

閉鎖循環式養殖システムの開発：実養殖場に則した養殖法によるウナギの高密度養殖

宮崎大学工学部 学員 谷口博紀

宮崎大学工学部 正員 鈴木祥広

宮崎大学工学部 正員 丸山俊朗

宮崎大学大学院 学員 亀谷卓司

1. はじめに

内水面の養殖場は、河川の上流部に位置する 경우가多く、養殖場排水が水道原水の水質悪化、あるいはダム・湖沼で慢性的に発生するアオコや淡水赤潮などに対して、直接的・間接的に影響を及ぼしているのではないかと危惧され始めてきた^{1,2)}。一方で、魚類は貴重なタンパク資源であり、これからの養殖業は極めて重要である。したがって、環境に配慮した新しい養殖形態に移行することは必至である。汚濁排水、汚濁物を排することなく、高密度養殖が可能な養殖技術、すなわちゼロエミッション型養殖システムの開発に対するニーズが高まってきている。著者らは、泡沫分離、硝化、および脱窒プロセスを組み合わせた閉鎖循環式養殖システムを開発し、ウナギの高密度飼育試験を行ってきた。その結果、排水を全く伴わない閉鎖循環式のゼロエミッション条件において、極めて高い生存率でウナギを良好に成長させることができ、実用化への展開が期待された。実際のウナギ養殖場で行われている飼育法で重要なポイントは、魚体の油分を高めるために配合飼料に魚油を混ぜて給餌すること、ならびに効率的にウナギを生産するために魚体のサイズ毎に選別して飼育することである。そこで本研究では、本システムにおいて、実養殖場の飼育法に則してウナギの高密度飼育試験を実施し、飼料への油分添加が水質浄化プロセスに及ぼす影響ならびにウナギの生産量と飼料効率について検討した。

2. 実験方法

2.1 閉鎖循環式魚類飼育システム 実験で用いた閉鎖循環式ウナギ飼育システムを図-1に示す。飼育水は飼育水槽(0.43m³)より、循環ポンプで気液接触槽(0.25m³)へと送られ、酸素の溶入及び、懸濁物が泡沫分離処理によって除去される。続いて上向流式の硝化槽(0.16 m³)でNH₄-Nの硝化が行われ、同時に懸濁物が除去され、飼育水槽へと循環する。脱窒槽(0.22 m³)には別経路で飼育水を循環させ、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られる。本システムは、泡沫分離水と蒸発分の水分を水道水で補充するのみのほぼ完全な閉鎖循環式システムである。本試験期間中は、排水・換水は全く行わなかった。管理項目は、1日2回の給餌、pH調整剤の補充(3~4ヶ月間毎)、脱窒用のメタノールの補充(2~3日毎)、水道水補充(1~2週間毎)であり、維持管理は極めて容易である。

2.2 飼育試験 飼育条件を表-1に示した。ウナギ幼魚2.8kg(13.3g/尾、約200尾)を飼育水槽に放養し、飼育試験を開始した。給餌に際しては、実養殖場の給餌法に従って、配合飼料と魚油を水で練り混ぜた餌を与えた。魚体重による選別は、試験開始時から4ヶ月後と7ヶ月後の2回に渡って行った。本試験では1尾が120g以上に成長した個体を商品サイズと設定し、体重測定時に分別し、収穫した。飼育水水質の分析項目は、pH、電気伝導度、濁度、DO、水温、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、PO₄-P、紫外吸光度(260nm)、色度、T-N、T-P、TOC、SSとした。

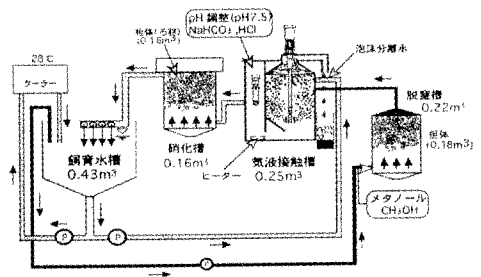


図-1 閉鎖循環式ウナギ飼育システム。

表-1 飼育条件

対象魚	ウナギ幼魚 初期総重量2.8kg (75尾/kg、約13g/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)
飼料(練り餌)	ウナギ用配合飼料 (中部飼料製) スケソウダラの油 (理研社製) 配合飼料:油:水=1:0.5:1.5(重量比)
給餌方法	午前10時:100g、午後5時:100g、200g-配合飼料/日 (実験初期:1回、100g-配合飼料/日)
水温設定	25℃
pH設定	pH7.5~8.0 (炭酸水素ナトリウム、塩酸)

3. 結果と考察

3.1 飼育水水質 飼育水の酸素飽和度は飼育期間中、73~96%(平均86%)であり、気液接触槽による酸素供給は良好であった。飼育水の三態窒素の経日変化を図-2に示す。魚毒性の強い $\text{NH}_4\text{-N}$ および亜硝酸塩は硝化槽で良好に処理され、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、平均0.87mg-N/L、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は平均0.052mg-N/Lで、飼育期間を通して低く維持された。56日目からは一日当たりの給餌量を100gから200gへと増量したため、硝化槽への負荷量が急激に増加して $\text{NH}_4\text{-N}$ の高くなった点(1.72mg-N/L)がみられたが、すぐに高負荷に適応し、数日後には良好に硝化されるようになった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は、脱窒処理によって飼育水に蓄積することなく、最少2.5mg-N/Lから最大44.5mg-N/Lで維持された。黄褐色のコロイドが少しずつ蓄積し、濁度および色度は飼育日数の経過とともに増加した。200日目において濁度と色度はそれぞれ5.72度と206.2度となったが、生存率(99%)および摂餌の活性から判断すると、ウナギの飼育に影響はなかった。飼育水水質はウナギの成育に適した水質に維持され、配合飼料に魚油を混ぜたことによる飼育水の悪化は認められなかった。

3.2 飼育成績 飼育期間を通して、飼育槽内で死亡した個体は、3尾であり、生存率は99%であった。飼育試験4ヶ月目におけるウナギの個別体重のヒストグラムを図-3に示した。試験開始時には約13gであった個体が80~100gに成長した。商品サイズ(120g/尾以上)に成長した個体は34尾で、全尾数の18%であった。ウナギの総重量は初期重量2.8kgから16.5kgへと増加し、増重倍率は5.9倍となった。餌料効率(増重量(kg)/摂餌量(kg)×100%)は91.3%であった。実養殖場の餌料効率は50~70%とされており、4ヶ月目における飼育成績は非常に良好であったと判断される。120g/尾以下の個体は全て飼育水槽に戻して、飼育試験を継続した。飼育試験7ヶ月目におけるウナギの個別体重のヒストグラムを図-4に示した。126尾うち80%が商品サイズに成長した。試験開始から7ヶ月間を通して、21.3kgのウナギが商品として生産され、収穫できた。

4. まとめ

本システムは、最大収容密度17kg-養魚/m³(飼育水槽で見ると39kg-養魚/m³)の超過密条件において、実養殖場の飼育成績を上回る収穫を挙げる事ができた。本システムの飼育試験の結果から、環境への汚濁負荷を大幅に削減し、しかも超集約的養殖が技術的には可能であることが明らかとなった。実用化へ向けての今後の展開として、施設費、ランニングコスト、および生産性などの具体的な経済性評価について、実規模の養殖試験が必要である。

参考文献

- 1)高橋幸彦, 他: 阿武隈川中流域の富栄養化に及ぼす養魚池の影響, 用水と廃水, 41(12), 5-11, 1999
- 2)丸山俊朗, 鈴木祥広: 養魚排水の現状と水域への負荷-クローズド化への展望-, 日本水産学会誌, 64(2), 216-226, 1998

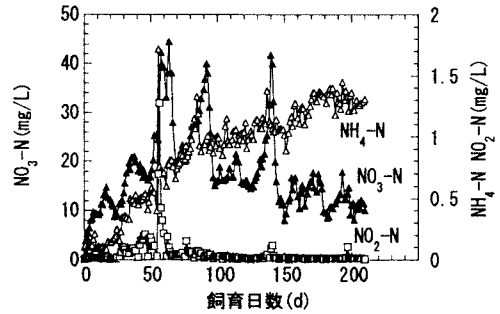


図-2 飼育水の三態窒素の経日変化。

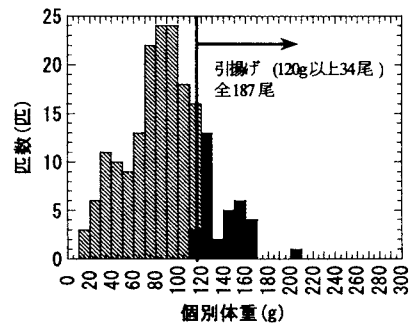


図-3 ウナギの個別体重ヒストグラム (4ヶ月目)。

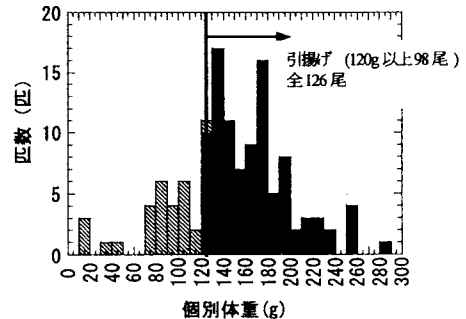


図-4 ウナギの個別体重ヒストグラム (7ヶ月目)。