

## 第 5 5 回技術情報検討会の結果概要

令和 4 年 1 0 月 2 6 日

原子力規制庁

### 1. 趣旨

本議題は、本年 9 月 2 9 日に開催された第 5 5 回技術情報検討会の結果概要について報告するものである。

### 2. 報告内容

別紙のとおり。

別紙 第 5 5 回技術情報検討会 結果概要

## 第55回技術情報検討会 結果概要

1. 開催日：令和4年9月29日（木）
2. 出席者：  
田中委員、杉山委員、石渡委員、市村原子力規制技監、古金谷緊急事態対策監、佐藤技術基盤グループ長、大島原子力規制部長、森下審議官、小野審議官、技術基盤G：遠山技術基盤課長・各安全技術管理官、原子力規制部：各課長・安全規制管理官ほか、JAEA：西山センター長・天谷室長
3. 主な内容
  - (1) 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見
    - 1) 安全研究から得られた知見の事業者への周知について  
以下について報告及び議論を行った。
      - ① 最新知見の周知方法について（案）  
（概要）
        - 技術情報検討会での結果を原子力エネルギー協議会（ATENA）との定例面談等において周知するとともに、必要に応じ事業者等との意見交換を行う。
        - 背景、経緯、規制との関連や重要性に関する解説、他の関連知見も考慮した考察等を加えて周知する場合には、NRA ノートなどの研究報告書を作成して周知する。
        - 研究の到達度や信頼性を考慮した上で、事業者において考慮の対象となり得る知見と判断される場合は、NRA Information Notice<sup>1</sup>での発出も検討する。
    - （議論）
      - Information Notice はそれほど時間がかからないと思うが、NRA ノートや研究報告書というのは、庁内の査読等があり時間がかかると思う。周知を早くすることは考えているのか。【田中委員】
      - NRA ノートは、比較的簡単なプロセス、手短な内容で出せるようになっており、比較的早く出せると考える。【永瀬規制基盤技術総括官】
      - ATENA との面談で情報を共有するという方針だが、情報のやり取りなので、議事概要ではなく議事録を公表する等透明性を高めたほうがよく、この方針は賛成できない。【石渡委員】

<sup>1</sup> 被規制者向け情報通知文書

- 事業者に対する周知に係わる面談内容の公開方法について検討する。  
【遠山技術基盤課長】
- 技術情報検討会は公開しており、念のため、面談で内容を伝えるということであり、議事概要をしっかりと残しておけば面談でもよいと思う。意見交換を行う必要性が生じたら、公開で行うことも考える必要がある。技術情報検討会の情報には、この他にも事故トラブル情報等がある。全体の整理をして、「技術情報検討会の進め方等について」<sup>2</sup>に、事業者等への対応を記載してほしい。【市村原子力規制技監】

(対応)

- 事業者との面談内容を公開する方法について、整理して次回技術情報検討会に報告する。
- 「技術情報検討会の進め方等について」を改訂し、事業者等への対応を記載する。

## 2) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）

以下について報告及び議論を行った。

- ① 「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について（案）

(概要)

- 従来の確率論的津波ハザード解析(PTHA)手法における課題を提示し、その解決策を提案するとともに、提案手法をモデルサイトに適用して、不確かさ項目がPTHAの結果に及ぼす影響を比較分析した。
- 従来手法では地震規模に係るスケリング則、地震発生頻度に係るグーテンベルグ・リヒター則の各モデルの不確かさを考慮していない。著者らは、これらを定量的に評価し、確率モデルを設定するとともに、これらのモデルを導入したPTHA手法を提案した。
- 従来手法では偶然的不確実性と認識論的不確実性の影響を比較することができないため、2種類の不確かさの影響が共にハザード曲線の本数やその拡がりとして明示的に表せるよう、層別サンプリング法及びラテン超方格法を組み合わせた方法を提案した。
- 福島県沖を例にPTHAを実施し、不確かさを考慮した確率モデルと不確かさを考慮しない平均モデルとの違いやロジックツリー分岐がPTHA解析結果に及ぼす影響を定量的に評価した結果、地震規模に係るスケリング則の不確かさの影響が最も大きいことを示した。

(議論)

- 「図4 PTHA解析結果」には、水位の上昇量と年超過確率の発生頻度の

<sup>2</sup> 第45回技術情報検討会 資料45-1

分布が、平均ではケース2になるが、確率ではケース1のように広がりを持ったものになると理解した。この知見は、基準津波に影響があるか、あるとしたらどのような影響か。【森下審議官】

- 基準津波は、確率論的ハザード評価とは別に、十分に保守的な安全側の津波波源モデルを設定して水位を確認しており、基準津波に影響するものではない。ただし、審査においては、基準津波で求めた水位の年超過確率を確認しており、その値は変わり得る。【杉野統括技術研究調査官】
- 基準津波を策定する際は、ゲーテンベルグ・リヒター則や経験則に基づいて、フィッティングラインを使う。その上で、面積等が安全側になるよう不確かさを見込んでいるので、この知見は決定論で策定する基準津波には影響しない。ただし、審査では超過確率を参照しており、どのぐらいの頻度で基準津波を超えるのか、低頻度でどのぐらいの高さになるのかは今までケース2で実施している。年超過発生頻度が $10^{-3}$ 程度まではいずれのケースでも大きな差はないが、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ といった低頻度では非常に大きな津波高があり得るという知見であるが、水位の上限については、著者らも今後検討課題としている。【内藤安全規制管理官（地震・津波審査担当）】
- スケーリング則を確率論的に評価すると、不確かさの幅が大きくなるという知見だが、事業者にスケーリング則の改良等を求めるのか。【杉山委員】
- スケーリング則の改良を期待しているわけではない。【杉野統括技術研究調査官】
- 基準津波が設定され、その上で超過確率を参照するという事は資料に記載されているが、研究の位置づけ、結果がどのように適用されるのか等を今後は意識して記載してほしい。【市村原子力規制技監】
- 審査の中では参照という形で超過確率をみているが、今回の知見は、審査の手法の中にこれを取り入れるべきという提案か。超過確率で頻度の低いものの津波高さは相当高くなることが予想される。既許可のものについても取り入れるべきという提案か。その場合、バックフィットの必要性も考えなければいけない。【内藤安全規制管理官（地震・津波審査担当）】
- モデルの中の不確かさが従来の方法では不十分という認識を持っており、その影響が大きいということが分かったので、少なくとも確率論的ハザード評価手法で評価する超過確率の参照には取り入れるべきと考える。個人的には、既許可のものに対してまでバックフィットという形でやり直すほどではないと考える。今後の安全性向上評価の中で、確率論的ハザード評価に取り入れて、炉心損傷頻度が評価されていく



ことになると思うので、その際には対応すべきと考える。【杉野統括技術研究調査官】

- 影響が大きく規制として取り入れるべきレベルなのか、注意しなければいけないが、規制として取り入れるレベルに至っていないのか、明確にすべき。【内藤安全規制管理官（地震・津波審査担当）】
- 技術基盤グループ内の検討では、切迫度があるとは受け止めていない。本知見については、バックフィットをするまでのものではないと思うが、バックフィットする必要性については技術基盤グループだけが主体的に検討するものではなく、技術情報検討会等で議論を進めていくものなのではないか。【佐藤技術基盤グループ長】
- 本知見は、一研究事例として出されたものだとして理解している。規制への反映ということであれば、「3. 今後の対応」の書き方も異なる。もし、技術基盤グループと原子力規制部とで見解に違いがあるのであれば、検討した結果を説明してほしい<sup>3</sup>。【市村原子力規制技監】

(対応)

- 本知見は、「津波発生モデルの不確かさ」の具体的な項目とその導入方法を提案したものであり、審査ガイドに反映すべき事項はない。
- PTHA は、安全性向上評価においても実施する項目である。本知見では、地震規模に係るスケーリング則の不確かさの考慮の仕方により、事業者の PTHA の評価結果に大きな影響を与える可能性が見出された。そのため、ATENA 定例面談等で事業者に対して周知する。
- 原子力規制庁内での意見交換について再度整理し、次回技術情報検討会に報告する。

## ② 伊豆諸島海底火山大室ダシの活動年代について

(概要)

- 伊豆大島の南東 20km に位置する海底火山大室ダシにおいて海底に堆積した噴出物を対象に実施した堆積物調査の結果を取りまとめたもの。概要は以下のとおり。
  - 従来給源が不明であった伊豆大島と利島の約 13.8-13.2ka のテフラは大室ダシ起源であった。
  - 大室ダシ山頂で噴出した溶岩の噴出年代は 9.8-7.3ka であった。

---

<sup>3</sup> その後、原子力規制部（地震・津波審査部門）と技術基盤グループ（地震・津波研究部門）で確認した共通見解は以下。

スケーリング則の基となった観測記録のばらつきを考慮すると確率論的津波ハザードの評価結果に影響を与えるとの知見が得られたものであるが、論文上においても津波高の限界や地震モーメントの上限に関する課題を有するとしており、直ちに規制に取り入れるレベルではない。原子力規制庁として安全性向上評価の観点から、確率論的評価上は低頻度ではあるが高い津波高となり得ることを示した新しい知見であることを踏まえ、ATENA と共有することとした。

- 大室ダシ山頂の低発泡軽石礫の噴出年代は約 11.3-10.7ka であった。
- これまで活動履歴が不明であった大室ダシ海底火山において、過去約 1 万 4 千年の間に 3 回の噴火が発生していた。

(議論)

- 大室ダシの噴出物が伊豆大島や利島から見つかっているが、これらの島は風上側になる。平安時代の古文書によれば、伊豆七島の新島が 880 年代に噴火して、その火山灰が房総半島に積もったとあるので、大室ダシの火山灰が風上側の伊豆大島や利島に積もっているのなら、房総半島にも多量の火山灰があるのではないか。【石渡委員】
- 伊豆大島と利島に分布している大室ダシ起源の火山灰については、既に化学分析がされており、房総半島で発見されていけば、専門家が認識していると思うが、そのような報告はなく房総半島には分布していないと考えられる。【廣井技術研究調査官】
- 火山灰は、通常東側に拡散するので、房総半島に同じ火山灰があってもおかしくはない。噴火の規模等このデータだけではよく分からないので、今後の情報に注意してほしい。【石渡委員】

(対応)

- 地理的に比較的近い浜岡原子力発電所等に関連する情報であることから審査部門と情報を共有した。
- 当該情報には、火山ガイドに新たに反映する知見はない。
- 終了案件とするが、関連する情報については、引き続き収集を行う。

### ③ 津波堆積物中の礫の円磨度から推定される古津波の浸水距離に関する知見について

(概要)

- 岩手県下閉伊郡山田町小谷島を調査対象として、津波堆積物中の礫の混合比に基づき津波の浸水距離を推定できる可能性を示した新たな手法を提案した。概要は以下のとおり。
  - 津波堆積物中の礫並びに海岸及び河川支流の礫の円磨度を画像解析によって測定し、調査対象の津波堆積物が海岸堆積物と河川堆積物から構成されていると仮定し、これらの混合比を算出した。
  - 複数地点を、先行研究等で求められているそれぞれの津波の浸水距離で正規化し、いずれも海岸からの浸水距離の約 40%地点で混合比が急激に変化していること等を見出した。
  - 本提案手法を約 1000 年前の津波堆積物に適用し、その混合比の分布から、1896 年明治三陸津波と同等かそれ以下の規模と推定した。

(対応)

- ローカルな検討結果であり、現時点で汎用性が確認できないため、基

準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドに反映すべき事項はない。

- ただし当該情報の汎用性が確認されれば、津波堆積物情報から遡上高に換算できるので、有益な情報となり得る。そのため、審査部門に情報を提供・共有した。
- 引き続き当該知見に関する情報収集活動を行い、十分な情報が得られてから再度判断する。

3) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザード以外に関するもの）  
以下について報告及び議論を行った。

① 商用再処理施設の除染作業における機器の劣化に関する留意点

（概要）

- 商用再処理施設では、機器の一部をジルコニウム製機器に変更し、ステンレス製機器との接続配管に Zr/Ta/ステンレス鋼の異材接合継手が用いられている。当該異材接合継手は、水素脆化感受性が著しく高い可能性があること、水素脆化した場合、低温の熱処理でも回復する可能性が示唆されている。
- 除染目的でアルカリ溶液 (NaOH) が用いられることが想定されており、化学除染に伴うアルカリ腐食による異材接合継手の水素脆化の可能性及び脆化回復のための熱処理の有効性を確認するための試験を実施した。その結果は以下のとおり。
  - 当該異材接合継手の水素感受性は、アルカリ性試薬を用いた化学除染作業において著しく高い可能性があることが示唆された。
  - 当該異材接合継手が水素脆化した場合の回復のための熱処理の有効性は確認できなかった。
  - アルカリ性の除染溶液を用いる際には、事前に除染溶液による水素脆化割れの可能性を確認するための試験を実施しておくことが必要である。

（対応）

- 得られた知見等は、原子力規制検査において関連する気づき事項を抽出した際に適宜活用できるものである。
- このため、上記知見等を、規制部の関係課室に情報共有を行った。
- よって終了案件とする。

② 電磁両立性 (EMC) に係る事業者からの意見聴取結果について（案）

（概要）

- 令和4年9月12日に事業者意見を聴取する会合を開催し、ATENA から EMC に係る産業界の対応内容等の検討結果を聴取した結果を報告する。

- ATENA からの説明の概要は以下のとおり。
  - 安全保護系におけるデジタル機器を対象とし、国内試験項目と国際規格の比較調査を行った。
  - イミュニティについては、IEC 規格や自主規格による試験実績があったが、エミッションについては試験実績がなかった。
  - 国内での EMC 試験の標準化を進める事は、より信頼性の高い設備構築に資すると考える。活動方針、活動計画を年内に ATENA レポートとしてまとめ、事業者のコミットの上、その活動状況を ATENA が随時フォローし、適宜規制庁へ報告する。

(議論)

- 太陽フレアの影響について言及されているが、どれくらいの太陽フレアを考えるかというのは、確率論的に考えるものだと思う。ある程度の太陽フレアに対しての対策になるのか、過去最大級の太陽フレアに対しての対策になるのか。【石渡委員】
- 太陽フレアの大きさについては、歴史的なものも含めて、いろいろな規模の調査が行われており、近代文明が発生してから最大のを想定した場合であっても、1,000 年に一度レベルのものであっても、恐らく建物の中のものについては耐性があるだろうという定性的な評価がされている。定量的な評価については、データがそろっていないというのが現状である。【酒井上席技術研究調査官】
- ATENA は、どのような時間軸で取り組んでいくのか。また、規格を標準化するに当たって、方針等を ATENA レポートにし、自主的に取り組む方針と理解してよいか。【小野審議官】
- 全体としては 2025 年度までに実施するというスケジュールがあり、今後、年内に ATENA レポートとして活動計画の詳細をまとめるとのことなので、もう少し具体的なもので出てくると認識している。ATENA レポートは ATENA から事業者への指示になるとのことで、各事業者でそれをコミットして ATENA に報告するとのことである。【佐々木企画調整官】
- 試験方法等は、ルール化されるべきで、JIS や JEAC 等の規格にならないと定着しないと思う。現時点で、ATENA は規格策定団体とやり取りをしているのか。【森下審議官】
- ATENA の説明では、これから検討するとのことである。【佐々木企画調整官】

(対応)

- 今後も ATENA の活動を注視し、活動の内容を聴取する。

### ③ 太陽フレアが原子力発電所に及ぼす影響に関して（案）

#### （概要）

- 太陽フレアによる地磁気擾乱（GMD）が原子力発電所の機器に及ぼす影響についての調査状況を報告する。
- 米国においては、電気計装機器の電磁両立性に対する定量的な分析が可能となっている。GMD については、電気計装機器に対する影響は米国での通常の電磁両立性に対して達成すべき水準を満足した機器が導入されていればそれほど考慮する必要はないと考えられる。
- 国内においては、米国等のように電磁環境を広く網羅して統一的に達成すべき定量的な水準を定めた上での設計の考慮がされていない。総務省より、「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会報告書」が発行されたが、太陽フレアによる発電所本体への影響については含まれていない。
- OECD/NEA では、原子力施設の電気システムの安全性に係る課題の検討を行っており、日本も参加し、GIC に対する国際的な動向について情報入手を行っている。

#### （議論）

- 海外では、外部送電への影響等はどのように考えているのか。原子力発電所に対して特別な対応をしているのか。【田中委員】
- 宇宙天気予報という形で、GMD がいつ頃発生するか等の予報がされており、適切に対応が取れるよう体制が構築されつつある。原子力発電所だけでなく社会インフラ全般にわたるリスクとして考慮されている。【酒井上席技術研究調査官】
- 総務省で宇宙天気予報の高度化についての検討会が継続的に開かれているが、この検討会は今後も続くのか。送電網や変電所の具体的な対応は難しいと思うが、資料にある「対策が適切になされていることを前提にしている」は、どのような趣旨か。宇宙天気予報により注意喚起がなされれば、電力会社に対応すると思っており、原子力発電所に対して、直ちに何かしなければならぬという状況ではないと理解してよいか。【大島原子力規制部長】
- 本検討会の継続性については確認していない<sup>4</sup>。社会インフラに対する対策が一定程度取られていることを前提にと記載したが、具体的な対策を前提に記載したものではない。原子力発電所に対して、直ちに何かしなければならぬという状況ではないと理解している。【酒井上席技術研究調査官】
- 宇宙天気予報では、GMD が事前に何かの兆候で分かるのか。それとも、

<sup>4</sup> 後日確認したところ、第 10 回会合において、本検討会の閉会が宣言されている。

- 発生してから、何日後に影響があるというようなものか。【石渡委員】
- NICT<sup>5</sup>のホームページに宇宙天気予報があり、太陽黒点の活動等の継続監視から、太陽フレアが活発化しているかどうかをみており、実際の太陽黒点の状況やX線の到達状況等から、各擾乱の発生状況等の予報がされている。【酒井上席技術研究調査官】
  - 太陽フレアの影響は、変圧器等の強電系に対するものと、計装等の弱電系に対するものとの両方があり、計装等については、まだ検討が必要で情報収集していくということだと思う。資料がわかりにくいので、今後報告する際は、強電系、弱電系のどちらに対する説明なのか明確にしてほしい。【市村原子力規制技監】

(対応)

- 原子力発電所の電気計装機器に対する GMD の直接的な影響は定性的には少ないと考えられるものの、定量的な評価については、原子力エネルギー協議会(ATENA)が中心となって国内での EMC 試験の標準化を進める活動を予定しており、今後も意見聴取会を通じて引き続き確認していく。
- GMD が機器に与える影響については、海外文献の調査、OECD/NEA より得られた知見等を収集し、必要に応じて技術情報検討会に報告する。

④ 1 相開放故障事象に対する国内原子力発電所等の対応に関する事業者との意見交換結果を踏まえた今後の対応について (案)

(概要)

- 原子力発電所及び再処理施設においては、1相開放故障事象(OPC)への対応が求められている。関係する規則解釈の改正当時、既設の設備だけでは OPC の自動検知が困難であったことから、原子力規制庁は自動検知技術の開発動向をフォローし、関係する規則解釈の改正の要否を検討することとした。その後、事業者において OPC 対応方針と対策工程が検討され、高浜発電所における試験導入・実機検証が完了したことを受け、原子力エネルギー協議会(ATENA)との原子力発電所等における OPC 対応状況に係る意見交換会合を実施した。その結果と規制庁の今後の対応について報告する。
- ATENA による報告の概要
  - 高浜発電所の共用予備変圧器に OPC 検出器及び自動検知盤を設置し、実機検証を行った。実機環境での通常運用状態において、検証期間中の不要動作はなく、システム設計へ反映が必要な事項は確認されず、各プラントへの実機導入についても問題はないと判断した。

<sup>5</sup> 国立研究開発法人情報通信研究機構

- 落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動は十分に確認できておらず、今後も OPC 誤検知がないとは言い切れない。実運用に当たっては OPC 誤検知への対応を考慮する必要がある。
- OPC 対応のための設備の設置について、事業者は年に一度、ATENA へ最新の設置計画及び実績について報告し、ATENA は事業者の取り組みの進捗について、ATENA ホームページにて公開するとともに、年に一度及び計画変更時、各社の進捗状況について原子力規制庁へ報告する。
- 意見交換の結果、原子力発電所への実機導入に問題はないとする ATENA の説明は妥当と判断した。また、警報発信の際 OPC の発生判断は運転員による現場確認によって実施し、電源の切替は手動で実施する運用とする ATENA の説明は妥当と判断した。

(議論)

- 自動検知に加えしゃ断器の自動開放まで求めるのであれば、規則解釈の改正が必要になる可能性があったが、現状においては誤作動もあるので、しゃ断器の開放は人的な対応で図る、その有効性が、事業者で確認されているという理解でよいか。「現段階では解釈の改正を行わないこととしたい」とあるのは、事業者の自主的な設備による検知は、現行の解釈の規定の範囲内であり、現状、副作用もあるのでしゃ断器の自動開放を求める必要はないということを明確にしたことと理解した。事業者の自主的な対応が必要かつ十分であり、計画的実施が見込まれることを確認しており、いわゆるバックフィットはしないということであれば、その点も含めて、原子力規制委員会に諮ってほしい。

【大島原子力規制部長】

- 検討の内容を整理し、原子力規制委員会へ報告する。【遠山技術基盤課長】

(対応)

- 関係する規則解釈の改正の要否及びその理由について整理し、原子力規制委員会に諮る。
- 今後プラント毎に実施される事業者の取組みについて、設置計画及びその進捗を ATENA より引き続き聴取し、実施状況を確認する。

## 第55回 技術情報検討会 議事次第

1. 日時：令和4年9月29日（木） 10：00～12：00
2. 場所：原子力規制委員会 13階会議室A （TV会議システムを利用）
3. 議題
  - (1) 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見
    - 1) 安全研究から得られた知見の事業者への周知について
      - ①最新知見の周知方法について(案)  
(説明者)永瀬 文久 規制基盤技術総括官
    - 2) 自然ハザードに関するもの
      - ①最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）(案)  
(説明者)川内 英史 技術基盤グループ安全技術管理官（地震・津波担当）
      - ②「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について（案）  
(説明者)杉野 英治 技術基盤グループ地震・津波研究部門統括技術研究調査官
  - 3) 自然ハザード以外に関するもの
    - ①最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザード以外に関するもの）(案)  
(説明者)田口 清貴 技術基盤グループ安全技術管理官（システム安全担当）
    - ②電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について（案）  
(説明者)佐々木 晴子 技術基盤グループ技術基盤課企画調整官
    - ③太陽フレアが原子力発電所に及ぼす影響に関して（案）  
(説明者)酒井 宏隆 技術基盤グループ放射線・廃棄物研究部門上席技術研究調査官
    - ④1相開放故障事象に対する原子力発電所等の対応に関する事業者との意見交換結果を踏まえた今後の対応について（案）  
(説明者)遠山 眞 技術基盤グループ技術基盤課長



## 配布資料

### 議題(1)

- 資料 5 5 - 1 - 1 - 1 最新知見の周知方法について(案)
- 資料 5 5 - 1 - 2 - 1 最新知見のスクリーニング状況の概要(自然ハザードに関するもの)  
(案)
- 資料 5 5 - 1 - 2 - 2 「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について(案)
- 資料 5 5 - 1 - 3 - 1 最新知見のスクリーニング状況の概要(自然ハザード以外に関するもの)(案)
- 資料 5 5 - 1 - 3 - 2 電磁両立性(EMC)に係る事業者からの意見聴取結果について(案)
- 資料 5 5 - 1 - 3 - 3 太陽フレアが原子力発電所に及ぼす影響に関して(案)
- 資料 5 5 - 1 - 3 - 4 1相開放故障事象に対する原子力発電所等の対応に関する事業者との意見交換結果を踏まえた今後の対応について(案)

### 参考資料

- 参考資料 5 5 - 1 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見の状況
- 参考資料 5 5 - 2 高分解能な3次元地震波速度構造解析による始良カルデラ下のイメージングについて(案)
- 参考資料 5 5 - 3 最新知見のスクリーニング状況(自然ハザードに関するもの)

資料55-1-1-1

最新知見の周知方法について(案)

令和4年9月29日

技術基盤課

最新知見のスクリーニング情報のうちガイド等に関連し庁内外の関係者(審査官、事業者)に周知する方法について検討した。

技術基盤 G は、自ら安全研究を実施するとともに、ジャーナルや会議で発表された論文や概要、諸外国の規制動向、学会等による公表等、原子炉施設等の安全性に係わる最新の科学的・技術的知見<sup>(注1)</sup>を収集している。これらの最新知見に対しては、スクリーニングを実施し、安全上の重要度、緊急性、信頼性が高いものと判断されるものについては、技術情報検討会に「要対応技術情報(案)」<sup>(注2)</sup>として提示し、庁内での共有を図るとともに、規制に反映させる必要性の有無、事業者らへの周知の要否等について議論する。

要対応技術情報のうち、事業者らに周知する必要があると判断されるものについて、周知方法について以下のように整理した。なお、庁内関係者には、技術情報検討会により周知可能と考えるが、関連部門との連携を密にして情報を共有する。

- ① 基本的に、技術情報検討会での結果について原子力エネルギー協議会(ATENA)との定例面談等において周知するとともに、必要に応じ事業者等との意見交換を行う。
- ② 背景、経緯、規制との関連や重要性に関する解説、他の関連知見も考慮した考察等を加えて周知する場合には、NRA ノート<sup>(注3)</sup>などの研究報告書を作成して周知する。
- ③ 研究の到達度や信頼性(複数の手法をとりまとめ総合的に評価されたか、基礎知見に基づく実用的知見・手法か、一般性や妥当性が確認された実験データか、当該分野で広くコンセンサスが得られた知見か等の観点)を考慮した上で、事業者において考慮の対象となり得る知見と判断される場合は、被規制者向け情報通知文書 NRA Information Notice<sup>(注4)</sup>での発出も検討する。

以上

(注1)

検討対象とする情報は、A. 諸外国の規制基準等、B. 安全研究等(外部会合等の情報、安全研究で明らかになった情報、国内外の研究開発情報)、C. 国際基準等(国際原子力機関安全基準等の策定又は改定情報、経済協力開発機構／原子力機関／原子力施設安全委員会等の規制活動に係る情報)、D. 学会等の情報(原子力関連学会での情報、外部事象(地震、津波、火山等)を含めた幅広い学会情報)、E. その他である。

(注2)

技術基盤 G が行う 2 次スクリーニングにおいて、対応の方向性が i) 直ちに原子力規制部等関係部署に連絡・調整し、原子力規制庁幹部に報告する。 ii) 対応方針を検討し、技術情報検討会へ諮問する。 iii) 技術情報検討会に情報提供・共有する。 と整理された情報

(注3)

NRA 技術報告は、職員が行った研究又は委託及び請負契約により行った研究において得られた技術的基礎・実験データ等を基に、解析、考察、評価等を行い、規制への活用の観点から取りまとめた文書である。NRA 技術ノートは、職員が行った又は委託及び請負契約により行った研究若しくは調査により得られたデータや情報を取りまとめたものであり、NRA 技術報告書とともに、規制基準・解釈及び各種ガイド類並びに審査及び検査における判断の参考又は安全研究の参考となり得る報告書である。

(注4)

被規制者に対して作為又は不作為を求めるものではなく、規制上関係する被規制者等に周知する必要があると判断する情報について、速報的に発出する被規制者向け情報通知文書

米国 NRC が発出する情報通知文書 (Information Notices) に関する調査結果

定義: Information notices communicate operating or analytical experience to the nuclear industry. Information notices may also communicate the results of recently completed research. The industry is expected to review the information for applicability and consider appropriate actions to avoid similar problems.

