

K3-9

二次フィルム流と音響励起を用いた噴流の拡散制御
 —CO₂, He 噴流への適用(可視化実験)—

Diffusion control of jet by Acoustically driven secondary film flow
 Case of CO₂, He (Visualization)

○宮城徳誠¹, 木村元昭²

*Norimasa Miyagi¹, Motoaki Kimura²

Abstract: Active control of the diffusion of a circular jet is attempted by the application of a thin annular flow (secondary film flow) around jet. There are two main control factors, one is velocity ratio which defined as ratio of film/main jet velocity, and the other is acoustic excitation frequency. In this report, this active control method is applied on a circular buoyant jet (Carbon dioxide or Helium gas). The jet structure is visualized and described for the process of vortex ring growth and outbreak..

1. 序論

本研究は、円形等速度ノズルに薄い環状流(二次フィルム流)で同軸上に包み、主流と二次フィルム流との速度比と、音響励起による二次フィルム流の周期変動を与えることにより噴流の拡散制御を行っている⁽¹⁾。空気へと適用した場合は、二次フィルム流と主流・周囲流体との速度差により、二次フィルム流の内側・外側に周期渦輪を発生させ、それぞれの干渉過程によって、噴流拡散の抑制・促進両面での制御ができると示した。本稿では、周囲と密度差が大きい炭酸ガス(CO₂)と、小さいヘリウム(He)にこの制御手法を適用し、渦輪の干渉過程を確認するため、可視化実験を行った。

2. 実験装置と方法

図 1 に実験装置の概要図を示す⁽²⁾。ノズル形状は主流ノズル直径は $D_0=8\text{mm}$ 、二次フィルム流直径は $D'=12\text{mm}$ とし、二次フィルム流の厚さは 1.5mm 、主流と二次フィルム流とのギャップは 0.5mm である。主流、二次フィルム流ともにフローコントローラによって流量を制御し、ノズルまでの流路にて可視化用の粒子を添加し、それぞれのノズルにて出口速度として噴出する。フィルム流側では流路途中でスピーカによる音響励起を与えている。表 1 に噴出条件を示す。主流ノズル側からレイノルズ数 $Re=3,000$ または $1,000$ (ヘリウム)となるように各気体を噴出する。主流流速 V_0 と二次フィルム流流速 V_f との流速比は $VR(=V_f/V_0)=0\sim 2.0$ で調整した。音響励起周波数 f は主流が空気の場合のプリファード周波数を基準に $f=220, 440\text{Hz}$ とした。可視化実験は、光源を波長 $\lambda=512\text{nm}$ の半導体 YAG レーザによるレーザーライトシート法(シート厚さ 0.5mm)とし、High Speed Camera にてフレームレート $6,000\text{fps}$ で撮影した。

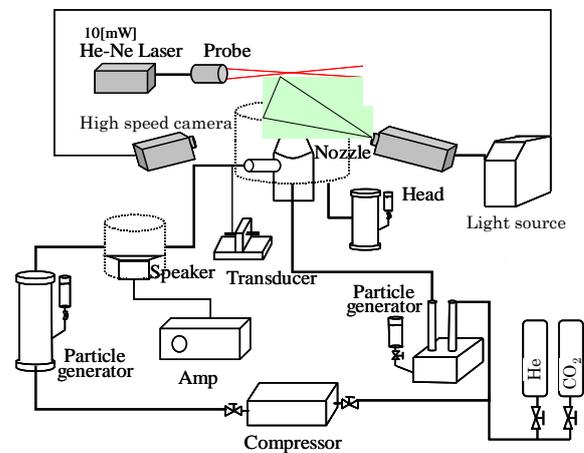


Fig.1 Experimental apparatus

Table.1 Experimental condition

		Air	CO ₂	He
Re		3000	3000	1000
Ps[Pa]		5		
V ₀ [m/s]		6.02	3.15	15.54
		v[m/s]		
VR	0.00	0	0	0
	0.25	1.5	0.79	3.88
	0.50	3.01	1.58	7.77
	0.75	4.51	2.37	11.65
	1.00	6.02	3.15	15.53
	1.50	9.02	4.73	
	2.00	12.03	6.31	
f[Hz]		220	220	220
		440	440	440

3. 実験結果

図 2 に可視化した結果を示す。同図(a)が主流が CO₂(VR=0.75, f=0Hz), (b)が He(VR=0.75, f=440Hz) の場合である。図 2(b)は CO₂ の拡散が最も抑制された

1 : 日大短大・教員・機械 2 : 日大理工・教員・機械

条件の場合である。この場合は、フィルム流外側の自由せん断層は抑制され渦輪の発生しない。フィルム流内側では、 $x/d=2$ 付近でせん断層に揺動が発生し周期的渦輪へと発達する。発生した渦輪はその前後で相互干渉し、最後にフィルム流を巻き込む形となって、周囲流体と混合している。図 2(c)の He の場合は、フィルム流と周囲流体との速度差は十分に大きく、フィルム流の外側では $x/d=1$ 付近でも渦輪が発生している。この渦輪はフィルム流内側を誘起し、主流の He の渦輪発生に寄与する。主流の渦輪は、すぐさまフィルム流外側の渦輪を取り込み、渦輪は崩壊して噴流は拡散する。渦輪の干渉過程を調べるため、各噴出条件における渦輪の位置を調べた。図 3 は図 2(a)CO₂, VR=0.75, f=0Hz の場合の可視化された渦輪の位置の時間変化を示す。この図を縦軸に固定すると、渦輪の発生間隔、横軸に固定すると同一点における渦輪の通過周期を表すことができる。ここでは同一渦輪によって示される、図中の傾きによって、それぞれの渦輪の移流速度($V_w = x/t$)を求めた。

