

短 報

クロアワビ *Haliotis discus discus* の生残および成長に対する
付着基質としてのFSBの影響

岸田智穂^{*1§}・日恵井佳子^{*2}

Effect of FSB as Settlement Substrate on the Survival and
Growth of the Disk Abalone *Haliotis discus discus*

Chiho Kishida^{*1§} and Yoshiko Hiei^{*2}

要約: 本研究では、フライアッシュ・シェル・ブロック (FSB) の魚礁への適用可能性を検討することを目的としてクロアワビの付着率と殻長および重量の増加速度を指標とした比較実験を実施した。付着基質として塩化ビニル板, 砂岩板, フライアッシュ (FA)・貝殻混合板 (比率70:15および35:50) を用いた。殻長3cm程度のクロアワビを異なる基質の付着板を収容した水槽内で飼育し, 基質が付着率および成長に及ぼす影響を24週間に渡って調べた。毎週1回アワビの付着状況を観察し, 付着率を算出するとともに, 全個体の殻長および重量を試験開始時, 試験開始12週間後および試験終了時に測定した。試験期間中の付着率, 殻長および重量の増加速度は基質の間で違いはなく, FSBはアワビの付着基盤として採用可能であることが示唆された。

キーワード: クロアワビ, フライアッシュ・シェル・ブロック, 成長, 付着率, 付着基質

Abstract: The purpose of this study was to examine the applicability of use of fly ash shell blocks (FSB) as an artificial fish reef. Disk abalone (*Haliotis discus discus*, about 3 cm shell length) were reared in containers including attachment plates made of 4 different materials, vinyl chloride, sandstone, and different proportions of fly ash (FA) and pulverized scallop shell (70% vs 15% and 35% vs 50%), for 24 weeks. Attachment to the plates was observed once a week, and shell length and total weight were measured individually at the beginning of the test, 12 weeks later, and at the end. Attachment rate and growth of abalone were similar among the 4 test groups, and it is considered that FSB used in this study can be used as a suitable attachment substrate for abalone.

Key words: disk abalone, fly ash shell block, growth, attachment rate.

まえがき

電気事業では石炭火力発電所からの石炭灰が, また水産業ではホタテガイやカキなどの貝殻が廃棄物として大量に発生し, その有効利用が重要な課題となっている。この石炭灰と貝殻を主成分とし, コンクリートブロックの代替品となるフライアッシュ・シェル・ブロック (以下FSB) の開発が進められており, 魚礁などへの適用により廃棄

物の有効利用が可能になるものと期待されている。これまで, 藻類のFSBへの付着特性や藻体への重金属の蓄積について検討が行なわれており, 今村ら (2022) は, 室内実験によるFSB上のアカモクの成長速度は, コンクリートや天然石と比較し有意な差はなく同程度であったと報告している。また, この報告では, 藻体の重金属量を測定した結果, FSBに着生していた海藻の重金属含有量はその他の着生基質と比較し有意な差は見られな

(2023年10月31日受付, 2023年12月19日受理)

*1 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ Email: kishida@kaiseiken.or.jp

*2 一般財団法人電力中央研究所 企画グループ (〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1) 兼エネルギートランスフォーメーション (EX) 研究本部 (〒240-0101 神奈川県横須賀市長坂2丁目6-1)

かったと述べている。しかし、魚礁としての適用可能性を明らかにする上では、魚礁を利用する動物、特に漁礁表面に付着して生活するアワビやウニなどの有用水産生物に対するFSBの有効性について検討する必要がある。

本研究では、FSBの魚礁への適用可能性を検討するための知見を得ることを目的として、FSB資材を含む4種類の基質の付着板を用いてアワビを飼育し、付着板の基質の違いによるアワビの付着率および成長の差異を確かめた。

材料と方法

供試生物

供試生物には、クロアワビ*Haliotis discus discus*を使用した。クロアワビは日本の沿岸に広く生息する水産有用種であり、各地で資源保護対策や種苗放流が行われている。使用したクロアワビは、2015年11月に千葉県立大原高等学校栽培漁業実習所で産卵、孵化させた後、同高校で育成されたものであり、2017年10月に購入した。購入時（2017年10月6日）に殻長が3cm以上の個体にタグを取り付けて個体識別し、試験開始（2017年11月29日）1週間前まで自然水温で飼育した。試験開始1週間前から水温を20℃に設定して飼育した。タグ付けした個体の中から、タグ付け以降も成長が良好な個体を選別して試験に使用した。

供試付着板

供試付着板の材料には、塩化ビニル、砂岩およびFA（フライアッシュ）貝殻素材を用いた。

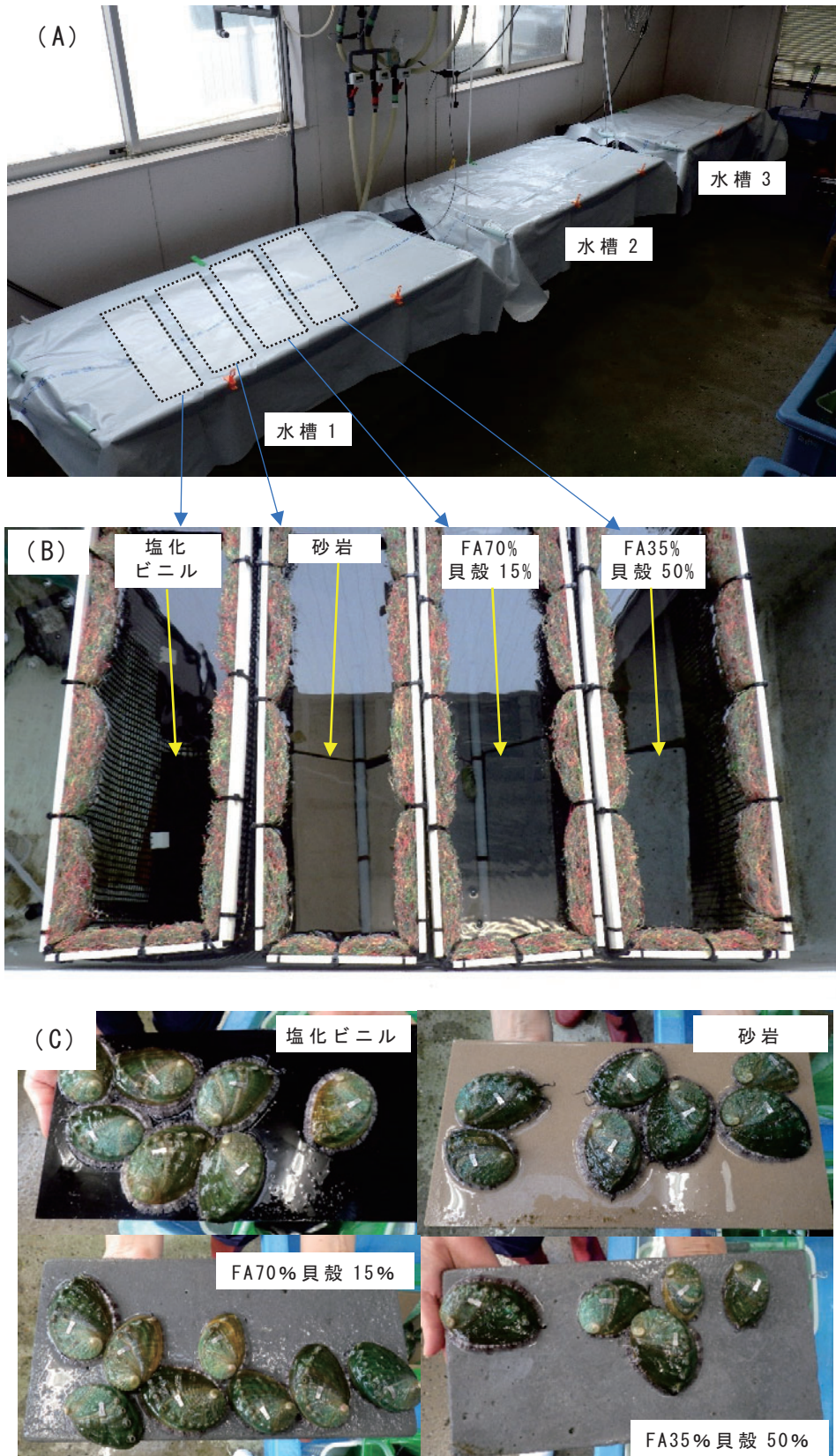
塩化ビニルは、アワビ養殖用の付着板の基質として一般的に使用されているものを用いた。砂岩は実際の海洋環境を想定して天然の砂礫を用いた。FA貝殻素材は、フライアッシュと貝殻の比率をそれぞれ70%、15%および35%、50%に調整した2種類を用いた。その他の成分である消石灰、二水石膏の比率は2種類のFA貝殻素材ともそれぞれ11%、4%である。貝殻にはホタテ貝殻の砕粉を用いた。なお、一般的には、FSBはFA70%に対して

貝殻が15%の割合で含まれているものを標準配合の資材として使用している。砂岩およびFSBの付着板は、型枠を用いて振動締固め法にて打設し、その後、コンクリートの標準養生法にならい、高温高湿養生の工程を経て生成した。

試験方法

試験区は、付着板（縦30×横15×厚さ1.5cm）の基質別に、塩化ビニル区、砂岩区、FA70%貝殻15%区、FA35%貝殻50%区の計4区とした。基質の異なる4種類の付着板を4枚ずつ試験容器（ピッチ10mmの角目のプラスチックネット製、縦64×横20×深さ50cm）に別々に収容し、一つの水槽（容量約500L、内寸縦149×横70×高さ60cm）に基質の種類が異なる試験容器4つを収納した（第1図（B））。同様の水槽を3基設け、3連で実験を行った（第1図（A））。水槽内の試験容器の位置により水流や光の条件が異なる可能性があるため、毎週1回試験容器の位置を例のように移動させることにより水流および光条件が同様になるようにした（例 1週目：容器1→2→3→4、2週目：容器4→1→2→3、3週目：容器3→4→1→2）。

各容器にクロアワビをそれぞれ30個体収容した（第1図（C））。良好な成長を維持するためにはシェルター面積比が60～70%以下が妥当とされている（石井,1988）ことから、収容密度は20%以下になるように収容密度を設定した（第1表）。飼育期間は24週間とし、全個体の各々について殻長、殻幅および重量の測定を試験開始時、試験開始12週間後および試験終了時に実施した。重量は、供試個体の表面に付着している水分を紙タオルに吸着させることにより除去した後に電子天秤を用いて測定した。試験開始翌日および毎週1回（合計25回）アワビの付着板への付着状況を観察し、付着率（付着板に付着している個体数/容器内の全個体数×100）を算出した。なお、別途実施した軟体部の元素分析等のために、試験期間中にサンプリングを5回行い、各回とも各容器から5個体ずつ取り上げた。試験期間中の飼育条件は第1表のとおりとした。



第1図 試験水槽(A), アワビ収容容器(B)およびアワビ付着板[飼育後148日目](C)

第1表 試験期間中の飼育条件

項目	条件
試験実施場所	海洋生物環境研究所中央研究所（千葉県夷隅郡御宿町）
試験期間	24週間（2017年11月29日～2018年5月16日）
飼育水	千葉県夷隅郡御宿町地先の海水を砂濾過したもの
水温調整	自然水温の海水と32℃に加熱した海水を混合することにより調整
海水流量	約400L/hr
水温	実測平均水温：19.7℃， 水温範囲：19.1℃～20.2℃
光条件	100%遮光シートによる24時間遮光
餌料	生アラメまたは乾燥昆布
給餌頻度	生アラメは週1回，乾燥昆布は週2回
給餌量	餌投入時に少量の残餌がある程度（全区同量）
収容密度	試験開始時のシェルター面積比*は各区とも20%以下

*シェルター面積比 = 殻面積 (cm²) / シェルター有効面積 (片面) × 100
 殻面積 (cm²) = 0.005979 × 殻長 (mm) 1.9483

結果および考察

試験終了時の生残率と各資材への付着状況

試験終了時の生残率 (S) は以下のように計算した。

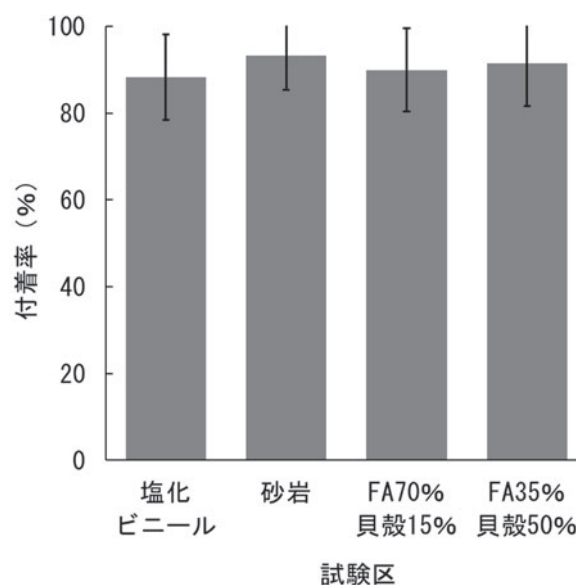
$$S = 100(A - a - d) / (A - a)$$

A：試験開始時収容個体数，a：試験期間中のサンプリング個体数，d：試験期間中の死亡個体数

その結果，試験終了時の生残率は全容器で85%以上であった。

試験開始翌日を除く合計24回の観察結果から算出した付着板の基質別の平均付着率を第2図に示した。

試験期間中の各容器の平均付着率は，全ての容器で80%以上であった。各基質の付着板への付着率は，いずれも飼育水槽の違いによる有意な違いはみられなかった (Kruskal-Wallis test $p > 0.05$)。付着率の基質間の多重比較検定を行った結果，塩化ビニル区の付着率が砂岩区より有意に低い値となった (Bartlett's test $p > 0.05$, Tukey-Kramer $p < 0.05$)。これは，塩化ビニル区ではアワビが付着板から剥



第2図 異なる基質の付着資材を設置した環境下で168日間飼育したクロアワビの1週間毎の各付着基質への平均付着率 (n=24) 誤差線は標準偏差。

がれやすく、観察時に付着板を水中から取り上げる際に、付着していたアワビが付着板から剥落することがあったためと考えられる。これ以外は、付着板の基質の違いによる有意な差はみられなかった (Bartlett's test $p>0.05$, Tukey-Kramer $p>0.05$)。この結果から、クロアワビは、今回使用したFSBを忌避しないと判断された。

殻長および重量の増加速度

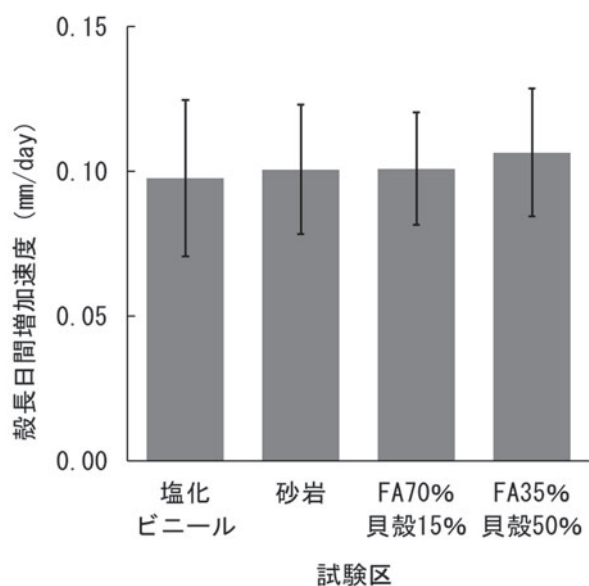
試験開始時の全供試個体の殻長および重量の平均値±標準偏差は、それぞれ $45.9\pm 3.7\text{mm}$ および $12.9\pm 3.2\text{g}$ であった。試験開始時および終了時の測定結果から得られた殻長および重量の日間増加速度の平均値を第3図および第4図に示した。

基質別の殻長日間増加速度は、いずれも飼育水槽の違いによる有意な差はみられなかった (Kruskal-Wallis test $p>0.05$)。基質別の重量日間増加速度も、いずれも飼育水槽の違いによる有意な差はみられなかった (Kruskal-Wallis test $p>0.05$)。殻長および重量日間増加速度の基質間の多重比較検定を行った結果、いずれも基質の違いによる有意な差はみられなかった (Bartlett's test $p>0.05$, Tukey-Kramer $p>0.05$)。森川・森永 (2007) は、クロアワビの成熟や成長に及ぼす明暗周期の影響を調査し、暗期が長いほど成長率が向上する傾向にあり、試験開始時に平均殻長が

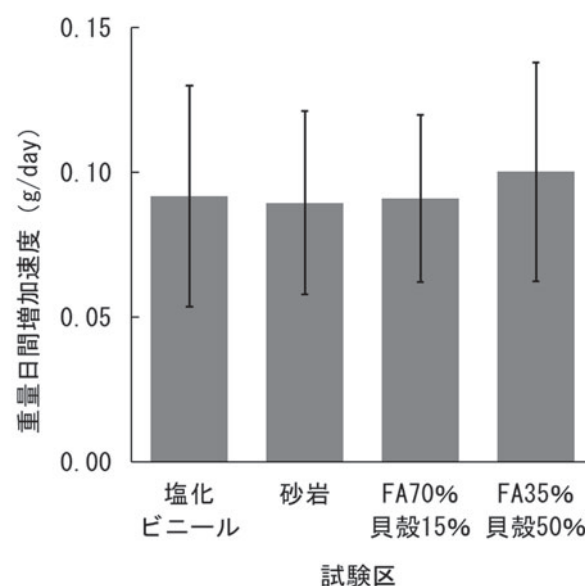
62mmのクロアワビを24時間暗期で1年間飼育した結果、殻長の月間増加速度は約 $0.5\sim 3.5\text{mm/month}$ の範囲であったと報告している。また、田中・田中 (1980) は、千葉県川津地区および大沢地区のクロアワビの成長について報告しており、1年群の平均殻長は、それぞれ34mmおよび37mmであり、2年群の平均殻長は、それぞれ69mmおよび65mmであったと述べている。これらの値から月間増加速度を算出 ((2年群の殻長-1年群の殻長) /12) すると、月間増加速度は2.9および2.3mm/monthとなる。本試験では、全ての試験区で殻長日間増加速度は約 0.1mm/day であり、1カ月を30日とすると月間増加速度は約 3.0mm/month となる。この値は、前述した森川・森永 (2007) および田中・田中 (1980) の結果と同等である。この結果から、今回使用したFSBはクロアワビの付着基質として利用可能であることが明らかになった。

謝 辞

本調査にあたり、ご指導、ご協力いただいた電力中央研究所の小林卓也上席研究員、今村正裕上席研究員および当研究所の加戸隆介顧問、また飼育及び測定等実験作業にご協力いただいた当研究所中央研究所海洋生物グループの職員各位に感謝いたします。



第3図 異なる基質の付着資材を設置した環境下で168日間飼育したクロアワビの殻長の日間平均増加速度
誤差線は標準偏差。



第4図 異なる基質の付着資材を設置した環境下で168日間飼育したクロアワビの重量の日間平均増加速度
誤差線は標準偏差。

引用文献

今村正裕・日恵井佳子・小林卓也・井野場誠治
(2002). 貝殻配合フライアッシュ混合材料
(FSB : FA-Shell Block) の藻礁資材としての
開発. 土木学会論文集B3 (海洋開発), **78**,
I_37-I_42.
石井克也(1988). クロアワビ稚貝の飼育密度と成

長. 愛知栽漁セ業務報告, **11**, 66-71.
森川由隆・森永勤(2007). クロアワビの成熟や成
長におよぼす明暗周期の影響. *Eco-
Engineering*, **19**, 145-151.
田中邦三・田中種雄(1980). 千葉県沿岸のクロア
ワビの年令と成長について. 日本海区水産研
究所研究報告, **31**, 115-127.