

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月18日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20248021

研究課題名（和文） 新たな養殖魚の作出と飼育システムの開発

研究課題名（英文） Create new fish and develop novel systems for aquaculture

研究代表者 竹内俊郎 (Takeuchi Toshio)

東京海洋大学・海洋科学部・教授

研究者番号：70092591

研究成果の概要（和文）：

本研究は新しい養殖魚、すなわち動物性タンパク源を使用しないで成長が可能な魚、の作出を図るとともに、その魚を用いた完全閉鎖系における養殖システムの構築を目指している。

本研究の結果、脂質源に植物油を主体とする飼料で海水魚が飼育できる可能性を見出すとともに、魚粉の配合割合を削減し食品残渣を用いた飼料にすることにより魚体からのPの排泄を削減できること、海水魚の配合魚粉を削減した場合にタウリンが必須なことを明らかにした。さらに、閉鎖循環式システムにより仔魚より成魚まで飼育が可能で、成長ホルモン遺伝子導入魚を用いることにより成長が3倍となり、タンパク質の蓄積効率が高まることなど有益な結果が得られた。一方、成長ホルモン遺伝子組み換えティラピアは非導入魚と比較してCaとPの要求量は高まるなど、栄養代謝に何らかの影響を与えることを明らかにした。

今回の成果は、循環養殖に適した魚を仔魚から商品サイズまで飼育可能であることを明らかにした点に価値がある。今後は淡水魚と海水魚において最適な魚種の選定と付加価値を高めた魚を、新しい飼料を用いて実用化レベルで実験する必要がある。

研究成果の概要（英文）：

We are aiming to develop the farmed fish species that can grow well without utilization of animal protein source, and the optimal closed recirculating aquaculture systems (CRASs) for these species.

We had a likely prospect for culture of marine fish by utilizing vegetable oil as lipid source. And we found that lowered phosphorus (P) discharge loads from the fish fed on diets with recycled food waste as a partial replacement as fishmeal, as well as the necessary of taurine for marine fish when they fed on diets with fishmeal reduced. We succeeded in cultivating larval fish up to adult fish completely in a CRASs. Given the need for species with reduced nutrient discharge loading, in particular those suitable for CRASs, we determined the N and P discharge load from the 'all-fish' GH-transgenic tilapia (GHTi) of our produced line under satiation feeding with respect to its growth characteristics. The greater efficiency of productivity of GHTi was reflected in a 3 times higher specific growth rate, higher feed efficiency and protein retention when fed less diet. Moreover, the total nitrogen (N) and phosphorus (P) discharge loads from GHTi were lower than those of the control fish. Meanwhile, GHTi seemed to have a higher requirement of calcium and phosphorous.

It is meaningful to succeed in cultivating the optimal fish from larvae up to market-size adults in a CRASs. It is necessary to yield practical applications by conducting experiments of selecting optimal species, as well as rearing high-value-add species of freshwater and marine fish with novel diets.

交付決定額

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	10,100	3,030	13,130
2009年度	8,400	2,520	10,920
2010年度	8,400	2,520	10,920
2011年度	8,400	2,520	10,920
総計	35,300	10,590	45,890

研究分野：水産学

科研費の分科・細目：水産学一般

キーワード：養殖、バイオテクノロジー、循環式飼育システム、飼料

1. 研究開始当初の背景

本研究スタート当時においては、遺伝子導入魚の作出の研究は始まったばかりであり、一方、閉鎖循環式養殖システムについては取り組みが行われていたが、2つの研究については個別に相関を持たずに実施されていたにすぎなかった。すなわち、閉鎖循環式養殖システムに適合した魚種の選定や、そのシステムに適した新しい養殖魚の作出についての概念は全くなかった。そこで、今後発展が予想される2つのテーマの融合と発展的充実を念頭に置いて本研究を実施したところである。

2. 研究の目的

本研究は新しい養殖魚、すなわち動物性タンパク源を使用しないで成長が可能な魚、の作出を図るとともに、その魚を用いた完全閉鎖系における養殖システムの構築を目指している。

3. 研究の方法

(1) 新しい養殖魚の作出

- ①脂肪酸代謝酵素導入海産魚の作出とその評価
- ②成長ホルモン導入魚の作出とその評価

(2) 飼育システムの構築

- ①人工的な食物連鎖を利用した養殖における物質循環の研究
- ②環境制御による魚類の成長促進
- ③食品リサイクル原料を利用した養魚飼料の開発

4. 研究成果

(1) 新しい養殖魚の作出とその評価

- ①海産魚での遺伝子導入法を世界で初めて

樹立し、本法を用いて鎖長延長酵素遺伝子を導入することに成功した。さらに、本法を駆使して、脂肪酸鎖長延長酵素遺伝子をニベに導入し、F1世代までの作出に成功した。これらF1個体では導入した鎖長延長酵素が作用し、ドコサヘキサエン酸含量が通常個体より有意に増加していることが明らかとなった。本法を駆使することで、植物油で飼育できる海産魚の作出も夢ではないことが示唆された。

- ②成長ホルモン遺伝子導入ティラピア(GHT)を作出し、非導入魚(YT)との比較を行った結果、GHTティラピアはYTティラピアに比較して、成長が3倍となり、高い飼料効率とタンパク質効率を示すとともに、窒素およびリンの削減を図れることを明らかにした。また、GHTティラピアは非導入魚と比較してCaとPの要求量は高まるなど、栄養代謝に何らかの影響を与えることを明らかにした。

(2) 飼育システムの構築

- ①人工的な食物連鎖を利用した養殖における物質循環の研究では魚から排泄された糞や堆積物および飼育排水を藻類に利用させるため、どのような分解方法が最も効率的なのかについて検討した。その結果、マイクロウェーブを用いて、過酸化水素水を数種の濃度に調節して糞および堆積物を分解したところ、40mmolの過酸化水素水と10mmolの硫酸を混合した溶液を用いて分解することにより、種々のミネラルが可溶化されることが分かった。一方、養殖可能なミニプラント構築を目指した循環式飼育システム構築の一環として、ティラピ

ア仔稚魚に対する生のスピルリナを単用給餌した場合の閾値および有効藻類細胞密度の推定を行った。すなわち、異なる密度で<sup>14</sup>Cをラベルした生のスピルリナ細胞を成長段階の異なるティラピア仔稚魚に単用給餌し、摂餌率、消化吸収率およびろ過率を算出した。

- ②閉鎖循環式養殖を用いた環境制御による魚類の成長促進効果を検討する一環としてトラフグ種苗生産における低塩分飼育水の影響について調査した。その結果、50%海水での飼育がトラフグの成長および水質浄化において有効であることが示された。
- ③食品リサイクル原料を利用した養魚飼料の開発では開発飼料を給餌した際の環境への物質蓄積について調査した。その結果、複数種のリサイクル原料の混合および不足アミノ酸の添加により、物質排出が抑制され、環境負荷低減が可能であることが明らかとなった。ティラピア稚魚の成長に対する甘薯および醤油粕添加飼料の有効性を調べた結果、小麦を甘薯で10-20%代替できること、醤油粕は独特の匂いを取り除くことができれば、養魚飼料原料として使用できることが分かった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 40 件)

- 1) 竹内俊郎, 養殖魚の飼料開発と宇宙時代の水産養殖, ビオフィリア, 7(1), 6-10, 2011.
- 2) Y. Yamamoto, T. Takeuchi, G. Yoshizaki, et al. Cloning and nutritional regulation of polyunsaturated fatty acid desaturase and elongase of the marine teleost nibe croaker, *Nibeamitsukurii*, *Fisheries Science*, 査読有, 76, 463-472, 2010.
- 3) 今井 正・遠藤雅人・竹内俊郎 他閉鎖循環式種苗生産におけるトラフグの成長, 生残および飼育水の浄化に及ぼす低塩分の影響. *水産増殖*, 査読有, 58, 373-380, 2010.
- 4) M. Endo, T. Takeuchi, Solubilization of solid waste discharged from freshwater recirculating fish culture system by chemical digestion for production of liquid fertilizer. *Eco-Engineering*, 査読有, 21, 103-109, 2009.
- 5) J. Lu, J. G. Yoshizaki, M. Endo, T. Takeuchi, et al., Efficient productivity and lowered nitrogen and phosphorus discharge load from

GH-transgenic tilapia (*Oreochromis niloticus*) under visual satiation feeding. *Aquaculture*, 査読有, 293, 241-247, 2009.

- 6) G. G. Bake, M. Endo, A. Akimoto, T. Takeuchi, Evaluation of recycled food waste as a partial replacement of fishmeal in diets for the initial feeding of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, 査読有, 75, 1275-1283, 2009.
- 7) J. Lu, H. Satoh, T. Takeuchi, Development of models of threshold and efficient algal densities for larval and juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* on raw *Spirulina*. *Aquaculture*, 査読有, 285, 249-254, 2008.

[学会発表] (計 55 件)

- 1) J. Lu, G. Yoshizaki, Y. Haga, Masato Moteki, S. Satoh, M. Endo, T. Takeuchi. Development of an available technology for GH-transgenic tilapia *Oreochromis niloticus* in recirculating aquaculture systems. Japan-China International Forum of Advanced Research on Biotechnology 2011, November 10, 2011, Tokyo (Japan)
- 2) 竹内俊郎, 完全閉鎖系養殖システムの概要東京海洋大学(東京都) 生態工学会ミニシンポジウム 2011. 2. 4
- 3) 遠藤雅人, 竹内俊郎. 宇宙での閉鎖循環式魚類養殖、第 54 回宇宙科学技術連合講演会、2010. 11. 18. 静岡県コンベンションアーツセンター「グランシップ」(静岡)
- 4) J. Lu, T. Takeuchi, S. Satoh, Y. Haga, M. Endo, G. Yoshizaki. Dietary mineral intake and retention of GH-transgenic tilapia, The annual meeting of the Japanese Society of Fisheries Sciences, September 25, 2010, Kyoto (Japan)
- 5) G. G. Bake, M. Endo, A. Akimoto, N. Hamada-Sato, T. Takeuchi. Evaluation of sensory quality indices and freshness assessment of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed recycled food waste material. The 14th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, June 4, 2010, Qingdao (China)
- 6) 吉崎悟朗. 水産物の安定供給を目的とした技術開発. 平成 21 年度日本農学会シンポジウム. 2009. 10. 10. 東京大学弥生講堂 (東京)
- 7) J. Lu, J. Li, Y. Furuya, G. Yoshizaki, M. Endo, Y. Haga, S. Satoh, T. Takeuchi. Efficient productivity and lowered

nitrogen and phosphorus load of the F4 'all fish' GH-transgenic tilapia under visual satiation feeding. 5th World Fisheries Congress Fisheries for Global Welfare and Environmental Conservation Pacifico Yokohama Program & Abstracts, p. 163. Oct. 20-25, 2008. Pacifico Yokohama (Japan)

〔図書〕（計 7 件）

- 1) 竹内俊郎. 飼餌料 (水産学シリーズ 168 クロマグロ養殖業 日本水産学会監修)、恒星社厚生閣、2011.
- 2) 吉崎悟朗. 水産物の安定供給を目的とした技術開発 (シリーズ 21 世紀の農学 世界の食料・日本の食料 日本農学会編) 養賢堂、2010.
- 3) 竹内俊郎. 改訂 水産海洋ハンドブック、生物研究社、2010.
- 4) 竹内俊郎. 改訂 魚類の栄養と飼料、恒星社厚生閣、2009. 416p
- 5) 竹内俊郎・松成宏之. タウリン (食品機能性の科学) 産業技術サービスセンター 2008.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

竹内 俊郎 (Takeuchi Toshio)  
東京海洋大学・海洋科学部・教授  
研究者番号：70092591

### (2) 研究分担者

遠藤 雅人 (Endo Masato)  
東京海洋大学・海洋科学部・助教  
研究者番号：80397075

吉崎悟朗 (Yashizaki Goro)  
東京海洋大学・海洋科学部・准教授  
研究者番号：70281003

### (3) 連携研究者