

## 第 5 9 回技術情報検討会の結果概要

令和 5 年 8 月 2 5 日  
原子力規制庁

### 1. 趣旨

第 5 9 回技術情報検討会の結果概要について報告する。

### 2. 報告内容

別紙のとおり。

別紙 第 5 9 回技術情報検討会 結果概要

## 第59回技術情報検討会 結果概要

1. 開催日：令和5年5月25日（木）
2. 出席者：  
杉山委員、石渡委員、市村原子力規制技監、古金谷緊急事態対策監、佐藤技術基盤グループ長、大島部長、森下審議官、小野審議官、技術基盤G：各安全技術管理官、原子力規制部：各課長・安全規制管理官ほか、JAEA：天谷室長
3. 主な内容
  - (1) 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見  
以下について報告を行った。
    - 1) 航空機落下事故に関するデータについて  
(概要)
      - 原子力規制庁は、事業者が実施する原子炉施設等への航空機落下確率の評価結果を確認する際の参考情報として、過去20年間についての航空機事故データ等を収集及び整理した結果をまとめたNRA技術ノートを定期的に発行しており、今般、NRA技術ノートの品質を向上するため、航空機事故データの調査について調査方法の改善を行った。
      - 改善した調査手法を用いて、平成13年1月から令和2年12月までの直近20年間について調査を行い、「航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）」としてまとめ、第84回原子力規制委員会（令和5年3月29日）に報告した上で、同日に公表した。  
(対応)
      - 令和5年3月31日付けで、被規制者向け情報通知文書（NIN4-20230331-tc）を発出し、対象事業者に対して直接的に周知を行った。
      - 当該知見は終了案件とする。
  - (2) 「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ（2023年版）」から得られた知見について  
(概要)
    - シビアアクシデント時のCs-137移動メカニズムについての考察。
      - ・ 1、2号機の非常用ガス処理系配管や2、3号機シールドプラグについては、事故時の原子炉格納容器からのCs-137を含む水蒸気の移動と凝縮、その後の凝縮水の移動によるものと推定。

- ・ Cs-137 の水蒸気による移動、凝縮及び金属やコンクリートへの沈着・付着については、Cs-137 の化学形態や放射性同位体比の検討が必要か。
- 落下炉心の挙動と原子炉格納容器への影響
  - ・ 東京電力及び IRID<sup>1</sup>による 1号機原子炉格納容器内部の映像撮影において、熔融炉心の広がり、ペDESTAL壁のコンクリートの喪失及びテラス状構造の形成が確認され、さらなる調査の継続と実験や解析などによる検討が必要か。
- その他の調査項目の進捗状況など
  - ・ 有機化合物の発生の水素爆発及び火災等への影響、水素対策設備等への影響の確認やシビアアクシデント環境における設備等への影響として、有機材料等への化学的な影響の確認が必要か。

(議論)

- 事故の分析を行う中で、今まで分かっていなかったことやこれまでの知見に基づいた推定とは違った様相が明らかになってきている。既設の原子炉システムの安全性を評価しているコードの想定を書き換えなければいけない可能性が示されており、今まで注目していなかったところが重要であるとか、現象の進み方が想定と違う等の知見が得られている。【杉山委員】
- ケーブルや保温材から発生するガスを整理した表によると、プロパン(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)も出ているようだ。このぐらいのガスが何種類か出てくるといふ理解でよいか。【小野審議官】
- ケーブルや保温材等の加熱を通して、物によって出てくる有機化合物の種類は異なる。CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> は共通してある程度出てきている。【木原上席特殊施設分析官】
- ペDESTALの部分の写真を見ると、壁に沿って物質がつらら状に固まっているが、これが何か見当はついているのか。【石渡委員】
- 明確には分かっていないが、格納容器、ペDESTALの内側のため各種ケーブル等があり、ケーブルの溶けたような痕や配管の保温材が消失している部分がある。検討を進めたい。【木原上席特殊施設分析官】
- 上からの溶けた核燃料でコンクリートが溶けた状態を表している可能性もある。溶けている物質が何であるかは、なるべく早くサンプルを取り、何が起きているのかが分かるように調査を進めていただきたい。【石渡委員】
- 東京電力と事故調査の検討をしており、サンプルを取れないかも検討している。現在のロボットでは、収集できるサンプルに限りがあり、

<sup>1</sup> 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (International Research Institute for Nuclear Decommissioning)

軽い微粒子状のものが限度である。ロボットから開発することになるので時間がかかる。【森下審議官】

- 「Cs-137 の移動経路が常時存在することが分かった」という記載があるが、これは、爆発はしていないが事故の影響を受けてシールドプラグの中央部にへこみがある状況を「常時」としているのか、健全なプラントでもシールドプラグ中央部にへこみがあり、線源をシールドする効果はあるが蒸気発生下では通路が形成されることを「常時」としているのか。【市村原子力規制技監】
- 通常時のプラント等については確認されていないが、1F の2号機、5号機等ではシールドプラグの中央部にへこみが確認されており、いずれも水素爆発等で外力が加わっていないという状況である。水蒸気等の影響も考えられるが、明確ではない。自重等だけでも、ある程度の変形が生じ得るというところから、常時、このような継ぎ目のすき間が存在したであろうというところを今回整理した。【木原上席特殊施設分析官】
- 健全な施設であっても、自重である程度はすき間がある。もともとシールドプラグは、気密性ではなく遮蔽だけを期待していると、そういう意味の記載だと思う。【杉山委員】
- シールドプラグについて、制度上の見直し等の議論は、どこかでなされているか。【古金谷緊急事態対策監】
- 今は、調査・分析、研究をしている段階だと認識している。状況を注視し、必要があれば規制への取り入れ等について検討を進めていくという段階。【藤森企画調査官】
- シールドプラグのすき間に多量のセシウムがたまっているらしいということが分かって、これをどう捉えるかによって今後の対応が変わると思う。期せずしてフィルタとして機能し、環境への放出が低減されたとみるのか、汚染のため廃止措置等の作業に大きな支障になっているとみるのか。BWR では原子炉ウエル注水がうまく機能すれば、大量の汚染は生じないと予想されるので、今後、検討する必要があると思う。【杉山委員】

(対応)

- 事故分析検討会において、引き続き調査・分析を進め、新たな知見が得られれば改めて報告を行う。

### (3) 国内外の原子力施設の事故・トラブル情報

以下について報告及び議論を行った。

#### 1) 火災回路解析に関する米国調査結果

(概要)

- 米国の火災防護規制における基本概念は、火災の発生防止、火災の感知・消火及び火災の影響軽減であるが、これらを実現する法体系として、決定論に基づくものと、確率論に基づくものの2つがあり、火災回路解析は、主に確率論による火災安全を確認する方法として、回路レベルでの火災時安全停止解析の一環として、火災シナリオの同定、事故シーケンスの定量化等に用いられている。
- 2022年11月25日から12月17日までの期間、米国 St. Lucie 原子力発電所において NRC が実施する3年毎の火災防護検査に同行し、検査の実施状況を観察した。火災回路解析の実施状況を含め、観察した検査活動のうち、火災発生後の安全停止達成能力の検証を目的とした検査活動について、以下のとおり紹介する。
  - ・ 火災発生後の安全停止達成を達成する上で重要な機器として、「補助給水システム」を検査サンプルとして選定した。
  - ・ 任意の火災区域にて電動補助給水ポンプを有する系統1系統（A系）を機能喪失させる火災が発生した際に、もう1系統（B系統）が機能喪失しないよう事業者が整備している火災防護策の妥当性と実効性を確認することを、検査方針として設定した。
  - ・ 最初に機能喪失または誤動作により補助給水システムの動作を阻害せしめる動的機器を特定した。次に単一区画の火災によりこれら動的機器が影響を受けその結果、補助給水システムのA系とB系の両方が機能喪失する可能性がある火災区域を特定した。検査官はこれら作業を実施するなかで、事業者が実施した火災に関する解析（火災ハザード解析、火災 PRA、火災時安全停止解析）を参照していた。
  - ・ 単一火災により、補助給水システムのA系とB系の両方が機能喪失する事態を回避すべく、事業者が整備した対策（設備対応及び運転操作）の妥当性（抜けはないか？）と実効性を確認した。その手段として、現場のウォークダウン、運転員/操作員へのヒアリング、手順書の内容確認及び回路解析を実施した。
  - ・ 回路解析については、特定の電気室で火災が発生しても補助給水システムのA系とB系の連絡弁がホットショートにより誤動作しないことを確認した。

（議論）

- 米国では、火災防護プログラム（FPP）の変更がフレキシブルに事業者側でできるということが驚き。検査チームがFPPの妥当性を確認した上で、FPPに従ってアクションが取られているかも確認する。当然、PRAなども含めた広く深い知識が求められると思う。NRCは相当高いレベルの検査官を用意しているということか。【杉山委員】

- 原子力安全について理解し、電気工学に精通している検査官が検査していた。NRCのような検査を行うには、体制も工夫する必要があると思う。【岸岡上席検査監視官】
- チェックリスト的な見方で検査をすと思っていたが、定量評価が含まれている。FPPが妥当であるかどうかを判断するような定量的な審査基準のようなものはあるのか。【杉山委員】
- 参考文献に示した文書類(NRCが定めた技術基準/ガイドと民間規格)が整備されており、これに基づいて事業者は解析を行い、その結果をFPPに反映している。同様の検査を実施する上では、解析結果とともにその適切性を担保する技術基準/ガイド及び民間規格がないと難しいと感じた。NRC検査官は、事業者がFPP変更(NRCへの届出不要)に際して実施したエンジニアリング評価の妥当性について、これら技術基準/ガイド及び民間規格に沿って判断していた。【岸岡上席検査監視官】
- 回路解析まで確認できるようチームが組まれた経緯が分かれば教えてほしい。自主設備の検査について、事業者側もNRCに積極的に情報を出して対応しているのか。【大島部長】
- 3年毎に実施される火災防護の検査を行う際には、回路解析のトレーニングを受けた検査官が、チームメンバーに加わる。回路解析は、シーケンス図を参照し、頭の中でホットショートをシミュレーションするという作業であり、原子力発電プラントの運転経験を有する者にとっては、特別なものではないとの印象を持った。規制要求を超えた火災防護対策については、事業者はこれを深層防護と位置づけ実施している。これら対策はPRAから得られた知見を反映したものであることから、検査官は自主的であるが重要なものと位置づけ、検査していた。【岸岡上席検査監視官】
- 日本に米国と同じ検査制度を導入した時に、規制要求を満たしているかだけでなく、自主基準に沿っているかも検査することとしている。リスクの高いものは規制要求しているが、抜けもあるかもしれないというところ。本報告でいえば、ディーゼル発電機の信頼性が低いから、タービン動補助給水ポンプを有する系統のほうが炉心損傷頻度に影響するということで確認したと思うが、我々もその考え方は取り入れている。【古金谷緊急事態対策監】
- リスク増分がある範囲で収まれば、届出不要でFPPの変更を許容しているということだが、実際にどれぐらいの変更実績があるのか。【佐藤技術基盤グループ長】
- 事業者は、合理化の観点から積極的にFPPを変更している様子であった。【岸岡上席検査監視官】

- この検査が3年毎であるなら、その間に FPP が変質していく。最終的に全体を見通しての火災防護の適切性は確認しているのか。【佐藤技術基盤グループ長】
- NRC への届出なしに FPP を変更できるといっても制限がある。パフォーマンスベースドの規制要求に適合しているプラントにおいては、リスク増分が  $10^{-7}$  を超える変更については、届出が必要となる。プレスクリプティブな規制要求を適用しているプラントについては、程度によらずリスクが上昇する場合は届出が必要となる。【岸岡上席検査監視官】
- NRC の火災防護の規則は、10CFR50.48 (a)、(b)、(c)があり、本報告は(c)になる。新設プラントの場合は(a)、技術指針が RG1.189 となり、決定論が適用される。既設のプラントは (a)、(b)か(c)かを選ぶが、新設は選べない。決定論でも、審査の段階では火災発生時における原子炉安全停止の達成という規制要件に関して、系統分離対策を要求している。検査の段階では、回路解析に関する確認作業が、特定の検査項目がある場合に、実施されている。【椋島統括技術研究調査官】
- 審査、検査についてさらに勉強し、日本の制度で使えるものがあるのか議論ができたらいと思う。【森下審議官】
- 日本と米国では規制制度が違い、審査、検査の仕方も違うので、直接比較できないが、火災防護の妥当性を確認する手法として、本報告は非常に有用な知見だと思う。決定論が適用された事業者も、本報告と同様な検査が実施されているのか。【市村原子力規制技監】
- 10CFR50 Appendix R が、ホットショートに対する対策を要求していることから、ホットショートによる原子力安全への影響を特定する上で、決定論が適用されているプラントについても回路解析を実施していた。【岸岡上席検査監視官】
- 日本では決定論で規制がされ、仕様が規定化されて、審査の中で最も厳しい設計基準事故発生時に、火災防護対策が効果を発揮するかを確認している。NRC は、検査でシナリオを選んで確認しているということだが、その内容は日本では審査に含まれるものがあると思うが、その理解でよいか。【市村原子力規制技監】
- その理解でよいと考える。【齋藤火災対策室長】
- 次回以降、米国の制度や仕組みが報告されるということなので、日本との関係を説明してほしい。【市村原子力規制技監】

(対応)

- 収集した情報を分析し、規制への反映の要否を検討する。
- 原子力エネルギー協議会 (ATENA) から、LER 情報の分析結果等について聴取する。

## 2) PWR 1 次系におけるステンレス鋼配管粒界割れに関する事業者の検討から得られた知見（速報）

### （概要）

- 令和 2 年に関西電力株式会社大飯発電所 3 号機において発見された加圧器スプレイライン配管の応力腐食割れ（SCC）に関する ATENA による調査及び研究の計画について、令和 4 年度の進捗状況及び結果に関する資料を受領したところ、新知見と思われる情報が含まれていたため、概要を速報する。
- SCC の発生した溶接部及びエルボを挟んだ溶接部を電子顕微鏡により観察したところ、非破壊検査では検出されない MSC（Microstructurally Small Crack）が認められた。特殊な硬化が生じていない部位の MSC はいずれも 1 結晶粒程度の大きさで、停留を示唆する酸素（酸化物）が検出された。MSC が溶接時または運転時に粒界結合力の低下で生じた可能性を明らかにするため、詳細観察や分析での評価が必要。

### （議論）

- MSC は、酸化物が停滞を示唆しているという説明だったが、現在の知見で考えると、進展性があまりないと理解してよいか。【小野審議官】
- 今回、酸化物が認められたということは、長時間、酸化物不動態ができていく可能性が高い。また、1 結晶粒程度で止まっている可能性もあるので、比較的早い段階でクラックが発生し、その後、進展が停滞していると考えている。【小嶋上席技術研究調査官】

### （対応）

- 令和 4 年度の ATENA の検討結果について、今後、公開において説明を受けその結果を技術情報検討会に報告する。

## 3) 非常用ディーゼル発電機の 24 時間連続運転試験に関する事業者の対応方針と国外調査結果の概要

### （概要）

- 非常用ディーゼル発電機（EDG）の 24 時間連続運転試験について、事業者が令和 4 年度に計画し、自主的に実施した試験が終了したことから、ATENA によりその結果を受領した。また、原子力規制庁において国際的な対応状況の調査を行ったので、概要について報告する。
- ATENA から受領した実施結果によると、現状のメンテナンスの妥当性が確認でき、今後も計画的な保全を行っていくことで設備健全性が確保できることから、定期検査ごとの 24 時間運転は不要。
- 国際的には、全ての EDG について、24 時間以上の連続運転試験を定



期的に実施するのが主流である。

(議論)

- 技術的な根拠があれば、必ずしも国外と同様に運転試験を実施する必要はないと考える。【大島部長】
- 日本においては EDG が最後の電源ではなく、交流電源設備を備えているので、設備構成も海外と違いがある。海外の設備構成も含めて比較してほしい。【杉山委員】
- 8～10 定検相当毎に機関点検が一巡する毎に抜取りで 1 台実施するというのは、実際には何年程度か。【石渡委員】
- 少なくとも 10 年程度にはなると思う。【佐々木企画調整官】
- 保安規定に長期施設管理計画を記載し、現在検討中の高経年化した原子炉の劣化管理についても 10 年毎に検査・評価するような流れがある中、実際に定期検査の期間によっては 10 年以上のサイクルでの確認になる。事業者は、安全に対する意識が低いのではないか。24 時間運転したところ、トラブルが続発したわけで、実際に事故が起きた場合は、24 時間で収束するとは限らない。したがって、これでいいとはとても思えない。【石渡委員】
- EDG の定期試験は、米国の方法に倣った等の背景があると思うが、米国では実施していないプレコンディショニングを日本では実施している等、導入の際に設備保全の観点等から内容を変更している可能性がある。背景事情・技術的な根拠を確認してほしい。事業者は技術的な根拠があるのであれば、主張してもらえばよい。【古金谷緊急事態対策監】
- DG は、熟度の高い設備であるのに、各国で試験頻度等が一定でないのは疑問。ATENA にはメーカーも入っているので、メカニズムの点からも確認してほしい。【佐藤技術基盤グループ長】
- EDG の故障発生率を下げようという意識が事業者から感じられず、残念。【森下審議官】
- 日本では頻繁にサーベランスや分解点検を実施している。他国では EDG 機能の点検の考え方が違っている可能性がある。原子力規制委員会として、この問題をどう位置づけるか整理し説明できるよう、十分に調査してほしい。【市村原子力規制技監】

(対応)

- 連続運転試験の時間、頻度、抜き取り試験としたこと、規制要求との関係、国際的な試験内容と比較した場合の妥当性について、公開で意見を聴取する。