

小湊研修報告 -マイクロ動物プランクトンの摂餌の評価-

塩谷 剛・橋本 絢・Ma. Salvacion Golez-De Guzman・平田 敦洋

1. はじめに

房総半島南東に位置する天津小湊は、弊社の主要な研究フィールドのひとつであり、小湊沿岸海域における春季の動物・植物プランクトン相については、これまでの調査により多くの知見が蓄積されてきている。さらに、塩谷ら(2005)による調査では、本海域の春季の低次プランクトン食物連鎖において繊毛虫類を主要な構成群とするマイクロサイズ(20~200 μm)の微小動物プランクトン(以下マイクロ動物プランクトン)が植物プランクトンの消費者(捕食者)および中型動物プランクトンの餌生物(被捕食者)として両栄養段階を繋ぐ重要な役割を果たしていることが明らかとなった(図1)。塩谷ら(2005)は、本海域のマイクロ動物プランクトンが非常に高い増殖活性(生産速度)を有し、その摂餌速度は希釈培養法の結果から植物プランクトンの生産速度の49%に相当したことを示した。希釈培養法はその手法の簡便さから、これまでに多くの海域でマイクロ動物プランクトンの一次消費者としての役割を評価するために用いられてきた。しかし、上記の塩谷ら(2005)の報告も含め、それらの評価の多くはクロロフィル a 濃度ベースで行われており、餌生物の細胞数の面から評価した例は非常に少ない。そこで本研究調査では、本海域のマイクロ動物プランクトンの摂餌に関する知見をさらに蓄積していくことを目的として、同海域のプランクトン生物相の調査およびマイクロ動物プランクトンの摂餌実験を行った。摂餌実験の手法は、塩谷ら(2005)が行った希釈培養法を踏襲し、従来の蛍光分析(クロロフィル a 濃度測定)に加え、餌生物の同定・計数および細胞サイズの計測を

行い、細胞数ベースでのより詳細な分析を試みた。

2. 試料と方法

2-1. プランクトン試料および実験用試水の採取

プランクトン試料および実験用海水の採取は、2006年4月25日に千葉県安房郡天津小湊町天津漁

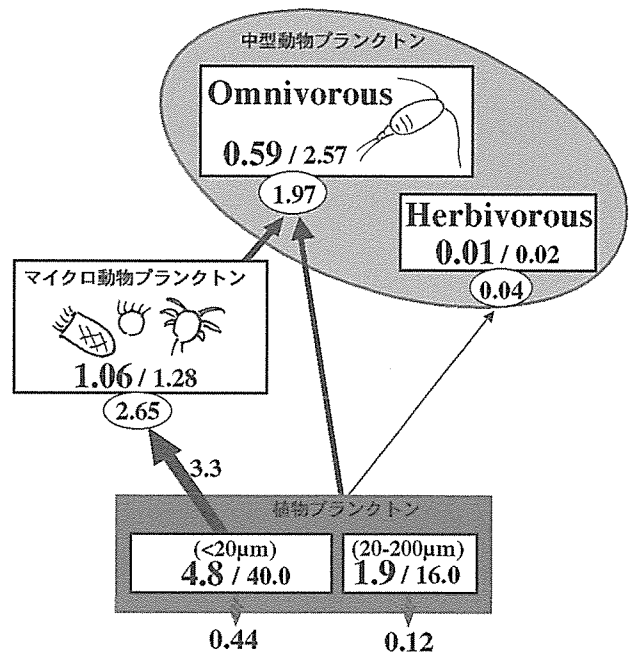


図1 小湊沿岸域の有光層内における各プランクトン分類群間の炭素の流れの概略図(塩谷ら(2005)を改変)

Box 内の値：生産速度(mgC/m³/d)/生物量(mgC/m³)、円内の値：最小餌要求速度(mgC/m³/d)、上向き矢印横の値：希釈培養法により求めた摂餌速度(mgC/m³/d)、下向き矢印下の値：沈降によって有光層から除去される植物プランクトン生産速度(mgC/m³/d)、矢印の太さは、各分類群間の結合の相対的な強さを示す。

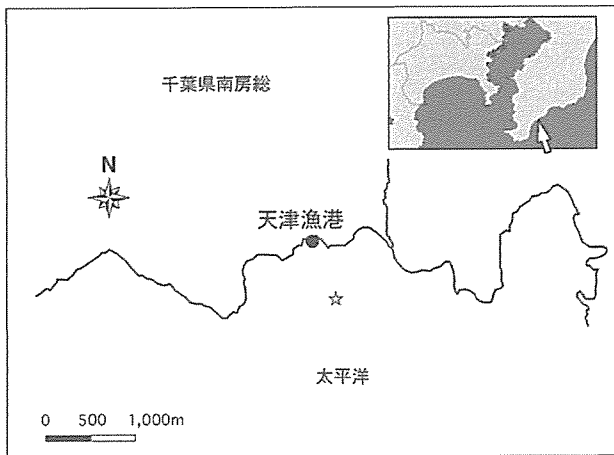


図2 調査測点図(本調査の測点：●、図1に示した塩谷ら(2005)の測点：☆)

港の岸壁(水深約5 m)にて実施した(図2)。

ネット動物プランクトン(主としてメソサイズ(200 ~ 2000 μm)以上の動物プランクトン)試料は、濾水計を取り付けた北原式ネット(NXX 13、目合い：0.094 mm)を用いて水深5 mから表層までを斜行曳きして採集し、中性ホルマリン(最終濃度5%)で固定した。

摂餌実験に用いる海水は、バケツ採水により海面表層から採取した。採取した海水は、ただちに天津漁港近くの臨時実験室(調査地点近くの宿泊所に設置)に持ち帰り、マイクロ動物プランクトン以外の他の捕食者(ネット動物プランクトン)を除去するために、200 μm のメッシュを用いて静かに逆濾過を行い実験用試水とした。

2-2. 希釈培養法

マイクロ動物プランクトンの摂餌速度(Grazing rate)および餌生物の生長速度(Growth rate)は、希釈培養法(Landry and Hassett, 1982)により求めた。希釈培養法とは、実験用試水を濾過海水で数段階に希釈し、希釈率の変動(即ち、摂餌圧の変動)に伴う被捕食者のみかけの生長速度の変動から、捕食者の摂餌速度と被捕食者の潜在的な生長速度を同時に算出する方法である。本手法の利点として、生物に対する処理(人為的な操作)が少なく、群集組成の変化や

物理的な刺激・損傷を最小化すること(Landry, 1993)が挙げられており、特に脆弱な体細胞を有する繊毛虫類の現場における摂餌速度を求めるには最適な手法であると考えられる。

希釈に用いた濾過海水は、上記試水の一部をWhatman GF/F フィルターで濾過して作成した。培養には3段階の希釈列(濾過海水に対する実験海水の割合は33、67、100%)を設定し、希釈列毎に3本の2L透明プラスチックボトルに満たし、屋外に設置した水槽にて24時間の培養を行った。なお、屋外水槽は試水の採取地点と同様の光・水温環境を再現した。

培養開始時には未希釈の実験用試水から、終了時には各希釈列のボトルから、マイクロ動物プランクトン・植物プランクトン・ナノ鞭毛藻(ナノサイズ(2 ~ 20 μm)の従属栄養性および独立栄養性鞭毛藻)試料、クロロフィル *a* 濃度測定用試料をそれぞれ分取した。マイクロ動物プランクトン試料は、1000 ml をルゴール酸溶液(最終濃度2%)で固定し、暗所で保存した。植物プランクトン試料は、500 ml をグルタルアルデヒド(最終濃度2%)で固定し、冷蔵保存した。ナノ鞭毛藻試料は、2 ~ 5 ml をグルタルアルデヒド(最終濃度1%)で固定し、蛍光色素(DAPIとProflavine)による二重染色を行った後に0.2 μm ヌクレポアフィルターに濾過し、暗条件下で冷凍保存した。クロロフィル *a* 試料は、100 ~ 200 ml を20 μm フィルターおよびGF/F フィルターに濾過し、同様に暗条件下で冷凍保存した。

微小動物プランクトンの摂餌速度(d^{-1})および植物プランクトン等の餌生物の生長速度(d^{-1})は、Landry and Hassett(1982)の直線回帰モデルに基づいて求めた。

2-3. プランクトン試料の分析

ネット動物プランクトンおよびマイクロ動物プランクトン試料は、静置沈殿濃縮の後、適宜分割して生物顕微鏡下で種の同定および計数を行った。また同時に、既報の換算式に従って各個体の体長や特定部位の計測値、あるいは球や楕円球等の幾何学立体

表1 ネット動物プランクトン分析結果

No.	種名	個体数 (inds./m ³)	炭素重量 (µgC/m ³)	
1	線虫類	Nematoda	35	22
2	橈脚類	<i>Paracalanus parvus</i>	70	241
3		<i>Clausocalanus</i> sp.	35	200
4		<i>Acartia omorii</i>	35	148
5		<i>Acartia steueri</i>	279	1545
6		<i>Oithona similis</i>	105	42
7		Cyclopoida	35	11
8		Harpacticoida	105	108
9		Copepodite of <i>Paracalanus</i>	1221	1576
10		Copepodite of <i>Clausocalanus</i>	70	20
11		Copepodite of <i>Acartia</i>	837	522
12		Copepodite of <i>Tortanus</i>	35	74
13		Copepodite of <i>Oithona</i>	140	41
14		Copepodite of Cyclopoida	35	7
15		Copepodite of Harpacticoida	663	208
16		Nauplius of Copepoda	7327	933
17	幼生類	Polychaeta larva	7327	1002
18		Actinotrocha larva	35	2
19		Gastropoda larva	314	586
20		D larva of Pelecypoda	35	4
21		Umbo larva of Pelecypoda	140	24
22		Nauplius of Balanomorpha	1954	467
	合計	20832	7782	

に近似させて求めた体積から個体当たりの炭素量を推定し、それらに個体数密度を乗じて、炭素量を基準とした生物量(mgC/m³)を計算した。換算式は、主として塩谷ら(2005)を参照し、上記文献に記載のない種の式については水産庁研究部研究課(1987)を参照した。さらに、塩谷ら(2005)の方法に従って、ネット動物プランクトンとマイクロ動物プランクトンの群集全体の生産速度(mgC/m³/d)および最小餌要求速度(mgC/m³/d)を求めた。

植物プランクトン試料は、ネット動物プランクトンやマイクロ動物プランクトン試料と同様に、生物顕微鏡下で同定、計数および細胞体積の計算を行い生物量を求めた。

ナノ鞭毛藻試料は、蛍光顕微鏡下で独立栄養性と従属栄養性に分けて計数し、同時に各細胞を楕円球に近似させて細胞体積($V: \mu\text{m}^3/\text{cell}$)を計算した。独立栄養性ナノ鞭毛藻の細胞あたりの炭素量($C: \text{pgC}/\text{cell}$)は、 $\log_{10} C = 0.863 \log_{10} V - 0.363$ (Verity et al., 1992)を用いて細胞体積より求めた。また従属栄養性ナノ鞭毛藻の細胞あたりの炭素量は、 $0.22 \text{pgC}/\mu\text{m}^3$ (Børsheim and Bratbak, 1987)を用いて細胞体積より求めた。

クロロフィル *a* 試料は、90%アセトン抽出蛍光法によってナノサイズ以下($< 20 \mu\text{m}$)とマイクロサイズ($20 \sim 200 \mu\text{m}$)の2つのサイズ区分でクロロフィル *a* 濃度を測定し、炭素/クロロフィル *a* 比 = 40 (Andersen et al., 1991)を用いて炭素量に換算した。

3. 結果

3-1. ネット・マイクロ動物プランクトン分析結果

調査地点のネット動物プランクトンの分析結果(出現個体数・炭素重量)を表1に示す。出現したネット動物プランクトンは、橈脚類が15種類、幼生類が6種類、線虫類が1種類の計22種類であった。出現個体数は $21 \times 10^3 \text{inds.}/\text{m}^3$ であり、そのうち橈脚類が全出現個体数の53%を占めて優占し、次いで幼生類が47%を占めた。また炭素重量は $7.8 \text{mgC}/\text{m}^3$ であり、その内訳は出現個体数と同様に橈脚類が全体の73%を、次いで幼生類が27%を占めた。ネット動物プランクトン群集全体の生産速度は $1.8 \text{mgC}/\text{m}^3/\text{d}$ であり、最小餌要求速度は $5.9 \text{mgC}/\text{m}^3/\text{d}$ であった。

マイクロ動物プランクトンの分析結果を表2に示す。出現したマイクロ動物プランクトンは、繊毛虫

表2 マイクロ動物プランクトン分析結果

No.	種名	個体数 (cells/l)	炭素重量 ($\mu\text{gC/l}$)
1	渦鞭毛藻類 <i>Gyrodinium</i> spp.	210	0.55
2	繊毛虫類 <i>Oligotrichina</i> (<50 μm)	1095	0.73
3	<i>Oligotrichina</i> ($\geq 50\mu\text{m}$)	465	5.64
4	<i>Tintinnopsis kofoidi</i>	45	0.51
5	<i>Tintinnopsis</i> spp.	495	0.75
6	Ciliophora	165	0.40
7	放射虫類 <i>Radiolaria</i>	15	0.00
	合計	2490	8.57

備考「0.00」は 0.005 $\mu\text{gC/l}$ 未満を示す。

類が5種類、渦鞭毛藻類と放射虫類が各1種類の計7種類であった。出現個体数は 2×10^3 cells/l であり、繊毛虫類が全出現個体数の91%を占めて優占した。また、炭素重量は8.6 $\mu\text{gC/l}$ であり、同様に繊毛虫類が優占し、全体の94%を占めた。なお、個体数および炭素重量の両方で *Oligotrichina* (少毛目繊毛虫) が最も優占しており、さらに詳細にみると細胞長径が50 μm 未満の小型の種(図3(A))が個体数において優占し、炭素重量では逆に50 μm 以上の大型の種(図3(B))が優占していた。マイクロ動物プランクトン群集全体の生産速度は7.2 $\text{mgC/m}^3/\text{d}$ であり、最小餌要求速度は18.0 $\text{mgC/m}^3/\text{d}$ であった。

3-2. 植物プランクトン分析結果

植物プランクトンの分析結果を表3に示す。出現した植物プランクトンは、珪藻類が24種類、渦鞭毛藻類が4種類、黄色鞭毛藻類、クリプト藻類、プラシノ藻類、ミドリムシ藻類、不明鞭毛藻類が各1種類の33種類であった。出現細胞数は 0.9×10^3 cells/ml であり、珪藻類が優占し、全出現細胞数の95%を占めた。また、炭素重量は127 $\mu\text{gC/l}$ であり、細胞数と同様に炭素重量においても珪藻類が優占し、全体の97%を占めた。

3-3. 希釈培養法実験結果

希釈培養法によって見積られたマイクロ動物プランクトンの摂餌速度(d^{-1})と餌生物の生長速度(d^{-1})の概要を表4に示す。得られた摂餌速度および生長速度の有意性については、Spearman の順位相関分析

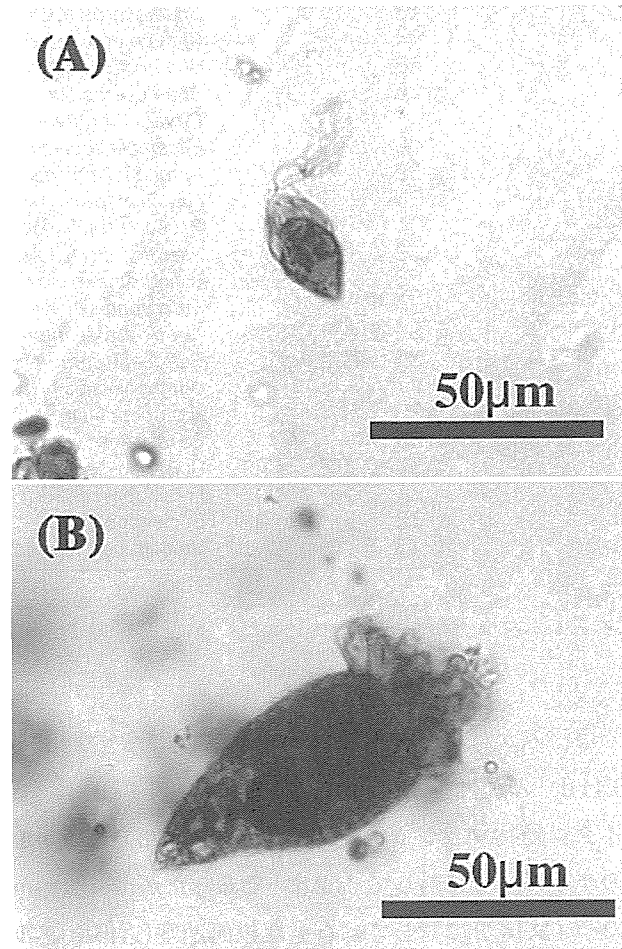


図3 *Oligotrichina* ((A) : < 50 μm 、(B) $\geq 50 \mu\text{m}$)

により検定し、 $p \leq 0.05$ を有意とした。

クロロフィル *a* のサイズ区別にみると、マイクロサイズ(20 ~ 200 μm)において、試水の希釈率を高くするほど、植物プランクトンのみかけの生長速度も有意に高くなり、潜在的な生長速度は 0.64d^{-1} であった(図4(C))。一方、ナノサイズ以下(< 20 μm)

表3 植物プランクトン分析結果

No.	種名	細胞数 (cells/ml)	炭素重量 ($\mu\text{gC/l}$)
1	珪藻類 <i>Skeletonema costatum</i>	85	1.80
2	<i>Leptocylindrus danicus</i>	6	0.56
3	<i>Leptocylindrus minimus</i>	2	0.03
4	<i>Guinardia flaccida</i>	0	—
5	<i>Detonula pumila</i>	103	60.16
6	<i>Lauderia annulata</i>	3	2.06
7	<i>Thalassiosira</i> spp.	136	32.29
8	<i>Rhizosolenia phuketensis</i>	3	0.72
9	<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	0.17
10	<i>Chaetoceros compressus</i>	3	0.15
11	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	37	3.02
12	<i>Chaetoceros danicus</i>	2	0.07
13	<i>Chaetoceros debilis</i>	198	12.89
14	<i>Chaetoceros socialis</i>	220	3.96
15	<i>Chaetoceros subsecundus</i>	3	0.52
16	<i>Chaetoceros</i> spp.	12	0.28
17	<i>Ditylum brightwellii</i>	0	—
18	<i>Eucampia zodiacus</i>	4	2.44
19	<i>Asterionella glacialis</i>	5	0.66
20	<i>Navicula</i> sp.	1	0.14
21	<i>Pseudonitzschia</i> sp. (cf. <i>pungens</i>)	13	0.55
22	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	6	0.10
23	<i>Cylindrotheca closterium</i>	5	0.16
24	<i>Entomoneis</i> sp.	0	—
25	黄色鞭毛藻類 <i>Apedinella spinifera</i>	2	0.05
26	渦鞭毛藻類 <i>Prorocentrum minimum</i>	1	0.17
27	Gymnodiniales	2	1.55
28	<i>Protoperidinium</i> spp.	0	—
29	Peridinales	4	1.44
30	クリプト藻類 Cryptophyceae	20	0.40
31	ブラシノ藻類 Prasinophyceae	8	0.43
32	ミドリムシ藻類 Euglenophyceae	2	0.28
33	不明鞭毛藻類 Unidentified flagellates	4	0.03
合計		891	127.08

備考：「0」は 0.5 cells/ml 未満を示す。

では、みかけの生長速度は希釈率に関わらず $0.40 \sim 0.44 \text{ d}^{-1}$ の範囲内でほぼ一定であった(図4(B))。マイクロ動物プランクトンの摂餌速度は $20 \sim 200 \mu\text{m}$ のサイズ区分に対して 0.52 d^{-1} であったが、 $< 20 \mu\text{m}$ のサイズ区分に対しては有意な摂餌速度(近似直線の傾き)が得られなかった。

クロロフィル *a* の全サイズ区分 (total = GF/F $\sim 200 \mu\text{m}$) でみた場合、マイクロサイズと同様に希釈率に対応したみかけの生長速度の傾きが得られ、植物プランクトンの潜在的な生長速度およびマイクロ動物プランクトンの摂餌速度はそれぞれ $0.50, 0.18 \text{ d}^{-1}$ であった(図4(A))。これらの値から Landry and Hassett (1982) の式を用いて計算し、さらに炭素重量に換算した結果、植物プランクトンの潜在的な生産速度は

$160 \text{ mgC/m}^3/\text{d}$ 、マイクロ動物プランクトンの摂餌速度は $60 \text{ mgC/m}^3/\text{d}$ となった。マイクロ動物プランクトンの1日当たりの消費量は植物プランクトン全体の生物量の15%、生産量の38%に相当した。なお、マイクロ動物プランクトンの摂餌対象を $20 \sim 200 \mu\text{m}$ のサイズ区分に限定した場合、マイクロ動物プランクトンの1日当たりの消費量は、マイクロサイズの植物プランクトン生物量の40%、同生産量の84%に相当した。

ナノ鞭毛藻を栄養形態別に分けた結果では、独立栄養性・従属栄養性のいずれにおいてもマイクロ動物プランクトンの有意な摂餌速度は得られなかった。ナノ鞭毛藻全体および従属栄養性ナノ鞭毛藻のみかけの生長速度は、ともに希釈率の増加に伴って

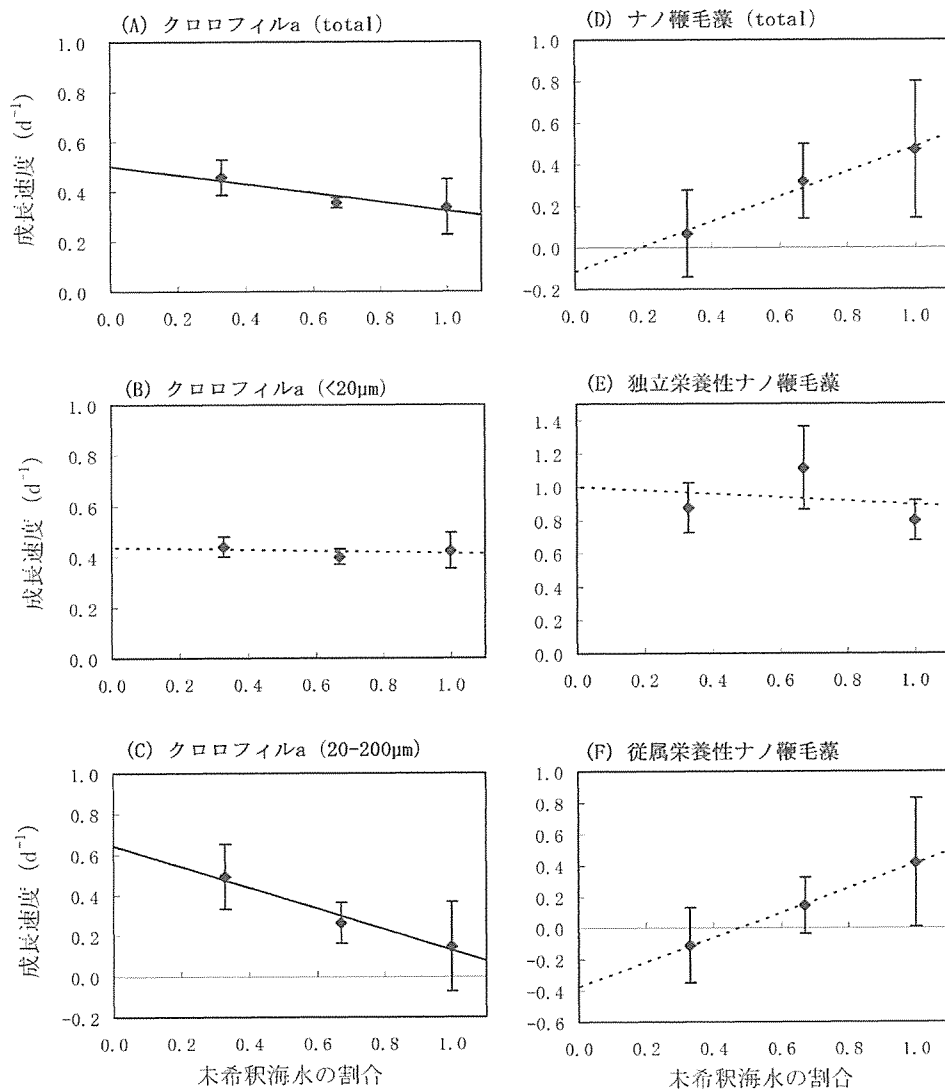


図4 希釈培養法実験結果(クロロフィル *a* およびナノ鞭毛藻)
 (—: 5%水準で有意な回帰直線、…: 有意性なし(表4参照)、エラーバーは標準偏差を示す)

減少する傾向を示し(図4(D)・(F))、それぞれの潜在的な生長速度は算出できなかった。また、独立栄養性ナノ鞭毛藻のみかけの生長速度は、試料の希釈率に対応した変化はみられず、 $0.80 \sim 1.11 \text{ d}^{-1}$ の高い値の範囲内で変化した(図4(E))。

さらに、植物プランクトンの出現種のうち、希釈した試水においても十分な細胞数が計数できた上位優占種の7種類を用い、種毎のみかけの生長速度を計算した(表4、図5)。そのうち、*Skeletonema costatum*(図6)のみ、希釈率に対応したみかけの生長速度の有意な変化が認められた(図5(A))。S.

*costatum*の潜在的な生長速度は 0.35 d^{-1} であり、それに対するマイクロ動物プランクトンの摂餌速度は 0.75 d^{-1} であった。また、*Thalassiosira* spp. と Cryptophyceaeの2種においても、希釈率に対応した生長速度の有意な変化があったが(図5(C)・(G))、両種とも潜在的な生長速度およびマイクロ動物プランクトンの摂餌速度は負の値となり算出できなかった。残りの4種(*Detonula pumila*、*Chaetoceros curvisetus*、*Chaetoceros debilis*、*Chaetoceros socialis*)については、希釈率に対して各種のみかけの生長速度は不規則に変化した(図5(B)・(D)・(E)・(F))。

表4 希釈培養法により見積もられたマイクロ動物プランクトンの摂餌速度と餌生物の成長速度

	P ₀		ESD		k (d ⁻¹)	g (d ⁻¹)	r ²	
	(μg/l)	(cells/ml)	(μgC/l)	(μm)				
クロロフィル <i>a</i>								
total	6.2			—	0.50	0.18	0.87	*
< 20 μm	4.1			—	0.44	0.02	0.15	ns
20 ~ 200 μm	2.1			—	0.64	0.52	0.97	*
ナノ鞭毛藻								
total		6100	34.9	—	-0.12	-0.79	0.98	ns
独立栄養性		5390	32.7	—	1.00	0.11	0.05	ns
従属栄養性		710	2.2	—	-0.38	-0.60	0.99	ns
植物プランクトン(優占種)								
<i>Skeletonema costatum</i>		85	1.8	7.3	0.35	0.75	0.95	*
<i>Detonula pumila</i>		103	60.2	31.3	0.30	0.05	<0.01	ns
<i>Thalassiosira</i> spp.		136	32.3	21.1	-0.45	-0.82	0.94	*
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		37	3.0	13.2	1.10	0.97	0.74	ns
<i>Chaetoceros debilis</i>		198	12.9	11.9	0.19	-0.04	0.01	ns
<i>Chaetoceros socialis</i>		220	4.0	6.8	1.07	0.01	<0.01	ns
Cryptophyceae		20	0.4	5.9	-0.97	-1.58	0.90	*

P₀: 実験開始時の初期濃度, ESD: 細胞体積の等価粒径,

k: 餌生物の生長速度, g: マイクロ動物プランクトンの摂餌速度,

r²: 回帰直線の相関係数 (* = Spearmanの相関5%水準有意, ns = non-significant)

4. 考察

ネット動物プランクトン出現種の組成をみると、橈脚類が優占しており、種レベルまで同定できた種の多く (*Paracalanus parvus*, *Acartia omorii*, *Acartia steueri*) は沿岸域に普通に出現する種であった。塩谷ら (2005) による春季の本海域調査では、ネット動物プランクトンの出現個体数は $5.5 \sim 15.8 \times 10^3$ inds./m³、炭素重量は $1.5 \sim 2.6$ mgC/m³ の範囲にあり、本調査で得られた値 (それぞれ 21×10^3 inds./m³、 7.8 mgC/m³) はそれと比較して幾分高い値であった。しかし、本調査で出現したネット動物プランクトンは、塩谷ら (2005) の調査結果と同様の種組成 (橈脚類が優占し、その中でも橈脚類のノープリウス幼生および *Paracalanus* 属と *Acartia* 属のコペポダイト幼生が優占した組成) を示した。またこれまでの調査では、春季の同海域のネット動物プランクトンの出現個体数は $4 \sim 21 \times 10^3$ inds./m³ (鵜澤ら, 2000) や $1 \sim 27 \times 10^3$ inds./m³ (平田ら, 2004) と報告されており、本調査の出現個体数はこれらの範囲内に収まっていた。以上より、本調査時に出現したネット

動物プランクトンは、本海域の春季の一般的な生物相を示していたと考えられる。

一方、マイクロ動物プランクトンの出現細胞数および炭素重量 (それぞれ 2.5×10^3 cells/l, 8.6 μgC/l) は、塩谷ら (2005) と比較して、出現細胞数で一桁多く、炭素重量で約6倍大きな値を示した。また、鵜澤ら (2000) および平田ら (2004) が報告した値と比較しても、それぞれ数倍から一桁大きい出現細胞数を示した。

希釈培養法ではマイクロ動物プランクトンを摂食するネット動物プランクトンを除去して培養を行うため、本手法によって得られたマイクロ動物プランクトンの摂餌速度は、実海域における実際の値よりも過大に見積っている可能性がある。そこで、ネット動物プランクトンの最小餌要求速度である 5.9 mgC/m³/d を、塩谷ら (2005) が示した動物プランクトンの簡易的な食性分類 (植物プランクトン食性、雑食性 (植物プランクトン+マイクロ動物プランクトン食性)、動物プランクトン食性の3つの食性に分類) に従って食性毎に分けて計算したところ、植物プランクトンと

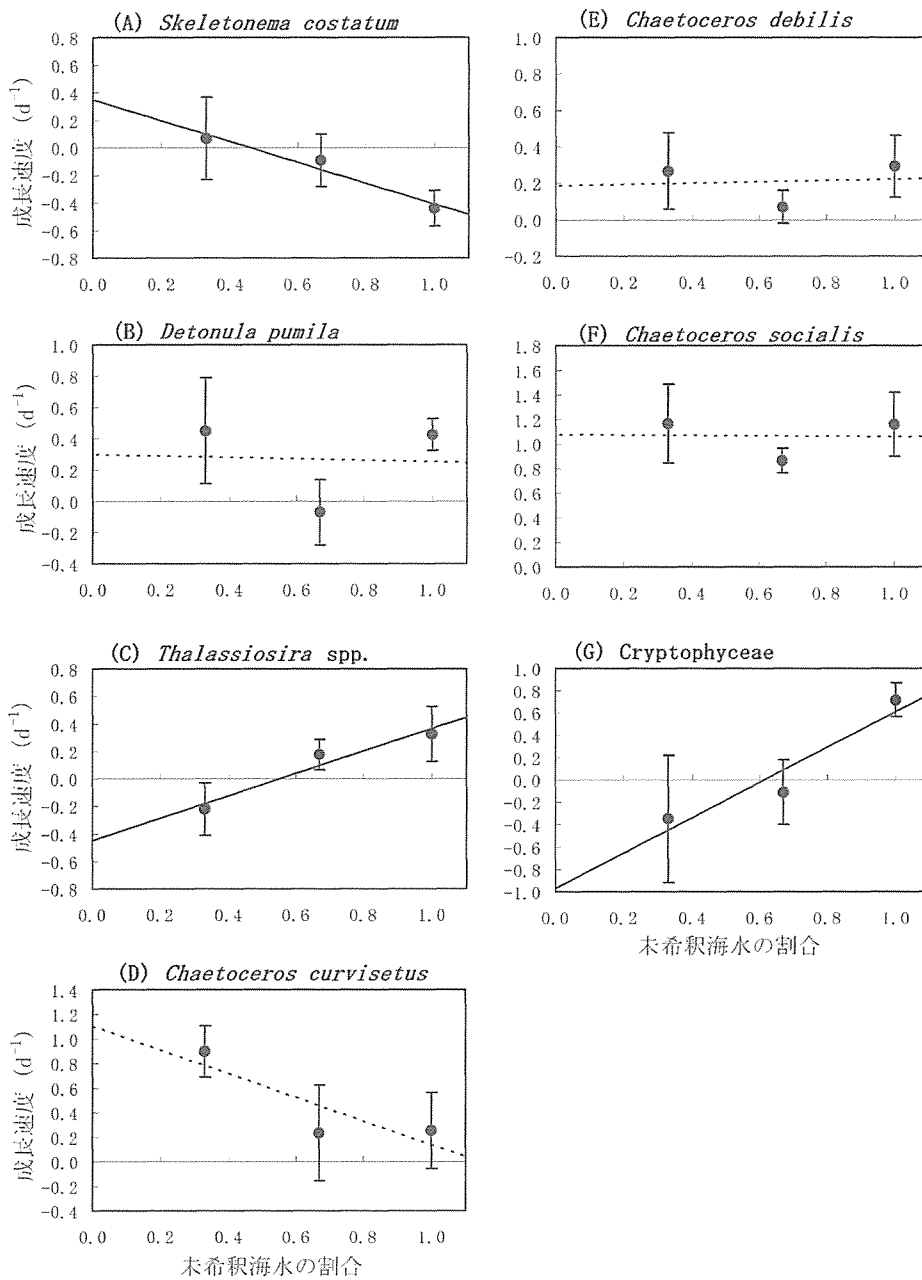


図5 希釈培養法実験結果(植物プランクトン優占種)
 (—: 5%水準で有意な回帰直線、---: 有意性なし(表4参照)、エラーバーは標準偏差を示す)

マイクロ動物プランクトンのそれぞれに対する最小餌要求速度は3.9、1.9 $mgC/m^3/d$ となった。なお、ネット動物プランクトンのマイクロ動物プランクトンに対する最小餌要求速度(1.9 $mgC/m^3/d$)は、マイクロ動物プランクトンの生物量の22%に、同生産速度の26%に相当した。一方、マイクロ動物プランクトンの植物プランクトン全体に対する摂餌速度は、

60 $mgC/m^3/d$ (生物量の15%、生産速度の38%に相当)であり、ネット動物プランクトンがマイクロ動物プランクトンを摂食する分を差し引いても、マイクロ動物プランクトンが本海域の低次プランクトン食物連鎖の中で、一次消費者(植物プランクトン食者)として最も大きな摂餌圧を有していると考えられる。また、Zhang et al.(2001)は、これまでに様々な

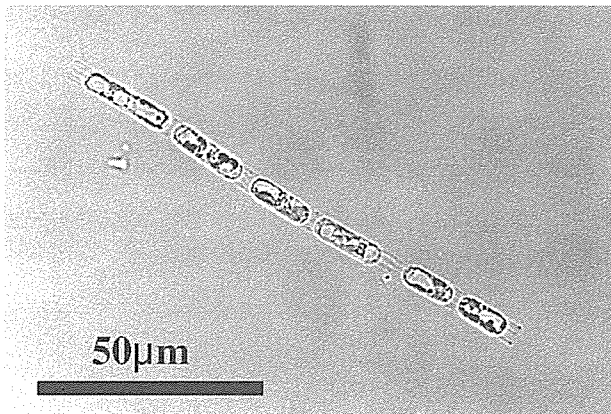


図6 *Skeletonema costatum*

海域で行われた希釈培養法の結果をまとめ、マイクロ動物プランクトンの一日あたりの摂餌量は、植物プランクトン生物量の0～79%に相当し、同じく生産量の0～271%に相当していたと報告している。本調査結果で得られた値(それぞれ15、38%)もこの範囲内に含まれた。

マイクロ動物プランクトンがピコ・ナノサイズのプランクトンをよく摂餌していること(例えば Kuipers and Witte, 1999)や、珪藻などの大型の植物プランクトンよりもナノサイズのプランクトンをより摂餌していること(例えば Strom and Welschmeyer, 1991)は多く報告されている。しかし、本調査ではナノサイズ以下の植物プランクトンとナノ鞭毛藻に対するマイクロ動物プランクトンの摂餌を定量的に評価することはできなかった。なお、従属栄養性ナノ鞭毛藻のみかけの生長速度が、希釈率の増加に伴って減少したのは、試水を希釈することによって、従属栄養性ナノ鞭毛藻自身が必要とする微細な餌粒子も同時に希釈され、希釈した試水中で生長が阻害された影響が強くなったためと推測され、マイクロ動物プランクトンが与える摂餌圧の確認はできなかった。

塩谷ら(2005)が行った希釈培養法実験では、マイクロ動物プランクトンは< 20 μmのサイズの植物プランクトンを摂餌し、20～200 μmのサイズの植物プランクトンに対しては有意な摂餌を示さなかった。本調査と塩谷ら(2005)の両調査時の水理環境の

比較は行っていないが、同じ季節の同じ海域(4月下旬の小湊沿岸域)において、全く逆の摂餌傾向が示されたのは非常に興味深い。両調査時のマイクロ動物プランクトンの組成を比較すると、塩谷ら(2005)の調査時の沿岸に近い測点では大型の有鐘繊毛虫が優占していたが、本調査時は無殻の繊毛虫(*Oligotrichina*)が優占しており、両組成は大きく異なっていた。この消費者(マイクロ動物プランクトン)の組成の違いが、摂餌された植物プランクトンのサイズが異なったことに影響したと推測される。しかし、マイクロ動物プランクトンの種とそれが摂餌する餌粒子のサイズに関する知見はまだ少なく、残念ながら本調査研究のデータだけでは上述の摂餌傾向が異なった要因を説明することはできない。

本調査では餌生物の細胞数を種毎に計数することで、植物プランクトンの優占種の中でマイクロ動物プランクトンによく摂餌された種(有意に摂餌された種)とされなかった種が存在することが明らかとなった。これは、マイクロ動物プランクトンが植物プランクトンに対して選択的な摂餌を行っていることを示唆する。なお、試水中に優占し、種別に生長速度を計算した植物プランクトン(表4)のうち、Cryptophyceaeを除く6種はいずれも鎖状連鎖(数十～数百 μmの長さの糸状群体)を形成する珪藻であった。そのため、それぞれの種において細胞体積から換算した等価粒径(ESD)が20 μm未満であっても、クロロフィル *a* 濃度を測定した際には、そのほとんどが20～200 μmのサイズ区分に含まれたと考えられる。これらの優占種の中で唯一有意に摂餌された *S. costatum* は、細胞数では植物プランクトン全体の10%近くを占めたが、炭素重量ではわずか1.4%を占めるに過ぎなかった。一方、20～200 μmのサイズの植物プランクトンに対して、マイクロ動物プランクトンは1日当たりその生物量の40%を摂餌しており、この値は *S. costatum* に対する摂餌のみでは説明できず、他の植物プランクトン種も十分に摂餌されたと考えべきである。特に *S. costatum* 以外の優占した珪藻種において、みかけの生長速度が希釈率

に対応して有意に変化しなかった(図5)のは、マイクロ動物プランクトンがこれらの珪藻類を無選択的に摂餌したため、種毎にみた場合にはばらつきが大きくなり一貫した摂餌圧が生じなかったことが原因と推測される。

5. まとめ

ネット動物プランクトンの最小餌要求速度とその食性から推定したマイクロ動物プランクトンの餌生物としての寄与率は、ネット動物プランクトンの摂食量の32%であった。一方、マイクロ動物プランクトンは、マイクロサイズの植物プランクトンの一次生産を一日あたり最大で84%消費しており、塩谷ら(2005)の報告と同様に本調査においてもマイクロ動物プランクトンが低次プランクトン食物連鎖の中で餌生物および一次消費者として大きな役割を果たしていることが示された。また、希釈培養法において餌生物の細胞数を計数することにより、マイクロ動物プランクトンの摂餌対象をより具体的に示すことができたが、得られた分析結果を詳細に解釈するには、今後さらなる事例(細胞数を用いた摂餌の評価)を積み重ねていく必要があると思われる。

参考文献

- Andersen, T., Schartau, A. K. L. and Paasche, E. 1991. Quantifying external and internal nitrogen and phosphorus pools, as well as nitrogen and phosphorus supplied through remineralization, in coastal marine phytoplankton by means of a dilution technique. *Marine Ecology Progress Series*, 69: 67–80.
- Børsheim, K. Y. and Bratbak, G. 1987. Cell volume to cell carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater. *Marine Ecology Progress Series*, 36: 171–175.
- 平田敦洋・水谷悦子・Susanne Zielinski. 2004. 海域および河川における水質に伴うプランクトン組成の違い. (株)日本海洋生物研究所 2004 年 年報, pp. 19–30.
- Kuipers, B. R. and Witte, H. J. 1999. Grazing impact of microzooplankton on different size-classes of algae in the North Sea in early spring and mid-summer. *Marine Ecology Progress Series*, 180: 93–104.
- Landry, M. R. and Hassett, R. P. 1982. Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. *Marine Biology*, 67: 283–288.
- Landry, M. R. 1993. Estimating rates of growth and grazing mortality of phytoplankton by the dilution method. In: Kemp, P.F., Sherr, B.F. and Cole, J.J. (eds.), *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. Lewis, Boca Raton, pp. 715–722.
- 塩谷 剛・橋本 絢・小海葉梨絵. 2005. 天津小湊海域の低次食物連鎖構造について. (株)日本海洋生物研究所 2005 年 年報, pp. 6–15.
- Strom, S. L. and Welschmeyer, N. A. 1991. Pigment-specific rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing in the open subarctic Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography*, 36: 50–63.
- 水産庁研究部研究課. 1987. 周辺海域漁場基本図作成事業 動物プランクトン調査マニュアル. 水産庁研究部研究課, 東京, 19 pp.
- 鶴澤 聡・西田和功・松丸 智・筑後 海・禰宜田真弓・山本貴史. 2000. 平成 11 年度小湊周辺における河川・海域環境調査報告. (株)日本海洋生物研究所 2000 年 年報, pp. 43–73.
- Verity, P.G., Robertson, C. Y., Tronzo, C. R., Andrews, M. G., Nelson, J. R. and Sieracki, M. E. 1992. Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. *Limnology and Oceanography*, 37: 1434–1446.
- Zhang, W., Xiao, T. and Wang, R. 2001. Abundance and biomass of copepod nauplii and ciliates and herbivorous activity of microzooplankton in the East China Sea. *Plankton Biology and Ecology*, 48: 28–34.