

京都大学工学部 正会員 工博 合田 健
同 同 工修 森下 英昭

1 概 説

河口湖や海岸貯水池での塩分分布の問題を考える場合、底質、集体が透水性または半透水性物質であると、池水はそれを通しての塩分の輸送・拡散の影響を当然うける。この場合、浸透塩水は河口湖または貯水池内の流れが比較的小さければ湖水と強く混合することはなく、あるていど安定した層化流動の状態を呈する。湖内流入水量の変化により池内淡水の受ける塩分汚染は、主として界面を通しての移流、拡散による。その程度と定量的に把握する過程として、トラフ型実験水路を用い流動、塩分拡散に関する実験を行い、また、とくに淡水池への流入口近くにおける現象を説明するための理論的検討を行った。

2 実験の装置と方法

主実験水路は長さ 6 m、巾 20 cm、深さ 40 cm の矩形断面を有している。流入水路水深は 4~5 cm である。あらかじめ主水路の下層に約 10% 濃度の塩水を溜めた。塩水水深は約 20 cm である。その上を淡水を流下させた。測定は塩分濃度分布、流速分布を主体とした。塩分濃度測定には、濃度変化による抵抗値の変化を白金電極を用いて検出し、記録計に連記させた。流速分布測定は流れが 10 cm/s 内外の微流速であるため色葉を用いて写真撮影や追跡により流速を算定した。

3 実験結果

実験はリチャードソレ数(Re)がすべて 1 より小さい状態で行った。 Re 数は 3000~5000 の範囲にある。流速分布の例を図-2 に示す。塩分濃度分布として図-1 に実験値が直接記入してある。図-2 により、流程 50 cm での平均流速が、流入端での流速より減少していることは、流通断面が拡大していることを意味し、0~50 cm の区間に不等流領域が含まれる。流程 50 cm 以上では、平均流速の変化は少く擬似等流状態に移行していく。また下層において弱い逆転流の存在していることがわかる。

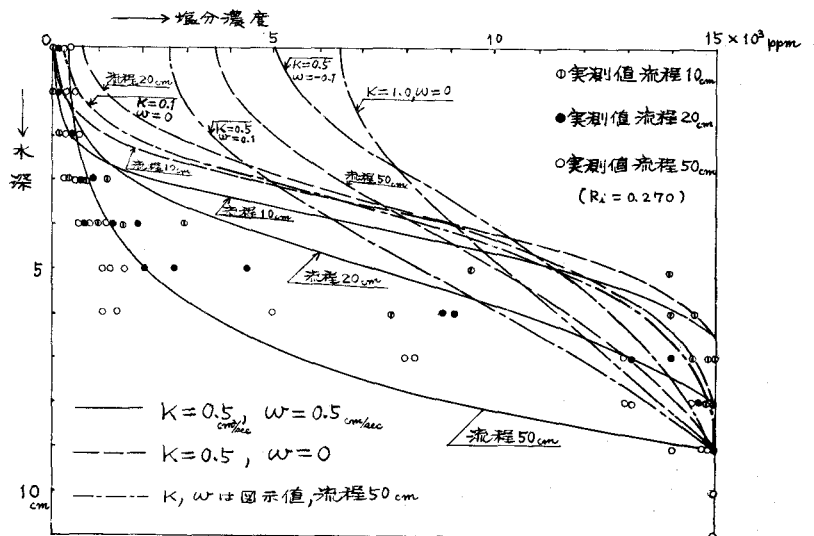


図1 濃度分布図

4 結果の解析

2次元状態であるので基礎となるべき拡散方程式は

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial S}{\partial z} \quad (1)$$

ここに、 S :塩分濃度、 u, w :水平および鉛直流速

K_x, K_z :水平および鉛直方向拡散係数

式(1)を次の考えにより簡略化する。

1) 流下淡水に混じえらる塩分の補給が、下層部に対して完全になされていないことは、現象が非定常状態であることを意味するが、実験時間が短いので、定常状態に準ずるとして扱う。

2) 実験結果から検討の結果、 $K_x \frac{\partial S}{\partial x}$ の変化は uS のそれに比し小さいので右辺第一項を無視する。よって

$$u \frac{\partial S}{\partial x} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial S}{\partial z} \quad (2)$$

境界条件は右方向に対して2つ必要であるが、一つは水表面で与えることができる。残り一つは下層での拡散をも含めた取り扱いをするか否かによって異なる。本研究では近似的に濃度が下層塩分濃度に等しい位置をもって境界面と考えた。したがって境界条件は右方向に対しては、流入端において、淡水がもつ塩分濃度を与えることによりすべて求まった。境界が曲線状であるため式(2)の解を差分計算により求めた。数値解を次に示す各 case のつぎのと。

case I $u = u(x)$ $w = 0$ $K_z = \text{一定}$

水平流速は断面平均値を用い、流速が流下方向に減少する効果を考えている。拡散項におよぼす w の影響は小さいと考えて $w = 0$ とする。 K_z は場所的に変化するはずであり、これについては別に検討を行う、ているが省略し、こゝでの差分計算では一定としてとり扱う。えられた数値解の例と実験値の比較を図-1に示す。

case II $u = u(x)$ $w = \text{一定}$ $K_z = \text{一定}$

実験では流下方向に上層部の平均流速が減少して鉛直下向流が存在を暗示している。しかし下層に出ている逆転流が流入端近くで上昇流に転じることを考えれば、上層においても境界面近くで上向流の存在の可能性がある。一方式(2)の右辺は $\frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial S}{\partial z} + K_z \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$ と変形できるから、 $\frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial S}{\partial z}$ はみかけ上 w が存在していることに対応している。それゆえ、 K_z を一定とした場合、 w には純然たる鉛直流速の意味以外の要素も含んでいることになる。計算ではその量的評価を段階的に知るため、 w に一定値を与えた。数値解を図-1中に示す。 $w = 0.50\%$ 、 $K_z = 0.50\%$ とした場合かなり実験値に近づくが、この結果、すでに鉛直下向流の影響が濃度分布に大きく現れるとはいえない。その理由として上述のこと以外に、省略された項の影響、境界面自体が内部波存在により時間的に変化し、徐々に低下するため、その位置が不正確であることなどがあげられよう。したがって u, w, K_z の場所的变化を論じようとする引き続き実験研究を行っている。

5 結論 淡水水が2層をなしている時、淡水池流入口付近での現象を説明するためフレイム実験を行い、鉛直流速を考慮した拡散方程式の数値解を求め、実験値と比較した。その結果、鉛直流速、拡散係数を一定とすることの効果を選択的に知り得た。

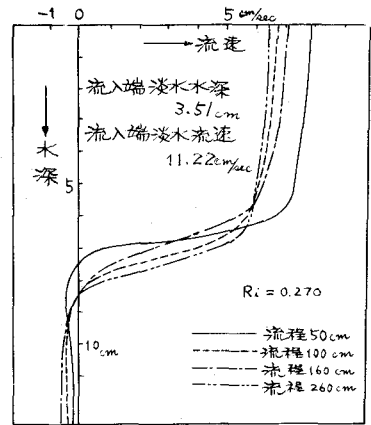


図-2 流速分布図