

電磁両立性(EMC)に係る 原子力発電所における今後の対応方針

2025 年 3 月
原子力エネルギー協議会

【はじめに】

EMCとはElectroMagnetic Compatibilityの略であり、日本語では電磁両立性と呼ばれている。その定義はJIS C 60050-161において「装置又はシステムの存在する環境において、許容できないような電磁妨害をいかなるものに対しても与えず、かつ、その電磁的事象に対して満足に機能するための装置又はシステムの能力」とされている。もともとは一般の無線通信の障害が発端となって各種 EMC 規制・規格が制定されてきたが、世の中でデジタル技術を用いた機器が普及してくると、受信機への障害だけでなくデジタル機器自身への影響についての議論も開始された。

このような状況を踏まえ、最近の一般産業の電子機器分野では、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ノイズ(エミッション)の両立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おり、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きている。

また、原子力規制庁も2019年11月20日の第39回技術情報検討会にて諸外国の規制や国際規格/標準について、調査を開始する事を宣言し、2021年1月27日の第44回技術情報検討報告会、2021年9月9日の第49回技術情報検討会にて調査結果の報告がなされてきた。

一方、国内原子力発電所では、従来から設計・運用にて電磁的事象への対策を講じており、様々な原因により発生する電磁的事象がプラントの安全性の低下につながることはないよう配慮してきたが、海外の原子力発電所の規制・規格動向としては、2000年代に入り、電磁両立性(EMC)に係る一般産業向け標準規格を参照したRG1.180, IEC 62003等のガイド、規制、規格が整備されてきている。

原子力エネルギー協議会(以下「ATENA」という。)としてはこれらの状況を鑑み、一般産業向け標準規格の原子力発電所への適用性をまとめた国際規格であるIEC 62003(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、国内原子力発電所での電磁的事象への対応について、国内原子力産業界の見解と今後の対応方針をATENA 22-ME01(Rev.0)「電磁両立性(EMC)に係る原子力発電所における今後の対応方針」としてまとめた。

※1:IEC 62003 Edition 2.0 2020-03

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

その後、安全保護系デジタル機器の設置場所周辺のノイズ環境測定結果がこの度纏まったことから、その内容及び今後の活動計画を反映したRev.1版を発行することとした。

本図書は、ATENA レポートのうち事実認識をもとに、協議会としての見解をまとめたポジションペーパーとして作成する。本ポジションペーパーの情報等の取扱いについては、以下のとおりとする。

(免責)

ATENA, ATENA 従業員、会員、支援組織等本書の作成に関わる関係者(「ATENA 関係者」)は、本書の内容について、明示黙示を問わず、情報の完全性及び第三者の知的財産権の非侵害を含め、一切保証しない。ATENA 関係者は、本書の使用により使用者その他の第三者に生じた一切の損失、損害及び費用についてその責任を負わない。使用者は、自己の責任において本書を使用するものとする。

(権利帰属)

本書の著作権その他の知的財産権(「本件知的財産権」)は、ATENA に帰属する。本件知的財産権は、本書の使用者に移転せず、また、ATENA の承諾がない限り、本書の使用者には本件知的財産権に関する何らの権利も付与されない。

改定履歴

改定年月	版	改定内容	備考
2023 年 3 月 31 日	初版	新規制定	
2025 年 3 月 31 日	Rev.1	周辺ノイズ環境測定結果の追加並びに活動計画の見直し	

内容

1. 序文	1
1.1 目的	1
1.2 概要	1
1.3 適用範囲	1
1.4 用語の説明	1
1.5 略称	2
2. これまでの国内原子力産業界の対応	3
2.1 国内のこれまでの対応	3
2.2 実施してきた電磁的事象の影響と対策	3
2.3 設計及び運用面からの電磁的事象に対する具体的な対策	4
3. 国内原子力発電所の規制・規格の動向	5
3.1 国内原子力発電所の規制の動向	5
3.2 国内原子力発電所の規格の動向	5
3.3 国内一般規格の動向	5
4. 海外の規制・規格の動向	6
4.1 海外の変遷	6
4.2 海外の体系	7
5. 国内外の規制・規格との比較調査結果	8
5.1 規制・規格の整備状況	8
5.2 試験状況の調査	9
5.3 調査結果	9
6. 現状の評価	10
6.1 調査結果に対する考察	10
6.2 国内原子力発電所の電磁的事象への対策	10
6.3 現状評価	10
7. 周辺ノイズ環境測定結果	11
7.1 周辺ノイズ環境測定概要	11
7.2 放射ノイズ測定結果	12
7.3 伝導ノイズ測定結果	13
7.4 周辺ノイズ環境測定結果(まとめ)	14
8. 活動計画	15
8.1 今後の対応方針	15
8.2 イミュニティ試験及びエミッション試験への対応	15
8.3 活動成果の文書化	15
9. まとめ	16
添付資料 1 適用範囲(例)	17
添付資料 2 試験実施状況の調査結果	18
参考資料 1 国内外規制・規格	24
参考資料 2 電磁的障害に関する国内原子力規制・規格の条文	27
参考資料 3 EMCに関する海外原子力規制・規格	29
参考資料 4 一般産業向け規格との比較	40
参考資料 5 周辺ノイズ環境測定概要	41

1. 序文

1.1 目的

国内原子力発電所での電磁的事象への対応について、電磁両立性(以下「EMC」という。))に関する国内外の状況を踏まえて国内原子力産業界の見解と今後の対応方針をまとめる。

1.2 概要

本書では、これまでの原子力発電所での EMC に関する対応を振り返り、最新の海外の規制ガイドや規格の調査と、更なる安全性向上を図るべく EMC に対する今後の対応方針を定める。

以下、2 章ではこれまでの国内原子力産業界の対応について、3 章では国内の規制・規格の動向について、4 章で海外の規制・規格の動向について、5 章にて国内外の規制・規格の比較と調査結果を、また 6 章にて現状の評価を記載する。また 7 章では周辺ノイズ環境測定結果について、8 章では今後の活動計画を記載する。

1.3 適用範囲

本書は、原子力発電所の計測制御システムのうち、添付資料 1 に記載のとおり、安全上重要な系統である「安全保護系」の中で、より電磁的事象による影響を受ける可能性が高いと考えられる「デジタル機器」を対象とする。

1.4 用語の説明

安全保護系	： 原子炉施設の異常状態を検知し、必要な場合、原子炉停止系(原子炉の緊急停止機能)/工学的安全施設の作動を直接開始させるよう設計された設備であり、検出器から動作装置入力端子までをいう
イミュニティ	： 電磁妨害が存在する環境で、機器、装置またはシステムが性能低下せずに動作することができる能力
インパルス	： ごく短時間に流れる電気
ウォークダウン	： 設備の状況について現場で確認し、その結果を踏まえて必要な改善をおこなう一連の作業
エミッション	： ある発生源から電磁エネルギーが放出する現象
ケーブル伝導サージ	： 電源または信号に用いられるケーブル導体を伝わるノイズ
トランジェント	： 雷やスイッチング等に起因する過渡的な高電圧ノイズ
静電気放電	： 電圧などの一時的な変化
デジタル機器	： 人体や物質が持つ微小な浮遊容量に蓄えられた電荷が周囲の物体に放電する現象で、サージの一種
	： 内蔵されたプログラムによって制御され、人手の介入なしにデジタルデータの算術演算/論理演算等の計算を行う装置
電源変動	： AC 電源の電圧変動、瞬低、高調波、周波数変動、DC 電源のリップル、電圧低下/瞬断
電磁的事象	： 想定される電源じょう乱や電磁波等の外部からの外乱・ノイズ
電磁妨害	： 機器/装置又はシステムの性能を低下させる可能性があり、又は生物/無生物にかかわらずすべてのものに悪影響を及ぼす可能性がある電磁現象
伝導ノイズ	： 設備から電源ラインを通じて放出されるノイズ
電波暗室	： 外部からの電磁波の影響を受けず、外部にも電磁波を漏らさない様な金属板の部屋に、電磁波が内部で反射しない様に電波吸収体を張り付けた実験・試験設備
バーストノイズ	： 電圧などの破裂的な変化
	： 電気・電子機器、接点やブラシを有する機器が発生源である不要な電気エネルギー

放射ノイズ : 設備表面から放出される無線周波域の電磁波
ポート : 外部の別の主体と接続・通信するための末端部分のこと

1.5 略称

AC	: Alternating Current
AMN	: Artificial Mains Network
BWR	: Boiling Water Reactor
CISPR	: Comite international Special des Perturbations Radioelectriques[仏語] (International Special Committee on Radio Interference)
DC	: Direct Current
EFT	: Electrical Fast Transient
EMC	: ElectroMagnetic Compatibility
EMI	: ElectroMagnetic Interference
EPRI	: Electric Power Research Institute
HEMP	: High-Altitude Electromagnetic Pulse
HV	: High Voltage
IEC	: International Electrotechnical Commission
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IO	: Input Output
JEAG	: Japan Electric Association Guide
JEAC	: Japan Electric Association Code
JEC	: Japanese Electrotechnical Committee
JEITA	: Japan Electronics and Information Technology Industries Association
JIS	: Japanese Industrial Standards
MIL-STD	: United States Military Standard
NRC	: Nuclear Regulatory Commission
PWR	: Pressurized Water Reactor
RFI	: Radio Frequency Interference
RG	: Regulatory Guide
SER	: Safety Evaluation Report
UPS	: Uninterruptible Power Supply
VCCI	: Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment

2. これまでの国内原子力産業界の対応

2.1 国内のこれまでの対応

国内では、1990 年代に国内原子力産業界自主にて(財)原子力工学試験センターでのデジタル安全保護装置の信頼性実証試験において電磁的事象の試験を実施してきた。

また、デジタル制御装置の実機投入にあたっては事前に常用系に適用した上で安全系へと展開し、2008 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」の中で電磁的事象への対応を記載した。

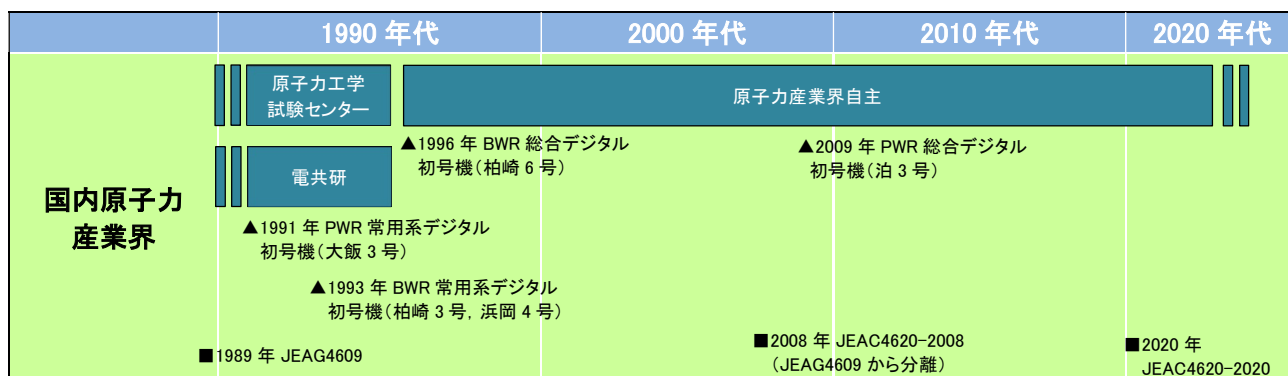


図 2.1-1 国内での対応の歴史

2.2 実施してきた電磁的事象の影響と対策

典型的な電磁的事象(Ⅰ 過渡電圧/電流 Ⅱ 無線周波の電磁妨害 Ⅲ 静電気放電 Ⅳ 磁界 Ⅴ 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」という目標を達成すべく、国内原子力産業界では電磁影響を発生させる原因と電磁的事象に対する設計及び運用面からの対策として、図 2.2-1 に示す内容を従来から実施してきた。

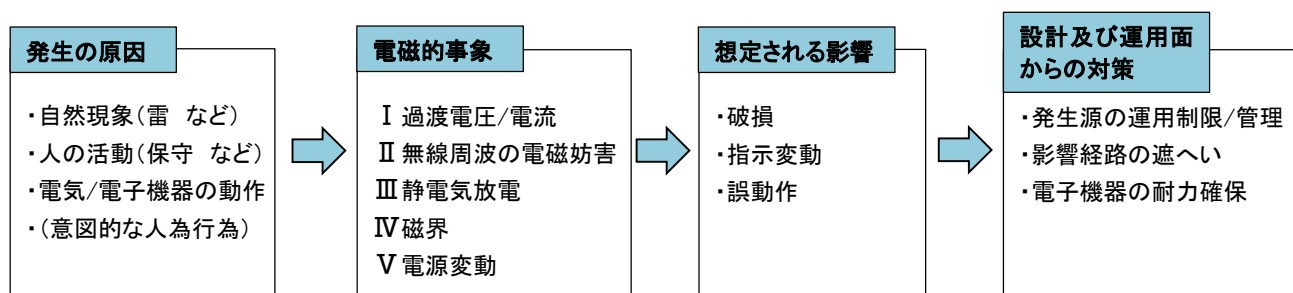


図 2.2-1 電磁的事象の影響と対策

2.3 設計及び運用面からの電磁的事象に対する具体的な対策

電磁的事象に対しては、設計及び運用の面から表 2.3-1 及び図 2.3-1 に示す具体的対策をしている。

表 2.3-1 電磁的事象に対する具体的な対策

対策項目	対策内容
I 過渡電圧/電流への対策	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 ・通信ラインへの光ファイバーケーブルの適用 ・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
II 無線周波の電磁妨害への対策	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 ・携帯電話の持ち込み管理 ・カメラフラッシュの使用制限
III 静電気放電への対策	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
IV 磁界への対策	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
	運用面 —
V 電源変動への対策	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

