

論文審査の結果の要旨

氏名 田 中 陽 二

近年、我が国のみならず世界各地の閉鎖性海域において富栄養化現象が多発し、これにともなって植物プランクトンの大增殖による赤潮が発生し、さらにこれを含めた有機物が分解される過程で酸素が消費されるため、夏季に塩分および水温成層ができると、底層水の貧酸素化がしばしば起こっている。また、分解しきれない有機物が底層に堆積すると底泥がヘドロ化し、底層の貧酸素化を長期化かつ深刻化させる。本研究は、貧酸素化した底層水に微細気泡を用いて酸素を供給し、貧酸素状態を解消することによって水質改善を行い、生物生息環境を回復することを目的として、現地実験および数値計算を行ったものである。

第1章は序論であり、微細気泡の技術について既往の研究のレビューを行うとともに、この研究の目的と研究の概要、論文の構成を述べている。

第2章は微細気泡装置の機能を室内実験によって検証している。小規模な実験水槽を用いて酸素の溶解率を求めた結果、既存の曝気技術に比較して大幅に溶解効率が高いことがわかった。また、1 m程度の浅い水深においては、微細気泡発生装置内部での溶解が主となること、および送気量が大きいほど酸素の溶解時間効率は高くなるものの、溶解効率は低減するという結果が得られた。

第3章では、南袖において行った現地海域における微細気泡の溶解実験について述べている。この実験海域は岸壁角にあって、潮流が緩やかで外部海域の影響を受けにくい。岸壁の角から約 2m 離れた底面に16基の微細気泡発生装置を扇状に設置した。このような微細気泡装置を用いることにより、鉛直循環流を抑えて底層に効果的な曝気を行うことに成功した。しかし、装置稼働初期には底泥の巻き上げが起り、一時的に濁度が上昇した。また、外部からの貧酸素水塊の侵入のため、溶存酸素の増加範囲は装置の近傍に限られた。このような結果より、外海からの侵入水による水質変化の影響を避けて効果を測定するためには、底泥などのように移動が生じない物質を対象として計測するのがよいことが示唆された。

第4章では、新浜湖において行った現地海域における微細気泡装置の実証実験について述べている。新浜湖の奥部には窪地があり、その底層水が貧酸素化しやすいことがわかっている。その地点に微細気泡装置を設置し、空気または純酸素を供給した。まず、微細気泡実験に先立って行われた新浜湖の水質計測により、新浜湖では千鳥水門による限られた海水交換のため、流入水塊の密度によって上下層で逆向きの流れが生じ、千鳥水門からは東京湾の底層水塊が入り込みやすい地形となっていることがわかった。また、窪地の水塊は停滞しやすく、底泥の酸素消費量が高いことから長期にわたって貧酸素水塊が形成されやすい。このような状況から、微細気泡とは別に、湖内のエスチャリー循環を利用して底層の流動を促進するように地形を改良するという案を提示した。微細気

泡に関しては、酸素送気量に応じて水質および底質改善効果があることを定量的に把握した。そして、水中では微細気泡を含む水塊が不均一に拡散するために効果の計測が困難であるが、底泥の酸素消費速度を計測することにより、底層曝気の効果을適切に計測できることを明らかにした。

第5章では、第4章と同じ新浜湖において行われた、ソーラーパネルを用いた独立型微細気泡装置の実験結果を述べている。ここでは、ソーラーパネルの有効性ととも、発電効率やポンプの稼働時間等が計算されている。そして、溶存酸素の回復状況とともに、アサリの生残に対する溶存酸素回復の効果が論じられている。

第6章では微細気泡周辺の流れの数値計算を行った結果を述べている。モデルでは気液2相流として扱い、その基礎方程式を述べるとともに、計算手法、モデルの検証を行った上で、現地実験との比較を行い、モデルの妥当性と課題を示している。第7章は研究で得られた結論をとりまとめている。なお、この論文の研究内容を通じ、現地観測、資料解析、数値計算などにおいて論文提出者が主要な貢献をしていると認められ、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

以上のように、本研究は微細気泡装置について室内実験、現地実験、および数値モデル計算を行い、溶存酸素濃度の向上に有効であることを検証し、水環境の改善に有効な技術となる可能性を示している。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。