



# 福島原子力事故関連情報アーカイブ

Fukushima Nuclear Accident Archive

Title	福島第一原子力発電所の廃炉と放射線安全
Alternative_Title	Decommissioning of Fukushima Daiichi NPP and the Radiation Safety
Author(s)	福田 俊彦(原子力損害賠償・廃炉等支援機構) Fukuda, Toshihiko(Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corp.)
Citation	第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p.133-136 55th Annual Meeting on Radioisotope and Radiation Researches
Subject	セッション：特別講演
Text Version	Publisher
URL	<a href="https://f-archive.jaea.go.jp/dspace/handle/faa/161534">https://f-archive.jaea.go.jp/dspace/handle/faa/161534</a>
Right	© 2018 Author
Notes	禁無断転載 All rights reserved. 「第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集」のデータであり、 発表内容に変更がある場合があります。



# 特別講演1

## 福島第一原子力発電所の廃炉と放射線安全

### Decommissioning of Fukushima Daiichi NPP and the Radiation Safety

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）\*1

福田 俊彦\*1

(Toshihiko Fukuda\*1)

#### 1. はじめに

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）は、福島第一原子力発電所（1F）の中長期的な廃炉戦略を立案する機関として戦略プラン2017<sup>[1]</sup>を取りまとめている。2017年5月には原子力損害賠償・廃炉等支援機構法の一部を改正する法律が成立し、NDFは東京電力HDによる廃炉の実施の管理・監督を行う主体として、①廃炉に係る資金についての適切な管理、②適切な廃炉の実施体制の管理、③廃炉等積立金制度に基づく着実な作業管理等に当たることとなりプロジェクトマネジメント等の面において、これまで以上に役割や責任が増大することが見込まれる。

#### 2. これまでの1F廃炉活動と放射線防護

1F事故が発生して約7年が経過する中、原子炉の冷温停止状態を維持し、格納容器ガス管理設備等により排気に係る放射性物質は大幅に抑制され、海側遮水壁等の漏えい対策により港湾における放射性物質濃度も大幅に減少している（図1,2）。

陸側遮水壁等の汚染水対策や使用済燃料プールからの燃料取り出しにも進捗がみられ、短期的なりスク低減対応には一定の見通しがついてきた。これら周辺監視区域外への追加的放出に係る線量低減の取組により、敷地境界で評価した最大線量は年間1mSv未滿を達成している。

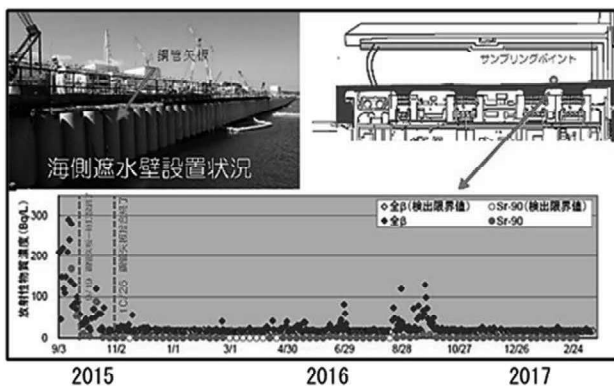


図1 海側遮水壁設置後の放射性物質濃度の推移  
(2015年10月設置) 出典:東京電力HD

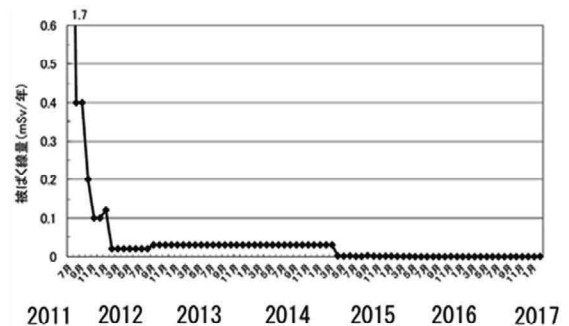


図2 原子炉建屋からの追加的放出（放射性Cs等）による敷地境界の線量評価

出典:東京電力HD

発電所敷地内は、汚染拡大防止・線量低減対策として高線量ガレキの撤去をはじめ、表土除去や地表面をアスファルト等で覆う（フェーシング）等による除染・遮へいを進めた結果、一般服作業エリア（グリーン Zone）が敷地面積の約95%を占め、1～4号機周辺及び廃棄物保管エリアを除き目標線量当量率 $5\mu\text{Sv/h}$ 以下を達成している。作業員の月平均被ばく線量は「被ばく線量目安：1.7mSv/月」を十分下回る状況となっている（図3）。

