

図1 参考法と簡便法の測定値の比較

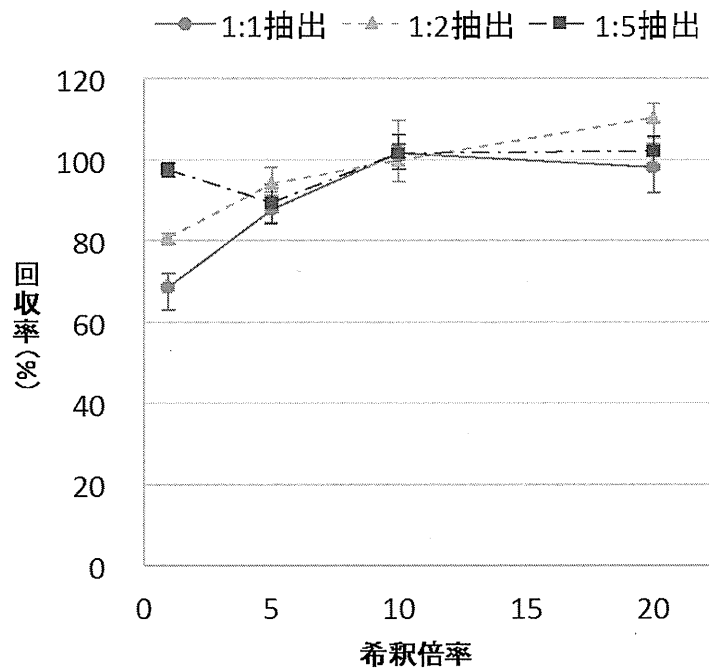


図2 LC-MS法におけるマトリクスの影響

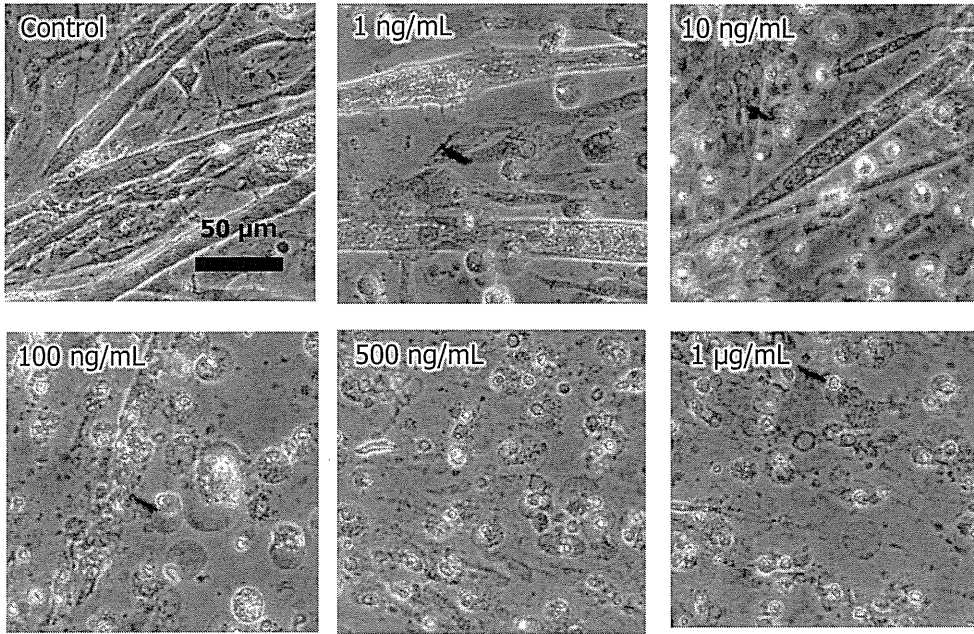


図3 各濃度の PTX を暴露した筋細胞の形態変化

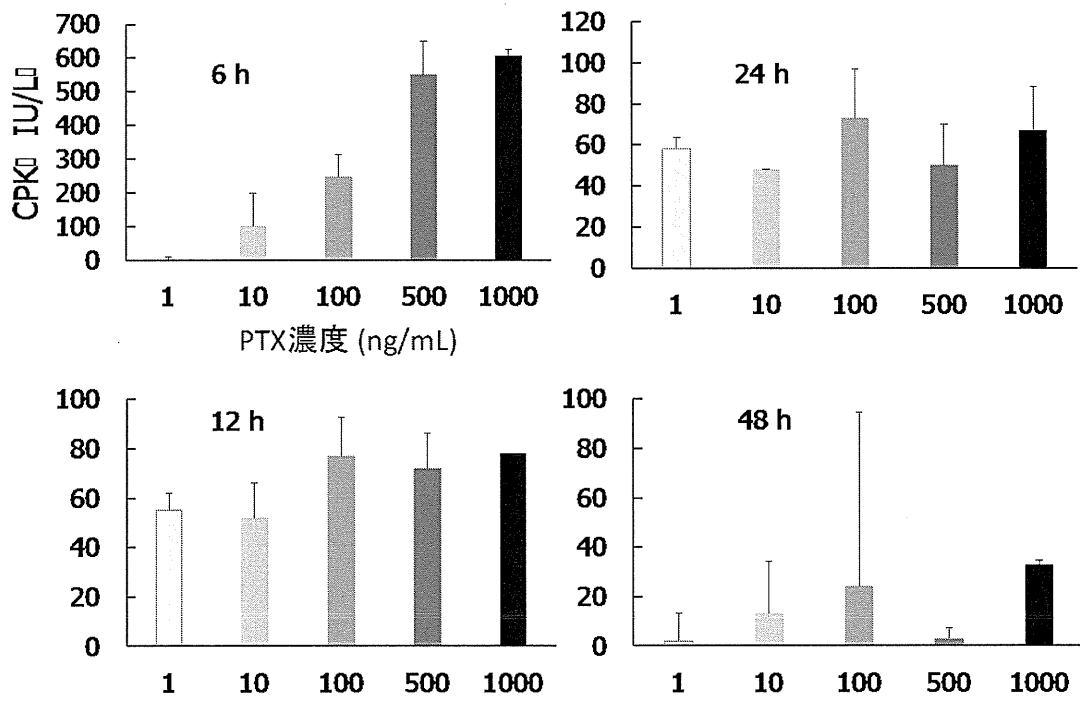


