

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

令和4年1月20日
技術基盤課
システム安全研究部門

1. 概要

令和3年9月9日に開催された第49回技術情報検討会において、電磁両立性（EMC）に係る規制動向の調査について報告¹し、海外調査の結果を踏まえ、国内の産業界における EMC 対策として達成すべき水準についての考え方及び基本文書が指定する規格基準の適用性並びに国内における試験実施の可能性等に関する事業者の状況について、公開で意見を聴取し、制度改正の要否等についての検討を行うこととなった。

これに関し、令和3年12月16日に事業者意見を聴取する会合²を開催し、原子力エネルギー協議会（以下「ATENA」という。）から説明を受けた（参考参照）ことから、その結果を報告する。

2. ATENA からの聴取の結果

主な説明は以下の通り。

（1）国内原子力発電所での具体的な電磁環境への対応

- 達成すべき水準としては、典型的な電磁的事象（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）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。
- 具体的な対策としては、機器・装置の重要度や仕様（電源、入力信号の種類など）に応じて、以下の対策を実施している。
- 設計面からの対策
 - ノイズフィルタや絶縁回路の設置等のノイズ対策
 - 実証試験による電磁環境に対する試験の実施方法を整備
- 運用面からの対策
 - 溶接作業の制限、大型電動工具使用時のノイズチェック、制御回路保守時の静電気対策等
 - 携帯電話の持込み管理、中央制御室におけるカメラフラッシュの使用制限等

¹ 電磁両立性（EMC）に係る規制動向の調査について（案）（第49回技術情報検討会資料49-2-4）

² 第17回新規要件に関する事業者意見の聴取に係る会合

- 実績としては、設備設置時やプラント起動試験時の機能試験などにおいて、設置環境下での安全機能の健全性を確認している。その結果、周辺ノイズ環境下における電磁的障害により、一過性の指示変動などはあったものの安全保護系が作動できなくなるような事象は発生していない。
- (2) 原子力発電所における電磁両立性 (EMC) に関する国内外の状況
- 国内では、1990 年代に実証試験等を実施し、2011 年に JEAC4620-2008「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」がエンドースされた。欧米では 2000 年代から規制ガイド、規格が整備されてきた。
 - イミュニティ³に関しては欧米規格と同様の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いない。また、エミッション⁴に関しては試験を実施していない。
- (3) 現状のまとめと今後の対応方針
- 電磁両立性 (EMC) を含む電磁環境への対応として達成すべき水準は確保できているが、試験の実施要領等が共通の指針又は標準となっていない。
 - 以下の内容について検討継続し、産業界の自主活動として取組んでいく。
 - 欧米の最新規格に照らして実施すべき追加項目はないか検討の上、その結果を ATENA 文書にて明確化
 - 米国を参考に既設パイロットプラントにおける周辺ノイズ環境の測定方法、評価方法などの検討
 - 産業界の詳細な対応内容が纏まり次第 (2022 年 6 月目途)、意見交換を要望する。

3. 主な質疑応答

(1) 達成すべき水準について

- 達成すべき水準について具体的な説明がなかったが、現在の達成水準とこれから達成しようとしている水準について、今後説明があると理解してよいか。(技術基盤課 佐々木企画調整官)
- 今後、全事業者、全プラントでどのような規格を参照し、どのレベルを目指していくのかについてより体系的、標準的、具体的な進め方を明示する。(ATENA)
- 設計運用面からの対策例が示されているが、盤レベルの対策が中心になっている。電磁両立性に関していえば、回路設計だと筐体の設計等コンポーネントユニットレベルでの対策の効果が一番高く、それを前提として、盤や電源等に対策を施していくものと思っている。今後、コンポーネントユニットレベルの対策等は示されるのか。(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)

³ 電磁的事象への電子機器の耐力

⁴ 電気/電子機器の動作によって生じる電磁的事象

- 回路レベルや部品レベルは、基本的には各メーカーで検証され、品質保証されたものが納入されているので、事業者としては、装置、盤のレベルで体系立てて試験をするという考えである。(ATENA)
- 安全機能を損なわないことという説明があったが、対象は安全系で待機系なので、必要になったときに動くことが使命である。イミュニティの観点からは、必要なときには補機が動作でき、過渡変化を起こすような不要な動作は起きない、ということを経験で確認しているという理解でよいか。(遠山技術基盤課長)
- その通りである。(ATENA)
- 今後、ATENA 文書を作るとの方針だが、イミュニティの基準値に対してどの程度の余裕をもって耐えるのかというようなことは含まれるのか。(遠山技術基盤課長)
- 余裕の程度をどこまで含むかの前に、まずは基準とこれによる判定を考えている。(ATENA)

(2) 規格基準について

- 国際的な規格基準では、米国も欧州も 20 項目程度の試験項目が規定されている一方、事業者の説明資料では、耐ノイズ・サージについて 4 項目が記載されており、規格も引用されているが、これで十分な範囲をカバーしているか確認が必要。また、EMC に関する規格は複数の判定基準を有する汎用のものが多いので、適切な判定条件が選ばれているのか確認が必要と考える。(技術基盤課 今瀬専門職)
- 欧米で考慮されていることと、国内で考慮していることは基本的には同じで、電磁的事象に耐えることと思う。国内のプラントの環境では不要と判断している試験もあり、必ずしも項目数が少な過ぎるとは思わないが、最新の知見に合わせて、今後見直していきたい。(ATENA)
- 国内で参照している主な試験規格は、事業者ごとに同じ規格を使っているわけではないという説明だが、どの規格を使うかが決まってないのか、そもそもどれも使っていないプラントもあるのか。(技術基盤課 佐々木企画調整官)
- 規格名を記載している項目は、いずれかの規格を使用している。メーカー標準と記載しているものは、日立、三菱、東芝 3 社のものをプラントごとに使用している (ATENA)。
- 一般産業界では、国内であれば情報処理装置等電波障害自主規制協議会による自主規制や、海外では EMC に関する EU 指令等既に対応が行われている。これらにより、一般産業の電子機器の EMC 耐性は、10 年、20 年前と比べて上がっているが、国内の原子力発電所の装置は最新の設計の電子機器が用いられているとは限らない。例えば、これから既設の置き換えとして、従来の装置から大きな設計変更がないとして導入する装置について、最新の一般産業の電子機器に比べて、どの程度の水準にあるのか。この分野は発展が速く、特にデジタル化されて以降、CPU の動作周波数が上がる、回路電圧が下がる等状況の変化を

反映して、一般産業の電子機器は、特にエミッションに対する要求など全体として要求水準は厳しくなっている。他方、原子力発電所では、個々の装置についてメーカーがその据付状況での動作について責任をもって納入している反面、現在の一般産業で達成されている電磁両立性の要求レベルについて特に意識しなくてもすむ状況にあるのではないか。原子力の安全上の問題が起こる可能性は低いかもしれないが、電磁両立性について一般産業の電子機器として求められる水準に対して、どのレベルにあるか分かると、技術的に判断しやすい。

(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)

- 原子力発電所は、不特定機器から様々な電磁的外乱を受けるような可能性は低いので、今まで実施してきたことで問題ないという見解だが、世の中一般としてどの程度の EMC 対策を行っているかについては、次回の報告の際には、まとめたい。(ATENA)

