

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）

「マリントキシンのリスク管理に関する研究」

平成 28 年度分担研究報告書

フグの毒性評価と有毒巻貝の種判別

研究分担者 長島裕二 東京海洋大学 学術研究院 食品生産科学部門

研究要旨

マリントキシンのリスク管理に資することを目的に、フグの毒性評価と有毒巻貝の種判別について検討した。フグの毒性評価では、緊急課題として、日本沿岸で漁獲されたコモフグの毒性調査を行っている。昨年度調べた凍結試料では、一部試料の筋肉から 10 マウスユニット(MU)/g を超える毒性が検出された。これは、皮の毒性が 1000 MU/g を超えたことから、凍結解凍によって毒が有毒の皮から無毒の筋肉に移行した可能性が考えられた。そこで今年度は、活魚または生鮮魚について毒性試験したところ、皮が“猛毒”レベルであっても、筋肉から毒性は検出されなかった。さらに、凍結解凍モデル実験で、凍結とくに解凍によって皮の毒が筋肉に移行することを確認した。しらす加工品へのフグ稚魚混入に関しては、実態調査を続けてデータの集積に努めた。瀬戸内海産のしらす加工品にコモフグ、シマフグ、ナシフグ、ヒガンフグ稚魚の混入が認められた。これらの成魚は有毒種であり、調べた 29 検体中 1 検体からテトロドトキシン (TTX) が検出されたが、その含量は 56 ng/g (0.28 MU/g) と少なく、フグ稚魚が混入したしらす加工品による健康被害への影響はないと考えられた。遺伝子による有毒巻貝の種判別法として、ミトコンドリア DNA 16S rRNA 部分領域を対象にしたダイレクトシーケンス法による種判別を開発した。本法により、フグ毒中毒が懸念される有毒巻貝も種判別できることがわかった。昨年度の課題となった加熱殺菌された DNA が断片化した製品の種判別については、加工品用に別途特異的プライマーを作製し、種判別が可能になった。しかし、対象とした遺伝子領域の塩基配列が同じである種があり、これらについては、他の遺伝子領域で検討する必要がある。

A. 研究目的

食中毒を起こすフグ毒、シガテラ毒、貝毒等のマリントキシンは、人の健康危害因子として重要である。フグ食中毒は、わが国の魚貝類による自然毒食中毒で最も多く発生し致死率が高いため、食品衛生上極めて重大な問題である。このため、厚生労働省通知で食用可能なフグの種類、部位、漁獲海域を定め、都道府県条例等でフグ取り扱いの施設と人を制限してリスク管理しているが、近年、熱帯・亜熱帯海域に生息するドクサバフグの日本沿岸での出現と食中毒の発生、フグの高毒性化、自然交雑種の頻出など新たな問題も指摘されている。さらに、フグ稚仔魚や幼魚の混入も問題となっている。また、巻貝キンシバイによるフグ毒中毒も発生し、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、見直す必要がある。巻貝に関しては、麻痺性貝毒による毒化やテトラミン中毒も食品安全確保に対するリスクとなっている。しかし、巻貝は外観などの形態分類が難しい上、むき身として調理加工された場合には判別が不可能で、食中毒の原因

食品が特定できない。

こうした背景のもと、今年度は、コモフグの毒性調査、フグ稚魚が混入したしらす加工品の安全性評価、有毒巻貝の遺伝子による種判別法開発を実施した。すなわち、コモフグの毒性調査では、凍結試料で筋肉の毒性が 10 MU/g を超える例がみられたため、活魚あるいは生鮮魚の毒性を調べるとともに、凍結解凍による毒性への影響について検討した。フグ稚魚が混入したしらす加工品の安全性評価では、種判別と毒性試験 (TTX 分析) を行い、データの集積に努めた。

有毒巻貝の遺伝子による種判別法開発では、フグ毒中毒のおそれがある巻貝類 (ポウシュウボラ、キンシバイ、バイなど) の種判別を検討した。昨年度の研究において、一部の巻貝加工品で PCR 増幅されないものがあつたため、加熱殺菌された加工品に適した PCR 法を新たに検討した。

