

リスクプロファイル
(ドクツルタケ *Amanita virosa*)

6、ドクツルタケ

項目	内容	
1	(1) 一般名	ドクツルタケ (シロコドグ：秋田、テッポウタケ)
	(2)分類	テングタケ科
	① 学名	<i>Amanita virosa</i>
	(3)特徴	
	①発生場所	針葉樹林や広葉樹林の地上に発生する
	② 発生時期	夏～秋
	③ 形態	傘：白色、湿っているときはやや粘性がある。 傘のふちに条線はない。
	④ * 1	ヒダ：白色。密。 柄：白色。上部には膜質のつば、基部には大きな袋状のつばがある。 表面は小鱗片～ささくれ状となる。 その他：中型～大型
2	(1) 毒性成分	ピロトキシン類 ファロトキシン類 アマトキシン類 ジヒドロキシグルタミン酸
	(2)食中毒の型	
	(2) 中毒症状 * 1	毒成分としてアマニトキシシンを含むためタマゴテングタケによる中毒と同様の中毒を起こす。 死亡例がある。 タマゴテングタケの症状 中毒症状が2段階に分けて起こる。比較的潜伏期間が長いのが特徴。食後6~24時間ほどしてコレラ様の症状(嘔吐、下痢、腹痛)が現れるが一日くらいで回復する。その後4~7日くらいして肝臓肥大、黄疸、胃腸の出血などの内臓の細胞が破壊された結果の症状が現れ死に至る。
	(4)発病時間	
3	(1) 発症事例 * 2	症例 1 平成5年(1993)8月6日、名古屋市千種区の東山植物園で名古屋大学中国人留学生一家3人(夫35歳、妻33歳、長男4歳)が白いきのこを採集し、ス

		<p>ープや炊き込みご飯にして摂食。摂食6時間後(午前0時)より吐き気、下痢などの中毒症状が発症したので市内の病院に運ばれた。夫は、「毒キノコを食べた」と訴えたにもかかわらず、病院は胃洗浄や血液透析などによる毒物の除去をせず、設備の整った別の病院へ転送する措置を取らなかったため、58時間後(9日午前5時ごろ)長男が死亡した。夫婦は名古屋大学付属病院に転院したが、妻も死亡、夫だけが助かった。同市衛生局は13日、留学生宅の食べ残しの検査結果などから、採集したドクツルタケかシロタマゴテングタケのどちらかを摂食したという見方を明らかにした。</p> <p>症例2 平成12年(2002)10月22日、大阪府と奈良県境、信貴生駒スカイラインの駐車場近くの林に発生していたきのこを男性(51歳)が袋いっぱい採り、夕食に茹でこぼして、醤油をかけて調理。家族(3人)のうち、妻を除いた男性と子供(女子7歳)2人が摂食。摂食12時間後、子供が吐き気や腹痛、下痢などを発症、病院で治療を受けた。一旦帰宅後、27日に再び意識レベルが低下し、同病院に入院。男性も摂食4日後(27日)、同病院で血液検査結果、肝機能が悪化していたため入院した。子供が発症した初診時「きのこを食べた」と話しておらず、医師はきのこ中毒と気付かなかったという。その後2人とも症状は軽快し退院した。</p>																								
	(2) 患者数 (引用、⑥自然毒)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>年度</th> <th>発生件数</th> <th>患者総数</th> <th>摂食者総数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2003年度</td> <td>1件</td> <td>2人</td> <td>2人</td> </tr> <tr> <td>2004年度</td> <td>0件</td> <td>0人</td> <td>0人</td> </tr> <tr> <td>2005年度</td> <td>1件</td> <td>2人</td> <td>2人</td> </tr> <tr> <td>2006年度</td> <td>0件</td> <td>0人</td> <td>0人</td> </tr> <tr> <td>2007年度</td> <td>0件</td> <td>0人</td> <td>0人</td> </tr> </tbody> </table>	年度	発生件数	患者総数	摂食者総数	2003年度	1件	2人	2人	2004年度	0件	0人	0人	2005年度	1件	2人	2人	2006年度	0件	0人	0人	2007年度	0件	0人	0人
年度	発生件数	患者総数	摂食者総数																							
2003年度	1件	2人	2人																							
2004年度	0件	0人	0人																							
2005年度	1件	2人	2人																							
2006年度	0件	0人	0人																							
2007年度	0件	0人	0人																							
	(3)中毒対策																									
4	(1)毒性成分の分析法																									
5	(5) 諸外国での状況																									

6	(1)その他の参考になる情報	
7	間違えやすい食用キノコ	シロタマゴテングタケ(毒)とも似ている
	(1)一般名	シロオオハラタケ
	(2)学名	<i>Agaricus arvensis</i>
	(3) 区別できる特徴	傘の裏は灰褐色
	(1)一般名	ハラタケ
	(3) 学名	<i>Agaricus campestris</i>
	(4) 区別できる特徴	傘の裏は灰褐色 (そのほかに、子実体からもブラジキニン分解活性の強いキニナーゼが得られている。引用：⑦P.291)
	(1)一般名	シロマツタケモドキ
	(2)学名	<i>Tricholoma radicans</i>
	(4) 区別できる特徴	傘の裏も白いので要注意 鱗片が顕著である

引用・参考文献

1)

長沢栄史「フィールドベスト図鑑 14 日本の毒きのこ」 (株)学習研究社

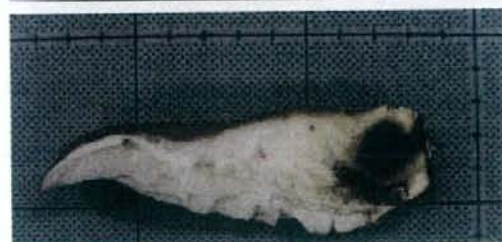
2)

編著者・奥沢康正、久世幸吾、奥沢淳治 「毒きのこ今昔—中毒症例を中心にして—」 (株) 思文閣出版

リスクプロファイル概要版（ツキヨタケ）

特徴	大きさ	傘径：10～25cm、柄長：1.5～2.5cm、柄径：1.5～3cm
	形	傘：半円形～じん臓形。濃色の小鱗片を有する。ロウ状を呈する。 ひだ：垂生し、幅は広い。 柄：太く短い柄が傘のほとんど側方に付く。 ひだの付け根との境につば様の隆起帯がある。 肉：厚い。
	色	傘：初め黄橙褐色で、成熟すると紫褐色～暗紫褐色。 ひだ：淡黄色のち白色。 柄：傘より淡色。肉の内部は暗紫色～黒褐色のしみがある。このしみは不明瞭なもの、ないものもある。 肉：白色。
	発生時期	夏～秋（特に秋）
	発生場所	ブナ、イタヤカエデなどの枯れ木上に重なり合って発生する。
	その他	目が慣れれば、暗い場所ではひだが青白から蛍光緑にかすかに光る。 地方名：ワタリ、ワシタケ
	似ている食用きのこ	ヒラタケ、ムキタケ、シイタケ
症状	食後30分～1時間程で腹痛、おう吐、下痢などの胃腸系の症状が現れる。 ひどい場合はけいれん、脱水症状、アシドーシス、ショックなどを起こす。	
毒成分	イルジンS、イルジンM	

(写真提供：島根県)



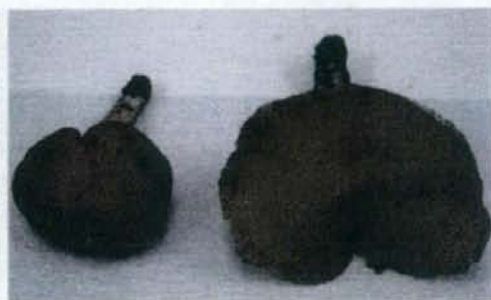
注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

リスクプロファイル概要版（クサウラベニタケ）

特徴	大きさ	傘径：3～8cm、柄長：5～10cm、柄径：0.5～1.5cm
	形	傘：初めやや鐘形、のち中高の平らに開く。表面は平滑。 ひだ：直生～湾生。密。 柄：上下同幅～下方がやや太る。中空。
	色	傘：灰褐色から灰色で乾くと絹糸状光沢がある。 ひだ：初め白色、のちピンク色になる。 柄：ほぼ白色でつやがある。 肉：表皮直下は暗色、ほかの部分は白色。
	発生時期	夏～秋（早いものは梅雨時から姿を見せ始める。）
	発生場所	コナラ、クヌギ、シイなどの広葉樹林の地上に散生～群生する。
	その他	肉に粉臭があり、苦みはない。 地方名：アシボソシメジ（埼玉）、ウススミ（秋田）、サクラッコ（秋田）、ニタリ（大分）、メイジンナカセ
	似ている食用きのこ	ウラベニホテイシメジ、ホンシメジ、ハタケシメジ
症状	腹痛、おう吐、下痢などの胃腸系の中毒を起こす。発汗などムスカリン中毒の症状も現れる。	
毒成分	溶血性タンパク、コリン、ムスカリン、ムスカリジンなど	

（写真提供：島根県）



注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

リスクプロファイル概要版（カキシメジ）

特徴	大きさ	傘径：3～8cm、柄長：2.5～6cm、柄径：0.6～2cm
	形	傘：初め半球形からまんじゅう形で、のちに平らに開く。 湿っている時は粘性がある。縁部は初め内側に巻く。 ひだ：湾生で、密。 柄：根もとがやや膨らむ。内部に随があるかまたは中空。
	色	傘：表面は帯赤褐色～くり褐色。 ひだ：初め白色で、のちに褐色のしみができる。 柄：上部は白色、下部は淡赤褐色。
	発生時期	秋
	発生場所	コナラ、クヌギなどの雑木林、アカマツ林などの地上に単生～群生する。
	その他	地方名：オショウモタシ（東北）、カキモタセ（新潟）、コノハシメジ（青森、秋田） マツシメジと呼ばれることもある。
	似ている食用きのこ	ニセアブラシメジ（クリフウセンタケ）、チャナメツムタケ、シイタケ
症状	食後30分～3時間後にあらわれ、頭痛を伴い、おう吐、下痢、腹痛などの症状を起こす。	
毒成分	ウスタリン酸：水溶性であるため、何本食べたかより、毒成分が溶出した汁をどのくらい摂取したかによって、潜伏時間や症状の現れ方に差がみられる。	

（写真提供：島根県）



注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

リスクプロファイル概要版（ニガクリタケ）

特徴	大きさ	傘径：1～5cm、柄長：2～12cm、柄径：0.2～0.7cm
	形	傘：まんじゅう形からほぼ平らに開く。表面は湿り気を帯び、やや吸水性。周辺部に初めクモの巣状の被膜の名残を付ける。 ひだ：湾生～上生し、密。 柄：繊維状。中ほどに糸くず状のつばをつける場合もある。
	色	傘：硫黄色で、中央部はやや黄褐色。 ひだ：初め硫黄色、のち帯オリーブ緑色から紫褐色になる。 柄：上方は傘と同色。下方は橙褐色。絹糸のような光沢がある。 肉：黄色。
	発生時期	年間通して発生
	発生場所	広葉樹及び針葉樹の枯れ幹や切り株、竹の枯稗などに束生～群生する。
	その他	肉が非常に苦い、あるいは辛い。 地方名：ニガコ（東北）、スズメタケ（青森）
	似ている食用きのこ	ナメコ、クリタケ、ナラタケ、ナラタケモドキ
症状	食後3時間程度で強い腹痛、激しいおう吐、下痢、悪寒などの症状が現れる。 重症の場合は脱水症状、アシドーシス、けいれん、ショックなどの症状が現れ、死亡する 場合がある。	
毒成分	カルモジュリン阻害活性を持つファシキュロール、ファシキュリン酸の他、 ムスカリン類。	

(写真提供：鳥根県)



注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

リスクプロファイル概要版（ドクササコ）

特徴	大きさ	傘径：5～10cm、柄長：3～5cm、柄径：0.5～0.8cm
	形	傘：初め中央のくぼんだまんじゅう形、のち開いてじょうご形となる。 縁部は内側に巻く。表面は平滑。 ひだ：長く垂生し、密。 柄：繊維質で縦に裂けやすい。中空。
	色	傘：淡橙黄色～茶褐色。 ひだ：黄白色。 柄：傘とほぼ同色。
	発生時期	秋
	発生場所	タケやぶ、ササやぶ、コナラ林など群生し、時に菌輪をつくる。
	その他	地方名：ササコ（秋田）、ヤケドタケ（秋田）、ジゴクモタシ（秋田）、ヤブシメジ、ヤケドキン
	似ている食用きのこ	チチタケ、ホテイシメジ、ナラタケ
症状	末端紅痛症を起こす。早い場合は食後6時間程度、遅い場合は1週間程経過してから、手足の先端が赤く腫れ、激痛がし、この症状が1ヶ月以上続く。	
毒成分	アクロメリン酸、クリチジン、スチゾロビン酸、スチゾロビニン酸など	



注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

リスクプロファイル概要版（ドクツルタケ）

特徴	大きさ	傘径：6～15cm、柄長：14～24cm、柄径：1～2.3cm
	形	傘：卵形～円錐形、のち中高の平らに開く。 表面は平滑。湿時粘性がある。 ひだ：離生し、やや密～やや疎。 柄：繊維状のささくれに覆われ、上部に膜質のつばが付く。 根もとはやや球根状に膨らみ、袋状の大型のつぼを備える。
	色	全体が白色。
	発生時期	初夏～秋
	発生場所	針葉樹林、広葉樹林の地上に単生～散生する。
	その他	地方名：シロコドク（秋田）、テッポウタケ
	似ている食用きのこ	シロマツタケモドキ、ハラタケ、ツクリタケ
症状	食後6～24時間後にコレラ様の症状（おう吐、下痢、腹痛）が現れるが1日でおさまり、その後内臓の細胞が破壊され肝臓肥大、黄疸、胃腸の出血などの症状が現れ、死亡する場合がある。死亡率も高い。	
毒成分	アマトキシン類、ファロトキシン類などの環状ペプチド	

