

東京湾の湾奥におけるかいあし類ノープリウス幼生の 個体数と炭素現存量の日変化

橋本 絢

はじめに

東京湾の湾奥における富栄養化は、1930年代にはすでにかなり顕著なものであったが、1960年代半ばになるとさらに急速に進行し、それに伴って、動物プランクトンの種組成は大幅に変化し、今日に至っている(有賀, 1997)。

弊社では、1995年から1996年の約1年間のうち209日にわたり、動物プランクトンの調査を実施した。ここで確認された動物プランクトンは繊毛虫類、毛顎類、かいあし類、矢虫類、輪虫類等、66種にのぼった。

富栄養化の進行と微小動物プランクトンの組成変化との関係については数年から十数年の時間スケールの中長期的変動を示した多くの研究報告があるが(例えば、有賀, 1997; 野村ら, 1992; 平川ら, 2006)、そのデータセットは月に1回の結果を基にしたものがほとんどであり、1年のうち209日とほぼ毎日の日変化を捉える目的として頻繁に調査した例はめずらしい。

微小動物プランクトンとは、一般に体長が20 μm から0.2 mmで、通常使われる網目100 μm 程度のプランクトンネットではうまく採集できないような小型の動物プランクトンをいう。このうち海域において重要な生物群は繊毛虫とかいあし類ノープリウス幼生である(野村ら, 1992)。中でもかいあし類は、生食物連鎖における基礎生産者と魚類の間の仲介者としてだけでなく、繊毛虫類などのマイクロ動物プランクトンを摂食することで微生物食物連鎖と生食物連鎖を連結する役割を担っている。また、かいあし類ノープリウス幼生は毛顎類の主な餌料であ

るほか、かいあし類の成熟した成体の餌となること、さらに様々な仔稚魚の餌資源としても重要であることが知られている(例えば、高橋ら, 1996)。

今回は弊社の約1年間の調査で個体数が最も多く、出現頻度が最も高かったかいあし類ノープリウス幼生の個体数と体長、炭素現存量の日変化について報告する。

材料と方法

1995年6月8日から1996年4月30日のほぼ11ヶ月のうち、209日において、図1に示す東京湾の湾奥である3地点(St. 3、St. 9、St. 11)の水深0 mと5 mから採水した。採水後、ホルマリン固定した試料について、光学顕微鏡によりかいあし類ノープリウス幼生の同定、及び個体数の計数を行った。また、約11ヶ月の調査のうち61日間において、かいあし類ノープリウス幼生のサイズについて適宜計測し、合計104個体の容積を求めた。容積は楕円形で近似し

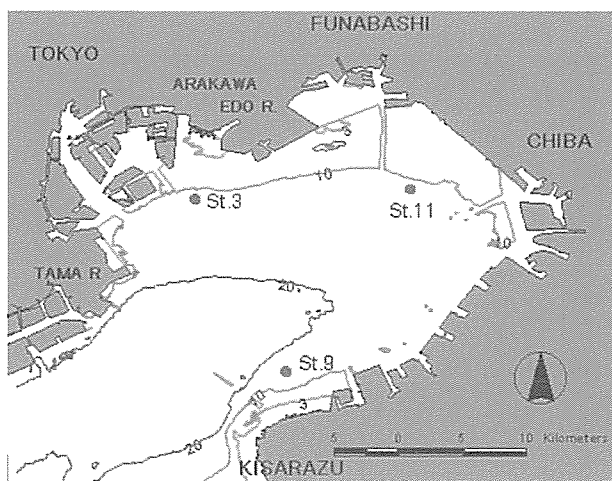


図1 調査地点図

(式1)、等価粒径(ESD)を算出した。

楕円形：容積 V

$$= 4/3 \times \pi \times (\text{短径}/2)^2 \times (\text{長径}/2) \dots\dots \text{式 1}$$

プランクトンの炭素含有量は、各個体の容積に密度 1.0(谷口, 1986)、乾燥重量/体積比 0.1(一戸, 1992)を乗じ、さらに炭素含有量/乾燥重量比を 40% (Takahashi and Hoskins, 1978)として算出した(式2)。炭素現存量は、推定された炭素含有量を個体数に乗ずることで推定した。

$$\text{炭素含有量} = \text{個体の容積} \times 1.0 \times 0.1 \times 0.4 \dots \text{式 2}$$

