

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究及び
人材育成に関する東京大学・IRIDワークショップ

福島廃炉に向けた ロボット技術開発について (II)

～廃炉用ロボットの開発を如何に高度化するか～

2017年11月1日 @東京大学
国際廃炉研究開発機構 副理事長
東京大学名誉教授
新井民夫

tamio-arai@irid.or.jp

新井民夫 自己紹介

- 70 東京大学精密機械工学科卒
- 77 同博士課程修了
「自動組立の研究」で工学博士
- 87～ 精密機械工学専攻教授
- 00～05 東京大学 人工物工学研究センター長
- 12 芝浦工業大学教授
東京大学名誉教授
- 13 国際廃炉研究開発機構 副理事長

- 精密工学会会長(08～10)
- サービス学会 初代会長(12～16)
- サービス産業生産性協議会幹事
- 日本学術会議会員(11～17)



- 自動組立・生産システム
 - 丸棒—丸穴挿入作業
 - クレーンとロボットの協調制御
 - 産業用ロボット言語の標準化
 - ホロニック生産システム (HMS)
 - セル生産方式の高度化
 - 技能伝達
 - 作業疲労の測定

- ロボット
 - 群ロボット制御
 - ロボカップ(AIBO League)
 - 環境構造化

- サービス工学
 - サービスの表現・評価
 - プロダクトサービスシステム (PSS)
 - サービス標準化

本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

廃炉措置計画

- 過酷環境：放射性物質のリスク
- 多分野複合技術：連携作業、人材

社会

- アクセスできる空間や使えるリソースの制約
- 研究開発は国の仕事
- 社会的課題としての廃炉

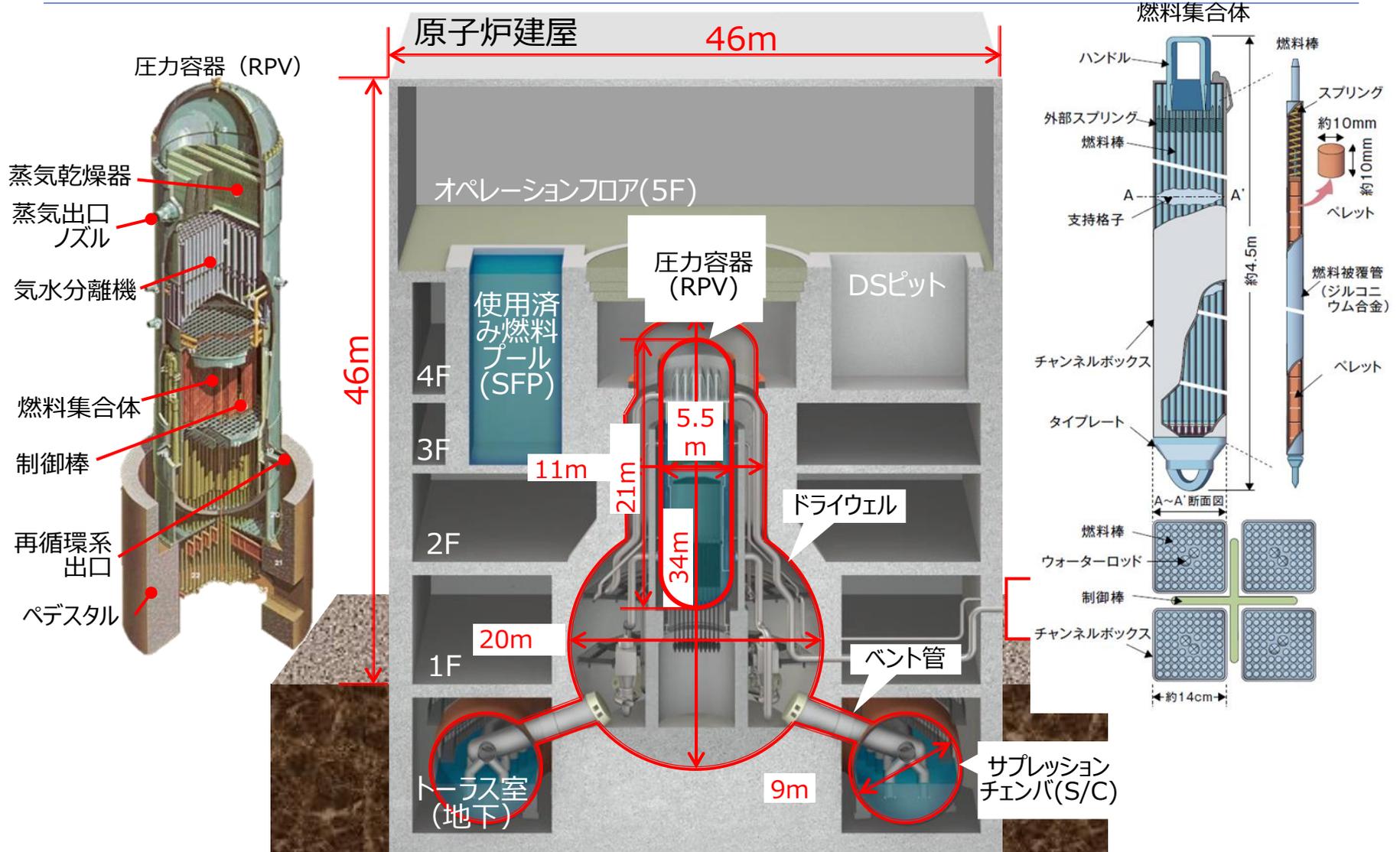
技術

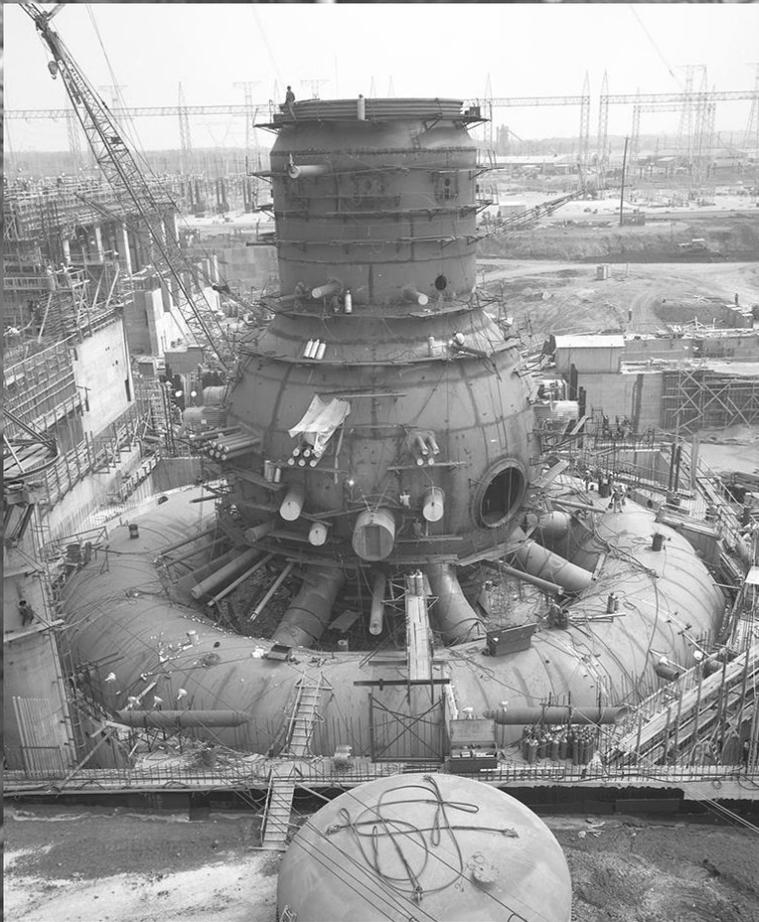
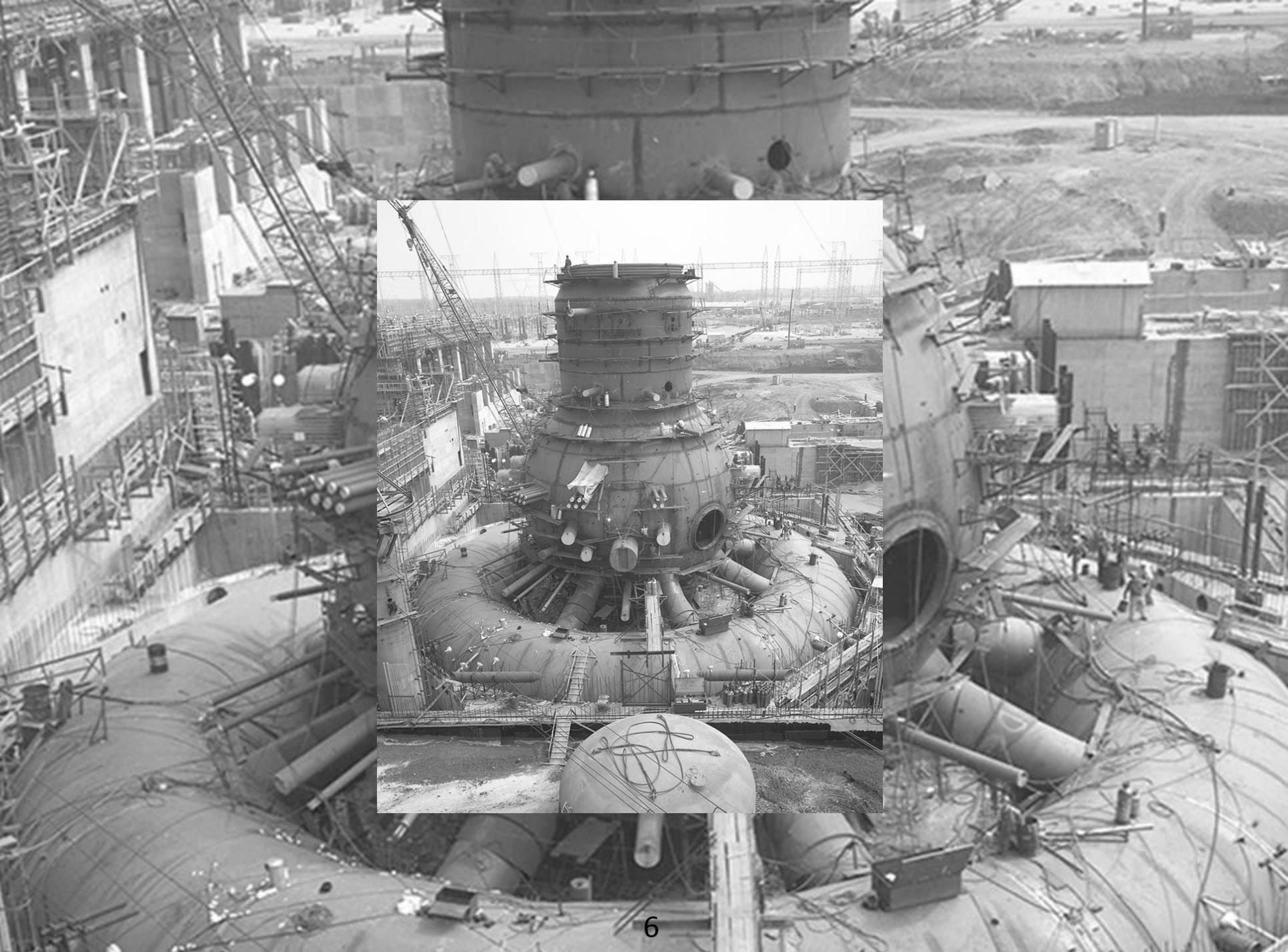
- 実際の内部状況が不明で手探りの状況
- あらゆる事態を想定した対処の検討
- 進捗によって廃炉措置全体の構想の変化



- 未踏分野：開発の立案と変更
- 長期計画：人材育成、産業技術化

原子力発電所の構造





燃料デブリ取り出し（イメージ）

除染

デブリ調査

PCV補修

デブリ取出

収納・移送・保管

使用済み燃料
プールから燃料の
取り出し

作業、移動
エリアの除染

格納容器の水漏
れ調査、止水

周辺機器の止水

圧力容器内部作業
・燃料デブリ取り出し
・内部構造材損傷状況

圧力容器内部調査
・燃料デブリ形態、拡散状況
・内部構造材損傷状況

格納容器内部調査
・燃料デブリ形態、拡散状況
・ベDESTAL、格納容器
損傷状況

ベDESTAL内外作業
・燃料デブリ取り出し
・構造材損傷状況



本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

廃炉に向けたロボット開発



東京電力ホームページ>写真・映像ライブラリー>写真・動画
<http://www.tepco.co.jp/tepconews/library/index-j.html>

クローラタイプ・ロボット

Quince



CBRNE災害（科学、生物、放射性物質、核、爆発物）の際に、消防等の隊員に代わって現場に進出し、状況調査を行うことを目的に開発

（国際レスキューシステム研究機構、千葉工業大学、東北大学が共同で開発）
ロボカップ2007、2009世界大会運動性能の部で優勝したクローラ型ロボットKenafを改良



サーバイランナー



FRIGO-MA



高い運動性能（階段、段差、ガレキ走破性）をもとに、映像撮影、環境モニタリング、軽量物のハンドリングに威力を発揮

田所諭「閉鎖空間内高速走行探査群ロボット」2011

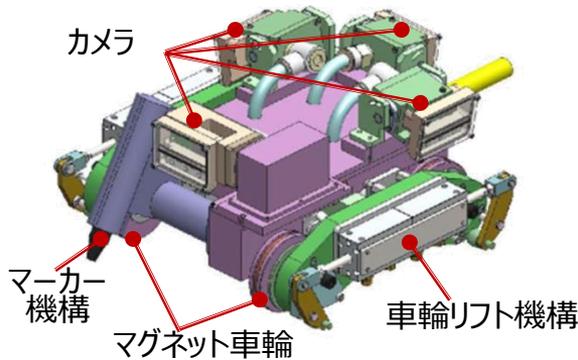
田所諭「国際レスキューシステム研究機構の活動」2011

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター(fuRo) <http://www.furo.org/>