（写真提供：島根県）



注意

これは、キノコの基本的な情報と写真を掲載したものであり、キノコを鑑定するためのものではありません。食用に供する場合などは、必ず専門家に鑑定してもらうことが重要です。

研究成果の刊行に関する一覧表

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
谷山茂人, 諫見悠太, 松本拓也, 長島裕二, 高谷智裕, 荒川 修	腐肉食性巻貝キンシバイ <i>Nassarius (Alectrion) glans</i> に 認められたフグ毒の毒性と 毒成分	食衛誌	50	22-28	2009
荒川 修, 野口玉雄	フグ毒による食中毒	化学療法の領 域	24	92-101	2008
K. Kondo, A. Watanabe, H. Akiyama, T. Maitani	The metabolisms of agaritine, a mushroom hydrazine in mice	Food Chem. Toxicol.	46	854-862	2008

ノート

腐肉食性巻貝キンシバイ *Nassarius (Alectrion) glans* に認められたフグ毒の毒性と毒成分

(平成 20 年 8 月 22 日受理)

谷山茂人¹ 諫見悠太² 松本拓也³ 長島裕二³
高谷智裕³ 荒川 修^{2,*}

Toxicity and Toxin Profile of Tetrodotoxin Detected in the Scavenging Gastropod *Nassarius (Alectrion) glans* "Kinshibai"

Shigeto TANIYAMA¹, Yuta ISAMI², Takuya MATSUMOTO³, Yuji NAGASHIMA³,
Tomohiro TAKATANI², and Osamu ARAKAWA^{2,*}

¹ Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University:
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan;

² Faculty of Fisheries, Nagasaki University: 1-14 Bunkyo-machi,
Nagasaki 852-8521, Japan;

³ Department of Food Science and Technology, Tokyo University
of Marine Science and Technology: 4-5-7 Konan,
Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan; *Corresponding author

From September 2007 to January 2008, a total of 66 specimens of 7 gastropod species, *Nassarius (Alectrion) glans* ($n=22$), *Bufo rana* ($n=11$), *Ficus subintermedia* ($n=10$), *Stellaria (Onustus) exutus* ($n=8$), *Tonna luteostoma* ($n=7$), *Hemifusus tuba* ($n=4$) and *Semicassis bisulcata persimilis* ($n=4$), were collected from Tachibana Bay, Nagasaki Prefecture, Japan, and their toxicity was determined by mouse bioassay. Among the gastropods tested, all *N. glans* specimens were toxic, whereas no other species showed toxicity of more than 5 MU/g. The toxicity scores of *N. glans* were very high: 48–2,730 MU/g (775 ± 615 MU/g) in the muscle, and 16–10,200 MU/g ($1,490 \pm 2,530$ MU/g) in the viscera, including digestive gland. Interestingly, toxin was localized in the muscle in 13 of 22 specimens, where the total toxicity of the muscle (725 – $9,860$ MU/individual) was 5.9–110 times higher than that of the viscera. LC/MS analysis demonstrated that the toxin of *N. glans* consisted mainly of TTX, which accounting for about 60–65% of the total toxicity. As for the remaining toxicity, participation of 11-oxoTTX was suggested. No paralytic shellfish poison was detected in HPLC-FLD analysis.

(Received August 22, 2008)

Key words: 腐肉食性巻貝 scavenging gastropod; キンシバイ *Nassarius (Alectrion) glans*; 食中毒 food poisoning; フグ毒中毒 pufferfish toxin poisoning; フグ毒 pufferfish toxin; テトロドトキシン tetrodotoxin; 11-オキソテトロドトキシン 11-oxotetrodotoxin

緒言

2007年7月下旬、長崎県長崎市において、同県横瀬産の小型巻貝を喫食した60歳の女性1名が舌のしびれ、四肢の麻痺、呼吸困難などを呈した後、一時呼吸停止に陥るという極めて重篤な食中毒が発生した^{*)}。事件発生直後に本中毒の残品である調理済みキンシバイ *Nassarius*

(*Alectrion) glans*, および未調理のアカニシ *Rapana venosa*, テングニシ *Hemifusus tuba*, ミガキボラ *Kelletia lischkei* を入手して毒性を調べたところ、キンシバイの筋肉と中腸腺から最高4,290 MU/gに達する強い麻痺毒性が検出された。さらにLC/MS分析により毒の本体が tetrodotoxin (TTX) であることが明らかとなり、本中毒はキンシバイを原因とする TTX 中毒であると断定された。

* 連絡先

¹ 長崎大学大学院生産科学研究科: 〒852-8521 長崎県長崎市文政町1-14

² 長崎大学水産学部: 〒852-8521 長崎県長崎市文政町1-14

³ 東京海洋大学海洋科学部: 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

^{*)} 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課長通知(平成19年8月16日, 食安監発第0816003号)「ムシロガイ科キンシバイ(巻貝)での食中毒の発生事例について」, 厚生労働省。

キンシバイは、ムシロガイ科の腐肉食性小型巻貝で、相模湾以南の潮間帯ないし水深20mの砂泥底に生息しているが¹⁾、日本では食習慣がなく、食中毒や毒性に関する知見もほとんどない。このような状況の下、本研究では中毒検体が採捕された橘湾における小型巻貝類の毒化状況を把握し、中毒の未然防止に資することを目的として、キンシバイを中心に同湾産小型巻貝類の毒性と毒成分について検討した。

実験方法

1. 試料

2007年9月～11月および2008年1月に長崎県橘湾 (Fig. 1) で採集されたキンシバイ (Fig. 2) 22個体、および

2007年9月と10月に同海域で採集されたミヤコボラ *Bufonaria rana* 11個体、ビワガイ *Ficus subintermedia* 10個体、キヌガサガイ *Stellaria (Onustus) exutus* 8個体、ヤツシロガイ *Tonna luteostoma* 7個体、テングニシ 4個体、ウラシマガイ *Semicassis bisulcata persimilis* 4個体を試料とした。試料は採集後、直ちに冷蔵にて長崎大学水産学部水産食品衛生学研究室に持ち帰り、 -20°C で凍結保存した。供試の際、試料を流水中で急速解凍し、筋肉と中腸腺を含む内臓に分けて用いた。

2. 毒性試験

毒性試験は、食品衛生検査指針化学編フグ毒検査法²⁾ (公定法) に準じて行った。

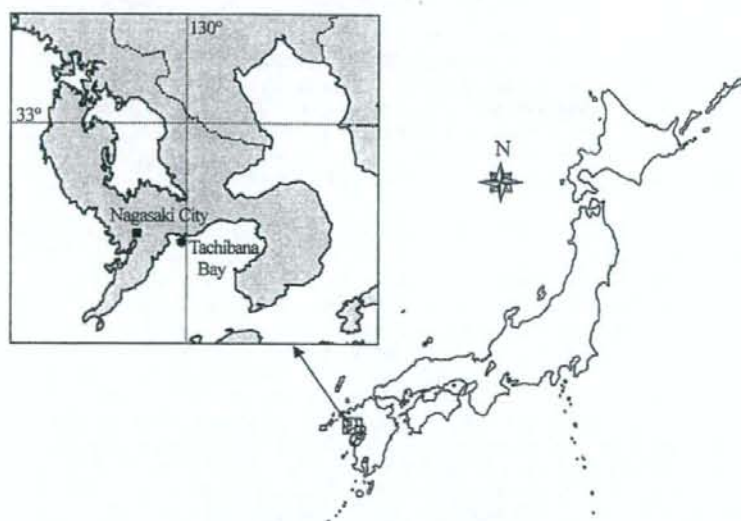


Fig. 1. Map showing Tachibana Bay (●) where gastropods specimens were collected.

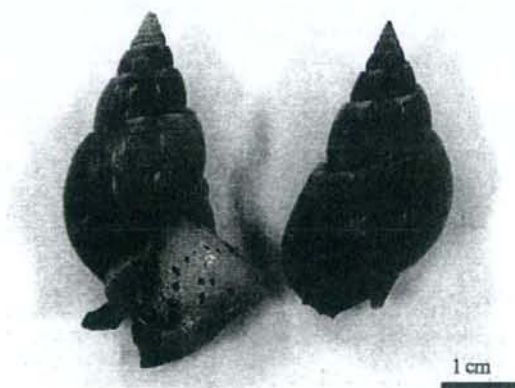


Fig. 2. *Nassarius (Alectrion) glans* "kinshibai"

3. 毒成分分析

毒成分の分析は TTX 成分を対象として Nakashima ら³⁾の LC/MS 法に準拠して行った。一方、麻痺性貝毒 (paralytic shellfish poison; PSP) 成分については、既報⁴⁾の HPLC 蛍光分析法にて分析した。

結果および考察

1. 小型巻貝類の毒性

供試した 7 種の巻貝のうち、キンシバイのみが有毒で、その他 6 種計 44 個体はいずれも無毒 (5 MU/g 未満) であった。

キンシバイの部位別毒力を Table 1 に示す。供試 22 個体の筋肉と内臓はいずれも有毒であった。毒力は総じて強く、筋肉で 48~2,370 MU/g (平均毒力±標準偏差: 775 ± 615 MU/g、以下同様)、内臓で 16~10,200 MU/g (1,490 ± 2,530 MU/g) と測定された。特に 2007 年 9 月には供試 10 個体中 8 個体において、筋肉と内臓のどちらか一方、または両方が食品衛生上「猛毒」となる 1,000 MU/g を上回り、最高毒力は筋肉で 2,370 MU/g、内臓で 10,200 MU/g に達した。また、同時期における筋肉の平均毒力は 1,010 MU/g で採集期間を通じて最も高い値となり、その後は徐々に減少し、2008 年 1 月に 276 MU/g にまで低下した。一方、内臓の平均毒力は 2007 年 9 月に最高値 2,450 MU/g を示した後、急激に減少し、2008 年

1 月には 65 MU/g となった。これらの結果から、食中毒の発生した 2007 年 7 月から同年 9 月にかけて、台湾ではキンシバイのみが毒化して高濃度の毒を筋肉および内臓に蓄積し、それらの毒力はその後しだいに減少したと考えられた。

日本では、1979 年に静岡県静岡市で発生した肉食性巻貝ボウシュウボラ *Charonia saulia* による食中毒を契機として、同種や類似の巻貝オオナルトボラ *Tutufa lisso-stoma*、さらにはキンシバイと同じ肉食性巻貝であるハナムシロガイ *Zeuxis siquijorensis* やアラレガイ *Niotha clathrata* から TTX が検出された^{5)~7)}。しかしながら、ハナムシロガイとアラレガイの毒力は低く (それぞれ可食部で 3.4 MU/g、4~35 MU/g)、日本ではこれらによる食中毒は発生していない。一方、台湾では小型巻貝による食中毒が 1994 年から 2006 年にかけて少なくとも 9 件発生し、46 名が中毒、うち 3 名が死亡している^{10)~12)}。特に、2004 年 4 月には、キンシバイにより患者 6 名中 2 名が喫食後 30 分で死亡するという深刻な事例が発生した¹⁰⁾。関連の調査では、中毒検体と同じ海域で採取したキンシバイから筋肉で 1,170 ± 557 MU/g (最高 2,990 MU/g)、中腸腺で 538 ± 608 MU/g (最高 2,050 MU/g) に及ぶ極めて高い毒力が検出された¹⁰⁾。これらの値は、台湾産有毒巻貝類 (ムシロガイ科 9 種、タマガイ科 1 種およびマクライガイ科 3 種)^{10)~12)} の中でも際立って高い。他方、中国

Table 1. Toxicity of *Nassarius (Alectrion) glans* specimens collected at Tachibana Bay, Nagasaki Prefecture

Month of collection	Specimen No.	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Body weight (g)	Muscle			Viscera		
					Weight (g)	Toxicity ^{#1} (MU/g)	Total toxicity ^{#2} (MU/individual)	Weight (g)	Toxicity ^{#1} (MU/g)	Total toxicity ^{#2} (MU/individual)
Sept. 2007	1	44	20	9.8	3.9	360	1,420	1.6	5,580	9,150
	2	41	16	7.9	4.2	1,470	6,150	0.8	73	57
	3	40	21	6.7	3.1	494	1,540	1.4	36	50
	4	45	23	8.5	3.6	491	1,770	1.8	1,880	3,380
	5	43	21	8.8	4.8	591	2,860	1.4	1,980	2,830
	6	42	22	6.6	2.7	1,200	3,230	1.1	4,300	4,730
	7	42	17	8.1	4.0	1,970	7,980	1.4	285	410
	8	43	24	7.3	3.1	542	1,660	1.5	10,200	15,100
	9	40	21	7.7	4.2	2,370	9,980	1.1	119	133
	10	35	13	5.0	2.2	589	1,300	1.1	41	44
	Mean±SD	43±2.8	20±3.4	7.6±1.4	3.6±0.80	1,010±711	3,770±3,090	1.3±0.20	2,450±3,350	3,590±4,500
Oct. 2007	11	38	20	6.4	2.8	1,260	3,520	1.2	53	62
	12	38	21	6.5	2.8	48	132	1.4	154	216
	13	41	22	8.5	3.6	862	3,070	1.6	3,650	6,120
	14	35	20	6.3	3.0	245	725	0.8	72	57
	15	37	31	6.1	2.2	307	682	0.8	1,910	1,430
	16	36	22	6.0	2.7	416	1,130	1.1	61	68
	Mean±SD	38±1.9	21±0.89	6.5±1.1	2.8±0.43	523±451	1,540±1,400	1.1±0.33	1,020±1,570	1,330±2,410
Nov. 2007	17	38	23	7.0	3.2	1,250	3,960	1.4	28	38
	18	47	23	7.3	3.1	1,360	4,180	1.0	102	98
	19	41	23	8.4	3.7	288	1,070	1.6	1,890	3,080
	20	39	21	7.0	3.3	394	1,310	1.3	15	21
		Mean±SD	41±4.0	23±1.0	7.4±0.66	3.3±0.28	823±560	2,640±1,670	1.3±0.28	509±921
Jan. 2008	21	46	24	9.1	4.5	216	976	1.5	113	166
	22	41	22	8.1	3.9	336	1,320	1.3	17	22
		Mean	44	23	8.6	4.2	276	1,150	1.4	65

^{#1}: Toxicity scores were determined by mouse bioassay.

