

II-146 湾曲部の流れに浮遊する単一粒子の流跡

福山大学工学部 正会員 梅田眞三郎
神戸大学工学部 正会員 寛 源 亮

1. まえがき

中立粒子以下の軽い粒子が、渦などの旋回流中を浮遊する場合、その粒子の直径や比重などの粒子条件と流れの速度などの流体条件とによっては流跡が異なる。

本研究では、旋回流モデルとして比較的簡単な1旋回例の平面2次元湾曲部の流れを選び、流れに浮遊する単一粒子の流跡に関する基礎的実験を試みた。

2. 実験方法

湾曲部における流れは、一般的に遠心力等の影響を受け、外向きの流向を示しがちであるので、図-1の実験水路図に示すような湾曲部前後にパーシャルフリューム型の堰を設け、流向がやや内向きにも起こりうるように工夫を試みた。

今回の実験では、堰の影響や湾曲部流れの乱れをできるだけ少なくするために、流量の調節とともに流体として水にグリセリンを適当に混ぜた液体を用いた。粘性が大きくなると温度の変化に対する粘性の変化も大きくなるので、水路末端部の貯水槽に投げ込みヒーターを入れ、水温を一定に保って実験を行った。今回は、粘性及び流量を同一にし、堰の調節による流速の異なる2種類の実験を行った。表-1にこれらの実験水理量をまとめて示す。なお、湾曲部流入口での水深が非常に小さく、粘性も大きいので鉛直方向の速度勾配が大きくなっている。

次に実験に用いた粒子は、浮遊粒子ということで直径が1.5mm~13.2mm、比重が0.03~1.0までの粒径や密度の異なる25種類の粒子を選び出した。密度を変化させるためには、それぞれの粒子の中に鉛を挿入した。密度の変化に伴い浮遊中の水面下の長さが当然異なるので、各粒子の比重 σ と重さから粒子の水中での長さであるきつ水長を求め、

図-2に示すような粒子の断面諸量を求めた。

実験では、湾曲部流入口より数cm手前の水路中央部に於て各粒子をそれぞれ十数回投入し、流入口中央を通過するものを10回選んでその平均流跡を求めた。投入にあたって初期流速や水路上流側の影響を一定にするために、湾曲部流入口2cm手前に粒径に応じた数本の針によるゲートを設け、そこを通過して流入口中央へ流入する工夫を試みた。そのため各粒子とも湾曲部出口付近で±15mm以内の比較的バラツキの少ない流跡を示した。その粒子の追跡は、粒子の流速を求めるためのタイムジェネレータを連結したビデオカメラにて行った。

3. 考察

実験により得られた各粒子の流跡から平均流跡に最も近い流跡を計算

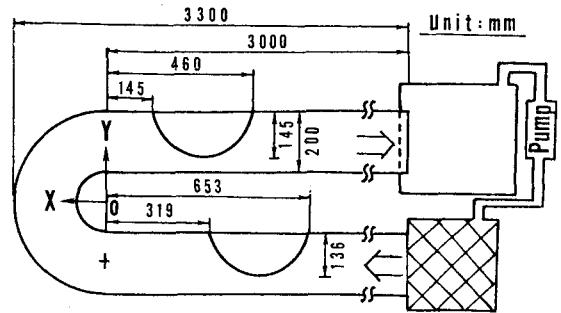


図-1 実験水路

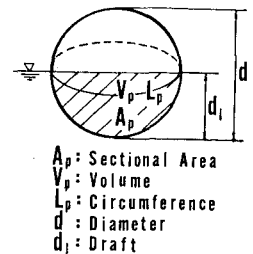


図-2 粒子の断面諸量

表-1 実験水理量

	水温 (°C)	粘性 (cm ² /sec)	流量 (l/sec)	湾曲部流入口 の水深 (cm)	湾曲部流入口の 流速 (cm/sec)
Run A	30.0	0.146	0.156	1.81	4.31
Run B	30.0	0.146	0.156	1.95	4.00

により求め、それを各粒子の代表流跡とした。各代表流跡について、流入口から流出口までの経過時間 t_p と流跡長から平均粒子速度 U_p を、また流出口での流跡位置 Y_{out} を水路中央部からの距離としてそれぞれを求めた。

