

標準委員会セッション3(リスク専門部会)

レベル2PRA(確率論的リスク評価)実施基準の改定の概要

(4) 格納容器イベントツリー評価

レベル2PRA分科会
原子力安全推進協会 橋本 和典

日本原子力学会「2015年秋の大会」
静岡大学

2015年9月9日－9月11日

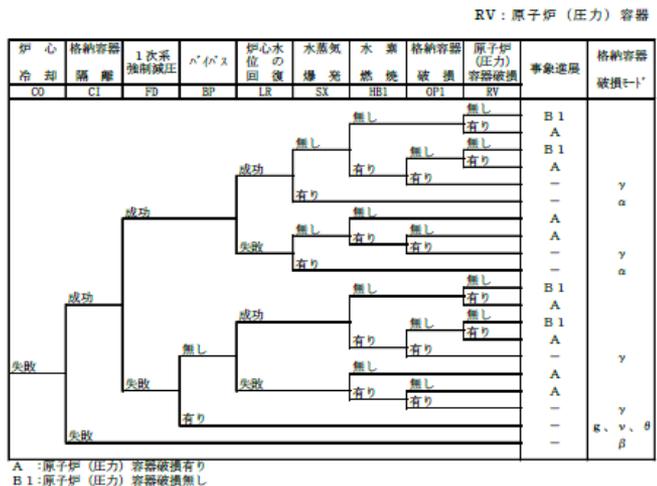
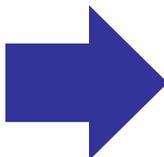
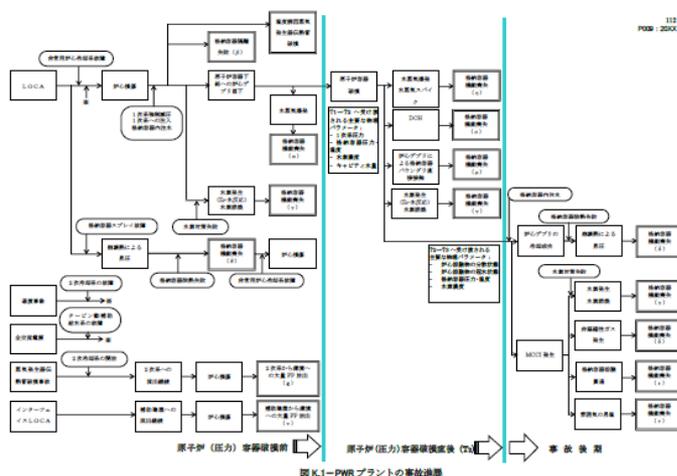


- ◆格納容器イベントツリー評価とは
- ◆主な改定内容
- ◆今後の課題



1. 格納容器イベントツリー評価とは

- ◆ プラント損傷状態ごとに、緩和設備の動作状態及びシビアアクシデント時の物理化学現象の発生状態を分析して、これらの組合せから事故の進展を樹形図で分類する格納容器イベントツリーを作成する(事故シーケンス分析)



起因事象(LOCAなど)から格納容器破損(あるいは事故収束)に至るまでのシナリオ分析

事故シーケンス分析に基づく格納容器イベントツリーの作成

- ◆ 最新のシビアアクシデントに関する技術的知見及び事故進展の解析結果に基づく最適予測を反映して、格納容器イベントツリーの分岐確率の確率分布を得る。



2. 今回改定の概要（格納容器イベントツリー）

- ◆ 格納容器イベントツリーに関する規定構成の見直し
 - 分岐確率の設定を明示化
 - 定量化関連規定の整理

- ◆ 関連するトピックス
 - 格納容器機能喪失モード
 - 事故シーケンスの分析
 - 格納容器イベントツリーの分岐確率の設定
 - 格納容器機能喪失頻度の定量化
 - 放出カテゴリの分類及び発生頻度の定量化

格納容器イベントツリーに関する規定構成の見直し (現行規定)

ポイント1

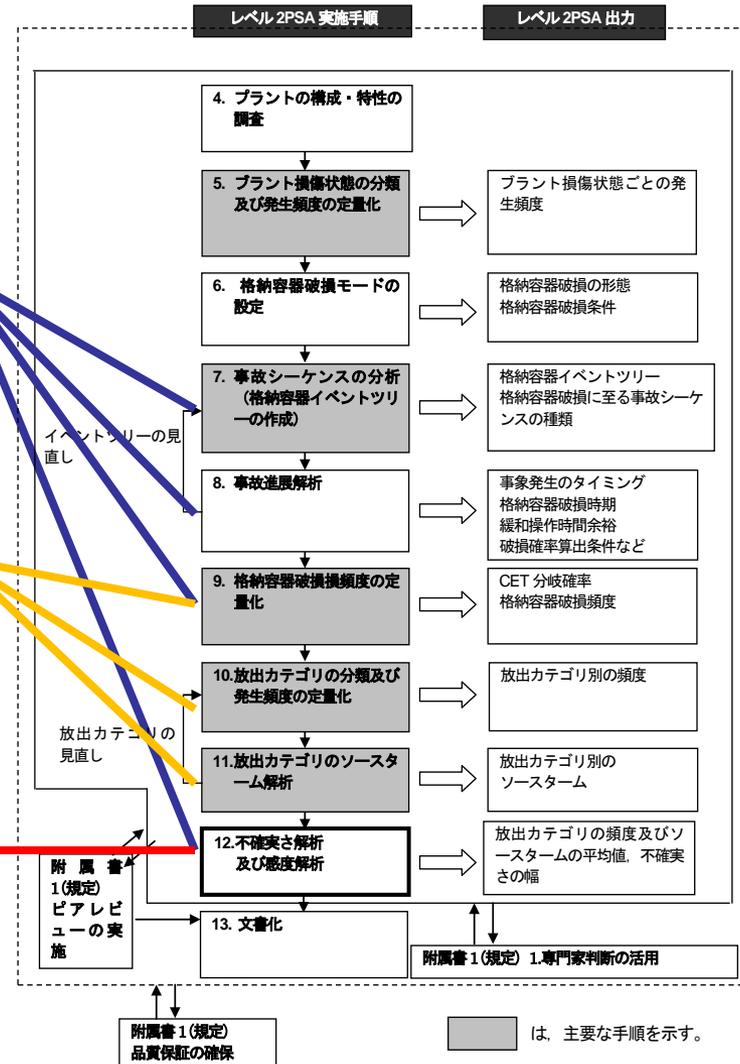
分岐・分岐確率検討が複数章に分散

ポイント2

定量化は点推定のみ規定

ポイント3

不確実さ解析に3種類が混在





格納容器イベントツリーに関する規定構成の見直し (今回改定)

改定1

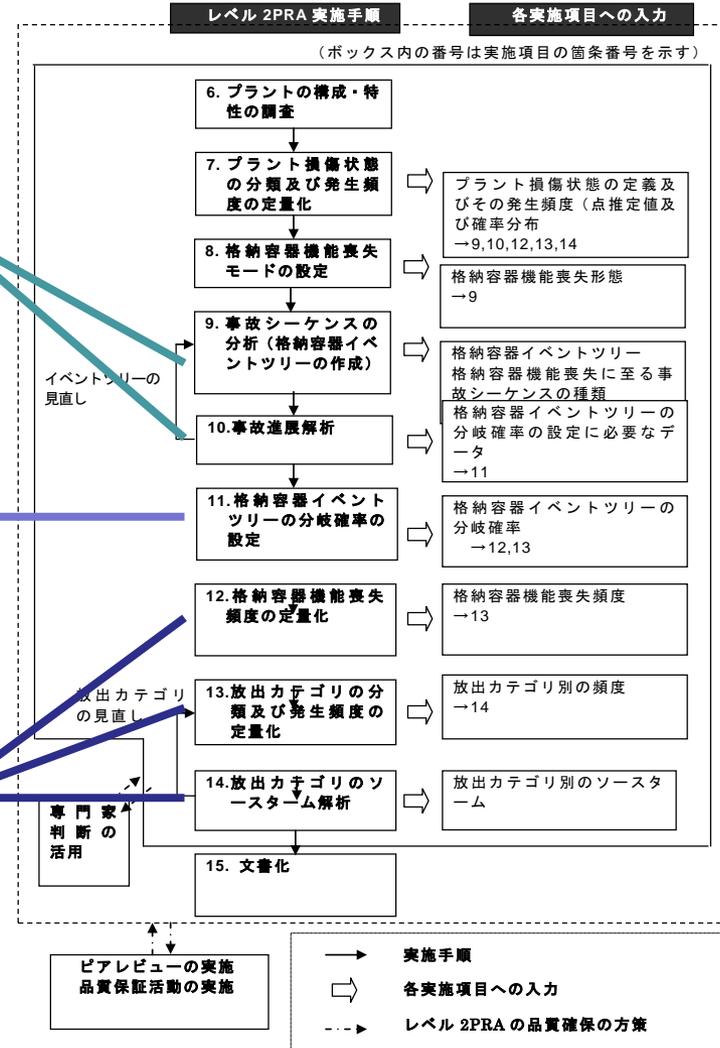
本来あるべき要求事項を規定

改定2

分岐確率の設定を独立・集約

改定3

点推推定から不確実さ解析まで一貫



格納容器機能喪失モード (PWR)

