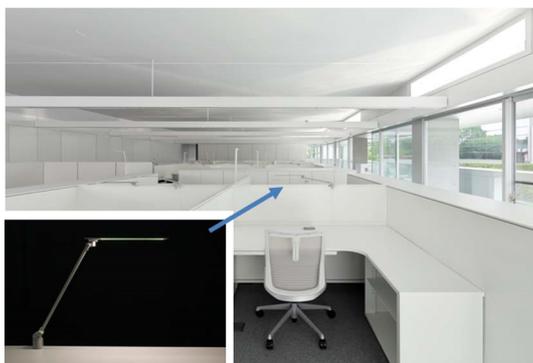


# オフィス空間における有機 EL タスクライトの有用性

## Availability of OLED Task Lighting in Office Space



勝目 正\*<sup>1</sup>  
Tadashi Katsume

丸山 圭太\*<sup>1</sup>  
Keita Maruyama

五藤 哲也\*<sup>2</sup>  
Tetsuya Goto

鈴木 譲治\*<sup>3</sup>  
Joji Suzuki

有機 EL 照明は、環境に優しいだけでなく、人にも優しいという利点があることから、将来、照明空間に大きな革新を起こすポテンシャルを秘めている。今回はオフィス空間にターゲットを絞り、新たに開発した有機 EL タスクライトを用いて、環境や人に与える有用性に関する検証を行った。その結果、有機 EL タスクライトは省エネと快適性の両立が可能な“低照度快適空間”の形成に有効であること、さらには、知的生産性にプラスの影響を及ぼす可能性があることが明らかとなった。本報では、こうしたオフィス空間における有機 EL タスクライトの有用性について述べる。

### 1. はじめに

オフィス空間の照明方式の1つに、タスク照明とアンビエント照明を組み合わせるタスク・アンビエント照明がある。卓上型デスクライト等(タスクライト)によりデスク周りを局所的に照明するのがタスク照明であり、天井灯等により執務室空間全体を照明するのがアンビエント照明である。タスク・アンビエント照明は、執務者がデスク周りの照明環境を手動で調整できるので、照明消費電力量の削減と執務者の視環境の快適性を両立させる照明方式として有効とされている。実際の施工例を通じて消費電力削減効果は十分示されるようになっているが、一方で、快適なデスクワークの実現に至ったという報告例はほとんどない。アンビエント照明の照度を落とすと、かえって空間照度分布にムラが生じ、作業時の集中度の低下や疲労の増大に繋がるといった結果が報告されている<sup>(1)</sup>。また、LED タスクライトの導入が急速に進んでいるが、眩しさ(グレア)やちらつき等による不快感が依然多く指摘されている。一方、快適な視環境を提供できる照明として注目されているのが、有機 EL 照明である<sup>(2)</sup>。これまでは照度不足等を理由に、タスクライトとして使用されるケースは極めて限定的であったが、近年は基本性能の向上に伴い、有機 EL 照明に対するニーズは着実に増えている。

本報では、三菱重工業(株)、大成建設(株)、(株)岡村製作所の3社で共同開発した有機 EL タスクライトを用いて、オフィス空間における省エネと快適性の両立、知的生産性に与える影響について検証を行ったので、その結果について報告する。

### 2. 有機 EL 照明パネルの開発

有機 EL 照明は、面から放たれる均一で柔らかな光と、超薄型・軽量という革新的な素材特性を合わせ持った次世代照明である。Lumiotec(株)(三菱重工業(株)の子会社)は 2011 年1月、世界に先駆けてその光源部に当たる有機 EL 照明パネルの量産出荷を開始した。

\*1 機械設備ドメイン事業戦略総括部事業開発推進部  
\*2 Lumiotec(株) 副社長

\*2 機械設備ドメイン事業戦略総括部事業開発推進部 主席部員





一連のPC作業、紙面作業(いずれも作業内容は固定条件と同じ)を全て終了した後に、アンケートで明るさや作業性、光環境の印象について評価を行った。実験は 2014 年の8月(8/22, 26)と 11月(11/21)の2回に分け、かつ、昼光による影響を避けるため日没後に行った。被験者はいずれの回も8名(男女、平均年齢 23.6 歳)とした。8月は固定条件2、調光条件1の計3条件、11月は固定条件5、調光条件2の計7条件について実験を行った。

表1 光環境・エネルギー評価の実験条件

条件区分	実施時期	照度			T/A 比
		アンビエント(A)	タスク(T)	全体	
固定条件	11月	300 lx	200 lx	500 lx	0.67
	11月	200 lx	300 lx	500 lx	1.50
	8, 11月	700 lx	0 lx	700 lx	0.00
	11月	300 lx	400 lx	700 lx	1.33
	8, 11月	200 lx	500 lx	700 lx	2.50
調光条件	11月	200 lx	任意調整可		
	8, 11月	300 lx	任意調整可		
	8月	700 lx	任意調整可		

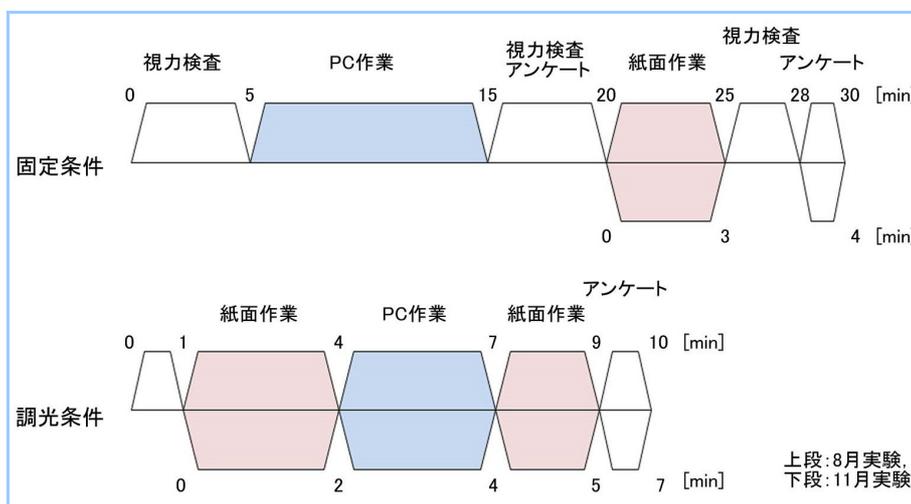


図4 光環境・エネルギー評価の実験手順

(3) 実験結果

図5に固定条件下及び調光条件下の机上面まわりの快適性の評価結果を示す。同結果は、アンビエント照度を 200 lx に固定し、タスク照度を変化させた場合の評価結果である。ここで、タスク照度を 500 lx に固定した条件は、“JIS Z 9110 照明基準総則”にある推奨照度を満たすものである。オフィス空間におけるタスク・アンビエント照明では、通常、このような照度に設定されることが多いが、ここでは、いずれのタスクライトを使用した場合も、さらにタスク照度を下げた場合に快適性が向上する傾向が見られた。有機 EL タスクライトは、とりわけ調光条件下において、その傾向が強く現れているように見える。すなわち、タスク照度を低めに設定しても、十分な快適性が得られるという可能性を示唆するものである。

そこで、本実験では、調光条件下において、さらにアンビエント照度を変化させた場合の机上面照度と快適性の関係について評価を行った。その結果を図6に示す。アンビエント照度が 300 lx の場合は、LED タスクライトの使用を避ける傾向が見られたが、これにより、被験者は眩しさ(グレア)等を受けずに済むことが想定されるため、LED タスクライトの快適性は、むしろ高めの評価に繋がったと言える。一方、アンビエント照度が 200 lx の条件では、有機 EL タスクライトの方が、タスク照度が低めに設定されるにも関わらず、作業環境としては高い快適性が得られる結果となった。

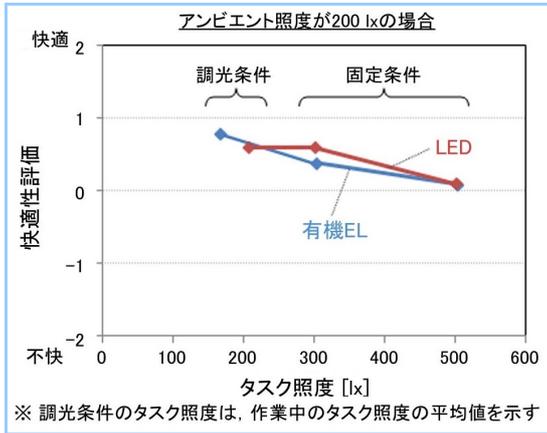


図5 固定条件及び調光条件下の机上面周りの快適性の評価結果

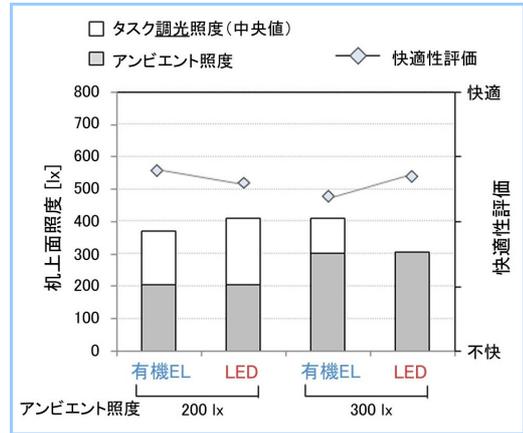


図6 調光条件下の机上面照度と快適性の評価結果

図7は、同じく調光条件下において、実験空間で消費した単位面積当たりの光束(以下、消費光束)と机上面まわりの快適性について評価した結果である。本実験では、空間全体に投入する光量と執務者評価の関係に着目したため、ここでは、エネルギー消費量として、同じ物理単位の照度ではなく、空間全体での消費光束を採用した。LED タスクライトを使用した場合は、消費光束が少ない環境下ほど快適性が下がる傾向が見られたが、有機 EL タスクライトを使用した場合は、消費光束が少ない環境下でも快適性が維持できる可能性が示唆された。

図8は、調光条件下における快適性の要因を個別に評価した結果である。有機 EL タスクライトは、“温かい”“やわらかい”といった光の質感や、光の広がりによる“机上面の明るさムラのなさ”，すなわち手元領域の明るさの均一感が快適性の向上に繋がっている可能性が高いことが示唆された。また、こうした光環境の改善のみならず、“紙面の見やすさ”，“作業のしやすさ”といった良好な作業環境を形成できる可能性も示唆された。

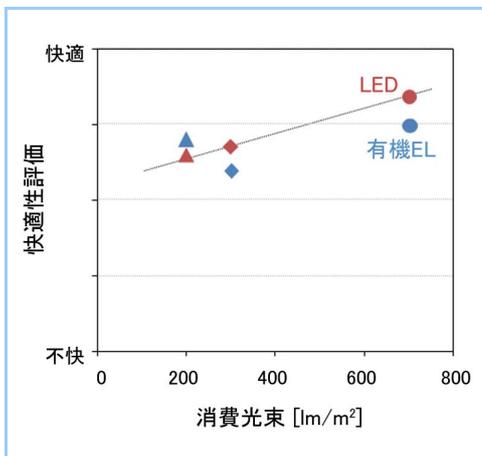


図7 調光条件下の消費光束と机上面周りの快適性の評価結果

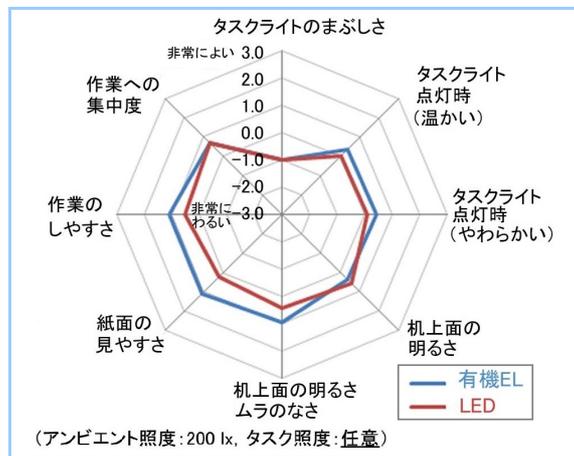


図8 調光条件下の快適性の要因別評価結果

## 4.2 知的生産性に及ぼす影響評価

### (1) 実験室

実験は九州大学環境適応研究実験施設内の1室で行った。窓のない閉空間のため、外光による影響は排除できる構造となっている。アンビエント照明には天井埋め込み型の蛍光灯器具(市販品, 3800K と 4200K の組み合わせ), タスク照明には有機 EL タスクライト(Lumiotec (株)製 P07 シリーズパネルを使用, 4000K)又はLED タスクライト(市販品, 4000K)を用いた。タスク照明は机手前から230mmの机上面照度設定点で最大450 lxの照度が得られる位置に設置した。実験室には机を2台用意し、互いのタスク照明が視界に入らないよう、被験者は背中合わせの配置とした。

(2) 実験条件と実験手順

表2に知的生産性評価の実験条件を示す。アンビエント照明の照度は全般照明を想定した場合(アンビエント照明のみを使用した場合)に 700 lx, タスク・アンビエント照明を想定した場合(タスク照明とアンビエント照明を組み合わせて使用した場合)に 250 lx に設定した。タスク・アンビエント照明を想定した場合のタスク照明の照度は 450 lx に固定し(固定条件), アンビエント照明の照度と合わせて全体照度が 700 lx になるように設定した。図9の実験手順に示すように, 実験の基本セットは紙面作業(計算速度を測るクレペリンテスト), PC 作業(空間認知をみるメンタルローテーションタスク, 以下 MRT),  $\alpha$  波計測等で構成され, 被験者はこれを1日5回繰り返した。各セットの開始直後と終了直前, 並びに紙面作業(クレペリンテスト), PC 作業(MRT)の後に, アンケートで明るさや作業性, 光環境の印象等について評価を行った。実験は 2014 年の8月末から11月にかけて行った。被験者は8名(男子のみ, 年齢  $22.6 \pm 1.4$  歳)とした。なお, 被験者を選定する際は, アンケートで朝型か夜型かの質問を実施し, 夜型と判定された人は被験者から除いた。

表2 知的生産性評価の実験条件

条件区分	実施時期	照度			T/A 比
		アンビエント(A)	タスク(T)	全体	
固定条件	8~11 月	250 lx	450 lx	700 lx	1.80
	8~11 月	700 lx	0 lx	700 lx	0.00

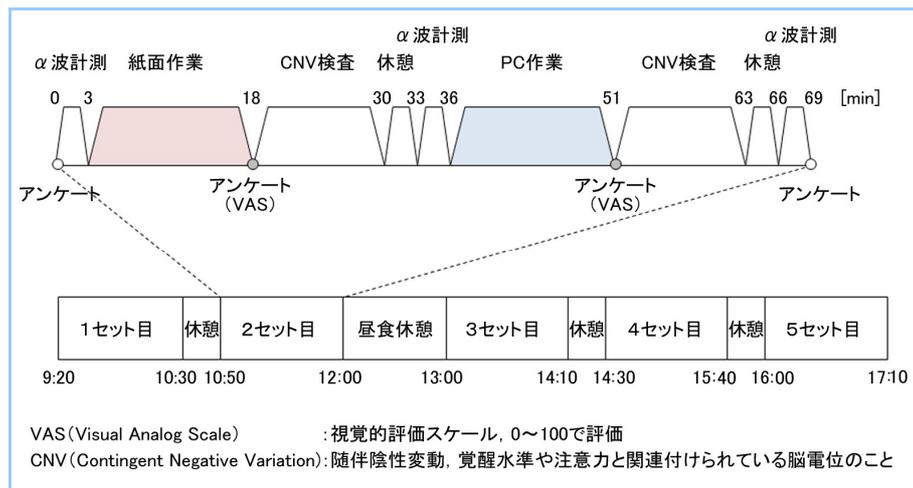


図9 知的生産性評価の実験手順

(3) 実験結果

図10は, 覚醒水準と知的生産性の関係について,  $\alpha$  波率とMRT 正答率の相関関係で見た結果である。 $\alpha$  波率が低いほど, 覚醒水準は上昇していると判断される。本実験は, 8名の被験者が各々, 同一条件の実験を5回繰り返しており, 1つの条件につき, データの個数は 40 個存在する。図では, 各条件とも 40 個のデータの分散具合を見ている。アンビエント照明のみ使用した全般照明の条件では,  $\alpha$  波率と MRT 正答率の間に有意な負の相関が得られた。すなわち, 覚醒水準が高まると, 回答の正確さが向上すると見られる。オフィス空間では, 今もアンビエント照明のみ使用されているケースが多く, こうした光環境下では, 覚醒水準が高まるほど知的生産性が向上する可能性があると考えられる。有機 EL タスクライトを使用した場合も, 同様な相関分布となったが, 同様な知的生産性向上の可能性を判断できるまでの有意差は得られなかった。しかしながら, 覚醒水準に関係なく, ほぼ 90%以上の MRT 正答率が得られた。一方, LED タスクライトを使用した場合は, 全く異なる相関分布となり,  $\alpha$  波率と MRT 正答率の間には有意な正の相関が得られた。覚醒水準が高まると, 回答の正確さが低下すると見られる。LED タスクライトは, 評価結果にばらつきが大きく, 使用の向き不向きに個人差があると言える。

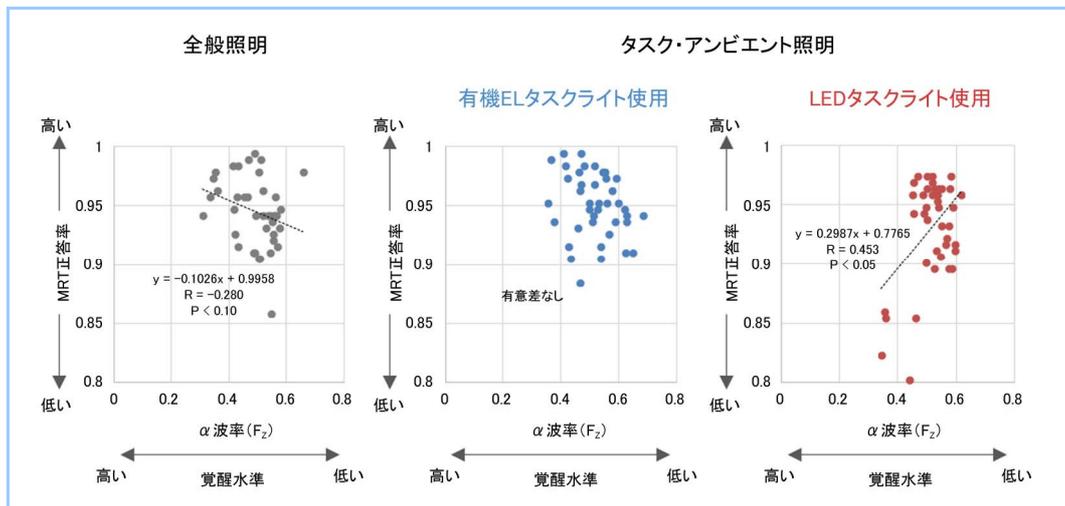


図 10 α波率とMRT正答率

また、図 11 は、覚醒水準と知的生産性の関係について、α波率と MRT 回答時間の相関関係で見た結果である。図の見方は、図 10 と同様である。アンビエント照明のみ使用した全般照明の条件では、α波率とMRT回答時間の間に有意な正の相関が得られた。すなわち、覚醒水準が高まると、回答の速さが向上すると見られる。先の図 10 の結果と合わせると、アンビエント照明のみ使用されているオフィス空間では、覚醒水準が高まると、回答の速さと正確さが同時に向上し、知的生産性の向上に寄与している可能性があると言える。有機 EL タスクライトでも同様な相関分布となり、有意な正の相関が得られたことから、有機 EL タスクライトを使用した場合は、オフィス空間において、従来のアンビエント照明のみの光環境下と同様な、知的生産性向上の効果が得られる可能性が示唆された。LED タスクライトを使用した場合は、MRT 回答時間のばらつきが大きく、知的生産性への影響を判断できるまでの有意差は得られなかった。中には素早い回答時間を示したデータも含まれているが、これはあくまで、使用の向き不向きによる個人差によるものと思われる。

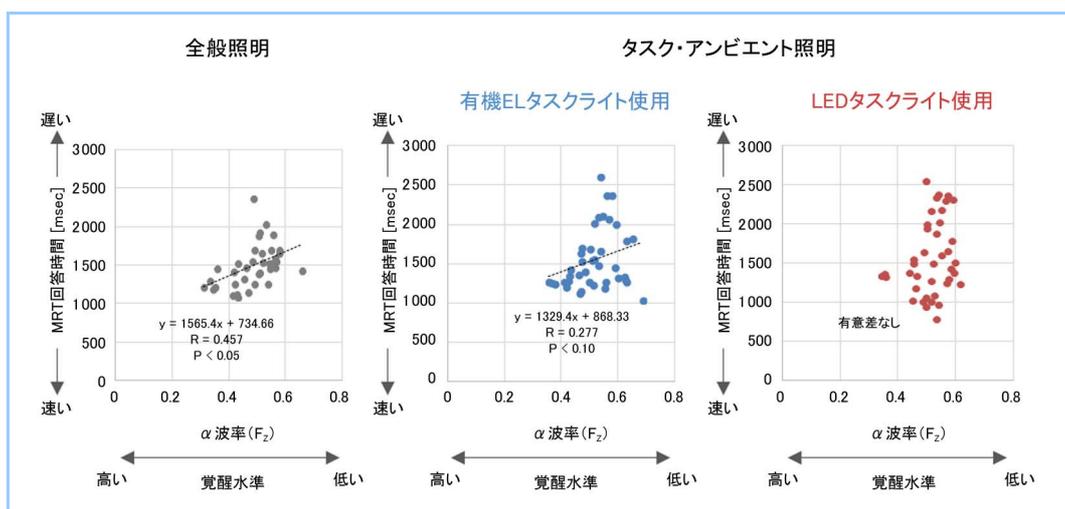


図 11 α波率とMRT回答時間

図 12 に示すように、α波のような日常の持続的な覚醒水準と知的生産性の間には逆U字の関係があることが知られている<sup>(8)</sup>。知的生産性がほぼ最大となる逆U字の頂点付近が“最適な覚醒水準ゾーン”である。図 10 の結果より、LED タスクライトを使用した場合は、逆U字の頂点右側に位置する可能性があり、余分な緊張状態が生じて知的生産性が低下した可能性が考えられる。一方、図 11 の結果より、有機 EL タスクライトを使用した場合は、逆U字の頂点左側付近に位置するとみられ、適度な緊張状態で知的生産性が維持できている可能性が伺える。

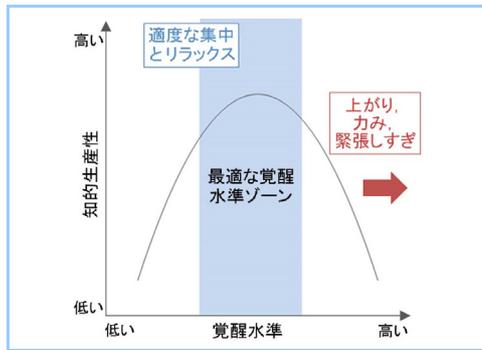


図 12 逆U字の関係

## 5. まとめ

本実験では、オフィス空間において、有機 EL タスクライトにより、アンビエント照度、タスク照度を共に低く設定しても快適なデスクワーク環境が構築できる可能性が見い出された。また、有機 EL タスクライトは知的生産性にもプラスの効果があることが示唆された。図 13 は、これらの有用性について、国内最大級の照明展示会“ライティング・フェア 2015”（日本経済新聞社主催）で紹介したときの様子である。同展示会では、今後の商品化も睨み、新たにデザイン性を高めた有機 EL タスクライトの試作品も交えて、快適作業環境のデモンストレーションを行った。オフィス空間における有機 EL タスクライトの有用性が広く認知される良い機会になったと言える。有機 EL 照明は右肩上がりの技術進化の過程にあり、今後も顕著な効率向上が見込まれることから、省エネ効果に対する期待も高まっている。さらに、今回報告した快適性、知的生産性向上のメリットが加われば、次世代照明として、有機 EL 照明はますます注目されるものと思われる。



図 13 展示会で紹介した有機 EL タスクライト

## 謝辞

4.1の実験では、千葉工業大学の望月悦子教授のご指導の下、当時学生の及川大輔氏、秋重絃氏、吉城健太氏、4.2の実験では、九州大学の安河内朗教授のご指導の下、当時学生の平田智昭氏にご尽力頂いた。また、大成建設(株)の張本和芳氏、市原真希氏、竹信弘明氏、小林信郷氏、(株)岡村製作所の深津善之氏には両実験の環境整備、結果分析・取り纏めにおいて多大なるご協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- (1) 坂上美香ほか, 作業者の集中度と照明環境との関係について, 照明学会誌 Vol.81 No.5 (1997) p.385~390
- (2) 横山亮一ほか, 有機 EL 照明下での空間の印象 : LED 照明との比較, 映像情報メディア学会技術報告 Vol.36 No.52 (2012) p.29~32
- (3) 堀恵一ほか, 次世代照明の本命, 有機 EL 照明パネルの開発と量産化, 三菱重工技報 Vol.49 No.1 (2012) p.50~55
- (4) 高村誠ほか, 世界最高レベルの実用性能を備えた有機 EL 照明パネルの開発, 三菱重工技報 Vol.49 No.4 (2012) p.107~112
- (5) 田中純一ほか, 高輝度・長寿命・高効率な照明用有機 EL パネルの開発と製品化, 三菱重工技報 Vol.51 No.3 (2014) p.88~93
- (6) U.S. Department of Energy: Solid-State Lighting R&D Multi-Year Program Plan (2014)
- (7) 山口亮ほか, 都市部におけるゼロエネルギービル実現に向けた実証 その1 大成建設 ZEB 実証棟の電気設備の技術開発, 第 33 回電気設備学会全国大会講演論文集 (2015)
- (8) J. J. Tecce et al., Contingent negative variation and the distraction-arousal hypothesis, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.41 No.3 (1976) p.277~286