

長崎県沿岸に出現する麻痺性貝毒原因プランクトン

Alexandrium catenella の出現状況

山砥稔文・平江 想・石田直也¹

Occurrence of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* in coastal waters of Nagasaki Prefecture

Toshifumi YAMATOOGI, Sou HIRAE AND Naoya ISHIDA¹

Alexandrium catenella は麻痺性貝毒 (Paralytic Shellfish Poisoning : PSP と略す) を産生する原因種として知られ, 赤潮の形成も報告されている。^{1,4)} 現在, 国内において *Alexandrium* 属の種名変更に関する議論がなされているが, 本報告では旧来表記に従う。国内での *A. catenella* による二枚貝の毒化は, 1975 年に三重県尾鷲湾で初認され,²⁾ その後日本各地で報告されている。⁵⁾ 九州地方では, 1997 年 3 月に長崎県五島市玉之浦湾で天然マガキ (PSP : 135 MU g⁻¹) を自家消費したことで 26 名の患者をだす PSP による中毒事故が発生した。⁶⁾ 成人の PSP 最少致死量は 3,000 MU 以上とされ, PSP 中毒によって世界中で 200 名以上の死亡例 (1689–1962 年) が報告⁷⁾ されるなど, 人の健康を脅かす危険性を伴うことから, 極めて深刻な社会問題と認識されている。⁸⁾ 他方で, 1982 年 3 月には宮崎県北浦湾で *A. catenella* が赤潮を形成 (最高細胞密度 7,500 cells mL⁻¹) した際に, 養殖魚類 (ハマチ, タイ等) に 25,190 千円の被害をもたらした事例がある。⁹⁾ このため, 魚貝類の養殖, 遊漁および漁業の実態がある地域では, 有害有毒プランクトンの出現状況を把握し, 赤潮・貝毒発生時には貝類採捕禁止等の対策を徹底して被害を未然に防止することが重要な課題となる。

PSP の監視体制は国内各地に普及して定期検査が行われており, 貝類可食部の毒量が 4 MU g⁻¹ を超えた場合は, 出荷自主規制の措置が取られている。しかし, 貝類の出荷停止は漁業被害にとどまらず, 風評被害が発生することで需要低下等長期にわたり深刻な経済的被害が出る場合がある。

貝毒の消長予察・被害防止のためには, 原因種と捕食種の出現状況, 毒力の推移および気象海況等の情報を総合的に取得することが有効である。*A. catenella* ブルーム時には麻痺性貝毒原因種の *Gymnodinium catenatum* や捕食生物の従属栄養渦鞭毛藻 *Polykrikos* spp. (*P. kofoidii*, *P. schwartzii*) が混在して出現することが知られる。^{8,10-12)} また, *Alexandrium* 属の *A. catenella* と *A. tamarense* が共存するとの報告がある。¹³⁾

長崎県沿岸域では *Alexandrium* 属の複数種が確認¹⁴⁾ されており, 外部の形態的特徴が類似することから, 当水試ではこれまで, 種同定は細胞表面の薄いセルロース質の鎧板形態の顕微鏡観察によって行ってきた。ところが, 鎧板形態的特徴が必ずしも種の違いを反映しないことが明らかにされるようになり,¹⁵⁾ 従来の顕微鏡を用いた形態観察に基づく種同定において, 客観的分類基準を設定しにくいことが指摘されるようになってきた。¹⁶⁻¹⁷⁾ このため, 近

年では *Alexandrium* spp. の種同定には遺伝子手法による同定が必須であるとされている。¹⁸⁾

長崎県沿岸海域では、2001年1月初旬、長崎県平戸島の薄香湾において、*A. catenella* の赤潮が本県で初めて確認され、*A. catenella* の細胞密度が 100 cells mL⁻¹ 出現することで天然マガキが高毒化（最高 20 MU g⁻¹）し、本種が消失した 2-4 週間後には速やかに出荷規制値以下にまで低下した。⁴⁾ そこで本研究では、2001年の同湾で *A. catenella* と共に出現した従属栄養性の *Polykrikos* spp. の出現状況を再整理することで *A. catenella* の消失過程を再検証した。加えて、2014、2015 年における県内の貝類養殖漁場での *Alexandrium* spp. の出現と養殖マガキ、ヒオウギガイの毒化状況を調べて知見を得たので、併せて報告する。

