

噴流式水質改善システムによる貧酸素水塊の解消とその対策に関する現地調査

佐賀大学低平地研究センター 正 ○山西博幸

佐賀大学理工学部都市工学科 鈴木雄二郎 佐賀大学大学院工学系研究科 学 大田孝

佐賀大学低平地研究センター 正 荒木宏之・徳永貴久・林重徳

1. はじめに

佐賀大学低平地研究センターでは、有明海湾奥部の干潟域にてアゲマキの人工漁場を造成し、その実証試験を行っている。しかし、夏場の成層期に沖側から流入する貧酸素水塊^{1)・2)}が水・底質環境の悪化や底生生物の生息環境に多大なる被害をもたらす。本研究では干潟域への貧酸素水塊の流入抑制とその解消策として噴流式水質改善システム（高酸素溶解噴流装置）による水質改善効果の検証を行った。

2. 実験および調査方法

2.1 高酸素溶解噴流装置の酸素供給能に関する室内実験 現場水域での調査を行う前に、本調査で用いる噴流式水質改善システムの酸素供給能について室内実験を行った。本システムは酸素濃縮器、噴流式酸素溶解装置および制御装置によって構成される。酸素濃縮器では、吸着剤を用いて空気中より酸素を選択的に取り出し、高濃度の酸素ガスが生成される。これにより酸素濃度を90%以上まで上昇させ、酸素溶解装置を経由して噴流として放出する。室内実験には現場水域で用いた本装置をコンパクト化したもの（株）ワイビーエム製、JTC-12000W）を使用し、DO測定には蛍光式DO計（セントラル科学社製、LDO-HQ10）を用いた。これらを半径64cm、深さ80cmの円形水槽にセットし、水槽には人工海水を水深46cmまで注水した（約148L）。この状態から酸素濃縮器で生成させた高濃度酸素を1, 2, 4L/minの送気量で剪断方式の微細気泡発生装置に送り、マイクロバブル群を流量200L/minで水槽内に吐出させた。また、高濃度酸素の代わりに空気のみを同様に1, 2, 4L/minとして吐出させた場合についても実験し、水槽内のDOの経時変化を求めた。これらの結果より、高酸素溶解噴流装置の基本性能を検討した。

2.2 高酸素溶解噴流装置による現地実験 実験は佐賀県鹿島市七浦沖水域（図-1 参照）にて、2007年8月～9月の間に4回（実験1：8月21日（小潮）、実験2：8月28日（大潮）、実験3：9月4日（小潮）、実験4：9月12日（大潮））行った。現場で用いた機器は噴流式水質改善システム（株）ワイビーエム製、YO-020NC + JTC-24000GP）でこれを観測塔No.3（干潟前縁域）に設置し、所定の時間作動させた。また、噴流口は底泥面から1mの高さに設置した。実験中の酸素の溶解状況や周辺水域の水質への影響については、観測塔4基（図-1 参照）に設置した自動昇降型の多項目水質測定センサー（アレック電子（株）製、AAQ1183）にて鉛直分布を経時的に測定した。測定項目は、水位、水温、塩分、濁度、クロロフィル、DOおよびpHである。なお、海上（観測塔）での機械の作動には長期間の電源供給の問題と燃料モレによる水域汚染の危惧から、今回の一連の調査では実験時間に制限があり、連続可動時間は最長で8月21日の10:00～18:00の8時間であった。

3. 実験結果及び考察

3.1 高酸素溶解装置による酸素供給能について 図-2 は、微細気泡群を水槽内に投入した後のDOの経時変化である。図より高酸素溶解装置を導入することで高濃度の酸素が速やかに供給されることがわかる。また、酸素濃縮器の有無によって水中に溶け込める酸素の飽和濃度は、ヘンリーの法則に従って換算でき、今回の実験条件ではそれぞれ43.2～43.4mg/L（酸素濃縮）、6.7～7.4mg/L（空気）であった。一般に酸素供給効果を表す指標として次式で用いられる総括酸素移動容量係数 k_{La} （1/s）がある。

$$\frac{dc}{dt} = k_{La}(c_s - c) \quad (1)$$

ここで c ：水中の酸素濃度（mg/L）、 c_s ：飽和酸素濃度（mg/L）、 t ：時間（sec）、である。表-1 は式（1）をもとに実測値から概算した k_{La} 値である。また、図-2 中にこれら

