

島根原子力発電所 2 号機

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
に関する要件整合報告書（手順書）

2024年6月19日

中国電力株式会社

改訂来歴

| 改訂番号 | 改訂年月日 | 改訂内容 | 備考 |
|------|-----------|------|----|
| 初版 | 2024/6/19 | 新規作成 | — |
| | —以下余白— | | |
| | | | |

島根原子力発電所2号機 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要件整合報告書（手順書）

目次

| | 頁 |
|----------------|---|
| I. 本文 | 1 |
| II. 添付書類 | 8 |

I . 本文

島根原子力発電所2号機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（以下、「ソフトウェアCCF」という。）緩和対策について、「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、「ATENA技術要件書」という。）が定める「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」の各要求内容に対する要件整合性の確認を行った。なお、各要求内容に対する要件整合性の確認は、多様化設備の設置及びソフトウェアCCF対策の手順書の整備は不要であり、現行の手順書にて対応する前提で行った。

また、「3. 多様化設備要件」及び「4. 有効性評価」の各要求内容に対する要件整合性の確認については、本報告書の対象外とする。

1. 確認方法

ATENA技術要件書「5.1 手順書の整備」及び「5.2 教育及び訓練の実施」に記載された要求内容に対して、各要件に対応する手順、教育及び訓練の記載内容を確認し、要求内容ごとに要件整合性の判定及びその理由を記載する。

(1) 「5.1 手順書の整備」

「島根原子力発電所2号機 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要件整合報告書（詳細設計）（以下、「要件整合報告書（詳細設計）」という。）」において、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFが重畳する事象（デジタル安全保護回路の安全機能が喪失）は5事象となるが、BWR5の包絡性を持たせた代表ABWRプラントの有効性評価結果より、判断基準を満足することが確認できたことから、多様化設備の設置は不要であることを確認している。

このため、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFの重畳が発生し、デジタル安全保護回路の安全機能が喪失した場合において、その原因がソフトウェアCCFと認知できずとも、ソフトウェアCCFの影響を受けない他の計器や警報を監視することにより異常の発生を認知し、現行の運転手順書にて必要な運転操作が可能であることを確認する。

(2) 「5.2 教育及び訓練の実施」

「5.1 手順書の整備」で示したとおり、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFが重畳する事象に対しては、現行の整備されている手順書に従いの確に対処可能であり、運転員にはその力量が付与（運転員資格の認定）されていることを確認する。

なお、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFが重畳する事象に対して、現行の整備されている手順書に従いの確に対処可能であり、新たな手順書の整備は不要であることから、新たに力量を付与させるための教育及び訓練は不要である。ただし、デジタル化に伴うソフトウェアCCFの知見は重要であるため、教育（対象者、実施頻度含む）を適切に計画・

実施することが規定文書に定められていることを確認する。

2. 確認結果

(1) 「5.1 手順書の整備」

要件整合報告書（詳細設計）において、ソフトウェアCCFを考慮すべき事象として有効性評価の評価対象とした5事象に対して、表1に示すとおり、その原因がソフトウェアCCFと認知できずとも、ソフトウェアCCFの影響を受けない他の計器や警報を監視することにより異常の発生を認知し、現行の運転手順書にて必要な運転操作が可能であることを確認した。

ATENA技術要件書「5.1 手順書の整備」の要求内容に対する要件整合性の確認結果については表2に示す。

表1 ソフトウェアCCFの影響を受ける評価事象に対する
異常の認知手段と対応操作手順書（1/2）

| 評価事象 | | 異常の認知手段 ^{*1} | | 対応操作手順書 |
|-------------|-------------------|---|---|---|
| | | 計器 | 警報 | |
| 運転時の異常な過渡変化 | 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き | <ul style="list-style-type: none"> 制御棒の操作 (制御棒操作は制御棒の操作を行う運転員の他に少なくとも1名の運転員を配置し実施しており、異常に気付き速やかな制御棒の挿入が期待できる。また、制御棒操作時は、制御棒位置表示を確認するため、異常な引抜きが発生した場合は、当該制御棒の目標となる制御棒位置と異なることから、速やかに認知可能である。) 原子炉熱出力^{*2} (保安規定第26条) | <ul style="list-style-type: none"> 計算法警報 (原子炉熱出力(1分間平均)) | <ul style="list-style-type: none"> 【設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置】 ・計算法警報 【設備別運転要領書 原子炉設備】 ・制御棒挿入操作 【事故時操作要領書 徴候ベース】 ・「スクラム」(RC) |
| | 給水加熱喪失 | <ul style="list-style-type: none"> 給水温度 原子炉圧力 原子炉水位 発電機出力 原子炉熱出力^{*2} (保安規定第26条) | <ul style="list-style-type: none"> 計算法警報 (原子炉熱出力(1分間平均)) ・サマリステータスモニタ警報 | <ul style="list-style-type: none"> 【設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置】 ・計算法警報 ・サマリステータスモニタ警報 【事故時操作要領書 徴候ベース】 ・「スクラム」(RC) |

表1 ソフトウェアCCFの影響を受ける評価事象に対する
異常の認知手段と対応操作手順書 (2/2)

| 評価事象 | | 異常の認知手段 ^{※1} | | 対応操作手順書 |
|-------------|------------------|---|--|--|
| | | 計器 | 警報 | |
| 運転時の異常な過渡変化 | 原子炉冷却材流量制御系の誤動作 | <ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力 原子炉水位 PLRポンプ速度 再循環流量 発電機出力 原子炉熱出力^{※2}および炉心流量 (保安規定第26条) | <ul style="list-style-type: none"> 計算機警報 (原子炉熱出力(1分間平均)) サマリステータスマニタ警報 | 【設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置】 <ul style="list-style-type: none"> 計算機警報 サマリステータスマニタ警報 【事故時操作要領書】 <ul style="list-style-type: none"> 原子炉再循環系事故 【事故時操作要領書 徴候ベース】 <ul style="list-style-type: none"> 「スクラム」 (RC) |
| | 制御棒落下 (被ばく評価) | <ul style="list-style-type: none"> 制御棒位置表示 原子炉圧力 原子炉水位 排ガス除湿器冷却器出口線形モニタ 排ガス除湿器出口モニタ | <ul style="list-style-type: none"> 制御棒ドリフト 排ガス除湿器出口放射線高 | 【設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置】 <ul style="list-style-type: none"> 制御棒ドリフト 排ガス除湿器出口放射線高 【事故時操作要領書】 <ul style="list-style-type: none"> 制御棒駆動系事故 燃料破損事故 【事故時操作要領書 徴候ベース】 <ul style="list-style-type: none"> 「スクラム」 (RC) |
| | 燃料集合体の落下 (被ばく評価) | <ul style="list-style-type: none"> エリア放射線モニタ ダスト放射線モニタ プロセス放射線モニタ 排気筒放射線モニタ | <ul style="list-style-type: none"> R/B放射線高 | 【設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置】 <ul style="list-style-type: none"> R/B放射線高 【事故時操作要領書】 <ul style="list-style-type: none"> 燃料破損事故 |

※1：要件整合報告書（詳細設計）表1及び表2における、ソフトウェアCCFの影響を受けるデジタル安全保護回路の信号を使用しておらず、監視機能が維持されている計器や警報を監視することにより異常の発生を認知可能な手段。

※2：原子炉熱出力は、流体（冷却材、蒸気）の質量及びその熱量の流出入からヒートバランスを計算しており、中性子計装信号は使用していないため、ソフトウェアCCFの影響を受けない。

(2) 「5.2 教育及び訓練の実施」

「5.1 手順書の整備」で示したとおり、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFが重畳する事象に対しては、現行の整備されている手順書に従い的確に対処可能であり、運転員にはその力量が付与（運転員資格の認定）されていることを確認した。

なお、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェアCCFが重畳する事象に対して、現行の整備されている手順書に従い的確に対処可能であり、新たな手順書の整備は不要であることから、新たに力量を付与させるための教育及び訓練は不要である。ただし、デジタル化に伴うソフトウェアCCFの知見は重要であるため、教育（対象者、実施頻度含む）を適切に計画・実施することが規定文書に定められていることを確認した。

ATENA技術要件書「5.2 教育及び訓練の実施」の要求内容に対する要件整合性の確認結果については表2に示す。

(判定記号) ○：整合有 -：該当なし

表2 「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」に関する要件整合性確認表 (1/2)

| ATENA 技術要件書 | ソフトウェア CCF 対策手順書、教育及び訓練の要件整合性 | | | |
|--|--|-------|--|---|
| | 記載内容 (概要) | 要件整合性 | | 規定文書 |
| | | 判定 | 理由 | |
| 5.1 手順書の整備 | | | | |
| <p>運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した際に、デジタル安全保護回路の安全機能の喪失によって、原子炉停止系統及び工学的安全系施設が自動作動していないことを運転員が認知した場合に、その要因がソフトウェア CCF の重畳によることを判断した上で、必要な運転操作を実施し、判断基準を概ね満足した状態で事象を収束することができるための手順書を整備すること。</p> | <p>要件整合報告書 (詳細設計) において、ソフトウェア CCF を考慮すべき事象として有効性評価の評価対象とした 5 事象に対して、その原因がソフトウェア CCF と認知できずとも、ソフトウェア CCF の影響を受けない他の計器や警報を監視することにより異常の発生を認知し、以下の現行の運転手順書にて必要な運転操作を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置 2. 設備別運転要領書 原子炉設備 3. 事故時操作要領書 4. 事故時操作要領書 徴候ベース | ○ | <p>要件整合報告書 (詳細設計) において、以下のとおり多様化設備の設置は不要であることを確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・島根原子力発電所 2 号機において考慮すべきデジタル安全保護回路のソフトウェア CCF 事象は 5 事象となるが、BWR5 の包絡性を持たせた代表 ABWR プラントの有効性評価結果より判断基準を満足することが確認できたことから、多様化設備の設置は不要である。 <p>また、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF の重畳が発生し、デジタル安全保護回路の安全機能が喪失した場合において、その原因がソフトウェア CCF と認知できずとも、ソフトウェア CCF の影響を受けない他の計器や警報を監視することにより異常の発生を認知し、現行の運転手順書にて必要な運転操作が可能である。</p> <p>以上のことから、手順書の整備は不要である。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置 <ul style="list-style-type: none"> 計算機警報 サマリステータスモニタ警報 制御棒ドリフト 排ガス除湿器出口放射線高 R/B 放射線高 ・設備別運転要領書 原子炉設備 <ul style="list-style-type: none"> 制御棒挿入操作 ・事故時操作要領書 <ul style="list-style-type: none"> 原子炉再循環系事故 制御棒駆動系事故 燃料破損事故 ・事故時操作要領書 徴候ベース <ul style="list-style-type: none"> 「スクラム」(RC) |

(判定記号) ○：整合有 -：該当なし

表2 「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」に関する要件整合性確認表 (2/2)

| ATENA 技術要件書 | ソフトウェア CCF 対策手順書、教育及び訓練の要件整合性 | | | |
|--|--|-------|--|---|
| | 記載内容 (概要) | 要件整合性 | | 規定文書 |
| | | 判定 | 理由 | |
| 5.2 教育及び訓練の実施 | | | | |
| <p>運転員には、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF が重畳する事象に対して、整備された手順書に従い的確な対処をするために必要な力量を付与させるための教育及び訓練を、その対象・実施頻度を含め適切に計画し、実施すること。</p> | <p>「5.1 手順書の整備」で示したとおり、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF が重畳する事象に対しては、現行の整備されている手順書に従い的確に対処可能であり、運転員にはその力量を付与（運転員資格の認定）することを規定文書に定めている。</p> <p>なお、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF が重畳する事象に対して、現行の整備されている手順書に従い的確に対処可能であり、新たな手順書の整備は不要であることから、新たに力量を付与させるための教育及び訓練は不要である。ただし、デジタル化に伴うソフトウェア CCF の知見は重要であるため、教育（対象者、実施頻度含む）を実施する計画を整備した。</p> | ○ | <p>運転員には、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF が重畳する事象に対して、現行の整備されている手順書に従い的確な対処をするための力量が付与（運転員資格の認定）されていることを確認した。</p> <p>なお、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故とソフトウェア CCF が重畳する事象に対して、現行の整備されている手順書に従い的確に対処可能であり、新たな手順書の整備は不要であることから、新たに力量を付与させるための教育及び訓練は不要である。ただし、デジタル化に伴うソフトウェア CCF の知見は重要であるため、教育（対象者、実施頻度含む）を適切に計画・実施することが規定文書に定められていることを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・運転員教育訓練手順書 ・運転員の基本手引書 |

II. 添付書類

目 次

(1) 添付資料

添付1 2号機 設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置(その1)

添付1-1 計算機警報(原子炉熱出力定格出力(1分間平均))

添付1-2 サマリステータスマニタ警報

添付1-3 制御棒ドリフト

添付1-4 排ガス除湿器出口放射線高

添付1-5 R/B放射線高

添付2 2号機 設備別運転要領書 原子炉設備

添付2-1 制御棒挿入操作

添付3 2号機 事故時操作要領書

添付3-1 原子炉再循環系事故

添付3-2 制御棒駆動系事故

添付3-3 燃料破損事故

添付4 2号機 事故時操作要領書 徴候ベース

添付4-1 「スクラム」(RC)

添付5 運転員教育訓練手順書

添付6 運転員の基本手引書

(1) 添付資料

添付1 2号機 設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置（その1）

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 1 - 1 計算機警報（原子炉熱出力定格出力（1 分間平均））

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付1-2 サマリストータスモニタ警報

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 1 - 3 制御棒ドリフト

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 1 - 4 排ガス除湿器出口放射線高

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 1 - 5 R / B放射線高

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付2 2号機 設備別運転要領書 原子炉設備

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 2 - 1 制御棒挿入操作

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付3 2号機 事故時操作要領書

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 3 - 1 原子炉再循環系事故

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 3 - 2 制御棒駆動系事故

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 3 - 3 燃料破損事故

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付4 2号機 事故時操作要領書 徴候ベース

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付4-1 「スクラム」 (RC)

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 5 運転員教育訓練手順書

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付6 運転員の基本手引書

本資料は、機密に係る情報のため公開できません