

微細気泡を用いた内湾貧酸素水の改善とその効果の長期的予測に関する研究

Study on improvement of hypoxic water using micro-bubble aeration and prediction of its effects on long-term environmental change



磯部 雅彦(ISOBE Masahiko)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究の概要

内湾の水質環境で問題となっている貧酸素水の環境を改善するため、微細気泡による現地実験を行い、その効果を検討した。それにより微細気泡が水質・底質・生物環境に与える影響を定量的に把握した。

研究分野／科研費の分科・細目／キーワード

工学／土木工学・水工水理学／①環境復元②内湾③貧酸素水④微細気泡⑤東京湾

1. 研究開始当初の背景・動機

東京湾をはじめとする内湾では、富栄養化による赤潮をはじめとする生態系の劣化が深刻で、特に夏場に恒常的に現れる貧酸素水は底生生物のへい死を引き起こす。また、貧酸素水は高次生態系を支える大型の動物プランクトンの生息環境を奪うことから生態系の質の劣化を引き起こしているものと考えられる。

このような底層の貧酸素水塊を直接解消できる方法として微細気泡が注目されている。微細気泡の直径は数百 μm 以下であるため、他の曝気方法と比べて気泡の上昇速度が極めて遅い。これにより高酸素水塊を効果的に底層に送ることができ、貧酸素状態を改善する効果が期待される。

2. 研究の目的

本研究では内湾において最も深刻な問題である貧酸素水に着目し、実現可能性のある改善技術に関する基礎的検討とその実海域への適用、さらに水質・底質への効果の把握を行うことを目的とする。まず、様々な方策の中から最も効果的と考えられる微細気泡を用いた酸素の溶解促進技術を実験室レベルで検討する。これを東京湾湾奥に点在する貧酸素海域に適用し、現場実験を通して内湾環境の改善に最も適したシステムを提案する。

3. 研究の方法

(1) 室内実験による微細気泡装置の基本特性の把握

微細気泡発生装置の酸素溶解速度を塩分濃度や送水量、送気量に違いによる影響を

室内実験により明らかにした。

(2) 微細気泡曝気が水質・底質・生物環境に与える影響に関する現地実験

東京湾湾奥沿岸に点在する貧酸素水塊の形成海域において微細気泡発生装置を設置し、貧酸素水が形成される夏から秋にかけて現場実験を行い、本装置の水・底質への影響を把握・解明した。

4. 研究の主な成果

(1) 室内実験による微細気泡装置の基本特性の把握

送気量を変化させて実験を行い、送った酸素と溶解した酸素量の比を算出した(図1)。送気量が低い場合、酸素の溶解率は0.8以上あり、この値は酸素溶解の限界値に近いと言ってよい。送気量が増えるに従って溶解率は徐々に逡減するが、これは水中で溶解せずに水上まで浮上するマイクロバブル(MB)の割合が増えるためと考えられる。この溶解率を従来の方法である散気管

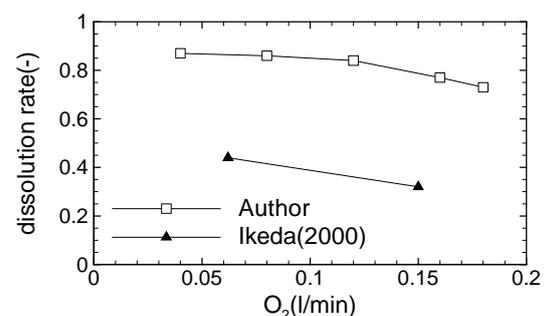


図1：酸素溶解率の比較

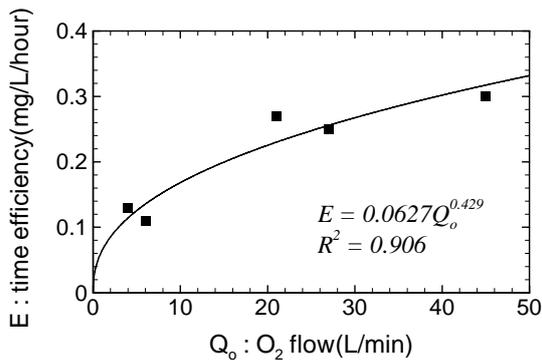


図 2：送気量と酸素溶解速度

方式[池田(2000)]と比べると、2 倍程度の溶解率を有していることが分かる。よって、MB による曝気は溶解効率が極めて向上しており、従来の方式よりもはるかに酸素が溶解しやすいことを確認した。

(2) 微細気泡曝気が水質・底質・生物環境に与える影響に関する現地実験

実際の現地実験において、得られた酸素送気量(Qo)に対する DO の増加速度(E)を図 2 に示す。図より、若干のずれはあるものの、酸素を送り込む量が多くなればそれだけ DO の増加速度が上昇することを示している。ただし、1 節の室内実験で述べたように、送気量が多くなると水中で溶け切れない気泡がふえることによって、E/Qo は徐々に逓減する。そのため、送気量と DO 増加は直線的な関係ではなく、指数関数的な関係となる。図中の数式は最小二乗法によって求めた関係式であり、R² 値は 0.9 と高く、現象をほぼ表している。このように、MB による現場海域の DO 増加効果を定量的に把握したのは本研究が初めてである。

次に底質環境に与える影響を見るため、微細気泡曝気実験の前後で底泥の酸素要求量(SOD)を計測した。微細気泡装置の酸素送気量を横軸にとり、実験後の SOD を縦軸にとると、両者は明瞭な半比例関係にあることが分かった (図 3)。ここで、送気量 0 L/min の SOD は実験前の SOD を平均したものである。図 10 より、酸素送気量に応じて SOD が減少しており、MB による SOD の改善効果が明らかとなった。

また、微細気泡曝気が底生生物に寄与する効果を把握するため、曝気を行った底層部分(St. A)と曝気を行わない底層(St. B)において約一ヵ月間実験を行った。St. A における底層の DO は常に 3mg/L 以上あり、St. B では 2mg/L 以下の貧酸素状態が 3 日以上継続することが 2 回観測された。アサリの生存率の変化を図 4 に示す。アサリの最終的な生存率を比較すると、St. A が 0.72、

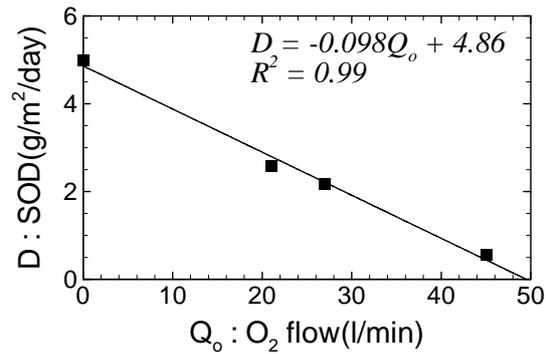


図 3：送気量と実験後の SOD

St. B が 0.60 となっており、微細気泡曝気による底生生物の斃死防止効果が示された。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

背景で述べたように、内湾域における貧酸素化は生物環境にとって重大な問題となっている。それにも関わらず、未だ有効な対策はない。微細気泡曝気は底層の貧酸素水を直接改善でき、底生生物環境にも改善効果があり、かつエネルギー消費が低く抑えられることから、貧酸素問題の解決策になり得る技術と言える。

現在、微細気泡技術は水質改善以外にも医療や工学分野の応用技術が発展しつつあり、世界的にも注目されている。微細気泡に関する研究は近年日本で急速に進展しており、本研究結果は微細気泡技術の水質分野における先駆けであるから今後の類似研究の振興に寄与するものと考えられる。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線) 鯉淵幸生・磯部雅彦・田中陽二、マイクロバブルによる沿岸域の水環境改善への取り組み、混相流、20(3), 207-215, 2006. Islam, M.S., M., Isobe・Y., Koibuchi, and J. Sasaki, Study on the effect of micro-bubble to improve oxygen deficient water, Proc. 6th International Conference on Hydrodynamics, 2004.

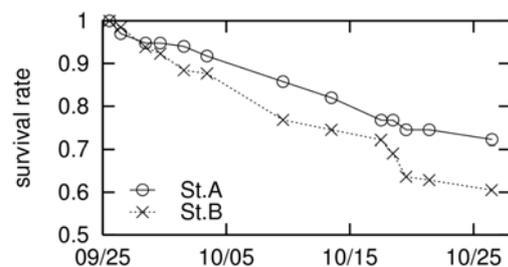


図 4：アサリの生存率比較