

表 1-13 2014 年 10 月に採取した三陸(釜石・大船渡)産シヨウサイフグの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)*1		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	弱毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	13	11.9 ± 14.6	49.2	8	5	0	0
皮	13	74.5 ± 51.3	224.9	0	11	2	0
肝臓	13	134.7 ± 233.1	703.9	2	8	3	0
消化管	13	92.4 ± 127.7	380.9	2	8	3	0
生殖腺	13	347.3 ± 626.0	1959.8	4	4	3	2

*1 TTXs + PSPs

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上

表 1-14 2013 年 6 月に採取した三陸産シロサバフグの毒性

部位	N	毒性 (MU/g)		個体数			
		mean ± SD	最大値	無毒*	有毒**	強毒***	猛毒****
筋肉	46	0.2 ± 0.3	1.5	46	0	0	0
皮	46	0.6 ± 1.3	7.1	46	0	0	0
肝臓	46	0.5 ± 1.1	5.5	46	0	0	0
消化管	46	1.2 ± 4.4	22.0	44	2	0	0
生殖腺	9	0.3 ± 0.6	2.0	46	0	0	0

* 10 MU/g 未満, ** 10~100 MU/g, *** 100~1000 MU/g, **** 1000 MU/g 以上

表 1-15 サバフグ筋肉に対する妥当性確認の結果

試料名	添加量	真度(%)	併行精度(%)	室内精度(%)
目標値	≤ 0.001 ppm	70~120	30 >	35 >
	0.001 < ~ ≤ 0.01 ppm	70~120	25 >	30 >
クロサバフグ	2 μg/g	77	21	23
	0.2 μg/g	83	9.5	8.4

表 1-16 センニンフグ、ヨリトフグ、サザナミフグおよび、モヨウフグ筋肉に対する適用性確認の結果

試料名	添加量	真度(%)	併行精度(%)
目標値	≤ 0.001 ppm	70~120	30 >
	0.001 < ~ ≤ 0.01 ppm	70~120	25 >
センニンフグ	2 μg/g	88	4.7
	0.2 μg/g	98	9.7
ヨリトフグ	2 μg/g	101	24
	0.2 μg/g	84	10
サザナミフグ	2 μg/g	83	3.6
	0.2 μg/g	109	4.3
モヨウフグ	2 μg/g	74	12
	0.2 μg/g	92	4

表 1-17 沖縄産フグ筋肉の毒性試験の結果

魚種	検体数	無毒			有毒		有毒率(%)
		LOD未満	LOD以上 LOQ未満	LOQ以上 10 MU/g未満	弱毒	強毒	
クロサバフグ	50	50	0	0	0	0	0
ヨリトフグ	6	5	1	0	0	0	0
センニンフグ	35	5	3	21	9	0	26
サザナミフグ	42	3	8	28	3	0	7.1
モヨウフグ	27	14	7	6	0	0	0
スジモヨウフグ	9	0	0	8	1	0	11
ケショウフグ	12	9	3	0	0	0	0
コクテンフグ	24	0	0	9	12	3	63
ホシフグ	4	0	4	0	0	0	0
アラレフグ	3	3	0	0	0	0	0
オキナワフグ	20	0	2	4	12	2	70

表 1-18 自治体別フグによる食中毒の発生件数、患者数、死亡者数

自治体名	発生 件数	患者数	死者数	自治体名	発生 件数	患者数	死者数
北海道	26	44	7	京都府	5	10	0
札幌市	2	3	0	京都市	5	9	2
青森県	11	19	6	大阪府	66	100	20
岩手県	6	9	1	大阪市	68	117	40
宮城県	13	17	3	兵庫県	198	279	75
秋田県	11	20	2	神戸市	80	125	41
山形県	5	11	1	和歌山県	21	31	15
福島県	18	39	9	岡山県	151	208	82
茨城県	15	31	7	広島県	256	341	136
栃木県	1	1	0	広島市	3	6	0
千葉県	26	32	10	鳥取県	54	76	14
埼玉県	4	6	0	島根県	44	67	20
東京都	44	73	16	山口県	200	305	108
神奈川県	16	25	7	愛媛県	169	222	114
横浜市	26	46	12	香川県	113	170	74
川崎市	2	3	1	徳島県	33	40	22
新潟県	31	50	9	高知県	19	37	11
富山県	14	42	3	福岡県	140	243	63
福井県	7	11	2	福岡市	16	24	7
石川県	25	53	10	北九州市	29	41	16
山梨県	1	3	2	佐賀郡	2	3	1
長野県	3	7	1	佐賀県	34	59	13
静岡県	18	26	7	大分県	58	92	37
愛知県	63	104	33	大分市	1	2	0
名古屋市	23	31	10	長崎県	95	179	50
岐阜県	8	10	1	熊本県	43	61	20
三重県	38	47	25	宮崎県	18	28	5
滋賀県	2	4	0	鹿児島県	10	22	2
奈良県	3	4	1	沖縄県	8	38	0
				総計	2,401	3,706	1,174

表 1-19 地方衛生研究所より提供された食中毒原因食品の検査情報

魚種	個体数	検体内訳		
		食品残品	未調理品	計
マフグ	19	29	0	29
コモンフグ	15	31	2	33
ヒガンフグ	14	23	0	23
クサフグ	11	24	0	24
ショウサイフグ	5	8	4	12
トラフグ	3	6	0	6
ゴマフグ	1	1	0	1
トラフグ属	1	2	0	2
シロサバフグ	6	7	0	7
ドクサバフグ	3	8	0	8
クロサバフグ	1	1	0	1
カナフグ	1	1	0	1
センニンフグ	1	8	0	8
モヨウフグ	1	1	0	1
シッポウフグ	1	2	0	2
不明	41	64	1	65
合計	124	216	7	223

表 1-20 地方衛生研究所より提供された食中毒原因食品の検査情報（部位別）

魚種	筋肉	肝臓	皮	卵巣	その他の内臓	その他	不明	計
マフグ	10	3	5	4	2	4	1	29
コモンフグ	8	6	6	0	4	7	2	33
ヒガンフグ	10	2	1	6	0	4	0	23
クサフグ	10	3	2	2	1	4	2	24
ショウサイフグ	5	2	3	0	0	2	0	12
トラフグ	2	2	2	0	0	0	0	6
ゴマフグ	1	0	0	0	0	0	0	1
トラフグ属	1	0	0	0	0	1	0	2
シロサバフグ	6	0	0	0	0	0	1	7
ドクサバフグ	3	0	1	0	4	0	0	8
クロサバフグ	0	0	0	0	0	0	1	1
カナフグ	0	1	0	0	0	0	0	1
センニンフグ	2	2	0	2	0	2	0	8
モヨウフグ	0	0	0	1	0	0	0	1
シッポウフグ	1	0	0	0	0	1	0	2
不明	20	17	2	7	1	13	5	65
合計	79	38	22	22	12	38	12	223

表 1-21 食中毒原因食品の毒力

毒力	検体数
不検出*1	57
無毒*2	24
弱毒	71
強毒	52
猛毒	14
実施せず	9
計	227

*1：検出されないか定量限界未満

*2：数値の記録があるが

表 1-22 地方衛生研究所で実施されたフグの毒性調査試料の一覧

種名	個体数
ナシフグ	526
トラフグ	36
ショウサイフグ	24
コモンフグ	12
マフグ	5
ヒガンフグ	4
シマフグ	1
シロサバフグ	51
クロサバフグ	24
不明	10
計	693

表 1-23 地方衛生研究所で調査されたフグ（筋肉）の毒性

種名	無毒	有毒	計
ナシフグ	414	0	414
トラフグ	32	0	32
ショウサイフグ	24	0	24
コモンフグ	11	0	11
マフグ	5	0	5
ヒガンフグ	4	0	4
シマフグ	1	0	1
シロサバフグ	51	0	51
クロサバフグ	24	0	24
不明	9	0	9
合計	575	0	575

表 1-24 地方衛生研究所で調査されたフグ（皮）の毒性

種名	無毒	弱毒	強毒	猛毒	計
ナシフグ	70	105	39		214
トラフグ	9				9
ショウサイフグ					0
コモンフグ		1			1
マフグ					0
ヒガンフグ					0
シマフグ					0
シロサバフグ	30				30
クロサバフグ	21				21
合計	130	106	39	0	275

表 1-25 地方衛生研究所で調査されたフグ（肝臓）の毒性

種名	無毒	弱毒	強毒	猛毒	計
ナシフグ					0
トラフグ					0
ショウサイフグ					0
コモンフグ	1				1
マフグ					0
ヒガンフグ					0
シマフグ					0
シロサバフグ	28				28
クロサバフグ	21				21
合計	50	0	0	0	50

表 1-26 地方衛生研究所で調査されたフグ（卵巣）の毒性

種名	無毒	弱毒	強毒	猛毒	計
ナシフグ		2			2
トラフグ					0
ショウサイフグ					0
コモンフグ			1		1
マフグ					0
ヒガンフグ					0
シロサバフグ	27	1			28
クロサバフグ	19				19
不明			1		1
合計	46	3	2	0	51

表 1-27 地方衛生研究所で調査されたフグ（精巢）の毒性

種名	無毒	弱毒	強毒	猛毒	計
ナシフグ	84				84
トラフグ					0
ショウサイフグ					0
コモンフグ	1				1
マフグ					0
ヒガンフグ					0
シロサバフグ					0
クロサバフグ	2				2
不明					0
合計	87	0	0	0	87

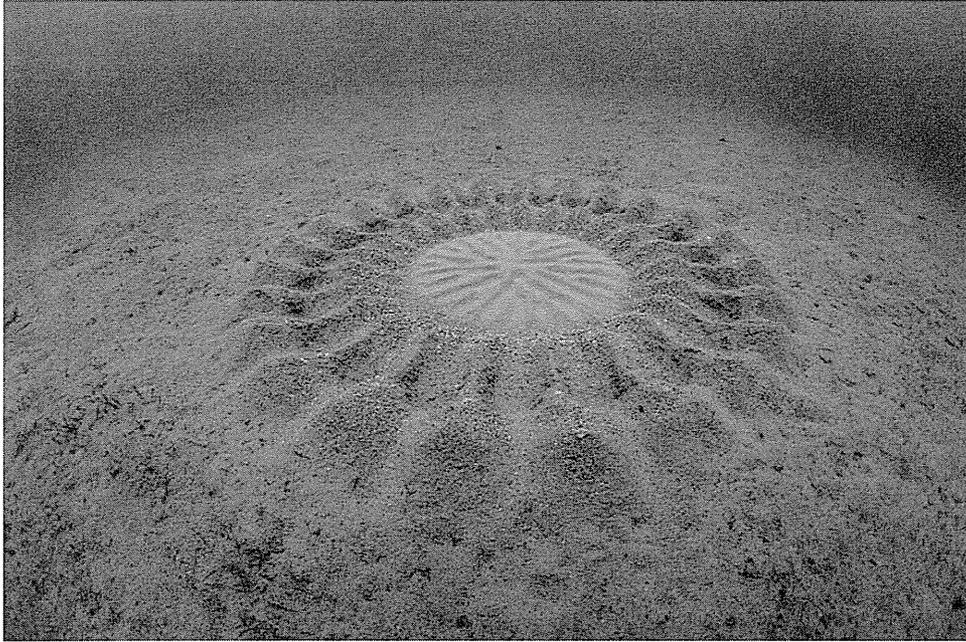


図 2-1 . *Torquigener albomaculosus* (アマミホシゾラフグ) の産卵巣 (写真 : 大方洋二)

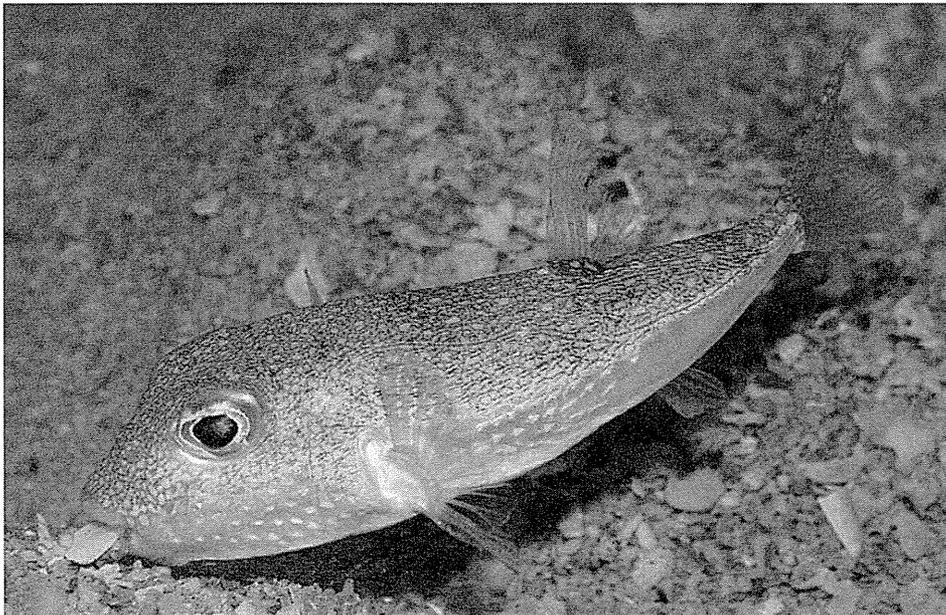


図 2-2. *Torquigener albomaculosus* (アマミホシゾラフグ) の水中写真 (写真 : 大方洋二)。

表 2-1 16S rRNA およびシトクローム *b* 領域の PCR 増幅に用いたプライマーセット

領域	プライマー配列	アニーリング温度 (°C)	増幅サイズ (bp)
16S rRNA	16SAR-L 5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3'	53	620
	16SBR-H 5'-CCGGTCTGAACTCAGATCACGT -3'		
シトクローム <i>b</i>	L14317G1u 5'-CAGGATTTTAACCAGGACTAATGGCTTGAA-3'	53	390
	H15149 5'-CCCTCAGAATGATATTTGTCTCA-3'		

表 2-2 選択したマイクロサテライト領域の PCR 増幅に用いたプライマーセット

マイクロサテライト領域	プライマー配列	GC 含量 (%)	塩基数	アニーリング温度 (°C)
ATAG	fms06F 5'-GCCTAAAGTGATCTCTGCTCTGTGG-3'	52	25	62
	fms06R 5'-CAGCCTTCCCAACTATCTTC-3'	50	20	
GAAAG	fms09F 5'-TGTTAATTCATTGGGAGGAAGAATG-3'	36	25	62
	fms09R 5'-GTTGTGCAACTGCATCGTAT-3'	45	20	

表 2-3 形態学的方法と遺伝子鑑別法による交雑フグ種の同定

形態学的方法	遺伝子鑑別法 (母方の遺伝情報)	例数
トラフグ×クサフグ	トラフグ	1
トラフグ×マフグ	マフグ	2
トラフグ×シマフグ	シマフグ	1
ショウサイフグ×コモンフグ	ショウサイフグ、ゴマフグ*1	3
コモンフグ×ムシフグ	シマフグ*1	1
ショウサイフグ×ゴマフグ	ゴマフグ	1
ショウサイフグ×マフグ	ショウサイフグ	1
合計		10

*1 形態学的方法による鑑別結果と遺伝子鑑別法 (母方の遺伝情報) が一致しない事例

表 2-4 人工交配フグ種の塩基配列同一性から見た母系種の同定

個体名	母系種×父系種	16S rRNA 領域		シトクローム <i>b</i> 領域		母系種同定結果
		トラフグ	マフグ	トラフグ	マフグ	
141219-1		572/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
141219-2	トラフグ×マフグ	562/562	560/562	435/436	423/436	トラフグ
141219-3		572/572	570/572	435/436	423/436	トラフグ
141219-4		562/564	563/564	424/436	436/436	マフグ
141219-5	マフグ×トラフグ	565/566	565/566	424/436	436/436	マフグ
141219-6		563/565	564/565	424/436	436/436	マフグ

表 2-5 トラフグ、カラスおよびマフグにおける ATAG 反復配列の回数

魚種	個体名	AGAT 反復	増幅サイズ (bp)
トラフグ	040525-1	36/40	197/309
	040525-2	34/35/36/37	189/193/209/225
	040525-3	33/34/38	197/201/217
カラス	020319-1	35/36	193/209
	020319-2	36/37	197/201
	020319-3	45/47	245/253
	020319-4	18/36	137/197
	020319-5	39/43	209/225
	020319-6	39	209
マフグ	020303-2	35/35	193/205

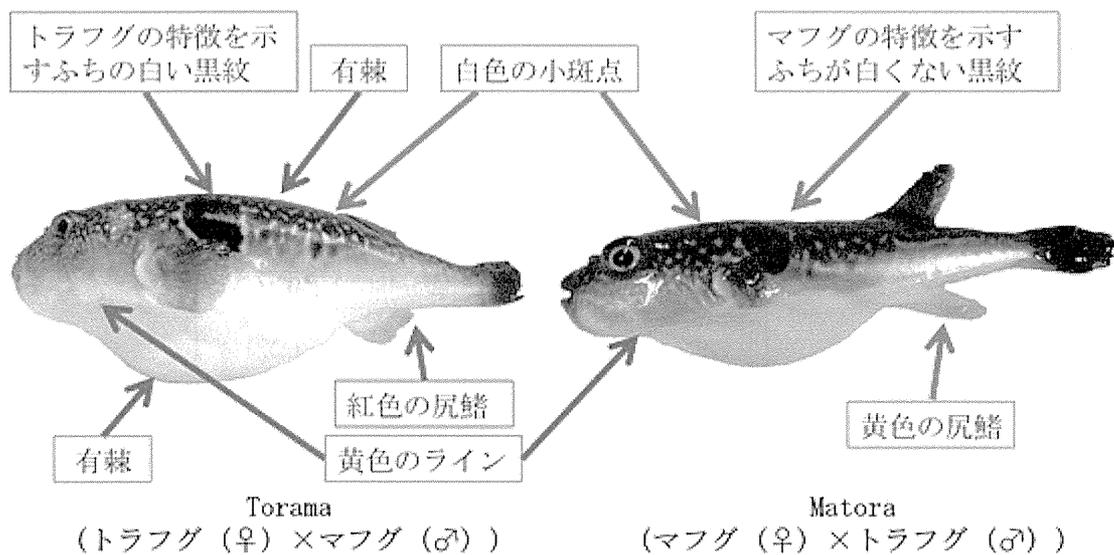


図 2-3 長崎大学から提供された人工交配フグ種の外観

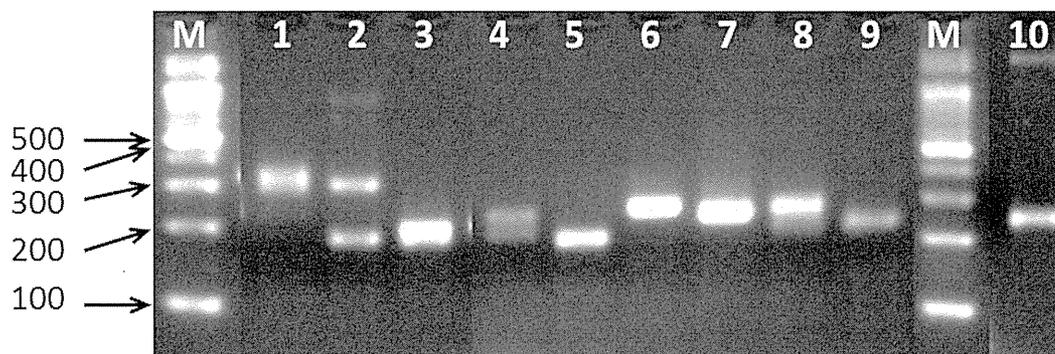


図 2-4 トラフグ、カラスおよびマフグにおける ATAG 反復パターン

1-3 : トラフグ、4-9 : カラス、10 : マフグ

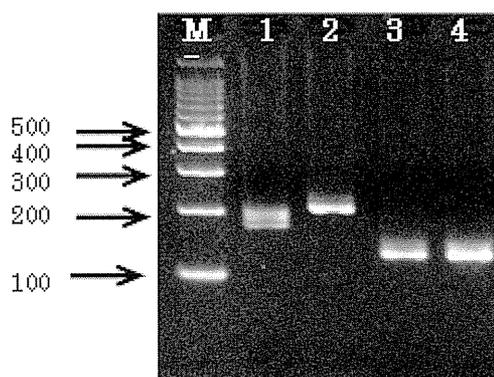


図 2-5 トラフグおよびマフグにおける GAAAG 反復パターン

1-2 : トラフグ、3-4 : マフグ

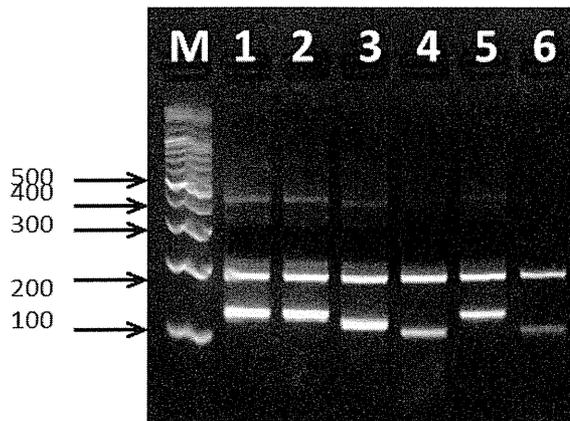


図 2-6 人工交配フグ種における GAAAG 反復パターン
 1-3 : トラフグ (♀) × マフグ (♂)
 4-6 : トラフグ (♂) × マフグ (♀)

