

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その15）
昼光利用および日射遮蔽制御の計算法

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part15)
Calculation Method of Daylighting and Shading Control

正会員 一ノ瀬 雅之(東京理科大学) 特別会員 村上 周三(慶応大学) 正会員 井上 隆(東京理科大学)
 正会員 石野 久彌(首都大学東京) 正会員 郡 公子(宇都宮大学) 学生会員 木下泰斗(日本板硝子)

Shuzo MURAKAMI *1 Masayuki ICHINOSE *2 Takashi INOUE *2
 Hisaya ISHINO *3 Kimiko KOHRI*4 Taito KINOSHITA *5

*1 Keio University *2 Tokyo University of Science *3 Tokyo Metropolitan University
 *4 Utsunomiya University *5 Nippon Sheet Glass

This paper presents simulation method of daylighting and solar shading for estimating energy-saving effect by daylight utilization. It is enabled to estimate energy-saving effect of daylight utilization by coupling calculation of daylight illuminance and artificial lighting output. As energy-saving performance evaluation example by a daylight utilization, test calculation results by a conventional program are presented.

1 はじめに

最近ではアトリウムのような特殊な建築に限らず、眺望性や意匠性の要求により、通常のオフィスビルや住宅に至るまでガラスを多用した所謂ガラス建築が増加傾向にある。開口部の拡大は室内環境に屋外的な要素を多くもたらして内部空間を魅力的なものにすることに寄与するが、同時に過剰な熱授受によって空調エネルギーの浪費をもたらす側面もあり、省エネルギーの観点からは窓システムによる外乱の影響の制御・取捨選択機能の重要性が高まっている。昼光としての日射の導入と遮蔽を両立されることによって、省エネルギー性を高めることも可能である¹⁾²⁾。

本報では、昼光利用による省エネルギー効果を試算するための、昼光利用および日射遮蔽制御の計算法について述べる。

2 計算法概要

2.1 プログラム上での位置づけ

図1に示すように、窓面から得られる昼光照度に応じて照明出力を減じることにより、照明電力および内部発熱負荷を抑える。電気との連成を今後進める予定である。

2.2 昼光照度算出式

室内机上上面照度は直接照度と間接光照度の合計として算出し、ブラインド開および閉の状態それぞれにおける照度算出式は表1に示すように、間接光については切断面公式を用いる³⁾。照度の計算においても、窓の熱取得と同様に直射・天空・地物反射の成分別に算出する。

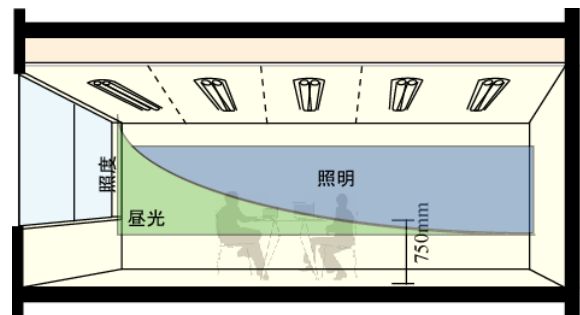


図1 昼光利用と照明制御

表1 昼光照度の計算法

| ブラインド開のとき | |
|-----------|--|
| Ed | $= \tau_F \cdot M \cdot R \cdot (U_1 + \rho_{CC} \cdot D_{GL} \cdot U_{CG} \cdot U_2) \cdot E_S$ |
| Er | $= \{(F_1 \cdot \rho_1 + F_2) \cdot \rho_2\} / \{S_L \cdot (1 - \rho_1 \cdot \rho_2)\}$ |
| F_1 | $= \tau_F \cdot M \cdot R \cdot U_{GS} \cdot S_{UG} \cdot E_S$ |
| F_2 | $= \tau_F \cdot M \cdot R \cdot U_{GG} \cdot \rho_{GL} \cdot D_{GL} \cdot S_{UG} \cdot E_S$ |
| ブラインド閉のとき | |
| Ed | $= 2 \cdot \delta\omega_1 \cdot M \cdot R \cdot (\tau_F \cdot U_{GS} \cdot U_P \cdot E_S + \tau_D \cdot U_A \cdot E_{DO})$ |
| Er | $= \{(F_1 \cdot \rho_1 + F_2) \cdot \rho_2\} / \{S_L \cdot (1 - \rho_1 \cdot \rho_2)\}$ |
| F_1 | $= \delta\omega_1 \cdot \tau_F \cdot M \cdot R \cdot U_{GS} \cdot S_{UG} \cdot E_S + \delta\omega_1 \cdot \tau_D \cdot M \cdot R \cdot S_A \cdot E_{DO}$ |
| F_2 | $= \delta\omega_2 + \tau_F \cdot M \cdot R \cdot U_{GS} \cdot S_{UG} \cdot E_S + \delta\omega_2 \cdot \tau_D \cdot M \cdot R \cdot S_A \cdot E_{DO}$ |

