

石炭灰系廃棄物を利用した効果的な藻礁(バイオユニット)の研究

Study of Productive Algae Reef (BIOUNIT) Using Coal Ash Wastes

鳴海 日出人*・小林 創*・黄金崎 清人*・川嶋 昭二**

Hideto NARUMI, Hajime KOBAYASHI, Kiyoto KOGANEZAKI and Shoji KAWASHIMA

Areas along Sea of Japan coast in Hokkaido suffer serious "isoyake" (shore burning, or seaweed withering phenomenon at a beach) problems. A decrease in algae has resulted in, among other things, a shortage of food for algae-eating animals, including sea urchins and abalone, and a decrease of spawning and breeding are as for fish. It is vital that secondary fishery coordination and symbiotic environmental functions be introduced in construction and improvement projects at fishing ports and harbors to maintain coordination with the surrounding fishing environment, and to preserve the natural environment.

In this paper deals with an algal propagation method, which is a basic condition for encouraging fish and shellfish to gather. A new porous material ("BIOUNIT") was produced using recycled desulfurizing agents (trade name: "Ecosand") discharged from dry-type desulfurizers of the Tomatoatsuma Power Plant of the Hokkaido Electric Power Co., Inc. Since 1992, Biounit has been examined at 19 places in coastal places around Hokkaido to develop a substrate with superior adhesive properties for algae.

Keywords: measures against "isoyake", coastal resource propagation blocks, coal ash porous blocks, algal reef

1. はじめに

北海道の日本海沿岸においては深刻な「磯焼け」の状況が継続しており、藻場の消失によるウニ、アワビなどの藻食動物の餌料不足、魚類などの産卵・生育場の減少など様々な弊害が発生している。また、漁港・港湾整備事業においても水産協調、環境共生機能を副次的に付加させることが、周辺の漁場環境との協調及び自然環境を保全する上でも重要な課題となっている。

そこで、魚介類の増殖を誘引するための基本条件となる藻類の増殖に着目して、北海道電力(株)苫東厚真発電所の乾式脱硫装置から排出される使用済み脱硫剤(商品名:エコサンド)を再利用して多孔質な新素材(バイオユニット)を考案し、平成4年より北海道沿岸19箇所の実海域において藻類の着生が優れた基質の開発を試みたものである。

2. バイオユニットについて

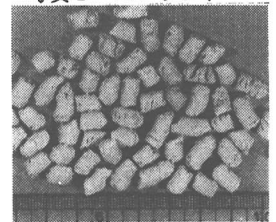
2.1 エコサンドについて

エコサンドは、石炭灰・石灰・石膏を混合して成形したアルカリ性の個体が脱硫の過程で硫黄酸化物や窒素酸化物と反応して中性となった5~6mm程度の円柱状のペレットで、そのほとんどが産業廃棄物として埋め立て処分されていた(写真1)。

エコサンドは次のような性質(機能)を持っており、バイオユニットはこれらの特性を生かしてモルタルと混合して成形したものである。

- 1) 多孔質で活性炭と類似した吸着機能を有している。
- 2) 吸水性に優れ、水中において針状結晶によりエコサンド同士が固結する。
- 3) 濁水を速やかに浄化する。
- 4) 海藻の生長に重要な栄養と言われている硝酸塩を多量に含有している。
- 5) 有害物質の溶出はない。

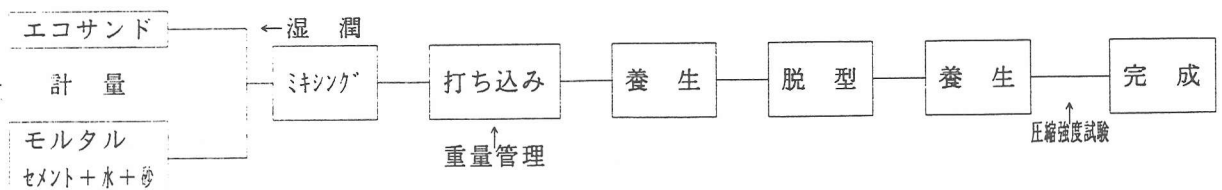
写真1 エコサンド



2.2 バイオユニットの製造工程

エコサンドは吸水性が高いために(20wt%以上)図1に示すとおり予め湿潤させた後、乾燥重量比でエコサンド:モルタル=1:1.5で混合する。

図1 バイオユニットの製造工程



* 正会員 : 日本データサービス株式会社 (札幌市東区北16条東19丁目1番16号)
 ** 正会員 理博 : 日本データサービス株式会社 技術顧問 (元函館水産試験場長)

