

電波暗室の性能改善

— 小型電波暗室のNSAによる性能評価及び性能改善 —

広瀬 純* 大高 理秀* 田中嶋 克行**

1. はじめに

近年、電子機器の高速処理化・高密度実装化が進むと共に、無線LAN (2.4[GHz], 5.2[GHz]) 等の無線通信が普及した。このため、電磁妨害波 (EMI) の問題が従来よりも高い周波数でも見られるようになり、EMI の国際規格を定める、国際無線障害特別委員会 (CISPR) は、従来 30[MHz]から 1[GHz]までであった EMI 測定を、18[GHz]まで拡張することを検討している。このことに対応するには対応周波数 30[MHz]から 1[GHz]の EMI 測定用電波暗室 (以下、従来型電波暗室) は、18[GHz]の周波数にまで対応できるように性能を改善する必要がある。しかし、その改善には通常 200 万円以上の費用がかかる。また、新たに電波暗室を建造するならば 1000 万円以上の費用がかかる。イー・ティー・エル・セムコ・ジャパン株式会社では、EMI コンサルタント業務を行っているが、客先からの要望で費用を抑えた簡易的な電波暗室の性能改善法の技術開発を行うこととした。この技術開発にあたり、EMI 測定技術を持つ茨城県工業技術センターが共同研究を行い、研究の効率化を図った。

2. 目的

従来型電波暗室電波の性能を 18[GHz]までの EMI 測定に対応可能となるように、費用を抑えて簡易的に改善することを目指した。

3. 研究概要

本研究では、茨城県工業技術センターの従来型電波暗室について、1 [GHz]から 18[GHz]の周波数での暗室性能を調査し、その性能改善法を検討した。また、その改善法が 30[MHz]から 1[GHz]の暗室性能にどのような影響を与えるのか調査した。

実験場所は、当センターの電波暗室 (従来型電波暗室、表 1 参照) とした。NSA による電波暗室評価法では、今回試みた電波暗室性能改善法により、当センター電波暗室の性能を 40 万円程度で改善することができた。

表 1 : 茨城県工業技術センター 電波暗室

タイプ	小型 6面暗室 (5面も可能) イミュニティ兼用
大きさ	W3000×L7000×H3000[mm]
対応周波数	30[MHz]~1000[MHz]

4. 研究内容

4.1 電波暗室の評価法

(a) 評価法の検討

電波暗室の評価方法については CISPR で検討がなされている。複数の案があり、送信アンテナの位置を変えたときのサイト減衰量の変動幅 (サイト VSWR) を測定し、規定値以内に収まっているかを確認するもの¹⁾と測定系における理論値と実測値を比較する方法 (NSA 法)²⁾とが検討されている。今回は、1[GHz]以下における放射妨害波測定用サイトの評価方法³⁾にも用いられている NSA 法で評価を行った。

(b) NSA 法

NSA (Normalized Site Attenuation) 法とは正規化サイトアッテネーションを測定するものであり、(1)式で表される⁴⁾。

$$NSA[dB] = V_{Direct}[dBuV] - V_{site}[dBuV] - V_{AFactor}[dB/m] \quad (1)$$

V_{Direct} : ケーブル直結時のレベル

V_{site} : 測定値

$V_{AFactor}$: アンテナファクター (送信・受信)

そして、NSA[dB]の測定値と測定系での理論値 ($V_{THEO}[dB]$) との差が $\pm 4[dB]$ 以内までであればその測定周波数において相応しい測定場所であるとするものである。NSA 測定は偏波 (水平偏波, 垂直偏波) ごとに、各測定位置で行う (図 1 参照)。

ちなみに、 $V_{THEO}[dB]$ は、(2)式で表される⁴⁾。当センター電波暗室のように 6面電波暗室の場合は、電磁波に対して等価的に自由空間とみなせるため、 E_D^{max} は、距離 3[m]で 7.4[dB]となる。

本研究では、 $E_D^{max} = 7.4[dB]$ として、 $V_{THEO}[dB]$ を計算した値と、測定した NSA[dB]を比較し、電波暗室性能を比較している。

$$V_{THEO}[dB] = -20\log_{10}(fM) + 20\log_{10}(279.1) - E_D^{max} \quad (2)$$

$fM[MHz]$: 周波数

$E_D^{max} [\mu V/m]$: E_D の最大値

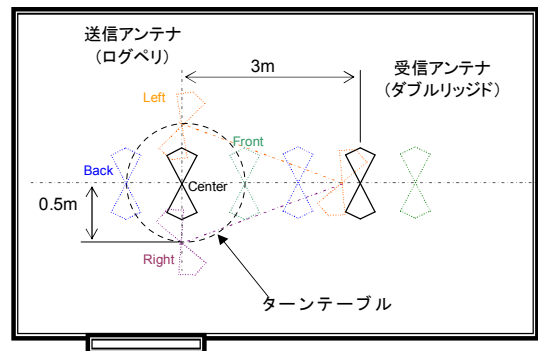


図 1 : NSA 測定位置

*技術基盤部門 **イー・ティー・エル・セムコ・ジャパン株式会社

4.2 1[GHz]以上での電波暗室性能

(a) 測定条件

1[GHz]以上での EMI 測定用電波暗室評価法について、CISPR で検討されている内容²⁾に従い、1[GHz]以上での NSA 測定の条件は表 2、NSA 測定に用いた機器は表 3 のとおりである。測定の様子を図 2 に示す。

表 2：1[GHz]～18[GHz]での測定条件

項目	仕様	備考
測定方法	自由空間NSA, 3m法 ANSI C63.4, C63.5 CISPR/A/400/CD	
周波数	1GHz - 18GHz 間隔25MHz	IFBW=300Hz Averaging=5
送信アンテナ	高さ:1.0m(水平/垂直偏波)	
受信アンテナ	高さ:1.0m(1.0-2.0m) (水平/垂直偏波)	
基準値	自由空間NSA計算値	

表 3：使用機器 (1[GHz]～18[GHz])

機器名	製造会社・型番	備考
ネットワークアナライザ	Agilent 8722ES	50MHz-40GHz
ログペリオディックアンテナ	ARA LPD-118/A	1GHz-18GHz ビーム幅40°以上
ダブルリジッドガイドアンテナ	Schwarzbeck BBHA9120D	1GHz-18GHz
固定アッテネータ	Narda 4768-6	DC-40GHz
同軸ケーブル	Radiall SHF8M 6m	0.6dB/m @18GHz



図 2：1[GHz]～18[GHz]での NSA 測定

(b) 電波暗室性能 (通常)

NSA 測定結果を図 3, 図 4 に示す。これらの図にある NSA 測定結果には、理論値を示す直線を中心として、その理論値から±4[dB]となる直線が上下に示し

てあり、その他の曲線は測定値である（これ以降の NSA 測定結果の図についても同様である）。これらの図にあるように、当センターの電波暗室では NSA 測定値と理論値との差が 4[dB]以上ある測定点が多いため、このままでは、1[GHz]から 18[GHz]の測定に使用できないことが確認できた。ここで、電磁波吸収体の敷設による NSA 改善を試みた。

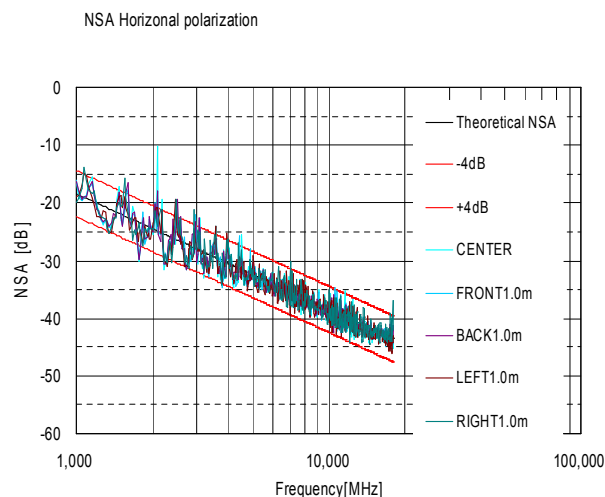


図 3：電波暗室性能 (改善前, 水平偏波)

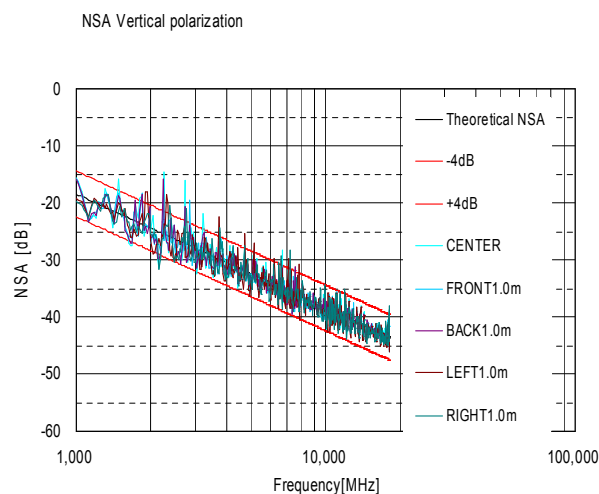


図 4：通常状態での NSA (垂直偏波)

(c) 電波暗室性能の改善

(株) リケンエレクトック製「PFP30」(表 4 参照) という電磁波吸収体を敷設した。PFP30 を両壁面及び床面に、当電波暗室での標準的な被試験器設置位置の中心から 1.5[m]の点を中心として、各 4 個設置した (図 5, 図 6 参照)。敷設後の NSA 測定結果を図 7, 図 8 に示す。ほとんどの測定点で測定値と理論値との差が 4[dB]以内となり、NSA の大きな改善が得られた。

表4：PFP30仕様

名称	発泡カーボンピラミッド吸収体
サイズ	600×600×300 (H) [mm /個]
重量	2,300 [g /個]
対応周波数	500[MHz]～100[GHz]
吸収特性	500[MHz]～3[GHz] 20dB・30dB 3 [GHz]～10[GHz] 30dB・50dB 10[GHz]～100[GHz] 50dB以上
定価	15,000 円
設置数	12 個

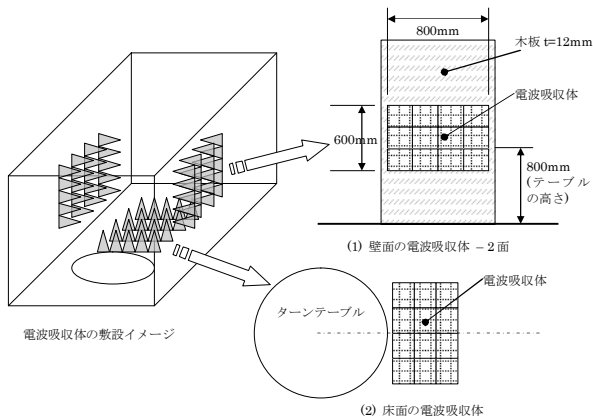


図5：PFP30設置の様子

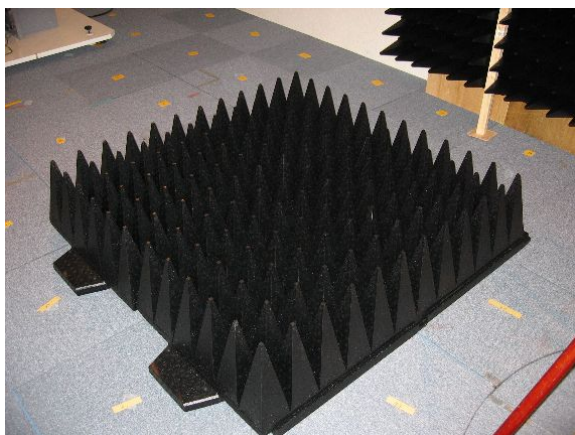


図6：PFP30

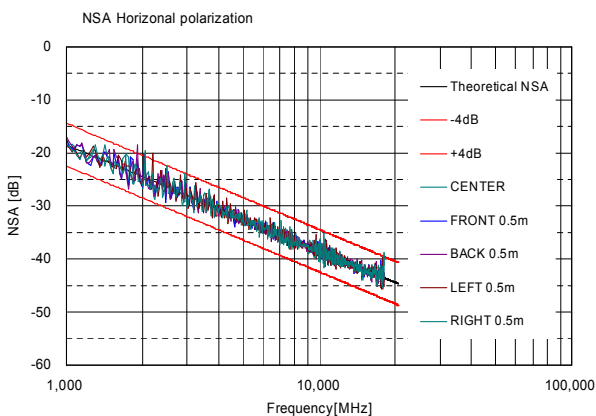


図7：電波暗室性能（改善後、水平偏波）

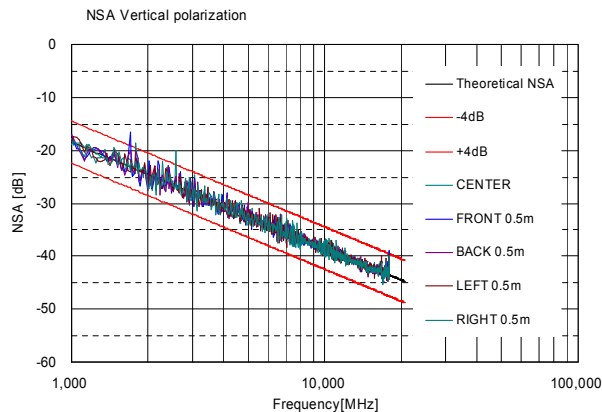


図8：電波暗室性能（改善後、垂直偏波）

4.3 30[MHz]から1[GHz]での電波暗室性能

(a) 測定条件

1[GHz]から18[GHz]のNSA改善のために、電波暗室に設置した電磁波吸収体が、30[MHz]から1000[MHz]のNSAにどの程度の影響を与えるのか把握するため、NSA測定を行った。

CISPRで定められている、30[MHz]～1[GHz]でのEMI測定用サイトの評価方法³⁾に従い、測定条件は表5、測定に使用した機器は表6のとおりである。測定の様子は図9に示す。

表5：30[MHz]～1[GHz]での測定条件

項目	仕様	備考
測定方法	大地反射NSA, 3m法 ANSI C63.4, CISPR16	
周波数	30MHz・1GHz 間隔500kHz	IFBW=300Hz Averaging=5
送信アンテナ	高さ:1.0, 1.5m(水平/垂直偏波)	
受信アンテナ	高さ:1.0-2.0m(水平/垂直偏波)	
基準値	大地反射NSA計算値	

表6：使用機器（30[MHz]～1[GHz]）

機器名	製造会社・型番	備考
ネットワークアナライザ	Agilent E7401A	9kHz-1.5GHz
バイコニカルアンテナ	VHA9103/BBA9106	30MHz-300MHz
ログペリオディックアンテナ	UHALP9108	300MHz-1GHz
固定アッテネータ	Narda 4768-6	DC-40GHz
同軸ケーブル	Radiall SHF8M 6m	0.6dB/m @18GHz

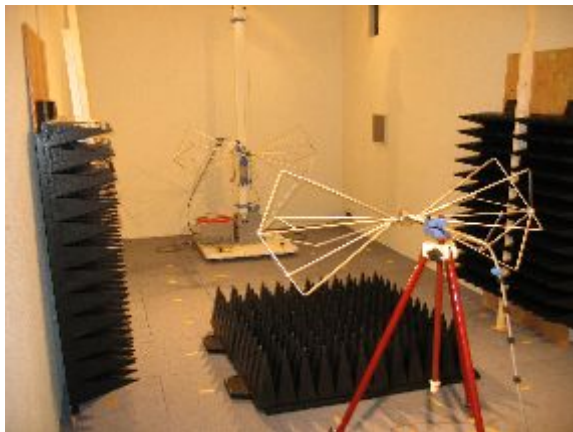


図 9 : NSA 測定 (30[MHz]~1[GHz])

(b) 電波暗室性能 (通常)

当センター電波暗室の通常での NSA (送信アンテナが 1[m]の場合) を図 10, 図 11 に示す。水平偏波の NSA は 30-40[MHz]において、理論値から大きく外れているが、その他は概ね理論値との差が±4[dB]以内である。

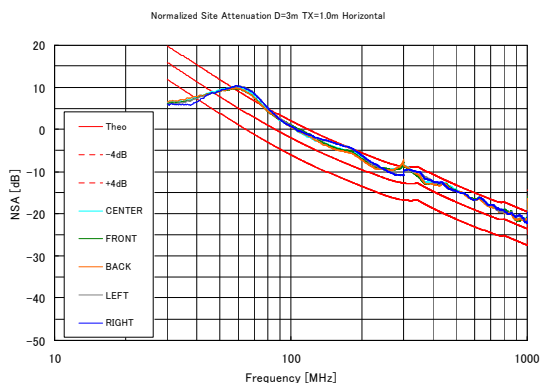


図 10 : 通常の NSA (水平偏波)

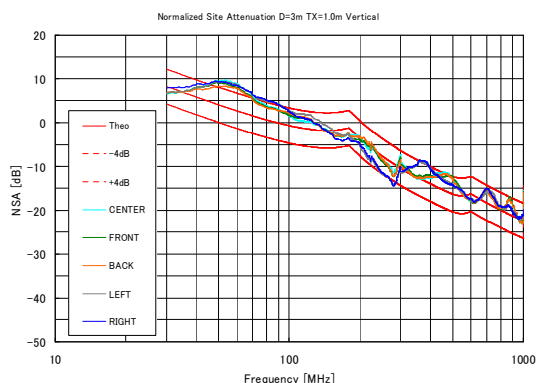


図 11 : 通常の NSA (垂直偏波)

(c) 電波暗室性能への影響

PFP30 を設置した場合での NSA (送信アンテナが 1[m]の場合) を図 12, 図 13 に示す。この場合、水平偏波において 300[MHz]でのピークが目立つ。また、垂直偏波においては 200-300[MHz]において、図 10

に比べ NSA がやや高くなっている。PFP30 は 500[MHz]から吸収があるが、NSA にそれほど大きな影響を与えてはいない。

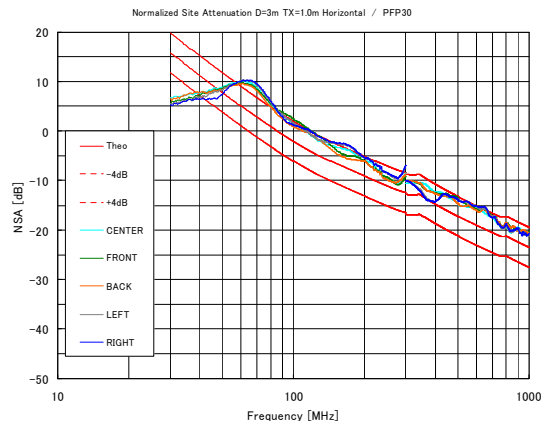


図 12 : PFP30 設置後の NSA (水平偏波)

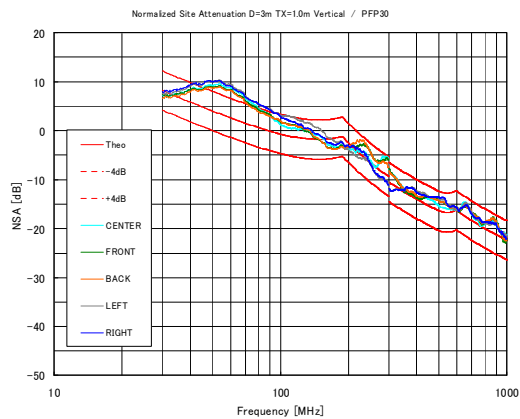


図 13 : PFP30 設置後の NSA (垂直偏波)

5. まとめ

本研究により、電磁波吸収体を適当な配置で設置するだけ、という簡易で低コストな方法により 1[GHz]~18[GHz]の電波暗室性能 (NSA) を大幅に改善することができ、電波暗室性能改善法のコスト低減についての知見を得た。また、電磁波吸収体 (PFP30) を設置しても、30[MHz]~1[GHz]の NSA に大きな影響を与えないことも把握できた。

この研究で得られた知見を元に、イー・ティー・エル・セムコ・ジャパン株式会社が、EMI 測定コンサルタントを行う予定である。

<参考文献>

- 1) CISPR/A/531/CD
- 2) CISPR/A/400/CD
- 3) CISPR16
- 4) 情報処理装置等電波障害自主規制協議会 (VCCI) 教育研修専門委員会. VCCI 測定技術者研修用テキスト. 第 4 版. 東京. 情報処理装置等電波障害自主規制協議会. 2002