

CEMENT & CONCRETE

セメント・ コンクリート

令和6年8月15日発行 ISSN0371-0718

2024
No.930

8

一般社団法人セメント協会
JAPAN CEMENT ASSOCIATION



セメント・コンクリート

CEMENT & CONCRETE

2024 No.930

8

もくじ

- 02 3D コンクリートプリンティングの現状と将来展望 … 國枝 稔
- 07 セメント系材料のケイ酸構造解析のためのトリメチルシリル誘導体化法の活用 … 小泉 公志郎
- 14 炭酸化したスラッジ再生セメントによるカーボンネガティブ結合材の開発 … 大川 憲ほか
- 20 すいそう
信州佐久 水紀行 … 加藤 敏明
- 22 TOPICS
第73回セメント安全衛生大会を開催
- 24 韓国セメント産業のカーボンニュートラルの現況と今後の方案 … 李 昌起ほか
- 32 既存地下躯体の耐用年数評価取得による再利用～五反田JPビルディング～ … 酒井 正樹ほか
- 38 コンクリート藻場増殖礁技術とブルーカーボン … 久恒 成史
- 44 トンネル覆工コンクリートの全自動打設システムによる施工実績 … 松本 修治ほか
- 50 第52回(2024年度)セメント協会論文賞の選考経過と推薦理由 … 三五 弘之
- 54 論文賞を受賞して

- 57 HOT NEWS
- 58 第39回(2025年度)セメント協会研究奨励金
テーマ募集のご案内
- 59 外国雑誌の記事情報
- 60 EVENT GUIDE
- 62 セメント・データファイル
- 64 主要建設工事・資材統計
- 66 9月号予告



今月の表紙

コンクリート藻場増殖による藻場造成の取り組み[長崎県杵岐市など/提供:住友大阪セメント(株)]

コンクリート藻場増殖礁技術とブルーカーボン

Sustainable Seaweed Area Growth: The Role of Concrete Reefs and Blue Carbon

久恒 成史

1. はじめに

近年ブルーカーボンという言葉が広く使われるようになり、藻場がCO₂を吸収・固定化する機能が注目されている。ブルーカーボンとは、陸域生物により吸収・貯留される炭素であるグリーンカーボンに対して、海洋生物の作用により、大気中から海中へ吸収された二酸化炭素由来の炭素のことで、国連環境計画（UNEP）の報告書において、2009年10月に命名され、吸収源対策の新しい選択肢として提示された。

最近ではジャパンブルーエコノミー技術研究組合（JBE）により、ブルーカーボンクレジット認証制度（Jブルークレジット®）が整備され、クレジット取引事例が拡大、企業や団体のカーボンオフセット手段として普及しつつある。

注目度が高まっている藻場であるが、日本近海では磯焼けにより次第に失われつつある。藻場は、魚やイカの産卵場、幼稚子魚の隠れ場や生育場、アワビ・サザエといった磯根資源の餌場となるなど、海洋生物を支える重要な場所である。

当社では以前から磯焼けが生じた場所に「コンクリート藻場増殖礁」を設置し、藻場を再生させる事業を進めており、これまでに長崎県を中心に全国で4,000基

表1 海藻藻場の級数係数
(年間の単位面積当たりの炭素増加量)の推定結果¹⁾

	アrame場	ガラモ場	コンブ場
吸収係数・平均値 (t-CO ₂ /ha/年)	4.2	2.7	10.3

余り設置してきた。当社の藻場礁は苗床方式と呼ばれ、海藻を一定程度まで中間育成したのちに食害に合わないようネット付きのコンクリート藻場増殖礁の中に設置するものであり、すでに20年以上にわたる実績がある。

これまでの磯焼け対策は、自然環境の回復が主眼となっていたが、近年注目されているブルーカーボン分野にも貢献できる技術と考えている。当社が長年蓄積してきた藻場を再生、維持、拡大するコンクリート藻場礁技術について紹介する。

