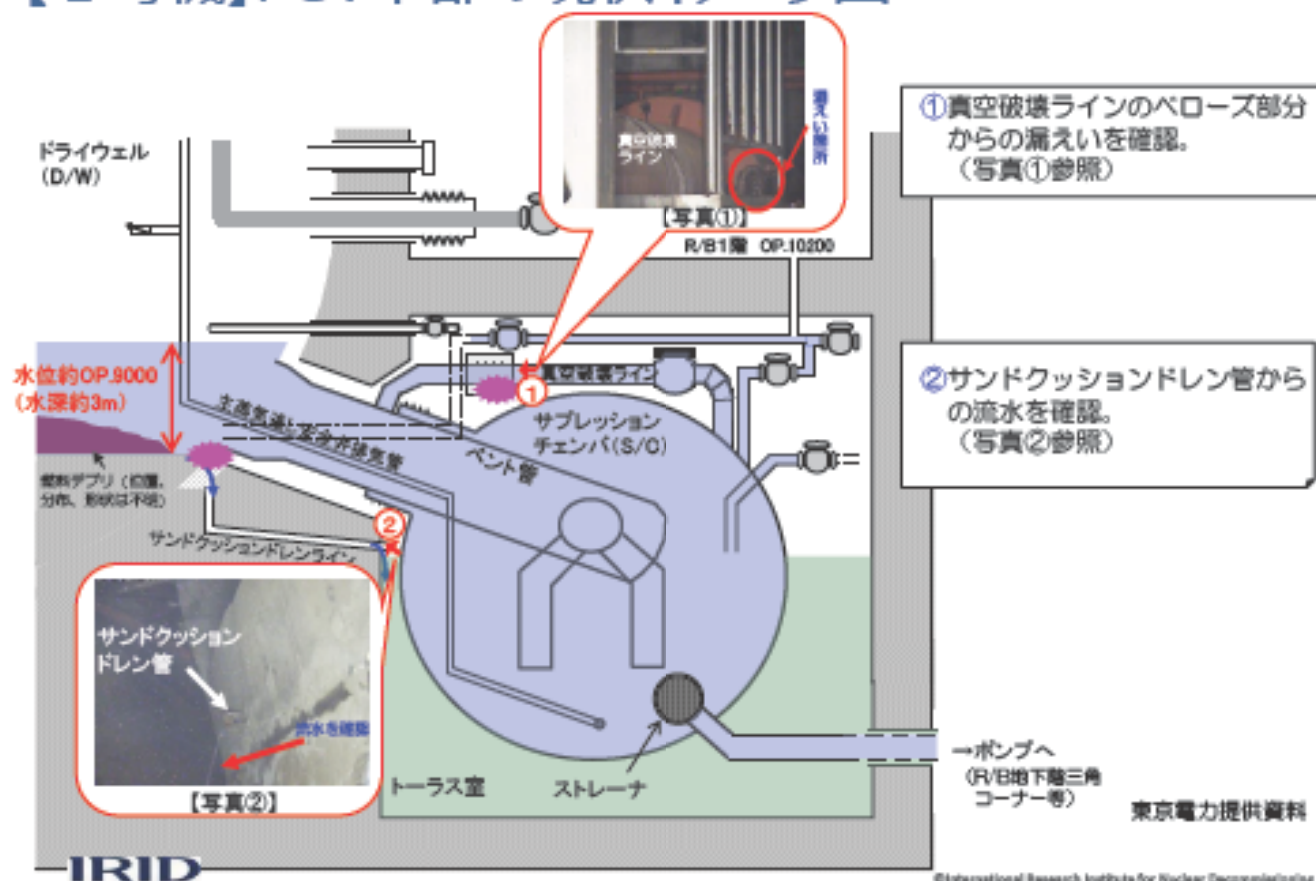
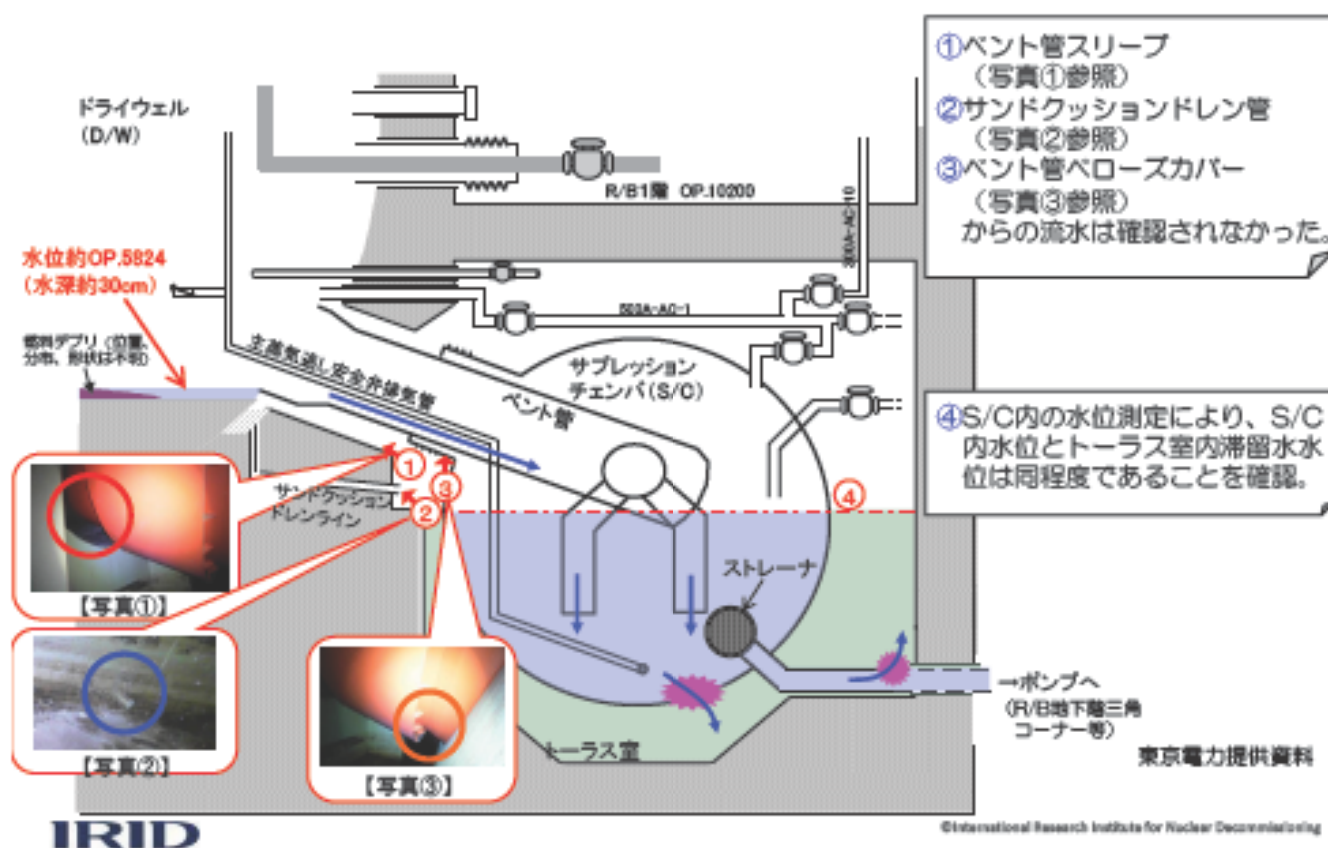