材料と方法

植物プランクトンの出現調査

2001年1月9日-3月15日に、薄香湾(St. 1)で週1-4回、0-2.5 m 層から採水した (Fig. 1)。採取した試水中プランクトンは、1 mL 中の細胞数を当日に研究室でプランクトン計数板を

用いて計数した。細胞数が少ない場合は、試水 (0.5-1 L) をセルロースアセテートフィルター (東洋ろ紙社製、孔径 8 μm) によって常圧濃縮した後に細胞を全量計数し、1 L あたりの細胞数とした。

培養株確立と鏡板顕微鏡観察および核酸クロマトチップによる分子同定

種同定には 2005 年 7 月に薄香湾内で採取した底泥中のシストを発芽させ、外部形態や遊泳様式から *A. catenella* と判断された遊泳細胞を分離し、ピペット洗浄法¹⁹⁾ によってクローン株として *A. catenella* 0507U1 株を確立した。供試株の保存および実験培地には ESM²⁰⁾ を用いた。鏡板観察は有殻類の鏡板観察法²¹⁾ により、頂孔板、頂板 1' および後縦溝板の形態的特徴を確認した (Fig. 2)。形態的特徴による種同定は日本産海洋プランクトン図説²²⁾ や日本の赤潮生物—写真と解説—¹⁾ などに従った。遺伝子情報による分子同定は核酸クロマトチップ法¹⁶⁻¹⁷⁾ によった。

Polykrikos spp. の *A. catenella* 捕食実験

2008 年 11 月 27 日に、薄香湾 (St. 1) で表層 (0.5 m) を採水し、試水中の *Polykrikos* spp. (*P. kofoidii*, *P. schwartzii*) の遊泳群体 (1 群体が 4-

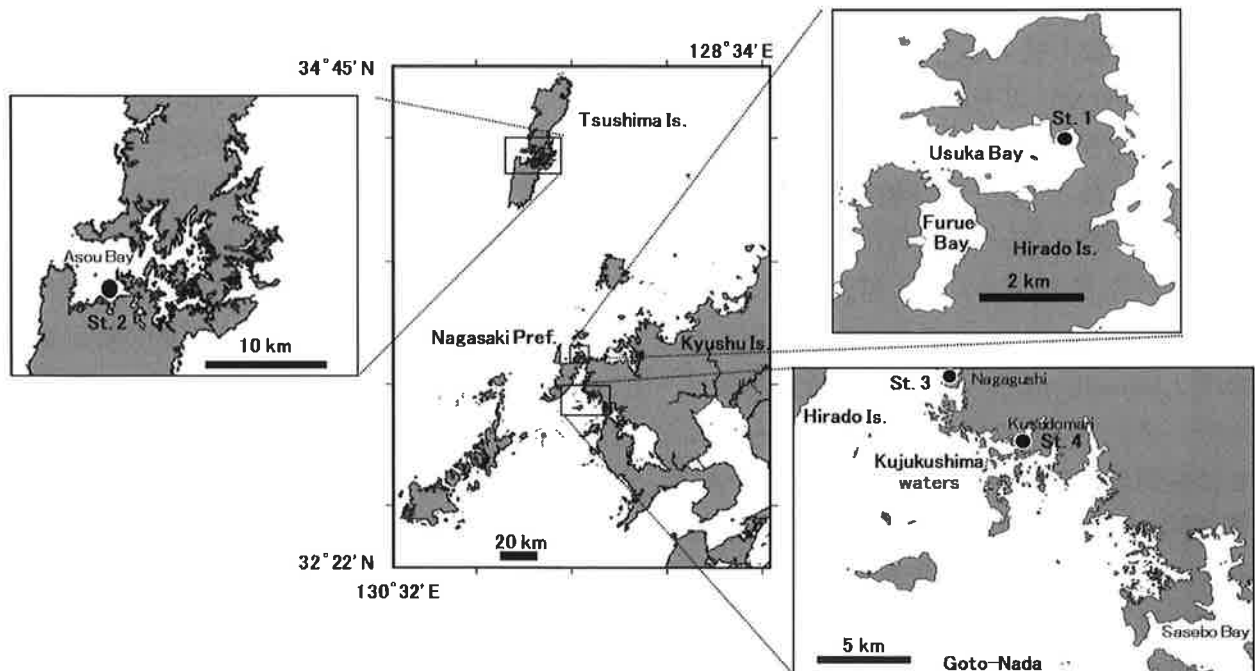


Fig. 1. Sampling stations in coastal waters of Nagasaki Prefecture.

