

## 「実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合」 における意見交換の結果（報告）

令和3年6月9日  
原子力規制庁

### 1. 安全性向上評価届出について

発電用原子炉設置者は、原子炉等規制法第43条の3の29に基づき、発電用原子炉施設における安全性の向上を図るため、当該発電用原子炉施設の安全性について、自ら評価を行い、評価の結果を原子力規制委員会に届け出るとともに、自ら公表を行っている。（安全性向上評価届出の提出実績は添付「参考資料1」のとおり）

### 2. 公開会合での意見交換の結果について

原子力規制庁では、安全性向上評価の最初の届出があつて以降、「実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合」（以下「公開会合」）を開催\*している。

今般、特定重大事故等対処施設の供用開始に伴い、当該施設を含めた評価の結果の届出がなされる予定であることから、令和2年（2020年）12月22日及び令和3年（2021年）3月18日に公開会合を開催し、関西電力株式会社、四国電力株式会社及び九州電力株式会社と安全性向上評価における確率論的リスク評価（PRA）、被ばく評価、安全裕度評価（ストレステスト）、特定重大事故等対処施設の扱い等の事項について、継続的な改善に向けた意見交換を行ったので、その結果を「別添資料」のとおり報告する。

---

\*今回を含めこれまで8回の公開会合を開催。第5回までの会合での議論を踏まえ、平成30年（2018年）1月17日原子力規制委員会に安全性向上評価届出に係る改善事項を報告している。

## 安全性向上評価届出の状況（2021年5月現在）

## 関西電力

高浜発電所 3号炉	第1回届出	2018年1月10日
	第2回届出	2019年6月10日
高浜発電所 4号炉	第1回届出	2019年3月29日
	第2回届出	2020年8月27日
大飯発電所 3号炉	第1回届出	2020年1月24日
大飯発電所 4号炉	第1回届出	2020年4月13日

## 四国電力

伊方発電所 3号炉	第1回届出	2019年5月24日
-----------	-------	------------

## 九州電力

川内発電所 1号炉	第1回届出	2017年7月6日
	第2回届出	2019年1月7日
	第3回届出	2020年5月11日
川内発電所 2号炉	第1回届出	2017年9月25日
	第2回届出	2019年3月28日
	第3回届出	2020年7月22日
玄海発電所 3号炉	第1回届出	2020年2月20日
玄海発電所 4号炉	第1回届出	2020年5月20日

# 発電用原子炉施設の安全性の向上のための評価

## 制度概要

### <目的>

- 発電用原子炉設置者は、原子炉等規制法の規定※により、最新の知見を踏まえつつ、施設の安全性向上に資する設備の設置等の必要な措置を講ずる責務がある。それらの責務を果たすための取組の実施状況及び有効性について、発電用原子炉設置者が調査・評価したものが安全性向上評価。
- 本評価の実施及び評価結果を踏まえ、原子力安全の取組の継続的な改善を図ることを目的とする。

※原子炉等規制法第57条の9

### <実施方法>

- 発電用原子炉設置者は、施設定期検査終了後(ただし、法施行後の初回は、運転の開始後最初に行われる施設定期検査終了後)6ヶ月以内に、原子力規制委員会に届出。
- 発電用原子炉設置者は、原子力規制委員会に評価結果を届け出た場合、その結果を公表する必要がある。

## 届出の内容

### ①安全規制によって法令への適合性が確認された範囲

- ・設置許可申請書等の記載内容に基づく設計に関する最新状態の説明
- ・保安規定に基づく保安措置に関する最新状態の説明 等

### ②安全性の向上のため自主的に講じた措置

- ・自主的な取組による安全性の向上・効果に関する説明

### ③安全性の向上のために自主的に講じた措置の調査及び分析

- ③-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価 [5年ごとに改訂]
  - ・内部事象及び外部事象の再評価、確率論的リスク評価(PRA)、安全裕度評価(ストレステスト)等
- ③-2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価 [10年ごとに改訂]
  - ・プラント設計、安全実績、他プラント等の知見の活用、組織等(定期安全レビュー(PSR)に相当)

### ④総合的な評価



# 「実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合」における意見交換の概要

令和3年6月  
原子力規制庁

## 意見交換を行った事項

- (1) 確率論的リスク評価(PRA)
- (2) 被ばく評価
- (3) 安全裕度評価(ストレステスト)
- (4) 特定重大事故等対処施設の扱い

## 確率論的リスク評価(PRA)①

### ①事業者への説明依頼事項

- 確率論的リスク評価の結果を踏まえ、設備や手順の改善対策等を行った結果として炉心損傷頻度(CDF)等が改善しているのであれば、そのような事例を次回具体的に説明して欲しい

### ②事業者の説明

- 具体的な事例(メタクラ・デジタル化(九電)、RCPシャットダウンシール導入(関電)、CCWポンプ待機除外時の補機冷却負荷制限運用整備(四電)、重要シナリオに対する教育訓練の強化(各社)等)を説明

#### メタクララッド開閉装置保護継電器のデジタル化(九電)

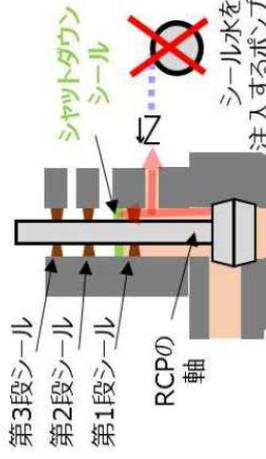
デジタル化により、装置全体のフラジリティが改善、地震PRAのCDF,CFF等が低減



※第8回会合資料1-1(抜粋)

#### RCPシャットダウンシールの導入(関電)

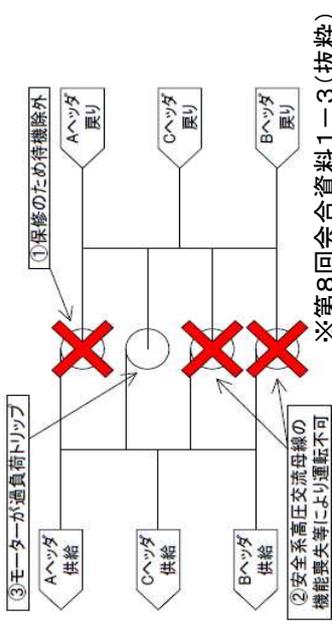
原子炉補機冷却系喪失時にシール水が停止した場合に自動作動し、シールLOCAを防止。CDF等低減。



※第8回会合資料1-2(抜粋)

#### CCWポンプ待機除外時の運用整備(四電)

CCWポンプ1台待機除外時に、運転ポンプが過負荷トリップしないよう、原子炉補機冷却水系負荷を制限する運用を整備。CDF低減。



※第8回会合資料1-3(抜粋)

### ③会合での議論等

- (規制庁質問等)他社の安全性向上評価での改善事例を、自社へ反映が必要かどうか検討するスキームはあるか
- (事業者回答)自社へ反映する必要があるか検討を行っているが、明示的なスキームとはなっていないため、届出書への記載を含め検討したい

## 確率論的リスク評価(PRA)②

### ①事業者への説明依頼事項

- ハザード・フラジリティ評価の高度化、SSHAC(※)プロセスの確立及び確立後の見直しの考え方等の地震PRA・津波PRA評価手法の改善の具体的な計画及び内容を説明して欲しい

※ SSHAC: 地震ハザード解析専門委員会  
(Senior Seismic Hazard Analysis Committee)

### ②事業者の説明

- ハザード・フラジリティ評価の高度化等の計画については次ページのとおり  
(例えば、より現実的な地震フラジリティ評価に資するため、NRRRCが有する加振台を利用した加振試験によるデータ拡充を図っている)
- NRRRC(原子力リスク研究センター)において、伊方発電所でのSSHACプロセスの結果を踏まえた確率論的地震動ハザード評価の実務ガイドを作成し試験検討を実施予定。その検討状況を踏まえ各プラントで対応していく(九電・関電)

(「今後の改善計画」(九州電力の例) =>次ページ)

### ③会合での議論等

- (規制庁質問等)フラジリティ評価の研究内容については、具体的な内容・達成時期が不明であり、学会などの別の場で原子力規制庁の専門家を交え意見交換したい
- (事業者回答)フラジリティ研究の意見交換、成果の公表について対応していきたい

## 確率論的リスク評価(PRA)②

※第8回会合資料1-1(抜粋)

### 今後の改善計画

現在

取組み	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
地震	ハザード	確率論的地震ハザード解析手法の高度化研究 <地震動予測モデル(地震動予測式、断層モデル)の定量的重み付け手法等> (SSHACプロセス適用検討は※2で実施)	後続研究(加振台によるデータ拡充結果を踏まえた検討等)	個別プラント適用検討 後続研究	個別プラント適用検討 後続研究	個別プラント適用検討 後続研究
津波	ハザード	確率論的津波ハザード解析手法の高度化研究 <地すべりに起因する津波の確率論的評価手法等>	後続研究(加振台によるデータ拡充結果を踏まえた検討等)	個別プラント適用検討 後続研究	個別プラント適用検討 後続研究	個別プラント適用検討 後続研究
		フラジリティ	津波フラジリティ高度化研究 <津波影響評価手法高度化(漂流物影響)等>	後続研究(加振台によるデータ拡充結果を踏まえた検討等)	個別プラント適用検討 後続研究	個別プラント適用検討 後続研究
SSHACプロセスを踏まえた高度化※2	その他	伊予SSHAC地震動ハザード評価	伊予SSHACを踏まえた実務ガイド作成	実務ガイドによる試験検討	実務ガイドによる試験検討	実務ガイドによる試験検討
		適用性検討	個別プラント評価 適宜届出(2022年度以降)	個別プラント評価 適宜届出(2022年度以降)	個別プラント評価 適宜届出(2022年度以降)	個別プラント評価 適宜届出(2022年度以降)

※1: 取組み内容は一例。

【凡例】

■ : 評価完了

■ : プラント共通の研究等

■ : 個別プラント適用検討・後続研究

■ : 個別プラント評価

①事業者への説明依頼事項

- レベル3PRAを安全性向上評価届出で実施することについて、事業者の考えを聞かせて欲しい

②事業者の説明

- レベル3PRAの評価に当たっては、自治体の防災業務計画を踏まえた避難等のオフサイトに係る条件を考慮する必要がある、自主的安全性向上の取組を超えており、安全性向上評価とは別の枠組みで検討が適当と考える
- 評価手法の構築については、NRRRC(原子力リスク研究センター)において、国内で想定されるパラメータ等の調査、適用性の検討等の研究が継続的に進められる計画である

## 確率論的リスク評価(PRA)④

### ①事業者への説明依頼事項

- 炉心損傷後の条件付格納容器機能喪失確率(CCFP)を定義・分析・評価することは、更なる安全性向上策を検討する上でも有効な手段と考えるが、事業者の考えを聞かせて欲しい

### ②事業者の説明

- 炉心損傷頻度(CDF)や格納容器機能喪失頻度(CFF)などプラントリスクに直接的に寄与の大きいシナリオを把握し、リスク低減のために優先的に対応検討すべきものを抽出  
(「PRA結果の分析」(四国電力の例) => 次ページ)

- 炉心損傷後の条件付格納容器機能喪失確率(CCFP)を評価・分析することは、格納容器機能喪失防止対策の効果を考察する上で有効。届出書の記載についても検討したい

(「PRA結果の分析」(関西電力の例) => 次ページ)

### ③会合での議論等

- (規制庁質問等)関西電力では条件付炉心損傷確率(CCDP)についても考察するとしており、低頻度高影響事象の考察のためにはCCDPは一つの有効な指標と考えるが、他社はCCDPについてどのように考えるか(九電、四電回答)安全性向上のための一つの指標として考察したい

# 確率論的リスク評価(PRA)④

## ＜伊方3号機 第1回安全性向上評価届出における安全性向上対策の分析(例)＞

※第8回会合資料1-3  
(四国電力資料抜粋)

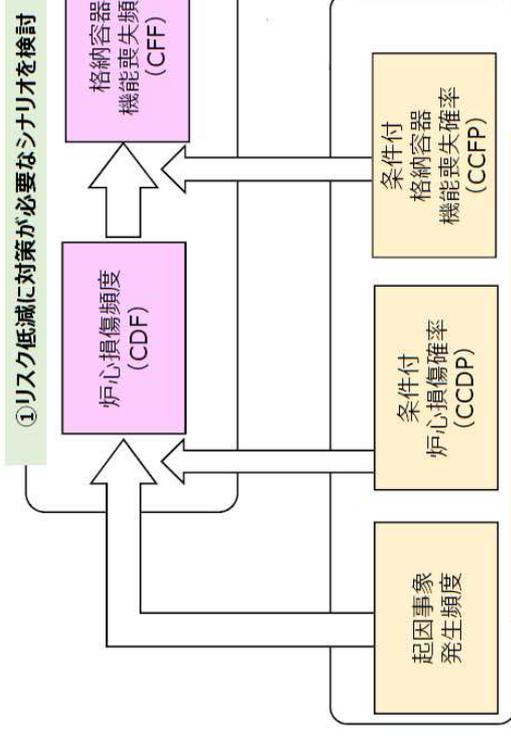
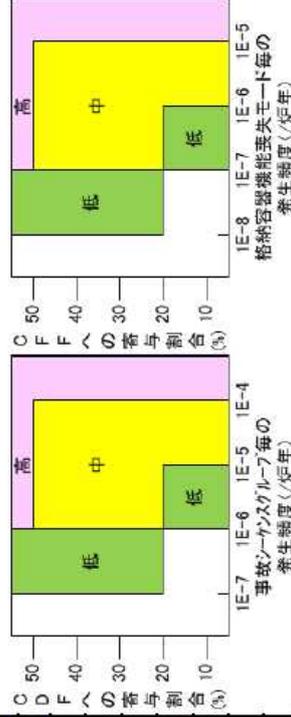
(炉心損傷頻度)

事故シーケンスグループ	内的事象出力運転時L1	
	CDF	寄与割合
2次冷却系からの除熱機能喪失	3.7E-07	20.4%
全交流電源喪失	2.0E-07	11.2%
原子炉補機冷却機能喪失	6.9E-07	38.3%
原子炉格納容器的除熱機能喪失	1.1E-08	0.6%
原子炉停止機能喪失	3.9E-09	0.2%
ECCS注水機能喪失	1.5E-07	8.1%
ECCS再循環機能喪失	3.5E-07	19.5%
格納容器バイパス	2.9E-08	1.6%
合計	1.8E-6	

(格納容器機能喪失頻度)

格納容器機能喪失モード	内的事象出力運転時L2	
	CFF	寄与割合
原子炉容器内水蒸気爆発	4.4E-11	<0.1%
格納容器隔離失敗	4.4E-08	7.6%
水素燃焼	1.5E-10	<0.1%
水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損	4.2E-07	72.1%
ハースマット溶融貫通	7.4E-09	1.3%
水蒸気蓄積によるCV先行破損	7.5E-08	13.1%
原子炉容器外水蒸気爆発	8.6E-10	0.1%
格納容器雰囲気直接加熱	N/A	0.0%
インターフェイス/ALOCA	5.3E-09	0.9%
蒸気発生器伝熱管破損	2.8E-08	4.8%
過温破損	2.2E-10	<0.1%
溶融物直接接触	ε	<0.1%
合計	5.7E-07	

(寄与割合に対する重要度分類)



※第8回会合資料1-2(関西電力資料抜粋)

①事業者への説明依頼事項

- 被ばく評価の結果について、核種毎の放出タイミンング、放出量、線量への寄与を届出書へ具体的に示すべきと考えるが、事業者の考えを聞かせて欲しい

②事業者の説明

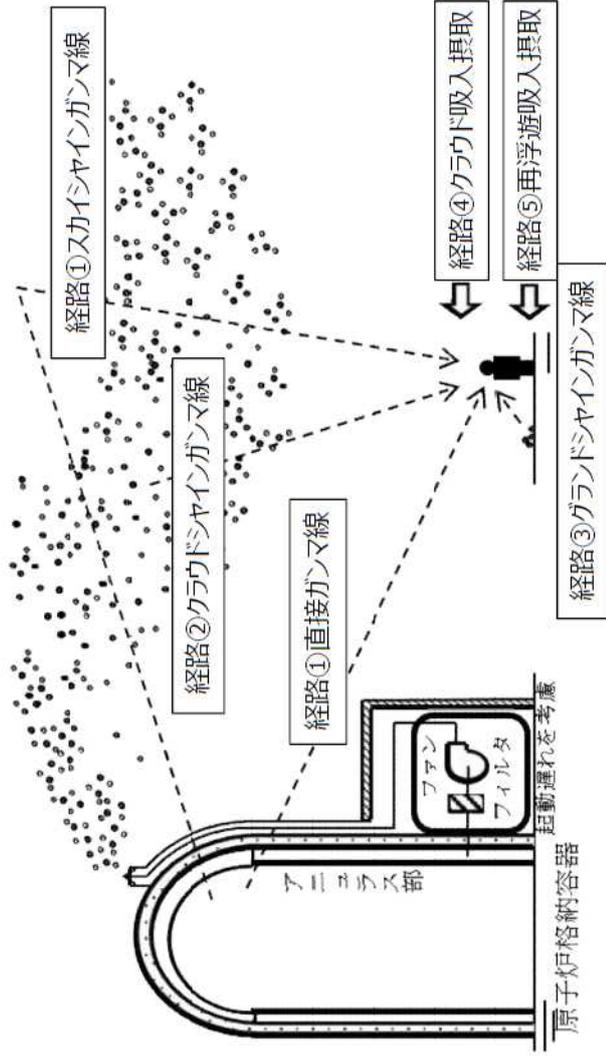
- 安全性向上評価における被ばく評価については、原子炉施設の安全性・信頼性向上対策の効果を把握するため、敷地境界での被ばく線量を評価し届出に記載している
- 被ばく線量結果を基に有効な防護措置を考察する上で、特定の核種に特化した有効な防護措置はなく、現在届出書に記載している被ばく経路毎の線量寄与（内部被ばく・外部被ばく）により把握することが可能であり、核種毎の放出タイミンング、放出量、線量への寄与の重要性は高くない

（「被ばく評価の結果」(関西電力の例) =>次ページ）

③会合での議論等

- （規制庁質問等）希ガス、よう素、セシウム等の主要核種について、その線量への寄与を把握しておくことは、プリントや事象の特徴を理解する上でも有用ではないか。
- また、ソースタームについては核種毎に示しており、届出書のわかりやすさの観点からも、線量評価結果についても核種グループ毎で示してもよいのではないか。
- （九電回答）線量への寄与が大い核種については、上位5核種などを今後の届出で示すことを考えている。

# 被ばく評価



敷地境界における実効線量の評価結果  
(高浜3、4号機の評価例：格納容器健全)

被ばく経路	主な防護措置
クラウド内部被ばく、再浮遊吸入	安定よう素剤の服用、屋内退避、防護具の着用
クラウド外部被ばく、グランウド外部被ばく、 <u>直接・スカイシャイン線</u>	屋内退避・避難

※第8回会合資料1-2(抜粋)

## 安全裕度評価（ストレステスト）

### ①事業者への説明依頼事項

- 津波クリフエッジの評価において、建屋のシール部を超えた時点で一律に水没するとしているが、今後いずれかの時点でより現実的な評価（具体的な浸水区画を考慮する等の評価）を行うべきと考えますが、事業者の考えを聞かせて欲しい

### ②事業者の説明

- 津波の浸水評価については評価の不確実性が大きく、建屋シール高さとしているクリフエッジを超える津波は低頻度であるため、詳細な評価を行う優先度は低い
- 最新知見をフォローし、より現実的な評価手法が開発された場合には、その適用を検討する

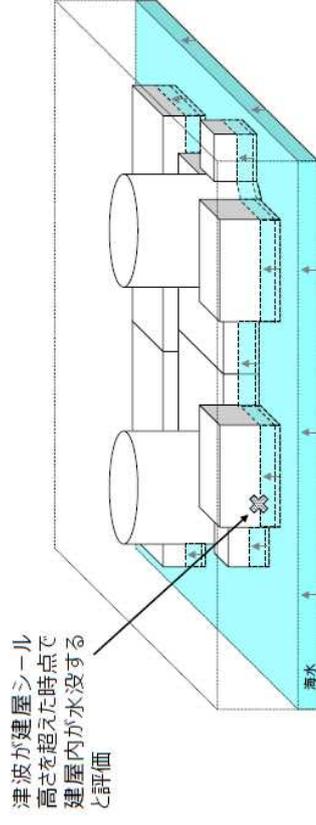


図 津波の安全裕度評価のイメージ

※第7回会合資料1ー1（抜粋）

### ③会合での議論等

- （規制庁質問等）想定外の事象に対するプラントの脆弱性を特定するというストレステストの目的を達成できていないのではないかと
- （四電回答）プラントの浸水に対するレジリエンスを向上させる手法として、どのようなことができるか、引き続き検討していきたい

## 特定重大事故等対処施設の扱い①

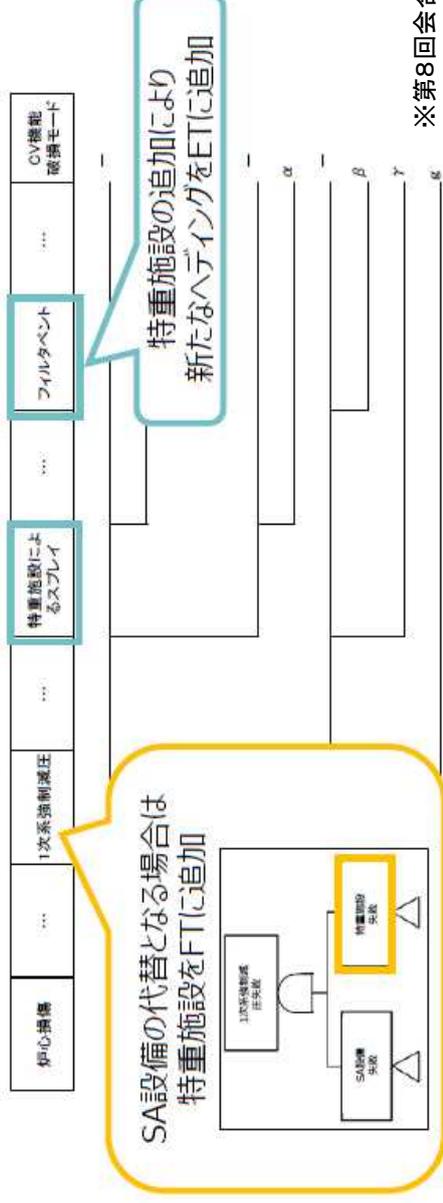
### ①事業者への説明依頼事項

- 特重施設導入後のPRAにおいて、重大事故等への対応に特重施設を活用する場合のイベントツリー設定等の考え方を説明して欲しい

### ②事業者の説明

- 次回届出では、特重施設の主たる機能である格納容器破損防止機能に着目し、フィルターイベント等によるリスク低減効果を確認する(イベントツリー/フォールトツリーへの追加)
- 特重施設を重大事故(SA)対策として活用する場合の評価は次々回以降に評価を実施する

＜特重施設反映後のレベル2PRA ET・FTイメージ＞



※第8回会合資料1-1(抜粋)

### ③会合での議論等

(規制庁質問等) 航空機衝突時にDB/SA設備が使えないという条件の下で、特重施設のシステム信頼性評価が必要でないか

(事業者回答) 特重施設のシステム信頼性をどのように示せるか検討していきたい

## 特定重大事故等対処施設の扱い②

- ①事業者への説明依頼事項
- 地震時のストレステストにおいて、特重施設の系統毎（フィルタベント、下部炉心注水等）に頑健性を把握、確認すべきと考えるが、事業者の考えを聞かせて欲しい

### ②事業者の説明

- イベントツリーに特重施設を用いた緩和操作を追加し、それぞれの系統毎のHCLPF(※)を示すことで把握、確認する
  - ※High Confidence of Low Probability of Failure（高信頼度低損傷確率）の略。フラジリティ評価の95%信頼度における5%損傷確率に相当する地震加速度レベル(G)を指し、当該加速度で機器が損傷するものとして評価

