

# デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因 故障対策の自律的対応について

## 川内1号機の対応結果と振り返り

2023年 7月25日  
原子力エネルギー協議会

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。

1. はじめに
2. 川内 1 号機で行った対応
3. ATENAによる川内 1 号機の確認結果
4. 川内 1 号機の振り返り
5. 川内 1 号機の評価と今後の進め方
6. 後続プラントの対応状況
  - (添付1-1) 川内 1,2号機 要件整合報告書 (詳細設計)
  - (添付1-2) 川内 1,2号機 要件整合確認書 (詳細設計)
  - (添付2) 川内 1 号機 要件整合確認書 (手順書)
  - (添付3) 川内 1 号機 工事・検査完了確認書
  - (添付4) ATENAの確認要領 (マニュアル)
  - (添付5-1) 柏崎刈羽7号機 要件整合報告書 (詳細設計)
  - (添付5-2) 柏崎刈羽7号機 要件整合確認書 (詳細設計)
  - (添付6) 柏崎刈羽7号機 要件整合確認書 (手順書)

- (1) 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。）の自律的対応について、最早プラントの川内1号機は、ATENAによる要件整合確認（詳細設計）、要件整合確認（手順書）及び工事・検査完了確認が完了し、2023年4月19日から対策設備の使用を開始した。
- (2) 川内1号機では、第6回（2023年2月17日）及び第7回（2023年3月20日）の公開会合（発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策等に関する検討チーム）を踏まえ、追加対応を行ったことから、今回、川内1号機で行った対応とその振り返りについて説明する。
- (3) 川内2号機は、川内1号機と同様の対応を行い、2023年3月9日にATENAによる要件整合確認（詳細設計）、2023年7月5日にATENAによる要件整合確認（手順書）、2023年7月12日にATENAによる工事・検査完了確認が完了し、2023年7月14日に対策設備の使用を開始した。
- (4) 柏崎刈羽7号機は、2023年6月20日にATENAによる要件整合確認（詳細設計）、2023年7月14日にATENAによる要件整合確認（手順書）が完了し、2023年7月20日に検査を開始した。

ATENAは、第6回及び第7回公開会合を踏まえ、P6に示す「図1 デジタルCCF対策に係る安全対策の基本フロー」に基づき、川内1号機に対し、以下の対応を行った。

### (1) ATENAが事業者に要求した対応

#### ① 要件整合報告（詳細設計）

事業者は、技術要件書「3. 多様化設備要件」及び「4. 有効性評価」の要求事項について、要件整合報告書(詳細設計)を提出すること。

#### ② 要件整合報告（手順書）

事業者は、技術要件書「5. 手順書の整備と教育及び訓練の実施」の要求事項について、要件整合報告書(手順書)を提出すること。

#### ③ 事業者自主検査

事業者は、工事完了後に実施する事業者自主検査を、使用前事業者検査と同等の内容及び体制にて実施し、検査記録を提出すること。

#### ④ 運用開始後の管理体制

事業者は、デジタルCCF対策に係る保全計画、手順書、教育訓練、故障時の措置等について、保安規定に基づく規定文書及び保安管理体制で管理し、管理文書を提出すること。

#### ⑤ 品質保証体制

事業者は、設計管理について、設工認対象の工事と同等のプロセスで管理し、管理記録を提出すること。

### (2) ATENAによる確認

ATENAは、以下の確認を行った。(詳細は、「3. ATENAによる川内1号機の確認結果」に示す。)

