

柏崎刈羽原子力発電所 6 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)

2024年 2月 8日

原子力エネルギー協議会

1. はじめに

東京電力ホールディングス(株)は、柏崎刈羽原子力発電所 6 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。)に係る安全対策のうち基本設計、詳細設計及び有効性評価について、技術要件書*の「3. 多様化設備要件」及び「4. 有効性評価」の各要求内容に整合しているかの確認を行い、2024 年 2 月 1 日に「柏崎刈羽原子力発電所 6 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。)」を ATENA に提出した。

ATENA は、受領した要件整合報告書(詳細設計)の確認を行い、確認結果を本要件整合確認書(詳細設計)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.1)

2. 確認方法

要件整合確認(詳細設計)は、技術要件書の各要求内容に対して下記の確認項目についてチェックシート形式で確認を行った。

なお、今回の要件整合確認(詳細設計)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。

【確認項目】

- ① 技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
- ② 記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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 多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

3. 要件整合確認結果

(1)「3. 多様化設備要件」

多様化設備に対する要件整合性について、以下に示す技術要件書の各要求内容に対して、要件整合報告書(詳細設計)及び各設計図書の記載内容を確認した結果、全ての要求内容に対して整合していることを確認した。

なお、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、多様化設備はデジタル安全保護回路に対して隔離デバイス(アイソレータ等)による電氣的分離又は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。

各要求内容に対する確認結果については表 1 に示す。

【技術要件書の各要求内容】

- 3.1 設置要求
- 3.2 機能要求
- 3.3 多様化設備の範囲
- 3.4 設計基本方針
- 3.5 多様化設備への要求事項

(2)「4. 有効性評価」

有効性評価に対する要件整合性について、以下に示す技術要件書の各要求内容に対して、要件整合報告書(詳細設計)及び有効性評価図書の記載内容を確認した結果、全ての要求内容に対して整合していることを確認した。

各要求内容に対する確認結果については表 2 に示す。

【技術要件書の各要求内容】

- 4.2 評価すべき事象
- 4.3 判断基準
- 4.4 解析に当たって考慮すべき事項

4. まとめ

要件整合報告書(詳細設計)の確認の結果、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た。

5. 添付資料

添付資料 1 要件整合確認(詳細設計)における確認体制及び確認フロー

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(記号) ○：整合性有 -：該当なし

ATENA 技術要件書 要求内容	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		設計図書	①	②	③	④	⑤	
		判定	理由							
3.1 設置要求										
デジタル安全保護回路を設ける場合には、代替機能を有する多様化設備を設置しなければならない。	デジタル安全保護回路の代替機能を有する、多様化設備を設置する。	○	デジタル安全保護回路がソフトウェアCCFによってその機能をすべて喪失し、かつ運転時の異常な過渡変化、又は設計基準事故が発生した場合でも設計基準事故の判断基準を概ね満足することができる設備を多様化設備として設けることを設計図書により確認した。 具体的な代替機能は 3.2 項にて、多様化設備の範囲は 3.3 項にて確認を行う。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 3.3章	✓	✓	✓	✓	✓	
ただし、ソフトウェアCCFが発生するおそれがない場合、若しくは運転時の異常な過渡変化又は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。	—	—	多様化設備を設置する計画であるため、考慮しない。	同上	—	—	—	—	—	

※確認要領：確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
3.2 機能要求									
多様化設備は、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、かつソフトウェアCCFにより安全機能が喪失した場合においても、設計基準事故の判断基準を概ね満足できるよう、原子炉停止系統、工学的安全施設等を自動、又は手動で作動させることができないなければならない。	<p>デジタル型安全保護回路がソフトウェアCCFによってその機能が全て喪失し、かつ運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生しても設計基準事故の判断基準を概ね満足することができる設備として多様化設備を設ける。</p> <p>多様化設備は、デジタル安全保護回路とは異なる動作原理により自動または手動で原子炉緊急停止系及び工学的安全施設等を作動させる機能及び警報機能、指示機能を設ける。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動作動機能 代替制御棒挿入 他 (別表1「多様化設備が有する自動作動機能一覧表」参照) ・手動操作機能 高圧炉心注水系起動 他 (別表2「多様化設備が有する手動操作機能一覧表」参照) ・警報機能 ARI作動(ハード) 他 (別表3「多様化設備が有する警報機能一覧表」参照) ・指示機能 原子炉水位 原子炉圧力 他 (別表4「多様化設備が有する指示機能一覧表」参照) 	○	多様化設備はデジタル安全保護回路とは異なる動作原理により、原子炉緊急停止系、工学的安全施設等を自動又は手動で作動させる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"> ・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 3.4章,3.5章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.1章 ・原子炉緊急停止系 IBD ・原子炉隔離制御系 IBD ・苛酷事故対策設備 IBD ・再循環ポンプトリップ系 後備原子炉停止系 IBD ・大型表示盤重要警報回路 IBD 	✓	✓	✓	✓	✓
さらに、原子炉停止系統、工学的安全施設等を手動により作動させる場合には、運転員が必要な時間内に操作を開始し、判断基準を概ね満足した状態で事象を収束させることができるよう、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生時に安全保護機能動作の異常の発生を認知し、必要な操作の判断を行える機能を設ける。	原子炉緊急停止系、工学的安全施設等を手動により作動させる場合には、運転員が必要な時間内に操作を開始し、判断基準を概ね満足した状態で事象を収束させることができるよう、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生時に安全保護機能動作の異常の発生を認知し、必要な操作の判断を行える機能を設ける。	○	<p>異常な過渡変化または設計基準事故時にソフトウェアCCFが重畳した場合、デジタル安全保護回路は機能喪失し、原子炉緊急停止系及び工学的安全施設は作動せず、多様化設備のARIが作動し、ARI作動警報が発報する。これにより運転員は事象発生を認知し、定められた手順書により事象を判断し、必要な操作を実施する。</p> <p>運転員が必要な時間内に手動操作を開始し、判断基準を概ね満足した状態で事象を収束させることができることの確認は4項で行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 3.4章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.1章 	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(記号) ○：整合性有 -：該当なし

