

## ■ 研究課題名

# 魚類養殖漁場環境管理のための有機汚泥の生物浄化および水質改善技術の開発

## ■ 研究項目と実施体制（◎は技術コーディネーター）

- ① 魚類養殖場に堆積した有機汚泥のイトゴカイによる生物浄化と海底環境の動態解析  
（◎堤 裕昭／熊本県立大学）
- ② イトゴカイの共生菌を用いた汚泥浄化効率の向上  
（木暮一啓／東京大学）
- ③ 魚類養殖場の水質改善のためのマイクロバブル発生装置の開発  
（梨子木久恒／株式会社多自然テクノワークス）
- ④ 有機汚泥浄化および水質改善技術を用いた魚類養殖環境管理システムの開発  
（濱 大吾／株式会社恵天）

## ■ 研究の目的

魚類養殖場の海底に堆積した有機汚泥をイトゴカイの大量培養コロニーおよびその共生菌を用いて浄化する技術を開発するとともに、魚類養殖場で利用可能なマイクロバブル発生システムを開発し、生け簀の溶存酸素濃度の低下を防止する。これらの新技術を効果的に運用し、漁業生産性が高く、周辺海域に対する環境負荷の少ない、内湾閉鎖水域で持続可能な魚類養殖場の環境管理システムを確立する。

## ■ 主要な成果

- ① 熊本県天草市、楠浦湾のマダイ養殖場をモデルとして、水質の連続観測を行い、2か所（海底直上層、生け簀層）で大きな溶存酸素(DO)の低下があることを検証した(図1)。海底直上層では養殖魚の糞や残餌が堆積して有機汚泥化し、その有機物分解でDOが消費される。生け簀層では、昼間は植物プランクトンが光合成によってDOを供給するが、夜間は呼吸のためにDOを消費し、養殖魚の呼吸と重ってDOが低下する。また、秋季に海水の鉛直混合が始まると、海底直上のDOの低い海水が上層の海水と混ざり、生け簀層のDOも低下させる(図2)。魚類養殖場の水質管理には、これらの2つのタイプのDO低下を防止する必要がある。
- ② 魚類養殖場の海底に堆積した有機汚泥に対して、イトゴカイ(図3)を用いた生物浄化技術を開発した。大型水槽でイトゴカイを大量培養し、秋季に生け簀の海底に約1万5千個体/m<sup>2</sup>撒布する。イトゴカイはその後爆発的な増殖を遂げ(図4)、汚泥中の有機物の分解が促進されて底質表層のTOC(総有機炭素量)が減少し(図5)、汚泥浄化によって海底からのDO消費速度が低下した。
- ③ 汚泥中のイトゴカイの巣穴周辺では、イトゴカイの底質攪拌作用などの生物活性により、特定のバクテリア( $\alpha$ -プロテオバクテリアおよび $\gamma$ -プロテオバクテリア)が底質中の有機物を分解しながら増殖する。イトゴカイはそれらのバクテリアを餌として、爆発的に増殖する。イトゴカイの増殖により、その生物活性はさらに増加し、これによりバクテリアもさらに増殖して有機物の分解が促進され、イトゴカイの餌も増えるという生物浄化のサイクルを解明した(図6)。
- ④ イトゴカイとバクテリアの協働作業による有機汚泥中の有機物分解のしくみを利用して、さらに汚泥の浄化効率を上げるため、イトゴカイの周辺で増殖が認められたバクテリアを分離・培養し、アルギン酸カルシウムの粒中に封じ込めたバクテリア製剤を製作した(図7)。
- ⑤ 魚類養殖場の生け簀層で夜間に発生するDOの低下に対しては、独立電源を有する魚類

養殖場用マイクロバブル発生システムを開発した(図8)。毎日、夕方～翌日の早朝まで約14時間運転して生け簀に酸素を供給し、生け簀の夜間のD0の低下を緩和した(図9)。

- ⑥ マイクロバブルを供給した生け簀では、養殖魚の成長が促進されて餌効率が大幅に改善された(図10)。同量の養殖魚を生産するために使用する餌量が約30%削減可能となり、環境負荷の低減と事業コストの削減を同時に実現する技術を確立した。

