

ヒートアイランド対策技術 実証試験要領作成の方向性

1. 対象技術について

本実証試験要領の対象となるヒートアイランド対策技術は、「建築物（事務所、店舗、住宅など）の表面技術であり、室内冷房負荷を低減させることによってヒートアイランド対策効果が得られるもの」とし、上記原理に合致する技術は幅広く対象とする。代表的なものとしては、窓用の日射遮蔽フィルム、高反射性・遮熱塗料などが想定される。

2. 試験条件の考え方

- 建築物の表面技術について、そのヒートアイランド対策効果を測定する方法としては、以下の3つが考えられる。
 - ①人工光を用いた日射反射率、透過率などの物性の測定（実験室にて実施）
 - ②人工光を用いた表面温度、内部温度変化など効果を測定（実験箱シミュレータ）
 - ③自然光を用いた表面温度、内部温度変化など効果を測定（屋外実験）
- 実証試験要領においては、試験の再現性を考慮し、自然光ではなく、人工光を用いることを想定する。
- 事業者へのニーズ調査結果（資料2を参照）から、事業者から求められている情報としては「冷房費用の抑制効果」、「室温上昇の抑制効果」が上位に挙げられている。また、「測定費用が高ければ不要である」との回答が挙げられており、出来るだけ安価に測定できる試験方法が求められていることに留意する必要がある。

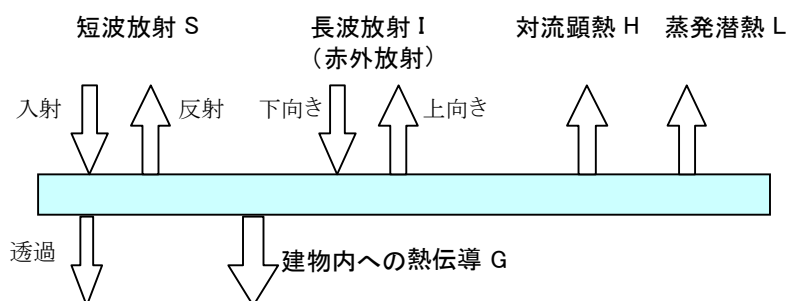
3. 実証項目の基本的な考え方

- 表面における熱収支は、一般的に図表 1 のように示すことができる。
- 建物の表面技術におけるヒートアイランド対策効果を測る指標としては、図表 2 に示す 4 つの指標が考えられる。ここで①～④の指標（短波放射（S）、長波放射（I）、対流顕熱（H）、蒸発潜熱（L）、熱伝導（G））は、熱収支のバランスによって、1 つの指標が他の指標に影響を与える構造になっている。

図表 1 一般的な熱収支式及びその概念図

短波放射 S + 長波放射 I + 対流顕熱 H + 蒸発潜熱 L + 建物内への熱伝導 G = 0

（上式は定常の場合、非定常の場合には蓄熱量を評価する式を加える必要がある）



※各熱量を絶対値で評価すると以下のように示すことができる

$$\{ \text{短波放射 S (入射)} - \text{短波放射 S (反射)} - \text{短波放射 S (透過)} \} + \{ \text{長波放射 I (下向き)} - \text{長波放射 I (上向き)} \} - \text{対流顕熱 H} - \text{蒸発潜熱 L} - \text{建物内への熱伝導 G} = 0$$

図表 2 ヒートアイランド対策効果を測る指標

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 大気に放出される対流顕熱量・蒸発潜熱量 ② 大気に放出される放射量 ③ 建物内部への熱貫流量 ④ 蓄熱量（熱容量） |
|--|

（出典）「平成 13 年度ヒートアイランド対策手法調査検討委員会報告（環境省）」を元に作成

- 熱収支式における各項目は、図表 3 に示す物性・付与データから算定することができ、建物の表面技術におけるヒートアイランド対策は、いずれかの物性データを変化させる対策と表現することができる。
- 例えば、日射遮蔽フィルムは短波放射（反射）を決定する 1 つの要素である日射反射率や熱伝導を決定する 1 つの要素である熱伝導係数などを変化させる対策であり、高反射性・遮熱塗料は主に短波放射（反射）を決定する 1 つの要素である日射反射率を変化させる対策である。