ATENA 技術要件書 要求内容	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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
3.3 多様化設備の範囲 多様化設備の範囲は、3.2 機能要求を達成するために必要となる、検出器、操作スイッチ、論理回路、指示計・警報等の計測制御設備とする。 この計測制御設備の構成要素は、3.5 多様化設備への要求事項を満足する限り、デジタル安全保護回路のソフトウェアCCF影響緩和対策として設けた設備以外の設備(安全保護回路の検出器及び操作スイッチ、重大事故等対処設備等)も多様化設備として用いることができる。 また、多様化設備の範囲は、安全保護回路のデジタル化の範囲等により異なるため、多様化設備としてどの設備を選定したか設計図書で明確にする。	多様化設備の範囲は以下の(1)～(5)である。 (1)検出器 原子炉水位 原子炉圧力 ドライウェル圧力 復水貯蔵槽水位 HPCF(C)系統流量 (2)操作スイッチ 手動スクラム MSIV区分Ⅰ～Ⅳ手動隔離 主蒸気内側/外側隔離弁(A)～(D) CUW吸込ライン内側隔離弁操作スイッチ RCIC蒸気ライン内側隔離弁操作スイッチ HPCFポンプ(C)操作スイッチ HPCF S/P側吸込隔離弁(C)操作スイッチ HPCF 注入隔離弁(C)操作スイッチ HPCF最小流量バイパス弁(C)操作スイッチ (3)論理回路 代替制御棒挿入 代替冷却材再循環ポンプ・トリップ (4)指示計 原子炉水位 原子炉圧力 ドライウェル圧力 復水貯蔵槽水位 HPCF(C)系統流量 上記(2)の弁、ポンプの状態表示 (5)警報 L-2(ハード) 原子炉圧力高高(ハード) ARI 作動(ハード)	○	多様化設備の範囲が明確に示されていることを設計図書で確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 3.5 章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.1 章 ・【技術検討書】デジタル安全保護回路のソフトウェアに起因する共通要因故障への対応方針について	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
 【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
3.4 設計基本方針									
デジタル安全保護回路は、十分に高い信頼度でソフトウェア設計がなされており、ソフトウェアCCFが発生する可能性は極めて小さく抑えられているため、多様化設備は、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、かつソフトウェアCCFにより安全機能が喪失するという設計基準を超える事象に対応する設備であることから、多様化設備に対しては、設計上、単一故障を考慮しない。 多様化設備は、設計上、火災・溢水あるいは外的影響(地震を除く)とソフトウェアCCFとの重畳を考慮しない。 多様化設備は、ソフトウェア CCF 発生時に安全保護回路の代替機能を有する設備であることから、耐環境性、耐震性、供給電源等は、安全保護回路と同等の条件で機能を発揮できる設計とする。	—	—	本項は基本設計方針を記載したものであるため、具体的な設計については「3.5多様化設備への要求事項」で確認した。 なお、多様化設備のうち既設の自主設備、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備を兼ねる設備については、機器仕様に変更がないため、既存設備状態を示す図書により確認した。	—	—	—	—	—	

