フグ毒に関する研究
—各種フグにおける毒力の比較—

遠藤 隆二
山口県衛生研究所

**TOXICOLOGICAL STUDIES ON PUFFER FISHES :
—COMPARISON OF TOXICITIES ON THE VARIOUS SPECIES—**

Ryuji ENDO

Yamaguchi prefectural Research Institute of Health

Accepted February 24, 1984

SUMMARY

The toxicity variations of puffer fishes toxin on species, sex, organs seasons and sea area collecting subjects were observed in 615. subjects of 15 species during 1978-1981.

The remarkable differences of toxicity were found by species and/or by subjects. *Takifugu pardalis*, *Takifugu poecilonotus* and *Takifugu niphobles*, which are habitually eaten in Japan, had a strong toxicity and some of them were strongly toxic in the muscle.

It was indicated that female puffer fishes have a higher toxicity than the male. In particular, the toxicity from genital organs was significantly higher in the female puffer fishes than in male. No difference no sex was observed in the skin.

Compared with the toxicities on the collecting sea areas, Inland sea of Seto and Japan sea, the mean of toxicity and the incidence rate of toxic subjects collected in Japan sea. were higher than those of in Inland Sea of Seto i. e. The difference was observed by the living sea environment of puffer fishes.

The wild *Takifugu rubripes* was obviously more toxic than the cultured. It was suggested that the variations between the wild and culutred puffer fishes should be due to the difference of the metabolism for the production and accumulation of tetrodotoxin which would be influenced by the foods and the closed enviroment.

Key words : Puffer fish toxin, tetrodotoxin.

緒 言

現在フグの毒性に関する食品衛生の基礎資料は、谷 (1945) の「日本産フグの中毒学的研究」が利用されている。しかし、その後沿岸フグ資源の減少により食用フグは、輸入フグや養殖フグのほか、これまであまり利用されなかった魚種で補なわれている。これらの中には、毒力が十分把握されていない魚種があり、フグ毒の安全性確保のため早急な調査が必要である。また、Matsui (1982b) が日本各地からクサフグを収集し、その卵巣および肝臓の毒力が捕獲海域により異なることを明らかにしたことは、福岡県周辺海域を主体に収集分析した谷の成績が、日本各地で捕獲される各魚種の標準的毒力となり得るか検討を要する。現在までのところ高久ら (1978) は、捕獲海域は不明であるがヒガンフグの筋肉で、山森ら (1982) が、岩手県産ヒガンフグおよびコモフグの肝臓で谷の報告を上まわる毒力を報告しているにとどまっているが、捕獲海域を考慮した全国的なフグ毒の再検討が望まれる。

これらのことから、山口県内に水揚げされた15魚種615個体の毒力を性、種、部位、捕獲海域さらに養殖と天然フグに分けて検討した。

実験方法

1 実験材料

実験に用いたフグの収集は、昭和53年4月から57年5月の間、主として水揚漁港において購入したが一部の魚種はフグ加工業者より持込まれたものを用い、トラフグ以外の魚種は実験まで -20°C で冷凍保存した。各魚種の捕獲海域と個体数は次のとおりである。

ヒガンフグ (*Takifugu pardalis*) : 瀬戸内海で捕獲された37個体 (雄20, 雌17) と日本海で捕獲された52個体 (雄雌26) 合計89個体。平均体重は雄 209 g, 雌 192 g。

コモフグ (*Takifugu poecilonotus*) : 瀬戸内海で捕獲された72個体 (雄28, 雌44) と日本海で捕獲された42個体 (雄17, 雌25) 合計114個体。平均体重は雄 160g, 雌 172 g。

ショウサイフグ (*Takifugu vermicularis*) : 瀬戸内海で捕獲された54個体 (雄18, 雌36) と日本海で捕獲された41個体 (雄18, 雌23) 合計95個体。平均体重は雄 136 g, 雌 177 g。

クサフグ (*Takifugu niphobles*) : 瀬戸内海で捕獲された27個体 (雄 9, 雌18) と日本海で捕獲された26個体 (雄 4, 雌22) 合計53個体を用いた。なお、この他生殖巣が著しく小さく、性別判定困難な個体があったが、これらは本集計から除外した。平均体重は雄 67 g, 雌 61 g。

