

事業者PRAモデル（大飯3/4号機）の適切性の確認のための質問事項（その3）への回答（レベル1.5PRA）

2020年12月 23日
関西電力株式会社

No.	事象者PRAモデルの適切性の確認項目	質問管理NO.	確認事項の質問事項	回答
1	(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 (5) 配管クリーブ破損 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-1	RCPシールLOCAの想定及びPDSにおける低圧シークェンスと配管クリーブ損傷のヘディングの従属性について説明してください。	RCPシールLOCAが発生した場合は中圧シークェンスのPDSに分類し、その場合配管クリーブ破損は生じないとしている。
2	(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 (6) TISGTR 定量化手法に関する最新知見	No.3.(9)-2	最新知見の取得結果について説明してください。	TI-SGTR評価に関する知見については、今後、新たな知見の収集及び収集した知見のTI-SGTR評価への反映要否を検討していくことを計画している。
3	(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 (7) 炉心への注水 解析コードの検証及び妥当性確認	No.3.(9)-3	シークェンス割合を用いた評価方法の設定について考え方を説明してください。	シークェンス割合を用いた評価方法の設定では、レベル1PRAにおける炉心への注水の成否との関係を考慮している。
4		No.3.(9)-4	中破断LOCAにおいて、低圧シークェンスかつ低圧注入が行えない条件を示してください。	中破断LOCAの場合において、小破断LOCAよりも低圧となるが、余熱除去ポンプから注水できる圧力よりも高い圧力であるため、レベル1PRAでは低圧注入には期待していない。
5	(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 (7) 炉心への注水 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-5	中破断LOCAの場合、2次系強制減圧と低圧注入の関係の考え方を示してください。	2次系強制冷却を実施することで1次系圧力が低下し、低圧注入が有効になる。
6		No.3.(9)-6	炉心損傷後にECCSの作動を行う手順において、想定するシークェンスを説明してください。	炉心損傷後にECCSの作動が継続する可能性があるシークェンスでは、炉心への注水を期待している。
7		No.3.(9)-7	レベル1 PRAで減圧操作を伴うシナリオとの従属性を説明してください。	中破断LOCAにおいて、レベル1PRAで減圧操作を伴うシナリオの場合、再循環失敗で炉心損傷に至ることから、レベル1.5PRAでは炉心損傷後の低圧注入には期待しない。
8	(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 (10) 水素燃焼（原子炉容器破損前） 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-8	プラント損傷状態の炉心損傷時期との従属性について考察を示してください。	水素燃焼（原子炉容器破損前）の設定において炉心損傷時期との従属性はないと考えている。
9	(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 (11) 溶融物分散放出 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-9	配管クリーブ損傷の場合、溶融物分散放出の考え方を示してください。	配管クリーブ破損が発生すると、1次系の減圧により溶融物分散放出は発生しにくくなると考えている。
10	(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 (12) キャビティ内水量 定量化手法における工学的判断	No.3.(9)-10	キャビティ内水量が多量の場合と少量の場合の考え方を示してください。	事故進展解析結果を参照して、原子炉容器破損直前の原子炉下部キャビティ水量が多量が少量かを判断している。
11	(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 (12) キャビティ内水量 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-11	LOCAを伴うシナリオでのキャビティ内水量の考え方を示してください。	原子炉容器破損直前での原子炉下部キャビティ水量について、原子炉下部キャビティへの水の流入は破損口からの水よりも非常用炉心冷却設備、格納容器スプレイ系による水の方が支配的であり、LOCAによって原子炉下部キャビティ水が多量となることはない判断している。
12	(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 (17) 水素燃焼（原子炉容器損傷後） 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-12	CV内注水の有無による水素濃度を定める場合に参照とする事故進展解析において、水蒸気濃度をどのように考慮しているか説明して下さい。	事故進展解析の結果から水蒸気濃度を確認し、CV内が不活性化されているかどうかを考慮している。
13	(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 (19) CV内注水 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-13	キャビティ内水量が多量な場合、キャビティ水張り、液相蓄熱、CV内自然対流冷却（海水通水）との関係の考え方を示してください。	キャビティ内水量が多量の場合、燃料取替用水タンク水がCVスプレイ等でCV内に持ち込まれているため、キャビティ水張りは不要である。液相蓄熱は、燃料取替用水タンク水がCV内に持ち込まれていることとの従属性を考慮して分岐確率を設定する。CV内自然対流冷却（海水通水）は液相蓄熱との従属性を考慮して分岐確率を設定する。
14	(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 (20) CV内自然対流冷却（海水通水） 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-14	液相蓄熱に失敗した場合にはNCC（海水）に失敗とした根拠を示してください。	設置変更許可申請書の添付十の格納容器破損防止対策の有効性評価等で有効性が確認されている緩和設備の組み合わせを考慮し、設定している。

事業者PRAモデル（大飯3/4号機）の適切性の確認のための質問事項（その3）への回答（レベル1.5PRA）

2020年12月 23日
関西電力株式会社

No.	事象者PRAモデルの適切性の確認項目	質問管理NO.	確認事項の質問事項	回答
15		No.3.(9)-15	燃料取替用水タンク水の持込みに成功する場合に、CV内注水に失敗したときのデブリ冷却の考え方を示してください。	分岐確率の設定の考え方に基づき、デブリ冷却に影響のあるヘディングの成否の組み合わせを考慮して、デブリ冷却の分岐確率を設定している。
16	(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 (21) デブリ冷却 定量化手法における工学的判断	No.3.(9)-16	分散放出なしの場合において、除熱の効率が悪くなる点について、どの様に考慮しているか説明してください。	分岐確率の設定の考え方に基づき、除熱の効率等のデブリ冷却に影響のあるヘディングの成否の組み合わせを考慮して、デブリ冷却の分岐確率を設定している。
17		No.3.(9)-17	キャビティ水張り、キャビティ内水量（多量/少量）、CV注水の達成すべき水位の基準を説明してください。	水位の基準については、「キャビティ内水量」の場合、原子炉下部キャビティが水で満たされる程度の水量に基づいて分岐確率を設定している。CV注水（キャビティ水張り）についてはシステム解析に基づき分岐確率を設定している。
18	(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 (22) 水素燃焼（原子炉容器損傷後長期） 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-18	事故進展を参照する場合、格納容器スプレー、下部注水等の緩和手段による格納容器雰囲気の違いをどのように考慮しているかを示して下さい。	事故進展解析の結果を参照する場合、格納容器スプレー等の緩和策による格納容器雰囲気の相違は、格納容器内水蒸気濃度等の相違として考慮している。
19	(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 (23) ベースマット溶融貫通 定量化手法における工学的判断	No.3.(9)-19	事故進展解析で選定したシーケンスではAM有の解析においてAMの有無として格納容器スプレー及びNCCを考慮している。事故進展解析でNCCのみを考慮した場合を実施しなくてよい理由を説明してください。	事故進展解析でNCCのみを考慮した場合を実施しなくてよい理由については貸与資料に記載している。
20	(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 (23) ベースマット溶融貫通 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-20	燃料取替用水タンク水の持込まれる場合と持込まれない場合でベースマット溶融貫通の考え方を示してください。	燃料取替用水ビット水が持ち込まれない場合には、持ち込まれる場合に比べて、ベースマット溶融貫通の可能性は大きくなる。
21	(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 (24) CV過温破損 物理化学現象に関する定量化手法	No.3.(9)-21	CV過温破損に分類する考え方を示してください。	プラント損傷状態を代表する事故シーケンスに対する緩和策なしの事故進展解析結果を参照して分類する。
