下痢性貝毒によるマボヤ *Halocynthia roretzi* の毒化と毒の器官偏在

田 邊 徹,^{1*} 千葉美子,² 澁谷和明,³
庄子充広,⁴ 大内亜沙子,² 佐藤智子²

(2020年2月10日受付, 2020年8月26日受理, 2020年10月21日J-STAGE 早期公開)

¹宮城県水産技術総合センター, ²宮城県保健環境センター, ³宮城県仙台地方振興事務所, ⁴宮城県水産林政部

Tissue distribution of diarrhetic shellfish toxins in ascidian *Halocynthia roretzi*

TORU TANABE,^{1*} YOSHIKO CHIBA,² KAZUAKI SHIBUYA,³
MICHIMIRO SHOJI,⁴ ASAKO OUCHI² AND SATOKO SATO²

¹Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute, Ishinomaki, Miyagi 986–2135, ²Miyagi Prefectural Institute of Health and Environment, Sendai, Miyagi 983–0836, ³Miyagi Prefectural Sendai Regional Development Office, Shiogama, Miyagi 985–0001, ⁴Miyagi Prefectural Fisheries Industry Infrastructure Development Division, Sendai, Miyagi 980–8570, Japan

Ascidian *Halocynthia roretzi* is a very important aquacultured species on the coast of Miyagi Prefecture. In Miyagi Prefecture, the harvest season of this species is from late spring to early summer, which is also the season when *Dinophysis* species as the causative plankton of diarrhetic shellfish poisoning (DSP) have been observed in the coastal waters. There have been reports on the detection and tissue distribution of diarrhetic shellfish toxins (DST) in *H. roretzi*, but there are few reports on such tissue distribution throughout the DSP season. In this study, we detected DST toxins from *H. roretzi* throughout the DSP season and compared them with the mussel *Mytilus galloprovincialis*, an indicator species of DST. The results indicated that almost all of the DST were contained in the hepatopancreas of *H. roretzi* throughout the DSP season, and that *H. roretzi* was poisoned by *D. fortii* as well as *M. galloprovincialis*. Among the results, okadaic acid (OA) was detected in *H. roretzi* as well as dinophysistoxin 1 (DTX1). On the other hand, no OA was detected in *M. galloprovincialis* in this study or previous studies in Miyagi Prefecture. These findings suggest that there might be different metabolisms of DST between distinct taxa.

キーワード : diarrhetic shellfish toxin (DST), *Dinophysis*, dinophysistoxin (DTX), okadaic acid (OA), 肝臓, 器官偏在, 下痢性貝毒, マボヤ

下痢性貝毒 (diarrhetic shellfish toxin, DST) による毒化は、二枚貝等が原因プランクトンを摂食することにより起こる。本邦では、DSTは、食中毒の原因物質として、法律による衛生上の監視対象とされている。2015年に従前のマウスアッセイ法に代わり、機器分析が公定法となり、規制対象が人への下痢原性が明確に認められる okadaic acid (OA) 群 (OA 及び Dinophysistoxin [DTX] 1, 2) に限定され、0.16 mg OA 当量/kg 可食部が規制値として定められた。¹⁾ 国内では基準値を超えた二枚貝等の流通を防止するため、各自治体や生産者団体によるモニタリングが行われており、出荷の自主

規制措置がたびたびとられる。宮城県沿岸では *Dinophysis* 属プランクトンを原因として二枚貝等が毒化することが知られ、規制措置がとられるのは主に5–6月である。²⁾ 宮城県では、マガキ *Crassostrea gigas*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* 及びウバガイ *Spisula sachalinensis* とその他の二枚貝類等でそれぞれの生産状況に応じて管理海域を設定し、宮城県漁業協同組合と協力し、海域の生産物の貝毒検査を実施することで、様々な二枚貝類のモニタリングを行っている。

マボヤ *Halocynthia roretzi* は本邦の三陸海岸以北で主

Fig. 1 Location of the experimental area ($38^{\circ}49'12.93''\text{N}$, $141^{\circ}36'52.28''\text{E}$).

