

駿河湾三保沖における毛顎類の季節的消長 —駿河湾奥部における動物プランクトン群集の季節的遷移

伊東 宏*¹・水島 毅*²・久保田 正*³

Seasonal Occurrence of Chaetognaths off Miho Key, Suruga Bay, Central Japan in Addition to Seasonal Succession of Zooplankton Assemblage in Inner Part of Suruga Bay

Hiroshi ITOH, Takeshi MIZUSHIMA and Tadashi KUBOTA

Abstract

Seasonal occurrence of chaetognaths was investigated on the basis of 47 samples taken from April 1979 to June 1980 at a station off Miho Key in Suruga Bay, central Honshu, Japan. Samples were obtained by vertical hauls from 30-m depth to the surface with a Norpac net.

A total of 15 species, representing eight genera of three families were identified. The chaetognath assemblage was characterized by the high abundance of a single neritic species from spring to summer and the high species diversity from summer to autumn.

Among them, 11 species occurred in more than 10% frequency and were grouped into the following four types on the basis of their seasonal occurrence:

- (1) Summer–Autumn Type: relatively abundant from summer to early autumn and mostly disappeared in December. The abundance positively correlated with water temperature in all species. Inlet water species: *Aidanosagitta crassa* f. *naikaiensis*. Oceanic species: *A. neglecta*, *Ferosagitta ferox*.
- (2) Summer–Winter Type: relatively abundant from summer to winter and occurred until early in January. The abundance positively correlated with water temperature in all species. All species were oceanic forms: *Aidanosagitta regularis*, *Ferosagitta robusta*, *Flaccisagitta enflata*, *Zonosagitta pulchra*.
- (3) Autumn–Spring Type: relatively abundant from late autumn to spring. The abundance negatively correlated with water temperature in one species and positively correlated with salinity in two species. All species were oceanic forms: *Serratosagitta pacifica*, *Pterosagitta draco*, *Mesosagitta minima*.
- (4) Spring–Summer Type: relatively abundant from May to July. The abundance positively correlated with water temperature and negatively correlated with salinity. A single neritic species: *Zonosagitta nagae*.

The differences in the seasonal occurrence among the oceanic species can be explained by the optimum temperature and the vertical distribution of each species. On the other hand, the high abundance of the neritic species, *Z. nagae* from May to July can be explained by the seasonal abundance of prey, calanoid copepod.

Also, the seasonal succession of zooplankton assemblage in the inner part of Suruga Bay was summarized on the basis of the present result and previous reports dealt with copepods and appendicularians collected by a same Norpac net.

緒 言

海洋における動物プランクトンの季節的消長は、20世紀初頭から世界の各海域で研究の対象とされてきた (Raymont,

1963参照)。日本近海のそれについて北方海域から概観すると、日本海羽幌沖 (服部・津村, 1990), 忍路湾 (元田, 1971), 噴火湾 (土肥, 1982; 平川, 1984; Shiga, 1985), 富山湾 (Hirakawa *et al.*, 1992), 大槌湾 (会沢, 1980), 東京湾 (野村・村野, 1992), 相模湾 (木立・木幡, 1971),

2006年10月7日受理

*1 株式会社 水土舎 (Suidosha Co. Ltd., 8-11-11 Ikuta, Tama-Ku, Kawasaki, 214-0038, Japan)

*2 東海大学海洋学部水産学科講師 (School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-Ku, Shizuoka, 424-8610, Japan)

*3 東海大学海洋学部水産学科元教授, 現在東海大学海洋学部非常勤講師 (School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-Ku, Shizuoka, 424-8610, Japan)

田辺湾 (山路, 1959), 瀬戸内海 (Hirota, 1961), 志々伎湾 (上田, 1982), 鹿児島湾 (藤井・税所, 1973) などにおける研究が挙げられる。これらの結果, 地理的地形的特徴に応じた種組成とその季節的消長が明らかとなり, 各海域における生物生産の特性の解明に貢献してきた。

特に駿河湾では, 1973~75年に静岡県水産試験場による漁場環境調査が行われ, 動物プランクトンの分類群ごとの個体数密度 (大森, 1977) ならびに Oithona 科カイアシ類 (Nishida *et al.*, 1977) の季節変化が明らかにされた。その後, 本報の筆者の一人, 水島が本学地先の駿河湾奥におけるプランクトン層を作成するための動植物プランクトン調査を実施し, そのうち, カイアシ類のポンテラ科 (水島, 1990), ポエキロストム目 (Itoh and Mizushima, 1999), さらにカラヌス目 (伊東ほか, 2005) について報告が行われたので, Nishida *et al.*, (1977) を含めれば, 駿河湾奥の表層におけるカイアシ類の種組成, さらに季節的消長の概要は把握されたことになる。しかし, カイアシ類を除く多くの分類群では, 種毎の季節的消長に関する知見は乏しく, 周年にわたる高頻度の採集による研究事例は, 尾虫類 (伊東, 1990) に限られ, 特に毛顎類に関しては, Marumo and Nagasawa (1973), 永沢・丸茂 (1982), 伊東ほか (2006) などにより四季の出現種が記載されたものの, 年間の種組成の変化, 遷移を把握するには不十分である。

駿河湾の毛顎類の個体数は, カイアシ類, 枝角類, 尾虫類について多く (大森, 1977), カイアシ類を主に捕食し (Nagasawa and Marumo, 1972, 1976; 永沢・丸茂, 1982), 魚類の捕食対象であること (Kubota, 1973など) から, 一般に指摘されるように (Lalli and Parsons, 1993など), 肉食性プランクトンとして駿河湾生態系において重要な地位を占めていると考えられる。

本研究では, 駿河湾奥三保沖の定点において1979~80年の15ヶ月間にわたり, 月1回以上の頻度で採集した動物プランクトン試料に基づき, 毛顎類の季節的消長を明らかにし, さらに物理環境 (水温・塩分) との関係について解析した。

また, 既往の研究 (水島, 1990; 伊東, 1990; Itoh and Mizushima, 1999; 伊東ほか, 2005) に今回得られた毛顎類の知見を付加すると, 同一ネットによる採集物に基づいて, 当該海域のメソ動物プランクトン群集全体の季節的遷移が把握されるので, それらの概要についても言及した。

材料と方法

本研究で使用した試料は, 東海大学海洋学部所属小型調査実習船, “第二南十字” ならびに “第二北斗” により, 駿河湾奥の三保沖定点 (35°01'16"N, 138°32'02"E; 水深 38m) において1979年4月~1980年6月の間, 5~28日間隔で合計47回採集された (Fig. 1)。その採集は, 30m層から海

面までのノルパック (NORPAC) ネット (元田, 1957; 口径 45cm, 網目幅 0.33mm) の鉛直曳きによって毎回正午前後に行われた。濾水量は, 濾水計を使用しなかったため, 濾過率を 100% とみなして網口面積と曳網距離から一律に 4.8m³ とした。採集した試料は, 船上にて全量の 10% に相当する中性ホルマリンを加えて固定された。採集時には, 水温・塩分計 (MC-5-0193 型, 英国アンドリュース社製) を用いて, 5m層における水温・塩分を測定した。

研究室に持ち帰った試料からは, 双眼実体顕微鏡を用いて全ての毛顎類を選別し, 種の同定および計数を行った。種の同定は山路 (1966), 鬼頭 (1967, 1975) を参照して行い, 学名は Bieri (1991) に従って記載した。なお, 同定形質が未発達な小型個体 (体長約 4 mm 以下) は, 破損のため同定できない個体と合わせて未同定個体とした。これらは, 各試料の毛顎類の 0~36.2% (平均 16.2%) を占めたが, 毛顎類の総個体数を扱う場合を除き, 解析には含めなかった。

