

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 26 年度分担研究報告書

フグの毒成分の同定と定量

研究分担者 佐藤 繁 北里大学海洋生命科学部応用生物化学講座

研究要旨

フグ類の消費は従来、西日本などに限られていたが、これまでフグ類を利用していなかった北日本沿岸部などでも近年、特産品として天然フグ類を商品化しようとする動きがある。一方、Kodama et al. (1984) は、三陸沿岸で漁獲されるコモンフグやヒガンフグの肉が高い毒性を示すことを報告している。この報告に基づき現在、岩手県釜石湾、同越喜来湾ならびに宮城県雄勝湾産の上記 2 種のフグは、食用としての取り扱いが禁止されている。このようにフグ類の毒性は同種のものであっても産地によっても大きく異なることから、食用可能とされてきたフグ類についても産地ごとに毒性を調べることが急務となっている。本年度本研究では、これまでフグ類を利用してこなかった東北沿岸で漁獲されるフグ類につき調査を実施し、三陸産コモンフグならびにヒガンフグは不可食部位の内臓部分だけでなく、肉に高い頻度で基準値を大幅に超えるフグ毒が含まれることを確認した。これに対して秋田産シヨウサイフグでは、肉で基準値を超える毒性を示すものは認められなかった。

A. 研究目的

谷(1945)は、フグ食を伝統とする西日本各地の沿岸を中心に、朝鮮半島や台湾を含む海域で漁獲されるフグ類の毒性を精力的に調査し、毒を高濃度に蓄積する部位が種ごとに異なることを明らかにした。現在、食品衛生法ならびに「フグの衛生確保について」(厚生省環境衛生局長通知 環乳第 59 号)により食用可能なフグの種類と部位が定められているが、これは主として谷(1945)の調査結果に基づくものである。

1980 年代に、各県の衛生研究所や大学等の研究機関が日本産フグ類の毒性の再調査を実施したところ、本州中部以南の沿岸域で漁獲されるフグ類の毒性は、おおむね谷(1945)の調査結果に合致するものの、東北太平洋沿岸の一部海域で漁獲されたヒガンフグ *Taki fugu pardalis* やコモンフグ *T. poecilonotus* では、肉に基準値である 10 MU/g を大幅に超える個体が高頻度で出現することが明らかとなった (Kodama et al. 1984)。この報告に基づき現在、岩手県越喜来湾、釜石湾ならびに宮城県雄勝湾産の上記 2 種は、市場での取り扱いが禁止されている。昨年度の報告では、2009 年度に漁獲した三陸産コモンフグの肉が依然として Kodama et al. (1984) の調査と同レベ

ルの高い毒性を示すことを明らかにした。2011 年 3 月の東日本大震災に伴う大津波により、三陸沿岸のフグ類の生息海域は大きく攪乱され、その毒性にも影響を及ぼした可能性がある。本研究は、大津波後の 2014 年に採取した三陸沿岸産コモンフグならびにヒガンフグの毒性を部位別に調べたものである。これに加えて、秋田県沿岸ならびに三陸沿岸(岩手県釜石～大船渡海域)で漁獲されたシヨウサイフグ *T. snyderi* の毒性も合わせて検討した。

B. 研究方法

(1) 試料

2014 年 9 月に入手した秋田県シヨウサイフグ 24 個体 (BW 211.3 ± 53.1 g; 233.6 ± 25.4 mm、mean \pm S.D.)、2014 年 10 月に岩手県大船渡魚市場ならびに釜石魚市場で入手したシヨウサイフグそれぞれ 10 個体 (213.9 ± 36.8 g; 225.9 ± 19.4 mm) と 3 個体 (233.0 ± 44.2 g; 232.0 ± 11.3 mm)、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 (127.9 ± 53.11 g; 79.2 ± 22.0 mm)、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 (414.7 ± 134.9 g; 249.1

± 23.0 mm)を試料とした。フグ試料は個体ごとに凍結して梱包し、北里大学海洋生命科学部相模原キャンパスに冷凍状態で搬入し、試験に供するまで - 80 で凍結保存した。

(2) 検液の調製

試料のフグを半解凍状態で肉、皮、肝臓、消化管ならびに生殖腺の5部位に分け、4倍量の0.1%酢酸を加えてホモジナイズした後、沸騰浴中で5分間熱浸した。得た熱浸ホモジネートを氷冷し、0.1%酢酸で元試料の5倍量となるように定容して攪拌し、ろ紙上ろ過して検液を作製した。なお、調べた3種のフグ類は卵巣、精巣が未発達であったため、これらを区別せず生殖腺として一括して扱った。

(3) 毒の分析

抽出液の一部を SepPak C18 plus カートリッジで処理した後、Yotsu et al.(1989)に従って HPLC 蛍光法で分析し、抽出液中のテトロドトキシン(TTX)、4-エピ-テトロドトキシン(4epiTTX)ならびに 4,9-アンヒドロテトロドトキシン(anhTTX)含量を求めた。抽出液中の麻痺性貝毒(PSPs)含量を Sato et al.(2014)に従って ELISA (SKit, 新日本検定協会製)で分析した。HPLC法で得た検液中の TTX、4epiTTX および anhTTX の濃度を、それぞれの比毒性 1.624 (MU/nmol)、0.229 (MU/nmol)、0.027 (MU/nmol)を用いてマウス毒性に換算し、元試料 1g あたりの TTX 群(TTXs)の毒性(MU/g)として表示した。ELISA で得た PSP 群(PSPs)の濃度は、フグ類に主要成分として認められもっとも毒性の高いサキシトキシン(STX)に換算して 2.483 (MU/nmol)の比毒性を用いて換算し、元試料 1g あたりの PSPs の毒性(MU/g)として表示した。

C. 研究結果

(1) 秋田県産シヨウサイフグ

調べた 24 検体中の肉には 3.4 ± 2.5 MU/g (max 8.2 MU/g)の TTXs と、 0.3 ± 0.9 MU/g (max 4.6 MU/g)の PSPs が認められた。肉の TTXs と PSPs の合計は 3.6 ± 2.6 MU/g (max 8.2 MU/g)であり、基準値 10 MU/g を超える検体は認められなかった。肉以外の不可食部はいずれも高い毒性を示し、皮、肝臓、消化管および生殖腺でそれぞれ最大 94.6、1095.3、206.1、1864.4 MU/g の TTXs と、39.3、

272.6、55.1、291.4 MU/g の PSPs が認められた。

(2) 大船渡産シヨウサイフグ

10 個体中 1 個体の肉に基準値を上回る TTXs が認められた(3.2 ± 3.3 MU/g, max 11.7 MU/g)。また肉には 1.9 ± 2.3 MU/g(max 13.2 MU/g)の PSPs が認められた。皮、肝臓、消化管および生殖腺ではそれぞれ最高値で 111.8、163.7、179.6、432.1 MU/g の TTXs と、60.4、51.6、31.2、27.5 MU/g の PSPs が認められた。

(3) 釜石産シヨウサイフグ

3 個体中 2 個体の肉に基準値を大幅に超過する TTXs が認められた(34.2 ± 14.2 MU/g, max 49.1 MU/g)。これに加えて肉には 0.2 ± 0.3 MU/g (max 0.6 MU/g)の微量の PSPs が検出された。皮、肝臓、消化管、生殖腺にはそれぞれ最高値で 223.4、703.4、308.4、1914.9 MU/g の TTXs ならびに 1.4、1.2、0.8、44.9 MU/g の PSPs が検出された。

(4) 三陸産コモング

40 個体の肉の大部分に、基準値を超える TTXs (31.6 ± 47.7 MU/g, max 237.0 MU/g)が認められた。肉には顕著な濃度の PSPs (3.6 ± 7.4 MU/g, max 52.8 MU/g) が検出された。皮、肝臓、消化管、生殖腺にはそれぞれ最高値で 2017.8、3932.2、1389.7、982.3 MU/g の TTXs ならびに 688.7、1236.6、86.2、543.2 MU/g の PSPs が検出された。

(5) 三陸産ヒガンフグ

12 個体の肉の大部分に、基準値を大幅に超える TTXs (94.0 ± 177.6 MU/g, max 648.5 MU/g)が認められた。肉には低濃度の PSPs (0.4 ± 0.4 MU/g, max 1.1 MU/g) も検出された。皮、肝臓、消化管、生殖腺にはそれぞれ最高値で 956.1、2548.4、1698.2、2383.0 MU/g の TTXs ならびに 52.7、6.5、38.7、25.4 MU/g の PSPs が検出された。

D. 考察

東北地方の沿岸部ではトラフグ属あるいはサバフグ属のフグ類が定置網により漁獲されるが、これまでほとんど利用されておらず、雑魚として廃棄されていた。食のグローバル化に伴い近年、東北沿岸産のフグ類を特産品として売り出そうとする動きがある。フグの食の安全を確保するた

めには、東北沿岸部で漁獲されるフグ類の毒性調査が急務となっている。Kodama et al.(1984)は岩手県および宮城県で水揚げされたフグ類の毒性を調べ、これら海域で多獲されるコモングとヒガンフグは内臓部分だけでなく、肉の毒性も著しく高いことを報告している。この報告に基づき現在、岩手県の釜石湾と越喜来湾、および宮城県雄勝湾で漁獲される上記2種のフグ類は市場での取り扱いが禁止されている。本研究は Kodama et al. (1984)の調査から 30 年以上が経過した 2014 年現在に秋田県沿岸と岩手県三陸沿岸で漁獲されたショウサイフグ、および岩手県三陸沿岸で漁獲されたコモングとヒガンフグの毒性を調べたものであり、以下の点が明らかとなった。

秋田県産ショウサイフグでは、肉で安全基準値を超過する超過する個体は認められなかった。これに対して三陸産のショウサイフグの一部で、肉が基準値を示すことを確認した。三陸産コモング、およびヒガンフグは調べた全ての部位においてかなり高い毒性を示し、肉でも 100 グラム未満の摂取で致死量に達する強毒レベルを示す個体が高頻度で確認され、Kodama et al. (1984)の調査とほぼ同等の結果となった。フグ類の毒化機構は現時点で完全に解明されているとは言い難いものの、餌生物を含む生息環境が毒含量に大きく影響を与えていると考えられる。本研究は東日本大震災に伴う生育環境の攪乱が、フグの毒性にほとんど影響していないことを示唆する。

三陸産のフグ類には、テトロドトキシンとその誘導体だけでなく、高濃度の麻痺性貝毒が検出された。三陸沿岸では例年、*Alexandrium* 属渦鞭毛藻の発生に伴って、二枚貝などのろ過食性生物が毒化する。これに対して、麻痺性貝毒による貝の毒化がほとんど発生していない秋田県沿岸域で漁獲されたショウサイフグにも、比較的高濃度の麻痺性貝毒が検出されたことから、現時点ではフグの麻痺性貝毒が、毒化貝などだけから以降・蓄積されているとは断定できない。

E. 結論

フグ類の安全性の確保に資することを目的に、2014 年に水揚げされた秋田産のショウサイフグ、三陸産のショウサイフグ、コモング、ヒガンフグの部位別毒性を個体ごとに調べた。ショウサイフグの場合、秋田産の試料には肉で基準値 10 MU/g を超える個体は認められなかったものの、

三陸産の試料では肉で基準値を超える個体が確認された。三陸産のコモングとヒガンフグでは、肉で基準値を大幅に超える強毒個体が高頻度で確認された。

F. 健康危険情報

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, 339-344 (2014).

2. 書籍等

- 1) 佐藤 繁, 児玉正昭: フグ毒. 食品衛生検査指針・理化学編, pp.813-820, 日本食品衛生協会 (2015).
- 2) 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, 札幌, pp. 33-103 (2015).
- 3) 佐藤 繁: 貝毒. 神経症候群(第 2 版). 別冊日本臨牀, 新領域別症候群シリーズ No.30、pp.692-695, 日本臨牀社 (2014).
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) 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).
- 7) 佐藤 繁, 松浦啓一: フグを知って中毒防止. コモング・クサフグ. 食と健康 通巻 696 号, 28-29 (2014).
- 8) 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).
- 9) 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).
- 10) 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).

3. 学会発表

1) 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” (Qingdao, May12-May14, 2014). p.51, China Society of Fisheries (2014).

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし