



ムラサキイガイにおけるフグ毒とそのアナログの異なる蓄積・排出特性を解明 ―有毒ヒラムシ幼生の捕食に伴う毒化ダイナミクスと貝類の安全性監視への応用―

研究成果のポイント

- ・有毒なオオツノヒラムシの幼生をムラサキイガイに経口摂取させ、テトロドトキシン（TTX）と無毒な TTX アナログである 5,6,11-トリデオキシテトロドトキシン（TDT）の蓄積と排出の特性を初めて明らかにしました。
- ・摂取直後、TTX と TDT はともにムラサキイガイの中腸腺に優先的に蓄積されましたが、排出過程において TDT は TTX に比べて急速に体内から減少することが判明しました。
- ・野生の二枚貝類において、オオツノヒラムシに含まれる大量の TDT がほとんど検出されない疑問が、本研究における「TDT の迅速な排出メカニズム」によって説明されました。
- ・野生の二枚貝類からの TDT 検出は、直近における有毒生物の摂取を示す有用な指標となり、貝類の安全監視や毒化予測の高度化に寄与します。

研究成果の概要

（研究背景・目的）

フグ毒として知られる TTX は、近年、フグ類だけでなく世界中の沿岸で食用二枚貝類から検出され、食品安全上の新たな脅威となっています。先行研究により、高濃度の TTX を保有するオオツノヒラムシ（*Planocera multitentaculata*）の浮遊幼生が二枚貝の毒化に関与している可能性が示唆されました。一方で、大きな疑問が残っていました。オオツノヒラムシは TTX とともに、無毒の類縁体である TDT を多量に保持しているものの、野生の毒化二枚貝からは TTX のみが検出され、TDT はほとんど検出されないという点です。本研究では、この矛盾を解き明かすために、ムール貝として知られているムラサキイガイ（*Mytilus galloprovincialis*）にオオツノヒラムシの幼生を人工的に摂取させ、TTX および TDT の組織特異的な蓄積・排出動態を LC-MS/MS を用いて調べました。これにより、二枚貝における TTX アナログの挙動を解明し、貝類の安全管理に役立つ知見を得ることを目的としました。

(研究成果)

ムラサキイガイにオオツノヒラムシの有毒幼生（500 個体）を経口摂取させる飼育実験を行い、LC-MS/MS（液体クロマトグラフィー質量分析）による定量的・定性的解析を実施した結果、以下の事実が明らかになりました。

1. 中腸腺における優先的な蓄積：TTX および TDT を摂取直後のムラサキイガイの体内において、その大部分は消化器官である中腸腺に優先的に蓄積されました。

2. TDT の迅速な排出（TTX との顕著な違い）：中腸腺における TDT 濃度は、摂取直後の $9,928 \pm 3,022 \text{ ng/g}$ から、24 時間後には $2,103 \pm 1,035 \text{ ng/g}$ （初期の 21%）に、1 週間後には $605 \pm 1,143 \text{ ng/g}$ （6%）に、2 週間後には $91 \pm 274 \text{ ng/g}$ （1%未満）へと、劇的に減少しました。一方、TTX 濃度は摂取直後の $7,306 \pm 2,304 \text{ ng/g}$ から、24 時間後に $3,536 \pm 1,206 \text{ ng/g}$ （48%）、1 週間後に $3,019 \pm 2,775 \text{ ng/g}$ （41%）、2 週間後でも $1,388 \pm 926 \text{ ng/g}$ （19%）と、TDT に比べて緩やかに減少しました。軟体部全体で見ても、TDT は 24 時間後に 38%、1 週間後に 11%、2 週間後には 5%（ $47 \pm 94 \text{ ng/g}$ ）にまで減少しましたが、TTX は 2 週間後も 26%（ $182 \pm 106 \text{ ng/g}$ ）が残存し、TDT の排出速度が TTX に比べて速いことが実証されました。

3. 他アナログの挙動と排出プロセス：高分解能 LC-MS 定性分析により、ヒラムシの幼生が保有する他のアナログ（monodeoxyTTXs、11-norTTX-6(S)-ol など）の挙動も追跡しました。その結果、monodeoxyTTXs は 24 時間後、TDT は 1 週間後、11-norTTX-6(S)-ol は 2 週間後にほぼ消失し、2 週間後には TTX のみがムラサキイガイ体内に残存することが示されました。この TDT の急速な減少は、体内での TTX 等への代謝ではなく、選択的かつ急速な排出に起因することが強く示唆されました。

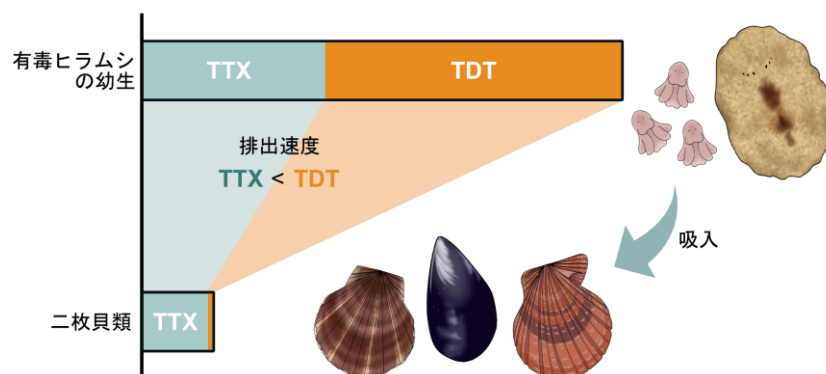


図 1. ムラサキイガイにおける TTX と TDT の異なる排出特性モデル。

(社会的意義と今後の展望)

本研究は、野生の二枚貝において、オオツノヒラムシに含まれる大量の TDT がほとんど検出されない謎を、二枚貝特異的な TDT の迅速な排出特性によって初めて合理的に説明しました。この成果は、貝類の食品安全モニタリングにおいて高い実用性を持っています。野生二枚貝から TDT が検出された場合、それは「直近（数日～1 週間以内）に二枚貝が有毒ヒラムシの幼生などを摂取したこと」を意味する感度の高い指標となります。この挙動を利用することで、二枚貝が「今まさに毒化しつつあるのか、それとも毒の排出期にあるのか」という時系列的な毒化プロセスの解明が可能となり、貝類の出荷制限や安全対策における早期警戒システムの構築など、安全な水産物の供給管理に貢献することが期待されます。

発表論文の概要

研究論文名

Differential accumulation and excretion of tetrodotoxin and 5,6,11-trideoxytetrodotoxin in the mussel *Mytilus galloprovincialis* following ingestion of toxic flatworm larvae

(<https://doi.org/10.1007/s10126-026-10690-7>)

(<https://rdcu.be/56GNoXoHd39a>←アクセス者の契約状況により表示できます)

著者

Megumi Morimura (森村 恵 日本大学大学院生物資源科学研究科 修士2年生)

Wakana Yuu (湯 若菜 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 4年生)

Kyoko Shirai (白井響子 日本大学大学院生物資源科学研究科 修士2年生)

Rei Suo (周防 玲 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 専任講師)

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

公表雑誌 : Marine Biotechnology 28 巻 146

公表日 : 2026 年 9 月 1 日 (オンライン版)

お問い合わせ先

日本大学生物資源科学部海洋生物学科 増殖環境学研究室

教授 糸井史朗 (いといしろう)

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