【1号機】PCV下部の現状イメージ図

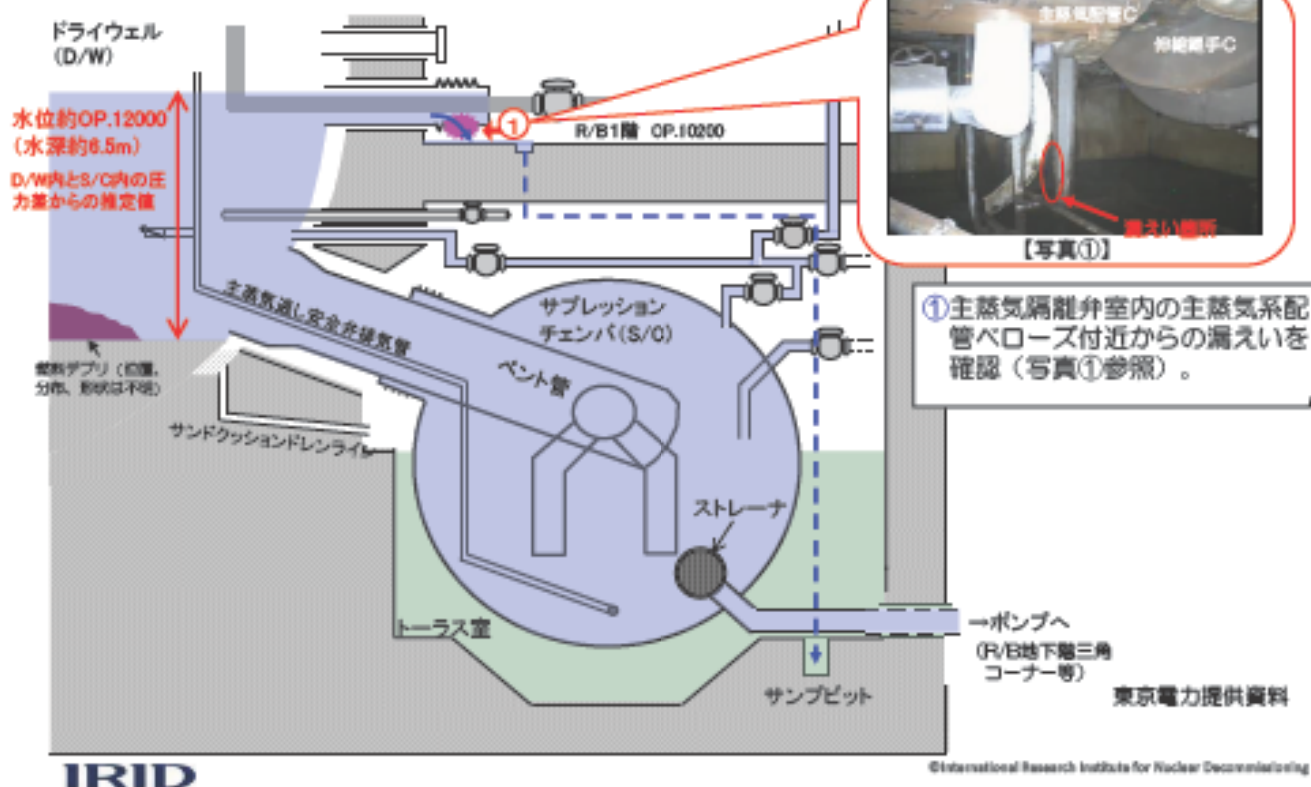


【2号機】PCV下部の現状イメージ図



【3号機】PCV下部の現状イメージ図

37

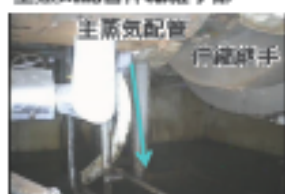


格納容器補修・止水技術の開発

38

漏水の確認

主蒸気配管伸縮継手部



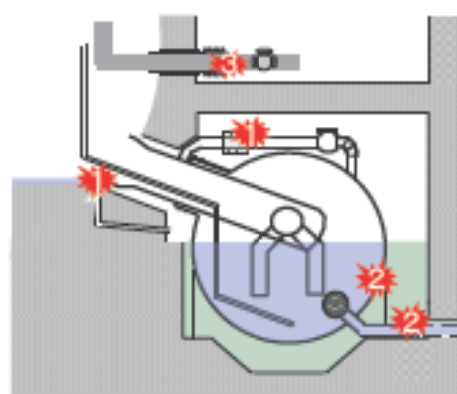
真空破壊ライン伸縮継手カバー部



サンドクッション・ドレン管



漏水箇所



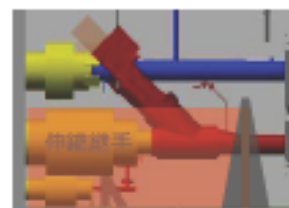
ベント管内へ止水材を充填する「止水工法」基礎試験



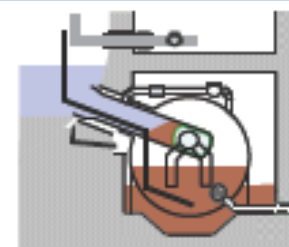
D/W外側開放部補修工法



D/W外側狭隙部補修工法



PCV下部補修工法



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

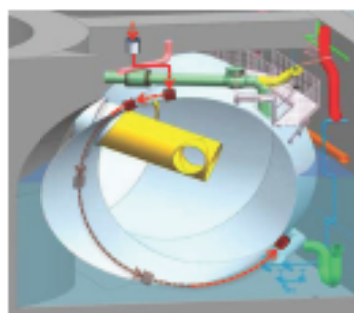
格納容器補修・止水技術のモックアップ試験

39

遠隔操作機器・装置の
開発・実証のための施設

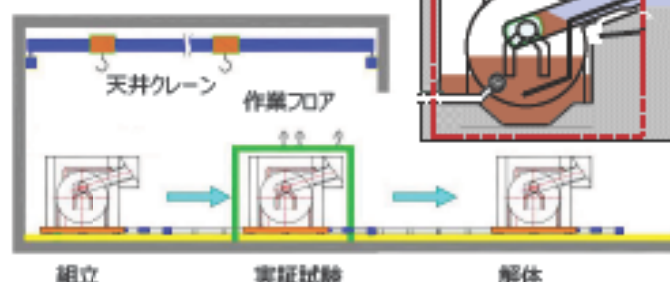
実際の現場サイト内において機器・装置の適用性を試行錯誤しながら確認
することを避け、機器・装置の実証を繰り返し試験できる環境が必要

S/C下部調査装置



PCV下部補修工法

