

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：23102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560721

研究課題名(和文) 通風・自然換気を用いた学校校舎改修時の温熱空気環境改善手法の開発

研究課題名(英文) Development of method for thermal environment using natural ventilation focused renovations of school buildings

研究代表者

坂口 淳(SAKAGUCHI, Jun)

新潟県立大学・国際地域学部・教授

研究者番号：90300079

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では単純な校舎を対象に通風気流の解析を3次元数値流体解析(以下CFD)と照明計算ソフトを使用し、通風量と室内の照度分布の解析を行う。従来から学校建築で利用されていた設計資料の記述内容の確認を行う。窓開口部の大きさ、南面の窓庇の有無、について照度分布と通風量について検討する。本研究では当初は室内の圧力分布とトレーサーガスの濃度分布から自然換気量を測定することを想定し、トレーサーガスの発生位置および濃度測定位置を変えた場合に換気量の推定がどのくらい変化するか、誤差に関する分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, I have developed thermal environment focused renovations of school buildings using 3-dimensional numerical fluid dynamics and the lighting simulation. This study decided to clear the natural ventilation current flow and inside illumination distribution in the some shape school buildings. The window of school buildings is large, the presence or absence of eaves for the solar radiation shielding will affect the indoor thermal environment. This study was analyzed measurement accuracy for the natural ventilation.

研究分野：建築都市環境工学

キーワード：学校校舎 通風 自然換気

1. 研究開始当初の背景

近年、省エネ型建物に対する関心の高まりから、環境性能を評価する手法が国内外で開発されている。我が国では(財)建築環境・省エネルギー機構が開発した「CASBEE」が、政令指定都市を中心に普及してきている。学校施設においては、学校施設のCO2削減設計ツール「FAST」(国立教育政策研究所・平成23年1月)が公開され、校舎の設計ツールとして使用されている。

平成22年度文部科学白書によると、学校施設の現状と課題には、耐震化の推進、老朽化対策、室内環境対策、事故防止・防犯対策などが挙げられている。さらに『今後耐震化が必要な建物は、約1万8000棟以上ある』ことや、『建築後25年以上経過した公立学校施設が約7割』あることが白書に示されている。また、学習環境の快適性や現代の学習活動への適応性を確保するために、学校施設の計画的効率的な再生整備の促進が求められている。

しかし、公立学校施設での大規模改修は耐震改修をメインに行われている現状にあり、地震の多い日本では校舎の安全性を確保するために耐震改修を優先に改修計画が立てられている現状がある。トイレや省エネ型照明器具の交換は耐震改修と併せて改善が進んでいるが、室内の温熱空気環境改善のための窓及び壁の断熱改修、日射調整を目的とした庇・オーニングなどの取り付けは行われていない状況にある。申請者が実施した調査によると、全国公立小中高校の担任教師2138名による教室の温熱環境の回答結果(図1)では、夏季の教室では「非常に暑い」「暑い」「やや暑い」と回答した教師は全体の約90%を占め、冬季の教室では「非常に寒い」「寒い」「やや寒い」と回答した教師は約70%を占めている。よって教室の温熱環境の改善は必要であると考えられる。

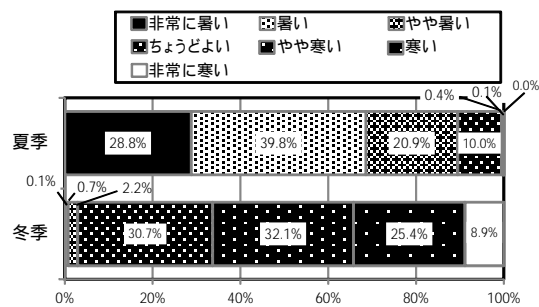


図1 担任教師を対象とした夏季及び冬季の教室室温の回答 (全国調査)

学校校舎では、教室の窓を開放し、通風を用いて夏季の暑さを緩和する手法が行われている。古くから学校校舎の設計資料に通風計画に関する記述は見られるが、定性的な通気輪道のイメージが示されている状況であり、学校施設のための通風・自然換気に関する設計資料は不足している状況である。

2. 研究の目的

本研究では、校舎形状(片廊下型・中廊下型、階数、一文字校舎、口の字校舎等)、窓周辺部の状況(ベランダ、ルーバー、耐震ブレース等の有無)、廊下側壁形状(欄間の有無、オープン型教室)、廊下・階段の窓・排気口の状況等の様々な校舎を対象に、窓を積極的に開放している夏季通風時と窓が閉鎖している冬季自然換気時の校舎全体の気流性状について明らかにする。さらに教室の温熱空気環境の面から最適な窓配置や廊下及び階段室の計画に関する設計資料を整備し、改修時の設計手法を確立することを研究目的とする。

3. 研究の方法

本研究では学校校舎を対象としたエネルギー消費量、教室内部照度解析、数値流体解析を行い、さらにエネルギー消費に関する実測調査を行い、学校施設の窓開口部に着目した通風・自然換気に関する設計資料を整備する。

4. 研究成果

(1)窓開口部に取り付ける庇の検討

開口部の大きさと室内の照度分布等の関係について、照明計算ソフトを用いて解析する。CFDと照明計算ソフトから庇やベランダのない単純な窓の学校を対象に教室及び廊下の光環境と通風性状について検討する。

室内照度解析は照明シミュレーションソフトDIALux 4.10を利用する。照度計算は普通教室1教室分とし、教室の寸法は8×8×3m。机の高さが0.6mの位置の机上照度分布を計算により求める。解析条件を表1に示す。

表1 解析条件

	概要
窓の透過度(%)	20、90
窓の大きさ(m)	1.0×1.5、1.5×1.5、2.0×1.5
廊下側の壁	壁なし、壁あり、壁高2m
天候	曇り、晴れ、晴れ(直射日光)
季節	冬至、夏至、春分、秋分
時刻	12:00、9:00、15:00
庇の長さ(m)	なし、1.8、2.6、3.4
壁・天井反射率	30、70%

廊下側の壁の高さを2m、3m、そして壁をなくした3ケースの解析を行い、机上面照度・床面照度を比較する。机上面照度に関しては壁の高さには違いが少なく、壁を撤去したケースは、机上照度が高くなる傾向がある。このことにより、廊下側の壁の有無を考慮した校舎の計画が必要になることが明らかになる。

窓の庇については、庇の出の長さを長くするにつれて、窓際の直射日光をさえぎることは可能であるが、教室中央部の机上面照度が低下する。このため、庇の長さは窓開口部から室内へ入る日射熱量と通風で排熱される熱量とのバランスについて明らかにすることが設計上大切である。

(2) 学校校舎のエネルギー消費量の実測

N 県の全ての県立高校と N 県 N 市の全ての公立小中学校を対象に校舎形態に関する調査を行う。

N 県の県立高校の電気消費量については、もっとも多い学校は 490GWh/年、次に多い学校は 467GWh/年という状況であった。高校の平均は 233GWh/年である。灯油に関してはもっとも消費量の多い学校は 74kL、次に多い学校では 62kL という状況で比較的専門高校の消費量が多い傾向がある。都市ガスではもっとも多い学校は 49,913 m³ 消費し、次に 40,400m³ という状況で、高校によって灯油が主の学校とガスが主の学校に分かれる。上水道ではもっとも多い学校は 15,820m³ を消費し、県立高校の平均は 6,009 m³ である。

一次エネルギー換算した年間総エネルギー消費量では、もっとも多い学校は 8.4TJ/年、次に多い学校は 7.9TJ/年、三番目に多い学校は 6.6TJ/年という状況であった。高校の平均は 3.8TJ/年であった。N 県の県立高校では冷房用エアコンが設置されているが、エアコンは発電機を別途設置するため、今回の調査から除外している。

図 2 に校舎面積と年間エネルギー消費量（一次エネルギー換算）の関係、図 3 に生徒数と年間エネルギー消費量の関係を示す。電力消費量と学生数の相関をみると相関係数はやや高い。上水道消費量と学生数あたりの相関係数が高い傾向がある。これは電力については生徒数によって使用する教室数・照明数が決まるからであり、上水道については生徒数によって日常的に使う水の量が決まるからである。電力消費量は学生が 1 名増加するにつれ 379GWh/年増加する。上水道消費量は学生が 1 名増加すると 10 m³/年増加する傾向がある。

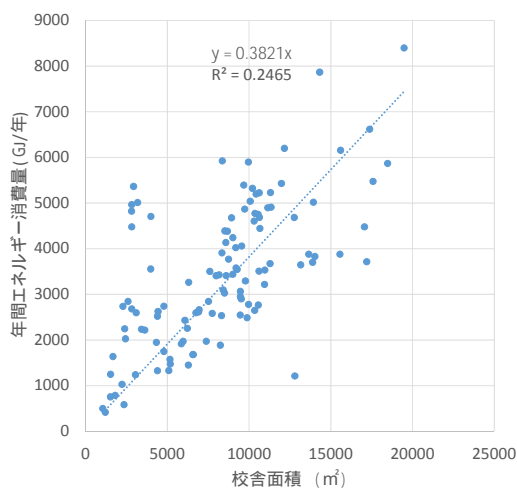


図 2 N 県の高校年間エネルギー消費量と校舎面積の関係

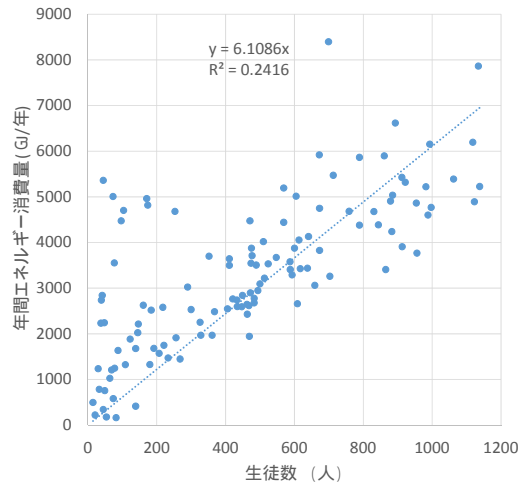


図 3 N 県の高校年間エネルギー消費量と生徒数の関係

(3) 校舎内の気流性状に関する解析

3次元数値流体解析（以下 CFD）と 1 質点系の熱換気回路網解析をするための建物に関するデータの整備をした。

トレーサーガスを用いて自然換気量を測定するために、測定方法について再検討を行う。従来の研究ではトレーサーガスの発生点・濃度測定点の配置については、あまり検討されていない状況にあった。瞬時一様拡散とみなして換気量を算出している研究や、室内の濃度分布を解消するために室内に扇風機等のファンを設置している研究がある。本研究では多数室の換気量の状況を把握するため、パッシブ法による測定方法を用いる。自然換気のある単純な教室を対象に CFD 解析を行い、トレーサーガスの発生位置および濃度測定位置を変えた場合に換気量の推定がどのくらい変化するか、誤差に関する分析を行った。

換気方式とトレーサーガス発生位置を変化させた時の室内濃度分布を空間一様発生濃度（空気齢）と比較した結果、本研究の解析では壁中央部にトレーサーガス発生装置を設けた方法が換気方式の違いは少なく、比較的精度良く測定できる可能性があることがわかる。しかし、換気方式によっては空間一様発生法の濃度（空気齢）よりも 50% 程度低い値、言い換えると濃度から逆算した換気量は真値 2 倍として得られる可能性があることがわかり、トレーサーガス発生方法とトレーサーガスサンプラーの位置については更なる検討が必要である。このため、トレーサーガスを用いたパッシブな換気量測定法では測定精度の課題があり、今後継続して研究を行う予定である。

今回、CFD で解析した学校校舎の通風に関するデータは、データベースに整理し、ホームページに公開する予定である。図 4 に 3 階建校舎の教室内の風速分布の一例を示す。廊

下には壁があり、教室の窓から流入した風は、教室の前後にある扉から廊下へながれる。廊下扉の面積が窓開口と比べて小さいため、教室を通過する気流速度は低い。このため、廊下に壁がある場合では、通風を確保することは困難であり、最近増えているオープン型教室などのような計画も、通風の面では有効といえる。

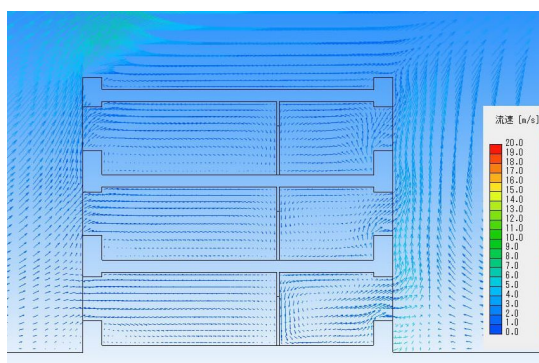


図4 窓を全開時の校舎内気流分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

解析データをホームページに公開予定

6. 研究組織

(1)研究代表者

坂口 淳 (SAKAGUCHI Jun)

新潟県立大学・国際地域学部・教授

研究者番号：90300079