

LED 照明の性能に関する調査

山口裕史*, 濱口 聡*

Quality Inspection on the Performance of the LED Lighting

Yuji YAMAGUCHI and Akira HAMAGUCHI

Key words: LED, Electro-Magnetic Compatibility, Electrical Appliance and Material Safety Law

1. はじめに

LED 照明は価格の低下が進み、長寿命、省電力であることからランニングコストが抑えられ、従来光源に比べて総コストで優位に立つ様になった。また、水銀のような有害物質を含まず、可視光以外の光をほとんど含まないことも評価されている。このような特徴をいかし、東日本大震災後の節電・環境意識や電気料金上昇もあり、LED 照明は急速に普及している。

一方で、LEDモジュール及び電源デバイスを調達すれば比較的容易に製品とすることが可能であるため、今まで照明装置とは関係が薄く、照明装置に対する性能事項、評価方法及び基準の認識が必ずしも十分でない異分野からの参入企業も多い。法規制となる前は、ちらつきや照度¹⁾で問題になる事例もあった。札幌市役所で蛍光灯を直管型LEDランプに取り換えたところ、職員が「目が疲れる」「気分が悪い」といった症状を訴えた。原因は、LED 照明が細かく点滅するちらつきだとされている。このように照明器具は一般消費者が使用するケースが多く、できるだけ早い段階から規格等が定められ、その普及を図ることが、消費者保護の観点からも重要である²⁾。

本稿では、LED照明製品の安全性や性能に関する規格や市場動向及び電気用品安全法（以下電安法）等法規制について調査した内容と、試買試験した結果について報告する。

2. 調査

2. 1 市場動向

照明器具の消費電力量は、家庭においては 13% 近くを占め³⁾、オフィスにおいては 21%を占めており⁴⁾、その割合は決して少なくない。LED の発光効率⁵⁾は、近年飛躍的に向上し、蛍光灯約 85 lm/W に比べ最新の LED 照明は 190 lm/W となった⁶⁾。人感センサや照度センサ等の明るさ自動調整と併用すればさらに大幅な電力削減ができる。「日本再生戦略」（平成 24 年 7 月 31 日閣議決定）で、平成 32 年までに、公的設備・施設の LED 等高効率照明の導入率 100%達成の方針が示されたが、照明が全て制御された LED 照明となれば国内の電力は相当な削減が期待できる。

震災からの節電意識が大きく影響し、国内の照明市場において LED 化が急激に進んでいる。LED 照明売上額が今年度に 50%を超え、数年後にはそのほとんどを占めると予測されている⁶⁾。好調な需要が続く一方、製品寿命が長いことから中長期的には国内市場は縮小していくことが想定される。

このため、今後国内メーカーの商戦として考えられる市場は、伸びが見込まれる海外市場への進出や、システムで照明を制御し空間全体を演出する等のトータル提案で他社と差別化することが考えられる。照明はただ安く、効率良く照らせば売れるという時代から、どのように空間や対象物を演出するかの企画力・総合力が問われる時代になってきた。

* ものづくり研究課

2. 2 法規制等

平成 24 年 7 月に電安法では LED 照明が規制対象品目に追加された。個別事項に「光出力は、ちらつきを感じないものであること」とされ、「出力に欠落部（光出力のピーク値の 5%以下の部分）がなく繰り返し周波数が 100Hz 以上であるもの、または光出力の繰り返し周波数が 500Hz 以上であるものは『ちらつきを感じないもの』」とされている。

一般的な直管型の G13 口金にも取り付けられる直管 LED ランプは、一部の使用者に蛍光灯の直接的な代替品であるかのように誤認され、蛍光灯器具への誤挿入による過熱・発火や、ランプ交換時の感電の恐れや、既存器具との整合が悪い場合、性能を十分に発揮しない問題がある。また、ランプのみリニューアルしても、既存器具にも寿命があり、器具トータルの寿命が延びるわけではないことを消費者は認識する必要がある。GX16t-5 口金付き直管 LED ランプは、G13 と互換性がなく、感電等の消費者の安全性を考慮された規格となっている。L 形口金専用の照明器具に挿入し、回転して固定するため、振動による落下が防げる構造になっている。また、給電用の口金が片側に 2 本搭載された「片側給電方式」のため、蛍光灯のように他方の口金に触れて感電する恐れもない⁷⁾。この規格について今年 1 月に日本から IEC に紹介された。

