

麻痺性貝毒による養殖トリガイの毒化の特徴

尾崎 仁, 高田義宣, 今西裕一, 中西雅幸, 田中雅幸, 藤原正夢

京都府農林水産技術センター海洋センター

2017年3月

麻痺性貝毒による養殖トリガイの毒化の特徴

尾崎 仁, 高田義宣*¹, 今西裕一*², 中西雅幸*³, 田中雅幸, 藤原正夢*⁴

Characteristics of paralytic shellfish poison (PSP) from cockle *Fulvia mutica* cultured in Miyazu Bay

Hitoshi Ozaki, Yoshinobu Takata, Yuuichi Imanishi, Masayuki Nakanishi,
Masayuki Tanaka and Masamu Fujiwara

The regulatory limit of 4 MU/g obtained from a mouse bioassay was exceeded in cockle cultured in Miyazu Bay, and the value was high for 4 months. A plankton survey revealed that the toxicity was caused by the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*. The PSP components in the cockle were mainly comprised of 60%-80% of the weak C1+2 and GTX5+6 toxins, and 20%-40% of the strong dcGTX and STX toxins. It was thought that cockle toxicity was caused by the high accumulation of the stronger toxic components owing to a decrease in discharge. The accumulation of PSP differed in each part of the cockle. Most of the toxins existed in the digestive gland and gill of the cockle, whereas little toxin was found in the foot and mantle.

キーワード：トリガイ, 麻痺性貝毒 (PSP), HPLC法, マウス公定法, *Gymnodinium catenatum*

トリガイは宮津湾などの内湾域で養殖されており、大型のものは京のブランド産品「丹後とり貝」として市場から高い評価を得ている。その生産額は増加傾向にあり、2012年には1億円を超えるまでとなり、京都府の重要な養殖対象種である。トリガイは、他の二枚貝類と同様、海域に生息するプランクトンを餌にして育つため、給餌の必要がなく、環境に優しい養殖種であると言える。

一方で、二枚貝類は、摂取したプランクトンが産生する毒を体内に蓄積することで毒化し、食中毒を起こす危険性が報告されている（野口ら, 2004; 大島ら, 2007）。食品衛生法をはじめとする関係法令等*^{5,6}では、食品としての安全性を保つため、麻痺性貝毒の場合、可食部1 g当たり4 MUを超える毒力が検出された二枚貝等の流通を禁止している。麻痺性貝毒による二枚貝類の毒化状況や毒の成分組成に関しては、アサリ（高谷, 2003）やイワガキ（加賀ら, 2004）、ホタテガイ（加賀ら, 2003）の報告は多いが、トリガイについての報告はほとんどない。

本研究では、2012年4月に宮津湾で発生した麻痺性貝毒による養殖トリガイの毒化について、毒化貝の主要部位ごとの毒化状況および貝毒の成分組成を調査

し、いくつかの知見を得たので報告する。

材料および方法

公定法による毒力測定 トリガイの毒化状況を把握するため、2012年4月16日に毒化が認められた若狭湾西部海域の宮津湾（Fig. 1）の養殖トリガイを試料として、公定法による毒力（MU/g）測定を行った（Table

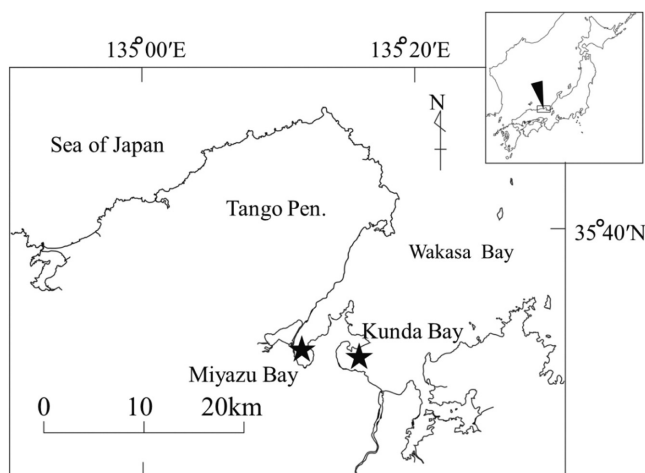


Fig. 1 Sampling sites in Miyazu and Kunda Bay.