格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の実規模試験



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

原子炉格納容器 (PCV) 内部調査

40

PCV内部調査ロボットの開発

- 約φ100mmのガイドパイプを通るスリム形状と、PCV内での安定した走行能力の両立
- 過酷環境（高放射線量、暗闇、蒸気雰囲気等）における運用と、「映像」「温度」「線量率」情報の収集

形状変化型ロボット



配管通過時

形状変化

φ115mmのペネトレーションからPCV内へ進入



カメラ&照明



温度計

カメラ

クローラ

耐放射線要件 100Gy/h 1KGy累積

サソリロボット



カメラ&照明

カメラ

クローラ

CRD*レールからベデスタル内部へ進入

起き上がり機構



*CRD：制御棒 駆動機構

CRD*レールからベデスタル内部へ進入

CRD*レールからベデスタル内部へ進入

CRD*レールからベデスタル内部へ進入



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

原子炉圧力容器（RPV）内部調査

内部調査の目的

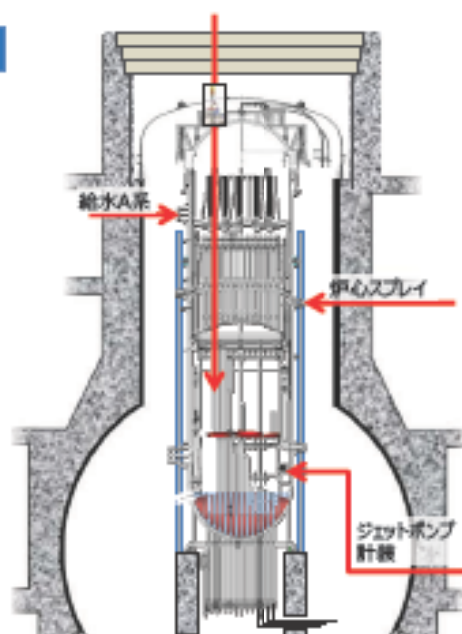
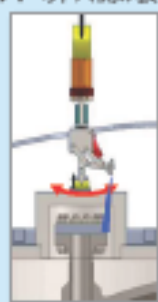
RPV内部の燃料デブリの位置、炉内構造物の損傷状態、RPV内の温度、線量等を取得する

