

九州大学工学部 正 員 栗谷陽一

〃 学生員 楠田哲也

〃 学生員 伊藤九一

1. まえがき

フロックブランケット内に存在するフロック群の成長と破壊の機構を明らかにするためにはこのフロック群の物理的性質に関して考察されねばならない。上昇流速が小さい場合、フロック群は二次的構造を作り、微小フロックは汙過に似た状態で大フロックへと成長していく。大フロックが carry over しない程度にまで上昇流速が大きくなれば、フロック群は二次的構造を取り得なくなり、相互の干渉のために乱れを生じ始め、この時のフロック群の挙動は上昇流速の小さい時とは全く異なってくる。著者は、後者の状態のフロックの成長と破壊に注目し、この状態下でのフロック群の物理的性質、特に乱れのエネルギー収支($\overline{P\epsilon}$)と乱れの機構を明らかにすることを試み昨年度に引続いて実験を行なった。本報において濃度 C の測定は定性的なものに留まったが、今後定量的な測定を試みる予定である。

2. 実験装置と方法

乱れとフロックの存在の有無を検出するプローブ、Hot wire の更生法、データの解析法以外は昨年度と同じ装置、同じ方法を踏襲した。プローブは Hot wire とフロック検出用の光源とフォトトランジスタからなっている。(写真-1)。中央部が Hot wire、左側がフォトトランジスタ、右側が光源である。光源、フォトトランジスタとも散乱を防ぎまた散乱光の入射を防止するために右図のように長くしそしてシースの先端にガラスを張りつけている。シースの直径は約 8 mm シース先端間のクリアランスは 1 mm である。光源からの光束は約 0.4 mm である。このプローブをフロックの存在しているパイプの上澄水部(静止水)を 2, 4, 6, 8, 10,

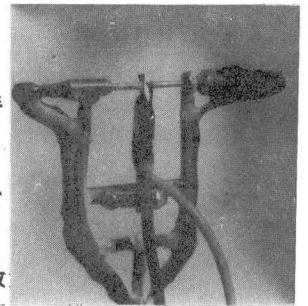
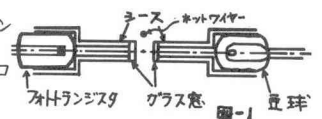


写真-1



12, 14 cm/sec の各速度で降下させて行なった。乱れの解析には九州大学計数施設の O K I T A C - 5 0 9 0 H を使用した。実験時の水温は 19.6°C であった。

3. 実験結果と考察

表-1 にフロック濃度 C 、上昇流速 U 、トレーサー法により求めた拡散係数 D 、平均乱流強度 I 、エネルギースペクトルから求めたエネルギー散逸量 ϵ_1 、フロック濃度と上昇流速から求めたエネルギー散逸量 ϵ_2 、エネルギースペクトルにおける慣性支領域と粘性支領域の境界の波数 k_d を示す。ただし波数 = $2\pi / \text{スケール}$ であり、エネルギー散逸量の算出に際してはフロックによる乱れを等方性乱れと仮定した。 U が増加すると C 、 I 、 ϵ_1 、 ϵ_2 は減少を示し D と k_d は U が増加しても余り変化しない。

なお、実験番号5では単粒子沈降状態に近かったため、 I と ϵ_1 、 ϵ_2 が他に較べてかなり小さくなっている。 ϵ_2 が $\epsilon_2 = (P_{clay} - P_{water}) / P_{clay} \cdot C \cdot g \cdot U$ によって求められることから解るように、本実験で用いたプローブでは検出されない乱れまで考慮に入れると $\epsilon_2 > \epsilon_1$ でなければならぬ。とこそが、 U

が大になるにつれて、 $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ は大きくなる。

この理由として温度差の影響あるいはフロック相互の干渉による乱れに起因しない、エネルギーの小さな乱れが存在すること等が考えられる。乱れに関するエネルギースペクトルの計算結果の例を図2に示す。フロックの干渉流降による乱れはかなり異方性であると考えられるが等方性理論によるエネルギースペクトル曲線とかなりの一致を示している。他の実験結果についてもこの現象は同様に見い出される。即ち波数 k_d までは、ほぼ $-5/3$ 乗の勾配を示しそれより大きい波数のところではほぼ -4 乗の勾配を示している。またこの図で見いだされるようにフロック相互の干渉による乱れの *energy containing eddy* は波数で12前後と考えられ k_d との差が小さいのが特徴である。

