

北海道噴火湾におけるかいあし類 *Oithona* 属の季節的個体数変動中谷敏邦<sup>†</sup>, 井出さやか<sup>††</sup>, 高橋豊美Seasonal Abundance of *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida) in Funka Bay, HokkaidoToshikuni NAKATANI<sup>†</sup>, Sayaka IDE<sup>††</sup> and Toyomi TAKAHASHI

In order to elucidate the seasonal change in abundance of *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida), monthly samplings were conducted from April 1999 to June 2000 at the center of Funka Bay, Hokkaido. After the intrusion of the Oyashio Coastal Water, spring bloom occurred and large sized phytoplankton ( $\geq 10 \mu\text{m}$ ) increased rapidly. In the surface layer (15 m depth), *Oithona* nauplii dominated in the community of copepod nauplii in the bay throughout the year except in August. NI of them was abundant throughout the year except in April. The population density of *Oithona* nauplii decreased from November 1999 to March 2000. Then they increased from April to June 2000 and the maximum abundance was observed in May (30 m depth,  $47.3 \text{ inds.} \cdot \text{I}^{-1}$ ). The vertical distribution of *Oithona similis* copepodids, which were dominated in the *Oithona* community, was related to small sized phytoplankton ( $< 10 \mu\text{m}$ ), naked flagellates, and naked ciliates from October 1999 to June 2000. The results suggest that the biological production of *Oithona similis* was supported by the microplankton in the microbial food web in Funka Bay.

**Key words:** *Oithona similis*, nauplii, Funka Bay, microbial food chain, reproduction

## はじめに

北海道南部太平洋に位置する噴火湾は冬期間、摂餌開始期のスケトウダラ *Theragra chalcogramma* やアカガレイ *Hippoglossoides dubius* の成育場として利用されており (Kamba, 1977; 中谷・前田, 1983; Nakatani, 1988; 宮本ら, 1993), *Oithona* 属ノープリウスはそれらの主要餌生物となっている (相馬, 1996; 佐々木, 2002). この時期は、噴火湾においてかいあし類ノープリウス群集中 *Oithona* 属が優占することが明らかとなっている (Nakatani, 1995a; 杉本, 1997; 梅崎, 2000).

噴火湾は対馬暖流起源の津軽暖流水が夏から秋にかけて湾内に流入・滞留した後、晩冬から早春にかけて流入する沿岸親潮と交替し、この水塊が夏まで滞留する (大谷, 1971 など). このような水塊交替に対応し、プランクトン群集は変化し、動物プランクトン中に卓越するかいあし類の群集構造は親潮系グループ (*Eucalanus bungii*, *Pseudo-*

*calanus minutus*), 津軽暖流水グループ (*Calanus pacificus* など) および夏季表層水 (親潮起源) グループ (*Acartia longiremis*, *Oithona similis* など) に分類される (平川・川村, 1977). 伊藤 (1993) は噴火湾においてコペポダイト期の *Oithona similis* が周年出現することを明らかにし、梅崎 (2000) は *Oithona* 属ノープリウスの出現を調べ、NIの分布から湾内において *Oithona* 属が周年産卵していることを示した.

一般に、かいあし類の再生産は春季に餌となる植物プランクトン (噴火湾においては主として珪藻の春季ブルーム) が増加する事によって活発になるものと推定されてきた. しかし近年、珪藻を餌として飼育したかいあし類の産卵や胚発生が抑制されることが明らかとなった (Poulet *et al.*, 1995; Uye, 1996; Lee *et al.*, 1999). さらに、噴火湾において珪藻の春季ブルームはミクロおよびメソ動物プランクトンにはほとんど利用されていないことが報告されている (伴, 2000).

一方、Azam *et al.* (1983) によりバクテリアから始まる微生物食物連鎖 (microbial food chain) が提言されて以来、低次生物生産に対する微小従属栄養生物の重要性が注目されるようになり、基礎生産から仔魚へのエネルギー輸送は生食食物連鎖と微生物食物連鎖の両方によって成り立ってい

2003年11月3日受付, 2003年9月11日受理

北海道大学大学院水産科学研究科

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

<sup>†</sup> nakatani@fish.hokudai.ac.jp

<sup>††</sup> 現所属 株式会社 極洋

Kyokuyo Co. Ltd, 2-1-2, Marunouchi, Chiyoda, Tokyo, 100, Japan

る可能性が示されている (Mousseau *et al.*, 1998). 西部北太平洋亜寒帯海域におけるプランクトン食物連鎖について品田 (2002) は周年を通じて微生物食物連鎖が卓越し, 春季ブルーム期にのみ生食食物連鎖が並存することを突き止めた. かいあし類 *Oithona* 属が繊毛虫や鞭毛虫などの原生動物プランクトンを捕食することが示されていることから (Uchima and Hirano, 1986; Sabatini and Kiørboe, 1994; Atkinson, 1996; Nakamura and Turner, 1997), *Oithona* 属は当海域において仔魚と微生物食物連鎖を結びつける役割を果たしている可能性があるが, このことに関する知見はまだない. 本研究では噴火湾においてかいあし類 *Oithona* 属コペポダイトおよびノープリウスの分布密度を調べて個体群構造の季節変化を明らかにするとともに, 水理環境, および *Oithona* 属の餌生物と考えられるマイクロプランクトン (植物プランクトンと原生動物プランクトン) の分布密度を周年にわたって調査し, *Oithona* 属ノープリウスの個体群動態を支配する要因を検討した.

