

# 電波暗室の1GHz超への対応

生産技術室 名和 礼成, 城之内 一茂  
プロジェクト推進室 足達 幹雄

## Application to Over 1 GHz to Radio-Frequency Semi Anechoic Chamber

Yukinari NAWA, Kazushige JOUNOUCHI and Mikio ADACHI

平成22年から情報技術装置に対し、国内のVCCI<sup>(※)</sup>や欧州のCE<sup>(※)</sup>が、1GHz超の放射妨害波規制を開始し、当所の電波暗室も1GHz超の測定対応が利用企業を中心に望まれていた。しかしながら、当所の電波暗室は1GHz超の測定には対応していなかったため、発泡カーボン系の電波吸収体を導入し、電波暗室内に適宜配置しサイトVSWR法による評価により、必要最少個数による電波吸収体の実運用上、無理のない最適配置を検討し、1GHz超の測定環境を整備した。

### 1. はじめに

平成22年から情報技術装置に対し、国内のVCCI<sup>(※)</sup>や欧州のCE<sup>(※)</sup>が、1GHz超の放射妨害波規制を開始し、当所の電波暗室も1GHz超の測定対応が利用企業を中心に望まれていた。しかしながら、当所の電波暗室はフェライトタイルを壁面及び天井面に貼っただけの簡易電波暗室であり、元々1GHz超の測定には対応していなかった。そこで、発泡カーボン系の電波吸収体を追加導入し、電波暗室内に適宜配置しサイトVSWR法による評価を繰り返すを行い、必要最少個数の使用に向けた発泡カーボン系電波吸収体の最適配置を検討した。

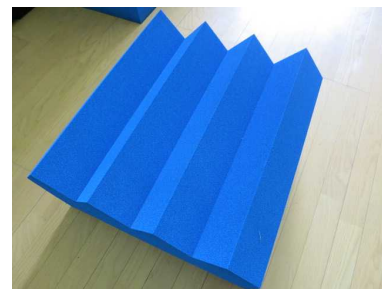


図1 TUA-13B



図2 PFP-30

### 2. 実験

#### 2.1 電波吸収体の選定

今回、発泡カーボン系の電波吸収体として、これまで(独)産業技術総合研究所が事業実施主体となって参加していた広域関東圏イノベーション創出促進協議会での使用実績から、スポンジ系のトーキン製TUA-13B(図1)と、ポリプロピレン系のリケン製PFP-30(図2)の2種類を選択し、電波吸収体単体の性能としてネットワークアナライザ(以下、VNA)を使用し、反射特性( $S_{11}$ )を測定した。それぞれの後背にはフェライトタイル及びアルミ板(床面での使用を想定)の場合について測定した。図3に測定概要を示す。

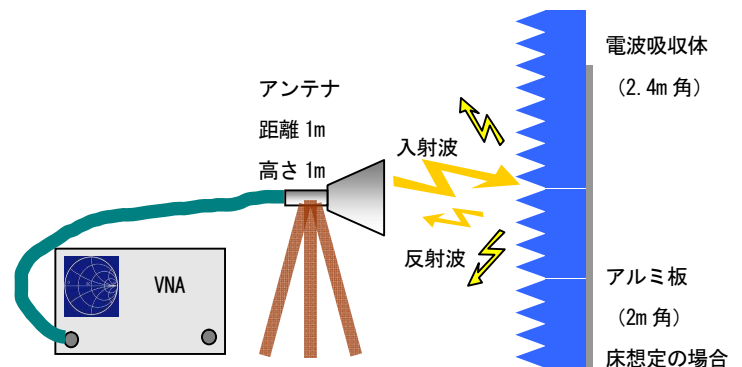


図3 電波吸収体の反射特性評価(垂直入射)

## 2.2 サイトVSWR法について

従来の30MHz-1GHz間の放射妨害波測定は、床面は反射面とし、サイト評価は、NSA法 (Normalized Site Attenuation:正規化サイトアッテネーション) による評価を行い、CISPR16の理論値と比較し、±4dB以内の差であることを確認する方法<sup>1)</sup>であったが、新しく規定された1GHz超の帯域においては、床面にも電波吸収体を敷設し、全6面無反射の自由空間に近い環境を要求している。このサイト評価方法として、CISPR16-1-4Ed2でサイトVSWR法(Site Voltage Standing Wave Ratio:サイト電圧定在波比) が規定されている。これは直接波と反射等による間接波の干渉による定在波比として評価する方法であり、設定したポイント全てにおいて偏差が6dB未満であることを要求している。<sup>2)</sup>測定方法の概要を図4から図6に示す。

今回の評価に使用したシステムを表1に示す。

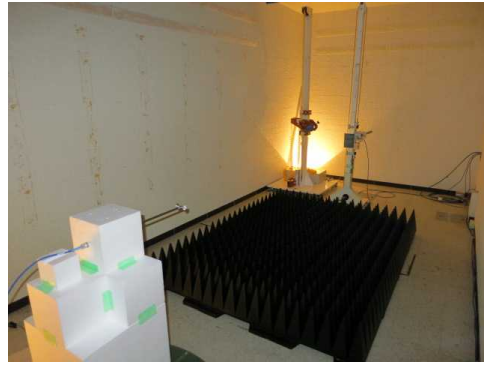
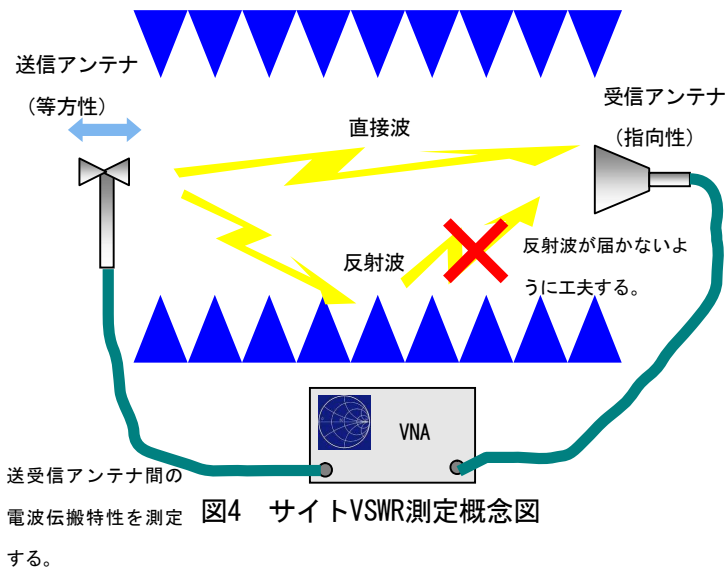


図6 サイトVSWR測定時の写真

表1 使用機器一覧

機器名	製造社	型番
送信アンテナ	Schwarzbeck	SBA9119
受信アンテナ	Schwarzbeck	BBHA9120B
ネットワークアナライザ	Anritsu	37247C
SVSWR 測定システム	東陽テクニカ	PP700



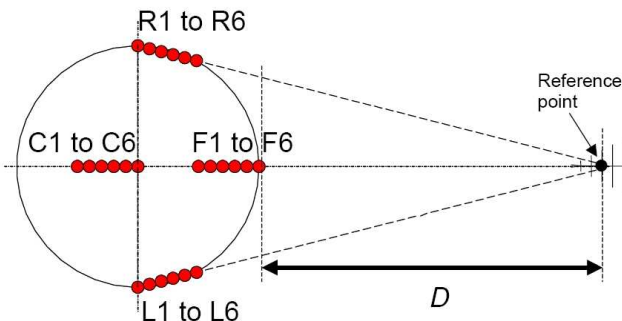
具体的な測定手順は、まずEUT (Equipment Under Test:被試験機器) が置かれるターンテーブル上に、円柱状のテストボリュームを設定し、図5のように、送信アンテナをFront, Right, Leftの各軸の直線上の\*6を基準に、6点について送受信アンテナ間の伝送特性 ( $S_{21}$ ) をVNAで測定し、測定周波数内の全ての点で、6点間の最大と最小の差が6dB以内であることを確認することである。

当所の場合、テストボリュームは直径1mとした。なお規定では、1.5mを超える場合はCenter位置も必要となり、2番目の高さが必要な場合は、さらにFrontのみテストボリューム上面の高さでの測定も必要となる。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 電波吸収体の選定

2.1より、TUA-13BとPFP-30の反射特性の測定結果を図7から図10に示す。TUA-13Bについては、方向性も考慮し、縦方向、横方向、市松積みで測定したが、大きな差はなかった。床面を想定した金属板との組合せ、壁面を想定したフェライトタイルとの組合せ、いずれもPFP-30の方が、反射特性が低く電波吸収体としての性能は高いことがわかる。しかしながら、PFP-30はTUA-13Bよりも単価が高く、取扱いも衝撃で破損しやすいことも実運用上では懸念となるため、TUA-13Bを主たる電波吸



位置	*1	*2	*3	*4	*5	*6
*6からの距離(cm)	40	30	18	10	2	0

図5 サイトVSWR測定送信アンテナ位置

収体とし、要所にPFP-30を用いる方針とした。

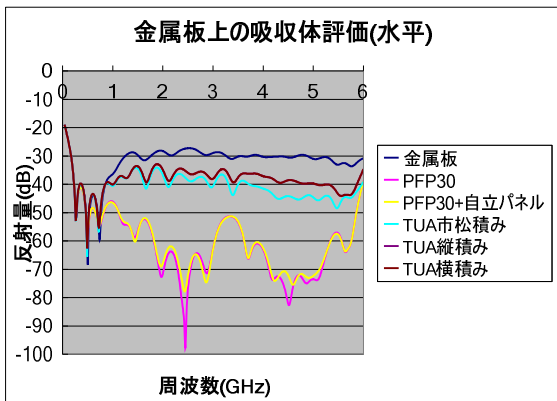


図7 金属板上の電波吸収体反射特性評価（水平）

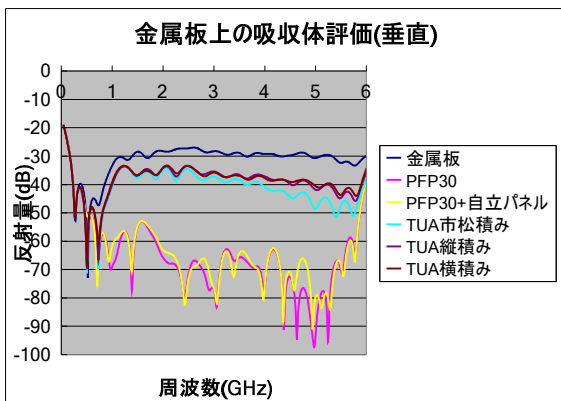


図8 金属板上の電波吸収体反射特性評価（垂直）

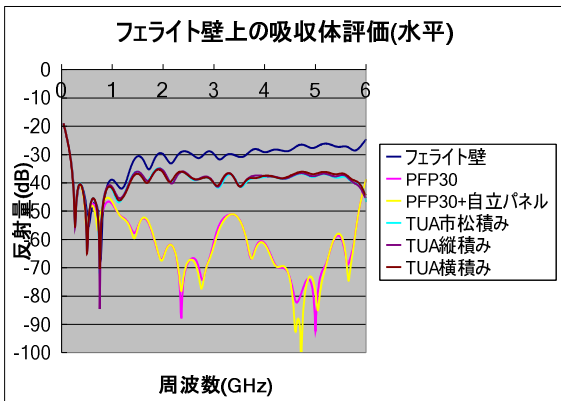


図9 フェライト上の電波吸収体反射特性評価（水平）

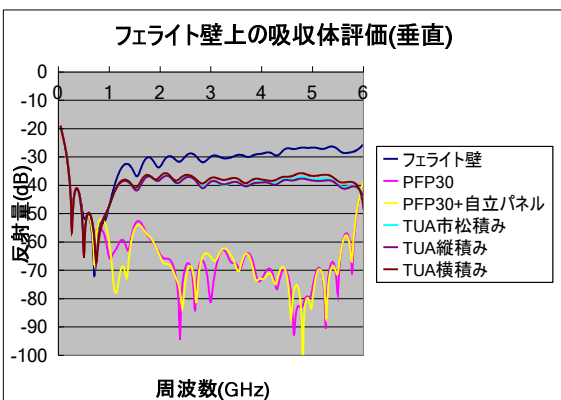


図10 フェライト上の電波吸収体反射特性評価（垂直）

### 3. 2 電波吸収体の配置について

2. 2より、最初の状態である、発泡カーボン系電波吸収体のないフェライトタイトルのみの時のサイトVSWR評価結果（Front位置）を図11、図12に示す。右軸が偏差を表しており、これより、1GHzから6GHzのほぼすべての帯域で6dBを超えており、対策が必須であることがわかる。

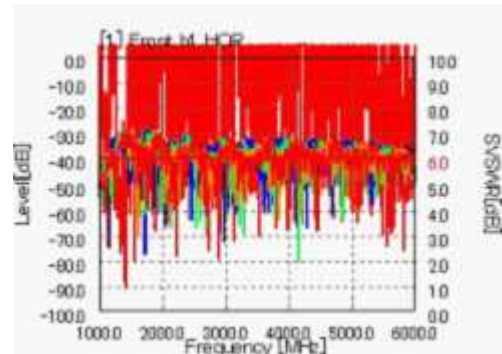


図11 初期状態のSVSWR評価（水平）

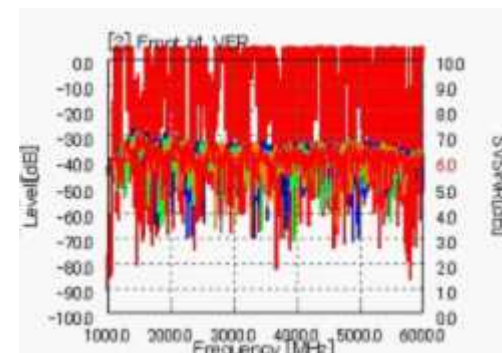


図12 初期状態のSVSWR評価（垂直）

天井面及び壁面の吸収体の取付けについては、面ファスナーを利用し、電波暗室壁面及び、発泡カーボン系吸収体に接着し、種々の位置で脱着できるように企図した。しかしながら、この方法では、面ファスナーの保持力が接着剤に増しても強いため、接着剤の面から剥離しやすく、何度も脱着して試すことが困難であったため、天井面のみこの方法とし、壁面については、電波吸収体を積み上げる方法へと変更した。

天井面については、軽く、落下しても破損しにくいスポンジ系のTUA-13Bを採用することとした。上記のとおり、脱着に困難が伴うため、1GHz超測定と、これまでの1GHz以下の測定において、天井面の電波吸収体は、そのままにしておきたいところであるが、残した天井面の電波吸収体による1GHz以下への影響が実運用では懸念される。これについては1GHz以下のサイト評価

法であるNSA測定を行い、電波吸収体がない時との比較を行い、無視し得る程の差であることを確認している。<sup>3)</sup>

送信アンテナ後方の壁面については、TUA-13 Bを3段、5列に積上げ、両側の2列を45°程度向かせて、送信アンテナを囲むように配置することにより、不要反射波を抑えられることを確認した。床面、及び、左右壁面については、TUA-13 Bでは、どのように配置しても、サイトVSWR評価を満たさないためPFP-30を使用することとした。

また、送信アンテナからの電磁波と電波吸収体との入射角が垂直に近くなるよう考慮し、左右壁面の電波吸収体を45°程度、送信アンテナ側に向け配置すること、それに合わせ床面も45°の斜め配置を施すことにより、左右両壁面用で8枚、床面用で13個のPFP-30のみでサイトVSWR評価を満たすことができた。以上の結果を図13、図14に示す。左上がFront, 左下がRight, 右下がLeftである。なお、Center位置については、当所のテストボリューム半径では、測定しなくても良いことになっているため、空白となっている。

最終的な電波吸収体配置図は図15、図16のようになった。実際の写真は図17、図18に示す。

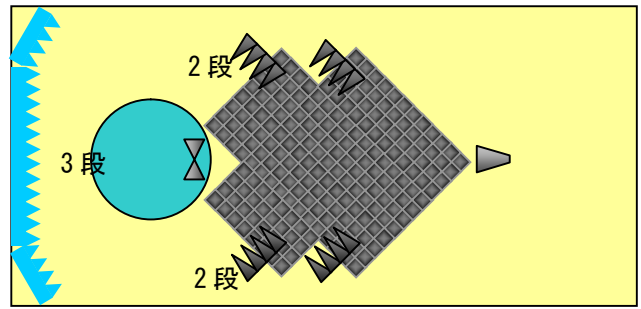


図15 最終配置図（上面図）

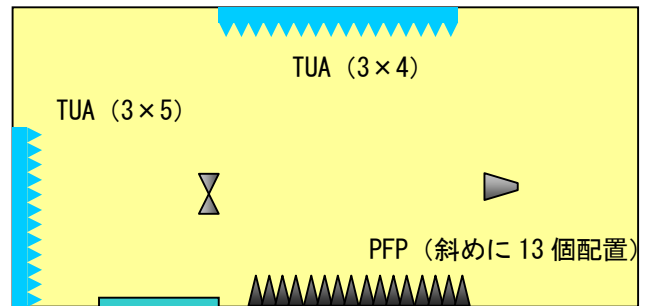


図16 最終配置図（立面図）

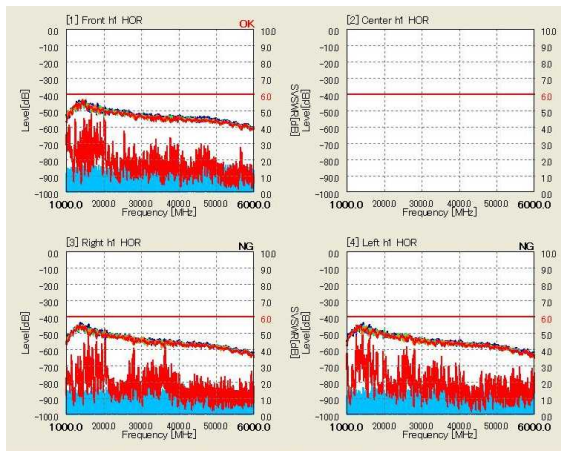


図13 最終状態のSVSWR評価（水平）

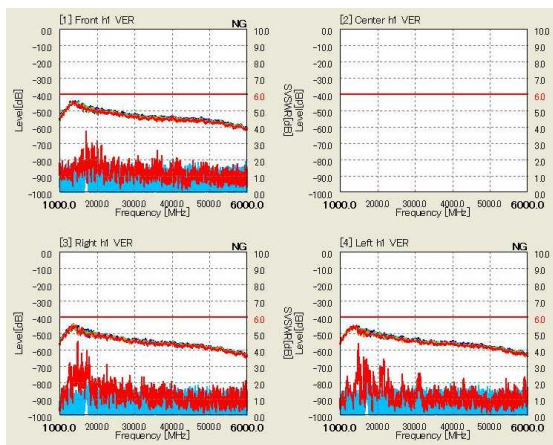


図14 最終状態のSVSWR評価（垂直）



図17 床面及び、壁面のPFP-30配置写真



図18 送信アンテナ後方壁面のTUA-13B配置写真

#### 4. まとめ

当初の予定では、60cm角ある電波吸収体を上下左右前後の6面に各4×4（1面あたり240cm角の吸収体面）の配置を考えており、計96個分の吸収体を見積もっていたが、結果的に、TUA-13Bは、天井面が3×4=12個、送信アンテナ後方壁面で3×5=15個で、合わせて27個、PFP-30が、床面に13個、左右壁面用に8個で21個、総計で48個の使用でサイトVSWR評価を満たすことができ、使用個数の劇的な削減、及び実運用上でのセッティングにおいても無理のない配置を見出すことに成功した。

なお、本研究は（財）JKA研究補助事業の支援を受け、実施した。

VCCI<sup>(※)</sup> 一般財団法人VCCI協会、情報技術装置等の妨害波を規制する国内の業界団体。会員制の自主規制を行っている。

CE<sup>(※)</sup> CEマーキングとは、欧州（EU）加盟各国内の流通規制を統一化することを目的としたマーキング制度。機械指令・低電圧指令・EMC指令等の技術基準があり、それらの要求事項に適合させることでマーキングすることができる。

#### 参考文献

- 1) 地域イノベーション創出共同体形成事業広域関東圏創出促進協議会計量・計測分科会電磁環境評価研究会「30MHz～1GHzのサイトアッテネーション測定マニュアル  
[http://unit.aist.go.jp/col/col-kanto/manual/EMI/SA\\_Manual.pdf](http://unit.aist.go.jp/col/col-kanto/manual/EMI/SA_Manual.pdf)
- 2) VCCI規程集附則1技術基準V-3/2012.04  
[http://www.vcci.jp/activity/regulation/y12/kitei03\\_1204.pdf](http://www.vcci.jp/activity/regulation/y12/kitei03_1204.pdf)
- 3) 名和 礼成, 城之内 一茂, 田中 弥, 花澤 明洋, 足達 幹雄: 千葉県産業支援技術研究所 研究報告10, 7-9(2012)