

サンゴ基質の開発とサンゴ礁保全に向けた研究

サーマ プルバシュリー*

Sarmah Purbashree

福本 正*

Tadashi Fukumoto

山本 泰介***

Taisuke Yamamoto

1. はじめに

地球温暖化に伴う海水温の上昇や海水酸性化，汚染などからサンゴ礁を守るために，人工サンゴ基質への注目が高まっている¹⁾．人工サンゴ基質の主な課題は，強度の制御と有害物質の長期的な溶出防止である²⁾．筆者らは，「サンゴ育成に資する」と「海洋環境に悪影響を及ぼさない」だけでなく，「循環型社会に貢献できる」基質の開発を進めてきた．これまでに，高炉セメントB種（BBセメント），ペーパースラッジ灰，石膏等のリサイクル材料をそれぞれ単体結合剤とした供試体を作製して，圧縮強度と重金属の溶出挙動について報告した³⁾．本研究では，引き続きリサイクル材料を主な結合材として用いて，強度をコントロールできる人工サンゴ基質の基本的な組成・配合を提案した．さらに，この基本配合に対して，他の強化材や骨材を追加して，強度や作業性および機能性への影響を調査した．

2. 方法と材料

本研究で用いた基質の材料と基本的な配合は表一1および図一1のとおりである．主な結合成分には，以前の研究で評価の高かったBBセメントに加えて，マグネシア系土壌硬化剤（MP1）およびマグネシア系土舗装材（MP2）を用いた．使用した2種の結合材は，サンゴの成長のために必要とされているマグネシウムやその他のミネラルの供給源となることを期待した．また，細骨材はサンゴ砂として，サンゴへのカルシウムの供給源として，さらには弱アルカリ性であることによるサンゴの成長環境を適切に保つ効果があると期待して選定した．

MP1とMP2の配合の供試体を作製する際には，最初に必要な量の水を取り，次に結合材を加えて30秒間待ち，最後にサンゴ砂を加えて3分間混合した．BBセメントの配合も含めて，作製した供試体は28日間水中養生した．その後圧縮強度試験を行い，最終的に強度，最適な配合を確認した．

* 技術研究所環境技術グループ

** 技術研究所

*** 技術研究所土木技術グループ

表一1 モルタル配合の基本組成

配合試料名	W/C	水 (kg)	結合材名 (kg)	骨材 サンゴ砂 (kg)
MP1	150	1.5	1	1
MP2	125	1.25	1	1
BB	50	1	2	2

表一2 モルタルの基本組成に対する追加材料

配合（組成は表1と同じ）	BP (%)	BPBS (%)	MH (%)	コーヒー (%)
MP1	—	—	0.1, 0.3, 1	10
MP2	—	—	0.1, 0.3, 1	10
BB	1, 5, 10	1, 5, 10	-	1, 5, 10



図一1 サンゴ基質配合材料



図二 追加材料

基本的な配合に対して，表一2および図一2に示す強化剤の追加や骨材の一部置換を行い，強度と作業性および機能性への影響を調査した．2種類のバイオプラスチック FZ71 PM (BP) と BioPBS (BPBS) は，米粒大の生分解性プラスチックであり，海水中で生分解されて，多孔質な基質を得ることが可能だと考えた．これらは，圧縮強度が高かったBBセメントの配合のみに追加した．繊維状マグネシウムのモスハイジ (MH) は，圧縮強度の向上を期待して，MP1およびMP2の配合に添加した．さらに，強度を損なうことなくリサイクル材を活用する

試みとして、BB, MP1, MP2 にコーヒー炭を追加した。これらの追加材料を加えた供試体についても、水中養生の後に強度試験を行った。

3. 実験結果

表一1の基本配合で作製した供試体の強度を、図一3に示す。3つの配合の中で、BBセメントは49.2 N/mm²の最大圧縮強度を示した。この値は、一般的な土木コンクリート(24 N/mm²)の2倍程度であった。圧縮強度から、海中での耐用年数は50年程度と推定された。マグネシウム系結合材では、MP2がBBに次いで2番目に高い強度を示し、約4 N/mm²であった。

BBセメントの配合に粒状の生分解性プラスチックを添加した供試体の強度を、図一4に示す。今回のモルタルの配合構成では、BPおよびBPBSによる骨材の置換率が高くなるほど、強度低下する傾向が見られたが、10%の混合を行っても一般的な土木コンクリートよりも高い強度が維持された。

マグネシウム系結合剤の配合に繊維状マグネシウムを添加した供試体では、設定した添加量では強度向上の効果が見られなかった(図示省略)。

細骨材の一部をコーヒー炭で置換した供試体の強度を、図一5に示す。置換率が大きいと強度が線形的に低下した。ただし、BBセメントの配合の場合は、10%の混合を行っても一般的な土木コンクリートよりも高い強度が維持された。

4. まとめ

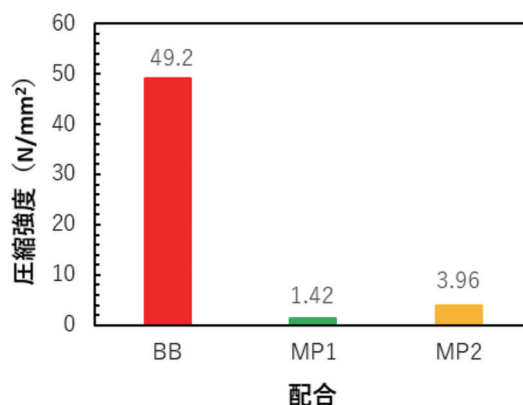
サンゴがある程度成長するまで、基質には数年間の耐用強度が求められる。一方、セラミック製やBBセメント単体基質のように強度が高すぎると、サンゴが死滅や流出した後、基質がそのまま海中に残存することとなり、景観上好ましくないと考える。

本研究では、各種結合剤(BBセメント・マグネシウム系結合剤)について、添加剤・骨材代替物の強度に対する影響を明らかにした。今後は、材料供給の安定性や製作コストなども考慮して、BBセメントにマグネシア系土舗装材を配合し作製した基質を用いる予定である。

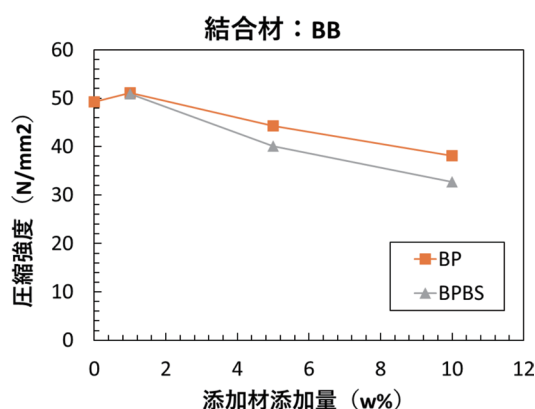
また、人工基質の開発を通じて、サンゴによる二酸化炭素固定や⁴⁾、サンゴを基盤とする生物多様性の保全など、地元自治体や漁協と協力し多面的な価値の創出を目指す。

参考文献

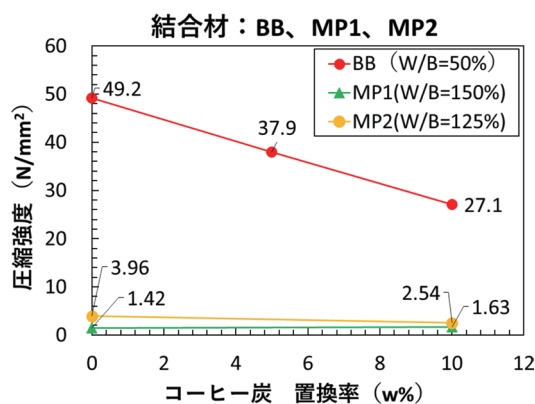
- 1) 片倉徳男, 高山百合子, 古田敦史: サンゴ幼生の着床を目的としたモルタル製着床具の開発, 大成建設技術センター報 第46号, pp.51-1~51-4, 2013.
- 2) Higgins, E., Metaxas, A., and Scheibling RE: A systematic review of artificial reefs as platforms for coral reef research and conservation. PLoS ONE 17(1),



図一3 圧縮強度結果



図一4 圧縮強度結果 (BP と BPBS 添加)



図一5 圧縮強度結果 (コーヒー炭添加)

e0261964, 2022.

- 3) Ishiwata, H., Yamamoto, T., Sarmah, P., Fukumoto, T., and Ogihara G.: Characteristics of Concrete made Artificial Coral Substrate, 土木学会第79回年次各術講演会, 2024.
- 4) Kubota, A., Ohno, Y., Yasumoto, J., Iijima, M., Suzuki, M., Iguchi, A., Mori-Yasumoto, K., Yasumoto-H, Sakata, T., Suehiro, T., Nakamae, K., Mizusawa, N., Jimbo, M./, Watabe, S., Yasumoto, K.: The Role of Polyamines in pH Regulation in the Extracellular Calcifying Medium of Scleractinian Coral Spats, Environ. Sci. Technol., 58(51), 2024.