トラフグ (*Takifugu rubripes*) : 五島沖、および対馬沖で捕獲された58個体 (雄22, 雌36) を用い、これを養殖フグと区別するため天然産とした。養殖トラフグは、山口県仙崎漁業組合が水深 8~10 m, 広さ 100000 m²の入江を魚網で仕切り、幼魚を3年間イワシを主飼料として養殖した80個体 (雄26, 雌54) である。平均体重は天然産雄 1209 g, 雌 1182 g, 養殖産は雄 1174 g, 雌1006 g。

サンサイフグ (*Takifugu flavidus*) : 昭和54年5月渤海で捕獲され、冷凍輸入された37個体 (雄21, 雌16)。平均体重は雄 470 g, 雌 621 g。

Toxicities of puffer fishes

シマフグ (*Takifugu xanthopterus*) : 10月から2月にかけて五島沖で捕獲された30個体 (雄3, 雌27)。平均体重は雄923 g, 雌 1227 g。

ゴマフグ (*Takifugu stictonotus*) : 昭和55年5月および昭和56年7月に石川県能登半島沖で捕獲された雄18個体, 雌4個体と昭和56年2月に山口県見島沖で捕獲された雌2個体である。平均体重は雄443 g, 雌725 g。

ホシフグ (*Boesmanichthys firmamentum*) : 昭和56年12月山口県萩市沖の大網漁法により捕獲された雄8個体, 雌7個体である。

マフグ (*Takifugu porphyreus*) : 山口県見島沖で3~5月に捕獲された雄1個体, 雌6個体。

サバフグ (*Lagocephalus lunaris*) : 9月より12月にかけて瀬戸内海および日本海で捕獲された雄3個体, 雌3個体。

タキフグ (*Takifugu oblongus*) : 9月に黄海で捕獲され, 毒性不明種として山口県衛生研究所に持ち込まれた雄1個体と雌2個体。

シロアミフグ (*Tetraodon alboreticulatus*) : 沖縄沖で捕獲され, フグ加工業者により持ち込まれた雄雌各1個体である。この種はモヨウフグと同一種ともいわれている。

ケショウフグ (*Arothron mappa*) : 沖縄沖で捕獲され, フグ加工業者により毒性不明種として持ち込まれた雌1個体。

センニンフグ (*Pleuranacanthus sceleratus*) : 前述種同様沖縄沖で捕獲された雌1個体。

2 毒性成分の抽出

実験材料は, 体重, 体長を計測した後, 冷凍魚は半凍結状態で剥皮解体し, 胆嚢, 次いで肝臓, 生殖巣, 腸 (小型魚の場合, 胃と腸の区別が困難であることや試料が少ないため胃の一部を含む), 筋肉の順に摘出し, 皮は皮下組織を除去し, 腸は内容物を除くため消化管内壁を流水で洗い, 他の部位は, 解体時に付着した体液を軽く水洗後, 濾紙で水分を除去した。大型魚では皮, 筋肉, および生殖巣は1/2量を, 他は全量を細切磨砕した。

毒性成分の抽出は, 厚生省食品衛生検査指針II (1978) 「フグ毒の検査法」の醋酸メタノール法により, これを粗毒原液とした。

3 毒力の検定と区分

毒力の検定は, 厚生省食品衛生検査指針 (1978) に準じた。即ち, 粗毒原液を18~20 gのdd-Y系マウス雄2匹の腹腔内に1 ml注射し, 致死時間が10~15分となるよう粗毒原液を希釈した後, 5匹のマウスに注射してその中間致死時間から, 致死時間マウス単位換算表を用いて, マウス単位(MU)を求め, 希釈倍数を乗じてg当たりのMUを算出した。また, 毒力の区分は人の致死量から区分した谷 (1945) と同様無毒, 弱毒等で表現した。各区分の毒力は10MU/g未満を無毒とし, 10~99MU/gを弱毒, 100~999 MU/gを強毒, 1000 MU/g以上を猛毒とした。なお, 統計処理は毒力が対数正規型の分布をとるため対数に変換して行なった。

