

固液混相流の乱れ特性に関する研究

九州大学大学院○学生員 山口 正久

九州大学工学部 正員 小松 利光

九州大学工学部 正員 朝位 孝二

九州大学工学部 正員 柴田 敏彦

1. まえがき 固液混相流における浮遊粒子の存在が乱れに及ぼす影響については、粒子の存在により変化した水流の平均流速分布形の予測の問題に関連して多くの研究が重ねられてきた。本文では定常な固液混相乱流場が容易に作れるという振動格子乱流の利点を生かして、中立浮遊粒子の場合について濃度を系統的に変化させて実験を行い、中立浮遊粒子が乱れや拡散に及ぼす影響について検討した。

2. 実験装置と方法 装置としては水平断面が正方形(24.5cm×24.5cm)、高さ60cmのアクリル製水槽を用いた。この水槽内に底面から20cmのところに水平格子を設置しそれを上下に振動させることにより乱流を発生させる。振動格子上死点より上部の測定区間には外形20.0cmのアクリル製円筒を貫入して2次流の発生を抑制している。乱れの測定はx軸方向の乱れ u をFLV(ファイバー型レーザードップラー流速計)、z方向の乱れ w をLDV(レーザードップラー流速計)を用いて同一点で同時測定を行った。浮遊粒子は0.8mm~1.2mmの間にふるい分けられたもので、平均粒径 $d=0.826\text{mm}$ 、比重 $\sigma=1.045$ 、沈降速度は清水中で $w_s=1.31\text{cm/s}$ である。

中立浮遊粒子の乱れに及ぼす影響ならびにその濃度に対する依存性を調べるため、他の実験条件はすべて同じにして粒子濃度 C を清水($c=0$)の場合を含む6通りに変化させて実験を行なった

(表-1)。振動格子のストロークは6cm、周波数は4Hzである。乱れの測定は水槽断面の中心に測線を取り、それぞれ1点につき130秒間測定し、データレコーダーに収録した。収録された u 、 w のデータはA-D変換の後、統計処理された。サンプリング間隔 $\Delta t=1/37.5\text{ sec}$ 、1測点当りのデータ個数は u 、 w についてそれぞれ $N=4096$ 個である。

3. 実験結果とその考察 乱れの歪度: 水平方向の乱れ u については歪度が零であることが期待される。図-1に示されているように若干ばらつきはあるが零のまわりに散らばり、濃度 C による系統的な差はみられない。 w の歪度については、図-2に示されているようにあまり明確ではないが濃度の増加とともに大きくなる傾向を持つようである。

ある。

乱れのタイムスケール: 今回の中立浮遊粒子の振動格子乱流の実験で得られた乱れの自己相関係数を積分することによって求めた積分タイムスケールを u 、 w についてそれぞれ図-3、4に示す。 z の増加とともにタイムスケールはほぼ直線的に増加しているか、その割合は w の方が2倍程度大きい。実験値はかなり散らばっているが、 C の増加による系統的な変化は見られない。中立浮遊粒子は乱れのタイムスケールにそれ程影響を及ぼさないことが分かる。

乱れのスペクトル: 今回の中立浮遊粒子を含む振動格子乱流の実験から得られたスペクトルの例を図-5、6に示す。 w のスペクトルは濃度 C の増加とともに低周波数側でパワーは低下し、高周波側ではパワーが増加して、その勾配が緩やかとなっているのが分かる。これは以下の理由によると思われる。中立浮遊粒子が存在することによって粒子と流体との間にエネルギーのやり取りが起こる。比較的低周波数のスケールの大きい渦の運動が粒子を運行するとき、粒子に運動エネルギーを与えることになり流体自身の乱れエネルギーは低下する。一方では粒子が流体に対して相対運動することにより粒子背後にできるwakeが小規模で高周波の渦を多数発生させ、これが高周波数側のスペクトルのパワーの増加に寄与しているものと思われる。唯、今回水平方向の v のスペクトルについてはほとんど変化が見られなかった。

4. むすび 中立浮遊粒子を含む乱れの場合の乱流特性を明らかにするため、塩水を用いて完全に粒子と比重を一致させた振動格子乱流の実験を行ない、粒子濃度の乱れに及ぼす影響について検討した。

参考文献

- 1) 小松利光・細山田得三・河野松夫・栗谷陽一
： 浮遊粒子を含む乱れ場の乱流特性と拡散，
第 32 回水理講演会論文集、1988.

実験番号	体積濃度 C (%)	記号
EXP-1	0.000	○
EXP-2	0.0211	△
EXP-3	0.0446	□
EXP-4	0.0879	◎
EXP-5	0.125	▲
EXP-6	0.135	■

表 - 1 実験条件

