

大阪大学工学部 正員 村岡 浩爾

大阪大学工学部 正員 〇中 辻 啓二

大阪大学工学部 学生員 広 畑 彰一

1. まえがき : 沿岸海域における工業废水の分散過程, 特に放出口近傍においては, 移流効果により分散し自由表面を有した水平噴流としての解析が従来から用いられる。しかしながら, 下層および界面からの連行加入現象により拡がるにつれ, その移流速度は減衰し海域における乱れが平均量と同程度の大きさとなる。このような領域では乱流拡散と移流効果とがあわさって作用し, 速度あるいは濃度分布形状の相似性は仮定した従来の平均量的論議では分散過程を的確にとらえられず, 境界面からの混入量を含む変動量特性が工学的に重要な意味を持つと考えられる。本研究では, 速度・濃度の乱れ成分を同時観測して水質輸送量の観点から水質混合の機構を解明することを最終目的とし, その第一段階として塩水貯水槽に淡水を放流した場合の濃度変動量の挙動に着目して若干の実験を行なったので, ここに結果を報告する。

2. 実験装置と実験諸元 : 実験は, $14 \times 6 \times 0.7$ m の平面水槽に $3 \times 0.6 \times 0.2$ m の放流水路を接続した拡散水槽を使用した。平面水槽に所定濃度の塩水を水深 50 cm に貯留し, 貯水水槽からポンプアップした淡水を放流口模型から放出する。この時, 放流口が幅 5 cm, 高さ 3.85 cm となるように水位を調整した。濃度は白金黒の極板を有する電導度計を用い, 放流中心軸に沿って8測定の鉛直分布を求め, スベクトル解析はBlackman-Tukeyの方法に基づいて行なった。実験条件は平面水槽塩分濃度 C_w は $1.27 \sim 1.33$ ‰ 程度の7種類, 放出流量 Q は $406, 290, 202$ cc/sec の3種類を用いた。すなわち, 内部フルード数およびレイノルズ数はそれぞれ $1.70 \sim 10.64, 5.28 \sim 10.48 \times 10^3$ の範囲の合計21ケースである。

3. 実験結果および考察 : (a) 平均濃度 C_m および濃度変動量 ΔC : 図-1は放流中心軸に沿った水表面下 1 cm の平均濃度のてい減特性を二次元表示したものである。 $x/B_0 \geq 40$ の領域においては実験値に若干のバラツキはみられるが, 既往の実験結果とかなりよく一致している。図中の破線はAlbertsonの動力学的相似仮定に基づく運動量保存の流速でい減曲線である。濃度に関しては明確なpotential coreの存在は認め難く, てい減率は流速特性に比較して緩慢である。これは連行加入された後の速度と濃度特性との差異を示唆するものであるが, 内部フルード数による影響は認められない。つぎに, 水表面下 1 cm の平均濃度 $(C_m - C_w)$ からの最大変動量 ΔC_{max} の放流軸方向の変化を示したのが図-2である。ピークは $x/B_0 = 8, 20$ でみられ, $x/B_0 \geq 40$ 以上では変動量は一律に減衰する。この第一ピークは流速変動量のピークと一致する。すなわち, $x/B_0 = 8$ は流れが確立される領域への遷移領域 ($4.76 \leq x/B_0 \leq 9.3$) の始端にあり, 初期速度の乱れ下らむに下層水の連行加入による乱れに原因する変動量の急増大であり, 内部フルード数の影響は殆んどない。これに対して, 第二のピーク $x/B_0 = 20$

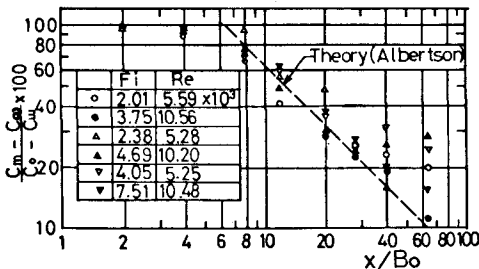


図-1 放流軸の平均濃度変化

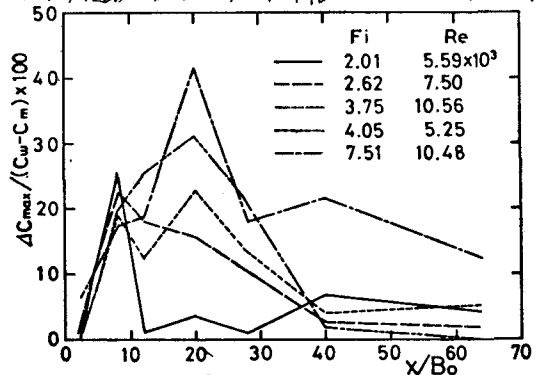


図-2 放流軸の最大変動量変化

においては内部フルード数 Fr の影響が顕著であり、 Fr が小さい場合(すなわち、連行加入量が小さい場合)には濃度変動量(すなわちピーク値)よりも小さく流速変動量と相似な形で一緒に減衰する傾向にあるが、 Fr の増加とともに変動量 ΔC_{max} は増大しピーク値をとる。例えば、 $Fr = 7.5/1$ の場合にはその変動量 ΔC_{max} は40%程度に達し、理論解析における動力学的相似の仮説は裏証されない。すなわち、乱れ強さ $(\overline{v'^2})^{1/2}$ は ΔC_{max} の約1/3でありその性質は全測長を通じて変わらない。

