シラスバルーンを用いた浮体構造物による藻場造成技術に関する研究

江幡恵吾

鹿児島大学水産学部
〒890-0056　鹿児島市下荒田 4 丁目 50-20

要旨

藻場造成は水産資源の保護や海洋生態系の保全において重要であるが，従来のように海底に設置される藻場礁では，光量不足，ウニ類による食害，砂による被覆により海藻類の生育が阻害されるなどの課題があった．本研究では，これらの制限要因を回避するため，海面に浮かべて使用する浮体構造物による藻場造成について検討した．鹿児島県内で安価かつ安定的に入手可能なシラスバルーンを用いて製作したブロックを海面に設置して，海藻類の着生について漂着軽石で製作したブロックと比較した．シラスブロックおよび軽石ブロックの両方にアオノリ属，アオサ属，紅藻類，褐藻類の着生が認められ，その中でも優占したアオノリ属の着生量はシラスブロックで多い傾向を示した．シラスブロックは軽石ブロックに比べて表面剥離が少なく基質の安定性に優れていた．シラスバルーンを用いたシラスブロックは，漂着軽石の代替として有効活用できる可能性があり，地域資源を活用した新たな藻場造成技術として期待される．

1　緒言

沿岸域における藻場は，海中の二酸化炭素を吸収して酸素を供給するだけでなく，水生生物の餌場，産卵場所，幼稚仔魚の生息場になり，水産資源を保護する上で重要な役割を担っている．日本の沿岸では，コンクリート製構造物を用いた藻場造成が広く行われているが，それらは海底に設置されるため，海中の濁りによる光量不足やウニ類などの食害により海藻類が十分に育たなかったり，藻場そのものが失われたりすることが問題となっている．さらに，構造物表面が砂などで覆われると，海藻類の生育や胞子の着生が妨げられる場合がある [1)]．

そこで本研究では，これらの課題を解決する方法として，藻場造成用の構造物を海面に浮かべることを検討した．構造物を常に海面に浮かせることで太陽光が十分に当たり，底生動物であるウニ類による食害を防ぐとともに砂による被覆も避けられると考えた．

2021 年 8 月，小笠原諸島の海底火山「福徳岡ノ場」の噴火によって大量の軽石が噴出し，鹿児島県や沖縄県の南西諸島沿岸に漂着した．漂着軽石は，船舶の航行や観光業などに深刻な被害をもたらした．一方で，小笠原諸島から約 1,300 km 離れた海域まで約 2 か月かけて漂流したことから強い浮力を持つと考えられている．漂着軽石を接合して製造される浮体構造物の表面は凹凸が多く，海藻類の胞子が入り込みやすい形状になり，藻場造成用ブロックとして有効であることが報告されている [2),3)]．漂着軽石が最も多く回収された与論

島では，土壌の排水性や通気性を改善するために園芸や農業用資材としての有効活用が進められ，現在では漂着軽石の在庫はほとんどない状態となっている．

このような背景を踏まえ，本研究では漂着軽石の代替材料として，薩摩半島や大隅半島をはじめとする鹿児島県内で安価に入手可能なシラスの焼成発泡中空体である水浮揚性シラスバルーンを利用することを考えた．これをセメントで団粒化・成形し，多孔質形状の浮体構造物（以下，シラスブロックとする）を製造する方法を検討した．この浮体構造物を海面に設置し，時間経過に伴って変化する海藻類の種類および量を測定することで，海藻類付着特性を明らかにすることを目的とした．

２　実験材料および方法

本研究で用いたシラスブロックは，2025 年 5 月 26 日から 7 月 10 日に鹿児島県工業技術センターにおいて製作した．使用材料は，普通ポルトランドセメント（太平洋セメント製），シラスバルーン（アクシーズケミカル製）および水である．セメント 800 g およびシラスバルーン 1200 g をそれぞれ計量し，予備混練として，これらをビニル袋内に投入して密封し，袋を振とうすることで均一化した．次いで，予備混練した材料と水 1600 g を混練機（愛工舎製作所製，BPAE225）に投入し，1 分間混練した．その後，金属製へらを用いて手作業で撹拌し，再度 1 分間混練した．得られた混練物を塩化ビニル製パイプの型枠に充填し，加圧機（愛工舎製作所製）を用いて加圧成形した．