結果の解析は, 毛顎類全体について個体数密度 (1 m³ 当たりの個体数), 優占種の組成, 種数とともに, Shannon-Wiener 指数 (H' ; Shannon-Weaver, 1963) による種多様度の季節変化について論じた。また, 出現頻度が 10% を超えた 11種の季節的消長を整理し, これらの個体数密度が平均値 (但し, 0 を除いて計算したもの) を超えた観測時の水温・塩分の測定値の範囲を至適範囲として求めるとともに, 個体数密度と水温・塩分との相関関係の有無についてスピアマンの順位相関係数から検定を行った。

結 果

1. 海 況

三保沖定点 5 m 層における水温は, 3月から上昇しはじめ 5月と 7月に一時的に降温したが, 9月はじめに最高 26.8°C に達した後, 徐々に降温し, 3月はじめに最低 12.3°C を記録した (Fig. 2)。一方, 塩分は, 12~4月に 33psu 以上と高く, 特に 1~2月には 34psu を超え, 1月半ばに最高 34.7psu を記録した。5~11月は塩分変動が大きく, 33psu 以下の調査日が多く, しばしば 31psu 以下となり, 最低は 1979年 5月の 28.5psu であった (Fig. 2)。このような極端な塩分低下の原因は, 当日または数日前の降雨にともなう河川水の流出量の増加が考えられる。以上の結果は, 三保沖を含む駿河湾西部沿岸では沿岸河川系水が卓越するという中村 (1982) の見解を支持していた。

2. 出現種

本研究で出現した毛顎類は, 3科 8属 15種であった (Table 1)。このうち, エンガンヤムシ (*Zonosagitta nagae*) は最高個体数密度, 出現頻度ともに最も高く, それぞれ 172.5 inds·m⁻³, 100% に達した。これに次ぐ最高個体数密

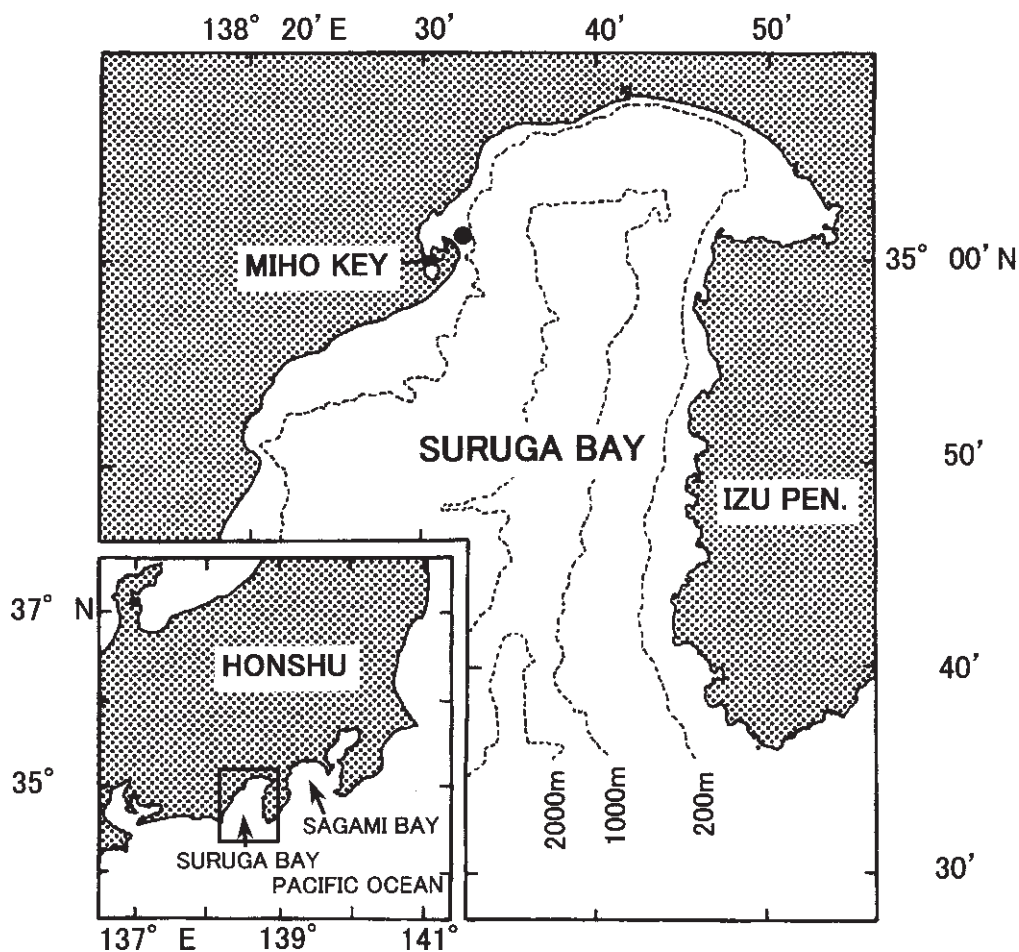


Fig. 1 Map showing the station (●) where plankton samples were collected from April 1979 to June 1980 off Miho Key, Suruga Bay, central Honshu, Japan.

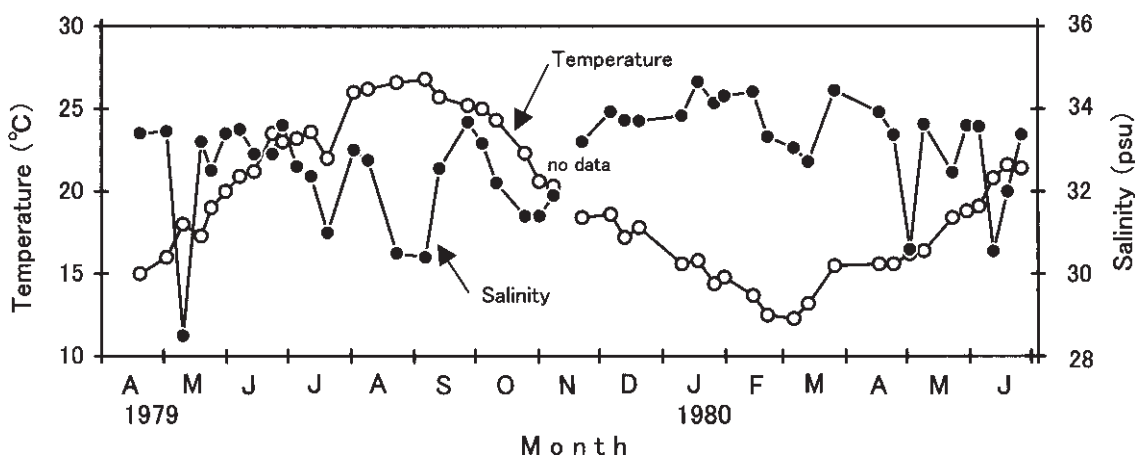


Fig. 2 Seasonal changes of temperature (open circles) and salinity (closed circles) at 5-m depth at the study site (after Itoh *et al.*, 2005).

