

北海道開発局 正 員 石田 悦一

大阪大学工学部 正 員 室田 明

大阪大学工学部 正 員 中辻 啓二

大阪大学大学院 学生員 日置 洋平

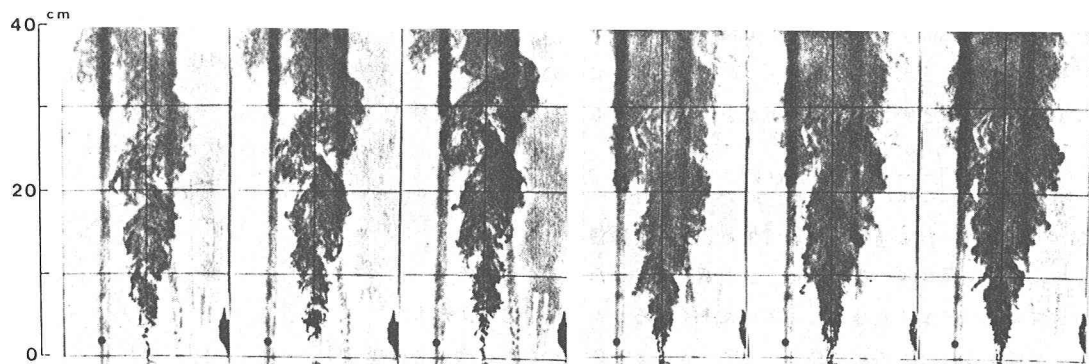
1. まえがき ; フォースト・プリュームは自由な乱れの組織的乱流構造に浮力効果の相乗される現象であり、その特徴はプリューム軸のゆらぎにある。¹⁾これが放流流体の連行や混合希釈過程に直接的に関与することから、環境水理において活発に研究されてきた。しかしながら、組織構造と連行機構とを結びつける指摘は数多いものの、両者の関連を明解に説明した研究はほとんどない。周囲流体の連行機構を考察する場合にはまずその形態を可視観測から明らかにする必要がある。このような考えの下に、本研究ではフォースト・プリュームの渦とゆらぎの特性を明確にすることに努めた。

2. 実験条件 ; 実験は前面ガラス張りの水槽(高さ 130cm, 幅90cm, 奥行90cm)の前面15cmを仕切って行った。計測水槽の下方から上方へ約 1 cm/s で流れる一様流中に幅 0.4cm, 長さ15cmのスリットから温水を鉛直上向きに放出した。水理諸元を表-1に示す。ジェットおよびプリュームの領域区分はChen-Rodi²⁾にしたがった。

表-1 水理諸元

Run	$U_0(\text{cm/s})$	$\Delta\rho_0(\text{g/cm}^3)$	Fd_0	Re_0	Region
PA-1	33.7	0.00079	68.5	977	$x/B < 140$ jet region
PA-4	8.3	0.01426	3.5	328	$x/B > 27$ plume region

3. 渦動およびゆらぎの成長過程 ;



(a) プリューム領域 (PA-4)

(b) ジェット領域 (PA-1)

写真-1 渦動, ゆらぎの成長過程

写真-1 (a), (b) はそれぞれプリューム, ジェットにおける渦, ゆらぎの成長過程を染料を放出流体に注入することによって可視化したものである。ただし露出時間は 1/125秒であり、撮影間隔は0.42秒である。

プリュームにおいては周囲水がプリューム軸近くまで混入しており断面を横断する規模のゆらぎが生起しているのがわかる。これに対してジェットではプリュームと比較して染料塊は連続的に拡がっており、個々の渦動の規模は小さいものと予想される。

著者ら³⁾は噴流断面内において温度の多点同時計測を行い、その空間相関を明らかにしているが、その結果によればプリュームではプリューム軸の両側面に半幅規模の乱流構造が存在し非対称にならんでいるのに対して、ジェットではジェット軸の両側で乱流構造が独立に挙動していることがわかった。また、空間相関係数を断面内積分することによってプリュームの積分スケールはジェットのその約 1.8倍となることが明らかになった。この点計測の結果は写真-1の組織構造の違いを説明するもので