8 個の小細胞で構成されていた) を光学顕微鏡下で観察し, 小細胞下錐部の条線の有無によって種判別²³⁾ した後, 食胞内に捕食個体が認められない各 10 群体を 24 穴培養用プレートに ESM 培地 3 mL を分注した 3 穴にそれぞれ接種した。また, 接種した 3 穴の *A. catenella* 0507U1 株の細胞密度は各 200 cells mL⁻¹ とし, 水温 20°C, 塩分 34 および光量子束密度 80 μmol m⁻² s⁻¹ の条件で 12 時間 (明期 2 時間, 暗期 10 時間) 暴露し, *Polykrikos* spp. の細胞の状態を光学顕微鏡観察した。

PSP 毒力測定

PSP 毒力測定は, 採取貝の可食部について, マウスアッセイ法²⁴⁾ および ELISA 法²⁵⁾ による分析を行った。浅茅湾 (Fig. 1 の St. 2) の試料は地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所に分析 (ELISA 法) を委託した。九十九島佐世保市鹿町町長串 (Fig. 1 の St. 3) および小佐々町楠泊 (Fig. 1 の St. 4) の試料の分析結果については, 九十九島漁業協同組合によって得られた分析データ (マウスアッセイ法) を利用した。

Alexandrium spp. の出現状況

2014, 2015 年における浅茅湾 (St. 2), 九十九島長串 (St. 3) および楠泊地先 (St. 4) における貝類養殖漁場 (Fig. 1) での *Alexandrium* spp. の出現状況については, 長崎県水産業普及指導センター (対馬, 県北), 佐世保市水産センターおよび当水試によって実施された現場調査で得られたプランクトンデータの一部を利用した。現場調査で *Alexandrium* spp. の出現が確認された場合は, 当日あるいは翌日までに当水試で核酸クロマトチップ法により種同定を行った。

結 果

培養株の種同定

クローン株として確立した 0507U1 株の鎧板 (頂孔板, 頂板 1' および後縦溝板) の頂孔板 (APC) は背縁の広くさび形で, 頂孔 (Apical

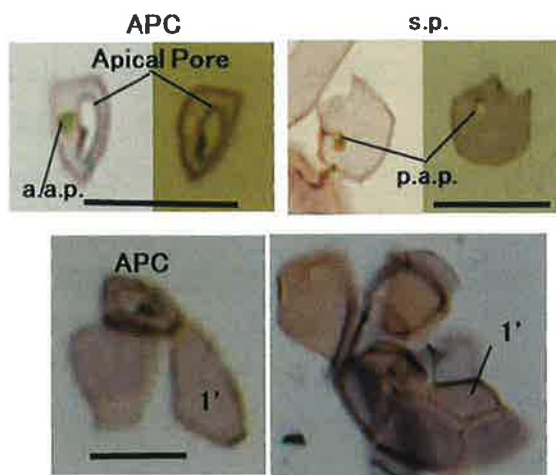


Fig. 2. Thecal plate of *Alexandrium catenella*, 0507U1 strain. Scale bar=10 μm.

APC, apical pore complex; a.a.p., anterior attachment pore; s.p., posterior sulcal plate; p.a.p., posterior attachment pore; 1', first apical plate.

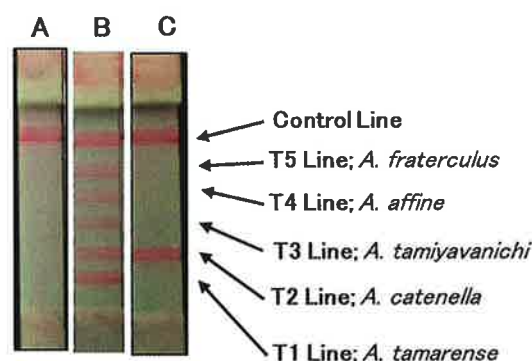


Fig. 3. Nucleic Acid Chromatography of *Alexandrium* spp.

A, Negative control; B, Positive control; C, *A. catenella* 0507U1 strain.

