

学校施設における開口部仕様の違いが空調・照明エネルギーに与える影響の考察

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143120023-5 中村 直史
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

学校施設における電力消費量の 6 割は電灯によるものとなっており、いかに昼光照明を利用し、電灯による電力消費量を削減するかが求められている。しかし、昼光の利用は冷暖房負荷増減とのトレードオフの関係があるため、採光と熱負荷の両方を考慮して検討する必要がある。そこで、本研究では学校施設を対象とし、開口部仕様の違いが空調・照明エネルギーに与える影響をシミュレーションによって定量的に把握し、開口部仕様ごとの特性を明らかにすることを目的とする。

2. 解析

2.1 解析概要

解析対象は京都市立 K 小学校東校舎 1F 中央教室を解析対象空間とし、解析モデルを図 1 に、平面図を図 2 に示す。解析モデルは Google Sketchup で作成し、対象空間の教室と隣室部分を抜きだしたものとする。気象データは、京都市の拡張アメダス気象データ^{文1)}を EPW 気象データに変換したものを用いる。^{注1)}

2.2 解析手法

解析モデルの作成は Google 社の Sketchup で行い、米国のエネルギーシミュレーションプログラム EnergyPlus によって熱負荷計算を、Radiance によって机上面照度を求める。^{注2)}

2.3 解析ケース

解析ケースは日射遮蔽装置を 4 ケース、ガラスの種類を 2 ケース、方位 2 ケースの計 16 ケース行う。表 1 に日射遮蔽装置の種類と寸法と方位、ガラスの種類を示す。

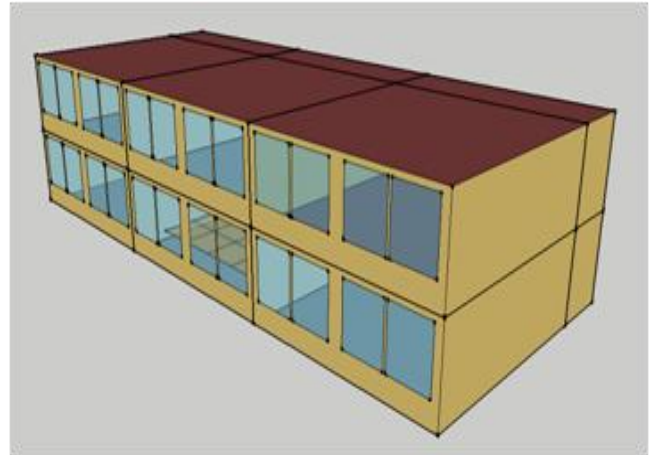


図 1 解析モデル

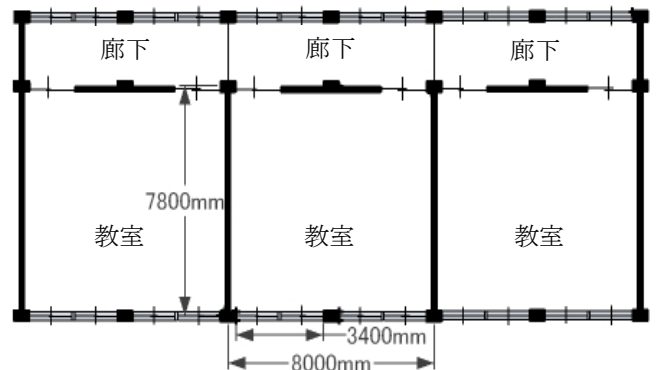


図 2 1F 平面図

表 1 解析ケース

	仕様無し		ライトシェルフ		ルーバー		マルチシェルフ	
形状・寸法								
方位	南	西	南	西	南	西	南	西
ガラス種類	複層	Low-E	複層	Low-E	複層	Low-E	複層	Low-E

3. 机上面照度と照明エネルギー消費量

3.1 机上面照度分布の計算方法

机上面照度は、Radiance によって求める。解析対象空間を図 3 に示す。照度計算点は「学校環境衛生基準」^{文3)}の照度測定に倣い、壁から 1m 離れた 9 点の机上面で解析し、高さは 0.75m とする。測定位置を図 3 に示す。計算は年間計算を行ったが、夏期(7 月～9 月)と冬期(12 月～2 月)の 1 ヶ月ごとに直達日射量の最大と最小の日を選出し、代表日とする。また、仕様ごとに室内の照度の均一さを見るために均斉度を求め、0.333 以下^{文4)}となった時間を抽出する。均斉度は、平均照度と最小照度の比とする。

3.2 照明エネルギー消費量の計算方法

照明は、照度が 500lux 以下となった場合に点灯するとし、照明の点灯時間から照明エネルギーを算出する。照明の配置は、計算点の真上に 1 個ずつ設置するとし、蛍光灯は Hf32W2 灯用蛍光灯器具とする。定格消費電力は 65W とする。計算期間は学校の運用時間を考慮し、9 時から 17 時とする。夏期の代表日 6 日間と冬期の代表日 6 日間の照明エネルギーのうち、夏期、冬期で最も消費エネルギーの多い日を 1 日ずつ選び、その値を 1 日の照明エネルギー消費量とする。

4. 熱負荷計算と空調エネルギー消費量

4.1 計算条件

熱負荷計算は、1 質点を代表として計算し、温度分布は考慮しない。また、本研究では主に窓面からの日射取得の違いを比較するため顕熱負荷のみを計算する。計算条件を表 2 に示す。設定温度や在室者数、空調・人体スケジュールは対象校の運用状況を参考にした。照明スケジュールは前述の机上面照度を参考に求め、代表日のうち、最も照明を点灯するスケジュールを仕様ごとに設定する。外壁などの部材構成はすべての教室で一律なものとし、部位ごとに表 3 に示す。構成は外部から内部に示す。ガラスの性能値を表 4 に示す。

ガラスの種類は複層ガラスと Low-E 複層ガラスの 2 種類とする。物性値は EnergyPlus に実装されているデータセットの値を参考に設定した。

材質の性能値を表 5 に示す。性能値は文献 5 を引用し、長波放射率、日射吸収率、可視光吸収率はアルミ以外の材質において一律なものとした。

表 5 材質の熱・光性能値

材料名	リリウム	コンクリート	石膏ボード	岩綿吸音板	スチレン発砲板(ビーズ)	モルタル	タイル	アルミ
粗さ	MediumSmooth	Rough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	Smooth
厚さ(m)	0.003 0.005	0.14 0.15 0.18 0.2 0.225	0.012 0.015	0.012	0.02	0.025	0.008	0.06
熱伝導率(W/m・K)	0.19	1.4	0.79	0.064	0.047	1.5	1.3	210
密度(kg/m ³)	1250	2200	1950	300	18	2000	2400	2700
比熱(J/kg・K)	1176	877	836	833	1278	795	838	878
長波放射率	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.25
日射吸収率	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.55
可視光吸収率	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.55

4.2 空調エネルギー消費量の計算方法

空調エネルギーは、熱負荷計算によって求めた室内負荷の値を用いて算出する。以下に算出式を示す。

$$COP = \frac{\text{冷房能力、暖房能力}}{\text{消費電力}} = \frac{\text{冷房負荷、暖房負荷}}{\text{消費エネルギー}} \quad (1)$$

対象校では、冷暖房に GHP を利用しているため、COP は 1.5 として計算を行う。

表 2 熱負荷計算条件^{注3)}

設定温度	冷房: 28℃ 暖房: 18℃
換気回数	2.2回/h
在室者	児童: 33人
人体発熱	児童: 50W/人
機器発熱	なし
空調スケジュール	9時～17時
人体発熱スケジュール	9時～17時
照明スケジュール	机上面照度より設定

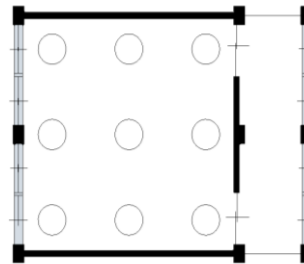


図 3 照度測定位置

表 3 部材構成

部位	部位構成(材料名(厚さ)を外部から示す)	厚さ(mm)
屋根	タイル(8)、コンクリート(180)、フォームポリスチレン(20) 石膏ボード(15)、岩綿吸音板(12)	235
天井	リリウム(3)、コンクリート(200)、 石膏ボード(15)、岩綿吸音板(12)	230
外壁	タイル(8)、モルタル(20)、コンクリート(140)、 フォームポリスチレン(20)、石膏ボード(12)	200
内壁	モルタル(25)、コンクリート(150)、モルタル(25)	200
床	コンクリート(225)、リリウム(5)	230
日射遮蔽庇	アルミ(60)	60

表 4 ガラスの熱・光性能値

ガラス種類	複層ガラス	Low-E複層ガラス
厚さ(m)	0.006	0.006
日射透過率	0.611	0.6
屋外側日射反射率	0.232	0.17
室内側日射反射率	0.232	0.22
可視光透過率	0.76	0.84
屋外側可視光反射率	0.083	0.055
室内側可視光反射率	0.083	0.078
赤外透過率	0	0
屋外側長波長放射率	0.83	0.84
室内側長波長放射率	0.83	0.1
熱伝導率 (W/m・K)	0.76	0.9

