再帰性反射材料の測定に関する報告[†]

関西支部測光測色委員会
再帰性反射測定小委員会

委員長 栗岡 豊*

委員長 栗岡 豊（電子技術総合研究所）
幹事 石川 真澄（電子技術総合研究所）
委員 浅井 孝夫（東芝硝子株式会社）
東 亮
小林 貞夫（西武ポリマ化工株式会社）
桜井 信夫（株式会社津山金属製作所）
東海林秀磨（山形スリーエム株式会社）
高坂 照勝（東京都立工業技術センター）
塚田 悦朗（財団法人日本車両検査協会）
富田 正信（ユニチカスパークライト株式会社）
富永 守（東京芝浦電気株式会社軽電機研究所）
則岡 稔（紀和化学工業株式会社）
馬場 護郎（株式会社日立製作所那珂工場）
福田 保（大妻女子大学家政学部）
古川 匡亮（電子技術総合研究所）
望月 政嗣（ユニチカ株式会社中央研究所）
森田 政明（松下電器産業株式会社照明研究所）
山中 俊夫（電子技術総合研究所）

1. 委員会活動開始の経緯

ここにいう再帰性反射材料とは、主として道路交通などの保安標識として広い用途のある材料で、表面の屈折反射作用により、反射光束の大部分がその照射方向にごく近い方向に分布するものである。断面構造と屈折反射作用の説明図は JIS 規格¹⁾ その他の文献に散見されるので、ここでは引用を省略する。道路標識としてはその特殊反射作用のために夜間交通において顕著な効力を発揮するので、近年交通事故の予防に反射標識の重要性が再認識された。たとえば昭和43～52年度の10年間に、一般の灯火式信号の全国的増設率7.1倍に対して反射標識は9倍に達した。高速道路網の充実と自動車交通の過密化に伴って、この増加率にはさらに拍車がかかり、大型反射標識の大量増設が計画されている²⁾³⁾。

この需要増に対して、国内の反射材生産量の増加と販路の拡大につれて、反射シート工業協議会では定期的に連絡会議を開いて反射シートの研究開発を進め、技術の向上に努めて来た。また東京都立工業技術センター、財団法人日本車両検査協会、工業技術院電子技術総合研究所⁴⁾ などの公的機関においても、それぞれの立場で再帰性反射材料ま

たは製品の測定技術向上のための研究が実施されている。

一方、国際照明委員会（CIE）では、約10年前に光学用特殊材料に関する勧告書⁵⁾の中で始めて、この種の材料の測定方法に触れて以来、各国の関心が高まり、国際比較試験も実施された⁶⁾。その TC-2.3 委員会では再帰性反射材料の測定に関する専門委員会を設置して、重要な基本的問題の審議を進め、世界共通の基準的測定方法の原案をまとめて近く技術報告書を公表することになった。後述のように、日本もこの委員会に参加して技術情報を交換して来たが、さらに積極的な国際協力を要望されている。

こういう状況に対処して、先進諸国に比べて組織的取り組みの遅かったわが国の測定技術を、早急に国際水準まで引き上げるため、関西支部では測光測色委員会の主要事業として再帰性反射測定に関する小委員会を設置し、昭和53年1月から活動を開始した。参加者全員のアンケート集計の結果、TC-2.3 委員会の国際的技術情報を国内の関係部門に導入することを第一の活動目標とし、同時にこの材料の測定技術上の問題を共同研究により解決すること、JIS 規格の改正充実に必要な具体的資料を整えることにも努め、究極には日本の技術的意見を国際委員会に反映することを狙っている。委員会は定期的に年4回の会議を開いて昭和55年10月現在で12回に達した。発会以来取り扱った議題の配布資料は、国際情報の導入23、実地測定結果の報告11、文献紹介3、その他10、合計47件を数え、なお活発に継続している。ここに委員会活動の概況を報告する。

なおこの種の材料に関する特殊用語は JIS 規格¹⁾ その他の文献⁸⁾ に意味の解説があるので、本文中では大部分省略した。

2. 測定設備の概略の仕様

標識用反射材料の最も重要な光学的性質は色と明るさである。色の測定には三刺激値直読式色彩計か分光光度計が一般に用いられる。反射の明るさは従来漠然と反射性能などと呼ばれているが、正しくは光度係数または再帰性反射係数というもので、その定義は後述する。保安標識の特性にはこのいわゆる反射性能の良否が第一義的なので、当委員会でもこれの正確な測定方法に重点を置いている。委員

[†] Report of the Investigation Committee for the Measurement of Retroreflective Materials

* 電子技術総合研究所大阪支所

Yutaka Kurioka

会の関係者の実験室で、現に使用中の設備の概略仕様を示す。

(1) 幾何学的配置

実際の道路上の夜間照射観測に近い条件を実験室で再現するには 図 1 の幾何学的配置が一般的に用いられる。これは、JIS を始め各国の標準規格で測定方式の主流をな

図 1 光度係数（再帰性反射係数）測定原理図
1：光源，2：試料，3：観測者，4：試料の中心法線α：観測角，β：入射角，D：測定距離

す。照射光源は自動車の前照灯に相当し、光度計頭部が運転手の肉眼に相当する。この照射方向と観測方向との間の角αが観測角、試料表面の法線と照射方向との間の角βが照射角または入射角である。測定距離Dは現行 JIS 規格の仕様で 15m±5 cm が普通で、特別な場合は約 30m の例もあり、それに応じてαの範囲は0.2～2°で例外の場合に5°、βの範囲は通常0～50°である。βの変化は試料台（ゴニオ計）の方位回転で容易に実現するが、αの変化は、一定の測定距離では光源と観測者との相互間隔の伸縮を要し、投光器と検出器の寸法の都合で極度に小さいαの実現には、上下左右に両者の適当な配置を決める工夫が凝らされている。しかしこの配置条件を一定に保ち測定距離を延長するとαが容易に小さくなるが、試料表面の照射照度、したがって反射光度が低下するので、計器の検出感度の制約を受ける。この点について諸外国には参考になる実施例が見受けられる。

(2) 反射性能の測定方法

光度係数または再帰性反射係数の測定には、現在大部分の設備は JIS Z9117 の方式を採用している。これは再帰性反射光度を測定する場所での照度と、試料表面上の垂直照射照度との比に、一定の寸法定数を乗じて再帰性反射係

図 2 再帰性反射体の測定系統の略図
（上から見た状況）
1：投光器，2：試料，3：光度計，4：測光ペンチ，
5：測定台N：試料の中心法線，α：観測角，β：入射角，
D：測定距離（15 m±5 cm）

数を $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ の単位で測定する方法である。その測定系統の一例を 図 2 に示す。これは国際的にも慣用の正統的方法であるが、JIS 規格の仕様そのままでは試料の場所と測定場所の両方に照度計を配置するか、または共通の照度計を移動して測定する必要があるので、特別に精密校正試験をする場合以外には一般に不便であり、これと同等の効果のある簡便法が望ましい。

第二に反射率既知の白色反射標準と比較する方法もあり、これは測った反射照度または輝度と試料の測定値とを比較するもので、正統的方法よりは簡便であるが、正確な反射率標準が必要であり、それ以外にも注意すべき問題がある（次節 3.4 参照）。

第三の方法は、置換法と称し被検試料と同色同材質の再帰性反射材料を別の方法で校正しておいて、これを常用標準として同種の試料を比較校正する方法である。この方法は最も簡便有効で、特に現場の品質管理試験には好都合であり、当委員会ではこの方法の確立に努力している。

(3) 投 光 器

夜間走行中の自動車での照射観測条件を模擬する実験の必然性から、使用する投光器の光源は色温度2356KのCIEの標準の光Aか、それになるべく近い白熱電球を装備し、5～30 m の距離で最大 50 cm 平方以内の大きさの試料標的を照射できるものを用いる。集光レンズで照射光束を十分に細くしぼり、試料表面を一樣に照射するために特別に設計した投光器が用いられる。その代表例を断面図 図 3 で示す。投光レンズの直径は 25～50 mm が多く、これは

図 3 投光器の断面図
1：投光電球，2：防熱フィルタ，3：視野絞り板，
4：鏡筒5：投影レンズ，6：プリズム，7：プリズム
支持台，8：集光レンズ，9：凹面反射鏡，10：通気窓

測定距離 15 m のとき、試料の中心から見た光源の角開口が約 6～12' に相当する。また試料表面上の照度分布をできるだけ一様にする努力が試みられている。光源の点灯電圧は直流 6 V が多く、交流点灯の例もあるが、いずれにしても定電圧電流の電源安定装置が例外なく用いられる。

(4) 光電式測定器

当委員会関係者の実験室では、照度計を主として輝度計も色彩輝度計も用いられている。国産品も輸入品もあるが検出感度の高いものが必要で、デジタル照度計もある。最高感度 10^{-4} lx 、 $0.1 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ のものもあり、公称測定精度は 0.5～5%，公称再現性は 1～4 % で光電式計器の中で

は最高性能に属する。対物レンズは直径33~50 mmで、15 mの測定距離では角開口7.6~11.5'で、投光器の角開口より一般に小さい。受光器として光電子増倍管を用いた計器が多く光電管などの例もある。受光器の分光感度がCIE測光標準観測者からずれると、測定誤差が大きくなるので注意を要する。この分光感度を確かめるには受光器または計器の製造者の校正値をそのまま採用するか、使用者が適当な標準で校正するか、または外部へ依頼試験に出すかのいずれかである。

