

# 燃料デブリ取り出し代替工法についての 情報提供依頼（RFI）

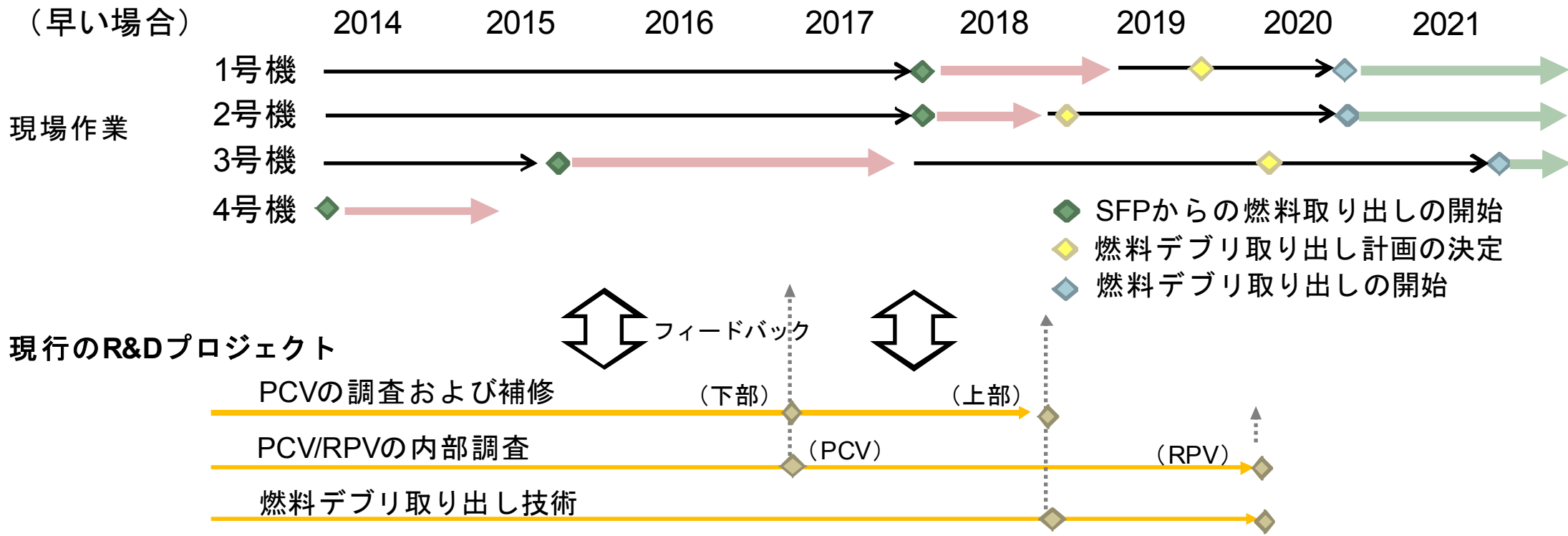
「情報提供依頼」項目

2013年12月17日

国際廃炉研究開発機構

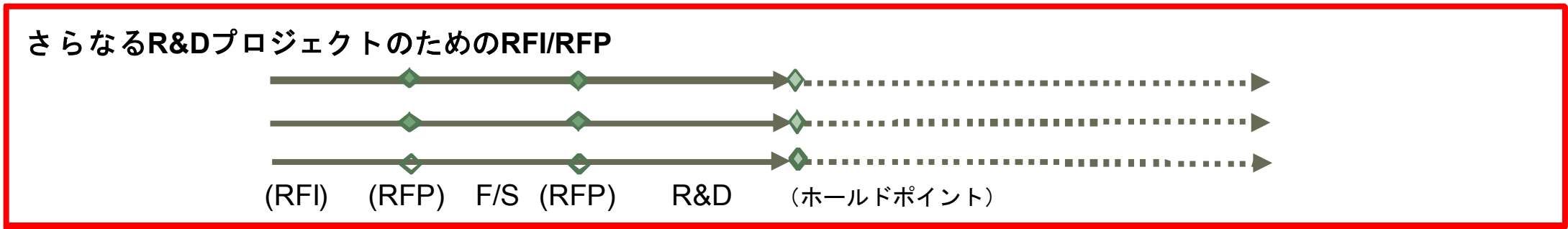
（プラント情報等の一部内容は、東電ホームページより引用）

# 中長期ロードマップとR&Dプログラム



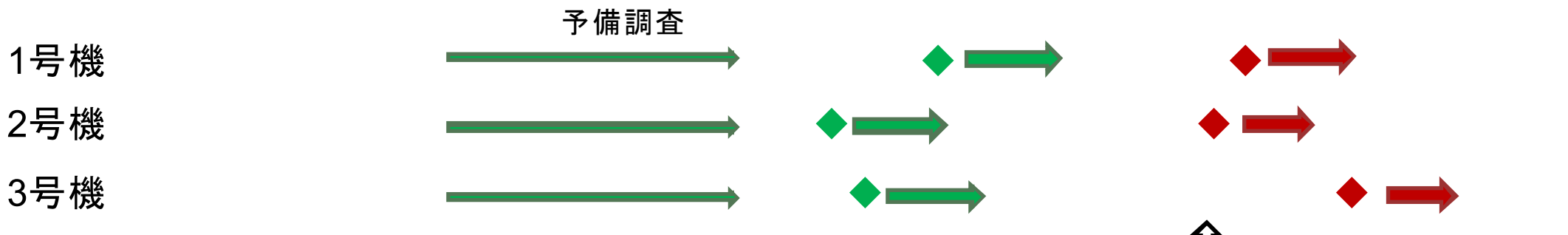
燃料デブリ取り出し代替工法に関する東京電力によるF/S

→



# PCV/RPV内部調査に係るロードマップとR&Dプログラム

ロードマップ 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021



## 現行のR&Dプロジェクト

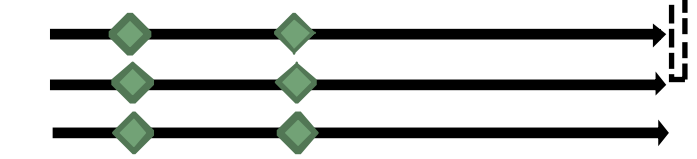
PCVの内部調査



RPVの内部調査



## さらなるR&DプロジェクトのためのRFI/RFP



RFI F/S R&D

適宜現行プロジェクトとの統合または個別実施のために評価

◆ : RFP

## トピックA：PCV/RPVの内部調査

A-1：PCV/RPV内部調査の代替工法の概念検討

A-2：PCV/RPV内部調査のために必要とされる技術

## トピックB：PCV/RPVからの燃料デブリ取り出し

B-1：燃料デブリ取り出し代替工法の概念検討

B-2：燃料デブリ取り出しのために必要とされる技術

求められる情報について論じる前に：

- 確認できている事実、及び研究開発の成果でも依然として得られていない情報は何か？
- 更なるR&Dプロジェクトを計画する際の課題は何か？

# 確認された現状およびまだ得られていない情報

- PCV内部の状態（温度、水位、放射線量）
- 炉心の冷却状態および臨界の可能性
- 過酷事故計算コードによる解析に基づく炉心状態の推定  
→ **トピックA：PCV/RPVの内部調査**
  
- PCV下部周辺の漏洩状態（1号機）
- PCV下部周辺の漏洩状態（2号機）
- PCVペネトレーションにおける損傷の評価  
→ **トピックB：PCV/RPVからの燃料デブリ取り出し**

