

(3) 全半球放射率

Total hemispherical emittance

全半球放射率は、任意温度の物体表面から単位時間、単位面積当たり半球空間に放射するふく射エネルギーと、それと同条件の黒体との比で表される。

分光法による全半球放射率の導出

全半球放射率の測定方法にはカロリメータ法と分光法があるが、本装置は次式で示す分光法を基本とする。

$$\varepsilon_H(T) = \frac{\int_0^{\pi/2} \int_{0.6}^{42} \{1 - R(\lambda, \theta)\} E_{b\lambda}(\lambda, T) \cos\theta \sin\theta d\lambda d\theta}{\int_0^{\pi/2} \int_{0.6}^{42} E_{b\lambda}(\lambda, T) \cos\theta \sin\theta d\lambda d\theta}$$

R	分光反射率
E_b	黒体放射エネルギー @ 300K
λ	波長 0.6~42 μm
θ	入射角

ポータブル全半球放射率測定器 PM-E2



PM-E2測定原理-1

光源のふく射が積分球に照射されているときの検出器の受光エネルギーを次式で示す。

$$E_s = E_{s,R} \{\varepsilon_s(T_s)\} + E_{s,I} \{\varepsilon_s(T_s)\} + E_{i,I} \{\varepsilon_i(T_i)\}$$

右第1、2項はサンプルの反射とふく射、第3項は積分球のふく射である。

E のエネルギーを受光した検出器出力電圧を $V = f(E)$ とすると、以下のように表される。

$$V_s = f[E_{s,R} \{\varepsilon_s(T_s)\} + E_{i,I} \{\varepsilon_i(T_i)\}]$$

なお、測定系がKirchhoff則の以下の制約条件を満足しているものとする。

$$\varepsilon_H = 1 - \rho_{HH} \cong 1 - \rho_{dH}$$

ここで、 $_{HH}$ は半球入射半球反射、 $_{dH}$ は方向入射半球反射である。

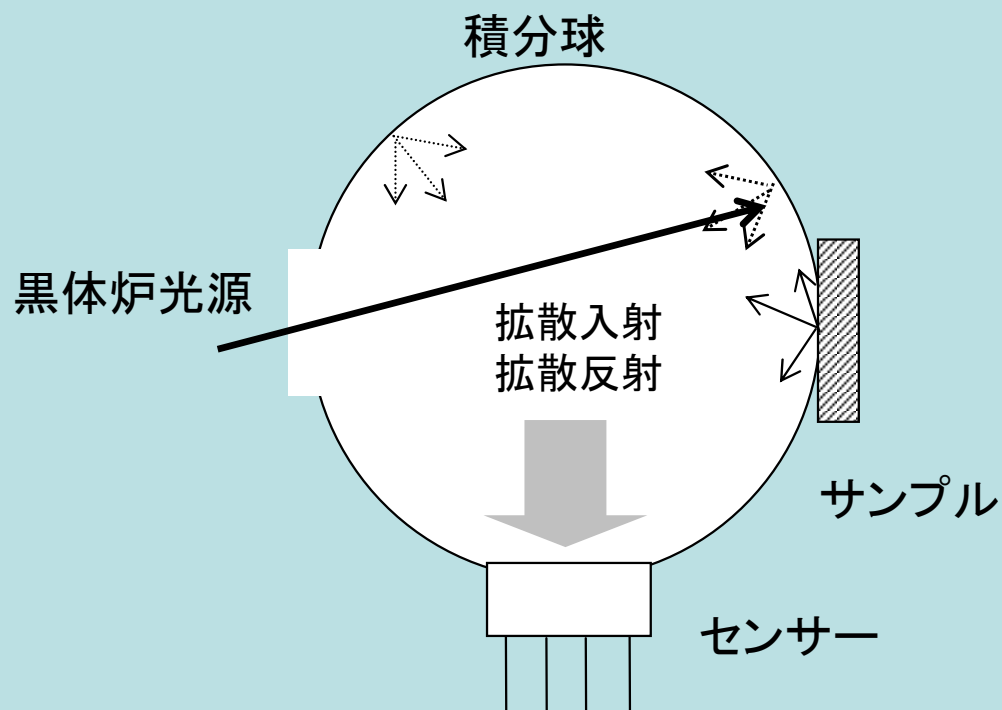
高・低全半球放射率の基準サンプルを用いることにより、次式からサンプルの全半球放射率 $_{H}$ が算出される。

$$\varepsilon_H(T) = \frac{\{\varepsilon_l(T_l) - \varepsilon_h(T_h)\}V_s + \varepsilon_h(T_h)V_l - \varepsilon_l(T_l)V_h}{V_l - V_h}$$

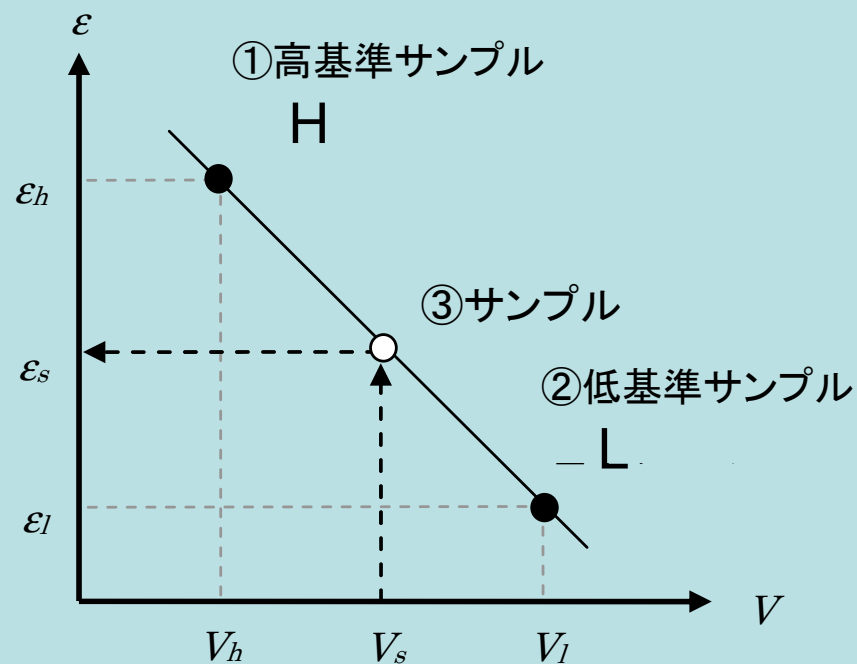
測定原理-2

測定手順

- ①高基準サンプルの測定 H
- ②低基準サンプルの測定 L
- ③サンプルの測定



測定部概念図



測定原理

PM-E2の特徴

- 半球入射の半球反射より全半球放射率を求めています。
- Kirchhoff の制限から光源黒体温度を60°Cとし、かつ積分球による構造的な不確かさを考慮して全半球放射率を0.05のk精度で実現しています。
- カロリメータ法や光学定数法により、測定の不確かさの評価を行っています。
- 小さなサンプルから、従来測定が困難な部品や装置の全半球放射率を直接測定が可能です。
- 太陽電池素子・塗料・セラミックス・複合材料等の開発や品質管理、プラントの熱エネルギーの有効利用および省エネ設計に有効です。

PM-E2 仕様

測定部・操作部

測定範囲	0.05 ~ 0.95
黒体炉光源温度	約333K (約60°C)
積分球	<ul style="list-style-type: none">・ 直径30mm・内面金メッキ処理・ サーモパイル
検出器	<ul style="list-style-type: none">・ 波長範囲 0.6 ~ 42 μm (300K黒体ふく射エネルギーの95%をカバー)
測定方法	拡散入射・拡散反射より全半球放射率測定
測定の不確かさ	<ul style="list-style-type: none">・ 0.05以内 (再現性0.02以内)
測定時間	約2分以内 (基準サンプル測定時間を含む)
外形寸法 (質量)	<ul style="list-style-type: none">・ 操作部 : W82 × H32 × D145mm (0.2kg)・ 測定部 : W60 × H74 × D125mm (0.7kg)・ 測定窓 : 直径10mm

基準サンプル

低全半球放射率	0.05@293K (金メッキ、またはAl蒸着テープ)
高全半球放射率	0.85@293K (ブラックカプトンテープ)

データ表示

表示・演算 全半球放射率

測定環境

- 測定は安定した室温で行うこと。そして、空調の風がPM-E2や試料等に直接当たらない環境で行うこと。
必要に応じて簡易ブースを用いること。
- * 室温が20°C以下の場合、サンプル窓面以外を3層のアルミホイルで包み(右図)装置温度を約30°Cに保つことにより、安定した結果が得られます。
- 測定は装置On後約1時間から2時間後に行うことを推奨する。
-



測定準備1 (厚み3mm以下の小さいサンプル)

高・低基準・評価(25R)等の3サンプルは、断熱板上に縦に並べ(Fig.1)、測定部を3サンプルの上に置き等温にする(Fig.2)。



Fig.1



Fig.2

測定準備2(パネル・装置等)

高・低基準サンプルを測定対象物に設置し、その上に測定部を置き、基準サンプル測定対象物を暖め等温にする。



A: 高低基準サンプル、B: 測定対象物

測定手順

①校正

高基準サンプル ($H = 0.85$)、低基準サンプル ($L = 0.05$)

②高・低準サンプルのチェック

$H = 0.85 \pm 0.01$ 、 $L = 0.05 \pm 0.01$

Yes の場合③へ、No の場合①へ

- 測定開始時には、①②を3回程度繰り返すことを推奨する。

③サンプル測定

測定の確かさを調べるため、①②③②の測定手順を推奨する。

- 金属薄膜蒸着高分子フィルムの場合

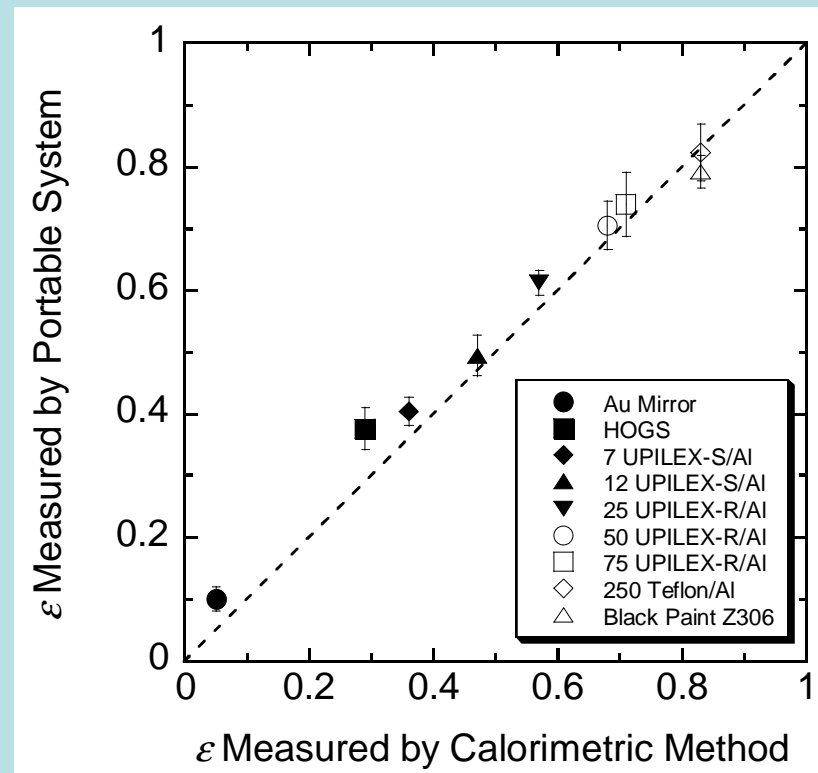
高分子フィルムの複雑な吸収特性と吸湿性により、 ε の値が安定しないことがあります。その時はドライヤー等でサンプルを約 60°C 、5分間ほど加熱してください。

H の不確かさ

光源と試料の温度差による原理的 (Kirchhoff の制限)	0.02以下
積分球による半球放射率の算出	0.03 以下

測定例 / 全半球放射率

Samples	PM-E2	カロリメータ法 @293K
金ミラー	0.05	0.03
グラファイトシール	0.33	0.29
Al 蒸着Upilex25R	0.54	0.57
ゲルマニウム	0.64	0.69
Al 蒸着Upilex75R	0.72	0.71
黒色塗料	0.83	0.77



他測定器との比較

サンプル	カメラ法(isas)	PM-E2	TESA2000	TSS-5X	D&S AERD
	全半球放射率	全半球放射率		垂直放射率	
Al蒸着 Upilex25R	0.57@20°C	0.56-0.58 @27°C	0.66	0.64-0.66	0.59-0.64
Al蒸着 Upilex50R	0.68@20°C	0.67-0.69 @27°C	0.77	0.74-0.77	0.72-0.75

isas: 宇宙科学研究所 JAXA

納入先

1	JAXA isas	
2	Panasonic	2011
3	NT space	2012
4	北海道大学	2012
5	東芝	2013
6	Korea Aerospace Research Institute	2014
7	名古屋大学	2014
8	旭硝子	2016