

事業者レベル 1.5PRA モデル(玄海 3,4 号)の適切性の確認のための質問事項 (その1)

1. 概要

事業者は、リスク情報活用に向け継続的に PRA の高度化を進めていく計画を示している¹。また、新検査制度で活用する PRA モデルについては、事業者の PRA モデルの整備状況等を踏まえて、原子力規制庁が原子力規制検査におけるリスク評価に活用可能な PRA モデルの品質に関する適切性の考え方を整理する方針²としている。

本文書は、このような背景を踏まえて、新検査制度に活用される予定の玄海 3,4 号機に関する PRA モデルのレベル 1.5PRA に関する内容を原子力規制庁が確認するため、事業者から貸与を受けた資料に関して質問事項をまとめるものである。

2. レベル 1.5 PRA モデルの確認項目と質問事項

(1) レベル 1.5 PRA モデルの確認項目

原子力規制庁が、事業者 PRA モデルの適切性を確認するための確認項目を添付 1 に示す。

(2) 質問事項

質問事項 (その 1) を添付 2 に示す。

本質問事項は、添付 1 に示した確認項目のうち、2.評価に必要な情報の収集並びに 3.格納容器機能喪失頻度評価のうち(1) プラント損傷状態の分類及び発生頻度の定量化、(2) 格納容器機能喪失モードの設定、(3) 成功基準の設定及び(4) 事故シーケンスの分析の質問事項である。

¹ 第 2 2 回検査見直しに関するワーキンググループ資料 3
<https://www.nsr.go.jp/data/000253833.pdf>

² 第 2 2 回検査見直しに関するワーキンググループ資料 4
<https://www.nsr.go.jp/data/000253834.pdf>

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目（格納容器機能喪失頻度）

1. 評価対象

- (1) 事象の範囲
- (2) 発電用原子炉の状態
- (3) 評価対象の状態
- (4) 品質保証について
 - ① PRA の品質を確保する実施体制
 - ② PRA のレビュー体制
 - ③ PRA のピアレビューの内容

2. 評価に必要な情報の収集及び分析

- (1) 設計情報、運転管理情報
- (2) 必要な情報
- (3) プラントの基本仕様
- (4) 緩和機能、緩和設備及び重大事故等対処設備等
- (5) プラント・ウォークダウン

3. 格納容器機能喪失頻度評価

(1) プラント損傷状態の分類及び発生頻度の定量化

- ① プラント損傷状態の分類
(熱水力挙動等の事故進展及び事故緩和操作の類似性)
- ② プラント損傷状態の定義
- ③ プラント損傷状態ごとの炉心損傷頻度の定量化

(2) 格納容器機能喪失モードの設定

- ① 格納容器負荷特性の同定
- ② 格納容器機能維持限界温度及び限界圧力設定
- ③ 格納容器機能喪失モードの分類（格納容器破損メカニズムの整理）

(3) 成功基準の設定

- ① 格納容器機能喪失の定義
- ② 成功（安定状態）の定義
- ③ 格納容器の負荷及び機能喪失モードに対する成功条件の設定
- ④ 安全設備の成功基準の設定
- ⑤ 熱水力解析に用いた成功基準の設定
- ⑥ 緩和操作開始までの余裕時間

第 1 回質問

- ⑦ 緩和機能の継続を必要とする時間
- ⑧ 具体的な成功基準の一覧及び各解析の根拠

(4) 事故シーケンスの分析

- ① 事故シーケンスの特徴分析
(プラント損傷状態の分析、重要な物理化学現象の分析、事故の緩和手段の分析)
- ② 格納容器イベントツリーの構築
- ③ 格納容器破損モードの設定

(5) 事故進展解析

- ① 解析コードの選定
- ② 代表事故シーケンスの解析
- ③ 物理化学現象の解析
- ④ 解析の実施及び解析結果の整理
- ⑤ 格納容器イベントツリー構造の確認
- ⑥ ヘディングの分岐確率計算データの確認

(6) システム信頼性の評価

- ① システム信頼性評価手法
- ② 緩和設備及び手段の分析
- ③ フォールトツリーの作成
- ④ フォールトツリー解析結果

(7) 信頼性パラメータの設定

- ① 機器故障率及び機器故障確率
- ② 復旧対象機器、機器復旧の評価方法及び機器復旧失敗確率
- ③ 共通原因故障のモデル化の考え方

(8) 人的過誤の評価

- ① 人的過誤の評価手法
- ② 人的過誤の発生確率
- ③ 人的過誤の評価仮定
- ④ 評価した人的過誤の発生確率及び不確かさ

(9) 格納容器機能喪失頻度の定量化

- ① 物理化学現象の分岐確率の設定
- ② 使用した解析コードの妥当性

③ 格納容器機能喪失頻度の定量化

④ 重要度解析

(10) 不確かさ解析及び感度解析

① 不確かさ解析

② 感度解析

参考表 1 事業者 PRA モデルの確認のための質問項目（格納容器機能喪失頻度）-1

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問管理 NO.
1. 評価対象	1. 評価対象	
(4) 品質保証について	事業者の実施体制について、事業者の実施体制を提示ください。	1.1
	PRA のレビュー体制について、事業者の品質保証のためのレビューの実施体制を提示ください。	1.2
	PRA のピアレビューの内容とその方法について、事業者の PRA のピアレビュー実施の有無とピアレビューを実施している場合、その結果を提示ください	1.3
2. 評価に必要な情報の収集及び分析	2. 評価に必要な情報の収集及び分析	
(1) 設計情報、運転管理情報	使用した設計情報等の入手時期を提示ください。	2.1
	対象プラントの運転炉年を提示ください。	2.2
	対象プラントの機器故障履歴を提示ください。	2.3
(5)プラント・ウォークダウン	プラント訪問/プラント職員との議論、プラント・ウォークダウンがなされていない。実施しない理由、補完する情報がある等、評価に必要な情報が十分であると考える理由を提示ください。	2.4

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問 管理 NO.
3. 格納容器機能喪失頻度評価	3. 格納容器機能喪失頻度評価	
(1) プラント損傷状態の分類及び発生頻度の定量化	(1) プラント損傷状態の分類及び発生頻度の定量化	
① プラント損傷状態の分類	熱水力挙動類似性及び事故緩和操作の類似性に基づく事故シーケンスの分類	
	本モデルにおいて RCP シール LOCA 後にトランジェントまたは小 LOCA シーケンスされる場合の具体的な分類基準を提示ください。	3.(1)-1
	サポート系の喪失を含む起因事象に対して、プラント損傷状態を詳細に分類しなくてよい理由を提示ください。	3.(1)-2
	炉心損傷時期の類似性の分類	
	原子炉容器破損時期の短期／長期の定義を提示ください。	3.(1)-3
	格納容器内熱水力挙動の類似性	
	炉心への注水の有無による格納容器内熱水力挙動の類似性の分類を行う場合に考慮する対策及び手順を提示ください。	3.(1)-4
	自然対流冷却の可否による PDS の分類を行わないとされているが、レベル 1 PRA で自然対流冷却の分岐を有する場合に、レベル 1.5PSRA で PDS を分類しなくてよい理由を提示ください。	3.(1)-5
② プラント損傷状態の定義	独立に分類すべきプラント損傷状態の分類	
	トランジェントにおいて先行破損の PDS が生じないとする理由を提示ください。	3.(1)-6
③ プラント損傷状態ごとの炉心損傷頻度の定量化	PDS の分類要素の組み合わせのうち、本評価で採用する PDS、不採用または成立しない PDS と仮定し、考慮しないとした PDS について、その理由を提示ください。	3.(1)-7
	レベル 1 PRA の結果について、PDS の割り付けの分類基準を提示ください。	3.(1)-8

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問 管理 NO.
(2) 格納容器機能喪失モードの設定	(2) 格納容器機能喪失モードの設定	
① 格納容器負荷特性の同定	局所的な温度荷重上昇が想定されるシナリオについての分析結果を提示ください。	3.(2)-1
	短期的な圧力上昇に関する分析結果を提示ください。	3.(2)-2
	圧力と温度の重畳による格納容器負荷に関する分析結果を提示ください。	3.(2)-3
	水素燃焼と水素爆発の違いによる格納容器の負荷の違いの分析結果を提示ください。	3.(2)-4
	水蒸気爆発及び圧力スパイクの発生による格納容器の負荷の分析結果を提示ください。	3.(2)-5
	格納容器直接加熱による格納容器の負荷の分析結果を提示ください。	3.(2)-6
	参照プラントの情報を用いている範囲について、玄海 3,4 号機に適応できる根拠を提示ください。	3.(2)-7
② 格納容器機能維持限界温度及び限界圧力設定	解析結果から 2Pd までの耐力を有することが示されているが、2Pd を限界耐力とする理由を提示ください。	3.(2)-8
	大型貫通孔（機器搬入孔、人通用開口部）、格納容器隔離弁等における局所的な耐力の分析結果を提示ください。	3.(2)-9
	短期的な圧力上昇に対する格納容器機能喪失の判断基準を提示ください。	3.(2)-10
	圧力と温度の重畳に対する限界温度及び限界圧力の分析結果を提示ください。	3.(2)-11
	格納容器直接加熱の破損メカニズムにおいて、過温破損を選定していない理由を提示ください。	3.(2)-12
(3) 成功基準の設定	(3) 成功基準の設定	
② 成功状態の定義	② 成功状態の定義	
成功状態	成功の状態（安定状態）の定義を提示ください。	3.(3)-1
③格納容器の負荷や機能喪失モードに対する成功条件の設定	③格納容器の負荷や機能喪失モードに対する成功条件の設定	

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問 管理 NO.
貫通部過温度	貫通部過温と水蒸気による過圧の成功状態の定義が同等で良い根拠を提示ください。	3.(3)-2
格納容器隔離機能喪失	格納容器隔離失敗の定義に格納容器外への漏えい経路が生じる場合を用いているが、100TBq 等の漏えい量の基準を考慮した漏えい面積以上からの漏えいとししない理由を提示ください。	3.(3)-3
④安全設備の成功基準の設定	④安全設備の成功基準の設定	
格納容器下部の熔融炉心の冷却	RWST の持ち込みが想定される PDS において、水源補給後における代替格納容器スプレイ（水源補給後）または自然対流冷却によってデブリの冷却が達成される場合が想定されない理由を提示ください。	3.(3)-4
格納容器内の冷却	自然対流冷却について補機冷却系を用いる場合には格納容器注水が不要で、海水通水の場合には格納容器注水を必要としている根拠を提示ください。	3.(3)-5
水素濃度制御	被ばく防止設備としてアニュラス空気浄化系の作動／不作動を考慮しているが、水素燃焼に対する緩和効果を期待しない理由を提示ください。	3.(3)-6
作業環境の維持（被ばく防止）	炉心損傷直後の操作について、被ばく防止の手段を不要としている理由を提示ください。	3.(3)-7
⑤ 熱水力解析を用いた成功基準の設定	⑤ 熱水力解析を用いた成功基準の設定	
成功基準の設定	成功基準を定めるための解析に有効性評価を用いているが、有効性評価で対象となっていないシーケンスに有効性評価を適応できることを検討した結果を提示ください。	3.(3)-8
	成功基準を定めた際に対象とした格納容器機能喪失モードを提示ください。	3.(3)-9
利用した熱水力解析について	有効性評価では最確評価に加えて不確実さを考慮した保守的な仮定を採用しているが、シナリオの保守性、解析条件の保守性等についての考察を提示ください。	3.(3)-10
解析コードの妥当性	成功基準解析に使用する解析コードについて妥当性が確認されている範囲を提示ください。	3.(3)-11

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問 管理 NO.
⑥ 緩和操作開始までの余裕時間	設備、手順等の許容時間及び許容時間の設定根拠を提示ください。	3.(3)-12
⑧ 具体的な成功基準の一覧及び各解析の根拠	レベル 1PRA で考慮している機器の信号系の故障時及び制御回路故障等のバックアップを考慮しない理由を提示ください。	3.(3)-13
	多様性拡張設備のうち考慮する対象及び選定しないものの一覧及びその根拠を提示ください。	3.(3)-14
	FT 評価については水素対策設備の PAR は、静的機器としてシステム信頼性評価の対象外としているが、成功基準解析において PAR をスクリーンアウトすることによる成功基準への影響の分析を提示ください。	3.(3)-15
外部電源の復旧	外部電源の復旧を被覆管破損時間までに完了させなければならない理由を提示ください。	3.(3)-16
	PDS の違いによる、電源復旧が必要となる時間の違いの設定方法を提示ください。	3.(3)-17
中央制御室換気空調系	被ばくに関して、交代要員による作業の可否を考慮しない理由を提示ください。	3.(3)-18
加圧器逃し弁制御（制御用空気／窒素ボンベ）	小 LOCA 発生時に長期に炉心損傷に至る PDS においても短期で炉心損傷に至る PDS と成功基準が同様である理由を提示ください。	3.(3)-19
イグナイタ	イグナイタの成功基準の根拠を提示ください。	3.(3)-20
格納容器スプレイ／代替格納容器スプレイ（補給前）	事前のキャビティへの注水と過温・過圧破損対策の成功基準の違いを提示ください。	3.(3)-21
格納容器内自然対流冷却（補機冷／海水）	大 LOCA に追従して電源系の喪失、補機冷系の喪失が発生した場合を想定して、自然対流冷却の成功基準を定めていない理由を提示ください。	3.(3)-22
(4) 事故シーケンスの分析	(4) 事故シーケンスの分析	
① 事故シーケンスの特徴分析	デブリ冷却に関して、事前注水の有無によって冷却性についての分析結果を提示ください。	3.(4)-1
	外電復旧以外の電源系の設備の復旧を考慮しない理由を提示ください。	3.(4)-2

事業者 PRA モデルの適切性の確認項目	確認事項 (玄海 3,4 号 2020 年 7 月データ)	質問 管理 NO.
	炉心への注水として炉心損傷後に高圧系または低圧系を継続して実施する手順を提示ください。	3.(4)-3
	炉心損傷後に実施する操作のうち原子炉建屋内における操作について放射線雰囲気条件を考慮しなくてよい理由を提示ください。	3.(4)-4
② 格納容器イベントツリーの構築	② 格納容器イベントツリーの構築	
格納容器イベントツリーのヘディング項目の選定	バイパス事象に関して炉心損傷しているがレベル 1 PRA において放射性物質の放出が十分に低減されているシーケンスに関する分析結果を提示ください。	3.(4)-5
	TI-SGTR の防止のために二次系への注水による防止策を選定しない理由を提示ください。	3.(4)-6
	炉心への注水において選定される機器及び手順を提示ください。	3.(4)-7
	キャビティ水張りに関して水源補給後の代替格納容器スプレイが選定されていない理由を提示ください。	3.(4)-8
格納容器イベントツリーの作成	一次系強制減圧失敗+配管クリーブ破損なし+TI-SGTR なしの場合に、炉心への注水の分岐が省略されている理由を提示ください。	3.(4)-9
	報告書と PRA モデルに違いのある CET について、この根拠を提示ください。	3.(4)-10
ヘディングの従属性	炉内 FCI 及び溶融物分散放出に関して、低圧シーケンス、一次系強制減圧及び配管クリーブ破損が従属となるのに対して、TI-SGTR が従属性を持たない理由を提示ください。	3.(4)-11
	炉心への注水について、一次系強制減圧及び配管クリーブ破損との従属性がある理由を提示ください。	3.(4)-12