

研究論文

LED 照明の高周波帯域におけるエミッション試験方法の検証

杉山 儀^{*1}、浅井 徹^{*1}Verification of Emission Test Methods for LED Lighting
in the High Frequency BandTadashi SUGIYAMA^{*1} and Tohru ASAI^{*1}Technical Support Department^{*1}

LED 照明の普及と共に、国内の電気用品安全法について、照明器具の EMC 試験規格を国際規格である CISPR15 に準拠するための大きな改正が 2021 年に行われた。そこで、CISPR15 のエミッション試験の複数の測定法の中から、特に高周波範囲(30MHz から 1GHz)の測定法である放射妨害波の SAC 法と、その代替法の伝導妨害波の CDNE 法に着目して、多種類の LED 照明を対象に比較検証を行うことで、当センターにおける SAC 法と CDNE 法との相互関係を明らかにした。

1. はじめに

環境保護の観点から、国際的には 2023 年 11 月に「水銀に関する水俣条約第 5 回締約国会議」で、2027 年までに一般照明用の蛍光灯の製造・輸出入の廃止が決定された。また国内では、2015 年の「地球温暖化対策計画」で、2030 年までにストックで、LED 照明の 100%普及を目指している。こうした LED 照明の普及の背景に、照明器具に関するエミッション試験は、国際規格では CISPR15 で定められており、国内では 2012 年に施行された電気用品安全法によって定められている。

また電気用品安全法は、2021 年に大きな改正が行われ、照明器具の EMC 試験規格は、CISPR15 に準拠することになった。この国内外の試験規格の大きな改正に伴い、複数の測定法が導入され、当センターの照明器具の EMC 試験の需要も一層高まっている。

しかし、複数の測定法が導入されてはいるものの、テスト環境や測定法が異なれば、その測定結果の相互関係も異なるため、当センターでは、その測定法を十分に活用しきれていないのが現状である。現在の電気用品安全法は、Edition.8^{2),3)}(以下 ed.8)に準じていることもあり、当センターで CISPR15 のエミッション試験を実施する場合、ed.8 の測定法で試験を実施している。

本研究では、複数の測定法の中から高周波範囲の測定法に着目して、各種測定法の相互関係を調べた。具体的には、30MHz から 1GHz の周波数範囲において、放射妨害波の SAC(Semi Anechoic Chamber)法と、その代替法である伝導妨害波の CDNE(Coupling Decoupling Network for Emission)法について検証した。

2. 実験方法

2.1 供試品の LED 照明

供試品(以下 EUT)として、電球型の 6 種類、蛍光灯型の 3 種類の LED 照明(図 1)に対して、エミッション測定を実施した。ただし、蛍光灯型の LED 照明には、電源ケーブルとの接続に向きがある。右側に接続したときを右接続、左側に接続したときを左接続とした。

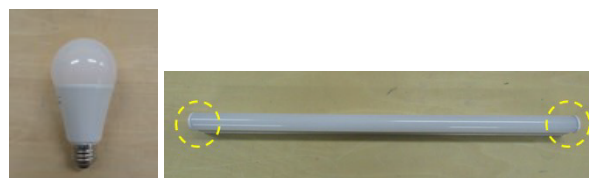


図 1 電球型(左)と蛍光灯型(右)の LED 照明

2.2 測定法

2.2.1 SAC 法

この測定法は、電波暗室を利用して、広帯域のハイブリッドアンテナを用いた一般的な放射妨害波測定であり、SAC 法という。当センターにおける SAC 法は、EUT からアンテナまでの距離が 3m である(図 2)。

本研究では、CISPR15 の最新版である 2018 年発行の Edition.9¹⁾(以下 ed.9)と、旧版の 2013 年、2015 年発行の ed.8 の測定法を採用した。SAC 法の ed.9 と ed.8 との違いは、ed.9 の周波数範囲が、30MHz から 1GHz までに対して、ed.8 では 30MHz から 300MHz までとなる。また ed.9 の測定では、再現性を高めるために、電源ラインに 50Ω で終端した CDNE (図 2)を接続しなければならない(以下 CDNE 有)。一方、ed.8 では一般的に伝導イミュニティで使用する CDN(Coupling

