

2023年7月25日

柏崎刈羽原子力発電所7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対策
に係る工事への対応について

東京電力ホールディングス株式会社

枠囲みの範囲は、機密に係る事項であるため、公開できません。

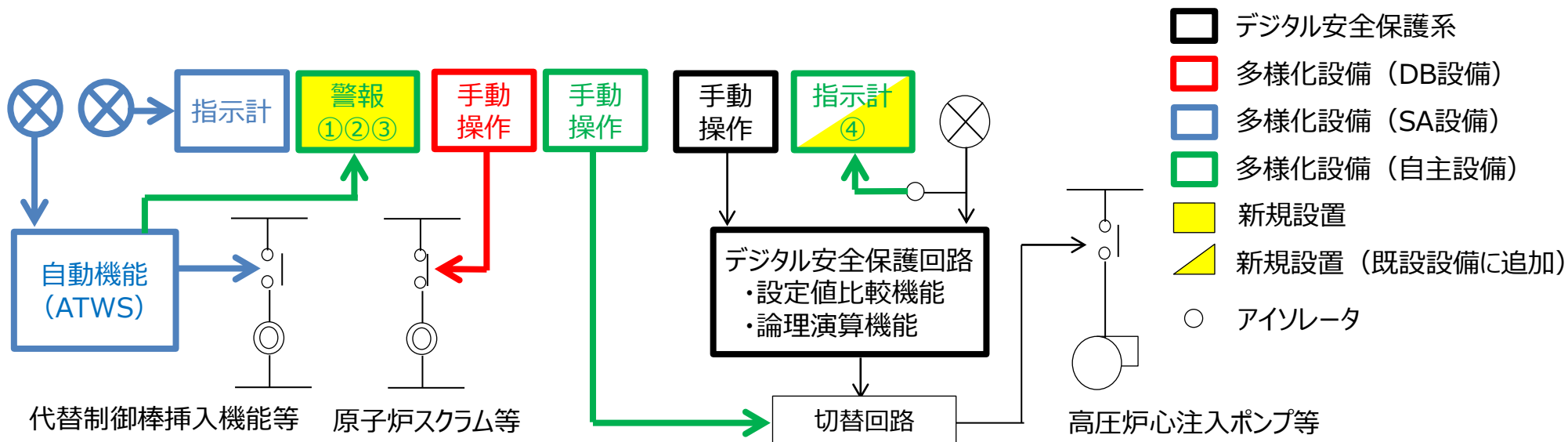
目次

1. はじめに
2. KK7 多様化設備の概要
3. KK7 安全保護回路への波及的影響防止について
4. KK7 自主検査の対象
5. KK7 自主検査の内容
6. KK7 多様化設備の運用開始後の管理体制等

1. はじめに

- 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（以下、デジタルCCF対策）については、従来から自主対策として自主設備のHPCF(C)等のハード回路による手動起動回路を設置して対応してきた。
- 自主設備のATWS機能については、新規規制基準の重大事故等対処設備（SA設備）として認可を受けている。
- 今回、ATENAの技術要件書の要求事項を満足するために、指示計（D/W圧力計）及び警報（ARI作動，L-2，原子炉圧力高高）を新規設置するための工事を実施した。
- 2023年6月6日にKK7号機の要件整合報告書（詳細設計）を提出し、2023年6月20日にATENAによる要件整合確認が完了した。
- 2023年7月6日にKK7号機の要件整合報告書（手順書）を提出し、2023年7月14日にATENAによる要件整合確認が完了した。
- 今後は、2023年7月20日にデジタルCCF対策工事に係る自主検査を実施し、再稼働前には多様化設備の使用を開始する計画である。

2. KK7 多様化設備の概要



設備区分		自動機能	手動操作	指示計	警報
既設 流用	DB設備 (安全保護系)		・原子炉スクラム ・主蒸気隔離弁閉止	・主蒸気隔離弁の状態	
	SA設備	・代替制御棒挿入機能 ・代替原子炉再循環ポンプトリップ		・原子炉水位, 原子炉圧力	
	自主設備		・主要な隔離弁閉止 ・高圧炉心注水系起動	・主要な隔離弁の状態 ・高圧炉心注水系系統流量	
新規 設置	自主設備			④ドライウエル圧力	①ARI作動 ②L-2 ③原子炉圧力高高

2. KK7 多様化設備の概要



3. KK7 安全保護回路への波及的影響防止について

(1)設備面

多様化設備から安全保護回路への悪影響防止のため、電氣的又は物理的分離を行っている。

- ✓ 電氣的分離：安全保護回路と多様化設備が部分的に設備を共有する場合には、信号の取り合い部には隔離デバイス（アイソレータ等）を設置している。
- ✓ 物理的分離：安全保護回路と多様化設備が設備を共有しない場合には、異なる筐体に設置する等の物理的分離を行っている。

(2)機能面

多様化設備の内、自動作動するATWS設備（SA設備）はデジタル安全保護回路と同時に作動するが、デジタル安全保護回路の動作を阻害するものではないため、機能面の対策は不要である。