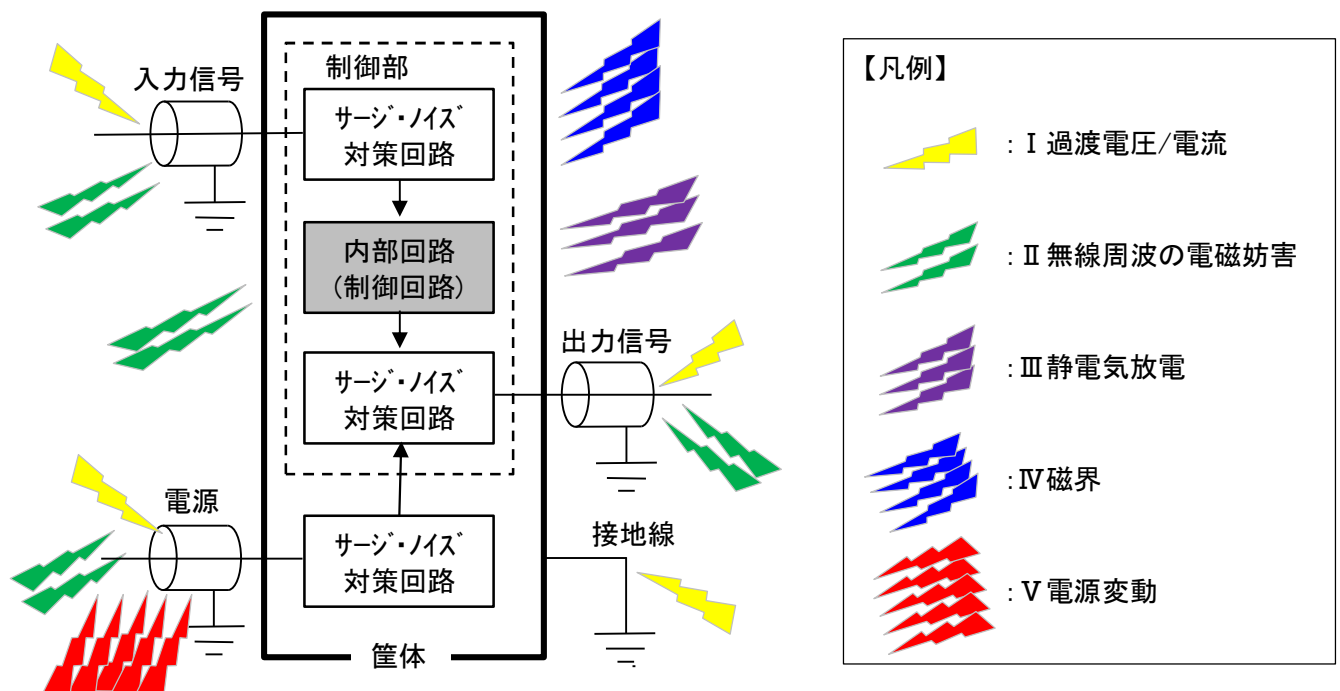


図 2.3-1 電磁的事象に対する設計面での具体的な対策のイメージ図

3. 国内原子力発電所の規制・規格の動向

3.1 国内原子力発電所の規制の動向

規制動向としては図 3.1-1 に示すように、2000 年代に入り、デジタル安全保護系(装置)の設計全般に対する規制要件が明確化され、2011 年に民間規格である「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。そして、2012 年 6 月には「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(以下、原子炉等規制法)」が改正され、この法改正に基づき、規則、各種ガイド等により新規規制基準が制定されている。

現行の「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)」及び「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(以下、技術基準規則)」では、外的事象やその施設が設置される環境条件において、安全施設の安全機能が損なわれないことを要求しており、電磁的事象への対応も含まれているとしている。(参考資料2参照)

設置許可基準規則の第六条(外部からの衝撃による損傷の防止)に「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」に対して「安全機能を損なわないもの」の要求があり、ここには電磁的障害を含んでいる。また、第十二条(安全施設)には、「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すべ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」を要求している。

技術基準規則の第七条(外部からの衝撃による損傷の防止)には「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」に対して、「発電用原子炉設備の安全性が損なわれない」よう適切な措置を講じるよう要求している。ここで記載されている事象には「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」も含まれる。第十四条(安全設備)においては、設計基準事故時及び当該事故に至るまでの間に「想定されるすべての環境条件において」「その機能を発揮すること」を要求している。また、第三十五条(安全保護装置)は JEAC4620「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」がエンドースされており、その中で「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」することを要求している。

しかしながらこれらの規制には電磁的事象への対応方法が明確に記載されておらず、試験方法についても適合すべき規格が定義されているわけではない。

	1990 年代	2000 年代	2010 年代	2020 年代
国内規制		省令 62 号 ▲2006 年第 22 条解釈で「実証」要求(別記-7)	設置許可基準/技術基準 ▲2013 年新規制基準施行 ▲2011 年第 22 条解釈で「確認」要求(JEAC4620-2008)	エンドース

図 3.1-1 国内規制動向

3.2 国内原子力発電所の規格の動向

技術基準規則第三十五条にて引用されている日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」(JEAC4620-2008)において、環境条件として「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」とするよう記載されている。(参考資料 2 参照)

3.3 国内一般規格の動向

EMC に関する国内一般規格には、日本産業規格(JIS)や電気学会規格調査会標準規格(JEC)、電子情報技術産業協会が発行する規格(JEITA)などが存在する。代表的なものを参考資料 1 に示す。

なお、JIS 規格は国際電気標準会議(IEC)が定める国際規格を基に技術的内容及び構成を変更することなく作成しているものであるが、全ての IEC 規格を JIS 規格に取り込み規程されているわけではない。(参考資料 4 表 1-1 参照)

4. 海外の規制・規格の動向

4.1 海外の変遷

海外では 2000 年代からガイド、規制、規格が整備されてきた。その変遷を図 4.1-1 に示す。

(1) 米国の動向

米国原子力産業界は、原子力プラントの EMC に関する試験ガイドを作成する活動を米国の原子力規制委員会（以下「NRC」という。）が定めた規制ガイド RG1.180 の発行に先行して開始した。まず初めに米国内の代表的なプラントのノイズ環境の測定を行い、その結果と当時発行されていた MIL-STD や IEEE Std などの規格を比較評価し、使用が推奨される規格を EPRI TR-102323 としてガイドにまとめ、その初版を 1995 年に発行した。

一方、NRC は、EPRI TR-102323 Rev.0 を評価し 1996 年に安全評価報告書（以下「SER」という。）を発行した。この SER では EPRI TR-102323 の試験レベルについて余裕を広げるようにコメントがあり、そのコメントを反映して EPRI TR-102323 の Rev.1 が 1997 年に発行された。その後、NRC 規制ガイド RG1.180 の初期の発行版（Rev.0, 2000 年および Rev.1, 2003 年）が上記 SER を補足するものとして発行された。RG1.180 はデジタル計測制御装置の適用拡大および MIL-STD などの改訂に伴い改訂され 2019 年に最新版である Rev.2 が発行されている。Rev.2 ではもはや EPRI TR-102323 への言及はない。

なお、米国原子力産業界では、米国規制当局との議論並びに参照している規格の改訂に応じて EPRI TR-102323 の改訂が逐次行われ、最新版である Rev.5 が 2019 年に発行されている。

(2) 国際規格(IEC)の動向

一方、国際的には IEC(The International Electrotechnical Commission)が、すでに一般産業向けに発行されていた一連の EMC 試験関連規格である IEC 61000 シリーズを原子力プラントへ適用することについてまとめた IEC 62003 の初版を 2009 年に発行し、2020 年には最新版である Ed2.0 を発行した。初版の Ed1.0 では参考情報として記載されていたエミッション試験が Ed2.0 では要求事項となっている。

	1990 年代		2000 年代		2010 年代		2020 年代
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(NRC)

※2: Guidelines for Electromagnetic Interference Testing of Power Plant Equipment(EPRI)

※3: Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Requirements for electromagnetic compatibility testing(IEC)

図 4.1-1 海外の規制・規格の変遷

4.2 海外の体系

米国の NRC 規制ガイドである RG1.180 Rev.2, 国際規格の IEC 62003 Ed2.0 と, それらが参照している一般産業向け規格との関係を図 4.2-1 に示す。

(1) 米国の動向

RG1.180 と EPRI TR-102323 は, とともに試験規格として MIL-STD-461 および IEEE C62.41 を参照しており, さらに IEC 61000 シリーズ規格も適用可能としている。NRC では RG1.180 に基づき原子力発電所に導入する計測制御システムの EMC の審査を行っている。

RG1.180 が参照している試験規格については参考資料 3 を参照。

(2) 国際規格(IEC)の動向

一方, IEC 62003 は, 国際規格である IEC 61000 シリーズ規格のみを参照規格として挙げている。欧州では EMC に対する規制は各国がそれぞれ定めており, IEC 規格が参照されることが多いが, EPRI TR-102323 が参照される例もある。

IEC 62003 が参照している試験規格については参考資料 3 を参照。

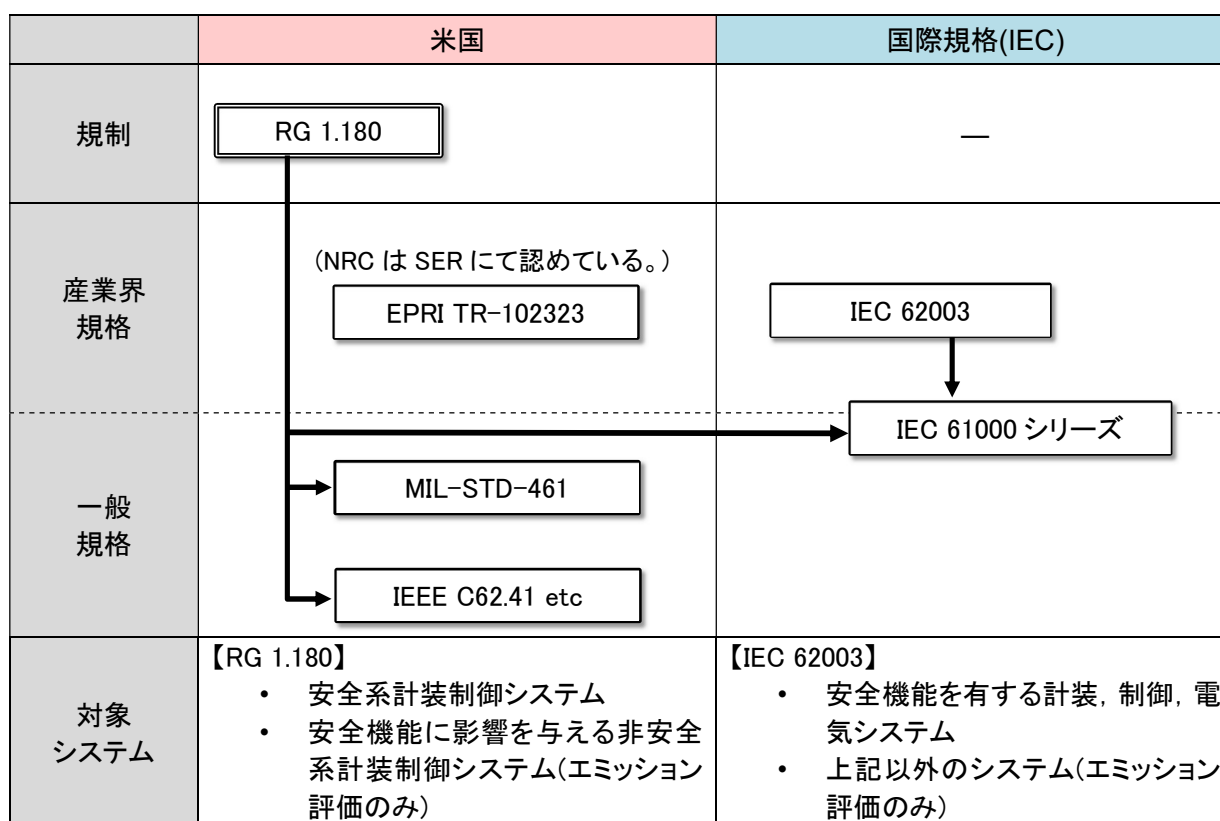


図 4.2-1 海外規制・規格の体系

5. 国内外の規制・規格との比較調査結果

5.1 規制・規格の整備状況

EMCに係る試験規格に関して、国内外の整備状況を表 5.1-1 にまとめる。なお、整理に当たっては、国際動向として IEC 62003, 各国動向の代表として米国 RG1.180 が引用する試験規格を整理した。また、国内の整備状況に関しては、国内原子力産業界自主にて安全保護系システムに採用実績のある国内試験規格(JIS, JEC, JEITA, 電力用規格等)を整理した。

表 5.1-1 国内外における EMC 試験関連規格比較表

電磁的事象			IEC 62003	RG 1.180	国内規格
イ ミ ニ テ ィ	過渡電圧/ 過渡電流	高速トランジェント /バースト	• IEC 61000-4-4	• IEEE C62.41 • IEC 61000-4-4	• JEC-0103 • JIS C 61000-4-4
		サージ	• IEC 61000-4-5	• IEEE C62.41 • IEC 61000-4-5	• JEC-0103 • JIS C 61000-4-5
		減衰振動波	• IEC 61000-4-18 • IEC 61000-4-12	• MIL-STD-461 CS116 • IEEE C62.41 • IEC 61000-4-12	• 電力用規格 B-402 • JEC-0103
		正弦波コモンモード伝導	• IEC 61000-4-16	• IEC 61000-4-16	• JIS C 61000-4-16
		インパルス	–	• MIL-STD-461 CS115	–
	無線周波の 電磁妨害	ケーブル伝導	• IEC 61000-4-6	• MIL-STD-461 CS114 • IEC 61000-4-6	• JIS C 61000-4-6
		直接放射	• IEC 61000-4-3	• MIL-STD-461 RS103 • IEC 61000-4-3	• JEITA IT-1004 • 電力用規格 B-402 • JIS C 61000-4-3
	静電気放電	–	• IEC 61000-4-2	• IEC 61000-4-2	• JIS C 61000-4-2
	磁界	電源周波数磁界	• IEC 61000-4-8	• MIL-STD-461 RS101 • IEC 61000-4-8	• JEITA IT-1004 • JIS C 61000-4-8
		インパルス磁界	• IEC 61000-4-9	• MIL-STD-461 RS101 • IEC 61000-4-9	–
		減衰振動磁界	• IEC 61000-4-10	• MIL-STD-461 RS101 • IEC 61000-4-10	–
		30 Hz – 100 kHz 磁界	–	• MIL-STD-461 RS101	–
	電源変動	AC 電源の高調波	• IEC 61000-4-13	• MIL-STD-461 CS101 • IEC 61000-4-13	–
		AC 電源の電圧変動	• IEC 61000-4-14	–	–
		AC 電源の電圧低下/瞬断	• IEC 61000-4-11 • IEC 61000-4-34	–	• JIS C 61000-4-11 • JIS C 61000-4-34
		AC 電源の周波数変動	• IEC 61000-4-28	–	–
		DC 電源のリップル	• IEC 61000-4-17	–	–
		DC 電源の電圧低下/瞬断	• IEC 61000-4-29	–	–
エ ミ シ ョ ン	無線周波の 電磁放出	ケーブル伝導放出	• IEC 61000-6-4	• MIL-STD-461 CE101 • MIL-STD-461 CE102 • IEC 61000-6-4	–
		無線周波の直接放出	• IEC 61000-6-4	• MIL-STD-461 RE102 • IEC 61000-6-4	–
		磁界放射	–	• MIL-STD-461 RE101 • IEC 61000-6-4	–

5.2 試験状況の調査

現状の国内での試験方法や試験レベルを調査し、国際規格と比較した。比較対象は、国際標準の共通規格である IEC 61000 シリーズを引用した原子力発電所向け製品群規格である IEC 62003 とした。

国内で実用化されている安全保護系デジタル機器の各機種を採用しているプラントを代表し3つのプラントを調査対象として選定した。試験の実施状況は、IEC 62003 で定義されている対象部位を a) AC 電源ポート, b) DC 電源ポート, c) 制御・信号ポート, d) 筐体に分けて調査した(図 5.2-1 参照)。IEC 62003 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

なお、パターン③及び④は試験対象外と判断した。

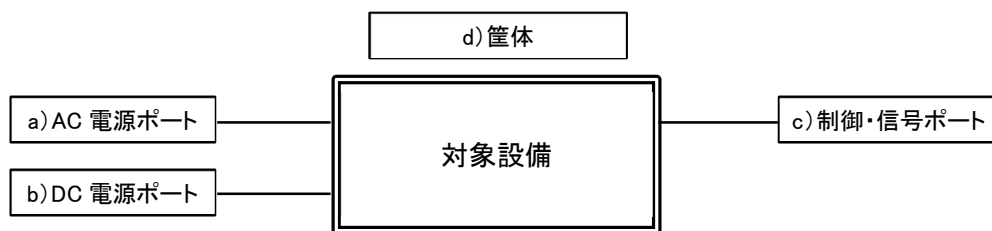


図 5.2-1 対象部位の例

5.3 調査結果

IEC 62003 の試験項目について国内代表プラントの安全保護系デジタル機器の試験実施状況を添付資料 2 にまとめる。

IEC 62003 から引用されている試験規格 IEC 61000 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。

- いずれのプラントでも IEC 規格に準じて試験している(パターン①)もの: **3 規格**
(試験対象から除外可能としたパターン③④を含む)
IEC 61000-4-2(静電気放電), IEC 61000-4-9(インパルス磁界), IEC 61000-4-17(DC 電源リップル)
- プラントによっては IEC 規格(パターン①)もしくは自主基準(パターン②)にて試験しているもの: **9 規格**
IEC 61000-4-3(無線周波), IEC 61000-4-4(高速トランジェント/バースト),
IEC 61000-4-8(電源周波数磁界), IEC 61000-4-10(減衰振動磁界),
IEC 61000-4-11, 34(AC 電源電圧低下), IEC 61000-4-14(AC 電源電圧変動),
IEC 61000-4-28(AC 電源周波数変動), IEC 61000-4-29(DC 電源電圧低下)
- 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**
IEC 61000-4-5(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規格は全てのプラントで実績がない。

- プラントによっては試験実績がないもの: **4 規格**
IEC 61000-4-6(無線周波のケーブル伝導), IEC 61000-4-12, 18(減衰振動波),
IEC 61000-4-16(正弦波コモンモード伝導)
- 全てのプラントで試験実績のないもの: **1 規格**
IEC 61000-6-4(エミッション)

また、**1 規格**について記載内容に不明な点があるため、詳細要求を IEC に確認している。

- IEC に詳細要求を確認中のもの: **1 規格**
IEC 61000-4-13(AC 電源の高調波)

6. 現状の評価

6.1 調査結果に対する考察

国際規格である IEC 規格との比較調査結果において、イミュニティに関しては、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、従来から試験を実施して来なかった。これは 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、イミュニティ試験の IEC 規格で規定されている試験レベル(耐力確認値)より小さく定められており、各装置側でイミュニティの評価を行っておれば、エミッションの試験規格への適合が必ずしも必要ないと考えてきたためである。

6.2 国内原子力発電所の電磁的事象への対策

国内原子力発電所は、一般産業と比較して、2.3 章に示す電磁的事象に対する設計及び運用面からの対策をとっており、図 6.2-1 に示すように「安定した電源」かつ「クリーンな設置環境※」であり、さらに「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 の影響は比較的小さい状況にあり、試験条件が国際規格である IEC 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。

※: クリーンな設置環境とは、運用面の配慮と電磁的事象への対策などにより、一般産業に比べ電磁的現象の影響が管理されていることを指す。

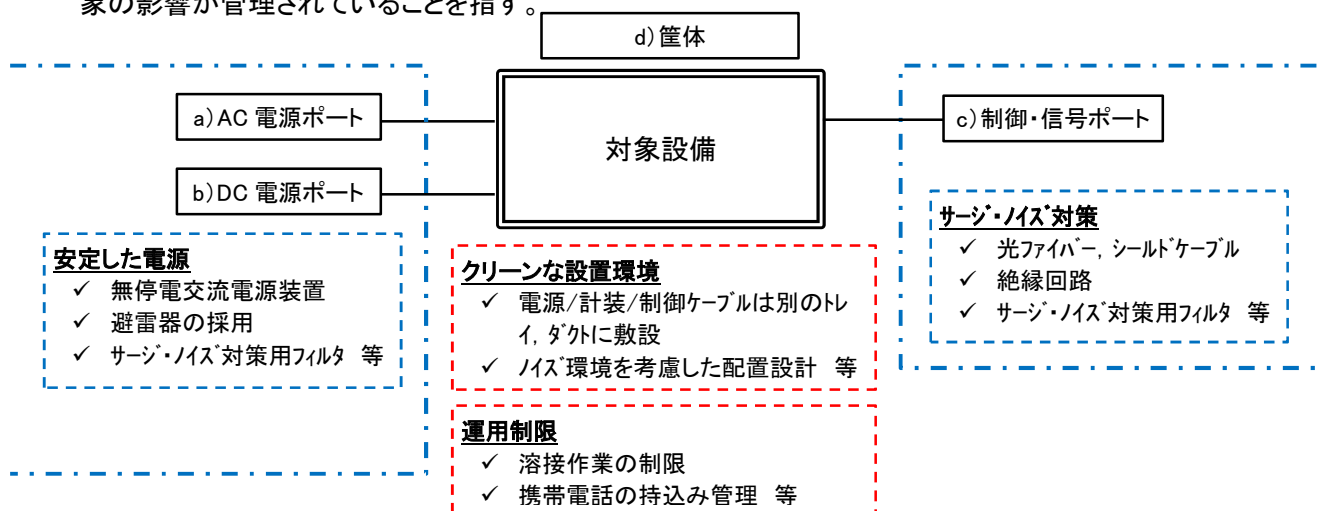


図 6.2-1 国内原子力発電所の電磁的事象への対策

6.3 現状評価

以下に示す対策/実証試験/長年の健全性確認を通じて、典型的な電磁的事象の影響(Ⅰ 過渡電圧/電流 Ⅱ 無線周波の電磁妨害 Ⅲ 静電気放電 Ⅳ 磁界 Ⅴ 電源変動)によって「原子力発電所の安全機能を損わない」という目標は現状でも達成できていると評価する。

- ✓ クリーンな環境や設備的な対応により、電磁的事象への対策を講じている
- ✓ 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的影響への対応として、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

しかしながら、これまでは各事業者/各メーカの自主的な対応に任されており、その対応は統一されていなかった。一方、国際的には近年 EMC 試験の網羅性・統一性を目指して規格が整備されてきており、イミュニティ試験に関してはこの代表的な国際規格である IEC62003 を参照して国内での EMC 試験の標準化を進める事が、EMC に関してより信頼性が高い設備構築に資すると考える。又、エミッション試験に関しては、現状の周辺ノイズ環境を測定する事で、今後の国際規格である IEC62003 に則った試験の要否を見極める。

7. 周辺ノイズ環境測定結果

7.1 周辺ノイズ環境測定概要

国内環境を踏まえたエミッション試験要否の判断材料として、安全保護系デジタル機器の設置場所周辺のノイズ環境測定を実施した。

周辺ノイズ環境測定の概要を以下に示す(詳細は参考資料5参照)。

(1) 測定対象プラント

周辺ノイズ環境測定は、PWR／BWR のそれぞれより、安全保護系デジタル機器の各機種を網羅し、かつ最新のデジタル機器を多く導入している以下のプラントを選定した。

- 1)PWR;美浜 3 号機
- 2)BWR;柏崎刈羽 6 号機, 柏崎刈羽 7 号機

(2) 測定対象ノイズ

周辺ノイズ環境測定として、安全保護系デジタル機器設置場所周辺の放射ノイズを測定した。

なお、知見拡充を図るため、今回の測定機会を活用して電源ラインの伝導ノイズを追加で測定した。

(3) 実測定方法

測定場所の現場状況に制約（アンテナ設置距離【PWR・BWR】や設置スペース【PWR】を確保できない、活線状態での測定等）があるため、試験規格(IEC62003(IEC61000-6-4))を参考にし、PWR/BWR それぞれ独自にプラント設置環境でのノイズレベルを可能な範囲で測定した。

- 1)PWR;アンテナ設置場所が確保できないため、プローブを使用して盤表面の電界強度を測定
- 2)BWR;アンテナを測定対象から1m又は通路中央を目途とした設置可能な距離に設置し測定

(4) 測定実績

各プラントでの測定実績を表 7.1-1 に示す。

測定は 2023 年 10 月から 2024 年 5 月にかけて、順次実施した。

表 7.1-1 周辺ノイズ環境測定・測定実績

	期間	プラント
PWR	2023 年 10 月～11 月	美浜 3 号機
BWR	2024 年 2 月～ 3 月	柏崎刈羽 6 号機
	2024 年 4 月	柏崎刈羽 7 号機
	2024 年 5 月	柏崎刈羽 6・7 号機

