

## 固形アルコール燃焼による換気量変化と有効混合容積の簡易測定法

正会員 ○吉浦 温雅\*  
正会員 奥山 博康\*\*

システム同定 換気量変化 有効混合容積  
簡易測定法 トレーサーガス 固形アルコール燃料

## 1. はじめに

簡易的な建物の換気量の測定方法として、既報<sup>1)</sup>では、固形アルコール燃料の燃焼による炭酸ガス利用の可能性が検討された。固形燃料から発生する総量は既知であり、約20分の燃焼中の発生量変化は未知だが、矩形的な発生をすると仮定し、測定された炭酸ガス濃度の変化にも約20分の移動平均処理を施して最小二乗法を適用して、換気量と有効混合容積が妥当な精度で推定できた。さらに、換気量の変化についても、複数回の間欠的な燃焼を行い、同定期間内に炭酸ガスの発生が含まれるように、同定期間を設定し移動一括最小二乗法<sup>2)</sup>を適用することで、実用的な精度の推定結果が得られると期待される。本報では、計算機での模擬の換気測定を行い、固形アルコール燃焼による炭酸ガス発生を利用する換気量変化と有効混合容積の簡易測定法の推定精度を検討する。

## 2. 固形アルコール燃焼装置の概要

炭酸ガスを簡便に発生させる事ができる図1の固形アルコール燃焼装置(480×210×80mm)が試作された。着火予定時間を、図2のタイマーにセットすることで、ユーティリティライタからの炎が固形燃料を着火する。測定中は炭酸ガス発生装置を金属製のメッシュパネルで作成したカバーで囲い、落下物等による延焼を防ぐ。しかし、今年度は社会的な状況により、これを用いた実験は困難になったので、計算機による模擬的な実験を行った。

## 3. 模擬測定の概要

熱・換気・ガス回路網計算プログラム NETS による模擬測定を実施した。実験用のプレハブ小屋を計算モデルとして有効混合容積は20m<sup>3</sup>、測定期間は24時間とした。換気風量は第一種機械換気を想定し、図4の様に、5, 10, 15, 20m<sup>3</sup>/hの4段階で変化させた。炭酸ガスの発生のスケジュールについては、固形燃料25gの燃焼期間は約20分であること、最適減衰期間 Tm については、換気回数 N と Tm・N=1.24 の関係が導かれている<sup>3)</sup>ことを参考にして、燃焼と減衰期間を含めた2時間周期を12回繰り返した。この炭酸ガス発生量は既報<sup>1)</sup>の実験により得られた結果を用いた。模擬測定の条件のガス発生量変化の詳細を図5に示す。尚、シミュレーションの計算時間間隔は1分とした。

図6のガス濃度変化を模擬測定値とし、システム同定の表計算プログラム SPIDS に与えて、15分毎の移動一括最小二乗法により、換気量の時間変化と有効混合容積の推定をした。低周波濾波のための移動平均期間は3分とした。システム同定期間長さは、実用上は短い程良いが、



図1 固形アルコール燃料の炭酸ガス発生装置



図2 タイマー装置



図3 燃焼皿

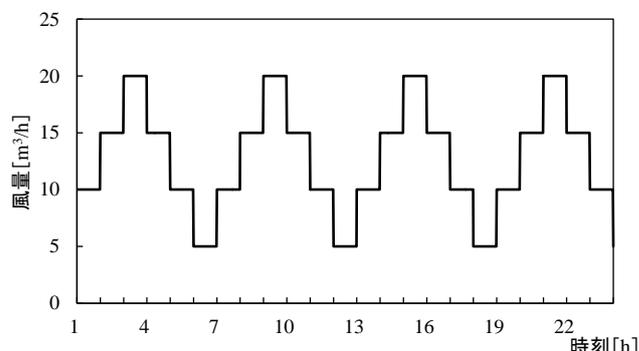


図4 第一種機械換気量の時間変化

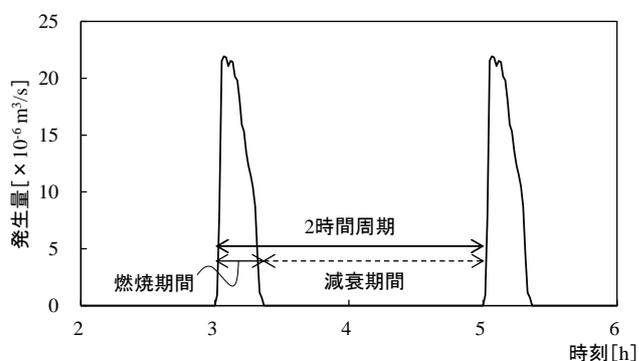


図5 間欠的な炭酸ガス発生量の概要

逆に推定精度は悪化する。そこで、1.5時間と2時間と4時間の3種類でシステム同定を試みた。

## 4. 換気量変化と有効混合容積の推定結果

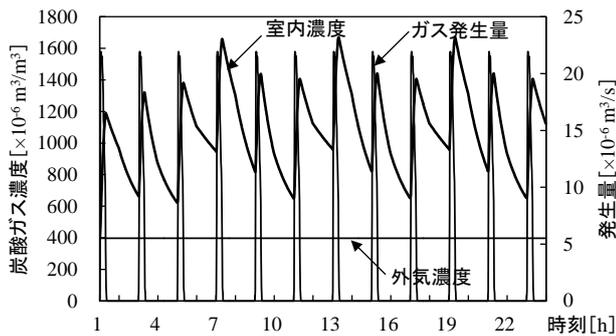


図6 炭酸ガス濃度変化

図7に風量と有効混合容積の同定結果を示す。気象条件や室温による換気量変化は滑らかであるが、NETSのモード変化機能による送風機風量は段階的変化となる。一括同定期間が1.5時間の場合、ガス発生周期の2時間より短いので、この同定期間にガス発生が入らず、減衰期間だけの場合も生じるので、換気量の良い推定がなされていない。一括同定期間の長さが2時間の場合は、移動同定期間での平均的な風量が推定されるので、瞬間々の送風機風量は推定できないが、少し均した変化は捉えていることが分かる。さらに同定期間が4時間と長くなると、この期間内での換気量の変化は、さらに均されて推定されている。

計算モデルの有効混合容積については、測定の期間中において、設定した $20\text{m}^3$ が一定に推定されるべきである。しかし同定期間が不十分な1.5時間の場合は、周期的に $10\text{m}^3$ 程度まで低下しており、良好な推定が出来ていない。一括同定期間の長さが2時間以上では、少し変動は見られるが、計算モデルでの $20\text{m}^3$ を概ね推定できている。

次に、図8に決定係数CODと前提の不適合率 $\beta$ の結果を示す。一括同定期間が1.5時間の場合では、この同定期間にガス発生が入らない期間が生じるので、決定係数CODが比較的悪くなっている。一方、同定期間が2時間と4時間の場合は、期間内にガス発生が入っているため、決定係数CODがほぼ1であり、比較的良い結果となっている。

前提の不適合率 $\beta$ は正常であれば1に近いが、結果を見ると、同定期間に関わらず2以上を示している。これは、一般に最小二乗法で推定される係数は、同定期間中において一定であることを前提としているのに対して、今回の模擬測定での換気風量は、この期間中に変化しているために、この前提が成立していないこと検出していると考えられる。

## 5. まとめ

固形アルコール燃焼を間欠的に行って換気測定用の炭酸ガスを発生し、一括同定期間は燃焼期間と減衰期間の合計長さとする事で、換気風量の変化も捉えられることを確認した。また並行して、測定期間中の有効混合容積を良好に推定できることを確認した。今後は炭酸ガス

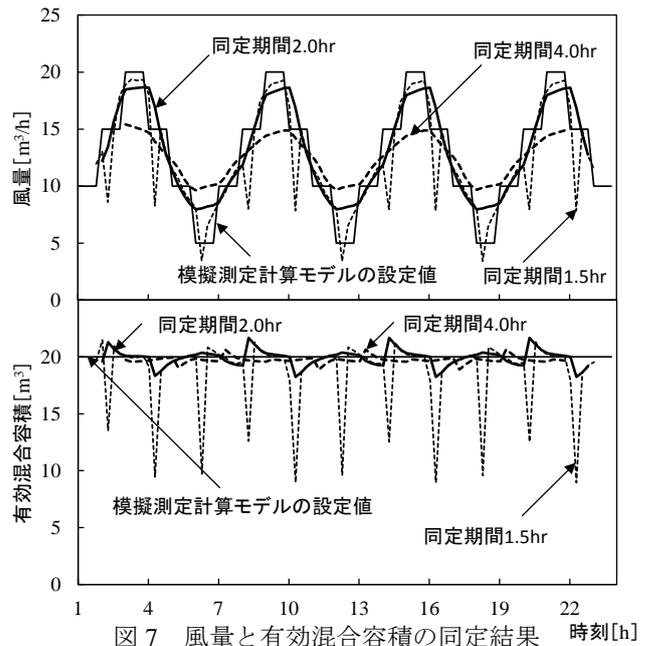


図7 風量と有効混合容積の同定結果

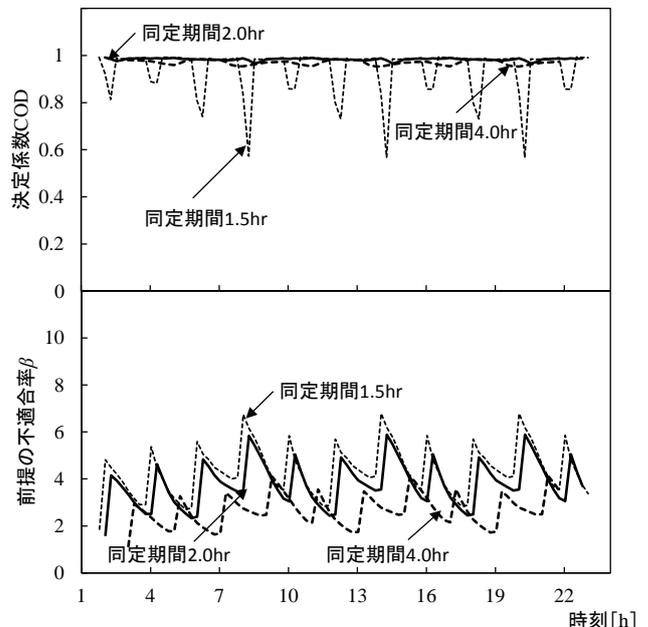


図8 決定係数CODと前提の不適合率 $\beta$ の結果

が矩形的な発生をすると仮定して、換気風量の変化と有効混合容積の推定精度を検討する必要がある。また、実際の炭酸ガス発生を試作機もできているので、実建物での実験が望まれる。

【謝辞】本梗概は、佐野輝の卒業研究として行われた計算をもとに、改良したものである。

### 【参考文献】

- 1) 吉浦温雅・奥山博康：固形アルコール燃焼による炭酸ガス発生を利用した換気量と有効混合容積の簡易測定法，日本建築学会学術講演梗概集，pp.1353-1354,2020.9
- 2) 奥山博康・吉浦温雅：移動一括最小二乗法による換気量の時間変化の測定法，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.749-752,2017.8
- 3) H. Okuyama, et.al, Uncertainty analysis and optimum concentration decay term for air exchange rate measurements: Estimation methods for effective volume and infiltration rate, Building and Environment, Elsevier, 49(2012), pp182-192

\*神奈川大学・特別助教・博士（工学）

\*\*神奈川大学・教授・工博

\* Assistant Professor, Dr. Eng., Kanagawa University

\*\* Professor, Dr. Eng., Kanagawa University