

泡沫分離プロセスを組み込んだウナギの閉鎖循環式養殖システムの開発

宮崎大学工学部 正員 鈴木祥広 正員 丸山俊朗
 佐藤 創
 沼田寛之

1. はじめに

内水面養殖業においてウナギ養殖は、生産量（全内水面漁業総生産量の約40%、約39,000 t）および生産額（全内水面漁業総生産額50%以上）からみて極めて重要である¹⁾。ウナギ養殖場からの単位収容量当たりの負荷量は、人口当量で換算すると全窒素（T-N）では47人/トン収容量，全リン（T-P）は77人/トン容量であり，生産量から見積もるとその負荷量は極めて大きい²⁾。養殖排水を全く出さない養殖システムが開発されれば，著しく負荷源の削減に寄与できると考えられる。そこで，本研究では換水を全く伴わない閉鎖循環式ウナギ飼育システムとして，泡沫分離・硝化・脱窒システムを構築した。このシステムにおいてウナギを幼魚から飼育し，ウナギの高密度飼育の可能性を明らかにし，飼育水の水質変化，ならびにC, N, Pの収支について調べ，水質維持特性と各プロセスの機能について検討することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 システム 閉鎖循環式ウナギ飼育システム（図-1）は飼育水槽（水量0.43m³），空気自吸式エアレーター（200V，0.4kW）を設置した気液接触泡沫分離槽，硝化槽，および脱窒槽からなり，全水量は1.1m³である。飼育水は循環ポンプで気液接触槽へと送られ，溶存酸素は飽和に達し，同時に懸濁物質などは泡沫分離処理される。続いて上向流式の硝化槽でNH₄-Nが硝化され，同時に懸濁物が除去され，処理水は再び飼育槽へと返送される。脱窒槽には別経路で飼育水を循環させ，同時にメタノールを注入し，脱窒処理された処理水は気液接触槽へと送水される。このシステムは泡沫分離と蒸発による飼育水の減少分を水道水で補充するのみであり，完全な閉鎖循環式システムである。

2.2 飼育実験 上記のシステムを用いて1999年7月2日から10月13日までの104日間実験を行った。実験開始にあたり，ウナギ幼魚（約17g/尾）3.3kgを飼育水槽に放養した。

2.3 分析項目 pH，電気伝導度，濁度，DO，水温，NH₄-N，NO₃-N，NO₂-N，PO₄-P，紫外部吸光度（260nm），色度，T-N，T-P，TOC，SSで，飼育条件については，表-1に示すとおりである。

3. 結果と考察

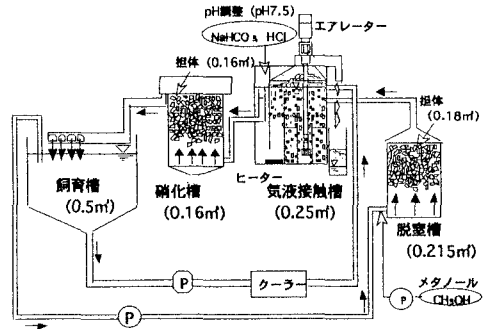


図-1 閉鎖循環式ウナギ飼育システム

表-1 飼育条件

対象魚	ウナギ幼魚 初期総重量3.3kg (58尾/kg, 約17g/尾)
水量(水道水)	システム総水量: 1.1m ³ , 飼育槽: 0.50m ³ (水量0.43m ³)
循環時間	15分間, 流量56ℓ
肥料	ウナギ用配合肥料(中部飼料製)
給餌方法	午前10時: 100g, 午後5時: 100g; 200g/日 (実験初期, 1回, 100g/日)
水温設定	28℃
pH設定	pH7.5 (炭酸水素ナトリウム, 塩酸)

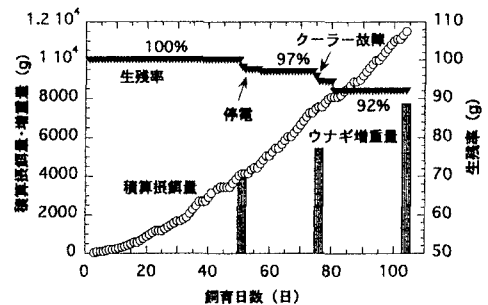


図-2 積算摂餌量，ウナギ増重量，および生残率の変化。

3.1 飼育成績 図-2に飼育日数に対する積算摂餌量, ウナギの増重量, および生残率を示す。104日間の飼育実験において, 生残率は91%であった。停電, およびクーラーの故障によるもので, これがなければ生残率はさらに上がったと考えられる。ウナギの総重量は3.3kgから11.0kgへと増加し, 初期重量の3.3倍になった。積算摂餌量に対するウナギの増重量の割合を示した餌料効率は67.3%であった。

3.2 飼育水水質 三態窒素, および全窒素の経日変化を図-3に示す。NO₃-Nが120mg-N/lをこえた40日目より脱窒を開始し, 104日後にNO₃-Nは40.8mg-N/lに減少した。55日目前後にNO₂-Nの急激な上昇がみられたのは, 硝化槽を洗浄し, 汚泥を回収した際に, その上澄み水をシステム内に戻したためと考えられる。DO飽和度は飼育期間中, 60~93% (平均, 75%)であり, O₂供給は良好であった。濁度は0.5~2.5TUであり, 懸濁成分の飼育水への蓄積はみられなかった。

3.3 脱窒効果 図-4に積算摂餌量とNO₃-N絶対量との関係を示す。脱窒を行っていない40日目までのNO₃-Nの挙動から, もし脱窒を行っていなければ, システム内に366.2gのNO₃-Nが蓄積されたと推定される。システム内に蓄積されたNO₃-Nの絶対量は42.8gであり, 飼育水中に負荷されたNO₃-Nの88%が脱窒により系外に放出されたことになる。

3.4 汚泥の回収・利用 汚泥の沈降速度はきわめて速く, 汚泥の飼育水からの分離, および回収は容易であった。また, 汚泥, 泡沫分離水の成分組成は, 推奨されるコンポスト基準に良く合致していた。

3.5 物質収支 窒素についての収支(図-5)は, 総給餌量中の窒素量を100%とすると, 魚体に38.2%, 飼育水に7.1%, 泡沫水に0.4%, 硝化槽汚泥に3.2%, 脱窒槽汚泥に0.6%となった。排泄された窒素は, ほぼ完全に処理可能である。

4. まとめ

- ①閉鎖循環式の条件でウナギは幼魚から成魚に良好に成長した。
- ②本システムの各プロセスの機能は次のとおりであった。
 - ・泡沫分離: 酸素供給, 平均75%; 懸濁物; 色度成分; 体表面粘質物の除去; 窒素処理水の脱気。
 - ・硝化: NH₄-N, 1.2mg-N/lに維持; NO₂-N, 0.2mg-N/lに維持; 固液分離, 0.5~2.5TU。
 - ・脱窒: NO₃-N, 88%除去。
- ③汚泥の回収は容易であり, コンポストに利用可能である。

参考文献

- 1) 鹿田敏嗣: 養殖生産・流通・消費に関するデータ, 養殖93養殖データブック緑書房, 東京, 1993, pp132-231。
- 2) 内水面漁業協同組合連合会: 平成8年度魚類養殖対策調査報告書-養殖堆積物適正処理技術開発事業報告書, 1997。

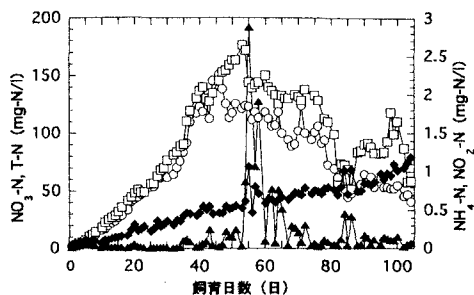


図-3 三態窒素, および全窒素の経日変化。

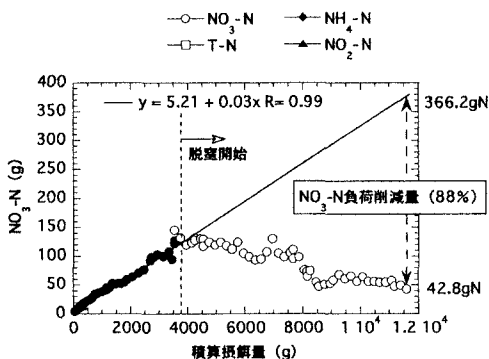


図-4 積算摂餌量とNO₃-N絶対量の関係。

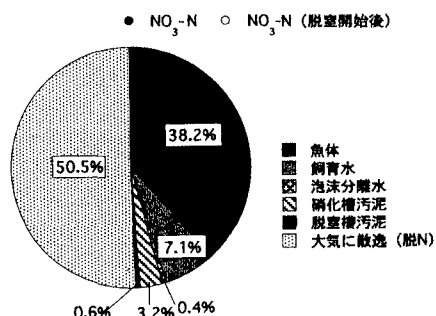


図-5 104日飼育におけるシステム内の窒素についての物質収支。