(<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/gen-comm/info-notices/index.html>)

情報通知文書は、原子力産業界に運転または分析の経験を伝えるものである。同文書は、最近完了した研究の結果を伝えることもある。業界は、適用可能性について情報をレビューし、同様の問題を回避するための適切な措置を検討することが期待されています。

Information notices inform addressees of significant, recently identified operating experience that involves safety, safeguards, or environmental issues. Addressees are expected to review the information for applicability to their operations, and consider appropriate actions to avoid similar problems. However, information notices do not impose or imply new requirements, do not interpret regulations, and do not require specific actions. The following table lists information notices that the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) has issued on topics associated with vendor quality assurance (QA) inspections

(<https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/oversight/quality-assurance/vendor-insp/info-notices.html>)

情報通知文書は、安全性、安全対策、または環境問題を含む、最近特定された重要な運転経験を受け手に通知するものである。受けては、業務への適用可能性について情報を確認し、同様の問題を回避するための適切なアクションを検討することが期待される。ただし、情報通知文書は、新しい要件を課したり暗示したり、規制を解釈したり、特定のアクションを要求したりすることはない。

年度	運転経験の共有	検査・審査の教訓の共有	トラブル事象の共有 (被ばく情報も含む)	試験結果による知見の共有	お知らせ等 (民間規格等の改訂情報、機器の不備情報等)	計
2022	0	0	0	0	1	1
2021	1	1	1	0	0	3
2020	3	0	0	0	1	4
2019	4	1	5	0	2	12
2018	8	0	2	0	1	11
2017	2	0	1	2	1	6
2016	5	3	0	0	4	12
2015	6	1	1	0	3	11
2014	3	5	3	1	2	14
2013	8	7	3	0	4	22
2012	8	6	9	0	0	23
2011	4	3	11	1	1	20
2010	11	6	8	0	2	27
2009	8	4	9	1	7	29
計	71	37	53	5	29	195

＜技術情報検討会資料＞  
技術情報検討会は、新知見のふるい分けや作業担当課の特定を目的とした事務的な会議体であり、その資料及び議事録は原子力規制委員会の判断を示すものではありません。

資料55-1-2-1

### 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）（案）

令和4年9月29日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和4年7月9日から令和4年9月2日まで）

最新知見等 情報シート番号	件名	スクリーニング結果 (対応の方向性(案))	資料ページ
22 地津-(B)-0014	「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について	iii)	2～6
22 地津-(D)-0016	伊豆諸島海底火山大室ダシの活動年代について	vi)	7～8
22 地津-(D)-0017	津波堆積物中の礫の円磨度から推定される古津波の浸水距離に関する知見について	iv)	9～11

対応の方向性（案）： i）直ちに規制部等関係部署に連絡・調整し、規制庁幹部に報告する。 ii）対応方針を検討し、技術情報検討会へ諮問する。 iii）技術情報検討会に情報提供・共有する。 iv）情報収集活動を行い、十分な情報が得られてから再度判断する（必要な場合には安全研究を実施する）。 v）安全研究企画プロセスに反映する。 vi）終了案件とする。以下同じ。

※フラジリティ分野の知見については「自然ハザード以外に関するもの」に分類する。

最新知見のスクリーニング状況（自然ハザードに関するもの）（案）

令和4年9月29日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和4年7月9日から令和4年9月2日まで）

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(B)-0014	「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について	<p>投稿先：日本地震工学会論文集、Vol. 22、No. 4 論文名：確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響 著者：杉野英治（原子力規制庁）・阿部雄太（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社） 公表日：令和4年8月31日</p> <p>著者らは、従来の確率論的津波ハザード解析（PTHA）手法<sup>注1</sup>における課題を提示し、その解決策を提案するとともに、提案手法をモデルサイトに適用して、不確かさ項目が PTHA の結果に及ぼす影響を比較分析している。</p> <p>1つ目の課題として、従来手法では地震規模に係るスケーリング則<sup>注2</sup>、地震発生頻度に係るゲートンベルグ・リヒター則<sup>注3</sup>の各モデルの不確かさを考慮していないことを挙げた。著者らは、これらを定量的に評価し、確率モデルを設定するとともに、これらのモデルを導入した PTHA 手法を提案した。</p> <p>2つ目の課題として、従来手法では「偶然的不確定性は1本の津波ハザード曲線で、認識論的不確定性は複数の津波ハザード曲線で表現する」とされ、ハザード曲線の本数として現れるのは認識論的不確定性の影響のみとなり、2種類の不確かさの影響を比較することができないことを挙げた。著者らは、2種類の不確かさの影響が共にハ</p>	2022/6/24	iii)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第5条では、設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものと規定されている。また、設置許可基準規則解釈別記3において、策定された基準津波については、その水位の超過確率を把握することを求めている。さらに、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」では、確率論的津波ハザード評価（以下「PTHA」という。）により当該超過確率を求め、その値が参照されていることを確認する、としている。</li> <li>・ 当該情報では、プレート間地震による津波を対象に、PTHA 手法においてこれま</li> </ul>	iii)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第5条では、設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものと規定されている。また、設置許可基準規則解釈別記3において、策定された基準津波については、その水位の超過確率を把握すること</li> </ul>	

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>ザード曲線の本数やその拡がりとして明示的に表せるよう、層別サンプリング法<sup>注4)</sup>及びラテン超方格法<sup>注5)</sup>を組み合わせた方法を提案した。</p> <p>さらに、著者らは、上記の不確かさ項目のほかに、津波波源の不均一すべり分布の配置パターン及び津波伝播モデルの不確かさを考慮して、福島県沖を例として PTHA を実施した。そして、上記の四つの不確かさ項目について、不確かさを考慮した確率モデルと不確かさを考慮しない平均モデルとしたときの違いやロジックツリー分岐が PTHA 解析結果に及ぼす影響を定量的に評価し、その結果、福島県沖の適用事例では、今回検討した中で地震規模に係るスケールリング則の不確かさの影響が最も大きいことを示した。</p> <p>注1：著者らは、従来の PTHA 手法として以下の参考文献を挙げている。</p> <p>1) 土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会：原子力発電所の津波評価技術 2016, 2016.</p> <p>2) 杉野英治ほか：確率論的津波ハザード評価における津波想定の影響，日本地震工学会論文集，2015.</p> <p>3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価，2020.</p> <p>注2：地震規模に係るスケールリング則とは、過去の地震のデータ（例えば、断層面積と地震モーメント）を近似した平均的傾向を表す経験式（回帰</p>		<p>で考慮されていなかった地震規模に係るスケールリング則及び地震発生頻度に係るグーテンベルク・リヒター則の各モデルの不確かさを定量的に評価し、確率モデルを設定した。また、不確かさを考慮する方法とその適用事例を示した上で、地震規模に係るスケールリング則の不確かさが評価結果に大きく影響することを示した。</p> <p>・「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の「4. 超過確率の参照」は、「津波発生モデル及び津波発生・伝播の数値モデルの不確かさを考慮して、（中略）津波水位とその超過確率との関係を表す津波ハザード曲線が算定されていることを確認する。」としている。本論文の知見は、「津波発生モデルの不確かさ」の具体的な項目とその導入方法を提案したものであり、これらの審査ガイドに反映すべ</p>	<p>を求めている。さらに、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」では、確率論的津波ハザード評価（以下「PTHA」という。）により当該超過確率を求め、その値が参照されていることを確認する、としている。</p> <p>・当該情報では、プレート間地震による津波を対象に、PTHA 手法においてこれまで考慮されていなかった地震規模に係るスケールリング則及び地震発生頻度に係るグーテンベルク・リヒ</p>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>モデル) のことをいう。</p> <p>注 3 : 地震発生頻度に係るゲーテンベルグ・リヒター則とは、地震の発生頻度と規模の関係を表す法則であり、縦軸を発生頻度の対数とした片対数グラフ上で直線関係を表す回帰式がよく知られている。また、これを改良した方法も提案されている。</p> <p>注 4 : 層別サンプリング法とは、母集団を適当な数の層に分割し、各層でランダムサンプリングを行う方法をいう。ランダムサンプリングの質や効率の向上が見込まれる。</p> <p>注 5 : ラテン超方格法とは、実験計画法の一つであり、2次元のラテン方格を n 次元に拡張したものをいう。n 個の因子をそれぞれ m 層の層別サンプリングを行い、ランダムな m 組の組合せを設定することにより、試行回数を減らすことができる。</p>			<p>き事項はない。</p> <p>・PTHA は、安全性向上評価においても実施する項目である。本知見では、地震規模に係るスケーリング則の不確かさの考慮の仕方により、事業者の PTHA の評価結果に大きな影響を与える可能性が見出された。そのため、ATENA 定例面談等で事業者に対して周知することとしたい。</p>		<p>ター則の各モデルの不確かさを定量的に評価し、確率モデルを設定した。また、不確かさを考慮する方法とその適用事例を示した上で、地震規模に係るスケーリング則の不確かさが評価結果に大きく影響することを示した。</p> <p>・「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の「4. 超過確率の参照」は、「津波発生モデル及び津波発生・伝播の数値モデルの不確かさを考慮して、 (中略) 津波水位とその超過</p>	



最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
							<p>確率との関係を表す津波ハザード曲線が算定されていることを確認する。」としている。本論文の知見は、「津波発生モデルの不確かさ」の具体的な項目とその導入方法を提案したものであり、これらの審査ガイドに反映すべき事項はない。</p> <p>・PTHAは、安全性向上評価においても実施する項目である。本知見では、地震規模に係るスケージングの不確かさの考慮の仕方により、事業者のPTHAの評価結果に大きな</p>	

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
							影響を与える可能性が見出された。そのため、ATENA 定例面談等で事業者に対して周知することとしたい。	

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(D)-0016	伊豆諸島海底火山大室ダシの活動年代について	<p>発表日： 令和4年6月29日  掲載誌： Geology  論文名： Past eruptions of a newly discovered active, shallow, silicic submarine volcano near Tokyo Bay, Japan  著者： Iona M. McIntosh*, Kenichiro Tani**, Alexander R.L. Nichols***, Qing Chang* and Jun-Ichi Kimura* (*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)、**National Museum of Nature and Science、***University of Canterbury)</p> <p>当該情報は海洋研究開発機構のマッキントッシュ氏らが伊豆大島の南東 20km に位置する海底火山大室ダシにおいて海底に堆積した噴出物を対象に実施した堆積物調査の結果を取りまとめたものである。</p> <p>当該情報の新規性は、大室ダシの海底に堆積した噴出物を採取・分析し、その噴出年代について検討し大室ダシの活動履歴の一部を明らかにしたことにある。具体的には、①大室ダシ火口地形において採取した試料と、伊豆大島の058テフラ、利島の03Tテフラについて化学分析を行い、それぞれの化学組成が一致することからこれらが同一の噴出物であることを明らかにした。②大室ダシ山頂の溶岩試料について、氷底噴火で用いられる手法を応用し OH 含有量から噴出時の水深を求め、海水準変動データから得られる過去の水深と</p>	2022/7/29	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山ガイドにおいては、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出として、「原子力発電所の地理的領域において第四紀に活動した火山（以下「第四紀火山」という。）を抽出し、その中から、完新世に活動があった火山及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として4. の個別評価対象とする」とされている。</li> <li>当該情報はこれまで活動履歴が明らかになっていなかった当該火山において、第四紀における3回の噴火活動、そのうち1回は完新世の噴火であることを明らかにしたものであり、完新世に活動した火山として抽出すべき検討対象となるため、地理的に比較的近い浜岡原子力発電所等に関連する情報であ</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>比較することで噴火年代を推定した。また同様に③大室ダシ山頂の低発泡軽石礫について噴火年代を推定した。</p> <p>その結果、①従来給源が不明であった伊豆大島と利島の約 13.8-13.2 ka のテフラが大室ダシ起源であることが判明したことから、大室ダシにおいて約 13.8-13.2 ka に噴火が発生していたこと、②大室ダシ山頂で噴出した溶岩の噴出年代が 9.8-7.3 ka であったこと、③大室ダシ山頂の低発泡軽石礫の噴出年代が約 11.3-10.7 ka であったことが明らかになった。これにより、これまで活動履歴が不明であった大室ダシ海底火山において、過去約 1 万 4 千年の間に 3 回の噴火が発生していたことが明らかになった。</p>			<p>ることから審査部門と情報を共有した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該情報には、上記火山ガイドに新たに反映する知見はない。</li> <li>・以上より、終了案件とする。</li> </ul>	/		

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(D)-0017	津波堆積物中の礫の円磨度から推定される古津波の浸水距離に関する知見について	<p>掲載誌： Scientific Reports  論文名： Palaeo-tsunami inundation distances deduced from roundness of gravel particles in tsunami deposits  著者： Daisuke Ishimura (首都大学東京(現：東京都立大学))・Keitaro Yamada (立命館大学)  公表日： 令和元年7月16日</p> <p>著者らは、2011年東北地方太平洋沖地震津波(以下「2011年津波」という。)を含む計11層の津波堆積物が確認できている岩手県下閉伊郡山田町小谷島を調査対象として、津波堆積物中の礫の混合比に基づき津波の浸水距離を推定できる可能性を示した新たな手法を提案している。概要を以下に示す。</p> <p>1) 津波堆積物中の礫の分析(海岸及び河川からの堆積物の区分とその比率(混合比))</p> <p>著者らは、まず調査対象地域の津波堆積物中の礫並びに海岸及び河川支流の礫の円磨度を画像解析によって測定し、「円磨度・円磨度分布に明瞭な違い(海岸堆積物の礫は丸みを帯び、河川堆積物の礫は角ばっている)が得られたこと」、及び「2011年津波の津波堆積物の円磨度を測定した結果、その分布は海岸堆積物及び河川堆積物に対応する2つのモードが存在していたこと」を踏まえ、調査対象の津波堆積物が海岸堆積物と河川堆積物から構成されていると仮定し、これらの混合</p>	2022/9/2	iv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準津波の審査ガイド<sup>1)</sup>では、基準津波の選定結果の検証として、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠等から推定される津波の規模を超えていることを確認することとしている。津波堆積物調査から得られる津波堆積物の分布域及び分布高度は、実際の浸水域及び浸水高・遡上高より小さいことが知られており、これらの差分を考慮して津波発生時の浸水域等を評価している(例えば<sup>2)</sup>)。</li> <li>当該情報は、既知の津波堆積物中の礫の円磨度・円磨度分布から海岸・河川の礫の混合比を算定することによって津波の浸水距離を推定できる可能性を示した新たな手法である。しかし、ローカルな検討結果であり、現時点で汎用性が確認できないため、審査ガイド<sup>1)</sup>に反映すべき事項はない。</li> <li>ただし当該情報の汎用性</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>比を算出している。</p> <p>2) 津波堆積物中の混合比からの浸水距離の推定（浸水距離の約 40%で混合比が顕著に変化する地点を TGIP と定義）</p> <p>2011 年津波、1896 年明治三陸津波及び 1611 年慶長津波と対比される堆積物（それぞれ、地表から 1 番目、2 番目、3 番目の堆積層）を採取した複数地点（海岸からの距離）を、先行研究等で求められているそれぞれの津波の浸水距離で正規化したところ、以下の点が分かった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- いずれも海岸からの浸水距離の約 40%地点で、混合比が急激に変化している。</li> <li>- 津波の大きさに関係無く、海岸から浸水距離までの混合比の分布パターンが一定である。</li> </ul> <p>これらの傾向を踏まえ、浸水距離の約 40%で混合比が顕著に変化する点を Tsunami gravel inflection point (TGIP) とした。なお、TGIP はサイト固有な値と述べている。</p> <p>3) 本提案手法の適用事例</p> <p>著者らは、約 1000 年前の津波堆積物（地表から 4 番目の堆積層）の混合比の分布から TGIP を 280m、津波の浸水距離を 700m と評価し、1896 年明治三陸津波と同等かそれ以下の規模と推定した。また、前述よりも古い津波堆積物については、ある内陸の調査地点（トレンチ）における混合比</p>			<p>が確認されれば、津波堆積物情報から遡上高に換算できるので、有益な情報となり得る。そのため、審査部門に情報を提供・共有した。なお、当該情報の津波堆積物は、既知の津波堆積物であり、新たな情報ではない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以上により、引き続き当該知見に関する情報収集活動を行い、十分な情報が得られてから再度判断する。</li> </ul> <p>1) 原子力規制委員会：基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド、2021 年 6 月改訂。</p> <p>2) 内閣府 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震による震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書、2022 年 3 月。</p>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		に基づき、それぞれの津波の浸水距離の大小を相対的に示した。ただし、これらの推定は海岸線位置が現在と同様であったと仮定しているため、より正確な津波浸水距離等を推定するには、当時の海岸線を復元する必要があると述べている。				/		

## 「確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響」について（案）

令和 4 年 9 月 29 日  
地震・津波研究部門

### 1. 背景

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第5条では、設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならないと規定されている。また、設置許可基準規則解釈別記3において、策定された基準津波については、その水位の超過確率を把握することを求めている。さらに、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」では、確率論的津波ハザード評価（以下「PTHA」という。）により当該超過確率を求め、その値が参照されていることを確認する、としている。

PTHA 手法では、津波発生・伝播モデルには不確かさが伴うため、偶然的な不確かさと認識論的不確かさに分類して考慮することが一般に行われる。しかし、従来の PTHA 手法（例えば、土木学会<sup>1)</sup>、杉野ら<sup>2)</sup>、地震調査研究推進本部<sup>3)</sup>）では、津波発生・伝播モデルには不確かさが存在するが、その影響が考慮されていないモデルもある。

そこで、原子力規制庁では、従来の PTHA 手法に見られる上記の課題を解決するために、安全研究プロジェクト「津波ハザード評価の信頼性向上に関する研究（実施期間：平成29年度～令和2年度）」のうち、「(1) 地震起因の津波の確率論的ハザード評価手法の信頼性向上」の「a. 津波発生モデルの不確かさ評価手法の整備」を研究テーマとして実施した。そして、その研究成果の一部が日本地震工学会論文集に公表<sup>1)</sup>された。本論文の内容は、現行規制基準の超過確率に関連する情報であることから、その内容と今後の対応について報告する。

### 2. 本論文の内容と得られた新知見

本論文の概要は、以下のとおりである。

- 著者らは、プレート間地震による津波を対象に、従来の PTHA 手法<sup>1)-3)</sup>における課題を提示し、その解決策を提案するとともに、提案手法をモデルサイトに適用して、不確かさ項目が PTHA の結果に及ぼす影響を比較分析した。

<sup>1)</sup> 杉野英治、阿部雄太：確率論的津波ハザード解析における津波発生・伝播モデルの不確かさの影響、日本地震工学会論文集、第22巻、第4号、pp. 1-22、2022.



- 1つ目の課題として、従来手法では地震規模に係るスケーリング則<sup>2</sup>、地震発生頻度に係るグーテンベルグ・リヒター則<sup>3</sup>の各モデルの不確かさを考慮していない（平均値のみを考慮し、確率分布を考慮していない）ことを挙げた。著者らは、これらの既往研究を基に不確かさを定量的に評価し、確率モデルを設定した。そして、これらのモデルを導入した PTHA 手法を提案した。新たに導入したモデルを図 1、図 2 及び図 3 に示す。

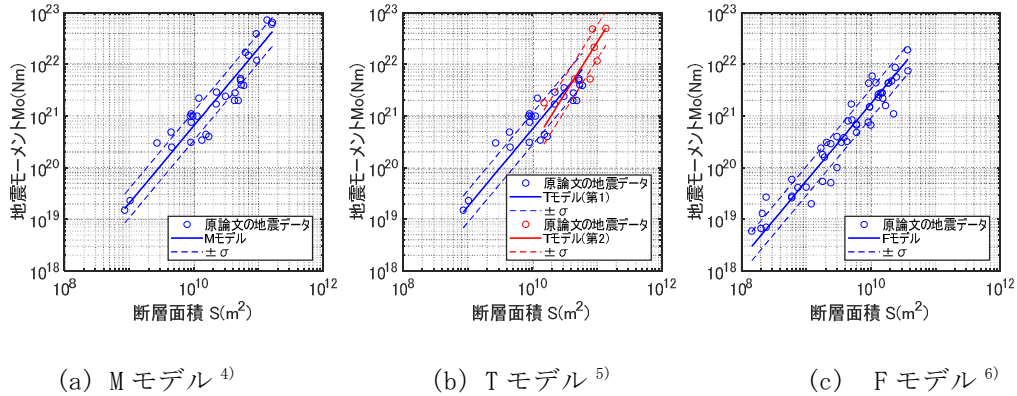


図 1 地震規模に係るスケーリング則の各モデル

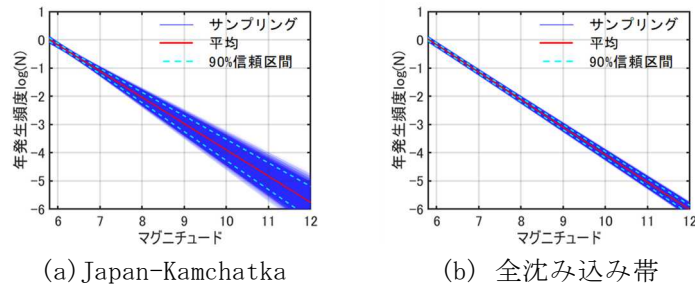


図 2 地震発生頻度に関する GR モデル<sup>7)</sup>

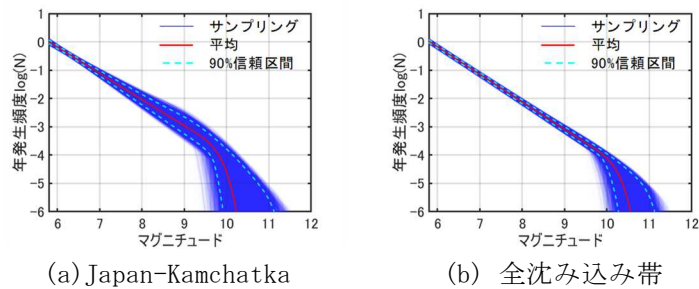


図 3 地震発生頻度に関する Tapered GR モデル<sup>8)</sup>

<sup>2</sup> 地震規模に係るスケーリング則とは、過去の地震のデータ（例えば、断層面積と地震モーメント）を近似した平均的傾向を表す経験式（回帰モデル）のこと。

<sup>3</sup> 地震発生頻度に係るグーテンベルグ・リヒター則とは、地震の発生頻度と規模の関係を表す法則であり、縦軸を発生頻度の対数とした片対数グラフ上で直線関係を表す回帰式がよく知られている。また、これを改良した方法も提案されている。

- 2つ目の課題として、従来の PTHA 手法では、偶然的不確かさは1本の津波ハザード曲線で、認識論的不確かさは複数の津波ハザード曲線で表現するとされ、ハザード曲線の本数として現れるのは認識論的不確かさの影響のみとなり、偶然的不確かさと認識論的不確かさの両者の不確かさの影響を比較することができないことを挙げた。著者らは、両者の不確かさを同じように扱えるよう、層別サンプリング法<sup>4</sup>及びラテン超方格法<sup>5</sup>を組み合わせた方法を提案した。そして、両者が共にハザード曲線の本数やその拡がりとして明示的に表し、両者の不確かさの影響を比較できるようにした。
- さらに、著者らは、地震規模に係るスケーリング則及び地震発生頻度に係るグーテンベルク・リヒター則の各モデルの不確かさのほかに、津波波源の不均一すべり分布の配置パターン及び津波伝播モデルの不確かさを考慮して、福島県沖を例として PTHA を実施した。
- そして、上記の四つの不確かさ項目について、不確かさを考慮した確率モデルと不確かさを考慮しない平均モデルとしたときの違いやロジックツリー分岐が PTHA 解析結果に及ぼす影響を定量的に評価し、その結果、福島県沖での適用事例では、今回検討した中では図1の(a)~(c)に示す地震規模に係るスケーリング則の不確かさの影響が最も大きいことを示した。解析条件を表1に、解析結果を図4にそれぞれ示す。
- なお、著者らは、本提案手法において、水深が比較的深い沖合の地点を対象とすることにより、地震モーメントと津波高に比例関係が成り立つことを仮定したため、非常に大きい地震モーメント（確率は低い）に対応する極めて高い津波高が推定された。著者らは今後の課題として、津波高の成長限界やプレート間地震の地震モーメントの上限に関するモデルの検討の必要性を示している。

表1 不確かさ項目と取扱い方法一覧

ケース No.	地震規模に係るスケーリング則	地震発生頻度に係る GR 則	不均一すべりの配置パターン	津波伝播モデル
1	確率モデル	確率モデル	確率モデル	確率モデル
2	平均モデル	平均モデル	平均モデル	確率モデル
3	平均モデル	確率モデル	確率モデル	確率モデル
4	確率モデル	平均モデル	確率モデル	確率モデル
5	確率モデル	確率モデル	平均モデル	確率モデル

<sup>4</sup> 層別サンプリング法とは、母集団を適当な数の層に分割し、各層でランダムサンプリングを行う方法をいう。ランダムサンプリングの質や効率の向上が見込まれる。

<sup>5</sup> ラテン超方格法とは、実験計画法の一つであり、2次元のラテン方格をn次元に拡張したものをいう。n個の因子をそれぞれm層の層別サンプリングを行い、ランダムなm組の組合せを設定することにより、試行回数を減らすことができる。

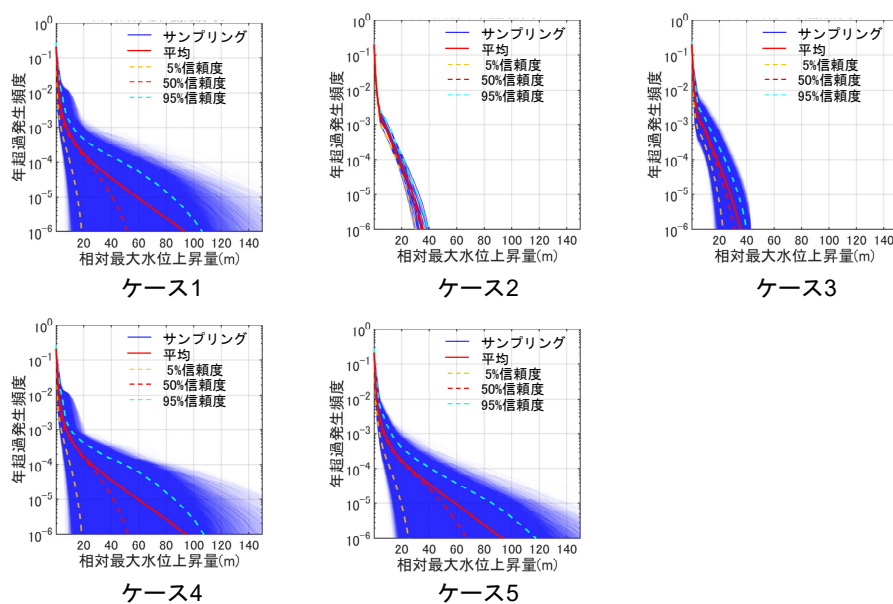


図 4 PTHA 解析結果

### 3. 今後の対応

本論文では、プレート間地震による津波を対象に、PTHA 手法においてこれまで考慮されていなかった地震規模に係るスケーリング則及び地震発生頻度に係るグーテンベルク・リヒター則の各モデルの不確かさを定量的に評価し、確率モデルを設定した。また、不確かさを考慮する方法とその適用事例を示した上で、地震規模に係るスケーリング則の不確かさが評価結果に大きく影響することを示した。

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の「4. 超過確率の参照」は、「津波発生モデル及び津波発生・伝播の数値モデルの不確かさ<sup>6</sup>を考慮して、（中略）津波水位とその超過確率との関係を表す津波ハザード曲線が算定されていることを確認する。」としている。本論文の知見は、「津波発生モデルの不確かさ」の具体的な項目とその導入方法を提案したものであり、この審査ガイドに反映すべき事項はない。

PTHA は、安全性向上評価においても実施する項目<sup>7</sup>である。本知見では、地震規模に係るスケーリング則の不確かさの考慮の仕方により、事業者の PTHA の評価結果に大きな影響を与える可能性が見出された。そのため、ATENA 定例面談等で事業者に対して周知することとしたい。

<sup>6</sup> 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」及び「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」の中では「不確かさ」と表現されており、そのまま引用した。一方、論文の中では「不確かさ」と表現した。両者は、同義である。

<sup>7</sup> 「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」では、「参考資料 1 確率論的リスク評価 (PRA) 実施手法の例」の PTHA に際し、「波源モデル及び津波伝播モデルの不確かさ要因の分析に関連する情報も併せて収集する。」としている。

## 参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会：原子力発電所の津波評価技術 2016, 2016.
- 2) 杉野英治ほか：確率論的津波ハザード評価における津波想定の影響，日本地震工学会論文集，2015.
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価，2020.
- 4) Murotani, S., Satake, K. and Fujii, Y.: Scaling Relations of Seismic Moment, Rupture Area, Average Slip, and Asperity Size for M~9 Subduction Zone Earthquakes, *Geophysical Research Letters*, Vol. 40, pp. 5070–5074, 2013.
- 5) 田島礼子，松元康広，司宏俊，入倉孝次郎：内陸地殻内および沈み込みプレート境界で発生する巨大地震の震源パラメータに関するスケーリング則の比較研究，地震第2輯，Vol. 66, pp. 31-45, 2013.
- 6) 藤原広行，平田賢治，中村洋光，長田正樹，森川信之，河合伸一，大角恒雄，青井 真，松山尚典，遠山信彦，鬼頭 直，村嶋陽一，村田泰洋，井上拓也，斎藤 龍，秋山伸一，是永真理子，阿部雄太，橋本紀彦：日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討，防災科学技術研究所研究資料，Vol. 400, pp. 49-52, 2015.
- 7) Gutenberg, R. and Richter, C. F.: Frequency of Earthquakes in California, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 34, pp. 185–188, 1944.
- 8) Kagan, Y. Y.: Seismic Moment Distribution Revisited: I. Statistical Results, *Geophysical Journal International*, Vol. 148, No. 3, pp. 520–541, 2002.

