

北海道大学大学院 学生員 ○ 貞本 均  
北海道大学工学部 正 員 岸 力  
北海道大学工学部 正 員 板倉 忠興

## 1. 概 説

河川が海域に流入する現象は表層流動の密度噴流のひとつである。この種の密度流の研究は近年積極的に行われ優れた成果が得られているが、これは温排水の拡散を取扱ったものが多く、海域へ流入する河水の拡散を直接取扱ったものは多くない。温度密度流と河口密度流との最も大きな相違は、流れの内部フルード数にあり、前者が  $Fr_0 = 5 \sim 20$  であるのに対し河口密度流では  $Fr_0 = 1$  である。一般にこの種の問題の理論的解析を行うと、方程式中に  $(1 - Fr)$  またはリチャードソン数の形で  $(Ri - Ri_c)$  なる項が出現する。柏村<sup>1)</sup>も指摘しているように、このために基本方程式が  $Fr=1$  を境にして双曲線型から楕円型に変るが、その性質も大きく変る。即ち、河口密度流は各種の密度流現象の中でも非常に特殊な場合に相当し、その解析方法を延長して適用可能かどうかは疑問である。

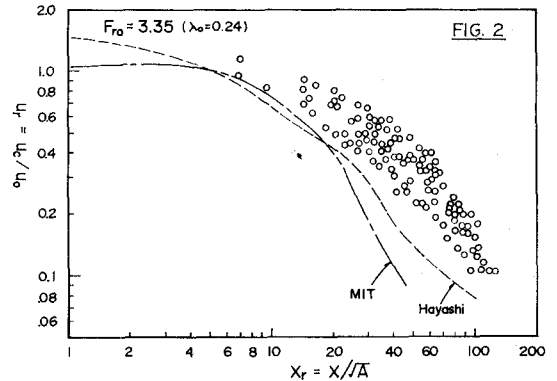
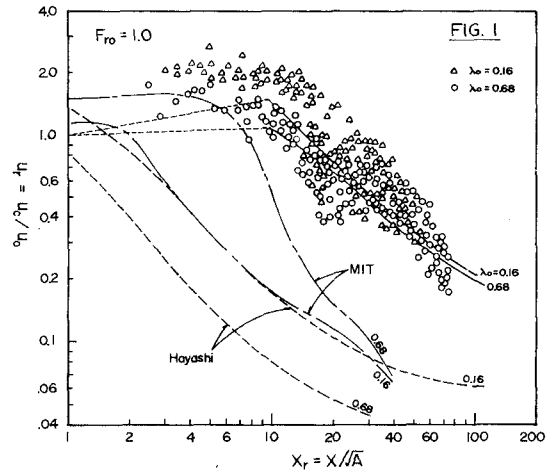
## 2. 温排水理論による検討

温排水の理論の例として、林らの理論<sup>2)</sup>及びMITの理論<sup>3)</sup>によって検討を行なった。例えば林らの理論では  $Ri_c$  に対応するフルード数は河口において  $Fr_0 \approx 1.28$  であり、これを境に解が異なったものとなることが予想される。

例として中心線上表面流速の距離に關する計算の結果を図-1 ( $Fr_0=1.0$ )及び図-2 ( $Fr_0=3.35$ )に示す。

両図を比較すると、理論曲線は非常に異なった傾向を示すことが判る。即ち、 $Fr_0=1$ では流速が放出口に非常に近いところから急激に減衰するのに対し、 $Fr_0=3.35$ では流速の減衰がゆるやかに行なわれる。また、曲線の性質は両対数線上で  $Fr_0=1$ では下に凸であり、 $Fr_0=3.35$ では上に凸である。

両図には著者らの室内実験による実験値も併せて示したが、実験値は  $Fr_0$  に拘らず上に凸のようになり減衰し、かつ急激な減衰が生じるのは  $x_r > 10$  の領域である。さらに  $Fr_0=1$  (図-1)では放出口に近い領域 ( $x_r < 10$ ) で  $u_c/u_0 > 1.0$  即ち流速が放出口におけるよりも一時的に大きくなること特徴的である。このことは柏村らの実際の河川の観測においても報告されているところである。<sup>5)</sup>  $Fr_0=3.35$  (図-2)では理論が実験値もよく説明している。林らの計算は放出口における初期値  $u_r, \Delta T_r, b_r, h_r, Pr$  の他に  $Fr_0, \lambda_0, N_0$  を与えて行なうものである。 $Fr_0, \lambda_0, N_0$  の種々の組合せについて試算を行なった結果は図-3のようになり、 $Fr_0 > 1.6$  の場合には、そのまま理論も適用することが可能であった。