- 調査対象部位までのアクセス方法、調査方法、及びサンプリング方法を検討する

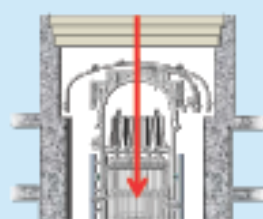
アクセス方法の検討

- 線量、遮へい体の設置性
- 調査装置の接近性
- 観察性を考慮

- 上部穴あけアクセス
RPVヘッド穴開け装置



- 原子炉開放後アクセス



- 系統配管アクセス

電動式走行装置 走行〔水平・垂直
エルボ・異形管〕
把持〔位置・姿勢保持〕
分岐〔T字分岐通過〕
方向制御



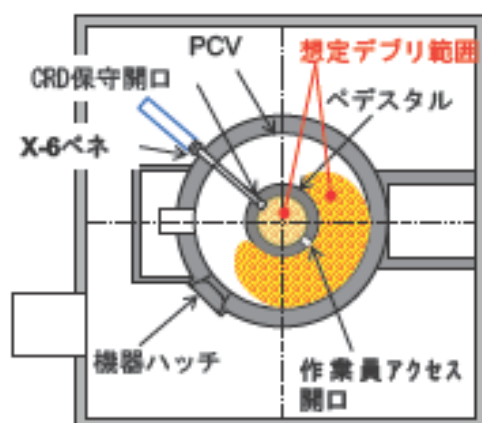
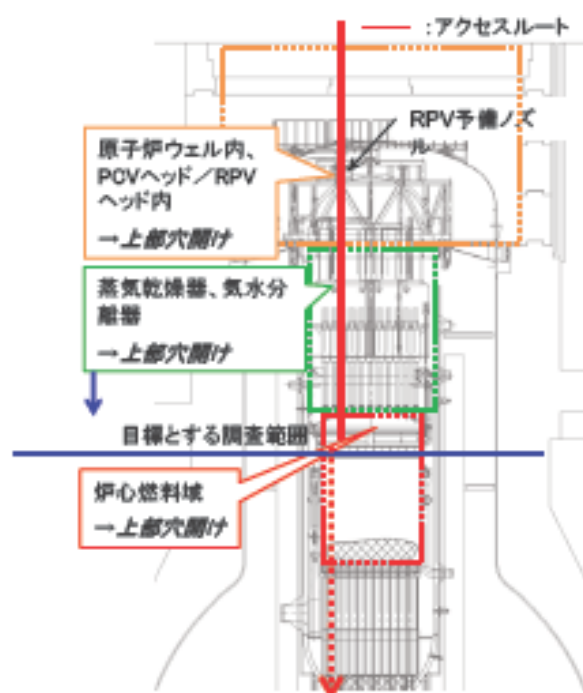
IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

RPV内部調査方法・技術開発の方針

① RPV内部調査

② 燃料デブリサンプリング



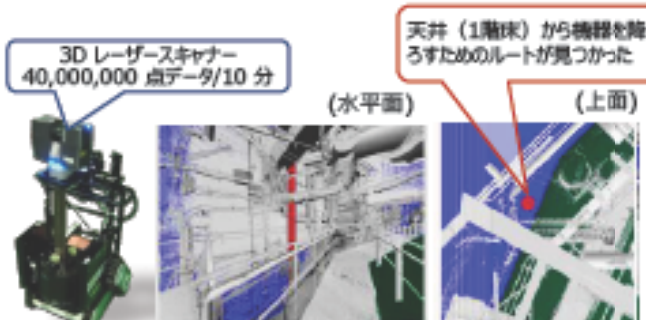
原子炉建屋(地下階/PCV底部)

IRID

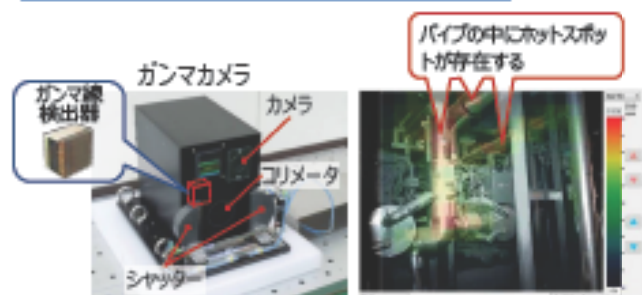
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

