

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¹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²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³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

¹ 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

² 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

³ 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と考えているが、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⁴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

⁴ 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. 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

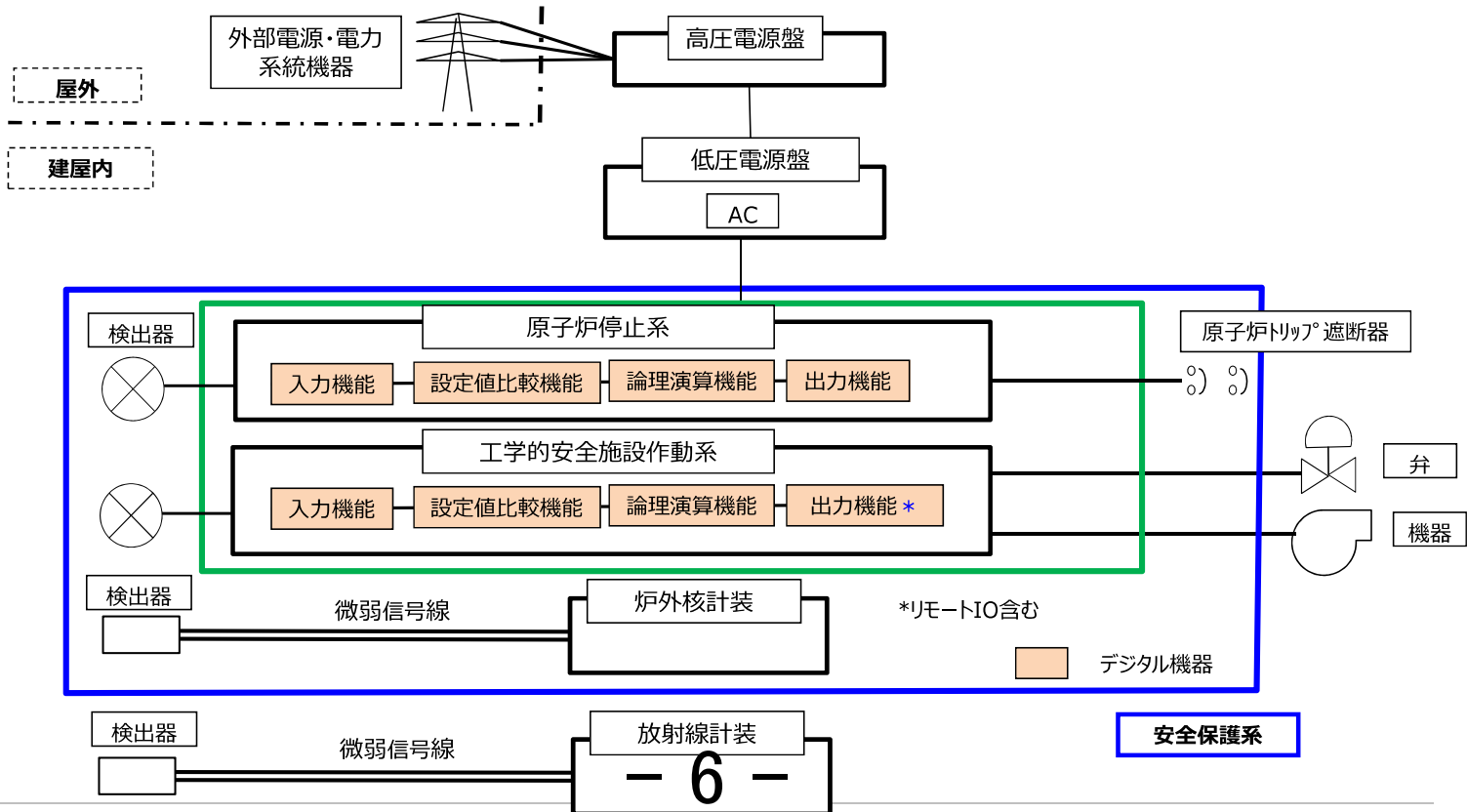
*1) IEC62003 Edition 2.0 2020-03

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



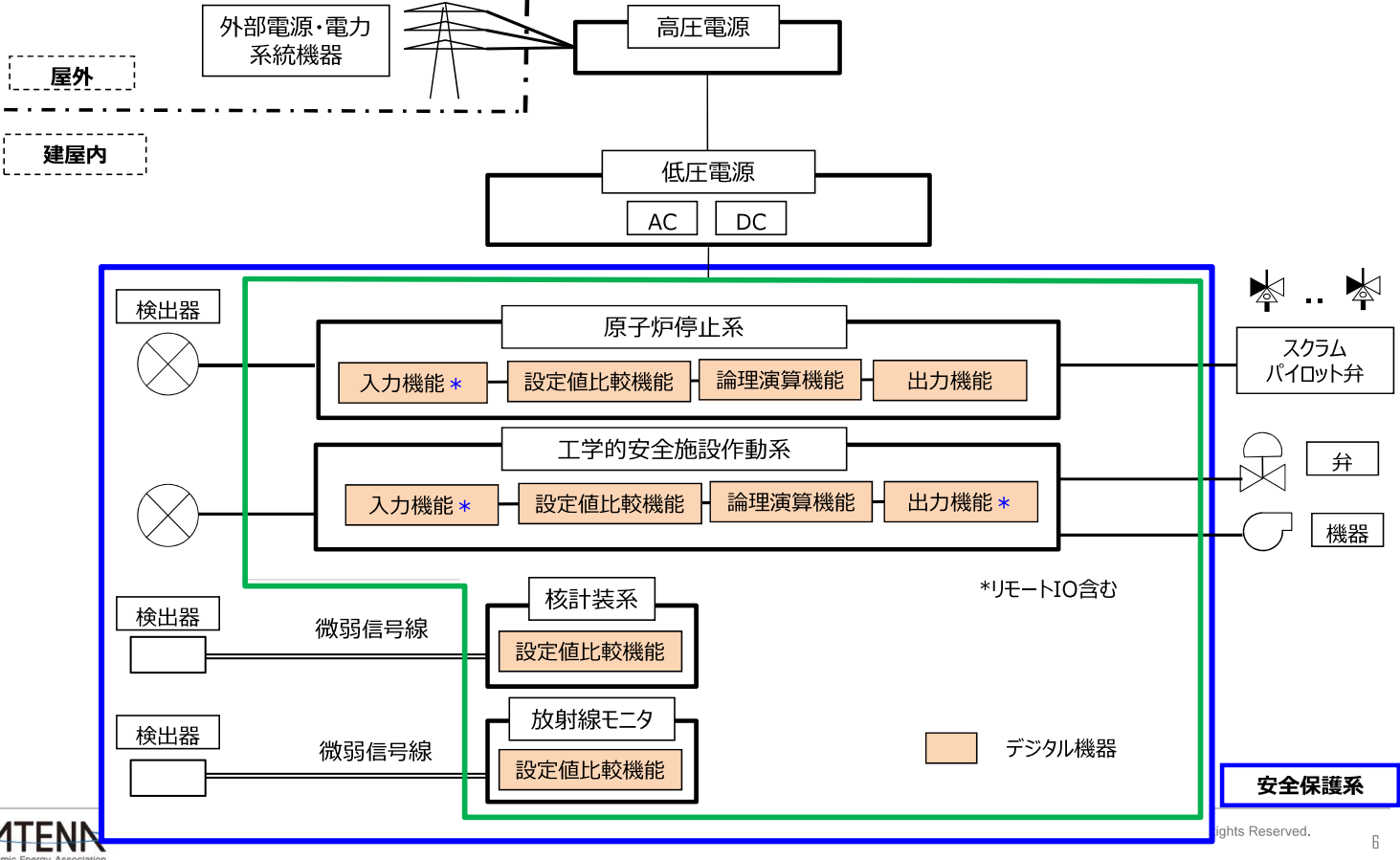
2.2 調査対象 (PWR) (1/2)

