

良好な睡眠環境を導く汎用型携帯型有機 EL 照明の開発

横江 彩

加藤 美穂子 (ACHMS), 中部 万里子 (太陽商事(株)), 木村 和久 (ストーリーオ(株))

本研究では、就寝前の環境が睡眠の質に及ぼす影響を探ることとしており、空調などに応用することを最終目的としている。今回はまず、睡眠状態に影響を与える環境要因として光、照明に焦点を当て、照明器具の違いによる睡眠の質を検証した。照明器具として太陽光の波長特性に類似し、容易に曲げることが可能な有機 EL 照明に焦点を当て、LED 照明との違いを、若年男性による被験者実験により探った。生理反応として脳波から睡眠の質を、起床時および就寝前のメラトニン量を、心理反応として、気分評価 (POMS) の計測を行った。その結果、入眠潜時と長さでは、LED 照明では入眠潜時は長く、長さは短いケースが多く、メラトニン量は有機 EL 照明を用いた方が多い傾向にあった。心理的には有意差は得られなかった。

1. はじめに

日本人 (就労者) の睡眠時間の平均は約 7.4 時間であり、世界で最も短いと言われている¹⁾。量ではなく質に関しては、質の悪い睡眠は生活習慣病の罹患リスクを高め、かつ症状を悪化させることがわかっている。質の良い睡眠を修得するための温熱環境に関しては、多くの研究がなされており、「寝床内気象」は、1 年を通して温度は 32~34℃、湿度は 45~55%程度が良いとされている²⁾。また、寝室の温熱環境について中立温度は 30℃、好まれる作用温度は 19℃であると報告されている³⁾。都築らは、これを含めて温熱環境が睡眠に及ぼす影響について纏めている⁴⁾。このように就寝中の環境についての推奨値は出されているが、就寝前の環境についての研究は少ない。本研究では、就寝前の環境が睡眠の質に及ぼす影響を探ることとしており、空調などに応用することを最終目的としているが、今回はまず、睡眠状態に影響を与える環境要因として光、照明に焦点を当て、照明器具の違いによる睡眠の質を検証した。

2. 実験方法

2 種類の照明条件下 (有機 EL 照明と LED 照明 図 1 参照) で就寝前に読書をし、睡眠状態の変化を探った。対象は健常若年者であるオフィスワーカーと学生、計 10 名であった (± 歳)。被験者は①着用型身体活動モニター (Motion Watch)、②Z マシーン®インサイト+の計 2 つの装着方法についての説明を受けた後、ランダムな順番で 2 日間ずつ照明条件を行ってもらった。①は入浴時以外常時装着とし、②は就寝時に装直した。さらに、オフィスワーカー 2 名と学生 1 名の起床時および就寝前のメラトニンの分泌量を計測した。メラトニンは、唾液を規定時間に White Saliva Cryovial にて採取し、凍結した状態で保管し、矢内原研究所にて成分分析を依頼した。睡眠にまつわる生活について情報を得るためのアンケートを実験最終日に、気分評価 POMS(profile of mood states)に沿ったアンケートを実験期間中毎日つけてもらった。また、睡眠の照明以外の他要素による影響を減らすためと、より精度の高いデータを得るため、この実験を行うにあたり注意事項を設けた。

- ・ 26 時までには就寝する
- ・ 睡眠時間を 7 時間程度確保する
- ・ 実験期間中のアルコール摂取、喫煙の禁止
- ・ 15 時以降のカフェイン摂取の禁止
- ・ 読書後の PC、スマートフォンの使用禁止

また、ノイズ環境を調べるために、愛知小児保健医療総合センターにて、重症患者室内の電磁環境ノイズ（磁界による誘導雑音）の確認、ならびに重症患者室内における等電位設置状況の確認を行った。この確認では、①患者ベッド付近の電磁環境を確認し、②ノイズ混入の有無を測定し平坦脳波（ECI）測定が可能かを確認した。日時は 2021 年 1 月 14 日、10 月 26 日、場所は順に PICU10 号室→LED、32 病棟 3208 室（神経ユニット）→有機 EL 照明、であった。測定方法は、①雑音磁界測定器（AX-101A 日本光電製）にて室内環境及び配備されている機器の磁界を測定、②等電位設置は分電盤にて配線状況とデジタルマルチメーター（FLUKE115 FLUKE 製）によるアース端子間の抵抗値と電位差（DC）を確認、した。

