

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の設置について

令和元年10月2日
原子力規制庁

1. 背景と趣旨

本年の原子力規制委員会の重要課題として、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の規制への取り込みが挙げられている¹。本年9月13日に開催された第29回原子力規制委員会において、本件課題に係る今後の取組方針が了承され、検討チームを設置して本年度内を目途に具体的な検討を進めることとされた²。

このため、以下のとおり、原子力規制委員会に「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」(以下「検討チーム」という。)を設置することとしたい。

2. 検討チームの構成等

検討チームは、山中委員の参加を得て、別紙のメンバーで構成する。

本件課題に関する事業者の意見や最近の動向等を聴取するため、検討チームの会合にはATENA(原子力エネルギー協議会)や事業者、メーカー等の参加を求める。

検討チームの会合は公開する。ただし、核物質防護に関する情報を取り扱う必要のある議題(セーフティとセキュリティのインターフェースに関するもの)に限り、非公開とする³。会合資料についても同様とする。

(今後の予定)

10月末頃	第1回検討チーム会合
～	(順次会合を開催)
今年度末頃	検討結果のとりまとめ、委員会に報告

¹ 平成30年度第53回原子力規制委員会(平成31年1月16日) 資料1

² 令和元年度第29回原子力規制委員会(令和元年9月13日) 資料1-1

³ 非公開とした議題については会合終了後速やかに議事要旨を公開する。

(別紙)

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

山中 伸介 原子力規制委員

(原子力規制庁)

大村 哲臣	審議官
山田 知穂	核物質・放射線総括審議官
遠山 眞	技術基盤課長
西崎 崇徳	技術基盤課 企画調整官
成田 達治	技術基盤課 課長補佐
山田 創平	技術基盤課 係長
小木曾 善一	技術基盤課 技術参与
平野 雅司	総務課国際室 地域連携推進官
今瀬 正博	システム安全研究部門 原子力規制専門職
関根 将史	システム安全研究部門 技術研究調査官
川崎 憲二	実用炉審査部門 安全管理調査官
照井 裕之	実用炉審査部門 安全審査官
村上 玄	実用炉監視部門 管理官補佐
丸山 直紀	安全規制管理官(核セキュリティ担当)
奥 博貴	核セキュリティ部門 管理官補佐
佐藤 滋朗	核セキュリティ部門 管理官補佐

※必要に応じて、適宜メンバーの追加等を行う。

発電用原子炉施設における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対策について

令和元年9月13日
原子力規制庁

本年の原子力規制委員会の重要課題(重点課題と比較すると個別性が強いが、規制上の重要度が高いもの)として、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の規制への取り込みが挙げられている。¹

1. 現状と国内外の動向

(1) 現状と国内動向

安全保護回路をデジタル化する場合には、アナログ式の場合にはなかった、ソフトウェア起因のCCF(ソフトウェアによって機能する電子計算機の不作動又は誤作動による、多重化された安全保護回路の同時機能喪失)を新たに考慮する必要がある。

この問題は古くから認識されており、現に事業者は、デジタル安全保護回路を設ける場合には、ソフトウェア処理の簡素化や可視化、自己診断機能の実装、ライフサイクルを通じた品質管理、検証及び妥当性確認(V&V)の実施²といった現行基準の要求事項を満たすだけでなく、一部の安全保護機能を代替するハードワイヤード機構(以下「Hw機構」という。)を別途自主的に設けている。

Hw機構の設置が現行基準で求められていないのは、現行基準の要求するソフトウェアの品質確保策が的確に講じられることにより、ソフトウェア起因のCCFが発生する可能性は十分低く抑えられていると考えられるからである。³

なお、現行基準の下でSA対策の有効性評価を行う際には、安全保護回路がデジタル式であるかアナログ式であるかを問わず、何らかの理由により原子炉停止系統又は工学的安全施設が自動的に作動しない場合でも、自主設備であるHw機構を用いることなく重大事故等に対処できることを確認している。

ABWRのように当初設計からデジタル式であるものに加え、近年、従来はアナログ式であった安全保護回路をデジタル化して取り替える事例⁴が増えている。このような場合でも事業者は、現行基準の要求事項に加えて、信頼性向上の観点からHw機構を別途自主的に設けている。

しかしながら、安全保護回路に要求される安全保護機能のうち一部の機能のみをデジタル化する事例も見られ、当初設計からデジタル式であるものとは異なる様態でデジタル技術が適用されている場合がある。⁵

