

小湊海域の動物プランクトン相 および炭素重量の算出に関する検討

新村 陽子・黒川 沙紀

1. はじめに

千葉県天津小湊沖における春季の動物プランクトン相については、1994年から行われてきた調査によって、その現存量・組成及びプランクトン群集内における炭素収支に関する知見等が得られている（例えば、塩谷ら, 2005; 武田ら, 2016）。

海洋の生態系の構成員としてプランクトンをみる場合、その現存量や生産を把握するために、顕微鏡下で生物の各部位を測定し、種・群ごとの炭素量を見積もる手法は現状では不可欠といえる（例えば、Uye & Shimazu, 1997; 中田ら, 2001）。この炭素換算した値は生態系内の炭素フローを考えるベースとなるため、換算式の選択は重要であるといえよう。にもかかわらず、1つの式を用いて概ね良好な値が得られると、他の式との差を検討する機会が業務上ではあまりないのが現状である。

そこで、本稿では、1) 小湊海域における動物プランクトン組成のデータを引き続き蓄積するとともに、2) 海洋においてしばしば優占群となる橈脚亜綱（以下、カイアン類）を対象に、複数の式を使用して炭素重量を換算した際の差について検討することを目的とした。

2. 材料と方法

動物プランクトン試料の採集は2019年4月17日に千葉県鴨川市小湊地先の2地点（St.1、St.2）において、北原式定量ネット（NXX13）を用い、水深10mから海面まで鉛直引きを各地点3回行った（図1）。

捕集したサンプルは室内に持ち帰り、適宜分割し、 $\geq 200\mu\text{m}$ と $200\sim 100\mu\text{m}$ のサイズに分画してそれ

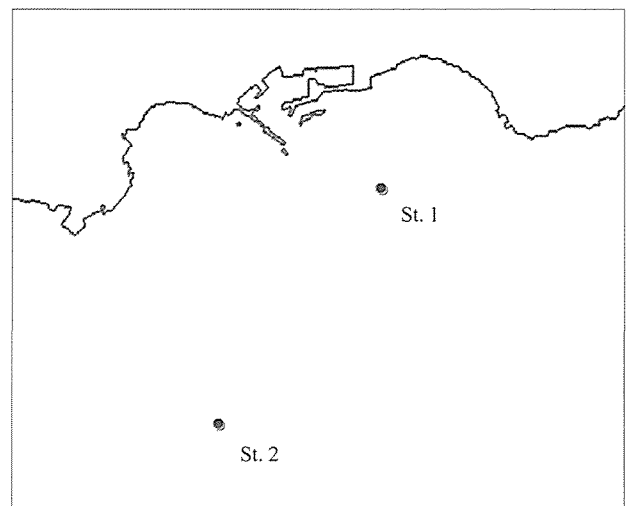


図1 調査地点

ぞれGF/Fフィルター上にろ過捕集した後、アルミホイルで遮光し、実験室に持ち帰るまで冷凍保存した。持ち帰った試料は酸処理を施してCHNコーダー（YANACO）で粒状有機炭素（POC）を原則triplicateで測定した。残りの試料は採集地において中性ホルマリンを最終濃度が約5%となるように加えて固定した。固定した試料は実験室に持ち帰り、懸濁物を沈殿させ、濃縮した。濃縮した試料を適当な濃度に希釈し、光学顕微鏡下で種ごとの同定・計数・測定を行った。同定は概ね千原・村野（1997）に則った。試料中には従属栄養生物の*Noctiluca scintillans*が多く確認されたため、計数対象とした。

動物プランクトンは体長等の測定を光学顕微鏡に接眼マイクロメーターを装着して行った。その測定値をもとに、既報の換算式（表1）に従って個体あたりの炭素重量（ $\mu\text{gC ind.}^{-1}$ ）を見積もり、種群ごとに個体数密度（ inds. m^{-3} ）を乗じて、炭素重量ベースの

表1 各生物群の体サイズと炭素重量との関係式 (式1)

Taxon	Conversion formulae	Source
肉質鞭毛虫		
<i>Noctiluca scintillans</i>	$CW (\mu\text{g}) = 2.3 \times 10^{-3} \times CV (\mu\text{m}^3)$	Nakamura (1998)
Globigerinidae	$CW (\mu\text{g}) = 0.089 \times V (\mu\text{m}^3)$	Gifford and Caron (2000)
繊毛虫		
<i>Tintinnopsis</i> spp.	$CW (\mu\text{g}) = (0.053 \times LV (\mu\text{m}^3) + 444.5) \times 10^{-6}$	日本海洋学会編 (1986)
<i>Stenosemella nivalis</i>	$CW (\mu\text{g}) = (0.053 \times LV (\mu\text{m}^3) + 444.5) \times 10^{-6}$	日本海洋学会編 (1986)
刺胞動物		
Hydroida	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -7.67 + 2.75 \log_{10} BD (\mu\text{m})$	Beers (1966) , 日本海洋学会編 (1986)
Siphonophora	$\log_{10} DW (\text{mg}) = -2.333 + 1.268 \times \log_{10} BH (\text{mm}) + 1.125 \times (\log_{10} BH (\text{mm}))^2$	Beers (1966) , Ikeda and Imamura (1996)
扁形動物		
Turbellaria (larva)	$CW (\mu\text{g}) = V (\mu\text{m}^3) \times 0.125 \times 0.285$	Beers (1966)
軟体動物		
Gastropoda (larva)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -5.10 + 2.46 \times \log_{10} SL (\mu\text{m})$	Beers (1966) , 日本海洋学会編 (1986)
環形動物		
Polychaeta (larva)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -5.68 + 2.10 \times \log_{10} BL (\mu\text{m})$	日本海洋学会編 (1986)
節足動物		
<i>Evadne nordmanni</i>	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -10.12 + 3.90 \times \log_{10} BL (\mu\text{m})$	日本海洋学会編 (1986)
Copepoda (adult/copepodite)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -9.07 + 3.26 \times \log_{10} BL (\mu\text{m})$	日本海洋学会編 (1986)
Copepoda (nauplius)	$CW (\text{ng}) = 1.51 \times 10^{-5} \times BL (\mu\text{m}) \times 2.94$	Uye <i>et al.</i> (1996)
毛顎動物		
<i>Sagitta crassa</i>	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = -0.553 + 2.79 \times \log_{10} BL (\text{mm})$	日本海洋学会編 (1986)
<i>Sagitta</i> spp. (juvenile)	$CW (\mu\text{g}) = DW \times 0.418$	日本海洋学会編 (1986)
尾索動物		
Ascidacea (tadpole larva)	$CW (\mu\text{g}) = V (\mu\text{m}^3) \times 0.125 \times 0.285$	Beers (1966)
<i>Oikopleura dioica</i>	$CW (\mu\text{g}) = 2.62 \times 10^{-8} \times TL (\mu\text{m}) \times 2.83$	Sato <i>et al.</i> (2001)
<i>Oikopleura</i> sp.	$CW (\mu\text{g}) = 2.62 \times 10^{-8} \times TL (\mu\text{m}) \times 2.83$	Sato <i>et al.</i> (2001)
脊椎動物		
Osteichthyes (egg)	$CW (\mu\text{g}) = V (\mu\text{m}^3) \times 0.125 \times 0.285$	Beers (1966)
不明		
unidentified larva (trochophora)	$CW (\mu\text{g}) = V (\mu\text{m}^3) \times 0.125 \times 0.285$	Beers (1966)

BD: body diameter; BH: bell height; BL: body length; CW: carbon weight; CV: cell volume; DW: dry weight; LV: Lorica volume; SL: shell length; TL: trunk length; V: Volume (rotational ellipsoid)

DW of various zooplankton groups were converted to carbon weight assuming that carbon content (%) after Beers (1966)

バイオマス ($\mu\text{gC m}^{-3}$) を推定した。

カイアシ類については全ての種類について体長を測定し、表1に記載した2つの式に従い、成体・コペポダイト期幼生及びノープリウス期幼生ごとに炭素重量に換算した (表1の式は以下式1と示す)。なお、カイアシ類は成長段階や分類群ごとに形態が大きく異なる。そのため、種や属レベルでの炭素換算式が報告されており、カラヌス目とキクロプス目においては前体部長を基準に換算する式となっている (表2)。そこで、体長と共に前体部長も同時に測定し、表2の式に従って炭素重量に換算した後 (表2の式は以下式2と示す)、式1と式2の換算結果を比較した。

3. 結果及び考察

3.1 動物プランクトンの組成

本調査2地点の各曳網回ごとに出現した生物の種名及び個体数を表3に示した。

本調査では節足動物23種、尾索動物3種、肉質鞭毛虫、繊毛虫、刺胞動物、毛顎動物が各2種、扁形動物、軟体動物 (巻貝の幼生)、環形動物、脊椎動物及び不明幼生が各1種出現した。総個体数はSt.1では曳網1回目: $3099 \text{ inds. m}^{-3}$ 、曳網2回目: $3733 \text{ inds. m}^{-3}$ 、曳網3回目: $4703 \text{ inds. m}^{-3}$ 、St.2では曳網1回目: $3860 \text{ inds. m}^{-3}$ 、曳網2回目: $3639 \text{ inds. m}^{-3}$ 、曳網3回目: $5346 \text{ inds. m}^{-3}$ であった。

本調査ではいずれもカイアシ類のノープリウス期

表2 節足動物門・橈脚亜綱(カイアシ類)の前体部長・体長と炭素重量との関係式(式2)

Taxon	Conversion formulae	Source
Copepods (adult/copepodite)		
Calanoida		
<i>Acartia</i> spp. (copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 3.08 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 8.51$	Uye (1982)
<i>Calanus</i> sp. (copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 2.64 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 7.00$	Uye (1982)
<i>Calocalanus</i> sp. (copepodite)	$\log_{10} WW (\mu\text{g}) = 2.772 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 6.488$	Shmeleva (1965)
<i>Clausocalanus</i> spp. (copepodite)	$\ln AFDW (\mu\text{g}) = 3.25 \times \ln PL (\mu\text{m}) - 19.65$	Chisholm and Roff (1990)
<i>Paracalanus parvus</i>	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 3.128 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 8.451$	Uye (1982)
<i>Paracalanus</i> spp. (copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 3.128 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 8.451$	Uye (1982)
Paracalanidae (copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 3.128 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 8.451$	Uye (1982)
Cyclopoida		
<i>Oithona longispina</i>	$\ln DW (\mu\text{g}) = 1.68 \times \ln PL (\mu\text{m}) - 10.20$	Webber and Roff (1995)
<i>Oithona nana</i> (adult/copepodite)	$\log_{10} AFDW (\mu\text{g}) = 3.16 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 8.18$	Hopcroft <i>et al.</i> (1998)
<i>Oithona similis</i> (adult/copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 1.45 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 4.25$	Uye (1982)
<i>Oithona</i> spp. (copepodite)	$\log_{10} CW (\mu\text{g}) = 1.45 \times \log_{10} PL (\mu\text{m}) - 4.25$	Uye (1982)
Harpacticoida		
<i>Microsetella norvegica</i>	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.88 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 7.59$	日本海洋学会編 (1986)
<i>Euterpina acutifrons</i> (adult/copepodite)	$DW (\mu\text{g}) = 8.148 \times 10^{-8} \times PL (\mu\text{m}) 2.736$	Ara (2001)
Harpacticoida (adult/copepodite)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.88 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 7.59$	日本海洋学会編 (1986)
Poecilostomatoida		
<i>Corycaeus affinis</i>	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.43 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 6.45$	日本海洋学会編 (1986)
<i>Corycaeus speciosus</i>	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.43 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 6.45$	日本海洋学会編 (1986)
<i>Corycaeus</i> spp. (copepodite)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.43 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 6.45$	日本海洋学会編 (1986)
Oncaidae (copepodite)	$\log_{10} DW (\mu\text{g}) = 2.25 \times \log_{10} BL (\mu\text{m}) - 5.59$	日本海洋学会編 (1986)

CW: carbon weight; DW: dry weight; AFDW: ash free dry weight; WW: wet weight; PL: plosome length; BL: Body length
 DW and AFDW of copepods were converted to carbon weight assuming that carbon corresponds to 50% DW and 45% AFDW
 (Jimenez-Perez and Lavaniegos, 2004)

幼生が卓越して出現した。過去の調査結果においても、カイアシ類のノープリウス期幼生が卓越する傾向が認められると共に、外洋性・黒潮指標種も散見されている(平田ら, 2004; 藤井・小海, 2015; 武田ら, 2016)。例えば、平田ら(2004)では暖水性の*Fritillaria pellucida*、黒潮で確認される暖水性の*Oikopleura longicauda*や沿岸から外洋性に広く分布する*Oithona fallax*が確認された。藤井・小海(2015)では暖水性の*F. pellucida*や*O. longicauda*が、武田ら(2016)では*O. longicauda*がそれぞれ確認された。本調査では沿岸から外洋まで広く分布する*Oithona similis*や*Oithona nana*と共に暖海性・外洋種である*Oithona longispina*が確認され、沿岸性から外洋性の種類まで広く出現する点は過去の結果と類似していた。

分類群別の個体数及び全体の個体数に占める割合(以下、組成比率)の平均値を表4に、カイアシ類の

分類群別個体数及び組成比率の平均値を表5にそれぞれ示した。個体数は標準偏差を併せて示した。

全ての曳網回において、最も優占した分類群は節足動物門であり、その組成比率はSt.1では91.4%、St.2では85.5%であった。特にカイアシ類の占める割合は高く、その個体数(組成比率)はSt.1では3518 inds.m⁻³(91.2%)、St.2では3634 inds.m⁻³(85.1%)であった。ノープリウス期幼生を除くと、カラヌス目とキクロプス目に属する種類が相対的に多く、それらの個体数(組成比率)は、St.1ではそれぞれ530 inds.m⁻³(13.6%)、423 inds.m⁻³(11.1%)、St.2ではそれぞれ1609 inds.m⁻³(36.9%)、551 inds.m⁻³(13.0%)であった。地点間の組成を比べると、キクロプス目の個体数はほぼ同程度であったのに対して、カラヌス目の個体数はSt.2において多かった。ハルパクチクス目やポエキロストム目の個体数は100 inds.m⁻³未満と

表3 小湊海域における動物プランクトン組成

採取日: 2019年4月17日

採取方法: 北原・鉛直曳 (10m)

単位: inds. m⁻³

門	種名	地点		St. 1			St. 2		
		曳網回	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	
肉質鞭毛虫	<i>Noctiluca scintillans</i>		195	214	106	322	312	578	
	Globigerinidae			25	30	50	40	63	
繊毛虫	<i>Tintinnopsis</i> spp.			6			10		
	<i>Stenosemella nivalis</i>				8				
刺胞動物	Hydroida		6			10		13	
	Siphonophora						20	75	
扁形動物	Turbellaria (larva)		6	6					
軟体動物	Gastropoda (larva)			6			10	38	
環形動物	Polychaeta (larva)		19	38	30		10	13	
節足動物	<i>Evadne nordmanni</i>					10		13	
	<i>Acartia</i> spp. (copepodite)		63	113	174	30	40		
	<i>Calanus</i> sp. (copepodite)		6			50	10	50	
	<i>Calocalanus</i> sp. (copepodite)		13	19	8	30	20	38	
	<i>Clausocalanus</i> spp. (copepodite)						10	13	
	<i>Paracalanus parvus</i>					30		25	
	<i>Paracalanus</i> spp. (copepodite)		245	371	521	1348	1046	2087	
	Paracalanidae (copepodite)		44	13					
	<i>Oithona longispina</i>							13	
	<i>Oithona nana</i>		19	19	30	40	30	25	
	<i>Oithona similis</i>		13	6	30	20	40	38	
	<i>Oithona nana</i> (copepodite)		19	13	38	70	70	113	
	<i>Oithona similis</i> (copepodite)		321	327	423	392	362	440	
	<i>Oithona</i> spp. (copepodite)		6	6					
	<i>Microsetella norvegica</i>					10		13	
	<i>Euterpina acutifrons</i>			6					
	<i>Euterpina acutifrons</i> (copepodite)				8				
	Harpacticoida		6	6					
	<i>Corycaeus speciosus</i>							13	
	<i>Corycaeus</i> spp. (copepodite)			31		10	10	50	
	Oncaeidae (copepodite)		13	6	75	10		25	
	Copepoda (nauplius)		2031	2396	3116	1308	1489	1484	
	Balanomorpha (nauplius)		6	6	8	20			
毛顎動物	<i>Sagitta crassa</i>							13	
	<i>Sagitta</i> spp. (juvenile)		6	6		10	20		
尾索動物	Asciacea (tadpole larva)		6						
	<i>Oikopleura dioica</i>		31	82	75	80	20	113	
	<i>Oikopleura</i> spp.			6			60		
脊椎動物	Osteichthyes (egg)						10		
-	unidentified larva (trochophora)		25	6	23	10			
	合計 個体数		3099	3733	4703	3860	3639	5346	

少なく、両地点における組成比率は1% 未満であった。

優占種の個体数、変動係数及び組成比率を表6に示した。個体数は標準偏差も併せて示した。

先にも述べたが、両地点においてカイアシ類のノー

プリウス期幼生が優占し、特にSt.1で卓越した。更に両地点で*Paracalanus*属のコペポダイト期幼生と*Oithona similis*のコペポダイト期幼生が多く、St.2における*Paracalanus*属のコペポダイト期幼生はカイアシ類のノープリウス期幼生とほぼ同程度の組成比で

表4 分類群別の個体数と組成比率

分類群	地点	個体数 (inds.m ⁻³)		組成比率 (%)	
		St.1	St.2	St.1	St.2
肉質鞭毛虫門 (<i>Noctilca</i>)		172 ± 57.7	404 ± 150.8	4.8	9.2
肉質鞭毛虫門 (<i>Globigerinidae</i>)		18 ± 16.1	51 ± 11.5	0.4	1.2
繊毛虫門		5 ± 4.2	3 ± 5.8	0.1	0.1
刺胞動物門		2 ± 3.5	39 ± 42.4	0.1	0.8
へん形動物門		4 ± 3.5	—	0.1	—
軟体動物門		2 ± 3.5	16 ± 19.7	0.1	0.3
環形動物門		29 ± 9.5	8 ± 6.8	0.7	0.2
節足動物門		3525 ± 828.9	3648 ± 697.0	91.4	85.5
毛がく動物門		4 ± 3.5	14 ± 5.1	0.1	0.3
原索動物門		67 ± 26.5	91 ± 19.1	1.7	2.1
脊つい動物門		—	3 ± 5.8	—	0.1
不明幼生		18 ± 10.4	3 ± 5.8	0.5	0.1

表5 カイアシ類の分類群別個体数と組成比率

分類群	地点	個体数 (inds.m ⁻³)		組成比率 (%)	
		St.1	St.2	St.1	St.2
カラス目		530 ± 166.4	1609 ± 553.5	13.6	36.9
キクロプス目		423 ± 84.7	551 ± 68.3	11.1	13.0
ハルパクチクス目		9 ± 3.1	8 ± 6.8	0.2	0.2
ポエキロストム目		42 ± 31.3	39 ± 42.4	1.0	0.8
カイアシ類のノープリウス期幼生		2514 ± 552.1	1427 ± 103.1	65.3	34.2
カイアシ類 合計		3518 ± 827.8	3634 ± 695.6	91.2	85.1

表6 優占種の平均個体数、変動係数と組成比率

種名	地点	個体数 (inds.m ⁻³)		変動係数 (%)		組成比率 (%)	
		St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2
カイアシ類のノープリウス期幼生		2514 ± 552.1	1427 ± 103.1	22.0	7.2	65.3	34.2
<i>Paracalanus</i> 属のコペポダイト期幼生		379 ± 138.2	1494 ± 535.6	36.5	35.9	9.6	34.2
<i>Oithona similis</i> のコペポダイト期幼生		357 ± 57.2	398 ± 39.3	16.0	9.9	9.4	9.4
<i>Noctiluca scintillans</i>		172 ± 57.7	404 ± 150.8	33.6	37.3	4.8	9.2

出現した。また、両地点において *Noctiluca scintillans* が多く、St.1における組成比率は5%前後であったが、St.2においては9.2%に達した。優占種における個体数の変動係数(標準偏差を平均値で割って標準化した値)でバラツキを比較すると、相対的に *Paracalanus* 属のコペポダイト期幼生と *Noctiluca scintillans* で大きく、カイアシ類のノープリウス期幼生と *Oithona similis* のコペポダイト期幼生で小さい傾向が認められた。その理由は明確ではないが、生物のサイズ等によってバラツキが変わる可能性がある。

3.2 動物プランクトン、特にカイアシ類の炭素重量

2地点でネット上に捕集された粒状有機炭素量を表7、確認された動物プランクトンの分類群別の炭素

重量を表8、カイアシ類の分類群別の炭素重量及び組成比率を表9及び図2に示した。炭素重量は標準偏差も併せて示した。

まず、初めに、GF/F上に捕集されたPOC($\mu\text{g Cm}^{-3}$)はSt.1では6100 $\mu\text{g Cm}^{-3}$ 、St.2では7179.3 $\mu\text{g Cm}^{-3}$ であった。 $\geq 200\mu\text{m}$ 画分の占める割合はSt.1では24.6%、St.2では61.0%であった(表7)。また、推定した動物プランクトンの総炭素重量はSt.1では649.5 $\mu\text{g Cm}^{-3}$ 、St.2では1204.4 $\mu\text{g Cm}^{-3}$ であった(表8)。POCに占める動物プランクトンの占める割合はSt.1では11.8%、St.2では16.3%であり、動物プランクトン以外に由来するPOCの割合が多勢を占めた。一方、POCの $\geq 200\mu\text{m}$ 画分の占める割合が多かったSt.2では *Paracalanus* 属のコペポダイト期幼生が多

表7 ネット上に捕集された粒状有機炭素 (POC)

	POC ($\mu\text{g C m}^{-3}$)		サイズ別組成比率 (%)	
	St.1	St.2	St.1	St.2
$\geq 200 \mu\text{m}$ 画分	1213.8	3573.6 \pm 1189.7	24.6	61.0 \pm 4.5
200 \sim 100 μm 画分	3730.3	2242.4 \pm 533.6	75.4	39.0 \pm 4.5
総炭素重量	4944.0	5816.1 \pm 1683.9	-	-

表8 分類群別の炭素重量 ($\mu\text{g C m}^{-3}$)

分類群	式地点	式1		式2	
		St.1	St.2	St.1	St.2
肉質鞭毛虫門 (<i>Noctilca</i>)		22.6 \pm 6.0	42.2 \pm 18.0	-	-
節足動物門		609.6 \pm 196.8	1099.8 \pm 580.6	683.8 \pm 231.6	1557 \pm 930.5
原索動物門		8.7 \pm 4.3	8.1 \pm 2.3	-	-
その他		8.6 \pm 3.9	54.3 \pm 60.2	-	-
総炭素重量 ($\mu\text{g C m}^{-3}$)		649.5 \pm 185.6	1204.4 \pm 584.8	723.7 \pm 221.3	1661.6 \pm 931.9

表9 カイアシ類の分類群別炭素重量および組成比率

分類群	式地点	分類群別炭素重量 ($\mu\text{g C m}^{-3}$)				炭素重量における分類群別の組成比率 (%)			
		式1		式2		式1		式2	
		St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2
カラヌス目		138.1 \pm 73.2	568.9 \pm 360.8	222.8 \pm 117.1	1067.9 \pm 723.3	20.3	45.4	29.2	60.8
キクロプス目		141.9 \pm 69.1	176.3 \pm 37.7	97.9 \pm 26.9	125.5 \pm 21.2	21.4	15.8	13.7	8.4
ハルパクチクス目		3.2 \pm 3.5	1.6 \pm 0.1	4.2 \pm 3.5	5.3 \pm 0.5	0.5	0.1	0.6	0.2
ポエキロストム目		7.2 \pm 3.9	103.8 \pm 176.7	40 \pm 31.6	110.5 \pm 179.7	1.1	5.6	5.0	4.3
カイアシ類のノープリウス期幼生		317.8 \pm 62.5	244.2 \pm 35.1	317.8 \pm 62.5	244.2 \pm 35.1	49.7	22.8	44.5	16.9
カイアシ類の合計		608.3 \pm 196.7	1094.3 \pm 581.2	682.7 \pm 231.6	1551.6 \pm 931.1	93.0	89.8	93.0	90.6

かったことから、サイズ画分の組成はカイアシ類の優占種群を反映しているように推察された。

次いで組成比率の大きかったカイアシ類の総炭素重量における換算式による差を検討した (表9)。式1を用いた場合、St.1では608.3 $\mu\text{g C m}^{-3}$ 、St.2では1094.3 $\mu\text{g C m}^{-3}$ であった。一方、式2 (種群別に異なる複数の換算式)を用いると、St.1では682.7 $\mu\text{g C m}^{-3}$ 、St.2では1551.6 $\mu\text{g C m}^{-3}$ であった。換算結果を比べると、式1を用いた場合にカイアシ類の総炭素重量はやや小さく見積もられたが (図2)、両者の間に有意差は認められなかった。

最も個体数の多かったカイアシ類のノープリウス期幼生の炭素重量 (組成比率) はSt.1では317.8 $\mu\text{g C m}^{-3}$ (49.7%)、St.2では244.2 $\mu\text{g C m}^{-3}$ (22.8%)であった。さらに優占種を含むカラヌス目とキクロプス目についても式1、式2それぞれの式を用いて炭素重量を比較してみた (表9、図2)。総じて式1を用いた場合にカラヌス目は小さく、キクロプス

目は炭素重量が大きく見積もられる傾向があり、特にSt.2のキクロプス目においては式による有意差が認められた (one sample *t* test, $P < 0.05$)。一方、カラヌス目の炭素重量では換算式による有意差は確認されなかった。

そこで組成比率の大きかったカラヌス目の *Paracalanus* 属のコペポダイト期幼生とキクロプス目の *Oithona similis* のコペポダイト期幼生について、個体あたりの炭素重量の式による差を比較した (表10)。その結果、両者ともに式による有意差が認められた (one sample *t* test, $P < 0.05$)。また、両種の体長の平均値がほぼ等しいため、式1で推定した個体あたりの炭素重量はほぼ等しかったのに対し、前体部長をもとに式2を用いて換算した両種の個体あたりの炭素重量では明らかに *Paracalanus* 属のコペポダイト期幼生で大きかった。更に *Oithona similis* のコペポダイト期幼生では式1における炭素重量の推定値を1とした場合、式2では0.79と小さく評価された一方、

Paracalanus 属のコペポダイト期幼生では式1における炭素重量の推定値を1とした場合、式2では1.88と大きく評価されることも明らかとなった。

式1ではキクロプス目が、式2ではカラヌス目の炭素重量が大きく見積もられる影響は本調査でも出ていた。特に着目したいのはカラヌス目とキクロプス目の個体数がほぼ同程度であったSt.1の結果である。炭素重量を推定する際に式1を用いた場合では総炭素重量に占める割合がキクロプス目で21.4%とカラヌス目の20.3%を超えたのに対し、式2を用いて炭素重量を推定した場合、総炭素重量に占める割合がキクロプス目で13.7%と小さくなり、その分カラヌス目の割合が29.2%と大きくなった(表9)。すなわちカラヌス目とキクロプス目がほぼ同じ個体数で出現した場合、用いる換算式によって、炭素重量が過大あるいは過小評価となり、炭素ベースでの優占分類群の順位に影響を

与えかねないことを示唆している。

以上の結果をまとめると次のようになる。1) 換算式によるカイアシ類の分類群ごとの炭素重量の推定値に統計的な有意差はほとんど認められなかった。これはn数の問題もあり、式の影響は無視できる程に軽微ではないと考える。ただし、2) カイアシ類全体の炭素重量を求めることを目的とするならば、今回用いたいずれの式を用いても大きな差がないことを結果は示していた。その一方で、3) カイアシ類の詳細な分類群ごとの炭素重量を評価することを目的とする場合には形態に即した計算式を用いるのが望ましいであろう。以上3点を踏まえつつ、特にカイアシ類の目や科レベルで炭素重量を扱う際には、顕微鏡下で測定しつつ炭素重量を推定する分析者はもちろんとして、推定された炭素重量の値を様々な文献などから引用して同じ次元で用いる際にも、どの計算式を用い、どこを測定して、炭素重量を求めたものか、その算出過程に留意する必要があることを申し添えたい。

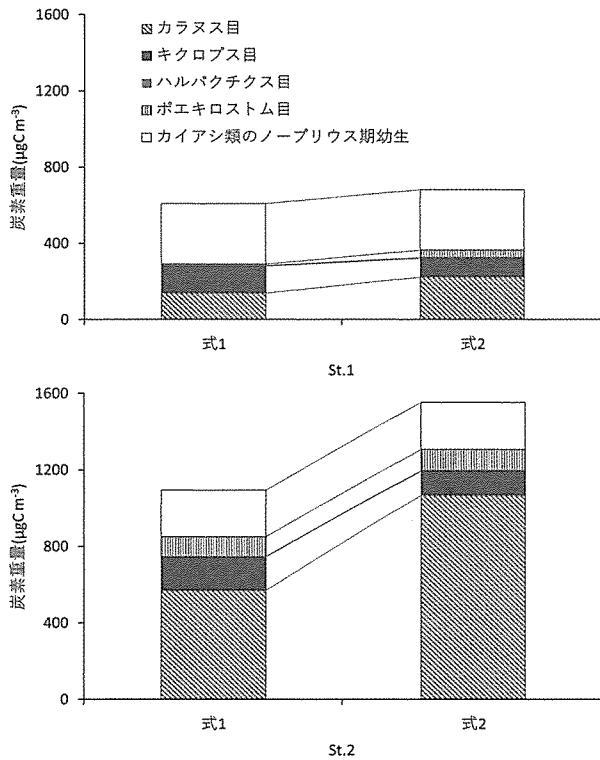


図2 カイアシ類の式別推定炭素重量の平均値

参考文献

Ara, K. 2001. Length-weight relationships and chemical content of the planktonic copepods in the Cananeia Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Plankton Biology and Ecology*, 48: 121-127.

Beers, J. R. 1966. Studies on the chemical composition of the major zooplankton groups in the Sargasso Sea off Bermuda. *Limnology and Oceanography*, 11: 520-528.

千原光男・村野正昭(編) 1997. 日本産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会. p1574.

Chisholm, L. A. and Roff, J. C. 1990. Size-weight relationships and biomass of tropical off Kingston, Jamaica. *Marine Biology*, 106: 71-77.

藤井大樹・小海菜梨絵. 2015. 天津小湊海域における春季のプランクトン相. 株式会社日本海洋生物研究所 2015年年報, 18-22.

Gifford, D. J. and Caron, D. A. 2000. Sampling, preservation, enumeration and biomass of marine protozooplankton. In: Harris, R. P., Wiebe P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., and Huntley, M. (eds.), *ICES Zooplankton methodology manual*. Academic Press. 193-221.

平田淳洋・水谷悦子・Zielinski, S. 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, 株式会社日本海洋生物研究所 2004年年報, 19-30.

Hopcroft, R. R., Roff, J. C. and Lombard, D. 1998. Production of tropical copepods in Kingston Harbor, Jamaica: the importance of small species. *Marine Biology*, 130: 593-604.

Ikeda, T., and Imamura, A. 1996. Abundance, vertical distribution

表10 優占種で示す個体あたり炭素重量の換算式による差

	n	体長 (µm)	前体部長 (µm)	個体あたりの炭素重量 (µgC ind. ⁻¹)	
				式1	式2
<i>Paracalanus</i> 属のコペポダイト期幼生	180	480.5 ± 60.2	362.7 ± 34.7	0.26 ± 0.09	0.49 ± 0.18
<i>Oithona similis</i> のコペポダイト期幼生	180	475.0 ± 21.5	297.0 ± 13.4	0.28 ± 0.06	0.22 ± 0.01

- and life cycle of the hydromedusa *Aglantha digitale* in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 43: 31–43.
- Jimenez-Perez, L. C. and Lavaniegos, B. E. 2004. Change in dominance of copepods off Baja California during the 1997–1999 El Nino and La Nina. *Marine Ecology Progress Series*, 277: 147–165.
- Nakamura, Y. 1998. Growth and grazing of a large heterotrophic dinoflagellate, *Noctiluca scintillans*, in laboratory cultures. *Journal of Plankton Research*, 20: 1711–1720.
- 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.
- 日本海洋学会(編) 1986. 沿岸環境調査マニュアル[底質・生物編]. 恒星社厚生閣. 184–191.
- Sato, R., Tanaka, Y. and Ishimaru, T. 2001. House production by *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) under laboratory conditions. *Journal of Plankton Research*, 23: 415–423.
- Shmeleva, A. A. 1965. Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic Sea. *Bulletin de l'institut Oceanographique* 65(1351): 1–24.
- 塩谷 剛・橋本 絢・小海茉莉絵. 2005. 新人研修報告-天津小湊海域の低次食物連鎖構造について-. 株式会社日本海洋生物研究所 2005年年報, 6–15.
- 武田尚也・武田ちはる・藤井大樹. 2016. 小湊海域のプランクトン相. 株式会社日本海洋生物研究所 2016年年報, 14–19.
- Uye, S. 1982. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *Journal of the Oceanographic Society of Japan*, 38: 149–158.
- Uye, S., Nagano, N., and Tamaki, H. 1996. Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of microzooplankton in the Inland Sea of Japan. *Journal of Oceanography*, 52: 689–703.
- Uye, S. and Shimazu, T. 1997. Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of meso- and macrozooplankton in the Inland Sea of Japan. *Journal of the Oceanographic Society of Japan*, 53, 529–538.
- Webber, M. K. and Roff, J. C. 1995. Annual biomass and production of the oceanic copepod community off Discovery Bay, Jamaica. *Marine Biology*, 123, 481–495.