

天井吹出し型誘引空調による室内環境制御手法に関する研究 (その7) ポータブルCO₂分析器の応答特性に関する検討

正会員 ○ LIU PEIHUAN*
同 山中 俊夫**
同 李 瑩***

測定機器 ステップアップ法
応答特性 畳み込み積分

1. はじめに

既報では、病室における空気質を検討するために、ステップアップ法を用い、排気口の位置、カーテン有無それぞれな条件を変え、室内汚染物濃度を測定し、空気齢を推算した。本研究では、ステップアップ法を用い、実験用濃度測定機器 (T&D 製 RTR-576 CO₂ recorder) の応答性に関する実験を行い、各換気回数条件下で測定器の応答性が模擬した室内濃度理論値に与える影響を検討した。その上で、測定機器応答特性に対する近似曲線を提案し、応答時間が2倍に延長する場合を含めて、測定機器の応答性が室内濃度の測定結果に及ぼす影響について検討した。なお、対比実験として、ステップダウン法で実験を行い、ステップアップ法による結果との比較結果を報告する。

2. ステップアップ法による測定機器応答性実験

2.1 実験概要

実験は大阪大学実験室で行なった。図1に実験機器の接続方法を示す。測定手順としては、ある濃度測定器 (RTR-576 CO₂ recorder) が入れられた箱に503ppmのスパングスを注入し、濃度の安定状態を確認したあと、三方弁で瞬時に1491ppmのスパングスに切り替え、濃度が安定するまで、この測定器の濃度変化を測定した。

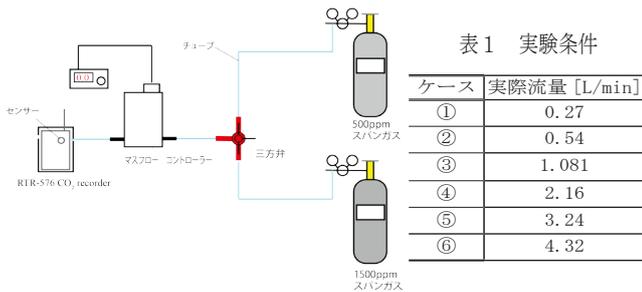


図1 実験概要図

実験では、流量はそれぞれ4.32L/min, 3.24L/min, 2.16L/min, 1.08L/min, 0.54L/min, 0.27L/minとし、6ケースの実験を行い、各流量で2~3回測定した。(表1を参照)

なお、測定器本体の隙間などをテープで貼り付け、センサーの付近にある開口部に合わせ、チューブを差し込み、ガスを注入した。

2.2 結果と考察

各ケースの濃度変化を図2に示す。得られた濃度を微分することにより、各ケースの測定器応答値が求まる。結果を図3に示す。ここで、ケース⑥(流量は4.32L/minのとき)について、3秒、4秒、5秒の移動平均値を施し、結果を図13に示す。また、病室の濃度変化については、外気を0ppmとし、注入するガス濃度は実験室での実験と同様に、1.5L/minのCO₂ガスを発生し、換気回数を4回/hと仮定し、病室内の濃度変化を差分法により模擬した。この模擬値を真値と仮定すると、式(1)により、室内濃度C_p(t)は病室の模擬した濃度C(t)と測定器5秒移動平均の応答値R(t)の積分で試算できる。得られた計算値と病室模擬濃度の比較結果を図4、5に示す。

$$C_p(t) = \int_0^{\infty} \frac{C(t-\tau)R(\tau)}{1000} d\tau \quad \text{式(1)}$$

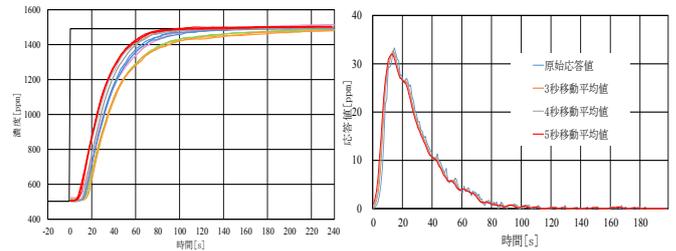


図2 ステップアップ法測定値 図3 ステップアップ法応答値

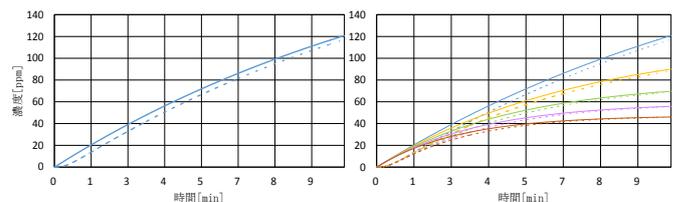


図4 検証結果 (n=4)

図5 各換気回数の比較

2.3 近似曲線の提案

実験によるデータに基づき、式(1)、(2)の示すように、二つの近似曲線を提案する。応答値の上昇段階は式(1)、減衰段階は式(2)で表される。

測定機器の応答速度がピークになるとき、すなわちf'(x)が0になると、式(1)により、xは2/bになる。bより、a, c, dを同定した。(図6を参照)

$$f(x) = \begin{cases} ax^2e^{-bx}, & x \leq \frac{2}{b} \\ cxe^{-dx}, & x > \frac{2}{b} \end{cases} \quad \text{式(2)}$$

$$\text{式(3)}$$

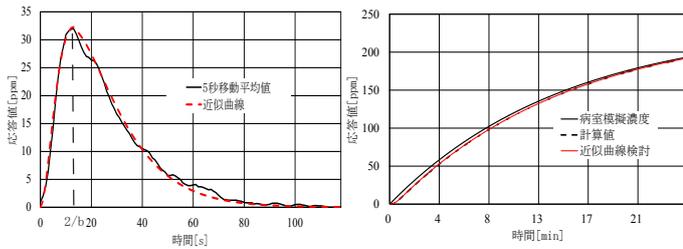


図6 近似曲線

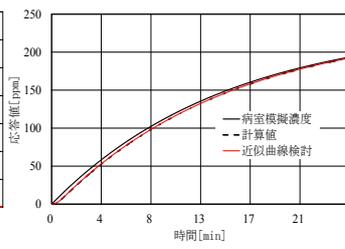


図7 近似曲線

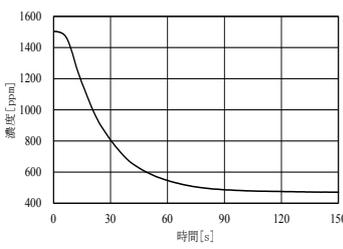


図10 ステップダウン法測定平均値

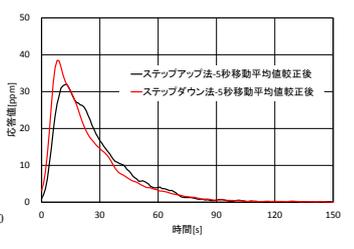


図11 応答値の比較

提案された近似曲線を用い、ステップアップ法と同じように、式(1)により、室内濃度の模擬値と畳み込み積分し、ステップアップ法で計算した結果と比べ、結果は図7に示す。ここでは、換気回数は4回とした。

図により、近似曲線を用いた結果はステップアップ法で計算された結果と一致することが分かる。

2.4 応答時間2倍の場合における検討

測定機器の応答時間が2倍になると、結果にどのような影響を及ぼすかについて検討する。図8は、近似曲線から得られた応答特性と応答時間が2倍になるときの応答特性である。

この応答関数を用い、式(1)により畳み込みされた結果とステップアップ法で算出した結果の比較を図9に示す。応答時間が2倍になると、算出した室内濃度変化は約2倍の時間がかかる事がわかる。

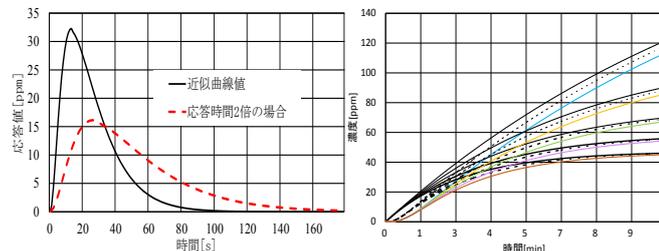


図8 応答時間2倍の場合

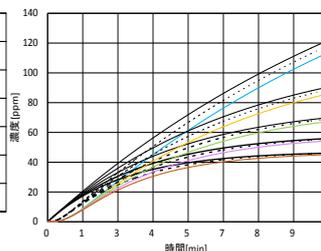


図9 検証結果

2.1 結果と考察

実験は8回行い、平均値を取った結果を図10に示す。測定値を微分し、測定機器の応答値を得た。その5秒移動平均値を取り、ステップアップ法で測定した5秒移動平均値との比較結果を図11に表す。

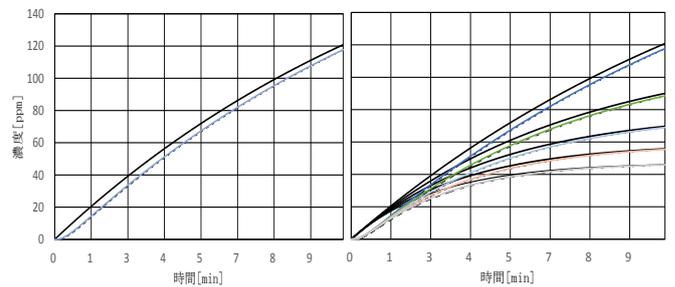


図12 検証結果 (n=4)

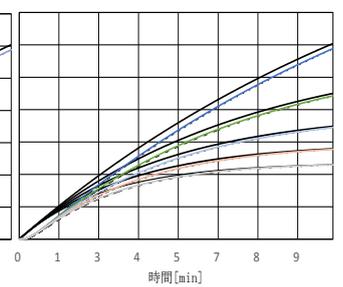


図13 各換気回数の検証比較

図12-13により、ステップダウン法で測定した応答値はステップアップ法より早いことがわかる。室内濃度の推算に与える影響もより小さい。換気回数の増加に伴い、遅れ時間も短くなった。即ち、換気回数が大きいくほど、測定機器応答性による影響が少ないと考えられる。

4. おわりに

ステップアップ法による測定結果はステップダウン法の方より、遅れる傾向が見られたが、いずれも換気回数の増加に伴い、遅れ時間が短くなると分かる。提案された近似曲線は測定値と一致することが考えられ、近似曲線値を2倍を延長すると、遅れ時間も約2倍になると考えられる。

【謝辞】

本研究は木村工機(株)との共同研究によるものであり、種々の便宜を図っていただいた関係者各位に感謝致します。なお研究を進めるにあたりご指導頂いた、故甲谷寿史先生に深謝致します。

【参考文献】

- LIU Peihuan, 山中俊夫, 李エイ: 天井吹出し型誘引空調による室内環境制御手法に関する研究(その5) 4床病室冷房時における室内環境特性と換気性能の測定手法、日本建築学会近畿支部研究報告集、2018. 6

* 大阪大学大学院 博士前期課程
 ** 大阪大学大学院工学研究科 教授 博士(工学)
 *** 大阪大学大学院工学研究科 博士後期課程

*1 Graduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University
 *2 Prof. Division of Global Architecture, School of Engineering, Dr.eng
 *3 Ph.D Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University