

(技術資料)

使用済燃料輸送容器保守施設 (f3施設)

Nuclear Waste Storage Cask Maintenance Facility



古田尚行*
Naoyuki Furuta



山田 斉*
Hitoshi Yamada



仲谷雅光*
Masamitsu Nakatani



小川圭一*
Keiichi Ogawa



白谷 誠*
Makoto Shiratani



西木場 晶**
Akira Nishikoba

In a nuclear fuel cycle, it is important to transport spent fuel from a reactor site to a reprocessing plant safely. Currently, a commercial reprocessing plant is being built at Rokkasho, in Aomori, at the northeastern end of the main island of Japan. In this plant, a nuclear waste cask maintenance facility is also under construction by Kobe Steel. The purpose of this facility is to systematically maintain a large number of spent fuel casks. This facility is the only facility of its kind in Japan. This paper introduces an overview of the cask maintenance facility.

まえがき = 使用済燃料を原子力発電所から再処理工場に輸送することは、原子力燃料サイクルの完成にとって重要なことである。現在日本では、日本原燃㈱にて青森県六ヶ所村に再処理工場を建設中であるが、使用済燃料受入れ・貯蔵施設 (F施設) は既に運転を開始している。使用済燃料輸送容器保守施設 (f3施設) は、F施設の付属施設 (隣接) として、原子力発電所で使用した燃料を再処理工場へ移送する輸送容器の健全性を確保するために、輸送容器のシステムティックなメンテナンスを実施することを目的とした施設である。

当社では、f3施設に係わる概念設計を1990年より始

め、1994年より基本設計を開始した。その後、1997年には、詳細設計以降、施工設計、建設までを日本原燃㈱より受注し、現在建設及び試運転を行っている。

1. 施設概要

f3施設で取扱われる輸送容器の種類は、NFT型輸送容器が6種類とHZ型輸送容器が3種類である(図1)。また、施設性能としては、定められたメンテナンス項目に従い、これらの輸送容器を年間30基メンテナンスできる能力を備えている。

f3施設は除染建屋及び保守建屋から構成されており、

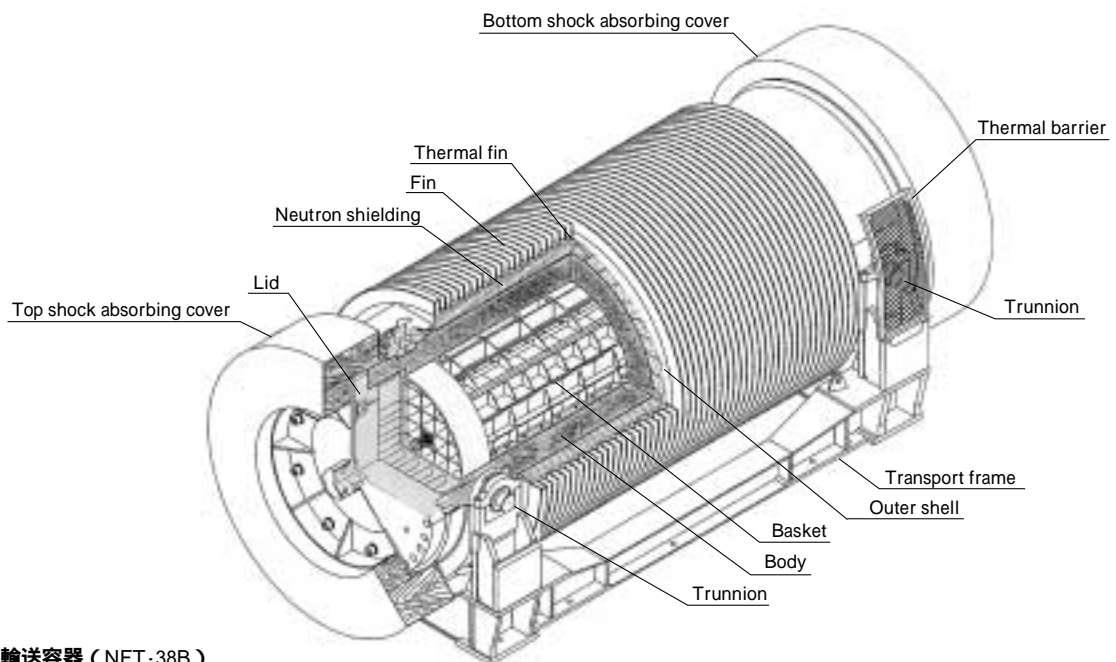


図1 使用済燃料輸送容器 (NFT-38B)

Fig. 1 Transport packaging for spent fuel (NFT-38B)

