

れは皮からの毒の移行が影響しているものと推測された。

これまで実態がよくわかっていなかった自然交雑種フグの毒性ならびに毒成分を明らかにすることを目的として、外部形態からトラフグ類似フグと判断された 92 個体について毒性試験と毒成分分析を行ったところ、9 個体から毒性が検出され、毒性はトラフグと同程度またはそれ以下のものがほとんどであった。しかし、一部で、トラフグでは食用可能とされている精巢から 32.6 MU/g の毒性が検出され、皮からも 1 個体で 220 MU/g と「強毒」レベルの毒性、4 個体で「弱毒」レベルの毒性が検出された。さらに、1 個体の消化管から過去に報告されている最強毒力「強毒」レベルを上回る 1070 MU/g の「猛毒」レベルの毒性が検出された。

毒成分分析では、トラフグ類似フグの有毒サンプルから TTX と TTX 類縁体が検出され、主成分は TTX と trideoxyTTX であった。trideoxyTTX は日本沿岸のフグに共通してみられる一般的な TTX 類縁体であり、トラフグに類似した交雑種フグが特別なフグ毒成分組成を有しているわけではないようである。交雑種フグの毒性および食用適否の判定を下すには、今後両親種を判別した上で、この毒性評価結果と合わせ、交配による可食部位への影響を考察する必要がある。

フグの毒蓄積能

人工交雑種として作成したマトラへの TTX 投与実験では、2 ヶ月齢魚において筋肉で長時間の毒の残存がみられるなど、両親種が入れ替わることで TTX 蓄積能に差異が生じる可能性のあることが示唆された。交雑種フグの毒性に関しては、依然として不明の部分が多く、各部位の TTX 蓄積能につき、引き続き検討する必要がある。

他方、天然のトラフグとヒガンフグへの PSP 投与実験では、トラフグ属フグの PSP 蓄積能は、種や成熟段階により異なるものの、総じて TTX 蓄積能より低いことが示唆された。他種のフグの PSP 蓄積能や卵巣への PSP 蓄積について、引き続き検討する必要がある。

フグの TTX 毒化能を *in vitro* 肝組織培養実験で調べたところ、「無毒」種と言われているクロサバフグとシロサバフグの肝臓はトラフグに匹敵するほどの TTX を蓄積する能力がもつことがわかり、クロサバフグとシロサバフグの肝臓は食用不適と判断された。一方、ハコフグ科とハリセンボン科のフグの肝臓は TTX を蓄積する能力が低

いか欠いていると示唆された。

東北地区のフグの毒性

東北地区のフグ類の安全性の確保に資することを目的に、まず毒性分析用検液の調製法を検討した。その結果、筋肉や皮から定量的に毒を抽出するには、Brillantes et al. (2003) 等、研究機関で採用されている簡易法が、河端(1978)による従来法よりも適当であることを明らかにした。ついで 2009 年と 2014 年に三陸海域で漁獲されたコモフグ、および 2014 年に三陸海域で漁獲されたヒガンフグの部位別毒性を調べたところ、1984 年の Kodama et al. による調査と同様に、これら 2 種の肉や皮が高頻度で高い毒性を示すことを確認した。これに対して 2013 年 9 月に釜石魚市場に水揚げされたシロサバフグの肉や皮、2014 年に秋田県で水揚げされたシヨウサイフグの肉には、いずれも規制値を超える毒性は確認されなかった。

沖縄産フグの毒性

沖縄産フグの毒性を調べるため、広汎な利用を想定した、HILIC 系カラムを用いて短時間分析が可能な LC-MS/MS 法を検討し、クロサバフグ筋肉での妥当性確認および、センニンフグ、ヨリトフグ、サザナミフグおよびモヨウフグ筋肉での適用性確認を行った。本法によりマウス毒性試験によらない迅速な TTX 汚染の安全性評価が可能となった。

沖縄産フグの毒性を調査した結果、通知のリストに掲載されているクロサバフグとヨリトフグはすべて「無毒」であったが、掲載されていないセンニンフグ、モヨウフグ属およびオキナワフグ 9 種のうち、モヨウフグ、ケシヨウフグ、ホシフグおよびアラレフグの 4 種は全個体が「無毒」であった。「強毒」個体が認められたのはコクテンフグとオキナワフグで、特にオキナワフグはすべての個体から TTX が検出された。

自治体によるフグの毒性検査結果等の収集

昭和 35 年(1960 年)～平成 22 年(2010 年)に発生したフグによる食中毒事件 2,401 件のうち、地方衛生研究所 21 機関から、原因食品の残品または未調理品 124 事例(個体)、223 検体の検査情報を入手することができた。これらのデータについては、今後精査し、リスク管理およびリスク評価に資する科学的根拠データの作成を検討し

たい。そのうえで、食中毒発生時に取得すべきデータについて、リスク管理およびリスク評価の視点から整理して行く必要がある。

各地方衛生研究所にて実施されたデータは、おおむね現状のリスク管理の妥当性を支持するものであった。このデータを精査し、特に海域限定で取り扱いの異なる種については、科学的根拠資料として使用可能な状態に加工できるよう、地方衛生研究所への働きかけも含めて検討が必要である。

II. フグの分類に関する研究

形態に基づく分類

日本の沿岸と排他的経済水域に7属54種のフグ類が分布することが明らかになった(日本沿岸に分布する種は7属47種である)。各属は体表面の側線の数や走り方、鼻器官の形態、体表面の小棘の分布、鰭条数および色彩によって識別できる。

サバフグ属の分類学的研究を行った結果、クロサバフグの学名を変更すべきことが明らかとなった。ニュージーランドとオーストラリア東岸から知られていた *Lagocephalus cheesemanii* はクロサバフグと同一であるため、今後、クロサバフグにはこの学名を適用すべきである。また、日本産サバフグ属には7種が含まれるが、本属の種の分布域が広いと、外国産の標本と比較して分類学的な再検討を行う必要がある。

奄美大島から得られた標本に基づいてシッポウフグ属の新種アマミホシゾラフグ *Torquigener albomaculosus* Matsuura, 2014 を発表した。新種の雄は約1週間かけて複雑な模様をもつ直径2mの産卵巣を作る。このように複雑な産卵巣を作る魚類はフグ類ばかりではなく、他の魚類からも知られていない。新種はシッポウフグ属の他種から色彩によって識別される。

トラフグ属の雑種個体を検討した結果、ショウサイフグ、トラフグおよびマフグが関与していることが判明した。トラフグ属の雑種が各地からかなり得られているという情報があるため、さらに標本入手を図る必要がある。

世界的にも稀なウチワフグ(ウチワフグ科に含まれる唯一の種)の標本28個体を調査した結果、西部太平洋の19個体には第1背鰭があるが、インド洋の9個体には第1背鰭がないことが判明した。本研究によって、ウチワフグのインド洋と西部太平洋の個体群に明瞭な差があることが判明した。

遺伝子解析による種判別

交雑フグ種の親種判別に関しては、外部形態のみで両親種を判別することには注意が必要であり、遺伝子による判別法を併用して慎重に判定する必要がある。母系種においては、今回確立したミトコンドリアDNA法によって確実に同定できることが確認された。一方、父系種に関しては、トラフグおよびマフグからなる交雑種においてはGAAAG反復配列から推定できる可能性が示唆されたが、他のマイクロサテライト領域も含め、さらなる追試が必要であると考えられた。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 荒川 修: フグ類が保有する毒の分布, 蓄積機構, および生理機能. 日本水産学会誌, 79 巻, 311-314 (2013).
- 2) 谷口香織, 高尾秀樹, 新名真也, 山中祐二, 岡田幸長, 中島梨花, 王 俊杰, 辰野竜平, 阪倉良孝, 高谷智裕, 荒川 修, 野口玉雄: 天然トラフグ肝臓の毒性分布. 食品衛生雑誌, 54 巻, 277-281 (2013).
- 3) 與儀健太郎, 大城直雅, 松田聖子, 佐久川さつき, 松尾敏明, 安元 健: 奄美大島・加計呂麻島におけるシガテラ原因魚の毒組成解析. 食品衛生学雑誌, 54 巻, 385-391 (2013).
- 4) 長島裕二: 食品中の魚毒(フグ毒)による食中毒とその予防. 食品衛生研究, 63 巻 2 号, 21-30 (2013).
- 5) 長島裕二, 松本拓也: フグ毒化機構解明に向けた最近の研究. Foods & Food Ingredients Journal of Japan, 218 巻, 266-275 (2013).
- 6) S. Sato, Y. Takata, S. Kondo, A. Kotoda, N. Hongo, M. Kodama: Quantitative ELISA kit for paralytic shellfish toxins coupled with sample pretreatment. J. AOAC Int., 97 巻, 339-344 (2014).
- 7) T. Matsumoto, H. Feroudj, R. Kikuchi, Y. Kawana, H. Kondo, I. Hirono, T. Mochizuki, Y. Nagashima, G. Kaneko, H. Ushio, M. Kodama, S. Watabe: DNA microarray analysis on the genes differentially expressed in the liver of the pufferfish *Takifugu rubripes*, following an intramuscular administration of tetrodotoxin. Microarrays 3 巻, 226-244 (2014).
- 8) H. Feroudj, T. Matsumoto, Y. Kurosu, G. Kaneko, H. Ushio, K. Suzuki, H. Kondo, I. Hirono, Y. Nagashima, S. Akimoto, K. Usui, S. Kinoshita, S.

Asakawa, M. Kodama, S. Watabe: DNA microarray analysis on gene candidates possibly related to tetrodotoxin accumulation in pufferfish. *Toxicon*, 77 巻, 68-72 (2014).

9) 辰野竜平, 反町太樹, 谷山茂人, 大城直雅, 久保弘文, 高谷智裕, 荒川 修: 腐肉食性小型巻貝 2 種に対するフグ毒給餌実験. *食品衛生学雑誌*, 55 巻, 152-156 (2014).

10) 佐藤 繁, 児玉正昭: フグを知って中毒防止. シロサバフグ・ドクサバフグ. *食と健康 通巻* 693 号, 26-27 (2014).

11) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. ヒガンフグ・アカメフグ. *食と健康 通巻* 694 号, 42-43 (2014).

12) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. ショウサイフグ・ナシフグ. *食と健康 通巻* 695 号, 30-31 (2014).

13) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. コモンフグ・クサフグ. *食と健康 通巻* 696 号, 28-29 (2014).

14) K. Matsuura: Taxonomy and systematics of tetraodontiform fishes: a review focusing primarily on progress in the period from 1980 to 2014. *Ichthyol. Res.*, 62 巻, 72-113 (2015).

15) K. Matsuura: A new pufferfish of the genus *Torquigener* that builds “mystery circles” on sandy bottoms in the Ryukyu Islands, Japan (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae). *Ichthyol. Res.*, 62 巻, 207-212 (2015).

16) T. Matsumoto, A. Kiriake, S. Ishizaki, S. Watabe, Y. Nagashima: Biliary excretion of tetrodotoxin in the cultured pufferfish *Takifugu rubripes* juvenile after intramuscular administration. *Toxicon* 93 巻, 98-102 (2015).

17) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. トラフグ・カラス. *食と健康 通巻* 697 号, 52-53 (2015).

18) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. マフグ・ゴマフグ. *食と健康 通巻* 698 号, 52-53 (2015).

19) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. シマフグ・オキナワフグ. *食と健康 通巻* 699 号, 28-29 (2015).

20) 松浦啓一: 「魚類分類学は人命を救う: フグ類の分類と毒性」, *PEN* 5 巻 7 号: 3-8 (2015).

2. 書籍

1) 齋藤昌義, 濱田友貴, 荒川 修: 第 7 章 食の安全を追求する科学, “農学の魅力”, 安田弘法,

中村宗一郎, 太田寛行, 橘 勝康, 生源寺眞一 編, 養賢堂, 東京, pp. 169-195 (2013).

2) 長島裕二: コラム 5 魚介毒の化学成分と薬理作用. “フィールドベスト図鑑 vol. 17 危険・有毒生物”, 篠永 哲, 野口玉雄, 今泉忠明, 小川賢一 監修, 学研, 東京, p. 236 (2013).

3) 荒川 修: コラム 7 動物界におけるフグ毒の分布. “フィールドベスト図鑑 vol. 17 危険・有毒生物”, 篠永 哲, 野口玉雄, 今泉忠明, 小川賢一 監修, 学研, 東京, p. 238 (2013).

4) 長島裕二, 松本拓也: フグ毒. 「別冊日本臨牀新領域別症候群シリーズ No. 30 神経症候群 (第 2 版) V」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 680-683.

5) 大城直雅, 仲里信彦: シガテラ魚類食中毒. 「別冊日本臨牀 新領域別症候群シリーズ No. 30 神経症候群 (第 2 版) V」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 684-687.

6) 大城直雅: パリトキシン様毒とパリトキシン. 「別冊日本臨牀 新領域別症候群シリーズ No. 30 神経症候群 (第 2 版) V」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 688-691.

7) 佐藤 繁: 貝毒. 「別冊日本臨牀 新領域別症候群シリーズ No. 30 神経症候群 (第 2 版) V」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 692-695.

8) 佐藤 繁, 児玉正昭: フグ毒. 食品衛生検査指針・理化学編. 日本食品衛生協会, 東京, 2015, pp. 813-820.

9) 大城直雅: 下痢性貝毒. 食品衛生検査指針理化学編. 日本食品衛生協会, 東京, 2015, pp. 835-841.

10) 大城直雅: シガテラ毒. 食品衛生検査指針理化学編. 日本食品衛生協会, 東京, 2015, pp. 842-848.

11) 松浦啓一・長島裕二 (編著): 「毒魚の自然史一毒の謎を追う」, 北海道大学出版会, 札幌, 2015. 312 pp.

12) 松浦啓一: 第 1 章 フグ類の分類と生態. 「毒魚の自然史一毒の謎を追う」, 北海道大学出版会, 札幌, 2015. pp. 3-32.

13) 長島裕二, 荒川 修, 佐藤 繁: 第 2 章 フグ毒. 「毒魚の自然史」(松浦啓一, 長島裕二 編著). 北海道大学出版会, 北海道, 2015. pp. 33-103.

14) 松浦啓一: 第 3 章 シガテラ毒をもつ魚類の分類と生態. 「毒魚の自然史一毒の謎を追う」(松浦啓一, 長島裕二 編著), 北海道大学出版会, 札幌, 2015. pp. 107-112.

15) 大城直雅: 第 4 章 シガテラ毒. 「毒魚の自然史」(松浦啓一, 長島裕二 編著). 北海道大学出版会, 北海道, 2015. pp. 113-134.

16) 松浦啓一：第5章 パリトキシンもしくはパリトキシン様毒をもつ魚類の分類と生態。「毒魚の自然史—毒の謎を追う」(松浦啓一, 長島裕二編著), 北海道大学出版会, 札幌, 2015. pp. 137-142.

