

# 1995年に羊角湾で発生した渦鞭毛藻 *Gyrodinium* sp. の赤潮： 発生期の環境特性と養殖魚への影響

宮本政秀,<sup>1</sup> 吉田雄一,<sup>2</sup> 河邊 博,<sup>3</sup> 松山幸彦,<sup>4\*</sup> 高山晴義<sup>5</sup>

(2001年1月17日受付, 2001年9月5日受理)

<sup>1</sup>熊本県玉名地域振興局水産課, <sup>2</sup>熊本県林務水産部水産振興課, <sup>3</sup>熊本県水産研究センター,

<sup>4</sup>水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, <sup>5</sup>広島県水産試験場

The red tide of a dinoflagellate *Gyrodinium* sp. in Youkaku Bay in 1995:  
environmental features during the red tide and its effect on cultured finfish

MASAHIDE MIYAMOTO,<sup>1</sup> YUICHI YOSHIDA,<sup>2</sup> HIROSHI KOUBE,<sup>3</sup>  
YUKIHIKO MATSUYAMA<sup>4\*</sup> AND HARUYOSHI TAKAYAMA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tamana Regional Promotion Bureau, Fisheries Division, Tamana, Kumamoto 865-0016, <sup>2</sup>Kumamoto Prefectural Office Forestry and Fishery Department Fisheries Prompt Division, Kumamoto, Kumamoto 862-0950, <sup>3</sup>Kumamoto Fisheries Research Center, Ooyano, Kumamoto 869-3603, <sup>4\*</sup>National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Ohno, Hiroshima 739-0452, <sup>5</sup>Hiroshima Fisheries Experimental Station, Ondo, Hiroshima 737-1207, Japan

A red tide due to an unarmored dinoflagellate occurred in Youkaku Bay, Kyushu Island, Western Japan in 1995. In order to evaluate the mechanism of red tide outbreaks, field surveys were carried out in this bay, from the initial outbreak until the end of the red tides of this species. Further, some biological assays on cultured finfish were conducted to clarify the toxic effects of this organism on marine animals. Maximum cell density of 9,000 cells/mL was observed in 19 August, and seawater discolored to yellow brown. Cells of the red tide organism were 25–32  $\mu$ m in length, and 20–30  $\mu$ m in width and had a deep and wide cingulum. The Right lobe of the hypcone was markedly longer than the left one. Both ends of the cingulum displace 0.2–0.25 of cell length. Based on these morphological characters, this organism was classified in the genus *Gyrodinium*. It appeared that this organism has never formed any red tide in Japan. Water temperature and salinity during the red tide were 25.4–30.5°C and 31.22–33.65 psu, respectively. Heavy rainfall and subsequent nutrient input were observed before the red tide outbreak. Although mariculture of puffers *Takifugu rubripes* and pearl oysters *Pinctada fucata* are held in Youkaku Bay, there was no significant mortality in animals during the red tide. Exposure of young red sea bream *Pagrus major* to the red tide water (5,370 cells/mL of *Gyrodinium* sp.) demonstrated no negative response and no lethal effect within 60 hours.

キーワード：*Gyrodinium* sp., 赤潮, 渦鞭毛藻, 毒性, 環境条件, 羊角湾

我が国の内湾・沿岸域で、有害な藻類による赤潮発生や魚貝類の毒化が深刻化しており、水産業に多大な影響を及ぼしている。<sup>1,2)</sup> 特に西日本の内湾、沿岸域においては、*Gymnodinium mikimotoi* や *Cochlodinium polykrikoides* など無殻の渦鞭毛藻による赤潮がほぼ毎年頻発し、魚介類に甚大な被害を及ぼしている。<sup>2)</sup> また、近年は新しい種類による赤潮とそれに伴う養殖魚介類の大量斃死

も報告されており、<sup>3-5)</sup> 今後それらの全国的な分布拡大と水産業への影響が憂慮される。

羊角湾は熊本県の天草下島の南西部に位置する閉鎖的な湾で、ここでは真珠、ヒオウギガイ並びにトラフグを主体とする魚介類養殖が大規模に行われている。近年この湾では *Chattonella antiqua*, *C. marina*, *Heterosigma akashiwo* および *C. polykrikoides* などの有害プランクト

\* Tel : 81-829-55-0666. Fax : 81-829-54-1216. Email : yukihiko@fra.affrc.go.jp

ンの発生がみられ, さらに春から初夏にかけては, 麻痹性貝毒原因種 *Alexandrium catenella* の増殖により, ヒオウギガイの毒化が発生している。このように有害・有毒プランクトンの発生は, 本湾の水産養殖業に大きなダメージをもたらしている。

この羊角湾において, 1995年8月に渦鞭毛藻の一種による赤潮が発生した。今回の赤潮原因生物は1992年に韓国の忠武沿岸域で赤潮を形成し, 養殖魚類に甚大な被害を与えた *Gyrodinium* sp.<sup>6)</sup> に形態が酷似していることから, 今後水産業への影響が懸念される。今回本種の赤潮発生時に, 生物学的特徴, 赤潮発生前後の環境特性について調査を行うとともに魚類への毒性について実験を行い, いくつかの知見が得られたので報告する。

