

石炭灰と鋳物廃砂を用いた藻場造成ブロックの開発と生物親和性評価について

株式会社 鳥取クリエイティブ研究所
中国電力株式会社
国立大学法人 鳥取大学
中電技術コンサルタント株式会社

フェロー会員 ○松原 雄平, 三木 教立
正会員 宮本 将太, 福本 直, 香川 慶太, 河内 友一
正会員 黒田 保
正会員 宮本 浩司, 岩本 典丈, 月坂 明広, 河原 和文

1. はじめに

循環型社会形成のためにリサイクル材料の活用が求められており、石炭火力発電所から発生する石炭灰（写真 1：FA）の有効利用拡大に取り組んでいる。また、鋳物を製造した際に発生する鋳物廃砂（写真 2：CS）についてもリサイクルが望まれている。

鳥取県では沿岸域の藻場減少により、失われた沿岸域の生態系回復を目的として藻場造成が実施されており、FA や CS を活用することにより、FA と CS に含まれるシリカ（SiO₂）等が溶出することで藻場の成長拡大およびリサイクル材料使用によるコスト低減を図ることが期待できる。

そこで、本研究では、FA と CS を活用しアカモクの生産機能に優れた藻場ブロック（以下、藻場ブロックという。）の開発、同藻場ブロックの海中浸漬試験による生物親和性および育成藻場によるブルーカーボン効果の評価を実施した。

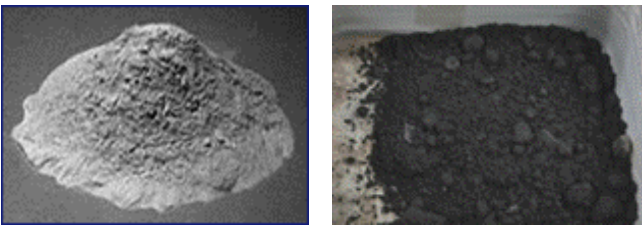


写真 1：フライアッシュ(FA) 写真 2：鋳物廃砂(CS)

2. 藻場ブロックの開発

FA ブロックの配合にあたっては、良好なフレッシュ性状を確保し、コンクリート二次製品の出荷材齢と割増係数を踏まえ、材齢 14 日で 24N/mm² 以上の強度が得られる配合とした。配合表を表 1 に示す。

リサイクル材料の大量活用とブロック品質の両立を確保する配合を目指し、FA 置換率は 30%、CS 置換率は粒度試験結果を考慮して 75%とし、スランプ 12cm±2.5cm となるよう高性能減水剤により調整した。なお、単位水量は 175kg/cm³で固定した。

表 1 FA ブロック配合表

W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	FA	CS	S1	G
45	42	175	272	117	508	118	1050

藻場ブロックの適用にあたり、水中生物等に悪影響を与えないことを確認する必要がある。このため、最適配合の供試体の重金属溶出試験（環境庁告示 46 号）、急性毒性試験（OECD テストガイドライン 203）を実施し、水中生物等に悪影響を与えないことを確認した。

3. 藻場ブロック海中浸漬試験

藻場ブロックの沿岸域での適用性（生物親和性）確認を目的として、図 2 に示す鳥取市岩戸漁港において、鳥取県内のコンクリート二次製品工場で作成した藻場ブロック（写真 3）を設置し、海中浸漬試験を実施し、



図 2 海中浸漬試験 位置図

普通コンクリートブロックとアカモクの生産機能を比較した。ブロックは、護岸からクレーンで設置可能であり、漁船の走行に支障がなく港内波浪の影響を受けにくい場所を選定し、図 3 に示す間隔で水深約 2m の位置に設置した。

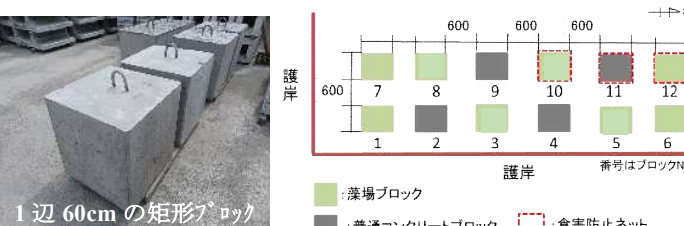


写真 3 試験用ブロック 図 3 ブロック配置図

キーワード フライアッシュ、鋳物砂、藻場ブロック、ブルーカーボン、アカモク
連絡先 〒739-0046 東広島市鏡山 3-9-1 中国電力株式会社 エネルギア総合研究所 TEL(082)420-0700