「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)

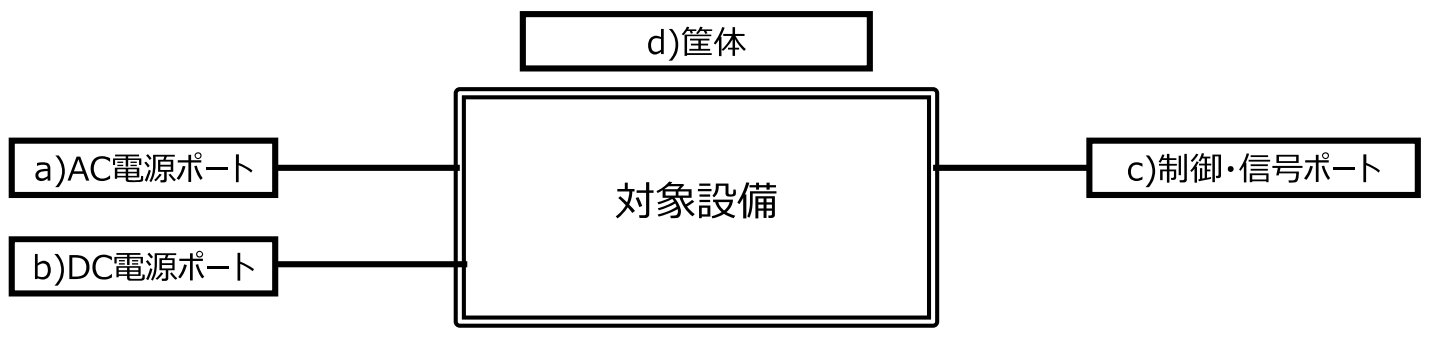
➤ 「安全保護系」における「デジタル機器」 (部分) のEMC試験実施状況を調査した。



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						
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)	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					
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	2kV (line-ground) 1kV (line-line)	A	②	2.5KV	IEEE 472		
					B		×			
					C		×			
			DC電源ポート	2kV (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	2kV (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 (続き)	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
	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	
	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	IEC 61000-4-13 (AC電源の高調波)	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				
	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	
	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	
	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	
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) ◆短時間停電: 0% UT(1ms) ◆電圧変化: 80%-120%(100ms)		A	②	88V~143V	JEITA IT-1004A	
					B	②	基準値の-20~+15%	JEITA IT-1004A			
					C	④	-		DC電源ポート無し		
		電力システム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) ◆電圧ディップ ・40%定格電圧 (200msec) ・70%定格電圧 (500msec) ◆短時間停電 ・0%定格電圧 (5s)		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。			
					B						
					C						

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) 47dBμV/m@230 MHz~1 GHz (at 10m Quasi-Peak) 76dBμV/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, peak) 56dBμV/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, average) 80dBμV/m@3 GHz~6 GHz (at 3m peak) 60dBμV/m@3 GHz~6 GHz (at 3m, average)		A	×		
					B	×				
					C	×				
				AC電源ポート	79dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak) 66dBμV@150 kHz~500 kHz (average) 73dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak) 60dBμV@500 kHz~30 MHz (average)		A	×		
					B	×				
					C	×				
				DC電源ポート	89dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak) 76dBμV@150 kHz~500 kHz (average) 83dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak) 70dBμV@500 kHz~30 MHz (average)		A	×		
					B	×				
					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EFT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)*¹

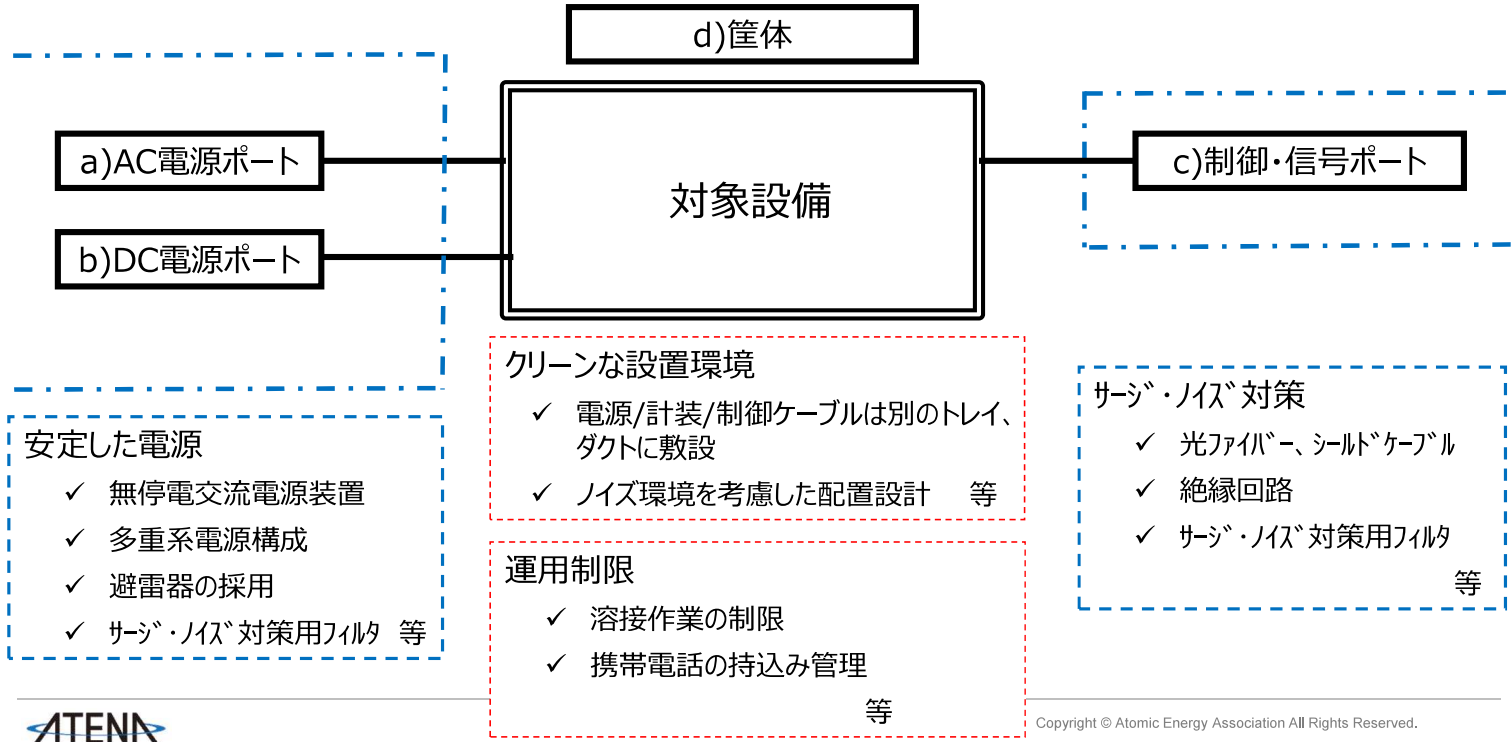
*1) 国内の原子力発電所としては想定不要な電源仕様に対する考慮のため、本規格に類する試験項目はこれまで試験対象外と判断し、いずれのプラントも試験は実施していない。但し、試験仕様の記載に不明確な点が含まれており、詳細要求について、IEC62003を策定したIEC/TC45/SC45A/WG9へ確認中。

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	

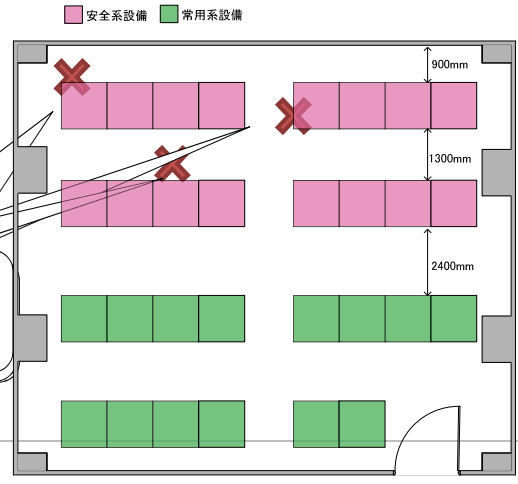


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

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。



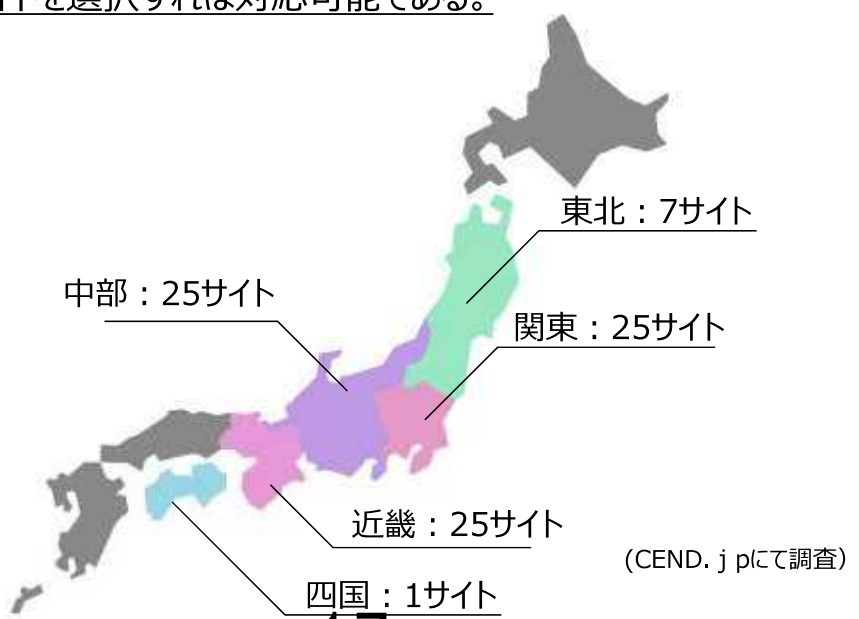
Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

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。



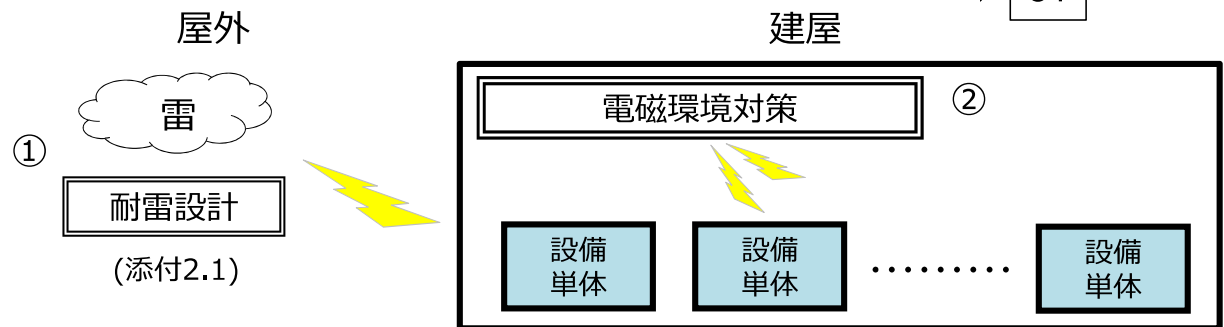
電波暗室を所有し代表的なEMC試験実施可能な国内EMC試験サイト

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)

