



流線の観察をする。発生電圧は400Vで0.5A。この程度の出力では本実験のように流速が3%に及ぶ場合は、拡散度が大きく速度分布形の観察には不適であるが、流線の追跡は十分可能である。白金線は50%毎に張ってある。

2-3 加熱壁 熱伝達測定には可変壁側を使用しその加熱区間は図-2の通りである。今回はSUS27を材料とし、2本を一对として熱電対を埋込んだ熱流計部を18箇所設けた。その流路断面より見た構造を図-3に示す。巾9%高さ30%の熱流計部分の上下左右は厚さ0.2%のテフロンを耐熱金属用接着剤で固着し、隣接部よりの熱の出入を熱流束の5%以下に抑える。熱流計は二群に分けて配置したが大体20%間隔である。熱電対はシース径1.0%のクロメルアルメルで、0.001mVまで測定可能なデジタル電圧計

で1点を2秒毎に40点のプリントが可能である。これにより各局所の時間平均熱伝達率を測る。なお流体側表面はエンドミルで平滑に仕上げてある。

3. 実験結果と考察 初めは加熱を行わず、パイプーザとしての性能を調べ、かつ水素泡による流動の観察を行ない、しかる後に伝熱実験に移った。アクリル壁と金属加熱壁との性質の差異は、乱流でこの程度の実験に対しては問題とならない。

実験範囲は咽部レイノルズ数 Re_d で $10^4 \sim 1.5 \times 10^5$ でその間を6ケースに分けた。南角度は4°, 6°, 8°である。

3-1 流動の観察 すでに分類されているように本実験でもパイプーザ内の流れは大体次の三つに分けられる。

〈領域-I〉剥離の認められない発達した乱流 最も咽部に近い方にあり流線は南角度に応じて開いている。(写真-1)

〈領域-II〉瞬間的な剥離が生ずる非定常で不安定な流域。ある時は剥離しある時はIの流れに戻る。下流に行くに従って剥離の発生周期は小さくなり、スケールは大きくなる。そしてついには次のIIIに遷移する。この領域の視認は難しく、初期には境界層の形が崩れる程度である。この流域としては下流の方で発生した流れの剥離例を(写真-2)に示す。

〈領域-III〉定常的に境界層は剥れ、主流方向に向う流れと壁面附近で停滞した流と

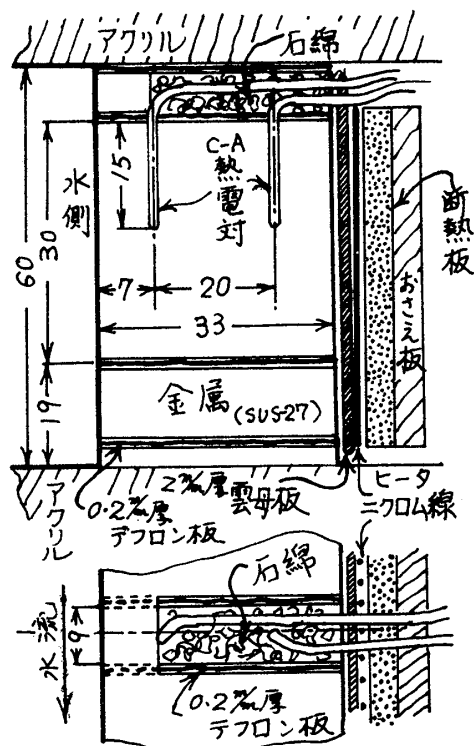


図-3

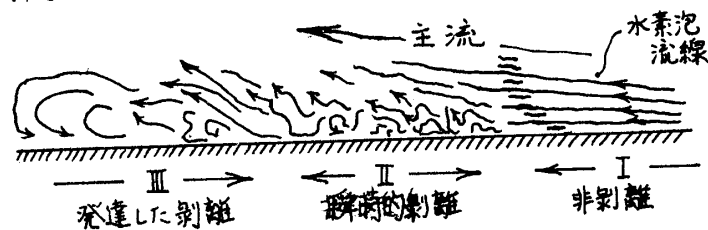
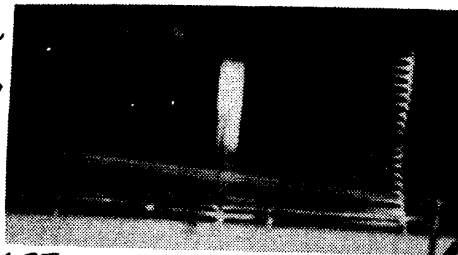