(3) 国内外における不具合等

- 不具合事例の調査結果の説明で、一過性の指示変動などはあったものの、安全保護系が作動できなくなるような事象は発生していないとあるが、安全系設備が誤動作することを軽視すべきでないと考えている。(技術基盤課 今瀬専門職)
- 重要でないから問題ないとしているわけではなく、小さなところから潰していかなければいけないという認識はある。(ATENA)
- BWR では、安全保護系につながる放射線モニターや中性子計装はノイズに弱いところがあり、幾つかの不具合事例が発生している。資料では安全保護系を中心に説明されているが、この範囲を広げて、事故時の監視計装や制御棒駆動に係る制御系といった重要な装置についても、今後対応が検討される予定と考えてよいか。(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)
- ノイズ対策等は重要ではあると思うが、放射線計装は、EMC 対策の対象としては一線を画すと考ええる。(ATENA)
- 放射線計装については、安全保護系の入力になっているものは影響が大きいと思う。安全保護系に係る装置が一時的とはいえ誤動作するようなことはないほうがよい。(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)
- 趣旨は理解した。放射線モニターや核計装といった装置の誤動作が起きているということは、我々も承知しており、これまでも様々な対策を取っている。どのような試験で評価するのがよいのか、装置ごとに必要なものは何かを整理した上で適用するものと考えている。(ATENA)
- 安全保護回路に加え検出器も含むのかといった点については、共通故障の要因になり得るかという観点から考える必要があると思う。(規制企画課 村上総括補佐)
- 今の説明は、どちらかというと文書化、標準化のところからスタートして、現状を対比しているなので、共通故障の観点からも整理したい。(ATENA)

(4) 設計の確証

- 2000 年以降に様々なガイドが作られ国際的に標準化されている。一方で、安全保護系に使われているコントローラーについては、必ずしもその時期に開発されたものが使われているわけではないと思う。デジタル安全保護系に使われる機器については、開発時に確証が行われていると記載されており、最新の電磁両立性の観点に必要な対策と開発時に行った確証との差異は機器レベルで把握されていると思うが、差があった場合にギャップを埋める等の取組を行っているのか。(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)
- その都度、確証という形で、少なくともデジタル安全保護装置に関しては、実施している。(ATENA)
- 電磁両立性に係る「確証」がどのようなものか説明してほしい。(核燃料廃棄物研究部門 酒井上席技術研究調査官)
- 関西電力株式会社の場合で説明すると、新たな更新工事、例えば許認可対象設備や重要度が高い設備を新たに購入、据付けする際には、設計検証をすることが定められている。過去の検証の際のデータや新しい設計のデータを確認し、⁵に定められている項目も含めチェックするもので、設計を事業者として確認することを「確証」としている。今後、資料により説明したい。(ATENA)

4. 今後の進め方

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第 35 条(安全保護装置)の解釈において、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証すること」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。

本意見聴取会において、ATENA から事業者の取り組み等について説明を受けたが、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、今後検討するとしている。また、国内における試験実施の可能性については、今回の説明に含まれていない。ATENA は、産業界の自主的活動として検討を継続し、2022 年 6 月を目途に意見聴取会の開催を希望している。

これらを踏まえ、引き続き ATENA から意見を聴取し、制度改正の要否等についての検討を行う。

(参考) 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 資料 17-1

⁵ 日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」

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1回 意見聴取会）

2021年12月16日

原子力エネルギー協議会

目次

1. 背景
2. 電磁環境の影響と対策について
3. 国内原子力発電所での具体的な電磁環境への対応
 - 3.1 電磁環境への対応として達成すべき水準
 - 3.2 設計及び運用面からの対策例
 - 3.3 想定される電磁環境への対策と試験規格
 - 3.4 システム設計上の安全性への考慮
 - 3.5 供用後の設備更新・追加に対する対応
4. 原子力発電所における電磁両立性（EMC）に関する国内外の状況
 - 4.1 国内外の規制・規格の変遷
 - 4.2 国内外の規制・規格の体系
 - 4.3 国内試験項目と欧米規格の関係
 - 4.4 国内試験項目と欧米規格の比較
5. 現状のまとめと今後の対応方針

1. 背景

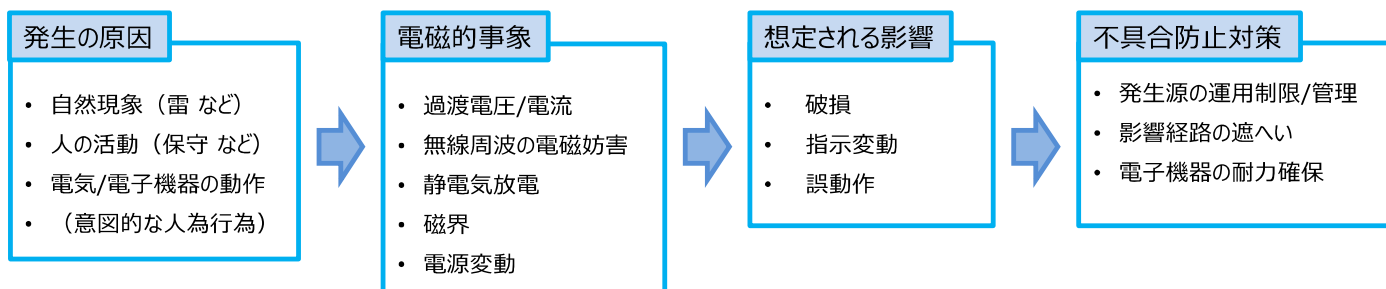
- ✓ 国内の原子力発電所へのデジタル技術導入に向け、産業界は1990年代から電磁環境への対応を自主的に進めてきた。
- ✓ 一方で、2000年代に入り、欧米では電磁両立性(EMC : ElectroMagnetic Compatibility)に関する原子力発電所向けの規制ガイドや規格が整備されてきた。
- ✓ ATENAとしても、これらの欧米の規制ガイドや規格の調査を進めるとともに、更なる安全性向上を図るべく電磁両立性(EMC)に対する今後の対応方針を検討している。



- ✓ この度、技術情報検討会での報告内容も踏まえて、国内原子力発電所での具体的な電磁環境への対応及び電磁両立性(EMC)に関する国内外の状況を踏まえた産業界の見解を纏めたため、今後の産業界の取り組み方針も含めて、意見交換をさせて頂きたい。

2. 電磁環境の影響と対策について

- ✓ 様々な原因により発生する電磁的事象によって、電子機器の破損や一過性の指示変動、誤動作などを生じないように、設計・運用にて対策することにより、電子機器の健全性を確保する。
- ✓ 電磁的事象への電子機器の耐力（イミュニティ）と電気／電子機器の動作によって生じる電磁的事象（エミッション）のバランスを考慮する電磁両立性（EMC）の考え方が取り入れられてきている。
- ✓ イミュニティの評価については、典型的な電磁的事象を模擬して耐力を試験する方法が標準規格化されている。
- ✓ エミッションの評価については、無線周波の電磁妨害に関する放出限度値の基準と試験方法が標準規格化されている。



3. 国内原子力発電所での具体的な電磁環境への対応

- 3.1 電磁環境への対応として達成すべき水準
- 3.2 設計及び運用面からの対策例
- 3.3 想定される電磁環境への対策と試験規格
- 3.4 システム設計上の安全性への考慮
- 3.5 供用後の設備更新・追加に対する対応

3.1 電磁環境への対応として達成すべき水準

【達成すべき水準】

以下の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。

- 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

【具体的な対策】

機器・装置の重要度や仕様（電源、入力信号の種類など）に応じて、以下の対策を実施している。

✓ 設計面からの対策

- ノイズフィルタや絶縁回路の設置、シールドケーブル／光ケーブルの使用、接地方式における配慮など、各種ノイズ対策（JEAG4608における耐雷対策を含む）
- 安全保護系については、1990年代から原子力工学試験センター（原工試）での実証試験や電力共同研究（電共研）などを通して、電磁環境に対する試験の実施方法を整備

✓ 運用面からの対策

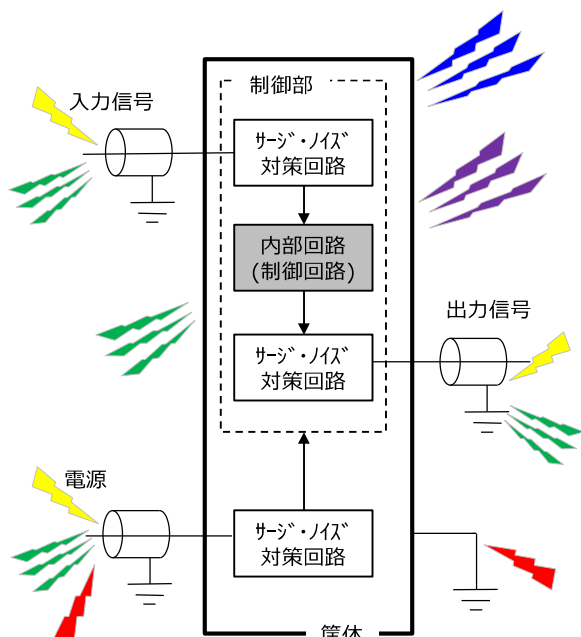
- 溶接作業の制限、大型電動工具使用時のノイズチェック、制御回路保守時の静電気対策などの実施
- 携帯電話の持込み管理、中央制御室におけるカメラフラッシュの使用制限など

【実績】

設備設置時やプラント起動試験時の機能試験などにおいて、設置環境下での安全機能の健全性を確認している。その結果、**周辺ノイズ環境**下における電磁的障害により、一過性の指示変動などはあったものの安全保護系が作動できなくなるような事象は発生していない。

3.2 設計及び運用面からの対策例

✓ 電磁環境への設計及び運用面からの対策例は右記の通り。



① 過渡電圧/電流

- <設計面>
 - 電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置
 - 信号送受部にサージ・ノイズ対策用フィルタや絶縁回路の設置
 - 通信ラインに光ファイバケーブルの適用
 - ツイストケーブル、フェライトやサージ吸収回路の適用
 - 避雷器の採用、シールドケーブルの適用
 - 電源/計装/制御ケーブルは別のトレイ、ダクトに敷設
- <運用面>
 - 溶接作業の制限、大型電動工具使用時のノイズチェック

② 無線周波の電磁妨害

- <設計面>
 - 金属筐体に制御装置を格納し接地
 - シールドケーブルの適用
- <運用面>
 - 携帯電話の持込み管理
 - 中央制御室におけるカメラフラッシュの使用制限

③ 静電気放電

- <設計面>
 - 人が接触する部位を接地(機器内部へのノイズ侵入防止)
- <運用面>
 - 装置に触る人の静電気対策

④ 磁界

- <設計面>
 - 金属筐体に制御装置を格納
 - 配置設計での対応(近傍に強い磁界が発生する設備を設置しない)
 - 磁界に敏感な素子(ホール素子など)を適用しない

⑤ 電源変動

- <設計面>
 - 電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置
 - バッテリーから給電される無停電交流電源装置から給電
 - 電源回路に対して瞬停対策や入力電圧範囲の拡大対策
- <運用面>
 - 溶接作業の制限

3.3 想定される電磁環境への対策と試験規格

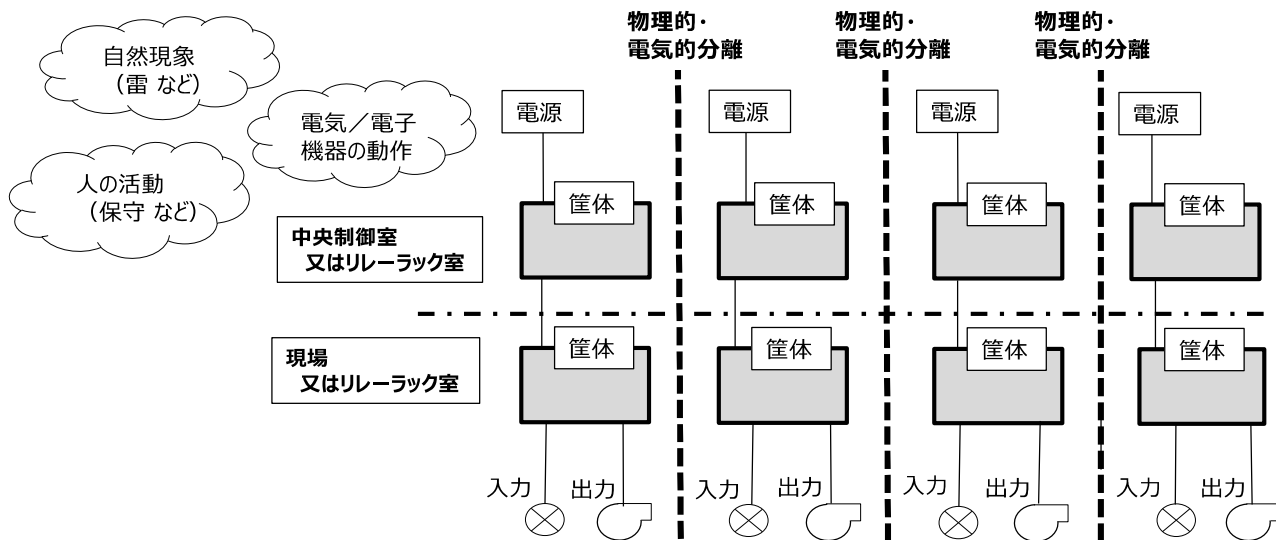
✓ 想定される電磁環境に対する対策と参照している試験規格を下表に示す。

想定される電磁環境			対策		
電磁的事象	想定ノイズ源/原因	ノイズ種別	対象	設計面からの対策例	参照している主な試験規格
① 過渡電圧/電流	<ul style="list-style-type: none"> 誘導性負荷の開閉 電気系統の開閉/負荷の切替 雷による誘導雷事象 電源回路の故障や絶縁破壊 配電系統の故障や漏れ電流 	<ul style="list-style-type: none"> 誘導ノイズ 雷ノイズ 	AC電源線 入出力信号線	<ul style="list-style-type: none"> 電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置 信号送受部にサージ・ノイズ対策用フィルタや絶縁回路の設置 通信ラインに光ファイバケーブルの適用 ツイストケーブル、フェライトやサージ吸収回路の適用 避雷器の採用、シールドケーブルの適用 電源/計装/制御ケーブルは別のトレイ、ダクトに敷設 	JIS C 61000-4-4 IEEE 472 JEC-0103 JEC-210,212※1
② 無線周波の電磁妨害	<ul style="list-style-type: none"> 高周波利用設備 無線通信機 	電波ノイズ	盤	<ul style="list-style-type: none"> 金属筐体に制御装置を格納し接地 シールドケーブルの適用 	JIS C 61000-4-3 JEITA IT-1004 JEIDA-29※2
③ 静電気放電	<ul style="list-style-type: none"> 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 	静電ノイズ	盤	<ul style="list-style-type: none"> 人が接触する部位を接地(機器内部へのノイズ侵入防止) 	JIS C 61000-4-2 IEC 801-2
④ 磁界	<ul style="list-style-type: none"> 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) 落雷や低中高圧の電気システムの初期の故障過渡事象 断路器などによる高圧バスの切り替え 	磁界ノイズ	盤	<ul style="list-style-type: none"> 金属筐体に制御装置を格納 配置設計での対応(近傍に強い磁界が発生する設備を設置しない) 磁界に敏感な素子(ホール素子など)を適用しない 	JEITA IT-1004 ※2
⑤ 電源変動	<ul style="list-style-type: none"> 位相制御機器やUPS機器など ファンなどに負荷状態が変わるもの(溶接機など)、負荷のわ/わ(電動機)、ステップ電圧変化 電源系統における故障、又は設備内の負荷の大きな急変 負荷と発電容量との動的バランスの変化 	<ul style="list-style-type: none"> 電圧変動 周波数変動 瞬停 	AC電源線	<ul style="list-style-type: none"> 電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置 バッテリーから給電される無停電交流電源装置から給電 電源回路に対して瞬停対策や入力電圧範囲の拡大対策 	産業界自主(メカ標準)

※1 : JEC ; 電気学会 電気規格調査会規格 ※2 : JEITA/ JEIDA ; 電子情報技術産業協会規格

3.4 システム設計上の安全性への考慮

- ✓ 多重性を有する安全系設備は、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（電源系も独立）、典型的な電磁的事象の影響により共通要因故障が発生する可能性は、充分低いと考えられる。



3.5 供用後の設備更新・追加に対する対応

【供用後の設備更新時】

- ✓ 既設設備を取り替える場合には、盤設計などにおいて典型的な電磁的事象への対応を考慮してきた。
- ✓ 特に、デジタル安全保護装置への取替に際しては、機種開発時の典型的な電磁的事象への対応検証などにより、その設計に基づく電磁環境対策が適格であることを確認してきた。
- ✓ また、デジタル制御装置を常用系へ先行採用し実績を重ねた上で、安全保護装置へ適用するなどの対応も実施してきた。

【新規制基準対応などによる設備追加時】

- ✓ 新規制基準対応設備の一部は、安全保護装置が設置されるリレーラック室などに設置又は保管されている。
- ✓ これらのうち常設設備はハードワイヤード又は光伝送の電気計装盤であり、電磁環境の観点で従前の設備と比較しても特異なものではなく、典型的な電磁的事象によりプラントの安全性が損なわれた事はない。
- ✓ これらのうち可搬型の通信連絡設備（衛星電話など）は、運用面として安全保護装置周辺で使用するものではなく、十分に離れた場所に保管する、電源をOFFするなどしており、電磁環境に影響を与えることはない。

4. 原子力発電所における電磁両立性（EMC）に関する国内外の状況

- 4.1 国内外の規制・規格の変遷
- 4.2 国内外の規制・規格の体系
- 4.3 国内試験項目と欧米規格の関係
- 4.4 国内試験項目と欧米規格の比較



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

4.1 国内外の規制・規格の変遷

- 国内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年代に産業界自主にて実証試験などを実施、その後2000年代に入りデジタル安全保護装置に対する規制要件が明確化され、2011年にはJEAC4620-2008「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」がエンドースされ、現在の「設置許可基準規則/技術基準規則」に至る。
- 一方、欧米では2000年代から規制ガイド、規格が整備されてきた。

	1990年代	2000年代	2010年代	2020年代			
国内産業界	1989年 JEAG4609 ▲ 1993年BWR常用系デジタル初号機（柏崎3号、浜岡4号） ▲ 1996年BWR総合デジタル初号機（柏崎6号） ▲	▲ 2008年 JEAC4620-2008 (JEAG4609から分離) ▲ 2009年PWR総合デジタル初号機（泊3号） ▲ 2020年 JEAC4620-2020改定 (4.9.4設計の「確認」、(解説-11)追加など) ▲					
国内規制	1991年PWR常用系デジタル初号機（大飯3号） ▲	▲ 2006年 第22条解釈で「実証」要求 (別記-7) △	△ 2011年 第22条解釈で「確認」要求 (JEAC4620-2008エンドース) △ 省令62号	設置許可基準/技術基準			
RG1.180 ※1		Rev.0	Rev.1	Rev.2			
TR-102323 ※2		Rev.0	Rev.1	Rev.2	Rev.3	Rev.4	Rev.5
IEC 62003 ※3				Ed.1	Ed.2		

※1: Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio-frequency Interference in Safety-related Instrumentation and Control systems(米国NRC)
※2: Guidelines for Electromagnetic Interference Testing of Power Plant Equipment(米国 電力研究所(EPRI))
※3: Nuclear power plants - Instrumentation, control and electrical power systems - Requirements for electromagnetic compatibility testing(IEC)

4.2 国内外の規制・規格の体系

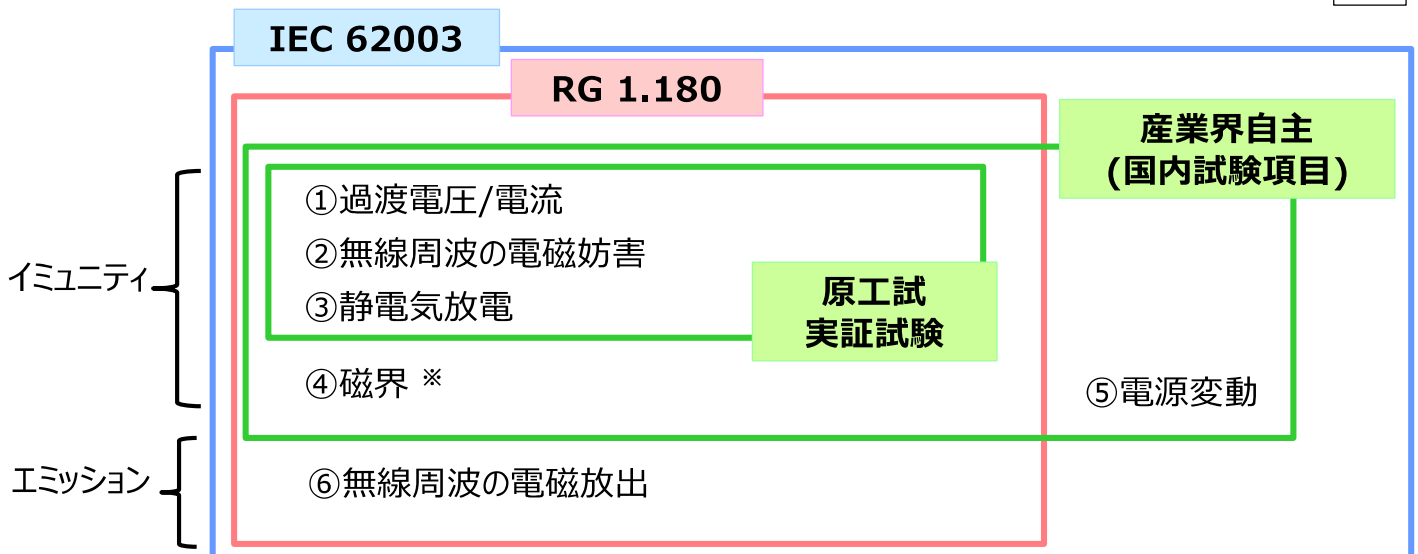
	国内	米国	欧州
規制	設置許可基準規則(EP) 技術基準規則(CP) ↓ エンドース	RG 1.180	各国規制
産業界	国内試験(原工試、電共研) ↓ JEAC4620-2008	(NRCはSERにて認めている。) EPRI TR-102323 参考資料5 ⇨ 28	IEC 62003 ↓ IEC 61000シリーズ
一般	JIS C 61000シリーズ JEC-0103 etc 参考資料2 ⇨ 25	MIL-STD-461 IEEE 62.41 etc	
対象	【EP/CP】 ・安全施設(EP6条、12条/CP7条、14条) ・安全保護装置(EP24条/CP35条) 添付2 ⇨ 20	【RG 1.180】 ・安全系計装制御システム ・安全機能に影響を与える非安全系計装制御システム(エミッションのみ)	【IEC 62003】 ・安全機能を有する計装、制御、電気システム ・上記以外のシステム(エミッションのみ)
バックフィット	—	「要求しない」と明記	Annex Eには、既設の運転中プラントのEMC環境評価ガイダンス有
備考	参考資料1 ⇨ 23	参考資料3 ⇨ 26	参考資料4 ⇨ 27



4.3 国内試験項目と欧米規格の関係

- ✓ 典型的な電磁的事象に対する国内試験項目と欧米規格の関係を以下の概略図に示す。
- ✓ 従来の国内試験項目は、イミュニティに関しては欧米規格と同様の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いない。また、エミッションに関しては試験を実施していない。

添付3 ⇨ 21



※ 近傍に考慮すべき強磁界発生源が無いと判断できる場合は省略可



4.4 国内試験項目と欧米規格の比較 (1/2)

✓ 電磁的事象に対する欧米試験規格と国内で参照している試験規格との対比を下表に示す。

想定される電磁環境		欧米規格			設計及び運用面からの対策例	国内で参照している主な試験規格
電磁的事象	想定ノイズ源/原因	試験規格 (内容)	RG 1.180	IEC 62003		
① 過渡電圧/電流	誘導性負荷の開閉	IEC 61000-4-4 (高速トランジエント/バースト)	○	○	<設計> ・電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置 ・信号送受部にサージ・ノイズ対策用フィルタや絶縁回路の設置 ・通信ラインに光ファイバケーブルの適用 ・ツイストケーブル、及びフェライトやサージ吸収回路の適用 ・避雷器の採用及びシールドケーブルの適用 ・電源/計装/制御ケーブルは別のトレイ、ダクトに敷設 <運用> ・溶接作業の制限、 ・大型電動工具使用時のノイズチェック	JIS C 61000-4-4 IEEE 472
	電気系統の開閉 雷による誘導雷事象	IEC 61000-4-5 (サージ)	○	○		JEC-0103 JEC-210,212
	電気系統の開閉/負荷の切替 電源回路の故障や絶縁破壊	IEC 61000-4-12 (減衰振動波)	○	○		IEEE 472
	配電系統の故障や漏れ電流	IEC 61000-4-16 (電源周波数15Hz~150kHzのモード伝導)	○	○		※
	高・中電圧の断路器での切り替えなど	IEC 61000-4-18 (減衰振動波・変電所など高圧設備)	—	○		※
② 無線周波の電磁妨害	高周波利用設備 無線通信機	IEC 61000-4-6 (150kHz~80MHz無線周波のケーブル伝導)	○	○	<設計> ・金属筐体に制御装置を格納し接地 ・シールドケーブルの適用 <運用> ・携帯電話などの持ち込み管理 ・中央制御室におけるカメラフラッシュの使用制限	※
		IEC 61000-4-3 (80MHz~6GHz無線周波の直接放射)	○	○		JIS C 61000-4-3 JEITA IT-1004 JEIDA-29 (特定周波数のみ)
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)	○	○	<設計> ・人が接触する部位を接地(機器内部へのノイズ侵入防止) <運用> ・装置に触る人の静電気対策	JIS C 61000-4-2 IEC 801-2

○：ガイド制定有り —：ガイド制定無し ※設備構成及び環境などから現状試験実施せず

4.4 国内試験項目と欧米規格の比較 (2/2)

想定される電磁環境		欧米規格			設計及び運用面からの対策例	国内で参照している主な試験規格
電磁的事象	想定ノイズ源/原因	試験規格 (内容)	RG 1.180	IEC 62003		
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)	○	○	<設計> ・金属筐体に制御装置を格納 ・配置設計での対応(近傍に強い磁界が発生する設備を設置しない) ・磁界に敏感な素子(ホール素子など)を適用しない	BWR：JEITA IT-1004A PWR：※
	落雷や低中高圧の電気システムの初期の故障過渡事象	IEC 61000-4-9 (インパルス磁界)	—	○		※
	断路器などによる高圧バースの切り替え	IEC 61000-4-10 (減衰振動磁界)	—	○		※
⑤ 電源変動	位相制御機器やUPS機器など	IEC 61000-4-13 (AC電源の高調波)	○	○	<設計> ・電源受電部にサージ・ノイズ対策用フィルタの設置 ・バッテリーから給電される無停電交流電源装置から給電 ・電源回路に対して瞬停対策や入力電圧範囲の拡大対策 <運用> ・溶接作業の制限	※
	工場などに負荷状態が変わるもの(溶接機など)、負荷の切り替(電動機)、スタート電圧変化	IEC 61000-4-14 (AC電源の電圧変動)	—	○		産業界自主(メカ標準)
	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)	—	○		産業界自主(メカ標準)
	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)	—	○		産業界自主(メカ標準)
	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)	—	○		※
電力系統や設備の短絡故障又は負荷の大きな急変など	IEC 61000-4-34 (AC電源の電圧低下/瞬断・大電流機器)	—	○	※		
⑥ 無線周波の電磁放出	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)	○	○	設備設置時又はプラント起動試験時の機能試験などにおいて、設置環境下での安全機能の健全性を確認	

○：ガイド制定有り —：ガイド制定無し ※設備構成及び環境などから現状試験実施せず

5. 現状のまとめと今後の対応方針

現状のまとめ

- ✓ 国内原子力発電所では、電磁両立性(EMC)を含む**電磁環境への対応として達成すべき水準は確保できている。**
 - 「設計・運用」と「試験」を組み合わせ、対応してきた
 - その結果、過去30年間でプラントの安全性を損なう事象は発生していない
- ✓ 一方で、試験の実施要領など**国内プラントの共通の指針又は標準となっていない。**



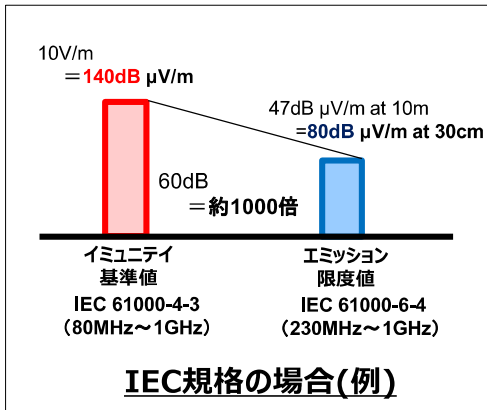
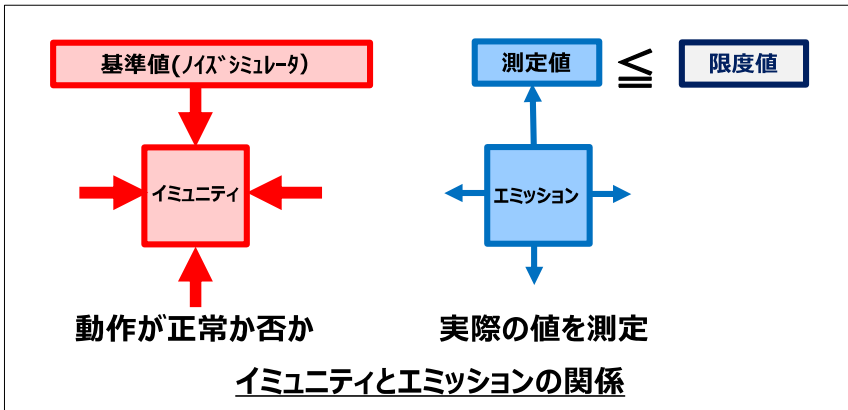
【産業界での議論と対応の方向性】

- ✓ ATENA-WGでは**2022年6月目途**に以下の内容について検討継続し、**産業界の自主活動として取組んでいく。**
 - 欧米の最新規格に照らして設計、運用、試験などに際して、EMCの観点から実施すべき追加項目はないか検討の上、**その結果をATENA文書にて明確化**
 - 米国を参考に既設パイロットプラントにおける**周辺ノイズ環境の測定方法、評価方法などの検討**
- ✓ 今後、産業界の詳細な対応内容が纏まり次第(2022年6月目途)、**次回意見交換をお願いしたい。**

添付資料

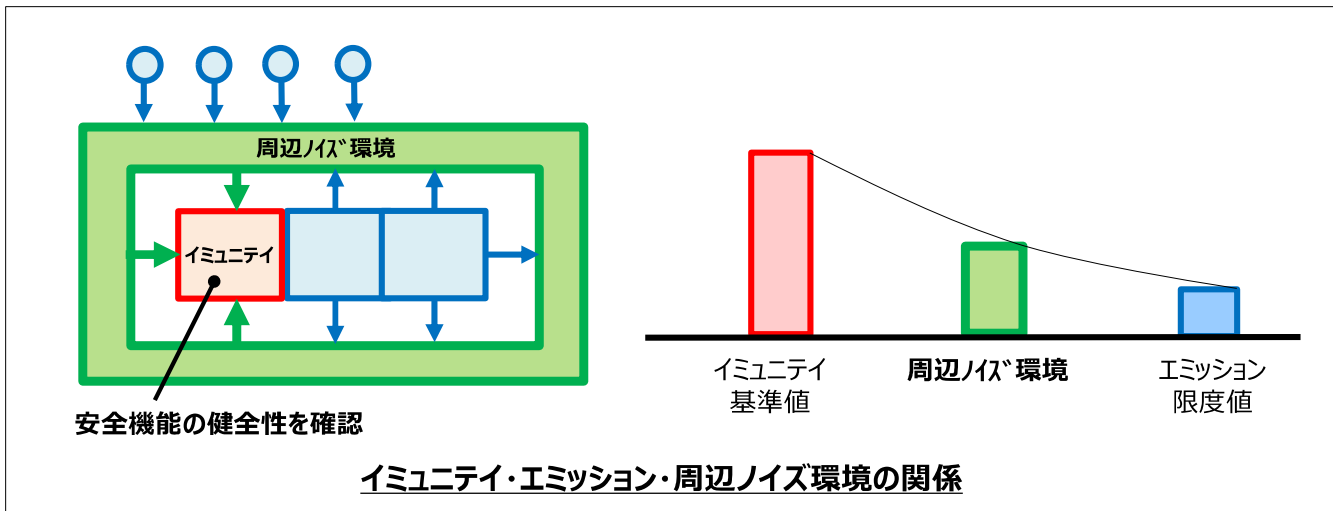
添付1 周辺ノイズ環境の考え方(1/2)

- ✓ 無線周波の電磁妨害に関する**エミッションの限度値**は、テレビ、ラジオなど無線通信受信機への妨害を想定した試験標準規格で定められており、イミュニティ試験の標準規格で規定される耐力確認値よりはるかに小さい。(IEC 61000-4-3の場合、1/1000程度)
- ✓ このため、ある機器のエミッションの限度値は、他の機器(無線通信受信機能のないもの)の**イミュニティ(耐力)**への影響評価の参考にはなるが、保守側の値でもある。



添付1 周辺ノイズ環境の考え方(2/2)

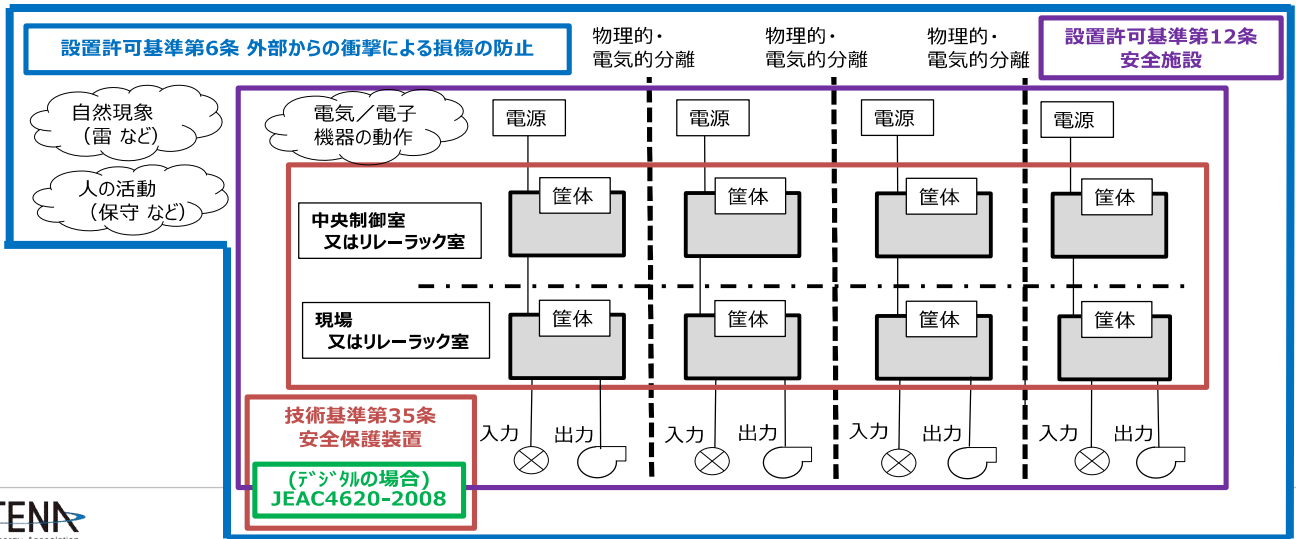
- ✓ 米国では、プラント内での複数の機器からの**エミッションの総合的な値**(すなわちプラント内の無線周波における**周辺ノイズ環境**の値)を、ある機器(無線通信受信機能のない機器)に対するエミッションの影響(現在の状況及び今後の追加設備の影響)の評価に利用している。
(例: EPRI TR-102323)