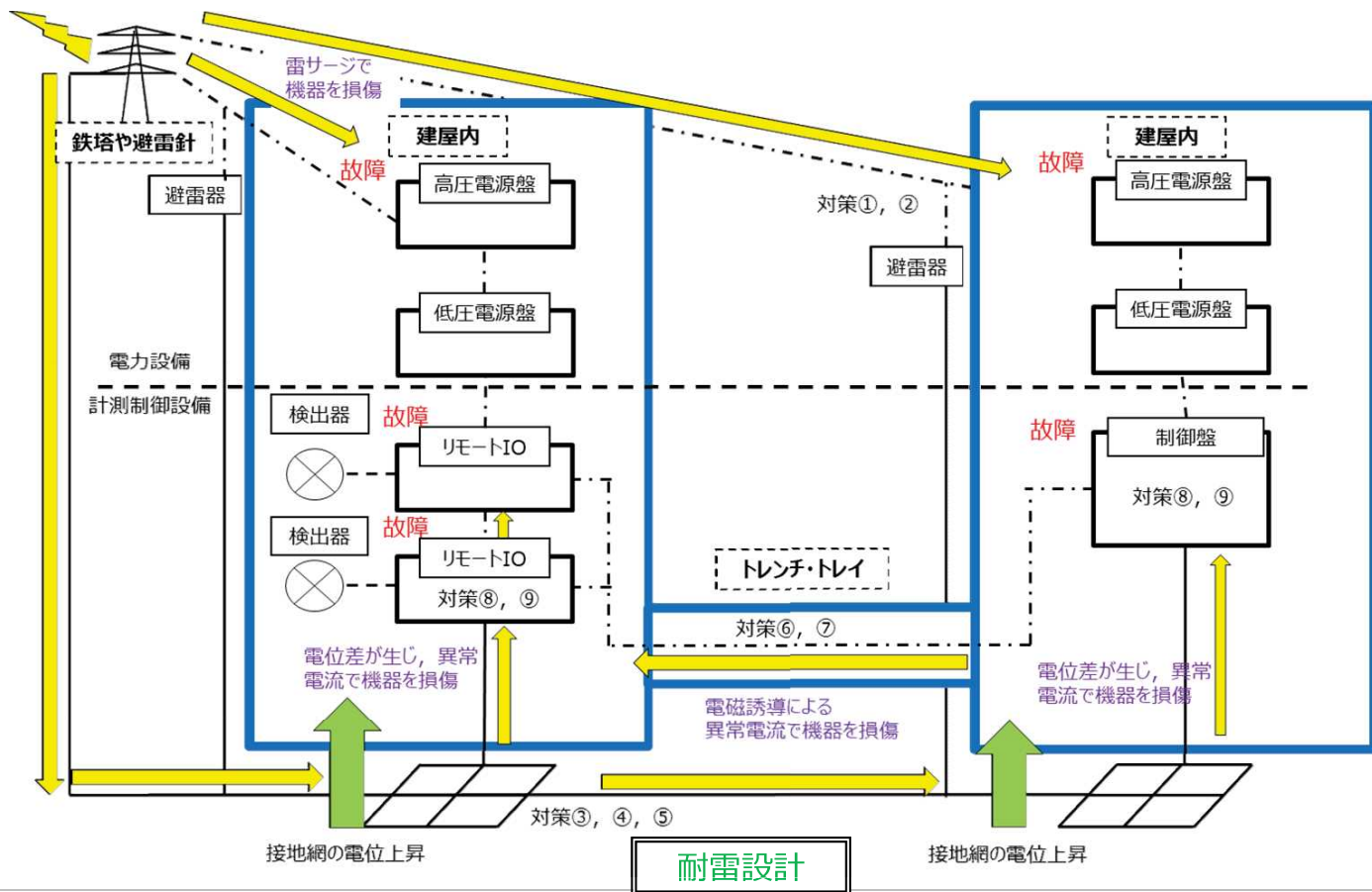


添付2.1 耐雷設計による雷サージ抑制策(1/2)