可視化技術

原子炉建屋内部状況の3D画像化

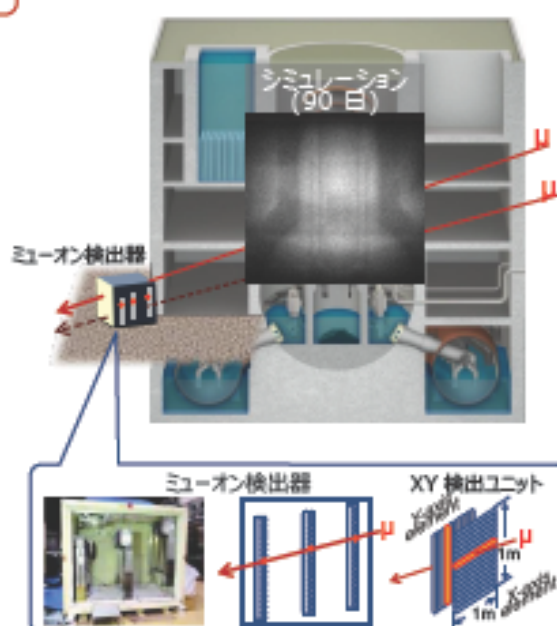


空間放射線量の可視化



圧力容器内の燃料デブリの可視化

原子炉内燃料デブリ検知技術の開発

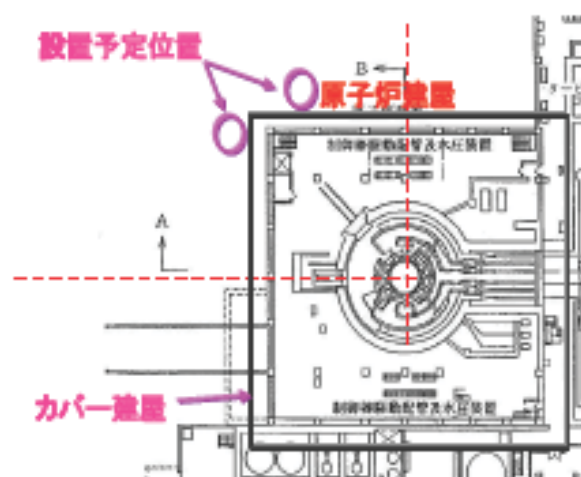


IRID

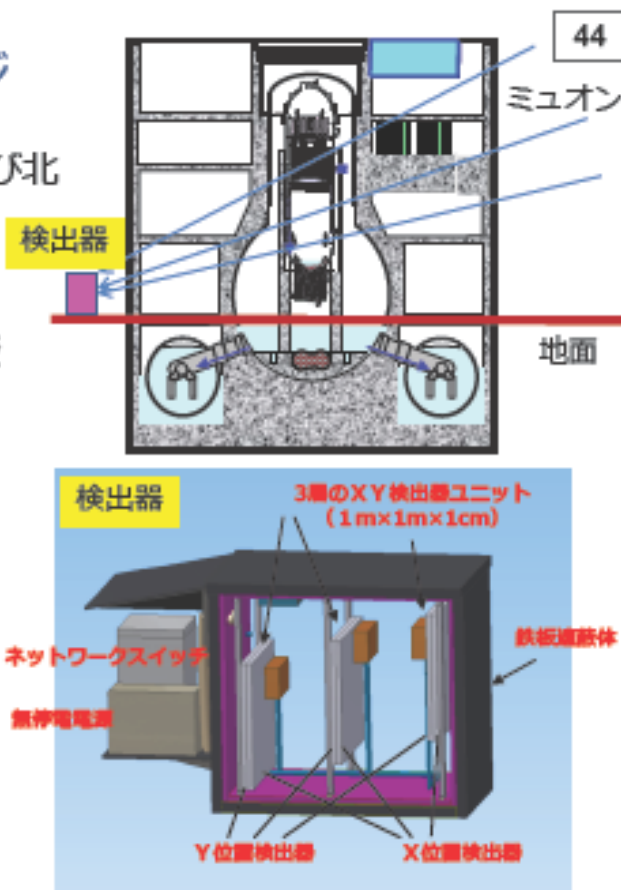
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

ミュオン透過法の設置イメージ

- 検出器は1F-1原子炉建屋の北側及び北西コーナーに設置（1月下旬）
- 測定は2月～5月に実施
- 建屋前検出器は10cm厚鉄板で遮蔽



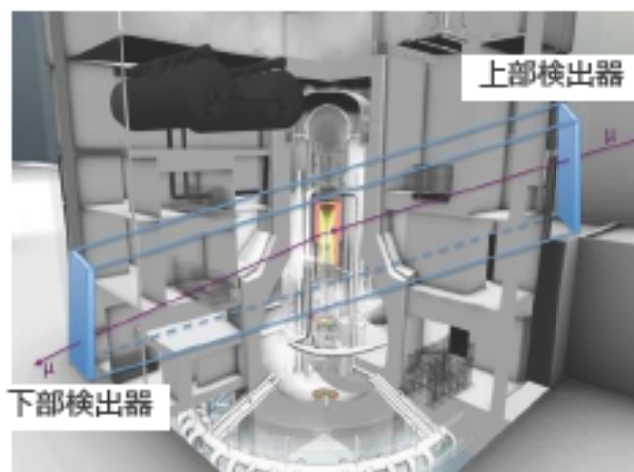
IRID



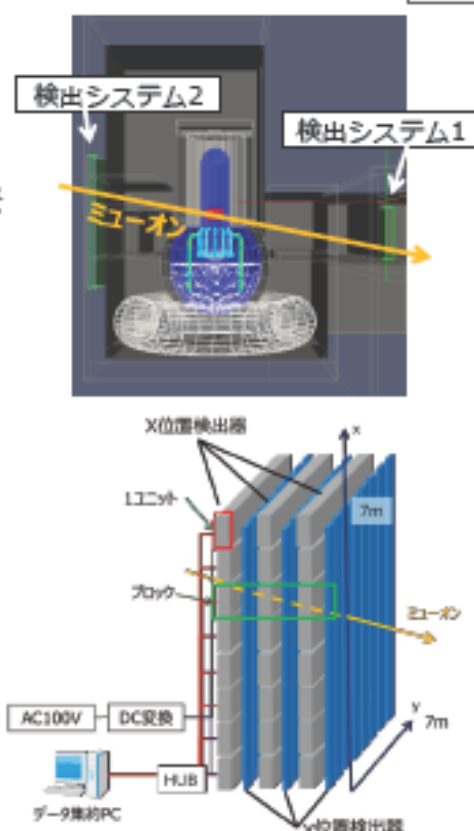
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

ミュオン散乱法の設置イメージ

- ◆ 検出器設置位置：2号機建屋前とタービン建屋2F（オペフロ）
- ◆ 遮蔽体とアルゴリズムによるバックグラウンド除去
- ◆ 建屋前検出器は8cm厚鉄板で遮蔽
- ◆ タービン建屋2Fは線量が低いため、遮蔽体なし



IRID



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

炉内状況把握・解析

解析技術に対する要求

燃料デブリの取り出し、および安全対策の立案には、炉内状況を推定・把握することが不可欠

- 高線量下にある損傷炉心の直接的な観察は困難
- 事故進展解析技術は、事故進展の概要把握は可能だが結果に不確実性大きく、これだけで燃料デブリの存在場所・形態、圧力容器の損傷程度等を推定するのは困難

