

屋島湾における渦鞭毛藻 *Alexandrium minutum* Halim と *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) Balech et Tangen の出現

結城勝久*・吉松定昭

Occurrence of *Alexandrium minutum* Halim and *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) Balech et Tangen (Dinophyceae) in Yashima Bay, eastern Seto Inland Sea, Japan

Katsuhisa YUKI* and Sadaaki YOSHIMATSU

At a single station (34° 22.0' N, 134° 6.5' E) in Yashima Bay, eastern part of the Seto Inland Sea, Japan, microplankton sampling was carried out approximately every week between April 1997 and March 1998. In the samples the dinoflagellate *Alexandrium minutum* and *Alexandrium ostenfeldii*, which have hitherto been reported as paralytic shellfish toxin-producer, were observed. This is the first report of the occurrence of these species in coastal waters of Kagawa Prefecture. *Alexandrium minutum* possesses a small ventral pore, which is posteriorly situated on the right upper side of the first apical plate; the narrow precingular 6''; and nearly rectangular posterior sulcal plate, which is wider than long. On the other hand, *A. ostenfeldii* is distinctive by having the narrow and asymmetrically rhomboidal first apical plate with a large ventral pore; the precingular 6'', which is slightly wider than long; the triangular-shaped anterior sulcal plate; and the short posterior sulcal plate, which is irregularly pentagonal. These characters of our specimens are satisfactorily consistent with previous descriptions of both species from various localities of the world. In Yashima Bay vegetative cells appeared in low concentrations from spring to mid-summer (*A. minutum*) and from late spring to early fall (*A. ostenfeldii*).

キーワード: *Alexandrium minutum*, *Alexandrium ostenfeldii*, 屋島湾, 被殻形態, 出現時期

日本沿岸域でこれまで実際に麻痺性貝毒の原因となった渦鞭毛藻として *Alexandrium* 属の3種, 即ち *Alexandrium catenella* (Whedon et Kofoid) Balech, *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech, *Alexandrium tamiyavanichii* Balech と *Gymnodinium catenatum* Graham が知られている¹⁾。香川県沿岸域にはこれらすべての種が分布し^{2~4)}, *Alexandrium* 属の3種は1970年代中期以降, 二枚貝類毒化の原因藻となっている⁵⁾。

とくに播磨灘では *A. catenella* による1976年の最初の貝毒発生⁶⁾ から20年以上を経て, *A. tamiyavanichii* を原因種とする貝毒発生が1999年以降に顕在化して

おり⁷⁾, 新たな有毒プランクトンの出現には今後とも注意を払う必要性が生じている。

日本沿岸域には上述の種以外に少なくとも2種の麻痺性毒産生種 *Alexandrium minutum* Halim と *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) Balech et Tangen の存在が認められているが^{8~12)}, それらの分布は太平洋沿岸や九州西岸域に限られていた。筆者らは屋島湾で周年にわたって採集された試料からこれら2種を同定し, 香川県沿岸域での分布を新たに確認したので, 形態特徴を記述して報告することとした。なお, *A. minutum* については産地や培養株により毒性が相違し, 国内で

* 合資会社ブルーム

唯一、岩手県大船渡湾から分離された培養株は無毒株であることが分かっているが¹²⁾、本研究では屋島湾産株の分離・培養に至っておらず毒性の有無については確認していない。

材料および方法

試料は備讃瀬戸東部の香川県中央部に位置する屋島湾内の香川県水産試験場地先に設けた1定点 (34° 22.0' N, 134° 6.5' E; 水深約5 m) で、1997年4月～1998年3月の1年間にわたってほぼ毎週1回、1Lの表面海水を採取後にホルマリン固定して得られた。各試料は静置沈殿処理により4 mLに濃縮され、そのうちの0.1～0.2 mL中の*Alexandrium* 属を同定・計数