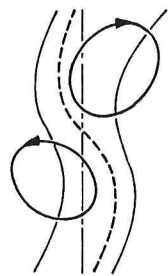


図-1 ゆらぎの生起

あり、プリュームでは図-1に示すような特徴的な挙動を呈しているものと推察される。

4. 連行加入形態とゆらぎの関連性 ; 先に述べたジェットとプリュームの組織構造の違いが連行形態にも影響を及ぼす。そこで、周囲流体中に着色した不溶性のトレーサー球（キシレン+四塩化炭素）を注入し、粒子をLagrange的に追跡して連行形態の把握に努めた。写真2～5は0.42秒間隔で連続撮影したものの一部である。

ジェットの周囲流体中に注入されたトレーサー群はわずかに主流に取り込まれるがその多くは噴流界面近傍の周囲流体中に滞留する。その一部は噴流内外の速度差によりひきずられるように界面に沿って流下し、その過程で小規模な渦動によって噴流内に取り込まれる。取り込まれたトレーサーは噴流全断面に拡散されずに界面に沿って流下する。（拡散型；写真-2、図-2）一方、滞留していたトレーサー群の大半は大規模渦動の通過に出合っ始めて噴流に取り込まれ、噴流全幅に拡散される。（移流型；写真-3、図-3）

他方、プリューム領域においては周囲流体中へ注入されたトレーサーのうち界面の凸部に流下したトレーサーは連行されずに界面に沿って流下し、凸部の下流から主流に取り込まれる。その後、トレーサーは噴流全断面に拡散される。（パターンI；写真-4、図-4）また界面の凹部に流下してきたトレーサーは直接渦に取り込まれ、写真中に矢印で示したように拡散されずに渦とともに流下する。（パターンII；写真-5、図-5）このパターンの連行は、渦が合体をとまわずに周囲水を取り込んで成長する可能性を示しており興味深い結果といえよう。

以上の形態論的考察は定性的な域を出ないが、プリュームとジェットの連行機構の違いは以下のようにまとめられる。すなわち、それは写真-1にみられたゆらぎ現象と強く関与しており、プリュームではパターンIIの移流型の連行が支配的である。それに対して、ジェットでは移流型の連行は両断面の渦が独立に挙動しているため間欠的にしか起こらず、小規模な拡散型の連行が支配的であると考えられる。この両領域における連行形態の違いが結果として連行量の差異をもたらすものと推察される。

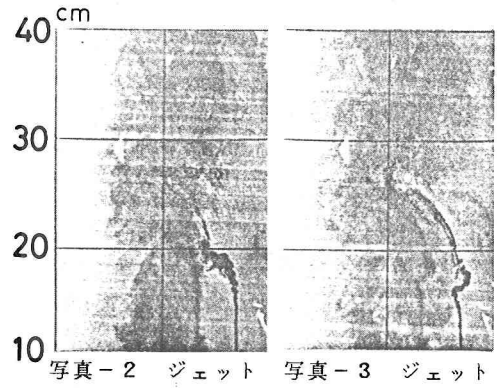


図-2 拡散型 図-3 移流型

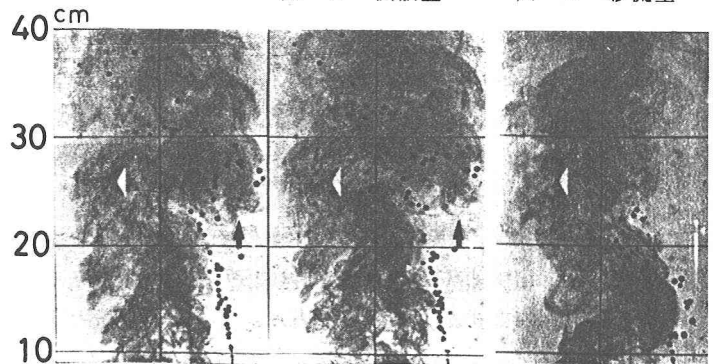


写真-4 プリューム 写真-5 プリューム

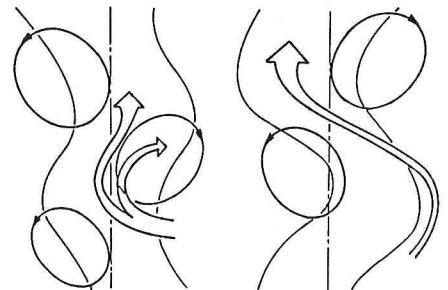


図-4 パターンI 図-5 パターンII

（参考文献）1)Kotosovinos,N.E. and E.J.List : J.Fluid Mech. , vol.81 (1977) 2)Chen,C.J. and W.Rodi : MMT-4 , Pergamon Press (1980) 3)室田・中辻ら：関西支部年講（1984）