

高浜発電所の現場確認結果について

2022年10月18日
福井県原子力安全専門委員会 事務局
(福井県安全環境部原子力安全対策課)

○日 程

日 時：2022年6月23日（木）13：00～16：00

出席者：西本委員、近藤委員、望月委員

日 時：2022年6月24日（金）10：00～14：00

出席者：鞍谷委員長、片岡委員、吉橋委員、藤野委員

○目 的

福井県原子力安全専門委員会は、2021年4月、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を報告書として取りまとめた。その際、高浜発電所2号機については、一部、火災防護対策の工事等が残っていたことから、委員会は、現場において、その工事状況を確認するとともに、プラント設計が同じ1号機の工事完了の状況を確認し、1号機と同様の機能が確保されることを確認した。

その後、2022年1月までに2号機の火災防護対策の工事等が完了したことから、改めて現場確認を行った。

また、高浜発電所では、2018年以降、3号機および4号機で蒸気発生器伝熱管の外面減肉事象が続いており、委員会の報告書においても、「トラブル事例を踏まえた今後の保全」をまとめていた。その後も、2022年3月に、3号機において伝熱管外面減肉が確認されたことから、その原因対策の状況について説明を受けた。

1. ケーブル火災防護対策

<工事の概要>

○難燃ケーブルへの取替え

発電所で使用するケーブルは、電力、計装、制御ケーブルの3種類があり、種類毎にケーブルトレイ等で敷設されている。新規制基準では、火災発生防止の観点から、これらのケーブルに対して、「難燃ケーブルの使用、もしくは、難燃ケーブルと同等以上の性能を有するものであること」を要求している。

高浜1、2号機では、格納容器内のケーブルをはじめ、中央制御盤取替工事にあわせ、中央制御室下のケーブル処理室や制御計装設備リレー室（リレーラック室）の計装、制御ケーブルを難燃ケーブルの取替えを行った。

これに伴い、高浜1、2号機は、非難燃ケーブル全体（約1,300km）のうち、約6割（各号機それぞれ約390km）が難燃ケーブルに取替えられた。

また、非難燃ケーブルについては、ケーブルトレイを不燃材の防火シートで覆う等の防火措置により難燃ケーブルと同等以上の性能を確保した。

○火災防護対策

新規制基準では、原子炉の安全停止に必要な機能を有する機器等について、火災の発

生防止の観点の他、火災の感知・消火および火災の影響低減に対する対策を要求している。

原子力発電所では、原子炉の安全停止に用いる補助給水系統や余熱除去系統など安全機能を有する系統は、機器の故障等によりその機能が失われることがないように多重化を図っている。

事業者は、原子炉補助建屋等で火災が発生した場合に、これらの系統の火災を早期に感知・消火するとともに、火災の影響軽減の観点から、2系統同時に機能を失うことがないように、以下の方針で対策を実施した。

- ・ ケーブルや機器を1系統ずつ別の部屋に敷設し(3時間以上の耐火能力のある壁で分離する)、各部屋にスプリンクラー、ハロン消火設備または二酸化炭素消火設備を設置
- ・ ケーブルが2系統とも同じ部屋の中にある場合、1時間の耐火能力のある隔壁で分離するとして、1系統に発泡性耐火被覆を貼り付けた鋼板(以下、「耐火シート」という)を設置する。ケーブルトレイの場合、防火シートの外側を耐火シートで囲い、その中に自動ガス消火設備を設置するとともに、残りの1系統は、部屋に設置されたスプリンクラーまたはハロン消火設備による消火を実施

<現場確認結果>

- ・ 原子炉補助建屋内のコントロールセンター(配電盤)付近(EL:約24m)において、難燃ケーブルへの取替えの発生防止として防火シート、火災の影響軽減として耐火シートが施工されていることを確認した。
- ・ また、現場付近では、2019年2月に火災防護に係る審査基準が一部改正されたことを踏まえ、火災感知器が増設されていることを確認した。
- ・ この改正では、「火災を早期に感知するために設置している2種類の感知器について、それぞれ消防法施行規則に従い、全域に網羅的に設置すること」が要求されており、2024年2月以降最初の定期事業者検査終了の日から適用されることになっている。
- ・ 火災感知器に関しては、新規制基準施行前に1、2号機それぞれに約650個設置されており、新規制基準対応として約600個が追設されていた。今回の火災防護に係る審査基準の一部改正により、さらに約1500個が追設されることになる。

<現場における主な質疑>

(委員)

- ・ ケーブル火災対策について、ケーブル火災で発生する有機ガスの影響を低減するためなのか、ケーブルそのものの安全性を向上させるためなのか、どちらが主目的なのか。

(関西電力)

- ・ ケーブルは発電所内の様々な箇所を巡っており、ある個所で発生した火災がケーブルを伝って他の箇所に延焼することが懸念されることから、ケーブルの火災防護は延焼防止を主目的としている。
- ・ 火災で発生した有毒ガスによる作業員への影響については、規制で定められたものはなく、あくまで原子力安全のためのものである。

(委員)

- ・ケーブル火災対策は延焼を防ぐためのものと理解したが、基本的には火災が起きないような対策が重要ではないか。点検体制はどのようなのか。

(関西電力)

- ・ケーブルが燃える理由として短絡によるものがあるが、短絡が起きるとブレーカーが開くため、通常火災は起きない。短絡の予兆としてケーブルの絶縁が低下するため、定期的に絶縁抵抗を測定している。測定頻度はケーブルの重要性によって異なる。
- ・日常管理としては、重要機器の周辺には可燃物を持ち込まないようにしている。溶接などの火気作業においては、防火シートや消火器を近くに置くとともに、見張りを立てるなどの作業管理を行っている。

(委員)

- ・防火シートが適切に施工されているということを、事業者および規制庁はどのように確認したのか。

(関西電力)

- ・施工完了後の現場での外観や据付状況の確認および工事記録の確認により、適切に施工されていることを確認している。

(委員)

- ・火災感知器が発報したら、どこに警報が発信するのか。

(関西電力)

- ・火災感知器が発報した場合は、中央制御室にある火災受信機盤に発信するようにしている。

(委員)

- ・感知器を増設することにより、電線管やケーブルなどが増えて、保守管理がより難しくなる可能性はないのか。

(関西電力)

- ・火災感知器は、故障やケーブルを含めた断線警報が中央制御室にある火災受信機盤に発信するようにしているものの、機器・ケーブル等の増加により、保守管理として点検範囲が増加することとなる。

(委員)

- ・火災報知器が動作したらどうなるのか。

(関西電力)

- ・各火災報知器にはアドレスが割り当てられており、中央制御室においてどの火災報知器が動作しているかわかるようになっている。動作した場所を確認して、必要に応じて消火器やスプリンクラーによる消火を行う。

(委員)

- ・今回の感知器増設については、区画ごとに異なる感知器を設置するとのことだが、明らかに火災発生源がない区画にも増設するのは、どのような理由か。火災リスクの評価は行っていないのか。

(関西電力)

- ・2019年2月の火災防護に係る審査基準の改正に伴い、火災感知器の設置要件が変

更となり、火災感知器は一律、消防法施行規則に従い、全域に網羅的に設置する必要があるため、明らかに火災発生源がないところにも火災感知器を設置する必要がある。そのため、火災リスクを評価したうえで、火災感知器の設置場所を決定しているわけではない。

防火シート+1時間耐火壁施工状況



防火シート施工状況



2. 長期停止中の保守管理

<工事の概要>

美浜3号機、高浜1、2号機は、福島第一原子力発電所事故後に定期検査により停止し、その後、9年以上が経過している。実用炉規則では、原子炉の運転を相当期間（概ね1年以上）停止する場合、特別な保全計画を定め、実施することを求めている。これを踏まえ、事業者は、特別な保全計画を策定し、機器、設備の使用条件・環境に応じて、追加点検や保管を行っている。これらの概要については、以下の通りである。

○追加点検および保管管理

機器、設備毎に、通常保全サイクルにおける経年劣化事象を想定し、機能維持のための点検計画を策定している。この考え方をもとに、長期停止中に機能要求がある機器の点検項目の抽出を行い、1基あたり約3,000件が選定されている。主な対象機器としては、1次系統および2次系統のポンプや非常用ディーゼル発電機などがあり、定期運転や負荷試験等を通じて健全性を確認するとともに、長期停止中も使用している原子炉補機冷却水クーラ（熱交換器）、海水ポンプ等については、約1年ごとに分解点検等を実施している。

長期停止期間中に機能要求がないものについては、経年劣化の進展を抑制するため保管対策を行うこととしており、主に、配管や主タービン、発電機などが対象となっている。これらについては、系統・機器に応じて乾燥保管等を実施している。

○保管方法

1次冷却材系統については、原子炉容器ノズルセンターまでの水張りを行っており、定期的（1回/月）に水質管理を行うとともに、脱塩塔に通水することで防食環境を維持している。また、蒸気発生器については、2次側の水張りや気相部への窒素ガス封入を行い、定期的（1回/半年）に水質管理を行っている。

2次系統の配管やタービン本体、主蒸気系統等については、乾燥機を通して乾燥空気を循環し、定期的に湿度を確認することで乾燥状態を維持し、結露等による腐食の進行を抑制している。また、動的機器であるタービンやポンプについては、ターニング（低速回転）等を実施し固着防止等を図っている。

<現場確認結果>

- ・ 委員会は、2021年3月の現場確認の際に、高浜1、2号機のタービン建屋内において、低圧タービンと湿分分離加熱器の保管管理状況を確認し、これら機器について

は、酸化防止の観点から湿度 40%以下を目標に乾燥保管していることや、タービンロータ（軸）を定期的にターニングすることで、曲がり防止の対応を実施していることを確認した。

- ・その後、高浜 1 号機については、特定重大事故等対処施設の設置期限までに同施設の工事が完了しなかったため、原子炉起動には至らなかったものの、事業者は、燃料装荷、原子炉容器組み立て等を実施し、その状態で実施できる自主的な点検などを行い、各種機器の健全性を確認している。
- ・その過程で、事業者は、No.3 低圧タービンを開放し、タービン翼・内車等タービン内部が発錆していないことを目視にて確認している。
- ・委員会は、それらの概要について説明を受けるとともに、低圧タービンや湿分分離加熱器が、引き続き乾燥保管されている状況を確認した。

＜現場における主な質疑＞

（委員）

- ・ 2 号機が再稼働する前には、乾燥保管しているタービンの分解点検を行うのか。

（関西電力）

- ・ 昨年 1 号機の実績を踏まえ、2 号機は乾燥保管を継続していることから内部の状況は 1 号機よりも良好であると判断しており、タービンの開放点検は不要であると考えている。なお、タービン廻りの弁については分解点検を実施する予定。

（委員）

- ・ 2 号機は、いつから乾燥保管をしているのか。

（関西電力）

- ・ 2 号機は 2011 年 11 月に停止し、その後タービンの点検を終えて 2012 年 3 月から乾燥保管を継続している。

3. 使用済燃料ピットエリアの竜巻飛来物防護設備等

＜工事の概要＞

高浜 2 号機の使用済燃料ピットには、259 体の燃料（215 体の照射燃料および 44 体の新燃料）（管理容量：267 体）が保管されている。使用済燃料ピットは、アングル式の型と呼ばれる鋼材で燃料を保持する方式を採用している。

新規制基準対応として、竜巻飛来物については、135kg の鋼材が風速 100m/s の竜巻により、使用済燃料建屋を貫通し、それがプール内の燃料を破損させるシナリオを想定し、その対策として、大型のネットを燃料プール横に設置し、竜巻警戒レベル 3 が発出された時点で、それを倒し、プールを覆い竜巻飛来物がプール内に落下することを防止する。

＜現場確認結果＞

- ・ 規制基準対応として、使用済燃料ピットの横に防護ネットが設置され、竜巻飛来物への対策が図られていることや、ピットの監視機能の強化策として、監視カメラ等が設置されていることを確認した。
- ・ また、使用済燃料プールのスロッシングによる溢水対策として、燃料取扱建屋の扉部分に堰を設けており、トラックでの出入りが可能にするためスロープを設置していることを確認した。

＜現場における主な質疑＞

(委員)

- ・使用済燃料ピットの竜巻防護設備の設置は何人でどのくらい時間を要するのか。

(関西電力)

- ・4人で行う。具体的には2人が留めピンを外し、残り2人が防護設備を拡げる。この作業は25分で可能だが、移動に15分かかるため、設置完了までには40分を見込んでいます。

(委員)

- ・竜巻防護ネットの設置は夜間休日でも迅速に行えるのか。

(関西電力)

- ・要員は常に待機しているので、速やかに対応できる。

(委員)

- ・改めて現場をみると、かなり狭くなった印象がある。昨年11月の委員会でも指摘したが、定期検査時の点検作業スペースなどが十分確保できるのかが気がりである。これまでの規制基準対応から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のではないか。

(関西電力)

- ・1、2号機の使用済燃料ピットの周辺エリアに関しては、定期検査時に、機器設備の点検のための作業スペースを確保して、RCP インターナル、モータの点検や水中照明、蒸気発生器の点検用の資機材などの点検作業を行っている。
- ・しかし、竜巻防護対策設備の設置、溢水対策としてのスロープ設置などの新規制基準対応工事もあり、そのスペースは約三分の一程度となり、大型機器の保守点検が非常に厳しい状況となっている。
- ・今後、保守点検に必要な作業環境を確保し、安全管理の維持向上していくために、作業エリアを新たに確保するための検討を行っているところである。

4. その他

委員会は、上記のほか、2号機の格納容器トップドーム設置に伴う格納容器外壁の補強、海水ポンプ防護設備（竜巻対策）、格納容器再循環サンプ（新規制基準対応としての系統分離（仕切壁の設置）など）、中央制御盤の取替えなどについて、改めて現場確認を行った。

＜主な質疑＞

(委員)

- ・中央制御室の制御盤がデジタル化されたことにより、操作が上司の手元で見ることができるようになったが、コミュニケーションが不足することはないのか。

(関西電力)

- ・コミュニケーション不足になることがないように、マネジメントオブバージョンを実施するなどして注意している。

(委員)

- ・これまでは操作する場所（操作盤）まで移動することで、何をするのが分かっていましたが、デジタル化されてからは分からない。管理のしにくさはないか。

(関西電力)

- ・設計段階で機能の追加など人間工学に基づき実施するなど改善を図ってきたため、管理のしにくさはない。

(委員)

- ・先日の能登の地震の公表データであるが、観測用地震計の値が「－」と表記されており、その説明が「地震計が不動作の場合は－」となっている。正常に動作しているが振動は検知されなかったという意味であることは理解できるが、一般向けに表現を工夫してみてもどうか。

(関西電力)

- ・3発電所共通の表現なので、原子力事業本部と連携して改善していきたい。

5. 高浜3号機の蒸気発生器伝熱管外面減肉事象について

<関西電力からの説明>

- ・高浜3号機の第25回定期検査において、蒸気発生器の伝熱管の健全性を確認するため過流探傷試験を実施した結果、A蒸気発生器の伝熱管2本、B蒸気発生器の伝熱管1本について有意な信号指示が認められた。
- ・A蒸気発生器の1本は内面からの割れと見られる信号指示で、残りの1本とB蒸気発生器の1本は外面からの減肉と見られる信号指示であった。
- ・内面からの信号指示については、伝熱管内面から応力腐食割れが発生、進展したものと推定。外面減肉については、これまでの運転で伝熱管表面に生成された稠密なスケールが、前回定期検査時の薬品洗浄後も蒸気発生器内に残存し、運転中に管支持板下面に溜まり、そのスケールに伝熱管が繰り返し接触したことで摩耗減肉が発生した可能性が高いと推定。
- ・対策は、減肉した伝熱管は施栓し、今後使用しないこととする。また、外面から減肉に対しては、小型高圧洗浄装置による蒸気発生器内の洗浄や、薬品洗浄による稠密スケールの脆弱化を行う。
- ・現在、小型高圧洗浄装置による洗浄および伝熱管の施栓を完了しており、今後、薬品洗浄を実施する。

<主な質疑>

(委員)

- ・伝熱管の外面に傷がつくことについては、スラッジが原因であるということで確定したのか。

(関西電力)

- ・今回の事象については、外部からの異物ではなく、スケールによるものと推定している。

(委員)

- ・スラッジが形成する原因を絶たないと同じ事象を繰り返す。2次系の炭素鋼や低合金鋼の配管等をステンレス化するなど、スラッジができないような抜本的な対策が必要。

(関西電力)

- ・2次側の鉄濃度を管理して、蒸気発生器に持ち込まれる鉄を減らすよう水質管理をしている。具体的には、2次系の熱交換器の細管について、昔は銅系の素材であつ

たがステンレスへの変更で、高 pH 運転ができるようになり、鉄分の持ち込みは低減している。ただし、鉄の量をゼロにはできないので、引き続きスケールを回収して性状を確認していく。

- ・高浜 3, 4 号機の蒸気発生器については、運転期間が非常に長く、伝熱管の材料や製造時に伝熱管と管板を密着させる工法が当初の工法を用いた蒸気発生器であるので、取替えが抜本的と考えている。

(委員)

- ・蒸気発生器の内部を洗浄した水はどうするのか。海洋環境の観点から、あまりスラッジ等の鉄分を海に流さない方が良いのではないか。

(関西電力)

- ・洗浄水に放射性物質はなく、2 次系側の屋外で処理した上で排出する。鉄分については、ストレーナで回収するため、排出はされない。

6. 現場確認を踏まえた主な意見

- ・ これまでは新規規制基準に基づく安全対策工事についてハード・ソフトの面から確認してきた。バックフィットの対応があるが、新たな工事はなくなってきており、運転のフェーズとなってきている。今後は、技術継承などソフト面を重視して説明を受けることとしたい。
- ・ 高浜 1, 2 号機が再稼働すると 7 基体制となるので、3 つの発電所間で、人員配置なども考えて効率よく的確な運用体制、管理体制ができていないか次回委員会で説明いただきたい。
- ・ 安全対策で機器、配管、ケーブルや貫通孔が増えている。そのリスクはどの程度なのか、規制側だけでなく、事業者側も考える必要があると改めて感じた。新検査制度になっているので、事業者から提案していくことも重要。

(その他)

- ・ 高浜 4 号機については 7 月に定期検査を開始し蒸気発生器の伝熱管の点検を行うことから、これまでの経緯も含めて、3 号機の状況と併せて次回の委員会で説明いただきたい。
- ・ 2021 年からフランスのシボー 1 号機をはじめ複数の発電所において、1 次冷却系配管の分岐管に傷が確認されていることについて、事業者として大飯 3 号機の事例との違いを究明していきたいとのことであるので、状況が整理でき次第説明いただきたい。

以上