

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32665

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19238

研究課題名(和文) フグの毒化に関わるヒラムシ類の探索 フグの毒化に及ぼす影響と生態解明

研究課題名(英文) Exploratory studies on toxic flatworms in association with toxification of pufferfish

研究代表者

糸井 史朗 (ITOI, Shiro)

日本大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：30385992

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本列島近海におけるフグ毒(TTX)保有生物の消化管内容物を調べたところ、オオツノヒラムシのCOI遺伝子に特異的なDNA断片が増幅されたことから、オオツノヒラムシはフグ毒保有魚類におけるフグ毒の主要な獲得源になっていることが示唆される。フグ毒を保有しているヒラムシ類は、無吸盤亜目ではオオツノヒラムシを含むツノヒラムシ属における特定の分類群に限定された。この結果は、TTXを保有するヒラムシ種がTTXを蓄積するための共通の遺伝子を保有していることを示唆する。また、吸盤亜目のヒラムシ類からも高濃度のフグ毒を保有する種が発見された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、フグ毒保有魚類の毒化に有毒ヒラムシ類の寄与が大きいこと、そのヒラムシ類が分類学的にはツノヒラムシ属の特定のグループに限定されることを明らかにしたことから、今後の取り組みにより、フグ毒の蓄積に関わる重要な遺伝子の特定、さらにはフグ毒の生合成系の解明に迫ることが期待される。フグ毒の蓄積機構および生合成系の解明は、世界的に発生しているフグ毒による食中毒の発生抑制への貢献が期待されるだけでなく、わが国における養殖トラフグの安全性確保にも寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：PCR specific to the toxic planocercid flatworm, *Planocera multitentaculata*, showed that DNA encoding the COI gene was detected in the intestinal contents of TTX-bearing fishes in the waters around the Japanese Islands, suggesting that the flatworm is the major TTX supplier for TTX-bearing fishes. TTX-bearing flatworm species were seen to be restricted to specific planocercid lineages in Acotylea, suggesting that these species have common genes for TTX-accumulating mechanisms. In addition, a highly concentrated TTX-bearing species was found in cotyleran flatworm taxa.

研究分野：水産化学

キーワード：フグ毒 テトロドトキシン(TTX) オオツノヒラムシ ツノヒラムシ属 多岐腸類 毒化機構

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

フグはどこからフグ毒テトロドトキシン (TTX) を手に入れているのか。これは多くの研究者が長い年月をかけて取り組んできた命題であるが、決定的な結論は得られていない。長らくフグ毒はフグのみに存在するとされてきたが、1964年にTTXの分子構造が明らかにされて以後、様々な生物に存在することが明らかにされてきた。そして多くの知見が蓄積され、「フグはフグ毒をつくらない、餌生物から獲得している」ことが明らかにされてきた(野口, 2010)。実際に、養殖種苗のトラフグに無毒の餌を与えて育てると無毒のトラフグを作出でき、この無毒のトラフグにフグ毒を含んだ餌を与えると毒化する。これまでの研究の積み重ねから、フグ毒は海洋細菌により生合成され、食物連鎖(網)を通してフグ類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。同種のフグでも地域・個体によって保有毒量が大きく異なることから、食物連鎖に依存したフグの毒化機構は受け入れやすい。一方で、海洋細菌が生合成できるフグ毒の量はきわめて微量であること、フグ類がもつフグ毒の量が膨大であることから、一般的な食物連鎖を介した供給ではフグ類がもつフグ毒の量を説明できないとの指摘があったことも事実である。

