

海洋生物飼育水を対象とした飼育水を循環利用できる窒素成分除去システムの

性能評価

長岡技術科学大学 非会員 ○太田優輝, 正会員 幡本将史, 正会員 山口隆司

長岡市寺泊水族博物館 青柳彰

1. はじめに

従来の海洋生物の飼育では、飼育水の水質維持のために、砂濾過槽を用いた飼育水の浄化が行われている。砂濾過槽の主な役割は、魚由来の排泄物・餌の食べ残しなどの固形分の除去、およびそれらが原因で発生する毒性の強いアンモニア性窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) を毒性の比較的小さい硝酸性窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) に変換することであり、硝酸性窒素は飼育水槽内に蓄積する。そこで、定期的な飼育水の交換が必須となり、その量は1日に全飼育水量の5~10%に達する⁽¹⁾。飼育施設が沿岸面にあれば容易に海水の交換が行えるが、内陸部の場合、飼育水の運搬、放流などの観点から大幅なコストの増大につながる。

加えて、砂濾過槽の容積は水槽に対して10~20%程度であり⁽²⁾、敷地面積に制約がある場所において、その大きさは無視できない。さらに、砂濾過槽は砂濾過装置の閉塞防止のために逆洗浄が必要となり、その操作にも大量の海水が必要とされている。以上の点から、海洋生物の飼育水の新規処理技術として、装置のコンパクト化および飼育水を半永久的に利用できる飼育水循環浄化システムの構築が求められている。

そこで本研究室では、硝化機能を有するDown-flow Hanging Sponge (DHS) リアクターと脱窒機能を有するUp-flow Sludge Blanket (USB) リアクターを組み合わせたUSB-DHSシステムを用いて飼育水を循環利用できる窒素成分除去システムを開発した。両リアクターは高い微生物保持性能を有しており、装置のコンパクト化を可能にするほか、逆洗浄などの維持管理もほぼ不要となる。本研究では、長岡市さいわいプラザ科学博物館において、実際に熱帯海水魚を飼育し、窒素成分除去性能を評価した。

2. 実験方法

本研究で用いた処理システムを Fig. 1 に示す。処理システムは、水槽容積300 Lの上部に水槽に対して1%の容積の硝化型DHS槽(容積:3 L, スポンジ量1.5 L)と脱窒型USB槽(容積:3 L, 脱窒グラニュール量1.5 L)を組み合わせて構成した。DHS槽、USB槽はそれぞれポンプで汲み上げた飼育水を流入水とし、USB槽はオーバーフローしたものをDHS槽へ流出させた。DHS槽内のスポンジへの植種汚泥は既存の砂濾過装置内の濾材であるサンゴ砂に付着した汚泥を用いた。硝化型DHS槽の流量は1時間に全飼育水量が通過する流量である300 L/hとした。脱窒型USB槽は1日に全飼育水量の10%を処理するように、水理的滞留時間(HRT)を2.4時間とした。飼育水は人工海水(ナプコ社製 Instant Ocean Premium)を用いて塩濃度3.4%とした。管理目標は水温28°C, pH8.0, DO 6.0 mg/L以上とした。⁽³⁾

本研究で供試した海水熱帯魚はカクレクマノミ、デバスズメダイ、ルリスズメダイとした。魚体密度は0.27 kg/300 Lとし、水槽内の窒素負荷は0.5 mg-N/L・dayを想定した。脱窒に用いる有機物源(電子供与体)には酢酸ナトリウムを使用し、添加量は飼育水中の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度測定後にC/N比1.2になるように算出した。⁽⁴⁾ 硝化脱窒性能は $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 亜硝酸性窒素($\text{NO}_2^-\text{-N}$), $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の各濃度の目標値を一般的な水族館での要求値である0.1

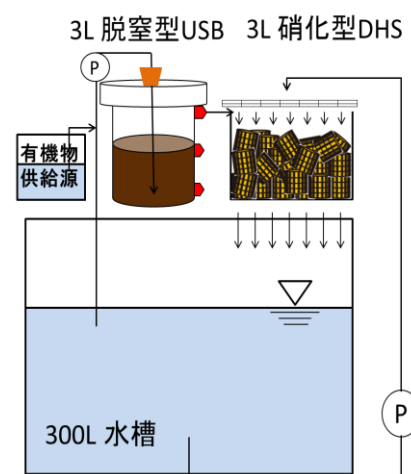


Fig. 1 窒素成分除去システム

mg-N/L 以下, 0.1 mg-N/L 以下, 30 mg-N/L 以下とし, 評価を行った.

3. 実験結果

Fig.2 に飼育水中の DO および窒素成分の経日変化を示す. 管理項目である水温は平均 $28.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$, pH は平均 7.7 ± 0.1 , ORP は, 飼育水において平均 130 ± 40 mV, 脱窒型 USB 槽処理水において平均 -73 ± 49 mV, DO は, 飼育水において平均 6.35 ± 0.45 mg/L, 脱窒槽処理水において平均 0.08 ± 0.08 mg/L であった. また, 飼育水は硝化型 DHS により, 曝気なしでも飼育に十分な DO を得られた.

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ および $\text{NO}_2^-\text{-N}$ は運転開始直後に目標値 (0.1 mg-N/L) を大幅に超過していたが, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は 10 日目より, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ は 15 日目よりそれぞれの目標値付近で安定した. また, 平均値は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が平均 0.08 ± 0.07 mg-N/L, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ が平均 0.08 ± 0.08 mg-N/L であったことから硝化型 DHS 槽は良好な硝化能を示した. 運転開始約 20 日後において脱窒槽処理水の ORP が負に, DO が 0 付近になったことから脱窒槽内が嫌気条件を達成したことが確認された. その期間の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は平均 9.9 ± 8.5 mg-N/L であり, 脱窒率を 95% として計算した際の理論的収束濃度 (10.0 mg-N/L) に近い値であった. $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の変動は, 給餌の量の変動したことにより, 残餌由来の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が発生したためだと考えられる. しかし, 運転期間中, 飼育水中の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が目標値 (30 mg-N/L) を下回ったことから, 脱窒型 USB 槽内で良好に脱窒反応が行われていることが示唆された. これらのことより, 本研究で使用した窒素成分除去システムは, 現在のところ, 60 日間は飼育水の交換を行うことなく, 水槽中窒素成分濃度を一般的な水族館の要求する窒素濃度まで除去できることが実証された.

4. まとめ

海洋生物飼育水を対象とした飼育水を循環利用できる硝化型 DHS 槽と脱窒型 USB 槽を組み合わせた窒素成分除去システムに関して以下の知見が得られた. 水槽に対してそれぞれ 1% の装置体積において, 魚体の飼育に問題ない $\text{NH}_4^+\text{-N}$: 0.08 ± 0.07 mg-N/L, $\text{NO}_2^-\text{-N}$: 0.08 ± 0.08 mg-N/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$: 9.9 ± 8.5 mg-N/L が得られ, 窒素成分の蓄積を防ぐことができた. また, 本システムは硝化型 DHS によって, 曝気なしでも魚体が飼育可能な DO (平均 6.35 ± 0.45 mg/L) を得ることができた. 以上のことから, 本研究で用いた処理装置をコンパクト化した逆洗浄の不要なシステムは, 一般的な水族館の要求する濃度まで窒素成分を除去できることが実証された. これにより, 従来の砂濾過法の問題点を解決することができた.

5. 参考文献

- (1) 小野心也, 山口隆司: 海洋水族館における高塩分濃度含有廃水からの生物学的窒素除去技術の開発, 土木学会第65回年次学術講演会, pp.101-102 (2012)
- (2) 川又睦: 水族館水処理における高性能硝化システムの開発, 大成建設技術センター報, 46, pp.50-1-50-6 (2013)
- (3) 菊池弘太郎: 循環濾過魚のための水処理技術, 日本水産学会誌, 64, pp.227-234 (1998)
- (4) 浜口 威真: 海洋生物飼育水を対象とした循環型窒素除去システムの開発, 環境工学研究論文集 vol47, pp.297-302 (2010)

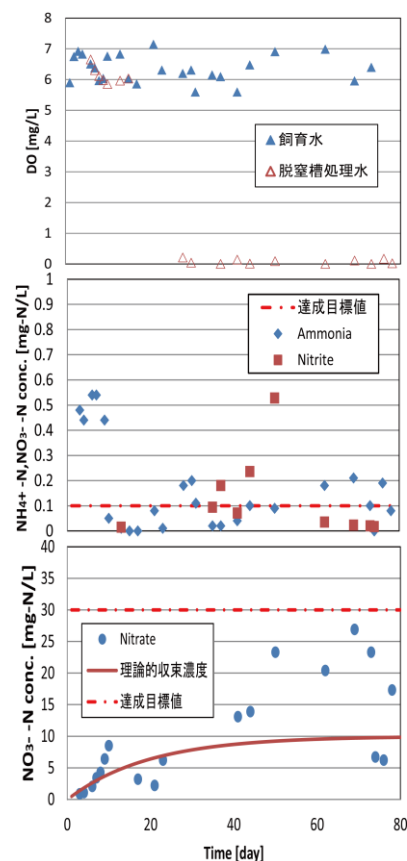


Fig. 2 DO, 窒素成分の経日変化