

論文

LED 照明器具の EMC 評価方法に関する一考察

梶 健一⁽¹⁾，小林 丈士⁽¹⁾，宮島 良一⁽²⁾，三上 和正⁽³⁾

EMC evaluation and examination of LED lighting equipment

Kenichi Haji⁽¹⁾， Takeshi Kobayashi⁽¹⁾， Ryoichi Miyajima⁽²⁾， Kazumasa MIKAMI⁽³⁾

LED products such as LED bulbs and LED tubes are recently widely sold due to the increased awareness of energy conservation. However some LED applications are not subject to the “Electrical Appliances and Material Safety Act” of Japanese law and so on. Therefore we can see some products which are not adapted to EMC.

We have used the International standard and Japanese standard of EMC of general lighting and LED applications on the market and measured the conducted disturbances, radiated disturbances, harmonic current and supply current etc. In the paper, we would like to report the comparison and results.

キーワード：LED 応用製品，電磁環境両立性（EMC），放射エミッション，雑音端子電圧測定，高調波電流測定

Keywords：LED application products, Electro Magnetic Compatibility(EMC), Radiated disturbances, Conducted disturbances, Harmonic current,

1. はじめに

LED を活用した照明器具の需要が非常に高まっている。以前から，温室効果ガス（CO₂ 等）を削減する目標により，“省エネ”に対する意識が高まったことで LED 応用製品に関する関心が高まり市場の需要が増えている⁽¹⁾。さらに，2011年3月11日に発生した東日本大地震により東京電力が実施した計画停電の影響から“節電”に対する意識も相まって，市場の需要が飛躍的に高まっている傾向にある。

LED 応用製品は従来の照明器具に比べ，省エネに寄与し，長寿命で交換やメンテナンスの回数を軽減できることから省資源化につながり，また，紫外線・赤外線が少ないので熱に弱い製品や食品への影響が抑えられるのに加えて虫を引き寄せにくい，さらに，気温の低い倉庫や寒冷地帯での低温特性がよい等の優れた特性^{(2) (3)}がある。

しかし，照明器具としての LED 応用製品は電源を AC から DC に変換して使用するため，製品自体または取り替え時におけるコストが高くなるという問題点がある。また，一部の照明器具に関する規格等において LED 応用製品は適用外であるため⁽⁴⁾，市場には特性の悪い製品も見受けられる。そのため LED 応用製品に関する安全面や性能，電磁波妨害に関する研究^{(5) (6) (7)}が行われている。以前，電磁環境工学研究会の研究報告⁽⁶⁾で，市販されている LED 直管型 4 種類を無作為に購入し，照明器具に関する EMC 規格を適用して測定し，LED 直管型のノイズ特性を比較検討したが，

本稿では，その 4 種類の中から特にノイズ特性の悪い製品 1 種類に注目し，電気特性に関する測定を加えて EMC 評価方法についての一考察を行ったので報告する。

2. 試験方法

試験品は市販されている LED 直管型 (100V/50Hz) を使用した。この試験品の仕様では従来の一般照明の 20W に相当する明るさを持つものとされている。試験品の配線方法を図 1 に示す。本稿では簡易的な性能比較を行った後，放射電磁妨害波（以下，放射エミッション），雑音端子電圧（以下，雑端），雑音電力（以下，電力），ラージループアンテナ（以下，LLA），突入電流，高調波電流（以下，高調波）のそれぞれを規定された試験方法^{(8) (9) (10) (11) (12) (13) (14)}により測定した。以下に，各試験方法の概要を簡単に示す。尚，各周波数範囲での参照帯域（BW）等の設定については，CISPR16⁽¹²⁾に基づく。

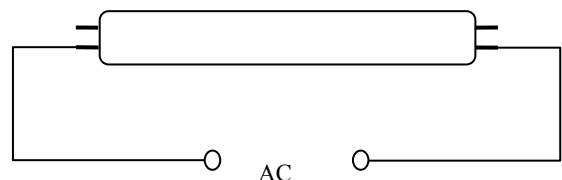


図 1. 試験品の電源配線図

2. 1 電圧変動に対する照度変化

電圧変動に関する電力供給事情を考慮に入れ，供給電圧 100V/50Hz を基準にして±10%（90V から 110V まで）変動

(1) 電子半導体技術グループ

(2) 技術経営支援室

(3) 実証試験セクター

させた時の照度を測定した。照度については簡易照度計を用い、電圧変動に対する照度の変化を簡易的に確認するため、次の方法で実施した。点灯状態で、簡易照度測定部分をLED直管型のレンズ部分に直に接触させ、左右に移動したときの最大照度値を基準にした。