#### 材料および方法

北海道南部太平洋に面する噴火湾内 Station 30 (水深92 m, Fig. 1) において, 北海道大学水産学部研究調査船うしお丸 (128トン) および同練習船おしよ丸 (1,383トン) を用いて日中に調査を行った.

*Oithona* 属かいあし類, マイクロプランクトンおよびク

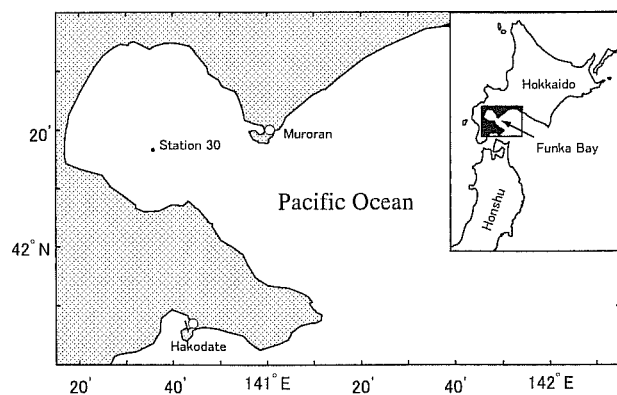


Figure 1. Position of sampling station in Funka Bay.

ロクロフィル *a* 濃度の鉛直分布を明らかにするため, 1999年10月から2000年6月まで毎月1回水深0, 15, 30, 50, 80 mで調べた. *Oithona* 属かいあし類は20 l バンドン採水器を用いて海水を採水し, 40  $\mu$ m 目合のハンドネットですろ過して採集し (1999年12月は水深15, 40, 60 m), 実体顕微鏡下でノープリウス幼生, コペポダイト I-V 期, および雌雄成体に分類し, 計数した. クロロフィル *a* 濃度についてはニスキン採水器を用いて採取した海水300 ml を10  $\mu$ m 目合のネットを用いて10  $\mu$ m 以上とそれ未満の粒子に区分し, Whatman GF/F フィルター (目合0.7  $\mu$ m) ですろ過した. その後, それぞれのフィルター上のクロロフィルを10 ml の90%アセトン中で抽出させ, 凍結保存して研究室に持ち帰り, 採集後一週間以内にTurner 蛍光光度計を用いてクロロフィル *a* 濃度を測定した (Parsons *et al.*, 1984). マイクロプランクトンはニスキン採水器を用いて採取した海水500 ml を10% acid ルゴール溶液で固定後20 ml に濃縮し, そのうち1~4 ml を倒立顕微鏡下で分類・計数し, 体サイズを測定した. 計数は珪藻類, 無殻鞭毛類, 有殻鞭毛類, 無殻繊毛虫類, 有鐘繊毛虫類, その他に分類して行い, 直方体, 円柱, 円錐, 楕円体もしくはそれらの複合体に近似する体積を求め, Shinada *et al.* (2000) および品田ら (2000) が用いた方法に従って炭素量に換算した (Table 1).

かいあし類コペポダイトの豊度の月変化を明らかにするため, 1999年4月から2000年6月まで毎月1回 (1999年9月は欠測) プランクトンネット (側長180 cm, 口径45 cm, 目合100  $\mu$ m) を用いて海底直上から海面までの鉛直曳 (曳網速度1 m  $\cdot$  s<sup>-1</sup>) により採集した. 濾水量はネットの口輪部に取り付けたフローメーターの回転数から求めた.

伊藤 (1993) は噴火湾において *Oithona similis* の日周鉛直移動を調べ, 本種が顕著な日周移動を示さず, 成層構造が発達する夏季には表層域に分布し, 沿岸親潮流入期および鉛直混合が活発になる晩秋期においては全層に分布することを明らかにした. そこで本研究ではかいあし類ノープリウスの属組成, *Oithona* 属ノープリウスの豊度および発生段階の月変化を明らかにするため, *Oithona similis* が周年にわたり分布し, かつ低次生物生産が活発であろう表層域の代表水深として水深15 m で20 l バンドン採水器を用いて

Table 1. Carbon per cell volume for microplankton.

Plankton	Conversion factors or formula	Source
Diatoms	$\log_{10} C (\text{pg}) = 0.758 \log_{10} V^* - 0.422$	Strathmann (1967)
Naked flagellates	$0.11 \text{ pg C } \mu\text{m}^{-3}$	Edler (1979)
Thecate flagellates	$0.13 \text{ pg C } \mu\text{m}^{-3}$	Edler (1979)
Naked ciliates	$0.19 \text{ pg C } \mu\text{m}^{-3}$	Putt & Stoepecker (1989)
Tintinnids	$C (\text{pg}) = 444.5 + 0.053(LV^{**})$	Verity & Langdon (1984)

\*: cell volume in  $\mu\text{m}^{-3} \cdot \text{cell}^{-1}$ , \*\*: lorica volume in  $\mu\text{m}^{-3} \cdot \text{cell}^{-1}$ .

