

九州大学 工 正員 椿 東一郎

九州大学 工 正員 小松 利光

九州大学 工 学生員 ○藤沢 弘明

§ 1. まえがき

静止した一様密度の流体中に放出される2次元浮カplumeには、浮力flux N_b のみ与えられるpure plumeと浮力flux, momentum flux M_0 がともに与えられるbuoyant jetがあるが、 M_0 が存在する場合も噴出口から遠く離れたところではplume like flowとなることが知られている。これらの流れは浮力の存在により一種の不安定流れとなっており、pure jetの場合に較べて乱流構造も大きく変化することがKotsovinos により報告されているが、まだ不明な点が多く残されている。今回著者は、2次元浮カplumeについて精度の良い実験を行ない、乱れに及ぼす不安定浮力効果の影響について若干の考察を行な、たので報告する。

§ 2. 実験装置及び方法

実験は長さ2 m、深さ13 cm、幅20 cmの片面アクリル製水槽を用いて行なった。水槽中央部奥行きを板で10 cmに縮め、その中心部に $B_0=0.5$, 2, 5 cmの2次元スリットを設置、塩水及び淡水を淡水中に放出させている。実験条件は表-1に示す。

測定はV型2方向hot filmプローブを2個直角に組み合わせ、電導度式塩分濃度計プローブ及び圧力プローブと結合固定することにより、流速方向 U, V, W , 密度 ρ , 圧力変動 p' をほぼ同一点で同時測定した。

§ 3. 実験結果とその考察

plumeは自己保存型の流れでないため厳密には相似性が成立しないが、測定範囲内では、平均流速分布・平均密度分布にはほぼ相似性が成立しており、特に平均流速分布についてはpure jetと同様、Gauss分布で良く表わされる。乱れ強度についてはKotsovinosの実験からは、plumeにおける乱れ強度はpure jetの約2倍程度に増加するとなっている(図-1)が、plumeとpure jetにおける拡がり角にそれ程大きな差がないことを考え併せると疑問が残る。今回の実験結果を図-2, 図-3に示す。図-2はpure jet, 図-3はpure plumeの $\sqrt{u^2}/U_m$ の分布を $\eta = y/\delta$ ($\delta: U_m$ の半値半幅) に対してプロットしたもので、pure jetの $(\sqrt{u^2}/U_m)_{max}$ は約0.25でBradburyの実験結果とも良く一致している。一方、pure plumeについては若干の散らばりがあるがせいぜい $(\sqrt{u^2}/U_m)_{max} \approx 0.28$ である。これはpure jetの1.12倍程度であり、浮力効果により若干大きくなっている。

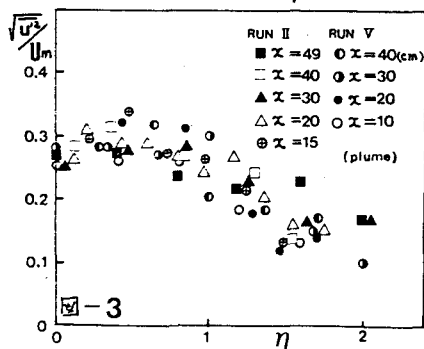
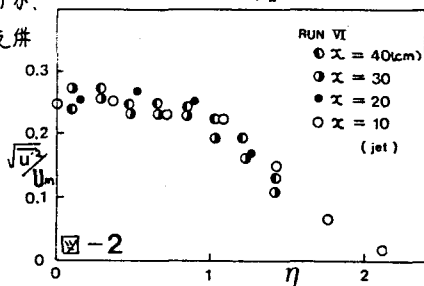
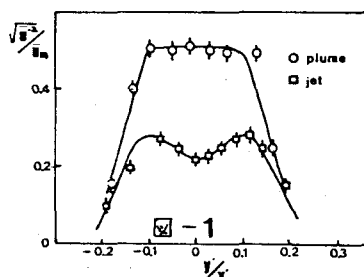
次に、乱れ特性量に及ぼす浮力効果を示すパラメータとしてover-all Richardson数 Ri を次のように定義する。

$$Ri = N_b/U_m^3$$

plume-like flowでは $Ri = \text{const}$ であるが、それに到るまではある程度の範囲を Ri は変化する。図-4に各方向の乱れ強度と Ri の関係を示す。 $\sqrt{u^2}$ と $\sqrt{v^2}$ は Ri が増加し流れが不安定になるに従って大きくなるが、 $\sqrt{w^2}$ はほぼ一定となっている。これは2次元流れである

実験 RUN	流量 Q cm ³ /s	密度差 $\Delta\rho$ g/cm ³	スリット幅 B_0 cm	$Fr_0 = \sqrt{U_0^3/N_b}$
I	53.9	0.0098	0.5	4.93
II	95.9	0.0098	5	0.277
III	124.1	0.0070	2	1.67
IV	120.7	0.0125	0.5	9.75
V	108.1	0.0125	5	0.276
VI	106.7	0	0.5	∞

表-1



ことから進行方向の不安定性が抑制されるためであろう。 $\sqrt{v}/\sqrt{u}$ の値は Ri にさきわず一定で約0.8となっており(図-5)、増加の仕方がほぼ同じであることがわかる。

図-6に $(-u'v')_{max}/U_m$, $(F'v')_{max}/U_m\delta$ と Ri の関係を示す。いずれも Ri の増加とともに増加しており、浮力により運動量や質量の水平方向の拡散が活発化していることを示している。一方、もう少し内部機構に立ち入るために、両者の相関係数をみてみると、図-7から明らかのように Ri にはほとんど無関係となっており、浮力による内部機構の変化はみられない。従って $\sqrt{v}$, $-u'v'$ の不安定効果による増加は乱れ自身の増加に起因していることがわかる。

図-8に渦動粘性係数の最大値 K_{Mmax} 及び渦動拡散係数の最大値 K_{Dmax} の無次元表示と Ri の関係を示す。いずれも Ri の増加とともに増加しており、不安定効果により乱流拡散が促進されている。

また図-9に示されているように Ri が増加するに従い、 K_{Mmax}/K_{Dmax} は増加するが、これは不安定な流れでは渦動拡散係数が渦動粘性係数よりも相対的に大きくなることを示しており、密度安定流において密度効果が安定側に作用すればするほど K_M/K_N が減りする傾向の延長線上にあると言える。

以上をまとめると、

- (1) 密度的に不安定な plume の流れては乱れは均一 Jet と比べると、確かに増加するが、Katsarinos の示した2倍は過大評価であり、せいぜい1.1~1.15倍程度である。
- (2) Reynolds 応力や浮力 flux 等も不安定効果により大きくなるが、相関係数には変化は見られないことから、乱れの内部構造は変わらず、乱れの強さだけが増加しているようである。

本研究においてデータ整理などに協力してくれた川畑雅二君に謝意を表す。

