

日亜化学工業株式会社
ホワイトペーパー

Dynasolis™ 照明ソリューション

 **NICHIA**
Ever Researching for a Brighter World

Nichia Dynasolis™ White Paper

Dynasolis™ – 真のヒューマン・セントリック・ライティング・ソリューション

日亜化学工業株式会社

概要

ヒューマン・セントリック・ライティング (HCL) が注目を集めつつある昨今、多くの照明メーカーが、より良いサーカディアン照明を目指して HCL の機能を研究している。本文書では、HCL の基本概念と、シアン光が人間の健康と幸福感に及ぼす影響について解説する。また、当社の Dynasolis™ の特徴を述べると共に、フラウンホーファー研究機構建築物理研究所による、Dynasolis™ 照明ソリューションの認知・心理的効果に関する研究結果についても詳述する。

シアン光の健康への影響とヒューマン・セントリック・ライティング (HCL)

光は人体に大きな影響を与える。夜間にブルーライトに晒されると睡眠が阻害されることは一般的に知られているが、これはメラトニン (脳の松果体でセロトニンから作られる睡眠ホルモン) の生成が抑制されることに起因する。メラトニンの抑制は、人の目にある光感受性網膜神経節細胞 (ipRGC) が短波長の光に晒されることで起こり、人の覚醒・睡眠サイクルに影響を与える。

ブルーライトは就寝時にはデメリットとなるが、青色波長の光、とりわけシアン光は、オフィスワーク、勉強、家事など睡眠ホルモンの抑制が必要とされる他の時間帯ではメリットをもたらす。シアン光を浴びることで注意力が増し、集中力と生産性が向上する。

一日の自然光サイクルでは、朝は、太陽からシアンを多く含む明るい青色光を受けることにより、ipRGC が刺激される。昼間の光も、相関色温度 (CCT) が 5500~5800K と高く、短波長 (シアン) を多く含む。午後にかけて CCT は徐々に低下し、日没時には 2700K 以下となり、長波長 (黄~赤) が優勢となる。ipRGC は長波長の光には敏感でないため、自然光サイクルでは、日没が近くなるにつれ刺激が少なくなっていく。この自然光サイクルは、人のサーカディアンリズムに大きく関わり、人々の健康と幸福感に影響を与える。

サーカディアン照明は、ヒューマン・セントリック・ライティング (HCL) の一種で、自然光サイクルを模倣してサーカディアンリズムを調節する。視覚的要素である色温度の調整は、自然光サイクルを再現する上で大きな役割を果たすが、ipRGC は、光中の 480nm 付近の波長に晒されることで刺激されるため、サーカディアンリズムの調整に真に有効な HCL を設計するには、非視覚的要素であるメラノピック照度の調整も重要となる。すなわち、優れたサーカディアン照明は、自然光サイクルに合わせた視覚的要素-CCT の調整と、必要な時に必要な場所で ipRGC を刺激するための非視覚的要素-メラノピック照度の調整の両方が揃って初めて成り立つ。このようなサーカディアン照明を生み出すキーとなるのは、CCT と光中の 480nm の割合を決定づけるスペクトル分布にある。



Dynasolis™照明ソリューション

当社の Dynasolis™は、照明業界で重要視される高演色・高効率を維持しつつ、メラノピック照度と色温度を同時に調整して人のサーカディアンリズムを整える、全く新しい調色・調メラノピック照度 LED ソリューションである。メラノピック照度とは、サーカディアンリズムに影響を与える明るさを定量的に捉えた照度のことであり、メラノピック光の比率が高いほど、体内時計を調節する「幸せホルモン」と呼ばれるセロトニンの分泌量が多くなる。

既存のヒューマン・セントリック・ライティングは、CCT を調整するのみの照明が多いが、当社は、光の非視覚的効果-サーカディアンリズムに対するメラノピック等価エネルギー効率比 (MEER*) の効果にも着目した。

WELL Building Standard™は、サーカディアン照明器具に対して、照度と MEER の積で表される等価メラノピック照度 (EML) に対する要求事項を規定している。Dynasolis™の高 MEER は、サーカディアン照明のデザイナーが、その要求事項を満たし、WELL Building Standard™で高スコアを獲得するのに役立つ。

Dynasolis™には2つの LED が使用されており、480nm の出力を高めた空色 (Azure) LED で活力効果を、温かみのある電球色 LED で沈静効果を促す。これら2つの LED で光の色とメラノピック照度を調整することで、Dynasolis™は、朝から晩まで最適な色温度と、適切な ipRGC 刺激をもたらす。

Dynasolis™の特徴の一つは、空色 (Azure) LED の 480nm での出力が高いことであり、これにより、本照明ソリューションの MEER は、高い色温度領域で標準光源よりも高い (図 1)。480nm の光は、セロトニンの分泌を促し、人の心身を活性化させる。人は、太陽光を浴びると脳内でセロトニンが分泌され、積極性、精神の安定や安心感、迅速で柔軟な思考、直感力の強化、仕事の効率化、ミスの減少など様々な効果が得られる。また、老化の原因となる体内の活性酸素の減少にも繋がる。朝セロトニンが多く分泌されると、それを基に 14~16 時間後に睡眠ホルモンであるメラトニンも多く分泌さ



れ、良質な睡眠をもたらす。よって 480nm の光は、2 つの役割を持つという意味で非常に重要とされる。

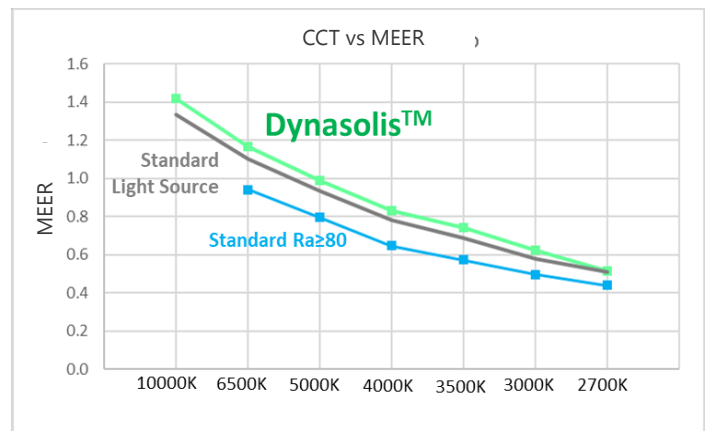


図 1: Dynasolis™、標準光源、Ra≥80 の標準的な LED の MEER

図 2 は、Dynasolis™と従来の調色ソリューションのスペクトルを比較したものである。6500K の Dynasolis™と従来のソリューションでは、メラノピック感度曲線のピークである 480nm の領域が大きく異なっており、また Dynasolis™は、調色領域が従来のそれより広いことがわかる。

豊富な 480nm に加え、Dynasolis™は、高演色と高効率を両立させた光を提供することができる。この 2 つの特性は、一般的にトレードオフの関係にあるが、屋内照明にとってはどちらも重要な要素である。Dynasolis™は CRI≥90 でありながら、発光効率は CRI≥80 の LED とほぼ同等の性能を持つ。Dynasolis™を用いれば、効率を落とすことなく、バランスのとれたヒューマン・セントリック・ライティングが実現できる。

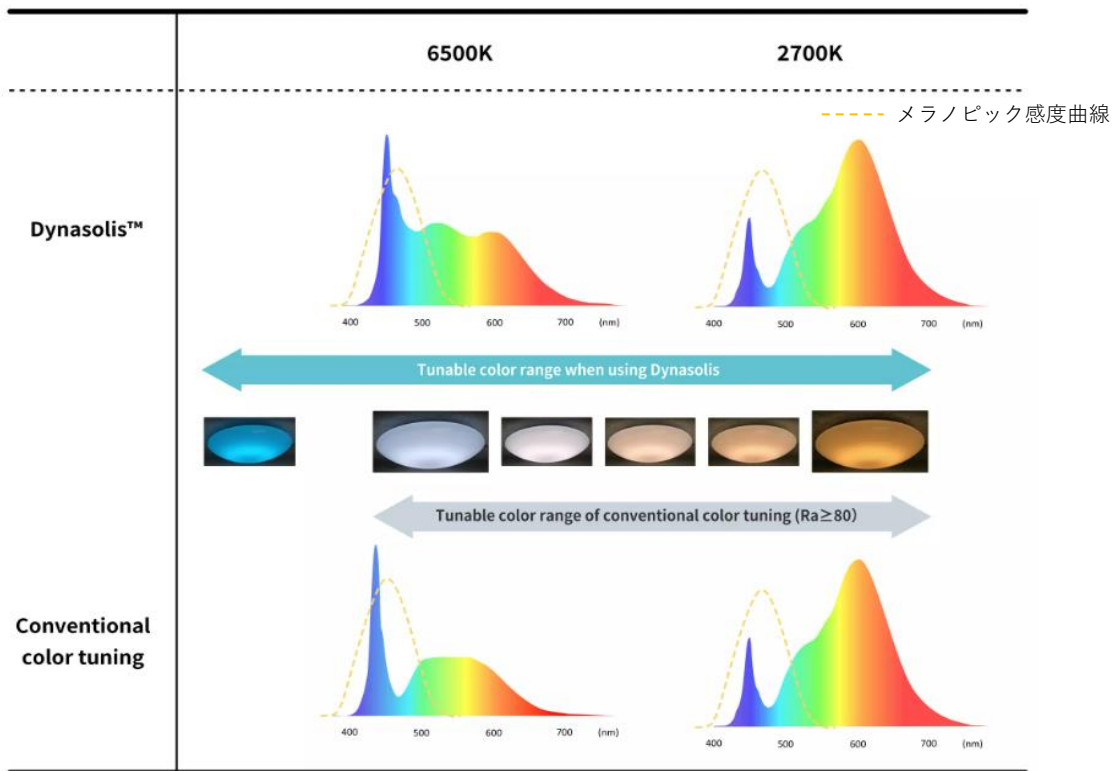


図 2: Dynasolis™と従来調色ソリューションのスペクトル比較

フラウンホーファー研究機構建築物理研究所による Dynasolis™ソリューションの認知・心理的効果に関する研究

ドイツの建築物理学研究所であるフラウンホーファー研究機構建築物理研究所 (IBP) は、標準的な LED (CRI 83+ の 2700K、4000K、6000K) と、Dynasolis™を 2700K、6000K、10000K に調色したものの比較試験を実施した。本試験は、1 シリーズ (Week) につき約 35 名の被験者を対象に、光の色温度やスペクトルの違いの認知・心理的影響を

分析することを目的に、光が即応力、注意力、リラックス度にどのような影響を与えるかが評価された。被験者の即応力評価には AuReTim テストが用いられ、被験者は各照明の下、ヘッドホンから流れるビーブ音に対してボタンを押すことを求められた。注意力の評価では、一般的な注意力検証試験であるストロープテストを用いて被験者の集中力を評価し、リラックス度の指標としたストレス度の評価には、PANAS (ポジティブ・ネガティブ感情スケジュール) テストが用いられた。図 3 に研究の流れと照明条件を示す。

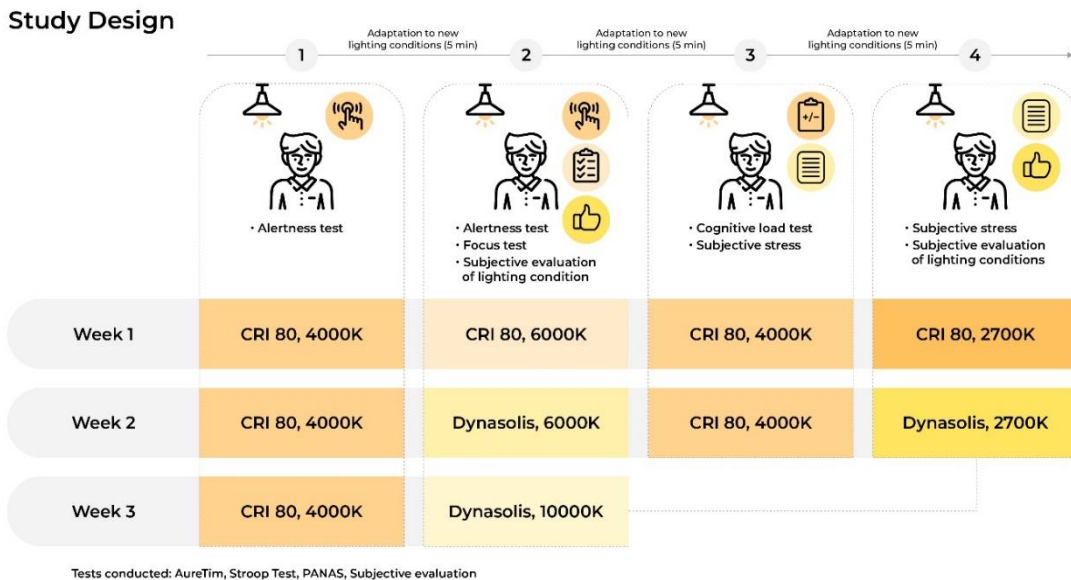


図 3: フラウンホーファーIBP による研究

ストロープテストでは、標準的な LED と Dynasolis™ の、注意力への効果が評価された。本試験は、例えば、赤色で書かれた「緑」という文字を被験者に読んでもらう（この場合「赤」と答えると正解）。結果、同じ 6000K の色温度では、シアン光を含まない標準的な LED と比較して、Dynasolis™ の方が、被験者の反応時間が著しく短くなること が明らかとなった（図 4）。

また、480nm の発光量が異なる Dynasolis™ 間でも明確な違いがあり、6000K よりも 10000K の Dynasolis™ の方が、被験者の反応が速かった。これらの結果から、Dynasolis™ が、CRI 80 の標準的な LED と比較して、人の注意力を高める上で明らかに有利であること、また 480nm が注意力に大きな影響を与えることが示唆された。

即応力検証試験では、標準 LED か Dynasolis™ に関わらず、色温度が即応力に直接的な影響を与えることが確認された。色温度 6000K の環境下は、色温度 4000K の環境下と比較して、被験者の即応力が高かった。

リラク্স度の検証には、PANAS テストが用いられた。まず被験者は、標準的な 4000K の LED が設置された部屋で 5 分間その光に慣れた後、7 分間の認知タスク（数学テスト）によりストレス下に置かれた。被験者のストレスレベルは PANAS によって測定され、その後リラクックスのため、被験者を新たな照明条件（Week 1 は 2700K の標準 LED、Week 2 は 2700K の Dynasolis™）に 5 分間置いた後、再び

PANAS テストを実施しリラクックス度を判定した。その結果、Dynasolis™ であるか標準的な LED であるかに関わらず、2700K の方が 4000K よりもリラクックス度が高く、また、被験者は 2700K の Dynasolis™ 下で、シアンを含まない 2700K の標準的な LED と同等のリラクックス度を得られた。また、快適さやタスクへの関心、適応といった被験者の主観因子でも差は見られなかった。これは、480nm が必要ない低色温度の場面では、Dynasolis™ の 480nm の出力が下がることに起因すると考える。

フラウンホーファー研究機構建築物理研究所の試験結果は、Dynasolis™ の優位性を明確に示している。Dynasolis™ は、色温度とメラノピック照度を同時に調整するというユニークな特徴により、様々な場面でヒューマン・セントリック・ライティングに対して求められることに対し、従来のソリューションに比べて優れた結果を提供できる。とりわけ注意力検証試験では、高色温度時の Dynasolis™ の照明下では、被験者の反応時間が大幅に改善することが分かった。また低色温度の Dynasolis™ は、リラクックス効果を生むことができる。これらの検証結果から、Dynasolis™ は、様々な用途への応用が期待できる。例えばホスピタリティの分野では、ゲストは同じ空間内で、仕事をするのに適した場所から、長い一日の疲れを癒す場所など、様々な場所を照明で創出することができる。Dynasolis™ を使うことで、それぞれの場面に最適な色温度とスペクトルを持つサーカディアン照明の導入が可能となる。

Stroop test: line color/word conflict

Friedman test, $p = <0.0001$

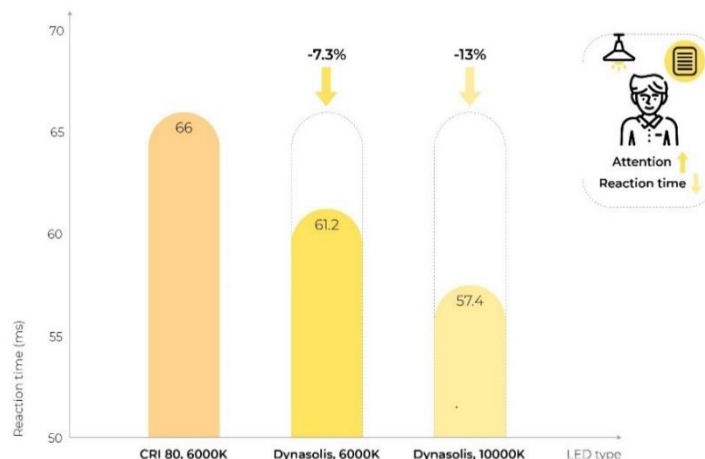


図 4：注意力検証試験結果（ストロープテスト）

なぜ Dynasolis™なのか

昨今の社会では、健康や福祉に対する人々の意識が高まっており、ヒューマン・セントリック・ライティングが照明業界の主流になるのも、そう遠いことではないかもしれない。Dynasolis™は、色温度とメラノピック照度の調整、高 MEER、高演色、高効率など、ヒューマン・セントリック・ライティングに求められる条件をすべて満たしている。Dynasolis™の特徴は、色温度と人を活性化させる空色（Azure）の光量の両方を調整し、サーカディアンリズムの最適化をサポートすることにある。本照明ソリューションでは、空色（Azure）の光と共に目覚め、朝日に多く含まれる 480nm の光をたっぷり浴びることでセロトニンの分泌を促し、サーカディアンリズムの正常化が促進される。日中の活発な時間帯には、色温度を下げ自然光に合わせた CCT の光を届け、即応力を高め集中力を維持する。昼の終わりからは、徐々に落ち着いた低めの CCT に変化させ、リラックスして気持ちよくスムーズに眠れるような光に調節していく（図 5）。

当社は、Dynasolis™が、人々の健康と幸福感をサポートできる真のヒューマン・セントリック・ライティング・ソリューションであると確信しており、Dynasolis™が、そのような照明ソリューションに対する社会のニーズに応えるために利用されることを期待している。

参考文献

日亜化学工業株式会社 (2022), *Fraunhofer IBP study confirms the performance of Dynasolis human centric lighting solution*, [プレスリリース]

Menno Schakel (2020), *ipRGC sensitivity optimized LED spectrum and its application in colour temperature tunable solutions*

Menno Schakel (2022), *Improve alertness, focus and comfort with biologically effective light*

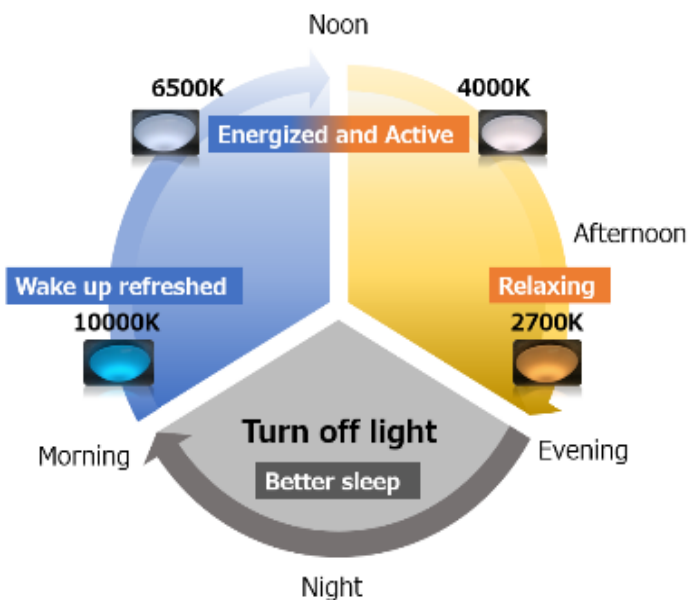


図 5: Dynasolis™の一日の調色イメージ