

貝殻含有石炭灰固化物（FA-Shell block：FSB） による生物親和性試験結果

今村 正裕¹・本多 正樹¹・日恵井 佳子²・小林 卓也¹

¹（一財）電力中央研究所 環境科学研究所（〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646）

²（一財）電力中央研究所 エネルギー技術研究所（〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂2-6-1）

* E-mail: mima@denken.or.jp

石炭火力発電所から出される石炭灰（フライアッシュ：FA）と漁業廃棄物である貝殻砕粉を混合した貝殻含有FA固化体（FA-Shell Block：FSB）の開発を進めるとともに港湾資材としての利用促進を模索している。材料からの重金属等の溶出といった環境基準値はクリアしているものの、材料の生物親和性について懸念されている。そこで、本研究では実海水を用いたかけ流し試験からFSB表面における付着藻類組成の経時変化を解析し、比較対象物（天然石、コンクリート固化体）とほぼ変わらない親和性があることを確認した。

Key Words : FSB : FA-Shell block, Fly-ash, shell waste, attached algae, concrete, rock

1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰の約9割を占めるフライアッシュ（FA）は、その約8割がセメント原材料および埋め立て資材としてリサイクルされている¹。しかし、セメント製造時のFAの混合割合は上限に達し、また環境負荷が大きい埋め立て処分の回避が望まれており、土木資材のような大量用途での活用促進が急務となっている。著者らは、FAを港湾土木資材としてリサイクルすることを目的に、FAと同時に国のリサイクル促進に登録されている港湾域における貝殻廃棄物を用いたセメントを使用しない固化物（貝殻含有FA固化物（FA-Shell block）：以下、FSB）の開発を進めてきた²。未焼成の貝殻（生貝殻）は高い強度と靱性を両有することから、未焼成の貝殻を含有しているFSBはその配合によっては無筋コンクリート程度の強度を有しており、港湾土木資材である消波ブロックや人工漁礁の利用が見込まれている。一方、FAはアルカリ性を有していることから使用する際のpH変化や表面からの重金属等の溶出などが懸念されるが、海水中への浸水試験からpHや重金属の溶出については材齢28日においても溶出は基準値以下であり、pHも増加せず安定していることを確認している。しかし、実海水への投入にあたっては固化物への海藻付着など、生物親和性については十分な検証がなされていない状況にある。本研究では、FSB・コンクリート

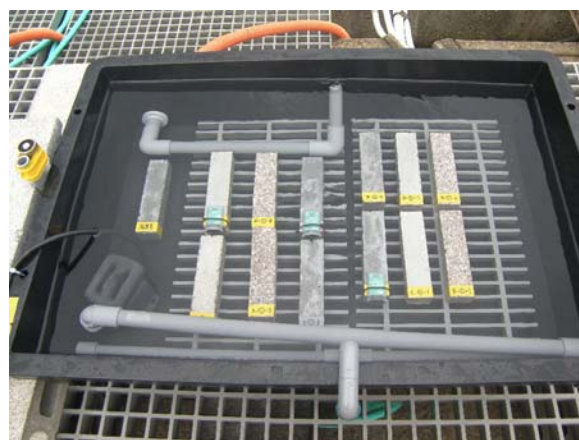


写真 試験体（右）の設置

ブロック・天然石を用い、実海水をかけ流し試験体表面の状態を観察・比較することで、FSBの生物親和性を検討した。

2. 試験体と実験方法

使用したFSBは、FA・貝殻・二水石膏・消石灰について強度の得られる割合に配合し、すべて直方体（40×40×160mm）とした。比較に用いたコンクリートと天然石（御影石）も同様の大きさに切断したものを準備した。実験は、海洋生物環境研究所（中央研究所）の施設を借り実施した。海水は施設前面海域の海水を砂ろ過

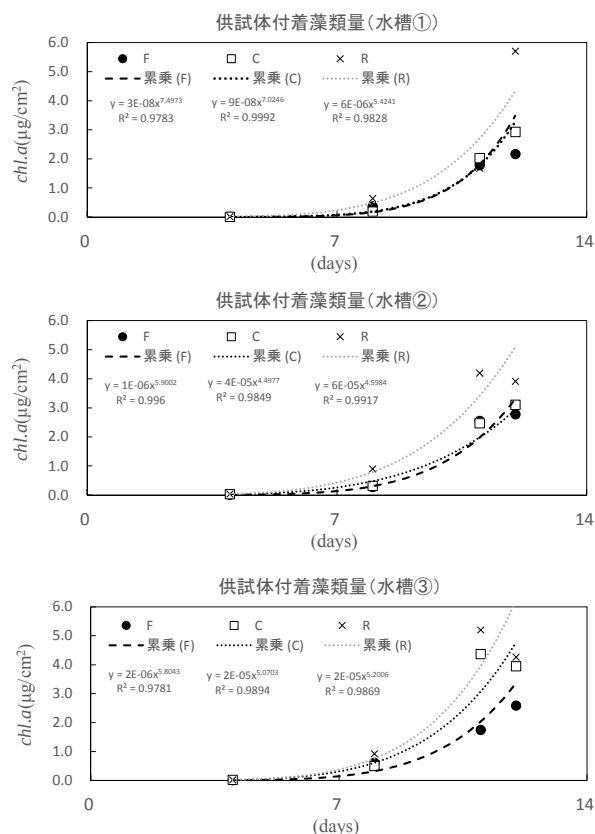


図1 各実験水槽における付着藻類量の変化

したものを使用し、毎分7~8Lを送水することで一定の回転率でかけ流し、12日間（2016年10月13~25日の）の状態を観察した。3種類の試験体は4本ずつ計12本を容量80Lの水槽（3つ使用）に投入。定期的に回収（4日目、8日目、11日目、12日目）し、表面の付着藻類を観察し比較した。試験体表面の付着藻類は、専用器具にて剥ぎとりろ紙（GF/C25mm）に回収後、DMF（ジメチルホルムアミド）の添加からクロロフィルを抽出した。最終的な付着藻類量は、抽出水中のクロロフィルa（Chl.a）濃度を蛍光光度計（ターナー製）にて測定し、付着藻類量（ $\mu\text{g-chl.a}/\text{cm}^2$ ）を算出した。また、はぎ取った付着藻類は一部をホルマリンによって固定し、種組成と量について同定作業を行った。また、実験では直射日光をさけるため、白ビニールで全体をカバーし、できるだけ水槽全体に光が当たるようにした。実験期間中の平均海水温は23.2℃であった。また、各水槽の試験期間中積算照度はそれぞれ①3.8、②3.6、③3.5（ $\text{Lum}/\text{ft}10^6$ ）であり、水槽間に大きな相違はなかった。

3. 結果おとび考察

図1に各実験水槽における付着藻類量の変化を示す。付着藻類量は、どの水槽においても8日目まで徐々に増加し10日目から急激な増加が確認できた。これらの増加傾向や速度は水槽間では大きな違いはなかった。一方、供試体別の付着藻類量を比較すると10日目以降に違いが

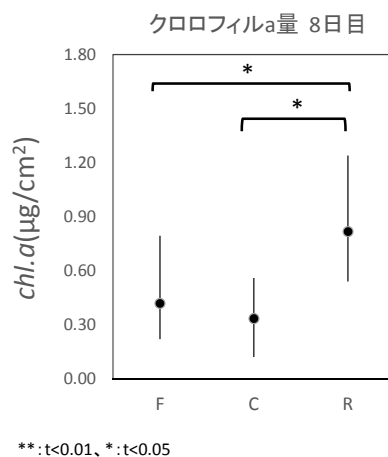


図2 試験体別の付着藻類量の変化

見られた。各試験体における付着藻類量（2カ所×3水槽： $n=6$ ）の平均および最大・最小値を比較した場合、表面形状の違いから天然石（凹凸有り）が最も多く約 $0.9 \mu\text{g-chl.a}/\text{cm}^2$ （8日目）であった。一方、FSB表面の付着藻類量は天然石とは統計的な違いが見られたものの、コンクリートとはその付着量に有意な差は確認できず同程度の付着藻類量であった（12日目も同様）。付着藻類の増殖に最も影響を与える要因としては、光・水温・栄養塩（窒素・リン・シリカ）が挙げられる。上述したように、水温と光については各水槽に違いは見られず、増殖に必要な条件を満たしている。加えて、用いた海水の栄養塩分析も実施した。その結果、窒素・リン・ケイ素濃度は付着藻類の増殖制限となるような状態ではなかったことを確認している。さらに、供試体からはぎ取った試料の藻類同定の測定結果をみると、その9割が珪藻であることも確認でき、供試体による大きな違いもみられず、FSBは天然石やコンクリートと遜色のない生物親和性があることを確認できた。

4. まとめ

貝殻含有FA固化物（FSB）の生物親和性を確認するため、実海水をかけ流す試験から、表面に付着した藻類の状態を観察した。その結果、同時に供した2つの試験体とともに、12日間で付着藻類が繁茂し、FSBもコンクリートと遜色なく藻類が繁茂することが確認できた。今後は、港湾域や漁礁等での使用を想定し、海藻（例えば、アカモクやホンダワラ等）の成長状態の変化や海藻含有重金属等の変化から、FSBの生物親和性を検討する。

参考文献

- 財団法人 石炭エネルギーセンター、石炭灰全国実態調査報告書（平成27年度実績）,2017.
- 日恵井佳子, 山本武志：形状差のある原料を用いたフライアッシュ混合材料の開発, 粉体工学会 第51回技術討論会特集号 vol.53, No.6, pp.391-395, 2016