別添 4

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
齋藤昌義, 濱田友貴, 荒川 修	第7章 食の 安全を追求 する科学	安田弘法, 中村宗一郎, 太田寛行, 橘 勝康, 生 源寺眞一 編	農学の魅力	養賢堂	東京	2013	169-195
長島裕二	コラム5 魚 介毒の化学 成分と薬理 作用	篠永 哲, 野 口玉雄, 今 泉忠明, 小 川賢一 監 修	フィールドベ スト図鑑 vol. 17 危険・有毒生物	学研	東京	2013	236
荒川 修	コラム7 動 物界におけ るフグ毒の 分布	篠永 哲, 野 口玉雄, 今 泉忠明, 小 川賢一 監 修	フィールドベ スト図鑑 vol. 17 危険・有毒生物	学研	東京	2013	238
長島裕二, 松本拓也	フグ毒		別冊日本臨牀 新領域別症候群 シリーズ No. 30 神経症候群(第2 版) V	日本臨牀 社	大阪	2014	680-683
大城直雅, 仲里信彦	シガテラ魚 類食中毒		別冊日本臨牀 新領域別症候群 シリーズ No. 30 神経症候群(第2 版) V	日本臨牀 社	大阪	2014	684-687
大城直雅	パリトキシ ン様毒とパ リトキシ ン		別冊日本臨牀 新領域別症候群 シリーズ No. 30 神経症候群(第2 版) V	日本臨牀 社	大阪	2014	688-691
佐藤 繁	貝毒		別冊日本臨牀	日本臨牀	大阪	2014	692-695

			新領域別症候群 シリーズ No. 30 神経症候群(第2 版) V	社			
佐藤 繁, 児玉正昭	フグ毒		食品衛生検査指 針・理化学編	日本食品 衛生協会	東京	2015	813-820
大城直雅	下痢性貝毒		食品衛生検査指 針・理化学編	日本食品 衛生協会	東京	2015	835-841
大城直雅	シガテラ毒		食品衛生検査指 針・理化学編	日本食品 衛生協会	東京	2015	842-848
松浦啓一, 長島裕二 編			毒魚の自然史— 毒の謎を追う	北海道大 学出版会	札幌	2015	312 pp.

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
荒川 修	フグ類が保有する毒の分布, 蓄 積機構, および生理機能	日本水産学会 誌	79 巻	311-314	2013
谷口香織, 高尾秀樹, 新名真也, 山中祐二, 岡田幸長, 中島梨花, 王 俊杰, 辰野竜平, 阪 倉良孝, 高谷智裕, 荒 川 修, 野口玉雄	天然トラフグ肝臓の毒性分布	食品衛生学雑 誌	54 巻	277-281	2013
與儀健太郎, 大城直雅, 松田聖子, 佐久川さつ き, 松尾敏明, 安元 健	奄美大島・加計呂麻島における シガテラ原因魚の毒組成解析	食品衛生学雑 誌	54 巻	385-391	2013
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 巻	339-344	2014

T. Matsumoto, H. Feroudj, R. Kikuchi, Y. Kawana, H. Kondo, I. Hirono, T. Mochizuki, Y. Nagashima, G. Kaneko, H. Ushio, M. Kodama, S. Watabe	DNA microarray analysis on the genes differentially expressed in the liver of the pufferfish <i>Takifugu rubripes</i> , following an intramuscular administration of tetrodotoxin	Microarrays	3 卷	226-244	2014
H. Feroudj, T. Matsumoto, Y. Kurosu, G. Kaneko, H. Ushio, K. Suzuki, H. Kondo, I. Hirono, Y. Nagashima, S. Akimoto, K. Usui, S. Kinoshita, S. Asakawa, M. Kodama, S. Watabe	DNA microarray analysis on gene candidates possibly related to tetrodotoxin accumulation in pufferfish	Toxicon	77 卷	68-72	2014
辰野竜平, 反町太樹, 谷山茂人, 大城直雅, 久保弘文, 高谷智裕, 荒川 修	腐肉食性小型巻貝 2 種に対するフグ毒給餌実験	食品衛生学雑誌	55 卷	152-156	2014
K. Matsuura	Taxonomy and systematics of tetraodontiform fishes: a review focusing primarily on progress in the period from 1980 to 2014	Ichthyol. Res.	62 卷	72-113	2015
K. Matsuura	A new pufferfish of the genus <i>Torquigener</i> that builds “mystery circles” on sandy bottoms in the Ryukyu Islands, Japan (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae)	Ichthyol. Res.	62 卷	207-212	2015
T. Matsumoto, A. Kiriake, S. Ishizaki, S. Watabe, Y. Nagashima	Biliary excretion of tetrodotoxin in the cultured pufferfish <i>Takifugu rubripes</i> juvenile after intramuscular administration	Toxicon	93 卷	98-102	2015

- 米田義樹 (2002) 乳のおいしさ『畜産食品の事典』(細野明義・沖谷明紘・吉川正明・八田一編) pp. 162-163 朝倉書店, 東京
- 司城不二 (1994) 牛乳乳製品のおいしさ 2. チーズの風味『ミルクのサイエンス—ミルクの新しい働き—』(上野川修一・菅野長右エ門・細野明義編) pp. 15-21 全国農協乳業プラント協会, 東京
- 中島一郎 (2008) 乳・卵および加工品 1. チーズ『食品と発酵』(石谷孝佑編) pp. 275-282 光琳, 東京
- 渡邊幸夫 (2003) 食肉のテクスチャー『おいしさの科学事典』(山野善正総編集) pp. 263-268 朝倉書店, 東京
- 小川雅廣 (2011) 肉類『進化するテクスチャー研究』(山野善正編) pp. 2601-2615 エヌ・ティー・エス, 東京
- 鳥居邦夫・二宮くみ子 (2004) 肉の食べごろには、どんなうま味成分が増えてくるのか『味のなんでも小事典』(日本味と匂学会編) pp. 234-235 講談社, 東京
- 西村敏英 (2002) 食肉の食感『畜産食品の事典』(細野明義・沖谷明紘・吉川正明・八田一編) pp. 249-250 朝倉書店, 東京
- 有原圭三 (2006) 食肉の保健的機能性『最新畜産物利用学』(齋藤忠夫・西村敏英・松田幹編) pp. 122-124 朝倉書店, 東京
- 伏木亨 (2007) 油脂とおいしさ. 化学と生物, 45 : 488-494.
- Matsumura, S., Mizushige, T., Yoneda, T., Iwanaga, T., Tsuzuki, S., Inoue, K., and Fushiki, T. (2007) GPR expression in the rat taste bud relating to fatty acid sensing. Biomedical Research, 28 : 49-55.

