

橘湾における *Chattonella antiqua* の発生予察の可能性

山砥稔文, 丸田 肇, 矢田武義

Forecasting Occurrence of *Chattonella antiqua* in Tachibana Bay, Nagasaki Prefecture

Toshifumi Yamatogi, Hajime Maruta, and Takeyoshi Yada

The relationship between algal growth potential (AGP) and the occurrence of *C. antiqua* was investigated from 1995 to 1997. To quickly determine the propagation potential of *C. antiqua*, the relationship between the occurrence of *C. antiqua* from 1991 to 1997 and the growth rate calculated from nutrient concentrations ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, and $\text{PO}_4\text{-P}$) using the Michaelis-Menten formula was also examined.

In the years that *C. antiqua* occurred, AGP values were higher than 360 cells/ml 3 to 4 weeks beforehand, suggesting a close relationship between AGP values and the occurrence of *C. antiqua*. The AGP values were highly correlated with the growth rate, and it was thought that the growth rate could be used as an index of the propagation potential of *C. antiqua* in Tachibana Bay. We examined the relationship between the growth rate and the occurrence of *C. antiqua*. When there was a red tide of *C. antiqua* in August, it was preceded by a high growth rate of 0.2 divisions/day in waters from 0.5 to 10m deep for more than two thirds of July. These results lead us to predict that if there is a high growth rate for more than two thirds of the month of July, *C. antiqua* propagation should occur that August.

橘湾では、夏季にラフィド藻 *Chattonella antiqua* による赤潮が発生し、養殖ハマチ等にしばしば被害を与えており、特に、1990年には4億円を越える甚大な被害があった。^{1,2)} 赤潮の発生を防げない現状では被害を最小限にとどめるため、その発生を予察する方法についての研究が重要となっている。

岩田ら³⁾ は、五ヶ所湾で *Gymnodinium mikimotoi* の赤潮が最盛期を迎える2週間から1カ月半前に、海底直上1m層で Algal growth potential (AGP) が高くなることを確認し、AGP測定による赤潮発生予察の可能性を示唆した。ただ、バッチ培養系のAGP試験は結果が明らかになるまでに2週間以上を必要とするため、赤潮発生前の予察が時間的に無理になる場合が考えられる。

一方、Nakamura *et al.*⁴⁾ は *C. antiqua* において窒素とリンが増殖を律速している場合、環境水の窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) とリン ($\text{PO}_4\text{-P}$) を測定すれば、Michaelis-Menten型の式によって潜在的増殖ポテンシャルを評価するパラメーターである増殖速度 (μ) が推測できることを報告しており、この方法であれば短時日で結果が得られ、発生予察に利用できる可能性がある。

そこで本研究では、橘湾における *C. antiqua* のAGPを測定し、*C. antiqua* の出現年と非出現年におけるAGPの推移の相違点を明らかにするとともに、現場の化学環境 (窒素とリン) を測定し増殖速度を求めることで赤潮発生予察の可能性を検討したので報告する。

方 法

環境調査 調査は1991～1997年の7月上旬から8月中旬にかけてFig. 1に示す10定点 (Stn.1-10) で行った。試料海水は各定点の0.5m, 10mおよびB-1m (海底直上1m) 層から採取した。*C. antiqua*遊泳細胞の計数は全ての試料について、栄養塩類 (NO₃-N, NH₄-Nおよび PO₄-P) の分析は、1991～1993年には Stn.1,4,10, 1994～1997年にはStn.1,4,7のそれぞれ3定点の試料について行った。⁹⁾

AGP試験 AGP試験用の海水は6月中旬から8月下旬にStn.4から採取し、1995, 1996年は0.5m層の海水、1997年は0.5m層と10m層の海水を試料とした。試料は孔径0.45 μmミリポアフィルターでろ過した後、-20℃で保存し、測定直前に0.22 μmミリポアフィル

ターでろ過して無菌区海水とした。これに*C. antiqua*の要求量⁶⁾に相当する栄養物質をTable1に示す9種の組み合わせで添加した海水を、試験管 (φ 18mm×180mm) に10mlずつ分注してAGP試験に供した。AGP試験は試料に*C. antiqua*を接種後、22.5℃, 110 μE/m²/s, 14L:10Dの明暗周期下でバッチ培養して行い、AGPは界線入りスライドガラスを用いて光学顕微鏡で*C. antiqua*の最大増殖量を計数して求めた。なお、接種した*C. antiqua*は1978年9月に瀬戸内海の播磨灘から分離された無菌クローン株 (NIES-1株; 財団法人 地球人間・環境フォーラムから受領) を用い、前培養は1995年7月に五島西沖約60 km (32° 55.5'N, 128° 15.5'E) で採取した表層水 (DIN:0.21 μM, DIP:0.02 μM) に窒素・リンの各要求量の1/50を添加した培地で11日間行った。⁷⁾