5. 計算結果

5.1 均斉度結果

図4に仕様ごとに均斉度が0.333以下となった時間の数を示す。仕様無しでは、窓際に直射日光が取り込まれるので、日射遮蔽装置があるケースよりも、均斉度が低くなる時間が長くなった。また、ガラスの種類による違いは見られなかった。

5.2 照明エネルギー消費量計算結果

図5に夏期、図6に冬期の照明エネルギー消費量の合計を示す。夏期と冬期の両方において、マルチシェルフを設置したケースで高い値を示し、仕様無しが低い値を示した。これは、マルチシェルフが他のケースと比べて、遮蔽性能が高いためであると考えられる。また、冬期が夏期と比べて全体的に値が低いのは、太陽高度が低いために教室奥まで日射が取り入れられ、教室内の照度が高くなったためである。ガラスの種類では、Low-E 複層ガラスのほうが小さくなった。方位では、マルチシェルフ以外は西面のほうが南面より小さくなった。

5.3 熱負荷計算結果

図7に夏期で最も負荷の高い7月23日の冷房負荷原単位を、図8に冬期で最も負荷の高い2月4日の暖房負荷原単位の負荷変動を示す。冷房負荷原単位では、複層ガラス西面仕様無しのケースが最も高く、複層ガラス南面仕様無しのケース以外の西面のすべてのケースが南面よりも負荷が高いという結果が得られた。方位によって負荷の大きさが左右されることから、夏期では、負荷に与える影響度合いの大きさは、方位において最も大きいことが推測される。

暖房負荷原単位では、10時ごろにピークとなり、以降は下降していくという傾向が全体でみられた。最大負荷は常に複層ガラス西面マルチシェルフのケースとなっており、全ての複層ガラスのケースがLow-E 複層ガラスのケースよりも負荷が高いという結果が得られた。ガラスの種類によって、負荷の大きさが左右されていることから、冬期においては、負荷に与える影響度合いの大きさは、ガラスの種類で最も大きいことが推測される。

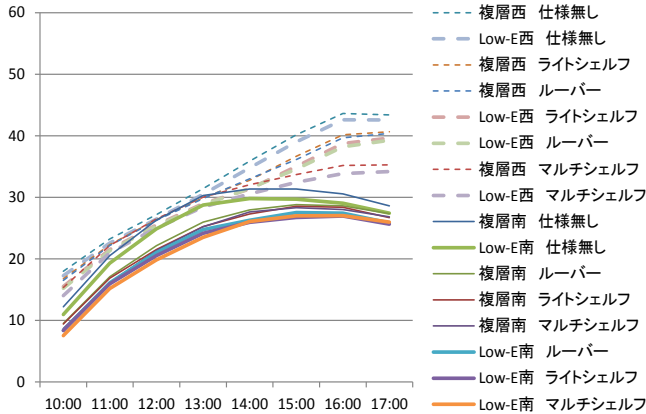
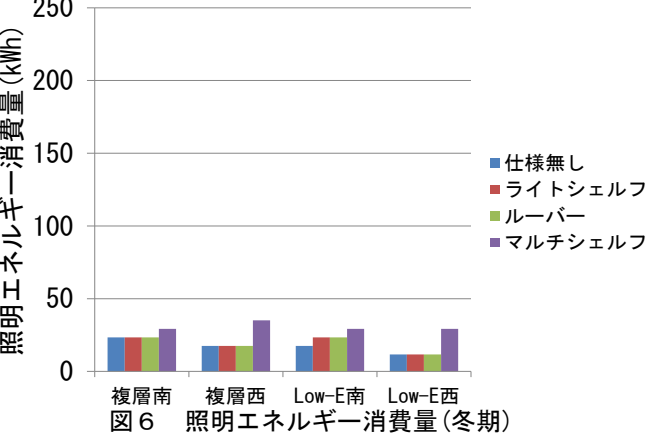
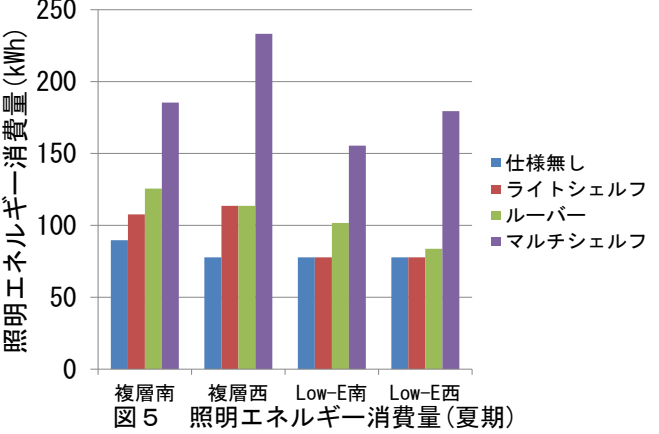
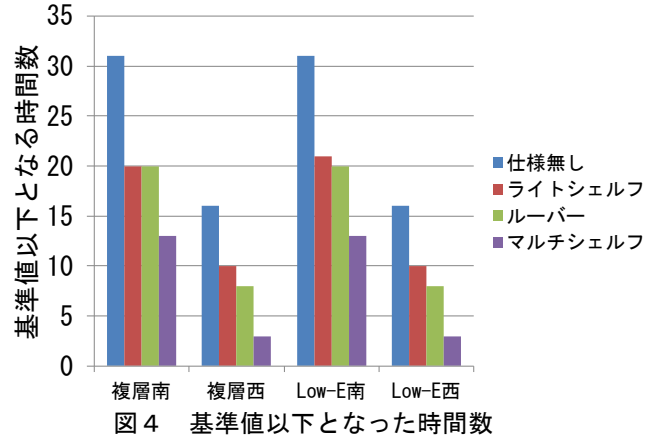


