

II-443

エアバブルカーテンによる
青潮侵入防止法について

鹿島建設（株） 正会員 新保 裕美, 正会員 田中 昌宏

1. はじめに

東京湾等の閉鎖性の強い湾では夏期に青潮が発生し、魚貝類が斃死する等多大な被害をもたらしている（図-1参照）。青潮の被害が大きい理由のひとつは、貧酸素水が貝や稚魚の多く生息する干潟等の浅海域に侵入するためと考えられる^{*)}。したがって、青潮の発生を防ぐことは困難であるが、貧酸素水の浅海域への侵入を防ぐことができれば被害をある程度軽減することが可能となる。

そこで筆者らは、図-2に示すようにエアパイプを海底に設置し、カーテン状のバブルによって青潮水の浅海域への侵入を防止する方法を考案した。青潮の発生は年に数回であり、本法のような船舶による仮設物による方法が費用的にも有利であると考えられる。本報は、この方法の有効性を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

実験は、図-3のような風上側に斜面を有する風洞水槽（長さ8.0m、高さ0.3m、幅0.2m）で行った。青潮の発生は本来コリオリ力のきいた現象であるが、斜面を遡上する下層水の浅海域侵入をエアバブルカーテンで防げるかを検討する上では本実験装置でも有効と考えられる。図-3の様な条件で発生する混合現象は、ウェドバーン（Wd）数に支配されると言われている^{**)}。そこで、実験条件は東京湾の青潮発生時のWd数に等しくなる様に設定した。Wd数は次式で示される。

$$Wd = Ri \cdot H / L = \varepsilon g H / u_*'^2 \times H / L \quad (1)$$

ここに、 Ri ：リチャードソン数、 H ＝水深、 L ＝湾長、 $\varepsilon = \Delta \rho / \rho_1$ 、 $\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$ 、 ρ_1 、 ρ_2 ：上、下層密度である。

実験はWd数を種々変化させて行ったが、ここではWd数は一定とし（ $Wd=3.8$ 、 $\varepsilon=0.004$ 、風速＝5.7m/sec）、空気量とパイプの設置位置（今回は2本設置）について検討した結果を報告する。なお、相似則としてWd数を用いると、現地と実験の時間スケールの比は次式で表される。

$$T_r / T_m = (L_r / L_m \times \varepsilon_m / \varepsilon_r)^{1/2} \quad (2)$$

3. 実験結果

図-4(a)に、バブルカーテンがない場合の下層水の侵入の様子を示し、図-4(b)に、バブルカーテンが形成されている時（空気量25cm³/sec）の下層水の侵入の様子を示す。バブルカーテンがないと下層水は水底を岸方向へと進んで行くが、バブルカーテンを形成すると下層水はエアに連行されて一旦上昇し、下層と上層の水が混合された後に、徐々にバブルカーテンを通り抜けて岸方向へと侵入する。このため下層水の

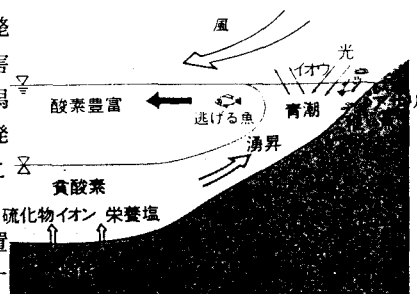


図-1 青潮発生のおきみ

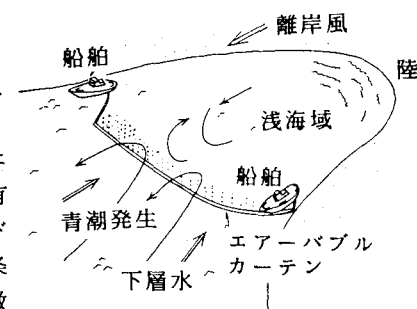


図-2 エアバブルカーテン概念図

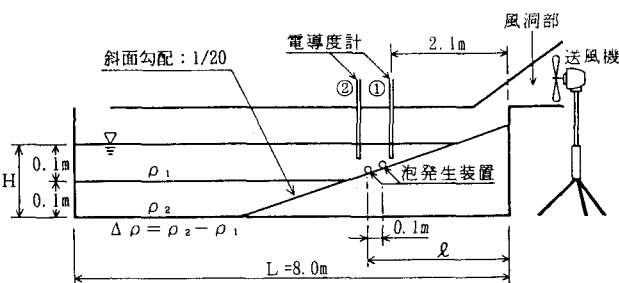


図-3 実験セッアップ状況

浅海域への侵入を遅らせることができ、またエアレーションの効果も期待できる。

バブルカーテン位置より岸側(①)と沖側(②)の塩分濃度(比重)の時間変化を図-5, 図-6に示す。時間軸は実験スケール並びに現地スケールで示す。図-5は、空気量を変化させた場合(パイプ位置 $\ell=2.8\text{m}$)、図-6は設置位置を変えた場合を示している。

図-5を見ると、バブルカーテンがない(空気量 0m^3)場合には比重が一旦高くなり、徐々に減少するのに比べ、バブルカーテンが形成されている時にはすぐには混合せず、徐々に大きくなっていく様子がわかる。また、沖側と岸側の比重が等しくなるのは、バブルカーテンがない場合は送風開始後約4分程度(現地換算5.3時間)であるのに比べ、バブルカーテンがある場合には約15分後(現地換算20.0時間)である。沖側の比重の最大値はいずれの空気量の時でも同程度の約1.0035である。また、岸側の比重はバブルカーテンがない場合は約1.003, 空気量 $99\text{cm}^3/\text{sec}$ の場合は約1.0025, 空気量 $25\text{cm}^3/\text{sec}$ 場合は約1.002である。

これらから、バブルカーテンにより青潮の沿岸域への侵入時間を一日程度遅らせる効果があることが確認できる。また、エアパイプから放出される空気量が多すぎると攪拌を促進し、沿岸域への青潮の侵入量を最終的に多くしてしまうことがわかった。最適な空気量が存在するものと考えられる。

図-6にエアパイプを $\ell=2.8\text{m}$ の位置(図-3参照)に設置した場合、及びエアパイプを $\ell=2.3\text{m}$ の位置に並列に設置した場合の比重の時系列変化を示す。両者とも最終的には完全に混合するが、沖側に設置した場合の方が、エアバブルカーテンの沖側と岸側の水が混合されて同比重になる時間が遅くなるのがわかる。

4. まとめ

実験により、以下のことが明らかになった。

- ①エアバブルカーテンにより青潮の沿岸域への侵入を遅らせることができ、下層水は一旦上層水と混合された後に沿岸域に侵入してくるため、魚貝類への影響は緩和できるものと考えられる。
- ②空気量が多すぎると青潮の攪拌を促進するため、最適な空気量を設定する必要がある。
- ③エアパイプは沖側の水深の深い場所に設置した方が青潮の沿岸域への侵入時間を遅らせることができる。

謝辞：埼玉大学浅枝隆助教授に貴重な意見を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献：*)「青潮の発生機構の解明等に関する調査」、環境庁水質保全局、昭和62年度環境庁委託業務結果報告書、1988年 ***)「東京湾の青潮発生機構に関する基礎実験」、中辻啓二、長坂誠司、村岡浩爾、水工学論文集、1991年

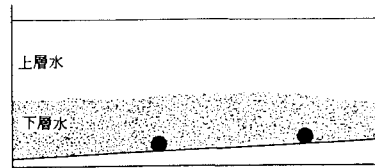


図-4(a) エアバブルカーテンがない場合

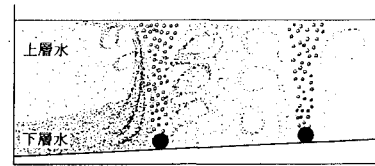


図-4(b) エアバブルカーテン形成時

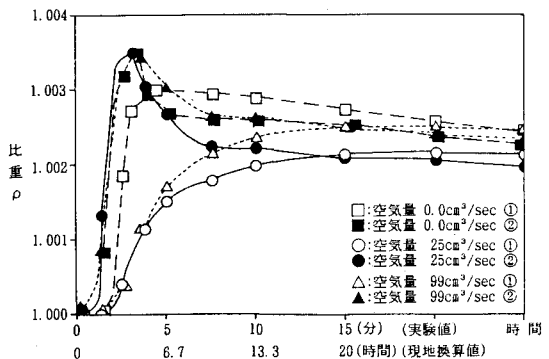


図-5 空気量による比重変化

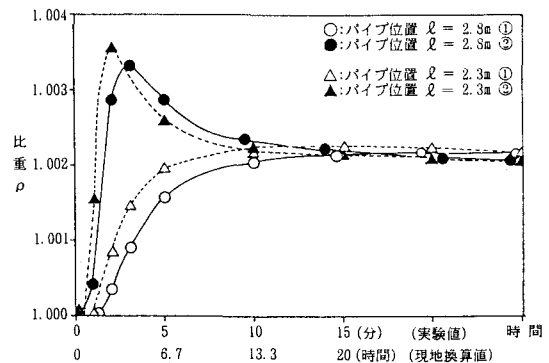


図-6 設置位置による比重変化