添付2 許認可上の対応整理

- ✓ 設置許可基準第6条及び第12条、技術基準第35条に基づき、安全施設の各設備に対し電磁的障害の影響評価を実施。
- ✓ 特に、デジタル安全保護装置に対しては、技術基準第35条の解釈でJEAC4620-2008の4.8章環境条件に対する「確証」が要求されている。
- ✓ 許認可申請における説明資料において、耐ノイズ、サージ対策として以下のような内容を記載。
 - ・雷、誘導サージ、電磁波障害などによる擾乱に対して、ラインフィルタや絶縁回路の設置、光ケーブルの適用
 - ・機器、装置の開発検証時に耐ノイズ/サージに対する耐久性を確認

参考資料6 → 29



添付3 RG・IEC・JISの比較 (詳細版)

	RG 1.180	IEC 62003
過渡電圧/ 過渡電流	MIL-STD-461 CS115: インパルス CS116: 減衰振動波 IEEE C62.41: 高速トランジエント/パースト、サージ、減衰振動波	IEC 61000-4-4: 高速トランジエント/パースト IEC 61000-4-5: サージ IEC 61000-4-12: 減衰振動波 IEC 61000-4-16: 電源周波数・15Hz-150kHz コモンモード伝導
イミュニティ	無線周波の 電磁妨害	IEC 61000-4-6: 150kHz-80MHz無線周波の ケーブル伝導 IEC 61000-4-3: 80MHz-6GHz無線周波の 直接放射
	静電気放電	IEC 61000-4-2: 静電気放電
	磁界	IEC 61000-4-8: 電源周波数磁界 ※1 IEC 61000-4-9: インパルス磁界 ※1 IEC 61000-4-10: 減衰振動磁界 ※1
	電源変動	IEC 61000-4-13: AC電源の高調波
過渡電圧/ 過渡電流	MIL-STD-461 CS101: AC電源の高調波	IEC 61000-4-14: AC電源の電圧変動 ※2 IEC 61000-4-11: AC電源の電圧低下/瞬断 IEC 61000-4-28: AC電源の周波数変動 IEC 61000-4-17: DC電源のリップル IEC 61000-4-29: DC電源の電圧低下/瞬断 IEC 61000-4-34: AC電源の電圧低下/瞬断・ 大電流機器
エミッション	MIL-STD-461 CE101: 低周波のケーブル伝導放出 CE102: 無線周波のケーブル伝導放出 RE101: 磁界放射 RE102: 無線周波の直接放射	IEC 61000-6-4: 無線周波の直接放射・ケーブル 伝導放射 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">: JIS化されているもの</div>

※1: 近傍に考慮すべき強磁界発生源が無いと判断できる場合は省略可 ※2: 一度JIS化されたが2017年に廃止



参考資料

参考資料1 国内の規制要求事項(1/2)

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（抄）

規則	解釈
(外部からの衝撃による損傷の防止) 第六条 3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される 発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象 であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。	第6条（外部からの衝撃による損傷の防止） 8 第3項に規定する「 発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象 であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は 電磁的障害 等をいう。
(安全施設) 第十二条 3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に 想定される全ての環境条件において 、その機能を発揮することができるものでなければならない。	第12条（安全施設） 6 第3項に規定する「 想定される全ての環境条件 」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その機能が期待されている構築物、系統及び機器が、 その間にさらされると考えられる全ての環境条件 をいう。

参考資料1 国内の規制要求事項(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（抄）

規則	解釈
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止) 第七条 2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>第7条（外部からの衝撃による損傷の防止） 3 第2項に規定する「事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」には、ダム の崩壊、船舶の衝突、電磁的障害等の敷地及び敷地周辺の状況から生じうる事故を含む。</p>
<p>(安全設備) 第十四条 2 安全設備は、設計基準事故時及び当該事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるよう、施設しなければならない。</p>	<p>第14条（安全設備） 3 第2項に規定する「想定される全ての環境条件」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、所定の機能を期待されている構築物、系統及び機器が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件のことで、格納容器内の安全設備であれば通常運転からLOCA（冷却材喪失事故）時までの状態において考えられる圧力、温度、放射線、湿度をいう。</p>
<p>(安全保護装置) 第三十五条 発電用原子炉施設には、安全保護装置を次に定めるところにより施設しなければならない。</p>	<p>第35条（安全保護装置） 4 デジタル安全保護系の適用に当たっては、日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」（JEAC 4620-2008）（以下「JEAC4620」という。）5. 留意事項を除く本文、解説－4から6まで、解説－8及び解説－11から18まで並びに「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」（JEAG 4609-2008）本文及び解説－9に以下の要件を付したものであること。ただし、「デジタル」は「デジタル」と読み替えること。 （3）JEAC4620の4. 8における「想定される電源擾乱、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮した設計とすること」を「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」と読み替えること。</p>

参考資料2 JEAC4620（抜粋）

JEAC4620-2008（現在エンドースされている版）

4.8環境条件

デジタル安全保護系は、期待される安全機能に応じて必要な耐震性、耐サージ性を有するとともに、火災防護上の措置、設置される場所における予想温度、湿度、放射線量、想定される電源擾乱、**電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮**した設計とすること。（解説-8）

（解説-8）耐サージ性のみ抜粋

耐震性、耐サージ性、火災防護上の措置については、以下の規格、指針を参照する。

耐サージ性：「原子力発電所の耐雷指針：JEAG4608-2007」

< 参考 >

JEAC4620-2020

4.9 外的要因

4.9.1 環境条件

デジタル安全保護系は、次の環境条件を考慮した設計とすること。

- ・設置される場所における予想温度、湿度、放射線量
- ・想定される電源じょう乱、サージ電圧、**電磁波等の外部からの外乱・ノイズ**

4.9.4 設計の確証

4.9.1 及び4.9.2 で要求された設計による対策が**適格であることを確認**すること。（解説-11）

（解説-11）外的要因（設計の確証）

確認することとは、**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、設計による対策が適格であることを確認**することという。

Purpose of Regulatory Guides

Regulatory guides are not substitutes for regulations and compliance with them is not required. Methods and solutions that differ from those set forth in RGs will be deemed acceptable if they provide a basis for the findings required for the issuance or continuance of a permit or license by the Commission.

1. General (2段落目)

This guidance is applicable to all new safety-related systems or licensee-initiated modifications to existing safety-related systems that include analog, digital, or hybrid systems and components (i.e., analog and digital electronics equipment). Existing installed systems and equipment are not required to undergo additional testing. The emissions control aspects of this guidance also apply to non-safety-related systems and components whose operation can affect safety-related system or component functions. The endorsed test methods for evaluating the electromagnetic emissions, EMI/RFI susceptibility, power surge and electrostatic discharge withstand capabilities of safety-related equipment are intended for application in test facilities or laboratories before installation.

INTRODUCTION

c) Recommendation and limitation regarding the application of this standard

It is important to note that this standard establishes no additional functional requirements for safety systems but clarifies the criteria to be applied for qualification to Electromagnetic and Radio Frequency Interference (EMI/RFI) from the commercial standards.