<技術情報検討会資料>

技術情報検討会は、新知見のふるい分けや作業担当課の特定を目的とした事務的な会議体であり、その資料及び議事録は原子力規制委員会の判断を示すものではありません。

資料55-1-3-1

最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザード以外に関するもの）（案）

令和4年9月29日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和4年7月9日から令和4年9月2日まで）

最新知見等 情報シート番号	件名	スクリーニング結果 （対応の方向性（案））	資料ページ
22 シ安-(B)-0002	商用再処理施設の除染作業における機器の劣化に関する留意点	vi)	6~9

対応の方向性（案）： i）直ちに規制部等関係部署に連絡・調整し、規制庁幹部に報告する。 ii）対応方針を検討し、技術情報検討会へ諮問する。 iii）技術情報検討会に情報提供・共有する。 iv）情報収集活動を行い、十分な情報が得られてから再度判断する（必要な場合には安全研究を実施する）。 v）安全研究企画プロセスに反映する。 vi）終了案件とする。以下同じ。

最新知見のスクリーニング状況（自然ハザード以外に関するもの）（案）

令和4年9月29日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和4年7月9日から令和4年9月2日まで）

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 シ安-(B)-0002	商用再処理施設の除染作業における機器の劣化に関する留意点	<p>公表先：NRA 技術ノート 表題：商用再処理施設の除染作業における機器の劣化に関する留意点 著者：野島 康夫、山口 晃範、古田 昌代</p> <p>我が国の商用再処理施設では、東海再処理工場のステンレス製機器の腐食経験を踏まえ、機器の一部を耐食性に優れるジルコニウム製機器に変更し、ステンレス製機器との接続配管に Zr/Ta/ステンレス鋼の異材接合継手が用いられている。</p> <p>旧科学技術庁の委託事業において、当該異材接合継手は、水素脆化感受性が著しく高い可能性があること、及び水素脆化した場合、低温の熱処理でも回復する可能性が示唆されることが報告されている。</p> <p>商用再処理施設では除染目的でアルカリ溶液 (NaOH) が用いられることが想定されており、当該異材接合継手に化学除染が及ぼす影響は未知である。このため、規制庁は、化学除染に伴うアルカリ腐食による異材接合継手の水素脆化の可能性及び脆化回復のための熱処理の有効性を確認するための試験を JAEA に委託した。試験結果を旧科学技術庁の委託事業の成果を参考に、整理、考察した結果、その成果は以下のようにまとめられる。</p> <p>➤ Zr/Ta/ステンレス鋼の異材接合継手の水素</p>	2022/9/2	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本技術ノートは、商用再処理施設の除染作業における機器の劣化に関する知見と留意点をまとめたものである。得られた知見等は、原子力規制検査において関連する気づき事項を抽出した際に適宜活用できるものである。</li> <li>・このため、上記知見等を、規制部の関係課室に情報共有を行った。</li> <li>・よって終了案件とする。</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>感受性は、アルカリ性試薬を用いた化学除染作業において著しく高い可能性があることが示唆された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 異材接合継手が水素脆化した場合の回復のための熱処理の有効性は確認できなかった。</li> <li>➤ 除染作業時の留意点として、商用再処理施設においてアルカリ性の除染溶液を用いる際には、事前に除染溶液による水素脆化割れの可能性を確認するための試験を異材接合継手相当材の試験片を用いて実施しておくことが必要である。製造（爆発接合）条件の変動が Zr の加工度に影響を及ぼすことから、試験を実施する際には製造ロットの異なる多数の試験片を供することが望ましいと考える。</li> </ul>						

## 電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について（案）

令和 4 年 9 月 29 日  
技 術 基 盤 課  
システム安全研究部門

### 1. 概要

技術基準規則解釈<sup>1</sup>第 35 条（安全保護装置）において、デジタル安全保護系の適用に当たっては JEAC4620 が引用され、「想定される電源擾乱、サージ電圧、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮して設計し、その設計による対策の妥当性が十分であることを確認すること」とされているが、EMC 対策としての具体的適用規格は規定していない。

原子力規制庁は、令和 3 年 12 月 16 日に事業者意見を聴取する会合<sup>2</sup>を開催し、同会合において、原子力エネルギー協議会（ATENA）から、具体的な EMC 対策として達成すべき水準、共通要因故障としての EMC の対象とするべき機器、一般産業の電子機器として求められる水準との比較等については産業界の自主的活動として検討を継続する、産業界の対応内容がまとめ次第、意見交換を要望するとの説明を受けた。

令和 4 年 9 月 12 日に事業者意見を聴取する会合<sup>3</sup>を開催し、ATENA から検討結果を聴取した（参考参照）ことから、その結果を報告する。

### 2. ATENA からの説明と聴取の結果

#### 2. 1 ATENA からの説明の概要

##### （1）国内試験項目と国際規格の比較調査の対象

- 安全保護系におけるデジタル機器を対象とし、対象部位は、IEC 規格で定義されている 4 種類の機器（AC 電源ポート、DC 電源ポート、制御・信号ポート、筐体）とした。
- 3 プラントを対象に国内試験項目と国際規格（IEC 規格等）の比較調査を実施した。

##### （2）国内試験項目と国際規格の比較調査の結果

- IEC 規格で考慮対象としている電磁的事象のうち、IEC 規格に準じるか、自主基準にて実施しているもの：静電気、インパルス磁界、DC 電源リップル、無線周波、高速トランジェント、電源周波数磁界、減衰振動磁界、AC 電源電圧低下、AC 電源電圧変動、AC 電源周波数変動、DC 電源電圧低下、サージ
- プラントによっては試験実績がないもの：無線周波のケーブル伝導、減衰振

<sup>1</sup> 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈

<sup>2</sup> 第 17 回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合

<sup>3</sup> 第 21 回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合



動波、正弦波コモンモード伝導

- 試験実績のないもの：エミッション

### (3) 産業界の見解と活動計画

- これまでの実績から、典型的な電磁的事象の影響によっても「原子力発電所の安全機能を損なわない」という目標は現状でも達成できている。
- しかしながら、国際規格は EMC 試験の網羅性・統一性を目指して整備されており、国際規格を参照して国内での EMC 試験の標準化を進める事が、より信頼性の高い設備構築に資すると考える。
- 上記方針及び、活動計画を年内に ATENA レポートとしてまとめ、運営会議/ステアリング会議で安全対策実施を指示し、事業者のコミットの上、その活動状況を ATENA が随時フォローする。
- 今後、上記フォロー結果を、2023/2024/2025 年度と適宜規制庁へ報告する。
- 現状では IEC62003 を直接参照する方針だが、上記活動成果を受け、最終的に ATENA レポート化し、担当協会への規格化(JIS 化、JEAC 化など)の提言も検討する。

## 2. 2 聴取の概要

### (1) 国際規格との整合

ATENA から、国際規格は EMC 試験の網羅性・統一性を目指して整備されていると認識しているとの説明があった。国際規格は国際的にはベースラインと考えられており、活動の方向性として望ましいと考える。例えば、太陽フレア等に対する影響について IEC 規格に従って一定の水準での耐性が考慮されていれば発電所内部の機器に影響が出ることはない、というようなことが海外では定量的に示されつつあるので、そうした国際的なベースラインを用いた評価との対比も容易になる。

### (2) 対象範囲

安全に影響を及ぼす可能性のある常用制御系（例えば、BWR の制御棒駆動系、給水制御系等）や事故時監視計装については資料には記載されていないが、検討対象と考えているのか質問したところ、ATENA から、まずは安全保護系のデジタル機器を対象に考えているが、これらの機器についても自主活動として展開することを考えているとの説明があった。

### (3) 国内試験項目と国際規格の比較調査の代表性

適用規格の有無やその種類についてはプラントメーカーにより異なる結果であったことから、調査プラントの代表性について質問したところ、ATENA から、代表性という観点から精査したわけではないが、各プラントメーカーの最新プラントの調査結果で、導入初期から同じ考え方であり、大きな違いはないとの説明があった。

#### (4) 新たに導入した機器による影響

新たに導入した機器（特に汎用機器）との相互干渉による影響について質問したところ、ATENA から、周辺ノイズ環境の測定において把握するとの説明があった。周辺ノイズ環境の測定結果は、現在のレベルを把握できることから重要な情報であると考え。また、このような測定は、国際的にもあまり例のないことであり、結果を海外にも発信することは有益であると考え。

#### (5) 規格化に対する考え方

最終的には規格化（JEAC 等）を検討するという説明だが、IEC 規格を取り入れれば、早期に対応が出来る、太陽フレアの影響等を考慮する場合に国際規格というベースラインとの比較が容易といった観点から、IEC 規格を取り入れることは考えていないのかという質問に対し、ATENA から、現状では活動成果に応じてまずは IEC 規格を参照する方針であり、さらに国内規格化するかは次のステップであると考えとの説明があった。

### 3. 今後の対応

技術基準規則解釈<sup>4</sup>第 35 条（安全保護装置）には、EMC 対策としての具体的適用規格は規定していない。しかし、ATENA は、国際規格を参照して国内での EMC 試験の標準化を進める事が、より信頼性の高い設備構築に資するとして、現状では IEC62003 を直接参照する方針であり、担当協会への規格化（JIS 化、JEAC 化など）の提言も検討するとしている。また、活動方針、計画、結果等について、ATENA レポートとしてとりまとめるとともに、原子力規制庁に適宜報告するとしている。

以上を踏まえ、今後も ATENA の活動を注視し、活動の内容を聴取することとした。

(参考) 第 21 回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合 資料 2 1 - 1

<sup>4</sup> 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈

# 電磁両立性（EMC）に係る 原子力発電所における対応について 産業界としての対応方針

（第2回 意見聴取会）

2022年 9月12日

原子力エネルギー協議会

## 目次

1

1. はじめに
  2. 国内試験項目と国際規格の比較調査
  3. 調査結果を踏まえた産業界の見解
  4. 活動計画
  5. まとめ
- 
- 添付 1 国内における試験実施の可能性
  - 添付 2 電磁的事象による共通要因故障の可能性
  - 添付 3 一般産業の電子機器として求められる水準との比較
  - 添付 4 基板・部品レベルでの電磁両立性
  - 添付 5 核計装及び放射線計装の電磁両立性
  - 添付 6 安全保護装置の設計の確証について

# 1. はじめに

- 2021年12月16日に開催された「電磁両立性（EMC）に係る原子力発電所における対応」に関する事業者意見を聴取する会合において、ATENAから以下報告した。
  - ✓ 目指すべき目標は、典型的な電磁的事象の影響によって、「原子力発電所の安全機能を損なわないこと」である。
  - ✓ また、運転実績からもこれまで電磁的障害による一過性の指示変動等があったものの、安全保護系が作動できなくなる事象は発生しておらず、この目標は達成できていると考えられる。
  - ✓ イミュニティに関しては、国際規格と同様の対象・目的で電磁的事象を考慮した試験を実施してきたが試験規格の細部に至っては必ずしも一致しておらず、エミッションに関しては試験を実施していない。
  - ✓ ATENAとしては、下記内容に関し検討継続し、引続き意見交換を要望した。
    - 国内試験項目と国際規格の比較調査…………… 2章
    - 調査結果を踏まえた産業界の見解…………… 3章
    - 活動計画…………… 4章
- また、関連してNRAからは下記項目に関し、ATENA見解を確認したい旨の意見を頂いた。
  - ①国内における試験実施の可能性…………… 添付 1
  - ②電磁的事象による共通要因故障の可能性…………… 添付 2
  - ③一般産業の電子機器として求められる水準との比較…………… 添付 3
  - ④基板・部品レベルでの電磁両立性…………… 添付 4
  - ⑤核計装及び放射線計装の電磁両立性…………… 添付 5
  - ⑥安全保護装置の設計の確証について…………… 添付 6

# 2. 国内試験項目と国際規格の比較調査

- 2.1 調査方針
- 2.2 調査対象（PWR、BWR）
- 2.3 「対象部位」及び考慮すべき「設置環境」
- 2.4 調査結果
- 2.5 まとめ

# 2.1 調査方針

- 国内の原子力発電所へのデジタル技術導入に向け、1990年代から電磁環境への対応を自主的に進めてきた。
- 一方で、2000年代に入り、欧米では電磁両立性(EMC : ElectroMagnetic Compatibility)に関する原子力発電所向けの規制ガイドや規格が整備されてきた。
- このため、国際規格であるIEC62003(2020版)\*1)を比較対象に、現状の国内での試験方法や試験レベルを調査した。
- 調査対象は、安全機能上重要な系統である「安全保護系」のうち、より電磁環境に対する感度が高いと考えられる「デジタル機器」とした。
- IEC62003に記載された試験条件と比較する形で「対象部位毎に現状の試験方法や試験レベル(数値)」を調査し、以下4つのパターンに整理した。

パターン① : IEC規格に準じて試験

パターン② : 試験レベルや試験波形、印加方法等自主基準で試験

パターン③ : IEC規格の適用条件に基づき試験対象から除外可能と判断

パターン④ : 試験対象の回路が存在しない

} 試験対象外と判断

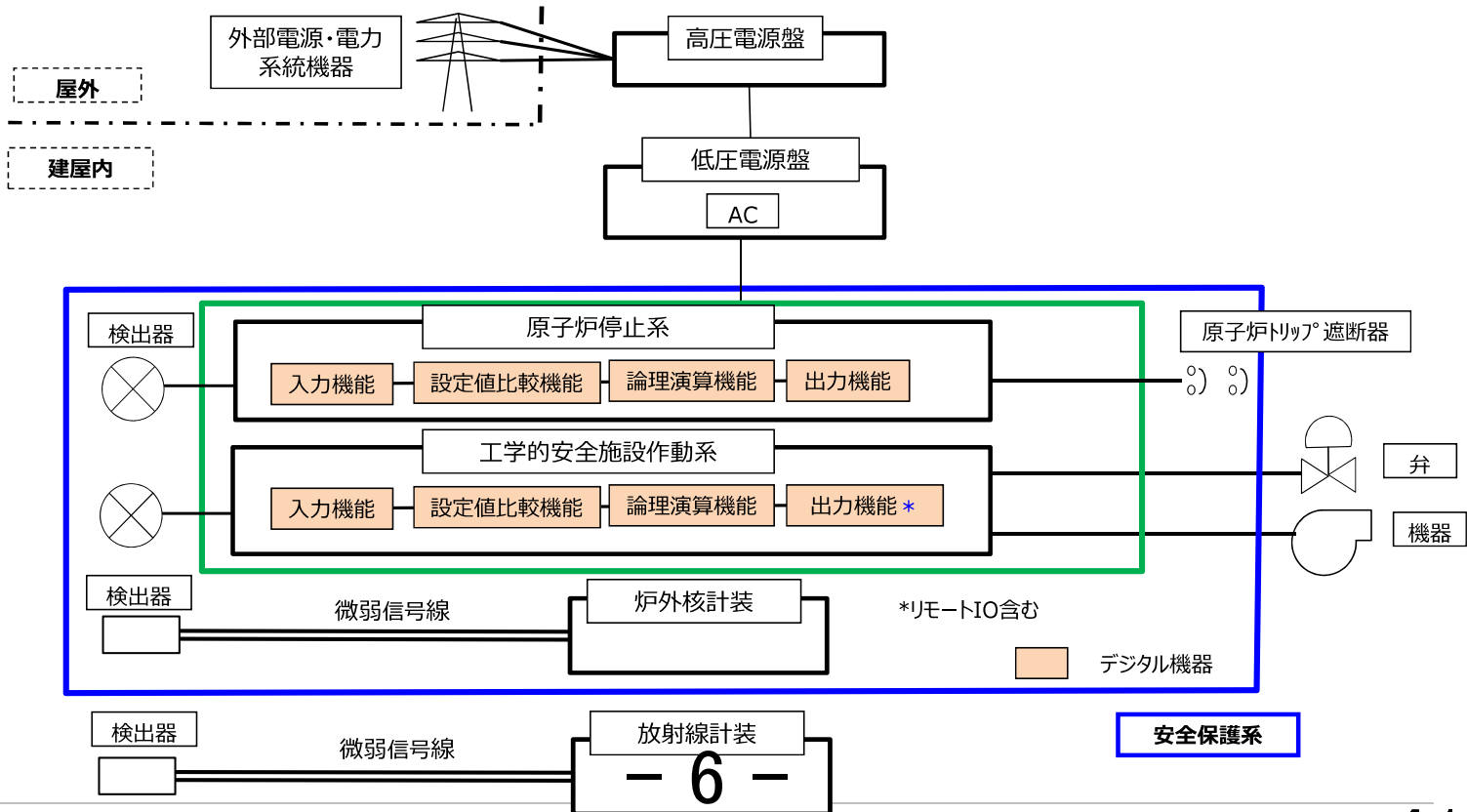
\*1) IEC62003 Edition 2.0 2020-03

Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Requirements for electromagnetic compatibility testing



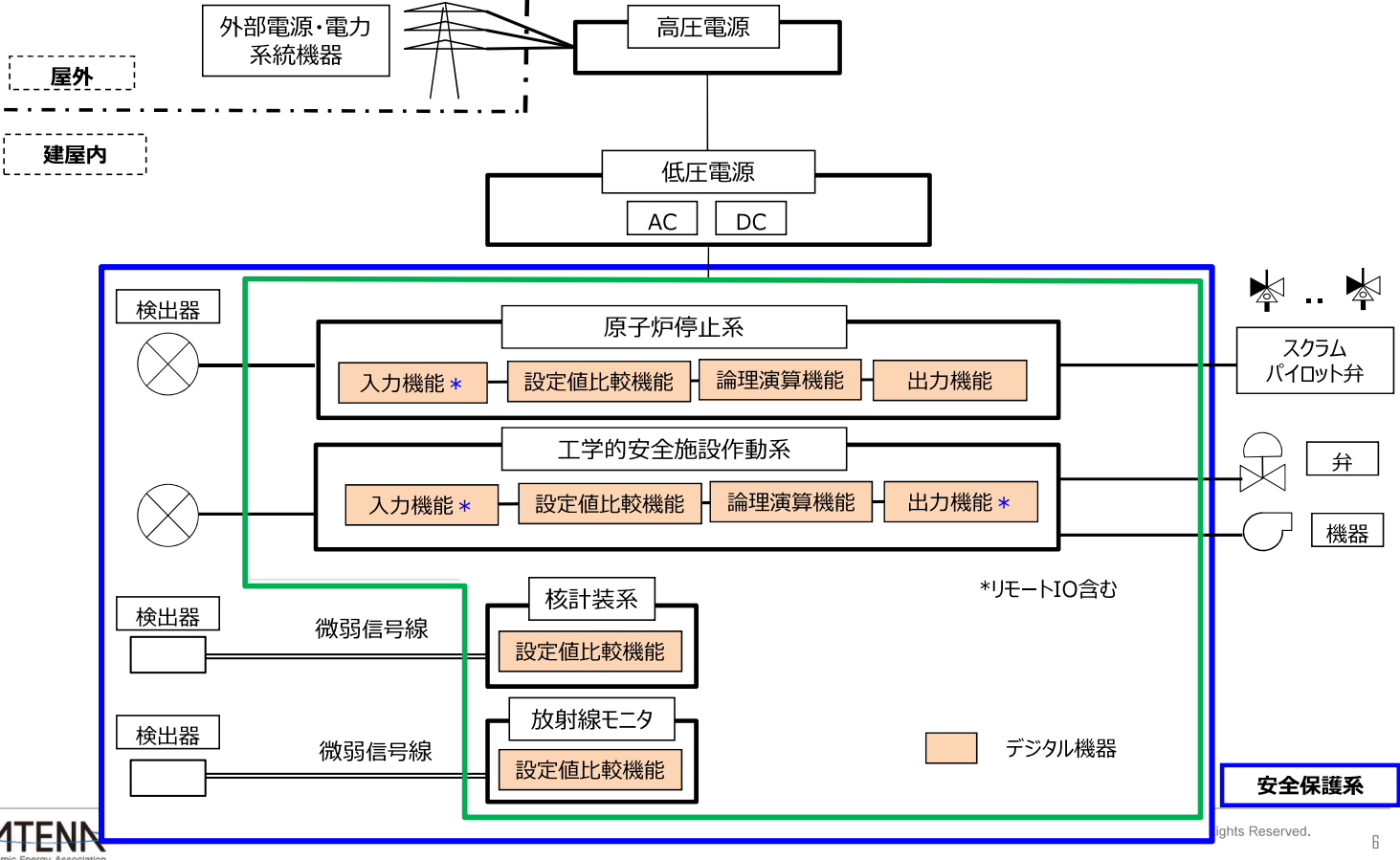
# 2.2 調査対象 (PWR) (1/2)

「安全保護系」における「デジタル機器」(    部分) のEMC試験実施状況を調査した。



# 2.2 調査対象 (BWR) (2/2)

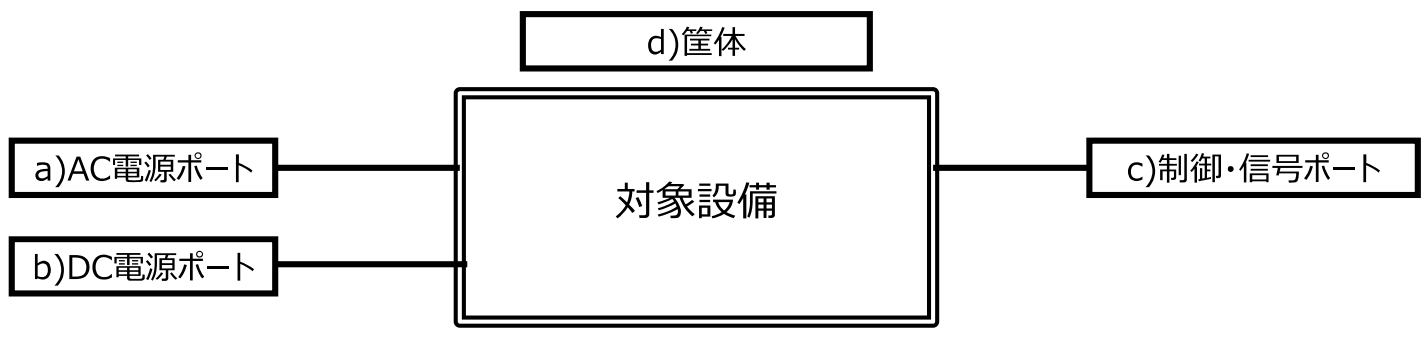
➤ 「安全保護系」における「デジタル機器」 (    部分) のEMC試験実施状況を調査した。



# 2.3 「対象部位」及び考慮すべき「設置環境」

➤ IEC規格で定義されている4つの「対象部位」に分けて調査した。

- a) AC電源ポート
- b) DC電源ポート
- c) 制御・信号ポート
- d) 筐体



➤ また、IEC規格で考慮すべき2つの「設置環境」の試験レベルと比較した。

Interface type2 : 制御室内接続、または建屋内接続のうち中高圧電気系統設備との直接接続以外  
Inside interface and/or control room and/or process area not involved in the electrical process

Interface type3 : 中高圧電気系統設備との建屋内直接接続  
Inside or from process area involved in the electrical process

## 2.4 調査結果(1/8)

一部対象部位が未試験 未試験

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント*1	現状の試験方法			補足説明	
電磁的事象	想定ノイズ源/原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している主な試験規格		
				type2	Type3						
EMI ①過渡電圧/電流	誘導性負荷の開閉	IEC 61000-4-4 (高速トランジスタ/バースト)	AC 電源 ポート	2kV	4kV	A	②	2.5KV	IEEE 472		
						B	①	4kV	JIS C 61000-4-4		
						C	①	4kV	JIS C 61000-4-4		
			DC 電源 ポート	2kV	4kV	A	②	2.5KV	IEEE 472		
						B	②	1.5kV	JIS B3502 JEITA IT-1004A		
						C	④	-		DC電源ポート無し	
	制御・ 信号 ポート	1kV	2kV	A	②	2.5KV	IEEE 472				
				B	①	2kV	JIS C 61000-4-4				
				C	①	2kV	JIS C 61000-4-4				
	電気系統の開閉 雷による誘導雷事象	IEC 61000-4-5 (サージ)	AC 電源 ポート	2kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	4.5kV	JEC 0103 JEITA IT-1004A	電圧印加後に設備を確認		
					B	①	4.5kV	JIS C 61000-4-5			
					C	②	4kV	JEC-0103	電圧印加後に設備を確認		
DC 電源 ポート			2kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	4.5kV	JEC 0103 JEITA IT-1004A	電圧印加後に設備を確認			
				B		×					
				C	④	-		DC電源ポート無し			
制御・ 信号 ポート		1kV (line-ground) 0.5kV (line-line)	2kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	4.5kV	JEC 0103 JEITA IT-1004A	電圧印加後に設備を確認			
				B		×					
				C	②	4kV	JEC-0103	電圧印加後に設備を確認			

\*1) PWR、BWRの安全保護系にデジタル機器を適用している3つのメーカー製プラント

## 2.4 調査結果(2/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント	現状の試験方法			補足説明
電磁的事象	想定ノイズ源/原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している主な試験規格	
				type2	type3					
EMI ①過渡電圧/電流(続き)	電気系統の開閉/負荷の切替 電源回路の故障や絶縁破壊	IEC61000-4-12 (減衰振動波)	AC 電源 ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	2.5KV	IEEE 472		
					B		×			
					C		×			
			DC 電源 ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	2.5KV	IEEE 472		
					B		×			
					C	④	-		DC電源ポート無し	
	制御・ 信号 ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	2.5KV	IEEE 472				
			B		×					
			C	②	2.5KV	IEEE 472				
	配電系統の故障や漏れ電流	IEC61000-4-16 (正弦波モード伝導)	AC 電源 ポート	10~1V (15Hz~150 kHz) 1V (150Hz~1.5kHz) 1~10V (1.5kHz~15kHz) 10V (15kHz~150kHz)	A	②	1.5/2kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値	
					B		×			
					C		×			
DC 電源 ポート			10~1V (15Hz~150 kHz) 1V (150Hz~1.5kHz) 1~10V (1.5kHz~15kHz) 10V (15kHz~150kHz)	A	②	2.5kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値		
				B		×				
				C	④	-		DC電源ポート無し		
制御・ 信号 ポート		10~1V (15Hz~150 kHz) 1V (150Hz~1.5kHz) 1~10V (1.5kHz~15kHz) 10V (15kHz~150kHz)	A	②	1.5/2kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値			
			B		×					
			C		×					

## 2.4 調査結果(3/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント	現状の試験方法			補足説明
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格	
				type2	type3					
EMI ①過渡電圧/電流 (続き)	高・中電圧の 断路器での 切り替え等 (続き)	IEC 61000-4- 18 (減衰振動 波・変電所 等高圧設 備)	AC 電源 ポート	試験不要	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	HEMPや屋外開閉所などに相当する 試験波形 (Fast波形) を除けば、 61000-4-12と等価の試験となるため、 そちらで代表して評価する。			
						B				
						C				
			DC 電源 ポート	試験不要	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A				
						B				
						C				
			制御・ 信号 ポート	試験不要	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)	A				
						B				
						C				

## 2.4 調査結果(4/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント	現状の試験方法			補足説明	
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格		
				type2	type3						
EMI ②無線 周波の 電磁妨 害 (続き)	高周波利用 設備 無線通信機 (無線周波のケーブル伝導)	IEC 61000- 4-6 (150kHz~8 0MHz無線周 波のケーブル伝 導)	AC 電源 ポート	150 kHz ~ 80 MHz 10V	A	②	1.5/2.5kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値		
					B	①	10V	JIS C 61000-4- 6			
					C		×				
					DC 電源 ポート	150 kHz ~80 MHz 10V	A	②	2.5kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値
							B		×		
							C	④	—		DC電源ポート無し
			制御・ 信号 ポート	150 kHz ~ 80 MHz 10V	A	②	1.5/2.5kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値		
					B	①	10V	JIS C 61000-4- 6			
					C		×				
			筐体	80MHz ~ 6GHz 10V/m	A	②	1/2.5kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値		
					B	②	10V/m	JIS C 61000-4- 3			
					C	②	10V/m	JEITA IT-1004			



# 2.4 調査結果(5/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)			プラント	現状の試験方法			補足説明		
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル		パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格			
				type2	type3						
EMI TEI (続き)	③静電気放電 人体から直接、又は人体から近接している物質への静電気放電	IEC 61000-4-2 (静電気放電)	筐体	気中放電 ±15kV 接触放電 ± 8kV		A	①	気中放電 ±15kV 接触放電 ± 8kV	IEC 61000-4-2		
						B	①	気中放電 ±15kV 接触放電 ± 8kV	JIS C 61000-4- 2		
						C	①	気中放電 ±4kV 接触放電 ±4kV	JIS C 61000-4-2	緩和条件(床の材質等)採用	
	④磁界	導体の電源周波数電流又は機器に接近する他装置(例:変圧器からの漏れ磁束)	IEC 61000-4-8 (電源周波数磁界)	筐体	10 A/m		A	②	4000A/m	JEITA IT-1004A	
							B	②	400A/m	JEITA IT-1004A	
							C	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず
	④磁界	落雷や低中高压の電気のシステム(インパルス磁界)の初期の故障過渡事象	IEC 61000-4-9 (インパルス磁界)	筐体	100 A/m		A	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず
							B	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず
							C	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず
	④磁界	断路器等による高圧バスの切り替え(減衰振動磁界)	IEC 61000-4-10 (減衰振動磁界)	筐体	10 A/m		A	②	2.5 kV	IEEE 472	レベルはノイズ発生器側の数値
							B	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず
							C	③	-		磁界に敏感な素子を使用せず



# 2.4 調査結果(6/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)			プラント	現状の試験方法			補足説明		
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル		パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格			
				type2	Type3						
EMI TEI (続き)	⑤電源変動	位相制御機器やUPS機器等	AC電源ポート	IEC62003にはLevel3と記載されているが、IEC61000-4-3ではClass2,3との区分けであり、このLevelとClassが同義であるか不明		A	詳細レベル(Level3かclass3か?)について、IEC62003を策定したIEC/TC45/SC45A/WG9へ確認中				
						B					
						C					
	⑤電源変動	ランダムに負荷状態が変わるもの(溶接機等)、負荷のオン/オフ(電動機)、ステップ電圧変化	IEC 61000-4-14 (AC電源の電圧変動)	AC電源ポート	±12% (100Vならば88~112V)		A	②	85~132V	JEITA IT-1004A	
							B	②	基準値の-15~+10%	JEITA IT-1004A	
							C	②	85~132V	メーカ標準	
	⑤電源変動	電源系統における故障、又は設備内の負荷の大きな急変	IEC 61000-4-11 (AC電源の電圧低下/瞬断・電流が16A以下の機器)	AC電源ポート	◆電圧瞬断 ・0%定格電圧 (1サイクル) ◆電圧ディップ ・40%定格電圧 (200ms) ・70%定格電圧 (500ms) ◆短時間停電 ・0%定格電圧 (5s)		A	②	0%(1cycle)	JEITA IT-1004A JIS B 3502	
							B	②	0%(1cycle)	JEITA IT-1004A JIS B 3502	
							C	②	0%(1cycle)	メーカ標準	
	⑤電源変動	負荷と発電容量との動的バランスの変化	IEC 61000-4-28 (AC電源の周波数変動)	AC電源ポート	◆周波数偏差: +4%, -6% ◆変動時間: 10s		A	②	45-66Hz	JIS B 3502	
							B	②	±5%	JIS B 3502	
							C	②	±2Hz	メーカ標準	
⑤電源変動	整流装置や蓄電池の充電器	IEC 61000-4-17 (DC電源のリップル)	DC電源ポート	◆リップル値: 10%定格電圧(ピーク間) ◆リップル周波数: 設備仕様による		A	③	-		プラントのDC電源の品質(リップル)は良好に管理されているため不要	
						B	③	-			
						C	④	-		DC電源ポート無し	



## 2.4 調査結果(7/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント	現状の試験方法			補足説明	
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格		
				type2	type3						
EMC (続き)	⑤電源変動 (続き)	DC配電システムの障害や負荷の大きな変動、電源の切り替え	IEC 61000-4-29 (DC電源の電圧低下/瞬断)	DC電源ポート	◆電圧ディップ：40% UT(10ms) 70% UT(10ms)		A ②	88V~143V	JEITA IT-1004A		
					◆短時間停電：0%UT(1ms)						
					◆電圧変化：80%-120%(100ms)						
		電力系統や設備の短絡故障又は負荷の大きな急変等	IEC 61000-4-34 (AC電源の電圧低下/瞬断・電流が16Aより大きい機器)	AC電源ポート	◆電圧瞬断 ・0%定格電圧 (1サイクル)		A	電流が16Aを超えても/以下でも試験方法とレベルは61000-4-11と同じなので、4-11で代表して評価する。			
					◆電圧ディップ ・40%定格電圧 (200msec)						
					◆短時間停電 ・0%定格電圧 (5s)						
						B					
						C					
						C	DC電源ポート無し				

## 2.4 調査結果(8/8)

想定される電磁環境		国際規格(IEC62003)				プラント	現状の試験方法			補足説明				
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因	規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	参照している 主な試験規格					
				type2	type3									
EMC (続き)	⑥無線周波の電磁放射	制御装置	IEC 61000-6-4 (無線周波の直接放出・ケーブル伝導放出)	筐体	40dBμV/m@30 MHz~230 MHz (at 10m Quasi-Peak)		A	×						
					47dBμV/m@230 MHz~1 GHz (at 10m Quasi-Peak)									
					76dBμV/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, peak)									
							AC電源ポート	79dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak)		A	×			
								66dBμV@150 kHz~500 kHz (average)						
								73dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak)						
							DC電源ポート	89dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak)		A	×			
								76dBμV@150 kHz~500 kHz (average)						
								83dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak)						
								70dBμV@500 kHz~30 MHz (average)		C	⑤	-		DC電源ポート無し

## 2.5 まとめ

- IEC62003から引用されている試験規格IEC61000シリーズ(**19規格**)の内、A, B, Cいずれのプラントでも**13規格**が対象・目的としている電磁的事象については何等かの試験を実施している。
  - (1) A, B, CいずれのプラントでもIEC規格に準じているもの：3規格（試験対象から除外可能としたものを含む）  
IEC61000-4-2(静電気)、4-9(インパルス磁界)、4-17(DC電源リップル)
  - (2) プラントによってはIEC規格に準じるかもしくは自主基準にて試験しているもの：9規格  
IEC61000-4-3(無線周波)、4-4(高速トランジエント)、4-8(電源周波数磁界)、4-10(減衰振動磁界)、4-11 & 34(AC電源電圧低下)、4-14(AC電源電圧変動)、4-28(AC電源周波数変動)、4-29(DC電源電圧低下)
  - (3) IEC規格に準じるかもしくは自主基準にて試験しているが、一部未試験対象部位があるもの：1規格  
IEC61000-4-5(サージ)
- **5規格**は試験を実施していないプラントがあり、そのうち1規格はA, B, Cいずれのプラントでも実績がない。
  - (1) プラントによっては試験実績がないもの：4規格  
IEC61000-4-6(無線周波のケーブル伝導)、4-12&18(減衰振動波)、4-16(正弦波EMFトランスミット伝導)
  - (2) A, B, Cいずれのプラントでも試験実績のないもの：1規格  
IEC61000-6-4(エミッション)
- IECに詳細要求を確認中のもの：**1規格**  
IEC61000-4-13(AC電源の高調波)\*<sup>1</sup>

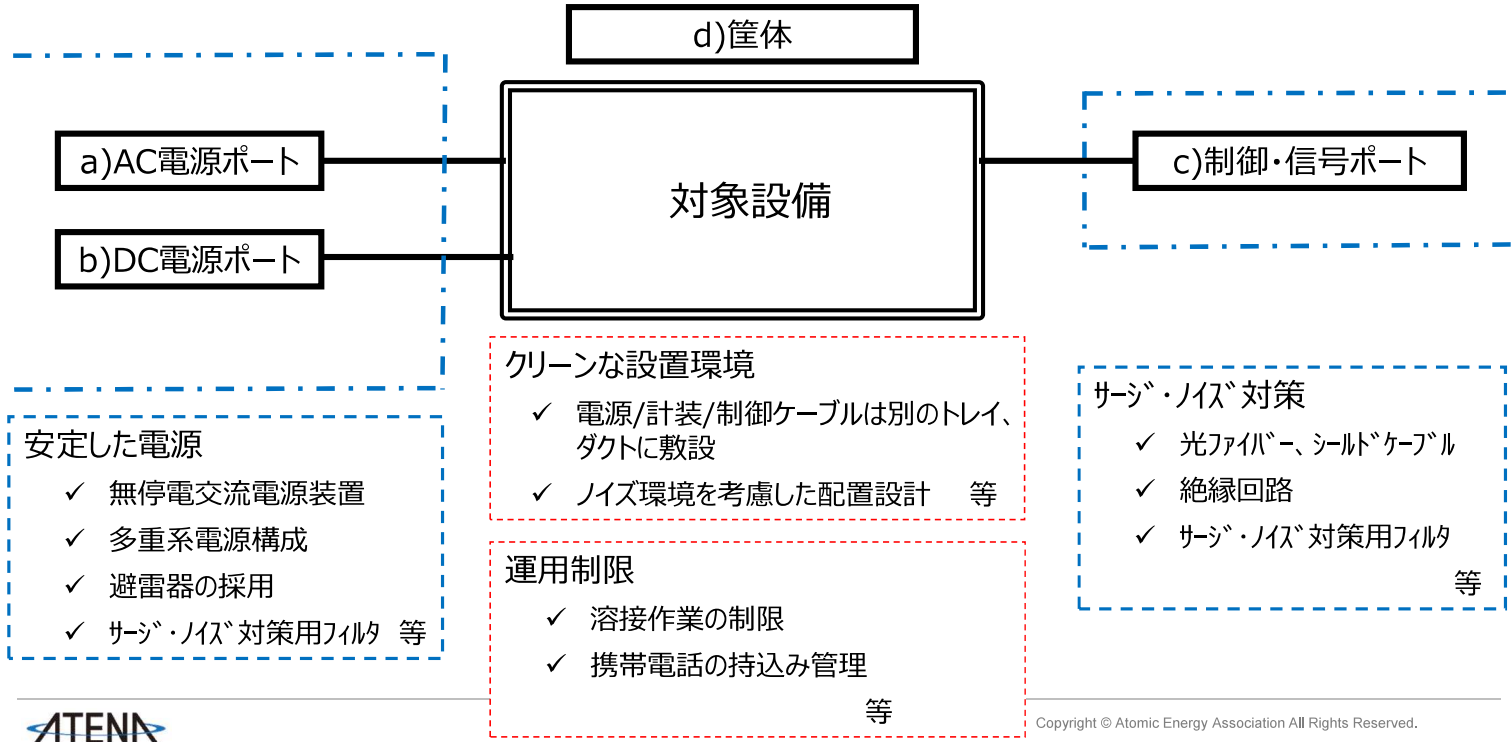
\*1) 国内の原子力発電所としては想定不要な電源仕様に対する考慮のため、本規格に類する試験項目はこれまで試験対象外と判断しいずれのプラントも試験は実施していない。但し、試験仕様の記載に不明確な点が含まれており、詳細要求について、IEC62003を策定したIEC/TC45/SC45A/WG9へ確認中。

## 3. 調査結果を踏まえた産業界の見解

- 3.1 国内原子力発電所における電磁環境について
- 3.2 調査結果を踏まえた現状評価
- 3.3 今後の活動方針

### 3.1 国内原子力発電所における電磁環境について

- 国内原子力発電所は、一般産業と比較して「安定」した電源かつ「グリーン」な設置環境であり、更に「サージ・ノイズ対策」及び「運用制限」を設けている。
- 従って、一般産業と比較してEMCの影響は比較的低い状況にあり、試験条件が国際規格に完全に準じていなくても即座に原子力発電所の安全に影響を与えるものではないと考える。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

### 3.2 調査結果を踏まえた現状評価

- これまでの実績から、典型的な電磁的事象の影響\*1によっても「原子力発電所の安全機能を損なわない」という目標は現状でも達成できている。
  - ✓ グリーンな環境や設備的な対応により、電磁的影響への対策を講じている（3.1章）
  - ✓ 国内原子力発電所では、デジタル安全保護装置に対する電磁環境への対応として、1990年代より自主的に水準を定め実証試験等を実施してきている。
  - ✓ 1990年代より、設備設置時やプラント起動試験時の機能試験及び実運用を通じて、設置環境下での安全機能の健全性を確認してきている。

\*1) ①過渡電圧/電流 ②無線周波の電磁妨害 ③静電気放電 ④磁界 ⑤電源変動

- また、今回の国際規格との試験比較調査において、試験条件等の差異はあったものの、設計上または運用上で考慮されていない新たな典型的な電磁的事象は見出されなかった。
- なお、エミッションに関しては、IEC規格のエミッション試験の試験レベル(限度値)がテレビ、ラジオなど無線通信受信機への妨害を想定して定められており、イミューニティ試験のIEC規格で規定されている試験レベル(耐力確認値)より小さく、各装置側でイミューニティの評価を行い、且つ、それらノイズに関する対策を実施していることにより、エミッションによる影響が装置の安全動作を阻害する可能性は小さいと考えている。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 3.3 今後の活動方針

- 調査を通じ、国際規格はEMC試験の網羅性・統一性を目指して整備されているとの知見を得た。
- 国際規格を参照して国内でのEMC試験の標準化を進める事が、より信頼性の高い設備構築に資すると考え、以下を目標に活動する。
  - ✓ イミュニティ：IEC62003に定められた方法でEMC試験の実施や試験結果の妥当性評価を通じて、知見拡充を図る
  - ✓ エミッション：周辺ノイズ環境測定を行い、国内環境を踏まえたエミッション試験の要否を見極める

## 4. 活動計画

- 4.1 イミュニティ試験への対応
- 4.2 エミッション試験への対応
- 4.3 周辺ノイズ環境の測定

# 4.1 イミュニティ試験への対応

- 目的
  - ✓ EMC試験の実施や試験結果の妥当性評価を通じて、知見拡充を図る
- 対象
  - ✓ 安全機能上重要なシステムである「安全保護系」のうち、より電磁環境に対する感度が高いと考えられる「デジタル機器」
- 参照規格
  - ✓ 参照する国際規格は、各種製品群規格で広く使用されている共通規格IEC61000シリーズを引用しており、海外原子力プラントでも使用されている原子力発電所向け製品群規格であるIEC62003とする
- 活動概要
  - ✓ 供試体を製作し、IEC62003に定められた方法でEMC試験を実施し、妥当性評価を実施する【2025年度末目途】

作業項目	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度～
活動項目① 供試体による イミュニティ試験	検討・整理 ▲ ATENALレポート 計画	供試体設計	試験機材調達※1	試験・評価	▲ ATENALレポート
		※1: 新型コロナの影響により、機器の長納期化(最長24か月)			



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# 4.2 エミッション試験への対応

- 目的
  - ✓ 周辺ノイズ環境測定を行い、国内環境を踏まえたエミッション試験の要否を見極める
- 対象
  - ✓ 「安全保護系」の「デジタル機器」の設置場所周辺の環境ノイズ
- 現段階での評価
  - ✓ 従来、国内原子力発電所においては3.2章の通りエミッション試験が必須ではないと整理してきた。
  - ✓ しかしながら、規格の数値比較だけでなく、国内の周辺ノイズ環境も踏まえることで、より現状に沿ったエミッション試験の要否を見極められると考える。
- 活動概要
  - ✓ 現場の周辺ノイズ環境を測定(4.3章参照)することで、現状の現場環境の把握、及び今後のエミッション試験の要否を見極める。【2024年度末目途】

作業項目	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度～
活動項目② 周辺ノイズ環境 測定	検討・整理 計画	周辺ノイズ環境測定	評価/方針検討	▲ ATENALレポート	



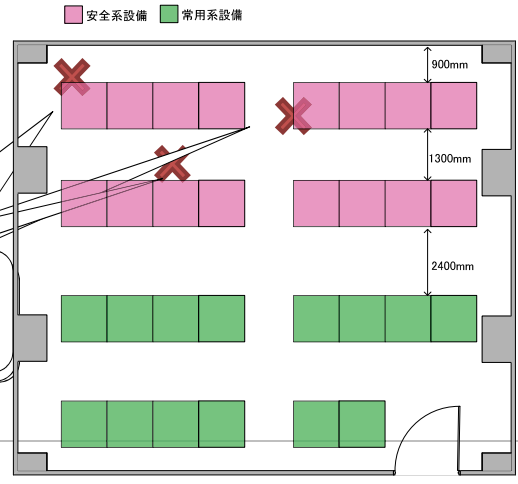
Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.



# 4.3 周辺ノイズ環境の測定

- **測定対象**
  - ✓ PWR、BWRそれぞれからパイロットプラントをいくつか選定。
  - ✓ 「安全保護系」における「デジタル機器」が設置された区画で実施する。  
詳細な測定箇所は現地ウォークダウンを実施し決定する。
- **技術検討ポイント**
  - ✓ 測定箇所の選定：測定箇所により反射波の影響等が異なるため、事前の現地ウォークダウンにて電磁界強度測定を実施し、周辺ノイズが大きい場所を選定する。
  - ✓ 新規制基準対応設備の追設状況の留意：建設時と比べプラント内は新規性基準対応設備が設置されているため、「安全保護系」における「デジタル機器」が設置された区画近傍でのこれら設備の配置状況も留意し、測定場所を選定する。

【デジタル機器配置イメージ】  
(中央制御室又はリレーラック室の例)



測定時に壁面、他設備からの反射影響が考えられる。現地ウォークダウンにて測定箇所を選定する

実際の測定では、以下のような課題解決が必要。

- ① 3m法で測定する為のアンテナ設置条件を確保できない可能性が高いこと。
- ② 通常の3m法の測定で利用するアンテナとは異なる方法で電界強度測定を行なわざるを得ないこと。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# 5. まとめ

- 以下の典型的な電磁的事象の影響によっても「原子力発電所の安全機能を損なわない」という目標は現状でも達成できている。
  - ① 過渡電圧/電流 ② 無線周波の電磁妨害 ③ 静電気放電 ④ 磁界 ⑤ 電源変動
- しかしながら、国際規格はEMC試験の網羅性・統一性を目指して整備されており、国際規格を参照して国内でのEMC試験の標準化を進める事が、より信頼性の高い設備構築に資すると考え、産業界としては4章で述べた通り以下活動を展開する。
  - ✓ 周辺ノイズ環境測定 : 【2023年度末目途】 …4.3章
  - ✓ エミッション試験の要否判断 : 【2024年度末目途】 …4.2章
  - ✓ イミュニティ試験の知見拡充 : 【2025年度末目途】 …4.1章
- 上記方針及び、活動計画を年内にATENAレポートとしてまとめ、運営会議/ステアリング会議で安全対策実施を指示し、事業者のコミットの上、その活動状況をATENAが随時フォローする。
- 今後、上記フォロー結果を、2023/2024/2025年度と適宜規制庁へ報告する。
- 現状ではIEC62003を直接参照する方針だが、上記活動成果を受け、最終的にATENAレポート化し、担当協会への規格化(JIS化、JEAC化など)の提言も検討する。



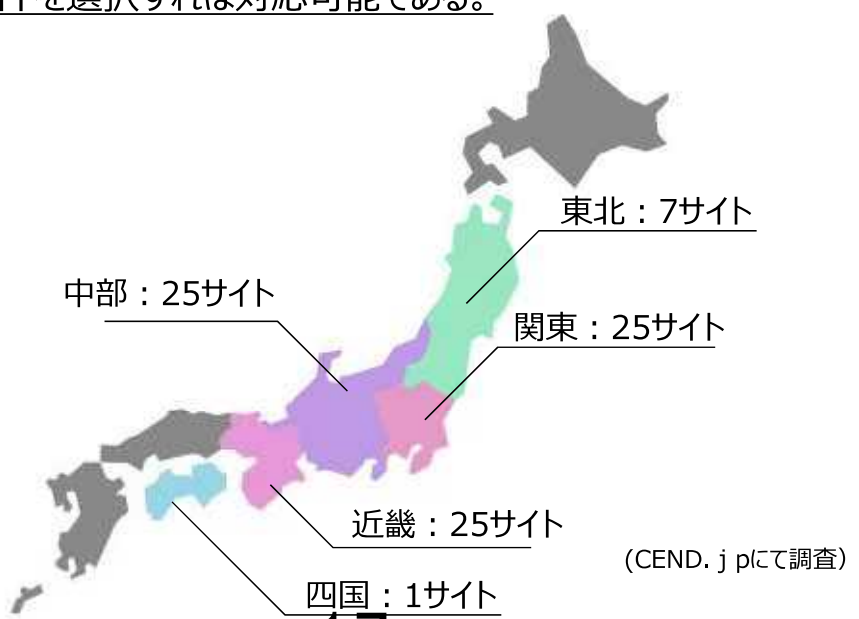
Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# 添付資料

## 添付1 国内における試験実施の可能性

### ➤ ATENA見解

- ✓ IEC62003で要求される試験をすべて実施可能な試験サイト(認証済)は現時点では存在しない。
- ✓ IEC61000の試験については、各試験サイト毎に対応可能な試験項目が異なるので、試験項目毎に試験サイトを選択すれば対応可能である。



電波暗室を所有し代表的なEMC試験実施可能な国内EMC試験サイト



# 添付2 電磁的事象による共通要因故障の可能性

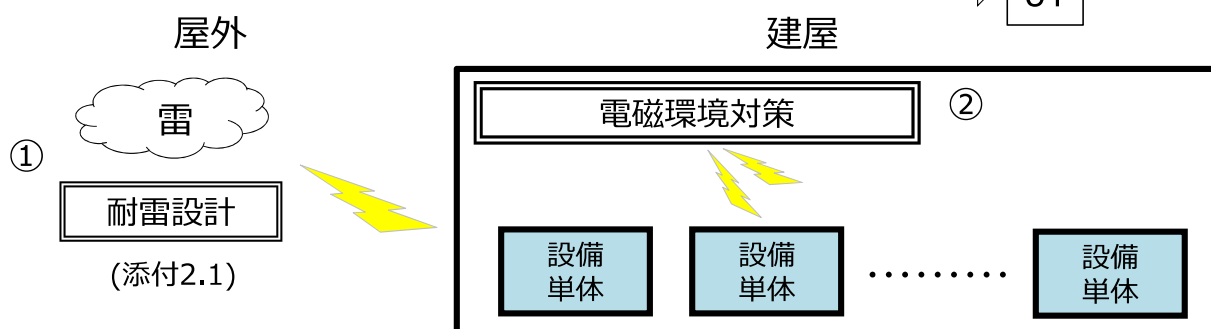
## ➤ ATENA見解

✓ 電磁的事象に対しては、以下の対策を実施しており、共通要因故障に至る可能性は十分に低減できていると考える。

①外部要因となる雷に対しては、関連規格等に基づく耐雷設計による雷サージ抑制策を講じている。 ➡ 29

②電磁環境に対しては、本編3.1章に記載した通り設備、運用の両面から対策を実施している。

③特に重要度の高い安全機能を有する設備については、分離・独立、多重化設計による高い信頼性を確保し、安全機能を維持し得る設計としている。 ➡ 31

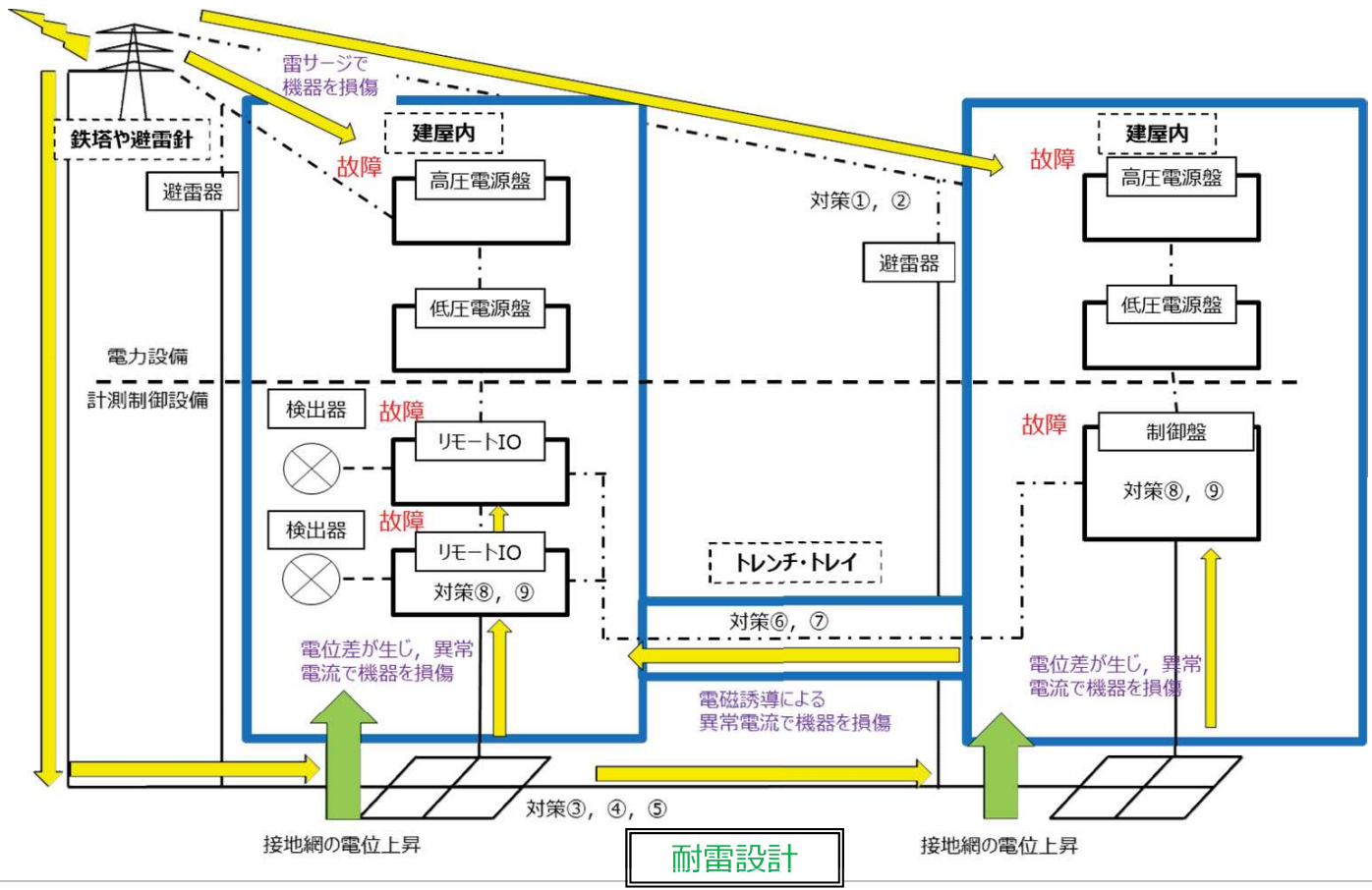


✓ 次頁に、①と③の対策の概要について補足する。 ③ 信頼性に関する設計上の考慮  
分離・独立、多重化設計 (添付2.2)

## 添付2.1 耐雷設計による雷サージ抑制策(1/2)

- ✓ 産業界の耐雷指針は、JEAG4608-2020「原子力発電所の耐雷指針」が制定されている。
- ✓ 雷サージによる影響を軽減するため、雷インパルス絶縁耐力の大きい電力設備と、雷インパルス絶縁耐力の低い計測制御設備に分けて以下のように雷サージ抑制策を講じている。
- ✓ 電力設備
  - 避雷設計
    - ① 架空送電線引き込み口等の適切な箇所に避雷器の設置等を行う。
    - ② 高圧，低圧巻線間には混触防止板を設ける。
- ✓ 計測制御設備
  - 接地設計
    - ③ 接地電位上昇を極力抑制するため，接地抵抗値は所定の目標値以下とする。
    - ④ 接地電位分布の平坦化を図るため接地方式はメッシュ接地とする。
    - ⑤ 接地電位分布を平坦化するために，構内の接地系は可能な限り接続する。
  - 配線設計
    - ⑥ 鉄筋コンクリート製トレンチ，鉄板トレイまたは金属製電線管内に収納する。
    - ⑦ 光ファイバケーブルもしくはシールド付きケーブルを使用する。
  - 雷インパルス絶縁耐力
    - ⑧ 雷サージの侵入する恐れがある設備は雷インパルス絶縁耐力を持つよう設計する。
    - ⑨ 雷インパルス絶縁耐力を持たせることが技術的に困難である場合は雷サージの侵入を阻止する対策を施す。

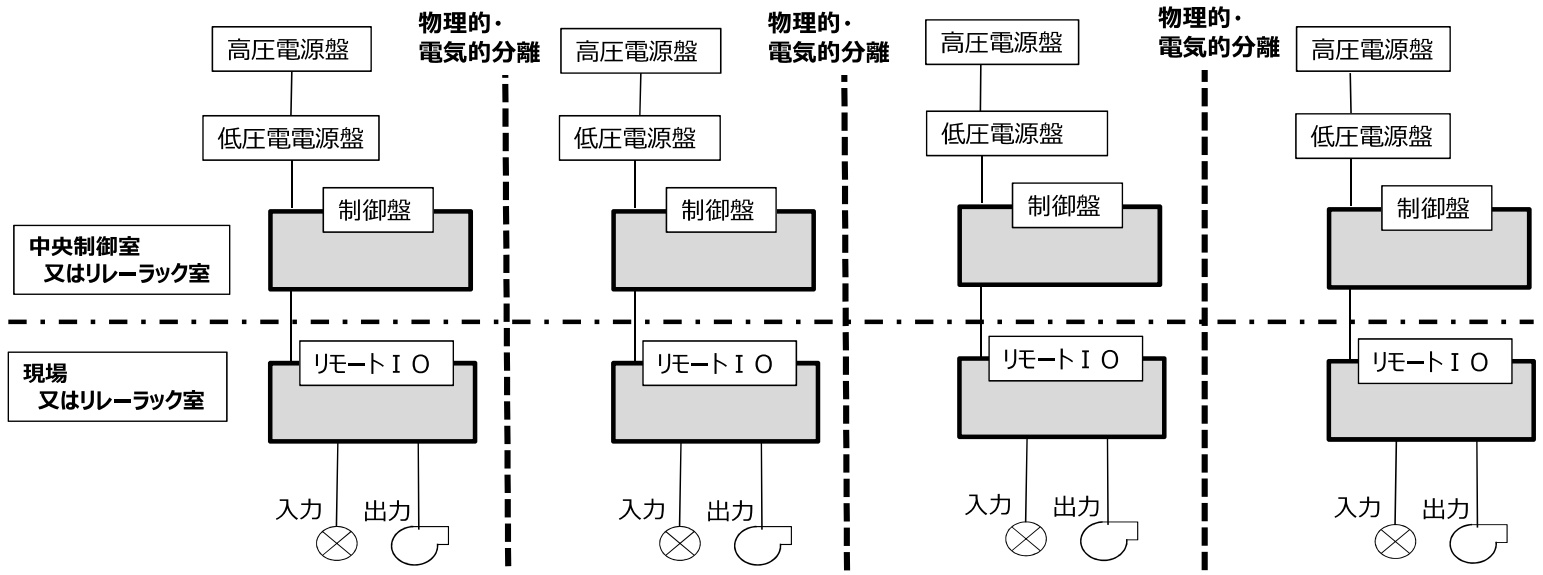
# 添付2.1 耐雷設計による雷サージ抑制策(1/2)



耐雷設計

# 添付2.2 信頼性に関する設計上の考慮

- 特に重要度の高い安全機能を有する設備(含む検出器)については、多重性を有し、相互に物理的・電氣的分離を確保し独立性を有しているため、電磁的事象の影響に対しても十分に高い信頼性を確保し、維持し得る設計としている。



信頼性に関する設計上の考慮

# 添付3 一般産業の電子機器として求められる水準との比較 (1/3)

## ATENA見解

IEC62003を適用するということで、

- ✓ 一般産業向け規格と同じ適用領域をカバーしている。 ⇒ 33  
(住宅・商業環境向け規格やVCCIとは、適用対象範囲が異なる。)
- ✓ 一般産業向け規格の試験項目を包含している。 ⇒ 34