# PCV内部の状態（温度、水位、放射線量）

## 確認されている状況

- 温度計および線量計がPCVに挿入され、1号機および2号機では関連するデータが連続的に測定されている。

## まだ得られていない情報(例)

- 3号機におけるPCV内部の状態に関する情報
- 各号機のRPV内部の状態に関する情報

### PCV内部温度の調査結果

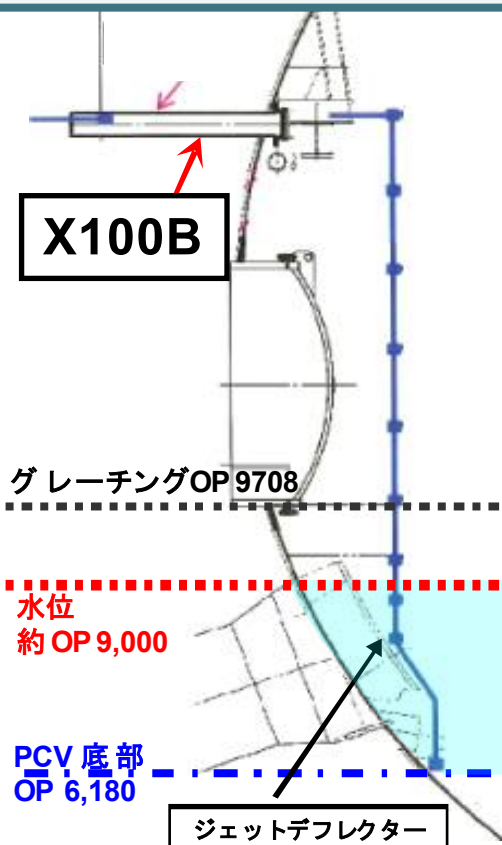
雰囲気： **34.1~35.1 °C**  
水中： **37.0~37.4 °C**

### PCV内部線量の調査結果

雰囲気： **4.7~11.1 Sv/h**  
水中： **0.5 Sv/h**

### PCV内部水位の調査結果

PCVの底部から約**280cm**  
(約 OP. 9,000)



(1号機)

### PCV内部温度の調査結果

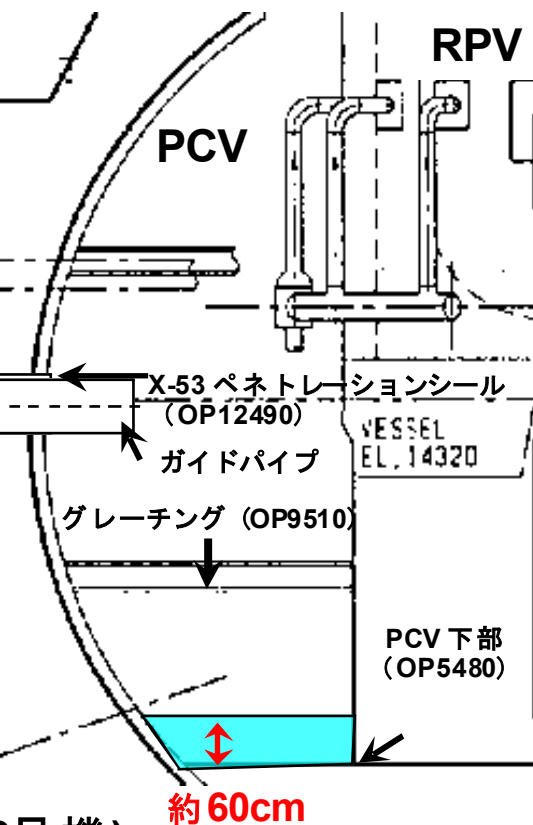
雰囲気： **42.8-44.9 °C**  
水中： **48.5-50.0 °C**

### PCV内部線量の調査結果

雰囲気： **31.1-72.9 Sv/h**

### PCV内部水位の調査結果

PCVの底部から約**60cm**  
(約 OP.6,080)



(2号機)

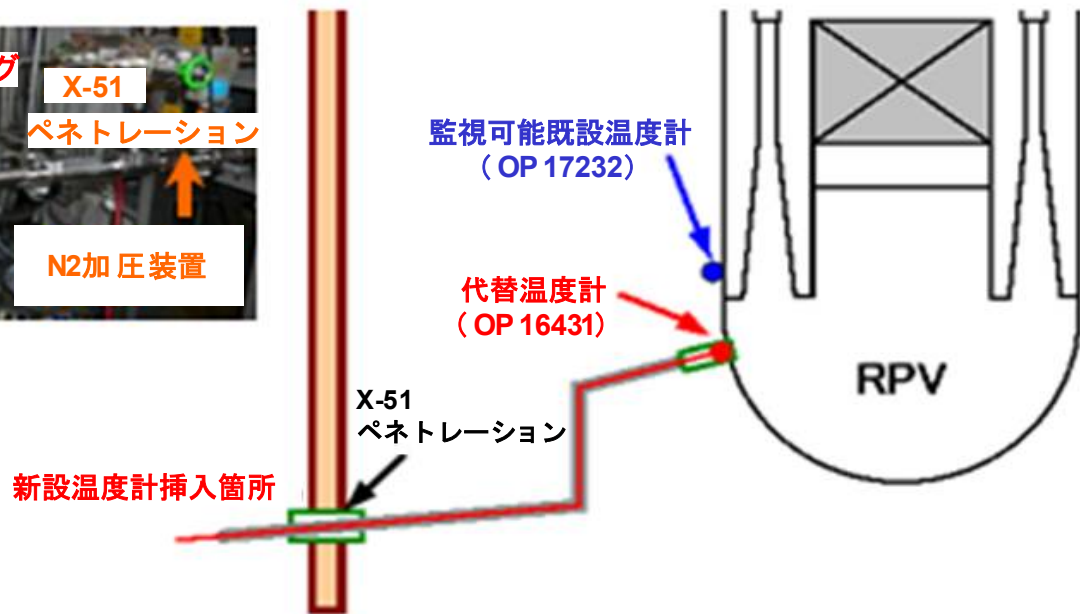
# 炉心の冷却状態および再臨界の可能性

## 確認されている状況

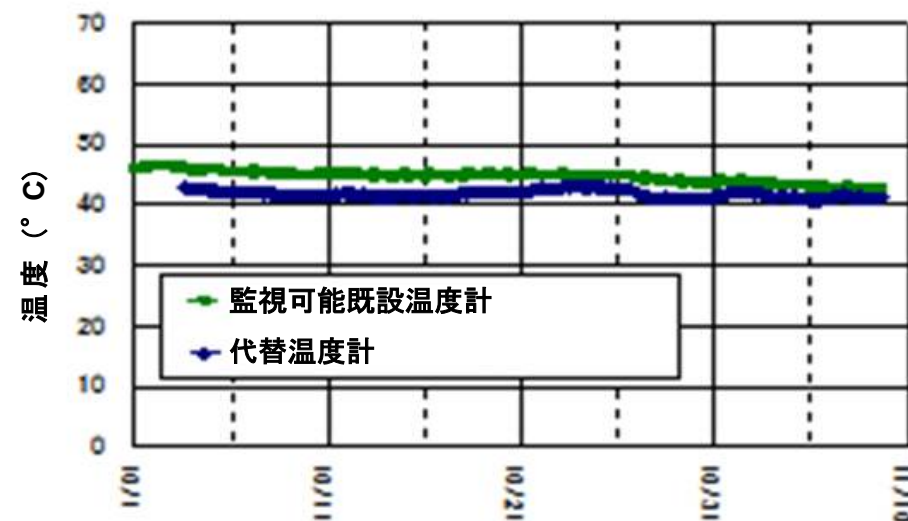
- 炉心(炉内)は注水によって連続的に冷却されており、低温状態（約40℃）が維持されている。
- 温度および希ガスのモニタリングにより未臨界状態であることが確認されている。

## まだ得られていない情報(例)

- 注水流量を減らした場合に冷却状態はどのように維持されるか。
- 燃料デブリを取り出す際の再臨界の可能性



温度計の設置



監視可能既設温度計および代替温度計の指示値の推移

# 過酷事故計算コードによる解析に基づく炉心状態の推定

## 解析結果に基づく推定

### ➤ PCV底部に落下した燃料デブリの重量割合

まだ得られていない情報(例)

