ノート

豊後水道産ホシフグの部位別及び季節別毒性

(平成 10 年 6 月 17 日受理)

渕 祐一^{*1} 帆足喜久雄^{*1} 赤枝 宏^{*2}
牧野芳大^{*1} 野口玉雄^{*2}

Anatomical Distribution and Seasonal Variation of Toxicity of
Puffer Fish, “Hoshifugu” *Arothron firmamentum* Specimens
Collected from the Bungo Channel, Oita

Yuichi FUCHI^{*1}, Kikuo HOASHI^{*1}, Hiroshi AKAEDA^{*2}, Yoshihiro MAKINO^{*1}
and Tamao NOGUCHI^{*2}

(^{*1}Oita Prefectural Institute of Health and Environment: 2-51, Hogawaradai, Oita 870-0948,
Japan; ^{*2}Faculty of Fisheries, Nagasaki University: 1-14, Bunkyo-machi,
Nagasaki 852-8131, Japan)

Forty-nine specimens of “Hoshifugu” puffer fish, *Arothron firmamentum* (23 male and 26 female specimens) were collected from the Bungo Channel, Oita Prefecture, during 1991 to 1997, and examined for the anatomical distribution and the seasonal variation of toxicity by the mouse assay method.

Skin showed a rather low level of toxicity and the frequency of toxic specimens was 6.1% with the maximal lethal potency of 29 mouse unit (MU)/g. Ovary showed a higher level of toxicity (frequency 80.8%) with the maximal lethal potency of 640 MU/g. On the other hand, the muscle, liver, testis and intestine were non-toxic. Ovaries collected in 6 different months (March, May, and August–November) were found to be toxic with the frequency of 50~100%. Skins were found to be toxic in August and October. It appears that this species has high toxicity in the ovary during early summer to autumn.

Since the muscle of “Hoshifugu” puffer fish specimens caught in the Bungo Channel was non-toxic, the muscle of this species appears to be edible without risk to humans.

(Received June 17, 1998)

Key words: フグ puffer fish; ホシフグ *Arothron firmamentum*; テトロドトキシン tetrodotoxin;
部位別毒性 anatomical distribution of toxicity; 季節別毒性 seasonal variation of toxicity

緒言

ホシフグの毒性については日本近海産フグの毒性に関
する谷の詳細な研究¹⁾ではなく、その後も寺崎²⁾、遠
藤³⁾、著者ら⁴⁾の報告にみられるだけである。大分県南
沖の豊後水道では、夏から秋にかけて本種が時に大量に
漁獲されるが、毒性不明として厚生省通知のフグの食用

リスト⁵⁾から除外されているため、廃棄又は飼料用に使
用されているに過ぎない。近年、資源を求めてフグ漁獲
海域はますます拡大されており、未利用フグ種の毒性を
明らかにすることは、食品衛生上のみならず資源活用
の上からも重要と思われる。

本研究では、豊後水道で漁獲されたホシフグについて
部位別の毒性を調べるとともに、これまで明らかにされ
ていない毒力の季節変動についても検討した。

^{*1} 大分県衛生環境研究センター：〒870-0948 大分県大分市
芳河原台 2-51

^{*2} 長崎大学水産学部：〒852-8131 長崎県長崎市文教町 1-

Table 1. Anatomical Distribution of Toxicity of a Puffer Fish, "Hoshifugu" Specimens Collected from the Bungo Channel, Oita during August 1991 to March 1997

