

宇島港における *Heterosigma akashiwo* の栄養細胞及びシストの消長と環境要因との関係

江藤 拓也・神蘭 真人・佐藤 博之
(豊前海研究所)

Relationships between outbreak of *Heterosigma akashiwo* Red Tide and Cysts, and Environmental Factors in Unoshima Port

Takuya ETOU, Masato KAMIZONO and Hiroyuki SATOU
Buzenkai Regional Laboratory

豊前海では、*Heterosigma akashiwo* (以下 *H. akashiwo*) 赤潮の発生が毎年のようにみられており、コチ等の魚類のへい死¹⁾ という漁業被害をもたらしており、その発生機構の解明が急務である。本種は、生活史の一時期をシスト(休眠胞子)の形態で存在することが明らかにされている^{2) 3)}が、漁場において、本種のシストが赤潮形成にどのように関与しているのか不明な点は多い。そこで、*H. akashiwo* の出現状況を長期間にわたり、観察するため赤潮の多発する閉鎖的な小港の宇島港をモデルとして、栄養細胞、シスト及び環境要因についての調査を実施し、それらの相互関係を検討した。

方 法

調査対象の宇島港を図1に示した。宇島港は周防灘南西部海域に位置し、平均水深約4m、面積約0.3km²の小さな港である。港内水は幅約0.25kmの開口部を通じて港外水と接しており、港内には都市下水が流入している。

調査を1994年5月から'95年8月の16ヶ月間にかけて行った。特に、5月から8月には毎週1回、その他の期間は毎月1回採水と採泥を行った。海水をバンドーン採水器を用いて表層、2m層及び底上1m層で採取し、*H. akashiwo* の栄養細胞の計数及び溶存態無機窒素(DIN)、溶存態無機リン酸塩(PO₄-P)、クロロフィルaの分析を行った。*H. akashiwo* の栄養細胞の計数では生海水1ml中の全細胞数を計数した。DIN、PO₄-P及びクロロフィルaの測定を海洋観測指針⁴⁾に準じて行った。水温、塩分についてはSTDを用いて、表層から底層にかけて0.5m深毎に測定した。また、底

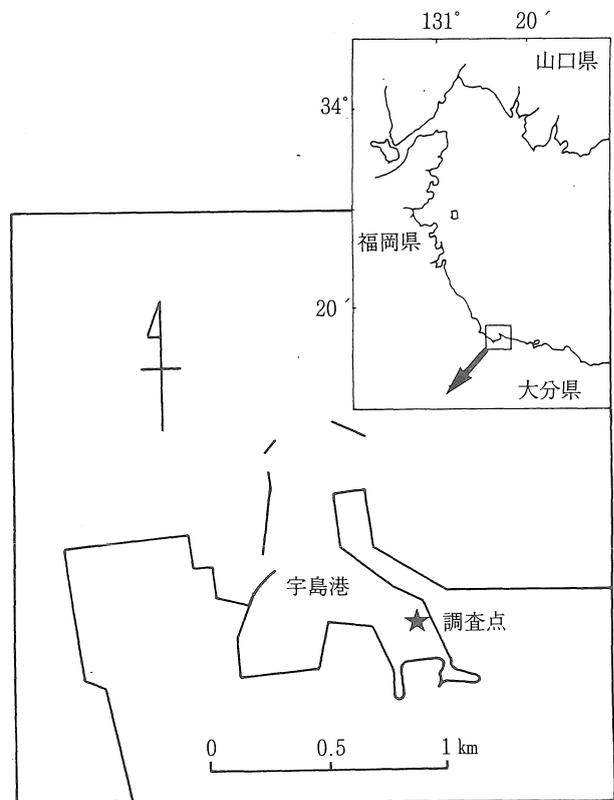


図1 調査定点図

泥の採取をKK式柱状採泥器で行い、その泥の上層1cmを採取し、シスト密度の計数に供した。シスト密度の計数については落射蛍光顕微鏡を用いて青色励起光下で行った。*H. akashiwo* シストの落射蛍光顕微鏡像を写真1に示した。なお、参考として顕微鏡写真像を写真2に示した。

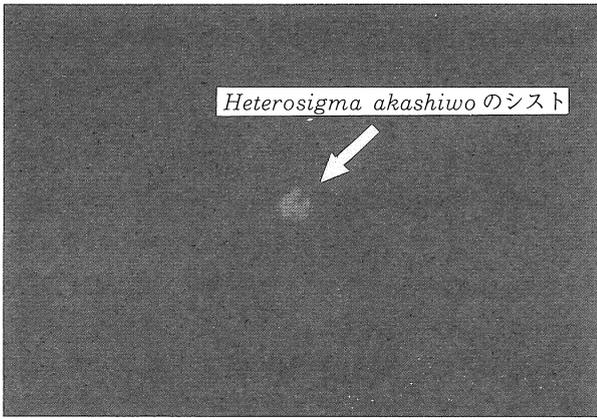


写真1

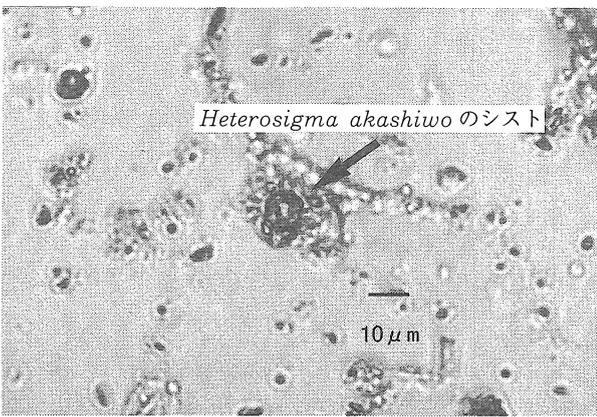


写真2

結果及び考察

1. *H. akashiwo* の栄養細胞とシストの出現状況

(1) 栄養細胞の出現状況

夏季（'94年，'95年）の栄養細胞の出現状況を図2に示した。

'94年では，5月下旬に $10^0 \sim 10^1$ cells/mlの低密度で全層において観察された。6月初旬には細胞密度は急激に増加し，上旬と下旬に 10^4 cells/mlとなり，赤潮を形成した。しかし，7月上旬から急激に減少し，中旬以降，栄養細胞は 10^{-1} cells/mlのオーダーとなった。

'95年では，5月下旬に $10^0 \sim 10^1$ cells/mlの低密度で全層において観察された。6月初旬には細胞密度は徐々に増加し，上旬と中旬に $10^1 \sim 10^2$ cells/mlとなった。下旬に一旦減少したが，7月初旬に急激に増加し，上旬に 10^4 cells/mlとなり，赤潮を形成した。しかし，7月中旬に細胞密度は減少し， 10^{-1} cells/mlのオーダーとなった。

このように，兩年ともに栄養細胞は5月下旬には $10^0 \sim 10^1$ cells/mlの密度で出現し，その後急激に 10^4 cells/mlのオーダーまで増加し，赤潮となった。しかし，赤潮は数日間しか継続せず，細胞密度は7月中旬以降，低密度で推移した。

