



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	夏期の播磨灘における <i>Chattonella</i> 赤潮の発生と海洋細菌の挙動
Author(s)	今井, 一郎
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 63(2), 7-11
Issue Date	2013-07-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/52983
Type	departmental bulletin paper
File Information	07-11.pdf



夏期の播磨灘における *Chattonella* 赤潮の発生と海洋細菌の挙動

今井 一郎

(2013 年 5 月 14 日受付, 2013 年 5 月 22 日受理)

Occurrence of *Chattonella* Red Tide and Distribution of Marine Bacteria in Harima-Nada of the Seto Inland Sea in Summer

Ichiro IMAI

Abstract

The noxious raphidophytes *Chattonella* spp. and the total numbers of marine bacteria were investigated in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan, during the summer of 1989. A red tide of *Chattonella* occurred in this summer (August). Observed densities of the total number of bacteria ($0.50 \times 10^6 \sim 4.16 \times 10^6$ cells mL^{-1}) revealed values observed in common coastal waters in Japan in embayments of such as the Seto Inland Sea. A peak of *Chattonella* red tide (about 1,000 cells mL^{-1}) was observed on August 7 and the cells almost disappeared within 1 week, and the total number of bacteria showed the maximum value of 4.16×10^6 cells mL^{-1} at the 10 m depth on August 14. It was suggested that cells of *Chattonella* red tide were killed by algicidal bacteria after the population peak of *Chattonella* and resultant organic matters were utilized by heterotrophic bacteria that accompanied the maximum value of bacterial cell density. It is considered that microbial loop worked after the decay of *Chattonella* red tide via algicidal bacteria, total heterotrophic bacteria and heterotrophic nanoflagellates, etc.

Key words : Red tide, *Chattonella*, Bacteria, Population dynamics, Harima-Nada, Seto Inland Sea

緒 言

赤潮の発生から消滅に至る過程においては、種々の要因が影響を及ぼしている。しかしながら、赤潮プランクトンに対して細菌を中心とする微生物の影響に関しては、研究が少ない。

水界の生態系において、細菌と赤潮プランクトンを含む微小藻類の間には、代謝活動等を通じて密接な相互関係が存在する (Cole, 1982; Riquelme et al., 1988; Romalde et al., 1990a, b)。従って、細菌と現場の赤潮プランクトンの動態の間には、何らかの質的及び量的な関係が存在する事が想定される (Linly et al., 1983)。

瀬戸内海をはじめとする西日本の沿岸域において、魚介類の斃死被害を伴う有害赤潮の発生が夏期を中心に頻発している (Imai et al., 2006)。特に播磨灘はハマチ等の魚類養殖が盛んであり、養殖の歴史は赤潮との闘いの歴史でもある (今井, 2012)。本研究では、播磨灘全体における細菌の分布状況を把握した。また特定の定点における細菌の分布密度について経時的な変動を調べ、赤潮ラフィド藻 *Chattonella* spp. (*C. antiqua* と *C. marina*) の赤潮の発生との関係を検討した。

材料および方法

播磨灘全域における海洋細菌の分布状況を調査した。Fig. 1 に示した播磨灘の 34 定点において、1989 年 7 月 13 ~ 17 日に、水産庁南西海区水産研究所 (現水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所) 調査船しらふ丸を用いて、調査を実施した。試水は、海表面 (0 m), 10 m 及び海底上 1 m (B-1 m) の 3 層から採取した。採水した試料はグルタルアルデヒドで固定し (最終濃度 1%), 冷蔵保存した。細菌の計数は、DAPI(4'-diamidino-2-phenylindole) 染色と落射蛍光顕微鏡を用いる直接検鏡法によった (Zimmermann et al., 1978; Porter and Feig, 1980; 今井, 1984; Imai, 1987)。

次に、特定の定点における *Chattonella* spp. の変動と海洋細菌の動態を調べた。1989 年 5 月 24 日から 9 月 4 日までの期間、図 1 に示した定点 NH3 (水深約 20 m) の表層 (0.5 m), 中層 (10 m) 及び B-1 m より試水を得た。採水試料は上述した様に固定後、冷蔵保存した。試水中の総細菌数の計数も、上記の通り DAPI 染色と落射蛍光顕微鏡を用いる直接検鏡法によった。