*1 一般財団法人新日本検定協会（Shin-Nihon Kentei Kyokai, 12-13 Shinyokohama, Yokohama, Kanagawa 222-0033）

*2 京都府農林水産部水産課（Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kyoto Prefectural Government, Kyoto 602-8570）

*3 京都府水産事務所（Kyoto Prefectural Fisheries Office, Kyoto 626-0052）

*4 元京都府農林水産技術センター海洋センター（Fisheries Technology Department; Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology center, Kyoto 626-0052）

*5 農林水産省消費・安全局. 2015. 「生産海域における貝毒の監視および管理措置」, 「二枚貝等の貝毒のリスク管理に関するガイドライン」.

*6 厚生労働省医薬食品局. 2015. 「麻痺性貝毒等により毒化した貝類の取扱い」.

Table 2 Abundance of toxic dinoflagellates with the paralytic shellfish poison (PSP) in mixed seawater from 3m, 5 or 6 m and 7 or 9 m in Miyazu Bay during 2012

Date	Species of PSP toxic dinoflagellate	
	<i>G. catenatum</i> (cells/L)	<i>Alexandrium</i> spp. (cells/L)
5-Mar	501	—
14-Mar	—	—
21-Mar	25	—
12-Apr	35	—
16-Apr	—	—
23-Apr	—	—
1-May	—	—
7-May	—	—
14-May	—	—
21-May	—	—
24-May	—	—
31-May	—	—
7-Jun	—	—
14-Jun	114	—
15-Jun	41	—
21-Jun	29	—
28-Jun	79	—
5-Jul	277	—
12-Jul	5,275	—
19-Jul	—	—
26-Jul	—	—
2-Aug	—	—
9-Aug	2,498	—
17-Aug	424	—

— : Not detected

1)。測定は、2012年5月9日から同年8月17日まで、概ね1週間毎に計16回実施した。試料は、軟体部（殻を除いたむき身全体）、内臓、鰓、閉殻筋、外套膜、斧足および体液とした。軟体部については5個体分を、その他の部位については別の5個体分をそれぞれ1検体として、食品衛生検査指針理化学編麻痺性貝毒検査法（社団法人日本食品衛生協会、2005）に従って採取し、検査用の試料液とした。試料液の調製および公定法による検査は、一般財団法人新日本検定協会が実施した。

HPLCによる麻痺性貝毒成分分析 前述の試料液を用いて、HPLC-FD法^{*7}により軟体部およびその他の各部位の麻痺性貝毒の主要成分の毒量（nmol/g）を分析した。分析は、一般財団法人新日本検定協会が実施した。毒量の分析は、STX群（neoSTX, dcSTX, STX）、GTX1+4, dcGTX2+3, GTX2+3, C1+2およびGTX5+6の13種の成分について行った。なお、麻痺性貝毒は成分によって毒性の強さが大きく異なり（野口ら、2004）、STX群（neoSTX, dcSTX, STX）、GTX1+4, dcGTX2+3, GTX2+3は強毒性成分、C1+2, GTX5+6は弱毒性成分とされている（大島、2008; 野口ら、2004）。

また、毒化したトリガイ（以下、毒化貝という）の減毒状況を把握するため、宮津湾の養殖トリガイを、毒化の認められていない栗田湾内（Fig. 1）の海洋セ

ンター海面育成施設において7月23日から9月25日までの64日間、コンテナにより砂床飼育（藤原ら、1985）した後、毒量を分析した（Table 1）。試料は内臓、鰓、閉殻筋、外套膜、斧足および体液とし、それぞれ個体毎に1検体とし、8個体分を分析した。試料液の調製および分析は、一般財団法人新日本検定協会が実施した。

