

福島第一原子力発電所 廃炉完了までを見据えた リスクへの対応

(1) 廃炉作業におけるリスクとは

東京大学
高田 孝



- 廃炉作業中のリスクについて
- リスク評価の目的
- 検討内容
 - ✓ 評価モデル
 - ✓ 評価内容について
 - ✓ 評価例（重要度指標）
 - ✓ 支配要因の検討
- まとめ

廃炉完了までの作業では、以下の様々なリスクが相互に関連*

*廃炉リスク評価分科会報告書, 2019. 10. 赤字：放射線の影響が直接的
青字：放射線の影響は間接的

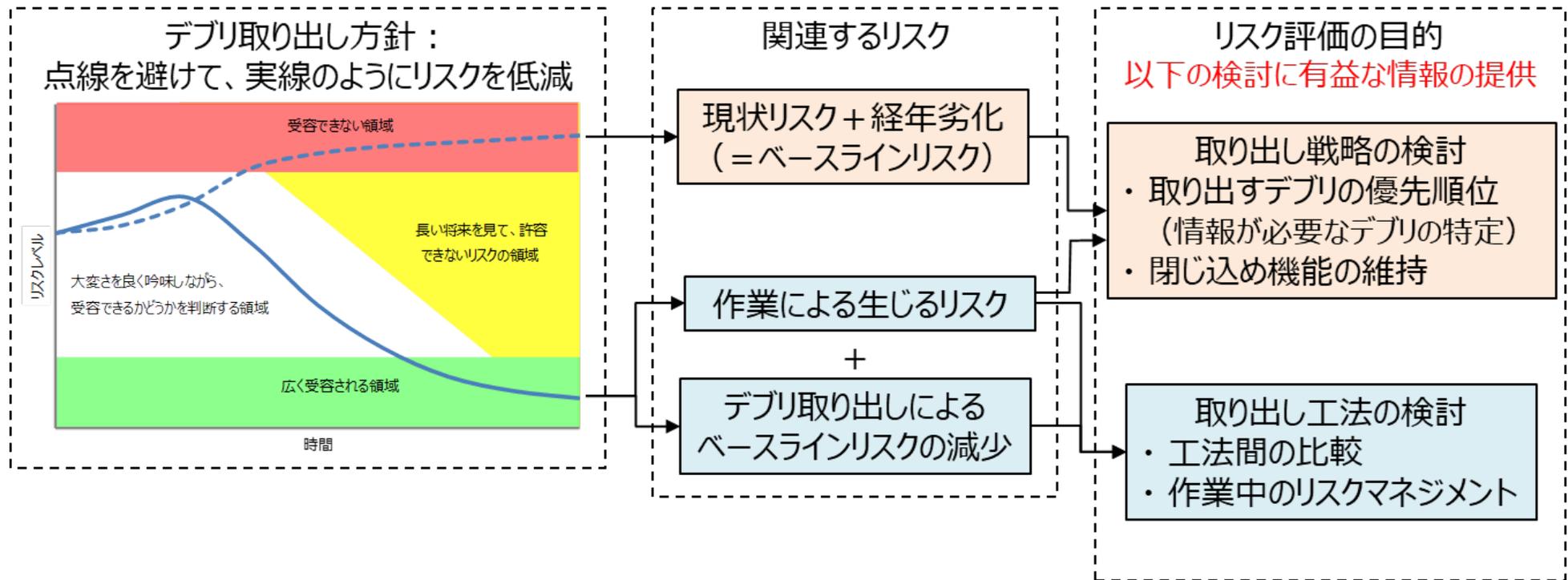
- ✓ 原子力安全に関するリスク
- ✓ 放射性物質や放射線に起因しない一般の労働安全に関するリスク
- ✓ 廃炉作業に要する費用増加に関するリスク
- ✓ 廃炉作業に要する期間増大に関するリスク
- ✓ 廃炉作業で発生する放射性廃棄物増加に関するリスク
- ✓ 廃炉作業に関わる人材確保に関するリスク
- ✓ 風評被害等の社会的要因に関するリスク
- ✓ その他のリスク

