

都立高校のエネルギー消費削減に関する研究

その4 既存建築の性能向上によるエネルギー削減効果と快適性の検討

正会員 ○熊谷 俊* 同 須永修通**
同 山本康友***学校建築 冷房導入 省エネルギー改修
環境負荷低減 エネルギー消費量 BEST

1. はじめに

本研究では、都立高校に対して適切な省エネルギー改修手法および運用方法を提案することを目的とし、今までにエネルギー消費量、建築・設備仕様の実態把握を行ってきた。

建物仕様の実態把握により、1980年代までの学校はほとんどが無断熱であり、また、底のない学校が多いことが明らかになった^{1),2)}。これらの改善が省エネルギー化を図る上で重要であることから、本報ではシミュレーションにより、環境性能向上および運用改善による削減効果について検討した。

2. シミュレーションの概要

本研究では、熱負荷計算に建築物総合エネルギーシミュレーションツールBESTを用いて、建物の外皮性能向上や運用改善によるエネルギー削減効果および快適性について考察を行った。

表1, 2に計算条件を示す。冷房期間は6~9月、暖房期間は12~3月とし、中間期(4, 5, 10, 11月)は空調を行わないこととした。設計温湿度条件は、夏期は26℃・50%、冬期は20℃・40%とした³⁾。発熱スケジュールおよび発熱量は文献や既往研究^{4),5)}を参考にして設定した。着衣量は、夏期は0.55clo, 冬期は1.0clo, 中間期は0.8cloと季節に応じて値を変更した。シミュレーションに用いた建物モデルは、図1に示すように、3階建の南向き片廊下型校舎とし、教室の大きさは幅9m、奥行7.5m、高さ3m、窓面積は教室の床面積1/5(13.5㎡)とした。これらの教室の内、基準階と最上階の計6教室を解析の対象とした。(図2)

表3に建物モデルの各部位の構成を示す。部位構成は、建築仕様の実態把握により得られた結果から定めた。

3. シミュレーションの検討方法

実態調査から既存建築の環境性能は、表4のような3つに分類できた。母数は、環境性能(I)は72校、環境性能(II)は67校、環境性能(III)は33校であった。

表5に、熱環境性能向上による検討タイプと建築仕様を示す。外壁・屋根の断熱性能、ガラス性能、庇の有無による年間冷暖房負荷の削減効果および快適性について解析を行った。なお、外壁の断熱材に硬質塩化ビニル発砲板($\lambda=0.036\text{W/m}\cdot\text{K}$)、屋根の断熱材に硬質ウレタンフォーム($\lambda=0.028\text{W/m}\cdot\text{K}$)を使用した。また、TYPE5は2011年

表1 シミュレーション概要

対象地域	東京都 東京 (IV地域)	
計算範囲	2006/1/1~2006/12/31 (助走計算 20日)	
計算間隔	時間別 月別	
空調時間	教室	8:00~15:00
	管理諸室	8:00~20:00 (長期休暇時は9:00~18:00)
空調期間	夏期	冬期
	6~9月	12~3月
設計温湿度条件	26℃ 50%	20℃ 40%
空調設定温度	26~28℃ (基準は26℃)	18~20℃ (基準は20℃)

表2 計算条件

照明負荷	FLR (20W/㎡) Hf (13W/㎡)
機器発熱	10W/㎡
人員密度	0.5人/㎡ (35人クラスを想定)
代謝量	1.2met
着衣量	0.55clo(夏) 1.0clo(冬) 0.8clo(中間)

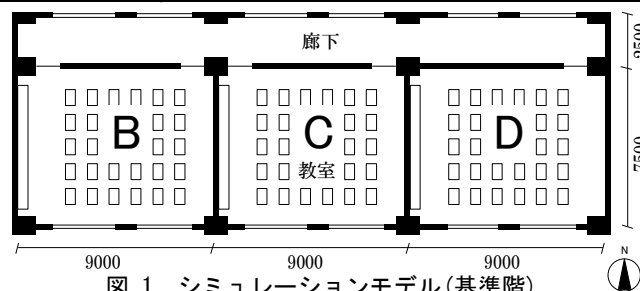


図1 シミュレーションモデル(基準階)

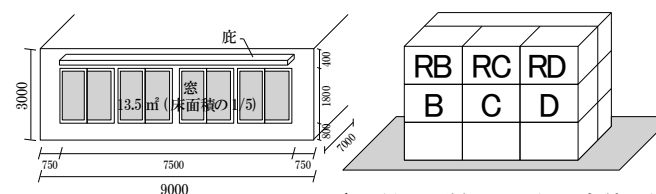


図2 シミュレーションモデル(左: 詳細図 右: 全体図)

