

Tokyo Metropolitan University

PROF. KEIZO WATANABE
THERMAL AND FLUIDS ENGINEERING DIVISION
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING
TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY
1-1 Minami-Ohsawa, Hachioji-shi, Tokyo 192-0397, JAPAN
Phone: +81-426-77-1111, +81-426-77-2706(Direct)
Facsimile: +81-426-77-2701
E-mai: keizo@ccomp.metro-u.ac.jp
<http://www.eng.metro-u.ac.jp/fluid/fluids.1.htm>

Your Reference

Date/Our Reference

2005年3月30日

北上電設工業株式会社
代表取締役社長 高橋 梯二郎 様

東京都立大学大学院工学研究科
渡辺 敬三



拝啓 時下、益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

昨年は共同研究ということで種々お世話になりました。また、機械学会の流体工学部門講演会では九州までご出席いただき感謝をしております。

研究報告書をまとめなければと思いつつ、今年度末になってしまいました。私はすでにお聞き及びのことと存じますが、本年3月31日をもって都立大学を定年退職いたします。

退職後は4月から開校される東京農工大学大学院技術経営研究科の客員教授に就任し、「技術革新論」の講座を非常勤講師として担当する予定であります。これからはどちらかと言うと社会人相手の教育に力を尽くしたいと考えています。また、いくつかの研究のまとめを行ないたいと考えております。

研究報告として、空気調和・衛生工学会にこれまでの研究成果を論文投稿いたしましたので、そのコピーをお送り致します。これから査読に入り、論文の掲載まで約1年掛かると思いますが、仮に掲載された場合これからの貴社の宣伝に用いていただければ幸いです。それらの結果につきましては今後また高山様に、連絡させていただきます。

末筆ながら、貴社の益々のご発展を祈念致します。高山様にもよろしくお伝えください。取り急ぎお礼方々ご挨拶まで。

敬具

室内換気を目的とした下降噴流の流動特性

小島 英之*¹ 小方 聡*² 高山 輝芳*³
 船越 宣博*⁴ 渡辺 敬三*⁵

オフィスビルや家庭における冷暖房システムの省エネルギー化を図るためには、居住空間内の温度むらを解消することが重要な要素となる。本論文では、室内で下降噴流を用いたときの温度むらに対する影響を明らかにすることを目的としている。実験は、実機を室内の天井に設置し、速度の減衰、下降噴流の流れの広がり調べのため、速度分布測定、および可視化を行った。供試噴流生成装置から出た噴流は急速に空気中に拡散し、速度の減衰は初速度に依存することがなく一様に減衰することが明らかとなった。また、測定困難な流出口の速度分布と流れの拡散の関係を調べるため、数値解析によって流れの特長を捉えた。その結果、スワール数が約0.12の場合に、最も到達距離が伸びることが明らかとなった。

キーワード: 室内換気、噴流、可視化、数値シミュレーション、速度分布、スワール数

はじめに

近年、地球温暖化防止の要請と共に各種工業生産の工場のみならず、都市や住空間における省エネルギーが注目され、エネルギーを輸送する流体の流動抵抗や損失の低減化が図られている。このような動向は今後各種資源の枯渇や減少化に伴って、ますますその必要性が高まり、省エネルギー化が進むと考えられる。

通常、オフィスビルや各種住空間で、暖冷房の際の室内温度差をなくし、その均一化を図ることは暖冷房における消費電力の省エネルギー化をもたらす。一般的に言えば、閉空間の下降流は対流や循環を生じさせ、その効果により温度むらをなくすことが可能である。しかしながら、下降流のどのような性質が実際の居住空間において室内温度差をなくし均一化させるのに有効であるか現時点で不明で、十分に明かにされているとは言い難いようである。本研究は、下降噴流の特性と室内温度差の解消の関係を考察するために、室内温度差を効果的に均一化させることが可能な実機の下降噴流発生装置を用い、実験的に下降噴流の流動特性を調べた。さらに数値シミュレーションによって旋回噴流が下降噴流の換気特性に及ぼす影響を明らかにしたものである。

1. 下降噴流の流れ特性に関する実験

1.1 実験装置概要

図-1 および表-1 に、供試下降噴流発生装置の諸元を示す。図-2 に、供試下降噴流発生装置による温度むら解消特性の結果の例を示す。設定温度は22℃である。下降噴流発生装置をつけていないときは、天井と床の温度差が約10~20℃に対し、つけたときは、2~5℃とな