⇒事故進展解析技術の高度化を図り、炉内状況の推定・把握を継続的に実施する必要がある

事故進展の解析例

原子炉への注水量低下に伴い、原子炉水位が低下し、炉心温度が上昇して、燃料が溶融した(3号機)



IRID

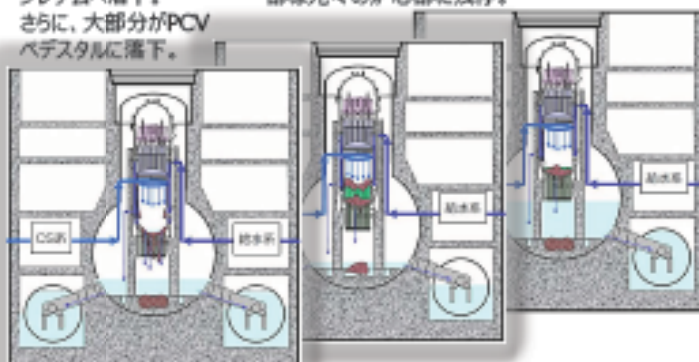
燃料デブリの炉内位置推定

1号機

ほぼ全量がRPV下部プレナムへ落下。さらに、大部分がPCVベDESTALへ落下。

2号機、3号機

一部はRPV下部プレナムまたはPCVベDESTALへ落下。一部は元々の炉心部に残存。



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

過酷事故進展解析技術

47

過酷事故進展解析コード

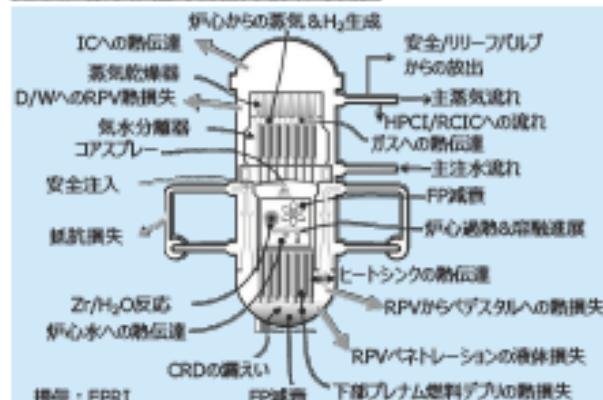
MAAP (Modular Accident Analysis Program)

- 試験結果等に基づく相関式を採用した「簡易モデル」により構成、高速計算可能
- 不確かさの大きな現象を対象としたパラメトリック解析が可能

SAMPSON (Severe Accident analysis code with Mechanistic, Parallelized Simulations Oriented towards Nuclear fields)

- 可能な限り物理・化学現象を精緻に記述した「機理的モデル」及び理論式を採用
- 空間的に分布が生じる現象について、多次元解析が可能

MAAP 原子炉圧力容器内モデルの概要



IRID

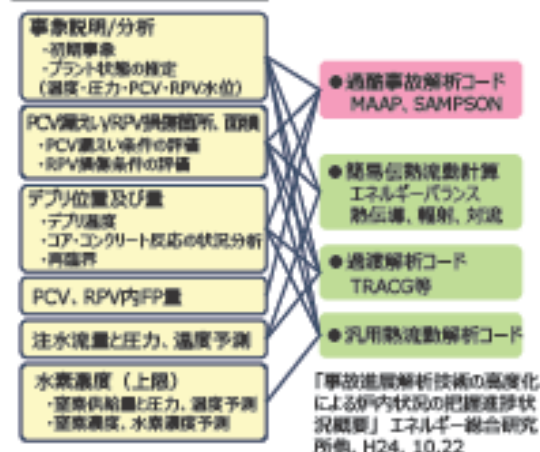
東京電力：プラント状況実測、遠隔可視化

過酷事故解析コードを活用した炉内状況把握

- 解析コード改良と実機事故解析
・MAAP / SAMPSON
- 熱流動解析等による個別事象評価
- 国際連携：OECD/NEA ベンチマーク解析 (BSAF)

