

女川原子力発電所 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2月8日

東北電力株式会社

改訂来歴

改訂番号	改訂年月日	改訂内容	備考
初版	2024/2/8	新規作成	—
	—以下余白—		

女川原子力発電所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

女川原子力発電所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」

「女川原子力発電所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7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により何らかの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7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により何らかの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
認知手段と対応操作手順書（1 / 2）

評価事象		認知手段※1		対応操作手順書
		指示	警報	
運転時の異常な過渡変化	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	<ul style="list-style-type: none"> ・制御棒の操作（保安規定 23 条） （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。） 	—	<ul style="list-style-type: none"> 【原子炉設備運転手順書】 ・制御棒挿入通常操作 【非常時操作手順書（徴候ベース）】 ・「スクラム」(RC)
	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。） ・原子炉熱出力（保安規定 26 条） 	<ul style="list-style-type: none"> ・計算機熱出力監視警報 	<ul style="list-style-type: none"> 【警報処置運転手順書】 ・計算機熱出力監視警報 【原子炉設備運転手順書】 ・制御棒挿入通常操作 【非常時操作手順書（徴候ベース）】 ・「スクラム」(RC)
	給水加熱喪失	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉圧力 ・原子炉水位 ・主蒸気流量 ・給水流量 ・給水温度 ・発電機出力 ・原子炉熱出力（保安規定 26 条） 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧第1給水加熱器(A)水位高/低 ・計算機熱出力監視警報 	<ul style="list-style-type: none"> 【警報処置運転手順書】 ・高圧第1給水加熱器(A)水位高/低 ・計算機熱出力監視警報 【原子炉設備運転手順書】 ・制御棒挿入通常操作 ・主制御器手動操作 【非常時操作手順書（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
認知手段と対応操作手順書（2/2）

評価事象		認知手段※1		対応操作手順書
		指示	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 主蒸気流量 給水流量 発電機出力 原子炉熱出力および炉心流量（保安規定26条） 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉水位高/低(L-7/L-4) 計算機熱出力監視警報 	<ul style="list-style-type: none"> 【警報処置運転手順書】 原子炉水位高/低(L-7/L-4) 計算機熱出力監視警報 【非常時操作手順書（イベントベース）】 再循環速度制御異常 【非常時操作手順書（徴候ベース）】 「スクラム」(RC)
設計基準事故	制御棒落下	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒位置表示 原子炉圧力 原子炉水位 空気エゼクタオフガス放射線モニタ（排ガス予冷器出口） 	<ul style="list-style-type: none"> 制御棒ドリフト 排ガス予冷器出口放射能高 	<ul style="list-style-type: none"> 【警報処置運転手順書】 制御棒ドリフト 排ガス予冷器出口放射能高 【非常時操作手順書（イベントベース）】 負荷運転中における制御棒落下事故 排ガス放射線モニタ異常上昇（燃料リーク） 【非常時操作手順書（徴候ベース）】 「スクラム」(RC)
	制御棒落下（被ばく評価）			
	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 スタック放射線モニタ ダスト放射線モニタ 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料交換エリア放射能高 	<ul style="list-style-type: none"> 【警報処置運転手順書】 燃料交換エリア放射能高 【非常時操作手順書（イベントベース）】 燃料落下

※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により，何らかの異常の発生を認知可能な手段。

(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。

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			規定文書
	記載内容 (概要)	要件整合性		
		判定	理由	
要求内容				
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動作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7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により何らかの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. 警報処置運転手順書 2. 原子炉設備運転手順書 3. 非常時操作手順書（イベントベース） 4. 非常時操作手順書（微候ベース） 	○	<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"> ・女川原子力発電所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7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により何らかの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"> ・警報処置運転手順書 <ul style="list-style-type: none"> 計算機熱出力監視警報 高圧第1給水加熱器(A)水位高/低 原子炉水位高/低(L-7/L-4) 制御棒ドリフト 排ガス予冷器出口放射能高 燃料交換エリア放射能高 ・原子炉設備運転手順書 <ul style="list-style-type: none"> 制御棒挿入通常操作 主制御器手動操作 ・非常時操作手順書（イベントベース） <ul style="list-style-type: none"> 再循環速度制御異常 負荷運転中における制御棒落下事故 排ガス放射線モニタ異常上昇(燃料リーク) 燃料落下 ・非常時操作手順書（微候ベース） <ul style="list-style-type: none"> 「スクラム」(RC)

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			規定文書
	記載内容 (概要)	要件整合性		
		判定	理由	
要求内容				
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一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一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一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一的確な対処をするための力量が付与（運転員の認定）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一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"> ・原6-1-人5（原） 原子力発電所運転員の教育・訓練要領 ・個-女-発発-14 運転員の教育訓練の手引き ・個-女-発発-30 運転操作の基本事項に関する手引き

II. 添付書類

目 次

(1) 添付資料

添付 1 女川原子力発電所 2 号機 第 8 編 警報処置運転手順書 1

添付 1-1 計算機熱出力監視警報

添付 1-2 原子炉水位高/低(L-7/L-4)

添付 1-3 制御棒ドリフト

添付 1-4 燃料交換エリア放射能高

添付 2 女川原子力発電所 2 号機 第 8 編 警報処置運転手順書 2

添付 2-1 高圧第 1 給水加熱器(A)水位高/低

添付 2-2 排ガス予冷器出口放射能高

添付 3 女川原子力発電所 2 号機 第 2 編 原子炉設備運転手順書

添付 3-1 制御棒挿入通常操作

添付 3-2 主制御器手動操作

添付 4 女川原子力発電所 2 号機 第 1 1 編 非常時操作手順書 (イベントベース)

添付 4-1 再循環速度制御異常

添付 4-2 負荷運転中における制御棒落下事故

添付 4-3 排ガス放射線モニタ異常上昇(燃料リーク)

添付 4-4 燃料落下

添付 5 女川原子力発電所 2 号機 第 1 2 編 非常時操作手順書 (徴候ベース)

添付 5-1 「スクラム」(RC)

添付 6 原子力発電所運転員の教育・訓練要領

添付 7-1 運転員の教育訓練の手引き

添付 7-2 運転操作の基本事項に関する手引き

(1) 添付資料

添付1 女川原子力発電所2号機 第8編 警報処置運転手順書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 計算機熱出力監視警報

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付1 - 2 原子炉水位高/低(L-7/L-4)

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 燃料交換エリア放射能高

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付2 女川原子力発電所2号機 第8編 警報処置運転手順書2

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 高圧第 1 給水加熱器(A)水位高/低

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 排ガス予冷器出口放射能高

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付3 女川原子力発電所2号機 第2編 原子炉設備運転手順書

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 3 - 1 制御棒挿入通常操作

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 主制御器手動操作

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付4 女川原子力発電所2号機 第11編 非常時操作手順書

(イベントベース)

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 再循環速度制御異常

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 負荷運転中における制御棒落下事故

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 4 - 3 排ガス放射線モニタ異常上昇(燃料リーク)

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付 4 - 4 燃料落下

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付5 女川原子力発電所2号機 第12編 非常時操作手順書

(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5-1 「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6 原子力発電所運転員の教育・訓練要領

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付7-1 運転員の教育訓練の手引き

本資料は、機密に係る情報のため公開できません

添付7-2 運転操作の基本事項に関する手引き

本資料は、機密に係る情報のため公開できません