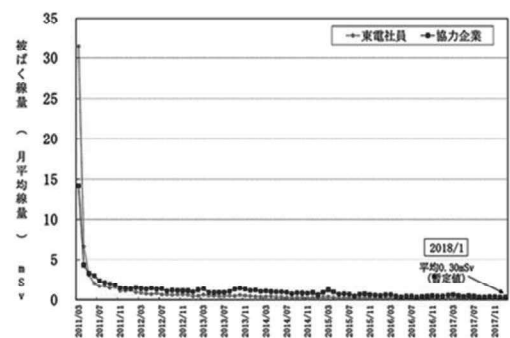


図3 作業員の月別個人被ばく線量の推移（月平均線量）  
(2011/3以降の月別被ばく線量) 出典:東京電力HD

### 3. 今後の1F廃炉に向けた取組

#### (1) 燃料デブリ取り出し

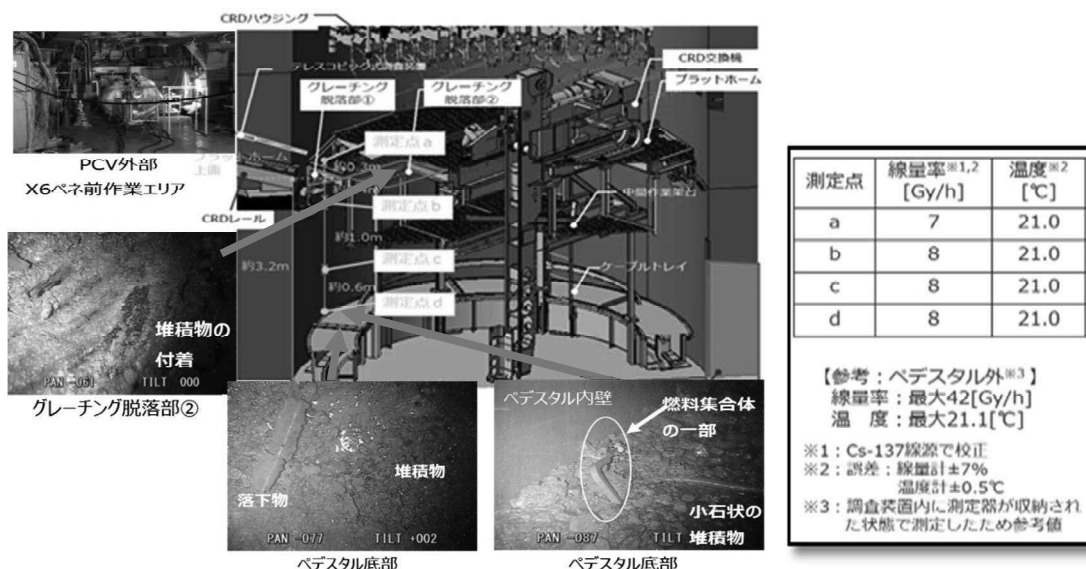
NDFが策定した戦略プラン2017<sup>[1]</sup>では、燃料デブリ取り出し方針の決定に向けて3つの重点工法（冠水-上アクセス工法、気中-上アクセス工法、気中-横アクセス工法）について技術的な実現性評価等を行い、①徐々に得られる情報に基づいて柔軟に方向性を調整するステップ・バイ・ステップのアプローチを進めること、②全体最適を目指した計画として検討を進めること、③気中-横アクセス工法に軸足を置いて原子炉格納容器（PCV）底部の燃料デブリを先行して取り出す方針を進めていくこと等を盛り込んだ戦略的提案を行い、政府の中長期ロードマップ<sup>[2]</sup>の改訂に寄与した。