ることが判る。図-3 に下降噴流発生装置の利用で温度を22℃と一定に保った場合の一日の消費電力の変化を、使用していない場合との比較で示す。図-1より、下降噴流発生装置により平均約28.6%の電力減少が得られることが判る。これらの結果より、供試下降噴流発生装置を、冷暖房を使用している室内で使用した場合、足元と、天井に溜まっている暖かい空気をうまく混ぜ、温度むら解消効果や冷暖房の省エネルギー効果に非常に有効であることが明らかにされた。

表-1 供試下降噴流発生装置の仕様

Type	Velocity (m/s)	Inner diameter (mm)	Flow rate (m ³ /min)
Type A	9.08~4.78	130 φ	7.23~3.78
Type B	10.7~4.89	32 φ	0.52~0.24

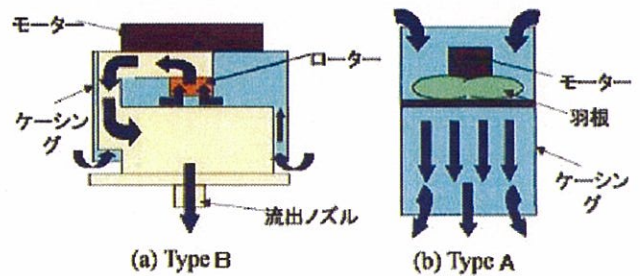


図 1 供試下降噴流発生装置

1.2 実験項目および実験方法

(1) 速度分布測定

図-4 に実験装置の写真および本研究で用いた座標系を示す。供試下降噴流発生装置は地面からの高さ3mの位置に設置された1.8m×1.8mのベニヤ板の中心に取り付けてある。速度分布の測定には、3次元性(軸方向、周方向および半径方向)をもった速度を測るため、4.5℃型単一傾斜熱線プローブ⁽¹⁾を用いた。座標系は

*¹ 東京都立大学大学院工学研究科 学生員
 *² 東京都立大学 非会員
 *³ 北上電設工業 非会員
 *⁴ NTTアドバンステクノロジー 非会員
 *⁵ 東京都立大学 非会員

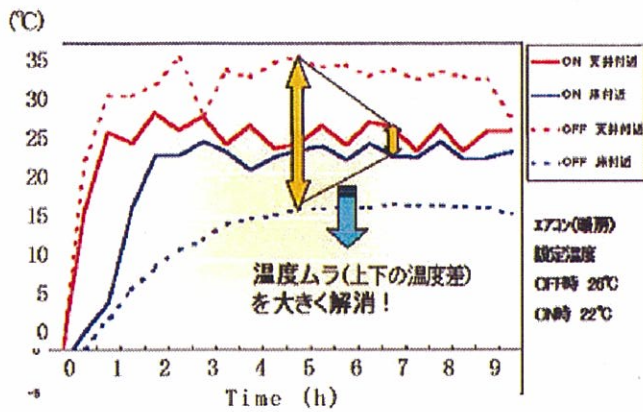


図-2 下降噴流発生装置による室内温度の変化

原点を噴流出口とし、 r を噴流出口の中心からの半径方向距離、 Z を噴流出口からの軸方向距離とした。測定点は、 $r=0\sim 40\text{ mm}$ までは 5 mm 間隔、 $40\sim 200\text{ mm}$ までは 10 mm 間隔、軸方向高さは $Z=0, 0.3, 0.75, 1.35\text{ m}$ の4点である。また、測定条件は Type A の場合は、出口最大速度 $V_0=4.89, 6.98, 8.87, 10.7, 12.4\text{ m/s}$ の5種類、Type B の場合は $V_0=4.78, 6.34, 7.92, 9.08, 11\text{ m/s}$ の5種類である。

(2)可視化実験

流れの可視化はタフトグリッド法で行った。図-5に本研究で用いたタフトグリッドを示す。タフトグリッドは $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ の枠に黒色のミシン糸をグリッド状に張り、 15 mm 間隔で格子状にタフトを付けた。タフトには長さ 20 mm の白色の絹糸を用いた。本数は 500 個である。タフトグリッド法の測定点は $z=0.3, 0.75, 1.35\text{ m}$ の三種類である。

1.3 実験結果および考察

(1) 速度分布測定

図-6および図-7に Type A および Type B の速度分布の測定結果をそれぞれ示す。図一中縦軸は出口の初速度で無次元化した速度分布を示しており、横軸は噴流出口の内径で無次元化した半径位置である。

