

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

正会員 ○吉浦 温雅 1* 正会員 奥山 博康 2**

システム同定	換気量	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

換気量の測定において、トレーサーガスの濃度減衰法、一定濃度法や一定供給法では、炭酸ガスボンベ等を用いることが多い。そこで、より簡便なガス発生法を用いて、換気量だけでなく有効混合容積も同時に測定する方法の可能性を探る。数年来、液体アルコールをシリンジで流量制御し、燃焼により炭酸ガスを発生する方法¹⁾を検討していたが、反って複雑になった。今度は、卓上の小鍋等の加熱に用いる市販の固形アルコール燃料を利用する方法を試す。約二十分の燃焼中のガス発生量は変動するが、ガス発生総量は正確に把握できるので、これを矩形波的な一定量発生と仮定しても、燃焼時間程度の移動平均を施してシステム同定すれば、実用的な精度は得られるか等を検討する。

2. 炭酸ガス発生量の測定装置

燃焼ガスを、一定風量のダクトで排気し、途中の風量とガス濃度を計ることでガスの収支式からガス発生量が把握できる。図1と2の装置1では、燃焼ガスをフードで捕集し、装置内に螺旋状に収めたダクトを通して冷却する。実験時には、燃焼空気が外部に漏れないようにフードからアルミ箔を垂らし燃焼体を囲んだ。装置2は炭酸ガス濃度計を入れた箱である。この箱を通過した後で、整流管を通り、超音波流量計で測定した後、送風機を通して排気される。

3. 炭酸ガス発生量変化の測定実験

室内で実験を行うと、測定装置周りの炭酸ガス濃度が上昇し、適切な測定が行えない。従って屋外で実験を行ったが、燃焼とフード捕集が外部風で乱されないように、装置1だけはプレファブ小屋の中に置き、装置2と装置3は外気に出すように置いた。炭酸ガス濃度は1分間隔の自動計測記録なので、燃焼時間の前後に十分な時間を設けて連続測定した。送風機も一定風量で回し続けたが、超音波流量計の記録計が利用できず、液晶表示の風量はカメラで記録した。燃焼終了は目視で確認して時刻を記録した。本装置系でのガス収支式から、ガス発生流量 G [m^3/h] を計算する(1)式が書ける。これに1分間隔の測定排気濃度 C [m^3/m^3]、外気濃度 C_0 [m^3/m^3]、排気風量 q [m^3/h] を代入して発生量を計算した。

$$G = q \cdot (C - C_0) \quad (1)$$

一方、燃焼の化学変化の(2)式から、固形燃料の25g全てがメタノールと仮定すると、メタノール1molから炭酸ガス1molが発生することが分る。分子量はメタノール=32、二酸化炭素=44であるから、固形燃料25gから炭酸ガス体積量は、 $(25/32)\text{mol} \times 22.4\text{L}/1000\text{m}^3 = 0.0175\text{m}^3$ 、質量では $(25/32)\text{mol} \times 44$

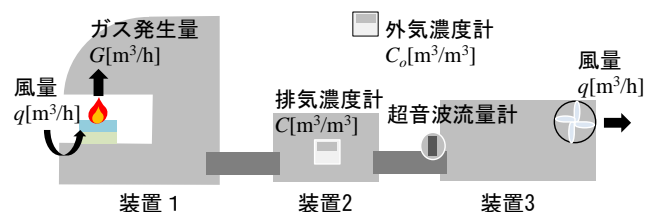


図1 炭酸ガス発生量測定装置の全体図



図2 測定装置, 装置1(左),装置2(右上),装置3(右下)

$4=34.375\text{g}$ 発生する。



4. 炭酸ガス発生量変化の実験結果

実験は3回行ったが、ほぼ同様な発生量変化であった。1回目はフード捕集漏れが未対策だった。(1)式から求まる実験2回目と3回目の発生量の推移を図3と4に示す。燃焼開始後に発生量は、 $20 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$ 程度まで上昇し、10分後から下降し始め、20分後に燃焼が終わるとともに、ガス発生は終了している。(1)式から求めた実験2回目のガス発生流量を1分の時間間隔で台形積分した面積から発生総量を求めると 0.0174m^3 となった。これは燃料の質量から予想される前述の発生量の約99%である。この発生総量と等しい矩形波の一定発生流量としたものを図3と4中に示す。

5. 移動平均処理の効果の検討

矩形波の一定発生流量に施す移動平均処理の効果について検討した。手順は、実験2回目の実測波の発生量を熱・換気回路網モデル計算プログラムNETSにより、単室で第1種の

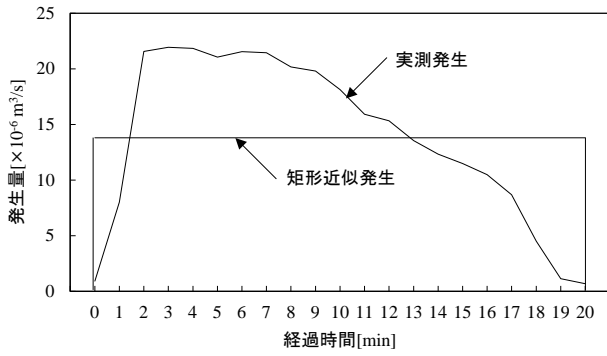


図3 実験2回目の炭酸ガス発生量の変化

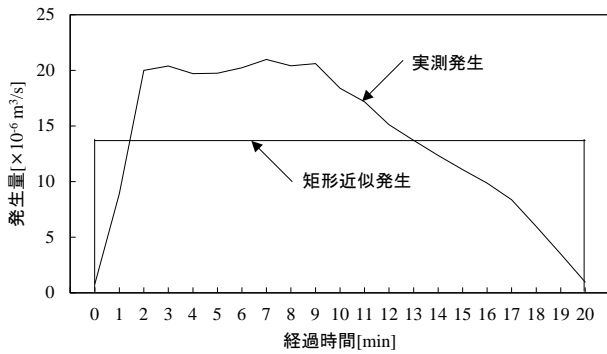


図4 実験3回目の炭酸ガス発生量の変化

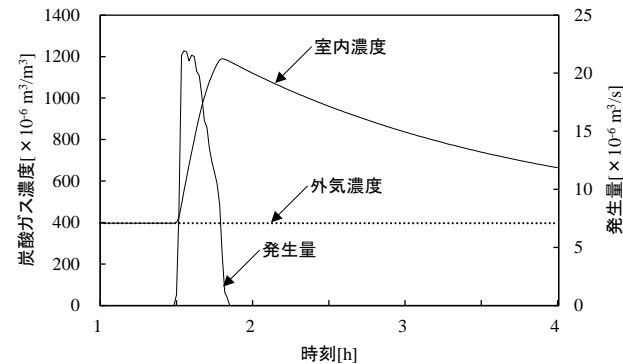


図5 模擬測定のコス発生量と室内濃度の変化

換気量が $10\text{m}^3/\text{h}$ と、有効混合容積は 20m^3 のモデルで、室内濃度の模擬測定値を計算した。この室内濃度と外気濃度と矩形近似または実測の発生量をシステム同定の表計算プログラム SPIDS に与え、3種の期間の移動平均を施して、システム同定をした。それぞれの移動平均処理について、得られた換気量と有効混合容積の同定結果を比較した。図5には実測ガス発生量と模擬測定のコス濃度の結果を示す。これに移動平均処理後の模擬測定値を図6に示す。図7は矩形近似のコス発生について、移動平均処理後のものである。表1のシステム同定の結果を見ると、実測のコス発生量によるシステム同定結果は移動平均の長さに関わらず正解の換気量と有効混合容積に近いが、矩形近似の発生でも、20分と30分の移動平均をすることで正解値に近くなる。また実測のコス発生量でも、移動平均期間が長い程に COD の向上が少し確認できる。

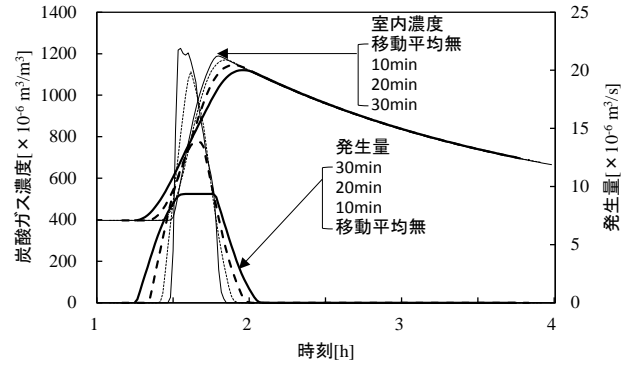


図6 実測発生で室内濃度変化の模擬測定値に移動平均処理

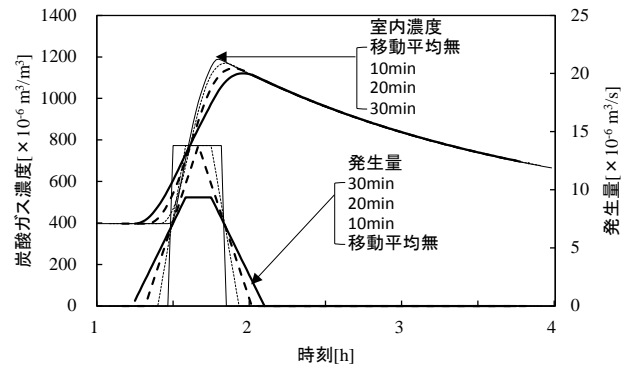


図7 矩形発生で室内濃度変化の模擬測定値に移動平均処理

表1 換気量と有効混合容積のシステム同定の結果

移動平均の期間	矩形近似ガス発生				実測ガス発生			
	$Q[\text{m}^3/\text{h}]$		$V[\text{m}^3]$		$Q[\text{m}^3/\text{h}]$		$V[\text{m}^3]$	
	正解値10	正解値20	COD	β	正解値10	正解値20	COD	β
移動平均無	11.46	15.16	0.805	0.88	10.26	19.77	0.989	0.87
10min	11.22	16.48	0.900	0.91	10.19	19.91	0.996	0.89
20min	10.84	17.95	0.955	0.94	10.14	19.95	0.998	0.92
30min	10.62	18.56	0.970	0.97	10.11	19.96	0.999	0.95

次に矩形近似発生のコスは、移動平均期間が長い程に向上し、30分では0.970になる。システム同定前提の不適合率 β は、移動平均無しに比べ移動平均期間が長い程に増大するが、矩形近似発生のコス β は実測発生のコス β に比べ大きいので、不適合を検出している。

6. まとめ

実際のガス発生変動が測定できなくとも、矩形波形状の一定発生と仮定し、発生時間程度の移動平均処理を施せば、ほぼ正確な換気量と有効混合容積の推定は行えそうである。固形燃料の質量から推算した炭酸ガス発生量と、実測された発生量も良く一致した。今後は本簡易測定法を、実際の建物でも実験する必要がある。

【謝辞】本梗概は、嶋崎亮の卒業研究として行われた実験と計算をもとに、修正し拡張して改良したものです。

【参考文献】

- 1) 奥山博康, 菅野康介, 熱・換気性能現場測定法の小規模建物での可能性実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015年9月, 87-88

*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