No.	Collection month	Specimen No.	Body weight (g)	Body length (cm)	Sex	Toxicity (MU/g)					Intestine
						Muscle	Skin	Liver	Gonad		
									Testis	Ovary	
1	Aug., '91	1	423	28.5	♂	<3	8.6	<3	<5		<3
2		2	419	28.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
3		3	409	26.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
4		4	399	26.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
5		5	378	26.0	♂	<3	7.9	<3	<5		<3
6		6	277	25.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
7		7	983	37.0	♀	<3	9.2	<3		110	<3
8		8	422	28.0	♀	<3	16	<3		640	<3
9		9	395	27.0	♀	<3	4.8	<3		210	<3
10		10	380	27.0	♀	<3	14	<3		230	<3
11		11	323	25.5	♀	<3	3.8	<3		65	<3
12	May, '95	1	173	21.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
13		2	145	20.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
14		3	289	24.0	♀	<3	<3	<3		190	<3
15	Oct., '95	1	642	31.5	♀	<3	29	<3		370	<3
16	Nov., '95	1	343	27.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
17		2	322	26.5	♂	<3	3.4	<3	<5		<3
18		3	311	26.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
19		4	310	26.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
20		5	287	25.5	♂	<3	3.9	<3	<5		<3
21		6	275	25.0	♂	<3	5.7	<3	<5		<3
22		7	271	26.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
23		8	252	24.5	♂	<3	4.1	<3	<5		<3
24		9	209	23.5	♂	<3	3.1	<3	<5		<3
25		10	330	27.0	♀	<3	<3	<3		<3	<3
26		11	322	26.5	♀	<3	<3	<3		3.5	<3
27		12	309	27.0	♀	<3	<3	<3		87	<3
28		13	306	26.5	♀	<3	<3	<3		31	<3
29		14	298	26.5	♀	<3	<3	<3		35	<3
30		15	298	26.0	♀	<3	3.8	<3		97	<3
31		16	294	26.0	♀	<3	<3	<3		39	<3
32		17	293	26.0	♀	<3	3.4	<3		61	<3
33		18	289	25.5	♀	<3	5.1	<3		58	<3
34		19	286	26.0	♀	<3	<3	<3		42	<3
35		20	277	24.5	♀	<3	<3	<3		3.5	<3
36		21	208	23.5	♀	<3	3.1	<3		84	<3
37		Mar., '96	1	177	21.0	♀	<3	4.2	<3		<3
38	Sep., '96	1	236	24.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
39		2	219	23.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
40		3	213	22.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
41		4	208	22.5	♂	<3	<3	<3	<5		<3
42		5	204	22.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
43		6	352	29.0	♀	<3	<3	<3		<3	<3
44		7	223	23.0	♀	<3	<3	<3		120	<3
45		8	217	22.5	♀	<3	<3	<3		47	<3
46		9	208	22.0	♀	<3	<3	<3		68	<3
47		10	197	22.5	♀	<3	<3	<3		19	<3
48	Mar., '97	1	204	22.0	♂	<3	<3	<3	<5		<3
49		2	167	20.5	♀	<3	<3	<3		16	<3

Table 2. Summary on Anatomical Distribution of Toxicity of a Puffer Fish, "Hoshifugu" Specimens Tested

Organ	Sex	Frequency of toxic* ¹ specimens (%)	Toxicity (MU/g)	
			Maximum	Mean* ² ±S.D.
Muscle	Male	0/23* ³ (0)	< 3	< 3
	Female	0/26 (0)	< 3	< 3
	Total	0/49 (0)	< 3	< 3
Skin	Male	0/23 (0)	8.6	1.6± 2.7
	Female	3/26 (11.5)	29	3.7± 6.7
	Total	3/49 (6.1)	29	2.7± 5.3
Liver	Male	0/23 (0)	< 3	< 3
	Female	0/26 (0)	< 3	< 3
	Total	0/49 (0)	< 3	< 3
Gonad	Testis	0/23 (0)	< 5	< 5
	Ovary	21/26 (80.8)	640	100 ±140
	Total	21/49 (42.9)	640	54 ±110
Intestine	Male	0/23 (0)	< 3	< 3
	Female	0/26 (0)	< 3	< 3
	Total	0/49 (0)	< 3	< 3

*¹ The term of "toxic" represents the toxicity score of 10 MU/g or higher.

*² Calculated on the assumption that the toxicity score of nontoxic specimens was zero.

*³ Number of toxic specimens per total number of specimens tested.

Fig. 1. A map showing the Bungo Channel where puffer fishes were collected

実験方法

1. 試料

1991年8月から1997年3月までに、Fig. 1に示した大分県南沖の豊後水道で漁獲されたホシフグ *Arothron firmamentum* 49個体（雄23個体、雌26個体）、すなわち1991年8月に11個体（雄6個体、雌5個体）、1995年5月に3個体（雄2個体、雌1個体）、同年10月に1個体（雌）、同年11月に21個体（雄9個体、雌12個体）、1996年3月に1個体（雌）、同年9月に10個体（雄5個体、雌5個体）、1997年3月に2個体（雄1個体、雌1個体）を試料とした。いずれも水揚げ後、直ちに凍結し、-20℃で保存した。用時半解凍し、筋肉、皮膚、肝臓、生殖腺、腸管の各部位に分けて公定法による毒性試験⁶⁾に供した。

2. 毒性試験

毒性試験は、「食品衛生検査指針（理化学編）」中のフグ毒検査法⁶⁾に従って行った。

毒力は谷の方法¹⁾に従って評価した。すなわち、無毒は10 MU/g未滿、有毒は10 MU/g以上で、有毒のうち10~100 MU/g未滿は弱毒、100~1,000 MU/g未滿は強毒、1,000 MU/g以上は猛毒とすることにした。

Table 3. Seasonal Variation of Toxicities of Skin and Gonad of a Puffer Fish, "Hoshifugu" Specimens Tested

Organ	Sex	Frequency of toxic* ¹ specimens (%) in each month of collection									
		Mar.		May		Aug.		Sep.		Oct.	Nov.
Skin	Male	0/1* ²	(0)	0/2	(0)	0/6	(0)	0/5	(0)	—	0/9 (0)
	Female	0/2	(0)	0/1	(0)	2/5	(40)	0/5	(0)	1/1 (100)	0/12 (0)
	Total	0/3	(0)	0/3	(0)	2/11	(18)	0/10	(0)	1/1 (100)	0/21 (0)
Gonad	Testis	0/1	(0)	0/2	(0)	0/6	(0)	0/5	(0)	—	0/9 (0)
	Ovary	1/2	(50)	1/1 (100)		5/5	(100)	4/5	(80)	1/1 (100)	9/12 (75)
	Total	1/3	(33)	1/3 (33)		5/11	(45)	4/10	(40)	1/1 (100)	9/21 (43)

*¹ The term of "toxic" represents the toxicity score of 10 MU/g or higher.

*² Number of toxic specimens per total number of specimens tested.

Fig. 2. Seasonal variation of toxicities of skin and ovary of a puffer fish, "Hoshifugu" specimens tested
 ○—○: maximal toxicity of ovary; ●—●: mean toxicity of ovary; △...△: maximal toxicity of skin; ▲...▲: mean toxicity of skin

結果及び考察

1. 部位別の毒性

供試した 49 個体の毒性試験結果を Table 1 に示した。また、部位別にみた 10 MU/g 以上の有毒個体出現率（以下、単に有毒個体出現率と記す）、最高毒力及び平均毒力±S.D.（標準偏差）を Table 2 に示した。検討した 5 部位のうち、筋肉、肝臓、腸管は 49 個体すべてが 3 MU/g 未満の無毒であった。

一方、皮膚では有毒個体出現率が 6.1%（供試 49 個体中 3 個体が有毒、以下 3/49 と記す）を示し、有毒個体はすべて雌（同出現率 11.5%, 3/26）であった。最高及び平均毒力は、雄が 8.6 MU/g 及び 1.6±2.7 MU/g、雌が 29 MU/g 及び 3.7±6.7 MU/g を示した。有毒個体出現率、最高及び平均毒力のいずれも雌のほうが高かった。

生殖腺のうち、精巣は 23 個体全部が 5 MU/g 未満の無毒であった。卵巣は有毒個体出現率が 80.8% (21/26) と高く、強毒が 26.9% (7/26)、弱毒が 53.8% (14/26) で、最高及び平均毒力は 640 MU/g 及び 100±140 MU/g を示した。有毒と判定された皮膚と卵巣について、雌 26 個体の毒力の関係を調べると両者には相関関係が認められた ($r=0.760, p<0.01$)。

毒力の部位別変動は、1990 年に同じ豊後水道で漁獲されたホシフグ 30 個体について検討した既報⁴⁾の結果とよく類似していた。

2. 毒力の季節変動

フグの毒性は、同一種においても個体別、地域別並びに季節別に変動することが知られている¹⁾。Table 3 には、毒性が検出された皮膚及び生殖腺の毒性を漁獲月別に示した。精巣では調査した 5 か月間有毒個体は検出されなかったが、皮膚では 6 漁獲月のうち 8 月と 10 月に、卵巣ではすべての漁獲月で有毒個体が検出され、その出現率も 50~100%（平均 80.8%）と高かった。

Fig. 2 には皮膚及び卵巣毒力について、漁獲月別の最高値と平均値を示した。皮膚は毒力が低く、季節変動は明確でなかった。他方、卵巣では、最高毒力は 5~10 月の 4 漁獲月が強毒 (120~640 MU/g) で、3 月と 11 月が弱毒 (16 MU/g と 97 MU/g) を示した。平均毒力は 8 月が 250 MU/g で最も高く、9 月、11 月がこれに次ぎ、3 月が最も低かった。これらの結果と既報⁴⁾の豊後水道産 30 個体を併せて毒力の推移を検討したが、10 月の平均毒力±S.D. は皮膚で 7.7±10 MU/g ($n=31$)、卵巣で 110±130 MU/g ($n=15$) を示し、上記の毒性傾向と大差なかった。月別毒力の推移から、本種の卵巣は初夏から秋にかけて毒力の高いことが示唆された。

日本近海産フグの卵巣毒性は抱卵の頃から急激に上昇し、産卵まで高い毒力が維持されて、トラフグやクサフグの卵巣では 12 月から 5 月頃まで毒力が高いと考えら

れてきた^{1), 7)}。一方、ショウサイフグやマフグでは、むしろ夏から秋にかけて卵巣が高い毒力を示すとの報告^{8), 9)}もある。また、肝臓毒性の季節変動は卵巣のそれとは異なるとも言われ⁷⁾、フグの毒性と産卵期との関係は必ずしも明らかでない。フグ種による相違のほか、漁獲海域や個体差による影響も考えられるが、フグの毒性と産卵期の関係については更に検討する必要があると思われる。今回の検討では漁獲個体数が少ない季節もあったことから、この点について更に調査する予定である。

3. 毒性の評価

以上の検討結果から、ホシフグは筋肉、精巣、肝臓、腸管が無毒、皮膚が弱毒、卵巣が強毒の有毒種と結論した。この結果は既報^{2)~4)}とも一致しており、今回検討した毒力の季節変動の面からも妥当なものと考えられる。豊後水道で漁獲されるホシフグの筋肉は、年間を通して無毒で、食用が可能と判断された。また、既報も含めて、これまで本種の肝臓から 10 MU/g を超える毒性は検出されておらず、フグとしては特異な種と思われる。

ま と め

(1) 1991~97 年に豊後水道で漁獲されたホシフグ 49 個体 (雄 23 個体、雌 26 個体) の毒力レベルは、皮膚が弱毒 (有毒個体出現率 6.1%, 最高毒力 29 MU/g)、卵巣が強毒 (同 80.8%, 640 MU/g) を示した。筋肉、肝臓、精巣、腸管は無毒であった。

(2) 毒力の季節変動に関することとして、卵巣では 6 漁獲月 (3, 5, 8~11 月) すべてに有毒個体が検出され、有毒率は 50~100% を示した。本種の卵巣は、初夏から秋に毒力の高いことが示唆された。皮膚では毒力が低

く、季節変動が明確でなかった。

(3) 本種は皮膚と卵巣が 10 MU/g 以上の毒力を示す有毒種であるが、筋肉は年間を通して無毒で、食用が可能と判断された。

なお、本報告の一部は、平成 8 年度日本水産学会秋季大会 (1996 年 10 月、福岡) において発表した。

謝 辞

検体の収集にご協力いただきました大分県佐伯保健所衛生課の諸氏、特に局 伸男氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 谷 巖: “日本産フグの中毒学的研究” p. 31~35 (1945) 帝国図書。
- 2) 寺崎 潜: “北九州市食品衛生検査所報 (昭和 53 年 2 月)” p. 20~24 (1978)。
- 3) 遠藤隆二: J. Toxicol. Sci. **9** (Suppl. I), 1~11 (1984)。
- 4) 淵 祐一, 成松浩志, 仲摩 聡, 寿 久文, 平川英敏, 鳥島嘉明, 野口玉雄, 大友信也: 食衛誌. **32**, 520~524 (1991)。
- 5) 厚生省環境衛生局長通知: “フグの衛生確保について” 昭和 58 年 12 月 2 日, 環乳第 59 号 (1983)。
- 6) 厚生省生活衛生局監修: “食品衛生検査指針 (理化学編)” p. 296~300 (1991) 日本食品衛生協会。
- 7) 清水千秋, 松居 隆, 佐藤英雄, 山森邦夫: 海洋科学 **16**, 560~565 (1984)。
- 8) 加納碩雄, 錢 重均, 佐藤之紀, 丸山純一, 野口玉雄, 橋本周久: 食衛誌. **26**, 489~495 (1985)。
- 9) 橋本周久編: “フグ毒研究の最近の進歩” p. 34~35 (1988) 恒星社厚生閣。