省エネ法におけるトップランナー制度に LED ランプが追加され、製造事業者等が目標年度に満たすべき省エネ基準が定められた。基準に満たない場合は、経済産業大臣により勧告、公表されることがある⁸⁾。

水俣条約が平成 25 年 10 月に署名され、水銀を多く含む製品は平成 32 年までに製造、輸出、輸入を原則禁止となることから、LED 照明へのシフトはより進むと考えられる。

2. 3 ブルーライト

グラスゴー市で青色街灯により犯罪が減ったと日本でテレビ放映され、青色光には鎮静効果があるとして各地で設置されたが、これについて様々な調査がなされ、現在では効果を疑問視する報告が多い⁹⁾。青色街灯では夜間歩行時の安心感が高まる傾向があるが、明るさは低下したとの評価がある。また、設置当初は青色灯継続希望が多いが 5 年後に再調査すると希望が少なくなる傾向がある¹⁰⁾。青色灯を

設置する場合は同時に防犯活動をするケースがあり、複合的な活動が防犯に効果があり、青色灯はイメージカラーとしての役割を果たしていると考えられる。また、青色光はメラトニン分泌の抑制作用等が報告されており¹¹⁾、心身への様々な影響が示唆されているが、不明な点が多く、さらなる研究が必要である。

JIS C7550 : 2011 (ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性) は LED を含むランプに関する規格であり、JIS において初めて光生物学的安全性について規格化され、波長が約 450nm の光が網膜障害を起こしやすくとされている。現在の一般的な白色 LED 照明は青色 LED に蛍光体で黄色の光に一部変換し、青と黄で白を作っているため、発光効率を求めると青色を多く含むことになる。この青色光が波長 450nm 付近であるので、健康への影響が懸念されている。これらの影響も考慮した総合的な評価指標が確立されれば、より快適な生活空間を構築することができる。

2. 4 理想の灯り

太陽は日中では白色だが、朝や夕方は赤色である。LED 照明は効率がいいからと昼白色が主流になりつつあるが、睡眠弊害等が懸念される。一方で暖炉の火で落ち着くのは赤色で弱い光が低い位置にあることが、人類の歴史において夕日や焚き火の灯りを連想させることと無関係ではないと考えられる。日中は天井からの白い明るい照明とし、夜は足元の温かく淡い照明であることが生活リズムには良いとされている。分散光源を実現し、時間帯に応じて空間全体の照明を快適な照度と色温度を選択できることができれば理想的な灯りである。

照明市場も数年後にピークを迎えると予想され、法規制も概ね揃い、LED 照明は成熟期に入ったと判断できる。ただ明るく照らすだけの照明では単価が下がり続けるだけであるので、付加価値をどのように構築するかがこれからのポイントとなる。

3. 実験

電安法で規制されている雑音の強さ、ちらつき等について、一般の製品表記は規格に適合といった表示のみで数値等の詳細なデータが示されていないわけではないので、実際の程度がわからない。近年はインターネット販売が一般化し、利便性や

価格が重視され、雑音の強さやちらつきについてはセールスポイントになりにくいいため安全対策が充分に取られていない可能性がある。ここ数年、当所にも LED 照明に関する問い合わせや関連試験の依頼が増えており、啓発活動や技術支援が必要と考えている。そこで、測定ノウハウの蓄積及び市場の動向を把握することを目的とし、電安法における雑音の強さの測定について試買試験を行うこととした¹²⁾。また、簡易ではあるが、ちらつきを測定するシステムを確立し、その有効性を検討した。

3. 1 測定

電球型 LED 照明 5 社 8 機種と比較のために用意した電球型蛍光ランプ 2 社 2 機種について、各製品の特長等を表 1 に示す。

表 1 試買品の特徴

	特徴	色	全光束 (lm)	定格消費電力 (W)
A 社#1	LED 電球	昼白色	485	6.2
B 社#1	広配光 LED 電球	昼白色	540	7.2
C 社#1	電球型蛍 光ランプ	昼白色	441	7.0
C 社#2	LED クリ ア電球	昼白色	485	6.4
C 社#3	LED 電球	昼白色	485	6.0
C 社#4	広配光 LED 電球	昼光色	485	6.6
C 社#5	全配光 LED 電球	昼光色	485	6.6
D 社#1	LED 電球	昼白色	485	6.9
E 社#1	LED 電球	昼白色	485	5.6
F 社#1	電球型蛍 光ランプ	昼白色	730	12.0

白色電球 40 型相当とされる昼白色の普通配光を基本とし、相当品がなければそれに準じた製品を選定した。なお、C 社は種類が豊富であったので、配光等の異なる 5 機種を選定した。電安法で規制されている雑音端子測定、雑音電力測定及びちらつきの測定を試買試験することとした¹³⁾。また国内で

は測定義務はないが、電安法が国際化も含めて大幅な見直し検討を行っていることも考慮し¹⁴⁾、放射ノイズ測定も行うこととした。

それぞれの測定条件は次のとおり。雑音端子測定：一線対地間を測定したとき、連続性雑音端子電圧が電源端子において、周波数 526.5kHz～5MHz では 56dB、5MHz～30MHz では 60dB が限度値とされる (0dB=1 μ V)。今回は範囲を広げて 150kHz～30MHz を測定した。雑音電力測定：周波数 30MHz から 300MHz において 55dB が限度値とされる (0dB=1pW)。放射ノイズ測定：CISPR15 を参考に 30MHz～230MHz では 40dB、230MHz から 1GHz において 46dB を限度値として測定した。これらの測定は三重県工業研究所電波暗室で行った。ちらつき測定：ちらつきの測定は通常、照度計とオシロスコープを使用するが、照度計が高額であるので購入することは難しく、代用センサとして単色 LED を使用した。LED は発光するだけでなく、光を当てると電圧が発生するので、試験対象である LED 照明の光を単色 LED に当て、この電圧変動をオシロスコープに表示することでちらつき具合を評価する方法を検討した¹⁵⁾。測定状況を図 1 に示す。ちらつき有無の判断は第 2 章第 2 節に記載した電安法規制内容を基準とした。温度測定：温度が一定となった後、製品表面での最高温度を測定した。照度測定：電球の頂点から 50cm 及び 100cm 離れた点と真横に 50cm 離れた点での照度を測定した。



図 1 測定対象 LED 照明 (左), 単色 LED (丸印), オシロスコープ (奥)

3. 2 結果と考察

雑音端子測定の結果を図2に示す。比較のため測定した電球型蛍光灯である F 社#1 は低周波側で限度値を超えている。電球型 LED 照明は限度値を超えることはなかったが、余裕のない製品がいくつかあり、全体として厳しい測定結果であった。

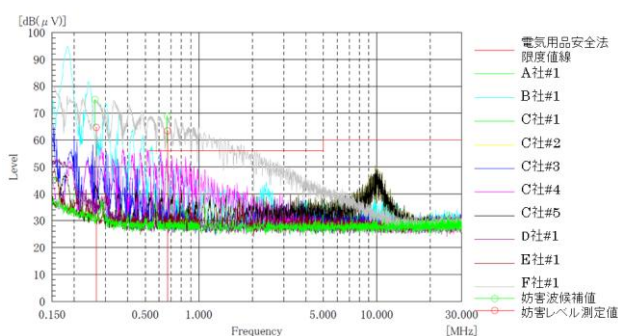


図2 雑音端子測定結果

雑音電力測定の測定結果を図3に、放射ノイズ測定の測定結果を図4に示す。これら2つの測定については、どの製品も限度値に対し十分な余裕があったことから、製品開発においてそれ程の問題にはならないと考えられる。

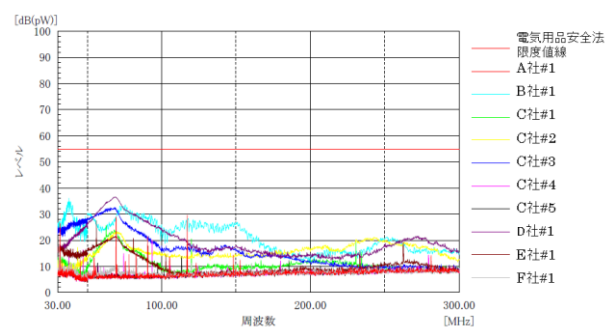


図3 雑音電力測定結果

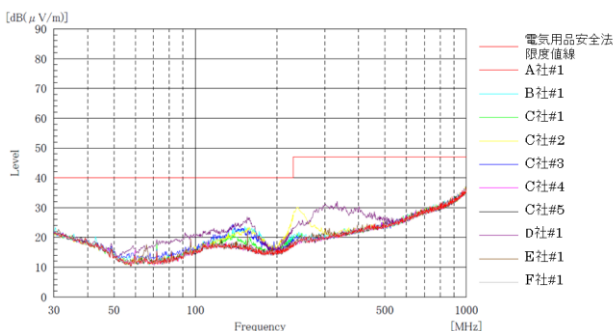


図4 放射ノイズ測定結果

ちらつきの測定システムの有効性を確認するため、ちらつくことを目的とした試作 LED 照明を用意した。試作 LED 照明は商用電源の電圧を 6V に降圧し、負の電圧をカットするだけの回路で作成した。図5は試作 LED 照明の光出力を測定した結果である。周波数は約 60Hz で出力がゼロに落ち込んでいる部分があるため電安法では「ちらつきがある」という判定になる。この対策の一例としては、電源部にダイオード・ブリッジを挿入することで 120Hz とし、さらに電解コンデンサで平滑することである程度平坦な出力になり、法に適合する。今回構築した『ちらつき測定システム』は波形を綺麗に観察することができており、技術支援に活用することが可能であることを確認した。

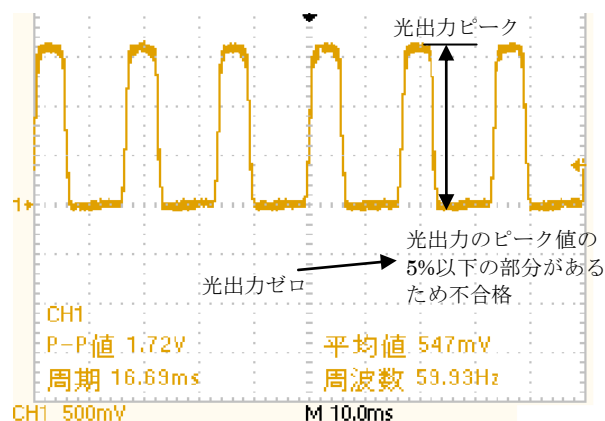


図5 試作 LED 照明ちらつき測定結果

ちらつき測定結果の代表例として C 社#2 の測定結果を図6に示す。この図のように電球型 LED 照明の多くが光出力は平坦でちらつきは一切ない。図7は B 社#1 の測定結果で、同様に電安法では「ちらつきがない」との判定になるが、ピークの 60% 程度の落差があり、あまり好ましい光ではないと言える。他の全てのサンプルが平坦な光出力であったことから、法規制以上の配慮が必要と考えられる。試買試験では 1 機種を除き平坦な波形であったことから、市場の技術レベルは上がってきていると考えられる。法規制の影響もあり、ちらつきについて今後問題になることはないと推察される。

表2は温度・照度測定結果である。特に注目すべきは A 社#1, C 社#2, C 社#5 の LED 温度で、60°C前後まで上昇し、蛍光灯の温度と差が少ないことである。熱は寿命や色合いに影響するので対策が必要である。

4. まとめ

LED 照明の関連法規制及び市場・技術動向を調査した。法規制等はこの2年程で概ね整備されており、これらについて県内企業に十分に注意を促すことと、技術相談やセミナー等を通じて技術支援をしていく必要がある。試買試験では、LED 照明について雑音の強さとちらつきで法規制に反するものはなかった。ちらつき測定は波形を綺麗に観測することができており、技術支援に活用することが可能であることを確認した。

今後は LED 照明を使った応用分野について研究開発に取り組みたい。例えば、LED の光を利用した植物工場で、成長や色付けまたは甘味にどのように影響するかを検証することや、LED 光源の紫外線を利用した殺菌等で地場製品の付加価値を高めること等が考えられる。

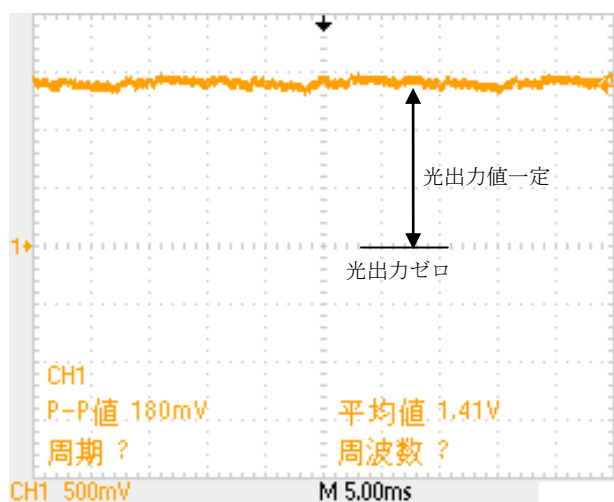


図6 ちらつき測定結果代表例(C社#1)