➤ 現在の事故解析には不確定性があるため、デブリの詳しい位置、硬度および拡がりはまだ解析されていない。

当初の炉内UO<sub>2</sub>の重量

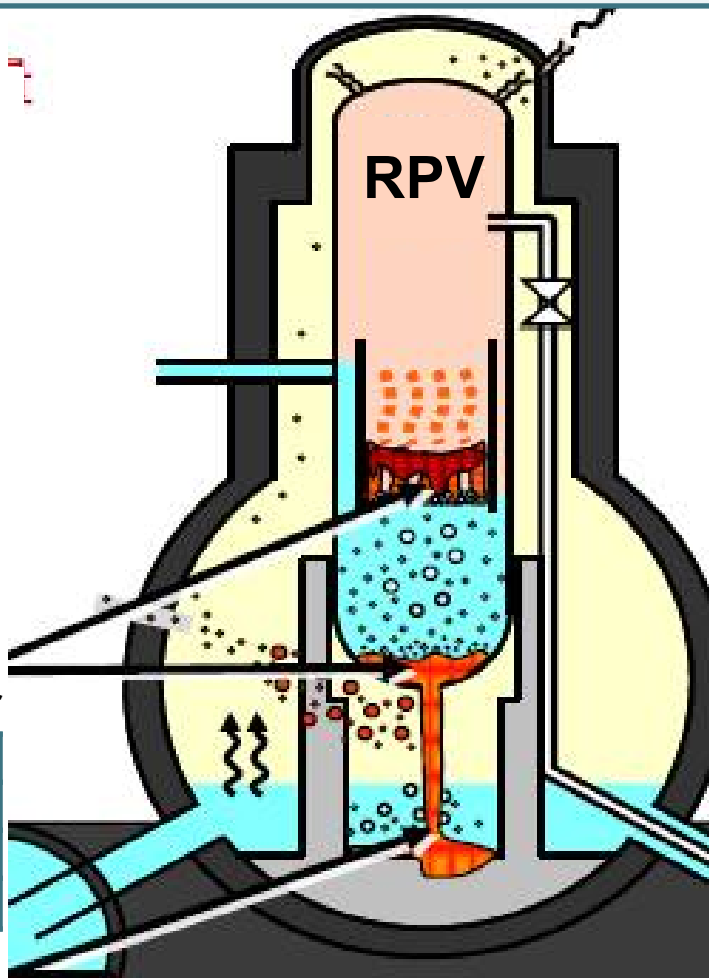
1号機	77t
2号機	107t
3号機	107t

RPVに残存するUO<sub>2</sub>の重量割合

	TEPCO	JAEA
1号機	0%	0%
2号機	43%	30%
3号機	37%	36%

RPVから落下したUO<sub>2</sub>の重量割合

	TEPCO	JAEA
Unit 1	100%	100%
Unit 2	57%	70%
Unit 3	63%	64%



東京電力による評価：  
MAAP（2011年5月）

JAEAによる評価：  
MELCOR



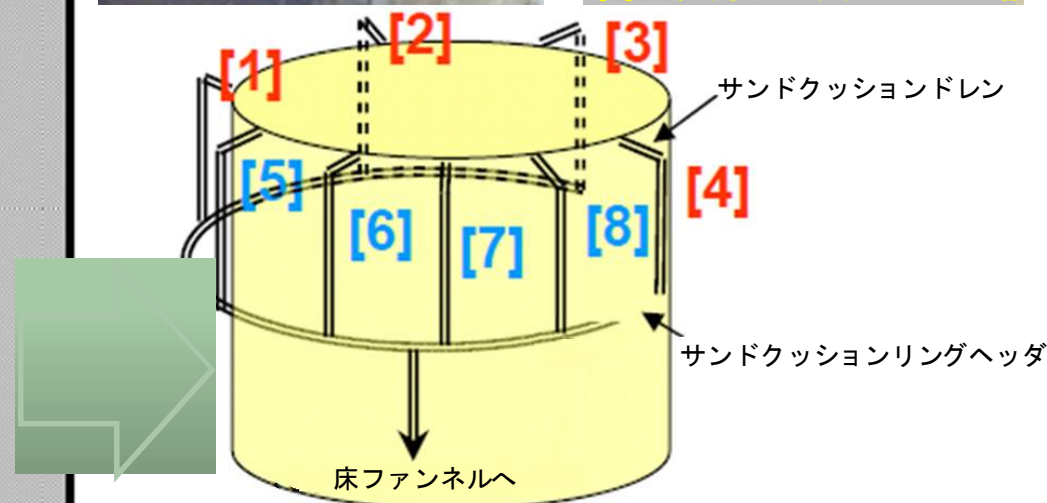
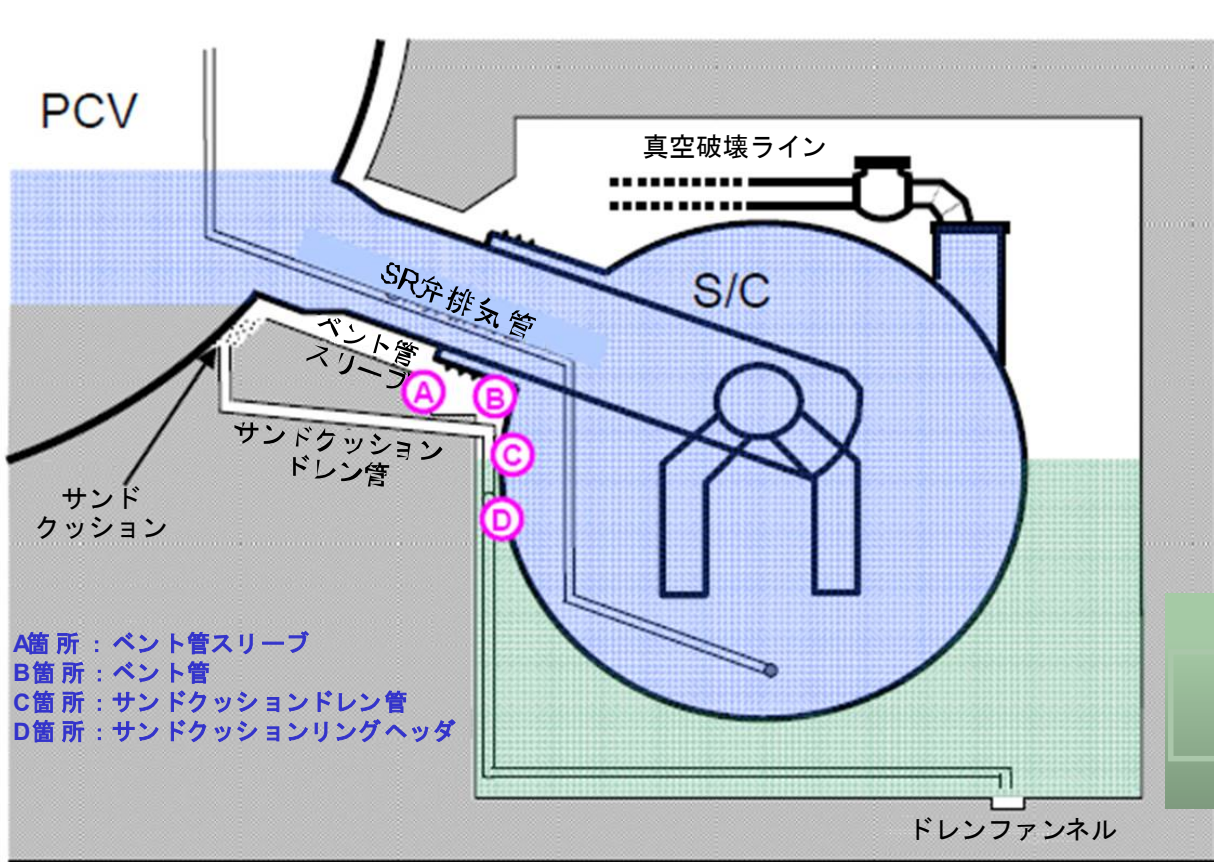
# PCV下部周辺の漏洩状態（1号機）