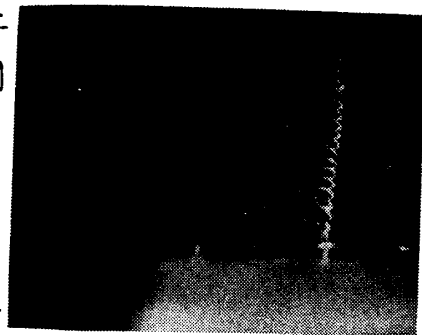
図-4

逆流が発生し、更に下流では渦流となる。

下流に何うに従って、上記の流れのパターンは順次遷移して行くが、その遷移点もある範囲内で位置が変動している。図-4にこのパターンをスケッチ風に表わしたが、Ⅱは、ⅠとⅢが交互に現われるのに近く図に表わしえない。 $\theta=4^\circ$ ではⅢはない。 $\theta=8^\circ, x=600\text{mm}$ 附近から顕著な逆流が生ずる。領域Ⅱの初期をもって剥離開始点とする。剥離開始点および上記流れの位置は Re_{th} にはよらず同一開角度では変わらない。また剥離開始点でのディフューザ流路巾は、開角度によらずほぼ一定である。これらは剥離が圧力上昇の度合によつてのみ決り、かつこのディフューザ内で速度分布は同一である事を示していよう。両壁面上の静圧の変化を無次元表示した一例を図-5に示すが、可変壁圧が固定壁圧を凌駕する x の位置は剥離開始点とほぼ一致している。これらの性質はすでに報告されている事の追跡であるが、Tulga の結果に比して本実験による剥離点はかなり下流に寄っている。



(写真1) $\theta=4^\circ, x=300\text{mm}$
 $Re_{th}=1.2 \times 10^4$



(写真2) $\theta=4^\circ, x=650\text{mm}$
 $Re_{th}=1.2 \times 10^4$

3-2 伝熱実験 流動実験と同じ Re_{th} で測定し、この時は水素泡は使わない。この程度の壁温上昇では流れは同一と仮定する。加熱熱流束は $10^4 \sim 1.5 \times 10^4 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 位で位置により $\pm 20\%$ (最大) 位の差があった。主流の温度上昇は極めて小さかった。SUS-27 の熱伝導率は $\lambda_s = 0.0086t + 12.6 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$ を使い、 $T_s, \Delta T, \alpha$ を算出する。 ΔT は $2^\circ \sim 10^\circ\text{C}$ であった。

3-2-1 開角度 まず $\theta=0^\circ$ 即ち矩形断面平行管路として α を測定した。各熱流計の個性(熱電対挿入位置の誤差によると考えられる)が出て、その値にはかなりのバラツキがある。しかし個々の傾向は一定している。ディフューザ内で速度境界層は充分発達した状態で断面から入るが、加熱開始点からの速度境界層の助走区間が消滅していると思われる下流での値は一定値に近づき、その平均の値は管内流に対する $Nu_{de} = 0.023 Re_{de}^{0.8} Pr^{0.4}$ によつて与えられる熱伝達率とほとんど一致する。(図-6)

3-2-2 剥離域の熱伝達率 $\theta=6^\circ, \theta=8^\circ$ の場合に得た局所の熱伝達率 α_{6x}, α_{8x} の対応する位置の α_{0x} との比 β_{6x}, β_{8x} の一例を図-6, 図-7のように表示した。剥離がなく普通の乱流速度分布が保たれるとすれば、流速と巾による Re_{de} の変化により、 β は大体図中破線のように変化するであろう。Ⅱの流域の位置では熱伝達率は下流に

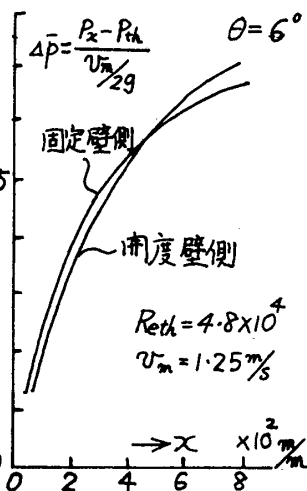


図-5

行くに従って増加し、Ⅲに入るとともに急激に低下する。Ⅱでは流れの変動と乱れが大きいので時間平均の熱伝達をも促進し、乱れの大きい下流域ほど β も増大するものと考えられる。それに反しⅢの領域に入ると流れの停滞が逆の効果を発揮しているようである。逆流渦の域については加熱部長さ不足でわからない。

その他Ⅱ域では β の Re_{de} による差異も大きく、また x 方向に波型に増大するようでもある。Ⅲ域では Re_{de} による β の差異の中も小さくなるようである。これらは色々なことを想像させるが、未だデータ数も少なく、絶対値を検討するには精度も十分である。