### 材料および方法

**羊角湾における赤潮調査** Fig. 1 に調査海域と調査定点を示す。1995年6月7日から10月25日まで, 羊角湾の St. A において, 原則として毎週1回調査を実施した。また, 赤潮が発生した8月16日から8月25日までの間は St. A, および Sts. 1~5 (Fig. 1) において2~3日おきに臨時調査を実施した。調査項目は水温, 塩分, 溶存態無機窒素 (DIN), 溶存態無機リン (DIP), プランクトン沈澱量, *Gyrodinium* 細胞密度について実施した。赤潮時に Sts. 1~5 で実施した臨時調査では, 水温, 塩分, および *Gyrodinium* 細胞密度の各項目についてのみ行った。

採水は午前10時前後に0, 2, 5, 10 m と海底上1 m (以後 B-1 m) の計5層をバンドーン採水器を用いて行い, ポリ容器に入れて研究室に持ち帰った。水温は棒状

水温計を用いて, 塩分は塩分計 (鶴見精器社製 DIGI-AUTO MODEL3-G) により測定した。プランクトン沈澱量は網地が20  $\mu$ m のプランクトンネットを水深2 m から垂直曳きし, 得られた試料をプランクトン沈澱管に収容し, 24時間静置した後, 沈殿物の体積を測定した。赤潮原因プランクトンは試料を固定せず, その日のうちに顕微鏡下で計数した。NH<sub>4</sub>-N の分析はインドフェノール法, NO<sub>3</sub>-N の分析はカドミウム-銅カラム法, NO<sub>2</sub>-N の分析は N-(1-ナフチル)エチレンジアミン法, PO<sub>4</sub>-P は改良ドニゼ法を用いて分析を行った。なお, 試水はガラスフィルター (GF/C, Whatman 社製) で濾過した後, 分析まで-20°C以下で保存した。赤潮発生期の気温, 降水量は, 羊角湾に最も近い牛深市の地域気象観測所 (アメダス) で6月から10月に観測されたデータ (熊本地方気象台)<sup>7)</sup> を使用した。気象観測所の位置は Fig. 1 に示した。

**赤潮原因種の形態観察** 赤潮生物は固定せず, そのまま微分干渉装置を装着した顕微鏡で観察した。また, 必要に応じて電子顕微鏡観察に供した。すなわち, 赤潮海水試料をオスミウム酸で固定後, 常法<sup>8)</sup> に従い脱水, 臨界点乾燥, および金蒸着処理を施し, 日立製作所社製 S-430 型走査電子顕微鏡で観察した。

**赤潮海水による毒性試験** 本種の赤潮が魚類に及ぼす影響を調べるため, 魚類への毒性試験を実施した。8月16日に赤潮着色域の海水をガラス容器に入れて実験室に持ち帰り, 直ちに試験を実施した。試験は100%赤潮海水 (細胞密度: 5,370 cells/mL), 40% 赤潮海水 (2,120 cells/mL, 希釈は GF/C で濾過された赤潮海水で行った) および対象として濾過海水のみの3区を設

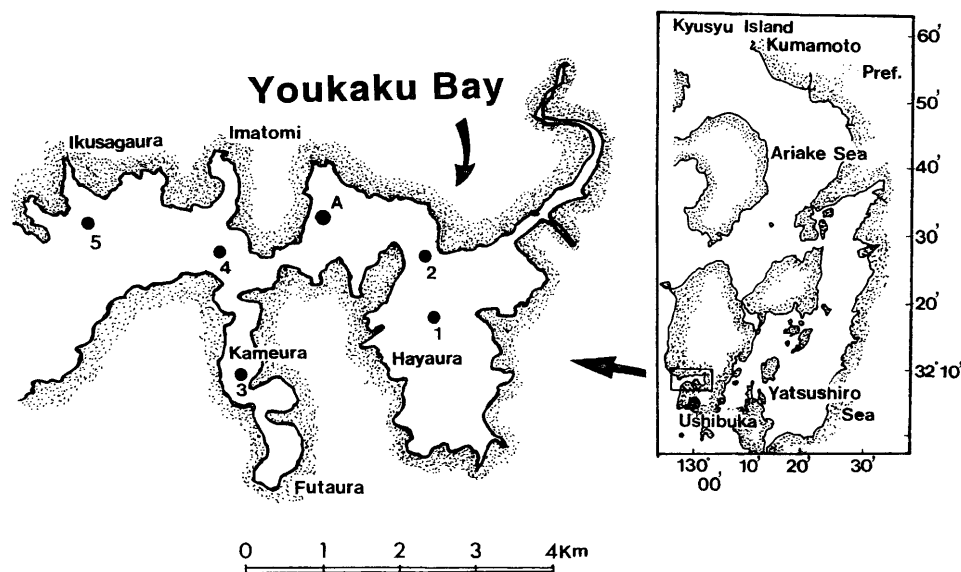
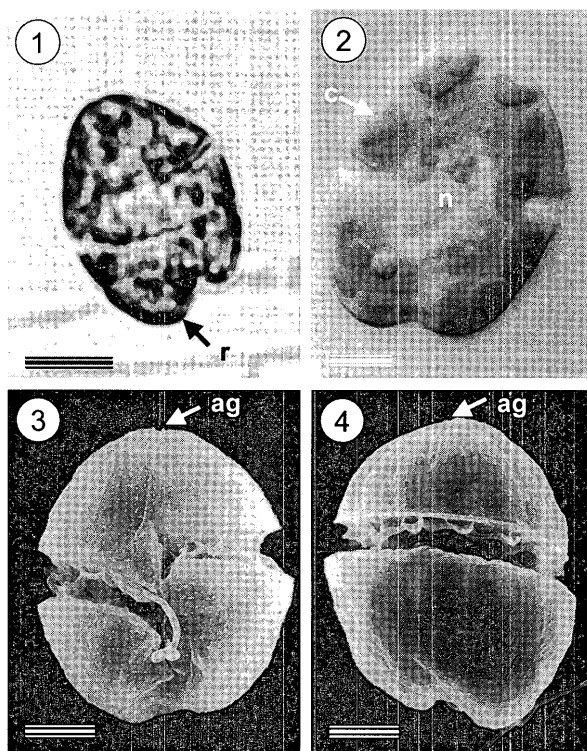