海水を採水し、40  $\mu\text{m}$  目合のハンドネットですろ過して標本を採集した。採集されたかいあし類は5%中性ホルマリン溶液で固定し、採集量に応じて適宜分割した後に実体顕微鏡下で計数し、生物顕微鏡下で可能な限りコペポダイトは種レベルで同定し、ノープリウスは発育段階別に属レベルで同定した。

*Oithona* 属の生物生産過程と海洋環境との関係を明らかにするため、海底直上から海面までの水温塩分についてCTD (Sea-Bird社製およびNeil Brown社製) を用いて測定した。

## 結果

### 水理環境

1999年4月にはまだ低水温・低塩分の沿岸親潮（水温 $3^{\circ}\text{C}$ 以下、塩分33.0~33.3; 大谷・秋葉, 1970; 大谷, 1971) が湾内を占めていたが、表面から水温が上昇し、5月から8月には高温・低塩分（表層の最高水温 $23.4^{\circ}\text{C}$ ）の夏季噴火湾水（塩分32.0以下; 大谷, 1971) に変質し、30m以浅で成層構造が発達した (Fig. 2)。7月から8月になると高塩分の津軽暖流水（対馬暖流起源、水温 $6^{\circ}\text{C}$ 以上、塩分33.6以上; 大谷, 1971) が30~60m層から湾内に流入し始め、秋季には湾内全層を占めた。11月から12月にかけて表層からの冷却と対流混合により表層から海底付近まで均質化し（12月：水温 $8.6\sim 8.8^{\circ}\text{C}$ ; 塩分33.73~33.79）、湾内は低温・高塩分の冬季噴火湾水（水温 $3\sim 6^{\circ}\text{C}$ 、塩分33.8以下; 大谷, 1971) で占められた。2000年1月にはさらに冷却が進み、湾内の水温は $6.3\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ に低下した。2月には表層から $2^{\circ}\text{C}$ 以下、塩分33.0前後の沿岸親潮が流入し、3月には海底付近にまでその分布が広がった。その後6月まで河川水の影響により塩分は表層から急激に低下した。

両年で沿岸親潮の湾内への流入を比較してみると、1999年では3月中旬によく湾口部に達し（梅崎, 2000）、4月までに湾内中央に広がったが、2000年では2月にはすでに沿岸親潮が湾内に達していた (Fig. 2)。

### クロロフィル *a* およびマイクロプランクトン (10~200 $\mu\text{m}$ ) の分布

湾内 Station 30のクロロフィル *a* 濃度は1999年10月から2000年1月まで各水深で $0.06\sim 1.15\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ の低い値であった (Fig. 3)。10月および11月は表層から水深30mに比較的多く分布していたが、12月から1月にかけて鉛直混合により分布密度に上下の差はほとんどみられなくなった。2月になると0~30m層で急増し、3月には全層で高密度になったが（最大値 $8.56\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ）、4月から6月までは再び低い値（ $0.05\sim 2.80\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ）となった。10  $\mu\text{m}$ でのサイズ分画で比較すると、1999年10月から2000年1月までは、10  $\mu\text{m}$ 未満の分画が10  $\mu\text{m}$ 以上のものを上回っていた。しかし、2月になると10  $\mu\text{m}$ 以上の分画が急増し、3月にピークとなり（最大値 $8.01\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ）、10  $\mu\text{m}$ 以上の分画が上回る状態

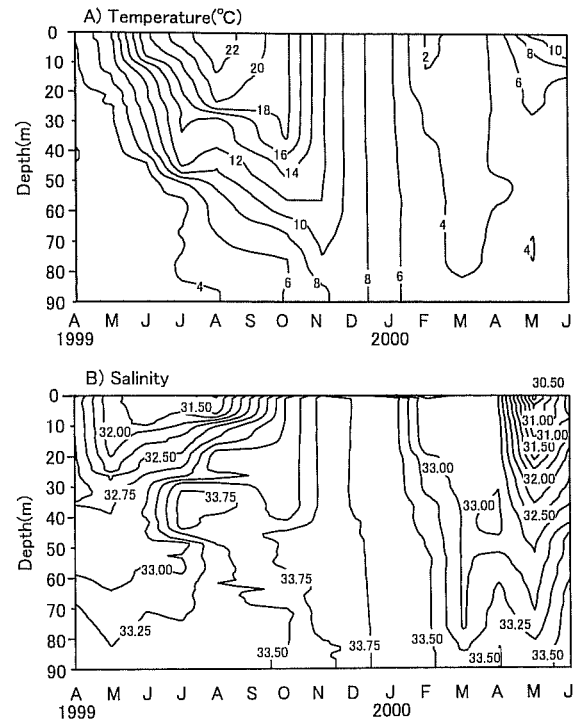


Figure 2. Seasonal changes in vertical distributions of water temperature (A) and salinity (B) at Station 30 from April 1999 to June 2000.

は4月まで続いた。5月になると再び、10  $\mu\text{m}$ 未満の分画の割合が高くなり、その濃度は調査期間を通じて最も高く（ $2.64\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ）、5月から6月にかけて30m以浅に集中した。2月に生じた10  $\mu\text{m}$ 以上のクロロフィル *a* 濃度の急増は、珪藻類によるものであり (Fig. 4)、2000年春季のブルームは2月中旬にはすでに始まっていた。以上の結果は当海域において植物プランクトンブルームの期間（2~4月）を除くと、10  $\mu\text{m}$ 未満の小型植物プランクトンが基礎生産者の現存量の多くを占めていることを示している。

かいあし類ノープリウスを除くマイクロプランクトン (10~200  $\mu\text{m}$ )の炭素量の鉛直分布についてその月変化をみると (Fig. 4)、1999年10月、12月、および2000年1月の炭素量は全層で低レベルであった。1999年11月には0~30m層で50  $\mu\text{m}$ 以上の有殻鞭毛藻類（大部分が *Ceratium furca*）の増加により高くなっていった。2月には珪藻類の増加により0~30m層の炭素量は急激に高くなり、3月には全層で高くなっていったが、4月以降炭素量は全層で急激に減少した。5月の0mおよび15mではこれまでの珪藻類に替わって無殻繊毛虫類が優占した。6月になると5月に比べてさらにマイクロプランクトンの炭素量は減少し、その減少は特に表層域で顕著であった。

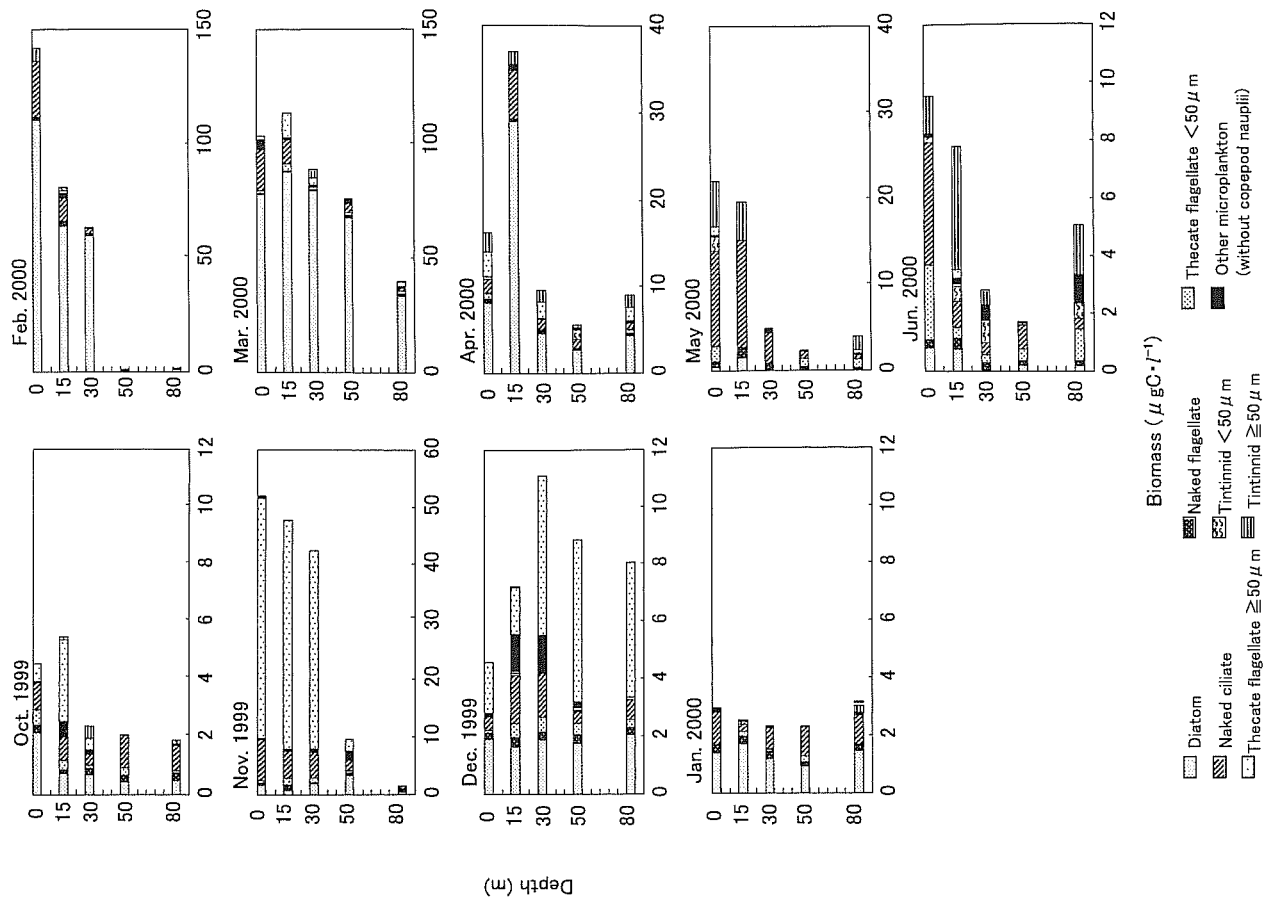


Figure 4. Vertical distributions of microplankton biomass (10–200 μm) at Station 30 from October 1999 to June 2000.