加圧後のシラスブロックの割裂を防止するため，加圧は 2 段階に分けて実施した．1 回目は全圧 1 t を与えた直後に除圧し，2 回目は全圧 2 t の状態で約 10 秒間保持した後に除圧した．除圧後に供試体を加圧機から作業台へ移し，上方からの荷重で押し出すことにより脱型した．脱型後のシラスブロックの乾燥を防止するため，上部をポリシートで被覆し，養生機に入れて 50 ℃で 2 時間加熱した後，70 ℃で 6 時間以上の加熱養生を行った．養生終了後，シラスブロック中心部を直径 60 mm のコアドリルで穿孔した．穿孔部には，水性塗料（関西ペイント株式会社製）を塗装した木製円柱を挿入し，コンクリートボンド K10（コニシ製）により接着し，シラスブロック（直径 16.5 cm，高さ 6.5 cm）を完成させた（Fig. 1）．

2025 年 11 月 4 日，鹿児島大学水産学部東町ステーション地先の海面に，シラスブロックと比較のために漂着軽石ブロックをそれぞれ 100 個ずつ設置した（Fig. 2）．漂着軽石ブロック 100 個のうち 50 個は円柱型（直径 10 cm，高さ 10 cm），残りの 50 個は平板型（縦 15 cm，横 15 cm，高さ 5 cm）を用いた．ブロック設置してから 14 日，30 日，43 日，65 日，79 日および 100 日後にそれぞれ 10 個ずつ回収した．回収したブロックの表面に着生した海藻類が乾燥するのを防ぐために，ビニル袋に個別包装したのち，海水とともにクーラーボックスに収容して研究室に持ち帰った．ブロック表面に着生した海藻類を，ブロックの各面（上面，側面，底面）に分けて採集して，海藻類の種類別に湿重量を電子天秤で測定し，各ブロックの付着密度を算出した．

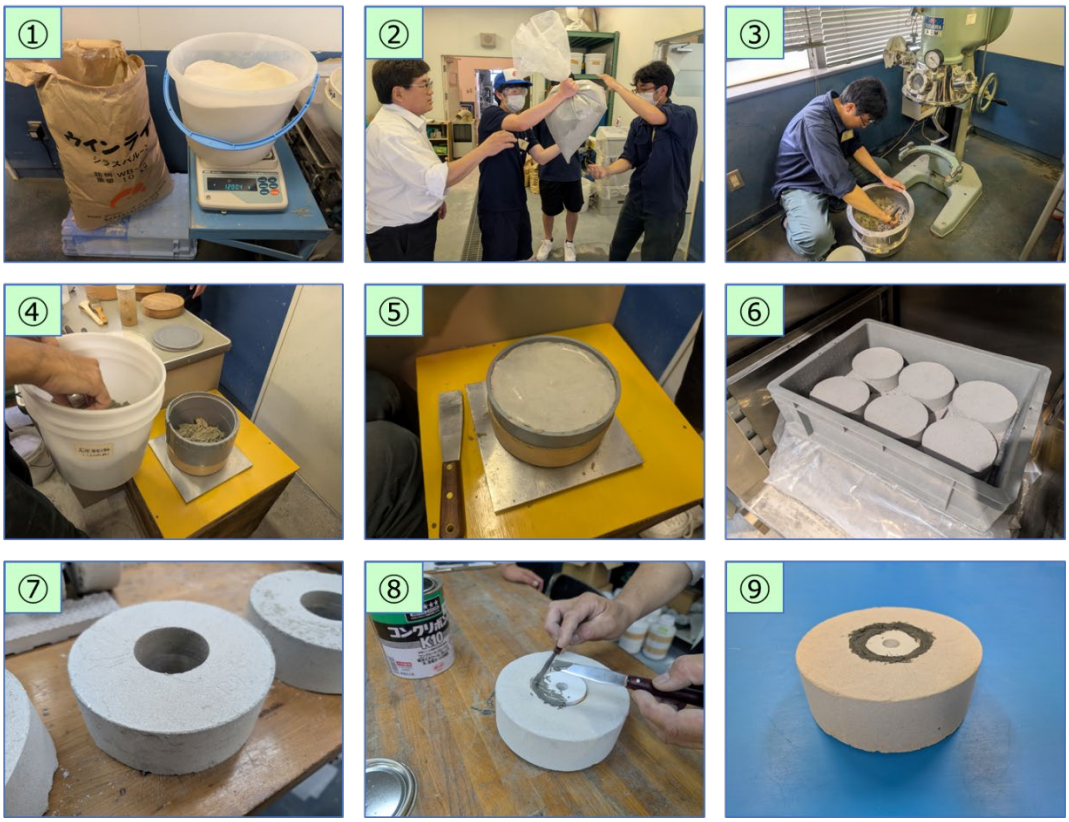


Fig. 1　Manufacturing process of shirasubaloon block.



Fig. 2　Shirasubaloon and pumice blocks placed on sea surface.

3　実験結果

シラスブロックおよび軽石ブロックの表面に着生した海藻類はアオノリ属（*Enteromorpha* sp.），アオサ属（*Ulva* sp.）であり，わずかな量であったが紅藻類，褐藻類

の着生も確認された．

設置 14 日後では，アオノリ属の着生は軽石ブロックのみに認められ，その平均付着密度はブロック 1 個当たり 0.00013 g/cm^2 であった．一方，シラスブロックにはいずれの海藻類の付着も認められなかった．設置 30 日後では，シラスブロックおよび軽石ブロックにアオノリ属およびアオサ属の着生が認められた．アオノリ属の付着密度は，シラスブロックで 0.086 g/cm^2，軽石ブロックで 0.041 g/cm^2 であり，シラスブロックの方が有意に高かった（t 検定, $p<0.05$）．一方，アオサ属の付着密度は，シラスブロックで 0.0062 g/cm^2，軽石ブロックで 0.011 g/cm^2 であった．設置 43 日後においても，シラスブロックおよび軽石ブロックでアオノリ属およびアオサ属の着生が認められた．アオノリ属の付着密度は，シラスブロックで 0.021 g/cm^2，軽石ブロックで 0.019 g/cm^2 であり，30 日後と比較して両ブロックともに減少した．一方，アオサ属の付着密度は，シラスブロックで 0.021 g/cm^2，軽石ブロックで 0.053 g/cm^2 であり，軽石ブロックの方が有意に高かった（t 検定, $p<0.01$）．また，アオサ属の付着密度は 30 日後と比較して両ブロックともに増加した．設置 65 日後では，アオサ属の付着はシラスブロックおよび軽石ブロックの両方で認められたのに対し，アオノリ属の付着はシラスブロックのみに認められた．シラスブロックにおけるアオノリ属の付着密度は 0.023 g/cm^2 であった．アオサ属の付着密度は，シラスブロックで 0.014 g/cm^2，軽石ブロックで 0.0086 g/cm^2 であった．また，シラスブロックでは紅藻類の着生も確認された．設置 79 日後では，アオサ属および紅藻類の付着はシラスブロックおよび軽石ブロックの両方で認められた一方，アオノリ属の着生はシラスブロックのみに認められた．シラスブロックにおけるアオノリ属の付着密度は 0.013 g/cm^2 であった．アオサ属の付着密度は，シラスブロックで 0.012 g/cm^2，軽石ブロックで 0.00078 g/cm^2 であり，シラスブロックの方が有意に高かった（t 検定, $p<0.05$）．設置 100 日後では，シラスブロックおよび軽石ブロックの両方にアオノリ属，アオサ属，紅藻類の着生が認められ，さらにシラスブロックでは褐藻類の付着も確認された．アオノリ属の付着密度は，シラスブロックで 0.032 g/cm^2，軽石ブロックで 0.0013 g/cm^2 であり，シラスブロックの方が有意に高かった（t 検定, $p<0.01$）．また，アオサ属の付着密度は，シラスブロックで 0.013 g/cm^2，軽石ブロックで 0.0046 g/cm^2 であった（Fig. 3，Fig. 4）．

