

特定非営利活動法人 ふくてっく 学習会

人の心に寄り添うあかりを求めて

**Human Centric Lighting**

N's PORT 代表 中尾晋也

- ・ 1953年 大塚市生まれ
- ・ 1972年 大塚市立工業高等学校金属工学科卒業
- ・ 1976年 九州産業大学芸術学部デザイン学科卒業
- ・ 1976年 大光電機TACTデザインに入社
- ・ 2018年 同社経営戦略広報部長にて定年退職
- ・ 2019年 個人事務所 N's PORT 開設主宰
- ・ 2021年 ジャパンソウル半導体創設副

- ・ 一般社団法人照明設計技術者団体連合会認定商業施設士
- ・ 一般社団法人照明学会幹事会員・代議員・関西支部幹事
- ・ 一般社団法人LED光環境普及推進協議会理事
- ・ DAS/一般社団法人照明学会デザイナー協会理事
- ・ ARAN/一般社団法人照明学会幹事正会員
- ・ 一般社団法人日本水産漁業協会等幹事
- ・ IFDA/(USA)会員 日本支部幹事
- ・ スペースデザインカレッジ教授・大阪校講師
- ・ 関西大学理学院都市工学部建築学科非常勤講師
- ・ 日本バス友の会関西支部長



中尾晋也/Nakao Shinya

**Human Centric Lighting**

ヒューマンセントリックライティング

「ヒューマンセントリックライティング」は照明の新しいテーマです。生体機能に影響を与える自然光に似た照明を作る技術でもあり、人間の生産性、快適性、ウェルビーイングの向上に役立ちます。



JILMA 一般社団法人 日本照明工業会  
Japan Lighting Manufacturers Association

LED照明

LED照明のトップ > 製品 > 検索 > 検索 > 検索 > CS&HCL

さまざまなモノ・コトにつながるスマート照明

**CS&HCLが描く次世代照明**

ニューノーマル社会の照明に、健康・安全・快適・便利の新たな価値を

よりスマートに。照明の新時代、始まる。

**CS&HCL**  
Connected Smart Lighting Human Centric Lighting

人類とあかりの歴史

- ・ 46億年前 地球誕生
- ・ 500万年前 人類誕生
- ・ 50万年前 人類が炎を使う



人類とあかりの歴史



太陽                      月                      星

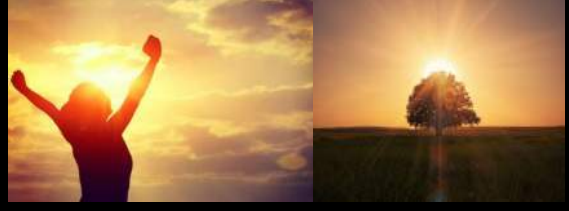
人類が地球上で授かったあかり

人類とあかりの歴史



自然の猛威 山火事 炎のあかり

人類とあかりの歴史



太陽光が原点 朝陽

人類とあかりの歴史



太陽光が原点 日中

人類とあかりの歴史



太陽光が原点 夕陽

人類とあかりの歴史



炎を制御できたのは、ヒトだけ


人類とあかりの歴史



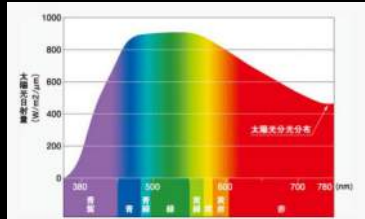
火を知った人類は、あかり、暖房、調理、猛獣からの防御に火を利用してきた

### 人類とあかりの歴史

- 700年頃 松明のあかり
- 1300年頃 和蠟燭のあかり
- 1700年頃 有明行灯のあかり
- 1860年 石油ランプ渡来
- 1872年 ガス街灯点灯




### 人類とあかりの歴史



昼光の太陽光スペクトル、切れ目のない連続した分光分布

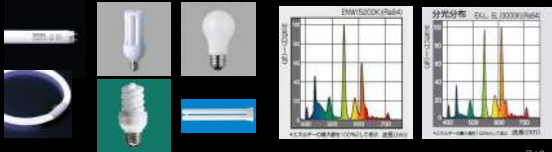
### 人類とあかりの歴史

145年前の1879年10月21日  
トーマス・エジソンが炭素電球の実用点灯に成功する



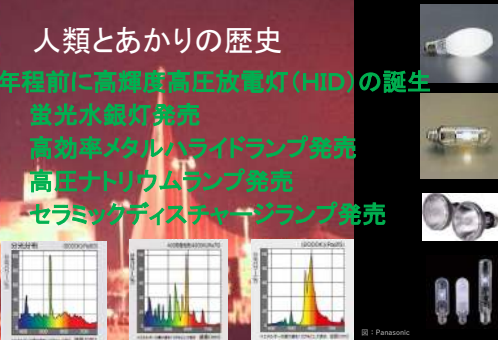
### 人類とあかりの歴史

- 86年前の1938年 GEのインマンが蛍光灯ランプの実用化に成功
- 84年前の1940年 東京芝浦電気が蛍光灯ランプを国産化



### 人類とあかりの歴史

- およそ50年程前に高輝度高圧放電灯 (HID) の誕生
- 1967年 蛍光水銀灯発売
- 1968年 高効率メタルハライドランプ発売
- 1970年 高圧ナトリウムランプ発売
- 1990年 セラミックディスチャージランプ発売

