

ドラフト版

**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 8月 17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。
 - ✓ 達成すべき水準とは、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、この水準は維持できていたと考えられる。
 - ✓ 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、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。
- 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

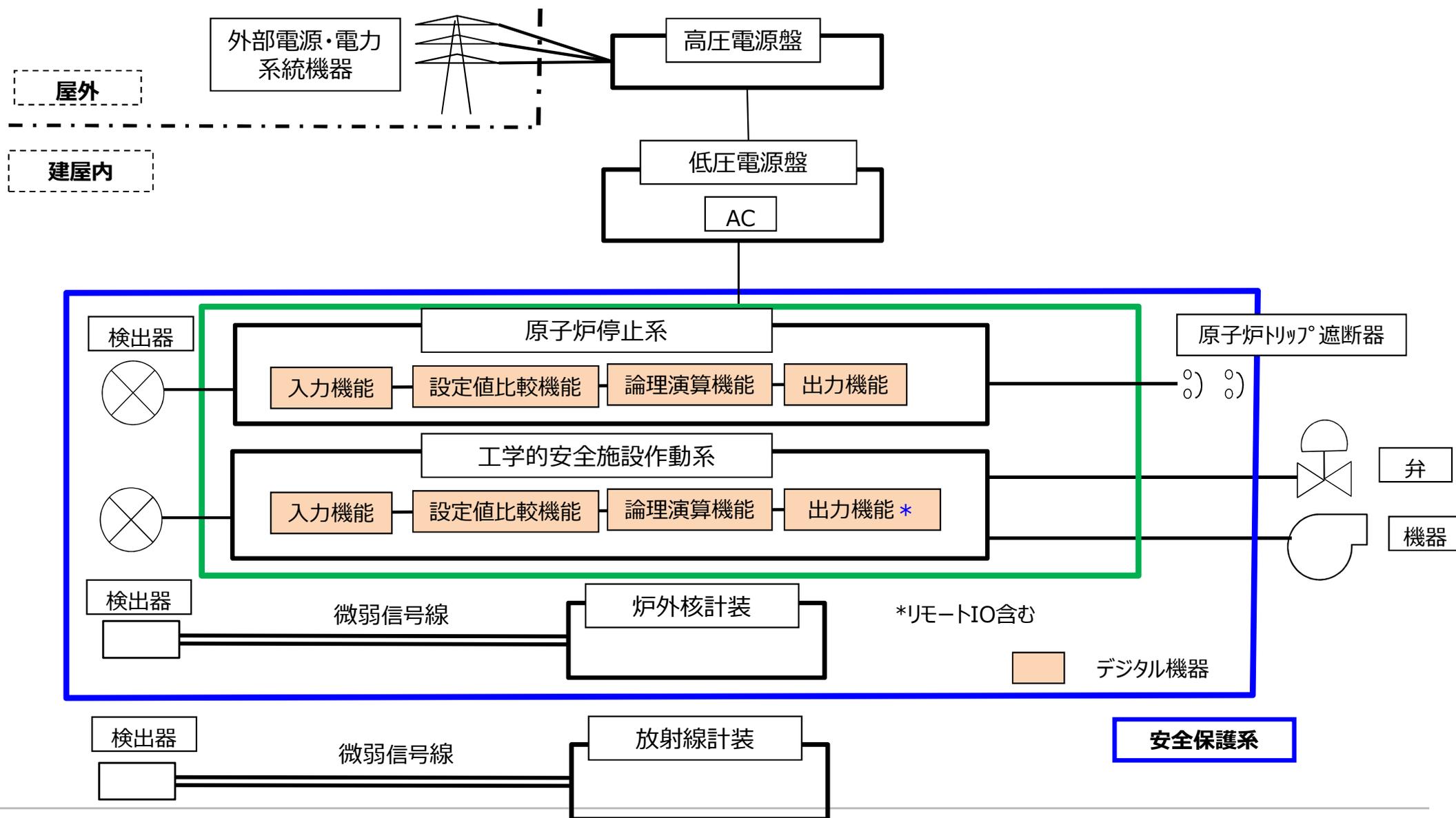
パターン④：試験対象の回路が存在しない

} 試験対象外
と判断

*1) IEC62003 Edition 2.0 2020-03

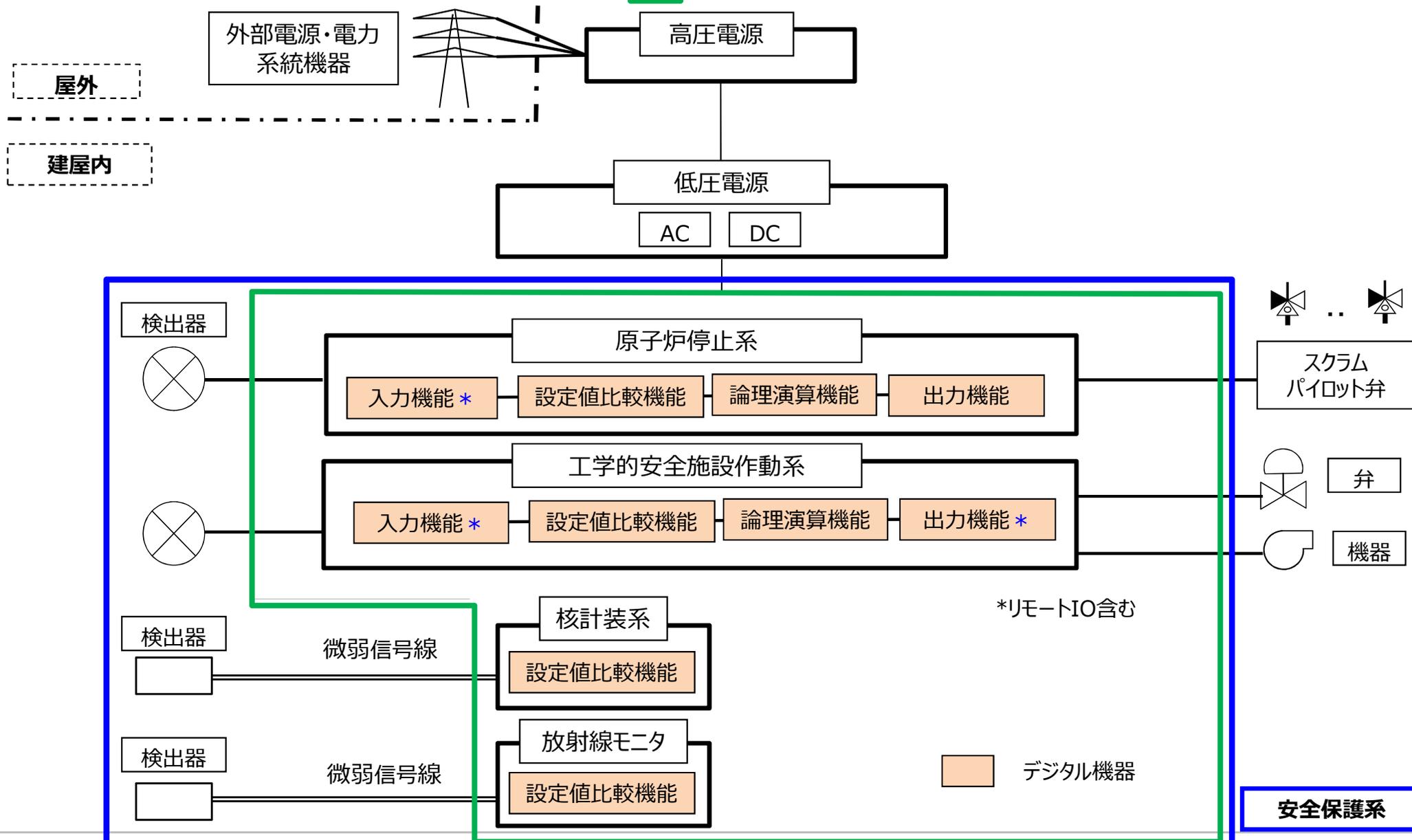
2.2 調査対象 (PWR) (1/2)

➤ 「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)

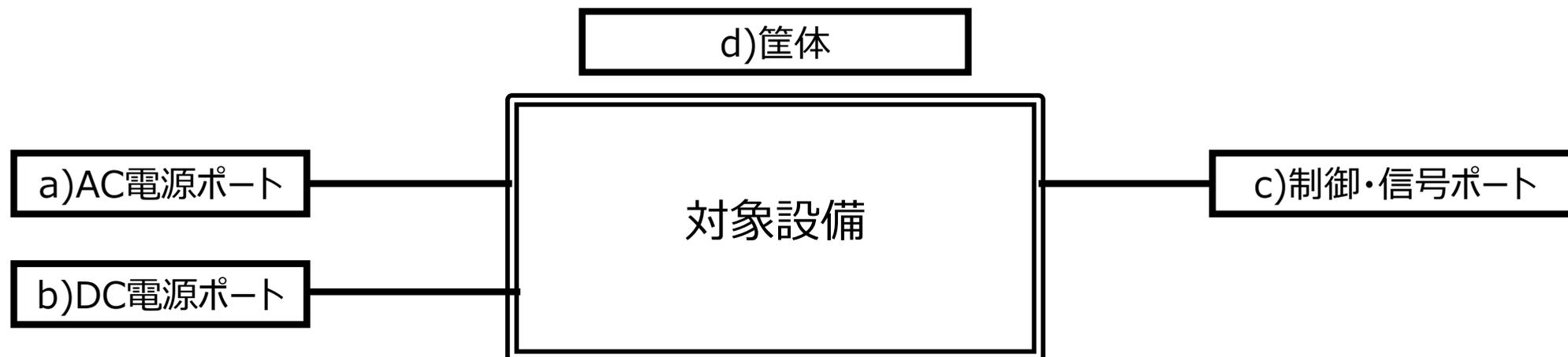
- 「安全保護系」における「デジタル機器」(□ 部分) のEMC試験実施状況を調査した。



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)

➤ 対象部位毎の典型的な試験方法や試験レベルを以下に示す。 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	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		
				type2	type3					
EMI タイプ	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		
						B	①	4kV		
						C	①	4kV		
			DC 電源 ポート	2kV	4kV	A	②	2.5KV		
						B	②	1.5kV		
						C	④	—	DC電源ポート無し	
			制御・ 信号 ポート	1kV	2kV	A	②	2.5KV		
						B	①	2kV		
						C	①	2kV		
	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	電圧印加後に設備を確認	
						B	①	4.5kV		
						C	②	4kV	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	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	電圧印加後に設備を確認
							B		×	
							C	②	4kV	電圧印加後に設備を確認

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
							type2	type3			
EMC ①過渡電圧/電流 (続き)	電気系統の開閉/負荷の切替電源回路の故障や絶縁破壊	IEC61000-4-12 (減衰振動波)	AC電源ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)		A	②	2.5KV			
				B		×					
				C		×					
			DC電源ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)		A	②	2.5KV			
				B		×					
				C	④	—	DC電源ポート無し				
			制御・信号ポート	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)		A	②	2.5KV			
				B		×					
				C	②	2.5KV					
	配電系統の故障や漏れ電流	IEC61000-4-16 (正弦波コンポーネント伝導)	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	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	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	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	
				type2	type3				
イミュニティ (続き)	①過渡電圧/電流 (続き)	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 (line-ground) 1kV (line-line)	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。		
				DC 電源 ポート	試験不要	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)			
				制御・ 信号 ポート	試験不要	2 kV (line-ground) 1kV (line-line)			