3. 当委員会関係者の諸報告

再帰性反射材料は、薄片状の素材として生産される（通称反射シート）。この製造工程中の検査技術に関する諸問題や特殊な参考事項について、次項に列挙する報告資料が提出された。その標題、報告者、内容梗概を紹介する。

3.1 反射シートの色測定について（浅井 孝夫）

内外の現行諸規格では、CIEの標準の光Cで照射した材料の色度範囲が規定してある。しかし実際の用途では昼間はCまたは D_{65} に近いが、夜間は自動車の前照灯で照射観測されるので、それは標準の光Aに類似している。そのため、実用上は夜間に相当する色度範囲を規定する必要があることを指摘した。測定器として米国規格に推奨されている4種類の直読式色彩計と、分光光度計による測色方法の概要を紹介した。両種の計器とも同一の原理と機構のもので製造者や機種により、また同一機種でも個体差がある。この差は濃い色の測定結果に特に著しい。東京光学製色彩輝度計BM-2型を用いて、標準の光Aで照射した6色の反射シートの色度測定値の例を挙げて、標準の光Cに相当する光源で照射した場合の色度と比較し、日米両国規格の色度範囲を併記して示した。

3.2 反射シートの耐候性について（小林 貞夫）

再帰性反射材料の原理と特性の一般的解説と、劣化試験について詳しく述べた。反射シートを交通標識として長期間屋外に設置すると、日光と風雨、自動車の排気などの作用を受けて性能が劣化し、その程度は地域差が大きい。そこで、標識材料の品質の重要な尺度としての耐候性試験がある。

(1) 促進耐候試験：これは特別に設計した装置による強制試験であり、自然な屋外暴露試験との一致性が最もよい。

(2) 自然暴露試験：試料を南面45°または垂直に上空に向けて自然放置する方法。

(3) 太陽追尾式屋外暴露試験（略称エマクア）：自動的にひまわりの花のように、常に太陽の方向を向く装置を用いて垂直な直射日光を受けるので、自然放置した場合より試験期日が約1/10に短縮できる。本報ではこの方法で7色の試料について、15年間の日射量に相当する長期試験結果を3年間の自然放置結果と比較した。その評価特性は、試験前後の光沢保持率、非暴露試料との色差、照射観測条件 $\beta=4^\circ/\alpha=12'$ における反射輝度と色度の変化を記録した。

しかし、試験中徐々に変化する材料の性質をこの長期間に安定な試験精度で記録するためには、信頼性のよい標準試料と比較できることが望ましい。

3.3 夜間の視認性と反射材（望月 政嗣）

再帰性反射材料は主として道路標識に用いられるが、近年新しい材質の開発につれて、歩行者や二輪車に装着して夜間の交通事故から守ることが、総理府交通安全対策室などから強く推奨されている。反射材をこの用途に合理的に適用するための指針を定める目的で、次の2点について実験的に調べた。

(1) 夜間下向きの前照灯で走行中の自動車の運転席から見て、前方の再帰性反射標的を何か光る物として視認し得る限界距離と、反射輝度および標的の寸法との関係。

(2) 反射材の反射輝度に及ぼす降雨の程度の影響と、反射材の断面構造との関係。

実験(1)では、標準形乗用車の運転席から正常視力の観測者5名の平均として、反射材の光度係数の対数と視認限界距離との間に直線的関係のあることが判明した。実験条件(1)で前方100 mの安全視認距離を仮定し、歩行者などが身に着けるべき反射材の面積 $A(\text{m}^2)$ と、材料の再帰性反射係数 $R'(\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2})$ との間に $R'A=0.086$ の実験式を立てた。これが歩行者などを夜間の対自動車事故から守るための一つの安全基準であるとの結論を得た。

降雨の実験では、微雨から豪雨に至るまでの6段階の人工降雨を生ずる放水ノズルを用いて、各段階での反射材の反射輝度の低下率を測定したところ、材料の断面構造が封入レンズ形の場合は、降雨の程度にほとんど無関係に一定の反射輝度を保ったが、露出レンズ形材料では降雨の強さが増すと急激に反射輝度が低下した。このことから雨天のときほど交通事故の起こりやすいことを考えると、歩行者用反射材としては、封入レンズ形材料が適すると判断された。

