

# 日本海中央部大和堆水域におけるヤムシ類の出現量 および種組成の季節変化\*1,2

西濱士郎<sup>1)</sup>・井口直樹<sup>1)</sup>・平川和正<sup>1)</sup>

## Seasonal Variations in Abundance and Species Composition of Chaetognaths at Yamato Tai, Central Japan Sea

Shirou NISHIHAMA<sup>1)</sup>, Naoki IGUCHI<sup>1)</sup> and Kazumasa HIRAKAWA<sup>1)</sup>

### Abstract

Abundance and species composition of pelagic chaetognaths at the Yamato Tai, central Japan Sea, were investigated based on samples obtained by vertical hauls with a NORPAC net (0.33mm mesh size) in spring to autumn. A total of 10 species identified were classified into three groups by the water types in which they inhabit: cold water species, mixed water/neritic species, and warm water species. Total chaetognath density became higher at the southwest stations in late summer and autumn than at the northeast stations in spring. This increase was due to the immigration of both mixed water/neritic and warm water species, in conjunction with the southwest warm water mass which originated from the Tsushima current. Contrastingly, the cold water species, *Sagitta elegans*, appeared consistently from spring to autumn. Therefore, we conclude that the chaetognath assemblage in this study area is composed of a year-round resident and seasonal migrants.

**Key words:** Chaetognatha, density, oceanographic condition, seasonal variation, species composition.

### 緒 言

ヤムシ類は海洋の動物プランクトン中で、カイアシ類等と共に多量に出現し、特定の種あるいは種群が、特定の水塊に対応して分布するため、水塊の指標として古くから注目されてきた(古橋 1958, 1959; BIERI 1959; ALVARIÑO 1965; MATSUZAKI 1975)。また海洋の食物網の中で、カイアシ類や稚仔魚の捕食者として重要視されている(e.g. FEIGENBAUM 1991)。それゆえ、ヤムシ類の種組成や時空間的分布は、その海域の物理的環境を反映すると同時に、海洋の低次生物生産過程において重要な役割を持つと考えられる。日本海においては、気象庁舞鶴海洋気象台の定線観測や各機関の海洋調査の際に、動物プランクトン調査が行われ、ヤムシ類の出現状況や種組成、主要種の生物学的特性に関する報告がいくつかある(鬼頭 1974; KOTORI

1995年2月6日受理 日本海区水産研究所業績A第497号

<sup>1)</sup>〒951 新潟市水道町1丁目 5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

\*1 本研究は環境庁地球環境研究総合推進費「衛星可視域データのグローバルマッピングによる広域環境変動に関する研究」の一部として行った。

\*2 本研究の一部は、平成6年3月日本生態学会第41回大会で発表した。

and KOBAYASHI 1979; TERAZAKI 1993a,b). 鬼頭(1974)は100m 深の水温分布から、日本海を3つの海域(寒流域, 混合域, 対馬暖流域)に分けて, 各海域におけるヤムシ類の出現頻度・種組成等について述べている. それによると, 各海域ごとに種組成・主要種の出現頻度が異なっており, また季節によっても著しい相違があるという. 鬼頭の試料は, 広域にわたって採取された貴重なものではあるが, 時空間的な精度は粗いため, 分布パターンや種組成の変化のプロセスは明らかにされていない.

本報では, 日本海中央部大和堆水域における, ヤムシ類の出現量と種組成の季節的特徴の把握と, それらの時空間的变化の要因の解明を目的とし, 時間的連続性を重視した試料に基づき, 主要種の出現状況と海況(水温・塩分)との関連性について, 考察を行った結果を報告する.

報告に先立ち, ご校閲の労をとられた日本海区水産研究所小川嘉彦海洋環境部長, 貴重な助言をいただいた平井光行海洋動態研究室長に, 心より感謝する.

## 材料と方法

大和堆は日本海の中央部, 北緯39°20'東経135°を中心に, 西南西から東北東にかけて約230kmにわたって広がっている. この水域は, 鬼頭(1974)の分類によれば, 北の冷水塊と対馬海流起源の暖水塊との混合水域に当たり, 季節により海況が著しく変化する. この水域において, 1987年以降, 1988年を除いて毎年1~2回, 日本海区水産研究所の調査船みずほ丸(156t)による, プランクトン調査が継続されている. 調査航海は春(4月)から秋(10月)にかけて実施され, 冬季には荒天のため行われていない. 本研究では, 1990年以降の6回の採集調査(Table 1)で得たサンプルを解析した.

動物プランクトンの採集は, Fig. 1に示した9定点で各1回, 昼夜を問わず, ノルパックネット(口径45cm, 目合い0.33mm)を用い, 水深500mからの鉛直曳きによって行った. ただし水深500m以浅の定点では, 可能な限り海底直上から採集を行った(定点P5; 0-300m, 定点P9; 0-400mまたは0-450m). また同時に各点で, CTDによる海洋観測を行い(0-1000m, 1000m以浅の定点では海底直上から), 水温・塩分の鉛直プロファイルを作成した. 採集物は, 船上で10%の中性ホルマリンを用いて固定した後, 陸上の研究室に持ち帰って選別を行った. 大型のヤムシ(体長10mm以上)は, 全サンプルから肉眼で分け, 残りはフォルサム型プランクトン分割器で, 2分の1から8分の1に分割した. これらサブサンプルの中から, 小型のヤムシを双眼実体顕微鏡下で選別した. サンプルは湿重量を測定した後, すべての個体を同定・計数した. なお, カイアン類など他の動物群についても, 同じ方法で選別を行い, 動物群毎に湿重量を測定した.

