

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」

総括研究報告書

研究代表者 長島裕二 東京海洋大学大学院 海洋科学系

研究要旨

フグ等の安全性確保のため、 . フグの毒性に関する調査研究と . フグの分類に関する研究を行った。

. フグの毒性調査

筋肉が高毒化しているフグ（コモンフグ、ヒガンフグ）が漁獲されることがある東北地区と、亜熱帯海域フグが生息する沖縄地区のフグの毒性を重点的に調査した。さらに、これまで実態がよくわかっていなかった天然交雑種フグの毒性実態調査を実施した。

2009年と2014年に三陸海域で漁獲されたコモンフグ、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年の調査と同様に、これら2種の筋肉や皮が高頻度で高い毒性を示すことを確認し、高毒化が続いていることが明らかになった

亜熱帯産モヨウフグ属7種およびオキナワフグの合計8種141個体の筋肉の毒性を調べた。調査したフグはいずれも通知のリストには掲載されていないが、コクテンフグとオキナワフグで「強毒」個体が認められ、オキナワフグはすべての個体からテトロドトキシン（TTX）が検出された。モヨウフグ、ケショウフグ、ホシフグおよびアラレフグの4種は調べた個体はすべて「無毒」であった。

外部形態がトラフグと類似するものの交雑種と判断されたフグ119個体の毒性を調べた。10個体から毒性が検出されたが、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（32.6 MU/g）と皮から毒性が検出された（最高毒性値220 MU/g）。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て考察する必要がある。

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。今後、これらのデータを精査し、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、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。

. フグの分類に関する研究

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。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 cheesemani* 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。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。

交雑種フグの父系種を同定するため、核DNAマイクロサテライトマーカー（AGAT repeat）解析を行ったところ、反復回数がトラフグおよびマフグでそれぞれ30-40回および35回であり、種間差が明瞭ではなかった。一方、GAAAG repeat 解析ではトラフグおよびマフグで顕著な差が確認できたことから、父系種同定に使用可能であると判断された。

研究分担者

荒川 修	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・教授
佐藤 繁	北里大学海洋生命科学部・教授
大城 直雅	国立医薬品食品衛生研究所・室長
松浦 啓一	国立科学博物館・名誉研究員
石崎松一郎	東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科・准教授

A. 研究目的

フグ食中毒の発生件数と患者数は食中毒全体の2%以下だが、死者数は全体の1/3を占め、致死率が高い極めて危険な食中毒である。フグ食中毒防止のため、わが国では厚生労働省通知で食用可能なフグの種類、部位、漁獲地域を定め、都道府県条例等でフグ取扱いの場所と人を制限してフグの安全性確保を担保している。通知に基づく食用可能なフグの種類と部位は、1945年に谷が報告した西日本および東シナ海で漁獲したフグ類の毒性調査がもとになっているが、その後、谷の「日本産フグの毒力表」を上回る毒力を示す例が散見され、フグ毒以外にも麻痺性貝毒やパリトキシン様毒によるフグ食中毒が発生している。また、平成19～20年にはキンシバイによるフグ毒中毒が続発した。このようにフグ食中毒およびフグ毒中毒は複雑化しており、フグ等の安全性確保における新たな問題点となっている。

フグの毒性は種によって著しく異なるため、フグの種判別は食中毒防止の重要管理項目である。しかしながら、フグは形態が酷似しており種を正確に判別することは難しい。これがフグ食中毒の一因となっている。その上、近年温暖化のためか南方産フグの出現や自然交雑フグが各地で確認されるようになり、正確なフグの判別が必要になっている。特に、トラフグとマフグの交雑と推定されるフグは古くから知られ、混獲量も少なくない。交雑フグについては、前記の通知の中で「両親種ともに食べてもよい部位のみを可食部位とする」と定めているが、実際の毒性に関する報告例は少なく、この規定が妥当かどうか明らかでない。このような状況の下、本研究では、フグ食の安全性確保を目的として、フグの毒性に関する調査研究とフグの分類に関する研究を行った。

B. 研究方法

フグの毒性に関する調査研究

1) 東北地区のフグの毒性調査

岩手県釜石魚市場で2009年7月に水揚げされたコモンフグ50個体および同市場で2013年6月に水揚げされたシロサバフグ46個体、2014年9月に入手した秋田県産ショウサイフグ24個体、2014年10月に岩手県大船渡魚市場と釜石魚市場で入手した三陸産ショウサイフグそれぞれ13個体、2014年10月～12月に大船渡魚市場と釜石魚市場で入手した三陸産コモンフグ計40個体、2014年10月～12月に大船渡魚市場と釜石魚市場で入手した三陸産ヒガンフグ計12個体の合計4種198個体を試料とした。