以上の実験経過の詳細は文献⁷⁾に報告してある。

3.4 反射シートの反射強度の測定について

（則岡 稔，上田 卓司）

品質管理に有効な簡便正確な光度係数測定方法として、三つの試験方法を比較検討した。

- (1) JIS Z 9117に規定された基準的方法、
- (2) 白色反射標準と比較する方法、
- (3) 同色の再帰性反射材料を標準とする置換法。

この測定を6色の再帰性反射試料各7枚について、測定距離15 m、照射観測条件 $\beta=-4^\circ/\alpha=0.2^\circ$ で実施した。方法(1)は周知のように2個の照度計、または照度計の移動を伴うので現場での経常的試験には不適当である。(2)の方法は(1)で校正した白色反射シートを仮り標準として各色の試料の輝度を輝度計で比較測定する。(3)では試料と同色の反射材料を方法(1)で校正して、各色の仮り標準として反射輝度を比較する。

前記の各試料についてこの3方法で得た結果を比較すると、方法(2)では白色以外の試料の測定誤差が大きくて実用

的でないが、方法(3)では光源の色温度と計器の分光感度との影響が少なく、方法(1)の結果とも比較的良好一致した。したがって同色系の材料を実用標準とする方法(3)は、JIS規格の基準的方法の代用として有効である。

3.5 タイヤの反射化（東海林 秀磨）

米国の消費者用製品安全委員会（CPSC）の自転車安全基準について、日本自転車振興協会が作成した訳文の紹介。夜間の交通事故から自転車を守る対策として、欧米の一部の地域では、自転車タイヤの側面全周に再帰性反射材料を接着することが義務付けられている。日本ではこの方法はほとんど実施されていないが、実施した地域では高い視認性が事故防止に有効なことが認識された。反射加工したタイヤの測定方法は、現行の米国規格（JIS 同様）による一般標識材料の測定法と同様に、反射照度と照射照度との比から反射性能を決める。観測角 α は $0.2\sim1.5^\circ$ 、照射角 β は $0\sim40^\circ$ の範囲での測定結果から、 α と β の関数として再帰性反射係数相当量の計算式を定義し、反射加工したタイヤが、この最低基準以上の明るさを保持すべきことを規定している。

3.6 反射シートの反射強度測定値に及ぼす光源の色温度の影響（浅井 孝夫，則岡 稔，上田 卓司）

この場合の反射強度は、色温度 2856 K の CIE の標準の光 A に相当する白熱電球で照射して測った試料の再帰性反射係数である。日常の製造工程の試験ではこの光源の色温度を厳格に一定に保つために、光源の点灯電圧や周囲温度などの条件を適正に確保することが困難である。

この実験では、点灯電圧を正規の値の上下に変化させて光源の色温度を 2300～3000 K の範囲の種々の値にして 6 色の反射材料の反射強度の変化を調べた。光源の色温度は色彩輝度計で JIS Z 8725 の方法により、試料の反射強度は極微照度計で JIS Z 9117 の方法により測った。照射観測条件は $\alpha=0.2\sim2^\circ$ 、 $\beta=-4\sim+50^\circ$ である。実験の結果、赤、黄赤、黄色の材料の反射強度は、光源の色温度が低いほど大きく、逆に緑と青の材料では色温度の高いほど大きい。白色材料は色温度の影響をほとんど受けなかった。この傾向は照射観測条件に無関係で、実験結果は計算による推定によく一致した。このことから品質管理用測定に際しても光源の色温度を等閑視できないことが判明した。

3.7 再帰性反射材料の測光測色における問題点

（富永 守）

関連のある JIS 規格、内外の文献、主要測定器の説明書などに基づいて測定上の重要事項を列挙解説し、三刺激値直読式色彩計、分光光度計、望遠輝度計の最新製品の構造を紹介した。特に照明および受光の幾何学的条件、照明光の分光エネルギー分布、受光器の分光感度と校正方法を論じ、6 色の再帰性反射材料を CIE の標準の光 C の下で色度測定した結果の一例を報告して、光源の分光分布の重要性を強調した。

3.8 再帰性反射材料の分光測定（山中 俊夫）

今までに述べた測定の幾何学的配置は、道路の実施条件

を 10～30 m の実験室の中距離で模擬する方法である。一方、特殊な光学系を用いた短距離の配置もある⁹⁾¹⁰⁾。外国の実例では、反射透過性の光路分割板を移動回転して照射観測条件を種々に変化し、 $\alpha=0$ という極端な場合も含んで β を変数とする光度係数を測定して、10 m 以上の距離で測る通常の方法と同様の結果が報ぜられている¹⁰⁾。

これと同様の光学系を用いて、再帰性反射材料の相対分光反射率を測り、分光測色法で試料の色度を求める実験について数回の報告を提出した。この実験では特定の α について、 β を補助変数として可視域での各色試料の相対分光反射率を、合成材料の白色仮り標準と比較して測った。照度計で測定する場合、検出器の分光感度の $V(\lambda)$ 近似性が反射性能の測定誤差を左右するので、これについて補正計算値¹¹⁾、照射観測条件の変化に対する各試料の色度の変化¹²⁾の一例を報告した。しかし前述の光路分割板の移動回転方式は操作が複雑で、角度の微調節のための構造も高価になるので、これの改良案も研究して設計が進められている。

4. CIE を中心とする国際的状況（石川真澄）

冒頭に述べたように、当委員会の第一の活動目標はこの国際的技術情報を国内へ導入することであるから、毎回の会議で常にこれを重点的に取り上げて詳細に解説し、委員会として国際技術水準の掌握に努めている。

CIE は 1975（昭和 50）年のロンドン大会以来、再帰性反射測定に関する調整班を設けて、基本事項の名称と単位、測定設備の幾何学的配置条件と測光校正技術その他の事項を討議して予備的文書を作成した。この調整班が中核になって 1977 年以来、TC-2.3 委員会の中に前記の専門委員会が正式に設置され、現在 9 か国 14 名の常任委員（日本 1 名を含む）で構成し、毎年 2～3 回の国際委員会を開催して、本格的に基本的問題の研究に取り組んでいる。その目標は、従来各国で区々に用いていた用語と記号、単位、試料と測定設備の仕様、測光測色技術の要点、測定の精度などについて、世界的な統一基準を樹立することである。期待される成果の第一は、測定の信頼性を左右する諸要因を究明し、同一材料についての各国各測定者間の結果の一致性が向上することであろう。

以下に、この国際的動向の概要を項目別に簡単に紹介しよう。

4.1 再帰性反射の用語、記号、単位

この議案は最初から第一に重視され、米国代表の委員が中心になって原案を作成し、比較的早い時期に国際的合意に達した。基本用語では再帰性反射、再帰性反射体、観測角、入射角がすでに国際照明用語集（略称 ILV）に記載されているので、ここでは説明を省略する。主要測光用語として今までに引用したものは

光度係数：観測方向における再帰性反射体の光度 I を、投射光の方向に垂直な平面上で再帰性反射体における照度 $E_{\perp}$ で割って得られる商。

記号 R $R=I/E_{\perp}$

単位はルクス当たりのカンデラ ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}$).

再帰性反射係数：平面状の再帰性反射表面の光度係数 R をその面積 A で割って得られる商.

記号 R' $R'=\frac{R}{A}=\frac{I/E_{\perp}}{A}$

単位は平方メートル当たり、ルクス当たりのカンデラ ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$).

この二つの用語、記号、単位が新しく ILV に採用されたことになった。前述のとおりわが国でも今後これらの正式用語に準拠すべきであろう。

4.2 再帰性反射体の CIE 角度基準系

再帰性反射体は一般に平行的な集光で照射され、その照射方向にはほぼ一致する方向で反射光が観測されるので、主方向たる照射方向に対して、観測方向と反射体の姿勢とを考慮して反射体の性質を調べるのが定石である。この反射体の表現、規定、試験などの取扱い上あてはめるべき座標系のことを角度基準系という。

この案は米国の Isaacson, Johnson, Venable 3 委員による角度基準系実施班に委任されてできたものであるが、国際委員会の席上つねに論議の対象になり、毎回各国出席者から修正動議が出たあげく、提案後 2 年以上を経過してようやく一定の形式にまとまった。

最初の案 (1977 年 7 月) では、その当時一部の国で試験用規格に採用していた二、三の座標系を参考にして、あらゆる照射観測条件を決めるに必要で十分な 4 種類の角度を変数として選び、これらの角の変化により再帰性反射体の相対的照射観測条件を表現する座標系が提案された。その 4 種類の角の定義の仕方により局部系、固有成、ゴニオ系の 3 種類の角度基準系があったが、そのうちゴニオ系は廃止するほうがよいとの提案者の意見で、第二次修正案以後姿を消した。残りの二つの系を一般的観点で統合したものが今日の CIE 角度基準系である。これは再帰性反射体を明るさの関数とは無関係な現象として定義し、視覚信号用材料の試験に必要な幾何学的配置の決め方を定義する。

紙面の都合で具体的には説明できないが、この系は光源、反射体、観測者 (光度計頭部) の相互の配置を決める幾何学的定義として、基準中心、照射軸、観測軸、観測角 (α)、観測半平面、基準軸、入射角 (β)、第一軸と第二軸、入射角の第一と第二成分 (β_1 と β_2)、基準標点、回転角 (ϵ) とそれらの軸と角の正方向と符号、角度の範囲が指定してあり、それ以外の余分な角、軸、平面を全く含まない。平易に換言すると基準中心が原点で、基準軸と第一、第二軸が 3 軸に相当する直交座標系で照射観測条件を指定することになる。以上の各用語はこの材料特有のものであるから ILV の用語には採用せず、TC-2.3 委員会の技術報告書に記載することになった。

要するに改正 CIE 角度基準系を用いると、再帰性反射体の表面が曲面でも、道路標識としてカーブや坂道に設置した状況でも普遍的に規定できる長所がある。

4.3 寸法的物理的仕様

これは、当核専門委員会の Moerman 委員長の理論的考察¹³⁾を要約したもので、同一材料の光度係数 R を別の場所で別の人が測っても、十分な精度で一致する結果を得るための注意事項が述べてある。

再帰性反射光束の分布を観測角 α の関数とする実測の一例を基準にして、反射体の基準中心から見た光源の角開口 δ 、観測者 (光度計頭部) の角開口 γ 、光源または観測者の中心から見た反射体試料の角開口 η の大小関係、 α の調節精度、測定距離、再帰性反射体上の照度分布、光源の色温度と分光分布、CIE 測光標準観測者に対する光度計頭部の適合性その他の項目が、光度係数 R または再帰性反射係数 R' の測定に重大な影響を及ぼすことを警告している。このことは光源、反射体、観測者が幾何学的な点でなくて、実際に有限な物理的寸法を持っているので、その効果を考慮すべきことである。

TC-2.3 の関係文書では、 α を変数とする反射光束の分布関数とその一次、二次導関数を用いて、前述の角開口 γ , δ , η に起因する測定値の相対誤差を査定する計算式を示し、実際に生じ得る誤差の程度を評価した。 α の不正確な調節による誤差の実例では、 $\Delta\alpha=1'$ の不正確さで R の測定値に 7.5 % にも達する誤差が紹介されている。また反射体表面上の照度分布の最大値と最小値との比が 1.05 以下であることが必要だという。

角開口の影響は、後に英米両国で計算機と連動した測定装置で多数回の実験的検証によると、Moerman 報告の結果と大局的に一致することが裏付けられた。

4.4 測光校正技術と一般注意事項

この項目は英国の Stephenson 委員の提案で、光度係数の正確な測定のための基本的問題を計測技術上の観点で分析してまとめている。

光度係数測定用の計器の校正には従来、相対法と直接法とが主流である。相対法では同一の光度計で正規の測定場所での再帰性反射照度と試料表面上の照射照度とを測り、測定距離の逆二乗則から目盛係数を算出し、これを用いて光度係数に換算する方法である。これは厳密に校正した標準光源と照度計とが必ずしも必要でないのが便利である。直接法は光度係数の定義に従った方法で、試料の場所に置いた光度既知の標準電球で計器の目盛を校正した後に測定場所で反射光度を測り、校正済みの別の照度計で試料の照射照度を測って両者の比で直接光度係数を求める。着色試料の測定には、CIE 測光標準観測者に適合した分光感度の計器が必要である。

以上の正統的な方法以外に実用的な方法が二つある。一つは光度不明でも安定な補助電球と、未校正でも直線性のよい補助光度計とを併用して、適当な補助的距離で測った補助光度計の読みと、正規の再帰性反射光度計の読みとを用いて、巧妙な消去法で補助変数に無関係に光度係数を算出する方法である。今一つの方法は置換法と称し、直接法か相対法で校正しておいた安定な再帰性反射体を標準とし

て、同種の試料を比較試験する簡便なルーチン試験法である。この場合の標準反射体は定期的に再校正を要する。

一般的注意事項としては、この種の試験では微弱な光を精密に測る必要から、残留反射と迷光による測定雑音の低減に格別の注意が必要で、試料を黒布などで目かくして測った残留反射の読みを測定値から差し引く。光源の点灯電圧も安定で、測定器の $V(\lambda)$ 適合性もよく、周囲温度の変化が少ないことなどもたいせつであり、測定中の光源の光度変動を監視用光度計で検出して、点灯電源に負帰還する補償方法も有効である。試料保持台のゴニオ計角度目盛の点検、観測角の精密な微調節も重要なことを強調している。

4.5 再帰性路面標識の測光に関する指針

今まで述べた普通の再帰性反射標識と違って、横断歩道や中央分離帯に用いる反射標識は、照射観測方向が表面をかすめる点で著しく特異であり、それに応じて特有の試験方法が用いられる。この項目はベルギーの Morren 委員の実験的研究結果に基づく。

路面標識の照射観測条件が路面すれすれなことから、標識と車との距離 D によって入射角 β の変化が著しく、しかも一部の車種では β が観測角 α とも密接な関係がある。そこで、主要変数として β そのものでなくて余角 ($90^\circ - \beta$) を用いると便利である。左右の前照灯のうちハンドル側のものに限り、車種による複雑な寸法関係を単純にするため、普通の乗用車に基づいて運転者の目の地上高さ 1.2 m、前照灯中心の地上高さ 0.7 m、両者の前後距離 2 m を選んだ。この単純化で距離 D に対する α と ($90^\circ - \beta$) が計算され、その角度条件から実験に便利で実地に則した 11.5~30 m の距離で試験して、夜間走行時の視認限界距離として、約 100 m 前方の試料の性質を推定するのが指針である。

測定量は、前述の再帰性反射係数と同じ次元の輝度係数(固有輝度)(単位は $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$) が最適であるという。したがって、測定器としては 30 m 程度の測定距離に適する輝度計または照度計が用いられるが、測定の目的と精度の点では輝度計を推奨し、 BaSO_4 白色標準により照射観測条件 0/45 またはその逆条件で校正する。前述の角開口に関する制約は普通の材料ほど厳しくないが、5~10' の範囲にあることが理想的である。この方法で Morren 氏は $D=30$ m までの距離で、数種類の路面標識材料を試験した結果から ($90^\circ - \beta$) と α とを変数として輝度係数の曲線を延長して、 $D=100$ m での材料の視認性を推定判断する方法が有効であると述べた。

一方デンマーク、スウェーデン、ノルウェーの共同研究班でもこれと別個に同様の試験を試み、Morren 式の延長法でなくて、実地測定に適した性能の携帯用計器で測定した。この研究は未完成であり、Morren 案に多少批判的であるが結論は大同小異である。

4.6 色の測定

再帰性反射材料の色は、照射観測条件により著しく変わ

ることは周知の事実であり、欧米各国で近年実施した国際比較でも測定値の一致性はまだ満足すべき程度でない⁶⁾。

TC-2.3 委員会の開設当初から測色について討議がなされたが、主目的の光度係数測定法ほどには完備した基準が示されていない。

測色の困難性は、照射観測条件による色の微妙な変化である。昼間は拡散光線と直射日光の合成光で場所と季節、時刻により著しい差があり、夜間は自動車の照明が CIE の標準の光 A に近く、昼夜ともに反射光の分光分布が一定でない。色の測定には三刺激値フィルタを用いた色彩計や望遠色彩計の方法よりも、分光光度計による分光測色法が推奨される。夜間色の測定は光度係数の場合と同様の条件で $\beta=5^\circ/\alpha=20'$ または目的により $\beta=30^\circ/\alpha=2^\circ$ も用いられ、光源と測定器の角開口はいずれも 10' 以内でなければならない。

CIE 京都大会の際、米国の Rennilson 氏は 6 製造者の製品各 3 種類の構造、6 色の試料について $r = \delta = 6'$ 、 $\alpha = 0.2 \sim 2^\circ$ 、 $\beta = -4 \sim 50^\circ$ の範囲で、合計 54 種類の照射観測条件で夜間色を測定した結果を報告した。それによると α を固定して β を変化した場合と、その逆の場合とで色度の変化傾向に相違はあるが、 α と β の組み合わせ 16 種類の試験から、全試料の色度変化の状況が判定できると述べ、多数の実験結果を詳しく紹介した。

4.7 測定精度

前述の項目 4.3 と 4.4 で紹介した誤差の問題とは別に、TC-2.3 関係の英米西独各国委員の合同提案として、光度係数と色の測定に及ぼす幾何学的配置と材料の性質の影響、視野の不均一性、波長や偏光による誤差、角開口 r と δ の制約などに関する報告もあるが、紙面の都合により割愛した。

以上は、当委員会の開設以来重点として取り扱って来た TC-2.3 委員会からの情報の手短な要旨である。4.1~4.6 の各項目を総括した CIE 技術報告書の草案の審議が、現在 TC-2.3 委員会で進行中である。これの完成次第本文中で紹介できなかった具体的明細は、日本照明委員会ニュースなどの形式で国内に公表されるはずである。

京都で開かれた第 19 回 CIE 大会の際の TC-2.3 委員会には、当委員会から代表 2 名を派遣して議事に参加すると同時に、再帰性反射材料に関する国内の状況と当委員会の活動経過の概要を報告した。

4.8 国際標準化機構 (ISO) の状況 (桜井 信夫)

この CIE の動向とは別に、ISO でもその TC-149 自転車技術委員会が設けられ、自転車用後尾反射器としての再帰性反射体の試験法について、世界共通の基準を制定する目的で国際会議を定期的に開催し、日本からも代表が出席している。それについて従来の簡単な経過と最近の議決事項を当委員会で紹介した。

5. 再帰性反射標準の校正試験と今後の見通し

委員会活動の今一つの目標として、材料の製造工程にお

ける統一的な簡易試験法の確立がある。そこで当委員会の世話役としての電子技術総合研究所において、取りあえず現用の設備を用いて、再帰性反射係数の暫定標準を校正して、これを必要とする製造場所へ供給することになり、現在その準備が進行中である。標準用の試料は紀和化学工業株式会社の製品で、一辺の長さ 20 cm の正方形で色は白、黄、赤、緑、青の 5 色の材料を用いることになった。校正試験の準備として試料表面上の照射照度の均一性の点検、均一照度を生ずるための光源設備の改良、迷光の防除対策、各試料の測定再現性の点検などについて数回の報告があった。

この暫定標準値が完成すれば、置換法 (3.4 項, 4.4 項参照) により同色材料の大量簡易試験が容易になり、品質管理上の便宜が期待される。

以上で今までの委員会活動経過の概要を述べたが、今後の見通しとして第一に、再帰性反射係数の暫定標準値を早急に完成して生産技術に寄与するとともに、近い将来に精密な本格的標準の確立が要望されている。

第二に CIE の技術報告書の完成後、国際的統一基準に基づいて国内の試験技術を見直し、JIS 規格改正に役立つ実際に則した検討資料を整える必要がある。また国内で開発した技術の海外紹介も重要である。

第三に分光測定法の進歩の結果、再帰性反射光の色の正確な測定が期待される。

参考文献

- (1) JIS Z9117 保安用反射シートおよびテープ
- (2) 警察白書 昭和53年版
- (3) 交通安全白書 昭和53年版
- (4) 古川, 石川, 納谷: 交通標識用反射材料の特性測定装置 電総研彙 41 (昭52) 281
- (5) CIE Komitee E-2.2: Internationale Empfehlungen für lichttechnische Stoffkennzahlen und deren Messung, Aug. 1969
- (6) H. F. Stephenson: The colorimetric measurement of retroreflecting materials, CIE-Publ., No. 36, C. R. 18e Sess., (1975) P-75-20
- (7) 望月, 富田, 隅: 夜間の視認性と反射材, 交通工学 13 (昭53) 31
- (8) 納谷, 古川, 石川: 交通標識用反射材料に関する海外規格の概要, 照学誌 58 (昭49) 422
- (9) JIS Z9105 反射安全標識板
- (10) W. Czepluch: Rückstrahluntersuchungen an Reflexstoffen in Anlehnung an DIN 67520, FARBE UND LACK 79 (1973) 739
- (11) 山中ほか4名: 交通標識用再帰性反射材料の測光における視感補正, 照明学会全国大会 (昭55)
- (12) 同上: 交通標識用再帰性反射材料の照明観測条件による色の変化, 日本色彩学会全国大会 (昭55)
- (13) J. J. B. Moerman: Accuracy of photometry of retro-reflectors and retroreflective materials, Light. Res. Tech. 9 (1977) 85 (受付1981年1月5日)

新製品紹介

昼光センサ付き照明電力制御装置 「ハイセーバー HS 401 D」

日立照明㈱は、マイコン内蔵の照明電力制御装置に窓際の照明をむだなくカットする 昼光センサを内蔵した「ハイセーバー HS 401 D」(図 1) 発売した。

この装置は窓からはいる昼光を有効に利用し、窓際の照明を自動的に消灯する昼光センサと、週間タイマによるタイムスケジュール制御とを組み合わせ使用することにより、より効果的な省電力照明を行なうものである。

《特 長》

- (1) キーボードにより入力したプログラム (図 2) により、時間に応じて不要なあかりを自動的に消灯し、合理的に節電できる。
- (2) マイコンの働きで、時間帯ごと、曜日ごとの 1 週間プログラムを 4 回路独立でセットできる。
- (3) 制御用専用機が不要なので施工が簡単。また、マイコン使用の制御装置の中では低コストなため、短期間で償却できる。
- (4) 照明コントロールのほか、空調設備、換気設備などの各種電気設備の時間制御にも利用できる。
- (5) 受光部 (図 3) により昼光をキャッチし、窓際の照明を 2 回路独立にコントロールできる。

《用 途》

百貨店、スーパー、オフィス、工場など、あらゆる施設に使

図 1

図 2

図 3

図 4

用できる。店舗・オフィス・工場に使用した場合のプログラムの例を 図 4 に示す。償却期間は店舗で 2 年、オフィス・工場では 4 年程度である。

(問い合わせ先 日立照明㈱営業企画部 電話 255-5251)
(〒101 東京都千代田区神田佐久間町1-11(産報佐久間ビル))