

## 西九州五島列島福江島沿岸海域表層堆積物中の有害・有毒渦鞭毛藻シスト

松岡 數充, 鄭 盛允<sup>1)</sup>, 吉田 誠<sup>2)</sup>  
趙 賢珍, 林 正男, 丹籐 尚樹

Harmful dinoflagellate cysts found in surface sediments  
around Fukue Island of west Kyushu, Japan

Kazumi MATSUOKA, Seong-Youn Jeong<sup>1)</sup>, Makoto YOSHIDA<sup>2)</sup>, Hyun-Jin CHO,  
Masao HAYASHI and Naoki TANTO

In the early spring of 1997, an outbreak of paralytic shellfish poisoning due to ingestion of wild oysters occurred at a coast of Tamanoura Bay in Fukue Island, Goto, west Japan. To clarify causative organisms for this incident, dinoflagellate cysts were examined in surface sediments collected from 12 stations of Tamanoura Bay, Kishuku Bay and Togi Bay of Fukue Island. More than 18 genera including 32 species of dinoflagellate cysts were identified and cyst densities in these samples ranged from 442 (GKS-st. 1)–2070 (GTU-st. 6) cells/ml. A small amount of living cysts of *Gymnodinium catenatum*, and probable cysts of *Alexandrium catenella/tamarense*, *A. andersonii*, and *A. minutum* were also found. In the plankton sample collected from the same stations of the sediment samples in Tamanoura Bay after the incident, *A. andersonii* was most dominated, but any of *A. catenella*, *A. tamarense* or *G. catenatum* was not observed. Based on these evidences, either *A. andersonii* or *G. catenatum* was pointed out to be causative species for this PSP incident.

**Key Words:** 渦鞭毛藻シスト, 麻痺性貝毒, *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium andersonii*,  
五島列島, 福江島

西九州五島列島福江島では1997年3月に25名が被害を受ける麻痺性貝毒が発生した。直接の原因は玉之浦湾小川地区と中須地区付近で採取した天然カキの喫食であった。Akaeda et al.<sup>1)</sup>は現場海域で採取したカキの毒性及び毒成分、さらにプランクトンの毒性について調査し、カキからは7.1~135 MU/gの毒性値とともにprotogonyautoxin (PX) 群 (C1-C4) を中心とする低毒成分を検出した。吉田他<sup>2)</sup>は貝毒発生直後に採取されたプランクトンを調査した結果、それには *Alexandrium catenella*, *A. tamarense* など既知の麻痺性貝毒原因種は確認されなかったものの、*A. andersonii*, *A. insuetum*, *A. minutum* の出現を認めた。しかしながらこのプランクトン試料中で優占した *A. andersonii* と現場海域で採取されたマガキの毒成分組成との関連性を明らかにすることができず、この麻痺性貝毒原因種を特定するには至っていない。

一部の渦鞭毛藻は生活史の一時期に有性生殖を行い、休眠性接合子 (シスト) を形成する。シストの細胞壁は強靱なバイオポリマーから構成されているために、一部のシストは堆積物中に残存する。この性質によって堆積物中に残っている

シストから栄養細胞の存在の有無を判断する事ができる。本論文ではこの様な観点から五島列島福江島沿岸域表層堆積物中の渦鞭毛藻シスト群集に含まれる有害・有毒渦鞭毛藻種の存在の有無を明らかにし、1997年3月に福江島玉之浦湾で発生した麻痺性貝毒の原因種を推察する。また、離島沿岸域の渦鞭毛藻シスト群集の特徴についても考察する。

#### 試料及び分析方法

堆積物試料は1998年3月に内径1.1mm、長さ32cmのアクリルチューブを着装したTFO式コアラーを用い、福江島玉之浦湾で6試料 (GTU-st.1-St.6)、同岐宿湾で3試料 (GKS-st.1-st.3)、同戸岐湾で3試料 (GTG-st.1-st.3) を採取した (Fig. 1)。試料は表層部3cmを取り分け、渦鞭毛藻シストの分析をMatsuoka et al.<sup>3)</sup> に従って行った。

堆積物試料2.4mlを100mlの耐薬品性のある樹脂製ビーカーに入れ、約10%のHClを加えて炭酸カルシウム粒子を、さらに約20%のHFを用いて珪酸質粒子を除去し、目合125  $\mu$ mおよび20  $\mu$ mのステンレス製の篩にかけ、20  $\mu$ mの篩上

