

Application News

No. A525A

光吸収分析
Spectrophotometric Analysis

プラスチック材料の曇り度（ヘーズ）評価 - ISR-1503 を用いたヘーズ（Haze）測定 -

Haze Evaluation for Plastic Plates and Films
- Haze Value Measured with ISR-1503 Integrating Sphere Attachment -

プラスチックは熱硬化性と熱可塑性に分けられ、さらに熱可塑性の中でも耐熱性や機械的強度などの違いで分類されます。これらとは別に光に対する性質としては透過率や反射率、曇り度（ヘーズ）などがあります。ヘーズは全光線透過光に対する拡散透過光の割合を示し、材料表面の加工具合（粗さやつや消し）を評価する場合などに用いられます。また、太陽電池材料ではあえて表面に周期構造（テクスチャ構造）を施すことで、散乱性を高め光の閉じ込めを実現しています。なお、プラスチック材料のヘーズの測定は、国際規格 ISO 14782 によって定義されており、同じ内容が日本工業規格 (JIS) K 7136 で定義されています¹⁾ ²⁾。今回は材質の異なるプラスチックを、積分球付属装置 ISR-1503 をセットした紫外可視近赤外分光光度計 UV-3600 Plus で測定し、ヘーズや日射透過率を算出した結果をご紹介します。

K. Sobue

■ ISR-1503 の光学系とヘーズの測定方法

Optical System of ISR-1503 and Haze Measurement

Fig. 1 に UV-3600 Plus と ISR-1503 の外観を示します。Fig. 2 に ISR-1503 の光学系を示します。ISR-1503 では透過 / 0 度反射測定の場合、試料を水平にセットできるように光学系を配置したことにより、フィルムやテーパー状試料を特に固定する必要がなく、置くだけで測定を可能としました。Fig. 3 にヘーズを算出するために用いる全光線透過光と拡散透過光の測定方法を示します。全光線透過測定では試料を透過してまっすぐ進む光と試料内で拡散した光の両方を測定します。一方、拡散透過測定では Fig. 3 の下図のように積分球の標準白板を外すことで拡散した光のみを測定します。JIS K 7136 の τ_1 、 τ_2 は全光線透過測定に相当³⁾ します（ τ_1 は試料を置かない 100 %T を測定します）。 τ_3 、 τ_4 は拡散透過測定に相当³⁾ します（ τ_3 は試料を置かないほぼ 0 %T を測定します）。ヘーズは全光線透過率に対する拡散透過率の比と定義され、次の式によって算出できます。ヘーズ (%) = $[(\tau_4 / \tau_2) - (\tau_3 / \tau_1)] \times 100$



Fig. 1 ISR-1503 を取り付けした UV-3600 Plus
UV-3600 Plus Integrated with ISR-1503

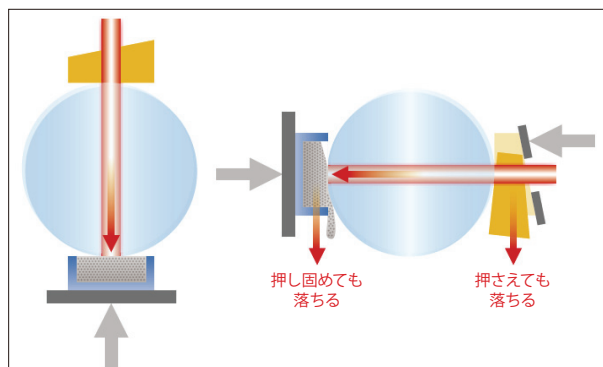


Fig. 2 左：ISR-1503 の光学系 右：通常の積分球
(真横から積分球を見た場合)
Left: Optical System of ISR-1503
Right: Optical System of Conventional Integrating Sphere
(Image of Integrating Sphere from a Lateral View)

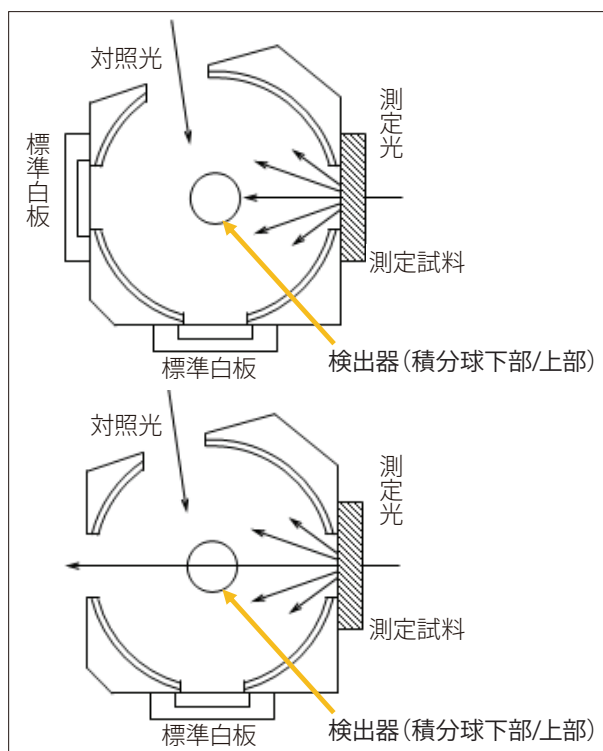


Fig. 3 上：全光線透過測定 (JIS K 7136 の τ_2 測定方法相当)
下：拡散透過測定 (JIS K 7136 の τ_4 測定方法相当)
Upper: Total Light Transmittance Measurement
(τ_2 Equivalent of JIS K 7136)
Lower: Diffuse Transmittance Measurement
(τ_4 Equivalent of JIS K 7136)

■試料のスペクトル測定

Spectra Measurements of Samples

Fig. 4 に測定に用いた材質及び表面加工の異なるプラスチックを示します。No.1～5は厚さ約2～3 mmの板状の試料です。No.1～3の材質はポリメチルメタクリレート (PMMA) で、No.2はつや消し加工が、No.3はストライプ状のテクスチャ構造が施されています。No.4の材質はポリエチレンテレフタレート (PET) で、No.5の材質はポリ塩化ビニル (PVC) です。No.6～7は厚さ約0.3 mmのフィルムで、材質は可塑剤 (フタル酸エステル) が添加されている PVC です。No.7は表面加工が施されています。No.8～9は厚さ約0.03 mmのフィルムです。No.8の材質はポリプロピレン (PP) で、No.9の材質はポリエチレン (PE) です。試料はISR-1503が測定可能な大きさ (最大176 mm (W) × 168 mm (D) × 20 mm (t) 以内) に収まるようにカットして、Table 1 の条件で測定しました。

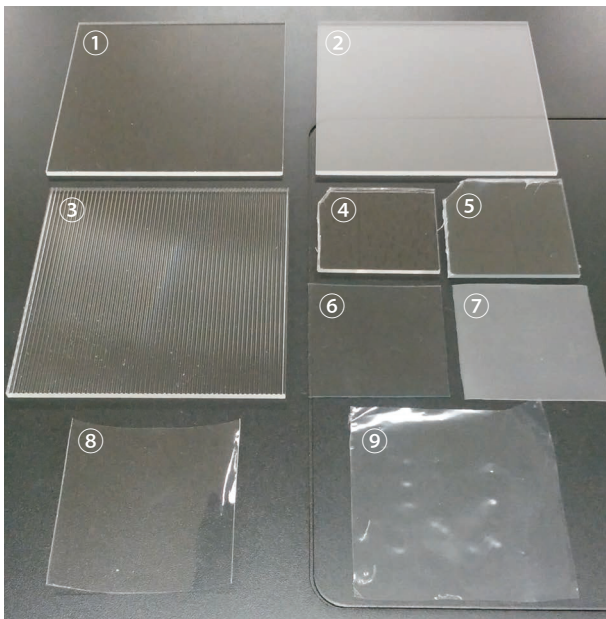


Fig. 4 材質及び表面加工の異なるプラスチック
1: PMMA (クリア), 2: PMMA (つや消し加工),
3: PMMA (テクスチャ), 4: PET, 5: PVC, 6: PVC (クリア),
7: PVC (表面加工), 8: PP, 9: PE
Plastics Made of Different Materials and Surface Treatment
1: PMMA (Clear), 2: PMMA (Matt), 3: PMMA (Textured), 4: PET,
5: PVC, 6: PVC (Clear), 7: PVC (Processing), 8: PP, 9: PE

Table 1 測定条件
Measurement Conditions

使用装置	: UV-3600 Plus, ISR-1503
測定波長範囲	: 200 nm ~ 2500 nm
スキャンスピード	: 中速
サンプリングピッチ	: 1.0 nm
測光値	: 透過率
スリット幅	: (20) nm
光源切替波長	: 290 nm
検出器ユニット	: 外部 (3 検出器)
検出器切替波長	: 870 nm/1650 nm
グレーティング切替波長	: 850 nm
S/R 切替	: 反転
段差補正	: 有効

Fig. 5 に No. 1～3 の全光線透過率スペクトルと拡散透過率スペクトルを示します。No. 1～3の材質はすべて PMMA です。全光線透過率スペクトルから 400 nm より長波長の領域ではどの試料も 90 % 程度の透過率を示していることがわかります。拡散透過率スペクトルでは、No. 2 のつや消し加工が施されている試料で 40 % 程度の透過率が、No. 3 のテクスチャ構造が施されている試料で 70 % 程度の透過率が確認できます。材料表面の加工によって光が拡散していることがわかります。

Fig. 6 に 200～2500 nm の全光線透過率スペクトルを示します。1000 nm より長波長の領域で材質による吸収が確認できます。No. 1～3 は同じ材質なためほぼ同じ波長に吸収が確認できました。

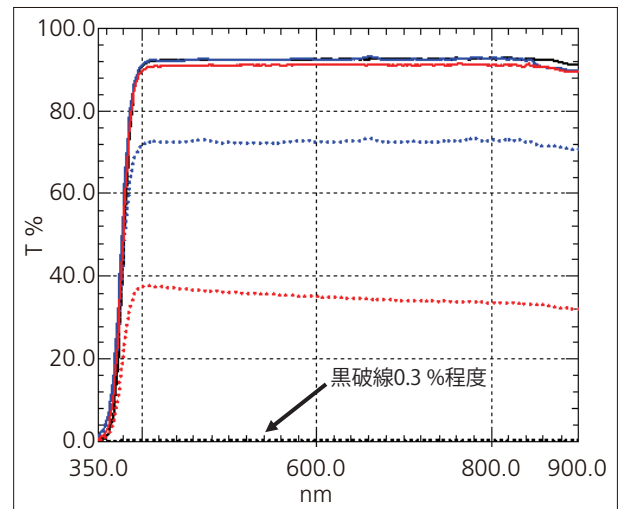


Fig. 5 実線 全光線透過率, 破線 拡散透過率 (PMMA)
黒: No.1 クリア 赤: No.2 マット 青: No.3 テクスチャ
Line: Total Transmittance, Broken Line: Diffuse Transmittance (PMMA)
Black: No. 1 Clear, Red: No. 2 Matt, Blue: No. 3 Textured

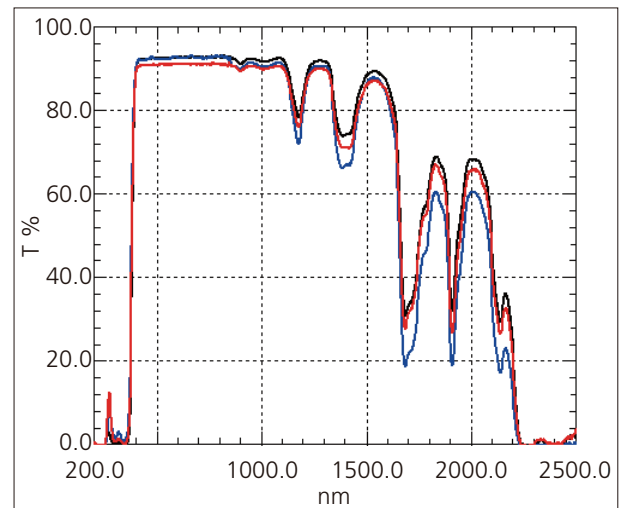


Fig. 6 全光線透過率スペクトル (PMMA)
黒: No.1 クリア 赤: No.2 マット 青: No.3 テクスチャ
Total Transmittance of PMMA
Black: No. 1 Clear, Red: No. 2 Matt, Blue: No. 3 Textured

Fig. 7にNo. 5～7の全光線透過率スペクトルと拡散透過率スペクトルを示します。No. 5～7の主な材質はすべてPVCです。全光線透過率スペクトルから、フィルム試料では400 nmより長波長の領域では90 %程度の透過率を示していることがわかります。板状の試料では600 nm付近に吸収が確認できます。拡散透過率スペクトルでは、No. 7の表面加工が施されている試料で40 %程度の透過率が確認でき、光が拡散していることがわかります。

Fig. 8に200～2500 nmの全光線透過率スペクトルを示します。同じ材質なためほぼ同じ波長に吸収が確認でき、厚さの違いによって吸収の度合いが異なることがわかります。

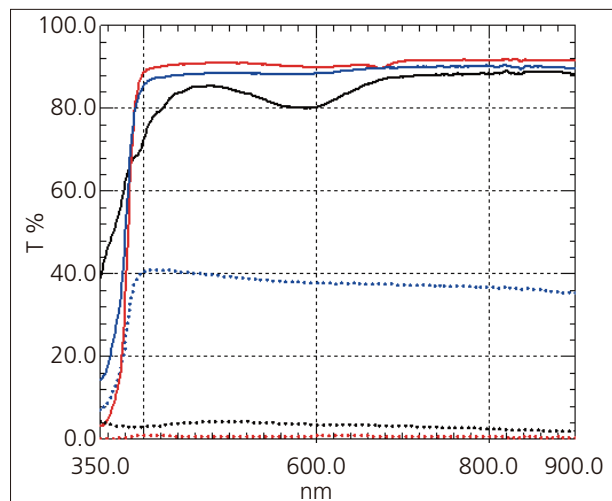


Fig. 7 実線：全光線透過率，破線：拡散透過率 (PVC)
黒：No. 5 板 赤：No. 6 フィルム (クリア)
青：No. 7 フィルム (表面加工)
Line: Total Transmittance,
Broken Line: Diffuse Transmittance (PVC)
Black: No. 5 Plate, Red: No. 6 Film (Clear),
Blue: No. 7 Film (Processing)

Fig. 9にNo. 4, 8～9の全光線透過率スペクトルと拡散透過率スペクトルを示します。全光線透過率スペクトルから、400 nmより長波長の領域ではどの試料も90 %程度の透過率を示していることがわかります。さらにNo. 8～9の薄いフィルム試料では、350～400 nmでも90 %程度の透過率を示していることがわかります。また、どの試料でも拡散透過率が低いことがわかりました。

Fig. 10に200～2500 nmの全光線透過率スペクトルを示します。No. 4の試料では1000 nmより長波長の領域で材質による吸収が確認できます。薄いフィルムの試料はほぼ全波長の領域で高い透過率を示すことがわかります。

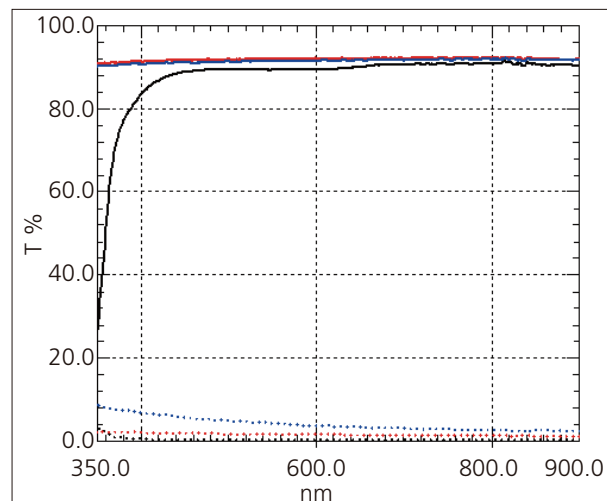


Fig. 9 実線：全光線透過率，破線：拡散透過率
黒：No. 4 PET 板 赤：No. 8 PP フィルム 青：No. 9 PE フィルム
Line: Total Transmittance, Broken Line: Diffuse Transmittance
Black: No. 4 PET Plate, Red: No. 8 PP Film, Blue: No. 9 PE Film

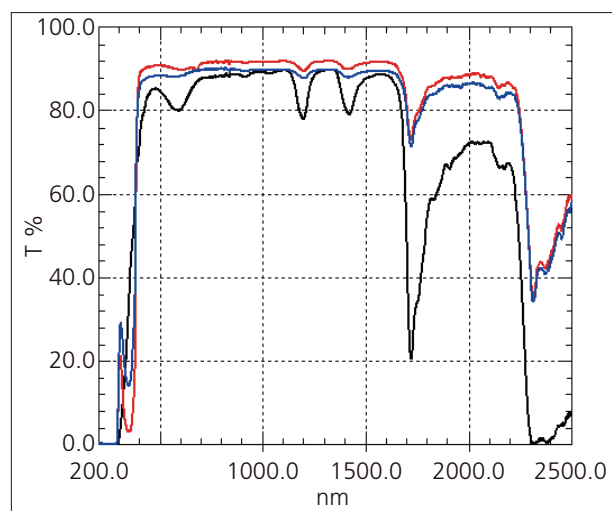


Fig. 8 全光線透過率 (PVC)
黒：No. 5 板 赤：No. 6 フィルム (クリア)
青：No. 7 フィルム (表面加工)
Total Transmittance of PVC
Black: No. 5 Plate, Red: No. 6 Film (Clear),
Blue: No. 7 Film (Processing)

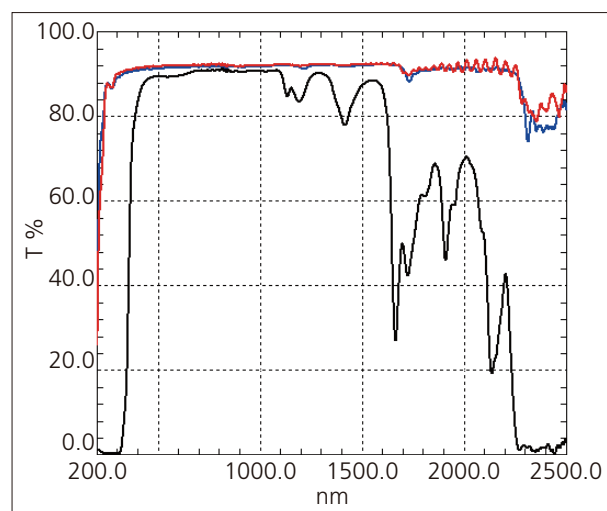


Fig. 10 全光線透過率
黒：No. 4 PET 板 赤：No. 8 PP フィルム 青：No. 9 PE フィルム
Total Transmittance
Black: No. 4 PET Plate, Red: No. 8 PP Film, Blue: No. 9 PE Film

Table 2 ヘーズ及び可視光/日射透過率
Haze Value and Visible Light/Daylight Transmittance

種類	No.	材料	厚さ (mm)	ヘーズ (%)	可視光透過率 (%)	日射透過率 (%)
Plate	1	PMMA (Clear)	2.08	0.17	92.49	87.92
	2	PMMA (Matt)	2.16	38.74	91.06	86.32
	3	PMMA (Textured)	3.15	78.26 ^{※3}	92.36	86.85
	4	PET	1.99	0.11	89.38	86.53
	5	PVC ^{※1}	2.15	4.42	81.93	83.63
Film	6	PVC (Clear) ^{※2}	0.303	0.48	90.35	89.04
	7	PVC (Processing) ^{※2}	0.303	43.09 ^{※3}	88.46	87.58
	8	PP	0.031	1.52	91.92	91.95
	9	PE	0.035	4.36	91.41	91.55

※1 Carboxylated, ※2 PhthalicEster, ※3 JIS K 7136 ではヘーズ 40 % 以下の試料に対する測定のため、値は参考程度です。

全光線/拡散透過率スペクトルからカラー測定ソフトウェアを用いて、 $\tau_1 \sim \tau_4$ を算出しました。カラー測定ソフトウェアでは $L^*a^*b^*$ 表色系やマンセル表色系、XYZ 表色系などの様々な値を計算できます。 $\tau_1 \sim \tau_4$ は標準光源 D₆₅ のもとで計算した XYZ 表色系の Y 値（明度）に相当します。各 τ の値をもとにヘーズを計算した結果を Table 2 に示します。表面加工が施された No. 2, 7 は約 40 % のヘーズを示しました。No. 3 のテクスチャ構造を持つ試料は高い値のヘーズが確認できました。板状の試料では No. 5 の PVC と、薄いフィルム試料では No. 8 ~ 9 も多少のヘーズが確認できました。

また、日射透過率ソフトウェアを用いて、可視光/日射透過率を求めた結果も Table 2 に示します^{注2)}。表面加工が施された試料を含め、すべての試料で概ね 80 ~ 90 % の可視光/日射透過率を示すことがわかりました。試料の明度はほとんど変わらず光の拡散度合いのみが変化したことが推測できます。

まとめ

Conclusion

ISR-1503 を付属した UV-3600 Plus を用いて材質の異なるプラスチックの全光線/拡散透過測定を行いました。また、測定結果とソフトウェアを用いることで、各試料のヘーズや可視光/日射透過率を算出できました。

スペクトルやヘーズ、可視光/日射透過率を測定することで、今後開発されるより高機能な材料や製品の評価/確認を行うことが期待されます。

注 1) JIS K 7136 はシングルビームを想定した規格であり、またそのため積分球に補償開口を必要とします。UV-3600 Plus ではダブルビームであり、また ISR-1503 には補償開口はないため、完全に JIS に準拠しているわけではありませんが、ヘーズの値に影響はないと想定しています。ヘーズ算出の式については、2010年6月1日作成の正誤表をご参照ください。

注 2) 日射透過率ソフトウェアでは 300 ~ 2100 nm の範囲で日射透過率を計算しています。「ユーザ定義」の機能を用いると 300 ~ 2500 nm の範囲で計算することもできます。

参考文献

- 1) ISO 14782 Plastics-Determination of haze for transparent materials
- 2) JIS K 7136 プラスチック - 透明材料のヘーズの求め方