

電磁両立性（EMC）に係る規制動向の調査について（案）

令和3年1月27日

技術基盤課

システム安全研究部門

1. 経緯

原子力規制委員会の重要課題として、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策が挙げられており、ソフトウェア起因の共通要因故障対策として満足すべき水準が示され、その対応について検討が進められている。一方、共通要因故障の要因としては、この他にも計測制御設備などで使用される機器間の電磁波による相互干渉が考えられることから、令和元年度第39回技術情報検討会において、EMCを考慮した設計として達成すべき具体的な水準等について調査を開始することとしている。ここでは、これまでに調査した範囲についてその状況を報告する。

2. 調査内容

第39回技術情報検討会においては、米国 R.G1.180¹や機器の EMC 評価に関する規格類（IEC 規格等）を想定して調査を開始することとした。このため、これらを含む EMC に関する文書体系を整理し、原子力施設においてどの規格をどのように適用して達成すべき水準としているか、また実際にどのようにこれらの規格が適用されているかの観点から調査を実施している。

3. 調査結果

3.1 海外の規制要求に関する調査

(1) 海外における規制文書・規格基準類の概要

調査対象として米国 R.G1.180 を含む規制関係文書、及びその技術的根拠となる文書（NUREG 等）、機器の EMC 評価に関する規格類（IEC 規格）、IAEA が発行する文書等、当該分野の主要な文書について調査を実施した。調査結果の概要を添付資料-1 に示す。ここに示す通り、EMC 対策として達成すべき具体的な水準に関連する基本的な文書としては、以下の①及び②がある。（以下「基本文書」という）

① IEC62003²：原子力施設で適用すべき IEC61000 シリーズの文書を規定

② R.G 1.180 及び EPRI TR 102323³：原子力施設で適用すべき MIL 規格、及び

¹ NRC 規制ガイド「安全関連の計測制御システムにおける電磁および無線周波障害の評価についてのガイドライン」

² 原子力発電所の安全上重要な I&C システムに使用するための設備の EMC 試験に関する認定に関する基準

³ Guidelines for Electromagnetic Interference Testing of Power Plant Equipment

この代替として適用できる IEC61000 リーズの文書を規定

(2) 海外規制文書・規格基準類における要求事項

基本文書に規定された、詳細な試験条件等に関する規格基準類を抽出し添付資料-2 にまとめた。EMC に係る試験条件、試験手法等の要求事項については、IEC61000 あるいは MIL 規格のうち必要なものが選択的に適用されている。このうち、IEC 規格については JIS C 61000 シリーズとして国内規格化がなされているものもある。

(3) 主要な文書の概要と最新動向

基本文書は何れも近年改定版が発行された状況にある。各文書の概要と最新の動向を添付資料-3 に示す。

3.2 海外プラントの対応状況に関する事例調査

令和元年度の調査では、海外（米国）において異なるデジタルプラットフォームを適用した 5 事例を選定し許認可における EMC への対応状況を調査した。この結果、R.G1.180 等の基本文書で指定する規格基準を適用する事例、及びこれらと実際に適用する施設のノイズレベル測定等を組み合わせてその妥当性を判断している事例があった。添付資料-4 にその概要を示す。

4. 国内の規制要求に関する調査

設置許可基準規則第 6 条及びその解釈等において、外部からの衝撃による損傷の防止等について規制し、審査において、電磁的障害の対策について事業者が適用している規格を確認しており、JIS C 60364-4-44⁴、一般社団法人電気学会電気規格調査会標準規格 JEC 0103-2005⁵等が準用されているが、IEC62003 のように原子力施設向けの基本文書的な規格は適用されていない。

5. 今後の予定

以下の(1)及び(2)について調査を継続し、EMC 対策として達成すべき具体的な水準について整理し、技術情報検討会に報告する。また、これらの電磁的障害に係る海外の知見、規制動向等の情報収集を踏まえ、制度改正の要否等についての検討を行う。

