

川内原子力発電所 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対策
に係る工事への対応について

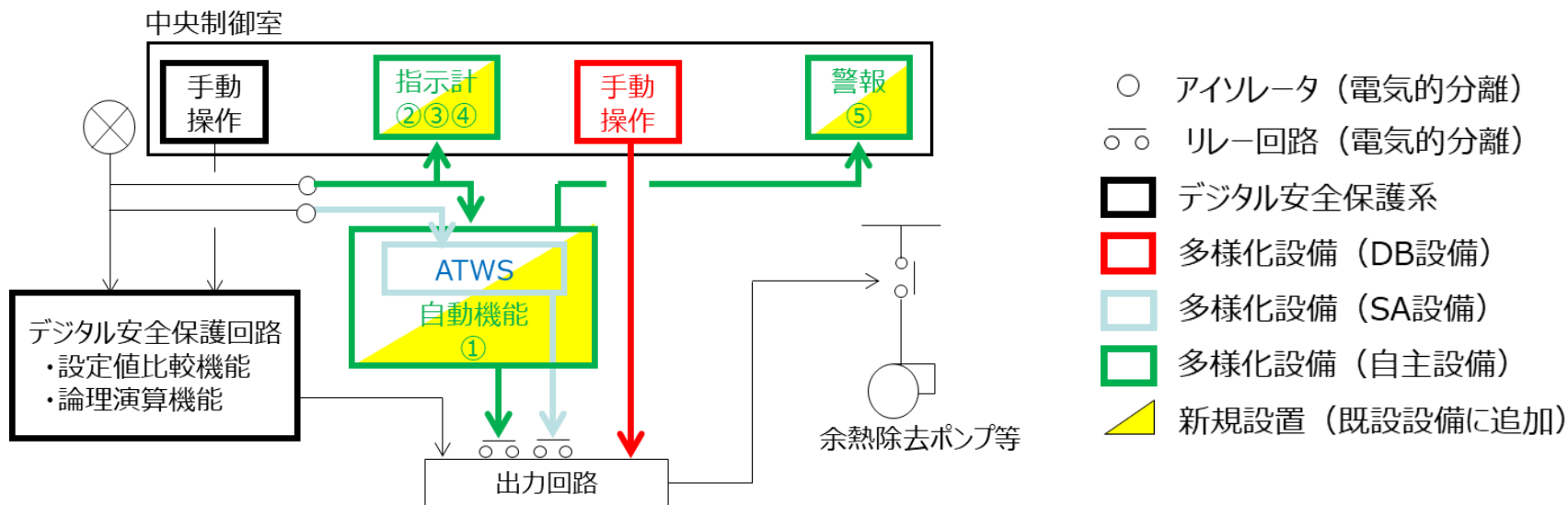
九州電力株式会社
2023年6月7日

1. はじめに
2. 川内2号機 多様化設備の概要
3. 川内2号機 デジタル安全保護系への波及的影響防止について
4. 川内2号機 自主検査の対象
5. 川内2号機 自主検査の内容
6. 川内2号機 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「多様化自動作動設備」を設置して対応してきた。
- 自主設備の「多様化自動作動設備」のうち、ATWS機能については、新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（CCF事象とLOCA事象の重畳）にも対処できるように、自動作動機能（高圧／低圧注入系起動）、指示計（格納容器再循環サンプ広域水位 他）及び警報（加圧器圧力異常低（高圧／低圧注入系作動））を新規設置するための工事を実施する。
- 2023年1月31日（2023年3月6日一部改訂）に川内1,2号機の要件整合報告書をATENAに提出し、ATENAによる要件整合確認結果（整合性に問題なし）が2023年3月14日に公開された。
- 川内1号機については、対策工事が完了し、2023年4月からデジタルCCF対策設備の使用を開始しており、川内2号機における対応方針は川内1号機と同様である。
- 今後、2023年6月中旬から7月上旬にかけてデジタルCCF対策工事に係る自主検査を実施し、7月中旬にはデジタルCCF対策設備の使用を開始する計画である。

