

福島第一原子力発電所廃炉のための プラント内線量率分布評価と水中デブリ探索に係る技術開発 (8) 格納容器内の3次元線量率分布の予測

Technology Development to Evaluate Dose Rate Distribution and to Search for Fuel Debris Submerged in
Water for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

(8) A prediction of the three-dimensional dose rate distribution in the primary containment vessel

*奥村 啓介¹, Eka Sapta Riyana¹, 佐藤 若英², 前田 裕文², 片倉 純一³

¹原子力機構, ²NESI, ³長岡技科大

モンテカルロ計算などの数値計算と内部調査で得られた実測データを組み合わせ、デブリ取出し開始が予定されている2021年における原子炉格納容器内の3次元線量率分布を予測した。

キーワード：福島第一原子力発電所、廃炉、燃料デブリ取出し、線量率分布、モンテカルロ計算

1. 緒言 福島第一原子力発電所(1F)の内部調査により得られる線量率実測値は、空間的にも時間的にも断片的な情報である。そこで、原子力機構では、燃料の燃焼計算や炉内構造物の放射化計算などにより得られた核種組成に基づく線源計算、粒子輸送モンテカルロ計算コードPHITS[1]による単位線源に対する線量率分布(Green関数)計算、および国際廃炉研究開発機構(IRID)等による事故進展解析や内部調査の結果を組み合わせ、原子炉格納容器(PCV)内の3次元線量率分布を予測する手法を開発した[2]。本手法をデブリ分布や水位が特徴的に異なる1号機および2号機に適用し、デブリ取出しの開始が予定されている2021年末時点でのPCV内3次元線量率分布を予測した。

2. 手法及び結果 PHITSによるPCV解析モデルの例を図1(左)及び図2(左)に示す。これらは、2017年度末までに実施されたIRIDによる炉内状況把握の成果[3]や内部調査によるカメラ映像等を参考にモデル化したものである。これらのモデルを使って、先ずは計算のみに基づく線量率分布の推定値を作成し、時期が早い順に内部調査による線量率実測値と整合するように、感度と不確かさが大きいCs表面汚染の線源強度を段階的に修正した。1号機に対しては、1stエントリ(2012年10月、D/W壁近傍X100Bペネ位置から水面までの垂直方向線量率測定)、B1調査(2015年4月、グレーチング上線量率測定)、B2調査(2017年3月、グレーチング上と水中の線量率測定)における時々の水位と線量率実測値を反映するとともに、その後の放射性核種の崩壊を考慮して、2021年末における3次元線量率分布の予測値を得た(図1右)。2号機についても、1stエントリ(2012年3月、X53ペネ位置からグレーチングまでの垂直方向線量率測定)、A2調査(2017年1~2月、X6ペネ位置~CRDレール上部の線量率測定)、A2'調査(2018年1月、CRDレール上部~ペDESTAL内壁面付近の線量率測定)での水位と線量率実測値を反映して2021年末の線量率分布予測値を得た(図2右)。これらの解析により、以下のことが示唆された：①1号機では、水中壁面のCs汚染濃度は、気中部分の汚染濃度に比べてやや高くなっている。水位を低下させると、水中部分の壁面が露出し、気中部分の線量率は高くなる。②1号機ペDESTAL外部では、PCV底部または堆積物上部にCs汚染があると、線量率は燃料デブリの有無によらず、大きく変わらない(全エネルギー積分された線量率によるデブリ探索は困難)。③2号機CRDレール中央付近にCsホットスポットによる高線量率場が存在するが、D/W全体の平均線量率はそれほど高くない。これは¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの崩壊を考慮すると1stエントリでの実測値と整合する。④2号機ペDESTAL内底部に燃料デブリが存在するものとするとそのウラン濃度は小さいか、表面が何らかの遮蔽物で覆われている可能性がある。

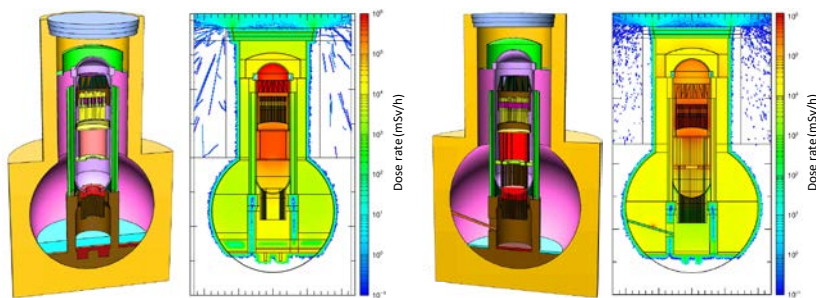


図1 1号機モデルと線量率分布

図2 2号機モデルと線量率分布

3. 結言 1号機及び2号機に対して、時期、水位、場所が異なる線量率実測値と整合するデブリ取出し開始時期での線量率分布を得た(水位は現状維持を仮定)。ただし、実測値に対し線源感度が無い1号機のペDESTAL内部や両号機のRPV内部の線量率に対する信頼性は低い。

なお、本発表は文部科学省の英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業による委託業務として実施した「プラント内線量率分布評価と水中デブリ探索に係る技術開発」の成果を含みます。

参考文献： [1] T. Sato, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, pp913-923 (2013), [2] 奥村他, 日本原子力学会 2017年秋の大会[3L02], [3] IRID, http://irid.or.jp/_pdf/20170000_01.pdf

*Keisuke Okumura¹, Eka Sapta Riyana¹, Wakaei Sato², Hirobumi Maeda², Jun-ichi Katakura³

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ²NESI, ³Nagaoka University of Technology