## 確認されている状況

- ボートに搭載されたカメラにより、1号機のサンドクッションドレン管およびS/C壁において漏洩が確認されている。

## まだ得られていない情報(例)

- 損傷箇所および他の漏洩の存在は確認されていない。



# PCV下部周辺の漏洩状態 (2号機)

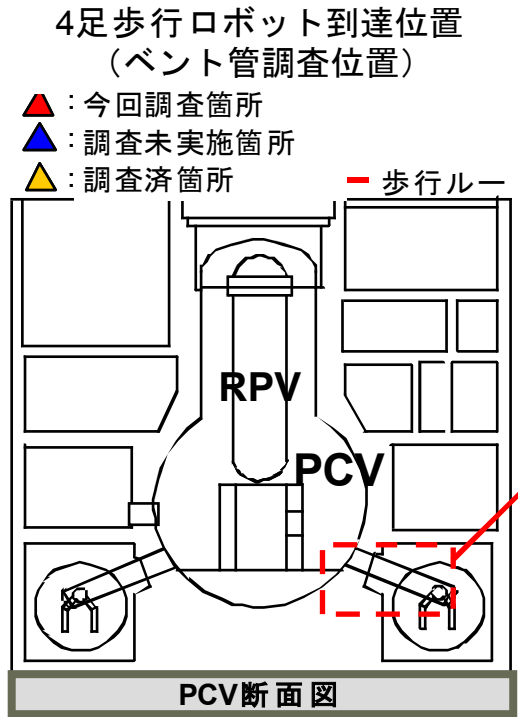
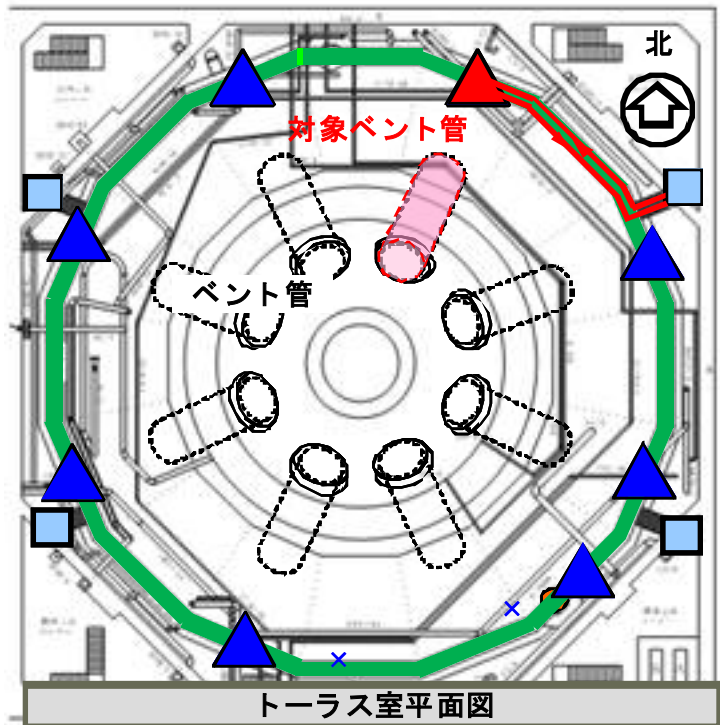
**確認されている状況**

