

〔3〕 上方/下方日射反射率評価（概要版）

1 はじめに

近年、夏季の空調負荷の低減を目的として、建築物の屋根面や窓面に日射を反射する機能を付与することで、建築物内部に流入する熱量を抑制する遮熱技術が多く用いられている。建築物の鉛直面において、壁面や窓面で反射される日射のうち、地表方向（下方）へ反射される日射は、歩行者空間の温熱環境の悪化を増長し、一部は地表面等に吸収される。一方、天空方向（上方）へ反射される日射は、大気圏外まで到達するため、都市の受熱量が低減し、ヒートアイランド現象の改善に寄与する。

この概要版は、建築物の鉛直壁面及び窓面での、上方への日射反射による効果の定量化に関わる、「再帰性高日射反射率外壁材」及び「再帰性高日射反射率窓フィルム」の認証評価における、日射反射率の測定法について規定する。

なお、この概要版は、「JIS A1494 建築窓ガラス用フィルムの再帰性日射反射性能の測定方法」の制定にともない、これと整合性を図ることを目的とした、改定版である。認証評価にあたっては、測定法の詳細が規定された、JIS A1494 を併せて参照されたい。

2 用語及び定義

主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 1494 による。

2.1

入射角

試料表面の法線と入射光線束とがなす角度

2.2

半球

試料表面から全方向に反射される光線束の反射範囲

2.3

上方

試料表面及び水平面に相当する面を境界面として、入射光線束側の四分球に反射される光線束の反射範囲

2.4

下方

試料表面及び水平面に相当する面を境界面として、鏡面反射光線束側の四分球に反射される光線束の反射範囲

2.5

分光反射率

規定の波長域（300 nm～2,500 nm）において、分光光度計を用いて測定した、入射光線束及び反射光線束の比から求めた値

2.6

重価係数

日射の相対分光分布を示す係数

2.7

日射反射率

規定の波長域において求めた分光反射率に重価係数を乗じ、加重平均によって求めた値

3 記号及び添字

3.1 記号及び単位

記号及び単位は、表 1 による。

表 1—記号及び単位

記号	量	単位
E	日射の相対分光分布	—
λ	波長	nm
ρ	反射率	%
Φ	光線束	—

3.2 添字

添字は、表 2 による。

表 2—添字

記号	意味
c	反射光線束補償
e	日射
i	入射
m	ハーフミラー
r	反射
sp	試料
st	標準白色板

4 上方日射反射率概要

一般に日射反射率は、試料表面から全方向（半球）に反射する反射光線束を対象とする、半球日射反射率で表される。上方日射反射率は、この半球のうち、入射側の四分球の範囲（上方）に反射する反射光線束を対象とする反射率であり、鉛直壁面において水平面を境界面とする、天空側への日射の反射率として規定している。（図 1 参照）

また、上方日射反射率は、積分球を用いた光学測定を基に求めるもので、光源からの光線束を

入射する試料表面を、積分球内に露出した状態で、鏡面反射側の四分球の範囲（下方）を光トラップで立体的に覆うことで、下方に反射した光線束を全て吸収し、上方に反射した光線束だけを選択的に計測する。（図 2 参照）