2. 藻場が持つ機能と課題

2-1. 藻場のCO₂吸収

藻場のCO₂吸収量は、吸収係数（年間の単位面積当たりの炭素増加量）によって推定される。代表的な海藻藻場の吸収係数の推定結果を表1に示す。

ここから、長崎県をはじめ多くの地域で増殖に取り組んでいるアrame場は、1haあたり1年間で平均4.2tのCO₂吸収が期待できることが分かる。

単位が1年当たりとなっているように、この機能は、



ひさつね しげふみ / HISATSUNE Shigefumi
住友大阪セメント(株)
福岡支店 建材グループ
サブグループリーダー



写真1 豊かなアラメ場
〔(株)ベントス 南里海児氏撮影〕

表3 2021年度のJブルークレジット®の取引概要²⁾

譲渡総額	64.5t-CO ₂
購入総額(税抜き)	4,696,641円
平均単価(税抜き)	72,816円/t-CO ₂

表2 Jブルークレジット®の認証実績²⁾

年度	認証サイト	認証量(t-CO ₂)
2020	1	22.8
2021	2	80.4
2022	21	3,733.1



写真2 魚類の食害にあったアラメ
〔(有)崎陽潜水 兵頭真氏撮影〕



写真3 海草を食べる魚たち
〔左: アイゴ 中: ノリスズミ 右: ブダイ/長崎大学 山口敦子准教授提供〕

翌年も藻場が維持されていれば同様の吸収が期待できる一方、藻場が消失してしまえば、その年は吸収されないこととなる(写真1)。

2-2. カーボンクレジット取引

JBEによるJブルークレジット®の認証実績を表2に示す。年々増加傾向であることが分かる。

JBEが公開した2021年度のJブルークレジット®取引概要を表3に示す。

前述のアラメ場の吸収係数の推定結果に平均単価を掛けると、アラメ場1haに創出が期待できる標準的なクレジット金額が試算できる。

$$72,816 \text{ 円/t-CO}_2 \times 4.2 \text{ t-CO}_2/\text{ha/年} \\ = 305,827 \text{ 円/ha/年}$$

2-3. その他の機能と課題

はじめに述べた通り、藻場は産卵場、隠れ場や生

育場、磯根資源の餌場といった水産資源形成の源泉である。もともとあったこの機能に、近年ブルーカーボンで注目されるようになった環境的側面からの価値が追加で付与されたと言える。

共通するのは、いずれの機能の発揮にも毎年の藻場の維持が前提となる点である。藻場の維持における最大の課題が磯焼けである。

3. 磯焼けの原因と対策手段

藻場が消失してしまい、焼け野原のような状態になった状態が磯焼けで、進行すればエサも住みかも無くなり、その海から魚などの海の生き物もいなくなってしまうため、海の砂漠化とも言われる(写真2)。磯焼けの代表的な原因のひとつで九州から太平洋沿岸の広い地域で問題になっているのが、海藻を食べるアイゴ、イスズミ等の藻食性魚類と言われる魚(写真3)やウニ

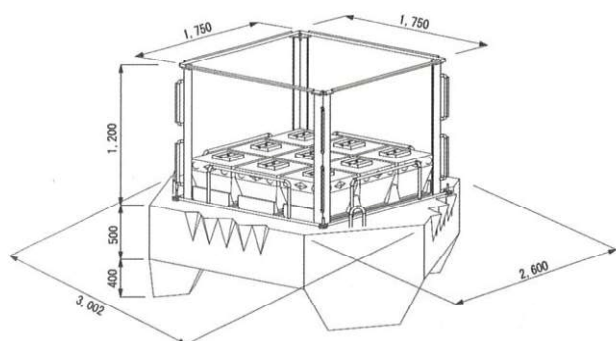


図1 k-hatリーフβ型



写真4 食害防止用ネット(ssβネットZタイプ)

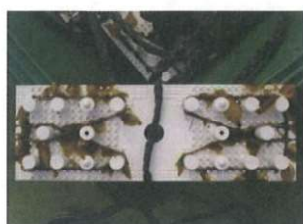


写真5 中間育成工程

[左：種糸巻きされた専用藻場プレート 中：筏への垂下 右：中間育成中のアラメ類]

が海藻を食べ尽くしてしまうことである³⁾。これは近年の地球温暖化の影響と関連するとも言われている。

海水温の上昇により、藻食性魚類やウニの活動が活発になり摂餌量が増えるほか、低水温期間が短くなり、摂餌期間が長くなるためである。また、海藻種によっては、冬場の海水温が以前ほど下がらない影響により大きく育ちづらくなり、小さいうちに食べ尽くされるなど、いくつかの悪影響との関連が懸念されている。

