

福島第一原子力発電所 3号機 使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた環境改善に関する取組み

Approach to Dose Rate Reduction for Retrieval of Spent Fuel from Spent Fuel Pool at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit3

東芝エネルギーシステムズ	小畑 政道	Masamichi Obata	否
東芝エネルギーシステムズ	林 弘忠	Hirotsada Hayashi	否
東芝エネルギーシステムズ	高橋 純	Jun Takahashi	否
東芝エネルギーシステムズ	伊藤 悠貴	Yuki Ito	否
鹿島建設	岡田 伸哉	Shinya Okada	否
鹿島建設	井上 隆司	Takashi Inoue	否
東京電力ホールディングス	向田 直樹	Naoki Mukaida	否
東京電力ホールディングス	松岡 一平	Ippei Matsuoka	否

Abstract

Removal of large rubble from the roof and walls of the reactor building collapsed due to the hydrogen explosion and dose rate reduction for human workers to begin preparation work shall be accomplished for retrieval of spent fuel from the spent fuel pool at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit3.

This paper describes the method of survey and evaluation, decontamination and shielding method for dose rate reduction on operational floor of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit3.

Keywords: Decommissioning, Fuel Retrieval, Decontamination, Shielding, Dose Rate Reduction

1. 概要

福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋は、震災直後の水素爆発により損壊し、原子炉建屋最上階のオペレーティングフロア（以下「オペフロ」と呼ぶ。）は屋根・壁などの躯体が崩落して、コンクリートと鉄骨などの大型がれきで覆われた。また、オペフロの空間線量率は2,000mSv/h程度を示した。このような状況下で、使用済燃料プール内から使用済燃料を取り出す作業を行うため、がれきを撤去するとともに、有人作業が可能な作業環境に線量率を低減する必要があった。

はじめに、燃料取り出し用カバー設備等の設置の際に干渉する大型がれきの撤去を実施した。遠隔操作のクレーンでも可能な位置精度で撮影した写真から大型がれき

の堆積状況を3Dモデル化した。また、撤去作業を様々なシミュレーションした上で各種遠隔解体・撤去機器を設計製作し、使用手順を計画した。

次に、小型がれき集積吸引・床表面はつり・金属表面溶解による除染、鋼板等の敷設による遮へいを行って、オペフロの線量低減を行った。場所に応じて異なる汚染形態や、機器運用等の制約条件に応じた各種の遠隔除染装置を設計・製作して、クレーンを用いた遠隔操作で作業を完遂した。最後に、クレーンを用いた遠隔作業により遮へい体を設置した。これらの作業を進める過程では、線源把握のための調査技術や、作業エリアへの線量寄与を評価するための解析技術を組合せ、再除染や追加遮へい計画へのフィードバックを行い、適宜計画を見直した。これらの取り組みの結果、オペフロの作業環境を改善し、

燃料取り出し用カバー設備の設置工事に移行することができた。

2. 環境改善に関する取組み

2.1 大型がれき撤去

水素爆発で大きく損傷した3号機の建屋は、図1に示すように、上部の躯体がオペフロ上に落下し、東側の柱・梁だけが立ち並ぶ上にメイントラスが引っかかるという不安定な状態で残っていた。

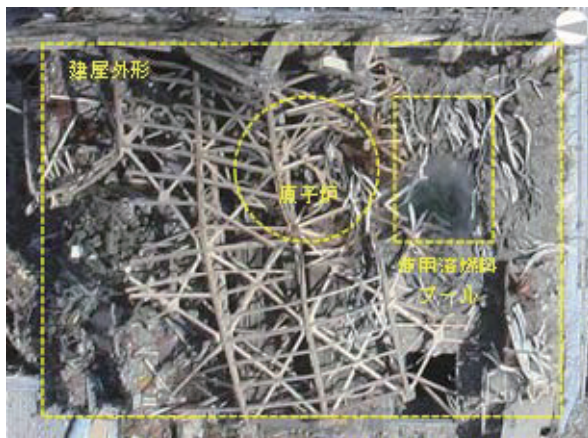


図1 事故当時の3号機オペフロ

大型がれきの撤去に当たっては、クレーンで吊るしたカメラによる撮影画像より3Dモデルを構築するとともに、挙動シミュレーションを活用して作業計画を立案した。実作業においては、対象に応じた各種の解体・撤去機器を活用し、遠隔作業にて全ての大型がれきを撤去した。



図2 大型がれきの遠隔切断状況

2.2 線量低減（除染・遮へい）

クローラークレーンによる線量率測定の結果、オペフロ上の空間線量率は、原子炉ウェル直上(約400mSv/h)を中心に極めて高い値であった。燃料取出し準備工事の有人作業を成立させるためには、少なくとも作業環境の空間線量率を大幅に低減する必要があった。そのため、線

量低減効果は遮へいで担保しつつも、ALARAの精神に則り事前に可能な限り除染する方針とした。

工程の制約上、線量低減計画はがれき撤去計画と並行して検討する必要があった。そのため、十分に床面の状況を確認ができない範囲については、4号機における調査結果を基に、スラブ厚さ300mm超は躯体として健全、300mm以下は損傷していると推定して計画を進めた。

がれき撤去後のオペフロは、図3に示すように、崩落した北西部を含む北側エリアの損傷が激しい状態であった。そのため、除染範囲はこれらの範囲を除く南側エリアとし、除染計画は、床面材質やスラブ厚、損傷状況などに応じて区分けした図4に示すエリア毎に検討した。



図3 がれき撤去後のオペレーティングフロア

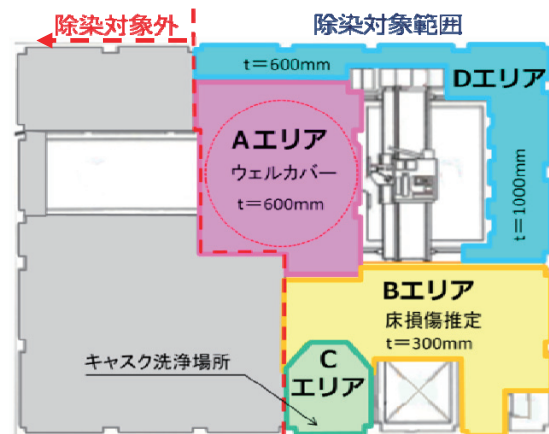


図4 除染対象範囲とエリア区分

除染技術としては、床面上に散乱した小がれき・粉塵等の遊離性汚染に対しては吸引除染を、崩落したがれきにより損傷した床面の汚染形態は浸透汚染であると推定してはつり除染を採用することとした。

600mm以上のスラブ厚さがあり躯体が健全であると推定されるウェルカバー上部(Aエリア)、及びプール東と南の範囲(Dエリア)はスキャプリング技術を用いた自走式装置を採用した(図5)。床面損傷が推定された範囲(Bエリア)には高圧水はつり(ウォータージェット)

技術を用いて、健全な梁上に定置するコンセプトの装置を開発した(図6)。金属仕上げのキャスク洗浄場所(Cエリア)には化学(泡)除染を採用した(図7)。また、露出した鉄筋の隙間等の狭隘部の粉塵等のホットスポット除染には、細ノズルを挿入可能な吸引装置を適用した(図8)。なお、いずれの除染技術も遠隔装置と組み合わせることにより、遠隔操作で作業を実施した。



図5 スキャプリング装置



図6 高圧水はつり装置



図7 化学(泡)除染の状況

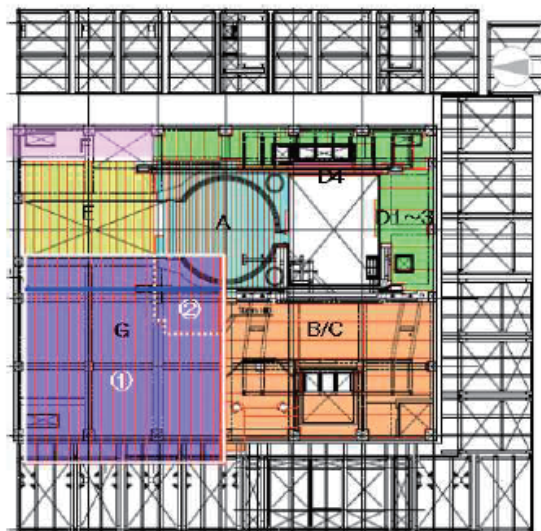


図8 狭隘部用吸引装置

除染後の遮へいについては、有人作業が可能な程度まで空間線量率を低減する事を目的とし、躯体の許容耐力の範囲で最大限に設置する方針とした(図9)。床面全体に大型遮へい体を設置するとともに、大型遮へい間の隙間に対しては補完遮へい体を設置した。

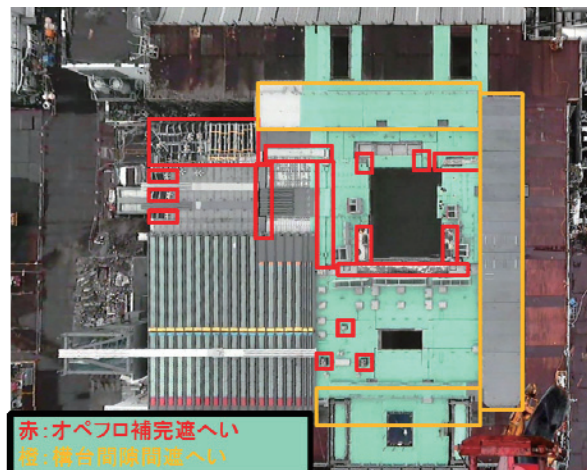
遮へい体は全て遠隔化施工での設置が必要なため、遮へい体の設置に先立って、設置位置に呼び込むガイドフ

レームを計画した。ガイドフレームは既存躯体の外壁、開口や突出部をガイドに設置した。なお、遮へい体設置後には地震時の脱落防止のためにカバープレートで固定した。また、その後の線量調査や線量シミュレーションの結果、当初計画に加え、崩落部(Gエリア)、構台間隙間をカバーする遮へい体も計画・設置した。



凡例	厚さ
A	鉄板250mm
D1~3	鉄板200mm
E	鉄板150mm
D4	鉄板100mm
B/C	鉄板65mm
G	鉛毛マット16枚重ね ※鉛毛マット下地材：鉄板32mm ※図中①：下地材 + 鉛毛マット 図中②：下地材のみ 下地材の下に鉄板250mm敷設
F	鉛板マット16枚重ね
—	鉄板70mm(縦方向設置)

図9 遮へい計画概要



赤：オペフロ補完遮へい
黄：構台間隙間遮へい

図10 遮へい体設置後のオペフロ

2.3 測定・評価と計画へのフィードバック

線量低減計画においては、燃料取り出し用カバー設備の設置工事の作業エリアの空間線量率と各線源からの寄与率を評価した結果を参照しながら、適宜見直しを行った。空間線量率の評価に当たっては、オペフロをメッシュ状に区分けし、コリメートした測定器による床面の表面線量率測定結果等から、それぞれのメッシュの表面汚染密度を評価（図 11）するとともに、各作業エリア（代表点）への寄与線量率を評価した。また、ガンマカメラによる調査（図 12）より、区分けしたエリア内のホットスポットを調査し、再除染や追加遮へいなどの計画にフィードバックした。

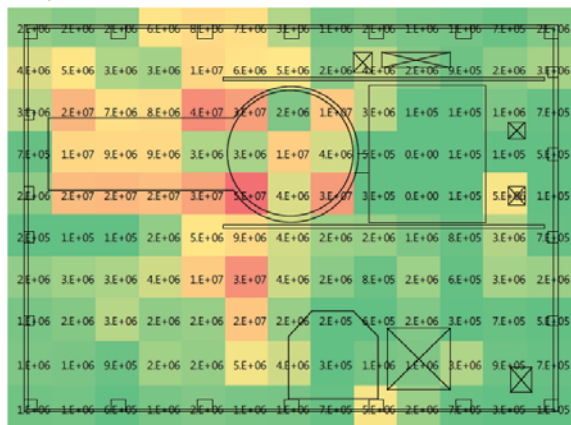


図 11 エリアの区分けと表面汚染密度 (Bq/cm²)

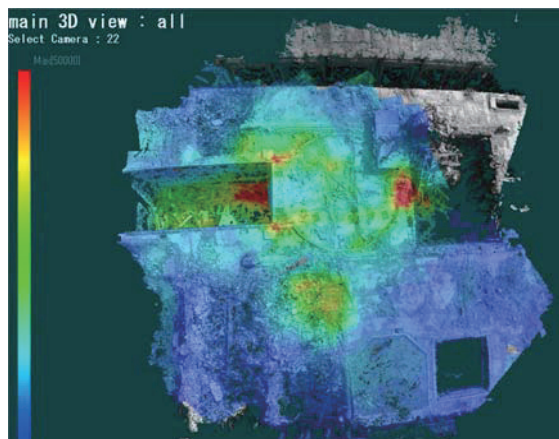
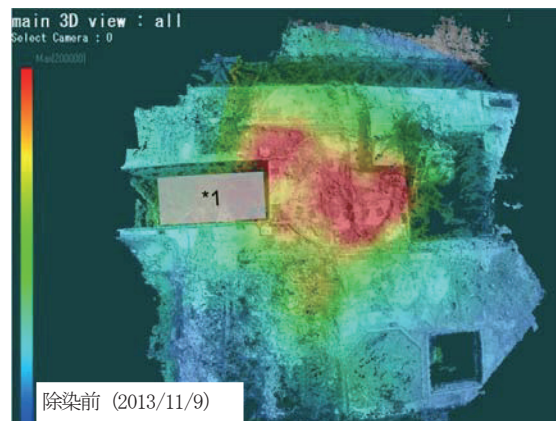


図 12 オペフロのガンマカメラ測定結果

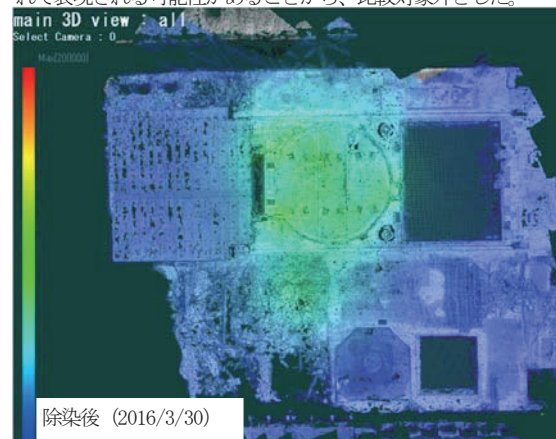
3. おわりに

以上の取組みにより、3号機原子炉建屋のオペフロは有人作業が可能な環境に改善（線量低減）することができ、以降の燃料取り出し用カバー設置工事に移行した。現在は、燃料取り出し用カバー設備及び燃料取扱機が設置され、燃料取り出しに向けた準備が進められている。

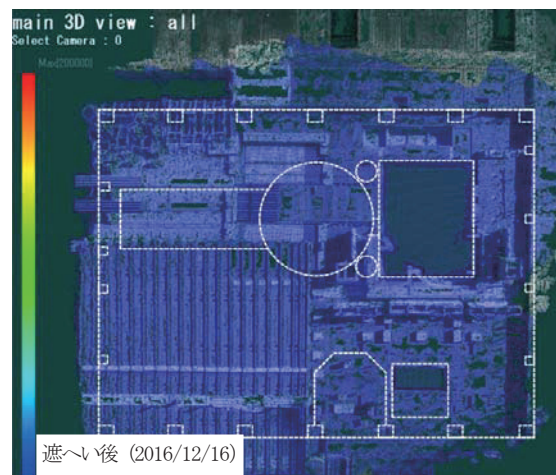


除染前 (2013/11/9)

*1: DSPゲートからのバックグラウンドが距離補正によって強調されて表現される可能性があることから、比較対象外とした。



除染後 (2016/3/30)



遮へい後 (2016/12/16)

図 13 ガンマカメラ測定結果の推移

連絡先: 林 弘忠、〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町8、東芝エネルギーシステムズ株式会社 原子力化学システム設計部 化学システム設計第四担当、
E-mail: hirotsada.hayashi@toshiba.co.jp