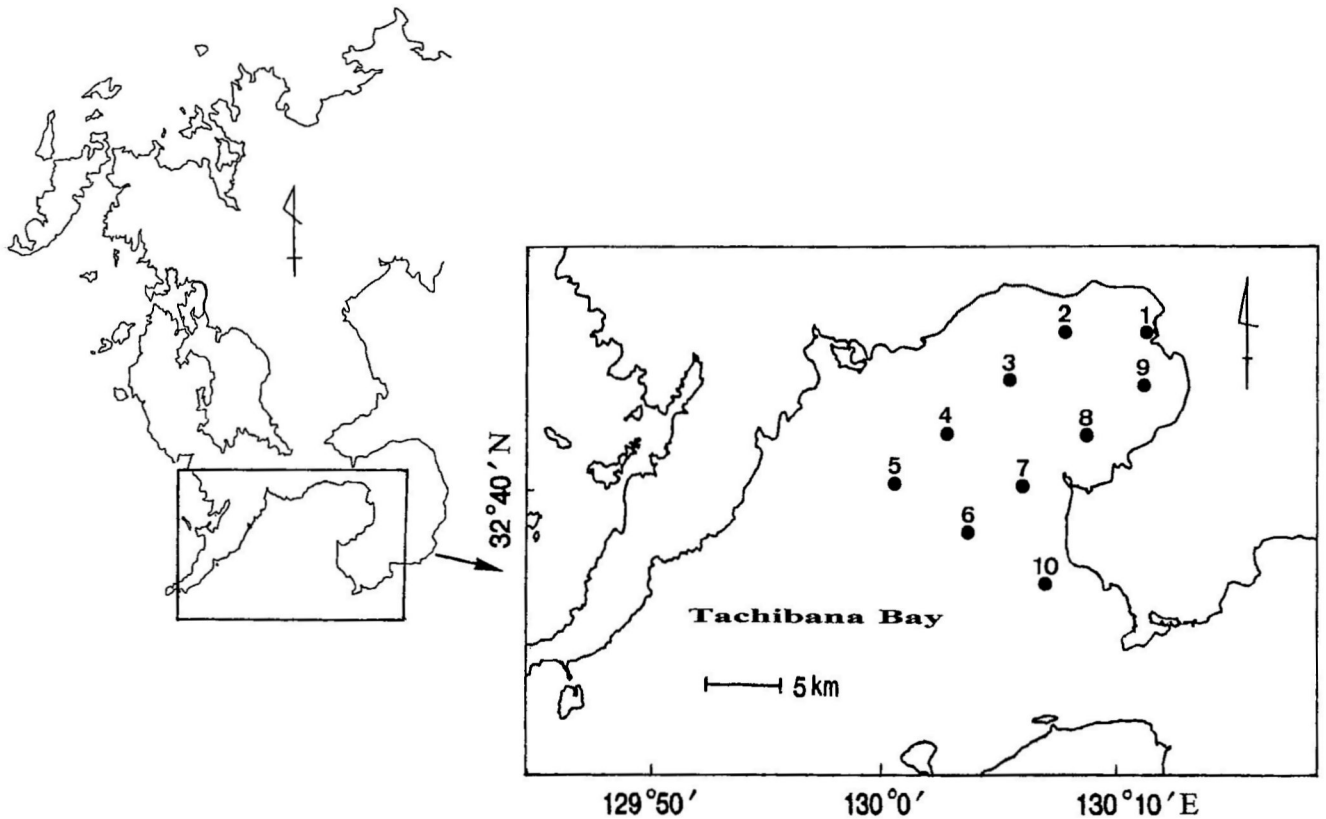


Fig. 1 Location of sampling sites(solid circle)in Tachibana Bay.

Table1. Composition of nutrients added to the seawater sample

Code number	Nutrients
1	Control
2	NaNO ₃ (N)
3	NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O(P)
4	FeCl ₃ ·6H ₂ O+NaEDTA·2H ₂ O(Fe)
5	Vitamin B ₁₂ (B ₁₂)
6	(N),(P)
7	(N),(P),(Fe)
8	(N),(P),(B ₁₂)
9	(N),(P),(Fe),(B ₁₂)

結果および考察

C. antiquaの出現状況とAGPの推移 1991～1997年における水深別の10定点合計の細胞密度の推移をFig. 2に示した。1991, 1994, 1995および1997年は1 cells/ml未満であったが(非出現年), 1992年は8月上旬～中旬に, 1993年は7月中旬～8月中旬にかけて, それぞれ最高79cells/ml, 161cells/mlとなり赤潮状態となった(赤潮発生年)。1996年は, 8月中旬に最高15cells/mlとなったが赤潮状態には至らなかった(出現年)。また, *C. antiqua*の出現は0.5m層で50%, 10m層で43%を占め, これら2層に集中していた。

1995～1997年の0.5m層海水のAGPの推移をFig. 3に示した。AGPは*C. antiqua*非出現年の1995年には7月中旬～8月中旬, 1997年には7月下旬～8月中旬にかけて300cells/ml以下の低い値を示したが, *C. antiqua*出現年の1996年には, 出現時期の1カ月～3週間前の7月中旬と下旬に, それぞれ360, 440cells/mlの高い値が認められ, 非出現年とは異なる推移を示した。

C. antiquaの制限因子の推定 1997年の*C. antiqua*増殖の制限因子推定のために行った栄養物質添加試験の結果をFig. 4に示した。栄養物質添加による増殖効果を見ると, 0.5m, 10m層とも, 窒素とリンの

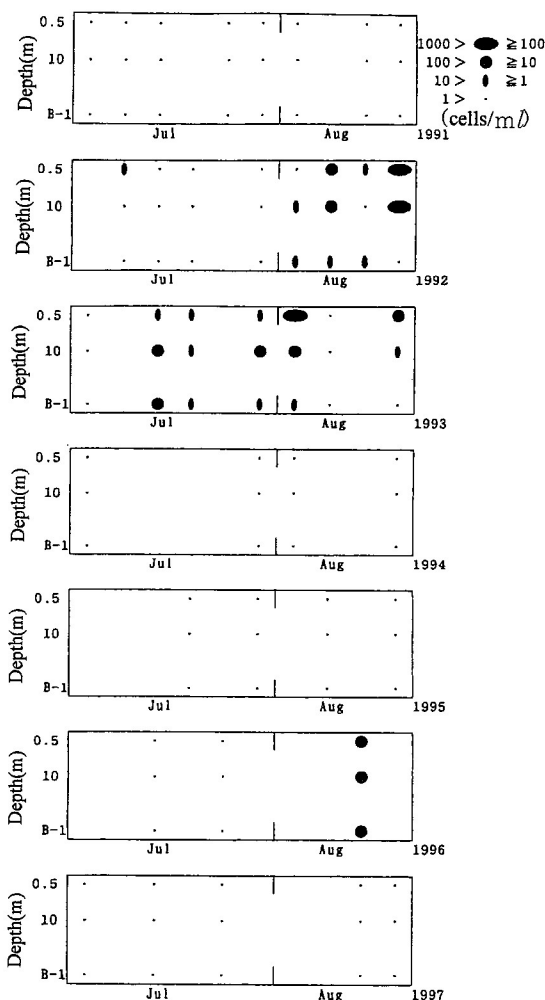


Fig. 2. Seasonal and vertical distribution of *C. antiqua* in Tachibana Bay in 1991~1997.

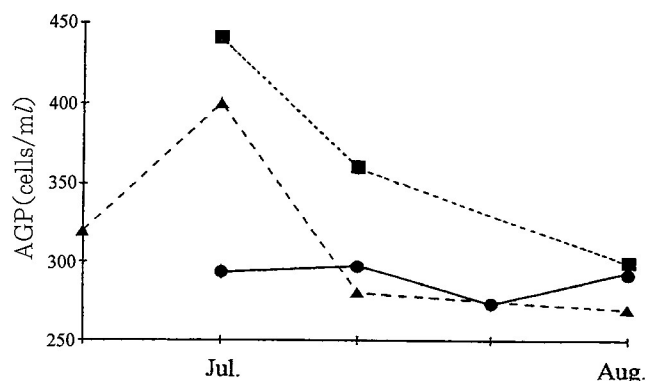


Fig. 3. Changes in AGP of *C. antiqua* in the seawater sampled at Stn.4 (the depth of 0.5m) in Tachibana Bay.
Symbols: ●, 1995; ■, 1996; ▲, 1997.

単独添加区で対照区の1.2~2.1倍の増殖がみられ、さらに、窒素とリンの複合添加区では、7.7~15倍の増殖がみられた。しかし、鉄とビタミンB₁₂の単独添加区では顕著な増殖効果は確認できなかった。以上の結果は著者らが先に調べた1995年夏季の0.5mとB-1m層および1996年同季の0.5m層の結果^{7,8)}と一致し、橘湾における*C. antiqua*増殖の制限因子は窒素とリンであると判断された。

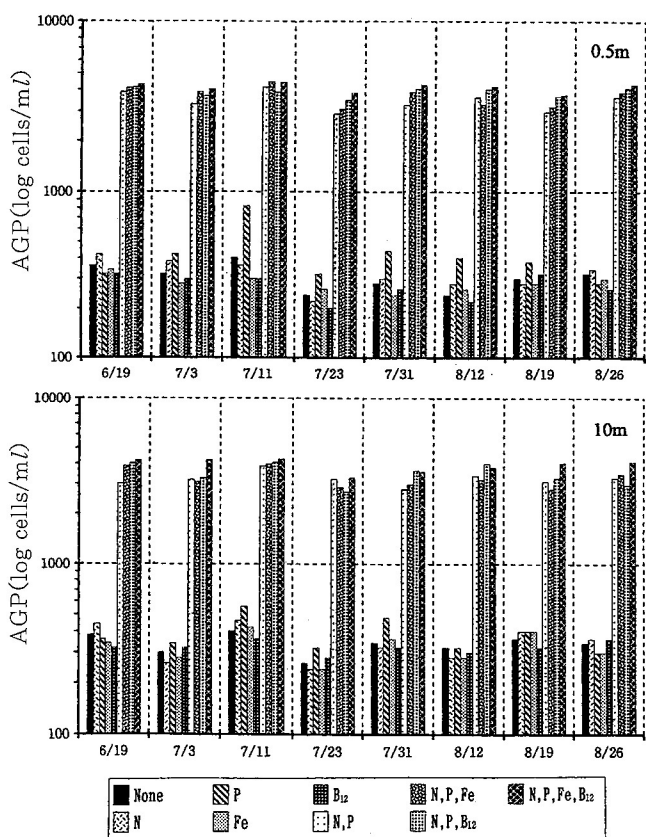


Fig. 4. Effects of various nutrients addition on AGP of *C. antiqua*. The seawater samples were collected in Tachibana Bay in 1997.

増殖速度とAGPとの関係 1997年の現場海水の栄養塩濃度(窒素とリン)をNakamura *et al.* の式に代入して求めた増殖速度(μ)とAGPとの関係をFig. 5に示した。0.5m, 10m層いずれも増殖速度の高低のパターンはAGPの推移と一致した。そこで、増殖速度(μ)とAGPの関係についてみると、Fig. 6に示したように、両者には1%以下の有意水準で

正の相関が認められ、回帰式は $\mu = 0.00175 \text{AGP} - 0.3533$ ($r = 0.820$)で表された。従って、現場の増殖ポテンシャルは、バッチ培養によるAGPと同様に増殖速度を測定することで評価できると判断された。

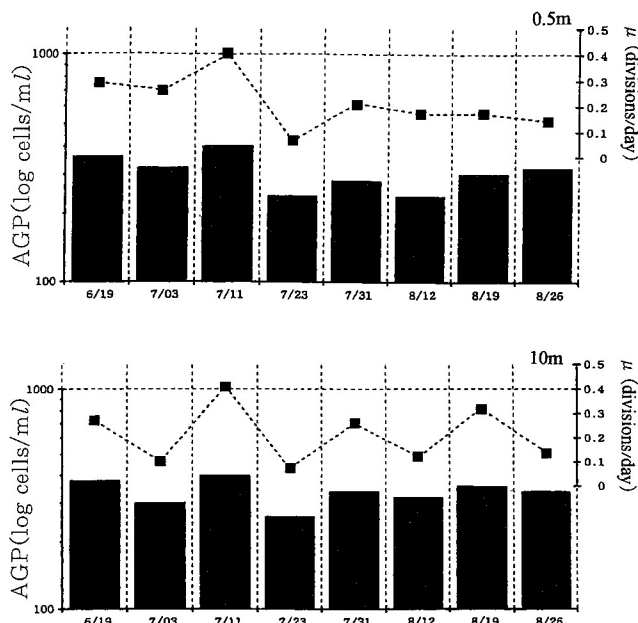


Fig. 5. Changes in growth rate(μ) and AGP of *C. antiqua* in the seawater sampled at Stn.4 (0.5m,10m) in Tachibana Bay in 1997. Symbols: ■,AGP; ···■···,growth rate.

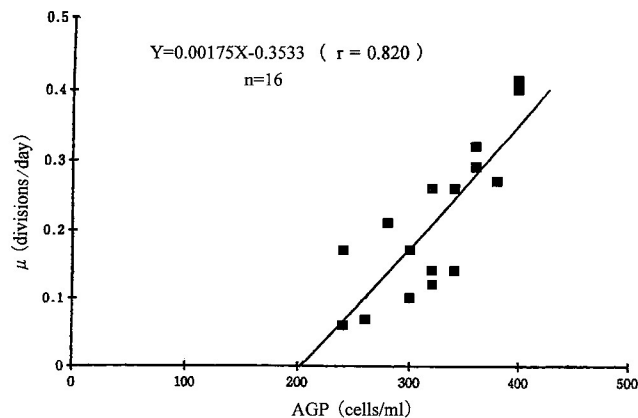


Fig. 6. Relationship between growth rate(μ) and AGP of *C. antiqua* in the seawater sampled at Stn.4 (0.5m,10m) in Tachibana Bay in 1997.

各年の増殖速度の変動パターンと赤潮発生との関係 過去7カ年の*C. antiqua*の出現が0.5mと10mの2層で93%を占めることから、0.5と10m層の3定点平均の栄養塩濃度から求めた増殖速度をFig. 7に示し

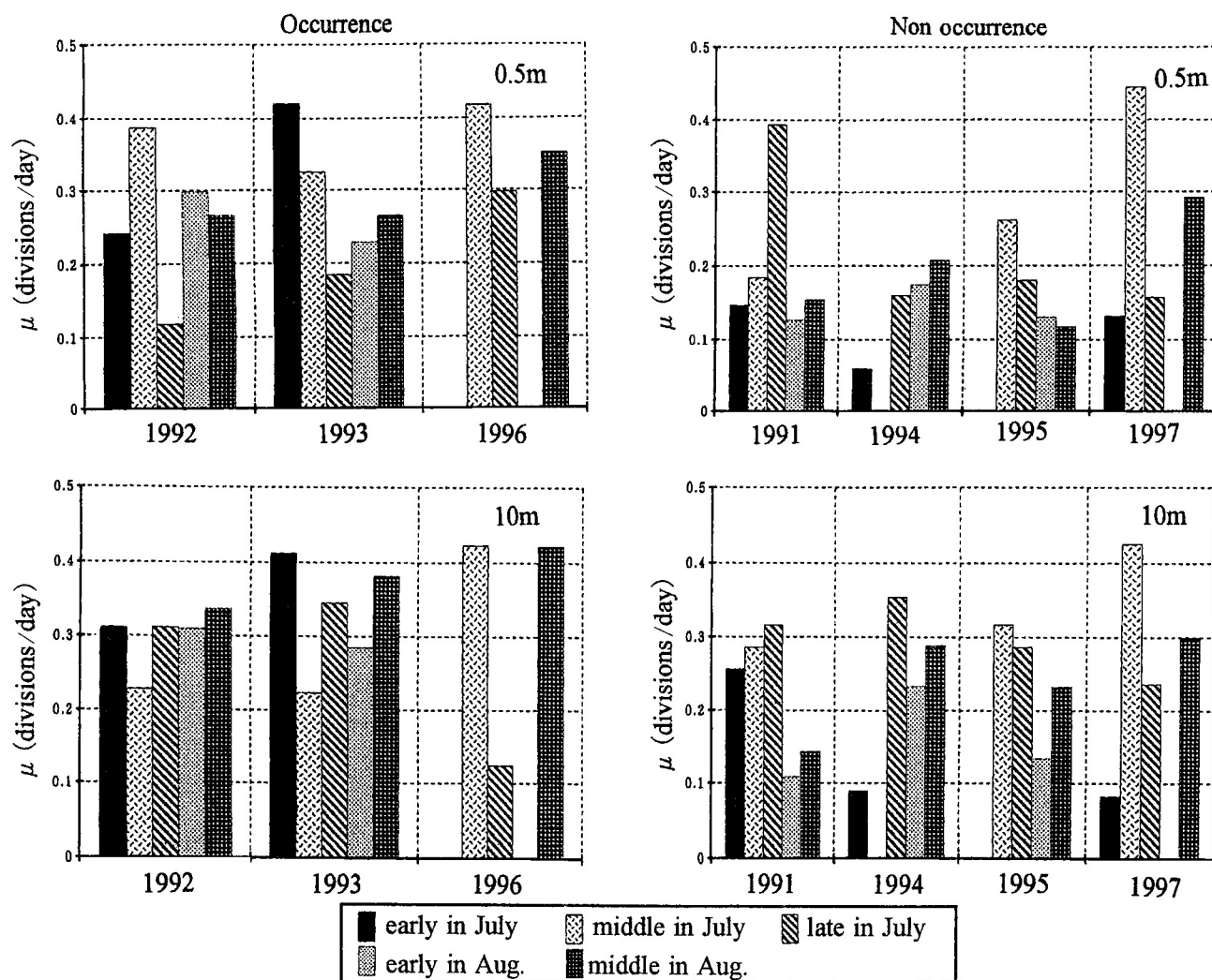


Fig. 7. Changes in growth rate(μ) of *C. antiqua* in the seawater sampled in Tachibana Bay in 1991~1997.

た。バッチ培養系のAGP試験では7月のAGPが、*C. antiqua*出現年は360cells/ml以上、非出現年はほぼ320cells/ml以下で推移する傾向が認められ、それらに相当する増殖速度を先の回帰式によって求めるとそれぞれ0.3 divisions/dayと0.2 divisions/dayとなった。それらを基準にして橋湾における7月の海水の増殖速度をみると、赤潮発生年(1992,1993年)と出現年(1996年)では高い増殖速度が確認され、特に発生年では0.5m層で0.2 divisions/day以上が、10m層で0.3 divisions/day以上が2旬にわたって確認された。しかし、*C. antiqua*非出現年(1991, 1994, 1995, 1997年)では0.5m層で0.2 divisions/day, 10

m層で0.3 divisions/day以上が確認されたのは1旬以下であった。橋湾では調査期間中に発生した*C. antiqua*の赤潮は8月に発生し、その年は7月に0.5m層では0.2 divisions/day以上、10m層では0.3 divisions/day以上の高い増殖速度が2旬確認された。逆にこのことから、このようなパターンを7月に示した年には8月に赤潮が発生する可能性が高いと推察された。さらに、現場海水の増殖ポテンシャルを把握するにはバッチ培養系のAGP試験では2週間以上を要するのに比べ、増殖速度は短時日で把握できるため、AGP試験の簡易法として、また、赤潮の迅速な予察を行ううえで有効と考えられた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり試料採取にご協力頂いた、「盛漁丸」の井上広孝船長，南串山町漁業協同組合ならびに島原水産業改良普及所の職員各位に厚くお礼申し上げます。また，本研究の一部は水産庁委託水産業振興事業委託費によった。ここに記して深謝の意を表する。

文 献

- 1) 長崎県水産試験場：平成2年度赤潮防止対策事業報告書－I－赤潮情報伝達－（長崎県における赤潮の発生状況），（1990）。
- 2) 水産庁：平成5年度九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書，（1993）。
- 3) 岩田友三，菅原 庸，木村俊夫，コムシラパジャン，佐野元広，水口忠久，西村昭史，井上美佐，竹内俊博：五ヶ所湾における *Gymnodinium mikimotoi* の増殖ポテンシャル。日水誌，**63**，578-584（1997）。
- 4) Y. Nakamura, J. Takashima, and M. Watanabe : Chemical environment for red tides due to *Chattonella antiqua* in the Seto Inland Sea, Japan. Part1. Growth bioassay of the seawater and dependence of growth rate on nutrient concentrations. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **44**, 113-124（1988）。
- 5) Strickland J. D. H and T. D. Parsons : A practical Handbook of Seawater Analysis. *Jour. Fish.Res.Bd.Canada*, Bulletin No. 167,（1968）
- 6) Y. Nakamura and M. M. Watanabe : Growth characteristics of *Chattonella antiqua*. Part 2 Effects of nutrients on growth, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **39**,151-155（1983）。
- 7) 山砥稔文，宮原治郎，高田純司：有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella antiqua* のAGP試験のための前培養法，長崎水試研報，（22），7-14，（1996）。
- 8) 水産庁：平成8年度九州西岸域シャットネラ赤潮広域共同調査報告書，（1996）。