**Table 1.** Date and sampling stations surveyed at the Yamato Tai.

Date			Sampling station
1990	9-10	May	P1-P9
1991	6-7	October	P1-P9
1992	23-24	July	P1-P5, P8, P9
1993	20-22	August	P1-P9
1993	2-3	October	P1-P9
1994	20-21	April	P1-P9

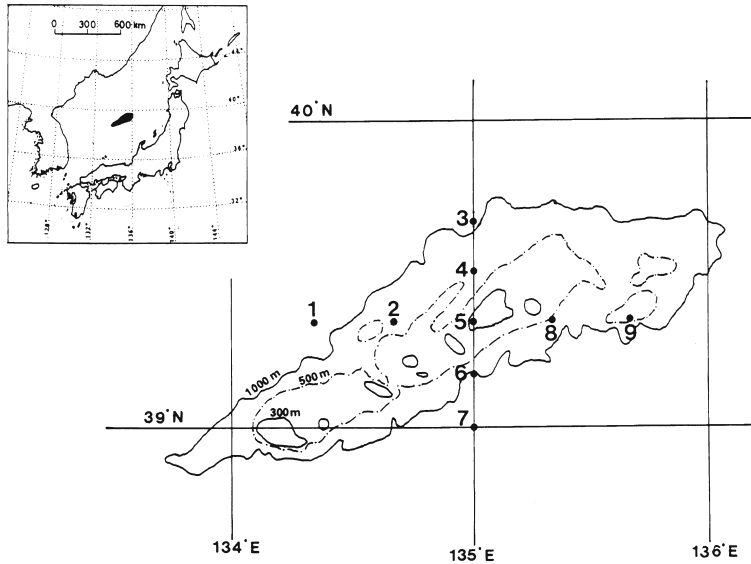


Fig. 1. Location of the study area and positions of the sampling stations.

## 結 果

### 1 海洋構造

大和堆水域の海洋構造の季節変化を概観するために、1993年8月と10月及び1994年4月の、東西及び南北の水温・塩分鉛直断面図を Fig. 2 に、また100m 深における水温の水平分布を Fig. 4 に示す。春（1994年4月）には、全地点で表層の水温は低く（ $<10^{\circ}\text{C}$ ）、50m 以深との温度差も小さい。しかし等温線の分布をみると、50m 以浅の温度は、西部の定点 P1 と東部の P8, P9 で高く、北部の P3, P4 で低い。また50m 以浅の塩分は、P1, P9、及び南部の定点でやや高くなっていった（ $\text{PSU} > 34.1$ ）。従ってこの時期、大和堆の西部と東部には対馬海流系のやや暖かい水があり、大和堆中央部には南北に冷水が分布していたと考えられる。100m 深の等温線の走行状態から（Fig. 4）、定点 P2 と P8 付近に潮境があるものと推測される。

夏（1993年8月）には季節躍層の発達に伴い、表層（0-30m）を高低温低塩分（ $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{PSU} < 34.1$ ）の対馬海流系水が覆い、その下には高塩分（ $5-15^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{PSU} > 34.1$ ）の対馬海流中層水が分布していた。対馬海流中層水は、南部（P6, P7）及び西部（P1, P2）で厚く（深度30-150m）、東及び北に行くほど薄くなっていった（深度40-60m）。秋（1993年10月）には季節躍層がより明瞭になり、対馬海流中層水は、深度50m を中心として、南部及び西部から大和堆中央部にかけて分布し、その範囲は夏よりもやや小さくなっていった。また100m 深の水温分布でみた潮境は（Fig. 4 参照）、夏ではやや不明瞭だが定点 P8 と P4 付近に認められ、秋には P5 付近にあったと考えられる。以上のことから、北からの冷水は8月よりも10月に、より南まで分布していたと推察される。大和堆におけるこのような海況パターンは、過去の調査資料（1989-1990年の8-9月）にも報告されており（海洋水産資源開発センター 1992）、近年の一般的な傾向と考えられる。