(1)海外調査

EMC 対策として達成すべき水準の検討に資する知見を得るため、試験方法等に

⁴ 低圧電気設備—第 4—4 4 部：安全保護—妨害電圧及び電磁妨害に対する保護

⁵ 低圧制御回路試験電圧標準

係わる詳細な文書について調査分析を実施するとともに、機器の認証に関する事項（試験機関・設備等を含む）、対象とすべき設備、原子力発電所での適用事例（欧州を含む）等について調査を継続する。

(2)国内調査

海外の規格基準類と、国内において事業者が適用している規格類には差異があることから、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(R.G1.180、IEC62003 等)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確認する。

【添付資料】

添付資料- 1 EMCに関連する文書体系 (1/2) 米国規制関連文書
(2/2) 欧州及び国際標準文書

添付資料- 2 EMCに関連する試験規格の比較表

添付資料- 3 EMCに関連する基本文書の概要と改訂動向

- (1) IEC62003: Nuclear power plant – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing
- (2) R.G 1180: Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio-Frequency Interference in Safety-Related Instrumentation and Control Systems
- (3) EPRI TR 102323: Guidelines for Electromagnetic Compatibility Testing of Power Plant Equipment Rev.1

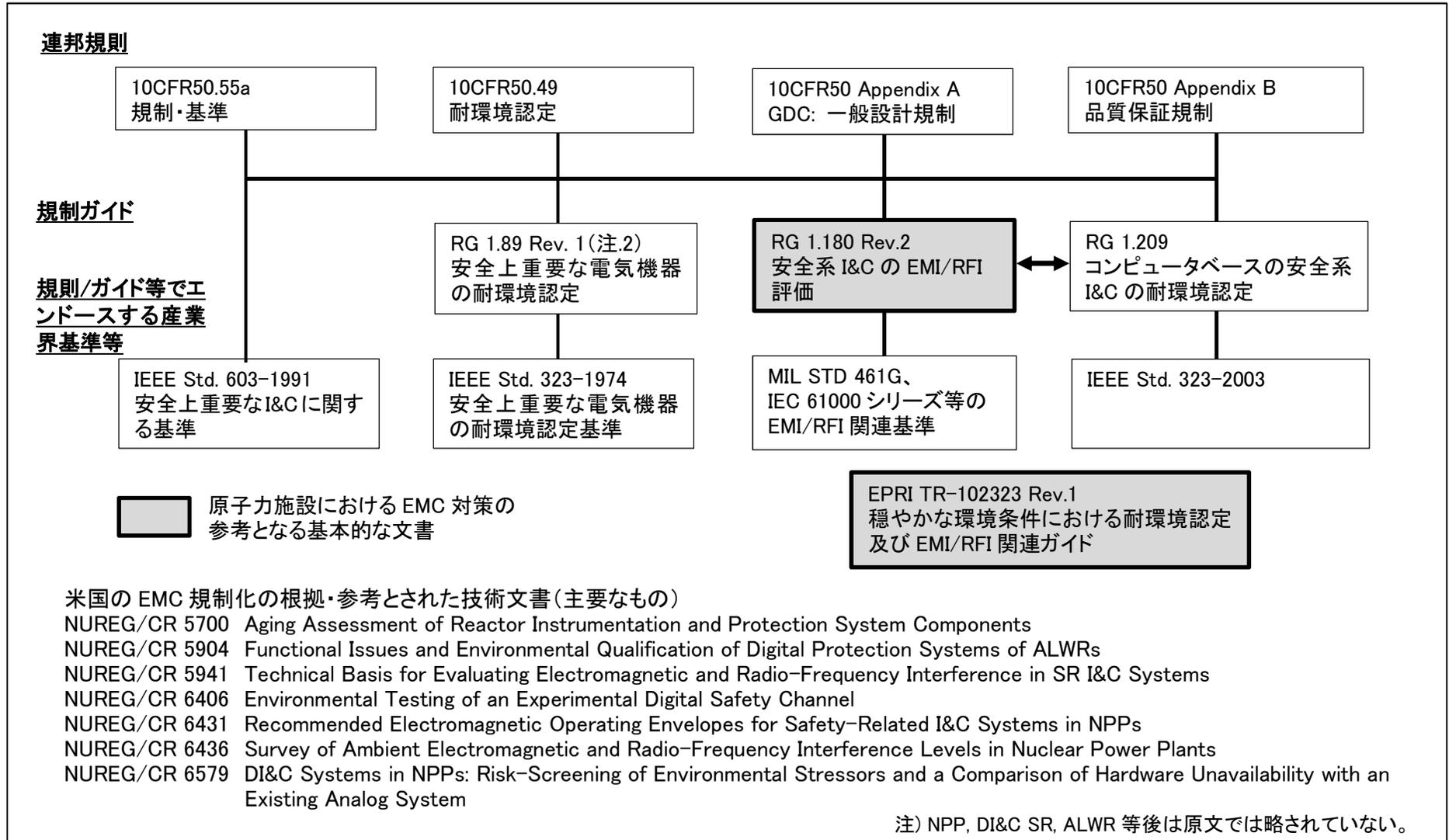
添付資料- 4 海外プラントの対応状況に関する事例調査（規格の適用範囲/方法）

参考資料 EMCの基本事項

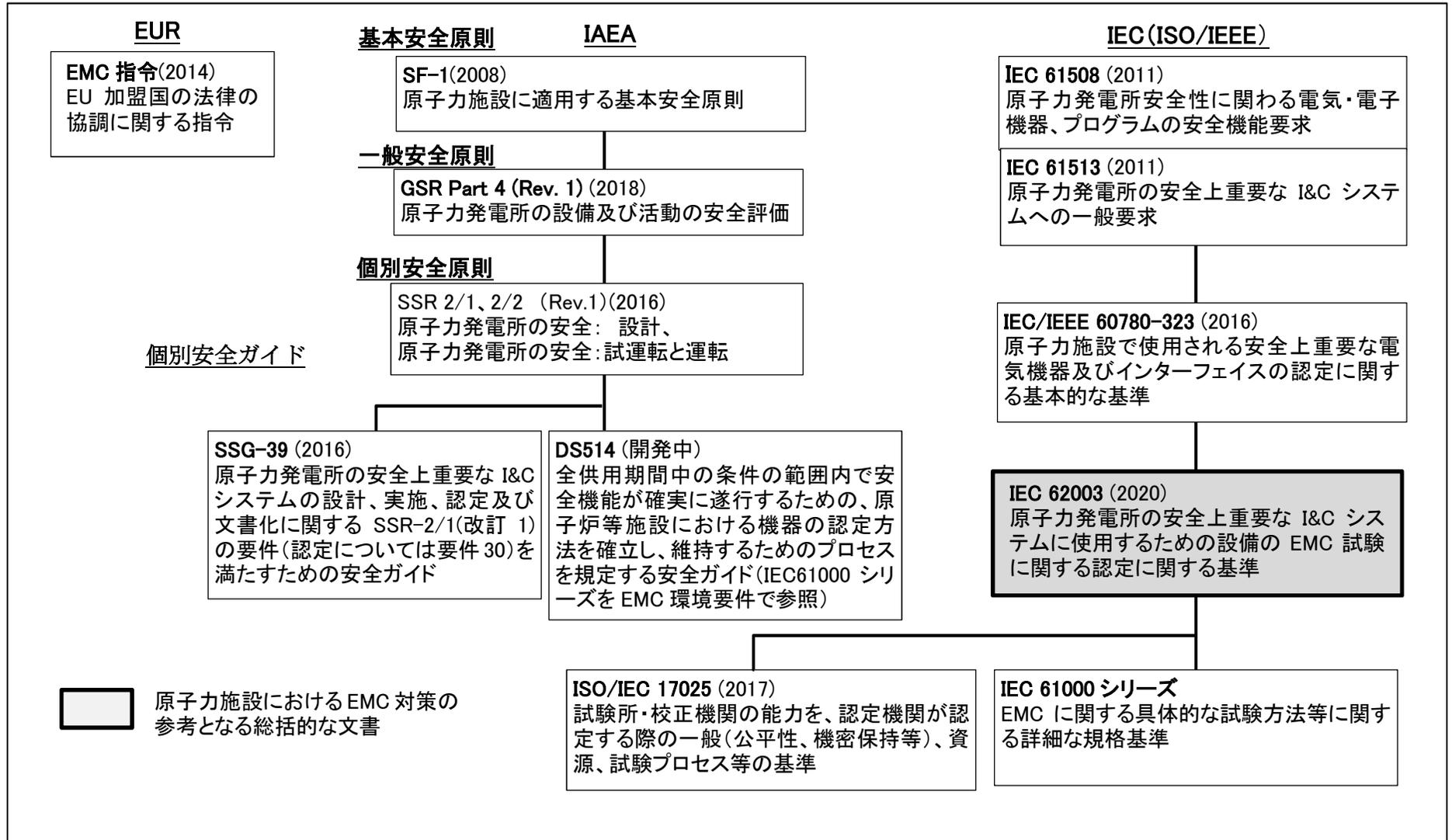
別添-1 第39回技術情報検討会 資料39-3-3 電磁両立性（EMC）に係る
海外の規制動向の調査について

以上

添付資料-1 EMCに関連する文書体系(1/2)米国規制関連文書



添付資料-1 EMCに関連する文書体系(2/2)欧州及び国際標準



添付資料-2 EMCに関連する試験規格の比較表

	要求事項	RG 1.180 Rev.2 (2019)	IEC 62003 Ed.2 (2020)
1.全般	1.1 プラント運転環境	安全系 I&C の感受性は想定環境に対して最低 8dB のマージンを確保	IEC 61000-6-5 の原子力発電所のインターフェースタイプ 2 または 3 に設置されている I&C 及び電気機器が対象
	1.2 プラント制限区域	EMI/RFI 放射源の使用を禁じる制限区域を設けること	
2.EMI/RFI 制限方法(接地法等)		IEEE Std. 1050-2004	—
3.放射 性 (エミ ッション)	3.1 伝導(低周波数)	MIL-STD-461G CE101	—
	3.2 伝導(高周波数)	MIL-STD-461G CE102 又は、 IEC 61000-6-4 CISPR 16	IEC 61000-6-4
	3.3 放射(低周波数)	MIL-STD-461G RE101	—
	3.4 放射(高周波数)	MIL-STD-461G RE102 又は、 IEC 61000-6-4 CISPR 16	IEC 61000-6-4
4.感受性	4.1 伝導	(電力線) MIL-STD-461G CS101, 114、 又は、IEC 61000-4-6, 13, 16 (信号線) MIL-STD-461G CS114, 115, 116、 又は、IEC 61000-4-6, 16, 4, 5, 12	<u>IEC61000-4-4</u> <u>IEC61000-4-6</u> <u>IEC61000-4-11</u> <u>IEC61000-4-13</u> <u>IEC61000-4-16</u> <u>IEC61000-4-17</u> <u>IEC61000-4-28</u> <u>IEC61000-4-29</u> <u>IEC61000-4-34</u>
	4.2 放射(磁界)	MIL-STD-461G RS101 又は、IEC61000-4-8, 9, 10	<u>IEC 61000-4-8, 9, 10</u>
	4.3 放射(電界)	MIL-STD-461G RS103 又は、IEC 61000-4-3	<u>IEC61000-4-3</u> <u>IEC61000-4-20</u>
5.耐サージ性 (減衰振動、単一電流パルス/電 圧パルス、連続バースト波)		IEEE Std. C62.41.1-2002, C62.41.2-2002, C62.45- 2002、又は、IEC 61000-4-12, 5, 4	<u>IEC 61000-4-5,12</u>
6.静電気放電		IEC 61000-4-2	<u>IEC 61000-4-2</u>
7.文書化		電磁両立性を証明するデータについて独立監査可能なよ うトレーサブルで理解可能なように文書化	試験中の構成と動作モードを正確に記載すること、及び 採用された試験手順と各試験に適用された基準を明確に 示すことが必要

「—」は、当該文書に記載のないことを示す。下線は JIS C 61000 シリーズとして国内規格化されているものを示す(調査中)。EPRI TR-02323 も詳細な試験条件を記載した文書であるが、本表の 2 文書に対応する最新版は調査中のため示していない。3.2 伝導(高周波数)、3.4 放射(高周波数)に関して、RG 1.180 Rev2 では非安全系について FCC Class A, B 認証も可としている。耐サージ性は国内では JEAG-4607-1999「原子力発電所の耐雷指針」で規定されているが、改定動向等の確認が必要。国内では IEC62003 のように原子力施設向けに総括するような規格がないためヒアリング調査等を実施するのが望ましいと考えられる

添付資料-3 EMCに関する基本文書の概要と改訂動向

(1) IEC62003 : Nuclear power plant – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing (原子力発電所の安全上重要な I&C 設備の電磁両立性試験に対する要求)

1. 目的

原子力発電所の安全上重要な系統に使用するために供給される I&C 設備の電磁両立性試験に関する要求として適用可能な IEC 規格 (IEC61000 シリーズ) を列挙し、原子力安全の用途に固有の試験条件や基準等を提供する。

2. 要求

原子力発電所の安全上重要な原子力 I&C 設備は、下記に示す様な電磁妨害に対する耐性要求を満たさなければならないとしている。

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| a) 大きなエネルギーのサージ擾乱 | h) 高周波磁界による伝導妨害 |
| b) 電圧降下、短絡遮断、電圧変動 | i) 振動減衰擾乱 |
| c) 電気的高速過渡現象/バースト | j) 電源電圧の変動 |
| d) 静電放電 | k) 0Hz~150Hz の伝導コモンモード妨害波 |
| e) 放射電磁界 | l) 供給システムにおける電力周波数の変動 |
| f) 電力周波数磁界 | m) 電源波形の高調波・高調波歪 |
| g) パルス磁場 | n) 減衰振動磁場 |

設置場所、及び運転中の電磁的状态の重大さ等に応じた試験条件を記載している。

I	軽度の電磁環境
II	中程度の電磁環境
III	厳しい電磁環境
IV	苛酷な電磁環境

I&C 設備が遂行する機能の重要度分類に応じて判定条件が設定されている。

分類 A (クラス 1)	試験時も機能を維持し、性能劣化は許容されない。
分類 B (クラス 2)	試験後は機能を維持し、性能劣化は許容されない。
分類 C (クラス 3)	短期的な性能劣化は許容され自己又は保守等による復旧

3. 改訂動向

2009 年に発行された Ed.1 から Ed.2 への改訂が行われた。Ed.2 における改訂内容は対象設備を I&C 設備から電気設備を含むよう拡大する等の 5 項目であり、2020 年 3 月に発行されている。

(2) R.G 1180 REVISION 2

GUIDELINES FOR EVALUATING ELECTROMAGNETIC AND RADIO-FREQUENCY INTERFERENCE IN SAFETY-RELATED INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS (安全関連の計測制御システムにおける電磁及び無線周波障害の評価についてのガイドライン)

1. 概要

原子力発電所の安全関連 I&C システムに対するエミッション試験に関して、受け入れ可能な具体的な試験方法を表 2 MIL-STD-461 の EMI/RFI エミッション試験方法（及び代替となる IEC 規格）を示している。

- ・ CE101－伝導エミッション、低周波数
- ・ CE102－伝導エミッション、高周波数
- ・ RE101－放射エミッション、磁界
- ・ RE102－放射エミッション、電界
- ・ IEC エミッション試験
- ・ EMI/RFI エミッション試験概要

原子力発電所の安全関連 I&C システムに対する EMI/RFI 感受性試験に関して容認できる具体的な試験方法を MIL-STD-461（及びこの代替となる IEC 規格）から示している。

- ・ EMI/RFI 伝導妨害感受性試験－電源線
- ・ EMI/RFI 伝導妨害感受性試験－信号線
- ・ EMI/RFI 放射妨害感受性試験
- ・ EMI/RFI 感受性試験概要

1 GHz を超える放射 EMI/RFI エミッションと感受性に対処するために、前者は MIL-STD-461 RE102 試験、後者は感受性についての RS103 試験が適用可能であるとしている。

2. 改訂動向

Rev.1 から Rev.2 へ改訂され、2019 年 12 月に発行された。改訂内容は、静電気放電試験の追加、エンドースする MIL 規格を MIL-STD-461E から MIL-STD-461G への変更等である。

(2) EPRI TR 102323 Guidelines for Electromagnetic Compatibility Testing of Power Plant Equipment Rev.1 (発電所機器の EMC 試験のガイドライン)

1. 概要

原子力発電所に設置する装置の電磁両立性を確立するために使用が推奨される包括的な EMI 感受性およびエミッション試験レベルを定義する。

既存の国際及び国内の EMI 規格と、米国の原子力発電所（ゼイオン及びターキーポイント等）で収集された EMI 測定データの分析に基づく。

2. 検討手順

EPRI TR-102323 Rev.1 では、以下の手順で検討を行っている。

a) プラントの EMI/RFI 環境レベルの測定

電磁放射環境レベルが MIL-461 ベースの機器感受性レベルに対して十分なマージンをもって下回っていることを確認

b) プラントの EMI/RFI を制限するための方策

機器感受性試験を有意なものとするためには電磁放射環境を管理する必要があるとし、その方策として携帯機器の制限距離等を記載している。

c) プラント及び機器の放射制限

プラントのエミッション制限は MIL ベースの機器感受性試験レベルよりも 8dB 下方、機器のエミッション制限は 20dB 下あるいはプラントのエミッションレベル全体を有意に増加させない等のアプローチを記載している。

3. 装置の感受性試験

既存の基準の評価と原子力発電所の運転および停止モードでのデータに基づき、商用原子力発電所で使用する資格を得るためにデジタル安全関連装置を設置する前に実施すべき感受性試験の一覧を示している。

4. 参考資料

資料 E に NRC の安全評価書について記載があり、プラント固有の EMC 環境が TR-102323 で同定された環境と類似であれば、プラント固有の EMI 調査を必要としないとしている。

5. 改訂動向

初版発行後に NRC との協議結果を反映した Rev.1 が発行され、NRC の安全評価書（SER）が添付されている。その後も適時改訂され、現時点の最新版として Rev.5 が発行されている。令和元年度の調査は公開されている Rev.1/3 をもとに実施したため、引き続き令和 2 年度は最新動向の調査を実施する。

添付資料-4 海外プラントの対応状況に関する事例調査(規格の適用範囲/方法)

プラント	安全系デジタル I&C	試験方法(適用規格)	調査結果
U.S.EPR (DC 審査中)	フラトム社 TXS	開発時点: 欧州基準 追加: EPRI TR-102323 Rev.0 追加(現在): EPRI TR-102323 Rev.3	EPRI TR-102323 Rev.3 記載の EMC 要求に準拠している。 補足)米国での申請時に再評価した結果、一部を満足していなかったため、システム構成を一部改造したとしている。
Diablo Canyon	Triconex 社 TRICON v10	RG-1.180 Rev.1 エミッション試験 - MIL-STD-461E 感受性試験 - IEC61000 シリーズ	エミッション試験では CE101、及び CE102 について適合しない結果が得られたため、試験結果が問題ないことを実機適用段階で評価するとされている。 感受性試験では一部のモジュールについて適合しない結果が得られたため、問題ないことをプラントへの実機適用段階で評価するとされている。
AP1000 (建設中)	WH 社 Common-Q AC160	EPRI TR-102323	感受性試験で EPRI TR-102323 の要求に完全には適合しない結果が得られたため、実機適用段階で設置環境が EMC 試験で確認した感受性限界を下回っていることを確認することを前提条件として承認されている。
US-APWR (DC 審査中)	三菱電機 MELTAC	RG-1.180 Rev.1 MIL-STD-461E	MIL-STD-461E に記載の EMC 要求に準拠している。 申請段階では CE101 対応の試験は不要として基本承認を得ているが、その後当該の試験も実施したとの記載に改訂されている。 補足)エミッション試験の一部は申請段階で再実施し要求に全て適合することを確認したとしている。
Hope Creek	GE 社 NUMAC	RG-1.180 Rev.1 EPRI TR-102323	RG-1.180 Rev.1 及び EPRI TR-102323 の要求を満足しているとしている。但し、実機適用段階では、設置場所におけるエミッション源(他設備)の制限、良好な接地の実施、及び設備/ケーブルの分離等が必要であるとされている。