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物資源科学部門海洋生物学分野浮遊生物学領域 (E-mail: imai1ro@fish.hokudai.ac.jp)
(Plankton Laboratory, Division of Marine Bioresource and Environmental Science, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

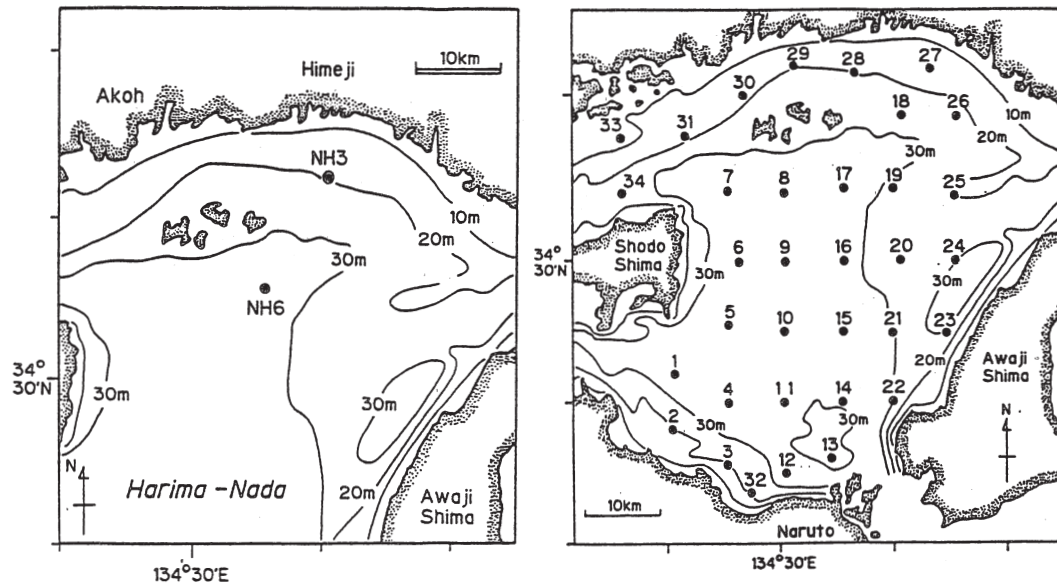


Fig. 1. Location of the sampling stations in Harima-Nada, the Seto Inland Sea. Left : the sampling station of Stn. NH3 for monitoring *Chattonella* spp. and total number of bacteria (sampling depths of 0.5 m, 10 m and 1 m above the bottom). Right : the 34 stations for total number of bacteria (sampling depths of 0 m, 10 m and 1 m above the bottom).

結果及び考察

1989年7月13～17日の期間に測定した播磨灘における水温と塩分の分布(表層と底層)をFig. 2に示した。表層水温は22.7～26.6℃であり、灘の北部で高く、南部で低い傾向が認められた(Fig. 2)。底層水温は、小豆島東方沖を中心とする灘中央の西半分水域では、相対的に底層水温は低い傾向が認められた。しかしながら、かなりの水域で*Chattonella* spp. のシストの発芽が活発化する20℃に達しており、この調査期間には、灘の大部分の水域で、低密度ながら*Chattonella* spp. の栄養細胞が検出された(板倉・今井, 未発表)。

塩分に関しては、表層では北部沿岸水域で低い傾向があり、陸水流入の影響が認められた(Fig. 2)。底層の塩分については、底層水温の低かった水域と重なる様に塩分の高い水界が認められた。

播磨灘全域において計数された、今回の調査時の細菌数をFig. 3に示した。表層では、 $0.86 \sim 2.86 \times 10^6$ 細胞 mL^{-1} 、中層(10m深)で $0.73 \sim 2.20 \times 10^6$ 細胞 mL^{-1} 、そして底層(B-1m深)で $0.50 \sim 1.67 \times 10^6$ 細胞 mL^{-1} の範囲の値が検出された。富栄養化が進んでいると想定される灘北部の沿岸で、予想に反して細菌密度は相対的に低い傾向が認められた。播磨灘のやや東部寄りの中央水域で相対的に細菌は高密度で分布した。鉛直的には、細菌は表層で高密度、底層で比較的低密度の傾向があった。

細菌密度の全体的な値としては、沿岸域においては概ね $10^6 \sim 10^7$ 細胞 mL^{-1} の密度であることが知られており(Es and Meyer-Reil, 1982; 今井, 1989)、周防灘や広島湾、大阪湾においても同様の範囲の細菌密度が報じられている

(今井, 1984; 今井・山口, 1996, 1997)。本研究の播磨灘においても、同様の範囲の値である事が確認されたと言える。

播磨灘北部の姫路沖に設定した定点 NH3 において観察された、*Chattonella* spp. および総細菌数の鉛直分布の経時的な変化をFig. 4に示した。*Chattonella* spp. は7月10日に表層と中層で確認され、若干増殖した後一度減少したが、その後再び増加して8月7日には約1,000 細胞 mL^{-1} の最高密度に達した。しかしながら急速に細胞数を減らし、翌週の8月14日には検出されなくなった。この期間に、総細菌数は $0.78 \sim 4.16 \times 10^6$ 細胞 mL^{-1} の範囲の値を示し、その変動はかなり大きかった。総細菌数と*Chattonella* spp. 細胞数の変動を見ると、8月になって以降は*Chattonella* spp. の細胞密度の増加を追いかける様に総細菌数が増加している様子が検出された。*Chattonella* spp. は表層で8月7日に最大値を示したが、その後8月14日に細菌は10m層で最大値を示した。これは、赤潮状態になった*Chattonella* spp. が死滅し分解される過程で沈降しながら、その有機物を細菌が利用して中層で増えた結果と考えられる。この調査の時点では殺藻細菌について調査していないが、ラフィド藻 *Heterosigma akashiwo* の赤潮の崩壊過程において観察された様に(Imai et al., 1998; Kim et al., 1998)、殺藻細菌による殺藻作用で*Chattonella* spp. は急激に死滅したと考えられる。1997年と1998年に、本研究と同じ播磨灘の定点 NH3 において、間接蛍光抗体法を用いて殺藻細菌 *Cytophaga* sp. J18/M01 株の動態と*Chattonella* spp. の変動が調べられ、*Chattonella* spp. の個体群の崩壊の直後に*Cytophaga* sp. J18/M01 株が中層(10m層)で増加する現象が確認されている(Imai et al., 2001)。それに伴い、総細菌

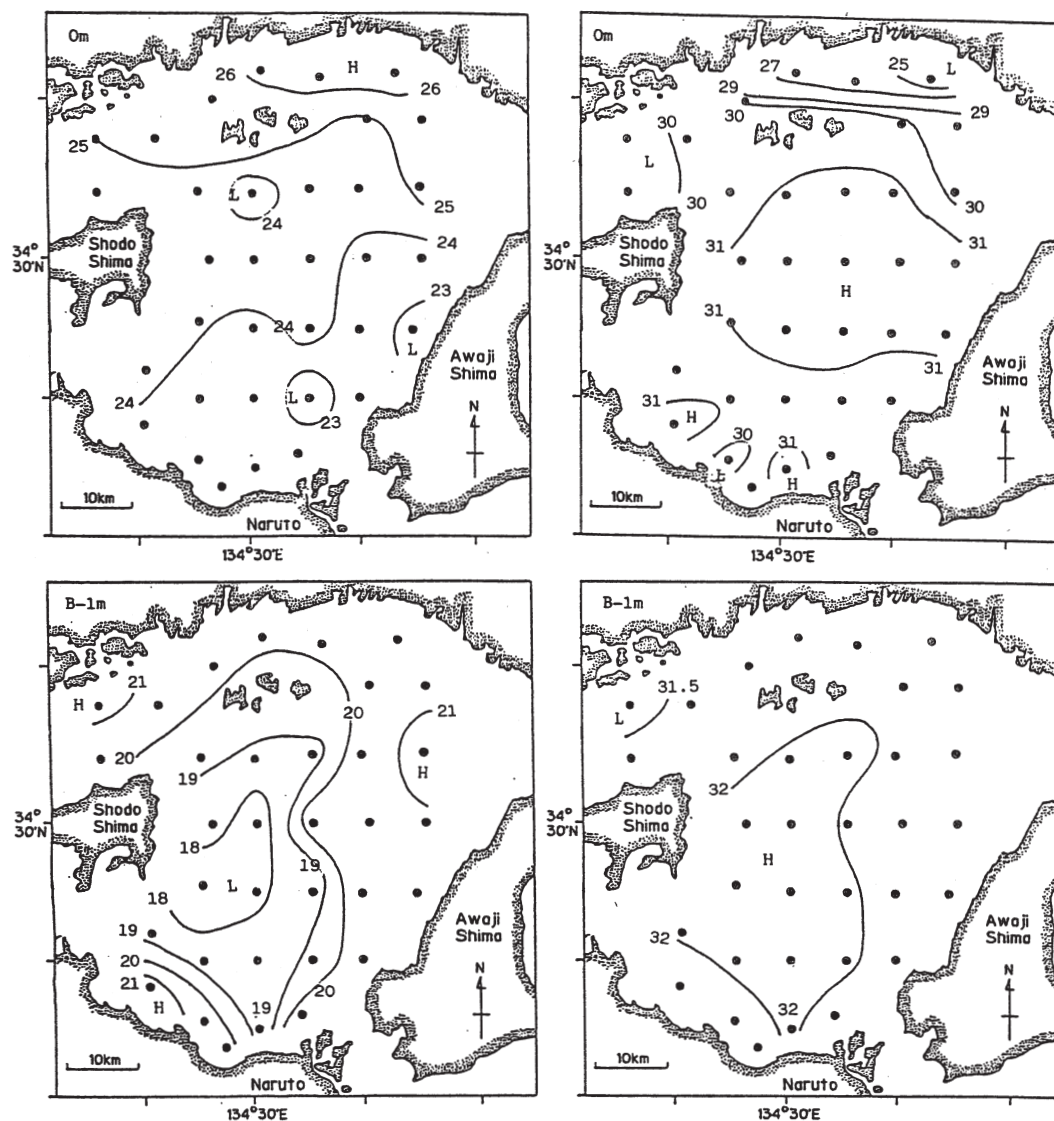


Fig. 2. Spatial distribution of water temperature and salinity in Harima-Nada during the period of July 13-17, 1989. Left : water temperature of surface water (upper panel) and bottom layer (lower panel). Right : salinity of surface water (0 m : upper panel) and bottom layer (B-1 m : lower panel).

数の増加も観察されている。以上から、赤潮を形成した植物プランクトンは殺藻細菌による殺藻作用で死滅し大量の有機物が生じ、それは従属栄養細菌によって消費され、微生物ループ (microbial loop) を通じて海洋の食物網に戻って行くと考えられる。

赤潮の崩壊が細菌を含む微生物群集に与える影響や、微生物ループの構造と機能が赤潮の崩壊過程においてどのように反応しているのかについて、マイクロズム実験や緻密な時間スケールの現場観察によって明らかにして行く必要がある。

要 約

瀬戸内海播磨灘において夏期の細菌の分布を調べ、有

害赤潮ラフィド藻 *Chattonella* spp. の変動と細菌数の変動の関係を検討した。総細菌数は通常の沿岸域において観察される範囲の値 ($10^6 \sim 10^7$ 細胞 mL^{-1}) を示した。*Chattonella* spp. は表層において細胞数で最大値を示した後に翌週には赤潮が崩壊した。それを追いかける様に総細菌数は翌週の中層で最大値を示した。これは、殺藻細菌の殺藻作用によると想定される *Chattonella* spp. の赤潮崩壊の結果生じた有機物が、従属栄養細菌に利用され細菌数が増加した結果であると考えられた。

謝 辞

本研究の遂行にご協力をいただいた、眞鍋武彦博士 (当時兵庫県立水産試験場)、長井 敏博士 (現水産総合研究

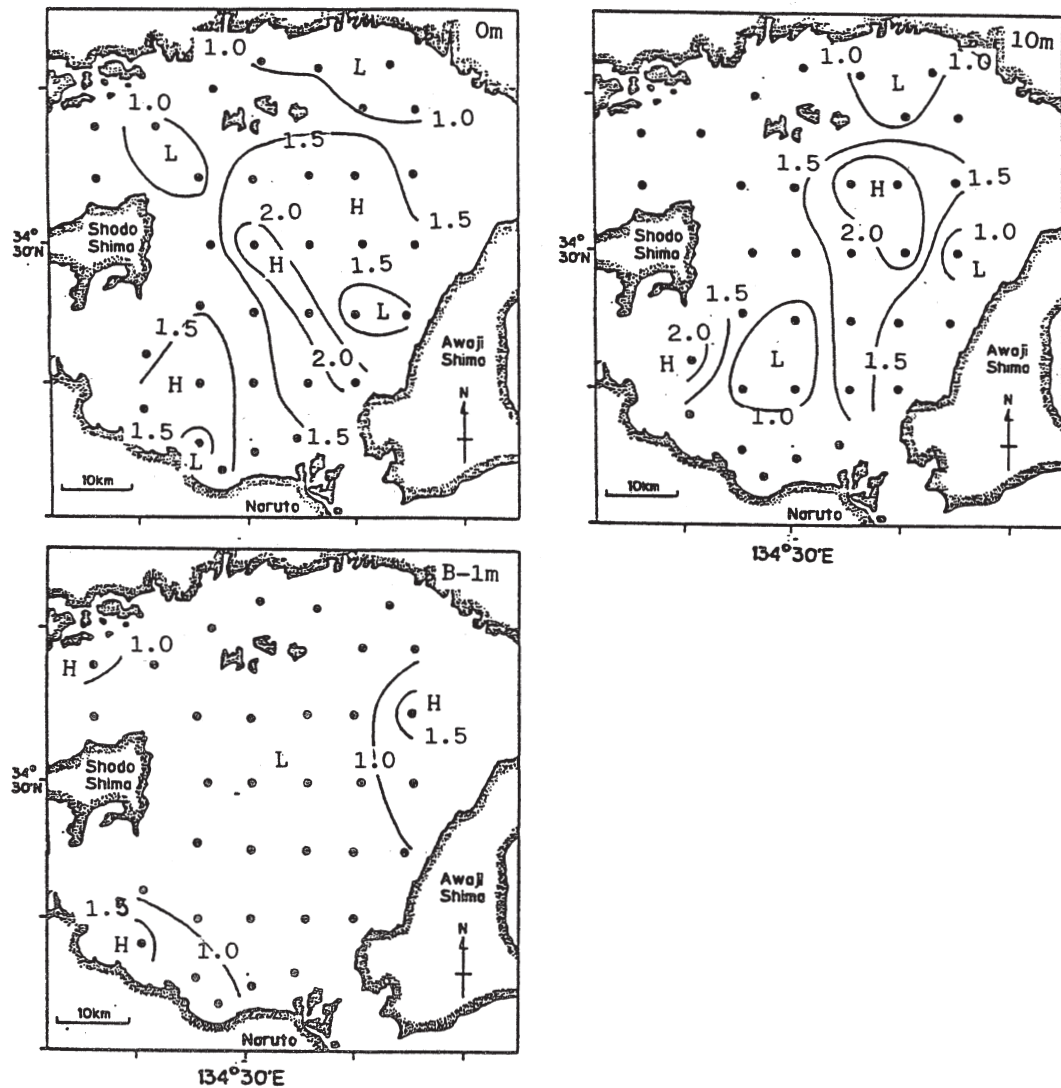


Fig. 3. Spatial distribution of total number of bacteria enumerated with DAPI-staining and direct count method in Harima-Nada (0 m, 10 m and 1 m above the bottom=B-1 m) during the period of July 13-17, 1989.

センター中央水産研究所, 当時兵庫県立水産試験場), ならびに兵庫県立水産試験場(当時)の調査船の乗組員各位に心から感謝の意を表します。また, 洋上での試料採取にご協力戴いた水産庁南西海区水産研究所(現独立法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所)調査船しらふじ丸の船長及び乗組員各位に深甚なる謝意を表します。本研究は, 水産庁赤潮対策技術開発試験生物学的赤潮防除技術開発試験, 赤潮関与バクテリアに関する研究の一貫で実施された。

文 献

- Es, F.B. and Meyer-Reil, L.A. (1982) Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria. pp. 111-170, Marshall, K.C. (ed.), *Advances in Microbial Ecology* vol. 6, Plenum Press, New York.
- 今井一郎 (1984) 周防灘における海洋細菌の粒子径組成と

現存量. 南西水研研報, 17: 183-196.

- Imai, I. (1987) Size distribution, number and biomass of bacteria in intertidal sediments and seawater of Ohmi Bay, Japan. *Bull. Jpn. Soc. Microb. Ecol.*, 2: 1-11.
- 今井一郎 (1989) 沿岸域における微生物の生態. 沿岸海洋研究ノート, 27: 85-101.
- 今井一郎 (2012) シャットネラ赤潮の生物学. 184p, 生物研究社, 東京.
- 今井一郎・山口峰生 (1996) 北部広島湾における海洋細菌の現存量と生産量, および従属栄養性微小鞭毛虫類の季節変化. 南西水研研報, 29: 75-86.
- 今井一郎・山口峰生 (1997) 大阪湾における海洋細菌の現存量と生産量. 南西水研研報, 30: 173-181.
- Imai, I., Kim, M.C., Nagasaki, K., Itakura, S. and Ishida, Y. (1998) Relationships between dynamics of red tide-causing raphidophycean flagellates and algal micro-organisms in the coastal sea of Japan. *Phycol. Res.*, 46: 139-146.
- Imai, I., Sunahara, T., Nishikawa, T., Hori, Y., Kondo, R. and Hiroishi, S. (2001) Fluctuations of the red tide flagellates *Chattonella* spp. (Raphidophyceae) and the algicidal bacterium

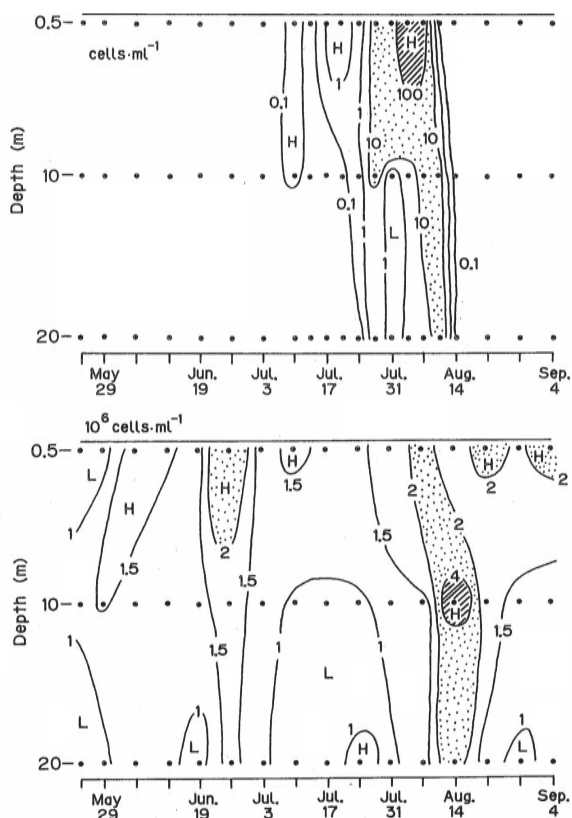


Fig. 4. Temporal distribution of the red tide raphidophyte *Chattonella* spp. (upper panel) and total number of bacteria ($\times 10^6$ cells mL^{-1}) in water columns of Stn.NH3 in Harima-Nada during the period of May 24-September 4, 1989.

Cytophaga sp. in the Seto Inland Sea, Japan. *Mar. Biol.*, **138** : 1043-1049.

Imai, I., Yamaguchi, M. and Hori, Y. (2006) Eutrophication and occurrences of harmful algal blooms in the Seto Inland Sea, Japan. *Plankton Benthos Res.*, **1** : 71-84.

Kim, M.C., Yoshinaga, I., Imai, I., Nagasaki, K., Itakura, S. and Ishida, Y. (1998) A close relationship between algicidal bacteria and termination of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) blooms in Hiroshima Bay, Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **170** : 25-32.

Linley, E.A.S., Newell, R.C. and Lucas, M.I. (1983) Quantitative relationships between phytoplankton, bacteria and heterotrophic microflagellates in shelf waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **12** : 77-89.

Porter, K.G. and Feig, Y.S. (1980) The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, **25** : 943-948.

Riquelme, C.E., Fukami, K. and Ishida, Y. (1988) Annual fluctuations of phytoplankton and bacterial communities in Maizuru Bay and their relationship. *Bull. Jpn. Soc. Microb. Ecol.*, **2** : 29-37.

Romalde, J.L., Tranzo, A.E. and Barja, J.L. (1990a) Changes in bacterial population during red tides caused by *Mesodinium rubrum* and *Gymnodinium catenatum* in north west coast of Spain. *J. Appl. Bacteriol.*, **68** : 123-132.

Romalde, J.L., Barja, J.L. and Tranzo, A.E. (1990b) Vibrios associated with red tides caused by *Mesodinium rubrum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **56** : 3615-3619.

Zimmermann, R., Iturriaga, R. and Becker-Birck, J. (1978) Simultaneous determination of the total number of aquatic bacteria and the number thereof involved in respiration. *Appl. Environ. Microb.*, **36** : 926-935.