この疑問を解消すべく申請者らが進めてきた研究の中で、クサフグがヒガンフグの受精卵を大量に摂餌していることが明らかにされ、このクサフグの行動はヒガンフグの卵から効率よくフグ毒を摂取するためであるとの考え方が示された(Itoi *et al.*, 2015)。この現象は、有毒生物間でフグ毒を融通し合うフグ毒ループ(TTX loop)とも呼ぶべきルート(物質循環)の存在を示唆し、食物連鎖の低栄養段階からのフグ毒の供給が少なくてもフグが相当量のフグ毒を持ち得ることを示唆する(Itoi *et al.*, 2015)。これは、TTXの生産者のフグ毒供給量と高次消費者であるフグの体内におけるフグ毒蓄積量の間に見られる齟齬を解消する材料の一つになると考えられる。この他にも大量のフグ毒を供給する生物が存在する可能性が残されるが、それを裏付ける証拠は得られていない。

この問題は、内閣府の食品安全委員会の議論でも取りあげられている。養殖トラフグがその体内に毒を持たないことから、養殖トラフグの肝臓を可食化したいとの要望があった。長年にわたり幾度も審査が繰り返されてきたが、現在までに、食品安全委員会で認められていない。その理由の一つにフグの毒化機構に未解明な部分が多いことが挙げられている。

フグの毒化機構については、食物連鎖を通しての蓄積、腸内細菌群による供給、そしてフグ毒ループを介したルートなど、これまで提示されてきた説に加え、大規模な供給源が存在する可能性は否定できない。大規模な供給源は、すでに明らかにされてきた毒化機構の中に隠されているかもしれないし、全く新しい考え方を必要とするかもしれない。そのような状況の下、申請者らは、フグの摂餌対象になり得る生物のうち、扁形動物門の多岐腸類ヒラムシに着目した。ヒラムシは、淡水域のプラナリア(三岐腸類)に比較的近い分類群の生物で、これまでにオオツノヒラムシを含む *Planocera* 属に分類される種で多量の TTX を保有していることが報告されている(Miyazawa *et al.*, 1986)。TTX を保有している海洋生物は、これまでフグ以外にツムギハゼやヒョウモンダコ、スベスベマンジュウガニ、ボウシュウボラ(巻貝)、キンシバイ(小型巻貝)、ヒモムシ、そして *Vibrio alginolyticus* などの海洋細菌を含めて非常に多種多様な分類群で報告されている。これがフグの毒化機構を食物連鎖に求める主たる根拠の一つであるが、これら多くの分類群の中で、申請者らがヒラムシ類に着目したのは、以下の理由である。

最近の申請者らの研究により、オオツノヒラムシは体サイズ依存的にその体内に保有するフグ毒の量を増大させることが明らかとなった(Yamada *et al.*, 2017)。また、沖縄本島沿岸部だけでも *Planocera* 属の未記載種と思われるヒラムシが存在し、高濃度のフグ毒を保有していることが明らかとなった(Ueda *et al.*, 2018)。その他、無毒のクサフグ稚魚にオオツノヒラムシのふ化幼生を与えると積極的に摂餌し速やかに毒化すること、クサフグやトラフグの幼・若魚にオオツノヒラムシの成体を与えても積極的に摂餌し効率よく体内に蓄積することも明らかとなった(Itoi *et al.*, 2018)。これらの事実は、オオツノヒラムシを含む *Planocera* 属のヒラムシ類がフグ毒保有魚の毒化に関与していることを示唆している。一方で、これまでヒラムシ類に関する研究は、分類も含めて潮間帯の個体群を主たる対象として実施されてきたこともあり、これより深い海底に生息する個体群については手付かずであった。

### 2. 研究の目的

そこで本申請研究では、*Planocera* 属のヒラムシがフグ毒の重要な供給者であることを検証するとともに、フグ毒を保有する *Planocera* 属のヒラムシの分類学的地位を明らかにすることを目的に、多岐腸類ヒラムシ類の中でも有毒種が報告されている *Planocera* 属のヒラムシを中心に、潮間帯だけでなく、水深 10 m 付近までの海底も視野に分布を調べるとともに、種々のヒラムシ類におけるフグ毒の保有状況を明らかにすることとした。また、*Planocera* 属ヒラムシ類の毒化機構についても情報が皆無であるため、オオツノヒラムシを対象に、その生息海域および飼育実験下の個体を用いて炭素・窒素安定同位体比による食物網解析を実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) フグ毒保有魚類の採取およびオオツノヒラムシ特異的 PCR

オキナワフグ稚魚やツムギハゼ稚魚は、石垣島および西表島の海水が混入する汽水域で手網により採取した。クサフグ若魚および成魚は三浦半島葉山周辺海域で、釣りにより採取した。シヨウサイフグ成魚は三陸沿岸域の定置網に入網したものをを用いた。これら採取したフグ毒保有

魚類の消化管内容物を回収し、全 DNA を抽出して既報のオオツノヒラムシ特異的プライマーを用いる PCR ( Itoi *et al.*, 2018 ) に供した。

## (2) *Planocera* 属を中心とするヒラムシ類の採取および分類

これまで分類学や生態学的研究の対象とされてきたヒラムシ類は、潮間帯に生息する種が多く、高濃度の TTX を保有するオオツノヒラムシやツノヒラムシも潮間帯で採取できる。しかしながら、これら *Planocera* 属のヒラムシの生態を考えると、より深い海底にも生息している可能性が予想された。本研究では、この潮間帯以深のヒラムシの採集を試みるとともに、その中から TTX を高濃度に保有する分類群を調べた。潮間帯以深のヒラムシの採取については、これまでに *Planocera* 属のヒラムシを採取してきた三浦半島を中心とする沿岸部を対象とし、ベントスの分類に長けたダイバーに依頼した。

採取したヒラムシ類の分類・同定は、申請者らの開発した分類手法 ( Tsunashima *et al.*, 2017 ) により行った。すなわち、外部形態を記録するとともに、28S rRNA 遺伝子および COI 遺伝子を対象とする分子系統分類手法を利用してヒラムシ類の分類を行い、未記載種の存在を明らかにするとともに、TTX を保有する分類群を特定した。

## (3) ヒラムシ類が保有する TTX の検出・定量

公定法により組織中から TTX を抽出した後、HILIC カラムを用いる LC-MS/MS 分析により、TTX の定量を実施した。

## (4) フグ毒保有生物の炭素・窒素安定同位体比による食物網解析

クサフグに TTX をもたらす食物連鎖系統、特にクサフグとオオツノヒラムシの食物連鎖系統について検討するため、炭素・窒素安定同位体比 (  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  ) による食物網解析を実施した。クサフグおよびオオツノヒラムシの分析値から同位体濃縮率を減ずることによりクサフグおよびオオツノヒラムシの餌推定値を算出した。

## 4. 研究成果

### (1) フグ毒保有魚類におけるオオツノヒラムシの摂餌状況

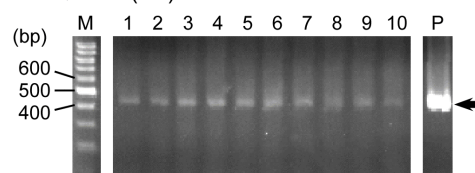
先に開発したオオツノヒラムシを特異的に検出できるプライマーを用いる種特異的 PCR により、石垣島・西表島のオキナワフグ稚魚やツムギハゼ稚魚の消化管内容物を調べたところ、オオツノヒラムシの COI 遺伝子に特異的な DNA バンドが検出された ( 図 1 )。

同様に、三浦半島のオオツノヒラムシが生息する地点近傍のクサフグ若魚・成魚、および三陸沿岸域で漁獲されたショウサイフグ成魚の消化管内容物を調べたところ、いずれの海域で採取されたフグ類の消化管内容物からもオオツノヒラムシの COI 遺伝子に特異的なバンドが検出された。