今回の実験では、中立粒子以下の軽い粒子で、しかも粒径の異なる粒子を対象としているので、図-2に示すように流れの影響を受けるのは直径ではなく、水面下のきつ水長 d_f や円周 L_p であることが想像される。そこで粒子平均速度 U_p と円周 L_p を用いたReynolds数 Re_p と平均きつ水幅を表す体積を断面積で割った V_p/A_p との関係を調べた結果、図-3のようになった。記号は粒径に比例して円の大きさを変え、比重の大きさを円内の塗りつぶす量を変えることによって表している。粒径の小さなものから大きなものへと、また同程度の粒径の場合には比重の大きいものへと、 Re_p 数の増加に伴って平均きつ水幅 V_p/A_p が増大している。これにより粒子の水面下のきつ水量が流れに影響を受けていることがわかる。

次に各粒子の流跡をみてみると、粒径に関係なく、湾曲部水路中央より内へ行くものもあれば、外へ行くものもある。そこで、B.B.O.式の粘性項の係数と流入から流出までの経過時間 t_p とを考慮して、流出口での流跡位置 Y_{out} を調べた結果、図-4のようになった。粒子のきつ水量の違いで流れの影響が大きく異なっている。流速を変えた実験結果によると、流跡経路によっては同一粒子であれば流速の違いにより流跡位置がかなり異なるものもある。また粒径と比重を同時に考慮して比較してみると、それらの違いによる流跡差は比較的小さいことが想像される。

4. 結び

中立粒子以下の浮遊粒子の流跡に関する実験より、その流跡には粒子条件以外に流体流速の影響も受けることがわかった。今後理論式に基づく数値計算結果との比較から流跡に関係するパラメータの誘導やトレーサ粒子の適用範囲も検討するつもりである。

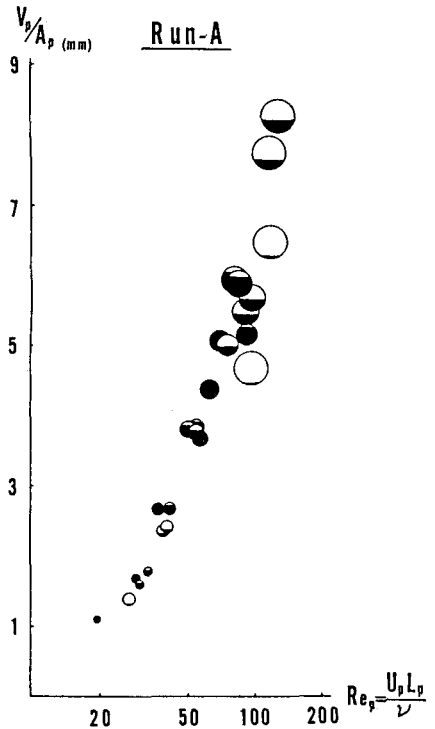


図-3 Re 数ときつ水幅との関係

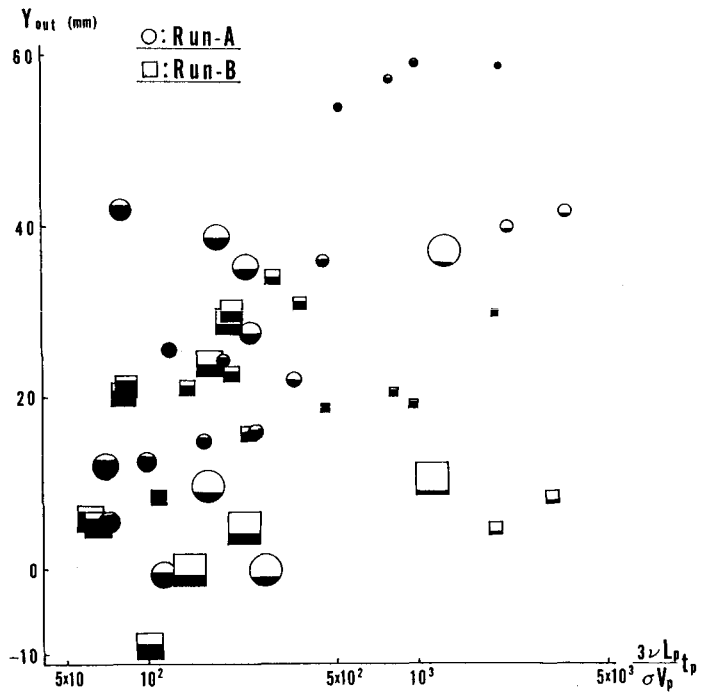


図-4 粒子及び流体と流跡との関係