

機関番号：32644

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20780134

研究課題名 (和文) 農業廃棄物を利用した魚類養殖における適切な施肥・給餌システムの確立

研究課題名 (英文) Studies on fertilization and feeding system of fish ponds utilizing agricultural residues

研究代表者

吉川 尚 (YOSHIKAWA TAKASHI)

東海大学・海洋学部・講師

研究者番号：80399104

研究成果の概要 (和文) : 家畜糞や米糠等の農業廃棄物を利用した淡水魚養殖池の生物生産システムについて調査した。結果、養殖ティラピアの生産は、米糠や植物プランクトンだけでなくアカムシ等の底生生物にも依存していたことが示唆された。それら底生生物の生産は、投入された農業廃棄物が直接またはプランクトン等を介して間接的に支えていたことが示唆された。

研究成果の概要 (英文) : Fertilization and feeding system of fish ponds was investigated. As a result, tilapia production was supported not only by planktonic production but also by benthic production. Benthic production was supported by both planktonic process and input of agricultural residues.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：水産学

科研費の分科・細目：農学・水産学一般

キーワード：養殖、施肥、植物プランクトン、農業廃棄物、米糠、餌料環境、安定同位体、ベントス

1. 研究開始当初の背景

コイやティラピア等の植食・雑食魚を対象とする小規模養殖は、家畜糞の施肥により湧いた植物プランクトンや米糠等の農業廃棄物を餌とする低コスト・リサイクル型の生産システムであり、開発途上国において農家等が小規模に行うのに適している。小規模養殖は、雨量が少なかったり灌漑設備が不十分な地域で、貴重な水資源を農業と養殖業で同時に利用出来る点でも優れたシステムである。

これまで、様々な国際協力機関が開発途上国において池養殖の普及プロジェクトを数多く実施し、養殖池の造成、種苗生産、親魚

の育成といった各技術要素の移転にはある程度成功してきた。しかしながら、池養殖の生産性は概して低いままであり、地域や池ごとのばらつきも大きい。その結果、コストや労働力に見合う生産高が得られず、普及を妨げる大きな要因となっている。生産性が低い原因としては、米糠等の農業廃棄物は低タンパクで栄養価が低いこと、養殖システムにおける施肥の位置づけがあいまいなためその実施が徹底されていないことが考えられる。

以上の問題を解決するためには、各地域の自然・社会条件に応じた施肥・給餌システムを確立し、安定的に高い生産性を得ることが

必要である。しかし、それは容易ではない。例えば、養殖池には、何種類もの餌（米糠、植物プランクトン、その他の有機懸濁物、底泥堆積物等）が混在するため、施肥・給餌量と養殖生産高の関係は複雑で不明瞭となる。施肥量と植物プランクトン量の関係だけでも、地域や季節により一定ではない。植物プランクトン量が変わると、必要な米糠量も変わってくる。施肥・給餌システムに関する既往の研究例は、単に施肥量または米糠量と養殖生産高の相関を調べたものがほとんどであり、両者の複合的な影響を定量的に解析し、各餌の養殖魚生産に対する貢献を定量的に評価した例はない。安定同位体比を指標として養殖魚の食性を調べた研究例はいくつか散見されるが、それを餌量と養殖生産高の関係と併せて解析した例はない。このような停滞した状況を打破するためには、魚類栄養学だけでなく、プランクトン過程や池内の物質循環に関する専門知識に基づいた研究が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、室内実験による各餌量と養殖魚成長量の関係の精密な解析と、野外実験における養殖魚の食性解析を組み合わせ、最終的に経営面からの検討を加えることで、現地の実情に適した施肥・給餌システムを確立することを目的とした。国際協力機構（JICA）が実施している技術協力プロジェクト（ラオス養殖普及改善計画フェーズ2の対象国ラオスをモデルケースとする。ラオスに適した施肥・給餌システムを確立することを目的として、（1）まず室内実験にて、各餌を単独または2種類以上組み合わせさせて与え、摂餌量と養殖魚成長量との関係を定量的に解析し、適切な餌条件の範囲を絞り込む。（2）野外のため池において、施肥量・換水頻度と植物プランクトン量との関係を調べ、適切な植物プランクトン濃度を安定的に保つ方法を確認する。（3）野外のため池及び稲田において魚を飼養し、安定同位体比を指標とした方法により魚の成長が各餌にどれだけ依存しているかを調べ、施肥・給餌量と養殖生産高の関係を明らかにする。（4）最終的には、経営分析や労働力の確保といった面からも検討を加え、現地の実情に適した施肥・給餌システムを提案する。本研究の成果は、研究対象国であるラオスの養殖普及に直接貢献するだけでなく、モデルケースとして他の開発途上国における養殖普及プロジェクトへの波及効果も期待できる。