2.2 放射エミッション

照明器具に関する放射エミッションの準尖頭値（以下、QP）の限度値は、CISPR15⁽⁸⁾⁽⁹⁾で30–300MHzまで規定されている。ただし、本稿では周波数範囲を1GHzまで拡張してノイズのピークを測定するためCISPR22⁽¹³⁾を参考にした。試験は当センターの電波暗室（3m法）にて行った。測定器はEMIレシーバ、アンテナは30MHz–300MHzの範囲をバイコンカルアンテナ、300MHz–1GHzの範囲をログペリオディックアンテナ、そしてプリアンプを用いた。

2.3 雑端

雑端の試験方法およびQPの限度値はCISPR15⁽⁸⁾⁽⁹⁾を参照し、周波数範囲9kHz–30MHzでノイズのピークを測定した。測定には、擬似電源回路網、EMIレシーバを用いた。

2.4 電力

電力の試験方法およびQPの限度値は電安法省令第1項第7章⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾を参照した。当センターの電磁シールド室にて30MHz–300MHzまでの周波数範囲でノイズのピークを測定した。測定にはEMIレシーバ、EMIクランプを用いた。

2.5 LLA

LLAの試験方法およびQPの限度値はCISPR15⁽⁸⁾⁽⁹⁾を参照した。測定にはEMIレシーバ、ループアンテナ結合用電流プローブを用いた。9kHz–30MHzまでの周波数範囲でノイズのピークを測定した。今回使用したLED直管型の長さは1.6m以下なので、LLAの直径2mのものを使用した。当センターのLLAは手作り（自作）であり、校正が行われていない装置であるため、ここで得られる試験データはあくまで参考値として取り扱った。

2.6 高調波

100V/50Hzで点灯させて電圧電流波形、高調波電流値を測定し、日本工業規格JIS C610003-2のクラスC：照明機器⁽¹⁴⁾に適用して評価した。試験品は25W以下であった。

2.7 突入電流

スイッチを入れた瞬間に交流電圧の最大値が試験品に印加されるように、100V、50Hz、位相角90°に設定したAC電源を用いた。試験品1本または2本の場合での突入電流の値は点灯時間を20秒、消灯させて点灯させるまでの時間を5秒程度の間隔で5回ほど観測した。

3. 試験結果

3.1 電圧変動に対する照度変化

図3に電圧変動時の照度の変化を示す。90Vから110Vまでの電圧の増加に対して、照度はそれほど大きく変動することはなかった。

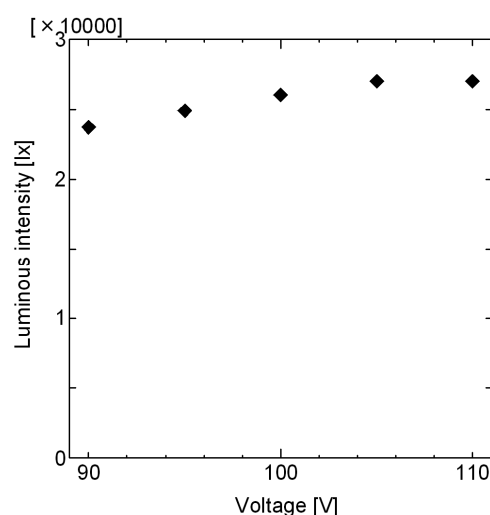


図3. 電圧変動時における照度の変化

3.2 放射エミッション

図4は放射エミッション測定による結果を示す。アンテナは、図4上が水平時、図4下が垂直時である。試験品の放射ノイズは周波数30MHzから300MHzまでの範囲で限度値を超えた。