#### ■ 公表した主な特許と論文

- ① 特願2005-141595 : 水域浄化法 (株)多自然テクノワークス, 堤 裕昭, (株)恵天
- ② 特願2005-141596 : 魚貝類養殖方法 (株)恵天, 堤 裕昭, (株)多自然テクノワークス
- ③ Srithongouthai, S., *et al.*: Control of dissolved oxygen levels of the water in the net pens with a microscopic bubble generating system. *Fisheries Science* 72: 485-493 (2006)
- ④ Kinoshita, K., *et al.*: Bioremediation of organically enriched sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a deposit-feeding polychaete *Capitella* sp. *Fisheries Science* 74: 77-87 (2008)

#### ■ 今後の展開方向

- ① イトゴカイおよびバクテリア製剤を用いた有機汚泥浄化技術ならびにマイクロバブル発生装置を用いた酸素供給技術を利用した魚類養殖漁場環境改善技術の事業化。
- ② イトゴカイの浄化効率をさらに向上させるためのバクテリア製剤の改良と製造
- ③ マイクロバブル発生装置およびシステムの製造と水中への酸素供給機器としての水産業や農業など多岐にわたる分野への利用。

#### ■ 問い合わせ先

- ① イトゴカイおよびバクテリア製剤を用いた有機汚泥浄化技術ならびにマイクロバブル発生装置を用いた酸素供給技術を利用した魚類養殖漁場環境改善技術：  
熊本県立大学環境共生学部 堤 裕昭 (096-383-2929)  
株式会社恵天 濱 大吾 (0969-22-6588)
- ② イトゴカイと協働するバクテリアの開発と製造：  
東京大学海洋研究所 木暮一啓 (03-5351-6485)
- ③ マイクロバブル発生装置の開発と製造：  
株式会社多自然テクノワークス 梨子木久恒 (096-349-7671)

■ 研究成果の具体的図表

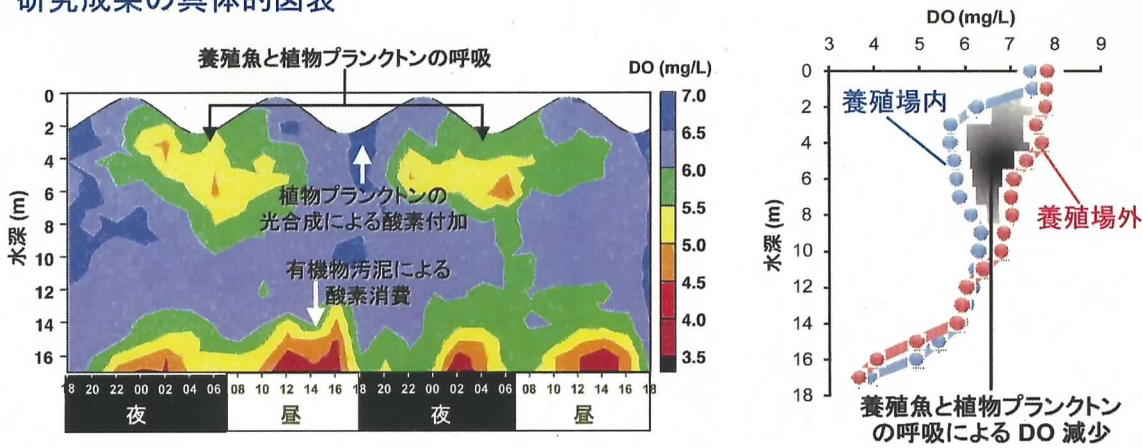


図1 熊本県天草市、楠浦湾のマダイ魚類養殖場における DO の鉛直プロファイル  
 (左) 昼夜の時間変化 (観測日: 2004年6月29日~7月1日)  
 (右) 魚類養殖場の内外における比較 (観測日: 2004年6月26日、午前10時)

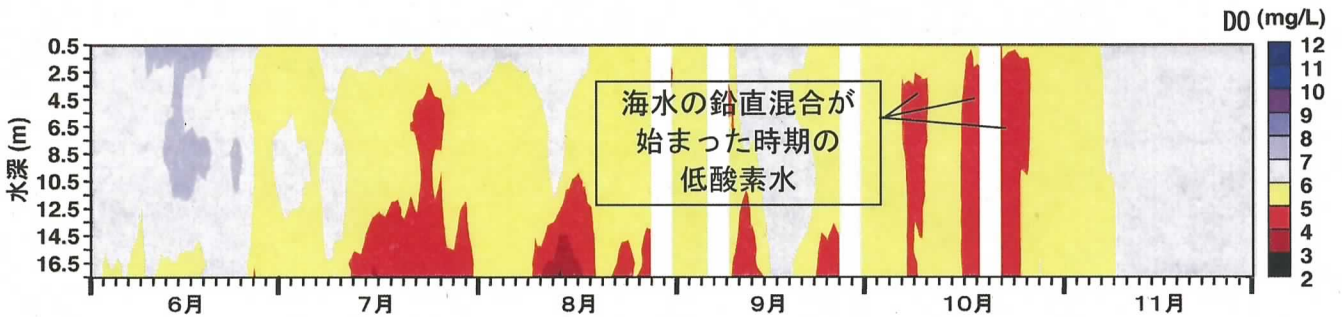


図2 熊本県天草市、楠浦湾のマダイ魚類養殖場における DO の鉛直プロファイルの季節変化



図3 イトゴカイとその培養装置  
 (左) イトゴカイ: 成体の体長 1cm 程度の小型多毛類  
 (右) イトゴカイを培養する大型水槽 (底面積 10m<sup>2</sup>)

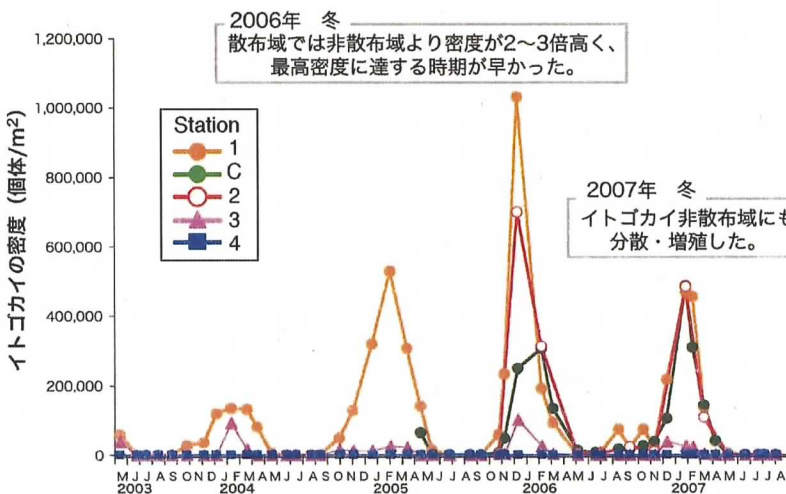


図4 有機汚泥浄化実験を行った 魚類養殖場におけるイトゴカイの密度変化

矢印: イトゴカイの散布  
 2003年12月 (1万2千個体/m<sup>2</sup>)  
 2004年11月 (6万4千個体/m<sup>2</sup>)  
 2005年11月 (1万5千個体/m<sup>2</sup>)  
 2006年10月 (1万7千個体/m<sup>2</sup>)

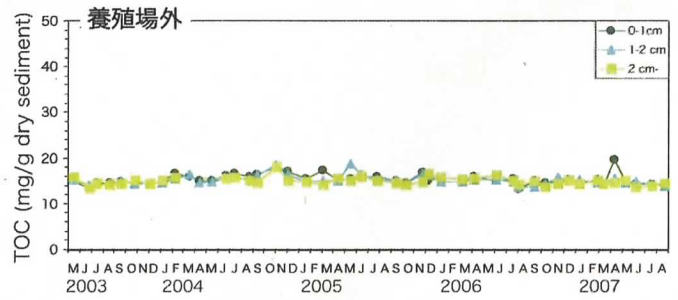
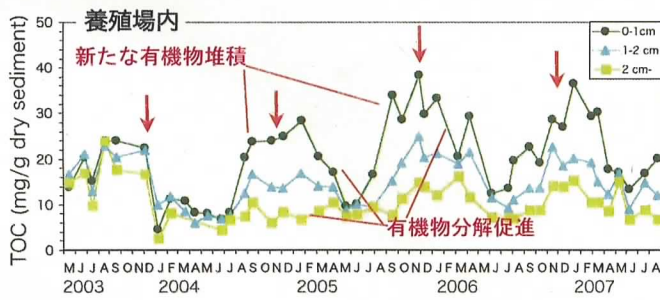


図5 イトゴカイ培養コロニーを撒布した養殖場内の有機汚泥と養殖場外の通常の海底の泥の有機物含量の季節変化 矢印：イトゴカイ培養コロニーの撒布

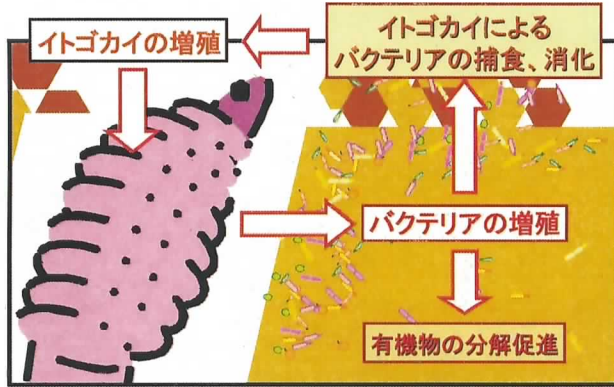


図6 イトゴカイの生息する有機汚泥中で、有機物の分解が促進されるしくみ

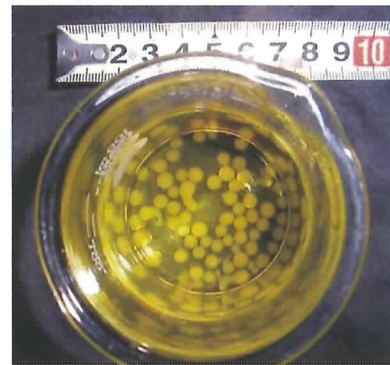


図7 高い有機物分解能を持つバクテリア製剤



図8 開発した魚類養殖場用マイクロバブルシステム

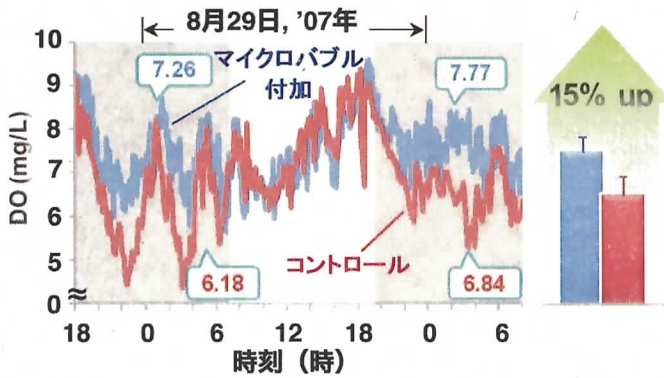


図9 マダイ生け簀におけるマイクロバブル発生装置の運転(17時~翌日8時)による夜間のDO低下防止効果(3歳魚9,000尾飼育)

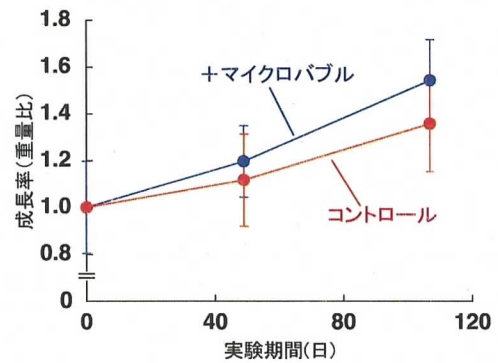


図10 マイクロバブル発生装置によりDOを付加した生け簀におけるマダイの成長促進効果