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(記号) ○：整合性有 -：該当なし

ATENA 技術要件書 要求内容	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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
3.5 多様化設備への要求事項									
3.5.1 多重性									
多様化設備には、多重性は要求しない。	多様化設備は運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、かつソフトウェアCCFにより安全機能が喪失するという設計基準を超える事象に対応する設備であることから、設計上、単一故障を考慮しない。	○	多様化設備は単一故障を想定しないことから、多重性を要求していないことを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.1章	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.2 多様性									
多様化設備自体には、多様性は要求しない。	多様化設備自体には多様性を要求しない。	○	多様化設備自体には多様性を要求していないことを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.2章	✓	✓	✓	✓	✓
多様化設備は、ソフトウェアを用いた安全保護回路に対して多様性を有した設備とすること。なお、多様性を有した設備とは、アナログ設備等、ソフトウェアCCFによってデジタル安全保護回路と同時にその機能を喪失するおそれがないものをいう。	多様化設備はソフトウェアCCFによってデジタル安全保護回路と同時にその機能を喪失するおそれがないようアナログ設備のみで構成する。	○	多様化設備はソフトウェアを用いた安全保護回路に対して多様性を有するハード回路を用いた設計としていることを設計図書により確認した。	同上	✓	✓	✓	✓	✓
また、多様化設備に用いられるソフトウェア及びデジタル安全保護回路に用いられるソフトウェアにおいて、それらのソフトウェアに不具合が共通して内在する可能性がなく、かつその他ソフトウェアCCFが発生するおそれがないことが明らかである場合には、多様化設備にもソフトウェアを用いることができる。	—	—	ハード回路を用いた設計とする計画であるため、考慮しない。	同上	—	—	—	—	—
3.5.3 耐環境性									
多様化設備は、4. 有効性評価で対象とする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が重畳する状態で想定される環境条件において、その機能を発揮できる設計とすること。	多様化設備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が重畳した状態で想定される温度、湿度、放射線等の環境条件においても所定の機能が発揮できる設計とする。	○	多様化設備はソフトウェアCCFに運転時の異常な過渡変化、又は設計基準事故が重畳した場合での環境下においても所定の安全機能が果たせることを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.3章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.2章	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容									
3.5.4 耐震性									
多様化設備は、基準地震動Ssによる地震力に対し、機能維持する設計とすること。	多様化設備は基準地震動Ssに対し機能維持する設計とする。	○	多様化設備の内、設計基準対象設備及び重大事故等対処設備と共用しておらず、個別の耐震評価が必要なものについては基準地震動Ssに対して機能維持することを設計図書により確認した。 なお、要件整合報告後に行われる盤改造後に現地で耐震性の確認が必要なものは、自主検査において確認し、工事・検査完了報告にて報告する。	<ul style="list-style-type: none"> ・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.4 章 ・中央運転監視盤の耐震性についての計算書 ・格納容器補助盤の耐震性についての計算書 ・AM 用操作盤の耐震性についての計算書 ・ATWS 緩和設備制御盤の耐震性についての計算書 ・高圧代替注水系制御盤の耐震性についての計算書 ・運転監視補助盤の耐震性についての計算書 	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.5 供給電源									
多様化設備は、外部電源が利用できない場合においても、非常用電源系又は重大事故等対処設備電源系のどちらか一方から給電できる設計とすること。	多様化設備は外部電源が利用できない場合において、非常用電源系又は重大事故等対処設備電源系から給電できる設計とする。	○	外部電源が利用できない場合においても、非常用電源系又は重大事故等対処設備電源系である非常用交流電源設備、直流電源設備から給電される設計としていることを設計図書により確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.5 章 ・原子炉緊急停止系及び主蒸気隔離系 ECWD ・原子炉冷却材浄化系 ECWD ・原子炉隔離時冷却系 ECWD ・高圧炉心注水系 ECWD ・原子炉冷却材再循環系 ECWD ・高圧代替注水系 ECWD ・安全保護系デジタル化共通回路 ECWD ・格納容器計装及び不活性ガス系 ECWD ・原子炉系 計装 ECWD ・原子炉系 故障表示回路 ECWD ・直流電源分割 ECWD ・交流電源分割 ECWD 	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
判定		理由							
3.5.6 設備の共用									
