

流動砂や廃瓦を活用した藻場基盤材の開発とその実証試験

西日本工業大学大学院 学生会員 福田和純 西日本工業大学 正会員 山本健太郎
 佐賀大学 正会員 根上武仁 福岡窯材 非会員 溝口直敏
 鹿児島大学 正会員 平 瑞樹

1. はじめに

日本全国の藻場は過去 30 年で 30-40%消失しており、深刻な問題となってきた。写真-1 では海の砂漠化と言われる「磯焼け」の様子を示しており、海藻類がほとんど生存していないことが観察される。藻場は魚礁としての多方面への効果も大きいので、生態系や沿岸漁業においても欠かせない存在である^{1),2)}。また、海藻の生育に必要とされ、光合成の促進や葉緑素の合成に不可欠な栄養素である「鉄分」が森林伐採やダム造成などにより、海中において不足していることが指摘されている³⁾。そこで、藻場の保全や再生を目的に、産業廃棄物リサイクルマテリアルを有効活用した環境に優しい藻場基盤材を開発し、海中モニタリングを行ってきた。基本的なコンセプトとしては、*virgin* 材料を使わず、リサイクル材を使用する。低環境負荷型藻場基盤材を意識し、炭素使用量、セメント使用量などを下げることが考慮してきている。近年は、新たに 2 種類の産業廃棄物を有効活用した環境に優しい藻場基盤材の開発を実施してきている^{4),5),6)}。

1 つ目は、木質バイオマス発電から排出される流動砂と陶磁器破砕片（粒径 0.9mm）、廃石膏を主としたもの、2 つ目は、図-1 に示す廃瓦破砕片（粒径 2~4mm, $\rho_s=2.261\text{g/cm}^3$ ）と陶磁器破砕片（粒径 0.9mm）、廃石膏を主としたものである。双方ともに鉄分としては使い捨てカイロ（iron powder）を使用した。本報告では、木質バイオマス発電から排出される流動砂と廃瓦を活用した藻場基盤材の開発とそのモニタリングについて述べる。



写真-1 磯焼け

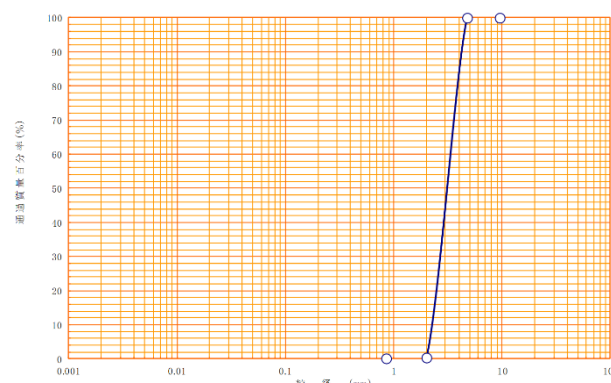


図-1 粒径加積曲線（廃瓦破砕片）

2. テストピースによる試験結果

表-1 には流動砂を活用した藻場基盤材の配合（質量比率）と一軸圧縮試験結果、表-2 には廃瓦を活用した藻場基盤材の配合（質量比率）と一軸圧縮試験結果を示す。双方ともに主となる材料（流動砂・廃瓦）の配合は約 30%あり、廃石膏が約 22%、廃陶磁器が約 16%含まれている。なお、本年は iron powder を基盤材表面と基盤材全体に練り混ぜたものをそれぞれ作製した。これは基盤材が破壊された後も海中に鉄分を供給するためである。一軸圧縮強さは、基盤材供試体からの 28 日養生後の一軸圧縮試験結果を示す。表-1 から、セメントを 12.4%、11.9%混入

表-1 一軸圧縮試験結果（流動砂, 28 日養生）

Mixing ratio (%)	Flow medium sand	31.2	30.1
	Recycled gypsum	22.0	21.2
	Water	18.2	17.5
	Scrapped ceramics	16.2	15.6
	Cement	12.4	11.9
	iron powder		3.7
Unconfined compressive strength (MPa)		4.85	3.92
Water content (%)		6.2	9.8
Wet density (g/cm^3)		1.59	1.65

した場合の一軸圧縮強さはそれぞれ、4.85Mpa, 3.92Mpa となり、表-2 からセメントを 12.4%, 11.9% 混入した場合の一軸圧縮強さはそれぞれ、7.36Mpa, 6.80Mpa となった。さらに、溶出試験は環境庁告示 13 号法により行い、これらより、個々の試料の元素含有量試験と人工海水中に侵した元素分析においても六価クロムなどの有害元素の溶出は存在しなかった。

表-2 一軸圧縮試験結果 (廃瓦, 28 日養生)

Mixing ratio (%)	Waste roof tile	31.3	30.1
	Recycled gypsum	22.0	21.2
	Water	18.2	17.5
	Scrapped ceramics	16.1	15.6
	Cement	12.4	11.9
	iron powder		3.7
Unconfined compressive strength (MPa)		7.36	6.80
Water content (%)		6.8	8.0
Wet density (g/cm ³)		1.61	1.65

3. 藻場基盤材

配合の一例は表-1, 2 に示す。基盤材の形状は、直径 40cm, 高さ 14cm, 重量約 26.0kg の円盤型である (写真-2 参照)。強度面は、短期的には基盤材表面が浸食を受けない程度の強度があり、長期的には徐々に壊れて自然に還っていく基盤材が望ましく、過去の研究結果においてセメント量 12%前後が妥当であると考えている。



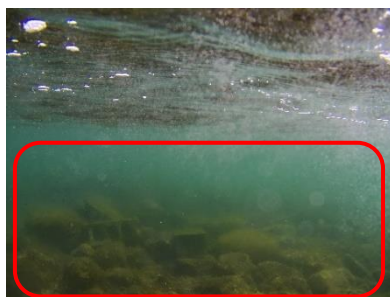
写真-2 今年度作製した藻場基盤材 (左：流動砂，右：廃瓦)

4. 実証試験

開発した藻場基盤材を 2020 年 10 月に北九州市若松区脇之浦、鹿児島市上花倉に海中投入・設置した。一例として、写真-3(a), (b), (c)には鹿児島市上花倉に海中投入した藻場基盤材の性状変化を示す。



(a) 海中投入直後



(b) 投入後 1 カ月経過後



(c) 投入後 3 カ月経過後

写真-3 鹿児島市上花倉へ海中投入した藻場基盤材の性状変化

写真-3(a)は海中投入直後の写真で基盤材の色が灰色であることがわかる。写真-3(b),(c)には海中投入から 1 カ月および 3 カ月経過した基盤材を示す。写真-3(c)から、基盤材表面に藻の活着を確認することが出来た。今後は基盤材への海藻活着や生育を定期的かつ長期的にモニタリングしていく予定である。

【参考文献】

- 1) 寺脇利信, 中山哲蔵, 新井章吾, 敷田麻美: 藻場の回復に向けて, 海洋と生物 145 (第 25 巻 第 2 号), pp.100-106, 2003.4.
- 2) 寺田竜太: 藻場の長期モニタリング 背景と課題, 海洋と生物 195 (第 33 巻 第 4 号), pp.291-297, 2011.8. 3) 松永勝彦: 森が消えれば海も死ぬ 陸と海を結ぶ生態学, 講談社, 1993. 4) K. Yamamoto, T. Negami, N. Mizoguchi, M. Hira and R. Tanaka: Development of environment-oriented base materials for seaweed beds and long-term monitoring in the sea, Proc. of 15th Int. Conf. of the Int. Assoc. for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Wuhan, Paper No.564, 2017.10. 5) 山本健太郎, 根上武仁, 溝口直敏, 平瑞樹: 産業廃棄物を有効活用した環境に優しい藻場基盤材の開発とその海中モニタリング, 第 27 回海洋工学シンポジウム論文集, CD-R, 2018.8. 6) 福田和純, 山本健太郎, 根上武仁, 溝口直敏, 平瑞樹, 蘇超: リサイクル材の有効活用による藻場基盤材の開発と藻場再生に関する実証試験, 第 14 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.283-288, 2020.10.