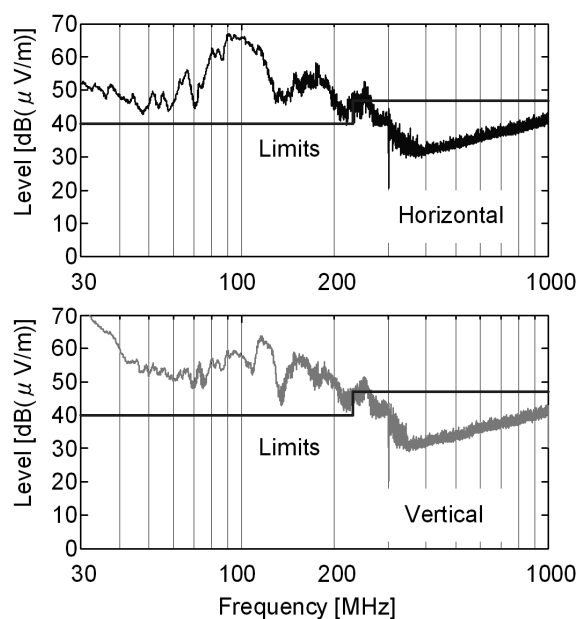


図4. 放射エミッション測定結果

3.3 雑端

図5に雑端測定による結果を示す。試験品は0.06MHzまでは限度値に非常に近い値で、周波数0.07MHzから30MHzまでの範囲で限度値を超えた。

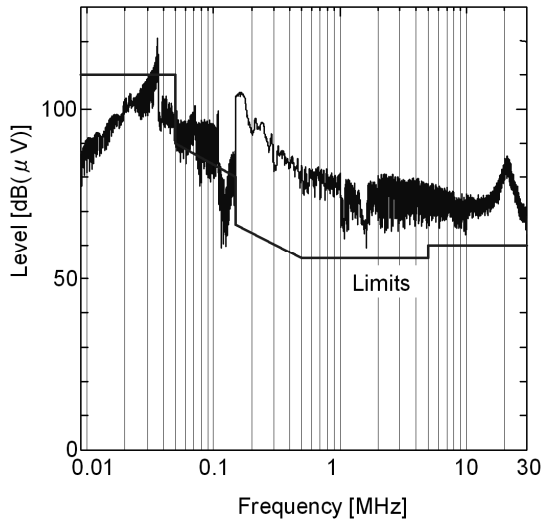


図5. 雑端測定結果

3.4 電力

図6に電力測定による結果を示す。試験品の放射電力妨害波は30MHzから限度値を超えており、150MHz付近で限度値を下回った。

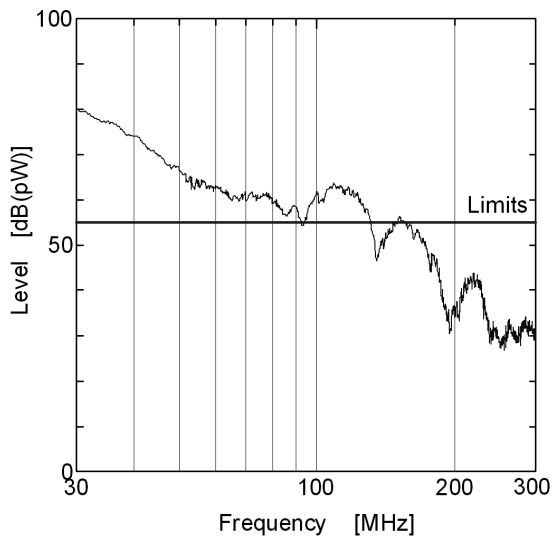


図6. 電力測定結果

3.5 LLA

図7にLLAを用いて測定した結果を示す。試験品は限度値以下であった。

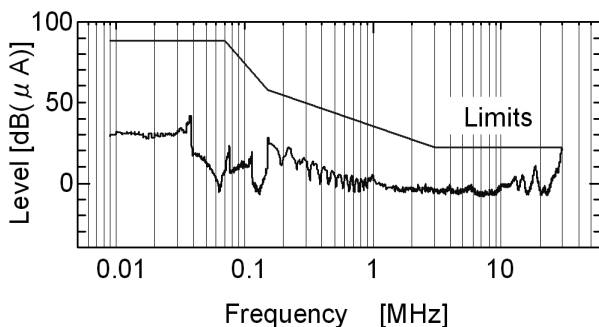


図7. LLA測定結果

3.6 電圧電流波形および高調波

図8は電圧電流波形を示す。電圧波形は定電圧電源を用いた供給電圧，電流波形は負荷電流である。試験品の消費電流波形は矩形波に近く，頭頂部が湾曲した波形となっている。

図9の縦軸は各次数の高調波電流値，横軸は1次から40次までの高調波電流の次数を示す。同図に曲線で限度値(Limits)を示しており，棒グラフは黒で各次数の電流値を，限度値を超えると棒グラフの色が灰色で示されFailとなる。日本工業規格 JIS C610003-2 のクラスC：照明機器⁽¹⁴⁾で規定される限度値での判定結果ではFailとなった。しかし，25W以下の照明器具にはもう1つの判定方法として，「基本波入力電流に対する百分率で示される3次および5次高調波は，それぞれ86%及び61%を超えてはならない。さらに，入力電圧のゼロクロスをも0°として，入力電流の波形は，60°又はそれより前で立ち上がり，入力電流のピーク(半周期に幾つかのピークがある場合は最後のピーク)は，65°又はそれより前にあって，かつ，90°より後ろでゼロにならなければならない。」と規定され，図8の電流波形と図9の3次と5次の高調波を計算すると判定はPassとなった。

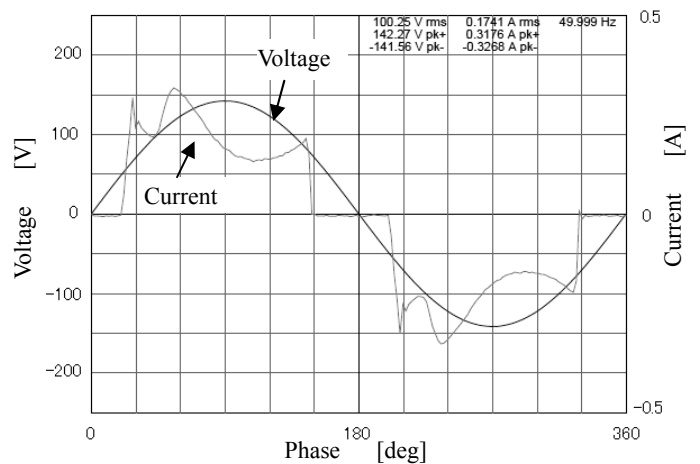


図8. 電圧電流波形

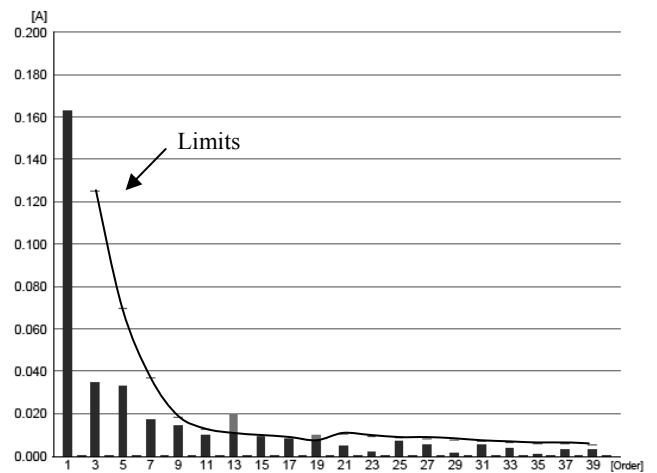


図9. 高調波電流測定結果

3.7 突入電流

表1に突入電流値[A]を示す。突入電流はスイッチのon/offを5回繰り返して測定した。試験品の突入電流値のばらつきは見られなかった。試験品を2本にした時の突入電流値は1本測定時の突入電流値のおよそ2倍になった。

表1. 突入電流測定値

| 突入電流[A] | 1回 | 2回 | 3回 | 4回 | 5回 |
|---------|------|------|------|------|------|
| 1本 | 7.4 | 7.2 | 7.3 | 7.3 | 7.4 |
| 2本 | 13.7 | 13.4 | 13.5 | 13.5 | 13.5 |

4. 考察

図3の照度は電圧増加に対して大きく変動していない。通常、照度の増加は電流に比例するため、このLED直管型の電源回路は定電流駆動方式ではないかと考えられる。定電流駆動型であれば電圧の変動に関わらず電流が一定となり、照度も一定となるからである。

図4下のアンテナ垂直時の放射エミッション測定と図6電力測定から30MHz~300MHzにおける試験品の測定波形を比較すると傾向が似ていることが分かる。よって、図4下と図6の相関からLED直管型では、ACケーブルからの放射が多いと推測される。

また、図5の雑端測定と図7のLLA測定はレベル差が約50dBあるが、試験品はほぼ同波形であることから、ノイズ特性に相関があると推測される。このことを踏まえるとLED直管型の測定において、ノイズレベル値が非常に小さく、雑端測定と相関のある波形が測定されるLLA測定は省略できると考えられる。

25W以下の製品は日本工業規格JIS C610003-2のクラスC：照明機器⁽¹⁴⁾に対して2つの判定基準が適用され、高調波電流の限度値ではFail判定であったが、図8の電流波形と図9の3次と5次の計算によってPassと判定できた。

5. おわりに

LED応用試験品を用いて電圧変動による照度、また100V/50Hz供給時の電圧電流波形、突入電流そして国際規格と日本の規格を用いて、放射エミッション、雑端、電力、LLA、高調波電流によるEMC評価試験を行った。

雑端測定とLLA測定の結果に相関があり、LLAで測定されるノイズレベルが非常に小さいことから、LLA評価試験を省略して雑端を主評価試験にできると考えられる。また、放射エミッションと電力に相関があることから、電力と雑端、もしくは放射エミッションと雑端のいずれかの組み合わせを実施することで、LED応用製品の實力値を容易に把握できることが分かった。

突入電流は本数に比例して倍増する。オフィスビルや劇場等で一般の蛍光灯からLED直管型に置き換える状況がある。その際、かなりの本数であったり、大型のLED照明器

具であったりする場合には、点灯時への配慮が必要である。

LED応用製品に対して、EMC規制の一部が適用外⁽⁴⁾であり、また比較的特性の悪い製品が市場に出回っているため、速やかなEMC規制の確立、およびLED直管型の電源回路には、海外での販売等を視野に入れるとさらに改善が必要であると考えられる。

(平成23年5月20日受付, 平成23年7月12日再受付)

文 献

- (1) “電子回路工業会 LED市場の拡大推進へ”, 電磁環境工学情報 EMC, No.262, pp.138-139, 2010.2.5.
- (2) 汲川雅一, “グリーン・エレクトロニクス 照明用LEDの基礎知識 放熱の必要性から寿命の長さまで” トランジスタ技術, pp.197-200, 2010年9月号.
- (3) 汲川雅一, “グリーン・エレクトロニクス 照明用LEDの発熱と寿命 放熱の必要性から故障率の考え方まで” トランジスタ技術, pp.197-200, 2010年10月号.
- (4) “EMCで差をつける” 電磁環境工学情報 EMC, No.267, pp.135-136, 2010年7月.
- (5) 菅野伸, 秋山佳春, “電球形照明器具の妨害波発生機構とその特性について” 社団法人 電子情報通信学会, pp.31-34, 信学技法, IEICE Technical Report EMCJ2010-15(2010年6月).
- (6) 栢健一, 他 「LED応用製品のEMC評価に関する一考察」, 電子情報通信学会技術研究報告, 環境電磁工学, EMCJ 2010-80, pp. 57-60, (2010-11-19).
- (7) 栢健一, 他 「LED応用製品の突入電流に関する一考察」, 電気学会全国大会, 3-006, p.8, (2011-3-17).
- (8) CISPR15, “電気照明及び類似機器の無線妨害特性の限度値及び測定方法” 国際電気標準会議, 第7版, 2005年11月.
- (9) CISPR15, “Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment” International Electrotechnical commission, Amendment1 2006-10.
- (10) “電気用品の雑音の強さの測定方法” 電波雑音専門部会, H16年11月, 第6章および第7章.
- (11) “電気照明及び類似機器の無線妨害波特性の許容値及び測定法” J55015(H20), 別紙202の2.
- (12) CISPR16-1-1, “無線妨害及びイミュニティ測定装置並びに測定方法の仕様書 第1-1部 無線妨害及びイミュニティ測定装置-測定装置” 国際電気標準会議 第2版, 2006年3月.
- (13) CISPR22, “情報技術機器-無線妨害特性-限度値及び測定方法” 国際規格, 国際無線障害特別委員会, 第6.0版, 2008年09月.
- (14) 日本規格協会, 「JISハンドブック 70 電磁両立性(EMC) 2010」, C6100-3-2, pp.89-128.