- ✓ 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。



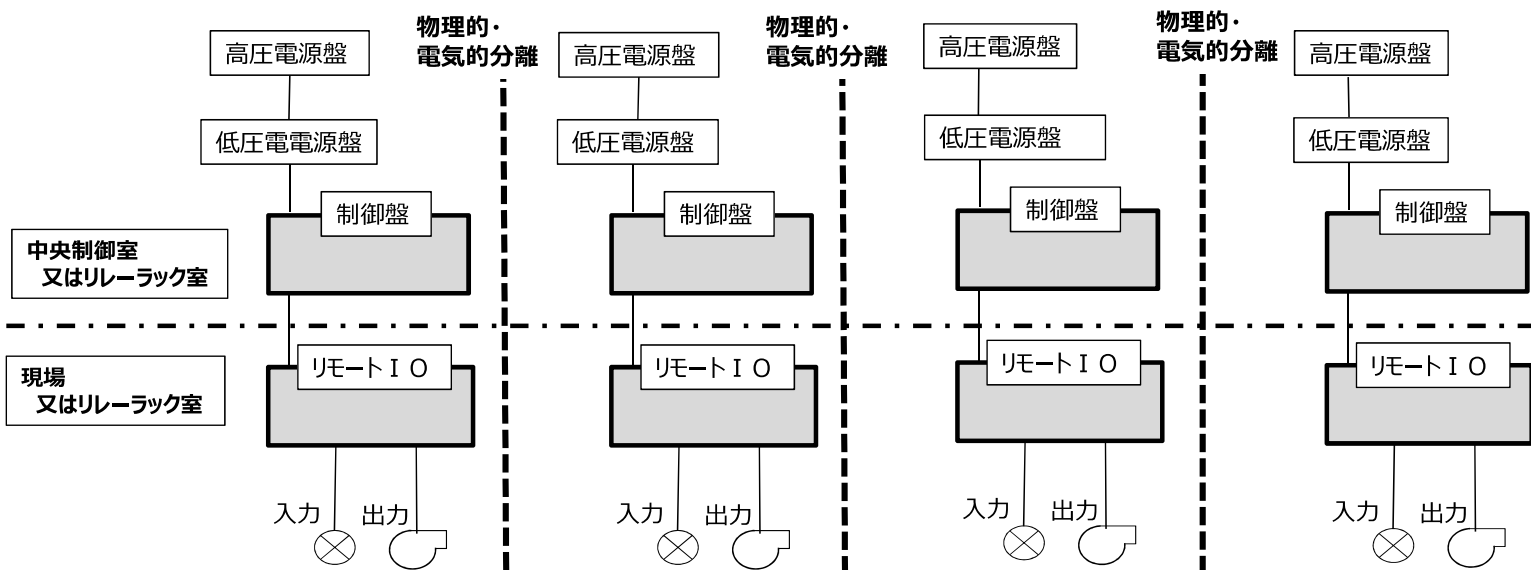
添付2.1 耐雷設計による雷サージ抑制策(1/2)