Fig. 1. Locations of sampling stations (left) in Youkaku Bay and meteorological observatories (right).



**Fig. 2.** Light micrographs (LM) and scanning electron micrographs (SEM) of *Gyrodinium* sp. collected from Youkaku Bay. 1. Ventral view of *Gyrodinium* sp. (LM, scale bar: 10  $\mu$ m). 2. High focus (LM, Normarski, scale bar: 5  $\mu$ m) showing the chloroplasts (c) and nucleus (n). 3. Ventral view of *Gyrodinium* sp. (SEM, scale bar: 5  $\mu$ m). 4. Dorsal view of *Gyrodinium* sp. (SEM, scale bar: 5  $\mu$ m). The cell is slightly dorso-ventrally flattened and the right lobe (r) of the hypocone is always longer than the left one. An apical groove (ag) is straightly sculpted on the epicone, and numerous chloroplasts (c) are located. A large ovoidal nucleus (n) is longitudinally located in the center of the cell.

けて実施した。およそ 20 L の試験海水を 30 L のパンライト水槽に入れ、全長平均 10 cm のマダイ稚魚をそれぞれ 10 個体ずつ収容した。実験中通気を十分に施し、60 時間後まで観察を行った。

## 結 果

**赤潮生物の形態的特徴** 今回、羊角湾で赤潮を形成した渦鞭毛藻の顕微鏡写真を Fig. 2 に示した。本種は、細胞長が 25~32  $\mu$ m、細胞幅が 20~30  $\mu$ m で、楕円形または卵円形でわずかに背腹に変圧される。上錐は半円形を呈しており、下錐は右葉が常に長く、底端中央が凹入する。横溝は幅が広く、深い。横溝両端の段差は体長の 1/5~1/4 で、ほとんど交差せず、*Gyrodinium* 属の特徴を示した（以後本種を *Gyrodinium* sp. と記す）。縦溝は上錐に進入しない。上錐溝（apical groove）は直進

型で長く、横溝始端の右側から生じ、頂端を通して上錐の背中の 1/2 に達する。核は 縦長の楕円形で、細胞のほぼ中央に位置する。黄褐色で、不規則なアメーバ状（葉状の枝を有するもの）あるいは盤状の色素体が多数細胞内に存在する。本種はゆるやかに体を回転させながら、一定の速度で直線的に遊泳した。ほとんどすべての細胞が単体であった。本種は顕微鏡観察による昇温や固定などのショックが与えられると、下錐の右葉と左葉の段差がほとんどなくなるなど細胞が非常に脆弱であった。

**羊角湾における *Gyrodinium* sp. の推移** 最初に *Gyrodinium* sp. が検出されたのは 1995 年 8 月 16 日であった。定期調査の際、St. A. において *Gyrodinium* sp. 細胞密度が水深 5 m 層で 306 cells/mL、B-1 m 層（水深 18 m）で 100 cells/mL 検出された。その日の午後 3 時には地元の真珠養殖業者から海水が茶褐色に着色しているとの連絡があった。

8 月 16 日以降の *Gyrodinium* sp. の分布状況を Fig. 3 に示す。8 月 18 日から 8 月 21 日に湾奥部から湾口部にかけて、0 m 層で 0~2 cells/mL、5 m 層で 0~599 cells/mL、B-1 m 層で 0~1,128 cells/mL で推移した。0 m 層よりむしろ 5 m、B-1 m 層で高密度の細胞が検出された。その後、8 月 25 日には全域で細胞はほとんど検出されなくなった（1 cell/mL 以下）。

**赤潮発生期の環境** 赤潮が発生した期間は、この年の最も気温の高かった時期で、日平均気温は 28.2~30.7  $^{\circ}$ C であった。降水量は 7 月上旬に 13~160 mm の集中豪雨があり、その後は 8 月上旬まで降水量は少なめに推移した。赤潮が発生する直前の 8 月 10 日から 14 日には 2~53 mm とややまとまった降雨がみられた。

St. A における 6 月から 10 月までの水温の推移を Fig. 4 上段に示す。好天により 7 月中旬から強い成層が形成された。特に赤潮が発生した 8 月中旬から下旬にかけては 0 m 層で 28.6~29.8  $^{\circ}$ C、B-1 m 層で 25.6~27.4  $^{\circ}$ C の範囲で推移しており、強い成層が形成されていた。9 月上旬以降は気温の低下に伴い、成層も崩壊した。

St. A における 6 月から 10 月までの塩分の推移を Fig. 4 下段に示す。7 月上旬の記録的な豪雨により 0 m 層で 0.78 psu まで低下し、強い塩分成層が形成された。その後、7 月下旬には 0 m 層で 31~33 psu に回復した。赤潮が発生した 8 月中旬から下旬にかけては 0 m 層で 31.60~32.68 psu、B-1 m 層では 32.89~33.25 psu の範囲で推移した。

St. A, Sts. 1~5 において *Gyrodinium* sp. が出現した時の T-S ダイアグラムを Fig. 5 に示す。*Gyrodinium* sp. は水温が 25.4~30.5  $^{\circ}$ C、塩分が 31.22~33.65 psu の範囲で観察された。そのうち、100 cells/mL 以上の密度で観察された時の水温は 25.4~28.3  $^{\circ}$ C、塩分は 32.80~33.57 psu の範囲であり、赤潮発生期間中高塩分側で

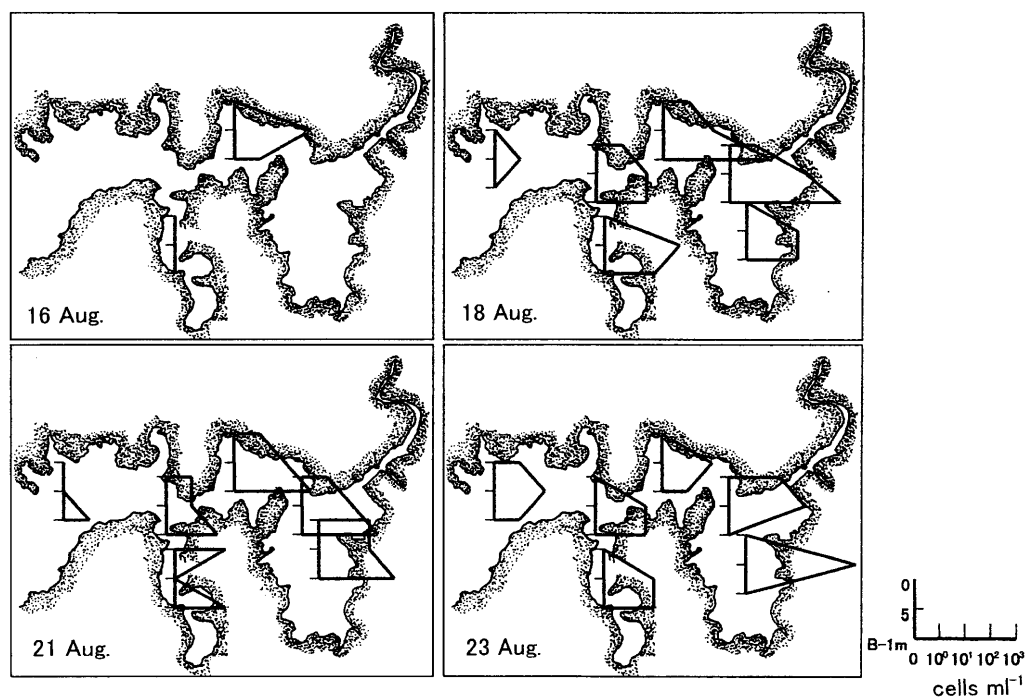


Fig. 3. Distributions of *Gyrodinium* sp. in Youkaku Bay (16–23 August, 1995).

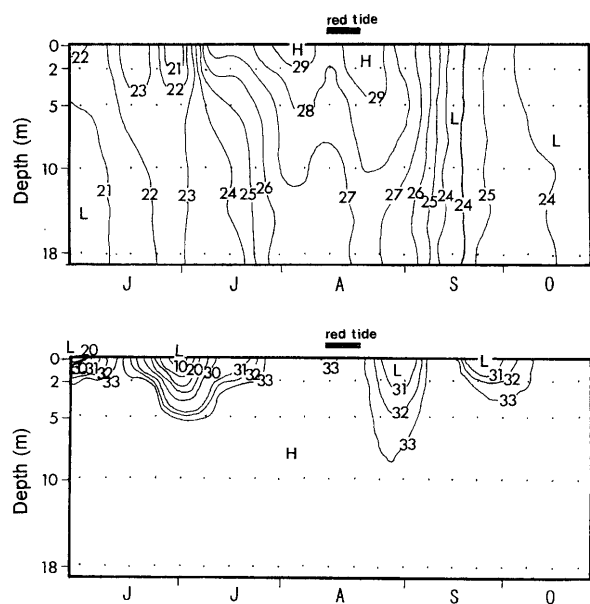


Fig. 4. Temporal variation in vertical profiles of water temperature (upper) and salinity (lower) at station A from 7 June to 25 October, 1995.

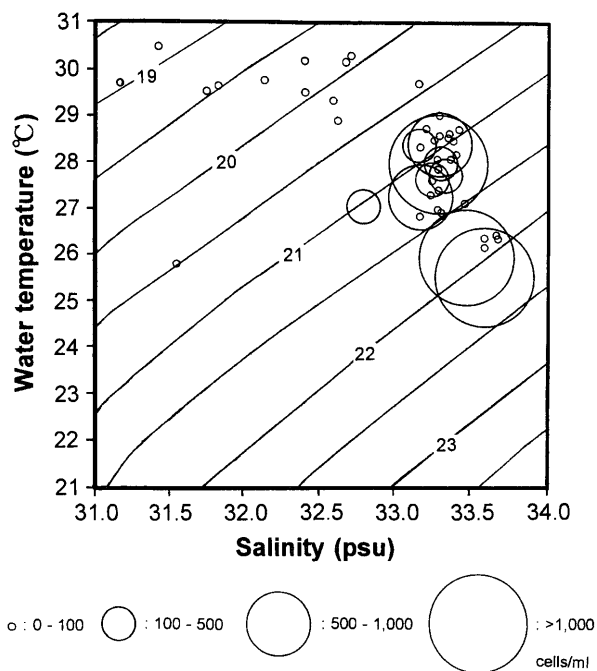


Fig. 5. Relationship between abundance of *Gyrodinium* sp. and water temperature and salinity. Diagonal lines shows seawater densities ( $\sigma_t$ ).

より多くの細胞が確認された。

St. Aにおける6月から10月までのDINおよびDIP濃度の推移をFig. 6に示す。7月上旬の豪雨時には、0 m層でDINが最高 $31.20 \mu\text{M}$ まで増加したが、中旬以降減少し、10月以降まで $0.10 \sim 3.06 \mu\text{M}$ の範囲で推移

していた。特に、赤潮発生期間は全層にわたって $0.53 \sim 1.54 \mu\text{M}$ と低濃度であった。DIPは、7月上旬の豪雨時には2 m層で最高 $0.62 \mu\text{M}$ まで増加したが、中旬以

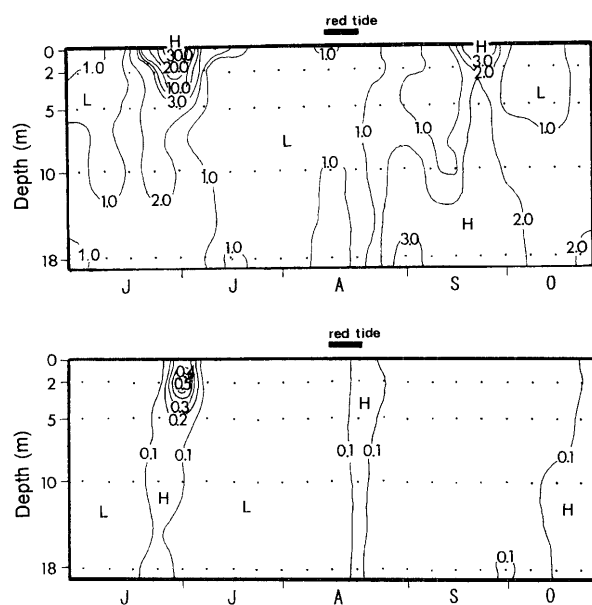


Fig. 6. Temporal variation in vertical profiles of dissolved inorganic nitrogen (upper) and dissolved inorganic phosphorus (lower) at station A from 7 June to 25 October, 1995.

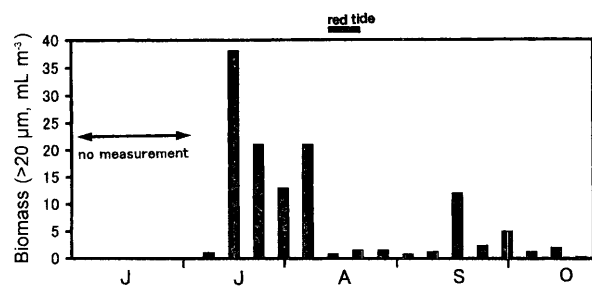


Fig. 7. Changes in net biomass ( $\text{mL}/\text{m}^3$ ) in the water column (2 m) collected on a  $20\text{ }\mu\text{m}$  mesh plankton net at station A from 5 July to 18 October.

後減少し、10月下旬まで  $0.10\sim 3.06\text{ }\mu\text{M}$  で推移した。赤潮発生期間中は全層で  $\text{nd}\sim 0.13\text{ }\mu\text{M}$  と極めて低濃度で推移していた。

次に、St. Aにおける6月から10月までのプランクトン沈殿量の推移を Fig. 7 に示す。プランクトン沈殿量は7月中旬から増加し、*Gyrodinium* sp. 赤潮が発生する直前の8月上旬まで  $12.2\sim 38.6\text{ mL}/\text{m}^3$  と高めに推移した。この時期の沈殿物は、*Chaetoceros* spp., *Pseudonitzschia* spp., *Rhizosolenia* spp. など珪藻類を主体としたものであった。*Gyrodinium* sp. が出現した8月中旬から下旬にかけては  $0.4\sim 1.6\text{ mL}/\text{m}^3$  と低く推移した。

*Gyrodinium* sp. 赤潮中には、その他の有害赤潮種も検出された。*Chattonella marina* は  $2\text{ cells}/\text{mL}$  以下であったが、*Cochlodinium polykrikoides* は8月23日には

St. 1 および St. 2 の5 m 層で  $48\text{ cells}/\text{mL}$  に達した。

***Gyrodinium* sp. 赤潮が水産生物に及ぼす影響** 赤潮が発生した羊角湾では魚類養殖として、トラフグ *Takifugu rubripes* やシマアジ *Pseudocaranx dentex* 等を養殖しているが、これらに斃死や異常行動（摂餌低下や狂奔）は認められなかった。また、同じ海域で養殖されているアコヤガイ *Pinctada fucata* やヒオウギガイ *Chlamys nobilis* にも斃死等は全くみられなかった。同様に天然魚貝類の斃死も認められなかった。持ち帰った赤潮海水を用いてマダイ稚魚に対する斃死実験を行った結果、 $5,370\text{ cells}/\text{mL}$  および  $2,130\text{ cells}/\text{mL}$  のいずれの実験区においても、苦悶や斃死等の異常行動は認められなかった。実験は60時間後まで実施したが、供試した個体はすべて正常に遊泳していた。なお、この実験時の水温は  $27^\circ\text{C}$  前後、照度は  $2,000\text{ lux}$  であった。貝類毒化や本種がほ乳類に及ぼす影響については、今回は調査しなかったので不明である。

## 考 察

***Gyrodinium* sp. と他種鞭毛藻との比較** 今回羊角湾で赤潮を形成した *Gyrodinium* sp. の最大の形態的特徴は、下錐右葉が左葉より常に長い点である。この特徴は1992年に韓国の忠武（Chungmu）沿岸域で赤潮を形成し、<sup>6)</sup> 養殖魚類に多大な被害を及ぼした *Gyrodinium* sp.（以後忠武型 *Gyrodinium* sp. と称す）と非常によく一致する。文献<sup>6)</sup> に掲載された写真を見る限り、両者の細胞の大きさや核の位置、横溝の段差などの特徴はほとんど同じである。しかしながら、忠武型 *Gyrodinium* sp. の場合、色素体が黄緑色とされる<sup>6)</sup> のに対して、出現した *Gyrodinium* sp. の色素体は黄褐色を帯びるなど必ずしも特徴が一致しない点もある。これらの相違点はあるものの両者は形態的に極めて酷似しており、培養株を確立して形態的ならびに遺伝子的な面から、分類学上の異同についてさらに検討を進める必要がある。

また、本邦やヨーロッパ沿岸で赤潮を形成し、多大な漁業被害を与えている *Gymnodinium mikimotoi* とは細胞の厚みや核の形態及び位置が大きく異なっており、<sup>9-12)</sup> 明らかに同一種ではない。さらに、細胞の大きさや横溝の段差、卵形の特徴からアメリカ東沿岸から報告されている *Gymnodinium aureolum* Hulburt<sup>10-11)</sup> にも酷似するものの、下錐の右・左葉の長さが大きく異なっていること、核の形態や位置が全く異なる点で明瞭に区別される。

無殻渦鞭毛藻は形態的な変異が大きくしかも種類が多いため、形態学的な分類が混乱した状態にある。<sup>10-14)</sup> 最近になって Daugbjerg et al.<sup>14)</sup> は無殻渦鞭毛藻の形態学的特徴と遺伝子配列等の比較検討を行い、*Gymnodinium* 属を4属に分割することを提案した。それに従えば、今回羊角湾で赤潮を形成した種は光合成種で上錐溝

が直線であり, 腹孔 (ventral pore) を有していないことから, *Karenia* 属の一種 (*Karenia* sp.) に分類される。しかし, 本種を新しい属への転属を確認するためには, さらに細胞内の微小構造, 色素組成, 遺伝子の解析などの必要があり, また現状では Daugbjerg et al. の提唱した新しい分類体系への評価が定まっていないことから, 本論文では過去の分類基準に従い *Gyrodinium* 属として表記した。

**赤潮発生期の環境特性** 本種の赤潮発生期の環境状況をみると, 7月上旬に記録的な集中豪雨により強い塩分咸層が形成され, 表層に DIN や DIP の極大層が出現している (Fig. 3, 5)。その後8月上旬までプランクトン沈澱量が高く推移していた。この時期の海水中は降雨によってもたらされた栄養塩類を使って, 珪藻類を中心とした植物プランクトンの増殖が活発であったことが伺われる。しかしながら, 8月中旬にはほぼ全層にわたって DIN が  $1\mu\text{M}$  前後, DIP が  $0.1\mu\text{M}$  前後まで低下するなど栄養塩の減少が顕著となり, これに伴ってプランクトン沈澱量も極端に低下している。この時期から今回赤潮を形成した *Gyrodinium* sp. をはじめ, *Chattonella marina* や *Cochlodinium polykrikoides* などの鞭毛藻が優勢し始めた。今回の赤潮は降雨によってもたらされた栄養塩類を利用して, 最初に珪藻類を中心とした植物プランクトンが優勢し, 栄養塩の低下とともに *Gyrodinium* sp. などの鞭毛藻を主体とする個体群へとプランクトン相が変遷していったことが伺われる。*G. mikimotoi* においても, 赤潮発生前の降雨と赤潮の発生の関係が認められている。<sup>15,16)</sup> また, 珪藻群落から鞭毛藻への種の遷移現象は, 他の渦鞭毛藻の赤潮発生期においても観察されている。<sup>17-20)</sup>

1992年に忠武沿岸で発生した忠武型 *Gyrodinium* sp. は形態的に類似点も多いが, 発生時期も8月上旬であったとされており, 今回の羊角湾での発生時期とはほぼ一致する。塩分も両赤潮とも  $32.0\sim 33.8$  psu の比較的狭い範囲で発生している。ただし, 水温は韓国での赤潮が  $21.7\sim 24.5^\circ\text{C}$  であったのに対して, 今回は  $25.4\sim 28.3^\circ\text{C}$  で  $1\sim 6^\circ\text{C}$  高かった。

***Gyrodinium* sp. の鉛直分布** Fig. 3 に示したように午前中の調査において, *Gyrodinium* sp. は 5 m 層から底層にかけて最も多くみられ, 0 m 層ではほとんど観察されなかった。ただし, 夕方 15~16 時になると 0 m 層に集積し, 局地的な着色を引き起こす現象が度々観察された。さらに, 陸地近くで木々によって太陽光が遮られた地点では日中でも表層に赤潮を形成する興味ある現象が観察された。このように, 羊角湾で発生した *Gyrodinium* sp. は, 太陽光が強い日中は中層以深に定位し, 日が弱くなる夕方近くに表層付近に上昇してくる鉛直移動パターンを示すようである。この原因は不明であ

るが, 採取した赤潮海水に白熱灯で光をあてると, 本藻が光とは反対の方向に集積することを観察しており (未発表), 今回発生した *Gyrodinium* sp. の場合は, 強い光に対して負の走光性を示す可能性が示唆された。*G. mikimotoi* など多くの有害鞭毛藻においては, 日中海面近くに集積し, 夕方前から夜間にかけては底層に向かって遊泳することが明らかになっており,<sup>21)</sup> 今回発生した *Gyrodinium* sp. の移動パターンとはやや異なる。この鉛直的な出現パターンは今後モニタリングなどで本種の出現状況を把握する上で参考になるだろう。

***Gyrodinium* sp. の毒性** *Gyrodinium* sp. の赤潮発生中, 湾内で養殖されているトラフグやシマアジなどの魚類, さらにアコヤガイやヒオウギガイなどの二枚貝のいずれも漁業被害は発生していない。今回の場合, *Gyrodinium* sp. が養殖魚類があまり存在しない中底層に多く分布していたこと, また, 主な養殖場は, 高い細胞密度が記録された湾中央部よりもやや離れた地点で行われていたことから, 水産生物が長期間赤潮海水に暴露されることはなかったと推察された。今回, 漁業被害が発生しなかったのは, 本種のこうした水平・垂直的な分布が影響していたことも考えられる。

1992年に韓国の忠武沿岸で発生した忠武型 *Gyrodinium* sp. 赤潮の場合,  $1,990$  cells/mL の濃度でヒラメがおおよそ2時間程度で斃死し,  $5,000\sim 14,480$  cells/mL ではほとんどの魚類が狂奔しながら1~2時間以内に斃死するなど, 非常に強い魚毒性が指摘されている。<sup>6)</sup> しかしながら, 今回羊角湾で発生した *Gyrodinium* sp. 赤潮海水を用いて行った室内実験ではマダイ稚魚に最高  $5,370$  cells/mL の密度の *Gyrodinium* sp. を暴露させたが, 60時間経過しても苦悶や斃死といった悪影響は全く観察されなかった。今回の結果から, 羊角湾で発生した *Gyrodinium* sp. は魚毒性を有していないか, また, あったとしても低いのではないかと判断された。しかしながら, 赤潮生物の毒性は, 発生時の環境要因や場所によって大きく変化するだけでなく, 魚種によっても耐性が異なるので培養株を使った詳細な実験で確認する必要があるだろう。

我が国で本種を原因とする赤潮の発生が認められたのは初めてのことであり, 今後分布域を拡大することも予想される。羊角湾で *Gyrodinium* sp. 赤潮が終息した後, 本種と同一種と思われる細胞が八代海の一部海域でも検出されており (未発表), 既に九州西岸域に広く分布している可能性が考えられる。その後, 本種によると思われる赤潮は, 広島県内海町と香川県安戸池でも観察され, 後者では強い魚毒性が指摘されている (松岡聡私信)。さらに, 本種の遊泳細胞は対馬浅茅湾, 石垣島石垣港, 平戸島古江湾でも見つかった (未発表)。今回羊角湾で発生した *Gyrodinium* sp. は, 強い毒性を持

つ忠武型 *Gyrodinium* sp. に形態学的に酷似している  
で、今後分類学的検討を行うとともにモニタリング体制  
の整備や培養株等を用いた毒性試験等について実施する  
必要がある。

## 謝 辞

今回の調査等に際してご支援を賜った元熊本県水産研  
究センターの平田満所長をはじめとする職員の各位に深  
く感謝する。また、羊角湾における調査では、九州真珠  
株式会社の方々のご助力を得たのでここに謝意を表す。  
さらに、*Gyrodinium* sp. の調査等でご高配を賜った西  
海区水産研究所海区産業研究室の渡邊康憲室長に厚く御  
礼を申し上げる。要旨等の英文については、The  
Oceanic Institute の Olivier Decamp 博士に校閲頂いた  
のでここに謝意を表す。

## 文 献

- Okaichi T. Red tide problems in the Seto Inland Sea, Japan. In: Okaichi T, Anderson DM, Nemoto T (eds) *Red Tides, Biology, Environmental Science, and Toxicology*. Elsevier, New York. 1989; 137-142.
- Honjo T. The biology and prediction of representative red tides associated with fish kills in Japan. *Rev. Fish. Sci.* 1994; **2**: 225-253.
- 山本千裕, 田中義興. 福岡湾で発生した2種類の有害赤潮プランクトンについて. 福岡県水産試験場研究報告 1990; **16**: 43-44.
- 松山幸彦, 永井清仁, 水口忠久, 藤原正嗣, 石井美佐, 山口峰生, 内田卓志, 本城凡生. 1992年に英虞湾において発生した *Heterocapsa* sp. 赤潮発生期の環境特性とアコヤガイ斃死の特徴について. 日水誌 1995; **61**: 35-41.
- 馬場俊典, 吉岡貞範, 矢尾宏志, 白木信彦. 1995年初夏下関漁港内に発生した有害渦鞭毛藻 *Gymnodinium* sp. の赤潮と漁業被害. 山口県内海水産試験場研究報告 1997; **26**: 25-30.
- Kim HG, Park JS, Fukuyo Y, Takayama H, An KH, Shim JM. Noxious dinoflagellate bloom of an undescribed species of *Gyrodinium* in Chungmu Coastal Waters, Korea. In: Lassus P, Arzul G, Erard E, Gentien P, Marcaillou C (eds) *Harmful Marine Algal Blooms*. Lavoisier, Paris, 1995; 59-63.
- 熊本県地方気象台. 熊本県農業気象月報. 平成7年6月~10月, 1995.
- 高山晴義. 赤潮プランクトンの走査電子顕微鏡試料作成法. 広島県水産試験場研究報告 1981; **11**: 101-112.
- 高山晴義, 松岡数充. *Gymnodinium mikimotoi* Miyake et Kominami ex Oda と *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi の種形質の再評価. 日本プランクトン学会報 1991; **38**: 53-68.
- Hansen G, Daugbjerg N, and Henriksen P. Comparative study of *Gymnodinium mikimotoi* and *Gymnodinium aureolum*, comb. nov. (*Gyrodinium aureolum*) based on morphology, pigment composition, and molecular data. *J. Phycol.* 2000; **36**: 394-410.
- Tangen K. Bloom of *Gyrodinium aureolum* (Dinophyceae) in North European waters, accompanied by mortality in marine organisms. *Sarsia* 1977; **63**: 123-133.
- Partensky F, Vaulot D, Coute A, Sournia A. Morphological and nuclear analysis of the bloom-forming dinoflagellates *Gyrodinium* cf. *aureolum* and *Gymnodinium nagasakiense*. *J. Phycol.* 1988; **24**: 408-415.
- 高山晴義, 松岡数充, 福与康夫. 我が国沿岸で採取された無殻渦鞭毛藻 *Gyrodinium aureolum* Hulbult の分類学的検討. 日本プランクトン学会報 1998; **45**: 9-19.
- Daugbjerg N, Hansen G, Larsen J, Moestrup Ø. Phylogeny of some of the major genera of dinoflagellates based on ultrastructure and partial LSU rDNA sequence data, including the erection of three new genera of unarmoured dinoflagellate. *Phycologia* 2000; **39**: 302-317.
- 飯塚昭二, 入江晴彦. 大村湾における *Gymnodinium* 赤潮発生と海底水無酸化現象との関連. 日本プランクトン学会報 1969; **16**: 99-115.
- 山口峰生. *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮発生機構と発生予知に関する生理生態学研究. 南西海区水産研究所研究報告 1994; **27**: 251-394.
- Pratt DM. Competition between *Skeletonema costatum* and *Olisthodiscus luteus* in Narragansett Bay and in culture. *Limnol. Oceanogr.* 1966; **11**: 447-455.
- Kondo K, Seike Y, Date Y. Red tides in the brackish lake Nokanoumi (II) Relationships between the occurrence of *Prorocentrum minimum* red tide and environmental conditions. *Bull. Plankton. Soc. Jpn.* 1990; **37**: 19-34.
- 佐藤利幸, 本田清一郎, 池内 仁. 福岡湾における *Gymnodinium mikimotoi* 栄養細胞の季節変化. 福岡水技研報 1996; **5**: 51-58.
- Fermin GE, Figueiras FG, Arbones B, Villarino ML. Short-time scale development of a *Gymnodinium catenatum* population in the Ria de Vigo (NW Spain). *J. Phycol.* 1996; **32**: 212-221.
- Koizumi Y, Uchida T, Honjo T. Diurnal vertical migration of *Gymnodinium mikimotoi* during a red tide in Hoketsu Bay, Japan. *J. Plank. Res.* 1996; **18**: 289-294.