^{*1} 技術支援部 試作評価室

Decoupling Network)を用いており、あくまで規格上は CDN の接続を推奨するものであるが、当センターとして ed.9 と区別するため、ed.8 では CDN(CDNE)を用いない(以下 CDN 無)こととした。

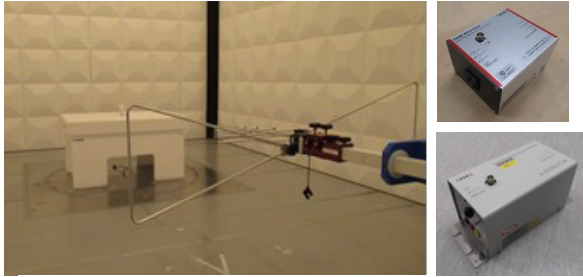


図 2 (左)SAC 法 距離 3m において、
(右上)CDNE、(右下)CDN

2.2.2 CDNE 法(CDN 法)

この測定法は、CDNE を用いた伝導妨害波測定であり、CDNE 法という。ed.9 では CDNE 法というが、ed.8 では、CDNE の代わりに CDN を用いることから、CDN 法という。周波数範囲は、30MHz から 300MHz であり、EUT から CDNE(CDN)までの距離が、ed.9 では $20 \pm 2\text{cm}$ 、ed.8 では $20 \pm 10\text{cm}$ 、その間のケーブルの状態は、蛇行や結びがないことと規定されている(図 3、図 4)。

また、EUT から CDNE(CDN)までの距離以外で、ed.9 と ed.8 との違いは、本測定において、ed.9 は 10dB のアッテネータ (以下 ATT) 内蔵の CDNE を用いるのに対して、ed.8 では CDN に 6dB の ATT を外付けしなければならないことである(図 4)。

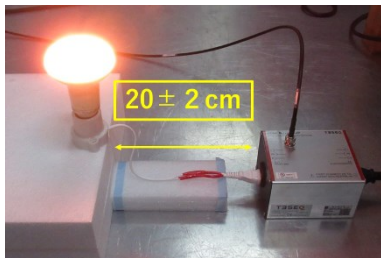


図 3 CDNE 法(ed.9)

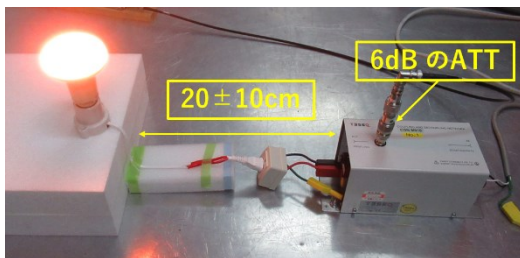


図 4 CDN 法(ed.8)

2.3 測定条件

2.3.1 SAC 法

SAC 法では、電源系を安定化電源(100V60Hz)、電源ラインに 30cm、または 90cm の延長ケーブル(図 5)を接続、CDNE 有(ed.9)または CDN 無(ed.8)の場合で測定を実施した。なお、CDNE 有の場合は、延長ケーブルを用いる必要はないが、CDN 無の場合は、測定上必ず延長ケーブルを用いなければならない。

また、蛍光灯型の LED 照明に対しては、電源ケーブルとの接続の向きを右接続または左接続で、測定を実施した。



図 5 30cm と 90cm の延長ケーブル

2.3.2 CDNE 法(CDN 法)

CDNE 法(ed.9)、CDN 法(ed.8)共に、SAC 法と同様の安定化電源を用いて、測定を実施した。また、一般的に付属のケーブルは長いものが多いため、EUT と CDNE(CDN)間の測定専用の 30cm に短く加工したケーブル(図 6)を用いた。SAC 法と同様に、蛍光灯型の LED 照明に対しては、電源ケーブルとの接続の向きを右接続、または左接続で測定を実施した。