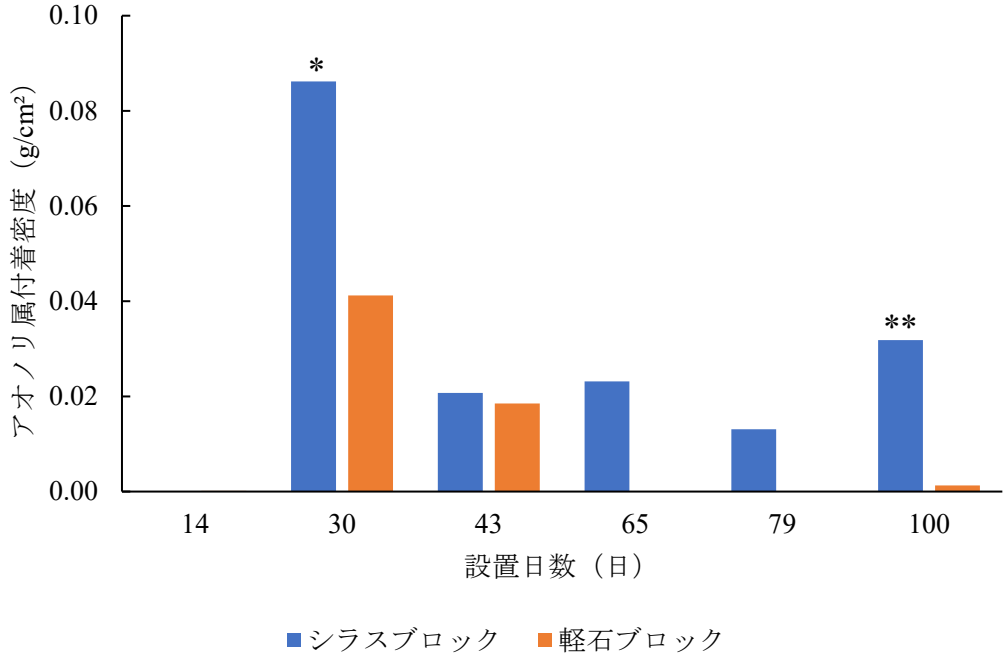


Fig. 3　Wet weight of *Enteromorpha* sp. on the shirasubaloon and pumice blocks.
(** p<0.01，* p<0.05，T-test)

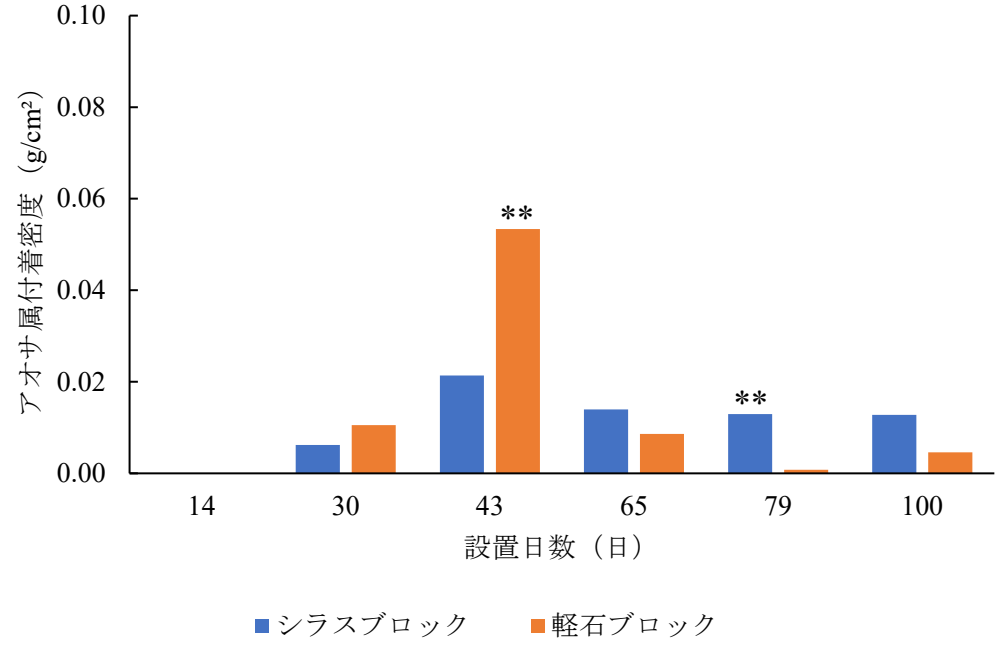


Fig. 3　Wet weight of *Ulva* sp. on the shirasubaloon and pumice blocks.
(** p<0.01，* p<0.05，T-test)

4　まとめ

本研究ではシラスバルーンで製作した浮体構造物の海藻類付着特性を明らかにするた

めに，漂着軽石で製作したブロックと比較した．2025 年 11 月 4 日に海面に設置し，100 日後の 2026 年 2 月 12 日までの期間において着生したアオノリ属はシラスブロックで多い傾向にあり，アオサ属では 43 日後では軽石ブロック，79 日後ではシラスブロックの方が多かった．本研究の結果から，シラスバルーンを用いて製作した浮体構造物では，漂着軽石ブロックとほぼ同等あるいはそれ以上の海藻類が着生することが示された．

設置期間の経過に伴って複数の海藻類が確認されたことは，本材料が一時的な付着基盤にとどまらず，海藻群集の形成を支える基盤となる可能性を示しており，浮体型藻場礁として利用できる可能性があると考えられる．