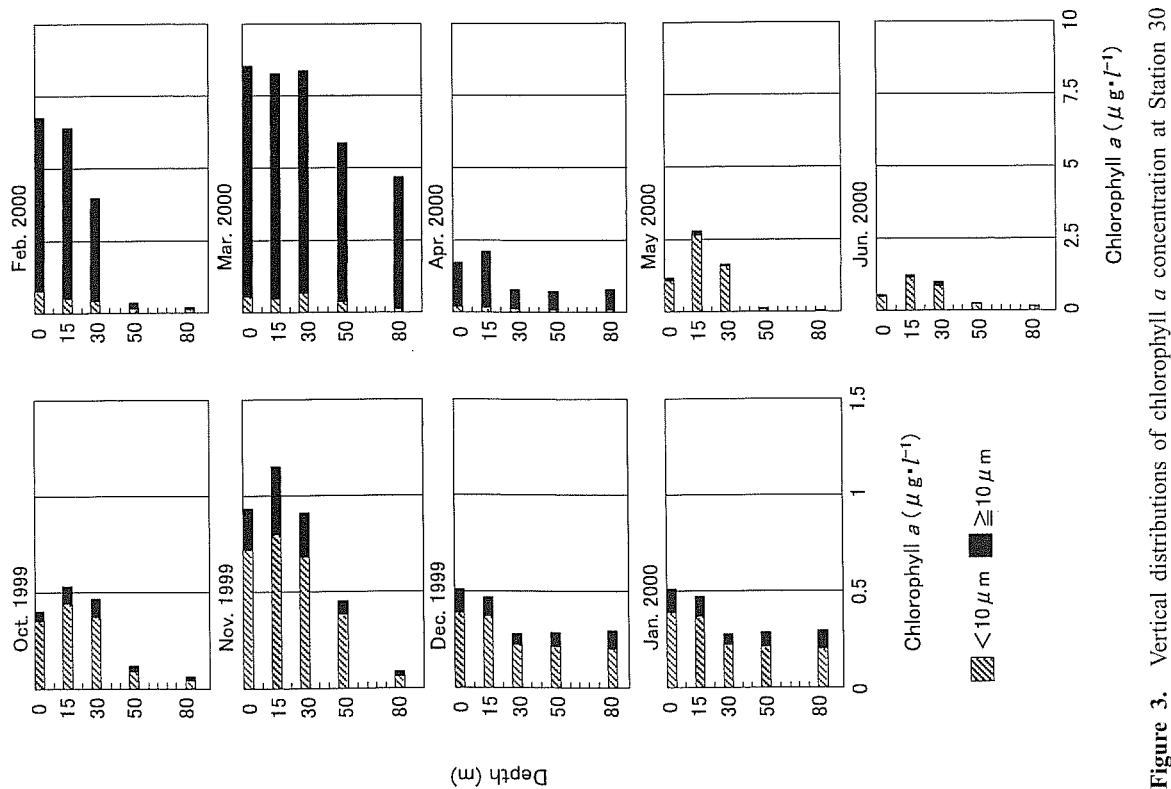


Figure 3. Vertical distributions of chlorophyll *a* concentration at Station 30 from October 1999 to June 2000.