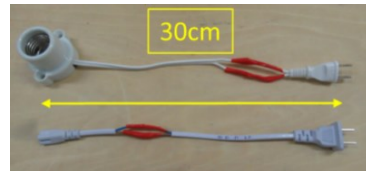


図 6 EUT と CDNE(CDN)間の短く加工したケーブル

3. 実験結果及び考察

3.1 SAC 法の ed.9 と ed.8 による測定結果

9 種類の LED 照明に対して、測定した SAC 法(ed.9、ed.8)、CDNE 法(ed.9)、CDN 法(ed.8)の測定結果を表 1 に示す。その中で CISPR15(ed.9)の限度値に対して、僅かの差で不適合となった、蛍光灯型の LED 照明(蛍光灯型②)の一つの測定結果を、本稿では取り上げる。

測定条件は、CDNE 有(ed.9)、右接続の場合、結果は、アンテナが水平方向の 175MHz で準尖頭値(以下 QP 値)と限度値との差が -0.4dB であった(図 7)。なお、準尖頭値はノイズ強度を表す指標であるが、ノイズの最大の大きさである尖頭値とは異なり、ノイズの持続時間と頻度が大きく影響する値である。

表 1 9 種類の LED 照明の SAC 法と CDNE 法(CDN 法)の判定結果

LED照明種類		SAC法 (ed.8)	SAC法 (ed.9)	CDN法 (ed.8)	CDNE法 (ed.9)
電球型①		適合	適合	適合	適合
電球型②		適合	適合	適合	適合
電球型③		適合	適合	適合	適合
電球型④		適合	適合	適合	適合
電球型⑤		適合	適合	適合	適合
電球型⑥		不適	不適	不適	不適
蛍光灯型①	右接続	適合	適合	適合	適合
	左接続	不適	不適	不適	不適
蛍光灯型②	右接続	不適	不適	不適	適合
	左接続	不適	不適	不適	不適
蛍光灯型③	右接続	適合	適合	適合	適合
	左接続	適合	適合	適合	適合

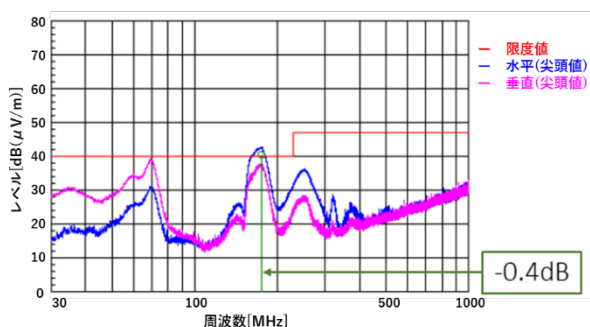
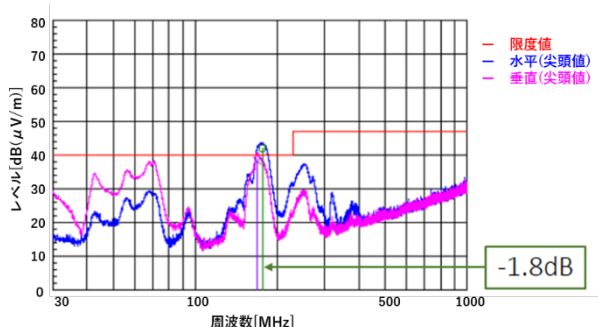
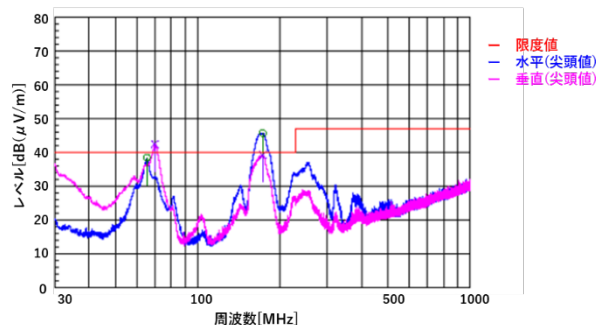