2. 3 ビオユニットの圧縮強度

ビオユニットの標準配合（コサント：珪砂：土＝1：1.5）における空隙率及び圧縮強度の関係を求め、図2、3に示した。なお、空隙率は見掛け比重（単位体積重量）より求めた。

これより、海中における物理的要因、藻類の付着・進入生物などを考慮して、ビオユニットの空隙率25%、圧縮強度200kg/cm²（平均値）、見掛け比重約2.0が現在では最適条件と考えるに至った。

図2 材令（養生期間）と圧縮強度

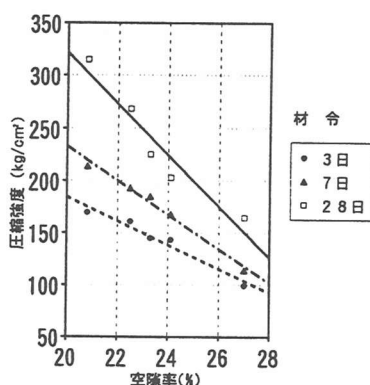


図3 空隙率と圧縮強度

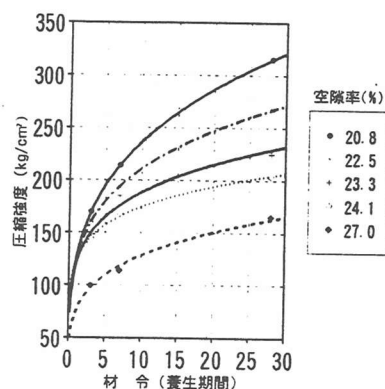
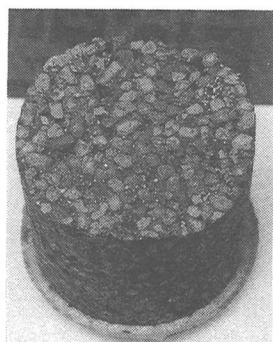
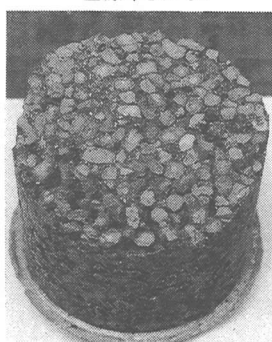


写真2 ビオユニットの圧縮強度試験供試体

空隙率20.8%



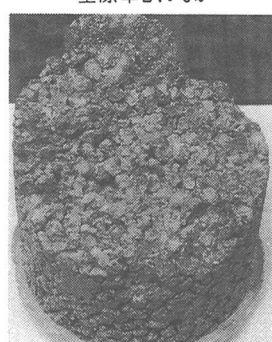
空隙率23.3%



空隙率24.1%



空隙率27.0%



2. 4 ビオユニットからの栄養塩の溶出

海中投入前のビオユニットは、全窒素約 900 N-mg/kg-dry、全リン約 500 P-mg/kg-dry 含有しており、海藻類の栄養となる硝酸性窒素として海中設置後3年3ヶ月经過した現在でも、継続して徐々に溶出していることが確認された。なお、本試験には空隙率25%、圧縮強度200kg/cm²のビオユニットを用いた（図4、5）。

