

1. 研究概要

現在、各国での自動車排出ガス規制は、実際の運転状態を模擬したモードで走行試験を行い、CO、THC、NO_xなどの有害物質の排出重量[g/km]で規定されている。排出ガス重量測定法として、一般的に定容量サンプリング法(Constant Volume Sampling：以下CVS法)が使用されている。CVS法は、自動車排気ガスと空気をプロアで吸引して一定流量の希釈ガスにし、希釈後のガス成分濃度と排気ガス総流量(総体積)との積から、排出重量を算出する方法である。

ところが、排出ガス規制の強化により排気ガスの超低濃度化が進み、排気ガスを大気で希釈するCVS法では、成分によっては排気ガス中の濃度が希釈空気中の濃度を下回ることとなり、成分濃度測定が精度的に困難な状況になりつつある。さらに今後、自動車の燃焼改善技術や触媒技術の進歩等により排気ガスの超低濃度化がさらに加速すると考えられる。そこで、大気希釈するCVS法に代わり、大気希釈せずに排出ガス重量を算出するため、排出成分濃度と排ガス流量を直接測定する必要性が高まっている。現状では、排出ガス成分濃度の直接測定は技術的に可能であるが、脈動流である排ガス流量の直接測定は未だ確立されていない。

本研究では、排ガス流量を直接測定するための技術的問題点および脈動流の原理を解明するため、現在排気ガス流量計として使用されている3種流量計(平均化ピトー管流量計・渦流量計・超音波流量計)に着目し、Step1 定常流、Step2 脈動流に対する3種流量計の特性を把握し、脈動流における誤差要因の解明を行なった。

2. 昨年度の研究成果

実験装置

本実験で使用した標準流量発生装置を図1に示す。使用流体は標準状態での空気である。上流部から、試験流量計、サージタンク、CFV(Critical Flow Venturi)を設置し、プロアで空気を吸引する。

CFVは、気体がスロート部に達したとき流速は音速となる。そのときの圧力を臨界圧力という。臨界圧力を維持する限り、流速は音速で一定であり、流量も一定となる。そのため、ベンチュリ部より上流部における流量を一定にできる。この特性により管内流量を設定する。

脈動発生装置として単気筒4サイクルエンジン、排気量20[cc]を使用した。エンジン上部に加工を施し、図2の部に接続した。

Step1 定常流試験

【目的】

定常流状態での各種流量計の測定精度を評価する目的として行なった。装置入口に設置したラミネー流量計の測定値を基準流量と規定した。

【結果】

定常流[0.25～1.5(m³/min)]では、各種流量計の出力特性にほとんど差異は見られず、特に小流量域[0.25、0.5(m³/min)]では3種流量計の値は一致する。超音波流量計の測定値は基準流量とほぼ一致し、出力結果も線形的であることから、3種流量計の中で最も安定し、精度が高いことが確認できた。

Step2 脈動流試験

【目的】

脈動流に対する各種流量計の特性を把握することを目的として行なった。基準流量はCFVの補正流量とした。

【結果】

脈動流に対する各流量計の出力は、ある回転数において著しく測定値が増加することから、管内に共振現象が生じていると推測される。これは管内に何らかの圧力変動が生じていることが原因であると考えられる。

(1)平均化ピトー管流量計

図2に示すように、下記の2つの流量計に比べて、共振現象は明確に現れ、共振ピーク時は基準流量から40%過剰に出力された。また、共振時の出力波形の周波数が、脈動周波数の約8Hzとよく一致した。これらのことから、平均化ピトー管式流量計は、出力誤差を伴いつつ脈動流に追従することが明らかとなった。また共振時における全圧および静圧の圧力波形を測定した結果、平均化ピトー管式流量計の出力誤差要因は静圧測定値にあることを発見した。これらのことから、この静圧の誤差を補正等により除去できれば、脈動流測定に十分適用可能と考えられる。

(2)渦流量計

共振現象は確認できるが、共振周波数域は広く、そして高い。また、共振ピーク時は基準流量から45%過剰に出力され、ピーク後の出力は不安定となった。これは脈動流により渦放出の規則性が破壊され、不安定な出力となったためと考えられる。これより、本実験で用いた渦流量計の脈動流に対する追従性は低く、その適用は困難と考えられる。

(3)超音波流量計

共振現象は見られるものの、上記の2種類の流量計に比べ、最も出力誤差が小さい結果となった。これは、本実験で用いた超音波流量計のサンプリングレートが1Hzであるため、約8Hzの脈動流を追従できず、さらには流量を平均化して出力することに起因すると考えられる。このことから、脈動流を正確に測定するためにはサンプリングレートをより高く設定する必要がある。

3. 本年度の研究内容

以上の結果から、平均化ピトー管流量計および超音波流量計においては、脈動流を直接測定できる可能性があることがわかった。しかし、本実験で使用している超音波流量計の機種では、サンプリングレートを変更できない。したがって、本年度は平均化ピトー管流量計に絞って、平均化ピトー管流量計による計測誤差(静圧)および脈動流の解明を目的とし、以下の2つの実験を行なう。

1. 排気量を増加させた3種類のエンジン(50cc、80cc、125cc)を用いて、また管長などの条件を変化させて脈動試験を行なう。それより得られたデータから、平均化ピトー管式流量計の静圧部の補正に関する何らかの関係を導く。
2. 脈動流の可視化、および平行してCFDによるシミュレーション解析を行なう。

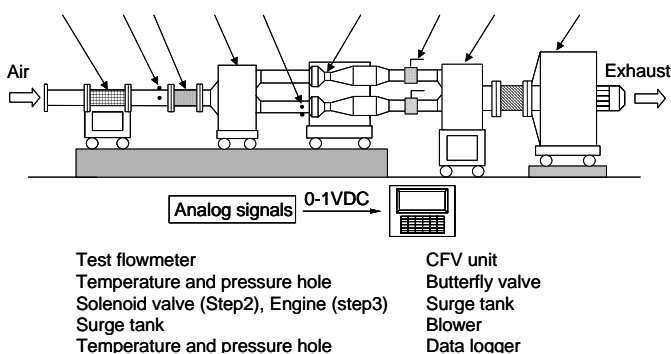


Fig.1 Schematic diagram of standard flow generating

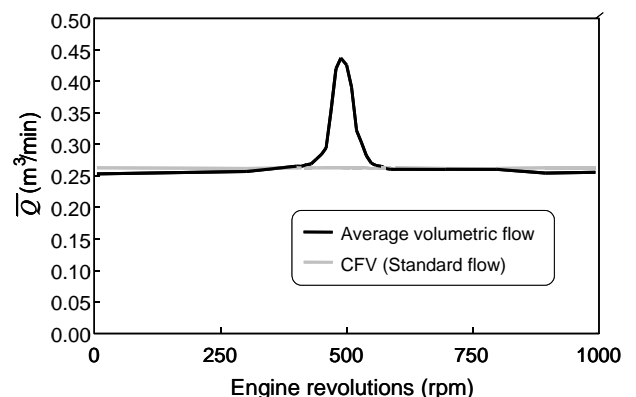


Fig.2 Output characteristics of averaged pitot tube flowmeter(added pulsating flow at 20 ,1atm)