

令和5年度伊藤光昌氏記念学術助成金(研究助成)成果報告書

研究課題番号	成果報告書
研究課題名	持続的なアマモ場創出技術と診断法の開発
研究代表者	楠部 真崇
所属・職 (または学年)	国立高等専門学校機構和歌山工業高等専門学校生物応用化学科・教授

背景

アマモ場は多様な水生生物の生活を支え、産卵や幼魚成育場の提供やCO₂ガス交換など大きな役割を果たしている。2021年、地球の陸海環境30%を保全する方針「30 by 30」がG7決議され、ますますアマモ場のCO₂固定能力を活用するブルーカーボン事業に注目が集まっている。アマモ場は日本沿岸の砂泥域6.2万haに分布し、年間50.8万tのCO₂隔離量が試算されている。このように重要な機能を持ったアマモ場であるが、近年水質悪化や海岸線の改変等によりアマモ場の縮小・消滅が大きな問題となっている。瀬戸内海では1960年から1990年の間で7割のアマモ場が喪失し、現在は各地で精力的な保全活動が行われている。申請者らは、海洋から単離した生きた状態の海洋性細菌 (*Lysinibacillus fusiformis*) の作用で、アマモ種子ごと海砂を造粒固化するバイオセメントを開発した ((1-3), 特開 2021-193907)。この技術は海砂と海洋性細菌等を主成分として造粒するため、環境負荷がない特徴を有している。また、播種時は潜水を必要としない海上散布が可能となり、海底中への自然埋没により種子の域外流出防止が可能となった。今回、本助成を受けて、より持続的なアマモ場造成のための底質改善に関する課題を解決するため、アマモ生育を阻害する底質中の硫化水素軽減とアマモ場適地診断法の開発を行った。

実施方法

鉄による硫化水素軽減

アマモ場底質に蓄積する生長阻害物質である硫



図1. アマモ種子を含むバイオセメント

化水素を軽減するため、鉄成分を含む底質改善機能を付加した多層化バイオセメントを開発した(図1)。プラネタリアギアを組み込み遊星運動を可能としたコンクリートミキサー PUPPET ((株)光洋機械産業社製)を用い、方杭漁港(和歌山県日高郡日高町)の海砂および同海域で単離した海洋性細菌 (*Lysinibacillus fusiformis*) を混練した。アマモ種子は鳥取漁港(大阪府阪南市)および新庄漁港(和歌山県田辺市)より採取し、追熟処理したものを用いた。固化剤には、1M尿素水溶液および1M塩化カルシウム水溶液を用い、アマモ種子を含むバイオセメントをブランクとした。鉄分の供給には、使い捨てカイロのリサイクル材であるGoGreenCube (GoGreenGroup co.ltd社)をバイオセメントの外層に用い、ブランクとともに人工海水を循環した14.0℃の40cm水槽にそれぞれ設置し、葉長、底質中硫化水素濃度および酸化還元電位の計測を行った。

アマモ場再生適地診断方法の開発

アマモ場は沿岸地域の環境と強く関係しており、適地診断は総合的かつ統計的に処理する必要がある。アマモ場のモデル底質として、継続繁茂が確認されている芦北漁協（熊本県）、方杭漁港（和歌山県）、尾崎漁港（大阪府）、および海の公園（神奈川県）などのアマモ場底質を採取した。診断票に用いる定量分析項目には、単位体積あたりの硫化水素量、硝酸イオン量、ミネラルバランス、細菌叢解析、有機物量とし、主成分分析により総合評価の見える化をデザインした。なお、硫化水素、硝酸イオンはそれぞれメチレンブルー法およびブルシン法による呈色反応で定量評価した。各種ミネラルは原子吸光装置を用い、細菌叢解析については細菌ゲノム可変領域 V3-4 領域をターゲットとして得たシーケンスを Qiime2 にて解析した。

結果と考察

硫化水素に寄与する鉄の効果

各底質の硫化水素の推移は図2のようになった。横軸は実験開始からの期間、縦軸は硫化水素濃度を示している。実験開始から4週目にかけてブランクでは硫化水素濃度が2.0 ppm程度まで徐々に上昇し、これに伴う酸化還元電位（ORP）の低下を確認した。一方、鉄添加条件の底質では短期間での急激な還元環境の構築は見られず、還元層への推移がブランクよりも緩やかになったことがORP値より読み取れた。また、各底質における

アマモの生長推移を観察したところ、ブランクでは発芽から4週目にかけて生長が見られたが、5週目以降は生長が緩やかになり、以降は全体的に生長が停止した。鉄添加条件では5週目以降もアマモが緩やかに生長しており、最大葉長は11週目まで更新し続けた。実験開始から3ヶ月の時点で、ブランクの最大葉長が10.0 cmに対して、鉄添加底質では11.3 cmとその差は明確に現れた。以上の結果から、カイロのリサイクル材による鉄分の提供は播種直後の急激な底質の還元化を抑制するだけでなく、アマモの生長速度に対して優位に働くことが考えられる。

適地診断の設計

鉄添加による底質細菌叢解析の結果を図3に示す。リサイクル材による新たな菌叢の持ち込みは確認されず、またアマモ発芽後の硫酸還元菌や硫酸酸化細菌にも大きな変化は認められなかった。この結果から、鉄の添加は底質の細菌環境に大きな影響を与えず、直接的に硫化水素に作用していることが示唆された。主成分分析の結果を図4に示す。おおむねアマモ場と裸地の底質にクラスターが分かれた。今回用いた因子から、アマモ場底質の状況は硫化水素およびORPに依存する結果となった。同時に地域性による差異も認められ、全国のアマモ場底質は一律ではないことが示唆された。主成分分析の結果から、底質の状態とアマモ場の創出の相関性は得られたものの、その因果