B. 研究方法：

1) コモフグの毒性調査

試料には、2016年に東京湾で漁獲された活魚または生鮮魚のコモンフグ30個体を用いた。試料魚は水揚げ後ただちに研究室に運搬し、筋肉、皮、肝臓、生殖腺に分離した。

凍結解凍モデル実験では、凍結前に半身から皮と筋肉を採取し、残りを凍結して、反対側から皮と筋肉を採取する。このとき、同一個体から採取する場所で、皮と筋肉の毒性が等しいことが前提となる。そこで、生鮮なコモンフグを用いて、皮と筋肉の毒性が左右で差がないことの確認を行った。すなわち、コモンフグ10個体を用意し、各個体の尾部の右側と左側からそれぞれ皮と筋肉を分離して試料とした。筋肉は、皮からの毒の混入を避けるため、背骨に接している部分から採取した。

凍結・解凍によるフグ毒の移行は、活魚10個体を用いて調べた。最初に、魚体右側尾部から皮と筋肉を取り分けた。これを“凍結前試料”とする。残りを-25で24日間保管した。5検体は凍ったまま魚体左側尾部から皮と筋肉を分離した。これを“凍結試料”とする。他の5検体は、4で2時間、さらに20で3時間静置して緩慢解凍後、魚体左側尾部から皮と筋肉を分離した。これを“凍結解凍試料”とする。このとき、筋肉は皮に接した外側部分（外部筋肉）と、背骨に接した内側部分（内部筋肉）から採取した。

フグ毒の抽出ならびに定量は、食品衛生検査指針 理化学編のフグ毒試験法に準じて行った。すなわち、各組織を細切、磨砕した後、ここから2g取り、0.1%酢酸8mLを加えてよく混合し、超音波処理(15分間)後、沸騰水浴中で10分間加熱してフグ毒を抽出した。抽出液を冷却後、遠心分離して得られた上清を毒性試験用検液とした。

毒性試験はマウス検定法で行い、マウスの致死時間から「フグ毒の致死時間 マウス単位(MU)換算表」に基づいて毒力を算出した。投与後30分以上経過しても死亡しなかった試料を「無毒」とした。

2) しらすに混入したフグ稚魚の種判別と毒性

2015年6月~8月に広島県で水揚げ、製造されたしらす加工品に混入し、現地加工場等において外観からフグと推定された稚魚を試料とした。同一の加工場等で同じ日に処理されたものを1つのロットとした。

しらす加工業者があらかじめ選別したフグ稚魚試料を観察して、体色を含む外部形態に基づき分類した。ロット毎に、形態分類で同一種と判断されたフグ稚魚から1個体ずつ選抜し、種判別を行った。フグ稚魚の種

判別は、厚生労働省医薬食品局食品安全部の「魚類乾製品等のフグ混入検査について」(平成20年)および「輸入魚類加工品のフグ種鑑別検査法について」(平成23年)に従った。すなわち、各ロットから1個体を選び、合計23個体の筋肉(約15mg)から全ゲノムDNAを抽出した。抽出したDNAを鋳型として、ミトコンドリアDNAの16S rRNA領域を増幅するプライマーまたはシトクロム*b*領域を増幅するプライマーおよびTaKaRa Ex Taq(タカラバイオ)を用いてPCR増幅を行った。PCR産物塩基配列をDNAシーケンサーで解析した。解析した塩基配列をnucleotide BLAST検索に付し、種を決定した。

TTXの定量には、上記の種判別と同ロットに含まれる試料を用い、形態分類で同一種と判断されたフグ稚魚を複数個体を合一して、TTX分析用試料とした。TTXの抽出は、食品衛生検査指針 理化学編に記載の方法に準じた酢酸加熱法で行った。試料は乾燥品であるため、酢酸添加後、室温で30分間静置し、15分間超音波処理した後、沸騰水浴中で10分間加熱した。冷却後、遠心分離して得られた上清を、遠心限外ろ過(分画分子量3000)したる液をTTX定量用試料とした。TTXの定量はLC-MS/MS法で行った。

3) 有毒巻貝種判別法の開発

フグ毒またはテトラミンをもつ有毒巻貝を正確に同定するため、ミトコンドリアDNA 16S rRNA部分領域配列の塩基配列をダイレクトシーケンス法で解析することとした。