1) 現所属; 韓国・釜慶大学校自然科学大学院

2) 東京大学大学院農学生命科学研究科

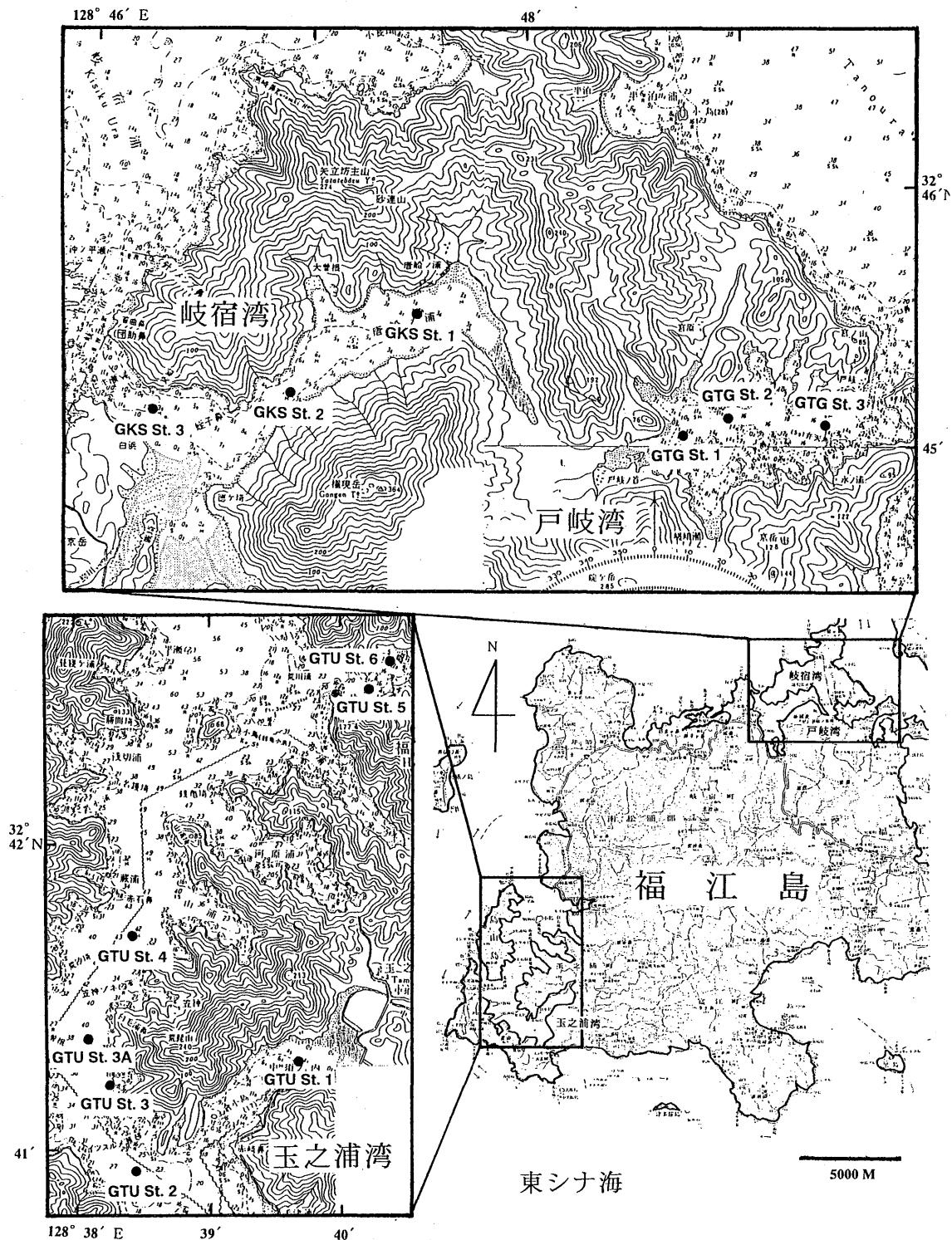


Fig. 1 Locations of samples collected for dinoflagellate cyst analysis and PSP outbreak in Tamanoura Bay, Fukue Island in 1997.

に残った試料を集め、蒸留水を加え全試料が10mlになるように懸濁させて濃縮精製試料とした。観察には濃縮試料10mlから0.2mlを取り分け、倒立型光学顕微鏡を用いて、その中に含まれる渦鞭毛藻シストの同定および計数を行った。この操作を1試料につき5回繰り返し、濃縮試料の1/10を検鏡した。

プランクトン試料中の渦鞭毛藻の観察には、スライドグラス上にプランクトン試料0.03mlを分取して、calcofluor white M2Rで蛍光染色し、カバーガラスをかけた後、落射蛍光顕微鏡を用い、U-V励起下で行った。これによって有殻渦鞭毛藻類の同定に際して重要な形質である鎧板配列の確認が極めて容易になった。

**Table 1.** Occurrence of dinoflagellate cysts (cells/ml of wet sediment) from Tamanoura Bay, Kishuku Bay and Togi Bay, Fukue Island.