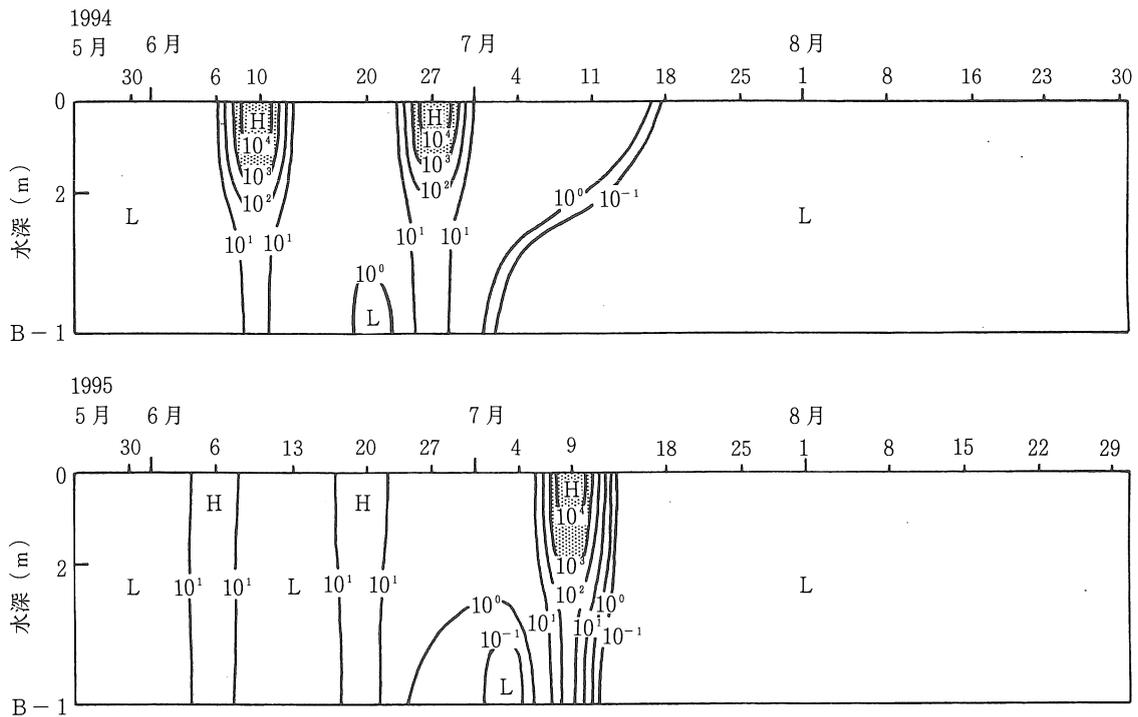


図2 *Heterosigma akashiwo* の栄養細胞の出現状況
上図；1994，下図；1995.

■：赤潮時
(単位：cells/ml)

(2) シストの出現状況

'94年5月から'95年8月までのシスト密度の推移を図3に示した。

この期間のシスト密度は $2.4 \times 10^2 \sim 1.8 \times 10^3$ 個/cm³の範囲であった。

'94年(夏季)のシスト密度は、5月下旬には 2.9×10^2 個/cm³であったが、その後、6月中、下旬の赤潮形成時に急激に増加し、約2ヶ月間シスト密度は $6.9 \times 10^2 \sim 8.6 \times 10^2$ 個/cm³の高密度で経過し、8月下旬から9月にかけて 5.4×10^2 個/cm³に低下した。'94年9月から'95年4月の秋季から春季にかけて、シスト密度 $4.4 \times 10^2 \sim 5.5 \times 10^2$ 個/cm³と少なかった。'95年(夏季)のシスト密度は、5月下旬には 6.5×10^2 個/cm³であったが、その後、7月上旬の赤潮形成時に急激に増加し、約1ヶ月間シスト密度は'94年のピーク時に比べておよそ2倍の $1.6 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^3$ 個/cm³の高密度で経過し、8月中旬から下旬にかけて 6.3×10^2 個/cm³に低下した。

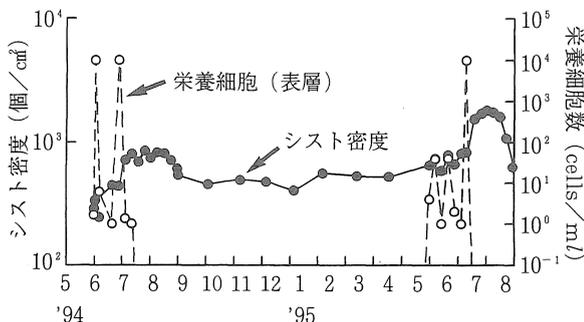


図3 *Heterosigma akashiwo* のシストと栄養細胞の出現状況

2. 環境の推移

'94年、'95年夏季の環境の推移を図4に示す。

(1) クロロフィル a

'94年の表層のクロロフィル a量は $0.5 \sim 33.2 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動しており、6月上旬と下旬の赤潮時にそれぞれ $22.3 \mu\text{g/l}$ 、 $33.2 \mu\text{g/l}$ と高い値を示した。底層のクロロフィル a量は $1.4 \sim 6.1 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動した。

'95年の表層のクロロフィル a量は $0.5 \sim 91.9 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動しており、7月上旬の赤潮形成時に最も高い値を示した。底層のクロロフィル a量は $0.5 \sim 20.8 \mu\text{g/l}$ の範囲で変動した。

(2) 水温

'94年の表層水温は、5月下旬には 23°C を、その後徐々に上昇し、6月中旬から下旬には $24 \sim 26^\circ\text{C}$ を示した。また、7月下旬には 31°C に達した。底層水温は5月下旬に 23°C 、6月下旬に 24°C 、7月上旬に 26°C となり、8月上旬