^{#2}: Bold numbers show the specimens in which total toxicity of the muscle was 5.9–110 times higher than that of viscera.

大陸では古くからムシロガイ科巻貝の食習慣があり、これに伴う食中毒も頻発している。2001年6月には、*Z. samiplicatus* の喫食により31名が中毒し、その中毒検体の可食部から 307 ± 192 MU/g (最高 688 MU/g)、中腸腺から 370 ± 118 MU/g (最高 532 MU/g) の毒力が出検されている¹⁹⁾。さらに最近では、オオハナムシロ *Z. siquijorensis* による同様の食中毒も相次いで発生しており、その可食部に数十 MU/g の毒性が認められたとの報告もある²⁰⁾。

一方、今回調査したキンシバイ1個体当たりの総毒力を見ると、22個体中13個体で筋肉が内臓よりも5.9~110倍高い値を示した (Table 1)。すなわち、これらの個体では毒の86~99%が筋肉に偏在していたことになる。日本産の TTX 保有巻貝はいずれも中腸腺に毒が局在している^{9)~11)}。しかしながら、Hwang ら²¹⁾は、台湾産マサメダ *N. lineata* の部位別毒性を詳細に調べ、同一個体では筋肉の毒力 (最高毒力 720 MU/g) が中腸腺 (同 12 MU/g) やその他の部位 (同 28 MU/g) より高く、筋肉に高濃度の TTX が含まれていたと報告している。さらに、台湾産キンシバイについても、85%の個体で筋肉の毒力

中腸腺より1.7~8.3倍高かったと述べている¹⁶⁾。日本産キンシバイの毒蓄積パターンは、これら台湾産巻貝類と類似している。

TTX 保有生物のうち、クサフグ *Takifugu niphobes* やナシフグ *T. vermicularis* では、いったん凍結後に緩慢解凍すると、有毒部位から毒が筋肉に移行することが知られているが、急速解凍ではこのような毒の移行はほとんど起こらない^{22~24)}。今回調査したキンシバイについては、いずれも急速解凍のうえ毒性試験に供した。さらに、生きたキンシバイを用いた予備実験においても、今回と同様の毒分布 (筋肉あるいは内臓への毒の偏在) が認められている。したがって、本調査において、凍結解凍による部位間の毒の移行は、あっても無視しうるレベルと考えられた。

2. キンシバイの毒成分

キンシバイの筋肉と内臓につき、LC/MSにて毒成分を分析したところ、 m/z 320のクロマトグラムにおいてすべての個体から TTX ($[M+H]^+ = 320$) 標品と保持時間の一致するピークが検出された。Fig. 3aおよび3cにその一例を示す。また、 m/z 336のクロマトグラムにおいては、TTXに対する相対的な溶出位置から^{25), 26)}、11-

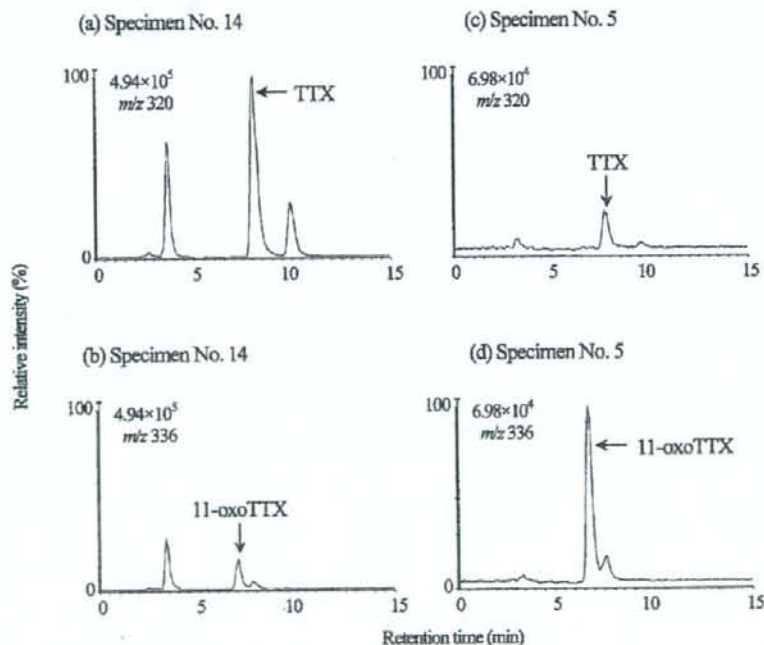


Fig. 8. LC/MS chromatograms at m/z 320 (a, c) and 336 (b, d) obtained from muscles of specimen No. 14 (a, b) and No. 5 (c, d) (see Table 1 for specimen numbers).

LC/MS[®] was carried out on an Alliance LC/MS system (Waters) equipped with a Zspray[™] MS 2000 detector, using a reversed-phase column with 30 mmol/L heptafluorobutyric acid in 1 mmol/L ammonium acetate buffer (pH 5.0) as the mobile phase, and the flow rate was set at 1.0 mL/min. As for MS conditions, about 20% of the eluate was introduced via a splitter into the ion source of MS, ionized by means of positive-mode electrospray ionization (ESI), and monitored through a MassLynx[™] NT operating system.

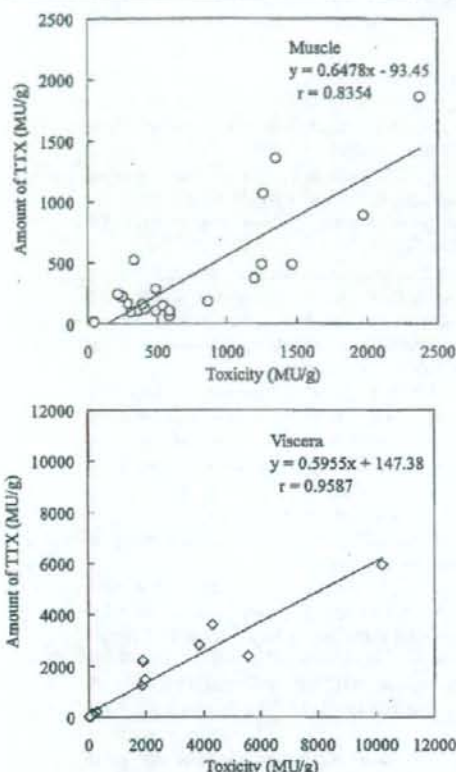


Fig. 4. Comparison between toxicity scores determined by mouse bioassay and amounts of TTX by LC/MS

oxoTTX($M+H$)⁺=336)と推定されるピークが認められた (Fig. 3b および 3d).

LC/MS分析から算出されたTTXの毒力と'公定法で測定された毒力'の相関について検討したところ、筋肉と内臓における相関係数がそれぞれ0.8354および0.9587となり、ともに良好な正の相関を示すことが分かった (Fig. 4). 両者の回帰直線は、それぞれ $y=0.6478x-93.45$ と $y=0.5955x+147.4$ で、平均的には筋肉で総毒力の約65%、内臓では約60%をTTXが占めると判断された。

一方、11-oxoTTXと推定される成分につき、マウスに対する比毒性がTTXの2倍で、かつLC/MS分析における単位量当たりのイオン強度がTTXと同等と仮定して毒力を算出し、'当該毒力とTTXの毒力の和'と'公定法で測定された毒力'の相関について検討したところ、筋肉、内臓ともに極めて良好な正の相関が認められ (相関係数はそれぞれ0.9073および0.9763)、回帰直線はそれぞれ $y=1.060x+75.97$ および $y=0.9664x+176.8$ となった。したがって、前述の仮定が正しければ、TTXと11-

oxoTTXではほぼ100%マウス毒性を説明できることになる。11-oxoTTXは、ヨーロッパアカガエル*Rana temporaria*の背格筋の細胞膜におけるNaチャンネル阻害作用がTTXの4~5倍強い²⁷⁾。これに基づき、マウスに対する比毒性もTTXの4~5倍と仮定すると、TTXと11-oxoTTXの毒力の和がマウス毒性を大きく上回るという矛盾が生じるが、生物種による差や活性測定法の違いを考慮すれば、問題の比毒性がTTXの2倍以下である可能性は否定できないであろう。あるいは、2倍以上であったとしても、単位量当たりのイオン強度がTTXより十分に高ければ、当該矛盾は起こらない。いずれにしても、この点を明らかにするためには、11-oxoTTXを分離・同定・定量する必要がある。

11-oxoTTXは、これまでコクテンフグ*Arothron nigropunctatus*、スベスベマンジュウガニ*Atergatis floridus*、ブチモリ*Notophthalmus viridescens*、コガネガエル科カエル*Brachycephalus ephippium*から分離されているが²⁸⁾、²⁹⁾、²⁰⁾、巻貝からの検出例はない。したがって、キンシバイは、内臓のみならず筋肉に極めて高濃度の毒を保持することを含め、特異なTTX蓄積機構を備えているものと推察される。この点については、毒の起源や11-oxoTTXの分離・同定・定量、他のTTX関連成分の存否などと併せて現在検討中である。

ムシロガイ科巻貝のうち、日本産のハナムシロガイやアラレイの毒成分はTTXまたはその関連物質であることが知られているが²⁹⁾、台湾に生息する同種の巻貝は、TTXに加え、副成分としてPSP成分であるgonyautoxin 1~4およびneosaxitoxinを保有するという¹⁰⁾。キンシバイについても、PSPを対象としてHPLC蛍光分析を行ったが、同成分は全く検出されなかった。台湾産キンシバイも毒の主体はTTXであり、PSP成分は保有しない¹⁶⁾。

まとめ

長崎県横溝湾に生息する小型巻貝7種66個体につき、マウスに対する毒性を調べたところ、キンシバイ(22個体)のみが有毒であった。本種の毒力は、これまでに報告のある腐肉食性巻貝²⁰⁻²¹⁾の中で最も強く、内臓で10,000 MU/gを上回る個体も見られた。また、半数以上の個体で筋肉に毒が偏在しており、内臓を除去しても数個体の喫食でヒトの最小致死量(10,000 MU)³⁰⁾に達する可能性のあることが示された。一方、LC/MS分析により、キンシバイでは総毒力の6~7割をTTXが占めることが明らかとなり、さらに残余毒力の相当部分を11-oxoTTXが占めると推定された。以上の結果から、キンシバイは食品衛生上極めて危険な種であると結論した。

謝辞

本研究を行うにあたり、試料採集にご協力いただいた長崎県水産センター所長 八木基明博士ならびに長崎市たち

ばな漁業協同組合職員各位に謝意を表す。本研究は平成19年度国立大学法人長崎大学高度化推進経費ならびに平成20年度厚生労働科学研究費補助金に基づく研究成果の一部であり、関係各位に感謝する。

