

島根原子力発電所 3号炉 審査資料	
資料番号	S3-EP-004改08(説1)
提出年月日	2023年 8月25日

島根原子力発電所 3号炉 炉心解析コード (LANCR/AETNA) (審査会合における指摘事項に対する回答)

2023年 8月
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

Energia

審査会合における指摘事項一覧	P.2
審査会合における指摘事項に対する回答	P.4

※ 本資料内で“ [] ”内の章番号等は、「島根原子力発電所 3 号炉 LANCR/AETNAコード説明書（以降、「コード説明書」という。）」における該当箇所を示す。

審査会合における指摘事項一覧（未回答分）（1 / 2）

No.※	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
11	2022年12月13日	手順④の“モデル実装/コード検証/解検証はメーカのQMSにより達成されることを前提としている”について、事業者におけるQMS上の調達管理としてどのように確認したのか具体例を示しつつ、説明すること。	4
13	2022年12月13日	階層構造分析による物理現象の整理について、システムを炉心（シュラウド内）に限定している理由を説明すること。外部ループ（再循環系、給復水系）、原子炉ドーム圧、システムの境界を構成する構造物等の炉心外の要素がどのように取り扱われているか説明すること。	5
14	2022年12月13日	各PIRTでランクLとした項目のうち、参考文献以外を判断根拠としているものについて、感度解析等の結果を根拠としているものについては、そのデータを示して根拠を説明すること。	6
15	2022年12月13日	モデル化されていない物理現象の扱いについて、モデル化しないことによる不確かさへの影響等をどのように考慮しているかを説明すること。	7
16	2023年3月28日	LANCRにおける従来コードから変更された解析モデルについて、LANCR以外の「燃料集合体核特性計算コード」において使用実績があるか、また、AETNAにおける従来コードから変更された解析モデルについて、AETNA以外の「三次元沸騰水型原子炉模擬計算コード」において使用実績があるか、整理して説明すること。	8, 9

※ No.は「島根原子力発電所3号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（解析コード（LANCR/AETNA））」の番号を記載

審査会合における指摘事項一覧（未回答分）（2 / 2）

No.※	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
17	2023年5月18日	模擬性を有することの確認事項として、“解析コードによる評価対象が目安となる不確かさで予測できること”と“解析コードによる計算結果に特異な傾向が無く予測性を示すこと”があるが、総合的に模擬性を有することを確認するうえで、前者の妥当性確認と後者の妥当性確認の関係等、確認方法の考え方を説明すること。	10
18	2023年5月18日	モンテカルロ計算による数値実験については、GNF-AがNRCに提出しているトピカルレポートで妥当性確認に使用している実績があるとのことだが、本申請での目的に照らして参照できるか整理すること。	11～14
19	2023年5月18日	NRCに提出されているトピカルレポート等と比較し、LANCR／AETNAの妥当性確認において参照する試験が充足していることを説明すること。	11～14
20	2023年5月18日	測定誤差については、測定数が十分に多く且つ測定系が十分に校正されている場合は、ランダム誤差として扱い測定値と解析値の比較結果に含まれるとし、それ以外の場合には適用性確認時における不確かさの積算の保守性に含めているとしているが、両者で異なる扱いとすることの考え方を説明すること。また、計算値と参照値の差の定量化として、標準偏差、RMS、95%信頼度-95%確率値のように複数の算出方法を採用しているが、その使い分けの考え方を説明すること。	15～17

※ No.は「島根原子力発電所3号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（解析コード（LANCR/AETNA））」の番号を記載

審査会合における指摘事項（No.11）に対する回答

- 指摘事項（第1100回審査会合 2022年12月13日）
 - 手順④の“モデル実装/コード検証/解検証はメーカーのQMSにより達成されることを前提としている”について、事業者におけるQMS上の調達管理としてどのように確認したのか具体例を示しつつ、説明すること。
- 回答
 - 当社の調達管理上の品質保証活動として、メーカーの品質保証活動の確認及びメーカーにおける解析業務の実施状況の確認を行っており、その中でLANCR/AETNAの検証が適切に行われていることを確認している。