プランクトン調査 貝毒プランクトンの出現状況を把握するため、2012年3月5日から同年8月17日まで、概ね1週間毎に、宮津湾のトリガイ養殖漁場において採

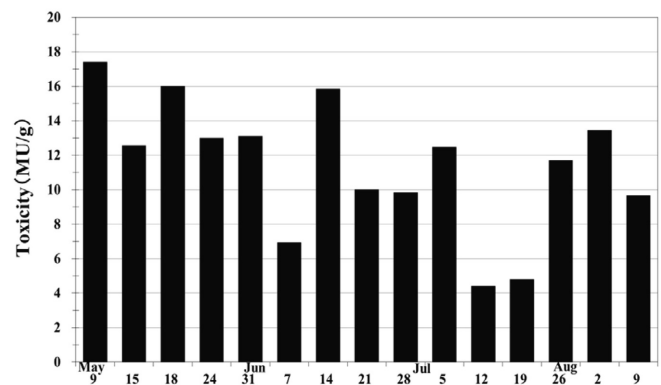


Fig. 2 Variations in toxicity levels of whole body *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by the mouse bioassay.

*7 大島泰克. 2011. 貝毒分析研修会テキスト「麻痺性貝毒HPLC分析法」

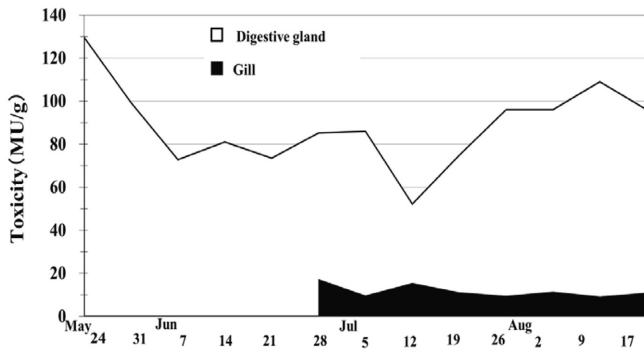


Fig. 3 Variations in toxicity levels of the digestive gland and gill of *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by the mouse bioassay.

水を計24 回行った。採水は、養殖コンテナの垂下層である水深5 m若しくは6 mと、その上下の水深3 mおよび7~9 mの各層で、北原式採水器を用いて、1~3L ずつ海水を採取した (Table 2)。各層の海水を採水日毎に1つにまとめ (3~10 L)、10 μm目合のナイロンメッシュを用いて50~300 倍に濃縮し、国内でモニタリング対象 (今井, 2007) となっている麻痺性貝毒原因種 (以下, 原因種という) である *Gymnodinium catenatum* および *Alexandrium* 属を顕微鏡下で確認し、計数板を用いて細胞数を計数した。

結 果

公定法による毒力測定 公定法で測定したトリガイ軟体部の毒力の推移をFig.2に示した。毒力は、5月9日から8月9日までの間、4.4~17.4 MU/gの範囲で推移し、調査最終日の8月9日においても9.6 MU/gと規制値を超えていた。

部位別では、内臓および鰓で規制値を超える毒力が認められた。内臓では5月24日から8月17日まで、鰓では6月28日から8月17日までの測定結果をFig.3に示した。内臓では52.2~129.6 MU/gの範囲で推移し、調査最終日の8月17日においても96.0 MU/gの毒力が検出された。鰓では9.1~17.2 MU/gの範囲で推移し、8月17日においても10.9 MU/gの毒力が検出された (Fig.3)。

一方、閉殻筋、外套膜、斧足では検出限界値の1.75 MU/g未満、体液では2.3~2.7 MU/g未満であり、いずれも毒力は規制値未満であった。

HPLCによる麻痺性貝毒成分分析 HPLCで測定した軟体部の毒量の推移をFig.4に示した。毒量は、12.0~78.6 nmol/gの範囲で推移し、調査最終日の8月9日においても25.5 nmol/gと高かった。軟体部1g当たりの貝毒成分の出現頻度をFig.5に示した。貝毒成分は弱毒性成分のC1+2およびGTX5+6が全体の60~80%を占め、強毒性成分のSTX群、GTX1+4、dcGTX2+3およびGTX2+3は20~40%で推移した。強毒性成分の出現割合は5月18日までは約20%であったが、その後時期

