

研究炉の廃止措置と廃棄物マネジメント (武蔵工大炉の経験)

内山孝文*1

武蔵工大炉は、濃縮ウラン水素化ジルコニウム減速水冷固体均質型 (TRIGA-II) で、最大熱出力 100 kW の原子炉である。昭和 34 年 10 月に設置の許可を受け、昭和 38 年 1 月に初臨界となった。平成元年 12 月まで運転し、この間、原子力技術者育成のための教育訓練の場、放射化分析や炉物理などの研究の場、そして医療・生物治療研究を中心とした全国の大学共同利用研究施設として重責を担ってきた。平成 16 年 1 月 27 日に原子炉等規制法第 38 条第 1 項に基づき文部科学省に「解体届」を提出し、同年 4 月より廃止措置に着手した。原子炉等規制法が改正されて廃止措置計画の認可制度が新設されたことに伴い、文部科学省に「廃止措置計画」を申請し、認可され更に、2 度の廃止措置計画の変更認可を行った。本稿では、武蔵工大炉のあゆみと廃止措置着手から現在の状況並びに廃棄物マネジメントについて紹介する。

Keywords: 試験研究用原子炉, 廃止措置

1 緒言

武蔵工大炉は、濃縮ウラン水素化ジルコニウム減速水冷固体均質型 (TRIGA-II) で、最大熱出力 100 kW の原子炉である。昭和 34 年 10 月に設置の許可を受け、昭和 38 年 1 月に初臨界となった。アルミニウム被覆燃料炉心で昭和 60 年 3 月まで運転 (積算出力 1100 MWh)、ステンレス被覆燃料炉心に変更して平成元年 12 月まで運転した (積算出力約 400 MWh)。原子力技術者育成のための教育訓練の場、放射化分析や炉物理などの研究の場、そして医療・生物治療研究を中心とした全国の大学共同利用研究施設として重責を担ってきた。その後、長期停止を経て、原子炉施設を廃止することとなり平成 16 年 1 月 27 日に原子炉等規制法第 38 条第 1 項に基づき文部科学省に「解体届」を提出し、同年 4 月より廃止措置に着手した。原子炉等規制法が改正されて廃止措置計画の認可制度が新設されたことに伴い、文部科学省に「廃止措置計画」を申請し、認可され更に、2 度の廃止措置計画の変更認可を行った。廃止措置は、最初に使用済燃料の輸送を行い、引き続き、原子炉施設・設備の機能停止措置及び液体廃棄物廃棄設備の解体撤去を行った。

以下では、武蔵工大炉のあゆみと廃止措置着手から現在の状況について報告する[1]~[5]。

2 武蔵工大炉のあゆみ原子炉の設置の経緯と設置後の状況

原子力研究所 (写真 1) は、1958 年 (昭和 33 年) 学校法人五島育英会の五島慶太理事長、武蔵工業大学 (以下、東京都市大学という。) の八木秀次学長らによって設立が企画され、1959 年 (昭和 34 年) 10 月に原子炉設置の許可を受け、1960 年 (昭和 35 年) 原子力の平和利用に先立って、自然豊かな多摩丘陵の一郭 (川崎市麻生区王禅寺地区) に東京都市大学原子力研究所が開設した。設立当初の最盛期

にはおよそ 50 名の職員を擁して、一私学の研究機関として、アイソトープの生産や教育訓練等に利用された。

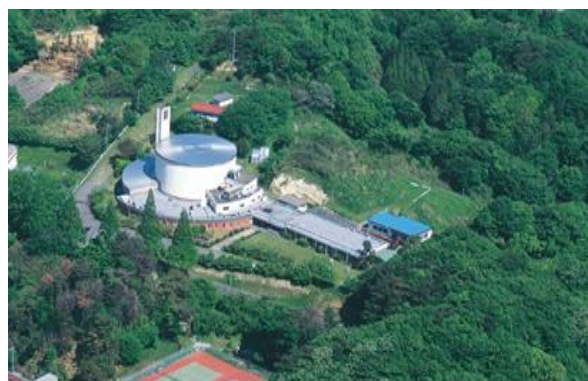


写真 1 東京都市大学原子力研究所

2.2 研究所再建とその実績

研究用原子炉の希少性と、首都圏に近接した立地条件を生かし、当時の所長 (佐藤禎氏) が原子炉の再建に積極的に取り組んだ。研究所は「放射化分析」、「大学共同利用施設」、「大学院の設置」のキーワードを掲げ、これら結び付け原子炉の有効活用を図り、さらには研究所の再建に全力で取り組んだ。以下にその再建内容について示す。

