

建築物窓用遮熱フィルムの日射遮蔽効果に関する実験的検討 アトリウム空間をもつ建物の空調負荷削減 および快適性向上に関する研究 第1報

飯野 秋成*, 日下部 征信**, 櫻井 希***, 長沼 秀明****,
小野寺 正幸**, 渡辺 壮一****, 伊藤 建一****

(平成18年10月31日受理)

Experimental analysis of sunshade effect of gray films Study on reduction of cooling load and improvement of comfortableness of a building with an atrium Part1

Akinaru IINO*, Masanobu KUSAKABE**, Nozomi SAKURAI***,
Hideaki NAGANUMA****, Masayuki ONODERA**,
Soichi WATANABE***** and Ken-ichi ITOH*****

Gray films for building windows have an effect of cutting incident solar radiation without intercepting of visibility through windows. We analyzed of spectral transmittance and spectral reflectance of gray films for building windows considering the change of incident angle of solar radiation against vertical glasses. As incident angle of solar radiation increases from 0° to 70°, as spectral transmittance increases. And also we clarified its effect on decrease of room temperature by numerical simulation. In the case of a building with an atrium which is located in Kashiwazaki, Niigata, whose total floor area is about 800m² and whose south wall is covered with windows, solar heat gain was reduced 55% in summer seasons, and 46% in winter seasons.

Keywords : spectral transmittance, spectral reflectance, solar heat gain

1. はじめに

近年、商業施設やオフィス、学校などの公共性の高い建築物では、ガラス貼りのアトリウム空間が設計されることがしばしばある。アトリウム空間は、開放感の演出、あるいは訪れる人々に心理的なゆとりを感じさせる効果を期待できるメリットなどがあるが、一方で、日射取得による空調負荷の増大など、環境の制御という面では難しい問題も多い。

建築物の窓用遮熱フィルムは、窓からの視界を遮ることなく、日射入射をカットして空調負荷を削減できる特性があるとされ、大規模なホテルやオフィスビル等の商業施設を中心に導入の事例も増えてきている。遮熱フィルムは、塗料を着色したシンプルなものから、金属を蒸着させたものまで多種多様なものがあり、商品パッケージに日射透過・反射率が明示されていることも多いが、その分光特性と太陽光の入射角との関係を考慮しながら遮熱フィルム導入による建築物の空調負荷削減効果を立証している例はほとんど見られない。

