

蛍光塗料板の蛍光物体色の測定

Measurement of Object Color for Fluorescence Substance

森島 綾子 Ayako Morishima ジャスコエンジニアリング(株)
 木村 真之 Saneyui Kimura 日本分光(株)
 長谷川勝二 Katsuji Hasegawa 日本分光(株)

Keywords: 蛍光物体色、分光蛍光光度計、色彩計算、光源

1. はじめに

物体や光源の色を測定、数値化し、評価・管理を行うという手法は、塗料、食品、その他様々な分野で実施されている。近年では蛍光性を有する試料においても、同様に評価・管理を行うケースが増えてきている。蛍光性試料の場合、試料による光吸収と、試料からの発光が同時に生じるため、試料に照射する光のパターンが変化すると、試料からの反射と発光が同時に変化し、その色彩は通常の物体色よりも複雑に変化する。そのため、蛍光性試料においては、様々な光源下でその色彩を簡便に評価したいというニーズが高い。また、試料の光吸収(反射)成分と、試料からの発光成分を分けて評価したいというニーズも存在する。通常の測色系や分光光度計ではこれらの評価を簡便に行うことは困難である。

本研究では、分光蛍光光度計を用いて、蛍光性試料の蛍光 3 次元スペクトルを取得することで、その色彩(蛍光物体色)、および、反射成分と発光成分を個別に計算する手法について紹介し、実際に蛍光塗料板の色彩を計算した例を報告する。また、その蛍光塗料板の色彩が種々の光源下でどのように変化するかについて計算した例を報告する。

2. 測定原理¹⁾²⁾

(1) 測定システム

分光蛍光光度計として FP-8500(日本分光)を使用した。また、試料からの反射光、および蛍光をすべて評価する必要があるため、積分球を取り付けたシステムで全方位測定を行った。

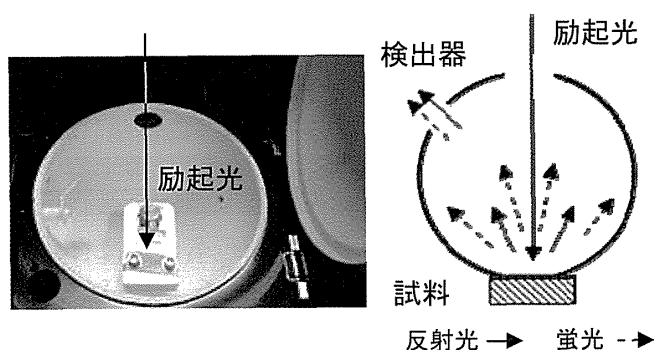


図 1 測定システム概略図

(2) 計算原理

試料に照射される励起光のパターンは、分光蛍光光度計のランプの発光パターンに依存する。特定の光源下における蛍光試料の色彩を測定するためには、このランプの発光パターンを目的の光源の発光パターンに補正する必要がある。まず、励起波長を変えながら完全拡散反射板の蛍光 3 次元スペクトル $W(\lambda_{Ex}, \lambda_{Em})$ を取得する。すると、この蛍光 3 次元スペクトルを各励起波長に対し積分したものが試料に照射される励起光の分光分布 $S(\lambda)$ を表すことになる。この時、紫外光励起による蛍光の影響を考慮し、測定波長範囲を紫外域から可視域までの 300~780nm とした。

$$S(\lambda) = \int W(\lambda_{Ex}, \lambda_{Em}) d\lambda_{Ex}$$

次に、 $S(\lambda)$ を目的の光源の発光パターン $L(\lambda)$ に換算する係数スペクトル $E(\lambda)$ を求める。

$$E(\lambda) = L(\lambda) / S(\lambda)$$

最後に試料の蛍光 3 次元スペクトル $F(\lambda_{Ex}, \lambda_{Em})$ を取得し、各励起波長にこの係数スペクトル $E(\lambda)$ をかけることで、目的の光源を試料に照射した際に得られる蛍光 3 次元スペクトルを得る。

これを各励起波長に対し積分したスペクトル $I(\lambda)$ が蛍光物体色を示すスペクトルとなる。

$$I(\lambda) = \int F(\lambda_{Ex}, \lambda_{Em}) \cdot E(\lambda_{Ex}) \cdot d\lambda_{Ex}$$

ここで、 $\lambda_{Ex} = \lambda_{Em}$ となる箇所のみを積分したものが試料の反射成分を表し、 $\lambda_{Ex} \neq \lambda_{Em}$ となる箇所のみを積分したものが試料の発光成分を表すため、それぞれ個別に算出することが可能となる。

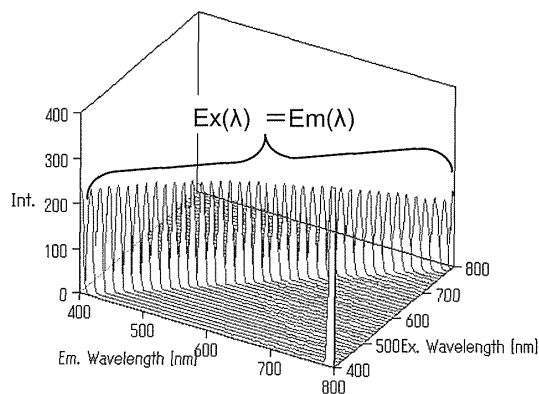


図2 完全拡散反射板の蛍光 3 次元スペクトル

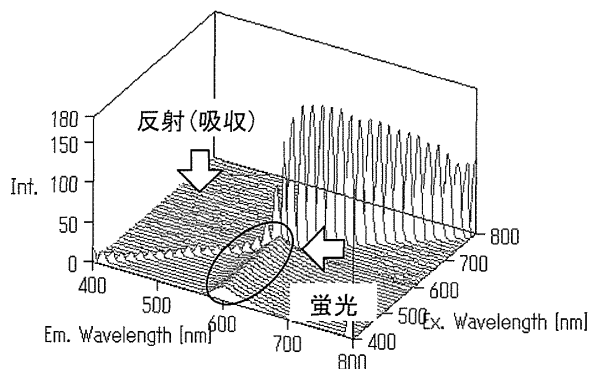


図3 蛍光性試料の蛍光 3 次元スペクトル

得られる $I(\lambda)$ は発光スペクトルであるため、完全拡散反射板の蛍光 3 次元スペクトルに対して同様の計算を経て得られるリファレンススペクトルとの比をとり、反射率スペクトルに変換したうえで色彩計算を行う。

また、励起光の分光分布 $S(\lambda)$ 、試料の蛍光 3 次元スペクトル $F(\lambda_{Ex}, \lambda_{Em})$ は一定であるので、目的の光源の発光パターンを変えることで、特定の光源下における蛍光物体色を再計算することが可能である。

3. 結果

(1) 光源パターン

本研究では D_{65} 光源下、および白色 LED 下での蛍光物体色を計算した。 D_{65} 光源のパターンは JIS Z7820 で定義されている値を使用した。白色 LED の光源パターンは市販の LED 光源を分光蛍光光度計で測定することで得た。

(2) 測定結果

標準白板、およびオレンジ色の蛍光塗料板の蛍光 3 次元スペクトルを取得し、上記の方法で D_{65} 光源下、および白色 LED 下での蛍光物体色、蛍光色、反射色をそれぞれ算出した。

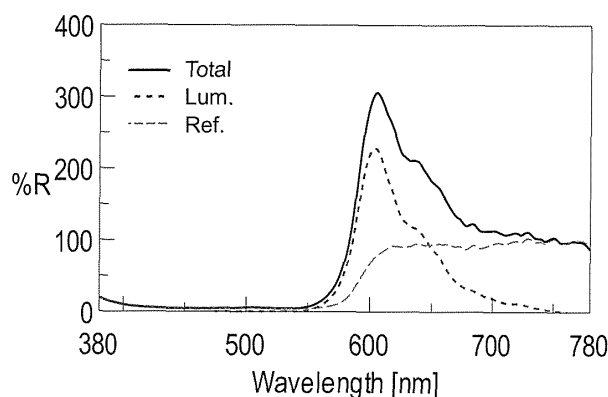


図4 D_{65} 光源下での試料の反射率スペクトル

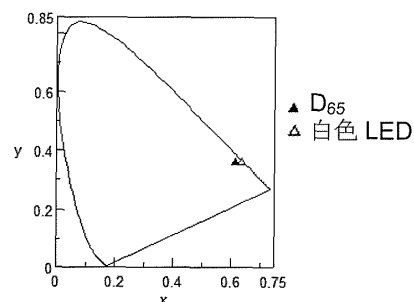


図5 光源による試料の蛍光物体色変化

表1 各光源における試料の Yxy (合計/反射/蛍光)

光源	種類	Y	x	y
D_{65}	合計	69.76	0.6153	0.3574
D_{65}	反射	22.32	0.5866	0.3346
D_{65}	蛍光	47.43	0.6301	0.3693
白色 LED	合計	51.28	0.637	0.3563
白色 LED	反射	31.14	0.6352	0.3542
白色 LED	蛍光	20.13	0.6398	0.3597

4. まとめ

分光蛍光光度計を用いて蛍光性試料の色彩評価を行った。得られたスペクトルから、試料の蛍光物体色だけでなく、反射色、発光色を個別に評価が行えている。また、種々の光源下での色彩の変化を計算することができている。

本手法は、車両のヘッドライト照射時の安全標識の色彩評価や、特殊照明下における装飾品の色彩評価など様々な分野に応用可能である。

参考文献

- 1) ASTM E 2152-01
- 2) ASTM E 2153-01