度はフクラヤムシ (*Flaccisagitta enflata*) の $81.6 \text{ inds} \cdot \text{m}^{-3}$, 出現頻度はヒメヤムシ (*Mesosagitta minima*) の 84.6% であった。また、出現頻度10%未満の種は、オオヤムシ (*Flaccisagitta hexaptera*), ヒメノコギリヤムシ (*Serratogitta pseudoserratodentata*), ホソヤムシ (*Kroh-*

nitta subtilis), アイダヤムシ (*K. pacifica*) であり、常に $5 \text{ inds} \cdot \text{m}^{-3}$ 未満の低い個体数密度であった。

3. 個体数, 種数, 優占種の季節変化

毛顎類全体の総体数密度 (未同定個体を含む) は,

Table 1. Monthly occurrence, maximum density (MD) and frequency of occurrence (FO) of the chaetognaths off Miho Key.

Species	Japanese name	Year 1979												Year 1980						MD*	FO**							
		Month												Month														
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	F	M			A	M	J				
No. of samples																												
<i>Aidanosagitta crassa</i> f. <i>naikaiensis</i> (Tokioka)	ナйкаイヤムシ			○	◎	◎	◎	○	○																		41.3	25.6
<i>Aidanosagitta neglecta</i> (Aida)	ヒメカタヤムシ		○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○		○	○												8.6	64.1
<i>Aidanosagitta regularis</i> (Aida)	フトエリヤムシ					○		◎		◎	◎																1.0	25.6
<i>Ferosagitta ferox</i> (Doncaster)	カタヤムシ		○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎												16.6	61.5
<i>Ferosagitta robusta</i> (Doncaster)	オオカタヤムシ			○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎														2.0	41.0
<i>Flaccisagitta enflata</i> (Grassi)	フクラヤムシ		○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎												81.6	76.9
<i>Flaccisagitta hexaptera</i> (D'orbigny)	オオヤムシ							○	○																		0.4	5.1
<i>Mesosagitta minima</i> (Grassi)	ヒメヤムシ		◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	8.4	84.6
<i>Serrasagitta pacifica</i> (Tokioka)	ノコギリヤムシ									○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	11.0	56.4
<i>Serrasagitta pseudoserratodentata</i> (Tokioka)	ヒメノコギリヤムシ									○	○																3.1	7.7
<i>Zonosagitta nagae</i> (Alvarino)	エンガンヤムシ		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	172.5	100.0
<i>Zonosagitta pulchra</i> (Doncaster)	ネッタイヤムシ					○		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	2.7	30.8
<i>Pterosagitta draco</i> (Krohn)	ヘラガタヤムシ													○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	1.0	23.1
<i>Krohnitta pacifica</i> (Aida)	アイダヤムシ																										1.9	2.6
<i>Krohnitta subtilis</i> (Grassi)	ホソヤムシ														○	○											1.7	5.1

○: occurrence in the month, ◎: occurrence on all sampling days in the month.

*: inds·m⁻³

** : (Number of samples in which the species present)/(total number of samples)×100, calculated using data from April 1979 to April 1980.

1979年5～11月と1980年5月に100inds·m⁻³を超えて多かったが、1979年12月～'80年4月には50inds·m⁻³未満と少なくなった (Fig. 3). また、年最高値は1979年、'80年と

もに5月に認められ、それぞれ185inds·m⁻³、149inds·m⁻³であった。優占種は、概して、エンガンヤムシ (1979年4～6月)、フクラヤムシ (8～10月)、ノコギリヤムシ

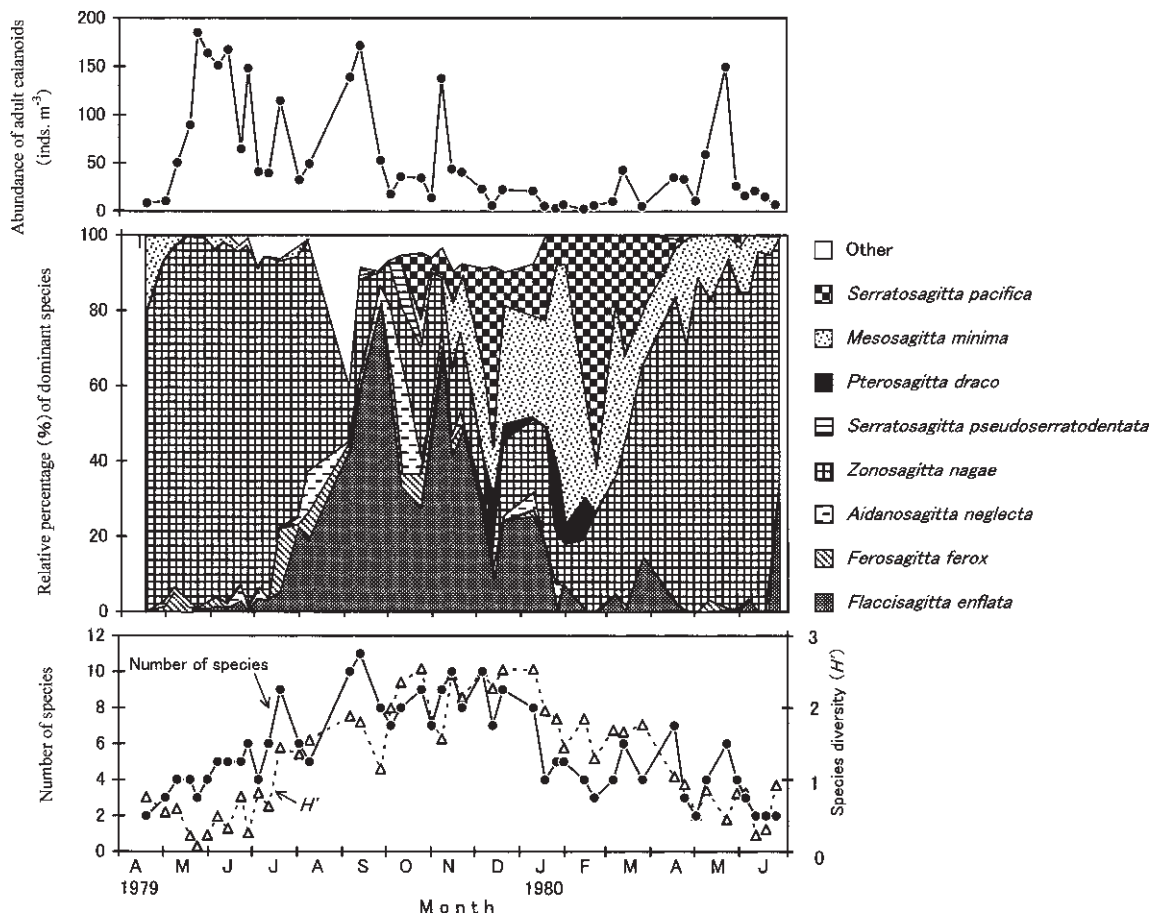


Fig. 3 Seasonal changes in abundance, numerical composition of dominant species, number of species and species diversity of chaetognaths off Miho Key. Dominant species was defined as species occupying more than 10% of total identified chaetognaths in each sample. Species diversity was measured by Shannon-Wiener index (H') (Shannon and Weaver, 1963).

(*Serratosagitta pacifica*) とヒメヤムシ (11月～1980年2月), エンガンヤムシ (1980年3～6月) の順に遷移した (Fig. 3). 種数は7～12月に半数以上の採集日で8種を超えたが, 他の月では6種以下の場合が多かった. 一方, 多様度指数 H' は10月～1月上旬にはほとんどの採集日で2を超えたが, 他の月には2以下となり, 特に4～6月に全ての調査日で1以下と低くなった (Fig. 3). 種数と多様度指数の変化は上昇も下降も種数が多様度指数に先んじて起こる傾向が認められた.

4. 各種の季節的消長

10%以上の出現頻度を示す11種の個体数密度の季節変化は, 夏～秋型, 夏～冬型, 秋～春型, 春～夏型の4つのパターンに類型された (Fig. 4). 内湾～外洋といった分布特性 (寺崎, 1997参照) を含めてまとめると, 以下のようになる.

まず, 夏～秋型を示した内湾性のナイカイヤムシ (*Aidanosagitta crassa* f. *naikaiensis*) と外洋性のヒメカタヤムシ (*Aidanosagitta neglecta*), カタヤムシ (*Ferosagitta ferox*) は, 7～9月に個体数密度のピークを示し, 12月以降ほとんど出現しなかった. 次に, 夏～冬型の種は外洋性のフトエリヤムシ (*Aidanosagitta regularis*), オオカタヤムシ (*Ferosagitta robusta*), フクラヤムシ, ネットアイヤムシ (*Zonosagitta pulchra*) で, 夏～秋型の種よりも出現期間が長く1月前半まで出現した. 同様に, 秋～春型の種は外洋性のノコギリヤムシ, ヒメヤムシ, ヘラガタヤムシ (*Pterosagitta draco*) で, 特に11月以降に個体数密度を増加させ, 最低水温月の3月においても出現した. ま

た, 春～夏型を示した種は沿岸性のエンガンヤムシ1種のみで, ほぼ周年にわたり出現し, 特に5～6月に多かった.

5. 各種の個体数密度と水温・塩分の関係

季節的消長を論じた上記の11種について, 水温・塩分の至適範囲ならびに個体数密度と水温・塩分との間の順位相関係数を Table 2 に示した. 調査期間中の水温の範囲は12.3～26.8°Cで, それぞれの種の至適水温は, 夏～秋型の3種では18.0～26.8°C, 夏～冬型の4種では15.6～26.8°C, 秋～春型の3種では12.3～22.3°Cの範囲にあり, 春～夏型のエンガンヤムシでは16.4～25.7°Cであった. 個体数密度と水温の関係については, 夏～秋型と夏～冬型の全種およびエンガンヤムシはいずれも正の相関関係を示したが, 秋～春型のヒメヤムシでは負の相関関係が認められた.

一方, 調査期間中の塩分の範囲は28.5～34.5psuで, 至適塩分は夏～秋型の種では28.5～33.5psu, 夏～冬型では30.4～33.9psu, 秋～春型では31.4～34.3psuの範囲にあり, 春～夏型のエンガンヤムシでは28.5～33.6psuを示した. 夏～冬型のフトエリヤムシと秋～春型のヘラガタヤムシ, ヒメヤムシは正の相関関係を示したが, 夏～秋型のカタヤムシと春～夏型のエンガンヤムシでは負の相関関係が認められた.

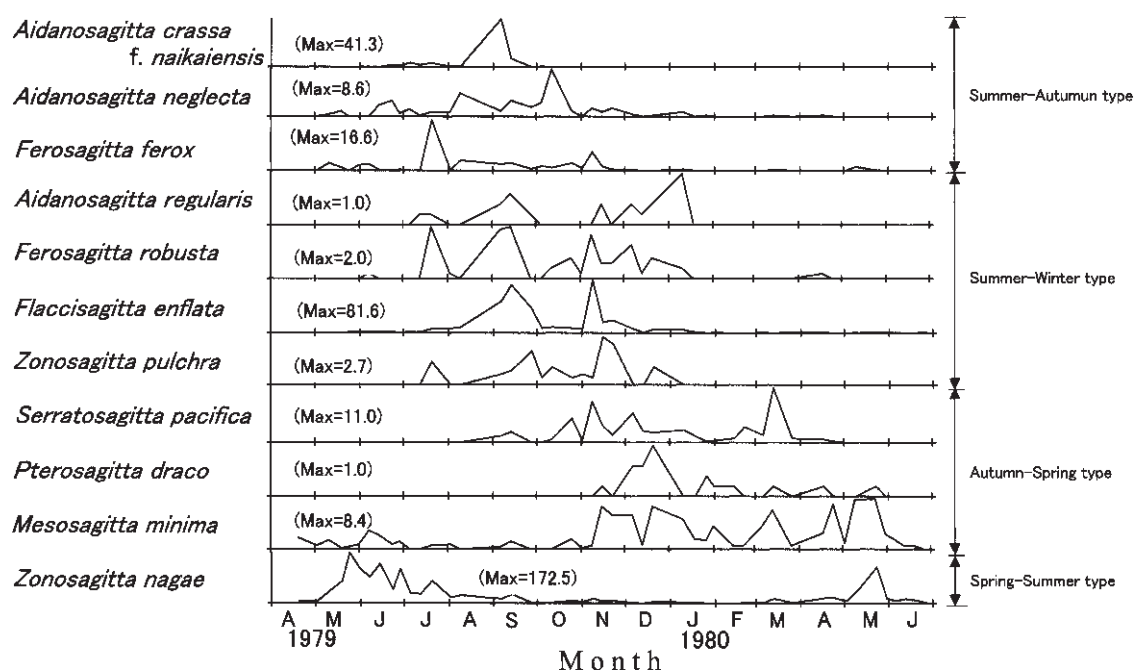


Fig. 4 Seasonal change in abundance of the 11 selected chaetognaths off Miho Key. Maximum scale in Y-axis indicates maximum density (inds. m⁻³) shown in a parenthesis for each species.

Table 2. Optimum range (OR) of water temperature and salinity at 5-m depth of the study site and Spearman's rank correlation coefficients (SRCC) between abundance and these environmental parameters for the 11 selected species off Miho Key.

Occurrence Type	Species	Temperature		Salinity	
		OR (°C)	SRCC	OR (PSU)	SRCC
S-A	<i>Aidanosagitta crassa</i> f. <i>naikaiensis</i>	25.7–26.8	0.716**	30.4–32.6	0.003
S-A	<i>Aidanosagitta neglecta</i>	24.3–26.2	0.620**	32.2–32.8	-0.211
S-A	<i>Ferosagitta ferox</i>	18.0–26.8	0.519**	28.5–33.5	-0.336*
S-W	<i>Aidanosagitta regularis</i>	15.6–25.7	0.418**	32.6–33.8	0.300*
S-W	<i>Ferosagitta robusta</i>	18.6–26.8	0.388**	30.4–33.9	0.012
S-W	<i>Flaccisagitta enflata</i>	18.4–26.8	0.682**	30.4–33.7	-0.187
S-W	<i>Zonosagitta pulchra</i>	18.4–25.2	0.542**	31.0–33.7	-0.006
A-S	<i>Serratosagitta pacifica</i>	12.5–22.3	-0.256	31.4–33.9	0.255
A-S	<i>Pterosagitta draco</i>	17.2–18.6	-0.032	33.7–33.9	0.558**
A-S	<i>Mesosagitta minima</i>	12.3–20.9	-0.513**	32.5–34.3	0.337*
S-S	<i>Zonosagitta nagae</i>	16.4–25.7	0.387*	28.5–33.6	-0.444**

Abbreviation of occurrence type: S-A, summer-autumn type; S-W: summer-winter type; A-S: autumn-spring type; S-S: spring-summer type. Optimum range: ranges of T and S at the sampling days when population density of each species was greater than the average. *: $P < 0.05$ **: $P < 0.01$

論 議

1. 三保沖における毛顎類の出現に関する特徴

本研究で駿河湾三保沖に出現した毛顎類は3科8属15種であり (Table 1), 駿河湾から既に報告されている28種 (伊東ほか, 2006) の約半分に過ぎなかった。出現種数が少なかった原因は湾奥の浅所 (38m) を対象としたため、主に中深層性種が出現しなかったことによると考えられる。出現種のうち、ナйкаイヤムシは内湾性、エンガンヤムシは沿岸性種であったが、残りの13種は外洋性種で (寺崎, 1997), フクラヤムシ, ノコギリヤムシ, フトエリヤムシといった黒潮の指標種 (Kuroda, 1976, 1977) やネットアイヤムシといった本州南岸では稀な種 (Kuroda, 1976) も含まれていた。

個体数密度は5~11月に高く、12~4月には全般に低い値で推移し、1973~75年の静岡県水産試験場による駿河湾における調査結果 (大森, 1977) と同様であった。また、優占種は3~7月にエンガンヤムシが、8~11月にフクラヤムシが、12~2月にはノコギリヤムシとヒメヤムシが卓越し、秋季 (特に9月) に亜熱帯種の出現のため出現種数が増えることは、永沢・丸茂 (1982) により相模湾中部で明らかにされた結果に一致している。

2. 季節的消長の要因

ナйкаイヤムシとエンガンヤムシ以外の外洋性種 (寺崎, 1997) は、種により出現時期を異にし、夏~秋型、夏~冬型および秋~春型の3型に分かれた。このような外洋性種の間でみられる出現時期の相違は、同海域のカイヤシ類にも観察され (Itoh and Mizushima, 1999; 伊東ほか, 2005), 鉛直分布や至適水温の違いから説明されている。駿河湾の毛顎類の分布水深や至適水温については、永沢・

丸茂 (1982) が報告しており、本研究で夏~秋型および夏~冬型の出現傾向を示したフクラヤムシ, ヒメカタヤムシ, フトエリヤムシ, カタヤムシ, オオカタヤムシは主に表層0~30mの水温20°C以上の水塊に、さらに秋~春型を示したノコギリヤムシ, ヒメヤムシ, ヘラガタヤムシは主に30~60mの14~22°Cの水塊に出現することを述べている。

本研究で推定された至適水温は、夏~冬型のフクラヤムシで18.4~26.8°C, 秋~春型のノコギリヤムシで12.5~22.3°Cであり、静岡県水産試験場 (1980-1981) による駿河湾奥部~伊豆半島沖の水温断面分布 (静岡県水産試験場, 1980-1981) に対応させると、Fig. 5のようになる。フクラヤムシでは、10月の湾奥~湾外における水温躍層より上層で好適な水温となるが、3月には沖合も含めて低すぎる水温環境にあったと考えられる。本種のように、秋季を中心に増加する外洋性種は至適水温が高く、本来、黒潮や亜熱帯水域でも表面付近に生息すると考えられる。厳冬期には、駿河湾内でほとんど出現しなくなるほか、本州南岸域でも黒潮に沿って分布するものの (木立・伊東, 1979), 夏季に比べて著しく減少することが知られている (Kuroda, 1976)。一方、ノコギリヤムシでは、3月の湾奥~湾外における150m以浅はほぼ好適であったが、10月には水温躍層より上層ではやや水温が高すぎる環境にあったと推察される。本種のように、秋~冬季に出現する外洋性種は、亜表層に生息して低い至適水温をもつ種と考えられ、駿河湾内の水温環境 (中村, 1982) からすれば、夏~秋季の高水温期には水温躍層の下に分布することより、周年、湾内での個体群維持が可能と考えられる。しかし実際には4~7月にほとんど出現しなくなる時期が認められ、この時期著しく増加するエンガンヤムシとの競合などを含め、今後の検討が必要である。

沿岸性のエンガンヤムシでは季節的消長を水温から説明

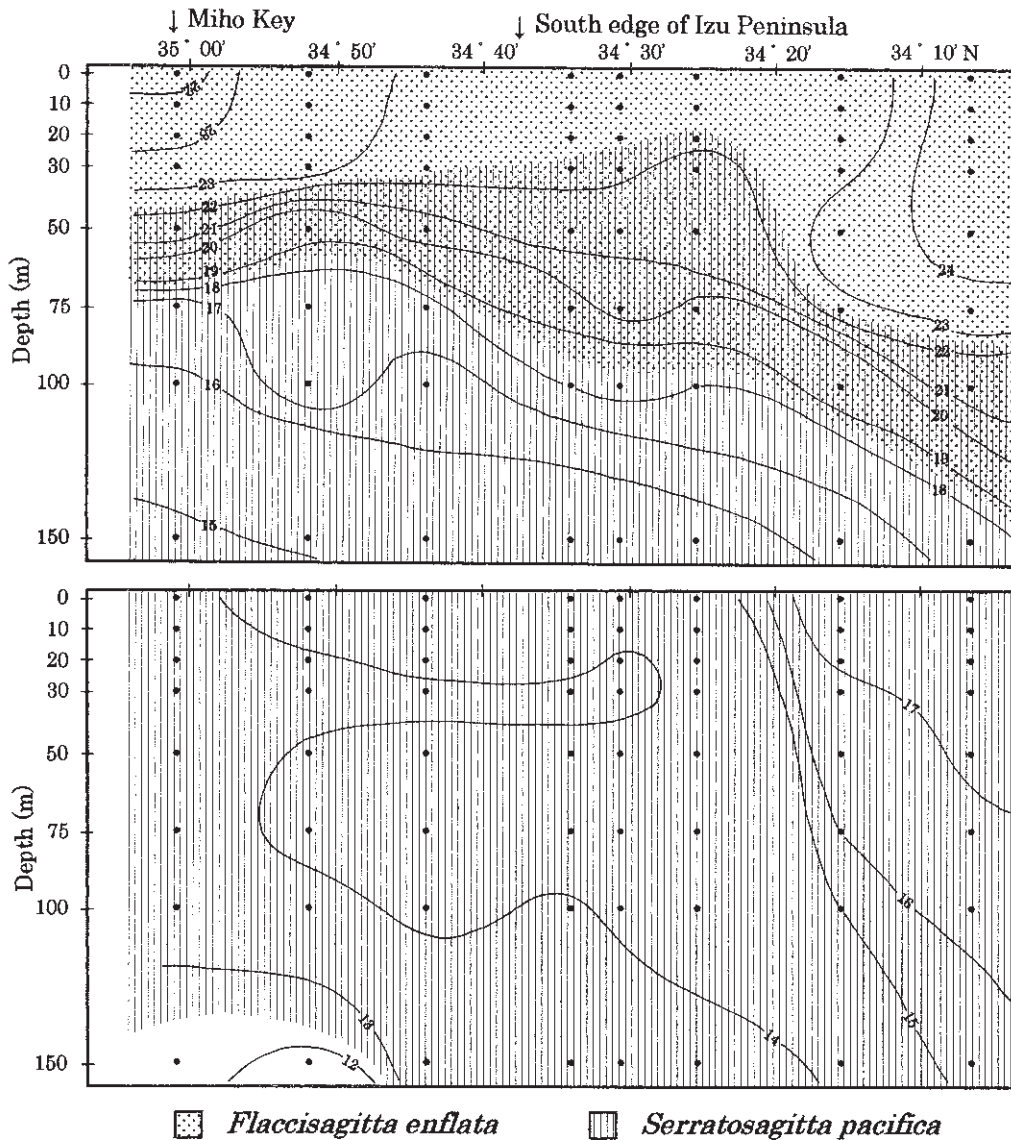


Fig. 5 Vertical profile of water temperature ($^{\circ}\text{C}$) from the inner part of Suruga Bay to southern waters of Izu Peninsula in October 1979 (upper) and March 1980 (lower) (constructed from Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station, 1980–1981). Shaded areas indicate optimum range of temperature for two oceanic chaetognaths (*Flaccisagitta enflata* and *Serratosagitta pacifica*).

することは困難である。なぜならば、本種の至適水温は $16.4\sim 25.7^{\circ}\text{C}$ にあり、個体数密度は昇温期（春～夏季）には高くなるものの、降温期（秋季）には至適水温内であっても増加しなかった。水温以外に、本種の個体数の増加を左右する要因としては餌生物の密度が重要と考えられており、駿河湾では餌生物として *Calanus sinicus* Brodsky などカラヌス目カイアシ類が重要であることが明らかにされている (Nagasawa and Marumo, 1972, 1976; 永沢・丸茂, 1982)。本種の個体数密度のピークは、3～5月におけるカラヌス目カイアシ類の高い個体数密度の出現 (伊東ほか, 2005) に続いて、5月中旬以降になって生じており (Fig. 6)、既報の沿岸性の肉食性カイアシ類 *Corycaeus affinis* McMurrich の場合 (Itoh and Mizushima, 1999)

と同様に、好条件の餌料環境によって、個体群が増大したと考えられる。

3. 駿河湾奥部における動物プランクトン群集の季節的遷移の概要

三保沖定点（水深 38m）での 1 年以上にわたるネット（網目幅 0.33mm ）採集の結果、本研究による毛顎類 15 種と同時に、カラヌス目カイアシ類 109 種 (伊東ほか, 2005)、ポエキロストム目カイアシ類 41 種 (Itoh and Mizushima, 1999)、さらに尾虫類 12 種 (伊東, 1990) の出現が確認され、カラヌス目カイアシ類の新種 *Centropages maigo* Ohtsuka, Itoh and Mizushima も発見された (Ohtsuka *et al.*, 2005)。駿河湾において複数の分類群の季節的

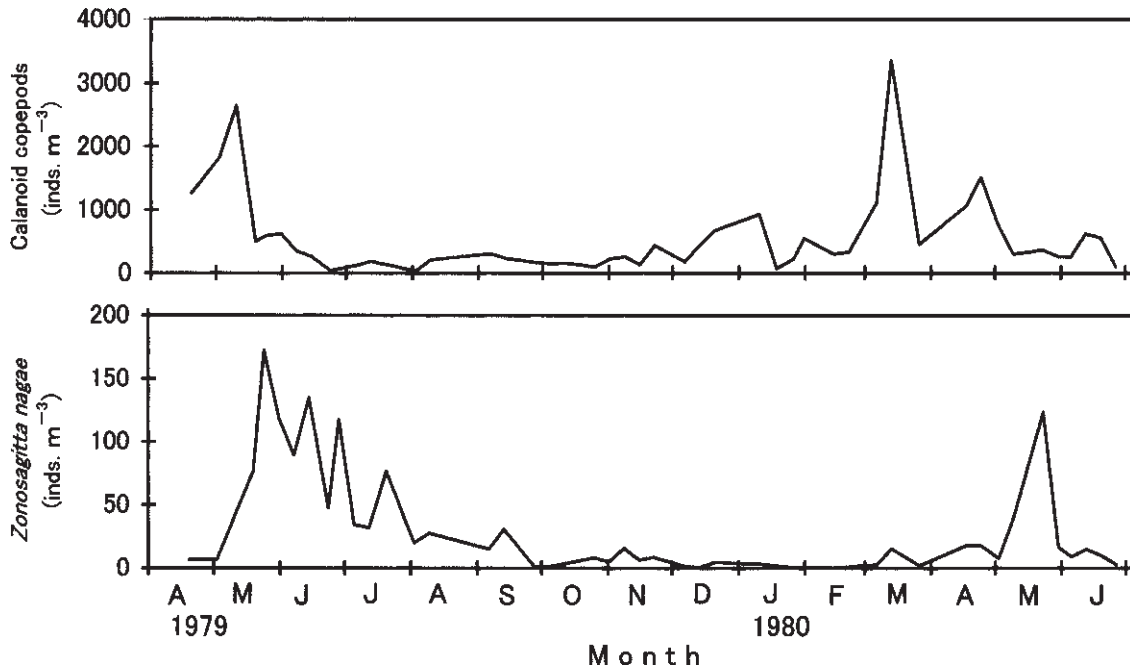


Fig. 6 Seasonal abundance of calanoid copepods (modified from Itoh *et al.*, 2005) and *Zonosagitta nageae* off Miho Key.

消長を種レベルで、同一試料から明らかにした例は他にないため、これらの概要について以下に述べる。

それぞれの分類群における代表種の季節的消長（伊東，1990; Itoh and Mizushima, 1999; 伊東ほか，2005; 本研究）を概観すると Fig. 7 のようになる。まず冬～春季には沿岸性の植食性および雑食性カイアシ類が増加し高い個体数密度を形成する。これに続いて春～夏季には沿岸性の肉食性カイアシ類や毛顎類が増加する。また、ヤコウチュウ〔*Noctiluca scintillans* (Ehrenberg)] や枝角類〔トゲナシエボシミジンコ (*Evadne tergestina* Claus) およびウスカワミジンコ (*Penilia avirostris* Dana) など] の爆発的増殖と衰退が起こるのもこの季節の特徴である。

さらに夏～秋季には季節的水温躍層が発達し、動物プランクトン全体の個体数密度は低下するが、いずれの分類群でも多くの外洋性種が出現するようになる。これらの外洋性種には、特に夏～秋季の高水温期を中心に出現するもの（表層性種と考えられる）のほかに、冬季の低水温期に出現するもの〔亜表層性種（高水温期には季節的水温躍層の下に分布すると推定される種）や中層性種（元来 200m 以深に生息するもの）と考えられる〕が認められる。

冬季には海面付近でも水温や塩分が鉛直混合により中層に近い環境となるため、高温を好む表層性が姿を消し、亜表層性種や中層性種が海面付近で採集されるようになる。中層性種の一部には、この時期に表層へ浮上して豊富な餌生物を利用して個体群を増大することにより個体群維持を有利にしていると考えられるものがある。こうした亜表層性種や中層性種の出現の一方で、春季にむけて再び沿岸性の植食性や雑食性のカイアシ類の個体数の増加が始まる。

駿河湾奥部では、以上のような動物プランクトン群集の季節的遷移が毎年繰り返されていると考えられるが、その遷移を引き起こす主要な要因について、筆者ら（伊東，1990; Itoh and Mizushima, 1999; 伊東ほか，2005; 本研究）は、沿岸性種に関しては冬～春季の植物プランクトンの増殖（村野，1977; 水島，未発表）に端を発した食物連鎖を、そして外洋性種に関しては水温の鉛直分布の季節変化と種特有の至適水温や分布水深との関係を取り上げて説明してきた（Fig. 7）。しかし、その根拠となる知見、特に外洋性種の表層における鉛直的微細分布に関する知見は、我が国周辺海域ではカイアシ類で Heinrich (1961)、毛顎類で永沢・丸茂 (1982)、尾虫類で Tomita *et al.* (2003) などに限られていた。近年、我が国周辺海域において気候の長期変動と動物プランクトンの種組成や量の関係が盛んに研究されるようになったが、両者の因果関係を論議する過程で、季節的水温躍層や鉛直混合の強弱が重要な要因とされる例も少なくない（Nakata and Hidaka, 2003; Chiba and Saino, 2003 など）。こうした中で、今後、プランクトンの鉛直的微細分布と物理・化学的環境要因の関係に関するより精度の高い研究成果が期待される。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、原稿のご校閲を賜りました独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所海洋環境部元部長の黒田一紀博士に深く感謝の意を表します。さらに、Abstract のご校閲を賜った東海大学海洋学部清水教養教育センター外国語教育の特任講師、John Bur-

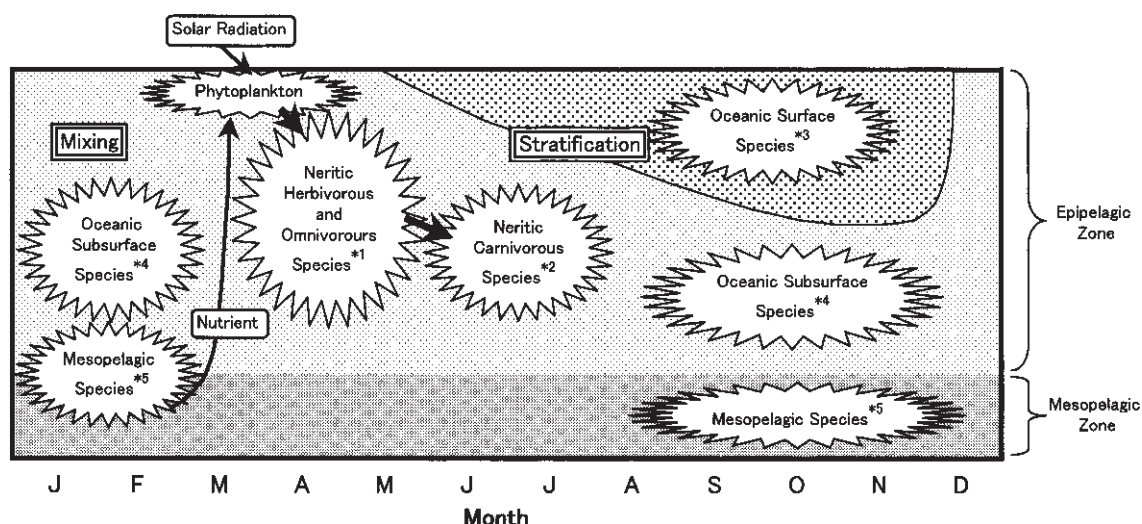


Fig. 7 A schematic scenario of seasonal succession of zooplankton assemblage (calanoids, poecilomatoids, chaetognaths and appendicularians) in the inner part of Suruga Bay (constructed from Itoh, 1990; Itoh and Mizushima, 1999 and Itoh *et al.*, 2005). *1: *Paracalanus parvus* (Claus) s.l., *Calanus sinicus* Brodsky, *Acartia omorii* Bradford, *Oikopleura dioica* Fol. *2: *Labidocera japonica* Mori, *Corycaeus affinis* McMurrich, *Zonosagitta nagae*. *3: *Canthocalanus pauper* (Giesbrecht), *Clausocalanus minor* Sewell, *Eucalanus pileatus* Giesbrecht, *Euchaeta rimana* Bradford, *Acrocalanus gracilis* Giesbrecht, *Oncaea venusta* Philippi, *Corycaeus andrewsi* Farran, *Farranula gibbula* (Giesbrecht), *Aidanosagitta regularis*, *Ferosagitta robusta*, *Flaccisagitta enflata*, *Oikopleura longicauda* Vogt, *Oikopleura rufescens* Fol, *Oikopleura cophocerca* Gegenbaur etc. *4: *Clausocalanus parapergens* Frost & Fleminger, *Ctenocalanus vanus* Giesbrecht, *Corycaeus furcifer* Claus, *Oikopleura fusiformis* Fol, *Fritillaria pellucida* (Busch) etc. *5: *Euchirella rostrata* (Claus), *Undeuchaeta plumosa* (Lubbock), *Calanus jashnovi* Hulsemann. Arrows indicate the flowing direction of energy or substance in the epipelagic zone.

rell 氏にお礼申し上げます。

また試料の採集にあたっては、東海大学海洋学部小型調査実習船、第二南十字船長の伊藤長吉氏、第二北斗船長の田中市平氏（いずれも当時）ならびに乗組員の方々にひとかたならぬご協力を頂くとともに、試料の分析には 1981（昭和56）年度卒業生の相沢洋三、磯部昭典、長島隆夫の各氏ならびに 1983（昭和58）年度卒業生の橘 和昌、松浦 靖の各氏に多大なご尽力を頂きました。記して感謝の意を表します。また、本論文を校閲して頂いた査読者にも深く感謝の意を表します。

引用文献

- 会沢安志 (1980): 大槌湾のプランクトン. 海洋プランクトン—日本近海—(1). 月刊海洋科学, **12**(10), 625-633.
- Bieri, R. (1991): Systematics of the Chaetognatha. p. 122-136. In, Bone, Q., H. Kapp and A. C. Pierrot-Bults eds. The Biology of Chaetognaths. Oxford University Press, New York, 173 pp.
- Chiba, S. and T. Saino (2003): Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991-1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. Prog. Oceanogr., **57**, 317-339.
- 土肥和彦 (1982): 噴火湾における有鐘類の季節変化. 日本

プランクトン学会報, **29**(2), 77-88.

- 藤井清文・税所俊郎 (1973): 鹿児島湾における動物性プランクトンとくに枝角類および橈脚類について. 鹿児島大学水産学部紀要, **22**(1), 113-126.
- 服部 寛・津村 憲 (1990): 日本海羽幌町沖海域における動物プランクトンの季節変化 (1989年1月から90年3月). 北海道東海大学紀要理工学系, **3**, 115-128.
- Heinrich, A. K. (1961): On the vertical distribution and diurnal migration of the copepods to the southeast of Japan. Trud. Inst. Okeanol., Akad. Nauk. SSSR., **51**, 82-102. (In Russian).
- 平川和正 (1984): 噴火湾水域における浮遊性橈脚類の季節分布並びに *Calanus pacificus*, *Calanus plumchrus* および *Eucalanus bungii bungii* の生活史に関する研究. 株式会社 日本海洋生物研究所, 東京, 48pp.
- Hirakawa, K., A. Imamura and T. Ikeda (1992): Seasonal variability in abundance and composition of zooplankton in Toyama Bay, Southern Japan Sea. Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., **42**, 1-15.
- Hirota, R. (1961): Zooplankton investigations in the Bingo-nada region of the Setonaikai (Inland Sea of Japan). Jour. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1, **20**, 83-145.
- 伊東 宏 (1990): 駿河湾三保半島沖における尾虫類の季節的消長. 日本プランクトン学会報, **36**(2), 111-119.
- Itoh, H. and T. Mizushima (1999): Seasonal occurrence of

- the pelagic poecilostomatoid copepods off Miho Key, Suruga Bay, Japan. Bull. Inst. Oceanic Res. & Develop., Tokai Univ., **20**, 113-125.
- 伊東 宏・水島 毅・久保田 正 (2005): 駿河湾三保沖におけるカラヌス目カイアシ類の季節的消長。「海—自然と文化」東海大学紀要海洋学部, **3**(1), 19-32.
- 伊東 宏・小野泰嗣・久保田 正 (2006): 駿河湾における大型毛顎動物の鉛直分布。「海—自然と文化」東海大学紀要海洋学部, **4**(1), 1-13.
- 木立 孝・伊東 宏 (1979): 春期における黒潮およびその内側域のマクロプランクトン群集構造とその分布について。東海区水産研究所研究報告, **97**, 1-119.
- 木立 孝・木幡 孜 (1971): 相模湾, 小八幡定置網漁場における連日採集のプランクトンについて。株式会社 小八幡漁場, 神奈川, 67pp.
- 鬼頭正隆 (1967): 矢虫綱, p. 40-51. 「日本海洋プランクトン図鑑 第5巻 軟体類・毛顎類・サルバ類その他」(元田 茂編). 蒼洋社, 東京, 81 pp.
- 鬼頭正隆 (1975): 日本近海の表層で採集されるヤムシ類の同定。海洋プランクトンの同定。月刊海洋科学, **7**(2), 110-113.
- Kubota, T. (1973): Four links of food chains from the lancetfish, *Alepisaurus ferox*, to zooplankton in Suruga Bay, Japan. J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., **7**, 231-244.
- Kuroda, K. (1976): Chaetognatha in the Kuroshio area south of Japan I. Selection of Important species. Bull. Kobe Mar. Obs., **192**, 42-49.
- Kuroda, K. (1977): Chaetognatha in the Kuroshio area south of Japan II. Revision of indicator species. Bull. Kobe Mar. Obs., **194**, 26-33.
- Lalli, C. M. and T. R. Parsons (1993): Biological Oceanography. Pergamon Press, Oxford, 301pp.
- Marumo, R. and S. Nagasawa (1973): Pelagic chaetognaths in Sagami Bay and Suruga Bay, central Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **29**(6), 267-275.
- 水島 毅 (1990): 駿河湾奥部におけるポンテラ科 (表層性かいあし類)の季節的出現について。東海大学紀要海洋学部, **31**, 1-9.
- 元田 茂 (1957): 北太平洋標準プランクトンネットについて。日本プランクトン研究連絡会報, **4**, 13-15.
- 元田 茂 (1971): 忍路湾のプランクトン暦。北海道大学忍路臨海実験所。日本プランクトン学会報, **18**(1), 73-80.
- 村野正昭 (1977): 植物プランクトン。p. 75-99. 「駿河湾漁場開発調査報告書」(静岡県水産試験場編)。静岡県水産試験場, 静岡, 242 pp.
- Nagasawa, S. and R. Marumo (1972): Feeding of a pelagic chaetognath, *Sagitta nagae* Alvarinho in Suruga Bay, central Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **28**(5), 181-186.
- Nagasawa, S. and R. Marumo (1976): Further studies on the feeding habits of *Sagitta nagae* Alvarinho in Suruga Bay, central Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **32**(5), 209-218.
- 永沢祥子・丸茂隆三 (1982): 駿河湾における表層性やむしの鉛直分布。日本プランクトン学会報, **29**(1), 9-24.
- 中村保昭 (1982): 水産海洋学的見地からの駿河湾の海洋構造について。静岡県水産試験場研究報告, **17**, 1-153.
- Nakata, K. and K. Hidaka (2003): Decadal-scale variability in the Kuroshio marine ecosystem in winter. Fish. Oceanogr., **12**(4/5), 234-244.
- Nishida, S., O. Tanaka and M. Omori (1977): Cyclopoid copepods of the family Oithonidae in Suruga Bay and adjacent waters. Bull. Plankton Soc. Japan, **24**(2), 119-158.
- 野村英明・村野正昭 (1992): 東京湾における中・大型動物プランクトンの季節的消長。La mer, **30**, 49-56.
- Ohtsuka, S., H. Itoh and T. Mizushima (2005): A new species of the calanoid copepod genus *Centropages* (Crustacea) collected from Shimizu Port, middle Japan: introduced or not? Plankton Biol. Ecol., **52**(2), 92-99.
- 大森 信 (1977): 動物プランクトン。p. 100-123. 「駿河湾漁場開発調査報告書」(静岡県水産試験場編)。静岡県水産試験場, 静岡, 242 pp.
- Raymont, J. E. G. (1963): Plankton and Productivity in the Ocean. Pergamon Press, Oxford, 660 pp.
- Tomita M., N. Shiga and T. Ikeda (2003): Seasonal occurrence and vertical distribution of appendicularians in Toyama Bay, southern Japan Sea. J. Plankton Res., **25**(6), 579-589.
- Shannon, G. E. and W. Weaver (1963): The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 pp.
- Shiga, N. (1985): Seasonal and vertical distributions of Appendicularia in Volcano Bay, Hokkaido, Japan. Bull. Mar. Sci., **37**(2), 425-439.
- 静岡県水産試験場 (1980~1981): 地先定線調査報告, 昭和54年4月~昭和55年6月。
- 寺崎 誠 (1997): Phylum CHAETOGNATHA 毛顎動物門。p. 1271-1290. 「日本産海洋プランクトン検索図説」(千原光雄・村野正昭編)。東海大学出版会, 東京, 1574 pp.
- 上田拓史 (1982): 志々伎湾の動物プランクトンに関する研究—II。1975年9月から1976年4月までの動物プランクトン群集, 特に内湾性橈脚類の分布特性について。西海区水産研究所研究報告, **58**, 1-22.
- 山路 勇 (1959): 日本プランクトン図鑑。保育社, 大阪, 238pp.
- 山路 勇 (1966): 日本海洋プランクトン図鑑。保育社, 大阪, 369 pp.

要 旨

駿河湾奥の三保沖定点で、1979年4月～1980年6月に30m層から海面までの鉛直曳きにより採集された動物プランクトン試料に基づき、浮遊性毛顎類の季節的消長を明らかにすることを目的に研究を行った。

出現種は3科8属15種に達し、毛顎類群集は、春～夏季には沿岸性の単一種による高い個体数密度、夏～秋季では外洋性種の増加に伴う高い種多様性によって特徴付けられた。

出現頻度が10%を超えた11種の季節的消長は次の(1)～(4)の4型に類型化され、個体数密度と水温、塩分との関係は次の通りであった。

- (1) 夏～秋型: 個体数密度は特に夏～初秋季に高く、12月にはほとんど出現しなくなった。いずれの種も水温との間に正の相関が認められた(内湾性種: ナイカイヤムシ; 外洋性種: ヒメカタヤムシ, カタヤムシ)。
- (2) 夏～冬型: 個体数密度は夏～冬季に高く、1月初旬まで出現した。いずれの種も水温との間に正の相関が認められた(外洋性種: フトエリヤムシ, オオカタヤムシ, フクラヤムシ, ネットイヤムシ)。
- (3) 秋～春型: 個体数密度は晩秋～春季に高く、1種で水温との間に負の相関が、2種で塩分との間に正の相関が認められた(外洋性種: ノコギリヤムシ, ヒメヤムシ, ヘラガタヤムシ)。
- (4) 春～夏型: 個体数密度は特に5～6月に高く、水温との間に正の相関が、塩分との間に負の相関が認められた(沿岸性種: エンガンヤムシ)。

外洋性種における季節的消長の違いは、種による至適水温や鉛直分布の違いが関与し、沿岸性種では餌料であるカラヌス目カイアシ類の季節的消長が関与していると考えられた。

本研究で扱った毛顎類と同時にネット採集され、すでに報告されたカイアシ類や尾虫類などの知見と物理環境(水温・塩分)のデータから、駿河湾奥部における動物プランクトン群集の季節的遷移について概要をまとめた。