項目	放出	格納容器の状態	機能喪失モード (名称)	概要	
格納容器機能喪失モード分類	漏えい	格納容器健全	格納容器健全	格納容器が健全に維持されて事故が収束	
		格納容器バイパス	蒸気発生器伝熱管破損	蒸気発生器伝熱管破損後の炉心損傷を伴う格納容器バイパス, 又は温度誘因蒸気発生器伝熱管破損	
			インターフェイスシステム LOCA	インターフェイスシステム LOCA 後の炉心損傷を伴う格納容器バイパス	
	早期大規模放出	格納容器隔離失敗	格納容器隔離失敗	事故後に格納容器の隔離に失敗	
		早期格納容器破損	原子炉 (圧力) 容器内水蒸気爆発	原子炉 (圧力) 容器内の水蒸気爆発によって格納容器が破損	
			水素燃焼 (原子炉 (圧力) 容器破損以前)	水素燃焼又は水素爆轟 (原子炉 (圧力) 容器破損以前) によって格納容器が破損	
			水素燃焼 (原子炉 (圧力) 容器破損直後)	水素燃焼又は水素爆轟 (原子炉 (圧力) 容器破損直後) によって格納容器が破損	
			原子炉 (圧力) 容器外水蒸気爆発	格納容器内での水蒸気爆発又は水蒸気スパイクによって格納容器が破損	
			格納容器雰囲気直接加熱	格納容器雰囲気直接加熱によって格納容器が破損	
			溶融物直接接触	格納容器構造物へデブリが直接接触して格納容器が破損	
		後期大規模放出	後期格納容器破損	水素燃焼 (原子炉 (圧力) 容器破損後長時間経過後)	水素燃焼又は水素爆轟 (原子炉 (圧力) 容器破損後長時間経過後) によって格納容器が破損
				コンクリート侵食	デブリ・コンクリート相互作用によって格納容器バウンダリが破損, 又は構造部材の支持機能喪失にともない格納容器貫通部が破損
				過温破損	格納容器貫通部が過温で破損
	水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損			水蒸気・非凝縮性ガス蓄積によって準静的過圧で格納容器が破損	
		水蒸気蓄積による格納容器先行破損	水蒸気蓄積によって準静的加圧で格納容器が炉心損傷前に破損		

◆ 格納容器機能喪失モード

➤ 格納容器破損

➤ 格納容器隔離失敗

➤ 格納容器バイパス

➤ 格納容器健全

◆ 用語の変更

格納容器破損頻度



格納容器機能喪失頻度

格納容器機能喪失モード (BWR)

項目	放出	格納容器の状態	機能喪失モード (名称)	概要		
	漏えい	格納容器健全	格納容器健全	格納容器が健全に維持されて事故が収束		
			格納容器ベント	格納容器耐圧強化ベント、又はフィルターベントの実施		
格納容器機能喪失モード分類	早期大規模放出	格納容器破損	格納容器バイパス	インターフェイスシステム LOCA 後の炉心損傷を伴う格納容器バイパス		
			格納容器隔離失敗	事故後に格納容器の隔離に失敗		
			原子炉 (圧力) 容器内水蒸気爆発	原子炉 (圧力) 容器内の水蒸気爆発によって格納容器が破損		
			原子炉未臨界確保失敗時の過圧破損	水蒸気蓄積に伴う準静的な加圧によって格納容器先行破損 (原子炉未臨界確保失敗)		
			原子炉 (圧力) 容器外水蒸気爆発	格納容器内での水蒸気爆発又は水蒸気スパイクによって格納容器が破損		
			格納容器雰囲気直接加熱	格納容器雰囲気直接加熱によって格納容器が破損		
			溶融物直接接触	格納容器構造物へデブリが直接接触して格納容器が破損		
			後期大規模放出	後期格納容器破損	コンクリート侵食	デブリ・コンクリート相互作用によって格納容器バウンダリが破損、又は構造部材の支持機能喪失にともない格納容器貫通部が破損
					過温破損	格納容器貫通部が過温によって破損
					水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損	水蒸気・非凝縮性ガス蓄積によって準静的過圧で格納容器が破損
崩壊熱除去失敗時の過圧破損	水蒸気蓄積によって準静的加圧で格納容器が炉心損傷前に破損					

◆ 格納容器機能喪失モード

- 格納容器破損
- 格納容器隔離失敗
- 格納容器バイパス
- 格納容器健全 (格納容器ベントを含む)

◆ 用語の変更

格納容器破損頻度



格納容器機能喪失頻度



事故シーケンスの分析（改訂検討例）

（現行）

7.1.2 事故の緩和手段の分析

事故の緩和及び格納容器破損防止に係る実施可能な手段及び運転員操作を分析する。また、機器・システムの修復を含む復旧を、格納容器破損防止に係る手段及び操作に含める場合は、次のa)からc)によって、**妥当であることを示す**。

- a) 運転手順書
- b) 熱水力雰囲気条件
- c) 放射能雰囲気条件

格納容器イベントツリーの作成においてマネジメントの妥当性は確認しない

（改訂案）

9.2.2 事故の緩和手段の分析

事故の緩和及び格納容器機能喪失防止に係る実施可能な緩和手段を分析する。また、機器・システムの修復を含む復旧を、格納容器機能喪失防止に係る手段に含めてもよい。これらの緩和及び格納容器機能喪失防止に係る手段は、次のa)～f)によって分析する。

ソースターム解析において、格納容器機能喪失後の影響緩和策を考慮する場合は、a)～f)に加えて、格納容器外における可燃性ガスの燃焼又は爆轟の影響に留意する。

- a) 運転手順書
- b) 熱水力雰囲気条件
- c) 放射能雰囲気条件
- d) 監視条件
- e) シビアアクシデント対策設備
- f) 代替手段

■ ■ ■ 格納容器イベントツリーの分岐確率 (新設)

11 格納容器イベントツリーの分岐確率の設定

11.1 一般事項

11.2 格納容器イベントツリーの分岐の確率分布の評価

11.2.1 機器・システム及び操作

a) 機器・システム

b) 操作

11.2.2 物理化学現象 → 附属書(参考)

11.2.3 工学的判断 → 附属書(参考)

11.3 分岐の従属性

a) 格納容器イベントツリー内の従属性

b) 炉心損傷防止手段との従属性

点推定と不確実さを
合わせて規定

■ ■ ■ 格納容器機能喪失頻度（全面改定）

12 格納容器機能喪失頻度の定量化

12.1 一般事項

12.2 格納容器機能喪失頻度の点推定

- a) 格納容器機能喪失モードごとの発生頻度
- b) プラント損傷状態ごとの格納容器機能喪失頻度
- c) 全格納容器機能喪失頻度

12.3 不確実さ解析

12.4 重要度解析

- a) 解析の対象とする因子の検討
- b) 重要度の解析

12.5 感度解析

- a) 物理化学現象の発生
- b) 事故シーケンス

12.6 格納容器イベントツリーの定量結果の検証

- a) 解析結果のレビュー
- b) 重要なモデルの仮定

現行で各章・解説に分散
していた項目を集約・整理

■ ■ ■ 放出カテゴリの分類と定量化（全面改定）

13 放出カテゴリの分類及び発生頻度の定量化

13.1 一般事項

13.2 放出カテゴリの分類→ 附属書(参考)

- a) 格納容器隔離失敗又は格納容器バイパス
- b) エナジェティック現象
- c) 熔融物直接接触
- d) 格納容器先行破損

13.3 放出カテゴリの発生頻度の定量化

13.3.1 点推定評価

13.3.2 不確実さ解析

13.3.3 感度解析

13.4 放出カテゴリの解析結果の検証

現行で各章・解説に分散
していた項目を集約・整理



3. 今後の課題

- ◆ リスクの定量化に関して、L1PRAでは地震・津波など外部ハザードを誘発要因とするPRAの実施基準が整備されてきており、L2PRAにおいても、今後喫緊にこれらに対応できる実施基準を整備していくことが望まれる。
- ◆ これらの外部ハザードでは、人的過誤評価のあり方が共通する課題ともなっており、L2PRAにおいてもL1PRAと相俟った検討が望まれる。