(b)濃度変動成分の自己相関関数およびスペクトル;
 放流軸各測定の濃度変動量特性を比較するために自己相関関数を求めたのが図3であり、 $Fr = 4.05$ の各流程での変化を水深をパラメータに示した。 $z/B_0 = 4, 8$ および20, 40の流程において、それとほぼ類似の相関を示す性質が認められる。遷移領域内では連行加入等により相関は急激に減衰し0.5~1/sec間で相関は0となり、その後1~1.5 sec程度の周期性がみられるが、 z/B_0 の増大とともに相関が0となる時間 τ は増大する。このことは z/B_0 の増大とともに比較的大規模な濃度変動スケールが存在することを意味するものであり、水塊としての水質がゆらぎ、現象が推察される。特に $z/B_0 \geq 30$ の流れの確立領域では鉛直方向共に相似性を保持して減衰している。つぎに、図3に対応するスペクトル解析結果を図4に示した。あわせて $Fr = 2.01$ の場合も比較してある。 $z/B_0 = 4$ ($x = 20\text{ cm}$)はcore内にあり変動要因は初期流線乱れに負うところが多く全エネルギー(すなわち $z/B_0 = 8$ ($x = 40\text{ cm}$))の場合と比較して小さいが自己相関に観測された卓越周波数が0.7 c/sから1.43 c/sへ低周波側へ移行しているのがわかる。また、 z/B_0 が増大するにつれ高周波側でのスペクトルの減衰は急激であり、3乗則に近い減衰を示しており、その形状は相似であるといえる。鉛直方向の分布形は流程の増大とともに一致する傾向にある。詳細は講演時に発表したい。

4. あとびき ; 不安定要素の初起にとり合う混合現象としての密度差を有した水平噴流の挙動を特に濃度変動量に着目して実験を行ったが、速度変動と濃度変動との相関は図2に示したように内部フルード数の影響が顕著であり変動スケールの規模が異なることは注目すべきであろう。同時観測による乱れ特性の相関性の論議が重要であり継続して研究中である。すなわち、本研究遂行にめいり適切な助言を賜った本学室田明、植本亨両教授に謝意を表したい。

〔参考文献〕

Tamai・Wiegel & Tornberg ; PO2, ASCE, Oct., '69

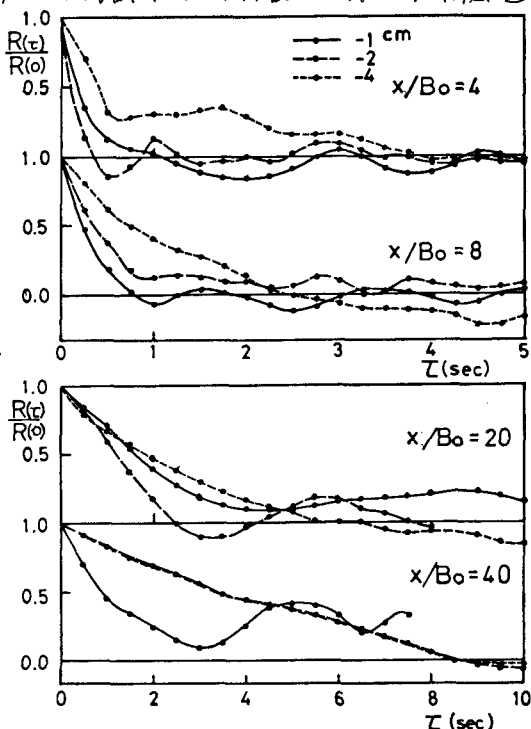


図3 自己相関関数 ($Fr = 4.05$ の場合)

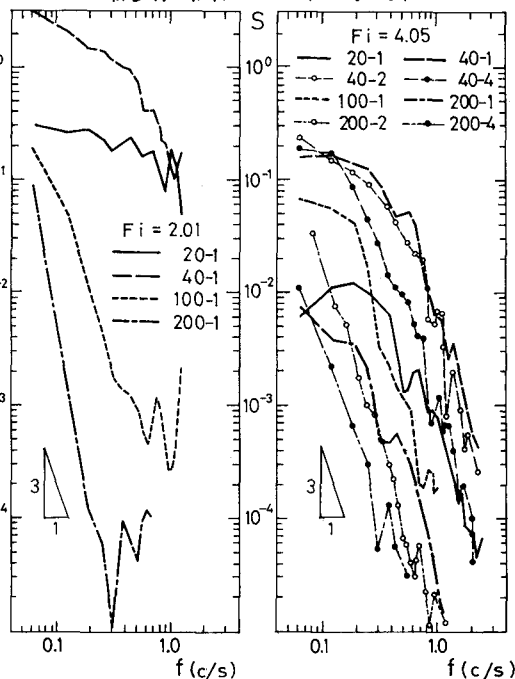


図4 濃度変動のスペクトル