磁気吸着移動ロボット

サプレッションチェンバ (S/C) やベント管上の漏えいなどの調査を行うため、磁力で鋼鉄製壁面に吸着し、全面を移動可能なクローラを開発。

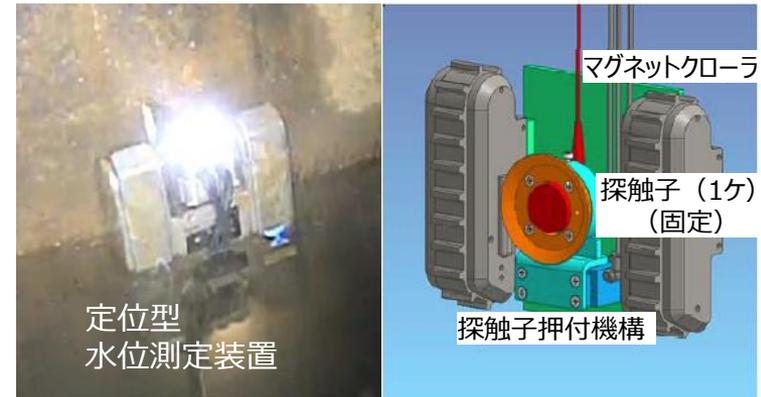
SC-ROV



S/C上の亀裂、漏えいを調査

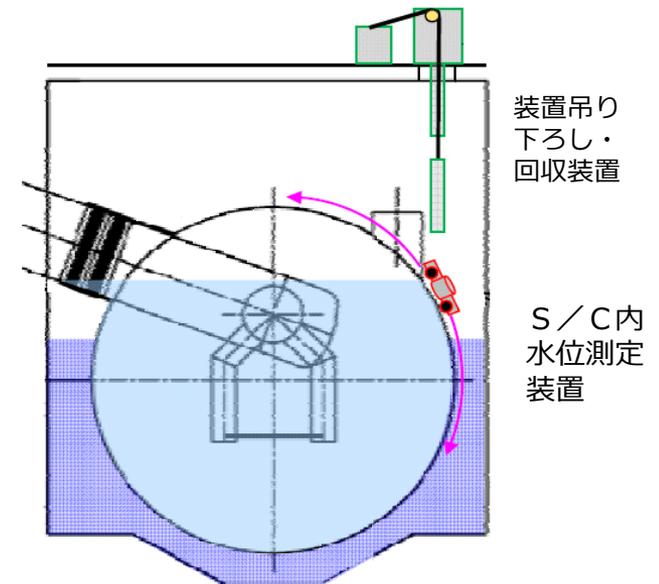
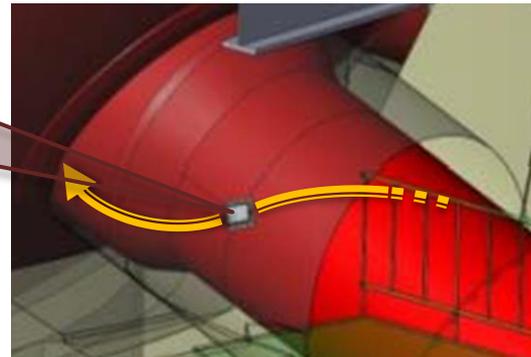


S/C内水位をS/C外面より超音波で測定する



ベント管上を移動し、PCV接合部の漏えいを調査

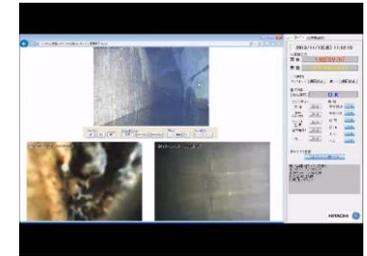
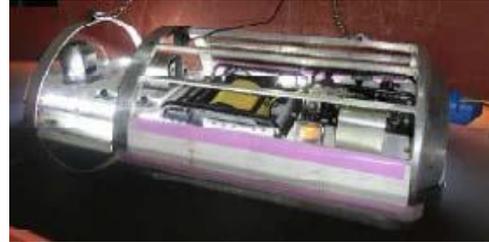
VT-ROV



水上ボート

ケージに格納し天井孔から滞留水中に着水させる

漏えい箇所調査の水上移動機構の長尺ケーブル操作技術を確認するため、ベント管下部周辺の状態を確認



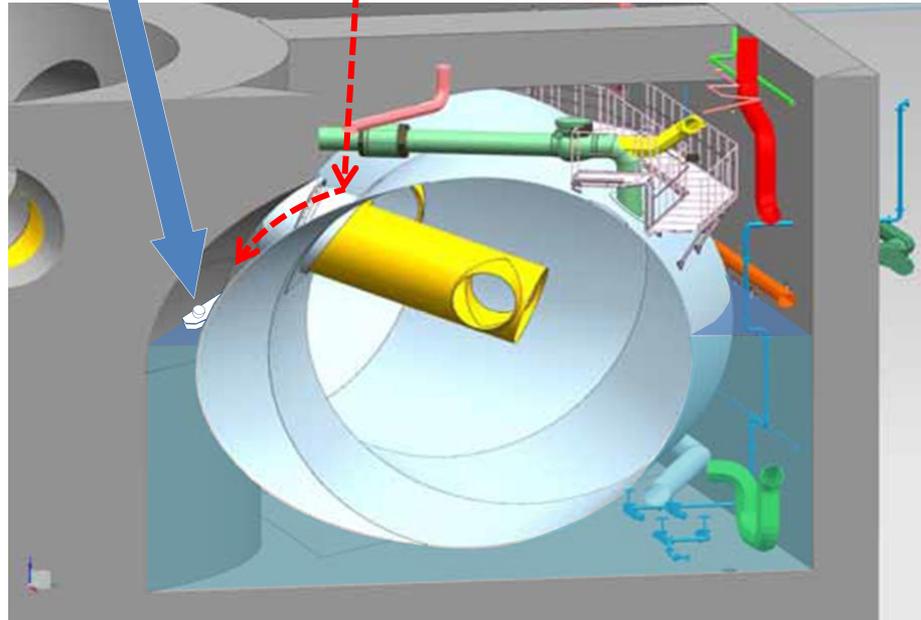
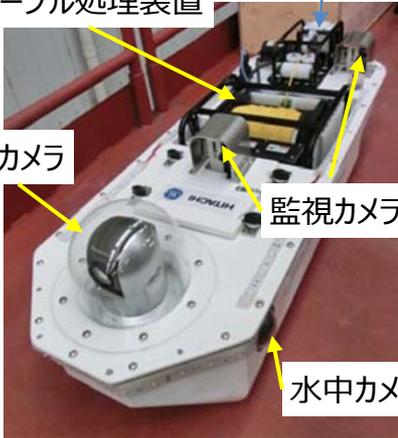
光ケーブル

ケーブル処理装置

調査カメラ

監視カメラ

水中カメラ



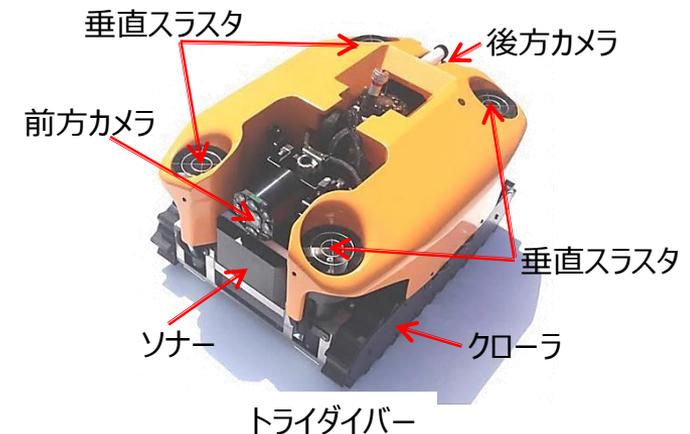
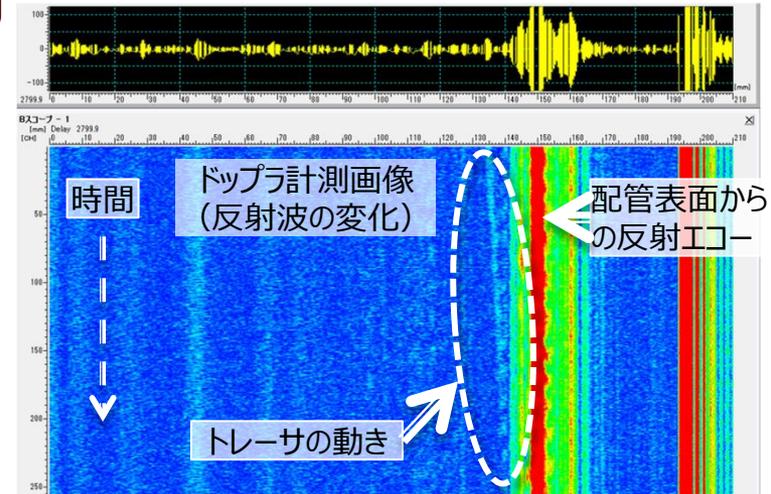
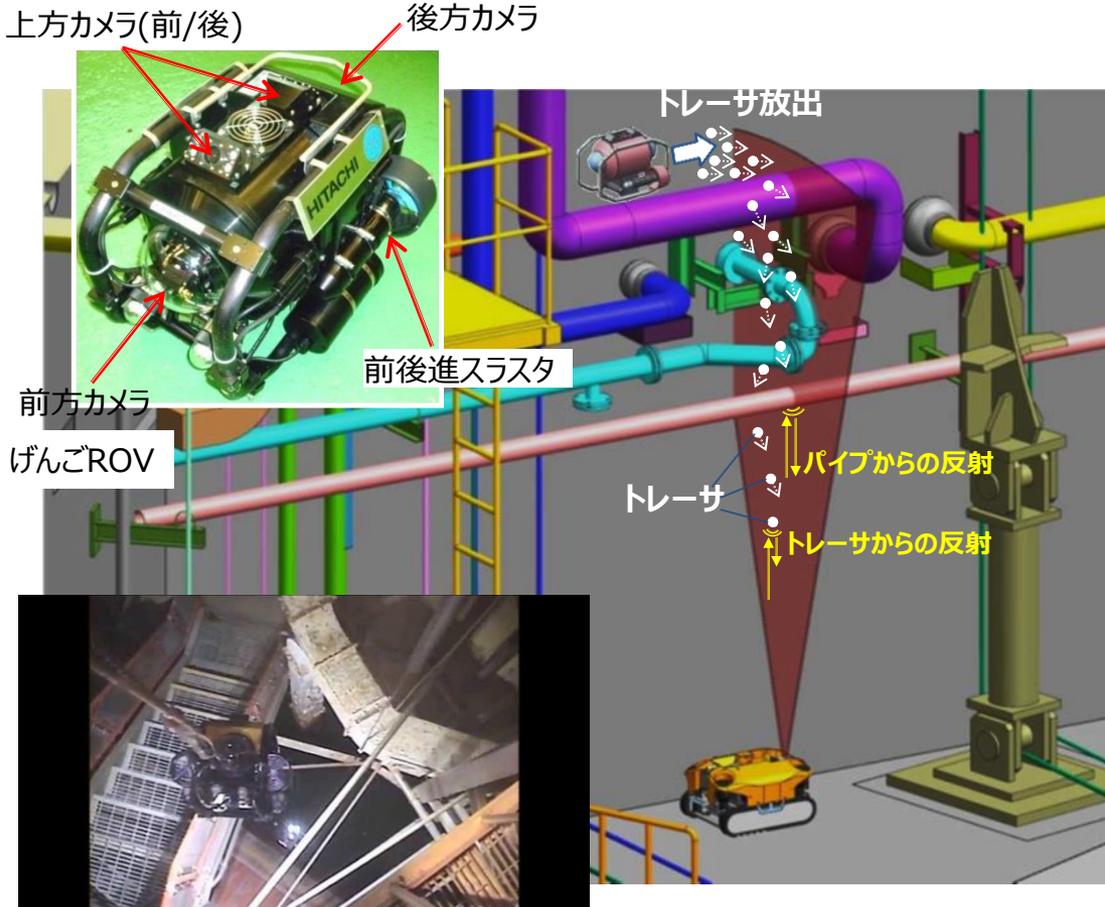
1号機ベント管/サンドクッション
ドレン漏えい(2013.11.13)



東京電力「福島第一原子力発電所 1号機ベント管下部周辺の調査結果について(1日目)」2013.11.13
遠隔技術タスクフォース WG2「遊泳調査ロボットの技術開発 実証試験の実施について」2013.10.31

水中ロボット(1)

トラス室壁面の水没したペネ貫通部の漏えいを調査するための水中調査ロボットを開発。水中の漏えいを調査するために、超音波ソナーによるドップラ計測機能を装備する。



3号機水中ROV外観 (モックアップ機)



昇降用スラスタ

前方カメラ

照明

推進用スラスタ

中性浮力ケーブル

項目	仕様
外形寸法	外径：φ125mm 全長：約300mm
重量	約2000g (気中)
耐放射線性	200Gy

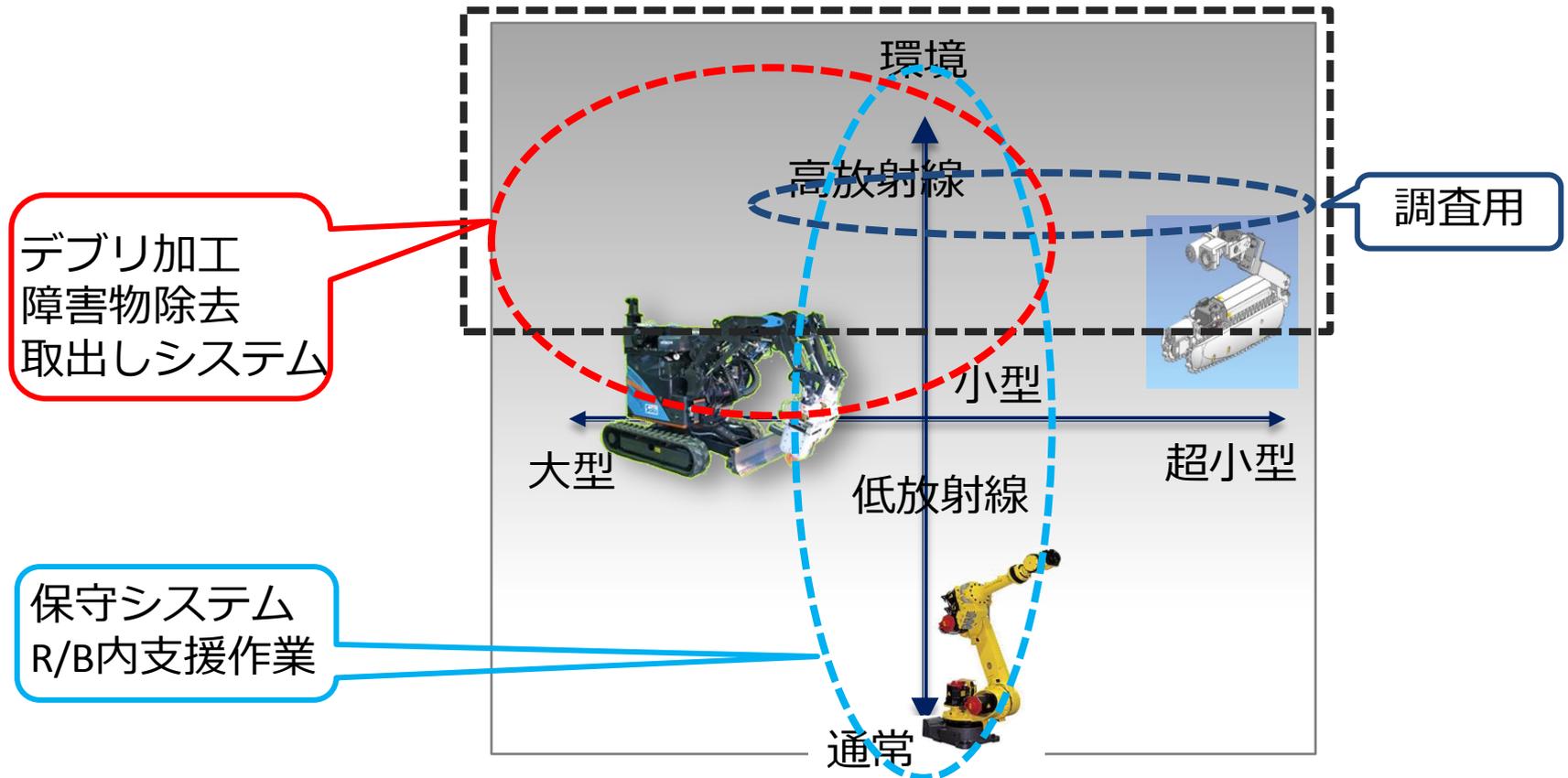


後方カメラ

照明

IRIDのロボット開発

- 今までは、炉内調査のため、超小型ロボットを開発してきた。今後は重作業のできる大型ロボット
- 重要機能：耐放射線性、保守性、環境に応じた駆動方式



本日の構成

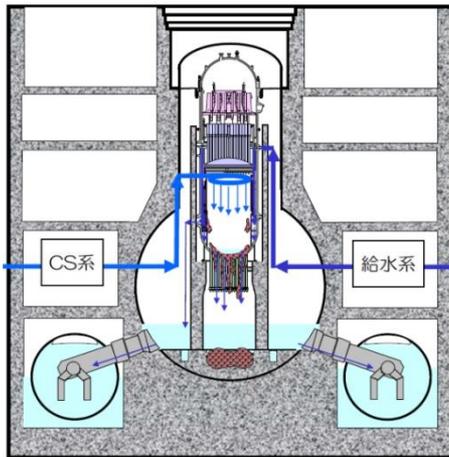
- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

原子炉格納容器（PCV）内部調査

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DESTAL等々の状況を確認する

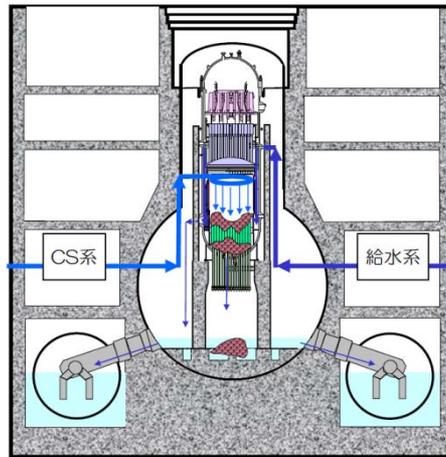
調査および調査装置の開発方針



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

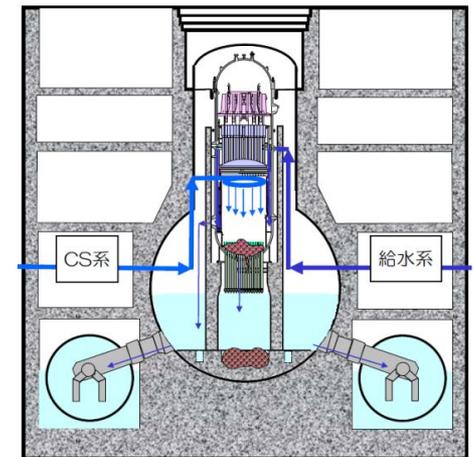
- ・燃料デブリのペDESTAL外側までの拡散の可能性から、ペDESTAL外側の調査を優先



2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DESTALへ落下、燃料の一部は炉心部に残存と推測

- ・ペDESTAL外側までの拡散の可能性低く、ペDESTAL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



3号機

PCV内部のロボットによる調査

- 燃料デブリの広がりや格納容器内の損傷状況をさぐる
- 既存のペネトレーション(小口径)経由、故に超小型ロボット
 - 1号機格納容器内 ペデスタル外
 - グレーチング上を移動し、カメラ付き線量計を水面下に投入して調査
 - 2号機格納容器内 ペデスタル内
 - CRDレールを経由して直接ペデスタル開口部へ侵入
 - 3号機格納容器内 ペデスタル内
 - 水位が高いため、遊泳ロボットを採用
 - 着水後、潜水によりペデスタル入口から内部へ

A : ペデスタル内部
B : ペデスタル外部
1 & 2 : 回数

PCV内部のロボットによる調査

ペDESTル外側の調査（1号機）

○形状変化型ロボット（B2調査）



変形



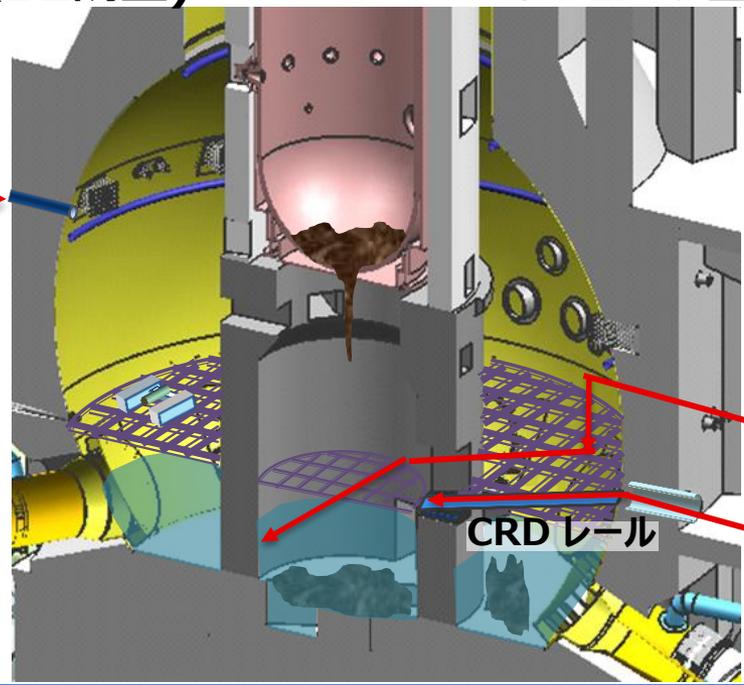
(注) 上の写真はB1調査時のロボットです。

ペDESTル内側の調査（2号機）

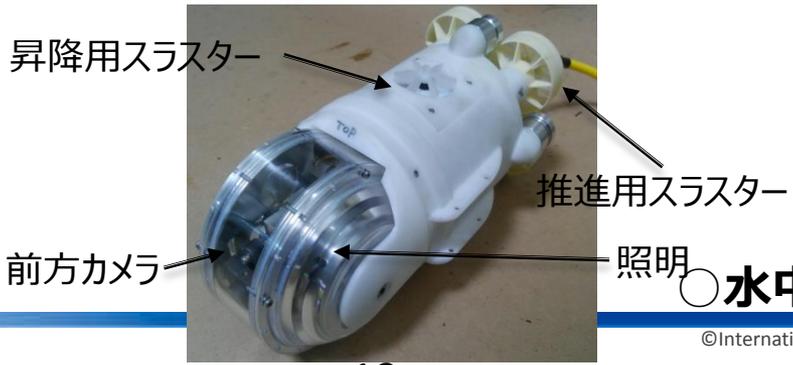
○クローラ型遠隔調査ロボット（A2調査）



変形



ペDESTル内側の調査（3号機）



○水中遊泳型ロボット

PCV内部のロボットによる調査 技術的課題の例

■ 高線量率環境への対応

- ～数十 Gy/h, 累積線量～数百 Gy
- 耐放射線性の高い電子機器、測定器、カメラの採用
- 照射試験による確証、測定誤差の検証

■ PCVバウンダリの確保

- ロボットサイズ < 貫通口径（走破性、搭載機器制約）
- 隔離弁の追設、シール機構、窒素加圧管理
- チャンバー内にユニット化されたケーブル送り機構、ロボット
- 現地施工の取合い、PCV外装置設置エリア作業線量率の低減

■ ケーブル, ケーブルマネジメント

- 乱巻の抑制、干渉物の回避、ロボット放置時の処置
- ケーブル重量<ロボットのけん引力（調査範囲を制約）
- ケーブルサイズ・特性 [動力、制御、通信]（搭載機器を制約）

■ オペレーション

- （損傷）環境に応じた走破性
- 自己位置の確認方法、俯瞰カメラ、後部カメラ、ランドマークの活用
- 徹底した訓練、実機モックアップ試験

PCV内部調査 の特性(1)

【1号機】
X-100B
ペネトレーション
(φ115mm)