フロックの存在を示す曲線のエネルギースペクトルは図-3に示すように波数にかかわらずほぼ一定である。図-4に乱れとフロックの存在の有無についての測定例を示した。フロックの存在の有無を示す曲線は上方がフロックが存在しないことを下方がフロックの存在することを示している。フロック群の存在するところで変動流速の減衰ある傾向が見られる。図-5～図-9に相関を示す。乱れの曲線を $M(x)$ 、粒子の存在の曲線を $R(x)$ とすれば (x は上向を正としている)、相関は $\phi(\Delta x) = M(x) \cdot R(x + \Delta x)$ を示し、 Δx は図4中に表示した方向を正としている。 $\phi(\Delta x) > 0$ はフロックが存在して変動流速が下向を意味している。なおデータ長さはブランケットの長さで10cm、サンプリング間隔は0.2mmに相当する。図-5～図-8においてフロックの中心から下方(重力方向)1～3mmのところに正の相関が存在し、3mm以上離れると負の相関の存在すること

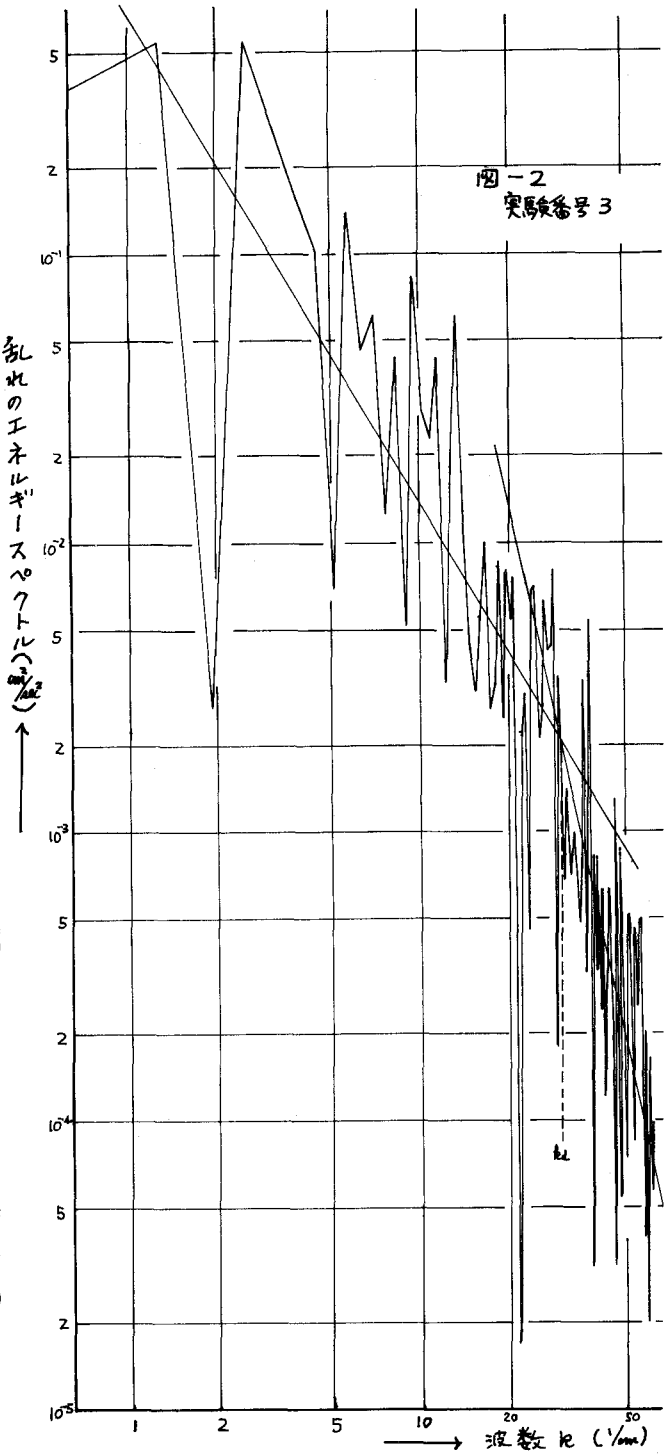
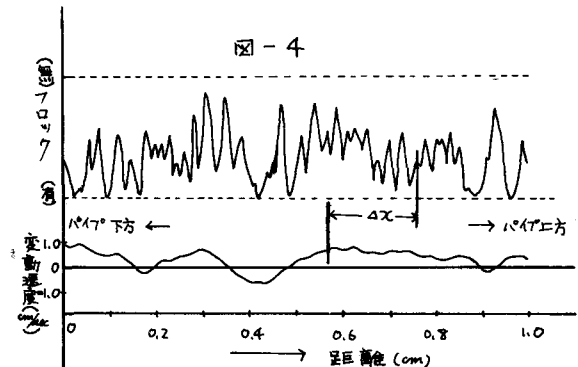
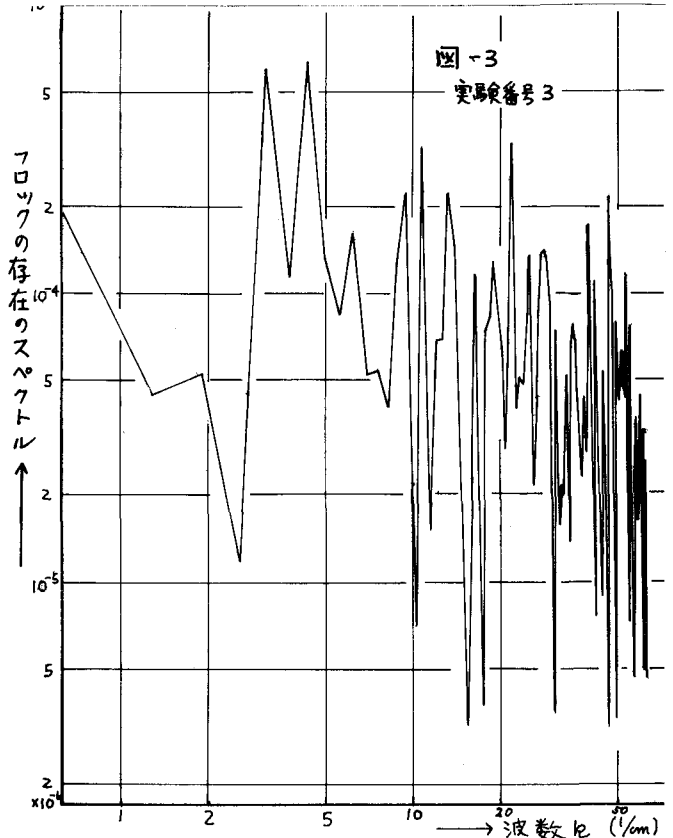


