論 文 の 内 容 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

キーワード:大豆油粕 肝膵臓 マダイ タウリン タウロコール酸

養殖魚飼料の主原料である魚粉は価格の高騰が問題視されており，その代替原料として安価で供給量が多いことから大豆油粕（SBM）が注目されている。しかしながら，SBM 主体飼料を魚類に給与した場合では成長不良ならびに生理障害が生じることが明らかとなり，養殖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ている。そこで，本研究では魚粉代替飼料の開発の一助とすることを目的とし，SBM を主体とした植物性魚粉代替飼料を給与した養殖対象魚類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た。

1．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

養殖魚の淡水および海産魚の代表的な数種において SBM 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認められた。海産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認められた。これらのことから，SBM 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が考えられた。

2．大豆油粕主体飼料を給与したマダイにおける生理障害に関与する要因

淡水魚のニジマスでは SBM 主体飼料給与時に生じる生理障害には大豆に含まれるサポニンやイソフラボンをはじめとしたアルコール可溶性の抗栄養因子（ANF）が関与していることが明らかにされている。一方，海産魚では 1．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より生理障害は主要臓器の組織変性により生じるものと考えたが，それらを引き起こす原因物質の解明には至っていない。そこで，マダイを海産魚のモデルケースとして SBM 主体飼料給与時に生じる生理障害の要因を検討した。第一の試験として，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：SBM を希酸処理して精製），濃縮大豆タンパク質（SPC：SBM をアルコール洗浄して精製），ならびに SPI をさらにアルコ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た。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た。第二の試験では，アルコール洗浄した SBM (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た。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が認められた。これらのことから，海産魚においても SBM 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が考えられた。

3．大豆油粕主体飼料を給与したマダイの生理障害の改善

淡水魚のニジマスでは SBM 主体飼料給与時に生じる生理障害の改善策として，SBM をアルコール洗浄処理して ANF を除去する他に，飼料へタウロコール酸(C-tau)を添加することで生理障害が改善されることが報告されている。一方，海産魚のマダイやブリではタウリンの生合成能力が乏しいことから，魚粉代替飼料給与時に生じる成長阻害を改善するには不足するタウリンを補填することが有効であるとされており，生理障害に対しても何らかの改善効果が期待される。そこで，マダイを海産魚のモデルケースとして SBM 主体飼料給与時に生じる生理障害の改善策を検討した。第一に，タウリンを添加した SBM および ASBM 主

体飼料をそれぞれマダイに給与した。その結果，SBM 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た。これらのことから SBM 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が考えられた。第二に, 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した。その結果，C-tau を添加した SBM 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が明らかとなった。

以上のことから，SBM には淡水魚と海産魚において，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が明らかになった。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の評価に加えて，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，SBM 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産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 SBM を活用できると結論した。