



# 照明用 LED の演色性について

## 目次

1. 概要 .....	2
2. 演色性とは .....	2
3. 弊社 LED における演色性ランク .....	2
4. CIE13.3 演色評価数(CRI)について.....	4
5. TM-30 について .....	6
6. まとめ.....	9

### 1. 概要

照明器具を購入する際は、色や明るさ、製品価格、消費電力や器具寿命によるランニングコストなど様々な項目を総合して選定することになりますが、近年はこれらに加え「演色性」が注目されています。

演色性とはどこまで忠実に色を再現できるかを示す指標であり、演色性が高いほど正確な色の認識が可能となります。当初、LED は演色性が低いと言われていましたが、蛍光体の改良などにより近年では演色性の高い LED が増えてきました。住宅・店舗用照明においても食べ物をおいしそうに見せたり、肌の色をきれいに見せたりといった目的で高演色 LED や特殊演色<sup>※1</sup>LED を使用した製品が増えており、照明を効果的に使用するには目的に応じた演色性能を有する照明器具の選定が重要になります。

弊社では、お客様のご要望に応えるべく様々な演色性の照明用 LED をラインナップしています。本書では弊社照明用 LED と演色性について説明します。

### 2. 演色性とは

人間は、物体表面で反射された光を目（網膜）で受け取ることによってその物体の色を判断します。このため、色の見え方というのは物体がどのような光で照らされているかによって決まります。

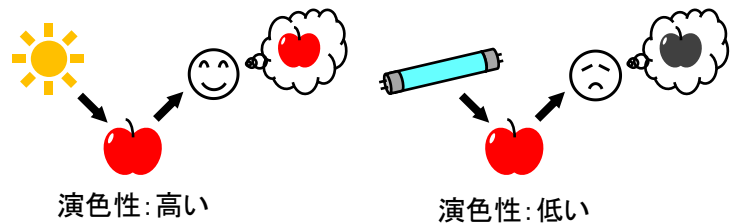


図 1. 演色性による見え方の違い

「演色性」とは照明器具を用いて物体を照らしたとき、その物体の本来の色をどれだけ忠実に再現できるかを示す指標です。

本来の色とは規格で定められた基準光源（太陽光に近い特性を持つ光源）で照らしたときの色を指します。この本来の色を忠実に再現できる光源は演色性が高く、反対に本来の色からかけ離れ、色忠実性が低い光源は演色性が低いということになります。屋内照明の下と太陽光の下で色の見え方が異なるという現象がおきますが、これは照明器具の演色性が低いことが原因の一つとして挙げられます。

演色性を示す指標はいくつかあり、国際規格等で規定されています。なかでも事実上の標準規格となっているのが国際照明委員会 (CIE) で定められた演色評価数 (Color Rendering Index、以下 CRI) です。照明関連各社が演色性を表す指標として標準的に使用しており、現在では最も広く普及している規格です。（日本でもこの規格をもとに日本工業規格 JIS Z8726 が制定されています。）最近では、2015 年に北米照明学会 (IES) が新しい演色性の評価手法として IES-TM-30 を制定しています。これらの規格については第 4 章と第 5 章でご紹介します。

### 3. 弊社 LED における演色性ランク

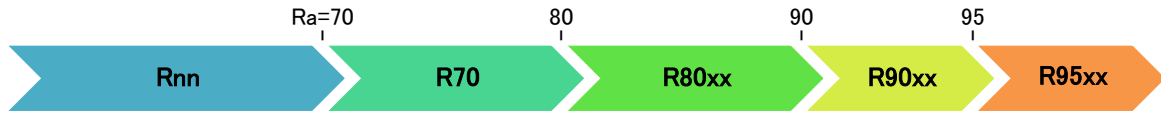
弊社照明用 LED では、光束や色度と同様に演色性にもランクを設定しています。演色性を示す数値として CRI における平均演色評価数 Ra および特殊演色評価数 Ri を使用しています（第 4 章を参照）。図 2 にて弊社の代表的な演色性ランク<sup>※2</sup>をご紹介します。

なお、一般的な LED では演色性を高めるため赤や青など人が明るさとして感じにくい（光束が低い）波長域の光の割合を増やす必要があり、演色性と明るさ（効率）はトレードオフの関係にあると言えます。よって、LED の選定において必ずしも演色性の高いものが良いというわけではなく、照明器具として要求される演色性能によって使い分ける必要があります。

また、演色性ランクによって使用する蛍光体が異なるため、同じタイプかつ同じ色度ランクの製品においても外観（封止樹脂の色）が異なる場合があるためご注意ください。

※1. 必ずしも演色性の数値が高いわけではありませんが、特定の色を強調することができます。弊社ラインナップは第 3 章を参照ください。

※2. 全ての製品でこれらのランクを設定しているわけではありません。対応製品については弊社営業までお問合せください。



» Rnn

演色性フリー（不問）となります。演色性は低くなりますが、発光効率は高くなります。

» R70

Ra の値は 70 以上となります。

» R80xx

Ra の値は 80 以上となります。下 2 桁の "xx" には赤の試験色に対応した R9 の最小値が入ります。<sup>※3</sup>

» R90xx

Ra の値は 90 以上となります。下 2 桁の "xx" には赤の試験色に対応した R9 の最小値が入ります。<sup>※3</sup>

» R95xx

Ra の値は 95 以上となります。下 2 桁の "xx" には赤の試験色に対応した R9 の最小値が入ります。<sup>※3</sup>

図 2. 弊社 LED の演色性ランク

【参考】特殊演色ランク Rfx00、Rfx0f (Optisolis™)

日亜独自の蛍光体技術により基準光の発光スペクトルに限りなく近づけました。Ra をはじめ全ての試験色で高い値を示し、正確な色再現が可能となります。詳細は弊社営業担当までお問合せください。

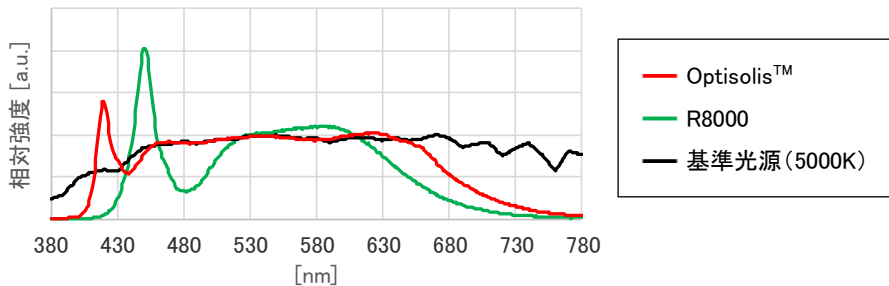


図 3. Optisolis™ のスペクトル特性例<sup>※4</sup>

表 1. Optisolis™ の演色性例<sup>※4</sup>

ランク	最小値							
	Ra	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Rfc00 (sm50)	95	85	85	90	85	90	90	90

【参考】特殊演色ランク Rs020、Rs030、Rs075

必ずしも Ra および Ri が高いわけではありませんが、精肉の赤色や野菜の緑色、衣料品の白色など特定色の表現に特化した特殊演色仕様の LED をラインナップしています。詳細はアプリケーションノート「SE-AP00047: COB スポットライトの設計について」を参照してください。

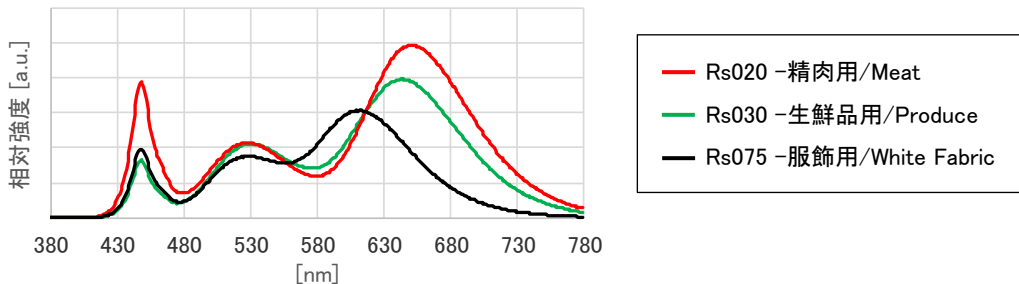


図 4. 特殊演色ランクのスペクトル特性例<sup>※5</sup>

※3. 例 1: R8000 → Ra ≥ 80, R9 ≥ 00    例 2: R9050 → Ra ≥ 90, R9 ≥ 50

※4. 例として型番 NF2W757G-F1 の色温度 5000K における代表特性を示します。

※5. 例として型番 NJCWS024Z-V1 の色温度 3000~3500K における代表特性を示します。

### 4. CIE13.3 演色評価数(CRI)について

#### 4.1. 規格について

CIE が CIE13.3 で定めた演色評価数(CRI)は現時点で演色評価の業界標準規格となっています。照明関連各社はこの規格によって算出された数値を使用して製品の演色性能をアピールしています。また、照明器具の種類ごとに定められた標準規格においても CRI の値が要求事項として定められている場合があります。

日本国内でもこの規格をもとに JIS Z 8726「光源の演色性評価方法」が定められています。基本的には CIE<sup>※6</sup> の CRI と同じ内容になりますが、試験色に R15(日本人の肌の色)が追加されています。

#### 4.2. 評価指数

CRI では各試験色における基準光源と試料光源の色差をもとに以下に示す平均演色評価数 Ra と特殊演色評価数 Ri という演色性能を表すための評価指数を算出します。評価手順については 4.4.を参照ください。

##### 4.2.1. 平均演色評価数 Ra

一般的な物体色の色忠実性を示し、照明業界において標準的に使用される評価指数です。数値が高いほど演色性能が優れていることを示し、最高で 100(試料光源と基準光源が一致する場合)の値をとります。

##### 4.2.2. 特殊演色評価数 Ri

特定の色に対する色忠実性を示します。i は 1~14(15)の試験色番号に対応し、Ra 同様に数値が高いほど色の忠実性は高くなり最高で 100 となります。対応する試験色については次節を参照してください。

なお、CRI の各評価数は負の値をとることがありますが、一般的な白色光であれば必ずしも色認識性が著しく損なわれるわけではありません。また数値の差が大きい光源同士を比較しても官能的には大きな差が感じられないこともあり、必ずしも数値と人間の感覚が一致しない場合もあります。色の見え方においては数値による定量評価も重要ですが、あわせて実機による官能評価の実施をお勧めします。

#### 4.3. 試験色

演色評価数を求める際に、様々な物体色の代表として表 2 に示す 14 種類(JIS では 15 種類)の試験色を使用します。これらの試験色は分光放射輝度率によって規定されています。

試験色番号 i=1~8 は、一般的な演色性能を求めるための試験色となります。この試験色に対応する R1~R8 の平均値が Ra となります。ただし、これらの色はいずれも彩度の低いくすんだ色に対応しているため、彩度の高い鮮やかな色を評価するには不向きな場合があります。

それに対して、試験色番号 i=9~14(15)は Ri として個別の試験色に対する色忠実性を表す場合に使用されます。なかでも i=9~12 は Ra では評価しにくい彩度の高い色に対応しています。特に一般的な照明用白色 LED は i=9 が示す鮮やかな赤色の表現が苦手なので、Ra とともに R9 の数値を表記して演色性能をアピールする場合があります。

表 2. CRI の試験色

i	対応色 <sup>※7</sup>	色名
1	7.5R 6/4	Light greyish red
2	5Y 6/4	Dark greyish yellow
3	5GY 6/8	Strong yellow green
4	2.5G 6/6	Moderate yellowish green
5	10BG 6/4	Light bluish green
6	5PB 6/8	Light blue
7	2.5P 6/8	Light violet
8	10P 6/8	Light reddish purple
9	4.5R 4/13	Strong red
10	5Y 8/10	Strong yellow
11	4.5G 5/8	Strong Green
12	3PB 3/11	Strong blue
13	5YR 8/4	Light yellowish pink(skin)
14	5GY 4/4	Moderate olive green(leaf)
(15)	1YR 6/4	Asian skin

※6. JIS 規格が対応しているのは第 2 版の CIE13.2

※7. 色の三属性による表示記号

4.4. Ra、Ri の評価手順

図 5 にて Ra および Ri の評価手順を示します。詳細については対応する規格を参照ください。

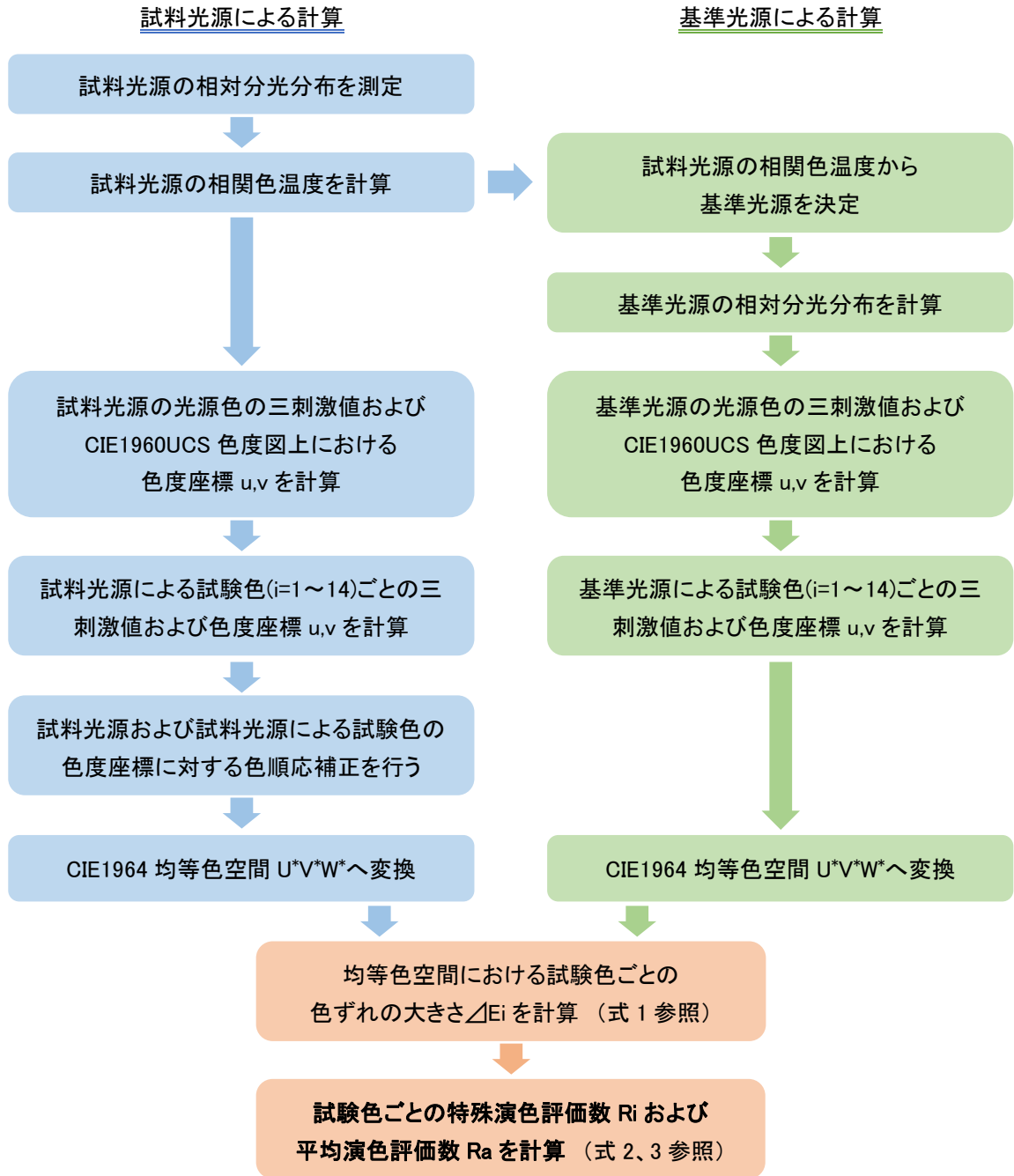


図 5. Ra、Ri の評価手順

試験色ごとの色差  $\Delta E_i$  を求めるための計算式を以下に示します。これは  $U^*V^*W^*$  色空間における基準光源と試料光源の座標間距離を求める計算式になります。基準光源による試験色  $i$  の座標を  $(U^*_{r,i}, V^*_{r,i}, W^*_{r,i})$  とし、試料光源による試験色  $i$  の座標を  $(U^*_{k,i}, V^*_{k,i}, W^*_{k,i})$  とします。

$$\Delta E_i = \sqrt{(U^*_{r,i} - U^*_{k,i})^2 + (V^*_{r,i} - V^*_{k,i})^2 + (W^*_{r,i} - W^*_{k,i})^2} \quad \dots (式 1)$$

特殊演色評価数  $R_i$  を求めるための計算式を以下に示します。色差が大きいほど  $R_i$  は低くなります。 $\Delta E_i$  が 22 よりも大きい場合、 $R_i$  は負の値をとることになります。

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i \quad \dots (式 2)$$

平均演色評価数 Ra を求めるための計算式を以下に示します。R1 から R8 の平均値が Ra となることを表します。

$$Ra = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 Ri \quad \dots (式 3)$$

## 5. TM-30 について

### 5.1. 規格について

IES が 2015 年に制定した IES-TM-30(以下、TM-30)において新しい演色性の評価手法が示されています。試験色ごとに基準光源と試料光源との色差を評価するという点では CRI と同じ考え方ですが、最新の色空間における色差計算や基準光源の定義の見直し、試験色の増加など以前より指摘されてきた CRI の欠点を補う形の評価方法となります。

ただし CRI(Ra)からの置き換えについては慎重な姿勢をとる企業も多く、TM-30 による新しい演色評価方法が広く浸透するには時間がかかると考えられます。

### 5.2. 評価指数

TM-30 では Rf と Rg という評価指数を使用して演色性を評価します。評価手順については 5.4.を参照ください。

#### 5.2.1. 色忠実度指数 Rf

基準光源に対してどこまで忠実(Fidelity)に色を再現できるかを表します。色忠実性が上がるほど数値は高くなり試料光源と基準光源のスペクトルが完全に一致する場合に 100 になります。考え方としては CRI の Ra に近く、また Ra に近い値をとる場合もありますが、これらの中に相関性はなく互いの数値を置き換えたり比較することはできません。CRI の Ri のように試験色ごとの色忠実性を Rfi として算出することもできます。(i は試験色番号 1~99 に対応) なお、CRI とは違い負の値をとらないよう調整されます。

#### 5.2.2. 色域指数 Rg

基準光源に対する試料光源の色域(Gamut)の広さを表します。Rg の計算には a'-b' 平面色空間を使用し、この平面色空間において各試験色から求められた色域範囲が基準光源よりも広い場合は 100 より高い値を、狭い場合は 100 より低い値をとります。(詳細は 5.4.参照) a'-b' 平面色空間は図 6 のように回転方向の座標シフトは色相の変化を表し、座標が原点から離れるほど色飽和度(彩度)は高くなり色域が広がることを表します。

なお、試料光源と基準光源のスペクトルが一致する場合は必ず Rg=100 となりますが、逆に Rg=100 の場合でも試料光源と基準光源のスペクトルが必ず一致してはおりません。(a'-b' 色空間において色域の広さを示す面積が同じでも、各試験色に対応する座標が異なる場合があるため)

#### 5.2.3. Rf と Rg の関係について

Rf と Rg には相互関係があります。実際の光源において、お互いの数値がとりうる限界範囲を図 7 に示します。Rf が高くなるほど試料光源のスペクトルは基準光源に近づくため、Rg も 100 に収束していきます。Rf が 100 の場合、試料光源と基準光源のスペクトルは必ず一致するため Rg も必ず 100 になります。逆に Rf が低くなると、試料光源と基準光源のスペクトル差が大きくなるため、Rg も 100 から大きく離れた値をとることがで

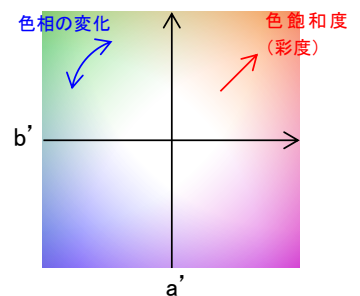


図 6. a'-b' 平面色空間イメージ

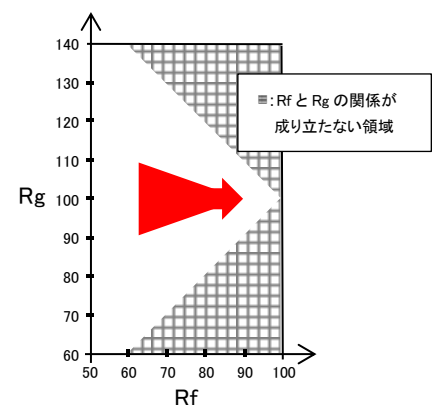


図 7. Rf と Rg の関係

きます。このとき R<sub>g</sub> には 100 より高い値を持たせることができるため、意図的に R<sub>f</sub> を下げて R<sub>g</sub> の高い光源を作ることが可能です。(色忠実度は低い色鮮やかな光源)

### 5.3. 試験色について

CRI との一番の違いは試験色の数にあると言えます。CRI では評価される色の数が 14 色(または 15 色)と少なく、さらに一般的な色の演色性を示す Ra の計算では 8 色の試験色に限定されます。この場合、評価する色の数が少ないため試料光源による評価への影響が大きく、試料光源によっては評価の正確性に欠く場合があります。

対して、TM30 では図 8 に示す 99 色の試験色を使用して演色性を評価します。この試験色は自然界に存在する 10 万以上にもおよぶ様々な物体のスペクトル反射特性のなかから厳選された代表的な特性を持つもので、この 99 色の試験色で自然界に存在するほとんどの物体色を評価できると考えられています。TM-30 ではこの 99 種類全ての試験色における基準光源と試料光源の色差から R<sub>f</sub> を算出します。よって、試験色の少ない CRI よりも試料光源に左右されない正確な演色評価が可能であると考えられます。

CES1	CES2	CES3	CES4	CES5	CES6	CES7	CES8
CES9	CES10	CES11	CES12	CES13	CES14	CES15	CES16
CES17	CES18	CES19	CES20	CES21	CES22	CES23	CES24
CES25	CES26	CES27	CES28	CES29	CES30	CES31	CES32
CES33	CES34	CES35	CES36	CES37	CES38	CES39	CES40
CES41	CES42	CES43	CES44	CES45	CES46	CES47	CES48
CES49	CES50	CES51	CES52	CES53	CES54	CES55	CES56
CES57	CES58	CES59	CES60	CES61	CES62	CES63	CES64
CES65	CES66	CES67	CES68	CES69	CES70	CES71	CES72
CES73	CES74	CES75	CES76	CES77	CES78	CES79	CES80
CES81	CES82	CES83	CES84	CES85	CES86	CES87	CES88
CES89	CES90	CES91	CES92	CES93	CES94	CES95	CES96
CES97	CES98	CES99					

図 8. TM-30 における試験色 (CES) の例<sup>※8</sup>

※8. 試験色の見え方は基準光源の色温度によって異なります。図 8 で示した表示色は参考例です。

5.4. Rf、Rg の評価手順

図 9 にて Rf および Rg の評価手順を示します。詳細については対応規格を参照ください。

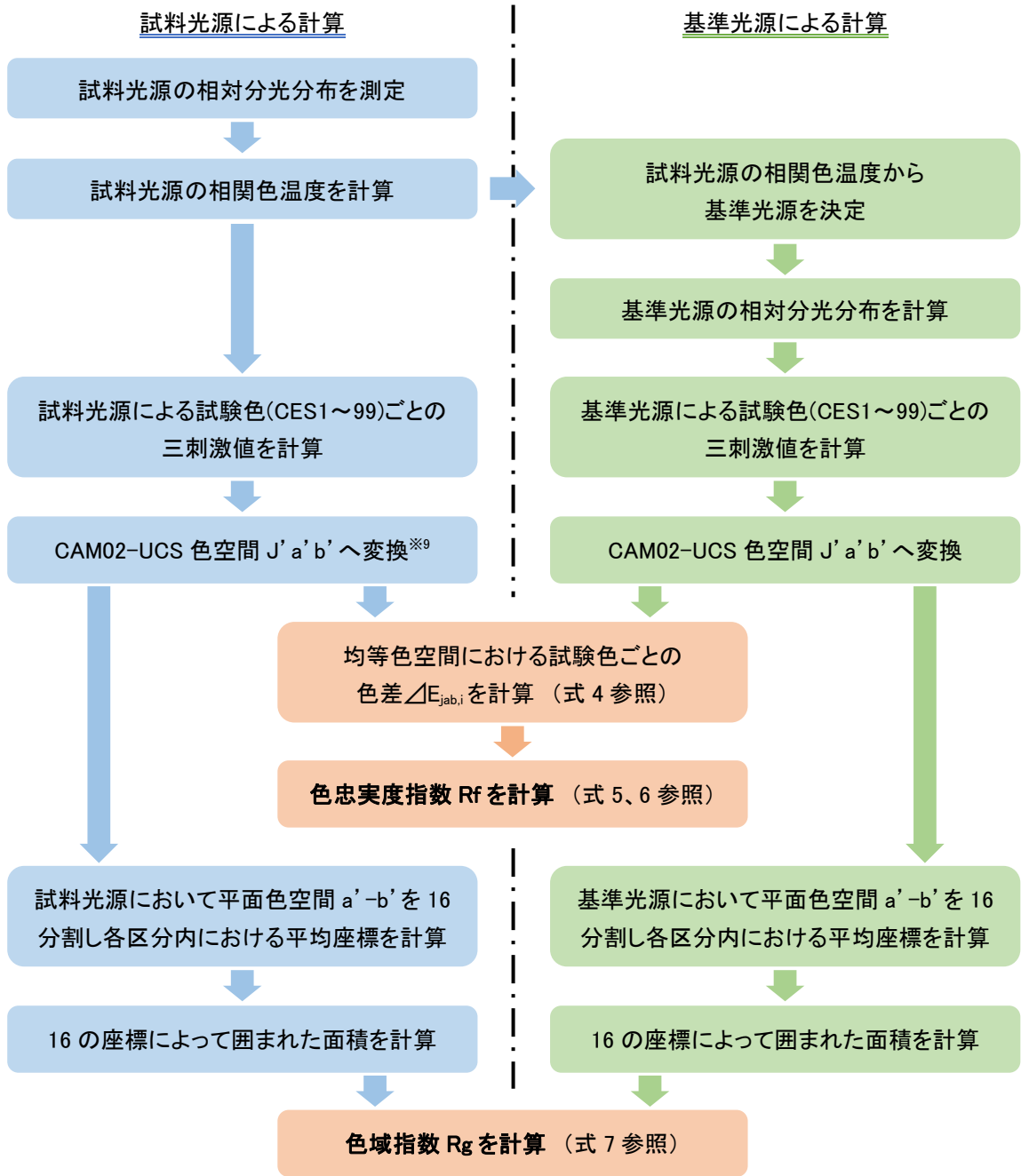


図 9. Rf、Rg の評価手順

試験色ごとの色差  $\Delta E_{jab,i}$  を求めるための計算式を以下に示します。これは  $J' a' b'$  色空間における基準光源と試料光源の座標間距離を求める計算式になります。基準光源による各試験色  $i$  の座標を  $(J'_{r,i}, a'_{r,i}, b'_{r,i})$  とし、試料光源による各試験色  $i$  の座標を  $(J'_{t,i}, a'_{t,i}, b'_{t,i})$  とします。

$$\Delta E_{jab,i} = \sqrt{(J'_{t,i} - J'_{r,i})^2 + (a'_{t,i} - a'_{r,i})^2 + (b'_{t,i} - b'_{r,i})^2} \quad \dots (式 4)$$

※9. CAM02-UCS は色順応補正を含みます。



色忠実度指数  $R_f$  を求めるための計算式を以下に示します。式 5 にて、式 4 で求めた試験色ごとの式差  $\Delta E_{jab,i}$  の平均から  $R_f'$  を求めます。ただし、このままでは CRI 同様に負の値をとる可能性があるため、最小値が 0 となるよう式 6 にて調整されたものが最終的に  $R_f$  となります。

$$R_f' = 100 - 6.73 \left( \frac{1}{99} \sum_{i=1}^{99} (\Delta E_{jab,i}) \right) \quad \dots \text{(式 5)}$$

$$R_f = 10 \ln ( e^{R_f'/10} + 1 ) \quad \dots \text{(式 6)}$$

色域指数  $R_g$  を求める計算式を以下に示します。図 10 のように  $a'$ - $b'$  平面色空間を角度方向に 16 等分したときの各分割区分内において、各試験色を示す座標の平均座標を算出します。この平均座標を結んでできた多角形の面積が  $A_r$  および  $A_t$  となります。 $A_r$  は基準光源、 $A_t$  は試料光源に対応しており、この面積比率を求めることで基準光源よりも色域が広い、狭いかということがわかります。

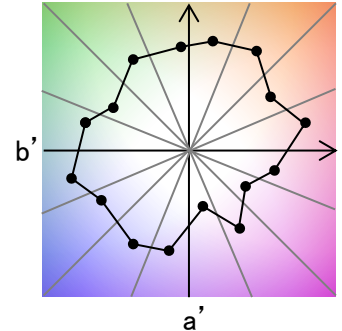


図 10.  $a'$ - $b'$  平面色空間における  $A_r$  または  $A_t$  の例

$$R_g = 100 \times \frac{A_t}{A_r} \quad \dots \text{(式 7)}$$

## 6. まとめ

本書では、照明業界で広く使用されている CRI と新しい評価方法である TM-30 の 2 つの演色評価方法をご紹介しました。いずれも基準光源に対する色忠実性を評価しているという点では同じであり、演色性の定量的な評価においては非常に有効な手段となります。しかし、いずれも観察者に与える印象や好ましさなど官能的な評価内容を含んでいません。演色性の評価を行う際は上記評価における定量評価に加え、実機による官能評価の実施をお勧めします。

第 3 章でご紹介した通り、弊社では様々な演色性の LED をラインナップしています。弊社製品に関するご質問は弊社営業担当までお問い合わせください。

## <免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。  
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148