課題：

- (1) 狭隘空間 (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



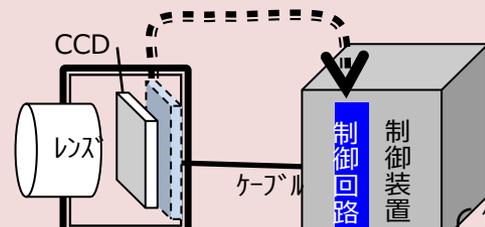
「映像」「温度」
「線量率」情報の収集

1000Gy 耐放射線

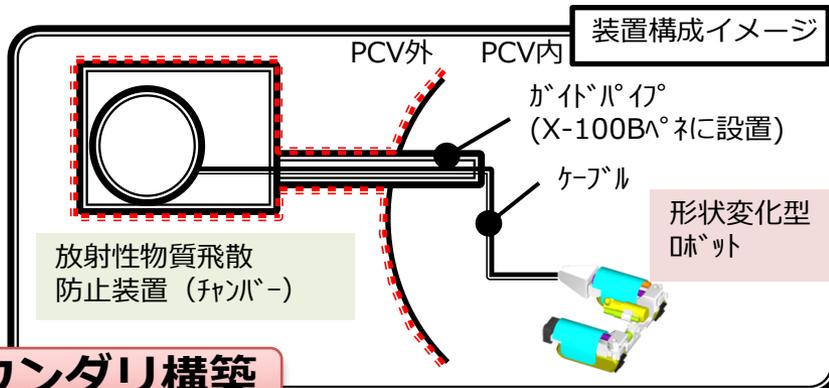
放射線に弱い制御回路を制御装置側 (低放射線環境下) へ移設



カメラヘッド

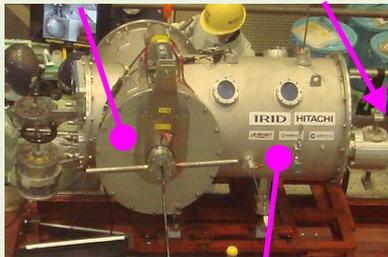


低放射線
環境下
に
設置



バウンダリ構築

ケーブル
送りドラム
ガイドパイプとの
取合部



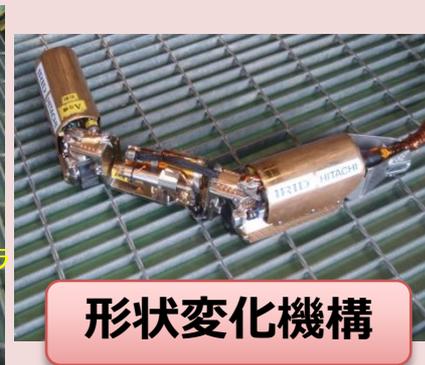
調査装置を内包

ガイドパイプ走行時



変形

グレーチング走行時



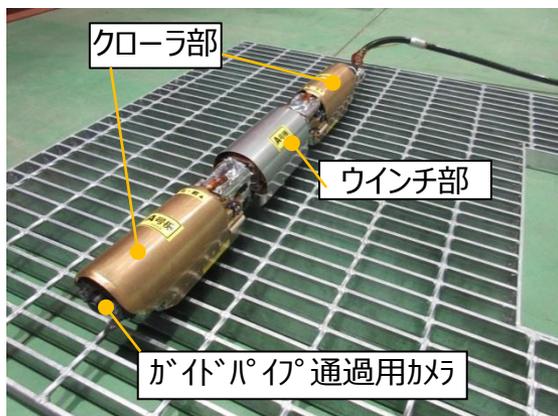
形状変化機構



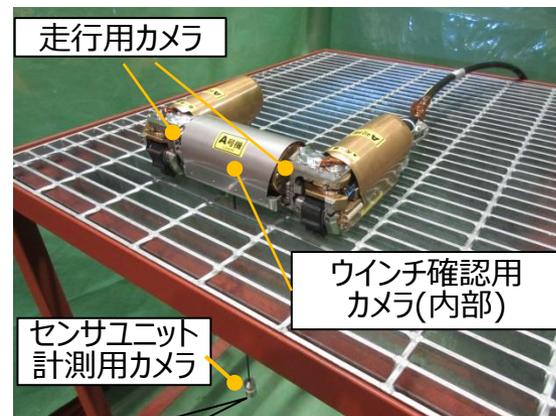
1号機 B2 調査ロボット「PMORPH (ピーモルフ)」

1号機 B2
PMORPH

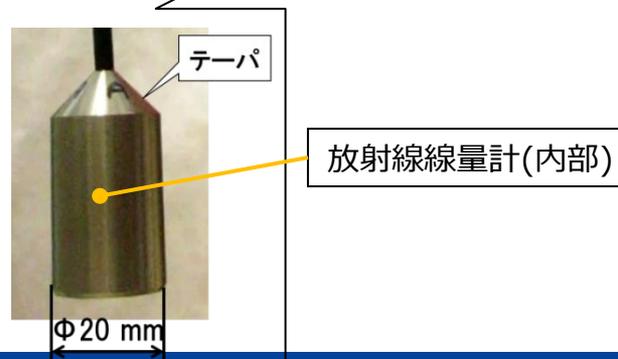
本体寸法	ガイドパイプ走行時：長さ699mm×幅72mm×高さ93mm グレーチング走行時：長さ316mm×幅286mm×高さ93mm
センサユニット寸法	幅20mm×高さ40mm ケーブル：長さ3.5m
重量	約10kg
スペック	カメラ×5、放射線線量計×1
耐放射線性	約1000Sv以上



I型(ガイドパイプ通過時)



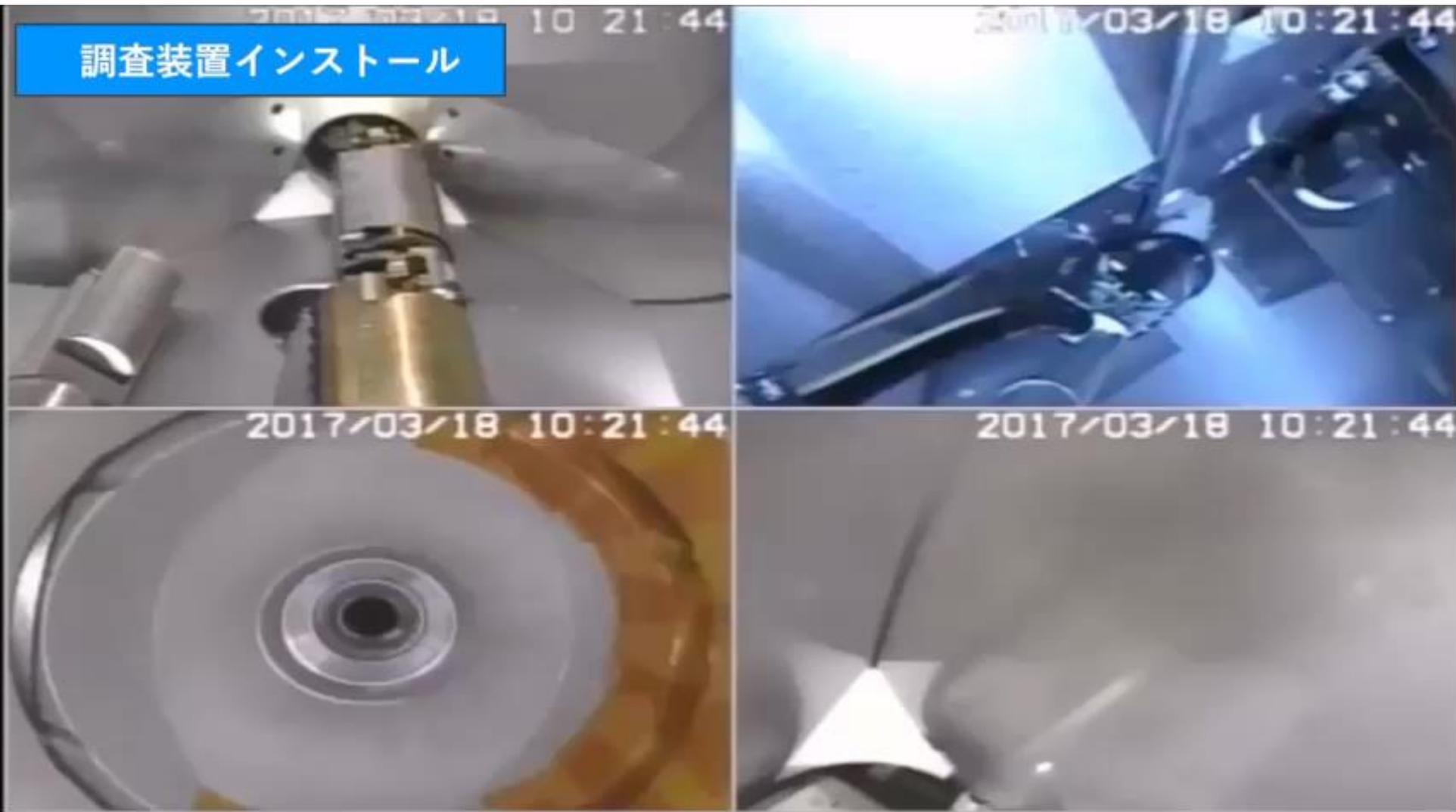
C型(平面走行時)



B2調査 (動画)

1号機 B2
PMORPH

調査装置インストール



PCV内部調査 :

PCV内部調査 の特性(2)ペデスタル内部調査

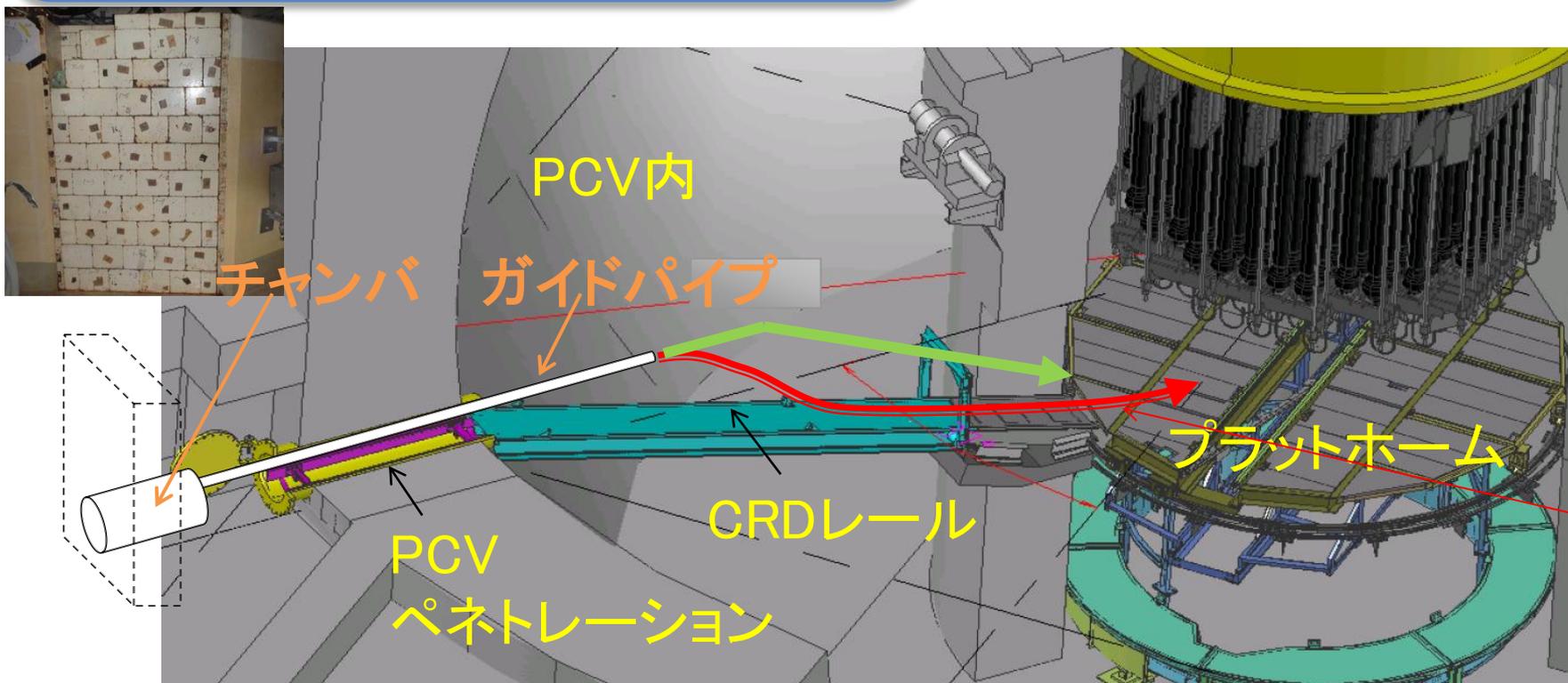
【2号機】
X-6
ペネトレーション

課題 :

- (1) 狭隘空間 (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

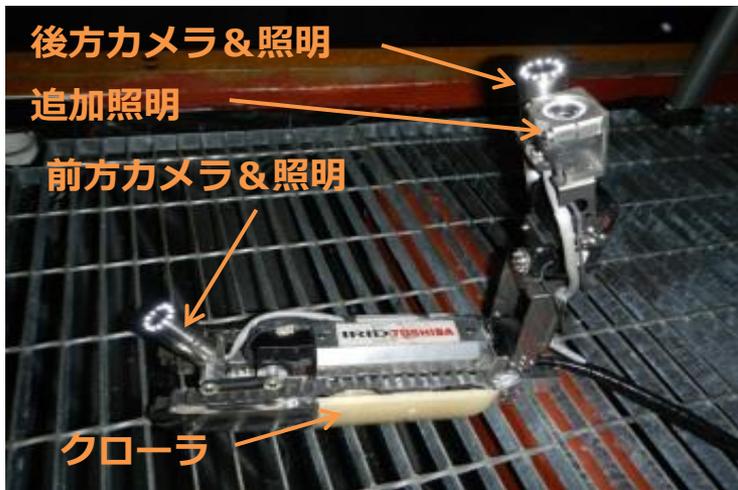
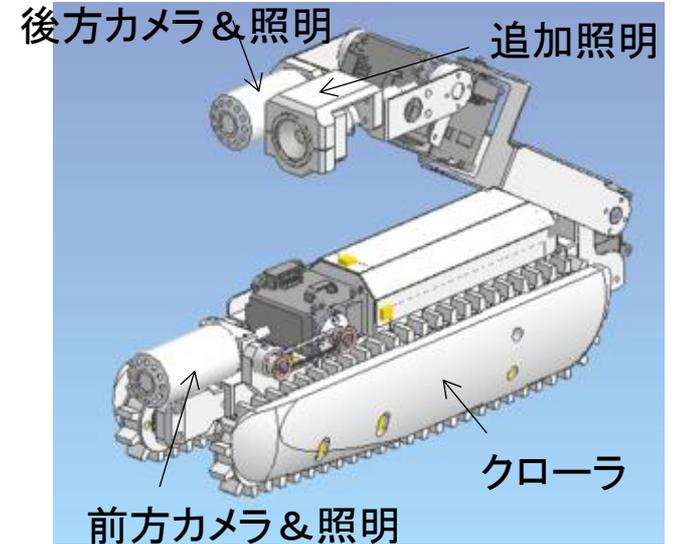


PCV内部調査：

クローラ型遠隔操作ロボット(サソリ型)

【2号機】
X-6
ペネトレーション

- ・ 内径約φ100mmのガイドパイプを通過。
- ・ 調査時は後方カメラを起し、後方カメラ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。