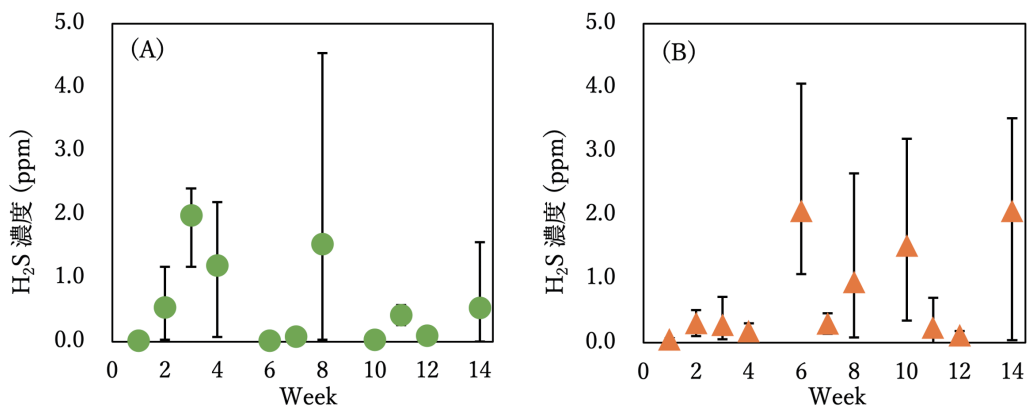


図2. 底質中硫化水素の推移 (A) ブランク, (B) 鉄添加

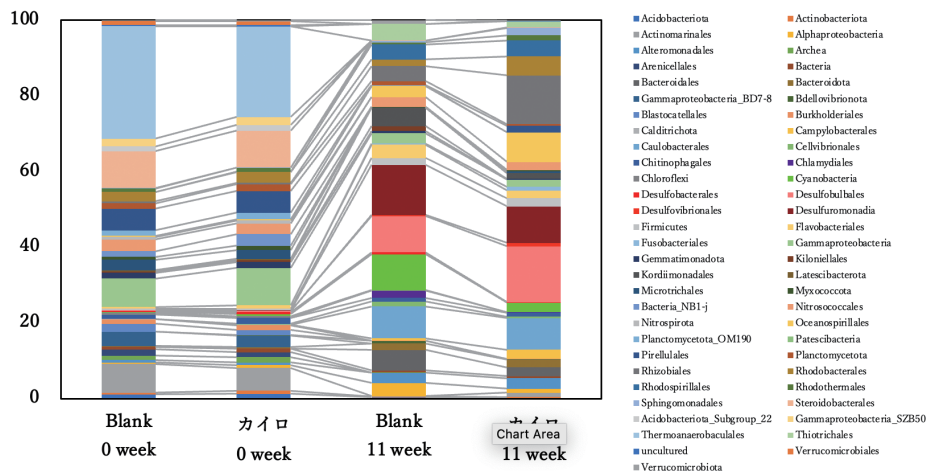


図 3. アマモ底質の細菌叢解析

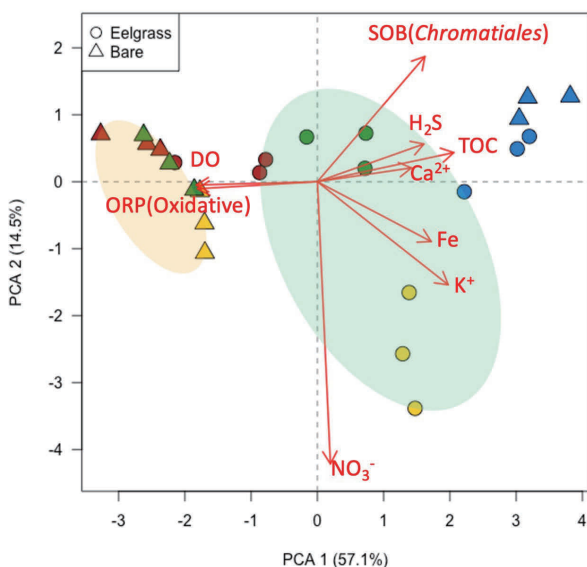


図 4. 主成分分析結果 (赤：神奈川，緑：熊本，黄色：大阪，青：和歌山)

関係については言及できない。今後、必要な底質の改善や予備的な措置などの提案ができるよう、底生生物量やアマモの被度も因子に加え高い精度の診断が行えるよう改善を行いたい。最終的に、諸団体で実施されるアマモ場保全活動がより無駄なく実施できるように底質情報と対策をわかりやすく診断票に表現することを目指す。

謝辞

昨今、海洋研究保全に関する調査に関し多くの企業様から相談いただくようになった。これには、SDGsの推進や社会構造の根幹に日本の環境を守りながら経済発展を行う事業方針の表れであると考えている。この風潮を流行で終わることのない持続可能な活動のため、本研究テーマを企画提案させていただきました。本助成により、アマモ場における鉄の役割および底質診断の可能性を示すことができました。短い期間ではありましたが、今後の展開につながる知見を得る機会をいただけたことに心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) バイオセメントによる次世代の海洋環境保全, 中嶋夢生, 花田雅司, 青木仁孝, 楠部真崇, アグリバイオ 4 (11), pp 88-92, 2020.
- 2) Research on innovate marine environmental conservation with no environmental impact using marine-biocement. Kusube M. Impact, 3, 57-59, 2020.
- 3) アマモ場地下茎に広がる微生物生態系の世界, 園部琢巳, 中嶋夢生, 楠本光輝, 楠部真崇, アグリバイオ 6 (13), pp 64-67, 2022.