

デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障対策に関する 事業者の対応状況及び今後の対応

令和5年12月27日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障（以下「デジタルCCF」という。）対策に関する事業者の対応状況について報告するとともに、今後の対応について、了承を諮るものである。

2. 経緯

デジタルCCF対策については、事業者が参画する原子力エネルギー協議会（以下「ATENA」という。）の活動の枠組みの中でその事業者が自律的な取組を進めることとしており、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策等に関する検討チーム（以下「検討チーム」という。）において、ATENA及び事業者が実施する活動の説明を受けているところである。令和5年5月17日の原子力規制委員会において、ATENA及び事業者が実施する活動の内容を報告した際、事業者の自律的対応に対するATENAの関与についてのトップマネジメントの姿勢や考え方について、原子力規制委員会とATENAとの間で意見交換を実施することが了承され、同年7月19日の原子力規制委員会において意見交換が実施された。

同意見交換において、ATENA理事から、デジタルCCF対策については、原子力規制委員会からの問題意識を認識し、ATENAの活動の枠組みの中で事業者が自律的な取組をしっかりと進めるとの意向が表明された。

その後、同意見交換の結果を踏まえて実施した第8回及び第9回検討チーム会合（令和5年7月25日及び10月26日）において、九州電力株式会社川内原子力発電所（以下「川内原子力発電所」という。）1号機、2号機及び東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所（以下「柏崎刈羽原子力発電所」という。）7号機の対応状況並びにATENAの関与の具体的内容について、ATENA及び事業者から説明を受け、意見交換を行った（参考1及び参考2参照）。

3. 検討チーム会合の結果

第8回及び第9回検討チーム会合の結果概要は以下のとおり（詳細は別紙参照）。

3. 1 ATENAの取組状況の確認結果

これまでにATENAが実施するとしていた主な確認内容は以下のとおり。検討チーム会合では、これらに対するATENAの取組状況を、以下（1）及び（2）のとおり確認した。

- ① 事業者の詳細設計が技術要件¹に整合していること
- ② 事業者の設計管理が設工認対象の工事と同等に実施されていること
- ③ 事業者の運用が技術要件に整合していること
- ④ 運用開始後の管理が保安規定に基づく文書及び体制で実施されていること
- ⑤ 事業者自主検査の現場立会い

（1）川内原子力発電所に関する活動について

川内原子力発電所1号機及び2号機については、これまでに、上記①～⑤が実施されたことが示され、新たな課題はなかった。

（2）柏崎刈羽原子力発電所に関する活動について

柏崎刈羽原子力発電所7号機については、これまでに、上記①～⑤が実施されたことが示された。本件の議論において見いだされた論点とこれに対するATENAの対応は3. 2のとおり。

3. 2 論点とATENAの対応

（1）許認可実績のない解析コードの適用や技術基準適合性について

デジタルCCF対策に係る有効性評価において、許認可における使用実績のない解析コードを用いており、低温反応度事故時のボイド反応度フィードバックが考慮されていることに関し議論があった。第8回検討チーム会合においてATENAは、有効性評価書で引用された参考文献に記載されるモデルの詳細やその検証結果により技術要件への整合性を確認し²、妥当と判断した旨説明した。この点について検討チーム会合で当該手法の十分性について議論があったことを踏まえ、第9回検討チーム会合においてATENAは、事業者に解析コードの妥当性に関する追加資料を求め、これを確認することにより妥当と判断した旨の説明があった。

¹ デジタルCCF対策に対する技術要件は、「原子力発電所におけるデジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障緩和対策に関する技術要件書（ATENA 20-ME05 Rev.1）」（以下「技術要件書」という。）に規定されている。この技術要件書は、デジタル安全保護回路に係る共通要因故障対策として満足すべき水準（令和2年3月23日原子力規制委員会了承）を具体化するものとして策定された。

² 技術要件書において、「適用範囲について妥当性確認及び検証が行われたものであること」とされている。

また、追設したドライウェル圧力指示計のアイソレータが安全保護系に属していない点³について、第8回検討チーム会合においてATENAは、事業者から、安全保護系と計測制御系が機能的に分離されており問題ないと説明を受け、これを妥当と判断した旨説明していた。この点について検討チーム会合における技術基準規則解釈への適合性の観点からの議論を踏まえ、第9回検討チーム会合においてATENAは、事業者が自主的にアイソレータを安全保護系に属するように設計変更を行い、ATENAがこの内容を確認し妥当と判断したとの説明があった。

これらの事例を踏まえ、今後、事業者が許認可実績のない解析コードの適用を行う場合や技術基準適合性が明確でない場合は、ATENAが事業者及びメーカーに十分な説明を求めた上で妥当性の確認を行うとの方針を確認した。

(2) デジタルCCFを考慮すべきデジタル化の範囲

ATENAから、手動操作（MSIV閉回路）の出力回路にFPGA⁴が使用されているプラントがあり、この回路は本来デジタルCCF対策の範疇外であるものの、保守的にソフトウェアCCFを想定した旨説明があった⁵。ATENAからは、今後、デジタルCCF対策において多様性と捉えて良いデジタル化技術の要件を明確化し、技術要件書へ反映する予定であるとの説明があった。検討チームからは、この点は安全保護系に用いられるデジタル化技術の構成を踏まえて整理すべきで、デジタルCCF対策の議論とは別途検討されるべきものである旨を指摘した⁶。

なお、ATENAから、今回説明した3機以外のプラントで導入予定のデジタルCCF対策は、検討チーム会合において説明した内容と大きな差異はなく、ATENAにおいて技術要件適合性等を確認し、原子力規制庁に情報共有するとの説明があった。

³ 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈「別記-11 日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程（JEAC4620）」等の適用に当たって」において、「デジタル安全保護系と計測制御系との信号取り合いには、光/電気変換などのアイソレーションデバイスを用いる。この場合アイソレーションデバイスは安全保護系に属する。」とされている。

⁴ 素子メーカーの製造・出荷後に、論理回路の設計者により用途に合わせて内部回路がプログラムされる集積回路素子。Field Programmable Gate Array

⁵ 技術要件書において、デジタル安全保護系のCCF対策の対象は、デジタル計算機を適用した安全保護回路のうち設定値比較機能、論理演算機能とされている。

⁶ デジタル安全保護系を構成するデジタル化技術には、CPU(Central Processing Unit)による演算処理に限らず、FPGA等も含め、これまでに示されたソフトウェアの共通要因故障対策においてその影響を一括して考慮した種々の技術が含まれる。今後、仮に個々のデジタル技術毎のCCF対策の要件を検討するとしても、その前に、それぞれのデジタル技術が実行する機能の重要度、複雑さ、処理としての実装方法等、広範な技術的要素を踏まえて、どのようなデジタル技術がどのような箇所に使われているか、使われる可能性があるかを把握することが必要である。

4. 今後の対応（了承事項）

原子力規制委員会とATENAとの意見交換において、デジタルCCF対策については、ATENAの活動の枠組みの中で事業者が自律的に取り組むとの意向が表明され、今般、ATENA及び事業者から、川内原子力発電所1号機及び2号機並びに柏崎刈羽原子力発電所7号機のデジタルCCF対策の状況について具体的対応状況に関し説明を受けた。

検討チーム会合での議論を通じ、ATENA及び事業者がこれまで説明したとおりに対応していること、デジタルCCF対策については現時点で更なる議論が必要な課題はないこと、今後事業者が実施するデジタルCCF対策はこれまで検討チーム会合において説明した内容と大きな差異はないこと、今後もATENAが技術要件適合性を確認していく方針を示していることが確認できた。

このため、引き続き事業者にATENAの活動の枠組みの中でデジタルCCF対策を実施させることとし、原子力規制庁は、ATENAから、これまで検討チーム会合でなされた説明との差異を中心に適宜面談にて聴取することとする（資料及び面談概要は公開）。特段の必要が認められる場合には検討チーム会合を開催し、その結果を原子力規制委員会に報告することとする。なお、デジタルCCF対策に係る追加設備を対象とする原子力規制検査は、令和5年5月17日の原子力規制委員会において了承された方針通り、事業者の保安活動の監視の一環として実施する。

また、FPGAの取扱いに関する議論を踏まえた安全保護系設備のデジタル化技術に関する課題については、デジタルCCF対策とは別に調査を行い、技術情報検討会に報告する。

別紙	検討チーム会合の結果
参考 1	デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障対策の自律的対応について 川内 1 号機の対応結果と振り返り（第 8 回検討チーム 資料8-1-1）
参考 2	デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障対策の自律的対応について 今後のATENAによる対応（第 9 回検討チーム 資料9-1-1）