1.6 > Fr<sub>0</sub> > 1.28 = Fr<sub>cr</sub> の範囲では微係数による検討を行なった結果、原点から最初の第1 stepも計算する際に次の条件を満たす場合には実験値も良く説明できる結果となった。

$$\frac{d^2 u_r}{dx_r^2} > 0, \quad \frac{d^2 \Delta T_r}{dx_r^2} > 0, \quad \frac{d^2 b_r}{dx_r^2} > 0, \quad \frac{d^2 h_r}{dx_r^2} < 0, \quad \frac{d^2 p_r}{dx_r^2} > 0$$

ならびに

$$\frac{du_r}{dx_r} < 0, \quad \frac{d\Delta T_r}{dx_r} < 0, \quad \frac{db_r}{dx_r} = 0, \quad \frac{dh_r}{dx_r} > 0, \quad \frac{dp_r}{dx_r} > 0$$

### 3. 河口密度流(Fr<sub>0</sub>=1)の計算方法

海域へ流入する河水の流れは、河口において Fr<sub>0</sub>=1 であり、その後距離 x<sub>r</sub> にも内部フルード数は次第に増大する。また、先に述べたように Fr > 1.6 であれば前述の理論が適用可能であることから、計算開始の原点も或る距離まで移動させることも試みた。

一般の三次元噴流において流れが確立されるまでの距離は 6D ~ 8D \* 24R ~ 32R (D: 噴流の直径, R: 水深) でありこれを無次元距離に換算すると x<sub>r</sub> = 8.4 ~ 11.3 となる。

このことから今回は計算開始の仮想の原点も x<sub>r</sub>=10 の位置とした。仮想の原点における初期値は(添字 0 を付して)次のようにする。

$$(Fr_0)_0 = Fr_0 \sqrt{\lambda_0} \frac{u_r}{\sqrt{2b_r} h_r}, \quad (\lambda_0)_0 = \frac{h_r}{2b_r}$$

$$(No)_0 = \frac{No}{\lambda_0^{1/2}} \cdot \frac{u_r \sqrt{2b_r} h_r}{(2b_r)^{3/2}}$$

さらに実験の結果も参考にして

$$(b_r)_0 = 15, \quad (p_r)_0 = 1.0$$

およびその他の諸量 (u<sub>r</sub>)<sub>0</sub>, (ΔT<sub>r</sub>)<sub>0</sub>, (h<sub>r</sub>)<sub>0</sub> については (λ<sub>0</sub> · No / Fr<sub>0</sub>) というパラメータを用いて実験の結果から図-4 に示す関係を用いることとした。このパラメータ (λ<sub>0</sub> · No / Fr<sub>0</sub>) は次のような考察の結果によるものである。

Fr<sub>0</sub>, λ<sub>0</sub>, No は互いに完全に独立ではなく、放出口における u<sub>0</sub>, ε<sub>0</sub>, θ, H によって決定される量であり、逆にこれらを Fr<sub>0</sub>, λ<sub>0</sub>, No で表現した場合に共通して出現する項のべき乗の係数を簡略化し、さらに実験の結果と最も良い相関を与えるものを選択した結果である。計算の結果は図-1中の実験であり、0 < x<sub>r</sub> < 10 の範囲は便宜上図のように直線で近似することとした。

以上は河口における河水の拡がりの実用的な予測に対し、室内実験の結果も取り入れて温排水の理論の適用も試みた結果であるが、今後も継続して研究の予定である。文中の記号は特記した場合を除き文献 3) と同一である。

本研究には桑本卓君(フジタ工業(株))の多大な協力を得たことを記し深く感謝致します。計算には北大大型計算機センター FACOM 230-75 を使用した。

### 参考文献

- 1) 柏村; 河口流出の力学的機構, 第17回水理講演会, 1973。
- 2) Stolzenbach, Harleman; An analytical and experimental investigation of surface discharges of heated water, MIT, 1971。
- 3) 林・有田; 海面上に放出された温排水の拡がりについての数値解析(第2報), 第19回水理講演会, 1975。
- 4) 岸・板倉; 河口における河水の拡がり, 第30回年次講演会, 1975。
- 5) 福島・柏村・八郎・高橋; 石狩川の河口構造, 第8回海岸工学講演会, 1961。