- 漏洩の可能性があり、炉内に注入された水がトーラス室底部に溜まっている。

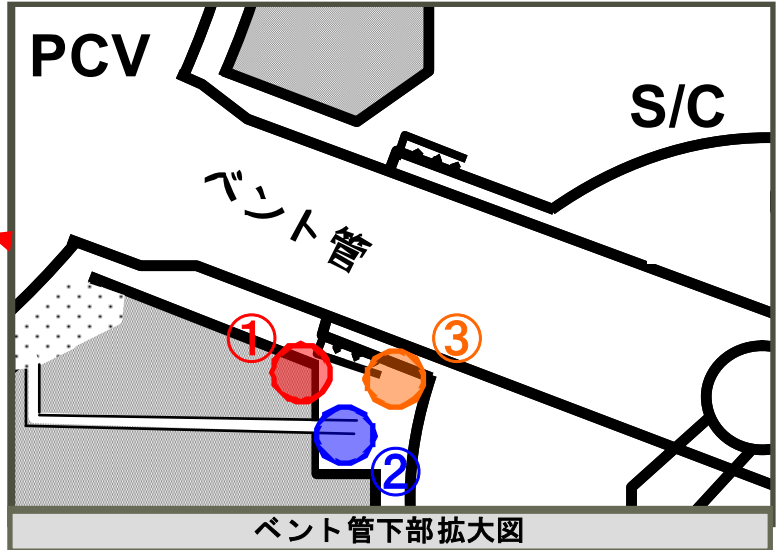
**まだ得られていない情報(例)**

- 2号機では漏洩箇所が確認されていない。

**\*3号機はまだ調査されていない。**



実施日 : 2012年12月11日  
調査対象 : 左図参照



# PCVペネトレーションの損傷評価

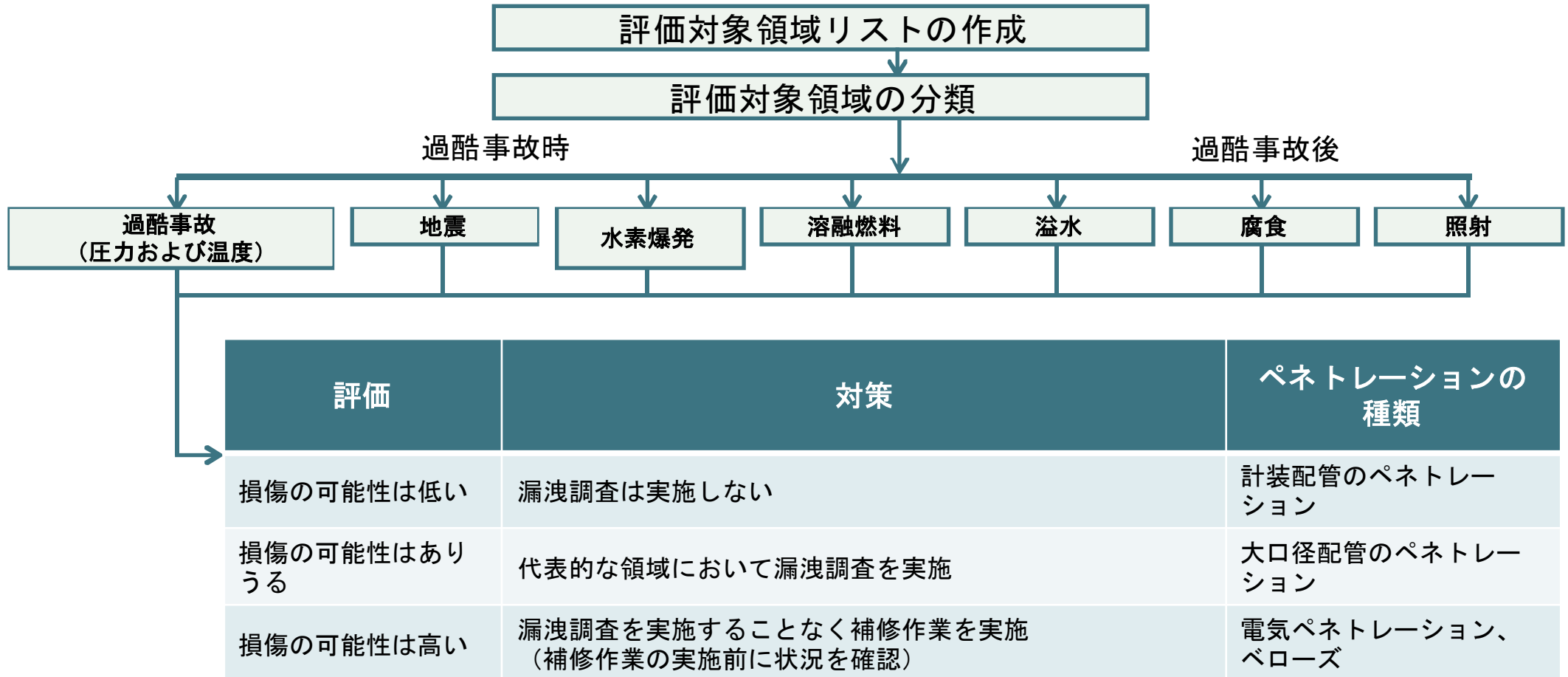
## 確認されている状況

➤ PCVペネトレーションシール部の損傷可能性は計算によって確認されている。

まだ得られていない情報(例)

➤ 実際の損傷箇所

## PCVペネトレーションにおける損傷の評価フロー



困難が想定される冠水工法を前提とした場合、燃料デブリ取り出しおよびPCV/RPV内部調査において以下のような課題が考えられる。

1. 高い線量率（2号機 R/Bの最上階で~880 mSv/h）
2. 複雑な炉内構造物や狭隘なPCV内空間
3. PCVペネトレーションは複雑かつ多様であり漏洩を止めることが困難
4. オペレーティングフロアとPCV底部の間の物理的な距離

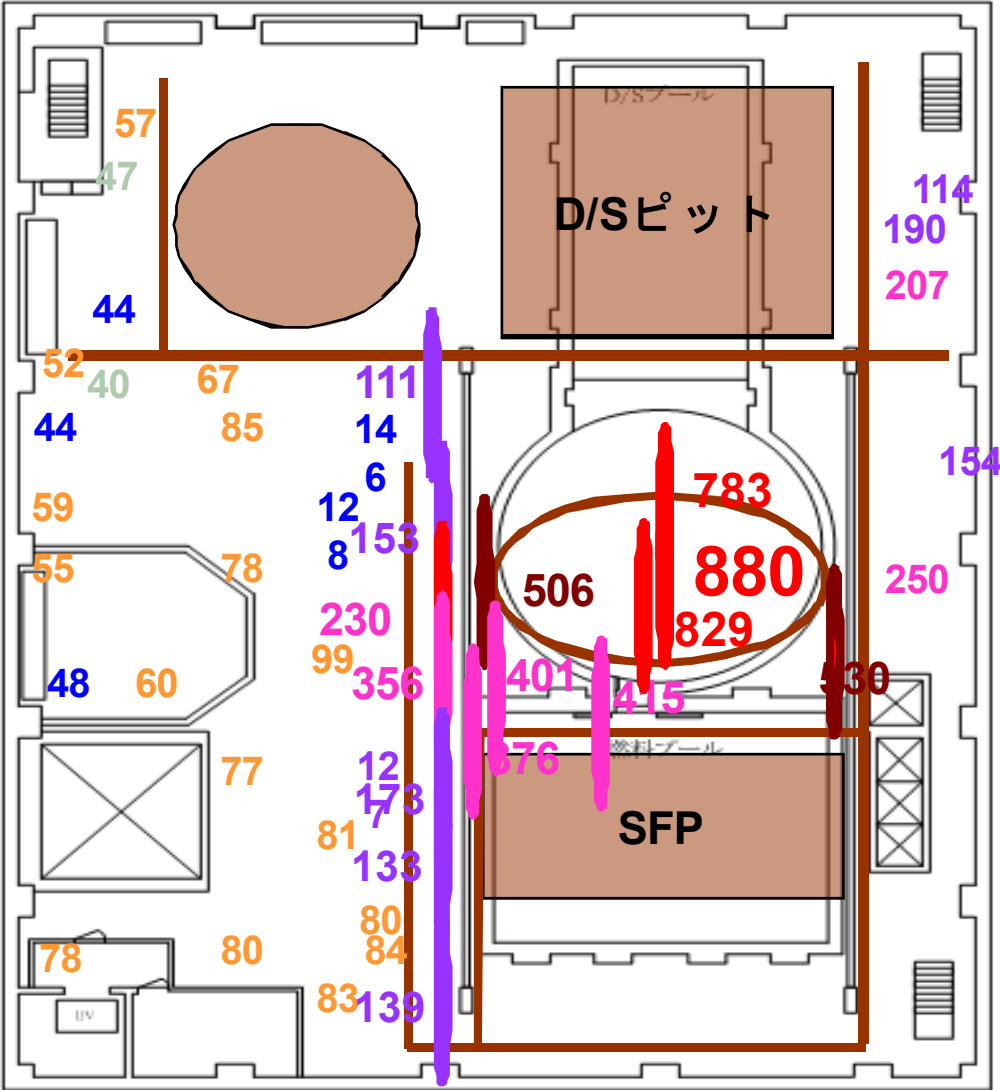


これらの課題は更なる研究開発プロジェクトの策定においても考慮される必要がある。

# 高い線量率

■ 原子炉建屋における高線量率はPCV内へのアクセスを困難にしている。  
(1号機の1階で最大4,700mSv/h、2号機の最上階で880mSv/h)

原子炉建屋オペレーティングフロア(2号機)



原子炉建屋1階(1号機)