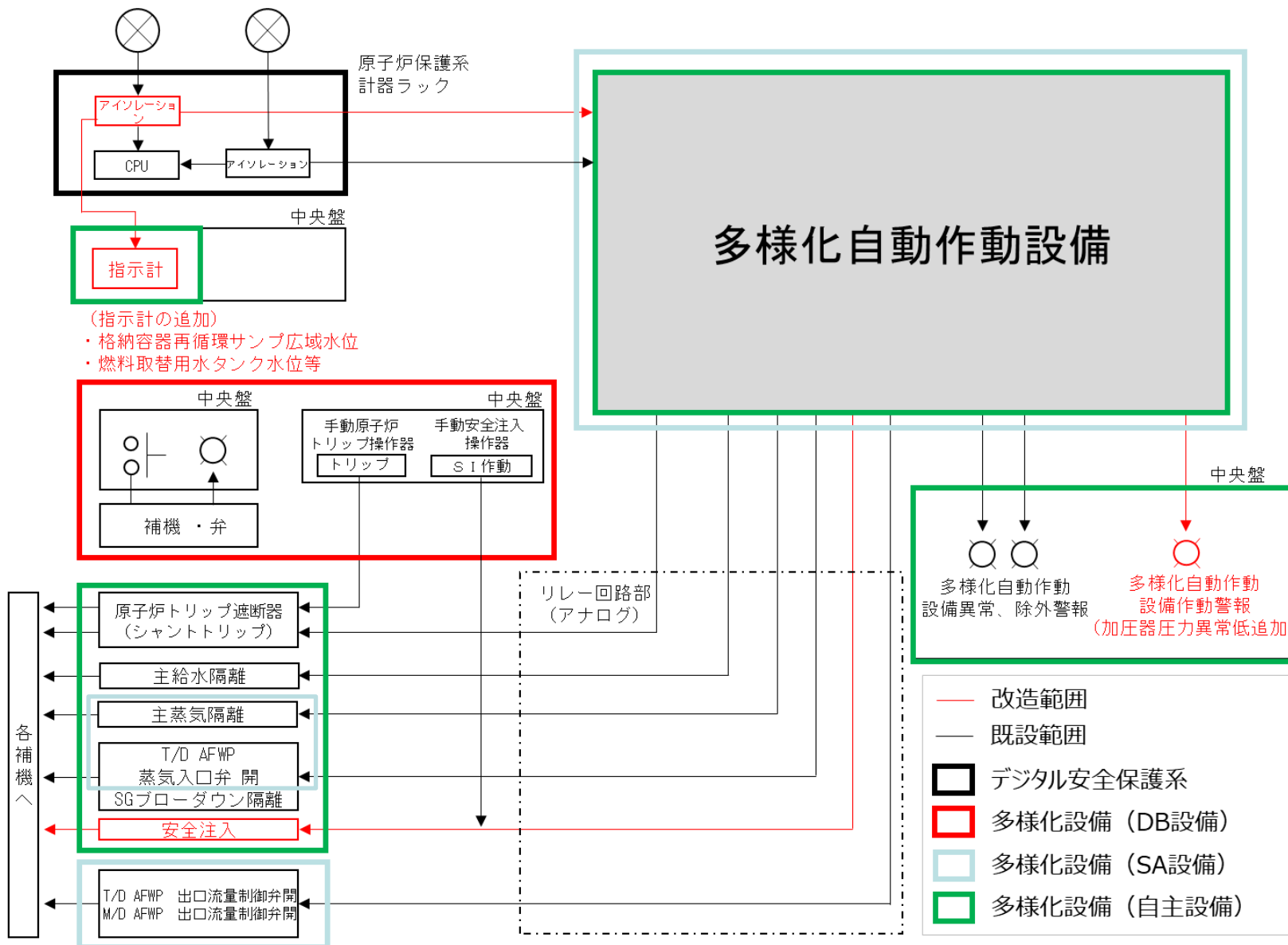
2. 川内2号機 多様化設備の概要 (1/2)



設備区分		自動機能	手動操作	指示計	警報
既設 流用	DB 設備	—	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ 主給水隔離 主蒸気隔離 補助給水起動/流量調節 高圧/低圧注入系起動 格納容器隔離 主蒸気逃がし弁全開/全閉 加圧器逃がし弁全開/全閉 	—	—
	SA 設備	<ul style="list-style-type: none"> 補助給水起動 主蒸気隔離 	—	—	—
	自主 設備	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ 主給水隔離 	—	<ul style="list-style-type: none"> 1次冷却材圧力 加圧器水位 主蒸気ライン圧力 蒸気発生器水位(狭域) 格納容器圧力 1次冷却材低温側温度(広域) 	<ul style="list-style-type: none"> 多様化設備作動 加圧器圧力低(原子炉トリップ等) 加圧器圧力高(原子炉トリップ等) 蒸気発生器水位低(原子炉トリップ等) 蒸気発生器水位異常高
新規 設置	自主 設備	①高圧/低圧注入系起動	—	<ul style="list-style-type: none"> ②中間領域中性子束 ③燃料取替用水タンク水位 ④格納容器再循環サンプ広域水位 	⑤加圧器圧力異常低(高圧/低圧注入系作動)

2. 川内2号機 多様化設備の工事概要 (2/2)

【多様化設備のシステム概略図】



3. 川内2号機 デジタル安全保護系への波及的影響防止について (1/2)

(1) 設備面

多様化設備からデジタル安全保護系への悪影響防止のため、電気的分離と物理的分離を行っている。

- 電気的分離：多様化設備とデジタル安全保護回路の電気的分離を図る観点から、信号の取り合い部分にはアイソレータ（絶縁回路）を設置している。
- 物理的分離：多様化設備とデジタル安全保護回路の物理的分離を図る観点から、多様化設備はデジタル安全保護系と独立して設置している。

(2) 機能面

- デジタル安全保護系が正常に動作した場合に、多様化設備が不必要に自動作動することのないよう、デジタル安全保護系が正常に作動したことを確認できる信号によって、多様化設備の作動をブロックする設計としている。（自動作動阻止機能）
 - ① 原子炉トリップしゃ断器が正常に動作した場合には、多様化設備による原子炉トリップ、主蒸気隔離、主給水隔離を自動的にブロックする。
 - ② 安全注入が正常に作動した場合には、多様化設備による安全注入を自動的にブロックする。
 - ③ 補助給水系が正常に作動した場合には、多様化設備による補助給水起動信号を自動的にブロックする。
 - ④ プラント起動停止時などに多様化設備の不要な作動を防止するために、多様化設備の手動ブロック操作器により多様化設備からの信号をバイパス可能とする。

3. 川内2号機 デジタル安全保護系への波及的影響防止について (2/2)

(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の重畳による事象として、**独立した手順書**を整備することで、確実な事象判別、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。

【技術要件書の要求内容】

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。

4. 川内2号機 自主検査の対象 (1/3)

技術要件書の要求項目に対して、自主検査で確認する主な対象を以下に示す。

(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
3.2 機能要求	自動作動機能（自動原子炉トリップ、自動安全注入作動他）、手動操作機能、警報機能、指示機能	<ul style="list-style-type: none"> ○特性検査 <ul style="list-style-type: none"> ・設定値確認検査 ・応答時間測定検査 ○機能及び性能に係る検査 <ul style="list-style-type: none"> ・ロジック検査 ・警報機能検査 ・指示計性能検査
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、表示灯他の仕様	
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	安全保護回路への波及的影響防止	<ul style="list-style-type: none"> ○状態確認検査 <ul style="list-style-type: none"> ・据付確認検査 ○機能及び性能に係る検査 <ul style="list-style-type: none"> ・ロジック検査
	耐環境性、耐震性、操作性、監視性 供給電源、設備の共用、試験可能性、 火災防護及び溢水防護、外的事象に対する防護、 操作性、監視性	—

4. 川内2号機 自主検査の対象 (2/3)

(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. 川内2号機 自主検査の対象 (3/3)

- (2) 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
手順書の整備後の運用に係る検査を自主検査の対象とする。

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
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。	○運用に係る検査 ・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	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。	○運用に係る検査 ・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. 川内2号機 自主検査の内容 (1/2)

(1) 検査内容

○ 検査項目、検査方法

検査項目	検査方法
特性検査	設定値確認検査 応答時間測定検査
機能及び性能に係る検査	ロジック検査 警報機能検査 指示計性能検査
状態確認検査	据付確認検査（アイソレーションカード等）
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：本店及び保修課

