

有限水域密度噴流の噴流水の分布と連行量の推算

高知大学農学部 正会員 ○木村晴保
高知大学農学部農学研究科 伊賀秀美

1 まえがき

有限水域に放出する密度噴流は、水域の密度分布が時間とともに変化する非定常密度噴流である。ここでは有限水域に一定時間に放出した噴流水が、周囲水と混合してどの層に、どれだけの分量拡散したかを噴流前後の水域の密度分布から求める推算モデルを作成し、噴流形態と連行量との関係を調べる。

2 推算モデル

推算モデルの模式図をFig.1に示す。水域を任意の上下二層に分け、下層の層厚を d_1 、上層の層厚を d_2 とする。一定流速、一定時間に水域下層から噴流として流量 q_0 を放出する。噴流水 q_0 のうち、水域水と混合し、下層に拡散した流量を q_{01} 、上層に拡散した流量を q_{02} とする。 q_{01} はこれと等量の下層水を上層へ押し上げ、上層水を水域外へ押し流す。 q_{02} は下層から上層に移動する過程で、下層水を連行して上層に運び、その分上層水 q_{21} は上層から下層に移動する。そして、下層から上層に移動した流量が q_{12} 、上層から下層に移動した流量が q_{21} である。 q_{20} は水域上端から水域外へ流出した流量である。以上の仮定に基づく、これらの間には次式が成り立つ。

$$\left. \begin{aligned} q_{01} + q_{02} &= q_0 \\ q_{01} + q_{21} - q_{12} &= 0 \\ q_{02} + q_{12} - q_{21} - q_{20} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} (R_0 - R_{d1})q_{01} + (R_{d1} - R_1)q_{21} &= \Delta R_1 V_1 \\ R_0 q_{02} + R_{d1} q_{01} - (R_{d1} - R_1)q_{21} - R_{d2} q_{20} &= \Delta R_2 V_2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここに、 V_1 、 V_2 は水域下層と上層の容積

R_0 は噴流水の密度

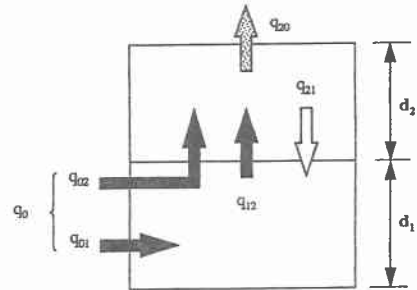


Fig. 1 Two layers box model

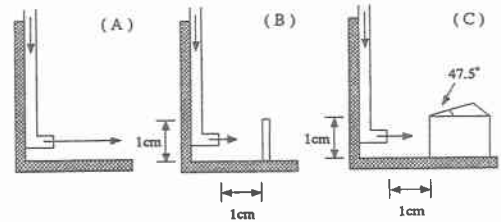


Fig. 2 Experimental setup

- (A) without obstruction
(B) Quadrangular shape obstruction
(C) Triangle shape obstruction

R_1 、 R_2 は水域下層水と上層水の平均密度

R_{d1} 、 R_{d2} は水域下層上端と水域上層上端の密度

ΔR_1 、 ΔR_2 は下層と上層の密度変化量

また、 q_{02} は下層連行水 q_{21} と混合し、新たな上層水を形成し、上層に拡散するものとし次式で与える。

$$R_0 q_{02} + R_1 q_{21} = R_2 (q_{02} + q_{21}) \quad (3)$$

R_{d1} は R_1 、 R_2 を用いて次式で近似する。

$$R_{d1} = R_2 + \frac{d_2}{d_1 + d_2} (R_1 - R_2) \quad (4)$$

以上より、密度 R_0 、放出量 q_0 の噴流前後の水域の密度分布が実測されると、任意の上下層 d_1 、 d_2 の V_1 、 V_2 、 R_1 、 R_2 、 ΔR_1 、 ΔR_2 が求まり、(2.1)、(3)、(4)より、 q_{01} 、 q_{02} 、 q_{21} 、 q_{12} が計算される。

3 実験

3.1 実験方法

縦×横×高さがそれぞれ100 cmの水槽に食塩水を用いて深さ35cmの密度成層を作る。次に、定量ポンプを用いて水面下5cmの表層水を底層に ϕ 3.6mmのノズルから水平方向に噴出する。噴出する水は一定量で、14分間におよそ10ℓ、噴出流速は117cm/secである。噴流の噴出形態は、ノズルから直接噴出したもの(Exp.4)、ノズルの先1cmに1cmの正方形板を噴流に垂直においたもの(Exp. 2-1)およびノズルの先1cmに47.5度の楔型衝体を置いたもの(Exp.2-2)の3種で、Fig.2に示す。噴出前後の水槽の密度分布は、静水時に電気伝導度計で表層から底層まで5cmごとに塩分を実測し、密度に換算した。噴流噴出は各噴出形態とも4回ずつ行った。

3.2 実験結果

Fig.3に各実験の噴流放出前後の鉛直密度分布を示す。 $N=0$ は噴流放出初期の密度分布、 $N=1$ 、2、3、4はそれぞれ噴流放出後14分、28分、42分、56分の密度分布である。

4 噴流水の分布と連行量の推算

実験による噴流放出前後の水域の鉛直密度分布から、推算モデルを用いて、水域内の噴流水分布と噴流に伴う周囲水連行量を試算する。Fig.3の鉛直密度分布を、5次の多項式で近似し、近似式を用いて、(2.1)、(3)、(4)式の噴流水の密度 R_0 、上下層水の密度 R_1 、 R_2 、下層上端密度 R_{d1} を与え、 q_{01} 、 q_{02} 、 q_{21} 、 q_{12} を求めた。ただし、 d_1 は1cmより、1cmきざみで増大させ、 q_{01} が1回の噴流放出流量 $q_0=10(\ell)$ になる層まで計算した。

3つの噴流形態の実験結果を比較すると、噴流による底層密度変化が一番大きかったのは、噴出口前に障害

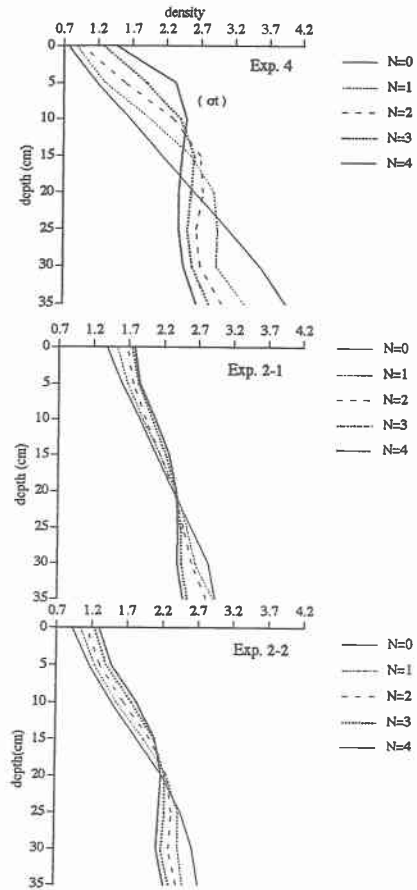


Fig. 3 Variation of the vertical water density distributions due to the jet flows

物を設置せずそのまま噴流噴出を行ったExp.4で、次に密度変化が大きかったのはExp.2-2であった。噴出口前に障害物を設置することで噴流の周囲水の連行率を高めようとしたが、Exp.2-1ではかえって噴出流速を減少させ、連行を抑制する結果となった。Exp.2-2の連行率はExp.4に比べ1/3程度であった。

今回の実験は、噴流の放出運動量、厳密には放出密度フルード F_{do} がきわめて大きな場合である。 F_{do} が変われば、実験結果もまた異なるであろう。

参考文献

木村晴保、伊賀秀美：噴流水の連行率が底層水の密度とDO変化に及ぼす影響について、平成7年度日本水産工学会学術講演会論文集、141-144(1995)