

煙をいっぱい作ったぞ！

～ 発煙装置の開発～

Development of Smoke Generator

田邊 博史

Hirofumi TANABE

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部設計課

石崎 雅一

Masakazu ISHIZAKI

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部生産技術課

林 篤史

Atsushi HAYASHI

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部生産技術課

進藤 章二郎

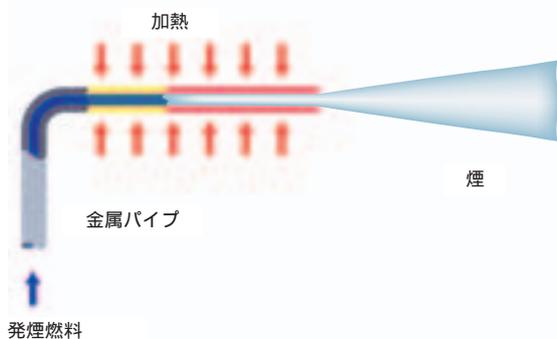
Shojiro SHINDO

川田工業(株)技術開発本部
風洞試験室室長

最近では健康のため禁煙している方が多く、喫煙者は肩身の狭い思いをしているのではないのでしょうか。煙は嫌われることが多いのですが、その煙を必要としている人達もいます。例えば、火災訓練、航空ショー、怖い映画の撮影などの演出、そして風洞設備を使用している我々です。風洞試験において煙は、模型近辺における気流の状態を可視化できるので、基礎研究や製品開発を行うために古くから利用されています。本文では発煙するための技術および我々が開発した製品を紹介します。

発煙の原理

発煙燃料を金属パイプに圧送し、同時にパイプを加熱するとパイプ内で燃料が蒸気化します。その蒸気がパイプ先端から外気に開放され、断熱膨張し、煙（白煙）を発生します。煙の量は燃料流量に比例しますが、パイプ内径および加熱量によって最小値および最大値が制限されます。発煙に必要な熱量(W)は、流量(g/min)、比熱、および上昇温度(K)から計算し、放熱による熱ロス(W)を加えるとおおよそ求めることができます。



発煙原理

ノズルの先端から発生する煙は、連続し脈動のないことおよび乾燥していることが風洞試験を行ううえで必須となります。金属パイプの内壁にすすが溜まったり、流

量に対し加熱量が不足すると不連続な現象が生じます。また過度に加熱した場合は、薄茶色に変色し、異臭がします。最適な加熱量は、発煙燃料の性質によって異なりますが、ノズル先端の温度を測定するか、ノズル先端から約200mmのところを手を当て、煙のベタツキの度合いを確認します。

発煙燃料

発煙燃料には、灯油を主成分とした液体(oil base)とグリコールを主成分とした液体(water base)の2種類を使用しています。発煙燃料に要求されることは、人畜無害であること、発煙装置内に残留物質が堆積しないこと、および安価であることです。

発煙燃料の比較および特徴

種類	A	B	C	D
性質	oil base	oil base	water base	water base
比重	0.8	0.8	1.0	1.0
値段(¥/リットル)	1 300	750	6 000	1 900
発煙温度(°C)	400	400	280	280
残煙時間(秒)	10	15	3	5
発煙濃度	濃い	濃い	やや濃い	やや濃い
におい	やや臭い	臭い	甘い香り	甘い香り
堆積物の有無	ほとんど無	?	多少有	有
本装置への使用		×		×

発煙装置

発煙装置は、燃料タンク、ポンプおよびヒーター等により構成しています。発煙する方法には、長さ約2mの薄肉ステンレス管に直流電流を流し、ステンレス管の電気抵抗によって発熱させ、その内部に発煙燃料を流して発煙する方法(A)と、市販されているカートリッジヒーター(交流用)にステンレス管を巻き付けて加熱、発煙する方法(B)の2通りを使用しています。方法(A)は、

風洞試験室で考案されたもので現在風洞設備として使用しており、発煙条件が整えば素早く発煙することができます。方法(B)は、方法(A)を参考に考案したもので、温度調節器にて発煙温度を制御することができます。ここでは、方法(B)を使用して販売用に開発した発煙装置(SMOKE GENERATOR HIT 800)を紹介します。

SMOKE GENERATOR HIT 800の特徴

この装置は、安価、30m/s以上での可視化、コンパクト、かつ簡単な操作で煙を発生することを目標に開発しました。本体部はカメラ用のアルミケースを追加し、操作パネル、温度調節器、ポンプ、燃料タンク等を収納しています。ノズル部はステンレス管内に発煙部を収納し、手元のスイッチで発煙することができます。

SMOKE GENERATOR HIT 800仕様

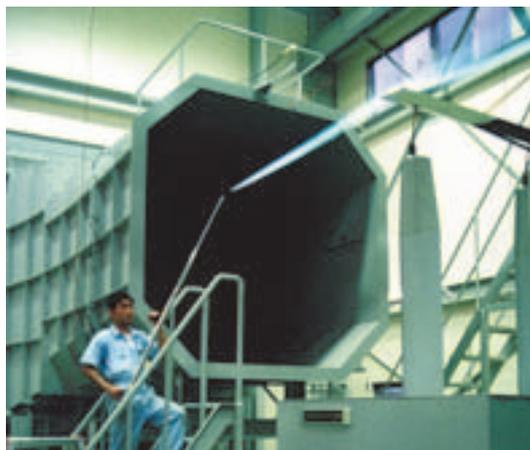
電源電圧	AC100V(8.5A)
温度制御方式	2自由度PID
ヒーター容量	800W
ポンプ	電磁ポンプ
燃料タンク容量	2リットル
質量(本体)	6.7kg(空虚)
(ノズル)	2.5kg
(ケーブル)	1.5kg(5m)
寸法(本体)	430(L)×230(W)×320(H)
(ノズル)	38(最大)×2000(L)



本体部



ノズル部

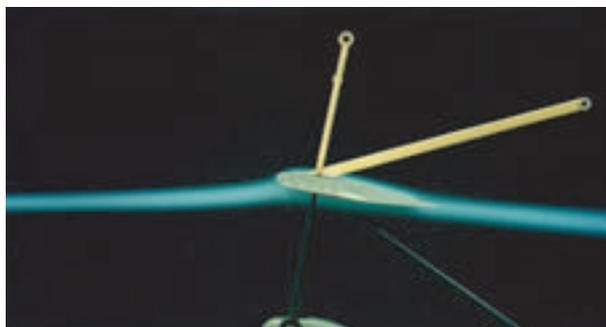


発煙風景

発煙試験



風速40m/s：発煙燃料 oil base



風速40m/s：発煙燃料 water base

試験結果および今後の計画

当初の計画を大幅に上回る40m/sでの可視化が可能になり、実験風速範囲が拡大されました。しかし、低速(5~10m/s)付近では、逆に発煙量が多すぎる結果となっています。今後は、ノズル部の内径、形状を変化させ、低速域においても安定した発煙ができるように工夫しようと思います。

参考文献

- 1) 進藤章二郎：低速風洞実験法，コロナ社。