図 4 は主流が CO₂ の場合の渦輪の移流速度を示す。図中横軸は主流とフィルム流との流速比 VR, 縦軸は渦輪の移流速度 V_w/V_0 を示す。この図よりもっとも噴流拡散が抑制された VR=0.75, f=0Hz の条件で渦輪の移流速度が速い結果となった。これは、フィルム流外側の影響を受けることなく、フィルム流内側の渦輪が主流によってそのまま移行したことによるものである。VR が高くなると、フィルム流外側の渦輪が発生し、平均的移流速度は $V_w/V_0=0.6$ に漸近した。

図 5 は主流が He の場合のフィルム流内側渦輪の移流速度を示す。内側渦輪は、 $x/d=1\sim 2$ 付近で発生した渦輪を $x/d=4$ までに取り込み、主流の He を巻き込みながら移行した。VR の増加に伴って、フィルム流からの運動量添加に伴い、移流速度も速くなった。

4. まとめ

本制御手法を、周囲と密度差が異なる噴流(CO₂, He)へと適用し、可視化実験で評価した。空気への適用と同様に、フィルム流内側・外側の渦輪の干渉過程が噴流拡散制御に寄与することが分かった。また、渦輪の移流速度を示し、フィルム流の速度差と周期変動の影響を示した。

参考文献

- (1) 宮城 他 機論 B 71 巻 712 号, (2005), 2870-2877
- (2) K. Abe, et, al. "Study of buoyant jet control by acoustically driven Secondary film flow", proceedings of 4th PACME,(2007)

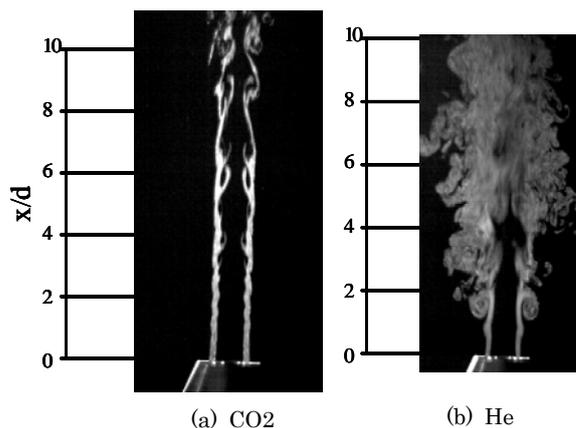


Fig.2 Visualization of film flow only

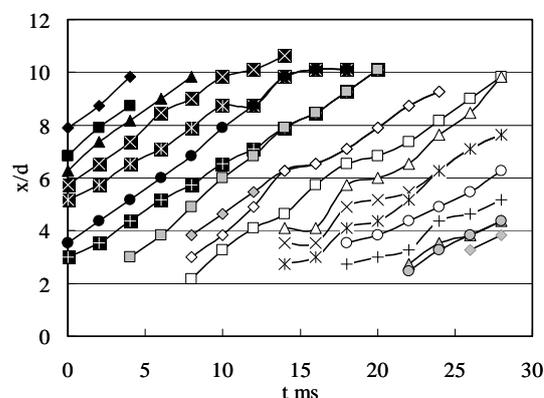


Fig.3 Time history of vortices (CO₂, VR=0.75, f=0Hz)

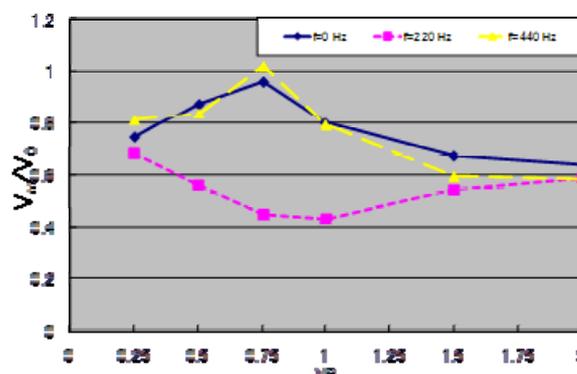


Fig.4 Velocity of vortices as CO₂ jet

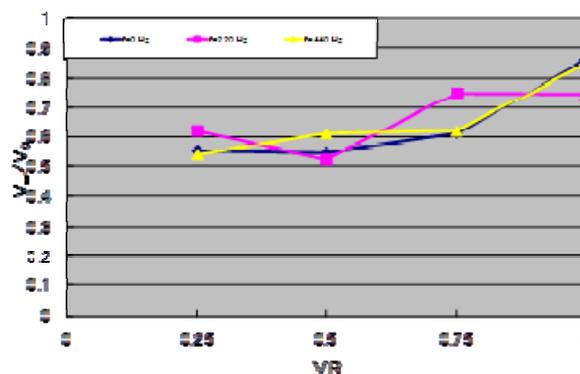


Fig.5 Velocity of vortices as He Jet (inner)