

遮熱フィルムとLow-Eガラスの分光特性の測定およびアトリウム空間における日射遮蔽効果の検討

MEASUREMENT OF SPECTRUM CHARACTERISTIC OF LOW-E GLASS AND GRAY FILMS AND THEIR SUNSHADING EFFECT AT AN ATRIUM

櫻井 希 —— * 1 飯野秋成 —— * 2
日下部征信 —— * 3

Nozomi SAKURAI —— * 1 Akinaru IINO —— * 2
Masanobu KUSAKABE —— * 3

キーワード：
分光透過率, 分光反射率, 日射取得, 遮熱フィルム, Low-Eガラス, アトリウム

Keywords：
Spectral transmittance, Spectral reflectance, Solar heat gain, Gray film, Low-E glass, Atrium

Low-E glass and gray films for building windows are considered to 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° , 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 800m^2 and whose south wall is covered with windows, solar heat gain was reduced 55% in summer seasons, and 46% in winter seasons.

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, 壁面などをガラス張りとする事で, 開放性を与え設計されるアトリウム空間がしばしばある。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。

日射遮蔽の一般的な手法としてはルーバーが挙げられるが, 近年では大規模なホテルやオフィスビル等の商業施設などを中心に, 窓からの視界を遮ることなく日射入射をカットできる手法が求められている。Low-E ガラスや窓用遮熱フィルムはその要求に応えるものと考えられるが, 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。

本研究は, 日射遮蔽効果をもつと考えられる建築手法として, 遮熱フィルム, Low-E ガラスおよびルーバーをとりあげ, 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する。本報では, まず, Low-E ガラスと遮熱フィルム等の日射透過・反射特性に関する実験について述べる。次に, 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結果を報告する。

2. 研究方法

本報では図1の通り, 以下の3つのフェーズに分けて進めた。

1) 紫外～可視域における分光透過率・分光反射率の測定

実験に使用した試料は, 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 厚の透明フロートガラス (以下 FL ガラス) を対象に, 紫外～可視域における指向性分光透過率および反射率を計測した。各試料を建築物に用いた場合には, 屋外側表面と室内側表面で日射の透過と反射があることを考慮すると, それぞれにおける拡散分も含めて分光透過率, 分光反射率を入射角ごとに求める必要がある。そこで, 角度依存性を直接測定する方法 (図1の Method I, 以下 I) と, 積分球を用いて測定する方法 (図1の Method II と III, 以下 II と III) の3通りの測定方法を用いて測定を行い, これらの比較により, 信頼性の高い測定値を得ることとした。

I は, 一般に建材の分光特性の測定に用いられている実験方法で, 文献1), 2) と同様の測定方法を用いた。光源にハロゲンランプ (MHAB-150W) と集光レンズ (MLS-60P) を用い, 光源と検出器の間の測定台に試料を設置し, 入射角 $10^\circ \sim 70^\circ$ の範囲で, 各波長ごとの透過・反射率を検出器で測定した。なお, 今回用いたハロゲンランプについては, 紫外域で十分な強度が得られる波長帯が $0.4 \mu\text{m}$ より長波長である。よって, 短波長側の測定は $0.4 \mu\text{m}$ までとした。一方, 長波長側は検出器感度の制限により $0.8 \mu\text{m}$ までとした。

II および III の測定方法では, 分光光度計 (日立: U-3210) と積分球 (60φ 積分球付属装置) を用いて測定を行った。

II は, 硫酸バリウムでコーティングされた積分球を用い, 入射角ごとに作成した角度可変装置で $0^\circ \sim 70^\circ$ の範囲を 10° ずつ計測した。なお, 角度可変装置は紫外・可視域で反射率の高い酸化アルミニウムで作成することで, 装置内での減衰を防いだ。

*1 新潟工科大学大学院工学研究科自然・社会環境システム工学専攻
大学院生
(〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋1719)

*2 新潟工科大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

*3 新潟工科大学工学部物質生物システム工学科 准教授・博士(理学)

*1 Production Development Engineering Course, Graduate School of Technology, Niigata Institute of Technology

*2 Prof., Dept. of Architecture and Building Engineering, Faculty of Eng., Niigata Institute of Technology, Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Dept. of Applied Chemistry and Biotechnology, Faculty of Eng., Niigata Institute of Technology, Dr. Sci.

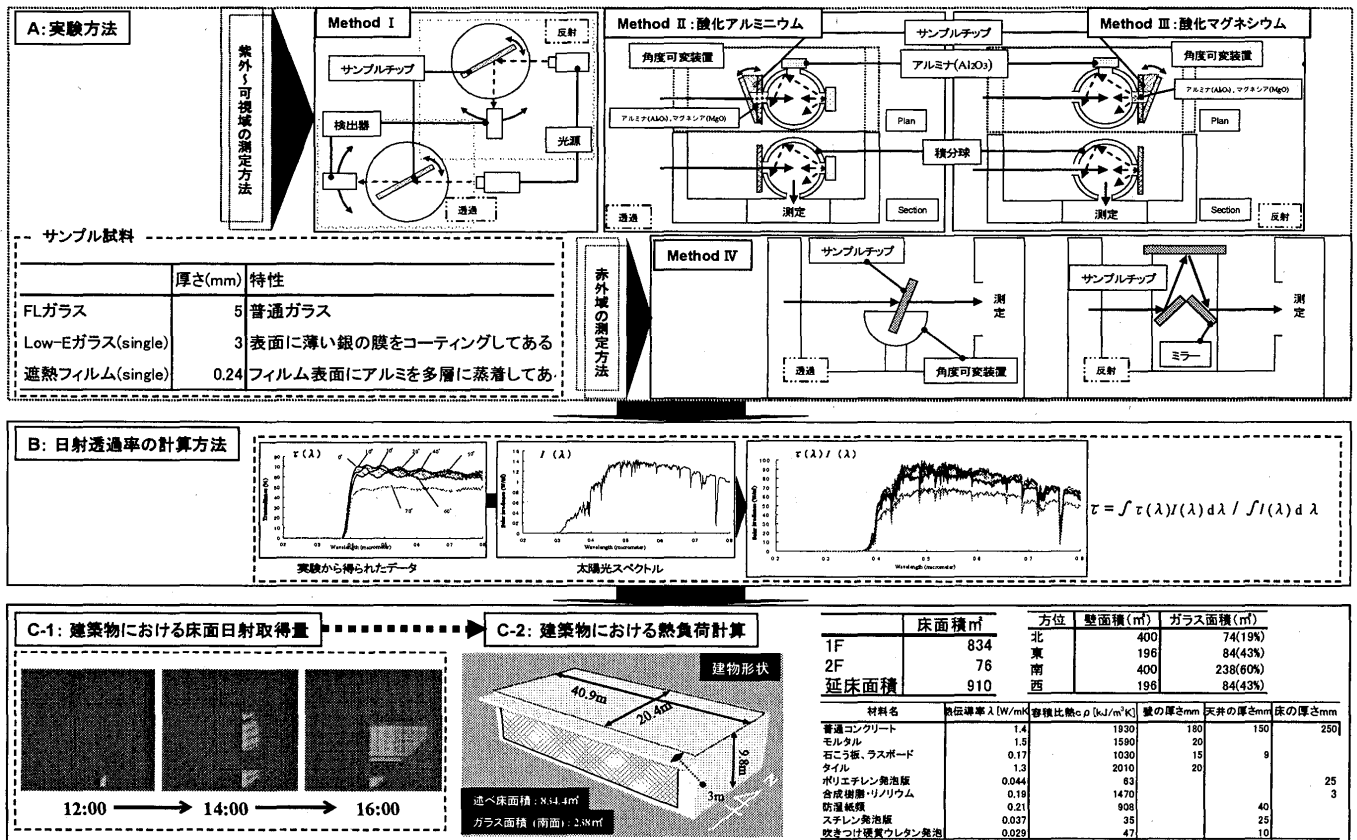


図1 本研究のフローチャート

IIIは、IIと同様の測定方法を用いて測定を行っているが、角度可変装置には酸化アルミニウムより反射率が高い酸化マグネシウムを用いて測定を行った。I～IIIおよび文献によるデータの相互比較により、分光特性のデータベースを作った。

2) 赤外域における分光透過率・分光反射率の測定

FLガラスおよび遮熱フィルムについて、赤外分光光度計(JASCO:FT/IR-500)を用いて1.26～3.0 μmまで測定を行った¹⁾。

分光透過率については、入射角0°～70°の範囲で各波長ごとの透過率を測定した。今回用いた赤外分光光度計では、角度可変用の付属品が市販されていないため、角度可変装置を自作し、光源に正対する方向のみについて測定を行った。

分光反射率は、赤外分光光度計に反射測定装置(JASCO:RF-81S)を設置して行った。この装置の試料に対する入射角は10°である。赤外域における角度可変反射測定は、赤外分光光度計用の適当な積分球が無いことや測定試料室の制約のため、自作の角度可変反射測定の付属品作成が難しかったことから、入射角10°固定のみの測定とした(図1のMethod IV, 以下IV)。

3) 日射入射角毎の日射透過率・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日射透過率および日射反射率を求めた。図1(B)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し、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と日射反射率を算出した。

