

[研究ノート]

次世代照明 LED 蛍光灯の性能に関する研究 (第二報: オフィスにおける電力消費量に対する影響)

矢田直之¹・遠藤悠²・鈴木麻優¹・三井美佳²

1 工学部機械工学科

2 博士前期課程機械工学専攻

A study of performances for the next fluorescent lights of LED (Second report: The influences upon the power consumption in offices)

Naoyuki YADA¹, Haruka ENDO², Mayu SUZUKI¹, Mika MITSUI²

Abstract

The fluorescent lights of LED are expected for a coming generation light. They are useful not only to save their energy consumption but also to save heating up room temperature. This study makes clear the influence upon the power consumption of air-conditioners and lights for the fluorescent lights of LED with comparing that of usual lights. The power consumption of LED office is about 50 % less than that of usual lights office in a year.

Keywords: Fluorescent light, LED, Air conditioner, Power consumption, Influence of air-conditioner

1. 研究背景および目的

エネルギー消費量の削減に関しては、二酸化炭素などの温室効果ガスの削減を目的として、世界各国において京都議定書などで定められた数値目標達成のための努力がなされている。我が国においても、工業界や輸送機器業界などの分野においては、ある程度のエネルギー消費量の削減が達成されつつあるが、民生分野においてはその削減が進んでいないのが現状である。

しかし東日本大震災に伴う原子力発電所問題の深刻化や夏期の電力需要の逼迫を受けて、企業はもちろんのこと一般家庭においても、夏期はこれまで以上に節電が求められている。

照明分野においては、大手電機メーカーによる電球タイプの LED 照明の発売以来、照明による消費電力の削減を目的として一般家庭を中心に従来照明から LED 照明への交換が進んでいる。また現在では、大手メーカーから中小企業まで様々な種類の LED 蛍光灯が発売されており、

オフィスやコンビニエンスストアを中心に、各業界において節電対策の一環として従来型蛍光灯に代わって LED 照明の導入が進められている。

本研究グループでは、オフィスや店舗で大量に使用されている蛍光灯照明に着目した。すなわち既報^[1]では、従来型蛍光灯と LED 蛍光灯の照度分布および消費電力量を計測して、次世代照明として期待されている LED 蛍光灯の性能について比較・検討した。その結果、発売当初は、従来型蛍光灯に比べて照度が若干劣っていた LED 蛍光灯であるが、最近発売されている LED 蛍光灯は品質も良いことがわかった。すなわち、実測結果より明らかになった性能では、照度および省エネルギー性に関して従来型蛍光灯よりも高いことがわかった。既報でも触れたように、LED 蛍光灯のもう一つの長所として発熱量の少ないことが挙げられる。本研究ではその点に着目して、LED 蛍光灯の空調機器への影響および部屋全体の消費電力への影響を実験的に明らかにすることを目的としている。

LED 蛍光灯の最大の長所は、そのランニングコストの

低さであり、それは換言すれば発熱量が低いということでもある。すなわち同じ照度の従来型蛍光灯と LED 蛍光灯ならば、消費電力が高い方が多く発熱しており、消費電力が約半分の LED 蛍光灯ならば、その発熱量も従来型蛍光灯の半分になる。このことは、オフィス照明として多くの蛍光灯が使用される現状を考えると、部屋の温度を上昇させるための熱源として看過できないほどの影響が予想され、夏期の冷房時には空調システムに大きな負担をかけることとなる。この点については、LED 蛍光灯の長所として PR されてはいるものの、定量的な測定を行った報告例はない。本研究では LED 蛍光灯の性能に関する研究^[1]の続報として、実際のオフィスにおいて照明器具およびその設置数を変更することなく、蛍光灯を従来型蛍光灯から LED 蛍光灯に交換するという方法を用いて、LED 蛍光灯の空調機器への影響を実験的に明らかにする。なお、本研究で使用した LED 蛍光灯は、オフィス照明として三菱化工機株式会社から開発・発売されている高輝度白色タイプのものを使用した。

2. 実験装置および実験方法

本研究では上述の目的を達成するために、学外（相模原市緑区橋本）にて同一の条件のオフィスを二部屋借り受け、従来型蛍光灯（Hf 管型）および LED 蛍光灯をそれぞれの部屋に照明として設置した。実験に使用したオフィスは、床面積が約 23 m² の広さで、北側にバルコニー付きの窓があり、廊下に面した南側に出入り口がある。また、それぞれの部屋の照明としては、従来型蛍光灯（Hf 管型、40 W クラス）が 8 本、天井埋め込み式の反射板付き照明器具に装着されており、本研究では二部屋のうちの一部屋の照明を、照明器具を変えずに従来型蛍光灯から LED 蛍光灯に変更した。本研究では、LED 蛍光灯を使用した部屋を I 室、従来型蛍光灯を使用した部屋を II 室とした。

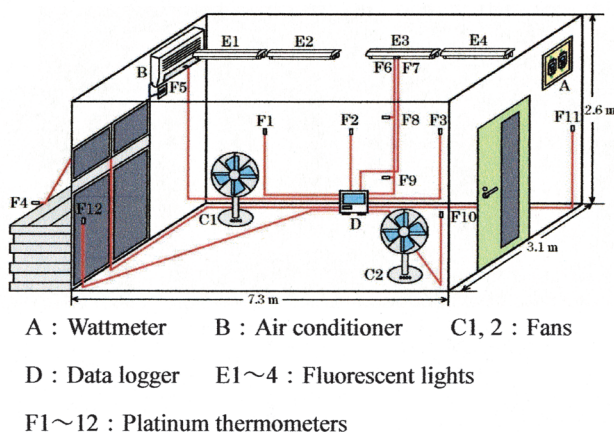


Fig.1 Schematic diagram of the examination room

また本研究では各部屋の照明に使用する電力量を測定するばかりでなく、各部屋のエアコンの消費電力量を計測する必要があるため、同じ型式のエアコンを購入してそれぞれの部屋に取り付けた。本研究で使用したエアコンは、ダイキン工業社製の AN25LES-W であり、その定格出力は冷房時で 2.5 kW、暖房時で 2.5 ~ 2.9 kW である。

本研究で使用した実験装置の概略を Fig.1 に示す。図中の C1, 2 で示した扇風機は各部屋に 2 台ずつ設置し、首振り運転をさせることで、実際に人の出入りを想定した空気の流れを作った。室内には壁に沿って白金測温体 F を 8 カ所設けて室内の温度を計測するとともに、外気温、エアコンの吹き出し口温度、照明（従来型蛍光灯または LED 蛍光灯）の温度、安定器付近の温度など、計 12 点の温度をデータロガーである KEYENCE 社製、THERMO PRO 3500 を用いて計測した。使用した白金測温体の測定不確かさは ± 0.2 °C である。なお、照明の温度については、蛍光灯中央部の床側の温度を表面温度 (F6)，同じ部位の裏側（天井側）の温度を裏面温度 (F7) として計測を行った。

また、従来型蛍光灯および LED 蛍光灯の消費電力量は、各部屋に設置した A の電力計で、2 日間以上連続点灯させた積算消費電力量を、点灯時間で除して 24 時間あたりの消費電力量に換算して比較・検討した。なお電力計は、パナソニック電工社製 KW1M-H であり、その測定精度は ± 2.5 %FS 以内である。

3. 測定結果

3.1 エアコンへの影響

LED 蛍光灯と従来型蛍光灯のエアコンに対する影響を明らかにするため、本研究では夏期の冷房使用時に、設定温度を 18 °C から 26 °C まで 2 °C ずつ変化させて、その消費電力および室内各点の温度測定を行った。Fig.2 には、I 室および II 室における冷房時のエアコンの消費電力量を、照明の消費電力量とともに設定温度毎に示した。

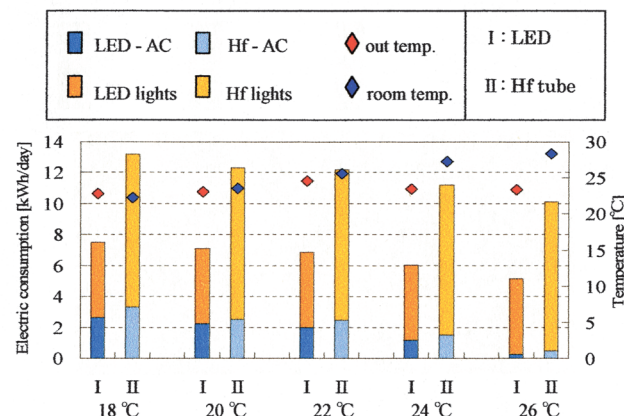


Fig.2 Power consumption and temperature in cooling

図中の棒グラフは消費電力量を示しており、エアコンが青または水色、照明が橙色または黄色を示しており、棒グラフ全体の高さは、照明とエアコンの消費電力量を加えた消費電力量を示している。また、赤のプロットは実験中の平均外気温を、青のプロットは二つの部屋の平均室温を示しており、実験中ではⅠ室とⅡ室の外気温および室温は、それぞれ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内で一致していた。

Fig.2 から明らかなように、冷房使用時には全ての設定温度において LED 蛍光灯を使用したⅠ室のエアコンの方が、Ⅱ室のエアコンよりも低い消費電力量で同じ室温に保たれており、エアコンに関しては平均で 24 %、最大で 47 % の消費電力量の削減が確認できた。なお照明の消費電力量に関しては、平均で 50 %、最大で 50.5 % の削減が確認できた。本研究において冷房条件で実験を行った時期は、外気温が 30°C 以下の比較的エアコンに掛かる負荷が少ない季節であったが、いずれの設定温度においても LED 蛍光灯を使用したⅠ室の方がエアコンの消費電力量は少なくなっており、負荷が大きな時期でもこの傾向は同様と考えられる。すなわち、本研究において冷房運転を行った結果から、照明とエアコンの合計の消費電力量について、平均で 45 %、最大で 49 % の削減が確認できた。

LED 蛍光灯を室内照明として使用した場合に、室内温度を一定に保つエアコンの消費電力量の削減が可能であることを、本研究では定量的に明らかにすることができた。これは、LED 蛍光灯が従来型蛍光灯に比べて放熱量が少ないことに起因すると思われるが、実際に LED 蛍光灯および従来型蛍光灯の表面温度を計測した結果も、LED 蛍光灯では室温に対して 7.5°C 高い温度を示したが、従来型蛍光灯では室温に対して 17.0°C 高い温度を示した。

この室温に対する温度上昇量の少なさは、冷房時には省エネルギーに貢献するものの、暖房時には逆に電力消費量を増大させる要因になると考えられ、本研究ではその影響も確認した。すなわち、冬期の暖房時における LED 蛍光灯を使用したⅠ室と従来型蛍光灯を使用したⅡ室の消費電力量を、エアコンの設定温度を 20°C から 30°C まで 2°C ずつ変化させて測定した。

Fig.3 には Fig.2 と同様に、Ⅰ室およびⅡ室における暖房時のエアコンの消費電力量を、照明の消費電力量とともに設定温度毎に示した。なお、図中において室内温度がエアコンの設定温度以上の値を示しているのは、外部からの日射および温度センサー等の測定精度の影響と考えられるが、Ⅰ室、Ⅱ室ともに、Fig.1 に示したような同じ構造のオフィスであり、エアコンの消費電力量を相対的に比較することに支障はないと判断した。

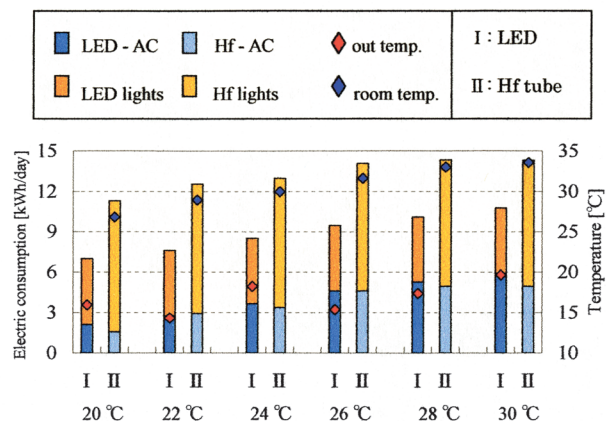


Fig.3 Power consumption and temperature in heating

Fig.3 から明らかなように、暖房使用時には設定温度が 22°C の場合を除いて LED 蛍光灯を使用したⅠ室のエアコンの方が、Ⅱ室のエアコンよりも高い消費電力量でほぼ同じ室温に保たれており、平均で 8 %、最大で 36 % の増加が確認された。暖房時の実験についても冷房時と同様に、過酷な条件下での実験は行っていないが、設定温度と外気温の関係から、それぞれの部屋のエアコンに関する消費電力量の傾向は得られたと考えた。

その一方で、照明の消費電力量に関しては冷房時と同様であり、すなわち平均で 50 %、最大で 51 % の削減が確認できた。暖房時には予想通りエアコンの消費電力量はⅠ室の方が増加することが明らかになったが、照明としての消費電力量の削減幅が大きいため、合計の消費電力量では、平均で 34 %、最大で 39 % の削減が可能となることが確認できた。

なお、双方の蛍光灯の表面温度は、暖房時には冷房時とほぼ同様に室温の対して高い値が得られており、LED 蛍光灯の表面温度の方が従来型蛍光灯の表面温度より約 10°C 低いことが確認できた。

3.2 通年で使用した場合のシミュレーション

本研究では、今回得られた冷房時と暖房時におけるエアコンの消費電力量および LED 蛍光灯と従来型蛍光灯の照明としての消費電力量の測定結果に基づいて、LED 蛍光灯をオフィス照明として導入した際の年間の消費電力量および CO_2 排出量の算出を試みた。

冷房および暖房の使用比率は、関東地方の標準的なオフィスの実用条件に準じて、暖房を 4 ヶ月間使用（設定温度 24°C ）、冷房を 6 ヶ月間使用（設定温度 24°C ）とし、エアコン未使用期間を 2 ヶ月とした^[2]。また、照明およびエアコンの稼働時間は一日 10 時間として、オフィス照明として LED 蛍光灯を使用した場合と従来型蛍光灯を使用した場合について、エアコンおよび照明による消費電

力量および CO₂ 排出量の比較を行った。

なお、CO₂ 排出量は、消費電力量に二酸化炭素排出係数 0.463 kg/kWh を乗じて算出し、得られた結果をまとめたものが Table 1 である。

Table 1 から明らかなように、LED 蛍光灯を使用したオフィスでは、エアコンのみで約 15 % のエネルギーの削減に成功しており、照明も含めたオフィス全体の消費電力量

に着目すると、LED 蛍光灯を使用したオフィスでは、約 50 % のエネルギーの削減に成功している。

Table 1 にまとめた算出結果は、エアコンを冬期の暖房用にも使用した結果であり、冷房運転としてエアコンを使用する夏期においては、LED 蛍光灯を導入した場合のエネルギー消費量が、エアコンで 24 % の削減、照明で 50 % の削減が可能である。

Table 1 Comparisons of the amount of CO₂ emission and power consumption in a year

	CO ₂ emission by air-conditioner	CO ₂ emission by lights	power consumption by air-conditioner	power consumption by lights
LED	74 kg	225 kg	160 kWh	487 kWh
Hf tube	87 kg	446 kg	189 kWh	964 kWh
reduction	15.2 %	49.5 %	28.7 kWh	477 kWh

4. LED 蛍光灯の普及に向けて

3.1 節で既述したように、LED 蛍光灯のエアコンの消費電力に対する影響は、Fig.2 に示したように冷房時には消費電力量を平均で 24 % の削減可能という結果を得ることができた。そして照明としての消費電力量を含めた総合的な消費電力量では、最大で 49 %、平均でも 45 % の削減が確認できた。これは、LED 蛍光灯の発熱量が少ないことに起因することであり、従来から指摘されていた LED 蛍光灯の長所でもあるが、実測に基づいて消費電力量の削減が確認できた意義は大きいと思われ、昨今の夏場の電力不足に対応する意味でも、有意義な実測値情報が得られたと考えている。

また Fig.3 に示したように、暖房時のエアコンの消費電力量に関しては、LED 蛍光灯を使用した場合の方が平均で約 8 % 増加しているが、冷房時における削減幅に比べると増加幅が少ないことが、本研究の実験により明らかになった。さらに、暖房時においてエアコンの消費電力量が増加しても、照明としての消費電力量を考慮すれば、暖房時でも LED 蛍光灯を使用の方が、総合的な消費電力を削減可能であることが本研究から明らかになった。

東日本大震災の影響もあり、夏期の節電はこれまで以上に要求運輸業界や工業界に比べて相対的に省エネルギー対策が遅れているオフィスなどの業務用民生部門においては、具体的かつ即効性のある節電対策が求められている。3.2 節で既述したように、本研究の測定結果から 1 年間の消費電力量について算出した結果、オフィスにおいては、エアコンと照明を合計して約半分の消費電力量になることが分かった。これは、初期投

資に躊躇するオフィス関連のユーザーにとっても、LED 蛍光灯の導入を促す貴重なデータとなるものと考えられる。

最後に、今回 LED 蛍光灯を提供していただいた三菱化工機株式会社および本研究のためのオフィスを貸してくださった SIC 相模原産業創造センターに謝意を表す。なお本研究は、神奈川工科大学太陽エネルギーシステム研究開発センターにおける研究の一環として遂行されたものであり、2011 年度日本冷凍空調学会年次大会において口頭発表を行なっている^[3]。

参考文献

- [1] 矢田直之ほか：神奈川工科大学研究報告 B 理工学編 第 36 号，pp.71-75 (2012)。
- [2] 環境省ホームページ：
<http://www.env.go.jp/earth/info/coolbiz/> (2012)。
- [3] 鈴木麻優ほか：2011 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，pp.699-702 (2011)。