

第 51 回 原子燃料管理検討会 議事録

1. 日 時：2022 年 7 月 26 日（火）13：30～15：40
2. 場 所：一般社団法人 日本電気協会 4階 C 会議室（Web 会議併用）
3. 出席者（敬称略，順不同）
 - 出席委員：北島主査(電力中央研究所)，野中副主査(東京電力 HD)，山野副主査(関西電力)，香川(電源開発)，狩野(東芝エネルギーシステムズ)，黒沼(北海道電力)，柴田(九州電力)，島本(四国電力)，鈴木(日本原子力発電)，高橋(東北電力)，谷口(中国電力)，早川(グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)，原田(中部電力)，兵頭(原子燃料工業)，福田(三菱重工業)，安田(日立 GE ニュークリア・エンジニア)，山本(北陸電力) (計 17 名)
 - 代理委員：なし (計 0 名)
 - 欠席委員：佐藤(三菱原子燃料) (計 1 名)
 - 常時参加者：大脇(原子燃料工業)，木間(グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)，日室(三菱重工業，松井常時参加者代理)，松田((株)原子力エンジニアリング)，三木(テプ コシステムズ)，安元(日本原子力発電) (計 6 名)
 - 事務局：原，葛西，田邊(日本電気協会) (計 3 名)

4. 配付資料

- 資料 51-1 第 50 回 原子燃料管理検討会 議事録（案）
- 資料 51-2 炉心管理項目の記載方針（BWR）
- 資料 51-3 炉心管理要求事項整理（BWR）
- 資料 51-4 IAEA-NS-G との関連整理表（炉心管理指針項目としての採否検討） PWR 版
- 資料 51-5 炉心管理指針項目の整理 PWR 版
- 資料 51-6 策定スケジュール（案）

- 参考資料-1 原子燃料管理検討会 委員名簿
- 参考資料-2 原子力発電所の炉心管理指針（仮称）の目次案
- 参考資料-3 取替炉心設計及び運転中の運用（炉心管理）による炉心の安全性確認の BWR での流れと PWR での炉心管理との対比（Preliminary）

5. 議 事

会議に先立ち事務局より，本会議にて，私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律及び諸外国の競争法に抵触する行為を行わないことを確認の後，議事が進められた。

(1) 代理出席者承認，会議定足数の確認，オブザーバ等承認，配布資料の確認

事務局より，配布資料の確認の後，確認時点で出席委員数は 17 名で，分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項の決議条件である委員総数の 2/3 以上の出席を満たしていることを確認した。

(2) 前回議事録（案）の確認

事務局より資料 51-1 に基づき，前回議事録（案）の紹介があり，一部修正のうえ正式議事録とすることについて，特にコメントはなく，承認された。

(3) 「原子力発電所の炉心管理指針（仮称）」の検討状況について

1) 幹事会の結果概要について

山野副主査及び福田委員より、参考資料-3に基づき、5月24日に開催した幹事会での結果概要について説明があった。

主な説明は下記のとおり。

- ・ 前回検討会(5/13開催)の意見を基に、PWRとBWRの代表者により、幹事会を5月24日に開催した。目的は、炉心管理指針の策定に関し、PWRとBWRの炉心管理方法の違いについて確認し、双方の違いを認識した上で、適用範囲を含め、横並びについて検討することであった。
- ・ 得られた結論は以下である。取替炉心設計コードを使用する炉心計算において、PWRは炉心設計という計算が原子炉起動をする前に終わる。一方、BWRの場合は運転中においても、炉心の安全性確認を行う必要がある、これが大きな違いである。これはPWRとBWRの設計思想の違いであり、これを炉心管理項目として合わせこむ必要はない。これを踏まえても、炉心管理項目を整理する際の大項目として整合させることは可能である。この結論に基づき、個別のワーキングを進めて行くことを決定した。
- ・ この幹事会の背景は、前回の検討会においてPWRとBWRの検討をこのまま進めて良いのかという問題が出てきて、PWRとBWRと共通で炉心管理として相応しているもの、個別であって然るべきものは何かということ、PWRとBWRで共有し、すり合わせを行う必要性を感じたことである。
- ・ 幹事会の前にPWRとBWRの炉心管理の比較表(参考資料-3の表)を作成して、これを基に整理できないかということ、幹事会で議論した。
- ・ 参考資料-3の表の作りは、縦の流れとして、「炉心計算のプロセス」ということで、取替炉心の設計から運転前中後の運用を狭義の意味で定義している。まず、BWRの安全性の確認はどのようなものかを書いて、PWRと比較することにより整理した。この資料についてはまだまだ未完成であるので、各委員の手助けにより完成させていきたい。
- ・ 炉型による違いの認識を持った上で、今後作業会を進めて行くことを決めた幹事会であった。

主なご意見・コメントは下記のとおり。

- ・ 質問だが、PWRとBWRの管理方法が違うということがあったが、参考資料-3を見ていて思ったのが、「炉心計算」という単語が幾つか使われているが、これが何を示すか、幾つかあるかと思う。例えば2行目の「炉心計算」と言っているのは、あくまでも取替炉心の安全性確認での炉心計算であると認識している。その下、3行目で、「炉心性能計算」と「中期的運転計画」とあるが、炉心性能計算機で実際に熱的制限値等を計算するのも「炉心計算」だし、実際に運転中の実績をある程度反映して実績を示すのも「炉心計算」だと思う。PWRは取安の段階で全部終了し、運転中の取安の前提及び入力を確認するということに対して、BWR側もそれがあるが、実際に炉心性能計算を行い、運転中の予測をすることもある。この表の一番下に「炉心計算結果」と書いてあるが、この中に炉心性能計算機で見る項目、運転実績を反映して今後の計画を立てる時の予測計算に使う項目等がある。取安と炉心性能計算と今後の運転計画の炉

心計算と三つに区分けると更に分かりやすいかと思った。ここまでの認識は合っているか。

- 取替炉心の計算は「解析」にしようとしたが、炉心性能計算機と中長期運転計画の計算を「解析」というのは荷が重いので「計算」とした。そういう意味では取替炉心の方は一つ目で、実運用を二つ目と三つ目に分けて、それを「計算」という言葉で一括りにして良いということであれば、修正しようと思うし、もっと適切な書き方があれば対応したいと思う。
- ・ **PWR** 側が斜線の所について、実際上の運転中に熱的制限値とか、プロセス計算機で計算している炉心性能計算とか不要となっているが、実際そういう確認項目もあると聞いたような気がする。中長期的運転計画で実績の履歴データを反映しながら計画を立てる、次サイクルに生かすとか、そのようなことを **PWR** 側については実施していないということなのか、それとも実施してはいるが、それは取替炉心設計ですべてカバーされているということなのか。
- 1 点目の質問に対しては、運転中の計算は不要ということに対して、**PWR** というのは、出力一定で制御棒の位置も一定であり、その他のパラメータ、炉心圧力とか、炉心流量とかも、一定状態で常に運転するというのが前提にあるためである。運転毎に、炉心設計の安全性確認を実施しており、それが燃焼度毎にどういった推移をたどるといふことが成果物として出されるが、運転中の計算はしていない。確認は実施しており、月 1 回のサーベランスとか、週 1 回のサーベランスとか、日に 1 回とか色々なパラメータがあり、各々保安規定に基づくものもあれば、自主的に実施しているものもある、そういったものを通じて色々な計算を基に設計値と合っている、設計通りに傾向的に合っている、パラメータがちゃんと推移している、想定通りということを定期的に確認している。なので炉心計算コードを使用して毎月とか、定期的に計算しているのではないというのが大きな違いと思う。2 点目についてはそのような前提があるので、係るパラメータとしては燃焼度ぐらいしかない。現在の推移状況に応じた炉心性能計算を必要とするかということ、そんなことはなく、そのサイクルが終わってから最終的に燃焼度がどうであったかということ、次のサイクルに引継ぐことしか **PWR** としては実施していない。1 点目 2 点目共通して運転中は炉心性能計算を実施していない。
- ・ 最後のサイクルが終わった時に燃焼度を次のサイクルに引継ぐということだが、燃焼度は実運転ベースを引き継ぐのか。それは、運転サイクルが終わった時に、実運転評価というものを計算してみて次のサイクルに生かすというようなイメージなのか。
- 言われる通り、現状の運転サイクルが終わった後に、燃焼度の計算を実施し、燃料集合体別の燃焼度を求めて、次サイクルのインプットとしている。**PWR** は制御棒が引き抜かれた状態で運転するため、軸方向の燃焼度は変わらない。**BWR** のように、制御棒の位置に応じて色々な計算により求めることが必要ないのでそういったことが出来るのだと思っている。

2) 炉心管理指針の策定状況について

山野副主査及び中野副主査より、資料 51-2,3,4,5 に基づき、炉心管理指針の策定状況について説明があった。

主な説明は下記のとおり。

- ・ 資料 51-4 は、炉心管理項目として、指針に反映するべきものとして、記載の可否に関する判定を目的として作成している資料である。前回の検討会でも示したものであるが、その当時検討

していた IAEA の NSG こちらも新しいバージョンとなる SSG73 についても合わせて検討することを前回検討会で約束していたので、今回それを反映している。

- ・ 資料 51-2 に PWR 側と資料の種類が違うが、BWR 側のものをまとめている。PWR 側の資料 51-4 で NSG と対比して炉心管理の項目として、指針に取り入れるかを判定しているが、前回の検討会で、BWR 版、PWR 版でまとめているが、その後幹事会で、PWR 側から資料 51-2 相当のものを三菱重工業で作成してもらっている。その時に BWR 側も同じ観点で整理しようという宿題があり、そのような観点でまとめたものである。
- ・ 資料 51-3 は、これも以前の検討会で示していて、要求事項の整理として PWR 側は整理されていたが、BWR 側の整理が出来ていなかったのが幹事会で示し、コメントを反映し作成した。JEAC4001 原子燃料管理規程に書いてある、項目の要求事項、具体的事項からきている。上が燃料取替で、原子燃料管理での運転管理という項目に紐づいている。

主なご意見・コメントは下記のとおり。

- ・ 資料 51-2 と資料 51-3 の間の関連について教えてほしい。資料 51-2 の下から 4 行目のプラント設備管理という所で、制御棒の照射量、寿命管理の所で、こちらについて、炉心管理指針の記載の要否については○としていて、炉心性能計算により照射量を計算するとあるが、核的、機械的照射量の寿命から取替計画を立てるというのは、炉心屋の仕事として取替計画まで立てているということなのか。この項目が資料 51-3 の何処に該当するのかということも教えてほしい。
- 少なくとも制御棒取替計画については炉心の方で決めている。取安でそのサイクルの制御棒パターンにより、どれくらい照射量が増えるかを評価し、各制御棒が照射量的に持つかという観点で制御棒取替計画を立てている。物の発注もあるので、中長期的に発注数を決める計画まで立てている。実際に運転中にも照射量の確認を実施しており、照射寿命に近づくようであれば、制御棒パターン調整などをするような管理をしている。資料 51-3 の何処にあるのかという質問だが、取安の評価で制御棒の照射量増分というもので、その意味で運転中の照射量の管理であれば、一番上にも入っている。
- ・ 制御棒が設計通り核的・機械的性能を有するという所から、先程の 4 つの所の上の 2 つの前提事項の確認といった所に入れた。色々な所に影響してくるので、議論を深めていき、例えば右から 3 つ目、上から 2 つ目の列の所に複数同じことがきても良いのかと考えている。
- ・ 核的な中性子吸収効果とかいうものを、炉心管理に反映するというという位置付けであれば、炉心管理項目かと思ったが、資料 51-2 を見ると設備の寿命管理での取替管理のように見えたので、それであれば設備管理ということで、適用範囲外にするのも一考かと思った。この辺りについては調整していき、合同の作業会で議論をしていきたい。
- ・ 先ほど大分類等に関して前回から入れ替えたとのことであるが、入れ替えた後の順番というのは、目次とかをイメージしているかとは思いますが、どのように考えているのか。
- 今後議論していく上で変更もあるかもしれないが、基本的には目次に相当すると考えている。参考資料-2 の目次案を今の整理に合わせて直したものを案として示している。
- ・ 先程の参考資料-3 はこれに合わせる形で、PWR の方は大分類をそのような形でまとめたようであるが、BWR の方ではこれから作業を進める上での書く順番にこだわりはあるのか、それともその辺りは柔軟に変更していく余地があるのか。

→ PWR とも横並びで項目名等変更しても構わないと思っている。

- ・ あと分科会で問題になりそうなのが、「△」とか「×」の考え方に関して質問が出そうな気がする。今コメント欄に色々入れてあって、プラント管理の所については、基本的には対象外であるが、計算の前提条件を必要とするということで必要なものについては、解説程度で記載するという事なのか。その辺の明確な考え方があったら確認させてもらいたい。
- 幹事会の時の PWR 側の資料で、設備管理関係、取安のインプットに係るような設備関係を、解説程度という記載が多かったのも、それにならったものもある。基本的には設備管理で炉心管理と直結するものではないが、炉心管理の計算のインプットとなるようなものの調整とか、炉心管理のアウトプットで照射量とかは解説程度で対応するという考えである。
- ・ 先ほどから設備に関するものを炉心管理のスコープに入れるか否かということであるが、各電力すべてが同様ということでもないと思う。また、手法が変わったりして、将来にわたり今と同じ守備範囲になるか保証も無いと思う。まずは全体像を書いて、ただしこの時点では炉心管理指針のスコープではないというふうに書くことが大事と思っている。要は取替炉心の設計の流れからくる本業の炉心管理業務というのは、PWR/BWR 共有事項として、設計の入力を確認する事と、設計の前提に紐づいている事の 2 つが重要である。入力については、炉心の核的なものは炉心管理に入ってくるが、冷却材関係の流量とか、熱出力ということは、取替炉心設計の入力ではあるが、それらは設備側の対応になるので、分かれても仕方ないかとも思う。もう一つの前提に関しては、取替炉心設計の入力を確認する計器、あるいは動作系の機器の妥当性そういったものは、設備のプラント管理業務だと思う。そのような所は附属書、解説書に記載して、現時点では割り切ってまとめたとか書いておけば良いのではないのか。そういう整理の仕方をしていくということを次の分科会で報告し、理解してもらえば良いのかと考えている。

3) 炉心管理指針の今後のスケジュールについて

中野副主査より、資料 51-6 に基づき、炉心管理指針の今後のスケジュールについて説明があった。

主な説明は下記のとおり。

- ・ 当初は、今年の 10 月に中間報告を実施すると計画していたが、工程的に厳しいということもあり、半年程度遅らせた。原子燃料分科会への中間報告を 2022 年度中に実施し、原子力規格委員会への中間報告は 2023 年度中に実施する。その後はコメント反映、誤記チェックを実施し、規格案の策定を完了させるのが、2023 年度の上期中頃としている。引続き原子燃料分科会に上程を実施し、2023 年度下期には原子力規格委員会に上程し、その後公衆審査に移り、最終確認を踏まえて、2024 年度の上期中には発刊まで進めていきたい。全体的に半年ほど遅らせる工程を次の分科会でも説明したい。
- ・ 先程 PWR の例として推奨事項の整理等を実施しているが、それをブラッシュアップして、PWR と BWR の整合、各社の運用の違いも全部踏まえて書きぶりを調整すれば、どのような章立てになるうがそれをコピー&ペーストを実施することにより、指針が自ずと作成されていくというイメージを持っている。このような方向で進めていきたいと考えている。
- ・ 指針の目次については、炉心の起動から、運転中、停止時というように時系列に並べた方が整

理できるし、見えてくるし、分かりやすさという意味では良いと思っている。PWR 及び BWR で話し合い、目次の章立てを決定していきたい。

- ・ PWR と BWR の各作業会に分かれて、作業を進めていくのはもちろんであるが、合同のワーキングも状況に応じて開催していく必要があると考えている。先程半年ほど延ばすということを説明したが、それでもシビアな工程と考えている。
- ・ 上位規程の JEAC4001 の考え方も参考にしつつ、その他の規格との重複かない等も含め、方向性がぶれない様にして進めていきたい。

主なご意見・コメントは下記のとおり。

- ・ 次回の原子燃料分科会に検討状況をどのようなことを報告するのか。前回の分科会で、この指針がどの範囲までを守備範囲にするか見えないというコメントがあったが、それについてどうか。
- 炉心管理指針で扱う適用の範囲を明確にするということか。それは以前、分科会でも指摘されており、炉心に燃料が 1 体でも装荷された時から炉心管理の範疇であり、炉心から燃料が取り出されるまでが範疇という議論の事か。
- その通り。議論した結果、こうなったということを報告することもありと思っていた。
- これは、前回の分科会の時に、大雑把な適用範囲の理解は得られたものと思う。それよりも BWR 及び PWR がばらばらな指針になることだけは避けてほしいというのが印象に残っている。それに対し、BWR 及び PWR の炉心管理というのは、これだけ共有項があり、ここが違うということを確認にした上で、取替炉心の安全性の確認というのを、入力確認あるいは炉心性能計算という所まで落とし込んでいて、ここまで作業が着実に進捗しているということの説明の方が良いと思う。
- ・ それでは今まで作成した資料をまとめて原子燃料分科会に提案することとしたい。意見についてはメールでお願いしたい。
- ・ 確認したいことが 1 点ある。取案の設計を炉心管理に入れるかどうかということ。以前見せて頂いた、炉心管理の社内資料の目次の中に「取替炉心の安全性の確認」があったが、炉心管理指針については、「取替炉心の安全性の確認」は入れないという理解で良いか。
- 重複した規格を作成しないというのが原則なので、それは入らない。
- ・ スケジュールの月については現実的なものに調整したい。
- ・ 分科会への資料は、8 月 19 日ぐらいまでに、事務局の方に提出することになる。そうするとお盆明け早々には完成する形になる。ドラフト案を取りまとめるのが 8 月 5 日ぐらい、メールベースで個別修正を実施するのがお盆明けぐらいになる。

(以下、PWR と BWR の違いについて追加の議論があった)

- ・ BWR の場合は臨界固有値という形で評価をし、それに基づいて予測計算をしている。PWR の方は臨界固有値という考え方はないと聞いたが、実際には臨界ホウ素濃度という形で把握されるという形であるが、そもそも臨界固有値ではないのか。臨界状態の条件でも解析コードの計算値は 1.000 にはならない。従って、バイアスを設定する。このような評価はしているが、あまり表に出さないということなのか。

- **PWR** の場合は、定格出力運転で制御棒は、ほとんど引き抜いた状態で運転を続けている。定格状態と言っても **100%** 定格とはいかないので、出力の差とか、制御棒位置の差とかをボロン濃度に変換し、設計値である定格状態で制御棒が全て引き抜かれている状態の前提条件に合わせ込んだ時に、どの程度差があるかということを確認するというのが、臨界ホウ素濃度の確認手段である。臨界の条件を探りに行くというのではなく、臨界になっている状況が設計値と比べてどうかというのが、臨界ホウ素濃度である。
- ・ ある程度、臨界固有値の動きがなめらかか、あるいはあまり特徴的でないということであれば良いが、特に **BWR** の場合には、ガドリニアの燃焼で誤差が出て来るという特徴がある。実際に拡散方程式等で解析すると、ガドリニアの燃焼効果等が反応度評価に影響し、臨界固有値に影響が出て、**1.000** ではなく山谷がある。それを考慮して炉心設計を実施するという所があるが、**PWR** は臨界固有値のような山谷はないということか。
- 想像でしかないが、**PWR** というのは、燃料集合体の中の燃料棒というのが、軸方向で全て同じ濃縮度であり、ガドリニア燃料に対しても軸方向に同じ濃縮度の入った燃料棒の中に入っている。この中で一部分をガドリニア入りの燃料ペレットと入れ替えており、制御棒の抜き差しとも発生しないし、軸方向の出力分布も常に一定であり、その前提で炉心設計が行われており、その上で臨界を保っている、運転しているという前提がある。それが **PWR** では山谷がないということになるとなると考える。
- ・ **BWR** のガドリニアの燃焼というのは、細かく計算しないとイケない。径方向として表面から燃焼するので、燃料ピンの中は同心円状に計算する、**CASMO** だと方位角も細かくして計算する。その辺りの計算が正しくされていれば多分反応度的によく合うという気がする。**PWR** ではボイドが発生しないが、**BWR** では発生するとか、その影響がどうなるか分からないが、臨界固有値がフラットであるとすれば、サイクル中で臨界固有値を考慮しなくても良いということとは理解できる。

(4) その他

- ・ 事務局より、令和 3 年度原子力規格委員会功労賞において、本検討会の福田委員が受賞したとの報告があり、福田委員より受賞の挨拶があった。
- ・ 次回検討会開催は、9 月中旬から 10 月として、8 月の中旬から下旬に各委員の予定を聞いて決めることにする。

以 上