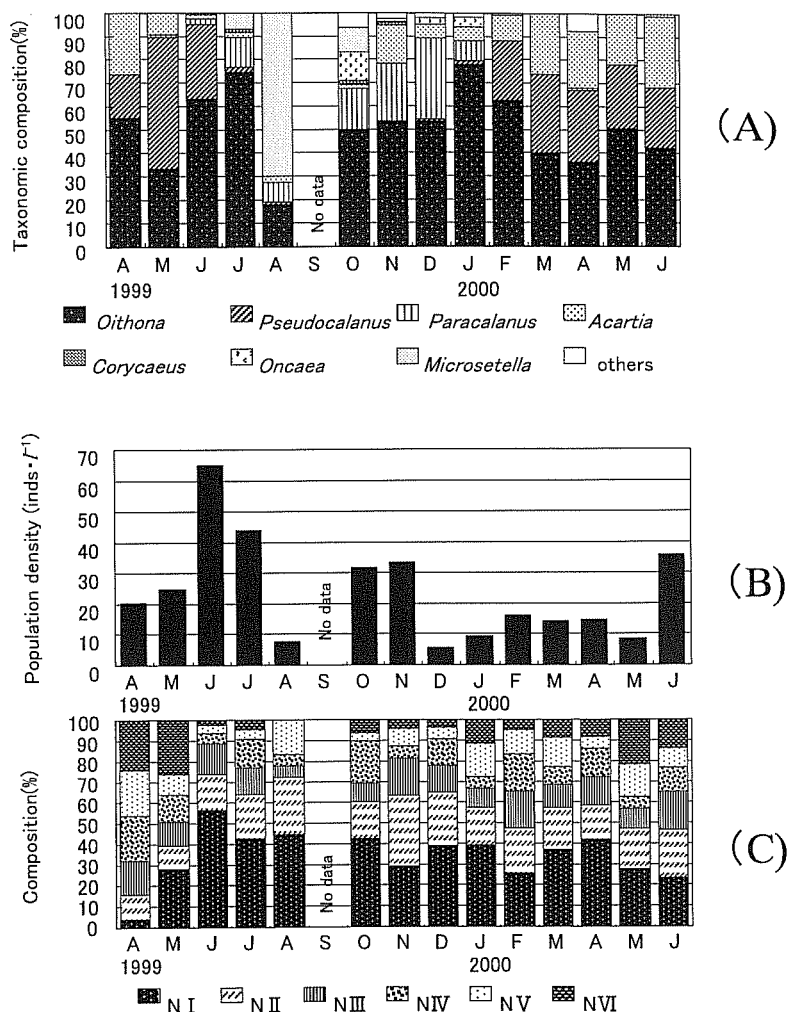


Figure 5. Seasonal changes in taxonomic composition of copepod nauplii (A), population density (B) and composition of six developmental stages (C) on *Oithona* nauplii at Station 30 from April 1999 to June 2000. Samples were collected at a depth of 15 m with a Van-Dorn bottle.

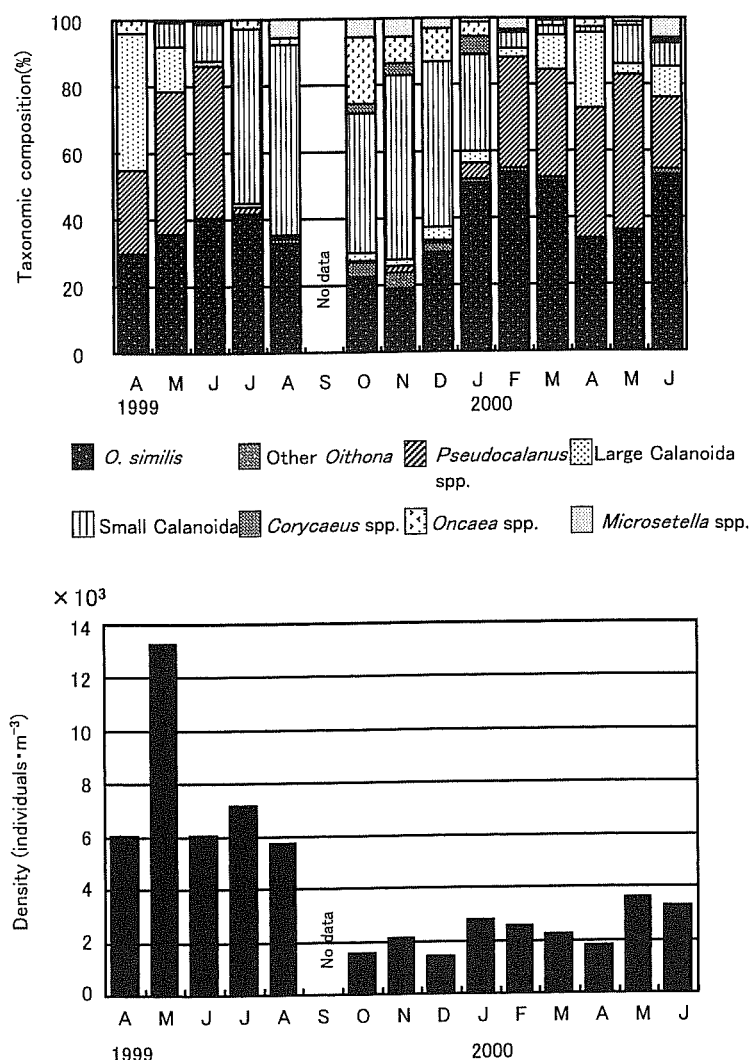
***Oithona* 属ノープリウスおよび *O. similis* コペポダイトの分布**

1999年4月から2000年6月までの湾内 Station 30 の水深 15m においてバンドン採水器で採集されたかいあし類ノープリウスの属組成の月変化を見ると (Fig. 5A), *Oithona* 属ノープリウスは周年出現し, *Microsetella* 属が優占していた1999年8月を除いて, かいあし類ノープリウスの個体数の33.2~77.8%を占め, かいあし類ノープリウス群集中で優占していた. *Pseudocalanus* 属は沿岸親潮が表層域を占める冬季から初夏にかけて多く分布していた. 水深15mにおける*Oithona*属ノープリウスは1999年4月から6月にかけて増加し8月に著しく減少した後, 10~11月にかけて30個体 · l<sup>-1</sup>の高い値で推移した (Fig. 5B). 水深15mにおける*Oithona*属ノープリウスの令構成の月変化を見ると, 1999年4月を除き, 孵化後間もないNIステージの個体が

全体の20%以上を占め, 1999年6月に最も高い割合で出現した (Fig. 5C).