原子力施設であるため、「放射線の影響」への関心は非常に強く放射線の影響としての「原子力安全」に関するリスクが重要

リスク評価の範囲や評価精度は目的に応じて異なる

リスク評価の目的を明確にすることが重要

➤ リスク評価の目的



➡ ベースラインとして廃炉作業を実施していない現状でのリスクレベル（不確かさ、重要度評価含）や、評価手法の課題等の抽出

➤ 検討項目

- ✓ シナリオ分析の確認（見落とし等の観点）
- ✓ これまで検討してきた評価手法のモデルとしての妥当性
検討、課題抽出
- ✓ 評価のためのデータに関する妥当性検討、課題抽出
- ✓ 現時点での知見としての、発生頻度や不確かさの評価
- ✓ 発生頻度、不確かさおよび放射性物質放出等に対する支配
要因の検討

具体的な評価実施のため、解析WG（主査：大阪大 竹田敏先生）を設置（これまで3回のWGを開催）

➤ 確率論的リスク評価（PRA、運転中発電所のリスク評価で実績）をベース（イベントツリー、フォールトツリー評価）

✓ 地震発生に伴う重量物落下等、シナリオを限定

イベントツリー例

地震発生	R/B損傷*	PCV損傷*	電源喪失	重量物落下	排風機失敗	フィルタ失敗
------	--------	--------	------	-------	-------	--------

* 損傷の有無により重量物落下時の放出量が変わるためヘディングに追加
（放出量の変化はLPFで反映）

➤ 放射性物質放出量についても評価

✓ 五因子法を利用

$$\text{放出量} = \text{MAR} \times \text{DR} \times \text{ARF} \times \text{RF} \times \text{LPF}$$

MAR : 影響を受ける総量
 DF : 影響を受ける割合
 ARF : 雰囲気への放出割合
 RF : 肺に吸入される割合
 LPF : 環境中への漏えい割合

➤ リスクレベルの評価指標

* Ed Wallace, ANS RP3C CoP, 2020

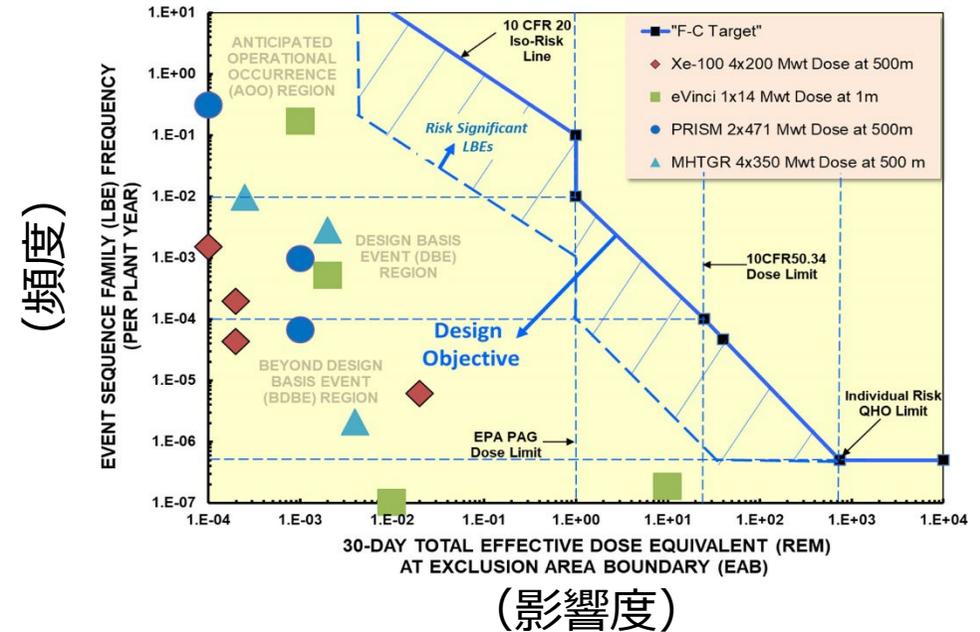
✓ 頻度、影響度を踏まえて評価 (F-C曲線*)

- 不確かさも含めて評価
- 運転中の発電所との比較も可能
- 経年劣化、工法間比較も視野

✓ 重要度評価

- 既存PRAにおける重要度指標
Fussell-Vesely (FV)重要度
→ 着目する機器のリスクが0の時のリスク改善度
- Risk Achievement Worth(RAW)重要度
→ 着目する機器の完全に機能喪失した際のリスクの増加度
- 放出量評価モデルに関する重要度も今後検討

✓ 感度解析



地震時重量物落下（CRDH*落下を想定）

* Control Rod Drive Housing
（制御棒駆動機構装置）

イベントツリーのヘディングベースで評価

ヘディング	FV重要度	RAW重要度
電源喪失	小	中
重量物落下	大	大
排風機失敗	大	中
フィルタ失敗	小	小

注：定量的な評価を実施中であるが、ここでは定性的に表記

- ✓ CRDHの落下の影響大
→ 防止、影響緩和対策は難しく、優先的な除去対象の一つとして検討が望ましい
- ✓ 排風機失敗のリスク回避が重要
→ 吸排気のバランスの確保が重要

今後実施予定の感度解析、経年劣化要因の抽出
 (優先的に実施。分科会、WGでの検討、他分科会、
 他の専門委員会 (FP研究専門委員会) との連携も踏まえ
 今後拡充)

➤ 感度解析パラメータ

パラメータ	備考
燃料デブリ分布	各シナリオで感度が異なる。取り出すデブリの優先順位に直接関係する。
事故時FP分布	各シナリオで感度が異なる。取り出すデブリの優先順位に直接関係する。
放出量に対する各核種の寄与	シナリオ毎で特に注目すべき核種が明確化される。また、経時変化を議論するベースとなる。特に不確かなFPやデブリの情報更新の重要性を示すことができる。
ランダム故障確率、人的過誤確率等の不確かさの重要度指標	現在のモデルで用いている入力は、基本的に不確かさを大きくとる考えに基づいて決定している。対象とするリスクの不確かさへの寄与を評価することで、特に検討が重要となるパラメータを明確にできる。

分類	対象	経年劣化要因 (例)	リスクへの影響
主要構造物	R/B	中性化および塩分浸透による耐震強度低下	地震によるR/B損傷確率の増加
	PCV	腐食減肉によるPCVスタビライザの耐震強度低下	地震によるPCV損傷確率の増加
	RPV	腐食減肉によるRPVスタビライザの耐震強度低下	地震によるRPV損傷確率及びRPVデブリ落下確率の増加
	CRDH	溶接部の腐食減肉による耐震強度低下	CRDHデブリ落下確率の増加
交換・補修できない機器・配管類	機器類	機器類のランダム故障率の増加	安全機能喪失確率の増加
	配管類	減肉による配管類の強度低下	同上

分類	対象	経年劣化要因 (例)	リスクへの影響
リスク源	燃料 デブリ	放射能の減衰	放出対象となる放射エネルギーの減少
		崩壊熱の減少	D/W滞留水蒸発確率の減少
		水素生成量の減少	水素燃焼発生確率の減少
		粉体化によるMCCIデブリの減少	放出対象となる放射エネルギーの減少
		溶出による冠水デブリの減少	同上
	事故時FP	放射能の減衰	同上
		脱落による物理吸着FP源の減少 (別の場所への移動)	同上 (ただし別の場所では増加)
	滞留水	放射能の減衰	同上
		粉体化したMCCIデブリの増加	滞留水中に堆積する放射エネルギーの増加
		冠水デブリからの放射性物質の溶出	滞留水中に浮遊する放射エネルギーの増加
		脱落した事故時FPの増加	同上

- 廃炉作業中のリスクについて概説すると共に、廃炉リスク評価分科会の活動内容について紹介
- 検討委員会傘下の分科会や他の専門委員会（FP研究専門委員会）とも連携を密にし、取り出し戦略や取り出し工法の検討に資する情報を提供
- 取り出し工法の検討では、将来的に作業中のリスクマネジメント（作業従事者のリスクマネジメント）への展開も予定

ご静聴、ありがとうございました

ご意見、コメントを宜しく
お願い致します