試料から各組織を取り出し、0.1%酢酸を加えてホモジナイズした後、沸騰浴中で加熱して毒を抽出した。フグ毒の分析はHPLC-蛍光検出法で行い、抽出液中の麻痺性貝毒(PSPs)含量をELISA (SKit, 新日本検定協会製)で分析した。

2) 沖縄地区のフグの毒性調査

沖縄県衛生環境研究所にて採集・保管されていた、モヨウフグ属のサザナミフグ42個体、モヨウフグ27個体、スジモヨウフグ9個体、ケショウフグ12個体、コクテンフグ24個体、ホシフグ4個体、アラレフグ3個体および、オキナワフグ属のオキナワフグ20個体の合計8種141個体を試料とした。

各試料から筋肉を取り、0.1%酢酸を加えてホモジナイズし、沸騰水浴中で加熱抽出した。フグ毒の分析はLC-MS/MS法で行った。

3) 交雑種フグの毒性調査

試料には、2013年4月に瀬戸内海で採取した天然交雑種フグ27個体と2012年10月～12月に山口県沿岸で漁獲された92個体を用いた。

試料魚から各組織を取り出し、0.1%酢酸で加熱して抽出液を調製した。フグ毒の定量はLC-MS分析またはマウス試験法で行った。マウス試験は、東京海洋大学動物実験委員会の承認を受け、東京海洋大学動物実験等取扱規則などを順守して実施した。

4) フグ食中毒事例の調査

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「食品中の自然毒のリスク管理に関する研究」の成果として得られた、昭和35年(1960年)～平成22年(2010年)に発生した食中毒事例のリストを基に、全国の地方衛生研究所へ調査票を送付し、検査の実施状況を調査した。

なお、本調査は、地方衛生研究所全国協議会理化学部会（委員長：平田輝昭 福岡県保健環境研究所長）の協力により実施した。

・フグの分類に関する研究

1) 形態に基づく分類

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標本を調査すると同時に新たな標本を得るために鹿児島県奄美大島や高知県においてフィールド調査も行った。国内外のフグ類の標本約 300 個体を調査した。

新鮮な標本が得られた場合には、カラー写真を撮影して、分類学的な研究に使用した。形態形質を調査するため、入手した標本は 10%ホルマリンで固定した後、70%アルコールに保存して、形態学的調査を行った。

鱗条数の計数や体表面の小棘の観察は双眼実態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系を撮影した。

2) 遺伝子による種判別

試料には人工交配フグ種（トラフグ（ ）×マフグ（ ））3 個体およびトラフグ（ ）×マフグ（ ））3 個体）ならびに、研究室保管のトラフグ、マフグ、カラスを用い、これらの筋肉から D 全ゲノム DNA を抽出・精製した。次に、全ゲノム DNA を用いてミトコンドリア DNA 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 終了後、PCR 断片を template として、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。

一方、父系種同定に関しては、父系種同定に使用可能なマイクロサテライトマーカーの選別を目的に、まずトラフグにおいて NCBI データベースに登録されている 244 個のマイクロサテライト遺伝子座のうち、トラフグ内で比較的多様性が低いと想定される遺伝子座を 2 種選択した。それらのマイクロサテライト領域を含むプライマーを設計し、トラフグ属 3 種および人工交配フグ個体の DNA を鋳型として PCR を行った。PCR 産物を 4%アガロースゲル電気泳動により検出することで、多型の存否を確認した。最終的に、塩基配列を決定し、マイクロサテライトの反復回数を測定した。

C. 研究結果

・フグの毒性に関する調査研究

1) 東北地区のフグの毒性

2009 年に採取した三陸産コモフグの毒の主成分は TTXs であるが、5 MU/g を超える比較的高濃度の PSPs が高頻度で検出された。2014 年に採取した三陸産コモフグ 40 個体の筋肉の大部分に、基準値を超える TTXs が認められ、顕著な濃度の PSPs (3.6 + 7.4 MU/g, max 52.8 MU/g) も検出された。皮、肝臓、消化管、生殖腺には、TTXs および PSPs からなる高い毒性が検出された。

2014 年に採取した三陸産ヒガンフグ 12 個体の筋肉の大部分に、10 MU/g を超える TTXs が認められた。皮、肝臓、消化管、生殖腺にはいずれも TTXs を主体とする高い毒性が確認された。

2014 年に採取した秋田県産シヨウサイフグは、皮、肝臓、消化管、生殖腺から毒性が検出されたが、筋肉に 10 MU/g を超える検体は認められなかった。一方、釜石魚市場ならびに大船渡魚市場で 2014 年に採取したシヨウサイフグ計 13 個体中 5 個体の筋肉が、10 MU/g を上回る毒性を示した。皮、肝臓、消化管および生殖腺は TTXs を主体とする高い毒性を示し、PSPs も検出された。

2013 年 6 月に釜石魚市場で採取したシロサバフグの筋肉、皮、肝臓および生殖腺には 10 MU/g を超える TTX 群は確認されず、消化管の 2 個体のみ 20 MU/g 程度の TTX 群が検出された。

2) 沖縄地区のフグの毒性

サザナミフグ42個体中3個体の筋肉が10 MU/g (2.2 μgTTX/g) を超え、その毒力は11~17 MU/g の「弱毒」レベルであった。スジモヨウフグは9個体中1個体が有毒で、毒力は37 MU/g(8.14 μgTTX/g) であった。コクテンフグは24検体のうち、10 MU/g (2.2 μgTTX/g) 未満の「無毒」が9個体、「弱毒」が12個体 (15~89 MU/g)、「強毒」が3個体 (106~141 MU/g) であった。オキナワフグ20個体すべてからTTXが検出され、10 MU/g (2.2 μgTTX/g) 未満の「無毒」が4個体 (1.3~8.6 MU/g)、「弱毒」が12個体 (12~85 MU/g)、「強毒」が2個体 (110、139 MU/g) であった。

これに対し、今回調査したモヨウフグ27個体中、ケシヨウフグ12個体、ホシフグは4個体、アラレフグ3個体はすべて「無毒」(10 MU/g 未満) であった。

3) 交雑種フグの毒性

2013 年 4 月に瀬戸内海で採取した天然交雑種フ

グ 27 個体中 26 個体については、いずれの部位からも TTX が検出されなかった。外観的特徴から、これらはいずれもトラフグ×マフグまたはコモフグと推定された。残り 1 個体に関しては、皮、筋肉、肝臓、消化管および生殖腺から、それぞれ 43、5、449、264 および 273 MU/g の TTX が検出された。本個体は、マフグ×トラフグ、もしくはショウサイフグ×トラフグまたはマフグと推定され、前記の 26 個体とは異なる交雑種と推測された。

2012 年 10 月～12 月に山口県沿岸で漁獲されたトラフグと外部形態が類似しているものの、トラフグにはみられない腹部の黄色い線と黄色い尻鰭をもつフグ 92 個体の毒性を調べたところ、9 個体から毒性が検出された。組織別の有毒個体出現率と最高毒性値をみると、肝臓の有毒個体出現率は 7.6% (試料 92 個体中 7 個体が有毒。以下、7/92 と記す) で、最高毒性値は 689 MU/g であった。消化管では、20 個体中 1 個体が有毒で、有毒個体出現率は 5.0% (1/20) で、その毒性値は 1070 MU/g で、「猛毒」レベルに達した。精巢では、1 個体が 32.6 MU/g の「弱毒」を示したが、他の 54 個体では、毒性は検出されず、有毒個体出現率は 1.8% であった。卵巣は、有毒個体出現率が 15.2% (5/33) で、最高毒性値は 465 MU/g であった。胆嚢では、25 個体中 5 個体が有毒であり、有毒個体出現率は 20.0% で、最高毒性値は 552 MU/g であった。脾臓では、18 個体中 2 個体が有毒であり、有毒個体出現率は 11.1% で、最高毒性値は 595 MU/g であった。皮は、有毒個体出現率が 5.4% (5/92) で、最高毒性値は 220 MU/g となった。毒性が検出された有毒個体の筋肉試料から、毒性は検出されなかった (5 MU/g 未満)。

4) フグ食中毒事例の調査

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 件の一覧を各自治体別にリストを作成し、検査に係る情報の提供を依頼したところ、該当する情報が確認できた地方衛生研究所 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。

魚種 (推定や疑いも含む) で多かったのはマフグ 19 個体 29 検体、コモフグ 15 個体 33 検体、ヒガンフグ 11 個体 24 検体、ショウサイフグ 5 個体 12 検体、トラフグ 3 個体 6 検体、シロサバフグ 6 個体 7 検体、ドクサバフグ 3 個体 8 検体で、魚種不明が 41 個体 65 検体あった。部位別では、筋

肉 79 検体、肝臓 38 検体、皮と卵巣が各 22 検体であった。

原因食品に含まれていた、もしくは未調理品のフグ試料の毒力は、不検出～「強毒」まで幅があった。フグ毒 (マウス毒性試験) もしくは TTX (機器分析) が検出されなかったのは 57 検体、10 MU/g 未満の「無毒」が 24 検体、「弱毒」が 71 検体、「強毒」が 52 検体、「猛毒」が 14 検体であった。