結果

東京湾の湾奥において、調査が行われた209日のうち、かいあし類ノープリウス幼生の出現頻度は100%であった。最も多く出現したかいあし類ノープリウス幼生の個体数は、7月20日、St. 9の0mで認められた9840個体/Lであった。また、その他、St. 3とSt. 11においては、それぞれ7月24日の5mで7680個体/L、8月30日の5mで5880個体/Lであった。個体数の年間平均はSt. 3の0mで283(±395)個体/L、5mで607(±833)個体/L、0mと5mの平均は445個体/Lであった。同様にSt. 9とSt. 11では、

それぞれ、0mで432(±1001)個体/L、384(±598)個体/L、5mで451(±692)個体/L、559(±870)個体/L、0mと5mの平均で441個体/L、469個体/Lであり、全ての測点で0mより5mで個体数の平均値は多かった。0mと5mとの個体数の年間平均値をみると、St. 3で最も差が大きく、St. 9で最も差がみられなかった。また、St. 3の0mにおいて個体数の標準偏差が最も小さく、St. 9の0mで最も大きかった(表1)。年間を通してみると、個体数は6月から8月に多く、9月以降2月まで減少し、3月、4月でやや増加する傾向がみられた(表1と図2)。標準偏差は夏から秋にかけて高く、冬から春にかけて低い値を示す傾向がみられた(表1)。

調査期間中に出現した個体のサイズを測定した結果、最も小さかった体長は70µmで、6月から9月にみられ、最大は250µmで2月3日と4月17日のSt. 3の0mでみられた。サイズ計測を行った104個体の体長の平均は124(±42)µmであった。個体の体積は最小値37700µm³から最大1880000µm³で、平均は353000(±367000)µm³であった。また、ESDの変動範囲は最小42µmから最大153µmで、平均は80(±25)µmであった。体長が200µmを超える

表1 月別出現個体数と年間平均個体数

月	調査日数	St. 3					St. 9					St. 11				
		0m		5m		平均	0m		5m		平均	0m		5m		平均
		個体数	SD	個体数	SD		個体数	SD	個体数	SD		個体数	SD	個体数	SD	
6月	18	556	682	1453	887	1004	604	635	928	797	766	981	714	971	672	976
7月	21	543	643	1118	1560	830	955	2065	630	393	792	836	667	719	457	778
8月	16	630	385	1331	682	981	1406	2162	1150	912	1278	931	1221	2409	1826	1670
9月	12	362	400	1093	1076	728	845	701	1368	1745	1107	462	502	845	795	653
10月	21	380	329	687	651	533	440	404	427	267	433	484	408	532	515	495
11月	19	267	197	605	335	436	416	282	493	375	454	341	359	620	374	464
12月	19	160	98	376	175	268	213	157	196	154	204	159	87	217	112	188
1月	19	94	59	163	89	128	72	48	96	56	84	69	62	92	63	81
2月	21	75	94	73	42	74	40	32	39	41	40	28	30	41	40	35
3月	22	68	84	65	55	66	68	47	94	78	81	70	76	105	49	87
4月	21	110	142	176	165	143	84	77	128	93	106	71	85	172	137	122
年間平均	209	283	395	607	833	445	432	1001	451	692	441	384	598	559	870	469
最大	209	2640 (6月)		7680 (7月)		3850 (7月)	9840 (7月)		4620 (9月)		5560 (7月)	4000 (8月)		5880 (8月)		4200 (8月)

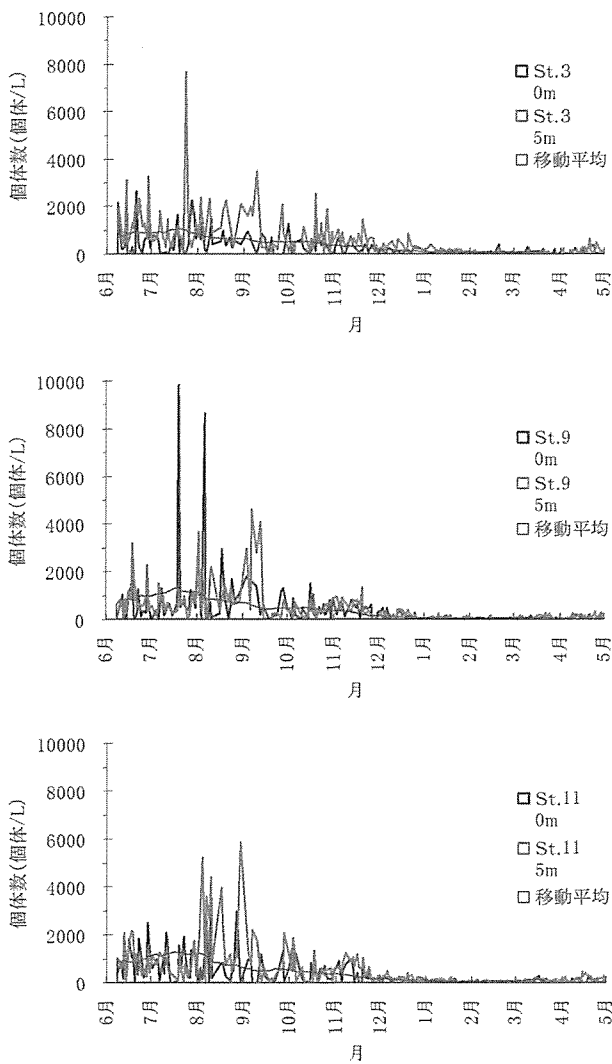


図2 出現個体数の日変動(0mと5m)と0mと5mの平均値より求めた移動平均(30日)

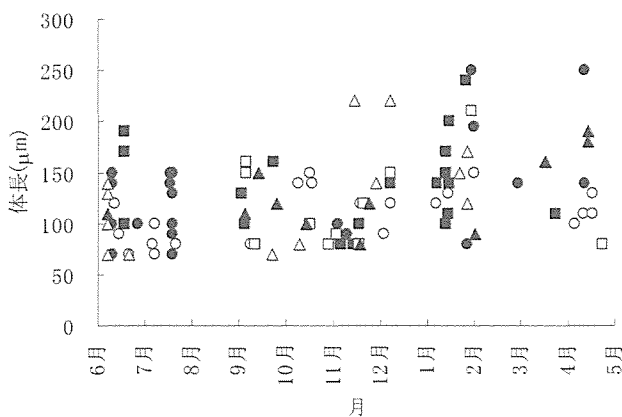


図3 かいあい類ノープリウス幼生の体長の変動 (●: St. 3-0m, ○: St. 3-5m, ■: St. 9-0m, □: St. 9-5m, ▲: St. 11-0m, △: St. 11-5m)

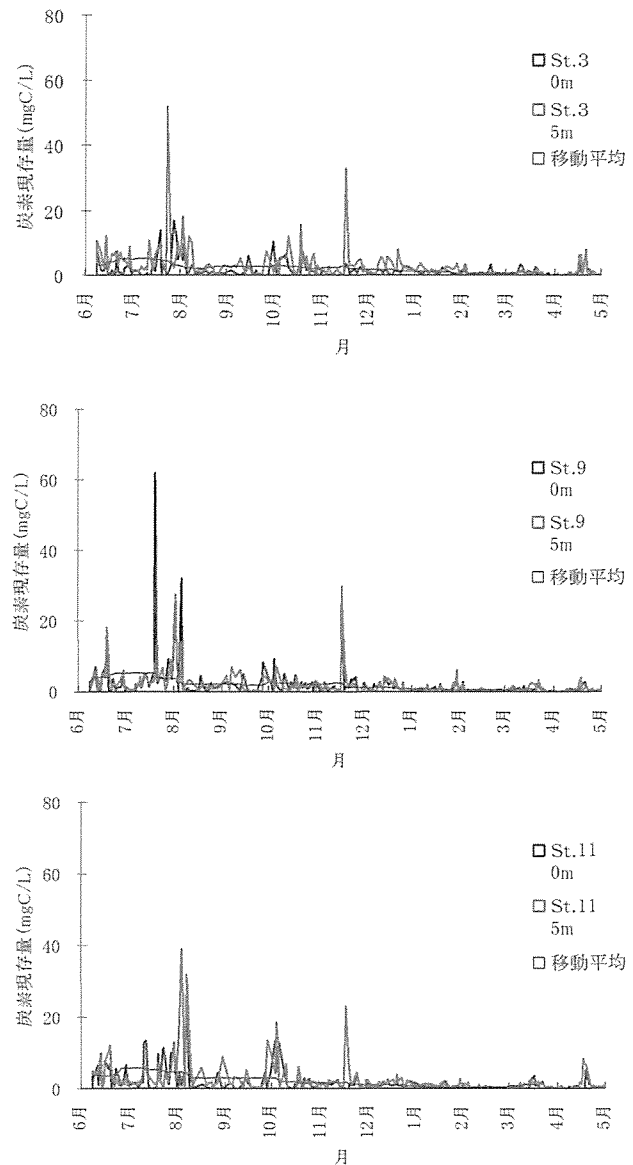


図4 炭素現存量の日変動(0mと5m)と0mと5mの平均値より求めた移動平均(30日)

大きなサイズのノープリウス幼生が出現したのは、St. 3では2月上旬、St. 9では1月下旬、St. 11では11月下旬であった。体長が200 μm 以上であった7個体を除いて、出現した全てのノープリウス幼生の体長は70 μm から200 μm の範囲にあった(図3)。

サイズ計測を行わなかった日の炭素現存量については、サイズ計測結果から日間の平均炭素含有量を算出し、これに個体数を乗じて求めた(図4)。最も炭素現存量が高かったのは、7月20日のSt. 9で62 $\mu\text{gC/L}$ であった。St. 3とSt. 11では、それぞれ7月

に 52 $\mu\text{gC/L}$ 、8月に 39 $\mu\text{gC/L}$ で共に 5 m で最大値を示した。炭素現存量の年間平均をみると、St. 3 の 0 m で 3 $\mu\text{gC/L}$ 、5 m で 6 $\mu\text{gC/L}$ 、0 m と 5 m の平均は 5 $\mu\text{gC/L}$ であった。同様に St. 9 と St. 11 では、それぞれ、0 m で 4 $\mu\text{gC/L}$ 、4 $\mu\text{gC/L}$ 、5 m で 4 $\mu\text{gC/L}$ 、6 $\mu\text{gC/L}$ 、0 m と 5 m の平均で 4 $\mu\text{gC/L}$ 、5 $\mu\text{gC/L}$ であり、St. 9 を除き St. 3 と St. 11 で 0 m より 5 m で炭素現存量の平均値は多かった。炭素現存量から求めた移動平均(30日)をみると、炭素現存量はいずれの測点でも 6 月から 8 月に多く、3 $\mu\text{gC/L}$ から 6 $\mu\text{gC/L}$ の範囲で、その後春に向けて徐々に減少する傾向がみられ、測点間による違いはみられなかった(図 4)。

考察

今回の調査の結果、個体数の年間平均値はいずれの測点においても 5 m で多かった。これらは、5 m 層で高密度にかいあし類ノープリウス幼生が出現する鉛直分布がみられた野村ら(1992)の1989年の調査結果と一致していた。また、野村ら(1992)による個体数の年間平均値は 566 個体/L であり、今回は St. 3、St. 9、St. 11 で 441 個体/L から 469 個体/L を示したことから、ほぼ同様な結果であったと考えられる。さらに、6 月から 8 月に高密度に分布する結果も同様の傾向であった。0 m と 5 m の個体数の年間平均値の差は St. 3 で最も大きく、St. 9 で最も差がみられなかった(表 1)。また、St. 3 の 0 m において個体数の標準偏差が最も小さく、St. 9 の 0 m で最も大きかった(表 1)ことで、St. 3 の 0 m で最も個体数の変動幅が小さく、St. 9 の 0 m で最も個体数が変動していたと考えられる。このことから St. 9 が東京湾の湾奥の中でも、最も湾口部付近に位置し、海流の流れの影響を受けた結果、0 m と 5 m との間にあまり差がみられず、また、個体数の日変化も変動が大きく、最も湾奥に位置する St. 3 で変動幅が小さく、海水が最も停滞していたものと推測する。

今回の日変化を追う調査を行った結果、これまで月 1 回の調査で得られた結果をもとに求めたかいあし

類ノープリウス幼生の年間での個体数(野村ら,1992)をより確実な値として示すことができた。さらに、年間の変動に注目するにあたって、月に 1 回のサンプリングの有意性を裏付ける結果を示すことができたのではないと思われる。

一方、日々測定した個々の値についてみると、個体数の最大値は野村ら(1992)の 1990 年 6 月で 2208 個体/L であった。本調査で得られた個体数は 9840 個体/L と 1990 年 6 月の個体数をかなり大きく上回った値であった。また、209 日間で 26 日の 35 測点において、野村らの報告している最大値を超えるの個体数が出現し、特に 8 月の調査では 16 日間のうち 13 日もの間、野村らの最大値以上の個体数がいずれかの測点で出現した。209 日という毎日の日変動に注目した結果、これまで報告されてきたかいあし類ノープリウス幼生の約 4 倍もの個体数が実際に出現することを確認することができた。また、その傾向は夏の間、特に 5 m で比較的頻繁に起こりやすいといえる。さらに、毎日の変動をみると、夏から秋にかけて個体数の変動幅は大きく、冬から春にかけて小さくなることが明らかとなった。

かいあし類ノープリウス幼生のサイズ計測により、6 月から 9 月に 70 μm と小型のサイズが多く出現し、最大サイズでは、7 月から 11 月まで 200 μm を越えるものは、出現しなかった。一方、11 月以降には 200 μm を超える大きなノープリウス幼生が出現するなど、夏に個体の大きさが小さく、冬から春にかけて大きい個体が出現し、多様な組成になる季節的変動がみられた。しかし一方で、ほぼ一年中、70 μm から 200 μm までの様々な体長の個体が出現し、サイズの増減に漸次的な日変動は認められなかった。

かいあし類ノープリウス幼生の約 90% は *Oithona davisae* によって占められていると報告されている(野村ら,1992)。今回の調査で確認されたかいあし類は、ノープリウス幼生について *Oithona davisae*、*Oithona davisae* のコペポライト期、*Acartina omorii* が優占していた。かいあし類ノープリウス幼生と

Oithona davisae や、*Oithona davisae* のコペポダイト期の個体数の日変化を比較すると、かいあし類ノープリウス幼生と類似した挙動を示し、特に夏から秋にかけて *Oithona davisae* とそのコペポダイト期が優占すると共にノープリウス幼生と同様の傾向がみられた。このことから、かいあし類ノープリウス幼生の変動は、特に夏から秋の時期において、*Oithona davisae* の挙動を反映したものであらうと考えられる。

Acartina omorii は 11 月から出現し、4 月に急激に増加する傾向がみられた。*Acartina omorii* の世代交代の時間は 30 日から 45 日とされている(野村, 1996)。今回の調査は採水法のため、個体サイズの大きい *Acartina omorii* などのネット動物プランクトンの個体数については定量性に欠けると思われるが、11 月下旬から春にかけて、出現した 200 μm 以上の大型のかいあし類ノープリウス幼生の挙動は *Acartina omorii* の出現に関係があるのかもしれない。

近年、地球温暖化に伴った動物プランクトン現存量の減少が報告され、中でも水温上昇によるかいあし類現存量の減少が指摘されている(中田, 2001)。東京湾においても中・大型動物プランクトンが主体であった 1948 年と比較し、1970 年には小型かいあし類の *Oithona* や *Microsetella* 主体の群集へと大きく変化している(丸茂・村野, 1973)。極度に富栄養化が進行した東京湾では、1980 年代以降 *Microsetella* の比率が減少し、*Oithona* の優占度が高まるほか、微小動物プランクトンの出現頻度が高くなると報告されている(野村ら, 1992)。さらに、近年ミズクラゲが大量に発生するようになり社会的な問題ともなっている(石井, 2001)。東京湾の富栄養化に伴うプランクトンの小型化といった種組成の変化が起きているなか、今後の推移を見る上で微小動物プランクトンの挙動を把握することは重要であると考えられる。今後、環境変化に伴い変化していくであらう東京湾の動物プランクトン群集組成を調査するにあたって、一つの情報源となることを期待する。

参考文献

- 有賀祐勝 1997. 東京湾のプランクトン. 海洋と生物, 109: 103-108.
- 石井晴人 2001. 環境変動が沿岸海洋プランクトン生態系に及ぼす影響、特にミズクラゲ類の増大に関連して. Bull. Plankton Soc. Japan 48(1): 55-61.
- 平川和正・阪見智子・阿保勝之・高橋和史・谷村 篤 2006. 五ヶ所湾マダイおよびアコヤガイ養殖場におけるプランクトン群集 11 構造の季節遷移. 北海道区水産研究所研究報告, 17: 37-55.
- 一戸直之 1992. 東京湾の物質循環に果たす微小動物プランクトンの役割, 日本大学大学院農学研究科, 修士論文.
- 丸茂隆三・村野正昭 1973. 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移. うみ, 11: 70-80.
- 中田 薫・松川康夫・下田 徹・市川忠史 2001. 1996 年春季の沖縄本島周辺亜熱帯海域におけるカイアシ類現存量, 生産力およびサイズ組成. 中央水産研究所研究報告, 16: 75-92.
- 野村英明 1996. 内湾と外洋の相互作用 生物学からの視点「動物プランクトンを例として」. 沿岸海洋研究, 34: 25-35.
- 野村英明・石丸 隆・村野正昭 1992. 東京湾の微小動物プランクトンとその季節的消長. うみ, 30: 57-72.
- 高橋正征・古谷 研・石丸 隆 1996. 海洋生物学 1 プランクトンの分布/化学組成. 東海大学出版会.
- Takahashi, M. and K.D. Hoskins 1978. Water condition of marine plankton populations in Saanich Inlet, B.C., Canada. II. micro-zooplankton. J. exp. Biol. Ecol. 32: 27-37.
- 谷口 旭 1986. 沿岸環境調査マニュアル(底質・生物編). 日本海洋学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 191-198.