湾内 Station 30 においてプランクトンネットの海底から海面までの鉛直曳により採集されたコペポダイト期のかいあし類についてみると, *Oithona* 属は周年採集され, かいあし類全体の23.6~54.8%を占めた (Fig. 6). *Oithona* 属コペポダイトに占める *O. similis* の割合は非常に高く, その個体数比は各月で80.3%以上であった. *O. similis* コペポダイトの平均個体数密度は, 5月 (1999年) に最高値 (13,300個体 · m<sup>-3</sup>) を示し (Fig. 6), 8月まで高密度であったが, 10月から翌年4月までは1,400~2,800個体 · m<sup>-3</sup>の低い値であった. その後個体数密度は5月に再び増加したが, 前年同月の1/4程度であった.

1999年10月から2000年6月までの期間, バンドン採水器で採集された*Oithona*属ノープリウスの水深別個体数密



**Figure 6.** Seasonal changes in taxonomic composition of copepodids by number (upper) and population density (lower) of *Oithona similis* at Station 30 from April 1999 to June 2000. Samples were collected by vertical hauls from the sea bottom to the surface with a plankton net (100  $\mu\text{m}$  mesh size). Calanoida except for *Pseudocalanus* spp. were divided into two size groups; larger and smaller species than *Pseudocalanus newmani*.

度の季節変化をみると (Fig. 7), 10月には津軽暖流水が分布する30~50m層 (Fig. 2)で分布密度が低く, 15m以浅および80mでおよそ30個体 $\cdot\text{l}^{-1}$ 前後の高い値を示した. 11月になると津軽暖流水が海底付近にまで達し (Fig. 2), 10月にみられた海底付近の高密度層は消滅した. 12月から1月までは全層を津軽暖流水から変質した冬季噴火湾水 (大谷, 1971) が占め (Fig. 2), 海底付近から海面までおよそ10個体 $\cdot\text{l}^{-1}$ の低い値となっていた. その後, 沿岸親潮が表層から流入し (Fig. 2), 2月から3月にかけて50m以浅で増加し始め, 4月には30mで極大層がみられ, 海底付近においても10個体 $\cdot\text{l}^{-1}$ 以上になった. 5月には最大密度が水深30mで観測され (47.3個体 $\cdot\text{l}^{-1}$ ), 6月まで高密度で推移した. バンドン採水器で採集された *Oithona* 属コペポダイ

ト (大多数は *O. similis*) の鉛直分布は, ノープリウスの鉛直分布と正の相関がみられた (Fig. 7;  $n=43$ ,  $r=0.68$ ,  $p<0.001$ ). *Oithona* 属コペポダイトは鉛直混合が生じていた1999年12月および2000年1月には個体数密度の鉛直較差が小さくなっていたが, それ以外の月は15~30mで高く, 底層で低い傾向がみられた. 表層15mにおいてノープリウスI期の個体が周年出現していることを示したが, 成体についても調査期間中常に採集され, 5月に最も分布密度が高くなっていた. また, 12月の60m層を除いて成体のうち約60から100%が雌であった.

秋季から春季までの *Oithona* 属とその餌生物の鉛直分布関係について, 当海域では *O. similis* は日周鉛直移動を行うが小規模であることから (伊藤, 1993), 日周鉛直移動を