図4 PTX を暴露した筋細胞培養液の CPK 値

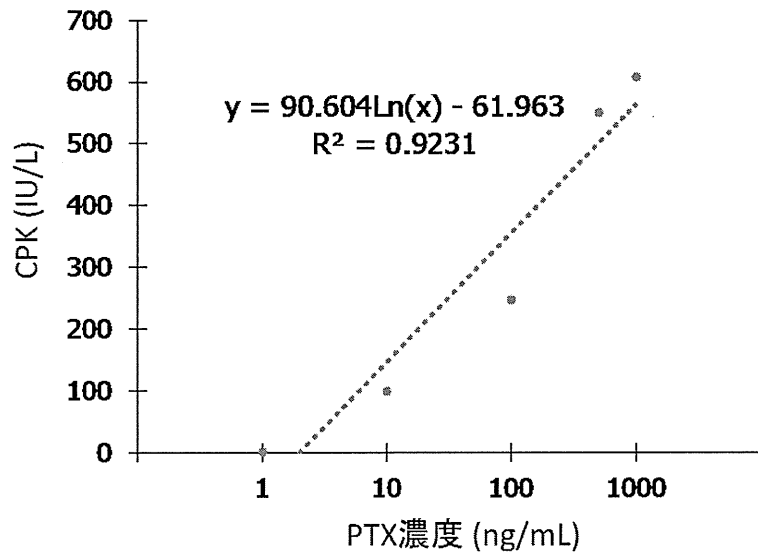


図5 PTX濃度とCPK値の相関

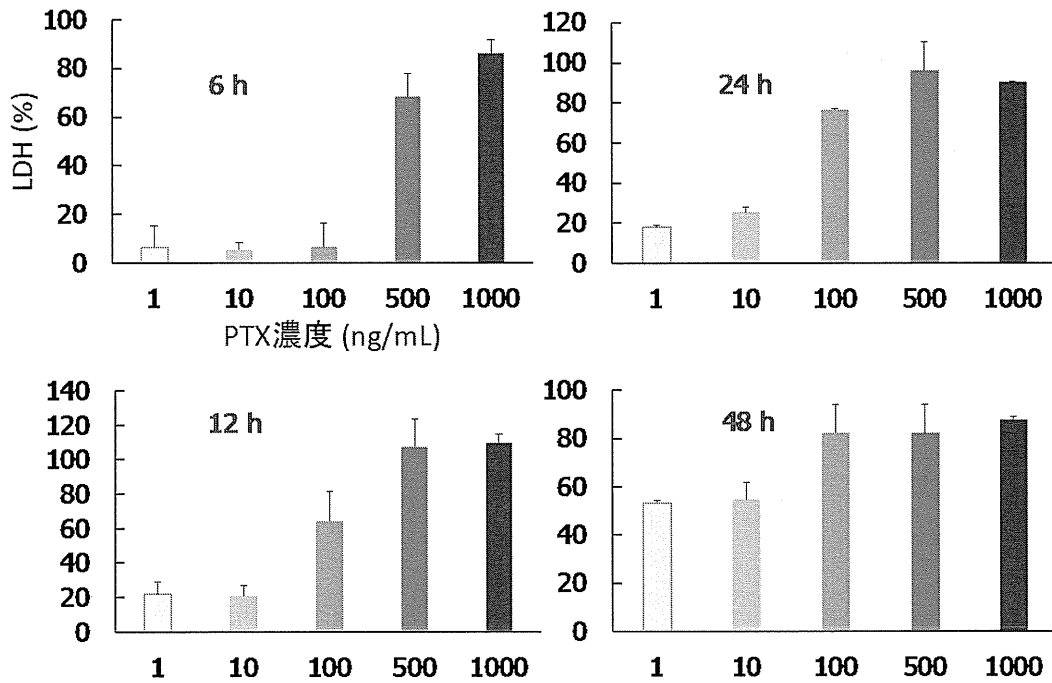


図6 PTXを暴露した筋細胞培養液のLDH値(相対活性)

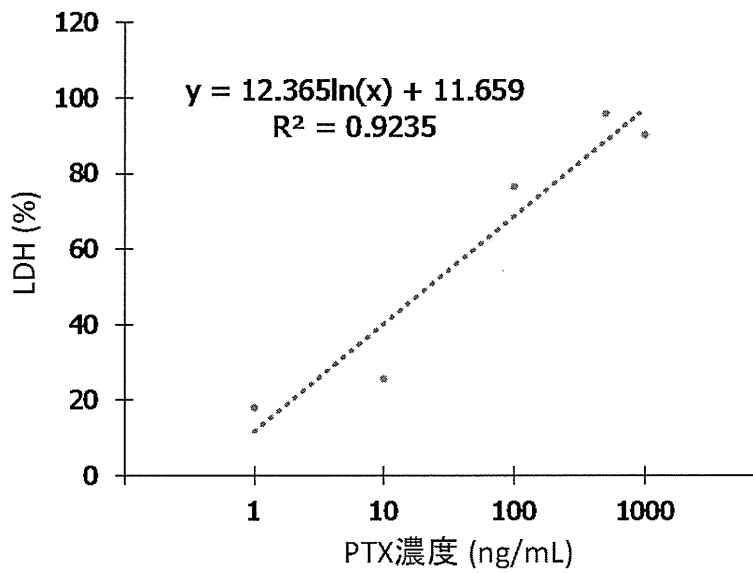


図6 PTX濃度とLDH値の相関

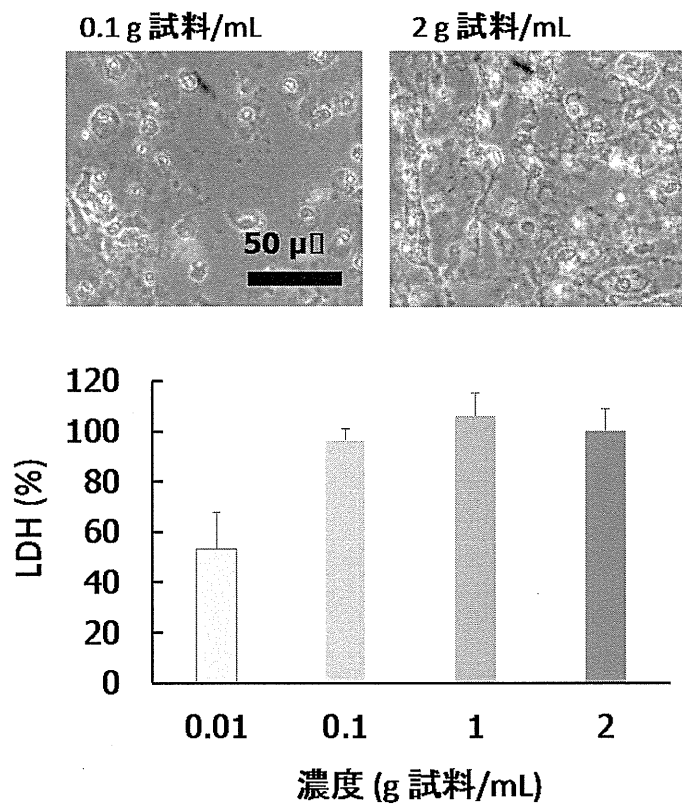


図7 イワスナギンチャク抽出液暴露24時間後の筋細胞の形態変化とLDH値

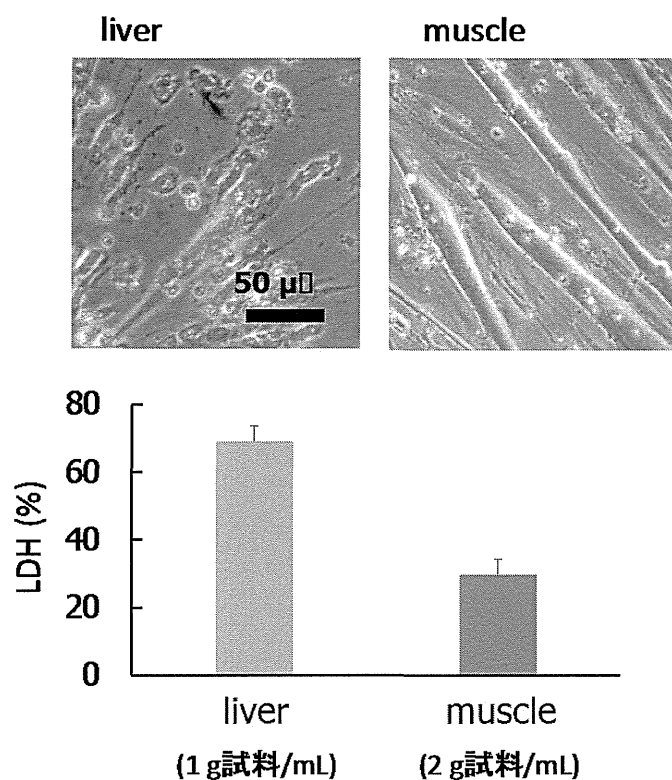


図8 アオブダイ中毒検体抽出液暴露24時間後の筋細胞の形態変化とLDH値

表1 有明海産コモングの毒性

No.	性別	体長 (cm)	体重 (g)	毒力 (MU/g)			
				筋肉	皮	肝臓	生殖腺
1	♀	15.0	97.3	<3	84	24	319
2	♀	15.0	98.3	32	218	295	48
3	♀	15.4	96.5	45	1080	197	504
4	♂	13.7	74.9	46	290	67	81
5	♀	15.3	115.8	98	1614	2190	1363
6	♀	23.4	369.5	13	1015	2402	945
7	♀	19.6	235.1	19	2398	258	1465
8	♀	21.2	285.1	3	119	<3	170
9	♀	21.2	275.2	12	2043	391	1644
10	♂	19.3	248.4	6	288	519	5
11	♀	13.4	88.3	<3	284	39	594
12	♀	18.6	240.1	<3	192	6	608

「マリントキシンのリスク管理に関する研究」

平成 27 年度分担研究報告書

フグ類の分類学的研究

研究分担者 松浦啓一 国立科学博物館 名誉研究員

研究要旨

今年度は日本産フグ類のトラフグ属とモヨウフグ属に重点を置いて研究を進めた。日本及び西部太平洋熱帯域から採集された 50 個体の標本を国立科学博物館、神奈川県立生命の星・地球博物館、鹿児島大学総合研究博物館、京都大学舞鶴水産実験所、三重大学水産実験所において調査した。また、ロンドンの自然史博物館とオランダ国立自然史博物館のタイプ標本の調査も行った。

モヨウフグ属の新種の標本を九州南部と沖縄から入手して、新種論文を *Ichthyological Research* に投稿した（63 巻 4 号, 2016 年に掲載）。トラフグ属についてはクサフグ、コモンフグ及びコモンダマシの分類学的地位の再検討を行った。その結果、クサフグの学名を変更する必要があること、コモンフグとコモンダマシには種レベルの相違はなく、同種であることが明らかになった。さらに、コモンフグの 7 個体のタイプ標本の中にクサフグとコモンフグが含まれていることが明らかになった。両者の国際動物命名規約上の地位を詳細に検討した結果、コモンフグは学名を失うため、新種として記載すべ事が明らかになり、現在、論文を作成中である。

A. 研究目的

フグの毒性は種によって大きく異なるためフグ類の種を正確に識別し、同定することは食品衛生の観点から極めて重要である。しかし、フグ類は形態がよく似ているため、種を識別するのは容易ではない。たとえば、多くの海産魚では鰭の条数や鱗の数を分類に用いているが、フグ類では多くの場合、鰭条数に相違が見られない。また、鱗が小棘に変化しているため、鱗を分類に用いることができない。フグ類の識別に最も役立つのは体色であるが、近似種の体色を見分けることは難しい。さらに、モヨウフグ属のように成長によって体色が大きく変化する場合もある。また、トラフグ属においては自然交雑種がかなりの頻度で出現している。このような理由によりフグ類の正確な判別が困難になっている。そこで、本研究では日本近海のフグ類の分類を再検討し、フグ類の同定に用いることができる同定ガイドを作成することを最終的な目的とする。

B. 研究方法

国内外の自然史系博物館や大学に保管されている日本産フグ類を調査するとともに魚類研究者の協力を得て新たな標本を入手した。日本及び西部太平洋熱帯域から採集され 50 個体の標本を国立科学博物館、神奈川県立生命の星・地球博物館、鹿児島大学総合研究博物館、京都大学舞鶴水産実験所、三重大学水産実験所、西海区水産研究所において調査した。ロンドンの自然史博物館とオランダ国立自然史博物館においてタイプ標本の調査も行った。さらに、マンボウ科魚類の体表構造を電子顕微鏡によって詳細に調べた。

