

高濃度酸素水がかきに与える影響

安 江 浩・小 森 健 一*

Influence of seawater dissolved high density oxygen on oyster

Hiroshi YASUE and Kenichi KOMORI

広島湾の海底泥は有機汚染が進んでおり、これが夏期の貧酸素水塊の形成や赤潮発生原因の一部になっていることが指摘されている¹⁾。本海域では、かき養殖をはじめとした漁業が重要な産業として営まれており、これらを持続的に営むためには、沿岸域の底質改善は緊急に解決されるべき課題のひとつである。

干潟や浅海域の海底泥は脱窒機能を有していることが知られている²⁾。水域における脱窒は、硝酸塩が脱窒細菌によって還元されることによって起こる。また、沿岸部では海底泥の脱窒能は干潟のそれを上回っており、高水温期ほどその能力が高いことが分っている³⁾が、広島湾のように夏期に貧酸素水塊が形成される水域では、窒素源がアンモニウム塩として存在するため、脱窒は見込めない。平成16年度から始まった横断研究プロジェクト「広島湾流域圏環境再生研究」では、夏期の水温が高い時期に底層に高濃度酸素水を注入し、効率的に海底泥の脱窒を促す実験を行っている⁴⁾。ただ、実証実験を行う水域がかき漁場内であるため、かきに対する高酸素水の影響について検討をする必要がある。魚類では、酸素過飽和条件下で飼育すると血中に気泡が生じる、いわゆるガス病を引き起こすことが知られている⁵⁾が、かきに対する過飽和や高濃度酸素水の影響についてはほとんど知見がない。現場海域における脱窒実証実験を行う前に、室内においてかきに対する高濃度酸素水の影響について検討したので報告する。

材料と方法

実験装置の概略図を図1に示した。

高圧条件下で酸素ガスを水中に注入すると、ヘンリー

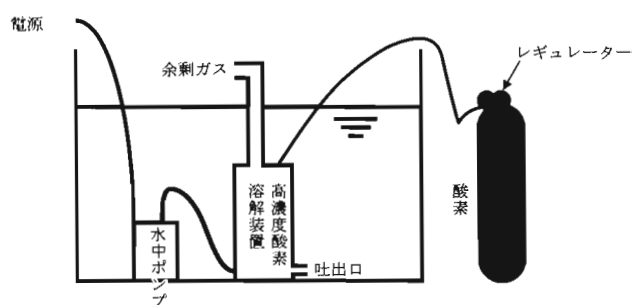


図1 高濃度酸素供給装置の概要

の法則で高濃度酸素水が得られる。高濃度酸素溶解装置はこの原理を応用したもので、ダム湖の試験例⁶⁾では酸素源として圧力スイング吸着法による酸素生成装置が使用されるが、本実験では酸素ボンベから導いた酸素ガスを酸素源とした。酸素度はレギュレーターによって調整し、本研究では400%程度の高酸素水が得られることを目標に調整を行った。また、余分の酸素ガスは空気に逃がすので、実験水中に気泡が生じることはない。実験は、2 m³ 容水槽2基に濾過海水をそれぞれ1.5 m³ ずつ満たし、その一方には上述の高濃度酸素溶解装置をセットして試験区とした。一方にはブローアーから空気を通気し、対照区とした。

実験には、水産海洋技術センター地先で養成した1年かき（平均殻高94mm，平均全重量64g）を用いた。試験区にはかき10個体ずつを収容した籠を3個，対照区には1個の籠を垂下して収容後1時間馴化させた後，実験を開始した。実験は6月（実験1）と8月（実験2）の2回実施した。

実験1 高濃度酸素溶解装置を作動させ、12時間後に酸素ガスの通気のみを止めて、飼育水中の酸素濃度の変化

* 松江土建株式会社

及びかきの開殻状況等の変化を肉眼で観察した。また、24時間経過後からはエアレーションに切り替え、3日間飼育してかきの変化を観察した。

実験2 より長時間高濃度酸素に曝された影響を検討するため、本実験2を行った。

装置の運転及び酸素の通気は昼間（9時～17時）だけとし、夜間は運転を中止した。また、1日、2日、3日間曝露の影響を調べるため、試験区の籠一つを24時間毎に取り上げて、エアレーションの水槽に移動しその後3日間飼育して、経過を観察した。

なお、実験1及び実験2とも、環境水中の溶存酸素、水温、塩分についてはYSI社製多項目水質計で測定した。

結果および考察

実験1 実験は6月29日～30日に行った。実験期間中の塩分、水温及び酸素濃度の変化を図2に示す。両区とも、塩分濃度は32.8psuで、水温は24.9℃から26.9℃まで緩やかに上昇し、対照区の溶存酸素は、6.5mg/L（98.3%）から6.0mg/L（90.0%）へとわずかに減少した。一方、試験区の溶存酸素は運転開始直後から上昇し、4時間後には28mg/L（411%）に達し、7時間後に29mg/L（430%）ではほぼ平衡状態になった。12時間経過して酸素の供給を中止後は、急速に酸素濃度が低下して、17時間後には飽和状態に戻った。

試験を開始して2時間程度経過した頃、試験区のかきに産卵が観察され、飼育水の白濁がみられたが、その

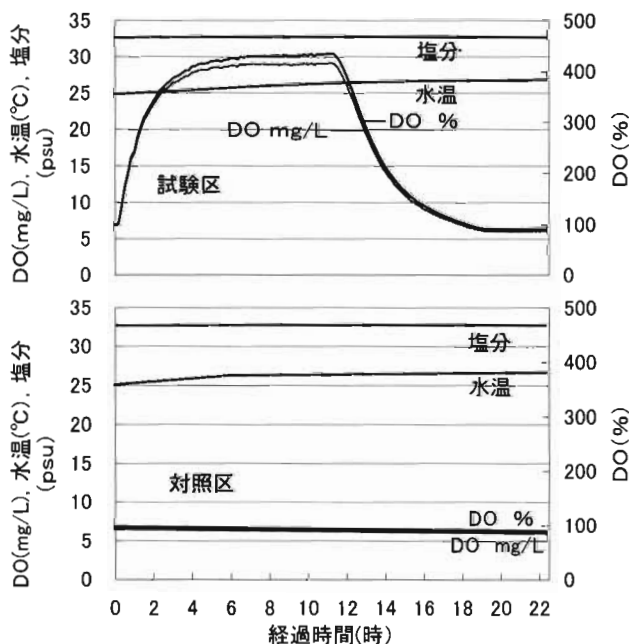


図2 実験1における水温、塩分、酸素濃度の変化

後、産卵は収まり4時間後には飼育水も清浄に戻ったので実験には影響がないと判断した。全体に対照区と比べると開殻したかきの比率が高い傾向がみられた。7時間後の観察では30個体中26個の開殻が観察され、そのうち4個体は大きく開殻し貝柱まで観察された。但し、殻を棒で触って物理的な刺激を加えると殻を閉じた。飽和水に戻った22時間後には大きく開殻したものはみられなかった。その後4日後まで通気水中に籠を入れたまま経過を観察したがへい死する個体は無かった。

実験2 実験は8月2日～4日に実施した。

実験期間中の塩分は、試験区および対照区とも、32.6～32.7psuで、ほとんど変化はなかった。水温は開始時と終了時に試験区26.2～28.4℃、対照区26.8～27.7℃であった。試験区の方が水槽の設置場所などから水温上昇が若干大きかったが、その差は1℃未満であり実験への影響は考えられなかった。

対照区の溶存酸素は6.1mg/L（92%）から6.7mg/L（100%）の範囲にあり、ほぼ飽和状態が維持された。

一方、試験区の溶存酸素は、開始時に6.2mg/Lであったものが、5時間後には400%、27mg/Lに達し平衡状態になった。運転を中止すると徐々に溶存酸素の低下が見られたが、翌朝の運転開始時でも310%、21mg/Lで過飽和状態を維持していた。期間中の平均溶存酸素は360%、23.7mg/Lであった。

表1に開殻の観察結果を示した。

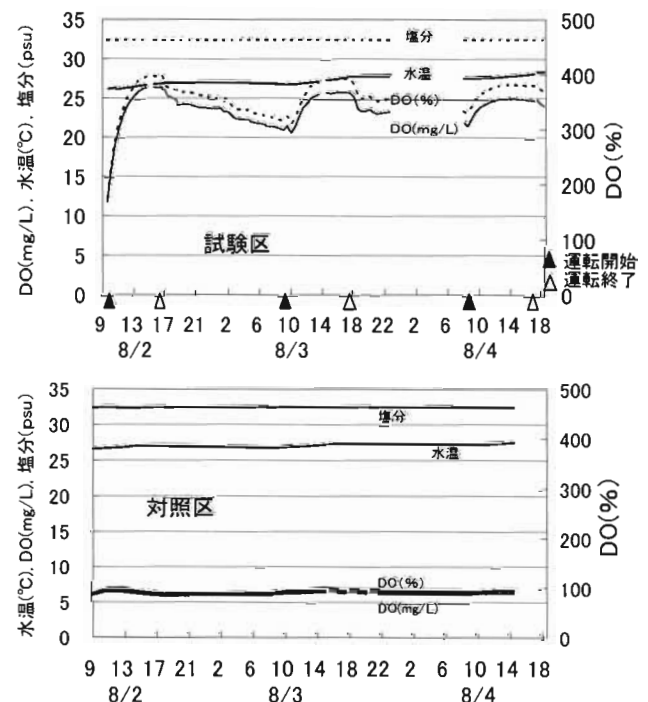


図3 実験2における水温、塩分、酸素濃度の変化

表1 高濃度酸素水がかきの開殻に及ぼす影響
10時から18時まで2時間毎に観察したかきの平均開殻率(%)

実験開始 後の日数	籠①*	試験区 籠②*	籠③*	対照区
1日目	83	76	80	98
2日目	73	62	57	78
3日目	62	58	53	74
4日目	64	55	73	54

* 籠①～③は、実験を開始して24, 48, 72時間後に取り上げて対照区と同じ条件下で飼育した。黒枠は高濃度酸素水に曝露されていたことを示す。

2時間毎にかきの開殻・閉殻状況と開殻の度合いを観察した。対照区で1日目はほぼ全数が開殻していたが、2日目以降は閉殻している個体もみられるようになった。試験区では、1日目から3つの籠とも開殻した個体の数が対照区より2割程度少なかったが、4日目には対照区と変わらないか若干上回った。また、1回目で観察されたような大きく開殻する個体は観察されなかった。さらに、高濃度の酸素水に曝露した時間によって、開殻率に差は生じなかった。

曝露試験終了後に各籠から2個体づつを解剖して軟体部の外観や鰓の組織を顕微鏡で観察したが気泡などの異常はみられなかった。その後4日後まで経過を観察したが、へい死する個体は無かった。

実験1の試験区で、異常に大きく開殻する個体が観察された。ヘテロカプサ赤潮に曝されるとかきが大きく開殻することが知られているが、この場合は棒などで刺激してもほとんど反応せず、開殻したままである⁷⁾。本試験中に開殻した個体はいずれも刺激するとすぐに閉殻し、ヘテロカプサ赤潮中における開殻と明らかに異なるものである。実験1では試験中に産卵が観察されており、この開殻との関連が示唆されるが原因については不明である。また、かきが開殻や閉殻状態を保つ時間は個体によって異なり、数時間ごとに開閉が繰り返されるこ

とが知られている⁸⁾。実験1では試験区の方で開殻率が高く、実験2では試験区の開殻率が対照区より若干低かったのは、その個体差によるものと思われた。いずれにしても、試験区のかきが衰弱した兆しは全く観察されなかった。このことから、かきは酸素飽和度400%程度の高濃度酸素水に曝露されても、へい死するなど生理的な障害を受けることは無いと考えられた。

文 献

- 1) 湯浅一郎・山崎宗弘・橋本英資・宝田盛康・田辺弘道(1995): 広島湾・呉湾における貧酸素水塊の分布と歴史, 中国工業技術研究所報告44, 9～17.
- 2) 日本水産学会編: 水域の自浄作用と浄化, 恒星社厚生閣(1979)
- 3) 清木 徹・伊達悦二(2003): 沿岸域の窒素浄化能に関する研究, 広島県保健環境センター業務年報12, pp41.
- 4) 広島県保健環境センター(2004): 横断プロジェクト研究 広島湾流域圏環境再生研究～太田川から広島湾までの自然再生をめざして～ 広島湾海底泥の脱窒手法の開発一, 広島県保健環境センター業務年報13, pp39.
- 5) 江草周三: 魚病学辞典, 近代出版(1982), pp61.
- 6) 津森ジュン・田中宏明・鈴木譲・李建華・和田順之輔・田中克知・福井真司(2004): 貯水池底層への高濃度酸素水供給による水質変化の連続観測, 環境工学研究論文集, 41, 625～634.
- 7) 松山幸彦・木村淳・藤井斉・高山晴義・内田卓志(1997): 1995年広島湾西部で発生した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況と漁業被害の概要, 南西海区水産研究所研究報告30, 189～207.
- 8) 新川英明: 牡蠣の生物学, 共文社(1988), pp20.