

II-241 砕波帯に放出された表層密度噴流に関する実験

東京大学工学部 学生会員 中西浩和
横浜国立大学工学部 正会員 柴山知也

1. はじめに

海城への温排水の放流、河川水の流出、下水処理水の放流等の表層密度噴流が砕波帯に放出される場合について噴流の軸流速の遅減に注目し、その挙動を実験的に検討した。温排水に関する研究は数多く行われているが軸流速を詳細に測定したものは例が少ない。

2. 実験

実験は長さ607cm、幅120cm、深さ25cmの広幅造波水槽を用いて行った。この水槽に砕波帯幅を広くとるために沖側に岸側に1:29.7の複合斜面を設置した。波は周期 $T=0.96s$ 、一様水深部(水深23cm)での波高 $H=1.50cm$ の一種類とし、汀線に直角に入射させた。また噴流も汀線に直角に放出されるものとした。(図-1参照) 放出水は幅1.50cmの開水路から放出し、その水温を変えることにより放出口での密度フルード数 F_{do} を $9.46 \sim \infty$ の間で変化させて実験を行った。

流速の測定は、ファイバータップのブロープを取り付けたLaser-Doppler流速計を用いて図-2に示す測定点について行い、得られたデータはAD変換を施して処理し噴流軸流速の定常成分の水面付近及び水底付近での岸沖方向の分布と幾つかの点での鉛直分布を求めた。また放出水の中にウランを混入し、平面的に放出水が拡散する様子を35mmモータードライバカメラで撮影し、図化した。

3. 実験結果及び考察

砕波帯に表層放出された密度噴流の挙動に影響を及ぼす因子としては以下のものが挙げられる。

- ① 環境水と放出水の密度差に基づく浮力
- ② 放出水のもつ運動量
- ③ 水底勾配の存在
- ④ 砕波帯の効果(この中には、i)波による質量輸送、ii)砕波による乱れ、が含まれる。)

本実験ではこれらの因子のうち特に③④に着目し検討した。

(1) 噴流軸流速の遅減

波が存在しない条件下で表-1の実験ケースについて水面付近($z \approx 0.20cm$)において噴流軸流速(u_c)を測定した結果を図-3に示す。尚、図中の直線I、IIは均質な流体中の自由噴流の軸流速の遅減の理論値で直線Iは3次元噴流($u_c \propto x^{-1}$)、直線IIは2次元噴流($u_c \propto x^{-1/2}$)に関するものである。

第一にcase A-1についてその分布が直線となっていないことに注目すると、これは $x=20cm$ 程度までは水深が約1cm以下と小さいので噴流が底面の影響で2次元的となり、また $x=20cm$ 以上になると水深が噴流厚に比して大きくなるため噴流は3次元的なものになるからであると考えられる。case A-2においては各測定点においてその値がcase A-1の値より小さく値を結んだ線は直線Iに近いことが分かる。これは密度差による浮力により噴流は上層に集中し、下からの連行により噴流の体積が増加し、噴流のもつ運動量は変化しないため軸流速の遅減が促進されるからである。また、case A-3の場合はcase A-2の場合より密度差が大きいため噴流は3次元的であるがその分布はcase A-1により近いものとなっている。これは、Ellison-Turner(1959)の行った実験結果、即ち層平均リチャードソン数(Rio)が増加すると連行量が減少することにより説明できる。

(2) 波が存在しない場合の噴流の拡散

図-4(a)(b)(c)に波が存在しない場合の噴流の拡散状況を表-2のケースについて示す。各ケースともに放出開始を $t=0$ にとり12秒間隔で写真撮影したものを図化してある。噴流幅及び染料先端の位置に着目し同時刻におけるそれらと比較すると、噴流幅についてはcase B-2, case B-1, case B-3の順に小さくなり、逆に染料先端の位置についてはこの順に大きくなる事が分かる。これらの観察結果はIの軸流速の測定結果と良く整合していると言える。

(3) 波が存在する場合の噴流の拡散

図-5に波が存在する場合の噴流の拡散状況を表-3のcase C-2について示す。砕波帯内では、質量輸送速度は水面で岸向き、水底面で沖向きであるため環境水との密度差が大きいほど水表面付近の岸向きの質量輸送の影響を強く受け沖への拡散が抑制されると予想される(柴山ら(1986))。しかし本実験ではcase C-1とcase C-2の間に波が存在しない場合ほどの密度差による顕著な差異は見られなかった。これは本実験ケースの砕波帯内では波峰前面に強い乱れが存在しているため水面からの擾乱が大きく環境水と放出水の密度差が失われるからであると考えられる。

参考文献

- 1) Ellison, T.H. and J.S. Turner: Turbulent entrainment in stratified flows, J. Fluid Mech., Vol. 6, pp. 423~448, 1959
- 2) 柴山知也・堀川清司・益山雅行: 砕波帯に放出された表層密度噴流に関する一実験, 第41回年次学術講演会概要集2, pp. 679~680, 1986

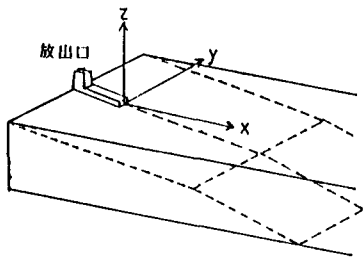


図-1 実験装置概観図

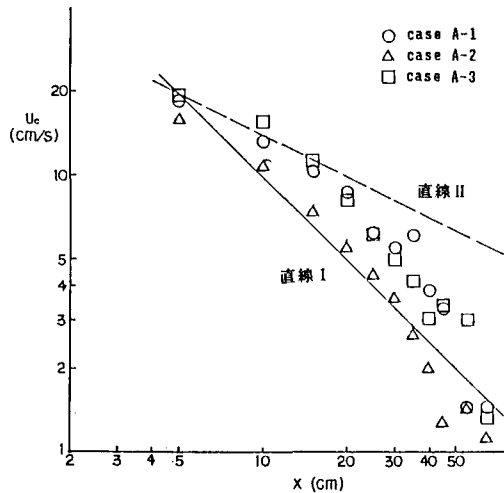


図-3 軸流速の減衰

表-1 噴流軸流速の測定ケース

case	T_w	T_o	ΔT	Q_o	h_o	u_o	Fdo
A-1	19.5	19.8	0.3	16.60	0.67	16.51	∞
A-2	17.3	24.4	7.1	16.42	0.67	16.34	16.32
A-3	20.3	35.2	14.9	16.75	0.63	16.62	10.34

表-2 波が存在しない場合

case	T_w	T_o	ΔT	Q_o	h_o	u_o	Fdo
B-1	21.0	21.1	0.1	16.63	0.68	16.50	∞
B-2	16.5	25.5	7.0	16.90	0.66	17.07	16.85
B-3	19.5	35.4	15.9	16.55	0.66	16.23	9.46

表-3 波が存在する場合

case	T_w	T_o	ΔT	Q_o	h_o	u_o	Fdo
C-1	19.6	19.8	0.2	16.57	0.64	17.26	∞
C-2	19.8	34.5	14.7	16.55	0.65	16.97	10.57

T_w : 環境水温 ($^{\circ}\text{C}$), T_o : 放出水温 ($^{\circ}\text{C}$), $\Delta T: T_o - T_w$ ($^{\circ}\text{C}$)
 Q_o : 放出流量 (cm^3/s), h_o : 放出口での水深 (cm)
 u_o : 放出口での流速 (cm/s), Fdo : 放出口での密度フルード数

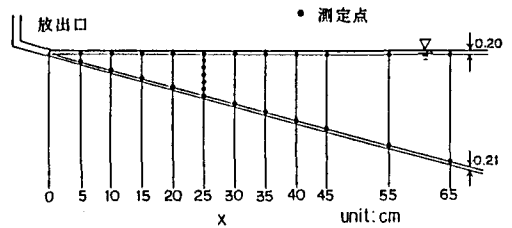
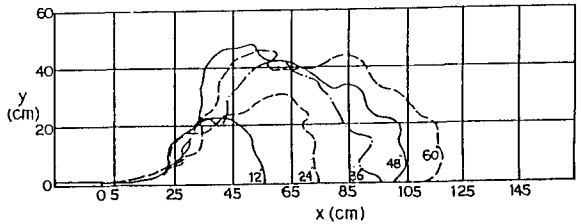
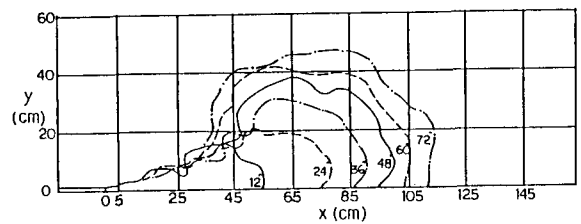


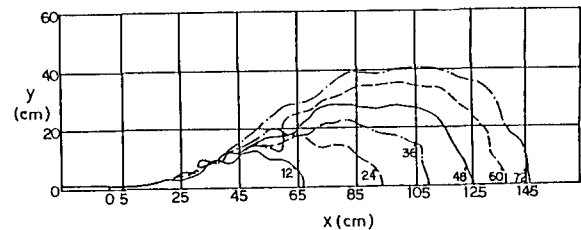
図-2 流速測定点の配置



(b) case B-2 ($Fdo=16.85$)



(a) case B-1 ($Fdo=\infty$)



(c) case B-3 ($Fdo=9.46$)

図-4 波が存在しない場合の噴流の拡散

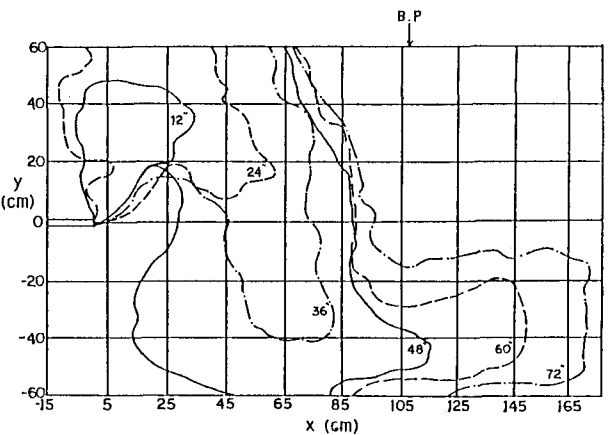


図-5 波が存在する場合の噴流の拡散
(case C-2, $Fdo=10.57$)