

神戸大学大学院 学生員 伊藤昭一郎  
 神戸大学工学部 正員 笈 源亮  
 東洋建設(株) 正員 多田和樹

1. まえがき

密度成層における選択取水は、取水時の流速が界面を攪乱させないような限界流速以下でなければならぬが、これは数 cm/sec と小さく、完全な選択取水を行う場合には、限界流速を越えないように界面上の流速を制御すればよい。本研究では、取水口形状を変化させ、それぞれの特性から最適な取水口形状を決定するとともに、取水時の界面の挙動ならびに界面の安定不安定問題について検討を試みた。

2. 実験装置および実験方法

本実験では、重力の支配下であるとともに、密度成層での実験であるため、次式で定義されるフルード数による相似則を用いる。

$$F_i = \frac{u}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho)gR}} \quad (1)$$

ここに、 $\Delta\rho$  は密度差、 $\rho$  は下層密度である。

実験は、以下に示す二種類の屋外、屋内実験装置 A, B (以下 A, B と略す) により行った。

A; 実験用水槽は、高さ 2.5 m 幅 5.0 m、奥行き 4.0 m の循環式鋼製水槽で、シリンダーゲート中央から 37.5 cm の位置に隔壁を設け、取水深は 10 cm とした。シリンダー模型は、三種類ずつの直線円錐形と曲線円錐形のフロートと二種類のバルマウスをそれぞれ組み合わせ、さらに一對のシリンダー模型を用いた。B; 実験用水槽は、高さ 50 cm、幅 60 cm、奥行き 50 cm の循環式アクリル樹脂製水槽で、隔壁の位置、取水深、シリンダー模型は、すべて A の場合の 1/3 の大きさである。

A における実験方法は、単一流体について、プロペラ流速計による流速測定、負圧分布、目視観察による流出漏測定を行い、B では、単一流体、極淡二成層について、水素気泡発生装置による流速測定、界面の挙動等について実験を行った。また A, B での実験条件は、表-1 に示す。

A における実験方法は、単一流体について、プロペラ流速計による流速測定、負圧分布、目視観察による流出漏測定を行い、B では、単一流体、極淡二成層について、水素気泡発生装置による流速測定、界面の挙動等について実験を行った。また A, B での実験条件は、表-1 に示す。

3. 取水口まわりの流況

単一流体における二つの実験装置による流速分布は、低取水量的な場合では、取水口形状の違いによる差異は見られなかったが、高取水量的な場合(図-1, 2)では、表面取水、中間取水とも曲線円錐形で開き角の大きいフロートが、最も取水層厚さが小

表-1 実験条件

		流量	かぶり水深 (cm)	下層密度 (g/cm <sup>3</sup> )	上下層厚さ (cm)
表面取水	A	0.21, 1.1 (m <sup>3</sup> /分)	0		
	B	191.7, 368.3 (cm <sup>3</sup> /s)	0		
中間取水	A	"	19		
	B	"	6.3		
二層密度成層取水	A			1.01, 1.02	上層 594~794
	B	191.7 ~ 800 (cm <sup>3</sup> /s)		1.03	下層 24.5

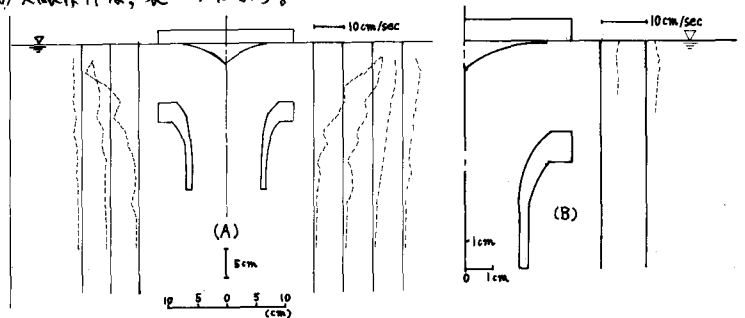


図-1 流速分布 (表面取水, 高取水量)

さく、またバルマウスは、円錐に近いものより楕円形の方が良好であった。さらにAによる負圧分布、流出洞の特性からも上述のものが良好であった。

#### 4. 界面の挙動ならびに界面の安定不安定問題

取水時における界面の挙動を写真撮影したものの横式図を図-3-1~3-3に示す。これらより界面は、取水量が増加するにつれ、まず界面が引き上げられ(図-3-1)、次に波が生じ(図-3-2)、波の波長がだんだん小

さくなり、ついに界面が不安定となり混合が生じる(図-3-3)。このような一連の現象は、上層厚さ、上下層の密度差が大きいほど生じにくい。

従来より界面の安定条件は、上層を下層に対して相対的に流速口で流動させた時、次式で表される。

$$Re^m \cdot Fi^n = K \quad K \geq K_{min} \quad (2)$$

ここに、 $Re = \rho l v / \nu$ ,  $Fi = \rho / (8 \epsilon l)^{1/2}$ ,  $\epsilon = \Delta \rho / \rho$ ,  $m$ ,  $n$  は、実験で定められる指数および定数である。Keuleganは、実験より  $m=1$ ,  $n=1$ ,  $K_{min}=178$  を得ており、Rouse, 岡崎らは、 $m=1$ ,  $n=3/2$ ,  $k=440, 640$  をそれぞれ実験より得ている。本実験では、 $\rho=1.5 \text{ cm/sec}$ ,  $l=6.94 \text{ cm}$ , 下層密度  $1.01 \text{ g/cm}^3$  より  $K=80.75$  となり、前者よりかなり小さな値となった。これは、前者の限界流速が、上層平均流速であるのに対し、本実験では、上層の流速分布が一様であるため、界面上  $0.5 \sim 1.0 \text{ cm}$  の位置の流速を用いたのであるが、前者と界面付近の流速分布が、本実験と異っていたためと考える。

さらに本実験では、取水口よりある程度離れた位置での上層の流速分布が一様であり、下層は静止しているものと考えられるので、Kelvin-Helmholtz型安定理論より表面張力項を無視して理論値との比較を試みたが、理論値より実験値の方がかなり大きな値となった。これは、理論式が不安定性の発達の初期

の状態のみを示すこと、上層の流速分布が多少異なること、界面の安定限界を目視観察により判断したことが考えられる。

#### 5. あとがき

本研究は、最適取水口形状を明らかにするとともに、塩菜二成層における取水時の界面の挙動ならびに界面の安定不安定問題について検討を試みたが、取水における界面の安定不安定問題については、今後さらに、もっと詳細な検討が必要であると考える。

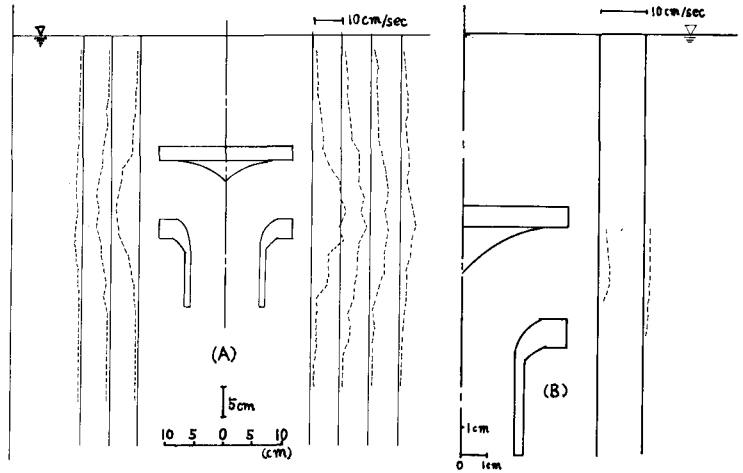


図-2 流速分布 (中間取水,高取水量)

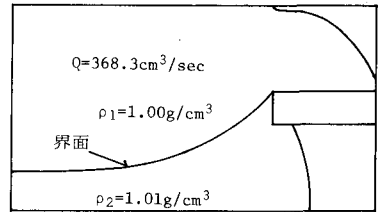


図-3-1 界面の引き上げ

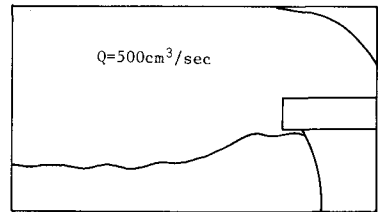


図-3-2 界面の波立ち

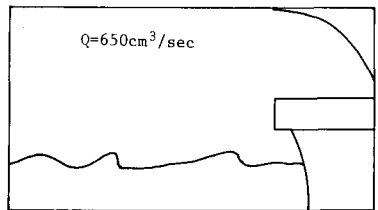


図-3-3 界面の混合