

II - 22

小川原湖に侵入する塩水密度流の現地観測

東北大学工学部 学生員 ○小沢康彦
 東北大学大学院 学生員 板井雅之
 東北大学工学部 正員 石川忠晴

1. はじめに

汽水湖の水理環境は塩分の微妙な流動と混合の上に形成されている。したがって環境評価を行う上で、海水が侵入し、混合・希釈され、成層を形成する過程を把握しておくことが重要である。本研究では、青森県小川原湖において、侵入した海水が形成する底層密度流の連行過程を観測し、解析した。

2. 観測の概要

現地観測は1990年12月1日に行われた。測定項目は、流速・塩分及び水温の鉛直分布である。なお観測点の位置出しは船に取り付けてあるレーダーで行った。

図-1に小川原湖の平面形と観測位置を示す。図中の破線はみお筋を表わしている。図-2-1は湖水位と高瀬川河口水位、及び予報満潮位を示している。観測日前後の数日は台風28号の通過に伴い海岸波浪が高く、河口水位が異常に上昇した。このため常時より多量の海水侵入が認められた。図-2-2は建設省観測所の水深15.6mにおける塩分密度の測定値である。河口水位の立ち上がりから4~6時間遅れで塩分値が上昇している。これが底層密度流の通過を示していると思われる。観測日は朝から強風が吹き続き、日中の観測はできなかった。しかし日没後に風が止んだので、夜間に測定を行えた。観測時間帯は図-2-2に示されている。本観測では減衰部のほぼ定常な流れがとらえられた。

3. 観測結果及びデータ整理方法

図-3-1に塩分・水温の鉛直分布を、図-3-2に底層密度流の流下方向を正に取った流速分布を、みお筋に沿った縦断面図上に示す。塩水流は明確な界面を形成して流れ下っていることがわかる。流下に伴い層厚が若干増え、塩分、流速は減少している。

流速測定を行ったB、C地点について、みお筋と直角方向の断面図を作成し、観測された塩分と流速が断面内で水平方向に一定だと仮定して、流量・塩分通過量・平均塩分量・平均流速等を求めた。また2断面の流量差を断面間の塩水界面の水平面積で除し、連行速度を求めた。

4. 考察

上に述べた方法で求められた連行速度を、Ellison & Turner⁽¹⁾の実験結果とともに図-4に示す。図中の連行係数とリチャードソン数の定義は同文献に従っている。なお図中の実験値は、同文献記載の数値を同

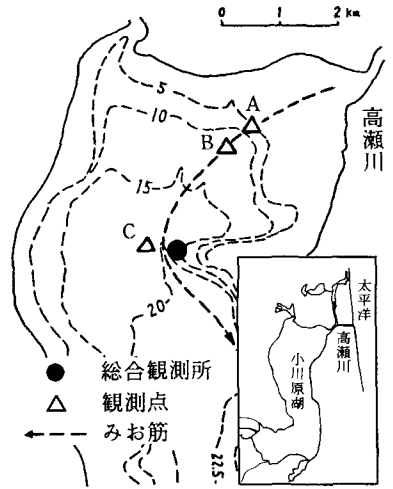


図-1 小川原湖の平面形と観測位置

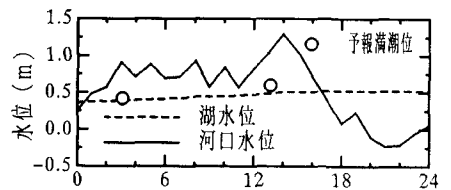


図-2-1 湖水位と高瀬川河口水位

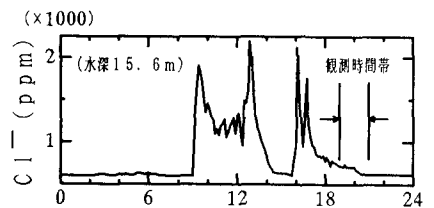


図-2-2 総合観測所塩分密度

条件のいくつかのRunについて平均したものである。また現地の値が二つ記入されているが、これは算定された連行速度（一つ）の無次元化及びリチャードソン数の算定にあたって2断面の値を別々に用いたためである。現地観測から得られた値はEllison & Turnerの実験結果の丁度延長線上にある。これから、連行則として次式を得た。

$$E = 0.005/Ri \quad (1)$$

さて、密度流の運動方程式を積分して変形すると次式が得られる。

$$S_2 Ri \tan \alpha - C = (1 + \frac{1}{2} S_1 Ri) \cdot dh/dx - f(Ri)h \cdot dRi/dx \quad (2)$$

ここに S_1, S_2 は密度分布に関する係数で1よりやや小さい値をとる。 α は湖底の勾配、 C は湖底の摩擦係数($\tau/\rho = CV^2$)である。密度流が平衡状態に達すると右辺第2項が消失し、その時の平衡リチャードソン数が次式から求められる。

$$\frac{S_2 Ri \tan \alpha - C}{1 + \frac{1}{2} S_1 Ri} = \frac{dh}{dx} = E = \frac{0.005}{Ri} \quad (3)$$

密度分布形として指数分布を仮定し、(3)式を Ri について解くと、図-5の曲線を得る。 $C =$

$0.03 \sim 0.04$ とすると実験結果及び現地観測結果とよく一致することがわかる。この値は通常の乱流抵抗からすると大きく思える。しかし、図-3-2に示した流速分布からわかるように、底層密度流の平均流速 V は湖底面上流速の数分の1であるから、実際はそう不自然な数値ではない。

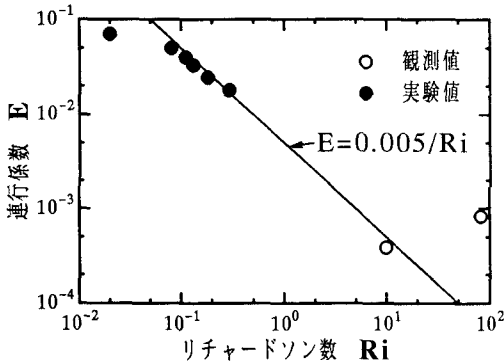


図-4 連行速度

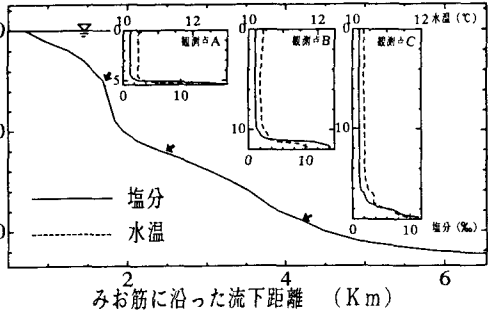


図-3-1 塩分・水温の鉛直分布

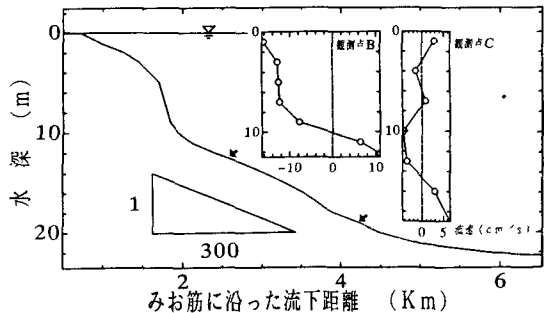


図-3-2 底層密度流の流下方向を正に取った流速分布

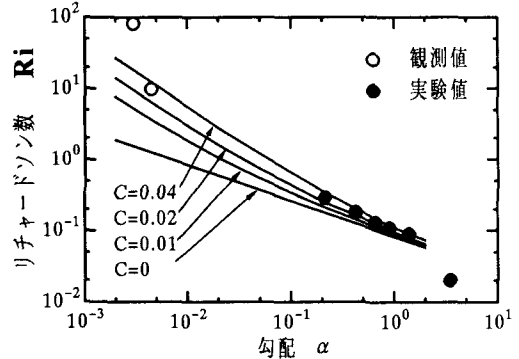


図-5 リチャードソン数と勾配の関係

本観測を行うに当たり、建設省高瀬川工事事務所、小川原湖漁業協同組合にお世話になった。また、東北大学河川水理学研究室の諸氏にご協力を頂いた。記して謝意を表する。

【参考文献】

(1) Ellison T.H. & Turner J.S.: Turbulent entrainment in stratified flows, JFM, vol. 6, pp. 423~448