

JRR-4 の廃止措置計画の概要及び実施状況について

Outline and implementation status of decommissioning plan of JRR-4

原子力機構	石黒 裕大	Yasuhiro ISHIKURO	Non Member
原子力機構	根本 勉	Tsutomu NEMOTO	Non Member
原子力機構	山田 佑典	Yusuke YAMADA	Non Member
原子力機構	大山 光樹	Koji OHYAMA	Non Member

After operating until December 2010, JRR-4 was under periodical self-inspection for the next operation. After that, it suffered from the Great East Japan Earthquake on March 11, 2011. But it recovered almost a year later. However, we determined to decommission JRR-4 in September 2013. After that, we received the approval of the decommissioning plan of JRR-4 on June 7, 2017. And we received the approval of the change of the safety regulations related to it. Subsequently JRR-4 was shifted to decommission phase in December 2017. This report describes the outline of the decommissioning plan of JRR-4 and the implementation status.

Keywords: Decommissioning plan, JRR-4, Implementation status

1. JRR-4 の概要

JRR-4 の主要諸元を表 1 に示す。

表 1 JRR-4 の主要諸元

燃料濃縮度 (運転期間)	高濃縮燃料 (S40年～H7年)	低濃縮燃料 (H10年～H22年)
炉型	濃縮ウラン軽水減速冷却 スイミングプール型	
最大熱出力	3,500kW	
最大 熱中性子束	$7 \times 10^{17} \text{n/m}^2 \cdot \text{s}$	
炉心形状 寸法	角型 約65cm × 67cm × 高さ60cm	
冷却材	軽水	
制御棒	ボロン入りステンレス鋼	
運転形態	1日6時間のデイリー運転 1サイクル=1週間	

JRR-4 は、濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型の熱出力 3,500kW で、中出力炉の特性を活かした小回りの利くデイリー運転形態の研究用原子

炉である。主な利用目的として、医療照射、原子炉技術者養成、放射化分析、ラジオアイソトープ及びシリコン半導体の製造等が挙げられる。

JRR-4 は我が国初の原子力船「むつ」の実物大モックアップによる遮へい実験を目的として建設され、昭和 40 年 1 月 28 日初臨界に到達した。その後の平成 8 年 1 月から平成 10 年 9 月までに燃料の低濃縮化を行うとともに、原子炉施設の整備及び実験設備の拡充のため各設備・機器の大規模な改造工事を行った。

原子炉炉心部は図 1 に示すように、炉心ブリッジから吊り下げられた炉心タンク内に納められ、水深約 9.8m のプール中に置かれている。炉心部は燃料要素、反射体要素、格子板、制御棒等から構成される。

JRR-4 は平成 22 年 12 月まで運転を実施後、施設定期自主検査に入り、平成 23 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生した。JRR-4 は被害を被ったが、約 1 年後にほぼ復旧した。しかし、原子力機構全体からみた重要性、新規制基準対応費用及び今後のニーズ等の観点から平成 25 年 9 月に公開した原子力

機構改革の中で JRR-4 を廃止することが決定した。その後、平成 27 年 12 月に JRR-4 廃止措置計画認可申請書を提出し、平成 29 年 6 月 7 日に認可を受けるとともに、当該申請書に関連した保安規定の変更認可を同年 11 月 29 日に受け、同年 12 月 15 日から廃止措置に移行した。

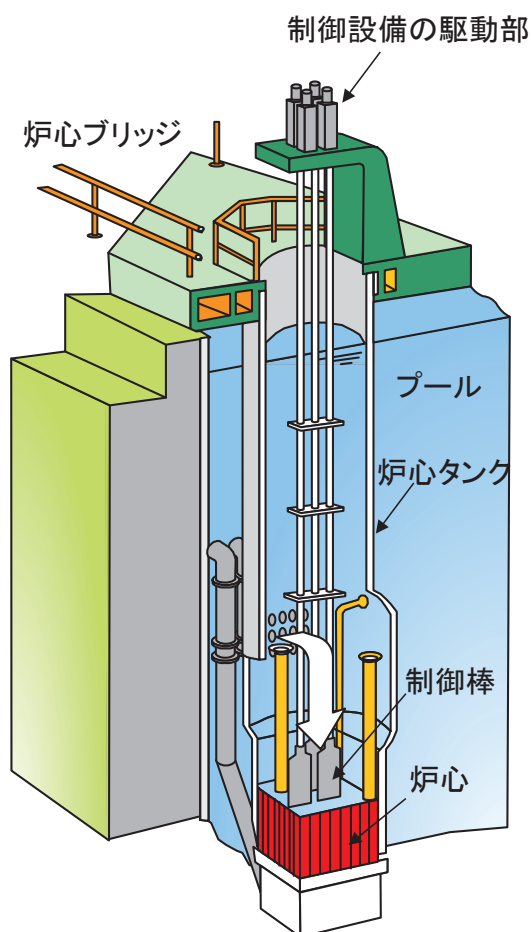


図1 JRR-4 炉心

2. 使用済燃料の搬出

JRR-4 では、廃止措置計画認可申請書を申請する前に、あらかじめ使用済燃料を JRR-4 から搬出することで、リスク低減を図るとともに、廃止措置計画認可申請書を作成するにあたり、機能を維持する設備を限定させることが可能であると判断した。そのため、現行の許可書に基づき、廃止措置計画認可申請書を申請する前に使用済燃料を全て施設外へ搬出した。

3. 廃止措置計画の概要

3.1 解体対象施設

JRR-4 原子炉施設の解体前後を図 2 に示す。

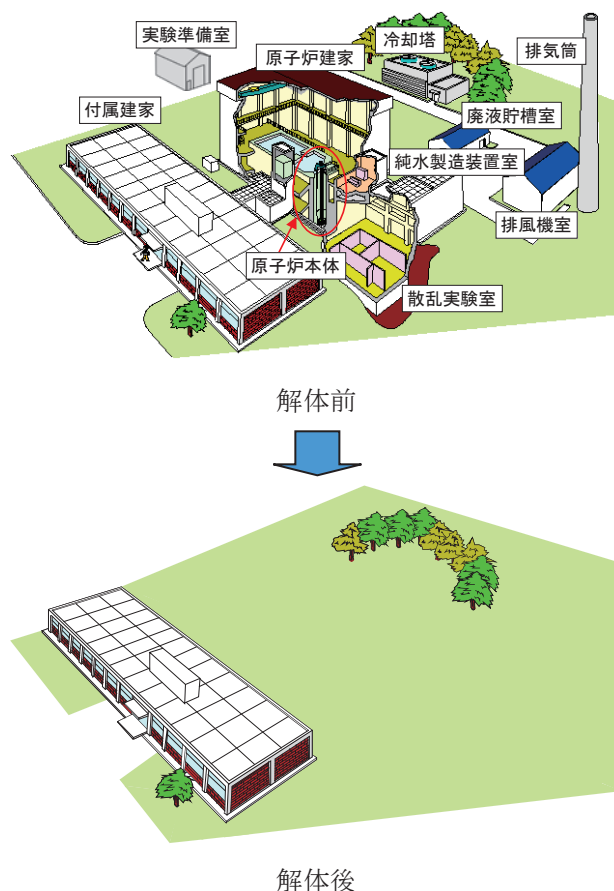


図2 JRR-4 原子炉施設の解体前後

JRR-4 原子炉施設は、附属建家、新燃料貯蔵庫等、原子炉建家、排風機室、排気筒、実験準備室、純水製造装置室、廃液貯槽室及び冷却塔並びにこれらの建家内外に設置されている全ての施設・設備に加えて、原子力科学研究所の原子炉施設の共通施設である放射性廃棄物の廃棄施設の放射性廃棄物処理場、及び放射線管理施設の屋外管理用の主要な設備のうちモニタリングポスト、モニタリングステーション装置、中央監視装置及び環境放射線観測車によって構成されている。

これらのうち解体対象施設は、新燃料貯蔵庫等、原子炉建家、排風機室、排気筒、実験準備室、純水製造装置室、廃液貯槽室及び冷却塔並びにこれらの建家内外に設置されている全ての施設・設備である。

付属建家は、施設・設備を解体撤去するとともに、管理区域解除後、建家を解体せずに一般施設として活用する。なお、管理区域を有する建家は、付属建家（一部）、新燃料貯蔵庫等、原子炉建家、排風機室及び廃液貯槽室である。

3.2 廃止措置計画の工程

JRR-4 原子炉施設の廃止措置は、第1段階（原子炉の機能停止から燃料体搬出までの段階）、第2段階（維持管理段階）、第3段階（解体撤去段階）の順に3段階に区分して実施する。各段階の概要は次のとおりである。また、表2に廃止措置の工程表を示す。

表2 廃止措置の工程表

	H27-30	H31-32	H33-	2年	7年	2年	1年
段階	第1段階 (機能停止措置 (燃料体搬出))	第2段階 (維持管理)	第3段階 (解体撤去)				
工程	廃止措置計画認可 機能停止措置 燃料体搬出	施設維持管理	解体撤去工事の詳細を定めた廃止措置計画の変更認可	炉心部等の解体撤去	原子炉建家内の施設・設備の解体撤去(管理区域解除)	廃液貯槽室、排風機室内の施設・設備の解体撤去(管理区域解除)	建家の解体撤去 廃止措置終了

(1) 第1段階(原子炉の機能停止から燃料体搬出までの段階)

第1段階では、原子炉の機能停止措置及び燃料体搬出を行う。

原子炉の機能停止措置として、制御材を挿入した状態での固定及び制御設備の駆動部の撤去を実施する。

未使用燃料は新燃料貯蔵庫の燃料貯蔵棚に貯蔵しており、平成30年度までに搬出し、米国へ譲り渡す。

(2) 第2段階(維持管理段階)

燃料体の搬出が完了した時点で、第1段階から第2段階へ移行する。第2段階は、施設に残存する放射性物質を減衰させ、第3段階で実施する解体撤去作業及び放射性物質を含む廃棄物の取扱いにおける

放射線業務従事者の被ばく低減を図るための期間とする。放射性物質を減衰させるための期間は、放射線量が大きい放射性物質を安全に取り扱うため原子炉停止後約10年(平成33年3月末)以上とする。第2段階では、各建家及びそれらの維持管理に必要なとなる施設・設備について維持管理を行う。

(3) 第3段階(解体撤去段階)

原子炉停止後約10年(平成33年3月末)以上が経過し、さらに、解体撤去工事の詳細を定めた本廃止措置計画の変更認可申請の認可を受けた段階で、第2段階から第3段階へ移行し、解体撤去工事に着手する。

解体後、残存する付属建家及び土地に汚染の無いことを確認する。放射性廃棄物は、放射性廃棄物処理場へ引き渡す。

4. 汚染状況

施設に残存する汚染は、放射化汚染物質と二次汚染物質に分けられる。

4.1 放射化汚染物質

放射化汚染物質の評価手順を図3に示す。

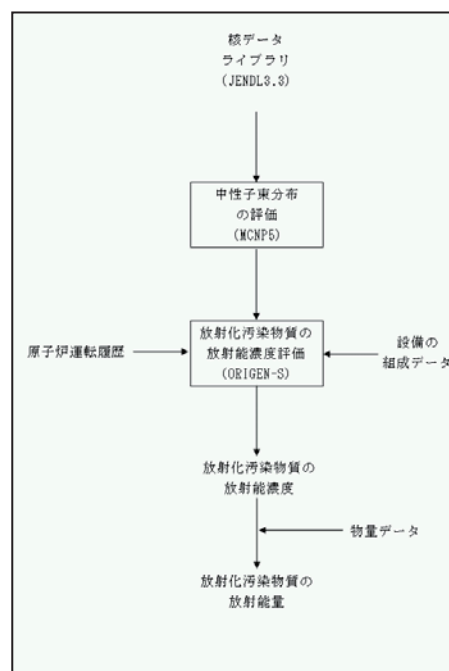


図3 放射化汚染物質の評価手順

中性子束分布は、連続エネルギーモンテカルロコード「MCNP5」を使用して計算し、各領域における中性子束を算出した。核データライブラリには、JENDL3.3を用いた。次に求めた中性子束、原子炉運転履歴及び設備の組成データを、ORIGENSを用いて、放射化汚染物質の放射能濃度を算出し、この結果に物量データを用いることにより、放射化汚染物質の放射エネルギーを算出した。

評価の結果、原子炉停止後約4年（平成27年3月末）経過時の放射化汚染物質の推定放射エネルギーは 2.5×10^{13} Bq、主要な放射性核種は H-3、Fe-55、Co-60 等である。これらの放射化汚染物質は、解体撤去作業及び放射性物質を含む廃棄物の取扱いにおける放射線業務従事者の被ばく低減のため、時間減衰による放射エネルギーの低減を図る。時間減衰による放射エネルギーの低減を図るための期間は、原子炉停止後約10年（平成33年3月末）以上とする。原子炉停止後約10年（平成33年3月末）経過時の放射化汚染物質の推定放射エネルギーは 1.4×10^{13} Bq となり、主要な放射性核種は H-3、Ni-63、Co-60 等である。

4.2 二次汚染物質

二次汚染が生じている可能性のある施設・設備について、表面密度及び表面積を用いて二次汚染の評価を行った。二次汚染物質の放射エネルギー評価を、実際の放射エネルギーよりも多くなるように保守的な評価とするために、施設・設備の表面密度の最大値に相当する汚染が、二次汚染が生じている可能性のある全ての施設・設備に生じているものとして評価を行った。施設・設備の中で、表面密度が最大となるのは、施設・設備の構造及び過去の点検結果等から一次冷却系ストレナ No. 3 であると判断し、内部の表面密度の測定を実施し、その結果を用いて評価を実施した。また、重水タンク等の内部の H-3 による二次汚染については、重水タンク等に残留している全重水量（H-3 全量）が二次汚染に寄与しているものとして評価した。

評価の結果、原子炉停止後約4年（平成27年3月

末）経過時の二次汚染物質の推定放射エネルギーは、放射性腐食生成物等による施設・設備の二次汚染では 2.7×10^7 Bq、主要放射性核種は Co-60 であり、また、重水タンク等の内部の二次汚染では 6.4×10^{10} Bq、放射性核種は H-3 である。これらの二次汚染物質についても、放射化汚染物質と同様に、時間減衰による放射エネルギーの低減を図る。時間減衰による放射エネルギーの低減を図るための期間は、原子炉停止後約10年（平成33年3月末）以上とする。原子炉停止後約10年（平成33年3月末）経過時の二次汚染物質の推定放射エネルギーは、放射性腐食生成物等による施設・設備の二次汚染では 1.3×10^7 Bq であり、重水タンク等の内部の二次汚染では 4.6×10^{10} Bq である。

5. 放射性廃棄物の発生量

廃止措置の第3段階の解体撤去作業において発生する放射性固体廃棄物及び放射性物質として扱う必要がない物の推定発生量を表3に示す。

表3 放射性固体廃棄物及び放射性物質として扱う必要がない物の推定発生量

放射能レベル区分	代表的な機器	材質	重量(t) ¹	
低レベル放射性廃棄物	炉心タンク触れ止め用脚の案内カラー等	金属	0.002	0.002
		コンクリート	—	
		その他	—	
放射能レベルが低い物(ビット処分相当)	制御材、反射材、格子板等	金属	2	3
		コンクリート	—	
		その他	1	
放射能レベルが極めて低い物(トレンチ処分相当)	ビーム実験要素、重水タンク、プール壁の一部のコンクリート等	金属	307	1400
		コンクリート	1086	
		その他	7	
放射性廃棄物として扱う必要のない物	プール壁の一部を除くコンクリート、散乱実験室のコンクリート等	金属	862	8421
		コンクリート	7547	
		その他	12	
合計	—	—	9825 ²	—

¹ 原子炉等規制法第61条の2に従って放射能濃度の確認を受けること等により、放射能レベル区分毎の発生量は変動することがある。

² このほか、「放射性廃棄物でない廃棄物」の重量は、約3632 tと推定。合わせて総重量約13457 t

6. 廃止措置期間中に機能を維持すべき設備

廃止措置期間中に機能を維持すべき施設・設備については、全ての使用済燃料が JRR-4 から搬出済であり、JRR-4 へ戻すことがないことを踏まえつつ、原子炉施設外への放射性物質の放出抑制、放射性廃棄物の処理処分及び放射線業務従事者が受ける放射

線被ばくの低減といった観点から決定した。なお、使用済燃料を冷却する機能及び燃料破損時に放射性物質の環境放出を抑制する機能は不要となる。

廃止措置期間中に機能を維持すべき主な設備を以下に示す。

(1) プール及びプール水精製系

プールは、プール内の放射化汚染物を解体撤去し、プール水を排水するまでの間、遮へい材としてのプール水を維持するため維持管理する。また、プール水の水質を維持するため、プール水精製系を維持管理する。

(2) 燃料貯蔵棚

燃料貯蔵棚は、未使用燃料を搬出するまでの間、未使用燃料の未臨界性を維持するため維持管理する。

(3) 原子炉建家

原子炉建家は、管理区域を解除するまでの間、放射性物質の漏えい防止のための障壁及び放射線遮蔽体として維持管理する。

(4) 気体廃棄物の廃棄設備

気体廃棄物の廃棄設備は、施設の除染が終了するまでの間、気体廃棄物を処理するため維持管理する。

(5) 液体廃棄物の廃棄設備

液体廃棄物の廃棄設備は、廃液貯槽における液体廃棄物の受入及び排出が終了するまでの間、液体廃棄物を貯留するため維持管理する。

(6) 放射線モニタリング設備

放射線モニタリング設備は、管理区域を解除するまでの間、放射線をモニタするため維持管理する。

(7) 給気設備及び電灯設備

給気設備及び電灯設備は、施設の除染が終了するまでの間、保安のため維持管理する。

7. これまでの廃止措置の状況

廃止措置の第1段階移行後、原子炉の機能停止措置として、制御材を挿入した状態での固定及び制御設備の駆動部の撤去を実施するとともに制御設備の駆動部取り付け部に金属製の蓋を設置した。図4に原子炉の機能停止措置の概念図を示す。

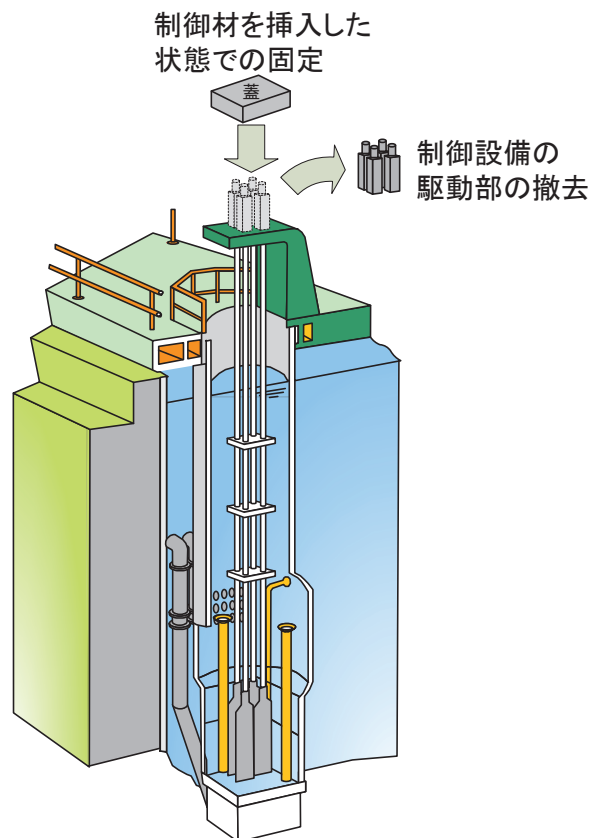


図4 原子炉の機能停止措置の概念図

8. 今後の予定

効率的な解体撤去を実施するためには、放射エネルギーをより現実的に評価する必要がある。そのため汚染状況を確認するための試料採取及び分析を実施する。

また、JRR-4は原子炉施設であるとともに核燃料使用施設及びRI施設でもある。

これらの許可は、原子炉運転を前提としていることから、順次、核燃料物質及びRIを処理するとともに許可の段階的な削減を実施していく。