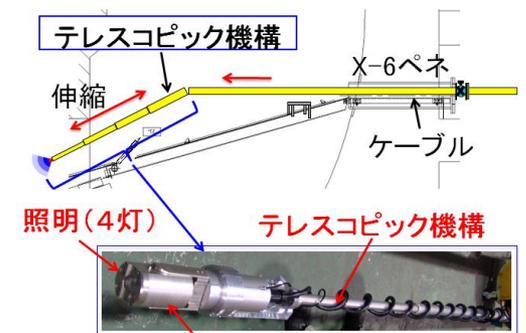


モックアップでのプラットフォーム上調査

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



堆積物除去装置

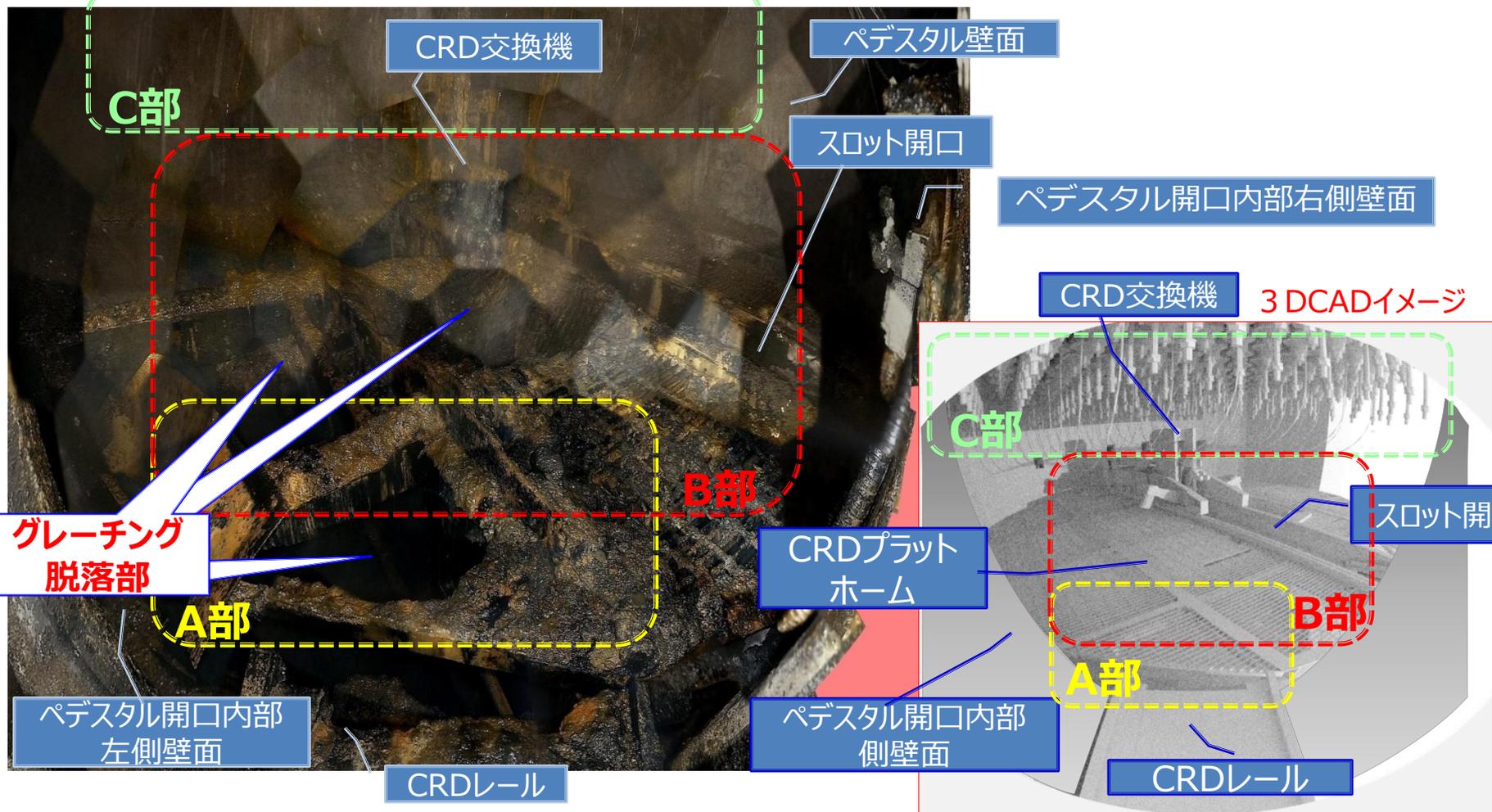


ペDESTAL内事前確認装置

2号機ペDESTAL内調査結果

調査日：2017年1月30日

2号機 A2
サソリ



▶ CRDプレートホームの**グレーチングが脱落**しているが、フレームは残存している。

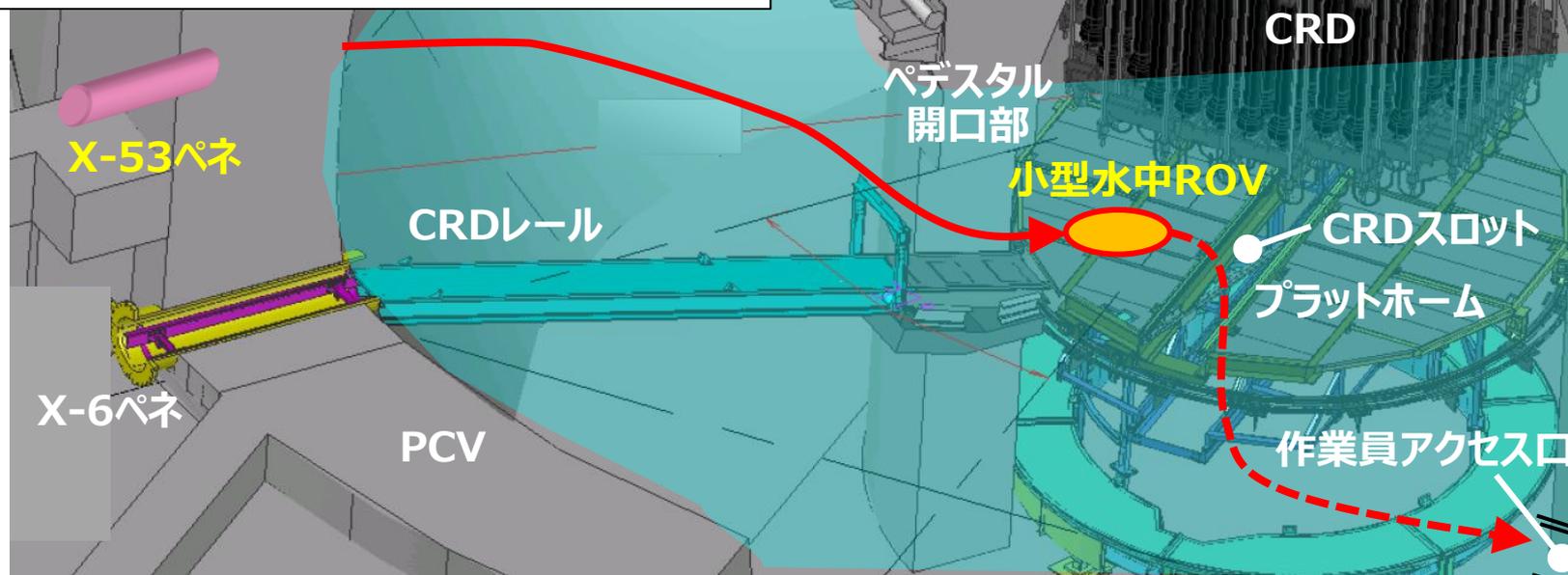
※上記画像は、東電HDにて鮮明化した画像をもとに画質改善したものを全天球化

3号機ペDESTAL内調査

3号機
ミニマンボウ

【調査方法】カメラによる撮影

【実施時期】2017年7月19～22日



- ① **配管貫通部 (X-53ペネ)** からアクセスしペDESTAL内に侵入。**プラットフォーム、CRD下部**の損傷状況を確認する。
- ② ペDESTAL地下階へのアクセスルートを確認する。
- ③ 地下階への進入が可能であれば、**ペDESTAL底部デブリ**の堆積状況や作業員アクセス口から**ペDESTAL外へのデブリの流出**状況を確認する。

3号機水中ROV外観 (モックアップ機)

3号機
ミニマンボウ



推進用スラスタ

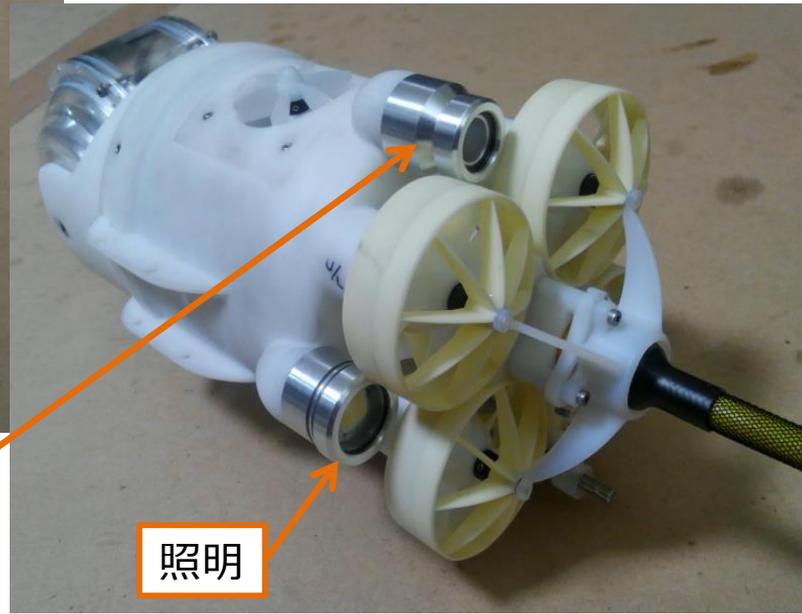
中性浮力ケーブル

項目	仕様
外形寸法	外径：φ125mm 全長：約300mm
重量	約2000g (気中)
耐放射線性	200Gy

前方カメラ

照明

後方カメラ



照明

3号機水中ROV撮影映像(動画)

3号機
ミニマンボウ

隔離弁 開



本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

デブリ取出し：横アクセス工法～デブリ搬出ルート



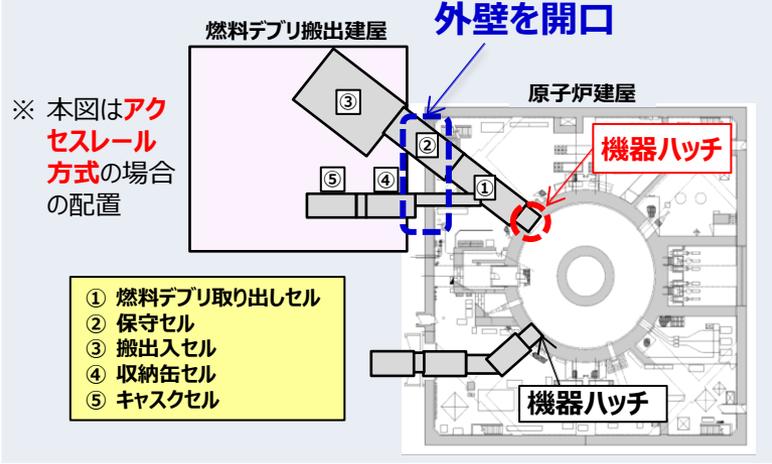
号機	1号機	2/3号機
----	-----	-------

配置の基本的な考え方

- 1号機: 比較的アクセスのしやすいPCV西側を使用して、デブリの搬出は「**機器ハッチ**」から。
- 2/3号機: 比較的アクセスのしやすいPCV西側を使用して、デブリの搬出は「**X-6ペネ**」から。

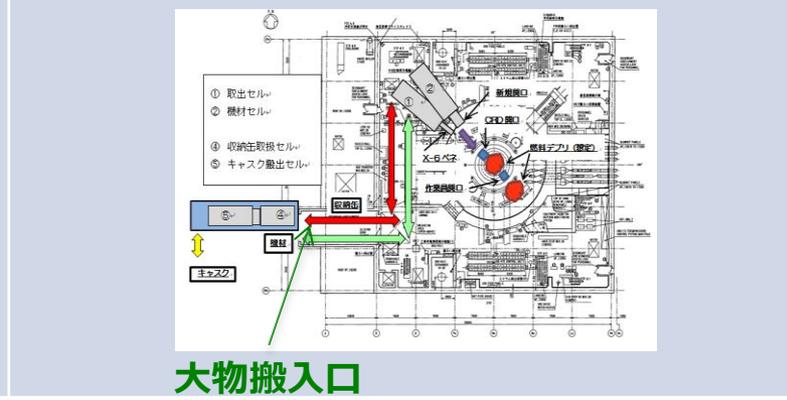
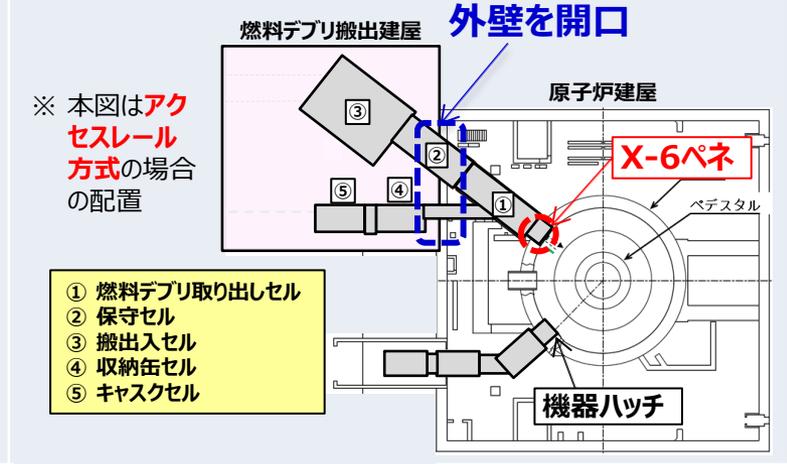
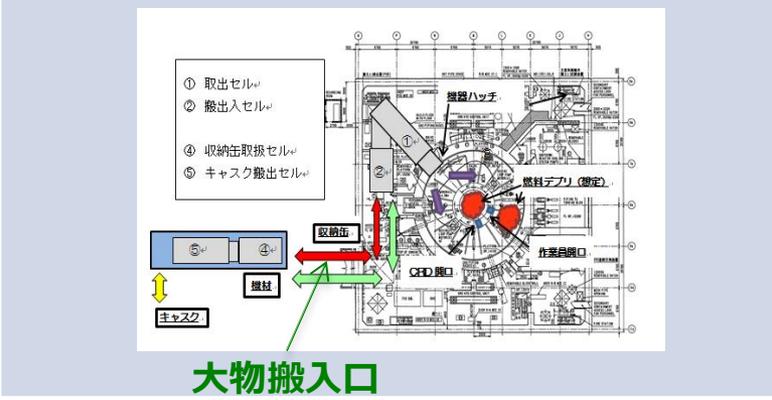
PLAN-A

デブリはR/B外壁を開口して搬出

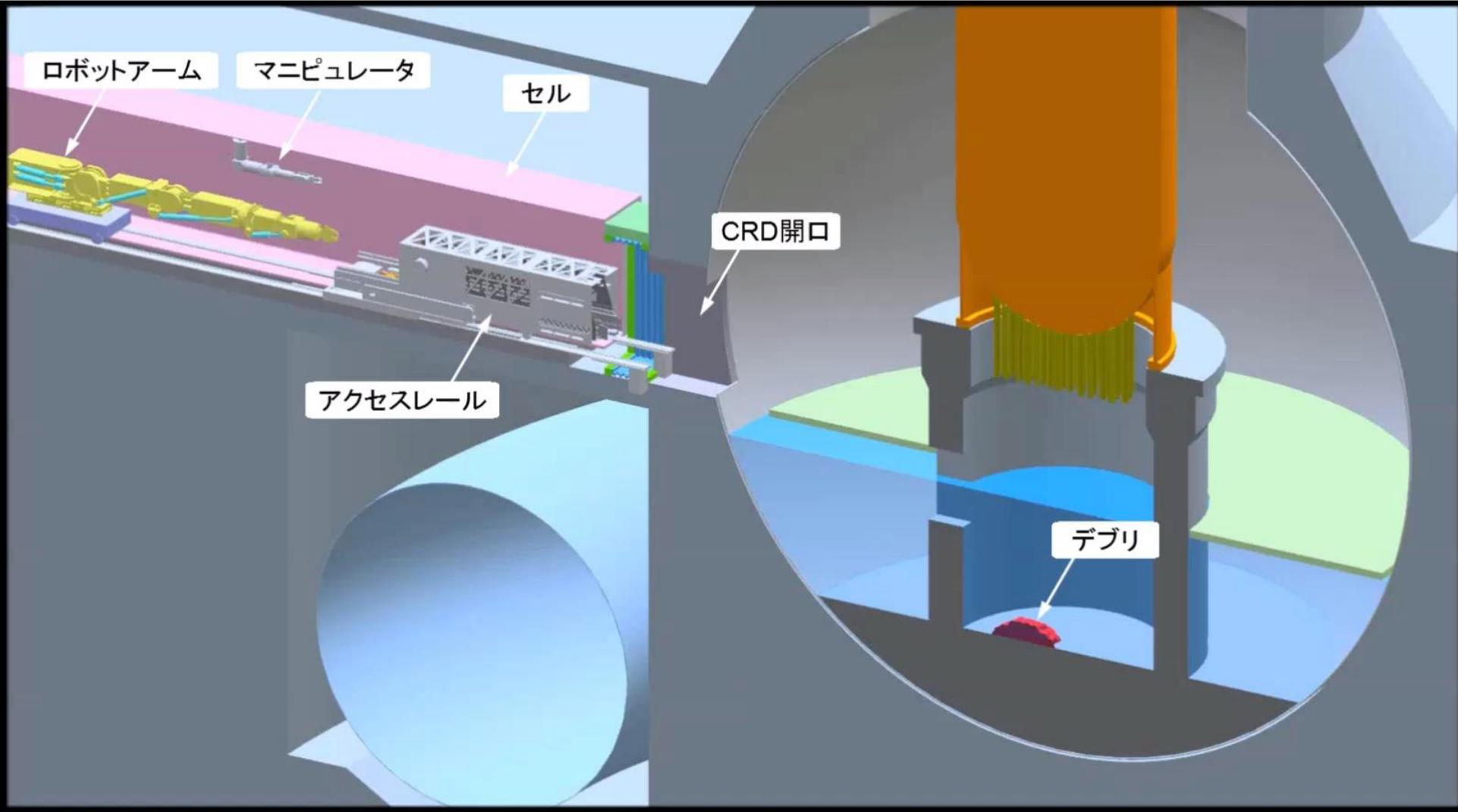


PLAN-B

デブリはR/B大物搬入口から搬出

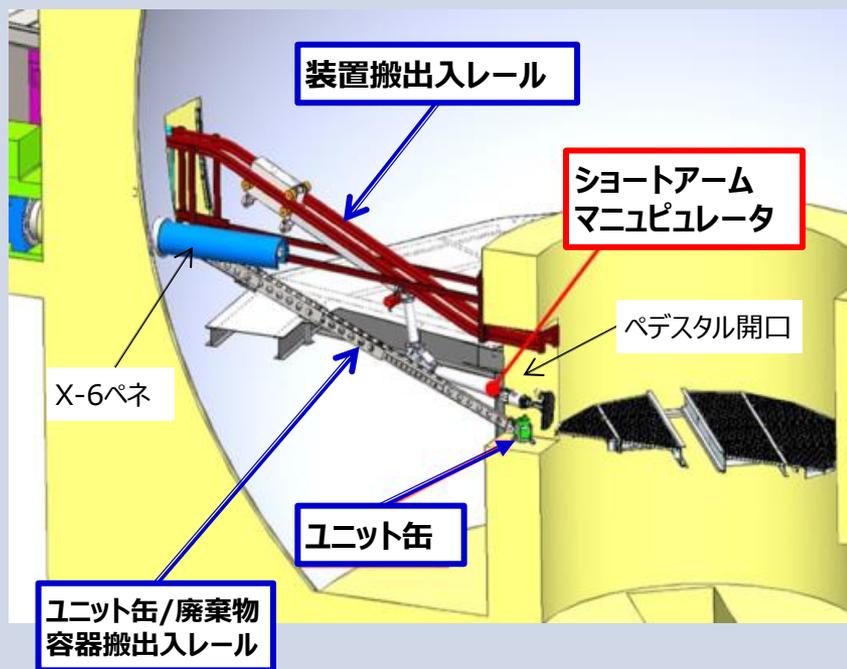


【PLAN-A】アクセスレール方式～取り出しイメージ～(動画)

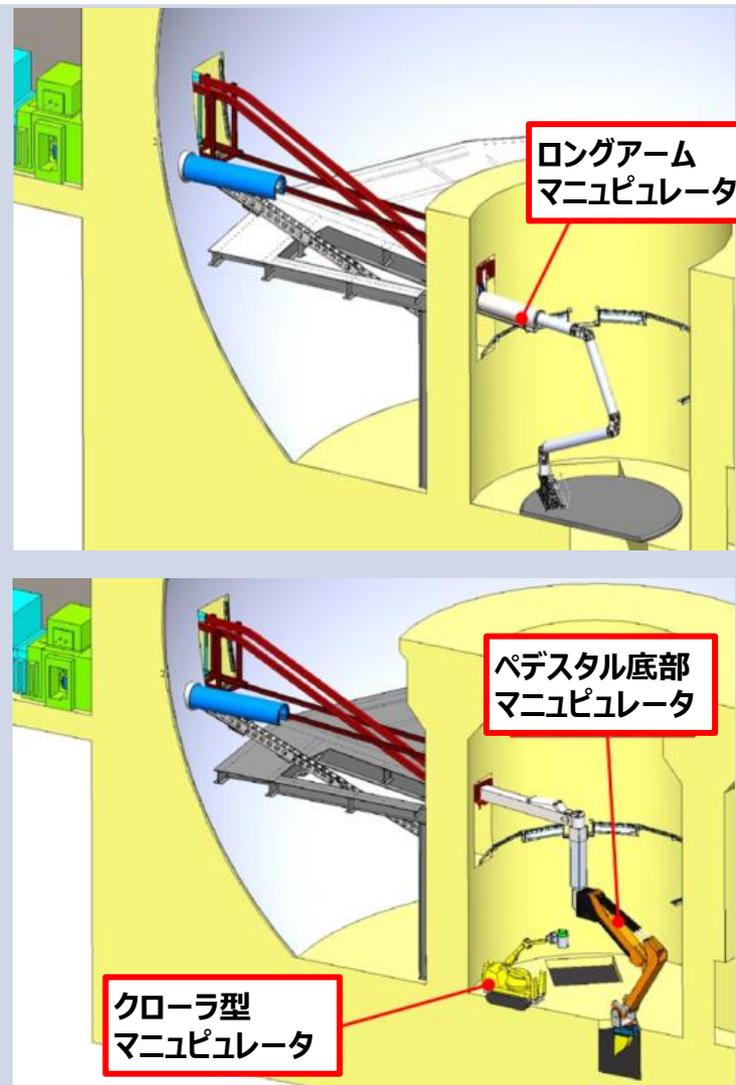


【PLAN-B】PCV新開口方式

ペDESTル内落下物の回収（イメージ）



ペDESTル内デブリの回収（イメージ）

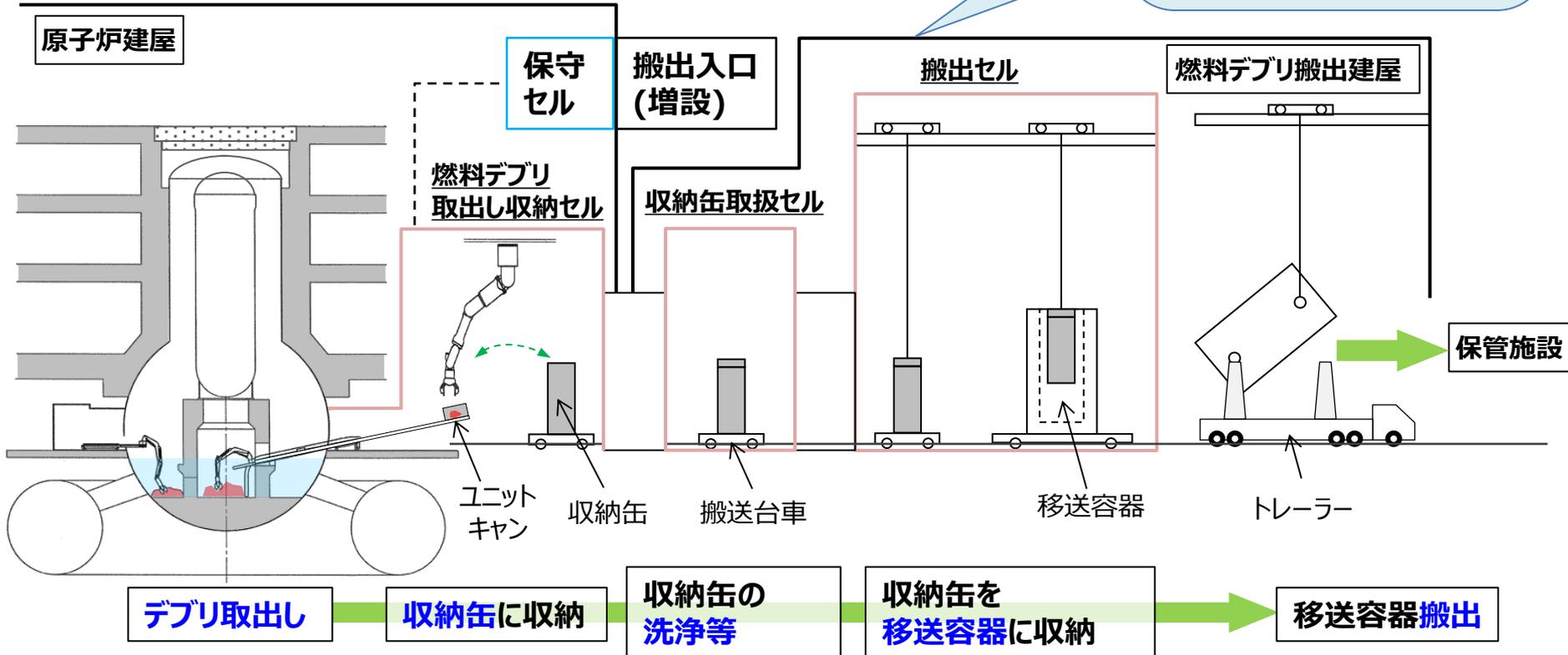


収納缶の設計

- 燃焼度と濃縮度が高い→**反応度高**
- コンクリートとの溶融生成物→コンクリート中の水分の放射線分解による**水素発生**
- 海水注入、計装ケーブル他との溶融→**塩分**の影響、**不純物**の混入

- 多数の自動機
- 遠隔制御・自動制御のマニピュレータ
- セル間の分離・結合
- 洗浄
- 機器の点検・保守

移送方法（気中-横アクセス工法の場合：例）



本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

廃炉ロボットの課題

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

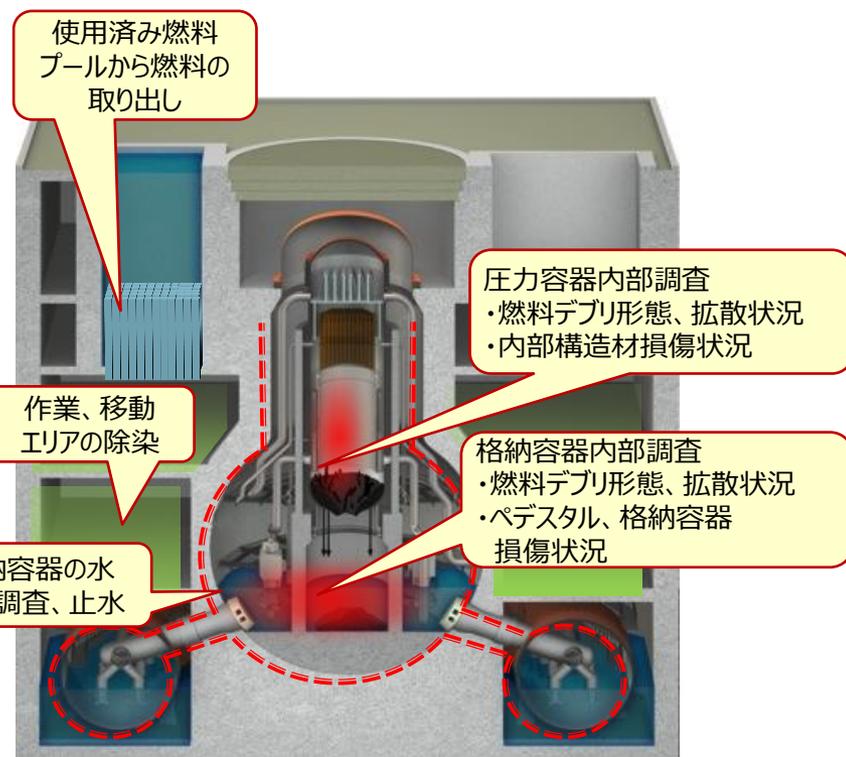
<廃炉措置>

- ・ 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



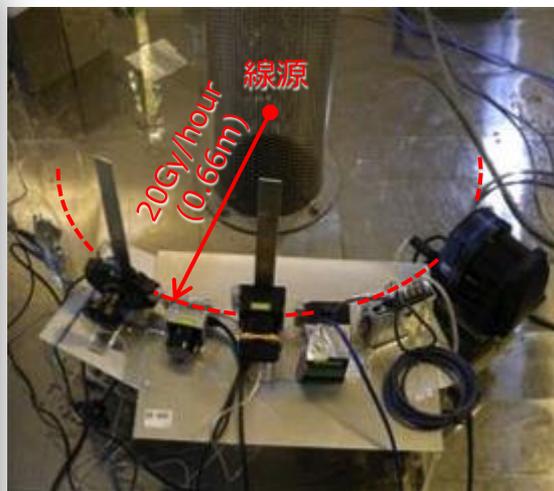
- ・ 想定ベースの仕様設定
- ・ 高信頼な特注製品
- ・ 人間機械系の導入
- ・ 開発途中での仕様変更