(1) 放射化分析システムの開発

ある試料に中性子を当てると、原子核反応により放射化を起こして、 β 線、 γ 線を放出するようになる。この放射線のエネルギーを調べることにより、試料中の元素やその量を求めるのが放射化分析である。これら分析するために、Ge 半導体検出器とデータ処理システムを一体化させた放射化分析トータルシステム・GAMA システムを開発した。

「GAMA」は、「Gamma-Spectra Analysis of Musashi Institute of Technology Atomic Energy Research Lab.」であり下線の文字に相当する。これにより、受託分析業務が始まると共に、外来研究者にも広く開放され、農業や工業等の幅広い分野で利用された。

(2) 大学共同利用施設としての利用

1974 年 (昭和 49 年) 12 月に、原子力専門官、文部省研究助成課の協力を得て、東京工業大学原子炉工学研究所を窓口として生物・医療治療を柱に全国の国公立・私立大学の共同利用が決定した。1975 年 (昭和 50 年) 3 月には、全国の原子炉工学・医学の専門家の協力を得て、元の設備を

Decommissioning and waste management of research reactor by Takafumi UCHIYAMA (tuchi@tcu.ac.jp)

*1 東京都市大学原子力研究所
原子炉・放射線施設管理室
Tokyo City University / Atomic Energy Research Laboratory
〒215-0013 神奈川県川崎市麻生区王禅寺 971 番地

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第 33 回「バックエンド」夏期セミナーにおける講演内容を加筆・修正したものである。

中性子照射室に改造した。なお、最初の脳腫瘍の中性子照射治療は、帝京大学畠中坦教授によって1977年3月に行われた。その後、原子炉が停止する平成元年までに脳腫瘍99例、皮膚がん9例の照射治療が行われた。

(3) 大学院の設置

1981年(昭和56年)4月、大学院原子力工学専攻(修士課程)が設置された。この大学院は研究所を基盤とするもので、私立大学としては当時では稀であった。大学院設置前においては工学部の機械、電気系を中心とする卒業研究生の他、これによりさらに多くの原子力技術者の人材育成が行われた。

2.3 原子炉の運転停止と廃止措置

1989年(平成元年)12月21日、施設の巡視により放射室内に水溜りを発見した(図1)。このため、直ちに原子炉を停止し、水溜りの原因究明を行った。調査により、放射室内の水の浸みだし量と原子炉タンク水位の低下量に相関が見られたことから、1990年(平成2年)1月4日に科学技術庁に事故報告を行った。この報告を受け、報道関係者をはじめ地元自治会及び市民グループに対する説明会や勉強会を開催するなど、その対応に奔走する日々を送った。一方、タンクの水漏れ箇所の特定制と原因調査を2年に渡り実施、その原因を特定し、1992年(平成4年)3月に最終的な事故報告を科学技術庁に提出し報告を行った。

運転停止後、使用済燃料の長期保管のための使用済燃料貯蔵設備の新設、さらには、原子炉の修復・改造方法の技術的・経済的問題、修復後の原子炉施設の活用、原子炉施設の社会的ニーズ等、財政的インパクトを中心に技術的及び社会的方面から調査・検討を行った。しかしながら、2003年(平成15年)5月20日に、五島育英会理事会において原子炉の廃止を決定した。

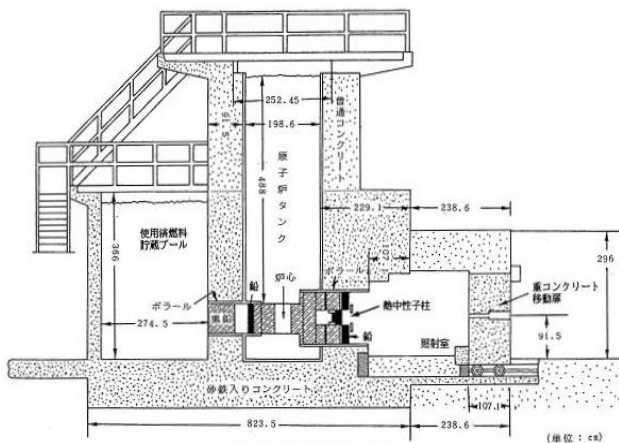


図1 武蔵工大炉縦断面図

3 廃止措置の進捗状況

3.1 廃止措置計画の概要

上記の通り、長期停止を経て、原子炉施設を廃止することとなり平成16年1月27日に原子炉等規制法第38条第1項に基づき文部科学省に「解体届」を提出し、同年4月より廃止措置に着手した。原子炉等規制法が改正されて廃止

