連載
講座

放射性廃棄物概論

施設の運転および廃止措置により
発生する放射性廃棄物の対策

第3回 原子力施設の廃止措置とクリアランス

日本原子力研究開発機構 田中 忠夫, 島田 太郎,
日本原子力発電(株) 田中 健一

I. はじめに

本稿では、放射性廃棄物を含む解体物が短期間に相当量発生する原子力施設の廃止措置を取り上げ、廃止措置ならびに発生する解体物に対するクリアランス制度等の現状について紹介する。

II. 廃止措置

2012年6月に「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「炉規法」という。)が改正され、原子力発電所は、40年を超えて運転するにあたって、最大60年まで、かつ、1回しか延長できないこととなったため、既存の原子力発電所の中には廃止措置の準備を始めることを選択するケースも想定できる。また、大学や研究機関、民間の所有する役割を終了した試験研究用原子炉や原子力施設の廃止措置も増加しており、原子力発電所を含む原子力施設の廃止措置は徐々に大きな流れとなってきている。こうした原子力発電所を対象とした廃止措置技術については、日本原子力学会誌 ATOMO Σの連載講座: 21世紀の原子力発電所廃止措置の技術動向¹⁾ (2009年8月から2010年4月まで)で紹介されているため、ぜひ参照されたい。本章では、国内外における廃止措置に関する最新動向について紹介する。

1. 我が国における廃止措置の動向

我が国では、2005年12月の炉規法の改正で、原子炉等の原子力施設を廃止措置に移行するにあたっての法的

Introduction to Radioactive Waste—Management of Radioactive Waste from Operation and Decommissioning of Nuclear and Other Facilities (3); *Decommissioning of Nuclear Facilities and Clearance*: Tadao TANAKA, Taro SHIMADA, Ken-ichi TANAKA.

(2014年4月30日受理)

■前回タイトル

第2回 放射性廃棄物の管理

手続きが、規制行政庁への届出制から廃止措置計画を規制行政庁へ申請し、認可を受ける認可制へと変更された。現在、実用発電用原子炉では、日本原子力発電東海原子力発電所、及び中部電力浜岡原子力発電所の1号機と2号機が、研究開発段階発電用原子炉では日本原子力研究開発機構の新型転換炉「ふげん」(現 原子炉廃止措置研究開発センター)が運転を終了し、廃止措置段階に移行している。

このうち、炭酸ガス冷却炉である東海発電所は1998年3月31日に営業運転を終了し、2001年10月4日付けで原子炉解体届を提出して同年12月4日から廃止措置に着手している。これまでに、使用済燃料プールの洗浄、タービン建屋内機器の撤去、燃料取替機の解体撤去、熱交換器の解体撤去等を進めてきた。しかし、当初2014年に開始する予定であった原子炉領域の解体は、解体撤去物等搬出装置の導入の準備に時間を要しているため、2013年12月19日廃止措置計画の工程変更に伴う変更届を原子力規制委員会へ提出し、2019年開始と5年遅延された。一方、実用軽水炉としては、我が国初の廃止措置となる浜岡原子力発電所1号機及び2号機は、2009年6月1日に廃止措置計画の認可申請書を提出し、同年11月18日付けで計画が認可され、廃止措置に着手している。

なお、電気事業法上廃止された東京電力福島第一原子力発電所については、原子力規制委員会は炉規法第64条の2第一項の規定に基づき、2012年11月7日付けで特定原子力施設に指定した。東京電力は同年12月7日に実施計画を同委員会へ提出し、審査を経て、2013年8月14日に当該実施計画が認可された。したがって、現状は廃止措置計画に基づくものでなく、当該実施計画の下で廃止措置に向けた諸取組みが行われている状況にある。

2. 廃止措置規制制度の現状

原子力規制委員会における廃止措置規制は、「実用発

電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(以下「実用炉則」という。)第119条に廃止措置計画の認可基準が規定されており、さらに下部規定として原子力規制委員会は審査基準を制定している。審査基準では、申請書記載事項、及び添付書類記載事項について具体的審査基準等が記述されている。なお、原子力発電所の廃止措置は通常長期間に及び、将来実施する個々の工事の安全性等の詳細を当初の申請時にすべて定めることが合理的ではない場合もあるため、事業者はそれらの詳細について、その工事着手前までに改めて定め、廃止措置計画の変更認可をその都度受けることも認められている。また、複数の核燃料使用施設を有する事業者は、変更許可により解体作業を進めているケースもある²⁾。