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)

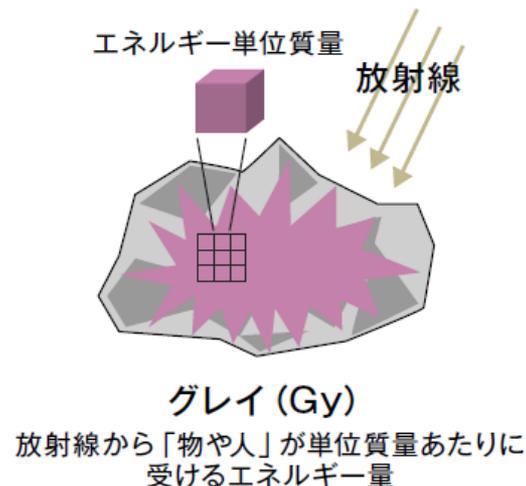
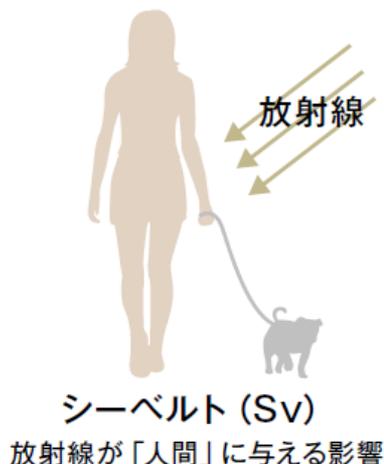
スキャナ式レンジセンサ	124Gy
カメラ	169Gy
CPUボード、電池 モータ・ドライバ 無線機、LANハブ 3次元距離画像センサ 広角ネットワークカメラ 通信デバイス等	200Gy以上

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

グレイとシーベルトの関係

$$\text{シーベルトの値} = \text{グレイの値} \times \text{放射線荷重係数}^{※1} \times \text{組織荷重係数}^{※2}$$



◆放射線荷重係数

放射線の種類	放射線荷重係数
光子(ガンマ線、エックス線)	1
電子(ベータ線)	1
陽子	2
アルファ粒子、核分裂片、重い原子核	20
中性子線	2.5 ~ 20 (エネルギーの連続関数で設定)

◆組織荷重係数

組織・臓器	組織荷重係数	組織・臓器	組織荷重係数
乳房	0.12	食道	0.04
赤色骨髄	0.12	甲状腺	0.04
結腸	0.12	唾液腺	0.01
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
生殖腺	0.08	脳	0.01
膀胱	0.04	残りの組織・臓器	0.12
肝臓	0.04		

- ※1 放射線の種類による影響の違いを表す
 ※2 臓器等の組織別の影響の受けやすさを表す

電気事業連合会 デジタルパンフレット「原子力・エネルギー図面集」 <http://fepc-dp.jp/>

原子炉建屋・作業エリアの除染

除染技術開発の課題

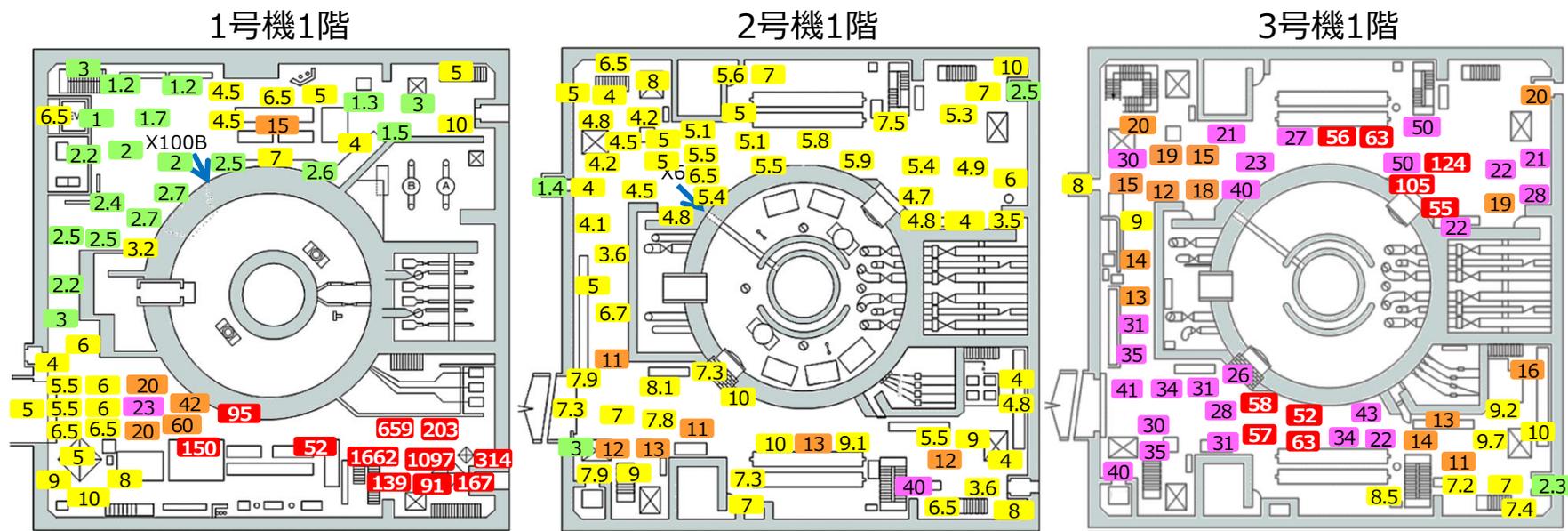
従事者の線量限度：1年間で50mSv、5年間で100mSv
 作業エリア：3 mSv/h、アクセスルート：5 mSv/h

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 2014年～2015年調査



3mSv/h 以下

3mSv/h～10mSv/h

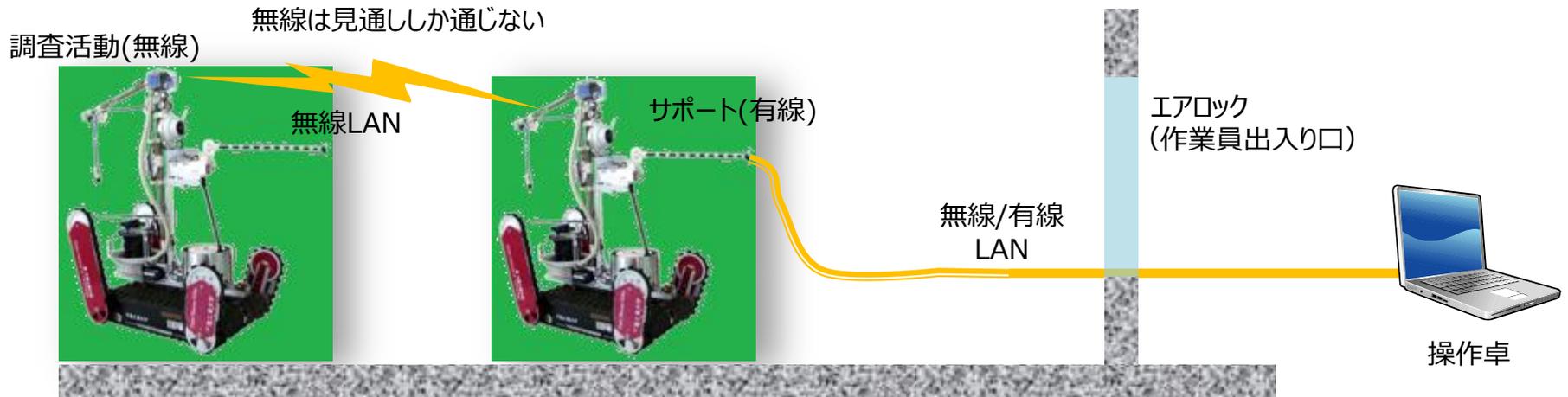
10mSv/h～20mSv/h

20mSv/h～50mSv/h

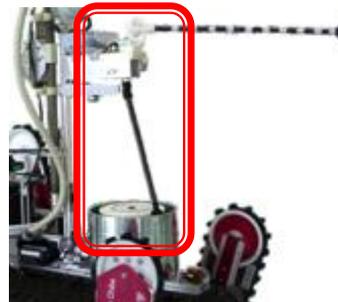
50mSv/h 以上

「建屋内の空間線量率について」
 東京電力 H25.3.22
 を参考に作成

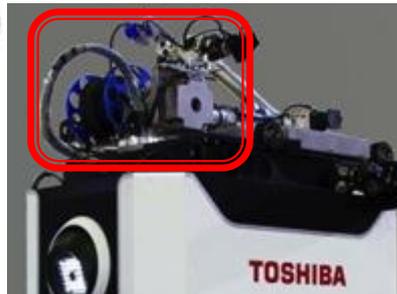
遠隔制御



移動中に配線がからまる、切れるなどを回避する、配線の「繰り出し／巻き取り機構」が必要



Quince



4足歩行ロボット



水上ボート

光ケーブル
リール本体

繰り出し装置

ケーブル繰出し

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター(fuRo) <http://www.furo.org/>

千葉工業大学、東北大学、国際レスキューシステム研究機構プロジェクトチーム「Quinceによる福島原発対応」2011.6.8

IRIDの研究開発プロジェクト

除染・線量低減技術

<作業環境の確保>

R/B内の
遠隔除染技術

2016.3終了

燃料デブリ取り出し技術(5PJ)

<安定状態の確保>

④ PCV/RPV
耐震・影響
評価

⑤ 燃料デブリ
臨界管理
技術

<デブリ取り出し>

⑩ 燃料デブリ・
炉内構造物取出
工法・システム
高度化

⑪ 燃料デブリ・
炉内構造物取出
基盤技術
高度化

⑫ 燃料デブリ・
炉内構造物取出
サンプリング

⑬ 燃料デブリ
収納・移送
・保管技術

廃棄物
処理・処分
技術(1PJ)

⑭ 固体廃棄物の
処理・処分
技術

全15PJが進行中。
内9PJはロボット技術  が重要

補修・止水技術 (2PJ)

⑥ PCV
漏えい箇所の
補修技術

⑦ PCV
漏えい箇所の
補修技術の
実規模試験

内部調査・分析・評価技術

<直接的調査>(5PJ)

② PCV
内部調査

③ RPV
内部調査

⑮ PCV
内部調査
詳細化

<間接的調査>
① 総合的な
炉内状況
把握
の高度化

⑨ 燃料
デブリ
性状
把握

⑧ 小型
中性子
検出器

<略語>

R/B：原子炉建屋
PCV：原子炉格納容器
RPV：原子炉圧力容器

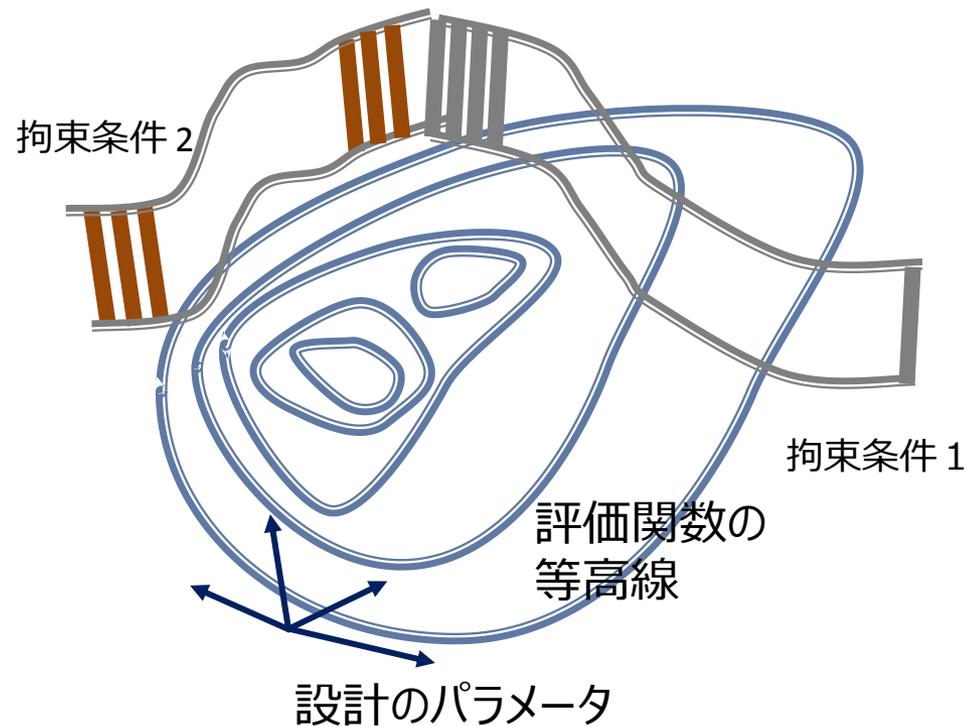
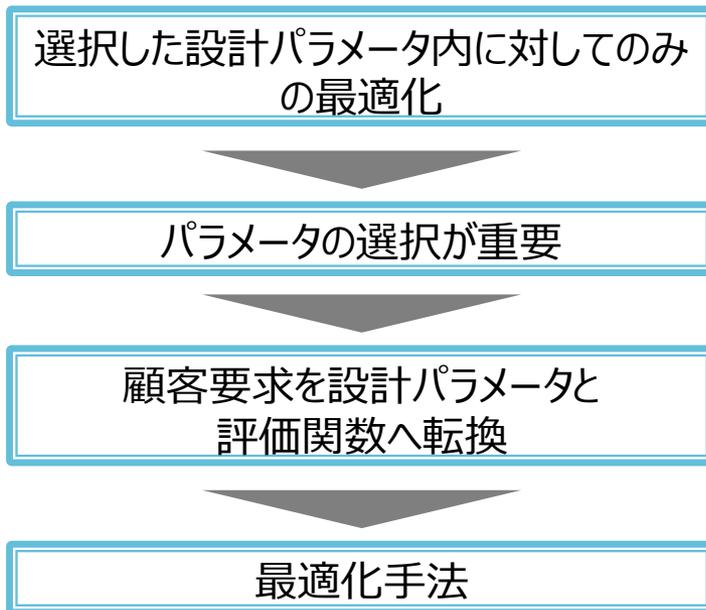
本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

