調査・資料

6 種フグ類の小棘の形態と分類

(平成 19 年 2 月 13 日受理)

藤本佳道^{1,*} 打田憲一¹ 小柳津 周²
濱野米一³

Morphological Differences and Classifications of Small Spines of Puffer Fishes

Yoshimichi FUJIMOTO^{1,*}, Kenichi UCHIDA¹, Makoto OYAIZU²
and Yonekazu HAMANO³

¹Kansai Airport Quarantine Station, Food Sanitation Division: 1 Senshu-Kuko Minami, Sennan, Osaka 549-0021, Japan; ²Sano College: 973 Takahagi-cho, Sano, Tochigi 327-0821, Japan;

³Osaka Prefectural Institute of Public Health: 1-3-69 Nakamichi, Higashinari-ku, Osaka 537-0025, Japan; * Corresponding author

The differences among the small spines of 6 species of puffers have been clarified by means of microscopic observation. Small spines of puffers arise from the basement, which is composed of spines protruding from the surface skin, with roots extending horizontally in all directions in the layer under the surface skin. Using the characteristic shapes of the basement, we have classified the puffer group of “Sansaifugu” (*Takifugu flavidus*) and “Mefugu” (*T. obscurus*) as Type I and the group of “Shirosabafugu” (*Lagocephalus wheeleri*), “Kurosabafugu” (*L. gloveri*), “Dokusabafugu” (*L. lunaris*) and “Motosabafugu” (*L. spadiceus*) as Type II. The number of fore and back roots, including the branches at the ends, further varies in each group. The length and width of each root were measured. As a result, similar species within the group comprising “Sansaifugu” (*T. flavidus*) and “Mefugu” (*T. obscurus*) and 4 species of the “Sabafugu” (*Lagocephalus*) group including “Dokusabafugu” (*L. lunaris*) have been clearly distinguished. We conclude that examination of the shape of the basement of small spines can be an effective identification index.

(Received February 13, 2006)

Key words: フグ puffer fish; 魚種鑑別 species identification; 小棘 small spine; フグ中毒 puffer fish poisoning

フグ科魚類は日本近海に 51 種類が生息し古くから食用に供されているが、その一方でフグ中毒事件も数多く発生し死亡例も多数報告されてきた^{1), 2)}。フグ中毒の原因物質であるテトロドキシンの含量はフグの種、部位（臓器）および生息地などによって差があり個体差も大きいことが知られている³⁾。日本近海に生息するフグの毒性に関する知見が整理され、食用に供することのできるフグの種および部位が昭和 58 年 12 月 2 日付環乳第 59 号「フグの衛生確保について」により示された。しかし、素人調理や衛生知識の欠如、種の誤認等による有毒部位の摂取により、フグ中毒は依然として発生している^{1), 2)}。

フグ中毒事件の発生防止と発生時における原因究明に

は、フグの種の鑑別が重要な項目の 1 つである。鑑別方法としては、外観的特徴によるもの、骨格所見によるもの^{4)~6)}、筋形質タンパク質の電気泳動^{7)~9)}および遺伝子解析^{10)~12)}によるものなどが報告されている。しかし、当然のことながら食用として流通段階にあるフグの鑑別は皮の紋様、小棘の分布、鰭の色調などの外観的特徴による鑑別に限定される状況にあり¹³⁾、外観が類似する種間の鑑別については、特に熟練が必要である。

そこで、今回、著者らはフグの小棘に着目し、成魚では外観が類似するサンサイフグ (*Takifugu flavidus*) とメフグ (*Takifugu obscurus*)¹³⁾ のトラフグ属 2 種、シロサバフグ (*Lagocephalus wheeleri*)、クロサバフグ (*Lagocephalus gloveri*)、ドクサバフグ (*Lagocephalus lunaris*) およびモトサバフグ (*Lagocephalus spadiceus*) のサバフグ属 4 種について小棘の形態を詳細に観察し、各魚種における小棘基底部の基本構成と細部の特徴を比較した結果、鑑別に利用できると考えられたので報告する。

