概日照明に対して準備不足と言う、概日リズム第一人者の真意とは

マーク・ハルパー

英オックスフォード大（Oxford）のラッセル・フォスター教授（Russell Foster）は、研究者らはまだすべての詳細を理解しているわけではないと主張するが、それは戯言だと言う者もいる。両者の意見は実際には一致している可能性がある。

概日科学の専門家であるラッセル・フォスター氏に、白色LED照明で日光のスペクトルパターンを模倣することによって、人間の健康を促進する方法についてコメントを求めると、意外な回答が返ってくる。

「私たちはまだ準備ができていない」と、オックスフォード大の概日神経科学の教授であるフォスター氏は述べた。「その方向にじりじりと進んではいるが、未解決の大きな問題が複数存在する。確かにツールキットはかつてないほど素晴らしい状態にあるが、それはまだ完璧な答えではない。入力するデータがまだ得られていない」（フォスター氏）。

目の網膜の中に、視覚の処理には何の関係もないが、概日リズムの維持をつかさどる特定の光受容細胞が存在するという概念を、1990年代に提唱した人の発言とは思えない内容である。

フォスター氏が10年間にわたって提唱した先駆的な直感は、米ブラウン大（Brown University）のデビッド・バーソン教授（David Berson）が2002年に、光感受性網膜神経節細胞（pRGC）として知られる非視覚光受容体を発見したことで、正しいことが証明された。フォスター氏自身もその直後に、これらの細胞を発見している。

世界で最も古く最も大きな概日照明電球（画像：Pixabayに掲載されているThe DigitalArtistのもの。商用または非商用目的に対するフリーライセンスの下で使用）。

網膜の桿体と錐体が送る信号は、脳で映像に変換されるのに対し、pRGCは、脳の主時計、正確には、視交叉上核に信号を伝達する（pRGCは、ipRGC、すなわち「内在」pRGCとも呼ばれる）。

主時計は、人間の臓器や組織全体にわたる細胞に存在する、無数の概日時計の調整を行う。人間の場合、主時計は平均で24時間15分の周期で動作する。フォスター氏の研究で示されているように、光はこの体内時計を毎日リセットして、24時間の周期を維持するために不可欠である。人間の生理的過程の周期を調整するという光の重要な役割は、太古から続いていると言って過言ではない。

光を中心とするこの24時間の周期が乱れると、さまざまな問題が生じる。不規則な概日リズムは、糖尿病、睡眠障害、癌、神経疾患など、あらゆる肉体的及び精神的不調との関連が明らかになっている。この周期の乱れは、電気照明を浴びたり、屋外に出ずに概日リズムの同調を促進するための十分な量の日光を浴びなかったりすることで、日常的に起こり得る現象である。

救済手段としてのLED

LED照明業界では、日光の1日のパターンを、輝度とスペクトル成分の両方で模倣するように屋内照明を調整するシステムが開発されている（本誌表紙の米クリーライティング社[Cree Lighting]の「Cadiant Dynamic

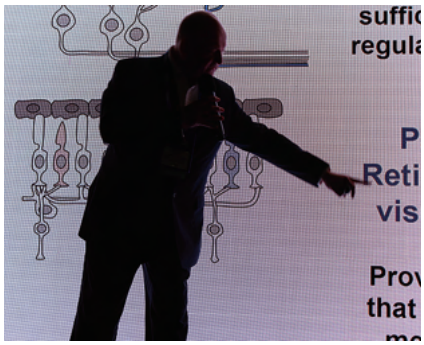
Skylight」を参照のこと)。LEDは本質的にデジタルであることから、概日照明、またはヒューマンセントリックライティングのシステムに理想的な技術である。

LEDs Magazine誌は、2016年にヒューマンセントリックライティングの初期の試行と構想に関する記事を掲載し、商用実装の進展には時間がかかるだろうと予測した(bit.ly/358ZfNy)。その1年後には、病院やヘルスケア施設にこの概念が実装されるようになった(bit.ly/31mTkl1)。デンマークのアルバーツルンドにある介護施設Plejecentret Albertshøjなどにおける認知症や脳損傷の治療が、特に顕著な例である(bit.ly/2TEfaNb)。ヘルスケア環境は、ヒューマンセントリックライティングに適している。その理由は、モニターや装置が効果の測定に利用できることと、利用者が概日リズムの既知の障害を抱えていることが珍しくないことにある。