に養殖され、宮城県では2016年の農林水産統計で国内約18,000トンのうち約13,000トンを生産する重要な産業対象種である。³⁾ 本種はDSTによる毒化が報告されている。⁴⁾ マボヤにおけるDSTについては、毒化報告や、毒成分の器官偏在性も報告されているが、⁵⁾ 情報としては断片的で、安全管理に必要な毒化の特性に係る情報が不足している。DSTによる毒化により規制措置がとられる5-6月はマボヤの収穫期にあたる。⁶⁾ このためマボヤのDSTによる毒化とその過程及び器官におけるDSTの偏在性を把握することは、安全管理上及び産業上非常に重要な課題である。そこで、本報では、原因プランクトンをモニタリングし、マボヤの毒化状況を器官別に把握するとともに、同所で飼育された毒化の指標種とされるムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* の分析結果と比較し、マボヤの毒化について、毒化要因及び、毒の構成成分について考察を行った。

材料と方法

環境調査 環境調査については、2017年3月から、8月末まで週1回-隔週で、ムラサキイガイ及びマボヤを垂下した宮城県気仙沼市波路上地先の気仙沼水産試験場試験筏 ($38^{\circ}49'12.93''\text{N}$, $141^{\circ}36'52.28''\text{E}$) において実施した (Fig. 1)。調査項目として、直読式水温塩分計 (JFE Advantech, ACTD-RS) を垂下することにより、水温塩分を鉛直的に計測した。原因プランクトン密度の計測は、市販の耐圧ホース (渋谷ゴム株式会社, 内径×外径=38×48 mm) を用いた0-10 mの柱状採水により行った。すなわち、Fig. 2のように、バルブを付けた耐圧ホースを用い、バルブを解放した状態で水面からゆっくりと10 mまで落とし、バルブを閉じた後、ゆっくりと引き上げ、このホースの内部の水をバケツに移し、よく攪拌した後、500 mL採水した。500 mLの海水を既報に基づき5 mLに濃縮し、⁷⁾ このうち1 mLに含まれ

Fig. 2 Method of columned collecting water system.

る *Dinophysis* 属のプランクトンを計数し密度をもとめた。

サンプルの採取 マボヤは、宮城県気仙沼市大島で養殖されている3歳のものを2017年4月に入手し、前出の試験筏において、水面下10 mに垂下し、サンプリングまで飼育した。垂下方法は通常の養殖方法と同じく、原盤についたマボヤの塊を崩さず垂下する方法とした。サンプリングは20-15個体について計5回行った (Table 1)。

個体を試験筏から回収後、解剖を行い、被囊を除いた可食部 (筋膜 [生殖巣を含む]、鰓、腸管、肝脾臓) 及び腸管内容物 (糞) を採取し、重量を計測 (Table 1)、分析に供するまで -20°C で保存した。