参考資料 EMC の基本事項

EMC¹は、「装置又はシステムがその存在する環境において許容できない電磁妨害を与えず、かつその電磁環境において満足に機能するための能力」とされている²。

国内における現行の設置許可基準及び技術基準規則では、外的事象やその施設が設置される環境条件において、電磁的障害により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、このために考慮すべき要因としてはスイッチング電源（電圧、周波数の変換を行う回路）の開閉サージ等が起因になる伝導性の放出ノイズ源からの電磁的障害等が考えられる。また、デジタル回路は高調波成分を有し、ノイズ源になりやすいため、デジタル化の進展と対応して EMC の対策が重要になると考えられる。

事例としては米国において EMC 対策の参考とされた NUREG/CR-5904、NUREG/CR-5941 において原子炉トリップや工学的安全施設作動系の誤作動等の要因の一つとして電磁的障害が挙げられている他、国内においても安全系設備の誤作動等の事例があり EMC の対策(ノイズ、帯電防止対策等)が実施されてきている。

¹ Electromagnetic Compatibility、電磁両立性等と訳される。

² IEC60050 (International Electrotechnical Vocabulary: IEV) による定義を参考に簡略に記載

電磁両立性（EMC）に係る海外の規制動向の調査について

令和元年 11月 20日
技術基盤課
システム安全研究部門

1. 経緯

本年の原子力規制委員会の重要課題として、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策の規制への取り込みが挙げられている。本年 9月 13日に開催された第 29回原子力規制委員会において、本件課題に係る今後の取組方針が了承され、デジタル安全保護回路を設ける際に信頼性向上の観点から、ソフトウェア起因の共通要因故障への設計上の考慮として現在は自主設備となっている多様化設備を規制要求化する検討を進めているところである。

また、発電用原子炉施設における共通要因故障の要因としては、上記の他にも計測制御設備などで使用される機器間で電磁波による相互干渉が考えられることから、電磁両立性¹を考慮した設計が求められるようになってきている。

2. 現行規制における対応

現行の設置許可基準及び技術基準では、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、電磁的障害への対応も含まれている。（参考 1）

この電磁的障害への対応としては、日本工業規格（JIS）や電気学会電気規格調査会標準規格（JEC）の規格に適合したものを使用していることを、審査において個別に確認している。しかしながら、これらの規格は規則の解釈で引用等されているものではない。

3. 今後の対応

このような状況を踏まえ、今後国内規制における対応の検討に資することから、デジタル安全保護回路等を導入している諸外国の規制や国際規格／標準について、デジタル安全保護回路等における電磁両立性を考慮した設計として達成すべき具体的な水準等について調査を開始することとしたい。具体的には、米国 RG. 1. 180 Rev. 1 や機器の耐性評価に関する規格類（IEC規格等）を想定している。

また、今年度末までの調査結果を技術情報検討会に報告することとしたい。

¹ 電磁両立性：Electromagnetic compatibility (EMC)

(参考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（抄）

規則	解釈
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第六条</p> <p>3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される<u>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</u>であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）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。</p>	<p>第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）</p> <p>8 第3項に規定する「<u>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</u>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</u>等をいう。</p>
<p>(安全施設)</p> <p>第十二条</p> <p>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<u>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。</u></p>	<p>第12条（安全施設）</p> <p>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。</p>

○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>(安全保護装置)</p> <p>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）</p> <p>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。）</p> <p>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。</p> <p>(3) JEAC4620 の4. 8における「想定さ</p>

	<p>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、<u>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</u>」と読み替えること。」</p>
--	--