

過飽和酸素水システム導入に伴う汽水海域長面浦の溶存酸素変化について

石巻専修大学大学院理工学研究科	学生員	○ 原 千拓
石巻専修大学理工学部	正会員	高崎みつる
東北大学大学院工学研究科	正会員	田中 仁

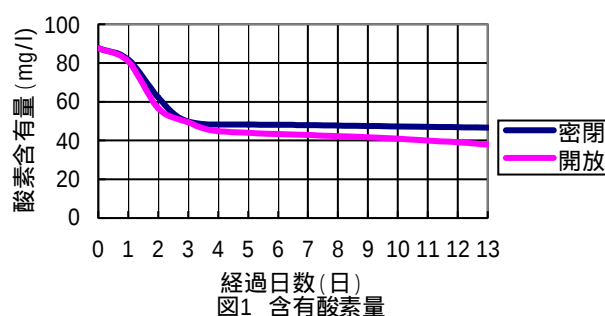
【背景】

富栄養化した閉鎖性水域における底層部への酸素供給システムとしてはこれまで、空気揚水塔、強制循環、深層曝気などがあげられ、主に湖沼、ダム湖に用いられており、様々な事例があげられている。しかし、これらの酸素供給技術を導入した海域での事例はほとんど報告されていない。また、従来の酸素供給方法では、空気を気泡で送り込むため水温鉛直分布が壊れ、多様な生態系が崩れる。気泡の上昇によって上昇流が出来、最も酸素を必要とする底層部へ、効果的に酸素を供給することが出来ない。水中での酸素の溶解込み効率が低いという問題点があげられる。以上の点からこれまでの酸素供給システムでは、生物生産の維持を目的とした水域での環境修復に対応していないといえる。今回使用した過飽和酸素水システムは、通常の水に溶解込む酸素量の約 20 倍（DO180mg/L）の高濃度酸素を、気泡の無い状態である酸素水として供給できる特長を持っている。また、海域で使用する場合、高塩分、低水温と密度の高い底層部から取水し、そのまま底層部へ水を送り返すため、水温（密度）躍層を壊さずに酸素を供給できると考えられる。さらに水質悪化ポイントを直接狙い撃ちし、集中的で効果的な酸素供給が見込まれる。そこで本研究では、この過飽和酸素水システムを使用し、高濃度の溶存酸素を底層水に選択的に溶かす方法によって、底層でどのように溶存酸素が変化するかを南三陸長面浦（長軸 1.7km、短軸 1.3km、面積 1.42k m²、最大水深 10.5m の汽水海域）で検証したものである。

【過飽和酸素水の溶存酸素濃度の持続性】

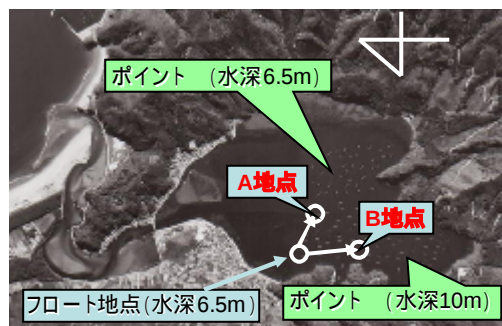
過飽和酸素システムで通した過飽和酸素水（水温 4 の水道水を溶存酸素量約 90mg/L に設定）を 20L のパケツに入れ、蓋を閉めた状態（密閉）と蓋なしの状態（開放）にし、その後の溶存酸素変化をみた結果を図 1 に示す。溶存酸素の測定は、Oxy guard 社製 handy beta（DO150mg/L まで測定可能）を用いている。室内実験の結果から、13 日経過時において、開放系でも溶存酸素量は約 40mg/L 残留していた

ことから、閉鎖性水域における貧酸素水塊への酸素供給方法として、十分な効果があると見なせた。



【実験対象域】

長面浦は南三陸の宮城県河北町に位置し、約 1.7km の一本の水路により太平洋とつながれている海跡湖である。また満潮時には、狭水路の北、約 2km に河口を持つ新北上川からの淡水が狭水路を通し、浦海へ流入してくることもあり、長面浦は汽水域になっている。さらに、長面浦は周囲を山々に囲まれた閉鎖性が強い浦海でもある（図 1-参照）。



(図 1) 長面浦周辺の様子

長面浦では、その水域特性を利用し、明治時代からカキ養殖が盛んに行われてきた。他のカキ生産地では、出荷するまでの養殖期間が 2 年から 4 年かかるところ、当地は 1 年カキの産地で生産性が高い。しかし、長年のカキ養殖のため、カキの糞や死骸等が底層上に厚く堆積し、ヘドロ状となっている。冬期の透明度は 6~7m 以上あるが、夏期には 1.2~1.6m となり変化は大きく、春~秋季にかけて底から 3m 程に無酸素層が出現する。無酸素層は非常に強い還元状態を示し、強い硫化水素臭を呈する。この底層水質の悪化により、カキが大量に死滅し、カキ養殖の死活問題に

なっている。当地ではこのような背景の中で生産性のある環境保全、修復技術の適用が求められている。

【フィールド実験】

長面浦内に過飽和酸素水供給装置を取り付けたフロートを設置し、地図上のA地点とB地点まで酸素水を供給できるようにフロートからホースを伸ばし、取り付けた（図1参照）。ホースを取り付けた水深の位置は、A地点は水深5m付近、B地点は水深7m付近とした。A、B地点に送られる過飽和酸素水の原水は、底層の無酸素化した海水（フロートから約5m離れた水深5～6mの地点）から取水している。長面浦の実験では、供給する酸素を20～24kg/日に設定し、2003年5月6日～7月18日まで運転した。サンプリングは2002年5月から行っており、浦海内のかき筏2地点（それぞれの水深ポイント：6.5m、ポイント：10m）を対象に深さ方向1m間隔において採水し、最低週1回の定期調査を行った。フロート地点においては、過飽和酸素水システム稼動期間のみ採水を行い、表層、中層、底層の3点を採水した。溶存酸素の測定はウィンクラージャ化ナトリウム変法を用いおり、酸化還元電位（以下 ORP）は東亜DKK 株式会社製ポータブル ORP 計（RM-20P）を使用した。

【結果と考察】

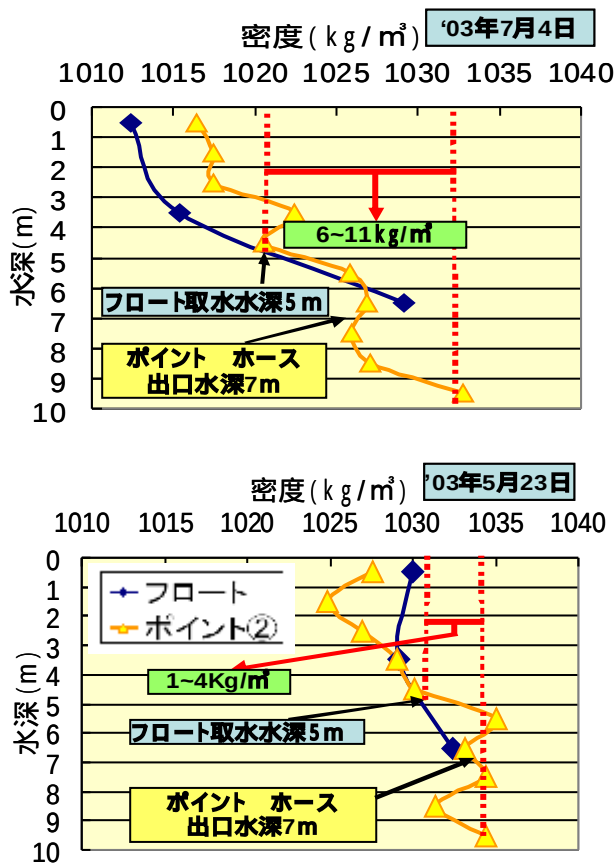
ポイント、の各地点において、'02年時と比べ溶存酸素が回復した結果が得られた。ここではポイント に関しての結果を報告する。カキの生存可能な溶存酸素量を4mg/Lとして見た場合、その基準に達していない層が底層で見られた時もあった。取水した海水は、その海水と同じ密度の水深の層に過飽和酸素水として供給されたと考えれば、取水深さの密度層が、ホースから供給された時、どの深さの層に滑り込むかによって、効果は異なる。フロート、ポイント それぞれの地点における水深ごとの密度を鉛直方向に表したものを図2に示す。ここでは効果がよく現れた5/23と底層の溶存酸素量が4mg/Lに達していなかった7/4の結果を示している。5/23では取水した水深の密度とポイントの底層の密度の差は4kg/m³に対し、酸素供給効果がよく現れなかった7/4は11kg/m³と大きくなっていた。取水した海水の密度と観測地点底層水の密度は約7kg/m³の差があったことが確かめられた。このように底層の海水よりも取水した海水のほうが軽かったため、酸素水が底層まで行き渡らなかったのだろう。また、酸素

供給効果を上げる条件として潮汐も重要な指標になる。その効果が最大に生かされるのは、過飽和酸素水が流れによって長面浦全体に行き渡る上げ潮の時であると考えられる。今回は、過飽和酸素水の運転期間中に調査を行った回数は計12回あり、その内1回（5/23）以外すべて酸素供給効果が最も低くなる下げ潮時に行っていた。

ORPはDOが底層まで行き届いている状態においても底層部（底から約3mほど）では-30～-160mVのマイナス値を示した。この結果から非常に強い還元状態である底層部に酸素水を供給したとしても溶存酸素の回復とORPの酸化側へのシフトは同時に起こらないことが確認された。

【まとめ】

本研究の結果から、過飽和酸素水システムは、生産性が求められる水域の環境保全に対応できる方法であるといえる。しかし、長面浦のような汽水海域で過飽和酸素水システムを導入する場合、その効果の効率を上げる条件として、取水する海水の密度および、潮汐による長面浦内の流れによる影響が大きく支配することが考えられた。最後に過飽和酸素水システムを導入した2003年、長面浦では過去最大のカキ水揚げ量を記録したことを付け加えておく。



（図2）フロート、ポイント 地点の密度グラフ