


フグはフグ毒をどこから獲得し、何のために使っているのか？



研究者所属・職名：
日本大学生物資源科学部・准教授

ふりがな いとう しろう

氏名：糸井 史朗

主な採択課題：

- [基盤研究\(A\)「フグの毒化に及ぼすヒラムシの影響—真のフグ毒生産者はだれか？」\(2019-2022\)](#)
- [基盤研究\(B\)「海洋生態系にフグ毒ループは存在するのか—フグ毒と海洋生物のミッシングリンクを解く」\(2015-2018\)](#)
- [若手研究\(A\)「フグは毒を何に使うのか？～クサフグ組織中のテトロドキシンの動態から探る～」\(2011-2014\)](#)

分野：水圏生命科学、水圏応用科学

キーワード：フグ毒、テトロドキシシ、TTX、食物連鎖、オオツノヒラムシ、Planocera属、フグ毒ループ

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

フグ類がその体内に危険な毒として知られるフグ毒テトロドキシシ（TTX）を保有していることは周知の事実である。これまでの幾多の研究成果により、TTXは海洋細菌により産生され、食物連鎖を通して最終的にフグの体内に蓄積されるとの考え方が一般的になりつつある。その一方で、海洋細菌が産生できるTTXの量はごくわずかであるにもかかわらず、フグ類がきわめて膨大な量のTTXを保有していることから、この説に対しては異論もあった。また、彼らは、自らの身を守るための防御物質や生体防御物質としてTTXを利用していると考えられていたが、情報が不足しており、不明な点が多く残されていた。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

フグ毒の蓄積機構を明らかにするためには、自然環境下における生物間でのフグ毒の受け渡しを観察するとともに、その行動によりフグ毒が移行・蓄積しているのか明らかにする必要がある。そのため、実際にフグ毒保有生物を採取・飼育して摂餌実験や機器分析、DNA分析を行うことで、その体内動態を調べた。また、フグにおけるTTXの役割について明らかにするためには、フグ類の生息環境や生態、体内におけるTTXの局在などを総合的に考慮する必要があり、フィールド調査の他、飼育実験、機器分析、免疫学的手法等を組み合わせて研究を実施した。

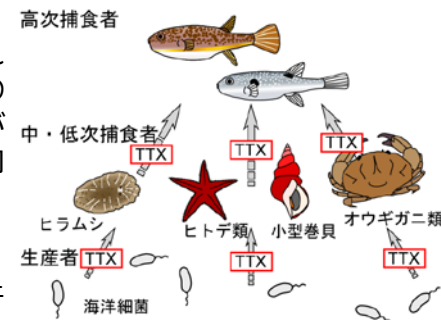


図1 食物連鎖を通じたフグ毒の蓄積の概念図

フグはフグ毒をどこから獲得し、何のために使っているのか？

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

フグ類がどこからTTXを獲得しているのか。クサフグを定期的に採取し、体内のTTX量の変化を調べるとともに、消化管内容物を調べた結果、3月に採取したクサフグの消化管から大量の卵が発見された。この卵の種をDNA分析により調べたところ、近縁種のヒガンフグの卵であった。高濃度にTTXが蓄積された卵を摂餌することで、クサフグが効率よくTTXを獲得していることが予想されたため、無毒のトラフグの稚魚に有毒卵を与える試験を行った。その結果、トラフグの稚魚は有毒卵を積極的に摂餌し、速やかに毒化した。この結果は、海洋生態系で高次捕食者であるフグ類の間でTTXを循環させることで、低次の餌生物からのTTXの供給が少なくても大量のTTXを保有できることを示唆している。また、クサフグの稚魚の消化管内容物中の餌生物を次世代シーケンス解析により調べたところ、有毒ヒラムシの遺伝子が検出された。実際にクサフグの稚魚に有毒ヒラムシの幼生を与えると積極的に摂餌し、速やかに毒化した。また、沿岸部で採取したクサフグの若魚・成魚からも有毒ヒラムシの遺伝子が検出されるとともに、有毒ヒラムシの卵を摂餌していることが観察された。有毒ヒラムシは成体のみならず、幼生や卵にも高濃度のTTXが含まれていることが確認され、有毒ヒラムシは種々の成長段階でクサフグにTTXを供給していることが示唆された (図2)。

フグ類はTTXを何に使っているのか。トラフグの仲間は、すべての種で肝臓と卵巣に高濃度のTTXを蓄積している。つまり、卵にTTXが蓄積されているのである。そこで、ふ化した直後のクサフグの仔魚 (2.5mm) をメジナやイソギンポ等の2~3cm稚魚を捕食者とする捕食実験を行ったところ、捕食者はクサフグの仔魚に食いつきはするものの、即座に吐き出した。同様な行動は、ヒラメの稚魚等の捕食者にトラフグの仔魚を与える捕食実験でも観察された。抗TTX抗体を用いる免疫組織染色により、この捕食者の行動を引き起こす要因は、クサフグやトラフグの仔魚の体表に局在するTTX (図3) であることが分かり、フグ類はわが子にTTXを与えることで、生活史上最も弱い時期を乗り越えていることが示唆された。

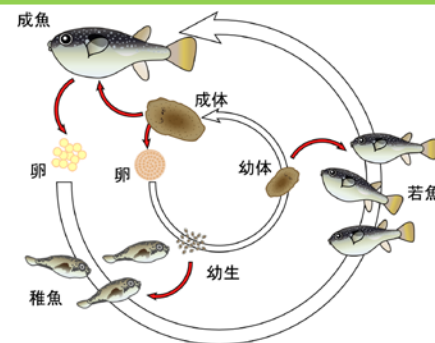


図2 有毒ヒラムシのクサフグ毒化への影響

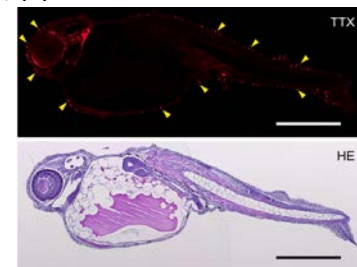


図3 トラフグ仔魚におけるTTXの局在

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

近年、世界各地で食用二枚貝がTTXにより毒化したり、TTX保有生物の出現域が変化・拡大するなど、地球温暖化や人間活動の影響によると思われる現象が多発しており、この傾向は今後も続くことが予想される (図4)。水産食品の安全性を確保するためにも、フグの毒化メカニズムやTTXの生合成機構の解明とともに、有毒生物の出現を予測するモニタリングシステムの開発・運用が必要になることが予想される。本研究により得られた成果および今後得られるであろう結果が、基盤になることが期待される。

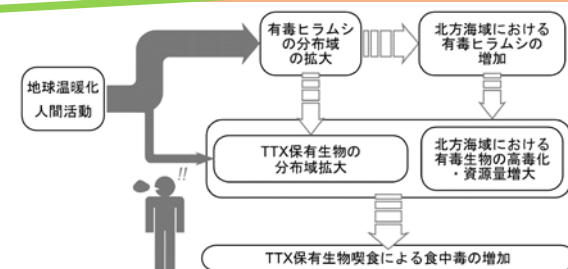


図4 TTX保有生物の増加による課題