

福島第一廃止措置におけるリスク管理の特徴

- 通常の原子炉と同様の廃止措置管理では危険
 - 例えば、リスクのわずかな増大も許さない工事を行うと、結果的にリスクの大きな増大を招く。また、時間的な先送りがリスク増大につながる。
- 現場を中心とし、時間・空間・対象(放射性物質)を考慮した、**俯瞰的なリスク管理**を実施する必要
 - 数多くの廃止措置作業が相互に関連している
- 5年、10年と長期に掛かる廃止措置を見越し、俯瞰的な管理のできる人材を戦略的に養成し、現場を初めとする廃止措置に投入していく事

岡本孝司、廃止措置研究・人材育成等強化プログラム、
第1回東京大学人材育成セミナー、2014年12月11日

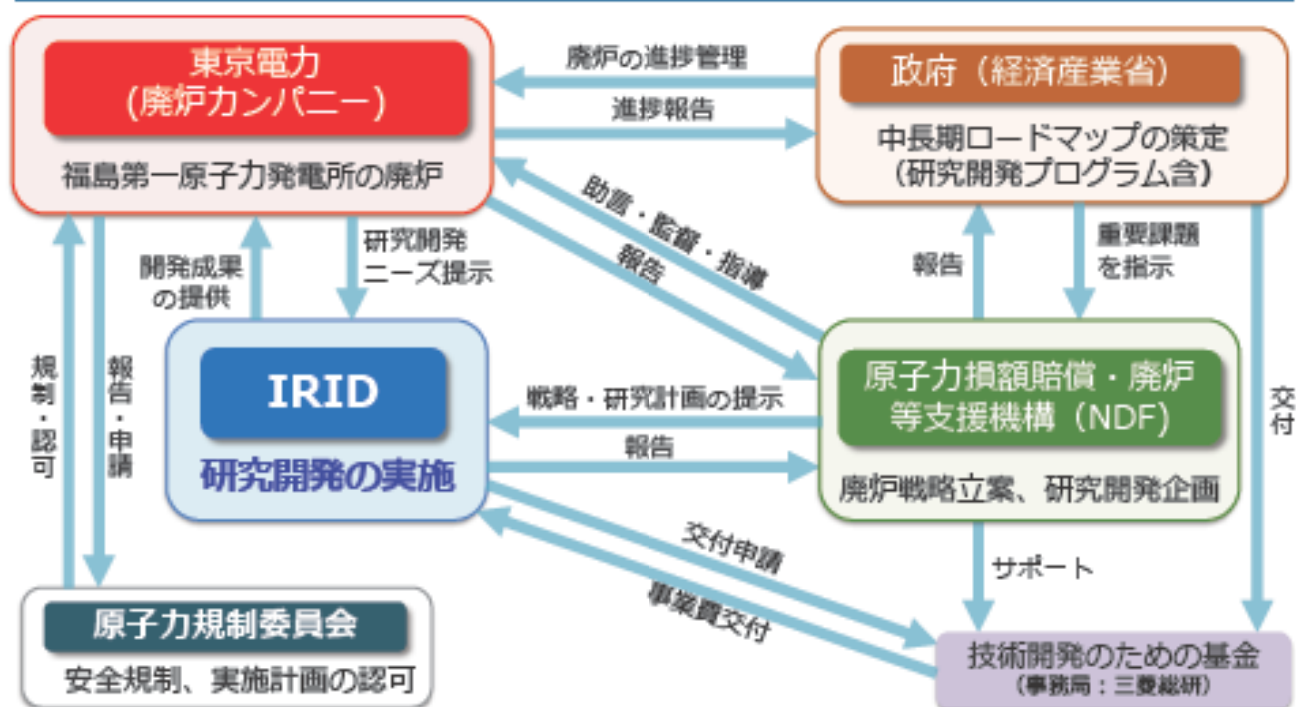
～未知への挑戦～

福島第一原子力発電所の廃止措置を完遂するためには、今まで誰も経験したことのない困難な課題へ挑戦する必要がある。

通常プラントの建設・保守は、過去の知見・経験をベースにした定常的な問題をいかにうまく解くかが鍵だが、事故炉の廃止措置は環境・プラント状態等が時間とともに変わりうる非定常の課題である。

これらの課題を克服するためには、将来何が起こりうるかを推定するとともに、複数の対策シナリオを考え、必要とされる新たな技術を開発するという、“未知への挑戦”が求められている。

廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題にある福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取り組みに注力



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

戦略プランにおける基本的考え方

● 福島第一原子力発電所「廃炉」の基本方針

- 事故により発生した通常の原子力発電所にはない放射性物質によるリスクを、継続的かつ速やかに下げる
- 戦略プランは、中長期の時間軸に沿った「リスク低減戦略の設計」

● リスク低減のための5つの基本的考え方

- ◆ 基本的考え方1：安全 放射性物質によるリスクの低減*及び労働安全の確保
(*環境への影響及び作業員の被ばく)
- ◆ 基本的考え方2：確実 信頼性が高く、柔軟性のある技術
- ◆ 基本的考え方3：合理的 リソース（ヒト、モノ、カネ、スペース等）の有効活用
- ◆ 基本的考え方4：迅速 時間軸の意識
- ◆ 基本的考え方5：現場指向 徹底した三現主義（現場、現物、現実）

リスク低減戦略

① 放射性物質によるリスクの大きさ (リスクレベル)

- ②放射性物質が放出された場合の影響である「結果」と③その「起こりやすさ」で決まる。
- 英国原子力廃止措置機関 (NDA) が開発したSED指標※を参考にしてリスクを分析
- (※) Safety and Environmental Detriment Score

② 潜在的影響度 (「結果」の指標)

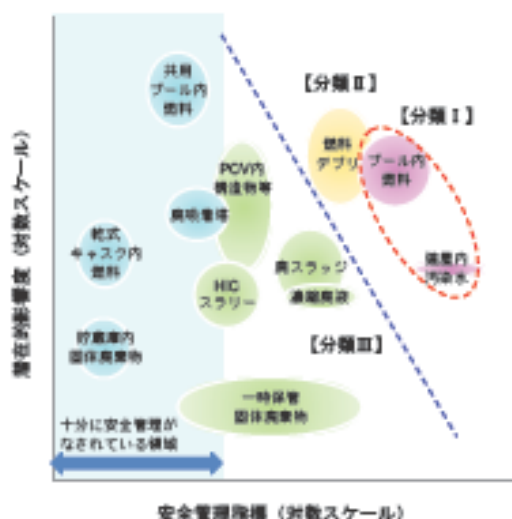
- SED指標をそのまま適用
- 放射性物質の全量、性状 (気体・液体・固体等)、安全機能が喪失した場合の復旧までの時間余裕を考慮

③ 安全管理指標 (「起こりやすさ」の指標)

- SED指標を参考とし、福島第一原子力発電所の状況に柔軟に対応できるように一部修正
- 施設の健全性や監視状態など、起こりやすさに関連する因子でリスク源を序列化し、数量化

福島第一原子力発電所のリスク分析の例

(※) 図では、不確かさの影響が広がりによって表現

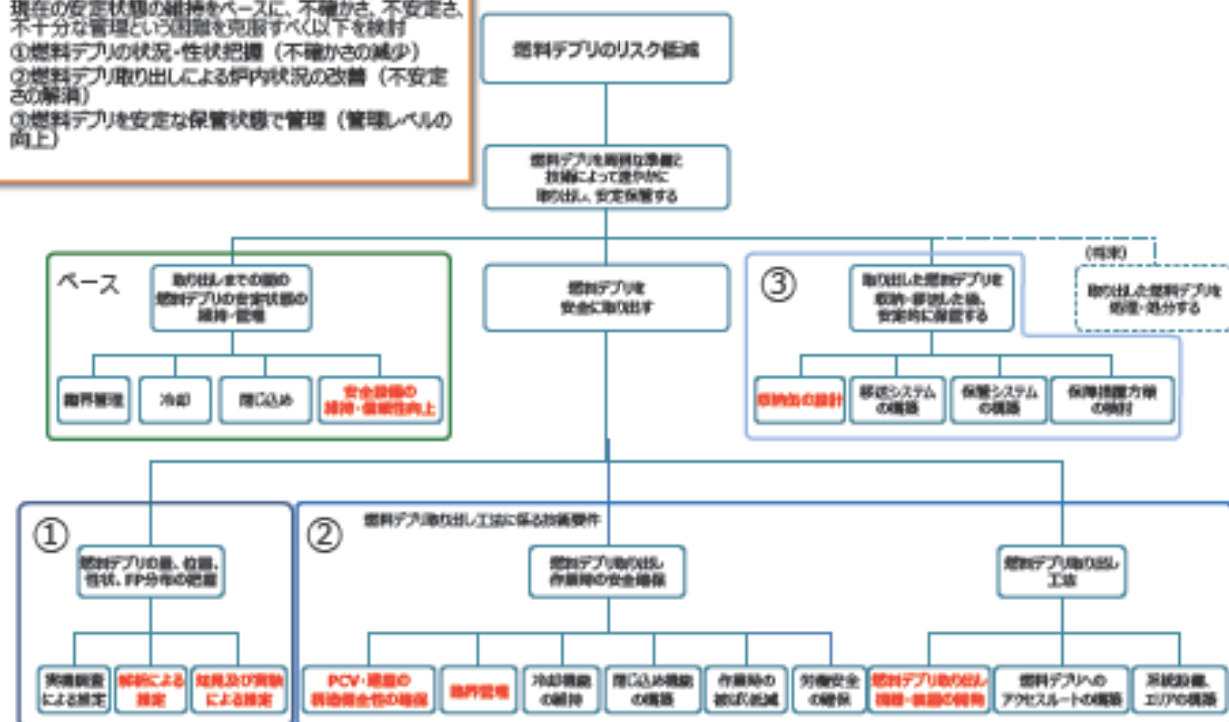


「戦略プラン2016」 NDF

燃料デブリのリスク低減に向けたロジック・ツリー

➢ 中期的リスクを低減するための戦略

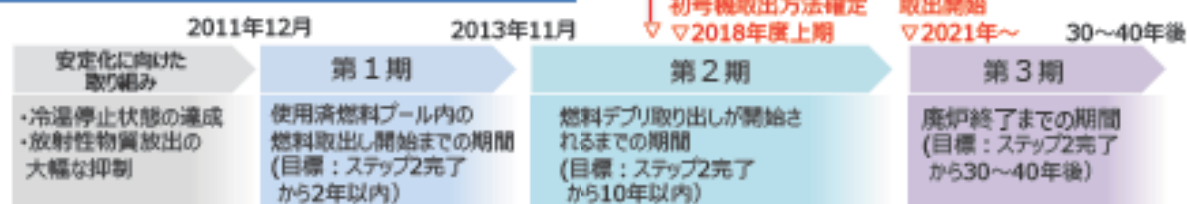
現在の安定状態の維持をベースに、不確かさ、不安定さ、不十分な管理という困難を克服すべく以下を検討
 ①燃料デブリの性状・性状把握 (不確かさの減少)
 ②燃料デブリ取り出しによる炉内状況の改善 (不安定さの解消)
 ③燃料デブリを安定な保管状態で管理 (管理レベルの向上)



「戦略プラン2016」 NDF

研究開発の位置づけ

中長期ロードマップ（改訂3版※）

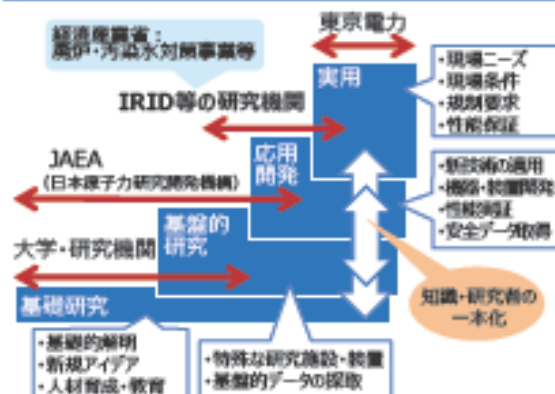


※：2015.6.12改訂

事業分野

- 原子炉の冷温停止状態の継続
- 滞留水処理（汚染水対策）
- 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止
- 使用済燃料プールからの燃料取り出し
- 燃料デブリ取り出し
- 固体廃棄物の保管・管理と処理・処分に向けた計画
- 原子炉施設の廃止措置計画

研究開発の全体像



「技術戦略プラン2015」NDF

原子炉建屋・作業エリアの除染

除染技術開発の課題

漏えい箇所調査、補修等の各種作業を円滑に進めるためには、作業場所の環境改善が必要

課題

- 高線量エリアでの作業
 - 多様な汚染形態／多様な作業場所への対応要
- ⇒
- ・遠隔技術の確立
 - ・対象部位ごとの仕様検討・開発

1～3号機の放射線量状況 2012年～2013年調査



原子炉建屋1階天井・壁面及び上部階の遠隔除染技術

【1号機南側調査結果(1)】

ガンマカメラによる汚染状況調査

調査日時: 2013年12月22日 ~ 12月24日(3日間)

調査エリア: 1号機原子炉建屋1階南側エリア

調査項目: ①線量率測定(床上1500mm及び50mm)

②ガンマカメラ撮影

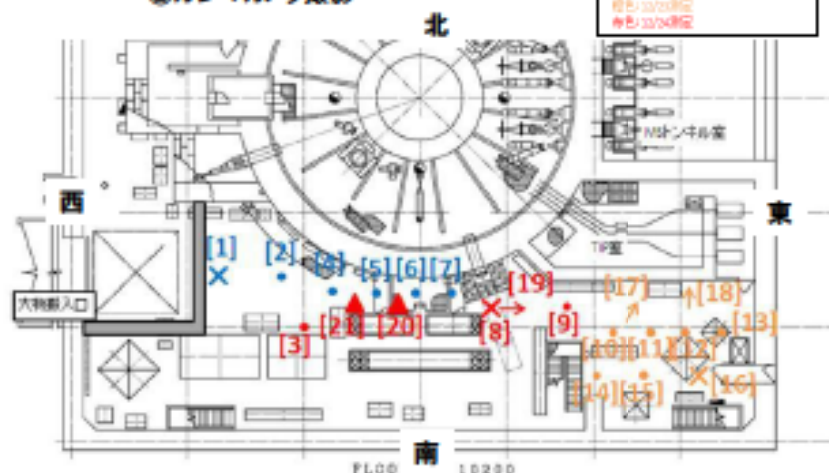


図 1号機1階南側の汚染状況調査位置

表 線量率計測定結果

測定ポイント	線量率測定(mSv/h)	
	高さ1500mm	高さ50mm
[1]	12.97	15.87
[2]	30.84	20.19
[3]	105.5	-
[4]	61.95	40.83
[5]	65.17	42.99
[6]	25.52	31.85
[7]	41.65	17.55
[8]	52.32	30.64
[9]	-	-
[10]	1661.79	185.92
[11]	1096.64	330.88
[12]	510.51	274.30
[13]	313.57	244.23
[14]	139.11	38.17
[15]	91.31	35.44
[16]	166.98	133.37
[17]	659.38	157.75
[18]	202.94	144.04

IRID

原子炉建屋1階天井・壁面及び上部階の遠隔除染技術

【1号機南側調査結果(2)】

1号機1階南側のガンマカメラ調査結果(不活性ガス系配管概略評価)

ガンマカメラの撮影により、南東エリアの配管部分に高い汚染状況を確認。

(当該配管は、事故時のPCVベントにより蒸気が通過した配管)

概略評価により、不活性ガス系配管表面から50cm離れた位置での線量率は約900mSv/h程度と推定。



図 1階南側、不活性ガス系配管ルート及びガンマカメラ撮影位置

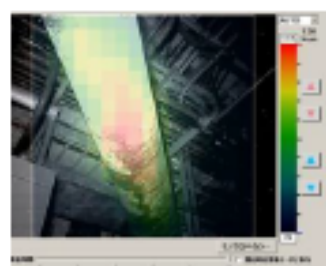


図 撮影位置①(上方撮影)

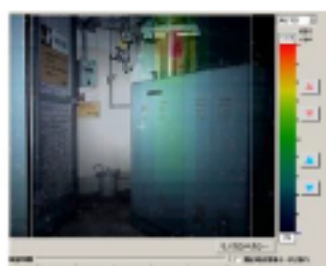


図 撮影位置①(雙側撮影)

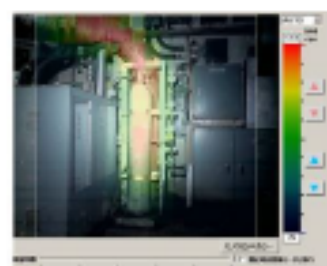
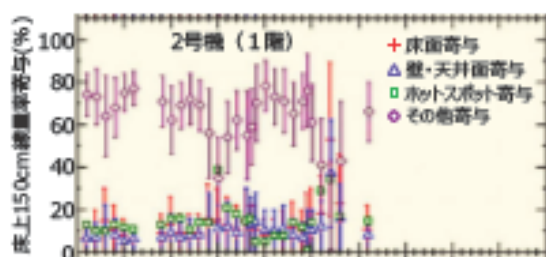


図 撮影位置②(雙側撮影)

IRID

遠隔除染技術の開発

空間線量の構成



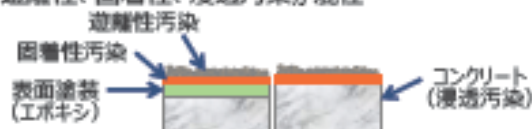
床上150cmへの線量率寄与割合 (H24年度現場調査)
1~3号機原子炉建屋汚染状況調査の計画について 東京電力 H25.12.26