IAEA：モックアップ試験（海水熱伝達試験など）

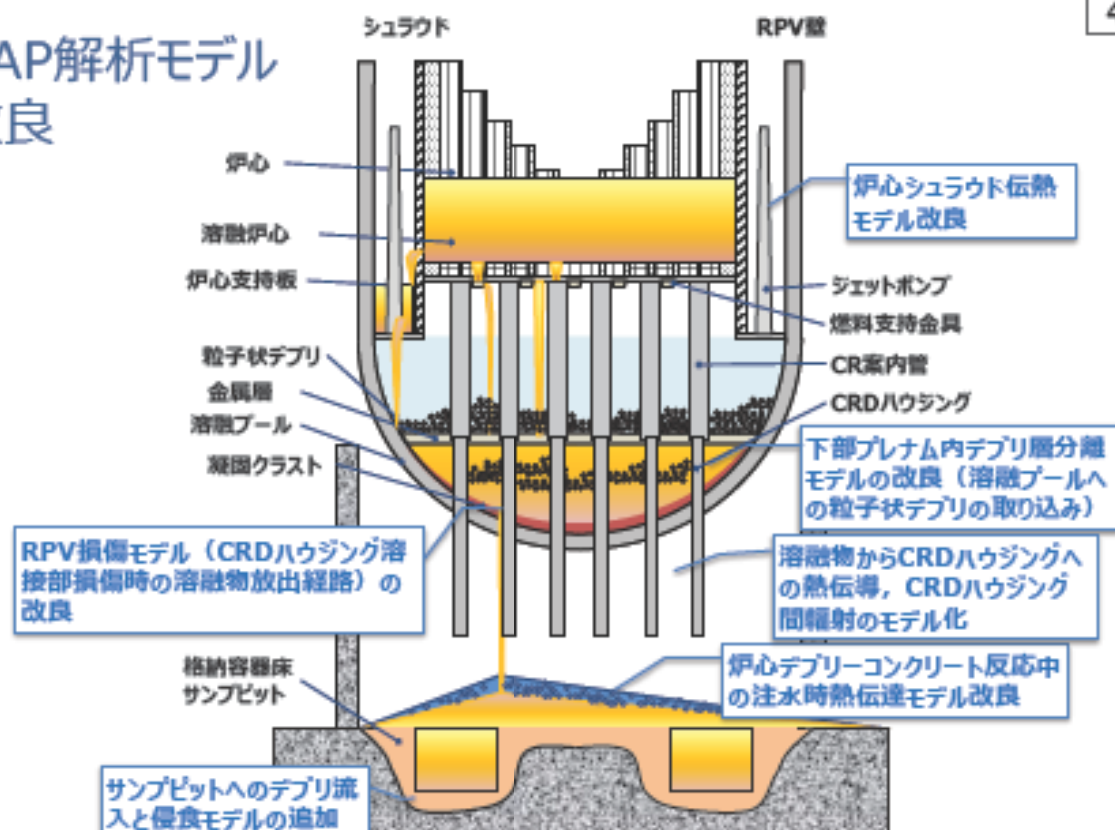
解析項目と解析コードの関係



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

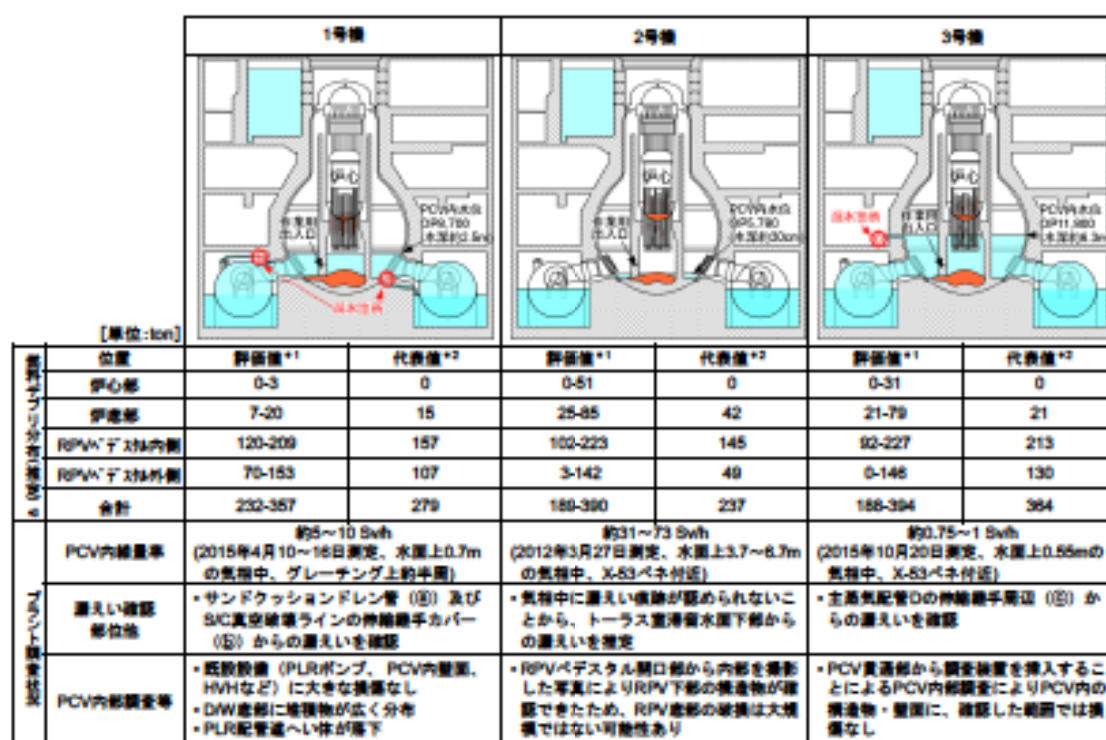
MAAP解析モデルの改良

48



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning



*1:評価結果の範囲を示す。

*2:複数の解析結果等を踏まえて推定した現時点における最も確からしい値を示す。

*3:燃料デブリの質量は、燃料+溶融・凝固した構造材（コンクリート成分を含む）の質量を示す。

燃料デブリ分布：IRD提供資料を基に作成
プラント調査状況：東京電力提供資料を基に作成

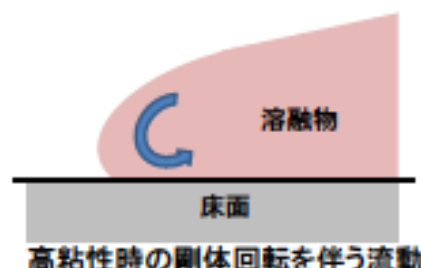
「戦略プラン2016」NDF

燃料デブリ流動挙動の理解

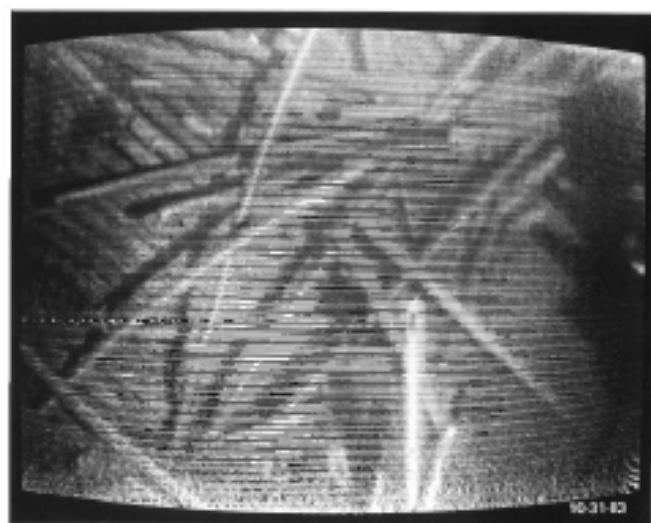
- 鉄冶金における溶融金属シミュレーション技術
- 粒子法によるシミュレーション
- ✓ 構造物や再凝固物と溶融物との複雑連成解析
- ✓ 流動しながら混合・再凝固する過程の解析
- ✓ 炉心溶融物と構造物との相互作用（動粘性等）



チェルノブイリ象の足



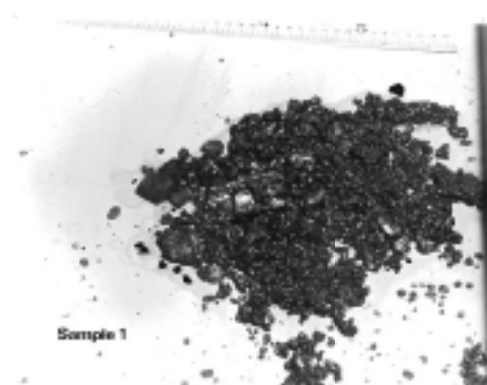
Damage Examples



Once Molten Mass in the Core Region

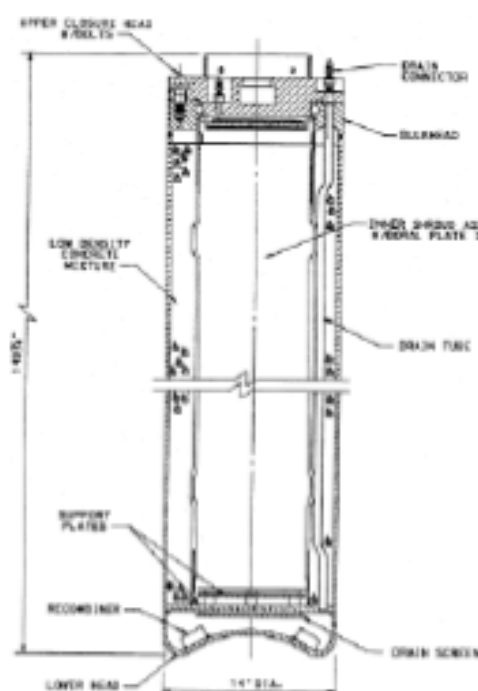