* 建築学科 教授
** 物質生物システム工学科 助教授
*** 大学院工学研究科 大学院生
**** 工学部 建築学科
***** 情報電子工学科 助教授

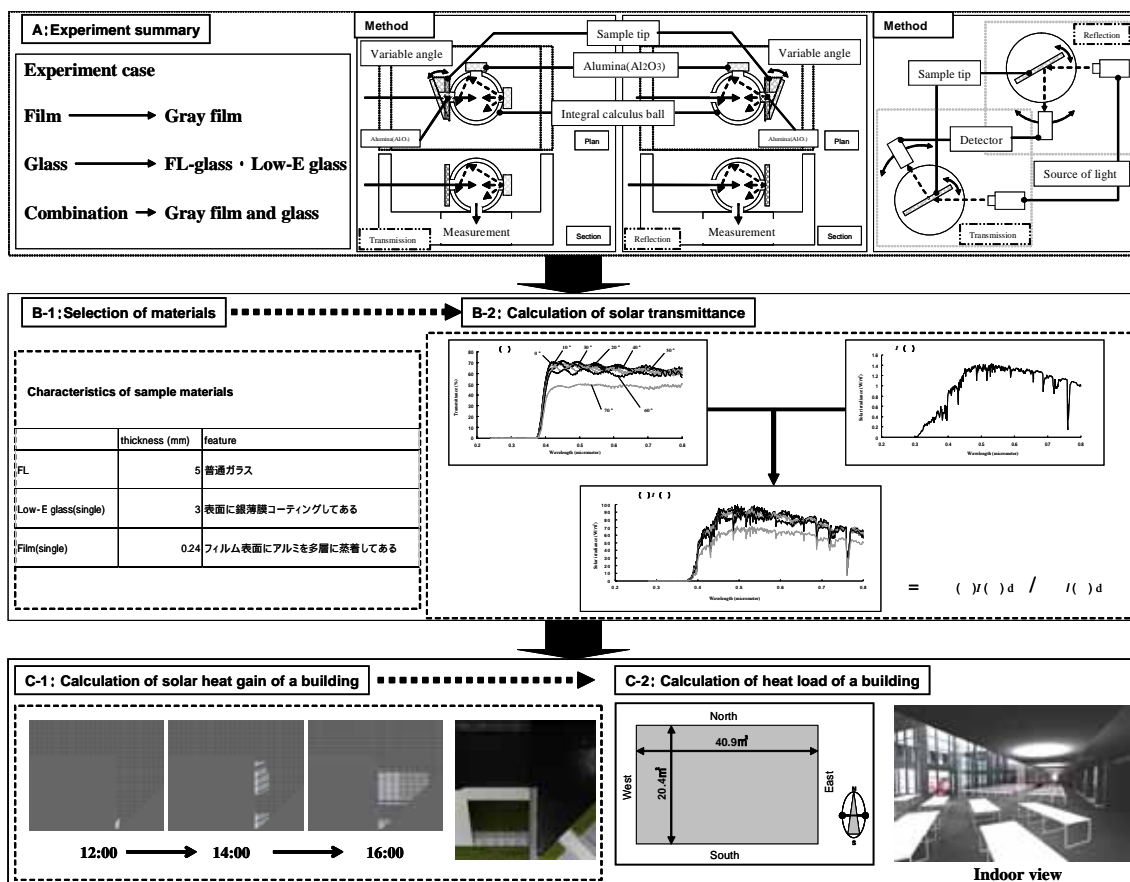


Fig.1 Flow chart.

本研究は、日射遮蔽効果をもつと考えられるいくつかの建築手法についてアトリウム空間に適用した場合の効果を実証することを目的としたものである。本報では、遮熱フィルムの日射透過・反射特性を実験的に求めるとともに、建築物に導入した場合の省エネルギー効果に関する数値解析を行った。

2. 本研究の考え方

本研究は Fig.1 の通り、以下の3つのフェーズに分けて進めた。

1) 分光透過率・分光反射率の測定

実験に使用した試料の詳細を Fig.1 (B-1) に示す。建築物窓用フィルム(0.24mmのフィルム表面にアルミを蒸着している。以下遮熱フィルム)、Low-Eガラス(3mm厚ガラスの表面に銀薄膜コーティングしてある)、5mm厚のフロートガラス(以下FLガラス)を対象に、紫外・可視領域における指向性透過率及び反射率の分光特性を計測した。

測定方法は以下の2通りとした。

積分球を用いた方法 (Fig.1 の Method)

硫酸バリウムでコーティングされた積分球を用い、角度ごとに作成した角度可変装置により 0° ~ 70° の範囲で 10° づつ計測した。なお、角度可変装置は紫外・可視域で反射率の高いアルミナおよびマグネシアで作成することで、装置内での光の減衰を防いだ。

積分球を用いない方法 (Fig.1 の Method)

光源にハロゲン等を用い、正反射方向付近について、各波長ごとの透過・反射率を検出器で測定した。

実験で使用する遮熱フィルムは、入射日射量を下げするために、アルミが多層膜に蒸着されている。入射光がフィルム内で反射することを考慮し、窓への貼り付け方向の異なるものを含めて、5種類の組み合わせを用意した。なお、予備実験では、遮熱フィルムの縦貼り、横貼りの方向性は見られなかった。また、比較対象として用いたLow-Eガラスは、ガラス表面に銀薄膜コーティングされているものを使用した。

2) 日射入射角の日射透過率・日射反射率の算出

実験結果から得られた計測データを元に、遮熱フィルム、Low-Eガラス、FLガラスの各角度ごとの透過率および反射率の分光特性を解析し、検討した。Fig.1(B-2)に記載されているように実験から得られたデータと太陽光スペクトルを乗算する。得られたスペクトルの全波長域の積分値を太陽光スペクトルの全波長域の積分値で除すことで、遮熱フィルム、Low-Eガラス、FLガラスの各角度ごとの日射透過率を算出した。また、日射反射率は、積分球を用いない方法により得られた値を用いた。

3) 遮熱フィルムの導入効果の数値解析

1), 2) で得られた結果に基づいて、建設予定の建築物を対象に日射取得による建物内の温熱環境への影響を解析した。

解析対象の建物は、筆者らが計画した建築物で、延床面積が約800m²、南側は全面ガラス貼りの建築物である。室内の日射侵入による床面の日射取得量を算出するとともに、夏季、冬季における自然室温

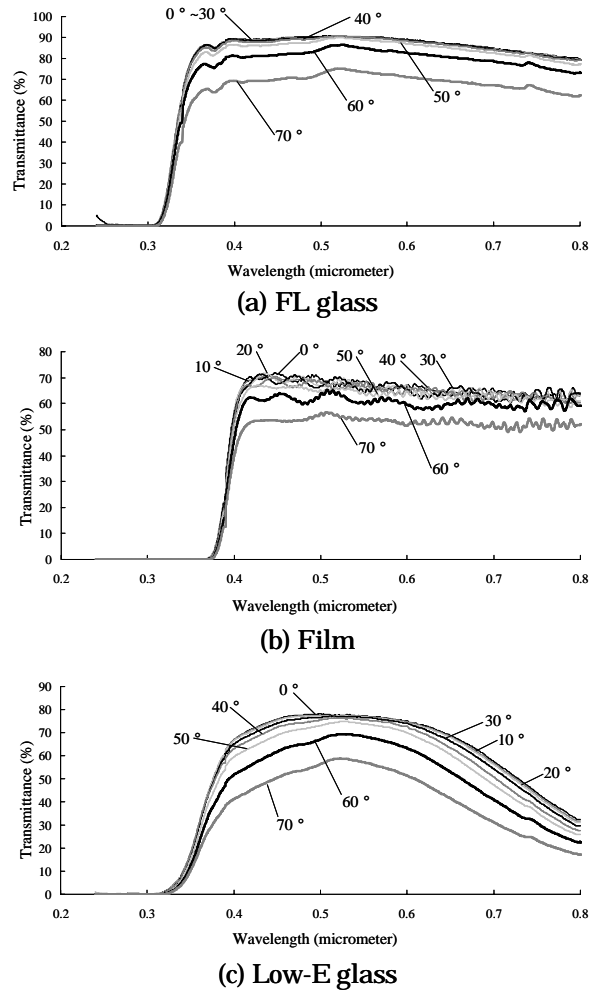


Fig.2 Spectral transmittance.

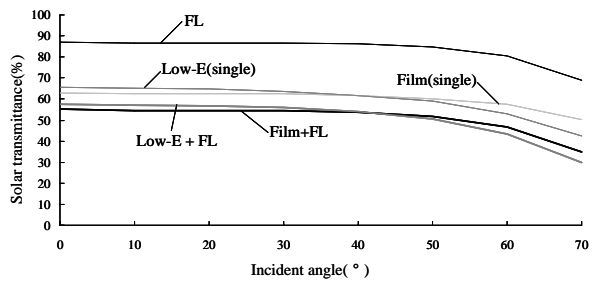


Fig.3 Solar transmittance on each incident angle.

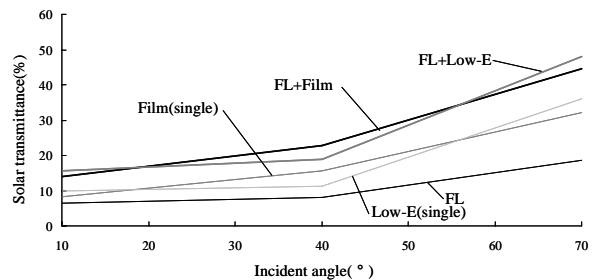


Fig.4 Solar reflectance on each incident angle.

変動についても考察した。

3. 実験結果

3-1 分光透過率・分光反射率

本実験では、文献1)のモデルから算出した日射の分光分布を用いて、入射日射に対する透過率を0.28 ~ 0.80 μm 、まで積分して算出した。

実験から得られた各試料の分光透過率は、入射角が0° ~ 50°の範囲で大きな差はなく、入射角60°からいずれも透過率が低くなっている。Fig.2(a)のFLガラスでは、入射角0°においては、分光透過率が90%である。Fig.2(b)の遮熱フィルムでは、分光透過率は70%で下がり、0.4 μm 以下の紫外領域はほとんど透過しない。Fig.2(c)Low-Eガラスの場合、入射角0°では、透過率が80%と遮熱フィルムに比べ高い。Low-Eガラスでは、いずれの入射角でも、0.5 μm 程度でピークとなる。ピーク値でみた場合、入射角0° ~ 50°の範囲では70% ~ 80%の間に透過率が集中している。

3-2 日射透過率・日射反射率

遮熱フィルム・Low-Eガラスの分光特性と太陽の分光日射量を用いて、試料の日射透過率と日射反射率を求めた。Low-Eガラスの日射透過率は入射角50°以上で大きく減少し、日射反射率は入射角40°から大きく増加する。遮熱フィルムの日射透過率は入射角50°から大きく減少し、日射反射率は入射角40°から大きく増加する。これらの傾向はフィルムを重ね貼りした場合も同様に見られることを確認した。FLガラス+遮熱フィルム(single)とLow-Eガラス+FLガラスを比較すると、日射透過率・日射反射率ともほぼ同一の値が得られた。試料単体の場合、日射反射率は入射角20° ~ 50°の時、Low-Eガラスより遮熱フィルムの方が高くなる。

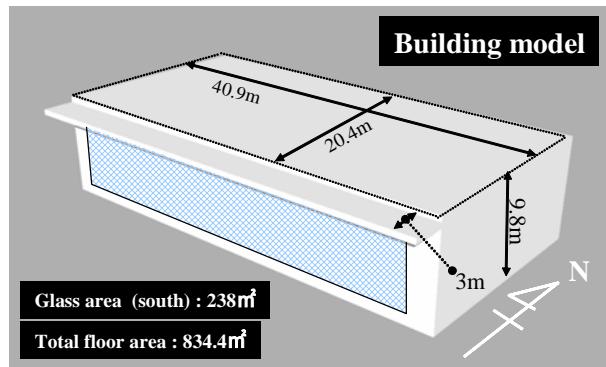


Fig.5 Building model .

4. アトリウムにおける遮熱フィルムの導入効果の数値解析

4-1 解析対象建物の概要

建物概要をFig.5およびTable1~3に示す。今回、解析対象の建物は、新潟県柏崎市の新潟工科大学構内に建設予定の学生用福利施設棟であり、筆者らがプランニングを行った。学生達の24時間自主的な活動の拠点であり、地域開放をコンセプトとしたもので、南面を全面ガラス貼りとしたアトリウム空間である。解析対象日は、7月と12月の日射量と気温の値が高い日を選択し、室内に入射する直達日射量・天空日射量を拡張アメダス気象

Table 1 Floor area. Table 2 Wall area of glass area.

	floor area (m ²)		wall area (m ²)	glass area (m ²)
1F	834	north	400	74 (19%)
2F	76	east	196	84 (43%)
Total	910	south	400	238 (60%)
		west	196	84 (43%)

Table 3 Physical properties of building materials.

material name	heat transfer rate [W/mK]	volumetric specific heat c [kJ/m ³ K]	density kg/m ³
normal concrete	1.4	1930	2200
mortar	1.5	1590	2000
plaster board	0.17	1030	910
tile	1.3	2010	2400
polyethylene foam board	0.044	63	50
synthetic resin, linoleum	0.19	1470	1250
moisture-proof paper	0.21	908	700
extruded styrene foam board	0.037	35	28
sprayed hard urethane foam board	0.029	47	38

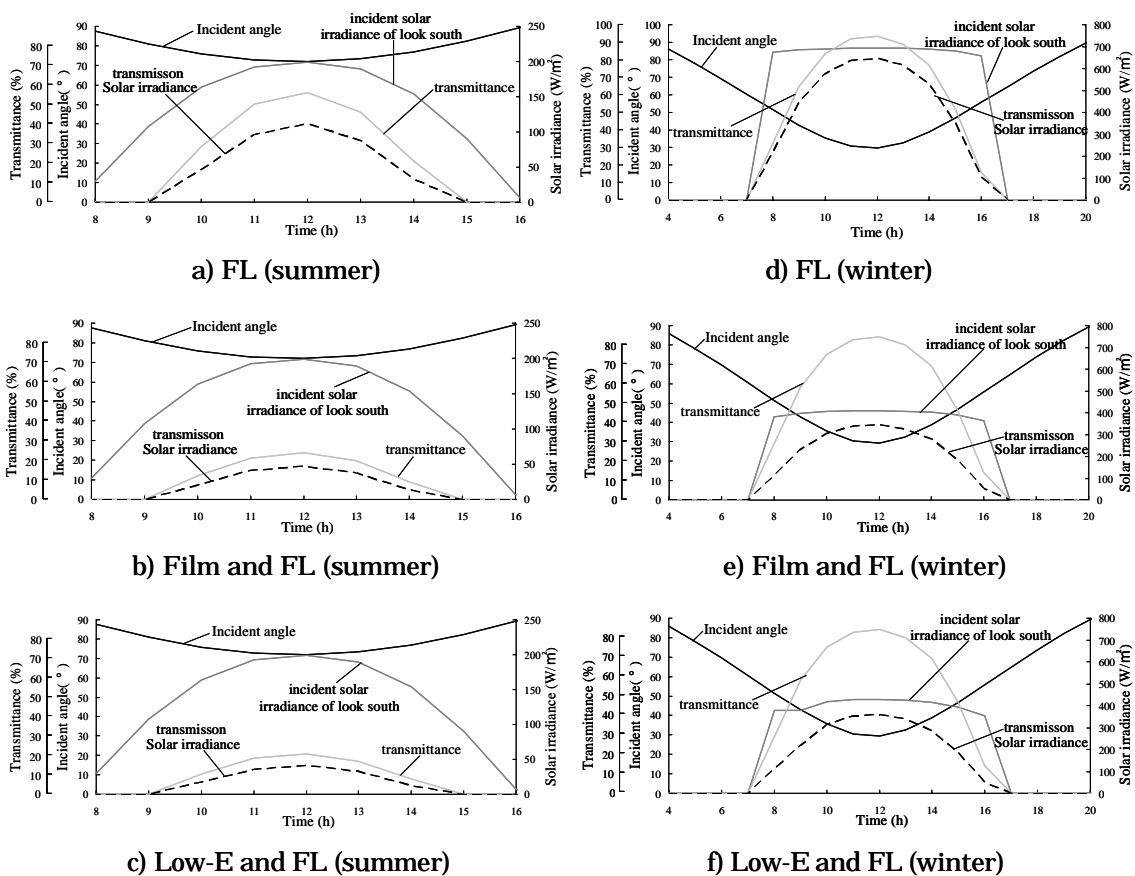


Fig.6 Diurnal change of incident angle and transmission solar radiation.

データに基づいて算出した 実験から得られた各試料の算出値および日射取得量の計算結果を用いて、床面における吸収、放射を考慮して建物内の温熱環境を解析した。室温変動の算出にはNew HASP/ACLDを用いた。前章で述べたとおりに遮熱フィルム・Low-Eガラスとともに日射遮蔽の効果はあるが、室容積が大きく、壁体と屋根の熱貫流の影響も相対的に大きいため、室温に対する効果はやや現れにくい建物であると考えられる。

4-2 建物の日射取得量

夏季は、12時の南面入射日射量が約200W/m²(入射角70°)となるが、このときFLガラスの日射透過量は単位床面積あたり、平均110W/m²である。遮熱フィルムを用いた場合には、入射角70°のとき日射透過量は50W/m²であり、FLガラスより60W/m²小さい(55%削減)。なおLow-Eガラスは、夏季では遮熱フィルム+FLガラスとほぼ同じ効果である。冬季では、南面入射日射量は約750W/m²(入射角30°)となるが、このときFLガラスの日射透過量は単位床面積あたり、平均650W/m²である。FLガラスに対し、遮熱フィルムおよびLow-Eガラスでは約300W/m²小さくなる(46%削減)。

4-3 室温変動

夏季の室内温度はいずれのケースでも12時で32 となり、遮熱フィルムとLow-Eガラスを用いた時に大きな違いは見られなかった。冬季の室内温度はFLガラスの12時の10 であるが、遮熱フィルムとLow-Eガラスを用いると12時で2 程度下回っている。

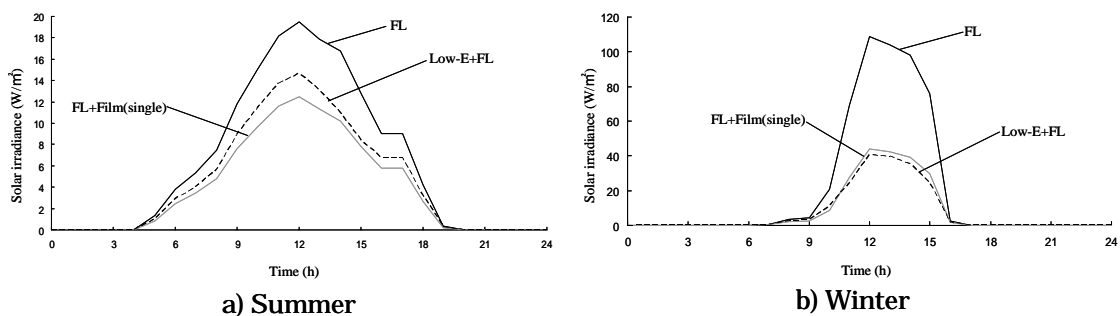


Fig.7 Solar radiation incident on building floor.

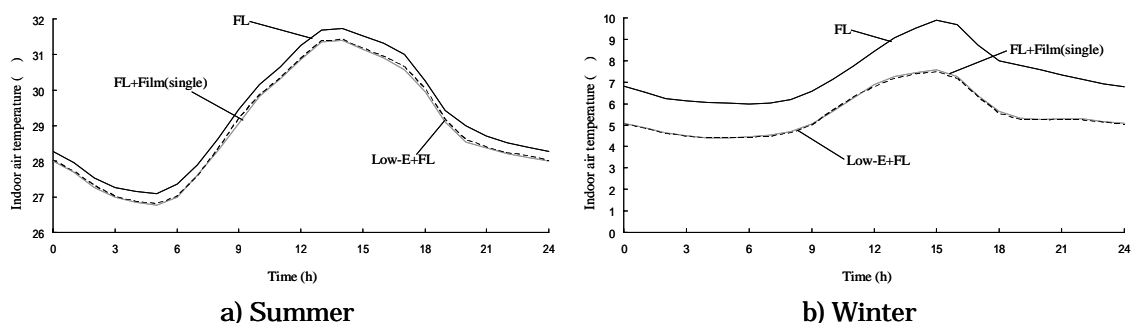


Fig.8 Diurnal change of indoor air temperature.

5. まとめ

本研究では、遮熱フィルム、Low-Eガラス、FLガラスの指向性による分光透過率・反射率を解析し、各試料を組み合わせることで建物に用いた場合の建物の室内温熱環境を明らかにした。

1) 紫外・可視領域における遮熱フィルム、Low-Eガラスの分光特性を明らかにするために積分球を用いて角度ごとに角度可変装置を作成し、実験を行った。実験で得られた値から角度ごとの指向性透過率・反射率を検討し、遮熱フィルム、Low-Eガラスの透過率、反射率の物理的特性を明らかにした。分光透過率は入射角が60°からいずれも透過率が下がることが明らかとなった。

2) 南面全面ガラス貼りの吹き抜け空間をもつ建物の床面日射取得量を解析することで夏季・冬季における建物内の温熱環境を明らかにした。室内床面の直達日射による日射取得量は、夏季ではFLガラスに対し、遮熱フィルムは55%削減でき、また、冬季は、遮熱フィルムはFLガラスより46%削減できることが明らかとなった。

謝辞

本研究は平成18年度新潟工科大学学内共同研究費の補助を受けて実施したものであり、本報告は、その一部をまとめたものである。株式会社新潟テクノ 佐々木崇様より、遮熱フィルムなどの実験用の試料を提供していただいた。また、New HASP/ACLDの利用にあたって、東京理科大学の長井達夫先生のご協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Gueymard C., Myers D., Emery K.: Proposed reference irradiance spectra for solar energy systems testing; Solar Energy, Volume 73, Issue 6, pp.443~467, Dec.,2002.