第7章 食の安全を追求する科学

齋藤 昌義¹・濱田 友貴²・荒川 修²

(¹(独)国際農林水産業研究センター・²長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科)



キーワード

品種判別, 産地判別, HACCP (危害分析重要管理点), 食物アレルギー, 食中毒, 魚介毒

概要

食品は、さまざまな安全性の基準を満たしているものであるが、人が毎日摂取するものとして、「安心して」食べられることも重要である。たとえば、自分が食べている農産物の品種や産地が表示されている通りであるのか、ということは、食の安心に大きく関わる。食品のこのような情報をどのようにして保証するか、そのための研究や技術開発も、重要な課題である。そして、必要な情報が適切に公開されることが食の安心のために不可欠である。

一方、食品の安全には、生産・流通・加工・消費のすべての段階で安全を確保する取り組みが必要である。そのためには、加工における危害を防止するシステムも不可欠である。最終製品の検査で安全性を確認するだけでなく、原料を入荷してから製品を出荷するまで、すべての工程において危害を生じる要因を調べて、それを防止するために重要なポイントを継続して監視して不良品の出荷を防ぐという考えに基づいた取り組みがなされている。

他方、食の安全を脅かす危害の具体例としては、食物アレルギーや食中毒、さらには発がん物質や環境ホルモンによる慢性的影響などを挙げるができる。近年、日本では一年当たり平均約2万8千人が食中毒に罹り、うち数名が命を落としているが、致死的な中毒の半数近くはフグ毒等魚介毒を原因とした

ものである。これら食品衛生上問題となる魚介毒の多くは外因性で、元来、細菌や微細藻類が産生し、食物連鎖を介して上位の生物に移行・蓄積することから、温暖化等海洋環境の変化による有毒魚介類の多様化・分布広域化が危惧されている。

以上のような状況の下、本章では、食の安全を追求する科学の一例として、まず農産物の品種/産地判別技術、ならびに HACCP (危害分析重要管理点) と呼ばれる安全を創るシステムについて解説する。次いで、食物アレルギーの発症機構や魚介類のアレルゲンについて概説するとともに、最近日本で問題になっている魚介毒、すなわちフグ毒テトロドトキシン、シガテラ毒、テトラミン、およびパリトキシン様毒を中心に、それらの分布や蓄積機構、中毒の疫学的特性等について最新の知見を紹介したい。

1. はじめに

現代の日本人の食生活は、国内外のさまざまな食材や加工品を活用して、非常に豊かなものとなっている。われわれが摂取する食品は、さまざまな規制や管理によってその安全性が保たれているが、この安全性を確保する基盤として、食品の生産、流通や加工における情報が適切に提供されることが重要である。

情報の管理と提供のためのしくみが法律などでも定められており、これらはトレーサビリティ (ボックス1参照) という考え方に基いて制度の確立、充実が進められている。一方では、これらの情報が正しいものであるかを科学的に証明する技術が、制度の裏付けとして不可欠である。たとえば、表示されている米の品種や、野菜の産地が正しいか、遺伝子や成分の分析などから科学的に示されることが必要である。

一方、食品の安全を脅かす因子は、微生物などが生産する自然の毒や、食品の流通加工において事故により混入する毒性のある物質があげられる。現代の食生活では加工食品が家庭に浸透し、調理済みの食材も多く提供されるようになってきている。そのため、食の安全を守るためには、加工において危害を加えうる要因を分析し、それぞれの工程を監視

してその危害を防止するシステムが取り入れられている。

次節以降、まず、米の品種判別、野菜の産地判別といった農産物の素性を保証する技術、次いで加工食品の安全を確保するための衛生管理システム (HACCP) について説明した後、食の安全を脅かす危害因子として、食物アレルギー、食中毒、ならびにそれを引き起こす主要な魚介毒について順次解説していく。

ボックス 1

トレーサビリティ

トレーサビリティとは、生産、加工及び流通の段階で、食品の移動を把握できることであり、これらに関わる事業者がいつ、どこから入荷し、どこへ出荷したかを記録しておくことにより、食品がどこから来てどこへ行ったかがわかるようにすることである。それによって、食品に問題が発生した際、商品を特定した回収や問題の発生箇所の速やかな特定、安全な他の流通ルートの確保が可能となる。

わが国では、2001年のBSE (牛海綿状脳症) の発生を機に、トレーサビリティという考えが注目され、牛肉の生産・流通が記録されるようになった。2003年に制定された「牛肉履歴管理法」で、国内で生産・販売される牛肉に10桁の個体識別番号を表示することが義務づけられた。

また、農薬やカビで汚染された輸入米が食用として流通して問題となった2008年の事故米事件の反省から、米の生産者や流通業者は取引記録を保存するよう義務づけられた。2011年に全面施行された「米トレーサビリティ法」では、外食店でも米を使った料理で原産国を表示することが義務づけられた。小売店で販売される主食米では、「日本農林規格法」に基づいて都道府県の産地が表示されている。

2. 農産物の素性を保証する技術

(1) 米の品種判別技術

食生活の質が向上してくると、消費者のニーズも多様化してくる。例

図1 米の品質表示

名 称	精 米		
	産 地	品 種	産 年
原 料 玄 米	単一原料米 〇〇県 〇〇〇〇 〇〇年産		
内 容 量	〇kg		
精米年月日	00.00.00		
販 売 者	〇〇米穀株式会社 〇〇県〇〇市〇〇町〇〇 〇-〇〇 電話番号 〇〇〇(〇〇〇)〇〇〇〇		

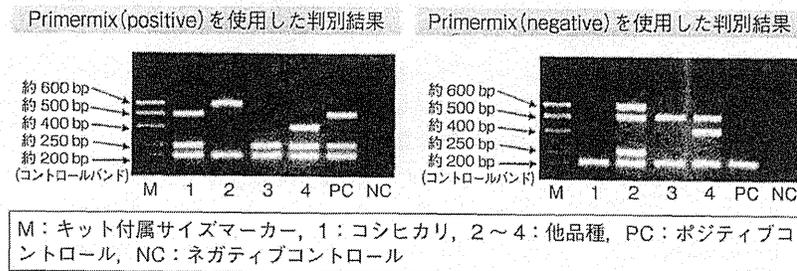
例えば、毎日食する米は、コシヒカリなどの特定の品種を選択して購入したりするが、包装に表示されている情報が正しいかを、米粒の外見から判断することは困難である。そこで、科学的に表示の真偽を証明する手法が望まれており、いくつかの実用的な分析技術が開発されている。

米には、品質に関する表示がJAS法（「農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律」）によって義務づけられている（図1）。原料玄米の項目には、使用割合100%の場合、「単一原料米」と記載され、それ以外の場合は、「複数原料米」などと記載され、使用割合が示されている。コシヒカリの単一原料米に他の品種が混入されていないことを確認するには、米一粒毎の品種判別が必要となる。

遺伝子情報であるDNAレベルで米の品種を判別する手法は、判別を一粒で行うことが可能なまでに進歩している。また、米だけでなく、炊飯やおかゆからでもDNAを抽出して解析が可能となっている。このように、DNA分析という科学的に信頼性の高い手法によって米の品種判別ができることは、品種表示の偽装を防ぐ効果が大きい。

1997年頃に初めて実用化されたDNA分析によって米の品種を判別する方法は、試料から抽出したDNAの複数の領域を無作為に増幅し、それら増幅された断片の中で、品種間で異なる部分を検出するものであった。この手法は、イネのすべての遺伝情報（ゲノム配列情報）を必要としないため、ゲノム研究が進展する以前は主流となる手法であった。しかし、DNAを無作為に増幅するため、各品種で共通に増幅され

図2 コシヒカリの品種判定例



コシヒカリの場合には複数の決まった位置に必ずバンドがあらわれるポジティブと、他の品種の場合（コシヒカリに他の品種が混合している場合も含む）にバンドがあらわれるネガティブの2種類の分析で、コシヒカリの判定が正確に行われる。

る部分が多くあり、識別が困難な場合もあった。

この手法の改良として、米のDNA塩基配列情報に基づいて品種に特徴的なDNA断片を選択的に増幅し検出する技術が開発され、より正確な品種判別が可能となった。

食味がよいことから人気のあるコシヒカリの表示偽装が多発したことから、コシヒカリの判別だけを目的とした分析試薬も開発された（図2）。これは、コシヒカリでのみ特有の断片が検出される、コシヒカリであることを示すポジティブキット（positive kit）と、コシヒカリでは断片が検出されず、他の品種ではいくつかの断片が検出され、コシヒカリではない品種であることを検出するネガティブキット（negative kit）からなる。このキットの市販が表示の不正を減少させることに貢献している。

このようなDNAレベルで米の品種を判定する方法は急速に進歩しており、現在、日本穀物検定協会において実施されている品種鑑定では、100品種以上の判別が可能となっている。

(2) 野菜等の産地判別技術

野菜等では、産地が異なっても同じ品種のものであれば、遺伝子の情報も同じであり、遺伝子情報から産地の区別はできない。しかし、産地が異なることにより含有成分にわずかな差が出ることを利用して産地を

判別する技術が開発されている。産地により差の出る成分として、無機元素組成、同位体比等に注目して技術が開発されている。

たとえば、中国産ネギと国産ネギを判別する場合、品種が同じなのでDNAの分析では差が認められない。そこで、栽培された土壤中の微量元素の違いを反映する無機成分の分析により産地判別を行う。

農林水産消費安全技術センター（FAMIC）のホームページには、ネギ、乾シイタケ、黒大豆、タマネギ、ニンニクなどの原産地判別のマニュアルが掲載されている。前処理のしかたや対象となる元素などがマニュアル化されており、産地判別が可能となっている。たとえば、白ネギの国産品と中国などの外国産品とを判別するためには、白ネギを酸により分解し、得られた試料溶液中の20の元素を測定する。そのデータに基づいて統計解析を行うことにより、原産地を判別する手法が示されている。

微量元素の比率以外にも、植物が吸収する元素の安定同位体比は、その生育してきた環境を反映していることから、炭素、窒素、酸素の同位体比を測定することによって産地を判別する技術も開発されている。

(3) 技術の展望

食品の安全は、食品の流通経路などで誤魔化しができないことが基盤となっている。そのため、拠り所となる食品への表示が重要となるが、表示の信憑性を確保するには、科学的検証としての判別技術が不可欠である。

DNAを解析することで品種等を判別する技術は、米以外にも広く活用されるようになってきている。たとえば、肉種の判別や他の肉種混入の有無の判別も可能となっている。このような遺伝子判別技術を利用した測定法は日進月歩である。消費者ニーズに応じてJAS法等での表示のルールが強化され、多様化している現在、判別手法の精度を向上し、より広い範囲の情報を正確に提供していく技術開発が続けられている。

分析技術の開発のための研究や、分析法の詳細については、農林水産省農林水産技術会議事務局（2004）、日本分析科学会表示・起源分析技術研究懇談会（2010）が編集した図書等が参考となる。