図-6の Type A における $z=0.10\text{ m}$ の場合、どの初速に対しても $r/R < 0.6$ の範囲で周囲の速度に比べて非常に大きな速度を有することが判る。しかしながら、 $Z=0.30\text{ m}, 0.75\text{ m}, 1.35\text{ m}$ と出口から離れるにつれて、 $z=0.10\text{ m}$ の場合に見られた明確な差はなくなる。また、下降流の速度も $z=0.30\text{ m}$ で非常に小さくなり、この領域で大きく減衰していることが判る。さらに、流れの領域も非常に広くなり、速度が半径方向に大きく拡散している。そして、 $Z=1.35\text{ m}$ になると速度分布の半径方向の変化はなくなり、ほぼ一定の下降流を示すようになる。このことから、Type A の場合、出口近傍では速度分布の半径方向への拡散がほとんど見られず直進性を有するが、下流に行くに従い半径方向の拡散と流れ方向の減衰が見られるようになる。また、 $z=0.1\text{ m}$ の出口近傍では、速度分布はまだ十分に発達せず、ポテンシャルコア領域が確認できる。

図-7は出口内径が Type A の約4倍の Type B の速度分布の結果を示している。Type B の場合、図-6の

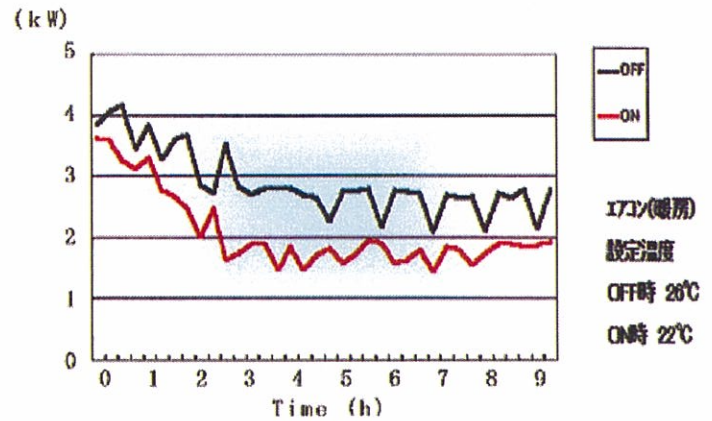


図-3 下降噴流発生装置を使ったときの電力消費の違い

Type A で見られた速度の非常に速い領域は存在しないことが判る。 $Z=0.10\text{ m}$ において、中心付近でほぼ最大流速であった速度分布は、下流に行くにしたがって、徐々に減衰し、半径方向に拡散する。しかしながら、その減衰の割合は Type A ほど大きくなく、 $z=1.05\text{ m}$ の位置でも初速の40%の最大速度を有する。一方、出口内径が大きい Type B の場合、速度分布は下流方向に一樣に広がりながら減衰していくが、その減衰の割合は内径が小さい Type A と比較して非常に小さいことが判る。また、出口近傍におけるポテンシャルコア領域は確認出来ず、すでに完全発達領域に達していることが判る。

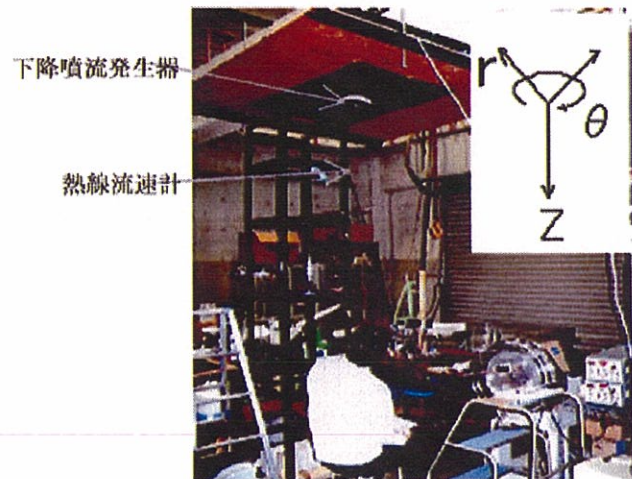


図-4 実験装置全体図

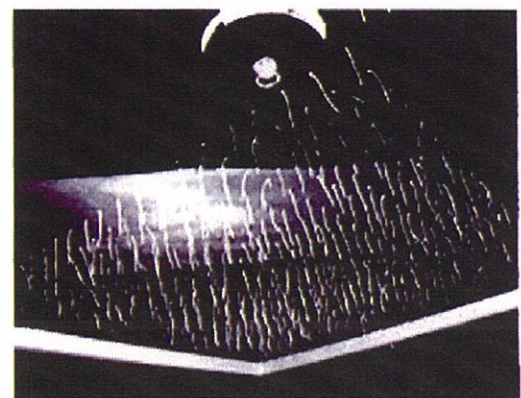


図-5 タフトグリッド法の写真