文 献

- 1) 土屋光太郎, 腹足綱・前棘亜綱・新腹足綱・ムシロガイ科. 日本近海産貝類図鑑 (奥谷藩司編), 東海大学出版会 (2000), p. 439. (ISBN 4-486-01406-6)
- 2) 児玉正昭, 佐藤 繁. 第7章自然毒・A動物毒・1. フグ毒. 食品衛生検査指針化学編 (厚生労働省監修), 日本食品衛生協会 (2005), p. 661-666.
- 3) Nakashima, K., Arakawa, O., Taniyama, S., Nonaka, M., Takatani, T., Yamamori, K., Fuchi, Y., Noguchi, T. Occurrence of saxitoxins as a major toxin in the ovary of a marine puffer *Arothron firmamentum*. *Toxicol.* **43**, 207-212 (2004).
- 4) Arakawa, O., Noguchi, T., Onoue, Y. Paralytic shellfish toxin profiles of xanthid crabs *Zosimus aeneus* and *Atergatis floridus* collected on reefs of Ishigaki Island. *Fish. Sci.* **61**, 659-662 (1995).
- 5) Oshima, Y. Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraeff, G. M., Anderson, D. M., Cembella, A. D. eds., Paris, France, UNESCO, 1995, p. 81-94.
- 6) Narita, H., Noguchi, T., Maruyama, J., Ueda, Y., Hashimoto, K., Watanabe, Y., Hida, K. Occurrence of tetrodotoxin in trumpet shellfish "hoshubora" *Charonia sautii*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **47**, 909-913 (1981).
- 7) Noguchi, T., Maruyama, T., Narita, H., Hashimoto, K. Occurrence of tetrodotoxin in the gastropod mollusk *Tutusia Hsostoma* (frog shell). *Toxicol.* **22**, 219-226 (1984).
- 8) Narita, H., Noguchi, T., Maruyama, J., Nara, M., Hashimoto, K. Occurrence of tetrodotoxin-associated substances in gastropod "hanamushirogai" *Zenxis siquijorensis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 85-88 (1984).
- 9) Jeon, J. K., Narita, H., Nara, M., Noguchi, T., Maruyama, J., Hashimoto, K. Occurrence of tetrodotoxin in a gastropod mollusk, "araregai" *Niotha clathrata*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 2099-2102 (1984).
- 10) Hwang, D. F., Cheng, C. A., Tsai, H. T., Shih, D. Y. C., Ko, H. C., Yang, R. Z., Jeng, S. S. Identification of tetrodotoxin and paralytic shellfish toxins in marine gastropods implicated in food poisoning. *Fish. Sci.* **61**, 657-679 (1995).
- 11) Yong, C. C., Han, K. C., Lin, T. J., Tsai, W. J., Deng, J. F. An outbreak of tetrodotoxin poisoning following gastropod mollusc consumption. *Human and Experimental Toxicology*, **14**, 446-450 (1995).
- 12) Shiu, Y. C., Lu, Y. H., Tsai, Y. Chen, S. K., Hwang, D. F. Occurrence of tetrodotoxin in the causative gastropod *Polinices didyma* and another gastropod *Natica lineata* collected from western Taiwan. *J. Food Drug Analysis*, **11**, 159-163 (2003).
- 13) Hwang, D. F., Shiu, Y. C., Hwang, P. A., Lu, Y. H. Tetrodotoxin in gastropod (snails) implicated in food poisoning in northern Taiwan. *J. Food Prot.*, **65**, 1341-1344 (2002).
- 14) Hwang, P. A., Tsai, Y. H., Lu, Y. H., Hwang, D. F. Paralytic toxins in three new gastropod (Olividae) species implicated in food poisoning in southern Taiwan. *Toxicol.* **41**, 529-533 (2003).
- 15) Liu, F. M., Fu, Y. M., Shih, D. Y. C. Occurrence of tetrodotoxin poisoning in *Nassarius papillosus* Alectrion and *Nassarius gruneri* Niotha. *J. Food Drug Analysis*, **12**, 189-192 (2004).
- 16) Hwang, P. A., Tsai, Y. H., Deng, J. F., Cheng, C. A., Ho, P. H., Hwang, D. F. Identification of tetrodotoxin in a marine gastropod (*Nassarius glans*) responsible for human morbidity and mortality in Taiwan. *J. Food Prot.*, **68**, 1696-1701 (2005).
- 17) Jen, H. C., Lin, S. J., Lin, S. Y., Huang, Y. W., Liao, I. C., Arakawa, O., Hwang, D. F. Occurrence of tetrodotoxin and paralytic shellfish poisons in a gastropod implicated in food poisoning in southern Taiwan. *Food Addit. Contam.* **24**, 902-909 (2007).
- 18) Hwang, P. A., Tsai, Y. H., Lin, S. J., Hwang, D. F. The gastropod possessing TTX and/or PSP. *Food Reviews International*, **23**, 321-340 (2007).
- 19) Sui, L. M., Chen, K., Hwang, P. A., Hwang, D. F. Identification of tetrodotoxin in marine gastropods implicated in food poisoning. *J. Nat. Toxins*, **11**, 213-220 (2002).
- 20) 高谷智裕, 荒川 修, 野口玉雄. 中国で頻発している小型巻貝による食中毒について. *食衛誌*, **46**, J-208-J-209 (2005).
- 21) Hwang, D. F., Chueh, C. H., Jeng, S. S. Occurrence of tetrodotoxin in the gastropod mollusk *Natica lineata* (lined moon shell). *Toxicol.* **28**, 21-27 (1990).
- 22) Shiomi, K., Tanaka, E., Kumagai, S., Yamanaka, H., Kikuchi, T., Kawabata, T. Toxicification of muscle after thawing of frozen puffer fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 341-347 (1984).
- 23) Shiomi, K., Shibata, S., Yamanaka, H., Kikuchi, T. Some factors affecting the toxicification of muscle after thawing of frozen puffer fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**, 619-625 (1985).
- 24) Noguchi, T., Akaeda, H. Toxicity of puffer "nashifugu" *Takifugu vermicularis*. *J. Food. Hyg. Soc. Japan*, **38**, J-1-J-5 (1997).
- 25) Yotsu-Yamashita, M., Mobs, D. Occurrence of 11-oxotetrodotoxin in the red-spotted newt, *Notophthalmus viridescens*, and further studies on the levels of tetrodotoxin and its analogues in the newt's efts. *Toxicol.* **41**, 893-897 (2003).
- 26) Pires Jr., O. R., Sebben, A., Schwartz, E. F., Bloch Jr., C., Morales, R. A. V., Schwartz, C. The occurrence of 11-oxotetrodotoxin, a rare tetrodotoxin analogue, in the brachycephalidae frog *Brachycephalus ephippium*. *Toxicol.* **42**, 563-566 (2003).
- 27) Wu, B. Q., Yang, L., Kao, C. Y., Levinson, S. R., Yotsu-Yamashita, M., Yasumoto, T. 11-Oxo-tetrodotoxin and a specifically labelled ³H-tetrodotoxin. *Toxicol.* **84**, 407-416 (1996).
- 28) Khora, S. S., Yasumoto, T. Isolation of 11-oxotetro-

- dotoxin from the puffer, *Arothron nigropunctatus*. Tetrahedron Lett, 30, 4393-4394 (1989).
- 29) Arakawa, O., Noguchi, T., Shida, Y., Onoue, Y. Occurrence of 11-oxotetrodotoxin and 11-nortetrodotoxin-6(R)-ol in a xanthid crab *Atergatis floridus* collected at Kojima, Ishigaki Island. Fish. Sci., 60, 769-771 (1994).
- 30) Noguchi, T., Ebesu, J. S. M. Puffer poisoning: Epidemiology and treatment. J. Toxicol-Toxin Rev., 20, 1-10 (2001).

特集 食中毒の変遷と現状

9. フグ毒による食中毒

荒川 修* 野口玉雄**

フグ科の多くのフグは、強力な神経毒であるフグ毒テトロドトキシン (TTX) を保有する。通常、海産フグは肝臓と卵巣、汽水フグや淡水フグは皮の毒性が高い。1964年以降、フグのほか極めて多様な生物から TTX が検出され、フグは海洋細菌を始点とする食物連鎖を介して TTX を摂取・蓄積することが明らかとなってきた。日本や中国、台湾では、フグあるいは小型巻貝によるヒトの TTX 中毒が頻発しており、多くの死者を出している。一方、フグは麻痺性貝毒 (PSP) など TTX とは異なる毒を持つ場合があり、これによる中毒も発生している。

Key Words: フグ/小型巻貝/テトロドトキシン (TTX) /麻痺性貝毒 (PSP) /食中毒

I はじめに

動物性自然毒起源の食中毒の中で、日本ではフグ毒テトロドトキシン (TTX) (図1) によるものが最も多い¹⁾。TTX は特異な化学構造を持つ低分子の神経毒で、これまでに種々の誘導体が、フグやイモリ、カエルから分離されている²⁾。神経膜のナトリウムチャンネルを特異的に塞ぐことにより活動電位の伝導を阻害する³⁾。毒力は5,000~6,000 MU/mg [1 MU (マウスユニット) とは、腹腔内投与により体重20gのマウスを30分で死亡させる毒量] で、ヒトに対する最少致死量 (MLD) は10,000 MU (約2mg) と推定されている⁴⁾。ヒトの主な中毒症状は、唇、舌の先、四肢のしびれや知覚麻痺、言語障害、呼吸困難などで重篤な場合は呼吸麻痺で死亡する⁵⁾。

日本人は昔からフグを好んで食べ、独自のフグ食文化を築き上げてきたが、現在でもこれによる食中毒があとを絶たない。中毒を避け、フグ食の安全・安心を確保するためには、フグ毒あるいはそれを保有する生物に関する根本的な理解が不可

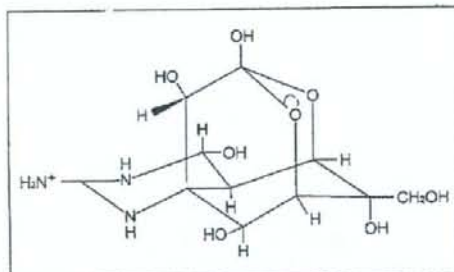


図1 TTXの化学構造

TTX は低分子 (分子量 319) の神経毒で、その特異な化学構造は1964年に結晶のX線解析により決定された。

欠である。本稿では、水生生物における TTX の分布、蓄積機構、生理機能について解説するとともに、TTX によるヒトの中毒事例、すなわち日本で多発するフグ中毒や、中国や台湾で頻発している小型巻貝による中毒、さらに TTX とは異なる毒を持つフグによる中毒について紹介する。

