

Ⅱ-77 浅海域において吹送流中に生起する二次循環流

九州大学大学院 総合理工学研究科 ○学生員 鶴崎 賢一 正 員 松永 信博

1. はじめに 海面に風応力が作用する際、吹送流中には Langmuir 循環流と呼ばれる風方向に軸を持つ二次循環流が形成されることが知られている。その形成機構については古くから議論がなされ、今日ではいわゆる CL1, CL2 機構が有力な説となっている。しかし近年、灘岡ら¹⁾が数値シミュレーションに基づいてせん断不安定による形成機構を新たに提言している。このように、いまだその形成機構に決着がついていないのが現状である。この循環流は流体力学的に非常に興味深い現象であるばかりでなく、沿岸海域では浮遊砂の輸送過程や海面を通しての気体の輸送過程において重要な役割を果たすものと考えられる。本研究では、二次元風洞水槽と幅の広い平面風洞水槽を用いて可視化実験ならびに流速計測実験を行い、浅海域において生起する吹送流と二次循環流の特性について調べた。

2. 実験方法 可視化実験には、長さ 6.2m、高さ 0.45m、幅 $B=0.15\text{m}$ の二次元風洞水槽 (Tank S) ならびに観測部が長さ 5.0m、高さ 0.40m、幅 $B=1.2\text{m}$ の平面風洞水槽 (Tank L) を用いた。小型風洞水槽 (Tank S) の模式図を図-1 に示す。Tank S では水深 h を 6, 3, 2cm, Tank L では 16, 8, 4, 2cm と変えることにより、Run1~7 までの 7 種類の実験を行った。実験条件および代表諸量を表-1 に示す。可視化のトレーサーには、粘性の高い白色のコンデンスミルクを用いた。送風開始前に水槽の横断方向にトレーサーのラインを引き、風の送風開始を $t=0\text{s}$ としてストリーク・パターンが安定するまで写真撮影を行った。トレーサーのラインを風上端から 3.5m の位置に引いた。流速計測実験は Tank S を用いて行われた。図-1 に示すように、風上端から 3.5m の位置に計測断面を設定し、その断面内において合計 7 本の鉛直測線を取り、各測線上の 8~16 測点において流速計測を行った。流速ならびに風速の計測には二成分レーザー・ドップラー流速計を用いた。風波の測定には容量式波高計を用いた。水深 h を 20, 15, 10, 5cm と変化させ、平均風速 U_m は 5.0, 7.5, 10.0m/s と変化させることで、Run1~12 までの 12 種類の実験を行った。実験条件および代表諸量を表-2 に示す。

3. 実験結果および考察 写真-1 は Run1 における十分発達したストリーク・パターン ($t=90\text{s}$)、写真-2 は Run5 にパターン ($t=220\text{s}$) である。写真-1 ではストリークのところで上昇流となる二次循環流が 2 対、写真-2 では 6 対の二次循環流が形成されていることが推測される。図-2 は、ストリークの間隔 S と水深 h との関係をまとめたものである。図中の○は Tank S、●は Tank L における実験結果を示す。この図から $S=2.5h$ という関係式が導かれ、二次循環流の間隔は水路幅 B には依存しないことがわかる。図-3 ならびに図-4 は、Run6 における水平流速 U の鉛直プロファイルと、時間平均データから横断面の平均量を除去した二次循環流の鉛直流速成分 $\tilde{W}$ の鉛直プロファイルである。図-3 から、水表面近傍では風下方向に吹送流が、底面近傍ではその補償流が形成されていることがわかる。図-4 では、横断面内の中央部で上昇流、壁面に近づくにつれて下降流といった二次循環流が形成されていることがわかる。この循環流によって、水表面付近の正の運動量をもった流体が壁面近傍で下降し、底面付近の負の運動量をもった流体が中央部で上昇することで、 U のプロファイルが三次元構造を持つ原因となっている。流速の時系列データから時間平均値を除去した変動流速成分 u の周波数スペクトルに、高周波カットオフフィルターをかけることで、 u をさらに波動成分 $\tilde{u}$ と乱れ成分 u' とに分離した。また変動流速成分 w についても同様の処理を行い、それぞれのコスペクトルをとることでレイノルズ応力を算出した。その結果を図-5(a), (b), (c) に示す。これらの図から、全レイノルズ応力は水表面近傍以外では二次循環流の中心付近の水深で最大値をとること、またレイ

Keywords : 浅海域, 二次循環流, 吹送流, 乱流

〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1, Tel. 092-583-7473, Fax. 092-592-8447

