

デジタルCCFについて

2022年10月13日
原子力エネルギー協議会

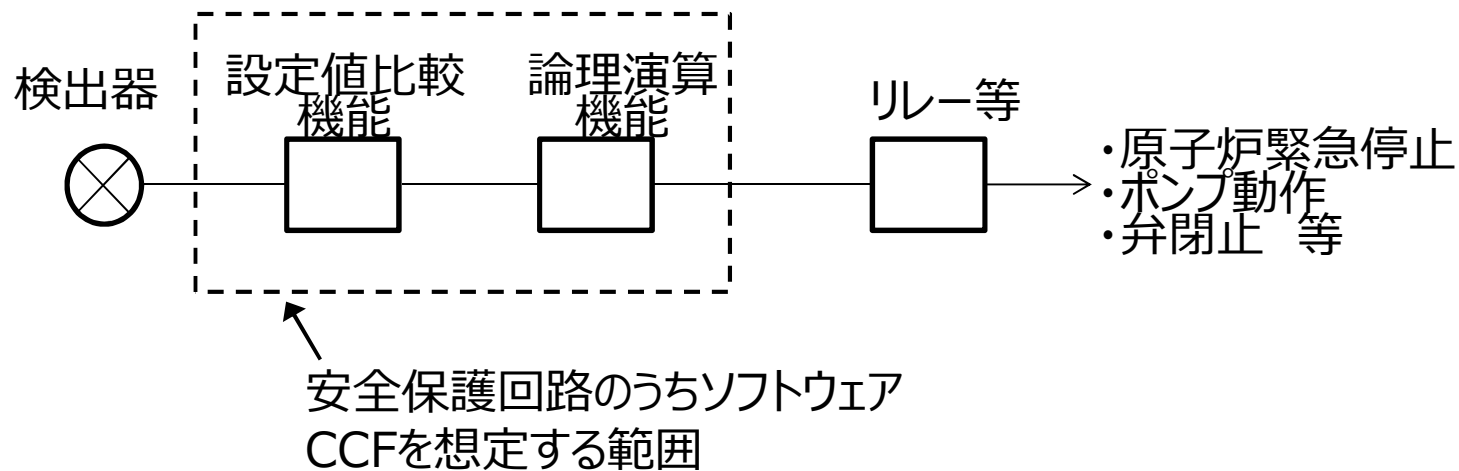
1. ソフトウェアCCFの概要
2. ソフトウェアCCF対策（多様化設備）
3. 多様化設備の有効性評価
4. 多様化設備例
5. ソフトウェアCCF対策の自律的対応
6. 技術要件書の概要
7. 技術要件書改定の概要
8. ソフトウェアCCF対策と実施予定時期について
9. 対策進捗状況の確認
10. 要件整合確認の方法

(注記) CCF(Common Cause Failure) ; 共通要因故障
デジタルCCF ; ソフトウェアCCFを指す

1. ソフトウェアCCFの概要

(1) ソフトウェアCCF想定範囲

デジタル安全保護回路の設定値比較機能と論理演算機能にソフトウェアCCFを想定する。



(2) ソフトウェアCCF発生時の故障モード想定

デジタル安全保護回路のソフトウェアに不具合が潜在しているところで、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した時に、原子炉停止系統及び工学的安全施設を自動起動する信号が出力されず、安全保護機能が喪失する状態を故障モードとして想定する。