4. す す び

1) 矩型断面=次元片開テング内水流の流れの様相と剥離点を水素気泡法により観察した。2) 各点間で断熱した熱流計方式で剥離に伴う熱伝達率の変化を調べた。3) テング内では流れは下流に向って壁面上で剥離して行き、瞬時的剥離域では熱伝達は促進され、発達した剥離域では低い。

5. あとがき 幾つか興味ある事像が見られ今後の解析に示唆を得られたが、更に広

範囲で精緻な実験の要がある。また現在空気流による実験準備中である。

おわりに、色々助言して頂いた東大宇宙研究所の栗原利男氏にお礼申し上げます。

(記号) L : テング長さ
 W : 咽部巾
 x : 咽部基線より軸線に沿った距離
 b : 各断面でのテング巾
 θ : テング開口角

Re : レイノルズ数
 Nu : ヌセルト数
 de : 各断面の等価径
 q : 加熱熱流束
 T_s : 加熱面表面温度

ΔT : 加熱面・流体温度差
 α : 熱伝達率
 β : 熱伝達率比
 th : 咽部を示す
 x : x 位置を示す

(参考文献) $\circ$ H. TULLIS: Flow Expansion & Pressure Recovery in Fluids
 Proceedings A.M.C.E. Dec. '54
 $\circ$ J. H. VANSANT M.B. LARSON: Correction Heat Transfer for Turbulent Flow
 in Subsonic Diffusers Trans A.S.M.E. Nov. '66

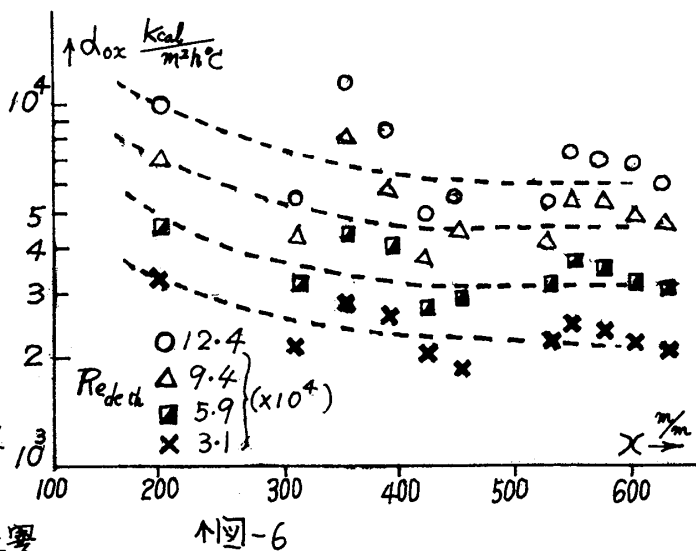


図-6

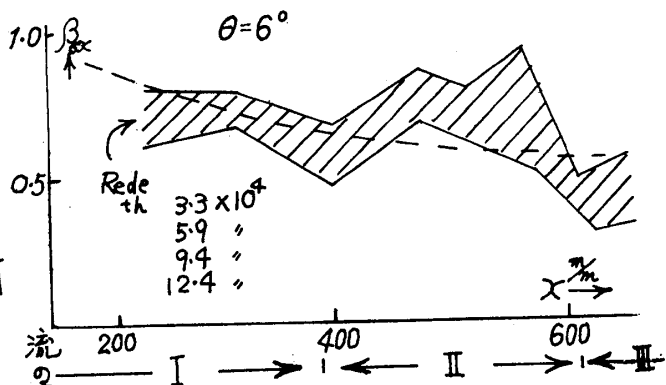


図-7

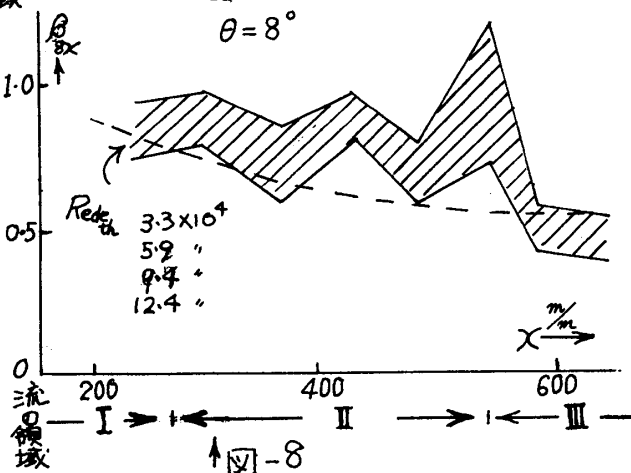


図-8