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	
				type2	type3				
EMI/EMC (続き)	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)	AC電源ポート	150 kHz ~ 80 MHz 10V	A	②	1.5/2.5kV	レベルはノイズ発生器側の数値
						B	①	10V	
						C		×	
				DC電源ポート	150 kHz ~80 MHz 10V	A	②	2.5kV	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	レベルはノイズ発生器側の数値	
					B	①	10V		
					C		×		
			IEC 61000-4-3 (80MHz~6GHz無線周波の直接放射)	筐体	80MHz ~ 6GHz 10V/m	A	②	1/2.5kV	レベルはノイズ発生器側の数値
						B	②	10V/m	
						C	②	10V/m	

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	
		規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル		
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因					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	
							B	①	気中放電 ±15kV 接触放電 ± 8kV	
							C	①	気中放電 ±4kV 接触放電 ±4kV	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	
							B	②	400A/m	
							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	IEC 61000- 4-10 (減衰振動 磁界)	筐体	10 A/m		A	②	2.5 kV	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	
				type2	type3				
EMC (続き)	⑤電源変動	位相制御機器やUPS機器等	AC電源ポート	IEC 61000-4-13 (AC電源の高調波)	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)、負荷の増/減(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	
						B	②	85~110V	
						C	②	85~132V	
		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 (200msec) ・70%定格電圧 (500msec) ◆短時間停電 ・0%定格電圧 (5s)	A	②	0%(1cycle)	
						B	②	0%(1cycle)	
						C	②	0%(1cycle)	
		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	
						B	②	±5%	
						C	②	±2Hz	
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
		規格番号	対象部位	試験レベル			パターン	試験レベル	
電磁的事象	想定ノイズ源 /原因			type2	type3				
イミテータ (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	<ul style="list-style-type: none"> ◆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	
						B	②	-15~+10%	
						C	④	-	DC電源ポート無し
		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	<ul style="list-style-type: none"> ◆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	
				type2	type3				
EMIシミュレーション	⑥無線周波の電磁放出	制御装置	筐体	40dBμV/m@30 MHz~230 MHz (at 10m Quasi-Peak)		A	×		
				47dBμV/m@230 MHz~1 GHz (at 10m Quasi-Peak)		B	×		
				76dBμV/m@1 GHz~3 GHz (at 3m, peak)		C	×		
				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)					
			AC電源ポート	79dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak)		A	×		
				66dBμV@150 kHz~500 kHz (average)		B	×		
				73dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak)		C	×		
			DC電源ポート	60dBμV@500 kHz~30 MHz (average)					
				89dBμV@150 kHz~500 kHz (Quasi-peak)		A	×		
				76dBμV@150 kHz~500 kHz (average)		B	×		
83dBμV@500 kHz~30 MHz (Quasi-peak)									
70dBμV@500 kHz~30 MHz (average)		C	⑤	-	DC電源ポート無し				

2.5 まとめ

- IEC62003から引用されている基本・共通規格のIEC61000(19規格)の内、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) 全てのプラントで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判断したものを含む）
IEC61000-4-2(静電気)、4-9(イパル磁界)、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(高速トランジェント)、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規格は全て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(正弦波モード伝導)
 - (2) 全てのプラントで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

