

Oral presentation | V. Nuclear Fuel Cycle and Nuclear Materials : 505-3 Decommissioning Technology of Nuclear Facilities

📅 Wed. Sep 11, 2024 3:35 PM - 5:00 PM JST | Wed. Sep 11, 2024 6:35 AM - 8:00 AM UTC 🏠 Room L(Recture RoomsB 2F B201)

[1L11-15] Inventory Evaluation Technology

Chair:Goro Soejima(JAEA)

3:35 PM - 3:50 PM JST | 6:35 AM - 6:50 AM UTC

[1L11]

Decommissioning of Hitachi Training Reactor (HTR)

(1)General overview of the Decommissioning

*Yuko Suzuki¹, Kuniaki Nabatame², Tomoharu Hashimoto², Ryuichi Tayama², Mitsuru Uetake¹, Tomonori Ozawa¹, Hideho Gamo¹ (1. Hitachi, 2. HGNE)

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[1L12]

Decommissioning of Hitachi Training Reactor (HTR)

(2)Evaluation of radioactivation in HTR

*Kuniaki Nabatame¹, Ryuichi Tayama¹, Yoshihiro Hashimoto¹, Yuko Suzuki², Tomonori Ozawa² (1. HGNE, 2. Hitachi)

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[1L13]

Assessment of contamination distribution of "Monju"

(4) Assessment of contamination from corrosion product and activation of fuel handling system

*Shotaro Hanaki¹, Takuma Kinoshita², Yotaro Kawaguchi², Yasufumi Kishimoto², Ryutaro Mashimo¹, Hirokazu Hayashi¹ (1. JAEA, 2. NESI)

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[1L14]

Assessment of contamination distribution of "Monju"

(5) Assessment of activation of the fuel washing tank

*Takuma Kinoshita¹, Yotaro Kawaguchi¹, Yasufumi Kishimoto¹, Shotaro Hanaki², Ryutaro Mashimo², Hirokazu Hayashi² (1. NESI, 2. JAEA)

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

[1L15]

Assessment of contamination distribution of "Monju"

(6) Assessment of activation of the ex-vessel fuel transfer machine

*Yotaro Kawaguchi¹, Takuma Kinoshita¹, Yasufumi Kishimoto¹, Shotaro Hanaki², Ryutaro Mashimo², Hayashi Hirokazu² (1. NESI, 2. JAEA)

4:50 PM - 5:00 PM JST | 7:50 AM - 8:00 AM UTC

Time reserved for Chair

日立教育訓練用原子炉（HTR）の廃止措置

(1) 廃止措置の概要

Decommissioning of Hitachi Training Reactor (HTR)

(1) General overview of the decommissioning

*鈴木 裕子¹, 青天目 州晶², 橋本 義大², 田山 隆一², 植竹 満¹, 小澤 朋紀¹, 蒲生 秀穂¹

¹株式会社日立製作所, ²日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

日立教育訓練用原子炉（HTR：Hitachi Training Reactor）は、1975 年に運転を終了した原子炉である。現在、廃止措置の第 2 段階で、第 3 段階の計画当中である。本件では、これまでの解体実績と今後の計画について報告する。

キーワード：廃止措置，解体

1. HTRについて

HTR は純国産の原子炉で、1961 年の初臨界後、安全研究のためのパルス運転試験、国内初の脳腫瘍治療、原子力技術者の教育訓練等に貢献し、所期の目的を達成し 1975 年に運転を終了した。

2. 第 2 段階までの廃止措置概要

2-1. 第 1 段階

HTR は運転終了後、1975～76 年にかけて、炉心部や冷却系統等の主要部を解体し、その解体で発生した放射性廃棄物の原子炉室での保管を継続した。2005 年に使用済燃料を事業所外搬出し、第 1 段階が完了した。

2-2. 第 2 段階

第 2 段階においても原子炉室での放射性廃棄物の保管を継続していたが、より安全に放射性廃棄物を保管すること、合理的に施設を管理することを目的として、放射性廃棄物の保管に影響が無い躯体や建屋等を解体し、放射性廃棄物の保管場所を原子炉室から新設倉庫へ変更した。その結果、大部分の解体が完了し、HTR は、原子炉室とその中にある原子炉本体、廃棄物を保管する新設倉庫の状態となった。

3. 第 3 段階の計画

第 3 段階においては原子炉本体を解体する。その際には、放射性廃棄物の部分、クリアランス対象物の部分、放射性廃棄物でない廃棄物の部分を適切に区分けする必要がある。更には汚染の程度に応じた被ばく低減対策や設備仕様等を計画する必要もある。原子炉本体の生体遮蔽コンクリート内部の放射化汚染物質の量と分布の評価結果を図 1 に示す。また、その評価の妥当性を検証するため、原子炉本体の炉中心から複数箇所のコア抜きを実施し、核種等の分析も行った。評価結果と分析結果の比較については、次報(2) 日立教育訓練用原子炉における放射化放射能評価で報告する。

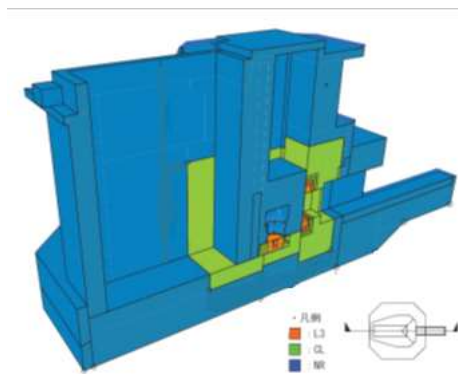


図 1 HTR 原子炉本体の汚染分布

*Yuko Suzuki¹, Kuniaki Nabatame², Tomoharu Hashimoto², Ryuichi Tayama², Mitsuru Uetake¹, Tomonori Ozawa¹ and Hideho Gamo¹

¹Hitachi, Ltd., ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

日立教育訓練用原子炉(HTR)の廃止措置 (2)日立教育訓練用原子炉における放射化放射能評価

Decommissioning of Hitachi Training Reactor (HTR)

(2) Evaluation of radioactivation in HTR

*青天目 州晶¹, 田山 隆一¹, 橋本 義大¹, 鈴木 裕子², 小澤 朋紀²

¹日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社, ²株式会社日立製作所

株式会社日立製作所では日立教育訓練用原子炉（HTR）の廃炉を進めている^[1]。本原子炉の廃止措置計画策定に向けて、原子炉周り遮蔽コンクリートの残留放射能をコア分析及び放射化計算にて評価した。併せて、放射化計算の妥当性を確認するとともに、放射性廃棄物の物量評価結果について報告する。

キーワード：廃止措置，コンクリート，放射化，核種分析，ORIGEN

1. 緒言

廃止措置を実施するにあたり、計画時点で放射性廃棄物の放射能レベル及びその物量を評価しておくことは、放射線安全管理及び放射性廃棄物の管理・処分を適切に実施する上で重要である。本件では、HTRの廃止措置計画を策定するにあたり実施した原子炉周り構造物の残留放射能評価のうち、コア抜きしたコンクリートの分析値と放射化計算結果及び廃棄物の物量評価を報告する。

2. 原子炉周り遮蔽コンクリートの放射化評価

2-1. 遮蔽コンクリート試料の分析

HTRの東西南の3か所から原子炉中心に向けて水平にコアボーリングして採取したコンクリートを分析試料とし、含水率、比重、元素組成(Co-60, Ni-63, Eu-152)、核種放射能(H-3, Co-60, Ni-63, Eu-152)の分析を行った。東側試料の含水率(kg/kg)、密度(g/cm³)の平均値は0.081, 2.13であり、方位による違いは小さかった。元素組成も方位の影響は見られず、東側試料のCo, Ni, Euの濃度(wt%)は、 2.1×10^{-3} , 3.9×10^{-2} , 6.1×10^{-5} であった。核種放射能分析では、Co-60, Ni-63はいずれの試料でも検出限界未満であった。H-3とEu-152の放射能濃度を図1に示す(図中のエラーバーは標準偏差を示す)。両核種ともに、原子炉からの距離に応じて概ね単調に減少していることが確認された。

2-2. 遮蔽コンクリートの放射化計算

放射化計算は、2次元Sn輸送計算コードDORTにて試料位置の中性子束を計算し、その後放核種崩壊生成計算コードORIGEN-Sを用いて評価対象の33核種の放射能濃度を計算した。なお、ORIGEN計算においては、コンクリートの元素組成に分析値を反映させた。

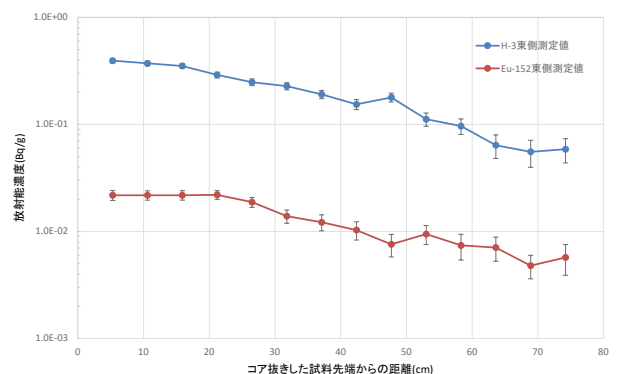


図1. 遮蔽コンクリートの放射能濃度分析結果(2023年時点)

3. 結言

分析値の結果から、H-3, Eu-152の放射能濃度はクリアランスレベルを大きく下回る結果が示された。発表では、放射化計算結果との比較、その妥当性及び廃棄物量の物量評価への影響について報告する。

参考文献

[1] 日立教育訓練用原子炉（HTR）の廃止措置の全体概要及び排気筒等の解体について，Journal of RANDEC No. 59

* Kunikaki Nabatame¹, Ryuichi Tayama¹, Tomoharu Hashimoto¹, Yuko Suzuki², Tomonori Ozawa²

¹ Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ² Hitachi, Ltd.

「もんじゅ」汚染の分布の評価

(4) 燃料取扱設備の放射化汚染と二次的な汚染の評価

Assessment of contamination distribution of “Monju”

(4) Assessment of contamination from corrosion product and activation of fuel handling system

*花木 祥太郎¹, 木下 拓真², 川口 鷹太郎², 岸本 安史², 眞下 隆太郎¹, 林 宏一¹

¹JAEA, ²NESI

「もんじゅ」では、2018 年から開始した廃止措置期間全体を 4 段階に区分し、約 30 年間で廃止措置を完了する計画とし、管理区域内の本格的な解体作業を行う第 3 段階に向けて汚染の分布に関する評価を実施している。本シリーズではナトリウム冷却高速炉(SFR)特有の燃料取扱設備(図 1)の汚染の分布の評価について報告する。

キーワード：高速炉、もんじゅ、廃止措置、汚染分布評価、燃料取扱、放射化、二次的な汚染

1. 緒言

汚染の分布の評価は、作業員及び周辺公衆の被ばく低減及び解体撤去工法・手順の策定、並びに解体撤去工事に伴って発生する放射性廃棄物の発生量評価のため、施設内に残存する放射性物質の種類、放射能量及び分布を評価するものである。この評価は、中性子照射によって構造材が放射化して生成される放射化汚染と、放射化した構造材が冷却材中に溶出して生成される腐食生成物が機器・配管の内部に付着して残存する二次的な汚染に区分して行っている。本稿では燃料取扱設備のうち、燃料洗浄槽と燃料出入機の放射化汚染の評価に加えて、これらの機器の二次的な汚染の評価の検討状況も併せて報告する。

2. 燃料洗浄槽の汚染の評価

炉心から取り出した使用済の炉心構成要素等(燃料体、しゃへい体など)は、付着した金属ナトリウムを洗浄除去するため、一時的に燃料洗浄槽内部で保持される。この際、燃料体の自発核分裂により発生する中性子によって構造材が放射化することから、放射化汚染の評価を実施した。また、炉心構成要素等に付随して持ち込まれる放射性核種が燃料洗浄槽の内表面に付着することから、二次的な汚染を評価するために Ge 半導体検出器によるγ線測定を行った。燃料洗浄槽まわりの支持構造物によるしゃへい効果を考慮してγ線の測定体系をモデル化(図 2)することにより測定効率を求め、今回のγ線測定結果から内部の汚染密度を試算した結果、Co-60 で約 20 Bq/cm²、Nb-94 では約 1 Bq/cm²であった。

3. 燃料出入機の汚染の評価

燃料出入機は、原子炉や炉外燃料貯蔵槽(EVST)、燃料洗浄槽などの各機器の間で炉心構成要素等(燃料体、しゃへい体など)を移送する機器である。このため、燃料出入機の内部に燃料体を保持して移送する間に、燃料体の自発核分裂により発生する中性子によって構造材が放射化することから、放射化汚染の評価を実施した。また、燃料出入機の内面には、取扱う炉心構成要素等から滴下したナトリウムが付着することに加え、炉心構成要素等を把持するグリップが原子炉や EVST 内の液体ナトリウムや燃料池の水に浸漬されることから、二次的な汚染の分布を評価する必要がある。しかし、炉心構成要素等を保持するコフィン部には厚いしゃへいが施されており、他の配管や機器と同様な手法で外部からγ線を測定することは困難である。このため、機器の点検等の作業時に行われた表面汚染密度の測定記録などを確認し、二次的な汚染の評価へ活用を検討していく。

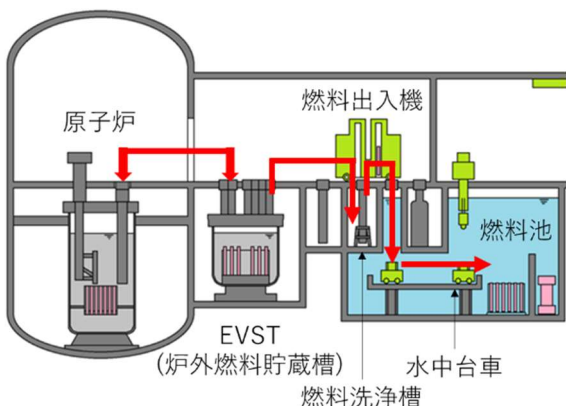


図1 「もんじゅ」の燃料取扱設備の概要

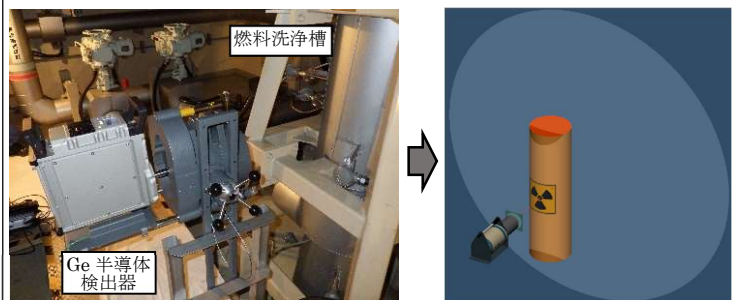


図2 燃料洗浄槽における測定体系のモデル化

*Shotaro Hanaki¹, Takuma Kinoshita², Yotaro Kawaguchi², Yasufumi Kishimoto², Ryutaro Mashimo¹, and Hirokazu Hayashi¹

¹JAEA, ²NESI

「もんじゅ」汚染の分布の評価

(5) 燃料洗浄槽の放射化汚染評価

Assessment of contamination distribution of “Monju”

(5) Assessment of activation of the fuel washing tank

*木下 拓真², 川口 鷹太郎², 岸本 安史², 花木 祥太郎¹, 眞下 隆太郎¹, 林 宏一¹

¹JAEA, ²NESI

「もんじゅ」では、2018 年から開始した廃止措置期間全体を 4 段階に区分し、約 30 年間で廃止措置を完了する計画とし、管理区域内の本格的な解体作業を行う第 3 段階に向けて汚染の分布に関する評価を実施している。汚染の分布の評価は、作業者及び周辺公衆の被ばく低減及び解体撤去工法・手順の策定、並びに解体撤去工事に伴って発生する放射性廃棄物の発生量評価のため、施設内に残存する放射性物質の種類、放射エネルギー及び分布を評価しており、中性子照射によって構造材が放射化して生成される放射化汚染と、放射化した構造材が冷却材中に溶出して生成される腐食生成物が機器・配管の内部に付着して残存する二次的な汚染に区分して測定・評価している。本稿では、ナトリウム冷却高速炉(SFR)特有の設備である燃料取扱設備の燃料洗浄槽の放射化汚染の評価について報告する。

キーワード：高速炉、もんじゅ、廃止措置、汚染分布評価、燃料取扱、放射化

1. 緒言

「もんじゅ」の燃料取扱設備である燃料洗浄設備は、炉外燃料貯蔵槽から取り出された炉心構成要素等（燃料体、しゃへい体など）に付着するナトリウムを洗浄除去する SFR 特有の設備である。この設備のうち、燃料洗浄槽は、燃料出入設備よりアルゴンガス雰囲気槽内へ炉心構成要素等を受入れ、冷却し、付着ナトリウムを除去するための湿潤アルゴンガス洗浄及び脱塩水洗浄を行い、再び燃料出入設備へ受渡す。燃料洗浄槽は燃料体を受け入れ、燃料出入設備に受け渡すまでの期間中、燃料体の自発核分裂等により発生する中性子によって構造材が放射化することから放射化汚染の評価を行った。

2. 放射化汚染の評価手法

燃料洗浄槽の放射化汚染の評価では、2次元輸送計算コード DORT により 2 種類の中性子束分布を算出し、得られた中性子束分布を用いて、放射性核種生成崩壊コード ORIGEN(SCALE6.2)により放射能濃度を算出した。

DORT に用いる解析体系は、設備の形状（図 1）や構造材の元素組成を反映した R-Z 体系とした。また、燃料洗浄槽は燃料体に付着したナトリウムを洗浄する過程において、洗浄槽内の雰囲気ガスがガス洗浄状態と水洗浄状態に変化することから、当該領域の物質組成をアルゴンと水の 2 種類とした。

ORIGEN では、DORT により得られた 2 種類の中性子束分布を用いて、洗浄槽内の雰囲気状態を考慮した放射化による放射能濃度を算出した。また、評価に用いた照射条件は、運転実績をもとにガス洗浄状態と水洗浄状態における照射時間を決定した。

3. 放射化汚染の評価結果

法令で定められた濃度上限値を使用して燃料洗浄槽の放射能濃度レベル区分評価を行った（図 2）。その結果、照射直後では燃料洗浄槽の胴板の一部領域が、主に Mn-54 や Co-60 の影響により L3 相当の放射能濃度となることが分かった。また、この L3 相当領域は、照射後 1 年を経過すると、それら核種の放射能の減衰に伴い、全ての領域でクリアランスレベル(CL)相当になることを確認した。

4. 結論

燃料洗浄槽の放射化汚染について評価した結果、照射直後の放射能濃度レベル区分は、燃料洗浄槽の胴板の一部領域が L3 相当となったが、照射後 1 年経過すると、全ての領域が CL 相当となった。

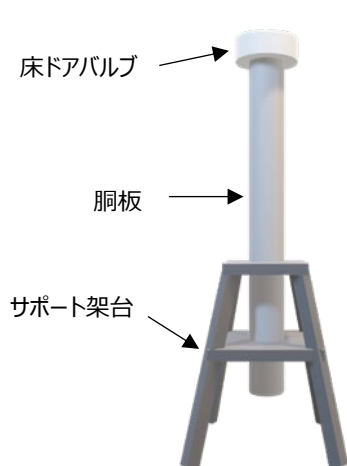


図 1 燃料洗浄槽の形状

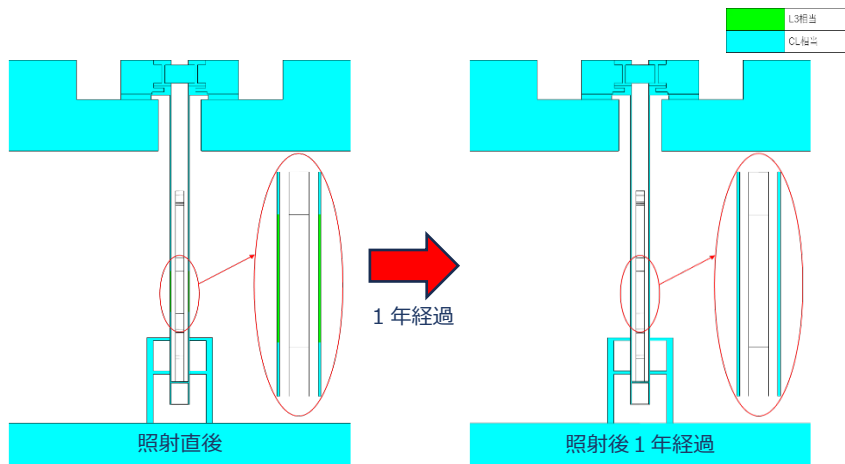


図 2 燃料洗浄槽の放射能濃度レベル区分評価

*Takuma Kinoshita², Yotaro Kawaguchi², Yasufumi Kishimoto², Shotaro Hanaki¹, Ryutarou Mashimo¹, Hirokazu Hayashi¹

¹JAEA, ²NESI

「もんじゅ」汚染の分布の評価

(6) 燃料出入機の放射化汚染評価

Assessment of contamination distribution of “Monju”

(6) Assessment of activation of the ex-vessel fuel transfer machine

*川口 鷹太郎²、木下 拓真²、岸本 安史²、花木 祥太朗¹、眞下 隆太郎¹、林 宏一¹

¹JAEA, ²NESI

「もんじゅ」では、2018年から開始した廃止措置期間全体を4段階に区分し、約30年間で廃止措置を完了する計画とし、管理区域内の本格的な解体作業を行う第3段階に向けて汚染の分布に関する評価を実施している。汚染の分布の評価は作業員及び周辺公衆の被ばくの低減及び解体撤去工法・手順の策定、解体撤去工事に伴って発生する放射性廃棄物の発生量評価のため、施設内に残存する放射性物質の種類、放射能量及び分布を評価しており、中性子照射によって構造材が放射化して生成される放射化汚染と、放射化した構造材が冷却材中に溶出して生成される腐食生成物が機器・配管の内部に付着して残存する二次的な汚染に区分して測定・評価している。本稿では、ナトリウム冷却高速炉（SFR）特有の燃料取扱設備である燃料出入機の放射化汚染の評価について報告する。

キーワード：高速炉、もんじゅ、廃止措置、汚染分布評価、燃料取扱、放射化

1. 緒言

「もんじゅ」の燃料取扱設備である燃料出入機は、原子炉、炉外燃料貯蔵槽、燃料洗浄槽等の設備間で炉心構成要素等（燃料体、しゃへい体等）を保持・移送するSFR特有の機器である。燃料出入機には、アルゴンガス雰囲気中で炉心構成要素等やそれらを収納する移送ポットを取扱う本体Aと、空気雰囲気中で炉心構成要素等や缶詰缶を取扱う本体Bを有する(図1)。

燃料出入機は燃料体を移送中、燃料体の自発核分裂等により発生する中性子によって構造材が放射化することから、放射化汚染の評価を行った。

2. 放射化汚染の評価手法

燃料出入機の放射化汚染を評価するため、「もんじゅ」のしゃへい設計手法で用いられた2次元輸送計算コードDORTにより本体A及びBまわりの中性子束分布を求め、得られた中性子束分布を用いて放射性核種生成崩壊コードORIGEN(SCALE6.2)にて放射化による放射能濃度を算出した。

中性子束分布を算出する際には、設備の形状や構造材の元素組成を反映し、燃料体を保持する燃料出入機本体まわりのR-Z体系を用いた。なお、本体AとBでコフィン胴等主要部の寸法に大きな差はない。

3. 放射化汚染の評価結果

法令で定められた濃度上限値を使用して本体Aの放射能濃度レベル区分評価を行った(図2)。その結果、照射直後ではコフィン胴の一部領域が、主にMn-54やCo-60の影響でL3相当の放射能濃度となることが分かった。また、このL3相当領域は、照射後1年を経過すると、それら核種の放射能の減衰に伴い、全ての領域でクリアランスレベル(CL)相当になることを確認した。

本体Bについては、コフィン内部の物質組成やグリッパの形状などが本体Aの評価条件と異なるものの、これらの違いによる影響は小さく、概ね同様の評価結果となった。

4. 結論

燃料出入機本体A及び本体Bの放射化汚染について評価した結果、照射直後の放射能濃度レベル区分は、コフィン胴の一部領域でL3相当となったが、照射後1年経過すると全ての領域がCL相当になった。

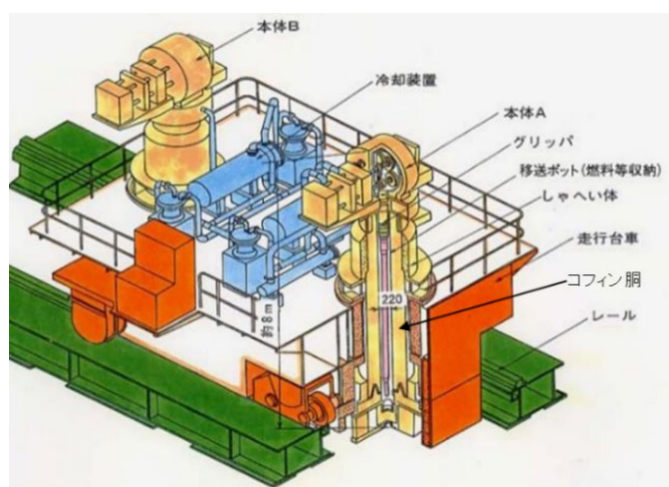


図1 燃料出入設備の鳥瞰図

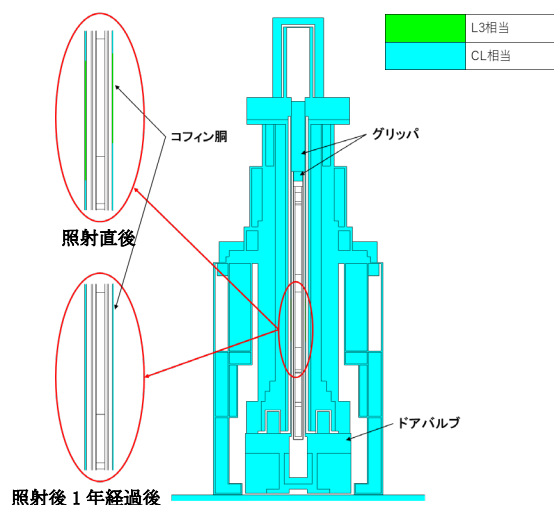


図2 燃料出入機本体Aの放射能濃度レベル区分

*Yotaro Kawaguchi², Takuma Kinoshita², Yasufumi Kishimoto², Shotaro Hanaki¹, Ryutaro Mashimo¹, Hirokazu Hayashi¹

¹JAEA, ²NESI