

新規高分子素材を用いた 海水含有窒素成分除去の評価

田中 孝国^{*1}, 土屋 美雨^{*1}, 岡野 恵拓^{*1}, 渡邊 一樹^{*2}

Evaluation of nitrogen removal methods in seawater using novel polymeric materials

Takakuni TANAKA, Miu TSUTIYA, Keita OKANO and Kazuki WATANABE

The environmental impact of discharging large volumes of seawater containing high concentrations of nitrogen components is becoming increasingly problematic. An evaluation test was conducted on the removal ability of nitrogen components contributed by Rice Wave, a newly developed and manufactured polymeric material. As a result, although the adsorption capacity of nitrogen component ions was not observed, it was found that the removal capacity (biodegradation) was almost the same as that of conventional filter media when marine bacteria were administered, indicating that it can be used as a replacement for existing filter media. And the performance of denitrification was not sufficient, suggesting that measures such as pH control and increasing the density of added denitrifying bacteria are necessary.

KEYWORDS : nitrogen removal, seawater, biodegradation

1. まえがき

富栄養化現象である赤潮は、プランクトンが異常増殖することで海や川が赤色に変色する現象である。赤潮は海洋の閉鎖水域で見られることが多く、発生する原因は水質の富栄養化が原因であると考えられている。富栄養化現象によって増殖したプランクトンは水中の溶存酸素濃度を低下させ、養殖されている魚貝類に甚大な被害を及ぼすことが知られている。令和3年度の東京都の調査結果によれば、赤潮発生回数は16回、発生日数は66日

あり、近年は横ばい状況であると報告されている¹⁾。赤潮の発生には海域に流入する窒素(濃度)が影響しており、その監視体制の構築が急務とされている²⁾。しかし、赤潮の発生は予想が非常に難しいため、陸域から流入する窒素などの水質総量規制等負荷削減の取組みが行われてきたが、依然として夏季を中心に赤潮の発生が続いている¹⁾。また赤潮は日本だけではなく、世界中の沿岸域で増加しているため、防止策や対処方法が強く求められている。

近年特に重要視されているのが、水族館や陸上養殖などにおいて、飼育水として海水を用いる場

*1 物質工学科 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering), E-mail: Tanakatakakuni@oyama-ct.ac.jp

*2 三福工業株式会社 (Mitsufuku industry co., ltd)

合である。設置されている水槽が海の近郊であれば海水の給排水に問題は生じ無いが、内陸部である場合、給排水の対処が必要になってくる。給水時は輸送コストの問題が生じ、排水時には海水をそのまま流すことは困難な上、飼育に使用された後の海水(排水)中に含まれる成分(特に窒素成分)の除去が重要な問題である。特に、窒素成分を高濃度で含む大量の海水を排水することによる海環境に対する影響(前述の赤潮など)が問題視されつつある³⁾。

一般に窒素含有廃水は、硝化(好気)―脱窒(嫌気)法にて処理されている。まず好気性細菌である硝化菌による硝化反応により、水中のアンモニアを硝酸へ酸化する。続いて、嫌気性菌である脱窒菌による脱窒反応により、硝酸を窒素ガスまで分解する過程である。この反応時、細菌濃度を高密度化して処理能力を上昇させる手法として、高分子素材で作製される多孔質担体を各反応槽に添加する手法が広く採用されている。担体添加の利点として、硝化細菌やその他の浮遊微生物種が固形担体に付着し生育しやすくなること、窒素成分も担体に付着すると同時に担体に付着した細菌群による窒素成分の取り込み効果が期待されることが報告されている⁴⁾。

今回我々は、開発中のポリエチレン素材の担体2種を提供された。まず1つ目は、商品名ライトウェーブである。この担体は立体網構造であり、約120[g], 10×20×10[cm]の大きさを持ち、高反発クッションなどに用いられている製品である⁵⁾。ライトウェーブは、表面積が広く通気(水)性に優れている。生物付着能はそれほど高くないものの、洗浄して再利用性が望めることは利点であると考えられる(図1)。



図1 ライトウェーブ

続いて2つ目は、商品名ライスウェーブである。この担体はライトウェーブ製造時にポリエチレン素材にバイオマス(ライス)を練りこんだものであり、薄い茶色を呈している以外はライトウェーブと同様の形状を示している(図2)。提供時の大きさは重量144[g], 10×21×10[cm]であった。

本報告ではまず、この2種の担体を既存のろ過装置にそれぞれ充填し、模擬廃水中の窒素成分の吸着除去試験を実施した。その後、既存のろ過装置(ろ材は購入時のものを使用した)および、ろ材をライスウェーブに置き換えたろ過装置に、それぞれ市販の海洋性細菌を添加し、細菌による窒素成分の除去実験を実施したので報告する。



図2 ライスウェーブ

2. 実験操作

2. 1 ろ過装置への担体充填と模擬廃水の作製

本実験では、ろ過装置として GEX メガパワー2045 を採用した。本体サイズ幅 11.5×奥行 13.75×高さ 20[cm], ろ過槽容量約 1.1[L], 流量 2.3[L・min⁻¹] (付属品のポンプによる通水速度), 適合水槽容量 10~35[L] である。この装置にライトウェーブを充填した(図3)。また同型の別のろ過装置に、ライトウェーブとサイズを揃えたライスウェーブを充填した。ろ過装置に充填したライスウェーブの上下には、GEX メガパワー2045 に付属している部品をそのまま使用した。

模擬廃水は、海洋性細菌用培地(Anammox 細菌)を採用した⁶⁾。この模擬廃水は窒素成分として、硫酸アンモニウム、亜硝酸ナトリウムを含むと同時に、各種ミネラル塩を含んでいる。また、海洋性細菌をターゲットにした培地であるため、塩分濃度は

3.0重量%に調製した(人工海水用塩 SEALIFE を使用)。この模擬廃水を以降の実験に使用した。

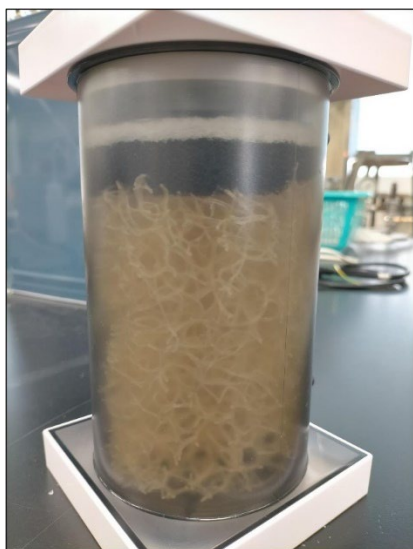


図3 ろ過装置へ充填したライスウェーブ

2. 2 ろ過装置に充填した担体による窒素成分吸着除去実験

模擬廃水をそれぞれのろ過装置に、温度 25 [°C]、流量 2.3 [L・min⁻¹] の条件で循環通水し、吸着の様子を観察した。分析にあたっては、模擬廃水中の窒素成分を分け、アンモニウム性窒素濃度、硝酸性窒素濃度の 2 種について、JIS 法りに基づいた HACH 試薬による水質分析を実施した。

2. 3 海洋性細菌を用いた窒素成分除去実験

市販の海洋性硝化菌および脱窒菌製剤スーパーバイコム 78 および 21PD (株式会社バイコム) をそれぞれのろ過装置に添加した(製品の添付資料に基づき、開始時は 10 [L] に対して 4 [mL])。ろ材は GEX メガパワー2045 純正のろ材および、ろ材の代わりにライスウェーブを用いて比較することで、ライスウェーブを純正のろ材と置き換えることが可能かについて試験した。添加した海洋性細菌がおよぼす窒素成分の分解除去について、吸着除去実験と同様の水質分析を実施した。

3. 結果と考察

3. 1 吸着実験

25°Cにおける吸着実験結果を図4および図5に示した。これらの図から、窒素系イオンの吸着除去は困難であることが判明した。

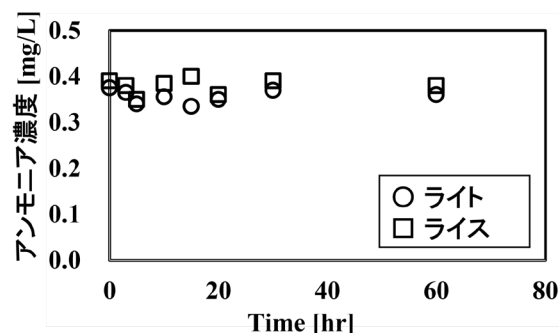


図4 アンモニア性窒素の吸着実験結果

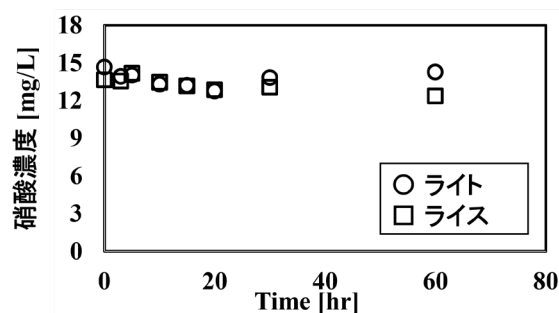


図5 硝酸性窒素の吸着実験結果

3. 2 海洋性細菌による窒素成分除去実験

模擬廃水は1週間に1回添加した。添加の際は、装置全体が海洋性細菌用培地の指定濃度になるように、適宜排水後に添加を実施した。約40日後以降は、2倍濃度になるように添加した(硫酸アンモニウム、亜硝酸ナトリウムの濃度を2倍にした)。海洋性細菌は製品の添付資料通り、週に1回10[L]に対して2[mL]を継続的に添加した。その結果、ろ過装置の既存のろ材とライスウェーブの明確な差は見られず、置き換えが可能であることが判明した。

両方の条件とも、負荷量を上げた40日を境にイオンが蓄積していく傾向があった。これらの結果から、硝化は進行しているが(図6)、脱窒が進行

していない(図7)ことが判明した。脱窒の進行具合から、添加した細菌の死滅が考えられたため、pHの測定を実施した(100日目)。その結果、原液pH8.0-7.5から、ろ材6.34、ライス6.28に低下しており、pHの低下が脱窒菌の活性に影響を与えている可能性があることが示唆された。

以上より、窒素除去能については従来のろ材とライスウェーブを置き換えることは可能であることが判明した。その一方で、市販のろ過装置は、丸筒の形状が多いため、製品化には充填しやすい形状への加工は必要不可欠であると考えられた。

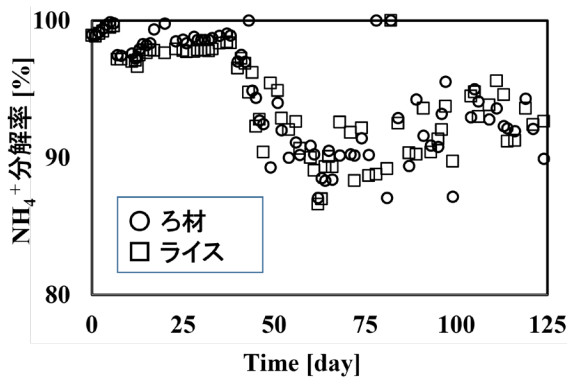


図6 アンモニア性窒素の分解実験結果

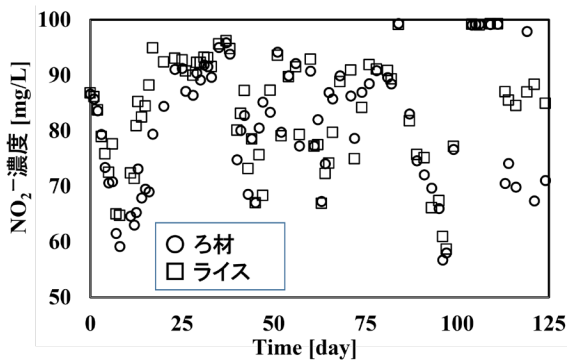


図7 硝酸性窒素の分解実験結果

3. あとがき

今回、新規に開発製造された高分子素材、ライスウェーブが寄与する窒素成分の除去能について試験を実施した。その結果、イオンの吸着能は見られなかったものの、細菌を投与すると従来のろ材とほぼ同様の除去能(生物分解)を示すことが判明し、既存のろ材と置き換えて使用することが可能である結果が示された。その一方で、脱窒に関

しての性能は十分ではなく、pH制御や添加した脱窒菌の高密度化などの措置は必要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 東京都環境局：令和3年度東京湾調査結果報告書，p.4 (2021)
- 2) 中島広樹 他：2016年夏季に八代海で発生した*Chattonella*赤潮：発生環境と養殖ブリの斃死，日本水産学会誌，85，pp.162-172 (2019)
- 3) 川又睦 他：水族館水処理における脱窒システムの開発，大成建設技術センター報，第44号，53-1-7 (2011)
- 4) 鈴木良地 他：畜産浄化槽処理水に対する各種資材の吸着能力調査，愛知農総試研報，No.38，pp.181-185 (2006)
- 5) <https://www.mitsufuku.co.jp/products/> (三福工業株式会社 製品，2023.08.21 参照)
- 6) 田中孝国 他：不織布に塗布した海洋性 Anammox 細菌を用いた反応装置の立ち上げ方法の検討，工業用水，No.648，pp.39-43 (2018.05)
- 7) 並木博 編：「詳解 工場排水試験方法」，日本規格協会 (1986)

[受理年月日 2023年8月25日]