Pore) は左寄りに, その右に前部接続孔 (a.a.p.) が位置した (Fig. 2)。後縦溝板 (s.p.) は五角形に近く, 右縁近くに後部接続孔 (p.a.p.) があつた。頂板 1' には腹孔が認められなかった。0507U1 株を用いた核酸クロマトチップによる *Alexandrium* spp. の検出結果を Fig. 3 に示す。*A. catenella* の判定部位が赤く染色された。

A. catenella および *Polykrikos* spp. の出現消長

2001 年 1 月 9 日-3 月 15 日の期間に薄香湾 (St. 1) で観察された *A. catenella* および *Polykrikos* spp. の遊泳細胞の出現推移を Fig. 4

に示す。*A. catenella* は、1月9日に 561,000 cells L⁻¹ と赤潮として確認された後、1月12日に 15,000 cells L⁻¹、1月24日に 700 cells L⁻¹ と急速に減少し、1月26日以降の出現は確認されなかった。⁴⁾ 一方、*Polykrikos* spp. は1月11日に 16 cells L⁻¹ 確認され、1月12–15日に 100 cells L⁻¹ 以上で推移、1月20日には 1,900 cells L⁻¹ とピークに達した後減少し、1月26日にピークに達した後減少し、1月26日以降の出現は確認されなかった。

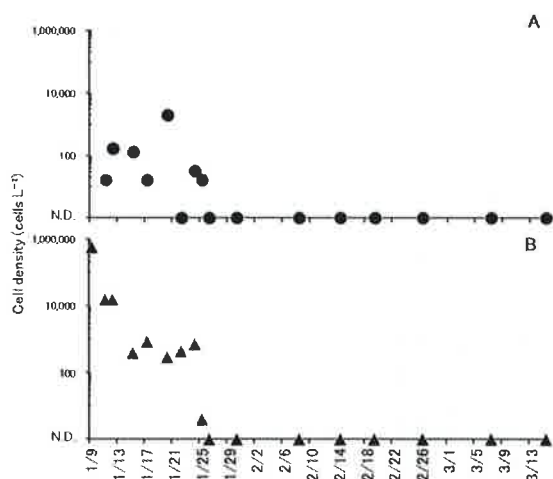


Fig. 4. Cell densities of *Polykrikos* spp. (A, This study) and *Alexandrium catenella* (B, Yamatogi et al. 2009) of station 1 in Usuka Bay in 2003.

Polykrikos spp. の *A. catenella* 捕食実験

暴露 12 時間後の *Polykrikos* spp. の観察結果を Fig. 5 に示した。*P. kofoidii* および *P. schwartzii* はともに全ての群体 (平均 4.3 細胞) で捕食により食胞内に取り込まれたと思われる *A. catenella* が 2~8 (平均 3.4) 細胞観察された。

Alexandrium spp. の出現状況と PSP 毒力

2014 年 10 月 28 日に浅茅湾のヒオウギガイ養殖場 (Fig. 1, St. 2) で採取された海水中の *Alexandrium* 属を顕微鏡で観察した結果、最高 78 細胞の連鎖群体 (Fig. 6) を含む計 157 cells L⁻¹ が係数された。核酸クロマトチップによる検出の結果は、*A. tamiyavanichii* および *A. affine* の判定部位に着色が認められた (Fig. 7)。*A.*

tamiyavanichii は麻痺性毒を生産する有毒種である²²⁾ ことから、養殖ヒオウギガイの可食部を ELISA 法による分析の結果、0.8 MU g⁻¹ の PSP が検出された。

2015 年 4 月 15 日に長崎県県北水産業普及指導センターが九十九島沿岸 (Fig. 1, St. 3,4 近隣) で行ったプランクトン調査で *Alexandrium* 属の出現が最高 10 cells mL⁻¹ 確認された。4 月 18 日に出荷を予定していた九十九島長串地先

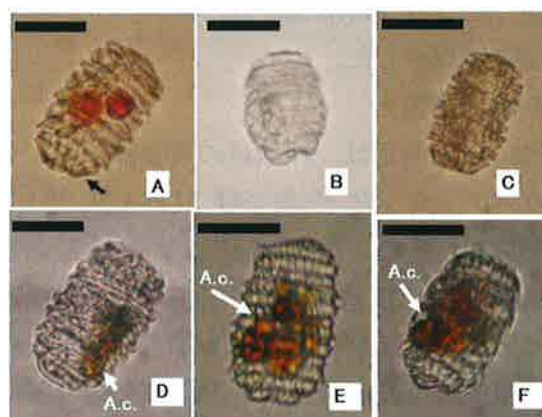


Fig. 5. Microscopic observations on *Alexandrium catenella* and *Polykrikos* spp. The scale bar is 50 μ m. A-C. *Polykrikos* spp. in field sample collected from Usuka Bay on 27 Nov. in 2008. A. *P. kofoidii* feeding on phytoplankton, showing striated ribs in the most posterior part (arrow). B. *P. schwartzii* pseudocolony. C. *P. kofoidii* pseudocolony. D-F. *A. catenella* (A.c.), 0507U1 strain and *Polykrikos* spp. in the vessel. D. *P. schwartzii* feeding on *A. catenella*. E-F. *P. kofoidii* feeding on *A. catenella*.

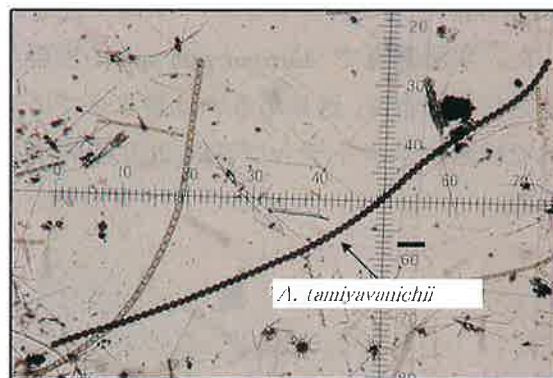


Fig. 6. Microscopic observation on *Alexandrium tamiyavanichii* in field sample collected from Asou Bay on 28 Nov. in 2014. The scale bar is 50 μ m.

(St. 3) および楠泊地先 (St. 4) の養殖マガキ漁場で, 4月16日にプランクトン調査と毒分析を実施し, 核酸クロマトチップによる同定と係数の結果, 有毒種の *A. catenella* が 2,800 cells L⁻¹ (St. 3) および 4,600 cells L⁻¹ (St. 4) 確認され, PSP 分析結果は, 2.0 MU g⁻¹ 未満 (St. 3) および 2.2 MU g⁻¹ (St. 4) と規制値以下であった (Table 1)。

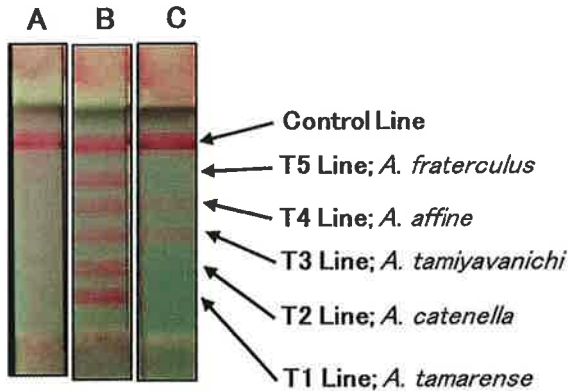


Fig. 7. Nucleic Acid Chromatography of *Alexandrium* spp. in field sample collected from Asou Bay on 28 Nov. in 2014. A, Negative control; B, Positive control; C, Field sample.

考 察

A. catenella の同定

今回の調査で薄香湾に出現した *Alexandrium* 属については, 0507U1 株の頂孔板, 頂板 1' および後縦溝板の形状は, *A. catenella* の形態的特徴とよく一致した^{1,22)} こと, 核酸クロマトチップの *A. catenella* の判定部位が赤く染色されたことから, 0507U1 株は *A. catenella* であることが判明した。0507U1 株は薄香湾内で採取した底泥中のシストを発芽させて培養株を確立したものであることから, 貝類養殖や採貝実態の

ある薄香湾では, 堆積物中に保存されている *A. catenella* が今後も出現し, 貝毒を発生させる恐れがあるため, 引き続きモニタリングを継続する必要があるといえる。

A. catenella の消長と *Polykrikos* spp. の動態

1999–2001 年の古江湾 (薄香湾に隣接) では, *A. catenella* の増殖時期に *G. catenatum* の捕食生物として知られる *Polykrikos* spp. が *G. catenatum* と同等あるいはそれ以上の密度で出現していた。⁸⁾ この時, *Polykrikos* spp. の出現に伴い, *G. catenatum* および *A. catenella* の細胞密度は減少していた。*P. kofoidi* が *Alexandrium tamarense* を捕食することは培養実験で観察されており,²⁶⁾ *P. kofoidi* は同属種である *A. catenella* を捕食する可能性があると言想された。今回の試験では, *P. kofoidi* と *P. schwartzii* がともに *A. catenella* を捕食することが初めて明らかにされ, *Polykrikos* spp. の 1 細胞あたりの捕食圧は 1.6 *A. catenella* cells day⁻¹ と見積もられた。薄香湾における *A. catenella* 赤潮発生時の水温・塩分条件での *A. catenella* の比増殖速度は 0.1–0.15 day⁻¹ であり,⁴⁾ この時の *Polykrikos* spp. の 1 細胞あたりの捕食圧 (1.6 *A. catenella* cells day⁻¹) を考慮すると, *A. catenella* が長期にわたって細胞密度を維持することは困難であったと推察される。これらのことから, 薄香湾において観察された *A. catenella* の赤潮衰退には *Polykrikos* spp. の捕食圧が関与していたと考えられる。このような *Polykrikos* spp. の出現時に *A. catenella* の赤潮が衰退する現象は, 2005–2008 年の玉之浦湾調査 (五島水産業普及指導センター) や 2014 年の九十九島調査 (県北水産業普及指導センター) で確認されている (未発表)。徳山湾では, 競合種の *Heterosigma akashiwo* の増殖が *A. catenella* の減少や増殖抑

Table 1. Cell density of *Alexandrium. catenella* and PSP of *Crassostrea gigas* in Kujukushima waters of Ngasaki Prefecture in 2014.

Date	Location	Station	Toxic dinoflagellate	Cell density (cells L ⁻¹)	Shellfishu	PSP (MU g ⁻¹)
16-Apr	Kujukushima waters	3	<i>Alexandrium catenella</i>	2,800	<i>Crassostrea gigas</i>	2.0 >
		4		4,600		2.2

制に関係したとされている。²⁷⁾ これらの結果から、PSPの消長予測の高精度化には、原因種の捕食種だけでなく、競合種のモニタリングも併せて実施することが重要であることが明らかになった。

Alexandrium spp.の出現状況とPSP毒力

2014年の調査で浅茅湾では*A. tamiyavanichii* および*A. affine*の出現が明らかになった。本県における*A. tamiyavanichii*の出現は初めての記録となる。*A. tamiyavanichii* および*A. affine*は長い連鎖群体を形成する共通の特徴を有する。²²⁾ *A. affine*は16細胞程度の連鎖群体が普通にみられ、²²⁾ 最長64細胞であること²⁸⁾ から、78細胞の連鎖群体 (Fig. 6) は*A. tamiyavanichii*と判断できる。*A. tamiyavanichii*はPSP原因種であり、²²⁾ 10,000 cells L⁻¹程度で二枚貝が毒化する恐れがあるとされ、²⁸⁾ 出現時に採取したヒオウギガイからは、わずかながら0.8MU g⁻¹のPSPが検出された。*A. affine*は1991年7月に橘湾から平戸東方沿岸にかけて赤潮を形成(最高細胞数60,800 cells mL⁻¹)し、養殖ブリ類、蓄養マダイ、定置入網イカ等計300千円の漁業被害を及ぼしている。²⁷⁾ 今後、プランクトンのモニタリングを実施する際には、*A. tamiyavanichii*のみならず*A. affine*の動向にも

注視する必要がある。

2015年4月16日に長串地先 (St. 3) および楠泊地先 (St. 4) の養殖マガキ漁場で、*A. catenella*が2,800 cells L⁻¹ (St. 3) および4,600 cells L⁻¹ (St. 4) 確認された。*A. catenella*は10,000 cells L⁻¹程度で二枚貝が毒化する恐れがあるとされる^{27,29)}ことから、当水試からは、養殖マガキの出荷等を行うに当たっては、マガキの貝毒検査により、安全性を確保する必要がある旨通知したところ、急遽、同日に採取されたマガキのPSP分析²⁴⁾を実施することになった。4月17日に判明した分析結果は2.0 MU g⁻¹未満 (St. 3) および2.2 MU g⁻¹ (St. 4) と出荷自主規制値 (4.0 MU g⁻¹) 以下であった (Table 1) ため、4月18~19日に開催の「九十九島漁協の魚まつり」で予定していたマガキの販売・食事を無事に提供することができた (Fig. 8)。佐世保市では、管内漁業協同組合や佐世保市水産センターおよび県が連携した貝毒調査の監視体制が整備されており、定期的なプランクトン調査が実施されている。九十九島漁業協同組合では、安心・安全の観点から、今回の九十九島地区での緊急・臨時調査の貝毒分析の結果次第では、魚祭りでのマガキの取り扱いを中止することを視野に入れていたが、貝毒監視体制が十分に機

19 April 2015
北九十九島 海の幸たっぷり
小佐々・魚まつり ツツジクルーズも



海鮮バーベキューを楽しむ家族連れ
↓佐世保市 九十九島漁協

北九十九島の水産物をPRする「第20回九十九島漁協の魚まつり」が18日、佐世保市小佐々町の同漁協で始まり、新鮮な魚介類などを求める買い客でにぎわっている。19日まで。

地元の人々の幸を広く知ってもらうべく、毎年4月と12月に開いている。今回は旬を迎えた大ぶりのサクラダイやカキを中心に多彩な魚介類や干物などの水産加工品が並び、市価の2〜5割引きで販売している。

特産品のいりこを100円で詰め放題できるコーナーは大人気。海鮮バーベキューもあり、昼食時を中心に家族連れらでにぎわった。職場の同僚家族とバーベキューをしてきた同市原分町の会社員、矢頭望さん(30)は「カキが大きくてびっくりした。磯の香りを楽しめた」と話した。

海上から長串山公園のツツジを觀賞する漁船クルーズも運航している。問い合わせは同漁協(電話0956・69・3161)。

(中島崇雄)

Fig. 8. Nagasaki News Paper reported Fish festival in Kujukushima waters.

能したことにより, 安全性が確保された地元産養殖マガキを安心して一般に供することができた。今後, 養殖生物の安全性を継続して確保するためには, 有害有毒プランクトンの高精度なモニタリングと関係者の更なる連携が重要となると考えられる。

謝 辞

この研究において, 取りまとめに際してご助言を頂いた国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センターの塚本達也博士にお礼申し上げます。また, ELISA 法による PSP の毒力定量を実施して頂いた地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所の川津健太郎博士, 核酸クロマトチップ法による種同定についてご指導頂いた国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所の長井 敏博士に感謝いたします。現場調査の協力やデータの提供を頂いた九十九島漁業協同組合, 佐世保市水産センター, 長崎県水産業普及指導センター (対馬, 五島, 県北) の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 福代康夫, Pholpunthin P. 日本の赤潮生物—写真と解説— (福代康夫, 高野秀昭, 千原光雄, 松岡數充) 内田老鶴圃, 東京. 1990; 86-87.
- 2) 宮澤啓輔. 日本における最近の貝毒の発生状況. 日水誌 1994; **60**: 683-684.
- 3) 岩滝光儀, 松岡數充. 有害渦鞭毛藻類の分布域と導入. 日本プランクトン学会報 2007; **54**: 24-29.
- 4) 山砥稔文, 北原 茂, 浦 賢二郎, 塚本達也. 長崎県沿岸における有毒・有害渦鞭毛藻 *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofid) の出現状況と増殖特性. 日本プランクトン学会報 2009; **56**: 109-119.
- 5) 神山孝史. わ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」. 水産学シリーズ 187 (鈴木敏之, 神山孝史, 大島泰克編). 恒星社厚生閣, 東京. 2017; 109-126.
- 6) Akaeda H, Takatani T, Anami A, Noguchi T. Mass outbreak of paralytic shellfish poisoning due to ingestion of oysters at Tamano-ura, Goto Island, Nagasaki, Japan. *J. food Hyg. Soc. Japan* 1998; **39**: 272-274.
- 7) 野口玉雄, 村上りつ子. 貝毒の謎—食の安全と安心—. 成山堂書店, 東京. 2004; 1-2.
- 8) 山砥稔文, 坂口昌生, 染川勝英, 永田新二, 丸田 肇, 浦 賢二郎, 舛田大作, 松山幸彦. 長崎県古江湾における有毒渦鞭毛藻 *Gymnodinium catenatum* Graham の冬春季の出現状況および培養株の増殖特性. 日本プランクトン学会報 2008; **55**: 83-92.
- 9) 宮崎県水産試験場. 昭和 56 年度宮崎県水産試験場事業報告書, 宮崎. 1983; 280.
- 10) 池田武彦, 松野 進, 遠藤隆二. 貝毒に関する研究 (第 3 報) *Gymnodinium catenatum* による二枚貝の毒化について. 山口県内海水産試験場報告 1988; **16**: 59-68.
- 11) 馬場俊典, 檜山節久, 池田武彦, 桃山和夫. 貝毒に関する報告—4 仙崎湾における貝毒原因プランクトンの出現と養殖カキの毒化について. 山口県内海水産試験場報告 1995; **24**: 22-25.
- 12) Matsuyama Y, Miyamoto M, Kotani Y. Grazing impact of the heterotrophic dinoflagellate *Polykrikos kofoidii* on a bloom of *Gymnodinium catenatum*. *Aqu. Microb. Ecol.* 1999; **17**: 91-98.
- 13) 結城勝久. 三重県の矢湾における渦鞭毛藻 *Alexandrium catenella* と *A. tamarense* の出現量の長期化. 日本プランクトン学会報 2008; **55**: 33-40.
- 14) 松岡數充, 岩滝光儀, 山砥稔文. 長崎周辺海域の有害植物プランクトン. 財団法人長崎

- 県産業振興財団・独立行政法人科学技術振興機構. 2006.
- 15) 吉田 誠, 福代康夫. 形態学的特徴からみた *Alexandrium* 属の分類. 日本プランクトン学会報 2000; **47**: 34-43.
- 16) 長井 敏, 宮本慎吾. 養殖技術講座一貝毒検査一有毒渦鞭毛藻 5 種を簡単・正確・安価に検出する遺伝子解析技術の開発. 月刊「養殖ビジネス」. 2015; **653**: 48-50.
- 17) 長井 敏. 分子生物学的研究手法の進展. 「有害有毒プランクトンの科学」(今井一郎・山口峰生・松岡敷充), 恒星社厚生閣, 東京. 2016; 48-57.
- 18) 松岡敷充. 有害有毒プランクトンの分類 「有害有毒プランクトンの科学」(今井一郎・山口峰生・松岡敷充), 恒星社厚生閣, 東京. 2016; 2-16.
- 19) 今井一郎. 赤潮微細藻類の計数と無菌培養法. 「海洋環境アセスメントのための微生物実験法」(石田祐三郎・杉田治男編) 恒星社厚生閣, 東京. 2000; 85-90.
- 20) 岡市友利, 西尾幸郎, 今富幸也. 有毒プランクトン研究法. 水産学シリーズ 42. 「有毒プランクトン-発生・作用機構・毒成分」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1982; 26.
- 21) 高野秀昭. 赤潮生物研究指針 (社団法人日本水産資源保護協会) 秀和, 東京. 1987; 62-73.
- 22) 千原光雄, 村野正明. 日本海産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会, 東京. 1997.
- 23) Nagai S, Matsuyama Y, Takayama H, Kotani Y. Morphology of *Polykrikos kofoidii* and *P. schwartzii* (Dinophyceae, Polykrikaceae) cysts obtained in culture. *Phycologia*. 2002. **41**: 319-327.
- 24) 安元 健. 麻痺性貝毒. 「食品衛生検査指針, 理化学編」(厚生省生活衛生局監修) 日本食品衛生協会, 東京. 1991; 300-309.
- 25) 篠崎貴史, 渡邊龍一, 川津健太郎, 櫻田清成, 高日新也, 上野健一, 松島良次, 鈴木敏之. 麻痺性貝毒簡易検出キット (PSP-ELISA) を用いた貝毒モニタリングシステムの有効性. 食衛誌 2013. **54**: 397-401.
- 26) Cho H-J, Matsuoka K. Cell lysis of a phagotrophic dinoflagellate, *Polykrikos kofoidii* feeding on *Alexandrium tamarense*. *Plankton Bio. Ecol.* 2000. **47**: 134-136.
- 27) 馬場俊典, 内田喜隆, 繁永裕司. 徳山湾における貝毒原因プランクトン *Alexandrium catenella* の出現とアサリの毒化: 発生期の環境特性と出現細胞密度による毒化予察の試み. 山口県内海水産研究センター研究報告 2006; **4**: 171-176.
- 28) 香川県魚類養殖業赤潮対策本部. 香川の赤潮生物 (第3版) 香川. 2006.
- 29) 水産庁九州漁業調整事務所. 平成3年九州海域の赤潮. 福岡. 1992.