ブロック設置時（2022 年 4 月）にアカモクの母藻を各ブロックに連結し、アカモクのモニタリング調査を 8 月、11 月に実施した。また、2023 年 3 月はモニタリング調査に加え、アカモクの着生・生長が良好なブロックについて株数、湿重量および藻長を測定した。3 月の着生状況を写真 4 に、藻長等の測定結果を図 4、5 に示す。図 4、5 では No.4 と No.6 の結果を示しているが、藻場ブロックと普通コンクリートブロックの最大値である。



写真 4 アカモク着生状況

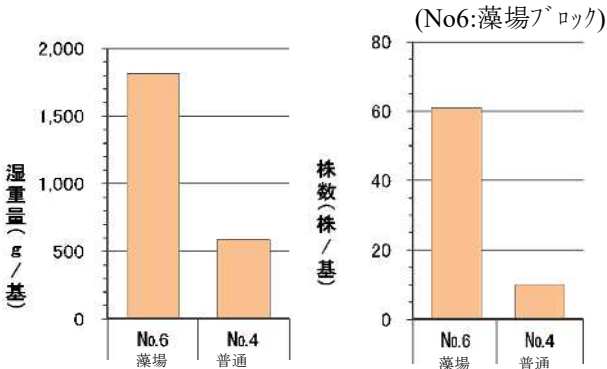


図 4 湿重量の測定結果

図 5 株数の測定結果

アカモクの生産機能を湿重量で比較した結果、開発した藻場ブロック（1,800g/基）は、普通コンクリート（600g/基）で製造したブロックと比較し、アカモクの着生が約 3 倍と良好な結果が得られた。これは石炭灰を混合（セメント量を低減）した事によるブロックのアルカリ度の低減、および鋳物廃砂に含まれるシリカや酸化鉄の微量アルカリ分の溶出等によるものと想定している。

一方で、護岸隅角部に向かうにつれて、海水交換不良と思われるブロック天端への浮泥堆積により、生残株数が減少傾向にあったことから、配置場所による物理環境の違いが、アカモクの生長に影響した可能性もある。また、現地調査の状況を踏まえ現地では地域住民が魚釣りをする港でもあることから、釣りにより着生したアカモクが引き裂かれた可能性があるものと想定される。

物理環境の違いはあるものの、藻場ブロックにはアカモクの増殖が確認されており、FA および CS を配合したコンクリートは、藻類増産のための基質として有効であることを確認した。

4. 藻場ブロックによるブルーカーボン効果

アカモクが着生・生長した藻場ブロック（No.6）と普通コンクリートブロック（No.4）のブルーカーボン効果を評価した。J ブルークレジット®（試行）認証申請の手引き」の算定式（式 2）により、CO₂ 吸収係数を算出し、対象生態系の面積を乗じることで CO₂ 固定量を評価した。評価結果を表 1 に示す。

表 1 ブルーカーボン効果の評価結果

ブロック (0.36m ²)	調査結果		
	C 含有率 (%)	CO ₂ 吸収係 数(t/ha/年)	CO ₂ 固定 量(kg/ブ ロック/年)
No.4	31.2	0.41	0.015
No.6	31.8	1.24	0.045
文献値（ガラモ場：ボンダラ類）		0.54～1.35※1	-
(式 2) 吸収係数 = 単位面積当たりの湿重量 × (1 - 含水率) × P/B 比 × 炭素含有率 × 44/12 × (残存率① + 残存率②) × 生態系全体への変換係数			
※1：被度は 20～50% で算出			

アカモクの炭素含有率は、文献値¹⁾の範囲内であることを確認した。手引きの計算方法から算出した藻場ブロック No.6 の吸収係数は 1.24(t-CO₂/ha/年)であり、被度を考慮した場合のガラモ場の吸収係数である 0.54～1.35(t-CO₂/ha/年)の範囲で上限(1.35)に近い値 1.24であった。これは藻場ブロックのアカモク被度 20～50%において、良好な藻場が形成され、文献¹⁾に示される適切なブルーカーボン効果が得られていると考えられる。このときの藻場ブロック一個あたりの CO₂ 固定量は 0.045(kg/ブロック/年)であった。

5. まとめ

FA と CS を配合し、アカモクを対象とした藻場ブロックを開発し、鳥取市岩戸漁港において実証試験を行った。ブロックを含む海洋コンクリートに求められる強度と生物安全性が確認され、藻場増殖機能についても確認された。また、普通コンクリートブロックより藻場ブロックの方が藻類増産に優位であることも確認された。ブルーカーボン効果として、吸収係数はガラモ場（被度 20～50%）と同程度と評価され、ブロック 1 個あたりの CO₂ 固定量は 0.045(kg/ブロック/年)であった。

参考文献

1) J ブルークレジット®認証申請の手引き－ブルーカーボンを活用した気候変動対策－Ver.2.2／令和 5 年 3 月／ジャパンブルーエコノミー技術研究組合