

## 論文内容の要旨

### Abstract of Dissertation

氏名Name 中村 嘉伸

閉鎖循環型陸上養殖システム（RAS）は、水資源が制限された状況で安全で高品質な水産物を生産できる集約的な魚類養殖技術である。RASでは、高効率の水処理工程を使用して最大99%の水が再利用される。この革新的な養殖法は、食糧問題の解決のために世界的に期待されている。養殖魚生産の収益性を高めるためには、魚体密度が高い状態でRASを運用する必要ある。現在、糞や残餌などの固形物、アンモニア、亜硝酸、硝酸などの有害物質を養殖用水から除去するために、機械的および生物学的な水処理工程が用いられている。特に、アンモニアは魚の成長にとって非常に有害であり、高密度条件の養殖水槽において蓄積量が $1.0 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ を超えないようにする必要がある。最近、我々の研究グループは、硝化反応槽としてDHSリアクター、脱窒反応槽としてUSBリアクターを用い、淡水および海水の再循環水槽でアンモニアと亜硝酸の量を検出限界の $0.01 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下に維持できることを実証した。しかし、海水閉鎖循環型陸上養殖システムにおける水維持システムとしてDHSリアクターを導入した例は報告されていない。

本研究では、世界各地で行われた先行研究からRASでの窒素除去に関する技術課題を抽出し、それを解決する2つの技術開発を行った。まず、容量5000 Lのパイロットスケール水槽に海水浄化システムとしてDHS-USBシステムを設置し、全アンモニア性窒素

(TAN)、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素を測定することで、266日間にわたるクエ (*Epinephelus bruneus*) の成長・生存率と窒素除去性能を評価した。加えて、硝化・脱窒に関わる微生物を明らかにするためDHSとUSBの各リアクターに存在する微生物群集の特徴付けを行った。その結果、DHSリアクターは高いTAN除去率を示すとともに養殖水槽への酸素供給を担っていることが明らかとなった。また、酢酸ナトリウムを供給して運転したUSBリアクターは養殖環境下でも84~91%と高い硝酸性窒素除去率を示した。DHSとUSBの保持汚泥内には硝化反応、Anammox反応、脱窒反応に関わる多種多様な微生物が検出され、水質浄化の役割を担っていることが示唆された。以上のことから、本研究で実証したDHS-USBシステムは閉鎖循環型陸上養殖水槽の水処理技術として有望であり更なる大きな規模での実証試験が期待される。

次に、新たなアンモニア除去技術として注目される微細藻類を利用した窒素除去技術の開発を行った。微細藻類と硝化細菌が共存するとき、微細藻類の活動とアンモニア酸化細菌（AOB）や亜硝酸酸化細菌（NOB）による硝化反応によってアンモニア分解が起こる。このプロセスでは微細藻類の光合成によって酸素が補われ、硝化反応で消費される。微細藻類-硝化細菌を共生させた有効容積3.2 Lの6つのコンパートメントからなるリアクターを設計、30°Cで350日間連続運転し、アンモニア性窒素の除去特性を評価した。この結果、窒素負荷速度が $0.083 \pm 0.011 \text{ kg-N} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ のとき、全体で $66 \pm 11\%$ のアンモニア性窒素が除去された。また、流出水中の亜硝酸性窒素濃度が $60 \pm 26 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$ となり、長期的に安定した部分硝化が確認された。200日目と350日目には、NOBの活動が阻害された

ため、各カラムの溶存酸素濃度と遊離アンモニア濃度は、それぞれ $0.3\sim 0.7\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $14\sim 24\text{ mg-N}\cdot\text{L}^{-1}$  に低下した。これらの微細藻類-硝化細菌コンソーシアムは、アナモックスプロセスのための、新しい部分硝化プロセスとなる可能性がある。以上の結果、DHSとUSBを用いたシステムや微細藻類を用いた生物的窒素除去がRASによる魚類養殖に利用可能であることが示された。