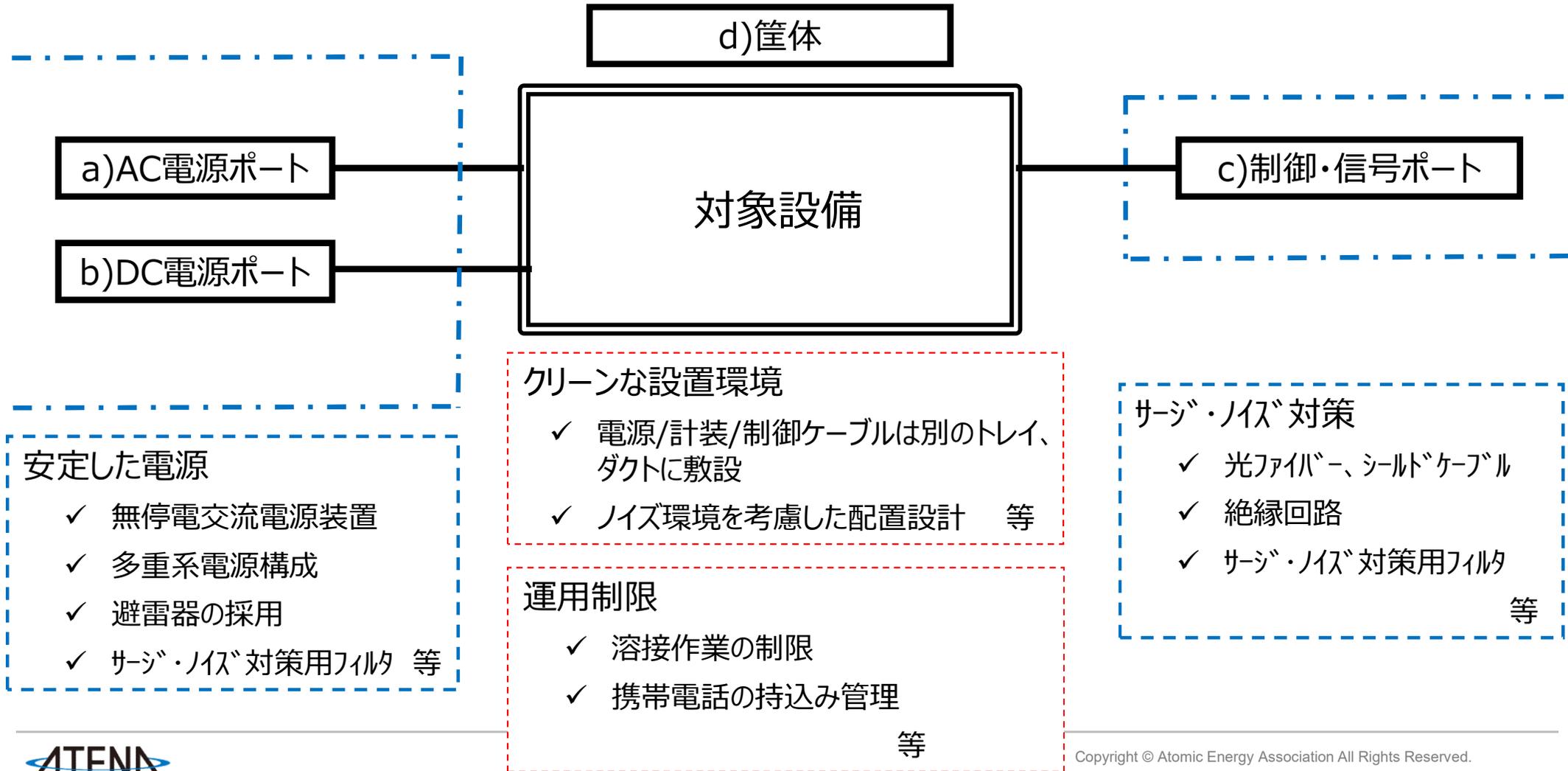
*1) 国内の原子力発電所としては想定不要な電源仕様に対する考慮のため、本規格に類する試験項目はこれまで試験対象外と判断し、いずれのプラントも試験は実施していない。但し、試験仕様の記載に不明確な点が含まれており、詳細要求について、IEC62003を策定したIEC/TC45/SC45A/WG9へ確認中。

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「クリーン」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。



3.2 調査結果を踏まえた現状評価

- 達成すべき水準とは、下記①から⑤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」である。

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

- 達成すべき水準は、下記から総合的に評価しており、現状でもすでに満たしていると言える。
 - ✓ ク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年代より産業界自主にて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。
- また、今回の国際規格との試験比較調査において、規格による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。

3.3 今後の活動方針

- 調査を通じ、国内と比して**国際動向はEMC試験の網羅性・統一性を有している**との知見を得た。
- **国際動向との協調が、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：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」
- 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	検計・整理 ▲	ATENAホ°ジションハ°-ハ°発行 ▲			ATENAホ°ジションハ°-ハ°改定(2) ▲
	計画	供試体設計	試験機材調達※1		試験・評価
		※1: 新型コロナの影響により、機器の長納期化(最長24か月)			

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	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin-bottom: 5px;">検討・整理</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin-bottom: 5px;">計画</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin-bottom: 5px;">周辺ノイズ環境測定</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin-bottom: 5px;">評価／方針検討</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin-bottom: 5px;">▲ ATENAホﾞジション パ-ハ°改定(1)</div>	

4.3 周辺ノイズ環境測定

➤ 測定対象

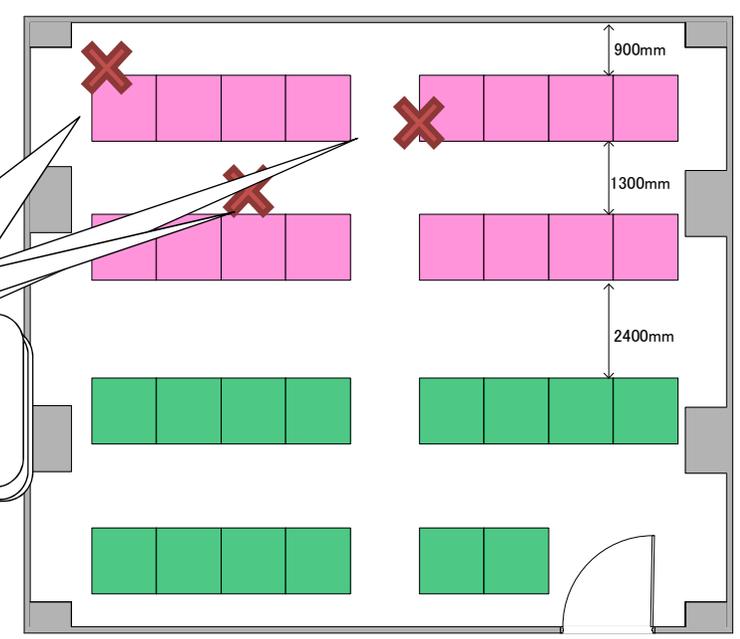
- ✓ PWR、BWRそれぞれからパイロットプラントをいくつか選定。
- ✓ 「安全保護系」における「デジタル機器」が設置された区画で実施する。
詳細な測定箇所は現地ウォークダウンを実施し決定する。

➤ 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。

【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)

■ 安全系設備 ■ 常用系設備



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。

5. まとめ

- 現状でも、下記①から⑤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」という達成すべき水準を満たしていると言える。