Chuck Negin, "Three Mile Island Unit 2 Recovery and Cleanup"

Fuel Debris

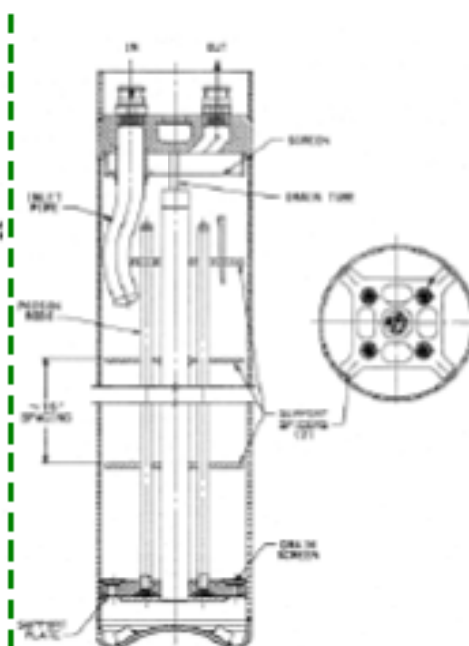


Chuck Negin, "Three Mile Island Unit 2 Recovery and Cleanup"

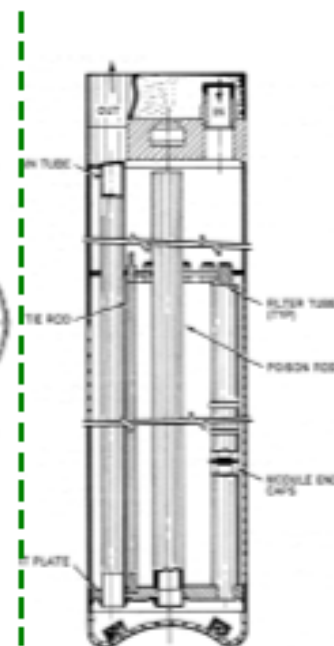
Three Canister Design – 341 Shipped



271 Fuel & Debris Canisters



**10 Knockout Canisters
(for vacuum tools)**



**60 Filter Canisters
(water processing)**

Chuck Negin, "Three Mile Island Unit 2 Recovery and Cleanup"

Fuel Removal Tools and Equipment

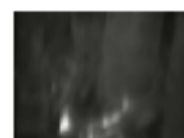
- Some Manual Tools



- Powered Equipment
 - Core Boring Machine
 - Plasma Arc
 - Power Assisted shears
 - Bulk Removal
 - Water Vacuum and Air Lift



12s Air Lift



20s Plasma Arc

Chuck Negin, "Three Mile Island Unit 2 Recovery and Cleanup"