【記号】 τ_F :窓材料の天空光透過率, M :窓材料の保守率, R :窓面積有効率, U_1 :天空を見透す投射率, ρ_{CC} :庇・サイドフィンの反射率, D_{GL} :地面昼光率, ρ_{GL} :地面反射率, U_{CG} :庇・サイドフィン-地面の投射率, U_2 :庇・サイドフィンを見透す投射率, $\delta\omega_1$:ブラインド透過後の下方光束比, $\delta\omega_2$:ブラインド透過後の上方光束比, U_{GS} :窓-天空の投射率, U_P :窓全体を見る投射率, U_A :直射光の当たっている窓面を見る投射率, E_S :天空光照度, τ_D :窓材料の直射光透過率, E_{DO} :窓外面の直射光照度, S_{UG} :総窓面積, U_{GG} :窓-地面の投射率, ρ_1 :作業面上向き可視光等価反射率, ρ_2 :作業面下向き可視光等価反射率, S_L :照度計算用作業面面積, S_A :日射の当たる窓面積

表2 ガラスデータ一覧(1 直達日射に対する性能値は熱は入射角 30°, 光は入射角 0° 2 ガラス厚は 8mm, 空気層は 6mm)

| 種類 | 直達日射に対する性能値 | | | | 天空日射に対する性能値 | | | | 地表面反射日射に対する性能値 | | | | |
|------------------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|
| | ブラインド無 | | v | | ブラインド有 | | v | | ブラインド無 | | v | | |
| 透明フロートガラス | 82.5 | 75.7 | 87.9 | 49.8 | 6.4 | 76.0 | 68.6 | 46.4 | 6.8 | 76.0 | 68.6 | 62.2 | 37.9 |
| 熱吸ブロンズ(淡色) | 67.7 | 50.6 | 49.9 | 43.9 | 4.2 | 61.7 | 44.3 | 40.5 | 4.3 | 61.7 | 44.3 | 50.0 | 24.4 |
| 熱吸ブロンズ(濃色) | 62.3 | 41.5 | 41.2 | 41.4 | 3.5 | 57.0 | 36.3 | 38.3 | 3.5 | 57.0 | 36.3 | 46.0 | 20.1 |
| 熱吸グレー(淡色) | 68.1 | 51.3 | 52.4 | 44.1 | 4.3 | 62.1 | 44.9 | 40.6 | 4.4 | 62.1 | 44.9 | 50.4 | 24.8 |
| 熱吸グレー(濃色) | 58.1 | 34.4 | 33.5 | 39.4 | 2.9 | 53.3 | 30.1 | 36.5 | 2.9 | 53.3 | 30.1 | 42.7 | 16.6 |
| 熱吸グリーン | 59.1 | 36.3 | 69.2 | 39.9 | 3.0 | 54.2 | 31.8 | 36.9 | 3.1 | 54.2 | 31.8 | 43.6 | 17.5 |
| 熱吸ブルー | 67.0 | 49.6 | 72.2 | 43.6 | 4.1 | 61.1 | 43.4 | 40.2 | 4.2 | 61.1 | 43.4 | 49.6 | 24.0 |
| 熱反クリア | 69.8 | 63.2 | 65.2 | 44.2 | 6.4 | 65.4 | 58.5 | 41.8 | 6.7 | 65.4 | 58.5 | 54.1 | 32.7 |
| 熱反ブロンズ(淡色) | 59.7 | 41.0 | 34.5 | 40.5 | 4.2 | 55.5 | 36.7 | 38.0 | 4.3 | 55.5 | 36.7 | 45.2 | 20.5 |
| 熱反ブロンズ(濃色) | 56.1 | 33.4 | 29.1 | 38.9 | 3.4 | 52.3 | 29.9 | 36.5 | 3.4 | 52.3 | 29.9 | 42.3 | 16.7 |
| 熱反グレー(淡色) | 60.9 | 42.8 | 38.6 | 41.0 | 4.3 | 56.6 | 38.4 | 38.5 | 4.4 | 56.6 | 38.4 | 46.1 | 21.4 |
| 熱反グレー(濃色) | 53.0 | 27.5 | 23.6 | 37.3 | 2.8 | 49.6 | 24.6 | 35.1 | 2.8 | 49.6 | 24.6 | 39.7 | 13.7 |
| 熱反グリーン | 52.4 | 28.5 | 50.9 | 36.6 | 2.8 | 48.9 | 25.5 | 34.4 | 2.9 | 48.9 | 25.5 | 39.3 | 14.2 |
| 熱反ブルー | 57.1 | 38.4 | 49.8 | 39.0 | 4.0 | 53.1 | 34.4 | 36.5 | 4.0 | 53.1 | 34.4 | 43.2 | 19.2 |
| 高性能熱反ブルー系(TS40) | 54.4 | 31.8 | 42.0 | 38.3 | 3.4 | 51.5 | 29.7 | 36.4 | 3.9 | 51.5 | 29.7 | 42.1 | 17.4 |
| 高性能熱反ブルー系(TS30) | 44.5 | 21.9 | 29.7 | 32.1 | 2.4 | 42.2 | 20.4 | 30.5 | 2.5 | 42.2 | 20.4 | 34.1 | 11.5 |
| 高性能熱反ブルー系(TBL/TCB35) | 48.8 | 26.6 | 34.6 | 34.4 | 2.7 | 46.2 | 24.8 | 32.7 | 2.9 | 46.2 | 24.8 | 37.4 | 13.9 |
| 高性能熱反シルバーグレー(SGY32) | 50.2 | 27.1 | 32.0 | 35.5 | 2.7 | 48.2 | 25.9 | 34.2 | 3.0 | 48.2 | 25.9 | 39.1 | 14.5 |
| 高性能熱反ライトブルー(TSL30) | 41.2 | 21.5 | 29.7 | 29.6 | 2.2 | 39.0 | 20.0 | 28.1 | 2.3 | 39.0 | 20.0 | 31.7 | 11.2 |
| 高性能熱反シルバー系(SS20) | 37.2 | 14.7 | 19.8 | 27.5 | 1.7 | 35.7 | 14.1 | 26.4 | 1.8 | 35.7 | 14.1 | 28.8 | 7.9 |
| 高性能熱反シルバー系(SS14) | 33.5 | 11.0 | 15.4 | 25.0 | 1.3 | 32.2 | 10.5 | 24.1 | 1.4 | 32.2 | 10.5 | 25.8 | 5.9 |
| 高性能熱反シルバー系(SS8) | 26.6 | 6.8 | 9.1 | 20.2 | 0.8 | 25.5 | 6.5 | 19.4 | 0.9 | 25.5 | 6.5 | 20.3 | 3.7 |
| セラミックプリント 30%(白) | 70.7 | 58.5 | 39.4 | 45.3 | 5.5 | 64.7 | 52.4 | 41.9 | 5.6 | 64.7 | 52.4 | 53.0 | 29.1 |
| セラミックプリント 50%(白) | 63.4 | 47.8 | 53.2 | 42.0 | 4.7 | 58.4 | 43.2 | 39.0 | 4.9 | 58.4 | 43.2 | 47.8 | 24.1 |
| 透明フロート二重 | 70.1 | 57.6 | 87.9 | 49.5 | 5.3 | 60.9 | 47.8 | 43.6 | 5.0 | 60.9 | 47.8 | 52.4 | 26.5 |
| 透明フロート三重 | 60.6 | 44.0 | 77.7 | 47.0 | 4.2 | 50.4 | 33.6 | 39.6 | 3.6 | 50.4 | 33.6 | 44.7 | 18.7 |
| 熱吸ブロンズ(淡色)+透明 | 54.2 | 38.4 | 49.9 | 39.7 | 3.5 | 46.8 | 30.8 | 34.7 | 3.2 | 46.8 | 30.8 | 40.2 | 17.1 |
| 熱吸ブロンズ(濃色)+透明 | 48.4 | 31.5 | 41.2 | 36.0 | 2.9 | 42.1 | 25.3 | 31.7 | 2.6 | 42.1 | 25.3 | 36.2 | 14.0 |
| 熱吸グレー(淡色)+透明 | 54.7 | 39.0 | 52.4 | 40.0 | 3.5 | 47.2 | 31.3 | 35.0 | 3.3 | 47.2 | 31.3 | 40.5 | 17.3 |
| 熱吸グレー(濃色)+透明 | 43.8 | 26.1 | 33.5 | 33.0 | 2.4 | 38.4 | 20.9 | 29.3 | 2.2 | 38.4 | 20.9 | 32.9 | 11.6 |
| 熱吸グリーン+透明 | 45.1 | 27.6 | 69.2 | 33.8 | 2.5 | 39.4 | 22.1 | 29.9 | 2.3 | 39.4 | 22.1 | 33.8 | 12.3 |
| 熱吸ブルー+透明 | 53.5 | 37.7 | 72.2 | 39.3 | 3.4 | 46.3 | 30.2 | 34.4 | 3.2 | 46.3 | 30.2 | 39.8 | 16.8 |
| 熱反クリア+透明 | 59.6 | 48.7 | 65.2 | 43.2 | 4.8 | 53.1 | 41.6 | 38.9 | 4.7 | 53.1 | 41.6 | 46.0 | 23.2 |
| 熱反ブロンズ(淡色)+透明 | 47.1 | 31.6 | 34.5 | 35.5 | 3.2 | 41.9 | 26.1 | 31.9 | 3.0 | 41.9 | 26.1 | 36.1 | 14.6 |
| 熱反ブロンズ(濃色)+透明 | 42.7 | 25.7 | 29.1 | 32.6 | 2.6 | 38.3 | 21.3 | 29.5 | 2.4 | 38.3 | 21.3 | 32.9 | 11.9 |
| 熱反グレー(淡色)+透明 | 48.4 | 33.0 | 38.6 | 36.2 | 3.3 | 42.9 | 27.2 | 32.5 | 3.1 | 42.9 | 27.2 | 37.0 | 15.2 |
| 熱反グレー(濃色)+透明 | 39.1 | 21.2 | 23.6 | 30.2 | 2.1 | 35.2 | 17.5 | 27.5 | 2.0 | 35.2 | 17.5 | 30.3 | 9.8 |
| 熱反グリーン+透明 | 39.0 | 21.9 | 50.9 | 30.0 | 2.2 | 35.1 | 18.1 | 27.2 | 2.0 | 35.1 | 18.1 | 30.1 | 10.1 |
| 熱反ブルー+透明 | 44.8 | 29.6 | 49.8 | 33.9 | 3.0 | 39.9 | 24.5 | 30.5 | 2.8 | 39.9 | 24.5 | 34.4 | 13.7 |
| 高熱反ブルー系(TS40)+透明 | 41.5 | 24.5 | 42.0 | 31.8 | 2.4 | 37.8 | 21.0 | 29.2 | 2.4 | 37.8 | 21.0 | 32.6 | 11.7 |
| 高熱反ブルー系(TS30)+透明 | 32.9 | 17.0 | 29.7 | 25.8 | 1.8 | 30.3 | 14.6 | 23.9 | 1.7 | 30.3 | 14.6 | 26.2 | 8.2 |
| 高熱反ブルー系(TBL/TCB35)+透明 | 36.6 | 20.5 | 34.6 | 28.3 | 2.0 | 33.6 | 17.6 | 26.1 | 2.0 | 33.6 | 17.6 | 28.9 | 9.8 |
| 高熱反シルバーグレー(SGY32)+透明 | 37.7 | 20.9 | 32.0 | 29.2 | 2.1 | 35.1 | 18.4 | 27.3 | 2.1 | 35.1 | 18.4 | 30.3 | 10.3 |
| 高熱反ライトブルー(TSL30)+透明 | 31.0 | 16.6 | 29.7 | 24.2 | 1.6 | 28.5 | 14.2 | 22.4 | 1.6 | 28.5 | 14.2 | 24.6 | 7.9 |
| 高熱反シルバー系(SS20)+透明 | 26.7 | 11.5 | 19.8 | 21.4 | 1.2 | 25.1 | 10.2 | 20.2 | 1.2 | 25.1 | 10.2 | 21.7 | 5.7 |
| 高熱反シルバー系(SS14)+透明 | 23.4 | 8.5 | 15.4 | 19.0 | 0.9 | 22.1 | 7.6 | 18.0 | 0.9 | 22.1 | 7.6 | 19.0 | 4.3 |
| 高熱反シルバー系(SS8)+透明 | 18.2 | 5.3 | 9.1 | 15.0 | 0.6 | 17.3 | 4.7 | 14.3 | 0.6 | 17.3 | 4.7 | 14.9 | 2.7 |
| セラミックプリント(白、30%) +透明 | 58.3 | 44.1 | 39.4 | 42.7 | 4.2 | 50.2 | 35.7 | 37.2 | 3.9 | 50.2 | 35.7 | 43.4 | 19.8 |
| セラミックプリント(白、50%) +透明 | 51.0 | 36.2 | 53.2 | 38.0 | 3.6 | 44.6 | 29.6 | 33.6 | 3.3 | 44.6 | 29.6 | 38.5 | 16.5 |
| low-クリア(CVD)+透明 | 61.5 | 48.7 | 80.7 | 45.7 | 4.6 | 53.0 | 40.0 | 39.9 | 4.3 | 53.0 | 40.0 | 46.6 | 22.3 |
| low-クリアブルー(銀1層)+透明 | 56.1 | 44.0 | 82.9 | 42.5 | 4.4 | 48.6 | 36.3 | 37.3 | 4.1 | 48.6 | 36.3 | 43.0 | 20.3 |
| low-クリア(銀1層)+透明 | 55.1 | 43.1 | 83.5 | 41.9 | 4.3 | 47.8 | 35.7 | 36.7 | 4.1 | 47.8 | 35.7 | 42.3 | 19.9 |
| low-シルバー(銀1層)+透明 | 52.2 | 40.8 | 77.1 | 39.9 | 4.2 | 45.3 | 33.8 | 35.0 | 3.9 | 45.3 | 33.8 | 40.2 | 18.9 |
| low-ブルー(銀1層)+透明 | 51.7 | 40.6 | 80.1 | 39.8 | 4.2 | 45.0 | 33.7 | 34.9 | 4.0 | 45.0 | 33.7 | 39.9 | 18.8 |
| low-ニュートラルグリーン(銀2層)+透明 | 41.0 | 29.6 | 73.8 | 32.4 | 3.2 | 36.0 | 24.6 | 28.6 | 3.0 | 36.0 | 24.6 | 32.0 | 13.8 |
| low-グリーン(銀2層)+透明 | 40.2 | 28.8 | 71.8 | 31.8 | 3.1 | 35.3 | 24.0 | 28.1 | 2.9 | 35.3 | 24.0 | 31.4 | 13.5 |
| low-クリア(CVD)+透明(アルゴン) | 61.2 | 48.7 | 80.7 | 46.3 | 4.6 | 52.7 | 40.0 | 40.3 | 4.3 | 52.7 | 40.0 | 46.8 | 22.3 |
| low-シルバー(銀1層)+透明(アルゴン) | 51.8 | 40.8 | 77.1 | 40.4 | 4.2 | 44.9 | 33.8 | 35.4 | 3.9 | 44.9 | 33.8 | 40.3 | 18.9 |
| low-グリーン(銀2層)+透明(アルゴン) | 39.2 | 28.8 | 71.8 | 31.6 | 3.1 | 34.4 | 24.0 | 27.9 | 2.9 | 34.4 | 24.0 | 31.0 | 13.5 |

2.3 ガラスデータの整備

表2に現段階で準備しているガラスの日射熱取得率および日射・可視光透過率の一覧を示す。透明・熱線吸収・熱線反射・高性能熱線反射・低放射など市販されている主要なガラス種類について複数の色別に、直射・天空・地表面反射日射それぞれについてデータを整備している。近年広く普及するようになったLow-εガラスなど波長選択性の高い高性能なガラスについてもデータを整備している。入射角特性についても波長帯の異なる熱・光それぞれについて整備する予定である。ブラインドの入射角特性については検討中である。

3 窓面積の拡大とエネルギー消費量の関係の計算例⁴⁾⁵⁾

以下に、昼光利用効果を熱負荷計算に反映することによって得られる省エネルギー性能評価について、HASP-Lを用いたシミュレーション結果例を示す。

3.1 計算条件概要

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とし、主方位は南北と東西の二通りを考え、ペリメータゾーンの照明電力量と暖冷房負荷を東京標準気象データを用いて算する。日曜・祝日・年末年始を除き、空調運転時間は平日 8:00~18:00, 土曜 8:00~13:00 とする。設定温度は夏期 26℃, 中間期 24℃, 冬期 22℃, 設定

湿度は通年 40～60%RH，外気導入量は $3.5m^3/(m^2h)$ とする．照明制御ありの場合には窓から 1.5m および 3m の位置において床面から 750mm の机上面が 750lx を下回らない範囲で人工照明を連続調光する．

3.2 ブラインド制御による比較

南面と西面を比較すると，南面の方がブラインド制御による熱負荷への影響が大きく見られる．ガラス種類を比較すると，照明電力量へのブラインド制御の影響は同等であるが，透明単板よりも Low-E(Ag2) 複層の方が熱負荷への影響が大きい．全体的には，ブラインド制御を導入することによって，全閉固定よりも照明電力量・冷房負荷の削減効果を確認できる．特に，保護角制御は水平固定やブラインドなしの場合から照明電力量を大幅に増大させること無く，時々刻々スラット角を調整して日射を遮蔽することができる．

3.3 窓面積の影響

暖房負荷は，高性能熱線反射と透明単板を除くと変化は小さく，開口部の拡大による暖房負荷への影響はあまりない．

冷房負荷は，南面では一部を除いて増加傾向が強く，窓仕様による差が大きい．西面では変化は小さく，窓仕様による差も小さい．特に，Low-E 複層+外 BL および高性能熱線反射は，いずれの方位においても開口率の影響を殆ど受けない．

照明電力は，高性能熱線反射は可視光透過率が低いいため，開口率がが増えても照明電力量が低下しない．その他は同様の変化となっており，今回設定した昼光利用の範囲では開口率 40% 付近までは電力量が低下する．

一次エネルギーについては透明単板および Low-E(Ag2) 複層の仕様における照明制御が無い場合の結果についても併せて示している．昼光利用の無い一般窓に対して，遮熱型のガラスに照明制御・ブラインド制御を導入することによって開口率の拡大によるエネルギー消費量増加が抑えられている．さらに，遮熱型ガラスに照明制御・自動制御の外ブラインドまで施した Low-E(Ag2) 複層+外 BL の場合は，開口率の影響を大幅に抑えられることがわかる．

4 まとめ

昼光利用効果による照明・熱負荷削減の計算法および，昼光・熱負荷計算が電気側と連成されることにより可能となる計算事例について示した．今後，1 分値気象データが整備されることによって，変動性を含めた照度環境評価，高性能窓システムで広く導入されるブラインド自動制御の反映といったシミュレーションが可能になる．また，実使用状況下における劣化などを考慮した窓性能，特殊ガラス（例えば TT ガラスなど⁶⁾）などのデータ整備および計算対応方法などの検討を進める予定である．

【謝辞】

本報は（財）建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST 開発普及事業研究会（村上周三委員長）」ならびにアーキテクチャ検討部会（坂本雄三部長），建築・空調設備作業部会（石野久彌部長），クラス構想 WG（石野久彌主査）の活動成果の一部であり，関係各位に謝意を表すものである．クラス構想 WG 名簿（順不同）主査：石野久彌（首都大学東京），委員：一ノ瀬雅之（東京理科大学），内海康雄（宮城高専），郡公子（宇都宮大学），長井達夫（東京理科大），羽山広文（北海道大学），木下泰斗（日本板硝子），後藤裕（三機工業），菟田英晴（鹿島建設），坂本滋（大林組），芝原崇慶（竹中工務店），松村一誠（清水建設），安友哲志（三晃空調），渡邊剛（NTT ファシリティーズ），協力委員：菅長正光（自営），二宮博史，國吉敬司，篠原奈緒子（以上，日建設計），オブザーバー：野原文男（日建設計），事務局：生福清久（建築環境・省エネルギー機構）

なお，HASP-L を用いたシミュレーション検討は，板硝子協会との共同研究による成果の一部である．

【参考文献】

- 1) 松尾，井上，鈴木，廣川，寺山ほか：昼光利用による建築の省エネルギーその 1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集，1982.10
- 2) 井上隆ほか：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
- 3) 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
- 4) 建築物における昼光利用照明と省エネルギー，板硝子協会，2007.3
- 5) 井上隆，一ノ瀬雅之，木下泰斗ほか：オフィスビルにおける昼光利用照明による省エネルギー，日本建築学会大会学術講演梗概集，2007.8(投稿中)
- 6) Takashi Inoue, Masayuki Ichinose, Naoyoshi Ichikawa, Thermotropic glass with active dimming control for solar shading and daylighting, Energy and Building, Elsevier, 2007(Publishing)

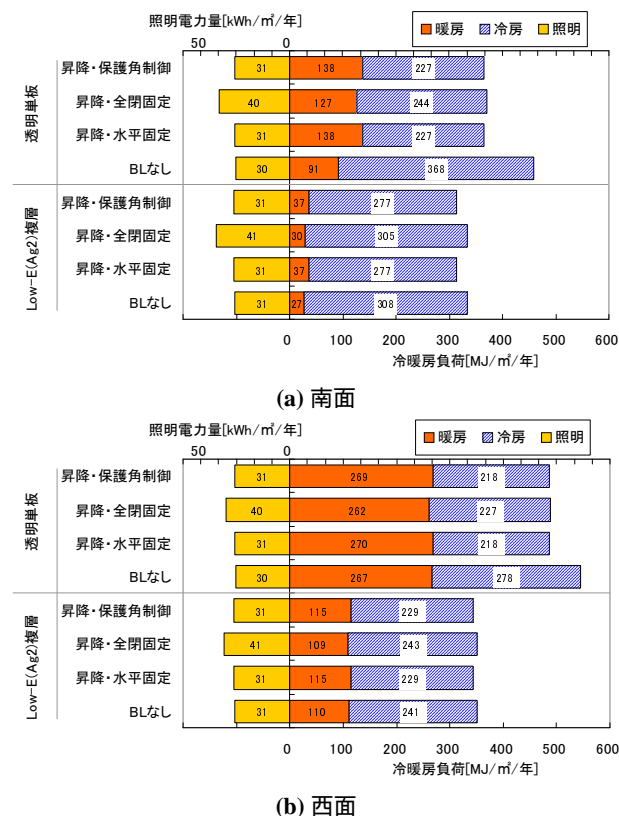
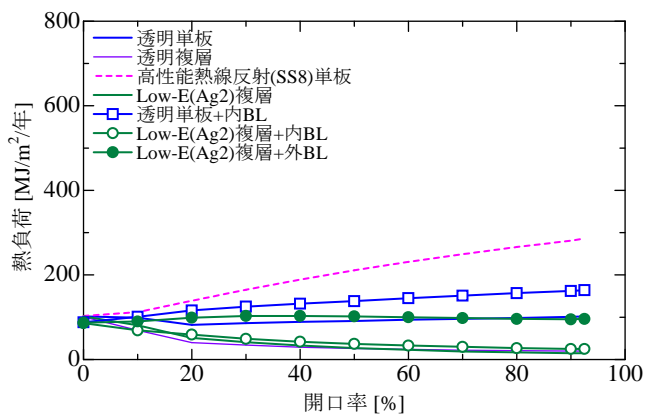
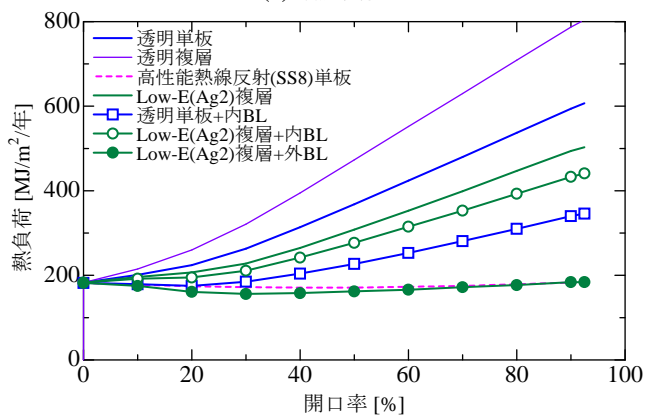


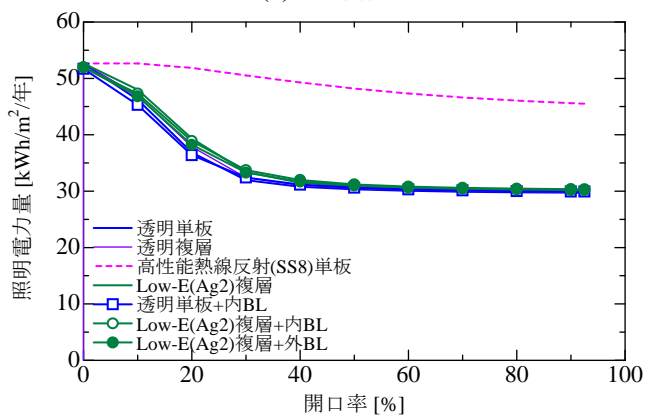
図 2 ブラインド制御方法による照明電力量・暖冷房負荷の比較（開口率 50%）



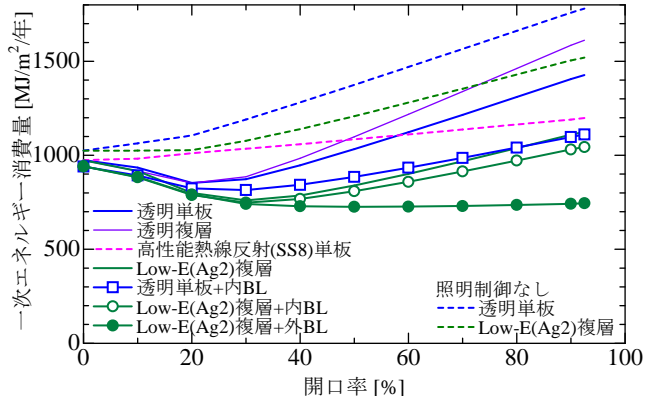
(a) 暖房負荷



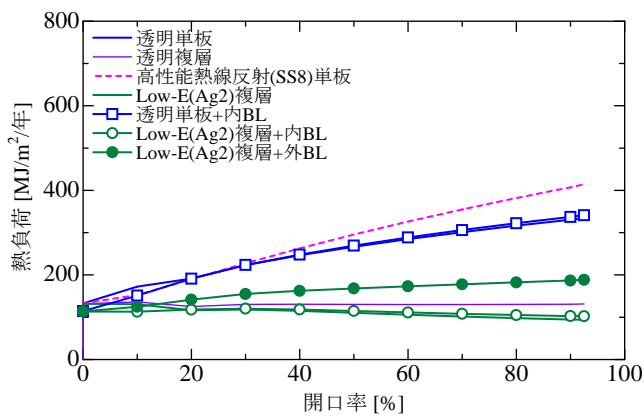
(b) 冷房負荷



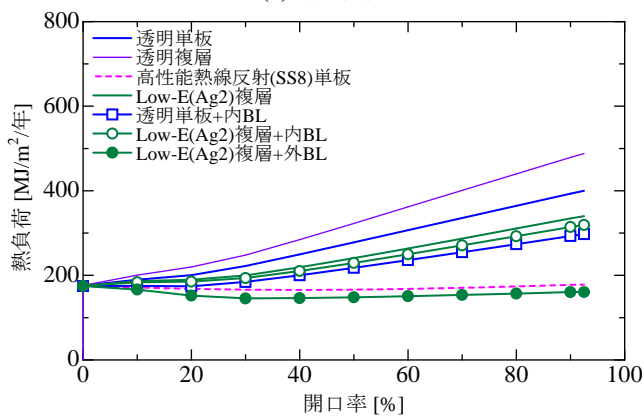
(c) 照明電力量



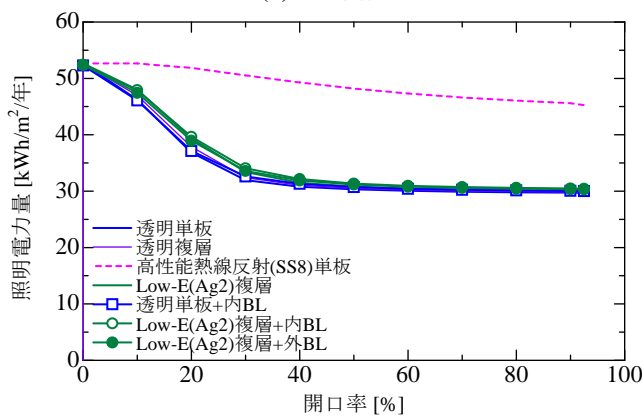
(d) 一次エネルギー消費量



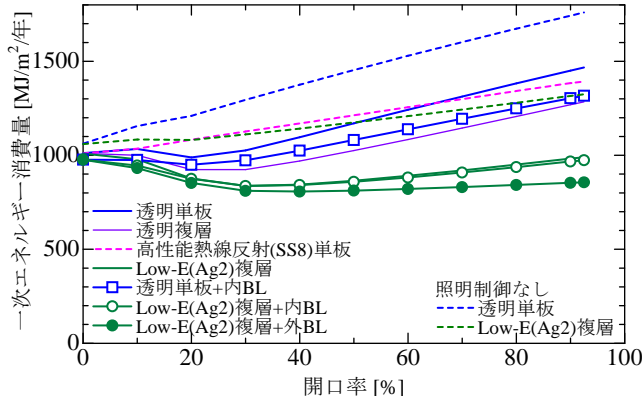
(a) 暖房負荷



(b) 冷房負荷



(c) 照明電力量



(d) 一次エネルギー消費量

図3 開口率と冷暖房負荷・照明電力量・一次エネルギー消費量の関係(南面)

図4 開口率と冷暖房負荷・照明電力量・一次エネルギー消費量の関係(西面)