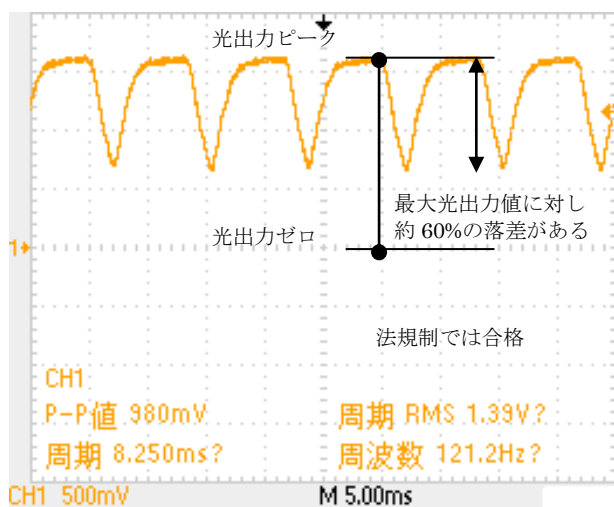


図7 ちらつき測定結果(D社#1)

表2 温度・照度測定結果

(上8機種LED電球, 下2機種電球型蛍光ランプ)

	最高温度(°C)	照度(lx)		
		真上 50cm	真上 100cm	横 50cm
A社#1	59.0	852	177	153
B社#1	55.7	382	85	200
C社#2	69.7	714	154	128
C社#3	48.5	758	155	104
C社#4	55.8	535	123	227
C社#5	58.6	293	66	223
D社#1	56.6	804	171	162
E社#1	45.0	887	184	131
C社#1	65.1	220	50	157
F社#1	70.7	122	32	244

参考文献

- 1) “一般照明用電球形 LED ランプ販売業者 12 社に対する景品表示法に基づく措置命令について” . 消費者庁, (2012)
- 2) JIS C 8158 : “一般照明用電球形 LED ランプ電源電圧 50V 超” . 日本規格協会 (2012)
- 3) “家庭の省エネ大事典” . 一般財団法人省エネルギーセンター, 2012 年版, p17 (2012)
- 4) “オフィスビルの省エネルギー” . 一般財団法人省エネルギーセンター, p3 (2009)
- 5) “業界最高の発光効率 190lm/W を達成した直管形 LED ランプを開発・販売” . ローム株式会社 HP (2014)
- 6) 渡邊芳彦: “ここまで省エネ, LED 照明の現状と事例” . セミナー「工場・事業所で使える省エネ技術解説+最新情報」配布資料, p78-92 (2013)
- 7) JIS C 8159-1 : “一般照明用 GX16t-5 口金付直管 LED ランプ-第 1 部:安全仕様” . 日本規格協会 (2013)
- 8) “省エネ法におけるトップランナー制度の対象となる機器を追加する施行令が閣議決定されました” . 経済産業省, HP (2013)
- 9) 平伸二: “青色防犯灯による防犯効果と青色・白色複合 LED 照明の開発” . 福山大学こころの健康相談室紀要, 4, p67-74 (2009)
- 10) 溝上陽子: “第 28 回 JCIE セミナーこれから

- の照明環境を考える-青色光の作用と安全性-” .
日本照明委員会, p1 (2013)
- 11) 高橋良香：“第 28 回 JCIE セミナーこれからの照明環境を考える-青色光の作用と安全性-” .
日本照明委員会, p8 (2013)
- 12) “平成 24 年度電安法の規制対象品試買テスト結果の概要” . 経済産業省 HP (2013)
- 13) “LED 照明器具の設計・利用ガイド” . 東京
都立産業技術研究センター, p26 (2013)
- 14) “家電の遠隔操作を阻む電安法 経産省が大幅な見直しへ” . 日経エレクトロニクス, 1093,
p14-15 (2012)
- 15) 山平 豊：“さらば健康被害！ LED 照明のちらつきを簡単に測る” . EE Times Japan×EDN Japan 統合電子版, 10, p24-27 (2012)