に 31°C に達した。

'95年の表層水温は5月下旬には 20°C を示し、その後徐々に上昇し、7月上旬には 27°C を、さらに8月上旬には 31°C を示した。底層の水温は5月下旬には 19°C 、6月中旬に 22°C となり、7月中旬に 26°C を示し、8月上旬には $28 \sim 30^\circ\text{C}$ に達した。

赤潮形成時の表層水温は'94年6月上旬と下旬には $24 \sim 26^\circ\text{C}$ 、'95年7月上旬には 27°C を示した。

(3) 塩分

'94年の表層の塩分は調査期間中 $24.9 \sim 32.6$ の範囲で変動し、低い値がみられたのは6月中旬であり、 24.9 の値であった。底層の塩分は $31.0 \sim 32.6$ の範囲にあり、変動の幅は表層よりも小さかった。

'95年の表層の塩分は $21.3 \sim 32.8$ であり、低い値がみられたのは7月上旬であり、 22.6 の値であった。底層の塩分は $29.3 \sim 32.6$ の範囲であった。

(4) DIN

'94年の調査期間中のDIN濃度は、表層で $0.1 \sim 109.2 \mu\text{g-at/l}$ 、底層で $0.9 \sim 24.0 \mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動した。同様に、'95年のDIN濃度は、表層で $1.5 \sim 69.8 \mu\text{g-at/l}$ 、底層で $0.3 \sim 24.6 \mu\text{g-at/l}$ であった。DIN濃度は、'94年6月下旬と'95年7月上旬の赤潮形成前に高い値を示し、それぞれ $109 \mu\text{g-at/l}$ 、 $60 \mu\text{g-at/l}$ であった。

(5) PO₄-P

'94年の調査期間中のPO₄-P濃度は、表層で $0.1 \sim 3.7 \mu\text{g-at/l}$ 、底層で $0.1 \sim 1.0 \mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動した。同様に、'95年のPO₄-P濃度は、表層で $0.3 \sim 26.2 \mu\text{g-at/l}$ 、底層で $0.4 \sim 31.4 \mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動した。DIN濃度と同様に'94年6月下旬と'95年7月上旬の赤潮形成前に高い値を示し、それぞれ $4 \mu\text{g-at/l}$ 、 $6 \mu\text{g-at/l}$ であった。

(6) 降水量

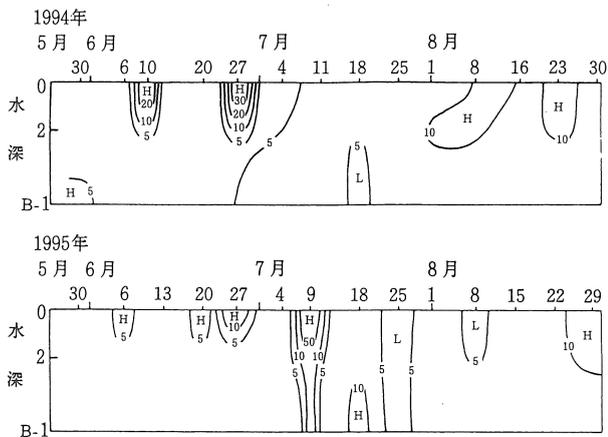
'94年の月間降水量は、6月に 179mm 、7月に 45mm 、8月に 18mm で、平年と比べて各月とも少なかった。旬別にみると、6月中旬に 130mm のまとまった降水量を記録した。

'95年の月間降水量は、6月に 136mm 、7月に 478mm 、8月に 68mm で、平年と比べて7月では多く、6月と8月では少なかった。旬別では、7月上旬に 378mm のまとまった降水量を記録した。

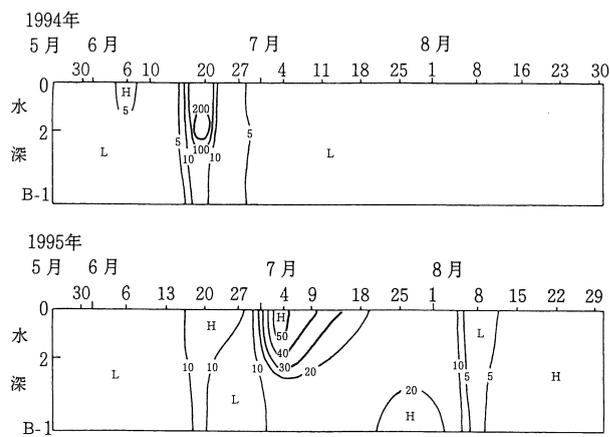
3. シスト及び栄養細胞の消長との関係

'94年5月から'95年8月まで宇島港の底泥に、シストが周年存在することが確認できた。このシストが発芽

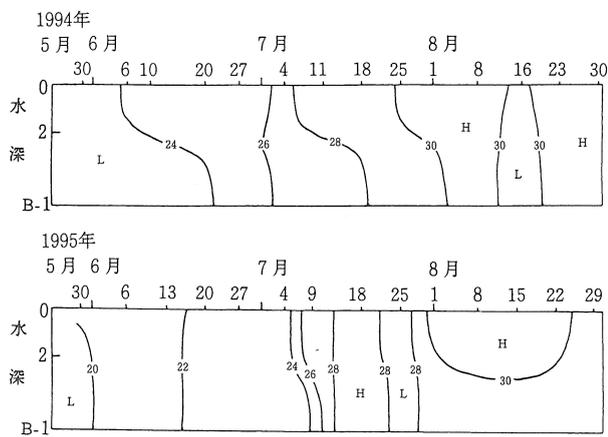
(1) クロロフィル ($\mu\text{g}/\text{l}$)



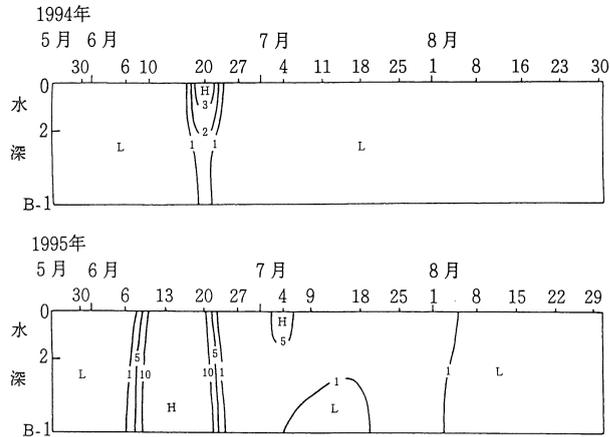
(4) DIN ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$)



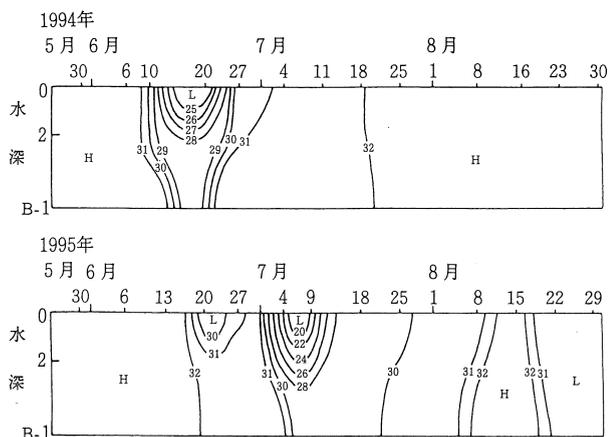
(2) 水温 ($^{\circ}\text{C}$)



(5) $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$)



(3) 塩分



(6) 降水量 (mm)

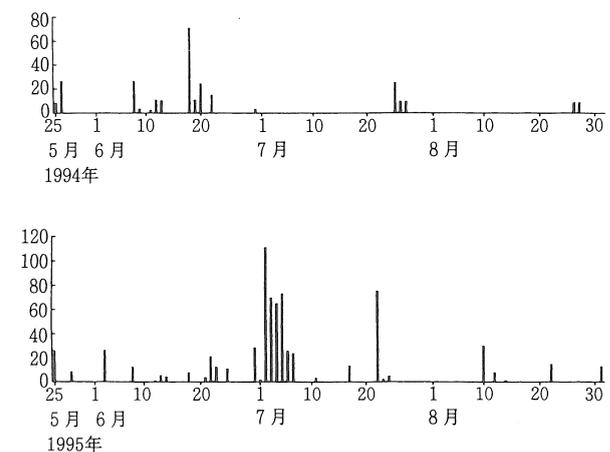


図4 環境の変化

し、赤潮形成にどのように関与しているかを明らかにしようと試みた。

まず、シストの発芽条件についてみると、矢持ら⁵⁾は、シストの発芽条件について環境要因の中で、水温が特に関係しており、10~25℃の温度範囲で発芽が可能であり、20℃前後でピークを示すこと、さらに水温上昇期の方が下降期に比べ良好であることを報告している。そこで、宇島港の底層水温の推移を図5に示した。発芽可能水温との関係を見ると、水温が10℃以下となる冬季と25℃以上となる夏季の一時期を除いて、1年間のうち大部分の期間が発芽可能であると推察される。さらに底層水温がシストの発芽にとって最適である水温上昇期であり、20℃前後に達する時期は、赤潮を形成する前の5月頃である。したがって、例年5月頃、爆発的にシストが発芽し、その後栄養細胞が分裂・増殖して赤潮に至ったと推定される。つまり、水温を継続的にモニタリングを行うことにより、*H. akashiwo* 赤潮発生時期を予知する手法に利用出来るものと思われる。

次に、シスト密度についてみると、'94年5月から'95年8月まで、シスト密度は赤潮形成時に急激に増加し、約1~2ヶ月間高密度で経過した。その後、8月に降にシスト密度は急激に減少していた。このことについては次のことが推測される。1つは現場でシストが常時、発芽しており、その結果減少したということ。もう一つは底泥の表面に存在するシストが潮流や船舶のスクリューによる攪拌により、巻き上げられ、流れ等により港外へ移送されたということが推定される。しかし、シストの発芽条件については、水温の一部分(10~25℃の間)と光条件のみしか明らかにされておらず、巻き上げや移送については、全く不明である。これらについては、今後引き続き検討する必要がある。

なお、これらの問題点が明らかにされれば、翌年の赤潮発生の主要因となるシスト現存量が把握でき、翌年の

赤潮の規模(大規模発生、小規模発生等)の予想が可能となるであろう。

要 約

- 1) 本調査で *H. akashiwo* の赤潮は'94年6月に2回、'95年7月に1回観察された。
- 2) シスト密度は赤潮形成時に急激に増加し、約1~2ヶ月間高密度で経過し、8月に降低下した。
- 3) *H. akashiwo* のシストは、底層水温からみると周年にわたり発芽可能であると考えられる。また、発芽最適水温の20℃をモニタリングすれば予知の手法に利用出来るものと思われた。

謝 辞

本論文を御校閲をいただいた南西海区水産研究所赤潮環境部海況動態研究室長内田卓志博士に謝意を表します。

文 献

- 1) 寺田和夫・神菌真人・渡辺昭二：豊前海の赤潮の発生状況について(第X I号)。福岡豊前水試研報，昭和57年度，229-234 (1984)。
- 2) Ichiro Imai, Shigeru Itakura and Katuhiko Itoh: Cysts of the Red Tide Flagellate *Heterosigma akashiwo*, Raphidophyceae, Found in Bottom Sediments of Northern Hiroshima Bay, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1669-1673(1993)。
- 3) 寺田和夫・神菌真人：周防灘における *Heterosigma akashiwo* 耐久細胞の分布。福岡豊前水試研報第2号，247-252 (1989)。
- 4) 気象庁：海洋観測調査指針。日本海洋学会(1990)。
- 5) 矢持進：大阪湾における *Heterosigma akashiwo* の赤潮発生機構に関する研究。大阪水試研報，8，73-100 (1989)。

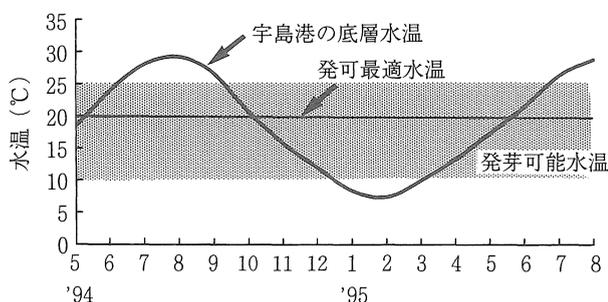


図5 宇島港の底層水温と矢持ち(1989)による発芽可能水温との関係