- ① 要件整合確認 (詳細設計)
- ② 要件整合確認 (手順書)
- ③ 工事・検査完了確認

### (3) ATENAによるプロセス管理

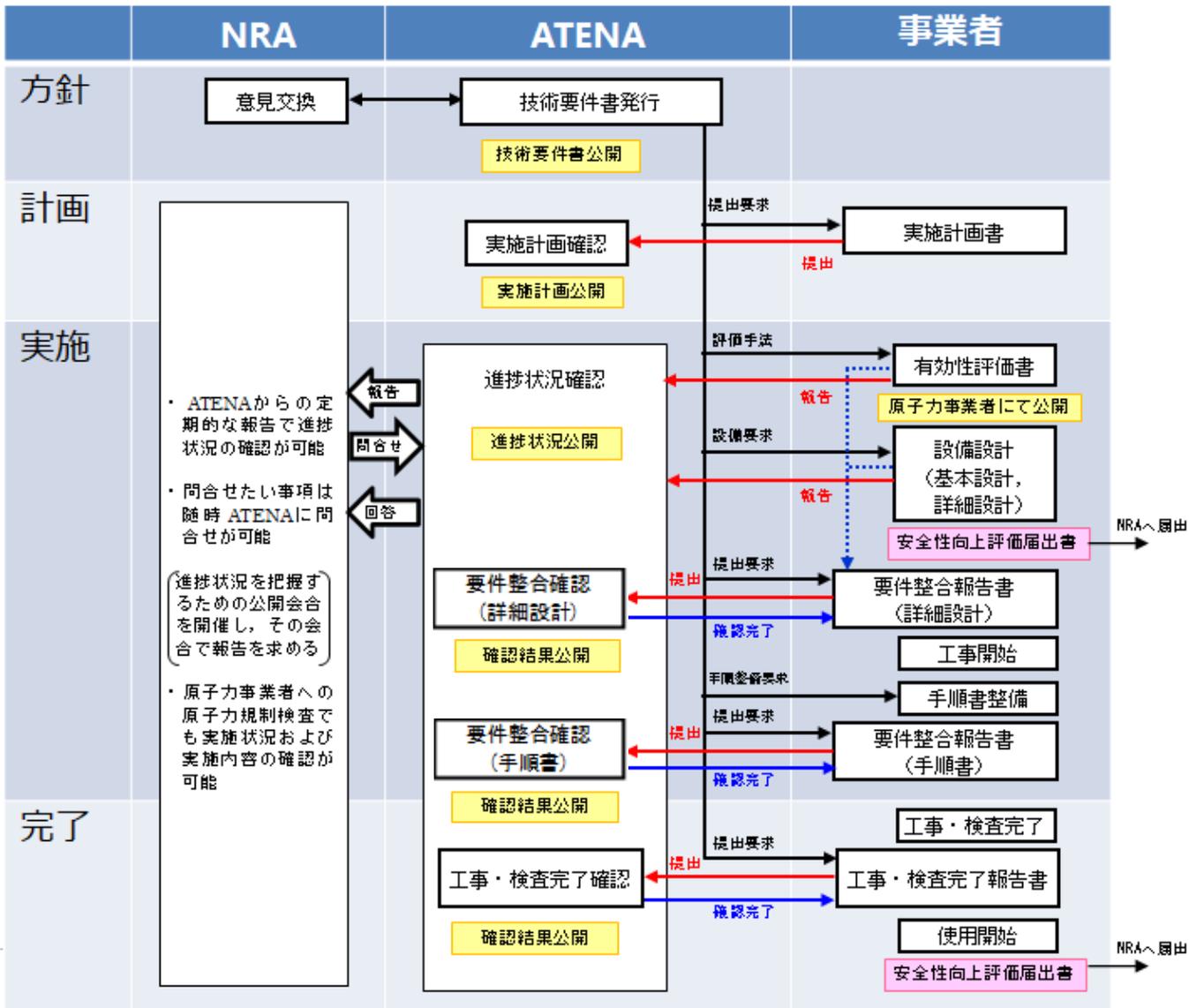
ATENAは、以下の通り事業者のプロセスを管理した。

- ① ATENAは、ATENAの要件整合確認 (詳細設計) を完了し、確認結果を事業者  
に通知するとともに速やかに公開した。  
(川内1号機については、ATENAによる要件整合報告書 (詳細設計) の確認完了前に工事を開始していたため、工事  
完了及び検査開始はATENAによる確認完了の通知受領後とした。)
- ② ATENAは、事業者の対策設備の使用開始前までに、ATENAの要件整合確認  
(手順書) 及び工事・検査完了確認を完了し、確認結果を事業者に通知すると  
ともに速やかに公開した。  
事業者は、ATENAの確認結果の通知受領をもって、対策設備の使用を開始した。

- (4) ATENAによる「安全保護系への波及的影響の防止」検査への現場同席確認  
安全保護回路への波及的影響防止については、その重要性に鑑み、事業者自主検査にATENAが現場で同席して確認を行った。
- (5) ATENAによる確認結果の公開  
ATENAは、事業者の要件整合報告書（詳細設計）、要件整合報告書（手順書）及び工事・検査完了報告書を公開するとともに、これらの報告書に対するATENAの確認結果を取りまとめた確認書についても公開を行った。

# 図 1 デジタルCCF対策に係る安全対策の基本フロー

第7回公開会合(2023年3月20日)以降、基本方針に基づく対応フローを以下に見直した。



### 3. ATENAによる川内1号機の確認結果（1/19）

P6「（図1）デジタルCCF対策に係る安全対策の基本フロー」に基づき実施した各プロセスの完了実績を下表に示す。

プロセス	事業者の完了時期	ATENAの確認
有効性評価	2022年6月公開	実績確認
基本設計	2021年10月完了	実績確認
詳細設計	2023年2月完了	実績確認
要件整合報告（詳細設計）	2023年1月提出 2023年3月提出（改訂1）	2023年3月改訂指示 2023年3月確認・公開
要件整合報告（手順書）	2023年4月提出	2023年4月確認・公開
工事・検査完了報告	2023年2月工事開始※ 2023年4月提出	2023年4月確認・公開

※：ATENAによる要件整合報告書（詳細設計）の確認完了前に工事を開始していたため、工事完了及び検査開始はATENAによる確認完了の通知受領後とした。

### (1) 要件整合確認（詳細設計）

- ATENAは、2023年1月に九州電力（株）から川内1,2号機の要件整合報告書（詳細設計）を受領し、技術要件書の「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確認を行った。
- ATENAは、九州電力（株）に対して、技術要件書の「3.5.8 安全保護回路への波及的影響防止」の確認に係る設計図書追加提出を指示し、2023年3月に九州電力（株）は要件整合報告書（詳細設計）の改訂を行った。
- ATENAは、要件整合報告書（詳細設計）の改訂版の確認を行い、技術要件書の「3.5.8 安全保護回路への波及的影響防止」に関して、多様化設備は安全保護回路に対して隔離デバイス（アイソレーションカード等）による電氣的分離、及び異なる筐体に設備を収納する物理的分離を設計上考慮していることを確認した。
- ATENAは、技術要件書の各要求内容に対して全て整合していることを確認し、要件整合確認書（詳細設計）として取りまとめ、確認結果を2023年3月に公開した。  
【添付1－1】【添付1－2】

# 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (3/19)

## 【確認結果の概要 (例)】技術要件書の「3.多様化設備要件」の確認内容

✓ 下記の確認項目についてチェックシートを用いて確認した。(添付1-2、P10)

- ①技術要件書の要求事項が漏れなく摘出されていること。
- ②記載内容(概要)の欄に、具体的な設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求事項への整合性が明確になっていること。  
また、設計仕様や解析条件等が小項目に細分化されて記載されていること。
- ③要件整合判定が全て「○」で、かつ、その合理的な理由が記載されていること。
- ④エビデンスに上記②の欄の内容が具体的に記載されていること。
- ⑤多様化設備設計と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