3. 食品の安全を創るシステム

これまでの食品の安全を確保する方法は、製造環境を清潔にすれば安全な食品ができると考え、最終的な製品の検査（抜き取り検査）により安全を確認してきた。しかしこの方法では製品のすべてを検査することはできない。そのため、危険な食品が市場に出て問題を引き起こす可能性が残る。そこで、HACCP（危害分析重要管理点）と呼ばれる考え方が取り入れられるようになった。

HACCPは、製品の製造工程で発生する恐れのある微生物や有害物質の混入などの危害因子について調査・分析し（これを危害分析という）、次いで製造工程の各段階で危害を防止するための重要な管理すべき事項（重要管理点）を特定して、それを継続的に監視して、異常が認められた場合にすぐに対策をとり、不良製品の出荷を防ぐというシステムである。

このHACCPというシステムは、1960年代に米国において宇宙食の安全性を確保するために開発された手法であるが、現在では食品の衛生管理手法として国際的に認められており、わが国でもHACCPの計画作成を支援するガイドなどが示され、企業に導入されている。

ボックス2

賞味期限と消費期限

加工食品については、食品衛生法ならびにJAS法に基づき、従来「製造年月日」の表示が義務づけられていたが、平成7年よりこれに代えて「賞味期限」または「消費期限」を表示することとなった。賞味期限は比較的劣化が遅い食品、たとえばスナック菓子、カップ麺、缶詰等を対象とし、「定められた方法により保存した場合において、期待されるすべての品質の保持が十分に可能であると認められる期限」、すなわち美味しく食べることができる期限を3ヶ月以内であれば年月日で、それを超える場合は年月で表示する。この期限を過ぎて、すぐに食べられなくなるわけではない。一方、消費期限は、弁当、サンドイッチ、生麺等、劣化が早い食品に適用し、「定められた方法により保存した場合において、腐敗、変敗

その他の品質の劣化に伴い安全性を欠くこととなるおそれがないと認められる期限」すなわち安全に食べることができる期限を年月日で表示する。この期限を過ぎたら食べない方がよい。賞味期限、消費期限ともに未開封を条件とし、理化学試験、微生物試験、官能検査等の科学的データに基づいて設定されており、一度開封した食品の日持ちについては、表示期限に関わらず消費者自ら判断する必要がある。

4. 食の安全を脅かす危害因子

前述のように、食の安全を確保するためには、まずそれを脅かすさまざまな危害因子、すなわち食中毒や食品由来感染症、食品汚染物質、食品の変質、器具・容器包装の影響等について考慮する必要がある。これらの現状や原因・起源、発生メカニズムを知ることで、それによる健康障害や不安を未然に防止、あるいは軽減する手立てを案出することができる。このような危害因子のうち、とくに魚介類に関連した食品衛生上の問題として、食物アレルギーと食中毒、ならびにN-ニトロソ化合物などの発がん物質や有機スズ、ダイオキシン、残留農薬などの内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）による慢性的影響を挙げることができる。発がん物質や環境ホルモン、さらには最近にわかに浮上した放射性物質による潜在的な健康危害は、食の安全を確保するうえで十分に考慮しなければならない重要な課題であるが、これらについての解説は他の成書に譲り、ここでは急性健康障害である食物アレルギーと食中毒に焦点を絞りたい。

食物アレルギーの場合、乳幼児から幼児期にかけては鶏卵と牛乳が主要な原因食品であるが、青年期ないし成人期以降になると、これらに代わりエビ、カニ、魚などの魚介類が主役となる。一方、食中毒の場合、事件数や患者数では微生物性のものが圧倒的に多いが、死者数で見ると動物性自然毒（魚介毒）、とくにフグ毒によるものが最も多い。次節以降、食物アレルギーの発症機構や魚介類のアレルゲン、ならびに食中毒

発生状況について概説するとともに、致死的な食中毒原因のトップであるフグ毒を中心に、最近日本で問題になっている魚介毒の分布や蓄積機構、中毒の疫学的特性等について解説する。

5. 魚介類による食物アレルギー

食物アレルギーは、花粉症と同じように自分の体を防御するための免疫機構が過剰に反応し、本来なら食品として食べることができるタンパク質に対して抗体（ほとんどの場合、イムノグロブリンE：IgE）を作り、最終的に自分の体を攻撃してしまう病気である。そのため、アレルギー様食中毒（ボックス3参照）とは異なり、食物アレルギーは特異的な抗体をもった人にだけ起こる。この抗体が反応するタンパク質、すなわちアレルギーの原因物質をアレルゲンという。食物アレルギー（I型アレルギー）のメカニズムを簡単に説明すると、アレルゲンであるタンパク質を含む食品を食べた患者は腸管からアレルゲンをそのまま、あるいはペプチドに分解して吸収する。このアレルゲンを免疫細胞の抗原提示細胞などが認識し、情報をT細胞に伝える。T細胞はさらにB細胞に情報を伝達し、刺激を受け成熟したB細胞は、このアレルゲンに対するIgEを生産する。IgEはリンパ液によって体中に運ばれ、各器官に存在するマスト細胞などの表面に多数結合する。その後、患者が再度アレルゲンを含む食品を食べたときに、マスト細胞表面の2個以上のIgEとアレルゲンが結合し、架橋構造を形成すると、その刺激によりマスト細胞内の化学物質（ヒスタミン、ロイコトリエン、プロスタグランジンなど）が細胞外へ放出される。それら化学物質が患者自身を攻撃してしまうため、じんま疹、嘔吐、下痢などの症状がでる。これらの反応がさらに過剰になり、重篤な場合になるとアナフィラキシーショックによって死亡する危険性もある。

現在までに、魚介類アレルギーのアレルゲンがいくつか報告されている。魚類では、魚肉中の筋形質タンパク質であるパルブアルブミンが主要なアレルゲンである。また、魚類のコラーゲン、アルデヒドリン酸デ