

「リスク評価手法の拡張と充実への取り組み」

(3) 核燃料サイクル施設のリスク評価

日本原子力研究開発機構
吉田 一雄

核燃料サイクル施設のリスク評価

これまでの活動

機関	再処理施設	MOX燃料加工施設	ウラン加工施設
JNFL	<ul style="list-style-type: none"> ・主要事象の発生頻度評価 ・簡易PRAによるリスクプロファイルの把握 ・AOT設定でのリスク情報活用の試行 ・残余のリスク評価 		
JAEA 再処理センター	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性確認作業での事故シナリオの抽出 ・定期安全レビューでの発生防止策の重要度評価 ・安全性確認後の改良等の有効性評価 		
JAEA 安全研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・機器故障率の整備 (JNES受託) ・事故影響評価基礎データ調査 ・沸騰乾固事故の基礎データ取得実験 (JNFL、旧JNES共同研究) 	<ul style="list-style-type: none"> ・PRA手法整備 (保安院受託) ・モデルプラント対象の試解析 リスクプロファイルの把握 IROFSの重要度評価 	
旧JNES	<ul style="list-style-type: none"> ・主要事象毎の事故影響評価手法整備 ・モデルプラントの試解析、重要度評価 		<ul style="list-style-type: none"> ・ISA手順書の整備 ・保守管理の合理化でのリスク情報活用に向けた検討 ・U加工事業者によるISA試行

リスク情報の活用

- リスクモニターを活用した保守計画への活用
- 検査を重点的に実施する設備の同定
- 施設の脆弱性の把握(安全性向上対策への活用)訓練を重点的に実施する安全対策の同定など)
- 安全性向上対策の有効性の確認(安全性向上評価)

(上記リスク情報活用がある程度定着した段階)

- 検査期間の最適化
- AOT(許容待機除外時間)の最適化

現状と課題

- 体系的なリスク評価基準が未整備
 - 施設のリスクレベルに応じた適切かつ合理的な評価
 - 施設の特徴を考慮した地震等の外的事象のリスク評価

核燃料施設リスク評価分科会の設置

目的

施設のリスクレベルに応じた体系的なリスク評価基準の策定
(仮称:核燃料施設におけるリスク評価に関する実施基準:201*)

対象範囲

- 再処理施設、燃料加工施設を対象とする。
- 当面は内的事象および地震を対象とする。
- 地震以外の外的事象に関しては、標準の必要性、発電用原子炉施設の標準の適用可能性等の検討を計画的に進める。
- 適用範囲は、発生頻度評価、ソースターム評価(敷地境界での公衆の被ばく評価を含む)までとする。
- 発電用原子炉施設のPRAにはないハザード分析^注を含める。
- U加工施設のUF₆漏えい時の化学的影響(UF₆および反応派生物(HF等))を対象範囲に含める。
- 従事者リスクは、当面は含めない。但し、重大事故時の対応方策に関する従事者への危険性は考慮する。

委員(15名)

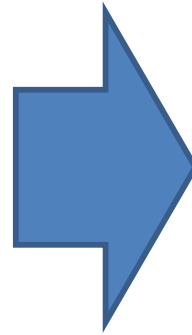
学識経験者(4名)、研究機関(3名)、事業者(再処理、加工、電力:5名)、製造業(1名)、建設(1名)、その他(1名)、(発電用原子炉施設及び地震PRAの専門家を含む)

^注 ハザード分析とは、評価対象施設に内包する危険要因を体系的かつ網羅的に分析し抽出することをいい、リスク評価の分野での地震⁴ハザード評価、津波ハザード評価等の外的誘因事象の発生頻度とそれが施設にもたらす影響の強さの関係を評価することとは異なる。

リスク評価で考慮すべき重要事項

危険要因の特徴

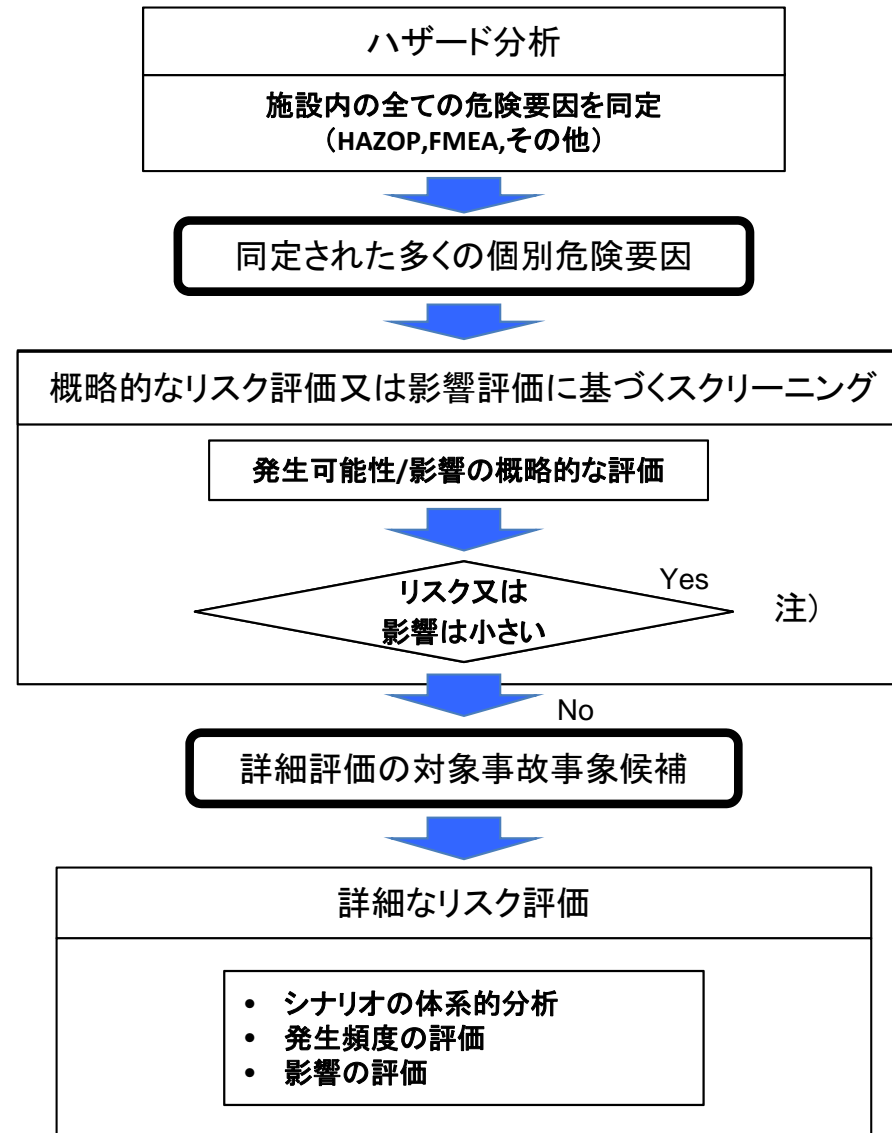
- 施設全域に放射性物質が種々の形態（溶液、粉末、ペレット、燃料棒等）で存在。
- 多様な事故の形態（火災、爆発、臨界、沸騰等）。
- 事故時の施設外へ移行する放射性物質の量だけでなく種類、化学形態により被ばく線量が変化。
- 施設の種類と規模、同一施設でも事故の種類で危険源と事故シナリオに大きな差異。



リスク評価の重要事項

- 事故事象の抜け落ちのない抽出。
- レベル1PRAのような発生頻度評価だけでは不十分。
- 事故影響の評価が重要。
- リスク上重要な事故事象の効率的選別。
- リスクレベルに応じた評価の詳細度の選択
(Graded approach)

