

魚類養殖場における Bio Activating Bubble の底質改善効果

白崎 智大

我が国における海面養殖業は、沖合漁業、沿岸漁業に次ぐ生産量となっている。世界に誇る日本の魚食文化を守るため、そして魚介類の安定供給から養殖業は重要である。しかし、日本では海面養殖業の発展に伴い、赤潮の発生など自家汚染の問題が生じている。

漁場環境悪化及び魚病蔓延防止のため 1999 年に持続的養殖生産確保法が制定されている。しかし、本校海面養殖施設下の底泥は水産用水基準を満たしていない(手塚、2014)。したがって、海面養殖業を持続的に行うには、底質改善法の確立が急がれている。それらには、酸素供給などの方法があるが、簡便かつ安価に酸素供給が可能なマイクロバブルに着目した。

本研究では、海底にマイクロバブルとして酸素供給を行うことで、好気性細菌の活性化等を促し、泥 COD 及び硫化水素を指標とし海面養殖業の底質改善効果を検討した。

材料および方法

Bio Activating Bubble マイクロバブルは 50 μm 以下の泡のことであり、通常の気泡とは異なる性質を持っている。長い遊泳時間等の特性により、酸素を効率的に溶解することができる。そのため、水質浄化や生理活性作用により、水産分野でも効果が期待されている。

今回は、一般的なマイクロバブルより気泡数が多く、低コスト、無音で供給できる(株)西研デバイスが開発した Bio Activating Bubble(以下、BAB と略記)発生装置を用いた。BAB とは、同社が他のマイクロバブルと区別するために命名した商標名である。

パンライト水槽内の底質改善試験(試験 1)

採泥 採泥は、2015 年 8 月 22 日に本校浮き桟橋にてエクマンバージ式採泥器で行った。試験は、30L 容パンライト水槽に混合した泥 10kg と海水を収容し、30L とした。また、試験開始時まで静置した。

試験区 試験区は、BAB を常時供給する BAB 区、強エアレーションによる酸素供給を行う曝気区、酸素供給を行わない対照区の 3 区を設けた。

試験条件 2015 年 9 月 18 日から 12 月 4 日までの約 3 か月間本校専攻科生物飼育室内で行った。採水は、サイホンにより、採泥は、塩化ビニール製パイプのコアサンプラー(直径 30 mm)により鉛直的に採取した。試水の減少は、砂濾過海水を新たに添加した。

泥の状態は、試水との境界線に印を付け、目視で確認した。また、試験終了時に全試験区の泥重量を測定した。

測定 水質は、水温、1 日 1 回、溶存酸素量(以下、DO と略記)は 1 週間に 1 回測定した。泥質は、泥 COD、泥硫化水素、細菌数を 1 週間に 1 回測定した。

分析 DO は、ウインクラー・アジ化ナトリウム変法、泥 COD は、アルカリ性過マンガン酸カリウム滴定法、泥硫化水素は、検知管法(ガステック社)で測定した。細菌数は、泥を段階希釈後、2%NaCl 添加普通寒天培地(日水製薬)に 0.1ml をコンラージ棒で塗抹した。その後、25 $^{\circ}\text{C}$ 、24 時間培養後コロニー数を計数した。

海面魚類養殖場の底質改善試験(試験 2)

試験区 2015 年 10 月 3 日から 12 月 4 日までの約 2 か月間本校海面養殖施設下で行った。陸上に設置された BAB 発生装置に、水中ポンプで水深約 10m の海底に BAB を供給した。海底では、ホース先端の 2 分割した塩化ビニール製パイプの排出口により、BAB を広範囲の海底に供給した。試験区は、BAB が供給されている 2m \times 2m の範囲とした。対照区は、試験区から約 10m 離れた場所とし、両区とも、飼育生物の影響を及ぼさない区画を試験区とした。海底には、塩化ビニール製パイプを挿入し、目視及び水中写真から変化を確認した。

底泥は、両区とも、約 40 cm 堆積し、海底には、養殖に伴うカサネカンザシやムラサキイ

ガイ等の遺骸が多く堆積していた。

採水 北原式採水器を用いて 0m、5m、10m 層の採水を行い、各層の水温、DO を測定した。

採泥 スキューバダイビングにより表層の泥を採泥した。

測定 測定は、2 週間ごとに行い、水温、DO、泥 COD、泥硫化水素、泥細菌数の測定をした。分析は、上述試験 1 の方法を用いた。

結 果

パンライト水槽内における底質改善試験（試験 1）

水質の推移 BAB 区の水温は、他の試験区より 3.0～4.0℃高い値を示し、25.0～27.0℃の間で推移した。他の 2 試験区は、19.0～24.0℃であり、室温とほぼ同等であった。

BAB 区の DO は、5.43～8.31mg/L で推移した。これは、各海水温の飽和量とほぼ同等であり、それ以上の溶解は認められなかった。曝気区は、水温の降下に伴い、5.63～7.54mg/L と上昇する傾向が見られた。対照区は、5.72～4.31mg/L の間を推移し、緩やかに減少した。DO 値は、試験期間を通して BAB 区 > 曝気区 > 対照区の順であった。（図 1）

泥細菌数の推移 細菌数は、全区とも 10^4 cfu/g レベルで推移した。BAB 区 $2.5\sim 6.9\times 10^4$ cfu/g、曝気区 $2.8\sim 5.8\times 10^4$ cfu/g と細菌数は経時的に増加する傾向であったが、対照区は、 $2.3\sim 3.2\times 10^4$ cfu/g で変化しなかった。

泥 COD の推移 BAB 区の泥 COD 値は、試験開始時の 8.21mg/g から終了時には 3.65mg/g まで低下し、泥 1 g あたり 4.56mg 減少した。COD 値は、試験開始から 1 か月までは著しく減少したが、それ以降は、緩やかに低下した。曝気区も BAB 区と同じ傾向を示し、終了時には、泥 1 g あたり 3.29 mg 減少した。対照区は、期間を通して COD 値は変化しなかった。

泥硫化水素の推移 BAB 区の泥硫化水素値は、試験開始時の 1.21mg/g から終了 0.92mg/g まで減少した。しかし、魚類養殖場の水産用水基準値である 0.2mg/g 以下までは減少させることはできなかった。他の 2 試験区の値は、変化しなかった。

泥重量の推移 全試験区において、試験開始時 10Kg 収容された泥は、BAB 区 6.4Kg、曝気区、8.2Kg、対照区、9.9Kg となった。泥重量が期間中の総計で BAB 区 3.6Kg、曝気区 1.8Kg、対照区 0.1Kg となり、BAB 区の泥が、顕著に減少した。

