

大阪大学工学部 正員 ○村 岡 浩 爾

同 大学院 学生員 中 山 茂 雄

まえがき: water curtain に要求される機能の1つに、それをささむ二水域の水質混合を遮断あるいは緩和することがある。本文はその混合の実態を実験と Tollmien の自由噴流理論より考察し、混合量の算定式の誘導について述べる。

1. 対称水域の混合について: 水槽 (1×6×0.3 m) の中央下部から噴射する鉛直上向き噴流は、左右水域の条件が同じであれば噴流軸は鉛直で運動は対称的である。この場合噴流拡散幅の境界から連行された水粒子が乱流拡散により反対側水域に移行されたとき両水域間で水質混合が生ずることになる。実験は図-1 に概要を示すごとく、境界からの連行粒子が反対側水域に運ばれる確率を  $P(x/H_0)$  とし、

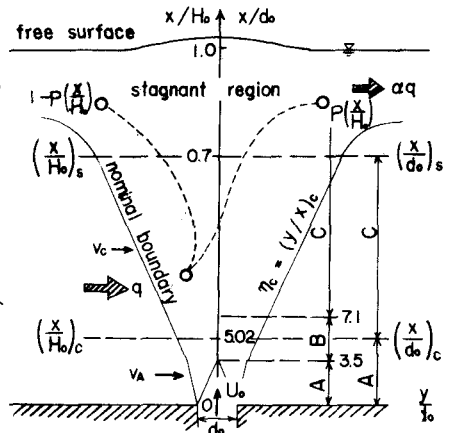


図-1 実験の概要と記号説明図

水粒子に代る二種類の投入粒子 (1. キシレンと四塩化炭素の混合着色球、径 2~5 mm, 投入方法は注射針より注入。2. 電子計算機のパンチくずによる紙内板、径 2 mm, 水面より投入) の軌道の目視観察によって図-2a のごとき結果を得た。各 data の観測粒子個数は 100~300 で、噴流状態は  $d_0=4$  cm,  $H_0/d_0=18$  および 20,  $U_0/\sqrt{gd_0}=0.6$  および 1.2 である。観測値は一様の傾向を示しておりこれらを平均したものが図-2b である。  $P(x/H_0)=0$  とする位置は  $(x/H_0)_p=0.68$  である。

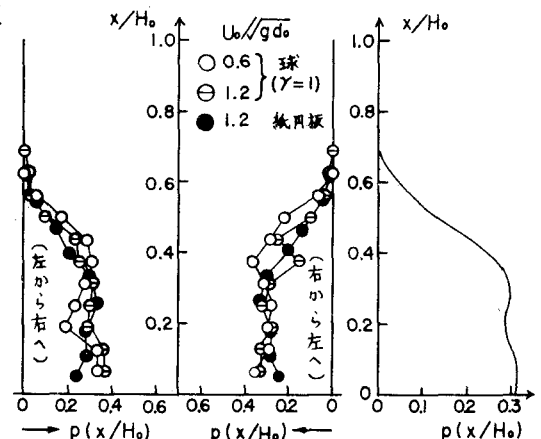
有限水域の自由噴流に関する筆者らの実験<sup>(1)</sup>によれば、 $H_0/d_0>20$  のとき噴流孔から Stagnant region (その境界は  $(x/H_0)_s=0.7$ ) に至るまでの領域で、Kuethe の分類による A, B, C 領域が存在するが、遷移領域である B 領域の理論的取扱いが困難であることから A, C の二領域として考えると、そこでの連行流速  $u_A, u_C$  は筆者らの実験、および Tollmien 理論により

$$\left. \begin{aligned} u_A &= 0.379 \sqrt{2C_A} \cdot U_0 \\ u_C &= \frac{1}{2} \times 2.24 \sqrt{2C^2} \cdot \sqrt{d_0/x} \cdot U_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに  $C_A, C$  はそれぞれ A, C 領域における混合距離係数である。A, C 領域の境界は  $(x/d_0)_c=5.02$  であり、そこでは流速分布が連続であることから

$$\sqrt{2C_A} = 1.32 \sqrt{2C^2} \quad \text{または} \quad C_A = 1.52 C \quad (2)$$

(1), (2) より計算される  $u_A, u_C$  の値を図-3 に示

図-2a 左右対称噴流の  $P(x/H_0)$ 図-2b 平均  $P(x/H_0)$

表現することもでき、その場合は、

$$v_a = K/\sqrt{(x/H_0)_c}, \quad v_c = K/\sqrt{x/H_0}, \quad K = 1.12 \sqrt{2c^2/d_0/H_0} \cdot U_0 \quad (3)$$

ここに  $(x/H_0)_c$  は A, C 領域の境界の  $x/H_0$  の値で、次の関係が容易に知れる。

$$(x/H_0)_c = (x/d_0)_c / (H_0/d_0) = 5.02 / (H_0/d_0) \quad (4)$$

(3) と図-26 から得られる  $P(x/H_0)$  より、一方の水域より他方の水域に輸送される単位幅、単位時間当りの流量  $\alpha q$  が計算される。すなわち

$$\alpha q = \int_0^{(x/H_0)_c} H_0 P(x/H_0) \cdot v_a d(x/H_0) + \int_{(x/H_0)_c}^{(x/H_0)_{p=0}} H_0 P(x/H_0) v_c d(x/H_0) \\ = k' H_0 K = k' \sqrt{2c^2} \sqrt{H_0/d_0} \cdot d_0 U_0 \quad (5)$$

ここに  $k'$  または  $k$  は  $(H_0/d_0)$  の値によって変わる定数である。数値計算の結果では  $(H_0/d_0) = 20$  のとき  $k = 0.303$  である。もし  $(H_0/d_0)$  の値が変わっても輸送確率  $P(x/H_0)$  の分布が変わらないものと仮定すれば  $(H_0/d_0)$  の任意の値に関して  $k$  が数値

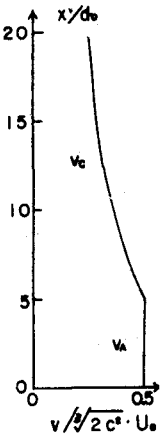


図-3 v 分布

計算でき、その結果を図-4 に示す。なお、C も同様に  $(d_0/H_0)$  の関数であり、 $(d_0/H_0) = 20$  のとき  $C = 0.048$  (筆者)、 $(d_0/H_0) = \infty$  のとき  $C = 0.0165$  (Förthmann) である。

一方水域から連行される総流量  $q$  は、 $(x/H_0)_{p=0} = 0.68 \div 0.7 = (x/H_0)_s$  であるから stagnant region に至るまでの領域で考えると、

$$q = \int_0^{(x/H_0)_c} H_0 v_a d(x/H_0) + \int_{(x/H_0)_c}^{(x/H_0)_s} H_0 v_c d(x/H_0) \\ = H_0 K \{ 2\sqrt{x/H_0}_s - \sqrt{x/H_0}_c \} \quad (6)$$

従って反対側水域への輸送流量の連行流量に対する比  $\alpha$  は (4) の関係を用いて (5), (6) より

$$\alpha = \alpha q / q = k / \{ 1.87 - 2.5\sqrt{d_0/H_0} \} \quad (7)$$

この  $\alpha$  を計算したのが図-4 であり、この結果連行流量の 20% 余が反対側に輸送されることがわかる。

2. 非対称水域の混合について：噴流軸の左側水域を噴流軸から 3m 離れたところで締切ったときの  $P(x/H_0)$  の観測値を図-5 に示す。この場合は  $P(x/H_0)$  は著しく非対称になり、締切った水域からの輸送確率が 60% にも達する。また噴流軸は右側に数度ほど傾斜するので当然 (3) による連行流速の式は成り立たず、輸送流量は算定できない。

この研究を進めるに当り理論考察に関して大阪大学室田明教授より適切な助言をいただいた。また資料整理、理論計算に関して本学大学院学生清水洋君の手伝いを受けた。ここに併せて謝意を表する次第である。

参考文献 (1) 室田, 村岡, 中山, 「鉛直上向き噴流に関する実験的研究」 第 11 回水理講演会講演集 (1967)

(2) Tollmien, W. 「Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge」 ZAMM, Bd. 6, (1926)

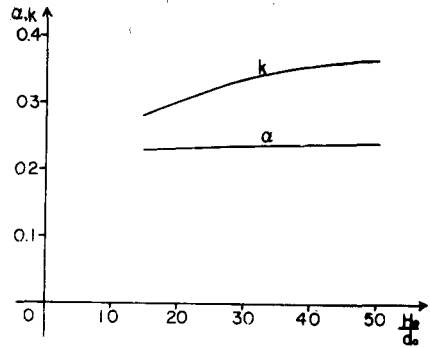


図-4  $k, \alpha$  の値

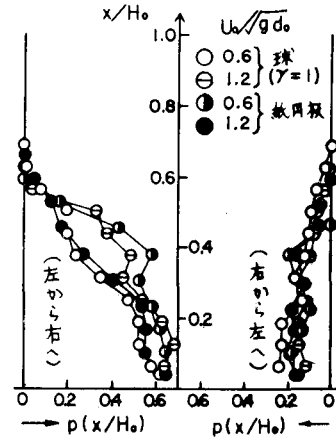


図-5 非対称噴流(左方遮断)の  $P(x/H_0)$