一方、実用炉則第121条に廃止措置終了確認に関する以下の基準が定められている。

- 一 核燃料物質の譲渡しが完了していること。
- 二 廃止措置対象施設の敷地に係る土壌及び当該敷地に残存する施設について放射線による障害の防止の措置を必要としない状況にあること。
- 三 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄が終了していること。
- 四 第67条第一項に規定する放射線管理記録の同条第五項の原子力規制委員会が指定する機関への引渡ししが完了していること。

しかし、「廃止措置対象施設の敷地に係る土壌及び当該敷地に残存する施設について放射線による障害の防止の措置を必要としない状況にあること。」がどのような状態であるかの定量的基準等は明確になっていない。

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃止措置安全小委員会では、廃止措置終了確認の在り方について検討し、2011年1月に報告書「廃止措置の終了の確認に係る基本的考え方(中間とりまとめ)」³⁾を取りまとめた。本報告では、終了確認の形態、判断基準、対象範囲、記録、ベースラインサーベイデータの必要性、廃止措置終了時の具体的な確認方法、の各項目について論点と今後の検討の方向性が示された。

なお、解体廃棄物の処分も廃止措置と密接に関連している。原子力規制委員会は、トレンチ処分とピット処分についての新規基準を策定したが、炉心部分の解体廃棄物の処分、すなわち余裕深度処分については、同じ第二種廃棄物埋設であるトレンチ処分やピット処分とは区分され、今後第一種廃棄物埋設である地層処分とともに議論されることとなっている。

3. 原子力学会標準委員会での廃止措置関連学会標準の整備

原子力学会に設置された標準委員会研究炉専門部会及び研究炉専門部会(後に基盤・応用技術専門部会へ改組)廃止措置分科会は、学会標準「原子力施設の廃止措置の

計画と実施：2006」を策定した。その後、東海発電所及びぶげん発電所の廃止措置の認可申請の経験が得られたことから、近い将来の軽水炉についての廃止措置計画の検討を見据えて、「原子力施設の廃止措置の計画と実施：2006」の「計画」に関する内容の見直しが行われ、「原子力施設の廃止措置の計画：2009」⁴⁾(以下、計画：2009)が2010年1月に発行された。

一方、原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用については、2002年7月総合エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会においてその基本的方針⁵⁾が示され、これを受け、当時の原子力安全・保安院は、2006年1月施行として改正技術基準を公布するとともに、学協会規格を技術評価の上、規制体系に位置づけるべく取り組んでいた。そこで、認可基準の明確化を目的に、計画：2009を民間規格として活用するため、廃止措置標準が法令上の要求を満たすものであるかの技術評価を行った。その結果、2010年5月に技術評価の中間報告として、明確に適合しているもの、附属書を含めれば満たしているもの、規定化が望まれる事項などを整理した⁶⁾。これを受けて原子力学会標準委員会廃止措置分科会は計画：2009の改訂を実施し、「実用発電用原子炉施設等の廃止措置の計画：2011」⁷⁾として発行した。

このほか、2013年12月には廃止措置工事の進捗に伴い漸減していくリスクに応じ、安全確保を確実にした上で合理的な廃止措置工事の実施と維持管理の見直しに係る考え方をまとめた「発電用原子炉施設の廃止措置時の耐震安全の考え方：2013」⁸⁾が策定された。

4. IAEAにおける廃止措置に関する動向

廃止措置に関するIAEA文書としては、放射性物質を用いる施設の廃止措置の安全要件を示したWS-R-5⁹⁾、原子力発電所および研究炉の廃止措置の安全指針を示したWS-G-2.1¹⁰⁾、核燃料サイクル施設の廃止措置の安全指針を示したWS-G-2.4、「行為の終了に際しての規制管理からのサイトの解放」の安全指針を示したWS-G-5.1¹¹⁾、「放射性物質を用いる施設の廃止措置のための安全評価」の安全指針を示したWS-G-5.2¹²⁾が発行されている。現在、WS-R-5の改定版として、廃止及び閉鎖の活動に関する安全要件「DS450」の作成作業が進められている。また、WS-G-2.1とWS-G-2.4を統合した形での改定版として、安全指針「DS452」の作成作業が進められている(IAEA廃棄物基準委員会(WASSC)の議論より)¹³⁾。WS-R-5の改定版DS450では、施設の立地、設計段階からの廃止措置計画の立案、廃止措置活動に伴う環境影響評価などが要求されることとなり、我が国への導入を考えると、廃止措置に関して原子炉の設置段階からの法的枠組みの検討が今後求められると思われる。

Ⅲ. クリアランス

1. クリアランスとは

原子力発電所の廃止措置や運転・補修に伴い発生する解体撤去物や廃材などの中には、放射性物質による汚染のないもの又は放射性物質の放射能濃度が極めて低く、人への影響が無視できる「放射性物質として扱う必要のないもの」が含まれている。このようなものを、法令等で規定された手続きに基づき資源としてリサイクル可能な有価物(スクラップ金属等)や一般の廃棄物として取り扱えるようにすることを「クリアランス」という^{14~16)}。海外では、既に多くの国においてクリアランス制度が運用されており、我が国でも2005年度に法令が改正され「クリアランス制度」が導入された。

クリアランスを判断する放射能のレベル基準は、金属やコンクリートがどのような再利用又は廃棄物として埋設されたとしても、人体への影響は無視できると国際原子力機関(IAEA)が認めている1年間あたり0.01ミリシーベルトを超えないことを基準としている。これは、自然放射線の1/100以下となり、クリアランスレベルはこの基準を超えないように定められている¹⁶⁾。

2. クリアランスの手続き

クリアランス制度に係る主な手続きは第1図のとおりである¹⁶⁾。クリアランス確認の流れとしては、まず、事業者が放射能濃度の測定・評価の方法について国に申請し、国はその妥当性を確認・許可する。事業者は、認可された方法に従ってクリアランス対象物の測定・判断・保管・管理を行い、それを記録する。その後、事業者は国によるクリアランス確認のための申請を行い、国は記録の全数確認と現地での抜き取り測定を行うことにより、結果の確認を行う。国による確認を受けたものは「放射性廃棄物として取り扱う必要のないもの(クリアランス物)」として普通のリサイクル対象物や産業廃棄物と同じ扱いが可能となる。

第1図 クリアランス確認の流れ

3. クリアランス判断の基本手順

クリアランス処理の対象となるもの(以下、「クリアランス対象物」という。)の取扱いは、第1図に示す手順に従い進められ、国の確認を受けたのちクリアランス物として施設外に搬出することが可能になる。日本原子力学会の学会標準「クリアランスの判断方法:2005」¹⁷⁾(以下、「標準」という。)では、クリアランス判断の基本手順は次の7つの手順からなるとしている。

(1)事前調査, (2)測定・評価方法の設定, (3)測定・評価計画の策定, (4)測定・評価, (5)クリアランス判断, (6)記録, (7)保管・管理

本稿では、「国による測定・判断方法の妥当性確認」において重要な(1)及び(2)について以下に概要を説明する。

(1) 事前調査

事前調査は、効率的な測定・評価の方法を設定するために必要な情報を得るために実施するものである。調査事項には、クリアランス判断で用いるD/C(下記に説明)の設定に必要な事項を調査するものと測定・評価作業の効率化を図るための事項を調査するものがある。これらの調査では、原子力施設で発生するもののうち、汚染のないことが明らかなものを除き、その中からクリアランス対象物にしようとするものを対象として、放射化汚染、2次的汚染及び両方による汚染(混合汚染)の分類を行うものである。

なお、D/Cとは、クリアランス対象物の評価対象核種濃度(D)をクリアランスレベル(C)で除して得られる値であって、D/Cを評価対象核種全体で総和を求めるものをD/C総和、 $\Sigma D/C$ あるいは分数和という。D/C総和が1.0より小さい場合、クリアランス物となる。

(2) 測定・評価の方法の設定

事前調査の結果に基づき、測定・評価の方法を設定する。ここでは、選定されたクリアランス対象物の特徴(性状や形状)に応じた測定・評価パターンを設定する。測定・評価パターンに基づき測定装置の選定を行うと共に、評価単位及び測定評価点の設定を行う。評価単位は、1回の測定で取り扱う範囲であり、数トン以内で設定する。ただし、汚染性状が類似している場合は複数の測定単位をまとめて評価単位とすることができる。放射能濃度のばらつきが小さく平均値で評価できる場合、又は最大値で評価できる場合は、最大10tとできる。これらを考慮した上で、測定器の特性並びにクリアランス対象物の性状及びクリアランス対象物の形状に基づき放射能換算係数を設定する。また、D/Cの総和への寄与率が高く、クリアランス判断に当たって放射能濃度測定・評価の対象となる評価対象核種の選定を行う。

4. クリアランスの実績

日本原子力発電(株)では、東海発電所(以下、「東1」という。)の廃止措置工事によって発生した解体物のうち

「放射性物質として扱う必要のないもの(クリアランス物)」について、「東海発電所クリアランス金属に係る放射能濃度の測定及び評価¹⁸⁾」の申請を行い、2009年9月に認可を受けてクリアランス処理を行ってきた。現在までに170 tの金属を発電所外に搬出し、研究機関の加速器遮蔽体、発電所の車両侵入防止ブロック、配管架台の基礎埋め込み金具、クレーン荷重試験用ウェイト及びPA活動用のベンチやテーブルなどに加工してきた¹⁹⁾。

東1で現在用いているクリアランス測定・評価の方法を「東海 A-1 法」と呼んでいる。東海 A-1 法では、原子炉建屋において発生した解体撤去物であり、原子炉冷却材(炭酸ガス)による2次的汚染がある金属片(板状又は管状の切断片)及び原子炉からの中性子のストリーミング等による放射化汚染が混在する金属片を対象としている。金属片は、内寸約1.3m 長さ×約1.3m 幅×0.9m 高さの鉄製の専用容器(以下、「検認ボックス」という。)に収納できる大きさに細断を行い、重量で1 t以内(検認ボックスの重量を除く)を評価単位としている。

評価単位内における放射能濃度分布の均一性については、概ね100kg 程度ごとに放射能濃度が省令の基準の10倍を超えるような著しい偏りがないこととしている。

東1では、検認ボックスに収納したまま測定する「バスケット型専用測定装置」を用いているが、測定器の特性からクリアランス対象物の配管又は平板のみが積層に収納することとしている。

評価対象核種は、ガス炉における重要放射性物質(核種)¹⁹⁾に加え、東1運転終了後での原子炉施設の汚染性状の特徴を考慮し、クリアランス対象物の放射能濃度を評価する上で重要となる核種を(C-14とPu-239)加えた11核種とした。放射能濃度を決定する方法は、核種を「 γ 線を放出する核種」、「 γ 線を放出せず、 γ 線放出核種の放射能濃度と相関の認められる核種」及び「 γ 線を放出せず、 γ 線放出核種の放射能濃度と相関も認められない核種」に分類し、全 γ 線グループ測定法、放射性核種組成比法及び平均濃度法を適用している。

東海 A-1 法によるクリアランス処理については原電ホームページ²⁰⁾に説明されているほか、雑誌等²¹⁾で紹介されてきており、そちらを参照いただきたい。

IV. NR (放射性廃棄物でない廃棄物)

1. NR (放射性廃棄物でない廃棄物)とは

NR (Non Radioactive waste: 放射性廃棄物でない廃棄物)とは、原子炉施設の解体等に伴って発生するものであって、放射性物質によって汚染された可能性がまったくないもの又は放射能のレベルが自然のレベルと同等かそれ以下であり有意な差が認められないなど、放射性廃棄物の区分に入らないとされるものである^{22, 23)}。

2. NR の判断

NR の判断に係わる基本的な考え方については、放射化汚染及び2次的汚染それぞれについて次の通りとされている^{22, 23)}。

(1) 放射化汚染について

- ・十分な遮蔽体により遮蔽されていた等、施設の構造上、中性子線による放射化の影響を考慮する必要がないことが明らかであるもの
- ・計算等により、中性子線による放射化の影響が、一般的に存在するコンクリートとの間に有意な差を生じさせていないか、または、有意な差がある部分が分離されたもの

(2) 2次的汚染について

- ・使用履歴、設置状況等から、放射性物質の付着、浸透等による汚染がないことが明らかであるか、または、汚染部分が限定されていることが明らかであって、当該汚染部分が分離されたもの。

