

# 建築物における昼光利用照明と省エネルギー

平成19年3月

板硝子協会

はじめに

ここにきて地球温暖化問題に関する状況は、慌ただしい展開となっている。国内では、京都議定書の第一約束期間（2008～2012年）を目前に、二酸化炭素排出量1990年比6%削減という目標達成が危ぶまれ、各方面でその対策強化が求められている。特に、建築・住宅に係る民生部門が3割を超える大幅な増加となっているのは周知のとおりである。

また国際的には、今月初めにIPCC（気候変動政府間パネル）の第四次評価報告書（第一作業部会）が出されたところである。観測されている温暖化は人類活動が原因か否かの論争に終止符が打たれ、焦点は対策に移りつつある。この夏には、対策を扱う第三作業部会の報告が予定され、建築・住宅関係も従来に比べより広範な検討・記述が進められている。

2℃を超える平均気温上昇は危険水準であり、温暖化をこの範囲に留めるためには、2050年までに世界の二酸化炭素排出量を半減する必要があるとも議論されている。既に、欧州諸国は来たるべき低炭素社会を見据え、同時期までに50～80%削減という国家目標を設定している。わが国も応分の削減を覚悟すべきで、年数に余裕はあるものの、目前に迫った6%とは桁違いの大幅な削減が求められることになる。

建築や住宅さらにその集積としての都市は、その更新・形成に時間がかかるだけに、長期的展望を持った対応が不可欠である。ここで検討された、高機能ガラスを用いた窓面における日射遮蔽性・断熱性の向上および自然光利用による省エネルギーは、もとより単独で問題を解決するものではないが、重要な一助となることは間違いないと考えている。

本報告書の内容を参考にされ、低炭素社会構築に向けて役立てて頂くことを願う次第である。

平成19年2月

東京理科大学理工学部建築学科

井上 隆

注) HASP-Lを用いたシミュレーションの実施に際しては、本研究室の助手一ノ瀬氏と大学院生（修士課程）好井君によるところが大きい。記して謝意を表します。

## 目次

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 目次 .....                             | 1  |
| 1. 目的 .....                          | 2  |
| 2. 計算内容の概要 .....                     | 3  |
| 2.1 主な検討項目 .....                     | 3  |
| 2.2 計算ツール .....                      | 3  |
| 2.3 計算処理の流れ .....                    | 4  |
| 3. 計算方法 .....                        | 5  |
| 3.1 計算プログラム .....                    | 5  |
| 3.2 計算条件 .....                       | 5  |
| 3.2.1 シミュレーションモデル .....              | 5  |
| 3.2.2 スケジュール設定 .....                 | 6  |
| 3.2.3 開口率 .....                      | 7  |
| 3.2.4 建物概要 .....                     | 8  |
| 3.2.5 照明計算条件 .....                   | 9  |
| 3.2.6 熱負荷計算条件 .....                  | 10 |
| 3.2.7 窓ガラス品種 .....                   | 11 |
| 3.2.8 照度計算概要 .....                   | 12 |
| 4. 計算結果 .....                        | 16 |
| 4.1 照明電力量・暖冷房負荷の計算結果 .....           | 16 |
| 4.1.1 ガラス品種ごとの照明電力量・暖冷房負荷の比較 .....   | 16 |
| 4.1.2 照明制御の有無による照明電力量・暖冷房負荷の比較 ..... | 18 |
| 4.1.3 ブラインド制御方法による影響 .....           | 19 |
| 4.1.4 開口率の影響 .....                   | 21 |
| 4.2 一次エネルギー消費量 .....                 | 26 |
| 4.2.1 一次エネルギー計算方法 .....              | 26 |
| 4.2.2 一次エネルギー消費量の比較 .....            | 27 |
| 4.2.3 一次エネルギー消費量比較のまとめ .....         | 35 |
| 5. まとめ .....                         | 36 |
| 6. 参考資料 .....                        | 37 |

## 1. 目的

窓からの昼光を利用して窓際の人工照明をコントロールすることは、照明電力を節約し、また、照明発熱による冷房負荷を軽減するが故に、建築において有効な省エネルギー手法である。

昼光利用に関しては、板硝子協会では過去に建築物の熱負荷・照明負荷の計算プログラム「HASP-L」を開発し、各種窓ガラスと熱負荷・照明負荷との関係を検討・公表<sup>1),2)</sup>してきた。しかし、近年、Low-E 複層ガラスのように断熱性・遮熱性に優れた窓ガラス製品が開発され、また、窓・ブラインド・照明の組み合わせ制御等の昼光利用技術が進歩しており、実際の建物にこれらを適用した事例も多く紹介されている。また、最近のオフィスの勤務形態の実態としては、OA化が進んできた事によるパソコン等のOA電力量の増加の一方では、在室人員の減少や、照明効率の向上による照明発熱量の減少がみられる等の変化が生じてきた。

このような背景から、このたび、近年の建築物使用状況に基づいた「建築物の昼光利用による省エネルギー効果」について、特にLow-E 複層ガラスについてその効果を明らかにする事とした。

本報では、開口面積が大きいガラスファサードを有するオフィスビルを対象とし、Low-E 複層ガラスに代表される高機能ガラスを使用した場合の暖冷房負荷および照明電力量を計算し、その省エネルギー効果を検討した。特に、天井から床面までをガラス面で構成するような設計において、Low-E 複層ガラスの採用とともに一般に普及しつつある調光可能な照明機器の併用することで、暖冷房負荷を最小限に抑えつつ昼光利用を最大限に高めて、「昼光利用による省エネルギー効果」を実現することが可能であることを示した。

## 2. 計算内容の概要

昼光を利用したときの光と熱の影響を総合的に考察するために、ケーススタディーとして窓ガラス品種、窓面積率、照明コントロール方式等の設定条件を変えて、事務所ビルの空調負荷および照明電力節約量を計算し、それぞれの省エネルギー比較を行った。

### 2.1 主な検討項目

- ・ 開口面積が大きいガラスファサードを有するオフィスビルを対象として、遮熱型 Low-E 複層ガラスに代表される高機能ガラスによる省エネ効果を、昼光利用技術を反映した熱負荷計算により検討を行った。
- ・ 高機能ガラスによる熱負荷を昼光利用技術との係わりとして省エネ効果を検討した。
- ・ 最近のオフィスの実態を想定した条件にて、期待出来る効果をスタディした。
- ・ ガラス建築を想定し、ガラス面積の幅を広げた。(過去の検討時には 50~60% を最大としたが、最近の建築では 70~80% もあり得るため窓開口率を大きくした)
- ・ 単板ガラス・複層ガラス・Low-E 複層ガラスなど各ガラス品種について、開口面積率とエネルギー消費量の関係の傾向を整理した。
- ・ Low-E 複層ガラスに代表される高機能ガラスと照明コントロール・ブラインド制御との併用によりエネルギー消費量を低減することの可能性を検討した。

### 2.2 計算ツール

- ・ 数値計算には、HASP-L をベースに照明制御およびブラインド制御を近年の技術向上にあわせて改良したプログラムを使用した。
- ・ 本プログラムは、オフィスビルの「動的な熱負荷計算」に加えて、同時に「照明計画に昼光利用を取り入れた場合の熱負荷に及ぼす影響」を全体的にシミュレートすることで、エネルギー消費量を求めるものである。

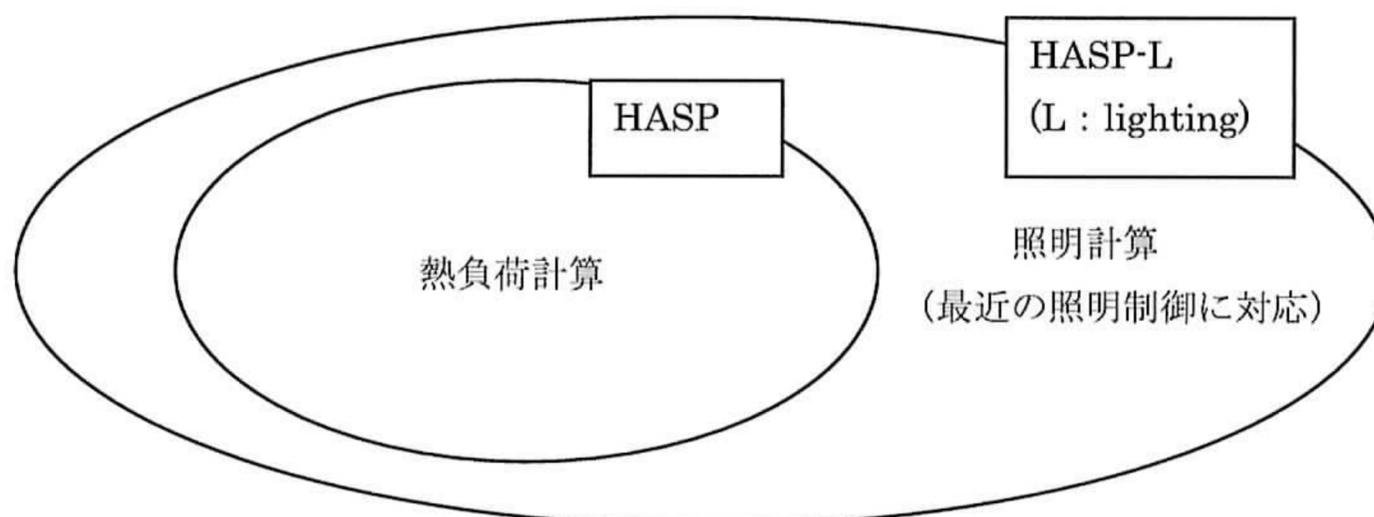


図 1.1 HASP-L と HASP の関係

### 2.3 計算処理の流れ

HASP-L による計算処理の流れは図 1.2 に示す通りである。

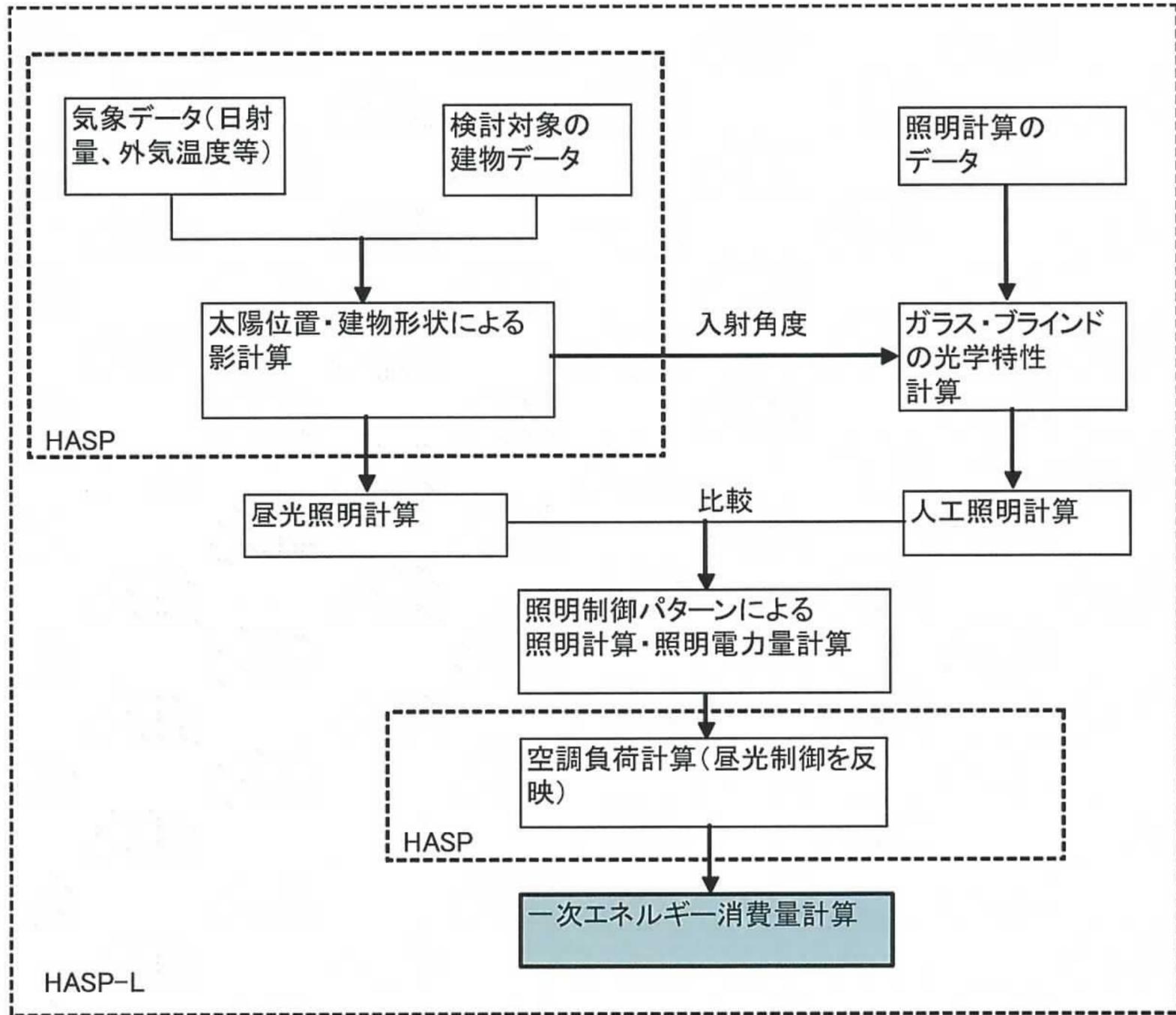


図 1.2 HASP-L による計算処理の流れ

### 3. 計算方法

#### 3.1 計算プログラム

モデル建築物の照明電力量および暖冷房負荷の計算には動的負荷計算プログラム HASP-L を用いた。

HASP-L<sup>1),2)</sup>は、1980年に第3版として発表された HASP/ACLD/8001 をベースとして、昼光利用による省エネルギー効果を定量的に評価する機能が追加され、1982年に公開された。さらに、東京理科大学井上研究室において、最新の建築物に採用されつつある照明制御およびブラインド制御の効果をシミュレートする機能が追加・改良された<sup>3),4),5)</sup>。これにより、室内の必要照度を確保するよう照明制御・ブラインド制御した場合の照明電力量計算と動的空調負荷計算とを同時に行うことが可能となっている。

本検討においても、この改良版 HASP-L を用いた。

#### 3.2 計算条件

##### 3.2.1 シミュレーションモデル

表 3.2.1 にモデル建築物の条件設定を示す。東京理科大学井上研究室での調査に基づき、近年の事務所ビルの使用実態に沿った条件設定とした（表中の新モデル）。例えば、近年の照明効率の向上、在室人数の減少、OA 機器発熱の低減、窓面積率の増大などを考慮している。ただし、表中の「窓面積率」、「ブラインド」、「窓」、「窓システム性能」の仕様は一例を示したものであり、照明・在室者・OA 機器のスケジュールは平日のものである。なお、比較のために、従来用いられてきた条件設定<sup>6)</sup>（従来モデル）を併記した。

表 3.2.1 シミュレーションにおける諸条件

| 項目    | 従来モデル   | 新モデル  |
|-------|---|---|
| 壁面    | 外壁  | 1.16 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]                        |
|       | 内壁  | 1.97 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]                        |
|       | 天井・床  | 1.51 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]                        |
| 窓     | 窓面積率  | 40%   |
|       | ブラインド   | 内ブラインド  |
|       | 窓   | FL8mm   |
|       | 窓システム   | 熱貫流率: 4.9 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]      日射遮蔽係数: 0.52 |
| 照明    | 照明効率  | FI照明  |
|       |   | 熱: 20 [W/m <sup>2</sup> ]      光: 83 [lm/W]         |
|       | 適正照度補正  | 750 [lx]  |
|       | 照明スケジュール  |   |
| 室使用状況 | 在室人数  | 0.2 [人/m <sup>2</sup> ]                             |
|       | 在室スケジュール  |   |
|       | OA電力量   | 20 [W/m <sup>2</sup> ]                              |
|       | OAスケジュール  |   |
| 空調設定  | 温度  | 夏期: 26.0°C<br>中間期: 24.0°C<br>冬期: 22.0°C             |
|       | 湿度  | 40-60%  |
|       | 外気導入量   | 4.0 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h               |
|       |   | 新モデル  |
|       | 90%   |   |
|       | 内ブラインド  |   |
|       | FL8mm   |   |
|       | 熱貫流率: 4.9 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]      日射遮蔽係数: 0.52 |   |
|       | Hf照明  |   |
|       | 熱: 15 [W/m <sup>2</sup> ]      光: 100 [lm/W]        |   |
|       | 750 [lx]  |   |
|       |   |   |
|       | 0.1 [人/m <sup>2</sup> ]                             |   |
|       |   |   |
|       | 10 [W/m <sup>2</sup> ]                              |   |
|       |   |   |
|       | 夏期: 26.0°C<br>中間期: 24.0°C<br>冬期: 22.0°C             |   |
|       | 40-60%  |   |
|       | 3.5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h               |   |