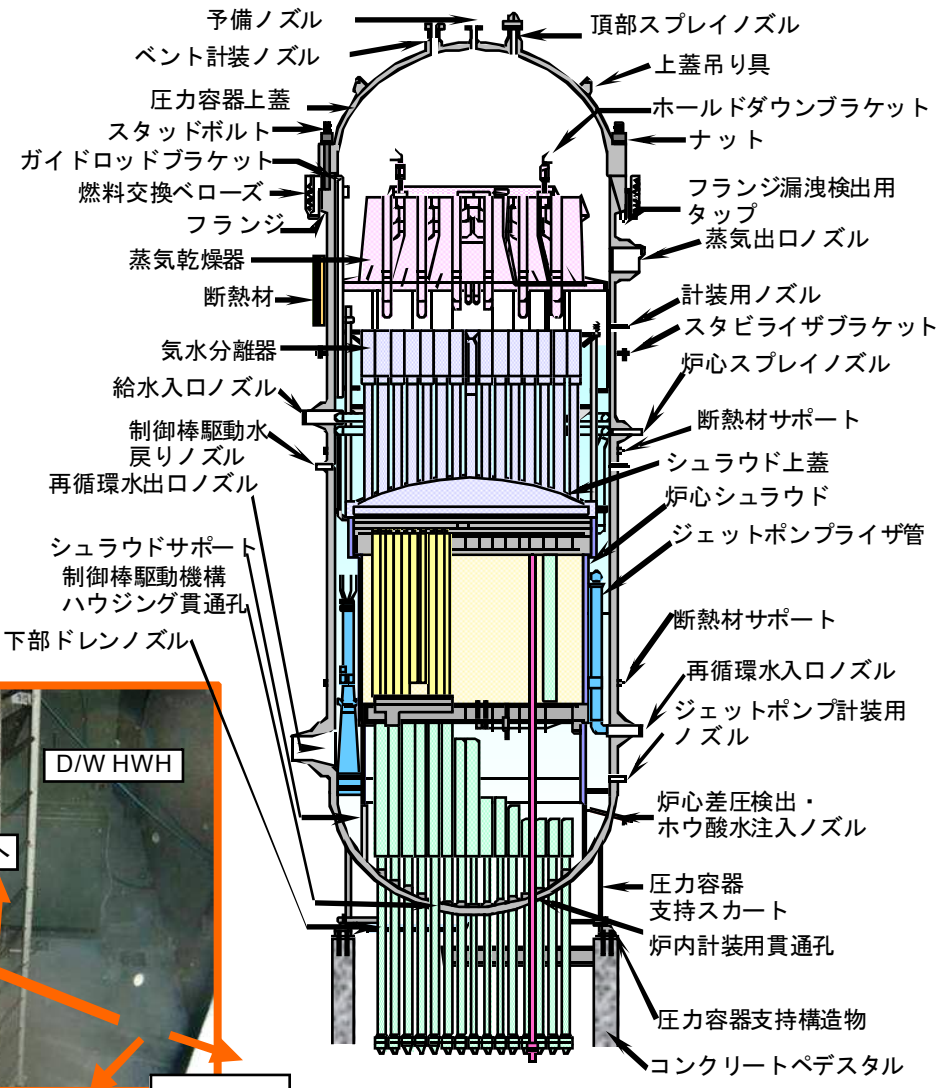
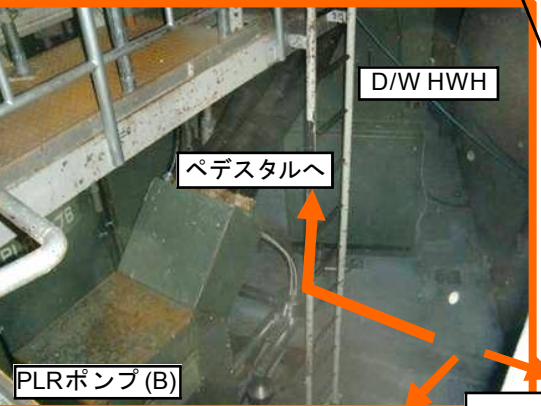
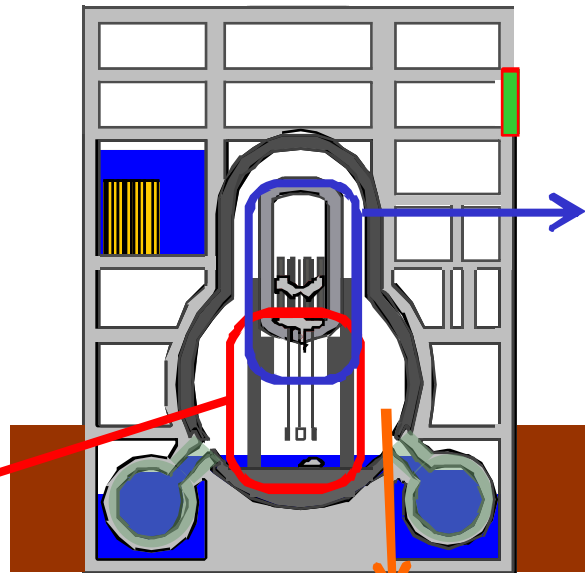
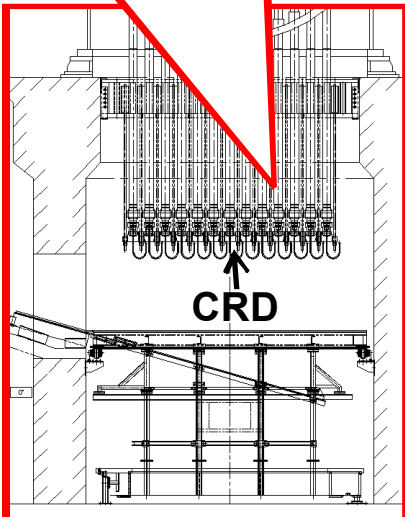


単位 : mSv/h

# 複雑な炉内構造物配置と狭隘なPCV内部空間

例: PCV内部構造は極めて複雑であり点検・補修機器の内部投入が困難

\*写真は5号機のもの (参考)

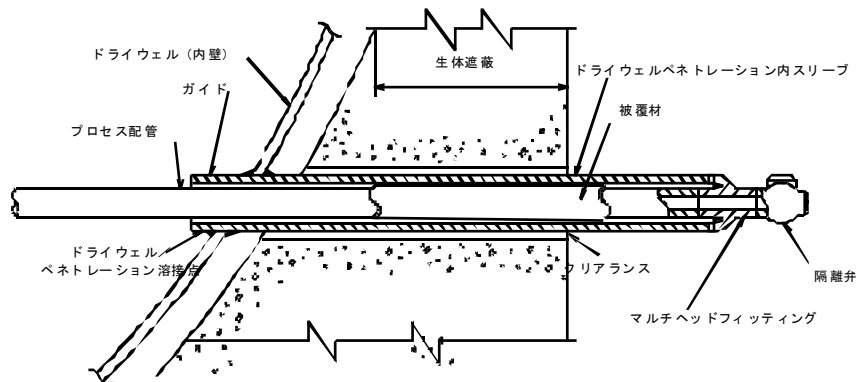
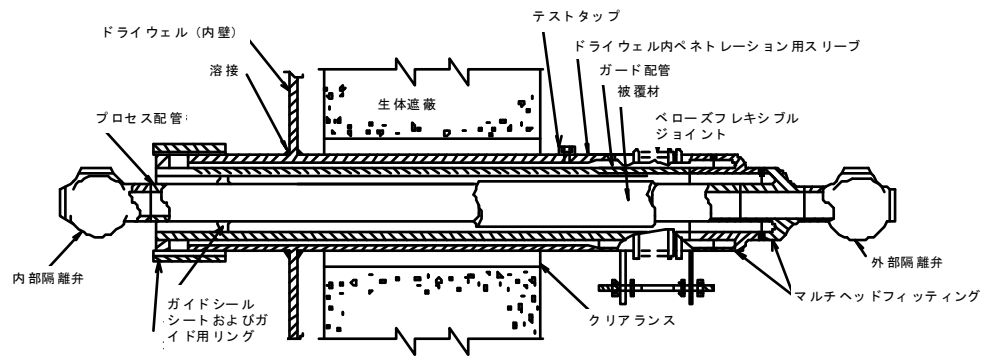


PCVペデスタル  
IRID

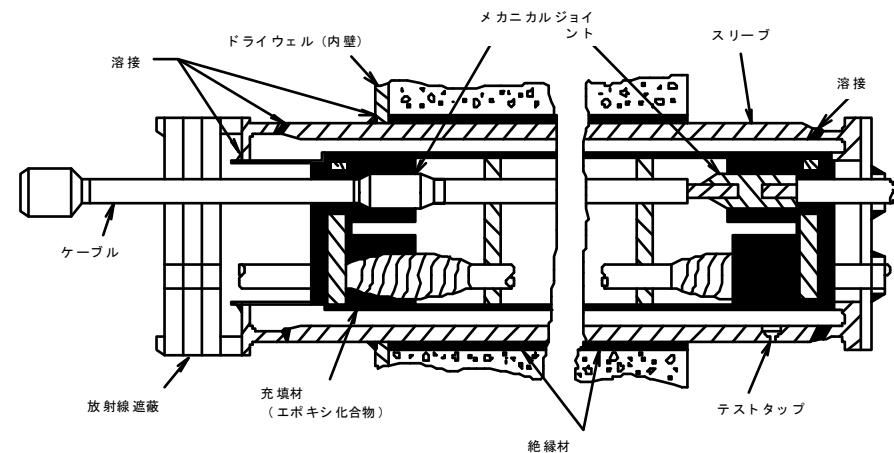
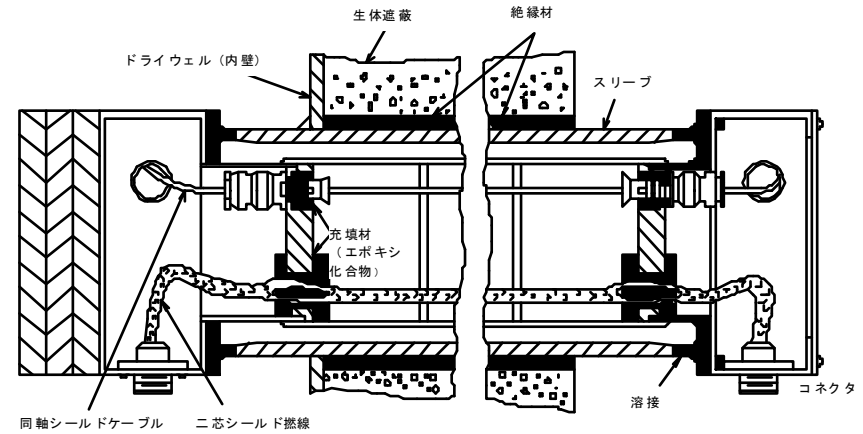
RPVの内部構造