Food poisonings due to pufferfish toxin

*長崎大学水産学部 教授 Osamu Arakawa **東京医歯薬保健大学 教授 Tamao Noguchi

II 水生生物における TTX の分布

1. フグにおける TTX の分布

日本近海産フグの毒性については、1940年代に広範な調査が行われ、21種中14種が有毒とされた。その後さらに8種のフグが有毒種に加えられ、現在、計22種が TTX を保有するフグとしてリストアップされている(表1)³⁾。それらはいずれもフグ科に属しており、ハリセンボン科およびハコフグ科のフグは全く TTX を持たない。東南アジア産の汽水フグや淡水フグも有毒であることが知られている。汽水種の毒は TTX であるが、淡水種は TTX の代わりに麻痺性貝毒 (PSP)¹⁾ を保有する(この点については第V章で詳しく述べる)。通常、フグの毒性には極めて大きな個体差や地域差、季節変動がみられ、有毒種とされるフグでも常に高毒性とは限らない。このことがかえって油断を招き、フグ中毒が多発する一因ともなっている。

フグ体内における TTX (または PSP) の分布は種によって異なる(表1)。海産フグでは、通常肝臓と卵巣が最も高い毒性を示し、腸と皮がそれに次ぐ。筋肉と精巣はドクサバフグなど一部の例外を除き無毒または弱毒で、有毒種であっても多くのフグで食用が認められている。これに対し沖縄や奄美の沿岸域ないし汽水域に生息するオキナワフグや東南アジア産の汽水フグおよび淡水フグは、皮が高毒性を示す。近年、抗 TTX 抗体を用いる免疫組織化学的研究により、ナシフグ、オキナワフグなど皮が有毒なフグは、同部位に TTX を保有する腺組織もしくは分泌細胞を持つことが明らかとなっている⁵⁾。

2. フグ以外の生物における TTX の分布

TTX はフグのみが持つ毒と考えられていたが、1964年にカリフォルニアアイモリの毒が TTX と同定されて以来、ツムギハゼ、*Atelopus* 属のカエル、ヒョウモンダコ、肉食性巻貝ポウシュウボラ、*Astropecten* 属のヒトデ、スベスベマンジュウガ

ニ、ヒラムシ、ヒモムシなど、多様な生物に TTX が見出されてきた^{5) 6)}。これらの分類学的に類縁関係のない生物の特定の種のみが TTX 産生遺伝子を共有しているとは考えにくい。ポウシュウボラについては、有毒ヒトデを食べることにより TTX を蓄積することが明らかにされており、後述のようにフグの毒化も内因性ではなく、食物連鎖を介する外因性のものと考えられるようになった。食物連鎖の出発点、すなわち TTX の起源生物については1980年代に検討がなされ、フグ、有毒ヒトデ、スベスベマンジュウガニ、紅藻ヒメモサツキなどから分離された数種の海洋細菌 (*Vibrio alginolyticus*, *Shewanella alga*, *Alteromonas tetraodonis* など) に相次いで TTX 産生能が見出された^{6) 6)}。

III フグにおける TTX の蓄積と生理機能

1. 有毒餌生物からの TTX の取り込み

前述のように、①フグの毒性には著しい個体差や地域差がみられること ② TTX はフグ以外の生物(フグの餌生物)にも広く分布すること ③ポウシュウボラについては、有毒ヒトデを食べることにより TTX を蓄積すること ④元来、海洋細菌が TTX を産生していることなどが順次明らかとなり、「フグの毒化は細菌起源の食物連鎖を介する外因性のものである」との説が有力となった。この説が正しければ、フグは有毒餌生物を遮断して無毒の餌で飼育すれば無毒になると考えられる。筆者らはこの点を明らかにするため、日本各地から「囲い養殖法」(フグを網生け簀または陸上水槽に囲い込むことによって有毒餌生物から隔離する方法)(図2)で養殖したトラフグを集め、マウスを用いる生物試験法により、主に肝臓の毒性を調査した。その数は計5,000個体以上に及ぶものであるが、1個体も毒性は検出されなかった⁷⁾。さらに一部の個体については液体クロマトグラフィー質量分析法(LC/MS)により微量の毒の有無についても検討したが、1個体も TTX は検出されな

TTX (テトロドトキシン)

MLD (最少致死量)

PSP (麻痺性貝毒)

LC/MS (液体クロマトグラフィー質量分析法)

(1061) 93

表1 TTXを対象としたフグ類の毒性

科	生息域	種	最高毒力*					
			卵巣	精巣	肝臓	皮	腸	筋肉
フグ科	日本近海	クサフグ	●	○	●	◎	●	○
		コモンフグ	●	◎	●	◎	◎	○
		ヒガンフグ	●	○	●	◎	◎	×
		ショウサイフグ	●	×	●	◎	◎	○
		マフグ	●	×	●	◎	◎	×
		カラス	●	-	●	-	-	-
		メフグ	●	×	◎	◎	◎	×
		ムシフグ	●	×	◎	◎	-	×
		ナメラダマシ	●	×	○	○	○	×
		アカメフグ	◎	×	◎	◎	○	×
		ナシフグ	◎	×	◎	◎	○	×
		トラフグ	◎	×	◎	×	○	×
		シマフグ	◎	×	◎	×	○	×
		ゴマフグ	◎	×	◎	○	×	×
		シロアミフグ	●	-	○	○	◎	○
		センニンフグ	●	-	○	○	◎	○
		オキナワフグ**	◎	◎	◎	●	-	◎
		ホシフグ***	◎	×	×	○	×	×
		キタマクラ	×	-	○	◎	○	×
		ドクサバフグ	×	×	×	◎	×	●
		カナフグ	×	×	◎	×	×	×
		シロサバフグ	×	×	×	×	×	×
		クロサバフグ	×	×	×	×	×	×
ヨリトフグ	×	×	×	×	×	×		
	中国近海	サンサイフグ	●	◎	●	◎	◎	○
	タイ汽水域	ミドリフグ	-	-	×	◎	○	○
		ハチノジフグ	-	-	×	◎	×	×
ハリセンボン科	日本近海	ハリセンボン	×	-	×	×	×	×
		イシガキフグ	×	-	×	×	×	×
ハコフグ科	日本近海	ハコフグ	×	×	×	×	×	×
		ウミスズメ	×	×	×	×	×	×
		イトマキフグ	×	×	×	×	×	×

* ×: 10 MU/g 未満 (無毒); ○: 10 ~ 100 MU/g (弱毒); ◎: 100 ~ 1,000 MU/g (強毒);

●: 1,000 MU/g 以上 (猛毒); -: 測定データなし

**汽水域にも生息

***皮の毒は TTX であるが、卵巣の毒の主成分は PSP