

青色光が居住者の生活に及ぼす影響

- 夜間の青色光がもたらす非視覚的生理作用及び生活環境適合性についての考察 -

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 デザイン経営工学部門

小山 恵美

1. はじめに

近年、カラー蛍光灯などを光源とする青色防犯灯が各地に導入され、犯罪抑止効果について実証的研究が報告されている¹⁾。しかしながら、その報告書でも述べられているように、黒体軌跡近傍から外れた有彩色光（この場合は、青色がはっきりしている光）の光学特性が犯罪抑止に関連があるかどうかは明確でない。また、犯罪抑止に関連があるとしても、それにつながるメカニズムは不明である。

本発表では、青色防犯灯と犯罪抑止との関わりについては筆者所感として触れるにとどめ、青色カラー蛍光灯などの青色波長成分を多く含む分光分布をもつ光を夜間に眼球で受光するという状況下でどのような影響が生じる可能性があるのか、非視覚的生理作用ならびに生活環境適合性という観点から、近隣居住者の生活にもたらされると推測される影響について考察する。

2. 夜間の光環境が人間の生活に及ぼす影響

光環境は昼夜を通して人間の生理的・心理的状态に影響を及ぼすが、ここでは夜間の光環境の影響について、非視覚的生理作用ならびに主観的適合性という観点から、これまでの知見をまとめる。ここでいう夜間とは、自然の昼夜環境における夜間であるという意味の他に、ある個体の生物時計の夜に相当する時間帯という意味でもある。

(1) 非視覚的生理作用

可視光帯域の自然光あるいは人工照明光が生体に及ぼす生物的影響として、網膜（光受容器）から視神経を經由して脳に達する光情報のうち、大脳後頭葉視覚野に到達する前の段階で分岐し、視交叉上核を介して視床下部に到達する経路^{2,3)}をたどるものが、視覚情報処理以外の生理的作用（非視覚的生理作用）をもたらすことが知られている。この場合の光情報をもたらす影響は、明暗や色彩の感覚による視覚的影響とは異なり、個人の好き嫌いや感情とは関係なく、サーカディアンリズムの位相や振幅の変化、脳の覚醒水準上昇、交感神経系機能亢進、夜間受光によるメラトニン分泌抑制などの生物的反応である。これらの非視覚的生理作用は、総じていえば覚醒方向の影響であると考えられる。

生物一般に、入力される光の量が増えるとその対数（立方根という説もある）に比例して生体への影響が強化されるという性質があるとされ、非視覚的生理作用についても同様と考えてよい。ただし、ここでいう光の「量」とは、ある時点の瞬時の明るさ（厳密には、受光地点での放射照度；単位 W/m^2 または $\mu W/cm^2$ 、実用的には、照度 lx で代用評価してもよい）という意味ではなく、次のような「受光量」の概念を導入すると、種々の研究結果を合理的に解釈できると考えられる⁴⁾。

受光量 = 明るさ × 暴露（受光）時間 × 関数 [分光分布特性、配光特性]

ここで、受光量に分光分布特性が関与しているのは、生物の光に対する種々の反応と同様に、非視覚的生理作用についても波長特異性が存在するからである。さまざまな先行研究の結果から、青色波長成分を多く含む光環境（460～470nm 付近が反応のピークとされる）に夜間暴露

されると、比較的小さい放射照度（ 0.03 W/m^2 程度～）であっても、覚醒水準の増大や、体温下降の妨げ、メラトニン分泌の抑制がみとめられ⁵⁻⁷⁾、自然の睡眠と比較してその質が低下するなどの好ましくない影響が示唆される⁸⁾。これらの先行研究で用いられた光源の分光分布特性は、プリズムで分光した単波長光、カラー蛍光灯など黒体軌跡近傍からはずれた複合波長光、白色光範囲内で色温度あるいは分光分布の異なる複合波長光など、さまざまである。

非視覚的生理作用を生じる明るさには下限があると考えられているが、下限値が定量的に明らかにされているとは言いがたく、時間帯や個体差の影響を受けて変動すると思われる。先行研究の結果を総合的に考察すると、夜間においては、日中と比較して2桁程度少ない受光量（明るさ）でも非視覚的生理作用が生じると考えられる。

（2）光環境の主観的適合性

生活環境における適合性という観点では、光環境の影響として、非視覚的生理作用という生物的影響だけでなく視覚がもたらす影響も考慮する必要があり、特に、非視覚的生理作用が小さいと考えられる低照度領域では、主として大脳視覚野による主観的影響の重みが増すと考えられる。ここでは、先行研究の中で、通常的生活環境で利用し得る光環境という点を考慮して、特に夜間の時間帯を過ごす室内を想定し、照度と色温度を白色光範囲内で変化させて主観評価を比較した結果に焦点を当てることとする。

照度と色温度が空間雰囲気の好ましさにあぼす影響について、古典的研究⁹⁾ (Kruithof, 1941) において、低色温度の室内では落ち着いた暖かい雰囲気となって比較的低照度が適切であるのに対し、高色温度の室内では低照度では寒々とした陰気な雰囲気となるので高照度が適切である、という結果が示されている。当時利用可能な光源として、低色温度領域では白熱灯、高色温度の領域では蛍光灯を使用しているために、演色性など他の光学特性も変化し、照度と色温度というパラメータを厳密に比較できないという問題点はあったが、後の年代の研究結果と大筋で異なることはなく、低照度領域では高色温度光の主観評価が低くなる傾向を示唆している。

たとえば、居室における「団らん（対人生活）」と「くつろぎ（個人生活）」の2種類の生活行動を想定してリビングルームの雰囲気の好ましさにあぼす照度（机上面；100、200、400、一部条件で600 lx）と色温度（3波長蛍光灯；3000、3400、3900、4600、5600 K）の影響を検討した報告¹⁰⁾によると、いずれの場合も照度、色温度が空間雰囲気の好ましさの平均評価点に与える影響は統計的に有意であり、高色温度よりも低色温度の方が好まれ、特に低照度領域（100、200 lx）においては、5600 K 条件における空間雰囲気の好ましさが他の色温度条件に比べて評価点が顕著に低いことが示されている。

また、入眠直前の寝室光環境を想定し、照度（床面中央部；30、150 lx）2水準と色温度（3波長蛍光灯；3000、5000 K）2水準の組み合わせによる4条件で、脳波などの生理的指標と主観的眠気を比較評価した報告¹¹⁾がある。それによると、生理的眠気の指標として、開閉眼繰り返しテストによる脳波成分比（AAC；Alpha attenuation coefficient）を比較したところ、3000K 条件では150 lx よりも30 lx 条件で生理的眠気・主観的眠気ともに増大する傾向を示したのに対し、5000K 条件では生理的眠気が照度低下で増大する傾向がみられないだけでなく、主観的眠気は照度による序列が逆転して30 lx 条件で減少する傾向がみられた。5000K 条件におけるこのような現象は、非視覚的生理作用だけでは説明がつかず、5000K という比較的高色温度の光源を用いた低照度空間で生じる「寒々しい」という不快なイメージ⁹⁾ が生じられたことによって、照度低下に伴って生じるはずの大脳新皮質活動水準低下が抑制されたためではないかという考察がなされている。

3. 青色光が居住者の生活に及ぼす影響についての考察

青色防犯灯が設置された近隣に居住する場合、青色カラー蛍光灯などの青色波長成分を多く含む分光分布をもつ光を夜間に眼球で受光するという状況下で生じる影響と無縁ではないと考えられる。

青色カラー蛍光灯の分光分布例（図1）をみると、440nm 付近の突出したピークの両側に、390～500nm 程度の半値幅を有するなだらかな曲線がみとめられる。夜間メラトニン抑制の波長特性曲線（図2）⁵⁾における推定ピーク波長（460nm 付近）や推定半値幅（420～510nm）と比較すると、ピーク波長が少しずれてはいるが、カラー蛍光灯の分光分布半値幅はメラトニン抑制曲線の半値幅をほぼ含んでいると考えられる。したがって、青色カラー蛍光灯の光を夜間受光すると、その受光量が増えるとともに、覚醒方向の非視覚的生理作用も増大することになる。

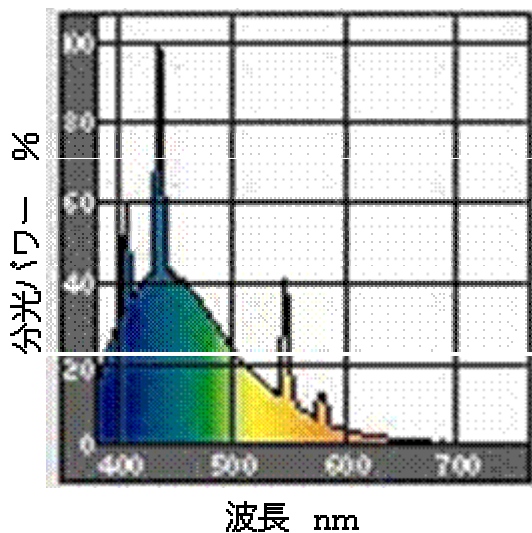


図1 青色カラー蛍光灯の分光分布例¹²⁾

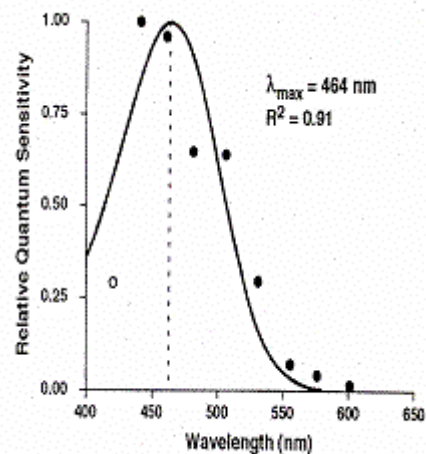


図2 夜間メラトニン分泌抑制相対感度の波長特性⁵⁾

青色防犯灯実証的研究報告¹⁾によると、住宅地屋外街路灯付近の路面水平面照度が1 lx程度、駐輪場建物内部の路面水平面照度でも10 lx程度であったことから、それらの場所に短時間滞在する程度の受光量では、460nm 付近の放射照度が直接的覚醒作用につながる 0.03 W/m^2 程度のレベルに達するとは考えにくい。しかしながら、住宅窓の至近距離から青色光が入射するような場合や、灯数の多い駐輪場で数十 lx程度の明るさに達するような場合に、受光時間が長くなると非視覚的生理作用が生じる可能性がないとはいえない。夜間に覚醒方向の光の影響を長期にわたって受ける場合には、夜間睡眠の質低下、サーカディアンリズムの位相後退や振幅減少などの好ましくない生理的影響が生じる危険性も考えられる。

一方、受光量がさほど多くない場合でも、低照度空間に青色カラー蛍光灯のような分光分布をもつ光がある場合、2-(2)で述べたよりもさらに青色成分を多く含む光を低照度条件で用いることになるので、生活環境としての主観的適合性がより低下すると考えられる。すなわち、「寒々しい」という不快感がより増大し、主観的眠気の減少につながる可能性もある。このように、夜間に低照度空間で青色カラー蛍光灯を使用する場合に、数メートル程度の比較的近い距離においては、非視覚的生理作用が顕著であるかどうかにかかわらず、不快感や主観的覚醒

作用が生じる可能性があり、物体色としての青色がもたらすとされる「鎮静作用」が、少なくとも「緊張を緩める、ゆったりした気分させる」などの意味においては、青色光によってもたらされるとは考えられないのである。

以上のような夜間の青色光受光によってもたらされると考えられる悪影響を避けるためには、夜間に居室の窓を遮光して青色光を室内に入射させないこと、青色光が設置されている屋外の場所には長時間滞在しないことが必要であろう。

最後に、青色防犯灯が設置されている場所（奈良県内、屋外駐輪場街灯・駐輪場建物内照明）を夜間視察した所感を述べる。青色防犯灯を数百メートル離れた場所から夜景として眺める場合には、ほぼ青色単色の点光源として視界に入り、周囲の光と比べて目立ちはあるが、違和感はない。しかしながら、設置場所の数十メートル以内に近づくと、その分光分布にしたがって、青色単色の光ではなく、白色光からわずかな青白い光であるように見え、寒々しい感覚を通り越して、不気味にさえ感じられる。このような違和感や不気味な感覚が生じるメカニズムは不明であるが、人類の進化の過程でこれまでに体感したことのない光学特性をもつ光であることが背景にあると考えられ、本能的に近づきたくないという感覚を生じることが、結果として犯罪抑止と関連するのではないかと推察される。

【参考文献】

- 1) 井上容子：青色防犯灯の犯罪抑止効果に関する実証研究、平成18年度 財団法人社会安全研究財団助成研究 研究成果報告書（2007）
- 2) 本間さと：光とホルモン、光の人間の生活ハンドブック、佐藤愛子・利島保・大石正・井深信男、朝倉書店、pp.90-98（1995）
- 3) 本間研一、三島和夫：光による医学治療 第1章、日本光生物学協会、共立出版、pp.1-35（2000）
- 4) 小山恵美：光放射の生体への作用；照明ハンドブック、照明学会、オーム社、pp.523-525（2003）
- 5) Brainard G C, Hanifin J P, Greeson J M, Byrne B, Glickman G, Gerner E, Rollag M D：Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor, J. Neurosci., 21(16), pp.6405-6412（2001）
- 6) 兜真徳：人工光による生理影響（メラトニン）；照明関連国際規格委員会技術報告「LED 光源の生体安全性規格化WG報告」、社団法人日本照明委員会、pp.27-32（2004）
- 7) 小山恵美：メラトニン以外の生体リズム；照明関連国際規格委員会技術報告「LED 光源の生体安全性規格化WG報告」、社団法人日本照明委員会、pp.33-39（2004）
- 8) Koyama E：Non-visual Physiological Effects of the Light Source Spectrum on the Nocturnal Sleep, Proceedings of the Third International Conference on Human-Environment System; ICHES'05 in Tokyo, Japan, 12-15 Sep., pp.145-150（2005）
- 9) Kruithof AA：Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review, 6, pp.65-96（1941）
- 10) 中村肇、唐沢宜典：照度・色温度と雰囲気の高まりの関係、照明学会誌、81(8A)、pp.687-694（1997）
- 11) Noguchi H, Sakaguchi T：Effect of Illuminance and Color Temperature on Lowering of Physiological Activity, Appl. Human Sci., 18(4), pp.117-123（1999）
- 12) 松下電器産業（株）照明社：ランプ総合カタログ、p.127（2007）