3. 学会発表

- 1) 長島裕二, 佐藤康介:トラフグ体表粘液のプロテアーゼインヒビター. 第27回海洋生物生理活性談話会. 2013年5月, 東京都港区.
- 2) 桐明 絢, 長島裕二, 塩見一雄:カサゴ目魚類刺毒の性状および一次構造. 第27回海洋生物生理活性談話会. 2013年5月, 東京都港区.
- 3) 與儀健太郎, 佐久川さつき, 大城直雅, 村田 龍, 池原 強, 安元 健:魚類食中毒シガテラの原因物質シガトキシン類の LC-MS/MS 分析. 2013年7月, 大阪府大阪市.
- 4) R. Tatsuno, T. Mine, Y. Yamanaka, T. Takatani, O. Arakawa: Growth-associated changes in internal tetrodotoxin distribution and skin structure in three species of pufferfish, 9th International Conference on the Marine Biodiversity and Environmental Fisheries Science of the East China Sea, Keelung, Sep. 2013.
- 5) 尹 顕哲, 石崎松一郎, 長島裕二: LC-MS によるフグ毒関連物質の検出. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会. 2013年9月, 三重県津市.
- 6) 尹 顕哲, 石崎松一郎, 長島裕二: ヒガンフグ卵巣におけるフグ毒の化学形態. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会. 2013年9月, 三重県津市.
- 7) 桐明 絢, 鈴木靖子, 長島裕二, 塩見一雄: アイゴ刺毒の一次構造およびカサゴ目魚類刺毒との構造比較. 平成 25 年度日本水産学会秋季大会. 2013年9月, 三重県津市.
- 8) 松浦啓一: シッポウフグ属の分類学的検討と奄美大島の海底にミステリーサークルを作るシッポウフグ属の1未記載種. 2013年度日本魚類学会年会, 2013年10月, 宮崎県宮崎市.
- 9) 谷口香織, 高尾秀樹, 新名真也, 山中祐二, 岡田幸長, 中島梨花, 王 俊杰, 辰野竜平, 阪倉良孝, 高谷智裕, 荒川 修, 野口玉雄: 天然トラフグ肝臓の毒性分布. 第106回日本食品衛生学会学術講演会, 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 10) 辰野竜平, 反町太樹, 谷山茂人, 大城直雅, 久保弘文, 高谷智裕, 荒川 修: テトロドトキシンを給餌した腐肉食性小型巻貝2種の毒性. 第106回日本食品衛生学会学術講演会, 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 11) 山中祐二, 新名真也, 山下洋平, 辰野竜平, 高谷智裕, 荒川 修: 天然ヒガンフグの麻痺性貝毒蓄積能. 第106回日本食品衛生学会学術講演会,

2013年11月, 沖縄県宜野湾市.

- 12) 太田 晶, 須賀恵美, 石崎松一郎, 土井啓行, 石橋敏章, 松本拓也, 長島裕二: 食用フグの肝臓におけるテトロドトキシンおよび麻痺性貝毒の蓄積. 106回食品衛生学会学術講演会. 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 13) 桐明 絢, 石崎松一郎, 長島裕二: ミトコンドリア DNA を用いたテトラミン食中毒原因巻貝の種判別法. 106回食品衛生学会学術講演会. 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 14) 與儀健太郎, 佐久川さつき, 村田 龍, 大城直雅, 池原 強, 安元 健: LC-MS/MS によるシガトキシン類分析の検討. 第50回全国衛生化学協議会年会, 2013年11月, 富山県富山市.
- 15) 白石一陽, 村田 龍, 照屋菜津子, 佐久川さつき, 小島 尚, 大城直雅: HILIC-LC/MS による亜熱帯産フグの毒性分析. 第106回日本食品衛生学会学術講演会, 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 16) 村田 龍, 大城直雅: HILIC-LC/MS による麻痺性貝毒の一斉分析. 第106回日本食品衛生学会学術講演会, 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 17) 内田秀明, 平良洋介, 大城直雅, 安元 健: 渦鞭毛藻由来パリトキシン関連新奇化合物の LC/MS による探索と構造研究. 第106回日本食品衛生学会学術講演会, 2013年11月, 沖縄県宜野湾市.
- 18) 大城直雅, 佐久川さつき, 円谷 健, 藤井郁雄, 平間正博, 安元 健: 本州沿岸産の大型イシガキダイによるシガテラが疑われる3事例. 第4回日本中毒学会九州地方会, 2014年1月, 沖縄県西原.
- 19) 長島裕二: 海洋動物の毒. 第28回日本中毒学会東日本地方会. 2014年1月, 東京都港区.
- 20) 辰野竜平, 井樋洸太郎, 沖田光玄, 山中祐二, 阪倉良孝, 高谷智裕, 荒川 修: トラフグに筋肉内投与した TTX の動態 -肝臓と皮の毒蓄積様式の相違-. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014年3月, 北海道函館市.
- 21) 岩下裕子, 山下洋平, 市川 航, 荒川 修, 高谷智裕: 異なる波長の照射光下で培養した *Alexandrium catenella* の麻痺性貝毒産生. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014年3月, 北海道函館市.
- 22) 沖田光玄, 平野 雪, 木下滋晴, 小島大輔, 山崎英樹, 崎山一孝, 高谷智裕, 荒川 修, 阪倉良孝: トラフグ稚魚のフグ毒感知, 摂取, および脳内蓄積に関連する遺伝子の発現. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014年3月, 北海道函館市.
- 23) 糸井史朗, 吉川沙織, 朝比奈潔, 鈴木美和,

- 石塚健人, 瀧本成美, 光岡涼子, 横山直人, 出竹歩美, 高柳智江, 江口美帆, 小久保翔太, 高梨志保里, 三浦 愛, 河根三雄, 水藤勝喜, 辰野竜平, 高谷智裕, 荒川 修, 阪倉良孝, 杉田治男: フグの仔魚は母親由来の TTX によって守られている. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014 年 3 月, 北海道函館市.
- 24) 松本拓也, 桐明 絢, 渡部終五, 長島裕二: トラフグ幼魚におけるフグ毒テトロドトキシンの胆汁中排泄機構の検討. 平成 26 年度日本水産学会春季大会. 2014 年 3 月, 北海道函館市.
- 25) Acar Caner, 石崎松一郎, 長島裕二: Complete mtDNA sequences of common Turkish puffer fish species and comparison among species. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014 年 3 月, 北海道函館市.
- 26) 村田 龍, 大城直雅: LC-MS/MS による下痢貝毒分析の検討. 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 2014 年 3 月, 北海道函館市.
- 27) N. Oshiro, Y. Yogi, S. Sakugawa, M. Toda, T. Yasumoto: Occurrence of ciguatera fish poisonings and development of ciguatoxins analysis methods in Japan, Ninth WESTPAC International Scientific Symposium, April 2014, Nha Trang, Vietnam.
- 28) S. Itoi, S. Yoshikawa, K. Asahina, M. Suzuki, K. Ishizuka, N. Takimoto, R. Mitsuoka, N. Yokoyama, A. Detake, C. Takayanagi, M. Eguchi, R. Tatsuno, M. Kawane, S. Kokubo, S. Takanashi, A. Miura, K. Suitoh, T. Takatani, O. Arakawa, Y. Sakakura, H. Sugita: Maternal TTX in the pufferfish babies contribute to beneficial strategies for increasing the survival of egg and larvae. The 10th Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference. May 2014, Taipei, Taiwan.
- 29) S. Sato: A novel ELISA system to quantitate paralytic shellfish poisoning toxins. Programs & Abstracts in: China-Japan-Korea and southeast Asia Joint Symposium on "Advanced Processing Safety Control of Aquatic Products". May 2014, Qingdao, China.
- 30) 辰野竜平, 上田慎也, 高谷智裕, 荒川 修: オキナワフグにおける体内毒分布の変化と毒分泌腺の分化. 第 51 回沖縄生物学会, 2014 年 5 月, 沖縄県那覇市.
- 31) 與儀健太郎, 佐久川さつき, 大城直雅, 安元健: 沖縄産シガテラ魚におけるシガトキシン類組成. 日本動物学会九州支部(第 67 回), 九州沖縄植物学会(第 64 回), 日本生態学会九州地区会(第 59 回), 沖縄生物学会(第 51 回) 合同沖縄大会, 2014 年 5 月, 沖縄県西原町.
- 32) 辰野竜平, 山口健一, 池田光壺, 高谷智裕, 荒川 修: フグにおけるフグ毒(TTX)の体内動態と TTX 結合性タンパク質の発現状況. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム「魚類における新しいタンパク質 Calycin 研究の新展開: α 1-酸性糖タンパク質, フグ毒結合タンパク質, ウナギ蛍光タンパク質」, 2014 年 9 月, 福岡県福岡市.
- 33) 長島裕二: フグ肝臓と卵巣におけるフグ毒蓄積タンパク質. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム 魚類における新しいタンパク質 Calycin 研究の最前線. 2014 年 9 月, 福岡県福岡市.
- 34) 太田 晶, 石崎松一郎, 長島裕二: 組織培養したトラフグ肝臓におけるフグ毒の分布と存在形態. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会. 2014 年 9 月, 福岡県福岡市.
- 35) 桐明 絢, 松本拓也, 石崎松一郎, 長島裕二: 養殖トラフグ稚魚と成魚の肝臓発現遺伝子の比較. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会. 2014 年 9 月, 福岡県福岡市.
- 36) 林田宜之, 大城直雅, 立原一憲: シガテラ毒魚バラフエダイの年齢と成長, 成熟. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会, 福岡県福岡市, 2014 年 9 月.
- 37) N. Sato, T. Miyanishi, O. Arakawa, T. Takatani: Cytotoxic effects of palytoxin on rat skeletal muscle cells in culture. Joint International Symposium between Jeju National University and Nagasaki University, Oct. 2014, Jeju, Korea.
- 38) F. Soumiya, R. Tatsuno, K. Ibi, T. Takatani, O. Arakawa: Transfer/accumulation profile of TTX intramuscularly administered at different doses to the pufferfish *Takifugu rubripes*. Joint International Symposium between Jeju National University and Nagasaki University, Oct. 2014, Jeju, Korea.
- 39) 松浦啓一, 金子篤史, 片山英里: 腹部膜状部を開閉するフグ目の稀種ウチワフグの鱗に見られる特殊な構造. 2014 年度日本魚類学会年会, 2014 年 11 月, 神奈川県小田原市.
- 40) 園山貴之, 土井啓行, 石橋敏章, 松浦啓一: シッポウフグ属 2 種の育成. 2014 年度日本魚類学会年会, 2014 年 11 月, 神奈川県小田原市.
- 41) 岡山桜子, 太田 晶, 石崎松一郎, 長島裕二: ゴマフグ卵巣と卵巣糠漬けのフグ毒成分分析. 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会. 2014 年 12 月, 石川県金沢市.
- 42) 風間美保, 村田龍, 林田宜之, 佐久川さつ

き, 久高 潤, 立原一憲, 小島 尚, 安元 健, 大城直雅: 沖縄産バラフエダイおよびゴマフエダイの LC-MS/MS 法によるシガトキシン類分析. 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会, 2014 年 12 月, 石川県金沢市.

43) 渡辺美遥, 村田 龍, 西村美桜, 佐久川さつき, 久高 潤, 立原一憲, 石崎直人, 小西良子, 安元 健, 大城直雅: 沖縄産バラハタおよびオジロバラハタの LC-MS/MS 法によるシガトキシン類分析. 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会, 2014 年 12 月, 石川県金沢市.

44) 白石一陽, 斉藤真里佳, 村田 龍, 照屋菜津子, 佐久川さつき, 小島 尚, 大城直雅: 沖縄産フグの LC-MS/MS による毒性分析. 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会, 2014 年 12 月, 石川県金沢市.

45) 村田 龍, 大城直雅, 小根澤遥: 下痢性貝毒 (OA・DTX 群) の LC/MS/MS 分析法の検討. 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会, 2014 年 12 月, 石川県金沢市.

46) 長島裕二: フグの安全性. 平成 26 年度神奈川県ふぐ包丁師衛生講習会. 2015 年 3 月, 神奈川県横浜市.

47) 尹 顕哲, 桐明 絢, 太田 晶, 石崎松一郎, 長島裕二: ヒガンフグ卵巣から単離したフグ毒結合タンパク質の同定. 平成 27 年度日本水産学会春季大会. 2015 年 3 月, 東京都港区.

48) 永井 慎, 長島裕二: トラフグ肝臓におけるテトロドトキシン投与後の三次元分布に関する研究. 平成 27 年度日本水産学会春季大会. 2015 年 3 月, 東京都港区.

49) 桐明 絢, 布施 遥, 石崎松一郎, 長島裕二: 16S rRNA 領域におけるテトラミン食中毒原因巻貝の種判別. 平成 27 年度日本水産学会春季大会. 2015 年 3 月, 東京都港区.

50) 村田 龍, 小根澤遥, 大城直雅: 下痢性貝毒 (OA 群) の LC/MS/MS 分析法の検討. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 2015 年 3 月, 東京都港区.

51) Acar Caner, 石崎松一郎, 長島裕二: Analysis of three Lessepsian puffers' complete mitochondrial genomes with phylogenetic consideration. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 2015 年 3 月, 東京都港区.

52) 臼井芽衣, 徐超香, 石崎松一郎, 長島裕二: ショウサイフグの交雑種と推定されるフグの種判別と毒性. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 2015 年 3 月, 東京都港区.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1) エビ類検出用プライマーセット, 特許第 5483173 号, 2014 年 2 月 28 日.

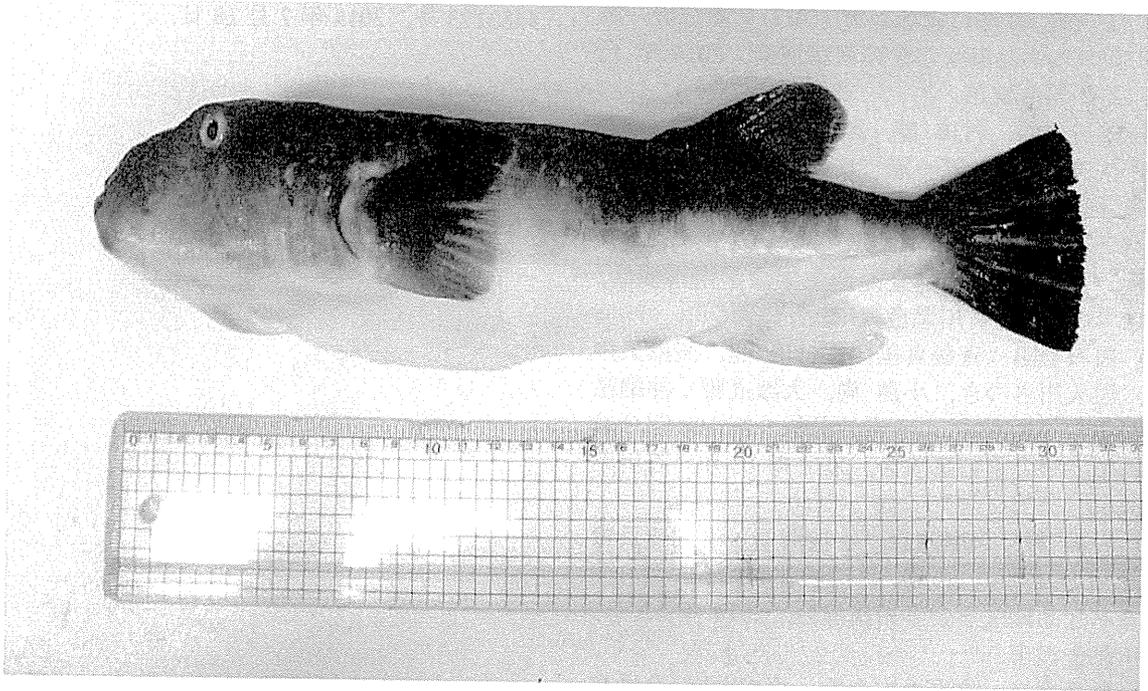


図 1-1 トラフグ類似フグ

表 1-1 各種海産フグの既得毒性データ

種	毒力 (MU/g)				
	皮	筋肉	肝臓	精巣	卵巣
トラフグ	弱毒： <3-14	無毒： <3	強毒： <3-180	弱毒： <3-20	強毒： <3-250
マフグ	強毒： 10-310	弱毒： <3-60	猛毒： 110-3530	弱毒： 3-60	猛毒： 50-2530
ヒガンフグ	強毒： <3-500	強毒： <3-55	猛毒： <3-2200	強毒： <3-280	猛毒： <3-1300
ナシフグ	弱毒： 23-39	無毒： <2	無毒： 3 - 5	無毒： <2	強毒： 240-250
コモンフグ	猛毒： 3-2397	弱毒： <3-84	猛毒： 3-10749	強毒： <3-331	猛毒： 2-2093
クサフグ	強毒： 3-235	無毒： 0.5-8.3	猛毒： 0-1706	無毒： 0-0.6	猛毒： 72-3514
シロサバフグ	無毒： <2	無毒： <2	無毒： 2.2-7.9	無毒： <2	無毒： <2
タキフグ	無毒： <2-6	無毒： <2-5	弱毒： <2-17	無毒： <2-3	強毒： 10-132
オキナワフグ	猛毒： 608-11810	強毒： 2-390	強毒： 5-380	強毒： 45-550	強毒： 25-450
ホシフグ	弱毒： <3-30	無毒： <3	無毒： <3	無毒： <3	強毒： <3-740

表 1-2 交雑種フグの既得毒性データ

母系	父系	毒力 (MU/g)				
		皮	筋肉	肝臓	精巣	卵巣
シマフグ	トラフグ	弱毒： <2-25	無毒： <2	強毒： <2-620	無毒： <2	強毒： <2-820
マフグ	ゴマフグ	強毒： 5-130	弱毒： <2-20	猛毒： 4-2200	無毒： <2	猛毒： 280-1600
マフグ	トラフグ	弱毒： <2-35	無毒： <2-2	猛毒： <2-1400	無毒： <2	猛毒： <2-1000
トラフグ	ゴマフグ	無毒： <2-3	無毒： <2	弱毒： <2-50	無毒： <2	
トラフグ	マフグ	弱毒： 4-30	無毒： <2-2	猛毒： 70-1200	無毒： <2	猛毒： 1300

表 1-3 アカメフグの毒性データ

	TTX 量 (MU/g)				
	皮	筋肉	肝臓	消化管	生殖腺
♂	41-84	4-10	62-217	9-78	13-28
♀	14-62	4-37	17-515	24-143	164-668

表 1-4 天然交雑種フグの毒性データ

TTX 量 (MU/g)				
皮	筋肉	肝臓	消化管	生殖腺
43	5	449	264	273

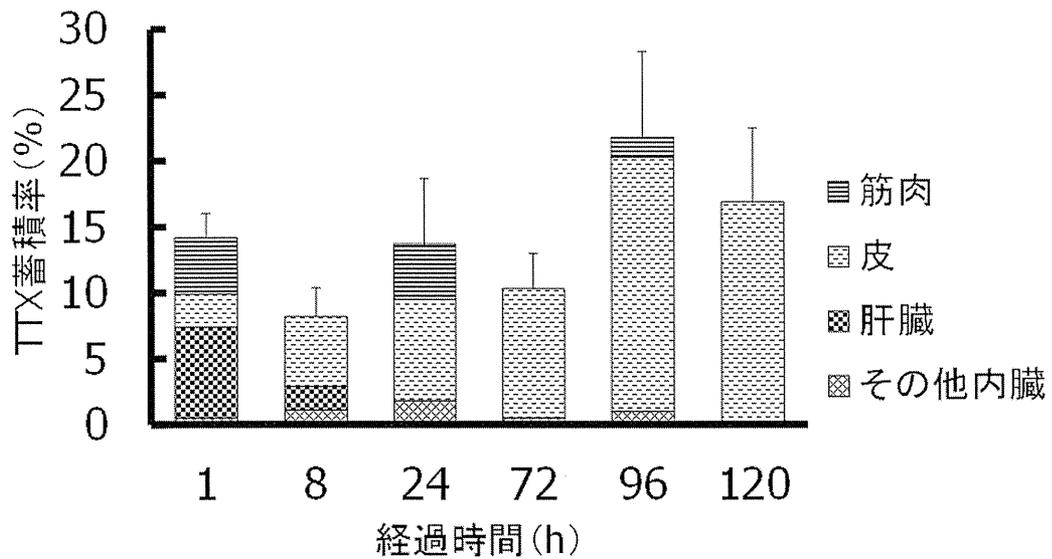


図 1-2 マトラ 2 ヶ月齢魚における TTX 蓄積率の推移

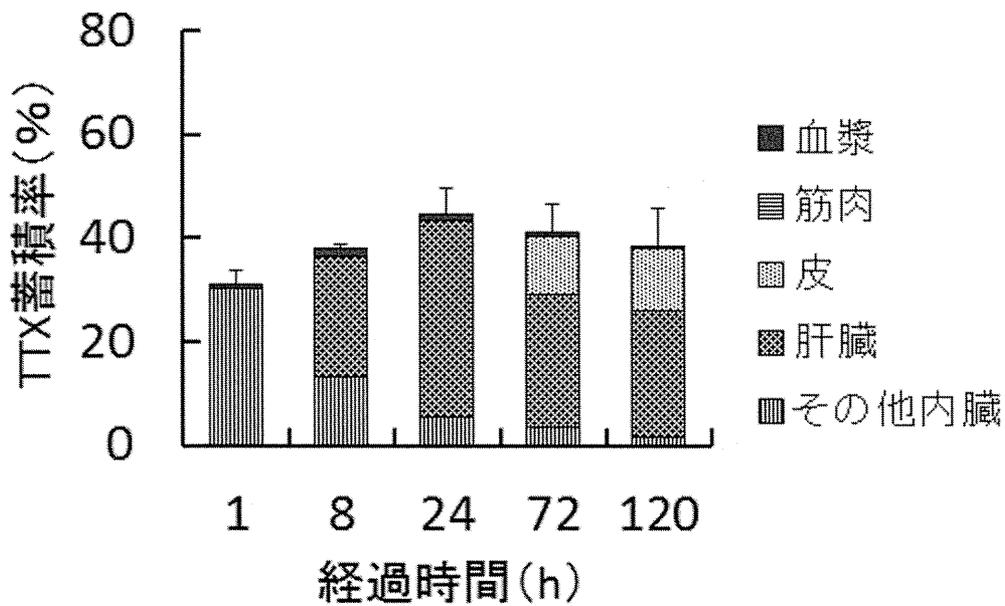
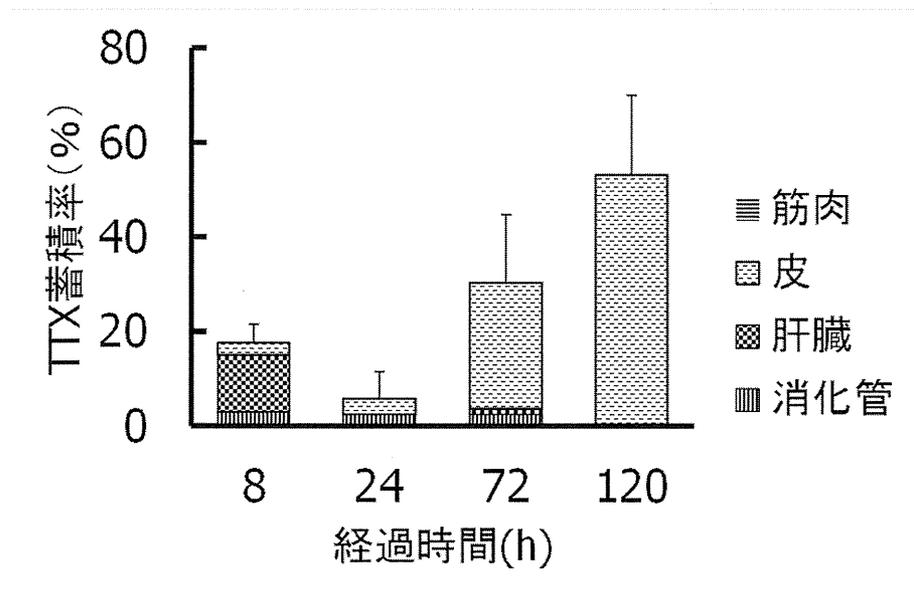


図 1-3 マトラおよびトラマ 8 ヶ月齢魚における TTX 蓄積率の推移
上：マトラ、下：トラマ (Wang et al., 2012)

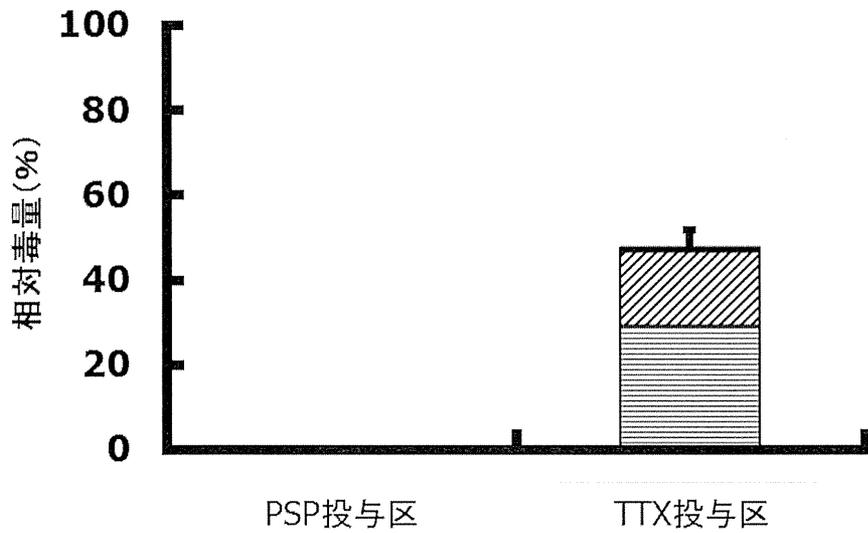


図 1-4 トラフグにおける毒投与 48 時間後の各区の毒蓄積状況

▨ 皮 ▨ 肝臓 ■ 生殖腺 □ 筋肉

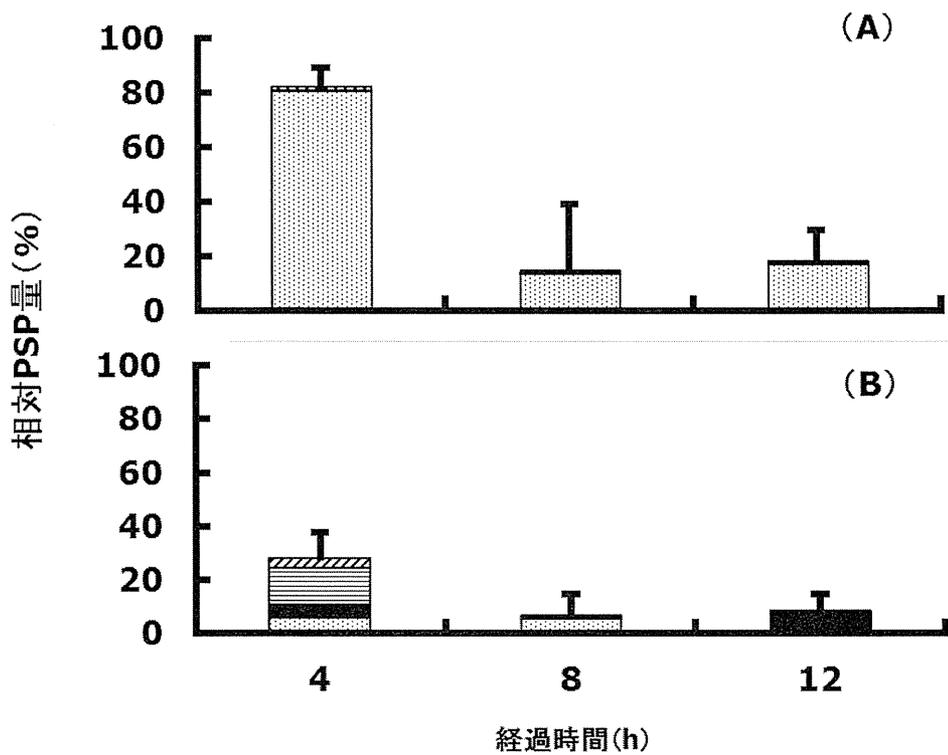


図 1-5 ヒガンフグにおける体内残存毒量の経時的推移

(A) : 未成熟群、(B) : 成熟群

▨ 皮 ▨ 肝臓 ■ 生殖腺 ▨ 消化管

表 1-5 三重県産フグの部位別毒性

魚種 (個体数)	毒性値 (マウスユニット/g)							
	筋肉	皮	肝臓	消化管	腎臓	脾臓	卵巣	精巣
トラフグ属								
ヒガンフグ (4)	<10	<10	<10- 18	<10	<10	<10	<5-157	<5
アカメフグ (1)	<5	<10	<10	<10	<10	<17	—	<5
ショウサイフグ (7)	<5	<10-159	<10-500	12-120	<10-17	17-153	224-1120	6.5-11
ナシフグ (2)	<5-11	50-379	<10- 17	<10- 24	<10-11	<10	334- 356	—
マフグ (1)	<5	127	349	935	<10	447	1220	—
コモンフグ (3)	<5	99-263	<10- 35	<10- 20	<10-10	<39	—	<5
シマフグ (1)	<5	<10	<10	11	<10	<10	50	—
ムシフグ (1)	10	64	13	27	<10	17	337	—
クサフグ (2)	<5	45- 47	<10- 79	<10- 11	<10	<29	29-748	—
トラフグ (1)	<5	<10	<10	<10	<10	<5	—	<5
モヨウフグ属								
ホシフグ (1)	<5	<10	<10	<10	<10	<13	—	—
サバフグ属								
クマサカフグ (1)	<5	<10	<10	<10	<10	<10	<5	—
センニンフグ (1)	<5	<10	<10	<10	<10	<17	—	<5

— : 測定せず.

表 1-6 部位別毒性

	試験個体	有毒個体	有毒個体 出現率(%)	最高毒性値 (MU/g)	毒性レベル* (個体数)			
					猛毒	強毒	弱毒	無毒
皮	26	13	50.0	379	0	5	8	13
筋肉	26	2	7.7	11	0	0	2	24
肝臓	26	14	53.8	500	0	3	11	12
消化管	26	14	53.8	935	0	2	12	12
腎臓	26	3	11.5	17	0	0	3	23
脾臓	26	9	34.6	447	0	3	6	17
卵巣	14	12	85.7	1220	2	7	3	2
精巣	10	1	10.0	11	0	0	1	9

*毒性レベル：猛毒 >1000MU/g、強毒 100～999MU/g、弱毒 10～99MU/g、無毒 <10MU/g.

表 1-7 トラフグ類似フグ有毒個体の毒性

No.	漁獲場所	性別	毒性値 (MU/g)								外部形態から推定した親魚
			肝臓	消化管	生殖腺		胆嚢	脾臓	筋肉	皮	
					精巣	卵巣					
4	山口県瀬戸内海	♂	13.8	<5	<5	—	16.0	16.0	<5	5.4	トラフグ、マフグ
18	山口県	♀	<5	<5	—	74.8	—	—	<5	<5	トラフグ、マフグ
21	山口県厚狭	♂	11.9	<5	32.6	—	<10	<38	<5	<5	トラフグ、マフグ
24	山口県厚狭	♀	<5	<5	—	54.2	<10	<10	<5	<5	トラフグ、マフグ
28	山口県厚狭	♀	550	1070	—	465	298	595	<5	220	トラフグ、マフグ
84	山口県	不明	292	—	—	—	186	—	<5	10.5	トラフグ、マフグ
88	山口県	♀	460	—	—	109	—	—	<5	45.2	トラフグ、マフグ
89	山口県	♀	13.5	—	—	10.9	19.8	—	<5	<5	トラフグ、マフグ
90	山口県	♂	689	—	<5	—	552	—	<5	69.0	トラフグ、?

— : 測定せず

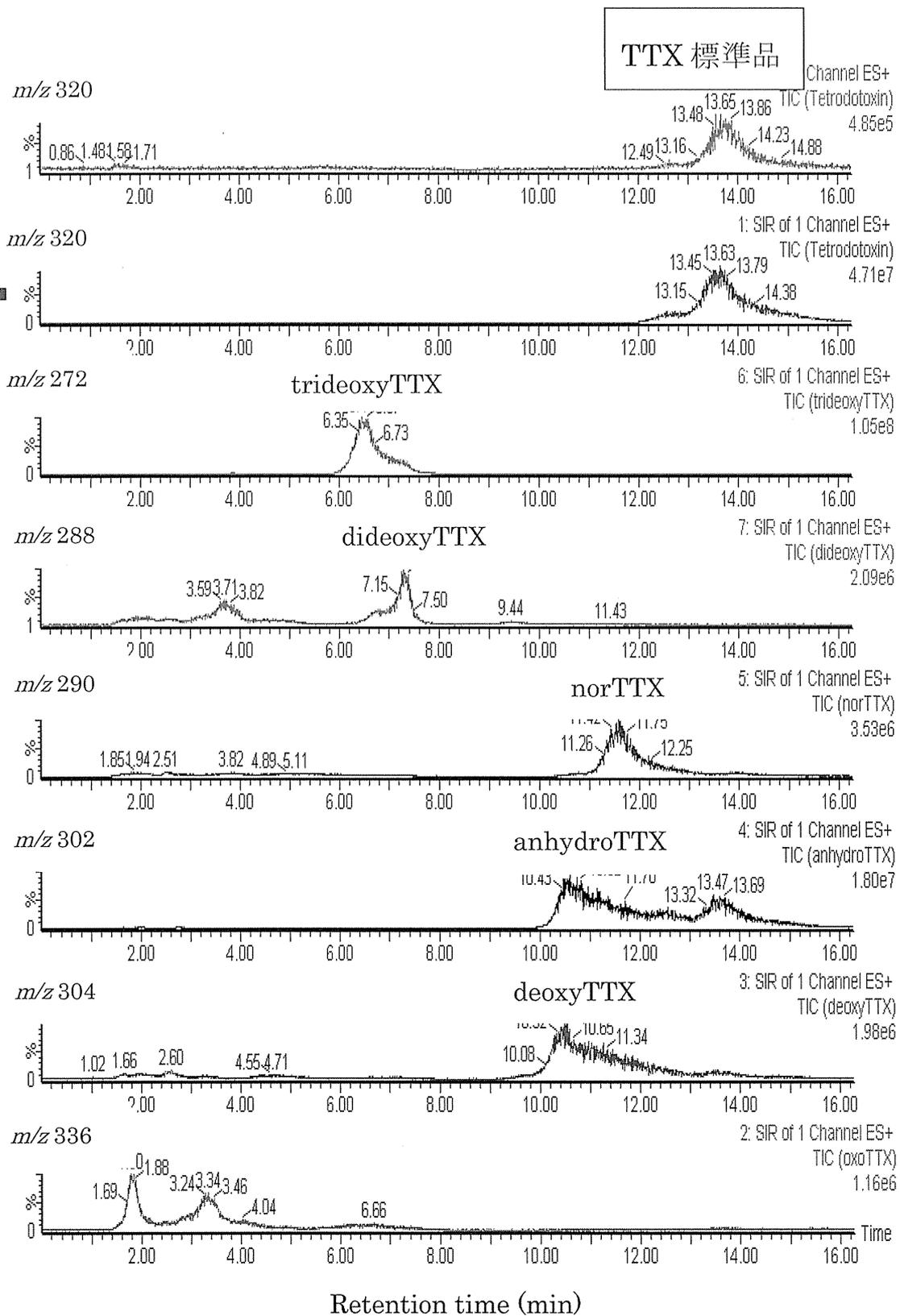


図 1-6 トラフグ類似フグ (試料 No. 90) 肝臓の LC-MS (SIR)

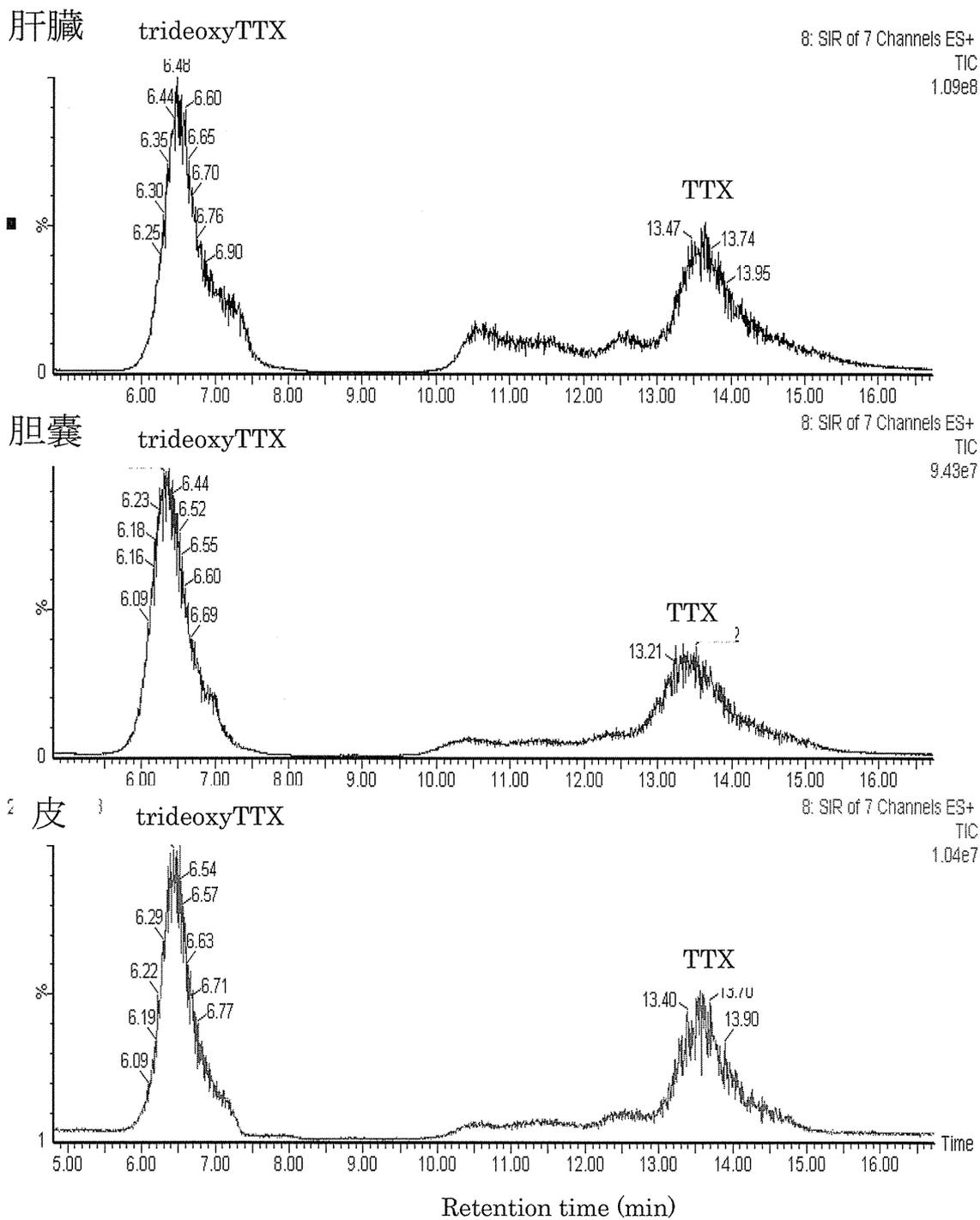
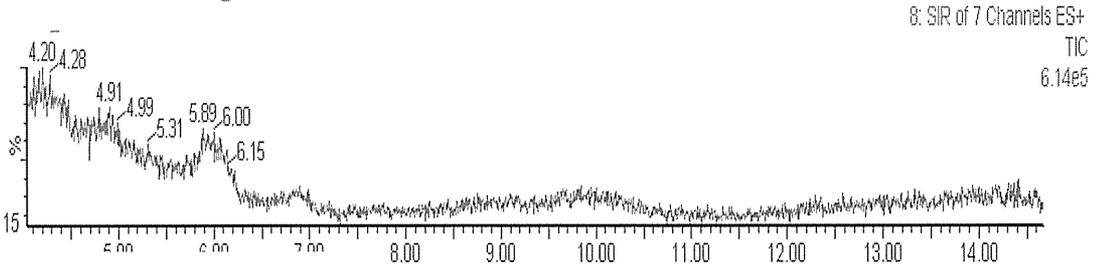
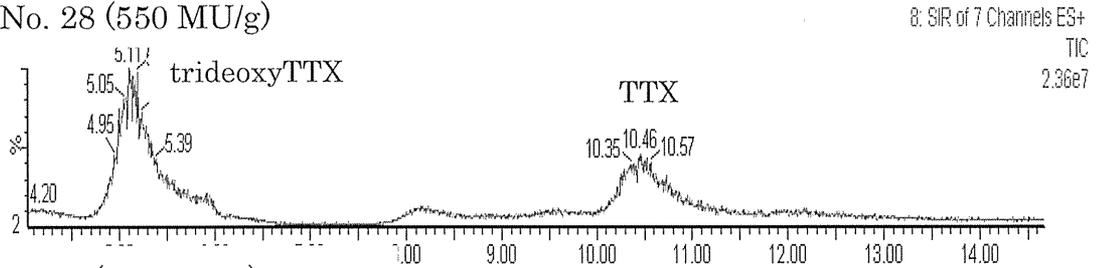


図 1-7 トラフグ類似フグ (試料 No. 90) の肝臓、胆嚢、皮の LC-MS (TIC)

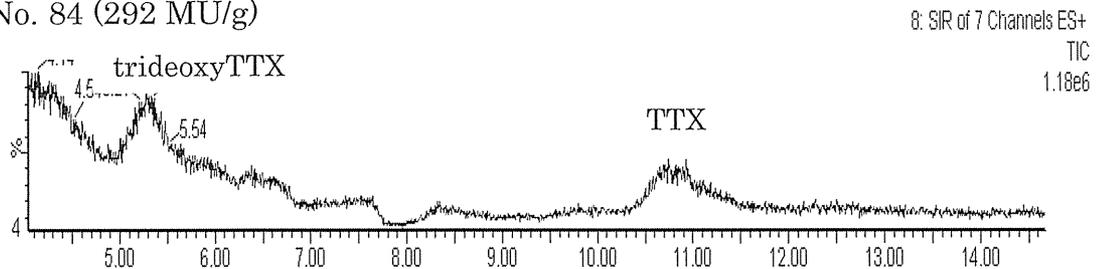
No 21 (11.9 MU/g)



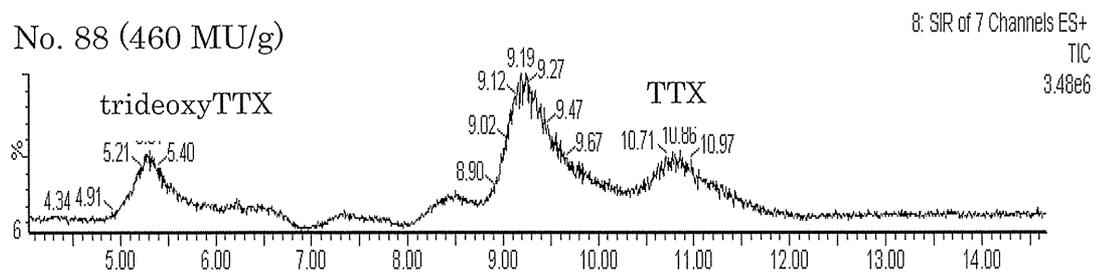
No. 28 (550 MU/g)



No. 84 (292 MU/g)



² No. 88 (460 MU/g)



Retention time (min)

図 1-8 トラフグ類似フグ肝臓の LC-MS (TIC)

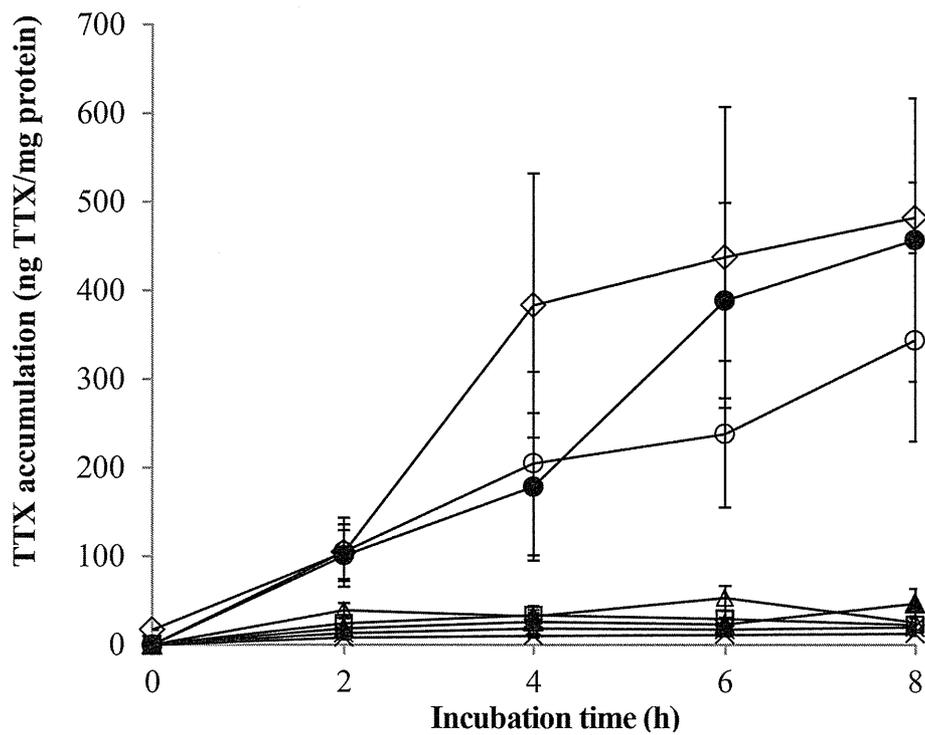


図 1-9 フグ肝組織培養法による TTX 蓄積

◇ トラフグ、● クロサバフグ、○ シロサバフグ、□ ハコフグ、
 ▲イシガキフグ、△ハリセンボン、+ヒトヅラハリセンボン、×ネズミフグ

表1-8 河端法ならびに簡易法によって調製した抽出液中の TTX 含量

試料 No.	HPLC 蛍光法(μM)			マウス試験(MU/mL)		
	河端法	簡易法	危険率	河端法	簡易法	危険率
筋肉-1	1.25	1.45		2.15	2.87	
筋肉-2	1.76	1.36		2.03	2.12	
筋肉-3	1.81	3.40		1.75	2.39	
筋肉-4	1.58	1.74	有意差なし	1.68	2.28	有意差あり
筋肉-5	1.27	1.95	P > 0.05	2.04	2.13	*0.01 < P < 0.05
皮-1	1.07	1.47		1.58	2.34	
皮-2	1.01	2.54		1.63	1.99	
皮-3	1.25	1.85		1.76	2.09	
皮-4	0.60	1.37	有意差あり	1.88	2.22	有意差あり
皮-5	1.10	1.46	*0.01 < P < 0.05	1.76	2.37	**P < 0.01

表 1-9 2014 年 10~12 月に採取した三陸(釜石・大船渡)産ヒガンフグの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)*1		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	弱毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	12	86.1 ± 179.2	649.3	2	9	1	0
皮	12	207.0 ± 257.5	957.3	0	4	8	0
肝臓	12	290.8 ± 716.9	2549.8	2	5	4	1
消化管	12	288.5 ± 465.6	1699.9	1	5	5	1
生殖腺	12	411.5 ± 687.7	2386.1	1	4	6	1

*1 TTXs + PSPs

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上

表 1-10 2009 年 7 月に採取した三陸産コモングの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)*1		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	弱毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	50	40.5 ± 56.8	305.2	14	31	5	0
皮	50	193.7 ± 221.8	1008.6	3	20	26	1
肝臓	50	123.8 ± 145.5	758.5	2	27	21	0
消化管	50	85.4 ± 111.5	524.7	4	32	14	0
生殖腺	50	98.2 ± 128.9	622.3	6	30	14	0

*1 TTXs + PSPs

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上

表 1-11 2014 年 10~12 月に採取した三陸(釜石・大船渡)産コモングの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)*1		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	弱毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	40	30.0 ± 35.6	218.3	8	30	2	0
皮	40	322.7 ± 341.1	2025.2	0	7	32	1
肝臓	40	240.3 ± 642.2	3941.7	2	21	15	2
消化管	40	140.8 ± 195.9	984.0	8	17	15	0
生殖腺	40	149.6 ± 234.4	1392.7	2	23	14	1

* 1 TTXs + PSPs

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上

表 1-12 2014 年 9 月に採取した秋田県産シヨウサイフグの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)*1		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	弱毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	24	3.6 ± 2.6	8.2	24	0	0	0
皮	24	37.1 ± 21.9	98.4	2	22	0	0
肝臓	24	217.7 ± 263.2	1095.3	1	10	12	1
消化管	24	106.4 ± 123.1	475.9	1	15	8	0
生殖腺	24	354.6 ± 571.5	1864.6	10	6	5	3

*1 TTXs + PSPs

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上