表3 部位構成

外壁 吹付タイル $\epsilon=20$ 硬質塩化ビニル発砲板 $\epsilon=0\sim100$ 普通コンクリート $\epsilon=150$	内壁 プラスターボード $\epsilon=12$ 空気層 プラスターボード $\epsilon=12$	ドア 鋼 $\epsilon=1$ 硬質ウレタン発砲板 $\epsilon=15$ 鋼 $\epsilon=1$
天井 カーペット $\epsilon=7$ 空気層 普通コンクリート $\epsilon=150$ プラスターボード $\epsilon=10$	床 カーペット $\epsilon=7$ 普通コンクリート $\epsilon=150$	屋根 普通コンクリート $\epsilon=80$ 硬質ウレタン発砲板 $\epsilon=0\sim100$ アスファルト $\epsilon=10$ 普通コンクリート $\epsilon=150$
窓 単板ガラス low-E複層ガラス(8-6-8) $U=4.6\text{W/m}\cdot\text{K}$ $\eta=0.490$ U=2.3W/m.K $\eta=0.404$ ブラインド内蔵 low-E複層ガラス(8-6-8) $U=2.3\text{W/m}\cdot\text{K}$ $\eta=0.138$	庇 L=0.500, 1.000, 1.500, 2.000mm	

表4 既存建築における環境性能の分類

環境性能(I)	1980年以前に建設された学校で躯体は無断熱・庇が1000mm
環境性能(II)	1981~1993年に建設された学校で床と屋根に断熱・無庇
環境性能(III)	1994年以降に建設された学校で外壁、床、屋根に断熱・無庇

から適用された「省エネ・再エネ東京仕様」⁶⁾に要求されている熱環境性能とした。

4. シミュレーションの結果

4-1. 熱環境性能向上による省エネルギー効果

図3に、建築外皮の性能向上による年間冷暖房負荷の変化を示す。環境性能(I)に関しては、基準モデルで庇が1000mm設けられているため、TYPE4はない。

基準から、TYPE5にまで向上させた場合、(I)は22.5%、(II)は19.4%、(III)は12.3%削減されるという結果を得られた。TYPE3とTYPE4を比較すると、庇の有無により暖房負荷は6.6%増加するが、冷房負荷は5.8%削減でき、年間では2.2%の削減が図れることがわかる。しかし、TYPE3~5の年間負荷の差は小さい。

4-2. 照明負荷削減手法の検討

中間期の省エネルギーを考える際、学校建築ではエネルギー消費に対する照明の占める割合が大きい。そこで、照明負荷の削減手法について試算した。その結果を図4に示す。

都立高校の現状で最も多いFLR型の照明からHf型に変更することで、約26%の削減が見込める。機器をFLR型とした状態でも昼休みに全消灯すると約8%、昼間窓際に近い1列を消灯すると1時間ごとに2.8%削減でき、昼休みと授業時間内(6時間とする)に窓際消灯を行うと、約25%の照明負荷が削減できる。機器の性能向上(Hf型に改修)と運用改善を行うことでFLR型を全灯させた場合と比較して照明負荷を40%以上の削減ができる。

4-3. 空調設定温度緩和による省エネルギー効果と快適性

断熱性能を向上させ、庇をつけた状態(環境性能(I))はTYPE3、環境性能(II)、(III)はTYPE4で、空調設定温度を緩和した時の冷暖房負荷および快適域時間*について図5に示す。

夏期は1℃の緩和につき、冷房負荷は12%削減できるが、快適域時間は極端に低くなる。冬期は、夏期と比べ設定温度緩和による快適域時間の低下は小さい。夏期の空調設定温度を28℃、冬期の空調設定温度を18℃にすることで、冷房負荷は約25%、暖房負荷は約32%削減でき、年間では27%削減できる。

4-4. 環境性能向上と運用改善による省エネルギー効果

表6に総合的な省エネルギー効果の検討タイプを示し、図6に、計算結果を示す。熱・光環境性能を向上させることで、基準モデルと比較し、(I)は22%、(II)は19.8%、(III)は15.1%削減でき、更に照明の運用改善や空調設定温度緩和により、(I)は40.6%、(II)は38.9%、(III)は35.3%まで削減できる。東京都の削減目標を達成するためには、学校の環境性能を向上させ、更に運用改善を図る必要があることが示された。

5. まとめ

シミュレーションにより、都立高校で東京都の削減目標(25%減)を達成するためには、校舎の環境性能を向上させた上で、運用改善を図る必要があるという試算結果が得られ、建物性能向上・運用改善の必要性が示された。

表5 熱環境性能向上の検討タイプと建築仕様

TYPE0	基準 [環境性能(I)・(II)・(III)]
TYPE1	外壁に断熱材50mm
TYPE2	外壁に断熱50mm+窓複層
TYPE3	外壁に断熱50mm+窓複層+屋根に断熱60mm
TYPE4	外壁に断熱50mm+窓複層+屋根に断熱60mm+庇1000mm
TYPE5	外壁に断熱50mm+窓複層+屋根に断熱75mm+庇500mm (省エネ・再エネ東京仕様) ※環境性能(I)は庇1000mmとする

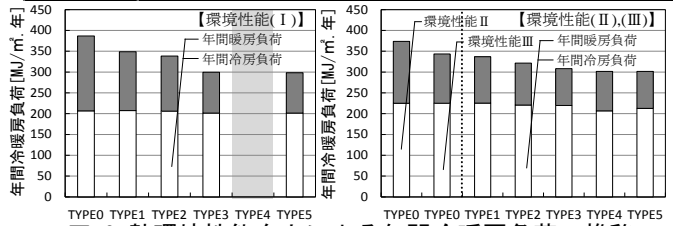


図3 熱環境性能向上による年間冷暖房負荷の推移

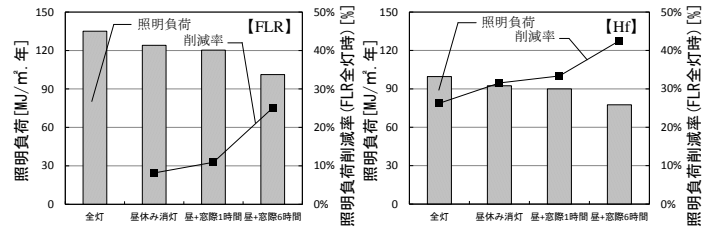


図4 照明負荷削減手法の検討

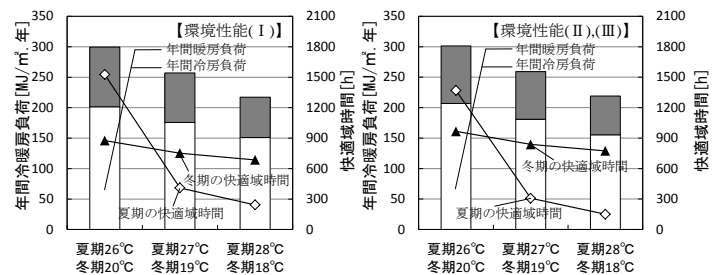


図5 空調設定温度緩和による省エネルギーと快適性

表6 総合的な省エネルギー効果の検討タイプ

TYPE A	基準 [環境性能(I)・(II)・(III)] のエネルギー消費量
TYPE B	熱環境性能向上によるエネルギー消費量 (環境性能(I)はTYPE3、環境性能(II)・(III)はTYPE4)
TYPE C	熱・光環境性能向上によるエネルギー消費量 (TYPE B + 照明はFLR型→Hf型に変更)
TYPE D	熱・光環境性能向上と運用改善によるエネルギー消費量 (TYPE C + 空調: 夏期28℃・冬期18℃ 照明: 昼休み・窓際消灯6時間消灯)

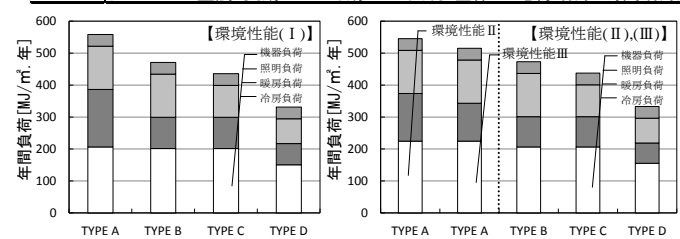


図6 省エネルギー効果の検討結果

* 快適域時間は、PMV が0.5~+0.5(快適域)に入る時間をいう

【謝辞】

本研究は、東京都リーディングプロジェクトの「環境負荷低減に資する都市建築ストック活用型社会の構築技術」の一環として行ったものである。データを提供していただいた東京都の財務局・教育庁の皆様へ、ここを記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 児玉、須永他：都立高校のエネルギー消費削減に関する研究 その2 建築の省エネルギー性能とエネルギー消費の関係 日本建築学会 2012.9
- 2) 熊谷、須永他：都立高校のエネルギー消費と熱環境性能の実態把握に関する研究 空気調和 衛生工学会 2012.9
- 3) 空気調和衛生工学会編：建築設備集成 学校 図書館 オーム社 2011.8
- 4) 学校ゼロエネルギー化推進委員会 報告書
- 5) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き 新築 増改築の性能基準(PAL/CEC) [財] 建築環境・省エネルギー機構 2009
- 6) 省エネ・再エネ東京仕様の策定 東京都財務局 http://www.kenkocho.co.jp/pdf/151_13s%EF%BD%94.pdf

* 株式会社 久米設計 (当時首都大学東京) 修士(工学)
 ** 首都大学東京 都市環境科学研究科 建築学域 教授・博士(工学)
 *** 首都大学東京 都市環境科学研究科 建築学域 特任教授・博士(工学)

* Kume Sekkei Co.Ltd. (Graduated Student, Tokyo Metropolitan University)
 ** Prof., Dept. of Arch. and Bld. Eng., Grad. School of Urban Env. Sciences, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.
 *** R.Prof., Dept. of Arch. and Bld. Eng., Grad. School of Urban Env. Sciences, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.