

第2回 原子燃料管理検討会 議事録

1. 日 時 平成 24 年 10 月 11 日 (木) 13:30 ~ 16:55

2. 場 所 日本電気協会 4 階 D 会議室

3. 出席者 (敬称略, 順不同)

出席委員: 上村勝一郎主査 (原子力安全基盤機構), 上村勝哉幹事 (東京電力), 山地幹事 (関西電力), 青木 (四国電力), 島田 (日本原子力発電), 原田 (中部電力), 中嶋 (グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン), 土内 (原子燃料工業), 垣内 (原子燃料工業), 布川 (三菱原子燃料), 黒沼 (北海道電力), 別府 (中国電力), 松永 (九州電力), 福田 (三菱重工業)

(計 14 名)

代理委員: 加藤 (東北電力・高橋代理), 宮本 (北陸電力・荒川代理) (計 2 名)

常時参加: 黒石 (原子燃料工業), 柳沢 (電源開発) (計 2 名)

オブザーバ: 柳沢 (電源開発), 高木 (東京電力) (計 2 名)

事務局: 黒瀬, 志田 (日本電気協会) (計 2 名)

4. 配付資料

資料 2-1 第 1 回原子燃料管理検討会議事録(案)

資料 2-2 原子燃料管理検討会の進め方について

資料 2-3 PWR 漏えい燃料発生時の監視方法について

資料 2-4 志賀原子力発電所 2 号機における漏えい燃料対応について

資料 2-5 燃料関係指針類における要求事項の整理並びに明確化について

資料 2-6 ニューシア(原子力施設情報公開ライブラリー)トラブル情報等の検索結果

参考資料 1 原子燃料管理検討会委員名簿

(1) 会議定足数の確認

事務局より, 委員総数 16 名に対し, 本日の委員出席者は代理含め 16 名であり, 会議成立条件である「委員総数の 2 / 3 以上の出席」を満たしていることの報告があった。

事務局より 2 名のオブザーバの紹介があり, 主査より参加の承認があった。

(2) 前回議事録の確認

事務局より, 資料 2-1 に基づき, 第 1 回原子燃料管理検討会議事録(案)の説明を実施した。委員からのコメントは無く, 誤記の 1 文字を修正の上, 原案の内容で正式議事録とした。

(3) 原子燃料管理検討会の進め方について

上村, 山地幹事より, 資料 2-2 に基づき, 原子燃料管理検討会の進め方についての説明があり, この資料に記載された検討項目やスケジュールで活動を進めて行くことを確認した。この検討会では, まず調査や検討を実施してとりまとめ, その成果がそろったところで規格に書きこむとい

う手順で進める。

(主な質疑・コメント)

- ・調査・検討事項のうち“ No.1 用語の定義 ”について

既にまとめられて公開されているものがまず参考ができる。具体的には安全設計審査指針がある。IAEA の安全基準文書の用語集も参考になる。また他の用語の収集方法としては、メールで各委員に尋ねることもよい。

- ・資料 2-5 の「用語の定義」の中の「損傷」について、「安全機能を低下させる可能性がある変化全般をいう」と簡単に記載されているが、不足のない表現になっているのか。

「損傷」とは燃料や炉心などいろいろな対象があり、また「破損」と「損傷」の違い等や IAEA の「Damage」とどう結びつくかをしっかり見ていかないといけない。その資料を作成した委員会のときには、この数行の議論に 30～60 分程費やした記憶がある。このように用語の定義は重要なことである。過不足無い表現とするべきだが、その 1 つの例と思う。将来の規格作成のことやどこかで紹介することも考えて、紐つけができる資料について最初の段階からまとめておいた方がよい。

安全設計審査指針の定義、IAEA の定義等を比較して表にまとめておくのがよい。その比較結果を基に判断し規格の用語の定義とする。また、それについては規格の解説に入れるか又は別途報告書にまとめるかをしたい。

PST とかオフガスという用語は、他の用語集に入っていないと思うが、入れておいた方がよい。

進行性や進展性も入れるべき。

- ・“ No2 国内外の漏えい燃料の実績 ”については、調査対象とする報告書や資料類は公開されているものと非公開のものがあり得るが、規格に参照・引用できるものは公開のものになるので、それを念頭に抽出する必要がある。

調査対象の量が多く、まずメーカ側の委員に深く調べるべき件名などを抽出していただいて、電気事業者側委員でさらに分担するような方法ではどうか。また、何に焦点をあてて、どのような調査をするかという調査方法の設計を最初に整理しないと、調査をしたが、最後に使えるものは僅かだったということになる懸念がある。本当に役立つ情報を集めたい。

調査結果として何を得たいか、例えば破損事例の中で種類をいえばよいのか。そうであれば同じ種類の破損事例を羅列しても意味がない。破損のメカニズム、モードとしてはこのようなものがあり、代表例はこのようなものですというぐらいで十分であると思う。

この調査の使い先として、漏えいしている燃料を発見したときの進展性の評価あるいはプラントを停止しなければいけないのか判断への適用がある。どのような破損状況あるいはモードの破損状態になっていて進展の有無を判断するための基礎的な知見のベースを作るために役立つ整理を行うことであって、今までの経験でやっている漠然としたものではなく、第三者に対する説得性あるいは透明性を明らかにできるようにするべきである。今回 PWR で発生したフレッキング破損は今までのレビューした中に破損事例として載っている。また、仕様の違う燃料が混在した炉心で流動条件が変化してフレッキングを起こしたことも既に文献にある。今回 IAEA で情報交換した際に、今頃何故なのかという程度の反応で、あまり関心を持たれなかった。今回の規格制定においては、このような思い込みとか、想定すべきことを想定していなかったというような状態が無いようにしておかないといけない。

今回調査しようとすることは、同様な調査が IAEA で既に行われており、その結果を追認する

だけの結果になる懸念はないか。

既に調査が進んでいて我々が必要とする視点，目的のためにレビューされている結果がある場合は，それを利用すればよい。ただし，例えば 10 年前以前のことしか調査していなかった場合であれば，その後の 10 年間について追加調査しておくべきだ。

数にこだわるよりは事象(事象，フレット等)等にフォーカスしたものを踏み込んで分析したものをまとめるのがよい。

- ・今では起こりえないような古い時代の事象にまで対象に含めるのか。

今では原因が究明され，その結果を設計や製造工程に反映されているため解決していても，時間の経過によりその対策をすることの意味が解らなくなり，やめてしまった結果トラブルが発生することもあるので，単に機械的に捨てて 0 にするということは避けたい。

ここ 10 年，20 年の漏えい燃料はほとんど異物とグリッドフレットによるものである。昔の PCI とか水分管理によるもの，クリープコラプスは確かに生じたことなので淡々と整理すればよいと思う。異物とグリッドフレットの位置とメカニズムが中心的なことであって，その他のことは区別してメリハリを付ければよい。

それでよいと思うが，詳細調査の対象としては異物とグリッドフレットの二つだけでよいか検討する必要がある。

米国では水質管理が原因で急に大量に壊れることがあった。日本では発生していないが，起こったら急にくるので，もし起きた時にそれだと見極められることが大切である。海外で発生していて可能性があるものはしっかり検討する必要がある。

- ・燃料設計に反映すべきものを抽出することが目的なのか，そういうことが出来る整理の仕方を規定するのが目的なのか。

これらの調査は，漏えい燃料の進展性を評価の基礎とし，運転管理に反映するためのものであり，それを知らずに漏えいの進展性判断をしようとするのは抵抗感がある。燃料設計への反映するようなことはスコープ外である。

No2 (国内外調査) は No4 (漏えいの進展性)，No5 (過渡・事象への影響)，No6 (漏えいの有無の判断・監視方法) に反映することを念頭に置き作業することがよい。

そのように内容がまとめてあるレポートの数は少ないと思われ，漠然とした作業にならなければよいのだが。

漏えい燃料を感知した時に，それが系統的な事象か進展性なのかについて判断が求められるのだから，そこに集中した調査をすることがよいと考える。

- ・“ No3 守るべきレベルの明確化 ” について

漏えい燃料を安全評価で明確に考慮しているのは被ばくだけである。最上流の設置許可とリンク付けすると，立地でもシビアアクシデントでもなく，想定事象における 5mSv という被ばく評価と RIA 指針の浸水燃料のことしか記載がない。通常時に炉心出力に対する 1%分の放射能が炉水中に出ているという前提で，事故解析で使っている 5mSv を判断基準にしている入力条件として完全に低いレベルになることが言えれば安全評価，最上流の設置許可との繋ぎができる。

漏えい燃料が例えば部分的な溶融とかのとんでもない状態を考慮したとして，その防御の考え方は，そうなってから止めるのではなく，そうなる前に止めるというのが基本である。被ばく評価としての放射能レベルだけで全て議論が含まれるのか，あるいは燃料棒 1 本でもペレットが露出する状態の破損になったとして，その時に被ばく評価の条件を満足していたら良いと言ってよいのかどうか。燃料棒を 1%全て破断したら冷却性能にも影響が出てくる。何

を考えて、何を起こさないためにプラントを止めるということを決めなくてはいけない。

燃料は圧力容器に入っている状態で状態を直接見ることは出来ないで判断が難しい。過去の例から着目して観ていくことになると思う。

- ・立地地域での運営において、少しでも漏えい燃料を検知したら止めるべきだと言われることに對してのしっかりした説明ができることが、今回の成果として期待されているが、ピンホールしかないから大丈夫では済まないで、そこをちゃんとよりどころを作る必要がある。
敦賀 2 号機での漏えい燃料の経験で、地元からゼロリリースと言われたが、ここからここまですであつたら実質ゼロリリースだと言えるとよい。
設置許可の制限値に対する裕度が大きいので実績を調査してオンラインでモニタしていれば十分であるということが基本で、今、低いレベルで管理が出来ているのだから、もし、漏えい燃料発生時に継続運転していて、その時に LOCA や RIA が発生したとしても被ばくレベルとか、冷却材流路の閉塞などがこの程度であると言えると良いのではないか。設計上では難しいことだが。
- ・BWR の場合は漏えい燃料が発生した時点で PST を実施して出力を抑制してそれ以上その位置での燃料破損が進展しないようにして運転継続をする。進展性の破損かどうかは先ほどの意見であつたが、炉水中の放射性物質測定で偶発性が進展性を判断するしかないのではないか。
そこが出发点ではない。PST による対応をしてよいかどうかという、1 つ前の判断根拠が必要である。対策を行う前に漏えい燃料が発生した場合は何らかの情報、データから漏えいの進展の有無を判断することになる、また一義的に判断出来ない場合においてもこの範囲内であろうと判断できるようにするための事象についての知見を得る必要がある。
- ・漏えいの進展事象としては時間の経過による孔の拡大、2 次水素発生による破損、ジッパー破損や被覆管が縦割れするケース、被覆管の腐食により孔が開くメカニズムなどが想定事象として判っている。ただしこれらを列挙できても、漏えい燃料発生時にそれを特定することは難しい。
PWR の場合は進展性ではなく進行性というが、フレッティングの場合はその部位は拡大することは無く、2 次水素の場合も同じ棒で起こり全て放出されるので進展しない。したがって、1 本の棒でリークが発生するケースでは無く、2~3 本と増えていく場合を管理という面で進行性と呼んでいる。
それぞれの損傷モードで損傷したらこのように進展する、進展するにあたっては監視の方法はどこからの基準でどれだけの頻度で実施すればトレンドがわかる。このように守るべきレベルに達するまでに適切な頻度で適切な監視をしていけば大丈夫であるということを言っていくために、“No4 漏えいの進展性”でいろいろな損傷モードでの進展の仕方を調べた結果を“No6 判断・監視方法”の方法に当てはめていくような検討手順になる。
- ・考えるべき指標は放射能濃度だけでよいだろうか。燃料破損があつたときに起こりうる事象としてどのようなものがあるかをよく考えてみる必要がある。例えば coolability がある。
No4 にはすぐ止めなくてはならないレベルとモニタリングし監視を続けていくことを提示するための根拠になるものがある。
- ・“No5 漏えい燃料存在下での過渡・事象への影響”について海外はどうしているか。
被ばく評価は当然やっていると思うが RIA, LOCA もやっていない。RIA ではたまたま日本は NSRR 持っていたのでいろいろやったが、RIA にしても水素をどんどん吸わせるとどうなるかまではやっていない。LOCA の場合は全数破損で被ばく評価を行っているので問題ないが、45000 本のうちの 1%の 500 本が 1 つか 2 つの燃料集合体に集中するという事までするのは無理がある。下部ノズルにたまるとうなるかとかやっても話がおかしくなる。海外では

繊維のようなものが、炉心の燃料の中に入ってきたらどうなるか、NRCでは15グラムの繊維でやっていたりして、海外では話題になっているが、燃料管理の現実の話から上げていくべき。また、RIAの浸水燃料だけ1%燃料破損が入っているのは、おかしいと考えている。

- ・誰もがそうだと思うような話から展開していかないと難しいので、まず考え方を示していきたい。あとは現状、漏えい燃料についてはどういうことが考えられているのかを整理し、被覆管が破断するとか、ペレットが外へでてくるということについて前例はあるのか、またLOCAでリーク燃料が破断した場合にどうするか、どこが使えるのか、どこが未知なのか、整理するところから始める。

最近出された例として、ハルデンの試験でLOCA時にバルーニングしてバーストしたときフラグメンテーションした燃料がディスパースすることが示された。燃料の燃焼度が高いとペレット片や粉末が出てくる。NRCがスタズビックに委託してやった炉外試験でのLOCA試験でも、より明確に燃料がバーストし燃料が粉になり外へ飛び出てきた。わが国では、JNESによる輸送容器の安全性試験として、短尺の使用済み燃料におもりをぶつける試験を行ったが、やはり燃料棒が壊れたときに燃料は粉状で噴出した。ふるいにかからないようなサブミクロンの粒子で、空気中へゾル状でディスパースする。それだけ細かなものが冷却材の中に入ると、スラリー状に燃料が入り込み、液体燃料のような状態になりうる。下手すると再臨界もあると考えて検討している。破損燃料のLOCA時の話はしっかりやる必要がある。

- ・“No6 漏えい燃料有無の判断、監視方法”については、現状どのようにしているかの整理、その根拠を作るための調査及び海外ではどうしているかの調査が必要である。

PWRでは既にまとめたものがあるが、BWRではメーカーとしてまとめたものがあるか。

BWRでは最近PSTがうまくできていることが多く、データが少ないことが懸念される。比較的古いデータを含めていくつかの核種をきちっと分析してあるとか、その後のPIEや2次破損まで起きたデータとなると、探してみないとどのくらいあるかわからないが、そこから行っていく。また、PWRガイドライン(領域区分図)を参考に、どのような判断基準・監視方法が可能か考えて行く。

- ・“No7 漏えい燃料発生時の対応方法”については、既にあるガイドラインの修正、補強などを検討する。
- ・“No8 成果物の取り纏め方”については、事務局で事例などを調査し、次回の検討会で紹介する。
- ・“No9 MOX燃料への適用”でPWRの分担でMHIと記載してあるのはMNFに修正。

(4) 漏えい燃料発生時の監視方法について

委員より、資料2-2に基づき、現状の漏えい燃料発生時の監視方法についての報告があった。

(主な質疑・コメント)

- ・監視する主な元素はヨウ素とキセノンとのことだが、それ以外には測定していないのか。また参考に測定しているだけで何らかの判断に使ってはいないのか。セシウムはどうか。

サンプリング時にわかる範囲ではやっている。ヨウ素やキセノンの同位体などがある。他にはクリプトンなど。キセノン・クリプトンは希ガスの全体量としての監視であり、多くなった場合は原子炉を止めることになる。セシウムについては、 SHIPPING時には燃料の燃焼度判定に使えるくらいの検出量が得られるが、炉水のサンプリングからは、小さなレベルでしか検出できない。

そうするとセシウムは燃料から出にくいと考えて良いのか。アメリカでは評価項目に入っているようだが、日本には入っていないのは何故かなと思っていた。

*なお、当検討会終了後に、この質問についての正確なところを、委員から委員全員に電子メールにより補足説明が発信された。その内容は次のとおり。

運転中の燃料健全性を確認するために、よう素と希ガスを監視しています。

セシウムは、監視対象項目ではありませんが、Cs134 と Cs137 の比から 燃焼度の推定ができることから、リーク燃料の特定に資する可能性を考えて、昨年の敦賀 2 号の燃料リーク時にはデータを採取しました。

セシウムの濃度は、数値としてはよう素や希ガスより 2 桁程低く通常検出されない核種であること、また、燃料健全性評価項目ではなく、あくまでリーク燃料を推定するための参考データであることから、評価頻度はよう素や希ガスより少なくなりました。

なお、燃焼度の推定については、絞りこんだ 30 体弱の中には入っていた、という程度の精度でした。

プラント停止後の SHIPPING 検査は、場合によっては実施が遅れる場合があり、Xe が出切ってしまうとガス SHIPPING がうまくいかなかったり、よう素が減衰してしまって水 SHIPPING がうまくいかない場合には、水 SHIPPING で、半減期が長いセシウムを利用することになっています。

- ・最近の PWR のグリッドスペーサフレットングでは、PWR の漏えい燃料として進行性と非進行性の判断に用いる“領域区分図”では非進行性の方に区分され、結果としてはもっと早く原子炉を止めて取り替えるべきであったのが、そうはならなかった。このタイプの事象についてはこの“領域区分図”での判定方法では該当できない。この事例から、系統的なものについては、他の指標とか判断方法を考える必要があるのではないか。

系統的というのは、同じ事象が同時多発することを想定するということであれば、今はそれに対応するものは無い。

今回作ろうとする規格では、この点も加えて良いものにした方がよい。

(5) その他

次回検討会は 12 月 18 日(火)PM に行うこととなった。

以上