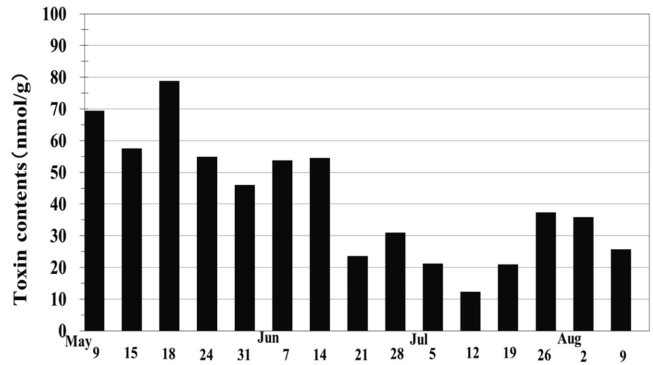


Fig. 4 Variations in toxicity levels in whole body *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

が進むにつれ増加し、8月には最も高い約40%を示した。各部位のうち、規制値を超える毒力が検出された内臓および鰓の毒成分毎の毒量の割合をFig.6およびFig.7に示した。内臓では、軟体部と同様に、弱毒性成分のC1+2およびGTX5+6が全体の約60~80%と高い割合を占め、強毒性成分のdcGTX2+3、STX群、GTX2+3およびGTX1+4が約20~40%であった (Fig.6)。鰓では、強毒性成分のSTX群が全体の約60~70%と最も高い割合を占めた (Fig.7)。

毒化貝の減毒状況を確認するため、栗田湾で飼育されたトリガイの個体毎の毒量を部位別にFig.8に示した。各個体の毒量は27.1~191.0 nmol/gの範囲であり、先に示した宮津湾で養殖されたトリガイの毒量値12.0~78.6 nmol/g (Fig.4) よりも高かった。なお、各個体の毒量には最大と最小とで約7.0倍の個体間差が認められた。部位別に見ると、毒量は内臓および鰓の2つの部位で全体の約96%以上を占めており、その他の部位にはほとんど認められなかった。貝毒成分の割合を個体毎にFig.9に示した。全ての個体で、強毒性成分であるSTX群、GTX1+4、dcGTX2+3およびGTX2+3が50~60%を占め、宮津湾の養殖トリガイの強毒性成

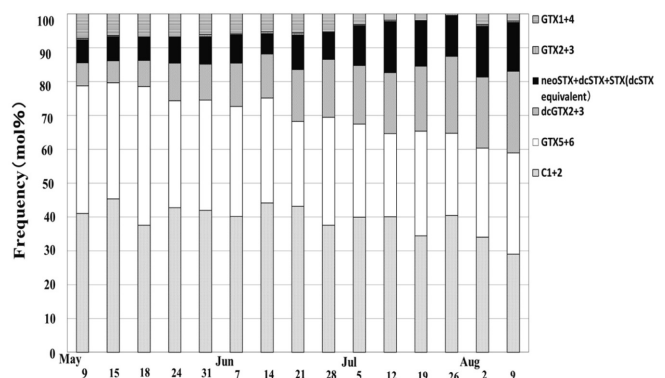


Fig. 5 Variations in the relative abundance (mol-%) of each toxin on whole body *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

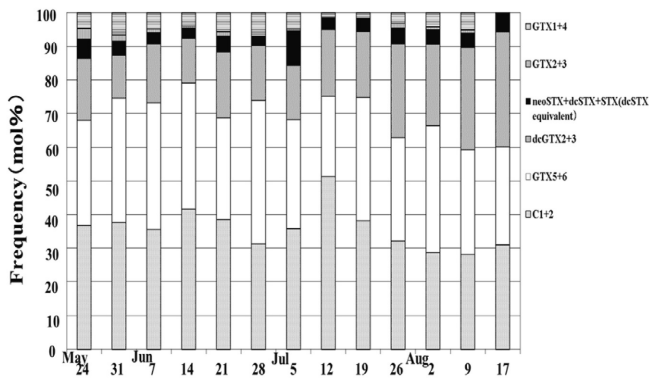


Fig. 6 Variations in the relative abundance (mol-%) of each toxin on the digestive gland of *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

