

II-263

傾斜湖盆上の塩分溶出により発生するブルーム

神戸大学大学院 学生員 高橋 俊之  
神戸大学工学部 正会員 道奥 康治  
大阪ガス（株） 正会員 松下 研一

1. はじめに

富栄養化により底泥が嫌気化すると様々な塩分が土壌から溶出する。急峻な湖盆地形を有する貯水池などでは、溶出塩分の重力効果によって傾斜ブルームが発生し、各種水質成分や熱を輸送する可能性がある。従来、底質との物質交換は鉛直一次元的にしか考えられていないが、閉鎖水域ではこのような熱塩ブルームによる水平方向の水質再

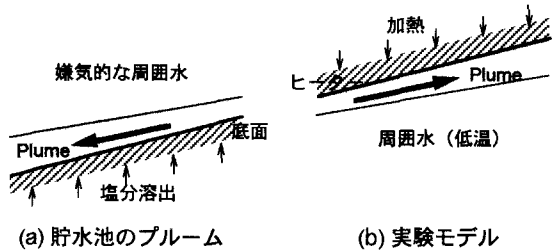


図-1 貯水池における実現象と実験モデル

配分が非常に重要になると考えられる。ここでは、傾斜湖盆上の塩分溶出により発生するブルームの実験について報告する。

2. 実験方法

実現象では図-1(a)のように、傾斜面から塩分が溶出しその比重によって傾斜ブルームが発生する。実験モデルでは浮力供給や計測操作を容易にするために、塩分浮力を熱浮力に置き換え鉛直方向に逆転した図-1(b)のような系を対象とした。実際にはヒーター面が上端にあるが、ここでは「底面」と称する。両者は力学的に相似である。ラバーヒーターを装着した長さ80cm、幅15cmの傾斜水路を幅150cm×横100cm×高さ100cmの水槽内に装着した。

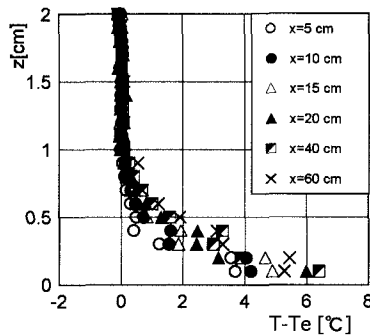


図-2 水温分布の流下方向変化

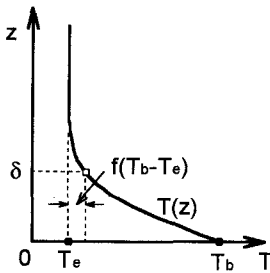


図-4 ブルーム層厚 $\delta$ の定義

傾斜面の浮力フラックス $H_s$ 、傾斜角 $\theta$ を変化させ、x-方向6断面において水温と流速の鉛直分布を熱電対と水素気泡発生装置を用いて計測した。

3. 水温分布・温度分布

図-2は流下方向の各断面における水温分布（周囲水温からの偏差）の計測例である。一定の水温勾配を有

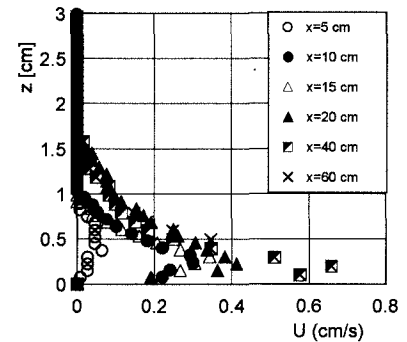


図-3 流速分布の流下方向変化

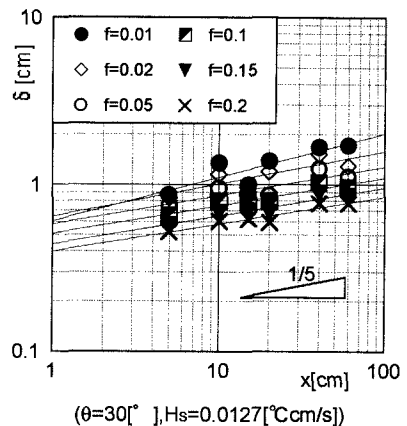


図-5 ブルーム層厚 $\delta$ の流下方向変化

キーワード：傾斜ブルーム、熱塩輸送、嫌氣的溶出、貯水池水質、密度流

連絡先（〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, Phone (078)803-6056, FAX (078)803-6069

する熱境界層が底面に沿って発達し、流下方向には水温が全体的に上昇している。同様に図-3は流速分布の流下方向変化をあらわす。水素気泡法による計測限界のためにデータはばらついているが、流速分布の概形と流下方向に加速される様子が確認できる。なお、粒子トレーサーによる画像計測や微流速計プローブによる流速計測は実験装置の構造上困難である。

#### 4. プルーム厚 $\delta$ の変化

水温分布より、底面水温  $T_0$  を外挿的に求めその  $f$  倍の水温に相当する高さをプルームの層厚 $\delta$ と定義する（図-4 参照）。図-5にいくつかの  $f$  に対し定義された $\delta$ の流下方向変化を示す。併記した  $1/5$  乗則は別途得られた理論値である。後述のように水温分布形は自己保存性を有しているの、いずれの  $f$  についてもべき乗則に大差はない。ここでは、 $f=0.1$  を採用する。

#### 5. 支配物理量による規準化と流れの自己相似性

基礎方程式より次のような代表物理量が得られた。[流速]:  $U_0 = (\alpha g \sin \theta H_s \kappa_T)^{1/4}$ , [水温]:  $T_0 = H_s / (\alpha g \sin \theta H_s \kappa_T)^{1/4}$ , [長さ]:  $L_0 = \kappa_T^{3/4} / (\alpha g \sin \theta H_s)^{1/4}$ , これらを用いて無次元化された流速  $U/U_0$ , 水温  $T/T_0$  は、流下方向距離に関するべき乗則  $[U/U_0 \sim (x/L_0)^{3/5}, T/T_0 \sim (x/L_0)^{1/5}]$  にしたことが理論解析から確認されている。よって、任意の水利条件と任意の  $x$  断面に対し、流速分布:  $(U/U_0)(x/L_0)^{-3/5}$ , 水温分布:  $(T/T_0)(x/L_0)^{-1/5}$  は変数  $\eta = z/\delta$  の関数として自己相似関数形を有すると期待できる。図-6, 7はこれらの結果をあらわし、図中の曲線は最適合曲線である。計測誤差によるばらつきを考慮すれば、流速・水温ともに自己相似性を満足すると判断できる。さらに、水温・流速の  $x$ -方向変化に関するべき乗則との適合性を確認するために、各断面の最大水温  $T_{\max}/T_0$ , 最大流速  $U_{\max}/U_0$  と  $x/L_0$  との関係を図-8, 9に示す。これからも理論解析の妥当性が検証される。

#### 6. むすび

本実験から、このようなプルームに対しても自己保存性が確認されたので、理論解析が容易になる。傾斜角や底面フラックスなどの条件が与えられれば、プルームによる熱輸送量や栄養塩など水質輸送量を評価することが可能となる。

#### 参考文献

- 1) 伊藤他：貯水池底層における物質集積と逆転水温層の形成機構，第 52 回年講
- 1) 中村他：貯水池における熱塩循環の観測，第 53 回年講

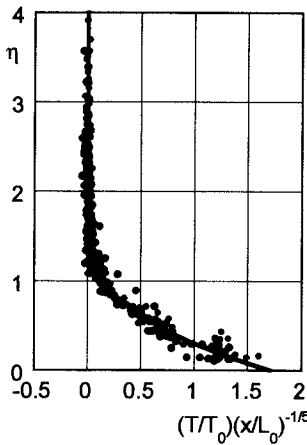


図-6 水温の自己相似分布

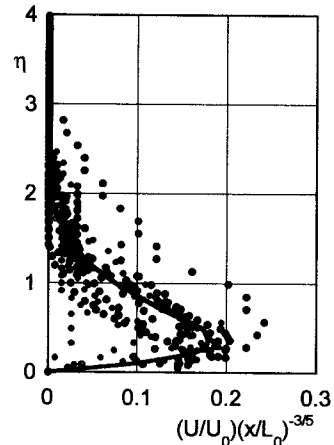


図-7 流速の自己相似分布

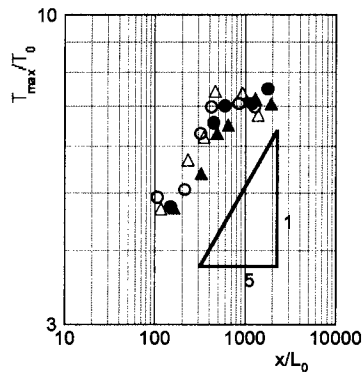


図-8 無次元最大水温( $T_{\max}/T_0$ )の流下方向変化

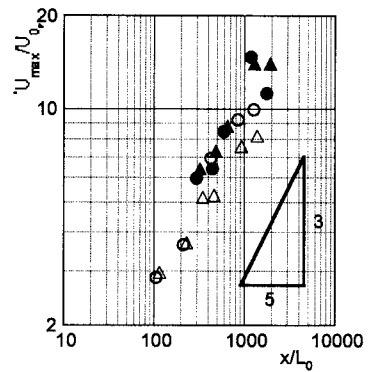


図-9 無次元最大流速( $U_{\max}/U_0$ )の流下方向変化