

特殊土や産業廃棄物などを有効活用した藻場基盤材の製作とその海中モニタリング

西日本工業大学大学院 学生会員 陳 文静 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6400ha減少しており、海洋環境問題の深刻な問題となってきた¹⁾。藻場は魚礁としての多方面への効果も大きい²⁾ため、生態系や沿岸漁業においても欠かせない存在である³⁾。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、海中の緑化を目的に、特殊土や産業廃棄物など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ている⁴⁾。

本報告では、流動砂、廃瓦、しらす、まさ土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。

2. 使用した試料

藻場基盤材の作製に使用した試料は廃瓦破砕片、流動砂、しらす、まさ土、再生石膏、廃陶磁器、セメント、廃鉄粉の8種類である。

今年度はこれらの試料から4種類の基盤材を作製した。1つ目は、木質バイオマス発電から排出される流動砂（粒径0.1～0.4mm）と陶磁器破砕片、廃石膏を主としたものである。2つ目は、廃瓦破砕片（粒径2～4mm）と陶磁器破砕片、廃石膏を主としたものである。3つ目は、花崗岩が風化してできたまさ土（粒径0.05～9.5mm）写真-2(a)と陶磁器破砕片（粒径0.9mm）、廃石膏を主としたものである。4つ目は、鹿児島で得られた地山しらす（粒径0.02～19mm）写真-2(b)と陶磁器破砕片、廃石膏を主としたものである。今回は耐海水性に優れている高炉セメントB種を使用した。鉄分としては使い捨てカイロを使用することにより、低環境負荷型となる藻場基盤材の開発とその実証試験を行った。



(a) まさ土



(b) しらす

写真-2 使用した試料

3. 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、表-3にはまさ土を活用した藻場基盤材、表-4にはしらすを活用した藻場基盤材の結果を示す。主となる材料（流動砂・廃瓦・まさ土・しらす）の配合は約30.%あり、廃石膏が約21%、廃陶磁器が約16%含まれている。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。表-1から表-4まで、一軸圧縮強さは2.44 MPa、5.02MPa、4.29MPa、2.78MPaとなった。一軸圧縮試験の結果からそれぞれの主材料を同じ割合で混ぜ合わせ、最も強度が大きいのが廃瓦を主とした基盤材、次にまさ土を主とした基盤材、次にしらすを主とした基盤材、そして最も弱いのが流動砂を主とした基盤材であった。これは、4つの主となる材料の粒径が異なることなども起因していると考えられる。さらに、溶出試験は環境庁告示13号法により行い、これらにより、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-1 一軸圧縮試験結果（流動砂，28日養生）

Mixing ratio (%)	Flow medium sand	30.7
	Recycled gypsum	21.7
	Water	17.9
	Scrapped ceramics	15.9
	Cement iron powder	10.0 3.8
Unconfined compressive strength (MPa)		2.44
Water content (%)		10.7
Wet density (g/cm ³)		1.59

表-2 一軸圧縮試験結果（廃瓦，28日養生）

Mixing ratio (%)	Waste roof tile	30.7
	Recycled gypsum	21.7
	Water	17.9
	Scrapped ceramics	15.9
	Cement iron powder	10.0 3.8
Unconfined compressive strength (MPa)		5.02
Water content (%)		13.2
Wet density (g/cm ³)		1.65

表-3 一軸圧縮試験結果 (まさ土, 28日養生)

Mixing ratio (%)	Decomposed granite	30.7
	Recycled gypsum	21.7
	Water	17.9
	Scrapped ceramics	15.9
	Cement	10.0
	iron powder	3.8
Unconfined compressive strength (MPa)		4.29
Water content (%)		10.7
Wet density (g/cm ³)		1.70

表-4 一軸圧縮試験結果 (しらす, 28日養生)

Mixing ratio (%)	Shirasu	30.1
	Recycled gypsum	21.2
	Water	19.7
	Scrapped ceramics	15.6
	Cement	9.7
	iron powder	3.7
Unconfined compressive strength (MPa)		2.78
Water content (%)		12.3
Wet density (g/cm ³)		1.52

4. 成分分析結果と藻場基盤材

ここでは、まさ土としらすの成分分析結果を示す。まさ土としらすはSiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, Na₂O, K₂O及び強熱減量 (LOI) の9成分を蛍光X線分析法により測定した。まさ土の成分は、SiO₂ 76.41%, Al₂O₃ 12.64%, Fe₂O₃ 1.25%, TiO₂0.07%, CaO 0.52%, MgO 0.10%, Na₂O 3.33%, K₂O 4.16%, LOIは0.76%であり、一方、しらすの成分は、SiO₂ 69.09%, Al₂O₃ 15.92%, Fe₂O₃ 2.74%, TiO₂ 0.28%, CaO 3.01%, MgO 0.61%, Na₂O 3.76%, K₂O 2.20%, LOIは2.11%であった。いずれの試料も同様の化学組成形態を示した。なお、まさ土としらすの成分分析を比較すると、CaO, K₂O, LOIの割合の差異が大きいが挙げられる。

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-3参照)。円盤型とした理由については、ガンガゼなどのウニ類の付着を防止するためである。本研究では4種類の基盤材を作製したが、使用された主材料によって基盤材の強度が異なり、基盤材に対する波浪の影響も異なることがわかった。



(a) 製作段階



(b) 脱型後の基盤材

写真-3 2021年に作製した藻場基盤材

5. 実証試験

開発した藻場基盤材を2021年9月に北九州市若松区脇之浦、鹿児島市上花倉に海中投入した。一例として、写真-4(a),(b)には北九州市若松区脇之浦に海中投入した藻場基盤材の性状変化を示す。写真-4(a)は海中投入前の写真で基盤材の色が灰色であることがわかる。写真-4(b)には海中投入から2カ月経過した基盤材を示す。写真-4(b)から基盤材の色も変色し、基盤材表面に藻の活着を確認することができた。なお、写真-4(b)において、基盤材は左から、流動砂を主体とした基盤材、廃瓦を主体とした基盤材、まさ土を主体とした基盤材、しらすを主体とした基盤材となっている。ここでは、最も強度がある廃瓦を主体とした基盤材に海藻が活着していることがわかる。それに対して、強度が低い流動砂にはあまり活着していなかった。これは水深が比較的浅いため、波力の影響を強く受けたためだと考えられる。



(a) 海中投入前



(b) 投入後2カ月経過後

写真-4 北九州市若松区脇之浦に海中投入した藻場基盤材の性状変化

6. おわりに

本研究では藻場基盤材を用いた海中モニタリングを行い、その結果をもとに地域資源である特殊土や産業廃棄物を用いた低環境負荷型の藻場基盤材の開発を行ってきた。以下に本研究の結論を示す。今年度は流動砂主体の基盤材、廃瓦主体の基盤材、まさ土主体の基盤材としらす主体の基盤材の4種類を製作した。今後は、長期にわたる基盤材への海藻活着や生育、劣化状況等を定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) 福田和純・山本健太郎・根上武仁・溝口直敏・平瑞樹・陳文静: 流動砂や廃瓦を活用した藻場基盤材の製作とその海中モニタリング第14回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.331-338, 2021.9.