

人間の呼気に含まれる二酸化炭素を利用した 室の換気測定法に関する研究

依光 剛志

論文要旨

室内環境で居住者に直接影響を与える要因として温度や湿度、空気の清浄度、照度などがあり、空気の清浄度は換気が一つの重要な要件となる。建物の換気について設計でよく用いられる汚染物質の基準濃度として、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」に示されている) CO₂濃度 1000 ppm 以下が挙げられる。しかしながら、換気量そのものを測定することは法律には定められていない。

居室の換気量を測定する方法としてトレーサガス法がある。ガスを居室内に発生させてガスの放出量と室内濃度の変化から換気量を測定する方法である。ガスによっては人体に影響があるため実際の換気量測定は在室者がいない状態で測定が行われることが多く、運用時の換気量を測定できているとは言い難い。しかし、人間の呼気に含まれる二酸化炭素をトレーサとして用いてその発生量を既知とすることで換気量を測定することができる。機械による発生方法と比較すると精度が低いことが課題として挙げられるが、安全かつ簡便に運用時の換気量を求めることができると考えられる。

本論文では、換気性状測定および換気量測定の不確かさを把握することを目的に室の条件を定常状態と非定常状態で、それぞれの換気性状測定および換気量測定の不確かさの算出を試みた。また複数の二酸化炭素呼出量の推定手法および在室者のエネルギー代謝率 (Met 値) の推定手法に関する精度確認を行った。

Met 値の推定手法および CO₂ 呼出量算出に関する精度向上では、被験者実験の結果から Met 値および CO₂ 呼出量について精度確認を行った。Met 値推定手法と CO₂ 呼出量推定手法との組み合わせについて検討を行い、関係式や ASTM の式を用いた場合は Met 値推定手法として活動量計の測定値や ASHRAE に示されている値を用いることで推定精度が向上することを確認した。

換気性状測定および換気量測定の不確かさについて定常状態では、不確かさの伝播側より定常時の換気に関する式を偏微分した式から不確かさの算出を行った。また非定常状態についてはモンテカルロ法による計算より不確かさを算出した。その結果、換気量測定の不確かさは約 20%程度になり、換気性状測定では約 10%程度であることを確認した。換気量測定および換気性状測定の不確かさは、活動量計および文献値を用いることで推定できることを確認した。

Study on Measurement Method of Ventilation in Rooms Using Carbon Dioxide Produced by Occupants

Tsuyoshi YORIMITSU

Abstract

Indoor temperature, humidity, air cleanliness and illuminance are the factors directly affecting occupants. Air cleanliness is especially affected by ventilation in buildings. The carbon dioxide concentration of 1000 ppm or less is often used as a standard concentration of pollutants in designing concerning the ventilation of buildings. (shown in the "Law for securing sanitary environment in buildings".) There are several laws related to ventilation, but the ventilation rate isn't required to verify.

Carbon dioxide included in exhaled breath is often used as a tracer gas when estimation of ventilation aspect in buildings with occupants is performed. Indoor carbon dioxide concentration is also adopted evaluation of ventilation commonly. It is needed for these investigations to grasp occupants' carbon dioxide production rate accurately.

A purpose of this study is grasping the uncertainties of the ventilation property measurement and the ventilation rate measurement. The uncertainties of both steady and non-steady conditions are calculated. The accuracy of estimation methods of occupants' carbon dioxide production rate and occupants' metabolic rate are confirmed.

In the estimation method of improvement concerning to the calculation for Met value and the carbon dioxide production rate, the accuracy is confirmed from the result of subject experiments. The combination of the Met value estimation methods and the carbon dioxide production rate estimation methods are examined. The estimation accuracy is improved by using measurement values of the triaxial accelerometers or the literature values (ASHRAE) as the Met value estimation method, when using the estimation equation or the ASTM equation.

The uncertainties of the ventilation property measurement and the ventilation rate measurement in steady condition, are calculated from the law of propagation of uncertainty. The uncertainty of the non-steady conditions is calculated by the Monte Carlo method. As a result, it confirmed that the uncertainty of the ventilation rate measurement is about 20% and the ventilation property measurement about 10%. It is also confirmed that the uncertainties of the ventilation rate measurement and the ventilation property measurement, can be estimated by using the measurement values of triaxial accelerometers and the literature values.