

円筒型取水口に流入する軸対称密度流の実験的研究

東京理科大学大学院

学生員 片上 智之

東京理科大学理工学部土木工学科

正会員 大西 外明

1. 研究の背景と目的

発電所・工場等の冷却水として海水が大量に使用される。使用する冷却水は、その使用目的より砂泥、塵芥などが混入せず低温であり冷却管の腐食を起こすような有害物質を含まない、清浄な水であることが、必要とされる。水の取水方式としては、様々な形式があるが、本研究では近年、適用されることが増加している円筒型海底取水口に注目して傾斜密度勾配をなす水域から所定の流量を取水する場合の流動層厚と、流量及び密度分布の関係を明らかにする事を目的として実験的に研究をおこなった。

2. 実験内容

実験に際しては、まず中層取水と下層取水のそれぞれの場合に対応する位置に取水開口部を固定する。(中層取水においては全水深の1/2の高さに取水口を設置し、下層取水においては、底面に設置する。)

次に6層からなる傾斜密度勾配をもつ成層を水槽内に作成するため、1層から6層目まで密度差が $\Delta\rho = 0.03\text{g/cm}^3$ (各密度層は密度差 $\Delta\rho = 0.006\text{g/cm}^3$)になるようにそれぞれ塩分濃度のことなる塩水を注入し、全水深12cmになるように主水槽に貯水した。なお、この時各層間の境界面が可視化できるようにフローレッセンスソーダにより着色した。

貯水の後、1日の間そのまま放置する。これにより互層の分子拡散によって密度分布が直線的になる。

密度分布を測定した後、バルブをひねり取水する。この時、十分上流付近においてウォーターブルーを注入し、その動きをビデオをとおとしてコンピューターに入力して画像処理を施して取水口に流入する流動層の厚さを測定した。またこれと同時に水深低下5mmごとに平均流量を測定する。

なお、実験装置については次の図1に示す。

3. 解析

水深方向に密度が直線的に増加する水域において、開口するスリット(取水口)へ流入するあるかぎられた範囲の水深 d_0 にある水のみを取水しようとする場合、それが可能となる上限の取水流量(これ以上に流量を増やすと d_0 を越えた水深の水が流入する)がある。

本研究では、この流量を限界取水流量と名づけ、これを実験により求めることを試みた。次に、直線的に密度が変化する水域における軸対称密度流についての従来の理論解析を参考にし

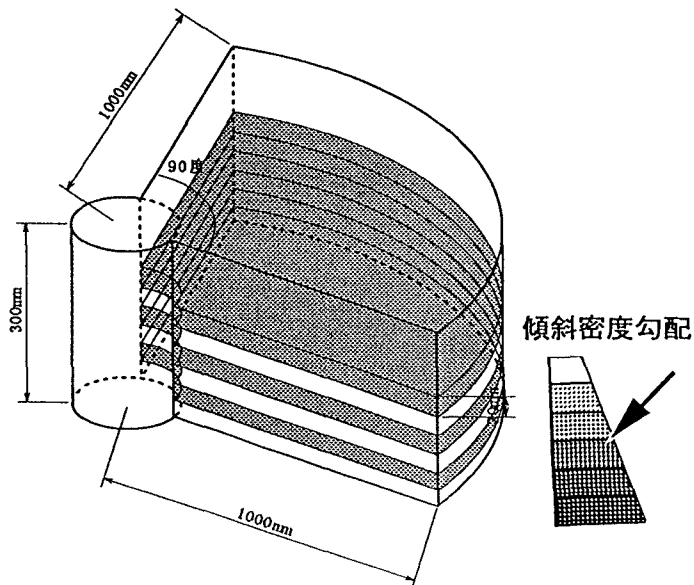


図 1: 実験水槽

た取水パラメーター G をもとに解析を行った。

大西・日野¹は次式(1)で定義される取水パラメーター G により、中層取水と下層取水の流動層厚と取水流量とを関係づけられるとし数値解析によって取水口が全水深の1/2の位置にあるときには $G < 0.046$ の時は中層取水状態になり $G > 0.046$ の時は下層取水になることを示した。

又、日野・古沢²は層分離現象について実験を行い上記の数値解析結果の妥当性について検討を加えている。しかし、この実験結果は模型スケールの関係がさらに詳細に検討する必要があると考え、本研究ではより高い精度の実験によりこれらの関係を調べ現場との対比を行うことを試みた。

$$G = \frac{Q}{2\pi\sqrt{g\beta}h^3} \quad (1)$$

ここで、 G は実験よりもとまる取水パラメーター、 Q は限界取水流量、 h は流動層厚さ、 β は成層の強さで $(\rho_0 - \rho_1)/\rho_0 d$ 、 ρ_0 は水底での流体の密度、 ρ_1 は水面での流体の密度、 d は全水深をあらわしている。

次の表1は中層取水および下層取水の実験結果より求めた取水パラメーター G の値を示す。

表 1: 中層取水 G_A ・下層取水 G_B の実験結果

RUN	流動層厚 (cm)	限界取水流量 (cm^3/sec)	G_A	$4G_A$	流動層厚 (cm)	限界取水流量 (cm^3/sec)	G_B
case1	4.90	18.20	0.0639	0.2554	3.21	22.75	0.2840
case2	5.13	26.28	0.0803	0.3214	3.26	28.29	0.3371
case3	5.25	31.76	0.0906	0.3624	3.34	39.42	0.4367
case4	5.55	43.46	0.1049	0.4200	3.51	43.93	0.4194
case5	5.82	51.14	0.1071	0.4283	3.59	51.78	0.4620
case6	6.34	70.48	0.1142	0.4567	3.79	56.82	0.4308
case7	6.46	72.13	0.1104	0.4418	3.94	66.42	0.4482

実験値を解析した結果、中層取水と下層取水においてはそれぞれ表(1)のcase4 ~ case7より $G_A = 0.109$, $G_B = 0.44$ となり $4G_A \approx G_B$ の関係が成り立つことがわかった。中層取水、下層取水において G_A または G_B を越えない限り選択取水が可能であるということを表わしている。

なお、表(1)におけるcase1 ~ case3は流量が少ないため粘性の影響が顕著になったと考えられる。

実験により導かれた $4G_A \approx G_B$ の関係は中層取水に対する下層取水は流量が等しいとき流動層厚はそれぞれ2:1である。つまり、中層取水の流動層厚の1/2は、下層取水の流動層厚に等しいことを示唆している。

なお、下層取水においては底板による粘性のため流線の先端部分と底板の1/2の点を排除厚さと考えて流動層厚とした。

参考文献： 大西外明：冷却水取水に関する水理学的研究

.1 大西外明・日野幹雄：深層取水の流れへの考察(ii)

第15回海岸工学講演会論文集(1968)pp.203~211

.2 日野幹男・古沢恵：成層密度分布からの選択取水に関する実験

第16回海岸工学講演会論文集(1969)pp.231~236