* 連絡先

¹ 関西空港検疫所食品監視課: 〒549-0021 大阪府泉南市泉州空港南 1

² 佐野短期大学: 〒327-0821 栃木県佐野市高萩町 973

³ 大阪府立公衆衛生研究所: 〒537-0025 大阪市東成区中道 1-3-69

Table 1. Origin of sample

Species	Country of origin	N	Body length (cm)	Body weight (g)
<i>Takifugu flavidus</i> (Sansaifugu)	China	3	26–34	390–1,030
<i>Takifugu obscurus</i> (Mefugu)	China	3	33–42	750–1,330
<i>Lagocephalus wheeleri</i> (Shirosabafugu)	China, Japan	28	20–35	330–712
<i>Lagocephalus gloveri</i> (Kurosabafugu)	China	25	26–30	320–610
<i>Lagocephalus lunaris</i> (Dokusabafugu)	China	12	15–34	60–620
<i>Lagocephalus spadiceus</i> (Motosabafugu)	China	3	20–23	150–220

試料および観察方法

1. 試 料

国内および外国産 6 種 74 尾のフグ類成魚を平成 7 年 6 月から平成 9 年 7 月までに入手した (Table 1). 食品衛生

監視員による鑑別後に、採取が容易で商品価値を損なうことが比較的少ないと考えられた左右胸鰭間の腹面中央の皮をピンセットで摘み、直径 1 cm 程度をハサミで切り取り試料とした。

① *T. flavidus* (Sansaifugu) ② *T. obscurus* (Mefugu)

Fig. 1. Basement shapes of the small spines

F: Fore root; S: Side root; B: Back root; D: Diverged root at the end of back root; P: Prickle

Fig. 1. Continued

2. 染色方法

試料は直径 16.5 mm の試験管に入れ、染色液¹⁴⁾ (0.1% toluidine blue 加 0.1 mol/L クエン酸溶液) 5 mL を加えた後、室温下に 2~3 日間静置し、皮の軟化後に小棘を取り出し室温下で乾燥した。

3. 小棘の観察方法

小棘の観察は実体顕微鏡下 (13.5~80 倍) で基部を下にして上から行い、下記項目を計測した。

- (1) 先端部の分岐数を含めた前出根数および後出根数
- (2) 左側出根、右側出根、前出根、後出根の長さおよび各出根の幅 (中央部の直径)

なお、計測は計測用ソフト Images Plus 2.0S (MOTIC CHINA GROUP) を用いて行った。

結果および考察

1. 小棘基部の形態と特徴

はじめに、フグ類 6 種 74 尾 (観察した小棘数は 597 個) の基部の形態を観察した結果、トラフグ属のサンサイフグとメフグは、基部の中心から左と右に各 1 本の側出根 (左側は左側出根、右側は右側出根)、前と後に 1~2 本の出根 (前方は前出根、後方は後出根) が延びた形態であった。

サバフグ属 4 種は、基部の中心から左と右に各 1 本の側出根、前と後に各 1 本の出根が延び交差し、十字型を呈した形態であった。また、前出根の先端部には 2 本まで、後出根の先端部には 2~5 本の分岐があった。

以上の形態的特徴の違いにより、サンサイフグとメフグの両種をタイプ I およびサバフグ類 4 種をタイプ II のグループにそれぞれ分類した。

Table 2. Variety of basement shapes of small spines

Type	Species	N	Fore*1															Total subtypes	
			0	2	1	0	1	2	2	0	1	2	3	4	1	2	3		4
I	<i>T. flavidus</i> (Sansaifugu)	50	9 (18.0%)		16 (32.0%)	11 (22.0%)	8 (16.0%)	6 (12.0%)											5 (100%)
	<i>T. obscurus</i> (Mefugu)	37	6 (16.2%)		9 (24.3%)	6 (16.2%)	14 (37.9%)	2 (5.4%)											5 (100%)
II	<i>L. wheeleri</i> (Shirosabafugu)	205			86 (41.9%)		97 (47.3%)	2 (1%)	1 (0.5%)	18 (8.8%)				1 (0.5%)					6 (100%)
	<i>L. gloveri</i> (Kurosabafugu)	186			26 (14.0%)	1 (0.5%)	48 (25.8%)	1 (0.5%)		69 (37.1%)	2 (1.1%)		36 (19.4%)	1 (0.5%)	2 (1.1%)			9 (100%)	
	<i>L. lunaris</i> (Dokusabafugu)	91	2 (2.2%)	2 (2.2%)	35 (38.4%)	3 (3.3%)	33 (36.3%)			12 (13.2%)	1 (1.1%)		2 (2.2%)	1 (1.1%)				9 (100%)	
	<i>L. spadiceus</i> (Motosabafugu)	28			16 (57.1%)		10 (35.7%)			2 (7.2%)								3 (100%)	

