

非定常塩水楔の河口流出流の可視化

東京電機大学 学生員 ○川合 良昌
 東京電機大学 正会員 橋本 彰博
 東京電機大学 正会員 有田 正光

1. はじめに

河口部における塩水の遡上距離は河川流量の大きさに加えて、海域の密度分布の影響も強く受けている。そのため、海域に流出する河川水と海水の混合機構を明らかにすることは重要な研究テーマと考えられる。一方、沿岸域に排出された温排水の拡がりには周期的な密度フロントが形成されることが明らかにされている¹⁾。この周期的に発生する密度フロントが沿岸域の生態系に及ぼす影響が懸念されている。従来から、河口流出水の挙動に関する実験、現地観測および数値シミュレーション等、様々な研究がなされてきたものの²⁾、潮汐を伴う非定常状態の河口流出流に関する知見は今のところあまり無い。そこで、本研究では潮汐変動を伴う河口流出について可視化実験を実施した。

2. 室内実験の概要

実験装置は図-1 に示すようなプランジャータイプの潮汐発生装置を有した水槽で、幅 0.05m、高さ 0.2m、長さ 4m のアクリル製水路（河道部）と縦 2m、横 7.5m、高さ 0.5m の水槽（海部）からなる。水路と水槽の接続部分を原点（河口）とし、そこから上流方向に x 軸、鉛直上方に z 軸をとった。実験では、水温を変化させることで密度を調整した。また、潮汐を発生させてから、潮汐周期以上のタイムスケールで現象に変動がなくなったことを確認した後、実験を開始した。可視化実験は、河川部から海域部に流出する温水をウランインで着色し、水槽の下から海域に流出する温水の中心にスリット光をあてて、その様子をデジタルビデオで縦断面方向に撮影しその画像を考察した。今回行った実験の諸条件を表-1 に示す。

3. 河口の可視化

3-1. 定常の場合

図-2 は定常状態(Run1)における写真で、図中の着色された部分が河川水である。定常状態では河口の温水層厚が 1.2cm であり、温水の水平方向の拡がりに伴って温水層厚が減少し、密度界面が不安定化している。密度界面は常に波状にうねり、河口から 10cm 付近で鉛直下方に反時計回りの

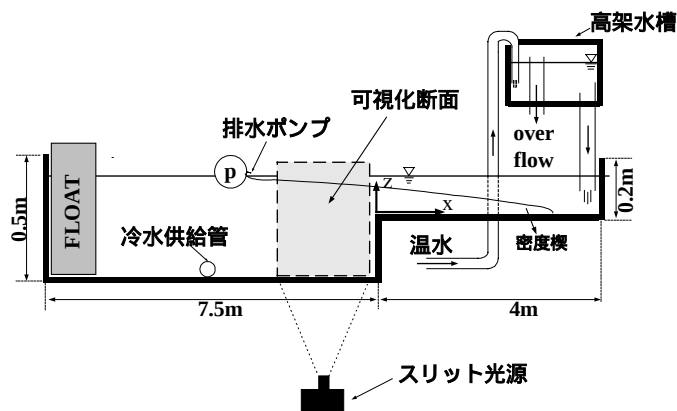


図-1 実験装置

表-1 実験条件

実験ケース名	潮汐周期 (s)	潮位振幅 (cm)	温水 (°C)	冷水 (°C)	温水流量 (cm³/s)	ρ (g/cm³)	Fd
Run1	0	0	39.5	9.4	51.87	7.34×10^{-3}	0.343
Run2	200	1.4	38.0	9.3	53.09	6.79×10^{-3}	0.364
Run3	200	2	39.7	9.7	52.72	7.39×10^{-3}	0.347
Run4	200	1.4	54.5	12.0	76.28	1.38×10^{-2}	0.486

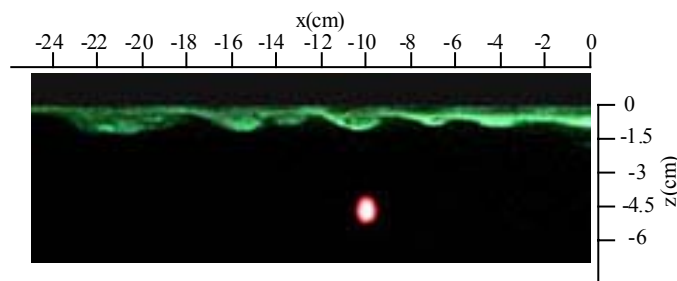


図-2 河口から流出した温水の流況

定常状態(Run1)

小さい渦を巻いている様子が確認できた。渦は河口から 10cm 付近で 1 秒ごとに発生し、沖に進んでいく。河口から 10cm 付近で発生した渦は、他の渦と融合合体して、河口から 30cm 付近で渦の大きさが発生時の約 2 倍となって壊れる。定常状態ではこの渦の形成と合体が連続して見られた。

3-2. 非定常の場合

図-3 は非定常実験における水位変動、図-4 は河口の縦断面写真を示す(Run2)。まず、満潮から下げ潮開始時では(図-4(a))、河口より 20cm 付近において最初に渦が発生する。これは下層流速が静止するのに伴って上層水の沖合への進行が開始するが、このとき発生する密度カレントの先端部

によるものである。その後、下げ潮最強時になると(図-4(b))、河口から流出する上層水は噴流として海域に拡がるので上・下層の流速差が大きくなる。これに伴い、密度界面の崩壊と渦の発生、および大規模な上・下層の混合が引き起こされている。そして干潮時では(図-4(c))、下げ潮最強時に発生した大規模な密度界面崩壊の名残としての崩れた形状の渦が観察される。上げ潮最強時には(図-4(d))、下層はポテンシャル流として河道内に侵入するので上・下層の流速差は小さく密度界面崩壊は生じず、上層には安定した密度楔が形成されている。

4. 河口の密度界面の鉛直分布

次に河口の密度分布の変化について考察する。図-5は潮汐を与えた実験時(Run4)の河口から20cmと5cm地点の密度分布を示している。河口から20cm地点(図-5(a))の、密度分布の勾配は緩やかであり、水深方向の変化が小さくなっている。これは下げ潮期間における渦の発生による上層と下層混合に基づくものと考えられる。これに対して、渦の発生が認められなかった河口から5cm地点(図-5(b))では、下げ潮から干潮にかけては河川水の流出により河口の温水層が厚くなるので上層の密度が低下している。しかし、上げ潮時と満潮時には下げ潮時・干潮時に比較して、水深0.5cm、1.0cmにおいて密度が上昇しているが、これは沖で下げ潮期間に発生した渦により混合された水が潮汐によって河口に押し戻されたために生じた密度変化であると考えられる。

5. まとめ

河口域で定常状態・非定常状態における可視化実験を行い、密度界面での渦の発生を観察した。特に非定常における渦の発生と消失のプロセスを明らかにしたが、これは海域の成層状態を論ずるために重要であり、さらに追加的検討が必要である。また、観察した渦と温排水の拡がり中に報告されている周期的な密度フロントの関係についても検討を進めたい。

参考文献

- 1) F.L.Scarpace and T.Green: Dynamic Surface Temperature Structure of Thermal Plumes, Water Resources Research, Vol.9, No.1, pp. 138-153, 1973.
- 2) 例えば中辻ら: 三次元表層流の数値実験, 土木学会論文集, No.434/ -16, pp.19-28, 1991.

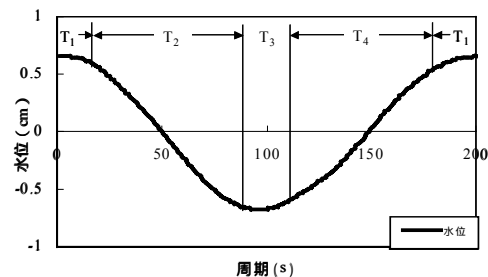


図-3 水位変動と渦の関係

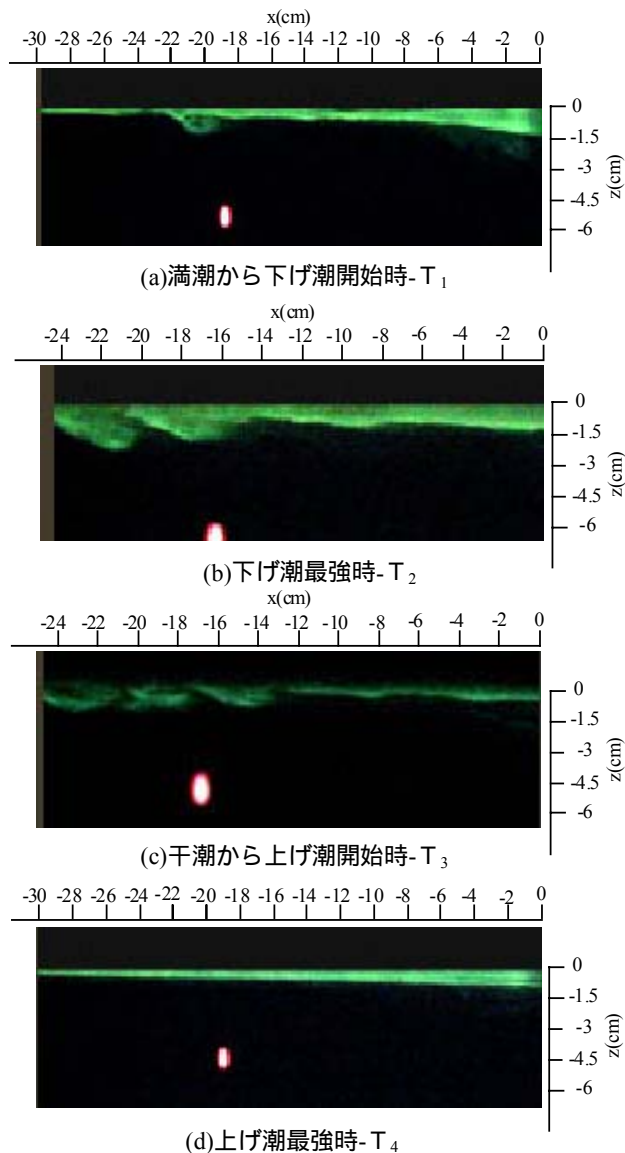


図-4 河口から流出した温水の流況
非定常状態(Run2)

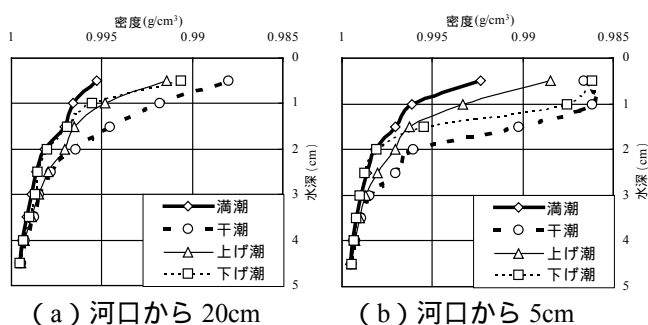


図-5 河口の密度分布 (Run4)