藻場礁として利用される構造物では必要な強度を持つことが重要となり [4]，近年では，リサイクル資材を活用した開発が進められている [5]．本研究で用いた軽石ブロックは，軽石同士の接着が不十分であり，運搬時や実験期間中に，表面の漂着軽石が剥離することがあったのに対し，シラスブロックではそのような損傷がほとんど認められなかった．海藻類の着生後の保持には基質の表面安定性が重要である．すなわち，海中で安定して維持されることが必要であり，この点でシラスブロックは軽石ブロックよりも優れていると考えられた．

藻場造成事業では，海藻類に適した生育環境を整えるとともに，生育を妨げる制限要因を改善することが求められる [6]．そのためには，海藻類の生育に必要な光量を十分に確保し，着生基質が剥離しないよう一定の硬度を保つことに加え，基質表面が砂で覆われたり，ヒドロ虫などの固着生物に被覆されたりしないようにすることが重要である [1]．海中に入射した光は，海水中の溶存物質や懸濁物によって大きく減衰し，特に沿岸域ではその影響が顕著であることが報告されている [7]．本研究で検討した浮体構造物は海面に設置されるため，海底設置型構造物で問題となる光量不足，ウニ類による食害，砂による被覆といった制限要因を回避でき，従来の藻場造成で困難であった環境下において，新たな造成手法として提案できる可能性がある．

漂着軽石は一時的に大量に得られる資源である一方，地域や時期によって入手性が大きく左右される．これに対し，シラスは鹿児島県内に広く分布し，安価かつ安定的に調達できる地域資源である．そのため，シラスバルーンを原料とする浮体構造物が実用化されれば，未利用資源の高付加価値化に加えて，藻場造成基質の地域内供給にもつながり，環境保全と地域産業振興の両面からの有用性があるといえる．

以上より，シラスバルーンを用いて製作したシラスブロックは，浮体型藻場造成材としての利用が期待されることから，今後，長期的かつ多面的な検証を進めることで，地域資源を活用した新たな藻場造成技術の開発につなげたいと考えている．

引用文献

1) 寺脇利信, 新井章吾, 川崎保夫 : 藻場の分布の制限要因を考慮した造成方法, 水産工学, 32(2)，145-154，1995.
2) 江幡恵吾，梶海聖，松岡翠，袖山研一，馬庭秀士，瀬戸口眞治 : 漂着軽石を用いた浮体構造物の海藻類付着特性，土木学会論文集，79(17)，23-17145，2023.

3) 江幡恵吾，脇本大輝，松岡翠，大海聡一，袖山研一，馬庭秀士，西真，瀬戸口眞治：漂着軽石を用いた浮体構造物の設置深度と海藻類付着特性の関係，土木学会論文集，80(17)，24-17207，2024.
4) 玉井元治, 河合章 : 連続空隙を有するコンクリートに付着する海洋生物の遷移に関する研究，土木学会論文集，452/II-20，81-90，1992.
5) 三木理，奥村真子，中島隆甫，参納千夏男，田中義人，石川竜子：フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートパネルを用いた能登半島での藻場造成の検討―輪島市名舟漁港におけるフィールド実験―，水環境学会誌，43(2)，25-34，2020.
6) 中嶋泰：藻場造成の適地選定手法について，水産工学，42(2)，159-163，2005.
7) 川崎保夫，石川雄介，丸山康樹：アマモ場造成の適地選定法，沿岸海洋研究ノート，27(2)，136-145，1990.

Abstract

Algae play an important role in conserving marine resources and maintaining marine ecosystems. However, artificial reef for algae installed on the seabed often face several problems including insufficient light availability, grazing by sea urchins, and burial by sand. In this study, we examined the feasibility of creating algae substrates using floating structures deployed at the sea surface in order to avoid these limiting factors. Blocks were fabricated from shirasuballoons, a low-cost material that is readily and stably available in Kagoshima Prefecture, and installed at the sea surface. Their suitability for algae was compared with that of blocks made from drift pumice. Both the shirasuballoon blocks and the pumice blocks supported the attachment of *Enteromorpha* sp., *Ulva* sp., red algae, and brown algae. *Enteromorpha* spp. tended to be more abundant on the shirasuballoon blocks, whereas *Ulva* sp. was more abundant on the pumice blocks. In addition, the shirasuballoon blocks showed less surface peeling and greater substrate stability than the pumice blocks. These findings suggest that blocks made from shirasuballoons could serve as an effective alternative to drift pumice and hold promise as a practical new approach to seaweed-bed creation using locally available resources.