*¹ Number of fore roots*² Number of back roots**Table 3.** Length and width of the roots of the basement (mm)

Type	Species	N* ¹	N* ²	Left root			Right root			Fore root			Back root			FL/(LL+RL)	BL/(LL+RL)
				Length (LL)	Width (LW)	Length (RL)	Width (RW)	Length (LL+RL)	Width (FW)	Length (FL)	Width (FW)	Length (BL)	Width (BW)	FL+BL	FL/(LL+RL)		
I	<i>T. flavidus</i> (Sansaifugu)	5	20	0.89* ³ (0.212)* ⁴	0.19 (0.106)	0.94 (0.239)	0.19 (0.239)	1.84 (0.402)	0.43 (0.151)	0.43 (0.151)	0.43 (0.151)	0.17 (0.064)	0.62 (0.161)	0.20 (0.096)	1.09 (0.256)	0.23 (0.073)	0.24
	<i>T. obscurus</i> (Mefugu)	5	25	0.76 (0.235)	0.11 (0.052)	0.85 (0.269)	0.11 (0.047)	1.62 (0.473)	0.39 (0.198)	0.39 (0.198)	0.39 (0.198)	0.09 (0.037)	0.64 (0.257)	0.11 (0.049)	0.99 (0.429)	0.24 (0.078)	
	<i>L. wheeleri</i> (Shirosabafugu)	2	47	2.01 (0.309)	0.20 (0.043)	1.93 (0.288)	0.19 (0.050)	3.94 (0.333)	0.74 (0.144)	0.74 (0.144)	0.74 (0.144)	0.16 (0.052)	1.22 (0.176)	0.21 (0.049)	1.96 (0.254)	0.19 (0.037)	
	<i>L. gloveri</i> (Kurosabafugu)	15	44	1.69 (0.336)	0.19 (0.058)	1.78 (0.361)	0.20 (0.065)	3.47 (0.649)	0.77 (0.334)	0.77 (0.334)	0.77 (0.334)	0.17 (0.061)	1.18 (0.325)	0.22 (0.065)	1.95 (0.603)	0.21 (0.071)	
II	<i>L. lunaris</i> (Dokusabafugu)	11	32	1.00 (0.291)	0.11 (0.028)	1.05 (0.250)	0.11 (0.041)	2.05 (0.484)	0.26 (0.126)	0.26 (0.126)	0.26 (0.126)	0.12 (0.060)	0.65 (0.191)	0.19 (0.061)	0.92 (0.290)	0.12 (0.039)	
	<i>L. spadiceus</i> (Motosabafugu)	2	18	1.42 (0.210)	0.09 (0.028)	1.60 (0.236)	0.08 (0.019)	3.02 (0.336)	0.51 (0.094)	0.51 (0.094)	0.51 (0.094)	0.09 (0.022)	0.86 (0.152)	0.15 (0.181)	1.38 (0.201)	0.17 (0.026)	

*¹ Number of puffer fish*² Number of observed small spines*³ Mean value*⁴ SD

2. 先端部の分岐数を含めた前出根数および後出根数

タイプ I に分類した両種は前出根数および後出根数を、タイプ II に分類した 4 種は先端部の分岐数も含めて前出根数および後出根数として数え、各パターン（前出根数/後出根数）の出現頻度を種類ごとにまとめた (Table 2).

3. 各出根の長さとは幅

各タイプの左側出根、右側出根、前出根、後出根の長さおよび各出根の中心部の幅を計測するとともに、前出根および後出根の長さとは左右側出根（左出根長+右出根長）の長さの比を、それぞれ求めた (Table 3).

各種フグにおける基底部の顕微鏡写真は、出現率の高い形態のものを選択し Fig. 1 に示した.

4. サンサイフグとメフグ

4.1 サンサイフグ (*Takifugu flavidus*)

サンサイフグの基底部 (Fig. 1-①: Pattern 1/1, 0/2, 0/1, 1/2) は、左右に各 1 本の側出根 (S)、側出根より短い前出根 (F: 0~2 本) および前出根より長い後出根 (B: 1~2 本) が交差し、各出根は太く、先端部が穏やかに尖り、微小な突起 (P1~P4) が観察された.

4.2 メフグ (*Takifugu obscurus*)

メフグの基底部 (Fig. 1-②) は、左右に各 1 本の側出根、側出根より短い前出根 (0~2 本) および後出根 (1~2 本) が交差し、各出根は細く、先端は丸いか緩やかに尖り、出根の中には曲がったものも認められた.

4.3 サンサイフグとメフグの特徴比較

サンサイフグの各出根には微小な突起が認められたが、メフグには観察されなかった.

5 種類の前出根数と後出根数の組み合わせのパターンは Table 2 に示すように両種に共通して観察されたが、各パターンの出現率は両種間で違いがあった. パターン 1/1 (前出根数/後出根数) の出現率はサンサイフグ (32.0%) がメフグ (24.3%) に比べ高く、パターン 1/2 の出現率はメフグ (37.9%) がサンサイフグ (16.0%) より高かった.

左右側出根と前後出根の長さについては両種間に著しい差はなかったが、各出根の幅については、サンサイフグの方がメフグに比べ太かった (Table 3).

5. サバフグ属 4 種

サバフグ属 4 種 (Fig. 1-③~⑥) は左右各 1 本の側出根、側出根より短い 1 本の前出根 (F) および前出根より長い後出根 (B: 1 本) が交差する形態に特徴があった.

5.1 シロサバフグ (*Lagocephalus wheeleri*)

シロサバフグ (Fig. 1-③) は、前出根の先端部が 2 本、後出根の先端部が 4 本まで分岐があった (Table 2).

5.2 クロサバフグ (*Lagocephalus gloveri*)

クロサバフグ (Fig. 1-④) は、前出根の先端部が 2 本、後出根が先端部は 5 本まで分岐があった (Table 2).

5.3 ドクサバフグ (*Lagocephalus lunaris*)

ドクサバフグ (Fig. 1-⑤) は、前出根の先端部が 2 本、後出根の先端部が 4 本まで分岐があった (Table 2).

5.4 モトサバフグ (*Lagocephalus spadiceus*)

モトサバフグ (Fig. 1-⑥) は前出根の先端部には分枝がなく、後出根の先端が 3 本まで分枝があった (Table 2).

5.5 サバフグ属 4 種の特徴比較

Table 2 に示した 12 種類の先端部の分岐数を含む前出根数と後出根数の組み合わせでは、サバフグ属 4 種で 3 パターンが共通して出現した. さらに、各パターンの出現率には下記のとおり差が認められた. パターン 1/1 の出現率は、モトサバフグ (57.1%), シロサバフグ (41.9%), ドクサバフグ (38.4%), クロサバフグ (14.0%) の順に高頻度であった. パターン 1/2 の出現率は、シロサバフグ (47.3%), ドクサバフグ (36.3%), モトサバフグ (35.7%), クロサバフグ (25.8%) の順に高かった. また、パターン 1/3 はクロサバフグ (37.1%), ドクサバフグ (13.2%), シロサバフグ (8.8%), モトサバフグ (7.2%) の順に高頻度に観察された. 一方、パターン 1/4 はシロサバフグ、クロサバフグおよびドクサバフグの 3 種に共通して出現し、その中ではクロサバフグ (19.4%) では、ドクサバフグ (2.2%) およびシロサバフグ (0.5%) に比べ高頻度に出現した.

Table 3 に示したように、タイプ II に分類したサバフグ属 4 種の出根の長さは、タイプ I の 2 種に比べ長かったが、サバフグ属 4 種の中では、シロサバフグとクロサバフグがドクサバフグとモトサバフグに比べ長かった. 各出根の中央部の幅についても、シロサバフグとクロサバフグはモトサバフグとドクサバフグに比べ太かった.

後出根と左右側出根との長さの比 (BL/(LL+RL)) についても、後出根の長さと同様に、タイプ II のサバフグ属 4 種はタイプ I の 2 種に比べ小さい値を示し、サバフグ属 4 種間では、ドクサバフグが最も低い値 (0.12) であった.

以上のとおり、前出根と後出根の組み合わせのパターンの種類とその出現率、出根の長さ、太さなどについての所見は、サバフグ属 4 種間の鑑別に用いる指標の 1 つになるものと考えられる.

ま と め

国内および外国産フグ 6 種 74 尾の腹面中央部から採取した直径 1 cm 程度の皮から、小棘を取り出し染色後、顕微鏡下で真皮中に存在する骨性の基底部を詳細に観察した.

