

海水・淡水生物飼育水を対象とした飼育水を循環利用できる USB-DHS システムの窒素成分除去性能の評価

長岡技科大院・工 学生会員 ○太田優輝
 長岡技科大院・工 学生会員 ヌル・アデリン
 長岡技科大院・工 正会員 幡本将史
 長岡技科大院・工 正会員 山口隆司
 長岡市寺泊水族博物館 非会員 青柳彰

1. 背景

従来の海水・淡水生物の飼育は、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、水生生物由来の排泄物や餌の食べ残しなど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、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は飼育水槽内に蓄積する。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の除去のためには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。海水の水交換は飼育施設が沿岸部にある場合、比較的容易に行える。しかし、飼育施設が内陸部にある場合、海水の水交換は運搬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、敷地面積に制約がある場所では、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、海洋生物飼育水の新規処理技術として装置の小型化および飼育水を再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。そこで本研究室は硝化機能を有する Down-flow Hanging Sponge (DHS) 槽と脱窒機能を有する Up-flow Sludge Blanket (USB) 槽を組み合わせた USB-DHS システムを用いて、飼育水処理装置の小型化および飼育水を循環利用できる窒素成分除去装置を開発した。これまでに USB-DHS システムを用いて海水生物を対象とした実証実験を行い、換水を減らしても、飼育に適した窒素成分濃度を維持し、飼育を行えることを実証した。本研究の目的は、実際に海水魚と淡水魚をそれぞれ飼育した際の USB-DHS システムの窒素成分除去性能を評価し、淡水魚の飼育に適用可能かどうかを検討した。

2. 実験条件

本研究で用いた実験装置の概要図を Fig. 1 に示す。海水条件での処理システムは、容積 300 L の水槽の上部に、水槽容積に対して 1.0%の容積の DHS 槽 (容積:3.0 L, スポンジ量:1.5 L) と USB 槽 (容積:3.0 L, 脱窒グラニューール量:1.5 L) を組み合わせて構成し、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。淡水条件での処理システムは、容積 600 L の水槽の下部に、水槽容積に対して 2.0%の容積の DHS 槽 (容積:12.0 L, スポンジ量: 6.0 L) と 1.3%の容積の USB 槽 (容積:8.0 L, 脱窒グラニューール量:4.0 L) を組み合わせて構成した。

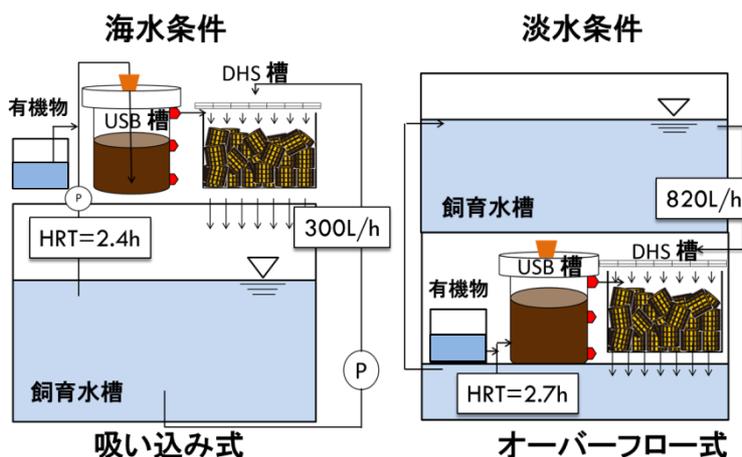


Fig. 1 実験装置概要図

DHS 槽への流入水は、海水条件ではポンプで汲み上げた飼育水を、淡水条件では水槽からオーバーフローし

キーワード 窒素除去 排水処理 嫌気性処理

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL:0258-47-1611 (内線 6646)

た飼育水を用いた。USB 槽への流入水は両条件においてポンプで汲み上げた飼育水を用い、USB 槽の流出水は DHS 槽へ流入させた。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。硝化を行う DHS 槽の流量は1時間に全飼育水量が通過する流量とし、脱窒を行う USB 槽の流量は1日に全飼育水量の10%を処理する流量とした。飼育水の水質制御目標値は水温 25~28℃, DO 6.0 mg/L 以上, pH7.5~8.0 とした。本研究で供飼した魚と魚体密度は、海水条件ではカクレマノミ、デバスズメダイ、ルリスズメダイを 2.0 kg/m³, 淡水条件では錦鯉を 3.0 kg/m³ とした。脱窒に用いる有機物源には酢酸ナトリウムと酢酸を使用し、添加量は式 (1) を用いて C/N 比 1.2 になるように調整した。

$$\text{添加有機物濃度}[\text{mg-C/L}] = \text{C/N (gC/gN)} \times \text{流入 NO}_3^- \text{-N 濃度} + \text{C/O (gC/gO)} \times \text{流入 DO 濃度} \quad \dots(1)$$

3. 実験結果

飼育は 200 日間行い、水交換は 20% を 1 回、50% を 3 回の計 4 回行った。海水・淡水水槽における装置の運転条件の平均値を Table 1 に示す。表に示した平均値は有機物を供給し始めた飼育開始から 20 日目以降の結果を使用した。両システムは浸漬曝

気なしでも飼育に問題のない十分な DO が得られた。海水・淡水水槽の平均 NH₄⁺-N は 0.09±0.07

mg-N/L, 0.10±0.09 mg-N/L, 平均亜硝酸性窒素 (NO₂⁻-N) は 0.03±0.06 mg-N/L, 0.01±0.01 mg-N/L, 平均 NO₃⁻-N は 13.0±6.7 mg-N/L, 1.9±2.2 mg-N/L

であった。NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N の目標値は一般的な水族館での要求値である 0.1 mg-N/L 以下, 0.1 mg-N/L 以下, 30 mg-N/L 以下とし、目標値以下の窒素成分濃度の結果が得られた。NO₃⁻-N の経日変化と理論的収束濃度の関係を Fig. 2 に示す。NO₃⁻-N の理論的収束濃度を脱窒率 95% で計算したところ、海水水槽は 9.5 mg-N/L, 淡水水槽は 14.3 mg-N/L であった。

飼育水の NO₃⁻-N は理論的収束濃度に対し、海水水槽は 42% 高く、淡水水槽は 88% 低い結果が得られた。海水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を上回った原因は、0~70 日目までに給餌量が増加したためである。給餌量が一定となった 70 日目以降の NO₃⁻-N は 10.6±3.1 mg-N/L であり、理論的収束濃度に近い値が得られた。淡水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を下回った原因は、オーバーフローによって飼育水が循環する水槽を使用したため、浮遊している残餌が USB 槽内に入り、脱窒反応の有機物源として使用されたためであると考えられた。

海水水槽は 9.5 mg-N/L, 淡水水槽は 14.3 mg-N/L であった。飼育水の NO₃⁻-N は理論的収束濃度に対し、海水水槽は 42% 高く、淡水水槽は 88% 低い結果が得られた。海水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を上回った原因は、0~70 日目までに給餌量が増加したためである。給餌量が一定となった 70 日目以降の NO₃⁻-N は 10.6±3.1 mg-N/L であり、理論的収束濃度に近い値が得られた。淡水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を下回った原因は、オーバーフローによって飼育水が循環する水槽を使用したため、浮遊している残餌が USB 槽内に入り、脱窒反応の有機物源として使用されたためであると考えられた。

海水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を上回った原因は、0~70 日目までに給餌量が増加したためである。給餌量が一定となった 70 日目以降の NO₃⁻-N は 10.6±3.1 mg-N/L であり、理論的収束濃度に近い値が得られた。淡水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を下回った原因は、オーバーフローによって飼育水が循環する水槽を使用したため、浮遊している残餌が USB 槽内に入り、脱窒反応の有機物源として使用されたためであると考えられた。

海水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を上回った原因は、0~70 日目までに給餌量が増加したためである。給餌量が一定となった 70 日目以降の NO₃⁻-N は 10.6±3.1 mg-N/L であり、理論的収束濃度に近い値が得られた。淡水水槽の NO₃⁻-N が理論的収束濃度を下回った原因は、オーバーフローによって飼育水が循環する水槽を使用したため、浮遊している残餌が USB 槽内に入り、脱窒反応の有機物源として使用されたためであると考えられた。

4. 結論

USB-DHS システムを用いて海水魚・淡水魚の飼育を 200 日間行ったところ、海水水槽と淡水水槽の平均 NH₄⁺-N はそれぞれ 0.09±0.07 mg-N/L, 0.10±0.09 mg-N/L, 平均 NO₂⁻-N はそれぞれ 0.03±0.06 mg-N/L, 0.01±0.01 mg-N/L, 平均 NO₃⁻-N はそれぞれ 13.0±6.7 mg-N/L, 1.9±2.2 mg-N/L であり、魚の飼育に適した窒素成分濃度を維持できた。この結果より USB-DHS システムは淡水魚の飼育に適用可能であることが分かった。

Table 1 運転条件

	海水条件	淡水条件	制御目標値
水温 [°C]	27.8±0.9	27.0±1.7	25~28
pH [-]	7.8±0.3	7.9±0.4	7.5~8.0
DO [mg/L]	6.26±0.77	7.47±1.10	6.0以上
ORP [mV]	152±61	202±77	

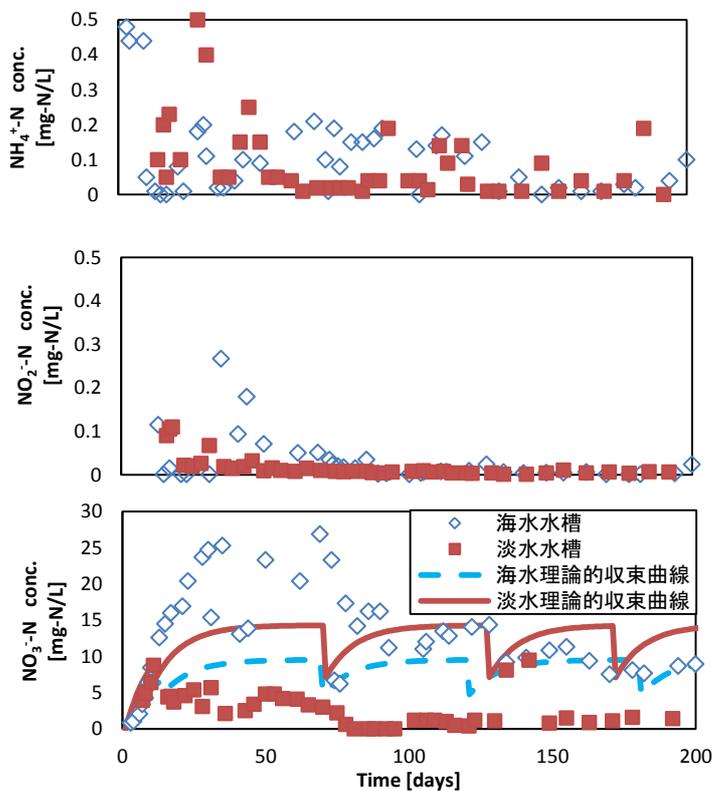


Fig. 2 窒素成分の経日変化