7.2 放射ノイズ測定結果

PWRでの放射ノイズの測定結果を図 7.2-1, BWRでの放射ノイズの測定結果を図 7.2-2 に示す。

周辺ノイズ環境測定は、複数個所で実施しており、測定された全ての実測値の最大値を包絡するよう図示している。また、PWRの放射ノイズ測定範囲は、測定対象機器に使用している素子の最高周波数が500MHz以下であるため、IEC61000-6-4 Table2 に記載の30MHz～2GHzを包含する範囲として30MHz～3GHzとした。

図に示すとおり、発生源の明確な無線通信機器(PHS等)によるピークノイズを除くと、特異なノイズは測定されておらず、また、測定場所によって電界強度、周波数特性に大きな差異は無かった。

測定された電界強度(PWRは制御盤表面での電界強度、BWRは制御盤設置エリアでの電界強度)は、無線通信機器の周波数帯を除くと、PWRで最大100dB μ V/m程度、BWRで最大70dB μ V/m程度であった。

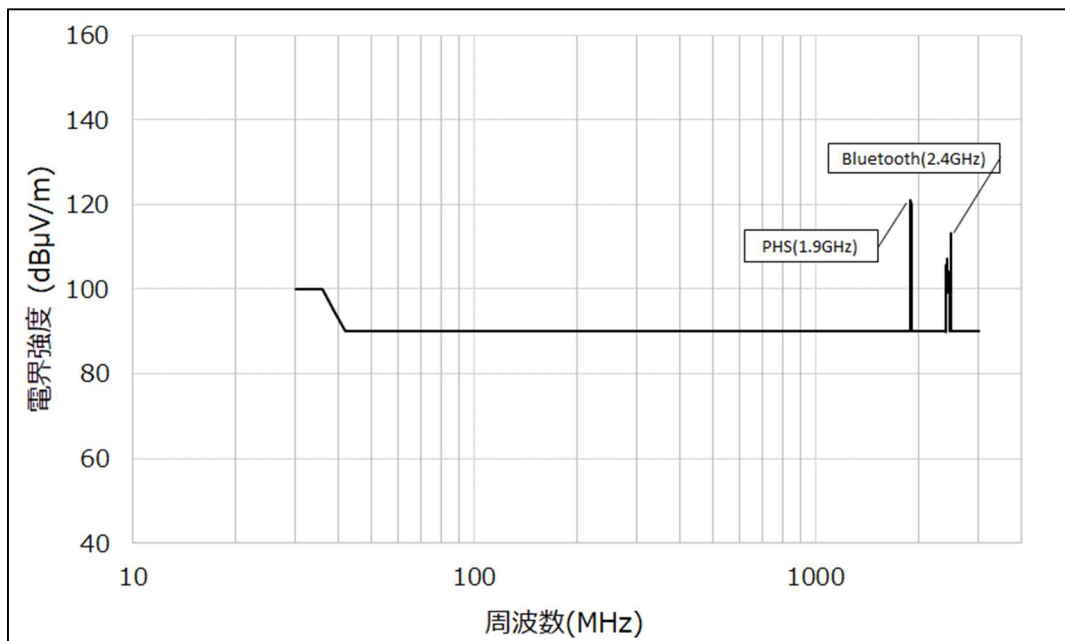


図 7.2-1 放射ノイズ測定結果(PWR)

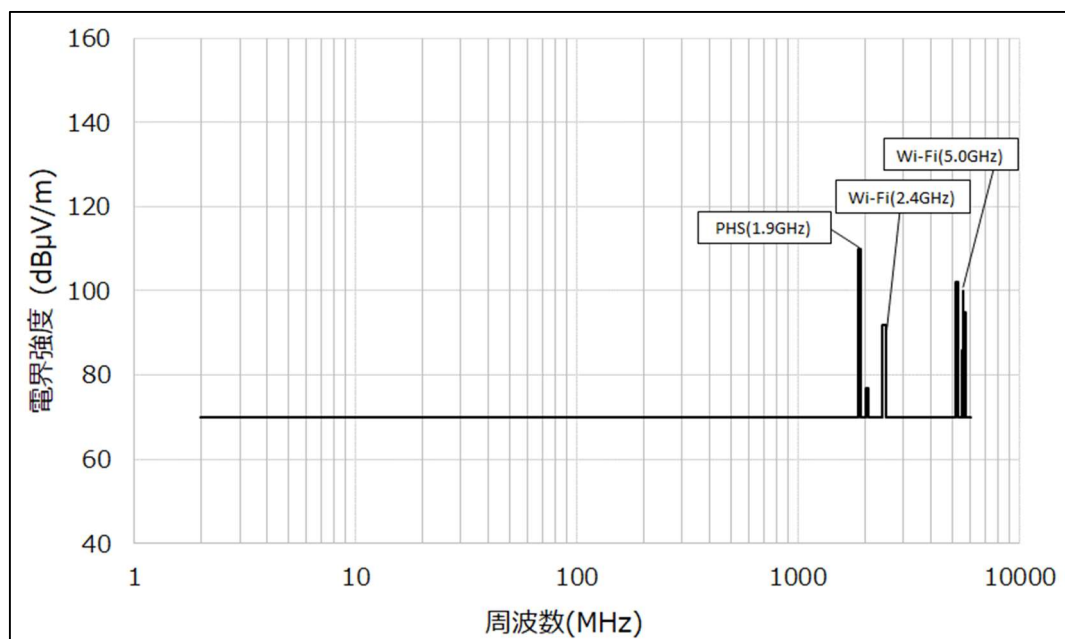


図 7.2-2 放射ノイズ測定結果(BWR)

7.3 伝導ノイズ測定結果

PWR での伝導ノイズの測定結果を図 7.3-1, BWR での伝導ノイズの測定結果を図 7.3-2 に示す。測定結果は、全ての実測値の最大値を包絡するよう図示している。また、PWR の伝導ノイズ測定範囲は、測定機器による制約のため、30 MHz ～ 500 MHz の範囲で測定した。

図に示すとおり、測定周波数帯での測定結果は 70dB μ A 以下であった。

周波数が低くなるにつれてノイズレベルが高くなる傾向を示したが、有意なピークノイズは測定されなかった。

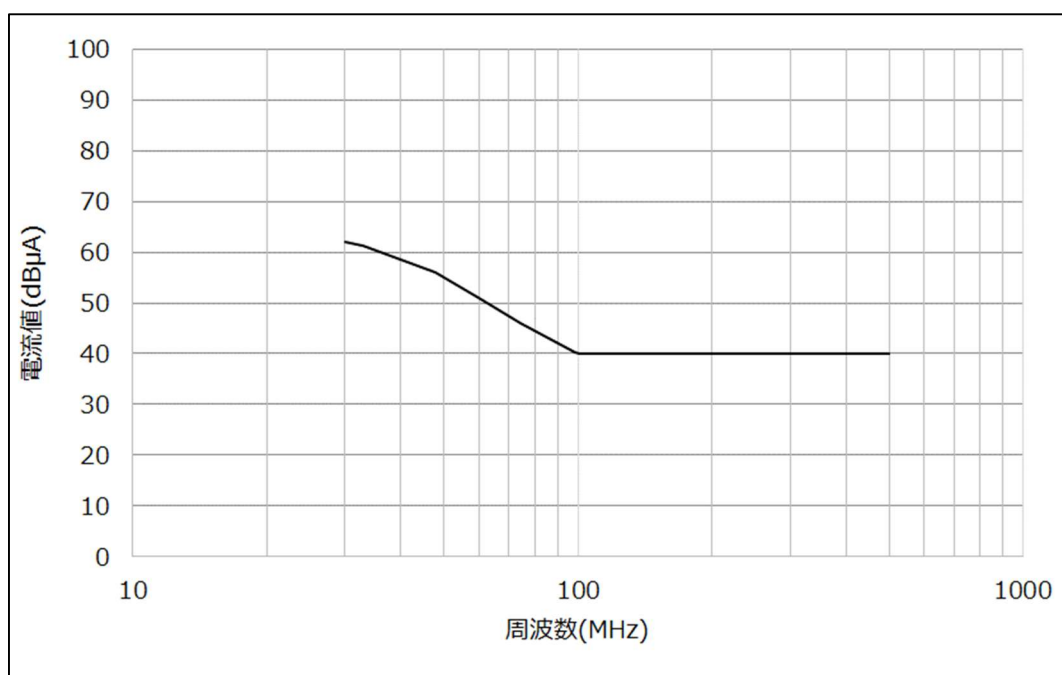


図 7.3-1 伝導ノイズ測定結果(PWR)

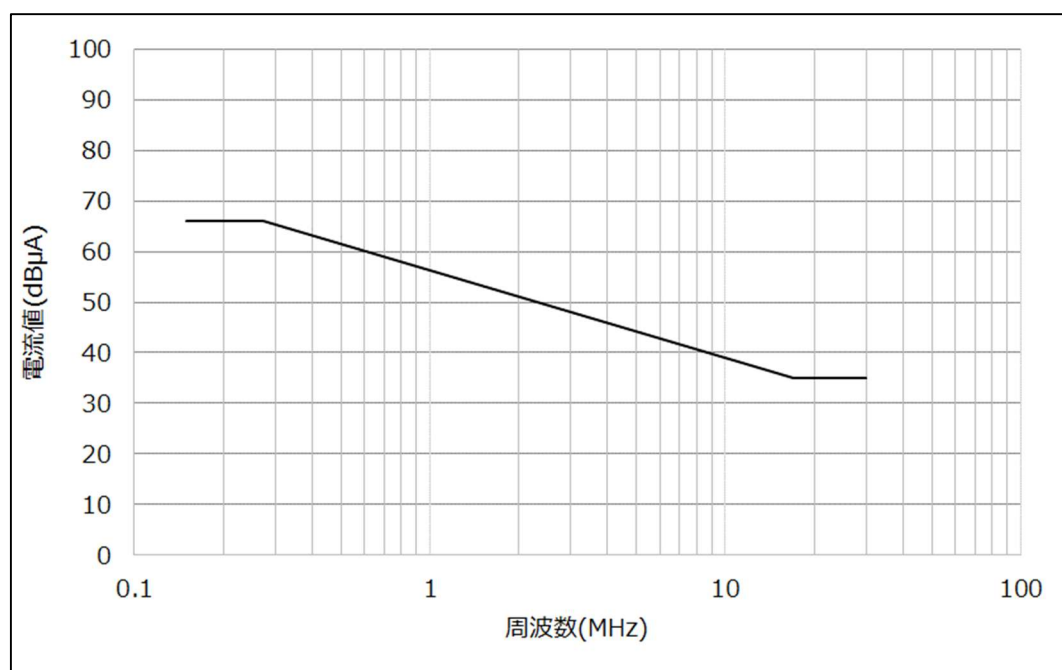


図 7.3-2 伝導ノイズ測定結果(BWR)

7.4 周辺ノイズ環境測定結果(まとめ)

周辺ノイズ環境測定結果から、以下知見を得ることができた。

- ① 今回の周辺ノイズ環境測定により、安全保護系デジタル機器の設置場所における電磁的環境のノイズレベルを実測・把握できた。
- ② 測定された放射ノイズの電界強度は、無線通信機器等によるものなどを考慮しても 120dB μ V/m 程度であり、発信源の明確な無線通信機器を除いて、特異なノイズ源も測定されなかった。伝導ノイズの測定結果も 70dB μ A を超えておらず、有意なピークノイズも測定されなかった。
- ③ 今回の周辺ノイズ環境測定結果は、一般的な電磁波環境(表 7.4-1 参照)と大差ないレベルとなっている。なお、参考資料3で示した IEC62003 イミューニティ試験レベル(放射:140dB μ V/m【IEC61000 4-3 の電界強度換算値】、伝導:90.5dB μ A【IEC6100 4-6 の電流換算値】)を十分下回る(1/100~1/1,000)レベルである。
- ④ 今回の周辺ノイズ環境測定結果は、測定対象の制御盤から放出される電界強度だけでなく、周辺の盤や機器から放出される電界強度も重畳した可能性がある。

上記を踏まえ、エミッション試験の要否を判断するためには、機器単体でのエミッション性能を正確に把握することが必要と考え、2025 年度に計画している供試体を使用したイミューニティ試験の機会を活用し、IEC62003 試験規格に基づく供試体を使用したエミッション試験を実施し、機器単体レベルでの放射ノイズを把握し、さらなる知見拡充を図ることとする。

表 7.4-1 日常生活環境で曝される電磁波環境の電界強度(例)

種 別	電界強度(概略値) ^{※1}
携帯電話基地局からの電界強度	80 dB μ V/m~ 110 dB μ V/m ^{※2}
AM放送局からの電界強度	50 dB μ V/m~ 90 dB μ V/m ^{※3}
FM放送局からの電界強度	50 dB μ V/m~ 80 dB μ V/m ^{※3}