以上より、EMCの評価指標としてIEC62003を用いることにより、

### 世の中の一般産業レベルは網羅される

と判断する。

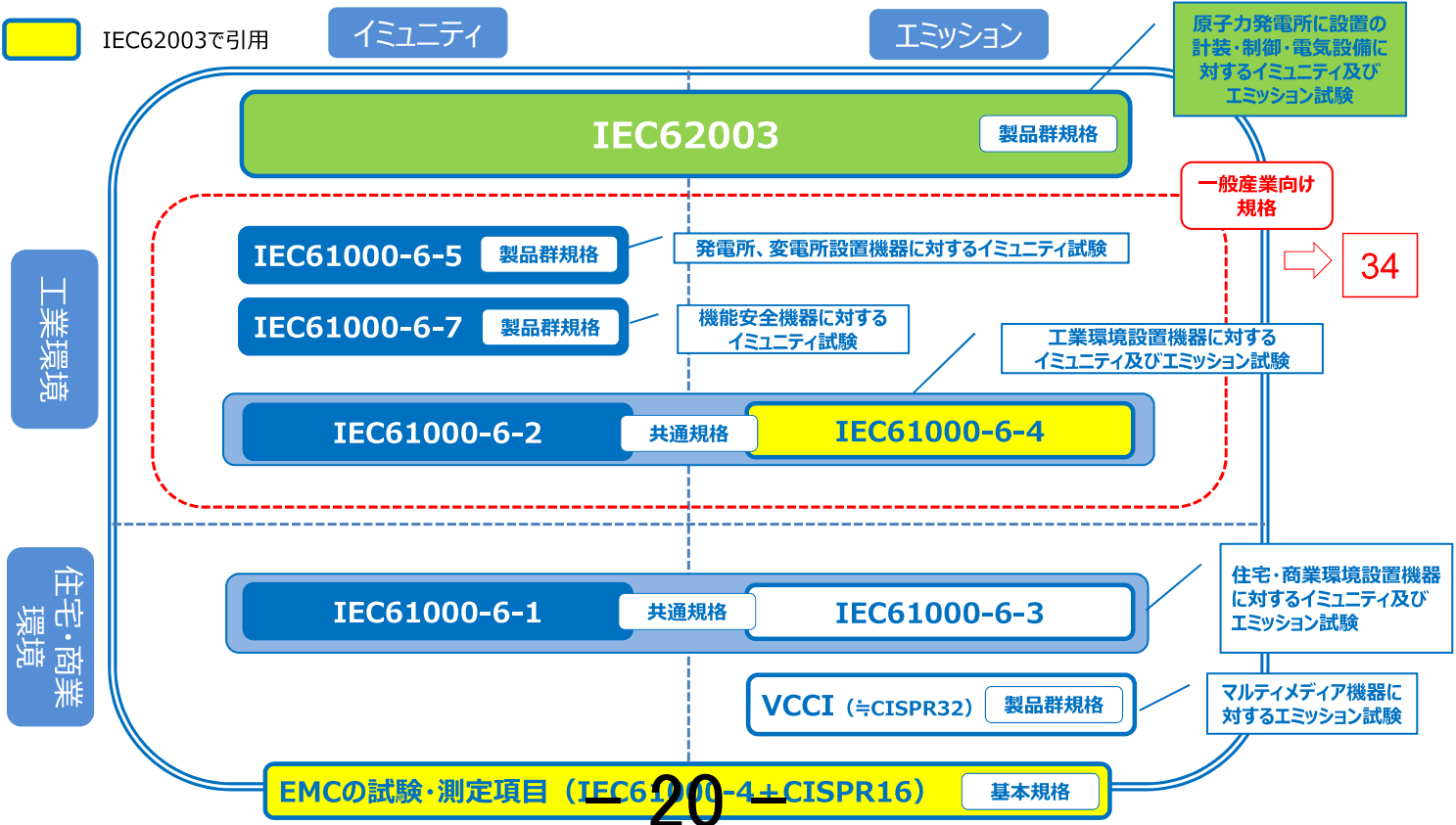
又、本編で説明の通り、現状でもIEC規格と同様の対象・目的で試験を実施しているので、

### 現状でも世の中の一般産業レベルは網羅されている

と判断する。

# 添付3 一般産業の電子機器として求められる水準との比較 (2/3)

## ● IEC62003は一般産業向け規格と同じ適用領域をカバーしている。



# 添付3 一般産業の電子機器として求められる水準との比較 (3/3)

EMC分類		IEC試験規格文書番号	IEC 62003 原子力発電所の計装・制御・電気設備/イミュニティ及びエミッション試験	IEC 61000 -6-2/-4 工業環境設置機器へのイミュニティ及びエミッション試験	IEC 61000 -6-5 発電所、変電所設置機器に対するイミュニティ試験	IEC 61000 -6-7 機能安全機器に対するイミュニティ試験	VCCI
イミュニティ	電力設備・雷の過渡現象など	IEC61000-4-4 (高速トランジェント・バースト)	○	○	○	○	-
		IEC61000-4-5 (サージ)	○	○	○	○	-
		IEC61000-4-12 (減衰振動波)	○	-	-	-	-
		IEC61000-4-18 (減衰振動波)・変電所等高压設備	○	-	○	-	-
		IEC61000-4-16 (電源周波数・15Hz~150kHzコモンモード伝導)	○	-	○	○	-
	無線周波数の電磁妨害	IEC61000-4-6 (9kHz~80MHz無線周波数・ケーブル伝導)	○	○	○	○	-
		IEC61000-4-3 (80MHz~6GHz無線周波数・直接放射)	○	○	○	○	-
	静電気放電	IEC61000-4-2 (静電気放電)	○	○	○	○	-
	磁界	IEC61000-4-8 (電源周波数磁界)	○	○	○	○	-
		IEC61000-4-9 (インパルス磁界)	○	-	-	-	-
		IEC61000-4-10 (減衰振動磁界)	○	-	-	-	-
	電源変動	IEC61000-4-13 (AC電源の高調波)	○	-	-	-	-
		IEC61000-4-14 (AC電源の電圧変動)	○	-	-	-	-
		IEC61000-4-28 (AC電源の周波数変動)	○	-	-	-	-
		IEC61000-4-11 (AC電源の電圧低下・瞬断)	○	○	○	○	-
		IEC61000-4-34 (AC電源の電圧低下・瞬断)・大電流機器	○	-	○	○	-
		IEC61000-4-17 (DC電源のリップル)	○	-	○	-	-
	エミッション	IEC61000-6-4 CISPR11 (ISM機器)	○	○	-	-	-
IEC61000-6-3 CISPR32 (マルチメディア機器)		-	-	-	-	○	

世の中の一般産業レベルは網羅される

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.



# 添付4 基板・部品レベルでの電磁両立性

## ATENA見解

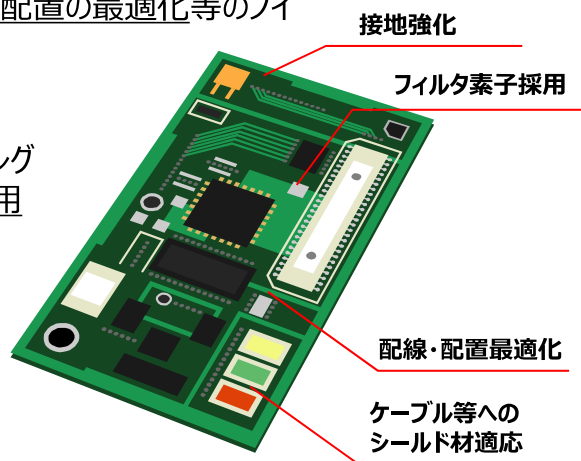
- ✓ 原子力発電所向けの装置に採用する基板・部品に対しては、一般産業品と同様、製品化ライフサイクルにおいて開発設計段階からノイズの影響が無いようメーカーとして考慮している。

### ①内部干渉抑制

・開発・設計断面で各社メーカー基準やノウハウを元に接地強化、フィルタ素子でのノイズ低減、シールド材を使用したノイズ遮断、基板上の配線・部品配置の最適化等のノイズを考慮した設計を実施。

### ②外部妨害抑制

- ・基板設計において、回路の特性（高速スイッチングやスイッチング周波数等）に応じ、適切なフィルタの採用や、シールド材を使用したノイズ対策を実施。
- ・グランドパターンや部品の配置、性能等も関係してくるため、レイアウト等も最適化を実施。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 添付5 核計装及び放射線計装の電磁両立性

### ➤ ATENA見解

- ✓ 本文2章では、調査対象を安全機能上重要な系統である「安全保護系」のうち、より電磁環境に対する感度が高い「デジタル機器」とした。
- ✓ デジタル核計装系・放射線モニタの制御盤(デジタル機器)部については デジタル原子炉停止系・工学的安全施設作動系と同様に、自主的に水準を定め試験を実施してきている事を確認した。
- ✓ 今後は、デジタル核計装系・放射線モニタの制御盤(デジタル機器)部についても、デジタル原子炉停止系・工学的安全施設作動系と同様に、3章で述べている方針で対応していく。
- ✓ なお、核計装/放射線モニタの検出器と微弱信号線のノイズ対策・試験に関しては、従来と同様に個々の対策・試験を継続していく。

## 添付6 安全保護装置の設計の確証について

### ➤ ATENA見解

【開発後に電磁両立性の観点で行う確認等】

- ✓ 開発時の検証に使用した規格の変更等があれば、追加試験の要否も含めて検討してきている。

【JEAC4620が求める安全保護装置の設計の確証】

- ✓ 環境条件及び耐震性への要求について、型式試験、使用実績、解析、又はこれらを組み合わせること等により、設計による対策が的確であることを確認することをいう。

【各事業者による確証方法】

- ✓ 各事業者は、工事の調達管理及び設計管理を通して、安全保護装置の設計が要求された環境条件及び耐震性を満足することを確認している。
- ✓ 具体的には、メーカーによる各設計図書・図面類の確認及び承認等に際して、その設計が上記を満足しているか確認している。

＜工事計画時、設計確認時等に参照する図書＞

- 機種開発時の報告書（プラットフォーム開発時の型式試験結果や使用実績を確認）等

＜環境条件を確認する際の工事図書＞

- 基本方針書、設計仕様書（温度、湿度等の条件設定を記載）
- 配置図等（実際の設置場所を確認）

＜耐震性を確認する際の工事図書＞

- 耐震計算書（耐震クラス設計の~~妥当性~~を耐震解析結果にて確認）

## 太陽フレアが原子力発電所に及ぼす影響に関して（案）

令和4年9月29日

技術基盤課

### 1. 経緯

平成29年10月25日の第28回技術情報検討会において、太陽フレアが原子力発電所に及ぼす影響について報告した。その際、これまでに観測された程度の太陽フレアにより原子力発電所に影響が及ぶ可能性は低いと考えられるが、稀に非常に大きな GMD が発生する可能性は否定できない。このため、引き続き国内外の動向に注目し、調査を継続することとなった。

今般、太陽フレアによって引き起こされる地磁気擾乱（GMD）による原子力発電所の機器に対する影響について、これまでの調査状況について報告する。

### 2. 太陽フレアによる影響とは

太陽フレアが発生すると、X 線やガンマ線などの電磁波の放出、陽子、電子などの高エネルギー粒子の放出、磁場を伴う大量のプラズマ放出（コロナ質量放出（CME））といった現象が発生する。CME が地球の磁気圏に遭遇すると磁気嵐の原因となる。

磁気嵐が発生すると CME が持つ磁場の向きによっては、地球の磁気圏がバリアアとして有効に働かず、一部が地球のそばまで到達する。このような状況が発生すると、地球の大気圏外にある宇宙ステーションが影響を受けることになる。また、大気の大気圏外にある宇宙ステーションが影響を受けることになる。さらに、地磁気の変動すると地表面に電位を生じ誘導電流が流れる。送電系統の場合は、送電線両端に直接接地された変圧器の中性点間に電位差が生じ、変圧器巻線を通じて流れる電流（地磁気誘導電流（GIC））が系統設備への影響となる。

### 3. GMD による原子力発電所の機器に対する影響に関する調査の状況

#### （1）米国

米国においては、必ずしも GMD 対策に限定されたものではないが、電気計装機器の電磁両立性に対する達成すべき定量的な水準を MIL 規格あるいは IEC 規格を引用して共通的に定めた上で、その水準を考慮した設計された機器が据え付けられていることから、定量的な分析が可能となっている。

NEMA（アメリカ電機工業会）主催のセミナー「Electromagnetic Pulse and



Geomagnetic Disturbance Resilience Seminar」<sup>1</sup>において、米国の取組が紹介された。そのなかで、GMD については変圧器などの限定された機器にダメージを与える得ることに重点が置かれて触れられており、電気計装機器に対する影響は米国での通常の電磁両立性に対して達成すべき水準を満足した機器が導入されていればそれほど考慮する必要はないと考えられる。

## (2) 国内

電磁両立性に対する事業者の取組について意見聴取<sup>2</sup>を行ったところ、国内においてはプラントの設置環境に応じて典型的な電磁的事象の影響によっても安全機能を損なわないことを目標として、電磁両立性に対する影響を考慮した設計がされているものの、米国等のように電磁環境を広く網羅して統一的に達成すべき定量的な水準を定めた上での設計の考慮がされていない。

本年6月に総務省より、「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会報告書」[1]が発行された<sup>3</sup>。同報告書では、太陽フレアによるGMDを含めた宇宙天気現象による社会インフラに対するリスクを洗い出し、そのリスクに対応するための宇宙天気予報の現状と今後の観測、分析予報の在り方を取りまとめている。一方で社会インフラに対するリスクとして電力網としての送配電に対するGICの影響は含まれているものの、発電所本体への影響については含まれていない。

## (3) OECD/NEA<sup>4</sup>

CSNI（原子力施設安全委員会）WGELEC（Working Group on Electrical Power Systems）では、原子力施設の電気システムの安全性に係る課題の検討を行っている<sup>5</sup>。日本もこのWGに参加しており、GICに対する国際的な動向について情報入手を行っている。

## 4. まとめ

GMD に対する原子力発電所への影響は直接的な電気計装装置への影響は限定的であり、系統に接続された変電器及び電力網そのものに対する影響による外部送電の停止といった影響がより大きいと考えられる。したがって変電器及び発電所に接続された送電網に対するGMDへの対策が適切になされることを前提

<sup>1</sup> 2021年6月8日に開催

<sup>2</sup> 第21回（原子力発電所における電磁両立性に係る対応）新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合（令和4年9月12日）

<sup>3</sup> 国際戦略局宇宙通信政策課が事務局となった検討会の報告書

<sup>4</sup> 経済協力開発機構/原子力機関

<sup>5</sup> このWGの活動では、本年度から、原子力施設におけるGICの考慮に対する国際的アプローチのレビューとして、各国の対応状況の調査を通じて、GICから生じるリスクの決定やそれらを管理のために原子力施設に適用されている事例を特定し、比較する活動を開始し、低頻度ではあるが影響が大きくなる可能性のある事象をどのように考慮すべきか検討を始めている。

に、その対策に応じて考えられる外部電源喪失の見込み時間に応じた対応が発電所において適切に取られることが重要となる。

一方で、原子力発電所の電気計装機器に対する GMD の直接的な影響は定性的には少ないと考えられるものの、定量的な評価については、原子力エネルギー協議会 (ATENA) が中心となって国内での EMC 試験の標準化を進める活動を予定しており、今後も意見聴取会を通じて引き続き確認していく予定である。また、GMD が機器に与える影響については、海外文献の調査、OECD/NEA より得られた知見等を収集し、必要に応じて技術情報検討会に報告することとする。

### 参考文献

- [1] 総務省国際戦略局宇宙通信政策課 「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会報告書」 令和4年6月21日  
([https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000821116.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000821116.pdf))



## 1 相開放故障事象に対する原子力発電所等の対応に関する事業者との意見交換結果を踏まえた今後の対応について（案）

令和4年9月29日  
技術基盤課

### 1. 経緯

設置許可基準規則解釈第33条2等には「外部電源に直接接続している変圧器の1次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できること」とされ、原子力発電所及び再処理施設においては、1相開放故障事象（OPC）への対応が求められている。改正当時<sup>1</sup>、既設の設備だけではOPCの自動検知が困難であったことから、事業者は電源系統設備の巡回点検等の人的運用によるOPC対応を行うこととし、原子力規制庁は自動検知技術の開発動向をフォローすることとした。その後、OPC自動検知技術の開発が進んだことから、事業者においてOPC対応方針と対策工程が検討され、令和2年8月5日の意見交換会合<sup>2</sup>において以下のことが示された。

- ・原子力発電所において、既設の保護リレーではOPCを検知できない予備変圧器等へOPC自動検知器の導入に向け検討を進める。
- ・代表プラントとして、関西電力高浜発電所（以下単に「高浜発電所」という。）において試験導入・実機検証を行い、その結果を踏まえ、各発電所におけるOPC自動検知器の導入計画を具体化する。

令和2年8月19日の第42回技術情報検討会において聴取の結果を報告し、原子力規制庁は事業者のOPC対応状況等を引き続き調査し、今後のOPC自動検知を目的とした設備対応等の規制要求化の要否について検討することとなった。

今般、高浜発電所における試験導入・実機検証が完了したことを受け、本年8月3日に原子力エネルギー協議会（ATENA）との原子力発電所等におけるOPC対応状況に係る意見交換会合<sup>3</sup>を実施した（参考参照）。その結果と規制庁の今後の対応について報告する。

<sup>1</sup> 平成26年7月9日改正

<sup>2</sup> 第1回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換

<sup>3</sup> 第2回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換

## 2. ATENA による報告の概要

ATENA より、高浜発電所における実機検証結果とそれを踏まえた OPC 誤検知対応、原子力発電所等における今後の取組みについて、以下の説明がされた。

### (1) 試験導入・実機検証結果

高浜発電所の共用予備変圧器に OPC 検出器及び自動検知盤を設置し、2021 年 3 月～2022 年 3 月に実機検証を行った。実機環境での通常運用状態において、検証期間中の不要動作（短時間で自然回復する OPC を検知すること。誤検知とも呼ばれる。）はなく、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかった。また、実機環境での通常運用において監視性や運転業務に影響するような懸案は抽出されなかった。なお、一部の動作検証試験においては不要動作が確認されたが、これらは運転操作にあたり予め想定し得る事象であり、警報発信時に即時対応が可能であることから、実機導入に問題はないと判断した。

これを踏まえ、各プラントへの実機導入についても問題はないと判断した。

### (2) OPC 誤検知対応

一方で、落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動は十分に確認できていないことから、今後も OPC 誤検知がないとは言い切れない。実運用に当たっては OPC 誤検知への対応を考慮し続ける必要がある。基本的な対応方針は、以下である。

- OPC 判断の閾値、不要動作防止タイマーの設定値については OPC の速やかな検知を優先するよう設定する。その際、必要な試運用・現地検証を行い設定値の妥当性を確認する。
- OPC 警報発信時には運転員が誤検知か否かを判断し、OPC 発生と判断した場合は手動でしゃ断器を開放する。
- 社内標準に以下を追加し、教育訓練を定期的（1 回／年以上）に実施する。
  - ・ OPC 警報と非常用炉心冷却系起動信号及び母線停電信号が重畳した場合は OPC 誤検知か否かに関わらず、中央制御室からしゃ断器を開放し、速やかに非常用 DG からの受電に切替える。
  - ・ OPC 警報発信を確認後、中央制御室で運転パラメータを確認し、現場の OPC 検知盤で各相電流を確認し、異常がない場合は誤検知と判断し、OPC 警報をリセットする。異常がある場合は、電気保修課に OPC 検知盤の点検を依頼するとともに、現地で予備変圧器および架線設備の目視点検を行い、断線等の異常の有無を確認する。異常があれば OPC 発生と判断し、予備変圧器しゃ断器を開放する。
- 各プラントにおいても同様の基本方針とし、プラント毎に設置及び必要な試運用・現地検証を実施の上、実機導入を進めていくこととする。

なお、高浜発電所においては OPC 警報発信を確認後、現場の OPC 検知盤の確認による判断は 30 分程度で実施できると考えている。

### (3) 今後の取組み

OPC 対応のための設備の設置について、事業者は年に一度、ATENA へ最新の設置計画（現地着工時期、工事完了時期、試運用完了時期）及び実績について報告する。ATENA は事業者の取組みの進捗について、ATENA ホームページにて公開するとともに、年に一度及び計画変更時、各社の進捗状況について原子力規制庁へ報告する。

## 3. まとめ

### (1) 試験導入・実機検証結果について

高浜発電所における試運用・現地検証の結果、システム設計や運用面に反映が必要な懸案事項がないことが確認できたため、原子力発電所への実機導入に問題はなしいとする説明は妥当と判断した。

### (2) OPC 誤検知対応

1 年の試運用期間では落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動を十分に確認することは困難であり OPC 誤検知がないとは言い切れないこと、OPC 誤検知により外部電源に接続している正常な変圧器のしゃ断器を開放すると、かえって電力供給の安定性を損なうことを考慮し、実機導入に当たって、誤検知による OPC 警報発信によって不要な電源の隔離を実施することのないよう、警報発信の際 OPC の発生判断は運転員による現場確認によって実施し、電源の切替は手動で実施する運用とする ATENA の説明は妥当と判断した。

## 4. 規制庁の今後の対応

設置許可基準規則解釈第 33 条 2 等における OPC 対策については「より信頼性を向上させる対策として、1 相開放故障を直接検知するための装置の設置を別途求めるための解釈改定について、その開発状況を踏まえて検討する」としていた<sup>4</sup>。

今回聴取した結果、事業者は自主的な信頼性向上として「1 相開放故障を直接検知するための装置の設置」を行うとし、その計画及び実績について公開するとともに、各社の進捗状況について原子力規制庁へ報告するとしていることから、現段階では解釈の改正は行わないこととしたい。なお、事業者は、従前より実施している巡回点検（電力供給が不安定になったことの検知）は今後も継続するとしている。

今後、原子力規制庁は、今後プラント毎に実施される事業者の取組みについて、設置計画及びその進捗を ATENA より引き続き聴取し、実施状況を確認することとする。

<sup>4</sup> 平成 26 年第 10 回原子力規制委員会資料 1-1

(参考) 1相開放故障事象(OPC)自動検知システムの実機検証結果について  
(第2回1相開放故障事象(OPC)に対する原子力発電所等の対応に係る  
担当者レベルでの技術的意見交換 資料-1)

# 1 相開放故障事象（OPC）自動検知システムの実機検証結果について

2022年8月3日  
原子力エネルギー協議会

## 目次

1. はじめに .....	1
2. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画 .....	2
3. 代表プラントのOPC自動検知システム設置概要 .....	3
4. 試運用・現地検証内容 .....	4
5. 試運用・現地検証結果 .....	5
6. 検証結果及び米国の状況を踏まえた誤検知に対する対応方針 .....	7
7. システム導入に伴う手順書の整備及び教育・訓練 .....	8
8. 各社の設置計画（PWR・BWR） .....	9
9. 設置計画の進捗状況確認 .....	11
10. 最後に .....	12

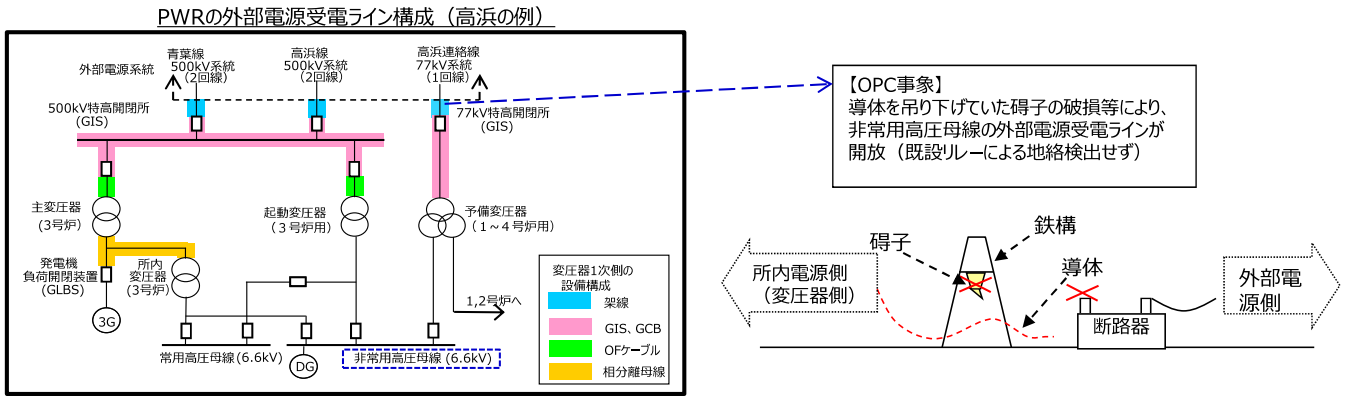
# 1. はじめに

## 1. 経緯

1 相開放故障事象（OPC : Open Phase Condition）への対応については、設置許可基準規則第33条に基づき既設の保護リレー等で検知できない箇所について、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により事象を検知する運用としており、また、OPC発生時の兆候及びその対応を運転員に教育し、手順として定める等、OPCによるプラント影響を防止できる体制を構築している。したがって、仮に常時外部電源を受電している起動変圧器のラインでOPCが発生したとしても、非常用高圧母線の電動機が連続的に過電流トリップする等の兆候にて、速やかに非常用ディーゼル発電機等の健全な電源に切り替えることが可能であり、リスク上喫緊の問題はないと考えている。

ただし、非常用高圧母線への外部電源受電ラインに架線を含む場合で、OPCを既設の保護リレー等で検知できない変圧器については、事象発生から把握までにタイムラグがあることから、機械的にOPC事象を検知可能なOPC自動検知システムの開発・検証を行い、実機導入に向けて検討・準備を進めてきた。

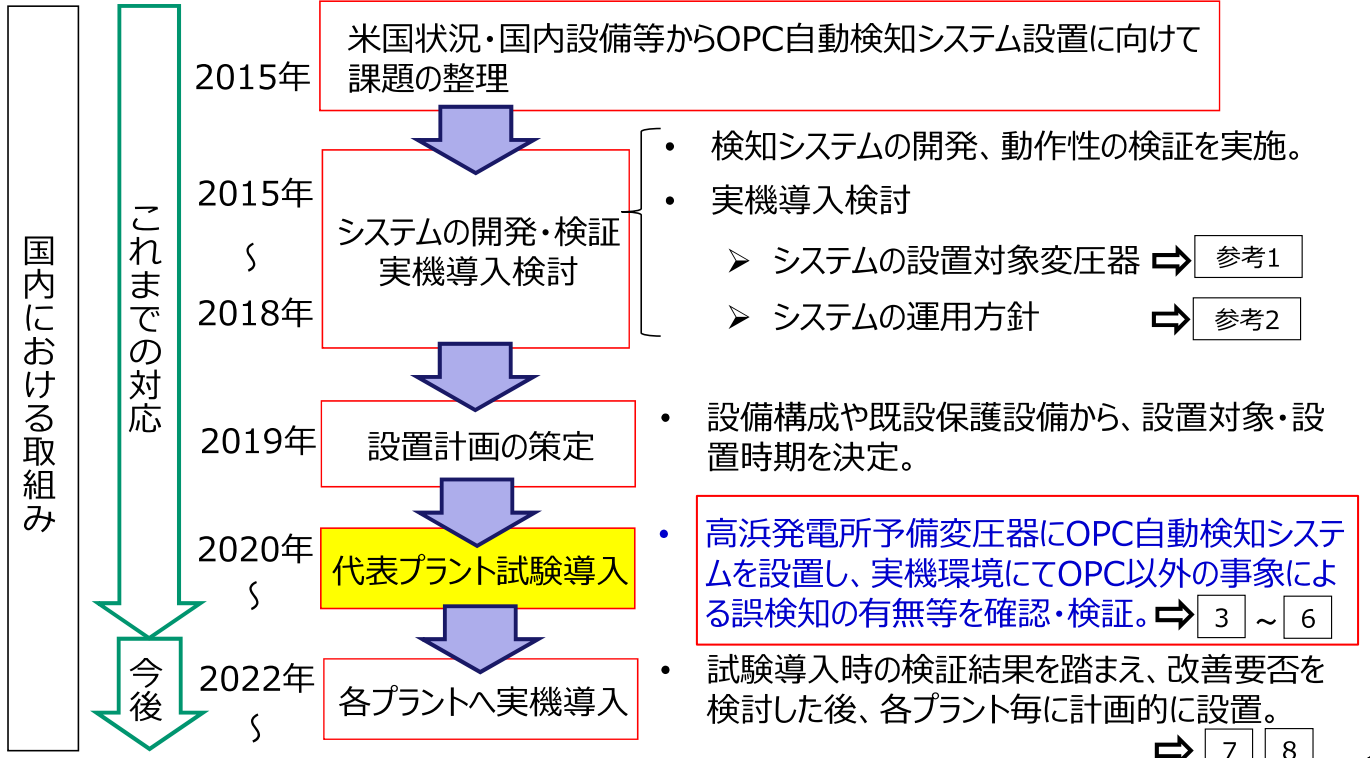
今回、代表プラントへのOPC自動検知システムの設置ならびに試運用・現地検証が完了したため、その結果について報告するものである。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# 2. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画