ATENA確認箇所

ATENA確認結果

① ATENA技術要件書	② 記載内容(概要)	ソフトウェアCCF対策設備設計図書の要件整合性 ④		ATENA 確認結果					
		③ 要件整合性	⑤ 理由	設計図書	①	②	③	④	⑤
3.5.8 安全保護回路への多様化設備は、多様化設備の故障影響により安全保護回路の安全機能を喪失させない設計とすること。	波及的影響防止 多様化設備である共通要因故障対策設備は、共通要因故障対策設備の故障影響により安全保護系の安全機能が喪失しない設計とする。	○	安全保護回路と共通要因故障対策設備が部分的に設備を共用する場合には、共通要因故障対策設備の影響により安全保護機能を失わないように、安全保護回路は共通要因故障対策設備に対して隔離デバイス(アイソレータ等)による電氣的分離及び異なる筐体に設備を収納する等の物理的分離を考慮した設計であることを設計図書により確認した。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル安全保護系共通要因故障対策基本方針書 3.2章(40/56)</li> <li>・多様化設備基本設計方針書(川内1号機、川内2号機) 5.5章</li> <li>・原子炉保護系ブロック図(川内1号機、川内2号機)</li> <li>・多様化自動作動設備ブロック図(川内1号機、川内2号機)</li> <li>・炉外核計測装置機能ブロック線図(川内1号機、川内2号機)</li> <li>・安全保護系リレーラック展開接続図(川内1号機、川内2号機)</li> </ul>	✓	✓	✓	✓	✓

## 【確認結果の概要 (例)】技術要件書の「3.5.8 安全保護回路への波及的影響防止」

技術要件書目次

3.2 機能要求 3.5.8 安全保護回路への  
波及的影響防止



**【改定指示の内容】**  
実際に隔離デバイス  
(アイソレーションカード、リレー) が回路図  
に記載されていること  
を確認項目に追加す  
ること。

設計図書

基本方針書

多様化設備  
基本設計方針書

ファンクショナルダイヤグラム

補機インターロック線図

原子炉保護系  
ブロック図

多様化自動作動設備  
ブロック図

安全保護系補助リレーラック  
展開接続図

多様化設備に要求される以下の機能が記載されていることを確認。

- ・自動作動機能/手動操作機能
- ・警報機能/指示機能
- ・分離・独立 (波及的影響防止)

ロジック回路に多様化設備の自動安全注入作動、手動安全注入作動等のロジックが追加されていることを確認。

補機インターロックに多様化設備からの起動、停止信号が追加されていることを確認。

原子炉保護系の盤にアイソレーションカードが組み込まれていることを確認。

多様化設備の盤にアイソレーションカードが組み込まれていることを確認。

多様化設備と安全系の機器等がリレーを介して接続されていることを確認。

### 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (5/19)

【確認結果の概要 (例)】技術要件書の「3.5.8 安全保護回路への波及的影響防止」

✓ 隔離デバイス (アイソレーションカード) が回路図に記載されていることを確認した。(添付1-1、添-203)



# 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (6/19)

## 【確認結果の概要 (例)】技術要件書の「4.有効性評価」の確認内容

✓ 下記の確認項目についてチェックシートを用いて確認した。(添付1-2、P10)

- ①技術要件書の要求事項が漏れなく摘出されていること。
- ②記載内容(概要)の欄に、具体的な設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求事項への整合性が明確になっていること。  
また、設計仕様や解析条件等が小項目に細分化されて記載されていること。
- ③要件整合判定が全て「○」で、かつ、その合理的な理由が記載されていること。
- ④エビデンスに上記②の欄の内容が具体的に記載されていること。
- ⑤多様化設備設計と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

ATENA確認箇所

ATENA確認結果

① ATENA技術要件書	② 記載内容(概要)	③⑤ 要件整合性		④ 有効性評価図書	ATENA 確認結果					
		判定	理由		①	②	③	④	⑤	
4.4.2 解析で想定する現実的な条件等										
事象発生前のプラント初期条件は、設計値等に基づく現実的な値を用いること。その場合には、安全設計の妥当性確認に用いる安全解析における解析条件との差異及び根拠を明確にすること。	プラント初期条件及び設定根拠を、解析条件として示している。また、添付書類十解析と異なる条件を用いたものは、差異及び根拠を示している。	○	プラント初期条件及び設定根拠が示されている。	4.3 基本解析条件 (P.14) 4.4 運転時の異常な過渡変化 (各主要解析条件表) (P.23,P.24) 4.5 設計基準事故 (各主要解析条件表) (P.70,P.71) 添付1-1 (P.242,P.243) 添付1-2 (P.244,P.245)	✓	✓	✓	✓	✓	

# 3. ATENAによる川内 1号機の確認結果 (7/19)

## 【確認結果の概要 (例)】技術要件書の「4.4.2 解析で想定する現実的な条件等」

- ✓ 解析条件等が小項目に細分化されて記載されていることを確認した。
- ✓ プラント初期条件は、添付書類十解析又はSA有効性評価と同じ条件、あるいは現実的条件、もしくは事象進展を考慮した保守的条件としており、条件差の根拠が記載されていることを確認した。  
(添付1-1、添付3「4.有効性評価」における有効性評価図書P23)

ATENA確認箇所

表 4.4.1.1-1 主給水流量喪失+ソフトウェア OCF の主要解析条件 (1)  
(代表 3 ループプラント)

	添付書類十解析 (真実な過渡)	SA 有効性評価 (不確かさを考慮した ATES)	OCF 対策有効性評価	条件差の根拠 (添付書類十解析との差)
解析コード	WAVYEL	SPARKLE-2	同左	最適評価コードを使用。
評価項目	1 次系圧力 (加圧器水位) ※1	1 次系圧力	1 次系圧力 燃料健全性 (燃料被覆管温度)	判断基準に応じた評価を実施。燃料健全性は燃料被覆管温度の最大値にて確認。
施設運時点	サイクル初期	同左	同左	
事故条件	すべての蒸気発生器への 給水が停止	同左	同左	
初期条件	原子炉出力 (定格値+定常誤差)	同左	同左	
	1 次冷却材 平均温度 (定格温度+定常誤差)	同左	同左	
	原子炉圧力 (定格圧力+定常誤差)	15.63MPa[gage] (定格圧力+定常誤差)	同左	蒸気発生器水位低により原子炉トリップに至る結果であるため、原子炉圧力の観点でより厳しくなる正側の定常誤差を考慮。
実効遅発中性子割合	0.75 % (最大値)	同左	同左	
閉塞中性子寿命	21 μsec (最大値)	同左	同左	

※1 添付書類十解析としては原子炉圧力解析と加圧器水位解析があるが、OCF 対策有効性評価の対比として同じ評価項目となる原子炉圧力解析の条件を記載

#### (2) 要件整合確認（手順書）

○ATENAは、2023年4月に川内1号機の要件整合報告書（手順書）を受領し、以下の確認内容に基づき確認を行い、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、要件整合確認書（手順書）として取りまとめ、確認結果を2023年4月に公開した。

#### 【添付2】

技術要件書の要件	確認内容
5.1 手順書の整備	<ul style="list-style-type: none"><li>①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系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。</li><li>②所定の手順への移行の方法が明確になっていること。</li><li>③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。</li><li>④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。</li></ul>
5.2 教育及び訓練の実施	<ul style="list-style-type: none"><li>⑤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。</li></ul>

# 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (9/19)

## 【確認結果の概要 (例)】ATENA要件整合確認書 (手順書) の確認内容

✓ P14の確認内容①～⑤に基づき手順書の内容を確認した。(添付2、P5)

### ATENA確認結果

ATENA技術要件書	事業者の要件整合報告の内容			規定文書	ATENA確認結果 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
	要求内容	記載内容(概要)	要件整合性		
		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ための手順書を整備すること。</p>	<p>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。 ～以下略～</p>	○	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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自動作動設備の警報により認知できること。 ～中略～</li> <li>・「川内原子力発電所1号機及び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)」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。</li> </ul>	<p>運転基準(警報処置編)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・多様化自動作動設備作動(V-3-(8)原子炉盤G)</li> </ul> <p>運転基準(緊急処置編)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CCF時事故直後の操作及び事象判別(VI-4-(17)-a)</li> <li>・CCF時原子炉トリップ(VI-4-(17)-b)</li> <li>・CCF時1次冷却材喪失(VI-4-(17)-c)</li> <li>・CCF時2次冷却材喪失(VI-4-(17)-d)</li> <li>・CCF時蒸気発生器細管漏洩(VI-4-(17)-e)</li> </ul>	<p>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自動作動設備の自動動作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回事象を判別する手順が記載されていることを確認した。</p> <p>具体的には、ソフトウェアCCF事象発生時の認知及び起回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。</p> <p>【確認資料】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転基準(警報処置編)</li> <li>・運転基準(緊急処置編)</li> </ul>

ATENA確認箇所

#### 【確認結果の概要（例）】技術要件書の「5.1 手順書の整備」

- ✓ 手順書「緊急処置編（CCF時事故直後の操作及び事象判別）」に、ソフトウェアCCF事象の判断条件が記載されていることを確認した。

（添付2、添2-16）



#### 【確認結果の概要（例）】技術要件書の「5.1 手順書の整備」

- ✓ 手順書「緊急処置編（CCF時事故直後の操作及び事象判別）」に、認知する手段として多用化設備の指示計等が記載されていることを確認した。

（添付2、添2-22、42）

#### 【確認結果の概要（例）】技術要件書の「5.1 手順書の整備」

- ✓ 手順書「CCF時事故直後の操作及び事象判別」に、所定の手順への移行の方法（フロー図）が記載されていることを確認した。（添付2、添2-17、18）

## (3) 工事・検査完了確認

○ATENAは、2023年4月に川内1号機の工事・検査完了報告書を受領し、以下の確認内容に基づき確認を行い、設計から検査実施までの品質保証体制、及び運用開始後の管理体制が適切に管理されていること、並びに自主検査が適切に実施され全ての検査項目が判定基準を満足していることを確認し、工事・検査完了確認書として取りまとめ、確認結果を2023年4月に公開した。【添付3】

確認項目	確認内容	確認資料
品質保証体制	設計から検査実施までの品質保証体制について、設計及び工事計画認可申請／届出の対象の工事と同等のプロセスで管理されていることを確認する。	品質保証の計画及び記録
事業者自主検査結果	事業者自主検査の記録により、以下を確認する。 <ul style="list-style-type: none"><li>使用前事業者検査と同等のプロセスで検査項目、検査内容、検査対象範囲が選定されていること。</li><li>使用前事業者検査と同等の検査体制で実施されていること。</li><li>全ての検査項目について、判定基準を満足していること。</li></ul>	事業者自主検査の計画及び記録
運用開始後の管理体制	保全計画、手順書の整備と教育及び訓練、故障時の対応及び日常管理について、保安規定に基づく規定文書及び保安管理体制で管理することが規定されていること。	運用管理方針及び保安規定に基づく規定文書

- また、ATENAは、安全保護回路への波及的影響防止について、その重要性に鑑み、事業者自主検査に現場で同席して確認を行った。なお、ATENAによる指摘はなかった。  
その際、ATENAは、検査開始前に事業者に対し、ATENAから指摘があった場合には検査実施要領書の不適合管理に基づき対応する方針であることを口答で確認した。  
(なお、後続プラントでは、同方針が検査実施要領書又はオーソライズ資料に記載されていることを確認することとした。)
- 対策設備の使用開始に関して、事業者は、オーソライズ資料に、ATENAによる要件整合確認（手順書）及び工事・検査完了確認を経て対策設備の使用を開始すると定めていることを確認した。（P25）

## 【確認結果の概要（例）】品質保証体制

- ✓ オアソライズ資料「デジタル共通要因故障（CCF）対策工事実施にあたっての設計管理及び検査実施方法について」に、設計管理及び検査実施方法を定めていることを確認した。（添付3、添2-7）

## 【確認結果の概要 (例)】事業者自主検査結果

- ✓ 設計結果を踏まえた検査の網羅性を確認した適合性確認一覧表に従い、使用前事業者検査と同等のプロセスで検査項目、検査内容、検査対象範囲を選定し、自主検査実施要領書の検査整理表に整理されていることを確認した。(添付3、添2-130)



# 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (17/19)

## 【確認結果の概要 (例)】事業者自主検査結果

- ✓ ATENAは、安全保護回路への波及的影響防止について、その重要性に鑑み、事業者自主検査に現場で同席し、チェックシートを用いて確認を行った。(添付3、添3-6)

### ATENA確認結果

別紙2

確認日: 2023年3月28日

現場同席確認チェックシート兼確認記録 (1/2)

責任者: [Redacted]

【対象: 川内原子力発電所 1号機】

担当者: [Redacted]

添3-6

No.	確認内容	確認事項	チェック欄	記事欄※
①	使用前事業者検査と同等のプロセスで検査項目、検査対象が抽出されていること。	(1) 使用前事業者検査と同等のプロセスで検査要領書が審査・承認され、制定されていること。 (2) 「様式8」に基づく管理方法に相当する方法にて検査項目、検査対象が抽出されていること。	✓ ✓	・自主検査実施要領書 表紙 添付資料-1 検査整理表
②	使用前事業者検査と同等の検査体制で実施されていること。	(1) 検査担当箇所が、設計・工事箇所(本店及び保修課)とは独立した組織であること。	✓	・検査体制表(2023年3月28日実施分)
③	現場で同席したATENA確認チームから指摘があった場合は検査要領書の不適合管理に基づき対応する方針であること。	(1) ATENA確認チームから指摘があった場合、検査担当者は、検査実施責任者に不具合発生の連絡をするようになっていること。 (2) 検査実施責任者は、検査工程の進行を停止し、状況を確認するようになっていること。	✓ ✓	・自主検査実施要領書 添付資料-3 不適合管理 ・事業者は、ATENA確認チームの指摘があった場合についても、使用前事業者検査や空網事業者検査と同様に不適合管理に基づき対応することを確認した。

※: 確認に用いた文書、記録等を記載

## 【確認結果の概要（例）】運用開始後の管理体制

- ✓ 運用開始後の以下の項目について、保安規定に基づく規定文書及び保安管理体制で管理することが、オーソライズ資料（P25）で規定されていることを確認した。
  - (1) 運用開始後の保全計画について、「**保守基準**」に基づき、以下の管理を行うことを確認した。（添付3、添2-752）
    - 次回の定期事業者検査の開始までに、「**保全プログラム運用要領**」にて点検計画（保全重要度、点検頻度、試験項目）を定める方針であること。
    - 上記の試験項目について、「**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・性能試験を実施し、設備の健全性を確認すること。
  - (2) 今回整備した手順書を「**運転基準**」に定め、整備した手順書に基づく教育訓練の計画を「**教育訓練基準**」及び「**発電課教育訓練要領**」に定めていることを確認した。（添付3、添2-752）
  - (3) 多様化自動作動設備が故障等により機能喪失した場合について、「**技術基準**」等に基づき、管理を行うことを確認した。また、運用開始後の多様化自動作動設備の管理について定めた運用管理方針において、以下の方針を定めていることを確認した。（添付3、添2-752）
    - 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。
    - 多様化自動作動設備の故障個所がS A 要求機能と切り分けができない場合は、S A 設備の保安規定に従い対応する。
  - (4) 運用開始後の設備の日常管理について、**保守課**は「**保全プログラム運用要領**」に基づき、**発電課**は「**運転基準**」に基づき、通常の巡視点検に合わせて実施することを確認した。（添付3、添2-752）

### 3. ATENAによる川内1号機の確認結果 (19/19)

確認資料：オーソライズ資料「川内原子力発電所 デジタル共通要因故障対策設備の運用方針について」(添付3、添2-752)

## 4. 川内1号機の振り返り（1/5）

（1）川内1号機の実施内容に対するATENAの評価を以下に示す。

項目	実施内容	評価
要件整合確認 （詳細設計）	<ul style="list-style-type: none"><li>・事業者は川内1,2号機の要件整合報告書（詳細設計）をATENAに提出した。（2023年1月31日）</li><li>・ATENAは、同報告書には、記載の追加、充実及び適正化が必要と判断し、事業者に対して気付き事項12件を送付し、改訂版の提出を求めた。（2023年3月1日）</li><li>・事業者は、ATENAの気付き事項の反映を行い、改訂版をATENAに提出した。（2023年3月6日）</li><li>・ATENAは、有効性評価と詳細設計が、ATENAの技術要件書の要求内容に整合していることを確認し、確認結果を公開した。（2023年3月14日）</li></ul>	事業者の報告書に対する12件の気付き事項は、全て報告書の記載の適正化に関するもので、要求内容に違反するような重篤なもの無く、事業者はATENAが求めた対策を確実に実施できていた。また、ATENAが設計図書や有効性評価書を確認し、確認結果を公開することにより、透明性を確保できた。

