

しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性

誌名	食品衛生学雑誌
ISSN	00156426
著者名	桐明, 絢 太田, 晶 岡山, 桜子 松浦, 啓一 石崎, 松一郎 長島, 裕二
発行元	[日本食品衛生学会]
巻/号	57巻1号
掲載ページ	p. 13-18
発行年月	2016年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



調査・資料

しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性

(平成27年10月1日受理)

桐明 絢¹ 太田 晶¹ 岡山 桜子¹
 松浦 啓一² 石崎松一郎¹ 長島 裕二^{1,*}

Molecular Identification and Toxicity of Pufferfish Juveniles Contaminating Whitebait Products

Aya KIRIAKE¹, Akira OHTA¹, Sakurako OKAYAMA¹,
 Keiichi MATSUURA², Shoichiro ISHIZAKI¹ and Yuji NAGASHIMA^{1,*}

¹ Tokyo University of Marine Science and Technology:
 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan;

² National Museum of Nature and Science:
 4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan;

*Corresponding author

Catches of whitebait, sardine fry, sometimes contains other marine animals, including fishes, mollusks, and crustaceans, and therefore boiled and dried whitebait products may contain these marine animals if sorting is incomplete. In September 2014, contamination of boiled and dried whitebait products with pufferfish juveniles became a serious food safety concern, as tiger pufferfish *Takifugu rubripes* juveniles are toxic and contain tetrodotoxin (TTX). The toxicity of the juveniles of other pufferfish species, however, is unclear. To evaluate the food safety of whitebait products contaminated with pufferfish juveniles, we identified the species and toxicity of pufferfish juveniles contaminating whitebait products processed between July and September, 2014. Nucleotide sequence analysis of 16S rRNA or cytochrome *b* gene fragments of the mitochondrial DNA indicated that partial sequences of the polymerase chain reaction products of 15 specimens were identical with those of *Lagocephalus spadiceus*, and partial sequence from 2 specimens were identical with those of *Takifugu vermicularis*. We analyzed TTX by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. TTX was not detected in the *L. spadiceus* specimens and was below the quantification limits (30 ng/g) in a *T. vermicularis* specimen. Based on whitebait product manufacturer's research, 795 individuals and 27.2 g of pufferfish juveniles were detected in 8,245 kg whitebait product. Thus, the ratio of pufferfish to whitebait product was estimated to be 0.096 individual/kg whitebait product and 0.0033 g/kg whitebait product, respectively.

(Received October 1, 2015)

Key words: フグ pufferfish; 稚魚 juvenile; しらす whitebait; 混入 contamination; 魚種判別 fish species identification; 毒性 toxicity; フグ毒 pufferfish toxin; テトロドトキシン tetrodotoxin; ミトコンドリア DNA mitochondrial DNA; 16S rRNA; シトクロム *b* cytochrome *b*

付録資料: 付録資料 (付録図S1~S3) はJ-Stageの日本食品衛生学雑誌 (<http://dx.doi.org/10.3358/shokueishi.57.13>) で閲覧できる。

緒言

しらすは、魚類の初期発育段階において色素胞が著しく乏しい状態の総称で、通常はウルメイワシ、カタクチイワシ、マイワシ、シラウオ、イカナゴ、ウナギなど体形が細長い仔稚魚を指すことが多い¹⁾。しらす加工品は乾燥の程

度によって名称が異なり、塩ゆでしたものを釜揚げまたは釜揚げしらす、生干ししたものをしらす干し、干しあげて十分に乾燥したものをちりめんと呼ぶ。

これらしらす加工品に、しらす以外の魚やエビ、カニなどの甲殻類、イカやタコの頭足類およびそれらの幼生が混入していることがある。2014年8月から9月にかけて、市販のマメアジやイワシの小魚パックにフグ幼魚が混入した事例があり、厚生労働省は各自治体に対して「フグによる食中毒防止の注意喚起について」の事務連絡を行った^{*1}。

* 連絡先 yujicd@kaiyodai.ac.jp

¹ 東京海洋大学 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

² 国立科学博物館 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1

これを契機として2014年9月にしらす加工品にフグ稚魚の混入が相次いで報告され、厚生労働省や農林水産省、内閣府食品安全委員会、地方自治体では、フグは稚魚であっても毒をもつ恐れがあるため、フグ稚魚の混入したしらす流通しないよう消費者ならびに事業者、販売店などに注意喚起を行った。

しかしながら、フグ稚魚の毒性に関する報告は少なく、トラフグ *Takifugu rubripes* の卵が孵化し、仔稚魚に成長する過程での毒性変化を調べた程度である²⁾。有毒の天然トラフグから採卵し、受精、孵化させた卵中のテトロドトキシン (TTX) 濃度は孵化後一時的に4~5倍増加し、その後漸減した。孵化直後の一時的なTTX濃度の増加は、孵化により体重が減少したため、卵1個体から発生した仔稚魚1個体当たりのTTX量はこの間増えることはなかった。すなわち、TTXを持つ有毒卵から孵化した場合、仔稚魚には卵のTTXが保持されていることが分かった。

しらす加工品に混入していたフグ稚魚については、ちりめん混入していたフグ稚魚の魚種鑑別が村上らによって報告されている³⁾のみであり、ミトコンドリア16S rRNAおよびシトクロム*b*、シトクロム*c*の部分領域から、混入していたフグ稚魚をナシフグ *Takifugu vermicularis* と鑑別した。ナシフグ稚魚の毒性はマウス試験法では検出されず (5マウスユニット (MU) /g未満)、抗TTXモノクローナル抗体を用いたELISA法で3 MU/gのTTXを検出したが、フグの毒力が10 MU/g以下の場合、食用に供してもヒトの健康を損なう恐れはないと判断される⁴⁾。

しかし、しらす加工品にどのような種類のフグが、どれくらいの割合で混入しているのか、そして、混入したフグの毒性や毒成分に関する報告は極めて少ない。そこで、本研究では、フグ稚魚が混入したしらす加工品の安全性評価に資するため、しらす加工品に混入したフグ稚魚の実態調査を行い、混入したフグ稚魚の種を判別し、TTX含量を測定した。

実験方法

1. 試料

各地で2014年7月から9月に水揚げ、生産されたしらす加工品に混入し、現地加工場などにおいて外観からフグと推定された稚魚を試料とした。試料は凍結されて東京海洋大学に輸送され、使用するまで-25℃で冷凍保存した。試料の水揚げまたは加工地 (県名) をTable 1に示した。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、17ロットを実験に供した。ここでは、しらす干しとちりめんを区別せず、しらす加工品として表記する。

TTX分析のコントロールとして、市販のしらす加工品 (しらす干し) を用いた。

2. 魚種判別

しらす加工業者があらかじめ選別したフグ稚魚試料を、体色を含む外部形態に基づき分類した。しらす加工品に混入していたフグ稚魚は、体や鰭が損傷しており、分類学的に重要な多くの形態的特徴が失われていた。しかし、体表面の小棘の有無や分布の状態、体全体の体色のパターンおよび尾鰭の色彩などは双眼実態顕微鏡下で観察できたので、これらの特徴によって属レベルの分類を行った。さらに、サバフグ属と分類された個体については、尾鰭の色彩を用いて種レベルの分類を行った。

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、種判別に用いた。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)^{*2}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)^{*3}に従った。すなわち、各ロットからそれぞれ1個体を選び、合計17個体 (静岡県2個体、兵庫県2個体、広島県2個体、愛媛県5個体、熊本県2個体、産地不明4個体) の筋肉 (約15 mg) から富士フィルム (株) 製 (東京) のQuick Gene DNA tissue kit SおよびQuick Gene-810を用いて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 (16SarL; 5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3' および16SbrH; 5'-CCG GTC TGA ACTCAGATC ACGT-3') またはシトクロム*b*領域を増幅するプライマー (L14317Glu; 5'-CAG GATTTT AAC CAG GACTAA TGG CTTGAA-3' およびH15149; 5'-CCC TCAGAATGATATTTGTCCTCA-3')、およびタカラバイオ (株) 製 (滋賀) のTaKaRa Ex Taqを用いてPCR増幅を行った。PCR反応は98℃10秒、55℃30秒、72℃30秒を35サイクルで行った。PCR産物をBig Dye Terminator Kit ver3.1 (Applied Biosystems社製, USA) でラベリングし、ABI PRISM 3100型DNAシーケンサー (Applied Biosystems社製) を用いて塩基配列を解析した。解析した塩基配列を、nucleotide BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) で検索し、種を決定した。

3. TTXの定量

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 (約0.1~0.3 g) 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⁴⁾に記載の方法に準じた酢酸加熱法で行った。すなわち、試料をメスで細切し、試料重量の9倍量相当の0.1%酢酸を添加した。添加する酢酸量が1 mLに満たない場合、0.1%酢酸1 mLを添加した。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 (2510-J, Branson)

*1 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課、フグによる食中毒予防の注意喚起について、事務連絡、平成26年9月8日。

*2 厚生労働省医薬食品局食品安全部、魚類乾製品等のフグ混入検査について、食安輸発第0425005号、平成20年4月25日。

*3 厚生労働省医薬食品局食品安全部、輸入魚類加工品のフグ種鑑別検査法について、食安輸発0906第1号、平成23年9月6日。

Table 1. Species identification of pufferfish juveniles contaminating whitebait products

No.	Place	Species identified	16S rRNA		Species identified	Cytochrome <i>b</i>	
			Concordance rate	Identity (%)		Concordance rate	Identity (%)
1	Shizuoka Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	556/556	100			
2	Shizuoka Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	569/569	100			
3	Hyogo Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	569/569	100			
4	Hyogo Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	569/569	100			
5	Hiroshima Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	569/569	100			
6	Hiroshima Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	569/569	100			
7	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	562/562	100			
8	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	467/467	100			
9	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	468/468	100			
10	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	465/465	100			
11	Ehime Pref. (Iyo)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	545/545	100			
12	Kumamoto Pref.	<i>Takifugu vermicularis</i>	541/541	100	<i>Takifugu vermicularis</i>	401/402	99.8
13	Kumamoto Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	544/544	100			
14	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	469/469	100			
15	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	452/452	100			
16	Unknown	<i>Takifugu vermicularis</i>	506/506	100	<i>Takifugu vermicularis</i>	402/402	100
17	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	462/462	100			

Ultrasonics Corporation社製, USA) した後, 沸騰水浴中で10分間加熱した. 冷却後, 遠心分離 (1,480×g, 5分間) (マイクロ冷却遠心機3740, 久保田商事製, 東京) して得られた上清につき, 遠心限外ろ過 (Amicon Ultracentrifugal filters, Ultracel-3K, nominal cut-off molecular weight 3k, Merck Millipore社製, USA) で高分子成分を除き, TTX定量用試料とした.

TTXの定量は, LC-MS/MS法⁵⁾で行った. 分析装置には, Waters Acquity UPLC-Waters Acquity TQD triple-quadrupole tandem mass spectrometer (Waters社製, USA) を使用した. 分析カラムはTSKgel Amide-80 (0.2×15 cm, 3 μm particle size, 東ソー(株)製, 東京), 移動相は16 mM 硝酸アンモニウム緩衝液 (pH 5.5)-アセトニトリル (4:6, v/v) を用いて, 流速0.2 mL/min, カラム温度25°Cで分析した. TTXの検出は, エレクトロスプレーイオン化法ポジティブモード, MRM (Multiple Reaction Monitoring) モードを採用し, プレカーサーイオンとして *m/z* 320 を, プロダクトイオンとして *m/z* 162 を用いた. TTX定量のため, 標準品には和光純薬工業(株)製 (大阪) の TTX (フグ由来) を用いた.

結 果

1. 魚種判別

本研究で調べたしらす加工品混入フグ稚魚17個体のうち, 15個体 (No. 1~11, 13~15, 17) は, 体側に銀白色の縦帯があり, 腹側は白色を呈していた (Fig. 1, カラー写真はJ-Stageの日本食品衛生学雑誌 (<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shokueishi/-char/ja>) で閲覧できる). また, 体表には小棘が分布していた. これらの特徴から, 15個体のフグ稚魚はサバフグ属と判別した⁶⁾. さらに, フグ稚魚の中にはシロサバフグの特徴である黄色の尾鰭を有

する個体も見られた (Fig. 1, No. 4, 7, 13). しかし, 尾鰭の色調は個体差が大きく, 鮮明な黄色から濁った黄色までさまざま, 乾燥品では色が薄くなり, 透明な個体も見受けられた (Fig. 1, No. 3).

一方, No. 12とNo. 16では, 体表に小棘は見られず, 体側に銀白色の縦帯も見られなかった (Fig. 1). No. 16は損傷が著しかったが, No. 12では体側と背側が褐色を呈していることが確認できた. このような形態の特徴から両個体はサバフグ属ではなく, トラフグ属と判別した⁶⁾. さらに, 体表に小棘が見られないため, トラフグ属の中でも, アカメフグ, ショウサイフグ, ナシフグ, ヒガンフグのいずれかであることが外部形態から推測された.

フグ稚魚の種を判別するため, 各個体の筋肉部からDNAを抽出し, これを鋳型として, ミトコンドリアDNAの16S rRNAプライマーを用いて, PCR増幅を行ったところ, 600 bpの増幅産物が得られ, これら増幅産物の16S rRNA部分領域の塩基配列を解析した (Fig. S1~S3). 試料No. 12と16を除く15個体は, nucleotide BLAST検索の結果, いずれもシロサバフグ *Lagocephalus spadiceus* (Accession No. AP009538) の塩基配列と100%一致した (Fig. S1). 第2候補のカナフグ *Lagocephalus inermis* (Accession No. JX995929) とは3塩基の相違が見られたため, これら15検体をシロサバフグと判別した (Table 1).

一方, 試料No. 12と16のミトコンドリアDNAの16S rRNA部分領域の塩基配列はナシフグ (Accession No. AB741999) と100%一致したが, 第2候補のシマフグ *Takifugu xanthopterus* (Accession No. AP009533) と1塩基しか違いがなかったため (Fig. S2), シトクロム *b* 領域におけるPCRを行い, 得られた増幅産物 (約500 bp) の塩基配列解析を行い, nucleotide BLAST検索を行っ

