

II-641

高分子材料を用いた海水浄化に関する研究（その2：生物附着および浄化能力実験）

大成建設（株）技術研究所 正会員○橋本 宏治 金子 文夫 勝井 秀博

1. はじめに 近年、ミチゲーションが提唱され、代替的な自然環境として新たに多種多様な海洋生物の生息場を創造する必要性が叫ばれている。マリンテキストラクチャー（MTS）研究会：水質浄化システム専門分科会では、閉鎖性海域における合成高分子材料を用いた海水浄化システムについて調査・研究を行った。同研究では、海洋生物の生息基盤として、軽くて、取扱が容易で接触面積が大きい合成高分子材料（繊維）に注目し、各種形状の繊維を実海域および屋外水槽に浸漬し、生物附着特性および水質浄化能力をアンモニア態窒素の除去速度などで比較を行った。ここでは、繊維の構造形態と生物附着特性および浄化能力との関係について知見が得られたので報告する。

2. 実験方法 （1）概要；実験は、東京湾の再奥部に位置する千葉県習志野市の護岸で行った。実験に使用したサンプルの諸元を表.1に示す。これらのサンプルを実海域および全面海域の実海水を通水した実験水槽に浸漬した。浸漬期間は平成5年5月から11月および9月から10月である。

（2）附着生物の分析；生物の分析は、実海域については3回、実験水槽については6回引き上げ、代表的な附着生物相を示す部位として海面から約20～35cmの位置で長さ15cmに切断し、1mmメッシュ上の残査を対象とし、種の同定、個体数の計数および湿重量の測定を行った。

（3）浄化能力実験；実験水槽の浸漬約2、3、5ヵ月目のサンプルを上記の方法で切断し、5lのガラスビンに浮遊するように設置した。培養液は汚染の指標としてグルコースを15mg/l、塩化アンモニウムを5mg/l添加した人工海水を使用した。約1週間室内で培養を行い、1日1回のサンプリングを行った。水質は、TOC（全有機態炭素）をTOCメーターで、 $\text{NH}_4\text{-N}$ （アンモニア態窒素）をインドフェノール法で、 $\text{NO}_2\text{-N}$ （亜硝酸態窒素）、 $\text{NO}_3\text{-N}$ （硝酸態窒素）を高速イオンクロマトグラフで測定した。

3. 実験結果および考察 （1）実験期間中の水質概況；図. 1に実験期間中（5月～10月）の海水の水質分析結果を示す。春から初夏にかけてCODが3.0mg/l前後と高く、夏以降は幾分回復した。全窒素、全リンは期間を通して高く富栄養化は進んでいる。実験を開始した5～7月にかけて赤潮が頻繁に発生し、青潮は6月下旬から7月上旬にかけて視覚的に確認できるものが3回、8月上旬に1回発生した。

（2）合成高分子材料の形態による生物附着特性；

生物の附着特性を比較するために実海域に浸漬した各サンプルの生物の附着状況を図. 2に示す。

表.1 サンプル諸元

番号	形状	構造図	構成する繊維の太さ
1	ひも状		2.2mm
2	モール状		0.023mm
3	布状		0.007mm
4	ハニカム状		0.008mm
5	立体網状		1.4mm

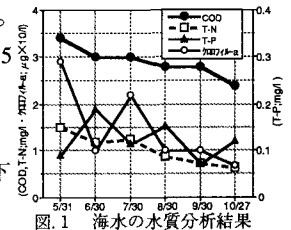


図.1 海水の水質分析結果

※サンプル15cm当たりの付着湿重量、種数、個体数

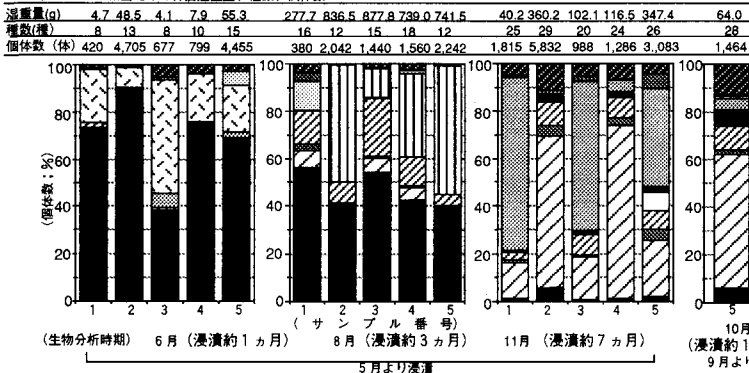


図.2 各サンプルの浸漬期間別の附着生物種の構成割合

6月は各サンプルともムラサキガイ (*Mytilus edulis*) およびドロクダムシ科 (*Corophium* sp.) の2種の生物で個体数の90%以上を占めた。8月には各サンプルともムラサキガイが個体数の約半数を占め、湿重量では約95%以上となった。また、2 (モール状)、5 (立体網状) ではコノハエビ (*Nebalia bipes*) が約50%を占めた。毎年7~8月頃にかけて底層に貧(無)酸素水塊 (DO1mg/l以下) が発生するため、底泥中に生息するコノハエビは溶存酸素を求めて底泥中から大量に遊泳し始め、実海域の表層付近に浸漬したサンプルに新たな生息場を求め付着したと推定される。11月は、1 (ひも状)、3 (布状) ではクビナガワレカレ (*Caprella equilibra*) が、2 (モール状)、4 (ハニカム状) ではコウロエンカワヒバリガイ (*Limnoperna fortunei kikuchii*) が約6~7割を占めた。対して、5 (立体網状) には多くの種類の生物が混在した。これは付着した生物が青潮などの環境変化や自重により脱落しにくかったと考えられる。また、秋(9月)に浸漬した5 (立体網状) では、10月に外来種であるコウロエンカワヒバリガイが優占した。種数は28種と春(5月)に比べて約2倍となった。

以上より、実験場所において合成高分子材料には、春から夏にかけては顕著に外来種であるムラサキガイが、秋には同じく外来種であるコウロエンカワヒバリガイが優占して付着し、単純な生息環境が形成された。合成高分子材料の構造形態による生物付着特性は、5 (立体網状; 繊維の直径が比較的太く、内部に空隙を持つ) が東京湾のような閉鎖性海域の環境で長期間の安定的に多様な生物の付着基盤として優れているといえる。

(3) 合成高分子材料の形態による浄化能力特性;

図.3に浄化能力実験結果のうち、一例として海水浸漬約3ヵ月、5 (立体網状) について示す。TOC (全有機態炭素) は培養開始後より減少し、72時間以降は7~8mg/lと安定した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ (アンモニア態窒素) は培養開始24時間ではほぼ半減し、72時間後に約10%となり、5日後にはほぼ除去された。 $\text{NO}_2\text{-N}$ (亜硝酸態窒素) は培養開始より徐々に増加し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ (硝酸態窒素) は培養開始72時間後より増加し始めた。ブランクとの比較より、サンプルに付着した生物による硝化作用が確認された。

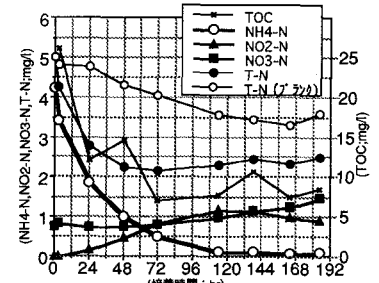


図.3 TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化 (5 (立体網状)・浸漬約3ヵ月)

図.4に浸漬期間およびサンプルの形態による浄化特性の違いを比較するために、それぞれのサンプル15cm当たりおよび各サンプルの形態が異なっていることを考慮し、均一な評価方法としてサンプル占有空間当たりのアンモニア態窒素の除去速度を示す。アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の除去速度は、比較が容易になるように培養開始から72時間後までの1時間当たりにアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の減少する濃度として算出した。浸漬期間が長くなるほどアンモニア除去速度が速くなる結果となった。また、サンプルの形態で比較すると、1 (ひも状) および顕著に3 (布状) が占有空間当たりでの除去速度は速くなった。これは布状のサンプルは構成する極細繊維が高密度に集中 (表面積大) していることにより、硝化能力を持つ細菌の付着が多かったことが考えられる。以上より、布状の形態が単位空間当たりでは効率良くアンモニア態窒素を除去することができるといえる。

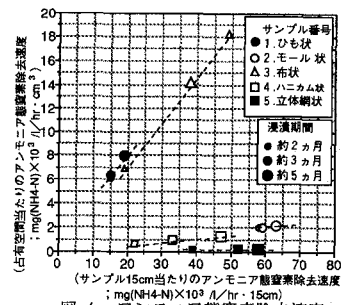


図.4 アンモニア態窒素除去速度

4. おわりに; 各種形状の合成高分子材料を用いた生物付着、浄化特性実験の結果、閉鎖性海域の安定的な生物付着基盤としては、立体網状の構造が優れていることおよび布状の構造が効率良くアンモニア態窒素を除去できることが明らかとなった。浄化設備を設置するに当たり、以上の特性を組み合わせる利用することが望ましいといえる。設計に結び付けるためには今後、サンプルを集散的に設置した中規模の実海域実験が必要である。

なお、この研究に当たって、林壽郎京都大学生体医療工学研究センター助教授 (当時) に御助言頂いたことを付記し、謝意を表するものである。