

II-280 同軸回転円筒における粒子混入による乱流構造の研究

北海道大学工学部 学生員 清水 啓之

北海道大学工学部 正会員 森 明 巨

北海道大学工学部 フェロー会員 板倉 忠興

1、はじめに

Gore と Crow は、流水中への粒子混入による乱流強度変化に関し、 d/l (d :粒子径
1:乱れのスケール) をパラメーターとするモデルを提案した。著者らはこれの適合性を調
べせん断流によく適合することを見出した。そこで本研究は、外側が回転する同軸二重円
筒を作成し、せん断流中を自由に回転移動する粒子が乱れを与える効果を調べたものであ
る。

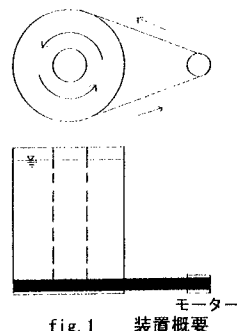


fig.1 装置概要

2、実験装置及び方法

fig.1は装置の概要で、外円筒径15.0cm、内円筒径3.4cm、深さ40.5cmである。流体は水を用いた。混入粒子は径1.6cm
の中空のガラス管（比重調整をした試験管）を用い、ポスターカラーを周辺に塗布して流れを可視化した。fig.2は粒子な
しで外円筒を1.53rad/sで回転させたときの流速分布である。図中の実線は次式で与えられる理論値である（参考文献5）。

$$v = \frac{\Omega_2 R_2^2 - \Omega_1 R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} r + \frac{(\Omega_1 - \Omega_2) R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{1}{r}$$

(R_1 :外径 R_2 :内径 Ω_1 :外側回転角速度 Ω_2 :内側回転角速度 r :中心からの距離)

理論値と実測値に若干の差がある。写真1はポスターカラーを注入した数分後の写真であるが、乱れの広がりには視認できず、
極めて安定な流れであると判断した。

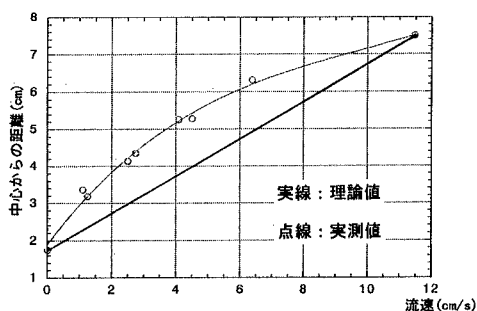


fig.2 円筒内流速分布 (t=30min)

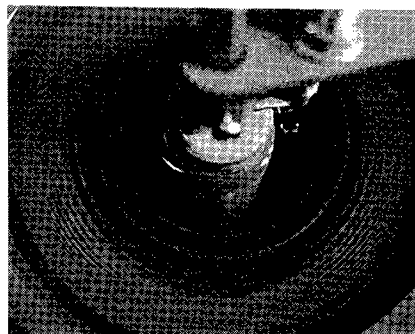


写真1

3、模擬粒子投入後の流況分析

写真2は流跡線の一例である。模擬粒子は回転しながら徐々に内側に接近するが、その間大局的なパターンは一部を除き
変化せず、平均的な流線と考えられる。fig.3はその概略図である。模擬粒子の中心から見ると、粒子の上下で逆方向に流れ
るせん断流になる。粒子の側面を通過した流れは粒子の前方、後方ともに中心から約120°まわり込み、対称な位置、点
A、Bで剥離を起こし（fig.4参照）、それぞれ剥離渦を形成する。粒子前方の流れは点Cで向きを変え剥離渦を形成する。

キーワード 剥離渦、せん断流、GORE-CROW

北海道大学工学部土木工学科河川工学講座 〒060 札幌市北区北13条西8丁目 011-706-6190

この剥離渦は、規模が大きく安定している。一方、点Bを剥離した流れは、点Dで逆方向に進み、1,2回渦の内部に巻き込まれながら小さい剥離渦を形成する。この剥離渦は不安定で、生成と破壊を繰り返す。壊れ方は2つのパターンが観察された。渦の下流側が引き伸ばされて消滅するものと、粒子の速度が減少することにより渦が粒子を追い越した後消滅するものである。

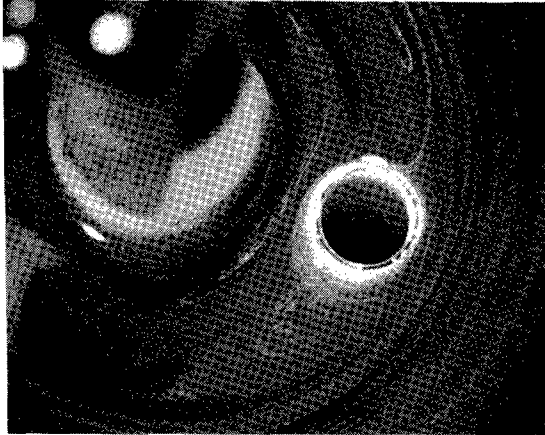


写真2

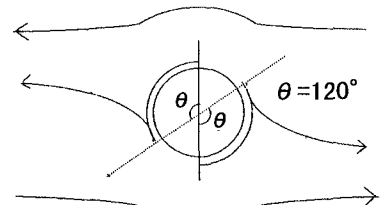
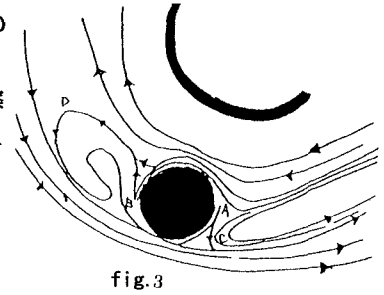


fig.4 粒子近傍の剥離状況

4、考察

剥離渦の形状は、平行せん断流を用いた Kossack, Acrivos の数値解が前後で対称であったのに比べ今回は非対称のものが現れた。これは同軸回転のせん断流の特性と考えられる。

粒子近傍の流れが粒子の回転によって巻き込まれて粒子の前方と後方に剥離渦を形成するが、後方では生成、放出が繰り返され、乱れが放出されていた。このことは、乱れの発生に対しせん断流の効果が非常に大きいことを示している。相対速度によるレイノルズ数 $R_e = \Delta u d / \nu$ は Δu が0に近いことから、極めて小さいレイノルズ数でも乱れが起こっていることになる。せん断流に対するこのような粒子の作用があれば、強いせん断流である粘性底層のような不安定な乱流場においては、粒子が底面に接触するなどして次々と渦が生成されては形成され、乱れが広がっていると考えられる。

参考文献

- 1) 森明巨 板倉忠興 混相流における乱流強度の Gore-Crow 基準 水工論文集第38巻 2) 森明巨 小林知恵 板倉忠興 滑面浮遊砂流の底面近傍での乱流構造 水工論文集第40巻 3) CHARLES A KOSSACK and ANDREAS ACRIOS J.Fluid Mech,vol.66,part2,377,Steady simple shear flow past a circular cylinder at moderate Reynolds numbers 1974 4) G.C.POE and ANDREAS ACRIOS,J.FluidMech,vol.72,part 4,605 Closed-streamline flows past rotating single cylinder and spheres 1975 5) L.D.Landau and E.M.Lifshitz, Course of Theoretical Physics,volume.6, Fluid Mechanics