

遅い噴流が回転場に形成する渦の性質に関する実験的研究

中央大学大学院 学生員 袴田 興太郎 中央大学大学院 学生員 大東 淳一
 中央大学理工学部 正 員 池永 均 中央大学理工学部 正 員 山田 正
 北見工業大学 正 員 内島 邦秀

1. はじめに 海洋や大規模な湖沼の流れなどを議論する際には、地球の自転による影響を考慮しなければならない。また河川が湾や湖に流入するとき、その流入部付近の流れは一般にフルード数が小さく複雑な挙動をする。著者らはこれまでに噴流放出口のフルード数が非常に小さい流れ(以下、遅い噴流)の挙動が回転周期(ロスビー数)に依存していること¹⁾などを明らかにしてきた。本研究は回転効果が遅い噴流の挙動に与える影響と回転場に形成される渦の性質を流体力学的に明らかにすることを目的としている。

2. 実験内容及び方法 本研究の実験条件を表1

表1 実験条件

実験名	水深 h(cm)	噴流流速 u(cm/s)	フルード数 Fr	回転周期 T(s)	ロスビー数 Ro	エッジ数 E
A	RUN A-1	27	4.0	0.025	0	-
	RUN A-2	27	4.0	0.025	60	0.10
	RUN A-3	27	4.0	0.025	200	0.32
B	RUN B-1	27	2.5	0.015	60	0.063
	RUN B-2	27	2.5	0.015	90	0.089
	RUN B-3	27	2.5	0.015	120	0.12
C	RUN C-1	27	1.5	0.0092	60	0.038
	RUN C-2	27	1.5	0.0092	90	0.054
	RUN C-3	27	1.5	0.0092	120	0.072

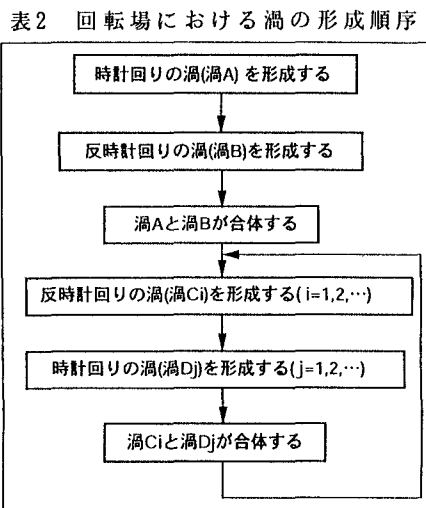
$Ro = V/2\omega L$ (代表流速V:噴流流速, 代表スケールL:噴流の広がる最大スケール=2m)
 $E = \nu/2\omega L^2$ (代表スケールL:噴流幅=0.25cm)

RUN B, RUN Cでは放出口後方にある壁面の影響をなくすために放出口全体を壁面より30cm手前に設置している。なお噴流流速は回転がない状態でトレーサ先端が噴流放出口から10cm地点に達するまでの平均流速である。

3. 実験結果及び考察

3.1 回転効果が遅い噴流の挙動に与える影響について:図1は実験Aの各回転周期の同時刻(噴流放出6分後)におけるトレーサの挙動を比較したものである。非回転場において遅い噴流は噴流軸に対し3次元的な拡散をし、回転場においてはロスビー数に依存した挙動をする。回転場における放出直後の遅い噴流は、慣性力が大きく放出に伴う流れが支配的となるため非回転場と同様3次元的な拡散をする。一方放出されてから時間の経過したトレーサは、慣性力と摩擦力が無視できコリオリ力と圧力勾配がつりあうためテラー=プラウドマンの定理が成立し、水平方向に拡散せず鉛直方向に一樣な2次元流れとなる。またロスビー数が小さいほど周囲流体に拡散せず渦どうしの混合も減少し、直径の小さい安定した渦を多数形成する傾向がある。

3.2 回転場における渦の形成順序と挙動について:表2、図2は回転場における渦の形成順序と挙動を示したものである。放出されたトレーサはコリオリ力の影響を受け大きく右に曲がり時計回りの渦(渦A)を形成する。しかし渦Aは無限に大きくならず渦Aの隣に反時計回りの渦(渦B)を形成し、これら2つの渦は混合することなく合体する。またこのとき遅い噴流は新たに反時計回りの渦(渦C_i)を形成するが、渦C_iも渦Aと同様無限に大きくならず、渦C_iの隣に時計回りの渦(渦D_j)を形成する。渦C_i、渦D_jも渦A、渦Bと同様混合することなく合体し、これら合体した渦は時計回りの渦(渦A、渦D)が反時計回りの渦(渦B、渦C)を巻き込むよ



キーワード:遅い噴流、ロスビー数、コリオリ力、2次元流れ、テラー=プラウドマンの定理
 連絡先:東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 (03-3817-1805)

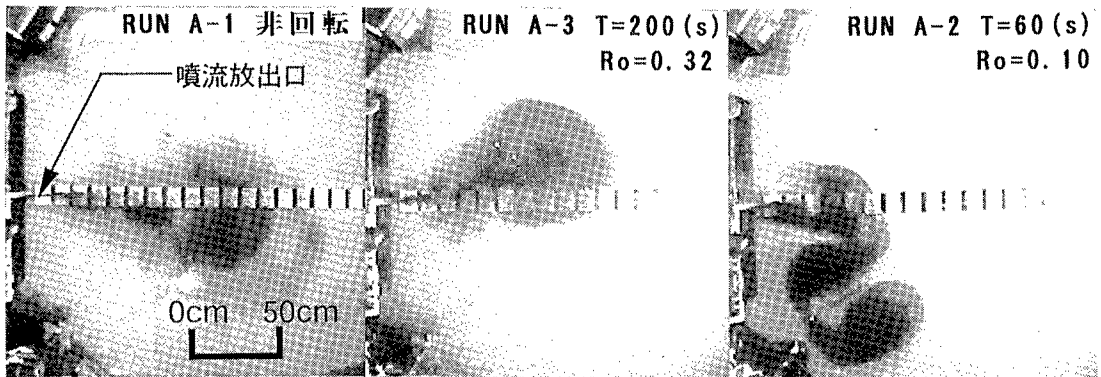


図1 回転周期の違いによる遅い噴流の挙動の比較(噴流放出6分後)

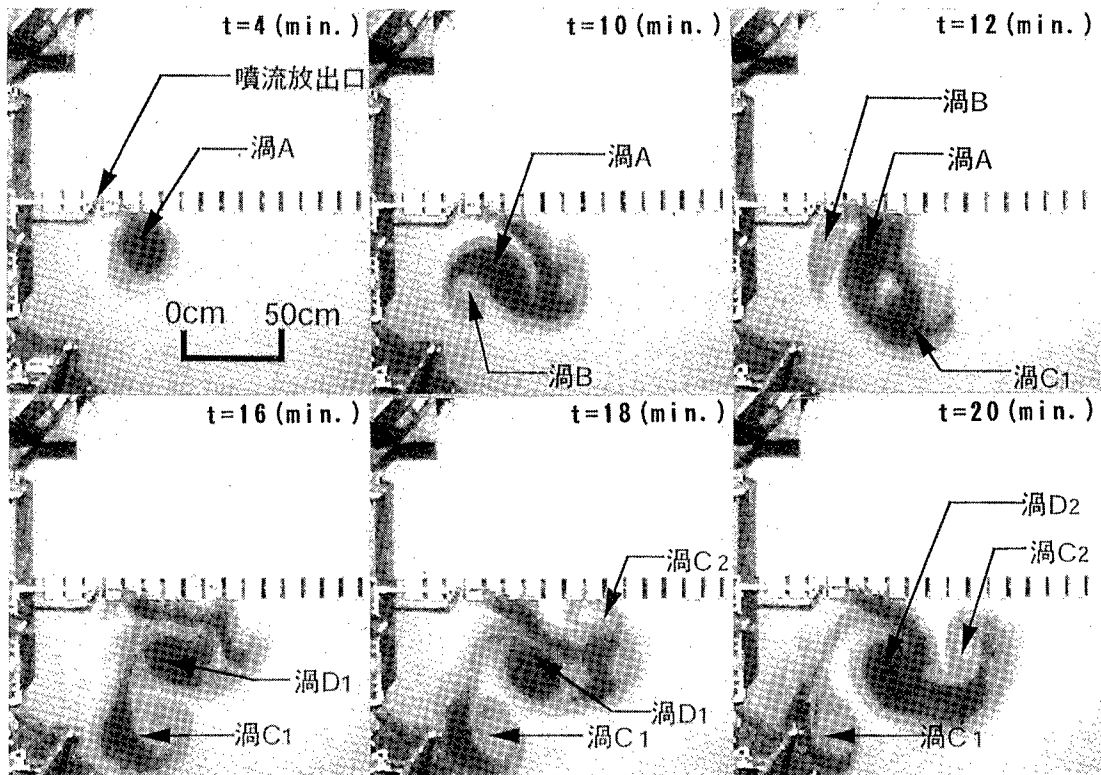


図2 回転場における渦の形成順序と挙動(RUN C-3)

うにしながら噴流放出口の方向に進む傾向がある。以降遅い噴流は渦 C_i ($i=2, 3, \dots$)と渦 D_j ($j=2, 3, \dots$)を交互に形成しながら以上の挙動を繰り返し、全体として時計回りの流れを形成する。しかし渦 C_i 、渦 D_j の形成場所及び形成時間は全くランダムであり、形成された渦の挙動に再現性はない。

4. まとめ 1) 噴流放出口のフルード数が非常に小さい遅い噴流は回転場と非回転場とで全く異なる挙動をし、回転場における挙動はロスビー数に依存する。2) 回転場において放出されてから時間の経過したトレーサは、鉛直方向に一樣な2次元流れとなりロスビー数が小さいほど多数の渦を形成する。3) 回転場における渦の形成順序には規則性があり、時計回りの渦と反時計回りの渦を交互に形成しながら全体として時計回りの流れを形成する。4) 回転場においては時計回りの流れが支配的となる。

参考文献 1) 袴田興太郎・池永均・山田正・内島邦秀・大東淳一: 回転場における遅い噴流の拡散過程に関する実験的研究, 第24回土木学会関東支部, pp. 298-299, 1997