



その十七 フグの毒蓄積部位について

トラフグ属フグはフグ毒テトロドトキシシン (TTX) を保有しています。TTX の蓄積部位は種によって異なりますが、近年同じ種であっても個体の状態 (成長や成熟段階の違い) により高濃度に TTX を蓄積する部位が変わることがわかってきました。今回はトラフグ属フグにおける TTX 蓄積部位とそれに対する成長や成熟の影響について紹介します。

1. トラフグ属フグの TTX 蓄積部位

トラフグ属フグは体内の様々な部位に神経毒の一種である TTX を蓄積しています。特に皮、肝臓、卵巣は高濃度に TTX を蓄積する部位として知られ、そのうち肝臓と卵巣については種に関わらず高濃度の TTX が検出されています。一方、皮については種による差が明確であり、トラフグやシマフグの成魚では TTX がほとんど検出されないのに対して、それ以外のトラフグ属フグでは高濃度の TTX が検出されています (表 1)。皮における TTX 蓄積の有無で興味深い点と

表1 トラフグ属各種フグの最高毒力(谷 1945, 一部改変)

種名	最高毒力(MU/g) [※]				
	皮	筋肉	肝臓	卵巣	精巣
トラフグ	●	●	●	●	●
シマフグ	●	●	●	●	●
マフグ	●	●	●	●	●
メフグ	●	●	●	●	●
ショウサイフグ	●	●	●	●	●
ゴマフグ	●	●	●	●	●
ヒガンフグ	●	●	●	●	●
アカメフグ	●	●	●	●	●
コモンフグ	●	●	●	●	●
クサフグ	●	●	●	●	●

● 10 MU/g 未満 ● 10~100 MU/g 未満 ● 100~1000 MU/g 未満 ● 1000 MU/g 以上

※ 実験で得られた最も高い毒力を4つの範囲に当てはめて記載している。
全ての個体が同様に高い毒力を示すわけではない。

しては、皮から TTX がほとんど検出されない 2 種はトラフグ属の中で大型種であり、高濃度の TTX を皮に蓄積する種は小型もしくは中型種であることです。TTX を持たない生物は TTX を避けることから、小型、中型種は外敵から身を守るために高濃度の TTX を皮に蓄積するものと推察されます。

上述した通り、トラフグ属フグは体内に大量の TTX を蓄積しています。しかし、同属フグにはこの有毒物質を作り出す能力はないため、TTX 保有生物の捕食により体内に TTX を取り込むものと考えられています。海面網生簀養殖や陸上養殖など TTX 保有生物と隔離した環境において育成したフグからは TTX が検出されておらず、この点はフグ体内の TTX が餌由来であるという説を支持する結果と言えます。近年、前述の飼育条件で育成した TTX を保有していないフグに対して TTX を投与し、投与された TTX がどのような経路で体内を巡るのかについて調査が行われました。その結果、TTX 含有餌料を口から管を介して消化管に投与した場合、消化管から体内に取り込まれた TTX は血液を介して、まずは肝臓に蓄積されることがわかりました (図 1)。その後の経路は雄と雌で異なり、雄では時間経過とともに肝臓の TTX 蓄積量が減少し、皮の TTX 蓄積量が増加します。一方、雌では雄と同様に時間経過とともに肝臓の TTX 蓄積量が減少しますが、その後は皮だけではなく卵巣の TTX 蓄積量も増加します。つまり、消化管からフグ体内に取り込まれた TTX は、一定の経路をたどり肝臓、皮、卵巣といった TTX 蓄積部位に貯め込まれる、ということです。

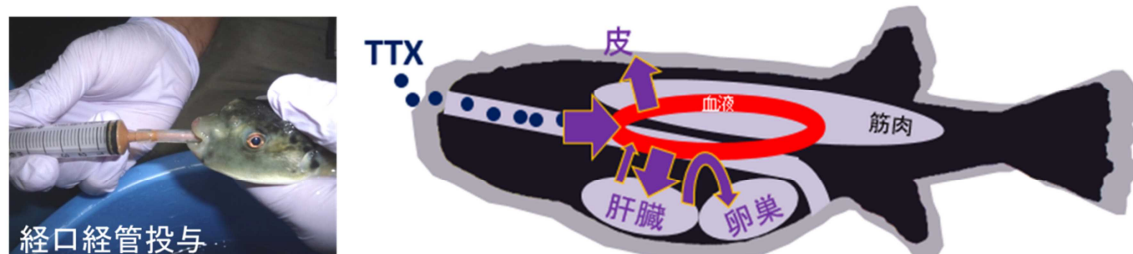


図1 投与方法とフグ体内における TTX の経路(推定図)

2. TTX 蓄積部位への成長および成熟の影響

冒頭で述べたようにトラフグ属フグは種により TTX の蓄積部位が異なります。しかし、それだけではなく同種であっても個体の状態 (成長および成熟段階) により、高濃度に TTX を蓄積する部位が異なることが明らかとなりつつあります (図 2)。

まず TTX 蓄積部位への成長の影響について説明します。トラフグを例に挙げると、その成魚は肝臓や卵巣から高濃度の TTX が検出されますが、皮からはほとんど検出されません。しかし、トラフグの稚魚は体内に取り込んだ TTX のほ

とんどを皮に蓄積することが明らかとなっています。トラフグは体が小さく外敵に捕食されやすい時期には、体表に TTX を蓄積することで TTX を持たない生物から捕食されることを回避し、生き残る可能性を上げていることが予想されます。実際にこの点は検証されており、肉食魚とトラフグ稚魚、もしくは肉食魚とトラフグ稚魚と稚魚のサイズと同じ TTX を保有しない魚（トラフグ稚魚と同じサイズ）をそれぞれ同じ水槽に入れておくと、肉食魚は一度飲み込んだ後にトラフグ稚魚のみ吐き出す行動が観察されています。このように体が小さい時期は皮に TTX を蓄積することで外敵の捕食を避けているトラフグですが、成長に伴い皮に蓄積する TTX の量が減少することがわかりました。一方で、肝臓は成長するにつれ TTX を取り込む量が増加します。この点から、トラフグは体が大きくなるにつれて、体内に取り込んだ TTX を皮ではなく肝臓に蓄積するように TTX の経路を変化させていることが推察されます。シマフグについて実験された例はありませんが、トラフグと同じ大型の種であり、かつ、成魚の皮から TTX がほとんど検出されないことから、トラフグと同様の現象が起きている可能性が高いと考えられます。

次に TTX 蓄積部位への成熟の影響について説明します。高濃度に TTX を蓄積する部位への成熟による影響では、種に関わらず卵巣の成熟が大きく関与します。卵巣は雌の生殖腺であり、その中には数多くの卵の基となる細胞が存在します。卵巣に蓄積された TTX はこの細胞一つ一つに取り込まれていることが、抗 TTX 抗体を用いた免疫組織化学的手法により明らかとされました。成熟が進むと体重に占める卵巣重量の割合が大きくなり、体内に存在する 50%以上の TTX が卵巣に取り込まれるようになります。実際にコモフグの毒性を周年的に調査した研究により、コモフグ雌個体は成熟が進むにつれ大量の TTX を卵巣に蓄積することが報告されています。つまり、成熟前は皮や肝臓が最も高濃度に TTX を蓄積する部位であったのが、成熟が進むことにより蓄積部位が皮や肝臓から卵巣に変わる、ということです。このような現象はフグだけではなく、

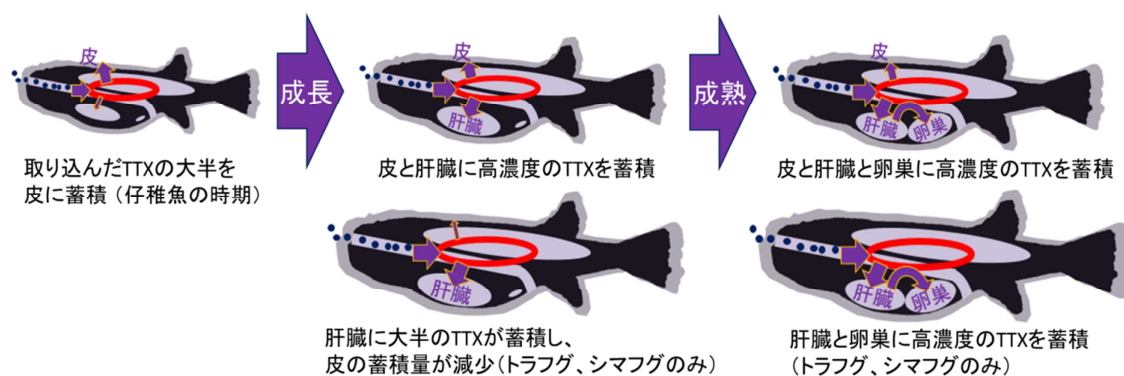


図2 フグ体内におけるTTX経路への成長、成熟の影響(推定図)

TTX 保有魚類の一種であるツムギハゼにおいても観察されています。また、その他の TTX 保有生物についても卵巣は多量の TTX を蓄積する部位となっています。このように卵巣、つまり卵に積極的に TTX を取り込ませる理由は、産まれてくる次世代を守るためだと考えられます。産まれてきた仔魚は母親由来の TTX を受け継いでおり、その TTX は体表に蓄積されています。餌を自力で摂取できない期間は体表の TTX に守られていると推察されます。これまでに述べてきた通り、フグは生き残るための戦略として TTX を活用しており、その結果、皮、肝臓、卵巣といった部位が高濃度の TTX を蓄積するようになったものと考えられます。

今回は、トラフグ属フグにおいて高濃度に TTX を蓄積する部位が一定ではなく、個体の状態により変化することについて述べてきました。プロジェクトチームでは同属フグの生態的な側面を捉えつつ毒性調査を進め、より精度の高いフグの毒性データベースの構築を進めていく予定です。

(水産大学校：辰野竜平)