図-2
実験番号3

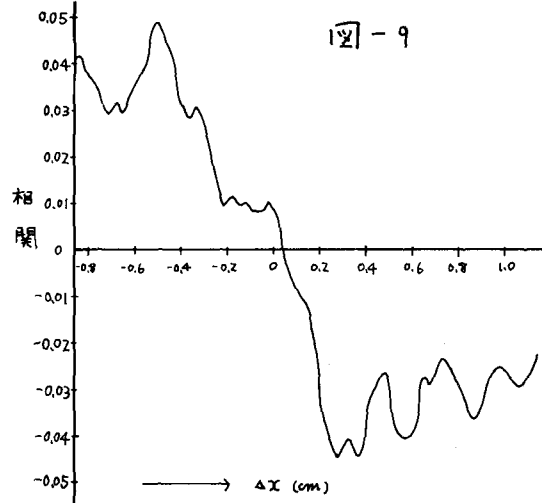
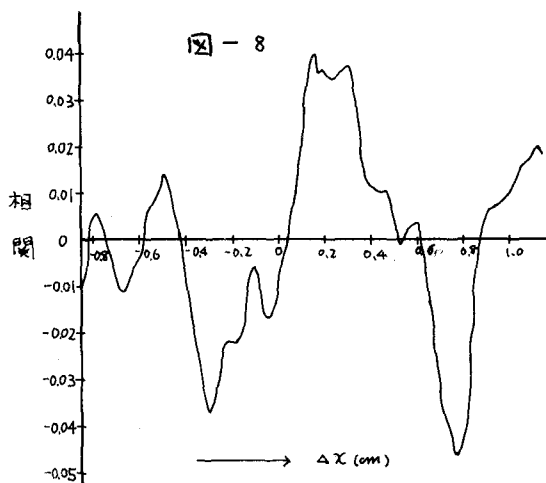
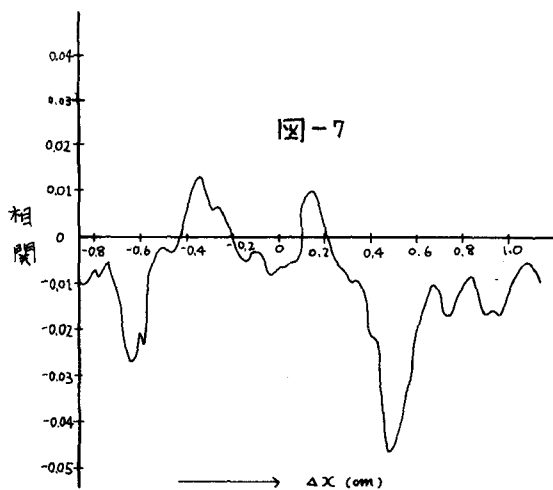
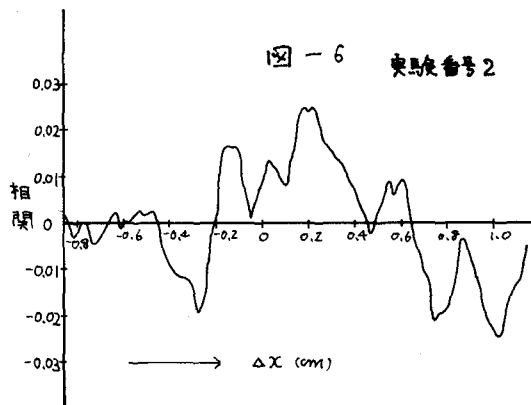
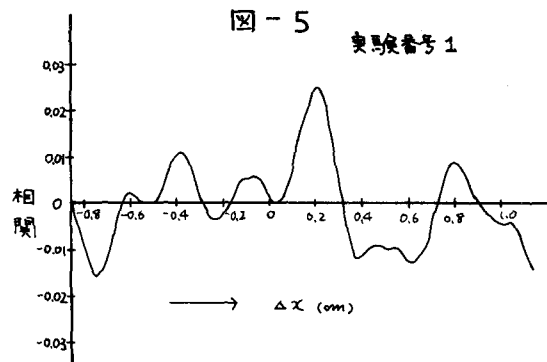
表-1

NO	上昇流速 U (cm/sec)	フロック濃度 C (g/cm ³)	拡散係数 D (cm ² /sec)	乱流強度 I (cm/sec)	エネルギー散逸量 ϵ_1 erg/sec-cm ³	エネルギー散逸量 ϵ_2 erg/sec-cm ³	波長 λ_d (μm)
1	0.251	0.04956	1.81	1.76	23.8	7.50	23.9
2	0.264	0.03499	1.57	1.67	26.7	5.57	23.9
3	0.327	0.01535	1.62	1.47	9.54	3.03	30.1
4	0.373	0.01072	1.51	1.53	18.7	2.41	22.0
5	0.431	0.005568	2.00	1.11	8.26	1.45	30.8

が見られる。フロック検出用の光束が、
0.4mmであることからかなりの大きさを持
ったフロックのみが相関に影響を及ぼすも
のと考えられるので、上述のことは大き
なフロックの中心から下方1~3mmのと
ころに下向の変動流が存在しそれより離
れると上向の変動流が存在することを示
している。また図-9の場合は前述のよ
うに、単粒子沈降に相当し、フロックの
下方に負の相関、上方に正の相関を示し
ていることからフロックの下方には上向
の変動流が存在しフロックの上方には、
wakeに相当する下向の変動流が存在して
いることを示している。この相関から乱
れに供給されるエネルギーを求める場合
 $\rho C u$ を求めればよい。本実験においては
フロックの存在の有無についてのみしか
検出していないので、 $\rho C u$ を直接求める
ことはできない。さらに原点の相関値が
明確に正を示さないのは、Hot wireがフ
ロックを切断していくときの余計な放熱
のためであろうと考えられる。この点に
関しては、測定法に何らかの改良がなさ
なければならない。さらに、フロック
濃度の高い場合にフロックの直下におい
て正の相関が見い出されることに関して
の理論的説明を見い出すことは、現在の
ところ困難であるが、この事は、フロッ
クの破壊機構に対する一つの示唆を与え



ていると思われる。



参考文献

1) 栗谷, 楠田, 江副, "ブロックプランケット内の
乱流強度"

第23回土木学会年次学術講演会 講演概要 (1968)