

水平なプッシュプル流れに上昇する軸対称浮力噴流が誘引される 流れ場の温度特性

Temperature Characteristics of Flow Field Where Push-Pull Flow Induces Round Buoyant Jet

○正 服部 幸廣 (愛知工科短大), 正 伊藤 基之 (愛知工科大)

Yukihiro HATTORI, Aichi University of Technology Automotive Junior College, 50-2 Manori, Nishihasmacho, Gamogori, Aichi, 443-0047, Japan

Motoyuki ITO, Aichi University of Technology, 50-2 Manori, Nishihasmacho, Gamogori, Aichi, 443-0047, Japan

Key Words: Turbulence, Buoyant Jet, Two-Dimensional Jet, Push-Pull Flow, Temperature Fluctuation

1. 緒言

溶接作業などで発生する高温で有害なガスは作業者の環境保全のため、プッシュプル型局所排気装置などにより除去・排出することが義務付けられている。現在普及している局排装置は大型で大量の噴出し気流を用いるのに対し、著者らは噴出し流れに少量の2次元噴流を用いたエネルギー消費の少ない新しいプッシュプル型局所排気装置を試作し、これまでにノズル・フード間を流れる気流(以下、プッシュプル流れと呼ぶ)の流れ特性について実験的に考察してきた。本報では、高温で有害なガスに見立てた軸対称浮力噴流(以下、浮力噴流と呼ぶ)をプッシュプル流れの下方から上向きに噴出させる。そして、浮力噴流がプッシュプル流れに衝突し、誘引され下流に拡散していく流れ場の瞬時温度を、極細冷線($\phi 0.63 \mu\text{m}$ の白金線)を用いた定電流温度計により測定し、平均温度分布および温度変動強度分布を実験的に考察した。

主な記号

$2B_i$: 開口部の縦幅, $2F_i$: フランジの縦幅, Q_i : 体積流量, Re_{2B_i} : 噴き出しレイノルズ数($=2B_i U_i / \nu$), Re_{d_j} : 噴き出しレイノルズ数($=d_j U_j / \nu$), T : 瞬時温度, \bar{T} : 平均温度, T' : 温度変動, T'_{rms} : 温度変動の実効値, T_j : 浮力噴流温度, T_a : 周囲温度, $\Delta T_j = T_j - T_a$, U_i : ノズル出口速度, U_j : 浮力噴流噴き出し速度, $2W_i$: 開口部の横幅
添え字 $i=1$ はノズル, $i=2$ は誘引, $i=3$ はフードを示す。

2. 実験装置および実験方法

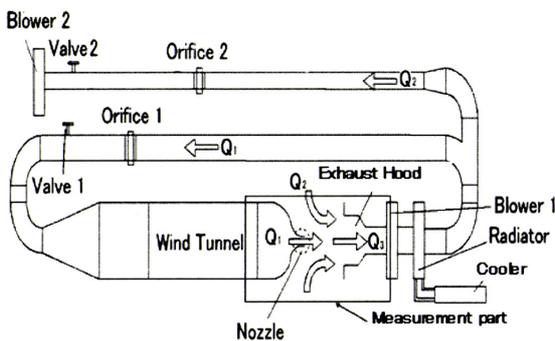


Fig.1 Experimental apparatus.

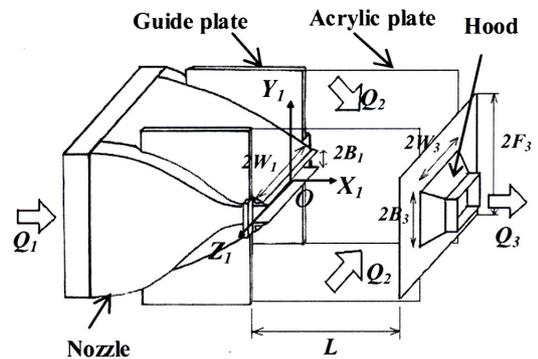


Fig.2 Measurement part.

Table 1 Dimensions of nozzle and hood.

Nozzle			Hood		
$2B_i$ mm	$2W_i$ mm	$2F_i$ mm	$2B_3$ mm	$2W_3$ mm	$2F_3$ mm
23	240	23	120	240	360

図1に実験装置全体の概略図を示す。風洞で整流された空気がノズルから噴出し、周囲の空気を誘引しながら下流に向かい、吸い込みフードに吸い込まれる。ノズルから噴出する二次元噴流の質量流量はバルブ1の開度により調節し、オリフィス1で測定する。周囲からの誘引流量はバルブ2の開度を調節して、オリフィス2でその質量流量を測定する。そして、これらの値から体積流量 Q_1 と Q_2 を求める。このようにして、ノズルからの噴き出し流量 Q_1 とフードによる吸い込み流量 Q_3 ($=Q_1 + Q_2$) を任意に調整することができる。

図2は図1中に示した流れの測定部を示したものである。図に見られるように、フードにはフランジが設けられているがノズルにはフランジがなく、ノズルの外側には開口部から上流に向かうガイド板が設置されている。そして、ノズル開口部とフード開口部の間には、アクリライト製の側板を設けている。これは、プッシュプル流れが2次元的に流れるようにするためのものである。座標 (X_1, Y_1, Z_1) の原点はノズル開口面中央にとり、 X_1 軸はそこからフード開口面中央に水平に向かう噴流中心軸と一致する座標、 Y_1 軸は鉛直上向きの座標、 Z_1 軸はスパン方向の座標である。ノズル開口面からフード開口面までの距離 L は 390mm ($L/2B_1 = 17.0$) である。表1にノズルとフードの諸寸法を示す。

図3は浮力噴流の発生位置を示したものである。内径 $d_j = 8\text{mm}$ のノズル口から $Y_1 = 0\text{mm}$ の水平軸までの垂直距離

を H_j , 座標の原点からノズル口の中心軸までの水平距離を X_j とした. 表 2 に実験条件を示す. 表 2 中に示した流量比 $Q_3/Q_1=2.6$ は, $U_1=2$ (m/s), $U_j=6$ (m/s), $T_j=105^\circ\text{C}$, $X_j/L=0.50$, $H_j/d_j=15$ の場合における破断限界流量比 $(Q_3/Q_1)_B$ の値が 2.5 であるので⁽¹⁾, その値より大きくしてフードに漏れが無い条件とした. 測定は $Z_j=0\text{mm}$ の X_j-Y_j 平面内で行い, サンプル周波数は 1kHz, 測定時間は 20 秒とした.

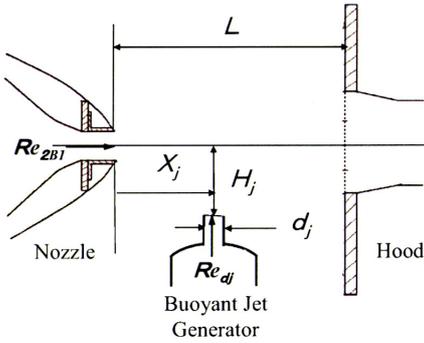


Fig.3 Position of buoyant jet generator.

Table 2 Experimental condition.

流量比 (Q_3/Q_1)	2.6
2次元噴流のレイノルズ数 (Re_{2B1}), U_1 (m/s)	3000, 2
浮力噴流のレイノルズ数 (Re_{dj}), U_j (m/s)	3000, 6
浮力噴流の噴き出し温度 T_j ($^\circ\text{C}$)	108
無次元水平距離 (X_j/L)	0.50
無次元垂直距離 (H_j/d_j)	15

3. 実験結果および考察

図 4(a)(b)は浮力噴流のみの場合 ($Q_1=Q_3=0$) における平均温度分布の等温線図および温度変動強度 ($T'_{rms}/\Delta T_j$) 分布の等高線図をそれぞれ示したものである. $Re_{dj}=3000$, $T_j=108^\circ\text{C}$ で実験を行った. また, 図 5 は中心軸上の温度変動強度の下流への変化を, Laurence Pietri ら⁽²⁾の結果と比較して示したものである. 図 4(a)から中心軸上の平均温度は鉛直上向きに減少していくことが分かる. 中心軸上の温度変動強度は, 図 5 から Y_j/d_j が 0 から約 4 の間は極めて小さく, Y_j/d_j が約 4 から約 7 の間は急激に増大する. また, Y_j/d_j が約 7 以降では逆に減少していく. このような温度変動強度の測定結果は, Laurence Pietri ら⁽²⁾の結果とほぼ一致している.

図 6 は表 2 で示した実験条件における温度変動強度分布の等高線図である. 高温で有害なガスに見立てた浮力噴流がプッシュプル流れに衝突し誘引される領域では温度変動が大きいことを定量的に捉えることができた.

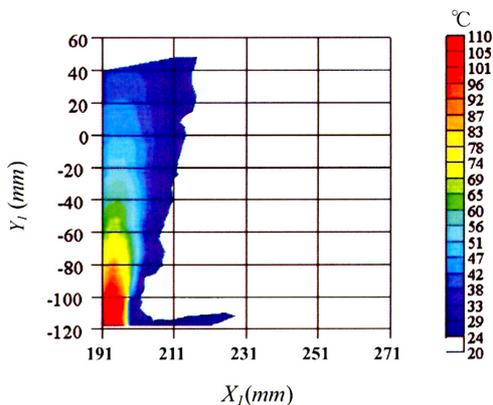


Fig.4(a) Contour map of mean temperature.

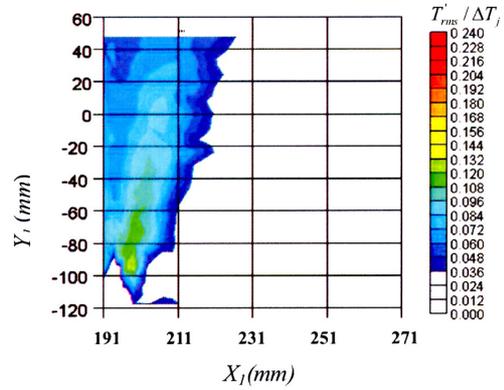


Fig.4 (b) Contour map of $T'_{rms}/\Delta T_j$

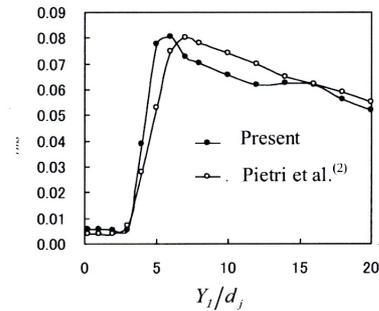


Fig.5 $T'_{rms}/\Delta T_j$ at centerline of buoyant jet.

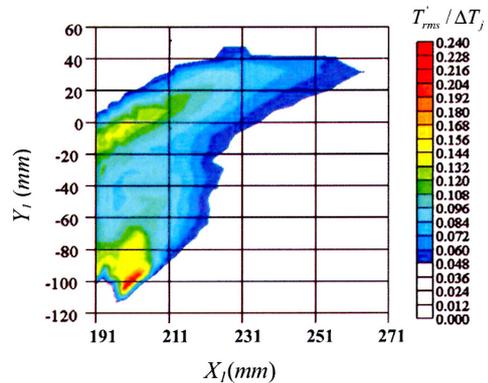


Fig.6 Contour map of $T'_{rms}/\Delta T_j$

4. 結言

高温で有害なガスに見立てた浮力噴流がプッシュプル流れに衝突し誘引される領域では強い攪拌が行われており, 温度変動強度が大きいことを定量的に捉えることができた.

謝辞

本研究を行うにあたり, 平成 24 年度愛知工科大学グループ研究費の援助を受けた. ここに記して謝する.

文献

- (1) 服部幸廣, 伊藤基之, “プッシュプル局排方式に関する基礎研究 (第 4 報: 破断限界流量比とブルームの拡散特性)”, 日本機械学会九州支部第 65 期講演論文集(2012.3), No.128-1, pp.57-58.
- (2) Laurence Pietri et al., “Simultaneous measurements of temperature and velocity fluctuations in a slightly heated jet combining a cold wire and Laser Doppler Anemometry”, International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol.21, (2000), pp.22-36.