

日本ロボット学会学術講演会 オープンフォーラム 「廃炉に向けた日本原子力学会との連携と課題」

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発

平成27年9月05日 国際廃炉研究開発機構 神徳 徹雄

※本発表内容は、経済産業省の「発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備委託費」、「発電用原子炉事故対応関連開発費補助事業」、「発電用原子炉等廃炉・安全技術開発費補助金」「廃炉・汚染水対策事業費補助金」の成果を含む。 ※プラント情報等の一部内容は、東電ホームページより引用。

国際廃炉研究開発機構の概要

1. 名称

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

(IRIDアイリッド: International Research Institute for Nuclear Decommissioning)

2. 組合本部

〒105-0003 東京都港区西新橋2-23-1 3東洋海事ビル5F

(電話番号) 03-6435-8601 (代表) (ホームページアドレス) http://www.irid.or.jp

3. 組合員(18法人)

国立研究開発法人:日本原子力研究開発機構(JAEA)、産業技術総合研究所(AIST)

プラント・メーカー: (株) 東芝、日立GEニュークリア・エナジー(株)、三菱重工業(株)

電力会社等: 北海道電力(株)、東北電力(株)、東京電力(株)、中部電力(株)、

北陸電力(株)、関西電力(株)、中国電力(株)、四国電力(株)、

九州電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)、

(株) アトックス

4. 理事会

理事長:剱田裕史 副理事長:新井民夫 専務理事:菅沼希一

理事:及川清志、魚住弘人、門上英、岸本邦和、瀬戸政宏、

畠澤守、 松本純、 森山善範

監事:中谷哲



IRIDの事業内容

国内外の叡智を結集し、 廃炉のための研究開発に、 一元的なマネジメントで 取り組んでまいります。

廃止措置に関する 研究開発を 行います。

研究内容

- ・使用済燃料プールの燃料 取り出しに係る研究開発
- ・燃料デブリ取り出し準備に 係る研究開発
- 放射性廃棄物の処理・処分に 係る研究開発

廃止措定に 関する国際。 国内関係機関との 協力を 推進します。

研究開発に関する 人材育成に 取り組みます。



国際廃炉研究開発機構の役割

廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題で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

- ●福島第一原子力発電所廃炉の加速化、安全確保、環境保全
- ●福島の早期復興と国民の安心

廃炉・汚染水対策チーム

(チーム長: 茂木経済産業大臣)[全体の指令塔機能]

- ●将来の廃炉や安全高度化への対応
- 関連技術の涵養・蓄積と高度化

電力会社各社、プラント・メーカー等

中長期ロードマップの提示・報告

研究開発計画の提示・報告

将来の廃炉計画への反映

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

東京電力

福島第一廃炉 推進カンパニー

福島第一原子力発電所 (廃炉現場)

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

廃炉技術開発に関する一元的マネジメント

- m rough
- 現場ニーズの抽出
- 開発成果の実用化 計画・戦略の提案
- ●技術の現場ニーズ・シーズ分析と 調整(最適化/整合)

組合事務局(R&Dマネジメント)

- 個別技術開発の調整・指示
- ●国際・国内助言の取り込み
- ●ポテンシャル技術の開拓
- 人材育成や大学等の連携強化

合理的開発の 主導

協働・協力の 主導 開発成果の 共有

R&D 実施機関

プラント・メーカー等

日本原子力研究開発機構

產業技術総合研究所

電力会社各社

その他研究機関

技術やマネジメント面の助言

国内・海外関係機関からの助言

共同研究、R&D への参画等

共同研究実施機関

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故対応

放射性物質によるリスク から人や環境を守る

<廃炉措置>

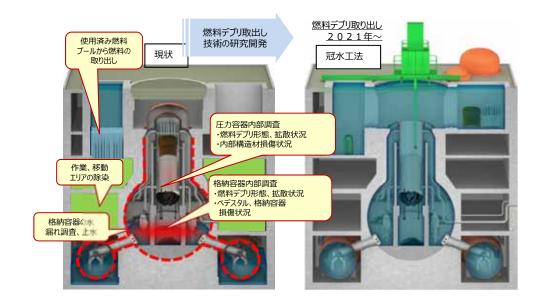
- 人が近づけない高放射線環境
- 安全最優先で着実な調査や作業



ロボット技術を活用した 遠隔基盤技術

<課題の難しさ>

- 実際の内部状況が不明で手探りの状況
- アクセスできる空間や使えるリソースの制約
- あらゆる事態を想定した対処の検討
- 進捗状況によって廃炉措置全体の構想の変化



