

沿岸域における人工湧昇効果検証と湧昇装置の開発

特定非営利活動法人エスコット 藤本 治生
(一財) みなと総合研究財団 正会員 ○野口 孝俊

1. はじめに

東京湾などの閉鎖性水域は、水質の改善に向けた取り組みを実施してきたが、夏季における貧酸素状態や生態系に必要な栄養塩の不足に起因する貧相な生態系を改善するための主たる解決策はないのが実態である。本稿は、海面表面に下層水を表層に移動させる人工湧昇装置（ポンプ）を開発し海面付近での湧昇効果を検証した報告を行うものである。

2. 研究の目的

閉鎖性水域における沿岸域の浅海部では、夏季の表層水温は高く、上層部のプランクトンの死滅により赤潮状態になることが多い。貧酸素状態になった状況では表層下の酸素の多い水塊を混合させることで死滅を防ぐ可能性もある。太陽光の到達しない水深では水温が表面より低く溶存酸素も多い海域もあり、この水深にある下層の海水を海面付近に移動させる、もしくはポンプ逆止弁を反対にすれば表層の DO が多い海水を低層に送ることが出来れば以下の効果が得られると考えられる。

- 1) 表層温度を低減することによる海洋プランクトン死滅抑止
- 2) 転流促進による低層の DO 値改善による魚介類の酸欠死防止

3. 波動式湧昇ポンプの湧昇原理

(1) 湧昇ポンプに関する先行研究

湧昇ポンプの研究は海外でも少ないが、オーストラリアグリフィス大学 Kirke は湧昇水量に関し以下に述べている¹⁾。

「上端にフロートを備えた垂直管で構成され、逆流防止弁が装備され波の上下運動により、管内の深層水 (DOW: Deep Ocean Water) を表層に汲み上げる。その効率は波の高さ 0.35m のうねりの中、断面積 0.071 平方メートル (直径 0.3m) のチューブで、30m の深さから毎秒 10 リットルを 4 秒周期で汲み上げる能力が実証された。

(2) 逆止弁方式の波動式湧昇ポンプの概要

1) 日本初の波動式湧昇ポンプの開発

NPO エスコットでは芝浦工業大学と共同で 2019 年から波の上下運動だけで低層海水を汲み上げる逆止弁方式の波動式湧昇ポンプの開発を行った。

2) 湧昇ポンプの運動と水の流動の仕組み

図-1 に示すように海面に浮かせた丸ブイの上下運動により海中に吊り下げられた湧昇ポンプが上昇と下降を繰り返す²⁾。

- A. 上昇時には上部弁体が閉じ湧昇管上部が密閉され内部の水と共に上昇する。
- B. 下降時には水の慣性と湧昇管下部から受ける上向き水圧により上部弁体が開き排水される。

この原理を試験室にて図-2 には湧昇ポンプにより下層水が弁の開閉と共に上層に移動する状況を確認した。

3) 湧昇ポンプの構造

図-3 に示すように構造は 3 つに分けられ A. 浮体 (ブイ) 部: 海面に浮かび波風のエネルギー補足部 B. 逆止弁
キーワード 波動式湧昇ポンプ, 環境再生, 生態系, 環境意識

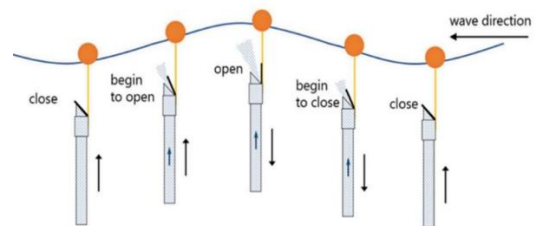


図-1 湧昇原理

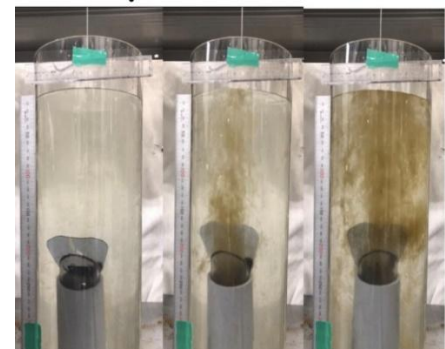


図-2 試験柱における湧昇画像、左: 上昇時弁体閉鎖、中と右: 下降時弁体開く

付き湧昇管部：浮体から海中に吊り下げられ低層水を汲み上げる。

C. 維持管理：湧昇管クリーニング、海底耕耘機能

4. 波動式湧昇ポンプによる現地試験と効果

現地試験では上昇する海水層 10 cm 単位での水温変化、陸上気温との関連性、数メートル下の低温水層に関する検証を行った。

(1) 検証試験概要

試験場所は千葉県御宿町岩和田漁港において 2023. 9. 11 ~ 2023. 9. 18 に実施した。試験装置は図-3 に示す湧昇管 VU125 (塩ビ管)、全長 2m の装置により、湧昇機能の在る湧昇管とない装置を 3m 離して敷設し、水深 0.2m ~ 2.0m の水温変化を比較 (計測インターバル 15 分) して計測を実施した。なお、通常、表層 -2m 位置の水温を計測するが、湧昇ポンプの効果を把握するために海面から 10 cm 単位で計測を実施した。

(2) 試験結果

・当該海域における 7 月 1 日 ~ 30 日の海面下 -0.2m と -2.0m の水温の比較を図-4 に示す。温度差は最大で 4.5°C 平均で 2.1°C のとなり、2m の差でも大きな数値であった。

・9 月 19 日 ~ 11 月 29 の間に湧昇ポンプ有無を 3m 話して設置して、海面下 -0.2m と -2.0m の水温を図-5 に示す。ポンプが有る場合は無しに比較して水温が低下している。-2m と比較すれば上昇しているが湧昇した下層水と表層水が混合することにより温度が低下したと思われる。

・図-6 に 9 月 15 日の一日分の変化を示す。-2.0m と -0.2 のピークは 5 時間遅れとなっており最大 2.5°C 差となり、ポンプを設置した場合は一日平均した状態となっている。

・水深 -2.0m の海水を -0.3m 位置に湧昇させたことによる温度差をポンプ有無で比較すると平均水温差が 55% 低減したことになる。

5. おわりに

海上下層水と表層水への混合による温度低減や酸素濃度の回復効果は理論的には存在したが、機械による効果範囲やコスト的な問題から実現していないが、波という自然力による湧昇ポンプの開発により環境改善が図るために実証を広げていきたい。

謝辞：本研究遂行にあたりご協力頂いた御宿岩和田漁業協同組合の畑中英男組合長並びに芝浦工業大学の田中耕太郎元教授と研究室の皆様へ深く感謝申し上げます。

参考文献 1) Brian Kirke : Enhancing fish stocks with wave-powered artificial upwelling , Ocean & Coastal Management Volume 46, Issues 9-10, 2003, Pages 901-915 2) 高橋真夢：波力駆動式湧昇ポンプの揚水量及び鉛直変位の評価方法の構築 , 芝浦工業大学工学部卒業論文 P9,P37, 2021.

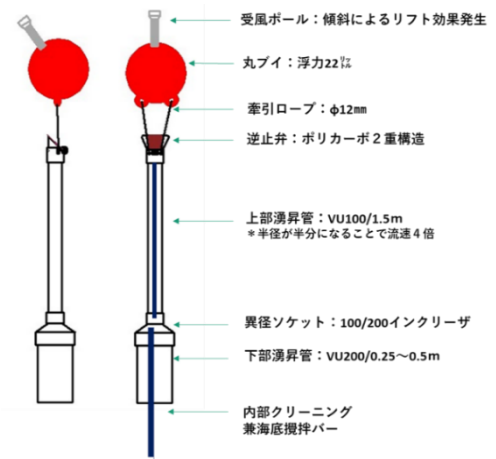


図-3 湧昇ポンプの概要

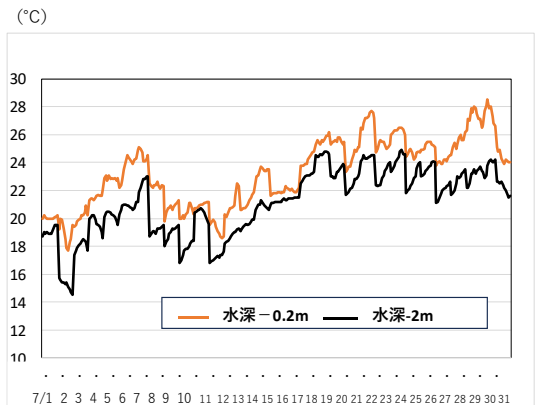


図-4 湧昇ポンプ設置個所の水温差

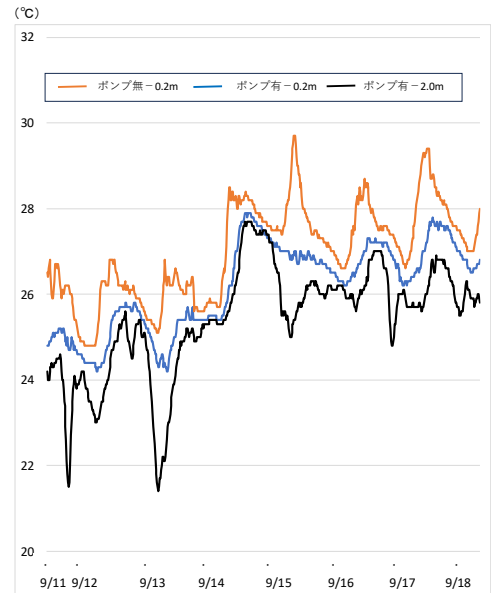


図-5 湧昇ポンプ有無鉛直水温比較試験結果

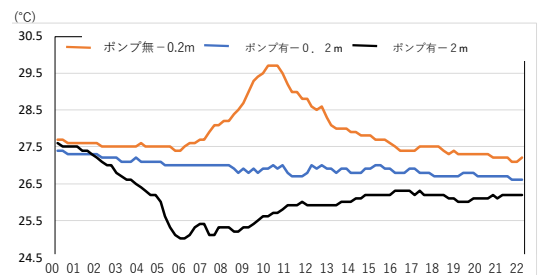


図-6 湧昇ポンプ有無による鉛直水温比較