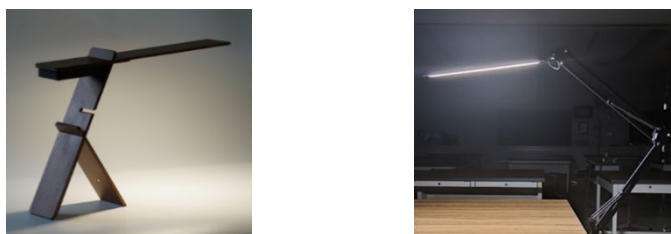




図 1 照明器具

表 1 睡眠実験測定機器と測定部位

| 測定項目 | 測定部分 | 測定機器 |
|--------------|-----------|---|
| 照度・活動量 | 左手首 | 着用型身体活動モニター Motion Watch  |
| 睡眠の浅さ・深さ睡眠効率 | 左右両耳裏、うなじ | Z マシーンインサイト+  |

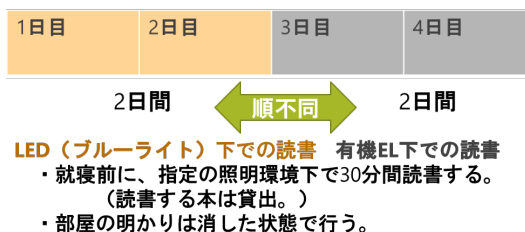


図 2 実験プロトコル

3. 結果

3.1 物理環境

アンビエント照明は消した状態で本に対して上方 30 cm の位置に照明器具を設置した。照度は 300-350 [lx] に固定した。波長特性は図 3 に示す通りである。

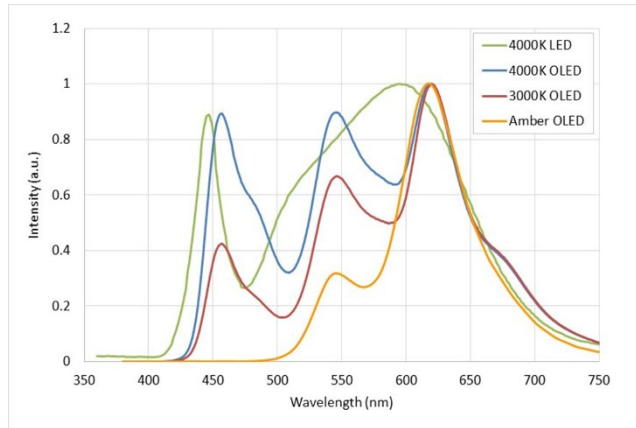


図3 波長特性

3.2 入眠潜時とその長さ

図 4,5 に深いノンレム睡眠までに要した時間とその長さを示す。図中灰色で網掛けした部分は、入眠に時間がかかり、かつその時間が短いという良質ではない睡眠状況を表すが、LED 照明条件下の方がその件数がやや多いように見えるが、顕著な結果ではない。

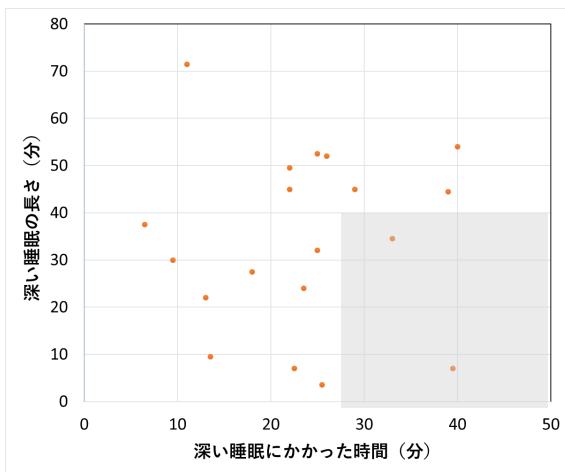


図4 入眠潜時と長さ (有機 EL 照明)