その年には、いくつかの商業オフィスにもヒューマンセントリックライティングが導入されたが、その技術はまだ進化途上にあった(bit.ly/3Ha8pdJ)。病院における光線療法と、職場を利用するすべての従業員の健康を促進する照明設計は、別物だからである。

当然ながら、輝度とスペクトル成分の調整が可能な、高度なチューナブル照明システムの導入は現在、あまり進んでいないようである。具体的な数値を入手するのは難しいが、プレスリリースを指標としてとらえるならば、その概念は広く普及しているというよりは、導入事例がいくつか散見されるという状態にとどまっている。

概日照明は、急成長中の成功ビジネスという状態にはまだない。かつてはこの分野の早期リーダーだった米ヘルセ社(Healthe Inc.、以前はLighting Science Group)は、2021年12月に倒産し、ヒューマンセントリックライティング市場の競争から身を引くこととなった(bit.ly/3KbHwrx)。



ラッセル・フォスター氏は1990年代に、目は視覚だけでなく、概日時計などの非視覚機能のためにも光を処理しているという、正しい理論を提唱した。同氏はそれ以来、この研究と講演を続けており、写真は、2016年の展示会LuxLiveにおけるLightspace dot Londonカンファレンスでの様子である。(写真提供:マーク・ハルパー)

低すぎる認知度

「ヒューマンセントリックライティング、概日照明、またはバイオフィリック照明が市場に浸透しないのは、誰もそれを知らないからだ。科学者は知っているが、科学者同士でしか会話をしない。隣人と会話しても、彼らはそれを知らない」と、オランダを拠点にヒューマンセントリックライティングを支持する非営利組織Good Light Groupの会長を務めるジャン・デネマン氏(Jan Denneman)は述べた。

チューナブル照明、ライトタブレット、さらには輝度が調整可能なアプリ制御のLED照明など、商業や消費者向けの製品やシステムが市場に登場しているが、業界全体では、家庭やオフィスの必需品としてその概念を確立することに成功していると、蘭シグニファイ社(Signify)の幹部を務めた経験もあるデネマン氏は述べた。「人々に説明するには難しすぎると考えているのだ」(デネマン氏)。

照明業界の中には、各国政府が健康照明の原則の義務付けを開始するべきだという意見もある。デネマン氏は、その域には程遠い状態だと述べた。「誰もその重要性を規制当局に伝えていないのに、規制当局が照明の健康面について考えるはずがない。また、健康照明について理解するようになれば、人々は自発的にそれを導入するはずだ」と同氏は述べて、政府が決定する類のものではないとの見解を示した。「人々がそれを望み、体験し、上司に『なぜ暗闇の中で働かなければならないのか』と尋ねるようになるべきだ」と、デネマン氏は述べた。

そこで、照明業界団体Lighting Europeの代表を務めていたこともあるデネマン氏は、メッセージを発信してヒューマンセントリックライティング事業を促進する取り組みを続けている。

同氏の取り組みが困難であることは、オックスフォード大のフォスター氏も十分承知している。非視覚光受容体の存在を同氏が正しく推測してから約30年、それが実際に発見されてから20年が経過してもなお、照明業界におけるその完全な開発と商用化を可能にするだけの知識を、研究者らは獲得できていないと、同氏は主張している。

あまりにも複雑な概念

フォスター氏は今でも、世界有数の概日リズム専門家の1人である。オックスフォード大では、Sir Jules Thorn Sleep and Circadian Neuroscience Institute(睡眠及び概日神経科学研究所)と、ナフィールド眼科研究所(Nuffield Laboratory of Ophthalmology)の所長を務めている。概日健康に関するフォスター氏の著書「Life

Time」は、5月に刊行された。同氏は、新興企業である英Circadian Therapeutics社を通して、光を浴びているという錯覚を目に与える薬の開発に取り組んでおり、その開発は、眼疾患を抱える人々に概日効果をもたらす可能性がある。非視覚光受容体に関する同氏の独創性に富んだ研究は、Light and Health Research Center所長で、マウントサイナイ医科大（Mount Sinai's Icahn School of Medicine）教授のマリアナ・フィゲイロ氏（Mariana Figueiro）など、照明や概日リズムを専門とする他の著名な科学者の基礎となっている（bit.ly/3KTojvo）。

「強度、持続時間、波長、1日のうちの時間、作業内容、個人の照明履歴、年齢など、多くの重要な要素が存在する。すべてが極めて重要である。かなり複雑で、（真に有効な概日照明を開発するために解明する必要のある）多くの重要な疑問に対する答えが見つかっていない」と、フォスター氏は指摘した。

従って、この分野の世界有数の権威の1人である同氏が、まだ準備ができていないと言うのは、「強度、持続時間、波長、1日のうちの時間、作業内容、個人の照明履歴、年齢など、多くの重要な要素が存在」し、その影響を科学者がまだ十分に理解していないためである。フォォスター氏のこの発言に、今すぐ行動を目にしたい人々は鬱憤を募らせている。

「そんなはずはない」と、デネマン氏は反論した。同氏は、業界では根拠に基づく研究結果が十分に得られていると考えている。人間は概日リズムを適切に維持するための十分な自然光を受けていない、という事実を覆すための最良の方法は、一般的な屋内環境よりも照度レベルがはるかに高い（約1万ルクス）屋外に出ることである。

光が人間に与える影響に関する科学者らの習熟度について、その複雑さの理解にはまだ程遠いと、ラッセル・フォスター氏は述べている。（写真提供：マーク・ハルパー）

2番目に良い方法は、明るさを管理する屋内照明を適用することだと、同氏は考えている。「私たちは、生物学的には暗闇の中で生活している。ビタミンLを毎日摂取する必要がある」とデネマン氏は述べた。

フォスター氏は、その意見に反論することはしなかった。実際、同氏もまったく同意見である。

「私たちは、暗い洞穴の奥深くで生活している」と同氏は述べ、米国と欧州が屋外での農業や漁業を中心とする経済から工業化への移行を開始した1800年代に、光不足は始まったと付け加えた。

犬の散歩は効果的

研究者であるフォスター氏は、光のメリットについて、健康とビジネスを推進するデネマン氏と同じように断言している。

「犬の散歩をする人は睡眠の質が高い」と、環境研究と公衆衛生の国際学術誌「International Journal of Environmental Research and Public Health」のチェコのチームによる研究を挙げて、フォスター氏は述べた。この研究によると、犬の散歩をする人は一般的に、朝に犬とともに屋外におり、その時間帯は、自然光が健康的な睡眠／覚醒傾向を人に与えるという（bit.ly/3re1URG）。同様に、屋外で運動する人は比較的良い睡眠が得られるのに対し、屋内で運動する人では同じ結果は得られなかったことを示す、他のいくつかの研究プロジェクトを同氏は挙げた。

では、フォスター氏は、自然光の健康促進傾向を信じているのであれば、概日照明に向けた最初の一歩を今確実に踏み出せるはずだという意見にも同意するのだろうか。その答えは、一言でいえばイエスである。

フォスター氏の提案の1つは、朝の「光子シャワー」を開発するというものである。これは、一般的な風呂場でシャワーを浴びるときに、明るい光を放射するものである。「私たちに必要なのは、朝の明るい光である。私がもう1つ提唱しているのは、洗面所で髭をそったり歯を磨いたりするときに、明るいLED光源を洗面所のキャビネットに置くことである」と、フォスター氏は述べた。

このような目的に合った商品が、民生照明市場にないわけではない。LEDs Magazine誌では光子シャワーを取り上げたことはなかったが、独ビューラー社（Beurer）などさまざまな企業が、高い照度を備えたタブレットサイズの照明を、朝の約30分間の使用で概日リズムを促進するものとして提供している。シグニファイ社の「WiZ」シリーズの電球も同じ目的の商品である。

必要なのは青色ではなく明るさ

概日神経科学の第一人者であるフォスター氏によると、今準備できているものとできていないものははっきりしているという。「今準備できているもの」は、1日の特定の時間帯（特に朝）

の明るい光は、注意力を高め、健康的な睡眠サイクルを促進すること、そして、夜間は明るさを落とさなければならないことについて、同意が得られていることである。ただし、青色スペクトル成分が豊富な光は、刺激剤として朝には望ましく、睡眠を妨害するので夜には極めて悪いとする、よくある考え方は誤っていると、フォスター氏は述べた。照明業界で、青色成分を強化した製品を「概日照明機器」と分類しているのは「誤解を与える行為」だと同氏は考えている。実際、最近の研究により、概日リズムに多大な影響を与えるのは、光のスペクトル成分ではなく強度であることが示されていると、同氏は述べた。ヒューマンセントリックライティングシステムの設計において、朝に青色成分が必要なのは、光レベルが非常に低い場合のみだと、同氏は主張している。同様に夜間は、青色を心配する必要はなく、どのような性質のものであれ明るい光を避けることが重要だという。

青色成分に対する一般的な見方を訂正するのは、フォスター氏だけではない。フィゲイロ氏は、米レンセラー工科大（Rensselaer Polytechnic University）の照明研究センター（Lighting Research Center：LRC）の所長を務めていた時期に、それと同じ内容の研究を少なくとも2件発表している。しかし、同氏が2019年に研究結果を発表した直後に（bit.ly/3g5Khgu）、LRCは、青色は結局、概日リズムを変える重要な要素である可能性があるとする報告書を公開した（bit.ly/2kdmQZ0）。青色成分については、現時点では全面的な同意は得られていない。

現在のところ、フォスター氏とデネマン氏は、朝の基本的な明るい光が重要であること、自然光が最も優れていること、概日リズムの同調に人工的な光を補助的に利用することについて、意見が一致しているようである。建物は、自然光と人工光源の両方を理想的な形で取り入れるべきである。

健康のために光を最大限に活用する時が来たと、Good Light Group会長のジャン・デネマン氏は述べる。写真は、同氏自身の作品の前で撮影されたもの。（写真提供：ジャン・デネマン氏）

自然光については、建物内の採光と自然光活用に関する、豊富なアイデアと熱意を持った専門家が存在する。

「建築家は、建物の屋根からの光をオフィスの天井に取り込む方法を発明しなければならない。（照明科学者と専門家は）それを知っているが、私が知る限りは、誰もそれを行ったり、それを行うためのより良い技術を開発したりしていない。すべての建物の屋根にある自然光を減少させることなく収集して、オフィスの天井に取り込むことが必要である」と、独ルートヴィヒマクシミリアン大（Ludwig Maxi millian University）の医療心理学研究所（Institute for Medical Psychology）の名誉教授であるティル・ロエンヌベルク氏（Till Roenneberg）は述べた（同氏は、「ソーシャル・ジェットラグ」（社会的時差ぼけ）と同氏が呼ぶ理論と、米国で年に2度行われるサマータイムのための時計調整の影響を批判していることでも知られている）。

しかし、基本的な明暗以外の、より複雑なシステムを設計するための十分な知識を獲得するまでにはまだ時間がかかると、オックスフォード大のフォスター氏は主張している。私たちは、光強度、持続時間、波長、1日のうちの時間、作業内容、個人の照明履歴、年齢が、個人の生理機能と光ニーズに与えるすべての影響を完全に理解していないというだけでなく、それらの要素の相互作用も理解していない。例えば、桿体と錐体がどのようにpRGCと作用するかは、解明されていない。

このような理由から、フォスター氏は、高度な概日照明システムの開発にしばらくブレーキをかけることを提唱している。しかし、フォスター氏は研究者としてさらなる研究機会を探しているだけのようだと、揶揄する人もいる。

いずれにせよ、私たちすべてに、朝は明るさを上げて夜は下げるという基本的なメカニズムが今すぐ必要なのは確かである。適切に浴びれば、光子は私たちを、シャワーを浴びながら歌いたいほど、清々しい気分にさせてくれるかもしれない。

著者紹介
マーク・ハルパー（MARK HALPER）は、LEDs Magazine誌の寄稿編集者で、エネルギー／テクノロジ／ビジネス関連のジャーナリスト。e-mail: markhalper@aol.com

LEDJ