

# 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

## 第1184回

令和5年9月14日（木）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第1184回 議事録

1. 日時

令和5年9月14日(木) 10:00～10:32

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

杉山 智之 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

金城 慎司 長官官房審議官  
渡邊 桂一 安全規制管理官(実用炉審査担当)  
齋藤 哲也 安全規制調整官  
皆川 隆一 管理官補佐  
小林 貴明 主任安全審査官  
塚本 直史 上席技術研究調査官  
柴 茂樹 主任技術研究調査官  
酒井 友宏 技術参与  
小野 祐二 原子力規制制度研究官

中国電力株式会社

北野 立夫 代表取締役副社長執行役員 電源事業本部長  
山本 直樹 執行役員 電源事業本部 部長(原子力安全技術)  
村上 幸三 電源事業本部 担当課長(原子力安全技術)  
山本 秀樹 電源事業本部(炉心技術) マネージャー  
守屋 要兵 電源事業本部(炉心技術) 担当副長  
丸山 能央 電源事業本部(炉心技術) 担当  
渡辺 太郎 島根原子力発電所 技術部(燃料技術) 主任

東條 匡志 炉心設計部 チーフスペシャリスト

#### 4. 議題

- (1) 中国電力（株）島根原子力発電所3号炉の設計基準への適合性について
- (2) その他

#### 5. 配付資料

- 資料1-1 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)
- 資料1-2 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))
- 資料1-3 島根原子力発電所3号炉 LANCR/AETNAコード説明書

#### 6. 議事録

○杉山委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第1184回会合を開催します。

本日の議題は、議事次第に記載の1件です。

本日はプラント関係の審査のため、私、杉山が議事を進行いたします。

それでは、議事に入ります。

議題は、議題1、中国電力株式会社島根原子力発電所3号炉の設計基準への適合性についてです。

では、中国電力は資料の説明を開始してください。

○中国電力（北野） 中国電力の北野でございます。

本日は、島根3号炉の炉心解析コードに関する御指摘事項への回答につきまして通しで御説明しました後、御質問をお受けしたいと考えておりますので、よろしくお願いたします。

それでは、電源事業本部担当副長の守屋のほうから御説明をさせていただきます。

○中国電力（守屋） 中国電力の守屋でございます。

では資料1-1に従いまして、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への回答) について御説明いたします。

では、資料1枚めくっていただきまして、1ページのほうをお願いいたします。目次になります。審査会合での御指摘事項の一覧と、それに対する回答という形で資料をまとめてございます。

2ページのほうをお願いいたします。2ページ、審査会合における指摘事項の一覧として、これまで未回答分のものについてまとめてございます。2ページでは5件、めくっていただきまして、3ページのほうには4件、合わせて9件の御指摘への回答を御説明いたします。

では、4ページのほうをお願いいたします。4ページからが御指摘事項への回答になります。まずNo. 11の御指摘への回答になります。御指摘の内容については、手順④、これはLANCR/AETNAの適用性確認における手順④でございますけれども、このモデル実装/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という説明について、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、説明することという御指摘でございます。

回答ですが、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、それから、メーカーにおける解析業務の実施状況の確認を行ってございまして、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ございます。

具体的な取組状況については、こちらの表に記載しておりますが、品質保証活動については、メーカーの品質保証計画書の確認、それから、解析業務の実施状況につきましては、右の欄で墨つきの括弧で確認項目と記載してございますところの八つの項目について確認をしております。

このうち二つ目のポツ、計算機プログラムの検証と記載しておりますものがLANCR/AETNAの検証ということになりまして、この具体的な内容については、この表の下のほうに記載してございますとおり、この検証において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、また、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してございます。

