

貝殻含有石炭灰固化物（FA-Shell block : FSB） による微細藻類と大型海藻の親和性試験

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表面における微細藻類（付着藻類）さらには大型海藻（アカモク）の生長について経時変化を解析し、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。また、アカモクに関しては、藻体内に含有する重金属を測定し、比較対象物と有意な差がないことが確認できた。

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。著者らは、これまでFSB・コンクリートブロック・天然石を用いた実海水のかけ流し試験から、資材表面の微細藻類（以下、付着藻類）の状態を解析し、FSBの生物親和性を検討してきた³⁾。本報告では、前回課題となっていた天然石の試験面を変更し解析できなかった微細藻類の種組成状態の変化に加え、大型海藻（アカモク）も対象とし、その成長と成長に伴う藻体内の重金属含有量について各資材間の比較検討を行った。

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（付着藻類40×40×160mm、大型海藻40×40×100mm）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したものを使用した。

付着藻類の実験は、前回と同様の条件で実施した³⁾。実施期間は2週間とし、2017年3月～4月にかけて数ケース行った。また、付着藻類の種類数や細胞数を比較するため、試験最終日に剥ぎとった試料をホルマリン固定し解析した。なお、同時にクロロフィル量も測定した。

一方、大型海藻の実験では、実海域よりアカモクの雌

雄生殖器床を採取し（2回採取），実験室に持ち帰ったあと幼胚を回収した．回収した幼胚を各資材ブロックに種付けした．その後，数か月かけ藻体の生長を観察した．なお，成長係数の算出は，種付け初期から3～4週間の期間にて算出した．また，藻体は成長に伴い藻体同士が重なることから，途中数回にわけて間引きした．また，実験終了時の藻体を用い，レーザーアブレーション質量分析計によって藻体に含有する重金属量（As,Cr,Se,B等）を測定した．

なお，付着藻類および大型海藻の実験では，直射日光をさけるため，白ビニール（または遮光性の高い黒の寒冷紗）で全体をカバーした野外水槽を用い，できるだけ水槽全体に光が当たるようにした．

3. 結果および考察

【微細藻類（付着藻類）の実験】

図1に剥ぎとった試料の付着藻類量（ $chl a \mu g/cm^2$ ）の変化を示す（代表ケース）．付着藻類量は，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．一方，資材別の付着藻類量を比較すると試験最終日だけを見ると，天然石<FSB<コンクリートの順に多くなっていくものの大きな違いは見られず，別途算出した比増殖率の平均値を比較すると供試体間に有意な差は見られなかった．最終日の試料を用い付着藻類の種類や同定を行った結果から，同一水槽における実験にも関わらず，種類数や細胞数には若干の違いが見られた．前回，実施した同様の試験では天然石が有意に付着藻類量の増加が確認されていたが，これは天然石の表面形状の凹凸が原因と考えられ，今回の実験では切り出した滑面を表にし実験を実施した．その結果，有意差な差が見られることはなく，コンクリートやFSBよりも付着藻類量および種類数や細胞数は小さくなる傾向をみせ，表面形状が重要な要因の一つとなることが示唆された．

【大型海藻（アカモク）の実験】

写真1に示すように，FSB上のアカモクは順調な成長を見せるとともに，各資材における成長係数（採苗T日後の葉面積／採苗2日後の葉面積 $=a+tb \times$ 日数で回帰して得た係数（ b^{-1} ））を比較しても，採取したいずれの場合においても，資材間に有意な差は見られなかった（図2）．また，藻体に含有する重金属量の結果からも資材間に有意な差は見られず，実海域に生息しているさまざまな海藻の重金属量と比較しても，絶対量は平均かそれより低いことが分かった．

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

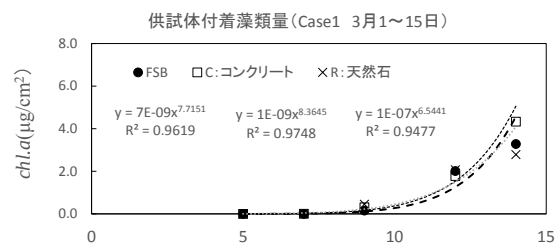


図-1 付着藻類量の変化

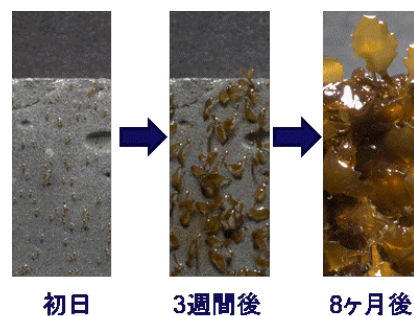


写真-1 アカモクの成長の様子（FSB 資材）

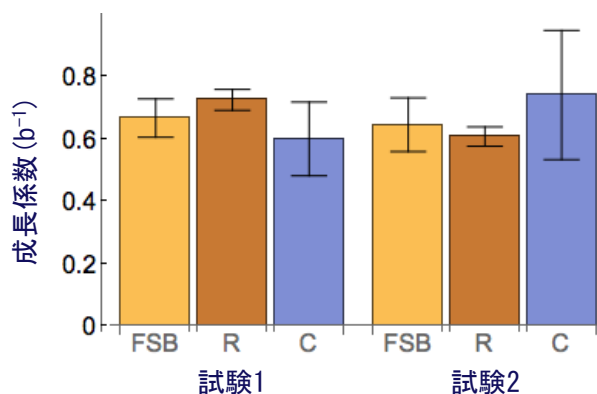


図-2 各資材におけるアカモクの成長率

状態，さらには大型海藻の生長状態を観察した．その結果，FSBもコンクリートや天然石と遜色なく微細藻類および海藻が繁茂することを確認できた．加えて，海藻の重金属量の分析結果からは，天然に存在する海藻類とほぼ変わらないかそれ以下であることも確認できた．今後は，本資材の港湾域や漁礁等での使用を想定し，小型動物（アワビ等）を用いた試験も検討する．

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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
- 3) 今村正裕, 本田正樹, 日恵井佳子, 小林卓也：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，第23回地球環境シンポジウム，2017