

# SC77Cにおけるイミュニティ規格の最新動向

古関隆章\* (東京大学)

Description on technologies concerning immunity in the documents of IEC-SC77C

Takafumi Koseki\* (The University of Tokyo),

IEC/TC77/SC77C is a sub-committee treating international standardizations of the technologies about electromagnetic compatibility concerning high-altitude electromagnetic pulses (HEMP) and high power electromagnetic (HPEM) effects in International Electrotechnical Commission. This report summarizes briefly the history of documentation activities at SC77C and technical descriptions on immunity at SC 77C. The following three documents dealing with immunity issues are briefly introduced: (1) IEC 61000-4-25, (2) IEC/TS 61000-5-4 and (3) IEC 61000-6-6.

キーワード イミュニティ, HEMP, HPEM, 国際電気標準化委員会, SC77C, EMC, 電磁両立性  
(Keywords: immunity, HEMP, HPEM, IEC, SC77C, electromagnetic compatibility)

## 1. はじめに

本稿では、国際電気標準会議 IEC の電磁両立性(EMC)に関する技術文書の審議を行なう TC77 のもとで、核爆発に伴う電磁妨害の影響に対する技術的対策の必要性を意識し発足した HEMP (高度電磁パルス) および HPEM (高強度電磁界) の影響に関する技術文書の審議を担当する SC77C[1] の発足以来の経緯、これまでに発行された文書と現在審議中の文書を簡単に紹介し、それらの記述中でイミュニティの問題、技術がどのような形で扱われているかを概観し紹介する。

## 2. SC77C の活動概要と関係文書

電磁両立性の水平規格を審議することを主たる任務とする国際電気標準会議 TC77 (国際委員長 武蔵工業大学 徳田教授 日本委員会委員長 東京大学大崎教授) のもとに設けられている3つの小委員会のうち、SC77C は核爆発に伴う電磁妨害の影響に対する技術的対策の必要性を意識して発足した HEMP (高度電磁パルス) および HPEM (高強度電磁界) の影響に関する技術文書の審議を担当している。この SC77C は IEC-61000-1-3 に関する新提案を 1997 年 9 月に行なったことから実質的な審議活動を開始している。比較的限定された数の文書審議であるため、現在、図 1 に示す W. Radasky 主査 (アメリカ) R. Hoad 幹事 (イギリス) の主導のもと、1 年に 2 回程度の割合で project meeting を開催し、文書審議を行なっている。国内の審議体制としては古関主査、木本幹事、市川幹事を幹事グループに、国際委員会からのドラフト送付に応じ、日本意見をとりまとめる形で地道な審議活動を行なっている。JIS 化などの積極的文書発行活動はこの 2-3 年は行っていない。



Fig. 1 Photograph from a project meeting at Magdeburg, Germany: Secretary Mr. R. Hoad (UK, left) and Chairman Dr. W. Radasky (US, right)

これまでの発行文書は以下のとおりである。

### 2.1 一般文書

- (1) IEC/TR-61000-3 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 1-3 General-- The Effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems 技術報告書：高度電磁パルスの民生設備・システムへの影響
- (2) IEC/TR-61000-5 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 1-5 General-- High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems 技術報告書：高強度電磁界の民生設備システムへの影響

### 2.2 環境に関する文書

- (1) IEC 61000-2-9 Electromagnetic compatibility (EMC): Part 2: Environment-- Section 9: Description of HEMP environment--- Radiated disturbance, Basic EMC publication EMC 基本文書 高度電磁パルス環境の記述-- 放射性妨害
- (2) IEC 61000-2-10 Electromagnetic compatibility (EMC)-- Part 2-10: Environment-- Description of HEMP environment-- Conducted disturbance 高度電磁パルス環境

の記述-- 導伝性妨害

(3) IEC 61000-2-11 Electromagnetic compatibility (EMC) --Part 2-11: Environment-- Classification of HEMP environments 高度電磁パルス環境の分類

(4) IEC 61000-2-13 Electromagnetic compatibility (EMC)-- Part 2-13: Environment-- High-power electromagnetic (HPEM) environments ?Radiated and conducted 高強度電磁界環境 ---放射性及び導伝性

2.3 制限： 該当文書なし

2.4 測定法・試験法

(1) IEC 61000-4-23 Electromagnetic compatibility (EMC) part 4-23: Testing and measurement techniques-- test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbance 試験及び測定の方法 -- 高度電磁パルスその他の放射性妨害の保護素子の試験法

(2) IEC 61000-4-24 Electromagnetic compatibility (EMC) part 4: Testing and measurement techniques-- Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance--Basic EMC publication 試験及び測定の方法 -- 基本 EMC 文書： HEMP に誘導された導伝性妨害の保護素子の試験法

(3) IEC 61000-4-25 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-25: Testing and measurement techniques-- HEMP immunity test methods for equipment and systems[2] 試験および測定の方法---設備およびシステムのための高度電磁パルスイミュニティ

(4) IEC 61000-4-32 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-32: Testing and measurement techniques-- High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium 試験および測定の方法---高度電磁パルスシミュレータ概論

(5) IEC 61000-4-33 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-33: Testing and measurement techniques-- Measurement methods for high-power transient phenomena 試験および測定の方法---高強度電磁過渡現象の測定法

2.5 実装および緩和法の指針

(1) IEC/TR 61000-5-3 Electromagnetic Compatibility(EMC)-- Part 5-3: Installation and mitigation guidelines-- HEMP protection concepts 実装と緩和のための指針-- 高度電磁パルス保護の考え方 一般技術報告書

(2) IEC/TS 61000-5-4 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 5-4: Installation and mitigation guidelines-- Section 4: Immunity to HEMP- Specification for protective devices against HEMP radiated disturbance, Basic EMC Publication 実装と緩和のための指針-- 高度電磁パルスに対するイミュニティ-- 高度電磁パルス放射性妨害の保護素子のための仕様

(3) IEC 61000-5-5 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 5-5: Installation and mitigation guidelines-- Part 5: Installation and mitigation guidelines-- Section 5:

Specification of protective devices for HEMP conducted disturbances-- Basic EMC Publication 実装と緩和のための指針-- 高度電磁パルス導伝性妨害の保護素子のための仕様

(4) IEC/TR 61000-5-6: Installation and mitigation guidelines-- Mitigation of external EM influences 外部からの電磁的影響の低減

(5) IEC 61000-5-7: Installation and mitigation guidelines-- Degree of protection provided by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code) 実装と緩和のための指針-- 電磁妨害に対する遮蔽筐体により与えられる保護の程度

2.6 汎用規格

(1) IEC 61000-6-6 Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 6-6: Generic Standards-- HEMP immunity for indoor equipment[4] 屋内設備のための高度電磁パルスイミュニティに関する指針

2.7 現在審議中の文書

これに加え、現在以下の3つの審議中の文書があり本年中の発行を目指した文書審議・編修作業が行なわれている。

(1) IEC 61000-4-35 Intentional Electromagnetic Interference (EMI) Simulator Compendium 意図的電磁妨害シミュレータ概論

(2) IEC 61000-5-8 HEMP protection methods for the distributed civil infrastructure 民生用分布インフラストラクチャのための高度電磁パルスからの保護方法

(3) IEC 61000-5-9 System-level susceptibility assessments for HEMP and HPEM 高度電磁パルスおよび高強度電磁界のためのシステムレベル感受性の評価

以上のうち、イミュニティに関して主たる記述を持つ文書は61000-4-25 61000-5-4 および61000-6-6の3つである。これらは、すでに発行されてから数年を経た文書であるため、必ずしも本稿表題にある「最新動向」とはいえないが、現在有効な文書であり、文書メンテナンス作業のスケジュールにも入っているので、以下にその概要を紹介する。

3. IEC 61000-4-25 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-25: Testing and measurement techniques-- HEMP immunity test methods for equipment and systems[2] 試験および測定の方法---設備およびシステムのための高度電磁パルスイミュニティの概要

この文書は、高度電磁パルス HEMP に晒される電気電子設備や装置の試験レベル及び関係する試験方法について述べている。これは対象機器が HEMP およびそれにより誘導される電磁妨害に晒されたときのイミュニティを示すためのものである。この国際規格で定める放射性妨害に対する

イミュニティ試験は小さな試験設備で行うものと大型の HEMP シミュレータを用いて行うものの双方がある。IEC61000 の本部分で主として定めるのは試験室におけるイミュニティ試験だが、最終的に使用する場所に設置して行う現場試験も同様に定める。この確認試験は基本的に試験室の試験の仕様と同じものだが、気象環境条件のみは、試験室と現場の試験で異なる。

この文書では、HEMP に晒された電気電子機器の電源線、アンテナ、入出力信号線、制御用の線における過渡現象について、共通性、再現性がある基礎的評価方法を確立することを目的としている。

放射性妨害に対するイミュニティ試験とは、核爆発に伴う放射性高度電磁パルスに晒されても、電気電子機器がその機能を維持できることを示すために行うものである。

導伝性妨害に対するイミュニティ試験も基本的考え方は同様である。導伝性 HEMP 過渡現象は、機器に接続しているケーブルやワイヤに生ずる電圧と電流のパルス波であり、電源線や通信線における誘導は HEMP 過渡現象において最も深刻な外乱となる。さらに、有害な影響を持つ高い電圧に対する注意が試験に関わる作業者の健康と安全のために必要である。

本文書の本文にあたる第 5 章には、妨害強度とイミュニティ試験のレベルについての詳しい記述がある。この検討対象の電子機器は、小型の電話、計算機などから、工場の操作盤などより大型のシステムまでが考えられる。電子機器の多くは 1m で囲まれる立方体の中に収まるものが多いため、多くの場合は試験室での HEMP シミュレータや TEM セルなどの設備を用いた室内試験が可能である。

一方、HEMP あるいは一般的に EMC に関わる問題では、対象の物理的な大きさが重要な要素になる。HEMP に関しては大型の試験対象もあるため、世界に数個の大型の HEMP シミュレータが存在する。(前述の IEC 61000-4-32, IEC61000-4-35 などに、各国のこれら大型試験設備に関する情報がまとめられている。)

5.3 節には試験強度レベルについての説明がなされているが、その具体的根拠は付属文書 A で解説されている。

5.4 節で放射性妨害の試験方法を詳述している。電磁妨害の強度のレベルと保護素子による脅威の低減の量的関係は付属文書に詳述されているが、本節の表に R1 から R7, RX(この X は特記する試験レベルを示す例外を表す記号のようである。)の試験レベルと電圧最大値との関係が具体的に記述されている。5.2 放射性イミュニティ試験の仕様としては、パルス波形の立ち上がり、パルス幅の時間、周波数特性が図を用いて与えられている。そして、小形の放射性試験設備を用いる場合と、大形の HEMP シミュレータを用いる場合の試験方法とその相違を節ごとに分けて述べている。

大形の HEMP シミュレータは、Type I と、パルスの立ち上がり時間が長い Type II に分類されており、Type II のシミュレータを用いる場合には時間的な要素を補正するため事前の予備検討が必要とされている。

これに続く 5.5 節では、導伝性イミュニティ試験が解説されており、早期導伝性試験レベルとして、減衰正弦波を用いる EC1 から EC6 までの 6 レベル、標準パルス試験波形を用いる EC9-EC11+ECX (再び X は特記する例外試験レベルを示す) のレベルを、電圧電流の大きさと波形、すなわち立ち上がり時間とパルス幅の情報、を試験レベルごとに表で規定している。同様に中間時間導伝性試験レベルとして IC-IC2, ICX を、後期導伝性試験レベルとして LC1-LC4 + LCX を、低圧交流電源ポートの導伝性イミュニティ試験条件を LCH1, LCV1 として表を用いて規定している。

HEMP イミュニティ試験のために新たに必要となる波形発生器などの試験機材数を最小限とする配慮から、5.5.2 節では、上述の各 HEMP 試験と、既発行文書で規定されている試験波形や方法との関係を表で明示している。

さらに、6 章で、各試験レベルに対応する試験に必要な設備仕様を、6.1 放射性の場の試験、6.2 導伝性妨害試験に分けてまとめている。

7 章では、試験設備の設定、組み合わせの方法を解説している。

8 章では、試験の条件整備から試験実施に至る作業手順を説明している。

そして、9 章では、試験結果のとりまとめ方法、記録として、何の情報を記すべきかの指針を具体的に示すとともに、受渡試験においては、その内容、結果の解釈方法が個別の具体的製品規格の中で示されるべきで、製品規格制定者は、本文書で記述されている個別の内容を製品の実情に則して適宜修正して用いてよいと記されている。

付属書では、試験レベルの設定の考え方の根拠、アンテナのための導伝性イミュニティ試験、導伝性妨害イミュニティ試験の方法の解説が、技術的参考文献リストとともに記されている一方、補助規定として、減衰正弦波を印加する試験について、ISO7137 で定める試験や、ドイツの VG96-903, Part 70 やアメリカの MIL-STD-461-E などの試験法に適合させる方法につき、説明を加えている。

#### 4. IEC/TS 61000-5-4 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 5-4: Installation and mitigation guidelines-- Section 4: Immunity to HEMP-Specification for protective devices against HEMP radiated disturbance, Basic EMC Publication[3] 実装と緩和のため試験設備を用いる場合との指針-- 高度電磁パルスに対するイミュニティ-- 高度電磁パルス放射性妨害の保護デバイスのための仕様 の概要

この文書は、現在および将来における製造者と使用者間の協調を図るため、高度電磁パルス HEMP に対する保護デバイス仕様の規定方法を述べている。(性能要求については別文書で将来定めるとしている。)

本論にあたる放射性妨害に対する保護デバイスの仕様について述べた 4 章では、一般的要求として、電氣的要求条件、

機械的要求条件、環境要求条件の3つがあるとしているが、この文書の記述の大部分は主として電気的な要求条件を詳細に述べたものである。遮蔽材料の減衰レベルはEとHで定められ、10kHzから1GHzの間の周波数を持つ平面波で規定する。ガasket材料についてもほぼ同じ情報で規定するが、これに加えて直流抵抗値も規定する。また遮蔽ケーブルについては、10kHz-100MHzの間の伝達インピーダンスと必要ならば伝達アドミタンスの値が要求される。

その章の後半部分では、4.3の仕様の記述では、遮蔽材、ガasketの減衰の周波数特性の例、モニタ用の窓の大きさと遮蔽効果の劣化の関係の周波数特性例、遮蔽ケーブルの伝搬インピーダンス周波数特性の測定例、計算例が図の1から7として具体的に与えられている。さらに付属文書において、遮蔽効果の周波数特性の記述や伝達特性軒術に関する一般的理論が数式を用いて解説されている。

## 5. IEC 61000-6-6 Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 6-6: Generic Standards ? HEMP immunity for indoor equipment[4] 屋内設備のための高度電磁パルスイミュニティに関する指針 の概要

本文書は核爆発による高度電磁パルス HEMP 環境に晒される屋内電気電子設備に関する指針としての汎用国際規格で、放射性妨害、導伝性妨害の2つにわけて記述されている。HEMPによるサージは、雷サージに比べて時間的に速い現象であるため、雷保護により HEMP イミュニティが保証されるわけではないが、一方で、雷保護は HEMP の過電圧の軽減には有用なので雷保護を行うことは推奨される。雷保護に追加して 1.2/50  $\mu$  sec の速いサージに対するイミュニティがこの規格で要求される。一方、IEC-61000-2にある産業用機器の速いサージに対するイミュニティレベルが満たされていれば、本規格の要求は十分満たされる。

本文最初の5章では、性能条件として、一般的な機能上の規準を定めている。本規格では多ポート同時試験は要求しておらず、多ポート試験はオプションとして扱われている。この多ポート試験では故障解析が適切に行われるべきで、故障解析との関連で電源線、通信線が接続されたポート間でのコモンモード試験も推奨されている。一般的機能レベルとして

(1) 機能レベル A: 通常動作レベル:

故障・機能低下がまったく見られないレベル

(2) 機能レベル B: 自己復旧可能な一時的機能低下が生ずるレベル: 試験時の一時的な性能の低下は許されるが、動作上智の変化、蓄積しているデータの変化は生じてはならない。

(3) 機能レベル C: 回復可能な機能低下が生ずるレベル: 試験後の操作、確認により機能回復が可能なレベル 蓄積データに変化があってはならない。

6章では試験の間の条件を規定している。動作領域の温度、湿度、気圧、印加電圧など製品に対して定められた条件範

囲で試験を行う。

第9章でイミュニティ試験の要求条件を定めている。保護レベルと具体的試験電圧波形、電流の対応関係を  
表1 イミュニティ試験 筐体ポート (放射性妨害)  
表2 イミュニティ試験 信号ポート (導伝性妨害)  
表3 外部アンテナ (導伝性妨害)  
表4 信号・通信ポート (導伝性妨害)  
表5 入出力 DC 電力線ポート (導伝性妨害)  
表6 入出力電源ポート (導伝性妨害)  
表7 機能的アースポート (導伝性妨害)  
表8 発電所・産業用機器のためのイミュニティ試験  
の8つの表の中で具体的に定めている。

多くの試験は、たとえば、100%、50%、25%の3つのレベルからなる。個々のレベルで2回の被曝を要する。低い被曝レベルより徐々に高いレベルに試験を行っていくことが推奨されている。

## 6. おわりに

本稿では、高度電磁パルスおよび高強度電磁界に関する EMC を扱っている SC77C の発足以来の文書全般を概観し、その中で、イミュニティの問題を中心に扱っている 61000-1-5、61000-4-25 および 61000-6-6 の3つの文書の内容を概説した。本稿の記述は、許可無く IEC 標準文書の数値や図を転載できないという著作権に関わる法的制約と筆者の非力から表面的な内容記述にとどまった。その技術的具体的内容は、直接これらの文書の記述にあたって、情報収集、活用をしていただきたい。(なお、IEC61000-6-6は、木本前国内委員長のときに SC77C 国内委員会で JIS 化のための翻訳作業が行われていることを追記しておく。)

## 参考文献

- [1] IEC Home Page SC77C の概要説明:  
[http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=102:7:0:::FSP\\_ORG\\_ID:1387](http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=102:7:0:::FSP_ORG_ID:1387)
- [2] IEC 文書 61000-4-25 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-25: Testing and measurement techniques-- HEMP immunity test methods for equipment and systems
- [3] IEC 文書 TS 61000-5-4 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 5-4: Installation and mitigation guidelines-- Section 4: Immunity to HEMP- Specification for protective devices against HEMP radiated disturbance, Basic EMC Publication
- [4] IEC 文書 61000-6-6 Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 6-6: Generic Standards-- HEMP immunity for indoor equipment