### 3.2.2 スケジュール設定

表 3.2.2 に照明・在室者・OA 機器の平日と土曜のスケジュールを示す。日曜は各項目とも終日ゼロとする。なお、照明スケジュールについては、表 3.2.2 では照明制御ありの場合を示し、表 3.2.3 に照明制御なしの場合を示す。

表 3.2.2 建物モデルの平日及び土曜のスケジュール概要

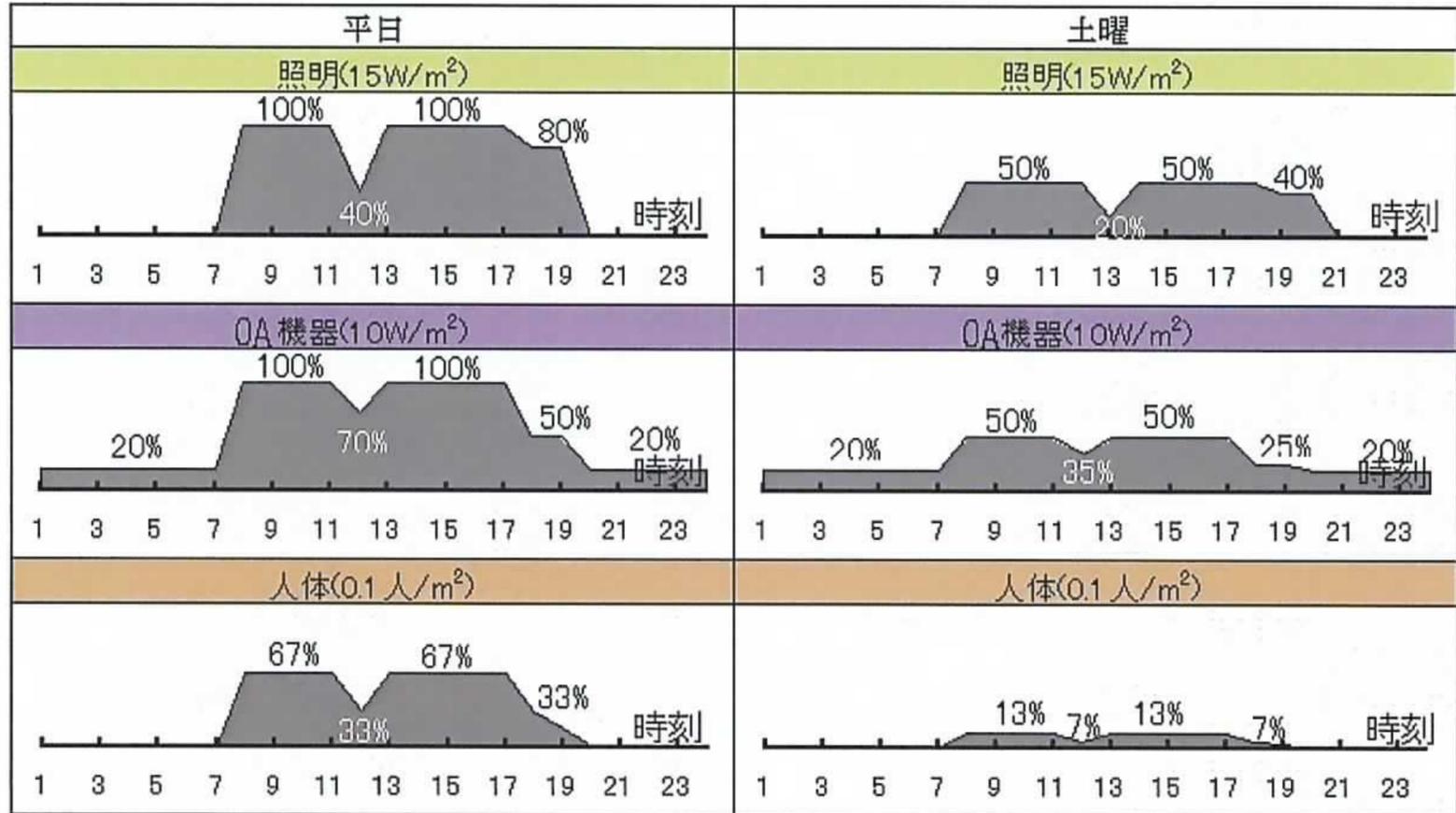
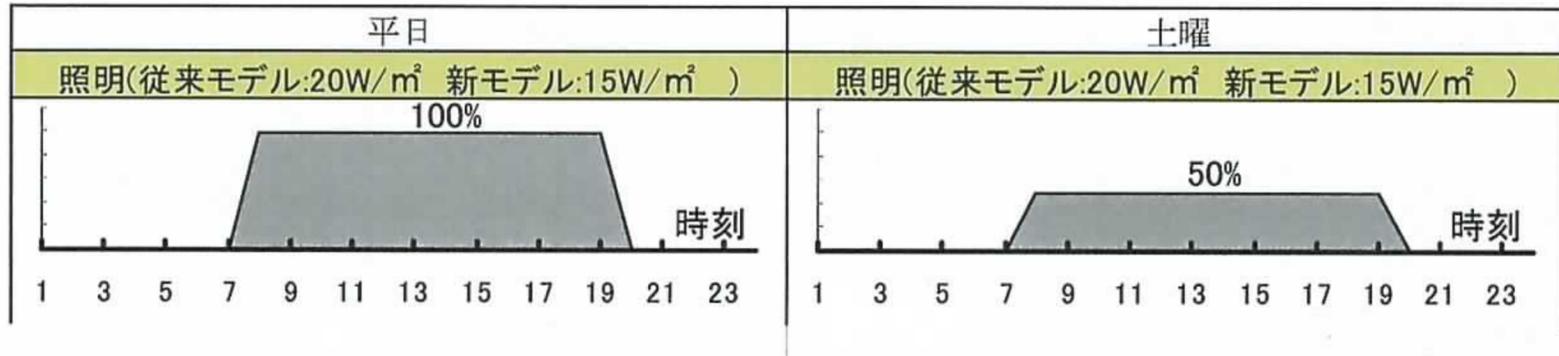


表 3.2.3 照明制御を行わない場合の照明スケジュール概要



### 3.2.3 開口率

開口率，すなわち外皮面積に対する窓面積の割合は，図 3.2.1 に示すように 0.3~92.5% の範囲で設定した。

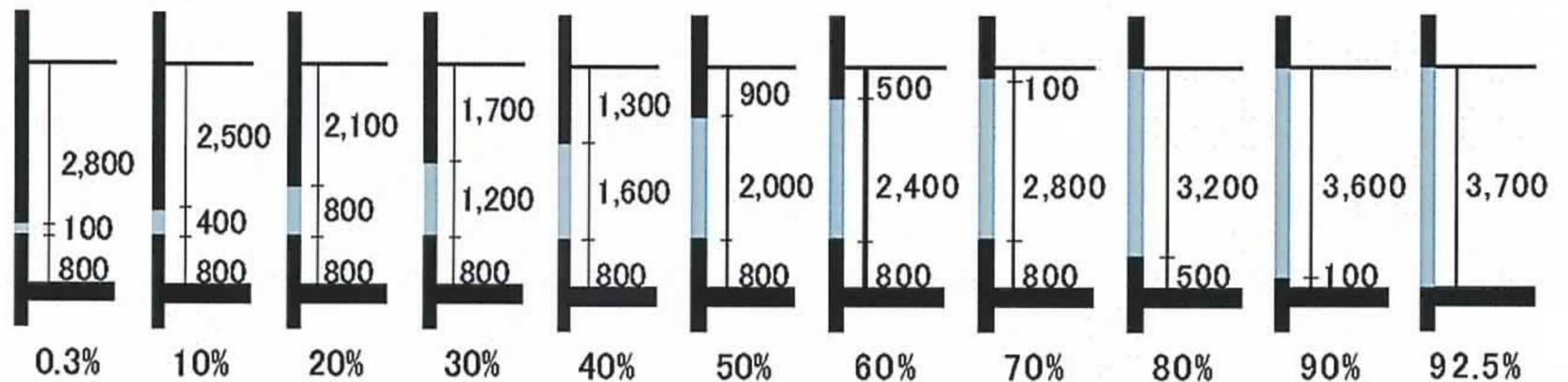


図 3.2.1 開口率設定条件

### 3.2.4 建物概要

モデル建築物の平面図を図 3.2.2 に示す。モデル建築物は長方形の両サイドコア方式の事務所ビルであり，主方位面に二つのペリメータゾーン，中央部にインテリアゾーン，両端部に二つのコア部分を有する。建物の主方位は南北向きと東西向きの二通りとし，ペリメータゾーンのみを対象として照明電力量および暖冷房負荷の計算を行う。また，地域は東京を想定し，東京標準気象データを用いた。表 3.2.4 にその他の建物に関する条件を示す。

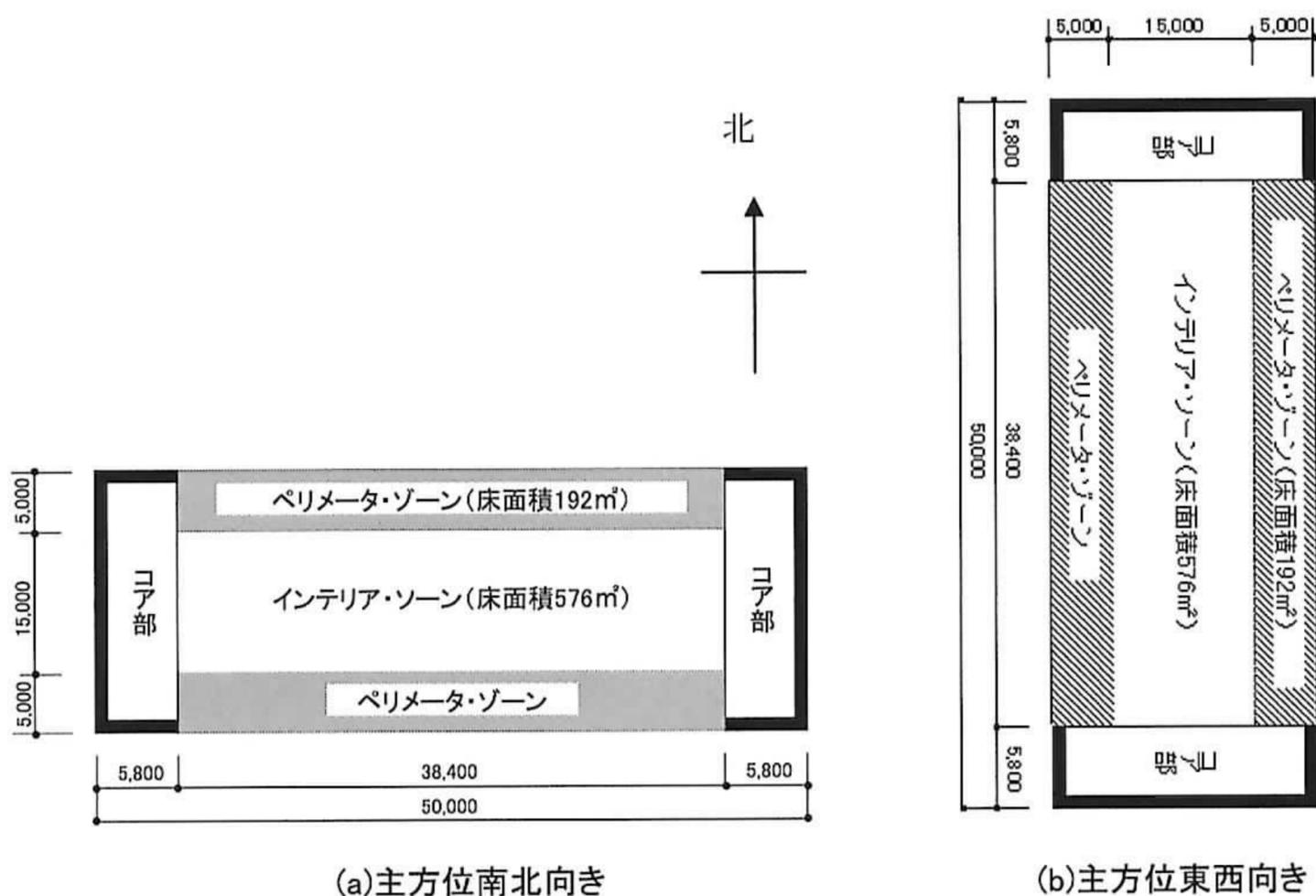


図 3.2.2 シミュレーション対象建物平面図

表 3.2.4 建物条件

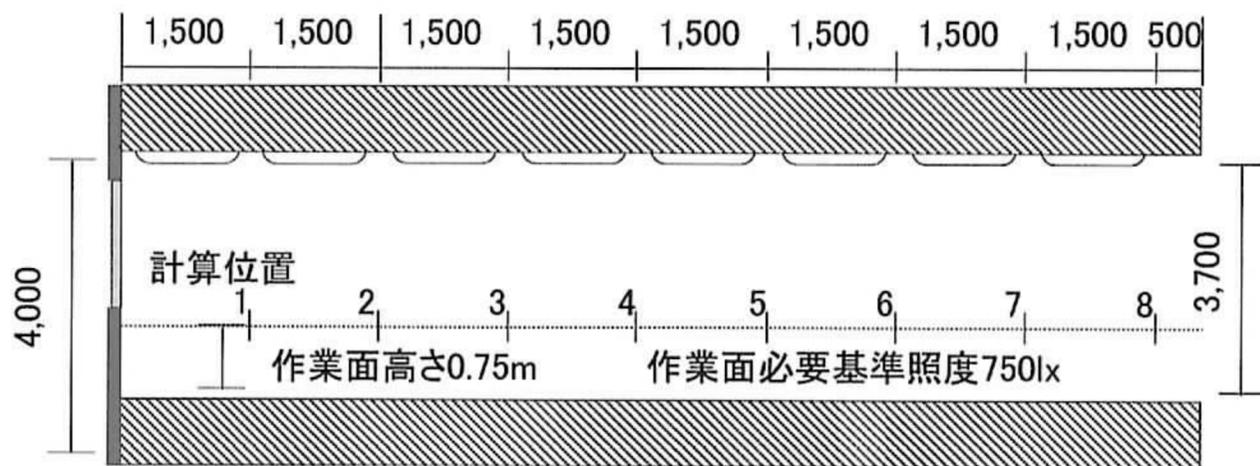
| 項目          | 設定値<br>(ペリメータゾーン)      | 備考                        |
|-------------|------------------------|---------------------------|
| 立地条件        | 東京<br>(東京標準気象データ使用)    | 北緯 35° 38'<br>東経 139° 33' |
| ペリメータゾーン床面積 | 192(m <sup>2</sup> )   |                           |
| 内壁面積        | 36(m <sup>2</sup> )    |                           |
| 階高          | 4(m)                   |                           |
| 天井高         | 3.7(m)                 |                           |
| ブラインドの色     | 明色                     |                           |
| 在室人数        | 0.1(人/m <sup>2</sup> ) |                           |
| OA機器発熱      | 10(W/m <sup>2</sup> )  |                           |

### 3.2.5 照明計算条件

表 3.2.5 に照明に関する設定条件を示す。照明制御ありの場合には、図 3.2.3(a)に示すように、窓から 3m 以内の領域において、床面から 750mm の机上面が設計作業面必要照度 750lx を下回らない範囲で人工照明を連続調光する。照明制御なしの場合には、室内全領域で人工照明を同時に ON/OFF する。



(a) 照明を連続調光するケース



(b) 照明 ON/OFF 制御

図 3.2.3 シミュレーション対象建物断面図

表 3.2.5 計算条件

| 項目   | 計算条件   |
|------|--|
| 人工照明 | 照明密度 15(W/m <sup>2</sup> )<br>作業面必要照度 750(Lx)<br>最大消灯ゾーン 2ゾーン<br>照明領域の長さ 38.4(m)<br>照明領域の奥行き 12.5(m)<br>窓台高さ 0.75(m)<br>照明制御の方法 連続調光制御<br>ランプ器具効率 0.81<br>ランプ保守率 0.75<br>ランプ効率 100(lm/W)<br>コントロール・ゾーンの数 窓際から2ゾーン<br>コントロール・ゾーンの幅 1.5m<br>スペース形状 長方形<br>窓形態 横連窓<br>ブラインドの表面吸収率 0.2<br>ブラインド開閉基準日射量 法線面直達日射量 約29(W/m <sup>2</sup> )<br>許容入射距離 0(m)<br>作業面高さ 0.75(m) |
| 建物   | 天井反射率 0.6<br>壁反射率 0.5<br>床反射率 0.2<br>ガラス反射率 0.2  |