新たに得られた標本はカラー写真を撮影した後、10%ホルマリンで固定し、70%アルコールに保存して、形態学的調査を行った。

鰭条数の計数や体表面の小棘の観察は双眼実体顕微鏡を用いて行った。内部骨格の観察が必要な場合には、軟 X 線撮影装置を用いて骨格を撮影した。

## C. 研究結果

### 1) モヨウフグ属の分類学的研究

日本及びインド・西太平洋に分布するモヨウフグ属の分類学的研究を行ったところ、新種を含む14種が分布することが明らかになった。モヨウフグ属のほとんどの種は鰭条数では区別できないが、ホシフグは鰭条数が他の13種より明らかに多いため、明瞭に区別できることが明らかになった(ホシフグの背鰭条数は13~15本、他種では9本~12本; 臀鰭条数は13本~15本に対し9本~12本)。他の13種においては、鰭条数をはじめとする形態的特徴に明瞭な相違はないが、体色や色彩パターンに種固有の特徴があり、体色によって種を識別できることが判明した。

また、宮崎県、鹿児島県及び沖縄本島から4個体のモヨウフグ属を入手し、詳細に調べた結果、新種であることが明らかになった。新種はフィリピン、紅海及びアフリカ東岸で観察されており、水中写真によって日本の個体と同種であることを確認した。この新種は緑褐色の体に多数の白色縦線をもつ(図1)。このような体色は他の13種には見られない。新種の論文を *Ichthyological Research* に投稿し、3月上旬に受理された。新種論文は2016年に出版される *Ichthyological Research* 63(4)に掲載される。

### 2) トラフグ属の分類学的研究

日本産トラフグ属全体の調査を進めているが、今年度はコモンフグ、コモンダマシ及びクサフグなどを重点的に調査した。その結果、コモンフグの色彩にはかなり変異があることが明らかになった。コモンフグの体の地色は黄褐色で、多くの白色点に覆われる。しかし、体の地色がやや緑色を帯びる場合もある。さらに、白色点の大きさや数も個体によって異なる。白色点が小さい個体を背面から見ると、左右の胸鰭の間に20個弱の白色点がある。一方、白色点が大きな個体では、左右の胸鰭の間に約10個の白色点がある。このため白色点が大きい個体と小さな個体を比べると全体的な印象が大いに異なる(図2)。白色点の小さな個体の体色はショウサイフグやマフグの若魚に似ている。しかし、コモンフグには体表に小棘があり、小棘を欠くショウサイフグとマフグから明瞭に区別できる。また、白色点の大きさが異なる個体が同一地点から採集されているため、大小の差は個体変異であり、地域による違いではない。

ロンドンの自然史博物館に保存されている *Tetrodon alboplumbeus* Richardson, 1845 のタイプ標本を調べた結果、本種がクサフグであることが明らかになった。従来、クサフグの学名は *Takifugu niphobles* (Jordan and Snyder, 1901) とされていたが、この学名は *Tetrodon alboplumbeus* のシノニムとなるためクサフグの学名は *Takifugu alboplumbeus* (Richardson, 1845) となる。

一方、中国の研究者や日本の一部の研究者は *Takifugu alboplumbeus* をコモンダマシとしていたが、前述したようにこの学名のフグの実態はクサフグである。また、コモンダマシとされているフグとコモンフグを詳細に比較した結果、種レベルの相違は見いだされなかった。このためコモンダマシはコモンフグの変異に過ぎない。

さらに、オランダ国立自然史博物館に保管されている10個体のコモンフグ *Takifugu poecilonotus* (Temminck and Schlegel, 1850) タイプ標本を調べたところ、2個体はクサフグであることが明らかになった。Boeseman (1947) がクサフグの2個体の一つをコモンフグの Lectotype (複数のタイプ標本の一つを基準標本すること) に指定したため、国際動物命名規約によって *Takifugu poecilonotus* (Temminck and Schlegel, 1850) はクサフグ *Takifugu alboplumbeus* (Richardson, 1845) のシノニムとなる。そのためコモンフグは学名を失うことが判明した。クサフグやコモンフグの分類学的地位については現在、論文を執筆中であり、2016年後半に学術誌に投稿する予定である。

### 3) マンボウ科の体表構造の形態学的研究

マンボウ科3属、すなわちクサビフグ属、マンボウ属およびヤリマンボウ属の体表構造を電子顕微鏡(SEM)によって観察した。その結果、マンボウ属とヤリマンボウ属の鱗には放射線状の構造があるが、クサビフグ属にはないことが明らかになった。さらに、クサビフグ属の鱗はマンボウ属やヤリマンボウ属と比較すると表面が平滑であることも判明した。

## D. 考察

モヨウフグ属魚類の分類学的再検討の過程で新種が発見された。モヨウフグ属の形態的特徴を詳細に検討した結果、分類に最も有効な形質は体色であることが明らかになった。この結果に基づいてモヨウフグ属の同定を行うため検索表を作成した。今後、モヨウフグ属の中で種判別が困難

なため、多くの文献で混同されているサザナミフグとワモンフグの詳細な比較検討を行う必要がある。

日本産トラフグ属の分類学的再検討によって日本の沿岸でごく普通に見られるクサフグとコモフグには学名をめぐる問題点があることが明らかになった。この事実は従来の分類学的研究には問題点が多く残っており、普通種であっても慎重に研究する必要があることを示している。

マンボウ科3属の鱗をSEMによって観察した結果、マンボウ属とヤリマンボウ属の鱗に共通する構造が見られた。一方、クサビフグ属の鱗はこれら2属とは大きく異なることが判明した。この結果はマンボウ属とヤリマンボウ属が近縁であり、クサビフグ属は両属とは異なる系統に属することを示している。この結論は骨格形質を用いた系統研究やDNAを用いた系統解析結果と一致しており、鱗の微細構造は系統関係を支持する新たな特徴であることが明らかとなった。

## E. 結論

日本及びインド・西太平洋のモヨウフグ属を詳細に研究した結果、新種を含む14種が分布していることが明らかになった。14種のうち日本から12種が記録されたことになり、日本近海のフグ類の多様性の高さが改めて明らかになった。日本産トラフグ属の分類学的再検討によって普通種のクサフグやコモフグの分類学的問題が明らかとなった。さらに、コモダマシはコモフグと同種であることも明らかになった。今後、トラフグ属の分類学的調査を進める必要がある。マンボウ科3属の鱗のSEM観察によって、鱗の微細構造が系統関係を反映していることが判明した。

## F. 健康危険情報

特になし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 桐明 絢, 太田 晶, 岡山 桜子, 松浦啓一, 石崎 松一郎, 長島 裕二: しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性. 食品衛生学雑誌, 57 巻, 13-18 (2016).
- 2) K. Matsuura: A new pufferfish, *Arothron multilineatus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), from the Indo-West Pacific. Ichthyological Research, 63 巻 4 号, in press (2016).

- 3) E. Katayama, K. Matsuura: Fine structures of scales of ocean sunfishes (Actinopterygii, Tetraodontiformes, Molidae): another morphological character supporting phylogenetic relationships of the molid genera. Bulletin of National Museum of Nature and Science, Ser. A, 41 巻 2 号, in press (2016).
- 4) 松浦啓一: 1. 日本沿岸に見られるフグ類の分類. ミニシンポジウム記録 フグ食の安全性確保—日本沿岸フグ類の分類と毒性の見直し. 日本水産学会誌, 82 巻 2 号, 166 (2016).

## 2. 書籍

- 1) K. Matsuura: Tetraodontiformes. In: S. Kimura, A. Arshad, H. Imamura, M. A. Ghaffar (eds.), Fishes of the Northwestern Johor Strait, Peninsular Malaysia. University Putra Malaysia Press and Mie University, Japan, pp. 98-105.
- 2) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. モヨウフグ・ホシフグ. 食と健康 通巻 700 号, 30-31 (2015).
- 3) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. コクテンフグ・ケショウフグ. 食と健康 通巻 701 号, 28-29 (2015).
- 4) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. センニンフグ・カイユウセンニンフグ. 食と健康 通巻 702 号, 28-29 (2015).
- 5) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. キタマクラ・サザナミフグ. 食と健康 通巻 703 号, 28-29 (2015).
- 6) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. クロサバフグ・クマサカフグ. 食と健康 通巻 704 号, 28-29 (2015).
- 7) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. カスミフグ・スジモヨウフグ. 食と健康 通巻 705 号, 36-37 (2015).
- 8) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. カナフグ・ヨリトフグ. 食と健康 通巻 706 号, 28-29 (2015).
- 10) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. ミゾレフグ・ワモンフグ. 食と健康 通巻 707 号, 28-29 (2015).
- 11) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. アラレフグ・ナガレモヨウフグ. 食と健康 通巻 708 号, 38-39 (2015).
- 12) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止. シマキンチャクフグ・タキフグ. 食と健康 通巻 709 号, 48-49 (2016).
- 13) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止.



シッポウフグ・アマミホシゾラフグ. 食と健康  
通巻 710号, 30-31 (2016).

- 14) 佐藤 繁・松浦啓一: フグを知って中毒防止.  
シボリキンチャクフグ・ナミダフグ. 食と健康  
通巻 711号, 31-32 (2016).

### 3. 学会発表

- 1) 松浦啓一: 日本沿岸に見られるフグの分類. 平成 27 年度日本水産学会秋季大会ミニシンポジウム フグ食の安全性確保—日本沿岸フグ類の分類と毒性の見直し. 宮城県仙台市, 2015 年 9 月.

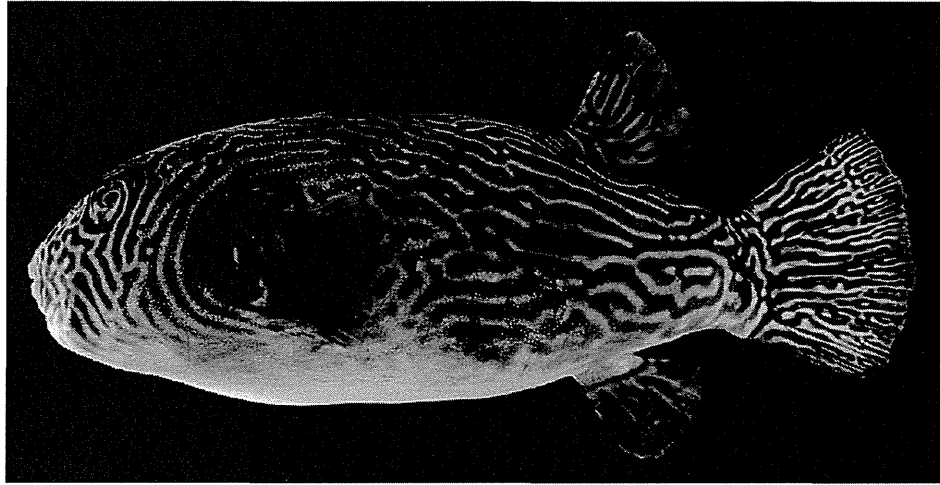


図1 鹿児島県から採集されたモヨウフグ属の新種

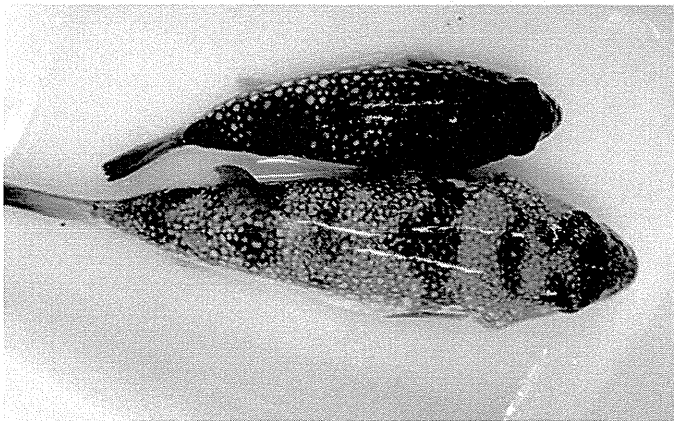


図2 山口県下関から採集された  
コモンフグ。

上の個体：白色点が大きい、  
下の個体：白色点が小さい

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）

「フグ等の安全性確保に関する総括的研究」

平成 27 年度分担研究報告書

フグの分類に関する研究（遺伝子解析）

研究分担者 石崎松一郎 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科食品生産科学部門

研究要旨

フグによる食中毒とフグ毒による中毒に対するリスク管理を強化、見直すことを目的に、近年頻繁に捕獲されるようになった交雑種における両親種判別法の開発を検討した。今年度は、まずトラフグとマフグ間の交雑種に焦点を絞り、人工交雑種（トラマおよびマトラ）計 14 個体、人工交雑種の両親、形態学的特徴から単一系統と推定されたトラフグ 4 個体およびマフグ 4 個体、形態学的特徴からトラフグとマフグ間で自然交配したものと推定された交雑個体 4 個体を用い、mtDNA を鋳型として 16S rRNA およびシトクローム *b* の各部分領域による母系種の判別を行なうとともに、トラフグおよびマフグの 2 種を明確に区別しうる核 DNA マイクロサテライト (MS) マーカーの選抜を行った。その後、判別に適用可能な MS マーカーにおける PCR 条件の最適化の検討および PCR 産物の塩基配列解析に基づく MS の反復回数を決定したのち、最終的にトラフグ 26 個体およびマフグ 20 個体を用いて、再現性の検証を行った。さらに、自然交雑種を用いて本 MS マーカーの有効性を検証した。

A. 研究目的

今年度は、長崎大学水産学部荒川 修教授から分与された父系および母系系統が既知のトラフグおよびマフグ間の人工交配フグ種を対象に、それらの筋肉から抽出・精製した全ゲノム DNA を用いて、ミトコンドリア DNA (mtDNA) 解析による母系魚種の同定および各種核 DNA マイクロサテライトマーカー解析による父系魚種の同定を試みた。

B. 研究方法

1) フグ類の分類に関する研究

試料には長崎大学水産学部荒川 修教授から分与された人工交配フグ種（トラフグ（♀）×マフグ（♂）3 個体およびトラフグ（♂）×マフグ（♀）11 個体）ならびに、人工交雑種の両親、形態学的特徴から単一系統と推定されたトラフグ 4 個体およびマフグ 4 個体、形態学的特徴からトラフグとマフグ間で自然交配したものと推定された交雑個体 4 個体を用いた。これらの筋肉から DNA 組織キット S および QuickGene-810（ともに和光純薬工業(株)製）を用いて全ゲノム DNA を抽出・精製した。つぎに、全ゲノム DNA を用いて

mtDNA 中の 16S rRNA およびシトクローム *b* 領域の各々約 620bp、390bp を含む部分領域を PCR 増幅した。PCR 増幅に用いたプライマーセットを表 1 に示した。PCR 増幅には TaKaRa EX Taq DNA ポリメラーゼを用い、PCR 反応液は、0.2mL PCR チューブ中に精製した鋳型 DNA 5.0 μL、10×緩衝液 (TaKaRa) 5.0 μL、2.5 mM dNTP mix 4.0 μL、20 μM 各プライマー 0.75 μL、TaKaRa EX Taq DNA ポリメラーゼ 0.4 μL を加えた後、全量が 50 μL となるように滅菌水を加えた。PCR の温度条件は、98℃で 10 秒、53℃で 30 秒、72℃で 60 秒のサイクルを 30 回行った。PCR 終了後、PCR 断片を template として、BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (ABI) と自動 DNA シーケンサー (ABI 3130 ジェネティックアナライザ) を用いて得られた PCR 産物の塩基配列を決定し、公的データベースおよび研究室で新たに構築したフグ種専用データベースから母系種の同定を行った。

つぎに、トラフグおよびマフグにおいて種特異的な MS マーカーを探索することを目的に、両親種が既知である人工交雑種およびトラマの両親を対象に、計 11 個の MS 領域を標的として PCR を行い、トラフグおよびマフグの 2 種を明確に区

別しうる MS の選抜を行った。その後、判別に適用可能な MS マーカーにおける PCR 条件の最適化の検討および PCR 産物の塩基配列解析に基づく MS の反復回数を決定したのち、最終的にトラフグ 26 個体およびマフグ 20 個体を用いて、再現性の検証を行った。さらに、自然交雑種を用いて本 MS マーカーの有効性を検証した。

## C. 研究結果

### 1) フグ類の分類に関する研究

今回人工交配フグ種トラマ (トラフグ (♀) × マフグ (♂)) 3 個体およびマトラ (トラフグ (♂) × マフグ (♀)) 3 個体ならびに、人工交配種の両親である単一系統のトラフグおよびマフグ、形態学的特徴から単一系統と推定されたトラフグ 4 個体およびマフグ 4 個体、形態学的特徴からトラフグとマフグ間で自然交配したものと推定された交雑個体 4 個体につき、mtDNA 中の 16S rRNA およびシトクローム *b* 領域の塩基配列に基づいて母系種の同定を行った結果、トラマおよびマトラはともにすべての個体で交配通りに母系種を同定することができた (表 2)。人工交配種の両親である単一系統のトラフグおよびマフグ、形態学的特徴から単一系統と推定されたトラフグ 4 個体およびマフグ 4 個体、形態学的特徴からトラフグとマフグ間で自然交配したものと推定された交雑個体 4 個体においても、母系種を同定することが可能であった (表 2)。したがって、mtDNA 中の 16S rRNA およびシトクローム *b* 部分塩基配列はフグ種における母系種判別に有効であることが明らかとなった。

一方、父系種の同定に用いることができるマイクロサテライトマーカーの選抜を行った結果、アガロースゲル電気泳動距離に違いが見られたマイクロサテライト遺伝子座は ATAG 反復配列および GAAAG 反復配列であったが、GAAAG 反復配列の解析においてのみ、トラフグおよびマフグ間で電気泳動距離が異なる反復配列を示すことが認められた (図 1)。泳動距離から推定される PCR 産物の分子量は、トラフグおよびマフグでそれぞれ 194~209 および 125~145bp であった (図 1 中の No. 15 および 16)。そこで、人工交配フグ種を対象に、GAAAG 反復回数の普遍性を確認したところ、両親種 (トラフグとマフグ) の分子量の各位置に複数のバンドが見られたことから、反復回数 5~9 回がマフグ由来、20~25 回はトラフグ由来で

あると推測された (表 3)。

そこで、形態学的にトラフグおよびマフグ間の自然交雑であろうと推定される交雑種 4 個体を用いて本 MS マーカーの有効性を検証したところ、トラフグ由来とマフグ由来の各 MS 反復回数が検出された (表 4)。このうち、2 個体は母系種がトラフグであることから父系種はマフグ、残りの 2 個体は母系種がマフグであることから父系種はトラフグであると判定でき、本法が両親種判別に適用できることを明らかにした。

## D. 考察

### 1) フグ類の分類に関する研究

今回、トラフグおよびマフグ間に焦点を絞り、mtDNA 解析法による母系種の同定および GAAAG マーカーを用いた核 DNA による父系種同定法の構築を試みた結果、従来通り、mtDNA 解析法による母系種同定の有効性が再確認されるとともに、新たに核 DNA による GAAAG 反復配列の回数の差から父系種同定が可能であることが示された。この MS 領域は、人工交配種すべてにおいて、トラフグ由来の 194~209 bp (反復回数 20~25 回) およびマフグ由来の 125~145 bp (反復回数 5~9 回) の PCR 産物が得られ、保存性が高く普遍的であることが確認された。また、一般的に流通している市販トラフグでは 26 個体中 20 個体 (77%)、マフグでは 20 個体中 14 個体 (70%) で上述した分子量の PCR 産物が得られた (図示せず)。なお、市販されているトラフグおよびマフグにおいて 70~77% 程度の再現性を示しているが、これはおそらく市販されているフグの一部が必ずしも単一系統ではない可能性があるものと考えている。

マフグのゲノムデータが未だに提供されていない現状では、数多くのマフグ個体から GAAAG 反復の Repeat 範囲を調べ、マフグにおける GAAAG がトラフグで確認された反復回数とは明らかに異なった、明瞭でかつ普遍的である反復回数を示すことを明らかにする必要がある。さらに、他のトラフグ属あるいはサバフグ属においても GAAAG がマーカーとして有効であるかどうかを検証することが必要であると考えられる。

## E. 結論

### 1) フグ類の分類に関する研究

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、mtDNA法によって確実に同定できることが確認され、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。しかしながら、その他の交雑種、例えばショウサイフグ、コモンフグ、ゴマフグなどからなる交雑種に本 GAAAG マーカーが適用できるかどうかは定かではない。他のマイクロサテライト領域も含め、次年度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) A. Kiriake, A. Ohta, E. Suga, T. Matsumoto, S. Ishizaki, Y. Nagashima: Comparison of tetrodotoxin uptake and gene expression in the liver between juvenile and adult tiger pufferfish, *Takifugu rubripes*. *Toxicon* doi.org/10.1016/j.toxicon.2015.12.007 (in press).
- 2) 桐明 絢, 太田 明, 岡山桜子, 松浦啓一, 石崎松一郎, 長島裕二: しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性. *食品衛生学雑誌* 2016; 57:13-18.
- 3) 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* 2015; 93: 98-102.

##### 2. 著書・総説

- 1) 石崎松一郎, 臼井芽衣 (2016): フグの分類—最前線—. *Sunatec e-Magazine*, vol. 120 (1) (2016).

##### 3. 学会発表

- 1) 桐明 絢, 太田 明, 岡山桜子, 石崎松一郎, 長島裕二: しらすに混入したフグ稚魚の種判別と毒性. 第 109 回日本食品衛生学会学術講演会, 2015 年 5 月, 東京都江東区.

- 2) 臼井芽衣, 石崎松一郎, 長島裕二: マイクロサテライト遺伝子座を用いた交雑フグ種の両親種同定. 平成 27 年度日本水産学会秋季大会, 2015 年 9 月, 宮城県仙台市.
- 3) 桐明 絢, 岡山桜子, 石崎松一郎, 長島裕二: しらすに混入したフグ稚魚の遺伝子による種判別. 第 110 回日本食品衛生学会学術講演会, 2015 年 10 月, 京都府京都市.
- 4) 岡山桜子, 桐明 絢, 永井 慎, 石崎松一郎, 長島裕二: フグ卵巣ぬか漬け製造工程における毒成分変化. 第 110 回日本食品衛生学会学術講演会, 2015 年 10 月, 京都府京都市.
- 5) 大木理恵子, 石橋敏章, 石崎松一郎, 長島裕二: ボウシュウボラおよびキンシバイの毒性とフグ毒成分. 平成 28 年度日本水産学会春季大会, 2016 年 3 月, 東京都港区.
- 6) 桐明 絢, 太田 明, 岡山桜子, 松浦啓一, 石崎松一郎, 長島裕二: しらすへのフグ稚魚の混入一種判別とフグ毒分析—. 平成 28 年度日本水産学会春季大会, 2016 年 3 月, 東京都港区.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

- 1) なし

表1 16S rRNA およびシトクローム *b* 領域の PCR 増幅に用いたプライマーセット

領域	プライマー配列	アニーリン グ温度 (°C)	増幅サイズ (bp)
16S rRNA	16SAR-L 5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3'	53	620
	16SBR-H 5'-CCGGTCTGAACTCAGATCACGT -3'		
シトクローム <i>b</i>	L14317G1u 5'-CAGGATTTTAACCAGGACTAATGGCTTGAA-3'	53	390
	H15149 5'-CCCTCAGAATGATATTTGTCCTCA-3'		

表2 トラフグおよびマフグ間の各種交雑種の塩基配列同一性から見た母系種の同定

個体名	母系種×父系種	16S rRNA 領域		シトクローム <i>b</i> 領域		母系種同定結果
		トラフグ	マフグ	トラフグ	マフグ	
トラマ	トラフグ×マフグ	572/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
マトラ	マフグ×トラフグ	562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
トラフグ	トラフグ×トラフグ	572/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
マフグ	マフグ×マフグ	562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
トラフグ	不明	571/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
マフグ	不明	562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
交雑 1	不明	571/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
交雑 2	不明	562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
交雑 3	不明	562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
交雑 4	不明	572/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ

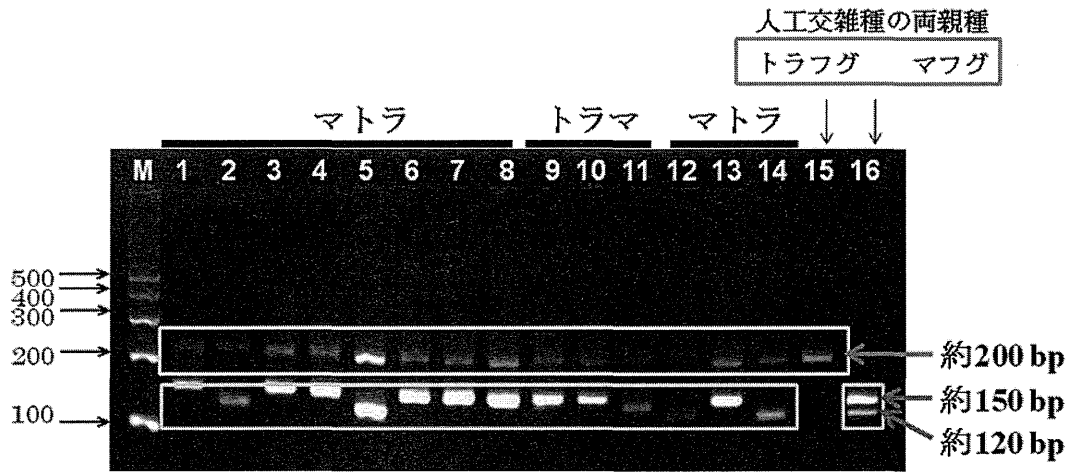


図1 MS (GAAAG) マーカーの反復パターン

表3 トラフグおよびマフグ間の人工交雑種における GAAAG 反復配列の回数

魚種	個体名	GAAAG 反復
トラマ	1	8, 9/23
	2	6/23
	3	7/21, 23
マトラ	1	9/21, 25
	2	5/23
	3	9/23
	4	9/23
	5	5/23
	6	9/20
	7	9/20
	8	9/20
	9	5/23
	10	9/23
	11	7/23
トラフグ	1	23
マフグ	1	5, 9

表 4 自然交雑種における MS 解析結果

個体名	母系種×父系種	GAAAG 反復回数	MS 解析による 種同定	母系種	父系種
交雑 1	トラフグ/不明	8/19	マフグ/トラフグ	トラフグ	マフグ
交雑 2	マフグ/不明	7, 9/21	マフグ/トラフグ	マフグ	トラフグ
交雑 3	マフグ/不明	9/21	マフグ/トラフグ	マフグ	トラフグ
交雑 4	トラフグ/不明	8/22	マフグ/トラフグ	トラフグ	マフグ

なお、母系種は表 2 の結果に基づき判定されている。



## 別添 5

## 研究成果の刊行に関する一覧表

## 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
K. Matsuura	Tetraodontiformes	S. Kimura, A. Ayshad, H. Imamura, M. A. Ghaffaer	Fishes of the Northwestern Johor Starair, Peninsular Malaysia	University Putra Malaysia Press and Mie University	Japan	2015	98-105
長島裕二	自然毒	阿部宏喜	魚介の科学	朝倉書店	東京	2015	185-196

## 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
T. Matsumoto, A. Kiriake, S. Ishizaki, S. Watabe, Y. Nagashima	Biliary excretion of tetrodotoxin in the cultured pufferfish <i>Takifugu rubripes</i> juvenile after intramuscular administration.	Toxicon	93 巻	98-102	2015
H. Lin, C. Zhang, J. Liao, F. Yang, S. Zhong, P. Jiang, X. Chen, Y. Nagashima	Neutralizing effect of hemolymph from the shore crab <i>Thalamita crenata</i> , on paralytic shellfish toxins	Toxicon	99 巻	51-57	2015
長島裕二	フグ肝臓におけるフグ毒蓄積タンパク質	日本水産学会誌	81 巻 4 号	736	2015
松浦啓一	日本沿岸にみられるフグの分類	日本水産学会誌	82 巻 2 号	166	2016
高谷智裕、荒川修、鈴木重則、望岡典隆	交雑フグの毒性	日本水産学会誌	82 巻 2 号	167	2016
大城直雅	沖縄地区のフグの毒性	日本水産学会誌	82 巻 2 号	168	2016
佐藤 繁	東北地区のフグの毒性	日本水産学会誌	82 巻 2 号	169	2016

大城直雅	下痢性貝毒（オカダ酸群）検査法	食品衛生研究	65巻 4号	29-36	2015
佐藤 繁・松浦啓一	フグを知って中毒防止（第8回）モヨウフグ・ホシフグ	食と健康	59巻 4号	30-31	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第9回）コクテンフグ・ケショウフグ	食と健康	59巻 5号	28-29	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第10回）センニンフグ。カイユウセンニンフグ	食と健康	59巻 6号	28-29	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第11回）キタマクラ・サザナミフグ	食と健康	59巻 7号	28-29	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第12回）クロサバフグ・クマサカフグ	食と健康	59巻 8号	28-29	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第13回）カスミフグ・スジモヨウフグ	食と健康	59巻 9号	36-37	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第14回）カナフグ・ヨリトフグ	食と健康	59巻 10号	28-29	2015
佐藤 繁・松浦啓一	フグを知って中毒防止（第15回）ミゾレフグ・ワモンフグ	食と健康	59巻 11号	28-29	2015
佐藤 繁、浦啓一	フグを知って中毒防止（第16回）アラレフグ・ナガレモヨウフグ	食と健康	59巻 12号	38-39	2015
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第17回）シマキンチャクフグ・タキフグ	食と健康	60巻 1号	48-49	2016
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第18回）シッポウフグ・アマミホシゾラフグ	食と健康	60巻 2号	30-31	2016
佐藤 繁、松浦啓一	フグを知って中毒防止（第19回）シボリキンチャクフグ・ナミダフグ	食と健康	60巻 3号	3 30-31	2016
長島裕二、松本拓也	フグ毒テトロドトキシンの体内動態解析：トラフグを用いた毒化モデル実験	LABIO 21	62号	24-27	2015
長島裕二	フグと食中毒	中学保健体育科ニュース	4号	2-5	2015
石崎松一郎、臼井芽衣	フグの分類－最前線－	Sunatec e-Magazine	120号	1-3	2016
桐明 絢、太田晶、岡山桜子、松浦恵一、石崎松一郎、長島裕二	しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性	食品衛生学雑誌	57巻 1号	13-18	2016

K. Matsuura	A new pufferfish, <i>Arothron multilineatus</i> (Actinopterygii: Tetraodoniformes: Tetraodontidae), from the Indo-West Pacific	Icthyol. Res.	63 卷 4 号	印刷中	2016
E. Katayama, K. Matsuura	Fine structures of scales of ocean sunfishes (Actinopterygii, Tetraodoniformes, Molidae): another morphological character supporting phylogenetic relationships of the molid genera	Bull. National Museum Nature Sci.	82 卷 2 号	印刷中	2016

