

波を用いた底層酸素供給装置の開発

東北大学大学院工学研究科 学生員 山城 朋明
東北大学大学院工学研究科 フェロー 沢本 正樹
東北大学工学部土木工学科 佐藤 栄司

1. はじめに

東京湾や瀬戸内海などの内海海域の底層には貧酸素層が存在する場合がある。貧酸素状態においては、化学反応が嫌気性反応となることにより、青潮の原因となる硫化水素が生成される。従って貧酸素層の存在は、海域環境にとって好ましくない。そこで波の運動を用いて、溶存酸素が豊富な上層の水を底層に送り込む装置の開発を試みる。装置は円管型の装置に波を入射させ循環流により下降流を生じさせるものである。本研究では循環流の装置の寸法や波高などを変化させ、それらの値と流量の関係を把握し、最適な条件を見出すことを目的としている。

2. 実験装置およびその原理

2-1 実験装置

実験装置の概要を図 1 に示す。造波機（波高および周期は可変）を取り付けた開水路に、アクリル製の管を鉛直に取り付けてある。このアクリル管には波を入射させるためのスリットが取り付けられている。管は上下に可動である。流速計は管径の方向に関して任意の位置に動かせるようになっている。

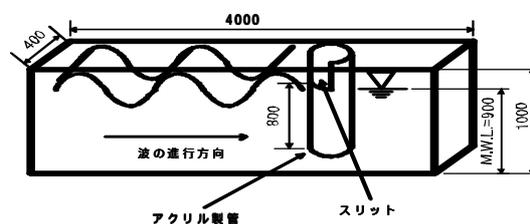


図-1. 実験装置概要

2-2 装置の原理

図 2 に示すように管内に波が入射すると、管壁に沿って循環流が形成される。波が入射した直後の管内の水位は管外の水位より高いので、その獲得した水位差により管内に下降流が生じる。その際、入射した流体は管内で旋を描きながら管底へ向かう。このようにして下層への流れを生じさせる。

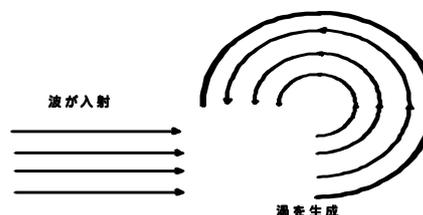


図-2. 装置の原理

3. 実験方法

流速の測定方法は、管底において鉛直成分の流速を電磁流速計を用いて測定した。流速は波が入射する毎に不規則的に変化するので、複数のデータを平均して求めた。具体的には 30 波分の流速データを取り、それらの時系列値を平均することにより算出した。

流量の算出方法は、管の半径を 4 分割し、分割した区画毎に流速を測定する。それらの値を管の中心に近い側から

V_1, V_2, V_3, V_4 (cm/s) とすると、流量 Q (cm³/s) は管の内径が d (cm) のとき、(1) 式、

$$Q(\text{cm}^3/\text{s}) = \sum_{k=1}^4 V_k \cdot \pi \cdot \left\{ \left(\frac{kd}{8} \right)^2 - \left\{ \frac{(k-1)d}{8} \right\}^2 \right\} \quad (1)$$

により算出される。

今回は波高、波の周期、管径、スリットの高さを変化させながら、流量の変化を調べた。

Key Words: 波, 循環流, 鉛直管, 鉛直流速 (分布), 流量

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境システム学研究室 Tel: 022-217-7515

4. 結果

4-1 鉛直流速分布

波高 6.0cm, 波の周期 0.90 秒で管径を変化させた場合の流速分布を図 3 に示す. また周期 0.98 秒, 管径 90mm で波高を変化させた場合の鉛直流速分布を図 4 に示す. いずれの場合も管の外側で速い流速をもっている. その原因は波が円管に入射すると, 循環流の遠心力により水位は管壁側の方が高くなり, 下降流を生じやすくなるためと考えられる. また管の中心部では上昇流がわずかながら生じる場合がある. これはこの種の形をした装置 (ボルテックスチューブ¹⁾) に固有の流れである. 波高を変化させると, 波高が高くなるにしたがって, 上昇流が顕著になることが分かる.

4-2 流量変化

流量はいずれのパラメータに対しても影響を受ける. 波の周期およびスリット下辺の高さを変化させた場合の流量の変化をそれぞれ図 5, 図 6 に示す. 波の周期を変化させた場合に流量の極大値が存在する理由として, 循環流の遠心力の強さ, および波の周期とともに変化する波速が影響しているためであると考えられる. スリット下辺の高さに関しては, これが静水面より 1~2cm 下方のときに流量が最大となる. その理由としてスリット下端が水面付近にあるときは管を下げるほど入射水量が増大し, 流量もそれに伴って増加するが, スリットをある深さより下げると減少に転じる. これは波による水粒子の挙動は深くなるにつれ小さくなる微小振幅波理論などにより説明できる.

5. おわりに

今回は流量に関する実験結果のみに着目したが, 今後は数値モデルを開発し, その結果と実験結果との比較を行う. その際に, 波が入射する時の管内の水位や管内の流動の把握が, 装置の特性を知る上で重要である. また形状を変化させることにより, 流量の増加を期待した装置の考案を行う.

参考文献

1) 小川明: 渦学, p. 94-99, 山海堂, 1981.

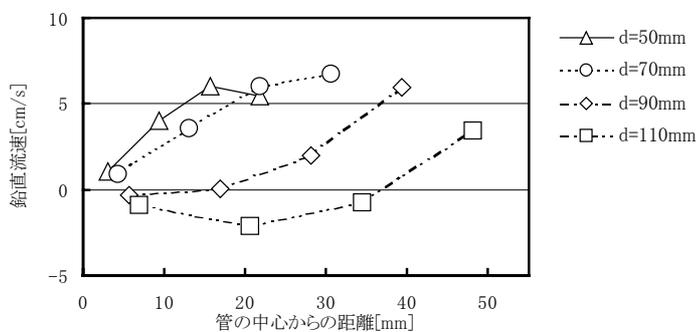


図-3 鉛直流速分布
(管径変化時, 波高 6.0cm, 波の周期 0.90秒)

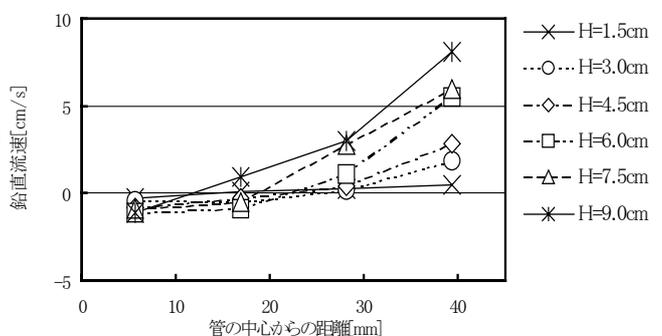


図-4 鉛直流速分布
(波高変化時, 管径 90mm, 波の周期 0.90秒)

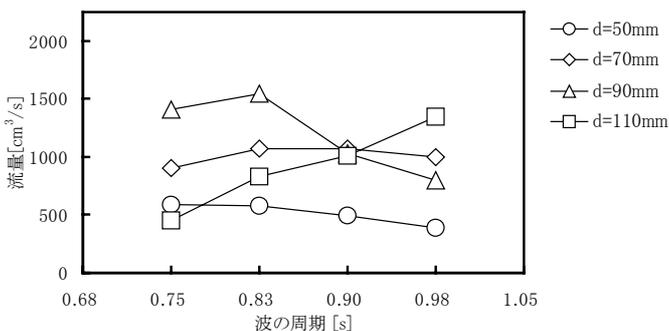


図-5 流量変化
(波の周期変化時, 波高 8.0cm)

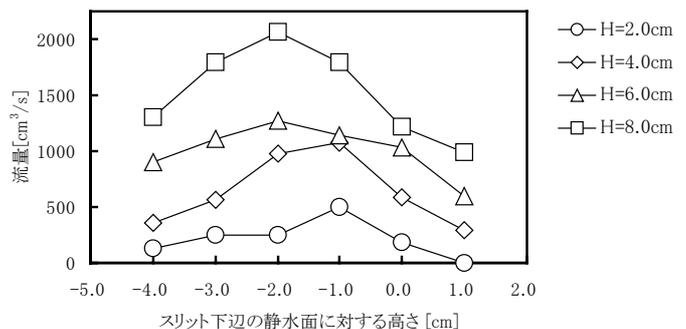


図-6 流量変化
(スリット位置変化時, 波の周期 0.90秒, 管径 90mm)