3.2.6 熱負荷計算条件

表 3.2.6 に壁・床・天井の構成の設定条件を示す。また、表 3.2.7 に空調運転条件を示す。

表 3.2.6 構成材条件

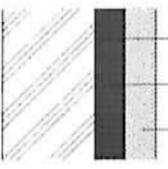
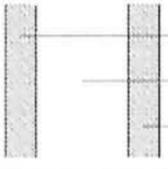
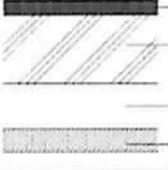
| 部位   | 構成  | 熱貫流率[W/(m <sup>2</sup> ・K)] |
|------|---|-----------------------------|
| 外壁   |  普通コンクリート 150mm<br>発泡硬質ポリウレタン 15mm<br>石膏ボード 12mm           | 1.16                        |
| 内壁   |  石膏ボード 24mm<br>非密閉中空層 100mm<br>石膏ボード 24mm                  | 1.97                        |
| 床/天井 |  リノリウム 3mm<br>普通コンクリート 150mm<br>非密閉中空層 100mm<br>岩綿吸音板 19mm | 1.51                        |

表 3.2.7 空調運転条件

| 項目      | 条件   |
|---------|--|
| 装置運転停止日 | 日曜日・祝日及び12月31日～1月3日  |
| 装置運転時間  | 夏期・中間期・冬期ともに<br>平日 : 8:00～18:00<br>土曜日 : 8:00～13:00                                  |
| 温湿度条件   | 夏期 26℃、40%RH～60%RH<br>中間期 24℃、40%RH～60%RH<br>冬期 22℃、40%RH～60%RH                      |
| 外気導入量   | 従来モデル4.0 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h 新モデル3.5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h |

注)夏期:6月～9月 中間期:4月、5月、10月、11月 冬期:12月～3月

### 3.2.7 窓ガラス品種

モデル建築物の窓に用いるガラス品種として、透明・高透過・熱線吸収・熱線反射・高性能熱線反射二種類のそれぞれ単板ガラスと複層ガラス、Low-E 複層ガラス二種類の合計14種類を考える。ガラス厚さは、単板ガラスでは8ミリとし、複層ガラスでは単板ガラスと同程度の耐風圧強度となる構成として6ミリ+空気層12ミリ+6ミリとした。表3.2.8にこれらの可視光特性および熱性能を示す。

表 3.2.8 ガラス光学・熱特性値

| ガラス種類                       | 構造 | 構成                            | 可視光特性 |              |              | 熱特性                           |                                |                             |
|-----------------------------|----|-------------------------------|-------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                             |    |                               | 透過率   | 反射率<br>(室外側) | 反射率<br>(室内側) | 熱貫流率<br>U(W/m <sup>2</sup> K) | 日射遮蔽係数<br>S.C.( <sup>-</sup> ) | 日射熱取得率<br>η( <sup>-</sup> ) |
| 透明ガラス                       | 単板 | 8ミリ                           | 0.88  | 0.08         | 0.08         | 5.8                           | 0.93                           | 0.82                        |
|                             | 複層 | 6ミリ+空気層12ミリ+6ミリ               | 0.79  | 0.15         | 0.15         | 2.9                           | 0.83                           | 0.73                        |
| 高透過ガラス                      | 単板 | 8ミリ                           | 0.91  | 0.08         | 0.08         | 5.8                           | 1.01                           | 0.89                        |
|                             | 複層 | 高透過6ミリ+空気層12ミリ+6ミリ            | 0.84  | 0.15         | 0.15         | 2.9                           | 0.93                           | 0.82                        |
| 熱線吸収ガラス                     | 単板 | 8ミリ                           | 0.69  | 0.07         | 0.07         | 5.8                           | 0.64                           | 0.56                        |
|                             | 複層 | グリーン6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ         | 0.67  | 0.11         | 0.14         | 2.9                           | 0.56                           | 0.49                        |
| 熱線反射ガラス                     | 単板 | 8ミリ(クリア)                      | 0.62  | 0.32         | 0.35         | 5.8                           | 0.75                           | 0.66                        |
|                             | 複層 | 熱反(クリア)6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ      | 0.58  | 0.35         | 0.36         | 2.9                           | 0.67                           | 0.59                        |
| 高性能熱線反射ガラス<br>(SS8)         | 単板 | SS8-8ミリ                       | 0.08  | 0.41         | 0.36         | 4.6                           | 0.25                           | 0.22                        |
|                             | 複層 | SS8-6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ         | 0.07  | 0.42         | 0.37         | 2.3                           | 0.16                           | 0.14                        |
| 高性能熱線反射ガラス<br>(TBL35/TCB35) | 単板 | TBL35/TCB35-8ミリ               | 0.35  | 0.22         | 0.24         | 5.5                           | 0.51                           | 0.45                        |
|                             | 複層 | TBL35/TCB35-6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ | 0.32  | 0.24         | 0.28         | 2.7                           | 0.39                           | 0.34                        |
| Low-E 複層ガラス<br>(遮熱タイプ)      | 複層 | Low-E-6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ(銀1層)  | 0.75  | 0.12         | 0.11         | 1.8                           | 0.64                           | 0.56                        |
|                             |    | Low-E-6ミリ+空気層12ミリ+透明6ミリ(銀2層)  | 0.67  | 0.12         | 0.15         | 1.6                           | 0.44                           | 0.39                        |

※1 反射率(室外側): 室外側からの入射光に対する反射率

※2 反射率(室内側): 室内側からの入射光に対する反射率

### 3.2.8 照度計算概要

#### (1) 計算概要

昼光と人工光による室内の作業面における合成照度が設計照度（750 lx）を下回らないように、窓際から 3m の照明コントロールゾーン内において照明制御（消灯、調光）を行うものとする。また、ブラインドの遮蔽ロジックやブラインドの透過特性を組み込み、一定以上の強さの直達日射量が入射しないように外界の条件に応じた連続調光制御を行うものとした。

#### (2) 昼光利用する光源

直射光、天空光、地物反射光の三つの外部光源を考える。直射光については、一定以上の強さが窓面に入射する場合はブラインド制御により室内へは拡散光として入射するとする。また、天空光、地物反射光はブラインドあり・なしに拘わらず拡散光として扱う。

#### (3) 室内昼光照度の構成

窓に入射する日射は、窓ガラスおよび日射遮蔽物により吸収・反射・透過を経てそれぞれ異なる配光をもつ光に変換されて室内に導かれる。さらに室内に導かれた光は、その一部は直接に、残りは壁面・床面・天井面などの反射を経て間接に、それぞれ作業面へ到達する。よって、自然光による作業面照度は、図 3.2.4 に示す 3 つの光源（直射光、天空光、地物反射光）、2 つの到達経路（直接照度、間接照度）の成分に分けて考えることができる。

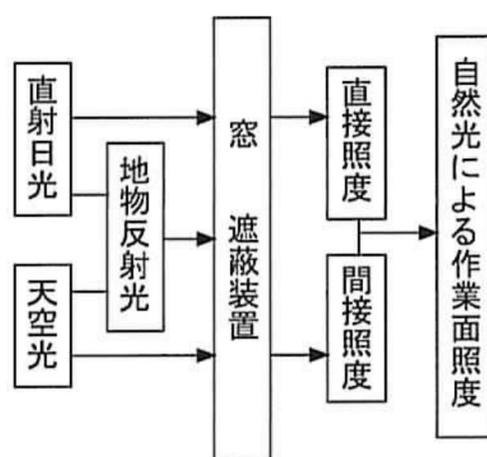


図 3.2.4 室内自然光照度の構成

#### (4) 昼光照度計算の基本式

作業面における全照度  $E_t$  を求める際には、日射遮蔽物などを含む窓面を二次光源と考え、その配光と照明評価ポイントの位置とで定まる直接照度  $E_d$  と、それらに加えて室内の形状や仕上げ面の反射率にも支配される  $E_r$  との合成で得られるものとする。

$$E_t = E_d + E_r$$

$E_t$ :作業面における全照度(lx)

$E_d$ :自然光による直接照度(lx)

$E_r$ :自然光による間接照度(lx)

また、二次光源となる窓面からの配光は、ブラインド等の特性と入射光の特性の両者によって決まるため、直接照度  $E_d$  および間接照度  $E_r$  は指向特性の異なる 3 種の外部光源の成分の合計となる。よって、室内での作業面照度は合計 6 つの成分で構成される。

$$E_d = E_{Dd} + E_{Sd} + E_{Gd}$$

$E_{Dd}$ :直射光による直接照度(lx)

$E_{Sd}$ :天空光による直接照度(lx)

$E_{Gd}$ :地物反射光による直接照度(lx)

$$E_r = E_{Dr} + E_{Sr} + E_{Gr}$$

$E_{Dr}$ :直射光による間接照度(lx)

$E_{Sr}$ :天空光による間接照度(lx)

$E_{Gr}$ :地物反射光による間接照度(lx)

#### (5) ブラインドによる光の透過モデル

ブラインドを通して室内へ導かれた光による室内照度計算方法は、松浦ら<sup>5)</sup>の方法による。

室内照度計算は、先に述べたようにブラインドを含む窓面を二次光源として考え、直射照度と天空照度に分解して算出する。図 3.2.5 は、直射光または天空光がブラインドを通して室内に入射する状況を透過モデルとして示したものである。ブラインドスラットに当たった日射は、直射光、天空光ともすべて拡散光となり、窓面から室内へは下向成分と上向成分に分かれて、室内に透過する状況をモデル化している。

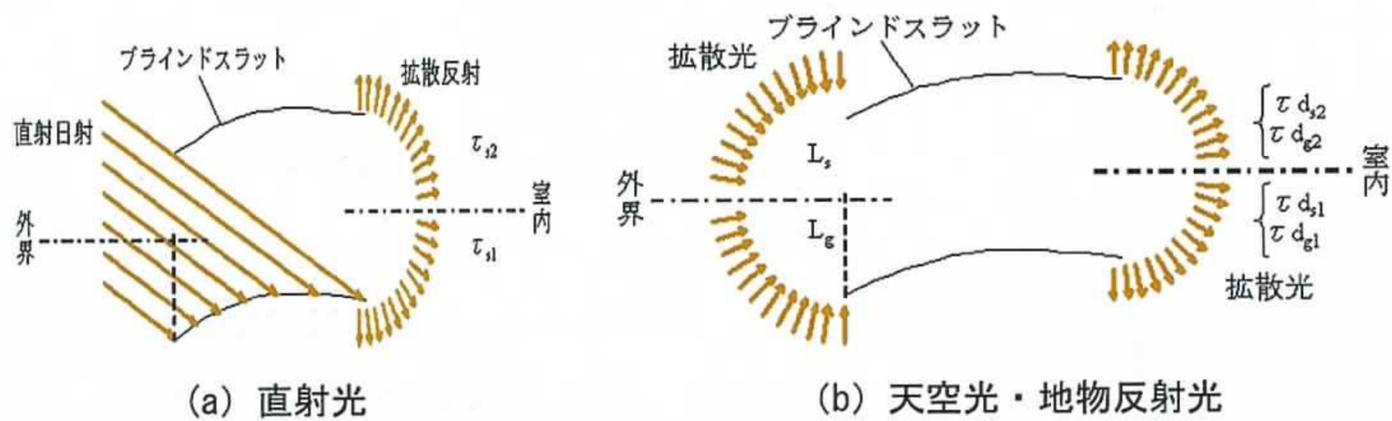


図 3.2.5 ブラインドにおける入射日射と射出方向

(6) ブラインド制御概要

表 3.2.8 に本検討に用いた四つのブラインド制御パターンを示す。

①昇降・保護角制御では、窓面が直射光を受ける時間帯には直射光を遮るように直射光の入射方向に応じてスラット角度を制御し（保護角制御）、窓面が直射光を受けない時間帯にはブラインドを巻き上げる（昇降制御）ものとする。

②昇降・全閉制御では、窓面が直射光を受ける時間帯にはスラット角度を全閉とし、窓面が直射光を受けない時間帯にはブラインドを巻き上げる。

③昇降・水平制御では、窓面が直射光を受ける時間帯にはスラット角度を水平とし、窓面が直射光を受けない時間帯にはブラインドを巻き上げる。

④BLなしでは、時間帯に寄らずブラインドを巻き上げたまま、つまりブラインドがない状態とする。

表 3.2.8 ブラインド制御概要

| 制御パターン    | 制御概要  |
|-----------|---|
| ①昇降・保護角制御 | <p>直射照度が増加し屋外が明るくなると</p> <p>昇降制御 700lx 水平制御 1400lx 保護角制御 1000lx 300lx</p> <p>直射照度が低下し屋外が暗くなると</p> |
| ②昇降・全閉固定  | <p>700lx ≤ 直射照度 全閉固定</p> <p>昇降制御 300lx ≥ 直射照度</p>   |
| ③昇降・水平固定  | <p>700lx ≤ 直射照度 水平固定</p> <p>昇降制御 300lx ≥ 直射照度</p>   |
| ④BLなし     |   |

## 4. 計算結果

### 4.1 照明電力量・暖冷房負荷の計算結果

前節までに記述した計算方法および計算条件によりモデル建築物の照明電力量と暖冷房負荷を計算した。ここでは、この結果からモデル建築物の単位床面積あたりに一年間にかかる照明電力量および暖冷房負荷を整理し、ガラス品種・方位・開口率・照明制御・ブラインド（BL）制御などによるエネルギー消費量への影響を検討する。

#### 4.1.1 ガラス品種ごとの照明電力量・暖冷房負荷の比較

図 4.1.1 および表 4.1.1 にガラス品種ごとの照明電力量および暖冷房負荷を方位別（南面・西面・北面）に示す。ここでは、照明制御あり、開口率 50%、ブラインドなしの条件での計算結果とする。図の横軸の右半分は暖冷房負荷を、左半分は照明電力量を表し、それぞれ単位が異なるが、相対的に同等の一次エネルギー消費量を表している。

暖冷房負荷については、いずれのガラス品種も、南面では冷房負荷が、北面では暖房負荷が、それぞれ大きな割合を占めている。また、南面の一部を除いて、単板ガラスよりも複層ガラスの方が暖冷房負荷は小さく、その中でも、高性能熱線反射複層ガラスまたは Low-E 複層ガラスは暖冷房負荷がほぼ同程度に最も小さくなる。

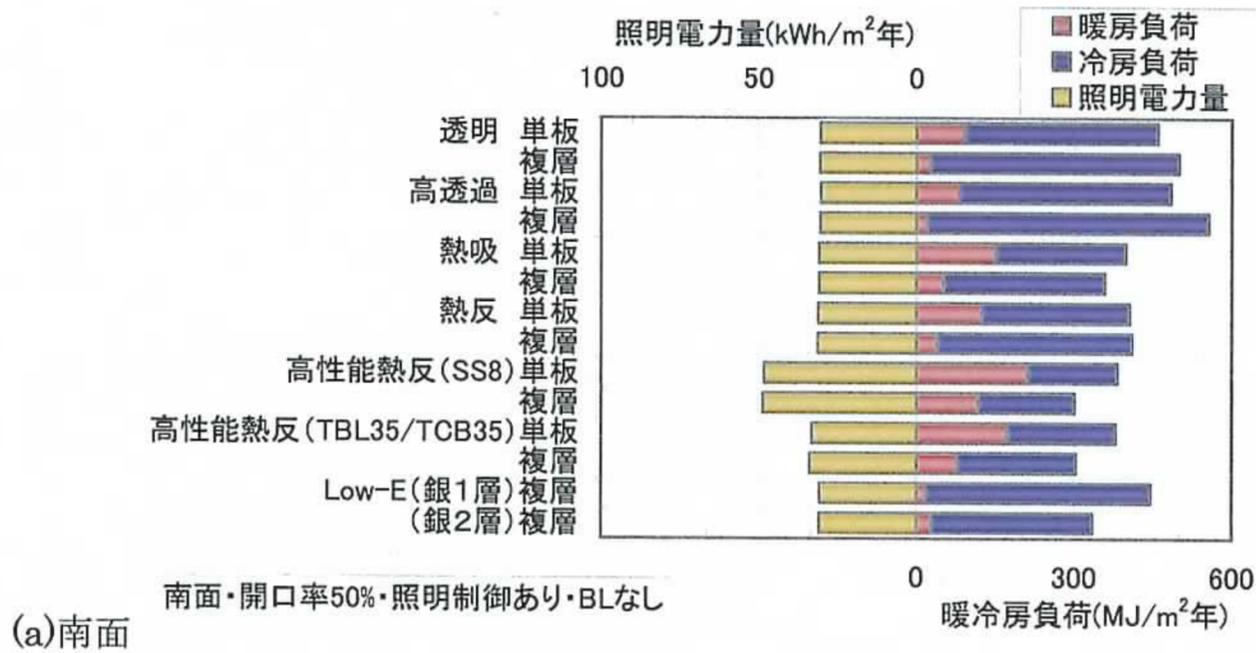
また、照明電力量については、方位にはよらず、低透過型の高性能熱線反射ガラスが、可視光透過率が低く昼光を室内に多く取り込むことができないうために、他の品種よりも照明電力量が多くなっている。