多様化設備は、二以上の発電用原子炉施設において共用しない設計とすること。また、相互に接続しない設計とすること。	多様化設備は二以上の発電用原子炉施設にて共用及び相互接続しない設計とする。	○	二以上の発電用原子炉施設にて共用及び相互接続しないものとしていることを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.6章	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.7 試験可能性									
多様化設備は、原子炉の運転中又は停止中に、試験又は検査ができる設計とすること。	多様化設備は原子炉の運転中又は停止中に、模擬信号又は実動作によって機能が確認できる設計とする。	○	多様化設備は、模擬信号あるいは実動作によって設定値・ロジックなどの機能が確認できる設計としていることを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.7章	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.8 安全保護回路への波及的影響防止									
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。	多様化設備の故障等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。多様化設備と安全保護回路が部分的に設備を共用する場合には、電氣的・機能的に隔離又は分離した設計とする。	○	安全保護回路と多様化設備が部分的に設備を共用する場合には、多様化設備の影響により安全保護機能を失わないように、多様化設備が安全保護回路から隔離デバイス(アイソレータ等)により電氣的分離を、安全保護回路と多様化設備が部分的に設備を共用しない場合には、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。 また、隔離デバイスが安全保護系に属していることを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.8章 ・原子炉冷却材浄化系 ECWD ・原子炉隔離時冷却系 ECWD ・高圧炉心注水系 ECWD ・安全保護系デジタル化共通回路 ECWD ・原子炉系 IDS ・高圧炉心注水系 IDS	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.9 火災防護及び溢水防護									
多様化設備が、火災・溢水の影響を受けたとしても、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。	多様化設備が火災、溢水の影響を受けたとしても、安全保護回路の安全機能を喪失させない設計とする。	○	多様化設備が火災・溢水の影響を受けて機能喪失したとしても、多重性を有した安全保護回路のうち、多様化設備と部分的に設備を共用していない区分の回路があるため、安全保護回路の安全機能は喪失しない。 多様化設備は、実用上可能な限り不燃性または難燃性材料を使用し、内部火災等への耐性を可能な限り有する設計であることを、設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.9章 ・【技術検討書】デジタル安全保護回路のソフトウェアに起因する共通要因故障(ソフトウェア CCF)対策について (a-6), (b-6)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容									
3.5.10 外的事象に対する防護									
多様化設備は、想定される自然現象(地震を除く)、人為による事象、蒸気タービン、ポンプ、その他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物等に対して、多様化設備がそれらの影響を受けない設計とすること又は多様化設備がそれらの影響を受けたとしても、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。	多様化設備は想定される自然現象(地震を除く)、人為による事象、蒸気タービン、ポンプ、その他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物に対して、それらの影響を受けない設計とすること又は多様化設備がそれらの影響を受けたとしても、安全保護回路の安全機能を喪失させない設計とする。	○	発電所で考慮する自然現象及び外部人為事象等に対して、多様化設備の受ける影響評価を行った結果、これらの事象に対して多様化設備が影響を受けない、または影響を受けたとしても、安全保護回路の機能を喪失しないことを別表5「多様化設備の自然現象、外部人為事象等に対する影響評価整理表」により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.10章	✓	✓	✓	✓	✓
3.5.11 操作性									
多様化設備として手動操作設備が必要になる場合は、原子炉制御室に設置すること。	手動操作(そのための監視を含む)を要する多様化設備は、原則として中央制御室に設置する。	○	誤操作防止が図られたハード操作器及び表示を3.3項の操作スイッチ及び表示として中央制御室に設置する設計としていることを設計図書により確認した。	・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.11章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.3章 ・原子炉緊急停止系及び主蒸気隔離系 ECWD ・原子炉冷却材浄化系 ECWD ・原子炉隔離時冷却系 ECWD ・高圧炉心注水系 ECWD	✓	✓	✓	✓	✓
また、原子炉制御室に設置する場合には、誤操作防止を考慮した設計とするとともに、操作結果が確実に確認できるよう配慮した設計とすること。	また、中央制御室に設置する場合には、誤操作防止を考慮した設計とするとともに、操作結果が確実に確認できるよう配慮した設計とする。	○	同上	同上	✓	✓	✓	✓	✓
なお、有効性評価により、原子炉制御室以外での操作で対応可能であることが確認できた場合はこの限りではない。	-	-	ハード操作器は中央制御室に設置済みであるため考慮しない。	同上	-	-	-	-	-