5 EMC test requirements

Nuclear instrumentation, control, and electrical equipment important to the safety of a nuclear plant (as defined in the IEC/IEEE 60780-323 standard) shall satisfy the requirements for emissions generated by the equipment and immunity to electromagnetic interference as documented in this document. Controlling the emissions from all types of equipment (important to safety and non-safety equipment) is necessary to ensure that the electromagnetic environment is bounded by the test levels recommended in this standard.

ABSTRACT

This study was undertaken to provide utilities with a more complete understanding of the electromagnetic interference (EMI) problem and to provide technically sound alternatives to demonstrate that EMI will not adversely affect the operation of sensitive electronic equipment.

The recommended tests are consistent with standards defined by military and commercial sectors, and the levels are conservative based on the analyzed data. In addition, emissions data collected under NRC Regulatory Guide 1.180 (issued in January 2000) were integrated with EPRI data to define more pragmatic limits that removed excessive conservatism without compromising nuclear safety.



参考資料6 許認可申請における説明資料 (1/4)

添付資料 14

電磁的障害影響評価について

1. 基本方針

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計としている。

2. サージ・ノイズ、電磁波に対する具体策

電磁的障害には、サージ・ノイズや電磁波の侵入があり、これらは低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼす恐れがあるため、計測制御回路を構成する安全保護系制御盤及びケーブルは、フィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止するとともに、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用により電磁波の侵入を防止している。(図1 参照)

計測制御回路を構成する制御盤及びケーブルは原則として以下の設計としている。

(1) サージ・ノイズ対策

a. 電源回路

制御盤へ入線する電源受電部にサージ・ノイズ対策としてフィルタを設置し外部からのサージ・ノイズの侵入を防止する設計としている。

b. 信号回路

電磁的影響を受けやすい起動領域モニタ及び出力平均モニタについては、サージ・ノイズ対策として必要に応じてフィルタを使用し、外部からのサージ・ノイズの侵入による影響を防止する設計としている。

(2) 電磁波対策

a. 筐体

制御盤の制御部、演算部は鋼製の筐体に格納し、筐体は接地することで電磁波の侵入を防止する設計としている。

b. ケーブル

ケーブルは必要により金属のシールド付ケーブルを使用し、金属シールドは接地して電磁波の侵入を防止する設計としている。

3. 電磁波等の発生源に対する対策

電源ケーブルは信号ケーブルとは別のトレイ・ダクトに敷設し、信号ケーブルはシールド付ケーブルを使用して接地することで計装回路への電磁的影響を防止している。

東京電力HD(株) 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(6号及び7号原子炉施設の変更)
(原規規発第1712272号 平成29年12月27日許可) 第六条(外部からの衝撃による損傷の防止)まとめ資料(抜粋1/2)



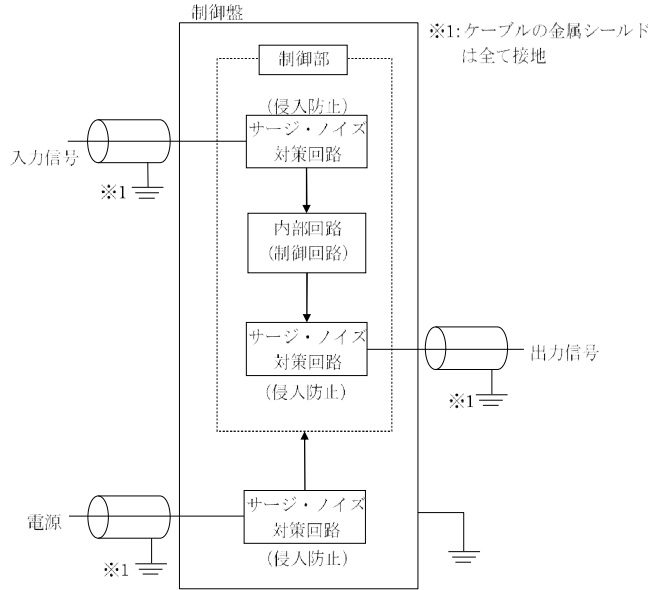


図1 電磁的障害対策の例

東京電力HD (株) 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書 (6号及び7号原子炉施設の変更)
 (原規規発第1712272号 平成29年12月27日許可) 第六条 (外部からの衝撃による損傷の防止) まとめ資料 (抜粋2/2)

4.3 耐ノイズ・サージ試験

耐ノイズ・サージ試験として、以下の試験を実施している。耐ノイズ・サージの準拠規格の使用クラスを表2に示す。

(1) 静電ノイズ試験

運転中の操作対象カード (CPU 周辺カード) について適合レベルを印加し、正常に動作することを確認している。

(2) 電波ノイズ試験

装置の近傍に電波発生器を置き、電波照射し、正常に動作することを確認している。電界強度の条件は、10V/m (周波数帯域 150MHz (トランシーバ)、460MHz (トランシーバ)、800MHz (携帯電話)、1.9GHz (PHS)) としている。

(3) 誘導ノイズ試験

信号ライン、電源ラインに適合レベルを印加し、正常に動作することを確認している。

(4) 雷インパルス試験

電源ライン、信号ラインに適合レベルを印加し、絶縁破壊がないことを確認している。

5. 試験結果

以下のとおり、デジタル安全保護系設備の設置環境において、要求される機能を満足することを確認している。

環境条件	試験項目	試験結果	判定
温度・湿度	温度・湿度試験	正常に動作	良好
絶縁耐力	絶縁抵抗測定	仕様値を満足	良好
	耐電圧試験	絶縁破壊なし	良好
耐ノイズ・サージ	静電ノイズ試験	正常に動作	良好
	電波ノイズ試験	正常に動作	良好
	誘導ノイズ試験	正常に動作	良好
	雷インパルス試験	絶縁破壊なし	良好

関西電力 (株) 工事計画認可申請書 (美浜発電所3号機の変更の工事)
 (原規規発第1610261号 平成28年10月26日認可) 添付資料46 (デジタル安全保護系説明書 別添Ⅲ) (抜粋1/2)

表1 環境仕様及び準拠規格

項目	環境仕様	準拠規格
温度・湿度	周囲温度	0～50℃
	相対湿度	10～95%
絶縁耐力	絶縁抵抗	5MΩ以上
	耐電圧	AC電源入力ライン:AC2kV(印加電圧) アナログ入出力信号ライン:AC1kV(印加電圧) デジタル入出力信号ライン:AC2kV(印加電圧)
耐ノイズ・サージ	静電ノイズ	放電パルス電圧:4kV
	電波ノイズ	電界強度 10V/m (周波数帯域 150MHz、460MHz、800MHz、1.9GHz)
	誘導ノイズ	AC電源入力ライン:電圧ピーク 4kV、繰返し率 5kHz、100kHz 外部取り合い入出力信号ライン:電圧ピーク 2kV、繰返し率 5kHz、100kHz
	雷インパルス	AC電源入力ライン:4kV(印加電圧) デジタル入出力信号ライン:4kV(印加電圧)
		—
		JEM1021
		JIS C 61000-4-2 レベル 2
		JEITA IT-1004 (現在は JEITA IT-1004A)
		JIS C 61000-4-4 レベル 4
		JEC-210(現在は JEC0103)

関西電力(株) 工事計画認可申請書 (美浜発電所3号機の変更の工事)
 (原規規発第1610261号 平成28年10月26日認可) 添付資料46 (デジタル安全保護系説明書 別添Ⅲ) (抜粋2/2)