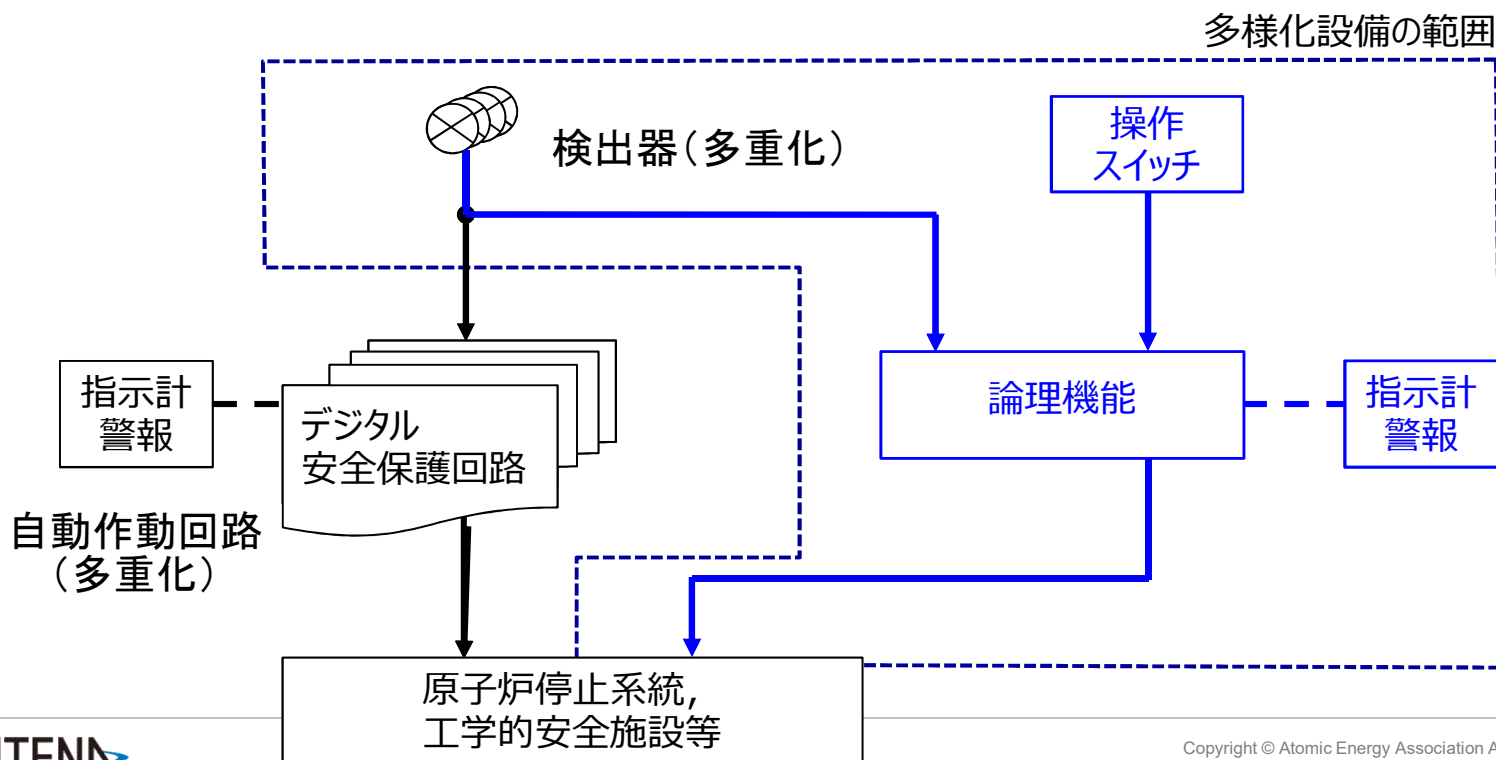
2. ソフトウェアCCF対策（多様化設備）

(1) 多様化設備設置

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すること。

(2) 多様化設備機能

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、事故の判断基準を概ね満足できるように、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。



(1) 有効性評価の目的

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が重畳する場合に、炉心の著しい損傷を防止する上で、多様化設備が有効であることを確認する。