- 国内では、これまで海外情報等の収集を行いながら、OPC自動検知システムの開発・検証及び実機導入について検討し、設置計画の策定まで実施済である。（2020年8月5日の公開会合にてご説明済）
- その後、設置計画に基づき、代表プラントとして高浜発電所予備変圧器にOPC自動検知システムを設置し、試運用・現地検証を実施したので、その結果について報告する。今後、各プラントへの実機導入を進めていく。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 3. 代表プラントのOPC自動検知システム設置概要

### 1. 対象変圧器

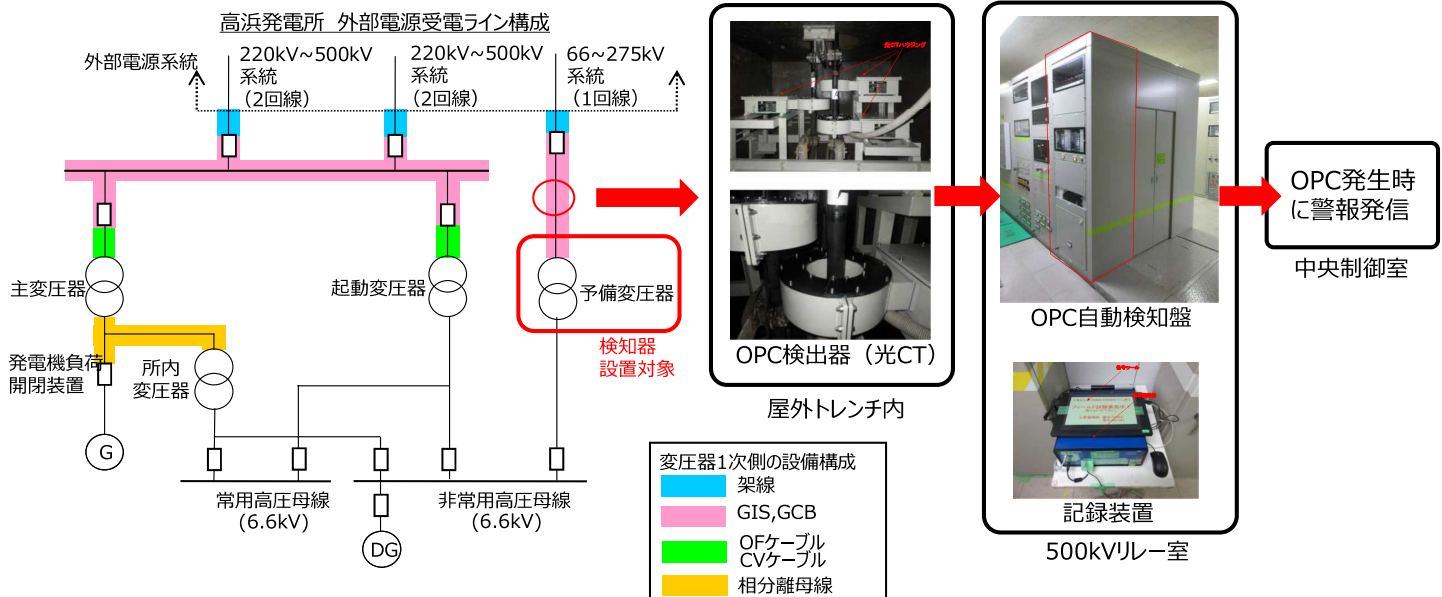
高浜発電所 予備変圧器

### 2. 工事期間

2020年9月～2021年3月（現地施工は2021年2月～2021年3月）

### 3. 工事内容

OPC検出器（光CT）及び自動検知盤を現場に設置し、OPC警報発信機能を追加。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 4. 試運用・現地検証内容

### 1. 現地検証の目的

以下の項目を確認することを目的に現地検証を実施した。

①これまでの開発において前提としてきた実機環境\*に大きな相違がないこと。

②現地での誤検知の有無等。\*：開発段階での想定事象は、①雷・開閉サージ、②変圧器の短絡・地絡、③系統電圧・周波数の変動、④単相再開路、⑤系統切替によるループ潮流、⑥安全系負荷の負荷一斉脱落、⑦励磁突入電流の7事象。下線部の③⑤⑥⑦は現地試験により検証、①②④は自然現象又は事故によるものであり、試運用中の発生状況に応じて検証を実施することとした。

### 2. 検証期間

2021年3月度に現地設置を完了し、2021年3月～2022年3月の約1年間を検証期間とした。現地検証期間中は、検知システム動作時の要因調査のために記録装置を設置し、**試運用では外乱影響を幅広く採取するため、本来は数秒程度に設定する不要動作防止タイマーの設定値を0秒として検証した。**

### 3. 検証内容

#### (1) システム設計の妥当性に関する検証

##### ① 現地試験による動作検証

実機環境において実施する可能性がある運転操作を行い、警報発信（不要動作）の有無を確認し、システム設計への反映の必要性を検討した。

##### ② 通常運用状態における動作検証

実機環境での通常運用状態において、警報発信（不要動作）の有無を確認し、システム設計への反映の必要性を検討した。

#### (2) システムの監視性や運転操作に関する検証

通常運用状態及び誤検知等による監視性や運転業務への影響を聞き取り等により確認した。

# 5. 試運用・現地検証結果 (1/2)

## 1. 検証結果

### (1) システム設計の妥当性に関する検証結果

#### ① 現地試験による動作検証

開発段階での想定事象

- ①雷・開閉サージ、②変圧器の短絡・地絡、③系統電圧・周波数の変動、
- ④単相再開路、⑤系統切替によるループ潮流、
- ⑥安全系負荷の負荷一斉脱落、⑦励磁突入電流

No	試験項目	試験内容 (試験日)	検証結果 (不要動作の有無)	対応する開発段階での想定事象
1	予備変圧器しゃ断器 E10投入	予備変圧器しゃ断器E10投入時の励磁突入電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作あり (動作時間6.7秒)	③⑦
2	補機起動・停止	大型補機 (1次系冷却水ポンプ) 起動時の起動電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作なし	③⑥
3	動力変圧器しゃ断器投入	動力変圧器投入時の励磁突入電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作なし (負荷の状態により不要動作可能性あり)	③⑦
4	電源切替 (非常用DG⇄予備変圧器)	非常用DGから予備変圧器への負荷切替による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作あり (動作時間71.4秒)	③⑤

・開発段階での想定事象③⑤⑥⑦については、試験項目No.1、No.4は不要動作あり、No.3は負荷の状態により不要動作の可能性ありであり、不要動作を防止するためには、タイマーの設定値を100秒程度とする必要があることを確認した。ただし、これらの不要動作は運転操作にあたり予め想定し得るもので警報発信時に即時対応が可能であることを考慮し、不要動作防止より1相開放故障事象の検知を優先し、タイマー設定はメーカー設定値※に従い、短時間の設定として本格運用を開始することとした。

※：メーカー設定値は機密情報のため開示不可

・開発段階での想定事象①②④については、システム開発の段階で事象継続時間 (10秒以内) を評価済みであり、タイマー設定で不要動作を防止できることを確認している。⇒ 参考3

・以上より、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかった。



# 5. 試運用・現地検証結果 (2/2)

## 1. 検証結果 (前頁の続き)

### (1) システム設計の妥当性に関する検証結果

#### ② 通常運用状態における動作検証

・検証期間中における不要動作 (誤検知) なしであり、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかった。ただし、今回の検証は、誤検知の可能性のある事象について網羅的に動作確認したものではないため、本格運用開始以降も引き続き、誤検知の可能性を念頭に対応が必要である。

### (2) システムの監視性や運転操作に関する検証

・実機環境での運用において監視性や運転業務に影響するような懸案は抽出されなかった。

(発電所意見・要望等の調査結果)

項目	所管課/室	調査結果	設計反映/意見要望の有無
監視操作性	第一発電室 第二発電室	監視操作性への問題なし	無
運転業務への影響	第一発電室 第二発電室	運転業務への支障、問題点なし	無
設計変更の見直し必要性	電気保守課	設計段階での想定事象、検知ロジック等の見直し必要性なし	無

以上の (1) (2) の検証結果より、システム設計及び運用面へ反映が必要な事項がないことを確認した。なお、誤検知に対する対応方針は、次ページに示す。





## 6. 検証結果及び米国の状況を踏まえた誤検知に対する対応方針

### 1. 誤検知に係る検証結果の考察

検証期間中、運転操作時を除き、通常運用状態において誤検知は確認されなかったが、落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動を十分に確認できていないため、今後も誤検知がないとは言いきれないため、運用面で誤検知を考慮した対応が必要である。 ⇨ 参考16

### 2. 米国における誤検知対応状況

#### (1) 誤検知の発生状況

NRCがこれまでに発行しているOPC検査レポートでは、43発電所の内、少なくとも8発電所が誤検知を経験しており、原因が分かっていないものもあるとされている。そこで、ATENAとして誤検知の原因を把握するため、2020年7月から9月にかけて独自にNEIのシステムエンジニアと面談し、OPC検出器に係る誤検知の経験について聞き取りを行った。その結果、OPC検知器の運用開始後における電源系統の変更を設定値に反映できていなかったケース、非常用ディーゼル発電機の系統並列運転を考慮したOPC検知器の設定ができていなかったケース等、OPC判断の閾値設定に関する問題が誤検知の主な原因であることが分かった。

#### (2) OPC警報発信時の対応

2021年度に新たにNRC検査レポートが発行された30発電所のすべてが、リスク情報を活用してOPC警報発信時に運転員が手動で対応する意向であり、これまでに発行されたNRC検査レポートから、43発電所のうち約7割が運転員による手動対応を適用又は適用する予定であることを確認した。

### 3. 国内における誤検知に対する対応方針

上記の状況を踏まえ、国内ではOPC警報発信時に運転員が誤検知か否かを判断し、OPCと判断した場合は手動でしゃ断器を開放し、OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は、原子炉の安全停止を優先して、誤検知か否かに関わらずしゃ断器を開放し、速やかに非常用DGからの受電に切替えることを社内マニュアルに明記する。

なお、2017年7月に中部電力浜岡4号機で発生した誤検知事象の原因は、落雷による系統電圧の瞬時低下であることが分かっており、誤検知防止の観点からOPC判断の閾値設定と同様に、不要動作防止タイマーの設定も重要であり、プラント毎に必要な試運用・現地検証を行い設定値の妥当性を確認した上で、本格運用を開始する方針とする。

## 7. システム導入に伴う手順書の整備及び教育・訓練

### 1. 手順書の整備

OPC自動検知システムの導入にあたり、以下の社内標準（手順書）を整備した。OPC検知システム導入に伴う改定内容は以下のとおり。

社内標準名称	システム導入前	システム導入後	改定のポイント
(1)発電室業務所則	<ul style="list-style-type: none"> <li>変圧器の巡視点検（1回/日）時にOPCの発生がないことを確認する。</li> <li>OPCを検知した場合、故障箇所の隔離または非常用母線を健全な電源系に切替える。</li> <li>当直課長は、予備変圧器から所内負荷へ給電時は、77kV送電線の電流値測定を電気保修課長に依頼し、その結果を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変圧器の巡視点検（1回/日）時にOPCの発生がないことを確認する。</li> <li>OPCを検知した場合、故障箇所の隔離または非常用母線を健全な電源系に切替える。</li> <li>当直課長は、予備変圧器から所内負荷へ給電時は、<u>77kV送電線の電流値を確認</u>する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高浜の保安規定第73条（外部電源）の「予備変圧器から所内負荷へ給電時は、77kV送電線の電流値を確認する。」の対応について、<u>電気保修課員が電流値を測定し運転員が確認する方法から、運転員が直接電流値を確認する方法に変更（OPC検知盤で電流値を確認）</u></li> </ul>
(2)運転操作所則	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備変圧器受電前に巡視点検を行い、OPCの有無を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備変圧器受電前に巡視点検を行い、OPCの有無を確認する。</li> </ul>	変更なし
(3)警報時操作所則	記載なし	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>OPC警報発信時の確認、操作</u></li> <li><u>OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は予備変圧器しゃ断器を開放</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPC警報発信時の対応手順を追加</li> </ul>

### 2. 警報発報時の対応

- OPC警報を確認後、中央制御室で77kV送電線の各相電圧ならびに所内負荷給電時は運転パラメータを確認し、現場のOPC検知盤で各相電流を確認する。異常がない場合は、OPC検知盤で警報リセット操作を行い、警報がリセットできた場合は誤検知と判断する。
- 警報がリセットできない場合は検知盤の故障又は実際にOPC発生と考えられるため、電気保修課に検知盤の点検を依頼するとともに、現地で予備変圧器および架線設備の目視点検を行い、断線等の異常がないか確認する。点検、確認の結果、OPC発生と判断した場合は予備変圧器しゃ断器を開放する。
- OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は、速やかに予備変圧器しゃ断器を開放し、予備変圧器を待機除外とする。

### 3. 教育・訓練

社内標準（教育訓練要綱）に基づき、運転員に対して定期的（1回/年以上）にOPC対応の机上教育及び実技訓練を実施している。

# 8. 各社の設置計画 (1/2)

## PWR電力工程概要

2020年8月5日公開会合時からの変更点と理由を併せて記載

電力	2020年度 (令和2年度)												2021年度												2022年度												2023年度												2024年度												2025年度												2026年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
北海道電力																																					泊P/S 1・2号機共用 予備変圧器												再稼働審査の進捗を踏まえた発電所全体工程の見直しにより設置完了時期を2024.1から2025.1へ見直し												泊P/S 共用号機 後備変圧器 ※												※ 後備変圧器の設置時にOPC設備対策を実施する。											
関西電力	高浜P/S 共用号機 予備変圧器												試運用・現地検証												美浜P/S 共用号機 予備変圧器												美浜P/S 3号機 No2起動変圧器												大飯P/S 共用号機 予備変圧器(No1)												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2023.3から2024.3へ見直し																							
四国電力	(伊方は既存設備で対応可能であり、追加対策なし)																																																																																			
九州電力																																					玄海P/S 3/4号機共用 予備変圧器												(川内は外部電源設備の改造により対応可能であり、追加対策なし)												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2024.3から2024.11へ見直し																							
日本原電																																					敦賀P/S 2号機 予備変圧器												再稼働審査の進捗を踏まえた発電所全体工事の見直しにより設置完了時期を2023.12から2024.12へ見直し												敦賀P/S 2号機 後備変圧器 ※												※ 新規制基準適合のため新設に合わせてOPC設備対策を実施する。											

〔凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地工事着手 ★:設置完了(試運用の開始)〕

注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# 8. 各社の設置計画 (2/2)

## BWR電力工程概要

2020年8月5日公開会合時からの変更点と理由を併せて記載

電力	2020年度 (令和2年度)												2021年度												2022年度												2023年度												2024年度												2025年度												2026年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3												
東北電力																																					女川P/S 共用号機 予備変圧器												(東通は既存設備により対応可能であり、追加対策なし)												再稼働工程の見直しにより設置完了時期を2023.3から2024.11へ見直し																							
東京電力ホールディングス																																					柏崎刈羽P/S 共用号機 予備変圧器																								選定検討の遅延と半導体不足により設置完了時期を2023.3から2024.5へ見直し																							
中部電力	(浜岡は既存設備により対応可能であり、追加対策なし)																																																																																			
北陸電力																																					志賀P/S 2号機 予備電源変圧器																								設計進捗により着手時期を2023.6から2024.2へ見直し																							
中国電力	島根P/S 共用号機 予備変圧器												▲ ★												当初計画通り												島根P/S 3号機 補助変圧器												島根P/S 共用号機 第2予備変圧器												運転計画の見直しにより、設置完了時期を2024.6から2026.10へ見直し																							
日本原電																																					東海第二P/S 予備変圧器																								▲ ★												工事計画(安全対策工事完了時期)変更に伴う停電工程変更より設置完了時期を2023.3から2024.9へ見直し											
電源開発																																					大間P/S 予備変圧器												(建設中に実施)																																			

〔凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地工事着手 ★:設置完了(試運用の開始)〕

注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 9. 設置計画の進捗状況確認

各社の設置計画については、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、責任を持って自律的かつ計画通りに実施するよう、ATENAで引き続き進捗状況のフォローを行う。

- ①ATENAから事業者に対し、設置計画の提出を要求。
- ②事業者は年に一度、ATENAへ「**最新の設置計画（現地着工時期、工事完了時期、試運用完了時期）**」および「**実績**」について報告する。計画変更が必要となった場合は、その理由を付して適宜報告する。  
また、試運用完了時には、「**本格運用開始日**」および「**システム導入に伴い整備した手順書類名**」についてATENAへ報告する。
- ③ATENAは②の進捗情報について、ATENAホームページへ公開する。
- ④ATENAは年に一度および計画変更時、各社の進捗状況について原子力規制庁へ報告する。

1 相開放故障自動検知システムの設置計画・実績管理（例）

事業者	発電所名	設置対象 変圧器	設置計画／実績					備考 ・システム導入に伴い整備した 手順書類名 ・その他特記事項	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本格運用開始		計画変更の 理由
A 電力	高浜 発電所	予備 変圧器	計画	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2020年4月	-	・発電業務所則 (電流計測) ・警報時所則 (警報時対応、SI/BO信号 発信時操作手順等)
			実績	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2022年4月12日		
B 電力	□発電所	□変圧器	計画	2022年9月	2024年〇月 ※	2025年〇月 ※	2025年〇月 ※	※〇〇による 着工時期 変更のため	
			実績	2022年12月 ※					
C 電力	△発電所	△変圧器	計画	2023年10月	2024年5月	2025年5月	2025年5月		
			実績						

Atomic Energy Association

## 10. 最後に

### ・代表プラントでの試運用・現地検証結果

国内メーカーにより設計開発されたOPC自動検知システムの実機適用にあたり、代表プラントの高浜発電所（予備変圧器）に設置し、2021年3月より試運用・現地検証を実施した結果、システム設計及び運用面へ反映が必要な事項がないことを確認した。

従って、国内の各プラントへの実機導入に問題はないと判断する。

### ・各プラントへの実機導入計画

代表プラントでの試運用・現地検証結果を踏まえ、今後、国内各プラント※にOPC自動検知システムの実機導入を進め、OPC検知に係る人的運用の信頼性向上を図る。

なお、プラントによって採用する1相開放故障検知システムのメーカー及び実機環境に違いがあることを踏まえ、プラント毎に設置及び必要な試運用・現地検証を実施し、本格運用を開始することとする。

※：電源開発を含む9社のプラント。中部、四国、原燃は既存設備により対応可能であり、追加対策なし。

- ・事業者としては、技術基準規則第45条の要求事項に基づき、現在実施している運転員の巡視点検等によるOPC検知運用はそのまま継続し、OPC自動検知システムを人的運用の信頼性を向上・補完するものと位置付け、自主的かつ計画的にシステムを導入していく予定である。
- ・ATENAにて、引き続き工事進捗状況のフォローを行う。

# 以下、参考資料

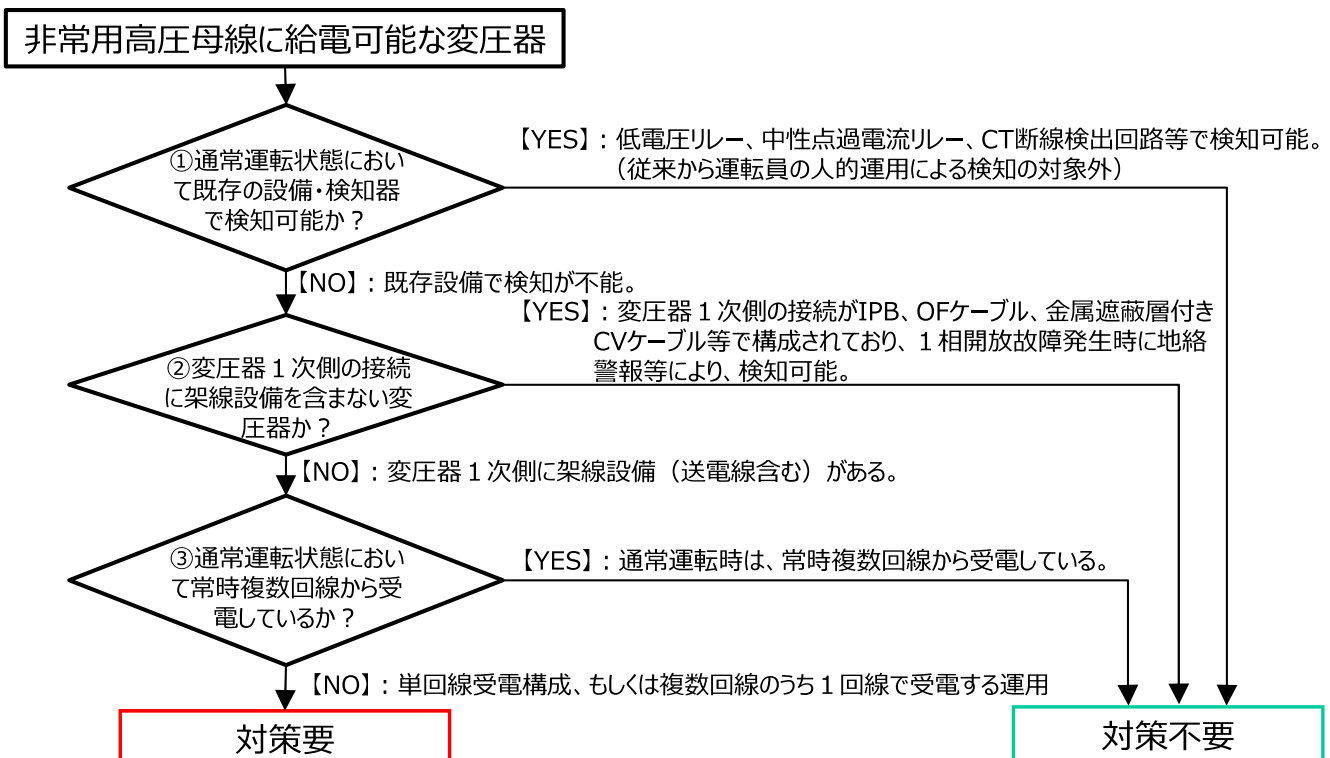
参考 1

## OPC自動検知システムの設置対象変圧器の選定

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

設置対象として、1相開放故障を人的運用によって検知する必要がある変圧器を以下のフローにより選定。PWR / BWR 共に主に通常運転中は待機状態の予備変圧器が対象になる。

### 設置対象変圧器の選定フロー



# OPC自動検知システムの運用方針

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

## システムの運用方法

以下の点より、OPC自動検知システムは、警報発信用としての使用を考えている。  
(警報発信運用による設置で十分な効果が得られると考えている。)

### ①警報発信（自動的な検知）による効果

現状、1相開放故障の機械的検知（低電圧リレーの動作、中性点過電流リレーの動作、CT断線検出回路等）ができない外部電源受電ラインは、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により1相開放故障を検知する運用のため、事象発生から把握までにタイムラグがあるが、OPC自動検知システムの設置により、即時の警報発信が可能となり、従来より、早く、確実な検知が行える。

(電源系の手動切替操作は、非常に容易な操作で中央から実施可能である)

仮に誤検知によって警報が発信しても、運転員はOPC検知器における検知状態の継続有無、3相の電圧・電流計指示値のバランス状況、安全系補機の運転状態や現場架線設備の健全性を確認した上で、最終的に遮断器の開放操作を行うことから誤検知による悪影響はない。また、OPC警報発信中にSI信号又はBO信号が発信した場合は、誤検知が否かに関わらず即座に遮断器を開放する運用とする。

### ②検知後の自動インターロック化による懸念

1相開放故障発生と至急注水を行うべき事象（大LOCA等）が重畳して発生した場合、短時間で炉心注入を実施する観点では、OPC自動検知システムの信号を遮断器切替のインターロックに組み込むことは有効である。

しかし、OPC自動検知システムの動作しきい値は、事象の早期把握の観点で保守的な（動作しやすい）設定とする必要があることから、自動化インターロックを組み込んだ場合、システムの誤動作で健全な電源が自動的に系統から切り離され、非常用電源系の冗長性が不要に失われる可能性があることも併せて考慮する必要がある。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

# OPC自動検知システムの検証試験結果

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

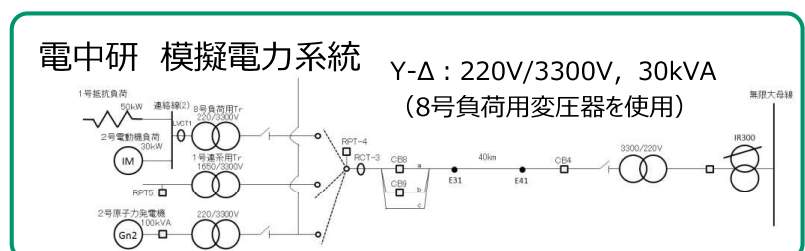
○以下、2017年度に実施した検証試験概要

- 3メーカー（日立GE、東芝ESS、三菱電機）とも電中研の模擬電力系統にて実際に欠相を模擬、検知器による検証可否を確認した結果、ロジックどおりの検知が可能との検証結果を得た。
- 2017年度の第1Q（4月～6月）にて、既存改造/新規検知器による、1相開放故障事象の検出性についてP/B全電力共同委託にて、検証試験を実施完了。
- 現地適用時には、模擬電力系統で確認した検知ロジックどおりに、各実プラント構成にておいても動作可能である事の確認や、検知器の動作しきい値、プラント毎の時限設定等のために、個別の電気解析等にて確認する事が必要となる。

検証結果	
三菱電機製品	検知率 100% (128/128)
日立GE製品	検知率 100% (128/128)
東芝ESS製品	検知率 100% (128/128)

(試験概要)

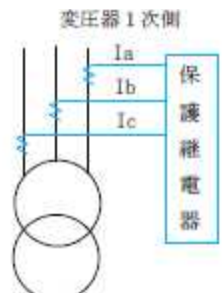
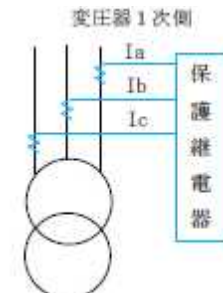
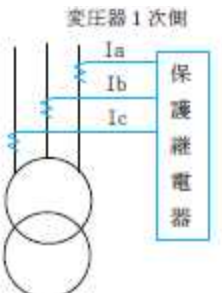
- 1相、2相欠相において、事故点・接地方式・負荷状況等を変化し128ケースを実施
- 試験は実系統（模擬）において、検知器がメーカーの社内における試験内容と同様の挙動を示すかを、代表例で確認する位置づけで実施。





（2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲）

各メーカー製品のOPC検出アルゴリズム

	三菱電機製	日立GE製	東芝ESS製
検出箇所			
電流検出用設備	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	既設の変流器の精度※2を評価し、適用可能な場合、既設の変流器を使用
検出アルゴリズム	電流がしきい値以下の場合 1相開放故障と判定 $\min( I_a ,  I_b ,  I_c ) < \text{しきい値 (相電流)}$	3相の電流の偏差以上の場合 1相開放故障と判定 $\max( I_a ,  I_b ,  I_c ) - \min( I_a ,  I_b ,  I_c ) > \text{しきい値 (電流偏差)}$	電流がしきい値以下の場合 1相開放故障と判定 $\min( I_a ,  I_b ,  I_c ) < \text{しきい値 (相電流)}$

- ※1.光CT：既設の変流器は巻線型であり、一次側に流れる大電流を二次側接続機器に応じた小電流に変成する方式である。従って、一次通電電流が微小なケースでは二次電流が更に小さくなるが、光CTは、ファラデー効果による光の偏波を電気量に変換する方式のため、一次通電電流を一律に変成するのではなく、二次側接続機器に必要な電流情報に変換して伝達することができる。
- ※2.精度：電流が流れているか流れていないかを判定できることであり、具体的には、励磁電流（変圧器定格電流の約0.1%の電流値）の有無を判別可能なことを要求精度としている。

（2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲）

（1）三菱電機製品概要

【欠相検知システム概要】

＜検知方法＞

本システムは、変圧器高圧側電流及び対称成分の大きさから欠相を検知。

＜機器構成＞

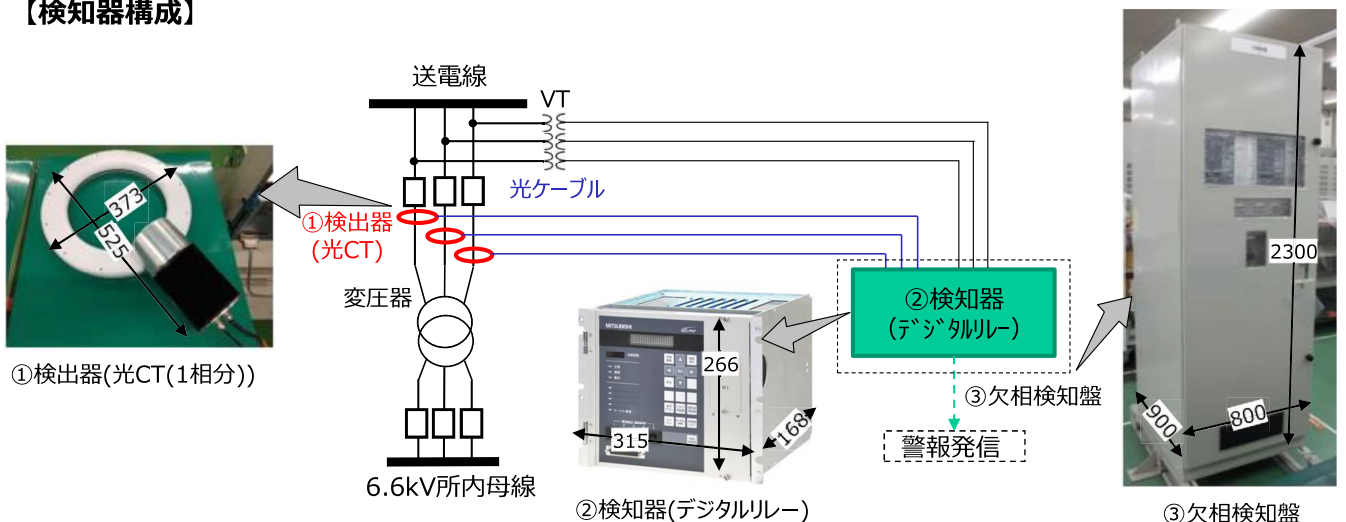
検出器：変圧器励磁電流(約0.1A)を測定可能な光CTを採用。

検知器：光信号を入力可能なデジタルリレーを採用

＜発信信号＞

検出器からの信号を検知器に入力し、検知器から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



（2）日立GE製品概要

【欠相検知システム概要】

＜検知方法＞

本システムは、変圧器高圧側電流、所内側電圧の3相偏差およびその挙動変化から欠相を検知する。

＜機器構成＞

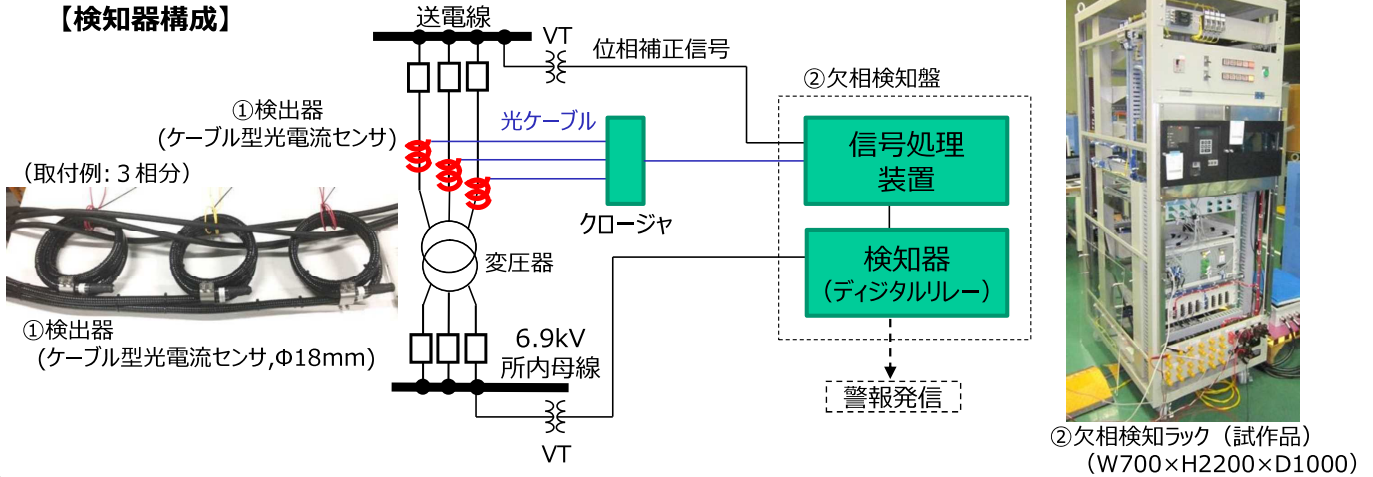
検出器：変圧器励磁電流(約50mA以上)を計測可能。  
 主機の改造無く取付可能なケーブル型光電流センサを使用。  
 同径にてセンサ部多重化対応可能。

検知器：事象判定ロジックを装荷したデジタルリレーを使用。

＜発信信号＞

検出器からの信号を欠相検知盤に入力し、欠相検知盤から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



（3）東芝ESS製品概要

（1）検知方法

3相の電圧、電流を監視し、欠相した相で生じる電圧または電流変動により欠相を検知する。

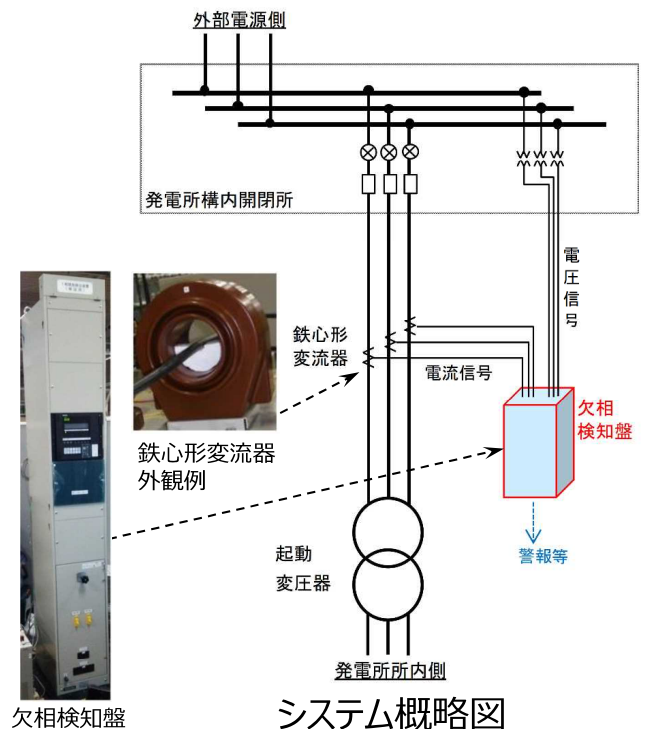
（2）検知システム構成

● 変流器

検知対象変圧器が無負荷時などの微小電流においても、鉄心形変流器を用いて欠相検知が可能。  
 そのため、既設変流器の特性や設置位置等の条件によっては、既設変流器を使用できる可能性がある。

● 欠相検知盤

開閉所の系統保護盤等で使用実績があるデジタルリレーを搭載。  
 欠相検知時には、盤面や中操への警報信号を出力する。



三菱電機製品概要

(1) 目的

OPC検知システムは開発検証が完了し、今後はプラント個別に所内回路を模擬したシミュレーションで整定値の検討を実施することで計画している。

- 但し、米国での誤検知等の状況を踏まえ、実プラントでのフィールド試験を行い、そこで新たな知見が得られる場合は、OPC検知システムへフィードバックさせることが、より確実なOPS検知システムを構築するうえで望ましいことから、現地検証を行う。

(2) 検証内容概要

- ①対象回路 : 発電所 変圧器
- ②導入機器 : OPCリレー盤(保護リレー、光変換器)、光CT、記録用デバイス
- ③システム : 既設警報回路への組込みは行わず、スタンドアローンのシステムとする  
(但し、直流電源の引込み、GIS信号取込み等の改造は発生)
- ④検証内容 : 通常プラント操作、欠相以外の事故、外的要因(振動、外部ノイズ)によりリレーが不要動作しないこと(整定値の妥当性)を確認する(次頁参照)  
➢リレー動作した場合は、保護リレーが記録した動作時の波形データ、プラント運転状態から要因を特定
- ⑤実施期間 : 以下2ケースのいずれかで対応
  - ・最長 プラント起動～停止の運転1サイクル
  - ・最短 OPCシステム導入後の現地試験にて完結  
➢ 不要動作有無を確認する上では、運転1サイクルの中で試運転することが望ましい。  
(なお、製品性能の確認は現地試験で完結するため、1サイクルの期間は必須でない)

三菱電機製品概要

(3) 確認項目

No.	項目	内容	確認時期		備考
			運転中	現地試験	
1	補機起動・停止動作時におけるOPCリレー動作有無確認	通常、待機状態にある予変に対して、現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、補機の起動・停止操作を実施し、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	
2	動変励磁突入電流流入時のOPCリレー不要動作有無確認	現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、無電圧の動変に電圧印加し、励磁突入電流を発生させ、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	実施方法・時期はユーザー側（電力）との調整結果による
3	落雷時の再開路によるOPC動作有無確認	落雷による再開路を模擬した瞬時遮断器開閉操作を実施し、OPCリレー動作有無を確認	—	○	
4	その他電気事故の影響によるOPCリレー動作有無確認	予変受電時における短絡、地絡等電気事故の影響でOPCリレーが不要動作しないかを確認	※	—	※：電気事故は偶発的な自然現象のため意図的な模擬・確認は不可

(4) 補足

- フィールド試験では、保護リレー動作時の要因特定のためプラント運転状態のデータを用いる必要がある。  
➢ 補機運転状態や電源構成等の各種必要なパラメータについては、ユーザー側（電力）より情報提示する。



日立GE製品概要

(1) 目的

- O P C 発生時に、確実に検知できることを確認する。(期間内に発生した場合)
- 系統擾乱発生時等、O P C 以外の事象で本機器が誤動作しないことを確認する。
- 設計時の想定条件と実機適用時の条件（想定外を含む）による本機器への影響有無を確認する。
- その他、初期不良の有無等、機器の不具合発生状況をモニタリングし、本運用前に改善を図る。

(2) 検証内容概要

- 試験期間は、季節による系統条件の変動、季節要因事象の検証、屋外機器に対する環境条件の影響
- 評価を考慮して、最低 1 年間を前提とする。
- 対象プラントは、系統条件や環境条件が各プラントで異なり、この間の試験結果をもとに、運用前の改善を図ることを本試験の目的としていることから、メーカーとしては全プラント対象を基本とする。

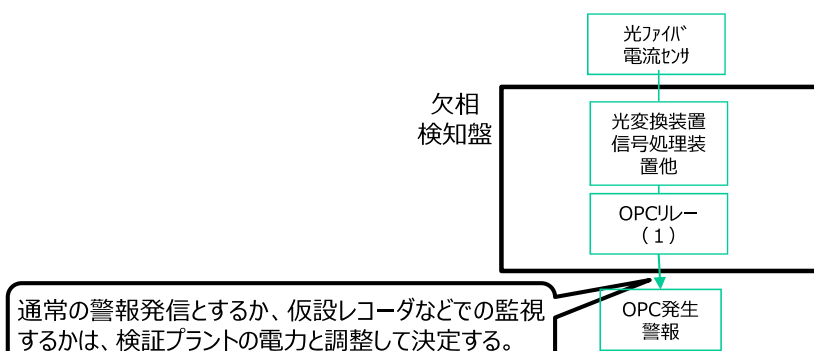


図 1 回路構成

日立GE製品概要

(3) 確認項目

項目	内容
リレー健全性確認	<p>O P C 検知システムには複数の誤動作防止ロジックを組み込んでおり、基本的には系統の過渡的事象によって影響を受けることは無いが、本ロジックがいかなる条件においても適切に動作し、誤動作しないことを確認するため、以下の試験を実施する。</p> <p>【検証項目】                      (短期試験)                      ① 励磁突入電流による影響評価のため、変圧器遮断器の開閉を実施                      ② 開閉サージによる影響評価のため、系統側の遮断器及び断路器の開閉を実施                      ③ 負荷変動による影響評価のため、大型電動機の始動、負荷遮断を実施                      (長期試験)                      ① 系統の静電容量等による影響評価のため、環境条件の季節変動等考慮し、1年以上設置運用する。                      ② プラント通常運転時における負荷変動による影響評価のため、定検間隔以上の期間（約1年）設置運用する。</p> <p>誤動作した際は、原因を検討したうえで、改善案を検討・整定値の見直し等を実施する。</p>
光変換装置からのデータの分析	<p>本試験期間中に光変換装置からのデータを収集し、内部の各リレー要素の動作を検証する。ロジックを見直すことで、更なる誤動作の防止と精度の向上を見込むことが可能であれば、改善案を検討し、ロジックや整定値の見直し等を実施する。</p>

東芝ESS製品概要

(1) 目的

- OPC検知システムの開発検証は完了し、今後の実機導入における各プラント個別検討は解析および工場試験により検討・確認を行う。ただし、検知対象として新規性があるOPCを扱うことから、電源系統で生じる想定事象によるシステムへの影響をフィールドレベルで検証する。

(2) 検証内容概要

- 電源系統の運用時には、以下に示すような電氣的な過渡事象が想定されることから、OPC検知システムはこれら事象による不要動作を防止する構成としている。そのフィールドレベルでの確認として、システムを実際に導入したうえで一定期間の試運用により不要動作が生じないことを確認する。

① 想定事象

- 落雷
- 送電系統または発電所構内の地絡、短絡事故
- 系統変動（電圧変動、周波数変動、高調波）
- 変圧器受電時（励磁突入電流）
- 開閉サージ
- 負荷電動機始動、停止時（始動電流）
- 周囲設備からの誘導ノイズ など

② 試運用期間

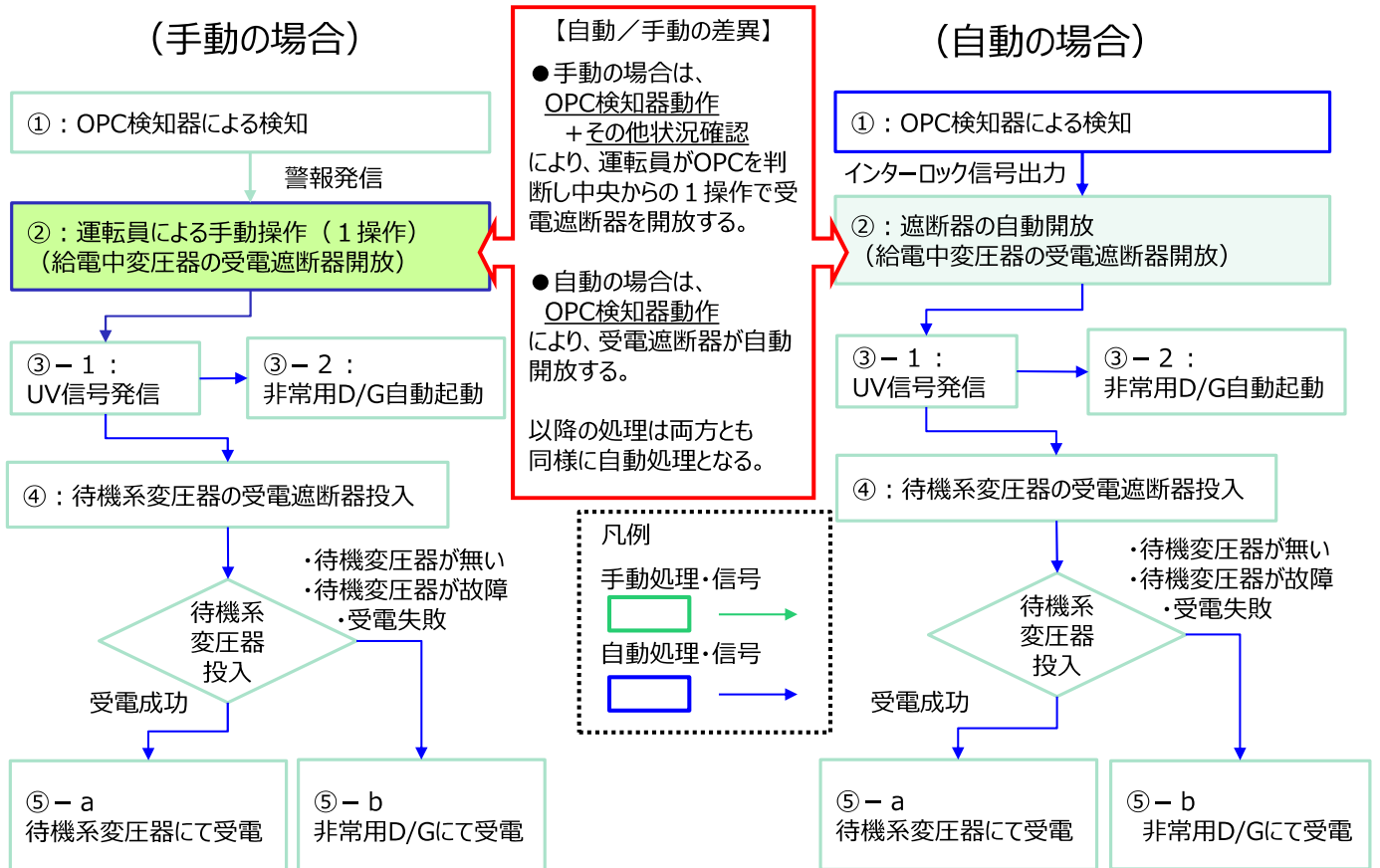
上記の想定事象がプラント運用、系統側電力潮流および季節変動に起因する部分もあることを考慮し、試運用期間はプラント運転期間1サイクル分を目安として、電力側との協議により決定する。

東芝ESS製品概要

(3) 確認項目

- ① 想定事象のうち、人為的に再現可能な、変圧器受電時、線路遮断器開閉時および電動機始動・停止時の影響に関し、試験による確認についても実施する。

No.	試験項目	内容
1	変圧器受電時の不要動作確認	検知対象変圧器に運転電圧を印加し、通常運用時の変圧器受電時に発生する励磁突入電流に対し、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。
2	遮断器開閉サージによる不要動作確認	送電線事故時の再閉路による開閉サージを想定し、遮断器を開閉し、不要動作しないことを確認する。
3	電動機始動・停止時の不要動作確認	検知対象変圧器から二次側母線へ給電している状況で、当該母線に接続される電動機を始動・停止させ、その際の電流変動に対して、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。



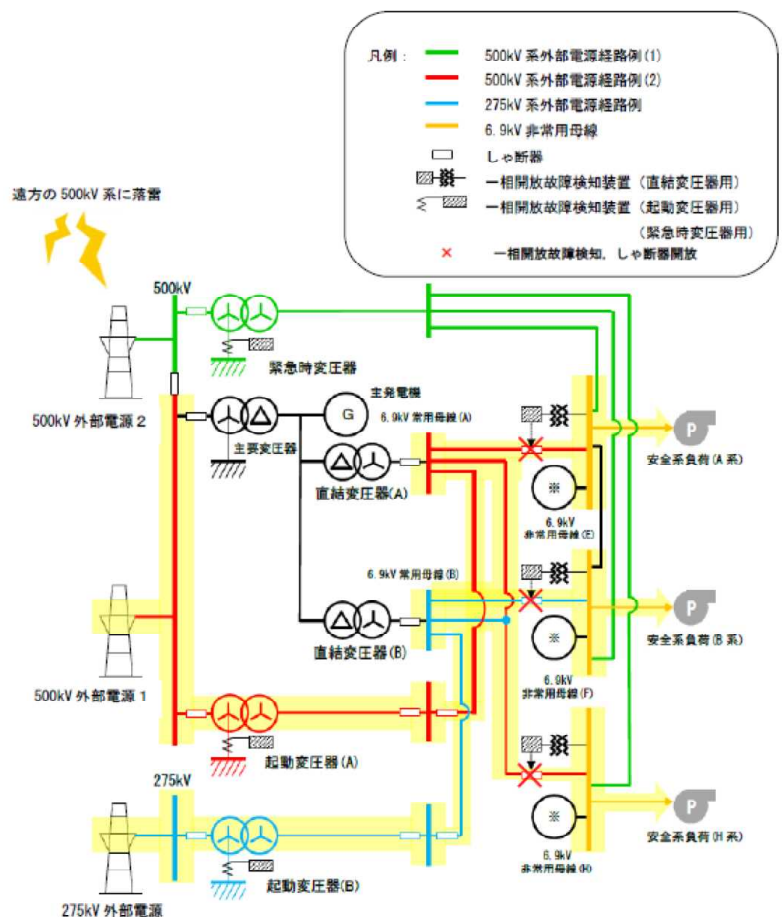
## 国内においてOPC検知器を先行設置し、誤検知が発生した事例

**浜岡発電所4号機の事例**  
(ニューシア情報2017-中部-S002より)

2017年7月14日7時59分、落雷の影響により、愛岐幹線(500kV送電線)1号線、2号線をルート遮断し、中速再開路する事象が発生した。その影響を受け、浜岡原子力発電所の所内電源の電圧が瞬時低下した。浜岡4号機6.9kV非常用母線(E),(F),(H)については、その電圧低下を一相開放事象対策※1として設置した検出器が検知し、常用と非常用母線の間に設置された遮断器が開放し、6.9kV非常用母線(E),(F),(H)が停電した。これにより非常用ディーゼル発電機(A),(B)が自動起動し、6.9kV非常用母線母線(E),(F)は受電された。非常用ディーゼル発電機(H)については、非常用ディーゼル発電機(H)関連の作業により、安全措置として停止していたため、6.9kV非常用母線(H)は停電状態が継続した。

なお、3,5号機については、一相開放事象対策が未実施であることから非常用母線の停電には至らなかった。

※1 外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうち一相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障個所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策。



## 米国におけるOPCに係る対応状況について（1/2）

参考16

NRC及びNEIを代表とする産業界のOPCに係る対応について、過去からの経緯を含め、以下にまとめる。

2012年1月	Byron2号機において定格出力運転中にOPC発生
2012年7月	<a href="#">NRCは、Bulletin 2012-01を発行</a>
2013年12月	<a href="#">NEIは、OPCへの対応について産業界ガイダンスNEI 13-12及びその付属文書として産業界の対応とスケジュールを示したOPCイニシアチブ（自主的措置）を発行</a> ←対策完了は2017年12月31日
2014年11月	NRCは、各事業者にOPCイニシアチブに従い対策完了した場合はNRCに通知するようレターを発行
2015年3月	<a href="#">NEIは、OPCイニシアチブの改訂1版をNRCに提出</a> ←対策完了は2018年12月31日
2017年5月	NRCは、8プラントを対象にOPCによる炉心損傷頻度（CDF）への寄与、OPC隔離システム（OPIS）のリスク低減効果を評価し、OPISの使用によりOPCの脆弱性は大きく低減できるとした評価結果を公表
2017年10月	<a href="#">NRCは、OPCイニシアチブの実施状況確認を目的とした暫定検査要領（TI 2515/194）を公表</a> →NRCがOPC対応不要と判断したプラント、10CFR50.90「変更、検査、試験」に基づく変更申請中のプラント、2020年1月30日までに廃炉予定を通知したプラントを除く全プラントが検査対象
2018年9月	<a href="#">NEIは、OPISの設置を完了した複数のプラントにおいて、設置後のモニタリング期間中にOPISの誤作動が発生していることを踏まえ、モニタリング期間を1年延長するため、OPCイニシアチブの改訂2版をNRCに提出</a> ←対策完了は2019年12月31日
2019年5月	<a href="#">NEIは、OPISの自動電源切替機能の代替オプションとして運転員の手動対応を採用する場合のリスク評価手法をまとめた産業界ガイダンスNEI 19-02を発行し、各事業者がNEI 19-02を使用できるよう、OPCイニシアチブの改訂3版をNRCに提出</a>
2019年7月	<a href="#">NRCは、NEI 19-02の使用を承認</a>
2020年1月	NRCは、8プラントを対象にOPISの自動電源切替機能のリスク低減効果を評価し、OPISの自動電源切替機能による安全性の向上は高くないと結論付けた報告書を公表
2020年4月	<a href="#">NRCは、OPCイニシアチブの改訂3版でリスク情報を活用するオプションが追加されたことを踏まえ、暫定検査要領（TI 2515/194）の改訂1版を公表</a>

これまでに発行されたNRC検査レポートから、43発電所のうち約7割が運転員による手動対応を適用又は適用する予定であることを確認している。

## 米国におけるOPCに係る対応状況について（2/2）

参考17

米国では、[①変圧器中性点注入方式（PSSTec）](#)、[②巻線CT+デジタルリレー（PCS2000）](#)、[③巻線CT+デジタルリレー（SEL）](#)、[④磁界による光の偏向を利用した方式（光CT方式）](#)、[⑤Class1Eの既設低電圧リレー（既設UVリレー）](#)が採用されている。

現状、①PSSTec、②PCS2000、③SELにて、誤検知があったとの情報を入手している。

- NEI加盟プラントのうちの4割が採用している①PSSTecは、EPRIが開発した変圧器の高圧側中性点に探査電流（周波数、電流値可変）を注入し、欠相発生による零相電流の変化を監視するものであるが、[誤検知の発生が確認されている](#)。これについては、実機に応じた探査電流の設定と欠相判断のしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。（なお、当該検知器は高圧側中性点がない変圧器には適用できない検出方式である。）
- また、②PCS2000を採用する一部のプラントにおいては、試運用期間中（モニタリング期間中）でも、[運転員の弊害になるほど誤検知があり、検知発信をバイパスする電力も確認されている](#)。これについては、採用されているデジタルリレーは実績があるものだが、巻線CTから入力される微弱な電流変化から、欠相を判断するしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。

国内では、変圧器の型式に左右されない汎用性と高い検知信頼性の確保を目標に、米国の状況も踏まえて誤検知に配慮した検知器開発、具体的には、[2メーカーがノイズ影響を受けにくく、電流検出精度が高い光CT方式（米国の④光CT方式に類似）](#)を、[1メーカーが巻線CTからの信号入力部高精度化などOPC検知用に改良したデジタルリレー](#)を採用した検知器開発を実施している。

なお、OPC検知の有効性については電中研の実証試験にて確認している。



現行の技術基準における位置付け（1 / 2）

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

現状、規則の解釈は、以下のとおりである。OPC自動検知システムを人的運用の信頼性を向上・補完するものとし、現在解釈の中で、事業者として計画的に取り組んでいく。

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋） 1/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>(保安電源設備)</p> <p>第四十五条 発電用原子炉施設には、電線路及び当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機からの電力の供給が停止した場合において発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備を施設しなければならない。</p>	<p>第45条 (保安電源設備)</p> <p>1 第1項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置」とは、以下の装置をいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・第2条第2項第9号ホに規定される装置</li> <li>・燃料プール補給水系</li> <li>・第34条第1項第6号に規定する事故時監視計器</li> <li>・原子炉制御室外からの原子炉停止装置</li> <li>・PWRの加圧器逃がし弁（手動開閉機能）及び同元弁</li> <li>・非常用電源設備の機能を達成するための燃料系</li> </ul>
<p>2 設計基準対象施設の安全性を確保する上で特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する装置を施設しなければならない。</p>	<p>2 第2項に規定する「特に必要な設備」とは、非常用炉心冷却系の計測制御用電源設備等をいう。</p> <p>「同等以上の機能を有する装置」とは、直流電源装置をいい、第16条に規定する蓄電池を兼ねて設置してもよい。</p>
<p>3 保安電源設備（安全施設へ電力を供給するための設備をいう。）には、第一項の電線路、当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置への電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</p>	<p>3 第3項に規定する「常時使用される」とは、主発電機又は非常用電源設備から電気が供給されている状態をいう。</p>
<p>一 高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>4 第3項第1号に規定する「高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置」とは、重要安全施設</p>

現行の技術基準における位置付け（2 / 2）

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋） 2/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
	<p>(設置許可基準規則第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。)への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤(安全施設(重要安全施設を除く。))への電力供給に係るものに限る。)について、遮断器の遮断時間の適切な設定等により、高エネルギーのアーク放電によるこれらの電気盤の損壊の拡大を防止することができることをいう。</p>
<p>二 前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>5 第3項第2号に規定する「異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置」とは、短絡、地絡、母線の低電圧又は過電流などを検知し、遮断器等により故障箇所を隔離し、保安を確保するために必要な装置への影響を限定できる設計及び外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策(手動操作による対策を含む。)を行うことによつて、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できる設計とすることをいう。</p>
<p>4 設計基準対象施設に接続する第一項の電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであって、使用電圧が六万ボルトを超える特別高圧のものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するように施設しなければならない</p>	<p>6 第4項に規定する「少なくとも二回線」とは、送受電可能な回線又は受電専用の回線の組み合わせにより、電力系統と非常用所内配電設備とを接続する外部電源受電回路を2つ以上設けることにより達成されることをいう。</p> <p>7 第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、2回線以上の電</p>

## 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見の状況

2022年9月29日

### 1. 2次スクリーニングの対象になったもの（i、ii、iii）

初回報告	案件名	担当	追加報告	最新状況
第31回 (平成30年04月16日)	地震調査委員会「千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第三版）」について	地震・津波研究部門 地震・津波審査部門		・適合性審査において確認する ・地震調査委員会が公表する知見を収集
第34回 (平成30年11月21日)	PCMI 破損しきい値未満で燃料破損に至った NSRR 実験(OS-1)について	システム安全研究部門	第49回 (令和3年9月9日)	・PCMI 破損しきい値の改定を不要としたが、引き続き、安全研究の中で確認中
第34回 (平成30年11月21日)	乾式キャスクの遮蔽評価に使用する断面積ライブラリについて	核燃料廃棄物研究部門		・2023年度までに得られる結果を技術文書として取りまとめる
第34回 (平成30年11月21日)	大山火山のマグマ供給系に関する知見について	地震・津波研究部門		・査読論文として公表されたのち、再検討。その後、委託研究成果報告を基に令和元年6月バックフィット対応となる。同年12月に論文公表になるもスクリーニングアウト。
第36回 (平成31年4月17日)	地震調査委員会「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」について	地震・津波研究部門 地震・津波審査部門		・地震調査委員会が公表する知見の収集
第37回 (令和元年6月19日)	福島県による津波浸水想定について	地震・津波研究部門 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室		・特定原子力施設監視・評価検討会等において確認
第38回 (令和元年9月4日)	キャスクのスラップダウン落下試験から得られた最新知見について	地震・津波研究部門		・評価手法の保守性を検討し、検討結果を安全研究成果報告にて公表。
第38回	中性子照射がコンクリート	システム安全研究部門		・NRA 技術報告を発行(令和元

