

学位論文要旨	
氏名	モーツ
題目	海産魚における飼料性竹炭の効果に関する研究 (STUDY ON EFFECTS OF DIETARY BAMBOO CHARCOAL IN MARINE FISH)
<p>竹炭は、竹を無酸素状態で高温に加熱した炭素残渣であり、特別な化学反応は伴わずに多くの毒性物質、ガス及び不純物の吸収材として働く。炭表面には多くの小孔があり、体積に比べて広い表面積と無数の結合部位を有しているため、経口投与した場合、炭の投与量及び消化管内に存在する毒性物質や不純物の量にその吸収量は影響される。また、炭はアンモニア態窒素の吸収や消化管内から毒物及び不純物を減少させることにより消化機能を活性化し、陸上動物の飼料添加物として利用されている。竹炭の陸上動物における成長、消化率および窒素排泄に及ぼす効果については、これまで研究報告があるが、水産動物での飼料性竹炭の研究報告はほとんどない。そのため本研究は、飼料性竹炭が海産魚の成長、体化学成分、消化率及びアンモニア態窒素排泄に及ぼす影響について研究した。</p> <p>まず、竹炭添加量の異なる6種類の飼料(0, 0.004, 0.01, 0.1, 1及び4%)をトラフグ稚魚(平均体重<math>53\pm 2</math>g)に給餌して50日間飼育した。その結果、4%添加区では、増重、飼料転換効率(FER)、タンパク利用率(PER)が他の区に比べ有意に高い値を示した。さらに4%区の乾物(DMD)及びタンパク質吸収率(PD)は、無添加及び0.004%区に比べ有意に高く、アンモニア態窒素排泄量は有意に低い値を示した。この結果を基に、竹炭添加量を決定し、以降6種類の竹炭添加飼料((0, 0.25, 0.5, 1, 2及び4%)を用いて、トラフグ稚魚(平均体重<math>3\pm 0.3</math>g)、マダイ(平均体重<math>10.5\pm 0.5</math>g)及びヒラメ(平均体重<math>3\pm 0.1</math>g)の飼育実験を行った。</p> <p>40日間の飼育試験の結果、トラフグでは、1%添加区が無添加区に比べ有意に高い増重、FER及びPERを示した。また、竹炭添加量が増加するにつれて累積アンモニア排泄量は低下する傾向があった。1%添加区におけるDMD及びPDは、他の試験区に比べ有意に高かった。</p> <p>試験飼料を30日間給餌したマダイでは、1, 2及び4%添加区が無添加区に比べ、有意に高い増重、FER、PER、DMD及びPDを示した。また、竹炭添加区のアンモニア態窒素排泄は、無添加区に比べ有意に低かった。</p> <p>ヒラメでは、0.5%添加区の50日後の増重、FER、PER、DMDおよびPDが無添加区に比べ有意に高く、累積アンモニア排泄量は竹炭添加量が増えるにつれて減少した。</p> <p>本研究により、竹炭は海産魚の成長と栄養素消化率を改善する飼料添加物として有効であることが示唆された。また、集約的養殖での窒素排泄量を減少する有益な方法であることが示された。</p>	

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名

Moe Thu

題 目

STUDY ON EFFECTS OF DIETARY BAMBOO CHARCOAL IN MARINE FISH  
(海産魚における飼料性竹炭の効果に関する研究)

“Bamboo charcoal” (BC) is the carbonaceous residue of bamboo shoot left after heating organic matter in the absence of oxygen. It works as an adsorbent for many toxins, gases and impurities without any specific action. The many holes on the surface of charcoal gives it countless bonding sites and its degree of adsorption depends on the dosage of charcoal and the amount of toxins and impurities present in the digestive tract. Charcoal has been used in animals feed formulation as an additive because it absorbs ammonia, nitrogen, and activates the intestinal function through eliminating the poisons and impurities from gastrointestinal tract of land animals. Studies have reported about the effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth performances, digestion efficiency and nitrogen excretion of land animals. However, no study about BC in aquatic animal nutrition as a feed ingredient has yet been conducted. Thus, studies were conducted to know the effects of dietary BC on the growth performances, body compositions, digestion efficiency and ammonia nitrogen excretion of marine fish.

As a preliminary study, six levels of BC (0, 0.004, 0.01, 0.1, 1 and 4%) were supplemented to the basal diet and fed to the young tiger puffer, *Takifugu rubripes* (initial BW, 53± 2 g). After 50 days feeding trial, weight gain (WG), feed efficiency ratio (FER) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed the diet supplemented with 4% BC was significantly higher than those of fish fed control and other BC supplemented diets. Moreover, apparent dry matter (DMD) and protein digestibility (PD) of fish fed 4% BC diet was significantly higher than those fed control and 0.004% BC diets. A significant reduction of ammonia nitrogen excretion (ammonia-N) was found in fish fed 4% BC supplemented diet. Based on the preliminary study, the other three studies were conducted adding six levels of BC (0, 0.25, 0.5, 1, 2 and 4%) in the basal diet compositions of juvenile puffer (initial BW, 3± 0.3 g), red sea bream (initial BW, 10.5±0.5 g) and flounder (initial BW, 3± 0.1g).

After the 40 days feeding trial of juvenile puffer, WG, FER and PER of fish fed 1% BC diet was significantly ( $P < 0.05$ ) higher than those of fish fed the control diet. Cumulative ammonia-N decreased with increasing dietary BC. Moreover, apparent DMD and PD of fish fed 1% BC diets were significantly higher than those of fish fed control and other BC supplemented diets. At the end of the 30 days feeding trial of red sea bream, WG, FER and PER of fish fed the diets supplemented with (1, 2 and 4%) BC was significantly higher than those for fish fed control diet. Moreover, control fish fed no supplemental BC showed lower ( $P < 0.05$ ) DMD and PD than that of fish fed diets containing (1, 2 and 4%) BC. In ammonia-N, all fish fed BC diets were significantly lower than those of fish fed the control ones.

After the 50 days feeding trial of flounder, WG, FER and PER of fish fed 0.5% BC diet were significantly ( $P < 0.05$ ) higher than those of fish fed the control diet. Apparent DMD and PD of fish fed BC diets were significantly higher than those of fish fed the control diet. Moreover, cumulative ammonia-N decreased with increasing dietary BC.

In brief, the research findings suggest that dietary BC supplementation could be a potential feed additive to enhance the growth performances and digestion efficiency of tested marine species. Moreover, it seems to be an effective way for the intensive culture of fish by decreasing nitrogenous waste output.

## 学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏名	モーツ
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 越塩 俊介
	副査 鹿児島 大学 教授 田中 淑人
	副査 宮 崎 大学 教授 村田 壽
	副査 鹿児島 大学 教授 門脇 秀策
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元 康志
審査協力者	
題目	Study on Effects of Dietary Bamboo Charcoal in Marine Fish (海産魚における飼料性竹炭の効果に関する研究)
<p>竹炭は、竹を無酸素状態で高温に加熱した炭素残渣であり、表面には多くの小孔があり、体積に比べて広い表面積を有しているため、空気中や水中の不純物を吸収する性質をもつ。経口投与した場合、消化管内に存在する毒性物質や不純物を吸着することができる。そのため、炭はアンモニア態窒素を吸着し、消化管内から毒物及び不純物を減少させることによって陸上動物の消化機能を活性化する飼料添加物として利用されている。これまで陸上動物における成長、消化率および窒素排泄に竹炭が及ぼす影響については研究報告があるが、水産動物での飼料性竹炭の利用例はほとんどない。そのため本研究は、飼料性竹炭が海産魚の成長、体化学成分、栄養素の消化率及びアンモニア態窒素排泄に及ぼす影響について研究している。</p> <p>まず、竹炭が水産動物の成長に及ぼす効果を明らかにするために、竹炭添加量の異なる6種類の飼料(0, 0.004, 0.01, 0.1, 1及び4%)をトラフグ稚魚(平均体重<math>53 \pm 2</math>g)に給餌して50日間飼育した。その結果、トラフグでは竹炭4%添加により、増重、飼料転換効率(FER)、タンパク利用率(PER)が有意に改善されることを明らかにしている。</p>	

また、竹炭 4% 区の乾物 (DMD) 及びタンパク質吸収率 (PD) は、無添加及び 0.004% 区に比べ有意に高く、アンモニア態窒素排泄量は有意に低くなることを明らかにしている。この結果は、トラフグにおける竹炭の成長改善および窒素排泄量低減効果を報告した初めての例である。

次に竹炭を飼料に添加する際に考慮すべき点として、魚体サイズと魚種による竹炭の効果の違いを検討するために、6 種類の竹炭添加飼料 ((0, 0.25, 0.5, 1, 2 及び 4%) を用いて、トラフグ稚魚 (平均体重  $3 \pm 0.3$ g), マダイ (平均体重  $10.5 \pm 0.5$ g) 及びヒラメ (平均体重  $3 \pm 0.1$ g) の飼育実験を行っている。

40 日間の飼育試験の結果、平均体重 3g のトラフグでは、1% 添加区が無添加区に比べ有意に高い増重、FER 及び PER を示すことを明らかにした。また、竹炭添加量が増加するにつれて累積アンモニア排泄量は低下する傾向があり、1% 添加区における DMD 及び PD は、他の試験区に比べ有意に高くなることを示している。

試験飼料を 30 日間給餌したマダイでは、1, 2 及び 4% 添加区が無添加区に比べ、有意に高い増重、FER, PER, DMD 及び PD を示し、竹炭添加区のアンモニア態窒素排泄は、無添加区に比べ有意に低くなることを明らかにしている。

最後にヒラメでは、0.5% 添加区の 50 日後の増重、FER, PER, DMD および PD が無添加区に比べ有意に高く、累積アンモニア排泄量は竹炭添加量が増えるにつれて減少することを明らかにしている。

本研究は、竹炭が海産魚の成長と栄養素消化率を改善し、窒素排泄量を低減する有効な飼料添加物であることが初めて明らかにしている。また、竹炭の至適添加量は魚体サイズや魚種によって異なり、飼料に添加する際にこれらの点も考慮すべきことを示唆している。

本研究は、安価な天然物由来の成分を用いた低環境負荷配合飼料の開発に有益な知見を提示している。

以上の理由から、本論文は博士(水産学)の学位論文として価値を十分満たしていると考えられる。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏 名	モーツ
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 越塩 俊介
	副査 鹿児島大学 教授 田中 淑人
	副査 宮崎大学 教授 村田 壽
	副査 鹿児島大学 教授 門脇 秀策
	副査 鹿児島大学 教授 杉元 康志
審査協力者	
実施年月日	平成21年 1月 29日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答 <input type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は、平成21年1月29日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者モーツが博士（水産学）の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏 名	モーツ
<p>[質問1] 竹炭添加量と成長の関係はどのように説明するか。</p> <p>[回答1] 竹炭を添加するとタンパク利用率が高くなり、アンモニア態窒素排泄が減少することから、エネルギー源として利用される窒素量が減ることにより成長に使用される窒素量が増え成長が改善されると考えられる。</p> <p>[質問2] 飼料の消化管内滞留時間は測定したか。</p> <p>[回答2] 竹炭が飼料の消化管内滞留時間に影響すると考えられるが、今研究では測定していない。</p> <p>[質問3] 竹炭は毒性物質などを吸着するとあるが、必須栄養素の吸着はないのか。</p> <p>[回答3] 添加量が低いと影響は少ないが、多量に添加すると脂質や脂溶性ビタミンを吸着することが報告されている。</p> <p>[質問4] 竹炭添加区では、ヘマトクリット値が低くなっているが、魚の健康状態が悪くなっているのではないか。</p> <p>[回答4] 確かに竹炭添加区では値が低くなっているが統計的有意差はみられず、差はないものと考えられる。また、試験終了後の魚に異状はみられなかった。</p> <p>[質問5] 魚類では、窒素はアンモニアだけでなく尿素としても排泄されるが、排泄尿素量は測定していないのか。また、糞中に排泄された窒素量はどうかであったか。</p> <p>[回答5] 主にアンモニア態窒素として排泄されるので、アンモニアのみ測定した。糞中の窒素量は竹炭添加量が増加するにつれて減少した。</p> <p>[質問6] 魚種での効果を比較しているが、実験ごとに飼育水温が異なる。水温が変わると代謝量は変化するので、飼育水温を考慮して効果を検討すべきではないか。</p> <p>[回答6] 本研究では成長を中心に評価し、水温17～21℃の範囲では成長に影響はみられないという報告があったので、水温の影響は考慮しなかった。</p> <p>[質問7] 竹炭がどのようなメカニズムで効果を示すのか。</p> <p>[回答7] 飼料の滞留時間の増加や消化管機能の活性化などが考えられるが、魚類ではまだ知見がない。</p> <p>[質問8] 竹炭を使用した場合、ミネラル吸収の阻害などはみられないか。</p> <p>[回答8] 鶏などではミネラルの利用性を向上させるという報告がある。魚体のミネラル含量には差がみられなかったため、今回の添加量では吸収阻害などはないと考えられる。</p> <p>[質問9] 竹炭と消化管内細菌の活性に関連はあるのか。</p> <p>[回答9] これまで研究例はなく今後の検討課題である。</p> <p>[質問10] 血液性状を調べているが、脂質代謝に関連する酵素活性に違いがみられる。脂質代謝に対する影響は観察されたか。</p> <p>[回答10] 体脂質含量には違いはみられなかった。</p> <p>[質問11] 今研究では4%添加が最大であるがこれ以上添加した場合の影響はあるのか。</p> <p>[回答11] 予備試験では、5%添加で成長の低下が見られたので、4%とした。</p> <p>[質問12] 竹炭に使用した竹の種類はなにか。</p> <p>[回答12] 今回は市販品を使用したため、竹の種類は不明である。ただ市販品の80%以上が孟宗竹である。孟宗竹は他の種に比べ細孔が多く優れている。</p> <p>[質問13] 竹炭の味はどうか。魚の摂餌性に影響はないか。</p> <p>[回答13] 少し苦みがあるが、4%添加までは摂餌量の低下はみられなかった。</p> <p>[質問14] 魚種により飼育実験期間が異なるが試験期間はどうか決定したのか。</p> <p>[回答14] 成長に有意差が観察されてからさらに10日間飼育試験を継続した。</p>	