# 複雑かつ多様なペネトレーションによる困難な止水

- ハッチ、ベント管、配管ペネトレーションおよび電気ペネトレーションを含めた全体で多数かつ多種のペネトレーション（1号機：約**150**箇所、2号機：約**200**箇所、3号機：約**190**箇所）
- 一部のペネトレーションの形状は複雑であるため、止水が難しい。
- PCVペネトレーションには弁があり、PCV内に装置を挿入することは難しい。



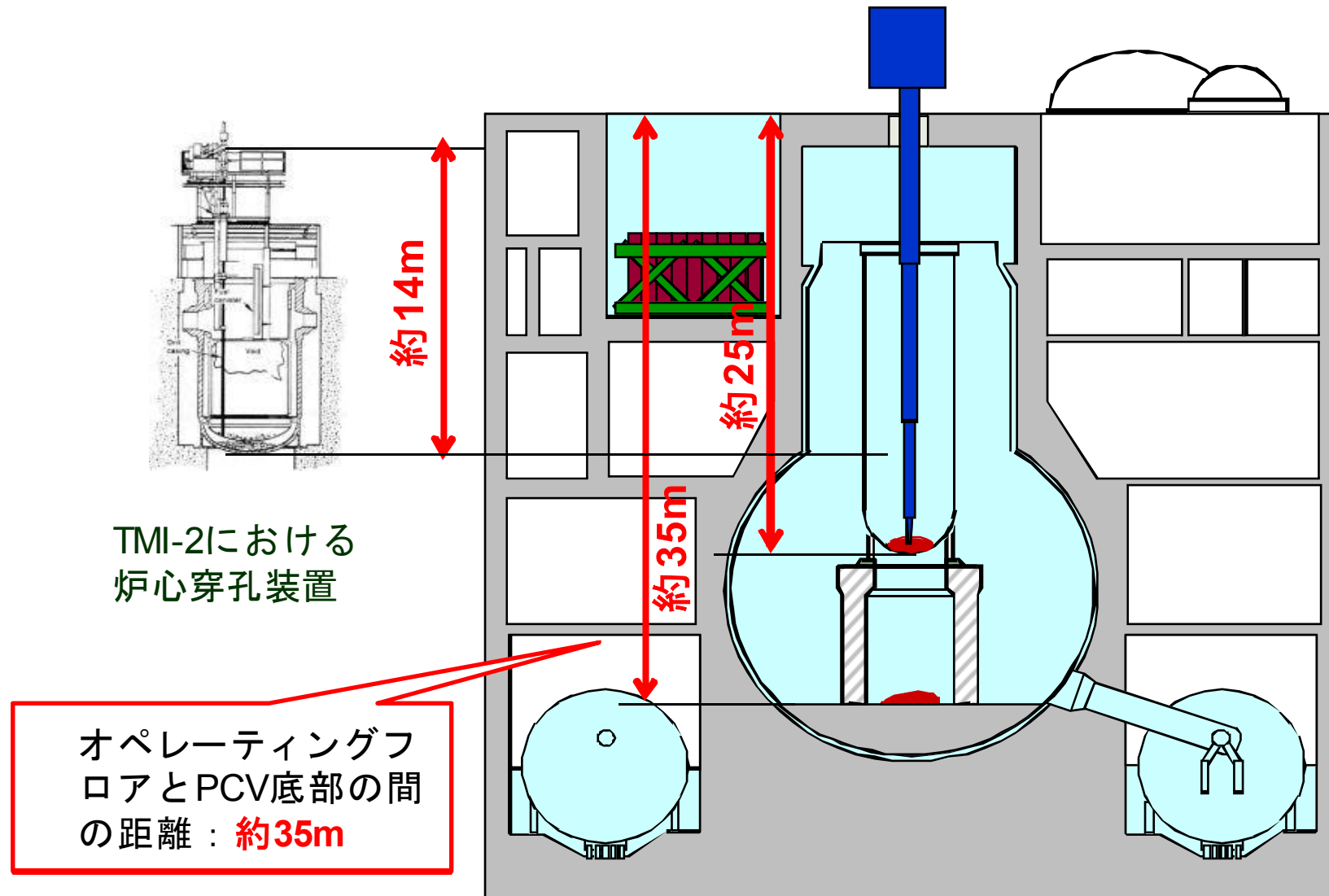
機械ペネトレーションの概略図



電気ペネトレーションの概略図

# オペレーティングフロアとPCV底部の間の物理的な距離

- PCV満水が成立した場合、燃料デブリ取り出し装置は35mの距離から制御される必要がある。
- このため福島の場合は燃料デブリ取り出しではTMIと比べて更に精度の高い装置の開発が必要である。





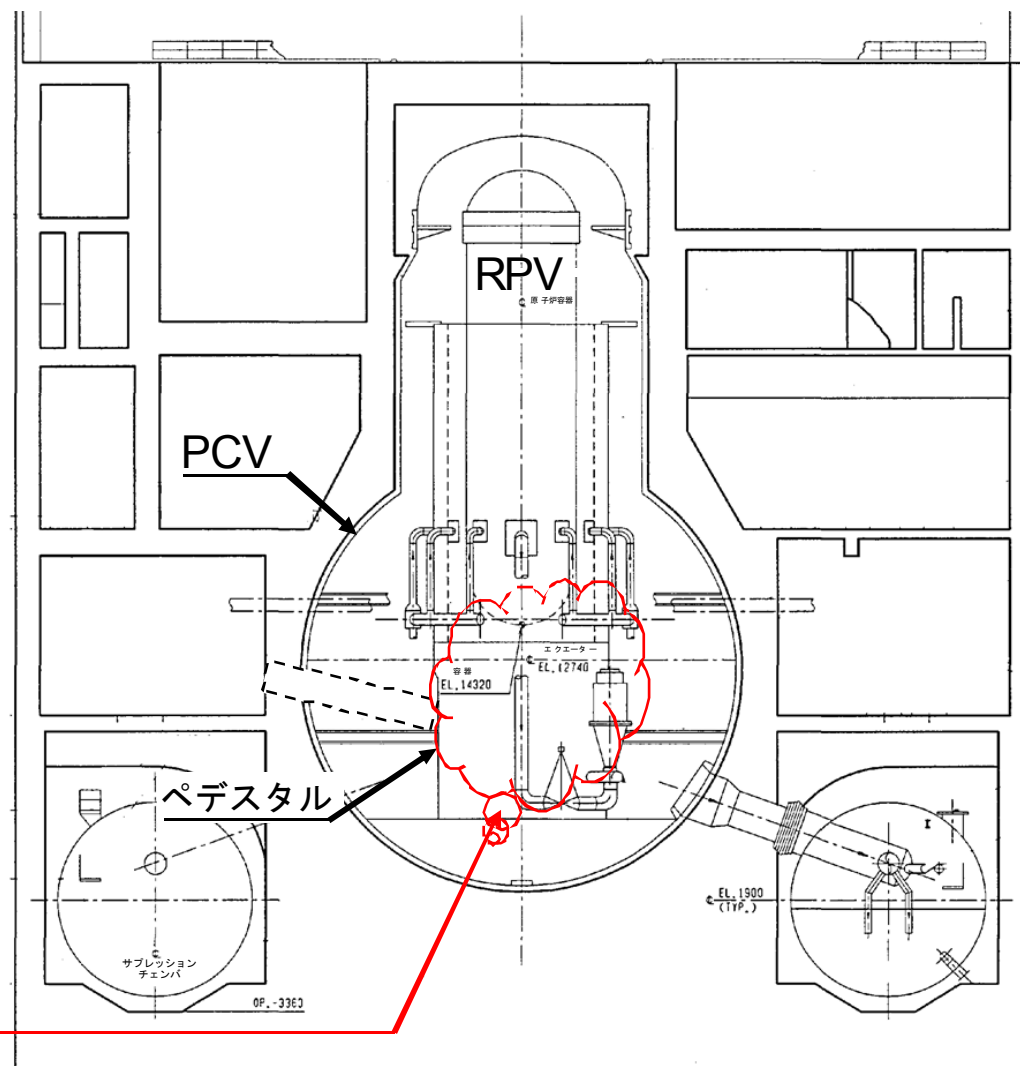
# 求められる情報（トピックAについて）

## トピックA：PCV/RPVの内部調査

### PCV / RPV内部調査の目的

- PCV/RPVにおける燃料デブリの位置および形状を特定する。
- 燃料デブリ取り出しの計画を立てるためにPCV/RPVの内部構造物の現状を把握する。

燃料デブリの  
推定位置



# 求められる情報（トピックAについて）

## トピックA：PCV/RPVの内部調査

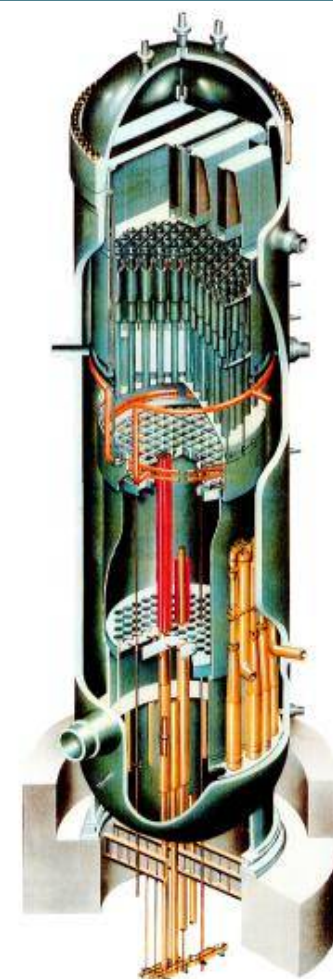
これまでのスライドに示した課題を考慮して、代替工法及びそのために要求される技術に関する情報を求めたい。

### A-1：代替工法の概念検討（以下は例）

- カメラ等調査装置の内部への投入方法
  - 配管/ペネトレーション等の既存の貫通孔の活用
  - 新たな貫通孔の穿孔
  - 作業員の被ばく低減の観点から考えた貫通部の遮蔽方法及び機器操作方法
- PCV外部からの測定による燃料デブリ位置推定方法等

### A-2：PCV/RPV内部調査に要求される技術（以下は例）

- 高度計測技術（カメラ、線量計、温度計等）
  - 高性能光学機器(カメラ等)、その他の計測技術(超音波、レーザー等)
  - 計測機の制御技術、情報伝達技術
- 炉内にある物質がデブリか否かを判別するための技術



RPVの内部構造

# 求められる情報（トピックBについて）

## トピックB：PCV/RPVからの燃料デブリ取り出し

これまでのスライドに示した課題を考慮して、代替工法に関する情報を求めたい。

### B-1：燃料デブリ取り出し代替工法の概念検討(以下は例)

- PCVの冠水を伴わずにPCVおよびRPVから燃料デブリを取り出す概念、冠水シナリオとの比較など

(a) 水中でPCV/RPVの上面から燃料デブリにアクセスし取り出す方法

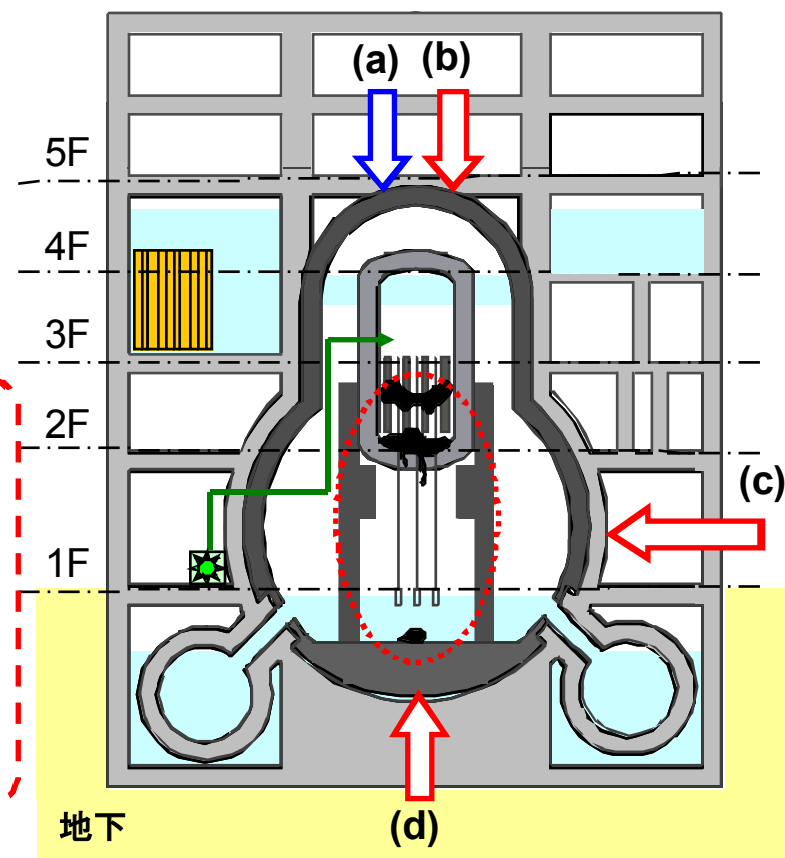
(b) 気中(※1)でPCV/RPVの上面から燃料デブリにアクセスし取り出す方法

(c) 気中(※1)でPCV/RPVの側面から燃料デブリにアクセスし取り出す方法

(d) 気中(※1)でPCV/RPVの下面から燃料デブリにアクセスし取り出す方法

**代替工法**

※1: 気中とは部分的な冠水を含む



# 求められる情報（トピックBについて）

## トピックB：PCV/RPVからの燃料デブリ取り出し

これまでのスライドに示した課題を考慮して、代替工法に要求される技術に関する情報を求めたい。

### B-2：燃料デブリ取り出しのための代替工法に要求される技術(以下は例)

- 代替工法（冠水を伴わない）のために必要とされる技術
  - 燃料デブリ取り出し技術（切り出し、吸引など）
  - 長い距離でも、制御能力に優れる遠隔操作型のマニピュレーター等の機器・装置
  - 高線量の燃料デブリからの遮蔽技術
  - 高放射線環境下で作動する装置・設備
  - 横からまたは下部からのアクセスを実現するための建屋コンクリート、PCVに穴をあけるための機器・装置
  - 燃料デブリ取出し前にPCV/RPV内に安定的に保管する技術