ムラサキイガイについては、気仙沼湾で1, 2歳の個体をマボヤと同じく4月に採取し、マボヤと同じ試験

Table 1 Sample data of ascidian *Halocynthia roretzi* in 2017

Date	<i>n</i>	Muscle Mean ± SD (g)	Gill Mean ± SD (g)	Intestine Mean ± SD (g)	Hepatopancreas Mean ± SD (g)	Intestinal contents Mean ± SD (g)	Whole meat weight Mean ± SD (g)
4/26	20	17.6 ± 6.8 62.8%	3.4 ± 2.2 12.1%	2.4 ± 1.7 8.5%	2.3 ± 1.5 8.1%	2.4 ± 1.7 8.5%	28.0 ± 9.5
6/5	20	19.9 ± 7.2 63.4%	5.0 ± 2.0 16.0%	2.3 ± 1.0 7.2%	2.3 ± 0.6 7.3%	1.9 ± 1.3 6.1%	31.4 ± 10.2
6/15	20	12.9 ± 3.2 72.3%	2.2 ± 0.8 12.2%	0.9 ± 0.3 5.1%	1.7 ± 0.9 9.8%	0.1 ± 0.1 0.5%	17.8 ± 4.1
6/26	20	9.3 ± 3.8 69.2%	1.8 ± 0.5 13.5%	0.9 ± 0.4 6.4%	1.2 ± 0.4 8.7%	0.3 ± 0.2 2.1%	13.5 ± 4.3
7/10	15	12.5 ± 4.6 69.7%	2.5 ± 0.8 13.7%	1.1 ± 0.6 6.4%	1.6 ± 0.5 8.9%	0.2 ± 0.2 1.2%	17.9 ± 6.0

%, a rate per whole meat weight.

筏で、養殖用丸カゴへ収容したうえで水面下 10 m に垂下することで、サンプリングまで飼育した。サンプリングは検査ごとに行い、通知に基づき、殻付き重量として約 2 kg を 1 回の検査に供した。

貝毒の分析 マボヤの分析はそれぞれのサンプリング回次のものを 1 ロットとして扱った。分析は「下痢性貝毒（オカダ酸群）の検査について」（平成 27 年 3 月 6 日付け、食安基発 0306 第 3 号、食安監発 0306 号第 1 号、厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課長、厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課長通知、以下通知という）を一部改良した千葉ら⁸⁾の方法により行った。すなわち、通知に基づき、メタノールを用いて均質化した各組織 2.00 g より抽出、0.5 mol/L 水酸化ナトリウム、76°C、40 分間の加水分解後、n-ヘキサンによる脱脂処理を行ったサンプルについて、n-ヘキサンを窒素気流下で完全に除去したものを、メタノールで 2.0 mL に定容、0.20 µm メンブレンフィルターによるろ過後、メタノールで 5 倍に希釈して試験溶液とした。なお、肝臓については追加の精製として、メタノールで 2.0 mL に定容した溶液について、Z-Sep dSPE CLEAN-UP TUBE (Sigma-Aldrich) に負荷し、1 分間激しく振とうした後、3,500 rpm で 10 分間遠心分離した上清について、0.20 µm メンブレンフィルターによりろ過し、ろ液をメタノールで 5 倍に希釈して試験溶液とした。なお、6 月 15、26 日及び 7 月 10 日のサンプルでは得られた腸管内容物が極めて少なかったことから、分析には供していない。

分析対象は、通知に従い、OA 及び DTX1, 2 とした。分析条件は、千葉ら⁸⁾の方法により行った。すなわち、液体クロマトグラフは 1200 Infinity series (Agilent Technologies) を、質量分析機は QTRAP4500 (AB SCIEX)、カラムは InertSustainSwift C18 (GL Sciences) を用いた。測定条件については通知及び既報に従い、イ

オン化については ESI、観測イオンは OA 及び DTX2 についてはプリカーサーイオンが 803 m/z、プロダクトイオンについては 255 及び 113 m/z、DTX1 についてはプリカーサーイオンが 817 m/z、プロダクトイオンについては 255 及び 113 m/z とした。また、何れの成分についても通知に従い定量下限値は 0.01 mg OA 当量/kg とした。

ムラサキイガイについても軟体部を可食部として試料を調製し、通知に従い均質化した軟体部 2.00 g を用いて同様に分析した。

解析として、マボヤについて肝臓の毒量と軟体部総重量に占める肝臓重量の比率から、可食部 1 kg 当たりの毒量を換算値として求め、ムラサキイガイの値と比較した。また、毒組成について、2 種の比較を行った。

マボヤの DST 検出結果と、直近のムラサキイガイの DST の検出結果及び原因プランクトンの出現状況から、マボヤの毒化要因を推察するとともに、毒化初期から上昇、低下までの期間について、マボヤにおける DST の器官偏在状況を確認した。また、マボヤ及びムラサキイガイにおける DST 成分の検出状況を比較し、種間の DST 成分蓄積状況について考察した。

既存のデータにおける DST 成分の解析 これまで宮城県及び宮城県漁協のモニタリングにより実施された機器分析による DST の分析結果（宮城県水産林政部水産業基盤整備課 web サイト宮城県の貝毒対策：<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suikisei/kaidoku.html>, 2017 年 3 月 20 日, 2018 年 3 月 18 日, 2019 年 1 月 14 日）を対象に、分析開始から 2018 年 12 月末までの全 1,830 例について毒成分の検出状況の整理及び比較検討を行った。すなわち、各モニタリング対象種において、DST が検出された調査ごとに、検出された全毒量に対する OA の割合を求め、分類群による違いを考察した。

結 果

調査期間における調査点水温の推移を Fig. 3 に、調査期間中の *Dinophysis* 属プランクトンの出現状況を Fig. 4(a) に示した。調査点の水温は、調査期間中、7–22℃ で推移した。また、4 月の中旬以降に水温躍層の形成が見られた。このうち、表層から 10 m までの水温が 8–9℃ となった 4 月 10 日の調査で *D. acuminata* が 40 cells/L の密度で観察され、その後増減はあったが、概ね数十 cells/L の密度で推移した。しかし、10 m までの水温が安定して 11–13℃ を超えた 6 月 12 日以降は確認されなかった。一方、*D. fortii* は、水深 10 m の水温が 9–10℃ を示した 5 月 15 日に 10 cells/L の密度で、その後 6 月 12 日で最も高い 40 cells/L が確認された。また、6 月 26 日に 10 cells/L が確認された後、0–10 m の水温が 15℃ を上回った 7 月 3 日以降は確認されなかった。

ムラサキイガイの可食部、マボヤの肝臓毒量及びマボヤの可食部換算毒量の推移を Fig. 4(b) に示した。ムラサキイガイの毒量は、5 月 22 日以降の検査で検出され、6 月 12 日に 0.46 mg OA 当量/kg と最高毒量となり、その後 7 月 18 日まで 0.16 mg OA 当量/kg を超える高い毒量が検出された。ただ、*D. fortii* が確認されなくなった 7 月 3 日以降 (Fig. 4a)、毒量は減少傾向を示した。マボヤの肝臓でも同様に、*D. fortii* が確認されていない 4 月のサンプルでは貝毒が検出されなかったが、6 月 5 日のサンプルで 0.07 mg OA 当量/kg が検出され、その後ムラサキイガイと同様に増加傾向を示し 6 月 26 日に 0.22 mg OA 当量/kg と最高毒量となり、その後 7 月 10 日のサンプルでは 0.13 mg OA 当量/kg と減少傾向となった。

マボヤの DST 検出結果を Table 2 に示した。DST は 6 月以降期間を通じて肝臓のみで検出され、筋臓、鰓、腸管、腸管内容物からは検出されなかった。マボヤ軟体部換算値での毒量は何れも 0.1 mg OA 当量/kg を下回った (Fig. 4b)。

期間中に検出されたムラサキイガイ及びマボヤの DST の毒組成について Table 2 に示した。ムラサキイガイで検出された DST の毒種は DTX1 のみであったが、マボヤでは DTX1 以外に OA も検出され、全ての毒量に対する OA の割合は、0.38–0.63 であった。毒化初期の 6 月 5 日のサンプルにおける OA の割合は 0.38 であったのに対し、減衰傾向となった 7 月 10 日のサンプルでは 0.63 であった。

宮城県及び宮城県漁業協同組合により、2018 年 12 月末までに LC-MS により実施された DST の検査は 1,830 例であった (Table 3)。内訳は、ホタテガイが 826 例、マガキが 583 例、ムラサキイガイが 137 例、

Fig. 3 Contour diagram of water temperature at the experimental area from March to August 2017.

Fig. 4 Plankton density of *Dinophysis* in collected water at the experimental area (a), DST (diarrhetic shellfish toxin) concentration of *Mytilus galloprovincialis* and *Halocynthia roretzi* (b). OA, okadaic acid.

Table 2 Concentration of OA, DTX1 and DTX2 (mg OAeq/kg) in *Halocynthia roretzi* (hepatopancreas) and *Mytilus galloprovincialis* (whole meat)

	Date	Total	OA	DTX1	DTX2	OA/Total
<i>Halocynthia roretzi</i> *	6/5	0.08	0.03	0.05	ND	0.38
	6/15	0.14	0.08	0.06	ND	0.56
	6/26	0.22	0.11	0.11	ND	0.50
	7/10	0.13	0.08	0.05	ND	0.63
	5/22	0.02	ND	0.02	ND	ND
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	6/5	0.16	ND	0.16	ND	ND
	6/13	0.46	ND	0.46	ND	ND
	6/21	0.27	ND	0.27	ND	ND
	6/26	0.34	ND	0.34	ND	ND
	7/3	0.27	ND	0.27	ND	ND
	7/10	0.25	ND	0.25	ND	ND
	7/18	0.16	ND	0.16	ND	ND
	7/26	0.05	ND	0.05	ND	ND
	7/31	0.07	ND	0.07	ND	ND
	8/7	0.01	ND	0.01	ND	ND

* No diarrhetic shellfish toxins (DST) were detected in other tissues (muscle, gill, intestine) and intestinal contents.

OA, okadaic acid; DTX, dinophysistoxin; ND, not detected.

Table 3 Results of DST analysis of *Mizuhopecten yessoensis*, *Crassostrea gigas*, *M. galloprovincialis*, *Halocynthia roretzi*, and others in Miyagi Prefecture from 2016 to 2018*

Species	Inspections	Positive samples	Positive/Inspections (%)
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	826	324	39.2
<i>Crassostrea gigas</i>	583	62	10.6
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	137	81	59.1
<i>Halocynthia roretzi</i>	134	14	10.4
Others	150	21	14.0
Total	1,830	502	27.4

Others including *Spisula sachalinensis*, *Ruditapes philippinarum*, *Macridiscus melanaeigis*, *Chlamys farreri akazara*, and *Corbicula japonica*.

* Original data from <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suikisei/kaidoku.html>.

マボヤが 134 例, その他が 150 例で, その他にはウバガイ, アサリ, コタマガイ *Macridiscus melanaeigis*, アカザラガイ *Chlamys farreri akazara*, ヤマトシジミ *Corbicula japonica* が含まれており, DST 成分が確認された検査は 502 例で, 内訳はホタテガイが 324 例, マガキが 62 例, ムラサキイガイが 81 例, マボヤが 14 例, その他が 21 例であった (Table 3)。この検出された DST 成分のうち, OA が確認された検査は 5 例あり, そのうち 4 例はホタテガイ, 1 例がマボヤであった。ホタテガイの 4 例では何れも全毒量に占める OA の割合

Table 4 Concentration (mg OAeq/kg) of each diarrhetic toxin detected from 2016 to 2018*

	Date	Total	OA	DTX1	DTX2	OA/Total
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	2016/6/13	0.64	0.01	0.63	ND	0.02
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	2016/6/13	0.54	0.01	0.53	ND	0.02
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	2017/6/13	1.1	0.02	1.1	ND	0.02
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	2017/6/19	0.78	0.02	0.76	ND	0.03
<i>Halocynthia roretzi</i>	2017/6/19	0.09	0.02	0.07	ND	0.22

* Original data from <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suikisei/kaidoku.html>.

