

硝化型 DHS 槽を用いた海洋生物飼育水を対象とする性能評価と条件の検討

長岡技術科学大学 ○古川 斐人 中村 明靖 山口 隆司
大成建設株式会社 森 正人 川又 睦

1. はじめに

従来、海洋水族館における飼育水の処理システムは、水生生物の排泄物や残餌をろ過装置により除去し、その処理水を再利用する閉鎖型(循環型)の水処理システムが多く用いられている。このろ過装置内では硝化反応により水生生物にとって有害であるアンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, 以下 TAN)の処理が行われている。従来のシステムの問題点は、水槽容量の 10~20%の容量を要し、広大なバックヤードを必要とする。また、水生生物の排泄物や残餌により、ろ過槽の詰まりが発生するため、逆洗浄を必要とする。逆洗浄は、通常の流向と逆方向に洗浄水を通水し詰まりを取り除く工程である。この逆洗浄には多量の洗浄水を使用し、排出される廃水の処理を必要とし、さらに洗浄後に処理性能が低下するといった問題を有している。そのため、従来の飼育水の処理システムを用いている海洋水族館では、運転管理が容易(逆洗浄不要)かつコンパクトな水処理システムの導入が望まれている。

そこで本研究グループが開発した DHS (Down-flow Hanging Sponge) 槽を用いた逆洗浄不要、低コスト、省スペースおよび硝化反応の高速化可能な、新規システムを開発した。本報告では、高速な硝化システムの適用条件の検討としてスポンジ担体の選定を行なった結果について述べる。

2. 実験方法

2.1 連続運転実験

図1は連続運転実験の装置概要図を示す。実験装置の構成は水槽 200L、ポアサイズの違う 3 種類のスポンジ担体を充填した硝化型 DHS リアクター (高さ: 1.05m, 容積: 2L) 3 基とした。ポアサイズはスポンジの孔寸法を表す指標である。ポアサイズの違いが保持汚泥量や通水率に違いを生じ、硝化反応に影響を及ぼすことが考えられたため 3 種類のパアサイズのスポンジ担体を用い、比較を行なった。海水魚飼育を想定した飼育水槽は、塩濃度 3.5%の人工海水を作成し用いた。管理項目は、pH8.0 および水温 25℃, $\text{DO}5.5 \text{ mg-O/L}$ 以上とした。添加する窒素源は塩化アンモニウムを用い、一般的な水族館の魚体量 3kg/m^3 と魚体あたりの一日窒素排出量 0.5g-N/kg-魚体/day を想定し、 1.5mg-N/L/day となるように添加した。本実験は硝化処理性能を評価するため硝酸の蓄積を無視していたが、運転 75 日目より脱窒リアクター (高さ: 0.8m 容積: 4L) を設置し、硝酸濃度の低下を図った。

表1に連続運転における各 RUN の日数と運転条件を示す。脱窒槽の有無、水槽内曝気の有無、DHS リアクターの有無により RUN1~4 まで条件分けを行ない運転した。

2.2 硝化速度実験

図2に硝化速度実験概要図を示す。実験装置の構成は連続実験に用いている各硝化型 DHS 槽と容量 20 L の水槽を用い DHS 槽ごとに別のシステムとした。硝化速度は水槽水に NH_4Cl を溶解させ、それぞれの水槽中濃度が 0 mg-N/L になるまで DHS 槽を運転し算出した。運転開始から 24 日目に一回目、137 日目に二回目、323 日目に三回目の硝化速度実験を行なった。

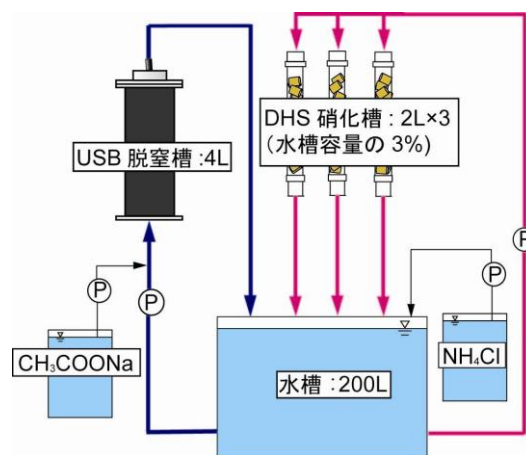


図1 連続運転実験装置概要図

表1 連続運転における各 RUN の日数と運転条件

RUN	1	-	2	3	-	4
経過日数(日)	0-23	24-36	37-74	75-136	137-139	140-
脱窒槽の有無	無			有		
炭素源添加量 ($\text{mg-C}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$)	0			3		
硝化槽容積(L)	6	-	6	-	6	
窒素添加量 ($\text{mg-N}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$)	1.5	-	1.5	-	1.5	
水槽内曝気有無	有	無				

キーワード 硝化 DHS 海水 海洋生物 水族館

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境制御工学研究室 TEL:0258-47-1611 (内線 6646)

3. 実験結果及び考察

表 2 は水槽中管理項目の平均値と目標値を示す。DO は、曝気を行なった RUN1 で平均 7.36 ± 0.25 (mg-O/L) , 行わなかった RUN2 以降で平均 6.74 ± 0.49 (mg-O/L) と低下した。しかしながら、どちらにおいても海洋生物の飼育には影響のない範囲 (5.0mg-O/L 以上) であった。このことより、硝化型 DHS 槽を硝化槽として用いた場合、水槽内曝気の必要はないことが確認された。その他管理項目も目標値を達成した。

図 3 は水槽中窒素成分濃度の経日変化を示す。窒素成分は、運転開始直後に TAN が減少し、 NO_2^- -N が増加、16 日程度で NO_2^- -N も減少し NO_3^- -N の蓄積が始まった。このことから運転開始と同時に硝化反応が進行したことが確認された。また、脱窒 USB 槽を運転した RUN3 以降も TAN の蓄積などは見られず、 NO_3^- -N の減少から良好に脱窒反応が行われていることが示唆された。

図 4 はスポンジ担体保持汚泥量の経日変化を示す。スポンジ担体の保持する汚泥量は三回目の測定まで、それぞれのポアサイズで概ね安定していた。しかしながら、四回目の測定ではセル数の最も少ないスポンジ担体が最も多く汚泥を保持していた。このことから、運転会初期は接触面積の多いスポンジ担体 (セル数の多いスポンジ担体) で菌体が付着、生育しやすいが、時間の経過とともにセル数の少ない (セルの大きい) スポンジ担体で菌体が増殖しやすいことが確認された。

表 3 は硝化速度実験結果を示す。それぞれのスポンジ担体において、TAN 及び NO_2^- -N 濃度を海洋生物にとって無害である数値まで低下させる時間に大きな差はないことが確認された。いずれの実験においても最もセル数の多いスポンジ担体を充填した硝化型 DHS 槽の硝化速度が早いことが確認された。また、実験 1 回目、2 回目では他セル数を充填した硝化型 DHS 槽の約 1.2 倍の速度であった。しかしながら、実験 3 回目においては最もセル数の少ないスポンジ担体 (13 個/25mm) を充填した DHS 槽のみ硝化速度が上昇し、汚泥量との相関がみられた。

これらのことから、運転開始当初ではセル数の多い (目の細かい) スポンジ担体において汚泥量が増加しやすいこと、硝化速度が早いことなどから DHS 槽内担体に適しているが、一定量の菌体が増殖した後は、セル数の少ない (目の荒い) スポンジ担体を充填した硝化型 DHS 槽でも十分な硝化性能が得られ、かつ菌体を多く保持できるため適していることが示唆された。また、いずれのポアサイズのスポンジ担体においても運転期間中、目詰まり等は発生せず、逆洗浄やスポンジ担体の交換は不必要であった。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に記す。

- ・水槽容量に対し 3%の硝化型 DHS 槽は、海水魚飼育における硝化槽としての十分な硝化性能を達成した。
- ・硝化型 DHS 槽を硝化槽として用いた場合、水槽内に曝気が必要とせずとも、魚体の生育に十分な DO が保たれた。
- ・硝化型 DHS 槽内に充填するスポンジ担体は、運転開始初期においては目の細かいもの(今実験ではセル数：30 個/25mm)が適しており、いずれのスポンジ担体を充填した硝化型 DHS 槽でも逆洗浄等の維持管理は不必要であった。

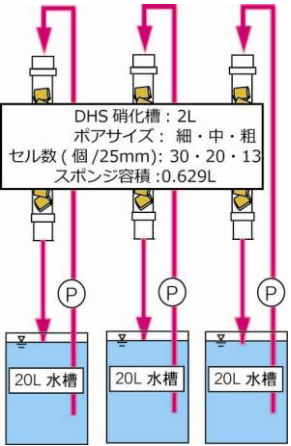


図 2 硝化速度実験時概要図

表 2 水槽中管理項目の平均値と目標値

項目	模擬水槽水 (運転期間平均)	目標値 (海域B類)*
Temp. [°C]	25.15±2.7	25
DO(RUN1・曝気有) [mg/L]	7.36±0.25	(5.0以上)
DO(RUN2以降・曝気無) [mg/L]	6.74±0.49	
塩濃度[%]	3.49±0.16	3.5
ORP [mV]	126±56.3	-
pH[-]	8.05±0.38	(7.8~8.3)

*環境省 HP, 環境基準・海域基準値より

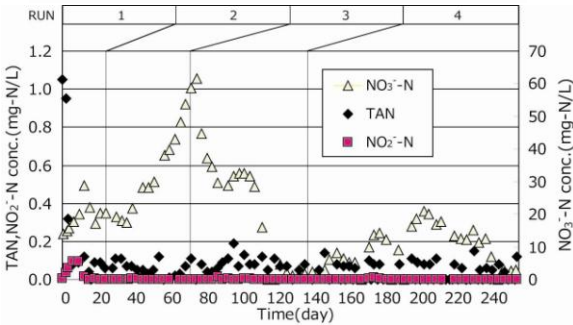


図 3 水槽中窒素成分の経日変化

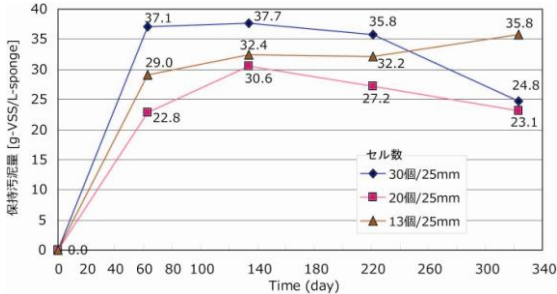


図 4 スポンジ担体保持汚泥量の経日変化

表 3 硝化速度実験結果

	ポアサイズ セル数(個/25mm)	細 30	中 20	粗 13
1 回目硝化速度 [mg-N・hour ⁻¹ ・L-sponge ⁻¹]		1.24	1.15	1.04
2 回目硝化速度 [mg-N・hour ⁻¹ ・L-sponge ⁻¹]		1.53	1.31	1.19
3 回目硝化速度 [mg-N・hour ⁻¹ ・L-sponge ⁻¹]		1.31	1.17	1.29