

大阪大学工学部 正員 村岡浩爾
同 大学院 学生員 芳田利春
同 大学院 学生員 赤井親也

序. 等密度の流体場での jet による water curtain について,¹⁾ その流速分布, 水粒子の拡散混合などを実験的に追跡してきた。今回は water curtain による水質混合の遮断という工学的意図のもとに, jet をはさんで異密度の流体場で同様の水理特性を究明しようとするものである。その概略は図-1(a)に示すように, 密度差による水平圧力により噴流軸が低密度水域に傾斜し, その結果, 特に噴流に連行される粒子がそれぞれ反対側に輸送される量が非対称となる点に工学的問題がある。

1. 傾斜噴流の数値計算 密度 ρ_a, ρ_o との差を海水と淡水の差程度のものを想定し, slit からの噴出は ρ_o の流体として, Abraham の buoyant jet の理論²⁾と図-1(a)に応用する。噴流に作用する外力は同図に示すような密度差による水平圧力であり, 噴流の物理特性に関する仮定として, (i) 噴流軸の横断方向の流速分布は Gauss 分布, (ii) 密度分布は噴流拡散幅の一端で ρ_a , 他端で ρ_o となるような二つの Gauss 曲線がなめらかに接続するものとし, 条件式は体積, 拡散物質, 運動量の保存則とすれば, 二水より, (i) 噴流軸の位置, (ii) 軸上の流速および密度の分布, (iii) 連行流速, などが数値計算できる。ここでは一例として $H_o/B_o = 50$ (H_o : 水深, B_o : slit 幅) の場合の噴流軸の傾斜についての計算結果を図-2に示す。パラメータ F は $F^2 = U_o^2 / ((\rho_a - \rho_o) / \rho_o \cdot g B_o)$, (U_o : 出口の流速) である。軸上の流速分布は free jet より小さく, F が大きくなる程 free jet に近づく。軸上の密度分布は噴流出口で ρ_o であり, 徐々に $(\rho_a + \rho_o)/2$ に近づき, F が小さい程近づきがたは早い。連行流速は free jet より小さく, F が大きい程 free jet に近い。以上の結果は水面付近(水面下約 30% の領域)では噴流の衝突による stagnation の効果が著しいので適用できない。

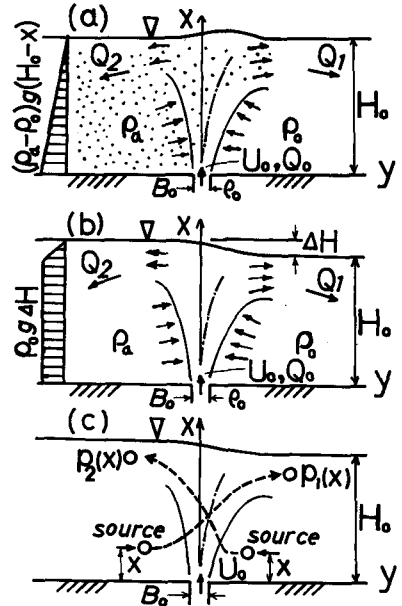


図-1 傾斜噴流の概要図

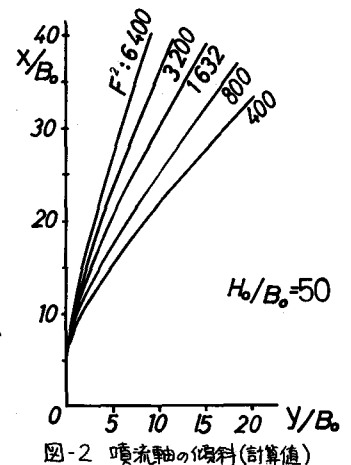


図-2 噴流軸の傾斜(計算値)

2. 等密度流体による傾斜噴流 図-1(a)のモデルを実際に実験することは不可能ではないが技術上困難である。したがって二水に代るものとして図-1(b)のモデルを考える。これは水槽の流下方向の終端で堰制御などによって強制的に左右放散流量比を変え, 噴流軸を傾斜させるものである。(b)モデルが(a)モデルと力学的に相似とみなせるためには, 次のような仮定を想定しなければならない。

(i) 生じた水位差に対応する圧力分布は図-1(a)(b)のように異なるであろうが、噴流の傾斜は両者とも滑らかであるから、同程度に傾いている両モデルの噴流場では流速分布などは近似的に同じとみなせる。

(ii) 同程度に傾いた両モデルの混合拡散の現象は、拡散物質が水粒子と異常に相異しない限り、単に噴流そのものが作り出す拡散特性によって決定されるから、両者は近似的に同じとみなせる。

3. 実験結果 前記の仮定の上に立って、等密度流体で行なった傾斜噴流の実験結果を述べる。実験装置は幅、高さ、長さが0.2m, 0.6m, 3mの水槽でその中央下部より二次元噴流を鉛直上向きに発生させるもので、流速はピトー管、拡散輸送の観測には tracer を用いた。tracer は水に不溶解の比重1の液体を注射針より注入した球状のもので、その径はおよそ2~3mmである。図-3は左右流量配分比 $\alpha (=Q_2/Q_1)$ 、相対水深 H_0/B_0 、噴流初速度 U_0 の変化による噴流軸の傾きを測定したものである。図-4は傾斜噴流の流速分布の一例である。water curtainの機能上、図-1(c)に示すように、噴流に連行される粒子がそれぞれ反対側の水域にどの程度輸送されるかという輸送確率 $p_1(x)$ 、 $p_2(x)$ が知りたい。そのため噴流拡散域のすぐ外側においた多くの拡散源から注入した各350~450個程度の tracer をシネカメラで追跡して求めた輸送確率が図-5である。以上の結果を要約すれば次の通りである。

(i) α 、 U_0 が小さい程噴流軸は大きく傾斜する。また実験誤差を考慮すれば噴流軸は水面に向って滑らかにカーブしているとみられる。

(ii) 流速分布は他の多くの実験結果をも整理して、噴流孔および水面付近を除いてほぼ Gauss 分布をしているとみなしてよい。

(iii) 噴流軸が傾斜する方への輸送確率が高く ($p_1(x) > p_2(x)$) 傾斜が大きくなるにつれその輸送確率が増加する。

4. 検討事項 (i) 図-1のモデル(a)(b)の間を結びつける量的関係を知る必要があるが、その要因であるモデル(b)で生じた水位差 ΔH 、および外力となる圧力分布がともに値が小さく実験困難であるので、現在のところこの点が不明確である。

(ii) 噴流軸が傾斜した方向に輸送確率が高いということは、逆に輸送したくない水域側(例えば海水侵入遮断のためには海水側)へ噴流孔を傾けて噴射すれば効果的であり、今後の課題である。

(iii) 図-1(a)のモデルを解析する最も重要な要因は外力の圧力分布であり、実際に仮定した圧力分布をなすものかどうか、検討する必要がある。

参考文献 1) 村岡 他: 鉛直上向き噴流による water curtain の基礎的研究(第1, 2, 3報), 第22, 23, 24回 学会講演集。

2) G. Abraham: Horizontal Jets in Stagnant Fluid of Other Density, Proc. of A.S.C.E., HY.4, vol. 91, 1965.

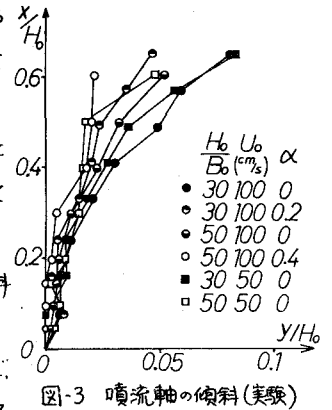


図-3 噴流軸の傾斜(実験)

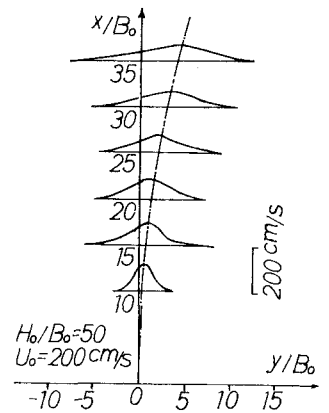


図-4 傾斜噴流の流速分布

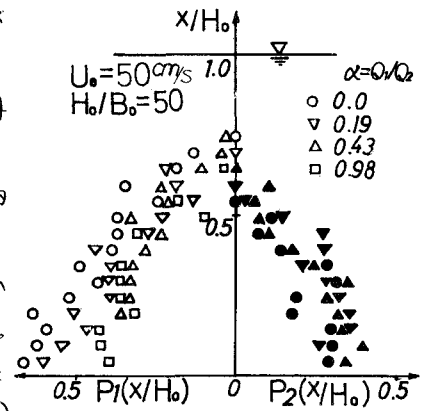


図-5 傾斜噴流の輸送確率