

東京工業大学工学部 正会員 角田 学  
 東京工業大学工学部 正会員 福岡捷二  
 東京工業大学大学院 学生員 坪田勝幸  
 東京工業大学大学院 学生員 間辺本文

1. まえがき 河川水と海水が接触する河口では、大規模な渦運動が起きている。この大規模渦運動によって、河川水は河口で海水と混合し、希釈された海水は河口付近に滞留する。その結果、河口の密度分布が変化し、塩水楔を規定する境界条件が変わる。河口の境界条件は、塩水楔の侵入長さ、厚さ、及び楔内の流動を決定する重要な要因である。本研究は、河口条件の変化によって、塩水楔がどのように応答し、楔内の流動がどのような構造を持つかを調べることを目的としている。

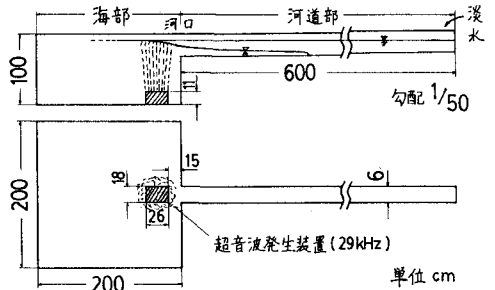


図1 実験装置

2. 実験方法 実験装置は図1に示したアクリル製河道部(勾配1/50)とベニヤ板製海部から構成される。河口付近の大規模渦運動による混合現象を、超音波発生装置<sup>\*</sup>でつくられる強制上昇流及び乱流で模擬した。実験条件を表1に示す。希釈された塩水は楔内に侵入し、中間層を形成する。中間層は色素(フルオレセイン・ナトリウム)で着色することにより可視化した。流速の測定には色素気泡法を用い、中間層の先端付近の流速分布形は、過マンガン酸カリの粉末を落とし、その軌跡を追うことにより確認した。密度の測定には導電率計を用いた。塩水楔長さ及び界面形状は実測により求めた。

Run No.	Q (cm/s)	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_r$ (g/cm <sup>3</sup> )	T <sub>1</sub> (°C)	$\epsilon$	Re	超音波出力 (W)
1	100	1.0029	0.9999	8.4	$3.0 \times 10^{-3}$	1217	80
2	101	1.0031	0.9998	9.3	$3.3 \times 10^{-3}$	1256	300
3	139	1.0072	0.9995	12.3	$7.7 \times 10^{-3}$	1883	280

表1 実験条件

3. 実験結果及び考察 (Run 1, 2)

(1) 河口の密度分布の変化による塩水楔の応答 図2は超音波を発生させない状態の時 (t=0) と発生させた後の河口の密度分布の変化を示す。楔が定常状態に達した後、海部で大規模な乱流を与え始めると、図2に示すように、塩水は海の界面近傍から徐々に希釈され、密度の遷移する範囲は時間と共に大きくなる。すなわち、希釈流体の層厚が増大し、河口断面での塩水楔の密度が定常状態での塩水の密度より小さくなる。従って、楔界面に作用する流下方向の圧力が相対的に大きくなるため、図3に示すように、塩水楔は時間と共に河口側に移動し、境界面も全般的に低下する。

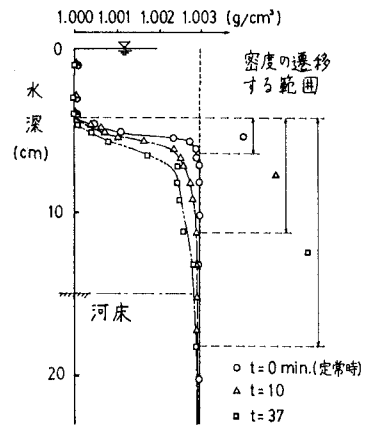


図2 河口の密度分布の変化 Run 1

(2) 塩水楔内の流小性状 密度減少により河口での圧力が低下すると、図4(a)に示すように、楔内の圧力が相対的に大きくなるため、楔底面付近の塩水は河口側に流小る。この時、連続条件を

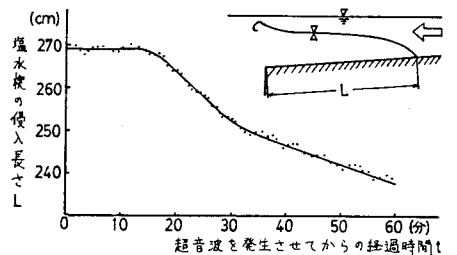


図3 塩水楔先端の下降 Run 1

\* 嶋・権<sup>2)</sup>は、河道部に超音波発生装置を設置し、塩水の拡散現象を調べている。

満たすように、河口部の希釈流体は、もとの密度の塩水の上を通り河道内へ侵入する(図4(b))。

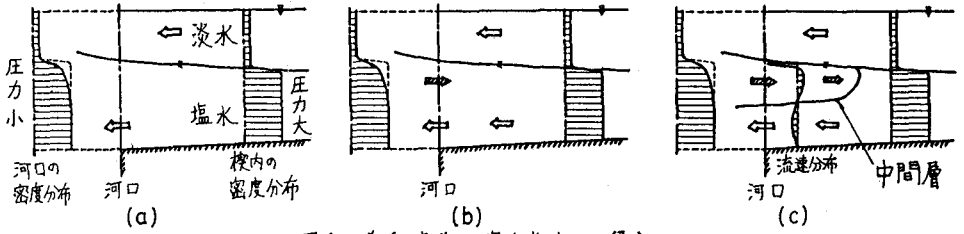


図4 希釈流体の塩水楔内への侵入

その結果、楔内に希釈流体によって占められる層、すなわち中間層が形成される(図4(c))。中間層の先端部は、周囲の塩水と混合しながら侵入する。このため、中間層の先端部は明確な形状を示さない。図5に示すように、中間層先端の流体は、楔内の密度の大きい塩水と混合して密度がやや大きくなり、一部はさらに上流に進み、一部は中間層の下側を河口側に流れ、河口から海へ流出する。河口部で希釈された塩水は、河口から絶えず楔内へ供給される。従って、中間層の侵入に伴って上述のような混合の過程を繰り返しながら、楔内の塩水の密度は河口近傍から楔先端部へと徐々に減少していく。図6は中間層が形成されているときの楔内の等密度線の概略を示したものである。図に示す $P_5$ に最も近い等密度線は、目視による中間層の形状とほぼ同様の形状を示している。

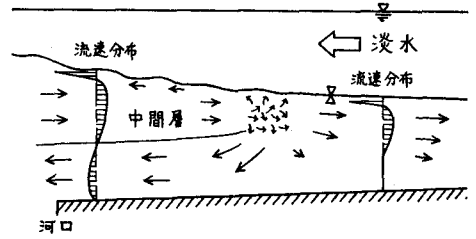


図5 中間層先端付近の流れ

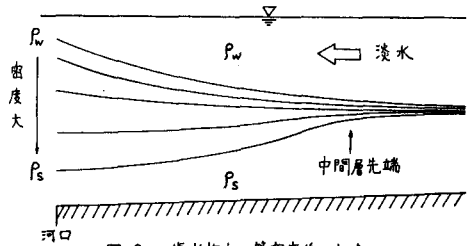


図6 塩水楔内の等密度線の概念図

(3) 境界面の波 中間層が発達するにつれて注目すべきもう一つの現象に境界面の波がある。本実験条件下の定常時には、界面波はごく稀に塩水楔の先端から発生するにすぎない。しかし、中間層が発達に伴って界面波も発達する。界面波が顕著に観察されるのは、中間層が反転している領域で、河口に近づくにつれて界面波は大きくなる。図7に界面波の発生の様子を示す。希釈流体は界面の近傍を中間層として上流へ侵入する。従って、中間層がない場合に比して淡水との密度差が小さくなる。また、淡水との相対流速が大きくなり、界面でのせん断力が増加する。このため中間層と淡水との界面には大きな波が起きる。(2)(3)で述べた、中間層の発達による楔内の密度の減少、流速分布の変形、及び界面波の発生は、塩水楔の河口側への移動を促進する。

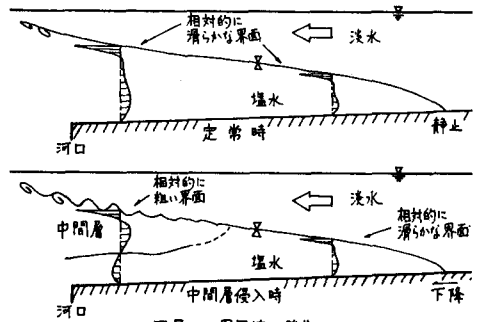


図7 界面波の発生

4. Run3の考察 本ケースのように塩水の密度が大きい場合でも、塩水楔内に形成される中間層の侵入とそれに伴う楔の流動様式は、Run1,2と同様である。しかし、定常状態の塩水の密度が大きいため、Run1,2に比して、塩水の密度の減少割合は小さい。このため、中間層が発達しても塩水楔の河口側への移動量は小さい。

5. あとがき 塩水楔に関する研究には河口条件が定常なものが多い。本研究では、河口の境界条件の変化による楔の応答を実験的に調べることにより、種々の興味ある知見が得られた。現段階では、定量的な議論には至っていないので、今後さらに詳細な実験を行ない検討していきたい。

参考文献 1) 須賀堯三：土木研究所資料第1537号，1979

2) 嶋祐之・権貝博美：第9回水理講演会講演集，1965