

燃料デブリ取り出しにおける安全確保の ためのリスク情報の活用への取組

2017年7月3日

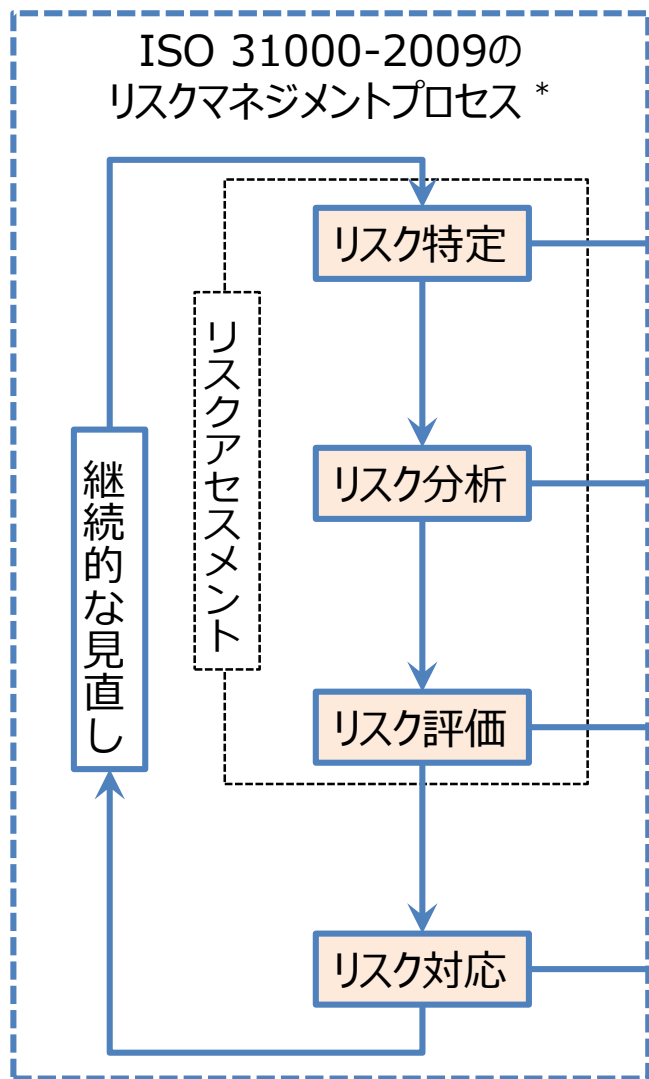
肥田 和毅

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

燃料デブリ取り出しにおける安全確保

- 福島第一原子力発電所（1F）の廃炉に対するNDFの基本方針
 - ◆ 事故により発生した、通常の原子力発電所にはない放射性物質によるリスクを継続的かつ速やかに低減させる
- 安全確保はリスク低減を実施する上で最重要事項
 - ◆ 5つの基本的考え方：安全、確実、合理的、迅速、現場指向
- 燃料デブリ取り出しにおける安全確保のためのリスク情報の活用
 - ◆ 燃料デブリによるリスク
 - ・ 現状のリスク
 - 外部事象または内部事象に起因する放射性物質の放出
 - ・ 取り出しに特有のリスク
 - 設備や燃料デブリの状態変化に伴うリスク
 - 作業に伴って発生するリスク
 - ◆ リスクマネジメント手法によるリスクの理解と低減策の検討

リスクマネジメント手法の適用



* 日本原子力学会「リスク評価の理解のために」で参照

リスク源：燃料デブリ、起因事象（外部・内部）
事象：臨界、冷却、閉じ込め等に関する安全機能の喪失
結果：放射性物質を含む気体・液体の制御されない放出

結果と起こりやすさの分析
・専門家の工学的判断によるリスク分析
・PRAに準じた定量的リスク分析

リスク分析結果を基準（または目標）と比較
・目標設定の考え方
・1Fの現状を考慮

リスク低減対策の策定
・発生防止策、影響緩和策、これらの組合せ
・現実的に実施可能な対策

専門家の工学的判断によるリスク分析

- 結果と起こりやすさの半定量的分析（米国PNNLと共同）
 - ◆ TMI-2およびハンフォードの廃止措置経験者による工学的判断
- リスク特定
 - ◆ 現状想定し得る設備・作業を基に、想定される事象を抽出
- リスク分析・評価
 - ◆ 結果と起こりやすさを5段階に分類
 - 燃料デブリの分布や形態を設定し放出経路等を考慮して実効線量を概略計算
 - ◆ 結果と起こりやすさの組合せでリスクレベルを5段階に分類
- リスク対応
 - ◆ 発生防止策と影響緩和策

事象分類の例	
放射線	放射性物質を含む気体の放出
放射線	重量物の落下
放射線	放射性物質を含む液体の放出
放射線	臨界
放射線	水素燃焼

起こりやすさ	高	黄	赤	赤	赤	赤
	中	黄	黄	赤	赤	赤
	低	緑	黄	黄	赤	赤
	低	緑	緑	黄	黄	黄
	低	緑	緑	黄	黄	黄
		低	中	高	結果	

PRAに準じた定量的リスク分析

➤ 事象

- ◆ 専門家によって抽出された事象および安全機能に影響する事象

➤ 分析手法

- ◆ イベントツリー (ET) とフォールトツリー (FT)

➤ 発生頻度

- ◆ ハザード曲線：地震・津波の年間超過確率
- ◆ フラジリティ、ランダム故障：公開データ
- ◆ 人的過誤：ヒューマンエラーモデル
- ◆ 物理現象：工学的判断

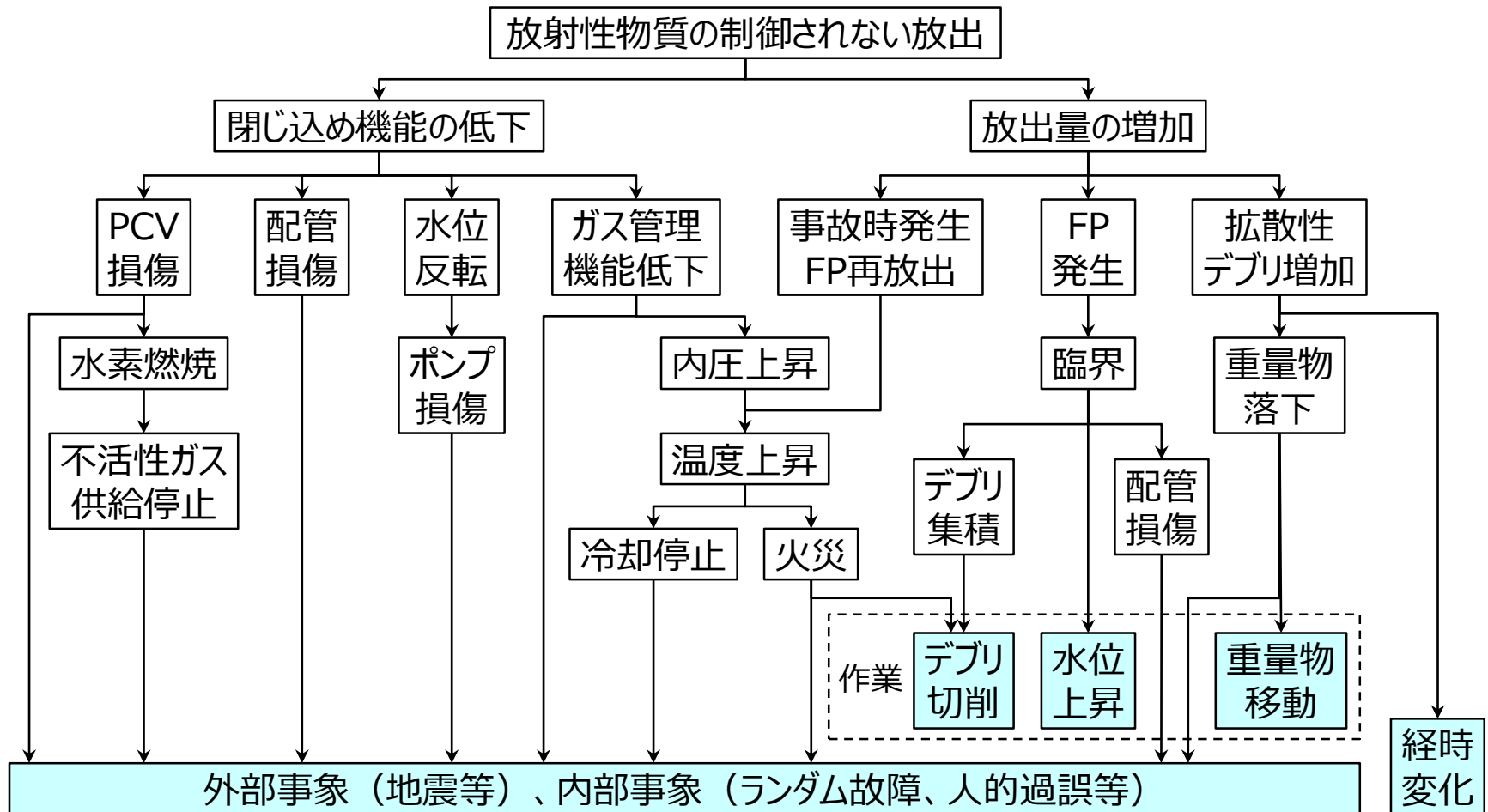
➤ 放出量： $MAR \times DR \times LPF \times ARF \times RF$

- ◆ MAR(放射性物質の総量)：燃料デブリ、FP、滞留水
- ◆ DR(損傷割合)とLPF(環境に出る割合)：工学的判断
- ◆ ARF(浮遊割合)とRF(肺に吸入される割合)：公開データ

工学的判断による確率の例

間違いなく発生	1.0
可能性が高い	0.9
中程度の可能性	0.5
可能性が低い	0.1
ほとんど起こり得ない	0.001
起こり得ない	0.0

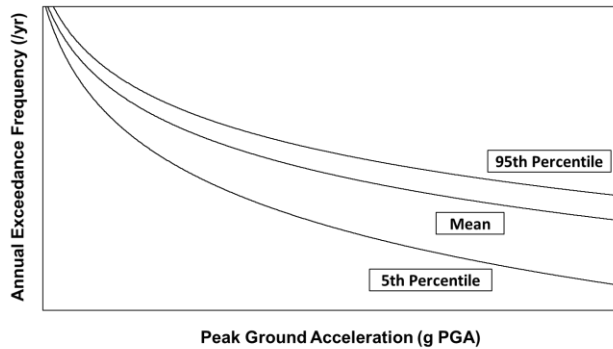
予備的な事象整理



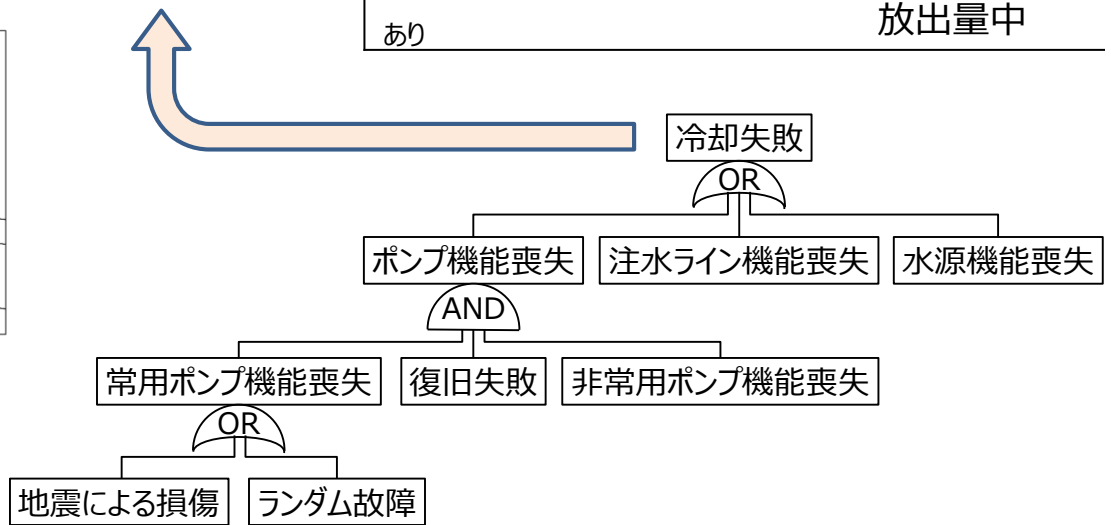
リスクマネジメントの中核 → 継続的な情報収集と更新

イベントツリーとフォールトツリーの例

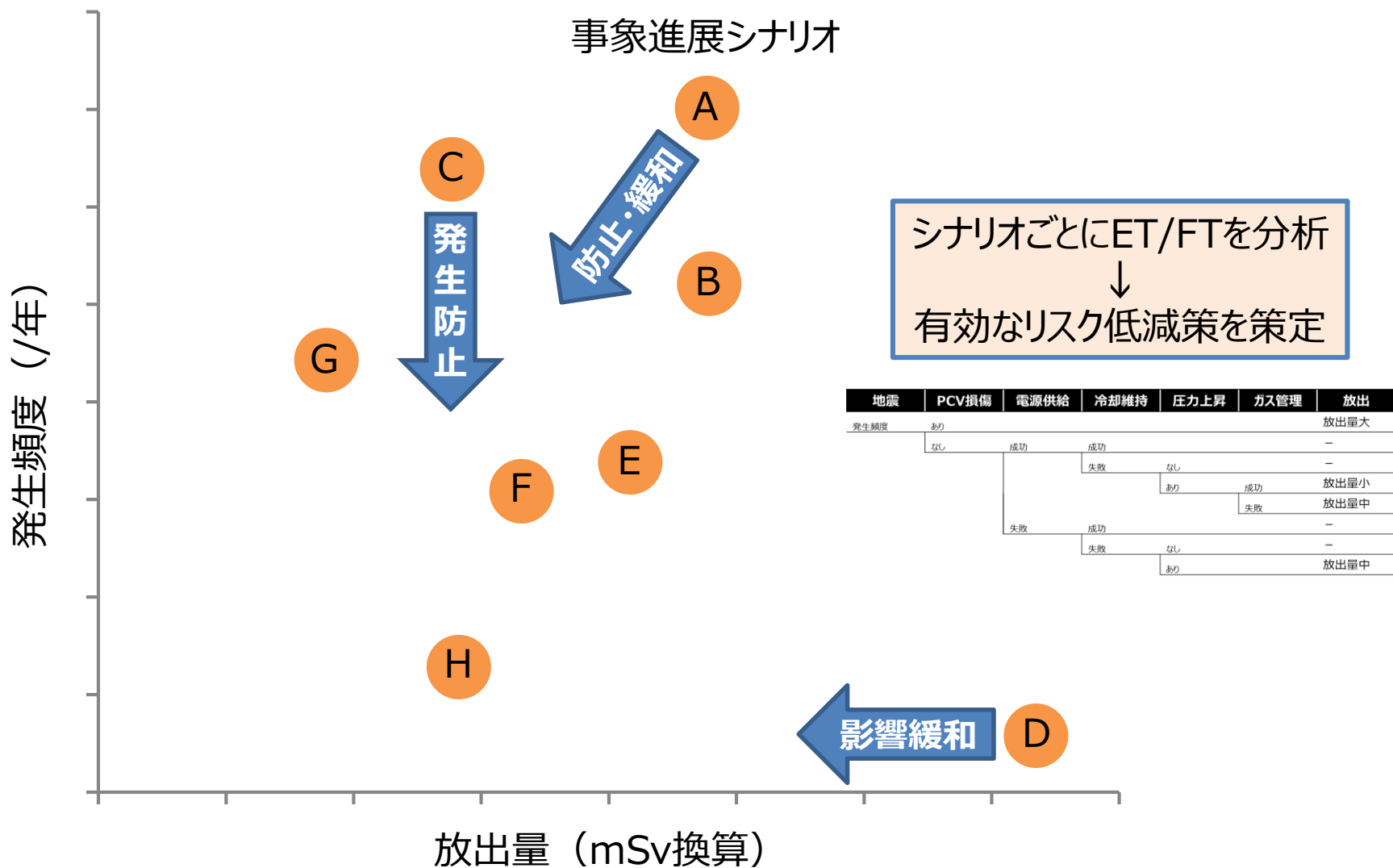
地震	PCV損傷	電源供給	冷却維持	圧力上昇	ガス管理	放出
発生頻度	あり					放出量大
	なし	成功	成功			—
			失敗	なし		—
				あり	成功	放出量小
					失敗	放出量中
		失敗	成功			—
			失敗	なし		—
				あり		放出量中



地震ハザード曲線の例



分析例とリスク対応



目標設定の考え方

- 目標を設定する上で考慮すべき1Fの現状とその影響
 - ◆ 限られた情報 ⇒ 保守的な安全対策と準備・作業の長期化
 - ・ 燃料デブリによるリスクの存続期間の長期化
 - ◆ 事故時の汚染 ⇒ 高線量下での作業（設備設置、補修等）
 - ・ 作業員被ばく量の増加

- 目標設定と安全評価の例
 - ◆ 目標設定の考え方
 - ・ 取り出し中のリスクを合理的に実現可能な限り低減
 - ・ 燃料デブリによるリスクの存続期間および作業員被ばくを考慮
 - ◆ 安全評価の考え方
 - ・ 公衆被ばく評価における代表的個人の現実的な設定

おわりに

- 燃料デブリを安全かつ速やかに取り出すためのリスク情報の活用
 - ◆ 廃止措置経験者の知識を収集・整理
 - ◆ 定量的リスク分析手法の開発・適用
- これまでの検討で得られた知見
 - ◆ リスク情報活用の見通し
 - ・ 現状および取り出し中のリスクに対する理解
 - ・ リスク対応の優先順位付け
 - ・ リスク低減策の検討
 - ◆ リスク分析手法の課題
 - ・ 課題：物理現象の発生確率、放射性物質の放出シナリオ
 - ・ 短期的対応：専門家判断、中長期的対応：研究・開発
 - ◆ 継続的な見直しが重要
 - ・ 設備設計・作業計画の進展を反映
 - ・ 燃料デブリの特徴に関する情報収集