D503 環状吸込流を付加した円形衝突噴流の流動および伝熱特性 —自由噴流の遷移および発達領域に衝突壁が設置された場合—

福原 稔 (鹿児島大学) 野崎 勉 (鹿児島大学), 永山英睦[○] (鹿児島大学)
山下英成 (鹿児島大学), 園田裕和 (株式会社いすゞ)

Flow and Heat Characteristics on Circular Impinging Jet Added Annular Suction Flow -The Case Where Impinging Wall is Placed in Transition and Development Region of Free Jet-

Minoru FUKUHARA, Tsutomu NOZAKI, Hidechika NAGAYAMA,
Hidenari YAMASHITA, Hirokazu SONODA

ABSTRACT

The existence of the improvement of cooling characteristics of the heating wall plane by circular impinging jet in adding the annular suction flow was examined. Following the previous report, the experiment was carried out on the case where the impinging wall was placed in transition and development region of circular free jet. As the result, in the transition region, there is the improvement of Nusselt number, when there is the suction flow in comparison with the case in which there is no suction flow. In the meantime, there is no improvement in the development region. It is proven that there is the close relation with fluctuating velocity and average flow rate using PIV on these heat transfer characteristics.

Key words: Flow control, PIV, Impinging jet, Turbulent flow, Heat transfer

1. まえがき

噴流の拡散・混合を制御することは工学的見地からその必要性が高いため、著者らは同軸二重円管を用い円形自由噴流の外側に環状吸込流を設け、せん断層内の渦構造をこの吸込流により操作することを提案した¹⁾。この手法によりこれまでに噴流の拡散による効果を確かめたので²⁾、この現象を加熱壁面の冷却促進に適用できるかどうか調査した所、その有効性を示すことができた³⁾。

前報³⁾では衝突壁を円形自由噴流のポテンシャルコア領域に設置した場合に限定して調査したため、本報では衝突壁をさらに下流(円形自由噴流の遷移および発達領域)に設置した場合について調査した結果を報告する。つまり前報と同様、ヌセルト数を計測し、環状吸込流を付加した場合の冷却特性の改善の有無を調べるとともに、PIVを用いた計測から二次元流れ場の流動特性を調査し、上述の伝熱特性との関係を明らかにする。

2. 実験装置および方法

2.1 可視化装置および方法

Fig.1に可視化実験装置および画像処理装置の概略を示す。水平に設置された同軸二重円管の内管を吹出し口、外管を環状吸込口とし、衝突壁を管中心軸に対して垂直

に設置した。座標は管出口端の中心を原点とし、噴流中心の軸方向に z 軸、半径方向に r 軸をとる。

加熱壁面はバックライト板上にステンレス箔を張って伝熱面とし、これに交流を直接通電し加熱することにより伝熱実験を行った。壁面温度、噴流温度、ヒータの電流および電圧を計測して、ヌセルト数を算出した。また、流動特性はPIVを用いて計測した。その光源にはダブルパルスNd:YAGレーザを用い、レーザライトシートを測定断面(r - z 断面)に間欠照射した。CCDカメラを用いて得られた2時刻の画像に対し、濃度相関法を適用して速度ベクトルを算出した。時間平均量を求めるため、サンプリング

Fig.1 Schematics of visualization system and image processing system

リング数は3000個とした。

衝突壁を円形自由噴流の遷移および発達領域に設置した条件, すなわち衝突壁の管出口端からの距離 z_w は $z_w/d_i \geq 4$ とし(d_i : 吹出し管内径), 流速比 $\bar{U}_s/\bar{U}_i$ (=吸込流速の流路断面平均値/吹出し流速の流路断面平均値)を0から1まで0.1毎に11通りに変化させた。なお, 前報と同様, 内管および外管の管内径はそれぞれ47mmおよび100mm, 吹出し流速は20m/sと一定にした。

3. 実験結果および考察

3.1 伝熱特性

ヌセルト数に及ぼす環状吸込流の影響について調べた結果をFig.2に示す。ここで, 前報³⁾で示したポテンシャルコア領域についても図示し, また前報と同様に各条件の半径方向位置の代表点としてよどみ点をとる。図中の波線および一点鎖線は文献⁴⁾による参照値を示している。まず, 流速比が0の場合, 衝突壁が $z_w/d_i=4$ から離れるにつれ, ヌセルト数 Nu は増加し, $z_w/d_i=8$ において最大となり, その後減少する。この分布を基準とし, 吸込流の

Fig.2 Heat transfer characteristics ($r/d_i=0$)

影響について検討する。遷移領域($4 \leq z_w/d_i \leq 8$)では流速比が大きくなるとヌセルト数の改善が見られ, 発達領域($z_w/d_i > 8$)では流速比を変化させてもその改善は見られなかった。

3.2 流動特性

上述の伝熱特性との関係を明らかにするため, PIVを用いて得られた流動特性について調べる。平均流速の軸方向成分および変動速度の軸方向と半径方向の合成成分 S' の等高線図をFig.3に示す。一例として, (a) $z_w/d_i=5$, $\bar{U}_s/\bar{U}_i=0$, (b) $z_w/d_i=8$, $\bar{U}_s/\bar{U}_i=0$, (c) $z_w/d_i=5$, $\bar{U}_s/\bar{U}_i=0.5$ の三つの条件について示す。まず, 条件(a)と(b)との関係を比較すると, 衝突壁が管出口端からより離れた場合, $r/d_i=0.5$ 付近の平均流速の速度勾配が緩やかになるが, 変動速度の値が全領域にわたり高くなる傾向を示す。この変動速度の増加が上述したヌセルト数の増加に寄与している。条件(a)と(c)との関係を比較すると, 前述した条件(a)と(b)との関係と同様な傾向を示すことから, 条件(c)すなわち吸込流が付加された場合, ヌセルト数の増加を表していることになる。このように, 流動特性と伝熱特性とは密接な関係にあることを示した。

4. むすび

環状吸込流を付加した場合の円形衝突噴流において, 衝突壁が円形自由噴流の遷移領域に設置された場合, ヌセルト数の改善が見られたが, 発達領域ではその改善は見られなかった。これらの伝熱特性は, PIVを用いた流動特性と密接な関係があることを示した。

終わりに臨み, PIVを用いた計測を行う際, 新日本製鉄株津田宜久氏より貴重なご助言を賜った。また, 本論文のとりまとめにあたり文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)の援助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 野崎ら, 機論(B編), 62-598(1996), 2208-2214.
- 2) 福原ら, 機論(B編), 65-629(1999), 36-43.
- 3) 福原ら, 可視化情報学会誌, 19-74(1999), 44-50.
- 4) 日本機械学会編: 伝熱工学資料(改訂第4版), 日本機械学会, (1986), 66.

Fig.3 Flow characteristics (time mean axial velocity and fluctuating velocity)