

長崎大工	正員	古本勝弘
長崎大工	正員	武政剛弘
長崎大工	学員	○谷口英世
長崎大工	学員	切通幸生

1) まえがき

気泡噴流は、港湾関係では消波効果をもつものとして、下水処理関係では攪拌効果および曝気効果をもつものとして数多くの研究が行われてきた。漁業関係では、*fish farming*計画（内湾を何らかの方法で締め切り栄養塩類と肥料としての海面に散布し、プランクトンの増殖を行い間接的に稚魚の育成を行うとする計画）での気泡噴流幕に遮断効果を期待し、これを遮断幕とすると共に、酸素供給手段、あるいは肥料の攪拌手段として応用する事を考へてみる。また遮断効果が明確にエケれば、レトロあるいは汚濁物質の湾外拡散の防止等にも利用する事が考えられる。そこで筆者らは、気泡噴流幕の遮断効果を検討する為に、第一段階として、静水下の気泡噴流幕を通す水の交換について行った実験結果を報告する。

2) 実験装置

実験装置の概略を図1に示す。水槽は、長さ7.5m、巾0.8m、高さ20cmの寸法の両側面に透明アクリル板を貼った鋼製の矩形水槽である。水槽を二つに分ける様に、水槽中央部にガイドに沿って取り外し可能な仕切り板を設けた。両水槽には、水面下は15cm以下層を分離する為の板を図1のように設けられている。これは、気泡噴流近傍においてのみ循環流が起り、混合水が二つに停滞するのを防ぐために設置されている。この分離板のために、流れは図中の矢印の方向に循環する。散気装置は、図2に示す様にアクリルの角棒に溝を掘り、その上部に市販のエアーストーンを接着したもの、水路の中央部に必要の本数を並べて用いた。送風は、出力400W、実務風量 $0.35\text{ m}^3/\text{min}$ のプロアーを用い、風量調節のバルブ、風量測定のためのオリフィス、エアータンクを経て、各エアーストーンに空気を供給した。気泡径は、風量、圧力によって異なり、正確には測り取れないが、略々 $0.1\sim0.3\text{ cm}$ であった。気泡噴流幕を通す水の交換を見るトレーサーとして、 NaCl を用いたが、その濃度は電気伝導度計で検出した。

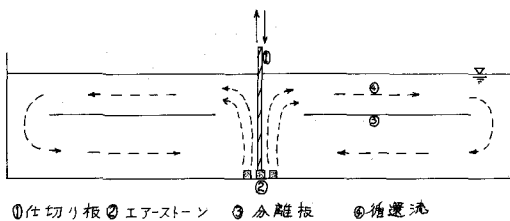


図1 実験装置

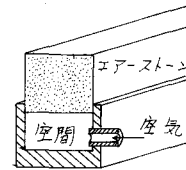


図2 散気装置

3) 実験方法

上記の仕切り板により、完全に二つの槽に分離したのうち、一方の水槽に飽和した NaCl 溶液を注加し、この仕切り板の下に設置したエアーストーンより気泡を噴流させ、これによる循環流と利用し攪拌を行い、淡水槽塩水槽の濃度を均一にした。この時注加する NaCl 量は、両槽の間で密度差現象が起らない程度、すなわち、電気伝導度の差で $500\text{ }\mu\text{m}$ 、密度差に直して 0.0002 g/cm^3 とした。この濃度差を持つ両槽の濃度を初期濃度と

した。この濃度差の元で、20秒〜30秒送風散気を行いつつ中央の仕切り板を撤去の後、再び仕切り板を落とし両槽の交差を断つ。この仕切り板の開放時間は、気泡噴流により混合した水が前述している様に循環して、再び噴流幕の面に達する迄の時間、すなわち気泡幕に左右から供給される水が、初期濃度に保たれてゐる時間とした。仕切り板を閉じた後も散気を継続し、循環流を利用して両槽を完全に一樣とする。この両槽の最終NaCl濃度を測定し、気泡幕を通すNaClの交換量を算出した。

4) 実験結果およびその考察

気泡噴流部の流れのバターンは次の様である。散気装置上U(m/sec)部の気泡とともに上昇する水流は、左右から濃度の異なる水と吸収し混合しながら水面直前に達して再び左右に別れ循環流となる。気泡幕内の上昇流の主体となる水は、エアースト直上で左右から気泡幕内に連続的に吸い込まれる水であり、エアースト上かなり離れた部分に於いて左右から吸い込まれる水は、気泡幕の中央部まで達し互いに別の水槽に入る可能性は少い。気泡幕内におけるNaCl濃度の分布を理想的に推測してみると、エアースト直上では、淡水側(C_f)と塩水側(C_s)の濃度がその中央で連続的に接した分布をなしその水塩の上昇と共に互に混合拡散があるために左右に分れて循環流となる迄は、式で大まかに近似した分布となるであろう。

$$\frac{C}{C_s - C_f} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2 \sqrt{D_H \cdot z/u}} \right)$$

すなわち、z:エアースト上面から鉛直上に測った距離、u:噴流幕内の水の平均上昇速度、x:気泡幕中央から淡水側に測った水平距離、D_H:気泡幕内での水平方向分散係数である。ただし(1)式は、D_H、uを一定と取り、また気泡幕の外側はC_s、C_f濃度に保たれているから成務とは一致している。塩分の淡水側への輸送は水平方向に拡散により起り、その量は、気泡幕中央面と横切る塩分量で決定される。気泡幕内での乱れ拡散は、気泡径、気泡速度、噴流巾等に支配される事が予想される。気泡径を自由に制御できないが、実験は気泡噴流巾、流量に関してデータが採られている。まずエアーストの本数をパラメータに流量(Q)と式で示す塩分の交換速度(U)の関係を図3に示す。

$$U = \frac{C_u - C_f}{C_s - C_f} \cdot \frac{V}{A \cdot T}$$

すなわち、C_u:淡水側の最終NaCl濃度、V:淡水側容積、A:鉛直部面積、T:仕切り板開放時間。これによると同流量に対して、エアースト本数、即ち噴流巾の増加に伴って交換速度は減少する。これは気泡面での塩分移動量を $j = -D_H \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)$ で表わした時同流量の下では、噴流巾の増加による $\left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)$ の減少が j の減少に効果的である事を示している。j が決定されれば近似的に $\frac{\partial C}{\partial x} = (C_s - C_f) / B$ (B:噴流巾) とおき D_H を計算して図4に示している。噴流内での分散係数 D_H は一般に B に比例すると考えられるが、この実験結果を Q = 4, 3 l/sec について D_H と B との関係を示すと図5とよりほぼ検証される。

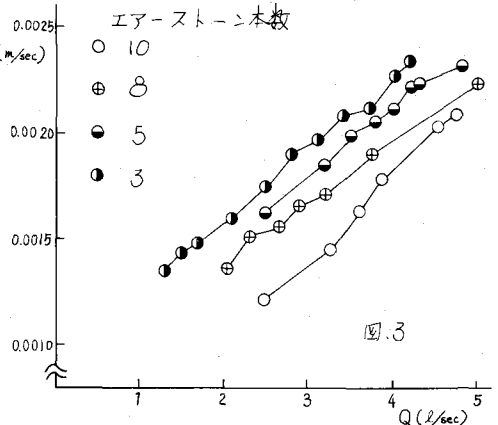


図3

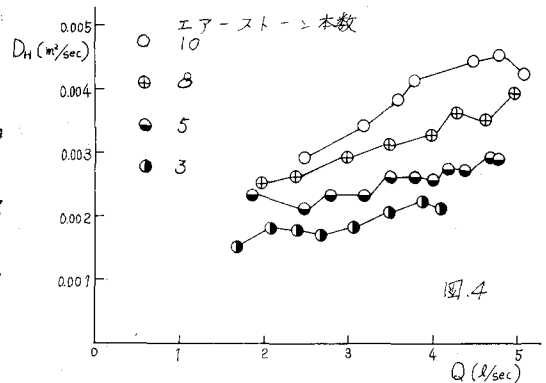


図4

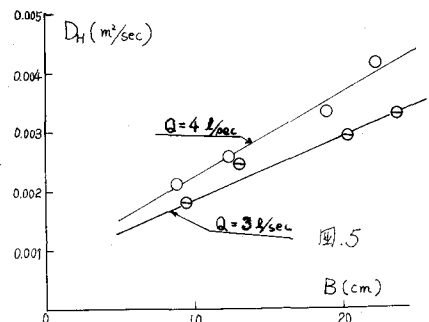


図5