IRID

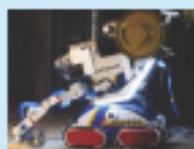
汚染形態

遊離性、固着性、浸透汚染が混在



除染エリアへのアプローチ

低所(床、下部壁面)用



高所用



上部階用

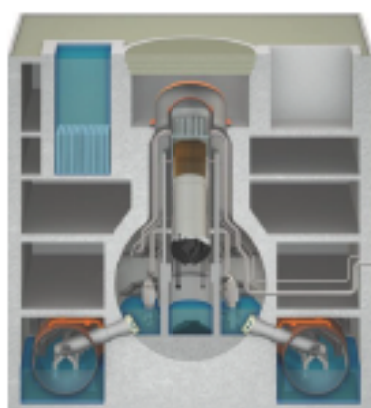
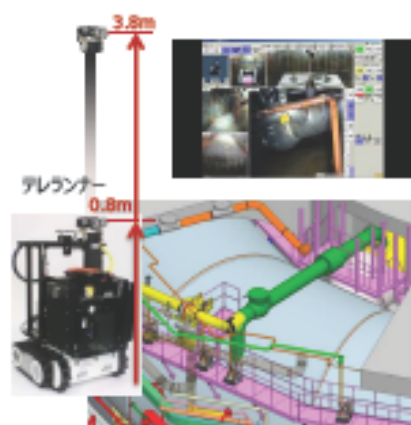


©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

点検調査装置の開発

S/C上部調査装置

S/C上部構造物からの漏えいの調査



ベント管-D/W接合部調査装置

ベント管付根部の水漏れをカメラで調査



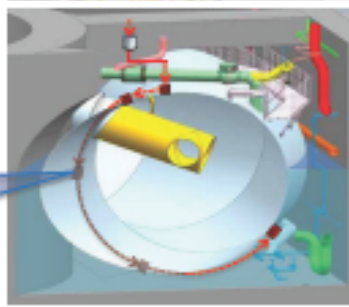
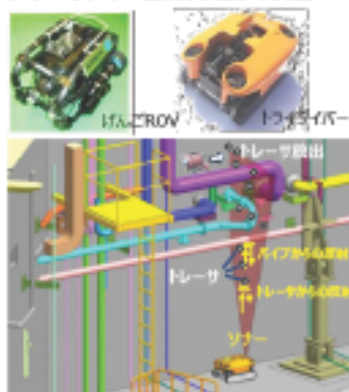
S/C下部調査装置

水没部の30mm以上の穴の有無を調査



水中遊泳・床面走行装置

水中・濁水中の壁面貫通部の調査



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

廃炉作業用ロボット開発の要件

目視調査 (放射線)計測 ガレキ除去 除染 水漏れ調査・補修(止水) 容器内部調査 デブリ取り出し

□ 機能要件

- 移動能力
 - 階段昇降
 - 狭あい部の通過
 - 水中遊泳
 - 曲面上移動
 - 高所への到達
- 作業能力
 - 視覚情報、放射線情報、温湿度等環境情報の収集
 - 試料サンプリング
 - 除染
 - ハンド機能（把持、切断、運搬、工具操作他）
- 遠隔制御（安全な場所から、過酷な環境にあるロボットを操作する）

□ 過酷環境において安全に使命を達成すること

- 高放射線環境
- 劣悪な無線通信環境
- 高温多湿、塵埃環境
- 照明のない暗がり
- 電力供給がない



実環境と同等な環境(モックアップ)を準備し
 ・機器の機能/動作確認、
 ・作業者の操作訓練を実施することが重要

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

電子機器に対する放射線の影響

- 1号機: 原子炉建屋内線量: 1階約数ミリ〜約4000mSv/h以上(南側)
 2号機: 原子炉建屋内線量: 1階約数ミリ〜約30mSv/h、オペフロ最大880mSv/h
 3号機: 原子炉建屋内線量: 1階約20ミリ〜約4000mSv/h以上(北側の一部)、オペフロ最大約2000mSv/h

構成要素部品の放射線耐力を把握し、遮蔽材なしでの高放射線下の運用可能性を検討

参考: ガンマ線の影響を1/10とする遮蔽 = 鉛版: 2-30mm / 鋼鉄: 7-80mm



ガンマ線照射試験

ガンマ線照射試験 (20Gy/hour-40Gy/hour)

スキャナ式レンジセンサ	124Gy
カメラ	169Gy
CPUボード、電池 モータドライバ 無線機、LAN/ブ 3次元距離画像センサ 広角ネットワークカメラ 通信デバイス等	200Gy以上

1Gy/hourの高放射線下でも100時間以上の動作が可能

「汎用重機やロボットにおける耐放射線評価と管理方法の基本的な考え方」対災害ロボティクス・タスクフォース 2011年4月27日

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning