

福井県原子力安全専門委員会におけるこれまでの議論の整理

2024 年 6 月 28 日
福井県原子力安全専門委員会 事務局
(福井県防災安全部原子力安全対策課)

I はじめに

本委員会は、これまで、福島第一原子力発電所事故を踏まえた県内原子力発電所の安全性向上対策の実施状況や新規規制基準対応工事等について確認し、高浜発電所 3、4 号機、大飯発電所 3、4 号機、美浜発電所 3 号機および高浜発電所 1、2 号機の安全性向上対策等に係る議論の結果を報告書として取りまとめた。

これらの報告書の中では、今後、県内発電所において、40 年超運転プラントが増えていくことを踏まえ、事業者に対して、海外プラントの運転経験や知見等の反映はもとより、IAEA の外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ることなどを求めた。また、現場の保守管理を確実に実施し、それらの活動を継続的に評価、改善するとともに、人的資源等の確保や現場力の強化を図ることなどを求めた。

その後、本委員会は、これまで 7 回の会合を開催（添付資料 1）し、事業者から本委員会の指摘事項への対応状況や、安全性向上対策の実施状況や高経年化対策等を含む今後の保全、人材育成、安全管理体制の強化等について説明を受けた。また、原子力規制庁から、高経年化した原子炉に係る新たな安全規制制度の概要や新検査制度の運用状況等について説明を受けた。

本委員会は、今後も引き続きプラントの安全性について議論を継続していくこととしており、本紙では、今後の論点を明確にすることを目的として、これまでの委員会で出された委員の意見を整理した。

II 本委員会におけるこれまでの議論

1. 本委員会の指摘に対する事業者、原子力規制庁の対応状況

本委員会は、2021 年 4 月に取りまとめた美浜発電所 3 号機および高浜発電所 1、2 号機に係る報告書において、事業者に対して、海外の 40 年超プラントの知見反映や IAEA などの外部評価を受けることなどを求めるとともに、原子力規制庁に対しては、新検査制度の運用改善等に努めるよう求めた。

これらの指摘事項に対する対応状況は以下のとおり。

（事業者に対して求めた事項）

本委員会の指摘事項	事業者の対応状況
海外で先行している 40 年超運転プラントの運転経験等を収集し、その知見を反映すること (40 年超運転プラントの知見反映)	- 海外電力会社との情報交換協定締結、および海外の団体や研究への参画の他、INSS など国内関係機関との情報交換等を通じて海外の先行事例や最新知見を収集中。 - 最近の事例として、仏国プラントにおける非常用炉心冷却系統のステンレス鋼配管溶接熱影響部での割れ事象、米国ロビンソン 2 号機における炉心槽の溶接線近傍での割れ事象等などに係る情報収集を継続中。

IAEA などの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること (IAEA によるレビュー)	- IAEA による SALTO ピアレビューの受け入れを決定し、2024 年 4 月 16 日から 25 日にかけて IAEA や各国の専門家によるレビューが行われた。 - 今後、IAEA において報告書を取りまとめられる予定。また、IAEA は報告書の勧告事項 (Suggestion) などが実行されているか等を確認するため、フォローアップ調査を 2026 年度に実施予定。
美浜 1、2 号機など廃止措置プラントの配管、ポンプなどの実機材を活用した材料試験などを実施し、経年劣化データの拡充に努めること (廃止プラントの実機材の活用等)	廃止措置中の美浜 2 号機の原子炉容器から採取したサンプルを用いて中性子照射脆化に関する知見拡充を図り、結果を学会 (2023 年春の原子力学会等) で公表。
1 次冷却材系統の機器・配管などの振動状況のモニタリングを行い、劣化状況の把握・評価のためのデータを蓄積すること (状態監視保全に係るデータ蓄積等)	2018 年度から美浜 1 号機で振動診断技術の高度化調査を開始。2022 年度からは、大飯 1、2 号機において測定機器数や診断手法を拡大。
プラントが長期停止している状況を踏まえ、通常の点検はもとより、メーカーや協力会社等の経験を活用したプラント全体の総点検を行うこと (他分野の知見活用等)	- 美浜 3 号機、高浜 1、2 号機の再稼働に際し、長期停止していた状況等を踏まえ、1 次冷却材系統の昇温・昇圧前、原子炉起動前、並列前後のタイミングで、発電所所員、メーカー、協力会社等が現場点検を実施。 - また、高浜 1、2 号機では、原子力分野以外の技術者 (火力、石油化学、鉄鋼産業分野等) による現場点検も実施。
安全性向上評価制度に基づき、毎定期検査終了後に取りまとめる安全性向上評価書について、他事業者の取組みなどの情報収集を行い、自社の対策に適切に取り入れていくこと (安全性向上に係る継続的な取組み)	- 安全性向上評価書については、毎定期検査終了後にとりまとめ、規制委員会に届け出ることとなっている。これまで美浜 3 号機、高浜 3、4 号機、大飯 3、4 号機に関して届出 (計 17 回) が行われている。 - 本制度において国内外から得られた知見の反映として、高浜発電所に外部電源異常検知システムを設置し、2022 年 4 月に本格運用を開始。美浜 3 号機では非常用炉心冷却系 (ECCS) 再循環自動切替装置を導入予定。

(原子力規制庁に対して求めた事項)

本委員会の指摘事項	原子力規制庁の対応状況
新検査制度について、当委員会をはじめ地元に対して十分説明するとともに、第三者の意見も踏まえ制度の運用改善に努めていくこと (検査制度の運用改善)	- 新検査制度の導入経緯や運用状況等について、本委員会に説明 (第 100 回委員会 (2021 年 11 月))。また、これまで各自治体の希望に応じて説明を実施。今後も、要請があれば説明するとしている。 「検査制度に関する意見交換会」や原子炉安全専門審査会、核燃料安全専門審査会を開催し、専門家や事業者と意見交換等を通じて事業者、外部有識者からの意見を聴取し、検査制度の運用改善に取り組んでいる。
新検査制度のもとで行われる原子力規制検査の結果等について、データベースを整備するなど透明性確保に努めること (検査結果等の情報蓄積・共有)	四半期毎の検査結果の報告、年間を通じた総合的な評定を取りまとめ、規制委員会に報告するとともに、規制庁 WEB サイトで公開。「データベースの整備」を含めた検査結果の取扱いについては、引き続き検討中。
基準地震動の策定過程で考慮する不確かさについて、どのような保守性を有しているのか、引き続き、分かりやすく説明していくこと (審査結果等に係る丁寧な説明)	- 美浜 3 号機、高浜 1、2 号機の再稼働に係る県主催の県民説明会 (2021 年：福井市、敦賀市) 等において、基準地震動策定の審査に係る考え方等を説明。 - 今後も、要請があれば説明していくとしている。

核セキュリティ事案に係る情報開示の在り方について、事業者と具体的検討を行うこと (核セキュリティに係る情報共有)	・ テロ対策に係る情報については、情報の性質上全てを開示できないが、透明性確保の観点から、開示できる情報を公開。 ・ 核物質防護に係る原子力規制検査の結果についても、四半期毎の検査結果の報告、年間を通じた総合的な評価を取りまとめ、規制委員会に報告し、可能な範囲で規制庁のWEBサイトに公開。 ・ 原子力規制検査で指摘した事項に対して、事業者による是正措置が行われ、脆弱性が解消されたことを確認し公表。これらについては、事業者と必要な連絡を取りながら実施しており、今後も適切に対応するとしている。
---	---

○委員から出された主な意見

(IAEA によるレビュー)

- ・ IAEA の問題（調整）もあるが、報告書が出た後、IAEA と関西電力合同で国際セミナーなどを開いて、国内外全体に公開する機会を設けることが望ましい。

(廃止プラントの実機材の活用等)

- ・ 今後、実際に例えば原子炉容器本体の補修が必要になるようなケースが出てきた場合、溶接補修というのは避けられない作業となる。今後も 40 年超プラントが継続運転していくことを考えると、照射を受けた材料を熱加工した時の様々な事象の検討を行うことも重要である。
- ・ 関西電力は今後、高経年化プラントを運転していくフェーズとなるが、未発見の新たな知見を積極的に探しに行くという姿勢が非常に重要であるが、(関西電力は)、若干受け身のように見える。例えば陽電子ビームを使った検査方法などあるはずだが、今後、高経年化に関する取組みをさらに積極的に行うよう求めたい。

(状態監視保全に係るデータ蓄積等)

- ・ (福島第一原子力発電所事故前の) 旧・新検査制度の 1 つの大きな目玉が振動診断を含めた機器の状態監視であったが、その後、プラントの長期停止に伴いデータが蓄積されていなかった。(今後、) データを蓄積し、稼働プラントの保全技術に活かしていくことに対して積極的に取り組むことが重要である。

(他分野の知見活用等)

- ・ 他産業との意見交換や情報共有に関しては、こちら側が（情報を）出さないと向こうも出さないこともあるため、関西電力が積極的に音頭を取り研究会を開くなどして、情報を発信し、「あなた方も来てください」という形で進めていくとよい。そのような形で情報共有を図ることで、リスクアセスメントの時にどれだけ広くリスクを考えられるのかということに繋がると思う。
- ・ 原子力の中だけだと、どうしても原子力の中での事例を元にしてしか発想が出てこなくなる。他の様々な事例をできるだけ多く知っておくことで、抽象化されたものが無意識に現場の方の視点として入ってきたりして、「ここにリスクちょっとあるのでは？」という直感が働くことに繋がる。そのような形で活動していくことが重要である。
- ・ 鉄道会社では、リスク情報を現場の草の根活動として挙げるという活動があるが、これは国交省からの指示で、省令が出ているため実施している。JR 西や東では、1 年あたり 1 万件近くの気がかり事例が上がっていると伺った。現場レベルでリスクに紐付いたものを、どんどんあげていく仕組みがどのように運用されているのか調べるこ

とで、関西電力においても現場でリスクに気づくことの活性化に繋がっていくと思う。

- ・ 技術継承の部分でも、「うちの分野ではこういう技術継承の取組みをしている」というような意見交換をしていくとよい。（説明の中にある）石油化学、鉄鋼産業以外にも、ヒューマンファクターという部分でかぶる分野は多くあり、そういったところとも交流を進め、産業全体を通して安全性向上に貢献していくことも重要である。

（検査制度の運用改善）

- ・ 規制庁の検査官の年齢構成は、59 歳以上が 60%を占めている状況である。制度を充実するためには、若手検査官の育成が必須であり、熟練検査官の指導を伴う実際の稼働プラントでの育成プログラムの構築も重要である。
- ・ パフォーマンスベースの理解が、検査官、また、事業者でも上層部とフロントラインで異なっており、意思疎通の齟齬になっていると思う。検査官は、日常的に様々な方と話をする機会があるため、パフォーマンスベースをどのように理解しているのか話をするという取り組みも大事である。
- ・ 第3者的な意見を拾い上げ、自らの行っている規制が適正なものであるかどうか考えて、しっかりとした規制を実施していくことが重要である。
- ・ 規制行政は規制庁だけで成り立つものでもなく、事業者と両輪で努力し高めていくものであり、制度について規制庁だけでレビューしても気づけない部分もあると思う。今後とも事業者と共に高めていくことが重要である。新たな制度は改善途中であり、事例の積み重ねで具体的になると思うので、今後も努力を継続していくことが重要である。

（核セキュリティ関係）

- ・ （柏崎刈羽の事例を）核物質防護固有の話として矮小化するのではなく、関西電力内部の視点だけでは、カバーできないところがあるはずであり、様々な意見や視点をどのように取り込んでいくか、引き続き検討していくことが重要である。
- ・ セキュリティと安全性は切り離せないため、事業者内部でも安全担当部門とセキュリティ担当部門の情報交換が必要となる。また、事業者間の情報共有についても、個々のサイトの情報はもちろん秘密にすべき事項もあると思うが、このようなセキュリティ上の経験があったという情報については、可能な限り共有し、それを教訓にして安全対策を考える必要もある。
- ・ どの範囲を秘密にして、どの範囲を共有すべきかよく考えて、規制当局としては、事業者間で核セキュリティ上の経験を可能な限り共有して、セキュリティ対策とセーフティ対策を考えるように促す必要がある。

2. 本委員会におけるこれまでの主な議論

（1）許認可関係

本委員会は、2021 年 4 月に取りまとめた美浜発電所 3 号機および高浜発電所 1、2 号機に係る報告書の中で、今後の対応として、「本委員会は、事業者の高経年化対策や規制委員会の新検査制度等の運用状況を注視しながら、引き続き、原子力発電所の安全性向上に係る事業者の自主的かつ継続的な改善策の対応状況等を確認していく。」との方針をまとめた。

この方針に基づき、これまで、高浜発電所 1 号機の 50 年目の高経年化技術評価および高浜発電所 3、4 号機の 40 年目の運転期間延長認可申請の内容等について説明を受けた。

① 高浜発電所 3、4号機の運転期間延長認可申請

高浜発電所 3 号機は、1985 年 1 月 17 日、高浜発電所 4 号機は、1985 年 6 月 5 日に運転を開始し、それぞれ、2025 年 1 月 17 日、2025 年 6 月 5 日に運転開始後 40 年を迎える予定である。

事業者は、2023 年 4 月 25 日に運転期間延長認可申請を行い、規制委員会は、審査会合等を通じて、事業者が実施した特別点検の結果や施設管理の実施状況等の確認を行い、2024 年 5 月 29 日に認可した。

② 高浜発電所 1 号機の 50 年目の高経年化技術評価

高浜発電所 1 号機は、1974 年 11 月 14 日、高浜発電所 2 号機は、1975 年 11 月 14 日に運転を開始し、それぞれ、2024 年 11 月 14 日、2025 年 11 月 14 日に運転開始後 50 年を迎える予定である。

事業者は、2023 年 11 月 2 日に高浜発電所 1 号機の 50 年目の高経年化技術評価に係る申請(保安規定変更認可申請)を行い、長期施設管理方針において炉内構造物の取替えや、監視試験(6 回目)の実施などを計画している。

規制委員会は、現在、審査会合等を通じて、事業者が実施した高経年化技術評価や施設管理の実施状況等の確認を行っている。

③ 大飯発電所 3、4号機の長期施設管理計画認可申請

高経年炉に係る安全規制は、2023 年 6 月に改正法が公布され、2025 年 6 月 6 日から施行される。この改正に伴い、2025 年 6 月 6 日時点で 30 年を超える発電所については、施行日までに改正法に基づき長期施設管理計画の認可申請を行い、原子力規制委員会の認可を受ける必要がある。

2023 年 12 月 21 日、関西電力は原子力規制委員会に対し、大飯発電所 3、4 号機の長期施設管理計画の認可申請を行った。

規制委員会は、審査会合等を通じて、事業者が現行制度で実施した高経年化技術評価の妥当性や技術の旧式化等の措置に関する確認を行い、2024 年 6 月 26 日に認可した。

【現行制度と新制度の申請内容の比較】

(現行制度)

高経年化技術評価(劣化に係る点検方法と結果、劣化評価の方法と結果、劣化管理するための必要な措置(長期施設管理方針含む))を行い、保安規定変更の認可を受ける

40 年目についてはそれに加えて、運転期間延長認可申請も必要

申請内容：長期施設管理方針(40 年目は特別点検結果、劣化状況評価結果等を追加)

(新制度)

高経年化技術評価を行い、長期施設管理計画の認可を受ける

申請内容：劣化に係る点検方法と結果、劣化評価の方法と結果、劣化管理するための必要な措置(長期施設管理方針含む)、技術の旧式化等の措置(製造中止品管理)、劣化管理等に係る基本的な方針および目標、劣化管理等に係る品質マネジメントシステム

④ 高浜発電所 3、4号機の蒸気発生器取替等に係る原子炉設置変更許可申請関係

事業者は、高浜発電所 3、4 号機における蒸気発生器の取替えや、高浜発電所サイトに保修点検建屋を設置するため、2023 年 4 月 25 日、原子力規制委員会に対し、蒸気発生器取替等に係る原子炉設置変更許可申請を行った。

規制委員会は、審査会合等を通じて、事業者の申請内容について基準への適合性の確認を行い、2024 年 6 月 5 日に許可した。

(委員から出された主な意見)

- ・ 高経年化プラントへの新たな規制に関しては、原子力に関わっている者にとっても非常に理解しにくい。一般の方には、非常に関心のあることであり、この制度がどのようなことなのか、規制庁側として分かりやすく説明していくことが非常に重要である。
(補足) 原子力規制庁は、「運転開始から長期間経過した発電用原子炉の安全性を確保するための規制制度の全体像について」および「長期施設管理計画の認可制度に関するQ&A」をホームページに公表。
- ・ 高浜発電所3、4号機では、蒸気発生器の交換により様々な意味でリセットされるわけで非常によいが、被ばく低減の基本は2次系の水質管理にあり、水化学が重要である。水化学をよく知る人は、関西電力にもいるが、大学側から見ると水化学を標榜している研究室は国内で少なくなっている。このため、水化学、水質管理のできる人材を継続的に育てていくことが重要である。

【上記許認可申請を実施したプラント】

発電所名	申請	申請日	許認可日
高浜1号機	保安規定変更認可(50年目)	2023.11.2	(審査中)
高浜3、4号機	運転期間延長認可(40年目)※	2023.4.25	2024.5.29
	保安規定変更認可(40年目)	2023.4.25	2024.5.29
	原子炉設置変更許可(蒸気発生器取替等)	2023.4.25	2024.6.5
大飯3、4号機	長期施設管理計画認可(30年目)	2023.12.21	2024.6.26

※ 現行の原子炉等規制法において、運転期間は40年とされているが、その満了に際し、原子力規制委員会の認可を受けることで、1回に限り20年を上限として延長が可能とされている。

委員会では、上記のほか、事業者より、使用済燃料乾式貯蔵施設設置に係る原子炉設置変更許可申請の内容について説明を受けている。今後、許可が出された場合、原子力規制庁から審査結果について説明を受ける予定である。

(2) 高浜発電所3号機の追加検査の実施

高浜発電所3号機では、2022年7月から2023年6月にかけて、重大事故等対処設備の運転上の制限の逸脱(LCO逸脱事象)が4件発生し、同件数は原子力規制検査の安全実績指標の値が「白」と分類されたため、原子力規制庁は、2023年8月、事業者に対して、追加検査の実施および改善措置活動の計画等の報告を求める通知を行った。

これを受け、事業者は、当該4件のLCO逸脱事象および高浜発電所で発生した他のLCO逸脱事象等に係る根本的な原因等を特定し、改善措置活動の計画を定め、2023年11月、規制委員会に報告した。

その後、原子力規制庁は、2024年1月から追加検査を実施し、2024年3月に検査結果をとりまとめた。

これらを踏まえ、本委員会は、事業者から規制庁に報告した内容について説明を受けるとともに、原子力規制庁から追加検査の結果等について説明を受けた。

(委員から出された主な意見)

- ・ 事業者の改善措置活動については、改善のほとんどが人のパフォーマンスに関係しているが、具体的な改善策がよく分からない。特に問いかける姿勢の弱さに関して、共感という言葉があるが、繰り返し技術の伝承について話し合うというよりも傾聴する

という方が強く、コミュニケーションという部分が抜けている。コミュニケーションを図るという意味でのスキルアップや教育が必要であり、専門家を入れるなり、単発でなく繰り返し実施していくことが重要。

- ・（原子力規制庁は、今後事業者のリスクレビュー会議等を確認していくとしているが）会議の頻度より内容が重要であり、開催数が多いからOKということではなく、事業者の活動が改善されるような会議が開催されているかという視点で見ることが重要。また、関西電力も会議を開き情報共有しているからよいということではなく、議論しているところを双方示していくことが重要。
- ・今回は高浜の話だが、改善策等を他の発電所において確認していくということも重要。
- ・改善計画の内容に関して、以前も同じような事象が起きた時に同じような対応を考えられてきたと思う。プラントが設計、制作されたのは50年前で、日本は高度成長の時代であり、技術者も活性化していた。設計思想もそのような中考えられたが、50年経ち、人的要素のパフォーマンスが当時とずれてきている結果、このような事象が起りやすくなったのではないか。繰り返し起きていることも踏まえ、構造的変化を考慮した、観点の違う改善方策が必要ではないか。
- ・昨今はAIなどの情報技術を活用した、プラントの保修に関する話題もたくさんある。包括的に過去の知見や知識をAI化してそれをベースに新しいプラントマネジメントを展開していくなど、少し概念の異なるプラント保修プログラムがあってもよい。
- ・検査制度は、リスクインフォームドとパフォーマンスベースが根本的な考え方である。制度運用後4年経ち、PIの設定の仕方によっては、今後も同様の事例が出てくる可能性がある。もともとリソースを適正配分するというのが非常に大きな役割だったが、今回の件はそこから外れているように見える。（規制側は、）事業者とよくコミュニケーションをとり対応を考える必要がある。

（３）トラブルを踏まえた今後のプラントの保全等

本委員会は、2021年4月に取りまとめた美浜発電所3号機および高浜発電所1、2号機に係る報告書の中で、「トラブルを踏まえた今後の保全」として、2020年8月に確認された大飯発電所3号機の加圧器スプレイラインの傷や2018年以降、高浜発電所3、4号機で発生した蒸気発生器伝熱管の外面減肉などに対する事業者の対応状況等をまとめた。

その後、県内発電所では、高浜4号機の原子炉自動停止や美浜3号機の封水注入フィルタ室付近での水の漏えいなどのトラブルが発生したことから、事業者から内容や再発防止策等について説明を受けた。

また、原子力規制庁が2023年8月に事業者に通知した高浜発電所3号機の追加検査の実施に関連して、事業者から、追加検査のきっかけとなった至近のトラブル分析を行い、報告書をまとめ原子力規制庁に報告するとの説明を受けた。これを受け、本委員会は、それらの対応に加え、過去20年程度さかのぼり、トラブルの傾向や発生要因等について分析を行い、今後の保全、継続的改善につなげていくよう求め、その分析結果等について説明を受けた。

さらに、2023年9月に高浜発電所2号機が再稼働し、7基運転体制に移行したことを受け、事業者に対して、各サイトにおける今後の保全の方針、機器・設備の取替などの全体像を示すよう求め、これまでの保守管理や今後の保全の概要について説明を受けた。

① トラブルへの対応

○高浜発電所4号機 「PR 中性子束急減トリップ」警報発信による原子炉自動停止（概要）

- ・ 運転中の2023年1月30日、「PR 中性子束急減トリップ」警報が発信し、原子炉が自

動停止した。調査の結果、制御棒駆動装置の電気回路のうち、格納容器貫通部に繋がるケーブルで、一時的な電流低下が発生することを確認し、端子箱内では、それらのケーブル上にコイル側へ向かうケーブルの束が覆いかぶさっていることが確認された。

- ・ 原因は、貫通部に繋がるケーブルが、コイル側のケーブル束の荷重を受けることで、貫通部内から引き抜かれる方向に力が働き、接触不良が発生したことにより、制御棒駆動部のコイルに供給する電流値が低下したため、制御棒1本が挿入されたものと推定。
- ・ 対策として、予備用に敷設されている他の格納容器貫通部のルートに変更するとともに、ケーブル敷設時の注意事項等を社内マニュアルに反映した。

(委員から出された主な意見)

- ・ 珍しい事例であり、国内は当然、水平展開されていると思うが、海外のしかるべきところに情報を共有していくことが重要である。
- ・ 規制庁の検査報告書では、「ケーブルを覆いかぶせて敷設することにより、ケーブルに過大な引張荷重が作用することで、ケーブル接続部に導通不良を起こすことは容易に予測可能であり」とあるが、「容易に予測可能」と言ってよいのか疑問である。このような事象が起こったので、我々がそのような現象が起こるということが理解できたのであり、後知恵バイアスが入っているのではないかと。予測可能だったと言ってしまうと、現場としては、非常につらいのではないかと。

○ 美浜発電所3号機 封水注入フィルタ室付近での水の漏えい

(概要)

- ・ 一次冷却材系統の昇温・昇圧中の2022年8月1日、A封水注入フィルタ蓋フランジ部から水の漏えいを確認。原因は、フランジ部のボルトが本来のトルク値より低い値で締め付けられていたことから、系統圧力により漏えいしたものと推定。
- ・ 調査の結果、協力会社作業員が、作業要領の作成時に、関西電力が承認した工事計画書のトルク値を引用すべきところ、同作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値を引用していたことが分かった。
- ・ 対策として、協力会社は、作業要領のトルク値等について、承認された工事計画書の値と同じであることを確認した上で関西電力に報告し、関西電力は協力会社が作成する作業要領を工事実施前に確認する運用とした。

(委員から出された主な意見)

- ・ ルール作りの際に想定しているものと、実際に現場で作業されるものが、普通は異なっているという認識が最近の安全管理の分野では言われており、その間を埋めることが必要である。そのためには、実際に現場で作業者がどういう認識で作業しているのか把握した上で、ルールとして決めたことをどこまでやるか確実に伝える必要がある。社員と協力会社とのディスカッションに取り組んでいるとのことだが、どの程度効果があるのかモニタリングする仕組みが必要である。
- ・ 現時点でいる全作業員・全社員にとりあえず一回ディスカッションに参加したので終了としても、人は入れ替わるため、徐々に（効果が）落ちてしまう。うまく回っているか評価し、回らなくなっているようであれば、ディスカッションの場をカンフルするという手立てを図ることも必要になる。このような取組みを恒常的に実施し、それをずっと評価、モニタリングしていく必要がある。
- ・ ルール遵守は言うまでもないが、逆にルールそのものを疑ってかかるシステムも必要

であり、棒心や作業員の方が、意識の情報共有を進められるとよい。

○ その他のトラブル

(委員から出された主な意見)

- ・ 2022 年 12 月に高浜発電所で発生した海水電解装置建屋における火災に関して、顔見知りでそれなりのベテラン揃いとなってくると、作業を知り尽くしている人達であり、その中では同じ目線に立ち作業しがちである。人の組み合わせにより起こるエラーもあるため、そこをよく考え、対処法を取る必要があり、教育だけに頼らないシステムの的なもので対策を取ることが可能となると思う。
- ・ 原子力の中での話だけでなく、火力など他の設備でも類似事象があるはずであり、それらを共有することが重要である。さらに、業界をまたぎ鉄道、航空、医療などの分野との意見交換を通じ、有意義な工夫をしているというものがあれば、それを取り入れていくなど積極的に情報収集していくことが重要。
- ・ 2023 年 2 月に発生した高浜発電所 3 号機の原子炉補機冷却水冷却器の伝熱管からの漏えいに関しては、原子力特有のものではなく、火力発電所でも海水系だとしてもイガイ、ムラサキガイなどが付きやすい。結局、貝がつけなければ乱流が起きず穴が開くという現象もない。意外とこのような生物学的なことを真剣に考えてもいいのではないか。将来的なことも含め、予測を立てながら検討することも重要。

② 過去のトラブル発生要因の分析結果等

(概要)

- ・ 本委員会は、2023 年 11 月の会合（第 104 回）において、原子力規制庁より、高浜発電所 3 号機の追加検査の実施に関して、事業者に対して、その要因となった過去 1 年間（2022 年度第 2 四半期から 2023 年度第 1 四半期）の重大事故等対処設備の運転上の制限からの逸脱に係る直接原因や安全文化要素の劣化兆候の特定結果について報告するよう求めているとの説明と受けた。
- ・ 事業者においては、過去にトラブル件数が増加した時期などあり、2005 年、2008 年にトラブル分析を行っていることなどから、本委員会は、原子力規制庁が求める過去 1 年間のトラブル分析だけではなく、過去 10 年から 20 年程度さかのぼり、どのようなトラブルが発生したのか、また、その要因等を把握し、今後のプラントの保全、継続的な安全性向上につなげていくよう求めた。
- ・ この指摘を踏まえ、事業者は、2001 年以降に発生したトラブルを対象として、福島第一原子力発電所事故前と再稼働後のトラブル要因分析や再稼働後の運用面のトラブルに関して、人的要因の観点から分類などを実施した。
- ・ その結果、福島第一原子力発電所事故前と同様に、確認誤り、推論誤りが要因の大半を占めていることから、改めて、ヒューマンエラー低減活動、マネジメントオブザベーション（MO）の視点からの取組みの継続、協力会社の良好事例の横展開などを実施していくとした。

(委員から出された主な意見)

- ・ トラブル件数等の推移に関して、再発防止の観点からは、事故があった日に発電所内でどれぐらいの人数が働いていたのか、労務量がどの程度あったのかなどのデータと照らし合わせて、トラブル件数などをうまく基準化するなど工夫していくことが重要。
- ・ 今回、分析に携わった 30 代などは、（分析対象となったトラブルを）経験していないはずであり、彼らが、過去にそのようなトラブルがあったことを知ることができたこ

とが一番のポイントだと思う。今回のような分析に携わり、きっかけとなったトラブルを知ること、なぜこのような規定になったのか、規定に対しての理解が深まるということがあり、今回の取り組み自体にそのような意味での価値がある。

- ・ 今回、まとめた対策を今後も続けていくことはもちろんだが、同じような分析を定期的に、例えば5年に1回の割合で実施することが重要。その際、当時を経験していない方々を加えることで、過去の事故事例を振り返ることができ、それにより知識を得ていく。そのような形で過去の事例をよく知っている方をできるだけ増やすという取り組みを実施していくことが重要。
- ・ 今後の取り組みの中で「D Xの導入」が挙げられている。経験・知識の伝承、現場での実践・反映については、人の判断が伴うものであり、例えば、熟練技術者の現象に対する対応、人の判断に対する是正など、積極的な意味でのD Xでの対応が望ましい形であり、そのようなことも検討していくことが重要。

③ 今後の保全

(概要)

- ・ 美浜発電所では、これまでに信頼性向上に向けた大型工事は実施しており、今後は、長期的なサプライチェーン確保の観点から、タービン動補助給水ポンプの国産化、ベイヤ装置の設置を計画している。
- ・ 高浜発電所においても、これまでに主要な機器の取替えを順次実施しており、今後も長期的な信頼性確保の観点から、3、4号機では蒸気発生器、1、2号機では炉内構造物の取替えおよび、長期的なサプライチェーン確保の観点から、タービン動補助給水ポンプの国産化を計画している。また、長期的な廃棄物低減対策として、クリアランス作業等の取り組みを円滑に行う（作業エリア確保）ため外部遮蔽壁保管庫の改造を計画している。
- ・ 大飯発電所では、他の発電所と比較して設計が新しいため、現時点において蒸気発生器や炉内構造物などの取替えの予定はない。一方、長期的な廃棄物対策として、使用済樹脂処理装置の設置を計画している。（他発電所は設置済）

(委員から出された主な意見)

- ・ 設計の古さに関して、例えば、大飯は新しい、逆に美浜、高浜は古い、ここに区切りはあるのか。例えば告示501号を使って以前設計したものと、これから新しいものを作るとしても技術的にはほぼ変わらない。それは設計の古さではなく、古くても新しいと判断ができるもの、このあたりを常に意識した資料作りをお願いしたい。

(4) 安全性向上に向けた人材育成の取り組み等

本委員会は、これまで、高浜発電所3、4号機、大飯発電所3、4号機、美浜発電所3号機および高浜発電所1、2号機の安全性向上対策等に係る議論の中で、事業者に対して、

- ・ 経年変化の影響を受けつつある既設の設備、機器や新規制基準等への対応として新たに設置した設備、機器について、日常的に行う点検や定期検査など全体の保全活動の中で安全に維持・管理していくとともに、原子力に関する組織内外の状況変化なども踏まえながら設備改善や運用面での適正化に努めていくこと

- ・運転員や緊急安全対策要員等の意思決定能力や現場力の強化を図るための教育訓練について、実践的かつ実効的な訓練となるよう発電所と原子力事業本部が連携を図り、現場の意見を踏まえ改善に努めていくこと
- ・発電所の設備全般を熟知し、プラントシステム全体を俯瞰できる人材を計画的に育成するとともに、想定する運転期間中の人的資源等を確保するための方策を構築すること

などを求め、事業者の対応状況を確認してきた。また、その後も、事業者が、現場の保守管理等の活動を継続的に評価、改善しているか、また、安全対策に必要な技術的能力を有する人材を計画的に確保、育成しているか等について確認してきた。

（事業者からの主な説明の概要）

- ・原子力部門新入社員に対し、美浜発電所3号機事故に関する講義（事故配管見学含む）を実施し、原子力安全を支える人材の育成に取り組んでいる。
- ・協力会社に対しては、発電所の原子炉容器や配管、弁など安全・安定運転に関する設備の工事に従事する作業員を対象に技能認定を行い、7基運転継続に必要な技能認定者を計画的に確保している。
- ・発電所では特別管理職の現場観察（MO）を実施し、現場力向上に取り組んでいる。加えて事業本部の現場経験者によるMOを展開中。
- ・協力会社においては、社内訓練用設備等を活用し、技術力の維持向上の取り組みを実施している。

（委員から出された主な意見）

＜安全性向上等の取組み＞

- ・ソフト面、特に人材や知識の受け渡しなどで、まだまだ改善の余地があるのではないかと。その点は非常に重要であり、会社の中の資源をその方面にさらに投入し、ハード面はもちろんだが、ソフト面でも安全性向上に貢献していく必要がある。（長期運転となると）昔の事は知らない、という人に入れ替わる時代が来るということを見据えて、ソフト面へリソースをかけていくことが重要。
- ・WANOやJANSIなどの外部機関から客観的な評価を受け品質管理を進めていることは理解したが、品質管理システム全体を客観的に評価するなどの手立てをとられてはどうか。業務内容が多岐にわたるため、適用できるかという問題はあるが、プラントの保守・維持・管理・運転について、例えば、JABが認定している様な、ISO規格に準拠したQMSの中でみるなど、異なる視点からシステムを見るということも一つの方策かと思う。
- ・マネジメントオブザベーション（MO）に関して、航空業界では、「ここで見た何かまづいことがあってもそれであなたたちを罰することはない」という前提で、今後の改善につなげるというスタンスで接し、安全文化の向上が改善、向上につなげている。そのようなことを意識しながら続けることが重要。
- ・安全性向上は、新知見の対応が主眼になりがちだが、今後の長期運転などを考えると、obsolescence、規制側は「設計の古さ」と言っているが、それらへの対応の重要性が高まっており、例えば、メンテナンスができなくなる製品への対応などに積極的に取り組むことが重要。
- ・過去の失敗事例に関しては、作業手順などにかなり反映されているが、その作業手順自身が非常に煩雑となり、全部、追いきれないという問題が出てくる。それに対してはデジタル技術を使い解決するというやり方もあり、例えば大学との共同研究などに

取組んでいくことが重要。

- 例えば、クロムコーティングのATF（事故耐性燃料）など、安全性を向上させるような新技術の導入について、引き続き対応していくことが重要。
- 昨今サプライチェーンの問題が取り上げられており、従来のメーカーが使えなくなる事態は日常茶飯事となる。これまで実績のない機器を採用することになり、設計検証が必要になるが、現状どのように設計検証しているのか、今後説明いただきたい。
- 関西電力は、2004年の美浜3号機事故の再発防止策の一つとして、安全に積極的に投資すると言っていた。これまでは、再稼働対応に注力し、安全研究や高経年化対策はあまり手がついていなかった印象である。フェーズが変わった今の段階で、人と技術とハードウェアの3点セットでどのような戦略を考え、具体的に安全にどの程度投資していくのか、今後定量的に説明いただきたい。

＜教育訓練・人材育成等＞

- 運転訓練により運転操作等の技術の習熟を図っているが、今後は、その技術的能力を維持していく必要がある。その際、運転マニュアルをうのみにして引き継ぐだけではなく、なぜそのようなマニュアルになっているのか、その理由も含めて教育していくことが重要。運転マニュアルは設備設計や安全の考え方を踏まえ作られており、その考え方や、背景にある物理現象も含め教育し受け継いでいく必要がある。
- JANSIの防災訓練の委員会でも、（組織内の）人事異動等により、ノコギリの歯のように技術的能力が上下する面もあるということが指摘されている。その下がり方をどのように最小限に抑えるかを考えながら、実効性のある訓練を実施していくことが重要である。また、現場の人と訓練を計画する側でよく議論して実効性のある訓練計画というものを考えていくことが重要。
- これまで、安全対策工事や審査対応を通じて、担当者の力量が上がったということがあると思うが、今後は、そのようなメカニズムが働かずに（機会も少なくなり）力量が維持できなくなることを懸念している。
- 現場力を上げていくことは絶対だと思うが、あまりにもそこに集中しすぎると現場の萎縮や、上に話が上がっていかない可能性もあるため、そのようなことがないようにしていただきたい。あまりにも注意点が多いとエラーが発生しやすいので、注意点の明確化をしっかりとされた方がよい。
- 人材育成の一つのシステムとして研修のあり方を見直していくことも重要である。ワークショップを実施していることは分かったが、やり方においても、机上の講義や、ただ共有するというやり方だけではなく、考えられるミスから想定しないミス、（加えて）時間的な圧迫、プレッシャー等を研修に取り入れる、また、その場でどのような対応をするのかロールプレイなどにより定期的に学習を積み重ねていくことも必要ではないか。
- （社員の年齢構成に関して）35歳前後の世代の人たちが抜けるとなると、ある程度、現場を経験しスキルを持ったが、抜けてしまったという感じにもなるが、実際はそうではないとの話である。今後、現在の人員構成がどうなっているのか、もう少し精緻なものを説明いただきたい。

＜その他＞

- （地震情報の公表に関して）震度は非常に大雑把な話なので分かりやすいが、揺れの大きさを正確に伝えにくく、誤解を与えやすいことも事実という意味では、ガルで表す

ことも賛成するが、折角データを住民向けに公表されるのであれば、カッコ書きでもよいので、震度 2 相当なり、市町村の震度と比べられる震度情報も公表した方が分かりやすい。

(補足) この指摘を踏まえ、事業者は、これまで公表していた地震観測データについて最大加速度に加え、2022 年度から「震度」も合わせて公表している。

- ・ 改めて現場をみると、かなり狭くなった印象がある。点検作業スペースなどが十分確保できるか気がかりである。今後、現場の保全に目を向けていく必要があり、工夫しているとは思いますが、現場の声も聞きながら保守点検の環境改善に努めていく必要がある。(2022 年 6 月の高浜発電所現場確認時の意見)

(補足) この指摘を踏まえ、事業者は、高浜発電所において、大型機器等の点検専用エリアを確保するため、2023 年 4 月 25 日、原子力規制委員会に対し、蒸気発生器の取替計画と併せて保修点検建屋の設置計画に関する原子炉設置変更許可申請を行い、2024 年 6 月 5 日に許可された。

Ⅲ. まとめ

- 本委員会は、これまで、高浜発電所 3、4 号機、大飯発電所 3、4 号機、美浜発電所 3 号機および高浜発電所 1、2 号機の安全性向上対策等に係る議論の結果を報告書として取りまとめ、その中で、事業者および原子力規制庁に対して様々な指摘を行ってきた（添付資料 1）。
- 2021 年 4 月に取りまとめた美浜発電所 3 号機及び高浜発電所 1、2 号機に係る報告書では、「IAEA などの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること」などを求めた。
- これを踏まえ、関西電力は、2024 年 4 月に美浜発電所 3 号機において、IAEA の SALTO レビューを受け、IAEA の専門家チームにより、プラントの経年劣化管理プログラム等に対する客観的な評価を受けるとともに現地調査が行われた。
- IAEA は、今後、レビュー報告書をまとめ、勧告（Suggestion）や推奨（Recommendation）事項をまとめる予定であるが、事業者においては、これらの事項を高浜発電所 3、4 号機など他プラントにも反映するとともに、IAEA のフォローアップレビューに（真摯に）対応していくことが重要である。
- 本委員会は、プラントの 40 年超運転に関して、先行する美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1、2 号機を対象に、これまで、相当な議論を積み重ねてきた。それらも踏まえ、事業者より、高浜発電所 3、4 号機の 40 年超運転に係る高経年化対策や運転期間延長認可申請等の内容について説明を受け、蒸気発生器取替など、今後の継続的な運転に必要な対策や計画が講じられていることを確認した。
- 今後、2025 年 6 月には、長期施設管理計画認可制度が施行されることから、それまでに高浜発電所 3、4 号機など、この制度に基づく申請が行われるため、本委員会では、その内容についても確認していく。
- 県内の発電所は、美浜発電所 3 号機、大飯発電所 3、4 号機、高浜発電所 1～4 号機の 7 基体制による運転が本格化する中、高経年化への対応が益々重要となる。本委員会は、これまでの議論を通じて、設備の保全や組織の対応能力向上等に係る様々な指摘を行い、プラントの継続的な安全性向上に取り組むよう求めてきた。これらをまとめると、大きく以下の 3 点になる。
 - プラントの継続的な安全性向上のため、設備面はもとより人材や技術・研究を含めた「安全に対する投資」を積極的に進めること
 - 過去のトラブル分析を定期的の実施するとともに、設備設計やその背景にある考え方を学ぶ機会などを設け、個人の力量および組織力の維持・向上に努めること
 - 国内外のプラントの運転経験（特に 40 年超運転プラント）やトラブルに係る知見等の情報収集を継続するとともに、関西電力自らが、海外事業者との意見交換等を行い、原子力安全に係る様々な視点を取り入れること

事業者においては、これらの意見等も踏まえ、引き続きプラントの安全性向上に努めていく必要がある。

- 本委員会としては、引き続き、高経年化対策を含む各プラントの安全性向上に係る事業者の自主的かつ継続的な改善策の対応状況等を確認していく。

規制委員会および事業者に対応を求めた事項

○規制委員会に求めた事項

美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1、2 号機の安全性向上対策等に係る報告書

(2021 年 4 月)

- ・新検査制度について、当委員会をはじめ地元に対して十分説明するとともに、第三者の意見も踏まえ制度の運用改善に努めていくこと
- ・基準地震動の策定過程で考慮する不確かさについて、どのような保守性を有しているのか、引き続きわかりやすく説明していくこと
- ・核セキュリティ事案に係る情報開示の在り方について、事業者と具体的検討を行うこと

大飯発電所 3、4 号機の安全性向上対策等に係る報告書 (2017 年 11 月)

- ・原子炉建屋への意図的な航空機衝突などのテロを想定した対応については、事業者が、可搬型機器による対応手順等を整備するとともに、今後、特定重大事故等対処施設を設置することとしているが、テロ全体への対応強化のためには国が積極的に関与することが重要であり、関係省庁と連携し対応を図ること
- ・地震等の外的事象や運転経験、研究成果等について、規制基準への反映を速やかに検討するため、今後も最新知見の収集や分析研究を継続的に行うとともに、規制基準への反映等に係る適用対象範囲や時期等の考え方を明確に示すこと
- ・原子力規制庁は、事業者が実施する総合訓練に参加し、事業者の対応等を評価しているが、訓練を通じて事業者から原子力規制庁の緊急時即応センター等の事故対応の評価を受け、危機管理体制の実効性確保等に努めていくこと

高浜発電所 3、4 号機の安全性向上対策等に係る報告書 (2015 年 12 月)

- ・規制委員会の現場対応能力の向上のためには、発電所の現場において日常的に実践的かつ実効的な規制活動を行うことが重要であり、現地の規制事務所の人員体制を強化すること
- ・新規制基準を踏まえ事業者が実施した対策について、プラントシステム全体からみて最適となっているか事業者と十分に議論を行い、相互の理解を深め、安全規制の改善を図ること
- ・日常的な保安活動の達成状況だけでなく、深層防護の強化につながるような課題について、事業者に対して適切な指導・監督を継続して行うこと
- ・規制当局として、緊急時に迅速かつ的確な対応を行うため、訓練などを通じ、プラント情報の収集、現地への社員派遣、事業者への指導など、ソフト面における初動対応能力と危機管理体制の実効性を向上させること

○事業者に求めた事項

美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1、2 号機の安全性向上対策等に係る報告書

(2021 年 4 月)

- ・海外で先行している 40 年超運転プラントの運転経験等を収集し、その知見を反映すること
- ・ IAEA などの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること
- ・美浜 1、2 号機など廃止措置プラントの配管、ポンプなどの実機材を活用した材料試験などを実施し、経年劣化データの拡充に努めること
- ・1 次冷却材系統の機器・配管などの振動状況のモニタリングを行い、劣化状況の把握・評価のためのデータを蓄積すること
- ・プラントが長期停止している状況を踏まえ、通常の点検はもとより、メーカーや協力会社等の経験を活用したプラント全体の総点検を行うこと
- ・安全性向上評価制度に基づき、毎定期検査終了後に取りまとめる安全性向上評価書について、他事業者の取組みなどの情報収集を行い、自社の対策に適切に取り入れていくこと

大飯発電所 3、4 号機の安全性向上対策等に係る報告書 (2017 年 11 月)

- ・国内外の原子力発電所の運転経験はもとより、自然災害から得られた知見等を含めた最新知見等に係る情報収集を継続的に行い、先進事例等を抽出し、発電所の安全対策に迅速に展開していくこと
- ・発電所の設備全般を熟知し、プラントシステム全体を俯瞰できる人材を計画的に育成するとともに、想定する運転期間中の人的資源等を確保するための方策を構築すること

高浜発電所 3、4 号機の安全性向上対策等に係る報告書 (2015 年 12 月)

- ・経年変化の影響を受けつつある既設の設備、機器や新規規制基準等への対応として新たに設置した設備、機器について、日常的に行う点検や定期検査など全体の保全活動の中で安全に維持・管理していくとともに、原子力に関する組織内外の状況変化なども踏まえながら設備改善や運用面での適正化に努めていくこと
- ・発電所の安全性を維持・向上させるため、個別事象に対応した局所的な安全対策を図るのではなく、プラントシステム全体への影響を考慮し継続的改善を行うこと
- ・深層防護の強化を図るため、事故の発生防止のみならず、事故が起きた場合の影響緩和に対する改善に対しても焦点をあて、対策の展開を図ること
- ・運転員や緊急安全対策要員等の意思決定能力や現場力の強化を図るための教育訓練について、実践的かつ実効的な訓練となるよう発電所と原子力事業本部が連携を図り、現場の意見を踏まえ改善に努めていくこと

福井県原子力安全専門委員会の開催実績
(2021 年 4 月の美浜 3 号機、高浜 1、2 号機の報告書とりまとめ以降)

開催日	議題	説明者
2024 年 5 月 17 日 (第 106 回)	美浜、大飯、高浜発電所の運転状況等	関西電力
	高浜 3 号機の追加検査の結果	規制庁
	過去のトラブル発生要因の分析結果等	関西電力
2024 年 2 月 27 日 (第 105 回)	美浜、大飯、高浜発電所の運転状況等	関西電力
	使用済燃料乾式貯蔵施設設置計画の事前了解願	関西電力
2023 年 11 月 6 日 (第 104 回)	美浜、大飯、高浜発電所の運転状況等	関西電力
	高浜発電所 3 号機における対応区分の変更及び追加検査の実施	規制庁
2023 年 4 月 21 日 (第 103 回)	高浜 4 号機の原子炉自動停止の原因と対策	関西電力
	美浜、大飯、高浜発電所の運転状況等	関西電力
	高浜発電所 4 号機原子炉自動停止に係る報告に対する評価	規制庁
	火災防護対象ケーブルの系統分離に係る原子力規制検査の現状報告及び今後の対応方針	規制庁
2023 年 1 月 31 日 (第 102 回)	美浜、大飯、高浜発電所の運転状況等	関西電力
	高経年化した発電用原子炉に関する安全規制の概要(案)	規制庁
2022 年 10 月 18 日 (第 101 回)	美浜、大飯、高浜発電所の運転、廃止措置状況	関西電力
	(参考資料) 高浜発電所の現場確認結果	(事務局)
2022 年 6 月 23 日、 6 月 24 日	現場確認 (高浜発電所)	
2021 年 11 月 12 日 (第 100 回)	安全対策の実施状況	関西電力
	新検査制度	規制庁
2021 年 4 月 22 日	美浜 3 号機、高浜 1、2 号機 報告書とりまとめ	