した。被殻の観察は今村・福代 (1984)¹³⁾を参考にして行った。すなわち、被殻の展開と染色には次亜塩素酸ナトリウム (アンチホルミン) と今村・福代の染色液 (成分としてヨウ素, ヨウ化カリウム, 抱水クロラルを含む) を適宜使用した。この染色液には次亜塩素酸ナトリウムと併用しても脱色されないという特性がある。線画はオリンパス社製描画装置 U-DA を用いて描かれた。

結果および考察

Alexandrium minutum の形態

Alexandrium minutum の被殻形態を Fig. 1 に示す。細胞は小型の球形であり、背腹方向の圧縮はほとん

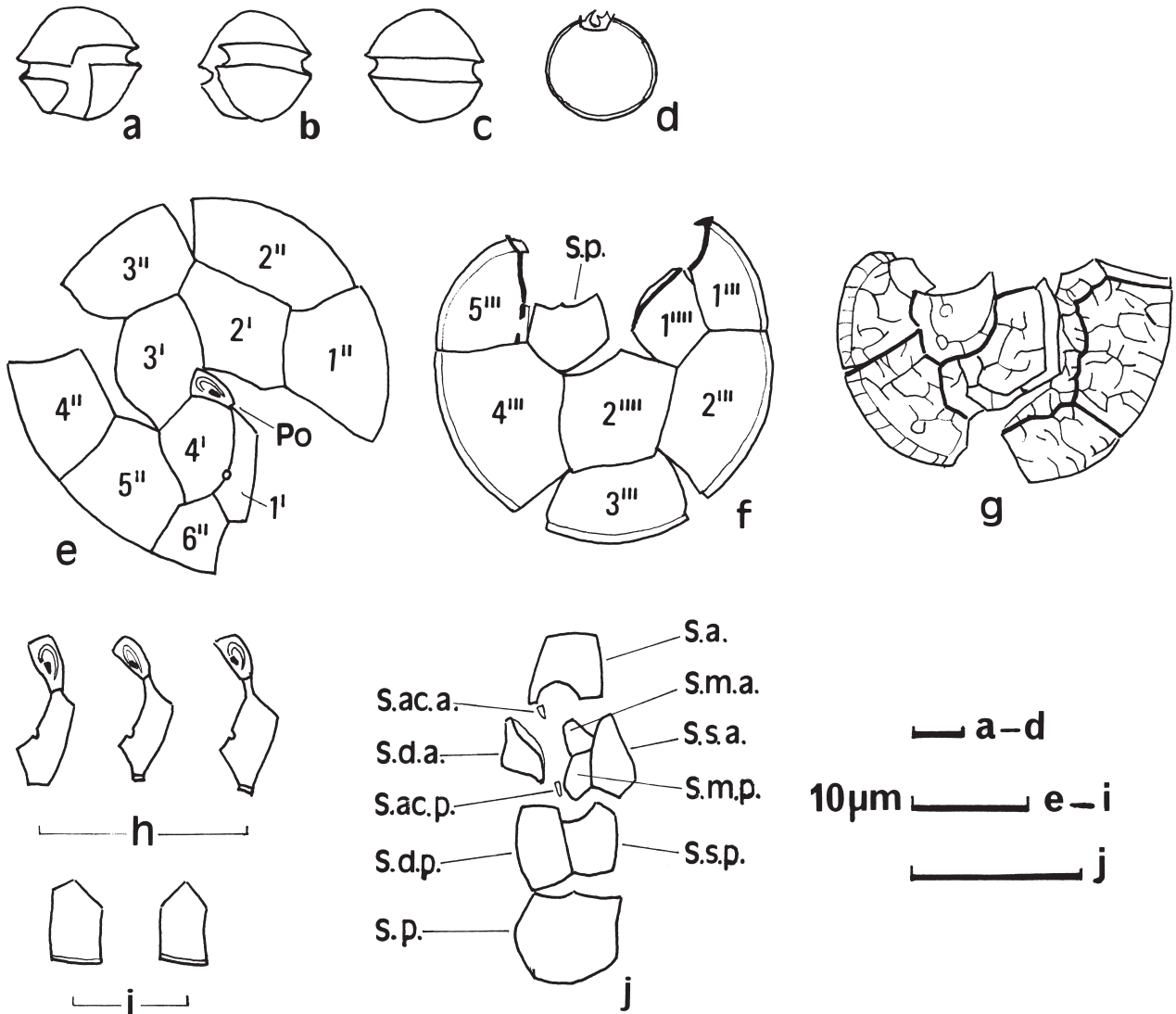


Fig. 1. Thecal plate morphology of *Alexandrium minutum* from Yashima Bay, Japan.