図表 3 熱収支に関連する主な物性・付与データ

熱収支	関連する主な物性・付与データ
短波放射	日射量(W/m^2)、日射反射率(－)、日射透過率(－)
長波放射	表面温度(K)、長波放射吸収率(－) (ステファン・ボルツマン定数($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$))
対流顕熱	対流熱伝達率($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) 温度差(表面温度、素材近傍温度(外気温度))(K)
蒸発潜熱	蒸発効率(－)、湿気伝達率($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kPa})$)、蒸発潜熱(J/kg) 水蒸気圧(大気中の水蒸気分圧、表面の飽和水蒸気圧)(kPa)
熱伝導	温度差(表面温度、素材近傍温度(室内温度))(K) 熱伝導係数($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

(出典)「平成 13 年度ヒートアイランド対策手法調査検討委員会報告（環境省）」を元に作成

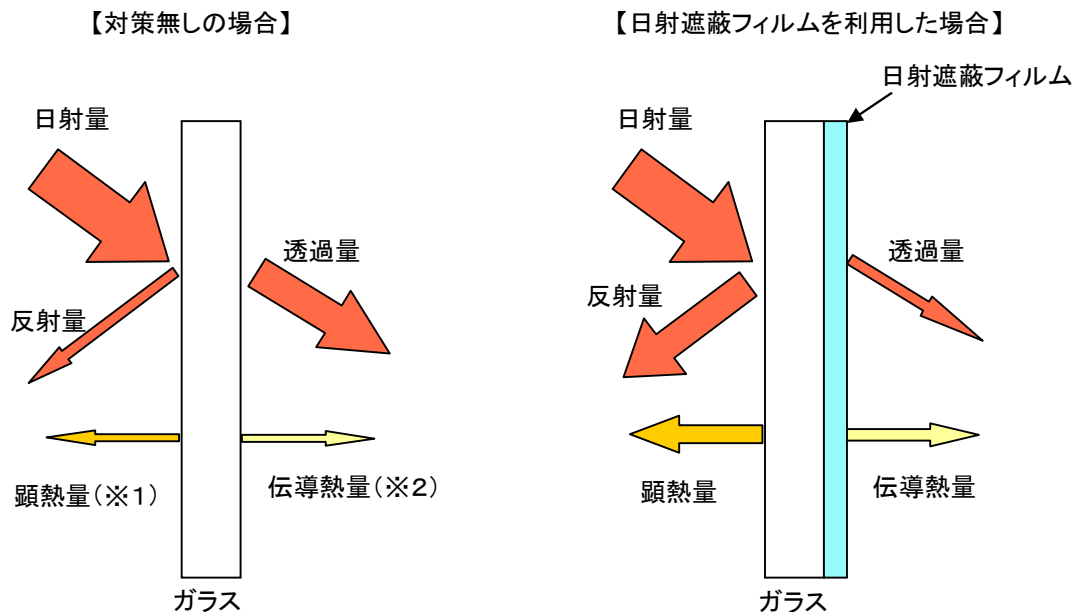
- 本事業で作成する実証試験要領においては、建築物の表面技術によって変化の生じる物性データを測定する方法を定めることが必要である。
- 現在想定していない技術（日射遮蔽フィルム、高反射性・遮熱塗料以外の技術）においても、その試験方法は上記の考え方をもとに検討することとする。

4. 実証項目の設定（案）

（１） 日射遮蔽フィルムについて

- 日射遮蔽フィルムの概念図を以下に示す。窓ガラスに貼付することで、日射反射率を高め、建物内部への日射透過量を減少させる。これにより、室内への熱流量を減少、冷房負荷を低減させることができる。

<日射遮蔽フィルムの概念図>



※１：顕熱量：直接大気を暖める熱、大気温度との差によって生じる

※２：伝導熱量：建物内部に伝わる熱、室内に影響を及ぼし、建物室内温度との差によって生じる

① 測定項目

- 日射遮蔽フィルムのヒートアイランド対策効果を測定するための試験項目として、「物性に関する試験項目」、「実験箱を用いたシミュレーション」の２つを想定する。

【物性に関する試験項目（案）】

実証項目	内容
遮蔽係数	透過光の光束と入射光の光束の比。JIS A-5759（建築窓ガラス用フィルム）に従い、日射透過率、日射反射率、垂直放射率より算定、または簡易型の修正放射率計を用いて測定
熱貫流率 （断熱性能）	フィルムにちょう付した厚さ 3mm の板ガラスについてその両側の空気温度差が 1℃ のとき、面積 1m ² 当たり単位時間に通過する熱量。JIS A-5759（建築窓ガラス用フィルム）に従い、垂直放射率より算定。
促進耐候試験	サンシャインカーボン促進耐候試験を行い、実施後の日射遮蔽率、熱貫流率の変化を測定。JIS A-5759（建築窓ガラス用フィルム）に従い測定。