海藻を食べ尽くされた磯焼け海域には、海藻のタネとなる遊走子や幼胚を供給する母藻が無いため、再び海藻が生え、藻場を形成することは極めて困難となる。

藻場の再生をうながす磯焼け対策手段の1つが、海藻のタネを供給する藻場増殖礁、いわゆる核藻場の設置である。

4. 具体的な手段と効果

4-1. K-hatリーフβ型

2000年に食害防止用ネット付きのコンクリート藻場増殖礁を当社が初めて実海域に設置し、その後いくつかの改良を加えた代表的なコンクリート藻場増殖礁を図1に示す。

コンクリート製の台座の上にウニや巻貝が這い上がらないためのコンクリート製ブロックを配置、この上面に海藻が着生しているプレートが設置される。この海藻は食害防止ネットにより保護され、ネット内で成長、十分に成熟したのち、遊走子を排出、これがコンクリート藻場増殖礁周辺に供給され、発芽、生育し、無くなった藻場を回復する仕組みである。

4-2. 食害防止用ネット

海藻のタネを供給する海藻が魚に食べられるのを防ぐために設置する(写真4)。

・ネットの目開き

小さいほど魚の侵入を防ぐ効果が高いが、汚れが付着しやすくなる。ちょうど良い目開きを設定する必要があり、当社の実験では50mm角が最も良い結果が得られている。

・汚れない工夫

汚れが付着すると、太陽光が遮られて海藻に届かなくなり、海藻の生育に悪影響が出る。適正な目開きのネットとするほかに、ネットには汚れが付きづらい工夫をすることが必要である。

表面をシリコンで防汚処理すること、しなやかな材



写真6 専用藻場プレート「ジーマプレート」で中間育成工程を経た設置直前のアラメ類



写真7 モルタル製プレート「藻場増殖プレートタイプ1HB」に設置された沈設直前の状況



写真8 沈設作業中のコンクリート藻場増殖礁

質のネットとすることでネット自体が揺動し、汚れが自然と落ちる設計とすることなどが有効である。

・留め付け

ネットに固定後は外れないこと、必要な際には開閉もしくは交換できることが求められ、これらに配慮した留め付け方法でなければならない。インシュロック®での留め付けが簡便かつ確実に望ましく、当社ではさらに留め付けに個人差が出ない工夫、インシュロック®が抜け外れることなく本来の破断強度まで強度発現できる工夫を施している。

4-3. 設置する海藻

藻場増殖礁に設置する海藻は、中間育成段階を経て数～数十cm程度とし、その後の安定した成長が見込める大きさにまで成長させたものを用いる。

・中間育成

海藻をタネの状態からある程度の大きさまで大きくする工程のこと。海藻のタネが付いた種糸を用い、それ

をかけ回しやすく設計された専用プレートに巻き付けたのち、海中に2か月程度垂下し、上記の大きさまで成長させる(写真5,6)。

・専用藻場プレート

①種糸をゆるみなく、簡単・確実に固定できること、②芽から成長する各段階で海藻が固着しやすい大中小の大きさの異なる凸形状を有すること、③中間育成の過程で付く汚れを落とす作業をしやすいため軽量であること、の3つの機能が求められる。我々は、樹脂成形によりプレートを製造し、これらの機能を満たすとともに、大量に安価に製造することを可能にした。なお、ここで用いられる樹脂は、炭酸カルシウム等天然由来の素材を半分以上含有する環境に配慮した独自設計の専用材料である。

藻場増殖礁への設置は、表面に石模様を転写したモルタル製のプレートとセットで行う。こうすることにより、大きく成長した海藻が数年間しっかり固着することができる(写真7,8)。



写真9 沈設直後のコンクリート藻場増殖礁



写真10 コンクリート藻場増殖礁内で成長したアラム類(沈設後6ヵ月)



写真11 藻場が再生した事例(長崎県壱岐市)

5. 藻場礁設置後の状況と効果の一例

5-1. 藻場の再生

沈設されたコンクリート藻場増殖礁内で海藻は成長し、早ければ設置の翌秋より、海藻のタネを藻場礁周辺に放出する。これにより、周辺エリアでは、翌春には海藻の芽が出て、順調に成長すれば、夏には藻場を形成するに至る。

海藻の新芽は、調査により藻場礁から25m離れた場所でも確認されたが、発現のおよそ85%は周辺およそ半径10mのエリアであることが、調査で確認されている⁴⁾。

藻場再生のカギは、コンクリート藻場増殖周辺に芽吹いた新芽をいかに順調に成長させるかであり、藻場増殖礁周辺の海藻の成長過程で、前述の藻食性魚類の食害やウニから海藻を守ることが肝要となっている(写真9～11)。

5-2. 藻場増殖礁が生み出すクレジット的価値

順調に藻場が再生したときの、コンクリート藻場増殖礁1基が創出するクレジット金額を試算する。

藻場再生面積(半径10mエリアとして)：

0.0314ha

藻場増殖礁1基が吸収するCO₂量：

$4.2\text{t-CO}_2/\text{ha}/\text{年} \times 0.0314\text{ha}$
 $= 0.132\text{t-CO}_2/\text{基}/\text{年}$ (アラム場、平均値)

藻場増殖礁1基が創出するクレジット金額：

$72,816\text{円}/\text{t-CO}_2 \times 0.132\text{t-CO}_2/\text{基}/\text{年}$
 $= 9,602\text{円}/\text{基}/\text{年}$ (アラム場、平均値)

大事なのは、藻場が翌年以降も維持できれば毎年この金額でのクレジット販売が期待できることであり、さらには、再生した藻場がより拡大することで、販売金

額の増大が期待できることである。藻場を再生させるのが最初のゴールだが、さらに維持・拡大する取り組みを継続することが重要となる。

6. さいごに

藻場は海のゆりかごとも言われ、海洋生物を支える重要な場所であることが認識されている。ただ、イセエビやアワビの増殖と異なり、それが増えることが漁業者の収入増加にすぐにはつながらないため、藻場増殖にかかる費用や人的資源は限定的であった。

ブルーカーボンの認知拡大によって、藻場にはCO₂を吸収・固定化する機能があること、カーボンニュートラル実現の有効な手段であること、藻場を定量的に管理すればカーボンクレジット取引により資金が得られることが知られるようになった。

クレジット取引によって得られた資金が藻場の維持、再生、拡大に活用され、カーボンニュートラル実現に

役立つこと、さらにはSDGSの開発目標のひとつである「海の豊かさを守ろう」につながることを期待している。

【参考文献】

- 1) 桑江朝比呂, 吉田吾郎, 堀正和, 渡辺謙太, 棚谷灯子, 岡田知也, 梅澤有, 佐々木淳/浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No.1, pp.10~20, 2019
- 2) 国土交通省ウェブサイトより, ジャパンブルーエコノミー技術研究組合作成資料
<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001589204.pdf>
- 3) 鈴木裕明, 坪田晃誠/藻場再生への挑戦-長崎県沿岸海域を中心とした海藻付きコンクリートブロックを用いた藻場造成の取組み, セメント・コンクリート, No.744, pp.20~26, 2009
- 4) 住友大阪セメント(株) K-hatリーフβ型カタログより, 平成17・18年(一社)水産土木建設技術センター長崎支社委託調査結果
- 5) 長崎県水産部/長崎県における磯焼け対策ガイドライン(平成30年度改定版), 2018. 5
- 6) 鈴木裕明, 川畑三彦, 坪田晃誠, 近藤啓一, 内田佳孝, 松尾照久, 山仲洋紀/魚類の食害防止ネットを用いた核藻場造成実証実験について(その4), 平成21年度日本水産工学会学術講演会論文集, pp.1~4, 2009. 5
- 7) 鈴木裕明, 川畑三彦, 園部幸治, 小島一, 犬東敬史/海藻着生プレートと食害防止ネットを用いた対馬市豆酲海域における核藻場造成について(その2), 平成21年度日本水産工学会学術講演会論文集, pp.5~8, 2009. 5

パンフレット・セメントの底力 セメントはわが国の防災インフラ整備を支えています

セメント協会は未曾有の被害をもたらした東日本大震災をはじめ、頻発するゲリラ豪雨や竜巻などの自然災害の脅威から、国民の命や生活を守るために必要な措置を施すことが何よりも重要な課題と捉え、防災インフラ整備の重要性を訴えるパンフレット(A4判・16ページ)を作成しました。

様々な自然災害時に対し、強固な躯体を持つコンクリート構造物やセメント系固化材が果たした役割や有用性を、①豪雨・渇水に備えるセメント、②津波・高潮に備えるセメント、③土砂災害に備

えるセメント、④災害復旧・復興を支えるセメントの項目にわけ、各種の事例を写真と図版でわかりやすく解説しています。このパンフレットにより人々の命や暮らしを守るセメント・コンクリートの力、これから必要となる公共事業についてご理解いただき、より一層安全への意識を高めるための一助としていただきたく作成しました。ご希望の方には無料でお届けいたします。申込みは部数と送付先を明記の上、下記までファクスでお申込み下さい。



一般社団法人セメント協会 広報部門 FAX 03-5540-6181