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

- 今回、国内試験項目と国際規格の比較調査を実施し、以下の結果・知見を得た。

- ✓ 規格による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電磁的事象は見出されなかった。

- ✓ 国際動向はEMC試験の網羅性・統一性を有しているとの知見を得た

- 国際動向との協調が、より信頼性の高い設備構築に資すると考え、以下の活動計画を策定した。

- ✓ 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【2024年度末目途】

- ✓ イミュニティ：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【2025年度末目途】



2022年中にこれらの活動計画をまとめた『ATENAホ°ジションパ°ーパ°』を発行する

添付資料

添付1 国内における試験実施の可能性 (1/2)

➤ NRAコメント

- ✓ 国内における試験実施の可能性は？

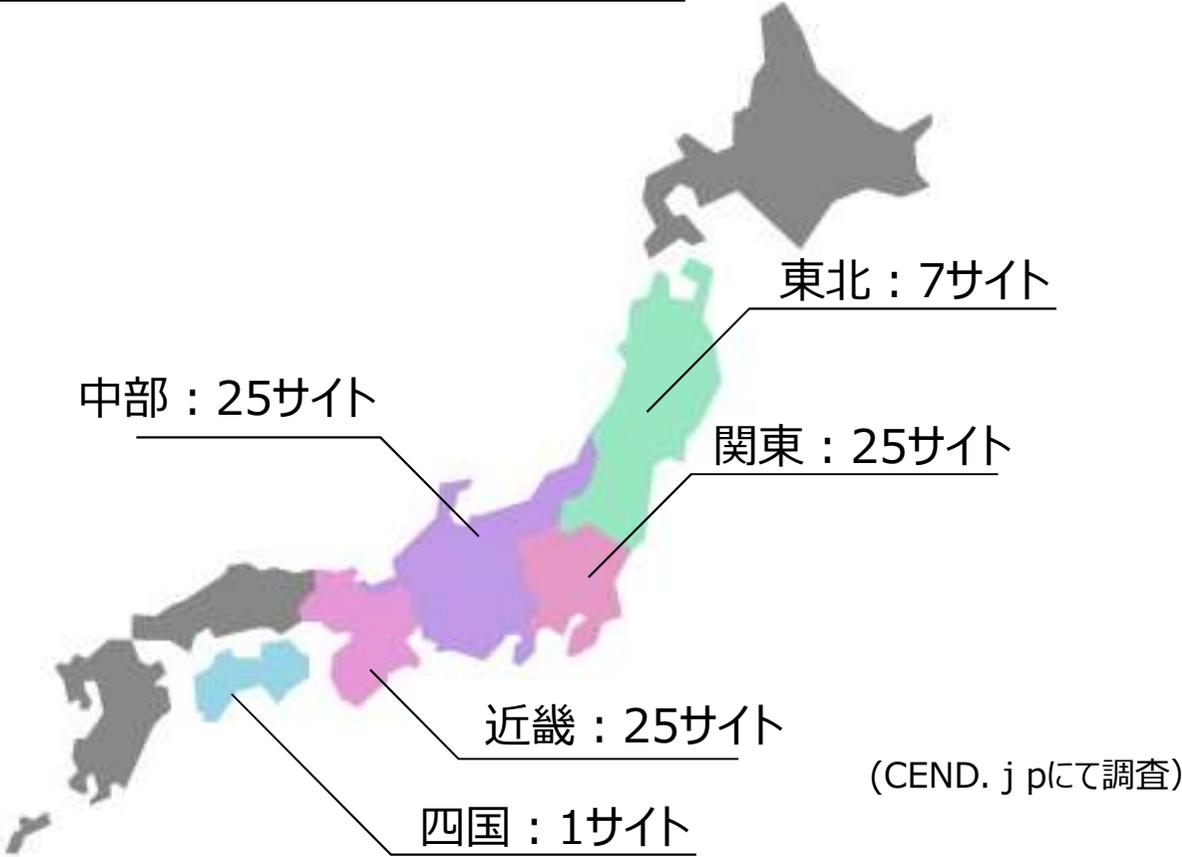
2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

添付1 国内における試験実施の可能性 (2/2)

➤ 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 (1/2)

➤ NRAコメント

- ✓ 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)

2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

添付2 電磁的事象による共通要因故障の可能性 (2/2)