(令和元年9月4日)	の強度に及ぼす影響に関する知見について			年8月) ・経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会(第3回:令和2年5月22日、第4回:令和2年6月1日)において、電気事業者の対応状況を確認 ・NRA 技術報告発行後の高経年化技術評価書で同報告の知見を判定基準としていることを確認
第39回 (令和元年11月20日)	航空機落下事故に関するデータについて	シビアアクシデント研究部門		・NRA ノートを発行
第39回 (令和元年11月20日)	重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性評価について	システム安全研究部門		・NRA 技術報告を発行(令和元年11月) ・経年劣化管理に係る ATENA との実務レベルの技術的意見交換会(第3回:令和2年5月22日、第4回:令和2年6月1日)において、電気事業者の対応状況を確認
第41回 (令和2年5月11日)	「内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について(概要報告)」について	地震・津波研究部門 地震・津波審査部門 研究炉等審査部門 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室	第45回 (令和3年4月14日)	・現在審査中の施設(大間、東通)については、審査の中で本知見の取扱いを確認
第43回 (令和2年10月29日)	接地型計器用変圧器の支持部にガタが有る場合の衝撃耐力に係る試験結果について	地震・津波研究部門		・令和2年10月30日の面談において事業者に周知
第44回 (令和3年1月27日)	土木学会論文集掲載の論文「海底地すべりによる津波の将来想定手法の提案」につ	地震・津波研究部門 地震・津波審査部門		・事業者の自主的な取り組みである安全性向上評価の中で取り扱うのが適当

	いて			
第 45 回 (令和 3 年 4 月 14 日)	NRA 技術報告「野島断層の断層破碎物質を用いた地震性すべりの直接的年代測定手法の検証」について	地震・津波研究部門		・NRA 技術報告を発行 ・令和 3 年 4 月 16 日の ATENA との連絡会議で事業者に周知済み
第 45 回 (令和 3 年 4 月 14 日)	NRA 技術報告「原子炉施設の建屋三次元地震時挙動の精緻な推定に資する影響因子の分析とそのモデル化に関する検討」について	地震・津波研究部門		・NRA 技術報告を発行
第 45 回 (令和 3 年 4 月 14 日)	航空機落下事故に関するデータについて	シビアアクシデント研究部門		・NRA ノートを発行
第 50 回 (令和 3 年 10 月 14 日)	千葉県のパ洋洋岸における歴史記録にない津波の痕跡の発見について	地震・津波研究部門 地震・津波審査部門		・研究動向に注視し、情報収集を行う
第 52 回 (令和 4 年 3 月 10 日)	航空機落下事故に関するデータについて	シビアアクシデント研究部門		・NRA ノートを発行
第 53 回 (令和 4 年 5 月 26 日)	高分解能な 3 次元地震波速度構造解析による始良カルデラ下のイメージングについて	地震・津波研究部門		・事業者に対して周知する
第 54 回 (令和 4 年 7 月 28 日)	NRA 技術報告「防潮堤に作用する最大持続波圧評価式の提案」について	地震・津波研究部門		・NRA 技術報告を発行 ・「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」の別添とする改定作業を行う予定

## 2. その他

初回報告	案件名	担当	追加報告	最新状況
第 32 回 (平成 30 年 6 月 20 日)	デジタル安全保護系の共通要因故障 (CCF) 対策設備に関する調査結果について	技術基盤グループ	後ほど記載	・ATENA より実施状況の報告を定期的にかけている



第 37 回 (令和元年 6 月 19 日)	「一相開放故障事象に対する国内原子力発電所の対応」状況報告	技術基盤課	第 40 回 (令和 2 年 2 月 26 日) 意見聴取会 (令和 2 年 8 月 5 日) 第 42 回 (令和 2 年 8 月 19 日) 意見聴取会 (令和 4 年 8 月 3 日)	・意見聴取の結果を第 55 回技術情報検討会に報告
第 39 回 (令和元年 11 月 20 日)	電磁両立性 (EMC) に係る海外の規制動向の調査について	技術基盤課 システム安全研究部門	第 44 回 (令和 3 年 1 月 27 日) 意見聴取会 (令和 3 年 12 月 16 日) 第 51 回 (令和 4 年 1 月 20 日) 意見聴取会 (令和 4 年 9 月 12 日 (P))	・意見聴取の結果を第 55 回技術情報検討会に報告
第 42 回 (令和 2 年 8 月 19 日)	サンプスクリーンを通過したデブリが炉心に与える影響に関する米国の対応状況及びこれを踏まえた国内の対応について	技術基盤課 システム安全研究部門 シビアアクシデント研究部門 実用炉審査部門	意見聴取会 (令和 2 年 12 月 7 日) 第 44 回 (令和 3 年 1 月 27 日) 意見聴取会 (令和 3 年 5 月 28 日) 第 47 回 (令和 3 年 7 月 8 日) 意見聴取会 (令和 4 年 6 月 16 日) 第 54 回 (令和 4 年 7 月 28 日)	・事業者から聴取した結果、長期炉心冷却に問題がないことが確認できたため、内規の改正は行わないこととする
第 45 回 (令和 3 年 4 月 14 日)	非常用ディーゼル発電機の 24 時間連続試験	技術基盤課	第 49 回 (令和 3 年 9 月 9 日) 第 54 回 (令和 4 年 7 月 28 日)	・適切な時期に ATENA より試験結果の説明を受ける予定
第 49 回	米国における原子炉安全停	技術基盤課		・事業者における検討状況等

(令和3年9月9日)	止に係る火災の影響軽減に関する規制要件の調査結果とそれを踏まえた対応	システム安全研究部門		について、時期をみて公開で意見を聴取
第50回 (令和3年10月14日)	ノルウェーエネルギー技術研究所ハルデン炉における問題とその影響	原子力規制企画課 技術基盤課		<ul style="list-style-type: none"> <li>・三菱重工より最終報告書を受領予定</li> <li>・今後実施される影響評価の内容について日本電気協会から聴取</li> </ul>
第52回 (令和4年3月10日)	雷による建屋内の放射線計測装置等の挙動について	技術基盤課 実用炉監視部門		<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連した知見の蓄積を進める</li> </ul>
第54回 (令和4年7月28日)	PWR1次系ステンレス鋼配管の応力腐食割れの対応	技術基盤課 システム安全研究部門 専門検査部門		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ATENAの取組及びATENAレポートについては、面談、意見聴取等をとおして引き続き聴取</li> </ul>

## 高分解能な 3 次元地震波速度構造解析による始良カルデラ下のイメージング について (案)

令和 4 年 5 月 26 日  
地震・津波研究部門

### 1. 背景

平成 25 年 7 月に施行された「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号)において、地震・津波以外の「外部からの衝撃による損傷の防止」(第六条)が明記された。その中で安全施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。

安全研究プロジェクト「大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究(R1~R5 年度)」では、過去に巨大噴火を起こした火山を対象として巨大噴火に至るまでの準備・開始プロセスに係る知見や現在の火山性地殻変動と地下構造及びマグマ活動に関するデータを蓄積している。令和 4 年 3 月に、日本火山学会誌(第 67 巻第 1 号)において、九州南部の鹿児島湾奥に位置する始良カルデラ周辺を対象に実施した 3 次元地震波トモグラフィー解析<sup>1</sup>に関する論文<sup>2</sup>(以下「本論文」という。)が発表された。本論文は当該安全研究プロジェクトにおける「地球物理及び地球化学的手法による観測手法に関する調査・研究」の成果の一部として、委託先である国立大学法人京都大学が取りまとめたものである。以下では、本論文の概要と今後の対応について報告する。

### 2. 本論文の概要と得られた新知見

本論文の概要は以下のとおりである。

- 海没した始良カルデラにおいて、深部の構造の解明に適している自然地震観測データと浅部の微細な構造の解明に適している人工地震による走時データを組み合わせた 3 次元地震波トモグラフィー解析を行い、既

<sup>1</sup> 地震計が設置された複数の観測点において多数の地震波の到達時間を観測することで、それらの時間差から地下構造を推定する手法。一般に、メルト(マグマの液体部分)や熱水等の液相が存在する領域を通過する地震波は周囲よりも速度が遅くなり、観測点ではそのような領域が存在しない場合に期待される到達時間と比較して地震波が遅く観測される。

<sup>2</sup> 為栗 健・八木原寛・筒井智樹・井口正人(2022)高分解能な 3 次元地震波速度構造解析による始良カルデラ下のイメージング, 火山, 67, 69-76, <https://doi.org/10.18940/kazan.67.1.69>.

往研究<sup>3</sup>よりも高分解能で深さ 15 km までの地震波速度構造を推定している。

- インバージョン解析<sup>4</sup>の結果、深さ 15 km では始良カルデラ中央部に P 波及び S 波の低速度領域<sup>5</sup>が確認された。著者らは、S 波速度が周辺域より 30%低下した 2.45 km/s を閾値として当該低速度領域を定量的に評価したところ、その体積は深さ 15 km 以浅で 255 km<sup>3</sup>と推定され、2.0 km/s とした場合でも 139 km<sup>3</sup>となるとしている。また、S 波速度が 2.0 km/s 以下の領域の最上部は、深さ 12 km に達しているとしている。
- 既往研究<sup>6</sup>では、始良カルデラ周辺で観測されている地盤変動の圧力源が推定されている。この圧力源と当該低速度領域が近接していること、及び、地盤変動と桜島（始良カルデラ南縁）の噴火活動が関連していることから、当該低速度領域はマグマの存在を示唆するとしている。
- Taylor and Singh (2002)<sup>7</sup>モデル<sup>8</sup>を用いて当該低速度領域におけるメルトの割合を推定したところ、7%程度と見積もられ、この割合を用いた場合、当該低速度領域に対するメルトの体積は約 10-18 km<sup>3</sup>を占めると推定されている。

### 3. 今後の対応

本論文は自然地震観測データと人工地震による走時データを組み合わせた地震波トモグラフィ解析によって、始良カルデラ下の地下構造の描像を既往研究よりも詳細に明らかにした事例である。「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（以下「火山ガイド」という。）では、原子力発電所に影響を及ぼす可

---

<sup>3</sup> Miyamachi et al. (2013, Bull. Volcanol. Soc. Japan)では、人工地震探査データを用いて深さ 4 km までの P 波の地震波速度構造を推定しているものの、測線長が 37 km であり、4 km 以深の速度構造は明らかになっていない。また、近地地震の走時を用いた南九州の地震波速度構造解析 (Alanis et al., 2012, Bull. Volcanol. Soc. Japan) では、始良カルデラ下深さ 20 km 付近に部分熔融が示唆される領域を見出したが、分解能が 10 km であり、当該領域の詳細な形状や大きさは分かっていない。

<sup>4</sup> 初期モデルと観測値との差を最小化するようにモデルを更新することにより、正しい解を求める手法。

<sup>5</sup> 周辺域に対する当該低速度領域の S 波速度の低減率は 44%である一方で、P 波速度では 8.2%であり、この P 波速度と S 波速度の低減率の違いは、当該低速度領域の不均質性を反映すると考えられる。

<sup>6</sup> Iguchi (2013, Bull. Volcanol. Soc. Japan)及び Hotta et al. (2016, J. Volcanol. Geotherm. Res.)。これらによると、圧力源の位置は始良カルデラ中央部深さ 10~12 km に求められている。

<sup>7</sup> Taylor, M. A. J. and Singh, C. (2002) Composition and microstructure of magma bodies from effective medium theory. Geophys. J., 149, 15-21. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2002.01577.x>

<sup>8</sup> 当該モデルは、マグマ領域を扁平なメルトインクルージョンの集合体と考えた場合に、メルトの割合が P 波・S 波速度の低減率及びメルトインクルージョンのアスペクト比によって決まるとするものである。このモデルを用いて、得られた観測値を満足するメルトの割合を求めたところ、約 7%と見積もられたとしている。

能性において、過去の火山活動履歴とともに、必要に応じて地球物理学的及び地球化学的調査を行うことで、現在の火山活動の状況も併せて評価することとされている。本論文は火山ガイドに列記されている地球物理学的調査のうち、地震波速度構造に関する検討に資する成果に該当する。今後、他のカルデラの地下構造調査事例が報告されれば、これらと共に、本論文の調査事例を現行の火山ガイドにおける解説として追記すること等を検討する。

また、本論文の知見は、カルデラ陥没地形の広い範囲が水没している火山において陸域での地震観測データから深部の地下構造の情報を得た事例であり、他のカルデラにも適用できる可能性があることから、[ATENA 定例面談等](#)で事業者に対して周知することとしたい。

＜技術情報検討会資料＞  
技術情報検討会は、新知見のふるい分けや作業担当課の特定を目的とした事務的な会議体であり、その資料及び議事録は原子力規制委員会の判断を示すものではありません。

参考資料 5 5 - 3

資料 5 4 - 1 - 1 - 1

### 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）（案）

令和 4 年 7 月 28 日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和 4 年 4 月 16 日から令和 4 年 7 月 8 日まで）

最新知見等 情報シート番号	件名	スクリーニング結果 (対応の方向性(案))	資料ページ
22 地津-(D)-0010	宮城県の津波浸水想定の設定について	vi)	2~3
22 地津-(B)-0011	十和田火山の巨大噴火を引き起こしたマグマの蓄積深度について	vi)	4~5
22 地津-(D)-0012	決定論的津波ハザード評価における断層パラメータの不確かさの効果に関する知見について	vi)	6~9
22 地津-(B)-0013	「統計的手法を用いた津波模擬波形の提案」について	vi)	10~12

対応の方向性（案）： i）直ちに規制部等関係部署に連絡・調整し、規制庁幹部に報告する。 ii）対応方針を検討し、技術情報検討会へ諮問する。 iii）技術情報検討会に情報提供・共有する。 iv）情報収集活動を行い、十分な情報が得られてから再度判断する（必要な場合には安全研究を実施する）。 v）安全研究企画プロセスに反映する。 vi）終了案件とする。以下同じ。

※フラジリティ分野の知見については「自然ハザード以外に関するもの」に分類する。

最新知見のスクリーニング状況（自然ハザードに関するもの）（案）

令和4年7月28日 長官官房 技術基盤グループ

（期間：令和4年4月16日から令和4年7月8日まで）

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(D)-0010	宮城県の津波浸水想定の設定について	<p>発表日：令和4年5月10日                      情報元：宮城県                      表題：津波浸水想定                      著者：宮城県</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>宮城県は、令和4年5月に平成23年以降で初めて、最大クラスの津波を想定した津波浸水想定図を作成し、公表した（以下「今回の想定」という）。</li> <li>今回の想定に当たり、最大クラスの津波を発生させる断層モデルとして、プレート間地震による津波を想定した以下3つの内閣府のモデルを設定している。                             <ul style="list-style-type: none"> <li>「東北地方太平洋沖地震」の津波断層モデル<sup>1)</sup></li> <li>「千島海溝（十勝・根室沖）モデル」<sup>2)</sup></li> <li>「日本海溝（三陸・日高沖）モデル」<sup>2)</sup></li> </ul> </li> <li>浸水域及び浸水深は、上述した3つのモデルの浸水シミュレーション結果を包絡する「最大となる浸水域、最大となる浸水深」を抽出している。</li> <li>構造物条件として、河川堤防、海岸堤防、水門、防波堤等の施設を津波が越流すると同時に、施設の機能が失われる（破壊する）ことを想定している。さらに、海岸堤防・河川堤防については、越流時に「破壊しない」条件でも解析し、両条件</li> </ul>	2022/6/3	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該情報は、宮城県が津波防災地域づくりを実施するための基礎となるものとして、内閣府公表<sup>1),2)</sup>の3つのプレート間地震の断層モデルを用いて、宮城県沿岸にもたらす最大クラスの津波を想定し、津波浸水想定図を示したものである。</li> <li>基準津波の審査ガイド<sup>3)</sup>では、基準津波の策定に当たって、プレート間地震等の津波の発生要因を考慮することとしている。</li> <li>当該情報は、プレート間地震による津波の波源設定に関する情報であり、上記審査ガイドにおいて基準津波の策定で考慮される事項として既に記載されていることから審査ガイドに反映する事項はない。</li> <li>宮城県が今回の想定で取り入れた内閣府の「東北地方太平洋沖地震」の津波断</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>を考慮して浸水域及び浸水深を評価している。また、潮位条件は朔望平均満潮位とし、地盤条件は地震による陸域・海域の地盤変動を考慮している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浸水想定図の目視判読により、宮城県沿岸に立地している女川原子力発電所では、防潮堤前面付近までの浸水を確認したが、防潮堤の越流は認められなかった。</li> </ul> <p>1) 内閣府(2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第12回)参考資料1「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の津波断層モデルについて」  2) 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会(2020): 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について(概要報告)  3) 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p>			<p>層モデル<sup>1)</sup>については、既に女川原子力発電所の規制基準適合性審査で考慮されている。また、「千島海溝(十勝・根室沖)モデル」<sup>2)</sup>及び「日本海溝(三陸・日高沖)モデル」<sup>2)</sup>については、第41回技術情報検討会(令和2年5月11日)にて、同発電所の基準津波への影響はないと判断されており、新たな情報はない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当該情報は、宮城県に立地する女川原子力発電所の基準津波及び原子力防災に関連する情報であるため、審査部門及び緊急事案対策室と情報を共有した。</li> <li>・ 以上により、終了案件とする。</li> </ul>			



最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(B)-0011	十和田火山の巨大噴火を引き起こしたマグマの蓄積深度について	<p>発表日： 令和4年5月12日  掲載誌： Journal of Geophysical Research Solid Earth, 10.1029/2021JB023665  論文名： Experimental Constraints on Magma Storage Conditions of Two Caldera-Forming Eruptions at Towada Volcano, Japan  著者： 中谷貴之*・工藤崇*・鈴木敏弘* (*産業技術総合研究所)</p> <p>当該情報は産業技術総合研究所の中谷氏らが東北地方の十和田カルデラにおいて約3.6万年前と約1.5万年前に発生した巨大噴火の噴出物を対象に実施した高温高圧実験の結果を取りまとめたものである。  当該情報の新規性は、十和田カルデラの巨大噴火噴出物における含有鉱物の晶出条件を実験によって特定し、マグマが存在していた温度圧力条件を明らかにすることでマグマ溜まりの深度を推定したことにある。具体的には、まず、天然の軽石試料について鉱物の化学組成分析等を実施し、得られた分析値に基づいて熱力学的手法で実際の噴出物中の斑晶晶出時の温度・圧力等の条件をおおまかに推定した。ここで得られた温度・圧力等の条件をさらに制約するため、高圧下岩石融解装置を用いて高温高圧条件を人工的に再現して岩石融解実験（実際の噴出物を融解し、特定の条件下で平衡となった後に急冷させる）を行った。温度・圧力の組合せを変えたいくつかの条件下で作成した急冷試料中の斑晶の化学組成や鉱物組</p>	2022/6/10	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該情報は十和田カルデラにおいて過去に発生した巨大噴火のマグマ溜まり深度に関する知見をとりまとめたものである。</li> <li>・当該情報は個別の火山における事例研究の知見であることから、火山ガイドに反映する事項はない。</li> <li>・審査において十和田カルデラは運用期間中における巨大噴火の可能性が十分小さいと判断されている※1。当該情報は十和田火山における過去2回の巨大噴火における噴火直前のマグマ溜りの深さを推定したものであるため、審査結果に影響を及ぼす内容ではないが、既許可の六ヶ所再処理工場等、下北地域の原子力施設に係る火山影響評価の検討対象火山に関連する情報であるため、審査部門に情報を提供・共有した。</li> <li>・以上から本件は終了案件とする。</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		合せを実際の噴出物と比較した結果、840～850℃、150～170MPaの条件で約3.6万年前と約1.5万年前の巨大噴火の噴出物を概ね再現できることが明らかとなった。ここで得られた圧力条件は、東北日本の地下では5～7kmの深さに相当する。したがって、十和田カルデラにおける2回の巨大噴火時のマグマ溜まりはいずれも地下5～7kmの深さで形成していたと考えられる。			※1 過去に巨大噴火が発生した火山(運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断したものに限り)については、当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を考慮することとなっている。	/		

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(D)-0012	<p>決定論的津波ハザード評価における断層パラメータの不確かさの効果に関する知見について</p>	<p>発表日： 令和4年2月24日  掲載誌： Earth, Planets and Space  論文名： Effects of uncertainty in fault parameters on deterministic tsunami hazard assessment: examples for active faults along the eastern margin of the Sea of Japan  著者： Kenji Satake (Tokyo Univ.) et al.</p> <p>著者らは、「日本海地震・津波調査プロジェクト」※1でモデル化された日本海の海底・沿岸伏在断層について、断層パラメータ（すべり量及びすべり角）の不確かさが決定論的津波ハザード評価に及ぼす影響を検討している。</p> <p>すべり量は破壊シナリオに基づく津波評価において重要なパラメータであり、一般的に、断層の大きさとすべり量に係る経験的なスケール関係から算出される。著者らは、4種類の断層すべり量の推定方法（レシピ（ア）※2、レシピ（イ）※2、TM法※3、MLIT※4）を検討し、そのうち2種類（レシピ（ア）及びTM法）のすべり量を用いて算出した沿岸の津波高を比較している。</p> <p>まず、すべり量については、レシピ（ア）とレシピ（イ）で同程度であるが、TM法では、特に断層幅が狭い断層や傾斜角が大きい断層において、他のスケール則によるものよりも一般的に大きくなるとのことであった。なお、MLITによるすべり量は、日本海北部の断層で大きくなる傾向を示していた。</p> <p>また、2種類（レシピ（ア）及びTM法）の沿岸</p>	2022/6/10	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該情報の知見は、津波評価において、断層のすべり量や断層すべり角を的確に設定することが重要であることを示したものである。</li> <li>基準地震動及び基準津波の審査ガイドでは、津波波源の設定に当たって、当該情報に関する断層パラメータ等を含む津波波源のモデル化に係る不確かさを考慮することが既に記載されていることから、上記審査ガイドに反映する事項はないと考える。</li> <li>著者らは「日本海地震・津波調査プロジェクト」で設定された断層モデルを用いており、これらの情報は既に日本海沿いの原子力発電所の審査において考慮されている。ただし、基準地震動及び基準津波の策定に関連する情報であるため、審査部門に情報を提供・共有した。</li> <li>以上により、当該知見は終了案件とする。なお、引き</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>津波高さを比較した結果、スケーリング則の選択に大きく依存することが分かったとのことである。特にその度合いは、断層のアスペクト比（断層の長さ／断層の幅）の大きさに強く影響されることが分かったとのことである。さらに、2種類の方法から計算された沿岸津波高の幾何平均は0.69～4.30（平均は2.01）の幅があるとのことであった。</p> <p>沿岸津波高を制御する上で重要なパラメータである断層すべり角の影響を、横ずれ断層が集中する日本海南西部及び中部の断層において、すべり角を変えて評価している。その結果、断層すべり角の不確かさ（基準値から±30°）が沿岸津波高に及ぼす影響は、スケーリング則の選択によるものと同様かそれ以上であり、基準断層すべり角の変更前後で、沿岸津波高の幾何平均値は0.23～5.88の幅があるとのことであった。さらに、もう一つの重要な特徴として、断層すべり角の変化が、沿岸津波高と最大沿岸津波高の位置の空間的パターンに大きな影響を与えたとのことである。このことから、沿岸津波高推定値の不確かさを低減するためには、適切なスケーリング則を選択し、断層すべり角や形状を近似することが重要であるとのことである。</p> <p>※1 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所、日本海地震・津波調査プロジェクト、2013～2020：  <a href="https://www.eri.u-">https://www.eri.u-</a></p>		<p>続き、関連研究をフォローしていく。</p>	/			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>tokyo. ac. jp/project/Japan_Sea/            ※2 地震調査研究推進本部 地震調査委員会、震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）、            2020: <a href="https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/strong_motion_recipe/">https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/strong_motion_recipe/</a>            レシピ（ア）：地震規模（地震モーメント）に応じて、断層面積（S）から地震モーメント（Mo）の関係を表す経験スケーリング則を用いて、すべり量を設定            レシピ（イ）：1891年から1970年に日本で発生した14の地殻内地震から得られた断層長さ（L）と気象庁マグニチュード（M）の関係を表すMatsuda（1975）の経験スケーリング則を用いて、すべり量を設定            ※3 武村雅之、日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—、1998            TM法：1885年から1995年に日本で発生した33のプレート内地震から得られた断層長さ（L）と地震モーメント（Mo）の関係を表す経験スケーリング則を用いて、すべり量を設定            ※4 国土交通省・内閣府・文部科学省、日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書、2014            MLIT：Mw7.7以上では平均すべり量4.5mで飽和するスケーリング則に、防災上の観点から最大規模のマグニチュードに対応する標準偏差（1.5m）を一律加算するスケーリング則式を用いて、すべ</p>						

最新知見 等情報シ ート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応 の方向性	理由	対応 の方向性	理由	対応 方針
		り量を設定（最大値は 6.0m）						

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
22 地津-(B)-0013	「統計的手法を用いた津波模擬波形の提案」について	<p>投稿先：日本地震工学会論文集、21巻、1号、pp. 1_1-1_24、2021。（2021年2月26日掲載） 論文名：統計的手法を用いた津波模擬波形の提案 著者：杉野英治（原子力規制庁）・阿部雄太（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）</p> <p>・著者らは、津波模擬波形の作成方法に関する既往研究として、正弦波を使って振幅や波長を変化させる方法<sup>1)</sup>や津波ハザード曲線の再分解によって貢献度の高いシナリオ津波で代表させ、その振幅を係数倍する方法<sup>2), 3)</sup>などを取り上げている。そして、前者は、津波波形を単純化し過ぎており、津波波形の複雑さを表現できていないとし、また、後者は、代表的なシナリオ津波の位相特性のみ採用することになり、根拠が明確でないとした。</p> <p>・そこで、著者らは、原子力発電所の津波PRA手法の高度化に資するため、津波ハザード解析と津波フラジリティ解析の有機的連携に必要な津波模擬波形に求められる要件を整理するとともに、その要件に対応できるよう、統計的手法に基づく津波模擬波形の作成方法を提案した。なお、本論文の津波模擬波形は、津波フラジリティ解析における津波遡上解析の入力条件として利用することを前提としている。</p> <p>・著者らが示した津波模擬波形に求められる主要要件と提案手法による対応は、以下のとおり。 ・要件1は、津波ハザード解析の対象地点（沖合</p>	2022/6/24	vi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該知見は、確率論的津波フラジリティ評価及び津波PRAに関連する津波模擬波形の作成方法として、シナリオ津波の解析波形群を利用し統計的手法に基づく新たな方法を提案したものである。</li> <li>・当該知見は、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」の「外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）」の「フラジリティ評価用入力津波の作成」項目と関連する。</li> <li>・上記項目には、「i）津波ハザードの横軸の津波高さのレベルごとに、波長及び位相特性等のばらつきを考慮した入力津波を作成する。ii）入力津波は、（中略）津波ハザード評価で設定した波源モデルによる解析津波波形群の波形分析を行い、（中略）作成する。」と記載されている。</li> <li>・当該知見は、上記のフラジ</li> </ul>			

最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>地点) で定義されていること。提案手法では、津波ハザード解析の対象地点で津波模擬波形を算定し、その地点の津波ハザード解析の解析波形群から位相・振幅特性に係る情報を利用することで、津波ハザード解析と津波フラジリティ解析の有機的連携の基礎としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>要件2は、津波ハザード曲線の任意の津波水位に対して設定可能であること。提案手法では、津波ハザード曲線の算定に用いた解析波形群の個々の最高水位と周期帯ごとの平均振幅スペクトルを算出し、これらのデータ群を元に最高水位を説明変数とする回帰モデルを作成している。これによって、解析波形群の持つ最高水位の範囲を外挿することにより、一定の説明性を確保しつつ、この範囲を超える目標水位の設定を可能にしている。</li> <li>要件3は、地域的特徴を踏まえた位相・振幅特性のばらつきを統計的に合理的に考慮すること。津波フラジリティ解析において沖の地点で同じ最高水位であっても波形形状が異なれば陸上での浸水状況が異なってくる。そのため、津波模擬波形の位相・振幅特性にばらつきを考慮する必要がある。提案手法では、津波ハザード解析の解析波形群が津波発生に係る地域的特徴を有していると考え、これらを対象に位相・振幅特性を周期帯ごとに統計分析してモデル化することでこの要件に対応している。また、統計分析結果に基づく確率分布の仮定とモンテカルロ法を組み合わせることで位相・振幅特性のばらつきを考慮して</li> </ul>		<p>リティ評価用入力津波の具体的な作成方法を提案したものであり、安全性向上評価に関する情報である。そのため、審査部門に情報を提供・共有した。また、同様の理由で <b>ATENA 定例面談等</b> で事業者に対しても周知することとしたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>以上より、当該知見は終了案件とする。</li> </ul>				



最新知見等情報シート番号	件名	情報の概要	受理日	1次スクリーニング		2次スクリーニング		
				対応の方向性	理由	対応の方向性	理由	対応方針
		<p>いる。</p> <p>1) Sugino et al.: Development of probabilistic methodology for evaluating tsunami risk on nuclear power plants, The 14th World Conference on Earthquake Engineering (14WCEE), Beijing, China, No. S14-15-0035, 2008.</p> <p>2) 日本原子力学会：原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2016, 2019.</p> <p>3) 木原ほか：ハザード再分解に基づく脆弱性評価用津波の設定方法の一提案—特定の高さでサイトに到達する津波の条件の設定方法—, 日本地震工学会論文集, Vol. 18, No. 1, pp. 35-58, 2018.</p>						