22	(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 (24) CV過温破損 定量化手法における工学的判断	No.3.(9)-22	工学的判断における現象の起こりやすさについての考え方を示してください。	工学的判断における現象の起こりやすさについての考え方については、貸与資料に記載しており、NUREG/CR-4700を参考に分岐確率のあてはめ方法を設定している。
23	(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 (24) CV過温破損 従属性があるヘディングの定量化手法	No.3.(9)-23	溶融デブリ冷却に失敗している場合において、過圧・過温破損に至らなかったシーケンスの終状態の設定根拠を示してください。	溶融デブリ冷却に失敗している場合で、過圧・過温破損に至らないシーケンスについては、ベースマット溶融貫通に至るとしている。
24	(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 その他の項目① APET手法を用いた 分岐確率（TISGTR） パラメータの選定	No.3.(9)-24	ループシールに関して、ループシールの解除についての考え方を示してください。	TI-SGTRの評価においては、ループシール解除が生じた場合にはTI-SGTRが発生しやすくなると考えている。
25	(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 その他の項目① APET手法を用いた 分岐確率（TISGTR） パラメータの設定	No.3.(9)-25	2次系の低圧化に関して、主蒸気安全弁及び主蒸気逃し弁の設定根拠を示してください。	主蒸気安全弁、主蒸気逃し弁のそれぞれに対して、ループ数分の開閉回数を考慮して、閉止失敗確率を算出している。
26	(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 その他の項目② DET手法を用いた分岐確率 （炉外水蒸気爆発） パラメータの選定	No.3.(9)-26	原子炉容器破損モードに関して、原子炉容器破損モードとCETの従属性について説明してください。	炉外FCIは原子炉容器破損後に発生し、格納容器機能喪失に至る可能性があるため、原子炉容器破損後の格納容器機能喪失モードとして選定し、CETを構築している。 炉外FCIのDET評価のヘディングの一つである原子炉容器破損モードでは、CETにおける炉外FCIに影響のあるパラメータの原子炉容器破損モードに応じた原子炉容器破損直前の状態を考慮している。
27		No.3.(9)-27	原子炉容器破損モードと溶融炉心の落下量との関係の考え方を示してください。	原子炉容器破損口から放出される溶融炉心の流量は原子炉容器破損の形態に影響されるため、炉外FCIのDET評価では、原子炉容器破損モードと溶融炉心の落下量との関係を考慮し、DETの分岐を設定している。
28		No.3.(9)-28	トリガリングの有無とサブクールとの関係の考え方を示してください。	トリガリングの有無は、蒸気膜の安定性に関係があり、サブクール度が小さい場合には、蒸気膜は安定し、水蒸気爆発は起こりにくい。評価では、保守的にサブクール度が大きい条件を使用している。

事業者PRAモデル（大飯3/4号機）の適切性の確認のための質問事項（その3）への回答（レベル1.5PRA）

2020年12月 23日
関西電力株式会社

No.	事象者PRAモデルの適切性の確認項目	質問管理NO.	確認事項の質問事項	回答
29	(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 その他の項目② DET手法を用いた分岐確率 (炉外水蒸気爆発) パラメータの設定	No.3.(9)-29	溶融炉心の内部エネルギーと組成との関係の考え方を示してください。	貸与資料に記載しているとおり、内部エネルギーと組成の関係は考慮している。
30		No.3.(9)-30	トリガリングのタイミングに関して、トリガリングタイミングのプラントによる違いについて説明してください。	溶融デブリが水面に到達してからトリガリングが発生するまでの間の時間は、プラント型の相違によらず非常に速いことから、プラント間の差は大きくない。
31		No.3.(9)-31	トリガリングのタイミングに関して、トリガリングタイミングのシナリオによる違いについて説明してください。	原子炉下部キャビティの水位によらず、溶融デブリの流出形態が同じであれば、トリガリングタイミングも同じとなる。
32		No.3.(9)-32	トリガリングのタイミングについて、RV破損モード及び粗混合量との関係の考え方を示してください。	トリガリングのタイミングと原子炉容器破損モードとの間には従属性を考慮している。トリガリングのタイミングと粗混合量の間には正の相関関係がある。
33		No.3.(9)-33	機械的エネルギー変換効率について、設定の考え方を示してください。	水蒸気爆発解析コードの結果を参照し、保守的に機械的エネルギー変換効率を設定している。
34	(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 その他の項目③ DET手法を用いた分岐確率 (DCH) パラメータの選定	No.3.(9)-34	原子炉容器破損モードと原子炉容器破損口径に関して、原子炉容器破損モードと原子炉容器破損口径を独立の条件として扱う理由を説明してください。また、CETとの従属性について説明してください。	原子炉容器破損モードと原子炉容器破損口径は従属の条件として扱っている。CETでは、原子炉容器破損モードや原子炉容器破損口径は扱っていない。
35	(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 その他の項目③ DET手法を用いた分岐確率 (DCH) パラメータの設定	No.3.(9)-35	原子炉容器破損モードに関して、炉外FCI及びMCCIの設定の違いについて説明してください。	炉外FCIとMCCIで原子炉容器破損モードの設定に相違はない。
36		No.3.(9)-36	原子炉容器破損口径について、炉外FCIとMCCIの同ヘディングにおける考え方の違いを示してください。	原子炉容器破損口径について、DCHと炉外FCI、MCCIの考え方には相違がある。
37		No.3.(9)-37	原子炉容器内溶融物の未酸化Zr量について、溶融デブリエネルギーへの影響の考え方を示してください。	未酸化Zrが酸化されることにより、溶融デブリの内部エネルギーは増大する。
38		No.3.(9)-38	DCHによる圧力上昇に関して、評価の考え方を示してください。	デブリ粒子と雰囲気ガスが熱平衡になると仮定して、圧力上昇を評価している。
39		No.3.(9)-39	CV耐性との比較について、考え方を示してください。	上昇した圧力と格納容器耐性との比較によって、格納容器破損確率を算出している。
40		No.3.(9)-40	CV耐性との比較について、温度に対する考え方を示してください。	CV自体が大きなヒートシンクであるために、DCHによる温度上昇は、瞬間的なものであることから、温度上昇の影響は考慮していない。
41	(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 その他の項目③ DET手法を用いた分岐確率 (DCH)	No.3.(9)-41	DCHについて、CETの他のヘディングの分岐確率の不確かさとの考え方の違いを示して下さい。	DCHはDET評価の対象としている一方、他のヘディングの分岐確率はあてはめ方法を適用している。
42	評価結果	No.3.(9)-42	CV破損確率について、評価したシーケンスについて説明してください。	DCHのDET評価では、各ヘディングの分岐に応じた条件を考慮して評価したシーケンス毎のDCHによるCV破損確率を求めている。

事業者PRAモデル（大飯3/4号機）の適切性の確認のための質問事項（その3）への回答（レベル1.5PRA）

2020年12月 23日
関西電力株式会社

No.	事象者PRAモデルの適切性の確認項目	質問管理NO.	確認事項の質問事項	回答
43	(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 その他の項目④ DET手法を用いた分岐確率(MCCI) 代表シナリオの選定	No.3.(9)-43	評価対象シナリオの選定の考え方を示してください。	原子炉容器破損時点での1次系圧力が低く、かつ原子炉容器破損時点で原子炉下部キャビティに水が流入しているシナリオを選定している。
44	(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 その他の項目④ DET手法を用いた分岐確率(MCCI) パラメータの選定	No.3.(9)-44	細粒化割合について、落下するデブリとの関係の考え方を示してください。	落下する溶融デブリが円錐状になり、外側から細粒化していくことを想定し、またその時の溶融デブリの密度及び水の密度を考慮している。
45		No.3.(9)-45	粒子ベッドのドライアウトについて、デブリの冷却の考え方を示してください。	貸与資料に記載しているとおり、ドライアウト熱流束と粒子ベッドの表面熱流束を比較することによって、デブリ冷却可否を判断している。
46		No.3.(9)-46	原子炉容器破損モードのRV破損規模と溶融炉心の拡がりとの関係の考え方を示してください。	原子炉容器破損規模と溶融デブリの拡がりとの間には依存性はないとしている。
47		No.3.(9)-47	原子炉容器破損モードのRV破損規模と落下するデブリとの関係の考え方を示してください。	原子炉容器破損規模と落下するデブリの挙動との間には依存性はないとしている。
48		No.3.(9)-48	水蒸気爆発とトリガリングの発生との関係の考え方を示してください。	MCCIにおける水蒸気爆発の考慮については、トリガリング発生により水蒸気爆発が発生するものとして取り扱っている。
49		No.3.(9)-49	溶融炉心の拡がりについて、成功・失敗の考え方を示してください。	溶融炉心は高い確率で拡がりに成功すると考えている。
50		No.3.(9)-50	溶融炉心の拡がりに関して、小規模破損と大規模破損で溶融物の拡がりの違いをどのように考慮しているかを示してください。	原子炉容器破損規模と溶融デブリの拡がりとの間には依存性はないとしている。
51	(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 その他の項目④ DET手法を用いた分岐確率(MCCI) パラメータの設定	No.3.(9)-51	RV破損モードのうち大規模破損のシナリオにおいて、溶融炉心の拡がりに失敗する場合に考慮する破断規模の考え方を示してください。	原子炉容器の大規模破損の場合で拡がりに失敗する場合、溶融炉心の拡がり面積は、最小と考えられる原子炉容器直径相当の面積としている。
52		No.3.(9)-52	細粒化割合で、考慮するデブリの内訳の考え方を示してください。	考慮するデブリは溶融しているものと固化しているものから構成される。
53		No.3.(9)-53	細粒化割合で考慮する溶融炉心の密度の考え方を示してください。	二酸化ウラン、二酸化ジルコニウム、ジルコニウムの密度の重み付き平均としている。
54		No.3.(9)-54	粒子ベッドのドライアウトについて、考慮するデブリの崩壊熱の考え方を示してください。	デブリ中の崩壊熱のうち、高揮発性核種の崩壊熱は除外して、デブリの崩壊熱としている。
55		No.3.(9)-55	MCCIの継続性について、実機への適応性を検討した結果を示してください。	「三菱PWR重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて（改1）（三菱重工業、2016年4月）」に記載しているとおり、MCCI実験では連続層の溶融デブリの上に注水する実験も含まれているが、実機での溶融デブリの堆積、冷却過程において、溶融デブリ落下時、溶融デブリ落下後短期、長期冷却時の各フェーズについて次のとおり検討している。【溶融デブリ落下時】完全には粒子化せず、床上を拡がる。クラスト形成までは比較的高い熱流束が維持される。【溶融デブリ落下後短期】クラストが形成されるが、破碎していくため、限界熱流束に近い伝熱となる。【長期冷却時】時間の経過とともに亀裂の入ったクラストが成長し、溶融デブリ全体が固化する。
56	(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 その他の項目④ DET手法を用いた分岐確率(MCCI) 最新知見	No.3.(9)-56	OECD/NEA CCI試験等の知見を参考としない理由を示してください。	解析コードの審査(三菱PWR重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて（改1）(三菱重工業、2016年4月))においては、様々なMCCI実験や解析研究の知見を参照している。一方、MCCIのDETシナリオでは、水中に溶融デブリが落下して冷却される現象を対象としており、溶融デブリの上に注水するCCI試験等は、実機で想定している現象とは異なるが、長期冷却時のフェーズにあたるDET評価のMCCI継続の分岐確率の設定においては、それらの実験の知見も参考としている。
57	(9) 格納容器機能喪失頻度の定量化 ② 使用した解析コードの妥当性 定量化に用いる近似方法	No.3.(9)-57	定量化に用いた近似方法とその近似方法を用いた根拠を示してください。	定量化に用いた近似方法として、国内外で使用実績のある近似方法を用いており、詳細は貸与資料に記載している。