(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とする。

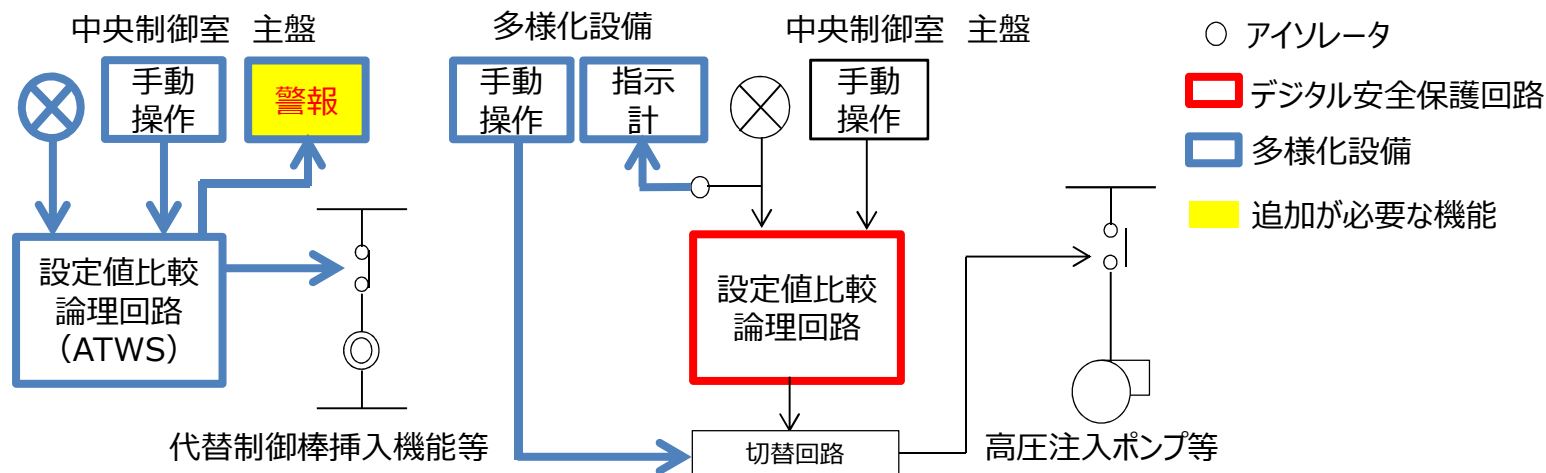
(3) 判断基準

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が重畳するという設計基準を超える事象に対し、ソフトウェアCCF影響緩和対策により、炉心損傷防止が可能になることを確認することから、事故の判断基準を概ね満足することの確認を行う。

(4) 解析に当たって考慮すべき事項

プラント応答を評価するにあたっては、安全解析のような保守的評価ではなく、重大事故等対処施設の有効性評価のような最適評価を基本的な考え方とする。

4-1 多様化設備例 (ABWR)



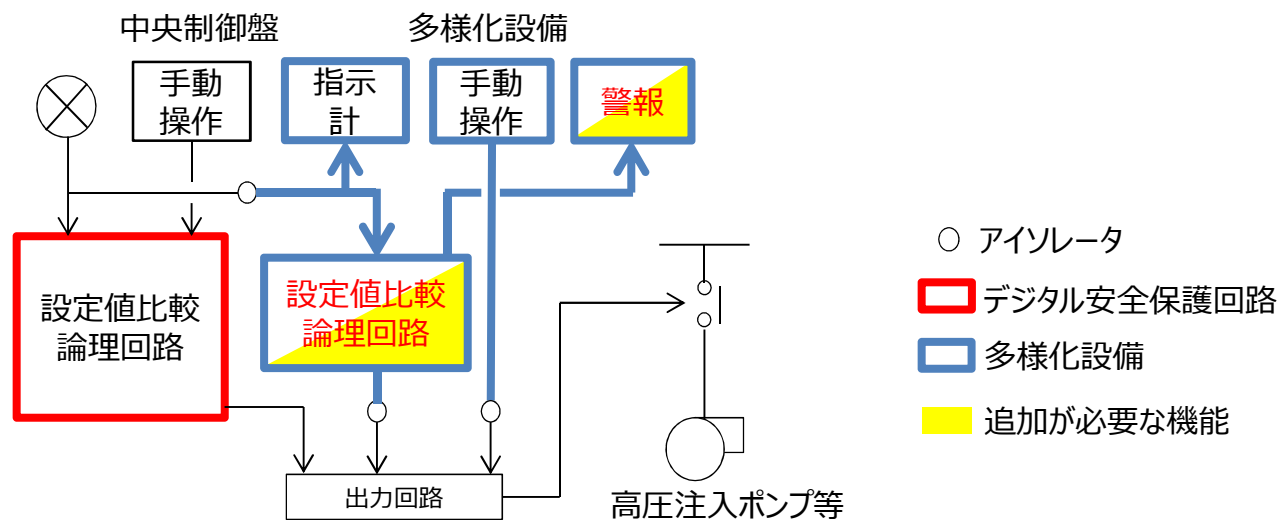
自動機能	手動操作	指示計	警報
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉スクラム※ 原子炉再循環ポンプトリップ※ 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉スクラム 主蒸気隔離弁閉止 主要な隔離弁閉止 高圧炉心注水系起動 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉水位 原子炉圧力 ドライウェル圧力 主蒸気隔離弁の状態 主要な隔離弁の状態 高圧炉心注水系起動状態 高圧炉心注水系系統流量 	<ul style="list-style-type: none"> ARI作動 原子炉水位低 原子炉圧力高

黒字：既設のバックアップ機能

赤字：追加が必要な機能

※：新規規制基準施行後は、重大事故等対処設備として扱っている。

4-2 多様化設備例 (PWR)



自動機能	手動操作	指示計	警報機能
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ タービントリップ※ 主給水隔離 補助給水起動※ 主蒸気隔離※ 高圧/低圧注入系起動 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ タービントリップ 主給水隔離 補助給水隔離/流量調節 主蒸気隔離 高圧注入系起動 格納容器隔離 	<ul style="list-style-type: none"> 中間領域中性子束 加圧器圧力 1次冷却材圧力 1次冷却材低温側温度(広域) 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 蒸気発生器2次側放射線 対象補機の状態 	<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 加圧器圧力異常低(高圧/低圧注入系作動)

黒字：既設のバックアップ機能

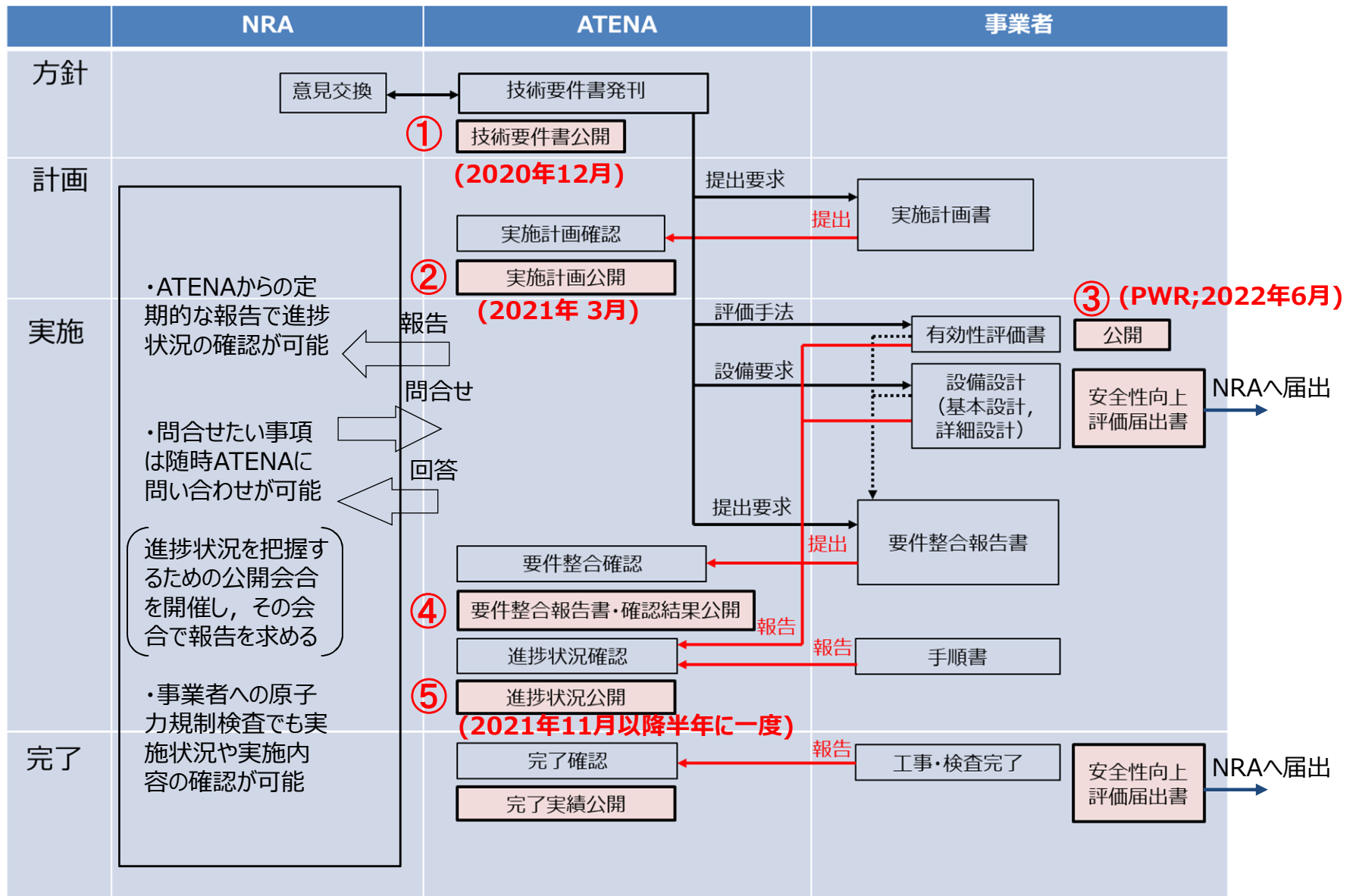
赤字：追加が必要な機能

※：新規規制基準施行後は、重大事故等対処設備として扱っている。

5. ソフトウェアCCF対策の自律的対応

- (1) 事業者は、ATENA会員の責任者が出席するATENAステアリング会議でコミットした「デジタル安全保護回路のソフトウェアCCF対策」を、責任を持って自律的かつ計画通りに実施する。
- (2) ATENAは、有効性評価手法や設備設計要求を明確にした技術要件書を発刊し、事業者に提示するとともに、事業者に対して以下の対応を求める。
 - ① 実施計画書の提出
 - ② 有効性評価書の公開
 - ③ 要件整合報告書の提出
 - ④ 進捗状況の報告（半期に一度）
- (3) 事業者は、(2)の対応を行うとともに、対策の計画および完了時点で安全性向上評価届出書を原子力規制委員会（NRA）に提出する。
なお、再稼働前のプラントについては実施計画書のATENAへの提出をもってこれに替える。
- (4) ATENAは、技術要件書、実施計画、要件整合報告書およびATENAによる確認結果、進捗状況、完了実績をATENAホームページ（HP）に公開する。
ATENAは、NRAに半期に一度進捗状況を報告する。また、NRAから公開情報に関する問合せがあれば回答すると共に、進捗状況を把握するための公開会合が開催される場合には、その場で報告する。
- (5) ATENAと事業者は、WG等を通して対策実施状況や良好事例等の情報共有を継続して行う。

5. ソフトウェアCCF対策の自律的対応（対応フロー）



6. 技術要件書の概要

(1) 目的