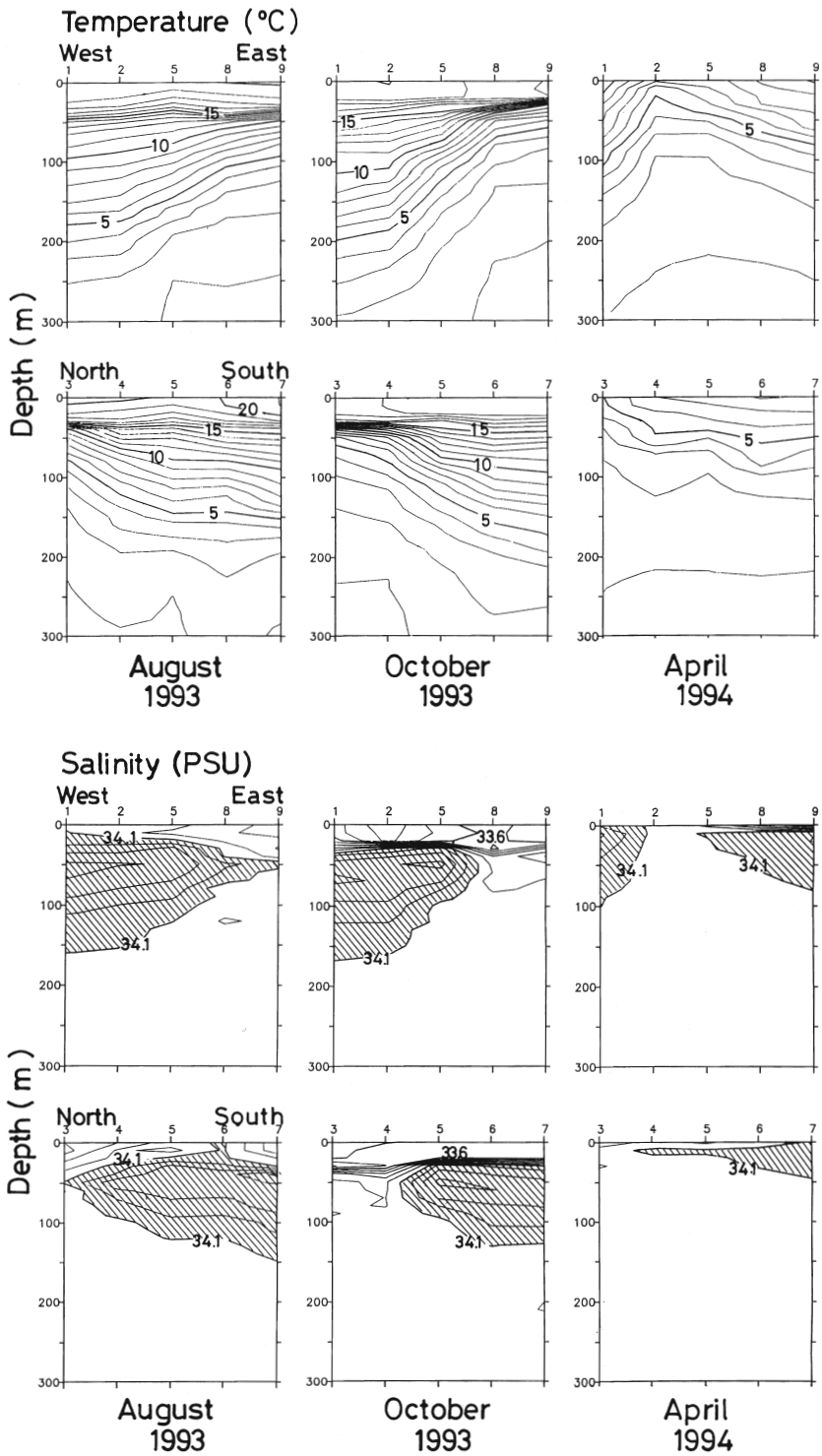


Fig. 2. Vertical water temperature (upper) and salinity (lower) profiles. Hatched areas indicate high salinity waters (PSU >34.1).

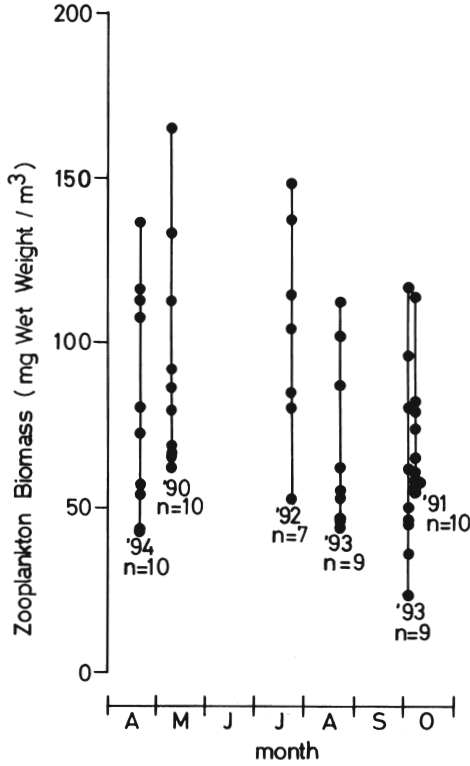


Fig. 3. Seasonal variation in the total wet weight of zooplankton ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Sampling year and number of samples are shown in the figure.

Table 2. Wet weight composition (%) of the major zooplankton groups in each sampling season. Figures in parentheses indicate the minimum and maximum percentage for each season.

	Spring		Summer		Autumn	
	Apr. 1994 N=10	May 1990 N=10	July 1992 N=7	Aug. 1993 N=9	Oct. 1991 N=10	Oct. 1993 N=9
Copepods	52.8 (38.9-76.4)	43.4 (11.5-55.1)	35.9 (24.0-44.9)	34.1 (24.2-46.7)	31.6 (22.4-44.7)	35.2 (27.1-43.8)
Amphipods	21.1 ( 8.3-39.1)	12.3 ( 8.5-15.7)	15.2 ( 7.1-23.3)	30.4 (21.9-42.4)	19.8 ( 9.6-41.4)	25.1 (18.3-35.7)
Chaetognaths	8.8 ( 2.8-13.6)	19.4 (11.0-31.0)	25.7 (12.9-41.9)	21.6 (13.4-31.5)	18.5 ( 8.4-25.7)	22.8 (15.5-34.4)
Euphausiacea	2.1 ( 0.1- 6.6)	12.1 ( 2.1-34.0)	10.2 ( 2.7-18.1)	6.9 ( 2.0-11.8)	9.9 ( 1.7-22.1)	9.9 ( 3.0-20.2)
Ostracods	7.0 ( 1.0-20.7)	2.6 ( 0.7- 4.2)	3.4 ( 1.7- 4.4)	3.8 ( 0.1- 6.8)	3.2 ( 1.6- 4.4)	4.4 ( 1.2- 5.6)
Others	8.0 ( 2.2-13.0)	9.7 ( 1.5-32.9)	9.8 ( 4.5-18.2)	3.3 ( 1.3- 6.2)	15.1 ( 2.0-35.1)	2.6 ( 0.9- 3.9)

## 2 動物プランクトンの現存量と群組成の季節変化

Fig. 3 に、大和堆の各定点における全動物プランクトンの現存量を、湿重量で示す。現存量は、同一の採集期間内でも、地点によって3から5倍の差異があったが、夏から秋にかけて減少する傾向が、有意差をもって認められた(一元配置分散分析,  $P < 0.05$ )。また湿重量に基づいて、主要動物群の構成比を示す(Table 2)。どの季節のサンプルでも、カイアシ類が平均値で第1位を占め、次いで端脚類・ヤムシ類・オキアミ類・貝虫類と続く。この中で肉食性プランクトンは、端脚類、ヤムシ類、及びその他に含まれるくらげ類などであり、ヤムシ類は大和堆の動物プランクトンの中で、肉食性動物として大きな割合を占めていることが分かる。

## 3 ヤムシ類の出現量及び種組成の季節変化

全ヤムシ類の出現量を、密度および湿重量に基づいて、採集時期間と定点間で比較してみた。Table 3 をみると、ヤムシ類の密度は4-7月よりも8-10月に高く、また、定点 P1, P6, P7 及び P2 で高く、P3, P4 で低い傾向が認められる。この差異の有意性を検定するために、分散分析を行った結果を Table 4 に示す。ただし、1992年の7月のデータは、欠測値(定点 P6, P7)があるため除いた。分散比は採集時期間・定点間共に有意となり、ヤムシ類の出現密度は、春よりも夏から秋に高く、また南西部の定点(P1, P2, P6, P7)でより高いと結論された。

一方、全ヤムシ類の湿重量についてみると(Table 5)、1994年4月が他の時期に比べて値が低いものの、全般的に見て顕著な傾向を見いだすことはできない。密度の場合と同様に、湿重量についても分散分析を行った(Table 6)。密度の場合と異なり、定点間には有意差は検出できなかったが、採集時期の間では有意差が検出された。ただしこれは、1994年4月の数値が著しく低いためであり、この時期のデータを除くと、採集時期の間にも有意差は認められなかった( $P > 0.25$ )。従って、全ヤムシ類の湿重量には定点間の差はなく、1994年4月だけ他の時期よりも低かったと言える。

このように、全ヤムシ類の出現量を比較するとき、密度と湿重量とでは異なる結果が導かれることになる。Table 3 と Table 5 のデータから、密度と湿重量の相関を計算したが、両者の間に相関関係は見いだせなかった( $r = -0.05$ ,  $N = 52$ , ns.)。これは、出現種の中に極端なサイズ差があるためと推察される。つまり、大型種(個体)は数が少ないが湿重量の大半を占め、他方小型種(個体)は数で勝るが重量比が小さいために、このような結果が生じたと考えられる。試料中の主要種の最大体長を比較すると、*Sagitta elegans* で39mm、*S. nagae* で18mm、また *S. minima* では9mmである。以上のことから、ヤムシ類の出現量の比較には、密度を用いるのが本研究の目的に適切と考え、以降では密度のデータを用いて、定点間・季節間での詳細な比較検討を行う。

TERAZAKI (1993b)は、日本海から3属17種のヤムシ類を報告しているが、本研究では、これに含まれる2属10種が確認された。これら10種をBIERI (1959)、ALVARIÑO (1965)、鬼頭(1967)及び山路(1984)の記述を参考にして、冷水性種、沿岸/混合水域性種、暖水性種の3群に類別した(Table 7)。出現種の内、出現頻度が高く個体数も多いものは、*Sagitta elegans*、*S. nagae*、および *S. minima* の3種である。*S. elegans* は環北極圏に広く分布する冷水種で、後の2種は沿岸水や混合水域の表層に分布するとされる。これらに次いで多く見られたのが黒潮水塊の指標種である *S. enflata* である。残りの6種の内、*S. regularis*、*S. pacifica* 及び *Pterosagitta draco* は黒潮水塊の指標種とされ、他の3種も全て暖水域に出現する特徴を示す。

**Table 3.** Monthly variations in the density of total chaetognaths sampled at each station ( $/m^3$ ).

	P1	P6	P7	P2	P5	P9	P8	P4	P3
Apr. 1994	0.8	0.4	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.5	0.1
May 1990	2.3	4.7	2.1	1.6	2.5	1.3	0.8	1.7	1.8
July 1992	1.2	—	—	2.5	3.5	2.0	1.7	1.2	0.7
Aug. 1993	8.3	5.9	7.5	9.1	5.1	4.7	4.3	2.7	4.1
Oct. 1991	8.1	9.4	6.2	3.2	3.5	6.9	7.4	2.9	3.2
Oct. 1993	19.6	11.4	11.2	13.4	2.9	2.7	1.6	3.2	0.5

**Table 4.** Two-way ANOVA of the densities of chaetognaths. Data for July 1992 are omitted because of missing values. \*:  $P < 0.05$ . \*\*:  $P < 0.01$ .

