

フグの赤ちゃんは母親由来の TTX によって守られている

研究成果のポイント

- ・捕食者（ヒラメ、スズキ、メジナ、イソギンポなどの稚魚）は、フグの仔魚をくわえると、瞬時に吐き出した。
- ・フグの仔魚が保有する TTX はごくごく微量で、捕食者を死に至らしめることはできないことが明らかとなった。
- ・フグの仔魚は、その体表に母親由来の TTX を局在させることで、味覚で TTX を感知する捕食者に効果的に TTX の保有を知らせ、生残率を高めていることが示唆された。

研究成果の概要

天然の親魚から人工授精によって得られたトラフグの仔魚（ふ化直後）を体長 2~3 cm 程度のヒラメやスズキ稚魚（捕食者）に与えると、捕食されるものの、瞬時に吐き出され、生残することが明らかとなりました。クサフグ仔魚についても同様に、メジナやイソギンポなどの稚魚に与えると、捕食されるものの、瞬時に吐き出されて生残しました。一方、海水に順応させたメダカの仔魚やアルテミアの成体を捕食者に与えると、瞬時に捕食され、吐き出されることはありませんでした。次に、トラフグおよびクサフグ仔魚体内の TTX 量を測定したところ、極めて微量しか存在せず、捕食者を死に至らしめることはできないことが明らかとなりました。続いて、トラフグおよびクサフグ仔魚における TTX の局在について調べたところ、いずれの種でも体表を取り囲むように TTX が局在していることが明らかとなりました。つまり、トラフグやクサフグの仔魚は、母親由来の TTX を体表に局在させることで、効果的に自らの TTX の保有を外敵に知らせ、生残率を高めていることが示唆されました。

研究成果の詳細

(背景)

フグが、強力な神経毒 **TTX** を保有していることは周知の事実です。これまで、フグ食文化を持つわが国では、食品としての観点から疫学的・公衆衛生学的研究が主として行われてきたため、**TTX** の生物学的意義については、生体防御やフェロモン物質として利用しているとの報告されているものの、不明な点が多く残されていました。本研究では、生まれたばかりのフグの仔魚がどのように **TTX** を利用しているのかを明らかにすることを目的に、捕食実験、機器分析および組織観察を行いました。

(研究手法)

天然の親魚から人工授精によって得られたトラフグの仔魚（ふ化直後：2.5 mm 程度）を体長 2~3 cm 程度のヒラメやスズキ稚魚（捕食者）に与え、その捕食行動を観察しました。また、江の島に産卵に来たクサフグから受精卵を得た後、同海域で捕食者となり得る魚（メジナ、イソギンポ、アゴハゼなど）の稚魚を用い、同様の試験を行いました。さらに、試験対照として、海水に順応させたメダカの仔魚やアルテミアの成体を用い、同様の試験を行いました。生まれたばかりのトラフグおよびクサフグの仔魚については、**LC-MSMS** 分析により、体内に保有する **TTX** 量の定量を実施しました。また、薄切切片を作製して抗 **TTX** 抗体を用いる免疫化学的組織染色により、**TTX** の局在部位を調べました。

(研究成果)

トラフグの仔魚を捕食者であるヒラメやスズキ稚魚に与えたところ、トラフグの仔魚は捕食されるものの、瞬時に吐き出されて生残しました。同様に、メジナやイソギンポなどの稚魚にクサフグ仔魚を与えたところ、捕食されたものの瞬時に吐き出されました。一方、海水に順応させたメダカ仔魚やアルテミア成体を捕食者に与えたところ、瞬時に捕食されて吐き出されませんでした。これら試験に用いたトラフグおよびクサフグ仔魚体内の **TTX** 量を測定したところ、極めて微量の **TTX** しか存在せず、たとえ捕食者がこれら仔魚を飲み込んだとしても死に至ることはないことが示唆されました。続いて、トラフグおよびクサフグ仔魚における **TTX** の局在について調べたところ、両種ともに体表を取り囲むように **TTX** が局在していることが明らかとなりました。このように、フグは、**TTX** を少なくとも外敵からわが子を守るために使用しているのは確実であると考えられます。

(今後の展望)

フグが持つ **TTX** は、食物連鎖を通じて蓄積されると考えられています。一方で、食物連鎖を通じて獲得する **TTX** だけではフグのもつ **TTX** 量を説明できないとの考えがあることも事実です。今後、この点について明らかにしていく予定です。

発表論文の概要

研究論文名

Larval pufferfish protected by maternal tetrodotoxin

著者

Shiro Itoi (糸井史朗 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 准教授)

Saori Yoshikawa (吉川沙織 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 修士2年生)

Kiyoshi Asahina (朝比奈潔 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 教授)

Miwa Suzuki (鈴木美和 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 専任講師)

Kento Ishizuka (石塚健人 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Narumi Takimoto (瀧本成美 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Ryoko Mitsuoka (光岡涼子 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Naoto Yokoyama (横山直人 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Ayumi Detake (出竹歩美 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Chie Takayanagi (高柳智江 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Miho Eguchi (江口美帆 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Ryohei Tatsuno (辰野竜平 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 PD)