これら PCR により増幅された DNA 断片の塩基配列を決定したところ、オオツノヒラムシの COI 配列と完全に一致した。

これらの結果は、日本列島の東北地方から先島諸島までのきわめて広い海域でオオツノヒラムシがフグ毒保有魚類に TTX を供給していることを示唆する。

### ツムギハゼ ( IRI )



### オキナワフグ ( ISI )

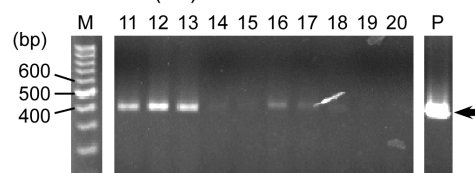
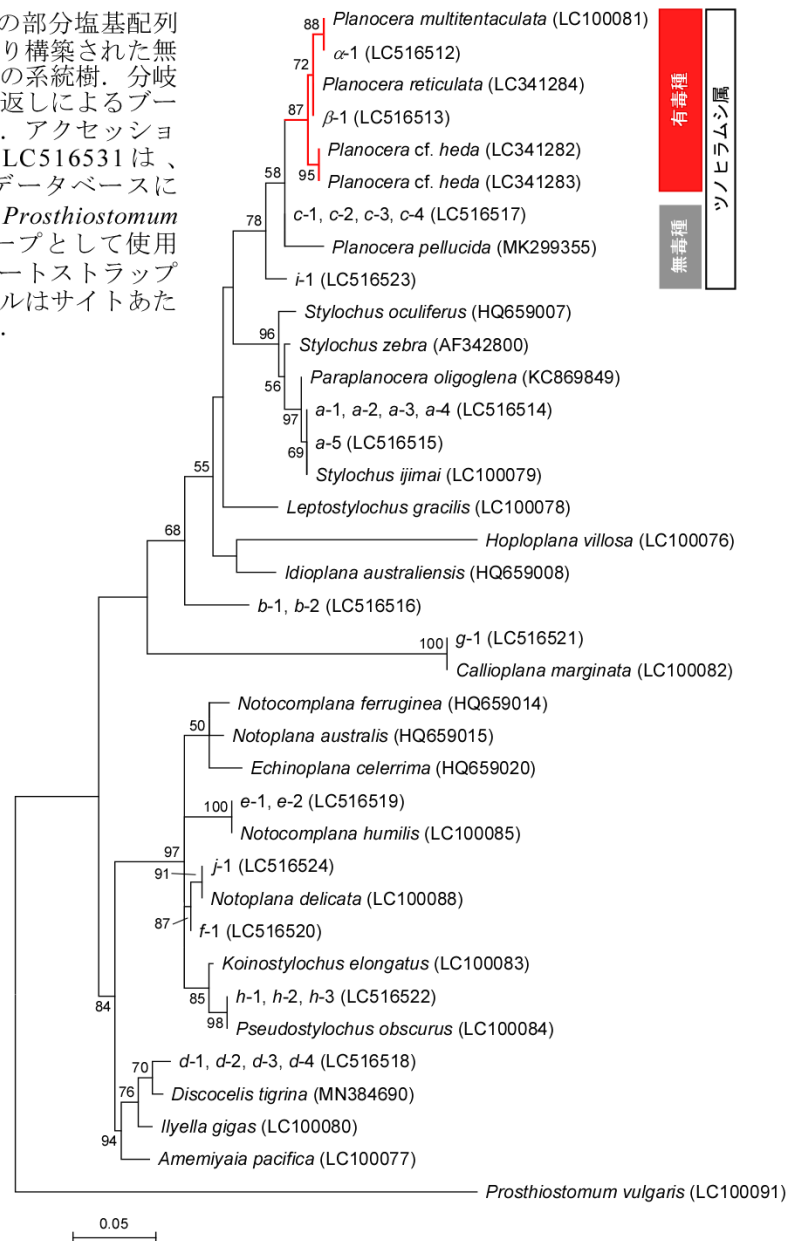


図1. オオツノヒラムシ特異的PCR産物の代表的な電気泳動パターン。ツムギハゼ ( レーン1~10 )、オキナワフグ ( レーン11~20 ) の腸管内容物から抽出した全DNAを鋳型に用いた。矢印はオオツノヒラムシに特異的なPCR産物を示す。レーンM、分子量マーカー、P、ポジティブコントロール、IRI、西表島、ISH、石垣島。