なお、下方日射反射率は、半球日射反射率と上方日射反射率の差分として、計算によって求める。

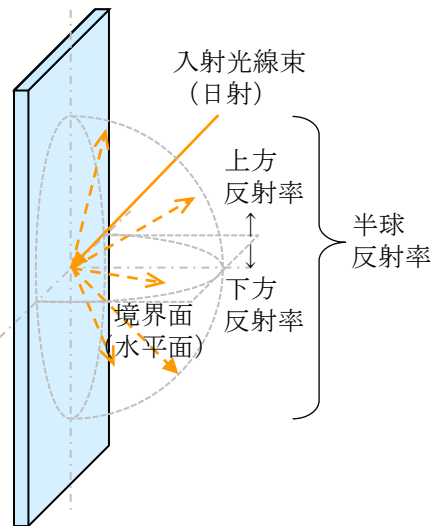


図 1—上方反射率の規定

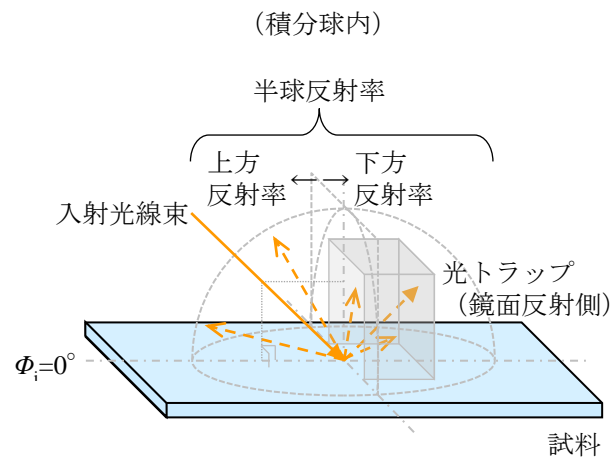


図 2—上方反射率の測定概念図

5 装置

装置の構成、材質、及び寸法等の仕様の詳細は、JIS A 1494 に準じる。

5.1 分光光度計

分光光度計の波長目盛の範囲は、300 nm～2,500 nm を満たすものが望ましく、少なくとも 300 nm～2,100 nm を満たすものとする。

5.2 積分球

積分球は、図 3 に示すように、上部と下部とに分割され、上部が着脱可能なものとする。積分球上部には入射角 60° 及び 10° において測定が可能な入射開口部を、また積分球下部の内部には試料台を設ける。この試料台上に試料、光トラップなどを配置し、積分球上部、下部及び試料台を密着して取り付け、積分球内を上下に仕切った状態で、試料台上側の積分球内で多重反射した光線束を測定する。

なお、入射開口部について、 60° は認証評価の規定の入射角である。一方の 10° は分光光度計など市販の装置の平均的な仕様と想定される入射角であり、他の装置との比較による精度の検証測定を目的とする。

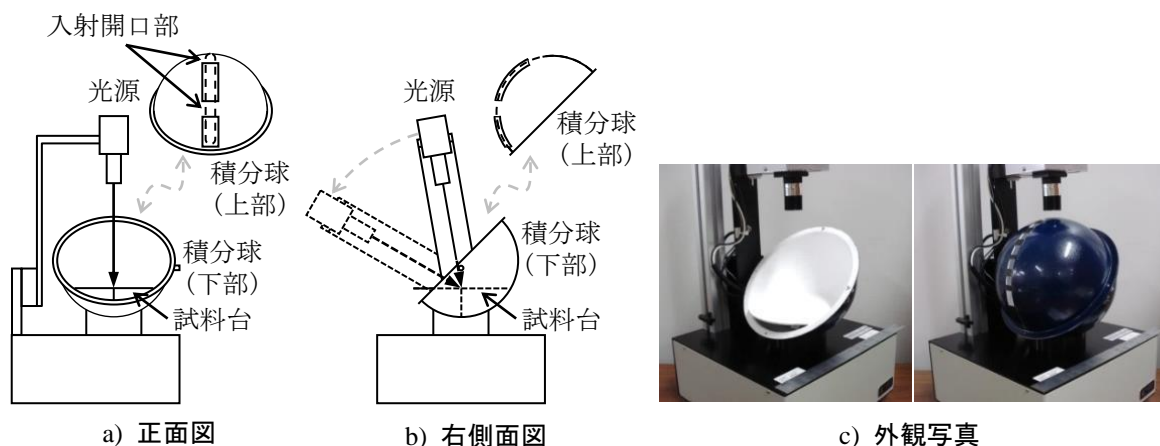


図 3—積分球装置の例

5.3 光源

光源は、300 nm～2,500 nm の波長域において、時間的に安定したものをを用いる。また、光源は、入射角の調整機能を持ち、試料台上の中心に、入射角 60°及び 10°で入射光線束の照射が可能なものとする。

5.4 標準白色板

標準白色板は、公的機関によって校正された、300 nm～2,500 nm の波長域の分光反射率が目盛で定められている、ふっ素樹脂系標準白色板を用いる。

5.5 光トラップ

5.5.1 一般

光トラップは、吸収体を用いて箱状に構成した装置であり、300 nm～2,500 nm の波長域において、97%以上の吸収率をもつものとする。

5.5.2 鏡面反射側光トラップ

鏡面反射側光トラップは、試料表面から下方に反射した反射光線束を吸収し、積分球内への混入を防ぐために用いるもので、入射開口面及び試料に接する面を除く、4面の内面に吸収体を配した箱状の装置で、水平面に相当する境界面に接する形で、下方の範囲を覆うように配置する。(図 4 参照)

また、鏡面反射側光トラップは、試料の反射特性に応じ、適宜寸法の調整を行うものとする(詳細は本概要版の末尾に記載)。

5.5.3 透過側光トラップ

透過側光トラップは、再帰性高日射反射率窓フィルムなど、評価対象の試料が透過性を有する場合、試料の透過光線束を吸収し、積分球内への混入を防ぐために用いるもので、上面の一部に試料を取り付ける開口部を設け、内面に吸収体を配した箱状の装置である。試料は、透過側の面を吸収体で覆うよう、開口部に下向きに取り付ける。(図 4 参照)

また、透過側光トラップは、 60° 以上の入射角において、試料を透過した光線束が、透過側光トラップ底面での鏡面反射によって試料に再入射せずに、透過側光トラップの上面及び側面の吸収体に入射するよう十分な高さをもつものとし、且つ試料が標準白色板と同じ高さになるよう、適宜高さを調整する設置台を取り付け、これらを一体として測定に用いる。(図4参照)

