# 測色の歴史と発展(6)

前号より続く

木村哲也 須賀茂雄

### 4.3.3 完全拡散面

1959 年 CIE 第 14 回会議で、反射率の標準が酸化マグネシウム面から完全拡散面に終局的に採用された。 CIE 15-2004 3<sup>rd</sup> Edition Technical Report Colorimetry の 4 項の、Recommendation concerning Standard of Reflectance に下記のように記載されている。

The perfect reflecting diffuser is the reference standard for reflectance (CIE 1986a). It is defined as the ideal isotropic diffuser with a reflectance equal to unity. For real measurements, reflectance standards, such as pressed barium sulphate or PTFE (known also under the trade names Algoflon, Halon, Spectralon), must be calibrated in terms of the perfect reflecting diffuser (see CIE, 1979a, CIE, 1979b) for the required geometry.

均等拡散面で、反射率が 1.0 である面を完全拡散面というが、反射率 1.0 である完全拡散面は現実には存在しない。実際の測定には耐久性のある白色の比較標準を完全拡散反射面に対して正しく校正して用いているのが現状である。煙着酸化マグネシウム面、硫酸バリウム粉末プレス面、硫酸バリウム塗装面、酸化アルミニウム焼結面、ポリテトラフルオロエチレン(テフロン™)粉末プレス面、白色セラミックス面などが用いられる。その中でも、最近では硫酸バリウム面とポリテトラフルオロエチレン面が使われることが多い。

# 4.3.3.1 硫酸バリウム面

硫酸バリウムは、水溶性のバリウムや水酸化バリウムに希硫酸または硫酸塩を作用させた際に沈殿物として得られる白色かつ無臭の粉末で、水、エタノール、エーテル、クロロホルム、酸・アルカリに難溶性で、毒性がなく、周囲組織との X 線吸収差が大きいので、X 線造影剤として広く使用されている。また、白色顔料として塗料・インキ・プラスチックやゴム、紙、化粧

品などに填料として用いられる。製作方法は、ポリビニルアルコールなどを溶媒にした水に硫酸バリウムを溶かし、刷毛塗り、またはスプレーで塗装し、十分乾燥させてはまた塗るという作業を十数回繰り返す。溶媒の量は徐々に減らして水だけのものにする。このようにして作製した白色面は、反射率が高く、完全拡散白色標準に近い特性を示す。もう一つの方法は硫酸バリウム粉体を専用器具で圧縮成型する方法である。砂ずりガラスを底面にした円筒に粉末を適量挿入し、上から粉末を圧着する。1cm²当たり10kg位の圧力で押し固め、数mmの円盤になるようにする。

# 4.3.3.2 ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 面

ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) は**図 30** に示す 分子構造をもつテトラフルオロエチレンの重合体でフ ッ素原子と炭素原子のみからなるフッ素樹脂で、テフ ロン™の商品名で現代の最先端技術を陰で支える重 要な物質である。

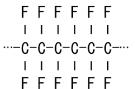


図30 PTFE の分子構造面

第二次世界大戦中、核燃料製造の過程で、化学的に安定で、耐熱性、耐薬品性、難燃性、滑り性、非粘着性に優れているという化学的に不活性で純粋である特徴を生かし、パッキングやライニング材料に用いられて原子爆弾の開発に大きな役割を果たした。この樹脂の最大の短所は、加熱(連続使用温度 260°C)によって熱流動を起こさないので、溶解成形ができなかった点であるが、現在は類縁有機フッ化化合物の共重合体や有機フッ化塩素化合物の重合体の開発が進み、PTFEの用途をさらに広め、フライパンのコーティングなど

の表面コートから、摩擦係数が小さい点を利用したベ アリング、滑り剤など広く利用されている。

更に PTFE は紫外・可視・近赤外のほとんどの領域で 比較的フラットな分光反射率特性を持ち、250nm~ 2.5μm の波長域で 5%以下の変動、可視域のみに限る と、0.5%の変動である。

また、表面の拡散性は表面及び表面付近の構造により もたらされ、多孔性構造は、表面から数 100μm の領 域で多重反射を起こす。このため、表面の反射性・拡 散性を保つためにはある程度の厚みが必要になる。厚 さが 6.0~7.0mm 以下の場合、反射率が低下するとい われているが、製作方法にもよる。利点は、疎水性に 優れているので、硫酸バリウムなどに見られる近赤外 域の水の吸収がない。非常に優れた疎水性を持つので、 石けんと水による洗浄が可能で、表面の損傷や極度な 汚れは、水を流しながら磨けば元の状態になる。疎水 性を示す反面、無極性溶剤や油を吸収しやすいという 欠点もあるので、取り扱うときには、きれいな手袋を して表面に手脂がつかないような注意が必要である。 PTFE は粉末の圧縮成形により標準白色板として広く 認められている。作り方のフロー<sup>20)</sup> を図 31 に示す。



**図31** PTFE の圧縮成形フロー

# 4.3.3.3 硫酸バリウム面とポリテトラフルオロエ チレン(PTFE)面の比較

現在、標準白色面として良く使用されている硫酸バリウム面とポリテトラフルオロエチレン(PTFE)面の比較を表8に示す。

表8 硫酸バリウム面と PTFE 面の比較

	硫酸バリウム面	PTFE 面
波長範囲(nm)	300-1300	250-2500
最大反射率	97	99
(%)	水による吸収帯がある	近赤外域もほぼフラッ
	(1450nm、1950nm、	٢
	2500nm)	
撥水性	水により特性変化・は	あり
	がれを生じる	(屋外での使用も可能)
耐熱性	最高使用環境温度 80℃	350℃まで
	まで	
拡散性	表面の拡散	内部多重拡散反射が必
		要なため肉厚 8mm 位必
		要
耐久性	表面の汚れに注意	化学的に不活性で疎水
		性/表面汚れは水によ
		る洗浄可能/表面の損
		傷・汚れは再研磨
コスト	比較的安価	比較的高価

両者の分光反射率曲線を図32に示す。

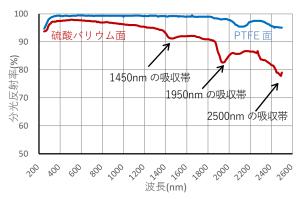


図32 硫酸バリウム面と PTFE 面の分光反射率曲線

#### 5. 試料を測定するための照明及び観測の条件

試料の色は、照明光がどの方向から当たっているか、 また試料をどの方向から見るかによって異なる。

#### 5.1. CIE 勧告の照明及び観測の条件

CIE では 1931 年に、最初の勧告がなされた。不透明体の照明及び観測の方向は、その面に対してそれぞれ45°及び垂直と規定された。当時広く行われていた実情に合っており、照明及び観測の条件によって大きく影響されるという事実を十分認識されたものであった。反射試料、透過試料の測定時の照明及び観測の条件についての勧告を次に記す。

# 5.1.1 反射試料に対する照明及び観測の条件

# ① 45°/垂直(記号, 45/0)

試料面の法線に対して45±2°の角度をなす1個以上の光線束で照射し、観測方向は試料に対する法線方向となす角は 10°を超えてはならない。照明光束中には光軸とのなす角は8°を超えてはならない。観測光線束についても同じ制限を守るものとする。

#### ② 垂直/45°(記号, 0/45)

試料面の法線に対して 10°を超えない 1 個の光線束で照射し、試料に対する法線方向となす角は 45°±2°の角度から観測する。照明光束中には光軸とのなす角は 8°を超えてはならない。観測光線束についても同じ制限を守るものとする。

# ③ 拡散/垂直 (記号, d/0)

積分球によって拡散的に試料を照明する。試料に対する法線と観測光線束の光軸とのなす角は 10°を超えてはならない。積分球は、開口の全面積が内部反射球面の 10%を超えなければ任意の大きさのものでもよい。観測光束中の任意の光線と光軸とのなす角は5°を超えてはならない。

#### ④ 垂直/拡散 (記号, 0/d)

試料面の垂線に対して光軸が 10°を超えない 1 個の 光線束で試料を照明する。反射光は積分球によって 集積する。照明光束中の任意の光線と光軸とのなす 角は 5°を超えてはならない。積分球は、開口の全面 積が内部反射球面の 10%を超えなければ任意の大 きさのものでもよい。

「③拡散/垂直」及び「④垂直/拡散」の条件では、正 反射成分を除くための光沢トラップの使用、試料と照 明又は観測される球壁のスポットとの間を直接通過す る光を避けるため、積分球に白色塗料のバッフルの取 り付けの使用が備考に記されている。

#### 5.1.2 透過試料に対する照明及び観測の条件

#### ① 垂直/垂直(記号, 0/0)

試料面の垂線に対して実効的な光軸が 5°を超えない角度にあり、その光軸と照明光線中の任意の光線

との角が5°を超えない光線束で試料を照明する。観測光線束の幾何学的条件は照明光束中の条件と同様である。試料は正透過光束だけが検出器に到達するように置く。この条件は、正透過率'τ<sub>1</sub>'を与える。

# ② 垂直/拡散 (記号, 0/d)

試料面の垂線に対して実効的な光軸が 5°を超えない角度にあり、その光軸と照明光線中の任意の光線との角が 5°を超えない光線束で試料を照明する。透過光束を通常積分球で測定する。この条件は、正透過率'τ','を与える。

# ③ 拡散/拡散 (記号, d/d)

試料を積分球で拡散的に照明し、透過光束を第2の 積分球で集める。この条件は、二重拡散透過率' $\tau_{d/d}$ 'を与える。入射ビームが試料面に垂直ならば、試料 と入射ビーム光学系の多重反射による誤差、積分球 内のバッフルについての備考が記されている。

その後、CIE は 1971 年、1986 年に測色に関する特別な文書を出版し、CIE による基礎的測色標準について総括的な説明を与えた 21)。これは反射試料や透過試料の使用用途が種々広がり、その目的に合った測定方法を行う必要があるためである。試料の表面が完全拡散面であれば、照明及び観測の条件により測定値に差を生じないが、日常目にする試料は光沢の有無、表面の方向性、テクスチャーの大きさなど表面の特性により変化するためである。試料への光の当たり方でいろいろ異なって見えることは、日常よく経験することであり、色を判定する時に試料を傾けて見ると違いが分かることが多い。またその特性をプラスにして製品を作り出している。

2004年の Technical Report Colorimetry で更に詳細に 勧告されたので、次回に記す。

#### 【参考文献】

20) ダイキン Fluo Plastics カタログ

 21) 測色 第 2 版 CIE 標準: 1.4 反射試料に対する照明および観測の条件、1.5 透過試料に対する照明および観測の条件