## 4. 川内1号機の振り返り (2/5)

項目	実施内容	評価
要件整合確認 (手順書)	<ul style="list-style-type: none"><li>・事業者は、川内1号機要件整合報告書（手順書）をATENAに提出した。（2023年4月3日）</li><li>・ATENAは、手順書整備及び教育・訓練計画が技術要件書の要求内容に整合していることを確認し、確認結果を公開した。なお、ATENAの気付き事項は無かった。（2023年4月17日）</li></ul>	ATENAによる指摘は無く、事業者は適切に対応していた。ATENAが事業者の手順書や規定文書を確認し、確認結果を公開することにより、透明性を確保できた。
ATENAの現場同席確認	ATENAは、安全保護系への波及的影響防止に関して、隔離デバイス（アイソレーションカード等）による電气的分離等の確認に係る事業者自主検査に現場同席し、検査の実施状況を確認した。なお、現場同席確認においてATENAから指摘は無かった。（2023年3月28日）	ATENAによる指摘は無く、事業者は適切に対応していた。安全保護系への波及的影響の防止の検査は、安全上重要な確認であり、ATENAが現場で同席することにより、一層の確実性を担保した。また、ATENAが現場で確認し、確認結果を公開することにより、透明性を確保できた。

項目	実施内容	評価
<p>工事・検査完了確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者は、川内1号機の、設計から検査実施までの品質保証体制、事業者自主検査結果及び運用開始後の管理体制について、工事・検査完了報告書をATENAに提出した。(2023年4月10日)</li> <li>・ATENAは、以下の確認を行い、対策工事が適切に完了したことを確認し、確認結果を公開した。なお、気付き事項は無かった。(2023年4月17日)</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>①設計から検査実施までの品質保証体制について、設工認対象の工事と同等のプロセスで管理されている。</li> <li>②自主検査が使用前事業者検査と同等のプロセス及び検査体制で実施されており、全ての検査項目が判定基準を満足している。</li> <li>③保全計画、手順書の整備及び教育訓練、故障時の対応及び日常管理について、保安規定に基づく規定文書で管理される。</li> </ol>	<p>ATENAによる気付き事項は無く、事業者は適切に対応していた。 ATENAが検査記録や運用開始後の管理体制に関する規定文書を確認し、確認結果を公開することにより、透明性を確保できた。</p>

## 4. 川内1号機の振り返り (4/5)

項目	実施内容	評価
ATENAによるホールドポイント管理	<p>ATENAは、以下のホールドポイント管理を行った。</p> <p>①事業者の工事開始前までに、ATENAの要件整合確認（詳細設計）を完了する。 川内1号機は既に工事を開始していたことから、以下の対応を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ATENAは確認結果を事業者に通知した。 （2023年3月9日）</li><li>・事業者は、対策設備の工事完了及び検査開始をATENAによる確認完了の通知受領後とした。</li></ul> <p>②事業者の設備使用開始前までに、ATENAの要件整合確認（手順書）及び工事・検査完了確認を完了する。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ATENAは、確認結果を事業者に通知した。 （2023年4月14日）</li><li>・事業者は、ATENAの確認結果の通知をもって、対策設備の使用を開始した。（2023年4月19日）</li></ul>	<p>事業者は、ATENAから要件整合確認結果（手順書）及び工事・検査完了確認結果の通知を受領後に、対策設備の使用を開始する運用を構築できた。</p> <p>ATENAがこのプロセスの確認結果を公開することにより、透明性を確保できた。</p>

### （2）川内1号機の振り返りを踏まえたPDCA

#### ①確認要領への反映

川内1号機で実施したATENAの確認方法やプロセス管理方法について、事業者意見も踏まえ、ATENA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に関する実施状況等の確認要領」（マニュアル）に以下の内容を追加した。【添付4】

- ATENAが事業者に要求する追加対応
  - ・要件整合報告（手順書）
  - ・工事・検査完了報告
- ATENAによるプロセス管理
- ATENAによる「安全保護系への波及的影響の防止」検査への現場同席確認

今後も、後続プラントでの対応実績を踏まえ、必要の都度、確認要領の改定を行う。

#### ②技術要件書への反映

後続のPWRプラント、ABWRプラント及びBWRプラントの要件整合確認（詳細設計）、要件整合確認（手順書）及び工事・検査完了確認の結果を踏まえ、今後継続的にATENA-WGにおいて気付き事項を抽出し、技術要件書への反映について検討を行う。

- (1) 川内1号機のプロセス全般に対して振り返りを行った結果、以下の評価結果を得た。
- ①事業者は、ATENAが求めたデジタルCCF対策を確実に実施できていた。
  - ②事業者の実施内容に対するATENAの確認結果を公開することにより、事業者の取り組みについて、外部の者への透明性が高まった。
  - ③安全保護系への波及的影響の防止については、その重要性に鑑み、ATENAが事業者自主検査へ同席し確認することで、一層の確実性を担保した。
- 以上から、川内1号機で行った全ての対応について、今後も継続することとした。
- (2) ATENAが設計図書、検査記録、社内規定等を確認し、確認結果を公開することにより、事業者の自律的な取り組みが適切に行われていることの透明性を高める運用を開始した。これらの活動を今後も継続する。  
なお、第三者機関を活用することも、今後検討する。
- (3) ATENAは、各事業者の工事開始、検査開始及び使用開始を年月ベースで把握し、工程管理をATENAと事業者で確実に行う運用を開始した。また、ATENAは、「事業者はATENAの確認がなければ工事開始や設備使用開始に進まないこと」を、ホールドポイントを設けて管理する運用を開始した。これらの活動を今後も継続する。

川内 2 号機及び柏崎刈羽 7 号機においても、川内 1 号機と同様の対応を行っている。

### (1) 川内 2 号機

#### ①多様化設備の概要（P33 図2）

自動作動機能、手動操作機能、指示機能、警報機能を有する多様化設備を設置した。  
川内 1 号機と同じであり相違点はない。

#### ②対応状況

	事業者の完了時期	ATENAの確認
要件整合報告（詳細設計）	2023年1月提出 2023年3月提出（改訂1）	2023年3月改訂指示 2023年3月確認・公開
要件整合報告（手順書）	2023年7月提出	2023年7月確認・公開
工事・検査完了報告	2023年5月工事開始 2023年7月提出	2023年7月確認・公開

### ③ATENAによる確認結果

#### ◆ 要件整合確認（詳細設計）

- ✓ 川内1,2号機として要件整合確認を行っており、川内1号機との相違点はない。
- ✓ 波及的影響に関する確認として、事業者に対して、要件整合報告書（詳細設計）の改訂を指示し、隔離デバイス（アイソレーションカード等）が回路図に記載されていることを確認した。

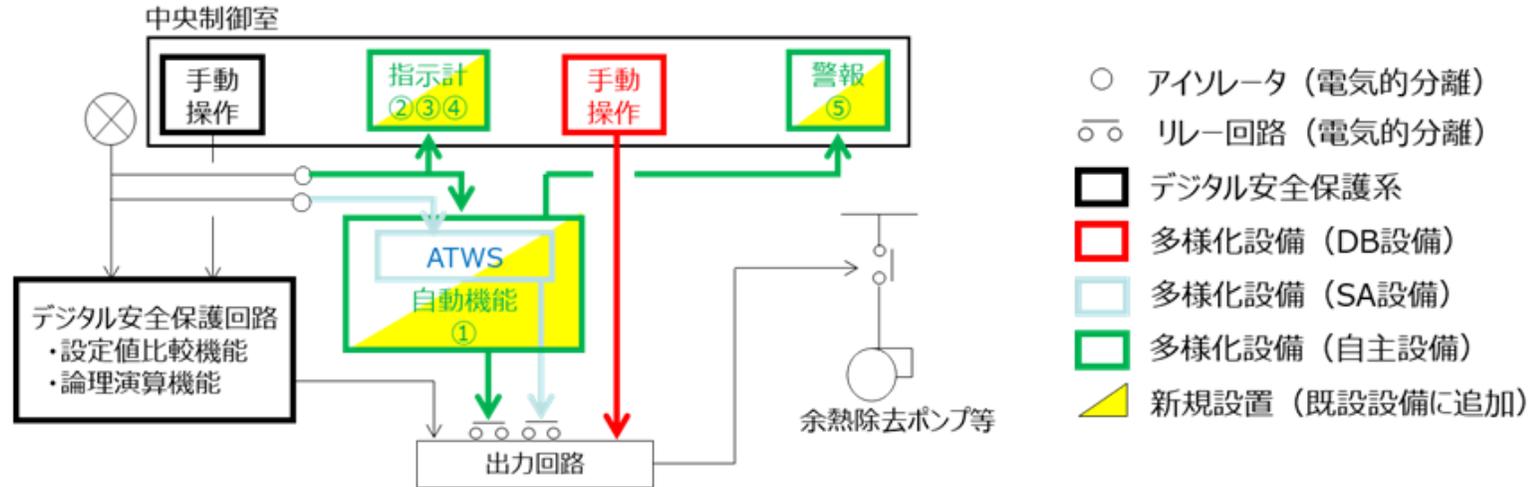
#### ◆ 要件整合確認（手順書）

- ✓ 川内1号機と同様に手順書が整備され、教育訓練計画に基づき教育及び訓練が実施されることを確認した。[川内1号機との相違点はない。](#)

#### ◆ 工事・検査完了確認

- ✓ 川内1号機と同様に、設計から検査実施までの品質保証体制、及び運用開始後の管理体制が適切に管理されていること、並びに自主検査が適切に実施され全ての検査項目が判定基準を満足していることを確認した。
- ✓ [川内1号機との相違点として](#)、「安全保護系への波及的影響の防止」に係る事業者自主検査へのATENA又は第3者機関の現場同席における指摘・気付き事項があった場合の不適合管理について、オーソライズ資料に記載されていることを確認した。

# 図2 デジタルCCF対策の概要 (川内2号機)



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

### (2) 柏崎刈羽 7号機

#### ①多様化設備の概要 (P36 図3)

自動作動機能、手動操作機能、指示機能、警報機能を有する多様化設備を設置した。

#### ②対応状況

	事業者の完了時期	ATENAの確認
要件整合報告 (詳細設計)	2023年1月提出 2023年6月提出 (改訂1)	2023年5月改訂指示 2023年6月確認・公開
要件整合報告 (手順書)	2023年7月提出	2023年7月確認・公開
工事・検査完了報告	2022年7月工事開始※ 2023年8月提出予定	2023年8月確認・公開予定

※：ATENAによる要件整合報告書 (詳細設計) の確認完了前に工事を開始していたため、工事完了及び検査開始はATENAによる確認完了の通知受領後とした。

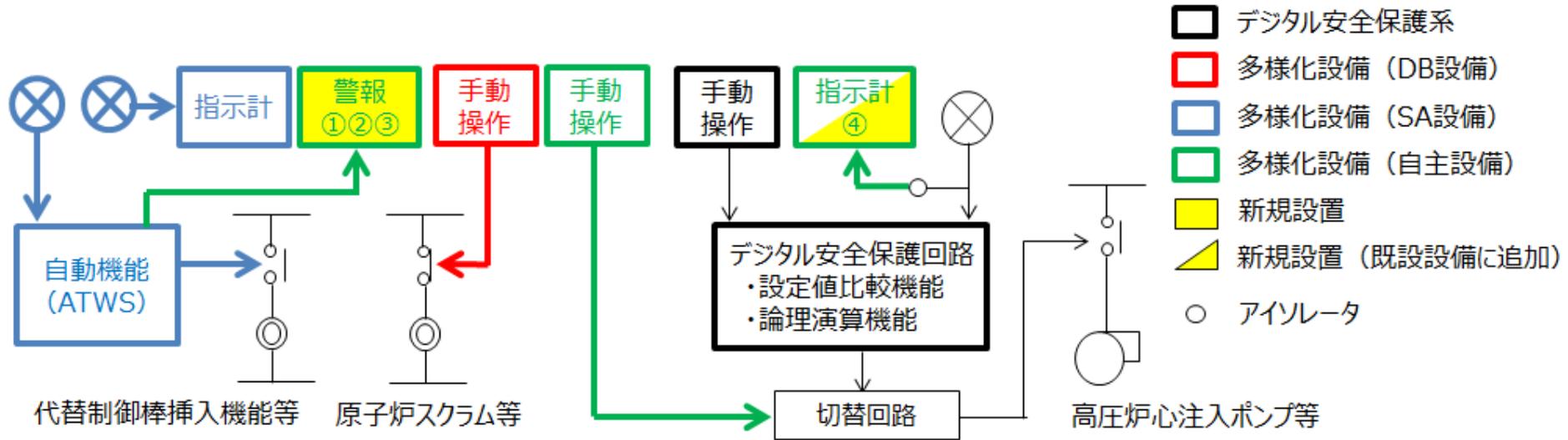
### ③ ATENAによる確認結果

#### ◆ 要件整合確認 (詳細設計)

- ✓ 川内 1 号機と同様の確認項目について確認を行い、技術要件書の「3. 多様化設備要件」及び「4. 有効性評価」の各要求内容に対して全て整合していることを確認し、要件整合確認書 (詳細設計) として取りまとめ、確認結果を2023年6月に公開した。【添付 5-1】【添付 5-2】
- ✓ 波及的影響に関する確認として、事業者に対して、要件整合報告書 (詳細設計) の改訂を指示し、隔離デバイス (アイソレーションカード等) が回路図に記載されていることを確認した。
- ✓ 川内 1 号機との相違点として、ATENAが事業者に通知した報告書の記載内容に関する気付き事項と事業者からの回答をATENAの要件整合確認書 (詳細設計) に添付して公開した。【添付 5-2】

#### ◆ 要件整合確認 (手順書)

- ✓ 川内 1 号機と同様に手順書が整備され、教育訓練計画に基づき教育及び訓練が実施されることを確認し、要件整合確認書 (手順書) として取りまとめ、確認結果を2023年7月に公開した。【添付 6】
- ✓ 川内 1 号機との相違点として、CCF事象判断後、川内 1 号機は「事象ベース」の事故時操作手順書に移行するのに対し、柏崎刈羽 7 号機は「徴候ベース」の事故時操作手順書に移行することとなっている。(PWRとBWRの相違)



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

### (3) 後続プラントの対応について

#### ◆ PWRプラント

主な対策は川内1号機と同じであり、事業者及びATENAは、川内1号機と同様の対応を行う。

#### ◆ ABWRプラント

主な対策は柏崎刈羽7号機と同じであり、事業者及びATENAは、柏崎刈羽7号機と同様の対応を行う。

#### ◆ BWR5プラント

- ✓ BWR5プラントの安全保護回路は、放射線モニタ、中性子計装、温度計装にソフトウェアが使用され、その他はアナログ機器で構成されている。
- ✓ 技術要件書「3.1設置要求」では、運転時の異常な過渡変化や設計基準事故が発生し、かつ安全保護回路の一部がソフトウェアにより作動するものがある場合で、当該ソフトウェアが機能しない場合を想定しても、他の安全保護回路の安全機能が作動することにより設計基準事故の判断基準を概ね満足することが有効性評価により確認できる場合には、多様化設備を設けなくてもよいこととしている。
- ✓ 事業者は、有効性評価により多様化設備の設置が不要であることを、今後、要件整合報告書（詳細設計）に取りまとめ、ATENAに提出する。ATENAは、受領した報告書の確認完了後に確認結果を公開するとともにNRAへ報告を行う。（2023年度：島根2号機、女川2号機）
- ✓ 多様化設備の設置が不要であっても、手順書の整備、教育・訓練の実施が必要となる場合、事業者は、運用に係る事業者自主検査を実施する。また、要件整合報告書（手順書）と検査完了報告書をATENAに提出する。ATENAは、受領した報告書の確認完了後に確認結果を公開するとともにNRAへ報告を行う。

## 6. 後続プラントの対応状況（6/6）

- (4) 今後、2023年度に工事開始するプラントのスケジュール  
2023年7月20日確認時点のスケジュールを下表に示す。

プラント	要件整合報告 (詳細設計)	工事開始	検査開始
大飯4号機	2023年1月提出済 2023年4月改訂版提出済	2023年9月	2023年10月
高浜3号機	2023年4月提出済	2023年9月	2023年11月
美浜3号機	2023年8月	2023年11月	2023年12月
玄海3号機	2023年9月	2023年11月	2023年12月
高浜4号機	2023年4月提出済	2023年12月	2024年3月
大飯3号機	2023年1月提出済 2023年4月改訂版提出済	2024年2月	2024年3月
玄海4号機	2024年1月	2024年3月	2024年5月

**川内原子力発電所 1 号機及び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)**

**別冊資料参照**

**川内原子力発電所 1 号機及び 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  
に関する要件整合確認書 (詳細設計)**

**別冊資料参照**

**川内原子力発電所1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)**

**別冊資料参照**

**川内原子力発電所1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  
に関する工事・検査完了確認書**

**別冊資料参照**

**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  
実施状況等の確認要領**

**別冊資料参照**

**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緩和対策  
に関する要件整合報告書 (詳細設計)**

**別冊資料参照**

**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緩和対策  
に関する要件整合確認書 (詳細設計)**

**別冊資料参照**

**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緩和対策  
に関する要件整合確認書 (手順書)**

**別冊資料参照**