

クルマエビの飼育を目的とした閉鎖循環式システムの開発に関する研究

宮崎大学工学部 (学)○竹嶋剛, (正)鈴木祥広
 宮崎大学農学部 伊丹利明
 宮崎大学 丸山俊朗

1. はじめに

現行の養殖業は、食料・タンパク源を供給する重要な産業である一方、環境への汚濁負荷源として最も危惧される産業の一つに挙げられている。養殖業は食料・タンパク源の生産を担う最重要な産業の一つに位置付けられるのであるから、その持続可能な継続・発展を図るには、「ゼロエミッション」の概念を導入した新たな産業システムへの早急な転換が必要である。著者らは、泡沫分離、硝化および脱窒のプロセスからなる閉鎖循環式システムを研究・開発してきた。すでに、ヒラメ¹⁾とウナギ²⁾を対象魚種とし、本システムを用いて完全閉鎖式かつ無投薬の条件で数ヶ月間に渡る飼育を達成した。そこで本研究では、国内外において最も需要の高いクルマエビについて、ゼロエミッションを目指した閉鎖循環式システムを構築し、クルマエビの無投薬における飼育の可能性と環境への負荷削減効果を明らかにすることを目的とした。

2. システム, 材料, および方法

2.1 システムの構成と管理

閉鎖循環式システムを図-1に示す。本システムは、飼育水槽 (水量 0.7 m³, 水表面積 1.2 m²), 空気自給式エアレーター (200V, 0.2kw) を備えた泡沫分離槽 (容量 0.20 m³), 硝化槽 (0.16 m³) および脱窒槽 (0.22 m³) からなり、全水量は 1.3 m³である。設置場所は、大学屋内研究施設内とした。泡沫分離槽には pH 制御ポンプ, 飼育水槽には水温制御装置とヒーター (100V, 1kw) を取り付けた。飼育水には砂濾過海水を用い、循環ポンプで飼育水を循環させ、1 循環時間は16分 (循環流量 66L/min) とした。飼育水は循環ポンプによって泡沫分離槽, 硝化槽の順に通水され、処理水は再び飼育水槽に返送される。飼育水の pH は、pH 自動制御装置 (イワキ製, EH/W-PH) を用いて 5% 炭酸水素ナトリウム溶液 (和光純薬製, 特級) を滴下し、下限 pH を 7.5 に設定した。水温は 25°C に設定した。脱窒プロセスを稼働させる場合には、飼育水と同時にメタノールを脱窒槽に注入した。脱窒処理した飼育水は泡沫分離槽に返送される。クルマエビは昼夜の大半を潜砂して生育するため、飼育水槽の底部には砂を被覆しなければならない。そこで、砂被覆の可能な上向流式飼育水槽を製作し、飼育システムに導入した。被覆用砂としてサンゴ砂を用いた。

2.2 飼育方法

本飼育試験では、クルマエビの種苗を購入 (三井農林海洋産業) し、閉鎖循環式システムの飼育水槽に 125 尾 (約 0.8g/尾) を放養した。クルマエビは夜間に摂餌するため、放養総重量の約 5% に相当する配合飼料 (エビアン協和, 協和発酵工業) を夕刻に一日一回給餌した。給餌は毎日行い翌朝に残餌と脱皮後の抜け殻を回収し、窒素収支を得るため、それぞれの乾重量を測定した。給餌量は、前日の摂餌量と残餌量から可能な限り残餌がないように調整した。飼育期間は 135 日間とした。

2.3 分析方法

水質分析に供する飼育水は、2~3 日毎に飼育水槽から 250mL 容ポリビンに採水し、直ちに分析する試料と冷凍保存 (-30°C) する試料に分けた。泡沫分離槽から排除される泡沫分離水については、飼育水採水時にすべてを回収し、水量を測定後、分取し、

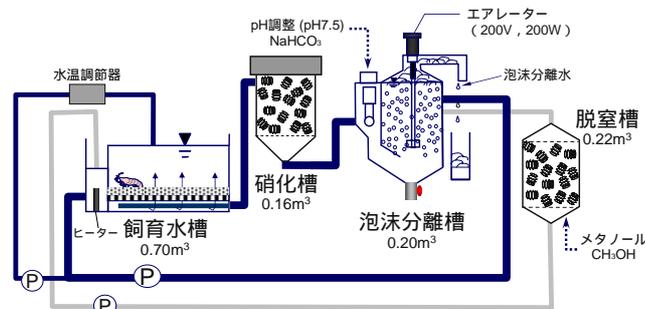


図-1 閉鎖循環式システム。

キーワード：ゼロエミッション, 閉鎖循環式システム, クルマエビ, 泡沫分離

連絡先：〒 889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1, TEL. 0985-58-7339, FAX. 0985-58-7334

冷凍保存した。分析項目は、溶存酸素（以降 DO とする）、全有機態炭素、色度、260nm の吸光度、アンモニア態窒素（以降 $\text{NH}_4\text{-N}$ とする）、硝酸態窒素（以降 $\text{NO}_3\text{-N}$ とする）、亜硝酸態窒素（以降 $\text{NO}_2\text{-N}$ とする）、T-N、リン酸態リン、T-P、濁度である。

3. 結果と考察

3.1 生育状況

クルマエビ 125 尾を放養し、最終日（135 日目）には 61 尾まで減少し、飼育密度は $51\text{尾}/\text{m}^2$ であった。死亡原因として、飼育水槽外への逸脱や、放養尾数の過剰、供食などが考えられる。平均重量は、放養初期 0.80g-wet から 135 日目には 8.72g-wet に増加した。よって、本システムは、閉鎖循環式の条件で、クルマエビの高密度飼育が長期間に渡って可能である。

3.2 飼育水水質

飼育水の各態窒素濃度を図-2に示した。魚毒性の強い $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ は硝化槽で酸化され、それぞれ平均 0.25mg-N/L 、 0.011mg-N/L (各 $n=40$) であった。本システムの硝化プロセスが極めて良好に機能したと言える。硝化反応で生じる $\text{NO}_3\text{-N}$ は、飼育水に 22.0mg-N/L まで蓄積したが、脱窒プロセス稼働後、 10mg-N/L 以下まで減少した。収容量や生産量を規定する主要因とされる DO は平均 $6.55\text{mg-O}_2/\text{L}$ 、飽和度は平均 101 % (各 $n=37$) であり、飼育水の DO をほぼ飽和濃度に維持している。

3.3 窒素の物質収支

窒素 (N) の収支を図-3に示した。総積算摂餌量 (1181.5g-dry) 中の N の総量を 100 % として示した。配合飼料の N 含有率は 9.4 % であった。N は 53.5 % がクルマエビの体となり 3.1 % が飼育水に蓄積し、2.2 % が泡沫分離で除去され、硝化槽・脱窒槽への蓄積分や脱皮した抜け殻などを除いた 23.7 % は脱窒作用により窒素ガスとしてシステム外に放出されたと考えられる。したがって、負荷削減効果として、クルマエビの同化を除く 44.0 % が処理すべき窒素の 53.9 % が脱窒によって除去されたと見積られた。

4. まとめ

- (1) 飼育 135 日間を通して、飼育水質では、各プロセスの機能により、三態窒素および、濁度は蓄積せずに低濃度で維持できた。
- (2) 平均重量 0.80g-wet から 8.72g-wet に成長し、長期間の高密度飼育が可能であった。
- (3) 排出される窒素のうち 53.9% 除去できた。

以上のことより、本システムにおける、稚エビの放養技術、適切な飼育密度および最大生産量については今後の重要な検討課題であるが、ゼロエミッション型養殖システムの開発は十分可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 丸山俊朗, 鈴木祥広, 佐藤大輔, 神田猛, 道下保 (1999) 泡沫分離・硝化システムによるヒラメの閉鎖循環式高密度飼育, 日本水産学会誌, 65, 818-825 .
- 2) 鈴木祥広, 丸山俊朗, 竹本進, 小野リサ (1999) 泡沫分離・硝化脱窒システムによるウナギの閉鎖循環式高密度飼育, 水環境学会誌, 22, 896-903 .

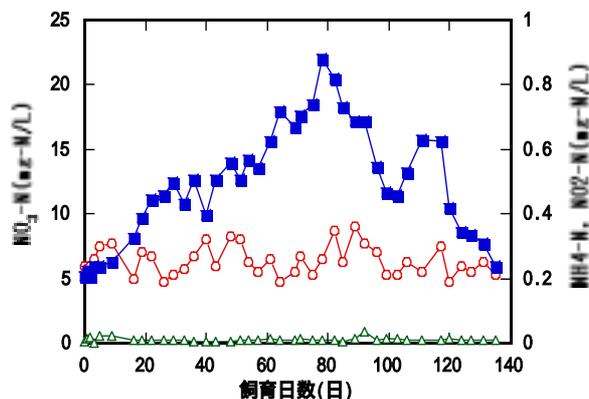


図-2 飼育水の各態窒素濃度の変化 .

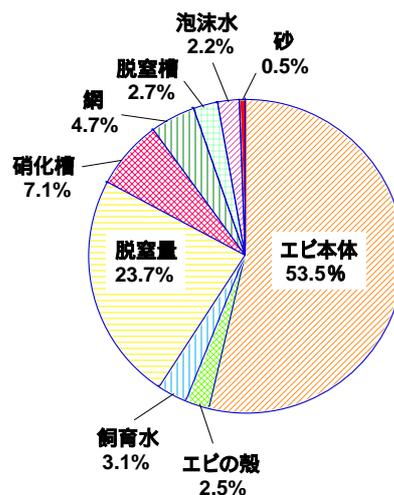


図-3 窒素の収支 . (総積算摂餌量 100 %)