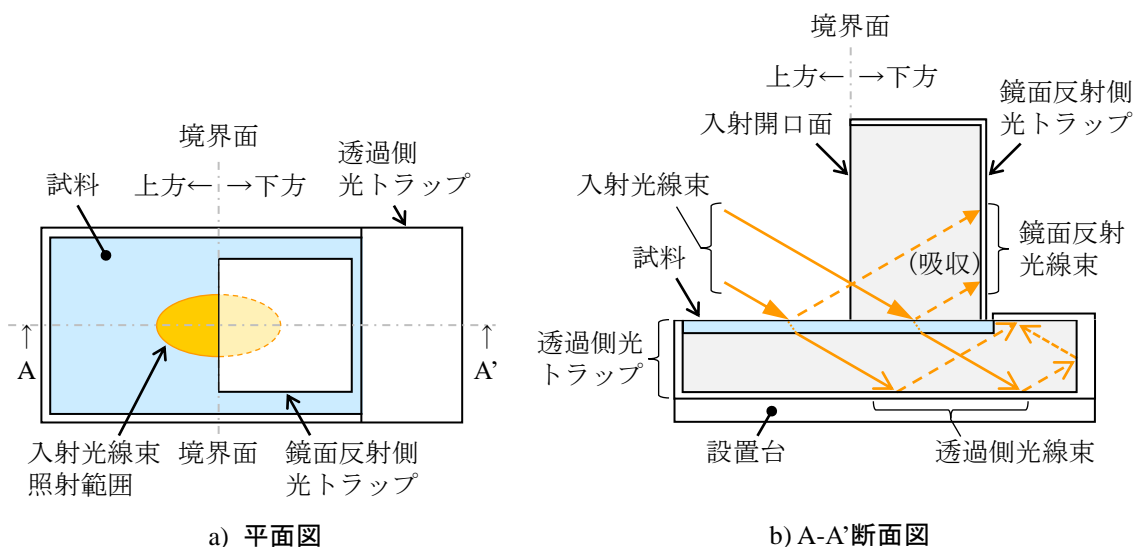


図4-光トラップ概念図

5.6 ハーフミラー

ハーフミラーは、積分球の入射開口部から散失する反射光線束を補償するもので、入射角 15° 以下の入射光線束に対する、波長域 $300\text{ nm} \sim 2,500\text{ nm}$ における分光反射率及び分光透過率が、それぞれ 30% 以上のものを用いる。

6 試料

6.1 一般

試料は、 $70\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ の矩形を基準とし、短手を水平方向と定め、長手を入射光線束の入射方向と平行に配置して測定に用いる。また、試料は、入射方向が判別できるよう、側面などにマーキングを行う。

(注) 試料の反射角度特性など、できるだけ詳細な光学特性を、認証評価依頼時に評価実施機関へ報告するものとする。

6.2 再帰性高日射反射率外壁材

試料は、厚さ 24 mm を基準とする。試料の厚さが 24 mm に満たない場合は、試料と同じ大きさの設置台を下部に取り付けるものとし、試料と設置台を合わせ厚さ 24 mm とする。また、試料の表面や内部に、指向反射性或いは拡散反射性を発現する周期性の構造体を有する場合、構造体一周期の大きさは 5 mm 以下、高さ 5 mm 以下を基準とする。(図5参照)

(注) 試料及び構造体の大きさが基準を超える場合は、標準的な試験方法では測定できないことも想定されるため、試料の仕様について、試験の依頼時に評価実施機関と協議するものとする。

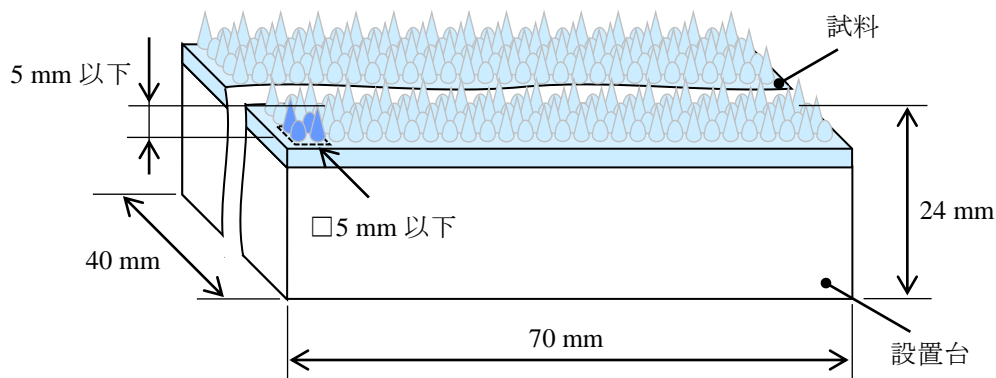


図5—周期性の構造体を有する試料の例

6.3 再帰性高日射反射率窓フィルム

試料は、「JIS A 5759 建築窓ガラス用フィルム」に準じ、窓フィルムを基材となる厚さ 3 mm のフロートガラスに貼合したものとする。

(注) 試料に用いた基材と同じ、厚さ 3 mm のフロートガラス（フィルム貼合なし）を、試料と共に評価実施機関に提出するものとする。

7 認証評価

認証評価は、入射角 60°において、7.1 及び 7.2 に示す半球分光反射率及び上方分光反射率の測定を基に、7.3 に示す上方日射反射率及び下方日射反射率を算定、評価するものとする。なお、7.1 及び 7.2 は、再帰性高日射反射率窓フィルムなど、透過性を有する試料の測定を例としている。

7.1 分光反射率測定

7.1.1 一般

分光反射率の測定に用いる、鏡面反射側光トラップ及び透過側光トラップは、標準白色板及び試料と共に積分球内に配置するため、積分球内で拡散反射、多重反射が生じる過程で、測定すべき光線束の一部が吸収されることで、誤差が生じる。そこで、7.1.2 に示す方法により、吸収によるロスを含み、ロスが生じた状態の光線束を基準として、入射光線束及び試料の反射光線束を求めることで、光トラップによる吸収の影響を排除する。

7.1.2 分光反射率測定法

分光反射率は、標準白色板、透過側光トラップを取り付けた試料、及び鏡面反射側光トラップを、常時積分球内に配置した状態で測定を行う。

半球分光反射率の測定の配置を図 6 a) 及び 図 6 b) に、上方分光反射率の測定の配置を図 7 a) 及

び図 7 b)に示す。標準白色板と、透過側光トラップを取り付けた試料及び鏡面反射側光トラップとを入替えて、交互に入射光線束の照射位置に配置し、一定の吸収ロスのもと、標準白色板の反射光線束及び試料の反射光線束を測定する。

なお、上方分光反射率の測定においては、試料表面の入射光線束の照射範囲の中心線上を境界面と定め、この境界面と入射開口面とが一致するように、試料上の鏡面反射側光トラップの配置位置を調整する。(図 4 参照)

7.1.2 に示す測定法において、入射光線束は、標準白色板の反射光線束を標準白色板の校正分光反射率で除したものに相当し、式(1)によって求める。半球分光反射率及び上方分光反射率は、それぞれの入射光線束と試料の反射光線束との比であり、式(2)によって求める。

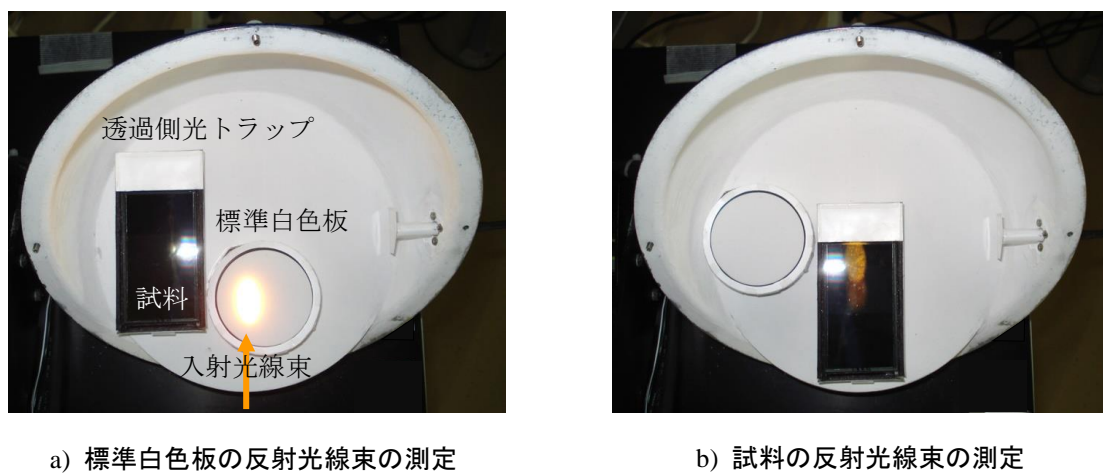


図 6—半球分光反射率の測定

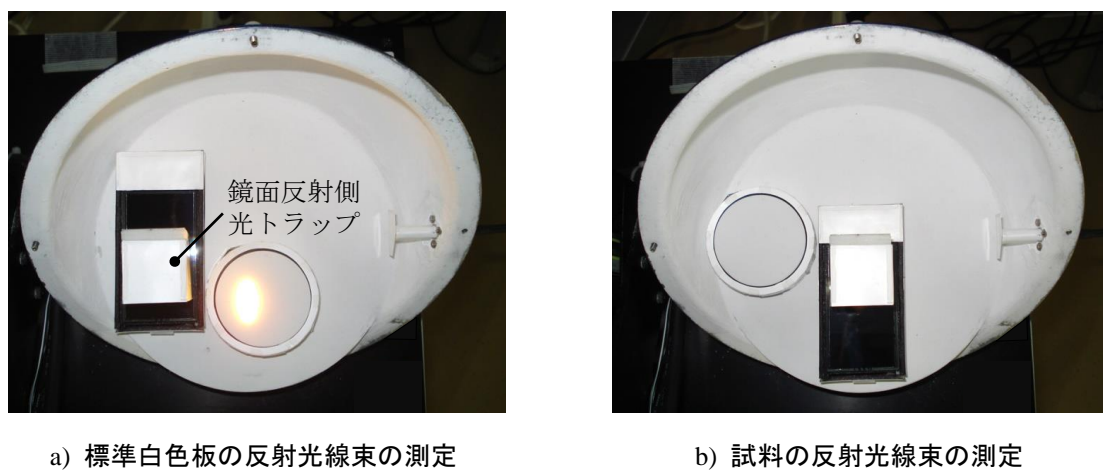


図 7—上方分光反射率の測定

$$\Phi_{\lambda,i} = \frac{\Phi_{\lambda,r,st}}{\rho_{\lambda,st}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、
 $\Phi_{\lambda,i}$: 入射光線束
 $\Phi_{\lambda,r,st}$: 標準白色板の反射光線束
 $\rho_{\lambda,st}$: 標準白色板の分光反射率 (%)

$$\rho_{\lambda,sp} = \frac{\Phi_{\lambda,r,sp}}{\Phi_{\lambda,i}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、
 $\rho_{\lambda,sp}$: 半球分光反射率 (%)
 $\Phi_{\lambda,r,sp}$: 試料の反射光線束
 $\Phi_{\lambda,i}$: 入射光線束

7.2 再帰反射を含む分光反射率測定

7.2.1 一般

試料の反射特性によって、上方に指向性反射する反射光線束のうち、入射方向へ再帰反射する光線束が多い場合、積分球の入射開口部からの散失により、誤差が生じる。この場合、7.2.2 に示す反射光線束の補償、或いは 7.2.3 に示す反射光線束の散失抑制の測定法により、誤差を低減する。なお、これらの測定法は、測定法そのものにも誤差要因があるため、試料の反射特性や吸収に起因する誤差要因と併せ、誤差が少ない測定法を選択する。

7.2.2 反射光線束補償測定法

積分球の入射開口部を覆うようにハーフミラーを設置し、7.1.2 に示す方法で試料の分光反射率を測定する。(図 8 参照) また同じく、7.1.2 に示す方法で、ハーフミラーを設置せず、試料の分光反射率を測定する。これらの分光反射率、及びハーフミラーの分光反射率から、反射光線束を補償した試料の分光反射率を式(3)によって求める。

式(3)において、両辺に入射光線束 $\Phi_{\lambda,i}$ を乗じ、各項を反射光線束として考えた場合、ハーフミラー設置有無での分光反射率の差分 ($\rho_{\lambda,sp,m} \cdot \rho_{\lambda,sp}$) と $\Phi_{\lambda,i}$ の積が、ハーフミラーで積分球内に反射された光線束である。これをハーフミラーの分光反射率 ($\rho_{\lambda,m}$) で除した光線束 (式(3)の第 2 項) が、積分球内からハーフミラーへ入射する光線束である。ハーフミラーへの入射光線束は、ハーフミラーを設置しない状態で、入射開口部から散失する光線束であるため、この光線束とハーフミラーを設置せず散失が生じた状態の光線束 ($\Phi_{\lambda,i} \rho_{\lambda,sp}$) との和をとることで、散失分を含む全反射光線束 $\Phi_{\lambda,i} \rho_{\lambda,sp}$ が求められる。式(3)は、この散失分を含む全反射光線束を対象とする分光反射率を求めるものであり、上述の入射光線束 $\Phi_{\lambda,i}$ を使わず表現している。

なお、ハーフミラーは積分球入射開口部上に密接して設置するものとし、試料からの反射光線

束の入射角を求め、この入射角におけるハーフミラーの分光反射率を算定に用いる。

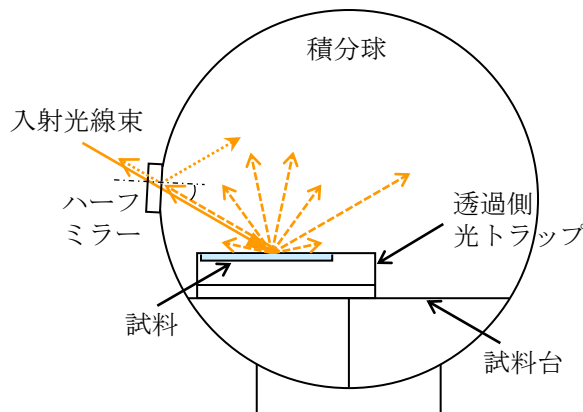


図 8—反射光線束補償測定法の概念図

$$\rho_{\lambda,sp,c} = \rho_{\lambda,sp} + \frac{\rho_{\lambda,sp,m} - \rho_{\lambda,sp}}{\rho_{\lambda,m}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

- ここで、
- $\rho_{\lambda,sp,c}$: 反射光線束補償分光反射率 (%)
 - $\rho_{\lambda,sp}$: 分光反射率 (ハーフミラー設置無し) (%)
 - $\rho_{\lambda,sp,m}$: 分光反射率 (ハーフミラー設置有り) (%)
 - $\rho_{\lambda,m}$: ハーフミラーの分光反射率 (%)

7.2.3 反射光線束散失抑制測定法

反射指向性が強く、反射角度特性に入射方位角 (Φ_1) 依存がある場合、入射角 60°固定の状態
 で、入射光線束に対する試料の面内角度 (方位角) を調整することにより、入射開口部からの散
 失を抑制する。直線状の構造体を有する試料における、反射光線束散失抑制測定法の例を図 9 に
 示す。ここで、構造体の稜線が試料の水平 (短手) 方向である場合、稜線に垂直の方向 ($\Phi_1=0^\circ$)
 から入射した光線束は、構造体によって入射方向に反射され、開口部から散失する。一方、稜線
 に垂直でない方向から光線束が入射した場合、入射方向から $2\Phi_1$ の方向の、積分球内壁に反射す
 るため、散失を抑制できる。

測定は、7.1.2 に示す方法において、入射光線束に対する試料の方位角を調整して行う。なお、
 方位角は、試料の本来の試験条件 ($\Phi_1=0^\circ$) における、反射特性及び反射率との差異を抑えるため、
 $\pm 10^\circ$ 以内とする。

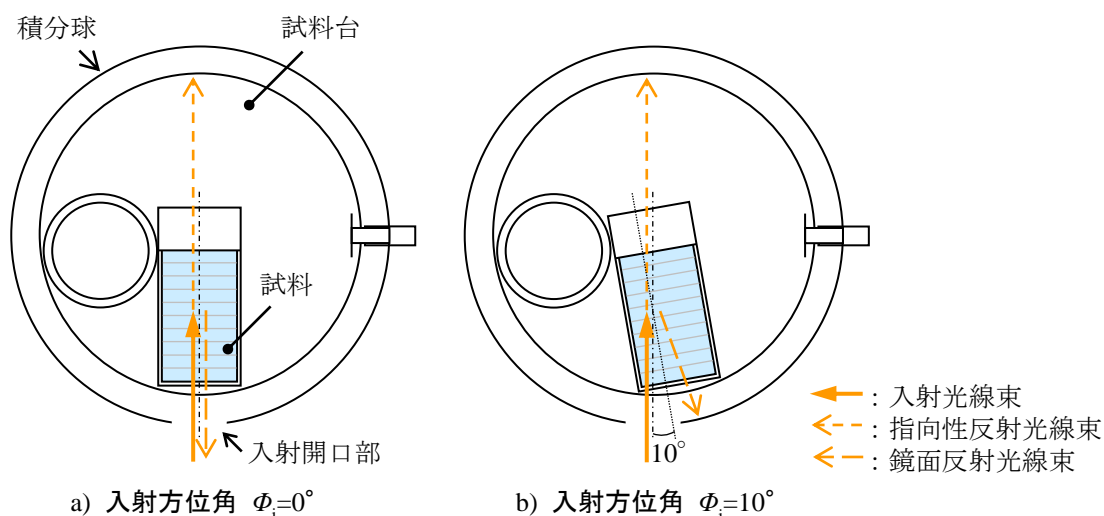


図9—反射光線束散失抑制測定法の例

7.3 日射反射率の算定

日射反射率は、半球分光反射率及び上方分光反射率の測定結果を基に、半球日射反射率及び上方日射反射率を式(4)より算定する。また、下方日射反射率は、これら半球日射反射率及び上方日射反射率の差から算定する。

なお、式(4)においては、認証評価の対象に応じ、「再帰性高日射反射率外壁材」は「JIS K 5602 塗料の日射反射率の求め方」、「再帰性高日射反射率窓フィルム」は「JIS A 5759 建築窓ガラス用フィルム」に規定する重係数をそれぞれ用いる。重係数とは、日射の相対分光分布 E_λ 及び波長間隔 $\Delta\lambda$ から得られる係数である。

$$\rho_{e,sp} = \frac{\sum_{300}^{2500} \rho_{\lambda,sp} E_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{300}^{2500} E_\lambda \Delta\lambda} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、
 $\rho_{e,sp}$: 日射反射率 (%)
 $\rho_{\lambda,sp}$: 分光反射率 (%)
 $E_\lambda \Delta\lambda$: 重係数

▶ 鏡面反射側光トラップの寸法調整について

反射光線束の拡散や分離の少ない鏡面反射性の試料、及び均等拡散反射性の試料における、下方反射光線束の吸収の概念図を図 10～13 に示す。光線束は試料上の一定の範囲に入射するものであり、入射範囲の各点で、光トラップとの位置関係及び反射光線束の吸収の程度が異なり、入射点 1 及び入射点 2 の間で、最も差異が大きい。(図 10 参照)

鏡面反射性の試料においては、下方反射光線束は主にガラス界面等での鏡面反射成分に限定される。この場合、境界面の鏡面反射側に光トラップを配置することにより、下方反射光線束を吸収し、再帰性高日射反射率窓フィルムなどによる、上方反射光線束だけを選択的に測定できる。

(図 11 参照)

一方、図 12 及び図 13 に示すように、均等拡散反射性の試料においては、下方反射光線束である光線束 a が吸収されず、上方反射光線束である光線束 b が吸収される。ここで、鏡面反射側光トラップは、境界面と入射開口面とが一致するように配置するものであり、光線束 a と光線束 b、光線束 c と光線束 d など、境界面に対し同一の角度の反射光線束間で相殺の関係となるため、上方反射光線束の測定が可能となる。

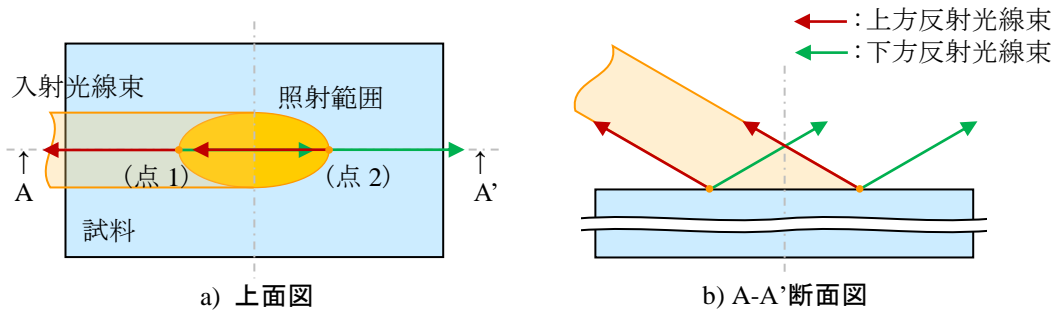


図 10—鏡面反射性試料の反射概念図

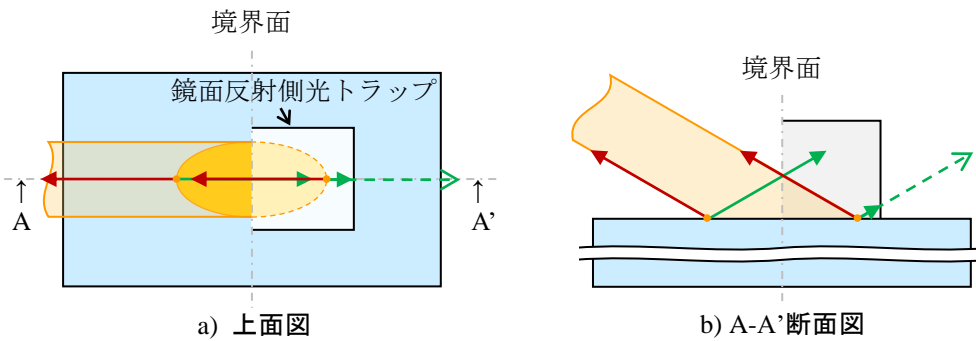


図 11—鏡面反射性試料の下方反射吸収概念図

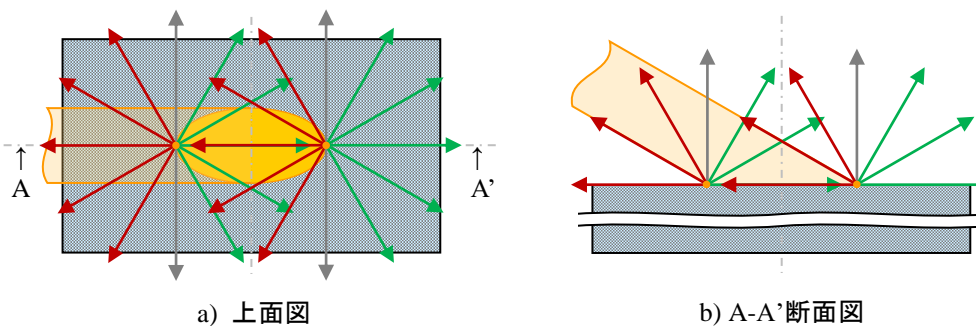


図 12—均等拡散反射性試料の反射概念図

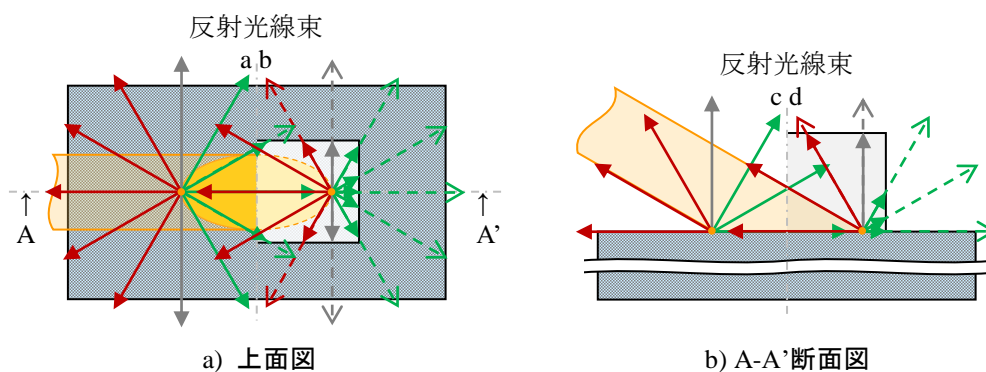


図 13—均等拡散反射性試料の下方反射吸収概念図

認証評価の対象となる再帰性高日射反射率の素材は、入射方向（上方）への反射性能を備えたものであり、鏡面反射性に加え、上方への指向反射性、拡散反射性、及びこれらが合わさった指向性拡散反射など、様々な反射特性を有する。これら、指向性反射や不均等な拡散反射性を有する試料において、境界面に対し同一の角度の下方反射光線束と上方反射光線束とで大きさが異なる場合、相殺関係が成り立たず測定誤差が生じる。

これらの測定誤差が想定される場合は、図 14 に示すように、境界面方向に反射する、上方反射光線束（e 及び f）を吸収せず、下方反射光線束（g 及び h）を吸収するよう、十分な幅、高さをもつ鏡面反射側光トラップを用いるのが望ましい。

鏡面反射側光トラップは、無限長の幅、高さをもつものが理想であるが、光トラップを配置する積分球の大きさは有限であり、また光トラップの大きさに比例して吸収ロスが増えるため、S/N など測定精度の低下が懸念される。よって、測定精度の許容範囲内で光トラップの大きさを抑えるものとし、試料にあわせて適宜寸法の調整を行う。

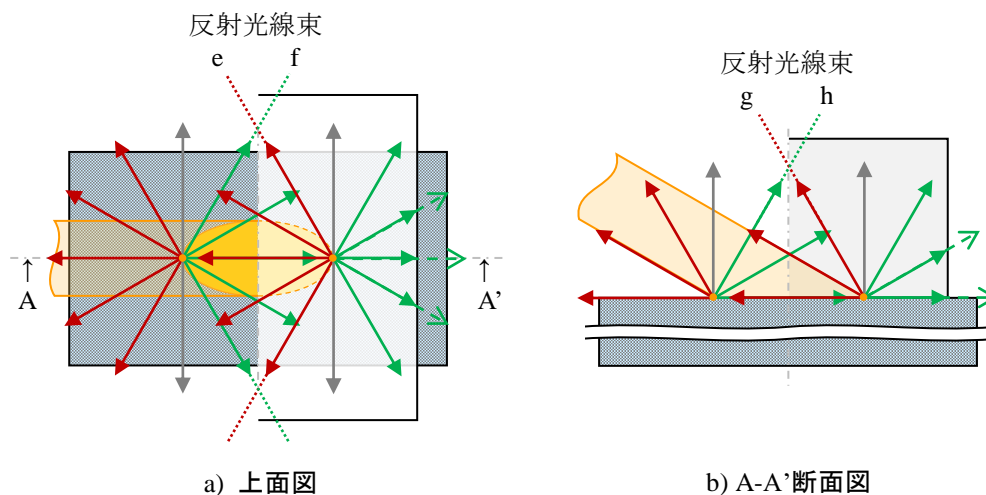


図 14—鏡面反射側光トラップの寸法調整の例

【改定履歴】

- ・平成 28 年 12 月 新規作成
- ・令和 3 年 3 月 「JIS A1494 建築窓ガラス用フィルムの再帰性日射反射性能の測定方法」（令和 2 年 2 月制定）との、整合性を図ることを目的とした、全面改定