工学的な設計

■ 工学的な設計 = 最適設計

- 設計対象の仕様の枠組みを決める = Domainを定める
- 設計目標を定める = 評価関数を定める
- その他の拘束条件を抽出する
- 最適化を図る

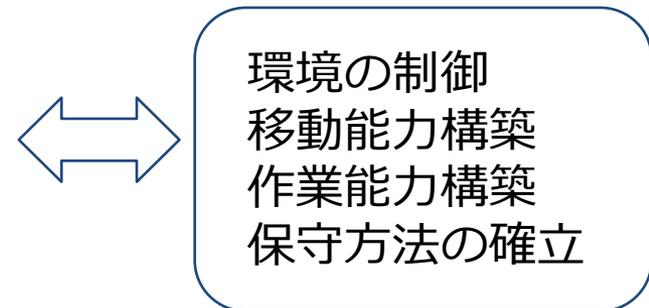
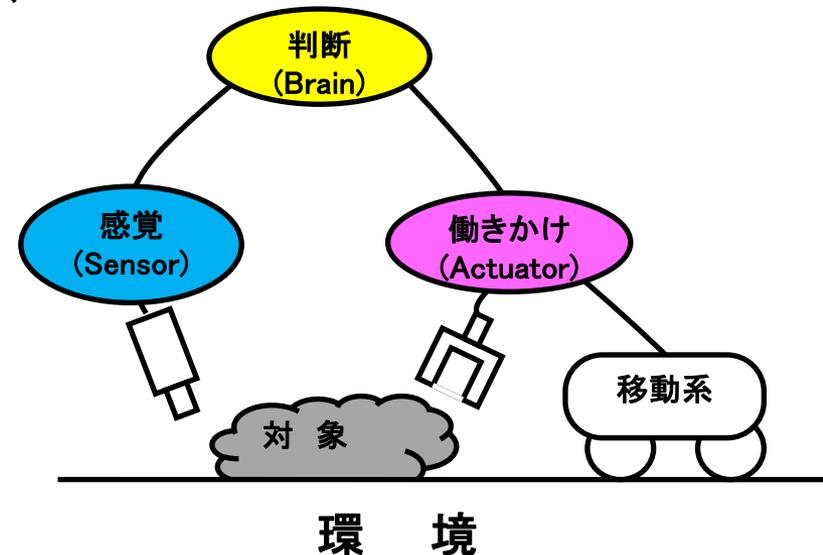


ロボットの設計(1)

- 環境：高放射線、高温多湿、塵埃
未知、特性不明、光なし&地図なし、
- 対象：物理特性不明、臨界、デブリの判別

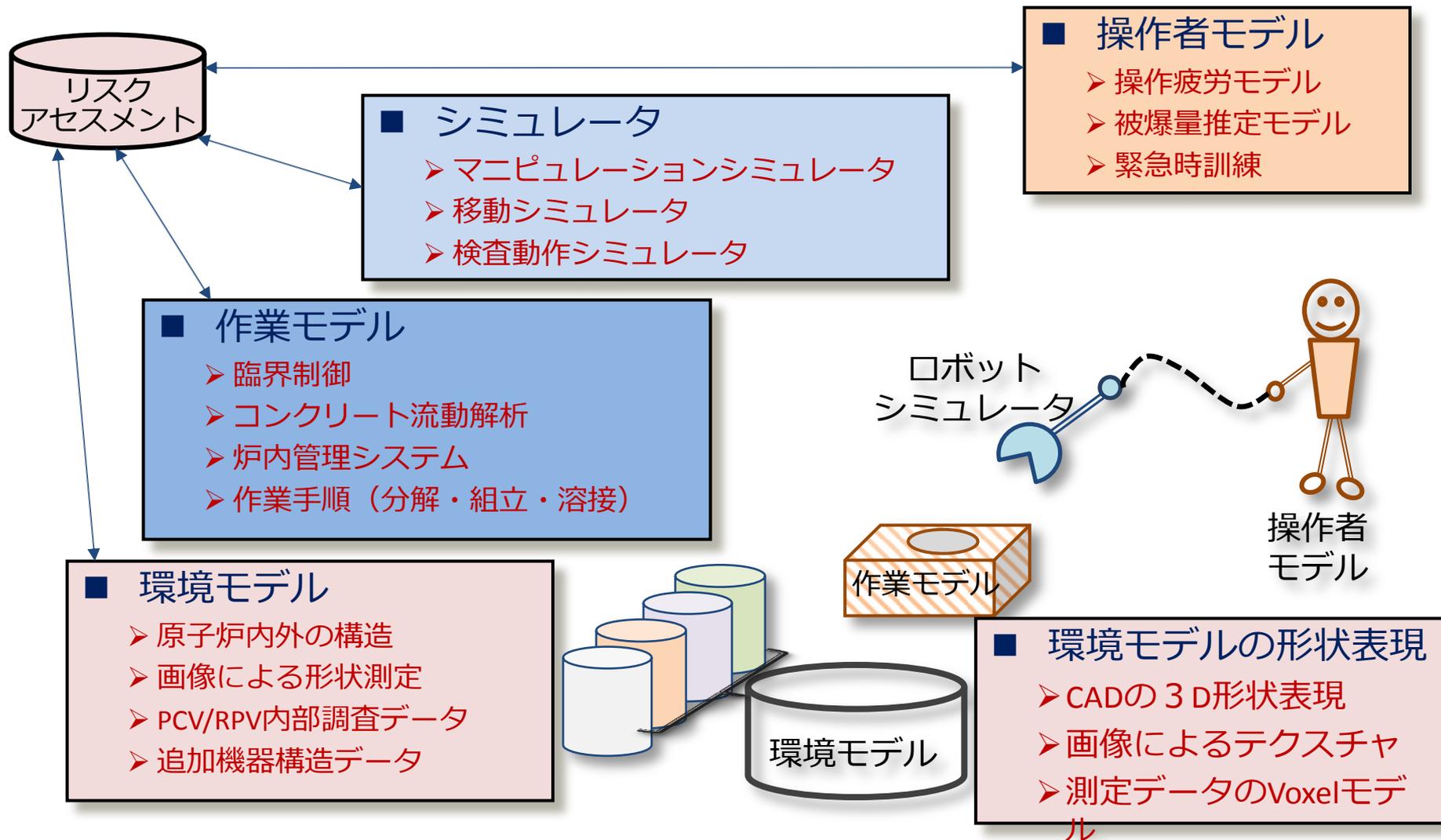
■ Sensor-Brain-Actuator+Mobilityの組合せ

- **Sensor: 電子機器の耐放性**
- **Brain: 人による判断**
 - 作業員訓練
 - 判断基準の構築
 - システムによる部分サポート
- **Actuator：作業依存で多数の機器**
 - 手先繰返し位置決め精度、固有振動数
 - 反力の受け、手先交換
- **Mobility：大型(40m程度)、水中&気中**
 - 高温多湿、塵埃環境
 - 大型・重量機器の制御性（必要時間、速度）
 - 保守のための出入り



ロボットの設計(2)

モデル化とシミュレータ



設計上の課題

★ 開発上の課題

- 大型機器ゆえ、長期の開発期間
- 原子力関連の安全管理
- 有限な開発期間

内部調査と作業実績で積み重ね

- 調査結果をデータベースとして構築
- 設計経験の集積
- シミュレーション技術の確保

目標を絞り込み、状況を多様に想定

- 想定状況を広げて、複数設計候補を検討
- 専門家によるデザイン・レビュー(既に120回)
- プロジェクト間の連携を強化、基礎技術を抽出して検討
- 手戻りがあった場合に、迅速に対応できる体制
- リスクアセスメントの強化

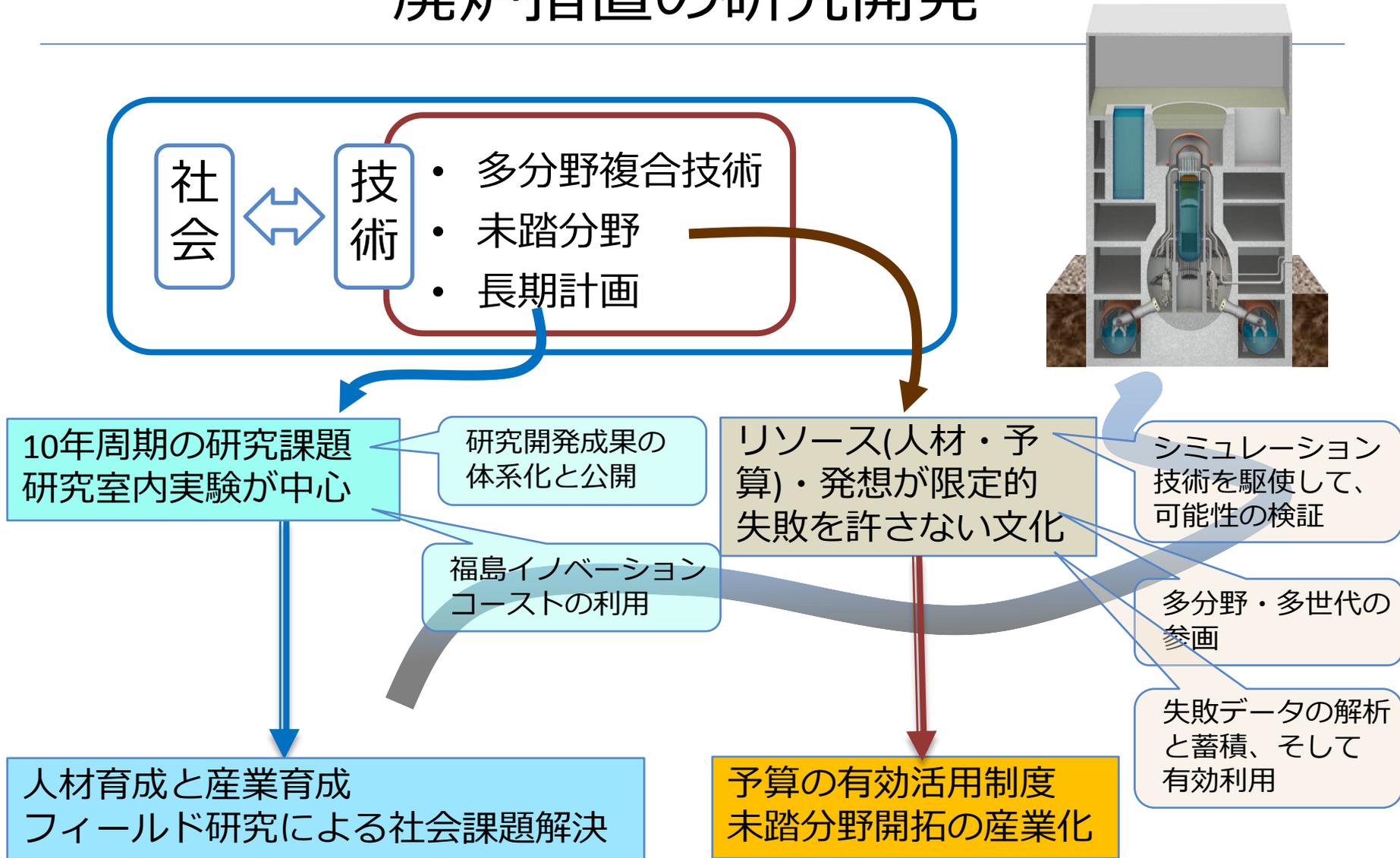
設計仕様が不確定

- 内部状態が不明で、状態を想定、作業を想定
- 測定対象の特性が不明。センサの選択が困難
- 炉内部の物質を外部に持ち出しにくい
- 調査段階では、超小型機器が必要

本日の構成

- 廃炉作業とは
- 廃炉用ロボットとは
 - 福島第一で使用されたロボット
 - PCV内部での調査用ロボット
 - デブリ取出し作業用ロボット
- 廃炉用ロボットの課題
 - 高線量率環境での作業
 - 設計上の課題
- 研究者に何を期待するか

廃炉措置の研究開発



君に何を期待するか

■ 学生として、社会人として、

- 福島第1の状況を科学的に理解すること
- 技術の適用、失敗、そしてその後の対応を深く考えること
- 社会の技術としての科学技術を広範に眺める力を持つこと

■ 多分野複合技術の研究者として

- 自分の分野を他の分野から眺める経験を積むこと
- コミュニケーション能力を高める努力を常に継続すること
- 社会科学的視点を理解すること

■ 研究プロジェクトリーダーとして、

- 未踏分野の技術成功率は低いことを理解すること
- 失敗例を的確な情報として残すこと
- 部分最適化を避け、全体最適化を図ること

廃炉は世代をまたいだ長期事業
理解し、記憶し、手助けしよう

国際廃炉研究開発機構への
ご支援をお願いします。

新井 民夫

tamio-arai@irid.or.jp