

北海道大学工学部

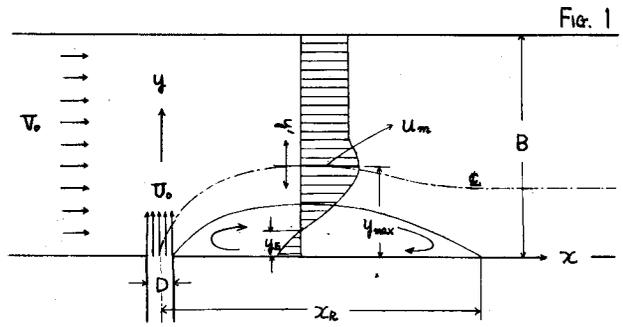
正員 板倉 忠興

学生員 石井千太郎

緒言 本文は、河川合流の最も単純なモデルとして、合流が直角に行なわれる場合について流れの機構を実験的にしらべた結果と述べたものである。このモデルは一つの横方向の流れに対して直角に、比較的小さな中を持つ流れが流入するものであり、特に気象の分野で広く研究が進められている有風時における煙突からの煙りの拡散の問題に類似している点が多い。ところでこれらの二つの場合について大きく異なる点は、煙突からの煙りの拡散は多くの場合無限の大気で行なわれるのに対しこのモデルでは横流が比較的狭い有限の中を持つ、という事にある。その為有限の点ご一つの境界条件を満たさなければならず、簡単に拡散方程式の解と見出す事は出来ない。さきに著者は主流と支流との中の比が  $B/b = 26$  の場合について実験を行ない、静水中に流入する噴流の理論との比較を行なった。今回は主流と支流の中の比を変化させて、それが支流中心の軌跡及び合流点直下流に形成される死水域の形状に及ぼす影響に着目して実験を行ない、大気中における拡散の諸研究との比較を行なった。

1. 実験装置

主流は長さ410 cm 中130 cm の木製水路であり底勾配は水平、水深は5 cm に保たれている。主流の中は130 cm, 100 cm, 80 cm の3種類のものについて実験を行なった。支流は5 cm x 5 cm の正方形断面を持つアクリル樹脂管を通じて主流に直角に流入する。流速は内径1 mm のピトー管を用いて測定



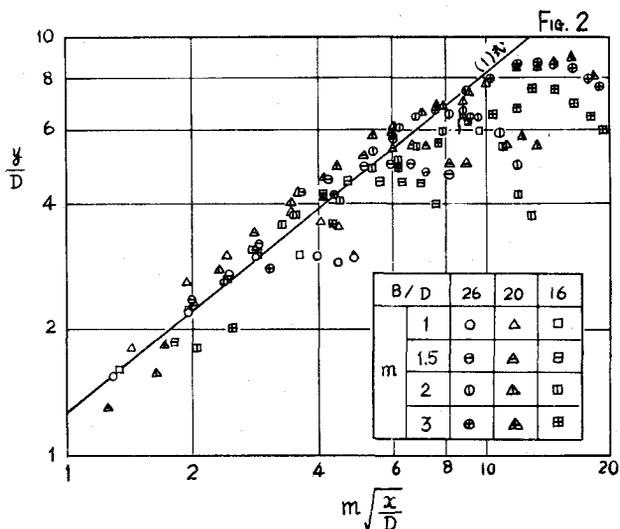
し、流向の測定には糸片と色素とを併用した。図-1は実験装置の略図であり、以下に用いた記号も併せて示してある。

2. 支流中心の軌跡

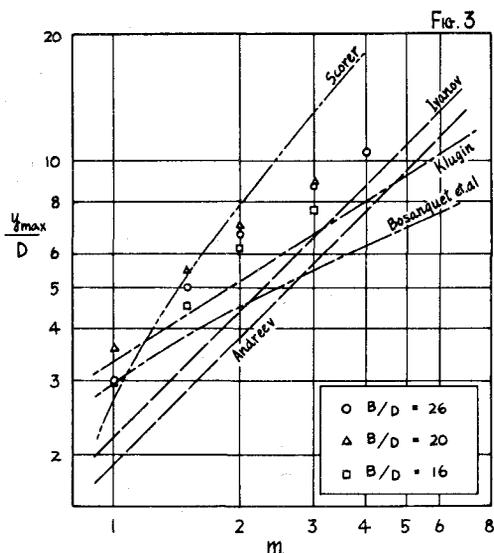
図-2は支流中心の軌跡とR. S. Ruggeri<sup>2)</sup>が示した座標系で描いたものである。R. L. Gordier<sup>3)</sup>もこの座標系で実験式を得ている。これらは共に無限の横流中に噴流が3次元的に拡散する場合を取り扱ったものであるが著者らの場合のように2次元的に拡散の場合にもこの座標系が最も良い結果を与える事と知った。図中の直線は(1)式である。

$$\frac{y}{D} = 1.26 \left( m \sqrt{\frac{x}{D}} \right)^{0.83} \quad \text{但し} \quad m = \frac{U_0}{V_0} \quad (1)$$

(1)式の係数が1.26である事は、支流が合流した直後に主流の影響が大きくないポテンシャル流の領域が存在する事と示して居り、以後は主流の影響が著しくなると支流は下流の方向に曲げられ拡散しながら主流中と進行する。図-2に見られる様に支流中心の軌跡はy方向に最大値( $y_{max}$ )を有している。大気中での煙りの拡散の場合には、この $y_{max}$ に類似した量に関して多くの理論的又は実験的研究が知られて居り<sup>4)</sup>、その幾つかと著者らの実験とと比較したものが図-3である。一般的にScorerの曲線よりは小さく、その他のものよりは大きい値となっている。



また図中で  $B/D < 20$  の値はその他の値とは異なった性質があるように見られる。さきに著者らは Newman<sup>5)</sup> が無限の静水中に角度  $\theta$  と持て流入する噴流に対して田の軌跡を適用して得た理論の中で、角度  $\theta$  と流速比  $\tan \theta = U_0/V_0 = m$  と定義してこの  $y_{max}$  と算出する方法と示したが、今回の実験結果と比較したところ  $B/D < 20$  に対しては必ずしも良い結果が得られなかった。以上のことから、主流の中の効果が現われる限界は  $B/D = 20$  附近に存在する様に考えられる。

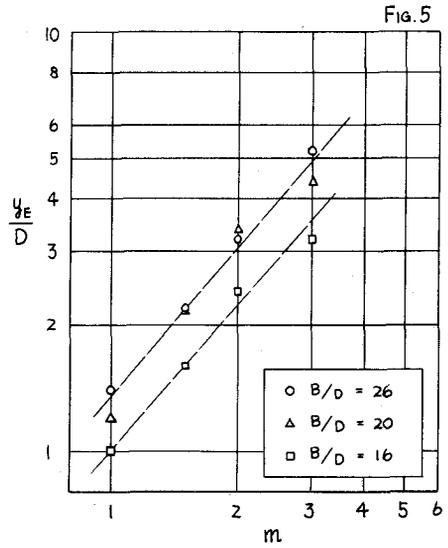
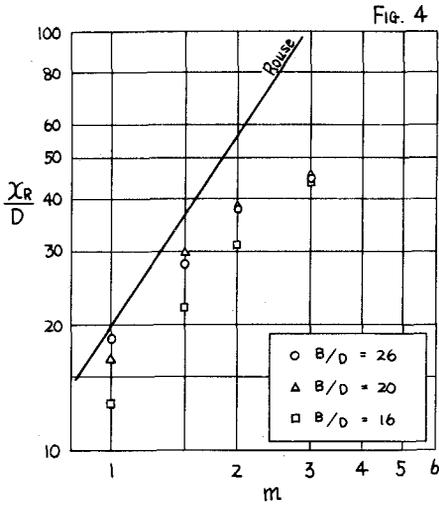


### 3. 死水域の形状

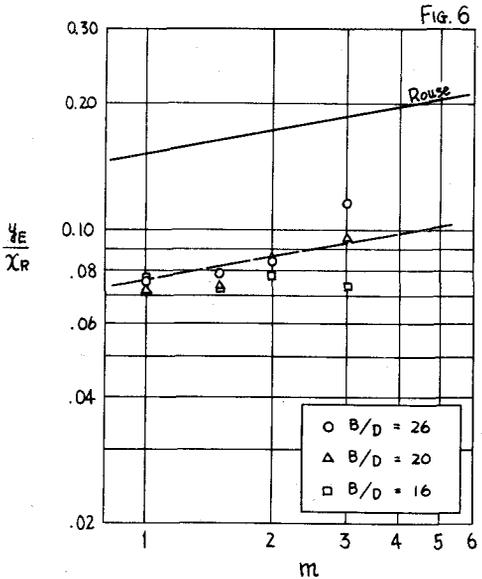
合流点直下流に形成される死水域の形状と表わす代表的な量として、Reattaching Point<sup>5)</sup>までの距離  $x_R$  と流速が0となる点までの横断方向の最大値  $y_E$  と、考察を行なった。(図-1参照)

Rouse<sup>6)</sup> は定常渦を作る事を目的として低速風洞を用いて実験を行ない、 $x_R$  に対する実験式を示している。これも無限の拡がりを持つ横風中の拡散に対するものであるが、著者らの実験と比較すると図-4の様になる。  $m$  が大、  $B/D$  が小になるに従って Rouse の式と著者らの実験との相違は大きくなって居るが、こゝでも  $B/D \approx 20$  と境にして実験値の間に異なる傾向が見受けられる。 Rouse の実験式では  $x_R \propto m^{1.5}$  であり、 G. I. Taylor<sup>6)</sup> によると  $x_R \propto m^2$  である。

死水域の中と表わす量として  $y_E$  ととり同様に流速比  $m$  に関して整理すると図-5の様になり、上述の死水域の長さと同様に死水域の中についても  $B/D \approx 20$  と境にして異なる傾向が認められる。



ところで  $y_E/\chi_R$  と  $m$  との関係を図示すると図-6の様になる。図中の実線は Rouse<sup>6)</sup> が渦全体の中と  $\chi_R$  との比 (relative eddy height) について求めた実験式である。ここで、渦中の流速分布が対称と考えると Rouse の曲線は破線の様になって著者らの実験結果とほぼ等しい値となる。このことから、死水域の相対的な形状に関しては主流の中による影響は少なく、無限の拡がりを持つ横流中の拡散とほぼ同様の結果を与える事を知った。Rouse によれば  $y_E/\chi_R \propto m^{0.18}$  である。



#### 4. 流速分布

流速が最大流速の  $1/2$  である点における  $Y = [y']_{u=U_m/2}$  に関して (2) 式<sup>1)</sup> 中の実験定数  $\sigma$  と求めた結果を図-7に示した。

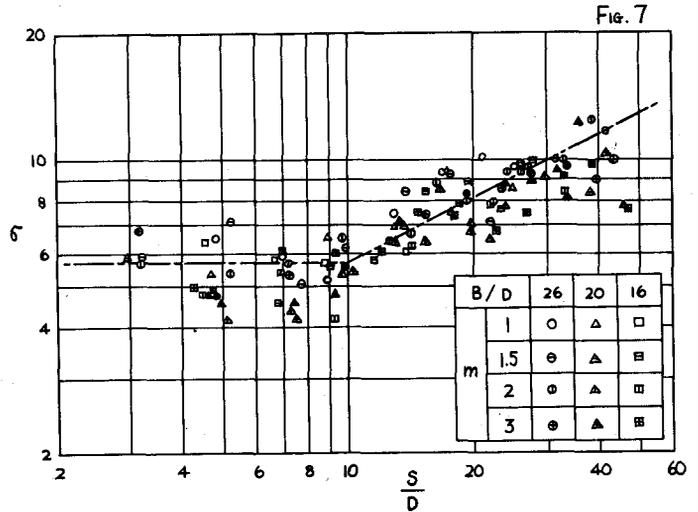
$$\frac{U}{U_{m0}} = \left[ \int_{-\frac{1}{2}D-y'}^{\frac{1}{2}D-y'} (1 - \tanh^2 \sigma \eta) d\eta \right]^{\frac{1}{2}} + \left[ \int_{-\frac{1}{2}D-l}^{-\frac{1}{2}D-y'} \left(\frac{V}{U_0}\right) (1 - \tanh^2 \sigma \eta)^2 d\eta \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

但し  $L = (B-y) \sec \theta$

実験定数  $\sigma$  に関しては、さきに著者らが  $B/D = 26$  について得た結果<sup>1)</sup> とほぼ同様の結果が得られた。

### 5. 合流による損失

主流のエネルギーについて、合流前と合流後におけるエネルギー損失係数( $f_r$ )と算出したところ川中の比による影響は明確ではなく  $f_r = 0.02 \sim 0.04$  と得た。この値は管路の合流の場合と比較すると約  $1/10$  であり、少なくとも著者らの実験の範囲内では殆んど無視出来る程度である事と知った。



以上は河川合流の一つのモデルについて行なった実験の結果と大まかに考察したものであるが、今後も継続して適格な解析方法と研究する予定である。本研究について懇切に御指導下さった岸力教授に深く感謝致します。また実験に際して協力戴いた小原欣五君に深く感謝致します。

尚本研究は文部省科学研究(特定研究)「水理構造物の機能」(代表者 東工大 吉川秀夫教授)の一部である。

### 参考文献

- 1) 板倉忠興, 石井千万太郎, 増永防夫: 河川合流点における流れの機構の研究, 才22回土木学会年次学術講演会, 1967
- 2) Ruggeri, R.S., Callaghan, E. E. and Bowden, D. T.: Penetration of Air Jets Issuing from Circular, Square, and Elliptical Orifices Directed Perpendicularly to an Air Stream, NACA TN 2019, 1950
- 3) Gordier, R.L.: Studies on Fluid Jets Discharging Normally into Moving Liquid, Technical Paper NO.28, series B, st. Anthony Falls Hydraulic Lab., Univ. of Minn., 1959
- 4) 大気汚染研究全国協議会才三小委員会編: 大気汚染気象ハンドブック, pp.190~240, コロナ社
- 5) Bourque, C. and Newman, B. G.: Reattachment of a Two-Dimensional, Incompressible Jet to an Adjacent Flat Plate, The Aeronautical Quarterly, Vol. XI, pp. 201~232, 1960
- 6) Rouse, H.: Diffusion in the Lee of a Two-Dimensional Jet, Extracts of Proceedings, IXth International Congress of Applied Mechanics, Vol. I, pp 307~315, 1957
- 7) 板倉忠興: 静水中におけるJetの拡散, 才19回土木学会年次学術講習会, 1964