(3)運転操作面

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の重畳による事象に対して、新規の手順書を整備することで、確実な事象の判断、誤操作防止を図る。

なお、設備設計は手順書に求められる内容（監視機能、操作内容）を考慮して行っている。

また、手順書が規定文書として制定されていることを自主検査で確認する。

4. KK7 自主検査の対象

(1) 技術要件書「3.多様化設備要件」の要求項目

技術要件書の要求項目	要件整合報告書で確認	主な自主検査の対象
3.1 設置要求	多様化設備の設置	○外観検査 ○組立て及び据付け状態を確認する検査
3.2 機能要求	自動作動機能, 手動操作機能, 警報機能, 指示機能の設置	○機能・性能検査 ・計測範囲確認検査 ・警報検査 ・運転性能確認検査 ・系統構成確認検査
3.3 多様化設備の範囲	検出器, 操作器, 論理回路, 指示計, 警報, 表示灯他	—
3.4 設計基本方針	「3.5 多様化設備への要求事項」で個別に確認	—
3.5 多様化設備への要求事項	3.5.1～3.5.12 多重性, 多様性, 耐環境性, 耐震性, 供給電源, 設備の共用, 試験可能性, 安全保護回路への波及的影響防止, 火災防護及び溢水防護, 外部事象に対する防護, 操作性, 監視性	○機能・性能検査 ・系統構成確認検査 ○組立て及び据付け状態を確認する検査

4. KK7 自主検査の対象

(2) 技術要件書「4.有効性評価」の要求項目

有効性評価については、要件整合報告書で確認する。

技術要件書の要求項目	要件整合報告書で確認	主な自主検査の対象
4.2 評価すべき事象	評価対象事象(過渡, 事故全事象+CCF), グルーピング, 解析を省略した事象	—
4.3 判断基準	設計基準事故の判断基準の準用, 他の判断基準の適用の有無, 判断基準への適合性	—
4.4 解析に当たって 考慮すべき事項	最適評価コードの適用, 解析の範囲, 解析で想定する現実的な条件, 安全系機能に対する仮定, 常用系機能に対する仮定, 多様化設備に関連する条件(機器条件, 操作条件), 解析に使用する計算プログラム及びモデル	—

4. KK7 自主検査の対象

(3) 技術要件書「5.手順書の整備と教育及び訓練の実施」の要求項目

技術要件書の要求項目	要件整合報告書で確認	主な自主検査の対象
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とソフトウェアCCFの重畳による事象が発生した場合に、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>○運用に係る検査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手順書が規定文書として定められていることを確認する。
5.2 教育及び訓練の実施	<p>整備された手順書に従いた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>○運用に係る検査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・教育及び訓練の実施に関する内容が、規定文書に定められていることを確認する。

5. KK7 自主検査の内容

(1) 検査内容

○ 検査項目, 検査方法

検査項目		検査方法
外観検査		健全性に影響を及ぼす有害な欠陥のないことを確認する。
組立て及び据付け状態を確認する検査		名称及び個数, 取付箇所が要件整合報告書のとおりであることを確認する。
機能・性能検査	計測範囲確認検査	計測範囲が要件整合報告書のとおりであることを確認する。
	警報検査	警報動作を模擬し警報が鳴動することを確認する。
	運転性能確認検査	スイッチ操作により状態表示ランプが点灯することを確認する。
	系統構成確認検査	デジタル安全保護系と電氣的・機能的に隔離又は分離されていることを確認する。 非常用電源系又は重大事故等対処設備電源系から給電が可能であることを単線結線図・展開接続図により確認する。
運用に係る検査		手順書等を規定文書に定めていることを確認する。

(2) 検査体制等

○ 使用前事業者検査と同等の検査担当者の独立性を担保する。

設計・工事箇所：第二保全部 計測制御G（詳細設計），第二運転管理部 発電G（手順書）

検査担当箇所：第二保全部 環境施設G（詳細設計），第一運転管理部 発電(1-4号)G（手順書）

○ 検査中にATENA又は第3者機関から指摘があった場合，検査実施要領書の不適合管理に基づき対応する。

5. KK7 自主検査の内容

(3)検査対象範囲

既設流用/新規設置の自主設備は全て検査対象とし，DB設備，SA設備については過去の使用前事業者検査等の実績を踏まえて検査対象範囲を選定する。

設備区分		自動機能	手動操作	指示計	警報
既設 流用	DB設備 (安全保護系)		・原子炉スクラム ・主蒸気隔離弁閉止	・主蒸気隔離弁の状態	
	SA設備	・代替制御棒挿入機能 ・代替原子炉再循環ポンプトリップ		・原子炉水位，原子炉圧力	
	自主設備		・主要な隔離弁閉止 ・高圧炉心注水系起動	・主要な隔離弁の状態 ・高圧炉心注水系系統流量	
新規 設置	自主設備			④ドライウエル圧力	①ARI作動 ②L-2 ③原子炉圧力高高

