

# 小規模取り出しまでの進め方

2018年8月10日



東京電力ホールディングス株式会社

- 福島第一原子力発電所のリスク低減措置を講ずべき対象としての燃料デブリ取り出し
    - 福島第一原子力発電所は、事故炉として**リスクの高い状態**にあること
    - 福島第一原子力発電所のトータル・リスクの低減**を意識した上で、実効的な安全を確保しつつ進めていくことが重要
- 燃料デブリは、リスク低減措置を講ずべき対象の1つ

- リスク低減時の課題
  - リスク低減のための措置を講ずる際に一時的にリスクレベルが増加する可能性がある場合は、その増加量を最小化することが重要
  - 一方で、最小化を目指すあまり、その準備や作業に長い期間をかけることになると、現存するリスクを長期間存続させることになりかねない

→一時的なリスクレベル増加の抑制は、現存するリスクの速やかな低減及び作業員の被ばく低減を総合的に判断して慎重に行うべき

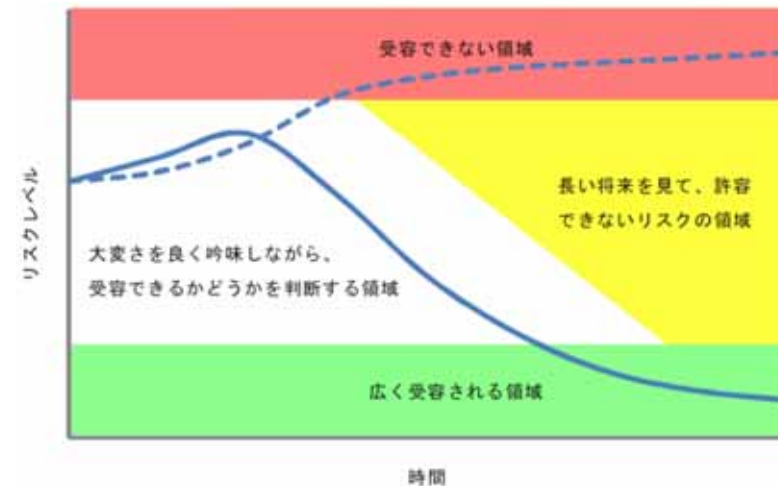


図 リスクの時間変化

\*原子力損害賠償・廃炉等支援機構、「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017」,2017年8月31日.を一部改変。

# 小規模取り出しまでのステップバイステップの進め方（全体像）



- 初期段階での取り出しについて
  - 内部調査の延長として、**現行設備ベース**から取り出しを始めることを検討している\*1。
  - 取り出しのための追加設備等、現行から変化する部分に注目して安全評価を行い、安全性が確保されていることを確認しながら進めて行く。

\*1第56回特定原子力施設監視・評価検討会にて説明済み。

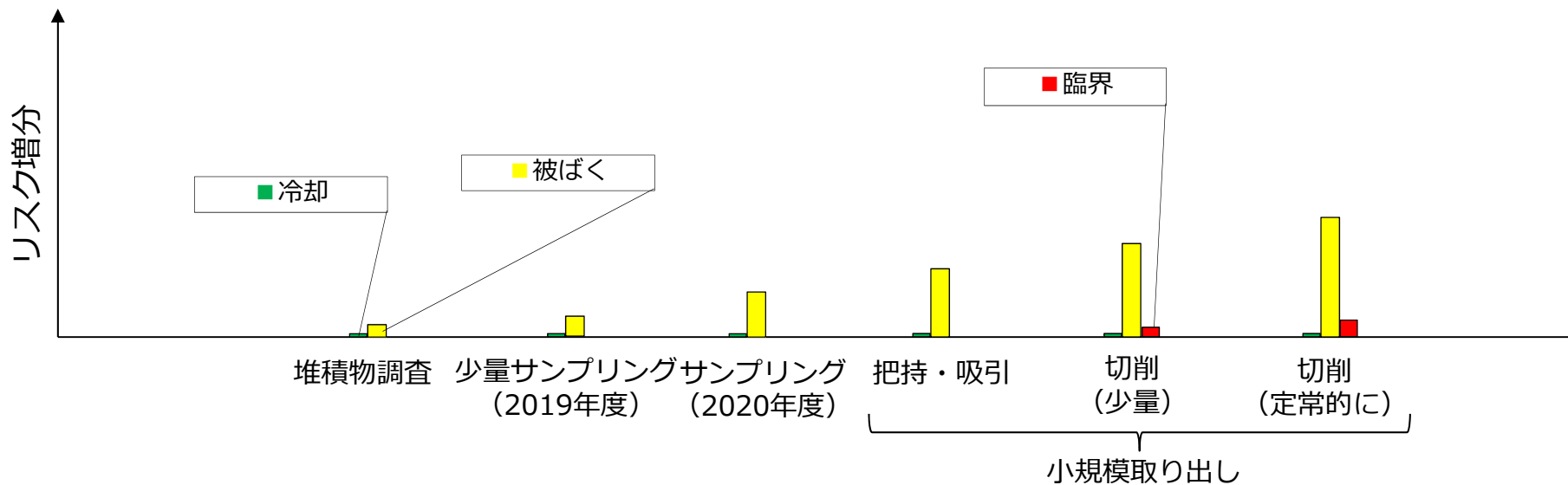
- 現在検討している取り出しステップについて

		取り出し内容	採取量	輸送*2	保管
堆積物の可動性調査		堆積物が動かせるかどうかを確認。 回収は行わない。	—	—	
少量サンプリング (2019年度)		数カ所から堆積物を採取。 組成を分析し未臨界性を確認。	少	構内・構外	—
サンプリング (2020年度)		数十カ所からサンプルを採取。 分析により未臨界性、機械的特性を確認。			
小規模取り出し	把持・吸引	少量の燃料デブリを採取し、収納・移送・保管までの一連の作業の成立性を確認。			
	切削 (少量)	切削により少量の燃料デブリを採取し、定常的な切削による取り出しが可能かを確認。			燃料デブリ 一時保管設備
	切削 (定常的に)	段階的に取り出し量を増やし、大規模な取り出しが可能かを確認。	多		

\*2輸送については所内・所外運搬規則に従って安全性を確保する。

# ステップバイステップを進める上で安全上考慮すべき事項

- 作業規模拡大によるリスクの増加イメージ



■ 被ばく	採取量増加、ダスト増加、作業期間・回数増加に伴うリスク増加	
■ 臨界	堆積物に接触するだけのためリスクに変化なし	デブリ形状変化により未臨界度変化
■ 冷却	冷却状態に変化を与えないため、リスクに変化なし	

作業期間が長期に渡る場合には、外部ハザードについても考慮が必要。

安全上考慮すべき事項

- 把持・吸引まで：作業員被ばく・公衆被ばくを評価し、安全性を確認する。
- 切削（少量）以降：被ばく評価に加え、臨界の影響を評価し、安全性を確認する。

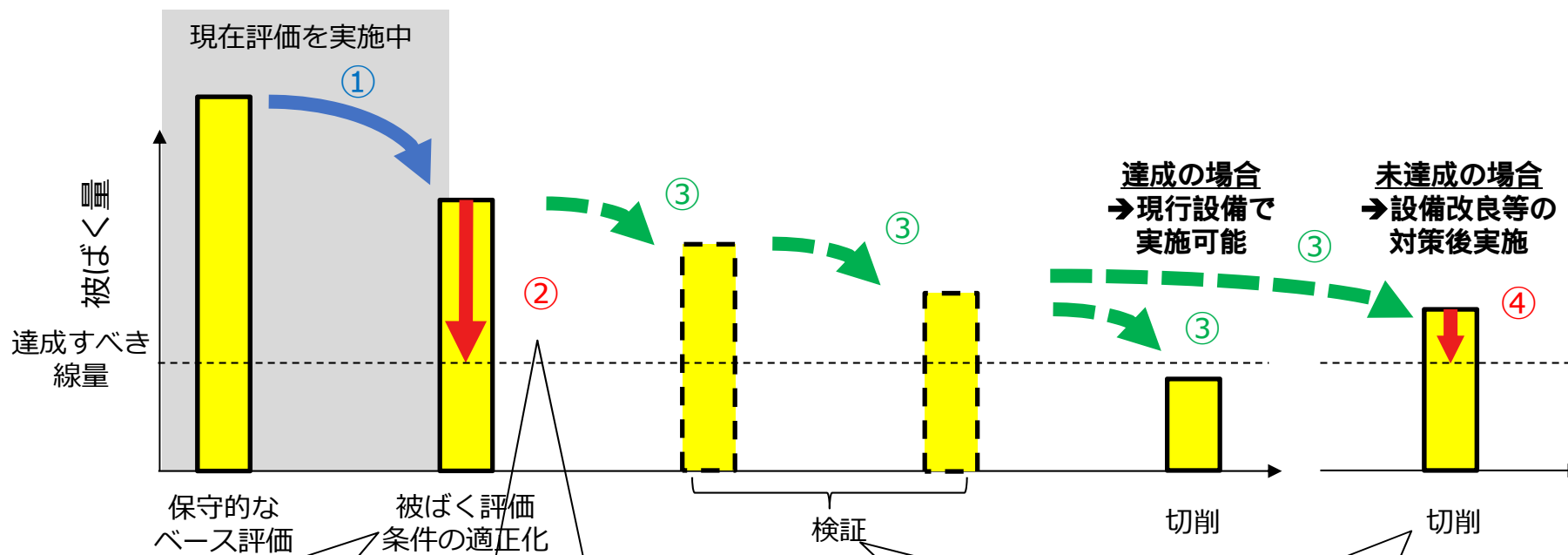
- 現行設備ベースでの実施の可能性と後段ステップへ向け取得すべき情報

		採取量	安全上考慮すべき事項	被ばく	臨界	現行設備ベースでの実施の可能性*1	後段ステップへ向け取得すべき情報(分析項目)	知見の反映
堆積物の可動性調査		—	被ばく	評価中	—	可能性大	堆積物が動かせるか	
少量サンプリング(2019年度)		少				可能性大*2	未臨界性(組成)	
サンプリング(2020年度)							未臨界性・被ばく(組成、機械的特性)	
小規模取り出し	把持・吸引		被ばく 臨界	検討中	可能性中*2	同上		
	切削(少量)					被ばく(切削時の線量上昇状況) 未臨界性・被ばく(組成、機械的特性)		
	切削(定常的に)	多				同上		

\*1被ばく評価(試評価)に基づく。

\*2構内輸送中の事故時被ばくについては検討・検証が必要。

- 被ばく量評価：切削の例（各ステップ同様）



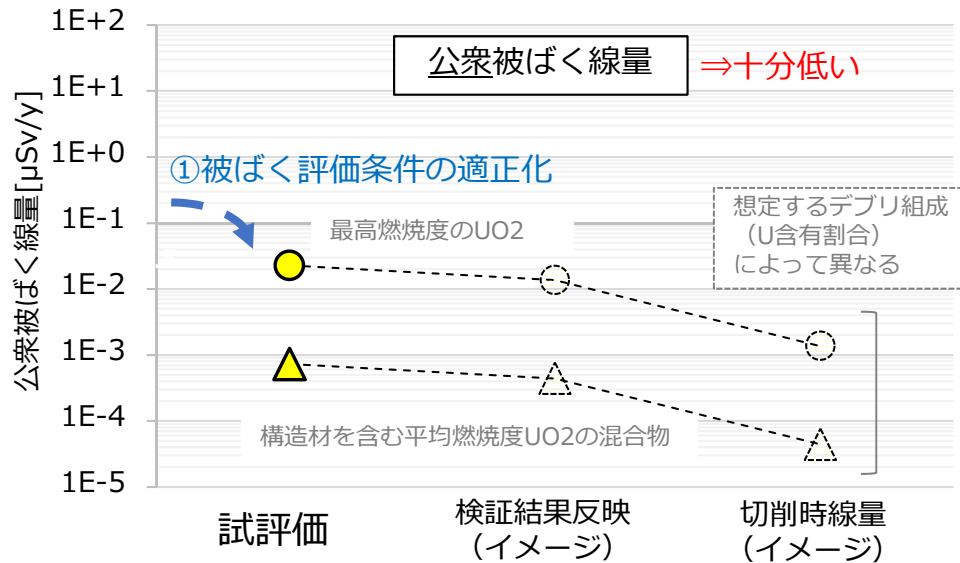
**①被ばく評価条件の適正化**  
 評価条件の適正化（工法に準じた条件設定や物理モデルの見直し）により、現時点での被ばく量进行评估。

**②対策の仮設定**  
 作業を成立させるために必要な被ばく量低減措置の仮設定。  
 （例：正圧度の低減）

**③検証試験による不確かさの適正化**  
 被ばく評価への影響が顕著な過大な安全マージンを抽出、コールド試験（例：切削粉のデータ取得）や実機試験等により安全マージンを適正化。前ステップまでの知見も加味。

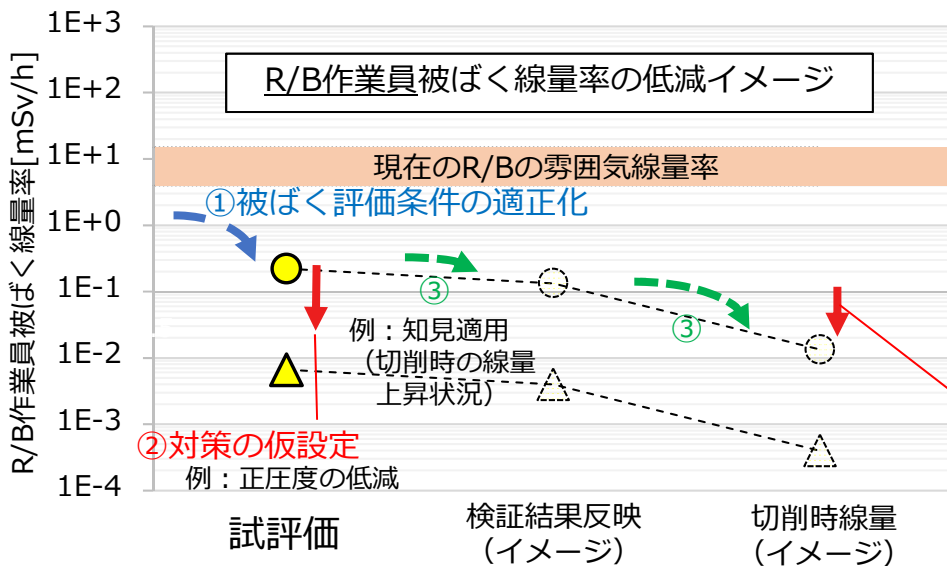
**④対策の実施**  
 達成すべき線量を下回らない場合、②で仮設定した対策から必要な対策を選定。対策実施により被ばく量を低減させ、作業を実施。

# 「切削（少量）」における被ばく量試評価と実施までのイメージ



### 試評価の評価条件

- ・ 気中機械加工を仮定。
- ・ 切削により飛散した粉塵がPCV内に拡散。
- ・ PCVから漏洩するガスがR/B1階の1/4の区画に拡散。区画への流入ガス量と同量の空気が区画から排出。
- ・ 区画濃度のガスを作業員が吸入。



## ①被ばく評価条件の適正化

### 工法に準じた条件設定

- ・ 加工量
- ・ デブリ組成見直し
- ・ マスク着用
- ・ 作業時間考慮

### 物理モデルの見直し

- ・ PCV内での沈着等による低減効果
- ・ PCV漏洩箇所での捕集効果
- ・ R/B内作業区画での沈着効果

## ③検証試験による不確かさの適正化

例：水中加工、炉注水による粉塵の叩き落とし効果を試験する。前ステップまでのデブリ組成分析結果から、切削エリアのデブリ組成の不確かさの幅を絞り込む。

## ④対策の実施

例：正圧度の低減

## 参考：燃料デブリ取り出し方針 (第56回特定原子力施設監視・評価検討会にて説明)

燃料デブリ取り出しに際しては、以下の方針で行うことを検討。


### ○ステップ・バイ・ステップのアプローチ

- 先行して着手すべき工法を設定の上、徐々に得られる情報に基づいて、柔軟に方向性を調整。
- 取り出しは、小規模なものから始め、燃料デブリ性状や作業経験などの新知見を踏まえ、作業を柔軟に見直し段階的規模を拡大

### ○原子炉格納容器底部に横からアクセスする燃料デブリ取り出しの先行

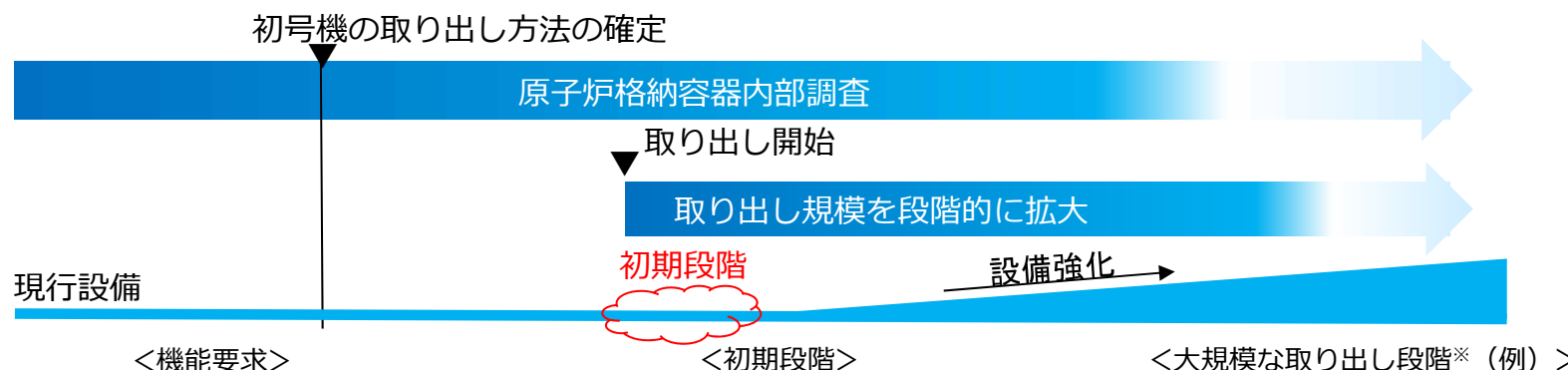
- 各号機ともに、原子炉格納容器底部及び原子炉圧力容器内部の両方に燃料デブリは存在
- 取り出しに伴うリスク増加を最小限とし、迅速にリスク低減するため、以下を考慮し、原子炉格納容器底部にある燃料デブリを横からアクセスで取り出すことを先行
  - i. 原子炉格納容器底部へのアクセス性が最もよく、原子炉格納容器内部調査で知見が蓄積
  - ii. より早期に取り出し開始できる可能性
  - iii. 使用済燃料の取り出し作業と並行し得ること

【中長期ロードマップ（H29.9.26）より】

- 
- 今後も原子炉格納容器内部調査を行い、原子炉格納容器内部の状態をより詳細に調査し、燃料デブリ取り出しの準備を進める。
  - 燃料デブリ取り出しの初期段階においては、小石状・砂状の燃料デブリの「把持」や「吸引」等、取り出し作業に伴う臨界リスクや放射性物質の拡散リスクが低いと考えられる小規模の取出し作業を行う。
  - 取り出し作業は、これまでの調査において知見が蓄積され、使用済み燃料の取り出し作業と並行し得る、横からのアクセスにて実施する。



# 参考：燃料デブリ取り出し作業時に安全を確保する上での留意事項 (第56回特定原子力施設監視・評価検討会にて説明)



	<機能要求>		<初期段階>	<大規模な取り出し段階※ (例)>
燃料デブリの取り出し作業時の安全確保の技術的要件	○PCV・建屋の構造健全性の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>構築物の構造健全性を維持すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV・建屋に新規開口を設けない方法 →構造健全性評価は不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新規開口を設ける場合は別途評価を実施し、必要に応じ対策を講じる</li> </ul>
	○臨界管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>未臨界を維持・監視できること</li> <li>臨界を検知できること</li> <li>臨界時にも適切に対応できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臨界検知設備</li> <li>吸収材投入設備 →燃料デブリの把持・吸引等、臨界性に影響を与えない方法であり現行設備による臨界管理を継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>臨界近接監視設備</li> <li>臨界検知設備</li> <li>吸収材投入設備</li> </ul>
	○冷却機能の維持	<ul style="list-style-type: none"> <li>冷却状態を維持・監視できること</li> <li>冷却停止時にも適切に対応できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV内温度計</li> <li>冷却設備 →現状の冷却状態に影響を与えない方法であり現行の冷却設備にて冷却を維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV内温度計</li> <li>冷却設備</li> </ul>
	○閉じ込め機能の構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV (セル含む) 内の状態を監視できること</li> <li>放射性物質の拡散を監視・抑制できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV内圧力計・温度計・放射線モニタ</li> <li>気密セル (取り出し装置等) →放射性物質の拡散の少ない作業とし、現行設備によるガス管理及び水処理を継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV内圧力計・温度計・放射線モニタ</li> <li>PCV内部を負圧管理する空調設備</li> <li>漏えいを抑制する水位制御設備</li> <li>気密セル</li> <li>PCV補修</li> <li>燃料デブリの流入を考慮したフィルタ (気体系統/水系統)</li> </ul>
	○作業時の被ばく低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業環境に応じ、遠隔作業、除染又は高線量機器撤去、遮蔽設置を行うこと</li> <li>作業中止の判断などを含めた手順を準備すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>過剰被ばくを防止するための除染・遮へい・遠隔作業</li> <li>異常を検知した場合の作業中止等の手順を準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>過剰被ばくを防止するための除染・遮へい・遠隔作業</li> <li>異常を検知した場合の作業中止等の手順を準備</li> </ul>

※大規模な取り出し段階については今後検討を進める