



Title	潜水無人探査機ビデオ撮影による日本海後志海山におけるヤムシ類の微細分布の観察
Author(s)	小澤, 美穂; OZAWA, Miho; 山口, 篤 他
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 55(3), 145-150
Issue Date	2004-12
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/22003">https://hdl.handle.net/2115/22003</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	55(3)_P145-150.pdf



## 潜水無人探査機ビデオ撮影による日本海後志海山における ヤムシ類の微細分布の観察

小澤 美穂<sup>1,2)</sup>・山口 篤<sup>1)</sup>・喜多村 稔<sup>3)</sup>

(2004年9月29日受付, 2004年10月29日受理)

### Small Scale Distribution of Chaetognaths at Shiribeshi Seamount in the Northern Japan Sea; an Analysis of Video Records of Submersible Remotely Operated Vehicle

Miho OZAWA<sup>1,2)</sup>, Atsushi YAMAGUCHI<sup>1)</sup> and Minoru KITAMURA<sup>3)</sup>

#### Abstract

Video recordings were made during four dives of a submersible remotely operated vehicle (*Dorfin-3K*) to reveal small scale distribution of a chaetognath *Sagitta elegans* along Shiribeshi Seamount in the northern Japan Sea, covering the depths from 800-1,000 m to near the surface. *S. elegans* was most abundant at around 500 m depth disregarding the time of the day and the depth of the bottom. In contrast to the previous reports from other regions, there observed no swarms of this chaetognath at benthopelagic zones. The lack of benthopelagic swarms of *S. elegans* in the present study site in the Japan Sea may be interpreted by deeper distribution of this chaetognath in the Japan Sea, as compared with those in the other sea regions ( $\leq 200$  m deep). Future aspects toward better resolution of the abundance of zooplankton using similar techniques are discussed.

**Key words:** Remotely Operated Vehicle (ROV), Chaetognaths, *Sagitta elegans*, Japan Sea

#### 緒 言

毛顎動物 (Chaetognatha) はその形態からヤムシ (矢虫) 類と呼ばれ、動物プランクトン群集を構成する主要分類群の一つである。ヤムシ類は海洋にのみ生息し、海藻や海底に生息する付着性や底生性の一部の種を除き、大部分が真の浮游生活者で、沿岸から外洋におよぶ全海洋の表層から深層にかけて出現する。海洋の動物プランクトン群集内において、ヤムシ類の生物量はカイアシ類に次いで多いことが知られており、カイアシ類生物量の10-30%に相当するとされている (Ryther, 1969; Reeve, 1970)。本分類群は肉食性であり、主にカイアシ類を捕食し、他にオキアミ類、端脚類、甲殻類幼生、尾虫類、稚仔魚を捕食し、時に共食いも行うことが知られている (Feigenbaum, 1991)。また、ヤムシ類自身は魚類などの高次捕食者の餌生物となっている (Uchikawa et al., 2001, Yamamura et al., 2002)。このようにヤムシ類は、海洋生態系の食物網において低次栄養段階生物から高次栄養段階生物へエネルギーを転送する担い手と

して、重要な役割を果たしていると考えられる。

近年、ソリネットや Tucker トロールを用いた調査で、ヤムシ類が近底層 (benthopelagic zone) に密集することが報告されており、その生態学的意義が議論されている (Brodeur and Terazaki, 1999; Choe and Deibel, 2000)。一方、有人潜水船による目視観察や無人探査機 (ROV: Remotely Operated Vehicle) によるビデオ観察により、深海の動物プランクトンの調査が行なわれ、ネット採集では明らかにできない微細な鉛直分布や群集構造が明らかになりつつある (Vereshchaka and Vinogradov, 1999; Vinogradov and Shushkina, 2002; Vinogradov and Vinogradov, 2002; Vinogradov et al., 2003)。本邦近海でも潜水船による目視観察や ROV によるビデオ観察により、クラゲ類などのネット採集では破碎されてしまう脆弱な動物プランクトン分類群の行動、分布や形態について報告されている (Hunt and Lindsay, 1999; Miyake et al., 2002; Toyokawa et al., 2003)。潜水船や ROV による調査は、近底層におけるヤムシ類の分布特性を明らかにするのに最も有効な手段と考

<sup>1)</sup> 北海道大学大学院水産科学研究科多様性生物学講座  
(Laboratory of Marine Biodiversity, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

<sup>2)</sup> 現所属: 新潟県水産海洋研究所  
(Present address: Fisheries Oceanography Institute of Niigata Prefecture)

<sup>3)</sup> 海洋研究開発機構  
(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

えられるが、ヤムシ類を研究の主眼とした潜水船による目視観察や ROV によるビデオ観察は未だ報告例がない。日本海の中層にヤムシ類は *Sagitta elegans* のみが出現することが知られている (Terazaki, 1993)。単一種が分布する日本海中層は種査定に混乱をもたらすことはなく、目視やビデオによる解析に向けた海域であるといえる。

北部日本海の後志海山ではこれまで複数回にわたる潜水船「しんかい 2000」の調査潜航が行われており、その底棲生物群集 (藤倉ほか, 1991) や近底層生物群集 (三宅ほか, 2004) についていくつか知見がある。三宅ほか (2004) では「しんかい 2000」による後志海山での潜航調査中にヤムシ類が高密度に分布していたことを述べているが、その鉛直分布の詳細については不明なままである。本研究は、今日までヤムシ類の生態に関して知見の乏しかった近底層

及び漂泳区における微細分布を明らかにすることを目的として、無人探査機による日本海後志海山のダイブで撮影されたビデオを解析したものである。特に漂泳区と近底層の結果を比較することで、近底層における本分類群の集群 (swarm) の有無とその規模、また、ネット採集では明らかにできない微細な鉛直分布を明らかにすることを試みた。

### 材 料 と 方 法

2001 年 7 月 11 日-13 日に、北海道西方の日本海奥尻海嶺東部に位置する後志海山の東西南北の各斜面 (43°34'N-43°37'N, 139°30'E-139°35'E) において (Fig. 1), 海洋科学技術センター (JAMSTEC) 所属の ROV 「ドルフィン-3K」の潜航調査が行われた。この潜航は、同センター所属の有

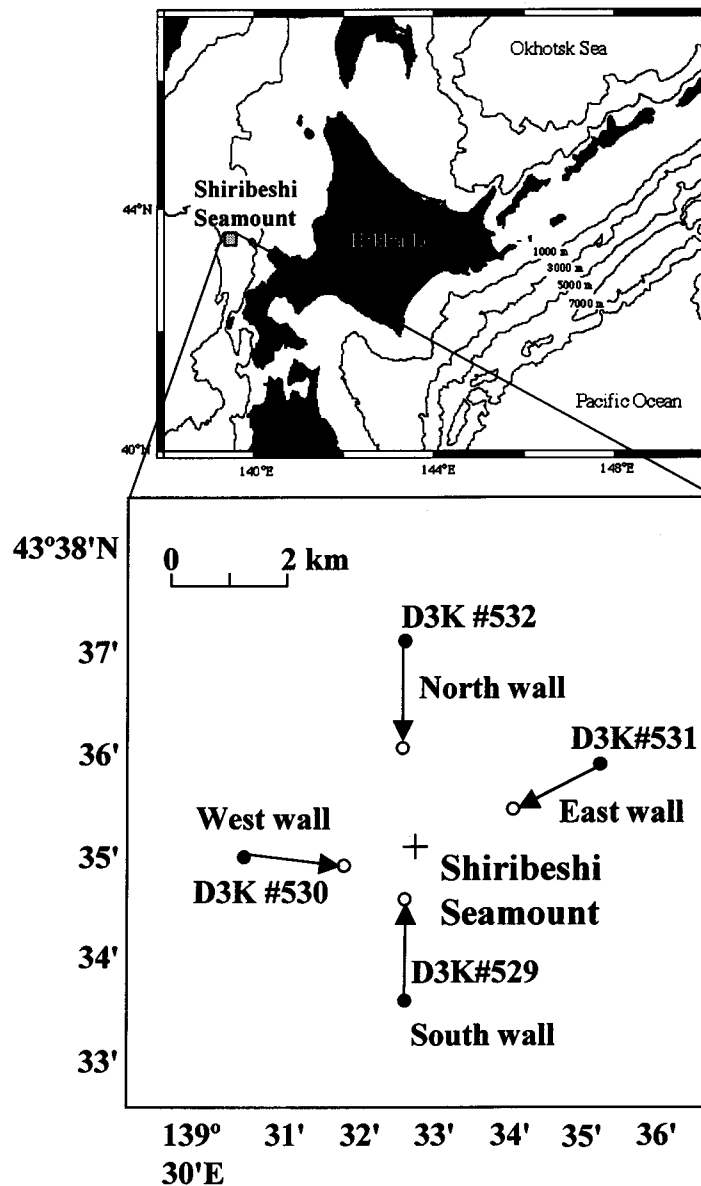


Fig. 1. Location of the Shiribeshi Seamount in the northern Japan Sea (upper) and cruise track of submersible remotely operated vehicle (ROV) "Dolphin-3K" at Shiribeshi Seamount (lower). ●: start point, ○: end point.

Table 1. Summary of submersible ROV “Dolphin-3K” dives at Shiribeshi Seamount in the northern Japan Sea during which the chaetognaths’ abundance was recorded on video films

Area	Dive No.	Date	Position		Depth (m)	
			(landing)	(take off)	(landing)	(take off)
Japan sea (Shiribeshi Seamount, off the west coast of Hokkaido)	D3K # 529	11 Jul. 2001	43°33.496'N, 139°32.792'E	43°34.470'N, 139°32.767'E	821	178
	D3K # 530	11 Jul. 2001	43°34.888'N, 139°30.606'E	43°34.805'N, 139°31.945'E	779	238
	D3K # 531	12 Jul. 2001	43°35.785'N, 139°35.387'E	43°35.360'N, 139°34.243'E	1,038	228
	D3K # 532	13 Jul. 2001	43°37.000'N, 139°32.776'E	43°35.979'N, 139°32.743'E	821	142

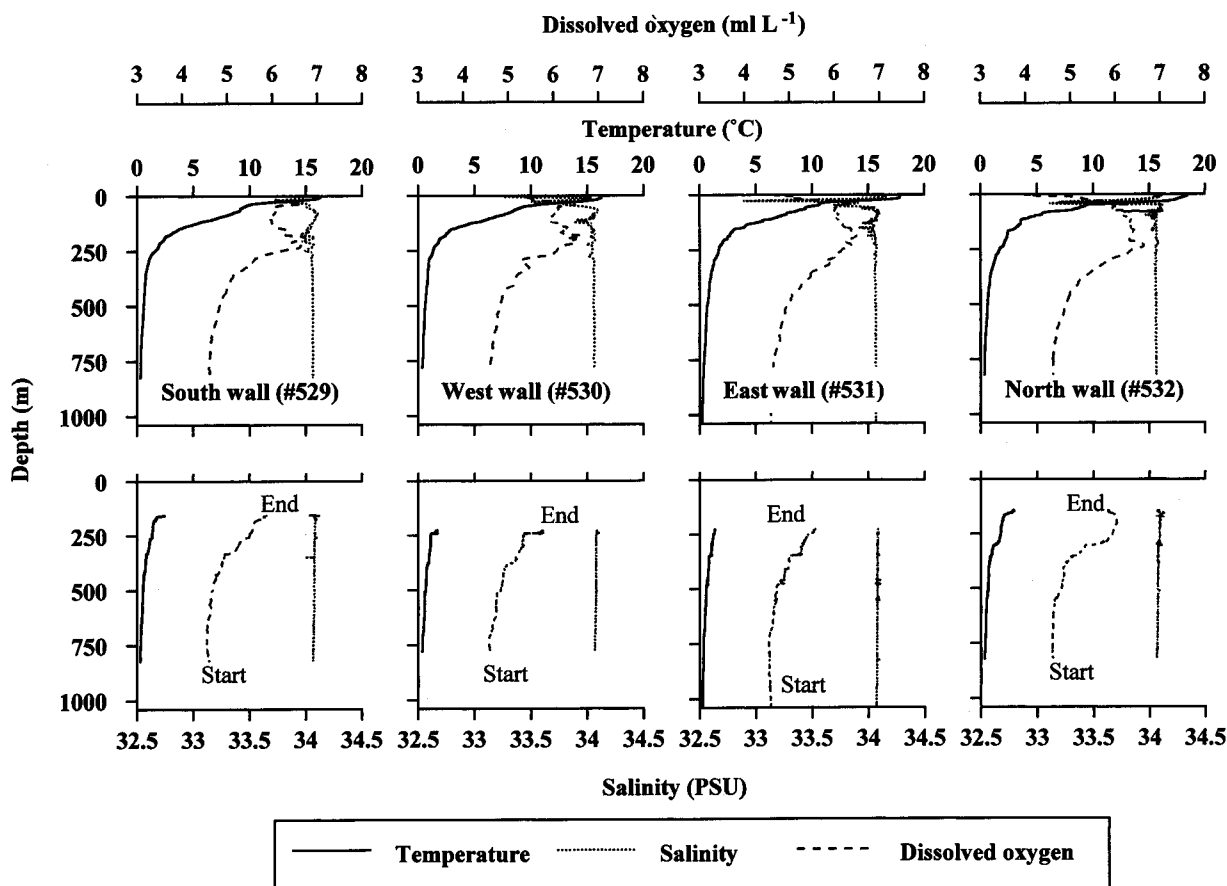


Fig. 2. Vertical profiles of the temperature, salinity and dissolved oxygen in the pelagic zone (upper panels) and benthopelagic zone (lower panels) during ROV “Dolphin-3K” dives # 529-532 at Shiribeshi Seamount in the northern Japan Sea. Note that the observation on benthopelagic zone started in the deep (Start) and ended at ca. 200 m depth (End).

人潜水船「しんかい 2000」の調査潜航におけるルートの事前調査のために行われたものである。ドルフィン-3Kの第529潜航では後志海山南斜面水深821 mから山頂南部水深178 mにかけて、第530潜航では後志海山西斜面水深779 mから山頂西部水深238 m、第531潜航では後志海山東斜面水深1,038 mから山頂東部水深228 m、第532潜航では後志海山北斜面水深821 mから山頂北部水深1,424 mにかけて航走した (Table 1)。潜航中に船体に備え付けられた CCD カメラによる海中のビデオ撮影、また、同様に搭載した CTD (SeaBird 社製、SBE19) により水理環境データ

(水温、塩分、溶存酸素) を得た。各々の潜航で得られた表層から着底までの降下中を漂流区データ (pelagic data) とし、近底層 (海底より 10 m 以内) 航走中を近底層データ (benthopelagic data) として、ビデオ画像を解析に用いた。解析には、デジタルベータカムテープに録画されたものを S-VHS テープに再度録画したものを使用した。

ビデオ観察は以下の手順によった。二人一組でビデオを観察し、1人は計数者、もう1人を記録者とした。計数者は航走に伴ないビデオの視野内で次々に確認されたヤムシ類をカウンターで積算計数し、記録者は水深 20 m 毎に積算

された計数値と時刻を記録した。得られたデータは「水深 20 m 間隔で積算されたヤムシ類の個体数」であるが、深度層によって潜航速度、移動速度、カメラのズームの程度が異なるため、その深度層での観察時間 (秒) で除して、「個体数/秒」に標準化することにより、半定量的な個体数密度 (inds. s<sup>-1</sup>) を求めて、深度層間での比較を可能にした。この方法は仮定として「ビデオの視認性は深度層によって異なる」ことを条件としている。また、計数値は観察者の熟練度によって異なることも考えられるため、同一ビデオについて 2 名が交互に計数を行い、その平均値をその深度層での個体数とした。なお、今回の観察では 2 名の観察者の計数個体数は互いによく一致していた ( $r^2=0.88$ ,  $p<0.0001$ )。各深度層において求められた「単位時間あたりの個体数 (inds. s<sup>-1</sup>)」は、相対的なヤムシ類の密度であり、これを漂泳区と近底層で比較した。

結 果

「ドルフィン-3K」により潜航調査を行った後志海山の 4 斜面の水理環境 (水温, 塩分, 溶存酸素) について漂泳区と近底層毎に鉛直分布を示した (Fig. 2)。漂泳区と近底層との間、また、それぞれ 4 定点の間には違いはみられず、互いによく類似した鉛直構造を示した。表面水温の変動は、ダイブ # 529 の 16.3°C からダイブ # 532 における 18.4°C の

範囲内であった。水温は深度が増すにつれて急激に低下し、300 m 以深は 1°C 以下で安定していた。塩分は水深 250 m までは増減を繰り返す、それ以深では非常に安定していた。溶存酸素は水深 200 m 前後で極大を示し、それ以深では減少していた。

ビデオ解析により水深 20 m 毎に算出した個体数密度 (inds. s<sup>-1</sup>) から漂泳区と近底層におけるヤムシ類 *Sagitta elegans* の詳細な鉛直分布様式が得られた (Fig. 3)。その鉛直分布は、漂泳区、近底層ともに全 4 定点において水深 500 m 前後に高密度で分布する傾向が見られた。南斜面 (ダイブ # 529) と北斜面 (ダイブ # 532) において、漂泳区と近底層との分布様式は非常に似ており、南斜面では、最高値を記録した深度は漂泳区と近底層ともに水深 400-420 m で、それぞれの相対密度 (inds. s<sup>-1</sup>) は 1.0 (漂泳区) と 2.8 (近底層) であり、近底層は漂泳区の約 2.8 倍の個体数密度であった。しかし、他の 3 ダイブではいずれもその相対密度は漂泳区と近底層でほとんど同じであった。また、東斜面 (ダイブ # 531) の近底層では二極分布を示し、水深 280-300 m と 560-580 m でピークを示した (それぞれ 1.1 inds. s<sup>-1</sup> と 1.3 inds. s<sup>-1</sup>)。その両ピークともピークの前後の深度層では、その密度はピーク値の 1/2 程度であり、パッチ状の分布様式が明確になった。いずれのダイブでも近底層と漂泳区のパッチ状微細鉛直分布は互いによく一致していた。

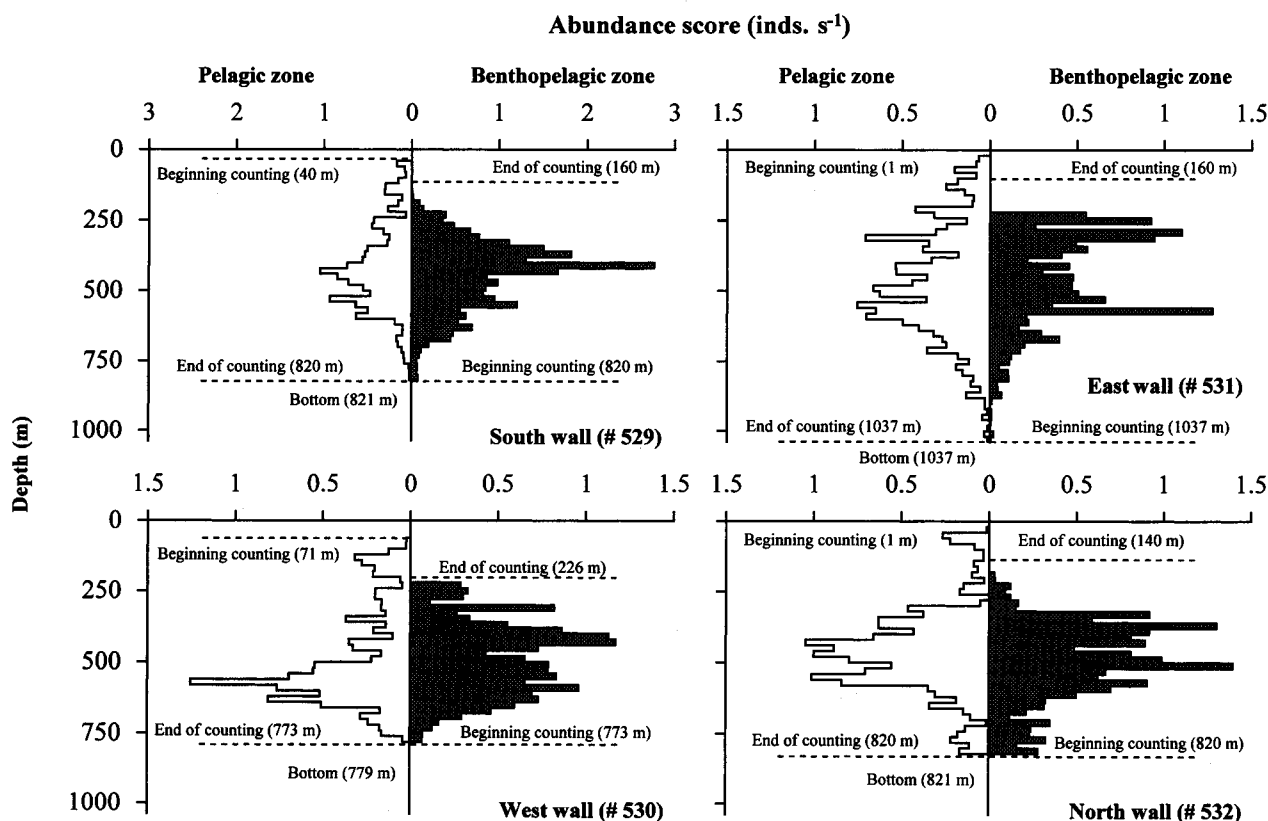


Fig. 3. Vertical distribution of chaetognath abundance scores (inds. s<sup>-1</sup>) in the pelagic (left) and along the benthopelagic zone (right) during ROV "Dolphin-3K" dives # 529-532 at Shiribeshi Seamount in the northern Japan Sea.

## 考 察

近年、ヤムシ類が近底層付近に密集していることが報告されており (Brodeur and Terazaki, 1999; Choe and Deibel, 2000), その生態学的意義が議論されている。Brodeur and Terazaki (1999) はアラスカ湾の沿岸域の水深 180 m においてソリネットによる採集を行い、昼間にヤムシ類 *Sagitta elegans* は近底層付近に集中しており、近底層の個体数密度は漂泳区の約 100 倍にもなることを明らかにし、その光景は ROV からも見られたと述べている。Choe and Deibel (2000) は北大西洋ニューファウンドランドのコンセプション湾 (水深 235 m) において Tucker トロールとソリネットによる採集で、昼間に *S. elegans* は全水柱を通してのバイオマスの 25% が近底層付近に集中していることを明らかにし、近底層の個体群はサイズの大きな成熟個体から構成されていると述べている。いずれの研究も調査水域の水深は 200 m 前後であり、近底層の集群が見られた種は *S. elegans* で、その集群には日周期性および体サイズが関連しているのが特徴である。

本研究において潜水無人探査機で撮影されたビデオ資料から微細分布の解析を行ったヤムシ類も上述の 2 研究と同じ *Sagitta elegans* であると考えられる。しかしながら本研究結果は、4 回の観察とも半定量的な個体数密度 (inds.  $s^{-1}$ ) に、近底層と漂泳区による差はほとんど見られなかった (Fig. 3)。近底層での集群が見られなかった要因としては、本研究の調査を行ったのが外洋域で水深が深いことや、日本海の *S. elegans* は水深 1,000 m 付近まで分布深度を拡大していることが挙げられる (Terazaki, 1993)。*S. elegans* の近底層付近の集群が報告されている海域は、ほとんど水深 200 m 前後で、集群に日周期性があることはその集群が捕食者回避と関わりがあることを示唆している。近底層付近の集群に成熟個体が多いことは、より視覚捕食者に見つかりやすい大型個体が近底層付近に分布していることの反映であると考えられる。今回、潜水無人探査機による観察を行ったのは全て昼間であり、昼間でも集群が見られなかったことから、夜間に近底層付近に集群を形成するとは考えにくく、日本海後志海山付近の *S. elegans* 個体群には近底層での集群行動は無いと判断される。

潜水船による目視観察によって、現場動物プランクトンの分布密度やバイオマスを定量する試みはロシアの潜水船「*Mir*」によって多くなされている。その方法は 3 m<sup>2</sup> の方形枠を潜水船外部にマニピュレーターにより支え、その方形枠を通過した動物を直接計数、また方形枠に取り付けたスケールバーより体長などのサイズを測定することでバイオマスを見積っている (Vinogradov and Shushkina, 2002; Vinogradov and Vinogradov, 2002)。これまでに潜水船による目視観察によって分布密度やバイオマスの微細分布が調べられた動物分類群はエビ類、十脚類、オキアミ類、端脚類、ヤムシ類、尾虫類、鉢クラゲ類、管クラゲ類、櫛クラゲ類、ハダカイワシ科魚類など多岐にわたる (Vinogradov

and Vinogradov, 2002)。

本邦でも海洋科学技術センターの潜水船「しんかい 2000」や無人探査機「ドルフィン-3K」を用いて大型動物プランクトンの分布深度が記載されているが (Hunt and Lindsay, 1999; Miyake et al., 2002; Toyokawa et al., 2003), 定量的な知見は乏しい。本邦潜水船による目視観察から漂泳区のプランクトンやマイクロネクトンの分布密度を定量的に求めようとした試みは、潜水船「しんかい 2000」によって駿河湾のサクラエビの分布密度を求めた例 (津久井・大森, 1986) 以外にないように思われる。津久井・大森 (1986) においてサクラエビの分布密度を求めた方法はロシアの「*Mir*」と同じく、潜水船外に方形枠を設定するものである。中・深層における動物プランクトンの種間関係やその物質循環に果たす役割を評価するには、その分布密度やバイオマスを定量評価することが不可欠である。本邦の潜水船や無人探査機においてもロシアで行われているような分布密度やバイオマスの定量評価技術の普及が望まれる。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に際して御指導をいただき、御校閲の労を賜った北海道大学大学院水産科学研究科池田 勉教授に謹んで感謝致します。また、同大学院中尾繁教授と志賀直信助教授には本論文に対して適切なご指摘を頂きました。深く謝意を表します。また、海洋科学技術センター (現: 海洋研究開発機構) の ROV「ドルフィン-3K」観測に関わられた調査船「なつしま」乗組員各位および乗船研究者、特に映像データセットを撮影された三宅裕志博士と D.J. Lindsay 博士に心から感謝致します。本研究は科学研究費補助金、基盤研究 (A) (2) 課題番号 14209001「深海に生息する動物プランクトンの生理・生態に関する研究」の成果の一部です。

## 引用文献

- Brodeur, R.D. and Terazaki, M. (1999) Springtime abundance of chaetognaths in the shelf region of the northern Gulf of Alaska, with observations on the vertical distribution and feeding of *Sagitta elegans*. *Fish. Oceanogr.*, **8**, 93-103.
- Choe, N. and Deibel, D. (2000) Seasonal vertical distribution and population dynamics of the chaetognath *Parasagitta elegans* in the water column and hyperbenthic zone of Conception Bay, Newfoundland. *Mar. Biol.*, **137**, 847-856.
- Feigenbaum, D. (1991) Food and feeding behaviour. pp. 45-54, Bone, Q., Kapp, H. and Pierrot-Bults, A.C. (eds), *The Biology of Chaetognaths*, Oxford University Press, Oxford.
- 藤倉克則・橋本 惇・田中武男・堀田 宏 (1991) 北海道西方の後志海山の生物群集. しんかいシンポジウム報告書, **7**, 283-291.
- Hunt, J.C. and Lindsay, D.J. (1999) Methodology for

- creating an observational database of midwater fauna using submersibles: Results from Sagami Bay, Japan. *Plankton Biol. Ecol.*, **46**, 75-87.
- Miyake, H., Lindsay, D., Hunt, J. and Hamatsu, T. (2002) Scyphomedusa *Aurelia limbata* (Brandt, 1838) found in deep waters off Kushiro, Hokkaido Japan. *Plankton Biol. Ecol.*, **49**, 44-46.
- 三宅裕志・Lindsay, D.L.・久保田信 (2004) 北海道西沖後志海山南側斜面で見られた中・深層および近底層生物. JAMSTEC 深海研究, **24**, 37-42.
- Reeve, M.R. (1970) The biology of Chaetognatha I. Quantitative aspects of growth and egg production in *Sagitta hispida*. pp. 168-189, Steele, J.H. (ed), *Marine Food Chains*, Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Ryther, J.H. (1969) Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, **166**, 72-76.
- Terazaki, M. (1993) Deep-sea adaptation of the epipelagic chaetognath *Sagitta elegans* in the Japan Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **98**, 79-88.
- Toyokawa, M., Toda, T., Kikuchi T., Miyake, H. and Hashimoto, J. (2003) Direct observations of a dense occurrence of *Bolinopsis infundibulum* (Ctenophora) near the seafloor under the Oyashio and notes on their feeding behavior. *Deep-Sea Res. I*, **50**, 809-813.
- 津久井文夫・大森 信 (1986) 「しんかい 2000」による駿河湾のサクラエビを中心としたマイクロネクトンの観察. 海洋科学技術センター試験研究報告, **2**, 99-103.
- Uchikawa, K., Kitagawa, D. and Sakurai, Y. (2001) Notes on feeding habits of the mesopelagic fish *Maurollicus japonicus* off the Pacific coast of northern Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **52**, 151-156.
- Vereshchaka, A.L. and Vinogradov, G.M. (1999) Visual observations of the vertical distribution of plankton throughout the water column above Broken Spur vent field, Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Res. I*, **46**, 1615-1632.
- Vinogradov, G.M., Vereshchaka, A.L., Musaeva, E.I. and Dyakonov, V.Y. (2003) Vertical zooplankton distribution over the Porcupine Abyssal Plain (Northeast Atlantic) in the summer of 2002. *Oceanology*, **43**, 512-523.
- Vinogradov, M.E. and Shushkina, E.A. (2002) Vertical distribution of gelatinous macroplankton in the North Pacific observed by manned submersibles *Mir-1* and *Mir-2*. *J. Oceanogr.*, **58**, 295-303.
- Vinogradov, M.E. and Vinogradov, G.M. (2002) Zooplankton of the frontal zone of the gulf stream (region of the Newfoundland Banks slope). *Oceanology*, **42**, S95-S113.
- Yamamura, O., Honda, S., Shida, O. and Hamatsu, T. (2002) Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **238**, 187-198.