a) Ventral view; b) Left side view; c) Dorsal view; d) Antapical view; e) Epithecal plates seen apically; f) Hypothecal plates seen antapically; g) Hypothecal plates with irregular reticulations; h) First apical plates, which are directly connected to the apical pore plates; i) Precingular 6'' plates; j) Sulcal plates, showing anterior plate (S.a.), posterior plate (S.p.), right anterior lateral plate (S.d.a.), left anterior lateral plate (S.s.a.), right posterior lateral plate (S.d.p.), left posterior lateral plate (S.s.p.), anterior median plate (S.m.a.), posterior median plate (S.m.p.), anterior accessory plate (S.a.c.a.), and posterior accessory plate (S.a.c.p.).

どない。上殻は半球状、下殻はやや台形で細胞底面における縦溝湾入は浅い。細胞の長さ20~25 μm 、幅20~25 μm を有する。細胞の表面はほとんどの場合、滑らかであるが、まれに下殻の鎧板上にのみ粗い網目模様が認められる。横溝は深く、腹面においてその幅だけ食い違う。横溝の上下両縁の突出は低いが顕著である。縦溝の細胞底面における湾入は浅い。確認された鎧板はPo, 4', 6'', 6c, 10s, 5''', 2''''である。頂孔板には釣針形の頂孔を有するが、前部接続孔は認められない。第1頂板は歪な(非対称な)ひし形であり、右上辺部の後方に小さい腹孔を有する。第1頂板の前端部は截形であり、常に頂孔板に接している。第6前帯板は細長く、長さは幅のほぼ2倍である。縦溝域は8枚の鎧板と微小な2枚の装飾板で構成される。前縦溝板の前縁部は平坦である。後縦溝板は幅の広い長方形状であり、後端部はやや突出するが両側部はほぼ平行である。後縦溝板上に後部接続孔は認められない。

後帯板4''''は下殻の鎧板中最大である。底板2''''は歪な五角形で細胞後端部の大部分を占める。群体形成は見られない。

屋島湾の天然試料の形態特徴はこれまでの*A. minutum*の記載(例えばBalech 1989¹⁴⁾, Montresor et al. 1990¹⁵⁾, Yuki 1994⁹⁾, Balech 1995¹⁶⁾, 吉田 2000¹⁰⁾)によく合致していた。とくに腹孔が第1頂板の右上辺部の下方に位置すること、第6前帯板の幅が狭く縦長であること、後縦溝板が横長でその両側部がほぼ平行であること、前・後部接続孔を欠くことは本種の際立った特徴であり近似種との重要な識別点と考えられる。

下殻の鎧板にまれに見られた網目模様は、これまでの観察例ではイタリア沿岸域¹⁵⁾と岩手県大船渡湾¹²⁾からの培養試料および三重県の矢湾の天然試料⁹⁾でも認められている。吉田(2000)¹⁰⁾によれば有毒な培養株には網目模様が現れないことが指摘されており、実際に、網目模様のない細胞を産するオーストラリア¹⁷⁾やベト