3. 研究の方法

室内実験による給餌実験では、餌量-成長量との関係を餌の組み合わせや魚の生育段階を変えながら調べた。野外の養殖ため池では、

施肥の有無等と水質やプランクトン、ベントスの生産力の関係を調べた。

水質とプランクトンの調査は、ラオス農業省畜水産局ナムスワン養殖開発センター内の養魚池23面で行った。そのうち10面はコンクリート池で、面積600 m²、最大水深150 cm前後で、常に換水を行い、成魚を収容していた。12面は素掘り池で、面積400 m²、最大水深40-100 cmで、換水はほとんど行われず、稚魚を収容していた。残り1面は、面積90 m²の小池で、最大水深50 cmで、換水は行われず、ティラピアを収容していた。水質は、pH、クロロフィルa濃度、透明度、水色を測定した。動物プランクトン観察用の試料は、表層水20 Lを手付きビーカーで汲み、プランクトンネットで採集し、5%中性ホルマリン液で固定し、後日光学顕微鏡下で種同定と計数を行った。総生産速度及び呼吸速度は、明暗瓶法により求めた。表層、中層、底層から酸素瓶に採水後、日の出から正午まで培養し、溶存酸素濃度を酸素電極により測定した。沈降フラックスの測定は、プラスチック製円筒容器を中層と底層に24時間吊り下げた後、容器内の沈降物をガラス繊維ろ紙上に濾過捕集し、沈降物量、強熱減量、クロロフィルa量を分析した。

ベントスの実験は、養魚池より採集したユスリカ卵塊を用いて行った。養魚池よりコアサンプラーで採取した底泥堆積物の10-20 cm層を良く混合し、直径7 cmの円筒容器に深さ10 cmまで敷き詰めた。その上に、4種類の基質（＜配合飼料＞、＜牛糞＞、＜底泥0-10 cm層＞、＜底泥10-20 cm層＞）のいずれかを2 cm敷き詰め、水を深さ3 cm入れた。＜底泥0-10 cm層＞には、＜底泥10-20 cm層＞に比べ、プランクトン遺骸等の有機物が多く含まれると考えられる。各容器に、研究室で孵化させたユスリカ幼虫を150個体ずつ入れた。全長は、2日に1回、各容器のユスリカ幼虫を10個体ずつ目盛付きシャーレに移し、実体顕微鏡下で測定した。

4. 研究成果

養殖池や水槽内で実施したティラピアを用いた実験結果によると、植物プランクトンと米糠の餌料効率及びタンパク効率は、配合飼料に比べて著しく低いことが分かった。また、安定同位体比による養殖池の食物網解析では、ティラピアの成長が米糠や植物プランクトンだけでなく、底性生物（アカムシ、水生昆虫の幼生等）にも強く依存していることが示唆された。

養魚池のpHは6.81から8.82となり、魚の成長にほぼ適した範囲内であった。素掘り池のクロロフィルa濃度は、112.5±78.20 μg/L（平均±標準偏差）と、コンクリート池（27.8±16.5 μg/L）に比べ有意に高かった

($p < 0.01$)。これは、素掘り池では、ほとんど換水していなかったのに対し、コンクリート池では常に換水を行っており、植物プランクトンや栄養塩が流出したためと考えられる。クロロフィル a 濃度は $50 \mu\text{g/L}$ 以上あれば、プランクトン食性の魚が成長するのに十分とされている (Almazan and Boyd 1978)。ほとんどの素掘り池では、クロロフィル a 濃度は $50 \mu\text{g/L}$ 以上となり、魚の成長に十分な量であったといえる。池の透明度とクロロフィル a 濃度の間には、有意な負の直線関係が見られた ($p < 0.01$)。透明度の測定値からクロロフィル a 濃度を推定できる可能性が示唆された。水色とクロロフィル a 濃度の間には、特に有意な関係は見られなかった。全窒素または全リンとクロロフィル a 濃度の間には、強い正の直線関係が見られ ($p < 0.05$)、施肥量や換水の程度により、養殖池中の植物プランクトン量が左右されることを示唆した。動物プランクトンは、橈脚類 (ケンミジンコ、アサガオケンミジンコ)、枝角類 (オナガミジンコ)、輪虫類 (アカツボワムシ、ウシロゾノツボワムシ、カマガタツボワムシ、ツノワムシ、ツメナガネズミワムシ) が出現し、亜熱帯種と汎世界種の両方が含まれた。橈脚類は、どの池でもケンミジンコが優占していたが、輪虫類の優占種は池によって異なっていた。とくにクロロフィル a 濃度が高く、透明度が低かった池では、富栄養水域を好むオナガミジンコ、カマガタツボワムシ、ツメナガネズミワムシが出現した。

プランクトン群集の総生産は、表層で最大となり、深度にともない急減した。呼吸では、深度方向の変化は小さかった。その結果、プランクトン群集の純生産は、ほとんどの池において表層と中層ではプラス、底層ではマイナスとなった。水柱全体で積算すると、総生産は $439 \pm 200 \text{ mgO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (平均±標準偏差) と、呼吸 ($327 \pm 185 \text{ mgO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) を上回り、プランクトン過程は独立栄養的な傾向にあった。プランクトン群集の水柱総生産は、水柱積算クロロフィル a と強い正の相関を示した ($p < 0.05$)。沈降物量は、底層で $9.9 \pm 6.5 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と、中層 $4.4 \pm 3.1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ に比べ大きかった。また、沈降物におけるクロロフィル a 量に対する強熱減量の重量比は、中層で 559—104419、底層で 788—189456 と、両層で極めて大きかった。この結果から、沈降フラックスに、新鮮な植物プランクトンの遺骸が占める割合は小さかったと考えられる。

本研究で用いたユスリカは、終令幼虫が深紅色で、全長が 10 mm 前後であったこと、触覚や尾部の特徴からユスリカ科ユスリカ属の一種と考えられた。〈配合飼料〉を基質とした容器では、3 日目の時点でユスリカ幼虫は全滅した。3 日間を通して胃内容物が確認できなかったことから、ユスリカ幼虫は餓

死したものだと考えられる。〈牛糞〉容器のユスリカ幼虫は最も良く成長し、21 日目には全長 6.59 mm に達した。実験期間中に 6 個体の蛹化を確認し、その内 2 個体が羽化した。〈底泥 0—10 cm 層〉及び〈底泥 10—20 cm 層〉では、ユスリカ幼虫の成長は遅く、21 日目の全長はそれぞれ 2.99 mm 、 3.27 mm にとどまった。以上、餌料条件の相違は明らかにアカムシの成長に影響を及ぼすことが判明した。牛糞は、ユスリカ幼虫の餌料として、とても優れた栄養を秘めた物であることが判明した。小規模養殖において牛糞は施肥に利用されているが、植物プランクトンを増やすだけでなく、ベントスであるユスリカ幼虫の成長を促進させることで、養殖魚の生産向上に寄与している可能性が示唆された。

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 1 件)

- ① Yuka Ogata, Yuri Tokuea, Takashi Yoshikawa, Atsushi Hagiwara and Hisashi Kurokura. A Laotian strain of the rotifer *Brachionus angularis* holds promise as a food source for small-mouthed larvae of freshwater fish in aquaculture. *Aquaculture*. 査読有, 312 巻, 2011 年, 72-76 頁

[学会発表] (計 4 件)

- ① Yoshikawa, T. Studies on Fish Productivity and Food-Web Structure in Aquaculture Ponds. Seminar on the Achievements of AQIP 2, Aquaculture Improvement and Extension Project Phase 2, October 1-2, 2009, Vientiane, Laos
- ② Ogata, Y., Yoshikawa, T., and Kurokura, H. Report on the larval rearing of "Puntius". Larvae were fed successively with cultured local rotifer as initial food. Seminar on the Achievements of AQIP 2, Aquaculture Improvement and Extension Project Phase 2, October 1-2, 2009, Vientiane, Laos
- ③ Yoshikawa, T., Torikai, E., Sano, K., Chagi, H., Eda, H., and Kurokura, H. Growth and feeding habits of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus* × *O. aureus*, fed on rice bran in fertilized ponds in Lao PDR., 5th World Fisheries Congress: Fisheries for Global Welfare and Environmental Conservation, 2008 年 10 月 24 日 Yokohama

④吉川尚，鳥飼恵美子，佐野幸輔，茶木博之，枝浩樹，黒倉寿．ラオスにおける農業廃棄物を利用した養殖ティラピアの餌料解析．東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会；水圏生態系の生産力に関わる研究の現状と展望．2008年8月22日，岩手県下閉伊郡大槌町

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 尚 (YOSHIKAWA TAKASHI)
東海大学・海洋学部・講師
研究者番号：80399104

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし