

カイアシ類 *Calanus sinicus* BRODSKYによる *Eucampia zodiacus* EHRENBERG の捕食実験

本田恵二・吉松定昭

The Grazing experiments with Copepod *Calanus sinicus* BRODSKY and cultured *Eucampia zodiacus* EHRENBERG

Keiji HONDA and Sadaaki YOSHIMATSU

Abstract

Eucampia zodiacus EHRENBERG is known to appear throughout the year and in high population density in late February to March in the Seto Inland Sea. In order to investigate the relationship between fluctuation in the appearance of *E.zodiacus* and grazing pressure by zoo plankton community on it, a series of grazing experiments using 1-L bottle containing filtered sea water, cultured *E.zodiacus* and adult *Calanus sinicus* BRODSKY, one of the most important copepods in the Seto Inland Sea, were conducted.

As the result of the first experiment using 38 *C. sinicus*, it was found that the ingestion rates of *E.zodiacus* by *C.sinicus* increased linearly with increasing density of *E.zodiacus*, showing maximum value of 27, 180 cells/indiv./day at density of 1, 500 cells/mL at temperatures between 7°C and 17°C. And also in the second experiment using 19 *C. sinicus*, *E.zodiacus* decreased rapidly from about 1,200cells/mL to 13cells/mL in 3 days at 15°C, however such a situation was not observed at 9.5°C, *E.zodiacus* decreased slowly to 526cells/mL during the same period and thereafter decreased more slowly.

Based on these results, it appeared that *E.zodiacus* was exposed to high grazing pressure by *C.sinicus* in the sea water, but low water temperature might cause a temporary reduction in grazing pressure of Copepods including *C.sinicus* on *E.zodiacus*, which would be one of the factors promoting the appearance of *E.zodiacus* in large quantities in late winter to early spring in the Seto Inland Sea.

キーワード : *Eucampia zodiacus*, *Calanus sinicus*, 捕食圧, 捕食の機能的応答, 水温低下

香川県のノリ養殖業の生産枚数は近年全国で第3～7位を占め¹⁾, 本県水産業の基幹をなす重要な産業として位置付けられているが, 最近ノリとノリ養殖期に発生する珪藻類の栄養塩をめぐる競合関係が顕在化し, 『ノリの色落ち』といった深刻な問題が生じている。²⁾

とりわけ2～3月に*Eucampia zodiacus* EHRENBERGが大量発生し, これにより隣接県も含めて養殖ノリの色

落ちが加速され, そのため, 生産量および生産金額は大きく減少している。¹⁾

特に2005年度のノリ漁期においては, *E.zodiacus*の増え始めた時期が12月中旬と例年よりも早く, 2006年1月中旬から下旬ほとんどの漁場で*E.zodiacus*の出現密度がピークに達し, その結果, 生産量が過去最低となる被害に繋がった。

このノリ色落ち原因藻とも言える*E.zodiacus*に関する

る研究は、現在進展しており、生理・生態的な特性を中心に本種の周年にわたる生活環も次第に明らかにされつつある。^{3) 4)}

しかしながら、本種の増殖至適水温が10～25℃と広範囲であるにもかかわらず過去のプランクトン調査結果では5～11月の出現量が比較的少なめであること、また、2006年1月の大量出現がどうして生じたのかについては解明が望まれている。

一般に植物プランクトンが減耗する大きな要因として、栄養塩類の動向と共に食物連鎖の中における動物プランクトンの捕食圧があることは昔からよく知られている。そこで今回、動物プランクトンの出現量と*E.zodiacus*の出現量との関係について基礎的な知見を得ることを目的に、食物連鎖の観点から*E.zodiacus*の増加(減耗)について検討を加えるため、動物プランクトンの中で優占度の高いカイアシ類の一種を用いて*E.zodiacus*の捕食実験を行ったので報告する。

材料と方法

I カイアシ類による*E.zodiacus*の捕食に関する実験

カイアシ類が*E.zodiacus*を捕食するかどうか、さらに餌(*E.zodiacus*)の密度によってカイアシ類の捕食の機能的応答がどう変わるかについて調べた。

実験に供したカイアシ類は*Calanus sinicus* BRODSKY(体長2.6～3.2mm)38尾(Fig.1)で、2005年12月中旬、播磨灘の赤潮調査定点K4(Fig.2)でマル特Bネット(目合330 μ m)を水深25mから表層まで鉛直曳きし、得られた動物プランクトンの中から1mLホールピペットで掬い取ることで採取した。この種は瀬戸内海ではよく見られ、生物体総量の面で最も重要なカイ

アシ類のひとつとして位置づけられている。⁵⁾

給餌に供した*E.zodiacus*(Fig.3)は2005年2月に備讃瀬戸海域、浅海定線調査定点KA10(Fig.2)で採取し、ピペット洗浄法により単離した後、MP1培地⁶⁾に準じた基本培地⁷⁾で継代培養(10℃、明暗周期12L:12D、光度約60 μ mol/m²·s)したものを用いた。

カイアシ類の飼育には広口T型瓶(1L)を用い、飼育海水として赤潮調査定点K4の表層で採取し、グラスファイバーフィルター(WhattomanGF/C)で濾過した海水約800mLを用いた。

まず*C.sinicus*を收容した広口T型瓶に、餌とする*E.zodiacus*を約1,500cells/mLの細胞密度になるように調整添加した。その後*C.sinicus*により*E.zodiacus*がほぼ捕食されたとみなされた段階で*E.zodiacus*を新たな細胞密度で添加し、以後同様にこの操作を6回繰り返した。なお、1回目の捕食実験のみコントロール区

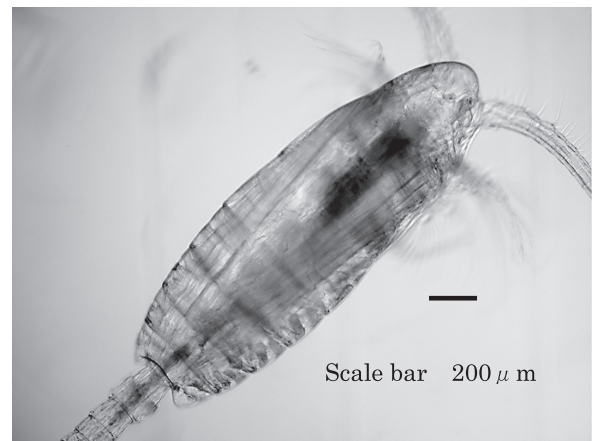


Fig.1. *Calanus sinicus* collected at stn.K4

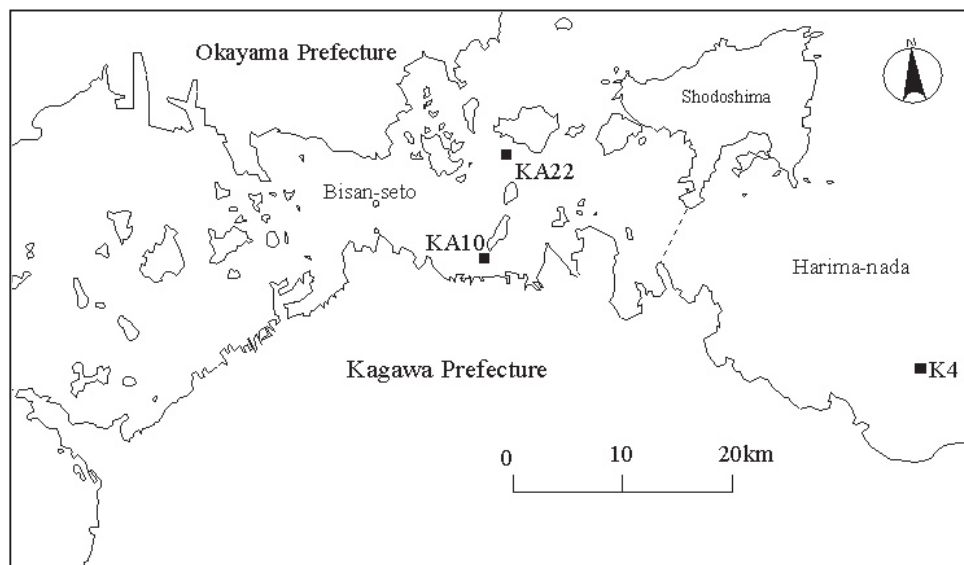


Fig.2. Location of sampling sites (K4 in Harima-nada, KA10 and KA22 in Bisan-seto).

を設定した。

その間、飼育海水1mL中に含まれる*E.zodiacus*の細胞数および*C.sinicus*のへい死尾数をほぼ毎日測定した。そして直接計量法(大森・池田:1976)⁸⁾に基づき、算定式 I により添加回次ごとに*C.sinicus*の捕食速度を求めた。

算定式 I

$$G_{z,t+1} : \text{実験開始}t\text{日から}t+1\text{日目の捕食速度} \\ = (C_t \cdot V_t - C_{t+1} \cdot V_{t+1}) / N_t \\ (t=1, 2, 3, \dots)$$

C_t : 実験開始 t 日目の*E.zodiacus*の細胞密度
(cells/mL)

V_t : 実験開始 t 日目の飼育水量 (mL)

C_{t+1} : 実験開始 $t+1$ 日後の*E.zodiacus*の細胞密度
(cells/mL)

V_{t+1} : 実験開始 $t+1$ 日目の飼育水量 (mL)

N_t : 実験開始 t 日目の*C.sinicus*の個体数
(indivi.)

なお、飼育瓶は実験室内に設置した。明暗周期は約10L:14D, 光度約 $3 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ であった。各飼育海水とも常時弱くエアレーションを行った。なお、実験室内の温度は約 7°C (朝方)から 17°C (夕方)の間で変化した。

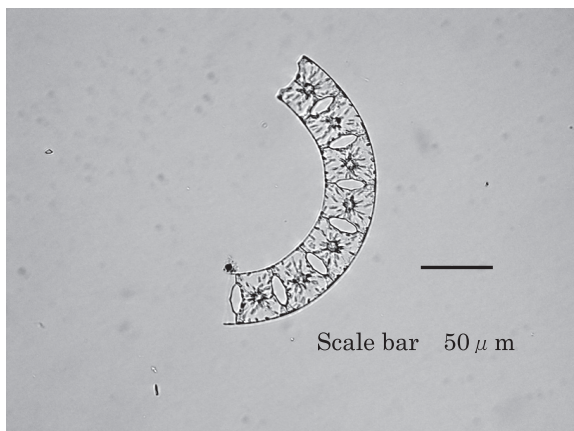


Fig.3. *Eucampia zodiacus* collected at stn.KA10

II カイアシ類の温度差による捕食の機能的応答

本県のノリ漁期において *E.zodiacus*の出現量が比較的少ない時期と大量発生する時期の温度条件で、カイアシ類の捕食の機能的応答にどのような差が生じるかについて調べた。

実験に供した*C.sinicus*は、Iの実験後生存していた19尾を使用し、給餌用の*E.zodiacus*の培養株、飼育瓶及び飼育水量はIの場合と同様であった。

ただし、*C.sinicus*の機能的応答をより明確にするため、*C.sinicus*と*E.zodiacus*の混合飼育区の他に*E.zodiacus*の

みのコントロール区を設定し、さらに両試験区の海水に*E.zodiacus*を増殖させるための栄養塩として NaN_3 40 mg (調整濃度約 $580 \mu\text{g-at/L}$)と K_2HPO_4 5 mg (同 $36 \mu\text{g-at/L}$)を添加補強した。

飼育にはインキュベータを使用し、通常 *E.zodiacus*の出現量が少ない12月上~中旬と大量発生した事例の多い2月下旬~3月上旬の海水温を想定して、 15°C および 9.5°C の2とおりの温度を設定して行った。

まず 15°C で飼育実験を行い、*E.zodiacus*がほぼ捕食された3日後に*C.sinicus*を新たに準備した栄養塩添加済の飼育瓶(海水)に収容し、1日かけて温度を段階的に 9.5°C まで下げた。その後*E.zodiacus*を再度添加して*C.sinicus*による捕食があまり観察されなくなった6日後まで飼育を行った。

*E.zodiacus*の飼育開始時の細胞密度は、混合試験区で約 $1,200 \text{ cells/mL}$ になるように調整したが、コントロール区で差が生じ 15°C で約 800 cells/mL 、 9.5°C で $1,360 \text{ cells/mL}$ となった。また、Iと同様に各飼育海水とも常時弱くエアレーションを施し、飼育条件は明暗周期12L:12D, 光度約 $65 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ とした。そして飼育海水1mL中に含まれる*E.zodiacus*の細胞密度、*C.sinicus*のへい死尾数、捕食のパロメーターとして*C.sinicus*の糞粒数を毎日測定した。

さらに 15°C と 9.5°C 両温度条件下での混合試験区における*C.sinicus*の捕食速度を算定式 I により求めた。また、コントロール区における*E.zodiacus*の増殖速度は算定式 II によった。なお、捕食速度を求めるには、本来栄養塩無添加海水による実験データを用いるべきであるが、この実験についてはそのまま測定データを用いた。

算定式 II

$$\mu : \text{増殖速度} = 1 / t * \log_2 (N_t / N_0)$$

N_t : t 日後の細胞密度 (cells/mL)

N_0 : 最初の細胞密度 (cells/mL)

t : 経過日数 (day)

結 果

I *E.zodiacus*に対するカイアシ類の捕食の機能的応答

Fig. 4に混合飼育7回分及び第1回目のコントロール区の*E.zodiacus*の細胞密度並びに*C.sinicus*個体数の推移を示した。第1~7回の添加回数次において*E.zodiacus*はいずれも添加後1日目で急激に減少し、特に当初の添加細胞数の多い方が減少の割合も大きい傾向が見られた。

一方、コントロール区では細胞密度は添加後徐々に減少したが、4日目まではほぼ横ばいで減少率は約2%であった。

また、*C.sinicus*は飼育7～9日目にへい死尾数がやや増加し、18日目で当初の個体数38尾の約半分（20尾）となった。ただ、実験室内の1日の温度変化が10℃に及ぶなど生息環境が良好と言えないなかで、*E.zodiacus*を餌として充分捕食していたことが分かった。

次に第1回から7回までの実験で、添加後1日目における*C.sinicus*捕食速度と*E.zodiacus*の添加細胞密度の

関係をFig. 5に示した。

捕食速度は、細胞密度が239～1,200cells/mLまではほぼ直線的に上昇し（2,639～24,310cells/individual/day）、両者に非常に高い正の相関が見られた。細胞密度が1,200cells/mLを超えると捕食速度の上がり方は緩やかとなり、約1,500cells/mLで*C.sinicus*1個体が1日に27,180cellsの*E.zodiacus*を捕食する結果となった。

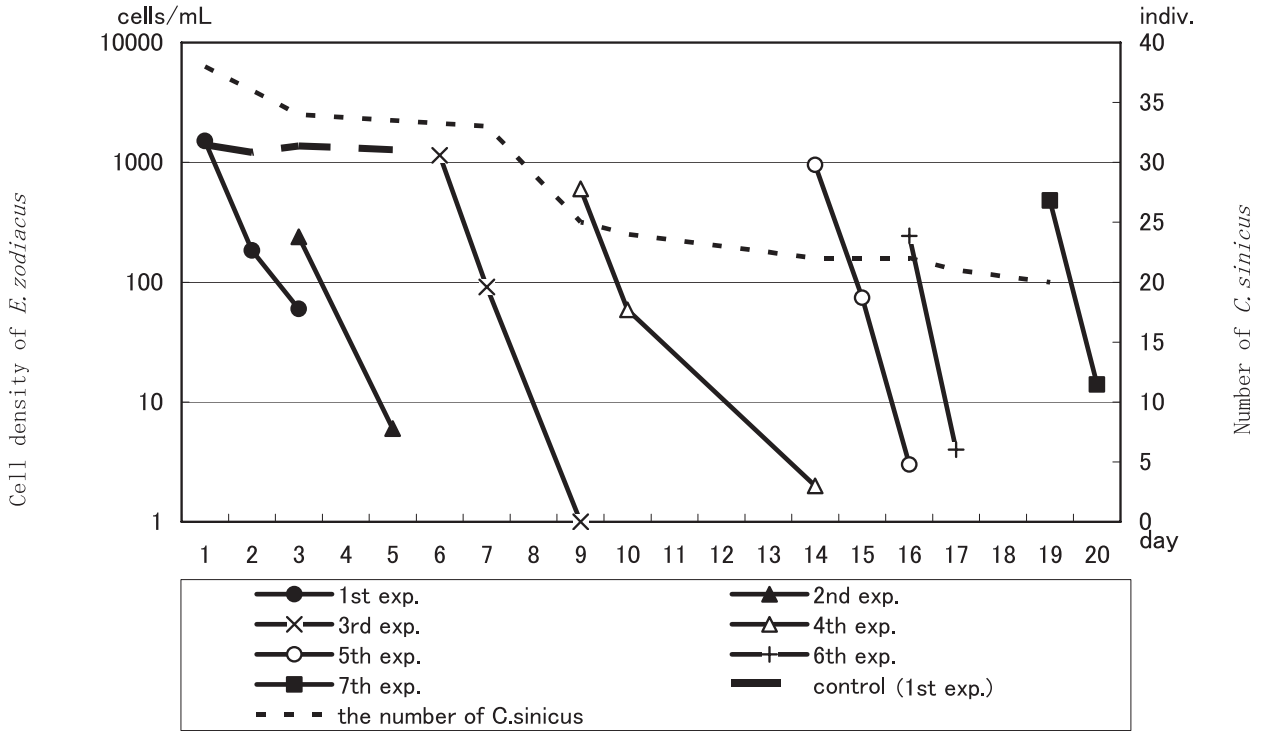


Fig.4. Temporal changes in cell density of *E.zodiacus* in seven grazing experiments with *C.sinicus*.

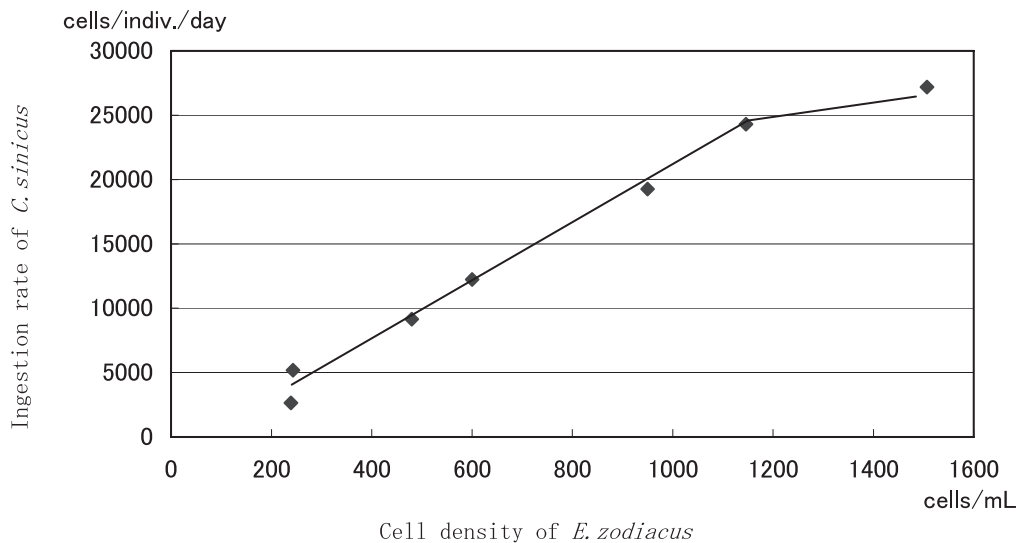


Fig.5. The relationship between cell density of *E.zodiacus* and ingestion rate of *C.sinicus* in seven grazing experiments.

II カイアシ類の温度差による捕食の機能的応答

1) 15℃飼育における機能的応答

Fig. 6に結果を示す。混合飼育区では、当初1,208 cells/mLあった*E.zodiacus*の細胞密度は日を追って急激に減少し、飼育4日めで13 cells/mLとなった。また 明期には*C.sinicus*の行動も活発で糞粒数は日ごと増加し、試験中のへい死も1尾のみであった。

一方、*E.zodiacus*のみのコントロール区では飼育1日めに808 cells/mLあった細胞密度が日を追って増加し、同4日めに3,145 cells/mLに達し、この間の増殖速度は $0.65d^{-1}$ と算定された。

1～3日めの各*E.zodiacus*の細胞密度と*C.sinicus*の捕食速度との関係は直線的な比例関係を示し、細胞密度が高いほど捕食速度が高い傾向が見られ (Fig. 7), 特

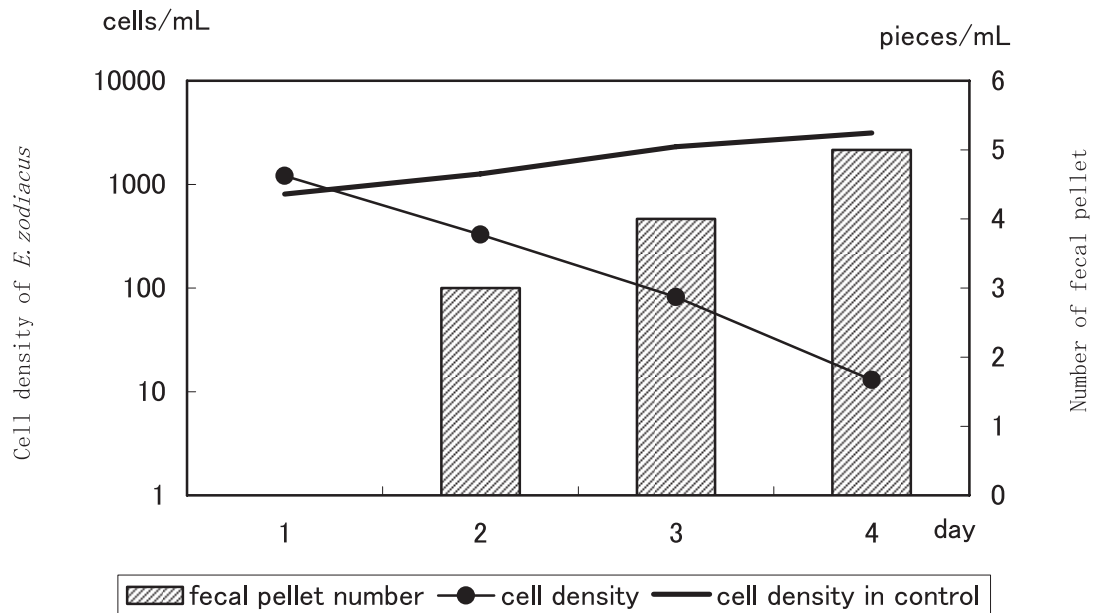


Fig.6. Temporal changes of the number of fecal pellet by *C.sinicus* and cell densities of *E.zodiacus* incubated with and without *C.sinicus* at 15 °C.

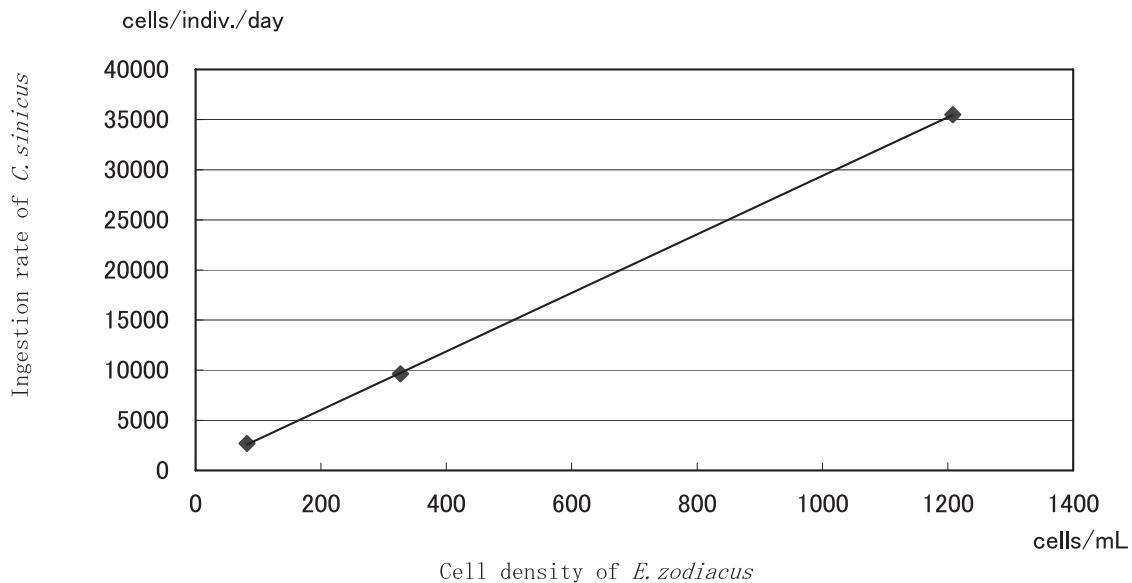


Fig.7. The relationship between cell density of *E.zodiacus* and ingestion rate of *C.sinicus* in grazing experiment at 15 °C.

に添加後1日目の捕食速度は35,498cells/individual/day (Table 1) で、Iで求めた結果を上回った。

2) 9.5°C飼育における機能的応答

混合飼育区では、*E.zodiacus*の細胞密度は飼育開始4日間で1,239cells/mLから526cells/mLまで減少したが、1) 15°Cに比べると減り方は緩やかであった。また、同5～7日間の細胞密度は134cells/mL、

125cells/mL, 104cells/mLで、減少量はさらに少なくなった (Fig. 8)。

飼育中*C.sinicus*は3尾へい死し、15°Cの場合ほど活発な行動を見せなかった。また糞粒数は当初4日間増加したが、5～6日めに減少した。測定する際に飼育水をかき混ぜるために生じた誤差とも思われた。

コントロール区では*E.zodiacus*は飼育後徐々に増加

Table 1 Calculated ingestion rate of *C.sinicus* at various cell densities of *E.zodiacus* at 15°C.

elapsed day	water volume	cell densities of <i>E.zodiacus</i>	Number of <i>C.sinicus</i>	ingestion rate(Gz)
day	mL	cells/mL	individual	cells/indiv./day
0	760	1,208	19	—
1	745	327	19	35,498
2	740	82	19	9,628
3	722	13	18	2,699

Table 2 Calculated ingestion rate of *C.sinicus* at various cell densities of *E.zodiacus* at 9.5°C.

elapsed day	water volume	cell densities of <i>E.zodiacus</i>	number of <i>C.sinicus</i>	ingestion rate(Gz)
day	mL	cells/mL	individual	cells/indiv./day
0	772	1239	18	—
1	749	973	17	12,651
2	727	780	15	9,512
3	722	526	15	12,485
4	702	134	15	19,046
5	682	125	15	587
6	642	104	15	1,232

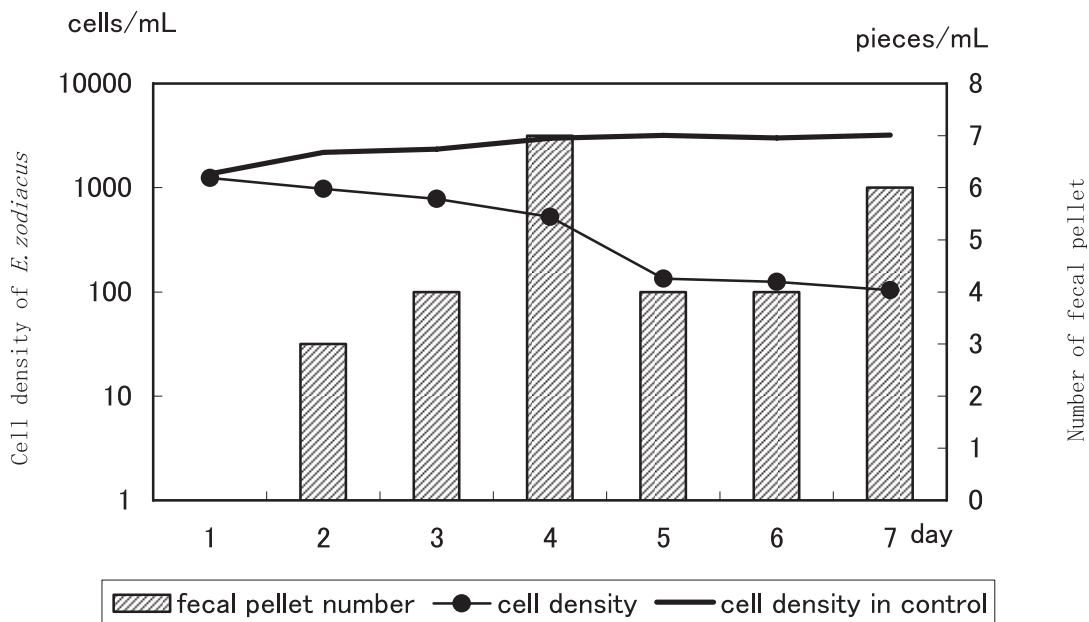


Fig.8. Temporal changes in the number of fecal pellet by *C.sinicus* and in cell densities of *E.zodiacus* with and without *C.sinicus* at 9.5°C.

し、4日間で1,360cells/mLから2,978cells/mLまで増加し、増殖速度は0.38d⁻¹であった。

捕食速度を求めると、添加後1日目は12,651cells/individual/day (Table 2) で、1) で求めた同1日目の速度の約1/3となった。*E.zodiacus*の細胞密度で整理

すると、捕食速度は500cells/mLまでは直線的に増加したが、500cells/mL以上では、概ね12,000cells/individual/day程度となり、I及びIIの1) の場合と状態が異なっていた (Fig. 9)。

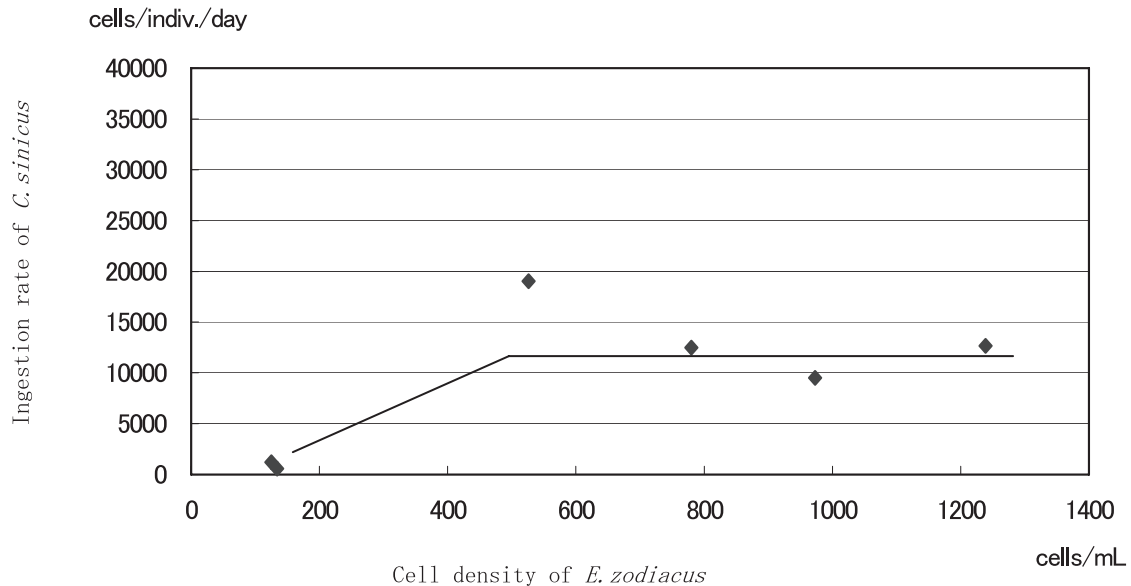


Fig.9. The relationship between cell density of *E.zodiacus* and ingestion rate of *C.sinicus* in grazing experiment at 9.5 °C.

考 察

I カイアシ類 *C.sinicus* による *E.zodiacus* の捕食

本研究では、当初*C.sinicus*が*E.zodiacus*を捕食するであろう仮定のもとに実験を行った。結果によると、1日の温度差が約10°Cの飼育条件下で1回から7回の飼育期間中*C.sinicus*の生存尾数は半減したが、*E.zodiacus*の細胞密度が高ければ捕食速度も高くなる傾向は変わらなかった。

*C.sinicus*の捕食生物については、今まで主に飼育用の餌を選定する目的で珪藻類や鞭毛藻類を対象に何度か大量培養の試験が行われ、例えば*Prorocentrum micans* Ehrenbergや*Thalassiosira* sp. が本種の幼生から成体に至るまでの餌料として有用であることが分かっている。⁹⁾ また、上 (1985) は有害プランクトンの*Chattonella antiqua* (Hada) Onoが本種の成体によってかなり捕食されることを明らかにし、同時に*C.antiqua*の細胞密度に対する捕食速度も試算している。¹⁰⁾ これによると、*C.sinicus*は20°Cの飼育で1日あたり最大約16,200cellsの*C.antiqua*を捕食できると推定された。

今回の捕食実験では、15°Cで最大約35,500cellsの*E.zodiacus*の捕食が可能と算出されたが、コントロール区の*E.zodiacus*の増殖結果を踏まえると実際の捕食量はさらに多かったことも推測される。

C.sinicus はカイアシ類のなかでも大型の種であり、1個体あたりの捕食量が他の種より約3～10倍多いことが報告されており¹⁰⁾、たとえ他のカイアシ類よりも出現量が少ない場合でも、植物プランクトンへの捕食圧の影響は軽視できない種と考えられた。

したがって、短期間の飼育ではあったが、*C.sinicus*の捕食状況から判断して*E.zodiacus*は良好な餌となりうる事が窺われ、海域において*C.sinicus*から相当量の捕食圧を受けていることが示唆された。

II *E.zodiacus* の出現変動に及ぼすカイアシ類の捕食圧の影響

*E.zodiacus*の栄養細胞は周年を通して海水中に出現していることが確認されているが¹¹⁾、播磨灘 (赤潮調査定点K4) 及び備讃瀬戸 (浅海定線調査定点KA10) における2003～2006年の調査結果では、量的には1月～4月に比較的多く、特に低水温期の2～3月に多

い傾向が見られる (Fig. 10, 11)。こうしたノリ漁期の終盤に大量発生する要因として、西川ら (2002, 2004) は本種の水温や光強度に対する生理的特性や最小細胞内栄養塩含量の低さを指摘している。^{3) 4)} ただ、カイアシ類等の動物プランクトンによる捕食圧 (食物連鎖) の影響は今まであまり議論されていない。

E.zodiacus が増殖する要因の一つとして捕食圧を考える場合、1) 本種を捕食する動物プランクトンの個体数が減少したこと、2) 動物プランクトン1個体あたりの捕食量 (速度) が減少したことにより捕食圧の下がることも考えられる。

因みに備讃瀬戸の浅海定線調査定点KA22 (Fig. 2) において、2004年及び2005年の12月並びに2006年1月

に出現した動物プランクトンの種組成と *E.zodiacus* の細胞密度 (採水法による0.5m, 10m, 底上1m各層の平均値) と各採水層の水温の平均値を Fig. 12 に示す。動物プランクトンの出現量は年を追って増加傾向を示し、なかでもカイアシ類の出現量は、*E.zodiacus* の出現量が大きく増加した2005年12月から2006年1月にかけて約1.6倍に増加し、両者の間に相反傾向は見られなかった。また、水温は2004年及び2005年の12月は16.6~17.4℃で平年よりやや高めだったが、2006年1月には2005年12月中旬以降の寒波の影響で9.6℃まで急激に低下した。

仮に *E.zodiacus* の出現量が年によって多少差はあるにせよ、1~4月頃に増加する傾向が過去から継続し

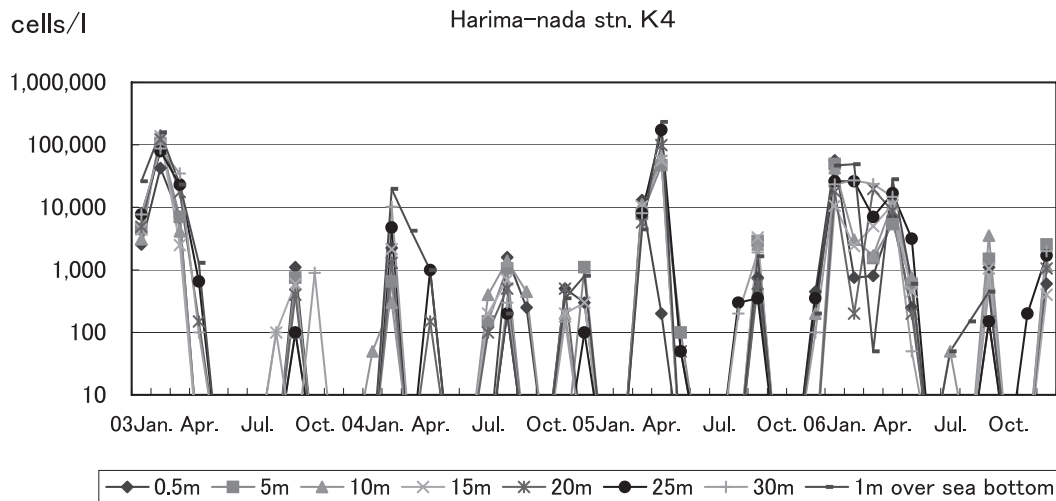


Fig.10. Monthly changes in cell densities of *E.zodiacus* in the eight water layers at Stn.K4 in Harima-nada from 2003 to 2006.

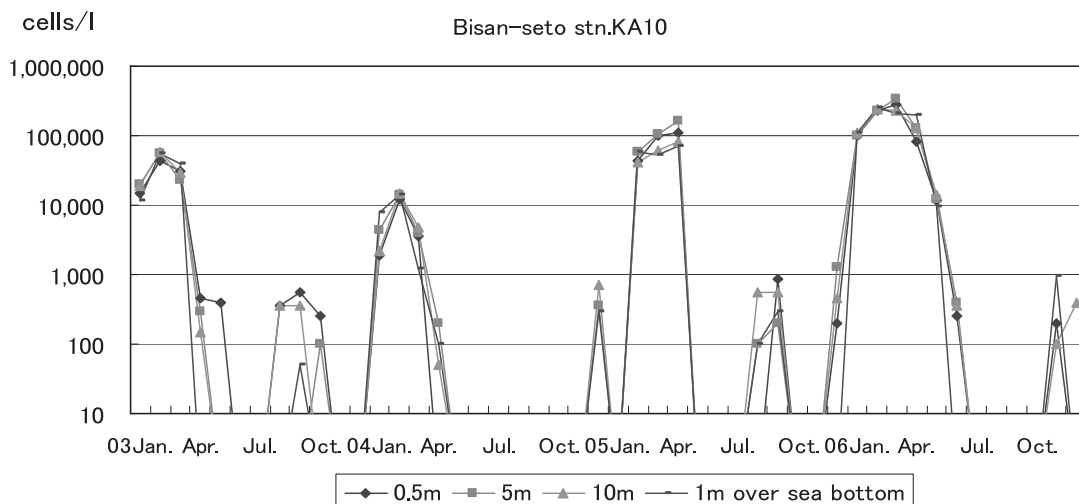


Fig.11. Monthly changes in cell densities of *E.zodiacus* in the four water layers at Stn.KA10 in Bisan-seto from 2003 to 2006.

で見られるのであれば、増加の要因は同時期におけるカイアシ類の出現量の減少よりも、むしろ水温低下によるカイアシ類1個体あたりの捕食量（速度）の減少に依存していると考えの方が適当と思われた。

動物プランクトンの捕食と水温の関係については、今まで多くの研究者により検討され、例えば E. E. Deason (1980) はカイアシ類 *Acartia hudsonica* PINHEY による *Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE の捕食速度が5℃では15℃の約1/12であったことを報告し¹²⁾、さらに Pratt と Martin (1965) は冬季から春季の低水温に起因した動物プランクトンの捕食圧の減少が、同時期に発生する植物プランクトンのブルー

ム形成の引き金となっていることを指摘している。^{13) 14)} また、Uye ら (1995) は *C.sinicus* の消化管の排出率が水温の上昇とともに直線的に高くなることを確認し、水温8℃での排出率は20℃の約1/2になることを報告している。¹⁵⁾

今回の温度設定による捕食実験の結果では、*E.zodiacus* は栄養塩の添加によって増殖しているものの、水温15℃において添加後3日間で *C.sinicus* によりほとんどの細胞が捕食された。一方、9.5℃では同3日間で計算上、当初細胞数の約40%が捕食されたに過ぎず、さらに同4～6日にかけて *E.zodiacus* の減少量はかなり少なく、細胞密度が100cells/mL程度で同種

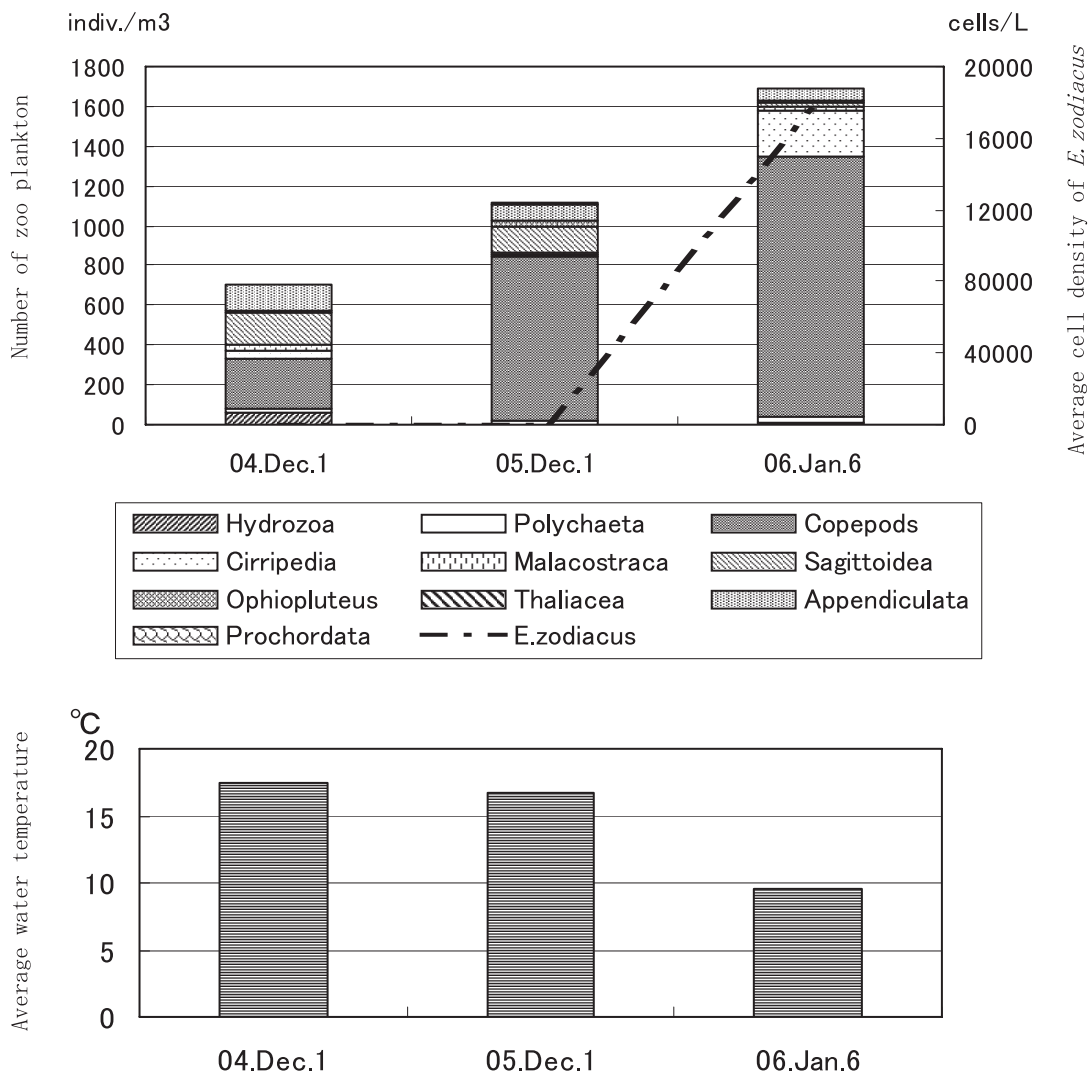


Fig.12. Changes in the abundance of community composition of zoo plankton and in average cell density of *E.zodiacus* and average water temperature in the three water layers (0.5m, 10m, and 1m over sea bottom) at Stn.KA22 in Bisan-seto from 2004 to 2006.

の増殖量と*C.sinicus*の捕食量のバランスが取れているように思われた。

実験に供した当初の各尾数（15℃：19尾，9.5℃：18尾）に若干差があるものの，これらの結果から両温度間で*C.sinicus*の捕食の機能的応答にかなり差が生じていることが窺われた。

また，*C.sinicus*の捕食速度は，その算定の基となる*E.zodiacus*の捕食量に，栄養塩添加による増殖分が含まれていないため，厳密な評価はできないものの，計算上は15℃では約35,000cells/個体/日と9.5℃における約12,000cells/個体/日の最大約3倍であった。

一般に水温15℃は本県では12月上旬と5月上旬の平年値にほぼ相当し，これらの時期はそれぞれ*E.zodiacus*の出現量が増え始める前の時期と出現量が減少する時期と概ね一致する。

つまりこれらの時期において，*E.zodiacus*の増殖量と*C.sinicus*を含むカイアシ類の捕食量のバランスが取れているので出現量が少ないと仮定すれば，水温の低下で捕食量（速度）が減少すればするほど*E.zodiacus*の増殖に有利に働くことが推測される。

さらに*C.sinicus*による捕食の主な時間帯は，消化管の色素量の変化から夜間と考えられ¹⁵⁾，これは*E.zodiacus*の増殖がピークとなる時間帯¹⁶⁾とほぼ一致し，捕食量（速度）の減少は*E.zodiacus*に及ぼす捕食圧の軽減に大きく影響していることが推察される。

したがって，簡単に結論づけることはできないものの，冬季の水温低下にともなう*C.sinicus*を含むカイアシ類の捕食量（速度）の減少が，*E.zodiacus*の大量発生を助長する要因の一つではないかと考えられた。

ただ先述したように，今回の実験では捕食量の求め方に課題が残されており，*C.sinicus*の正確な捕食速度を評価するうえでは予備的な実験に留まった。今後は1) 栄養塩無添加の海水で飼育して捕食速度を求める，2) 低密度での*E.zodiacus*を対象に現場のカイアシ類の出現状況に合わせた条件設定で行う等，さらに詳細な検討が必要と思われた。

また5～11月に*E.zodiacus*の出現量が比較的少ないのは，水温の上昇に伴うカイアシ類の捕食量（速度）の増加がその一因と推察されたが，*E.zodiacus*の増殖速度も25℃で3.0d⁻¹と最低時の約6倍に達するとされていること³⁾から*E.zodiacus*の出現変動をより深く研究するには，他の珪藻類（競合種）との関係も含めた詳細な検討が必要である。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり，御指導，御校閲を賜った香川県赤潮研究所顧問 岡市友利博士，小野知足博士に厚く御礼申しあげる。

また，文献の収集等で御協力を賜った独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 樽谷賢治博士，本研究をとりまとめるにあたり貴重な御助言を賜った独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所神山孝史博士に深く感謝する。

そして，試料採取等にあたって海上作業に協力いただいた香川県漁業指導調査船「やくり」の乗組員各位に御礼申しあげる。

引用文献

- 1) 全国海苔貝類漁業協同組合連合会：2000-2005，海苔速報
- 2) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所：2003-2006，瀬戸内海の赤潮
- 3) 西川哲也：2002，ノリの色落ち原因藻*Eucampia zodiacus*の増殖に及ぼす水温，塩分および光強度の影響．日水誌，**68**（3），356-361.
- 4) 西川哲也・堀 豊：2004，ノリの色落ち原因藻*Eucampia zodiacus*の増殖に及ぼす窒素，リンおよび珪素の影響．日水誌，**70**（1），31-38.
- 5) Uye, S., H.Kuwata&T.Endo:1987.Standing stocks and production rates of phytoplankton and planktonic copepods in the Inland Sea of Japan. J.oceanogr.Soc. Japan, **42**:421-434.
- 6) 長井敏・眞鍋武彦：1993，培養条件下における大型珪藻類の*Coscinodiscus wailesii*の増大胞子形成．日本プランクトン学会報，**40**，151-167.
- 7) 本田恵二：2006，*Coscinodiscus wailesii* Granの栄養要求．香赤研報，**5**，1-9.
- 8) 大森信・池田勉：1976，動物プランクトン生態研究法，pp.126-129.
- 9) 新日本気象海洋(株)：1987，昭和61年度赤潮対策技術開発試験 生物的赤潮防除技術開発試験報告書，pp.13-22.
- 10) 上 真一：1985，赤潮生物群集におよぼすかいあし類の摂食の影響．文部省特別研究・環境科学．赤潮発生環境のモデリングに関する研究，85-101.
- 11) 香川県：2006，平成17年度先端技術を活用した農林水産技術高度化事業 瀬戸内海における養殖ノリ不作の原因究明と被害防止技術の開発報告書

- , pp. 92-93.
- 12) E.E.Deason:1980, Grazing of *Acartia hudsonica* (*A.clausii*) on *Skeletonema costatum* in Narragansett Bay (USA) :Influence of Food Concentration and Temperature.Marine Biology **60**, 101-113.
 - 13) Pratt, D.M.:1965, The winter-spring diatom flowering in Narragansett Bay.Limnol.Oceanogr.**10**, 177-184.
 - 14) Martin, J.H.:1965, Phytoplankton-zooplankton relationships in Narragansett Bay. Limnol. Oceanogr.**10**, 185-191.
 - 15) Shin-ichi Uye and Fumi Yamamoto : 1995, In situ feeding of the planktonic copepod *Calanus sinicus* in the Inland Sea of Japan, examined by the gut fluorescence method. Bulletin of Plankton Society of Japan, **42** (2) : 1995, 123-139.
 - 16) (独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所：2006，平成17年度先端技術を活用した農林水産技術高度化事業 瀬戸内海における養殖ノリ不作の原因究明と被害防止技術の開発報告書，pp. 103-104.