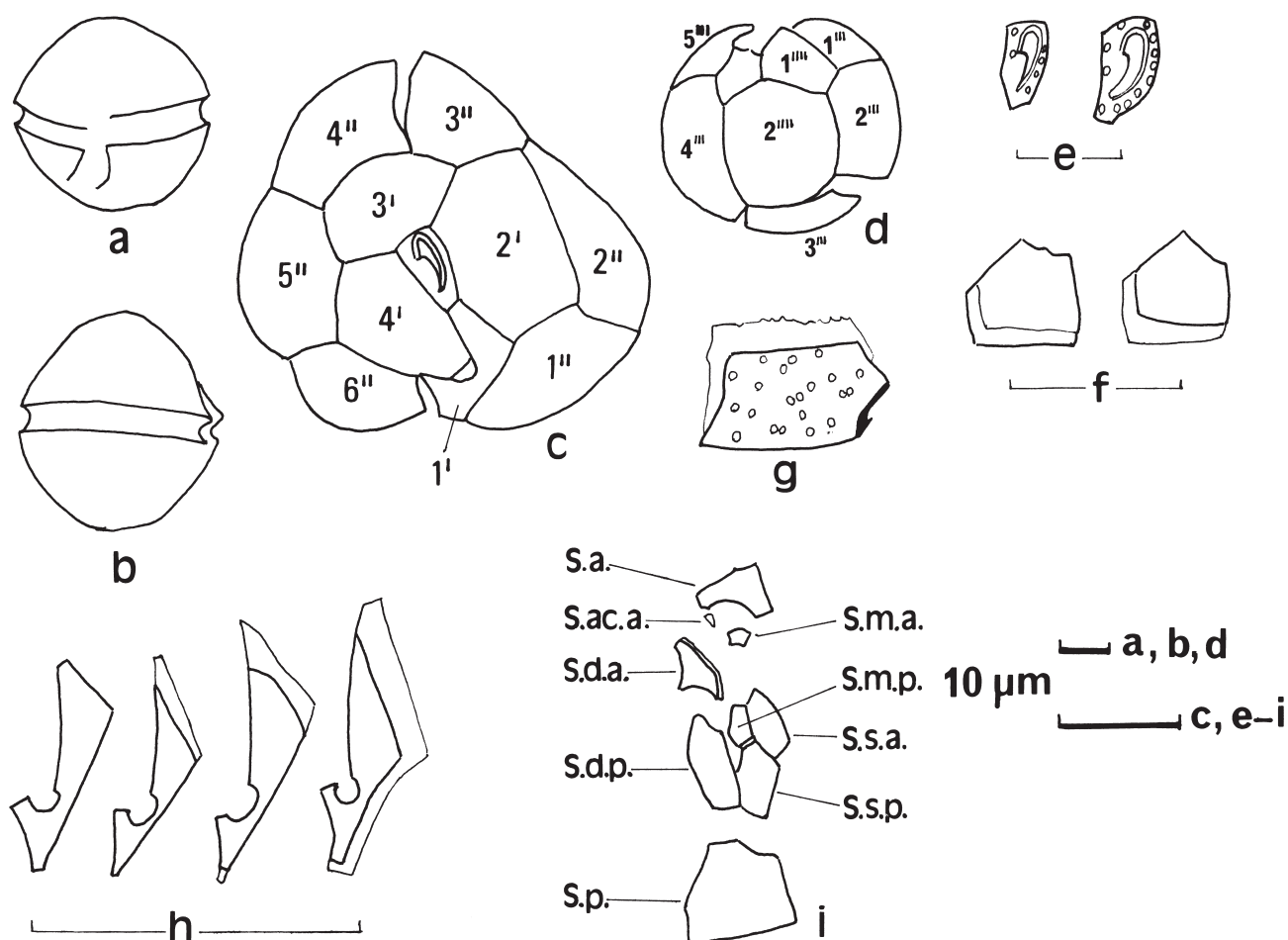


Fig. 2. Thecal plate morphology of *Alexandrium ostenfeldii* from Yashima Bay, Japan. a) Ventral view; b) Right side view; c) Epithecal plates seen apically; d) Hypothecal plates seen antapically; e) Apical pore plates with peripherally arranged marginal pores; f) Posterior sulcal plates; g) Precingular 6'' with scattered pores and enlarged sutural zone; h) First apical plates, showing wide variation of the shape; i) Sulcal plates, showing anterior plate (S.a.), posterior plate (S.p.), right anterior lateral plate (S.d.a.), left anterior lateral plate (S.s.a.), right posterior lateral plate (S.d.p.), left posterior lateral plate (S.s.p.), anterior median plate (S.m.a.), posterior median plate (S.m.p.), and anterior accessory plate (S.a.c.a.).

ナム¹⁸⁾の培養株は有毒であり、大船渡湾産種のように網目模様をもつ培養株は無毒¹²⁾という結果が得られている。本研究により香川県沿岸域の *A. minutum* には網目模様を有するタイプとこれを欠くタイプが存在することが分かったが、それらの培養株の毒性については今後の研究課題といえよう。

Alexandrium ostenfeldii の形態

Alexandrium ostenfeldii の被殻形態を Fig. 2 に示す。細胞は中型のほぼ球形であり、背腹方向の圧縮はほとんどない。被殻は非常に薄い。細胞の長さ 36 ~ 48 μm 、幅 35 ~ 45 μm を有する。細胞の表面は滑らかであるが、縫合線間の成長帯が発達した細胞では多孔質となる場合もある。横溝は浅く、腹面における段差はわずかでその幅を超えない。横溝の上下両縁の膨らみはごくわずかである。縦溝は浅く、細胞底面における湾入はほとんどない。縦溝軸の後方は幾分右側に片寄っている。確認された鎧板は Po, 4', 6'', 6c, 9s, 5'', 2''' である。頂孔板には釣針形の頂孔を有するが、前部接続孔は認められない。第 1 頂板は歪なひし形であり、右上辺部が内側に大きく直線的に切れ込んでおり、その後端付近に大きな半円形の腹孔を有する。腹孔の第 4 頂板側への侵入はない。第 1 頂板は常に頂孔板に接している。第 6 前帯板はやや横長である。縦溝域では主要な 8 枚の鎧板と微小な前裝飾板が認められたが、後裝飾板は確認できなかった。前縦溝板は前縁部が短く、三角形状である。後縦溝板は幅が狭く、歪な五角形状であり、左右の後縦溝板と接する部分がわずかに突出している。後縦溝板上に後部接続孔は認められない。底板 2''' は五角形であり、底板 1''' と後縦溝板に接する辺がほぼ等長、後帯板 2''' と 4''' に接する辺もほぼ等長である。群体形成は見られない。

Balech・Tangen (1985)¹⁹⁾ はそれまで不明瞭であった本種の形態を初めて *Alexandrium* 属の 1 種として詳細に記述した。そして近似種 *Alexandrium peruvianum* (Balech et Mendiola) Balech et Tangen とは第 1 頂板をはじめとする幾つかの鎧板の形状において相違するとした。両種の相違点は Balech (1995)¹⁶⁾ でも改めて記述されている。しかしながら、吉田 (2000)¹⁰⁾ は原産地に近い地域からの試料を得て *A. ostenfeldii* の分類を再検討した結果、これら両種は形態上明瞭に区別できないことを指摘した。すなわち、第 1 頂板の形状 (右上辺部が直線的にえぐられ、大きな楕円形の腹孔を有する) は *A. ostenfeldii* と一致するが、幅の狭い前縦溝

板と後縦溝板は *A. peruvianum* と同様の形状を有するという矛盾を生じている。*Alexandrium ostenfeldii* についてはデンマーク²⁰⁾ およびニュージーランド産²¹⁾ の培養株でも詳細な形態が報告されているが、重要な鎧板の形状は吉田 (2000)¹⁰⁾ の観察と基本的に変わるところはない。屋島湾の試料の観察 (本研究) でもこれらの報告によく合致する結果が得られた。他方、カナダ産培養株²²⁾ では *A. ostenfeldii* と *A. peruvianum* の識別上重要な第 1 頂板や後縦溝板の形状が、どちらの種の特徴ともなり得るほど変異性に富むことが示されている。Lim et al. (2005)²³⁾ もまた、マレーシア産培養株で第 1 頂板の形状に同様の変異性を認めているが、彼らは前縦溝板と後縦溝板の特徴からその培養株を *A. peruvianum* と同定している。このように、Balech・Tangen (1985)¹⁹⁾ と Balech (1995)¹⁶⁾ 以降、幾つかの産地から得られた試料の形態はいずれも *A. ostenfeldii* と *A. peruvianum* の特徴を合わせ持つこととなるため、両種の分類学上の整理が今後の課題と考えられる。

地理的分布と出現時期

Alexandrium minutum は国内ではこれまでに三重県沿岸域⁹⁾、東京湾¹¹⁾、岩手県沿岸域¹²⁾ および九州西岸 (五島列島)¹⁰⁾ から出現報告がある。一方、*A. ostenfeldii* は東北地方沿岸^{8,12)}、九州西岸 (天草諸島)¹⁰⁾ および三重県の矢湾* からまれに出現が知られていた。本研究で瀬戸内海での出現が新たに確認されたことにより、両種とも日本沿岸域 (日本海側と北海道を除く) に広範な分布域を有する種であることが示唆される (Fig. 3)。屋島湾の採集試料からは、今回記述した 2 種を含めて 7 種の *Alexandrium* 属が同定された。それらの月毎の最大出現密度を Table 1 に示した。*Alexandrium minutum* は 4 ~ 7 月、*A. ostenfeldii* は 5 ~ 9 月に出現し、ほとんどの場合 100 cells L⁻¹ 以下の低密度であったが、7 月には *A. ostenfeldii* の個体群密度が幾分増大する傾向にあった。*Alexandrium minutum* は水温約 15 ~ 26°C、*A. ostenfeldii* は水温約 20 ~ 28°C の範囲で出現が認められた (Fig. 4)。もっとも出現密度の高かった優占種は *A. catenella* であり、5 ~ 11 月 (8, 10 月を除く) に出現し 6 ~ 7 月に明瞭な個体群の成長ピークを示した。冬 ~ 早春季 (12 ~ 3 月) の低水温期にはいずれの種の出現も認められなかった。

今回の観察により *A. minutum* と *A. ostenfeldii* の出現時期は *A. catenella* や *A. tamarense* のそれと重複することが分かった。とくに *Alexandrium minutum* の場合、

* 結城勝久: 2007, 三重県の矢湾における有毒プランクトンの出現 (佐藤コレクションの解析), 日本プランクトン学会春季シンポジウム講演要旨集, pp.2.

- 藻 *Protogonyaulax* 属の出現. 香川県水産試験場試験報告, 20, 23-34.
- 3) Yuki, K. and S. Yoshimatsu : 1987, Morphology of the athecate dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* in culture. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 34, 109-117.
- 4) 相良剛史, 谷山茂人, 吉松定昭, 高谷智裕, 橋本多美子, 西堀尚良, 西尾幸郎, 荒川 修: 2010, 瀬戸内海播磨灘で発生した有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamiyavanichii* と毒化ムラサキイガイの毒性と毒成分. 食品衛生学雑誌, 51, 170-177.
- 5) 吉松定昭: 2008, 播磨灘南部定点における植物プランクトンの出現状況. 日本プランクトン学会報, 55, 41-44.
- 6) Okaichi, T. and S. Nishio : 1977, Paralytic shellfish poisoning in eastern Seto Inland Sea. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 43, 1251.
- 7) Hashimoto, T., S. Matsuoka, S. Yoshimatsu, K. Miki, N. Nishibori, S. Nishio and T. Noguchi : 2002, First paralytic shellfish poison (PSP) infestation of bivalves due to toxic dinoflagellate *Alexandrium tamiyavanichii*, in the southeast coast of the Seto Inland Sea, Japan. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, 43, 1-5.
- 8) Fukuyo, Y., K. Yoshida and H. Inoue : 1985, *Protogonyaulax* in Japanese coastal waters, pp. 33-38. In *Toxic Dinoflagellates* (eds. Anderson, D.M., A.W. White & D.G. Baden). Elsevier, New York.
- 9) Yuki, K. : 1994, First report of *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) from Japan. *Jpn. J. Phycol.*, 42, 425-430.
- 10) 吉田 誠: 2000, 渦鞭毛藻 *Alexandrium* 属の分類学的研究. 142 pp. + 44 pls., 東京大学, 博士論文.
- 11) 水尾寛己, 鳥海三郎: 2005, 東京湾で観察された、渦鞭毛藻 *Alexandrium minutum* Halim. 横浜環境科学研究所報, 30, 20-23.
- 12) 加賀新之助, 関口勝司, 吉田 誠, 緒方武比古: 2006, 岩手県沿岸に出現する *Alexandrium* 属とその毒生産能. 日本水産学会誌, 72, 1068-1076.
- 13) 今村賢太郎, 福代康夫: 1987, 有殻類の鎧板観察法, pp.54-73. 赤潮生物研究指針 (日本水産資源保護協会編). 秀和, 東京.
- 14) Balech, E. : 1989, Redescription of *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) type species of the genus *Alexandrium*. *Phycologia*, 28, 206-211.
- 15) Montresor, M., D. Marino, A. Zingone and G. Dafnis : 1990, Three *Alexandrium* species from coastal Tyrrhenian waters. pp. 82-87. In *Toxic Marine Phytoplankton* (eds. Graneli, E., B. Sundstrom, L. Edler and D.M. Anderson), Elsevier Sci. Publ., New York.
- 16) Balech, E. : 1995, The genus *Alexandrium* Halim. Sherkin Island Marine Station, Sherkin Island, Co. Cork, Ireland. 151 pp.
- 17) Hallegraeff, G.M., D.A. Steffensen and R. Wetherbee : 1988, Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic shellfish toxins. *J. Plankton Res.*, 10, 533-541.
- 18) Yoshida, M., T. Ogata, C.V. Thuoc, K. Matsuoka, Y. Fukuyo, N.C. Hoi and M. Kodama : 2000, The first finding of toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* in Vietnam. *Fisheries Sci.*, 66, 177-179.
- 19) Balech, E. and K. Tangen : 1985, Morphology and taxonomy of toxic species in the *tamarensis* group (Dinophyceae): *Alexandrium excavatum* (Braarud) comb. nov. and *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) comb. nov. *Sarsia*, 70, 333-343.
- 20) Jensen, M.O. and O. Moestrup : 1997, Autecology of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* : life history and growth at different temperatures and salinities. *Eur. J. Phycol.*, 32, 9-18.
- 21) MacKenzie, L., M. de Salas, J. Adamson and V. Beuzenberg : 2004, The dinoflagellate genus *Alexandrium* (Halim) in New Zealand coastal waters: comparative morphology, toxicity and molecular genetics. *Harmful Algae*, 3, 71-92.
- 22) Cembella, A.D., N.I. Lewis and M.A. Quilliam : 2000, The marine dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) as the causative organism of spirolide shellfish toxins. *Phycologia*, 39, 67-74.
- 23) Lim, P.T., G. Usup, C.P. Leaw and T. Ogata : 2005, First report of *Alexandrium taylori* and *Alexandrium peruvianum* (Dinophyceae) in Malaysia waters. *Harmful Algae*, 4, 391-400.

要 旨

麻痺性貝毒を産生することが知られている渦鞭毛藻 *Alexandrium minutum* Halim と *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) Balech et Tangen を香川県沿岸域 (屋島湾) で初めて観察したのでそれらの形態特徴を記載した。*Alexandrium minutum* では第1頂板の右上辺部後方に小さい腹孔が見られ, 第6前帯板は細長く, 後縦溝板は横長の長方形状であり, 前・後部接続孔は認められない。一方, *A. ostenfeldii* では第1頂板の右上辺部が内側に切れ込んでおり, その後端付近に大きな腹孔が見られる。第6前帯板はやや横長である。前縦溝板は三角形状であり, 後縦溝板は小さく, 歪な五角形状である。屋島湾では *A. minutum* は4~7月, *A. ostenfeldii* は5~9月に低密度で認められた。