西部瀬戸内海における *Gymnodinium nagasakiense* の
初期出現域とその環境特性^{*1}

田 森 裕 茂, 岩 男 昂, 神 蘭 真 人, 吉 田 幹 英, 池 田 武 彦
馬 場 俊 典, 小 泉 喜 嗣, 内 間 満 明, 三 浦 秀 夫, 矢 沼 隆

(1991 年 4 月 26 日受付)

Elucidation of the Area where *Gymnodinium nagasakiense* Initially Appeared
and Its Environmental Features in Western Seto Inland Sea

Hiroshige Tamori,^{*2,7} Takashi Iwao,^{*2} Masato Kamizono,^{*3} Mikihide Yoshida,^{*3}
Takehiko Ikeda,^{*4} Toshinori Baba,^{*4} Yoshitsugu Koizumi,^{*5}
Mitsuaki Uchima,^{*6} Hideo Miura,^{*6}
and Takashi Yanuma^{*6}

Dinophyte *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi is one of the prodigious red tide flagellates in western Japan and southern Korea. In order to identify the areas where red tides of *G. nagasakiense* are likely to occur and to elucidate its environmental features, cell numbers of the organism, water temperature, salinity and dissolved oxygen were monitored weekly in Suo-Nada and Iyo-Nada during May to August, 1989. In this investigation, we found that the initial appearance of *G. nagasakiense* occurred in the western and southern coastal waters of Suo-Nada of which environmental condition were characterized by high water temperature, low salinity and distribution of oxygen-deficient water in the bottom layer. Further, the biological and oceanographic data implied that the population growth was related to the formation of pycnocline and the expansion of distribution resulted in the overturn of stratification.

西部瀬戸内海の周防灘および伊予灘では、*G. nagasakiense* の赤潮がしばしば発生しており、^{*8} 1971 年、1979 年、1982 年、1985 年には比較的規模の大きな赤潮が発生した。特に、1985 年に発生した赤潮は、広島湾や大分県、愛媛県南部の豊後水道域でも発生するという広域的なものであり、天然や養殖の魚介類など 5,627 トン、金額にして約 10 億円の漁業被害を与えた。^{*9} 一方、熊野灘

沿岸域において 1984 年^{*10}に本種による大規模な赤潮が発生し、以後、本種の赤潮に対する対策研究が全国的に重要視されるようになった。

一方、西部瀬戸内海で本種を対象とした広域的な調査はこれまで本種の赤潮が形成された後になされてきたため、赤潮の発生機構を解明するうえで重要となる低細胞密度期の分布域（以下、初期出現域という）やその個体

^{*1} この報告の一部は平成 3 年度日本水産学会春季大会で発表した。

^{*2} 大分県浅海漁業試験場 (Oita Prefectural Shallow Sea Fisheries Experimental Station, Bungotakada 879-06, Japan).

^{*3} 福岡県豊前水産試験場 (Fukuoka Prefectural Buzen Fisheries Experimental Station, Buzen 828, Japan).

^{*4} 山口県内海水産試験場 (Yamaguchi Prefectural Inland Sea Fisheries Experimental Station, Aio, Yamaguchi 754, Japan).

^{*5} 愛媛県水産試験場 (Ehime Prefectural Fisheries Experimental Station, Uwajima 798-01, Japan).

^{*6} 株式会社パスコ総合環境センター (PASCO Environmental Science Center, Yoga, Setagaya, Tokyo 158, Japan).

^{*7} 現所属：大分県水産振興課 (Oita Prefectural Fisheries Promotion Division, Oita 870, Japan).

^{*8} 池田武彦, 松野 進, 桃山和夫, 寺田和夫, 神蘭真人, 渡辺昭二, 国武和人, 窪田史郎: 昭和 57 年度赤潮予察調査報告書 (瀬戸内海ブロック), 水産庁, 1983.

^{*9} 水産庁: 昭和 60 年度夏期西部瀬戸内海ギムノディニウム赤潮の発生状況と被害の概要, 1986.

^{*10} 水産庁, 三重県, 和歌山県: 昭和 59 年熊野灘海域に発生したギムノディニウム・ナガサキエンセ赤潮に関する調査報告書, 1986.

Fig. 1. Location of the monitoring stations. Figures show station numbers. Open circles denote the special stations where dissolved oxygen concentrations were determined at three depths (0.5 m, 5 m and 1 m above the bottom). In remaining stations (closed circles), dissolved oxygen concentrations were determined only at the bottom.