- ・ 想定ベースの仕様設定
- 高信頼な特注製品
- 人間機械系の導入
- 開発途中での仕様変更



研究開発の位置づけ

中長期ロードマップ

2011年12月

2013年11月

2021年~

30~40年後

安定化に向けた 取り組み

- ・冷温停止状態の達成
- ・放射性物質放出の 大幅な抑制

第1期

使用済燃料プール内の 燃料取出し開始までの期間 (目標: ステップ2完了 から2年以内)

第2期

燃料デブリ取り出しが開始さ れるまでの期間

(目標: ステップ2完了

から10年以内)

第3期

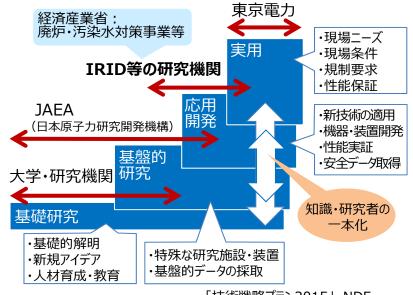
廃炉終了までの期間 (目標: ステップ2完了 から30~40年後)

現在

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



IRIDの廃炉研究開発プロジェクト

使用済燃料の 長期健全性評価 (~2017年度)

除染・線量低減

遠隔除染 装置開発 (~2015年度) 格納容器止水・補修

格納容器 止水技術 (~2017年度)

> 同実規模 試験 (~2016年度)

炉内調査・分析

原子炉内燃料 デブリ検知技術 (~2016年度)

> 圧力容器 一方部調査技術 (~2019年度)

格納容器内部 調査技術 (~2016年度) 事故進展解析 による炉内把握 (~2017年度)

性状把握

燃料デブリ 性状把握 (~2019年度) ---: 本日ご紹介

デブリ取出

格納容器/ 圧力容器 健全性評価 (~2016年度)

デブリ 臨界管理 (~2019年度) 燃料デブリ・ 炉内構造物 取出技術 (~2019年度)

デブリ収納・ 移送・保管 (~2019年度)

廃棄物処理・処分



原子炉建屋・作業エリアの除染

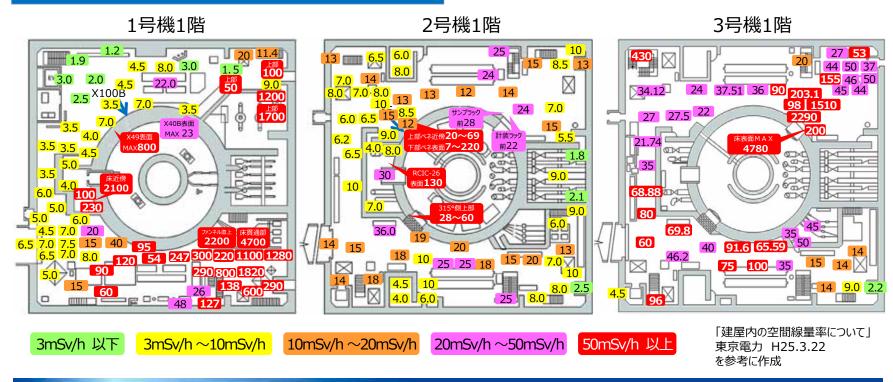
除染技術開発の課題

従事者の線量限度:1年間で50mSv、5年間で100mSv 作業エリア:3 mSv/h、アクセスルート:5 mSv/h

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

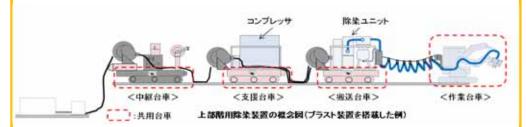




全体計画 【開発除染装置と開発状況】

上部階用除染装置

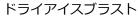
- ・平成25年度:設計
- ・平成26~27年度:製作、実証試験、実機適用性評価



高所用除染装置

- ・平成25年度:設計、製作
- ・平成26~27年度:改良、実証試験、実機適用性評価





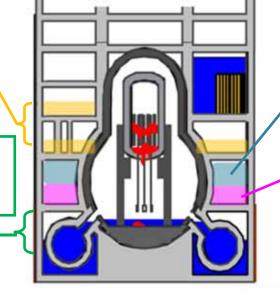


高圧水ジェット



地下階装置

・平成26年度: 技術課題検討、 開発立案



低所用除染装置 <開発完了>

- ・平成23~24年度:設計、製作、2F検証 ・平成25年度:改良、実証試験、1F実証試験



吸引・プラスト除染装置



高圧水ジェット除染装置



ドライアイスプラスト除染装置

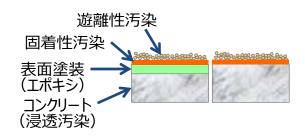


©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

遠隔除染技術の開発

汚染形態

遊離性、固着性、浸透汚染が混在



空間線量の構成

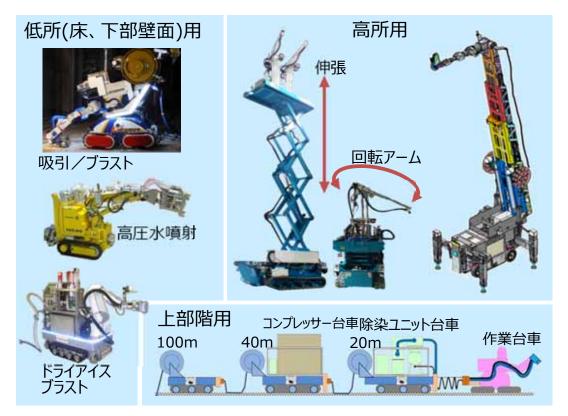
床面、壁面、ダクトや配管などの天井面の 線源から構成



原子炉建屋1階(例)

遠隔除染技術の開発方針

- ●表面の堆積物を回収あるいは除去
- ●表面の固着物を除去
- ●塗膜あるいはコンクリートに浸透した汚染を除去 →ドライアイス・ブラスト
- ●コンクリートに浸透した汚染をコンクリートごと除去 →ブラスト
- →吸引
- →高圧水噴射

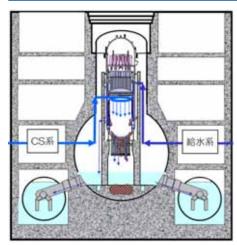


原子炉格納容器(PCV)内部調查

PCV内部調査の目的

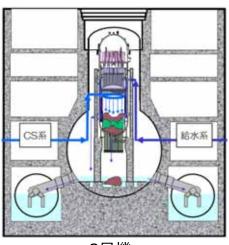
- ●燃料デブリ取り出しに向けて、原子炉格納容器内の燃料デブリの位置、状況を調査する
- ●圧力容器を支持するペデスタル等の状況を確認する

調査および調査装置の開発方針

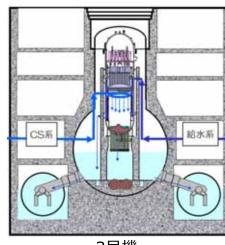


1号機

- ・溶融燃料は、ほぼ全量がRPV下 部プレナムへ落下、炉心部には殆 ど燃料が存在せず
- ・燃料デブリのペデスタル外側までの 拡散の可能性から、ペデスタル外 側の調査を優先



2号機



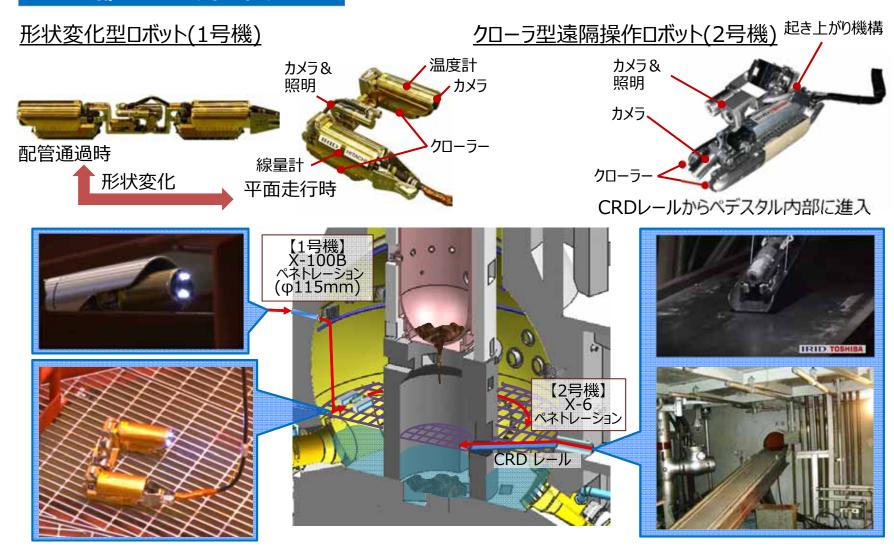
3号機

- ・溶融した燃料のうち、一部は下部プレナムまたはPCVペデスタルへ落下、 燃料の一部は炉心部に残存と推測
- ・ペデスタル外側までの拡散の可能性低く、ペデスタル内側の調査を優先
- ・3号機はPCV内の水位高く、1・2号機で使用予定のペネが水没の可能性あり、別方式の検討要



PCV内部調査

PCV内部調査ロボットの開発





形状変化型ロボットの開発

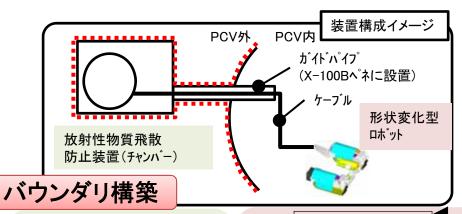
課題:

- (1) <u>狭隘空間(φ100mm)</u>と安定走行の両立
- (2)過酷環境(高線量,暗闇,蒸気雰囲気等)
- (3)放射性物質の飛散防止



「映像」「温度」「線量率」 情報の収集

100Gy/h 耐放射線



放射線に弱い制御回路を制御装置側(低放射線環境下)へ 移設

CCD

制御御装置

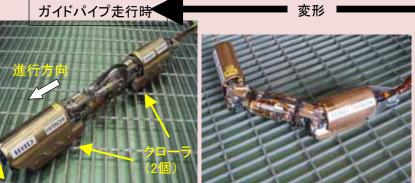
低放射線
環境下に
設置

ケーブル 送りドラム

がイドパイプとの 取合部



調査装置を内包



形状変化機構



nternational Research Institute for Nuclear Decommissionin



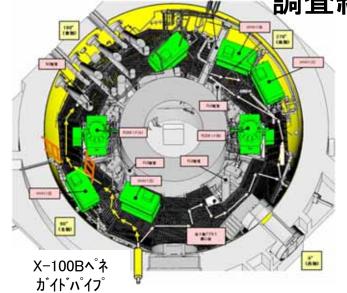
形状変化型ロボットの開発(実証試験)

調查項目:

- (1)今後の地下階状況調査計画に必要な情報の取得
 - ①地下階アクセス開口部周りの状況調査
 - ②他ペネ周辺の状況調査
- (2)PCV内部の状況調査
 - ①環境調査(放射線量、温度)
 - ②既設構造物の状況確認



調査結果(福島第一 1号機)











地下階へのアクセス開口周囲に干渉物がないこと。



昇降梯子の気

PCV内壁面など、機器に 大きな損傷がないこと。



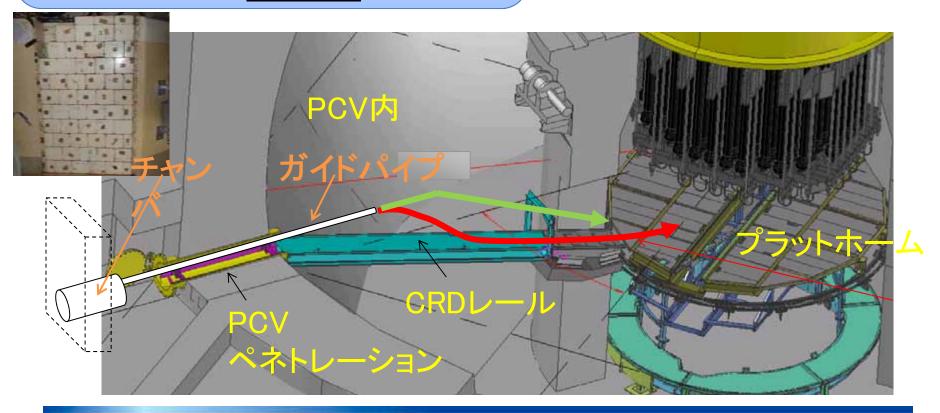
ペデスタル内部調査

課題:

- (1) <u>狭隘空間</u>(φ100mm)と安定走行の両立
- (2) 過酷環境(高線量,暗闇,蒸気雰囲気等)
- (3)放射性物質の飛散防止
- (4) 遮へいブロックの 遠隔取外し



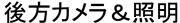
「映像」「温度」「線量率」 情報の収集

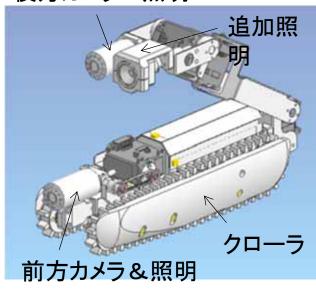




クローラ型遠隔操作ロボット

- ・調査時は後方カメラを起こし、2台のカメラ、 後方カメラの回転機構による高い空間認知 性(+起き上がり)を実現。
- ・集光度の高い追加照明により、霧滴中にお ける視認性を向上。
- ·耐放射線性:1000Gy以上(積算)
- 気密性のあるチャンバから装置を送り出すことで作業中の放射性物質の飛散を防止。





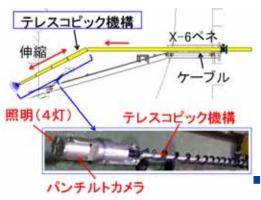
後方カメラ&照明 追加照明 前方カメラ&照明

<u>モックアップでのプラットホーム上調査</u>

リスク対策として、CRDレール上の堆積物除去装置及びペデスタル内事前確認装置(代替調査方法)も開発。



<u>堆積物除去装置</u>



ペデスタル内事前確認装置

おわりに

東京電力福島第一原子力発電所の事故対応

放射性物質によるリスク から人や環境を守る

- <廃炉措置>
- 人が近づけない高放射線環境
- 安全最優先で着実な調査や作業



- ・ 想定ベースの仕様設定
- 高信頼な特注製品
- 人間機械系の導入
- 開発途中での仕様変更

ロボット技術を活用した 遠隔基盤技術

く今まで4年間を受けて>

- 走りながらの研究開発の仕組み作りが続いている
- 単体ロボットから、ロボットシステムへ

関係機関と密に情報交換を行いつつ、 国内外の叡智を集めた研究開発を進めて行く



IRIDの研究開発プロジェクト

(H26~H27年度)

使用済燃料プール燃料取出しに係る研究開発

- 使用済燃料プールから取出した燃料集合体の長期健全性評価
- 使用済燃料プールから取出した損傷燃料等の処理方法の検討

燃料デブリ取出し準備に係る研究開発

- 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発
- 原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発
- 原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の実規模試験
- 原子炉格納容器内部調査技術の開発
- 原子炉圧力容器内部調査技術の開発
- 事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化
- 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発
- サプレッションチェンバー等に堆積した放射線物質の非破壊検知技術の開発
- 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し技術の開発
- 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発
- 原子炉圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発
- 燃料デブリ臨界管理技術の開発
- 燃料デブリ性状把握・処置技術の開発
- 実デブリ性状分析

固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発

● 固体廃棄物の処理・処分に関わる研究開発