*エンジニアリングカンパニー 原子力本部 技術部 **エンジニアリングカンパニー 計装システム室

除染建屋は輸送容器を除染することを目的とした建屋であり、除染廃液などを内包するため、耐震Bクラスとしている。除染方法としては、除染対象部位の形状により、高圧水ジェット除染と超音波除染を選定している。

保守建屋は、除染後の輸送容器を保守することを目的とした建屋であり、放射性物質の漏えいなどは考えにくいいため、耐震Cクラスとしている。保守は必要頻度に応じて1年、3年、10年ごとの項目を設定しており、密封境界の健全性確認、溶接部の欠陥有無確認、輸送容器各部の保守、補修などを行う。

2. 施設の基本思想

f3施設の主たる目的は輸送容器のメンテナンスであり、作業員の直接作業にて行うこととしている。しかしながら、輸送容器内部には放射性物質(クラッド)が蓄積しているため、メンテナンス実施前に輸送容器内部を除染してこれらのクラッドを除去し、作業員が過度に被ばくすることなく、効率的に輸送容器のメンテナンスを行う専用施設である。

3. 系統, 設備構成

f3施設の設備, 系統構成は以下のとおりである。

(1) 使用済燃料輸送容器保守設備

- 受入系
- 除染準備系
- 除染系
- 保守系

(2) 廃液処理, 分析設備

(3) ユーティリティ設備

- 給水処理系
- 一般圧縮空気系
- 一般冷却水系
- 一般蒸気系

(4) その他

その他の付属設備としては、換気設備, 防火設備, 放射線管理設備, 電気設備, 計測制御設備がある。

4. 系統, 設備仕様

前章で説明したf3施設の設備, 系統について, その目的, 主要機器について以下に示す。

なお, 本章では, f3施設の主目的である輸送容器の除染, メンテナンスに直接関係するマテリアルハンドリング設備を構成する受入系, 除染準備系, 除染系, 保守系について述べる(図2)。

(1) 受入系

受入系は, 隣接するF施設に横置き保管されている輸送容器をf3施設(保守建屋)内に搬送し, 緩衝体などを取外した後, 縦起こして所定位置へ再度搬送する工程, 及び逆手順でf3施設内からF施設へ輸送容器を払出す工程である。

主要設備としては, 横置き状態の輸送容器を搬送するための使用済燃料輸送容器移送台車(既設), 輸送容器を縦起こして移動するための垂直吊具及び保守室天井クレーンがある。

- Cask receiving
- Preparation of cask transfer
- Cask transfer
- Decontamination of cask
- Cask maintenance
- Cask transfer
- Preparation of cask delivering
- Cask delivering

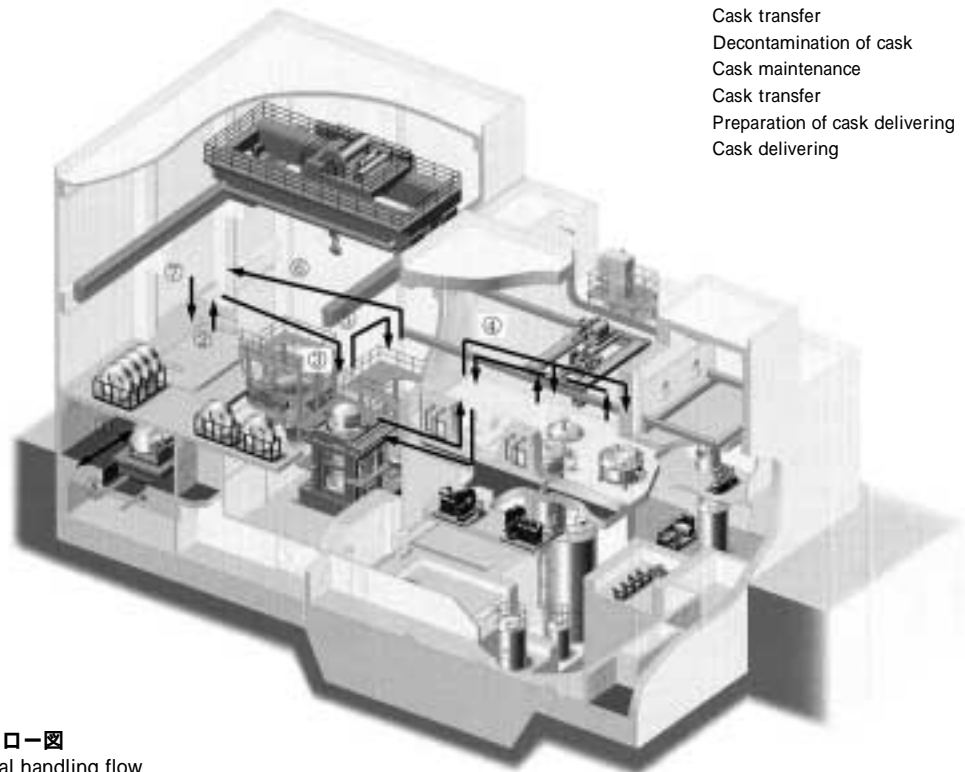


図2 搬送フロー図
Fig. 2 Material handling flow

(2) 除染準備系

除染準備系は、縦置きされた輸送容器を保守建屋から除染建屋へ移送する工程である。また、除染前の準備として、輸送容器のドレンバルブにドレン用ホースの接続、輸送容器蓋ボルトの取外しなど準備作業も行う。

主要設備としては、保守建屋から除染建屋へ移送する除染移送台、保守建屋と除染建屋の仕切りの役割を果たす接合室扉がある。

(3) 除染系

除染系は、輸送容器蓋、輸送容器内に収納されているバスケット及び輸送容器内面を除染する工程である。

本工程では、輸送容器蓋を開けて、中からバスケットなどの内部構造物を取出すため、汚染物質（クラッド）からの放射線による作業員への被ばく防止を考慮し、操作は全て遮へい壁及び遮へい窓越しに遠隔ハンドリングにて行う。そのために、遠隔ハンドリングの対象となる部屋（除染室）には、遠隔脱機能（グリッパ）を備えた除染室天井クレーン（10トン）と3基のマススレーブマニプレータ（写真1）を設置している。

ここで、除染室天井クレーンは、自身の位置をエンコーダにより認識することが可能であると同時に、除染工程の管理も自身のPLCの中で処理することにより、除染工程の大半を自動運転できるように設計している。このことにより、遠隔操作で実施する除染工程におけるヒューマンエラー防止及び時間短縮ができる限り可能な設計となっている。更に、本クレーンは遠隔操作対象であるため、動的機器は二重化を図り、万一、一方の動的機器が故障した場合も、取扱い中の線源（バスケットなど）を室内から安全に除去できる設計としている。

また、バスケット、輸送容器蓋、輸送容器内面を各々除染するために3基の除染装置を備えている。除染方法としては、輸送容器蓋、輸送容器内面に対しては、高圧水ジェット除染を採用している。これは、除染対象物を構成する部位が全て平滑面であり、直接除染できる方法が有効であるため、選定している。

一方、バスケットは、使用済の燃料を整理させるためのいくつかのコンパートメントで構成され、入組んだ構造をしている。そのため、間接的な除染方法である超音波除染を採用している。すなわち、除染する際の効力を最大限に生かすには、汚染物（クラッド）に除染媒体（高圧水など汚染物を剥取るもの）を直接当てるのが有効である平滑面に対しては、剥取り力の強い高圧水ジェットを採用している。一方、構造上除染媒体を直接当てることが困難な除染対象部位を多く含むバスケットには、剥取り力は比較的弱いものの、隙間など直接除染できない箇所にも除染効力の発揮できる超音波除染を採用している。

これらの除染方法は、モックアップ実験を行い、そのデータによる検討結果に基づいて選定している。

（輸送容器内面除染装置：写真2）

（バスケット内面除染装置：写真3）

（バスケット外面除染装置及び除染ピット：写真4）

バスケットなどの、除染のために移動が必要な機器に



写真1 マススレーブマニプレータ（マスタアーム）
Photo 1 Master slave manipulator (master arm)



写真2 輸送容器内面除染装置
Photo 2 Washing bar

については、そのタイプに応じたハンドリング性を考慮して、専用吊具を用意している。

除染室全体としての特徴は、高圧水ジェット除染の噴射時には気密蓋を設置すること及び超音波除染を採用す



写真3 バスケット内面除染装置
Photo3 US bar for inside of the structure

ることにより汚染水の飛散をできる限り防止し、除染室の汚染状態を比較的低い状況に保てる設計としていることである。そのため、除染設備のメンテナンス時は作業員が除染室に入室し、直接作業が可能となり、設備メン

テナンス時間及びメンテナンスコストの低減を図っている。また、遠隔操作者であるマスタスレーブオペレータオペレータに、6台のITVカメラなどから多面的情報^{注)}を提供することにより、操作性の向上を実現している。

なお、除染室内の設計に関しては、海外で同様な施設の設計を行ったSGN社と技術提携し、設計を進めてきた。従って、遠隔ハンドリング及び除染方法については、細部に至るまで海外での実績を反映した設計となっている。

(4) 保守系

保守系は、輸送容器の蓋を開けた状態で内部をメンテナンスするとともに、輸送容器外部も含めた部品の交換、各種試験を行う工程である。前工程で輸送容器内部は除染されており、作業員が過度に被ばくすることなく作業ができる設計となっている。

主要設備としては、輸送容器を中央に縦置き収納できる保守用作業架構2基及び輸送容器本体溶接部の健全性を確認するための耐圧試験装置(最大試験圧力2.13MPa)、輸送容器のバルブなど密封境界の健全性を確認するための気密漏えい検査装置(加圧法による最大3.5MPa)がある。

また、海外で実績のある先行施設においては、保守系設備と除染系設備が立地上離れた状態に有るが、f3施設では、保守室を除染室に隣接して建設することにより、除染後の輸送容器の横持ち時間を大幅に短縮している。

なお、保守系の試運転においては、当社の関連会社であるトランスニュークリア㈱(TNT)の多くの輸送容器保守実績に基づく技術を活用すべく、協力を得て進めている。

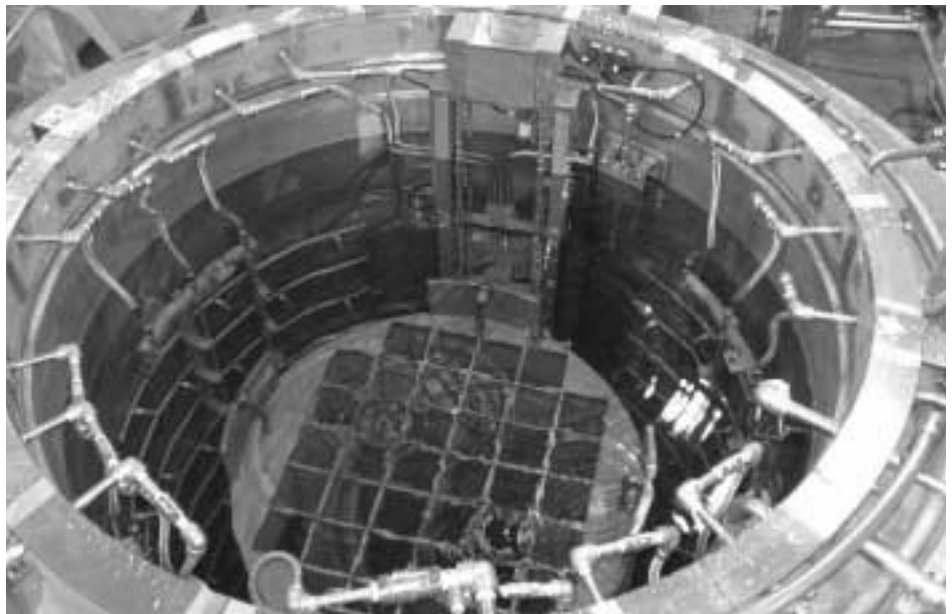


写真4 バスケット外面除染装置
Photo 4 Structure outside washing device

注): 除染室内に配置されたITVカメラ(6台)による視覚情報の提供。

除染室内に設置された集音マイクによる音響情報の提供。
除染室天井クレーンに設置された荷重計(主巻き、補巻き共)による荷重情報の提供。

5. 遠隔操作性の確認

前章までで述べてきたように、f3施設において特記すべき点は、除染室内での遠隔ハンドリング性の確認である。

遠隔ハンドリング性の中でも、バスケットは大型で複雑な形状であり、その重量バランス、輸送容器本体とのクリアランス及び位置決め性などから遠隔ハンドリング上考慮、確認すべき点があった。

そこで、当時（1997年）はまだ未使用であったNFT型の実輸送容器を使用して実機の遠隔操作を模擬した確認試験を実施し、そのハンドリング性を確認した。

(1) 確認項目

本遠隔ハンドリング試験で確認すべき項目は以下のとおり選定した。

バスケットとバスケット吊具の接続・切離し

バスケットの拔出・挿入

ITV、遮へい窓による確認を模擬したハンドリング性の確認

- ・バスケット吊具とバスケットの接続
- ・バスケットの輸送容器からの拔出
- ・バスケットの輸送容器への挿入

・バスケット吊具とバスケットの切離し

(2) 確認結果

本遠隔ハンドリング試験を実施することで、輸送容器本体とバスケットの隙間は2～3mmであるにもかかわらず、十分操作可能であることが確認できた。そして、その結果をf3施設の設計に反映させ、よりハンドリング性の高い実設備とすることができた。

むすび＝使用済燃料輸送容器保守施設（f3施設）は、日本原燃㈱より基本設計業務を拝命いただいて以来、10年をこえる歳月を経て、2004年1月の引渡しに向けて最終試運転を行っている。現在は、「顧客に喜んでいただける施設」として引渡せるよう、最終仕上げに励んでいる。常に適切なお指導、ご助言を頂いている日本原燃㈱はもちろんのこと、「輸送容器の健全性確保」を合言葉に関係する多くの方々のお力をいただきここまでできたと感謝しています。心よりお礼申し上げます。