図7 冷房負荷原単位 (W/m²)

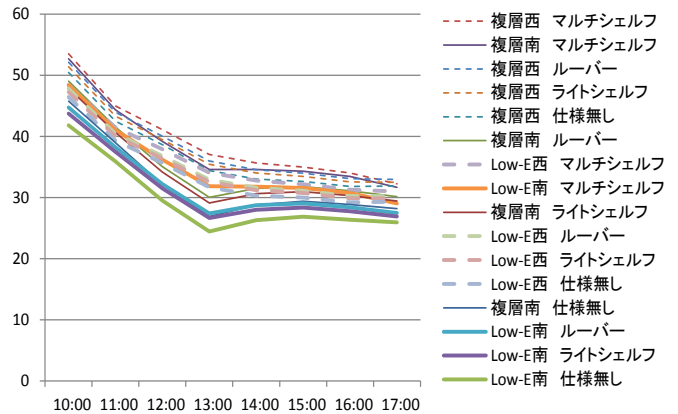


図8 暖房負荷原単位 (W/m²)

5.4 空調エネルギー消費量計算結果

図9に夏期の結果を、図10に冬期の結果を示す。夏期は、マルチシェルフを設置したケースで最も負荷が小さくなり、仕様無しのケースで最も大きくなった。ガラスの種類による差を見ると、Low-E 複層ガラスを用いたケースのほうが全体的に小さくなった。方位では、西面のほうが大きくなった。これは太陽高度の低さが影響したと考えられる。

冬期は、夏期の結果と反対に、仕様無しのケースで負荷が最も小さくなり、マルチシェルフで最も大きくなった。これは、日射遮蔽装置により、日光の導入効果が抑制されたためであると考えられる。また、夏期と同様に西面において負荷が大きくなったのは、日射が取り込まれる時間が減少したことが原因であると考えられる。

図11に空調エネルギーを夏期と冬期で合計したものを示す。南面においては、マルチシェルフが最も大きくなり、ライトシェルフが最も小さくなった。西面においては、仕様無しのケース以外は、ほとんど差が見られなかった。

図12に空調+照明エネルギーの夏期と冬期の合計を示す。南面、西面に開口部を設置する場合は、遮蔽装置はライトシェルフ、ガラス種類はLow-E 複層ガラスにすることが最適な仕様であることがわかった。

6. まとめ

本研究では、シミュレーションツールを用いて、開口部仕様ごとに空調・照明エネルギーに与える影響を定量的に把握した。このことから、日光を導入する際に空調と照明エネルギーの両方を考慮するには、遮蔽装置にはライトシェルフを用い、ガラスの種類はLow-E 複層ガラスを用いることが、最適であるという結果が得られた。今後の課題としては、ブラインドなどの運用を考慮していないので、それらを組み合わせた場合の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人 日本建築学会：拡張アメダス気象データ 1981-2000
- 2) 武政孝治：EnergyPlus によるパッシブ・デザイン建築入門、p.138-145.2013.10
- 3) 文部科学省：学校環境衛生基準Ⅱ、p.47
- 4) 国立教育政策研究所：校舎のエコ改修推進のために～モデルプランにおける環境対策のシミュレーション結果～、p.19
- 5) 社団法人 建築設備技術者協会：NewHASP/ACLD 操作マニュアル、p.12-13.2012.12
- 6) 井上宇市：空気調和ハンドブック(改訂5版)、p.76.2011

注釈

- 1) 拡張アメダス気象データから EPW 気象データへの変換は、文献2の方法に準じて行っている。
- 2) Energyplus は米国の NREL(National Renewable Energy Laboratory)で開発された OpenStudio によって、Sketchup を GUI として利用することができる。また機能の一部として Radiance と連携することができる。
- 3) 人体発熱は文献6の顕熱のみの値を参考に設定した。

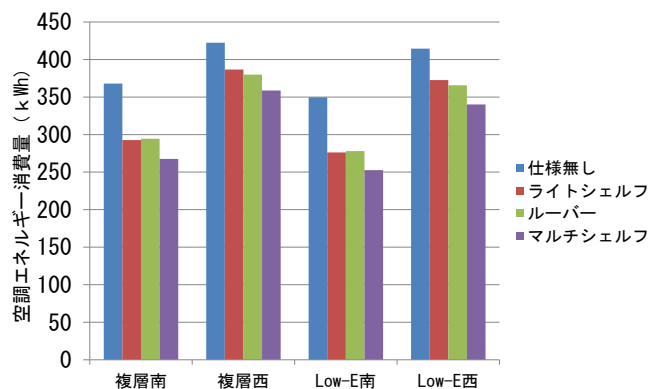


図9 空調エネルギー消費量 (夏期)

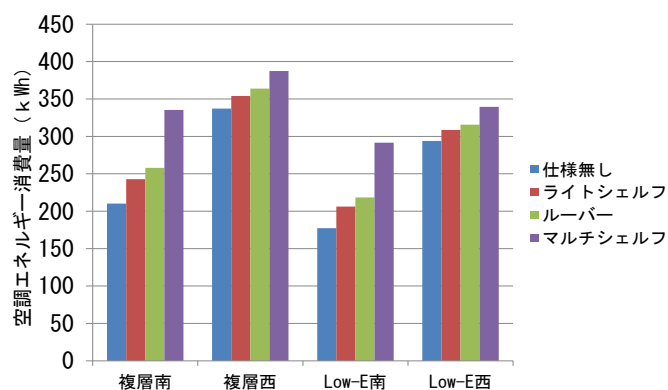


図10 空調エネルギー消費量 (冬期)

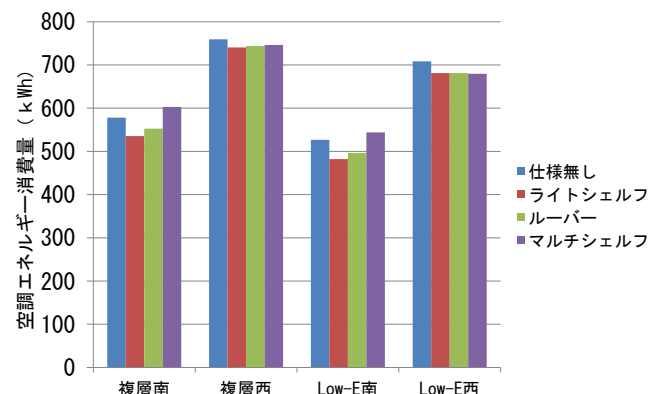


図11 空調エネルギー消費量 夏期+冬期

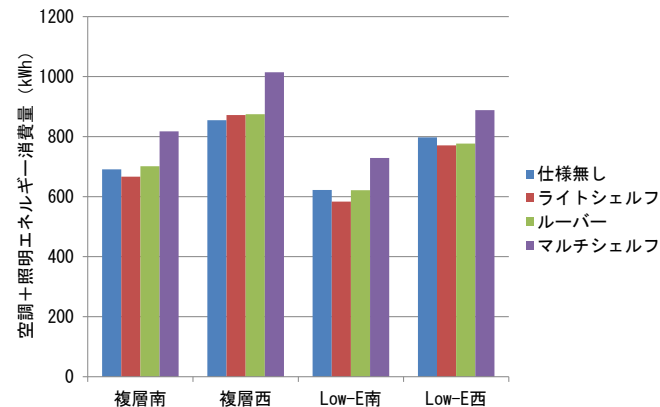


図12 空調・照明エネルギー消費量 夏期+冬期