よって、暖冷房と照明の合計を考えると、高透過型の高性能熱線反射複層ガラスまたは Low-E 複層ガラスが最も負荷を小さくすることができることが分かる。

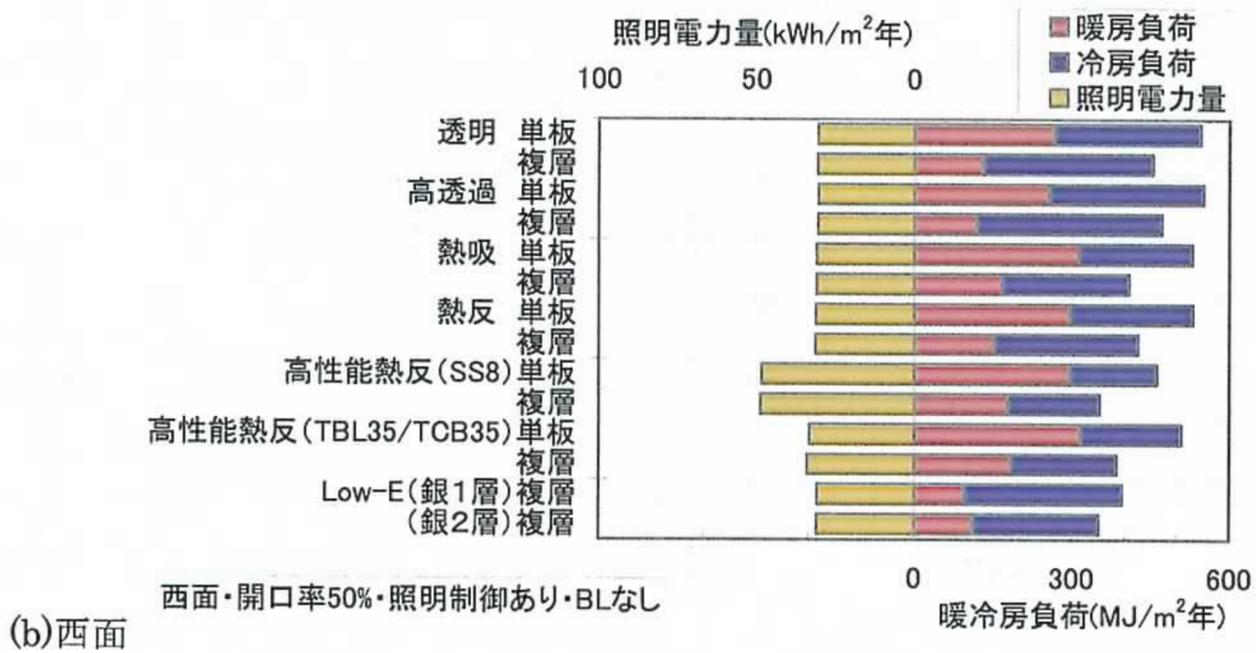
表 4.1.1 ガラス品種ごとの照明電力量・暖冷房負荷

（開口率 50%・照明制御あり・BL なし）

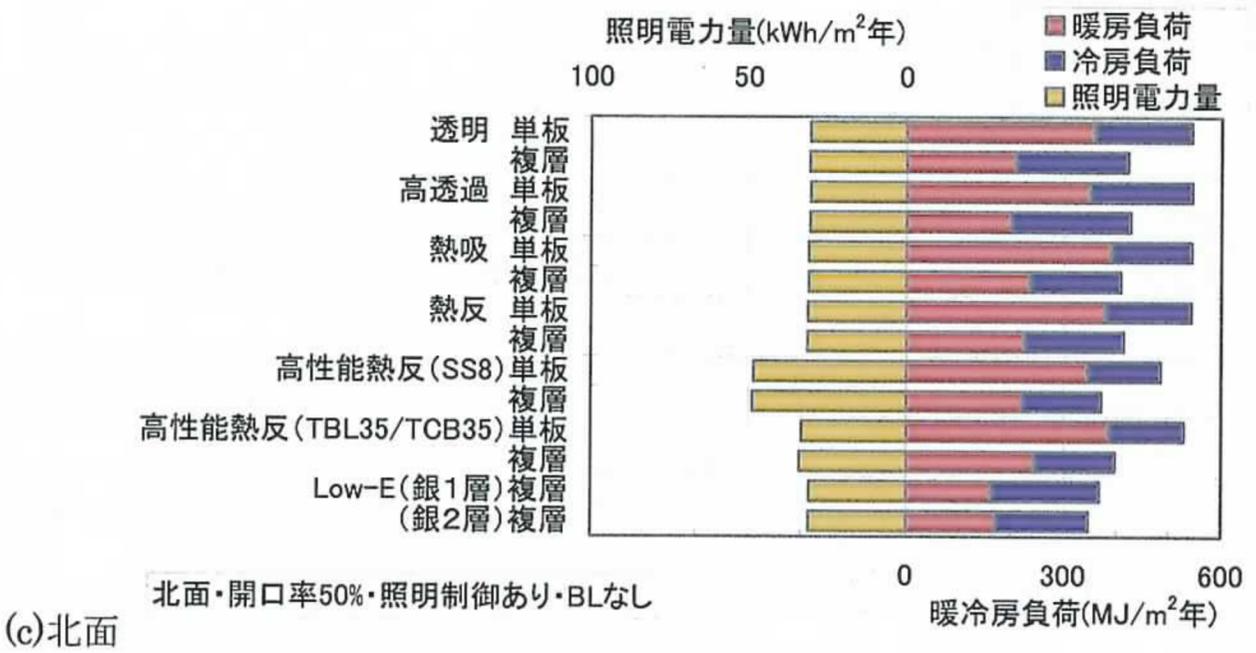
| ガラス品種               | (a)南面                           |                               |                               |                                  | (b)西面                           |                               |                               |                                  | (c)北面                           |                               |                               |                                  |      |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------|
|                     | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) |      |
| 透明                  | 単板                              | 30                            | 91                            | 368                              | 1033                            | 30                            | 267                           | 278                              | 1170                            | 30                            | 357                           | 186                              | 1167 |
|                     | 複層                              | 30                            | 26                            | 473                              | 1098                            | 30                            | 130                           | 323                              | 1025                            | 30                            | 207                           | 214                              | 973  |
| 高透過                 | 単板                              | 30                            | 81                            | 402                              | 1071                            | 30                            | 256                           | 294                              | 1178                            | 30                            | 349                           | 195                              | 1167 |
|                     | 複層                              | 30                            | 20                            | 536                              | 1189                            | 30                            | 118                           | 353                              | 1053                            | 30                            | 197                           | 229                              | 981  |
| 熱吸                  | 単板                              | 31                            | 150                           | 248                              | 940                             | 31                            | 313                           | 217                              | 1149                            | 31                            | 389                           | 154                              | 1171 |
|                     | 複層                              | 31                            | 51                            | 307                              | 876                             | 31                            | 166                           | 242                              | 957                             | 31                            | 234                           | 174                              | 956  |
| 熱反                  | 単板                              | 31                            | 123                           | 282                              | 952                             | 31                            | 295                           | 236                              | 1154                            | 31                            | 377                           | 165                              | 1172 |
|                     | 複層                              | 31                            | 39                            | 372                              | 963                             | 31                            | 151                           | 274                              | 987                             | 31                            | 224                           | 190                              | 968  |
| 高性能熱反 (SS8)         | 単板                              | 48                            | 211                           | 171                              | 1085                            | 48                            | 296                           | 166                              | 1212                            | 48                            | 344                           | 140                              | 1248 |
|                     | 複層                              | 49                            | 117                           | 183                              | 959                             | 49                            | 177                           | 176                              | 1042                            | 49                            | 218                           | 153                              | 1073 |
| 高性能熱反 (TBL35/TCB35) | 単板                              | 33                            | 171                           | 207                              | 932                             | 33                            | 316                           | 192                              | 1139                            | 33                            | 385                           | 144                              | 1170 |
|                     | 複層                              | 34                            | 77                            | 227                              | 816                             | 34                            | 183                           | 201                              | 946                             | 34                            | 242                           | 155                              | 967  |
| Low-E (銀1層)         | 複層                              | 31                            | 16                            | 429                              | 1013                            | 31                            | 95                            | 301                              | 934                             | 31                            | 161                           | 207                              | 889  |
| Low-E (銀2層)         | 複層                              | 31                            | 27                            | 308                              | 839                             | 31                            | 110                           | 241                              | 865                             | 31                            | 169                           | 178                              | 859  |



(a)南面



(b)西面



(c)北面

図 4.1.1 ガラス品種ごとの照明電力量・暖冷房負荷の比較

(開口率 50%・照明制御あり・BLなし)

#### 4.1.2 照明制御の有無による照明電力量・暖冷房負荷の比較

図 4.1.2 および表 4.1.2 に照明制御のありの場合となしの場合の照明電力量および暖冷房負荷を方位別（南面・西面）に示す。ここでは、開口率 50%とし、「透明単板+室内 BL」のみ室内側にブラインドがあるものとし、ブラインドは昇降・保護角の制御を行う条件とする。

いずれのガラス品種も、照明制御なしに比べてありの方は照明電力量がほぼ半減しており、照明制御の効果が大きく現れている。また、照明制御ありでは室内の照明発熱も低減するために、照明制御なしの同じガラス品種に比べて、暖房負荷は増大し、冷房負荷は減少する。しかし、冷房負荷の減少量の方が大きいために、照明制御ありの方が暖冷房負荷合計としては低減できることが分かる。

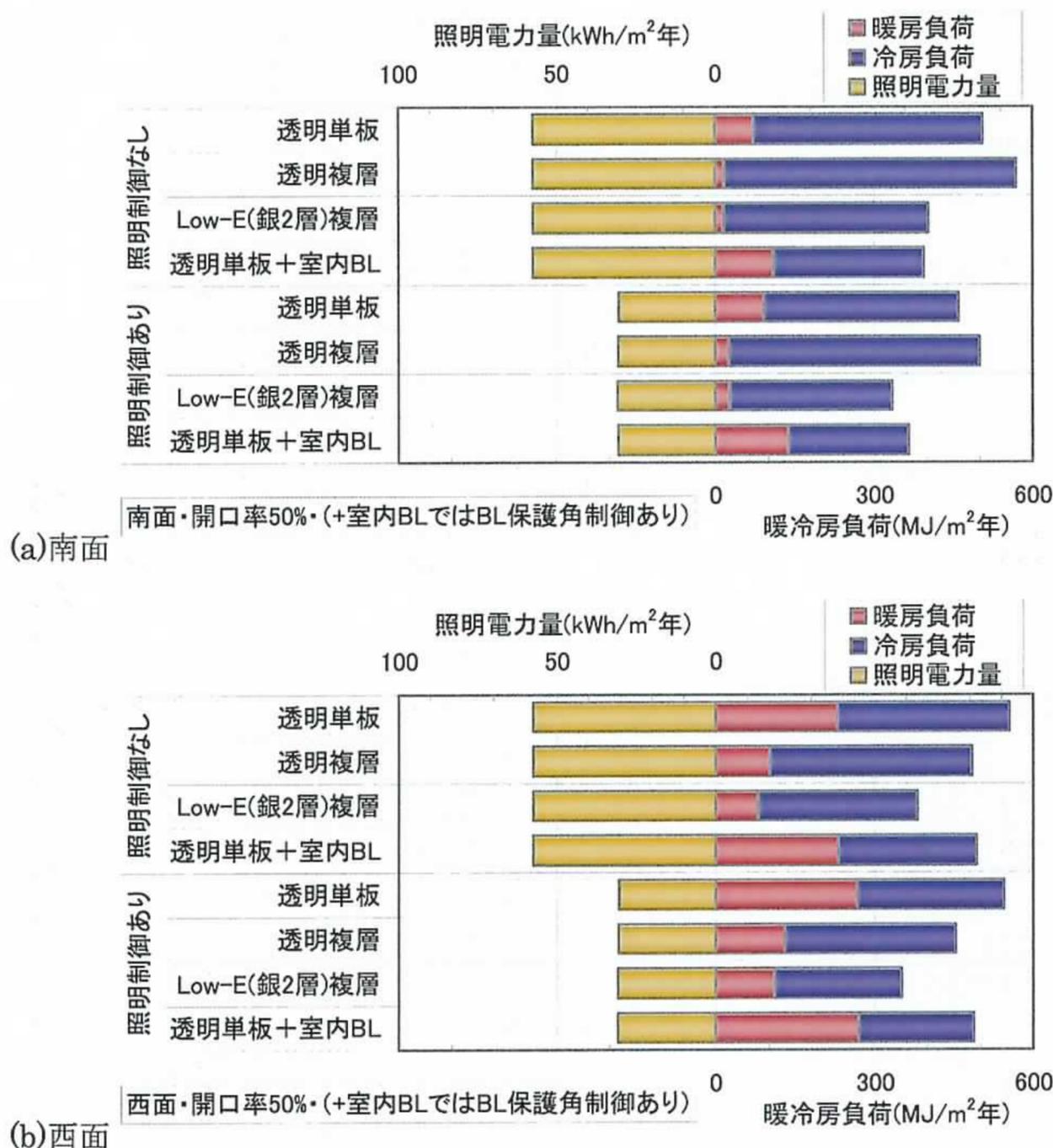


図 4.1.2 照明制御あり／なしによる照明電力量・暖冷房負荷の比較

(開口率 50%, "+室内 BL"では BL 保護角制御あり)

表 4.1.2 照明制御あり／なしによる照明電力量・暖冷房負荷

(開口率 50%, "+室内 BL"では BL 保護角制御あり)

| 照明制御   | ガラス品種          | (a)南面                           |                               |                               |                                  | (b)西面                           |                               |                               |                                  |
|--------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|        |                | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) |
| 照明制御なし | 透明単板           | 57                              | 73                            | 434                           | 1375                             | 57                              | 230                           | 326                           | 1453                             |
|        | 透明複層           | 57                              | 17                            | 552                           | 1476                             | 57                              | 102                           | 383                           | 1340                             |
|        | Low-E (銀2層) 複層 | 57                              | 16                            | 386                           | 1208                             | 57                              | 81                            | 301                           | 1175                             |
|        | 透明単板+室内BL      | 57                              | 110                           | 283                           | 1194                             | 57                              | 231                           | 263                           | 1354                             |
| 照明制御あり | 透明単板           | 30                              | 91                            | 368                           | 1033                             | 30                              | 267                           | 278                           | 1170                             |
|        | 透明複層           | 30                              | 26                            | 473                           | 1098                             | 30                              | 130                           | 323                           | 1025                             |
|        | Low-E (銀2層) 複層 | 31                              | 27                            | 308                           | 839                              | 31                              | 110                           | 241                           | 865                              |
|        | 透明単板+室内BL      | 31                              | 138                           | 227                           | 885                              | 31                              | 269                           | 218                           | 1081                             |

#### 4.1.3 ブラインド制御方法による影響

図 4.1.3 および表 4.1.3 に、ブラインド制御方法を変えた場合の照明電力量・暖冷房負荷を方位別（南面・西面）に示す。ここでは、開口率 50%、照明制御ありの条件とし、ガラス品種は透明単板ガラスと銀2層型の Low-E 複層ガラスとする。

照明電力量については、ブラインドを②昇降・全閉固定の条件としたときに窓としての可視光透過率が最も低く、採光量が少なくなり、照明電力量が増大する。これに対して、④BLなしの条件のときには採光量が多くなり、昼光利用によって照明電力量を低減できることが分かる。また、ブラインドを①昇降・保護角制御および③昇降・水平固定の条件としたときにも④BLなしと同程度の照明電力量に抑えられており、特に①では直射日射を遮りながら昼光を有効に利用できると言える。

また、透明単板ガラスの場合には、④BLなしの条件で日射熱を取り込みやすく冷房負荷が増大し、暖冷房負荷が突出してしまうが、Low-E 複層ガラスの場合には、ガラス自身が断熱性・遮熱性ともに優れるため、ブラインド条件によって暖冷房負荷に大きな差がない。よって、Low-E 複層ガラスとブラインド制御を併用することで、直射日射を避けながら、照明と暖冷房の負荷を同時に最も低減することができると考えられる。