は 0.02–0.03 であったのに対し, マボヤの 1 例では同割合が 0.22 であった (Table 4)。DST 成分が検出された検査のうち, OA が検出された検査の占める割合としては, ホタテガイが 1.2%, マボヤが 7.1% であった。

考 察

本県沿岸域では DST による毒化の原因プランクトンとして *D. acuminata* 及び *D. fortii* が報告されている。⁴⁾ また, 気仙沼湾では *D. fortii* に比べ *D. acuminata* は幅広い水温帯で年間を通して出現することが報告されている。⁷⁾ *D. fortii* が確認された水温帯も Hoshiai *et al.*⁷⁾ の報告と大きく変わらなかった。また, *Dinophysis* 属のプランクトンの高密度な出現と水塊の成層が関連しているとの観測例もあり,⁹⁾ 本研究でも *Dinophysis* 属プランクトンの出現は概ね成層が形成された時期であることなどから, 海況としては *Dinophysis* 属プランクトンが出現しやすい環境であったと考えられる。従って, 当該年に発生した DST による毒化は, 例年本県沿岸で発生しているものと様々に *Dinophysis* 属に起因しているものと考えられる。また, ムラサキイガイの毒量は採取時期による増減は見られるものの, *Dinophysis* 属プランクトンのうち *D. acuminata* のみが確認されていたムラサキイガイとマボヤの 4 月 22 日のサンプル及びムラサキイガイの 5 月 8 日のサンプルでは DST は検出されなかった。一方, *D. fortii* が確認された後 DST は検出され, 毒量の増加は同種の密度の増加とほぼ同調的であり, また, 本種の消長とともに毒量が減少した。*D. acuminata* については, *D. fortii* よりも細胞当たりの DTX1 の毒量が少ない傾向にあったことが報告されている。¹⁰⁾ また, 本県沿岸では *D. acuminata* による二枚貝類の毒化も報告されているが,²⁾ その際の細胞密度は今回確認された細胞密度よりも遙かに高く, 毒成分を持たない *D. acuminata* も報告されている。¹¹⁾ これら過去の事例から

考えても今回の *D. acuminata* の出現密度は当県沿岸域で DST による毒化に十分な細胞密度とは言えないと考えられる。以上のことから、今回、ムラサキイガイを毒化させた要因としては *D. fortii* の影響が大きいものと考えられた。また、マボヤの肝臓における DST 毒量はムラサキイガイの毒量の増減と類似した傾向を示していることから、両種は同じ要因、すなわち *D. fortii* により毒化したものと考えられる。

DST については、これまで二枚貝類で組織偏在についての検討が行われており、ホタテガイでは実際に検出された DTX1 の 97–98% が中腸腺に偏在していることが知られている。⁵⁾ マボヤについては毒化報告はあるものの、^{3,5)} その消長や機序については不明な部分も多い。Matsushima *et al.*⁵⁾ はマボヤでは DST が肝臓に偏在することを報告しており、本研究でもこれを支持する結果となった。さらに、本研究において毒量が上昇しその後下降が見られる一連の期間を通して肝臓に偏在していることを示す結果が得られたことは、今後、DST による毒化の発生期間中の本種の処理加工等を考慮する上で非常に重要な知見である。今後、他の生物と比較した減衰速度等を把握することが課題だが、マボヤでは DST による毒化の期間を通して毒成分が肝臓に偏在しているものと考えられた。今回検出された毒量は、同所のムラサキイガイでは最大値で規制値 (0.16 mg OA 当量/kg, 平成 27 年 3 月 6 日付け、26 消安第 6112 号、農林水産省消費安全局畜産安全管理課長通知「二枚貝等の貝毒リスク管理に関するガイドライン」以下ガイドラインという) の 3 倍近い値であった。しかし、マボヤの場合軟体部重量に換算した可食部あたりの数値としては最大でも 0.02 mg OA 当量/kg を下回り、同時期のムラサキイガイの毒量のわずか数% であったことから、マボヤは同条件であればムラサキイガイより毒化しにくい生物であると推察される。マボヤの DST による毒化については、これまで毒化要因となるプランクトンの出現状況と同所での他種の毒化状況等をともに確認した報告はなく、本報告はマボヤの毒化機序についての重要な知見となると考えられる。