※外向きへの放熱量（長波放射、顕熱）は、物質の表面温度、大気との温度差、室外の風速の関数として表現される。個別で評価するのではなく、遮蔽係数、熱貫流率（W/(m²・K)）によって評価されているものと想定する。

<参考>

- 多くの事業者が、製品パンフレット等で、遮蔽率（係数）、熱貫流率（断熱性能）、可視光線透過率（室内の明るさ）、紫外線透過率を公表している。これらは JIS A-5759（建築窓ガラス用フィルム）によって測定されている（JIS A-5759 の概要は参考 1 を参照）。
- 製品の物性データについては、製造事業者が自社内で測定する場合と外部に委託（民間事業者、財団法人等）されるケースがある。外部に委託されているものは、測定結果を確認するために行なわれている。

【実験箱を用いたシミュレーション（案）】

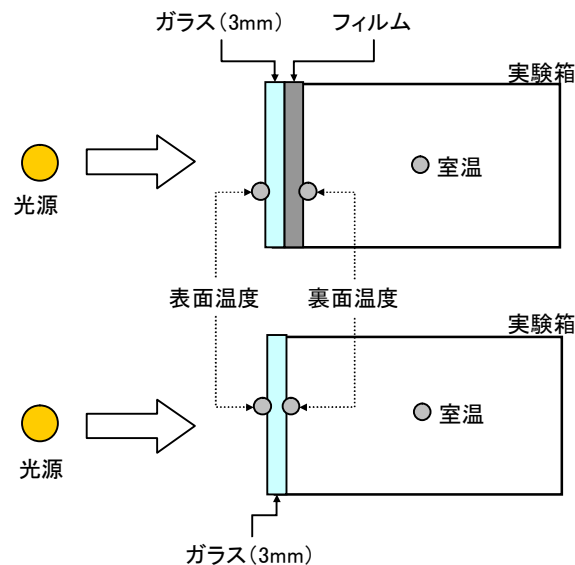
実証項目	内容
室内温度変化	人工光、実験箱を用いて、フィルム貼付の有無による対照実験を実施、実験箱内部温度の変化量測定
ガラス表面温度変化	人工光、実験箱を用いて、フィルム貼付の有無による対照実験を実施、ガラス表面温度を測定
フィルム貼付面温度変化	人工光、実験箱を用いて、フィルム貼付の有無による対照実験を実施、フィルムの表面温度を測定

<参考>

- 製品パンフレット等において、製品導入時の効果測定については「実際の建物（マンション・ホテル）を用いて自然光にて実測するケース」、「実験箱を用いて人工光にて実測するケース」、「各種数値データを用いてシミュレーション（数値計算）するケース」がある。

- ここでは再現性を考慮し、「実験箱を用いて人工光にて実測するケース」を想定し、その測定イメージを示す。

<実験箱を用いた測定イメージ（日射遮蔽フィルム）>



上段がフィルムを貼付したケース、下段は比較対象。実験開始前温度と時間経過による温度変化、フィルム貼付ケースと対照ケースの比較を行う。

図表 4 人工光にて実測する導入効果の測定（例）

	光源	測定項目	概要
A社	ハロゲンランプ (150W)	表面温度（ガラス表面） 裏面温度（フィルム面） 内部温度（黒色板）	・フィルムは内貼り ・光源とサンプル間距離は 150mm ・30 分間照射し、温度を測定

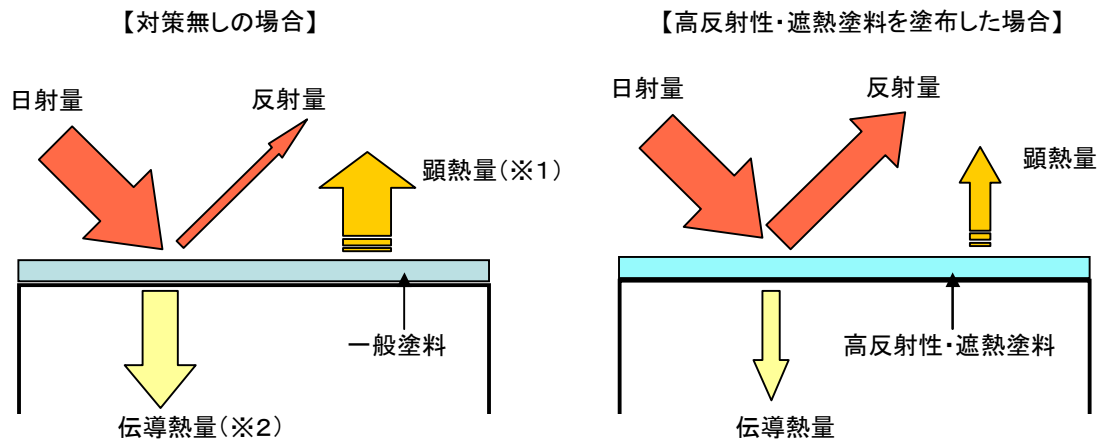
② 留意点

- フィルムによる日射・遮蔽効果は、夏季においては冷房負荷を低減させる効果があるが、冬季においては暖房負荷を増大させる可能性がある。
→夏季の冷房負荷低減と冬季の暖房負荷増大のいずれの効果がより大きいかは、導入箇所の地域条件（日射量、気温等）に依存する。実証結果の公表においては、この点に留意するものとする。なお、断熱性能のあるものについては、冬季の暖房負荷を低減させる効果も期待される。
- 実験箱を用いたシミュレーションにおいては、人工光源の種類、実験箱の大きさや素材、両者の距離などを設定する必要がある。
→ニーズ調査結果（資料 2）より、求められる情報として「室内温度の抑制効果」が挙げられているが、可能な限り実態に即した設定を検討する必要がある。
→実験箱での試験結果と実際に導入される際に得られる効果との相関性を求め、推測する方法も考えられる。
- 求められる情報「冷房負荷低減効果」、「室内温度の抑制効果」を実証するためには、得られた物性値等から数値計算をする、もしくは、実験箱ではなく実際の建築物に近似した、大がかりな設備を用いて実測することが必要となる。
→物性値からの数値計算は、実証という観点で相応しいか、計算結果に期待される精度を保てるかといった課題が想定される。
→実験箱ではなく、近似した建築物で実証を行なう場合には、実証費用の面で課題が想定される。

(2) 高反射性・遮熱塗料について

- 高反射性・遮熱塗料の概念図を以下に示す。屋上に塗布することで、塗膜表面における日射反射率を高め、吸収による被塗装素材での熱エネルギー変換を少なくする。これにより、室内への熱流量が減少、冷房負荷を低減させることができる。

<高反射性・遮熱塗料の概念図>



※1：輻射熱量：直接大気を暖める熱、大気温度との差によって生じる

※2：伝導熱量：建物内部に伝わる熱、室内に影響を及ぼし、建物室内温度との差によって生じる

① 測定項目

- 高反射性・遮熱塗料のヒートアイランド対策効果を測定するための試験項目として、「物性に関する試験項目」、「実験箱を用いたシミュレーション」の2つを想定する。

【物性に関する試験項目（案）】

実証項目	内容
日射反射率	ガラス面に垂直に入射する日射の放射束について、反射放射束の入射放射束に対する比。板ガラスを対象とした JIS (JIS R 3106) を参考に測定
日射熱取得率	窓ガラス面に垂直に入射する日射について、ガラス部分を透過する日射の放射束とガラスに吸収されて室内側に伝達される熱流束との和の、入射する日射の放射束に対する比。板ガラスを対象とした JIS (JIS R 3106) を参考に測定
促進耐候試験	サンシャインカーボン促進耐候試験を行い、実施後の日射反射率、日射熱取得率の変化を測定。JIS A-5759 (建築窓ガラス用フィルム) を参考に測定

※外向きへの放熱量（長波放射、顕熱）は、物質の表面温度、大気との温度差、室外の風速の関数として表現される。個別で評価するのではなく、日射熱取得率によって評価できているものを想定する。

<参考>

- 製品パンフレット等では、日射反射率、日射熱取得率などの物性値を公表している事業者は多くない。公表している事業者においては、ガラス板に関する JIS (JIS R 3106 (板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法)) や窓ガラス用フィルムを対象とした JIS (JIS A-5759 (建築窓ガラス用フィルム)) を参考に測定していることが多い。
- 製品の物性データについては、日射遮蔽フィルムと同様、製造事業者が自社内で測定する場合と外部に委託 (民間事業者、財団法人等) されるケースがある。

【実験箱を用いたシミュレーション (案)】

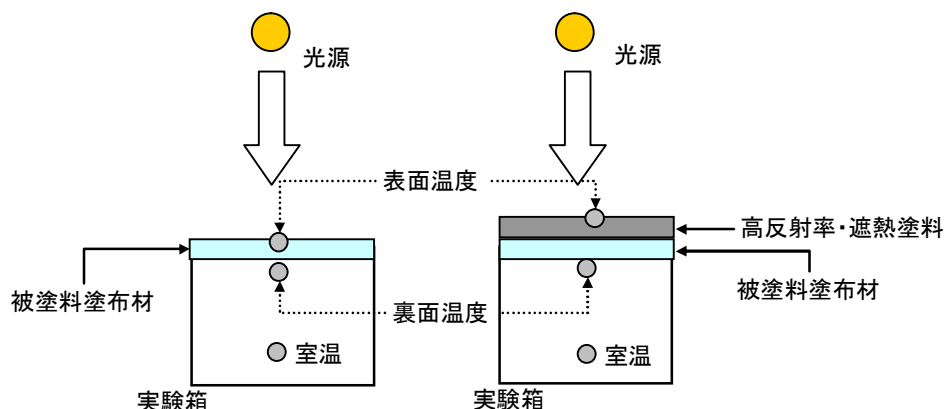
実証項目	内容
室内温度変化	人工光、実験箱を用いて、塗料塗布の有無による対照実験を実施、実験箱内部温度の変化量測定
塗膜表面温度変化	人工光、実験箱を用いて、塗料塗布の有無による対照実験を実施、塗布面の表面温度を測定
被塗装素材裏面温度変化	人工光、実験箱を用いて、塗料塗布の有無による対照実験を実施、被塗装素材裏面温度を測定

<参考>

- 多くの事業者が、製品パンフレット等で、製品導入時の効果を公表している。効果測定方法としては「実際の建物 (プレハブ等) を用いて自然光にて実測するケース」、「実験箱を用いて人工光にて実測するケース」、「実験箱を用いて自然光にて実測するケース」、「各種数値データを用いてシミュレーション (数値計算) するケース」がある。

- ここでは再現性・コストを考慮し、「実験箱を用いた人工光にて実測するケース」を想定し、以下にその測定イメージを示す。

<実験箱を用いた測定イメージ (塗料)>



右図が高反射率・遮熱塗料を塗布付したケース、左図は比較対象。実験開始前温度と時間経過による温度変化、高反射率・遮熱塗料塗布ケースと対照ケースの比較を行う。

図表5 人工光を使った導入効果の測定（例）

	光源	測定項目	概要
a 社	ハロゲンランプ	裏面温度	・光源とサンプルの距離は 30cm ・発泡スチロール箱（35×28×20cm）
b 社	赤外線ランプ （400W）	表面温度、裏面温度、 内部温度、外気温	・光源とサンプルの距離は 20cm ・塗布面以外は断熱材を使用 ・2 時間照射し、温度を測定
c 社	灯光ランプ （500W）	裏面温度	・光源とサンプルの距離は 20cm ・モルタル板（150×70×10mm）

② 留意点

- フィルムと同様に、夏季においては冷房負荷を低減させる効果があるが、冬季においては暖房負荷を増大させる可能性がある。
 - 夏季の冷房負荷低減と冬季の暖房負荷増大のいずれの影響がより大きいかは、導入箇所の地域条件（日射量、気温等）に依存する。実証結果の公表においては、この点に留意するものとする。
- フィルムと同様に、実験箱を用いたシミュレーションにおいては、人工光源の種類、実験箱の大きさや素材、両者の距離などを設定する必要がある。
 - ニーズ調査結果（資料2）より、求められる情報として「室内温度の抑制効果」が挙げられているが、可能な限り実態に即した設定を検討する必要がある。
 - 実験箱での試験結果と実際に導入される際に得られる効果との相関性を求め、推測する方法も考えられる。
- フィルムと同様に、求められる情報「冷房負荷低減効果」、「室内温度の抑制効果」を実証するためには、得られた物性値等から数値計算をする、もしくは、実験箱ではなく実際の建築物に近似した、大がかりな設備を用いて実測することが必要となる。
 - 物性値からの数値計算は、実証という観点で相応しいか、計算結果に期待される精度を保てるかといった課題が想定される。
 - 実験箱ではなく近似した建築物で実証を行なう場合には、実証費用の面で課題が想定される。
- 日本塗料工業会などを中心に、高反射性・遮熱塗料の試験方法の基準化が検討されている。これら団体との整合を図る必要がある
 - 高反射性・遮熱塗料の試験方法の基準化ができるまでは、今回定める試験要領に則り実証試験を行い、基準化後に試験方法を見直す。

（3） その他の技術について

- 上述以外の技術に関して、実証ニーズがあった場合には、「3. 実証項目の基本的な考え方」に則り、実証機関（地方自治体）の開催する技術実証委員会において、その試験方法を定める。

参考 1 : JIS A-5759 (建築窓ガラス用フィルム) の概要 (一部抜粋)

適用範囲		・事務所、店舗、住宅など (以下、建築物) の窓ガラスにちょう付し、室内の冷房及び暖房効果を高めるための日射遮へい用フィルム、及び衝突、地震、爆発によって建築物の窓ガラスが飛散落下することを軽減するためのガラス飛散防止用フィルム並びにその両方を兼ねた日射遮へい・ガラス飛散防止用フィルムについて規定する。 ・試験は、指定がない限り、標準状態 (温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$、相対湿度 $65\pm 5\%$) の室内で行なう。
光学的性能	遮蔽係数	・フィルムを貼付した厚さ 3mm の板ガラスに入射した日射が、一度吸収された後に入射面と反対側に再放射される分も含んで透過 (すなわち、透過分と再放射分の和) する率を、板ガラスだけの場合の率を 1 として表した係数 ・試験片は、幅 70mm、長さ 150mm、厚さ 3mm の板ガラスに、同じ寸法のフィルムを貼付したものとする (以下、B 片)。 ・日射透過率、日射反射率、垂直放射率より算定され、以下の式で表わされる。 遮蔽係数 = (フィルム貼付時の流入熱量) / (3mm 厚透明板ガラスの流入熱量)
	熱貫流率	・フィルムに貼付した厚さ 3mm の板ガラスについてその両側の空気温度差が 1°C のとき、面積 1m^2 当たり単位時間に通過する熱量 ・試験片は B 片 ・垂直放射率より算定される
物理的性能	耐候性試験	・サンシャインカーボン式促進耐候試験機を用いて、促進耐候試験を行なったのち、日射遮蔽係数、熱貫流率の測定を行なう。 ・試験片は B 片、サンシャインカーボンアーク灯を用いて、200 時間連続照射 ・原則として 120 分照射中に、18 分間水噴射を行なう。 ・上記方法と同様にして、遮蔽係数、熱貫流率を測定する。

出典) JIS A-5759 建築窓ガラス用フィルム (日本規格協会発行) を元に作成

参考 2 : JIS R-3106 (板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法) の概要 (一部抜粋)

適用範囲		・建築用の板ガラス類の可視光に対する透過率・反射率及び日射に対する透過率・反射率・吸収率並びに常温熱放射の放射率を分光測光器を用いて求める試験方法とこれらの板ガラス類を建築物の窓に使用したときに日射熱取得率の測定方法を規定する。
光学的性能	日射反射率	・ガラス面に垂直に入射する日射の放射束について、反射放射束の入射放射束に対する比。分光透過率、分光反射率の測定値及びそれらから導かれる分光吸収率の値に、日射の標準スペクトル分布を示す重価係数を乗じて加重平均し求める
	日射熱取得率	・窓ガラス面に垂直に入射する日射について、ガラス部分を透過する日射の放射束とガラスに吸収されて室内側に伝達される熱流束との和の、入射する日射の放射束に対する比 ・室外・室内表面熱伝達率と日射吸収率とからガラスに吸収されて室内へ伝達される熱流の入射する日射に対する比率を計算し、日射透過率を加えて算定する。

出典) JIS R-3106 (板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法) (日本規格協会発行) を元に作成

(以上)