

N-3 桜島火山灰とリサイクルマテリアルを有効利用した藻場基盤材の開発とそのモニタリング

○山本 健太郎^{1*}・根上 武仁²・中島 常憲¹・島 佳奈子³

¹鹿児島大学大学院理工学研究科（〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40）

²佐賀大学大学院工学系研究科（〒840-8502 佐賀市本庄町1番地）

³インフラテック㈱（〒899-5652 鹿児島県姶良市平松3141-1）

* E-mail: yamaken@oce.kagoshima-u.ac.jp

1. はじめに

近年、桜島の噴火活動は活発化の傾向にある。2012年度の1年間の爆発回数は885回（観測史上3番目）となり、総降灰量は11月までに約610万トンを観測し、06年度の昭和火口活動再開後としては、これまで最多だった2010年の約514万トン（爆発896回）を上回り、最多となった¹。この火山噴出物は周辺地域住民の生活や経済活動に大きな影響を及ぼすので、大半は大変な人力と財力を費やして埋め立て処理しているのが現状である。

一方、日本全国の藻場は過去 30 年で 30-40%消失しており、深刻な環境問題となっている。藻場の重要性はあまり知られていないが、魚貝類の隠れ家や生息場、餌場、産卵場としての機能がある。つまり、魚礁としての多面への効果が大きく、生態系や沿岸漁業においても欠かせない存在である。藻場の減少は、埋め立てや浚渫によ

る生息域そのものの減少や、温暖化による水温上昇などによることが知られている。また、海藻の生育に必要なとされ、光合成の促進や葉緑素の合成に必要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²。

そこで、藻場の保全や再生を目的に、南九州の地域資源でもある桜島火山灰、産業廃棄物リサイクルマテリアルである陶磁器破砕片（粒径 2~3mm の物を使用）、固化材としては廃石膏（再生石膏、以降は石膏と呼ぶ）を主とし、鉄分としては使い捨てカイロを使用することにより、低環境負荷型の藻場基盤材の開発を実施している³。これらは産業廃棄物やそのリサイクルマテリアルを有効利用することから、リサイクル促進や環境負荷低減につながり、持続可能な開発・発展に貢献できるものと考えられる。図-1 に、本研究の藻場基盤材による

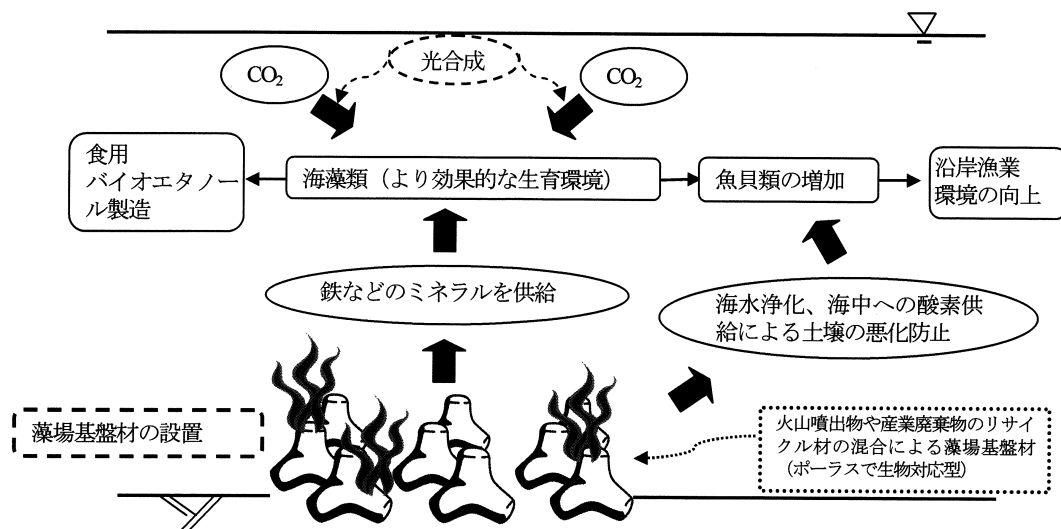


図-1 藻場基盤材によるCO₂固定、環境回復のイメージ

藻場の再生とその環境回復のイメージを示す。鉄分を供給できる低環境負荷型の藻場基盤材を設置することにより、海藻類を増加させ、食用を含めた魚介類の増加（沿岸漁業環境の向上）に繋げることを目的としている。また、生育に伴う光合成による CO_2 （二酸化炭素）の固定化や海中への酸素供給による海底土壌の悪化抑制効果、バイオエタノール製造の可能性もある。

2. 基盤材作製時のテストピースによる試験結果

まず、個々の試料の元素含有量と溶出試験結果について述べる。元素含有量試験には誘導結合プラズマ発光分光分析と質量分析装置などを用いた。特徴的なものとしては、桜島火山灰はシリカ、アルミナ、鉄、カルシウム、マグネシウム、陶磁器破砕片はシリカとアルミナ、廃石膏はカルシウムと硫黄、セメントはカルシウム、シリカ、アルミナを多く含有していることがわかった。また、溶出試験は環境庁告示 13 号法により行った。これらにより、六価クロムや水銀などの有害元素の溶出は全く見られなかった。

次に、実際に作製した基盤材の一軸圧縮試験と溶出試験結果の一例について述べる。一軸圧縮試験については、藻場基盤材作製時に、同じバッチ内から一軸圧縮試験用供試体も同時に作製した。図-2 には 28 日養生後の応力-ひずみ曲線を示す。ここで、凡例は質量比率である配合パターンである。Sakurajima は桜島火山灰（絶乾状態）、Gypsum は石膏、SC (Scrapped ceramics) は陶磁器破砕片を示す。なお、供試体は 1 ケースにつき 3 本作製し、作製時における不具合や強度試験結果のばらつきに配慮している。特にセメントが 14.7% と 12.3% のケースでは圧縮応力がピークに到達した後、急激に減少し、縦割れ破壊する傾向が見られた。当然ではあるが、配合割合もそれ程大きくは異なるないので、セメントの混合量が多いケースほど大きな圧縮応力となった。含水比はどのケースも 19% 以上であり、供試体は水分を含んでいる火山灰と同じ黒色を呈した。

図-3 には、28 日養生後の供試体を浸漬した人工海水の pH 値の経時変化を示す。人工海水のみでの pH 値は 9.37 だが、浸漬後、すぐに pH が 1 以上増加し、おおまかに 5 日を経れば一定となった。pH が増加した理由としては、目視観察からも養生が十分ではなく、完全に固化していなかったことや、供試体に対する人工海水の量が少なかったことなどが挙げられる。なお、pH 計測と同時に成分分析も実施したが、溶出液（人工海水）中の元素分析では六価クロムなどの有害元素の溶出は見られなかった。

図-4、5 には、28 日養生後の供試体を浸漬した人工海水の Ca 濃度と S 濃度の経時変化を示す。図-4 からは浸漬日数が 5 日目までに Ca 濃度が顕著に増加していること

がわかる。図-5 からは、硫黄濃度が人工海水の初期値から浸漬日数の増加とともに減少していることが観察できる。さらに、図-3 において供試体を人工海水に浸漬した後に pH 値が大きくアルカリ性に向かったのは、図-4 の結果も考慮すると、供試体からのカルシウムの溶出が原因だったと推測される。実際に、リーチングに用いた容器底面や、浸漬した供試体表面には、ぬめりのようなものが確認できた。

3. 海中モニタリング

図-6 には、鹿児島湾に海中投入3カ月経過後の藻場基盤材を示す。(a)は全体量の半分に鉄粉 (Iron Powder) 300 g を練り込み、型枠半分のみ最初に打込みを実施したケースである。一方、(b)は配合の3%となる鉄粉を最初から全体に練り込んだケースとなっている。これらのケースでは他のケースと異なり、図-6からもわかるように海藻

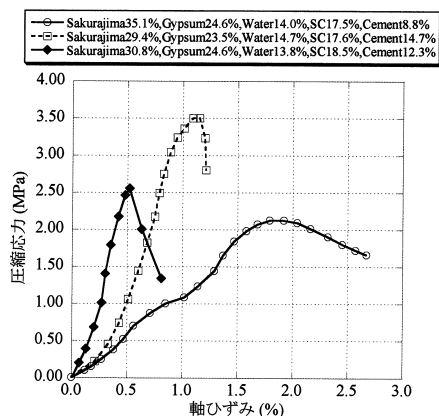


図-2 応力-ひずみ曲線（28日養生）

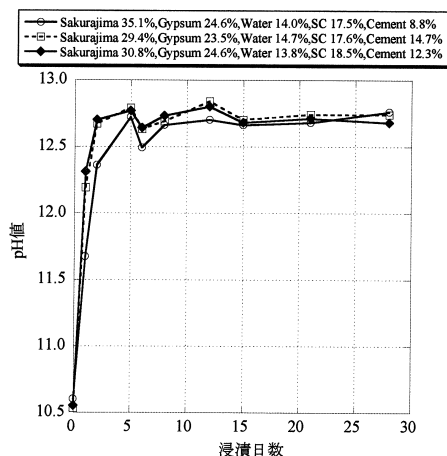


図-3 供試体を浸漬した人工海水の pH 値の経時変化

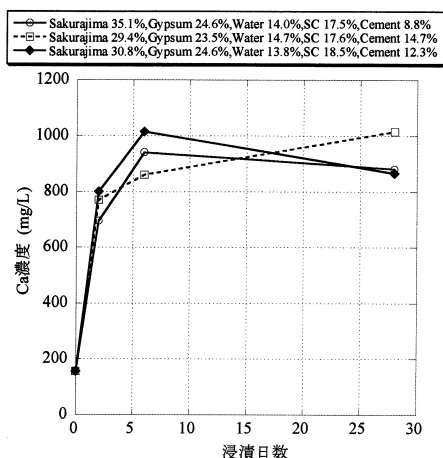


図4 供試体を浸漬した人工海水のCa濃度の経時変化

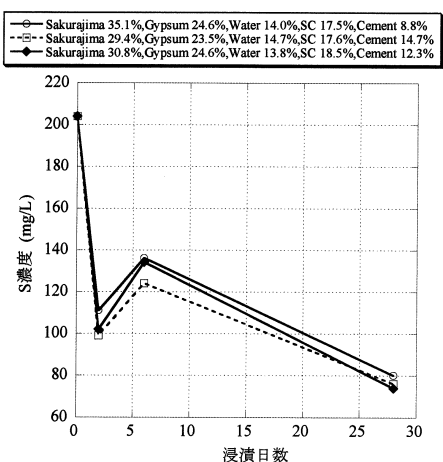


図5 供試体を浸漬した人工海水のS濃度の経時変化

の著しい成長が見られた。他のケースでは苔と見られるものが生えているが、明らかな海藻の活着は見られなかった。また、2カ月経過後の7月には大量のフジツボの付着がすべての基盤材に対して観察された。現在のところ、鉄分の混入は海藻の活着やその後の生育に有効となった。

4. 終わりに

本研究では、桜島火山灰と産業廃棄物リサイクルマテリアルを用いて、低環境負荷型となる環境にも優しい藻場基盤材を開発することができた。特筆すべき点としては、固化材としてセメントの代りに再生石膏を主として用い、セメントは補助的に用いた。次に、海中での鉄分不足を解消するために、使い捨てカイロを有効活用した。また、藻場基盤材の場合は消波ブロックと異なり、大きな強度は要求されない。海中投入前にある程度の強度が確保され、海中投入後に自然に壊れた後も藻場基盤材としての機能を有するならば問題はないと考えている。

今年の5月から藻場基盤材を鹿児島湾に海中投入・設置して、著者らが自ら海中に潜ることによって定期的に長期間のモニタリングを開始した。今後、開発した基盤材に対して、海藻の活着やその後の生育効果のチェックを行い、最適な表面形状やざらつき、鉄分の有効性や適する混合物や固化材の配合割合を把握することにより、その性能についての検証を実施していく。

参考文献

- 1) 南日本新聞(2013.13): p.24 (社会) .
- 2) 松永勝彦 (1993): 森が消えれば海も死ぬ 陸と海を結ぶ生態学、講談社.
- 3) 山本健太郎他 (2013): 桜島火山灰とリサイクルマテリアルの有効利用—低環境負荷型藻場基盤材の開発—、第10回環境地盤工学シンポジウム論文集、印刷中.



(a) Sakurajima 30.8%, Gypsum 24.6%, Water 13.8%, SC 18.5%, Cement 12.3%, IP 300g into the surface



(b) Sakurajima 29.9%, Gypsum 23.9%, Water 13.4%, SC 17.9%, Cement 11.9%, IP 3.0%

図6 海中投入3カ月経過後の藻場基盤材