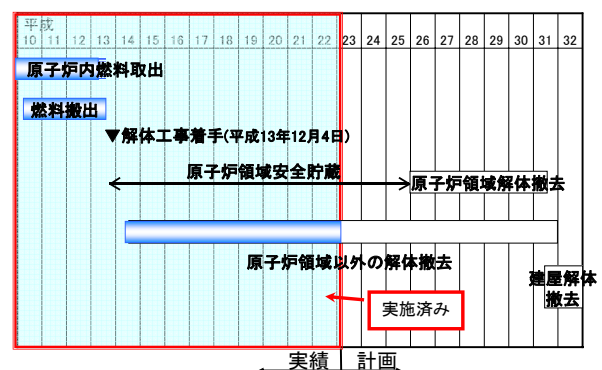


Fig.1 Tokai-1 project schedule

Point at issue of decommissioning by Satoshi KARIGOME (satoshi-karigome@japc.co.jp)

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第27回夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

*1 日本原子力発電株式会社 廃止措置プロジェクト推進室

Decommissioning Project Department The Japan Atomic Power Company

〒101-0053 東京都千代田区神田美土代町1-1

(Received and accepted 22 November 2011)

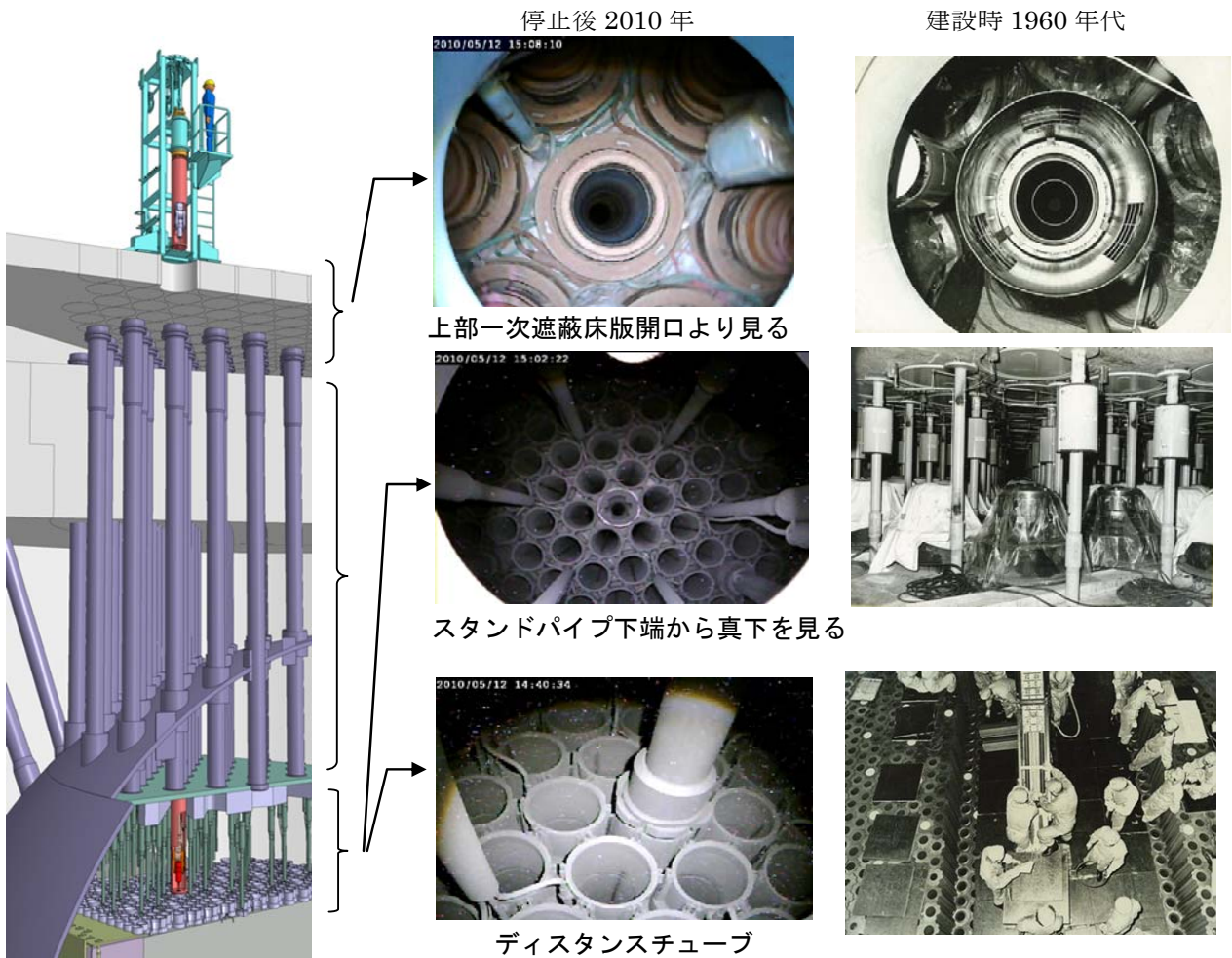


Fig.2 Tokai-1 RPV upper structure

東海発電所の廃止措置は、原子炉領域は安全貯蔵中であり、現在、熱交換器（SRU、1基の重量750tが4基）の解体撤去工事を実施しているところである。この撤去工事にはフランスで製作された遠隔切断装置を用いている。これは、原子炉領域における解体撤去に遠隔装置を用いることとなるため、これに備え比較的線量が低い熱交換器の切断に遠隔装置を導入し、当社社員自らが操作することにより運転操作等のノウハウを取得することとしたものである。また、この他に遠隔操作の小型電動重機も導入、活用したが、これは今後福島原発で瓦礫撤去等に活用されるものと考えている。遠隔操作機器類の本格導入は今後の課題であるが、GCRは圧力容器の構造が複雑で、炉心に接近するためには頑丈なコンクリート製生体遮へいの切断、スタンドパイプ等の解体撤去が必要である（Fig.2参照）。また、GCR固有の設備として、雑多な固体廃棄物が保管されているバンカと呼ばれるピットがあり、この中の廃棄物の取出し、分別にも遠隔装置が必要となる。これらは現在その詳細を検討中である。廃止措置を進める上では、解体の工法のみならず、法的適合性、施設の放射能評価等の特性把握、放射性廃棄物管理、資金・組織・要員の確保など総合的な検討をベースに行っていく必要がある。従って、当社においては、東海炉での廃止措置経験は今後の福島原発にも適用できる可能性を念頭に進めていきたいと考えている。

3 TMI-2 など

TMI-2は1978年12月30日に営業運転を開始した電気出力959MWのPWRであり、運転開始まもない翌1979年3月28日に判断ミスなどもあり炉心溶融する事故に進展した。事故後の主要経緯は以下の通りである。

- 1980年 7月 建屋への立ち入り
- 1982年 7月 圧力容器内観察
- 1984年 7月 原子炉上蓋開放
- 1985年 10月 燃料取り出し開始
- 1989年 燃料取り出し完了
- 1990年 燃料移送完了

米国においてはTMI-2の復旧に関する活動を、GPUN社（TMI-2の運転者）、EPRI、NRC、DOEが共同して進めた。わが国も、TMI-2の復旧活動に関してDOEと日米協定を締結、電力会社、メーカー、エンジニアリング会社、研究機関等が参加して、日米WR研究日本委員会を組織して、米国への技術者派遣を含め参画した。

TMI-2の復旧活動に対応するため、様々な特殊技術が開発導入された。例えば除染作業においては、高圧洗浄システムやコンクリートはつり装置などである。また、人が近づくことが困難な線量が高い区域には、ロボット技術が開発

Table 1 Remote operating vehicle for TMI-2 recovery efforts

名称	駆動	用途
SISI	クローラー	放射性サーベイ
FRED	6 輪, 左右独立	高圧ジェット洗浄
RRV	6 輪, 左右独立	点検, 測定, コア採取, はつり等
LOUIE	4 輪, ベルト付	ジェット洗浄, サーベイ
LOUIE-2	6 輪, 左右独立	コンクリートはつり

され、様々な用途別にロボットが活用された (Table 1 参照)。さらに、発生した汚染水の処理にも適切な処理システムを導入して処理を行った。

発生した廃棄物については、米国の放射性廃棄物の濃度区分に従って分別され、埋設可能な廃棄物は、ハンフォード処分場で処分された。溶融した燃料については、炉内から取り出された後、キャスクに収納してアイダホ国立研究施設(INEL)にて埋設処分できない廃棄物とともに保管している。

これまでの復旧作業で燃料の 99%は取り出され、系統も可能な限り除染して、系統水を排水することで施設は静的な安定状態になっている。この状態で施設を維持して、隣接する運転中の TMI-1 の廃止措置時に合わせて解体撤去する計画となっている。

これまでに世界中で 100 基を超える原子炉が運転を停止し、中には廃止措置も終えた施設もあるが、放射能の減衰を待つため、長期間静的な安全貯蔵を行っている施設もある。(Fig.3, Table 2 参照)

Table 2 Decommissioning scenarios in major foreign countries

米	原則として 60 年以内に廃止措置を完了させることを義務付け。即時解体シナリオ、安全貯蔵シナリオを、それぞれ同程度採用。既に 10 プラントで廃止措置を完了。
英	従来、原子炉建屋の解体を恒久停止約 135 年後に行うとしていたが、80 年後からと変更した。2005 年、公的機関による施設の廃止や廃棄物の処分を目的として NDA (Nuclear Decommissioning Authority) を発足。NDA は、英国政府に代わって、サイトの管理方法を決定し、各サイトでのクリーンアップ・プログラムを競争入札により委託契約し、NDA は作業の実施を監督する。
仏	従来、約 40~50 年間の遠隔隔離後解体撤去を実施する、長期の遮蔽隔離方式を基本戦略としていた。EDF は、廃止措置・廃棄物関連業務を 1 箇所に集中するため、2001 年戦略を変更し、2025 年までに全ての発電所の廃止措置を完了することとした。
独	即時解体が主流。一部、安全貯蔵方針を採用。1 プラントで廃止措置を完了



Fig.3 Current status of decommissioning

4 福島第一原発廃止措置への課題

今後、福島第一原発においては、原子炉内を含め施設全体の状況調査が行われることとなるものと考えられ、その状況に応じて具体的な対応策が検討されていくことになると考えられるが、現段階で想定される廃止措置に向けた主要な検討課題は以下のような項目が考えられる。

- 残存放射能・核種組成評価
- 個別の技術開発；遠隔技術、除染、分別、拡散防止
- 維持管理設備の選定、新設、設備の劣化対策
- 廃棄物の分類、分別 (燃料の影響評価)
- 埋設施設、廃棄体仕様
- クリアランス、再利用方策
- 法的手続き
- 敷地開放

廃止措置で発生する解体廃棄物の発生量については、今後汚染範囲などの実態が明確になっていくものと考えられるが、原子力発電施設解体引当金制度等を検討する際に算定されている解体廃棄物量は、Table 3 に示すとおりである。同表に示す値は通常の廃止措置における推定発生量であるが、主に管理区域から小規模 BWR プラントでも 1 基当たり約 15 万トンの撤去物が発生することになる。福島第一の場合は、1 号炉から 4 号炉までの管理区域内のみならず、敷地全体の汚染も考慮すると更に物量が多くなることが考えられ、これら発生する廃棄物を安全かつ合理的に処理処分する方策の策定が望まれる。

Table 3 Estimated waste volume arose from BWR decommissioning (単位:t)

	大規模 (110 万 kW 級)	中規模 (80 万 kW 級)	小規模 (50 万 kW 級)
L1 廃棄物	80	70	50
L2 廃棄物	850	830	760
L3 廃棄物	11,810	6,750	5,530
クリアランス レベル以下	523,910	230,180	140,330
合計	536,650	237,830	146,670

5 おわりに

福島第一原子力発電所の対応については、原子力委員会等各方面で検討が進められている。現場で様々な形で作業に従事する方々に敬意を表するとともに、一刻も早い事態の終息に向け、当社としても何らかの寄与を今後も続けていきたい。

参考文献

- [1] 日米 WR 研究日本委員会 研究活動報告書 1991年3月改訂
- [2] TMI-2の事故調査・復旧に関する成果と教訓－ニュークリア・テクノロジー誌 TMI 特集号の紹介－1993年6月 「TMI-2の事故調査・復旧に関する成果と教訓」翻訳グループ
- [3] デコミッションング技報 No43.2011 (P10-17)