リスク評価実施手順の案



注) 評価の目的に照らして十分小さい場合は詳細評価を行わない

ハザード分析

事故として顕在化する可能性を持つ危険要因を体系的に分析する。

a) FMEA手法

システムを構成する機器が故障した際に、その故障の形態(故障モード)ごとにシステムに与える影響を分析する手法である。

b) HAZOP手法

システム内に生じる擾乱に着目し、その擾乱がシステムに与える影響を評価するとともに擾乱を生じさせる原因についても分析する手法である。

概略的なリスク評価

事故の発生頻度、拡大防止策および影響緩和策の失敗確率を簡易に評価
放射性物質の放出量を五因子法で保守的に評価

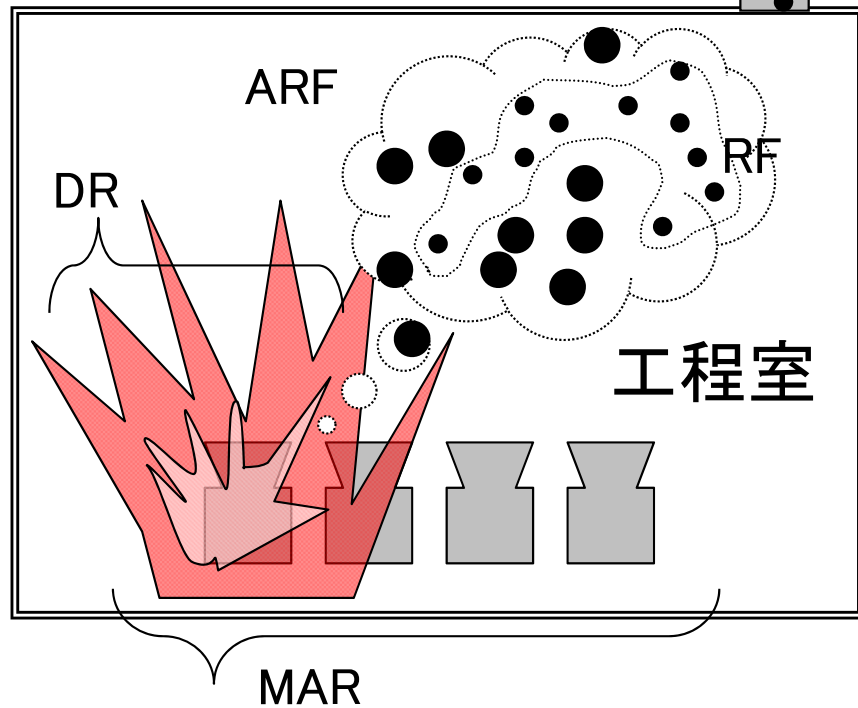
概略的なリスク評価に基づくスクリーニング

同定された危険要因が顕在化する事象の中には、影響の観点から詳細なリスク評価を必要としないものも含まれていることから、ここでは、異常事象が拡大した場合に設計基準への対応として既に備えられた設備や運転操作等の影響緩和機能に期待しない評価を実施し、リスクまたは影響が小さい事象は詳細リスク評価候補の対象外とする。

五因子法による環境影響の概略評価

ソース
・ターム

放射性物質の放出量を
環境への移行過程の各段階
における通過割合の積で
評価する方法
(NUREG/CR-6410)



放射性物質放出量*

$$= [\text{MAR}] \times [\text{DR}] \times [\text{ARF}] \times [\text{RF}] \times [\text{LPF}]$$

MAR : Material at Risk ; リスク物質の総量

DR : Damage Ratio ;

原因事象の影響を受ける割合

ARF : Airborne Release Fraction ;

雰囲気中に放出され浮遊する割合

RF : Respirable Fraction ;

肺に吸入され得る微粒子の割合

LPF : Leak Path Factor ; 環境へ漏れる割合

詳細なリスク評価

- (1) シナリオの体系的分析
- (2) 発生及び拡大可能性(頻度)の評価
 - 1) イベントツリー分析法による事故シナリオの定式化
 - 2) フォールトツリー分析法によるシナリオ構成要素の機能喪失の可能性の定式化
 - 3) 同定した事故の発生および拡大可能性(頻度)の定量化
- (3) 影響評価(敷地境界での被ばく線量評価)
 - 基本的には五因子法
 - 必要に応じて詳細計算コードを用いた熱流動解析、エアロゾル移行解析
- (4) 地震起因の事故時の設備機器の損傷頻度、機能喪失確率評価
 - 発電用原子炉施設の地震PRA標準を援用

標準(付属書(参考)を含む)に含めるべき事項の案

ハザード分析

- ハザード分析実施手順

概略的なリスク評価に基づくスクリーニング

- 外的事象を含む概略的な放射性物質放出の可能性(頻度)評価実施手順
- 放射性物質放出量の五因子法を用いた概略的評価手順
- 詳細評価対象事象の選定基準の考え方

詳細なリスク評価

- 発電炉向けレベル1PRA、地震PRA標準などを援用した詳細な放射性物質放出の可能性(頻度)評価実施手順
- 地震PRAに替わる地震裕度評価法の活用
- 放射性物質放出量の五因子法を用いた最適評価の手順

付属書(参考)、解説など

- 詳細計算コード(熱流動解析、エアロゾル移行解析)によるLPF評価
- 爆発解析による貯槽、焼結炉、セル、建屋、フィルタの健全性評価
- 評価手法選定、事象選定基準等におけるgraded approach の考え方
- 故障率データ等の援用の仕方、整理の考え方

スケジュールと検討状況

	H26. 10月	H27. 9月	H29. 3月
	分科会設置 ▽ 第1回	中間報告 ▽	最終報告 ▽
国内外関連文献の調査分析	<input type="text"/>		
標準案作成のための検討	<input type="text"/>		
標準案骨子の作成		<input type="text"/>	
標準原案の作成、レビュー		<input type="text"/>	
標準案の確定			<input type="text"/>

- 地震リスクの簡易評価法、援用可能な関連情報の調査、分析
- 再処理施設の蒸発乾固事故、セル内有機溶媒火災の事故影響評価手法の調査、分析
- 標準案骨子、文案の一部検討に着手