

平成 27 年度 修士論文

人間の呼気に含まれる CO₂ を利用した多数室系の

換気性能評価に関する研究

Evaluation of Ventilation Performance for Multi Zone
Using Carbon Dioxide Included in Exhaled Breath

高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻 社会システム工学コース
建築環境研究室 1185095

井上貴之

指導教員 田島昌樹
副指導教員 高木方隆

2016 年 1 月 20 日

論文要旨

現在、建築物の換気的设计でよく用いられる汚染物質の基準濃度として、建築基準法や建築物衛生法で定められている CO₂ 濃度 1000ppm 以下が挙げられる。しかし、既往の研究では 2008 年時点で特定建築物の全体の 15%がこの基準濃度を上回っており、特に事務所・学校において不敵率の高い結果が報告されている。このように室内の CO₂ 濃度が高い現状であるため、対象居室の CO₂ 濃度を基準値以下にするために必要な換気を行うことが求められる。単室の換気的设计は、法律に定められている必要換気量や換気回数等を基に行われているが、実際に居室にどの程度の換気量が得られているか現場での評価はほとんど行われていない。また実際の建築は多数室の換気系であり、隣室や隣接するゾーンの内壁の隙間やドアなどを通じて複雑な空気が流動している。そのため隣室からの空気量も考慮して換気性能評価を行うことが必要である。居室の換気量を測定する方法はいくつかあるが、その中の一つにトレーサーガスを用いた換気の評価方法がある。しかしトレーサーガスに使用するガスは居室の換気量や換気性状を測定するのには向いているが、地球温暖化や人体に影響のあるものがあり、使用する場合に問題がある。また、測定を行うためには、様々な機器が必要となり使用するガスによっては設定方法や機器も違い複雑でコストもかかる。そこで本研究では人間の CO₂ 呼出量をトレーサーガスとして使用し、多数室の換気系の評価を行える手法を示した。この手法を用いることができれば、多くの建築物で地球や人間に影響のあるトレーサーガスを用いることなく、居室の換気量や換気性状の測定を簡便に行うことができる。

本研究では、人間の呼気を収集し人間の CO₂ 呼出量推定式を作成し、CO₂ 呼出量を用いた換気性能評価指標 SRF を使用した多数室の換気系の換気性能評価を行った。作成した CO₂ 呼出量推定式は個々の属性値として、体重、身長、性別、年齢、代謝率が分かれば CO₂ 呼出量を求める事ができる。また単室や多数室の換気系の居室で在室者がいる状態で換気性状実験を行った結果、CO₂ 呼出量推定式を用いた場合に一定の精度で換気性状を推定することができた。また CO₂ を対象とした換気性能評価指標 SRF を作成し、多数室の換気系を対象とした換気シミュレーションと実居室による CO₂ 呼出量を用いた CO₂ 濃度と SRF の推定を行った。換気性能評価指標 SRF は基本的に外気を新鮮空気の基準とした範囲で示されているため、式に外気の濃度変化は示されていない。そこで、本研究では CO₂ のみを対象に、外気 CO₂ 濃度の変化や室内の在室者数や行動によって変化する CO₂ 呼出量や CO₂ 濃度に対応した SRF 指標にできるように整理を行った。換気シミュレーションでは多数室の換気系の代表的な例として 2 室と外気を加えた 3 ノードモデルを設定し、CO₂ を対象に整理をした SRF を用いて換気性能評価を行った。その結果、2 室と外気を加えた 3 ノードまでならば正確に換気性能評価を行える結果となった。また、機器の測定誤差がある実際の非定常の多数室の居室で CO₂ 濃度と SRF の推定を行い、定常時の CO₂ 濃度より SRF の推定を行った。その結果、CO₂ 呼出量推定式は非定常状態の場合でも一定の精度で CO₂ 濃度の推定が行うことができ、定常条件の CO₂ 濃度を求めることで SRF の推定を行える結果を得た。

Abstract

The purpose of this study is to evaluate of ventilation performance for multi zone using carbon dioxide included in Exhaled breath. In buildings, rooms are connected complexly via openings such as doors or cracks. Hence, the transferred airflow rates from other rooms to target room cannot be ignored to estimate venntilation. Therefore, the ventilation performance evaluation of multi zone is important.

Carbon dioxide included in exhaled breath is often used as a tracer gas when estimation of ventilation aspect in buildings with occupants is performed. Carbon dioxide produced by occupants is the key for the estimation. JIS A 1406 and ASTM D6245-12 refer personal carbon dioxide production rate. However The JIS does not take into account personal attribute like as body height and weight. On the other hand, ASTM does not take into account gender difference and based on average westerner adult data. Hence, based on Japanese subjects' exhaled breath data obtained by using Douglas bag method with approximately total 170 points, equations for recent Japanese CO₂ production rate are developed in this study. Moreover, the equation is tested in single zone with occupants aiming at accuracy testing. The results can allow predicting more correct carbon dioxide concentration produced by occupants', exhaled breath in single zone compared with the standards.

The ventilation performance evaluation of multi zone by "SRF" index. Supply Rate Fulfilment (SRF) is used as the whole room ventilation performance index in this study. SRF was adjusted to sue carbon dioxide. Ventilation performance evaluation simulations intended for ventilation systems of multi zone are performed. Also, the ventilation performance evaluation is tested in multi zone with occupants aiming at accuracy testing. The results can allow predicting more correct carbon dioxide concentration produced by occupants', exhaled breath in multi zone compared with the standards. Hence, the ventilation performance evaluation of multi zone with SRF also can be performed more correct.