結果および考察

1 フグの毒の性差

供試個体数が、20以上あった8魚種の毒力区分別の出現頻度と最高毒力を表1に、他の魚種の成績は、一括して表2に示した。供試個体数の多かったヒガンフグ、コモンフグ、ショウサイフグ、クサフグ、トラフグおよびサンサイフグの性別毒力を部位別に検討した。

雄雌の部位別毒力は平均毒力でみると、6魚種共雌の方が雄より高値を示し、また、有毒個体の出現率でみても、サンサイフグの肝臓をのぞき、他はいずれも雌の方が著しく高率であり、平均毒力と有毒個体出現率共に雌は、雄より強い毒力を有する傾向が伺われる。しかし、各部位の最高毒力をみると、皮ではショウサイフグとコモンフグで、肝臓では、コモンフグで雌より雄に高い個体が見られ、皮および肝臓では、個体差が大きく雌よりも強い毒力を有する個体もある。部位別にみた毒力の性差を検定してみると、トラフグでは全部位、ヒガンフグでは皮をのぞく各部位で、コモンフグとクサフグでは生殖巣、胆嚢および腸で、サンサイフグでは生殖巣において、有意差 ($P<0.05$) が認められる。従って、生殖巣の性差は、普遍的であるが皮など他の部位での性差は、雄に比し雌の方が強い毒力を示す傾向は認められるものの、魚種により必ずしも普遍的差異とはいえず、個体差が極めて大きかった。

2 魚種別、部位別毒力

本実験成績を主として、谷(1945)の報告した各魚種の最高毒力と比較すると次のとおりであった。

クサフグでは弱毒とされている筋肉が強毒を示したが、これは強毒としては極めて弱い毒力であった。

ヒガンフグでは筋肉が強毒を、弱毒とされている精巣が強毒を示し、筋肉の毒力に大きな差が見られ、食品衛生上食用に供することは、検討を要する魚種と云える。

コモンフグでは、強毒とされている皮および腸が猛毒を示し、弱毒とされている筋肉が強毒を示すなど異なった成績であった。

ショウサイフグでは、無毒とされている精巣が弱毒を示した他は類似した成績であった。

マフグは猛毒とされている卵巣が強毒であったが、供試数の少ない本実験では猛毒個体が見られなかったものと思われる。

タキフグは、今まで毒性の報告例がなく比較出来ないが、フグ毒は個体差が大きいことを考慮すると、ここにみられた毒力より更に強い毒力を有する可能性がある。本種は極めて強い毒力を有し、ショウサイフグと同程度あるいはそれ以上の毒力を有する魚種として取扱われるべきと考える。

サンサイフグは、昭和17年福田ら(1942)により *Sphoeroides basilevskianus* として報告されている種であり、精巣が無毒とされているほかは、本実験成績と良く一致している。しかし、塩見ら(1980)の報告では皮が強毒、筋肉が弱毒、肝臓および卵巣が猛毒とされており本実験成績よりも一般にやや強い毒力が記録されている。このような筋肉の毒力差は、解凍の際ドリ