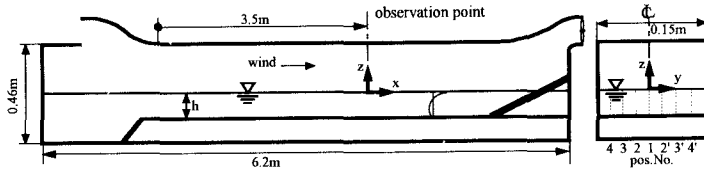


図-1 実験水槽の模式図 (Tank S)

表-1 実験条件および代表諸量 (可視化実験)

Run	Tank	h (cm)	B/h	Um (m/s)	u _w (cm/s)	Streak S (cm)	S/B
1	S	6	2.5	8.47	0.865	1	15.0
2		3	5	9.78	0.987	2	7.5
3		2	7.5	9.55	0.754	3	5.0
4	L	16	7.5	10.03	-	3	40.0
5		8	15	8.13	-	6	20.0
6		4	30	7.22	-	12	10.0
7		2	60	6.84	-	24	5.0

表-2 実験条件および代表諸量 (計測実験)

Run	h (m)	B/h	Um (m/s)	u _w (m/s)	u _w (m/s)	H (cm)	fp (Hz)
1	0.05	3.00	4.66	0.330	0.0114	0.377	4.88
2			7.04	0.505	0.0175	0.975	3.78
3			9.33	0.745	0.0258	1.193	2.75
4	0.10	1.50	5.15	0.341	0.0118	0.551	4.82
5			7.79	0.603	0.0209	1.040	3.60
6			10.32	0.997	0.0345	2.010	2.87
7	0.15	1.00	5.29	0.320	0.0111	0.550	5.19
8			8.08	0.590	0.0205	1.084	3.42
9			10.62	0.893	0.0309	2.290	2.75
10	0.20	0.75	5.67	0.351	0.0121	0.490	4.46
11			8.70	0.604	0.0209	0.983	3.42
12			9.97	0.798	0.0276	2.930	2.56



写真-1
可視化実験結果
(Run1)

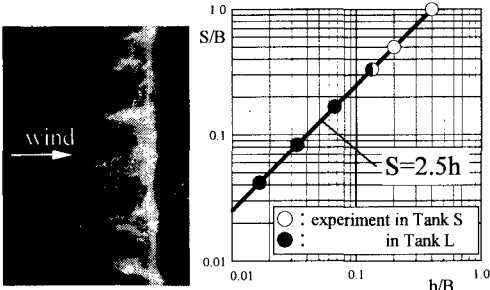


写真-2
可視化実験結果 (Run5)

図-2 S/Bとh/Bの関係

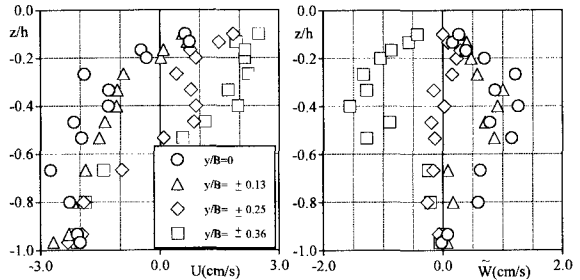


図-3 Uの鉛直プロファイル
のy方向の分布

図-4 $\tilde{W}$ の鉛直プロファイル
のy方向の分布

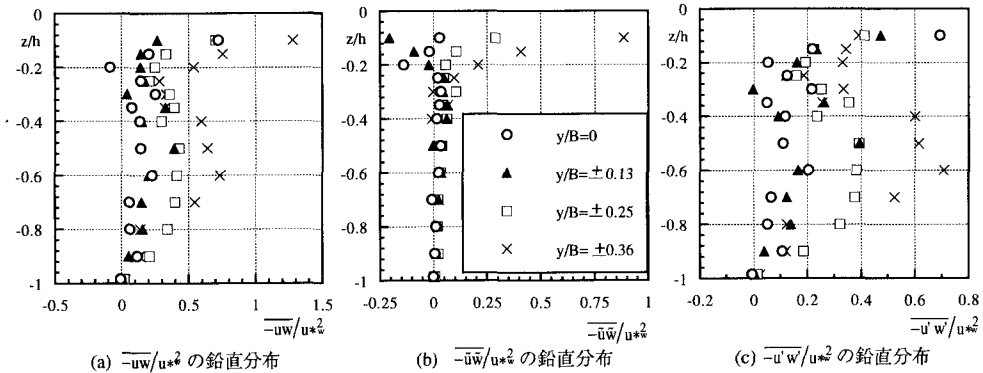


図-5 レイノルズ応力の鉛直分布

ノルズ応力の大部分が波動成分ではなく乱れ成分によるものであることがわかる。

<参考文献>

1) 灘岡和夫・内山雄介(1997): 吹送流による沿岸境界近傍の縦渦構造の形成と物質混合過程に関する検討, 第44回海岸工学講演会論文集, pp.421-425