

高浜発電所 3 号機及び 4 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確認書
(手順書)
(改訂1)

2026年 9月 8日

一般社団法人 原子力エネルギー協議会

1. はじめに

関西電力(株)は、高浜発電所 3 号機及び 4 号機の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(以下、「デジタル CCF 対策」という。)に係る安全対策に関して、技術要件書*の「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」の各要求内容に整合しているかの確認を行い、2023 年 10 月 31 日に「高浜発電所 3 号機及び 4 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)(以下、「要件整合報告書(手順書)」という。)」を ATENA に提出した。

ATENA は、受領した要件整合報告書(手順書)の確認を行い、確認結果を 2023 年 11 月 9 日に本要件整合確認書として取りまとめた。

その後、関西電力(株)は、高浜発電所 3 号機及び 4 号機 原子炉安全保護装置の取替に伴い、要件整合報告書(手順書)の改訂を行い、「高浜発電所 3 号機及び 4 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)(改訂 1)」として、2026 年 8 月 31 日に ATENA に提出した。

ATENA は、受領した要件整合報告書(手順書)(改訂 1)の確認を行い、確認結果を要件整合確認書(手順書)(改訂 1)として取りまとめた。

※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.2)

2. 確認方法

「高浜発電所 3 号機及び 4 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)(改訂 2)及び同(改訂 3)(以下、両文書を総称して「要件整合報告書(詳細設計)」という。)」に示された設備設計、及び有効性評価で想定した手段と運転操作条件が手順書に記載されており、その手順書に基づき運転員の習熟を図る教育及び訓練計画が定められていることを確認する。

具体的には、受領した要件整合報告書(手順書)(改訂 1)及びそのエビデンス(手順及び教育訓練に係る規定文書)に対して、表 1 に示す確認内容及び確認の観点に基づき、技術要件書の「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整合性の確認を行う。

なお、今回の要件整合確認における確認体制及び確認フローについて、添付資料 1 に示す。

表1 要件整合確認(手順書)における確認内容及び確認の観点

技術要件書の要求	確認内容	確認の観点
5.1 手順書の整備	デジタル安全保護回路の自動作動が要求されたときに原子炉停止系統及び工学的安全施設が作動していないことを認知する手段を特定し、ソフトウェアCCF事象を判断する手順が記載されていること。	① デジタル安全保護回路の自動動作が要求される状況において、デジタル安全保護回路が作動せずに多様化設備の自動作動や警報発信によってソフトウェア CCF 事象の発生を認知する手段と手順が記載されているか。その上で、ソフトウェア CCF 事象と重畳して発生している起因事象を判別する手順が記載されているか。
	所定の手順に移行する方法が明確になっていること。	② 起因事象を判別した結果から、所定の手順に移行する方法が記載されているか。
	運転操作を行う場合の判断条件及び操作場所が記載されていること。	③ 運転操作を行う場合の手段(自動動作機能、手動機能、警報機能、指示機能)とその判断条件(設定値や状態表示)及び操作・監視を行う場所(盤略号など)が記載されているか。
	プラント状態を監視するための手段及びその設置場所が記載されていること。	④ 原子炉停止系統及び工学的安系施設の作動状況、多様化自動作動設備の作動状況及び手動操作によるプラント状態を監視するための手段(警報機能、指示機能など)及び監視を行う場所(盤略号など)が記載されているか。
5.2 教育及び訓練の実施	運転員に対して、整備された手順書の内容について習熟を図ることができるよう、教育及び訓練が計画されていること。	⑤ デジタル安全保護回路のソフトウェア CCFの対応について運転員の習熟を図る教育及び訓練計画が記載されているか。

3. 要件整合確認結果

手順書の整備と教育及び訓練の実施に対する要件整合性について、技術要件書の「5.1 手順書の整備」及び「5.2 教育及び訓練の実施」の各要求内容に対して、表1に示す確認内容及び確認の観点に基づき、要件整合報告書(手順書)(改訂1)及び表2に示すエビデンス(手順及び教育訓練に係る規定文書)の内容を確認した。

各要求内容に対する確認結果については表3に示す。

表2 エビデンス(手順及び教育訓練に係る規定文書)

	規定文書	添付資料番号
手順に係る規定文書	警報時操作所則 ・安全保護アナログ盤作動	添付資料 2
	事故時操作所則 ・ソフトウェア CCF 時原子炉トリップ ・ソフトウェア CCF 時安全注入作動 ・ソフトウェア CCF 時冷却材喪失 ・ソフトウェア CCF 時主蒸気・主給水管破断 ・ソフトウェア CCF 時蒸気発生器細管破損	
教育訓練に係る規定文書	運転員教育訓練要綱指針(別表 3.5.1)	
	教育実施例(ガイド表)(ソフトウェア共通要因故障(CCF)対応教育訓練)	

(1)「5.1 手順書の整備」について

警報時操作所則及び事故時操作所則に以下の内容が記載されていることを確認した。

- ・ 運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、デジタル安全保護回路の自動作動が要求される状況において、デジタル安全保護回路が作動せずに多様化設備である共通要因故障対策設備の自動作動や警報発信によってソフトウェア CCF 事象の発生を認知し、その上で、冷却材喪失等の起因事象を判別する手順が記載されていること。
- ・ 起因事象の判別の手順から事故時操作所則の「ソフトウェア CCF 時冷却材喪失」等の所定の運転操作手順へ移行する方法が記載されていること。
- ・ 運転操作を行う場合の判断条件及び操作場所(設計基準対処施設と共用するもの以外について)が記載されていること。
- ・ プラント状態を監視するための計器及びその設置場所(設計基準対処施設と共用

するもの以外について)が記載されていること。

- ・ 上記のソフトウェア CCF 事象発生認知、起回事象の判別、運転操作及びプラント状態の監視に関して、必要な手段として添付資料 3 に示す要件整合報告書(詳細設計)の別表 1 から別表 4 の機能(自動動作機能、手動作動機能、警報機能、指示機能)が操作場所(盤略号など)も含めて記載されていること、及び有効性評価で想定した運転操作開始や機器状態等の運転操作条件が記載されていること。

以上のことから、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故にソフトウェア CCF が重畳した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ための手順書が整備されていることを確認した。

(2)「5.2 教育及び訓練の実施」について

教育及び訓練に関しては、運転員教育訓練要綱指針及び教育実施例(ガイド表)において、従来の事故時の手順書と同じ教育訓練体系の中に今回整備した手順書の訓練が追加されており、対象者及び実施頻度についても従来の事故時の手順書と同じく管理されることを確認した。

以上のことから、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、その対象者及び実施頻度を含め適切に計画し、実施することが規定されていることを確認した。

4. まとめ

高浜発電所 3 号機及び 4 号機の要件整合報告書(手順書)は、技術要件書の「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」の各要求内容に対して全て整合していることを確認した。

5. 添付資料

添付資料 1 要件整合確認における確認体制及び確認フロー

添付資料 2 高浜発電所 3 号機及び 4 号機 要件整合報告書(手順書) (改訂 1)添付資料(抜粋)

添付資料 3 高浜発電所 3 号機及び 4 号機 要件整合報告書(詳細設計) (改訂 3) 別表 1 から別表 4 (添付 2 の設定値根拠は添付を省略)

表3 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確認結果
【対象：高浜発電所3・4号機（手順書）】

(判定記号) ○：整合性有 －：該当なし

ATENA 技術要件書	事業者の要件整合報告の内容				ATENA による要件整合確認結果
	記載内容(概要)	要件整合性		規定文書	表1に示す確認内容及び確認の観点に基づき確認 ①～⑤の番号は表1の確認の観点の番号
		判定	理由		
要求内容					
5.1 手順書の整備					
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。なお、有効性評価により多様化設備の設置が不要であることが確認された場合は、多様化設備を用いた手順書の整備は不要である。その場合、ソフトウェア CCF の影響を受ける事象に対して、その原因がソフトウェア CCF と認知できずとも、現行の運転手順書にて、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異常の発生を認知し、必要な運転操作を行うことが可能であることを確認すること。	ソフトウェア CCF 対策の手順書の整備については、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故にソフトウェア CCF が重畳した事象を想定(デジタル安全保護系は全ての機能が喪失する)し、運転員の必要な操作により事象を収束する手順書を整備した。 なお、当該手順書は、通常の事故時手順書とは独立した手順書であり、具体的には、以下の内容を手順書に整備した。 1. 警報時操作所則 共通要因故障対策設備作動 ・デジタル安全保護回路の安全機能が喪失し、デジタル安全保護回路から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共通要因故障対策設備の警報発信により運転員が判断する。 2. 事故時操作所則 ・デジタル安全保護回路の安全機能が喪失し、共通要因故障対策設備から原子炉トリップ信号が発信した場合等に、以下の手順のいずれかに移行し、必要な運転操作(手動操作、現場操作)を行う。 ソフトウェア CCF 時 原子炉トリップ ソフトウェア CCF 時 安全注入作動 ・事象判別を行い、ソフトウェア CCF 時に想定する事象に対応するための以下の手順のいずれかに移行し、必要な運転操作(手動操作、現場操作)を行う。 ソフトウェア CCF 時 冷却材喪失 ソフトウェア CCF 時 主蒸気・主給水管破断 ソフトウェア CCF 時 蒸気発生器細管破損	○	以下の手順が規定文書に定められていることを確認した。 ・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が喪失していることを、原子炉停止系統及び工学的安全系施設等が自動作動していないこと及び多様化設備である共通要因故障対策設備の警報により認知できること。 ・上記よりソフトウェア CCF の重畳によることを判断した上で、所定の運転操作を実施する手順にエントリーできることが明確になっていること。 ・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よう、有効性評価で想定している運転操作条件を考慮した手順となっていること。 ・「高浜発電所3号機及び4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)」の「3.2 機能要求」で確認した自動作動機能、手動機能、警報機能及び指示機能について、手順に反映されており、運転操作を行う条件(運転操作の開始や機器状態など)及び操作場所(盤略号など)が明確化されていること。	警報時操作所則 ・安全保護アナログ盤作動 (R-5-D5) 事故時操作所則 ・ソフトウェア CCF 時原子炉トリップ (E-1) ・ソフトウェア CCF 時安全注入作動 (E-2-(1)) ・ソフトウェア CCF 時冷却材喪失 (E-2-(1)-a) ・ソフトウェア CCF 時主蒸気・主給水管破断 (E-2-(1)-b) ・ソフトウェア CCF 時蒸気発生器細管破損 (E-2-(1)-c)	① 運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、デジタル安全保護回路の自動作動が要求される状況において、デジタル安全保護回路が作動せずに多様化設備である共通要因故障対策設備の自動作動や警報発信によってソフトウェア CCF 事象の発生を認知した上で、ソフトウェア CCF 事象と重畳して発生している起因事象を判別する手順が記載されていることを確認した。 具体的には、ソフトウェア CCF 事象発生の認知及び起因事象判別のための手段として要件整合報告書(詳細設計)の別表1から4の機能(自動作動機能、手動機能、警報機能、指示機能)が具体的に記載されていることを確認した。 【確認資料】 ・警報時操作所則 ・事故時操作所則 ② 起因事象判別の結果、事故時操作所則の「ソフトウェア CCF 時冷却材喪失」、「ソフトウェア CCF 時主蒸気・主給水管破断」、「ソフトウェア CCF 時蒸気発生器細管破損」の各手順へ移行する方法が記載されていることを確認した。 【確認資料】 ・事故時操作所則「ソフトウェア CCF 時安全注入作動」の本文及び操作フロー ③ 運転操作を行うための手段(自動作動機能、手動機能、警報機能、指示機能)、運転操作を行う条件(運転操作の開始や機器状態など)及び操作・監視する機器の設置場所(設計基準対処施設と共用するもの以外について)が記載されていることを確認した。 【確認資料】 ・事故時操作所則 ④ 事故時操作所則に、プラント状態を監視する手段(警報機能、指示機能)及び監視する機器の設置場所(設計基準対処施設と共用するもの以外について)が記載されていることを確認した。 【確認資料】 ・事故時操作所則

表 3 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確認結果
【対象：高浜発電所 3・4 号機（手順書）】

(判定記号) ○：整合性有 －：該当なし

ATENA 技術要件書	事業者の要件整合報告の内容				ATENA による要件整合確認結果
	記載内容(概要)	要件整合性		規定文書	表1に示す確認内容及び確認の観点に基づき確認 ①～⑤の番号は表1の確認の観点の番号
		判定	理由		
5.2 教育及び訓練の実施					
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の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。なお、多様化設備の設置が不要で現行の運転手順書にて、必要な運転操作を行うことが可能な場合には、ソフトウェア CCF の知見に関する教育を、その対象・実施頻度を含め適切に計画し、実施すること。	ソフトウェアCCFに係る教育及び訓練については、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の確な対処をするために教育及び訓練を実施する計画(対象者、頻度)を整備した。	○	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 が重畳する事象に対して整備した手順書に従いの確な対処をするため、運転員に対し、必要な力量を付与する教育及び訓練(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。	運転員教育訓練要綱指針 ・別表 3.5.1 教育実施例(ガイド表) ・ソフトウェア共通要因故障(CCF)対応教育訓練	⑤ 従来の事故時の手順書と同じ教育訓練体系の中にソフトウェア CCF に係る手順書の訓練が記載されており、対象者及び実施頻度についても従来の事故時の手順書と同じく管理されることを確認した。 【確認資料】 ・運転員教育訓練要綱指針(別表 3.5.1) (2/4) ・教育実施例(ガイド表) (ソフトウェア共通要因故障(CCF)対応教育訓練)

要件整合確認における確認体制及び確認フロー

要件整合確認における確認体制及び確認フロー

1. 確認体制

今回の要件整合確認は、下表に示す ATENA 確認チームにて実施した。

なお、ATENA 確認チームの人選にあたっては、当該プラントのデジタル CCF 対策設備の詳細設計、有効性評価、手順書整備などに直接関わっていないことを条件に、業務経歴をもとに力量を確認した。

表 ATENA 確認チーム

	氏名	所属・役職
責任者	■■■■■	原子力エネルギー協議会 部長
担当者	■■■■■	原子力エネルギー協議会 副部長

2. 確認フロー

今回の要件整合確認にあたっては、以下のフローで実施した。

- ATENA-WG(デジタル CCF-WG)にて要件整合報告書(手順書)(改訂1)の記載内容や様式の検討を行い、その検討結果をもとに事業者は要件整合報告書(手順書)を取りまとめ、ATENA に提出した。
- ATENA は、受領した要件整合報告書(手順書)(改訂1)及びエビデンス(手順及び教育訓練に係る規定文書)の記載内容について、ATENA 確認チームによる要件整合確認を行った。
- ATENA 確認チームは、要件整合確認結果を ATENA 役員に報告し、承認を得た。

高浜発電所 3 号機及び 4 号機 要件整合報告書(手順書)(改訂1)

添付書類(抜粋)

事業者報告書からの抜粋であり、HP 公開にあたっては添付を省略いたします。

高浜発電所 3 号機及び 4 号機
要件整合報告書(詳細設計)(改訂3)

別表 1 から別表 4
(添付 2 の設定値根拠は添付を省略)

事業者報告書からの抜粋であり、HP 公開にあたっては添付を省略いたします。