Mitsuo Kawane (河根三雄 愛知県水産業振興基金栽培漁業部)

Shota Kokubo (小久保翔太 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 学部4年生)

Shihori Takanashi (高梨志保里 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 修士2年生)

Ai Miura (三浦愛 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 修士2年生)

Katsuyoshi Suitoh (水藤勝喜 愛知県水産業振興基金栽培漁業部)

Tomohiro Takatani (高谷智裕 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 教授)

Osamu Arakawa (荒川修 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 教授)

Yoshitaka Sakakura (阪倉良孝 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 教授)

Haruo Sugita (杉田治男 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 教授)

公表雑誌：Toxicon 印刷中

公表日：2013年11月23日（オンライン版 英国時間）

お問い合わせ先

日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 増殖環境学研究室

准教授 糸井史朗 (いといしろう)

TEL/FAX 0466(84)3679 E-mail: sito@nihon-u.ac.jp

参考図

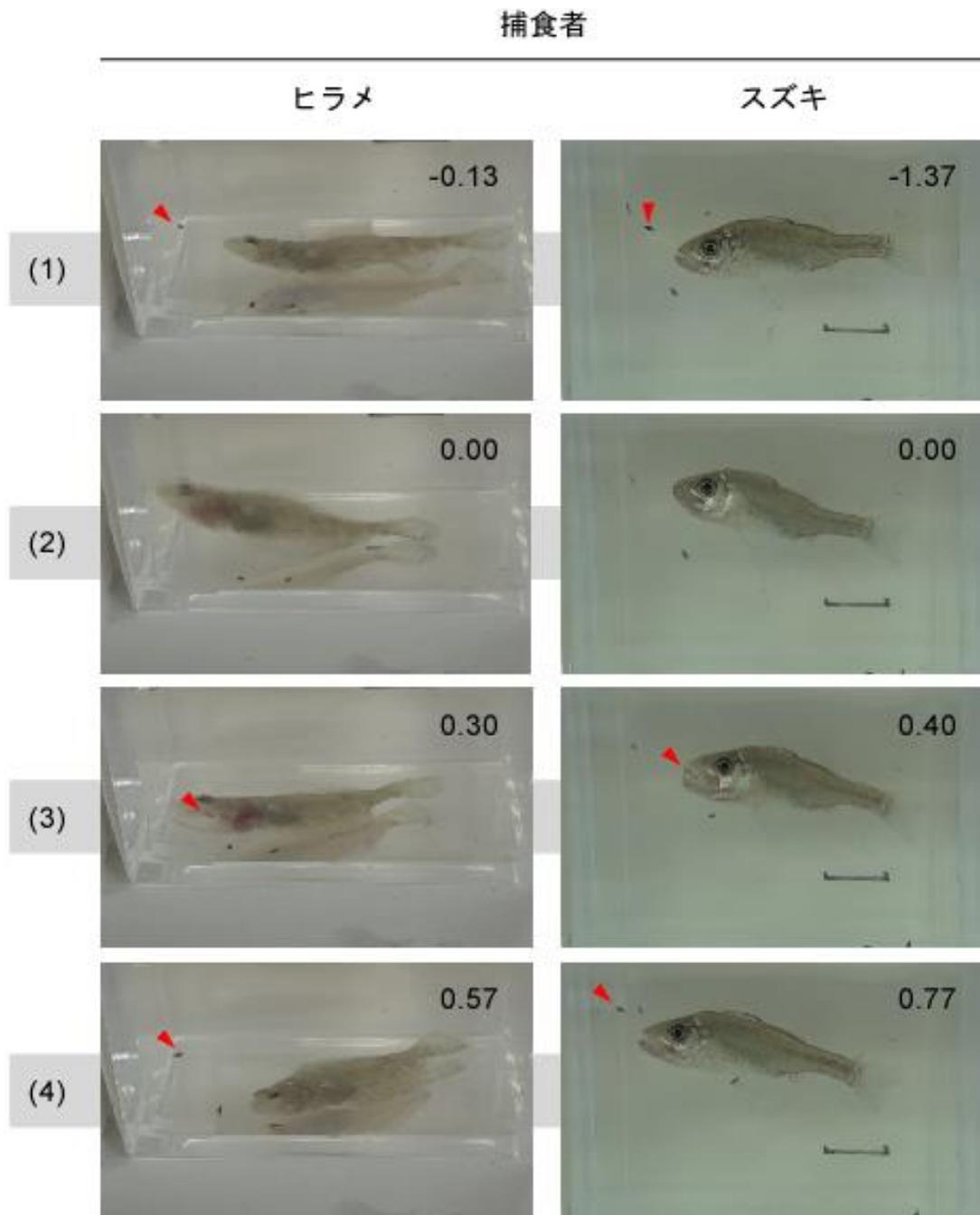


図1. トラフグ仔魚を用いた捕食実験。トラフグ仔魚は被食者として用い、捕食者にはヒラメおよびスズキを用いた。(1) 捕食前;(2) トラフグ仔魚が捕食者の口腔に導入された瞬間;(3) および(4) 捕食された仔魚(矢じり)が、直後に吐き出される過程。各パネル右上の数値は、捕食された瞬間を0.00秒とした場合の経過時間を表す。論文を一部改変。論文掲載サイト (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041010113004315>) において、この捕食過程を動画で見ることができます。

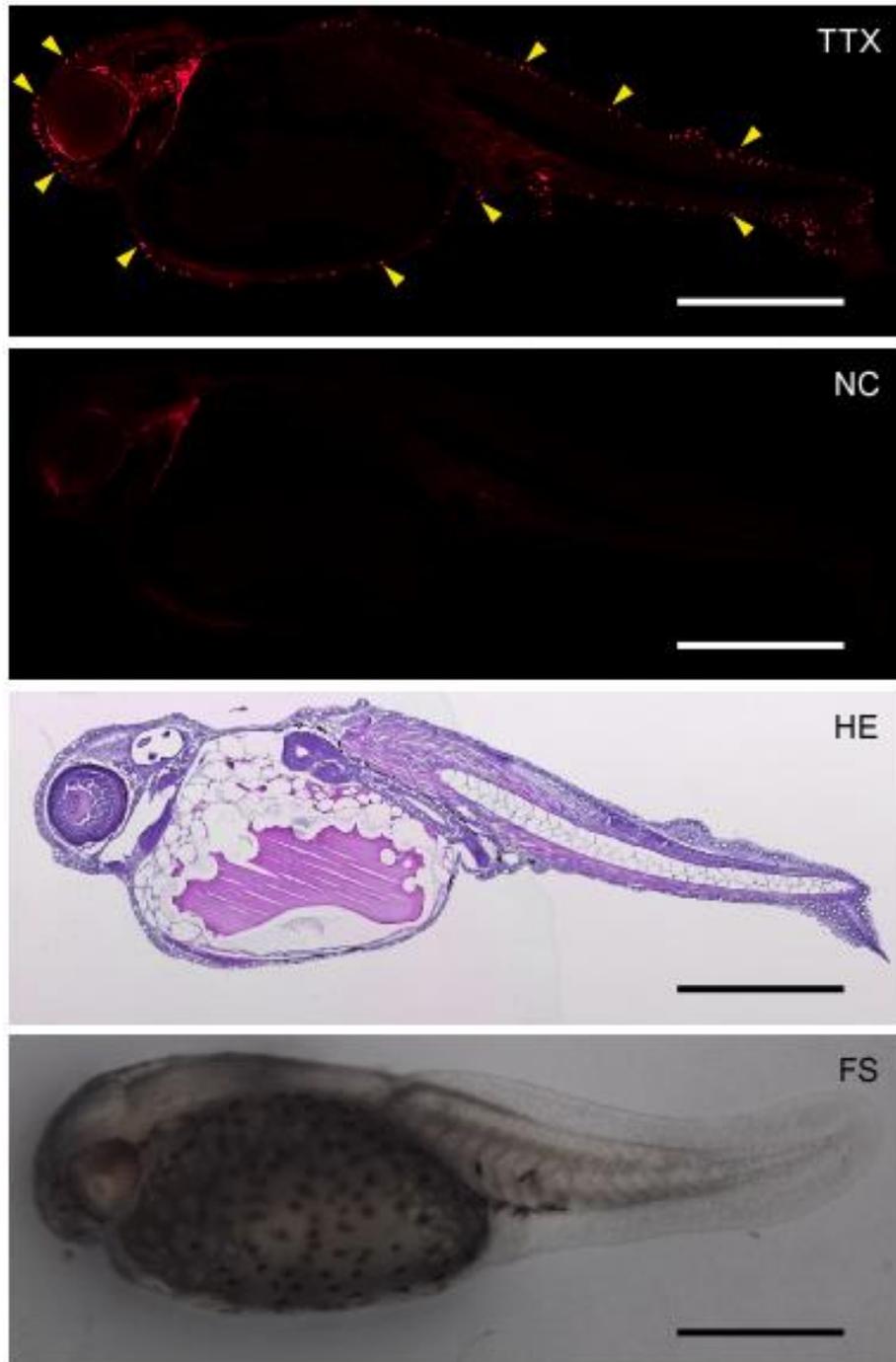


図2. トラフグ仔魚における TTX の局在. TTX, 抗 TTX 抗体で処理した仔魚 ; NC, 陰性コントロール ; HE, HE 染色 ; FS, ホルマリン固定の仔魚. 抗 TTX 抗体の陽性反応は、赤色を呈している (矢じり). 陰性コントロールは、マウス IgG で処理した. HE 染色で組織構造を観察した. スケールバーは 0.5 mm. 論文を引用.

文責：増殖環境学研究室 准教授 糸井史朗