

## 低周波向け磁界シールド測定用治具の開発 ～ KEC 法に基づく磁界シールド測定治具の大型化の検討 ～

生産技術室 名和 礼成, 足達 幹雄

Development of Magnetic Field Shield Measurement Jig for kHz Band  
～ Examination of a larger magnetic field shield measurement jig based on the KEC method ～

Yukinari NAWA and Mikio ADACHI

電子機器・部品から発生するノイズの影響(誤動作等)への対策として、電磁波シールド材が開発されている。当所では「シールド材評価装置(KEC<sup>\*1</sup>法)」を設置・開放しており、開発企業の評価ニーズに対応している。太陽光発電のパワコンやEVに代表される大電力用インバータの普及により、100kHz以下の低周波磁界ノイズも問題となっており、この帯域での測定需要も多い。一方、当所所有の磁界測定治具では感度の高い測定ができない。このため測定部分が約2倍の大きさの磁界測定用治具を試作し、低周波磁界シールド測定への適用を試みたところ、一定の測定感度の向上を確認し、概ね20kHzから50MHzの範囲で測定可能であることが示唆された。

### 1. はじめに

電子機器・部品から発生するノイズの影響(誤動作等)への対策として、電磁波シールド材が開発されている。当所では「シールド材評価装置(KEC法)」を設置・開放しており、開発企業の評価ニーズに対応している。太陽光発電のパワコンやEVに代表される大電力用インバータの普及により、100kHz以下の低周波磁界ノイズも問題となっており、この帯域での測定需要も多い。一方、当所所有の磁界測定治具(既存治具)では感度の高い測定ができない。このため測定部分が約2倍の大きさの磁界測定用治具を試作し、低周波磁界シールド測定への適用を試みた。

### 2. 設計と試作

#### 2.1 KEC法の治具について

KEC法は、一般財団法人KEC関西電子工業振興センターが開発した電磁波シールド測定装置であ

る。シート状の材料を比較的容易に、再現性高く測定することができ、国内ではスタンダードな測定法となっている。測定は、送信機(信号発生器)と受信機(スペアナ)の間に、同形状の2つの測定治具を設置し、その間に材料を挟んで行う。材料の有無による差をもってシールド効果としている。なおKEC法は、近傍界評価なので、測定治具も電界・磁界用と、2種類存在する。既存治具は、電界も磁界も100kHzから1GHzまでの周波数範囲を測定範囲としている。

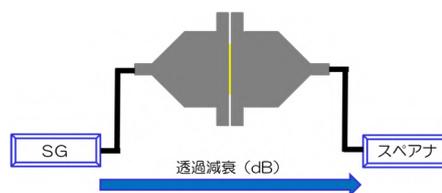


図1 KEC法の模式図

電界用治具は、TEMセル<sup>\*2</sup>を模した構造で伝送

<sup>\*1</sup> 一般社団法人社KEC関西電子工業振興センターは、関西地域24社が発起人となり、設立された社団法人が沿革で、電子工業に関する技術と生産性と品質の向上を図る活動をおこなうことにより、電子工業の振興を図り、日本経済の発展に寄与することを目的としている。KEC法もここで開発された近傍界のシールド材評価法で国内ではスタンダードな測定法となっている。

<sup>\*2</sup> TEMセル(Transverse Electro-Magnetic cell)は、同軸ケーブルの一部を膨らませ、内部導体を平板状にし、セル両側をテーパ状に絞り、同軸コネクタに接続する構造で、車載用電気電子機器やワイヤーハーネスの誤動作を評価する試験に用いられる。

軸方向に垂直な面内で、左右対称に分割した構造になっている。磁界用治具は、シールドループアンテナ(ループアンテナ)を使用し、図2のような「く」の字型の90度角の金属板と組み合わせて、ループアンテナの1/4の部分が測定部分の空間に露出する構造となっている。

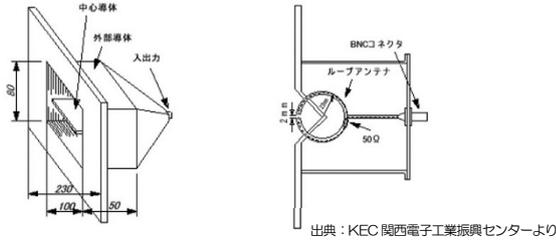


図2 電界用治具(左)と磁界用治具(右)

### 2.2 低周波磁界用大型治具の設計と試作

100kHz以下の低周波磁界測定 of 感度向上を目的とするため、磁界用治具のループアンテナ部分と90度角の金属板部分を、既存治具の約2倍の大きさで設計・試作した(試作大型治具)。図3にループアンテナ部分を、図4と図5にそれを収める筐体部分の設計寸法を示す。

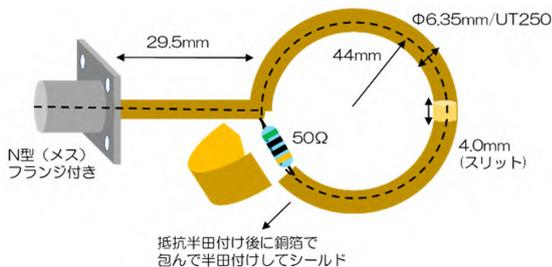


図3 ループアンテナ部分の設計寸法

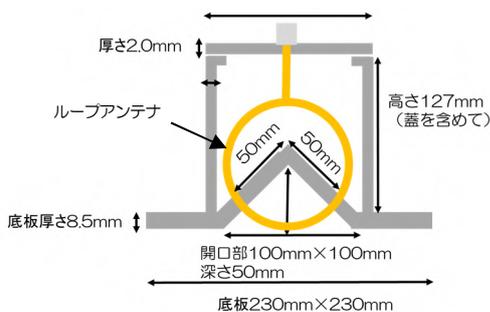


図4 筐体部分の設計寸法(断面図)

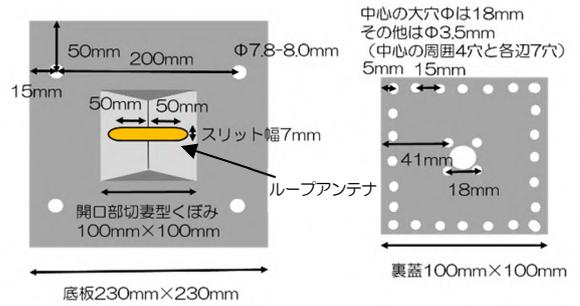


図5 筐体部分の設計寸法(測定面)

## 3. 結果及び考察

### 3.1 ループアンテナの評価

ループアンテナは送受信の対で2本必要だが、4本を試作し、目視、寸法測定、電気的特性評価を行い、上位の2本(No.3, No.4)を選択した。電気的特性評価は、マルチメータによるNコネクタの芯線-外皮間の直流抵抗を測定し、交流領域(300kHzから1GHz)はベクトルネットワークアナライザ(使用機器: Keysight Technologies E5071C)のS11測定でインピーダンス評価を行った。結果を表1と図6に示す。

表1 試作したループアンテナの評価

| サンプル番号    | No.1                                  | No.2  | No.3  | No.4  |
|-----------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| ①外径(mm)   | 93~95                                 | 93~94 | 93~94 | 93~94 |
| ②全長(mm)   | 148                                   | 147   | 151   | 151   |
| ③スリット(mm) | 3~4                                   | 3~3.5 | 3~3.5 | 3.8~3 |
| DC抵抗(Ω)   | 51.2                                  | 51.5  | 50.9  | 51.1  |
| インピーダンス   | どれもほぼ同じ(次ページ参照)<br>上段がスミスチャートで下段が反射特性 |       |       |       |

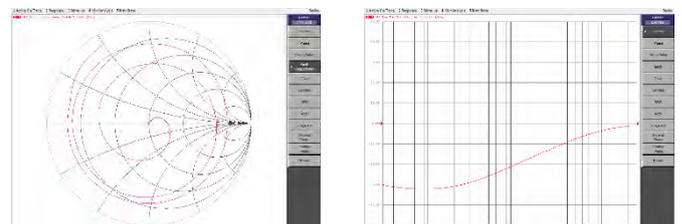


図6 ループアンテナのインピーダンス(左)と反射特性(右)

### 3.2 組上げた磁界治具の伝送特性

筐体部分には、耐食性を考慮しユニクロ(黄)メッキを施している。ループアンテナを裏ブタに取り付け、裏側から90度角の金属板部分のスリットを通

して、図4のようにループアンテナの1/4の部分が測定面部分の空間に露出するよう組上げた。図7に既存治具と試作大型治具の比較を示す。左側が既存治具で、右側が試作大型治具となる。なお、ループアンテナを通すスリット部分は隙間が残る。既存治具のように半田付けして隙間を塞ぐのが理想であるが、目的とするkHz帯の低周波帯域は、隙間部分が残っても、ほぼ影響しないため(波長が長い)、銅箔テープで簡易的に塞ぐだけでも十分であった。

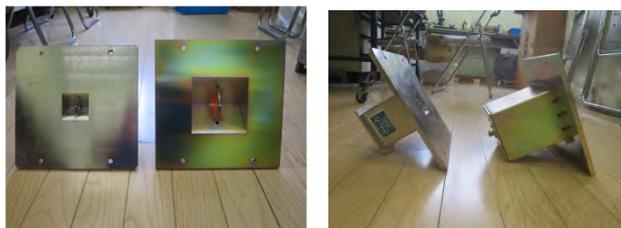


図7 既存治具と試作大型磁界治具

次に、既存治具と試作大型治具の伝送特性を比較したグラフを図8に示す。

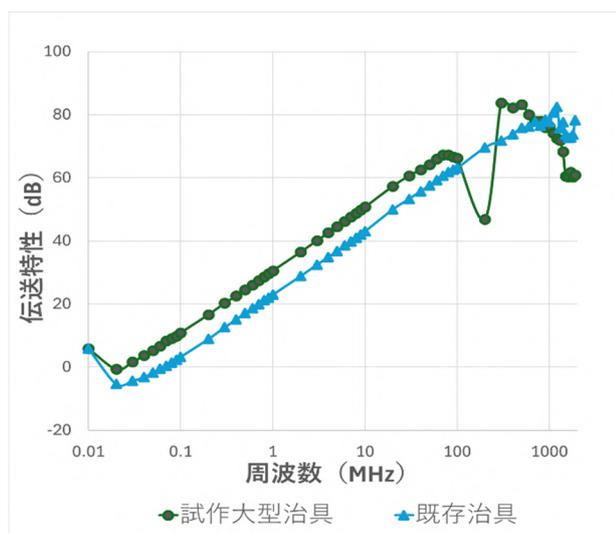


図8 既存治具と試作大型治具の伝送特性

図8より、試作大型治具は既存治具に比べて、概ね20kHzから50MHzの範囲で、線形性が保たれており、約10dB程高い伝送特性となった。

既存治具の測定下限周波数は100kHzであるが、試作大型治具を用いることで、さらに20kHzから100kHzまで測定範囲を拡張できると考えられる。一方で、100MHzから300MHzに大きなディップを

生じていることも確認できた。これは90度角の金属板部分内の空間で共振が生じているためと推測する。高周波側については、ループアンテナを通すスリット部分の隙間を埋める処理方法により、共振波形が変化することを確認したため、高周波側においては測定空間の密閉が重要となると考えられる。試作大型治具においては、図8の既存治具と線形性が保たれている範囲から、測定上限周波数は50MHzと示された。

### 3.3 同一サンプルの測定比較

最後に、実際のシールド材のテストサンプルを用いた、既存治具と試作大型治具の測定比較を行った。サンプルは高透磁率材料とポリマーフィルムをサンドイッチした構造の、低周波用ノイズ抑制シートの市販品(100mm×150mm t,0.27mm)を用いた。サンプルは切り用のミシン目が入っているため、シールド効果の異方性を考慮し、ループアンテナとミシン目の方向が水平・垂直方向となる場合の評価も行った。図9に結果を示す。

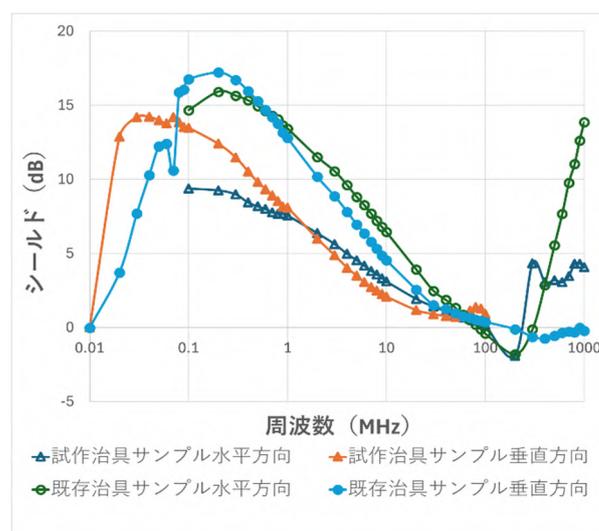


図9 テストサンプルのシールド測定比較

100kHzから50MHzの既存治具の測定範囲と重複する周波数範囲では、既存治具と同じ測定結果となるはずだが、結果は既存治具の測定結果の方が、100kHzから10MHzで数dB、試作大型治具よりも高いシールド効果として測定され、50MHzにかけて測定結果が一致する結果となった。既存治具に比べ、試作大型治具のシールドが低くなった原因は、試作大型治具の90度角の金属板部分のくぼみが、サンプルの幅とほぼ同じ寸法の100mm幅であるためサンプルを設置する際に、隙間が生じシールド効

果が低く測定されたと推測する。一方、ミシン目の水平方向と垂直方向のシールド効果の測定値には大きな差が生じなかった。

このことから、試作大型治具においては、90 度角の金属板部分のくぼみ部分を十分に覆いつくせるだけの大きさのサンプルが必要であることが示された。

#### 4. まとめ

測定部分になるループアンテナと、90 度角の金属板のくぼみ部分が、既存治具の約 2 倍の大きさの治具の試作し、評価したところ概ね 20kHz から 50MHz の範囲で、既存治具に比較して試作大型治具が、約 10dB 程、感度の高い伝送特性を示した。感度向上により、これまでの測定下限周波数を

100kHz から約 20kHz まで拡張することができると推測する。既存治具と試作大型治具のシールド比較測定では、測定結果に差が生じた。試作大型治具の 90 度角の金属板部分のくぼみに対する適切なサンプルサイズの検証や、高透磁率系以外の特性を持ったサンプルによる検証が必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) 一般社団法人KEC関西電子工業振興センター：“シールド材試験”，<<https://www.kec.jp/testing/kec-method/>>，（参照日2024年10月1日）
- 2) 針谷 栄蔵：“電磁波シールド特性評価技術”，繊維製品消費科学，40巻，2号，pp. 100 - 108 (1999) .