国内ではオカダ酸群が DST の規制対象となっている。このうち、国内で確認されているオカダ酸群は OA 及び DTX1 で、DTX2 は現在のところ確認されていない。⁴⁾ これまで国内の *Dinophysis* 属プランクトンからは OA 及び DTX1 が確認されている。^{2,12)} しかし、北海道で採取された *Dinophysis* 属プランクトンからは OA は検出されず、¹³⁾ また、宮城県の気仙沼湾では DST の成分を有しない *Dinophysis acuminata* が確認されるなど、¹¹⁾ *Dinophysis* 属の種間による毒成分の生産動態は不明な点も多い。本研究では、プランクトンの出現状況と毒量の増加傾向から *D. fortii* が主要な毒化原因プラン

クトンであると考えられるが、国内の *D. fortii* から高濃度の OA が検出された例は見られない。一方、毒化した貝類等について、国内で公定法として LC-MS による機器分析が用いられるようになったのは 2016 年からであり、それより以前はマウスバイオアッセイが用いられてきたため、¹⁾ 以前の毒組成は不明である。しかし、2016 年以降、2019 年末までに宮城県および宮城県漁業協同組合が行った下痢性貝毒モニタリングのうち、毒成分が検出された事例は約 500 例であるが、検出された毒成分の大部分が DTX1 で、OA が検出された事例はわずか 5 例であった。また、その内訳としてはホタテガイで 4 例と最も多かったが、毒量に占める OA の割合はわずか数% であった。一方、マボヤは 1 例のみであったが、毒量に占める OA の割合はホタテガイの事例とは異なり 20% を超えていた。宮城県では、生産状況に応じて貝種ごとに監視海域を設定しており、水揚げ状況に応じて海域ごと、貝種ごとに定期的に検査が実施されている。このため、DST の発生する時期に生産がピークとなり、かつ監視海域も細分化されているホタテガイでは結果的に検査例が他の二枚貝類と比べ非常に多く、ホタテガイで検出事例数が最も多くなったと考えられる。しかし、マボヤの DST に占める OA の割合は過去の例でもホタテガイの 10 倍近くであった。また今回、ムラサキイガイでは OA は確認されなかったもののマボヤでは DST に占める OA の割合は 0.38–0.62 であったことから他の貝類と比べ非常に高いと言える。また、今回の結果ではマボヤとムラサキイガイは同じ原因によって毒化していると考えられるにもかかわらず、毒組成に大きな違いが生じ、OA の割合が高い傾向にあったことは非常に興味深い。マボヤとムラサキイガイは分類群的に大きく異なっていることから、両者の DST の代謝経路も大きく異なっている可能性もあり、今後の研究成果に期待したい。

貝毒により毒化した貝類については、都道府県の指導・認定等により有毒部位の除去等の処理を行い処理後の可食部毒量を規制値未満とし流通させる場合ガイドラインに基づき水揚げが認められている。貝毒により毒化したホタテガイについては、貝毒成分が偏在する中腸腺を除去し出荷する制度が産地道県で作られ運用されており、貝毒により出荷規制が行われる状況でも加工用としての水揚げが行われる。マボヤについては、これまで Matsushima *et al.*⁵⁾ の研究以外に器官偏在性を示す結果は得られてはいなかったが、今回、毒量の上昇過程でも既報の結果と同様に、DST の強い器官偏在性が示された。このことから、マボヤにおいても貝毒成分の蓄積が著しい肝臓を除去することで、ホタテガイと同様に DST による毒化に大きな影響を受けない生産体制の構築及び新たなマボヤの DST の管理方法の提言が可能だ

と考えられる。

マボヤのいわゆる旬は初夏であり, この時期は最も筋膜部分が厚く品質も高いことから,⁶⁾ 生鮮での流通だけでなくむき身冷凍などの加工にも多く供される。しかし, DST による毒化の発生時期であり, 出荷の自主規制等はマボヤの水揚げに大きく影響を及ぼす。このため, ホタテガイと同様の管理方式に基づく生産体制の構築は, DST による毒化の発生時期が水揚げの最盛期と重複する本種の生産振興に大きく貢献できるものと考えられ, 今後の実用化が期待される。

文 献

- 1) 飯岡真子. 第2章新たな貝毒リスク管理ガイドラインについて. 「貝毒—新たな貝毒リスク管理措置ガイドラインとその導入に向けた研究」(鈴木敏之, 神山孝史, 大島泰克編) 恒星社厚生閣, 東京. 2017; 27–35.
- 2) 田口滋之, 星合愿一, 伊藤 章. 東北沿岸域における貝毒問題. 沿岸海洋研究ノート 1994; **32**: 55–67.
- 3) 農林水産統計. 農林水産省, 東京. 2017.
- 4) 神山孝史. 第7章我が国の二枚貝の毒化と貝毒原因プランクトンの海域による特徴. 貝毒—新たな貝毒リスク管理措置ガイドラインとその導入に向けた研究 (鈴木敏之, 神山孝史, 大島泰克編) 恒星社厚生閣, 東京. 2017; 109–126.
- 5) Matsushima R, Uchida H, Watanabe R, Oikawa H, Kosaka Y, Tanabe T, Suzuki T. Distribution of diarrhetic shellfish toxins in mussels, scallops, and ascidian. *Food Saf. (Tokyo)* 2018; **6**: 101–106.
- 6) 宮城県. 「宮城県の伝統的漁具漁法 IX 養殖編 (ほや・ほたてがい)」宮城県, 仙台. 1996.
- 7) Hoshiai G, Suzuki T, Kamiyama T, Yamasaki M, Ichimi K. Water temperature and salinity during the occurrence of *Dinophysis fortii* and *D. acuminata* in Kesennuma Bay northern Japan. *Fish. Sci.* 2003; **69**: 1303–1305.
- 8) 千葉美子, 大内亜沙子, 佐藤智子, 佐藤由紀, 佐々木隆一. 各種二枚貝及びマボヤにおける LC-MS/MS による下痢性貝毒 (オカダ酸群) の分析. 宮城県保健環境センタ一年報 2018; **36**: 51–54.
- 9) 緒方武比古, 福代康夫. 有毒プランクトン. 月刊海洋 2000; 号外 **21**: 211–216.
- 10) Suzuki T, Miyazono A, Baba K, Sugawara R, Kamiyama T. LC-MS/MS analysis of okadaic acid analogues and other lipophilic toxins in single-cell isolates of several *Dinophysis* species collected in Hokkaido, Japan. *Harmful Algae* 2009; **8**: 233–238.
- 11) Hoshiai G, Suzuki T, Onodera T, Hoshiai G, Suzuki T, Onodera T, Yamazaki M, Taguchi S. A. case of non-toxic mussels under the presence of high concentrations of toxic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* that occurred in Kesennuma Bay, northern Japan. *Fish. Sci.* 1997; **63**: 313–318.
- 12) Suzuki T, Mitsuya T, Imai M, Yamasaki M. DSP toxin contents in *Dinophysis fortii* and scallops collected at Mutsu Bay Japan. *J. Appl. Phycol.* 1996; **8**: 509–515.
- 13) Suzuki T, Miyazono A, Baba K, Sugawara R, Kamiyama T. LC-MS/MS analysis of Okadaic acid analogues and other lipophilic toxins in single-cell isolates of several *Dinophysis* species collected in Hokkaido, Japan. *Harmful Algae* 2009; **8**: 233–238.