4) アトリウムにおける遮熱フィルムおよびLow-Eガラスの

導入効果の数値解析

遮熱フィルムとLow-Eガラス、FLガラスは、1), 2) で得られた結果に基づいて、さらにルーバー^{注2)}についても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、延床面積は約800m²、南側は全面ガラス張りである。室内の日射入射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変動についても考察した。

3. 紫外～可視域における分光透過率・分光反射率の測定結果

図2に、I, II, IIIのFLガラスの測定データを文献1), 2)のFLガラスのデータと比較した。文献の測定データに対して、I, IIIは各入射角において近い値が得られたが、IIでは入射角が40°, 60°, 70°となるに従い、透過率が小さくなるのが分かった。その結果図3では、IIIを用いた測定データにおいて分光透過率は全波長域にわたって±5%以内の差に収まった^{注3)}。

実験から得られた各試料の分光透過率を図4(a)～(c)に示す。全ての試料において、入射角0°～50°の範囲で大きな差はなく、入射角60°からいづれも透過率が低くなっている。図4(a)のFLガラスでは、入射角0°においては、0.4～0.6 μmの波長帯で分光透過率が90%である。図4(b)の遮熱フィルムでは、同じ波長帯でみると分光透過率は70%である。0.4 μm以下の紫外域はほとんど透過しない。また、遮熱フィルムは、表面に多層にアルミを蒸着しているため、0.7～0.8 μmの波長域で干渉縞が観測された。図4(c) Low-Eガラスの場合、入射角0°では、0.45～0.55 μmの波長域で透過率が80%と遮熱フィルムに比べ高い。ま

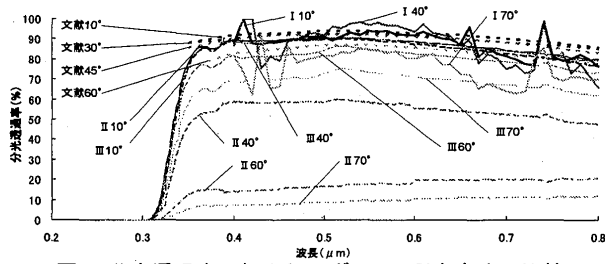


図2 分光透過率におけるFLガラスの測定方法の比較

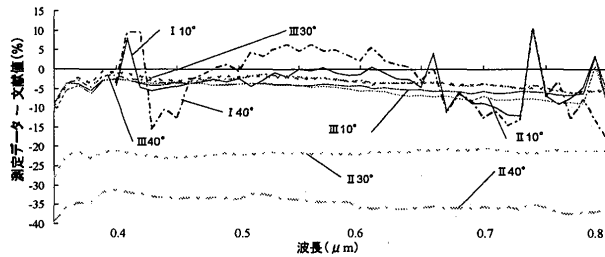
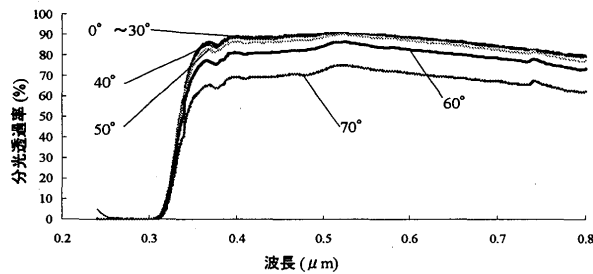
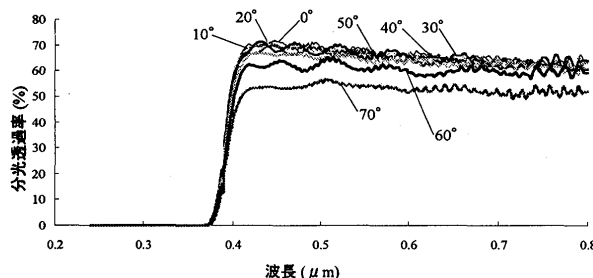


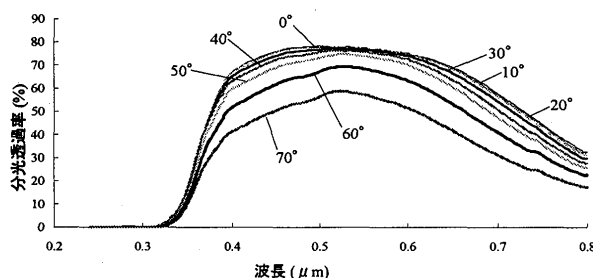
図3 文献を基準とした波長帯におけるFLガラスの分光透過率の差



(a) FLガラス



(b) 遮熱フィルム



(c) Low-Eガラス

図4 測定方法Ⅲにおける各試料ごとの分光透過率

た、いずれの入射角でも、 $0.5 \mu\text{m}$ 程度でピークとなる。ピーク値でみた場合、入射角 $0^\circ \sim 50^\circ$ の範囲では70%~80%の間に透過率が集中している。