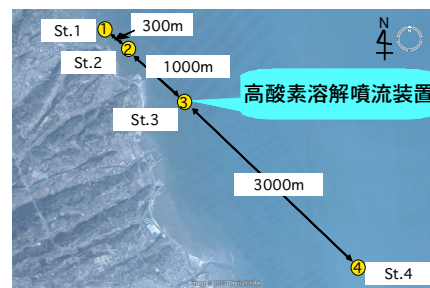


図-1 高酸素溶解噴流装置配置図

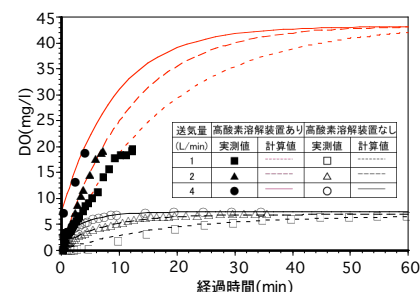


図-2 室内実験でのDO経時変化

表-1 実測値から概算した k_{La} 値

吐出量 Q (L/min)	送気量 q (L/min)	酸素溶解装置あり k_{La} (1/s)
200	1	0.73×10^{-3}
	2	1.42×10^{-3}
	4	1.81×10^{-3}

の値を用いて算出した DO 値の計算結果を示している。なお、パイプ内に残留した高酸素溶解水の影響で空気のみの実験開始時に高い酸素濃度の検出が一部見られた。図-3 は、酸素濃縮装置から噴流装置式酸素溶解装置に送気した流量 q (L/s) と k_{La} (1/s) との関係を示したものである。図より q の増加とともに k_{La} も増加し、次式のような関係式を得た。

$$k_{La} = 0.011q^{0.651} \quad (Q=200\text{L/min:一定}) \quad (2)$$

3.2 貧酸素水塊の流入抑制と DO 改善に関する現地実験結果 現地での実証実験は計 4 回行われ、ここでは 8 月 21 日の結果についてとりまとめる。図-4 は観測塔 No.3 での水位と DO の経時変化を示したものである。8 月 21 日の装置作動は、10:00 から 18:00 である

が、本作動前に 2~3 時間の試運転をしている。図より実験開始前には底層部で DO が 3mg/L 程度であったものが試運転も含め 4 時間後 (12 時頃) には 13mg/L まで増加し、また底層のみならず全層にわたって DO が増加し、表層部では 19mg/L 程度まで上昇した。その後、表層、中層では装置の稼働停止まで十分な DO を保持していた。一方、底層部ではゆるやかな DO 減少が見られたものの 9mg/L 程度で落ちついた。当日の満潮時刻は 13:51 (大浦港) で底層付近では徐々に流向が逆転し、干潟域からの水塊が流入しはじめたことや微細気泡と水との接触時間など DO 供給のメカニズムに起因し、噴流吐出口よりも上側にある水層で DO 改善効果が得られやすいと言える。しかし、装置の稼働を停止したところ (18:00 以降)、全層にわたって一斉に DO が減少し、底層では 3mg/L 程度まで低下した。翌 22 日、10:00 以降再び全層で DO が上昇しはじめ 14mg/L 程度まで到達し、16:00 以降から DO の減少が観測された。DO 供給後の高酸素水塊流動については、数値計算による検討を必要とするが、本調査データは高 DO 水塊が数時間維持されながら流動していることを示唆するものである。

図-5 は各観測塔で得られた水質項目のうち、水温、塩分及び DO について縦断方向の等値線図を経時的に示したものである。図より装置稼働前には沖側底層で高塩分・低水温で貧酸素状態の水塊が見られるものの、装置稼働とともに観測塔 No.3 から高濃度の DO が供給され、貧酸素水塊の干潟域への流入抑制および改善が図られていることがわかる。また、上げ潮の岸側では塩分や水温の成層もやや緩和される傾向にあった。したがって、本装置による沖側底層部から流入する貧酸素水塊の解消・抑制に十分効果があったと言える。ただし、下げ潮での DO 分布を見ると沖側底層部での貧酸素状態の改善にはあまり期待できないといえる。しかしながらも、対象とする水質改善域や気泡発生装置を設置する場所次第でその抑制は可能である。

4. おわりに

本研究では高酸素溶解噴流装置による現地実証実験を通して、水域の DO の改善効果についてその一部を明らかにした。紙面の都合上、割愛した内容や未だ十分に検討できていない点もあり、これらに関しては今後随時報告していく予定である。本研究を遂行するにあたり、科学技術振興調整費 (代表: 楠田哲也・北九大教授) より補助を受けた。また、現地調査では、佐賀県有明海漁協、(株) ワイベーエム・宮本・大坪両氏および佐賀大学・末次講師にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

[参考文献] 1) 大田ら (2007): 「有明海湾奥西部水域における長期モニタリングと底泥の酸素消費に関する研究」, 土木学会第 62 回年次学術講演会概要集 (第 7 部門), pp. 265-266. 2) 古賀ら (2007): 「泥干潟における水質の空間分布と懸濁物質の輸送特性に関する研究」, 平成 18 年度日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集, pp17-18.

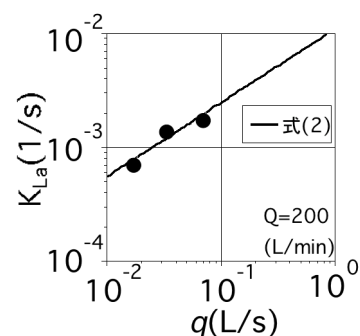


図-3 高酸素送気量 q と総括酸素移動容量 k_{La} との関係

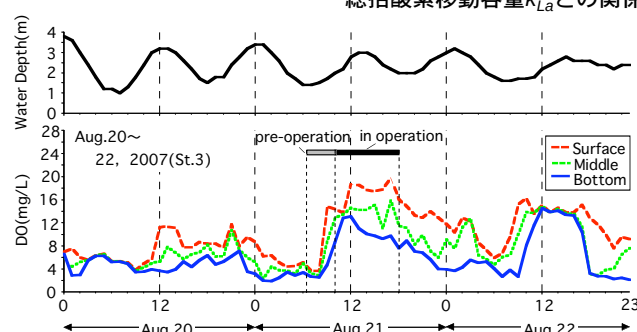


図-4 観測塔No.3における水位とDOの経時変化 (2007.8.20-22)

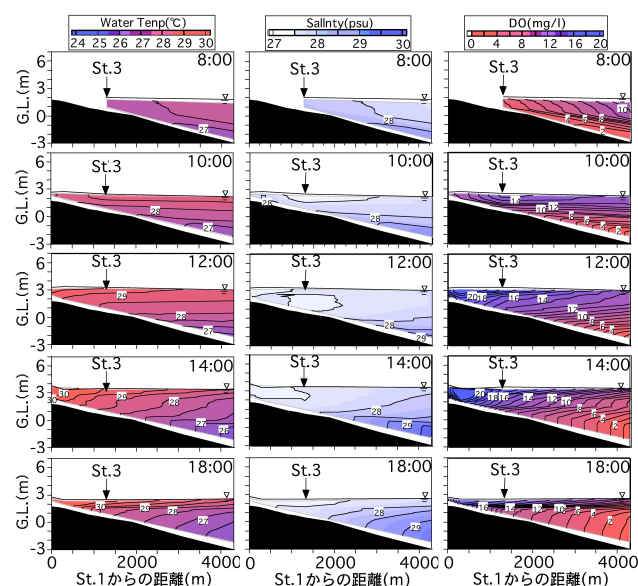


図-5 水温、塩分及びDOについて縦断方向の等値線図