確認対象	目的	具体的な実施事項
品質保証活動	メーカーの品質保証活動が当社要求に適合していることを確認。	メーカーの品質保証計画書を確認。
解析業務の実施状況	メーカーで行う解析業務が、解析業務に係る品質保証活動の当社要求に適合していることを確認。	<p>メーカーの解析業務に係る品質保証活動の実施状況の確認として、以下の項目について実施状況を確認。</p> <p>【確認項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・解析業務の計画 ・計算機プログラムの検証 ・入力根拠の明確化 ・入力結果の確認 ・解析結果の検証 ・業務報告書の確認 ・解析業務の変更管理 ・品質記録の保管管理 <p>上記のうち計算機プログラム（解析コード）の検証では、検証方法がメーカー内の関係者レビューを受けた上で検証試験計画書が作成され、検証結果も関係者レビューを受けて検証試験報告書にまとめられていることを確認。</p>

審査会合における指摘事項（No.13）に対する回答

- 指摘事項（第1100回審査会合 2022年12月13日）
 - 階層構造分析による物理現象の整理について、システムを炉心（シュラウド内）に限定している理由を説明すること。外部ループ（再循環系，給復水系），原子炉ドーム圧，システムの境界を構成する構造物等の炉心外の要素がどのように取り扱われているか説明すること。
- 回答
 - 炉心解析に影響する炉心外の物理現象は、いずれも炉心解析を行う際の解析条件（炉心解析コードへの入力値）として与えられるものであり、また、許認可静特性では炉心解析コードはそれらの解析条件を満たす解を求める計算を行うことから、階層構造分析による物理現象の整理は、炉心内の物理現象に限定している。なお、炉心解析を行う際の解析条件のうち、炉心外の物理現象に係るものとしては以下のものがある。
 - 炉心熱出力
 - 炉心流量
 - 原子炉ドーム圧
 - 炉心入口サブクール
 - 反射体定数

審査会合における指摘事項（No.14）に対する回答

- 指摘事項（第1100回審査会合 2022年12月13日）
 - 各PIRTでランクLとした項目のうち、参考文献以外を判断根拠としているものについて、感度解析等の結果を根拠としているものについては、そのデータを示して根拠を説明すること。
- 回答
 - 各PIRTでランクLとした物理現象の判断根拠を以下に示す。

PIRT	ランクとした物理現象	判断根拠	
LANCR	(7) 炉内構造物（スパーサ）	AETNA (26)参照	
	(22) 物性変化（熱伝達係数の照射影響）	参考文献	
	(23) 温度分布（燃料ペレット内温度分布）	参考文献	
	(24) 形状変化（熱膨張（径方向））	伝熱による熱膨張や製造公差による影響は例えば燃料被覆管外径に対しては□ mm未満であることから、LANCRにより、同一密度のまま□ mmの外径増加を仮定した感度解析を行ったところ、無限増倍率に対する影響は□ %Δk未満、R因子に対する影響は無視できる程度であり、これらの物理現象がLANCRの燃料集合体核特性計算に及ぼす影響は十分小さいことを確認。	
	(25) 物性変化（熱伝達係数の温度依存性など）		
	(26) 形状変化（製造公差）		
核定数	(10) 燃料温度履歴（ドブプラ履歴効果・転換比）	参考文献	
AETNA	核的現象	(14) 燃料減損(副次効果)	参考文献
		(16) 核分裂生成物反応度(副次効果)	参考文献
		(23) ほう素拡散	解析対象を静特性解析（事象静定後）としているため
		(26) スパーサ	AETNAで計算する軸方向1ノード約15cmごとの出力分布の評価では影響が小さい（コード説明書 図4.3-14～20（TIP測定値））
		(29) 反射体節約	通常の炉心は中性子経済の観点から低漏洩炉心を実現しており、反射体節約の発生個所は炉心表面付近に限られるため核的・熱的制限値に対する影響が小さい（コード説明書 図4.3-14～20（TIP測定値））
	(30) 炉外構造物	通常の炉心は中性子経済の観点から低漏洩炉心を実現しており、炉外構造物による吸収効果は炉心の最外周や下端部の中性子束レベルが小さい領域で起きるものであるため、熱的状態値や反応度への影響が小さい（コード説明書 図4.3-14～20（TIP測定値））	
材料・熱機械的現象	(53) 燃料温度分布	参考文献	

審査会合における指摘事項（No.15）に対する回答

- 指摘事項（第1100回審査会合 2022年12月13日）
 - モデル化されていない物理現象の扱いについて、モデル化しないことによる不確かさへの影響等をどのように考慮しているかを説明すること。
- 回答
 - ランクM以上の物理現象のうちモデル化していない物理現象について、モデル化しないことによる不確かさへの影響の考慮を以下に示す。

モデル化していない物理現象	不確かさへの影響の考慮	
共鳴群の上方散乱効果 (NJOY)	モデル化していないことによる不確かさへの影響を含めても、要求すべき予測性能の不確かさを下回ることを確認	共鳴群における上方散乱はドップラ係数に影響する。この影響を考慮しないことによる影響は、LANCRのドップラ係数の不確かさに含まれるが、それでも要求すべき予測性能の不確かさを下回ることを確認している。
共鳴干渉効果 (NJOY, F-table)		対象としている核種以外の核種の共鳴による中性子束のゆがみは、対象としている核種の共鳴吸収に影響する。この影響を考慮していないことによる影響は、核的現象に関する妥当性確認の結果得られる不確かさに含まれるが、それでも要求すべき予測性能の不確かさを下回ることを確認している。
冷却材密度分布 (LANCR) 集合体内ポイド分布 (AETNA)		現行燃料においては燃料集合体内のポイド率分布の影響が大きくないことが報告されており、島根3号炉の許認可解析では燃料集合体内ポイド率は一定として扱う。これによる影響は、妥当性確認（総合効果試験）の結果得られる不確かさに含まれるが、それでも要求すべき予測性能の不確かさを下回ることを確認している。
冷却材物性変化 (LANCR)		LANCRでは一定の圧力条件下での飽和水と飽和蒸気の混合状態（複数のポイド率状態）及び冷温時の複数温度の固定条件で核定数の計算を行うが、AETNAではこれらの核定数を内外挿して利用することから、水密度依存性は解析コード全体では考慮される。これらのモデルの影響は、妥当性確認（総合効果試験）の結果得られる不確かさに含まれるが、それでも要求すべき予測性能の不確かさを下回ることを確認している。
制御棒組成 (LANCR) 制御棒価値の減損効果 (AETNA)		プラント運転管理において、一定の制御棒価値が維持されるように制御棒照射量を適切に管理を行うことから、中性子吸収材の減損を考慮する必要はない。
ほう素価値の減速材温度依存性 (核定数)		SLC作動時の実効増倍率は、プラントごとに最も厳しい評価結果となる温度点1点で評価を行っている※ことから、当該温度における核定数のみ必要であり、温度依存性を考慮する必要はない。
炉心熱出力、炉心流量 (AETNA)	許認可静特性解析では解析条件（入力値）として与えることから、考慮する必要はない。	

※ ほう酸水注入系における未臨界性評価の温度を含めた解析手法は、島根2号炉設置変更許可申請（MOX燃料の採用）等で採用されている。

審査会合における指摘事項（No.16）に対する回答（1/2）

- 指摘事項（第1129回審査会合 2023年3月28日）
 - LANCRにおける従来コードから変更された解析モデルについて，LANCR以外の「燃料集合体核特性計算コード」において使用実績があるか，また，AETNAにおける従来コードから変更された解析モデルについて，AETNA以外の「三次元沸騰水型原子炉模擬計算コード」において使用実績があるか，整理して説明すること。
- 回答
 - LANCRで変更された主要な解析モデルについて，公開文献より他の計算コードで使用実績が確認できるものを以下に示す。

主な解析モデル	LANCR	他の計算コードでの使用例
核データライブラリ	ENDF/B-VII.0	LANCR02* ¹ ， GALAXY* ²
詳細エネルギー群 中性子スペクトル計算	燃料集合体体系（円筒クラスタモデル） 衝突確率法（190群）	LANCR02：燃料棒セル体系（燃料棒周囲の影響は、 バッファ領域を燃料棒セルの周りに設けることにより考慮） 衝突確率法（118群）
中間エネルギー群 実効断面積計算	エネルギー35群実効断面積に縮約	LANCR02：23群 CASMO5* ³ ：ウラン19群， MOX35群
中性子束分布計算	CCCP法	PARAGON* ⁴ ， PARAGON2* ⁵
出力分布計算	中性子束分布計算をもとにガンマ線源を設定してガンマ線 輸送計算をCCCP法で行い，ガンマ線反応による発熱を 計算し，核分裂反応による発熱と合算して燃料棒出力を 計算	CCCP法によるガンマ線輸送計算は， PARAGON， PARAGON2で使用
燃焼計算	重核38核種， FP等138核種	LANCR02：重核38核種， FP等125核種

*1: Global Nuclear Fuel-Americas, LLC, "LANCR02 LATTICE PHYSICS MODEL QUALIFICATION REPORT", Licensing Topical Report, NEDO-33377 Revision 3 (2016)

*2: 三菱重工, "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 (第2部 SPARKLE-2)"

*3: Studsvik Scandpower, "Generic Application of the Studsvik Scandpower Core Management System to Pressurized Water Reactors", SSP-14-P01/028-TR-NP-A Revision #0 (2017)

*4: Westinghouse, "Qualification of the Two-Dimensional Transport Code PARAGON", WCAP-16045-NP Revision 0 (2003)

*5: Westinghouse, "Qualification of the Two-Dimensional Transport Code PARAGON2", WCAP-18443-NP Revision 0 (2019)

審査会合における指摘事項（No.16）に対する回答（2/2）

- 回答（つづき）
- AETNAで変更された主要な解析モデルについて，公開文献より他の計算コードで使用実績が確認できるものを以下に示す。

主な解析モデル	AETNA	他の計算コードでの使用例
燃焼計算	E/UHSPH（スペクトル履歴相対水密度）	PANAC11*1
中性子束計算	解析的多項式ノード法（エネルギー3群）	エネルギー2群ではあるがCOSMO-S*2で使用
熱的余裕計算	炉心計算において，ノード内中性子束，ノード内燃焼度分布を考慮して燃料棒出力を再構築する。	ノード内中性子束分布を考慮した燃料棒出力再構築は，COSMO-S，SIMULATE5*3で使用

*1:Global Nuclear Fuel-Americas, "Steady-State Nuclear Methods", Licensing Topical Report, NEDO-30130-A(1985)

*2:三菱重工, "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（第2部 SPARKLE-2）"

*3:Studsvik Scandpower, "Generic Application of the Studsvik Scandpower Core Management System to Pressurized Water Reactors", SSP-14-P01/028-TR-NP-A Revision #0 (2017)

審査会合における指摘事項（No.17）に対する回答

- 指摘事項（第1145回審査会合 2023年5月18日）
 - 模擬性を有することの確認事項として，“解析コードによる評価対象が目安となる不確かさで予測できること”と“解析コードによる計算結果に特異な傾向が無く予測性を示すこと”があるが，総合的に模擬性を有することを確認するうえで，前者の妥当性確認と後者の妥当性確認の関係等，確認方法の考え方を説明すること。
- 回答
 - 模擬性を有することの確認は，コード説明書 5 章で示す適用性確認の前提として行うものであり，定量的な基準は必ずしも必要ではない。
信頼性確認の方法としては，計算値と測定値や参照解との比較において，測定点数が多く傾向の把握が可能な場合は，両者の差異に特異な傾向がなく，大きく外れていない事を確認することで物理現象に対する模擬性を確認している。また，測定点数が少なく傾向の把握が難しい場合は，計算値と測定値や参照解との一致度に目安値（測定の不確かさの 2σ など）を設けて確認している。

審査会合における指摘事項（No.18, 19）に対する回答（1/4）

- 指摘事項（第1145回審査会合 2023年5月18日）
 - モンテカルロ計算による数値実験については、GNF-AがNRCに提出しているトピカルレポートで妥当性確認に使用している実績があるとのことだが、本申請での目的に照らして参照できるか整理すること。
 - NRCに提出されているトピカルレポート等と比較し、LANCR/AETNAの妥当性確認において参照する試験が充足していることを説明すること。
- 回答
 - GNF-AがNRCに提出した以下のライセンシングトピカルレポートを参考とした。
【燃料集合体核特性計算コード】
LANCR02 : *Global Nuclear Fuel-Americas, LLC, "LANCR02 LATTICE PHYSICS MODEL QUALIFICATION REPORT", Licensing Topical Report, NEDO-33377 Revision 3 (2016)*
 - 【三次元沸騰水型原子炉模擬計算コード】
PANAC11 : *General Electric Company, "Steady-State Nuclear Methods", Licensing Topical Report, NEDO-30130-A (1985)*
GE-Hitachi Nuclear Energy, "Applicability of GE Methods to Expanded Operating Domains", NEDO-33173 Supplement 2 Part 2-A (2009)
 - LANCR02に関するライセンシングトピカルレポートでは、LANCRの妥当性確認と同様に、連続エネルギーモンテカルロ計算は妥当性確認における参照解を提供する目的で使用している。なお、臨界試験は、ライブラリと連続エネルギーモンテカルロ計算の妥当性確認を行う目的で使用し、LANCR02の妥当性確認を行う目的では使用しておらず、LANCR02の妥当性確認は連続エネルギーモンテカルロ計算との比較により行われている。
 - 一方、LANCR/AETNAでは、連続エネルギーモンテカルロ計算は試験及びプラント運転実績による妥当性確認の解析条件など（例：LANCRのほう素価値の妥当性確認における格子タイプ・燃料集合体タイプ、AETNAの局所出力の妥当性確認における格子タイプ・燃料集合体タイプなど）の不足を補完するものとして使用しており、LANCR02の妥当性確認よりも慎重な扱いをしている。

- 回答（つづき）
- 妥当性確認についてLANCR/AETNAで実施したものと前記のライセンストピカルレポートにおけるものとの比較を次ページ以降に示す。
- LANCR/AETNAの妥当性確認で参照する試験等は、LANCR02及びPANAC11の妥当性確認のうち必要のあるものは全て包含している。また、LANCRの妥当性確認では臨界試験を用いている点及びAETNAの妥当性確認では熱水力関係の試験を実施している点や連続エネルギーモンテカルロ計算を用いている点など、LANCR/AETNAではより充実した妥当性確認を実施しており、妥当性確認のデータベースは充足している。

審査会合における指摘事項（No.18, 19）に対する回答（3/4）

■ 回答（つづき）

➤ LANCRとLANCR02の比較結果を以下に示す。（N/Aは実施していない妥当性確認を示す。）

	LANCR	LANCR02
試験による妥当性確認	Babcock&Wilcox臨界試験	N/A（臨界試験はMCNPの確認に用いている。）
	NCA臨界試験	
	BASALA臨界試験	
	Hellstrandらの実効共鳴積分の実験式	
	MISTRAL臨界試験	
	福島第二2号炉の照射後試験（ウラン燃料）	
	Dodewaard炉の照射後試験（MOX燃料）	
連続エネルギーモンテカルロ計算による妥当性確認	未燃焼組成集合体（ベース）	TEST SUITE 1 - BASELINE
	ウラン濃縮度の変化	TEST SUITE 2 - VARIATION IN LATTICE TYPE
	減速材ポイド係数	TEST SUITE 9 - ENRICHMENT
	N/A （島根3号炉では最外周に部分長燃料棒を配置した燃料集合体は使用しない。）	TEST SUITE 3 - EDGE PART LENGTH RODS
	プルトニウム含有率の変化	TEST SUITE 4 - MIXED OXIDE
	ガドリニア値	TEST SUITE 7 - GADOLINIUM CONCENTRATION
	N/A （島根3号炉では最外周部にガドリニア入り燃料棒を配置した燃料集合体は使用しない。）	TEST SUITE 8 - GADOLINIUM PIN PLACEMENT
	ほう素値	TEST SUITE 10 - BORATED LATTICES
	制御棒値	TEST SUITE 11 - ALTERNATIVE CONTROL BLADE DESIGNS
	等温温度係数	N/A
	ドップラ係数	TEST SUITE 12 - ALTERNATE DOPPLER ANALYSIS
	ガンマ発熱量	TEST SUITE 17 - GAMMA TRANSPORT SOLUTION
	モンテカルロ燃焼計算	TEST SUITE 5 - REACTIVITY WORTH OF DEPLETED LATTICE DEPLETION TEST CASES
	N/A （TEST SUITE 6（他社燃料装荷炉心）は、総合効果試験で確認。TEST SUITE 13（バイパスポイド）、TEST SUITE 14（チャンネル曲がり）、TEST SUITE 15（異径燃料棒配置）は、島根3号炉許認可静特性解析に非適用。TEST SUITE 16（中性子生成率・吸収率を微分値（核種ごと・エネルギー群ごと）でMCNPと比較）は、LANCRではMCNPは試験・プラント運転実績による妥当性確認を補完するものとの位置づけとして利用するため増倍率や反応度を積分値で確認しており、実施していない。）	TEST SUITE 6 - ALTERNATIVE PRODUCT LINES (Non-GE fuel) TEST SUITE 13 - OFF-NOMINAL VOIDING TEST SUITE 14 - CHANNEL BOWING TEST SUITE 15 - FUEL ROD VARIATIONS TEST SUITE 16 - NEUTRON BALANCE

審査会合における指摘事項（No.18, 19）に対する回答（4/4）

■ 回答（つづき）

➤ AETNAとPANAC11の比較結果を以下に示す。（N/Aは実施していない妥当性確認を示す。）

	AETNA	PANAC11
プラント運転実績による 妥当性確認	冷温時臨界固有値（制御棒価値含む）	COLD CRITICAL MEASUREMENTS*1
	出力運転時臨界固有値	PLANT TRACKING RESULTS*1
	出力分布（TIPとの比較）	
	出力分布（ガンマスキャンとの比較）	GANMMA SCAN COMPARISONS*1
	燃料棒出力分布（ガンマスキャンとの比較）	Pin-by-Pin Gamma Scan*2
	照射後試験の測定燃焼度と計算燃焼度との比較	ISOTOPIIC BURNUP VERIFICATION*1
	MOX燃料装荷炉心	原子炉出力向上のための運転領域拡張に対して、Supplementとして一連のトピカルレポートが個別に発行されている。
	長期停止運転	
	部分出力運転	
試験による 妥当性確認	ボイド率測定（ボイド率を比較）	N/A
	チャンネル圧損試験	
	SPERT実験との比較	
	安定性試験高次モード分布との比較	
連続エネルギーモンテカルロ 計算等による妥当性確認	均質円筒炉心高次モード問題	N/A
	局所出力（初装荷多種類燃料炉心）	
	局所出力（MOX燃料部分装荷炉心）	
	局所出力（10x10燃料装荷炉心）	
	燃焼履歴問題	
	全炉心体系	
	チャンネル流量配分	

グレーハッチング箇所は島根3号炉許認可解析非適用

*1:General Electric Company, "Steady-State Nuclear Methods", Licensing Topical Report, NEDO-30130-A (1985)

*2:GE-Hitachi Nuclear Energy, "Applicability of GE Methods to Expanded Operating Domains", NEDO-33173 Supplement 2 Part 2-A (2009)

審査会合における指摘事項（No.20）に対する回答（1/3）

- 指摘事項（第1145回審査会合 2023年5月18日）
 - 測定誤差については、測定数が十分に多く且つ測定系が十分に校正されている場合は、ランダム誤差として扱い測定値と解析値の比較結果に含まれるとし、それ以外の場合には適用性確認時における不確かさの積算の保守性に含めているとしているが、両者で異なる扱いとすることの考え方を説明すること。また、計算値と参照値の差の定量化として、標準偏差、RMS、95%信頼度-95%確率値のように複数の算出方法を採用しているが、その使い分けの考え方を説明すること。
- 回答
 - 不確かさは、従来コードで採用された方法を基に計算しており、測定点数の少ないものは相対差を、測定点数の多いものは統計的な処理結果としてRMS差、95%信頼度-95%確率値を採用している。なお、95%信頼度-95%確率値を採用した“ほう素価値”及び“冷温臨界固有値”は、平均誤差（バイアス）を独立して考慮している。また、それぞれの妥当性確認の項目において、相対差もしくはRMS差の評価値が複数存在する場合は、それらの平均値で評価している。
 - 適用性確認において使用される不確かさの評価方法と要求すべき予測性能との比較時における測定の不確かさの考慮方法について次ページに示す。
 - 測定数が十分に多く、かつ、測定系が十分に校正されている場合、測定点ごとに過大評価と過小評価がランダムに観測され、測定点数の増加とともにこれらが打ち消し合うと考えられることから、測定の不確かさは、その統計処理結果に含まれると考えられる。

審査会合における指摘事項（No.20）に対する回答（2/3）

■ 回答（つづき）

➤ 適用性確認において使用される不確かさの算出方法と測定の不確かさの考慮方法について以下に示す。

妥当性確認		不確かさの評価方法	測定の不確かさの考慮方法	コード説明書 記載箇所
LANCR	ボイド反応度	BASALA臨界試験 [4.2.3.1]	相対差*1	不確かさの積算結果に測定の不確かさを更に付加しても、要求すべき予測性能を下回る [添付資料4]
	実効遅発中性子割合	MISTRAL臨界試験 [4.2.3.3]	相対差の平均値*2	不確かさの積算結果に測定の不確かさを更に付加しても、要求すべき予測性能を下回る [添付資料4] [添付資料5]
	ドップラ反応度 (実効共鳴積分)	Hellstrandらの実効共鳴積分の 実験式 [4.2.3.2]	実験式の不確かさ*3	明示的に考慮している [添付資料4] [添付資料5]
	ほう素値	添付資料6	95%信頼度-95%確率値*4	明示的に考慮している (MCNPの不確かさとして考慮) [添付資料6]

*1:測定点数が少ない（評価値が1点）ため「相対差」で評価

*2:測定点数が少なく、評価値が複数あり、測定値との差に正負の混在が無いため「相対差の平均値」で評価

*3:ドップラ係数の妥当性確認として代替可能で実績のある試験が存在しないことから、解析結果と実験式のノミナル値の差が実験式の不確かさに包含されることを確認した上で、実験式の不確かさをコードの不確かさとして採用

*4:測定点数が多く、平均誤差（バイアス）を独立に考慮するため「95%信頼度-95%確率値」で評価

審査会合における指摘事項（No.20）に対する回答（3/3）

■ 回答（つづき）

➤ 適用性確認において使用される不確かさの算出方法と測定の不確かさの考慮方法について以下に示す。

妥当性確認		不確かさの評価方法	測定の不確かさの考慮方法	コード説明書 記載箇所	
AETNA	冷温臨界固有値	冷温時臨界固有値 (制御棒価値含む) [4.3.4.1]	95%信頼度-95%確率値*1	当該の不確かさ評価結果に含まれる (測定点数が多い)	[添付資料6]
	制御棒価値		相対差の平均値*2	不確かさの積算結果に測定の不確かさを更に付加し ても、要求すべき予測性能を下回る	[添付資料5]
	ノード出力	出力分布(γスキャンとの比較) [4.3.4.3]	RMS差の平均値*3	当該の不確かさ評価結果に含まれる (測定点数が多い)	[表5.2-1] [添付資料4]
	局所出力	燃料棒出力分布(γスキャンとの比較) [4.3.4.4]	RMS差の平均値*3	当該の不確かさ評価結果に含まれる (測定点数が多い)	[表5.2-1]
	ペレット燃焼度	照射後試験の測定燃焼度と計算 燃焼度との比較 [4.3.4.5]	RMS差*4	不確かさの積算結果に測定の不確かさを更に付加し ても、不確かさの積算結果の値は変わらない	[添付資料4]

*1:測定点数が多く、平均誤差（バイアス）を独立に考慮するため「95%信頼度-95%確率値」で評価

*2:測定点数が少なく、評価値が複数あり、測定値との差に正負の混在が無い~~ため~~「相対差の平均値」で評価

*3:測定点数が多く、評価値が複数あるため「RMS差の平均値」で評価

*4:測定点数は少ないが、測定値と計算値の差に正負の混在があるため「RMS差」で評価