¹ 平成30年度第53回原子力規制委員会(平成31年1月16日)資料1

² 高浜1号機工事計画認可申請書添付書類(デジタル制御方式を使用する安全保護系等の適用に関する説明書)(平成28年5月 関西電力株式会社)

³ 日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程(JEAC4620-2008)」及び「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針(JEAG4609-2008)」に関する技術評価書(平成23年1月 原子力安全・保安院、独立行政法人原子力安全基盤機構)

⁴ 玄海原子力発電所3号炉及び4号炉原子炉安全保護計装盤等の更新について(2019年5月 九州電力株式会社)

⁵ 島根原子力発電所2号炉安全保護回路(平成31年2月 中国電力株式会社)

事業者は、自主設備であるHw機構を「合理的な範囲」で設計するとしている⁶が、実態として、そのHw機構がデジタル安全保護回路の安全保護機能をどの程度代替できているか、また、安全保護回路と比べてどの程度の設計グレードとなっているかについては明らかでない。

(2) 海外動向

海外においても同様に、デジタル安全保護回路を設ける場合には、ソフトウェア起因のCCFを考慮した設備が別に設けられている。すなわち、多重化されたデジタル安全保護回路に対しては、そのソフトウェアの健全性を確保するためのV&V等を実施することに加え、デジタル安全保護回路とは別に、その安全保護機能を代替する多様性を有した設備(以下「多様化設備」という。)が設けられている。

多様化設備が代替する機能については、安全保護系が有する機能に比べ限定的であるのが一般的で、低頻度DBAを除外している事例や多様性に関する解析評価を実施して必要な範囲に限定している事例がある。

多様化設備の設計グレードについては、安全系としている事例と非安全系としている事例の両方があるが、いずれの場合でも安全保護回路より低位の設計グレードとなっている。

海外における多様化設備にも日本と同様にHw機構で構成されるものがあるが、近年、特に新設炉において、PLD(Programmable Logic Device: ハードウェア記述言語で設計され、実行段階では、従来型のソフトウェアで論理演算を行うのではなく、ハードウェア上に構成された論理回路で信号処理が行われるデジタル半導体素子)といった新技術を多様化設備に適用しようとする動きも見られる。

(3) IAEAの新ガイド

IAEAは、昨今のデジタル技術の進展や利用の拡大を踏まえ、2016年、旧来の2つのガイドを統合・改定し、新たなガイド(SSG-39⁷)を策定した。

新ガイドは、I&Cシステムやアーキテクチャの共通要因故障について、「共通要因故障に対する全ての脆弱性を完全に排除することは達成不可能である」とした上で、多様性を確保することによって共通要因故障の影響を緩和できるようにすべきとしている。また、多様性が安全保護系の共通要因故障の影響を緩和するものとして認められるためには、その多様性機構は、実際に影響緩和を達成できることを確認できなければならないとしている。

また、I&Cの設計クライテリアに係る各国規制機関のプラクティスには多くの差異が認められるとして、新ガイドは、その検討過程で違いが認められた主な規制プラクティスをANNEXにまとめている。その中で、多様化設備については、ハードワイヤード・システムを要求している国、デジタル・システムの利用を禁止まではしていないが実質的に認めていない国、適正な多様性が実証されればデジタル・システムの利用を認めている国があるとしている。

⁶ 高浜発電所1号機デジタル安全保護系のバックアップ設備について(平成28年6月 関西電力株式会社)

⁷ “Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants”, SSG-39, IAEA

2. 今後の取組方針(案)

国内では、デジタル安全保護回路を設ける場合には、Hw機構による多様化設備を自主的に整備しているが、最近の国際的な動向も踏まえ、信頼性向上の観点から現行規制の見直しを検討する。

具体的には、現在は自主設備となっている多様化設備を規制要求化することとし、当該設備に係る規制上の要求事項(設計グレードや代替する機能等)を整理するとともに、国内の導入実態や国際動向も踏まえ、規制対象とするデジタル安全保護回路の範囲についても検討する。

これらの検討に当たっては、規制委員会の了承を得て検討チームを設置し、国内事業者等からの意見(経過措置の要否等を含む。)も聴取しつつ、今年度内を目途に要求事項の整理等を行うこととしたい。なお、検討チームの設置・メンバー等については、改めて規制委員会にお諮りする。