図5に、文献とⅠ~ⅢによるデータをFLガラスについて比較した。Ⅱでは、文献に比べ入射角が $10^\circ \sim 70^\circ$ になるに従い、分光反射率が高くなっているが、Ⅲから得られたデータは各試料と

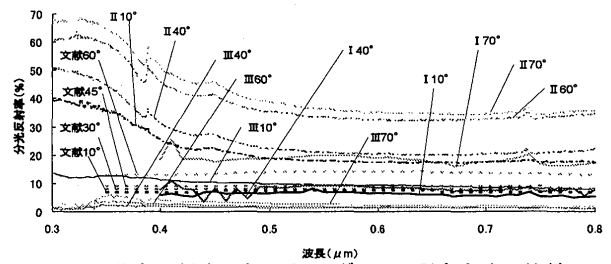


図5 分光反射率におけるFLガラスの測定方法の比較

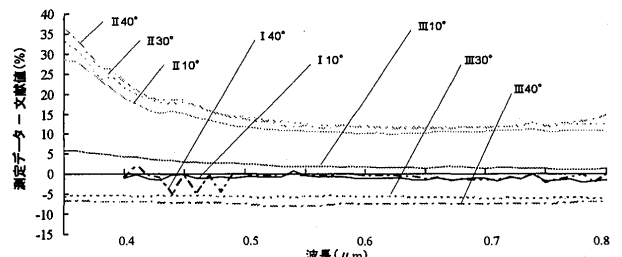


図6 文献を基準とした波長帯におけるFLガラスの分光反射率の差

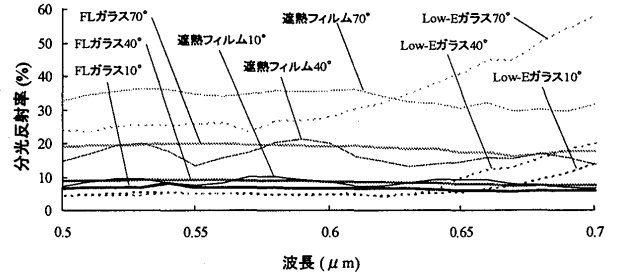
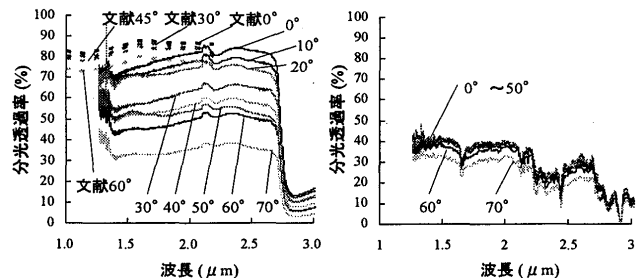


図7 測定方法Ⅰにおける各試料ごとの分光反射率



(a) FLガラス (b) 遮熱フィルム

図8 赤外域における各試料ごとの分光透過率

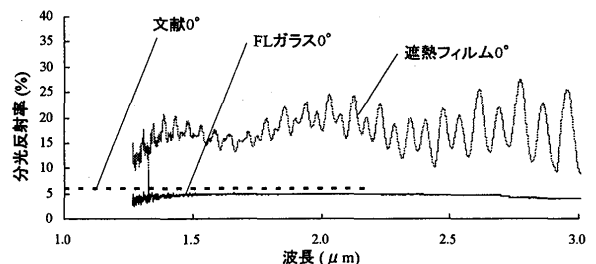


図9 赤外域における各試料ごとの分光反射率

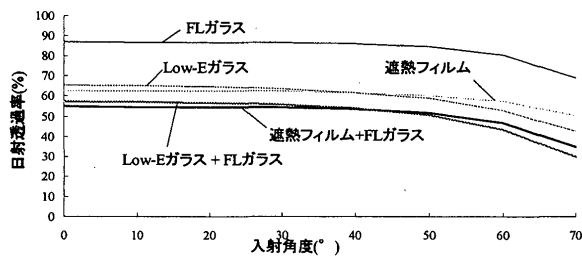
もに、入射角が $10^\circ \sim 70^\circ$ になるに従い、分光反射率が低くなっている。試料に当たった光が酸化マグネシウム管内部で反射を繰り返すため、光が減衰の影響と考えられる。Ⅰでは、 $0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$ の波長域において安定した値となっており、文献値ともよく一致している。

図6に、文献を基準にした場合のFLガラスの分光反射率の差

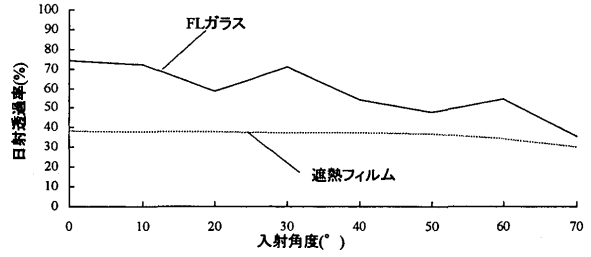
表1 文献を基準にしたときの波長帯におけるFLガラスの分光透過率の差

※ 実験の測定データから文献の測定データを引いた値(%)を示す。I, II, III, IVは測定方法を示す。また、0°については10°の測定データを使用し、20°, 40°, 50°については各入射角度毎の平均値を使用した。

| μm | | 0.35-0.40 | 0.40-0.425 | 0.41 | 0.425-0.45 | 0.45-0.50 | 0.50-0.60 | 0.60-0.65 | 0.65-0.70 | 0.70-0.80 | | 1.26-2.10 |
|---------|-----|-----------|------------|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|
| 0° | I | | | | | | | | | | IV | -11.5 |
| | II | -3.7 | -3.4 | | -3.8 | -3.8 | -3.6 | -4.4 | -4.5 | -5.2 | | |
| | III | -3.6 | -3.4 | | -3.8 | -3.8 | -3.6 | -4.4 | -4.5 | -5.2 | | |
| 10° | I | | 1.4 | 7.5 | -5.0 | -3.3 | -1.3 | -1.8 | -5.1 | -6.2 | IV | -14.0 |
| | II | -4.0 | -3.2 | -3.3 | -3.5 | -4.1 | -4.2 | -5.8 | -6.3 | -7.5 | | |
| | III | -3.5 | -3.4 | -3.3 | -4.0 | -4.1 | -3.8 | -4.4 | -4.9 | -5.5 | | |
| 20° | I | | | | -9.6 | -9.2 | -8.9 | -8.5 | -9.0 | -9.3 | IV | -26.7 |
| | II | -9.0 | -8.8 | | -9.6 | -9.2 | -8.9 | -8.5 | -9.0 | -9.3 | | |
| | III | -2.9 | -2.7 | | -3.4 | -3.2 | -2.9 | -3.5 | -4.0 | -4.9 | | |
| 30° | I | | | | -22.9 | -22.4 | -21.8 | -20.5 | -20.3 | -20.8 | IV | -13.4 |
| | II | -22.0 | -22.0 | | -22.9 | -22.4 | -21.8 | -20.5 | -20.3 | -20.8 | | |
| | III | -2.5 | -1.7 | | -2.8 | -2.5 | -2.3 | -2.9 | -3.1 | -4.9 | | |
| 40° | I | | 8.5 | | -12.9 | -0.9 | 4.6 | 1.6 | -7.4 | -8.5 | IV | -30.1 |
| | II | -33.7 | -31.9 | | -33.1 | -33.5 | -33.4 | -35.5 | -35.2 | -35.5 | | |
| | III | -3.1 | -2.6 | | -3.6 | -3.0 | -2.1 | -3.2 | -3.4 | -4.4 | | |
| 50° | I | | | | -57.3 | -57.2 | -55.6 | -52.5 | -53.4 | -4.9 | IV | -26.6 |
| | II | -53.2 | -56.7 | | -57.3 | -57.2 | -55.6 | -52.5 | -53.4 | -4.9 | | |
| | III | -0.3 | -0.9 | | -1.7 | -1.9 | -0.4 | -1.5 | -4.3 | -2.5 | | |
| 60° | I | | | | -69.4 | -70.2 | -68.8 | -64.4 | -67.3 | -59.2 | IV | -30.4 |
| | II | -63.8 | -69.1 | | -69.4 | -70.2 | -68.8 | -64.4 | -67.3 | -59.2 | | |
| | III | -1.3 | -2.7 | | -3.2 | -3.9 | -1.9 | -2.9 | -8.0 | -3.9 | | |



(a) 0.28-0.80 μm (紫外~可視域)



(b) 1.26-3.0 μm (赤外域)

図10 紫外~可視域および赤外域における入射角ごとの透過率

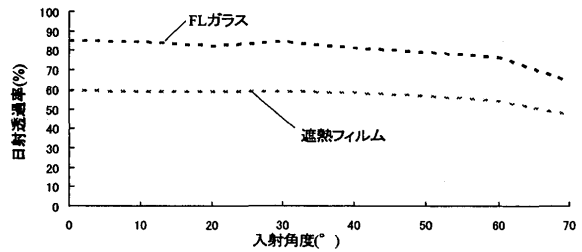


図11 紫外~赤外域における入射角ごとの日射透過率

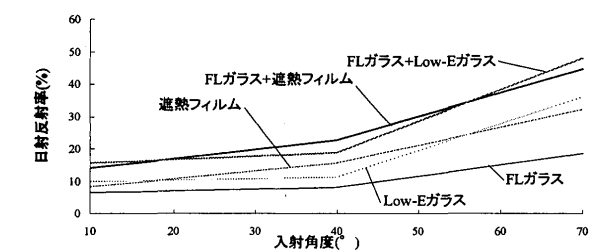
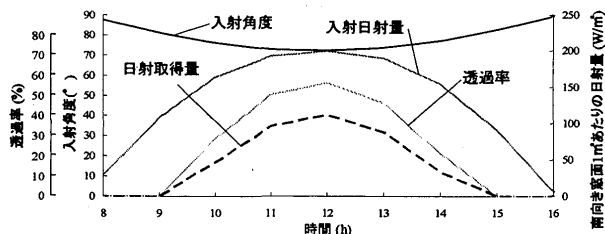
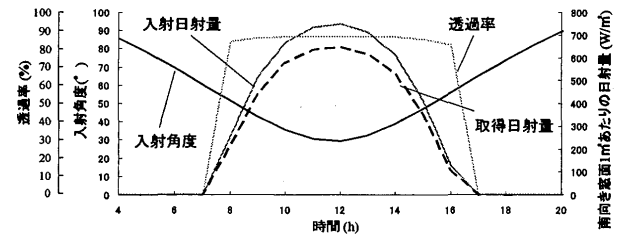


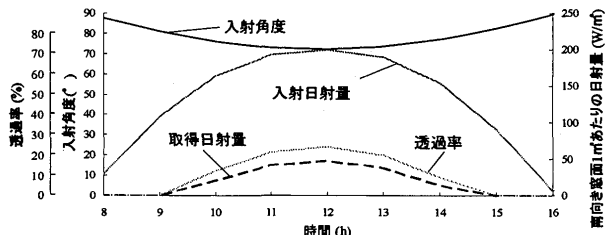
図12 入射角ごとの日射反射率



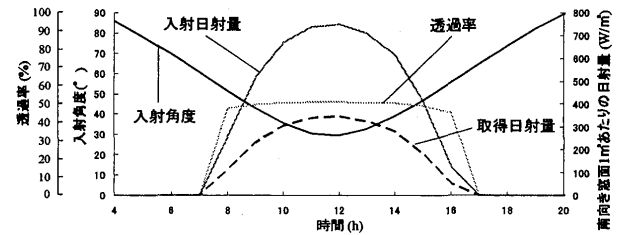
(a) FLガラス (夏季)



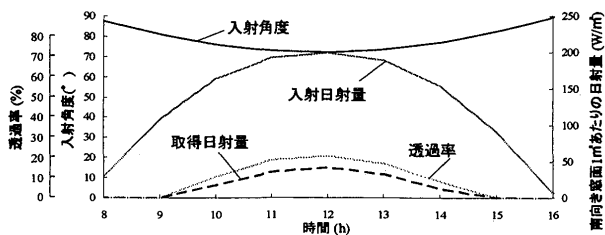
(d) FLガラス (冬季)



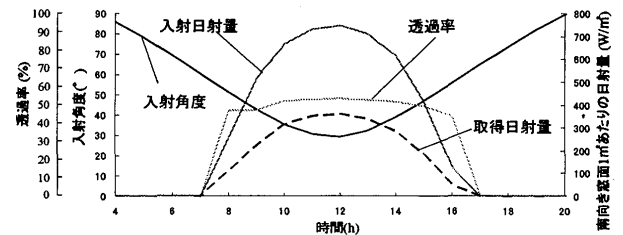
(b) 遮熱フィルム+FLガラス (夏季)



(e) 遮熱フィルム+FLガラス (冬季)



(c) Low-Eガラス (夏季)



(f) Low-Eガラス (冬季)

図13 南向き窓面への入射角と日射取得量の時系列変化

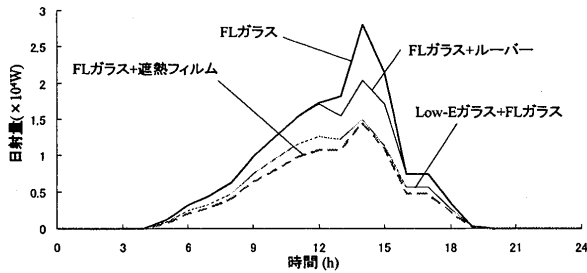


図14 夏季における解析対象建物の日射取得量

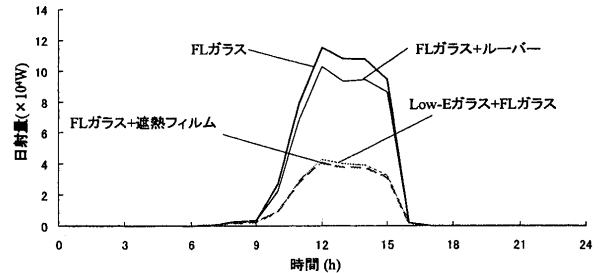
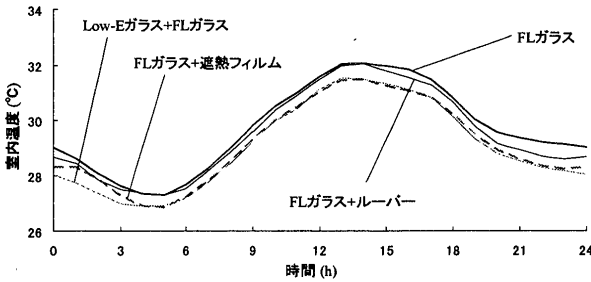
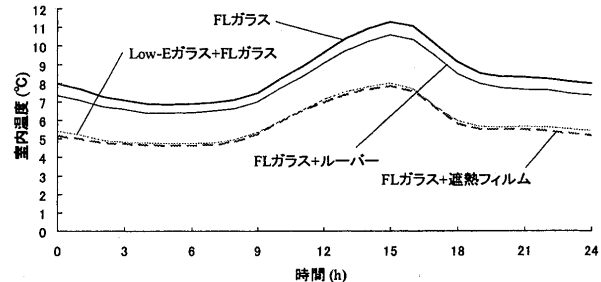


図15 冬季における解析対象建物の日射取得量



(a) 夏季における自然室温変動の時系列変化



(b) 冬季における自然室温変動の時系列変化

図16 入射角ごとの日射反射率

を比較すると、Iの測定データにおいて、分光反射率は $0.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の波長帯で $\pm 2\%$ 前後の差に収まった。

図7のIによる各試料の分光反射率では、FLガラスおよびLow-Eガラスの入射角 10° 、 40° では大きな差はなかったが、遮熱フィルムの入射角 40° では、入射角 10° に対して10%の差、入射角 70° で25%の差となった。

表1に、文献の測定データを基準に各測定方法から得られた数値を比較し、分光透過率の差を検討した。入射角 10° 、 40° では、IおよびIIIから得られた数値が、いずれの波長帯でも -5% 前後に収まった。IIでは、入射角 $20^\circ \sim 60^\circ$ になるに従い、文献との差が大きくなり、最大で入射角が 60° の $0.45 \sim 0.50 \mu\text{m}$ の波長帯で -70.2% の差となった。また、IIIから得られた値では、入射角が $10^\circ \sim 60^\circ$ になるに従い、どの波長帯においても -5% 前後に収まった。以上の結果から、次章では入射角がいずれの波長帯においても、文献との差が小さかったIIIの分光透過率を用いて、建物における室内環境の解析を行う。

4. 赤外域における分光透過率・分光反射率の測定結果

図8(a)および表1を見ると、FLガラスにおける入射角 0° の場合では、 $1.26 \sim 2.10 \mu\text{m}$ の範囲で文献データに対し11.5%下回る。また、入射角 $20^\circ \sim 60^\circ$ も同様に10~30%下回る結果となった。図8(b)の遮熱フィルムは、入射角 0° と入射角 70° では、 $1.26 \sim 2.10 \mu\text{m}$ において約10%の差であった。

赤外域における分光反射率(図9)では、FLガラスについて文献データと比較した場合、 $1.26 \sim 2.10 \mu\text{m}$ の波長帯の範囲で、分光反射率は1%の差である。また、遮熱フィルムは、 $1.26 \sim 2.10 \mu\text{m}$ の波長帯の反射率は10~25%の幅で変化する干渉縞が観測された。これは、遮熱フィルム表面での反射と遮熱フィルム内部にあるアルミニウムの反射が干渉したものである。

5. 日射入射角ごとの日射透過率・日射反射率の算出

5-1 日射透過率・日射反射率の算出

文献3)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 τ を $0.28 \sim 0.80 \mu\text{m}$ 、 $1.26 \sim 3.0 \mu\text{m}$ および

$0.28 \sim 3.0 \mu\text{m}$ の各々の波長帯について積分して算出した。

$0.28 \sim 0.80 \mu\text{m}$ では、図10(a)、図12において、Low-Eガラスおよび遮熱フィルムの日射透過率は、いずれも入射角 50° 以上で小さくなり、日射反射率は入射角 40° から大きくなる。FLガラス+遮熱フィルムと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となる。試料単体の場合、日射反射率は入射角 $20^\circ \sim 50^\circ$ の場合、Low-Eガラスより遮熱フィルムの方が高くなる。

$1.26 \sim 3.0 \mu\text{m}$ では、図10(b)において、FLガラスは入射角 $0^\circ \sim 70^\circ$ の範囲で日射透過率は、75%~40%となる。遮熱フィルムは、入射角 $0^\circ \sim 50^\circ$ において日射透過率が39%となっており、入射角 50° 以上で小さくなる。

全波長域($0.28 \sim 3.0 \mu\text{m}$)では、図11の入射角 $0^\circ \sim 50^\circ$ の範囲で、FLガラスは日射透過率が85%となり、遮熱フィルムは60%となる。また、FLガラスおよび遮熱フィルムはいずれも入射角 50° 以上で小さくなる。また、図10(a)と図11を比較すると、赤外域の実験値を用いた場合、全波長域の日射透過率を3~5%低めに評価することが分かる。このため、以降の解析では、 $0.28 \sim 0.80 \mu\text{m}$ の分光透過率を使って求めた日射透過率を全波長域の日射透過率とみなして解析を行う。

5-2 建物の日射取得量

図13の日射取得量については、夏季は、12時の南面入射日射量が約 $200\text{W}/\text{m}^2$ (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窓面積あたり $110\text{W}/\text{m}^2$ 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 $50\text{W}/\text{m}^2$ であり、FLガラスより $60\text{W}/\text{m}^2$ 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 $750\text{W}/\text{m}^2$ (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窓面積あたり $650\text{W}/\text{m}^2$ 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 $300\text{W}/\text{m}^2$ 小さくなる(46%削減)。

6. アトリウムにおける遮熱フィルムおよびLow-Eガラスの導入効果

の数値解析

6-1 解析対象建物の概要

解析対象の建物は、新潟県柏崎市のNK 大学構内に建設予定の学生用福利施設棟であり、筆者らが基本構想したものである。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、南面を全面ガラス張りとしたアトリウム空間である。建物の概形および仕様を図1のC-2に示す。解析対象日は、7月と12月において日射量が大きく気温が高い日を選択し、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データに基づいて算出した。図13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遮熱フィルム・Low-Eガラス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。

6-2 日射取得量

図14、図15に建物の日射取得量を示す。解析対象とされる建物の日射取得量をピーク値で見た場合、夏季の14時の日射取得量では、ルーバーを導入した場合、FLガラスに対し、28%削減した。また、遮熱フィルムを導入した場合50%削減し、Low-Eガラスは46%削減した。冬季の12時の日射取得量では、ルーバーを導入した場合、FLガラスに対し、10%削減し、遮熱フィルムおよびLow-Eガラスを導入した場合、FLガラスに対し63%削減した。

6-3 室温変動

図16は、解析対象建物の自然室温変動の計算結果を夏季、冬季について示す。夏季の室内温度は、FLガラスの15時で約32℃となるが、遮熱フィルムとLow-Eガラス、ルーバー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15時で11℃であるが、ルーバーを用いたときは0.8K程度下回っており、遮熱フィルムとLow-Eガラスを用いると15時で3K程度下回っている。

7. 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、各試料の組み合わせとルーバーを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測定方法Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにより実験を行った。実験で得られた値から遮熱フィルムおよびLow-Eガラスの入射角ごとの分光透過率、分光反射率を明らかにした。このデータを用いて、各試料の日射の入射角ごとの日射透過率と日射反射率を求めた。

2) 南側全面ガラス張りの吹き抜け空間をもつ建物の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、遮熱フィルムがFLガラスより46%削減できることが明らかとなった。また、自然室温の変動の観点からも、Low-Eガラスと遮熱フィルムは日射遮蔽効果があ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および永田明寛先生のご協力をいただいた。本報は、新潟工科大学の長沼秀明氏の卒業論文の成果でもある。ここに厚く感謝の意を表します。

注

- 1) Low-Eガラスの1.26～3.0 μmの分光透過率、分光反射率の測定もMethod IVにより行ったが、測定データの不都合のため本報告には掲載しなかった。
- 2) ルーバーは、地上3m～7mあたり、高さ4m、幅20cmのルーバーを30cmピッチでガラス面に沿って設置したものと仮定した。なお、ルーバーの素材は日射を透過せず、またルーバー間の多重反射により建物内に侵入する日射はないものとした。
- 3) 試料の正方向に対し、夏季の晴天日の夕方の法線面直達日射量(約300W)の場合、透過日射量の誤差は約40Wと見積もられる。

参考文献

- 1) 一ノ瀬他：建材の光学物性における分光および指向特性に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.305-308，2002年9月
- 2) 一ノ瀬他：建材の日射透過および反射性能における分光感度特性，日本建築学会環境系論文集，第583号，pp.15-21，2004年9月
- 3) 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

[2007年4月20日原稿受理 2007年7月26日採用決定]