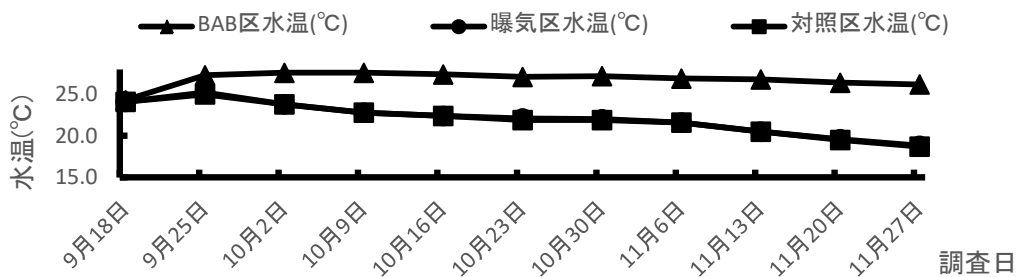


図 1. パンライト水槽における水温の推移

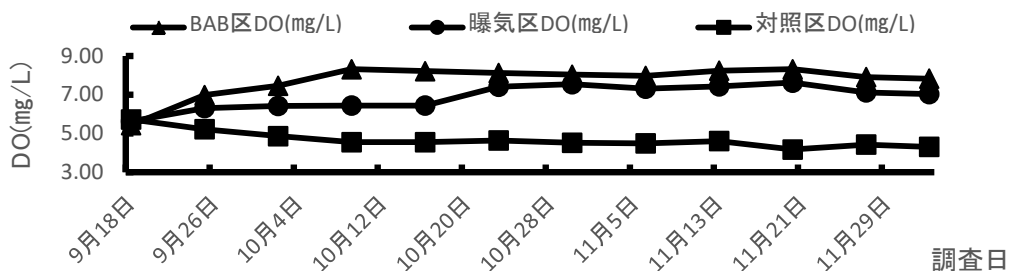


図 2. パンライト水槽における DO の推移

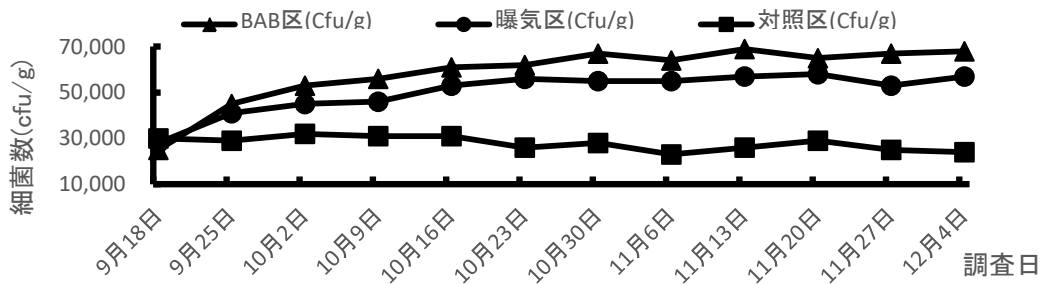


図 3. パンライト水槽内における細菌数の推移

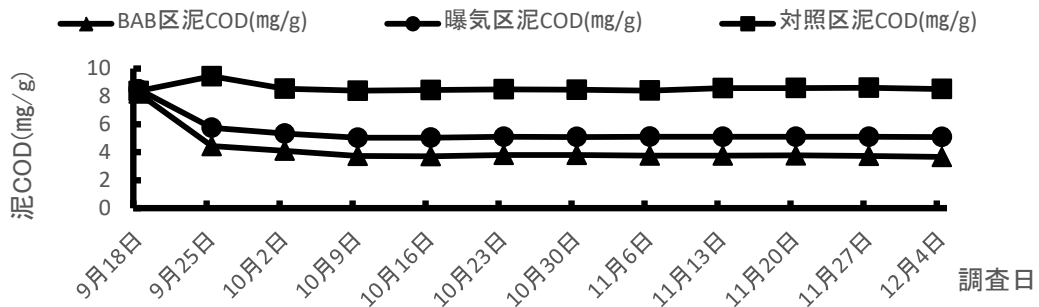


図 4. パンライト水槽における泥 COD の推移

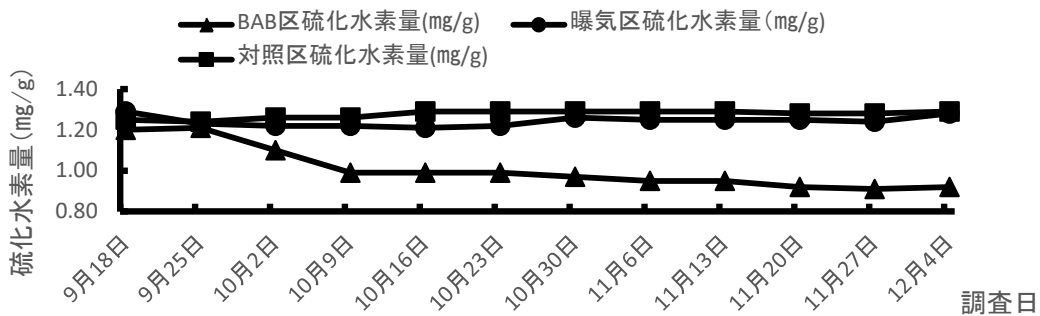


図 5. パンライト水槽における泥硫化水素の推移

海面魚類養殖場の底質改善試験(試験 2)

水質 0m、5m、10m の各層における両試験区の水温はほぼ等しく 23.5～18.9℃で推移し、水温躍層は見られなかった。(図 6)

BAB 区における DO は、8.23～9.02mg/L を推移し、10m>5m>0m の順で溶存量が高かった。また、BAB 区の 10m、5m 層は対照区と比べ高い値を示した。両試験区における 0m 層の DO は、ほぼ等しく 8.11～8.29mg/L で推移した。(図 7)

泥細菌数の推移 泥細菌数は、両試験区とも 10^4 cfu/g レベルで推移した。BAB 区 $4.4 \sim 5.1 \times 10^4$ cfu/g、対照区 $4.2 \sim 4.7 \times 10^4$ cfu/g で推移し、ほぼ等しい細菌数であった。(図 10)

泥 COD の推移 泥 COD は、BAB 区において試験開始時の 7.20mg/g から終了時には 6.71mg/g まで低下し、泥 1g あたり 0.49mg 減少した。対照区は、試験期間を通して 7.52～7.47mg/g と変化が見られなかった。(図 8)

泥硫化水素の推移 BAB 区の泥硫化水素値は、試験開始時の 1.91mg/g から終了時 1.89mg/g と変化が見られなかった。対照区も同様であった。試験期間中の泥硫化水素は、両区共に魚類養殖場の水産用水基準値である 0.2mg/g 以下を満たしていなかった。(図 9)

目視及び水中写真による観察 塩ビパイプによる定点の目視及び水中写真から底泥が若干減少し、砂泥化の傾向が確認された。

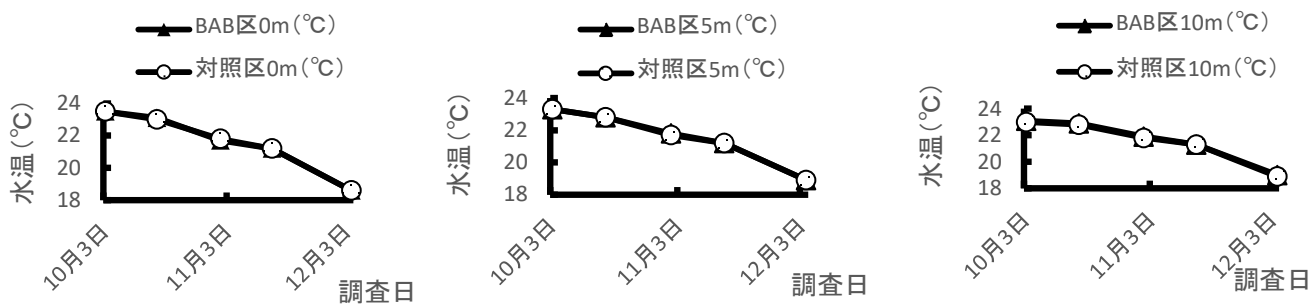


図 6 . 海面魚類養殖場の各水深における水温の推移

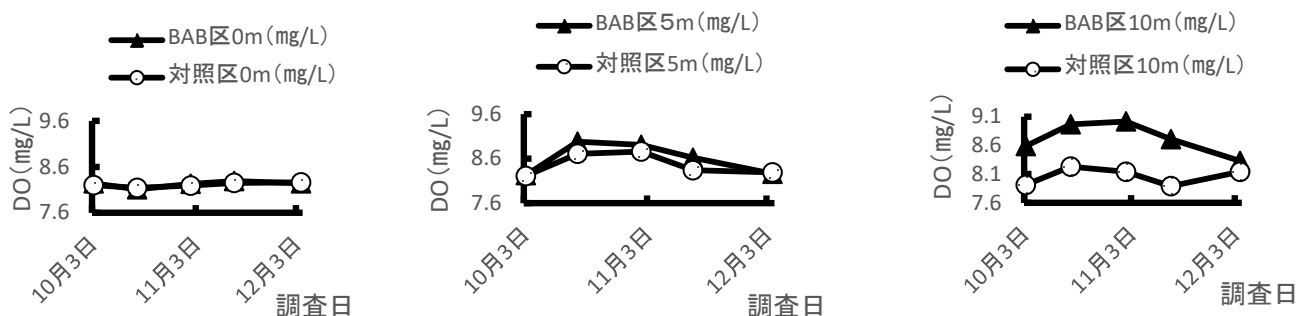


図 7 . 海面魚類養殖場の各水深における DO の推移

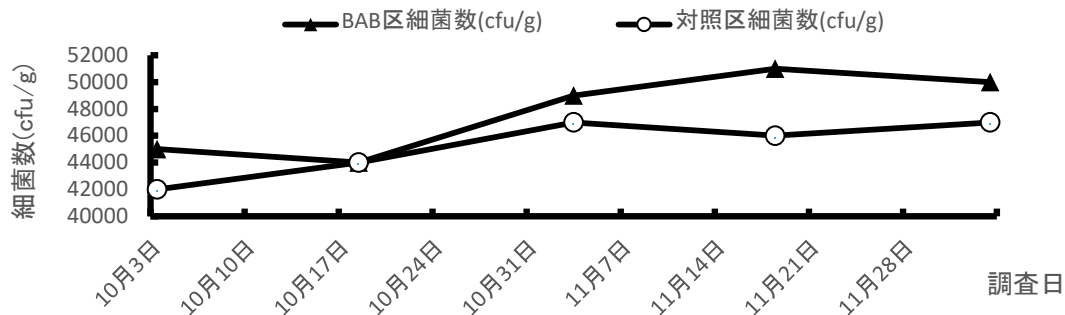


図 8 . 海面魚類養殖場における底泥細菌数の推移

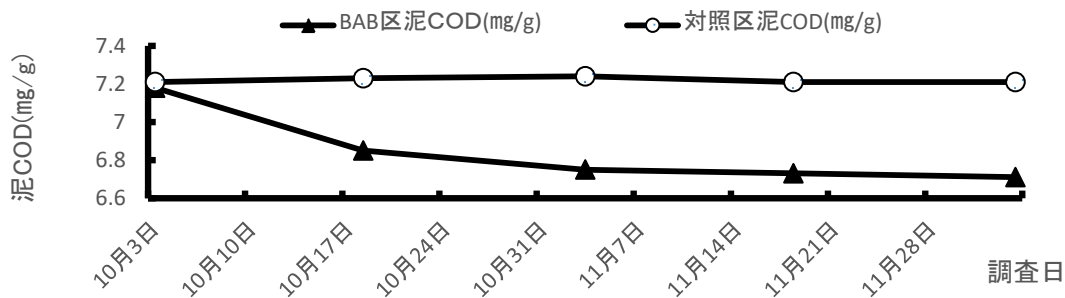


図 9 . 海面魚類養殖場における底泥 COD の推移

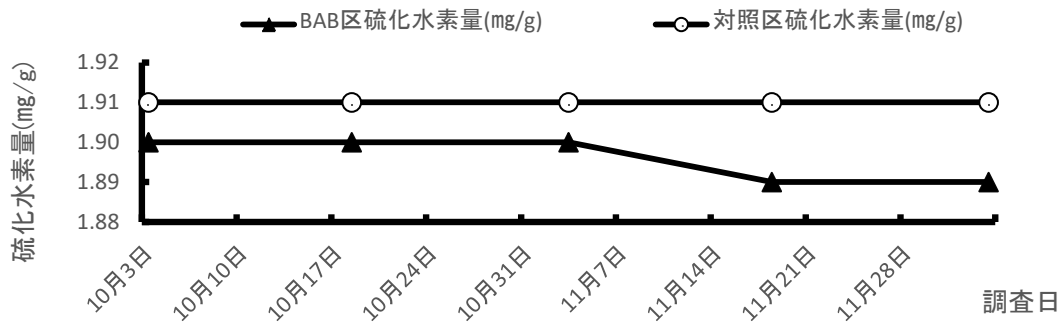


図 10. 海面魚類養殖場における底泥硫化水素の推移

考 察

パンライト水槽での底質改善試験（試験 1） BAB 区の水温は、他の試験区より 3.0～4.0℃ 高い値を示した。これは、BAB 発生装置の循環ポンプであるモーターの機械熱であると考えられた。

BAB 区の DO は、5.43～8.31mg/L と推移し、各海水温の飽和量とほぼ同等であった。また、DO 値は、試験期間を通して BAB 区＞曝気区＞対照区の順であることから、本発生装置は酸素供給に効果的であった。しかし、空気をマイクロバブル化させた場合、酸素飽和を越える量は溶解しないことが確認された。

泥細菌数の推移 細菌数は、酸素供給により増加することが確認された。しかし、対照区と比較した結果、顕著な増加ではなかった。これは、本実験に使用した普通寒天培地では、確認できる細菌叢に限定されたためであると考えられた。下水処理システムでは、強曝気により好氣的細菌群及び原生動物の活性化を促し、浮遊性の懸濁物質を減少させる（2011、池）とあり、海底泥においても同じ現象が起こると推測されるが、本実験ではそれらを特定することができなかった。

泥 COD、泥硫化水素の推移 泥 COD は、BAB 区及び曝気区が減少した。これは、底泥に酸素を供給することにより、泥の分解が促進したためと考えられた。BAB 区の泥 COD が曝気区より減少したのは、BAB の特徴である長い遊泳時間により、底泥の細部まで浸透したためであると考えられた。また、試験開始 1 か月間のみ BAB 区、曝気区の泥 COD が顕著に減少し、その後緩やかに低下した。泥重量が期間中の総計で BAB 区 3.6kg、曝気区 1.8kg、対照区 0.1kg の減少から泥 COD は一定量以下の値からは、泥が分解されると推察された。

泥硫化水素は、BAB 区のみ減少した。これは、強曝気による下水処理の活性汚泥と同じ原理であると推察された。これらのことから、BAB は泥の細部まで酸素を浸透させ、底質改善に有効であると考えられた。

海面魚類養殖場の底質改善試験（試験 2） DO は、BAB 区が 8.23～9.02mg/L を推移し、10m＞5m＞0m の順で溶存量が高かった。これは、BAB 発生装置から供給された BAB が、海底に蓄積し、緩やかに浮遊することで DO が上昇したと推測された。本試験中には確認されなかったが、本海域において、夏季から秋季にかけて水温躍層に近い現象が生じ、海水が鉛直混合されないことから、5m、10m 層の DO が低くなる傾向にあると報告されている。（2014、手塚ら）このことから、本校魚類養殖場において、BAB を供給することで貧酸素状態を改善できることが実証された。

泥細菌数の推移 泥細菌数は、両試験区とも 10^4 cfu/g レベルで推移し、ほぼ等しい細菌数であった。これは、パンライト水槽による底質改善試験と同様に微生物群の動向を特定することはできなかった。

泥 COD、泥硫化水素の推移 BAB 区は、定点の目視及び水中写真から、底泥が若干減少し、砂泥化した。しかし、BAB 区の底泥 COD 及び硫化水素の減少は認められなかった。本試験は、海域のピンポイントにおける底質改善を期待したが、その効果を科学的に証明

することはできなかった。海底には、十分量の酸素が溶存していることと、パンライト水槽などの閉鎖水域では効果的であることから、底泥細部まで BAB を浸透させる供給方法が課題であると考えられた。

本海域における底泥の水産用水基準は、底泥 COD 値は満たしていたが、底泥硫化水素値は満たしていなかった。相模湾における魚類養殖場の泥 COD 値は、平均 30.0mg/g である（1986. 矢沢）ことから、試験海域は底質への負荷が比較的少ない海域であると考えられた。したがって、本海域は、硫化水素を抑制させることが持続的な養殖に必須であると考えられた。

今後は、海底への効果的な BAB の供給方法や閉鎖水域における BAB の底質改善効果を検証することが望まれる。

謝 辞

本研究では、株式会社西研デバイズとの共同研究で行い、資材提供を受け研究を行うことができた。ご助言・ご指導を賜った株式会社西研デバイズの西進氏並びに関係各位の皆様に深謝します。

参考文献

- 手塚悠貴（2014）宇和島湾の漁場環境調査. 水産増殖科紀要, 21, 47-48.
（社）日本水産資源保護協会（2005）「水産用水基準」, pp. 3-5
江口充（2006）海洋環境アセスメントのための微生物実験法（石田裕三郎編）. 垣星社厚生閣, pp. 34-35.
池道彦（2011）微生物培養系としての生物学的排水処理プロセス 大阪大学大学院工学研究科, 11, 683-684.
矢沢敬三・土屋久男・池田文雄（1986）東京湾を及び相模湾の底質について神奈川県水産研究所報告, 7, 5-7.
大谷功（2011）マダイ *Pagrus major* 稚魚における Bio Activating Bubble 飼育効果水産増殖科紀要, 18, 76-79
田中敬斗（2011）メガイアワビ稚貝 *Nordotis gigantea* における Bio Activating Bubble の飼育効果 水産増殖科紀要, 18, 80-83
三浦亭（2012）マダイ *Pagrus major* 稚魚における酸素 Bio Activating Bubble 飼育効果, 19, 61-65
HP1 株式会社西研デバイズホームページ <http://halberty1989.com/>