群（以下、初期個体群という）の増殖過程及び移送と拡散の状況は十分に把握されていなかった。また、そのような個体群密度の変化と環境条件の変化との関係も十分に研究されてきたとはいえない。そこで周防灘、伊予灘における夏季の初期出現域を特定することおよびその環境特性を把握することを主な目的として、1989年5月から8月にかけて調査を実施した。その結果、本種の初期出現域は高水温、低塩分域でかつ貧酸素水塊が形成されやすい周防灘西部から南部の沿岸域であること、および、本種の分布域の拡大と増殖は成層の発達や衰退と関係していることが示唆されたので報告する。

方 法

Fig. 1 に示す周防灘の 37 定点で上層 (0.5 m)、中層 (5 m)、下層 (底上 1 m) の 3 層から北原式採水器あるいはバンドーン採水器を用いて海水を 500 ml 採取し、その 1 ml について本種遊泳細胞の計数を行った。同操作を各試水について 3 回行い、本種遊泳細胞の出現密度を算出した。また、全調査点で、STD (アレック電子社製 AST-1000 M) を用い表層から底層まで 1 m 間隔に水温と塩分の観測を行うとともに、下層の溶存酸素 (DO) をウインクラ法で測定した。さらに、付近の水域の環境条件を代表し得ると考えられた Sts. 4, 8, 15, 20, 24, 25, 35 の 7 点では各採水層における DO を測定した (以下、

これらの 7 定点を代表定点という)。調査は、1989 年 5 月 30 日から 8 月 29 日の間に原測として 1 週間毎に行った。ただし、8 月 1 日は台風の影響による荒天のため欠測となった。

結果と考察

初期出現域の特定 初期出現域を特定するためには、調査海域におけるプランクトン個体群の生長過程を整理し、出現細胞密度が低くかつ出現範囲が狭い期間（以下、初期出現期という）を特定する必要がある。そこで、本種遊泳細胞の各定点の鉛直平均細胞密度から算出した調査海域全域の平均出現細胞密度（以下、海域平均出現密度という）の経時変化を Fig. 2 に示した。また、調査海域における本種遊泳細胞の分布域の広さをとらえるために、次式で定義した分布指標を求め、その経時変化を同じ図中に示した。

$$\text{分布指標 (\%)} = \left(\frac{\text{遊泳細胞が出現した定点数}}{\text{全調査点数}} \right) \times 100$$

この分布指標は、細胞の分布域の広さの程度を意味しており、その値が小さいほど分布は局所的であり、逆に、値が 100 に近づくほど分布域が広がっていることを意味する。

本種遊泳細胞の海域平均出現密度は、5 月 30 日から 7 月 4 日までは 10^{-2} cells/ml オーダーの低密度で推移

Fig. 2. Changes in the mean cell density of the entire area (closed circles) and index of the distribution expansion (open circles), and subdivision of the growth phases. Growth phases were subdivided as follows; A: early phase, B: exponential phase, C: stationary phase, D: senescent phase. Index of distribution (%)=(Number of stations in which *G. nagasakiense* was observed/Total number of stations) $\times$ 100

し、顕著な増加は認められなかった。しかし、7月11日から密度の増加が観察され始め、7月25日には 10^0 cells/ml のオーダーにまで増加した。8月8日以降になると速度はいくぶん鈍ったものの増殖を継続し、8月22日には 10^1 cells/ml のオーダーの最高密度に達した。しかし、その後は急速に減少して8月29日には 10^{-1} cells/ml のオーダーにまで減少した。このような、海域における群生過程は室内培養における群生過程に良く似ている。そこで、海域における群生過程を室内培養におけるそれに模して、Fig. 2 に示す4つの生長期に区分した。すなわち、 10^{-2} cells/ml オーダーの低密度で推移していた5月30日から7月4日までの間を初期出現期 (A)、顕著な増殖が観察され始め 10^0 cells/ml のオーダーにまで達した7月4日から7月25日の間を対数増殖期 (B)、増殖はみられるもののその速度が遅くなった7月25日から8月22日の間を定常期 (C) 及び急速に減少した8月22日から29日までの衰退期 (D) として区分した。

次に、各生長期における分布指標の経時変化をみると、5月30日から7月4日の初期出現期における分布指標は16~24%と小さい値で経過しており、この時期の本種遊泳細胞の分布範囲は狭い範囲に限られていた。しかし、対数増殖期に入ると分布指標は18%から47%にまで大きくなり、出現密度の増加に平行して分布域も調査海域のほぼ1/2に及ぶまでに広がっていった。その後も出現密度の増加と分布域の拡大が続き、定常期の8月16日には分布指標は97%となって本種遊泳細胞の分布域は調査海域全体にまで及んだ。しかし出現密度の最大を迎えた8月22日にはそれまでとは異なると分布域の縮小が観察され始め、衰退期の8月29日の分布指標は32%と小さくなり本種遊泳細胞の分布域

は再び狭い範囲になっていった。

このように、初期出現期として区分した5月30日から7月4日の間は本種遊泳細胞の出現密度は低く分布範囲も狭くなっている。したがって、この初期出現期における分布の中心域を初期出現域として特定することが可能と考えられた。

そこで、Fig. 2 に示した生長期の区分にもとづいて、遊泳細胞の鉛直平均細胞密度から衰退期を除く各生長期における平均出現密度を定点ごとにそれぞれ算出し、その地域的な分布状況と出現頻度（出現した回数/期間中の調査回数）の地域的な分布状況を Fig. 3 に示した。

Fig. 3 から、出現密度の分布パターンと出現頻度の分布パターンはほぼ一致しており、初期出現期から定常期をとおして周防灘では西部及び南部の沿岸域で出現密度が高くかつ出現頻度も高くなっている。また、伊予灘では国東半島東岸と佐田岬半島北岸域で周囲の水域より出現密度が高くかつ出現頻度も高くなっている。

これらのことから、1989年夏季における本種遊泳細胞の初期出現域は、周防灘では西部と南部の沿岸海域であり、伊予灘では国東半島東岸域と南東部の佐田岬半島北岸域であると考えられる。また、これらの水域では対数増殖期以後も一貫して出現密度、頻度ともに高いことから、これらの水域は単に初期出現域であったのみならず、その後の増殖の中心域でもあったと考えられる。

初期出現域の環境特性 次に、前述した代表定点の観測結果を用いて初期出現域における環境特性の検討を行った。

代表定点は少ないので、これらのデータを用いて初期出現域の環境特性を検討するためには、調査海域をいくつかの水塊に区分し、初期出現域に該当する水塊とその水塊に属する代表定点を抽出しておくことが必要であ

Fig. 3. Occurrence of *G. nagasakiense* (right side) and its mean cell density (left side) at each station in each growth phase. Open circles in the Figure denote that *G. nagasakiense* were not observed.

る。そこで、全 37 調査定点における 5 m 層の水温と塩分の観測データを用いて、各観測毎に T-S ダイアグラムを作成し、それらを概括して調査海域を Fig. 4 に示す I~III の水塊に区分した。さらに、Fig. 3 に示した各生長期における出現密度と出現頻度を勘案して、図中に破線で示した I'~III' の小水塊を細分した。

水塊 I は、周防灘の西部から南部に広がる水塊であり、その中には初期出現域において出現密度も高く、出現頻度も高い水域、すなわち、初期出現域と考えられる小水塊 I' が存在する。そして代表定点の St. 15 と St. 20 がこれらの水塊に属しているが、中でも St. 15 は初期出現域と考えられる小水塊 I' に属している。

水塊 II は、周防灘の北部から中央部及び伊予灘北西

部にかけて広がる水塊であり、その中に小水塊 II' が存在している。これらの水塊には、代表定点として Sts. 4, 8, 24, 25 が属している。

水塊 III は、伊予灘南東部に広がる水塊で、その中には、周防灘の小水塊 I' と同様に初期出現域と考えられる小水塊 III' が存在し、代表定点の St. 35 がこれに属している。

この水塊区分の妥当性を確認するため、全調査定点の 5 m 層の水温、塩分の観測値を用いてニューマン・クルズ法¹⁾により危険率 5% で検定を行った。その結果、水塊 I, II, III を区分すること及び小水塊 I' と I から I' を除いた小水塊 (I-I') を区分することは妥当と考えられた。同様に、小水塊 II' と (II-II') を区分することも

Fig. 4. Distribution of water mass and the residual current. Water masses I-III (solid lines) classified from T-S diagram with data of 5 m-depth. I'~III' (dotted lines) were derived from distribution pattern of *G. nagasakiense* in Fig. 3. Open circles are the same as Fig. 1. Arrows show the residual current and triangles indicate discontinuity zone of the residual current.*1

妥当と考えられた。しかし、小水塊 III' と (III-III') の間に有意な差は認めがたかった。

以上のようにして、初期出現域の環境を代表する調査定点として、周防灘では南西部の沿岸に位置する St. 15 が、また、伊予灘では佐田岬半島北岸に位置する St. 35 を抽出することができた。以下、これら初期出現域の環境特性をこの代表定点の観測結果を用いて比較検討する。

1) 流況 先の Fig. 4 に残差流の分布^{*1}を示した。周防灘の初期出現域である西部・南部の沿岸水域や伊予灘の初期出現域である佐田岬半島北岸域は残差流の不連続帯や渦流域が形成されやすい水域に相当する。このことは、これらの水域では物質が集積されやすいことを示しており、このような流況特性を持つ水域が、赤潮生物の増殖の初期段階にとって好適な水域、つまり初期出現域になる可能性が高いといえよう。ただし佐田岬半島北岸域では、周防灘からの南下流が接近するため周防灘からの移送の影響を大きく受ける可能性がある。

また、Fig. 3 に示した平均出現密度や出現頻度は、国東半島東岸の St. 25 で比較的高い値を示す傾向にあり、この付近の水域も初期出現域の一つではないかと考えられる。しかし、この残差流の分布からみると、国東半島

東岸は周防灘からの南下流が存在し、佐田岬半島北岸域同様周防灘からの移送の影響を強く受ける可能性のあることがわかる。したがって、この水域での高い細胞密度の分布と出現頻度は周防灘からの移送によってもたらされたものと推測するのが妥当であるかもしれない。

2) 水温、塩分 Fig. 5 に、代表定点の 5 m 層における水温と塩分の経時変化を示した。

まず、周防灘の初期出現域に属する St. 15 とそれに隣接する St. 20 の変化に注目すると、水温は調査期間をとおり、他の水塊に属する定点より常に高めに推移している。さらに、本種の好適水温である $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ ^{*,*2} に、調査水域の中で最も早く到達している。また塩分は常に低めに推移するなど、本種は広塩分性の種であるもののむしろ低塩分を好む種 ^{*,*2} であることを考えると、周防灘の初期出現域は、本種の増殖にとって他の水域より好適な水温、塩分環境にあるといえよう。

一方、伊予灘の初期出現域である佐田岬半島北岸域の St. 35 では、逆に、水温は他の水域より常に低めに変化し、好適水温に到達する時期は最も遅い。また、塩分は常に高めに推移するなど外海性の特徴を持ち、本種の増殖にとって必ずしも有利な条件を有する水域とはいえない。このような環境特性にも関わらず、佐田岬半島北岸

*1 水産庁：昭和 54 年度赤潮対策技術開発試験報告書 (I) 周防灘・伊予灘，1980。

*2 石丸 隆：昭和 60 年度赤潮対策技術開発試験報告書，和歌山県水産試験場，1986，pp. 24-28。

Fig. 5. Changes of water temperature (the upper part) and salinity (the lower part) in 5 m-depth of the special stations. Closed triangles show changes at St. 15, closed circles at St. 20, and open circles at St. 35. Open squares indicate changes in the mean values at remaining special stations and vertical bars denote standard deviations.

域が周囲の水域より出現密度が高く出現頻度も高い原因の一つは、この水域が、残差流の分布 (Fig. 4) から明らかに周防灘系水と斉灘系水との接点にあっていることから、両水系あるいはどちらかの水域から細胞が移送されたためであると思われる。ただし、佐田岬半島の北岸には入江や湾が多く存在することを考慮すると、これらの入江や湾で増殖した細胞が外部に流出した可能性も否定できない。

3) 下層の酸素飽和度と鉛直安定度 飯塚⁴⁾は大村湾の本種赤潮の発生要因の一つとして底層水の貧酸素化をあげている。底層水の貧酸素化は成層構造の発達と継続に起因するものであることから、ここで、調査海域における下層の酸素飽和度と鉛直安定度の特性を検討した。

Fig. 6 に代表定点における鉛直安定度及び下層の酸素飽和度の経時変化を示した。また、Fig. 7 には、代表定点における鉛直安定度と下層の酸素飽和度との関係を示した。なお、鉛直安定度は次に示す Sverdrup *et al.*⁵⁾ に準じた式によって求めた。

$$\text{鉛直安定度} = 10^{-6} \times (\text{下層と上層の密度差}; \sigma_t) / (\text{水深の差}; m)$$

Fig. 6. Changes in the vertical stability and oxygen saturation value (%) of the bottom water at the special stations. Vertical stability were calculated according to Sverdrup *et al.*⁵⁾ Symbols are the same as Fig. 5.

まず Fig. 6 で鉛直安定度の推移をみると、周防灘の初期出現域に属する St. 15 やそれに隣接する St. 20 では、他の水域に属する定点到比鉛直安定度が大きい値で経過する傾向にあり、水深が比較的浅いにも関わらず、他の水域より強い密度成層が形成されることを示している。特に、初期出現期後半の 6 月 27 日及び対数増殖期の 7 月 11 日から 18 日にかけての St. 15, St. 20 における鉛直安定度は大きく、この時期における周防灘の初期出現域では密度成層の発達が他の水域より強かったことを示している。

このような、成層の発達は下層の酸素飽和度の経時変化とよく対応している。すなわち、鉛直安定度が小さい値で経過していた調査開始当初から初期出現期の 6 月 20 日まで、どの水域においても下層の酸素飽和度が 60% 以下に低下することはなかった。しかし、周防灘の初期出現域では初期出現期後半の 6 月 27 日から鉛直安定度が大きい値で推移し始めると St. 15, St. 20 の下層の酸素飽和度は 50% 台にまで低下した。さらに鉛直安定度が強くなり成層の発達が顕著となった対数増殖期前半の 7 月 11 日から 18 日にかけては、St. 15 及び St. 20 の下層の酸素飽和度は 40% 台にまで低下した。

以上のように、初期出現期の後半から対数増殖期の前半にかけて、周防灘の初期出現域では密度成層がよく発達し、安定した水塊構造が継続するとともに下層の貧酸素化が進行していたことがわかる。

また、Fig. 7 に示した代表定点における鉛直安定度すなわち成層強度と下層の酸素飽和度との関係をみると、

Fig. 7. Relationship between the vertical stability and oxygen saturation value (%) of the bottom water at the special stations.

St. 15, St. 20 以外の定点では成層の発達が悪く、かつ、下層の酸素飽和度の低下が成層の発達とあまり対応していない。一方、周防灘の初期出現域に属する St. 15 やそれに隣接する St. 20 では、他の水域に属する定点より成層がよく発達するとともに、その発達と下層の酸素飽和度の低下とがかなりよく対応している。このような鉛直安定度と下層の酸素飽和度の変化特性は、周防灘の初期出現域が開放的な地形であるにもかかわらず、流況の面からは残差流の不連続帯や渦流域に該当している (Fig. 4) ことによってもたらされたものと考えられ、周防灘の初期出現域で、飯塚が指摘するような底層水の貧酸素化に起因する本種の赤潮が発生することは十分に考えられる。

G. nagasakiense の分布域の拡大と水塊構造の変化
移動力の弱い赤潮プランクトンの分布域の拡大が何によってもたらされているのかを明らかにすることは、広域赤潮の発生要因を解明しその発生を予測する手法を開発するうえで重要である。そこで Fig. 2 に示す調査海域における分布指標の経時変化と Fig. 6 に示す代表定点における鉛直安定度の経時変化をもとに、本種遊泳細胞の分布域の拡大と水塊構造の変化について検討した。

分布指標 (Fig. 2) が小さい値で推移し分布域が局所的であった初期出現期後半の 6 月 20 日から対数増殖期前半の 7 月 18 日にかけては、水塊 I' (St. 15) の鉛直安定度 (Fig. 6) は他の水域より高い値で推移している。しかし、分布域が急速に拡大し始めた対数増殖期の 7 月

18 日から 7 月 25 日にかけて鉛直安定度は急速に低下し、他の水域との差、すなわち成層強度の差はほとんどなくなった。そして、その状態は衰退期の 8 月 29 日まで継続している。

成層強度の異なる水塊が接するとき、その境界には潮汐フロントが形成され、フロントをはさむ水塊間の物質交換が妨げられることが知られている。⁹⁾ このことを考慮し、前述した分布域の拡大の経過と水塊構造の変化とを関連づけてみると、初期出現域における成層構造の発達と継続が、常に拡散の危険にさらされている初期個体群の密度低下を防止するように作用していたと考えられる。また、その初期個体群が十分なレベルにまで増殖した後生じた成層構造の衰弱が分布域の急速な拡大をもたらしたと考えられ、G. nagasakiense の初期個体群の保存及び増殖と分布域の拡大に対して、海域の水塊構造の変化が大きく関わっていることが示唆された。

む す び

以上のように夏期の周防灘と伊予灘における本種の初期出現域は高水温、低塩分域でかつ貧酸素水塊が形成されやすい周防灘西部から南部の沿岸域であること。そして、本種の分布域の拡大と増殖は成層の発達や衰退と関係していることが示唆された。博多湾における調査¹⁷⁾でも本種赤潮の発生と成層の崩壊とが関係していることが示唆されていることから、本種の増殖と分布域の拡大及び広域赤潮の形成に、成層構造の発達、継続、衰弱と

いう、水塊構造の変化が大きく関与しているものと思われる。したがって、夏季の本種赤潮の発生機構を研究するうえで、今後は水域の物理構造に着目した調査研究が重要になると考えられる。

さらに、Honjo ら⁹⁾は五ヶ所湾における本種遊泳細胞の年間サイクルに関する研究の中で、遊泳細胞が冬季も出現することを報告するとともに、春の生長は越冬した遊泳細胞の保存個体群に依存し、越冬する遊泳細胞の保存個体群の大きさは冬季の水温に規制されていることを報告している。同様に、大村湾、周防灘、広島湾及び東京湾でも本種の遊泳細胞が冬季に出現することが報告されている。⁹⁻¹²⁾したがって、今後は冬季の水温変動に注目した調査もあわせて行うことにより、周防灘、伊予灘における本種の生活様式を明らかにするとともに、広域赤潮の発生機構を解明していくことが必要である。

謝 辞

この調査研究に対して終始懇切なご指導を賜るとともに、原稿の校閲をいただいた南西海区水産研究所海況動態研究室長本城凡夫博士ならびに同研究室山口峰生技官に深甚なる謝意を表します。また、現地調査及び取りまとめの労を共にした大分県栽培漁業センター福岡和光氏、山口県外海水産試験場門永圭史氏、福岡県豊前水産試験場石田雅俊氏、愛媛県中予水産試験場石田 稔氏、株式会社パスコ宇田耕一郎氏のほか、多大なご支援とご協力をいただいた関係諸氏に心からお礼申し上げます。さらに、報告の機会を与えていただいた水産庁漁場保全課に記して感謝します。

文 献

- 1) G. W. Snedecor and W. G. Cochran: Statistical Methods, 7th ed., Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1980.
- 2) 飯塚昭二, 峯 邦宏: 日本プランクトン学会報, **30**, 139-146 (1983).
- 3) 山口峰生, 本城凡夫: 日水誌, **55**, 2029-2036 (1989).
- 4) 飯塚昭二: 日本プランクトン学会報, **19**, 22-33 (1972).
- 5) H. U. Sverdrup, M. W. Johnson, and R. H. Fleming: The Oceans, Prentice-Hall, New Jersey, 1949.
- 6) 柳 哲雄, 松田 治, 門谷 茂, 田辺信介, 上真一, 遠部 卓, 大塚 攻: 潮目の科学 (柳哲雄編), 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 1990, pp. 25-102.
- 7) 川上大和, 田中義興, 松尾新一, 高橋 実: 福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 147-156 (1985).
- 8) T. Honjo, S. Yamamoto, O. Nakamura, and M. Yamaguchi: in "Toxic Marine Phytoplankton" (ed. by E. Graneli, B. Sundstrom, L. Edler, and D. M. Anderson), Elsevier Science, New York, 1990, pp. 165-170.
- 9) 中田憲一, 飯塚昭二: 日本プランクトン学会報, **34**, 199-201 (1987).
- 10) 寺田和夫, 池内 仁, 高山晴義: 日本プランクトン学会報, **34**, 201-203 (1987).
- 11) 板倉 茂, 今井一郎, 伊藤克彦: 南西海区水産研究所研究報告, **23**, 27-33 (1990).
- 12) 保坂三継: 日本プランクトン学会報, **37**, 69-75 (1990).