

特殊土や産業廃棄物を活用した藻場基盤材の開発とその実証試験

(有) 福田組 正会員 ○福田和純 大分大学 正会員 山本健太郎 佐賀大学 正会員 根上武仁
 福嶋窯材 非会員 溝口直敏 鹿児島大学 正会員 平 瑞樹 (株) 西日本土木 非会員 岡本大知
 大分大学 正会員 鶴成悦久

1. はじめに

日本全国の藻場は1978年以降に日本の浅海域で6,400ha（現存面積の3%）の藻場が消滅し減少傾向にある¹⁾。写真-1では長崎県佐世保市針尾地域における海の砂漠化である「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。しかし、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^{2),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。日本においては地域別に特有の地盤が形成され、様々な特殊土が存在し、中国地方においては代表的に「真砂土」が挙げられる。特殊土は風化等の影響を受けることによって、力学的な解釈や評価が通常の土と同じ範疇で議論できない場合がある。そして、頻繁に災害の引き金にもなり、崩壊規模拡大の問題となっている⁴⁾。ゆえに、特殊土における新たな利用用途の一手法を示し、藻場基盤材主材料として活用を図るものである。

以上を踏まえ、本研究では藻場の保全や再生、海中緑化の促進を目的に、産業廃棄物リサイクル材料を有効活用し、炭素使用量、セメント使用量などの低減を考慮した環境に優しい低環境負荷藻場基盤材を開発し、海中モニタリングを実施してきた。なお、近年は新たに木質バイオマス発電において排出される「流動砂」や、日本における代表的な屋根材である「廃瓦」の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おり、具体的な内容については参考文献を参照されたい⁵⁾。本研究における藻場基盤材の強度は、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い。



写真-1 磯焼け（佐世保市針尾）

2. 使用した試料

藻場基盤材に使用した試料は写真-2(a)~(f)に示す（真砂土・廃瓦・流動砂・再生石膏・陶磁器破砕片・廃鉄分）である。2022年度はこれらの試料から3種類の基盤材を製作した。1つ目は、写真-2(a)に示す真砂土と陶磁器破砕片および再生石膏を主としたもの、2つ目は、写真-2(b)に示す廃瓦と陶磁器破砕片および再生石膏を主としたものである。次に、3つ目は、写真-2(c)に示す流動砂と陶磁器破砕片および再生石膏を主としたものである。すべての基盤材において、鉄分としては写真-2(f)に示す iron powder（使い捨てカイロ）を使用し、固化材補助として高炉セメント B 種を使用した。



(a) 真砂土

$\rho_s=2.590\text{g/cm}^3$

(b) 廃瓦

$\rho_s=2.261\text{g/cm}^3$

(c) 流動砂

$\rho_s=2.607\text{g/cm}^3$

(d) 再生(二水)石膏

$\rho_s=2.859\text{g/cm}^3$

(e) 陶磁器破砕片

fine 0.9mm

(f) iron powder

$\rho_s=3.558\text{g/cm}^3$

写真-2 使用した試料

3. テストピースによる試験結果

表-1～3には基盤材主材料である（真砂土・廃瓦・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を示す。なお、一軸圧縮強さは、28日養生後の基盤材供試体からの一軸圧縮試験結果である。すべての基盤材において、主となる材料の配合は約28%あり、廃石膏が約20%、廃陶磁器が約14%、廃鉄粉は約6%含まれている。表-1～3からセメントを14.1%混入した場合の一軸圧縮強さは6.72MPa、9.20MPa、3.61MPaとなった。さらに、溶出試験は環境庁告示46号法により行い、有害元素の溶出は存在しなかった。なお、基盤材の配合割合については過去の研究結果に基づいて算出したものである⁵⁾。

表-1 一軸圧縮試験結果（真砂土）

Mixing ratio (%)	Decomposed granite	27.8
	Recycled gypsum	19.5
	Water	18.1
	Scrapped ceramics	14.4
	Cement	14.1
	iron powder	6.1
Unconfined compressive strength (MPa)		6.72
Water content (%)		12.0
Wet density (g/cm ³)		1.76

表-2 一軸圧縮試験結果（廃瓦）

Mixing ratio (%)	Waste roof tile	27.8
	Recycled gypsum	19.5
	Water	18.1
	Scrapped ceramics	14.4
	Cement	14.1
	iron powder	6.1
Unconfined compressive strength (MPa)		9.20
Water content (%)		13.7
Wet density (g/cm ³)		1.69

表-3 一軸圧縮試験結果（流動砂）

Mixing ratio (%)	Flow medium sand	27.8
	Recycled gypsum	19.5
	Water	18.1
	Scrapped ceramics	14.4
	Cement	14.1
	iron powder	6.1
Unconfined compressive strength (MPa)		3.61
Water content (%)		10.1
Wet density (g/cm ³)		1.56

4. 実証試験

開発した藻場基盤材（直径=40cm，高さ=14cm，重量=約26.0kg，円盤型）を2022年9月上旬に北九州市若松区脇之浦，2022年10月上旬に鹿児島市上花倉に海中投入・設置した。写真-3(a)～(d)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，写真-4(a)～(d)には鹿児島市上花倉における性状変化を示す。写真-3(a)～(c)，写真-4(a)，(b)は投入前後の写真であり，基盤材表面の色が灰色である。写真-3(d)，写真-4(c)，(d)は2～3カ月経過した基盤材であるが，基盤材表面に緑色の藻類が活着している様子が確認された。さらに，セメント量14%の基盤材がセメント量10%の基盤材よりも海藻の活着が良いことも確認できた。



(a) 海中投入前



(b) 投入直後



(c) 投入直後の海中の様子



(d) 3カ月経過時

写真-3 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



(a) 海中投入前



(b) 投入直後



(c) 2カ月経過時



(d) 2カ月経過時

写真-4 鹿児島市上花倉に海中投入した藻場基盤材の性状変化

【参考文献】

1)寺脇利信・新井章吾・敷田麻実編：「21世紀初頭の藻学の現況」，日本藻類学会，山形，pp.89-91，2002. 2)寺脇利信・中山哲彦・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. 3)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. 4)三浦清一：日本の地域土一特殊な土なのか，問題土か？一，地盤工学会誌. 58(7)，2010.7. 5)福田和純・山本健太郎・根上武仁・溝口直敏・平瑞樹・鶴成悦久，特殊土や産業廃棄物リサイクル材を活用した藻場基盤材の製作とその実証試験，第15回地盤改良シンポジウム論文集，pp.299-304.2022.12.