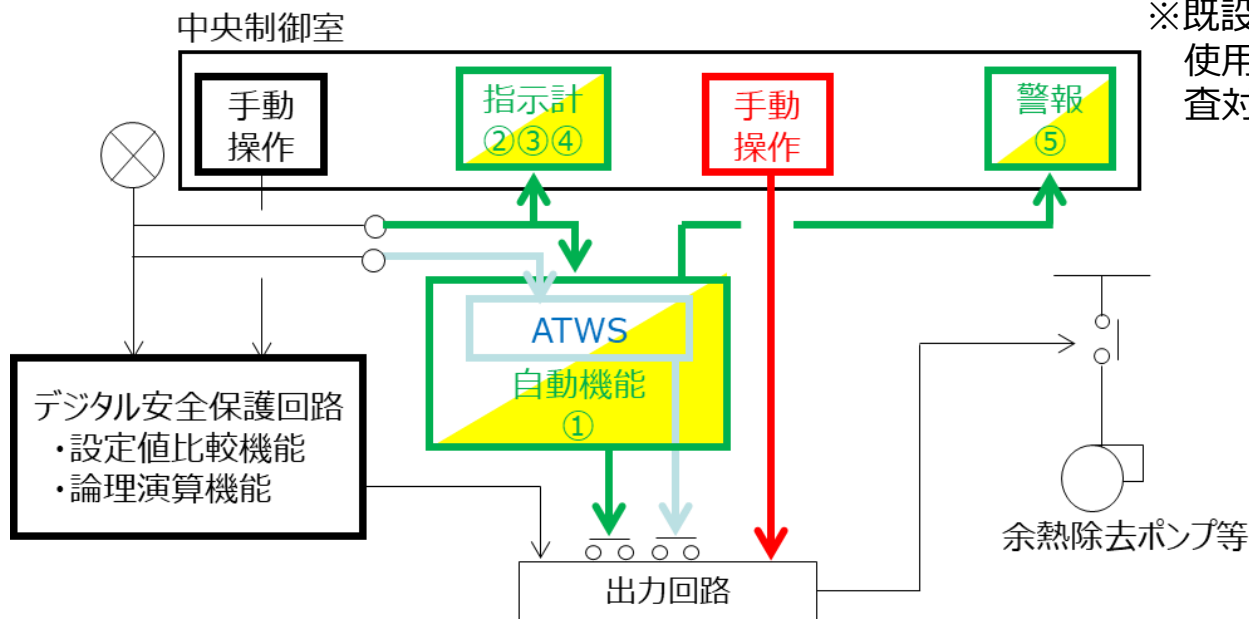
検査担当箇所：安全品質保証統括室

○ 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. 川内2号機 自主検査の内容 (2/2)

(3) 検査対象範囲

検査項目	検査方法※
特性検査	新規設置の多様化設備 既設設備の多様化設備 (DB設備、SA設備、自主設備)
機能及び性能に係る検査	
状態確認検査	アイソレーションカード等



※既設設備については、過去の使用前検査、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。

- アイソレータ (電气的分離)
- ○ リレー回路 (電气的分離)
- デジタル安全保護系
- 多様化設備 (DB設備)
- 多様化設備 (SA設備)
- 多様化設備 (自主設備)
- 新規設置 (既設設備に追加)

6. 川内2号機 多様化設備の運用開始後の管理体制等 (1/2)

(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。(保守基準)
 - ・ 点検計画 (保全重要度、点検頻度、点検方法)
 - ・ 「重大事故等安全停止回路機能検査」と同等の特性試験、機能・性能試験を実施する。

(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。(運転基準、教育・訓練基準)

(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。(技術基準)
 - ・ 保守依頼票にて対応を行い以下の処置を行う。
 - ・ 多様化設備の故障箇所がSA要求機能と切り分けできない場合は、SA設備の保安規定に従い対応する。
 - ・ 故障時に早期復旧できない場合は、目視点検により本設設備であるデジタル安全保護系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。

6. 川内2号機 多様化設備の運用開始後の管理体制等 (2/2)

保全計画、手順書の整備および教育・訓練、故障時の対応ならびに管理体制に係る文書体系を以下に示す。