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。

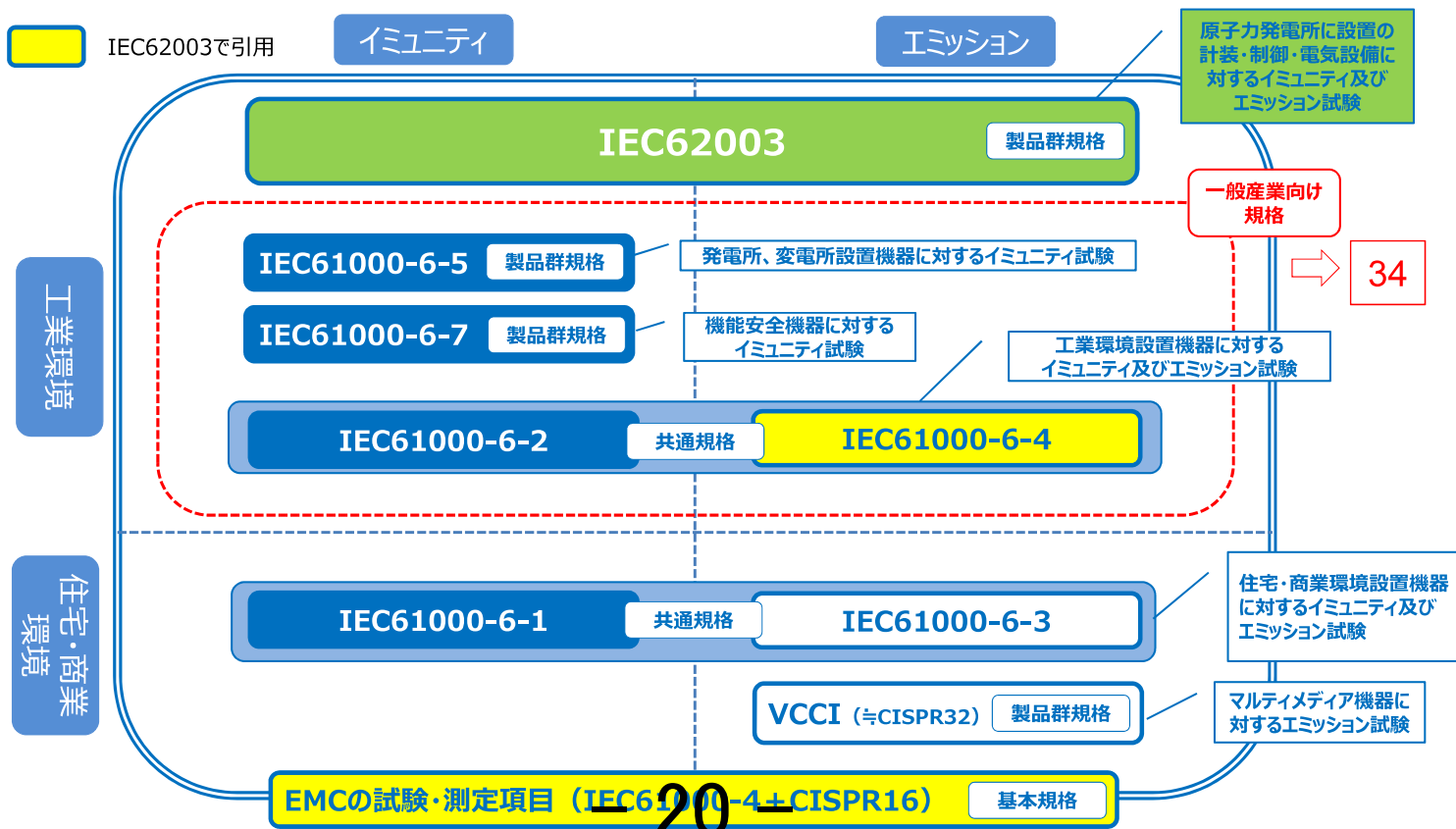
又、本編で説明の通り、現状でもIEC規格と同様の対象・目的で試験を実施しているので、

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

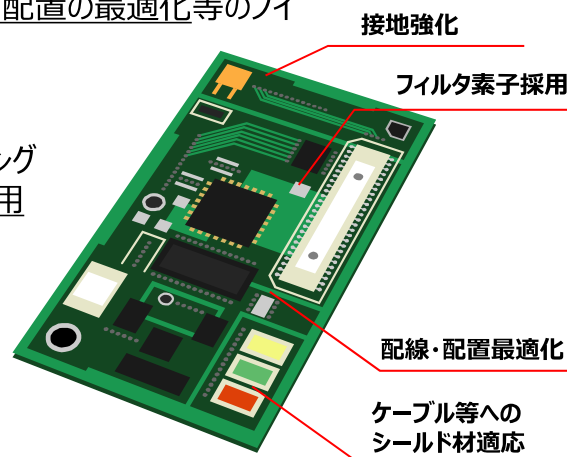
- ✓ 原子力発電所向けの装置に採用する基板・部品に対しては、一般産業品と同様、製品化ライフサイクルにおいて開発設計段階からノイズの影響が無いようメーカーとして考慮している。

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）