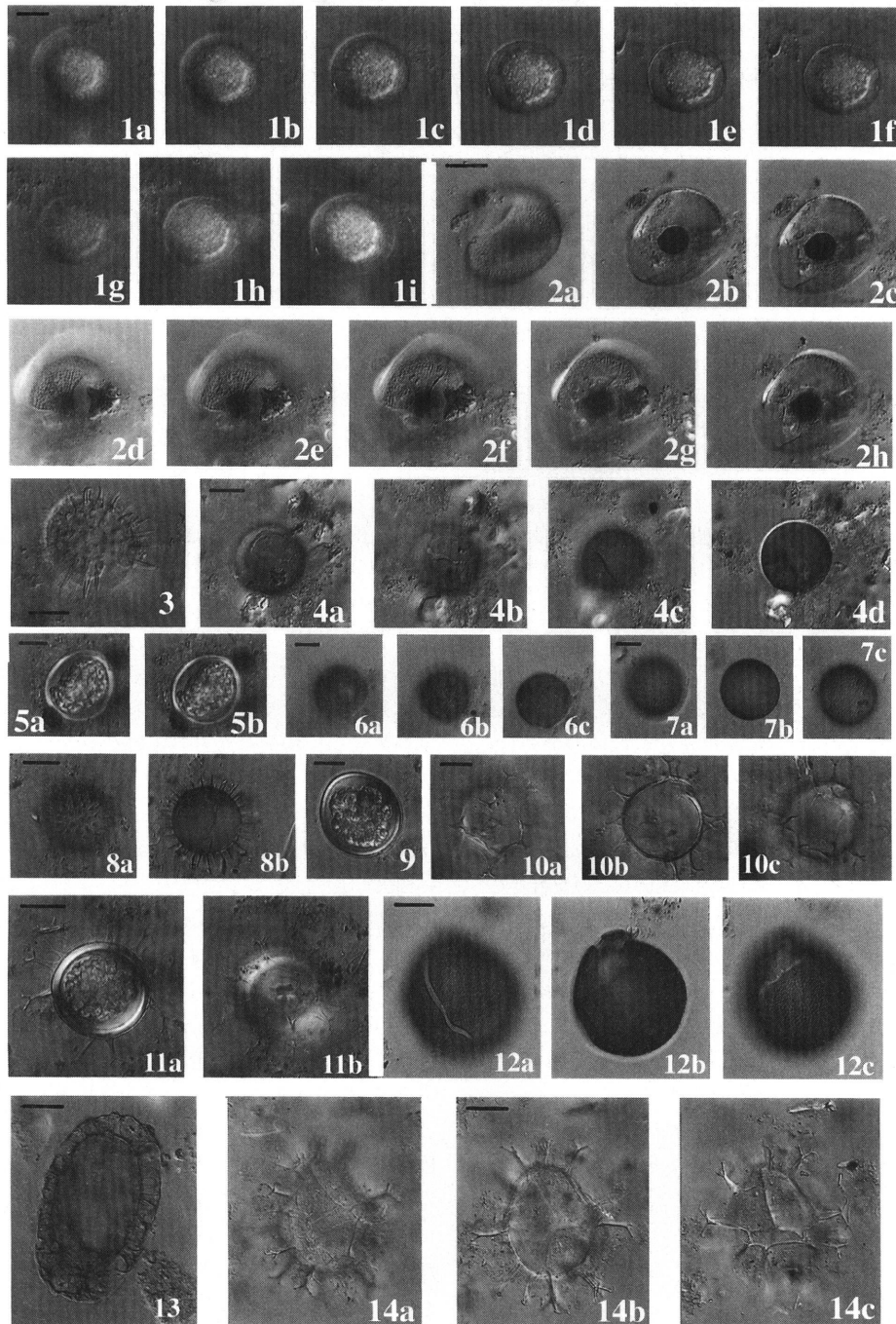
\* : motile form nomenclature

cyst species	station	Kishuku Bay						Togi Bay						Tamanoura Bay												
		GKS-st1		GKS-st2		GKS-st3		GTG-st1		GTG-st2		GTG-st3		GTU-st1		GTU-st2		GTU-st3		GTU-st4		GTU-st5		GTU-st6		
		L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	
<b>Gonyaulacoid group (%)</b>		<b>58 (43.3)</b>		<b>51 (34.5)</b>		<b>49 (38.9)</b>		<b>142 (50.7)</b>		<b>130 (48.5)</b>		<b>90 (48.4)</b>		<b>73 (44.2)</b>		<b>317 (53.7)</b>		<b>117 (47.4)</b>		<b>192 (56.1)</b>		<b>123 (36.9)</b>		<b>98 (41.9)</b>		
<i>Alexandrium andersonii/affine/leei</i> * ? (spherical)		5		3				14		6		5		2		4		2	6		6	2	6	2	4	3
<i>A. catenella/tamaranse</i> * (ellipsoidal)		3		6				13		9		3		5	3	3			2		4		3	2		
<i>Alexandrium minutum</i> *? (ovoidal)		4						6	4	1		5		1	2	10		3		2	2	4	1	7	4	
<i>Spiniferites bentori</i>								3	4	3	6	1	6			2	1	2	3	3	8	2	6	1	2	
<i>S. bulloideus</i>		9	10	6	9	7	6	17	15	9	24	13	14	10	6	28	38	23	12	12	46	10	31	8	10	
<i>S. cf. delicatus</i>					1			2	2																	
<i>S. elongatus</i>								3	2							3	3									
<i>S. hyperacanthus</i>					1		1											2	2				2	2	3	
<i>S. membranaceus</i>			1		1		1	3	4		3	1	3		3		4	3	3	1	8		2	3	3	
<i>S. mirabilis</i>					1			2	2	4	2		1			3	3	2	2	1	3		3	2	2	
<i>S. ramosus</i>		2	3		1	3	4	5	9	2	13		5	3	4	9	24	2	9		10	4	14	5	9	
<i>Spiniferites</i> spp.		6	1			2	9	9	6	7	14	5	5	5	9	4	18	7	4		12	1	8	2	8	
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>		4	7	8	8	8	7	7	6	5	19	10	6	3	8	62	87	16	12	9	41	3	11	8	4	
<i>Operculodinium israelianum</i>																				2					3	
<i>Protoceratium reticulatum</i> *		3		4	1	2		2	2	3		3		8	1	1	5	2		11		6		6	2	
<b>Subtotal</b>		<b>36</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>86</b>	<b>58</b>	<b>49</b>	<b>81</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>129</b>	<b>188</b>	<b>64</b>	<b>53</b>	<b>51</b>	<b>141</b>	<b>39</b>	<b>84</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	
<b>Calciolineloid group (%)</b>		<b>9 (6.7)</b>		<b>14 (9.5)</b>		<b>8 (6.3)</b>		<b>10 (3.6)</b>		<b>13 (4.9)</b>		<b>6 (3.2)</b>		<b>5 (3.0)</b>		<b>19 (3.2)</b>		<b>22 (8.9)</b>		<b>7 (2.0)</b>		<b>10 (3.0)</b>		<b>8 (3.4)</b>		
<i>Scrippsiella trochoidea</i> *			4		4		2		5		3		2	4		3		7	5		1		3		1	
<i>Scrippsiella</i> spp.*		5		5	5		6	2	3	7	3				2	8	4	6	4	5	1	7		6	1	
<b>Subtotal</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	
<b>Tuberculodinioid group (%)</b>												<b>4 (2.2)</b>				<b>6 (1.0)</b>		<b>7 (2.8)</b>		<b>3 (0.9)</b>		<b>5 (1.5)</b>		<b>5 (2.1)</b>		
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>												1	3			2	4	3	4	1	2	2	3		5	
<b>Subtotal</b>												<b>1</b>	<b>3</b>			<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>Gymnodinioid group (%)</b>		<b>4 (2.9)</b>						<b>15 (5.4)</b>		<b>8 (3.0)</b>		<b>3 (1.8)</b>				<b>9 (1.5)</b>				<b>5 (1.5)</b>		<b>11 (3.9)</b>		<b>5 (2.1)</b>		
<i>Gymnodinium catenatum</i> *									6		4		1					2								
<i>Gyrodinium instriatum</i> *									5									6				2		5	2	
<i>Phaeopolykrikos hartmannii</i> *		4						2	2	1	3					3				3	4	2		3		
<b>Subtotal</b>		<b>4</b>						<b>2</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>7</b>		<b>3</b>			<b>3</b>	<b>6</b>			<b>5</b>	<b>4</b>	<b>7</b>		<b>5</b>		
<b>Total of Autotrophic Species</b>		<b>45</b>	<b>26</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>90</b>	<b>77</b>	<b>57</b>	<b>94</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>142</b>	<b>209</b>	<b>80</b>	<b>66</b>	<b>57</b>	<b>150</b>	<b>52</b>	<b>97</b>	<b>54</b>	<b>62</b>	

Table 1. (Continued)

<b>Protopteridinoid group (%)</b>	<b>42 (31.3)</b>		<b>64 (43.2)</b>		<b>45 (35.7)</b>		<b>72 (25.7)</b>		<b>92 (34.3)</b>		<b>58 (31.2)</b>		<b>83 (38.2)</b>		<b>122 (20.7)</b>		<b>84 (25.9)</b>		<b>83 (24.3)</b>		<b>118 (35.4)</b>		<b>66 (28.2)</b>		
<i>Brigantedinium asymmetricum</i>																									
<i>B. auranteum</i>																									
<i>B. cariacense</i>																									
<i>B. grande</i>																									
<i>B. irregulare</i>																									
<i>B. simplex</i>																									
<i>Brigantedinium</i> spp.																									
<i>Leipokatium</i> sp.*																									
<i>Lejeunecysta concreta</i>																									
<i>Protopteridinium americanum</i> *																									
<i>P. thorianum</i> *																									
<i>Protopteridinium</i> spp.*																									
<i>Selenopemphix nephroides</i>																									
<i>S. quanta</i>																									
<i>Trinovantedinium capitatum</i>																									
<i>Votadinium carvum</i>																									
<i>V. spinosum</i>																									
<b>Subtotal</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>41</b>	<b>51</b>	<b>37</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>57</b>	<b>65</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>49</b>	<b>44</b>	<b>74</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	
<b>Diplopsallid group (%)</b>	<b>6 (4.5)</b>		<b>5 (3.4)</b>				<b>6 (2.1)</b>		<b>5 (1.9)</b>		<b>5 (2.7)</b>		<b>5 (3.0)</b>		<b>8 (1.4)</b>		<b>11 (4.5)</b>		<b>12 (3.5)</b>		<b>12 (3.6)</b>		<b>8 (3.4)</b>		
<i>Diplopelta parva</i> *																									
<i>Diplopsalis lenticula</i> *																									
<i>Dubridinium caperatum</i>																									
<b>Subtotal</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			
<b>Gymnodinioid group (%)</b>	<b>9 (6.7)</b>		<b>6 (4.1)</b>		<b>17 (13.4)</b>		<b>30 (10.7)</b>		<b>8 (3.0)</b>		<b>13 (7.0)</b>		<b>7 (4.2)</b>		<b>97 (16.4)</b>		<b>19 (7.7)</b>		<b>34 (9.9)</b>		<b>42 (12.6)</b>		<b>36 (15.8)</b>		
<i>Polykrikos kofoidii/schwartzii</i> *																									
<b>Subtotal</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	
<b>Total of Heterotrophic Species</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>57</b>	<b>51</b>	<b>47</b>	<b>58</b>	<b>47</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>112</b>	<b>115</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>69</b>	<b>103</b>	<b>54</b>	<b>58</b>	
Unidentified cysts																									
<b>Subtotal (%)</b>	<b>6 (4.5)</b>		<b>8 (5.4)</b>		<b>7 (5.6)</b>		<b>5 (1.8)</b>		<b>12 (4.5)</b>		<b>7 (3.8)</b>		<b>12 (7.3)</b>		<b>12 (2.0)</b>		<b>7 (2.8)</b>		<b>6 (1.8)</b>		<b>12 (3.6)</b>		<b>8 (3.4)</b>		
<b>Total dinoflagellate cyst</b>	<b>83</b>	<b>51</b>	<b>71</b>	<b>77</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>152</b>	<b>128</b>	<b>116</b>	<b>152</b>	<b>102</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>86</b>	<b>262</b>	<b>328</b>	<b>139</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>216</b>	<b>133</b>	<b>200</b>	<b>116</b>	<b>118</b>	
<b>Number of cysts/ml of wet sediment</b>	<b>470</b>	<b>519</b>	<b>442</b>	<b>982</b>	<b>940</b>	<b>653</b>	<b>579</b>	<b>2070</b>	<b>867</b>	<b>1200</b>	<b>1169</b>	<b>821</b>													

L: living cyst, E: empty cyst



**Fig. 2** Dinoflagellate cysts occurred in Tamanoura Bay, Fukue Island.

1. *Gymnodinium catenatum* Graham\*; living cyst filled with protoplasts; a-i, different focus level.
- 2, 12. *Gymnodinium catenatum* Graham\*; empty cyst showing fine reticulate surface structure.
3. *Lingulodinium machaerophorum* (Deflandre and Cookson) Wall (= *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge\*).
4. *Brigantedinium cariacense* (Wall) Reid (= *Protoperidinium avellanum* (Meunier) Balech\*).
5. Living spherical cysts similar to *Alexandrium andersonii* Balech\*.
- 6, 7, 8. *Baltisphaeridium* spp., bearing brownish cyst wall.
9. Living ovoidal cysts similar to *Alexandrium minutum* Halim\*.
- 10, 11. *Spiniferites bulloideus* (Deflandre and Cookson) Sarjeant (= *Gonyaulax scrippsae* Kofoid\*).
13. *Polykrikos schwatzii/kofoidii*\* complex.
14. *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg) Loeblich and Loeblich (= *Gonyaulax spinifera*\* complex).

All specimens occurred in GTU-st. 2; scale bar is 20  $\mu$  m. \*: biological name for vegetative cell.

## 結 果

検出した渦鞭毛藻シスト (Table 1) は岐宿湾 (GKS) では442-519cells/ml of wet sediment (以下同じ) で, *Spiniferites bulloideus* (Fig. 2; 10, 11), *Lingulodinium machaerophorum* (Fig. 2; 3), *Brigantedinium* spp. (Fig. 2; 6, 7), *Votadinium carvum* が多産した。独立栄養種群と従属栄養種群とはほぼ同率であった。戸岐湾 (GTG) では653-982cells/mlで, 多産種は *Spiniferites bulloideus*, *Spiniferites ramosus* (Fig. 2; 14), *Lingulodinium machaerophorum*, *Brigantedinium* spp., *Selenopemphix quanta*, *Polykrikos kofoidii/schwartzii* complex (Fig. 2; 13) であった。この湾では独立栄養種群がやや多かった。玉之浦湾 (GTU) では579-2070cells/mlの産出量で, 優占種は *Spiniferites bulloideus*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Polykrikos kofoidii/schwartzii* complex であった。GTU-Sts. 2, 3, 4では独立栄養種群が多く, GTU-St. 6では両者がほぼ同率で, GTU-Sts. 1, 5では従属栄養種群が多かった。

これらの渦鞭毛藻シスト群集には有毒種として知られる *G. catenatum* (Fig. 2; 1, 2, 12) の他, シストの形態から推察される *A. catenella* もしくは *A. tamarensis*, *A. andersonii* (Fig. 2; 5) が含まれている。*G. catenatum* は戸岐湾の GT G-sts. 1, 2, 3 と玉之浦湾の GTU-st. 2 に産したが, 産出量は少なく, 最高値は GTG-St. 1 で記録され, その全群集の 2.1 % であった。また, *A. catenella* もしくは *A. tamarensis* シストはすべての湾で産し, 最高値は GTG-st. 1 での全群集の 5 % を示した。*A. minutum* のシストに類似した無色透明で卵型シスト (Fig. 2; 9), また *A. andersonii* や今回のプランクトン調査ではその存在が確認されなかった *A. leei* のシストに類似した休眠細胞も認められた。