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表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に関する要件整合確認結果
【対象：柏崎刈羽原子力発電所6号機（多様化設備要件）】

(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		設計図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容									
3.5.12 監視性									
多様化設備には、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が重畳した事象の発生を認知できる警報、事象の判定及び対応操作の判断に必要な監視設備を原子炉制御室に設置すること。	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が重畳した事象の発生を認知できる警報、事象の判定及び対応操作の判断に必要な監視設備を中央制御室に設置する。	○	事象の発生を認知できる警報、事象の判定及び対応操作の判断に必要な3.3項の指示計及び警報を中央制御室に設置することを設計図書により確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・【技術メモ】KK6 多様化設備の範囲及び要求事項について 4.12章 ・柏崎刈羽原子力発電所6,7号炉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対策設備について 3.1章 ・原子炉緊急停止系及び主蒸気隔離系 ECWD ・原子炉冷却材浄化系 ECWD ・原子炉隔離時冷却系 ECWD ・高圧炉心注水系 ECWD ・原子炉冷却材再循環系 ECWD ・高圧代替注水系 ECWD ・安全保護系デジタル化共通回路 ECWD ・格納容器計装及び不活性ガス系 ECWD ・原子炉系 計装 ECWD ・原子炉系 故障表示回路 ECWD 	✓	✓	✓	✓	✓
また、多様化設備が自動で作動した場合には、その作動要因が原子炉制御室に表示される設計とすること。	また、多様化設備が自動で作動した場合には、その作動要因が中央制御室に表示される設計とする。	○	同上	同上	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
4.2 評価すべき事象									
運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の全事象を対象に評価。	多様化設備は安全保護回路の代替機能を有する設備であるため、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」の全事象を対象としている。	○	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の全事象を対象としている。	4.1 評価対象の整理 (P.4-1) 添付1 評価対象事象について (添付表 1-1, 1-2, 1-3)	✓	✓	✓	✓	✓
ソフトウェアCCFが同じ影響を与える事象はグルーピングすることができる。なお、グルーピングを行う場合は、代表シナリオの包絡性を確認し、その妥当性を示すこと。	ソフトウェアCCFの影響を踏まえグルーピングを行い、以下の事象を解析対象としている。 ○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 ・出力運転中の制御棒の異常な引き抜き ・主蒸気隔離弁の誤閉止 ・原子炉圧力制御系の故障 ・給水流量の全喪失 ○設計基準事故 ・原子炉冷却材喪失(原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化)(主蒸気管破断, 給水配管破断, RHR出口配管破断) ・原子炉冷却材流量の喪失 ・制御棒落下(反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化) 上記解析対象事象のうち、以下の事象を代表シナリオとして設定している。 ・主蒸気隔離弁の誤閉止 主蒸気隔離弁の誤閉止は、ソフトウェアCCFが重畳した場合において、負荷の喪失や外部電源喪失と比較して、再循環ポンプトリップタイミングが遅く、原子炉圧力上昇が最も高くなるため、圧力上昇過渡に分類される事象の代表シナリオとして選定する。 ・原子炉冷却材流量の喪失(APTA) APTAは、ソフトウェアCCFが重畳した場合において、流量急減事象に分類される事象のうち原子炉冷却材喪失以外の事象の代表シナリオとして選定する。 ・原子炉冷却材喪失(原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化)(主蒸気管破断, 給水配管破断, RHR出口配管破断) 主蒸気管破断, 給水配管破断, RHR出口配管破断は、ソフトウェアCCFが重畳した場合において、より破断面積が小さい原子炉冷却材喪失事象(LPFL配管破断, HPCF配管破断, ドレン配管破断)を包絡するため、代表シナリオとして選定する。	○	代表シナリオの包絡性を確認し、その妥当性を示している。	4.1 評価対象の整理 (P.4-1) 添付1 評価対象事象について	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
以下に該当する場合は解析を省略できる。									
・判断基準に対して影響の程度が軽微である事象	<p>以下の事象は判断基準に対して影響の程度が軽微であるため、解析を省略している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○運転時の異常な過渡変化 ・給水加熱喪失 ・原子炉冷却材流量制御系の誤動作 ・給水制御系の故障 ○設計基準事故 ・原子炉冷却材喪失(環境への放射性物質の異常な放出)(原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化) ・主蒸気管破断(環境への放射性物質の異常な放出) ・燃料集合体の落下 ・制御棒落下(環境への放射性物質の異常な放出) ・可燃性ガスの発生 ・動荷重の発生 <p>給水加熱喪失、原子炉冷却材流量制御系の誤動作、給水制御系の故障はいずれも、ソフトウェアCCFが重畳した場合において、主蒸気隔離弁閉に至らず、原子炉圧力上昇は緩やかなため、影響の程度は軽微として解析は省略する。</p> <p>原子炉冷却材喪失(環境への放射性物質の異常な放出)(原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化)は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、事象進展、緩和操作に対する影響の程度は軽微として解析を省略する。</p> <p>主蒸気管破断(環境への放射性物質の異常な放出)は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、現実的な評価条件を考慮することで判断基準を満足すると判断できることから、影響の程度は軽微として解析は省略する。</p> <p>燃料集合体の落下は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、現実的な評価条件を考慮することで判断基準を満足すると判断できることから、影響の程度は軽微として解析は省略する。</p> <p>制御棒落下(環境への放射性物質の異常な放出)は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、現実的な評価条件を考慮することで判断基準を満足すると判断できることから、影響の程度は軽微として解析は省略する。</p> <p>可燃性ガスの発生は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、現実的な評価条件を考慮することで判断基準を満足すると判断できることから、影響の程度は軽微として解析は省略する。</p> <p>動荷重の発生は、ソフトウェアCCFが重畳した場合においても、事象進展、緩和操作に対する影響の程度は軽微として解析は省略する。</p>	○	対象事象は判断基準に対して影響が軽微であることを示している。	4.1 評価対象の整理(P.4-1) 添付1 評価対象事象について(添付表 1-1, 添付表 1-3)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容 ・グルーピングしたグループ内の代表事象に包絡される事象	以下の事象は代表事象に包絡されるため、解析を省略する。 ・外部電源喪失及び負荷の喪失 外部電源喪失及び負荷の喪失は、代表事象と比較して、再循環ポンプトリップタイミングが早く、原子炉圧力上昇が低い傾向になるため、代表事象である主蒸気隔離弁の誤閉止に包絡される。 ・原子炉冷却材喪失(LPFL 配管破断, HPCF 配管破断, ドレン配管破断) より破断面積が大きい原子炉冷却材喪失(主蒸気管破断, 給水配管破断, RHR出口配管破断)に包絡される。	○	対象事象が代表事象に包絡されていることを示している。	4.1 評価対象の整理 (P.4-1) 添付1 評価対象事象について (添付表 1-1, 添付表 1-2)	✓	✓	✓	✓	✓
・デジタル安全保護回路の動作を期待しない事象	以下の事象はデジタル安全保護回路の動作を期待しないため、解析を省略する。 ・原子炉冷却材流量の部分喪失 ・放射性気体廃棄物処理施設の破損	○	対象事象がデジタル安全保護回路の動作に期待していないことを示している。	4.1 評価対象の整理 (P.4-1) 添付1 評価対象事象について (添付表 1-1, 添付表 1-3)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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※						
	要求内容	記載内容(概要)	要件整合性		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
判定			理由							
4.3 判断基準										
全事象に対して判断基準は設計基準事故において使用される判断基準を準用し、その判断基準を概ね満足することの確認を行う。	判断基準として「設置許可基準規則」第十三条第一項第二号を準用し、解析によりその判断基準を概ね満足することを確認している。	○	設計基準事故において使用される判断基準を準用し、解析結果は「設置許可基準規則」を概ね満足している。	4.2 判断基準 (P.4-1, 4-2) 5. 運転時の異常な過渡変化+ソフトウェアCCFの解析 (各表, 各図) 6. 設計基準事故+ソフトウェアCCFの解析 (各表, 各図) 7. まとめ (P.7-1)	✓	✓	✓	✓	✓	
設備の健全性が別途確認されている原子炉格納容器の限界圧力, 温度等の条件, 及び炉心の著しい損傷防止が達成できることを適切に確認できる他の判断基準を用いてもよい。	—	—	他の判断基準は使用していない。	—	—	—	—	—	—	—