フグの分類に関する研究

1) 形態に基づく分類

日本産フグ類の多数の標本を国内の博物館、大学および水産研究所において形態学的に精査した結果、日本の沿岸と排他的経済水域に 7 属 54 種が分布することが明らかになった。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が、フグ科魚類の分類形質としては、色彩が最も有力であり、鰭条数は限られた種の識別にのみ有効であることが明らかになった。

サバフグ属は体の側面腹方が銀白色を呈するのでフグ科の他属から容易に識別できるが、サバフグ属内の種は互いに類似しているため、分類が困難な場合も多い。多数の標本を調査した結果、体背面の小棘の分布、尾鰭や胸鰭の形態、体側面と背面の色彩および胸鰭と尾鰭の色彩によってサバフグ属の種を識別できることが明らかになった。

その結果、日本には以下の 7 種が出現することが明らかとなった: クロサバフグ *L. cheesemani*、カナフグ *Lagocephalus inermis*、クマサカフグ *L. lagocephalus*、ドクサバフグ *L. lunaris*、シロサバフグ *L. spadiceus*、センニンフグ *L. scleratus*、カイユウセンニンフグ *L. suezensis*。

日本にはシッポウフグ *Torquigener brevipinnis* とナミダフグ *T. hypselogeneion* が分布することが知られていたが、奄美大島におけるフィールド調査により新種を発見し、*Torquigener albomaculosus* (和名: アマミホシゾラフグ) という学名をつけて Ichthyological Research (2015) に発表した。本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。

2) 遺伝子による種判別

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 () 3 個体) につき、ミトコンドリア DNA 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、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。

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、GAAAG 反復配列の解析で、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。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。

D. 考察

・フグの毒性に関する調査研究

1) 東北地区のフグの毒性

本研究では、Kodama et al. (1984) の調査から 25 年が経過した 2009 年に採取した三陸産のコモンフグが依然として高い毒性を有していることを明らかにした。加えて、2014 年に三陸沿岸で採取したコモンフグとヒガンフグならびにショウサイフグの 3 種の毒含量を調べ、高い頻度で筋肉の毒性が基準値を大幅に超過していることを確認した。すなわち、2011 年の東日本大震災後も、これらフグ類の毒性は食用不可の高いレベルにとどまっており、大津波による海域の攪乱が、フグ類の毒性には変化をもたらしていないことが明らかとなった。

2) 沖縄地区のフグの毒性

今年度調査したモヨウフグ属およびオキナワフグはいずれの種も通知の「処理等によりヒトの健康を損なう恐れがないと認められるフグの種類と部位」の表には記載されておらず、いずれの部位も食品衛生法上は有毒として取り扱われる。オキナワフグ (70%) とコクテンフグ (63%) は有毒個体出現率が高く、「強毒」個体も確認された。また、「無毒」の個体からも TTX が検出されているため、注意が必要である。一方で、モヨウフグ、ケショウフグ、ホシフグおよびアラレフグは、全個体が「無毒」であった。これらに関しては、今後の調査研究により食用魚としての位置づけの可能性もありうる。

3) 交雑種フグの毒性

2013 年 4 月に瀬戸内海で採取した天然交雑種フグでは、1 個体のみで毒が検出され、26 個体はいずれの部位も検出限界未満であった。有毒個体は、外見的特徴からマフグ、トラフグ、ショウサイフグのうちのいずれか 2 種が両親種である可能性が高い。いずれの部位の毒性も、これらのフグの範

疇を超えることはなかったが、「無毒」ではあるものの筋肉から 5 MU/g の毒が検出されている点は注意すべきである。しかし、これらは冷凍保存した試料であったことから、凍結・解凍による毒の移行について検討する必要がある。

2012 年 10 月～12 月に山口県沿岸で漁獲された天然交雑種フグにおいて、外部形態からトラフグとマフグとの交雑種と推定された 9 個体中の 4 個体と、トラフグと何かのフグとの交雑種と推定される 1 個体の皮から毒性が検出された。トラフグの皮は「無毒」とされているが、上記 5 個体はマフグのような皮に毒をもつ個体との交雑種である可能性が考えられる。また、精巢から毒性 (32.6 MU/g) が検出されたが、トラフグとマフグはともに精巢は「無毒」とされている。昨年の本研究事業において、研究分担者の荒川は、トラフグの精巢から「弱毒」レベル (20 MU/g) の毒性を報告していることから、トラフグあるいはその交雑種フグの精巢の毒性については今後精査する必要がある。

今回の交雑種の親魚は外部形態による推定であり、種の判別は正確ではないため、遺伝子鑑別法を用いて両親魚を明確にした上で、毒性試験結果を評価する必要がある。

4) フグ食中毒事例の調査

データ数の多かった魚種のうち、マフグは筋肉と精巢、コモンフグおよびヒガンフグは筋肉、トラフグおよびシロサバフグは筋肉、皮、精巢が食用可能な部位とされている。これらの魚種と部位の中には検査結果で有毒と報告されているものもあった。今回得られたデータをもとに、食中毒事件発生時に収集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いく必要がある。特に、海域限定で適用除外されているコモンフグとヒガンフグ、逆に海域限定で食用可とされているナシフグについては、今後詳細な調査が必要である。

・フグの分類に関する研究

1) 形態に基づく分類

日本産フグ類の分類学的再検討によって、日本周辺に 7 属 54 種が分布することが明らかになった。しかし、シッポウフグ属から新種が発見されたように、日本産フグ類の全容が明らかにされたわけではない。サバフグ属の分類学的再検討を通じて、クロサバフグが南半球にも分布することが明らかになり、本種の学名には南半球の種に使用されていた *Lagocephalus cheesemani* を適用すべきこと

が明らかになった。

2) 遺伝子による種判別

人工交配フグ種(トラフグ()×マフグ() およびトラフグ()×マフグ())のミトコンドリア DNA 解析法により、トラフグ()×マフグ() 個体およびトラフグ()×マフグ() 個体の母系種はそれぞれトラフグおよびマフグと同定されたことから、形態学的鑑別法によるしゅの推定は主として母系種の特徴が大きく反映されている可能性が示唆された。

一方、父系種同定に用いることができる核 DNA マイクロサテライト領域の探索を行ったところ、トラフグおよびマフグ間の交雑種を対象にした場合において、GAAAG 反復配列の回数の差から父系種同定が可能である可能性が示唆された。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

・フグの毒性に関する調査研究

筋肉が高毒化しているフグ(コモンフグ、ヒガンフグ)が漁獲されることがある東北地区と、亜熱帯海域フグが生息する沖縄地区のフグの毒性を重点的に調査した。さらに、これまで実態がよくわかっていなかった天然交雑種フグの毒性を明らかにすることを目的として交雑種フグの毒性実態調査を実施した。

2009 年と 2014 年に三陸海域で漁獲されたコモンフグ、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 年の調査と同様に、これら 2 種の筋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筋肉や皮、2014 年に秋田県で水揚げされたショウサイフグの筋肉には、いずれも規制値を超える毒性は確認されなかった。

亜熱帯産モヨウフグ属およびオキナワフグ 8 種 141 個体の筋肉の毒性分析を実施した結果、いずれの種も通知のリストには掲載されていないが、モヨウフグ、ケショウフグ、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。

外部形態がトラフグと類似するものの、他種フ

グとの天然交雑種と判断されたフグ 119 個体の毒性を調べた。その結果、10 個体から毒性が検出されたが、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。交雑種フグの毒性および食用適否を判定するには、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。

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。今後、これらのデータを精査し、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、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。

・フグの分類に関する研究

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 cheesemani* 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。

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。

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) 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).
- 2) 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).
- 3) 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).
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) 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).
- 7) 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).
- 8) 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).
- 9) 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).
- 10) 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).

- 11) 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).
- 12) 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).
- 13) 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).
- 14) 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・総説

- 1) 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)」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 680-683.
- 2) 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)」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 684-687.
- 3) 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)」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 688-691.
- 4) 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)」. 日本臨牀社, 大阪, 2014, pp. 692-695.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 松浦啓一・長島裕二 (編著): 「毒魚の自然史 毒の謎を追う」, 北海道大学出版会, 札幌, 2015. 312 pp.
- 9) 松浦啓一: 第 1 章 フグ類の分類と生態. 「毒魚の自然史 毒の謎を追う」, 北海道大学出版会, 札幌, 2015. pp. 3-32.
- 10) 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.
- 11) 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 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.

12) 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.

13) 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) 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.

2) 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.

3) 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.

4) 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.

5) 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.

6) 辰野竜平, 山口健一, 池田光孝, 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: 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.

7) 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.

8) 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.

9) 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.

10) 林田宜之, 大城直雅, 立原一憲: シガテラ毒魚パ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.

11) 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.

12) 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.

13) 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.

14) 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.

15) 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.

- 16) 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: 沖縄産パラフェダイおよびゴマフェダイの 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.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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測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.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) 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.

H. 知的財産権の出願・登録状況