### (2) フグ毒を保有するヒラムシの探索と分類学的地位

三浦半島の葉山沿岸部を中心にツノヒラムシ属とその近縁種の探索を行った。その結果、オオツノヒラムシは大潮の最干時に露出する潮間帯で認められただけでなく、5 m を超える水深帯にも分布していることが確認された。また、この海域を中心に採取したヒラムシ類の系統解析 ( 28S rRNA 遺伝子・COI 遺伝子 ) および LC-MS/MS 分析を行ってフグ毒を保有する分類群の系統を調べた。その結果、多岐腸類の無吸盤亜目ツノヒラムシ属 ( *Planocera* 属 ) のオオツノヒラムシやツノヒラムシからは高濃度のフグ毒が検出されることが確認されたものの、同じ *Planocera* 属のオキヒラムシに近縁な種からは TTX は検出されなかった ( 図 2 )。同様に、他の無吸盤亜目のヒラムシ類からはフグ毒は検出されなかった。一方、これまでフグ毒を保有する種の報告がなかった吸盤亜目のヒラムシでもオオツノヒラムシに匹敵する高い濃度のフグ毒を保有する種が検出された。

図2. 28S rRNA遺伝子の部分塩基配列にもとづき最尤法により構築された無吸盤亜目のヒラムシ類の系統樹. 分岐の数値は、1000回繰り返しによるブートストラップ値を示す. アクセション番号LC516512~LC516531は、DDBJ/EMBL/GenBankデータベースに登録されている. *Prosthiosomum vulgare*をアウトグループとして使用した. 50%を超えるブートストラップ値のみを示す. スケールはサイトあたりの塩基置換数を示す.



### (3) フグ毒保有生物の炭素・窒素安定同位体比による食物網解析

クサフグに TTX をもたらず食物連鎖系統、特にクサフグとオオツノヒラムシの食物連鎖系統について検討するため、炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ) による食物網解析を実施した結果、餌推定値はオオツノヒラムシの分析値と乖離していたことから、オオツノヒラムシはクサフグの主要な食物源ではないことが示唆された。また、オオツノヒラムシの分析値から餌推定値を算出した結果では、 $\delta^{15}\text{N}$  の餌推定値がイシダタミやイボニシの分析値より低い傾向にあった。したがって、オオツノヒラムシはイシダタミやイボニシだけでなく、更に  $\delta^{15}\text{N}$  値の低い低次栄養段階の生物も食物源としていることが示唆された。

以上、本研究の結果は、フグの毒化に大きな影響を与えられているオオツノヒラムシが比較的深い水深帯にも分布していることを示しているだけでなく、日本列島近海域の様々なフグ毒保有魚類におけるフグ毒の獲得源になっている可能性を示唆している。フグ毒を保有しているヒラムシ類は、無吸盤亜目ではツノヒラムシ属における特定の分類群に限定され、この一群がフグ毒の保有および生合成に関わる遺伝子群を保有している可能性も考えられる。フグ類におけるフグ毒の保有量の個体差、そして同種であっても生息海域によって保有毒量が異なることが知られているが、これは、その海域に生息するオオツノヒラムシを中心とする有毒ヒラムシ類の資源量に依存しているのかもしれない。また、吸盤亜目のヒラムシ類からも高濃度のフグ毒を保有する種が発見されたことから、当該ヒラムシ類もフグ毒保有魚類の毒化に影響していることを示唆している。さらには、炭素・窒素安定同位体比による食物網解析では、これまでオオツノヒラムシの餌であると考えられてきた巻貝類よりも低次栄養段階の生物が食物源となっていることが示唆されたことから、今後、当該生物種の解明も求められる。

<引用文献>

- Itoi S, Kozaki A, Komori K, Tsunashima T, Noguchi S, Kawane M, Sugita H: Toxic *Takifugu pardalis* eggs found in *Takifugu niphobles* gut: Implications for TTX accumulation in the pufferfish. *Toxicon* 108: 141–146 (2015)
- Itoi S, Ueda H, Yamada R, Takei M, Sato T, Oshikiri S, Wajima Y, Ogata R, Oyama H, Shitto T, Okuhara K, Tsunashima T, Sawayama E, Sugita H: Including planocercid flatworms in the diet effectively toxifies the pufferfish, *Takifugu niphobles*. *Scientific Reports* 8, 12302 (2018)
- Miyazawa K, Jeon JK, Maruyama J, Noguchi T, Ito K, Hashimoto K: Occurrence of tetrodotoxin in the flatworm *Planocera multitentaculata*. *Toxicon* 24: 645–650 (1986)
- 野口玉雄：フグはフグ毒をつくらない（ベルソープックス）．成山堂書店 146 p.（2010）
- Tsunashima T, Hagiya M, Yamada R, Koito T, Tsuyuki N, Izawa S, Kosoba K, Itoi S, Sugita H: A molecular framework for the taxonomy and systematics of Japanese marine turbellarian flatworms (Platyhelminthes, Polycladida). *Aquatic Biology* 26: 159–167 (2017)
- Ueda H, Itoi S, Sugita H: TTX-bearing planocercid flatworm (Platyhelminthes: Acotylea) in the Ryukyu Islands, Japan. *Marine Drugs* 16, 37 (2018)
- Yamada R, Tsunashima T, Takei M, Sato T, Wajima Y, Kawase M, Oshikiri S, Kajitani Y, Kosoba K, Ueda H, Abe K, Itoi S, Sugita H: Seasonal changes in the tetrodotoxin content of the flatworm *Planocera multitentaculata*. *Marine Drugs* 15: 56 (2017)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Itoi Shiro, Suzuki Miwa, Asahina Kiyoshi, Sawayama Eitaro, Nishikubo Junki, Oyama Hikaru, Takei Mitsuki, Shiibashi Nanae, Takatani Tomohiro, Arakawa Osamu, Sugita Haruo	4. 巻 148
2. 論文標題 Role of maternal tetrodotoxin in survival of larval pufferfish	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Toxicon	6. 最初と最後の頁 95 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.toxicon.2018.04.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Itoi Shiro, Ueda Hiroyuki, Yamada Riko, Takei Mitsuki, Sato Tatsunori, Oshikiri Shotaro, Wajima Yoshiki, Ogata Ryuya, Oyama Hikaru, Shitto Takahiro, Okuhara Kazuya, Tsunashima Tadasuke, Sawayama Eitaro, Sugita Haruo	4. 巻 8
2. 論文標題 Including planocercid flatworms in the diet effectively toxifies the pufferfish, Takifugu niphobles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30696-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Gao Wei, Kanahara Yoko, Tatsuno Ryohei, Soyano Kiyoshi, Nishihara Gregory N., Urata Chisato, Takatani Tomohiro, Arakawa Osamu	4. 巻 84
2. 論文標題 Maturation-associated changes in internal distribution and intra-ovarian microdistribution of tetrodotoxin in the pufferfish Takifugu pardalis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 723 ~ 732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-018-1209-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakamukai Shohei, Takada Kentaro, Furihata Kazuo, Ise Yuji, Okada Shigeru, Morii Yasuhiro, Yamawaki Nobuhiro, Takatani Tomohiro, Arakawa Osamu, Gustafson Kirk R., Matsunaga Shigeki	4. 巻 59
2. 論文標題 Stellatolide H, a cytotoxic peptide lactone from a deep-sea sponge <i>Discodermia</i> sp.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 2532 ~ 2536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2018.05.033	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 系井史朗	4. 巻 64
2. 論文標題 テトロドトキシンの生物学的意義とフグ毒中毒	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 モダンメディア	6. 最初と最後の頁 241 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 系井史朗	4. 巻 2
2. 論文標題 フグ毒TTXの生物学的意義を通してフグにTTXおけるの獲得機構を探る	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 397 ~ 399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itoi Shiro, Tabuchi Sora, Abe Misato, Ueda Hiroyuki, Oyama Hikaru, Ogata Ryuya, Okabe Taiki, Kishiki Ayano, Sugita Haruo	4. 巻 173
2. 論文標題 Difference in tetrodotoxin content between two sympatric planocercid flatworms, <i>Planocera multitentaculata</i> and <i>Planocera reticulata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Toxicon	6. 最初と最後の頁 57 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.toxicon.2019.11.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itoi Shiro, Sato Tatsunori, Takei Mitsuki, Yamada Riko, Ogata Ryuya, Oyama Hikaru, Teranishi Shun, Kishiki Ayano, Wada Takenori, Noguchi Kaede, Abe Misato, Okabe Taiki, Akagi Hiroyuki, Kashitani Maho, Suo Rei, Koito Tomoko, Takatani Tomohiro, Arakawa Osamu, Sugita Haruo	4. 巻 249
2. 論文標題 The planocercid flatworm is a main supplier of toxin to tetrodotoxin-bearing fish juveniles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 126217(9 pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2020.126217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Yonezawa, Shiro Itoi, Yoji Igarashi, Kazutoshi Yoshitake, Hikaru Oyama, Shigeharu Kinoshita, Rei Suo, Shinichi Yokobori, Haruo Sugita, Shuichi Asakawa	4. 巻 未定
2. 論文標題 Characterization and phylogenetic position of two sympatric sister species of toxic flatworms <i>Planocera multitentaculata</i> and <i>Planocera reticulata</i> (Platyhelminthes: Acotylea)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mitochondrial DNA Part B	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23802359.2020.1730255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maho Kashitani, Taiki Okabe, Hikaru Oyama, Kaede Noguchi, Haruka Yamazaki, Rei Suo, Tetsushi Mori, Haruo Sugita, Shiro Itoi	4. 巻 未定
2. 論文標題 Taxonomic distribution of tetrodotoxin in acotylean flatworms (Polycladida: Platyhelminthes)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Biotechnology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10126-020-09968-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gao Wei, Kanahara Yoko, Yamada Misako, Tatsuno Ryohei, Yoshikawa Hiroyuki, Doi Hiroyuki, Takatani Tomohiro, Arakawa Osamu	4. 巻 11
2. 論文標題 Contrasting Toxin Selectivity between the Marine Pufferfish <i>Takifugu pardalis</i> and the Freshwater Pufferfish <i>Pao suvattii</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Toxins	6. 最初と最後の頁 470(11 pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/toxins11080470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 糸井史朗、尾山 輝、杉田治男
2. 発表標題 トラフグ属魚類の毒化に関わるオオツノヒラムシの影響
3. 学会等名 日本水産増殖学会第17回大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 吉敷綾乃、上田紘之、糸井史朗、杉田治男
2. 発表標題 オオツノヒラムシの産卵期におけるTTX保有量の変動
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 糸井史朗
2. 発表標題 フグはフグ毒をどこから獲得し、何に使うのか？
3. 学会等名 第63回日本放線菌学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 糸井史朗
2. 発表標題 TTX保有生物におけるTTXの獲得ルートと役割
3. 学会等名 マリンケミカルバイオロジー研究会2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米澤 遼、五十嵐洋治、吉武和敏、木下滋晴、糸井史朗、杉田治男、浅川修一
2. 発表標題 フグ毒テトロドトキシンを保有するヒラムシの消化管のメタゲノム解析
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米澤 遼、五十嵐洋治、吉武和敏、木下滋晴、糸井史朗、杉田治男、横堀伸一、浅川修一
2. 発表標題 フグ毒テトロドトキシンを保有するヒラムシのミトコンドリアゲノムの解読
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口香織、高尾秀樹、阿部敬子、辰野竜平、Gregoly N. Nishihara、阪倉良孝、高谷智裕、荒川修
2. 発表標題 フグ毒検査法における抽出操作の簡素化とHPLC-FL分析の有効性
3. 学会等名 日本食品衛生学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田美紗子、金原葉子、高威、土井啓行、吉川廣幸、辰野竜平、長島裕二、高谷智裕、荒川修
2. 発表標題 海産フグと淡水フグのTTX/PST蓄積能
3. 学会等名 日本食品衛生学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部泰基、尾山輝、柏谷真保、石丸悠太、周防玲、杉田治男、糸井史朗
2. 発表標題 クサフグの毒化に及ぼすヒラムシの卵の影響
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Haruka Yamazaki , Maho Kashitani , Yasuhito Yokoi , Taiki Okabe , Hikaru Oyama , Shiro Itoi , Haruo Sugita , Tetsusi Mori
2. 発表標題 The hunt for tetrodotoxin producers from the flatworm, <i>Planocera multitentaculata</i>
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maho Kashitani , Taiki Okabe , Hikaru Oyama , Kaede Noguchi , Haruka Yamazaki , Rei Suo , Tetsushi Mori , Haruo Sugita , Shiro Itoi
2. 発表標題 Distribution of tetrodotoxin in acotylean flatworms (Platyhelminthes)
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 糸井史朗
2. 発表標題 フグにおけるフグ毒の役割
3. 学会等名 第12回北陸合同バイオシンポジウム ( 招待講演 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taiki Okabe, Hikaru Oyama, Maho Kashitani, Yuta Ishimaru, Rei Suo, Haruo Sugita, Shiro Itoi
2. 発表標題 Pufferfish ingests tetrodotoxin by feeding on toxic egg plates of the flatworm <i>Planocera multitentaculata</i>
3. 学会等名 International Symposium on Aquatic Metagenomics ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Yonezawa, Shiro Itoi, Yoji Igarashi, Kazutoshi Yoshitake, Hikaru Oyama, Shigeharu Kinoshita, Rei Suo, Shinichi Yokobori, Haruo Sugita, Shuichi Asakawa
2. 発表標題 Towards the elucidation of the origin of tetrodotoxin (TTX): metagenomic analysis of toxic flatworm
3. 学会等名 International Symposium on Aquatic Metagenomics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米澤遼、五十嵐洋治、吉武和敏、糸井史朗、周防玲、杉田治男、木下滋晴、浅川修一
2. 発表標題 フグ毒テトロドトキシンを保有するヒラムシのドラフトゲノム構築
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五十川純太、鈴木重則、荒川修、高谷智裕
2. 発表標題 人工種苗トラフグの孵化後初期におけるTTX量の変化
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhang Yuchengmin、上西園透生、筒井英人、山脇信博、森井康弘、荒川修、高谷智裕
2. 発表標題 石垣島米原ウモレオウギガニの地理的分布と保有毒成分
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

クサフグはヒラムシを食べて効果的に毒化する  
<http://www.msr-nihon-university.org/2018/08/19/press-release-7/>  
糸井史朗准教授のフグ毒に関する研究が読売新聞で紹介されました  
<http://www.msr-nihon-university.org/2019/04/02/>  
クサフグは毒を獲得するためにヒラムシの有毒卵を食べる  
<http://www.msr-nihon-university.org/2019/07/16/>  
岡部泰基が国際メタゲノムシンポジウム2019でベストポスター賞を受賞しました  
<http://www.msr-nihon-university.org/2019/12/15/>  
有毒ヒラムシ 2 種のフグ毒保有量の違い  
<http://www.msr-nihon-university.org/2020/01/26/>  
フグ毒保有魚は、有毒ヒラムシの幼生を摂餌して毒化する  
<http://www.msr-nihon-university.org/2020/02/17/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高井 則之  (TAKAI Noriyuki)  (00350033)	日本大学・生物資源科学部・准教授   (32665)	
研究分担者	小島 隆人  (KOJIMA Takahito)  (60205383)	日本大学・生物資源科学部・教授   (32665)	
研究分担者	高谷 智裕  (TAKATANI Tomohiro)  (90304972)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・教授   (17301)	