

ミニシンポジウム フグの毒蓄積機構—フグはなぜ毒をもつのか—

フグ毒を用いるフグ養殖—免疫力上昇と魚病予防

荒川 修

長崎大学水産学部

Puffer Culture Using Puffer Toxin—Immunopotential and Disease Prevention

OSAMU ARAKAWA

Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852-8521, Japan

高級魚トラフグは、近年天然物の漁獲量減少に伴い、養殖魚の需要が高まっているが、飼育が極めて難しく、魚病や寄生虫の被害に遭い大量死することが少なくない。養殖フグの生産高日本一を誇る長崎県も例外ではなく、養殖業者より、このような被害に対する根本的な対処法の提示を強く求められた。これに対し、筆者らは産学官の共同プロジェクトとして、「毒をもたない養殖フグに本来もつべきフグ毒 (TTX) を与え、免疫力を高めて健全化する」という極めてユニークな養殖技術の開発を行ってきた。ここではその概要について述べる。

1) フグ毒添加餌料の調製

長崎県特産のナシフグは、筋肉と精巢のみ無毒で、通常他の有毒部位を取り除いた状態で販売される。この「身欠き」の工程で出る大量の加工残滓をフグ毒の原料とした。まず、無毒餌料として、市販魚粉にサバなどの生餌を1:1の割合で混合してモイストペレット状にした〔①市販魚粉餌料〕、発酵魚粉に同様の操作を施した〔②発酵魚粉餌料〕、②に β -カロチンを250 $\mu\text{g}/1\text{g}$ 餌料の割合で添加した〔③ β -カロチン添加餌料〕を調製した。一方、有毒餌料として、ナシフグ残滓からアルコール抽出後、減圧濃縮して得た粗毒につき、投与量がそれぞれ0.1, 0.2, 1.0 MU/1 g 魚体重/日となるよう②に添加した〔④0.1 MU TTX 添加餌料〕、〔⑤0.2 MU TTX 添加餌料〕、〔⑥1.0 MU TTX 添加餌料〕、⑤に β -カロチンを250 $\mu\text{g}/1\text{g}$ 餌料の割合で添加した〔⑦TTX+ β -カロチン添加餌料〕、純度80%の精製TTXを投与量が0.2 MU/1 g 魚体重/日となるよう②に添加した〔⑧標品添加餌料〕、ナシフグ残滓を粉碎して生餌の代わりに直接発酵魚粉に混ぜた〔⑨残滓ミール〕、ならびに⑨の半分量の残滓を発酵魚粉に混ぜた〔⑩1/2 残滓ミール〕を調製した。これらの餌料を用い、以下の5回の飼育試験を実施した。

2) 飼育試験

【試験1】 屋内の1t水槽に養殖トラフグ当歳魚50尾ずつを収容し、市販魚粉、発酵魚粉、 β -カロチン添加の

各餌料を与える区 (それぞれ [市販魚粉区], [発酵魚粉区], [β -カロチン区]), 0.1, 0.2, 1.0 MU TTX 添加餌料を与える区 (それぞれ [0.1 MU TTX 区], [0.2 MU TTX 区], [1.0 MU TTX 区]), 最初の15日間は0.2, 1.0 MU TTX 添加餌料を、その後は発酵魚粉餌料を与える区 (それぞれ [0.2 MU 初期投与区], [1.0 MU 初期投与区]), TTX+ β -カロチン添加、標品添加の各餌料を与える区 (それぞれ [TTX+ β -カロチン区], [標品区]), ならびに残滓ミールを与える区 ([残滓ミール区]) の計11区を設定した。

【試験2】 屋内の1t水槽に養殖トラフグ稚魚100尾ずつを収容し、[発酵魚粉区], [0.1 MU TTX 区] および [残滓ミール区] の計3区を設定した。

【試験3】 屋内の1t水槽に養殖トラフグ当歳魚60尾ずつを収容し、[市販魚粉区], [発酵魚粉区], [0.1 MU TTX 区] および1/2 残滓ミールを与える区 ([1/2 残滓ミール区]) の計4区を設定した。

【試験4】 海面の網生け簀に養殖トラフグ2年魚約100尾ずつを収容し、[市販魚粉区], [発酵魚粉区] および [0.2 MU TTX 区] の計3区を設定した。

【試験5】 海面の網生け簀に養殖トラフグ2年魚470尾ずつを収容し、[市販魚粉区], [発酵魚粉区], [0.1 MU TTX 区], [残滓ミール区] および [1/2 残滓ミール区] の計5区を設定した。

いずれも60日間の飼育を行い、定期的に試験魚の体格、血液の生化学的性状¹⁾ および毒の蓄積状況²⁾を調べるとともに、飼育終了時にヒツジ赤血球に対する抗体価³⁾ もしくは脾臓細胞の幼若化⁴⁾を指標として免疫力を測定した。

3) 毒の蓄積状況

【試験1】の場合、[0.1 MU TTX 区] では皮のみ、[0.2 MU TTX 区] と [標品区] では皮、次いで肝臓、内臓に2~7 MU/g と微量の毒を蓄積したのに対し、[1.0 MU TTX 区], [TTX+ β -カロチン区] および [残滓ミール区] では皮よりも肝臓に多量の毒 (60日目

でそれぞれ20~40, 6~16および25~62 MU/g)を蓄積した。[初期投与区]では、最初の15日間で対応する[TTX区]と同様に蓄積した毒を、ほぼそのまま60日目まで保持していた。【試験2】では、[0.1 MU TTX区]で皮に2 MU/g前後の微量の毒を、[残滓ミール区]で肝臓等に25~82 MU/gと比較的多量の毒を蓄積した。【試験3】の場合、[0.1 MU TTX区]では毒蓄積がみられなかったが、[1/2残滓ミール区]では21~69 MU/gと特に肝臓と卵巣に高毒量の蓄積が認められた。【試験4】および【試験5】においては、有毒餌料投与区はいずれも皮に数 MU/g程度の少量の毒を、肝臓や卵巣に数十 MU/gに達する比較的多量の毒を蓄積した。このように、試験魚は、毒を低用量で投与すると皮に少量の毒を、高用量では最終的に肝臓や卵巣に多量の毒を蓄積する傾向がみられた。一旦蓄積した毒は、その後無毒の餌で飼育してもほとんど減少することがなく、天然魚では無毒とされる皮でも、毒を保持し続けた。皮の毒化の問題は、今後解決すべき課題の一つと考えられる。一方、各試験において、飼育期間中いずれの試験魚も筋肉は無毒(2 MU/g未滿)で、食品衛生上問題なく食用に供することができると判断された。

4) 体格、血液の生化学的性状、および咬み合い頻度

【試験4】の飼育終了時点において、[TTX区]の試験魚は、体重、体長、および咬み合い頻度の指標となる尾鰭の下辺率の値が、[発酵魚粉区]のものより有意に高かったが、血液の生化学的性状については両者の間に際立った差はみられなかった。その他の試験では、いずれも有毒餌料投与区と無毒餌料投与区の間で、体格、尾鰭の下辺率、ならびに血液の生化学的性状に顕著な差異は認められなかった。しかしながら、今回の試験は60日間という比較的短期間のものであり、実際の養殖現場で2~3年にわたる飼育を行った場合には、【試験4】で示唆されたように、毒投与により尾鰭の欠損が少なくより体格の良い養殖魚が得られる可能性がある。

5) 免疫力および生残率の上昇

免疫機能については、有毒餌料の投与により、顕著な活性化が認められた。まず抗体価をみると、[市販魚粉区]もしくは[発酵魚粉区]に比べ、【試験1】では、[β -カロチン区]、[残滓ミール区]ならびに[TTX+ β -カロチン区]が2~2.5倍、[0.1 MU TTX区]、[0.2 MU TTX区]、[1.0 MU TTX区]が3~5倍、【試験2】では[0.1 MU TTX区]と[残滓ミール区]が1.2~2.0倍、【試験3】では[0.1 MU TTX区]と[1/2残滓ミール区]が2.2~2.3倍、【試験4】では[0.2 MU TTX区]が1.3~1.5倍高い値を示した。幼若化についても、【試験2】および【試験4】において、有毒餌料投与区が無毒餌料投与区より1.1~2.5倍高い値を示した。さらに、【試験5】においては、飼育終了時点の生

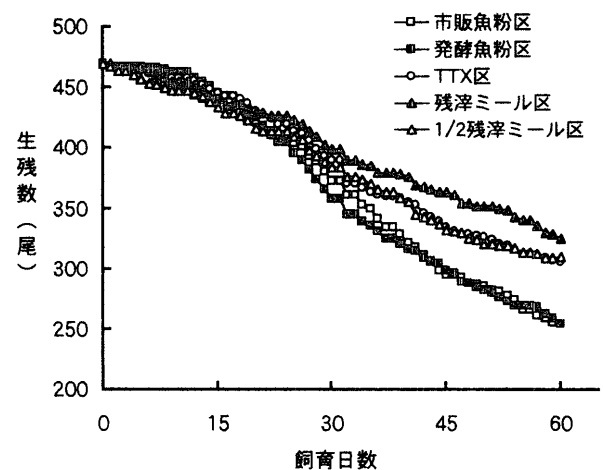


図1 【試験5】における各区試験魚の生残数

残率が、無毒餌料投与区とともに54%、有毒餌料投与区で64~70%と、後者の方が前者よりも10~15%程度高かった(図1)。【試験1】において、[0.1 MU TTX区]の抗体価が最も高かったこと、[初期投与区]は毒を保持しているにも関わらず抗体価がそれ程高くなかったこと、【試験3】において、毒が蓄積していなかった[0.1 MU TTX区]でも抗体価の上昇がみられたこと、などからフグに毒を保有させることより、低濃度であっても毒を長期間にわたって摂取させ続けることが免疫力向上には効果的であると考えられた。残滓ミールは、抗体価や幼若化の上昇効果がTTX添加餌料よりは若干低かったが、【試験5】における生残率では最も高い値を示し、餌料調製の簡便性も考慮すると非常に有望な有毒餌料と思われた。

以上、フグ毒添加餌料の投与が養殖フグの健全化に極めて効果的であることが示された。有毒餌料供給の採算性や皮の毒化等の問題を解決できれば、「フグ毒を用いたフグ養殖」の実用化は十分に可能であろう。他方、天然フグと養殖フグの毒蓄積・代謝機構の違いや、毒による免疫活性化機構の解明等が今後に残された学問的課題と言える。

文 献

- 1) 金井正光. 血液検査. “臨床検査法提要”, 金原出版株式会社, 東京. 1990; 225-229.
- 2) 厚生省生活衛生局監修. フグ毒. “食品衛生検査指針理化学編”, 社団法人 日本食品衛生協会, 東京. 1993; 296-300.
- 3) O. G. Bier. “基礎免疫学”, 西村書店, 新潟. 1990; 174-180.
- 4) 八木基明, 旗先好一, 中原 登, 原 研治, 橘 勝康, 植本六良. 稚仔魚の脾臓細胞幼若化応答の簡易測定法. 魚病研究 2001; 36: 96-98.