

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

(3) シビアアクシデント現象評価

レベル2PRA分科会
(株)東芝 濱崎亮一

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



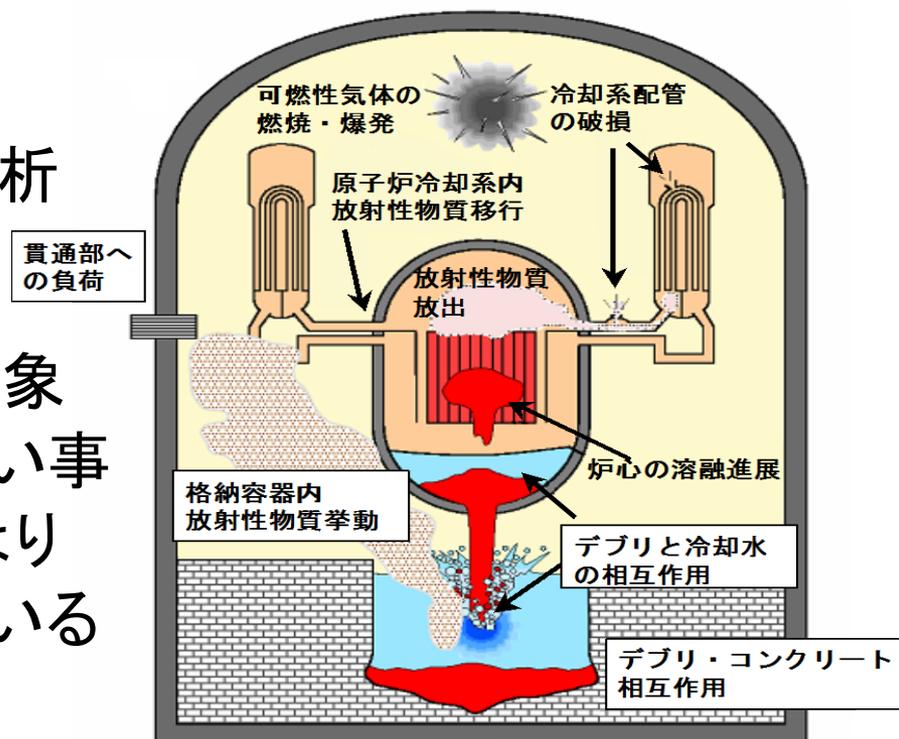
1. シビアアクシデント現象評価とは
2. シビアアクシデント現象評価の用途
3. 主な改定点
4. 今後の課題

1. シビアアクシデント現象評価とは

- 炉心損傷後に格納容器内で発生する種々の多様な物理化学現象を評価すること

➤ **全体挙動評価**: MELCOR, THALES2, MAAPなどの総合解析コードを用いた事故進展解析

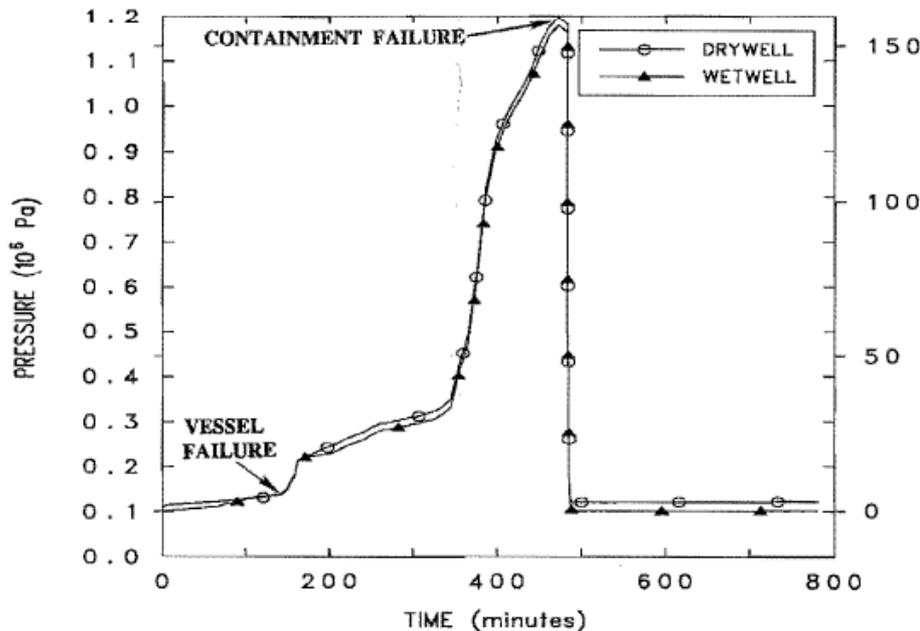
➤ **特定の物理化学現象評価**: 事象のタイムスケールが極めて小さい事象(例えば水蒸気爆発)などをより詳細に扱う詳細解析コードを用いる評価



シビアアクシデント現象評価の例

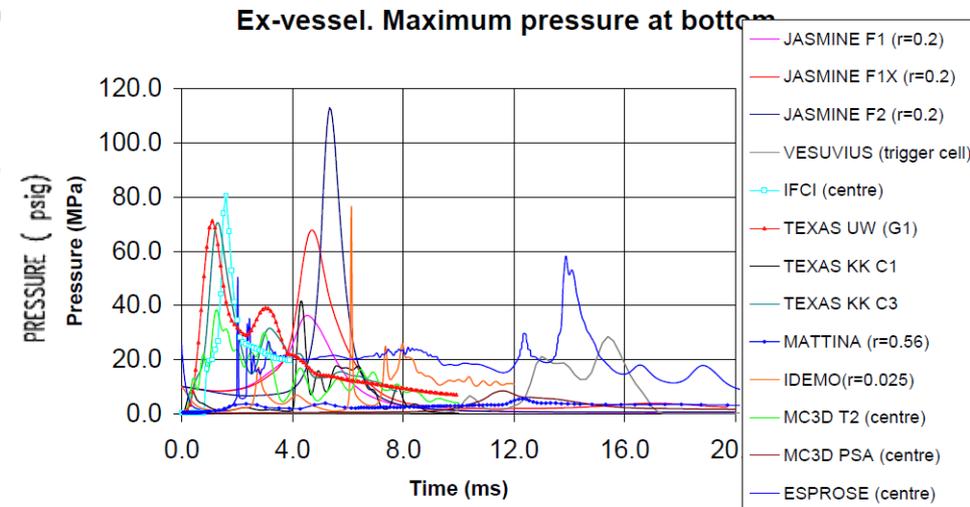
- 緩和設備の動作状態を考慮して、プラントの熱水力挙動及び炉心損傷、原子炉(圧力)容器破損などの事象の発生時期、物理化学現象の発生状態と格納容器構造健全性に影響を与える負荷、格納容器内ソースタームを解析する。

事故進展解析例 (MELCOR)



Ref: NUREG/CR-5942, MELCOR Peach Bottom

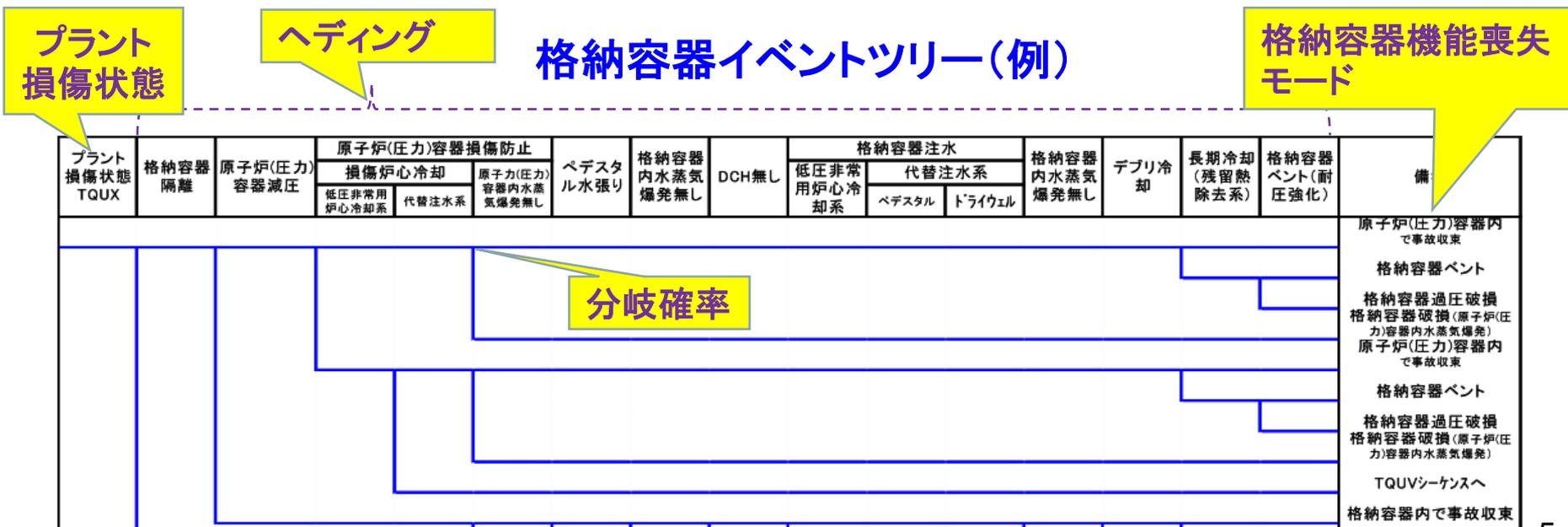
水蒸気爆発解析例



Ref: NEA/CSNI/R(2007)11, OECD SERENA

2. シビアアクシデント現象評価の用途

- 格納容器イベントツリーにおいて、ヘディングや、負荷に対する格納容器破損の分岐確率や、格納容器機能喪失モードを設定。
- 格納容器内や環境への放射性物質の移行挙動の評価結果を元に、放射性物質のグループごとに、ソースターム(性状, 放出量, 放出開始時期, 放出継続時間, 及び放出エネルギー)を設定する。これらの結果はL3PRAに使用される。





格納容器機能喪失モードの例

● BWRの例

放出	格納容器の状態		格納容器機能喪失モード
漏えい	格納容器健全		格納容器健全
			格納容器ベント
早期 大規模 放出	格納容器バイパス		インターフェイスシステムLOCA
	格納容器隔離失敗		格納容器隔離失敗
	格納 容器 破損	早期 格納 容器 破損	原子炉(圧力)容器内水蒸気爆発
			原子炉未臨界確保失敗時の過圧破損
			原子炉(圧力)容器外水蒸気爆発
			格納容器雰囲気直接加熱
			溶融物直接接触
	後期 大規模 放出	後期 格納 容器 破損	コンクリート侵食
過温破損			
水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損			
崩壊熱除去失敗時の過圧破損			

シビアアクシデント現象評価の留意点

- 解析モデルの妥当性が確認され、プラント適用実績のある解析コードが使用される。
- シビアアクシデント現象には不確かさがあり、解析コードの限界もあるため、必要に応じ感度解析や不確かさ評価が行われる。

解析コードの妥当性確認に使用された主な実験等

事故進展 →

熱水力	燃料溶融	燃料からFP放出 RCS内FP移行	FCI	RPV破損	MCCI	デブリFP放出	CV内FP移行	CV負荷	CV破損
FLECHT FIST BESTHSY TMI-2	PBF-SFD LOFT TMI-2 CORA QUENCH PHEBUS ACRR	ORNL SASCHA LOFT-FP TMI-2 PHEBUS FALCON	FARO KROTOS	EPRI LHF	ACE SURC BETA SWISS COTELS OECD	ACE SURC	ABCOVE CSE VANAM LACE RTF	SNL EPRI NUPEC HDR	SNL NUPEC



3. 主な改定点

(1) シビアアクシデント研究知見の更新

- 熱流動部会「熱水カロードマップ」に関する文献調査等を元に最新知見を反映
- 格納容器フラジリティの記載を追加
- ソースターム不確実さ解析として、旧JNESや産業界が実施した評価事例を追加

(2) シビアアクシデントマネジメント策の関連知見の追加

- ペDESTAL水張りによる溶融物粒子化や格納容器内クーラーによる蒸気凝縮などに関する知見を追加

(3) 他標準とのリンク

- 格納容器構造物の耐性評価に関して、機械学会ガイドラインを参考文献に追加
- 不確実さ因子の選定において、日本原子力学会での重要度ランキングテーブルが参考になることを追記



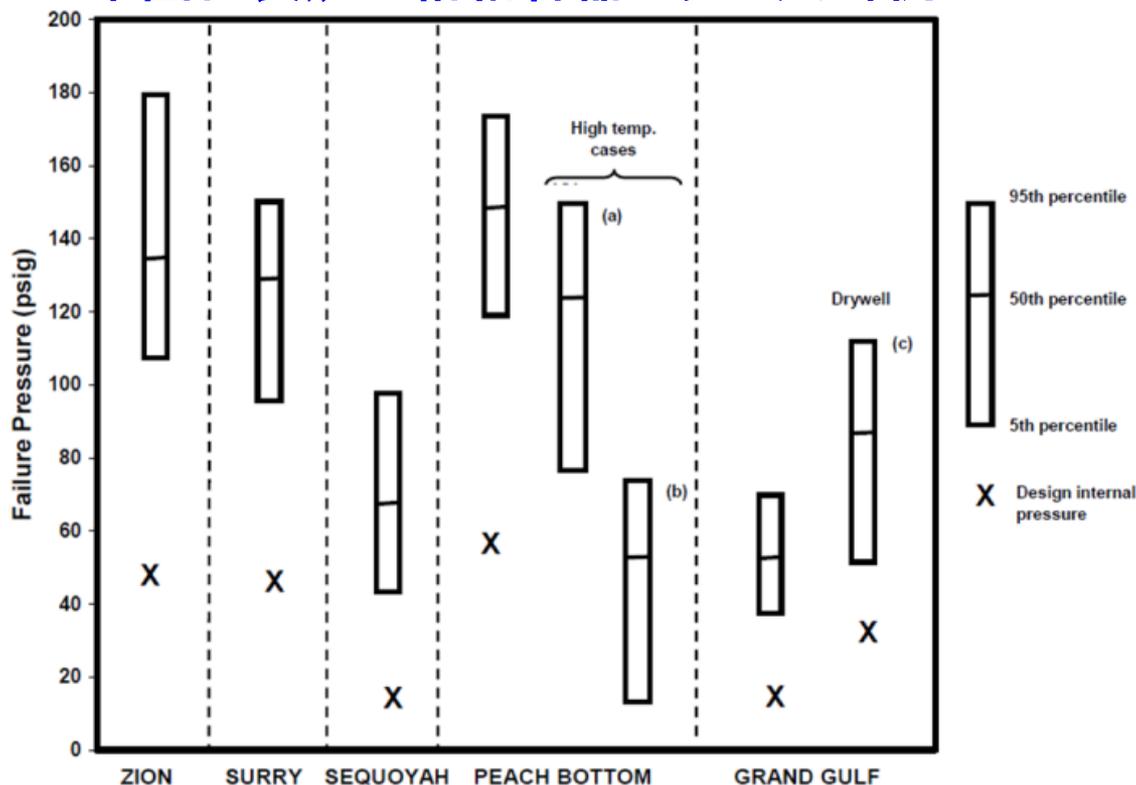
改定点 新知見の反映

現象	追加内容
炉心損傷挙動	下部プレナム内溶融物成層化 (OECD/MASCA計画)の記載見直し
水蒸気爆発	KROTOS試験, FARO試験, TROI試験, PULiMS/SES試験などの知見を追加
デブリ・コンクリート相互作用	OECD/MCCI試験, 溶融物拡がり試験, 溶融物の水中落下時の粒子化試験, 粒子状ベッド冷却性に関する知見を追加
放射性物質挙動	炉内空気侵入時のルテニウム放出挙動, 空気照射生成物, 格納容器ペイント表面及び低酸素雰囲気での揮発性ヨウ素放出, 格納容器内クーラー, フィルタベント及び格納容器貫通部のエアロゾル除去に関する知見を追加

改定点 格納容器フラジリティの追加

- 附属書Jに、格納容器構造物の耐性評価に関する知見を集約して、格納容器フラジリティの知見を追加

米国代表炉の格納容器フラジリティ例

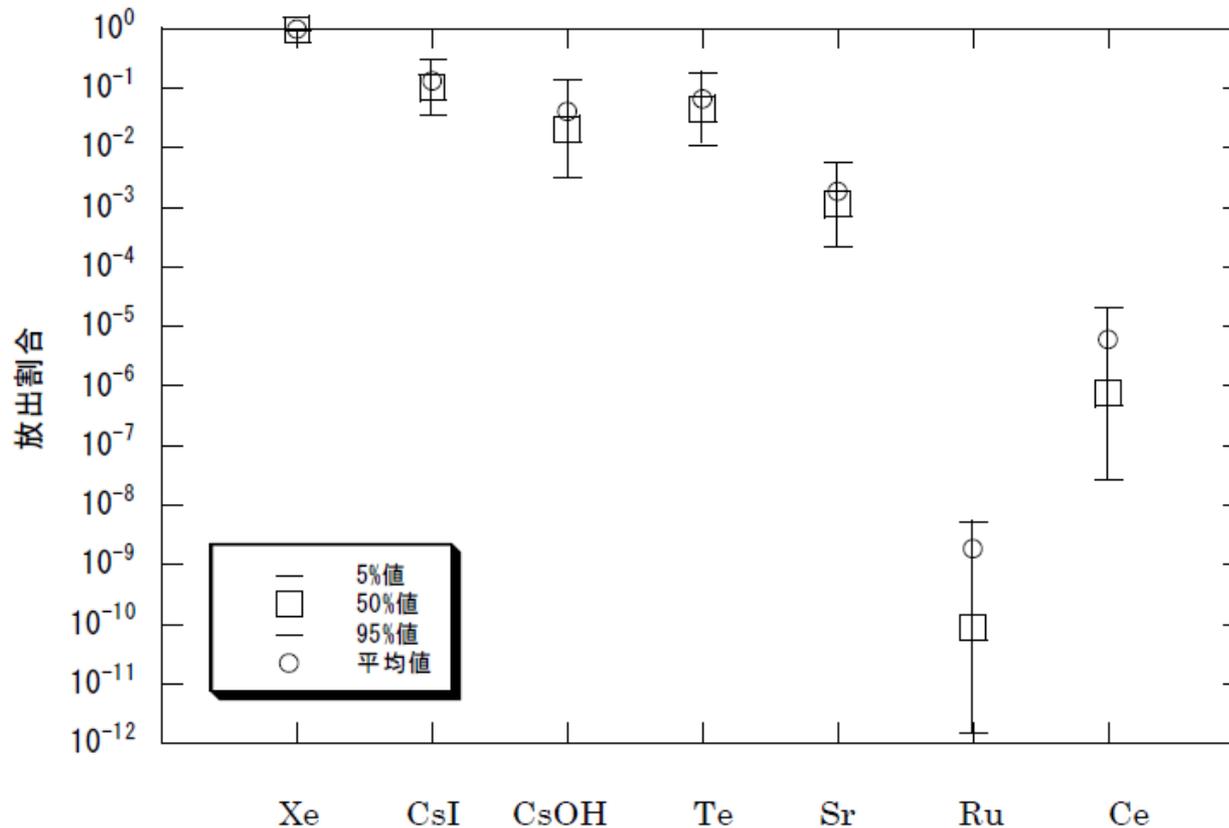


(a) Drywell temperature = 800°F
(b) Drywell temperature = 1200°F
(c) Drywell pressure capacity = pressure differential across wall

改定点 ソースターム不確かさ解析事例追加

- MELCORやMAAPによるソースターム不確かさ解析例を追加

ソースターム不確かさ解析例(MELCOR)



Ref: JNES/NSAG09-0004



4. 今後の課題

今後の知見蓄積やL2PRA実施状況を注視し、以下の点について、必要に応じ今後改定等していく必要がある。

- **1F事故の知見の反映**

建屋内での水素爆轟発生時の格納容器健全性への影響，デブリ状態，圧力容器状態，格納容器状態に関する知見の評価等への反映

- **ソースターム不確実さ解析、レベル3PSAとの調整**

レベル3PSA標準の不確実さ解析と，ソースターム不確実さ解析とのインターフェースについて，レベル3側との調整

- **ユーザーへのフィードバックと情報共有化**

レベル2PRAは，広範囲な知識や情報が求められるが，ユーザ数が少ないため、手法の妥当性確認や知見等の情報の共有化やユーザーへのフィードバックが必要
(事業者、NRRCなどの動向注視)