分の出現頻度20~40%を上回った (Fig.5)。

プランクトン調査 トリガイ養殖漁場で確認された麻痺性貝毒原因種は *G. catenatum* 1種のみであった (Table 2)。本種は、3月5日に細胞数密度501 cells/Lで出現し、3月21日に25 cells/L、4月12日には35 cells/L認められたが、4月16日から6月7日の間は、全く出現しなかった。6月14日 (114 cells/L) 以降、再び出現し、7月12日までの間、細胞数密度は29~5,275 cells/Lの範囲で推移した。

考 察

本研究を行った2012年5月9日から8月9日までの間、宮津湾の養殖トリガイの軟体部の毒力は4.4~17.4 MU/gで推移し、規制値の4 MU/gを下回ることにはなかった (Fig.2)。また、この間の毒量は12.0~78.6 nmol/gの高い値で推移していた (Fig.4)。さらに、同年4月16日の京都府漁業協同組合による貝毒検査でも、14.6 MU/gの毒力が検出されている。加えて、毒化の認められていない栗田湾で7月23日から9月25日まで飼育した毒化貝の軟体部の毒量は27.1~191.0 nmol/gであり、これは宮津湾で養殖中に採取したトリガイの

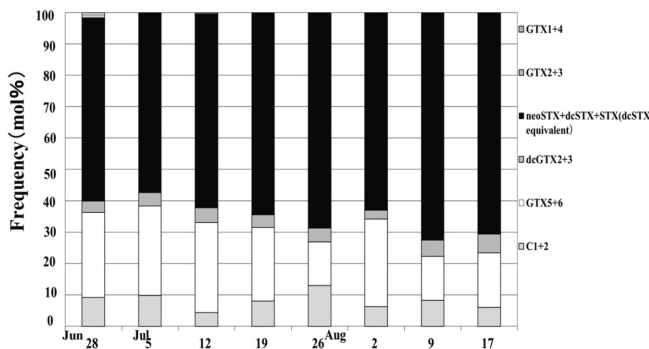


Fig. 7 Variations in the relative abundance (mol-%) of each toxin on the gill of *Fulvia mutica* collected from Miyazu Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

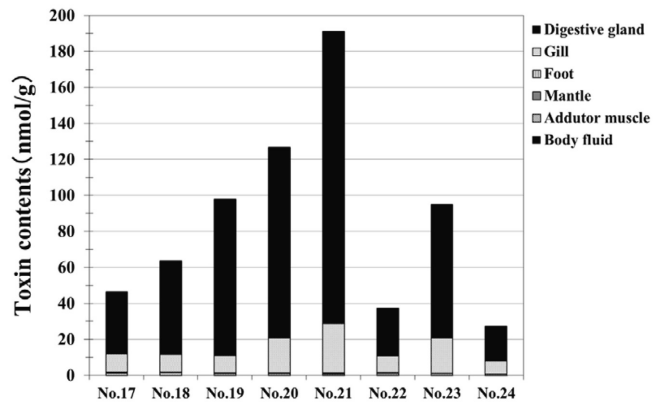


Fig. 8 Variations in toxicity levels of all *Fulvia mutica* individuals kept after being transferred from Miyazu Bay to Kunda Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

毒量よりも高かった。これらのことから、栗田湾で飼育したトリガイは規制値を超える毒力を有していたと考えられ、今回のトリガイの毒化は少なくとも4月中旬から9月下旬までの5ヶ月以上継続したと判断された。一般的に、マガキヤムラサキガイなどの多くの二枚貝では、海域で貝毒プランクトンが認められなくなれば、遅くとも2ヵ月程度で毒が排出される (高田ら, 2004) が、今回のトリガイの事例については清浄海域に移しても減毒しなかった。そこで、このように毒化が長期間に及ぶとともに、清浄海域への避難による減毒の効果が認められなかった原因について考えてみた。

本研究のトリガイ軟体部の貝毒成分分析では、強毒性成分の出現割合が、調査期間の始めは20%程度であったが、徐々に増加し約3ヵ月後には40%を上回った (Fig.5)。このことは、野口ら (2004) が指摘したように、弱毒性成分がトリガイの体内で経時的に強毒性成分に変換されたことを示している。

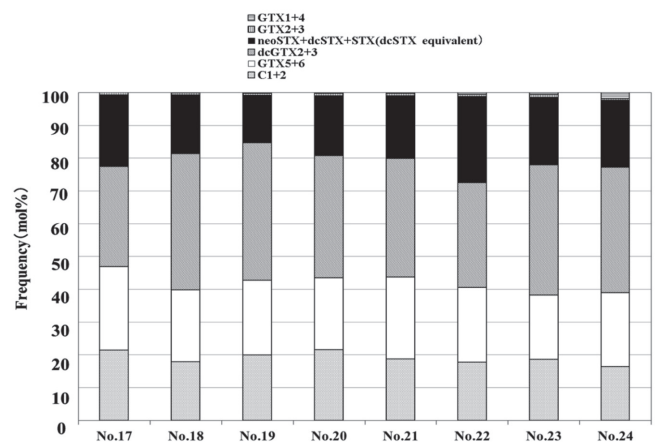


Fig. 9 Variations in relative abundance (mol-%) of *Fulvia mutica* individuals kept after being transferred from Miyazu Bay to Kunda Bay during 2012 as assessed by high-performance liquid chromatography.

本研究では、プランクトン調査で確認された貝毒原因種が*G. catenatum*のみであったことから、本種が宮津湾の養殖トリガイ毒化の原因種であると考えられた (Table 2)。毒化した養殖トリガイから検出された麻痺性貝毒の成分は、弱毒性のC1+2とGTX5+6が全体の60~80%と大半を占めていたが、強毒性のGTX1+4が10%以下の少量ながら検出された (Fig.5)。しかし、GTX1+4は *Alexandrium*属により産生される成分であり、*G. catenatum*では産生されない (大島ら, 2007; 加賀ら, 2003, 2004; 高谷, 2003)。このことは、*G. catenatum*が産生したC1+2やGTX5+6がトリガイの体内で経時的にGTX1+4に変換されたことを示唆している。強毒性成分は弱毒性成分より代謝されにくい (高田ら, 2004) ことから、弱毒性成分が強毒性成分に変換され増えたことが、トリガイが減毒することなく毒化が長期間に及んだ一因と考えられる。

さらに、宮津湾のプランクトン調査結果 (Table 2) では、*G. catenatum*が7月12日に5,000 cells/Lを超える高密度で出現し、6月14日から約1ヵ月に亘って出現が認められた。本種の細胞内毒量は夏季 (155~1,571 fmol/cell) には冬季の約1/20程度と少ない (宮村, 2007) が、高密度および長期に亘る出現が認められた場合には、水温の高い夏季であっても二枚貝の毒化が起こる (国立研究開発法人水産研究・教育機構水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, 2011) ことから、本種の高密度での出現も、同湾の養殖トリガイ軟体部の毒力が高い値で推移した一因であると考えられた。

トリガイでは、内臓と鰓が主な毒化部位 (Fig.3) であり、閉殻筋、外套膜、斧足は、規制値未満であることが明らかとなった。このことは、マガキ、イタヤガイおよびホタテガイなどの二枚貝の事例と同じであった (池田ら, 1985; 三上ら, 2012)。農林水産省消費・安全局による「二枚貝等の貝毒のリスク管理に関するガイドライン」*⁵では科学的知見に基づいた上で、毒化部位を除去することにより、無毒化した二枚貝を流通させることが可能であるとしている。北海道のホタテガイでは毒化部位である中腸腺を除去し、無毒化した商品を流通させる体制が整っており、出荷規制に伴う経営リスクに対処している (三上ら, 2012)。本府のトリガイにおいても、ホタテガイのように、無毒である斧足部分のみを用いた加工品の検査および加工体制を構築することで、安全に消費者に提供することは可能と考える。

毒化貝の利用に向けては、十分に安全性に配慮した検査基準の設定が求められる。山本 (2016) は、大阪湾で漁獲された天然トリガイの軟体部毒量について個体別に調査を実施し、個体間で約11.7倍の毒量差があることから、麻痺性貝毒の検査を行うにあたっては、最低でも10検体は必要であるとしている。本調査でも、軟体部の毒量には個体間で約7倍 (27.1~191.0 nmol/g)

もの差が認められていることから (Fig.7), 10個体以上を検体に用いる必要があると考える。

最近、京都府のトリガイ養殖の生産金額は1億円を超えるまでになっている。長期に亘る貝毒が発生した場合、貝毒の発生していない清浄海域への避難による減毒が期待できないと、その被害は甚大なものとなる。貝毒発生時にも無毒部位の出荷を可能とする加工体制を整備することは、貝毒発生時における養殖漁業者の被害を軽減し、養殖漁業の経営を安定させる観点からも強く望まれる。

本研究を実施するにあたり、国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所 鈴木グループ長および渡邊研究員からは、懇切丁寧な御指導をいただき厚く御礼申し上げます。

文 献

- 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所. 2011. 水産業関係研究開発推進会議漁場環境保全関係研究開発推進特別部会赤潮・貝毒部会議事要録: 1-27.
- 藤原正夢, 藤田真吾. 1985. 海上砂床飼育によるトリガイ稚貝の中間育成と母貝養成. 京都海セ研報, **9**: 59-66.
- 池田武彦, 松野 進, 遠藤隆二. 1985. 山口県日本海沿岸. 「貝毒プランクトン—生物学と生態学」(福代康夫編). 109-118. 恒星社厚生閣, 東京.
- 今井一郎, 板倉 茂. 2007. わが国における貝毒発生の歴史的経過と水産業への影響. 「貝毒研究の最先端-現状と展望」. 9-18. 恒星社厚生閣, 東京.
- 加賀新之助, 関口勝司, 佐藤 繁, 児玉正昭. 2003. 大船渡湾における二枚貝およびマゴヤの麻ひ性貝毒による毒化状況. 岩手水技セ研報, **3**: 63-70.
- 加賀新之助, 宇部 稔. 2004. 大船渡湾におけるイワガキの麻ひ性貝毒による毒化状況. 岩手水技セ研報, **4**: 13-17.
- 三上加奈子, 武田忠明, 嶋田 宏. 2012. ホタテガイの部位別毒性値検査. 道総研中央水試事業報告書. 207-210.
- 宮村和良. 2007. 猪串湾における有毒渦鞭毛藻 *Gymnodinium catenatum*の出現特性およびヒオウギガイ毒化の解明に関する研究. 大分水試研報, **1**: 7-64.
- 野口玉雄, 村上りつ子. 2004. 「貝毒の謎—食の安全と安心—」. 1-55. 成山堂書店, 東京.
- 大島泰克, 濱野米一. 2007. 麻痺性貝毒のモニタリング. 「貝毒研究の最先端-現状と展望」. 19-29. 恒星社厚生閣, 東京.
- 大島泰克. 2008. 麻痺性貝毒に関する化学・生化学的研究. 日水誌, **74**: 767-771.
- 社団法人日本食品衛生協会. 2005. 食品衛生検査指針

理化学編, **3**: 673-680.

高田久美代, 妹尾正登, 東久保靖, 高辻英之, 高山晴義, 小川博美. 2004. マガキ, ホタテガイおよびムラサキイガイにおける麻痺性貝毒の蓄積と減毒の差異. 日水誌, **70**: 598-606.

高谷智裕. 2003. 九州沿岸海域における麻痺性貝毒に関する研究. 長崎大学水産学部研究報告, **84**: 1-38.

山本圭吾. 2016. 大阪湾で漁獲されたトリガイにおける麻痺性貝毒の個体間のばらつき. 平成28年度水産利用関係研究開発推進会議利用加工技術部会研究会資料: 24-25.