方針決定以降の重点的な取組として、初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定、工事計画立案の加速化に向け、①予備エンジニアリング（基本設計の開始に先立ち、予備的に工実現性を見極める検討作業）において研究開発やシステム概念検討の成果の現場適用性を検討し作業工程を具体化すること、②PCV等の内部調査の継続的な実施と研究開発の絞り込み・重点化により技術開発を加速・実用化すること、③燃料デブリ取り出し開始に向けた道筋として現場の環境整備や取り出した後の保管施設の準備等の計画を立案すること、を挙げている。

燃料デブリ取り出しに向け原子炉内等の状況を把握するため、これまでに1～3号機において、ミュオン透過法測定による燃料デブリ状況調査、ロボット等によるPCV内部調査を実施し、温度、線量、画像等の有用な情報を取得している。今後も内部調査を継続的に実施し、予備エンジニアリング等へ反映していく。

2018年1月には2号機のPCV内部調査として、燃料デブリが存在する可能性の高いプラットホーム下部を確認した（図4）。

ペDESTAL底部に燃料集合体の一部が落下しており、その周辺の堆積物は燃料デブリと推定している。また、ペDESTAL内の垂直方向の線量率（約8Gy/h）と温度（約21℃）は、ほぼ一定であること、線量率はペDESTAL外の方が高い傾向であること等を確認した



出典：東京電力HD（画像：国際廃炉研究開発機構（IRID））

図4 2号機PCV内部調査（2018年1月）

気中工法を実現するためには、これまで原子力発電所では、ほとんど取り扱ったことがない $\alpha$ 線放出核種に対する放射線防護が重点課題の一つであり、安全上重要な閉じ込め機能の確保の観点から「 $\alpha$ 線放出核種管理システムの成立性」という課題解決に向けた取組が進められている。また、NDFが設置する廃炉研究開発連携会議においても、「廃炉工程で発生する放射性飛散微粒子挙動の解明（ $\alpha$ 線放出核種等のダスト対策を含む）」を基礎基盤的な重要研究課題に位置付けている。

これら重点的な取組の成果を見極め、2019年度内までに先行して着手する初号機の燃料デブリ取り出し方法を確定し、2021年内に初号機の燃料デブリ取り出しを開始する予定である。

## (2) 廃棄物対策

現在までに発生した固体廃棄物は、事故時フォールアウト残存核種による汚染ガレキ等と水中へ移行した核種の吸着処理等を行った水処理二次廃棄物である。これらの固体廃棄物は、種類や線量当量率に応じて安全な保管管理を行うとともに、雑固体廃棄物焼却設備等の施設整備も着々と進められている。東京電力HDの保管管理計画では、当面10年程度に発生する固体廃棄物の物量予測を念頭に、より一層のリスク低減を目指し、可能な限り減容を行った上で建屋内保管へと集約していく計画である。また、戦略プラン2017<sup>[1]</sup>において、固体廃棄物の全体の発生量や性状は作業の進捗に伴い順次明らかになるという特徴を捉え、その性状把握を推進し、安全かつ合理的な処分前管理を行うとともに、必要なものについては処分を念頭においた先行的処理方法の選定手法の構築に着手する等の基本的考え方を取りまとめた。今後の戦略プランにおいて、2021年度頃までを目途に、処理処分の方策とその安全性に関する技術的な見通しを示す予定である。

## 4. 今後の放射線安全に係る課題

### (1) 廃炉作業に係る放射線管理

現在の廃炉作業では、主に事故時に放出された $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等の $\beta$   $\gamma$ 線放出核種に着目した放射線管理を行っているが、多種多様な核種が存在する燃料デブリや廃棄物を取り扱う作業の放射線防護では、 $\beta$   $\gamma$ 線放出核種に対する外部被ばく管理（線量当量率の管理）に併せ、 $\alpha$ 線放出核種の混在による内部被ばく管理（空气中放射性物質濃度及び表面密度の管理）が重要となる。燃料デブリ取り出し作業は、ステップ・バイ・ステップのアプローチによる柔軟な対応を提示しており、 $\alpha$ 線放出核種の混在を考慮した放射線防護についても現場状況に応じ段階的な放射線管理を実施していくことが肝要である。

#### (a) 放射線管理上の着目核種

$\alpha$   $\beta$  ( $\gamma$ )線放出核種の混在場における実用的な放射線管理では、放射エネルギーが多く濃度限度が厳しい核種を着目核種として選定し、代表管理とすることが合理的である。燃料デブリ取扱い作業では、燃料デブリ核種組成<sup>[3]</sup>から外部被ばく管理上の着目核種は「 $^{137}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ( $\gamma$ )、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ ( $\beta$ )」、内部被ばく管理上の着目核種は「 $^{238}\text{Pu}$ ( $\alpha$ )、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ ( $\beta$ )」とすることが考えられる。

#### (b) 外部被ばく管理

線量当量率の管理では、高エネルギー $\beta$ 線放出核種の $^{90}\text{Y}$  ( $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ )による作業環境と作業形態に応じた線量寄与（ $\beta$   $\gamma$ 線量/ $\gamma$ 線量の比）を把握し、現状の $\beta$ 対象エリア（水処理設備を含む建屋内等）と同等の防護管理を行う必要がある。東京電力HDは、眼の水晶体等価線量限度に対する勧告<sup>[4]</sup>ICRP Publ. 118 (2012)を自主的に取り入れ、水晶体の等価線量について2018年度より自主管理値「50mSv/年」として管理方法の検討を進め、2019年度からは「100mSv/5年」を適用した管理法を予定している。

また、中性子線の外部被ばく管理（中性子線量＋ $\gamma$ 線量）の必要性についても、燃料デブリの取り扱い量と作業環境の線量寄与（中性子線量/ $\gamma$ 線量の比）に応じて検討が必要である。

(c) 内部被ばく管理

空气中放射性物質濃度の管理では、燃料デブリ核種組成<sup>[3]</sup>から放射エネルギーが多く濃度限度が厳しい核種として「<sup>238</sup>Puの濃度限度に基づく $\alpha$ 放射能の空気濃度管理」及び「<sup>90</sup>Srの濃度限度に基づく $\beta$ 放射能の空気濃度管理」とすることが考えられる。また、告示第三号<sup>[5]</sup>第6条（放射線業務従事者に係る濃度限度）に従い、 $\alpha$ 放射能及び $\beta$ 放射能それぞれの濃度限度比の和を1以下とすることが求められるため、空気濃度の管理基準や呼吸保護具の着用基準等を定めるに当たっては濃度限度が厳しい $\alpha$ 放射能の寄与を考慮する必要がある。

(2) 敷地周辺における線量評価

福島第一原子力発電所は、特定原子力施設の適用法令等<sup>[5,6]</sup>に従い、施設全体からの追加的放出による実効線量の評価値を敷地境界で年間1mSv未満とすべく、周辺監視区域外の排気中及び排水中の濃度限度に基づく目標値を定めて排気、排水の放出管理を実施している。

この濃度限度は、直接、慢性的に吸入・経口摂取する保守的なモデルに基づいた誘導値である。敷地周辺には中間貯蔵施設が設置されているという状況下における現実的なモデルに基づく代表的個人の考え方について、ICRP Publ. 103 (2007) 勧告<sup>[7]</sup>の国内法取入れ等の動向を見据えつつ、議論を期待したい。

【参考文献】

- [1] 東京電力ホールディングス(株) 福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017
- [2] 東京電力ホールディングス(株) 福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ（廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議 H29. 9. 26）
- [3] 福島第一原子力発電所の燃料組成評価 JAEA-Data/Code 2012-018 (2012)
- [4] ICRP Publ. 118 (2012) 確定的影響（組織反応）のしきい線量
- [5] 東京電力株式会社 福島第一原子力発電所 原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示（原子力規制委員会告示 第三号 H25. 4. 12）
- [6] 核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（原子力規制委員会告示 第八号 H27. 8. 31）
- [7] ICRP Publ. 103 (2007) 国際放射線防護委員会の2007年勧告

\*1 NDF: Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation