

審査の結果の要旨

論文題目 「大豆油粕主体飼料が養殖対象魚類数種の生理障害に及ぼす影響とその改善に関する研究」

学位申請者 天野 俊二

大豆油粕は家畜の飼料原料としての利用性が期待されていたが、炎症を生じることでその利用性が限られていた。その後、加熱処理することで炎症が緩和されることが分かり畜産においては広く利用されてきた。養魚用飼料としても魚粉の代替原料として期待されたが加熱処理しても炎症を生じることが分かり、加えて成長不良を伴うことも明らかにされ、その利用性は疑問視されていた。養魚飼料の主原料として利用するためには、その原因の解明ならびに改善策の開発が必要とされる。本論文では魚粉代替飼料の開発の一助とすることを目的とし、大豆油粕を主体とした植物性の代替飼料を給与した養殖対象魚種数種の生理障害ならびにその改善策を組織学的に検討し、淡水魚ならびに海水魚の主要養殖対象種において、栄養代謝に関わる主要臓器の組織変性に伴う栄養障害を引き起こす要因が共通して存在することを明らかにした。そして、その生理障害の改善策として、従来の成長を指標とした飼育成績評価に加えて、本研究で明らかにした主要臓器の組織変性を栄養障害の指標として捉え、それら障害の生理的メカニズムに基づいた飼料組成の調整・改善を進めることで、大豆油粕等の植物性原料を魚粉の代替原料として使用することが可能であることを明らかにしたものである。

まず、大豆油粕主体飼料を給与した養殖魚数種で生じる生理障害の要因を究明するために、淡水および海水の代表的な養殖魚数種において大豆油粕主体飼料を給与した結果、淡水魚のニジマスおよびアマゴでは肝細胞の萎縮、腸管後部での脂質の消化吸収不良を示唆する大型空胞変性が、海水魚のブリおよびマダイでは肝細胞の萎縮が認められ、加えてブリでは腸管後部の粘膜上皮細胞でタンパク質様物質の消化吸収不良を示唆する大型エオシン濃染顆粒が、マダイでは膵臓外分泌部の腺細胞に萎縮変性が生じることを認めた。これらのことから、大豆油粕主体飼料を摂餌した魚類では、肝細胞の萎縮をはじめとした栄養代謝に関わる主要臓器の組織変性に起因する胆汁および各種消化酵素の生成不良、ならびに腸管における栄養物質の消化吸収能力の低下等による栄養障害が生じることを明らかにしている。

次に、大豆油粕主体飼料を給与したマダイにおける生理障害の要因を検討している。第一の試験として、大豆油粕に含まれる抗栄養因子(ANF)の含有量を低くした飼料原料である分離大豆タンパク質(SPI:大豆油粕を希酸処理して精製)、濃縮タンパク質(SPC:大豆油粕をエタノール洗浄して精製)、ならびにSPIをさらにエタノールによって洗浄処理を施した飼料(ASPI)をそれぞれマダイに給与して系統立てた実験をしている。その結果、アルコール洗浄を施したASPIおよびSPC主体飼料では、肝膵臓の組織変性に改善効果があることを確認している。第二の試験では、アルコール洗浄した大豆油粕(ASBM)ならびにアルコール洗浄時に抽出された物質(AE)をASBMに再度添加した飼料をそれぞれマダイに給与して比較している。その結果、ASBM主体飼料では、肝膵臓の組織変性に一定の改善効果が認められ、AEを再度添加することで肝膵臓において組織変性の再現性を認めた。これらのことから、マダイにおいてもニジマスと同様に大豆油粕に含まれるアルコール可溶性のANFが生理障害の要因に大きく関与していることを証明した。

これらの試験結果をうけて、マダイを海水魚のモデルケースとして大豆油粕主体飼料給与時に生じる生理障害の改善策を検討している。第一に、タウリンを添加した大豆油粕およびASBM主体飼料をそれぞれマダイに給与したところ、大豆油粕主体飼料では肝

膵臓に一定の改善効果が認められ、ASBM 主体飼料では魚粉主体飼料給与時と同等の正常な組織像を示すまでに改善されることを確認している。これらのことから大豆油粕主体飼料で生じる生理障害にはタウリン欠乏ならびにアルコール可溶性の大豆 ANF が大きく関与している可能性を明らかにした。第二に、タウロコール酸 (C-tau) ならびに複数種の飼料添加剤の併用添加による改善策を検討することで、C-tau を添加した大豆油粕主体飼料では肝臓の組織変性に一定の改善効果が認められ、タウリンによる栄養補填をした上で C-tau を添加することで、マダイの肝膵臓における組織変性ならびに成長不良が改善されることも明らかにした。

これらのことから淡水魚と海水魚において、大豆油粕には栄養代謝に関わる主要臓器の組織変性に伴う栄養障害を引き起こす要因が共通して存在することを明らかにした。そして生理障害の改善策として、従来の成長を指標とした飼育成績評価に加えて、本研究で明らかにした主要臓器の組織変性を栄養障害の指標として捉え、それら障害の生理的メカニズムに基づいた飼料組成の調整・改善を進めることで、大豆油粕等の植物性原料を魚粉の代替原料として使用することが可能であり、これまでその利用は難しいとされてきた海水魚においてもタウリンなどの生体内で合成できない栄養素等を補填した上で、ANF の影響を防除することで魚粉の代替原料として大豆油粕が活用できることを証明している。

以上のように本論文では、従来は利用性が疑問視されてきた大豆油粕を養魚用飼料原料として主要養殖対象種に利用するため、炎症を単に病床と捉えるのではなく、栄養代謝に関わる主要臓器の組織変性に伴う栄養障害を引き起こす要因が淡水魚および海水魚ともに共通して存在することを明らかにした。そして、その生理障害の改善策を検討することで、飼育成績評価に加えて、主要臓器の組織変性を栄養障害の指標として利用し、それら障害の生理的メカニズムに基づいた飼料組成の調整・改善を進め、大豆油粕等の植物性原料を魚粉の代替原料として使用することが可能であることを科学的かつ実証的に明らかにしたことは魚類栄養生理学においても産業的にも優れた研究成果となった。近年、養殖は食料自給率を賄うため発展途上国を中心としてその発展の必要性が著しく、今後は先進国においてもその増大が予想される。このような事情において、給餌養殖が主体の魚類養殖では配合飼料を中心とした飼料原料の需要が高まる中、飼料原料の主体である魚粉は、その原料となる多獲性魚類の資源量の減少と世界的需要の増大により価格が高騰を続けており、魚粉の代替飼料原料の開発が養魚において急務な課題となっている。当該研究成果は、水産増殖の専門学術雑誌に公表されて、ブリ、マダイ、ニジマス、アマゴ、アユなど我が国の主要魚類養殖種において実地試験が実施されており、申請者も当該研究における組織学的指標を用いてこの試験に共同研究者として参画するに至っている。

申請者は 2014 年 12 月 11 日におこなわれた学位論文公聴会においても、理路整然と発表し、その後の質疑応答では、理論から応用までの広範の質問にも的確に応答した。加えて本論文に記された研究成果の大部分は 2 報の学術誌に筆頭著者として公表されている。以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員的一致で判断された。したがって、申請者 天野 俊二 は東海大学博士 (水産学) の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	農学博士	田中 彰	海洋学部教授	(生物科学研究科生物科学専攻)
委員	農学博士	鈴木 伸洋	海洋学部教授	(生物科学研究科生物科学専攻)
委員	博士 (農学)	福井 篤	海洋学部教授	(生物科学研究科生物科学専攻)
委員	博士 (薬学)	庄司 隆行	海洋学部教授	(生物科学研究科生物科学専攻)
委員	農学博士	小倉 光雄	海洋研究所教授	(生物科学研究科生物科学専攻)