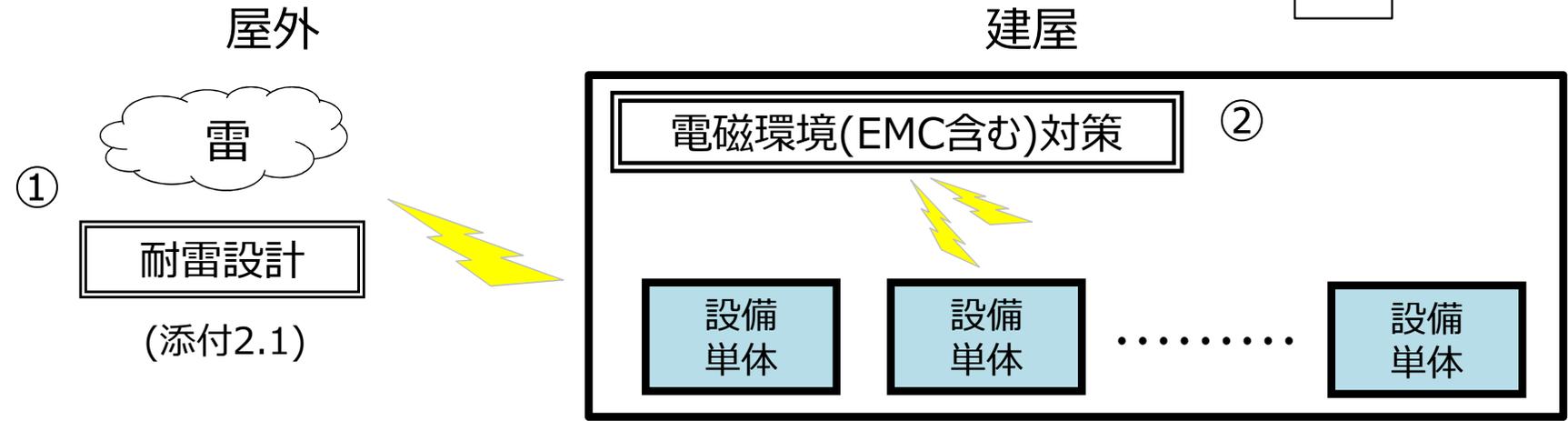
➤ ATENA見解

✓ 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。 ➡ 31

②電磁環境 (EMC含む) 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。 ➡ 33



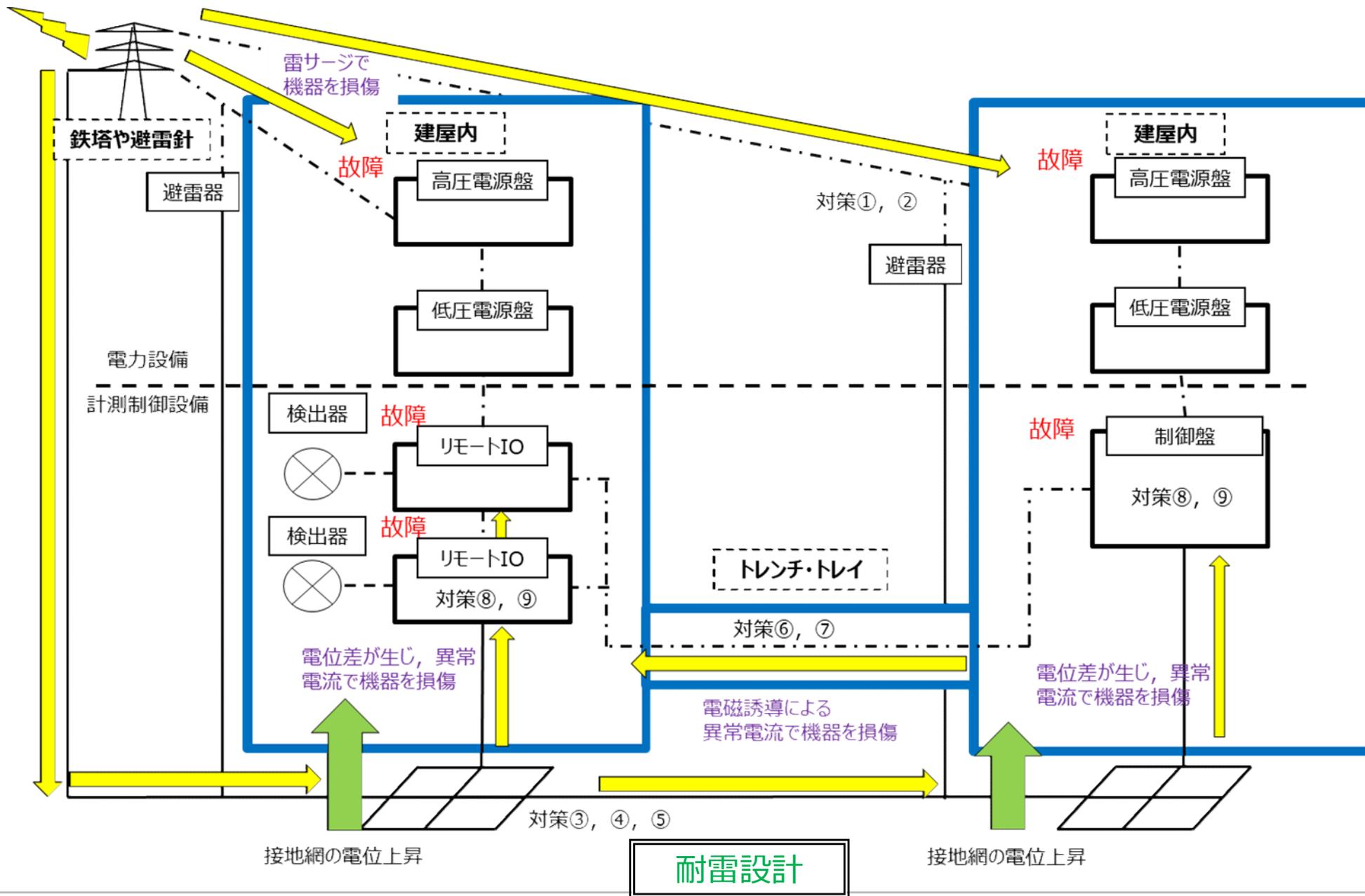
✓ 次頁に、①と③の対策の概要について補足する。 ③ 信頼性に関する設計上の考慮

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)

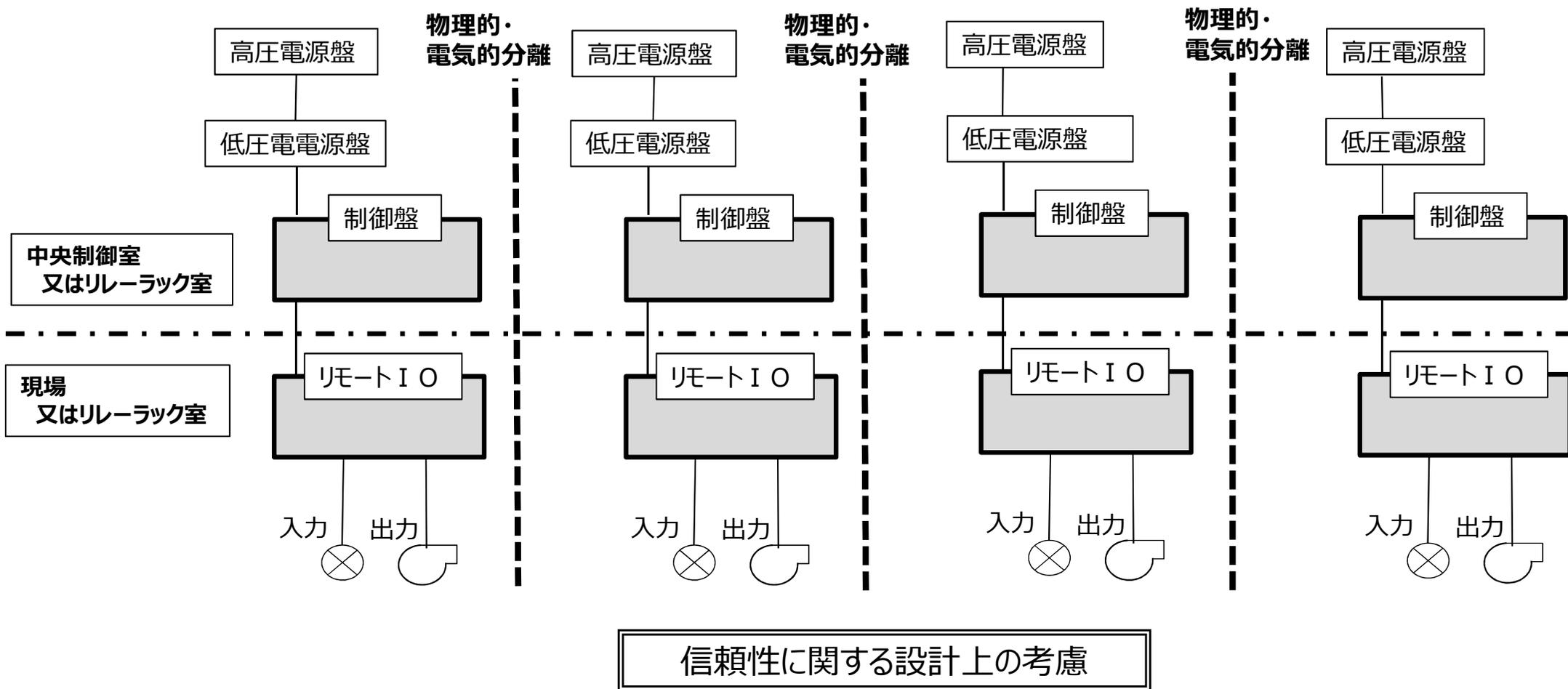
- ✓ 産業界の耐雷指針は、JEAG4608-2020「原子力発電所の耐雷指針」が規定されている。
- ✓ 雷サージによる影響を軽減するため、雷インパルス絶縁耐力の大きい電力設備と、雷インパルス絶縁耐力の低い計測制御設備に分けて以下のように雷サージ抑制策を講じている。
- ✓ 電力設備
 - 避雷設計
 - ① 架空送電線引き込み口等の適切な箇所に避雷器の設置等を行う。
 - ② 高圧，低圧巻線間には混触防止板を設ける。
 - ✓ 計測制御設備
 - 接地設計
 - ③ 接地電位上昇を極力抑制するため，接地抵抗値は所定の目標値以下とする。
 - ④ 接地電位分布の平坦化を図るため接地方式はメッシュ接地とする。
 - 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(2/2)



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。



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 (1/4)

➤ NRAコメント

- ✓ 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)

2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

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 (2/4)

➤ 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。

⇒ 36

(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。

⇒ 37

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。

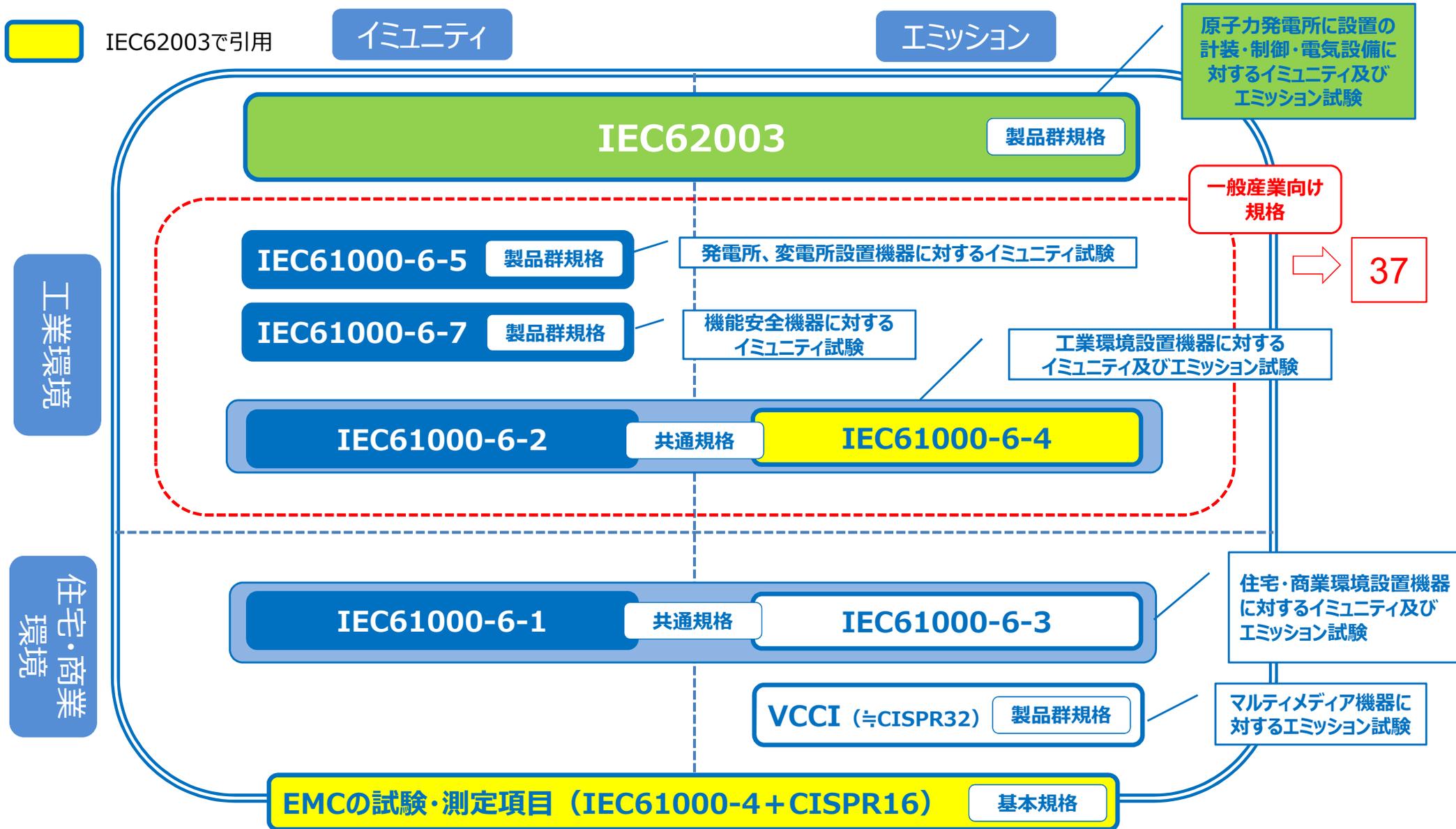
又、本編で説明の通り、現状でもIEC規格と同様の対象・目的で試験を実施しているので、

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 (3/4)

● 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 (4/4)

EMC分類		IEC試験規格文書番号		IEC 62003	IEC 61000 -6-2/-4	IEC 61000 -6-5	IEC 61000 -6-7	VCCI
				原子力発電所の計装・制御・電気設備イミューニティ及びエミッション試	工業環境設置機器へのイミューニティ及びエミッション試験	発電所、変電所設置機器に対するイミューニティ試験	機能安全機器に対するイミューニティ試験	
イミューニティ	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)		○	-	○	-	-
		IEC61000-4-29 (DC電源の電圧低下・瞬断)		○	-	○	○	-
エミッション	IEC61000-6-4	CISPR11 (ISM機器)	伝道妨害 (150kHz30MHz) 放射妨害 (30MHz~6GHz)	○	○	-	-	-
	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



添付4 基板・部品レベルでの電磁両立性 (1/2)

➤ NRAコメント

- ✓ 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)

2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

添付4 基板・部品レベルでの電磁両立性 (2/2)

➤ ATENA見解

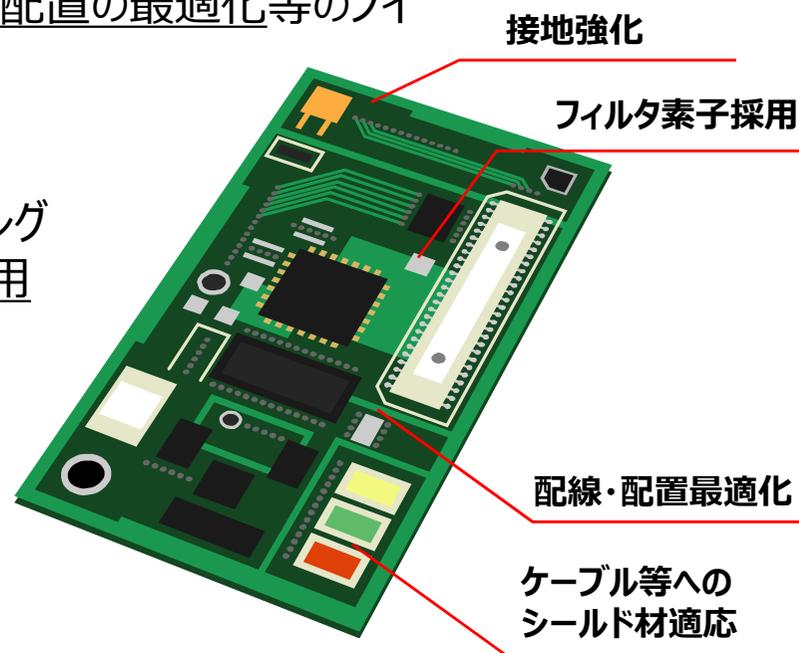
- ✓ 原子力発電所向けの装置に採用する基板・部品に対しては、一般産業品と同様、製品化ライフサイクルにおいて開発設計段階からノイズの影響が無いようメーカーとして考慮している。

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。



添付5 核計装及び放射線計装の電磁両立性 (1/2)

➤ NRAコメント

- ✓ 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。
- ✓ 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)

2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

添付5 核計装及び放射線計装の電磁両立性 (2/2)

➤ 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、産業界の自主基準での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きます。
- ✓ 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・試験を継続していきます。

添付6 安全保護装置の設計の確証について (1/2)

➤ NRAコメント

- ✓ 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。
- ✓ 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)

2022年1月20日 第51回技術情報検討会資料 資料51-1-2

『電磁両立性（EMC）に係る事業者からの意見聴取結果について』より抜粋

添付6 安全保護装置の設計の確証について (2/2)

➤ 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Sクラス設計の妥当性を耐震解析結果にて確認）