※1:受信地点での電界強度レベル

※2:総務省「携帯電話基地局周辺の電界強度測定等の調査報告書」(2006 年)

※3:総務省「基幹放送局の開設の根本的基準」

8. 活動計画

8.1 今後の対応方針

2020～2022 年度にかけて実施した調査を通じ、国際規格である IEC62003 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。従って、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、ATENA 22-ME01 (Rev.0) 「電磁両立性 (EMC) に係る原子力発電所における今後の対応方針」に示す活動計画 (以下「当初計画」という。) を定めた。

当初計画では、今後、IEC62003 に基づく供試体によるイミュニティ試験を実施・評価することとしていたが、7 章で述べたとおり、供試体を使用したイミュニティ試験の機会を活用し、IEC62003 試験規格に基づく供試体を使用したエミッション試験を併せて実施することで、機器単体レベルでの放射ノイズを把握し、さらなる知見拡充を図ることとする。

8.2 イミュニティ試験及びエミッション試験への対応

知見拡充を図ることを目的として、安全保護系のうち国内プラントメーカー3社のデジタル機器の供試体を製作し、IEC62003 に基づくイミュニティ試験及びエミッション試験を実施・評価する。

周辺ノイズ環境測定結果を踏まえた今後の活動計画を図 8.2-1 に示す。

なお、世界的な半導体不足により供試体の調達に遅延が発生しており、当初計画より一部工程を見直す。

作業項目	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度～
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		
供試体による イミュニティ試験 及び エミッション試験 追加実施	検討・整理 計画	▼ ATENAL ポート 供試体設計	試験機材調達	▽ ATENAL ポート 改訂・追補 試験・評価 (イミュニティ&エミッション) 方針検討 (イミュニティ&エミッション)	▽ ATENAL ポート

図 8.2-1 周辺ノイズ環境測定結果を踏まえた今後の活動計画

8.3 活動成果の文書化

現状では、新たに規格を作らず IEC 62003 を参照する方針だが、上記活動成果を受け、IEC 62003 の参照方法など ATENA ガイドとして文書化し、事業者の実務処理に適用する。また、担当する協会への規格化 (JIS 化、JEAC 化など) の提言についても検討する。

9. まとめ

典型的な電磁的事象（Ⅰ 過渡電圧/電流 Ⅱ 無線周波の電磁妨害 Ⅲ 静電気放電 Ⅳ 磁界 Ⅴ 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」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、国内原子力産業界としては 8 章で述べたとおり以下の活動を展開する。

- ✓ エミッション試験の知見拡充 :【2026 年度上期目途】
- ✓ イミュニティ試験の知見拡充 :【2026 年度上期目途】

今後、上記フォロー結果を、適宜原子力規制庁へ報告する。

現状では IEC 62003 を直接参照する方針だが、上記活動成果を受け、IEC 62003 の参照について最終的に ATENA にて文書化する。また、担当協会への規格化(JIS 化, JEAC 化など)の提言についても検討する。

なお、常用系やアナログ回路への展開については、本活動成果も踏まえて検討する。

添付資料 1 適用範囲(例)

PWRプラントの場合

適用範囲

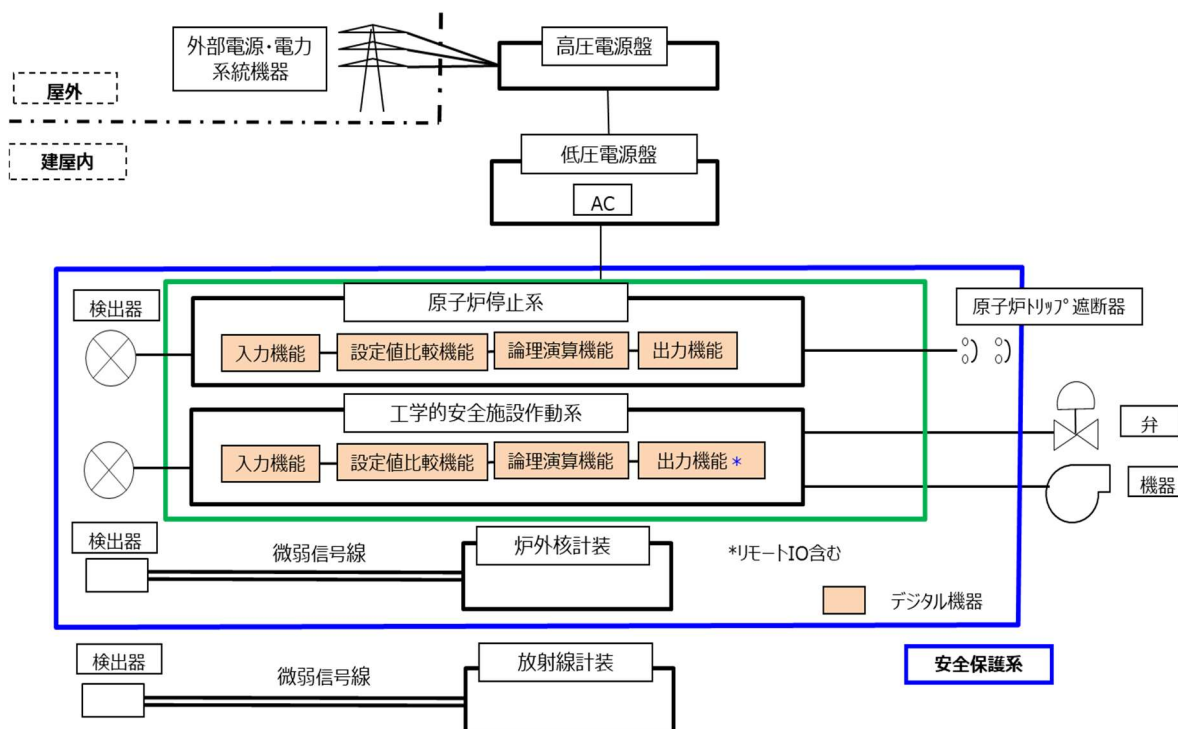


図 1-1 PWRプラントの適用範囲(例)

BWRプラントの場合

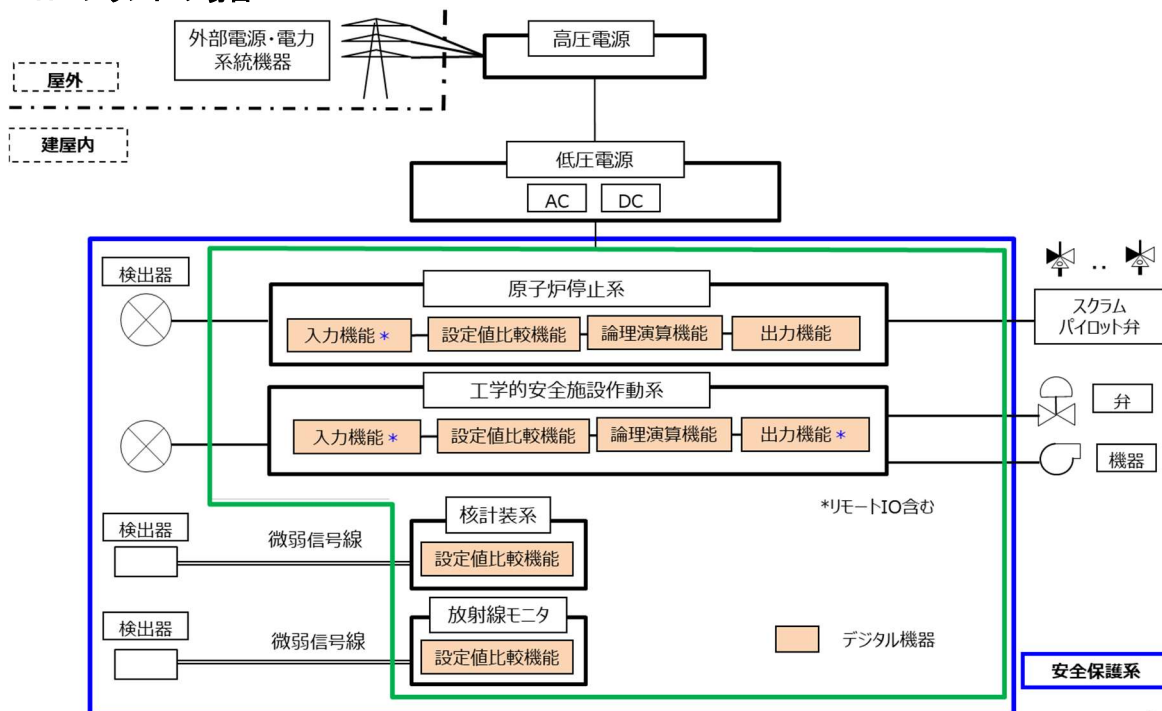


図 1-2 BWRプラントの適用範囲(例)

添付資料 2 試験実施状況の調査結果

一部対象部位が未試験

未試験

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境		国際規格(IEC 62003)				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		
				type 2	type 3						
イ ミ ニ ニ テ ィ	I 過 渡 電 圧 / 電 流	誘導性負荷 の開閉	AC 電源 ポート	2kV	4kV	A	②	2.5 kV	IEEE 472		
						B	①	4 kV	JIS C 61000-4-4		
						C	①	4 kV	JIS C 61000-4-4		
			DC 電源 ポート	2kV	4kV	A	②	2.5 kV	IEEE 472		
						B	②	1.5 kV	JIS B3502 JEITA IT-1004		
						C	④	-		DC 電源ポ ート無	
			制御・ 信号 ポート	1kV	2kV	A	②	2.5 kV	IEEE 472		
						B	①	2 kV	JIS C 61000-4-4		
						C	①	2 kV	JIS C 61000-4-4		
		電気系統の 開閉 雷による誘導 雷事象	AC 電源 ポート	2kV (対地) 1kV (線間)		A	②	4.5 kV	JEC-0103 JEITA IT-1004	電圧印加 後に設備 を確認	
						B	①	4.5 kV	JIS C 61000-4-5		
						C	②	4 kV	JEC-0103	電圧印加 後に設備 を確認	
				DC 電源 ポート	2kV (対地) 1kV (線間)		A	②	4.5 kV	JEC-0103 JEITA IT-1004	電圧印加 後に設備 を確認
							B		×		
							C	④	-		DC 電源ポ ート無
			制御・ 信号 ポート	1kV (対地) 0.5kV (線間)	2kV (対地) 1kV (線間)	A	②	4.5 kV	JEC-0103 JEITA IT-1004	電圧印加 後に設備 を確認	
						B		×			
						C	②	4 kV	JEC-0103	電圧印加 後に設備 を確認	

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境			国際規格(IEC 62003)				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		
				type 2	type 3						
イ ミ ニ ミ ニ ティ	I 過渡電圧/ 電流	電気系統の 開閉/負荷の 切替 電源回路の 故障や絶縁 破壊	AC 電源 ポート	2 kV (対地) 1kV (線間)	A	②	2.5 KV	IEEE 472			
					B		×				
					C		×				
			DC 電源 ポート	2 kV (対地) 1kV (線間)	A	②	2.5 KV	IEEE 472			
					B		×				
					C	④	-		DC 電源ポ ート無		
			制御・ 信号 ポート	2 kV (対地) 1kV (線間)	A	②	2.5 KV	IEEE 472			
					B		×				
					C	②	2.5 KV	IEEE 472			
		配電系統の 故障や漏れ 電流	AC 電源 ポート	15-150 Hz: 10-1 V 150 Hz-1.5 kHz: 1 V 1.5-15 kHz: 1-10 V 15-150 kHz: 10 V	A	②	1.5/2 kV	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	15-150 Hz: 10-1 V 150 Hz-1.5 kHz: 1 V 1.5-15 kHz: 1-10 V 15-150 kHz: 10 V	A	②	2.5 kV	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		
			制御・ 信号 ポート	15-150 Hz: 10-1 V 150 Hz-1.5 kHz: 1 V 1.5-15 kHz: 1-10 V 15-150 kHz: 10 V	A	②	1.5/2 kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノ イズ発生 器側の数 値		
					B		×				
					C		×				

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境			国際規格(IEC 62003)				現状の試験方法				
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		プラント	パターン	試験 レベル	参照している 主な試験規格	補足説明
					type 2	type 3					
I 過渡電圧/ 電流	高・中電圧の 断路器での 切り替え等	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 (対地) 1kV (線間)	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、IEC 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。					
			DC 電源 ポート	試験不 要	2 kV (対地) 1kV (線間)						
			制御・ 信号 ポート	試験不 要	2 kV (対地) 1kV (線間)						
II 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 (150 kHz-80 MHz 無線周波のケー ブル伝導)	AC 電源 ポート	150 kHz-80 MHz 10V	A	②	1.5/2.5 kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノ イズ発生 器側の数 値		
					B	①	10 V	JIS C 61000-4-6			
					C		×				
			DC 電源 ポート	150 kHz-80 MHz 10V	A	②	2.5 kV	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		
			制御・ 信号 ポート	150 kHz-80 MHz 10V	A	②	1.5/2.5 kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノ イズ発生 器側の数 値		
					B	①	10 V	JIS C 61000-4-6			
					C		×				

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境			国際規格(IEC 62003)			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	
				type 2	type 3					
Ⅱ 無線周波 の電磁妨害	高周波利用 設備 無線通信機	IEC 61000-4-3 (80 MHz - 6 GHz 無線周波の直接 放射)	筐体	80 MHz-6 GHz 10 V/m		A	②	1/2.5 kV	電力用規格 B402 IEEE 472	レベルはノ イズ発生 器側の数 値
						B	②	10 V/m	JIS C 61000-4-3	
						C	②	10 V/m	JEITA IT-1004	
Ⅲ 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 ± 15 kV 接触放電 ± 8 kV	IEC 61000-4-2	
						B	①	気中放電 ± 15 kV 接触放電 ± 8 kV	JIS C 61000-4-2	
						C	①	気中放電 ± 4 kV 接触放電 ± 4 kV	JIS C 61000-4-2	緩和条件 (床の材質 等)採用
Ⅳ 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	4000 A/m	JEITA IT-1004	
						B	②	400 A/m	JEITA IT-1004	
						C	③	-		磁界に敏 感な素子 を不使用
	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)	筐体	100 A/m		A	③	-		磁界に敏 感な素子 を不使用
						B	③	-		磁界に敏 感な素子 を不使用
						C	③	-		磁界に敏 感な素子 を不使用
	断路器等による高圧バスの切り替え	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 を不使用
						C	③	-		磁界に敏 感な素子 を不使用

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境		国際規格(IEC 62003)				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		
				type 2	type 3						
イ ニ ミ テ ィ	V 電 源 変 動	位相制御機 器やUPS機 器等	IEC 61000-4-13 (AC 電源の高調 波)	AC 電源 ポート	IEC 62003 には Level3 と記載されて いるが、IEC 61000- 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、IEC 62003 を策定した IEC/TC45/SC45A/WG9 へ確認中				
		B									
		C									
		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% (88-112 V)	A	②	85-132 V	JEITA IT-1004		
		B	②	基準値の - 15～ + 10%	JEITA IT-1004						
		C	②	85-132 V	メーカー標準						
		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・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 (10/12 サイクル) ・70%定格電圧 (25/30 サイクル) ◆短時間停電 ・0%定格電圧 (250/300 サイクル)	A	②	0% (1cycle)	JEITA IT-1004 JIS B3502		
		B	②	0% (1cycle)	JEITA IT-1004 JIS B 3502						
		C	②	0% (1cycle)	メーカー標準						
		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)	AC 電源 ポート	◆周波数偏差: +4% -6% ◆変動時間:10s	A	②	45-66 Hz	JIS B 3502		
		B	②	± 5%	JIS B 3502						
		C	②	± 2 Hz	メーカー標準						
		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 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	-		※1	
		B	③	-							
		C	④	-		DC 電源ポ ート無					
		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%定格電圧 (10ms) ・70%定格電圧 (10ms) ◆短時間停電 ・0%定格電圧 (20ms)	A	②	88-143V	JEITA IT-1004		
		B	②	基準値の -20～ + 15%	JEITA IT-1004						
		C	④	-		DC 電源ポ ート無					
		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	IEC 61000-4-11 と 同様	A	電流が16A 超えても/以下でも試験方法とレベルは 6100-4-11 と同じなので、4-11 で代表して評価する。				
		B									
		C									

※1: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

表 1-1 国内代表プラントの実際の試験実施状況

想定される電磁環境		国際規格(IEC 62003)				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
電磁ノイズ の 電磁放 出	VI 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)	筐体	40 dB μ V/m@30-230 MHz (at 10 m, Quasi-peak) 47 dB μ V/m@230 MHz-1 GHz (at 10 m, Quasi-peak) 76 dB μ V/m@1-3 GHz (at 3 m, peak) 56 dB μ V/m@1-3 GHz (at 3 m, average) 80 dB μ V/m@3-6 GHz (at 3 m, peak) 60 dB μ V/m@3-6 GHz (at 3 m, average)	A		×			
					B		×				
					C		×				
				AC 電源 ポート	79 dB μ V@150-500 kHz (Quasi-peak) 66 dB μ V@150 -500 kHz (average) 73 dB μ V@500 kHz-30 MHz (Quasi-peak) 60 dB μ V@500 kHz-30 MHz (average)	A		×			
						B		×			
						C		×			
				DC 電源 ポート	89 dB μ V@150-500 kHz (Quasi-peak) 76 dB μ V@150-500 kHz (average) 83 dB μ V@500 kHz-30 MHz (Quasi-peak) 70 dB μ V@500 kHz-30 MHz (average)	A		×			
						B		×			
						C	④	-		DC 電源 ポート無	

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

参考資料 1 国内外規制・規格

1. 米国(規制)

■RG 1.180

GUIDELINES FOR EVALUATING ELECTROMAGNETIC AND RADIO-FREQUENCY INTERFERENCE IN SAFETY-RELATED INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS

2. 米国(規格)

■NUREG800 Standard Review Plan

Environmental qualification of mechanical and electrical equipment

■MIL-STD-461

Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment

■IEEE472 [廃止]

GUIDE FOR SURGE WITHSTAND CAPABILITY (SWC) TESTS

■IEEE 1050-2004

Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations

■IEEE C62.41.1(Guide)

the Surge Environment in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits

■IEEE C62.41.2(Recommended Practice)

Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V or Less) AC Power Circuits

■IEEE C62.45(Recommended Practice)

Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits

■EPRI TR-102323

Guidelines for Electromagnetic Interference Testing of Power Plant Equipment

3. 国際(規格)

■IEC 61000-4

>>IEC 61000-4-2

Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test

>>IEC 61000-4-3

Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

>>IEC 61000-4-4

Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test

>>IEC 61000-4-5

Testing and measurement techniques – Surge immunity test

>>IEC 61000-4-6

Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

>>IEC 61000-4-8

Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test

>>IEC 61000-4-9

Testing and measurement techniques – Impulse magnetic field immunity test

>>IEC 61000-4-10

Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test

>>IEC 61000-4-11

Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

>>IEC 61000-4-12

Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test

>>IEC 61000-4-13:

Testing and measurement techniques – Harmonics and inter-harmonics including mains signalling at A.C. power port, low frequency immunity tests

>>IEC 61000-4-14

Testing and measurement techniques – Voltage fluctuation immunity test

>>IEC 61000-4-16

Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz

>>IEC 61000-4-17

Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test

>>IEC 61000-4-18

Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test

>>IEC 61000-4-20

Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides

>>IEC 61000-4-28

Testing and measurement techniques – Variation of power frequency, immunity test

>>IEC 61000-4-29

Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests

>>IEC 61000-4-34

Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current more than 16 A per phase

■IEC 61000-6

>>IEC 61000-6-4

Generic standards – Emission standard for industrial environments

■IEC 62003

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

4. 国内(規制)

■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

第6条, 第12条

■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7条, 第14条, 第35条

5. 国内(規格)

■JIS B 3502

>>JIS B 3502

工業プロセス測定及び制御プログラマブルコントローラ—装置への要求事項及び試験

■ JIS C 61000-4

>> JIS C 61000-4-2

試験及び測定技術－静電気放電イミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-3

試験及び測定技術－放射無線周波電磁界イミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-4

試験及び測定技術－電気的ファストランジェント／バーストイミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-5

試験及び測定技術－サージイミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-6

試験及び測定技術－無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ

>> JIS C 61000-4-8

試験及び測定技術－電源周波数磁界イミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-11

試験及び測定技術－電圧ディップ, 短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-14[2017 年廃止]

AC 電源の電圧変動

>> JIS C 61000-4-16

試験及び測定技術－直流から150kHzまでの伝導コモンモード妨害に対するイミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-20

試験及び測定技術－TEM(横方向電磁界)導波管のエミッション及びイミュニティ試験

>> JIS C 61000-4-34

試験及び測定技術－1相当たりの入力電流が16Aを超える電気機器の電圧ディップ, 短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験

■ JIS C 61000-6

>> JIS C 61000-6-2

共通規格－工業環境におけるイミュニティ規格

■ JEC0103-2005

電気学会 低圧制御回路試験電圧標準

■ JEC210[廃止]

電気学会 低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準

■ JEC212[廃止]

電気学会 インパルス電圧・電流試験一般

■ JEITA IT-1004

産業用情報処理・制御機器設置環境基準

■ B-402

電力用規格 デジタル型保護リレーおよび保護リレー装置

■ JEAC-4620

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

参考資料 2 電磁的障害に関する国内原子力規制・規格の条文

1. 規制

表 1-1 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<u>安全機能を損なわないもの</u>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<u>電磁的障害等</u>をいう。
(安全施設) 第十二条 3 安全施設は、<u>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</u>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、<u>その間にさらされると考えられる全ての環境条件</u>をいう。

表 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(抄)

規則	解釈
(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<u>想定される事象</u>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。	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、<u>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</u>を含む。
(安全設備) 第十四条 2 安全設備は、<u>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</u>しなければならない。	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、<u>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</u>をいう。

規則	解釈
(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。	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「<u>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</u>」と読み替えること。

2. 規格

JEAC4620 安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程 (抜粋)

JEAC4620-2008

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 設計の確認

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(設計の確認)

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をいう。

参考資料 3 EMCに関する海外原子力規制・規格

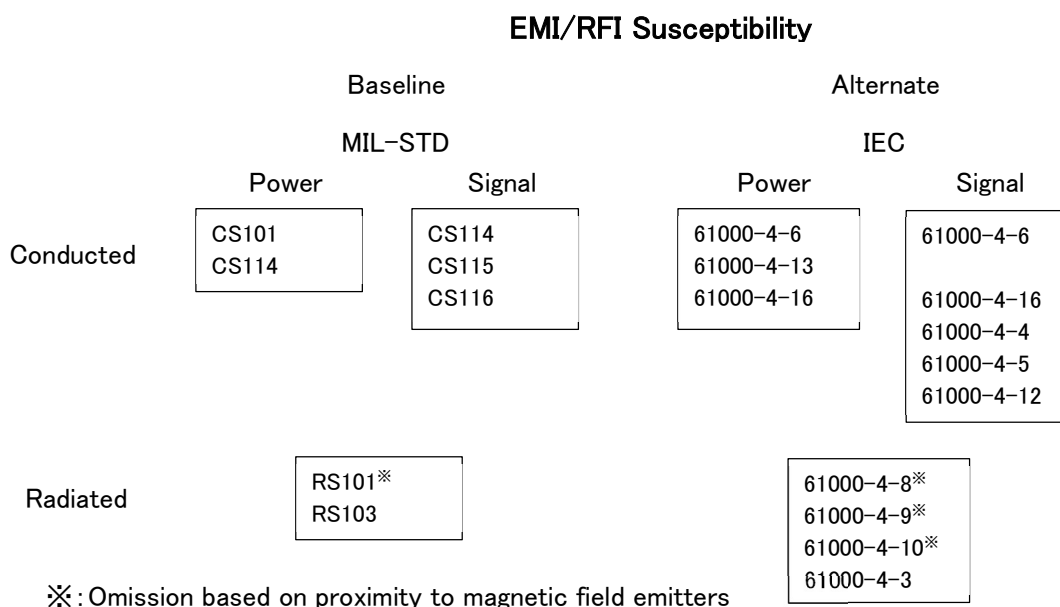
参考資料3では、EMCに関する欧米の規制規格として米国の RG1.180 Rev2 および国際規格 IEC 62003 Ed 2.0 の調査結果を以下にまとめる。

1. 米国の NRC 規制ガイド RG1.180 Rev.2

米国では RG1.180 を上位図書として、MIL-STD や IEC 61000 シリーズをエンドースしている。以下にその概要を示す。

1.1 RG1.180 で要求されるイミュニティ試験条件

米国 RG1.180 でエンドースしている MIL-STD と IEC 規格を組み合わせる実施すべきイミュニティ試験について図 1.1-1 に示す。また、これらエンドースしている規格の詳細試験条件を表 1.1-1 に示す。



(出典: RG1.180)

図 1.1-1 RG1.180 で要求される MIL-STD と IEC 規格の組み合わせ

表 1.1-1 米国 RG1.180 で要求されるイミュニティ試験条件

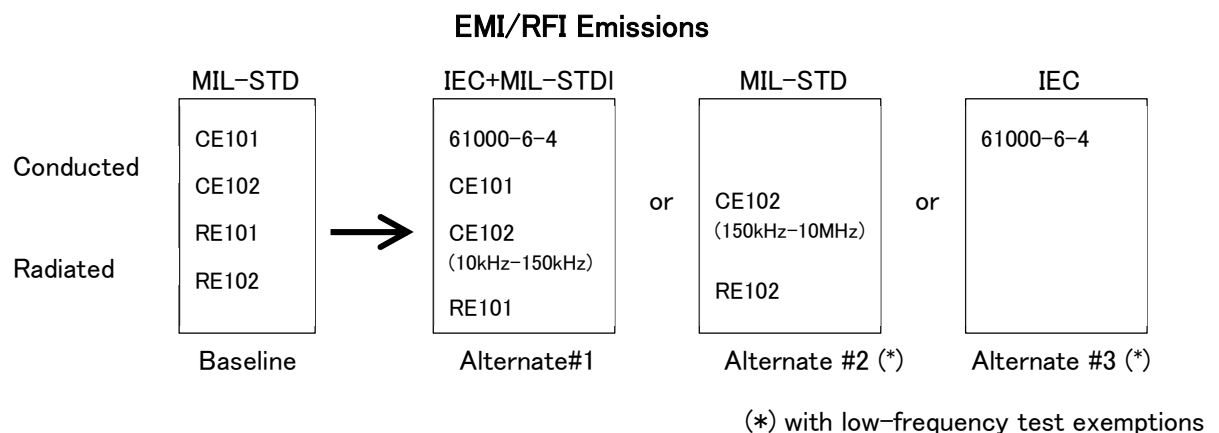
	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
MIL-STD-461		
CS101	伝導性妨害感受性、電源線	周波数範囲: 30 Hz ~ 150 kHz 試験値: • Source Voltage > 28V 136dB μ V@30 Hz ~ 5 kHz, 106.5dB μ V@150 kHz • Source Voltage $\leq$ 28V 126dB μ V@30 Hz ~ 5 kHz, 96.5dB μ V@150 kHz
CS114	伝導性妨害感受性、バルクケーブル注入	周波数範囲: 10 kHz ~ 30 MHz 試験値: 49dB μ A@10 kHz, 72.5dB μ A@150 kHz 97dB μ A@150 kHz ~ 30MHz
CS115	伝導性妨害感受性、バルクケーブル注入、インパルス励振	周波数範囲: インパルス信号 繰り返し周期 30Hz, 1 分間, 試験値: 5A

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
CS116	伝導性妨害感受性, 減衰正弦波過渡電流, ケーブル及び電源線	周波数範囲: 10 kHz ~ 100 MHz 試験値: 0.1A@10kHz, 10A@1MHz~30MHz, 3A@100MHz
RS101	磁界に関する放射性妨害感受性	周波数範囲: 30 Hz ~ 100 kHz 試験値: 180dBpT@30Hz~60Hz, 116dBpT@100kHz
RS103	電界に関する放射性妨害感受性	周波数範囲: 30 MHz ~ 10 GHz 試験値: 10V/m(rms)
IEEE std C62		
IEEE std C62.41.1	低電圧(1000V 以下)AC 電源のサージ環境	<リング波> ・開回路電圧 立ち上がり時間: 0.5 μ s 継続時間: 100kHz リング <コンビネーション波> ・開回路電圧 立ち上がり時間: 1.2 μ s 継続時間: 50 μ s ・短絡電流 立ち上がり時間: 8 μ s 継続時間: 20 μ s <EFT バースト> ・パルス(15ms バースト) 立ち上がり時間: 5ns 継続時間: 50ns
IEEE std C62.41.2	低電圧(1000V 以下)AC 電源のサージ特性	
IEEE std C62.45	低電圧(1000V 以下)AC 電源に接続される機器に対するサージ試験	
IEC 61000		
4-2	静電気放電に対するイミュニティ試験	試験レベル: Level 4 気中放電 $\pm$ 15kV 接触放電 $\pm$ 8kV
4-3	放射無線周波電磁界に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 26 MHz ~ 6 GHz 試験レベル: Level 3, 試験強度: 10V/m
4-4	電氣的ファストトランジェント／バーストに対するイミュニティ試験	<Low withstand> 試験レベル: Level 3, ピーク電圧: 1kV, 繰り返し周波数: 5 or 100 kHz <Moderate withstand> 試験レベル: Level 4, ピーク電圧: 2kV, 繰り返し周波数: 5 or 100 kHz
4-5	サージに対するイミュニティ試験	<Low withstand> 試験レベル: Level 3, 開回路試験電圧: 2 kV 短絡電流: 1 kA <Moderate withstand> 試験レベル: Level 4, 開回路試験電圧: 4 kV 短絡電流: 2 kA
4-6	無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 150 kHz ~ 80 MHz 試験レベル: Level 3, 試験電圧: 140 dB μ V
4-8	電源周波数電磁界に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 50 Hz ~ 60 kHz 試験レベル: Class 4, 試験強度: 30A/m(152dBpT), 300A/m(172dBpT)
4-9	パルス磁界に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 50/60 Hz ~ 50 kHz 試験レベル: Class 4, 試験強度: 300A/m(172dBpT)

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
4-10	減衰振動磁界に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 100 kHz ~ 1 MHz 試験レベル: Class 4, 試験強度: 30A/m(152dBpT)
4-12	振動波に対するイミュニティ試験	(波形は規格内で指定) <Low withstand> 試験レベル: Level 2, 試験電圧: 1 kV (first peak) <Moderate withstand> 試験レベル: Level 3, 試験電圧: 2 kV (first peak)
4-13	高調波に対するイミュニティ試験	試験レベル: Class 2 周波数範囲: 16 Hz ~ 2.4 kHz 高調波番号ごとの試験電圧は、IEC 61000 4-13 を参照。
4-16	伝導コモンモード妨害に対するイミュニティ試験	試験レベル: Level 3 <直流> 連続妨害: 10V, 短時間妨害: 100V <交流> 10~1V (15Hz~150 kHz), 1V(150Hz~1.5kHz), 1~10V(1.5kHz~15kHz), 10V(15kHz~150kHz)

1.2 RG1.180 で要求されるエミッション試験条件

RG1.180 でエンドースしている MIL-STD と IEC 規格を組み合わせる実施すべきエミッション試験について図 1.2-1 に示す。また、これらエンドースしている規格の詳細試験条件を表 1.2-1 に示す。



(出典: RG1.180)

図 1.2-1 RG1.180 で要求される MIL-STD と IEC 規格の組み合わせ

RG1.180 では、IEC 規格の IEC 61000 6-4 をエンドースしているが、MIL-STD で要求している範囲を網羅しているわけではないため、図 1.2-1 に示すように MIL-STD と組み合わせた試験を要求している。

表 1.2-1 米国 RG.1.180 で要求されるエミッション試験条件

項目		試験条件概要(詳細な試験条件は、各規格を参照)
MIL-STD-461		
CE101	低周波領域における伝導性妨害放出, 電源線	周波数範囲: 30 Hz ~ 10 kHz 限度値: DC power: 130dB μ A@30Hz, 130dB μ A@2kHz, 95dB μ A@10kHz AC power: 120dB μ A@60 kHz, 90dB μ A@1.15 kHz, 85dB μ A@10 kHz($\leq$1kVA) AC power: 90dB μ A@120 kHz, 90dB μ A@1.15 kHz, 85dB μ A@10 kHz($>$1kVA) 【除外条件】 ・機器の電力品質要件(設計要件)が既存の電源と整合性が取れている, また設計変更は電源品質管理が含まれていること。 ・機器が既存の配電システムに 5%の全高調波歪み, 又は技術的根拠に基づいて設定された電力品質基準を超える歪みを新たに加えないこと。
CE102	高周波領域における伝導性妨害放出, 電源線	周波数範囲: 10 kHz ~ 10 MHz 限度値: 100dB μ V@10 kHz, 79dB μ V@112 kHz~500 kHz, 73dB μ V@500 kHz~10 MHz
RE101	磁界に関する放射性妨害放出	周波数範囲: 30 Hz ~ 100 kHz 限度値: 160dBpT@30 Hz, 90dBpT@100 kHz 【除外条件】 対象設備が設置してあるエリアに磁場に影響を与える機器が置いていないこと。
RE102	電界に関する放射性妨害放出	周波数範囲: 2 MHz ~ 10 GHz 限度値: 59dB μ V/m@2 MHz~25 MHz, 80dB μ V/m@10 GHz
IEC 61000		
6-4 CISPR 16 (2-1, 2-3)	工業環境における放射	周波数範囲: 150 kHz ~ 30 MHz 周波数範囲: 30 MHz ~ 6 GHz 限度値: 79dB μ V/m@150 kHz~500 kHz 73dB μ V/m@500 kHz~30 MHz 40dB μ V/m@30 MHz~230 MHz (at 10m) 47dB μ V/m@230 MHz~1 GHz (at 10m)

また NRC スタッフは、これらのテスト方法は、発電所に設置している safety-related I&C 及び non-safety-related I&C の両方について適用可能なエミッション試験方法であるとしている。これは、safety-related の設備に non-safety-related の設備の放射が影響を与える場合があるためであり、safety-related が設置されている環境を評価する必要があるとしている。

2. 国際規格 IEC 62003 Ed2.0

IEC では、原子力発電所向けに IEC 62003 にて EMC に関する試験条件を定め、IEC 61000 シリーズへの適合を要求している。

2.1 IEC 62003 で要求されるイミュニティ試験条件

IEC 62003 でエンドースしているイミュニティ規格の詳細試験条件を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 国際規格 IEC 62003 で要求されるイミュニティ試験条件

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
IEC 61000		
4-2	静電気放電に対するイミュニティ試験	■筐体 試験レベル:Level 4 気中放電±15kV 接触放電±8kV
4-3	放射無線周波電磁界に対するイミュニティ試験	■筐体 周波数範囲:80 MHz ～ 6 GHz 試験レベル:Level 3, 試験強度:10V/m
4-4	電气的ファストランジェント／バーストに対するイミュニティ試験	■制御・信号ポート <Interface type2> 試験レベル:Level 3, ピーク電圧:1kV 繰り返し周波数:5 or 100 kHz <Interface type3> 試験レベル:Level 4, ピーク電圧:2kV 繰り返し周波数:5 or 100 kHz ■AC 電源ポート <Interface type2> 試験レベル:Level 3, ピーク電圧:2kV 繰り返し周波数:5 or 100 kHz <Interface type3> 試験レベル:Level 4, ピーク電圧:4kV 繰り返し周波数:5 or 100 kHz ■DC 電源ポート 同上 【除外条件】 3m 未満のケーブルは除外。(制御・信号ポート)

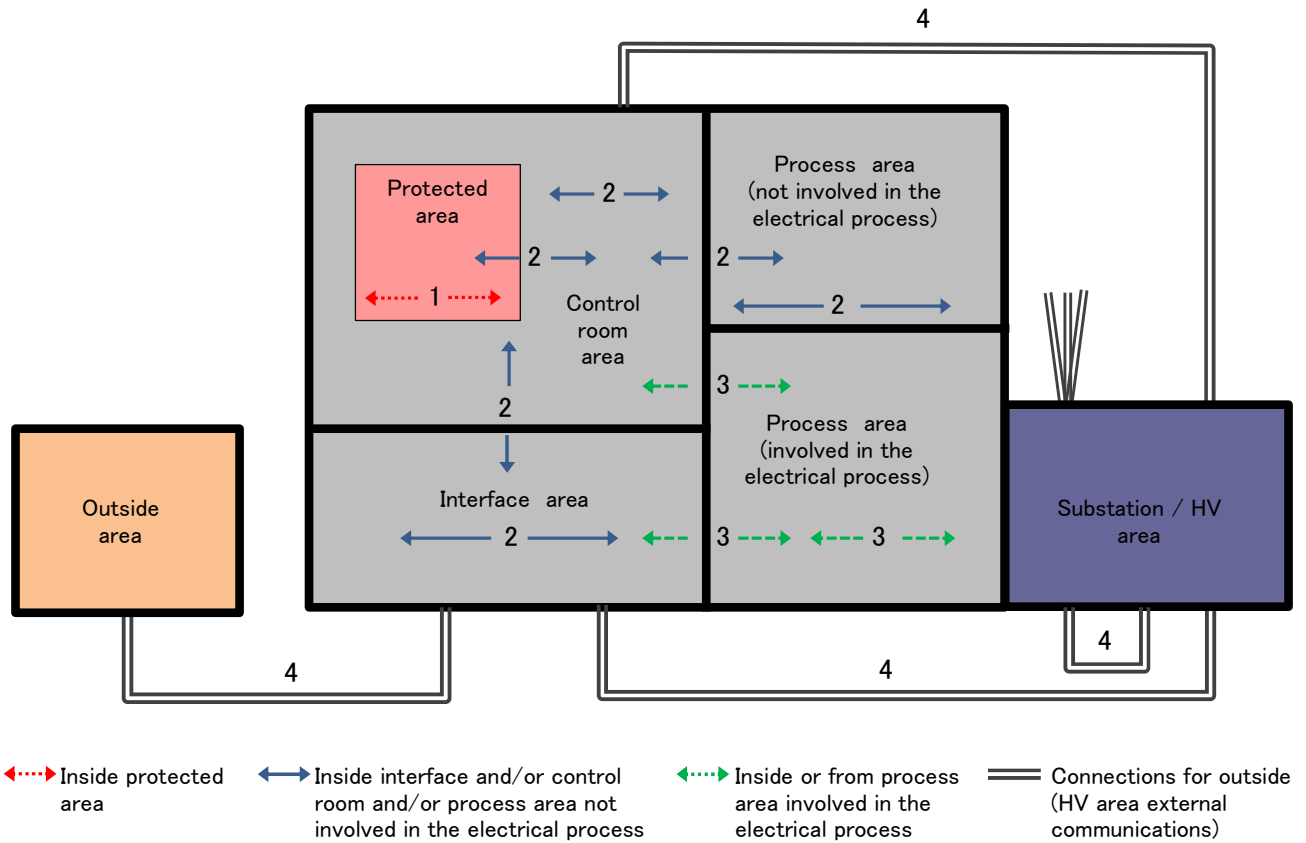
	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
4-5	サージに対するイミュニティ試験	■制御・信号ポート <Interface type2> 試験レベル: Level 2, 試験電圧: 0.5kV(line-line), 1kV(line-ground) <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 試験電圧: 2kV(line-line), 2kV(line-ground) ■AC 電源ポート <Interface type2>, <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 試験電圧: 1kV(line-line), 2kV(line-ground) ■DC 電源ポート 同上 【除外条件】 10m 未満のケーブルは除外。(制御・信号ポート)
4-6	無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ試験	周波数範囲: 150 kHz ~ 80 MHz <Interface type2> 試験レベル: Level 3, 試験電圧: 140 dB μ V <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 同上
4-8	電源周波数電磁界に対するイミュニティ試験	■筐体 周波数範囲: 50 Hz and 60 Hz 試験レベル: Level 3, 試験強度: 10 A/m(連続磁界), N/A(短時間磁界) 【除外条件】 磁場に感受性の強い機器を含むデバイスを含んでいる機器のみが対象(ex:ホール素子, 磁場センサー等)
4-9	パルス磁界に対するイミュニティ試験	■筐体 試験レベル: Level 3, 試験強度: 100 A/m 【除外条件】 ・磁場に感受性の強い機器を含むデバイスを含んでいる機器のみが対象(ex:ホール素子, 磁場センサー等) ・落雷や高電流の電源障害から電流を流す可能性のある導体の近くに置いている機器のみが対象
4-10	減衰振動磁界に対するイミュニティ試験	■筐体 試験レベル: Level 3, 試験強度: 10 A/m 【除外条件】 ・磁場に感受性の強い機器を含むデバイスを含んでいる機器のみが対象(ex:ホール素子, 磁場センサー等) ・中高電圧のバススイッチング近傍の機器のみが対象

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
4-11 4-34	電圧ディップ、短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験(低電圧 AC)	■AC 電源ポート ◆電圧ディップ <Interface type2> 0% UT(1cycle), 40% UT(10/12cycle), 70% UT(25/30cycle) <Interface type3> 0% UT(1cycle), 40% UT(10/12cycle), 70% UT(25/30cycle) (ここで, 10/12cycle=50Hz で 10cycle/60Hz で 12cycle, UT=試験電圧) ◆短時間停電 <Interface type2> 0%UT(250/300cycle) <Interface type3> 0%UT(250/300 cycle) 【除外条件】 ・低電圧 AC 出力電源ポートがない場合 ・適切な電源品質管理がされている場合
4-12	振動波に対するイミュニティ試験	■制御・信号ポート <Interface type2> 試験レベル:Level 3, 試験電圧(first peak): 1kV(line-line), 2 kV(line-ground) <Interface type3> 試験レベル:Level 3, 同上 ■AC 電源ポート 同上 ■DC 電源ポート 同上 波形の詳細は, IEC 61000 4-12 を参照。 【除外条件】 10m 未満のケーブルは除外。(制御・信号ポート)
4-13	高調波に対するイミュニティ試験	■AC 電源ポート <Interface type2> 試験レベル:Level 3 <Interface type3> 試験レベル:Level 3 ◆組み合わせ高調波 ◆周波数掃引 ◆個別高調波/中間高調波 試験手順や波形の詳細は IEC 61000 4-13 を参照。 【除外条件】 適切な電源品質管理がされている場合

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
4-14	1 相あたりの入力電流が 6A 以下の機器のための電圧変動に対するイミュニティ試験	■AC 電源ポート <Interface type2> 試験レベル: Level 3 $U_n: \Delta U = \pm 12\% U_n$, $U_n - 10\% U_n: \Delta U = +12\% U_n$ $U_n + 10\% U_n: \Delta U = -12\% U_n$ （ここで, U_n=公称電圧） <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 同上 波形の詳細は, IEC 61000 4-14 を参照。 【除外条件】 適切な電源品質管理がされている場合
4-16	伝導コモンモード妨害に対するイミュニティ試験	■制御・信号ライン <Interface type2> 試験レベル: Level 3 ◆電源周波数(直流並びに 50Hz 及び 60Hz) 連続妨害: 10V, 短時間妨害: 100V ◆15Hz~150kHz の周波数範囲 10~1V (15Hz~150 kHz), 1V(150Hz~1.5kHz), 1~10V(1.5kHz~15kHz), 10V(15kHz~150kHz) <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 同上 ■AC 電源ポート 同上 ■DC 電源ポート 同上 【除外条件】 30m を超える電線のみ対象。
4-17	リップルに対するイミュニティ試験	■DC 電源ポート <Interface type2> 試験レベル: Level 3, 試験電圧: $U_{dc} \times 10\%$(peak to peak) （ここで, U_{dc}=公称電圧） <Interface type3> 試験レベル: Level 3, 同上 試験波形は, IEC 61000-4-17 参照。 【除外条件】 適切な電源品質管理がされている場合

	項目	試験条件概要（詳細な試験条件は、各規格を参照）
4-18	減衰振動波に対するイミュニティ試験	■制御・信号ポート <Interface type2> 試験不要 <Interface type3> 試験レベル:Level 3 ◆Slow damp 試験電圧:1kV(line-line), 2kV(line-ground) 周波数:100kHz or 1MHz ◆Fast damp 試験電圧:2kV(line-ground) 周波数:3MHz, 10MHz or 30MHz(fast damp) ■AC 電源ポート 同上 ■DC 電源ポート 同上 【除外条件】 中高電圧のバススイッチ近傍の機器のみが対象。 ケーブルが中高電圧のスイッチング装置と関連がある場合のみが対象(制御・信号ポート)
4-28	電源周波数変動に対するイミュニティ試験	■AC 電源ポート <Interface type2> 試験レベル:Level 3, 周波数偏差:+4%, -6%, 変動時間:10s <Interface type3> 試験レベル:Level 3, 同上 【除外条件】 適切な電源品質管理がされている場合
4-29	電圧ディップ, 短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験(低電圧 DC)	■DC 電源ライン <Interface type2> 電圧ディップ:40% UT(10ms), 70% UT(10ms) 短時間停電:0% UT(20ms) <Interface type3> 電圧ディップ:40% UT(10ms), 70% UT(10ms) 短時間停電:0% UT(20ms) 【除外条件】 ・適切な電源品質管理がされている場合 ・低電圧 DC 出力電源ポートは対象外

Interface type は、IEC 61000-6-5 や IEC 62003 にて図 2.1-1 で示されるとおり定められている。



Key interface types

- 1 Inside protected area
- 2 Inside interface and/or control room and/or process area not involved in the electrical process
- 3 Inside or from process area involved in the electrical process
- 4 Connections from outside(HV area external telecommunications)

(出典:IEC 62003)

図 2.1-1 インターフェイスタイプについて

2.2 IEC 62003 で要求されるエミッション試験条件

国際規格 IEC 62003 でエンドースしているエミッション規格の詳細試験条件を表 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 IEC 62003 で要求されるエミッション試験条件

	項目	試験条件概要(詳細な試験条件は、各規格を参照)
IEC 61000		
6-4	工業環境における放射	<放射性放出> 周波数範囲: 30 MHz ~ 6 GHz 限度値: 40dB μ V/m@30 MHz~230 MHz (at 10m, quasi-peak) 47dB μ V/m@230 MHz~1 GHz (at 10m, quasi-peak) 76dB μ V/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, peak) 56dB μ V/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, average) 80dB μ V/m@3 GHz~6 GHz (at 3m peak) 60dB μ V/m@3 GHz~6 GHz (at 3m, average) <伝導性放出> 周波数範囲: 150 kHz ~ 30 MHz 限度値: ・低電圧 AC 79dB μ V@150 kHz~500 kHz (quasi-peak) 66dB μ V@150 kHz~500 kHz (average) 73dB μ V@500 kHz~30 MHz (quasi-peak) 60dB μ V@500 kHz~30 MHz (average) ・低電圧 DC 89dB μ V@150 kHz~500 kHz (quasi-peak) 76dB μ V@150 kHz~500 kHz (average) 83dB μ V@500 kHz~30 MHz (quasi-peak) 70dB μ V@500 kHz~30 MHz (average)

IEC 62003 でも、米国同様に IEC 61000 6-4 への適合を要求している。また、安全系だけでなく、安全上重要な系統の設備に対してもエミッションの試験条件要求がある。

参考資料 5 周辺ノイズ環境測定概要

周辺ノイズ環境測定の全体概要（放射ノイズ）

- ✓ 周辺ノイズ環境測定の方法に関する規格はないため、設備単体のエミッション測定に関する規格（IEC61000-6-4）を参考にし、実プラントでの制約条件（スペース等）を考慮して測定方法を策定。

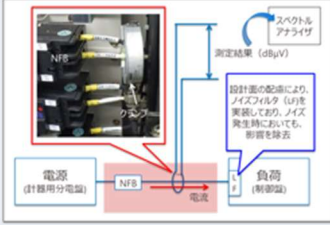
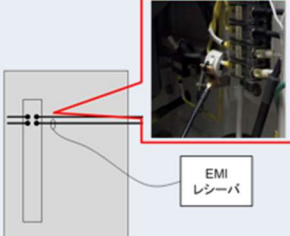
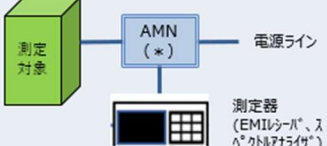
表 IEC規格および周辺ノイズ環境測定【放射ノイズ】の測定方法（太字：IEC規格との相違点（括弧は理由））

	周辺ノイズ環境測定（放射ノイズ）		【参考】IEC62003 （IEC61000-6-4）
	PWR	BWR	
測定 イメージ			
測定 場所	リレーラック室 メタラ室	中央制御室 計測制御電源室 他	電波暗室 等 （外来ノイズの影響のない場所）
測定 対象	複数機器設置環境 （プラント停止時も複数機器動作）	複数機器設置環境 （プラント停止時も複数機器動作）	単一機器
測定 機器	プローブ （アンテナ設置場所が確保できない）	アンテナ	アンテナ
測定 条件	① 盤表面（プローブを用いた測定） ② 30MHz～3GHz	① 測定対象から1m又は通路中央を目途とした 設置可能な距離（測定距離が確保できない） ② 周波数範囲：2 MHz ～ 6 GHz	① 測定対象から3m又は10m ② 周波数範囲：80 MHz ～ 6 GHz（最高内部 周波数により測定範囲は異なる）

周辺ノイズ環境測定の全体概要（伝導ノイズ）

- ✓ 周辺ノイズ環境測定の方法に関する規格はないため、設備単体のエミッション測定に関する規格（IEC61000-6-4）を参考にし、実プラントでの制約条件（活線状態等）を考慮して測定方法を策定。

表 IEC規格および周辺ノイズ環境測定【伝導ノイズ】の測定方法（太字：IEC規格との相違点（括弧は理由））

	周辺ノイズ環境測定（伝導ノイズ）		【参考】IEC62003 （IEC61000-6-4）
	PWR	BWR	
測定 イメージ			
測定 場所	インバータ室	中央制御室 計測制御電源室 他	電波暗室 等 （外来ノイズの影響のない場所）
測定 箇所	電源ライン	電源ライン（1相ずつ測定）	電源ライン
測定 機器	クランプ+スペクトルアナライザ （プラント停止時も動作中であり、 解線してAMNを接続できない）	クランプ+EMIレシーバ （プラント停止時も動作中であり、 解線してAMNを接続できない）	AMN+測定器 （EMIレシーバ、スペクトルアナライザ）
測定 条件	周波数範囲：30 MHz ～ 500 MHz （測定機器による制約）	周波数範囲：150kHz ～ 30MHz	周波数範囲：150kHz ～ 30MHz

(*)AMN：疑似電源回路組
① 測定対象から見た電源ラインのインピーダンスを一定し、
② 電源ラインから測定対象に流入するノイズを抑制し、
③ 測定対象にて発生したノイズを測定器に出力する。

発行者 : 原子力エネルギー協議会

問合せ先 : contact@atena-j.jp