Source of Variation	SS	df	MS	F-ratio
Total	752.4	44		
Sampling Stations	169.7	8	21.2	2.4*
Sampling Months	300.2	4	75.1	8.5**
Error	282.5	32	8.8	

**Table 5.** Monthly variations in the wet weight of total chaetognaths ( $mg/m^3$ ) at each station.

	P1	P6	P7	P2	P5	P9	P8	P4	P3
Apr. 1994	7.1	4.0	4.1	6.8	12.2	3.8	6.3	7.9	4.2
May 1990	20.2	27.3	10.1	14.3	19.9	16.4	34.9	7.4	8.7
July 1992	12.4	—	—	13.4	57.5	26.6	56.2	18.7	14.4
Aug. 1993	15.2	8.0	13.0	8.7	7.1	11.7	27.0	12.7	32.2
Oct. 1991	8.0	13.5	15.7	15.3	14.3	4.7	26.5	18.0	14.2
Oct. 1993	12.4	8.4	11.0	14.6	6.8	36.3	15.5	12.8	7.0

**Table 6.** Two-way ANOVA of the wet weights of chaetognaths. Data for July 1992 are omitted because of missing values. \*:  $P < 0.05$ .

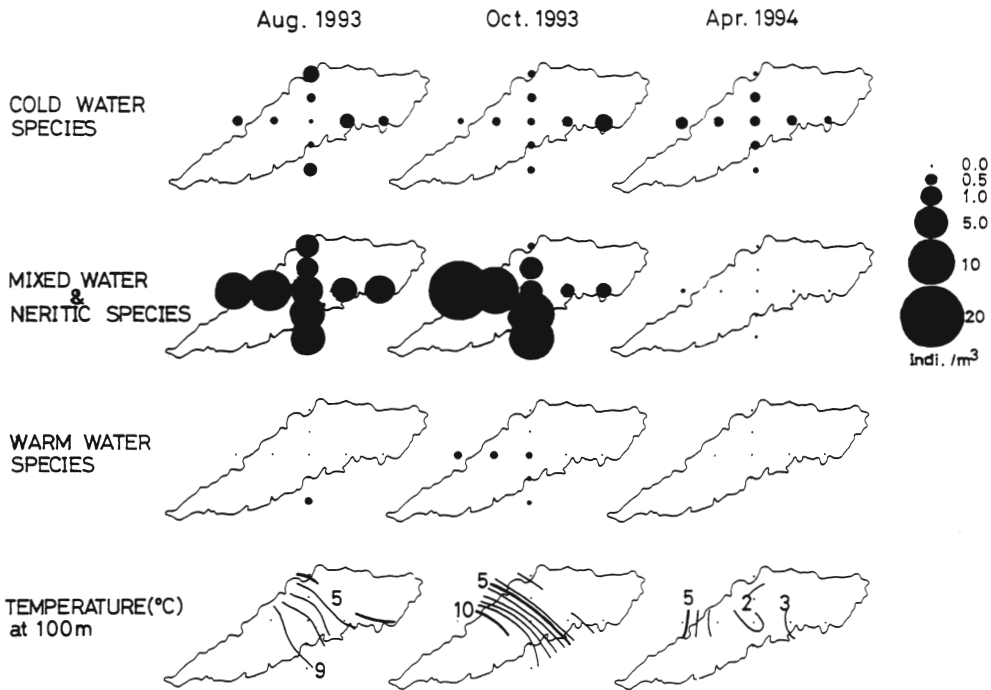
Source of Variation	SS	df	MS	F-ratio
Total	2471.7	44		
Sampling Stations	458.7	8	57.3	1.4 NS
Sampling Months	664.7	4	166.2	3.9*
Error	1348.3	32	42.1	

構成比が大きい主要4種 (*S. elegans*, *S. nagae*, *S. minima*, *S. enflata*) の、大和堆での分布密度と種組成を、季節毎に比較してみる (Table 7). 4月(1994)と5月(1990)には、冷水性種の *S. elegans* が全体の96%以上を占めているが、7月(1992)には64%に減少し、更に8月(1993)

**Table 7.** Species composition of chaetognaths occurred around Yamato Tai. Values are number of individuals per 10m<sup>3</sup>. The relative proportion of each species to total individuals are in parentheses.