図 7 SAC 法 CDNE 有(ed.9)、右接続の場合

一方で、CDN 無(ed.8)、右接続、90cm の延長ケーブルを用いた場合、結果は、アンテナが水平方向の 176MHz で QP 値と限度値との差が-1.8dB となり、判定結果は、不適合であった。また、CDNE 有(ed.9)と比べて、CDN 無(ed.8)は、175MHz 辺りでのノイズレベルが大きく、かつ 30MHz から 150MHz でノイズレベルが上下する不安定なスペクトル波形が確認された(図 8)。なお、ed.8 の周波数範囲は、規格上は 30MHz から 300MHz までとなるが、本稿では、CDNE 有(ed.9)と CDN 無(ed.8)でのグラフの比較を考慮したため、周波数範囲を 30MHz から 1GHz までとしている。

図 8 SAC 法 CDN 無(ed.8)、右接続
の 90cm の延長ケーブルの場合

次に、CDN 無(ed.8)、右接続で延長ケーブルの長さを 90cm から 30cm にした場合、150MHz 以下のノイズスペクトル波形が CDNE 有(ed.9)のとき(図 7)と同様に安定した(図 9)。

図 9 SAC 法 CDN 無(ed.8)、右接続
の 30cm の延長ケーブルの場合

いずれの条件(2.3.1 SAC 法)においても、電源ラインに CDNE を接続した方が、ノイズスペクトル波形は安定することが確認された。

しかし、CDN 無(ed.8)の場合は、延長ケーブルを用いることになるため、ケーブルの長さとの共振によって、ノイズスペクトルがばらつき、波形は不安定になることが考えられる。

次に、CDNE 有(ed.9)で右接続から左接続にした場合、結果は、右接続のときとはノイズスペクトル波形が異なった(図 10)。

これは接続向きにより、LED 照明の内部回路の経路が変わることで、ノイズの出方も変わるものと考えられる。また、アンテナが水平方向の 177MHz で QP 値と限度値との差が-0.9dB となり、右接続と同様に、判定結果は不適合であった。

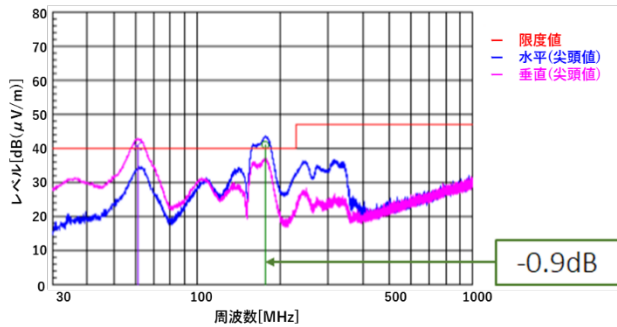


図 10 SAC 法 CDNE 有(ed.9)、左接続の場合

3.2 CDNE 法の ed.9 と ed.8 による測定結果

SAC 法と同様の LED 照明に対して、右接続で CDNE 法(ed.9)を実施した。結果は、68MHz で QP 値と限度値との差が+0.8dB となり、SAC 法では不適合であった判定(図 7)が、CDNE 法では適合した(図 11)。