措置計画の認可制度が新設されたことに伴い、文部科学省に「廃止措置計画」を申請し、認可され更に、2度の廃止措置計画の変更認可を行った。廃止措置は、最初に使用済燃料の輸送を行い、引き続き、原子炉施設・設備の機能停止措置及び液体廃棄物廃棄設備の解体撤去を行った(表1)。以下では、廃止措置着手から現在の状況について報告する。

表1 廃止措置の基本計画と進捗状況

| 項目 | 年 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007~ | 2012~ | Future |
|-------------------|---|---------|--------------------|-------------|-----------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| | | Phase 1 | | | | Phase 2 | | Phase 3 |
| 施設の状況 | | ▲廃止の決定 | ▲所轄官庁への当初及び補正計画の提出 | ▲▲▲ | ▲▲▲ | ▲▲▲ | ▲▲▲ | ▲▲▲ |
| 永久停止措置 | | | ■運転機能の停止 | | | ■燃料貯蔵、液体廃棄物処理設備等の機能停止 | | |
| 使用済燃料の輸送 | | | ■輸送容器の用意 | ■輸送前の準備・諸手続 | ■USDOEへ輸送 | | | |
| 設備の解体撤去と廃棄物の管理・処分 | | | | | | ■放射性廃棄物の施設内での貯蔵 | ■液体廃棄物の廃棄設備及び固体廃棄物貯蔵庫の解体撤去 | ■固体廃棄物の原子炉室での貯蔵 |
| | | | | | | ■全設備の解体撤去と放射性廃棄物の処分 | | |

3.2 原子炉運転機能停止

廃止措置は、燃料及び制御棒をはじめとする炉内構造物が原子炉タンクから取り外され、原子炉タンク水が排出された状態から始めた。原子炉運転機能停止措置として制御棒駆動装置の撤去、さらに運転停止に伴う各種系統・設備の機能停止、炉心への燃料再装荷が出来ないように原子炉タンク上面にカバーの取付け・施錠を行った。また、この作業と並行し設備等の放射線量率の測定を行った。測定結果は、保管場所と合わせ記録を確実にし、今後の廃止措置工事計画立案のための基礎データとした。なお、この測定で線量率の高いものはコンクリートによる放射線遮へいを施し、原子炉室内にて保管した。

3.3 燃料輸送

使用済燃料は、米国エネルギー省(USDOE)の「海外試験研究炉燃料引き取り政策」に基づきUSDOEに引き渡すこととし、「輸送準備」→「使用済燃料の検査及び輸送容器への収納」→「発送前検査・積付検査」→「実輸送」というプロセスを経て、平成18年に燃料輸送を行い、引き渡し先であるUSDOEアイダホ国立研究所へ到着し、これをもって燃料輸送は完了した。使用済燃料の輸送容器への装荷に際しては、ORIGENコードによって算出した核種インベントリをもとに、モンテカルロ計算コード(MCNP)より臨界解析を行い、未臨界性を確認した。さらに、燃料装荷シミュレーションも行い、その結果を基に燃料装荷手順を作成し、装荷時には未臨界測定を実施した。実装荷で得られた未臨界測定結果とシミュレーション計算結果はほぼ一致し、輸送容器への燃料装荷は未臨界を確認、担保しつつ実施した。

3.4 解体撤去及び放射性廃棄物の保管管理等

①使用済燃料に係る設備の機能停止と一部解体撤去

使用済燃料の輸送完了に伴い、燃料に係る全ての系統・

設備の運転機能停止を行うとともに、一般産業廃棄物として処分可能なものを解体撤去し処分した。

②液体廃棄物の廃棄設備の機能停止と解体撤去

液体廃棄物の廃棄設備は RI 施設との共用設備であり、半地下式のコンクリート貯槽と廃液を処理するための処理装置、さらに廃液を移送するための配管により構成され、原子炉建屋とは独立した区域(管理区域)に設置されていた。施設の運用開始から長い年月を経ており予防保全的に更新の必要性があった。しかしながら、原子炉施設からの放射性液体廃棄物の発生が無い状況から更新の必然性に乏しく、一方では RI 施設は今後とも教育・研究に活用していく計画であったことから、当該設備の使用をやめ、新たに RI 施設としての排水設備を新設することとした。既存の設備は RI 施設の排水設備が新設された後、解体撤去し、解体撤去物の一部は放射性廃棄物でない廃棄物(以下、NR 廃棄物という。)として処分し、残り全ては原子炉室内にて保管した。また、当該区域は解体撤去後、管理区域から解除した。なお、NR 廃棄物扱いについては、所内で定める品質保証計画書の第 3 次文書の位置づけとなる「NR 廃棄物取扱マニュアル」を策定し行った。その NR 廃棄物の判断基準は次のとおりである。①施設の運転開始からの使用履歴や設置状況等の記録から判断する(汚染している部分が明らかであり、その分離が可能であるものも含む)。②①を満足した物は、放射能量が検出限界未満であることを確認する[6]。この NR 廃棄物と非 NR 廃棄物の区分けの重要な点は、放射能測定による測定結果により NR 廃棄物と非 NR 廃棄物の判断基準として適用していないところである。

③放射性廃棄物の保管管理と施設の維持管理

機能停止及び解体撤去した系統・設備は、一般産業廃棄物として処分するもの以外については放射性廃棄物の外部処分場への受入れが可能になる時点まで、東京都市大学原子炉施設内において適切に保管管理を行う。現在は、将来的に本格解体が行われるまで、原子炉建屋をはじめとするその他施設、設備の性能維持管理を継続的に行っている。

3.5 放射性廃棄物の処分(将来)

放射性廃棄物の処分については、外部処分場への受入れが可能になった時点で、放射性廃棄物の事業所外への搬出を行う予定である。当施設から発生する放射性廃棄物の物量評価については、2 次元輸送コード(DOT)により炉心からコンクリート遮蔽体まで算出した中性子束分布を用いて、原子炉施設・設備に残存する放射性物質の量及び放射性廃棄物の発生量を評価し、その結果から放射性廃棄物レベル区分毎の評価も行った。その物量評価結果を表 2 に示す。

表 2 放射性廃棄物の発生量(推定量)

| レベル | 発生量(トン) |
|-------------|---------|
| 中深度(余裕深度)処分 | 0 |
| ピット処分 | 61.9 |
| トレンチ処分 | 266.9 |
| クリアランス | 134.6 |
| NR | 161.0 |

4 結言

以上、原子炉設置から原子炉の停止までの武蔵工大炉のあゆみと廃止措置着手から現在までの進捗状況と将来について報告した。武蔵工大炉は 1960 年(昭和 35 年)の設立から、1989 年(平成元年)の原子炉タンク水の漏えいまで、運転時間 21,177 時間、積算出力 1,483,223 kWh の原子炉の運転を行った。その後、2004 年(平成 16 年)より廃止措置に着手し、第 1 段階として原子炉の永久停止措置及び使用済燃料の輸送を終えた。2012 年(平成 24 年)の液体廃棄物の廃棄設備の解体撤去工事以降、大きな工事は行っておらず現在は第 2 段階として法令遵守の下、施設・設備の性能維持のための施設管理や廃棄物管理を確実にしている。一方、第 3 段階に予定している放射性廃棄物の外部処分場への搬出を将来に見据え、放射化量インベントリ評価やクリアランス検認にかかる廃止措置関連技術等を廃止措置中の原子炉を題材にして検討を行い、研究用原子炉の廃止措置モデルが確立できる研究を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 丹沢富雄, 内山孝文 弥生研究会 2006, 武蔵工大炉の廃止措置の進捗状況(2), 要旨集, p.10-1 (2006).
- [2] 内山孝文, 丹沢富雄 弥生研究会 2006, 武蔵工大炉燃料の輸送容器装荷時における検査, 要旨集, p.11-1 (2006).
- [3] 内山孝文, 丹沢富雄 弥生研究会 2009, 武蔵工大炉の廃止措置の進捗状況(3), 要旨集, p.10-1 (2006).
- [4] 武蔵工業大 75 年史, 学校法人五島育英会, 武蔵工業大学, p. 284 (2005).
- [5] 堀内則量, 弥生研究会 2009, 武蔵工大炉と歩んだ 35 年-運転・管理の四方山話, 要旨集, p.1-1 (2009).
- [6] 「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」(第 2 次中間報告(平成 4 年 2 月 14 日, 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会)) 報告書, (1992).