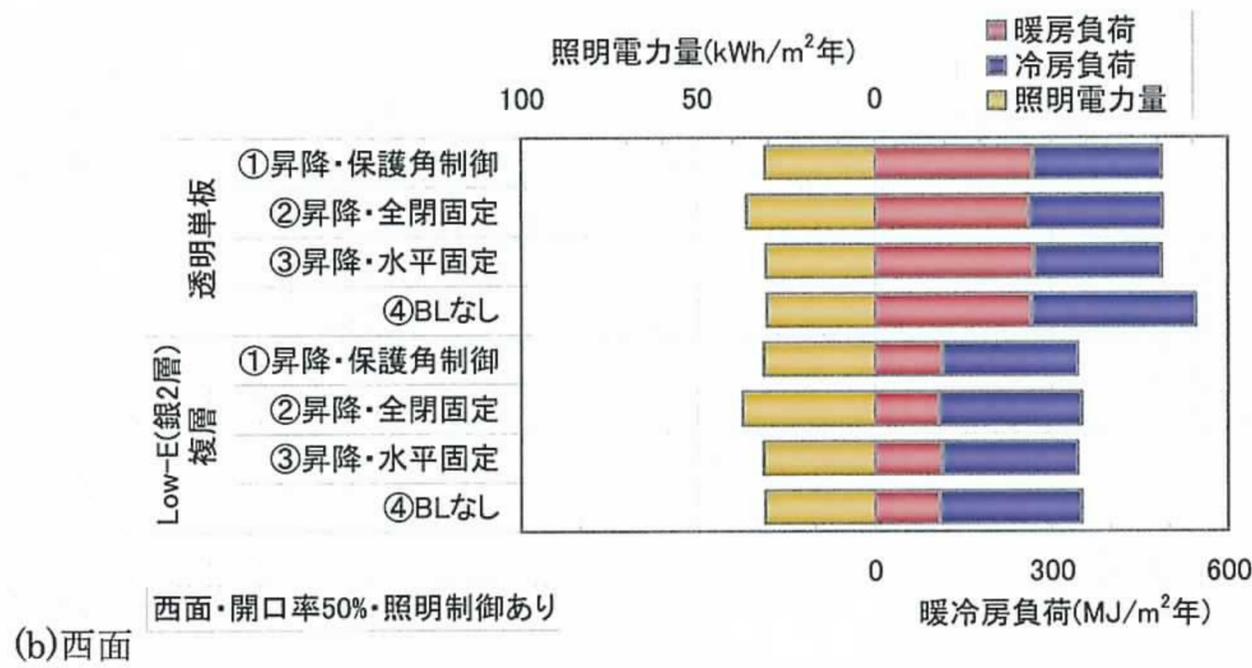
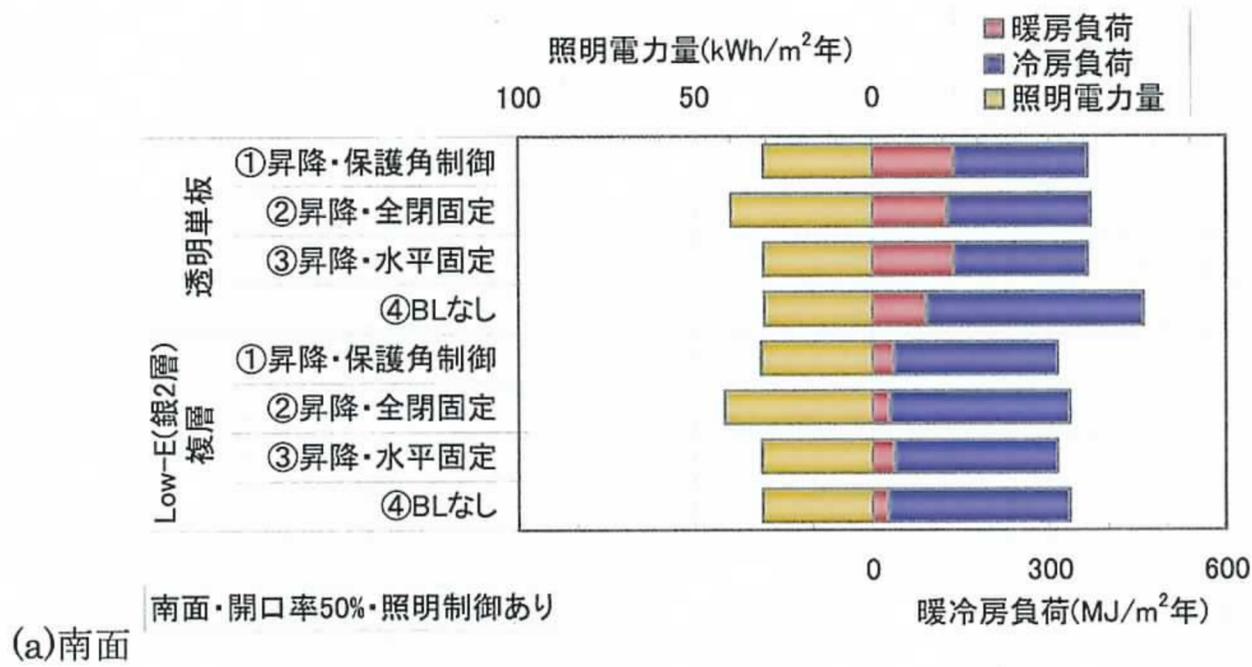


図 4.1.3 ブラインド制御方法による照明電力量・暖冷房負荷の比較  
(開口率 50%・照明制御あり)

表 4.1.3 ブラインド制御方法による照明電力量・暖冷房負荷  
(開口率 50%・照明制御あり)

| ガラス品種          | BL制御方法    | (a)南面                           |                               |                               |                                  | (b)西面                           |                               |                               |                                  |
|----------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|                |           | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 照明電力量<br>(kWh/m <sup>2</sup> 年) | 暖房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 冷房負荷<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) | 一次エネルギー<br>(MJ/m <sup>2</sup> 年) |
| 透明単板           | ①昇降・保護角制御 | 31                              | 138                           | 227                           | 885                              | 31                              | 269                           | 218                           | 1081                             |
|                | ②昇降・全閉固定  | 40                              | 127                           | 244                           | 984                              | 36                              | 262                           | 227                           | 1136                             |
|                | ③昇降・水平固定  | 31                              | 138                           | 227                           | 886                              | 31                              | 270                           | 218                           | 1081                             |
|                | ④BLなし     | 30                              | 91                            | 368                           | 1033                             | 30                              | 267                           | 278                           | 1170                             |
| Low-E (銀2層) 複層 | ①昇降・保護角制御 | 31                              | 37                            | 277                           | 809                              | 31                              | 115                           | 229                           | 859                              |
|                | ②昇降・全閉固定  | 41                              | 30                            | 305                           | 943                              | 37                              | 109                           | 243                           | 928                              |
|                | ③昇降・水平固定  | 31                              | 37                            | 277                           | 809                              | 31                              | 115                           | 229                           | 858                              |
|                | ④BLなし     | 31                              | 27                            | 308                           | 839                              | 31                              | 110                           | 241                           | 865                              |

#### 4.1.4 開口率の影響

図 4.1.4～図 4.1.7 に、開口率（外皮面積に対する窓面積の割合）を 0～100%に変えた場合の暖房負荷・冷房負荷・照明電力量を示す。各図とも照明制御ありの条件とし、図 4.1.4 および図 4.1.5 は南面、図 4.1.6 および図 4.1.7 は西面とする。また、図 4.1.4 および図 4.1.6 ではブラインドなしの条件、図 4.1.5 および図 4.1.7 では室内側ブラインドを昇降・保護角制御の条件とする。各図中の一点鎖線は基準として開口率 0%のときの負荷または電力量を表す。

##### ・暖房負荷

暖房負荷は、単板ガラス（透明、高性能熱反とも）では開口率の増加にともなって増加するが、透明複層ガラスや Low-E 複層ガラスでは逆に減少している。複層ガラスや Low-E 複層ガラスの断熱性能は外壁ほど良くはないものの、日射熱を採り入れることができることが開口率が大きいときの暖房負荷軽減に寄与している。

##### ・冷房負荷

次に、冷房負荷は、開口率を大きくするとほとんどのガラス品種で増加するが、高性能熱線反射の単板ガラスのみ開口率によらず増加しない。高性能熱反単板ガラスは遮熱性能が良いことと、断熱性能が良くないため内部発熱と日射侵入熱を放出しやすいことがこの要因である。高性能熱線反射ガラス以外では、銀 2 層型の Low-E 複層ガラスが最も冷房負荷の上昇を抑えることができる。

##### ・照明電力量

また、照明電力量は、高性能熱反を除くガラス品種では開口率 40%程度までは低減されるが、それ以上の開口率では変わらず一定である。また、高性能熱反ガラスでは、開口率を大きくしたときの照明電力量の低下幅が他のガラス品種に比べて極小さい。

以上のように、開口率と負荷の増減との関係や負荷を最小にできるガラス品種は暖房・冷房・照明のそれぞれで異なることが分かった。つまり、暖房・冷房・照明すべての負荷を低減できるガラス品種・開口率はなく、それらの総量を最小化することが重要となる。そこで、次節では、暖冷房負荷・照明電力量を一次エネルギー消費量に換算し、その合計を比較することで、モデル建築物の省エネルギー化に効果的なガラス品種と開口率を検討する。

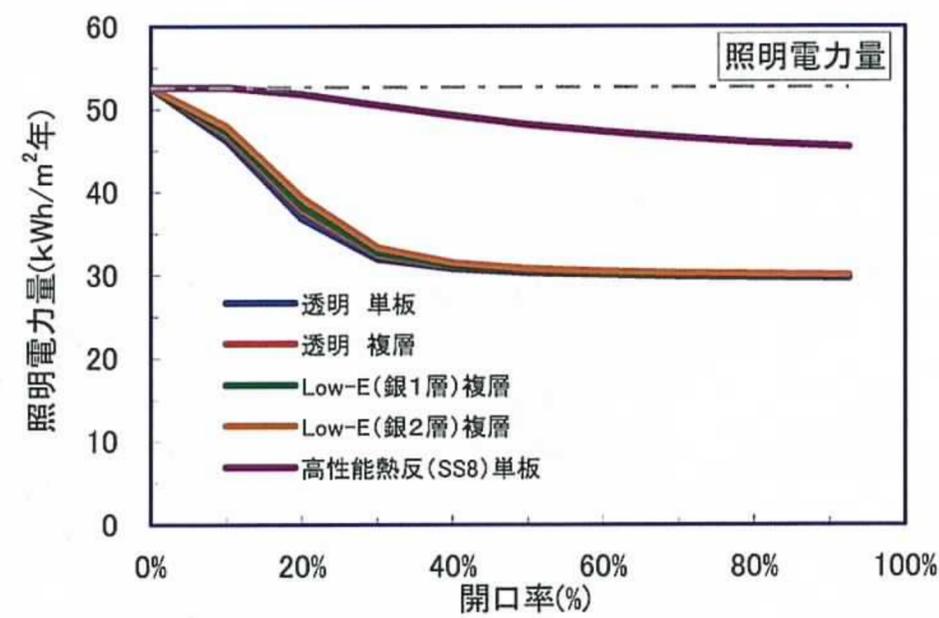
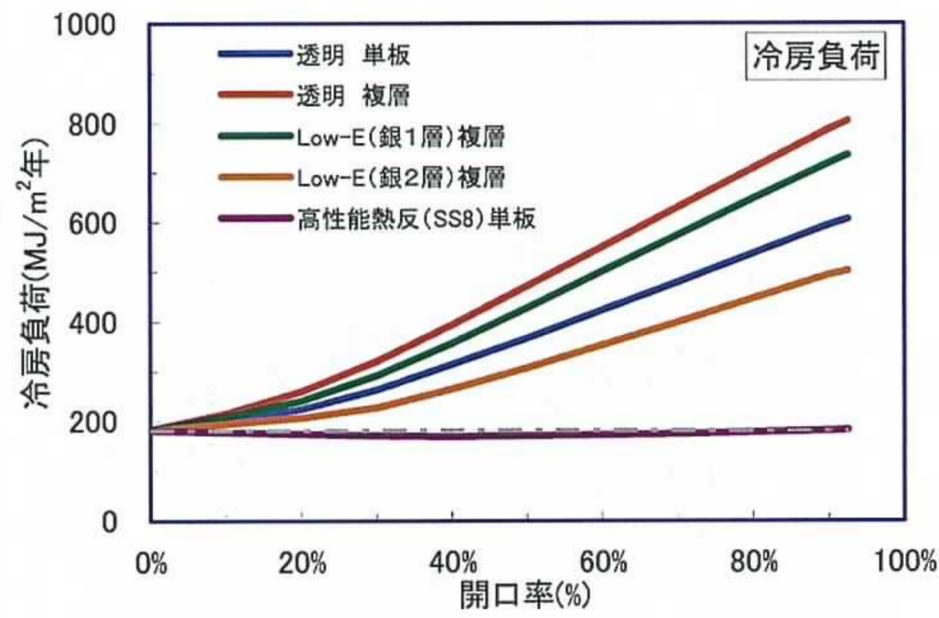
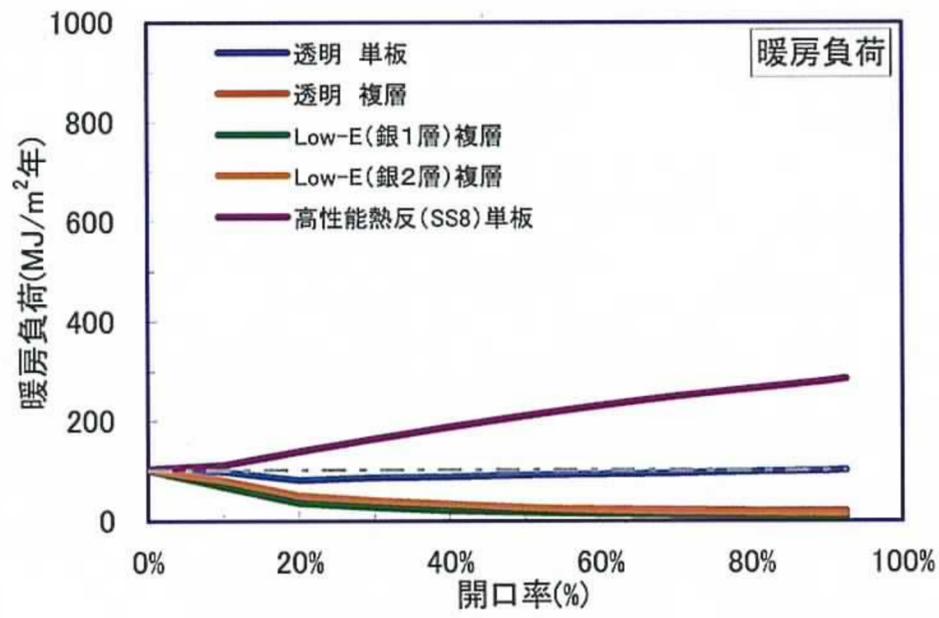


図 4.1.4 開口率を変化させたときの照明電力量・暖冷房負荷  
(南面・照明制御あり・BLなし)

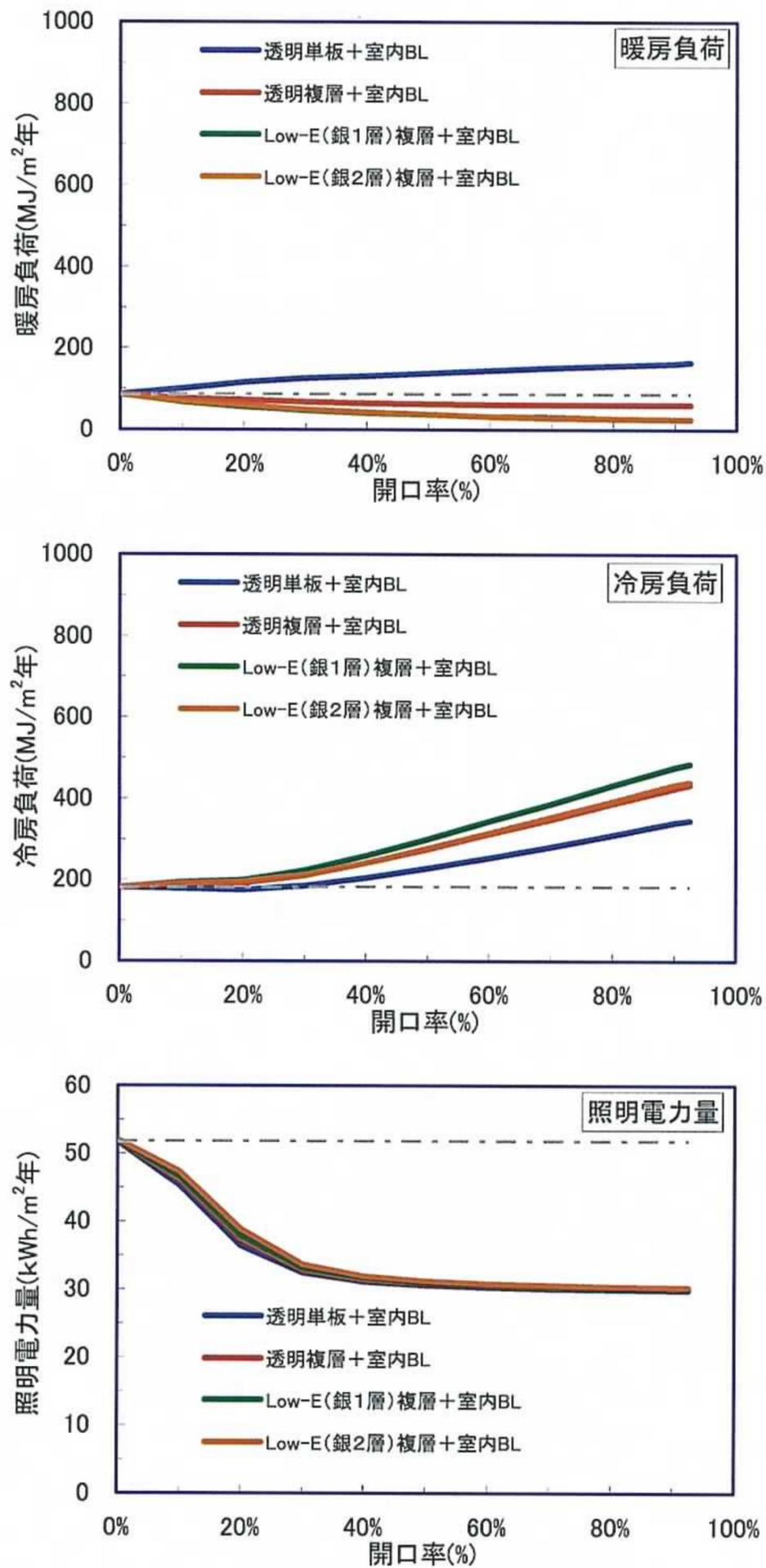


図 4.1.5 開口率を変化させたときの照明電力量・暖冷房負荷  
 (南面・照明制御あり・BL 保護角制御あり)

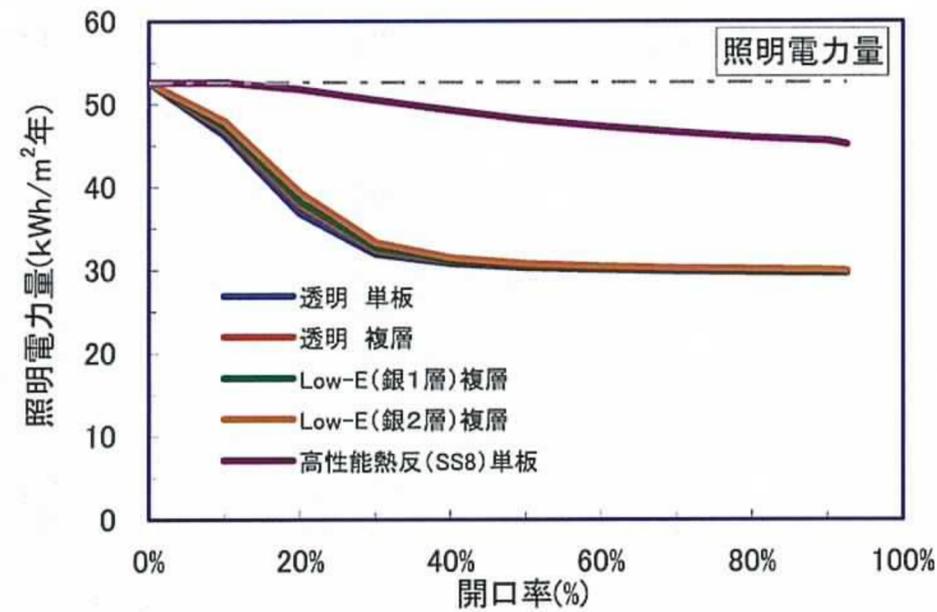
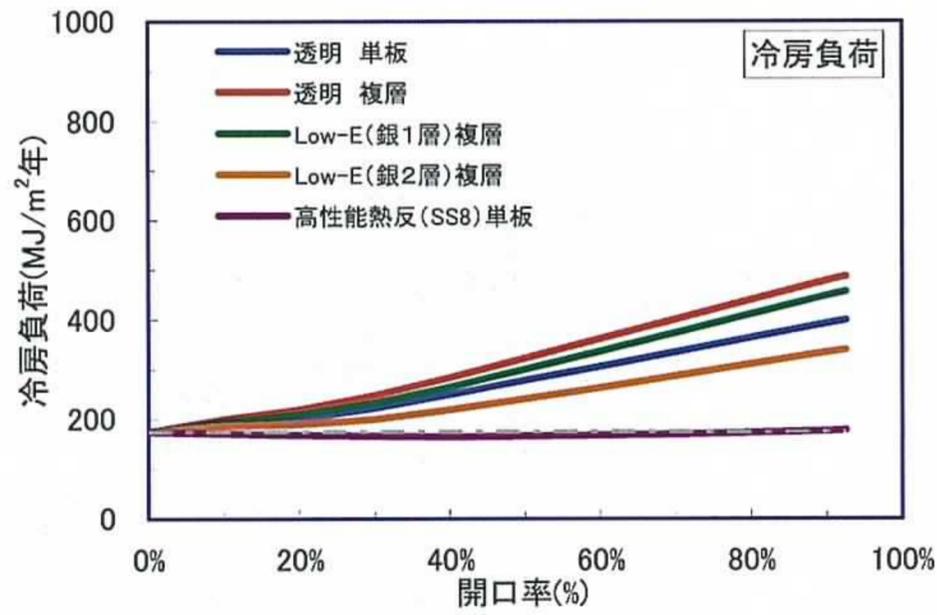
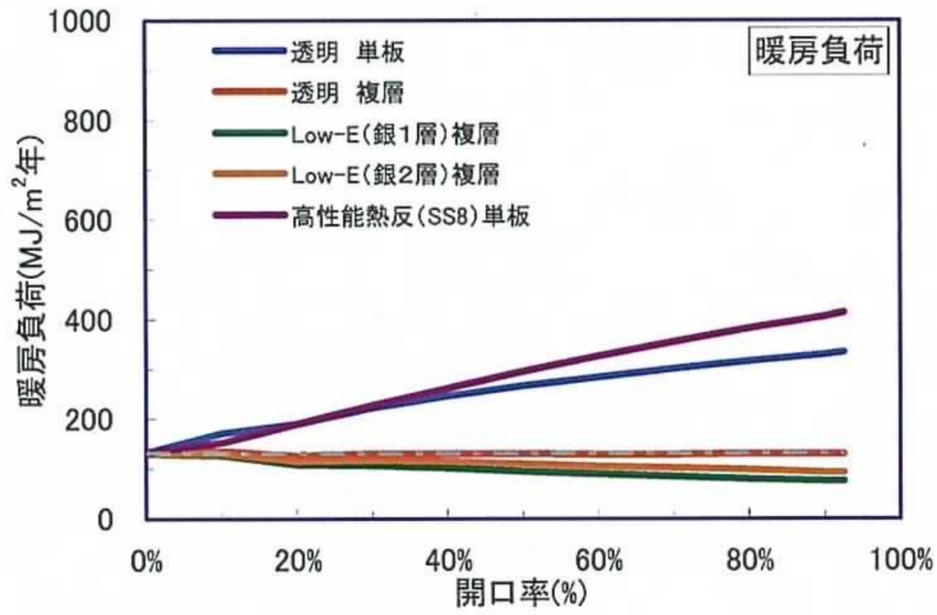


図 4.1.6 開口率を変化させたときの照明電力量・暖冷房負荷  
(西面・照明制御あり・BLなし)

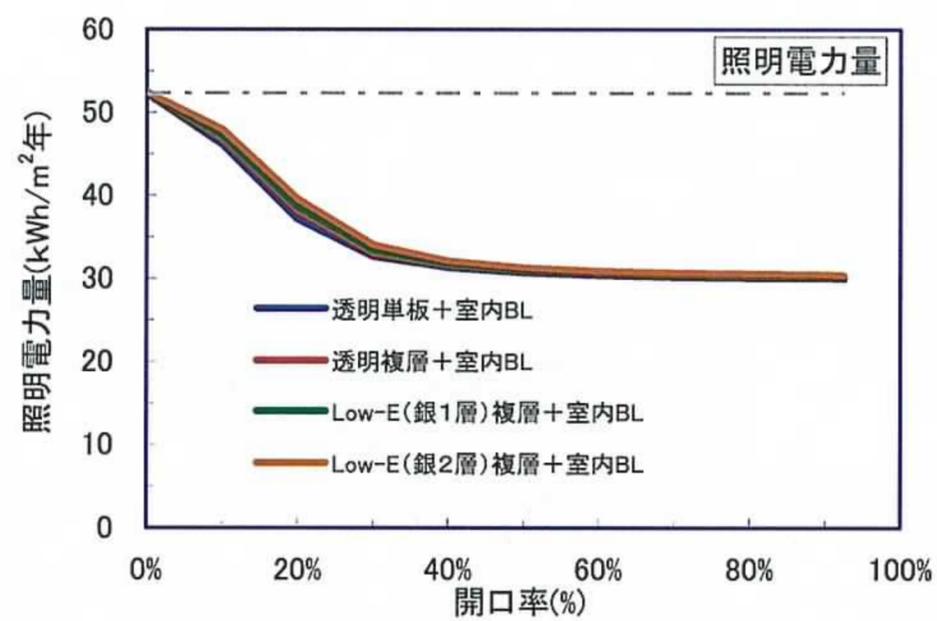
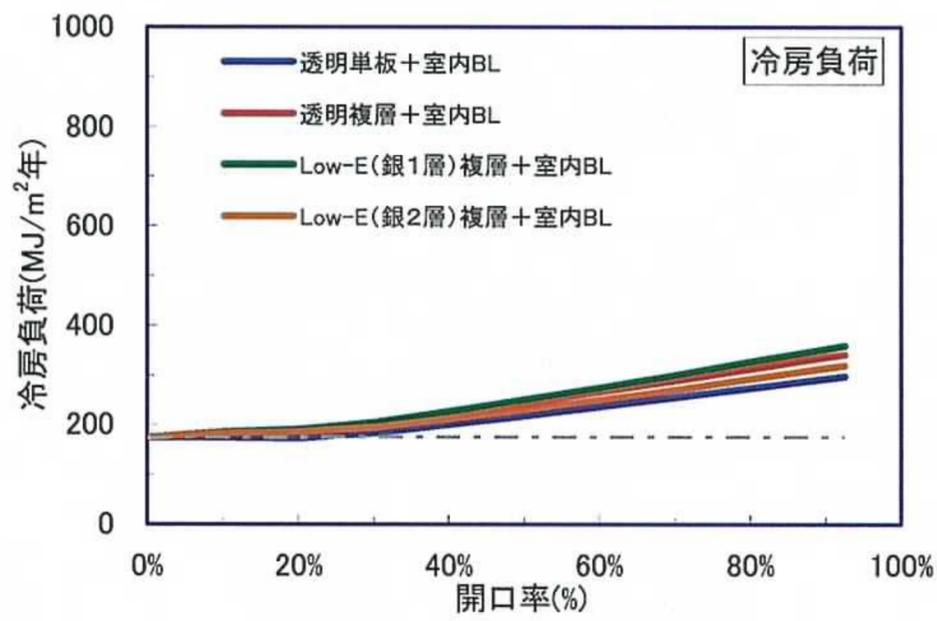
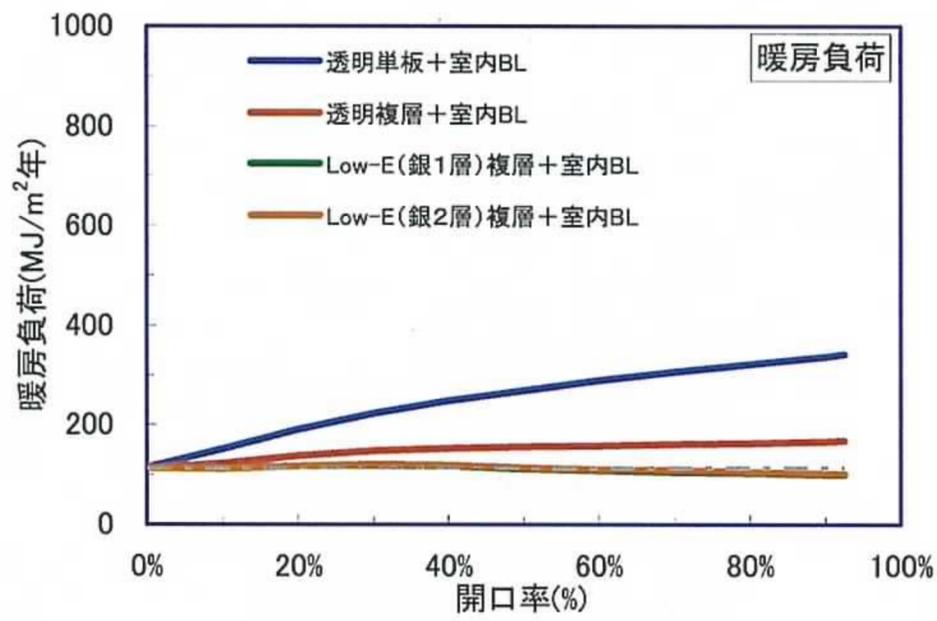


図 4.1.7 開口率を変化させたときの照明電力量・暖冷房負荷  
(西面・照明制御あり・BL 保護角制御あり)

## 4.2 一次エネルギー消費量

### 4.2.1 一次エネルギー計算方法

建物で使用されるエネルギーには電力・ガス・重油・地域熱源等があり，これらは二次エネルギーと呼ばれ，kWh，m<sup>3</sup>，L，MJ など異なった単位で表される。建築物の省エネルギー性を論じるには，これらの二次エネルギー消費量を，それを生成するために使用された化石燃料に換算して同じ単位のエネルギー消費量として評価することが通例である。ここで，石油・石炭・天然ガスなどが原料となる化石燃料から得られるエネルギーは一次エネルギーと呼ばれる。そこで，本節では，照明電力量および暖冷房負荷を一次エネルギーの消費量に換算して，照明制御あり／なしやガラス品種の違いによる省エネルギー性の違いを総合的に評価することを行った。一次エネルギー消費量への換算に際しては，設備系のエネルギー効率には深く立ち入らず，以下の換算式を用いた。

$$\begin{array}{l} \text{一次エネルギー消費量} \\ \text{(MJ/m}^2\text{年)} \end{array} = \begin{array}{l} 1.6 \times \text{暖冷房負荷} \\ \text{(MJ/m}^2\text{年)} \end{array} + \begin{array}{l} 9.83 \times \text{照明電力量} \\ \text{(kWh/m}^2\text{年)} \end{array}$$

ここで，暖冷房負荷から一次エネルギーへの換算は一般的な機器 COP を考慮して設定した。また，照明電力量から一次エネルギーへの換算係数は「建築物に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断基準（平成 15 年 通商産業省・建設省告示）」<sup>7)</sup>（表 4.2.1，需要末端までの電力ロスを含む，昼夜比率を考慮して算出された換算係数）から引用した。

表 4.2.1 エネルギー量の熱量への換算（資料 7 より）

|        |  |
|--------|--|
| 重油     | 1 リットルにつき 41,000 キロジュール  |
| 灯油     | 1 リットルにつき 37,000 キロジュール  |
| 液化石油ガス | 1 キログラムにつき 50,000 キロジュール   |
| 電気     | 1 キロワット時につき 9,830 キロジュール（夜間買電（電気事業法（昭和 39 年法律第 170 号）第 2 条第 1 項第 2 号に規定する一般電気事業者より 22 時から翌日 8 時までの間に電気の供給を受けることをいう。）を行う場合においては，昼間買電（同号に規定する一般電気事業者より 8 時から 22 時までの間に電気の供給を受けることをいう。）の間の消費電力量については 1 キロワット時につき 10,050 キロジュールと，夜間買電の消費電力量については 1 キロワット時につき 9,310 キロジュールとすることができる。） |

#### 4.2.2 一次エネルギー消費量の比較

##### (1) 照明コントロール有無の比較

図 4.2.1 に、開口率と一次エネルギー消費量の関係について、照明制御あり／なしの場合を比較して示す。比較対象としたガラス品種は、ブラインドなしの透明単板・透明複層・Low-E 複層（銀 2 層）の 3 種類、および室内ブラインド付きの透明単板である。ここで、開口率とは外皮面積に対する窓面積の割合を表し、室内ブラインド制御方法は昇降・保護角制御とした。

西面、南面ともに、照明制御なしの場合（破線）では、開口率が大きくなるに従い一次エネルギー消費量も増加する。一方、照明制御ありの場合（実線）では、開口率が 30%程度のところで、一次エネルギー消費量は最小になり、その後は開口率の増加とともに、一次エネルギー消費量も増加するという特徴が見られる。また、Low-E 複層ガラスを使用することで、開口率の増加にともなう一次エネルギー消費量の増加を抑えることが可能であり、開口率を 90%としても、開口率 0%の場合とほぼ同じとなるという結果が得られた。照明制御あり・Low-E 複層ガラス・開口率 30~40%の場合に、一次エネルギー消費量が最も抑えられている。

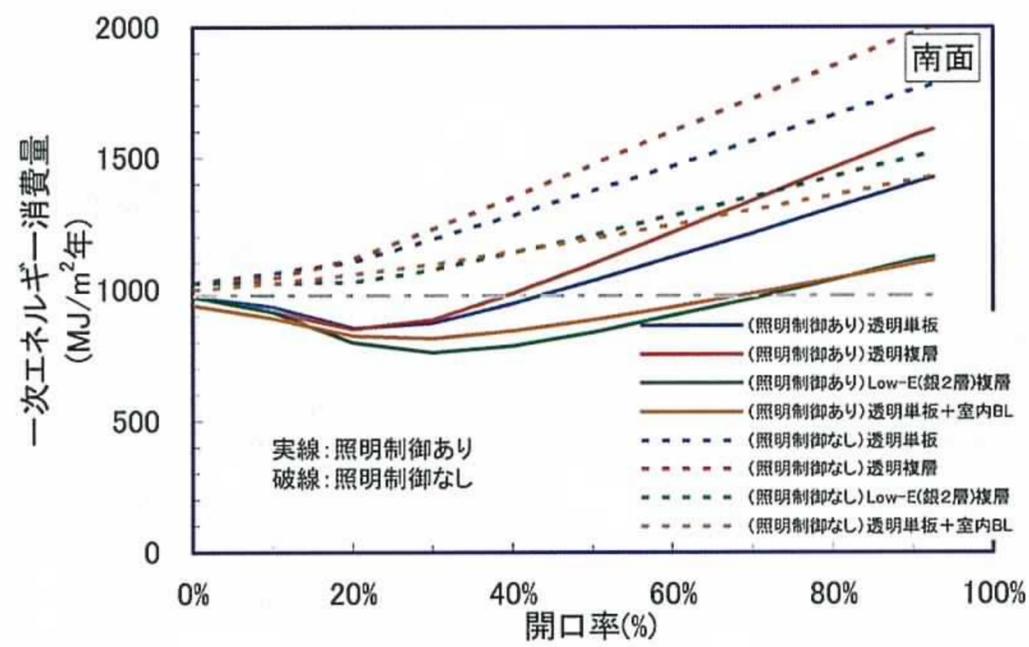
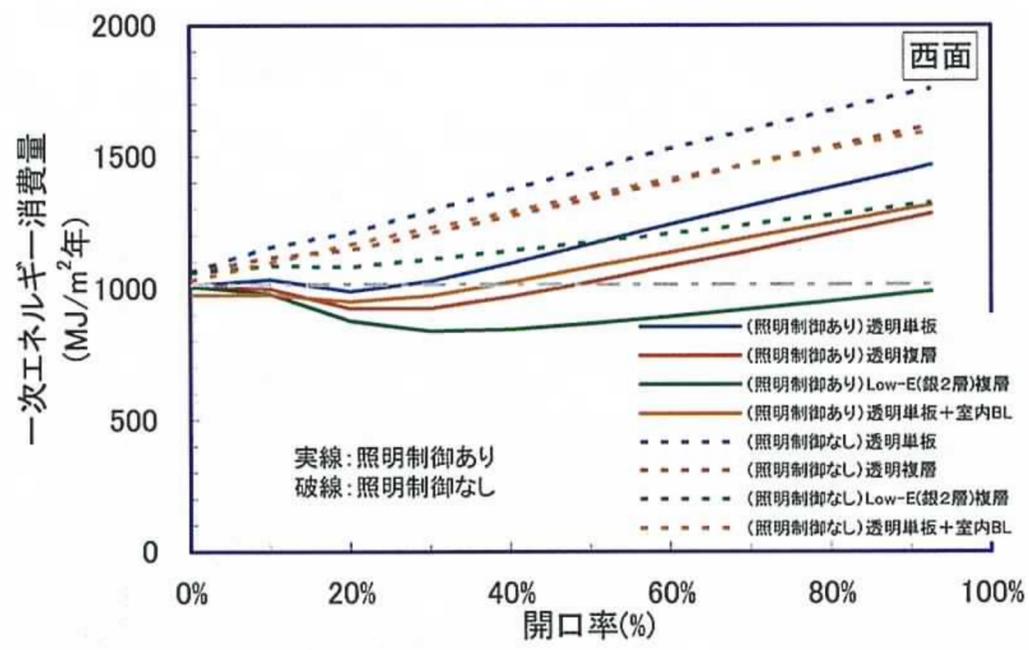


図 4. 2. 1 照明制御の有無による一次エネルギー比較 (西面および南面)

## (2) 開口率と一次エネルギー消費量（照明制御あり）

ここでは「照明制御あり」の条件に限定して、図 4.2.2～図 4.2.4 に開口率を 0～100% に変えた場合の一次エネルギー消費量を示す。図 4.2.2 は単板ガラス、図 4.2.3 は複層ガラス、また、図 4.2.4 はブラインド付きの場合を表している。各図とも、方位は西面、南面、北面についてそれぞれまとめて示した。

### a) 単板ガラスの場合（図 4.2.2）

高性能熱反単板以外の各ガラスにおいては、以下の傾向が見られる。

- ・ 南面においては、開口率が 50～60%程度迄大きくなっても、一次エネルギー消費量が大きく増大することはない、開口率 20～30%程度で一次エネルギー消費量は最小となり、照明制御の効果が表れている。
- ・ 一方、西面および北面では、開口率が 30%程度までは一次エネルギー消費量はほぼ横ばいとなるが、開口率 0%の場合よりも減少することはほとんどなく、開口率が 40%を超えると一次エネルギー消費量も比例して増大してくる。

高性能熱反単板（TBL35/TBC35, SS8）は他のガラス品種とは異なった傾向を示しており、開口率が 60%以下においては他の品種に比べて一次エネルギー消費量は大きめとなっている。この理由としては、今回対象とした高性能熱反単板は、他の品種に比べて可視光線透過率が低い（35%以下）ため、昼光を採り入れることができず、照明制御の効果が表れていないためである。

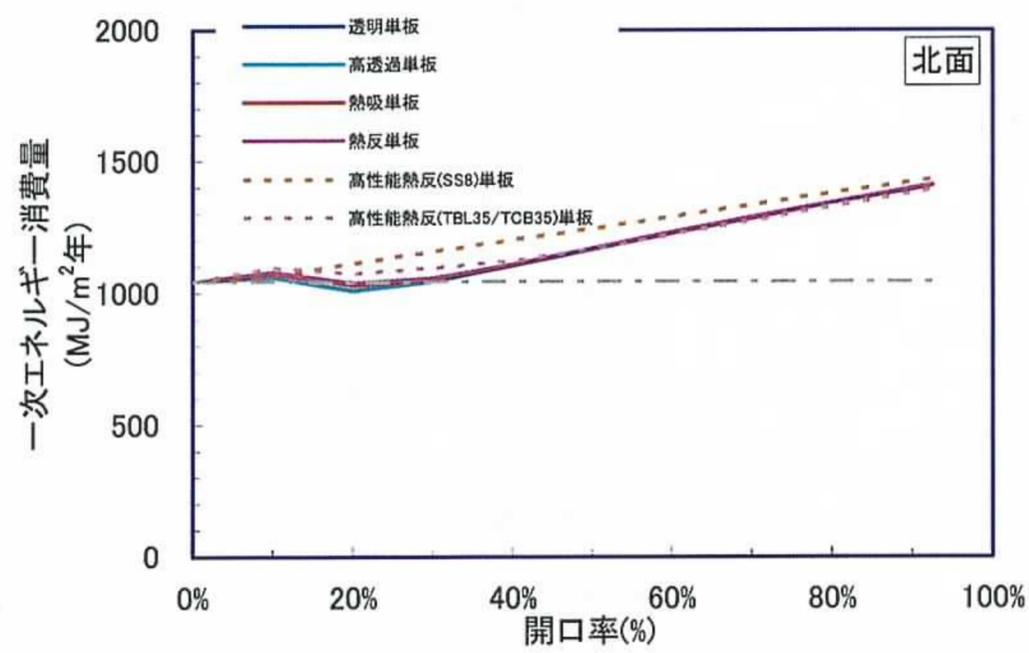
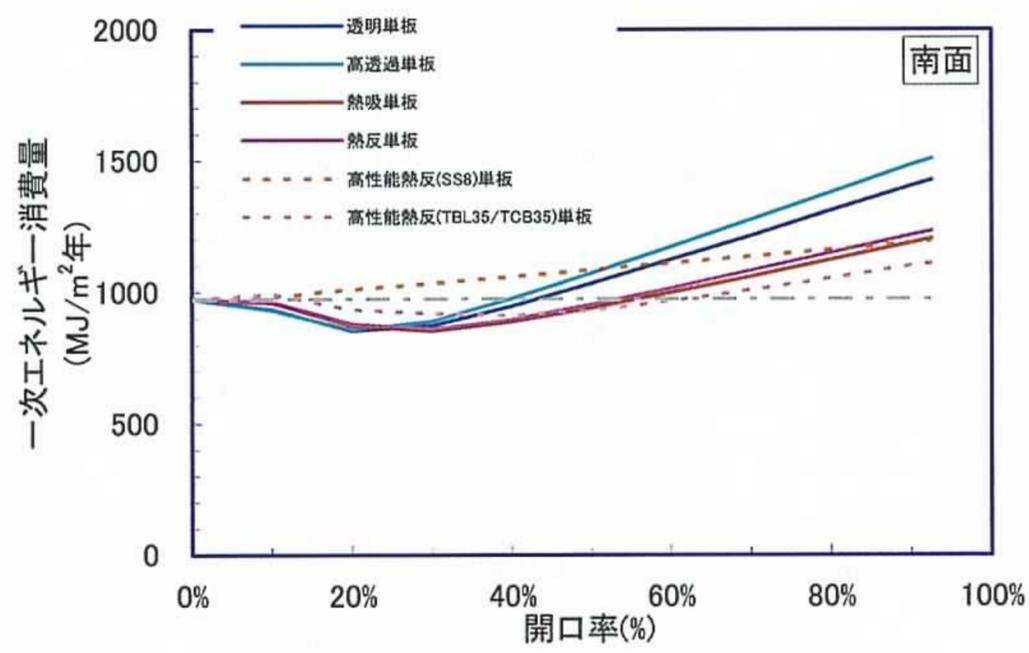
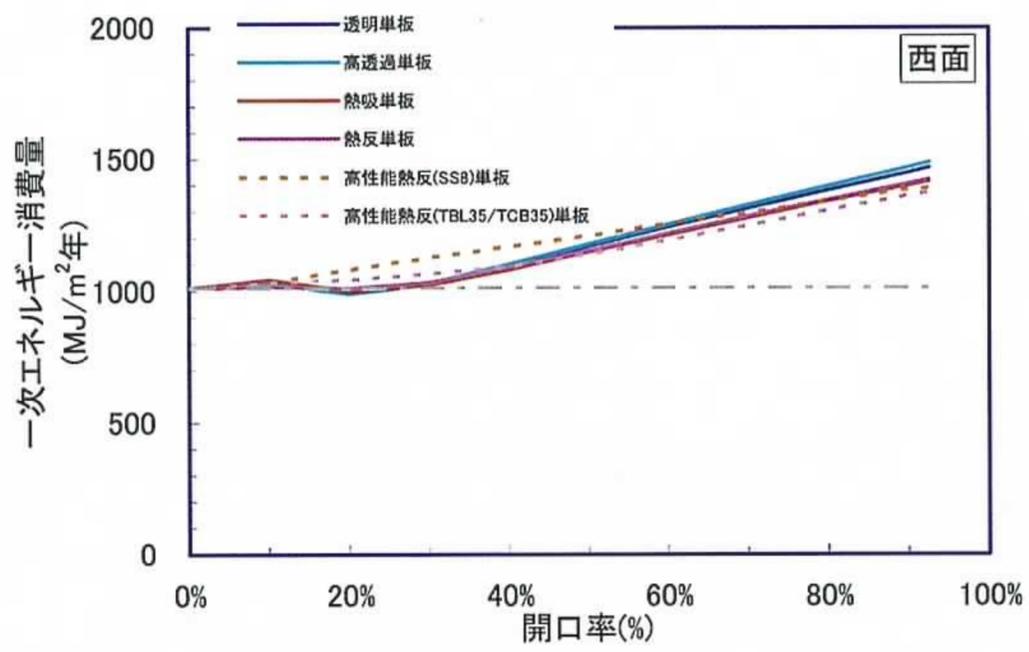


図 4.2.2 開口率と一次エネルギー消費量の関係 (単板ガラス)  
(西面, 南面, 北面, BL なし, 照明制御あり)

## b) 複層ガラスの場合 (図 4.2.3)

### 北面について

- ・ 各ガラスとも開口率が増加しても一次エネルギー消費量の増加はほとんど見られず、高性能熱反 (SS8) を除くと、開口率の増加は一次エネルギー消費量の減少につながる事が分かる。
- ・ 高性能熱反 (SS8) の場合、開口率が増加しても一次エネルギー消費量の増加はほとんど認められず、ほぼフラットとなっている。
- ・ 最も顕著な傾向が見られるのは、Low-E 複層ガラスであり、開口率 30%付近で一次エネルギー消費量は最小となり、それ以上に開口率が増加しても一次エネルギー消費量は微増に留まる。

### 西面について

- ・ 開口率に伴う一次エネルギー消費量の変化は北面の場合よりも大きい。
- ・ 高性能熱反は SS8・TBL35/TCB35 とともに開口率の影響をあまり受けずに一次エネルギー消費量は微増しに留まるが、他のガラス品種では開口率の影響が大きい。透明、高透過、熱反、熱吸は開口率の増加に対して、一次エネルギー消費量は開口率 30%程度で最小となり、それ以降では、開口率の増加に伴い、一次エネルギー消費量も増加し、開口率 0%の場合に比べても大きくなる。
- ・ Low-E 複層では、他の品種に比べて照明制御による効果がより顕著に見られる。すなわち、開口率 0%の場合を基準として見ると、開口率を 20%から 50%程度まで大きくした場合の一次エネルギー消費量の低減効果が他のガラス品種よりも大きい。また、それ以上に開口率を大きくした場合にも、特に Low-E(銀 2 層)複層ガラスでは一次エネルギー消費量は開口率 0%の場合以上には増加しない。

### 南面について

- ・ 南面の場合は、西面の傾向が更に強まる。
- ・ Low-E(銀 2 層)複層ガラスの場合が、照明制御の効果が最も高く表れており、開口率 40%付近において、一次エネルギー消費量が最も少なくなる。また、それ以上に開口率が増加しても、基準の開口率 0%の場合の一次エネルギー消費量をわずかに上回る程度である。

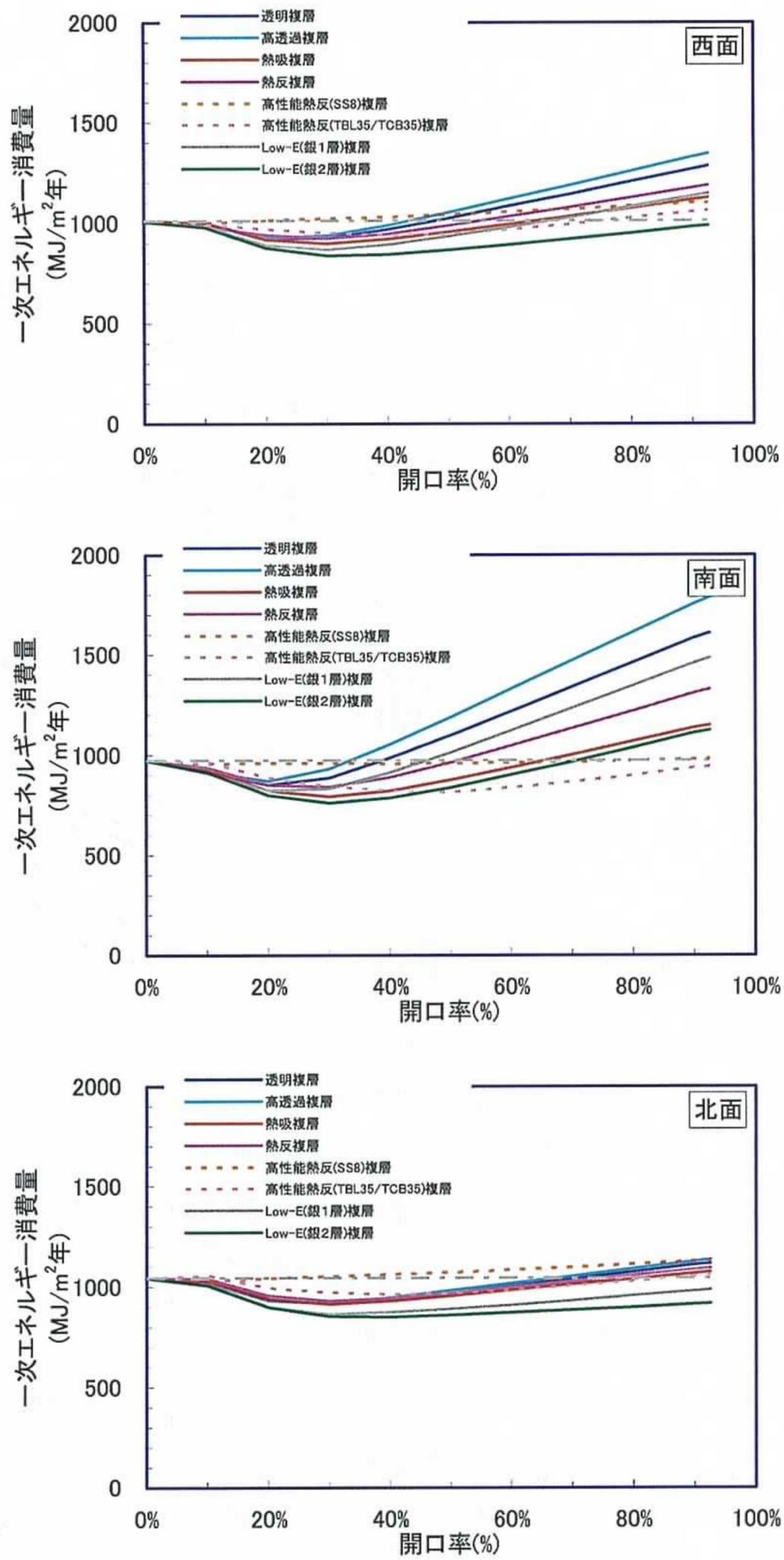


図 4. 2. 3 開口率と一次エネルギー消費量の関係 (複層ガラス)  
(西面, 南面, 北面, BLなし, 照明制御あり)

#### c) ブラインド付きの比較 (図 4.2.4)

図 4.2.4 にブラインド付き (室内ブラインド, 室外ブラインド) の条件での各ガラスの一次エネルギー消費量の比較を示す。破線 (マーク記号なし) は室内ブラインド, 実線 (マーク記号付き) は室外ブラインドを表す。

- 透明単板の場合は, 室内ブラインド, 室外ブラインドともに, 他の品種の場合に比べて, 開口率の増加に伴う一次エネルギー消費量の増加の程度が大きく, 照明制御の効果は少ない。
- 透明単板以外のガラス品種では, 室外ブラインド付きの方が, 開口率の影響による一次エネルギー消費量の変動は少なく, 開口率が大きくなっても基準の開口率 0%での一次エネルギー消費量を下回る傾向となっている。室外ブラインドは, 室内ブラインドに比べて, 日射熱の遮蔽効果が高いことから, 開口率を大きくしても窓面からの日射熱流入の増加が抑制される事がこの理由となっているものと考えられる。
- 開口率の増加に対しては, Low-E 複層+室外ブラインドの場合が, 最も一次エネルギー消費量を減少させる効果が見られる。
- また, Low-E 複層+室内ブラインドの場合も, Low-E 複層+室外ブラインドに次いで, 一次エネルギー消費量を減少させる効果が見られる (ただし, 南面の場合は透明複層+室外ブラインドの方が, 効果が高い)。

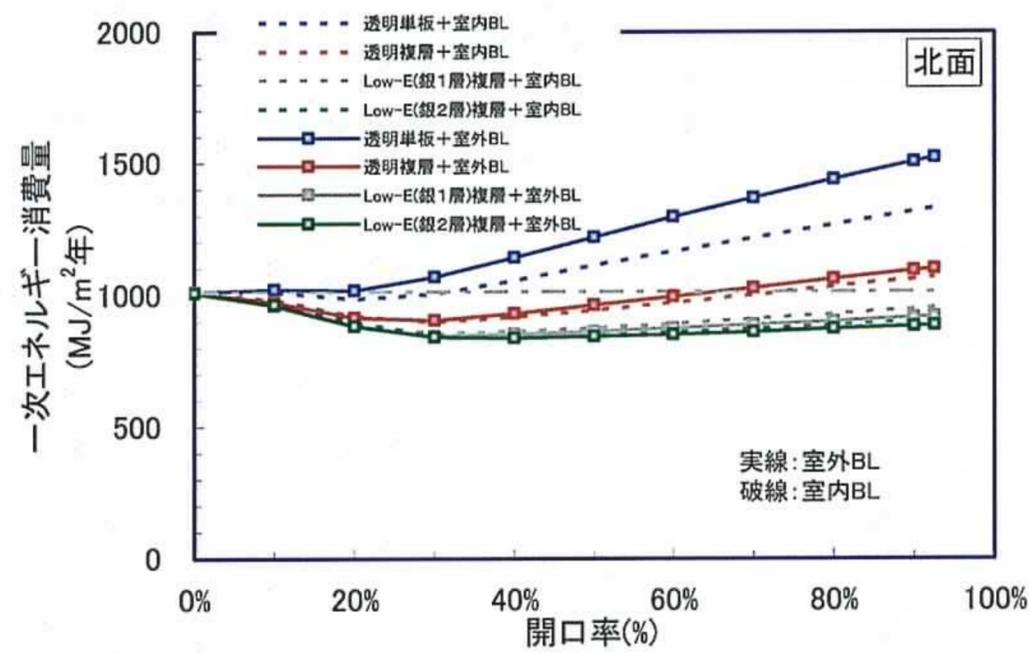
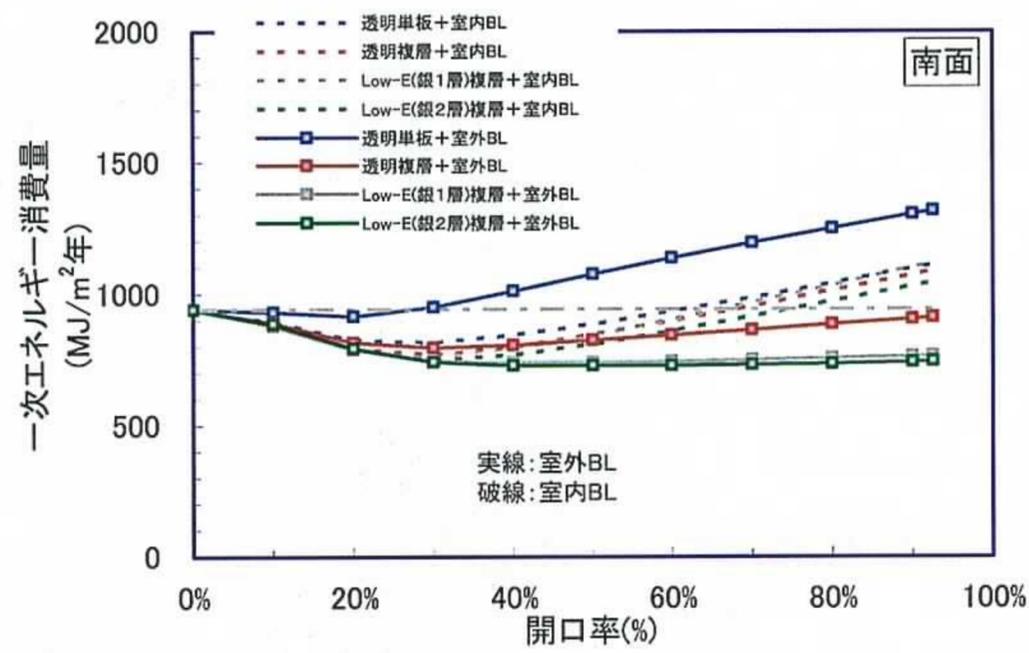
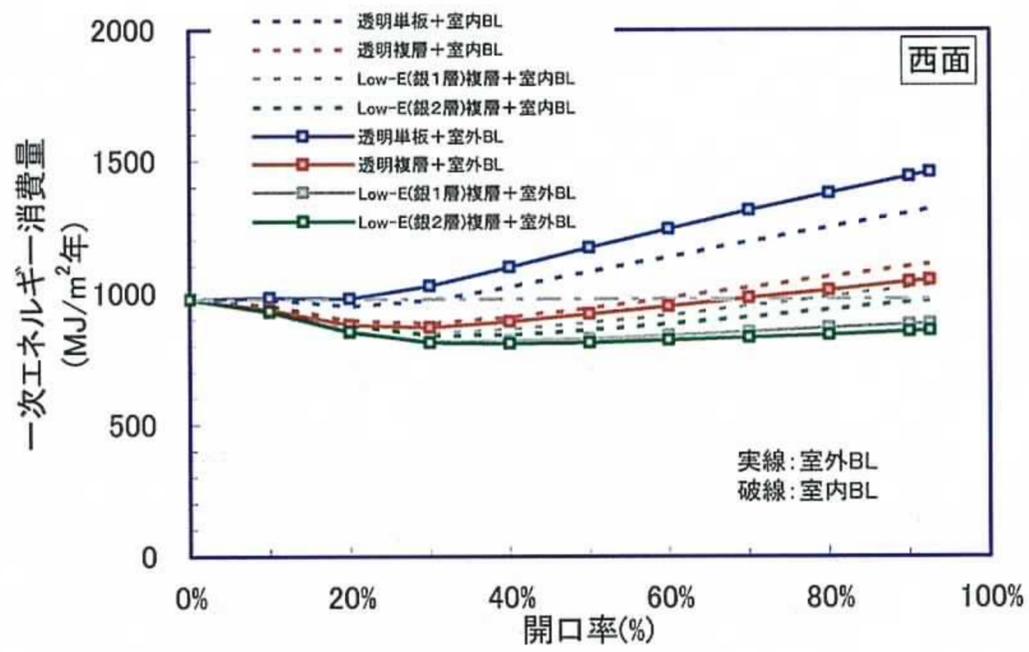


図 4.2.4 開口率と一次エネルギー消費量の関係 (ブラインドあり)  
 (西面, 南面, 北面, 単板および複層, BLあり, 照明制御あり)

#### 4.2.3 一次エネルギー消費量比較のまとめ

##### (1) 照明コントロールの効果

- ・ 照明制御なしの場合には、どのガラス品種においても、開口率の増大に従い一次エネルギー消費量も増加するが、照明制御を取り入れることで、開口率が増大しても一次エネルギー消費量の増加をある程度抑えることが出来る。
- ・ この効果は、開口率が 20～30%付近で一次エネルギー消費量が最小となり、開口率が 90%と大きくなっても、開口率 0%の場合とほぼ同じ一次エネルギー消費量に抑えられるという効果を発揮する。

##### (2) 単板ガラス使用の場合の照明コントロールの効果・特徴

- ・ ガラスの可視光線透過率がある程度高いガラス品種でないと、照明制御の効果が期待出来ない。すなわち、高性能熱反の場合には、照明制御による効果が表れない。
- ・ 高性能熱反以外の場合には、開口率が大きくなっても一次エネルギー消費量が大きく増大することはなく、特に南面でこの傾向が顕著である。

##### (3) 複層ガラス使用の場合の照明コントロールの効果・特徴

- ・ 傾向としては単板の場合と同様、開口率の増加に伴う一次エネルギー消費量の増加はほとんど見られず、逆に開口率の増加は一次エネルギー消費量の減少につながる。
- ・ この効果は、北面<西面<南面 の順となっており、南面において照明制御の効果が発揮される。
- ・ 南面においては、Low-E(銀 2 層)複層ガラスの場合が、照明制御の効果が最も高く表れており、開口率 40%付近において一次エネルギー消費量が最も少なくなる。また、それ以上に開口率が増加しても、基準の開口率 0%の場合の一次エネルギー消費量をわずかに上回る程度である。

##### (4) ブラインド付きの場合の照明コントロールの効果・特徴

- ・ 透明単板では、ブラインド付き（室外ブラインド、室内ブラインドとも）とした場合には照明制御の効果は少なく、開口率の増加に伴い、一次エネルギー消費量は増加する。
- ・ 透明単板以外の他の品種では、室外ブラインド付きとした場合には開口率増大の影響は小さく、一次エネルギー消費量の変動は少ない。
- ・ 室内ブラインド付きで、最も照明制御の効果が見られるのは、Low-E 複層の場合である。

## 5. まとめ

本報では、窓からの昼光を利用して窓際の人工照明をコントロールすることによる照明電力の節約、照明発熱低減による冷房負荷の軽減効果をシミュレーション計算により算出し、照明コントロールが建築における有効な省エネルギー手法である事を明らかにした。

シミュレーション計算では、開口面積の大きいガラスファザードを有するオフィスビルを想定して、Low-E 複層ガラスに代表される高機能ガラスを使用した場合の暖冷房負荷・照明電力量を算出し、さらに、それらを一次エネルギー消費量に換算して比較することで省エネルギー効果を検討した。なお、モデル建築物の条件設定においては最新の昼光利用技術および最近のオフィスの勤務形態の実態としてのパソコン等の OA 電力量の増加や、在室人員の減少、照明効率の向上等の影響因子も考慮した。

この結果、Low-E 複層ガラスを採用することと、一般に普及しつつある調光可能な照明機器を併用することが有効な省エネルギー手法であることが示された。今回のモデル建築物においては、Low-E 複層ガラスを使用することで、一次エネルギー消費量は開口率（窓面積率）が 30~40%の範囲で最小に抑えられ、さらには開口率を 100%近くまで大きくしても、開口率 0%（無窓）の場合の一次エネルギー消費量をわずかに上回る程度であることが分かった（下図参照）。

このように、建物の窓面積を大きくすることは、消費エネルギーを増加させるという事では決してなく、高機能ガラスと有効な照明コントロールを採用することで、眺望や開放感を満足する室内空間を確保しつつ、昼光利用により省エネルギーを実現できることが明らかとなった。

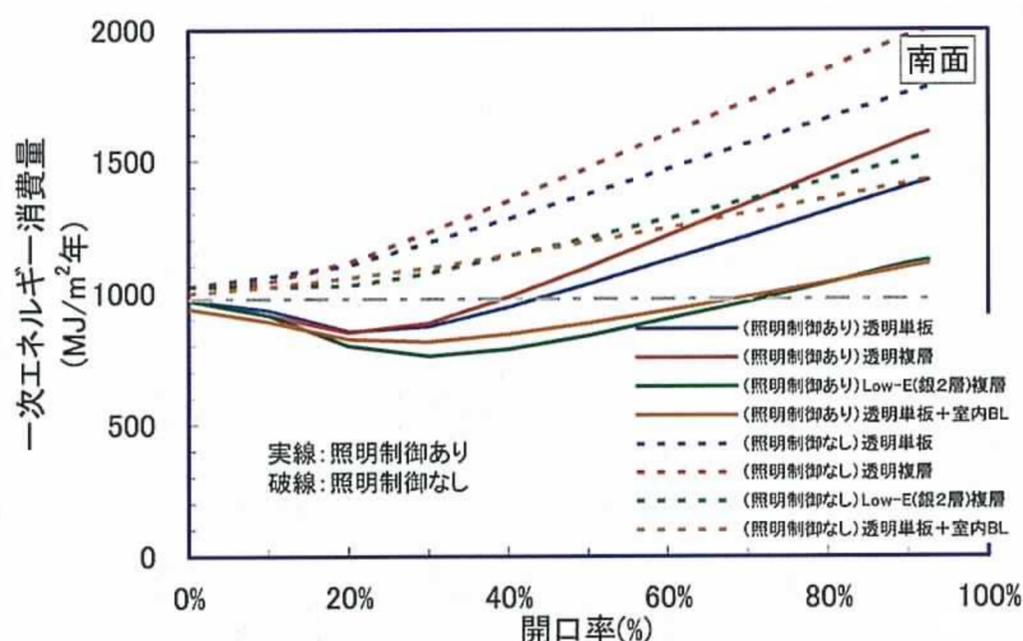


図 5.1 開口率と一次エネルギー消費量の関係（南面）

## 6. 参考資料

- 1) HASP-L利用マニュアル 板硝子協会省エネルギー委員会 日本建築設備士協会,1980
- 2) 松尾陽, 澤地孝男, 他: 昼光利用による建築の省エネルギー その1~3, 日本建築学会学術講演梗概集(東北), pp.813-818,1982
- 3) 井上隆, 他: 窓システム及び昼光利用照明制御の組み合わせ制御に関する実証的研究(その4), 空気調和・衛生工学会学術論文集, pp.1245-1248,1999.9
- 4) オフィスビルを想定した昼光利用照明制御システムの効果 その1 制御概要及び日射遮蔽制御方法の影響 その2 照明制御方式, 制御範囲の及ぼす影響, 照明学会全国大会講演論文集, pp.132-135,1995
- 5) 松浦邦男, 他: ベネチアンブラインドによる室内照度計算法(その1~2), 日本建築学会論文報告集第359号, pp10-16, 第362号, pp19-24,1986
- 6) 平成12年度建築物の省エネルギー基準と計算の手引, (財) 建築環境・省エネルギー機構
- 7) 建築物に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断基準, 通商産業省・建設省告示, 平成15年

<執筆協力>

東京理科大学理工学部 教授 井上 隆 殿

<執筆者>

板硝子協会 建築委員会 省エネ専門グループ

寺山 哲夫 (旭硝子株式会社)

木下 泰斗 (日本板硝子株式会社)

近江 伸 (セントラル硝子株式会社)

[事務局] 師尾 元 (板硝子協会)