NR 判断は、原子力施設の運転中及び廃止措置中において適切な汚染防止対策がなされていたことを条件に、使用履歴、設置状況等の記録から判断することとしている。さらに、当面は信頼性を高める観点から「念のための放射線測定評価(念のための測定)」を行い、測定結果が検出限界値未満であることを確認することになっている。

3. NR の実績

NR の実績としては、1993年から国及び電力会社では原子力安全委員会の考え方を踏まえ、コンクリート廃棄物の一部をNRとして処理した実績がある²²⁾。

東1においても、第2図に示すような判断フローを保安規定に定め、2008年9月からNRの搬出を開始している。

第2図 NR 判断フローの例

— 参考資料 —

- 1) 日本原子力学会誌, “連載講座: 21世紀の原子力発電所廃止措置の技術動向” Vol.51 (8) (2009) - Vol.52 (4) (2010).
- 2) 杉杖 他, 「製錬転換施設廃止措置プロジェクトの進捗状況」, 日本原子力学会和文論文誌, Vol. 12, No. 3, p. 242-256 (2013).
- 3) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 廃止措置安全小委員会, “廃止措置の終了の確認に係る基本的考え方(中間とりまとめ)―主な論点と今後の検討の方向性について”, 平成23年1月.
- 4) 日本原子力学会, “日本原子力学会標準原子力施設の廃止措置

- の計画：2009”，2010年1月。
- 5) 原子力安全委員会決定，“原子炉施設の解体に係る安全確保の基本的考え方”，昭和60年12月19日，平成13年8月6日一部改訂。
 - 6) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会，“学協会規格の規制への活用現状と今後の取組みについて(案)”，平成21年1月。
 - 7) 日本原子力学会，“実用発電用原子炉施設等の廃止措置の計画：2011”，2011年12月。
 - 8) 日本原子力学会，“発電用原子炉施設の廃止措置時の耐震安全の考え方：2013”，2013年12月。
 - 9) IAEA, “Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material”, WS-R-5, (2006)。
 - 10) IAEA, “Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors”, WS-G-2.1, (1999)。
 - 11) IAEA, “Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices”, WS-G-5.1, (2006)。
 - 12) IAEA, “Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material”, WS-G-5.2, (2008)。
 - 13) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会(第44回)配付資料3「IAEA第30回廃棄物安全基準委員会(WASSC)の結果について」, 2011年1月21日。
 - 14) 放射線審議会基本部会, 「「規制免除について」国際基本安全基準における規制免除レベルの国内法令への取り入れ検討結果」, 2002年10月, 2003年7月一部修正。
 - 15) IAEA, “International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources”, Safety Series No.115, (1996)。
 - 16) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 廃棄物小委員会, 「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」, 2004年9月。
 - 17) 日本原子力学会, 「クリアランスの判断方法：2005」, 2005年7月。
 - 18) 日本原子力発電(株), 「東海発電所において用いた資材等に含まれる放射性物質の放射能濃度測定及び評価方法の認可申請書」, 2006年9月。

- 19) 原子力安全委員会, 「主な原子力施設におけるクリアランスレベルについて」, 1999年3月。
- 20) 日本原子力発電(株), 「東海発電所の廃止措置 クリアランス制度の適用」,
<http://www.japc.co.jp/project/haishi/clearance.html>
- 21) 五百旗頭弘之, “日本原子力発電における技術革新のあゆみ”, 電気評論 2011年1月号 p.286-301 (2011)。
- 22) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 廃棄物小委員会, “原子力施設における「放射性廃棄物でない廃棄物」の取扱いに関する報告書”, 2007年10月。
- 23) 経済産業省, “原子力施設における「放射性廃棄物でない廃棄物」の取扱いについて(指示)」, 2008年5月。

著者紹介

田中忠夫 (たなか・ただお)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野) 放射性廃棄物処分,
サイト解放

島田太郎 (しまだ・たろう)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野) 廃止措置, サイト
解放, 放射性廃棄物処分

田中健一 (たなか・けんいち)
日本原子力発電(株)(現・エネルギー総合工
学研究所)
(専門分野/関心分野) 廃止措置, 放射能
インベントリ評価, 廃止措置工事環境影
響評価