Toxicities of puffer fishes

Table 1. Toxicity distribution of puffer fishes by species, sex and organs

Species	Organ	Male					Female				
		Tested percentage in four groups ¹⁾				Toxicity (MU/g)	Tested percentage in four groups ¹⁾				Toxicity (MU/g)
		N	W	S	V		N	W	S	V	
<i>Takifugu pardalis</i>	Skin	13.0	52.2	34.8	0.0	700	9.3	41.9	48.8	0.0	670
	Muscle	87.0	13.0	0.0	0.0	80	62.8	34.9	2.3	0.0	120
	Liver	30.4	45.7	21.7	2.2	1300	11.6	23.3	51.2	14.0	3800
	Gonad	69.6	26.1	4.3	0.0	190	7.0	14.0	55.8	23.3	2300
	Gall bladder	28.3	43.5	26.1	2.2	1000	14.0	14.0	53.5	18.6	4700
	Intestine	54.3	34.8	10.9	0.0	310	16.3	30.2	51.2	2.3	2100
<i>Takifugu poecilonotus</i>	Skin	4.4	40.0	44.4	11.1	6100	5.8	23.2	55.1	15.9	3900
	Muscle	68.9	31.1	0.0	0.0	98	60.9	34.8	4.3	0.0	150
	Liver	31.1	40.0	17.8	11.1	7200	17.4	40.6	33.3	8.7	4000
	Gonad	55.6	37.8	6.7	0.0	760	10.1	20.3	47.8	21.7	2600
	Gall bladder	37.8	31.1	26.7	4.4	2900	14.5	30.4	39.1	15.9	4900
	Intestine	40.0	35.6	22.2	2.2	1400	17.4	50.7	27.5	4.3	2000
<i>Takifugu vermicularis</i>	Skin	28.2	64.1	7.7	0.0	780	19.0	65.1	15.9	0.0	680
	Muscle	97.4	2.6	0.0	0.0	11	95.2	4.8	0.0	0.0	99
	Liver	69.2	17.9	12.8	0.0	240	54.0	19.0	19.0	7.9	2700
	Gonad	79.5	20.5	0.0	0.0	45	14.3	33.3	31.7	20.6	4300
	Gall bladder	64.1	12.8	23.1	0.0	570	55.6	11.1	27.0	6.3	3100
	Intestine	71.8	25.6	2.6	0.0	140	50.8	31.7	17.5	0.0	570
<i>Takifugu niphobles</i>	Skin	15.4	69.2	15.4	0.0	110	15.0	50.0	35.0	0.0	440
	Muscle	92.3	7.7	0.0	0.0	46	70.0	25.0	5.0	0.0	110
	Liver	38.5	30.8	30.8	0.0	830	15.0	20.0	42.5	22.5	6100
	Gonad	76.9	23.1	0.0	0.0	17	0.0	7.5	42.5	50.0	7500
	Gall bladder	53.8	15.4	30.8	0.0	240	15.0	10.0	57.5	17.5	2700
	Intestine	53.8	30.8	15.4	0.0	150	15.0	42.5	40.0	2.5	1100
<i>Takifugu rubripes (Wild)</i>	Skin	100.0	0.0	0.0	0.0	0	88.9	11.1	0.0	0.0	56
	Muscle	100.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	0.0	0.0	0.0	2
	Liver	100.0	0.0	0.0	0.0	0	66.7	19.4	13.9	0.0	590
	Gonad	100.0	0.0	0.0	0.0	0	38.9	30.6	30.6	0.0	726
	Gall bladder	100.0	0.0	0.0	0.0	0	72.2	22.2	5.6	0.0	257
	Intestine	100.0	0.0	0.0	0.0	0	77.8	13.9	8.3	0.0	224
<i>Takifugu rubripes (Culture)</i>	Skin	100.0	0.0	0.0	0.0	0	98.1	1.9	0.0	0.0	61
	Muscle	100.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	0.0	0.0	0.0	0
	Liver	100.0	0.0	0.0	0.0	0	94.4	5.6	0.0	0.0	58
	Gonad	100.0	0.0	0.0	0.0	0	79.6	14.8	5.6	0.0	968
	Gall bladder	100.0	0.0	0.0	0.0	0	96.3	1.9	1.9	0.0	144
	Intestine	100.0	0.0	0.0	0.0	0	98.1	1.9	0.0	0.0	11
<i>Takifugu flavidus</i>	Skin	76.2	23.8	0.0	0.0	45	56.3	43.8	0.0	0.0	47
	Muscle	100.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	0.0	0.0	0.0	7
	Liver	28.6	33.3	38.1	0.0	690	43.8	6.3	50.0	0.0	960
	Gonad	85.7	14.3	0.0	0.0	16	12.5	31.3	56.3	0.5	870
	Gall bladder	38.1	42.9	19.0	0.0	600	37.5	18.8	37.5	6.3	1700
	Intestine	66.7	33.3	0.0	0.0	77	43.8	37.5	18.8	0.0	200
<i>Takifugu xanthopterus</i>	Skin	100.0	0.0	0.0	0.0	0	96.3	3.7	0.0	0.0	15
	Muscle	100.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	0.0	0.0	0.0	2
	Liver	66.7	0.0	33.3	0.0	103	66.7	18.5	14.8	0.0	420
	Gonad	66.7	33.3	0.0	0.0	10	33.3	25.9	40.7	0.0	508
	Gall bladder	66.7	0.0	33.3	0.0	109	74.1	22.2	3.7	0.0	262
	Intestine	66.7	33.3	0.0	0.0	20	77.8	22.2	0.0	0.0	67
<i>Takifugu stictonotus</i>	Skin	94.4	5.6	0.0	0.0	28	100.0	0.0	0.0	0.0	0
	Muscle	100.0	0.0	0.0	0.0	7	100.0	0.0	0.0	0.0	0
	Liver	83.3	16.7	0.0	0.0	20	100.0	0.0	0.0	0.0	0
	Gonad	94.4	5.6	0.0	0.0	19	50.0	33.3	16.7	0.0	220
	Gall bladder	100.0	0.0	0.0	0.0	9	100.0	0.0	0.0	0.0	7
	Intestine	100.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	0.0	0.0	0.0	0

1) N: Non-toxic (less than 10 MU/g) W: Weakly toxic (10-99 MU/g)

S: Strongly toxic (100-999 MU/g) V: Very strongly toxic (more than 1000 MU/g)

2) One mouse unit (MU) is expressed as the minimum quantity of toxin required to kill a 20 g mouse in 30 min.

Table 2. Results of puffer fish toxin by species and organs

Species	Sex ²⁾	Month captured	Body length (cm)	Body weight (g)	Toxicity (MU/g) ¹⁾					
					Skin	Muscle	Liver	Gonads	Gall bladder	Intestine
<i>Boesmanichthys firmamentum</i>	M	12	29.0	731	19	— ³⁾	—	—	—	—
	M	12	28.5	770	30	—	—	—	—	—
	M	12	28.5	728	19	—	—	—	—	—
	M	12	26.0	455	10	—	—	—	—	—
	M	12	29.5	816	12	—	—	—	—	—
	M	12	24.0	416	—	—	—	—	—	—
	M	12	22.0	346	14	—	—	—	—	—
	M	12	22.0	388	17	—	—	—	—	—
	F	12	27.0	553	14	—	—	840	—	—
	F	12	28.0	666	—	—	—	460	—	—
	F	12	24.5	436	—	—	—	177	—	—
	F	12	23.5	369	—	—	—	106	—	—
	F	12	24.0	411	11	—	—	187	—	—
	F	12	24.0	428	13	—	—	223	—	—
	F	12	21.0	278	13	—	—	379	—	—
<i>Takifug porphyreus</i>	M	3	34.0	1736	16	—	—	—	—	—
	M	3	32.0	660	24	—	348	—	183	—
	F	3	17.0	183	274	—	213	768	594	221
	F	3	17.5	137	85	—	10	183	—	—
	F	5	20.5	296	29	—	81	455	893	36
	F	5	20.5	308	62	—	1380	248	3030	252
	F	5	19.5	286	90	—	1860	614	1830	319
<i>Lagocephalus lunaris</i>	M	11	17.5	170	—	—	—	—	—	—
	M	11	17.0	115	—	—	—	—	—	—
	M	11	15.5	101	—	—	—	—	—	—
	F	9	19.5	255	—	—	—	—	—	—
	F	11	16.5	124	—	—	—	—	—	—
	F	12	20.0	230	—	—	—	—	—	—
<i>Takifugu oblongus</i>	M	9	21.5	470	22	—	238	—	186	* ⁴⁾
	M	9	22.5	480	48	25	3000	2680	2960	*
	F	9	24.5	653	12	—	254	322	159	*
<i>Tetraodon alboreticulatus</i>	M	5	56.5	5350	—	—	—	—	—	—
	F	5	38.0	4200	—	—	—	196	—	—
<i>Arothron mappa</i>	F	5	51.0	5300	—	—	—	47	—	—
<i>Pleuranacanthus scleratus</i>	F	5	52.0	2360	—	—	132	316	200	58

1) One mouse unit (MU) is expressed as the minimum quantity of toxin required to kill a 20 g mouse in 30 min.

2) M: Male, F: Female

3) Non-toxic

4) Not examined

Toxicities of puffer fishes

ップによることが考えられるが、両者とも各臓器は半凍結状態で摘出しており、ドリップによる差は否定される。捕獲海域と捕獲月をみると塩見らの供試個体のうち20個体は5月に渤海で捕獲されており、本実験と捕獲海域および捕獲月は同じである。しかし、塩見らの供試魚の平均体重は393 gであり本実験の535 gに比し小さく、同一魚群でないことが推測され本実験と塩見らでみられた毒力差は、海域は同じ渤海でも、捕獲地点、魚群が異なることによるものではないかと考えられる。本魚種は、トラフグとマフグの中間的毒力を示す魚種として取扱われることが妥当と考える。

トラフグの天然産では、無毒とされている皮が弱毒、弱毒とされている腸が強毒を示し、やや高い毒力を示す部位がみられる。皮の毒力について、高久ら（1978）はトラフグ22個体の毒力を検査し、谷と同様皮は全て無毒としているが、大鳥居（1966）は皮が弱毒を示すことを報告しており、皮は弱毒を有すると考えるべきである。トラフグの養殖産についての報告はみられないが、本実験の天然産トラフグの肝臓及び腸が強毒であったのに対し、養殖産トラフグは弱毒を示し、天然産よりも低い毒力と思われる。

センニンフグは成書によると肝臓、卵巣が強毒、皮、筋肉が弱毒とされている。本実験では皮および筋肉は無毒であった。一般に各臓器間毒力には相関がみられることが多いため、肝臓、卵巣の毒力の強さからみて供試個体数を増やせば皮においても弱毒個体の出現が推測される。

シマフグは無毒とされている皮および精巣が弱毒を示し、ゴマフグは無毒とされている肝臓や精巣が弱毒を示すなど、毒力差は小さいが若干の差異がみられた。両種共毒力の弱い魚種と云える。なお、ゴマフグの肝臓は、谷の毒力表で強毒と記載され、その後多くの人により引用されているが、実験成績には強毒個体はみられず無毒のミスプリントと思われる。

ホシフグの毒性についての報告は殆んどなく大鳥居（1966）が日本海産5個体について調査し、皮および肝臓は、極く弱い毒力を示し、卵巣は弱毒であるとしている。本実験では、卵巣が強毒であった他は無毒であった。毒力の弱い魚種と云える。

シロアミフグは加納ら（1982）により1例報告されているが、それによると卵巣（2870 MU/g）が猛毒で、胆嚢（31 MU/g）は弱毒、皮（6 MU/g）、筋肉、腸は無毒とされている。本実験では卵巣のみ強毒であり、他の部位は無毒であった。フグの各部位間毒力には相関が認められる場合が多く、皮、肝臓などには本実験で示す毒力よりも強い個体の存在が考えられ、今後例数を積み重ね検討する必要がある。

ケショウフグは毒性の報告例がない。本魚種は卵巣のみ弱毒を示し、他部位は無毒であったが、フグ毒は個体差が大きく、前種と同様今後例数を重ね検討する必要がある。

サバフグは各部位共無毒とされている魚種で、本実験でも各部共無毒であったが、大鳥居（1966）によると皮が弱毒を有するとされ、更に、原田ら（1979）は、捕獲海域により毒力差がみられることを報告している如く、本種の毒性は、捕獲海域を加味して検討しなければならない。

以上15魚種の毒力は、報告者により若干異なっているが、フグ毒は個体差が大きく捕獲海域、食餌（matsui, 1981, 1982b）に影響されしかも回游、移動（桧山, 1981）など多くの要因が複雑にからむためと思われる。なお、本実験では、谷（1945）の毒力表に示された毒力より強い

魚種、部位が存在しており食品衛生の安全確保の上から充分注意する必要がある。

本実験で得られた各魚種の部位別最高毒力を毒力区分でみると表3のとおり要約出来る。

Table 3. Categorized toxicity of various puffer fishes by organs

Species	Skin	Muscle	Liver	Testis	Ovary	Gall Bladder	Intestine
<i>Takifugu poecilonotus</i>	+++	++	+++	++	+++	+++	+++
<i>Takifugu pardalis</i>	++	++	+++	++	+++	+++	+++
<i>Takifugu niphobles</i>	++	++	+++	+	+++	+++	+++
<i>Takifugu vermicularis</i>	++	+	+++	+	+++	+++	++
<i>Takifugu oblongus</i>	+	+	+++	—	+++	+++	*
<i>Takifugu porphyreus</i>	++	—	+++	—	++	+++	++
<i>Takifugu flavidus</i>	+	—	++	+	++	+++	++
<i>Takifugu rubripes</i>	+	—	++	—	++	++	++
<i>Pleuranacanthus sceleratus</i>	—	—	++	*	++	++	+
<i>Takifugu xanthopterus</i>	+	—	++	+	++	++	+
<i>Boesemanichthys firmamentum</i>	+	—	—	—	++	—	—
<i>Takifugu stictonotus</i>	+	—	+	+	++	—	—
<i>Tetraodon alboreticulatus</i>	—	—	—	—	++	—	—
<i>Arothron mappa</i>	—	—	—	—	+	—	—
<i>Lagocephalus lunaris</i>	—	—	—	—	—	—	—

Categorized toxicities are:

- (—) Non-toxic (less than 10 MU/g)
- (+) weakly toxic (10-99 MU/g)
- (++) Strongly toxic (100-999 MU/g)
- (+++) Very strongly toxic (more than 1000 MU/g)
- (*) Not examined

3 捕獲海域による毒力

ヒガンフグ、コモnfグおよびショウサイフグの捕獲海域を瀬戸内海と日本海に分けて、各部位別毒力の平均値と標準偏差を図2に示した。両海域の平均毒力は日本海捕獲魚の方がいずれの部位においても高かった。また、有毒個体の出現頻度でもコモnfグの筋肉をのぞき、日本海捕獲魚の方が高かった。捕獲海域による毒力に関して、Matsui ら (1982.a) は日本各地で捕獲したクサフグの卵巣および肝臓の毒力が捕獲地により異なることを明らかにしており、フグの毒力は棲息環境に影響されるものと思われる成績が得られた。

4 天然トラフグと養殖トラフグの毒力

天然トラフグと養殖トラフグの最高毒力を部位別にみると、——養殖産の卵巣1例と天然、養殖共無毒である筋肉を除き——養殖産は天然産に比べ、無毒個体が多く平均毒力と有毒個体出現率ともに低く、天然産より著しく毒性が低い。これに反し、Matsui ら (1982) は強い毒力を有するとされるクサフグで実験し養殖ものは毒性を示さなかったと報告し本実験と異なった成績もある。

Toxicities of puffer fishes

Fig. 1. Comparison of toxicities of puffer fishes collected in Inland Sea of Seto and Japan Sea
Bars show $\bar{X} \pm S. D.$
● : Inland Sea of Seto area
○ : Japan Sea area

フグの毒化機構については明らかでないが、近年、Hashimoto ら (1971), Noguchi ら (1973, 1982) Narita ら (1981) によりフグ以外の海産生物から tetrodotoxin がつぎつぎに検出されている。更に、Matsui ら (1981) は無毒フグがフグ毒の投与により毒化することを明らかにしている。これら一連の研究成果は、食物連鎖によりフグが毒化する可能性を示唆するものと考えられる。本実験でイワシを主飼料として養殖されたフグが有毒であったことは、湾内を網で仕切っているため小型生物は出入自由であり、迷入した有毒生物を捕食した個体が毒化したと考えることも出来る。しかしながら、雄が全て無毒であることや、有毒生物を捕食する機会の極めて少ない養殖フグに天然産と同レベルの毒力個体の存在は、単純な餌による毒化現象では説明し難い点がある。これらのことから餌による毒化現象に加えて、餌を含めた棲息水域環境条件による生体の生理的差異が tetrodotoxin の産生ないし蓄積に影響することも考えられる。

結 論

昭和53年より昭和57年の間、谷の毒力表に掲載されていない 5 魚種を含む 15 魚種 615 個体を収集し、フグ毒を性、魚種、部位、捕獲海域、などについて検討しつぎの結果を得た。

1) フグ毒は各部位共、雄に比し雌が高い傾向を示すが、部位別に性差を検定してみると、生殖巣ではいずれの魚種においても、有意 ($P < 0.05$) に雌が高いといえるが、他の部位では有意差とはいえない魚種が多かった。

2) 魚種別毒力は種により、また、個体により著しく異なる。一般食用種ではクサフグ、ヒ

ガンフグ、コモンフグが強い毒力を示し、これらの魚種では筋肉に強毒個体がみられ、食品衛生上注目すべき結果であった。

3) フグの捕獲海域を瀬戸内海と日本海に分けて、その毒力を比較すると日本海捕獲魚に強い毒力を有するものが多く、捕獲海域による毒力差の存在が認められた。

4) 養殖トラフグは天然トラフグより毒力が弱く、有毒個体も少ない。

5) フグ毒の種特異性、性差、個体差あるいは海域差の存在は生体の tetrodotoxin 産生ないし、蓄積の代謝機能の差を示唆するものであり、それらは餌を含めた棲息水域環境に影響されるものと思われる。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った、麻布大学斉藤保二教授並びに御指導を載いた古泉巖教授および村田元秀教授に深甚なる謝意を捧げると共に、本研究の機会を与えられました山口県衛生研究所長田中一成博士に感謝の意を表します。

文 献

- 福田得志, 谷巖 (1942), 大陸の河豚, 福岡医学雑誌, **35**, 1215.
- 原田禎顕 (1979) 台湾フグの種別と毒性に関する二, 三の知見。食衛誌, **20**, 437~441.
- Hashimoto, Y. and Noguchi, T. (1971): Occurrence of a tetrodotoxin-like substance in a *Gobius criniger*. *Toxicon*, **9**, 79-84.
- 桧山節久(1981)山口県内海域におけるトラフグ資源の管理について。山口県水産試験場報告(8)40~50.
- 加納碩雄, 野口玉雄, 小山絹江, 橋本周久(1982): シロアミフグ及びクマサカフグの毒性の検討, 日本水産学会誌, **48**, 591.
- 厚生省環境衛生局監修 (1978) 食品衛生検査指針II, P 232-240 日本食品衛生協会, 東京
- Matsui, T., Hamada, S. and Konosu, S. (1981): Difference in accumulation of the puffer fish, *Fugu rubripes*. *Bull. Japan. Soc. Sic. Fish.* **47**, 535-537.
- Matsui, T., Sato, H., Hamada, S. and Shimizu, C. (1982a): Comparison of toxicity of the cultured and wild puffer fish *Fugu niphobles*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **48**, 253.
- Matsui, T., Hamada, S. and Yamamori, K. (1982b): Local variation of toxicity of the puffer fish *Fugu niphobles*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **48**, 1179.
- Narita, H., Noguchi, T., Maruyama, J., Ueda, Y., Hashimoto, K., Watanabe, Y. and Hida, K. (1981): Occurrence of tetrodotoxin in a trumpet shell, "Boshubora" *Charonia saliae*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **47**, 935-941.
- Noguchi, T. and Hashimoto, Y. (1973): Short communication isolation of tetrodotoxin from a *Gobius criniger*. *Toxicon*, **11**, 305-307.
- Noguchi, T., Narita, H., Maruyama, J. and Hashimoto, K. (1982): Tetrodotoxin in the starfish *Astropecton polyacanthus*, in association with toxification of a trumpet shell, "Boshubora" *Charonia saliae*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **48**, 1173-1177.
- 大鳥居健 (1966): 新潟近海フグの毒含有量に関する知見。新潟医学会雑誌. **80**. 32-35.
- 塩見一雄, 山中英明, 菊池武昭, 河端俊治, 阿部宗明, 北浜喜一 (1980): 中国産サンサイフグ (新称) の毒性について。魚 (31) 21~27.
- 高久久, 足達卓治, 加納碩雄, 白坂康郎, 三好和彦, 宮崎奉之, 新井加代子, 向島雄, (1978): フグの毒性について, 市場衛生検査調査研究報告, 昭和54年, 359-370.

Toxicities of puffer fishes

谷巖 (1945) : 日本産フグの中毒学的研究, 1-103, 帝国図書

山森邦夫, 田坂龍吾 (1982) : 岩手県産ヒガンフグ・コモnfグ肝臓の毒性, 昭和57年度日本水産学会秋季講演要旨集, 131.