

これまでの委員からの質問への回答
(第 5 回分科会実施前の後藤委員による質問
(2022年9月3日) への回答)
【第 5 回分科会資料 資料 4 に対する質問】

2022年11月7日

No.	質問事項	頁
追5-1	資料4、P. 4（後藤委員事前質問：P. 8） ②温度291℃と圧力15.5MPaはどのような値か？すでに説明があったかもしれないが、事故条件との関係や、同じ条件（大LOCA）であるとして、何らかの事故が重なってこれらの値よりずれることがないことを示して欲しい。	第6回分科会で回答済
追5-2	資料4、P. 4（後藤委員事前質問：P. 8） ③この圧力・温度は、単なる解析の条件として設定した説明図だと考えるが、何故「商業機密事項」とするのか？理由を明確にされたし。	3～9
追5-3	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 8） ①統一した条件下で評価がなされていることを説明して欲しい。本図は、照射脆化予測とPTS事象の結果をまとめたものと理解するが、改めて、事象の説明から、解析の前提条件、各パラメータの詳細な説明をできるだけ、まとめてわかるように説明してほしい。	第6回分科会で回答済
追5-4	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9） ②照射脆化のデータによる確認 照射脆化が起こると脆性遷移温度が上昇するとしているが、それはどこまで確認ができているのか明確にしてほしい。	10～12
追5-5	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9） ②照射脆化のデータによる確認 第4回分科会資料2「30年目高経年化技術評価結果について（原子炉容器の中性子照射脆化）」の2ページ目の模式図で、関連温度の上昇と上部棚吸収エネルギーの低下はどこまで分かっているか、どこに不明な点があるのか、分かりやすく説明してほしい。	10～12

No.	質問事項	頁
追5-6	<p>資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②照射脆化のデータによる確認</p> <p>同資料のp. 3の銅やリン、硫黄などの不純物の量が示されているが、部位ごとに脆化の関係を母材あるいは溶接金属、溶接熱影響部をそれぞれの取り出した回毎の試験片データとの関係を踏まえて説明願いたい。</p>	10～12
追5-7	<p>資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②照射脆化のデータによる確認</p> <p>同p. 4の監視試験結果が重要であるが、母材の上部棚吸収エネルギーが、本来徐々に低下するとされているにも関わらず、第2回と第4回では、前回より上昇している。これは、何を意味するのか。脆化を見る上でこのことはどのように関係しているのか？</p>	10～12
追5-8	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>①両ページとも、それぞれの事故条件の温度とK_I値を示しているが、これはある温度の冷却水が、どのような形で流入し、圧力容器の温度変化（どの位置か）、それによる想定亀裂と応力分布、それによるK_I値を、時刻歴毎にグラフ化して説明して欲しい。</p>	第6回分科会で回答済
追5-9	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②その上で、それぞれの解析条件の中で、保守的な選択になっているとは言い切れない条件があれば、それを明確にして欲しい。</p>	第6回分科会で回答済
追5-10	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>③また、ここで検討している2つの条件より厳しい事故条件が存在しないことを、時々刻々かわる過渡解析であることを踏まえて、時刻歴解析として証明して欲しい。</p>	第6回分科会で回答済
追5-11	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>もし、各パラメータにばらつきがある場合、そのばらつきについて、定量的に示して欲しい。</p>	第6回分科会で回答済
追5-12	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 10）</p> <p>PTSの解析について、「大LOCA」と、「2次冷却系からの除熱機能喪失」を選んでいるが、LOCAではなく、誤作動でECCSが作動した場合には、より厳しい条件になることはないか？</p>	第6回分科会で回答済

質問事項 No. 追5-4	資料4、P. 4（後藤委員事前質問：P. 8） ③この圧力・温度は、単なる解析の条件として設定した説明図だと考えるが、何故「商業機密事項」とするのか？理由を明確にされたし。
回答	次頁以降に圧力・温度条件を含む非公開情報（メーカー商業機密）の考え方について示す。

非公開情報（メーカー商業機密）の考え方について

- 川内原子力発電所の運転期間延長の検証に関する分科会（以下「分科会」という。）においては、鹿児島県のホームページにて開催状況、配布資料等を公開している。
- そのうち、当社が作成している配布資料については、メーカーの知的財産に係る商業機密保護の観点から、一部の事項を非公開情報として取り扱っている。
- メーカーの商業機密は、原則として次頁に示す表1に分類され、これまでの分科会における配布資料の非公開情報については、「B」に該当する（検査記録等に一部「C」が含まれる）。
- なお、分科会においては、科学的・技術的に検証を実施いただく観点から、委員の方々に対しては、メーカーの商業機密であっても、情報を開示することとしている。

表1 非公開情報の分類

項 目		内 容
A	特許、契約等に係る技術情報	<ul style="list-style-type: none">・ 特許、実用新案提出予定の情報・ 技術提携に基づく導入技術に係る情報・ 顧客、協力会社との契約に係る情報
B	上記以外の技術情報	<ul style="list-style-type: none">・ 競合会社がその情報を使用した場合、設計、製造、コスト低減、性能向上、許認可性の向上等の面で有利となる情報（電力各社との共同委託、研究の成果を含む）・ 競合会社がその情報を使用した場合、技術的及び経済的に有利となる高度なソフトウェアに係る技術を含んでいる情報（電力各社との共同委託、研究の成果を含む）・ メーカー独自の技術開発に係る情報
C	個人情報の開示となる情報	<ul style="list-style-type: none">・ 個人情報である資格等に係る情報

○主な非公開情報箇所の理由について、以下に整理する。

表2 非公開情報理由等（特別点検）

該当箇所		非公開情報箇所	理由
原子炉容器	第6回分科会資料3	<ul style="list-style-type: none"> ・ BMI内側渦流探傷試験（コイル径） ・ 溶接部目視試験（装置、校正方法） ・ 対比試験片形状 ・ 渦流探傷試験サンプリングレート等 	電力各社との共同委託の成果等に基づく情報が含まれ、かつ、競合会社が模倣可能な検査能力に関するメカノウハウに該当するため、非公開情報とする。
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験対象範囲（炉心領域） 	原子炉容器の溶接継手（継手数、方向、位置）はメーカの製造能力や検査能力に関するメカノウハウに該当するため、非公開情報とする。
原子炉格納容器	第5回分科会資料1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半球部内外面板割方法 ・ 円筒部内外面板割方法 	板割方法は製造能力に関するメカノウハウに該当するため、非公開情報としていたが、 <u>メーカと協議し公開情報とする</u> 。
	第6回分科会資料2	<ul style="list-style-type: none"> ・ スプレイング内径 ・ スプレイング高さ 	格納容器内設備の寸法、配置を示す詳細な設計情報であり、核防護リスクを伴う機微情報に該当するため、非公開情報とする。

表3 非公開情報理由等（中性子照射脆化）

該当箇所		非公開情報箇所	理由
中性子照射脆化	第5回分科会資料4等	<ul style="list-style-type: none"> ・ PTS評価に使用する温度条件及び圧力条件 	設計の詳細な数値であり、機密情報（解析に関する詳細な情報）であるため、非公開情報としていたが、 <u>メーカーと協議し公開情報とする。</u>
	第5回分科会資料4等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大破断LOCAのプラント挙動における各水源温度 ・ PTS評価における各挙動時間 	設計の詳細な数値であり、機密情報（解析に関する詳細な情報）であるため、非公開情報とする。
	第6回分科会資料4-2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各事故事象における温度と時間の関係 	メーカーノウハウに基づく安全解析結果より得られる機密情報（解析に関する詳細な情報）であるため、非公開情報とする。

表4 非公開情報理由等（照射誘起型応力腐食割れ）

	該当箇所	非公開情報箇所	理由
照射誘起型応力腐食割れ	第5回分科会資料4等	<ul style="list-style-type: none"> 炉心そうのき裂安定評価における応力拡大係数 	<p>電力各社との共同研究の成果に基づく残留応力分布を使用して求めた結果であるため、非公開情報とする。</p>
	第4回分科会資料3等	<ul style="list-style-type: none"> バッフルフォーマボルト（全数）の応力履歴 	<p>プラント固有の条件（炉心パターン）に基づくバッフルフォーマボルトの損傷予測を記載した機微情報に該当するため、非公開情報としていたが、<u>メーカーと協議し公開情報とする。</u></p>
	第6回分科会資料4-1	<ul style="list-style-type: none"> 中性子束分布 	<p>プラント固有の条件（炉心パターン、運転時間）に基づく解析結果を記載した機微情報に該当するため、非公開情報とする。</p>

表5 非公開情報理由等（熱時効）

	該当箇所	非公開情報箇所	理由
熱時効	第5回分科会資料2等	<ul style="list-style-type: none"> ・ フェライト量、使用温度、応力 	<p>フェライト量は製造能力に基づく数値、使用温度及び応力はプラント固有の条件に基づく設計の詳細な数値であり、機密情報（メカノウハウや解析に関する詳細な情報）であるため、非公開情報とする。</p>
	第5回分科会資料2等	<ul style="list-style-type: none"> ・ き裂進展解析結果（き裂深さ、き裂長さ） 	<p>プラント固有の条件に基づくき裂進展評価の結果を記載した機微情報に該当するため、非公開情報とする。</p>
	第5回分科会資料2等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 破壊評価による健全性評価結果（J値、き裂半長） 	<p>プラント固有の条件に基づく破壊評価の結果を記載した機微情報に該当するため非公開情報としていたが、<u>メーカと協議し公開情報とする。</u></p>
	第6回分科会資料4-1	<ul style="list-style-type: none"> ・ Mo量 	<p>プラント固有の条件に基づき規格値内でMo量をメカノウハウとして決定しており、非公開情報とする。</p>

質問事項 No. 追5-4	資料4、P. 5 (後藤委員事前質問 : P. 9) ②照射脆化のデータによる確認 照射脆化が起こると脆性遷移温度が上昇しているが、それはどこまで確認ができているのか明確にしてほしい。
質問事項 No. 追5-5	資料4、P. 5 (後藤委員事前質問 : P. 9) ②照射脆化のデータによる確認 第4回分科会資料2「30年目高経年化技術評価結果について(原子炉容器の中性子照射脆化)」の2ページ目の模式図で、関連温度の上昇と上部棚吸収エネルギーの低下はどこまで分かっているか、どこに不明な点があるのか、分かりやすく説明してほしい。
質問事項 No. 追5-6	資料4、P. 5 (後藤委員事前質問 : P. 9) ②照射脆化のデータによる確認 同資料のp. 3の銅やリン、硫黄などの不純物の量が示されているが、部位ごとに脆化の関係を母材あるいは溶接金属、溶接熱影響部をそれぞれの取り出した回毎の試験片データとの関係を踏まえて説明願いたい。
質問事項 No. 追5-7	資料4、P. 5 (後藤委員事前質問 : P. 9) ②照射脆化のデータによる確認 同p. 4の監視試験結果が重要であるが、母材の上部棚吸収エネルギーが、本来徐々に低下するとされているにも関わらず、第2回と第4回では、前回より上昇している。これは、何を意味するのか。脆化を見る上でこのことはどのように関係しているのか？
回答	次ページ以降、回答を行う。

母材、溶接金属及び熱影響部について、脆化の状態を示す脆性遷移温度(Tr30)の上昇と上部棚吸収エネルギーの低下は、それぞれの監視試験の取出回毎に整理すると下表のとおりとなる。

(追5-6) **赤枠にて示す**

監視試験片は原子炉容器より炉心に近い位置にあり、多くの中性子を受けているため、原子炉容器の将来の状態を予測することができる。監視試験片が受けた中性子照射量を原子炉容器に換算※した場合、脆性遷移温度(関連温度)の上昇と上部棚吸収エネルギーの低下については、川内1号炉は約114EFPY相当(第5回監視試験時)、川内2号炉は約113EFPY相当(第4回監視試験時)までの結果が得られている。

(追5-4、追5-5) **青枠にて示す**

※内表面から板厚1/4深さで換算した場合。

表1 川内1号炉

監視試験	中性子照射量 ($\times 10^{19}n/cm^2$) [E>1MeV]	Tr30(°C)*3			上部棚吸収エネルギー(J)		
		母材	溶接金属	熱影響部	母材	溶接金属	熱影響部
初期値	0	-43	-46	-100	195	218	210
第1回	0.480 [約4EFPY]*1	-22	-38	-87	167	209	197
第2回	3.01 [約28EFPY]*1	-14	-22	-58	177	202	194
第3回	5.80 [約53EFPY]*1	3	-5	-38	164	183	176
第4回	9.18 [約84EFPY]*1	18	17	-21	171	188	172
第5回	12.4*4 [約114EFPY]*1*2	39	36	12	150*4	168*4	157*4

*1: 内表面から板厚の1/4深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す

*2: 第5回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約26EFPY

*3: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度、関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する

【関連温度初期値】川内1号炉 母材: -25°C 溶接金属: -63°C 熱影響部: -50°C

*4: 国内USE予測式の適用範囲外(照射量 $1.2 \times 10^{20}n/cm^2$ 以上)であるが、参考のため記載

表2 川内2号炉

監視試験	中性子照射量 ($\times 10^{19}n/cm^2$) [E>1MeV]	Tr30(°C)*3			上部棚吸収エネルギー(J)		
		母材	溶接金属	熱影響部	母材	溶接金属	熱影響部
初期値	0	-44	-57	-104	229	247	231
第1回	0.545 [約5EFPY]*1	-34	-33	-88	211	195	215
第2回	4.71 [約43EFPY]*1	-8	-24	-68	203	198	215
第3回	9.49 [約87EFPY]*1	17	16	-31	205	194	191
第4回	12.3*4 [約113EFPY]*1*2	31	25	-16	180*4	183*4	171*4

*1: 内表面から板厚の1/4深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す

*2: 第4回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約26EFPY

*3: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度、関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する

【関連温度初期値】川内2号炉 母材: -30°C 溶接金属: -60°C 熱影響部: -55°C

*4: 国内USE予測式の適用範囲外(照射量 $1.2 \times 10^{20}n/cm^2$ 以上)であるが、参考のため記載

シャルピー衝撃試験結果にはばらつきがあり、上部棚吸収エネルギーの結果は、過去の監視試験結果よりも高い値を示している場合があるが、全体的には上部棚吸収エネルギーは低下傾向にある。また、上部棚吸収エネルギーは、日本電気協会の規格に規定されている68[J]を十分に上回っていることから、原子炉容器の健全性に問題はないことを確認している。(追5-7回答) **緑枠にて示す**

表1 川内1号炉

監視試験	中性子照射量 ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30(°C) *3			上部棚吸収エネルギー(J)		
		母材	溶接金属	熱影響部	母材	溶接金属	熱影響部
初期値	0	-43	-46	-100	195	218	210
第1回	0.480 [約4EFPY] *1	-22	-38	-87	167	209	197
第2回	3.01 [約28EFPY] *1	-14	-22	-58	177	202	194
第3回	5.80 [約53EFPY] *1	3	-5	-38	164	183	176
第4回	9.18 [約84EFPY] *1	18	17	-21	171	188	172
第5回	12.4*4 [約114EFPY] *1*2	39	36	12	150*4	168*4	157*4

*1: 内表面から板厚の1/4深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す
 *2: 第5回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約26EFPY
 *3: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度、関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する
 【関連温度初期値】川内1号炉 母材: -25°C 溶接金属: -63°C 熱影響部: -50°C
 *4: 国内USE予測式の適用範囲外(照射量 $1.2 \times 10^{20}\text{n/cm}^2$ 以上)であるが、参考のため記載

表2 川内2号炉

監視試験	中性子照射量 ($\times 10^{19}\text{n/cm}^2$) [E>1MeV]	Tr30(°C) *3			上部棚吸収エネルギー(J)		
		母材	溶接金属	熱影響部	母材	溶接金属	熱影響部
初期値	0	-44	-57	-104	229	247	231
第1回	0.545 [約5EFPY] *1	-34	-33	-88	211	195	215
第2回	4.71 [約43EFPY] *1	-8	-24	-68	203	198	215
第3回	9.49 [約87EFPY] *1	17	16	-31	205	194	191
第4回	12.3*4 [約113EFPY] *1*2	31	25	-16	180*4	183*4	171*4

*1: 内表面から板厚の1/4深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す
 *2: 第4回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約26EFPY
 *3: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが41Jとなる温度、関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する
 【関連温度初期値】川内2号炉 母材: -30°C 溶接金属: -60°C 熱影響部: -55°C
 *4: 国内USE予測式の適用範囲外(照射量 $1.2 \times 10^{20}\text{n/cm}^2$ 以上)であるが、参考のため記載