	Apr. 1994	May 1990	July 1992	Aug. 1993	Oct. 1991	Oct. 1993
○ <i>Sagitta elegans</i>	4.2(96.6)	20.6(98.6)	11.6(64.1)	5.7( 9.9)	5.0( 9.2)	4.8( 6.4)
◎ <i>S. nagae</i>			6.3(34.8)	37.6(65.5)	19.4(35.5)	31.1(41.8)
◎ <i>S. minima</i>	0.1( 2.3)	0.3( 1.4)	0.2( 1.1)	12.9(22.5)	21.9(40.1)	34.3(46.1)
● <i>S. enflata</i>				0.3( 0.5)	7.4(13.6)	0.7( 1.0)
● <i>S. regularis</i>					0.1( 0.2)	0.3( 0.4)
● <i>S. neglecta</i>					0.6( 1.0)	
● <i>S. ferox</i>					0.2( 0.4)	<0.1(<0.1)
● <i>S. decipiens</i>						<<0.1(<0.1)
● <i>S. pacifica</i>						<<0.1(<0.1)
● <i>Pterosagitta draco</i>						<0.1( 0.1)
Unidentified	<0.1( 1.1)			0.9( 1.6)		3.0( 4.0)
Total	4.3	20.9	18.1	57.4	54.6	74.4

○ : cold water species. ◎ : mixed water/neritic species. ● : warm water species.



**Fig. 4.** Seasonal and spetal variations in densities of each chaetognath group. The bottom figures are the horizontal temperature (°C) distribution at 100m depth.



と10月(1991, 1993)には10%未満になり、密度も低下した。一方沿岸／混合水域性種の *S. nagae* は、7月には35%を占め、8月・10月には密度・構成比共に大幅に上昇している。同じく沿岸／混合水域性種の *S. minima* は、春季にもわずかながら出現したが、8・10月に顕著に増加し、構成比は40-46%に達した。8・10月にはこれら2種の沿岸／混合水域性種が、全体の75-88%を占めた。暖水性種の *S. enflata* は10月(1991)に全体の13.6%を占め、*S. elegans* よりも多かったが、他の時期は1%以下であった。

大和堆水域での、ヤムシ類の水平分布の季節変化をみるために、1993年8月、10月及び1994年4月の資料から、上記の3群毎の密度を採集定点毎に Fig. 4に示した。なお、種毎の詳細な数値は Appendix 1 に挙げてある。まず冷水性種についてみると、夏季(8月)に定点 P3, P7, P8で、また秋季(10月)に定点 P9でやや高密度であったが、定点間の密度の差異は小さく、どの季節にもほぼ均一に出現していた。一方、沿岸／混合水域性種は、8月と10月には、西部(定点 P1, P2) および南部(定点 P6, P7) でより高密度に出現し、その分布には顕著な偏りがみられた。この傾向は10月にはさらに顕著になった。しかし春(4月)になると、これらの種類はどの定点でもほとんど出現しなかった。暖水性種は、この期間にはほとんど出現せず、8月と10月にわずかにみられただけであり、出現定点も南部(定点 P5-7)と西部(定点 P1, P2)に限られていた。

以上のようなヤムシ類の出現・分布状況をまとめると、冷水性種 (*S. elegans*) は春から秋のどの季節にも出現し、出現量に季節間・地点間の差異はなかった。一方、沿岸／混合水域性種 (*S. nagae*, *S. minima*) は、春にはほとんど出現しないが、夏から秋には西部及び南部に多量に出現した。更に暖水性種 (*S. enflata*, etc.) の出現も、少量ながら同様な分布パターンを示した。

先に、全ヤムシ類の密度を比較して (Table 3), 春よりも夏から秋に、また北部・東部より南部と西部でより高密度になることを示したが、上記の結果よりこの増加は、夏季から秋季に大和堆南部と西部で、沿岸／混合水域性種が増加することによると結論できる。更にこの種群の増加は、夏季から秋季の表面水温の上昇と季節躍層の発達、および南西部での対馬海流中層水の存在に対応していると考えられる (Fig. 2, 4)。

## 考 察

これまで行われた調査研究により (鬼頭 1974; TERAZAKI 1993a, b), 日本海から報告されている16-20種のヤムシ類は、冷水性・暖水性・沿岸／混合水域性の3群に分けることができる。大和堆水域は混合域 (鬼頭 1974) に当たり、本研究ではこれら3群のヤムシ類、計10種が確認された。各種群は、それぞれ異なる出現パターンを示し (Table 7, Fig. 4), それらはこの水域の海洋構造と、密接な関係があることが推察された。

例えば、冷水性の *S. elegans* は水温の低い春に卓越したが、出現量に季節変化は認められなかった。一方、沿岸／混合水域性種は春にはほとんどみられず、表層水温が上昇する夏から秋に著しく増加した。またこの時期には、定点間に種組成の不均一性 (Appendix 1) が生じる。夏から秋にかけては、南西方向からの対馬海流の影響が認められ、それにより地点間に海洋構造の違いが生じていた (Fig. 2)。従って、沿岸／混合水域性種は、この時期に対馬海流によって移送されてくるものと考えられる。

*S. enflata* などの暖水性ヤムシ類も、沿岸／混合水域性種と同様に高水温期に出現し、水温が低下する春季には全くみられなかった。暖水性種の内、*S. enflata* を除いた各種類は、秋季に未