その結果、サンサイフグとメフグの 2 種およびサバフグ属 4 種のそれぞれの群において、類似する特徴が認められ、サンサイフグとメフグの両種をタイプ I、サバフグ属 4 種をタイプ II に分類した.

さらに、タイプ I については前出根と後出根の数、タイプ II については出根の先端部の分岐数も含め出根数として整理した. その結果、前出根数と後出根数の組み合わせパターンがタイプ I では 5 種類、タイプ II では 12 種類観察された. 出現したパターンの種類やその出現率により魚種間に違いがあった. また、各出根の長さとは幅についても

フグの種類間で違いが示された。また、これらの差異は魚体の大きさとは関係なく認められた。

本調査から基底部の形態の違いを観察することにより、外観的な特徴が類似するフグの魚種間の鑑別が可能となり、食品衛生現場における鑑別の迅速化にも寄与できるものと考えられる。今後、皮から小棘を処理する方法の迅速化の検討および未調査の魚種の小棘について比較観察する予定である。

文 献

- 1) Hamano, Y., Kawatsu, K., Yoda, T., Shibata, T., Sasaki, Y., Food poisoning incidents caused by marine toxins in 1985 to 1993. Bull. Osaka Prefectural Institute of Public Health, Food Sanitation, **27**, 39–43 (1996).
- 2) 厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課編 “平成 14 年食中毒統計” 東京, 厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課, 2005, 295 p.
- 3) 谷 巖 “日本産フグの中毒学的研究” 東京, 帝国図書, 1945, p. 15–94.
- 4) Hamano, Y., Kumeda, Y., Yamamoto, H., Otsu, K., Kinoshita, Y., Inoue, H., Studies on fish and shellfish toxins (5th Report)—Identification and toxicity of puffer fish caught in Arabian Sea—. Bull. Osaka Prefectural Institute of Public Health, Food Sanitation, **17**, 83–86 (1986).
- 5) 原田禎顕, 阿部宗明 “フグの分類と毒性・国際化時代の魚種検索法と毒性を考える” 東京, 恒星社厚生閣, 1994, p. 1–89. (ISBN 4-7699-0769-9).
- 6) Harada, Y., A taxonomic study on the cultured pufferfish *Takifugu pseudommus* imported from China. Nippon Suisan Gakkaishi, **65**, 1054–1061 (1999).
- 7) Ochiai, Y., Kanoh, S., Hashimoto, K., Electrophoretic identification of puffers. J. Food Hyg. Soc. Japan, **25**, 440–444 (1984).
- 8) Kazuta, Y., Distinction of pufferfish species by gel electrophoresis. Seibutubuturikagaku, **37**, 319–323 (1993).
- 9) Kawatsu, K., Hamano, Y., Yoda, T., Shibata, T., Sasaki, Y., Electrophoretic identification of skeletal muscle protein extracted from *Takifugu rubripes*, *Lophiomus setigerus*, *Thamunaconus modestus* and *Stephanolepis cirrhifer*. Bull. Soc. of Osaka Vet., **45**, 41–44 (1994).
- 10) Yoda, T., Morita, T., Kawatsu, K., Sueki, K., Shibata, T., Hamano, Y., Cloning and sequencing of the chaperonin-encoding *Cctd* gene from *Fugu rubripes rubripes*. Gene, **166**, 249–253 (1995).
- 11) Takagi, M., Sato, J., Monbayashi, C., Aoki, K., Tsuji, T., Hatanaka, H., Takahashi, H., Sakai, H., Evaluation of microsatellites identified in the tiger puffer *Takifugu rubripes* DNA database. Fish. Sci., **69**, 1085–1095 (2003).
- 12) Hsieh, Y. W., Hwang, D. F., Molecular phylogenetic relationships of puffer fish inferred from partial sequences of cytochrome *b* gene and restriction fragment length polymorphism analysis. J. Agric. Food Chem., **52**, 4159–4165 (2004).
- 13) 厚生省生活衛生局乳肉衛生課編 “改訂日本近海産フグ類の鑑別と毒性” 東京, 中央法規出版, 1994, p. 1–92.
- 14) 東京都衛生局編 “魚の鱗と魚種鑑別” 東京, 東京都衛生局環境衛生部食品監視課, 1984, p. 7.