6. KK7 多様化設備運用開始後の管理体制等

(1)多様化設備の保全計画

- 保安規定に基づく規定文書の中で管理を実施する（点検長期計画表）
 - ・点検計画（保全重要度，点検頻度，点検方法）
 - ・DB設備，SA設備と同等の特性試験，機能・性能試験（定期事業者検査相当）

(2)デジタルCCF対策に係る手順書の整備および教育・訓練

- 保安規定に基づく規定文書の中で管理する。
（運転管理基本マニュアル，教育及び訓練基本マニュアル（原子力発電所運転員に対する教育・訓練マニュアル））

(3)多様化設備の故障時の措置

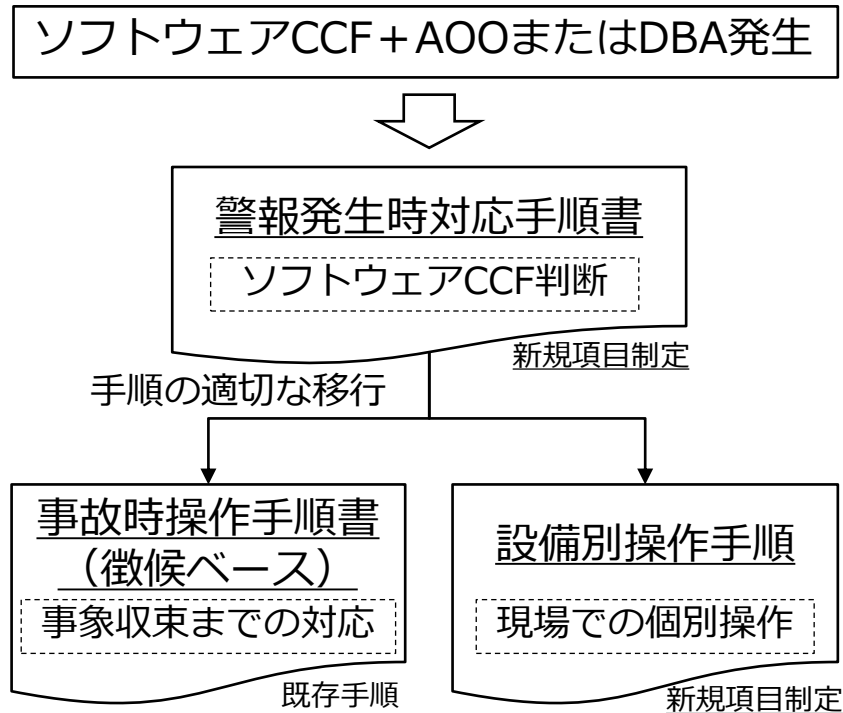
- 故障時に速やかに復旧可能とするために必要な予備品を確保する。
- 多様化設備が故障等により機能喪失した場合の対応については，保安規定に基づく規定文書の中で管理する。
 - ・状態レポート(CR)を起票して対応を行う。
 - ・故障時に早期復旧できない場合は，目視点検により本設備であるデジタル安全保護回路の健全性を確認する。

(4)デジタルCCF対策に係る管理体制

- デジタルCCF対策に係る運転管理，施設管理，教育・訓練については，保安規定に定める，保安管理体制のもとで管理する。

参考 ソフトウェアCCF対策手順について

・ 手順体系の概要



○警報発生時対応手順書

警報が発生した場合に取るべき対応を示した手順書であり、ソフトウェアCCF対策として新設した警報の項目を新規制定。以下の内容を含む。

- ・ソフトウェアCCFと事故が重畳していることの認知・判断方法
- ・ソフトウェアCCF発生時の操作注意事項
- ・手順移行フロー
- ・多様化設備の一覧とその操作場所
- ・事故時の評価に基づく操作の時間余裕

○事故時操作手順書（徴候ベース）

既存の手順であり、事故時のプラントの徴候（パラメータの変化）に応じた対応操作を示した手順書（フローチャート）。

警報発生時対応手順に基づき、ソフトウェアCCFが発生していると判断した場合は警報発生時対応手順から移行する。

○設備別操作手順書

系統毎に設備の運転操作を示した手順書であり、ソフトウェアCCF発生時の現場での必要な個別手順（主に空調起動操作）の項目を新規制定。

- ソフトウェアCCF判断については警報発生時手順により行い、その後の冷温停止までの対応は基本的に従来通り事故時操作手順書（徴候ベース）に従って対応を実施。
- ソフトウェアCCF影響については警報発生時手順中に記載し、教育訓練を通じて運転員が事故時操作手順（徴候ベース）及び設備別操作手順を用いて対応できるようにすることとする。

参考 ソフトウェアCCF対策手順について

• 手順の概要

- ① 多様化設備として新たに設置した警報の発生を確認
- ② 安全保護回路からの警報が発生していないことを確認
- ③ 高圧注水系の操作端を多様化設備側に切替
- ④ SA盤からの手動起動操作
- ⑤ 高圧注水系により原子炉注水