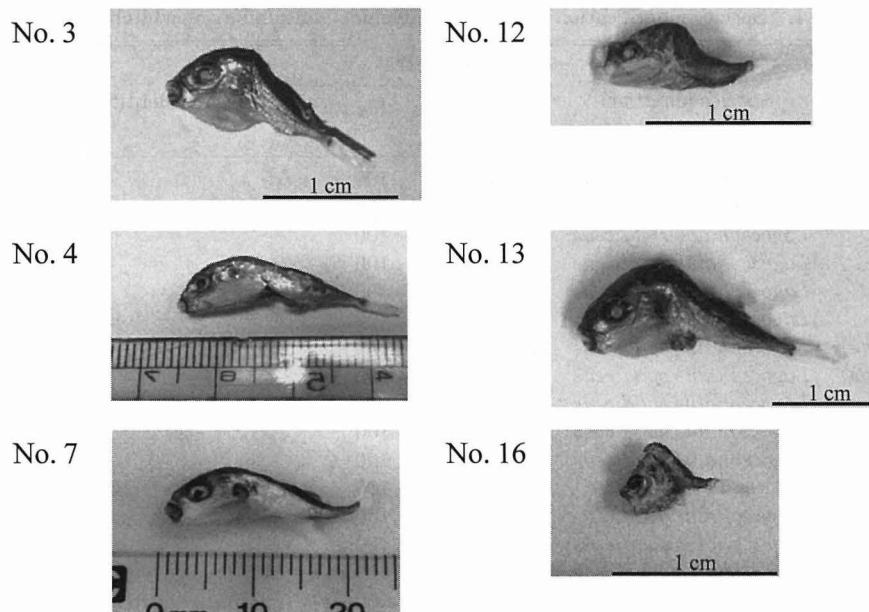


Fig. 1. Specimens of pufferfish juveniles contaminating whitebait products: *Lagocephalus spadiceus* (Nos. 3, 4, 7, and 13) and *Takifugu vermicularis* (Nos. 12 and 16)

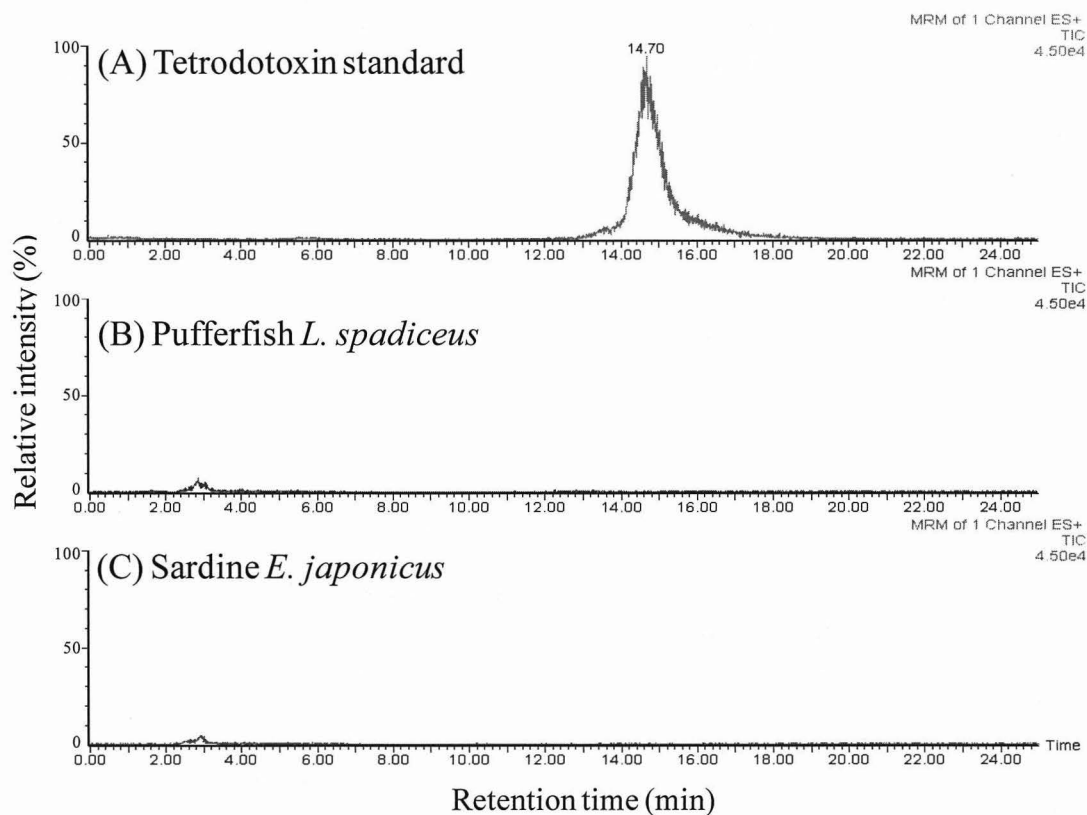


Fig. 2. LC-MS/MS chromatograms of tetrodotoxin standard (A), juveniles of pufferfish *Lagocephalus spadiceus* (No. 14) (B) and sardine juveniles as a control (C)

た。その結果、試料No. 16は、ナシフグ (Accession No. EU274421) と100%一致した。試料No. 12は、ナシフグと1塩基の相違が見られた (Fig. S3) が、第2候補のコモンフグ *Takifugu poecilonotus* (Accession No. AP009539) とは、414塩基中14塩基の相違があったことから、試料

No. 12と16をナシフグと判別した。

2. TTX分析

種判別を行ったフグ稚魚のうち、静岡県 (試料No. 1)、兵庫県 (試料No. 3)、愛媛県 (試料No. 7~11)、熊本県 (試料No. 13) および産地不明 (試料No. 14~17) の12

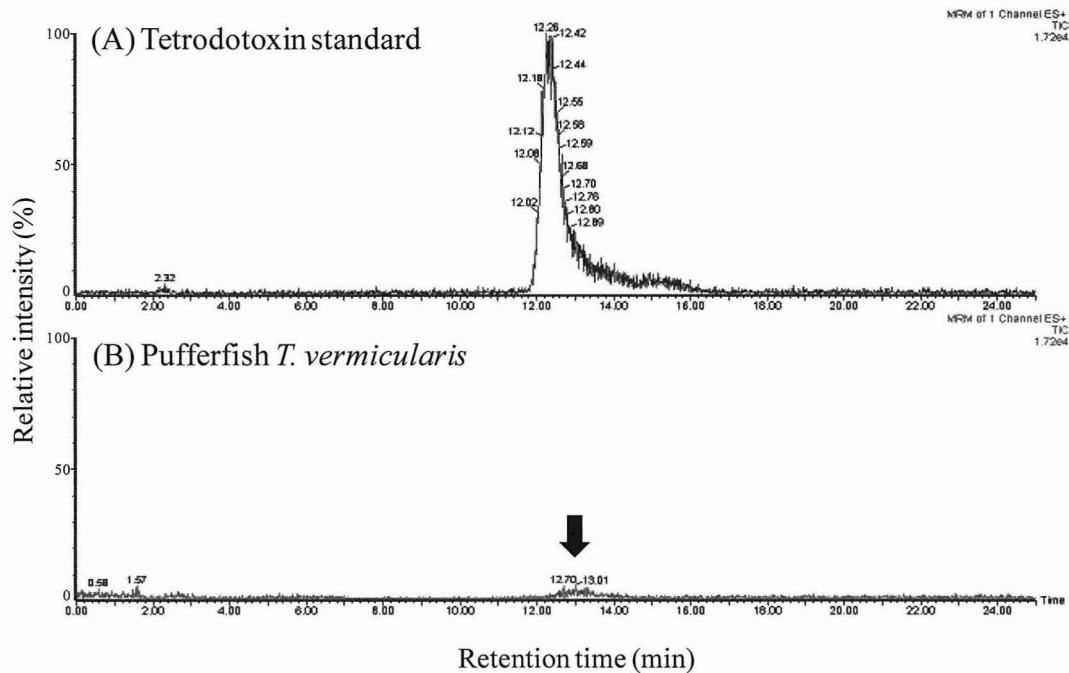


Fig. 3. LC-MS/MS chromatograms of tetrodotoxin standard (A) and juveniles of pufferfish *Takifugu vermicularis* (No. 16) (B)

Table 2. Tetrodotoxin content of pufferfish juveniles contaminating whitebait products

No.	Place	Fish species	TTX (ng/g)
1	Shizuoka Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.*
3	Hyogo Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
7	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
8	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
9	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
10	Ehime Pref. (Uwa)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
11	Ehime Pref. (Iyo)	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
13	Kumamoto Pref.	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
14	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
15	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.
16	Unknown	<i>Takifugu vermicularis</i>	<30
17	Unknown	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	N.D.

*N.D.: <10 ng TTX/g

試料について、LC-MS/MSでTTX分析を行った。代表例として、試料No. 14 (シロサバフグ) と試料No. 16 (ナシフグ) のマスプロトグラムを Fig. 2 と 3 に示す。

シロサバフグと判別された試料ではクロマトグラム上、TTXの保持時間 (14.7分) にピークは見られず、対照として用いたしらす干し (ミトコンドリアDNAの16S rRNA部分塩基配列によりカタクチイワシ *Engraulis japonicus* (Accession No. AB246181) と判別) と同様、TTXは検出限界 (10 ng/g, S/N 3) 未満であった。一方、ナシフグと判別された試料No. 16では、TTXに相当する保持時間付近 (12~13分) に検出限界以上、定量下限値 (30 ng/g, S/N 10) 未満の小さなピークが見られた。試料No. 14 (シロサバフグ) と試料No. 16 (ナシフグ) につ

いて、SIR (Selected Ion Recording) 法でTTX関連物質の分析を行ったが検出されなかった (図示せず)。

考 察

本研究は、2014年7月から9月に日本沿岸で水揚げ、製造されたしらす加工品に混入していたフグ稚魚の種判別とTTX分析を行い、フグ稚魚混入の実態を調査した。しらす加工品に混入していたフグ稚魚のサイズは数mmから3cm程度であった。産地に関係なく、15試料がシロサバフグで、2試料がナシフグと判別された。日本近海産のシロサバフグは無毒 (毒性値10 MU/g未満) とされているが^{7), 8)}、ナシフグの成魚は卵巣、肝臓、皮が猛毒レベル (毒性値1,000 MU/g以上) の毒性を持つことが報告されている^{9)~12)}。しかし、今回調べたナシフグ稚魚では、TTXと推定される成分は検出されたものの、TTX含量は30 ng/g未満であった。TTXの比毒性 (5,000 MU/mg)¹³⁾ から、これを毒性値に換算すると0.15 MU/g未満となる。

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。そのためには、しらすに混入していたフグ稚魚の割合としらすの摂食量を知る必要がある。参考として、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、33ロット8,245 kgから、フグ稚魚795個体27.2 gが検出された*4。この値から、しらす加工品1 kg当たりのフグ稚魚の混入は0.096個体で、しらす加工品10.4 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当たりフグ稚

*4塩干魚業会、買参組合塩干部会私信。

魚0.0033 gの混入となる。これらの値と、1回に食べるしらすの量（しらすおろしで約10~20 g、しらす丼で約60~80 g^{*4}）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極めて低いといえる。

今回測定したフグ稚魚からTTXは検出されなかったか検出されても定量下限値未満であったが、フグの毒性は魚種による差ならびに個体差が大きい¹⁴。トラフグの仔稚魚の毒性を調べたNagashimaらによれば、有毒の卵巣から孵化したトラフグ仔稚魚はTTXを持つことが報告されている²。したがって、卵巣が有毒な種では仔稚魚からTTXが検出される可能性がある。このため、今後も実態調査を継続し、しらす加工品に混入するフグの種類、毒性ならびに毒成分分析を行う必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、平成27年度厚生労働科学研究費補助金食品安全確保推進事業「マリントキシンのリスク管理に関する研究」（H27-食品-一般-009）により実施した。本研究にあたり、貴重な試料を提供してくださった全国水産卸協会、東京都中央卸売市場築地市場、東京築地卸協同組合、塩干魚業会、買参組合塩干部会、築地市場御七社、朝日共販株式会社、株式会社シジシージャパンに深謝する。

文 献

- 1) 日本水産学会編. 水産学用語辞典. 東京, 恒星社厚生閣, 1989, p. 103. (ISBN 4-7699-0649-8)
- 2) Nagashima, Y., Mataka, I., Toyoda, M., Nakajima, H., Tsumoto, K., Shimakura, K., Shiomi, K. Changes in tetrodotoxin content of the puffer fish *Takifugu rubripes* during seed production from fertilized eggs to juveniles. *Food Hyg. Saf. Sci.*, **51**, 48-51 (2010).
- 3) 村上太郎, 鍋島靖信, 川津健太郎, 原田哲也, 仲谷 正, 紀 雅美, 清水 充, 木田一裕. 魚介製品へのフグ種の混入事例について. 大阪市立環境科研報告, **76**, 25-28 (2014).
- 4) 児玉正昭, 佐藤 繁. “フグ毒”. 食品衛生検査指針理化学編. 厚生労働省監修, 東京, 日本食品衛生協会, 2005, p. 661-666.
- 5) Nakagawa, T., Jang, J., Yotsu-Yamashita, M. Hydrophilic interaction liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry of tetrodotoxin and its analogs. *Anal. Biochem.*, **352**, 142-144 (2006).
- 6) 沖山宗雄編. 日本産稚魚図鑑 (第2版). 神奈川, 東海大学出版会, 2014, 1640 p. (ISBN 978-4-486-01775-2)
- 7) 谷 巖. 日本産フグの中毒学的研究. 東京, 帝国図書, 1945, 103 p.
- 8) 谷山茂人, 柴野啓輔, ニーライミトナ, 篠原 充, 高谷智裕, 荒川 修. 萩市近海産シロサバフグ肝臓の毒性. 長崎大学水産学部研究報告, 91号, 1-3 (2010).
- 9) 野口玉雄, 金 東洙, 加納碩雄, 浅川 学, 齊藤俊郎, 多部田修, 橋本周久. ナシフグ *Fugu vermicularis radiatus* の毒性の地域差. 食衛誌, **32**, 149-154 (1991).
- 10) 原田偵顕, 内田要市. 有明海産ナシフグ *Fugu vermicularis vermicularis* 活魚の毒性. 日水誌, **62**, 189-194 (1996).
- 11) Noguchi, T., Akaeda, H., Jeon, J. K. Toxicity of a puffer, *Takifugu vermicularis*-1 toxicity of alive *T. vermicularis* from Japan and Korea. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **38**, 132-139 (1997).
- 12) 塩見一雄, 長島裕二. “1.1 フグ毒”. 新・海洋動物の毒. 東京, 成山堂書店, 2013, p. 1-16. (ISBN 978-4-425-82626-1)
- 13) 長島裕二. “1. フグ毒”. 食中毒予防必携第3版. 東京, 日本食品衛生協会, 2013, p. 449-456. (ISBN 978-4-88925-056-5)
- 14) Noguchi, T., Arakawa, O. Tetrodotoxin-distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Mar. Drugs*, **6**, 220-242 (2008).

しらす加工品に混入したフグ稚魚の種判別と毒性（調査・資料）

桐明 絢 太田 晶 岡山桜子
松浦啓一 石崎松一郎 長島裕二*
食衛誌 57 (1), 13~18 (2016)

市販のしらす加工品にフグ稚魚が混入した事例が、2014年9月に多数報告され、商品の回収等が行われた。フグ稚魚の毒性に関する知見は少なく、フグ稚魚が混入したしらす加工品の安全性を評価するため、混入フグ稚魚の種と毒性を調べた。2014年7~9月に各地で製造されたしらす加工品17試料を用い、ミトコンドリアDNA 16S rRNA部分領域の塩基配列から種判別を行い、LC-MS/MS分析でテトロドトキシン (TTX) を測定した。遺伝子解析の結果、15試料はシロサバフグ、2試料がナシフグと判別された。シロサバフグ試料からTTXは検出されず (10 ng/g 未満)、ナシフグ試料ではTTXに相当するピークが検出されたが、定量下限値 (30 ng/g) 未満であった。

* 東京海洋大学