図4 海中設置後の栄養塩残量

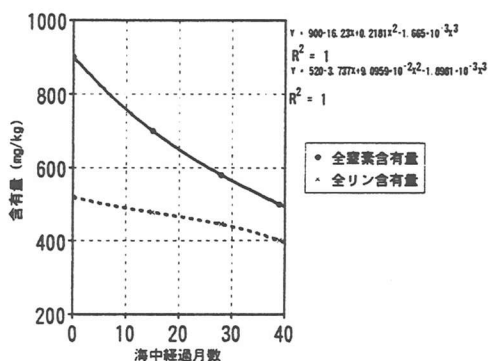
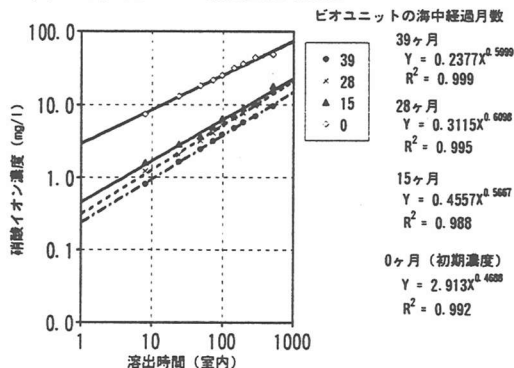


図5 硝酸イオンの溶出量経時変化

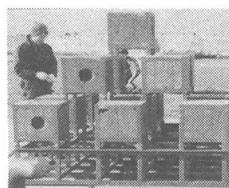


2. 5 形状

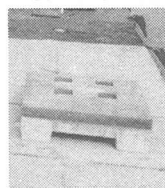
ビオユニットは目的に応じて様々な形状に加工することが可能であり、成形例を写真3に示す。

写真3 ビオユニットの成形例

魚礁型



被覆ブロック型



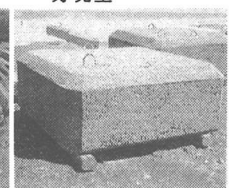
ビーハイブ型



アーチ型



方塊型



四角錐型



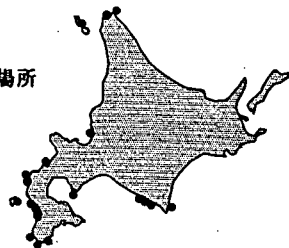
3. 生物の付着・進入状況

実海域におけるバイオユニットの付着・進入生物調査は普通コンクリート、自然石などを対象区に設定して平成4年から継続して実施しており、3年5ヶ月経過後も藻類の再生産が確認されている。

3. 1 調査場所

本調査は図6に示す北海道北端（稚内市宗谷）から日本海を経て太平洋襟裳岬付近（えりも町庶野）に至る19箇所にて付着動・植物の繁茂・蛸集・進入状況について、継続調査を実施している。

図6 調査場所



3. 2 コンクリートブロック等との藻類付着状況比較試験

藻類の付着状況について、バイオユニットとコンクリートブロック等との比較試験を厚田村古潭（日本海）及び浦河町（太平洋）などの海域で実施している。

古潭における海藻現存量の推移を図7、8、基質別のコンブ類の成長状況を図9、10に示した。いずれの時期でも海藻の湿重量及びコンブ類の着生本数はバイオユニットが大きく上回っており、また、1本当たりのコンブ類の湿重量、葉長においてもバイオユニットが大きく上回っていた（危険率1%で有意）。

浦河町における海藻現存量の推移を図11、12に示した。ここでも、海藻の湿重量及びミツイシコンブの着生本数はバイオユニットが大きく上回っていた（北海道開発局 開発土木研究所 水産土木研究室 資料より抜粋）。

図7 基質別海藻付着量の経年変化

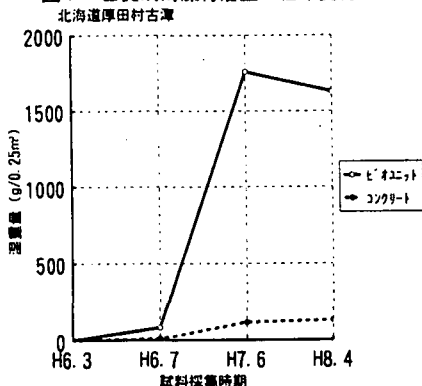


図8 基質別コンブ類付着量の経年変化

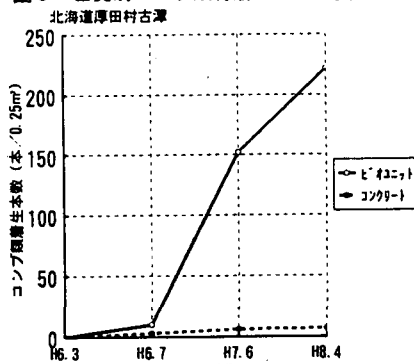


図9 基質別コンブ類の付着状況経時変化

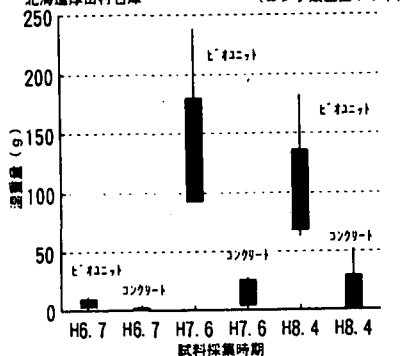


図10 基質別葉長組成の経年変化

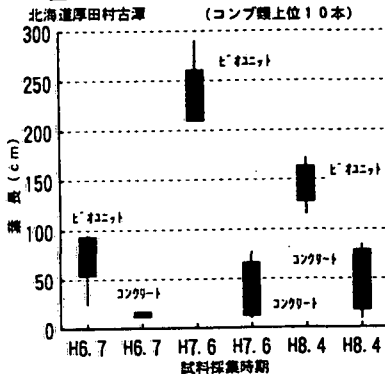


図11 基質別海藻付着量の経時変化

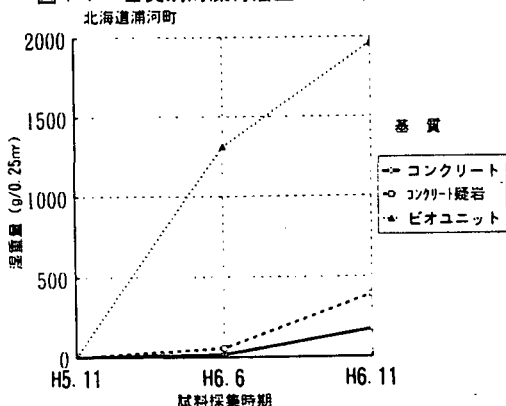
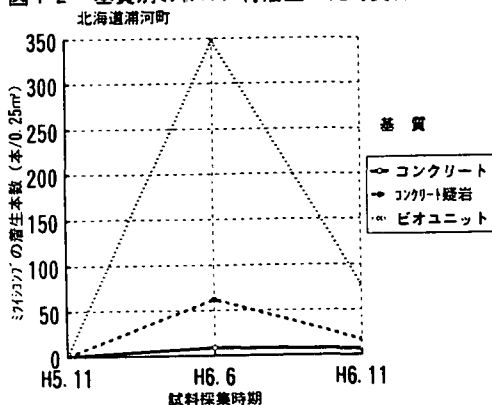


図12 基質別ミツイシコンブ付着量の経時変化



これら海藻の着生量、成長度などに有意な差がみられるのは、バイオユニット表面の微地形、硝酸塩の供給によるものと推察されるが、詳細については追跡調査中である。

3. 3 藻類の着生状況

バイオユニットを海中設置後最長で4年経過しており、藻類の着生量・種類は季節的な変動はみられるものの良好な着生状態が確認されている。代表写真を写真4～9に示す。

写真4 瀬棚町須築

設置日;平成4年12月1日 撮影日;平成8年4月26日(3年5ヶ月経過)

設置水深4.5m 魚礁型



写真7 熊石町

設置日;平成7年11月22日 撮影日;平成8年4月10日(4ヶ月経過)

設置水深3.4m 被覆フロック型

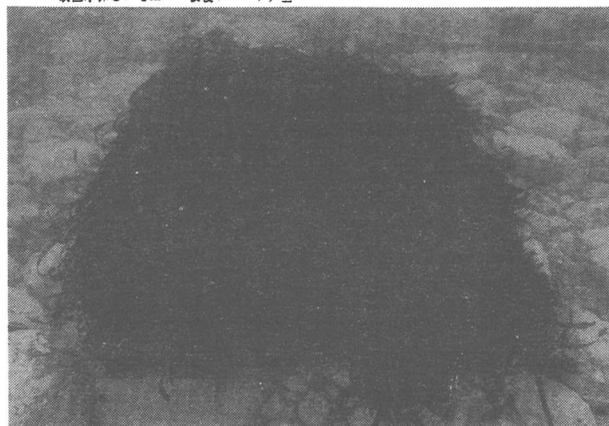


写真5 室蘭市追直

設置日;平成4年11月1日 撮影日;平成8年4月26日(3年6ヶ月経過)

設置水深5.0m 魚礁型

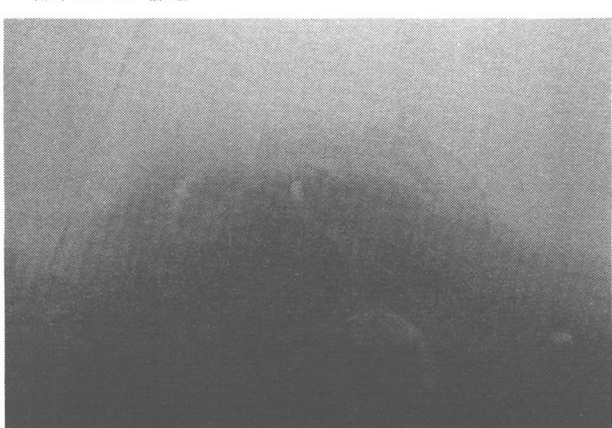


写真8 江差町

設置日;平成6年11月30日 撮影日;平成8年4月8日(1年4ヶ月経過)

設置水深3.0m 被覆フロック型



写真6 稚内市宗谷

設置日;平成5年11月11日 撮影日;平成8年3月8日(2年5ヶ月経過)

設置水深6.0m アーチ型, 方塊型



写真9 松前町

設置日;平成8年1月19日 撮影日;平成8年4月9日(3ヶ月経過)

設置水深4.5m 被覆フロック型



3. 4 動物の蛸集

バイオユニットに藻類が繁茂することにより、ウニ、アワビ等の藻食動物、魚類等の餌料となる付着動物（甲殻類、多毛類等）の増加など食物連鎖（捕食者・被食者）による様々な魚介類が蛸集している（写真10～13）。また、バイオユニットの空隙には表面より約30cm程度までゴカイ類等が進入している（写真14、15）。

写真10 瀬棚町須築

キタムラサキウニ、エゾハフソウウニ、エゾアワビ等の蛸集



写真11 奥尻町

バイオユニット底部の空間にミスダゴコの進入

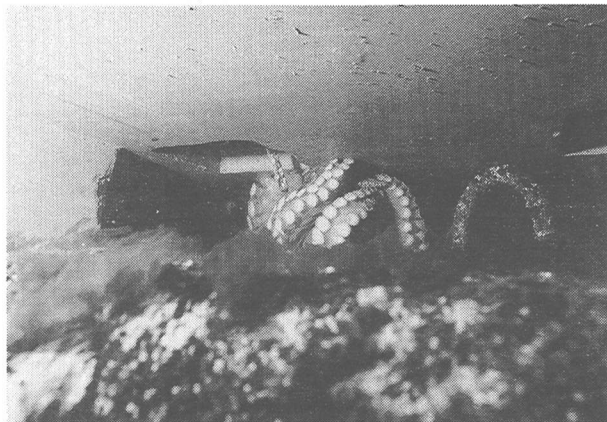


写真12 江差町

エゾアワビの蛸集

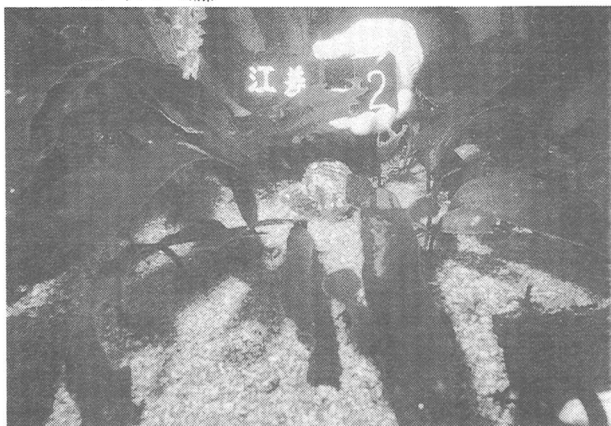


写真13 奥尻町

エゾアワビの蛸集

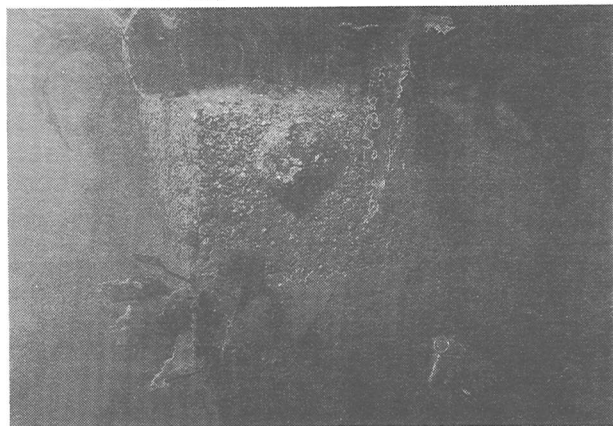


写真14 バイオユニットの表面（拡大）

ゴカイ類の進入

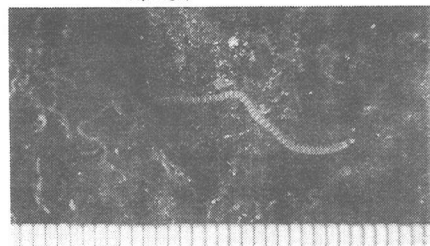
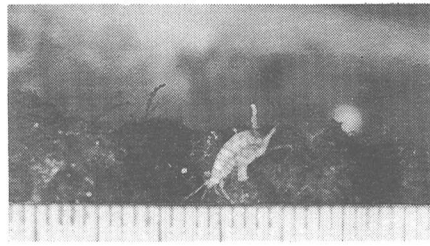


写真15 バイオユニットの表面（拡大）

甲殻類の付着



3. 5 藻類の初期着生・発芽期における藻食動物の食圧軽減

バイオユニットはその表面に多くの凹凸を有しているために、「磯焼け」の持続原因とされている藻類の発芽初期における藻食動物（ウニ類、巻き貝類等）からの食圧を軽減する効果があるものと考えられ、連続したコンクリートとバイオユニットの面を比較すると、コンクリート面が圧倒的に多く摂餌されている（写真16）。

また、藻類の初期着生状況を比較するとバイオユニットの方が早く、多い。（写真17）

これらについては追跡調査中である。

写真16 ウニ、クホガイによる摂餌痕

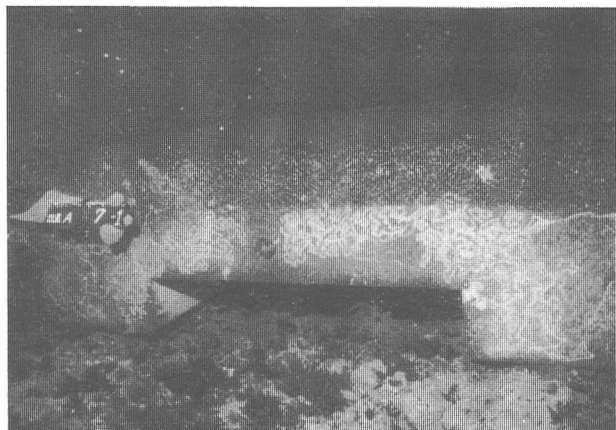
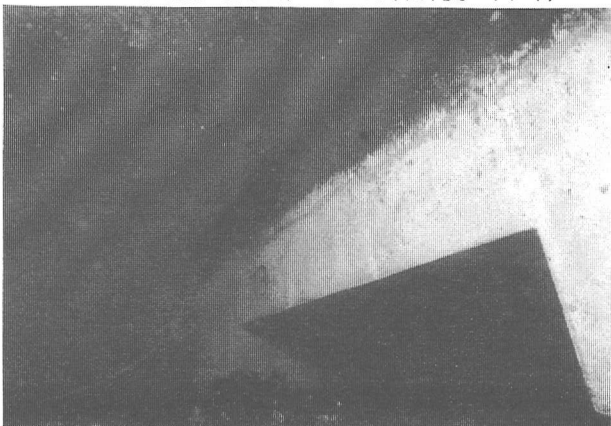


写真17 藻類の初期着生状況

海中設置後2週間(上部:ビオユニット、下部:普通コンクリート)



4. 結語

ビオユニットの藻礁としての効果が4年間に渡って確認された。

空隙率22.5~27%の範囲では付着生物量には大きな差はみられなかった。また、圧縮強度は平均値で200 kg/cm² (σ₂₈) 以上で亀裂・破損などがみられず、現在では空隙率25%、圧縮強度200 kg/cm²が最適条件と考える。

ビオユニットに着生する植物の種類・量については、季節や年による変動はみられるものの、4年に渡りビオユニットに藻類は繁茂しており、特に1年生コンブは4回の再生産を、2年生コンブは2年目で流出後、世代の交替を確認した。

コンブ類の着生量を普通コンクリート等と比較すると、長期に渡り日本海、太平洋を問わず単位面積当たりの湿重量、着生本数共にビオユニットの方が多く、成長度(コンブ1本当たりの湿重量及び葉長)においても優れていた。また、各海域に設置したビオユニットの表面には、無節石灰藻(サビ亜科)が僅かにみられるが、成長した個体は全くみられず、さらに、有節石灰藻は全くみられていない。原因については現段階では、特定するには至っていない。調査箇所の一部において、設置したビオユニットの主流向側周辺数メートルの自然石、コンクリートブロックにも藻類が繁茂しており、周辺も含めた局所的な藻場の形成が行われている。

藻類の他、ビオユニットの表面から約30cmまでゴカイなどの多毛類の進入がみられ、表面にはヨコエビなどの甲殻類やウニ類、小型の巻き貝、エゾアワビなどが多数付着していた。また、魚礁型ビオユニットの内部や被覆ブロック型ビオユニットの下には、大型のタコやアイナメ、ソイなどの魚類が棲み付いており、魚礁としての効果が確認された他、ビオユニットの周辺において、季節により稚仔魚の群が確認されている。

以上、著者らは産業廃棄物の特性を利用した多孔質な新素材ビオユニットの開発に4年間取り組み、その効果について確認した。なお、本研究は藻食動物(ウニ、巻き貝等)の摂餌特性と多孔質材料の影響、栄養塩類の溶出効果、藻場の持続性などについて今後も継続調査を行う予定である。

謝 辞

本研究に当たり、北海道電力株式会社 総合研究所、苫東厚真発電所、北電興業株式会社ならびに技研興業株式会社のご支援、御指導を、また、調査、施工に当たっては北海道開発局、各市町村、各漁業協同組合、さらに、開発土木研究所 水産土木研究室長 谷野 賢二氏及び港湾研究室長 明田 定満氏に適切な御助言・御指導を頂いた。ここに記して深謝の意を表する。

参考文献

- 大野正夫・石川美樹(1985a): 高知県手結・海藻漁礁試験、海藻魚礁ニュース、No4、pp. 1-12
 大野正夫・石川美樹(1985b): 高知県手結・海藻漁礁試験(2)、海藻魚礁ニュース、No5、pp. 1-5
 川嶋昭二(1992): コンブの着生基質と着生様式についての提言、海藻魚礁ニュース、No14、pp. 35-41
 徳田 廣・川嶋昭二・大野正夫・小河久朗編(1991): 海藻の生態と藻礁、緑書房、pp. 198
 日本水産学会編(1981): 藻場・海中林、恒星社厚生閣、pp. 163
 三本菅善昭・町口祐二・野西芳彦・嵯峨直恒(1988): 海藻の栄養と吸収及び生長と海水流動との関連解明、昭和63年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究所研究報告書、pp. 110-116
 川嶋昭二・佐々木茂(1973): コンクリート・ブロックへのコンブ着生様式、北水誌月報、第30巻 pp. 15-26
 菊地省吾・浅野昌充(1988): 岩礁域における漁場造成効果に関する研究、昭和63年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究所研究報告書、pp. 117-136
 玉井元地・河合章・西脇祐二(1990): ポーラスコンクリートへの海洋生物付着に関する研究、セメント・コンクリート論文集、No44、pp. 708-713