巻貝試料には、フジツガイ科ボウシュウボラ、アケキガイ科イボニシ、アカニシ、ムシロガイ科ハナムシロ、キンシバイおよびエゾバイ科イソニナとバイの7種巻貝の生鮮品を用い、これらについては、昨年度設計した巻貝種特異的プライマーでPCRを行った。

巻貝加工品については、新たにミトコンドリアDNA 16S rRNA部分領域から、巻貝加工品に利用できる特異的プライマーの作製とPCR条件を検討した。

各試料の筋肉から全ゲノムDNAを抽出し、それを鋳型にして、設計したプライマーとEx Taq polymerase(タカラバイオ)を用いてPCR増幅を行った。得られた増幅産物を1.2%アガロースゲル電気泳動に付し、目的のバンドを切り出し、それを遺伝子抽出カラムで精製して、ダイレクトシーケンス法で塩基配列を解析した。

C. 研究成果：

1) コモンフグの毒性調査

コモンフグの生鮮魚および活魚の毒性

コモンフグの生鮮魚 20 個体および活魚 10 個体の毒力を表 1 にまとめた。

各組織における有毒個体出現率は、皮と肝臓が 100% (30 個体中 30 個体) で、卵巣も 100% (28 個体中 28 個体) であった。各組織の最高毒性値は、皮 1,990 MU/g、肝臓 422 MU/g、卵巣 3,540 MU/g で、皮と卵巣は“猛毒”レベル(1,000 MU/g 以上)となり、肝臓は“強毒”レベル(100~999 MU/g) であった。これに対し、筋肉(30 個体)と精巣(2 個体)からは毒性が検出されず、“無毒”(5MU/g 未満) であった。

同一個体の左右による毒性の比較

本実験は、コモンフグを凍結したときの毒の移行を調べるための予備実験として、同一個体の右側と左側で皮と筋肉の毒性が等しいか調べた。その結果、筋肉では、左右にかかわらず毒性は検出されなかった(5 MU/g 未満)(表 2)。

皮は、10 個体すべてが有毒であったが、尾部左側 182~1,330 MU/g) と同右側(184~1,550 MU/g) で毒性値に大きな差はみられなかった(表 2)。最高毒性値は試料 No.1(右側)の 1,550 MU/g で、“猛毒”レベル(1,000 MU/g 以上)を示した。最少毒性値は 182 MU/g(試料 No.10 左側)であったが、“強毒”レベル(100~999 MU/g)を示していた。

筋肉の毒性に及ぼす凍結・解凍の影響

凍結したが解凍させていない“凍結試料”(No.1~5)では、内部筋肉は無毒(5 MU/g 未満)であり、外部筋肉は<5~10.9 MU/g であった。凍結で毒性値が変化したのは試料 No.1 が 5.8 MU/g から 10.9 MU/g へ、試料 No.3 が 5 MU/g 未満から 5 MU/g へ増加し、試料 No.2 と No.4 はそれぞれ 9.8 MU/g から 8.1 MU/g、5.9 MU/g から 5 MU/g 未満へやや減少していた(表 3)。

“凍結試料”の皮(試料 No.1~No.5)の毒性は、凍結前試料に比べて、多少変化がみられたが、その変化の割合は±15%程度であり、マウス試験法が内包する誤差範囲(±20%)におさまっていた(表 3)。

次に、“凍結解凍試料”試料 No.6~No.10)の毒力は、内部筋肉では 1 個体(試料 No.6)が 5 MU/g を示したが、それ以外は無毒(5 MU/g 未満)であった。これに対し、皮と接していた外部筋肉はすべて毒性(5~110 MU/g)を示した(表 3)。とくに、高い毒力を示した試

料 No.7 (110 MU/g) と No.6 (84.9 MU/g) は皮の毒力がそれぞれ 1,120 MU/g および 1,990 MU/g と著しく高かった。これに対し、皮の毒力が低かった(186 MU/g) 試料 No.10 では、外部筋肉の毒力は本マウス試験の検出限界(5 MU/g) であった(表 3)。

2) しらすに混入したフグ稚魚の種判別と毒性 魚種判別

ミトコンドリア DNA 16S rRNA 部分領域(約 600 bp)の塩基配列解析の結果、調べたフグ稚魚 23 個体のうち、8 個体はデータベースに登録されているコモンフグ *Takifugu poecilonotus* の塩基配列と相同性 99.8~100% で一致した。同様に、7 個体はシマフグ *Takifugu xanthopterus* と相同性 99.8~100% を示し、6 個体はナシフグ *Takifugu vermicularis* と 99.6~100%、2 個体はヒガンフグ *Takifugu pardalis* と 99.8~100% の相同性であった。確認のためシトクロム *b* 部分領域(約 400 bp)の塩基配列を解析した結果、いずれも当該のフグ種と相同性 99.3~100% で一致した。

毒性試験

LC-MS/MS 分析した 29 試料中 25 試料は TTX が検出されず(10 ng TTX/g 未満) 4 試料からクロマトグラム上、TTX に相当するピークが検出された(図示せず)。このうち、1 試料だけ 56 ng TTX/g と算出されたが、他の 3 試料は定量下限値(30 ng TTX/g) 未満であった。

3) 有毒巻貝種判別法の開発

生鮮品の種判別

今回調べた巻貝 7 種すべてで目的とする PCR 産物(約 350 bp)の増幅がみられた。これら増幅産物の塩基配列をダイレクトシーケンス法で解析したところ、イボニシ、アカニシ、パイはデータベースの塩基配列と 100% 一致した。ボウシュウボラとキンシバイについては、データベースに塩基配列が登録されていないため、当研究室で解析した別個体の結果と照合した結果、それぞれ相同性は 99.4% および 100% であった。ハナムシロとイソニナはデータベース上の種とそれぞれ 92% および 98% と、塩基配列の相同性がやや低かった。

加工品の種判別

上記 で用いたプライマーで PCR 増幅されなかった加工品試料でも、加工品用に作製した特異的プライマーで、目的とする PCR 産物(約 150 bp)の増幅がみられた。しかし、この領域内の塩基配列は、種によっては同一あるいは酷似していることがあり、「シライトマキバイ、クビレバイ、ヒモマキバイ」、「エゾボラモドキ、

クリイロエソボラ、ヒレエソボラ、「エッチュウバイ、アニワバイ」については、種が判別できない。

D. 考察

1) コモンフグの毒性調査

昨年度、毒性を調べたコモンフグ凍結試料では、筋肉が有毒のものがみられ、その割合は32個体中13個体、有毒個体出現率40.6%で、最高毒性値は60.8 MU/gを示した。しかし、この試料魚は皮の毒力が2,290 MU/gと極めて高かった上、解凍しすぎてしまい、皮から筋肉への毒の移行が考えられた。そこで、今年度は、活魚または生鮮魚を入手して組織別に毒性を調べるとともに、凍結・解凍したときの毒の移行を検討した。

活魚または生鮮魚では、皮の毒力が“猛毒”レベル(1,000 MU/g以上)であっても、筋肉からは毒性は検出されなかった(5 MU/g未満)。このことから、凍結解凍によって、皮中のフグ毒が筋肉に移行することが強く示唆されたので、生鮮のコモンフグ10個体を用いて、凍結・解凍モデル実験を行った。

凍結・解凍しても背骨に接した部分の筋肉(内部筋肉)では1個体(5 MU/g)を除き、無毒(5 MU/g未満)であったが、皮に接していた部分の筋肉(外部筋肉)の毒力は、“凍結試料”で $<5\sim 10.9$ MU/g、“凍結解凍試料”で $5\sim 110$ MU/gになり、凍結とくに解凍によってフグ毒が移行することが明らかになった。また、凍結解凍後の皮の毒力を凍結前の値と比較すると、毒性値は明らかに減少しており、減少の割合は凍結前の0.56~0.79と顕著であった。

2) しらすに混入したフグ稚魚の種判別と毒性

昨年度の調査により、瀬戸内海で漁獲、製造されたシラス加工品にナシフグ稚魚が混入しており、定量下限値(30 ng TTX/g)未満であったがTTXが検出されたため、今年度は、同海域でサンプリングされた試料について、フグ稚魚の種判別とTTX分析を行った。

その結果、コモンフグ、シマフグ、ナシフグ、ヒガンフグの稚魚が混入していることが明らかになり、ロットによっては複数のフグ種が混在していた。ほとんどの試料では、TTXは検出されないか、検出されても定量下限値(30 ng TTX/g)未満であったが、1試料だけ56 ng TTX/gが検出された。しかし、TTXの比毒性(5,000 MU/mg)から、毒性値に換算すると0.28 MU/gとなり、フグ毒の基準値(10 MU/g、2.2 μ g TTX/g)をはるかに下回っているため健康被害の問題となることはない。

フグ稚魚が混入したしらす加工品の安全性を評価するには、フグの毒性値と摂食量を考慮しなければならない。しらす加工場等の選別作業において、しらす加工品へのフグ稚魚の混入率を調べたところ、9,130 kgからフグ稚魚126個体34.1gが検出された。この値から、しらす加工品1 kgあたりのフグ稚魚の混入は0.014個体で、しらす加工品71.4 kgにフグ稚魚1個体が混入したことになる。これを重量に換算すると、しらす加工品1 kgあたりフグ稚魚0.0037 gの混入となる。これらの値と、1回に食べるしらすの量(しらすおろして約10~20 g, しらす丼で約60~80 g)を考えると、フグ稚魚が混入したしらすを食べた場合の健康への影響はないと考えられる。

3) 有毒巻貝種判別法の開発

巻貝の生鮮品については、本研究で確立したPCR条件で増幅できることが明らかになり、テトラミンだけでなくフグ毒をもつ有毒巻貝の種判別が可能になった。また、レトルトや缶詰製品の一部で、殺菌加熱により試料中のDNAが断片化された場合でも、巻貝加工品用に作製したプライマーを用いればPCR増幅が可能になった。しかし、領域が短い分、塩基配列が同一あるいは酷似するものがあり、その場合には、種を正確に判別するには、別の遺伝子領域を検討する必要がある。

E. 結論

コモンフグの喫食によると疑われるフグ食中毒が発生したため、昨年度、緊急課題として日本沿岸で漁獲されたコモンフグの毒性調査を行った。その結果、凍結試料の筋肉から10 MU/gを超える毒性が検出された。しかし、これらは皮の毒性が著しく高かったため、試料の凍結・解凍によって毒が有毒の皮から無毒の筋肉に移行した可能性が考えられた。そこで今年度は、活魚または生鮮魚のコモンフグの毒性調査を行うとともに、凍結解凍による毒の移行をモデル実験で調べた。その結果、活魚または生鮮魚では、皮の毒力が猛毒レベルであっても筋肉から毒性は検出されなかった。しかし、凍結・解凍すると、筋肉から毒性が検出されたことから、昨年度、凍結試料の筋肉が有毒であったのは、凍結解凍によって皮からフグ毒が移行したためと結論づけられた。コモンフグのみならず皮の毒力が強いフグでは、生鮮のうち皮を剥ぐなどして、筋肉への毒の移行、汚染を防ぐ必要がある。

2014年に社会問題になったしらす加工品へのフグ稚

魚の混入に関して、データを集積するため、しらす加工品に混入したフグ稚魚の種と毒性を調べた。2015年に瀬戸内海で集めた試料から、有毒種であるコモンフグ、シマフグ、ナシフグ、ヒガンフグの稚魚の混入がみられた一部の試料ではTTXが検出されたが、最大値で56 ng TTX/g(0.28 MU/g)であり、しらす加工品への混入率も考え合わせると、フグ稚魚が混入したしらす加工品を食べた場合、健康被害への影響はないと考えられた。しらす加工品の安全性確保のため、今後も継続して調査を続ける予定である。

わが国では、毎年巻貝による自然毒食中毒が起きているので、遺伝子による有毒巻貝の種判別法の開発が望まれている。ミトコンドリアDNA 16S rRNA部分領域を対象にしたPCRを行い、ダイレクトシーケンス法による種判別を試みたところ、テトラミン中毒だけでなくフグ毒中毒のおそれのある巻貝の種判別が可能になった。さらに、高温で処理された加工品については、別の特異的プライマーを用いることでPCR増幅に成功し、種判別ができるようになった。しかし、一部の巻貝ではターゲットとした領域の塩基配列が完全に一致しているため、判別不能のものもあり、別の遺伝子領域を検討する必要がある。さらに、ポウシュウボラやキンシバイなどこれまでに重篤なフグ毒中毒を引き起こした有毒巻貝の塩基配列がデータベースに登録されていないため、これらについては、早急に塩基配列を明らかにしてデータベースの充実を図る必要がある。

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* 2016; 111: 6-12.
- 2) C. Acar, S. Ishizaki, Y. Nagashima: Toxicity of the Lessepsian pufferfish *Lagocephalus sceleratus* from eastern Mediterranean coasts of

Turkey and species identification by rapid PCR amplification. *Eur. Food Res. Technol.* 2016; DOI 10.1007/s00217-016-2721-1.

- 3) 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.

2. 著書・総説

- 1) 長島裕二, 桐明 絢: 海洋危険生物 食べて中毒; とくに魚について. *中毒研究* 2016; 29: 3-9.
- 2) 長島裕二, 桐明 絢: しらすへのフグ稚魚混入. *全水卸* 2016; 356: 8-11.
- 3) 長島裕二, 桐明 絢: 魚介類の毒とその特徴. *アクアネット* 2016; 19 (12): 22-26.

3. 学会発表

- 1) T. Matsumoto, A. Kiriake, S. Ishizaki, S. Watabe, Y. Nagashima: Pharmacokinetics and biliary excretion of tetrodotoxin in the marine pufferfish *Takifugu rubripes* juvenile after intramuscular administration. 7th World Fisheries Congress in Busan, Korea, May, 2016.
- 2) 長島裕二, 岡山桜子: ふく卵巣ぬか漬の毒性低下のメカニズム. 第26回西日本ふく研究会, 山口県下関市, 平成28年5月.
- 3) 桐明 絢, 石崎松一郎, 長島裕二, 塩見一雄: カサゴ目魚類刺毒の性状および構造解析. 第63回トキシシンポジウム, 山形県天童市, 平成28年7月.
- 4) 永井 慎, 岡山桜子, 長島裕二: フグ卵巣ぬか漬工程での減毒に関する微生物探索に関する研究. 平成28年度日本水産学会秋季大会, 奈良県奈良市, 平成28年9月.
- 5) 徐 超香, 太田 晶, 岡山桜子, 崔 浩, 石崎松一郎, 長島裕二: 食用フグの見直し - 日本沿岸ホシフグの安全性評価 -. 第112回日本食品衛生学会学術講演会, 北海道函館市, 平成28年10月.
- 6) 岡山桜子, 永井 慎, 石崎松一郎, 長島裕二: フグ卵巣ぬか漬における減毒要因の検討. 第112回日本

- 食品衛生学会学術講演会・北海道函館市，平成 28 年 10 月。
- 7) 長島裕二：しらすへのフグ稚魚の混入について。平成 28 年度水産利用関係者研究開発推進会議，神奈川県横浜市，平成 28 年 11 月。
- 8) 長島裕二：フグ食中毒とフグ毒中毒。平成 28 年度日本獣医師会獣医学術学会年次大会 市民公開講座，石川県金沢市，平成 29 年 2 月。
- 9) 長島裕二：しらすへのフグ稚魚の混入について。静岡県水産技術研究所第 62 回水産加工技術セミナー，静岡県静岡市，平成 29 年 3 月。
- 10) 長島裕二：魚介類の毒素タンパク質。平成 29 年度日本水産学会春季大会シンポジウム「水圏生物タンパク質科学の新展開」，東京都港区，平成 29 年 3 月。
- 11) 崔 浩，横塚峻介，岡山桜子，石崎松一郎，長島裕二：凍結解凍によるコモンググ筋肉へのフグ毒の移行。平成 29 年度日本水産学会春季大会，東京都港区，平成 29 年 3 月。
- 12) 大木理恵子，松本拓也，石崎松一郎，長島裕二：組織培養法によるバイのテロドトキシン取り込み。平成 29 年度日本水産学会春季大会，東京都港区，平成 29 年 3 月。
- 13) 松本拓也，北島冴美，青柳 充，三苦好治，石崎松一郎，長島裕二：トラフグ薬物排泄トランスポーター Bcrp をコードする Abcg2 遺伝子のクローニング。平成 29 年度日本水産学会春季大会，東京都港区，平成 29 年 3 月。

H. 知的財産権の出願・登録状況

- 1) なし