当社の確認の内容としては以上になりまして、加えてメーカーでのQMSに基づくコード、設計開発のプロセスについてGNF-Jさんの方から補足の説明をいただきます。

○グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン（東條） GNF-Jの東條です。

それでは、私のほうから当社の品質保証活動について説明いたします。

資料1-3、通しページ585ページ、添付資料10-1を御覧ください。こちらに示します内容

は、当社の燃料棒熱機械設計コードPRIME03のトピカルレポートに示してある内容と基本的に同じ内容となっております。当該のトピカルレポートは、原子力安全・保安院殿及び原子力安全基盤機構殿によって評価され、平成22年に評価報告書が既に発行されております。

続いて、通しページの586ページの目次を御覧ください。こちらの説明書には、教育・訓練から、監査、不適合管理といったコード開発に係る全ての品質保証について説明しておりますが、本日はこのうち2.4のコードの設計開発のプロセスについて、概要を簡単にまとめて御紹介いたします。

続いて、通しページ、596ページを御覧ください。2.4.1章の設計開発の計画について概要を述べます。

当社における全てのコードの開発作業は、まず最初に開発計画書を定め、レビューチームによる開発確認会議もしくはDRによって審査します。開発計画書では、通しページ、596ページの上から7行目に示す内容について明確化しております。

続いて、2.4.2章の設計開発のレビューについて説明いたします。コードの開発に対しては、計画段階、設計段階、作成段階並びに検証及び妥当性確認の段階について必要な図書化を行い、これをレビューします。具体的には、計画については先ほど述べた開発計画書を、設計については詳細な要求仕様書及び検証試験計画書を、作成段階についてはソフトウェアの開発に係る所定の品質記録を、検証及び妥当性確認については検証試験報告書を、それぞれ開発チームが図書化し、これを手順に従いレビューを行います。

続いて、通しページ、597ページを御覧ください。2.4.3章の設計開発の検証について説明いたします。当社におけるコード開発に対する検証作業は、二つの観点から行います。一つは、個々のモデルに対する開発、あるいは改訂作業が要求仕様書に従っていることを確認する詳細な検証です。

もう一つが、開発あるいは改訂されたモデル以外も含めた、コード全体に対して事前に準備された供用時試験により、同一性が維持される、もしくは妥当な変更がなされたことを確認する検証作業と、この二つの観点から検証を行い、結果を検証試験報告書にまとめ、これをレビューします。

続いて、通しページ、598ページを御覧ください。2.4.4章の設計開発の妥当性確認について説明いたします。

開発、あるいは改訂されたコードに対しては、所有する運転データなどとの比較などを

通して、コード全体として実機の挙動をよく予測できることなどを確認し、さきに述べた検証結果と合わせて検証試験報告書にまとめて、これをレビューします。

続いて、2.4.5章のコードの登録、適用開始コード説明図書の発行について説明いたします。これまでに述べた全ての図書のレビューが終了することで、審査済み図書としてこれらの図書が最終化されますと、そのコードは承認されたこととなります。これにより実行モジュールは開発者から管理者の管理下に移りまして、書き込み防止措置など所定の措置の後に、ユーザーに適用開始が通知されます。

また、コードの承認を当該コードのコード説明書、これは例えばトピカルレポートなどがそれに該当しますが、そういったものの発行や改訂が必要な場合は、これらの改訂新規発行を手順に従って行います。

続いて、開発の変更管理について説明いたします。コードの変更が必要な場合は、これまでに述べた手順と同じ手順で、必要な図書文の作成、レビュー、承認を行い、改訂後の登録や通知など、開発時と同じ手順で運用します。コードの改訂に伴い必要な場合は、コード説明書も同様の手順で改訂いたします。

以上、説明した当社のコード開発作業に係る図書の作成とレビューに通しては、通しページ、599ページの図の24にまとめさせていただいております。

以上で、私からの説明は終わります。

○中国電力（守屋） 中国電力の守屋でございます。

最初の御指摘への回答としては以上になりまして、また資料1-1のほうにお戻りください。

ページをめくっていただきまして、5ページのほうをお願いいたします。5ページでございます。では、指摘事項No. 13への回答ということで、御指摘の内容については、階層構造分析による物理現象の整理について、システムを炉心に限定している理由を説明すること。また、外部ループ、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扱われているかを説明することという御指摘になります。

回答ですが、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、つまり炉心解析コードへの入力値として与えられるものでございまして、許認可静特性においては、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ということで、階層構造分析による物理現象の整理につきましては、炉心内の物理現象に限定してございます。

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ということで、五つの要素を下に記載してございます。

こちらの回答は以上になりまして、次に6ページをお願いいたします。御指摘の内容は、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というものになります。

回答ですが、各PIRTでランクLとした物理現象の判断根拠について以下に示すということで、こちらの表にまとめております。判断根拠といたしましては、基本的には参考文献を参照してございますが、それ以外を根拠としているものについて説明を充実したものになります。

表の中でLANCRのPIRTとしてまとめられているもののうち、真ん中の列、ランクLとした物理現象として(24)～(26)形状変化と物性変化の項目につきましては、右の欄に書いてございますとおり、LANCRによりまして、同一密度で被覆管外径増加を仮定した感度解析を行ってございまして、それらの物理現象がLANCRの計算結果に及ぼす影響は十分小さいということを確認してございます。

また、表の左下、AETNAのPIRTとしてまとめられている部分を見ていただきますと、(26)のスペーサ、(29)反射体節約、(30)炉外構造物といったところにつきましては、AETNAの計算値をTIP測定値と比較してございまして、影響がないことを個別に確認してございます。

こちらの御説明は以上になりまして、ページを1枚めくっていただき、7ページのほうをお願いいたします。御指摘については、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というものになります。

回答ですが、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、モデル化していないことによる不確かさへの影響の考慮をこちらに記載の表に示してございます。左の欄でモデル化していない物理現象として、まず、上に四つ挙げているものにつきましては、その隣、右側の欄に記載しておりますとおり、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ということを確認してございます。

また、その下、三つの項目につきましては、いずれも考慮不要としてございまして、ま

ず、制御棒組成等制御棒価値の減損効果につきましては、プラントの運転管理で照射量管理を行っているということで、中性子吸収材の減損を考慮する必要はないということ。

次の、ほう素価値の減速材温度依存性につきましては、SLC作動時の実効増倍率については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ということで、温度依存性を考慮する必要はないということ。

また、炉心熱出力、炉心流量につきましては、許認可特性解析では解析条件入力値として与えることで考慮する必要はないということで、考慮する必要はないという理由をこちらに記載してございます。

こちらの回答以上になりまして、8ページのほうをお願いいたします。こちらの御指摘につきましては、LANCR、それから、AETNAについて、従来のコードから変更された解析モデルにつきましては、それぞれほかのコードでの使用実績があるかということについて整理して説明することという内容でございます。

回答ですが、LANCRで変更された主要な解析モデルにつきましては、公開文献より他の解析コードで使用実績が確認できるものについて、こちらの表で示してございます。ここでは主な解析モデル6点につきましては、いずれもLANCR02など、他のコードでの実績を確認してございます。

ページをめくっていただきまして、9ページをお願いいたします。9ページでは、AETNAについて同様の使用実績を整理してお示ししてございます。

以上によりまして、LANCR、AETNAそれぞれで変更した主要解析モデルについて、他のコードでの使用実績があることを確認してございます。

回答は以上になりまして、次に10ページ目をお願いいたします。御指摘ですが、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という内容になります。

回答ですが、まず模擬性を有することの確認につきましては、コード説明書、まとめ資料の5章で示す適用性確認の前提として行うものでございまして、定量的な基準は必ずしも必要ではないというふうに考えてございます。

また、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につきましては、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につきましては、計算値と測定値や参照解との一致度に目安値、例えば測定の不確かさの $2\sigma$ を設けて確認をさせていただきます。

では、回答は以上になりまして、ページをめくっていただきまして、次に11ページをお願いいたします。こちらでは二つの御指摘への回答を説明させていただきます。

まず一つ目ですが、モンテカルロ計算におけ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を整理すること。

二つ目が、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という2点になります。

回答ですが、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ということで、LANCR02とPANAC11について参照をさせていただきます。

二つ目の矢羽根ですが、LANCR02に関するライセンシングトピカルレポートにおいては、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ございますが、臨界試験につきましては、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てございまして、LANCR02の妥当性確認を行うという目的では使用してございません。LANCR02の妥当性確認については、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ということを確認しております。

一方で、LANCR/AETNAにつきましては、連続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の不足を補完するものとして使用してございまして、LANCR02の妥当性確認よりも慎重な取扱いをしているというふうに考えてございます。

12ページのほうに移りまして、妥当性確認についてLANCR/AETNAで実施したものと、前記のライセンシング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ということで、ページを1枚めくっていただきまして、13ページをお願いいたします。

こちらではLANCRとLANCR02の比較結果を表にまとめてございまして、右側のLANCR02のところで妥当性確認を行っている項目につきましては、左側のLANCRの妥当性確認で必要なものについては確認がなされているということ。

それから、14ページを見ていただきまして、こちらは、AETNAとPANAC11の比較結果になりますが、AETNAについても必要な確認がなされているということを確認させていただきます。

1枚ページを戻っていただきまして、12ページをお願いいたします。12ページの二つ目の矢羽根、2行目の「また」以降のところですけれども、以上のような確認を踏まえまして、LANCRの妥当性確認では臨界性臨界試験を用いている点、それから、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ございまして、妥当性確認のデータベースは充足しているものと考えてございます。

こちらの回答は以上になりまして、ページを2枚めくっていただきまして、15ページをお願いいたします。こちらが最後の御指摘への回答になります。

御指摘の内容につきましては、測定誤差については、測定数が十分に多くかつ測定計が十分に構成されている場合は、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るとしているが、両方で異なる扱いとすることの考え方を説明すること。また、計算値と最小値の差の定量化として、標準偏差RMS等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という内容でございまして。

回答ですが、不確かさにつきましては、まず、従来コードで採用された方法を基に計算してございまして、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、それから、95%信頼度-95%確率値を採用してございます。

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につきましては、平均誤差を独立して考慮してございます。

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については、それらの平均値で評価してございます。

二つ目の矢羽根ですが、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における測定の不確かさの考慮方法については、次ページに示すということで、16ページのほうにLANCRの整理結果、めくっていただきまして、17ページのほうにAETNAの整理結果をそれぞれ表の形で整理して示してございます。

また、ページを戻っていただきまして、15ページをお願いいたします。回答の矢羽根三つ目になりますが、測定数が十分に多く、かつ測定系が十分に構成されている場合、測定の不確かさのバイアス成分は無視することができ、ランダムなばらつき成分は統計処理結果に含まれると考えられるということで回答をまとめてございます。

回答は以上になりまして、審査会合の御指摘に対する回答の説明は以上になります。

○杉山委員 質疑に入ります。ただいまの説明内容に対しまして、質問、コメント等ありましたらお願いします。

小林さん。

○小林主任安全審査官 原子力規制庁の小林です。

今、九つの指摘事項につきまして回答いただきました。先に結論を申しますと、こちらからは説明の内容につきまして、追加の指摘事項等はございません。

回答いただいた中で、今回新たに追加して新規で説明された内容につきまして、こちらの見解を簡単に述べたいと思います。パワーポイント4ページをお願いします。

No. 11の回答ですけれども、こちらは検証についてはそのメーカーのQMSにより達成されることを前提としているという説明がございました。その中で申請者である事業者自体はどのようなふうにコミットしているのかということについての質問、指摘事項でした。

これに対しては先ほど御説明もありましたように、品質管理の活動の一環として調達管理の中で、事業者の解析業務実施状況を確認しておりまして、その中でも計算機プログラム検証というものが含まれているということを確認しました。

また、開発事業者であるGNF-Jにつきましても、先ほど御説明もありましたように、GNF-J自体がISO9001を取って認証されている会社でもございますし、また、ちょっと説明には、こちらの厚いほうの説明資料には書かれておりますけれども、JEAC等に準拠した品質マネジメントシステムを構築して、それに従って文章を作っていると。その文章の中で設計し、開発工程につきましては検証の手順が文書化されておりまして、それに従って検証もされているという説明がされました。

先ほど説明いただいた内容に対して、実際の実施しているのかということにつきましては、今までの審査の事実確認の中で、中国電力の記録と、あとGNF-Jの記録の一部をサンプルとして見させていただいて、ちゃんと実施しているということも確認しております。

次に、パワーポイントの8ページ、9ページをお願いします。こちらにつきましては、LANCR/AETNAに使用している主要な解析モデル、例えば衝突確率法とかCCCP法とか、AETNAで使っております解析の方法につきまして、ほかの類似する炉心解析コードにおいても使用されているかどうかということについての質問でしたけれども、こちらLANCR/AETNA自体が開発されてからかなり期間がたつということもあのですけれども、使っている主要解析モデルというのは、一般的というか、他の解析モデルでも使われておりますし、また、国内外の炉物理の教科書とか、あとは原子力学会で、夏開催しております炉物理セミナー

とかの教科書にも結構載っている内容でもありますので、広く知られた実績のあるモデルが使われているということを確認しております。

そして最後ですけれども、パワーポイントの11ページ～14ページに、その妥当性確認に関する指摘事項でございますが、それに対する回答として、まず、その妥当性確認の必要なデータベースというのは、アメリカのトピカルレポートで提出しているLANCR02とかPANAC11とかとを比べてみても、十分充足しているということを確認しました。一部においてはLANCR/AETNAのほうが十分充足しているということも確認しました。

また、妥当性確認の参照解の中で使用している連続エネルギーモンテカルロ計算なんですけれども、こちらにつきましては、そちらに極端に、LANCR/AETNAのほうは依拠することなく、臨界試験とか、プラントの実績データに依拠して不確かさ等を確認しており、連続エネルギーモンテカルロ計算はあくまでも補完が主であるということも説明されておりました、この説明も妥当と判断しております。

残りの指摘事項につきましては、説明いただいた内容につきまして、ちょっと分かりにくいとか、ちょっと説明の内容が適正化してほしいというこちらの要望、要求に対する回答だと認識しております。こちらにつきましても、特にその回答内容については問題ないと確認、判断しております。

以上、今日の説明をもちまして、指摘事項に対する回答というものは終了したと判断しております。

過去5回会合をしておりました、LANCR/AETNAの島根3号炉の許認可解析、9×9燃料、それから炉心に対する適用性というものに対する主要な論点というものは、今回の会合をもちまして一旦終了したかなと判断しておりますが、今後もう少し、この資料厚いですし、かなり難しい内容でもありますので、また事実確認というのは引き続き実施させていただきたいと思います。その中で、またもし論点になるというところがあれば、再びまた会合の場で議論させていただきたいと思います。

私からは以上です。

○杉山委員 今のコメントに対して、中国電力から何かありましたらお願いします。

○中国電力（山本） 中国電力の山本でございます。

御説明ありがとうございました。これから、もう少し御説明するところもありますので、そこは適切に説明させていただきたいというふうに考えております。

以上でございます。

○杉山委員 そのほか何かコメント等ございますか。よろしいですか。

全体を通して、このコードに関してという意味ですけれども、何かありましたら中国電力からでも結構ですけれども、先ほどの話でよろしいですかね。

それでは、先ほど審査チームからありましたように、基本的にはこの件については一と  
おり指摘事項に対する回答はいただいたと。もし今後、引き続き続ける事実確認の中で何  
か論点があれば、必要に応じて審査会合を開催するというところで進めたいと思います。

それでは、以上で、議題1を終了といたします。

本日本日予定していた議題は以上となります。

今後の審査会合の予定についてお知らせいたします。9月19日火曜日にプラント関係の  
公開の会合を予定しております。

それでは、以上をもちまして、第1184回審査会合を閉会いたします。ありがとうございました。