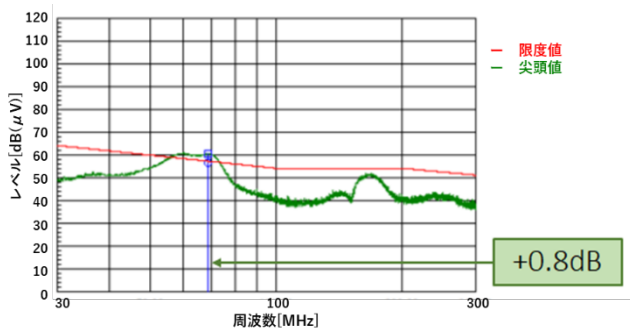


図 11 CDNE 法(ed.9)、右接続の場合

一方、右接続で CDN 法(ed.8)を試みると、結果は、68MHz で QP 値と限度値との差が-0.5dB で、不適合となり(図 12)、SAC 法のと看と判定が一致した。なお、CDN 法(ed.8)の周波数範囲は、CDNE 法(ed.9)と同じ範囲であるが、限度値は異なる。ed.8 では 200MHz から 230MHz で 54dB、230MHz から 300MHz で 60dB の限度値であるのに対して、ed.9 では 200MHz から 300MHz で限度値は周波数の対数とともに、54dB から 51dB に直線的に減少する。つまり、ed.9 は ed.8 より厳しい限度値といえる。ただし、本測定においては、200MHz から 300MHz の限度値が、判定結果に影響を及ぼすものではなかった。

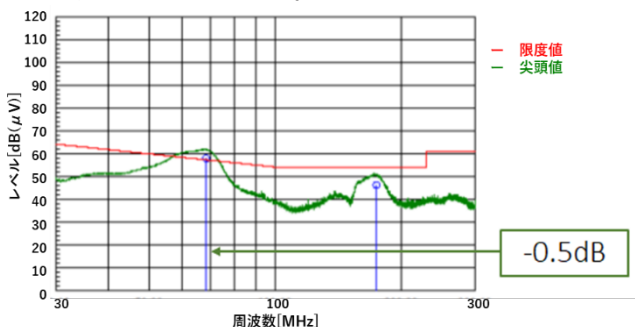


図 12 CDN 法(ed.8)、右接続の場合

次に、CDNE 法(ed.9)で右接続から左接続にした場合、結果は、SAC 法のと看と同様に、右接続のと看とはノイズスペクトル波形が異なった(図 13)。また、177MHz で QP 値と限度値との差が-1.8dB となり、右接続と同様に、判定結果も不適合であった。

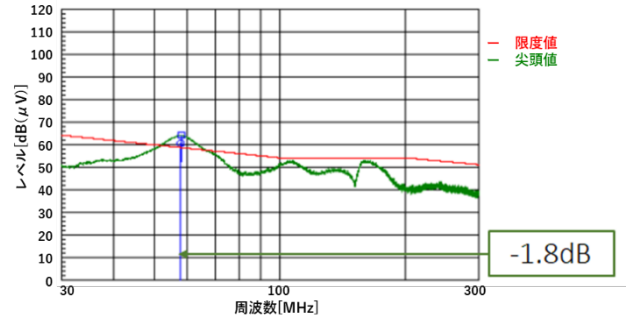


図 13 CDNE 法(ed.9)、左接続の場合

3.3 まとめ

9 種類の LED 照明の測定結果(表 1)より、SAC 法の ed.8 と ed.9、CDN 法(ed.8)の判定結果の適合・不適合が一致した。

一方、SAC 法(ed.9)と CDNE 法(ed.9)の判定結果は、蛍光灯型②に対してのみ、適合・不適合が一致しなかった。その測定結果として、CDN 法(ed.8)に対して、CDNE 法(ed.9)が 1dB 程度少し緩めに測定されたこと(図 11)は、CDN と CDNE の回路上の個体差によるものと考えられる。よって、そのことを許容した上で当センターでは、LED 照明の放射エミッション試験の代替法として、CDNE 法(ed.9)と CDN 法(ed.8)を活用できるものとする。

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) SAC 法の ed.8 と ed.9 では、ノイズスペクトル波形の安定性が大きく異なった。
- (2) CDN 法(ed.8)と CDNE 法(ed.9)では、測定結果は同様なノイズスペクトル波形であったが、QP 値は 1dB 程度の差が確認された。
- (3) 当センターでは、LED 照明の放射エミッション試験の代替法である CDNE 法(CDN 法)を活用することができる。

文献

- 1) CISPR15 Edition9.0, 2018-05
- 2) CISPR15 Edition8.0, 2013-05
- 3) CISPR15 Edition8.0 AMENDMENT1, 2015-03