成熟個体が数個体ずつ採集されたにすぎない。また日本海中央部は、これらの種の分布域の北限に当たることから(BIERI 1959; PIERROT-BULTS and NAIR 1991), これらは分布中心域から突出した繁殖しない個体—sterile expatriates (PIERROT-BULTS and NAIR 1991)—とみなしてよい。しかしながら *S. enflata* では、成熟卵を持った個体がみられ、また北海道沿岸にまで分布するなど(KOTORI and KOBAYASHI 1979), *S. minima* など混合水域性種に類似した生態的特徴を持つものと推測される。

以上のことをまとめると、この水域のヤムシ類群集は、定在的な種と季節的に移入してくる種とで構成されており、海洋構造の季節変化に対応して変動する動的なものと言えよう。TERAZAKI (1993a)は、日本海南部の富山湾(水深1000m)において、ヤムシ類主要種の出現個体数の季節変化を、0-500mの鉛直曳きサンプルによって調べている。それによると、冷水性の *S. elegans* と混合水域性の *S. minima* は周年出現するが、前者は目立った年間変動は示さず、後者は8月から12月に顕著に増加した。また、沿岸性の *S. nagae* は夏に、外洋性で黒潮水塊の指標種(*S. enflata* など)は秋から冬に増加した。この結果は、本報告のパターンとよく一致しており、大和堆水域と富山湾のヤムシ類組成とその季節変化は、類似していることが明らかになった。

それでは、定在的な種類—冷水性ヤムシ類—は、夏から秋の高水温期にはどこに生息しているのであろうか? TERAZAKI (1993b)は、1970年8月に能登半島北西沖でヤムシ類の鉛直分布を調べ、冷水性の *S. elegans* は200m以深に出現し、沿岸/混合水域性の *S. nagae* や *S. minima*, 及び暖海性のヤムシ類は200m以浅に出現することを明らかにした。またHIRAKAWA *et al.* (1990)は富山湾で6月及び9月に、150m以深に *S. elegans* が多量に分布すると述べている。同様なことが大和堆水域でも起きていると考えられるが、本研究では層別採集を行っていないので、この水域でのヤムシ類の鉛直分布の実態の解明は、今後に残された課題である。

ヤムシ類の分布状況は、単にその水域の物理環境を反映しているだけではなく、その肉食者として機能は、水域の生物生産過程に大きな影響を与えているものと考えられる(FEIGENBAUM 1991)。例えば大和堆水域では、春から夏・秋にかけて、冷水性種から混合水域性種へと優占種が交代するが、後者は前者よりも体サイズが小さい(1/2から1/5)。これら小型ヤムシ類にとっては、必然的に捕食する餌のサイズも小型化すると考えられる(REEVE and WALTER 1972; DRITS 1981; ØLESLAND 1987)。このようなヤムシ類のサイズ(種)組成の変化は、肉食性動物の生産(SAMEOTO 1971)、並びに餌となる他のプランクトン、特にカイアシ類の生産への影響をもたらすことが知られている(DAVIS 1984; KIMMERER 1984)。本報告の結果は、ヤムシ類の水塊指標性を支持するだけでなく、大和堆水域の生物生産機構、すなわち、プランクトン食物網の構造と機能、およびその動態を解明するための端緒となるであろう。

## 文 献

- ALVARIÑO, A. (1965) Chaetognaths. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **3**, 115-194.  
 BIERI, R. (1959) The distribution of the planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. *Limnol. Oceanogr.*, **4**, 1-28.  
 DAVIS, C. S. (1984) Predator control of copepod seasonal cycles on Georges Bank. *Mar. Biol.*, **82**, 31-40.  
 DRITS, A. V. (1981) Some patterns of feeding of *Sagitta enflata*. *Oceanology*, **21**, 624-628.  
 FEIGENBAUM, D. (1991) Food and feeding behaviour. pp. 45-54. In *The Biology of Chaetognaths*. ed. by BONE Q., KAPP H. and PIERROT-BULTS A. C. Oxford Science Publications, Oxford.

- 古橋賢造 (1958) 東支那海の毛顎類について. 海と空, **34**, 31-34.
- 古橋賢造 (1959) 本州南方の黒潮域における浮遊性毛顎類について その1. 水塊の指標になる3種の統計的考察. 海と空, **35**, 81-84.
- HIRAKAWA, K., IKEDA, T. and KAJIHARA, N. (1990) Vertical distribution of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea, with special reference to Copepoda. *Bull. Plankton Soc. Jap.*, **37**, 111-126.
- 海洋水産資源開発センター (1992) 平成3年度沖合漁場総合整備開発基礎調査報告書(総括編), 日本海大和堆海域.
- KIMMERER, W. J. (1984) Selective feeding and its impact on prey of *Sagitta enflata* (Chaetognatha). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **15**, 55-62.
- 鬼頭正隆 (1967) 矢虫綱 pp. 40-51. 元田茂編 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, 蒼洋社, 東京.
- 鬼頭正隆 (1974) 毛顎類 pp. 65-85. 元田茂編 海洋学講座第10巻 海洋プランクトン, 東京大学出版会, 東京.
- KOTORI, M. and KOBAYASHI, T. (1979) Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. IV. A brief description of five species of Chaetognatha, with a note on their vertical distribution. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, (44), 39-55.
- MATSUZAKI, M. (1975) On the distribution of chaetognaths in the East China Sea. *The Oceanogr. Mag.*, **26**, 57-62.
- ØLESLAND, V. (1987) Feeding of the chaetognaths *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* at different seasons in Gullmarsfjorden, Sweden. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **39**, 69-79.
- PIERROT-BULTS, A. C. and NAIR, V. R. (1991) Distribution patterns in Chaetognatha. pp. 86-116. In *The Biology of Chaetognaths*. ed. by BONE Q., KAPP H. and PIERROT-BULTS A. C. Oxford Science Publications, Oxford.
- REEVE, M. R. and WALTER, M. A. (1972) Condition of culture, food-size selection and the effects of temperature and salinity on growth rate and generation time in *Sagitta hispida* Conant. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **9**, 191-200.
- SAMEOTO, D. D. (1971) Life history, ecological production, and an empirical mathematical model of the population of *Sagitta elegans* in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **28**, 971-985.
- TERAZAKI, M. (1993a) Seasonal variation and life history of the pelagic Chaetognatha, *Sagitta elegans* Verrill, in Toyama Bay, southern Japan Sea. *J. Plankton Res.*, **15**, 703-714.
- TERAZAKI, M. (1993b) Deep-sea adaptation of the epipelagic chaetognath *Sagitta elegans* in the Japan Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **98**, 79-89.
- 山路 勇 (1984) 日本海洋プランクトン図鑑. 第3版, 保育社, 東京, 537 pp.

**Appendix 1.** Densities of chaetognaths per m<sup>3</sup> at each sampling station from August 1993 to April 1993. Figures in parentheses indicate the relative proportion (%) of each species to the total number of individuals at each sampling station.

Aug. 1993	P1	P2	P3	P4	P5 <sup>a)</sup>	P6	P7	P8	P9 <sup>b)</sup>
<i>Sagittia elegans</i>	0.5( 6.0)	0.3( 3.3)	1.3(31.7)	0.4(14.8)	0.1( 2.0)	0.2( 3.4)	0.9(12.0)	1.0(23.2)	0.5( 9.6)
<i>S. nageae</i>	5.1(61.4)	6.2(68.1)	2.5(61.0)	1.8(66.4)	4.0(78.4)	4.7(78.4)	3.9(52.0)	1.9(44.2)	3.7(71.2)
<i>S. minima</i>	2.7(32.6)	2.3(25.3)	0.2( 4.9)	0.5(18.5)	1.0(19.6)	1.0(16.9)	2.2(29.3)	1.2(27.9)	0.5( 9.6)
<i>S. enflata</i>						0.3( 4.0)			
Unidentified		0.3( 3.3)	0.1( 2.4)	<0.1( 0.4)		<0.1( 0.3)	0.2( 2.7)	0.2( 4.7)	
Total	8.3	9.1	4.1	2.7	5.1	5.9	7.5	4.3	4.7
Oct. 1993	P1	P2	P3	P4	P5 <sup>a)</sup>	P6	P7	P8	P9
<i>Sagittia elegans</i>	0.2( 1.0)	0.4( 3.0)	0.3(55.6)	0.4(12.5)	0.3(10.3)	0.3( 2.6)	0.3( 2.7)	0.5(30.5)	1.6(58.0)
<i>S. nageae</i>	11.2(57.1)	5.7(42.5)	0.2(37.0)	0.8(25.0)	1.6(55.2)	3.1(27.2)	3.8(33.9)	0.9(54.9)	0.7(25.4)
<i>S. minima</i>	7.4(37.8)	6.5(48.5)		1.8(56.3)	0.7(24.1)	7.4(64.9)	6.6(58.9)	<0.1( 2.4)	0.4(14.5)
<i>S. enflata</i>	0.2( 1.0)	0.3( 2.2)				0.1( 0.9)			<0.1( 2.2)
<i>S. regularis</i>	0.1( 0.5)				<0.1( 2.4)	<0.1( 0.5)	<<0.1( 0.4)		
<i>S. ferrox</i>		<0.1( 0.4)							
<i>S. decipiens</i>						<<0.1( 0.1)			
<i>S. pacifica</i>					<<0.1( 0.7)				
<i>Pterosagittia draco</i>					<0.1( 2.4)				
Unidentified	0.5( 2.6)	0.5( 3.7)	<0.1( 7.4)	0.2( 6.2)	<0.1( 2.4)	0.4( 3.5)	0.5( 4.5)	0.2(12.2)	
Total	19.6	13.4	0.5	3.2	2.9	11.4	11.2	1.6	2.7
Apr. 1994	P1	P2	P3	P4	P5 <sup>a)</sup>	P6	P7	P8	P9 <sup>c)</sup>
<i>Sagittia elegans</i>	0.7(82.4)	0.5(100)	0.1(100)	0.5(100)	0.5(100)	0.4(100)	0.2(100)	0.5(100)	0.3(100)
<i>S. minima</i>	0.1(11.8)								
Unidentified	<0.1( 5.8)								
Total	0.8	0.5	0.1	0.5	0.5	0.4	0.2	0.5	0.3

<sup>a)</sup>0-300m, <sup>b)</sup>0-450m, <sup>c)</sup>0-400m