赤潮となりうる有害種としては *Gonyaulax spinifera* (= *Spiniferites ramosus*), *Lingulodinium polyedrum*, (= *L. machaerophorum*), *Protoceratium reticulatum*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gyrodinium instriatum*, *Pheopolykrikos hartmannii* が産している。

## 考 察

### 1. 渦鞭毛藻シスト群集の特徴

東シナ海北部沿岸域の表層堆積物中の渦鞭毛藻シスト群集に関する研究は, 対馬・浅茅湾や三根湾<sup>4)</sup>, 韓国南部および済州島周辺<sup>5), 6)</sup> で行われてきた。前述の福江島周辺表層堆積物からはシスト形態に基づくと少なくとも18属32種が確認された。これは対馬・浅茅湾や三根湾, 長崎湾, 大村湾での出現種数にはほぼ匹敵し, 朝鮮半島南部や済州島周辺よりも多様である。渦鞭毛藻シストの産出量は対馬では720-3390cells/ml, 韓国南部沿岸域では21-280cells/ml, 済州島周辺域では13-47cells/mlである。福江島周辺での産出量は対馬よりも少ないものの, 韓国南部沿岸域や済州島周辺域よりは多い。これらの相違は海洋環境を反映していると考えられる。韓国南部沿岸域や済州島周辺域は外洋性で, やや粗粒な堆積物で

あるのに対して, 対馬や福江島は離島ではあるものの今回の調査海域は入り組んだ内湾で, 堆積物はおおむね泥質であることによると考えられる。

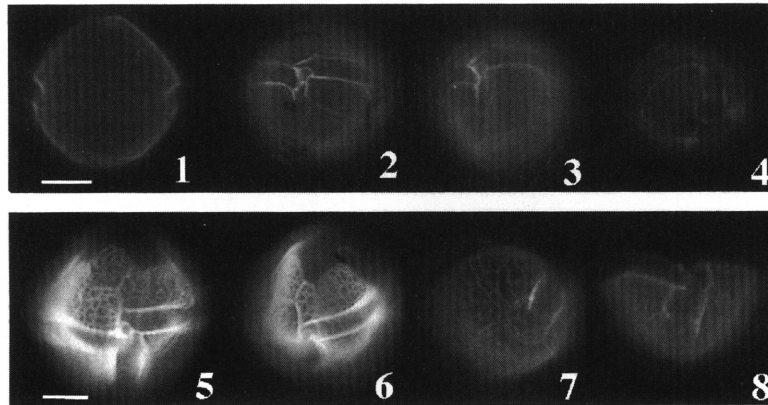
### 2. 有毒種の分布とシスト

今回の調査で2-3の有毒種およびその可能性のあるシストが確認された。無色透明の細胞壁を持つ楕円形 (ellipsoidal), と卵形 (ovoidal) のシストはそれぞれ *Alexandrium catenella/tamarensis* と *A. minutum* のシストに類似する。また球形のシストは地中海ナポリ沿岸域から発見されている<sup>7)</sup> *A. andersonii* のシストに類似している。これらが有毒種のシストであるか否かの最終的な結論は, シストの培養実験を行った後に下す必要がある。しかし, 福江島周辺では1984, 1985年に *A. catenella* が出現している<sup>8)</sup> ことから, 少なくとも楕円形シストは本種である可能性が極めて高い。この他, 本種は西九州周辺海域では対馬・浅茅湾, 天草諸島・宮野河内湾, 伊万里湾から報告されている。また韓国・鎮海湾では *A. tamarensis* が貝毒原因種として報告されている<sup>9)</sup>。

*A. minutum* に酷似する卵形で無色透明の細胞壁をもつシストも少量ながら産出した。本種の栄養細胞もごく少量ではあるが今回のプランクトン試料に混在していた<sup>2)</sup>。日本での本種の産出は矢野湾からの報告がある<sup>10)</sup> もの, 西九州海域ではこれが初めてである。

プランクトン試料中には *A. andersonii* (Fig. 3; 1-4) と *A. insuetum* (Fig. 3; 5-8) が多産した。*A. andersonii* の産出は西九州周辺域では最初である<sup>2)</sup>。本種はこれまでに北米東海岸, 地中海ナポリ湾から産出例があり, とくに後者ではマウスバイオアッセイによって毒性が確認されたが, その毒成分組成は不明であるとされている<sup>11)</sup>。*A. insuetum* は韓国・鎮海湾<sup>12)</sup> や瀬戸内海<sup>13)</sup> で産出が確認されている。本種の毒性は瀬戸内海の株で検査され, 無毒であると結論されている<sup>14)</sup>。

日本近海で出現する他の麻痺性貝毒原因種として *Gymnodinium catenatum* がある。本種は1987年に山口県仙崎湾で貝毒原因種として特定された<sup>15)</sup>。その後 Matsuoka and Fukuyo<sup>16)</sup> は本種の分布調査を栄養細胞やシストの存在を手がかりに行った結果, 対馬・浅茅湾, 伊万里湾, 大村湾, 八代海, 瀬戸内海で生息することを確認した。また韓国・鎮海湾からも本種の栄養細胞とシストが報告されている<sup>17)</sup>。最近になって大分県猪串湾や天草諸島・宮野河内湾などでは本種による二枚貝の毒化が原因で中毒事件が発生している<sup>18), 19)</sup>。一般に貝毒原因プランクトンの毒成分組成はプランクトンの種類や発生海域によって異なると考えられている<sup>20)</sup>。*G. catenatum* の毒成分組成は protogonyautoxin (PX) 群 (C1-C4) を主とし, 他の有毒 *Alexandrium* 属の種が産生する gonyautoxin 群 (GTX), STX を主成分とする強毒性とは異なっているとされる<sup>21)</sup>。しかし, 坂本他<sup>22)</sup> は徳山湾に発生した *A. catenella* の毒成分組成は C2 が全毒量の70%以上を, GTX 1 + GTX 2 が約20%を占めることを明らかにした。これは従来の *Alexandrium* 属の一般的な毒成分組成とは異なっていることを示しており, 同じ属でも基本的な毒成分組成が種によって異なっている事例である。坂本他<sup>22)</sup> はさらに毒化した数種



**Fig. 3** *Alexandrium andersonii* Balech (1-4) and *Alexandrium insuetum* Balech (5-8), all photomicrographs taken by epifluorescence light after staining with cellfluor. Scale bar is 20um.

1. Optical cross section in lateral view, 2, 3. Ventral view showing Sa plate, 4. Oblique antapical view showing Sp plate, 5, 6. Ventral view showing 1', 6" and Sa plates, 7. Oblique antapical view showing Sp plate, 8. Ventral view showing sulcul plates.

の二枚貝の毒組成を検討した結果、マガキはムラサキイガイやアサリに比べてC1, C2などの低毒性成分をより多く、逆にアサリはGTX 1やGTX 4などの高毒性成分を多く蓄積することを報告している。これらの事例は毒成分組成から貝毒原因渦鞭毛藻を特定することが困難であることを示唆している。福江島・玉之浦では*G. catenatum*は貝毒発生後に採取されたプランクトン試料では確認することができなかったが、プランクトン試料、カキ試料ともに低毒性成分を主とする麻痺性毒が検出されていること<sup>1)</sup>から、1997年の貝毒は*G. catenatum*であったことも考えられる。さらに、貝毒発生海域の表層堆積物から*G. catenatum*のシストが少ないながらも原形質で充たされた状態 (Fig. 2; 1) で産出していることから、*G. catenatum*がこの海域に生息していることは確実である。なお、従来より表層堆積物中での*G. catenatum*シストの相対的産出頻度は低いことが知られている<sup>10)</sup>ことからすると、福江島・玉之浦での本種シストの低い出現頻度は前述の推察を否定するものではない。しかしながら*A. andersonii*も有毒であることが示唆されていることから、本種も原因種であった可能性を否定し得ない。したがって、今回の貝毒発生原因種が何であるのかを特定するには、*G. catenatum*の栄養細胞の存在を確認するとともに福江島・玉之浦の*A. andersonii*と*G. catenatum*の毒成分組成を解明する必要がある。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたって、長崎大学水産学部野口玉雄教授からは五島福江島・玉之浦での貝毒発生状況や発生海域についての情報を提供していただくとともに、現地調査の際にお世話になった。また同高谷智裕助手と谷山茂人氏からは現地調査で協力を得た。以上の方々および本論文の査読者にお礼申し上げます。本研究の一部は文部省科研費基盤研究C (課題番号10640452) によった。

#### 付 記

今回の貝毒事件は公衆衛生上極めて重要な問題を提起している。それは一般にはほとんど知られていない現象に起因するからである。水産関係者には*A. catenella*, *A. tamarense*や*G. catenatum*などの渦鞭毛藻が麻痺性貝毒原因種であることは自明であり、従ってカキ、ヒオウギガイやホタテガイなどの養殖二枚貝に対しては、原因プランクトンの出現状況と毒性値の監視が行われており、毒量が規制値を超えるとそれらの二枚貝の出荷は規制されてきた。従って流通経路上にあるこれら養殖二枚貝の食品としての安全性は保証されていると考えられる。しかし、天然に産する二枚貝、例えば今回の五島・福江島のような例はその毒性を監視する事は不可能である。従って貝毒から身を守るには、我々自身が自然界にはこのような危険性の存在することを知るとともに、それを避けるためにはその海域でのプランクトンの発生時期を理解しておくことが重要になる。

#### 引用文献

- 1) Akaeda, H., Takatani, H., Anami, A. and Noguchi, Y. Mass outbreak of paralytic shellfish poisoning due to ingestion of oyster at Tamano-ura, Goto Islands, Nagasaki, Japan. *J. Food. Hyg. Soc. Japan*, 39, p.272-274, (1998).
- 2) 吉田 誠・福代康夫・松岡数充・野口玉雄 長崎県五島・玉之浦における麻痺性貝毒事件発生時に採集された小型*Alexandrium*. 1997年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.97, (1997).
- 3) Matsuoka, K. Fukuyo, Y. and Anderson, D.M. Methods for modern dinoflagellate cyst studies. In: Okaichi, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. (eds). *Red Tides: Biology, Environmental sciences and Toxicology*, p.

- 461-479, (1989).
- 4) 松岡敷充・李 竣佰 対馬・浅茅湾および三根湾表層堆積物中の渦鞭毛藻シスト群集. 長崎大学教養部紀要, 自然科学篇, 34, p.121-132, (1994).
  - 5) Lee, J.-B., and Matsuoka, K. Distribution of dinoflagellate cysts from surface sediments in southern Korean waters. Proceedings of the Second International Symposium on Marine Science "Exploitation of Marine Resources", p.1-20. Cheju National Univ., Korea, (1994).
  - 6) Lee, J.-B. and Matsuoka, K. Dinoflagellate cysts in surface sediments of southern Korean waters. In "Harmful and Toxic Algal Blooms", Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. (eds.), p.173-176, International Oceanographic Commission of UNESCO, (1996).
  - 7) Montresor, M., Zingone, A. and Sarno, D. Dinoflagellate cyst production at a coastal Mediterranean site. J. Plankton Res., 20, p.2291-2312, (1998).
  - 8) 長崎県 貝毒原因プランクトンの広域分布調査, 重要貝類毒化対策事業報告書, 6p, (1986).
  - 9) Han, M.-S., Jeon, J.-K. and Kim, Y.-O. Occurrence of dinoflagellate *Alexandrium tamarense*, a causative organisms of paralytic shellfish poisoning in Chinhae Bay, Korea. J. Plankton Res., 14, p.1581-1692, (1992).
  - 10) Yuki, K. First report of *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) from Japan. Jap. J. Phycol., 42, p.425-430, (1994).
  - 11) Ciminiello, P., Pattorusso, E., Forino, M. and Montresor, M. A new PSP-like toxin in *Alexandrium andersonii* (Dinophyceae). Harmful Algae News, No. 18, p.1, 3, (1999).
  - 12) Balech, E. The genus *Alexandrium* or *Gonyaulax* of the *Tamarensis* group. In Toxic Dinoflagellates, Anderson, D.M., White, A.W. and Baden, D.G. (eds.), Toxic Dinoflagellates, p.33-38, Elsevier, New York, U.S.A, (1985).
  - 13) Yuki, K. and Yoshimatsu, S. New record of *Alexandrium insuetum* Balech (Dinophyceae) from Japan with some supplementary observations on thecal morphology. Bull. Plankton Soc. Japan, 36, p.121-126, (1990).
  - 14) 香川県赤潮研究所 平成7年度貝毒被害防止対策事業報告書, 貝類毒化機構解明調査, 貝類中における貝毒の代謝生理特性の解明, 6p. (1996).
  - 15) Ikeda, T., Matsuno, S., Sato, S., Ogata, T., Kodama, M., Fukuyo, Y. and Takayama, H. First report on paralytic shellfish poisoning caused by *Gymnodinium catenatum* Graham (Dinophyceae) in Japan. In Okaichi, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. (eds.), Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology, p.411-414, Elsevier Science Publ., New York, (1989).
  - 16) Matsuoka, K. and Fukuyo, Y. Geographic distribution of the cyst of toxic *Gymnodinium catenatum* Graham in Japanese coastal waters. Bot. Mar., 37, p.495-503, (1994).
  - 17) Kim, H.-G., Matsuoka, K., Lee, S.-G. and An, H.-K. The occurrence of a dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* from Chinhae Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 29, p.837-842, (1996).
  - 18) Takatani, T., Akaeda, H., Kaku, T., Miyamoto, M., Mukai, H., and Noguchi, T. Paralytic shellfish poison infestation of oyster *Crassostrea gigas* due to dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* in the Amakusa Islands, Kumamoto Prefecture. J. Food. Hyg. Soc. Japan, 39, p.292-295, (1998a).
  - 19) Takatani, T., Morita, T., Anami, A., Akaeda, H., Kamijo, Y., Tsutsuni, K., and Noguchi, T. Appearance of *Gymnodinium catenatum* in association with the toxication of bivalves in Kamae, Oita Prefecture, Japan. J. Food. Hyg. Soc. Japan, 39, p.275-280, (1998 b).
  - 20) Cembella, A. D. Ecophysiology and metabolism of paralytic shellfish toxins in marine microalgae. In Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms Anderson, D.M., Cembella A.D. and Hallegraeff, G. M. (eds.), p.381-403, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, (1998).
  - 21) Oshima, Y. Post-Column derivatization HPLC methods for paralytic shellfish poisons. In Manual on Harmful Marine Microalgae, Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. and Cembella, A.D. (eds.), p.81-94, Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, (1995).
  - 22) 坂本節子・長崎慶三・松山幸彦・小谷祐一 徳山湾に発生した *Alexandrium catenella* 赤潮による二枚貝類の毒化—麻痺性貝毒の毒量および毒性分組成の比較—, 瀬戸内海区水産研究所報告, No. 1, p.55-61, (1999).