本技術要件書の目的は、事業者が自律的にデジタル安全保護回路のソフトウェア CCF緩和対策を行うにあたり、対策設備である多様化設備への要求事項及び有効性評価手法を技術要件として提示するとともに、手順書の整備や教育訓練の実施を要求するものである。

(2) 技術要件書の概要

- NRAが示した対策水準を具体化した内容とする。
- 多様化設備要求については、多様性・多重性・耐震性などの主要な項目について要求事項を記載する。
- 有効性評価手法については、評価すべき事項・判断基準・解析に当たって考慮すべき事項など共通的な条件について要求事項を記載する。
- 手順書の整備や教育訓練の実施について要求する。

(3) 公表

2020年12月24日に、技術要件書をATENAのHPに公表した。

1. 序文	技術要件書作成の経緯・位置づけを記載	4. 有効性評価	有効性評価手法への要求を記載
1.1 目的		4.1 有効性評価の目的	
1.2 概要		4.2 評価すべき事象	
1.3 適用範囲		4.3 判断基準	
1.4 用語の定義		4.4 解析に当たって考慮すべき事項	
2. ソフトウェアCCFについて	CCFの定義を記載	5. 手順書整備と教育	手順書整備と教育訓練の要求を記載
2.1 ソフトウェアCCF想定範囲		5.1 手順書整備	
2.2 ソフトウェアCCF発生時の安全保護回路故障モード想定		5.2 教育及び訓練の実施	
3. 多様化設備要件	設備要求を記載	6. 対策例	予備評価に基づく多様化設備例を記載
3.1 設置要求		7. 参考文献	
3.2 機能要求		解説	
3.3 多様化設備の範囲		添付書類 1 (多様化設備例)	
3.4 設計基本方針		添付書類 2 (グルーピングの考え方)	
3.5 多様化設備への要求事項		参考書類 (公開会合資料)	

7. 技術要件書改定の概要

技術要件書発
刊・改定の目的

対策(基本設計・有効
性評価・詳細設計)の
合理的推進

最早プラントの対策完了
(2023年度)に向けた記載の
充実



技術要件書
の記載内容

Rev0 (2020.12発刊)

1. 有効性評価手法に
関する要求
2. 多様化設備の仕要求
3. 操作性・監視性・手順
書・訓練に関する要求



Rev1 (2022.10改定)

1. 対策進捗に合わせた解説
追加、表現適正化
2. 国内規制・規格の参照
3. 海外規制動向の反映

(1) 対策進捗に伴う解説追加、表現適正化

① 有効性評価における、解説の追加

- ・ 自動作動する常用系設備の取り扱い明確化
(有効性評価では、現実的評価により常用系設備は自動作動を基本とするが、作動の有無や起動タイミングなどに不確実さがある場合には、自動作動無しや起動遅れなどの感度解析を行う。)