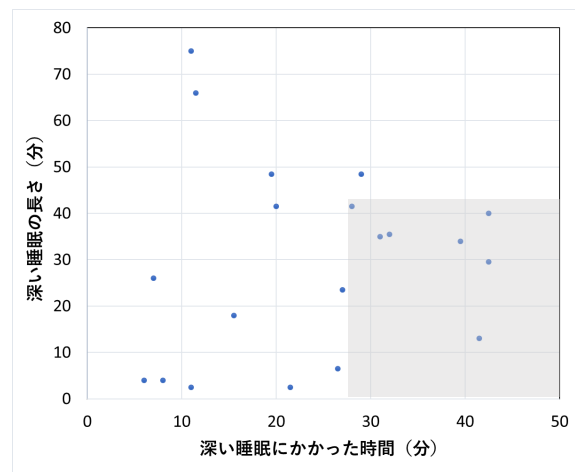


図5 入眠潜時と長さ (LED 照明)

3.3 入眠潜時、中途覚醒の各条件での比較

入眠潜時の平均値と中央値を表 2、中途覚醒の合計の時間の平均値と中央値を表 3、また中途覚醒の回数の平均値と中央値を表 4 に示す。

表 2 より入眠潜時の平均値と中央値は有機 EL が平均値では 0.8 分、中央値でも 0.8 分入眠が早いという結果となった。また、表 3 より中途覚醒の合計の時間の平均値と中央値は有機 EL が平均値では 7.1 分、中央値では 6.0 分少ない結果となり、表 4 より中途覚醒の回数の平均値と中央値は有機 EL 照明が約 1 回少ない結果となった。つまり、若干ではあるが睡眠の質は有機 EL 条件下の方が LED 照明条件よりも良いということが推測される。

3.4 メラトニン量

今回の実験では唾液からメラトニンを採取し、照明の違いで分泌量に変化するのかを調べるため、採取は寝る直前（読書後）と起きた直後（アンケート前）に行った。

表 2 入眠潜時の平均値と中央値

| 入眠潜時 (分) | 平均値 | 中央値 |
|----------|------|------|
| 有機 EL 照明 | 13.9 | 10.5 |
| LED 照明 | 14.7 | 11.3 |

表 3 中途覚醒時間の平均値と中央値

| 中途覚醒 (分) | 平均値 | 中央値 |
|----------|------|------|
| 有機 EL 照明 | 31.4 | 32.3 |
| LED 照明 | 38.5 | 38.3 |

表 4 中途覚醒回数の平均値と中央値

| 中途覚醒 (回) | 平均値 | 中央値 |
|----------|------|------|
| 有機 EL 照明 | 26.6 | 27.0 |
| LED 照明 | 27.8 | 28.0 |

メラトニンは 500lx 以上の光で夜間のメラトニン分泌が抑制されることが知られており⁵⁾、その分泌開始時刻は家庭の照明の色温度に依存することも報告されている⁶⁾。分泌量が多いほど質の良い睡眠を得られるとされている。

図 6,7 に睡眠直前と起床直後のメラトニン量を示す。一般的な傾向と同じく、夜間の睡眠直前の方がメラトニン量は多いが、その量は有機 EL 照明条件下において多い被験者が多数であった。さらに、起床時の結果を見ると、少ない被験者数ではあるが、有機 EL 照明条件下の方が高い傾向にあった。

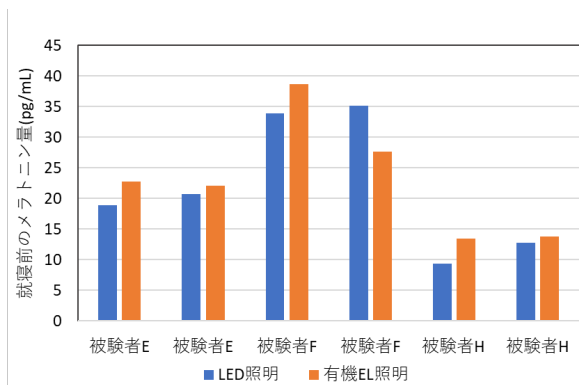


図 6 就寝前のメラトニン量

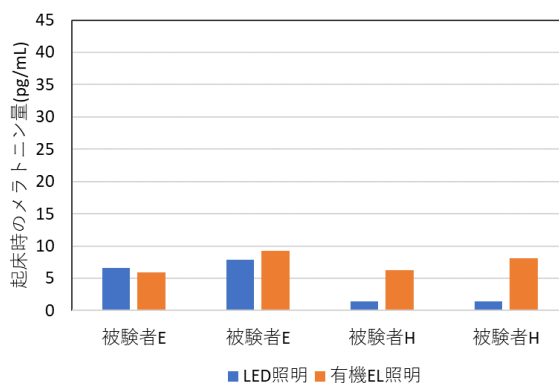


図 7 起床時のメラトニン量

3.5 心理量

POMS の結果を図 8 に示す。上段黒字の 10 項目は積極的な項目、下段赤字は消極的内評価項目である。消極的な項目では、両照明条件下で差は見られなかった。積極的な項目でも有意な差は見られなかったが、「積極的な気分だ」では LED 照明の方がより肯定する傾向にあった。

3.6 ノイズ調査

あいち小児保健医療総合センターにて、重症患者室内の電磁環境ノイズ（磁界による誘導雑音）の確認、ならびに重症患者室内における等電位設置状況の確認を行った。この確認では、①患者ベッ

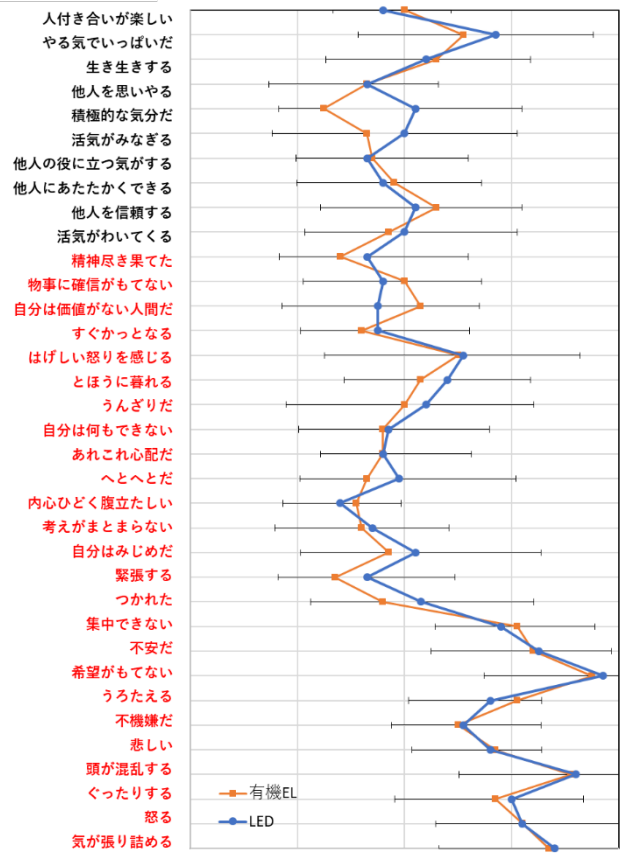


図 8 POMS の結果

| 【測定部】 | 【電磁ノイズ最大値】 | 【備考・状態】 |
|------------------------------|----------------------------------|--|
| 有機 EL 照明 電源 ON 時 | 1.0mG 1.5mG 2.6mG 1.0mG | (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) |
| 有機 EL 照明 電源 OFF 時 | 1.0mG 1.0mG 1.6mG 1.0mG | (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) |
| 人工呼吸器 (Philips) トロジー 02PLUS) | 40.1mG | (ベッド頭部左側で使用) |
| 加温加湿器 (Fisher&Paykel MR850) | 420mG | (ベッド頭部左側で使用) |
| 輸液ポンプ (TERUMO TE-261) | 11.1mG | (ベッド頭部右側で使用) |
| シリンジポンプ (TERUMO TE-351Q) | 2.1mG | (ベッド頭部右側で使用) |
| 生体情報モニタ (Philips M8105A) | 18.1mG | (ベッド足元右側で使用) |
| 脳波計 (日本光電 EEG-1250) | 256mG | (ベッド足元左側で使用) |
| 脳波計サブディスプレイ (富士通) | 3.3mG | (ベッド足元左側で使用) |
| サブディスプレイ用アイソレーショントランス | 865mG | (ベッド足元左側で使用) |
| 液晶テレビ | 1.5mG | (ベッド上部で使用) |
| テレビカードリーダー | 3.6mG | (ベッド上部で使用) |

図 9 ノイズ調査 (有機 EL 照明)

| 【測定部】 | 【電磁ノイズ最大値】 | 【備考・状態】 |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| 有機 EL 照明 電源 ON 時 | 1.8mG 2.4mG 2.3mG 2.7mG | (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) (周辺機器使用中) |
| 人工呼吸器 (MAQUET SERVO-U) | 74mG | (ベッド右側で使用) |
| 加温加湿器 (Fisher&Paykel MR850) | 420mG | (ベッド右側で使用) |
| 輸液ポンプ (TERUMO TE-261) | 18.4mG | (ベッド頭部左側で使用) |
| シリンジポンプ (TERUMO TE-351Q, TE-331)*2台 | 9.4mG | (ベッド頭部左側で使用) |
| 生体情報モニタ (Philips MX800) | 7.0mG | (ベッド頭部右側で使用) |
| 脳波計 (日本光電 EEG-1200) | 490mG | (ベッド左側で使用) |
| デスクトップパソコン (hp) | 1.6mG | (ベッド足元右側で使用) |
| ノートパソコン (hp) | 3.4mG | (ベッド足元右側で使用) |
| ベッド左側シーリングアームのコネクタ面 | 13.0mG | - |
| ベッド右側シーリングアームのコネクタ面 | 37.7mG | - |

図 10 ノイズ調査 (LED 照明)

ド付近の電磁環境を確認し、②ノイズ混入の有無を測定し平坦脳波 (ECI) 測定が可能かを確認した。

日時は 2021 年 1 月 14 日、10 月 26 日、場所は順に PICU10 号室→LED、32 病棟 3208 室 (神経ユニット) →有機 EL 照明、であった。

法的脳死判定 7) のための脳波 (平坦脳波) を測定するための基準として、周辺ノイズが 10mG 以上であると対策が必要となり、5mG 以下であれば測定可能、ということとなっており、基準は満たしてはいるものの、これ以上大きな値を出す可能性を除去する必要がある。

LED に比較すると最大値である左側面の 2.6mG が同程度の測定値であった。しかし、他の場所は 1.5mG 以下であり、比較すると良好な環境を形成できていると言えよう。また、有機 EL を ON

時と OFF 時の比較から、ON にしても左側面以外は変化がなく、良好な環境を形成できている。

3. おわりに

本研究では睡眠状態に影響を与える環境要因として光、照明に焦点を当て、照明器具の違いによる睡眠の質を、若年健常男性を対象に検証した。

その結果、以下のことが分かった。

- ・ 良質ではない睡眠状況（入眠に時間を要しその時間が短い）は、LED 照明条件下の方がその件数がやや多いように見える。
- ・ メラトニン量は、就寝直前の夜間および気象直後の朝ともに、有機 EL 照明条件下の方が高い傾向にあった。
- ・ 心理量である POMS の結果に大きな違いはなかった。
- ・ ノイズ調査では、有機 EL を ON 時と OFF 時の比較から、ON にしても大きな変化はなく、良好な環境を形成出来ている。

参考文献

- 1) <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-02-008.html>
- 2) 厚生労働省 健康づくりのための睡眠指針 2014
- 3) Candas et.al.: Body temperature during sleep under different thermal conditions, Indoor Climate, JJ Trykteknik a-s, pp.763-778, 1979
- 4) 都築和代：温熱環境と睡眠, 日生气誌 50(4), pp.125-134, 2014
- 5) Hashimoto S et., Al. Am J Physiol. 1996
- 6) Higuchi et. Al., Chronobiol int 2014

謝辞

本研究を遂行するにあたり、当時中部大学建築学科 4 年川崎稜斗君、村手渡君、および被験者の方々の多大な協力を得ました。また、中部大学生産技術総合研究所の支援のおかげで、有用な研究結果を得ることが出来ました。記して謝意を表します。