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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※						
	要求内容	記載内容(概要)	要件整合性		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
判定			理由							
4.4 解析に当たって考慮すべき事項										
最適評価コードにより、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故に対する評価を行うこと。	最適評価コードであるTRAC系コードを使用し評価を実施している。	○	最適評価コードによる評価を実施している。	4.3 解析に当たって考慮する事項 (P.4-2) 4.4 解析に使用する計算プログラム (P.4-4～4-6)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
保守的評価によって解析した結果が余裕をもって判断基準を満足する場合には、保守的評価を採用してもよい。	—	—	従来より使用している保守的な評価コード(許認可解析コード)による評価は実施していない。	—	—	—	—	—	—	—
4.4.1 解析にあたって考慮する範囲										
有効性評価においては、事象発生前の状態として、通常運転範囲及び運転期間の全域を対象とすること。	サイクル期間中の炉心燃焼変化、燃料交換等による長期的な変動及び運転中に予想される運転状態を考慮し、全ての運転範囲及び運転期間を対象に解析条件を設定した。	○	全ての運転範囲及び運転期間を対象に解析条件を設定している。	4.3.1 解析にあたって考慮する範囲 (P.4-2) 4.5 解析条件 (表 4-3～表 4-8)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
解析は、想定した事象が、判断基準を概ね満足しながら、過渡状態が収束し、その後原子炉は支障なく安定状態へ移行できることが合理的に推定できる時点までを包含すること。	各事象の解析範囲は、事象発生から多様化設備の作動によって事象進展が収束しプラント状態が安定するまでを基本とし、安定状態へ支障なく移行できると合理的に推定できる時点までの解析結果(グラフ)を示している。	○	事象発生から、主要パラメータが判断基準を満足しながら、安定状態へ支障なく移行出来ると合理的に推定できる時点まで解析を実施している。	4.3.1 解析にあたって考慮する範囲 (P.4-2) 5. 運転時の異常な過渡変化+ソフトウェアCCFの解析 (各表、各図) 6. 設計基準事故+ソフトウェア CCF の解析 (各表、各図)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.4.2 解析で想定する現実的な条件等										
最適評価で想定する現実的な条件の例を以下に示す。										
・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。	解析条件として、解析のプラント初期条件と設定根拠及び安全設計の妥当性確認に用いる安全解析との差異を示している。	○	プラント初期条件及び設定根拠が示されている。	4.3.2 解析で想定する現実的な条件等 (P.4-2) 4.5 解析条件 (表 4-3, 表 4-5～表 4-8)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容 ・事象発生によって生じる外乱の程度, 炉心状態(出力分布, 反応度係数等), 機器の容量等は, 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。	事象発生による外乱の程度, 炉心状態, 機器の容量などの解析条件と設定根拠及び安全設計の妥当性確認に用いる安全解析との差異を示している。	○	解析条件及び根拠が示されている。	4.3.2 解析で想定する現実的な条件等 (P.4-2) 4.5 解析条件 (表 4-4~表 4-8)	✓	✓	✓	✓	✓
・作動設定点等については計装上の誤差は考慮しなくともよい。	自動作動を期待する設備の作動設定点として設計値を設定し, 解析条件として示している。	○	自動作動を期待する設備の動作条件として, 計装上の誤差を考慮しない, 設計値を設定している。	4.3.2 解析で想定する現実的な条件等 (P.4-2) 4.5 解析条件 (表 4-4~表 4-8)	✓	✓	✓	✓	✓
・誤操作が起因事象となる評価では, 運転手順に基づく現実的な操作条件を用いること。	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き解析においては, 保安規定に基づき作成された制御棒引抜操作手順を考慮し, 現実的な操作条件を想定した投入反応度としている。	○	運転操作手順に基づく現実的な投入反応度を考慮している。	4.3.2 解析で想定する現実的な条件等 (P.4-3) 4.5 解析条件 (表4-6) 5.1.1 原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き(P.5-1)	✓	✓	✓	✓	✓
4.4.3 安全系機能に対する仮定									
ソフトウェアCCF発生時のデジタル安全保護回路, 原子炉停止系統及び工学的安全施設を含む安全設備の作動状態については, 以下を仮定すること。									
・ソフトウェアCCFによりデジタル安全保護回路の機能が喪失し, 原子炉停止系統及び工学的安全施設が自動作動しない。	各事象においてデジタル安全保護回路の機能が喪失し原子炉停止系統及び工学的安全施設が動作しないことを解析条件として設定している。	○	ソフトウェアCCFによる機能喪失を解析条件に反映している。	4.3.3 安全系機能に対する仮定 (P.4-3) 4.5 解析条件 (表4-4~表4-6, 表4-8) 5. 運転時の異常な過渡変化+ソフトウェアCCFの解析 (各クロノロジー表) 6. 設計基準事故+ソフトウェアCCFの解析 (各クロノロジー表)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」, 該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に, 設備仕様や有効性評価結果が記載され, 要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容									
・デジタル安全保護回路を経由しない、自動起動信号又は運転員が事象の発生を認知した場合の手動起動信号により、原子炉停止系統及び工学的安全施設は作動可能とする。	各事象においてデジタル安全保護回路の機能が喪失し、動作しない原子炉停止系統及び工学的安全施設について、デジタル安全保護回路を経由しない、自動起動信号(代替制御棒挿入、代替再循環ポンプトリップ)及び手動操作(高圧炉心注水系)を解析条件として設定している。	○	デジタル安全保護回路を経由しない、自動起動信号(代替制御棒挿入、代替再循環ポンプトリップ)及びソフトウェアCCFによる機能喪失の対応操作として手動起動(高圧炉心注水系)を解析条件として反映している。	4.3.3 安全系機能に対する仮定(P.4-3) 4.5 解析条件(表4-4～表4-5, 表4-7) 5. 運転時の異常な過渡変化+ソフトウェアCCFの解析(各クロノロジー表) 6. 設計基準事故+ソフトウェアCCFの解析(各クロノロジー表)	✓	✓	✓	✓	✓
・自動起動信号又は運転員の手動操作による、最も確からしいプラント応答を評価するため、安全機能を有する機器の単一故障は想定しない。	各事象において、起因事象による影響を受けない、安全機能を有する機器の単一故障は想定していない。	○	起因事象の影響を受けない安全機能を有する機器の単一故障を解析条件としていない。	4.3.3 安全系機能に対する仮定(P.4-3) 4.5 解析条件(表4-5)	✓	✓	✓	✓	✓
・安全機能のサポート系(電源系、冷却系、空調系等)は、起因事象との従属性がなく、かつソフトウェアCCFの影響を受けない場合は、起因事象が発生する前の作動状態を維持する。	各事象において、起因事象との従属性がなく、かつソフトウェアCCFの影響を受けない安全機能のサポート系(電源系、冷却系、空調系等)は、起因事象が発生する前の作動状態を維持することを想定している。	○	必要な安全機能に対するサポート系について、起因事象及びソフトウェアCCFの影響を受けないことを確認している。	4.3.3 安全系機能に対する仮定(P.4-3) 添付4 多様化設備が作動させる設備に対するサポート系の機能確保	✓	✓	✓	✓	✓
4.4.4 常用系機能に対する仮定									
常用系設備の機能については、以下を仮定すること。									
・起因事象として外部電源の喪失を仮定する事象以外は、外部電源は利用可能とする。	起因事象が外部電源喪失以外の事象では外部電源喪失は仮定していない。	○	起因事象が外部電源喪失以外の事象では、解析条件において、外部電源喪失を仮定していない。	4.3.4 常用系機能に対する仮定(P.4-3) 4.5 解析条件(表4-5)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容									
・事象発生前から機能しており、かつ事象発生後も機能し続ける設備は、故障の仮定から除外する。	事象発生前から機能している常用系設備の機能喪失は仮定していない。	○	解析条件において、起因事象に関係しない常用系設備の機能喪失は仮定していない。	4.3.4 常用系機能に対する仮定 (P.4-3) 4.5 解析条件 (表4-4～表4-5) 6.3 環境への放射性物質の異常な放出 (P.6-15～P.6-16)	✓	✓	✓	✓	✓
・常用系機能の喪失が起因となる事象が前提である場合は、当該事象を評価する際にはその機能を期待しない。	常用系機能の喪失が前提となる事象では、当該常用系の機能には期待していない。	○	常用系機能の喪失が前提となる事象では、事象発生以降、その機能には期待していない。	4.3.4 常用系機能に対する仮定 (P.4-3)	✓	✓	✓	✓	✓
4.4.5 多様化設備に関連する条件									
多様化設備に関連する条件を以下に示す。									
(1) 機器条件									
・多様化設備がもつ緩和機能の有効性を確認する観点から、多重性を要求しない多様化設備の単一故障は想定しない。	多様化設備の単一故障は想定していない。	○	多重性が要求されない多様化設備の単一故障を想定していない。	4.3.5 多様化設備に関連する条件 (P.4-3) 4.5 解析条件 (表 4-5)	✓	✓	✓	✓	✓
・多様化設備がもつ緩和機能の有効性を確認する観点から、多様化設備が代替作動させる原子炉停止系統、工学的安全施設等の故障及び誤動作が起因となる事象は想定しない。	多様化設備が代替作動させる原子炉停止系統、工学的安全施設等は、そのサポート系が使用できない場合を除き、代替作動させる設備の故障及び誤動作は想定していない。	○	多様化設備が代替作動させる設備の故障及び誤動作が起因となる事象は想定していない。	4.3.5 多様化設備に関連する条件 (P.4-3)	✓	✓	✓	✓	✓
・多様化設備が作動させる原子炉停止系統、工学的安全施設等は、そのサポート系(電源系、冷却系、空調系等)が利用可能であることを確認し、使用できない場合原子炉停止系統、工学的安全施設等は利用できないものとする。	多様化設備が作動させる原子炉停止系統及び工学的安全施設等は、起因事象及びソフトウェアCCFが発生した状態において、そのサポート系が利用可能であることを確認し、その利用を前提として期待していることを記載している。	○	サポート系が起因事象及びソフトウェアCCFの影響を受けず利用可能であることを確認している。	4.3.5 多様化設備に関連する条件 (P.4-3) 添付 4 多様化設備が作動させる設備に対するサポート系の機能確保	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤	
		判定	理由							
要求内容										
(2) 操作条件										
・運転員による手動操作をソフトウェアCCF対策として期待することができる。ただし、有効性評価において運転員による手動操作を期待する場合には、原子炉制御室において運転員による事象の認知が可能であり、それに基づく操作手順書が整備され、運転操作訓練が適切に行われることによって、手動操作が適切に実施されることが前提となる。	事象に応じ、運転員による手動操作を期待しているが、多様化設備の警報等により事象の認知が可能であり、予め定める手順書に基づき手動操作を行うことを記載している。 また、上記手動操作については、ハード対策完了までに整備される運転員操作手順書及び教育訓練計画に適切に反映することを記載している。	○	解析上期待している運転員の手動操作の成立性は、有効性評価の知見が反映された運転員操作手順書及び教育訓練計画により裏付けられることを示している。	4.3.5 多様化設備に関連する条件 (P.4-4) 添付 5 有効性評価で仮定する運転員対応操作について	✓	✓	✓	✓	✓	
・原子炉制御室での運転操作開始時間を現実的な想定としてもよい。その場合においては、運転員による事象の認知から運転操作開始までの時間を適切に考慮し、その根拠を明確にすること。	事象に応じ、中央制御室での運転員による手動操作を期待しており、運転員による事象の認知から運転操作開始までの各所要時間を適切に設定している。	○	事象認知から移動や操作にかかる各操作の所要時間を計測し、根拠を明確にしたうえで成立性を確認している。	4.3.5 多様化設備に関連する条件 (P.4-4) 添付 5 有効性評価で仮定する運転員対応操作について	✓	✓	✓	✓	✓	
・原子炉制御室外における運転員による現場操作を考慮してもよい。その場合においては、原子炉制御室における運転員による事象の認知から現場操作場所までの移動時間、及び現場操作場所に到着してから操作開始までの時間は適切に考慮し、その根拠を明確にすること。	—	—	中央制御室以外での現場操作を想定していない。	—	—	—	—	—	—	
4.4.6 解析に使用する計算プログラム及びモデル										
有効性評価を行う場合は、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の解析で用いる計算プログラム及びモデル、又は最適評価コード及び現実的な計算モデルを使用すること。	最適評価コード及び現実的な計算モデルを使用している。また、有効性評価に用いた計算プログラム及びモデルについて詳述した他の資料を引用する形で記載している。	○	最適評価コード及び現実的な計算モデルを使用しており、詳細は引用した他の資料から確認できる。	4.3 解析に当たって考慮する事項 (P.4-2) 4.4 解析に使用する計算プログラム (P.4-4～4-6) 8. 参考文献 (P.8-1)	✓	✓	✓	✓	✓	

※確認要領: 確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

表2 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：柏崎刈羽原子力発電所6号機（有効性評価）】

(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		有効性評価図書	①	②	③	④	⑤
		判定	理由						
要求内容	有効性評価に用いた計算プログラム及びモデルについて、妥当性確認及び検証を行っている。 各コード、解析モデルの妥当性を詳述した他の資料を引用する形で示している。	○	解析で用いた計算プログラム、モデルの妥当性確認及び検証を行っており、詳細は引用した他の資料から確認できる。 なお、有効性評価にTRAC 系コードを適用するために必要な妥当性確認及び検証の適切性について、事業者が確認又は判断したことを「添付3TRAC 系コードの適格性評価」に記載している。	4.4 解析に使用する計算プログラム (P.4-4) 8. 参考文献 (P.8-1)	✓	✓	✓	✓	✓

※確認要領:確認項目①②③④⑤の欄ごとに確認結果を記入(確認できた場合「✓」、該当なしの場合「-」を記入)
 ①技術要件書の要求内容が漏れなく抽出されていること。
 ②記載内容(概要)の欄に、設備仕様や有効性評価結果が記載され、要求内容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多様化設備要件と有効性評価の関連する項目が紐づけられていること。

要件整合確認(詳細設計)における確認体制及び確認フロー

要件整合確認(詳細設計)における確認体制及び確認フロー

1. 確認体制

要件整合確認(詳細設計)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 対策設備の設計・有効性評価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	担当範囲
責任者	■■■■■	原子力エネルギー協議会 技術班 部長	3. 多様化設備要件 4. 有効性評価
担当者	■■■■■	原子力エネルギー協議会 運営班 副部長	3. 多様化設備要件
	■■■■■	原子力エネルギー協議会 運営班 副部長	4. 有効性評価

2. 確認フロー

今回の要件整合確認(詳細設計)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(詳細設計)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(詳細設計)を取りまとめ、ATENA に提出した。
- ATENA 確認チームは、受領した要件整合報告書(詳細設計)に対して、要件整合確認を行い、確認結果を ATENA 役員に報告し、承認を得た。