② 表現の適正化

- ・ 表現の統一 (「アナログ回路他」「安全機能」他)
- ・ 用語の定義の見直し (デジタル安全保護回路、PLD、FPGA他)
- ・ 分かりづらい表現の見直し (多様化設備範囲、安全保護回路への波及的影響防止、操作性、)

(2) 国内基準・規格の参考文献更新

- ① NRA「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」(2021.4.07制定)
- ② JEAG4609/JEAC4620-2020改定版

(3) 海外規制動向の反映

NUREG-0800 Standard Review Plan BTP7-19 (Revision8)を参考に、下記項目を反映した。

- ・ CCFによる安全保護回路の誤動作事象評価の追加
- ・ 100%試験によるCCF想定を不要とできる要件の追加
- ・ 中央制御室外での操作に対する事故時環境下でのアクセス性確認の追加

(4) 改定版の公開

10月5日にATENAのHPに公開した。

8. ソフトウェアCCF対策の実施予定時期について

(1) 実施予定時期の考え方

- 再稼働済み, もしくは2023年度までに再稼働するプラントは, 2023年度以降の最初の定期事業者検査時
- 2023年度以降に再稼働するプラントは再稼働時期までに実施
- 2021年3月25日に、事業者の実施計画をATENAのHPに公表

(2) 対象プラント

- デジタル安全保護回路導入済プラント及び導入予定プラント (部分デジタル化のプラントも含む)

(3) 対策 (現状の自主設備に追加となる対策)

対象	対策
BWR (ABWR) / PWR共通	・事象発生時の手順書整備
ABWR	・警報機能追加
PWR	・SI自動起動機能追加 ・警報機能追加

- (1) 事業者は、半期に一度、下記プロセス※の進捗状況を、ATENAに報告する。
事業者は、計画通りに実施できない場合には、その理由を付して報告し、
ATENAはHPで公開する。
- (2) ATENAは、半期に一度、確認した進捗状況についてNRAに報告する。
また、NRAから公開情報に関する問合せがあれば回答すると共に、進捗状況を把握するための公開会合が開催される場合には、その場で報告する。
- (3) 対策進捗状況の公開とNRAへの報告
 - ・ 2021年11月公開（12月NRA報告）
 - ・ 2021年 5月公開（ 6月NRA報告）
 - ・ **2022年11月公開予定（12月NRA報告予定）**

※「有効性評価」、「基本設計」、「詳細設計」、「要件整合報告」、
「工事・検査」、「手順書整備」

- (1) 事業者は、許認可や設工認での図書承認プロセスと同等のプロセスの下で要件整合報告書（参考2）を取り纏め、原子力本部長の責任の下、ATENAに提出する。
- (2) ATENAは、事業者の要件整合報告書が下記の観点で作成されていることを確認する。
 - 技術要件の各項目について、設計仕様や解析条件等が網羅性をもつ小項目に細分化されていること。
 - 細分化された各項目について、根拠となる設計図書における具体的な記載内容、要件整合判定およびその理由、並びに設計図書名および記載場所が明確に記載されていること。
- (3) ATENAは、事業者の要件整合報告書およびその確認結果をHPで公開する。
- (4) ATENAは、先行PWR/BWR事業者の協力を得て要件整合報告書のひな型を作成し、後続プラントに標準適用できるように共有する。

(参考2) 要件整合報告書 (例)

要件整合報告書は全項目に対して記載するが、ここでは例として一項目を抽出

例：「LOCA+ソフトウェアCCF」事象の解析条件(ABWR)

技術要件書		設計図書における要件整合			
項目	要求内容	根拠となる設計図書における具体的な記載内容	要件整合		設計図書名および記載場所
			判定	理由	
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状態（出力、圧力、温度、水位、流量、機器の作動状態など）は、プラントの運転条件等を前提とした条件としてよい。	・100%出力/100%炉心流量	○	定格出力、定格炉心流量を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 xページ
		・9×9燃料A型炉心ノミナル出力布	○	ノミナル出力分布を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 xページ
		・原子炉圧力 7.17MPa(abs)	○	定格原子炉圧力を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 yページ
		・原子炉水位 NWL	○	通常原子炉水位を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 yページ
		・100%給水流量 /100%主蒸気流量	○	定格給水流量、定格主蒸気流量を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 yページ
		・給水温度 216℃	○	定格出力での給水温度を初期条件としている。	・有効性評価書A.B節 yページ

判定凡例：○ → 適合している