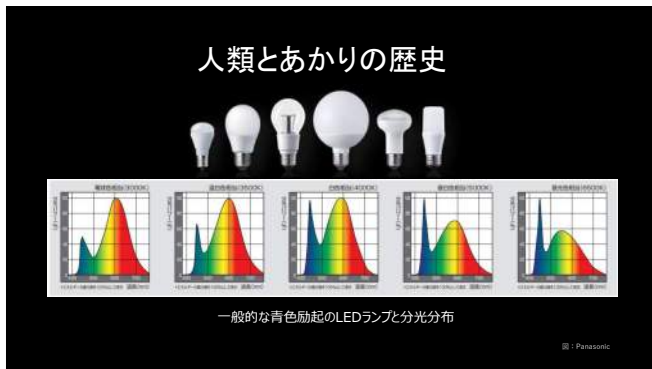


### 人類とあかりの歴史

- 2009年3月 東芝が電球形LEDランプを発売
- 2009年~2010年 照明器具4社が本格的にLED照明器具を発売



DAIKO 2009年 TOSHIBA 2009年 KOIZUMI 2010年 Panasonic 2010年



### 人類とあかりの歴史

ヒトとあかりの関係は太陽光が原点 原点回帰が必要

**HCL Human Centric Lighting**がこれからのテーマ

### What is Sunlight?

## なぜ自然光なのか?

最も穏やかで心地よい光は自然からの光です。

世界は今、自然の光と類似したヒューマンセントリックライティングに注目しています。

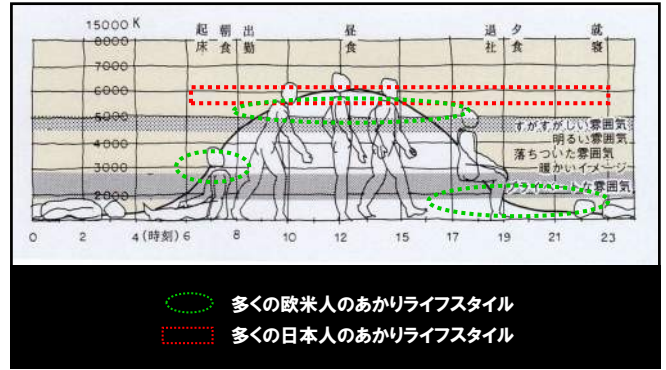
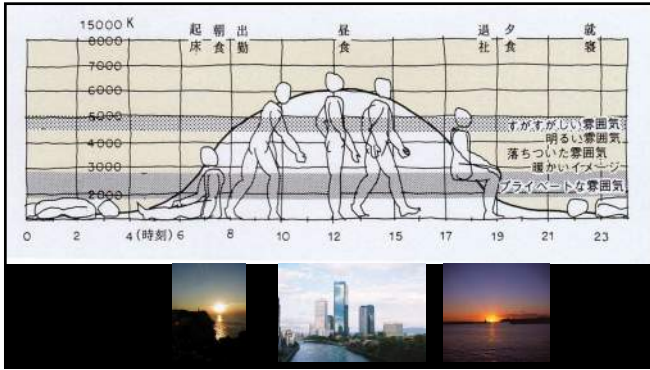
46億年前に地球が誕生し、その後人類が誕生して以来、人類は太陽光のもとで進化してきました。

一日のサイクルの中で、陽が降り注ぐ昼に活動し、夜は暗闇の中で眠る生活のリズムのもとで人間のDNAは進化してきました。

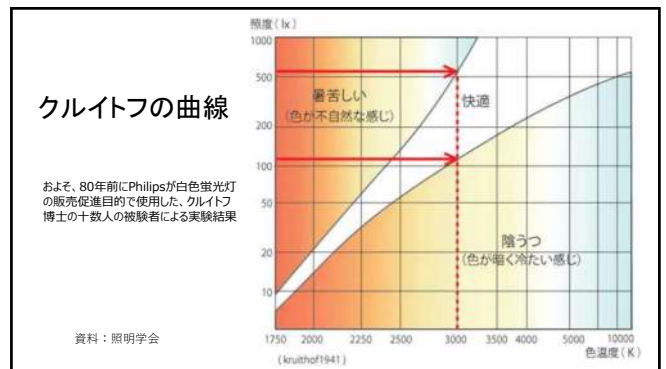
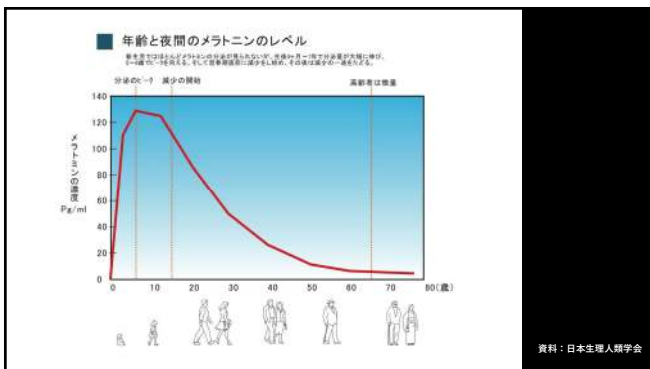
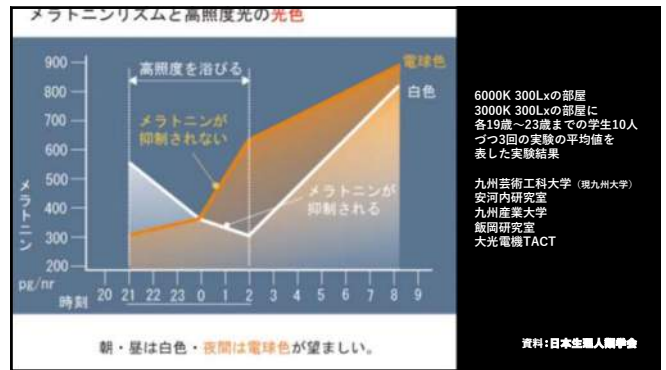
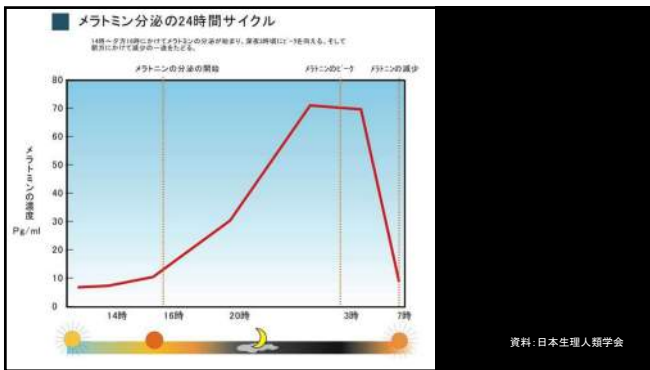
日中は陽の下で「セロトニン」ホルモンを分泌して活力を感じ、暗い夜には「メラトニン」ホルモンを分泌して熟睡しています。

実際に、日中、日光にさらされながら分泌されたセロトニンホルモンが多いほど、夜にメラトニン分泌が活性化されるため、「日光」は健康的なバイオリズムを作る必要要素です。

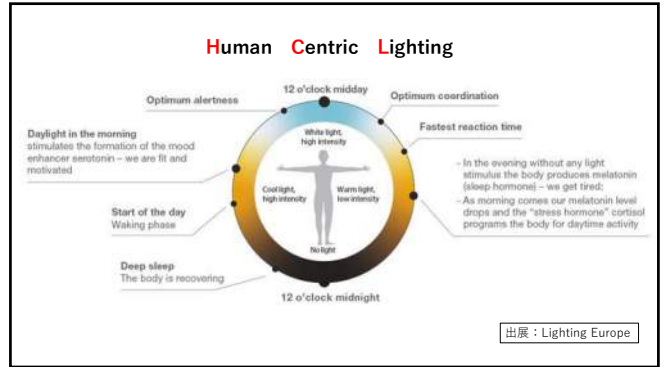
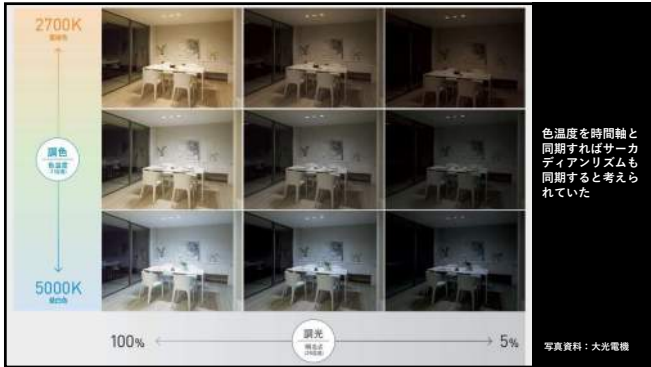




● 多くの欧米人のあかりライフスタイル  
- - - 多くの日本人のあかりライフスタイル







眼の光受容器といえば、10年前までは桿体（かんたい）細胞と錐体（すいたい）細胞だけでした。

ところが第三の光受容器細胞【内在性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）】があることがわかり、いまは視覚における知識革命が起こってきています。

資料:nature Japan

### 87歳の盲目の女性の一言がきっかけだった

オックスフォード大学のRussell Foster教授は、最初の被験者となった87歳の女性の光を感じる視細胞である桿体（かんたい）と錐体（すいたい）が遺伝疾患のために変性し、50年前に失明しており、彼女自身、自分は何も見えないと信じていました。

暗室内に座って、バックライトで照らされた曇りガラスに顔を向けてもらい、暗室内の光を青色に変化させたとき、彼女は少しためらった後、「何か光を感じます」と言えたのです。

「これには心底びっくりしました」と神経科学研究に携わるFoster教授は、この知見を2007年に、第三の光受容器細胞【内在性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）】論文として報告し、彼はその第一人者となりました。

彼女が光に気付いたおかげで、新しい種類の光感受細胞を2002年に発見することができたのです。それ以来、この内在性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）と呼ばれる細胞群の研究から、多くの意外なことが明らかになってきつております。

写真はイメージです

資料:nature Japan

### 光をとらえる細胞層


眼に入った光は、神経節細胞層や網膜内層の細胞を通り抜けて、主要な光受容器細胞（桿体（かんたい）細胞と錐体細胞）に到達します。これらの細胞が視覚情報を神経節細胞に送り返すと、神経節細胞はそれを脳の視覚中枢や視覚以外の中枢へと伝えます。内在性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）と呼ばれる一群の神経節細胞は、光感受性色素であるメラニンを含んでおり、光に関する情報を、直接符号化して伝達することもできます。

資料:nature Japan

当初これらの細胞は視覚には関係とせず、代謝や行動の24時間周期を設定する概日時計を、昼夜の光量変化に同期させているだけだと考えられていました。ところが最近の研究で、ipRGCの働きはそれだけでないことが示唆されています。ipRGCは、図形パターンの識別やまぶさの調整（輝度変化への対応）といった視覚にもかかわっている可能性があり、また、周囲の光が学習や記憶などの認知過程に影響を及ぼす現象にも関係しているともいわれています。

資料:nature Japan

現在は、ipRGCと桿体（かんたい）細胞が補い合って、広範な輝度のレベルに眼や脳が対応できるように協力していると考えられています。この2種類の光受容細胞が、こうした特殊な方式で仕事を分担している理由は、研究過程でよくわかっていません。例えば、ipRGCの青色光に対する感受性のおかげで、夜明けや夕暮れの訪れを察知するのに、より適するようになっている可能性もあると言われています。



WELLNESS SERIES 1  
自然光の健康増進効果で育つ「LC-FREE CIRCADIAN」  
サーカディアン照明製品 特徴

光で生活リズムを整える

光で生活リズムを整える

生活リズムの乱れは健康被害の原因に

自然光で補えない夜間人工光をサポート

資料：オーデリック

Conscious Light for Clear View  
「視覚」をサポートする光

Conscious Light for Activation  
「覚醒」を促す光

資料：大光電機

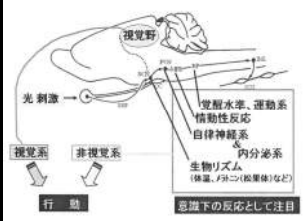
目から入った光は信号に変えられ  
視覚系と非視覚系の2つのルートを通して  
体の各部分に情報を与える

ルート1 視覚系

光は視覚系を通りヴィジュアルイメージ化（五感のうち視覚による情報は90%近い）

ルート2 非視覚系

1より複雑なルートをたどり生活リズムや自律神経系、副腎皮質系、情動、筋の緊張や各種ホルモンに影響を与える。



資料：生理人類学会

LICHT (Germany)



色・質感の再現性  
心理的効果  
体内時計への影響  
HCL

欧州照明業界を代表する industry Initiative  
世界125社が加盟

照明の新たな価値感「Human-Centric Lighting」の定義が変わりつつある。  
ipRGC/リズムだけでなく総合的な「光と人の関わり」の観点へ。

資料：LICHT

HCLの定義（提案）

「体内時計への影響」「心理的効果」「目への優しさ」「色・質感の再現性」の4つの価値軸を満たす光こそが、ヒューマン・セントリック・ライティング



資料：Seoul semicon

### HCLの考え方 悪い照明環境下で生活すると

- 独立しておらず、相互に関係し合う4つの価値軸



悪い光は、様々なことに影響を及ぼし、人間の生活の品質を低下させます。

資料:Seoul semicon

### HCLの考え方 良い照明環境下で生活すると

- 独立しておらず、相互に関係し合う4つの価値軸



良質な光は、人間の生活の品質を高めることに有効です。

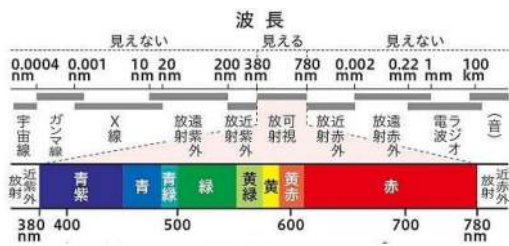
資料:Seoul semicon

### 太陽光スペクトルを持つ LED光源

自然光に最も近いスペクトルを再現することで、人間にとって有益な光を提供します。

### 太陽光スペクトルを持つ LED光源の各種エビデンスのご紹介

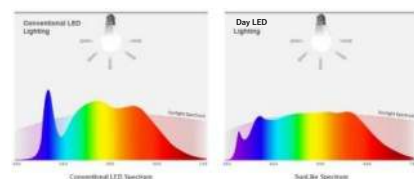
### 光も波長をもつ電磁波の一種



資料:Panasonic

ブルーライトを過剰に長時間浴びると、目や体の疲れが増し、人間のバイオリズムのバランスが崩れてしまいます。

太陽光スペクトルLEDは、過剰な青色光の強度を下げ、自然光と同じレベルの光のスペクトルを再現します。



資料:Seoul semicon



### BETTER EYE

近視は遺伝だと思いませんか。アジア4国の調査結果、過去の50年間で子どもの近視率が4倍に急増しました。特に、韓国は、子供の近視発症率が97%で、世界1位です。室内生活が増えるにつれて屋外活動が減り、スマートフォンの使用、学習量が増えるにつれ、近視発症のリスクが高まっています。

成長期のお子様への近視予防効果の可能性が示唆されており、目の疲れの軽減効果が期待されています。

**眼精疲労**

**43倍 ↓**

自然光スペクトルLED Day LED を使用した場合は、目の疲れが減少しました。

**目の快適さ**

**12倍 ↑**

自然光スペクトルLED Day LED を使用した場合は、目の快適さが向上しました。

**近視進行 ↓**

自然光スペクトルLED Day LED を使用した場合は、近視の進行が抑制されました。

**近視改善 ↑**

自然光スペクトルLED Day LED を使用した場合は、近視が改善されました。

**近視発症率の調査結果**

Source: Australian National University

資料: Seoul semicon

ブルーライトの強い人工照明に過度にさらされると、網膜から出てくるドーパミンの分泌が不安定になり、眼球が過剰に成長して水晶体と網膜の間が離れる近視になりやすくなります。自然光は目の中のドーパミンリズムを安定させて眼球的成長を抑制するので、近視予防に役立ちます。

資料: Seoul semicon

#### [シンガポール眼科研究所]照明と近視の関連性実験

資料: Seoul semicon

Day LED 照明を使用することで、近視ひよこの近視進行速度を遅らせ、脈絡膜(眼球を包む中間膜)の厚さが増加し(正常視覚化)校正が早く現れました。これは Day LED 照明が自然光のようなスペクトルを実現することで、眼球に自然光と同じようなプラスの役割を果たし、近視進行を遅らせて近視の回復に役立つ可能性を示唆するものです。

SINGAPORE EYE RESEARCH INSTITUTE

※シンガポール眼科研究所、近視対応策としてSuriLike効果の研究(2020)

人間と目の構造が最も似ている動物の一つであるひよこを対象に、2週間強制的に片目を閉じて近視にさせ、さらに2週間蛍光灯と Day LED にさらされ近視回復効果を比較実験することにより、Day LED が眼球成長および近視発症に及ぼす影響が評価されました。

資料: Seoul semicon

#### [ソウル大学医学部]照明と目の疲労度の関連性実験

**目の疲れが4.3倍減少**

目の疲労感、ぼやけた視野/照明敏感度などに対する実験で、Day LED 照明使用者の目の疲労度が一般照明使用者に比べて4.3倍以上減少する結果となりました。

Day LED 使用者の目の疲労度の減少結果

		Day LED	Typical LED	P-value
Visual Inconvenience	Frequency	-1.8	-0.9	0.032
	Degree	-1.3	-0.3	0.027

資料: Seoul semicon

#### [スイスパーゼル大学]照明による目の快適性の実験

**目の快適性が立証**

「明るさの程度」と「色温度」で統合された「光の快適性指数」を測定する実験で、Day LED が一般照明に比べて1.2倍以上良い質の光であることが立証されました。

Subjective rating of light quality (Brightness and colour temperature)

資料: Seoul semicon

### EFFECT 2 BETTER STUDY

日中の覚醒度と学習効果を高める効果が期待されます。

**問題を解く正確度**  
**5%↑**

Day LED 使用時の場合、正確率が5%以上を記録。

**学習速度**  
**3.2倍↑**

Day LED 使用時の場合、学習速度が3.2倍向上を記録。

**朝、目を覚める速度**  
**1.8倍↑**

Day LED 使用時の場合、目覚めにかかる時間を記録。

**昼時間の覚醒度も**  
**高い**

Day LED 使用時の場合、日中の覚醒度が高いことを実験結果から確認。

資料: Seoul semicon

### [東ハーバード大学メディカルスクール] Day LED の認知性能実験

問題を解くスピード実験では、すべての問題の解法において Day LED 10000 の方が高い結果となり、特に Day LED 5000K 問題は既存の照明に比べて問題を解くスピードが3.2倍向上する結果を示しました。

**問題を解く正確度 5%↑**

学習速度 3.2倍↑

問題を解くスピード実験

照明条件	時間 (秒)
一般 LED 5000K	33.33
Day LED 10000	10.38
一般 LED 5000K	44.83
Day LED 10000	14.16

資料: Seoul semicon

### [ソウル大学医学部、朝の覚醒度実験]

寝る速度 1.3倍速くなる

目覚める速度 1.8倍速くなる

睡眠中の心電図による心拍数/交感神経系と副交感神経系の活性化など様々な媒介変数を計算した結果、Day LED 照明を使用する時、夜の寝る速度1.3倍、朝の目覚める速度が1.8倍速くなる結果となりました。

資料: Seoul semicon

### Spend time for wake up

Morning alertness: Increasing 1.8 times by SunLike

照明条件	目覚める速度 (倍)
Day LED Users	1.8
General Lighting Users	1.0

資料: Seoul semicon

### [スイス・バーゼル大学、日中における覚醒度の実験]

日中の覚醒度が高い

カロリンスカ眠気尺度を測定した結果、Day LED 照明条件では午前11時から午後7時までの間に、従来の照明条件に比べて眠気が有意に減少し、日中の覚醒度が高くなることがわかりました。

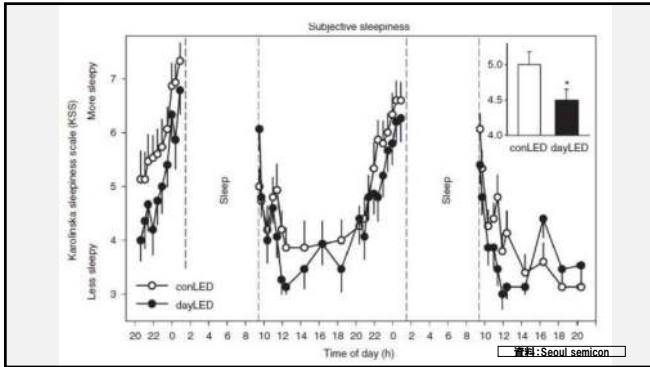
Universität Basel

資料: Seoul semicon

### Alertness

Morning alertness: Increasing 1.8 times by Day LED

資料: Seoul semicon



EFFECT 3

## BETTER SLEEP

快適な休息をとり、ぐっすりと眠ることができます。

入眠時間

# 23% ↓

Day LED を使用した時、  
すぐに眠りにつくことができます。

睡眠の質

# 1.3倍 ↑

Day LED を使用した時、  
ぐっすりと眠ることができます。

資料: Seoul semicon

自然光スペクトル再現技術、Day LED は昼のセロトニン分泌を活性化して覚醒状態を維持し、夜の睡眠効果にも有効なメラトニン分泌を活性化して熟睡に効果があります。

熟睡によって集中力と注意力の向上、寝ている間に活性化される免疫機能を高める 様々なメリットが期待できます。

**SNU MEDICINE**  
Seoul National University College of Medicine

【ソウル大学医科大学、自然光LEDの使用が夜間の睡眠と目の不自由さに及ぼす影響に関する研究 2018】

20-49歳の34人を対象に各17人ずつ、一般照明と Day LED 照明を使用した目の疲れ/ぼやけた視野/照明敏感度/眠るスピード/睡眠中の心電図による心拍数/交感神経系と副交感神経系の活性化に関する実験が行われました。

資料: Seoul semicon

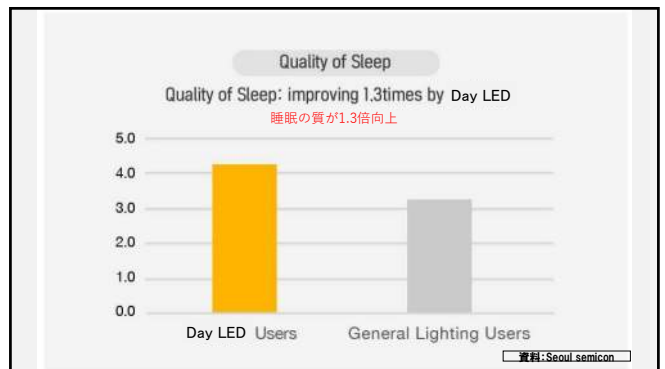
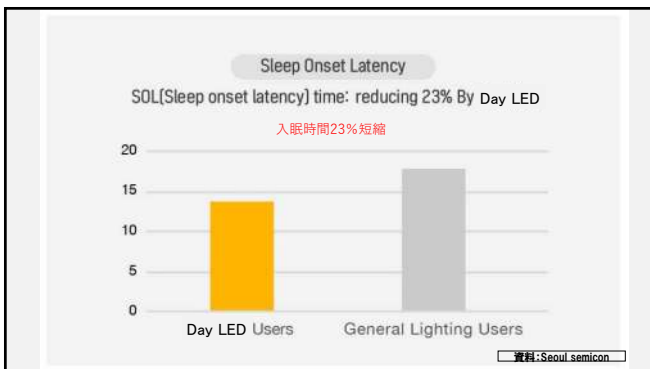
[ソウル大学医学部、熟睡度実験]

入眠時間23%短縮

睡眠の質1.3倍向上

睡眠の質を表現する様々な媒介変数の測定を通じて、一般照明に比べ、Day LED照明を使用時には、睡眠の質1.3倍向上、眠る時間が23%短縮される結果を得ました。

資料: Seoul semicon



[スイス・バーゼル大学、熟睡度実験]

**より深い睡眠**

睡眠時間中の深い眠りの時に現れるデルタ脳波の測定により、通常の照明より Day LED を使用するとデルタ脳波がより高く発生し、より深い眠りについているという結果が得られました。

**Universität Basel**

[バーゼル大学、自然光LEDが目の快適さ、メラトニン、気分、覚醒性能及び睡眠に及ぼす効果の研究、2019]

正常な睡眠をとり、睡眠を妨げない正常な眼球状態を持つ19-35歳の15人を対象に、2-3週間目の快適さ/メラトニン程度/気分/覚醒性能/睡眠時の脳波程度に対する実験が行われました。

資料: Seoul semicon

Sleep intensity  
睡眠時間のデルタ脳波の変化度

日中の覚醒度が高い

資料: Seoul semicon

EFFECT 4  
**NATURAL COLOR**

対象物が持つ本来の色・質感を正確に表現します。

**CRI 97**  
97%の正確な色表現が目を快適にします。  
\*太陽光の CRI 100

**UL**  
ULの演色評価指数グレードで最高位のダイヤモンド等級に選定されました。

資料: Seoul semicon

太陽光の下で物を見るときとは異なり、室内用LED照明の青い光は乱反射を起こし、本来の色とは異なる色に見えます。

Day LED の色再現性を示す演色評価数 (CRI) は、太陽光の指数 (CRI100) とほぼ同じCRI 97で、人工照明下でも自然な色表現が可能です。

また、Day LED のブルーライトレベルは太陽光と同等に低く抑えられているため、文字がくっきりと見え、まぶしさや目の疲れを軽減します。

資料: Seoul semicon

一般 LED

Day LED

資料: Seoul semicon

光源	演色性 (Ra)
自然光	Ra 100
Day LED	Ra 97
白色LEDライト	Ra 70-80
蛍光灯	Ra 60-70

演色性 (Ra) 50 75 100

部分は中尾が追記

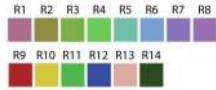
資料: Seoul semicon



### 演色評価

#### Ra CIE CRIとは？

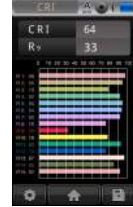
CIE CRIを確認すると一般的な規格であり、TM-30と比較するための材料です。  
 オリジナルのCIE CRIは、8つの基準色（R1～R8）を使って、光源が太陽光（または他の黒体放射体）と比較して、それらの色をどのようにレンダリングするかを決定しています。  
 その後、日本ではR9～R15の色も追加されました。この比較は、CIE1960色度図を代表とするカラーダイアグラム（またはカラーマップ）を用いて行われています。



### 演色評価

#### Ra CIE CRIとは？

CIE CRIを確認すると一般的な規格であり、TM-30と比較するための材料です。  
 オリジナルのCIE CRIは、8つの基準色（R1～R8）を使って、光源が太陽光（または他の黒体放射体）と比較して、それらの色をどのようにレンダリングするかを決定しています。  
 その後、日本ではR9～R15の色も追加されました。この比較は、CIE1960色度図を代表とするカラーダイアグラム（またはカラーマップ）を用いて行われています。



\* 光源分光測定器による画像例

### 演色評価

#### 演色性【えんしょくせい】 Ra(アールイー)

試験色番号	試験色	色名	
R1	くすんだ黄みの赤		平均演色評価数 Ra 算出用試験色8種 (R1~R8)
R2	明るい黄みの黄		
R3	くすんだ黄緑		
R4	くすんだ緑		
R5	くすんだ青緑		
R6	明るい黄みの青		
R7	明るい青紫		
R8	明るい赤みの紫		
R9	鮮やかな赤		
R10	黄		
R11	緑		
R12	濃い青		
R13	明るい黄みの黄赤	西洋人の女性の顔色	
R14	暗い黄みの黄緑	木の葉の緑	
R15	灰みの黄赤	日本人の女性の顔色	

資料：オーデリック

### 演色評価

#### 演色性【えんしょくせい】 Ra(アールイー)

名称	演色性区分 (JIS Z 9112)	演色評価数 Ra														
		Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
高演色形 クラス4+3	98	97	99	96	97	98	98	99	97	94	100	95	94	97	97	97
高演色形 クラス4+3	96	98	98	96	94	98	96	95	96	95	97	93	93	97	97	97
高演色形 クラス2	93	94	96	96	90	92	97	93	89	74	89	79	89	93	98	97
中演色形 クラス1	82	89	95	83	81	86	84	61	9	75	83	66	83	97	74	

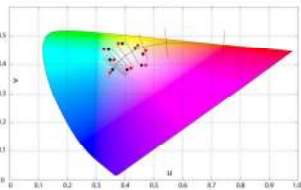
\* RaはR1～R8までの数値の平均値で、演色評価数の代表的な値です。  
 ※特選 演色評価数Ra～R15の中で特にR9(赤色)とR15(日本人の顔色)に真似されるケースが多くなります。  
 ※2700Kのみクラス4+3に適合

資料：大光電機

### 演色評価

#### Ra CIE CRIとは？

黒い点は太陽光による基準色8色（R1～R8）の表現を、赤い点はテスト光源による8色の表現を表しています。  
 黒点と赤点の間の距離は100点満点で、最終的なCRIスコアは平均化されます。  
 100に近いほど、テストライトは太陽光に近くなります。

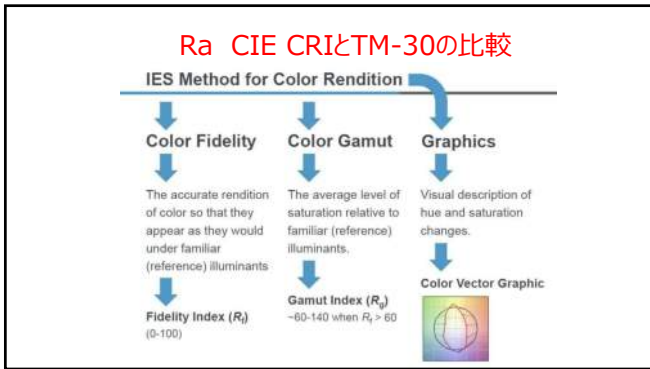


\* 光源分光測定器による画像例

### Ra CIE CRIとTM-30の比較

#### CIE CRI and TM-30-15

CRI Calculation Engine (1974)	TM-30 Calculation Engine (2015)
CIE 1964 U*V*W*	CAM02-UCS (CIECAM02)
8 color samples Medium chroma/lightness Spectral sensitivity varies Munsell samples only	99 color samples Uniform color space coverage Spectral sensitivity neutral Variety of real objects
Fidelity Metric Only	Fidelity, Gamut, Graphical, Detailed
Ref Illuminant Step Function	Ref Illuminant Continuous (Uses same reference sources, but blended between #200-K and #500-K)
No lower limit for scores	0 to 100 scale (fidelity)



### Ra CIE CRIとTM-30の比較

	CIE 13.3-1995 (CRI)	IES TM-30-15
発行年	1965年、1974年(改訂)、1995年	2015
カラースペース	CIE1964U*W*	CAM02-UCS (CIECAM02)
カラーサンプリング	一般 (Ra用) 8色と特殊 (Rg用) 6色	99色
カラーボリュームパレージ	限定済	完全で無し
飽和サンプリング	無し	あり
サンプリングタイプ	マンセルサンプリングのみ (限定種類)	さまざまな実物
サンプリングペタールの均一性	無し	あり
参照光源	単体放射、CIE D50	標準放射、CIE D50
参照距離	5000デシメータ	4500と5500の間のアフレンド
出力メトリック	一般的なインデックス、Ra (忠実度)	24デシメータインデックス、Rf
	6つの特定の指標、Ri (忠実度)	色域指数、Rg
		色ペタール/彩度グラフィックス
スコーピング		16の色相ベースの忠実度インデックス
		16の色相ベースの彩度インデックス
		1700サンプル固有の忠実度インデックス
		99色の値の忠実度の値
		0-100、一貫したスケーリング

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

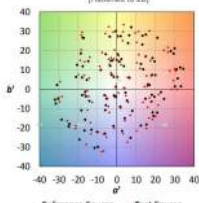
CIE CRI8色の原型は、衣料や建築用途に使われるパステルカラーです。TM-30では99色のリファレンスカラーを使用し、より美学的な色彩を豊富に取り揃えています。これらの色は、実世界に存在する膨大なデータベースから選ばれたものです。



### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

このグラフから、テストライトとリファレンスライト (太陽光) の演色性を総合的にサンプリングし、より細かいグラデーションと正確な演色性を実現していることがわかります。

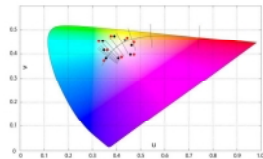


\* 光源分光測定器による画像例

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

TM-30で欠かせないのが、CIE機関が推奨する最新のColor SpaceであるCAM02-UCSの色空間です。カラースペースは、色の「3D空間マップ」で色を識別するために使用します。CAM02-UCSは、従来の色空間 (CIE1931、CIE1960、CIE1976、CIELUV、CIELAB) の改良を目的とした次のラインアップです。しかし、CAM02-UCSはどのようにその精度を高めているのでしょうか。



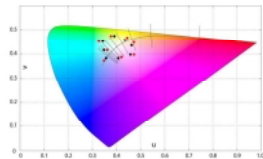
\* 光源分光測定器による画像例

\* CAM02-UCSは国際照明委員会(CIE)技術委員会8-01(色管理システムのための色の見え方モデル)

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

先のスライドのように、ほとんどのCIE CRI比較分析は、CIE 1960カラーマップというフラットな2次元表現で行われ、レンダリングカラー (忠実度) だけが太陽光と並置されています。

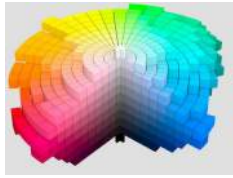


\* 光源分光測定器による画像例

## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

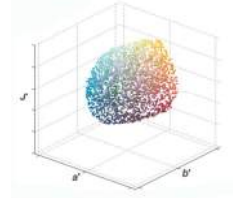
最近のCRIシステムでは、色の知覚と識別は、アルバート・H・マンセルの3次元図が示すように、特に **明度**や**彩度**といった他の次元が関与しており、より複雑であることが認識されています。



## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

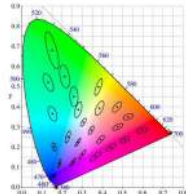
この新しい色彩感覚を利用して、CAM02-UCSは3次元の色空間で表示されることになります。マンセル図の3次元（色相、明度、彩度）と同じようなものです。人間の知覚に基づく色の識別方法が向上することは、より正確な演色情報を意味します。



## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

CAM02-USCは、色の均一性に影響を与える歪みも緩和します。歪みの例として、CIE1931のカラーマップ（MacAdamの楕円で表示）を見るとその結果、楕円の任意の点内の色は区別がつかず、色空間の領域が歪むことがわかりました。楕円が長くなるほど、図の形は歪みます。

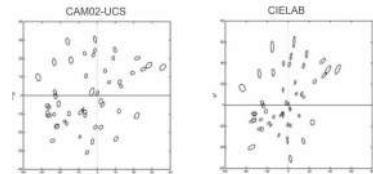


\* 光源分光測定器による画像例

## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

CAM02-USCはCIELABと比べても歪みが緩和されています。つまり、より円形の楕円が多く、歪みも少ないのがわかります。



\* 光源分光測定器による画像例

## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

TM-30は、IES (Illuminating Engineering Society) が発行している演色評価数システムです。演色評価数とは、ある光を物体に当てたとき、その物体の色をどれだけ正確に再現できるかを示すものです（黒体放射体（太陽など）と比較して）。TM-30は、先行するCRIシステム（CIE CRI、GAI、CQS）に続くもので、それぞれが以前の設計を改良することを意図しています。

## 演色評価

### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

**Rfの指標**は、CIE CR1/CR1値と同様で、99個のテストサンプルのテスト光と太陽光の色の忠実度の格差の平均値です。その違いを100点満点で判定し、数値が高いほど太陽光に近い色を出すことができるテストライトであることを示しています。右図はTM-30のマトリックスとカラーベクター図。図は過飽和（黄緑&マゼンタ）と過少飽和（オレンジ&緑青）を示しています。

\* 光源分光測定器による画像例



### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

Rgは、人間が色を認識する上で重要なもう一つの要素である「彩度」を表す指標です。また、試験光と太陽光の格差の平均値でもあります。基準値（100点）をもとに、点数が高い（100～140点）ほど飽和度が高く（平均的に）、それ以外（60～100点）ほど飽和度が低いことを示しています。

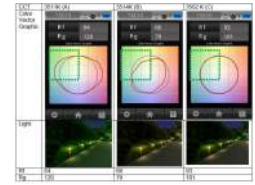


\* 光源分光測定器による画像例

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

カラーベクトルグラフ - Rg指標は、全体の彩度過不足を反映する数値ですが、どの色領域に問題があるのかを示すものではありません。TM-30では、色空間上に円形のベクトルグラフを重ね合わせ、彩度異常の発生箇所を表現することで、これを改善しました。なお、CAM02-USC色空間は3次元空間ですが、彩度次元のシフトを表示するために「平坦化」されています。

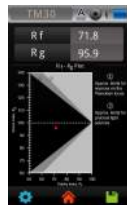


\* 光源分光測定器による画像例

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

Rf-Rgプロットグラフ - RfとRgを単純にプロットしたグラフで、ライトのレンダリング品質を全体的に視覚的に表現します。ライトを比較する際に、とても便利なビジュアルツールです。



\* 光源分光測定器による画像例

### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

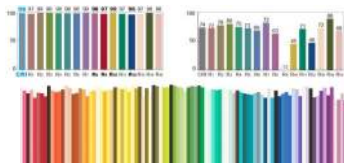
CIE CRIは現在でも確立された演色評価基準ですが、その欠陥はよく知られており、近年では新しいプロトコルTM-30がその地位を脅かしています。TM-30は、市場での検証を大きく進めました。TM-30については、すでにかんがりの話題と議論があり、その確立性は疑う余地がありません。2018年、IESはTM-30-15をTM-30-18にバージョンアップし、CIEのより新しいColor Fidelityの変更（CIE 224：2017）を採用、グローバルコミュニティでの受容に向けて大きく動き出しています。



### 演色評価

#### RaからTM-30 (Rf) で評価する時代へ

たった、18色のカラーサンプルで、評価するより、99色のカラーサンプルで評価するほうが、精度が高いのは明白。



Day LED は、ULのColor Fidelity評価において、自然光に最も近い最高品質の光として評価され、最高ランクのダイヤモンドに分類されました。

Color Rendition Rating  
**DIAMOND**  
BASED ON  
IES TM-30-20  
FIDELITY INTENT

TM-30と比較した、太陽光LEDと一般的なLED

Day LED

Conventional LED

ID:V725431  
Applicable to: STW9C2P0-S, STW9C2S8-S, STW9A3E-ED  
<https://www.ul.com/certifications/525>

資料: Seoul semicon



ULマークは世界共通の認証マークで、製品の安全性や性能を試験・評価し、承認された製品にのみグレード別にUL認証が与えられます。

ULによる性能評価の結果、Day LED CRI (演色評価数) は97を記録し、自然光 (100) とほぼ同等の性能を有しています。

特に、自然光との類似度を評価するColor Fidelityカテゴリーでは、Rf95以上を満たし、LED光源としては業界初のダイヤモンドグレードに登録されました。

自然光と同じスペクトルを再現するという Day LEDの技術は光源の光の質を決める重要な基準になりつつあります。

演色評価数。光が物体の本来の色を再現する度合いを示す数値で、0~100の範囲で評価されるULの評価基準。ダイヤモンドグレードはRf95以上。Rf95以上はRf90、Rf90以上はRf85、Rf85以上はRf80、Rf80以上はRf75、Rf75以上はRf70、Rf70以上はRf65、Rf65以上はRf60、Rf60以上はRf55、Rf55以上はRf50、Rf50以上はRf45、Rf45以上はRf40、Rf40以上はRf35、Rf35以上はRf30、Rf30以上はRf25、Rf25以上はRf20、Rf20以上はRf15、Rf15以上はRf10、Rf10以上はRf5、Rf5以上はRf0、Rf0以上はRf0。Rf95以上はRf90、Rf90以上はRf85、Rf85以上はRf80、Rf80以上はRf75、Rf75以上はRf70、Rf70以上はRf65、Rf65以上はRf60、Rf60以上はRf55、Rf55以上はRf50、Rf50以上はRf45、Rf45以上はRf40、Rf40以上はRf35、Rf35以上はRf30、Rf30以上はRf25、Rf25以上はRf20、Rf20以上はRf15、Rf15以上はRf10、Rf10以上はRf5、Rf5以上はRf0、Rf0以上はRf0。

資料: Seoul semicon

EFFECT 5

**COMFORTABLE AMBIENT**

Day LEDは自然光を再現し  
あらゆる空間に快適な環境を作り出します。

Day LEDは、リビング、子供部屋、カーンテラ、読書室、スキップアクリック、オフィスなどの空間に採用することで、最高のあふしさによる目の不快感を軽減し、自然なバイオリズムを取り戻し、人々にとって快適な環境を作り出します。



資料: Seoul semicon

Day LEDはどのような場所で使用すればいいか？

**Day LEDを使いこなすために**

Day LEDは、デスクライトから居住空間、病院、老健施設、学校、商業施設、公共施設、美術館などの照明まで、様々な空間に使用することができる。



デスクライト

住宅照明

学校、幼稚園、塾などの室内照明

病院、オフィス 照明

店舗照明

植物栽培用の照明

美術館、博物館照明

自動車照明

資料: Seoul semicon

**デスクライト**



BALMUDA/JPN

BY THE M /ROK

DDAK/ROK

PRISM/ROK

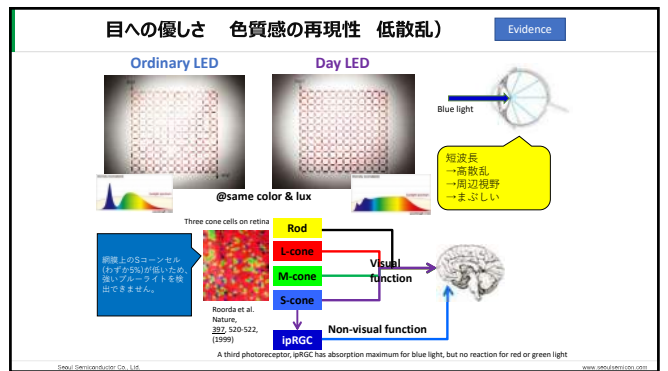
REMZ/EU

SUWAN/JPN

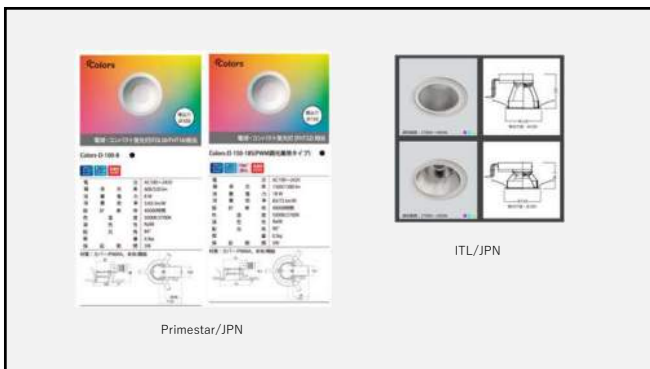
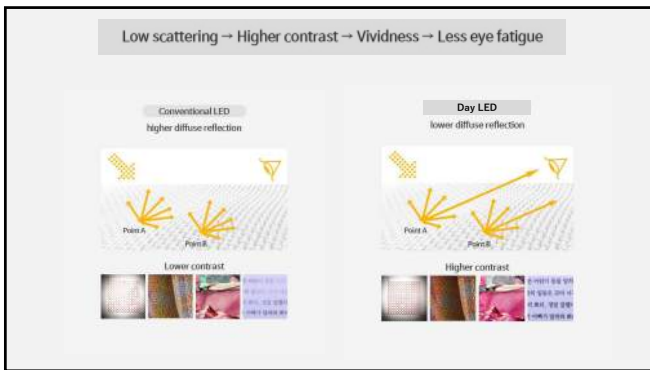
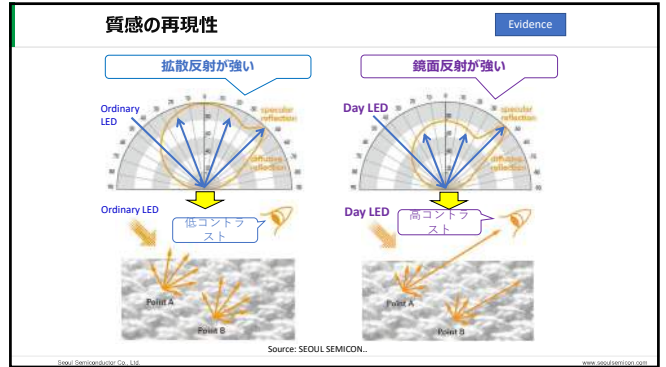
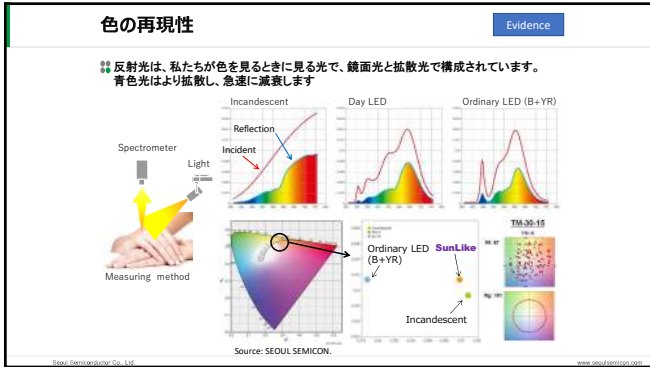
**住宅照明**













植物栽培用の照明の変化

フランス国立音楽・美術博物館内の植物栽培実験室の照明

資料: Seoul semicon

美術館照明

資料: Seoul semicon

イタリアのポンペイ壁画 照明

Day LED      一般照明

資料: Seoul semicon

ミラノのロイヤルバレスアートミュージアム

Day LED      一般照明

24 ORE CULTURA(ミラノ)とのコラボレーション企画

資料: Seoul semicon

美術館・博物館  
向けスポットライト


ITL/JPN

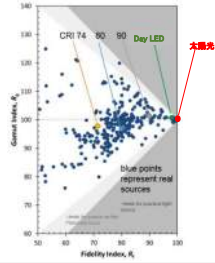
資料: Seoul semicon

自動車照明

資料: Seoul semicon

世界で初めてUL ダイヤモンド認証を取得

アメリカ 業者安全試験 規定 製品安全規格の色の再現性評価において、世界で初めて最高位であるダイヤモンド認証を取得しました。



プレミアム照明ブランドLEDVANCEに採用

LEDVANCEの家庭やオフィス向けのプレミアム製品ラインのSun@Homeの19モデルに採用  
 デスクランプ、オフィス照明、パネル照明、室内照明、ダウンライト、ブラケット、常夜灯、電球、キャンドル型ライト、トラック照明の10カテゴリーの19製品にDay LEDを採用し、これらを2021年10月に発売



照明デザインの変遷

～そして次に来るもの～

照明デザインの変遷

照明計画は

科学

照明デザインの変遷

照明計画は

科学

美学


照明デザインの変遷

照明計画は

感性工学

科学

美学



高い位置に  
高い色温度で  
高い照度で

↓

ヒトは活動的になる



低い位置に  
低い色温度で  
低い照度で

↓

ヒトは落ち着き、くつろぐ



原点は太陽光

LEDの光を制御する

必要ところに必要なあかり  
必要以上に明るくしたり、  
明るくする必要のないところまで  
明るくする必要はない

### 人の心に寄り添うあかり

色温度もだけれど分光分布（スペクトル）も大切な要素、  
紫から赤までの可視光線がすべて含まれているのも大切な要素  
だというのが分かってきた。



Day LED

Sunlight

資料: Seoul semicon

### 人の心に寄り添うあかり

Day LEDはどの色温度域でも太陽光スペクトルに近似している最も太陽光に  
近いLED光源、ヒトの暮らしに最適なあかり



Dawn Day LED

Midday Day LED

Dusk Day LED

資料: Seoul semicon

## 「適材適照」

光源・照明器具の特性を活かして

### Human Centric Lighting

LED光源だからできる、調光調色を使わない手はない  
あかりの原点、太陽光スペクトルのLED光源を活かすことがベスト

特定非営利活動法人 ふくてつく 学習会

人の心に寄り添うあかりを求めて

### Human Centric Lighting

N's PORT 代表 中尾晋也