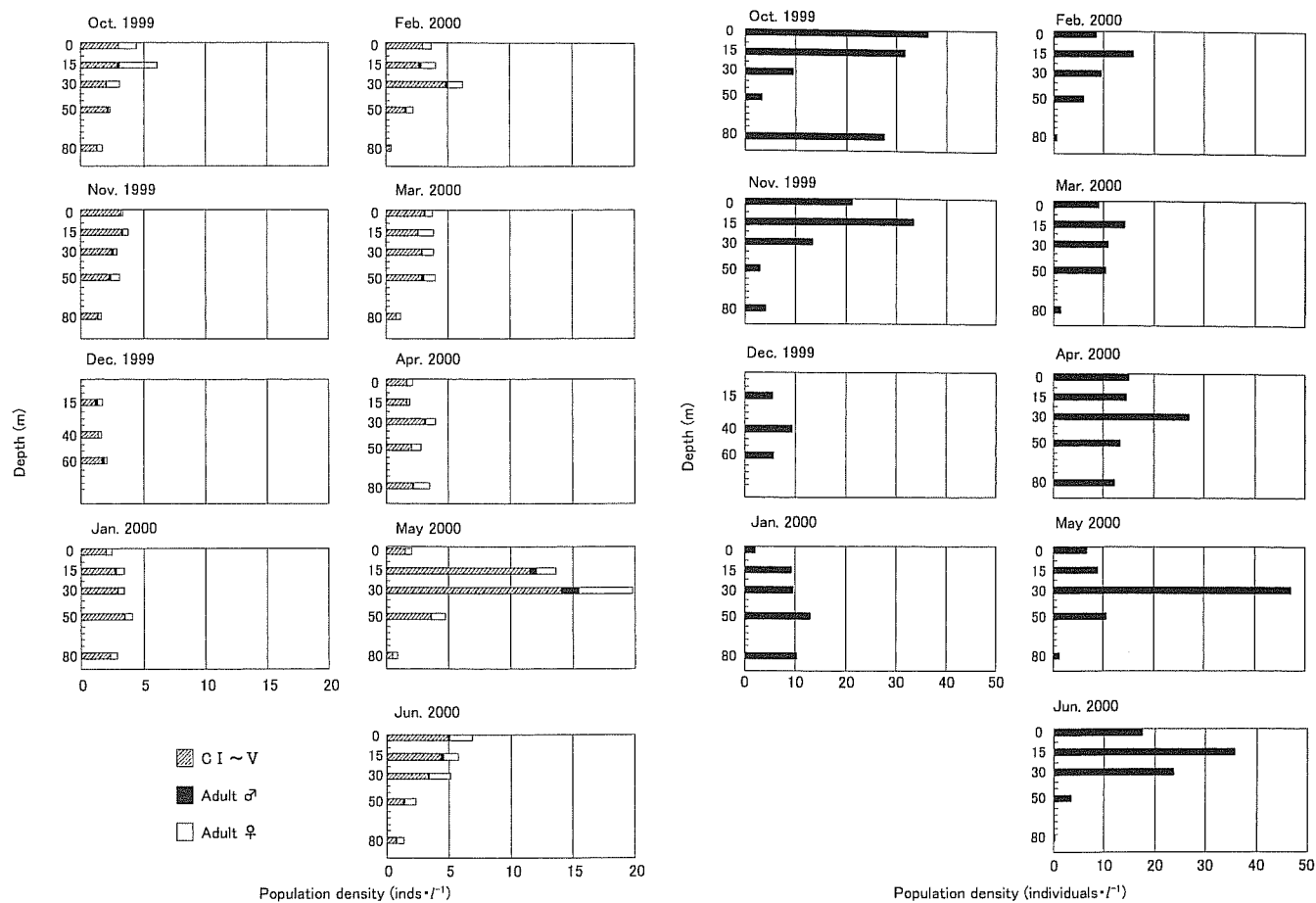


Figure 7. Vertical distributions of *Oithona naupulii* (right) and copepodids (left) at Station 30 from October 1999 to June 2000. Samples were collected with Van-Dorn bottles at three depths (15, 40, 60 m) in December 1999 and at five depths (0, 15, 30, 50, 80 m) in other months.

考慮しないで解析した。 *O. similis* は 10  $\mu\text{m}$  以上の餌を積極的に捕食すると考えられており (Nakamura and Turner, 1997), 10  $\mu\text{m}$  以上のマイクロプランクトンを餌生物とみなし、 *Oithona* 属コペポダイの個体数密度と主要なマイクロプランクトン (10~200  $\mu\text{m}$ ) の炭素量ならびに 10  $\mu\text{m}$  未満および 10  $\mu\text{m}$  以上のクロロフィル *a* 濃度の鉛直分布について相関分析を行った (Table 2)。 *Oithona* 属コペポダイの鉛直分布は小型植物プランクトン (10  $\mu\text{m}$  未満) のクロロフィル *a* 濃度の鉛直分布との相関が強く、次いで無殻鞭毛虫類、無殻繊毛虫類との間に正の相関がみられた。一方、珪藻類および大型植物プランクトン (10  $\mu\text{m}$  以上) のクロロフィル *a* 濃度と *Oithona* 属コペポダイの個体数密度との間に相関はみられなかった。

### 考察

本研究において、 *Oithona* 属の優占種 *O. similis* コペポダイトは噴火湾内部に周年分布し、個体数は概ね春季から夏季に多く、秋季から冬季に少ない傾向がみられたが (Fig. 6),

Table 2. Correlation of the density of *Oithona* spp. copepodites on the biomass of the main microplankton components and chlorophyll *a* concentration at five depths (0, 15, 30, 50, 80 m) from October 1999 to June 2000. Data of December 1999 are excluded because of an insufficient sample.

	Copepodites		
	n	r	p
Total microplankton	40	0.22	0.166
Diatom (10–199 $\mu\text{m}$ )	40	0.06	0.727
Naked ciliate (10–141 $\mu\text{m}$ )	40	0.33	0.037
Naked flagellate (10–58 $\mu\text{m}$ )	40	0.37	0.020
Chl. <i>a</i> (<10 $\mu\text{m}$ )	40	0.66	$3.09 \times 10^{-6}$
Chl. <i>a</i> ( $\geq 10 \mu\text{m}$ )	40	0.11	0.507

n=sample size; r=regression.

これは伊藤 (1993) および梅崎 (2000) と同様の結果であった。2000年春季の増加は沿岸親潮流入のおよそ3ヶ月後に始まり、1999年秋季の減少は津軽暖流水流入後に起こっていた (Fig. 2, Fig. 6)。伊藤 (1993) は *Oithona similis* コペポダイトが中層域の津軽暖流水中で少なく、表層と底層に二分したと報告しているが、本研究結果では個体数密度は低いものの50m層においても *Oithona similis* コペポダイトが採集された (Fig. 7)。以上の結果から、津軽暖流水中の *Oithona* 属コペポダイトの分布密度が沿岸親潮に比べて低密度であり、秋季の個体数の減少は *Oithona* 属の少ない津軽暖流水によることを示している。11月以降、全層がこの水塊によって占められたことから、冬期間の噴火湾の個体群は津軽暖流水によって輸送されてきたものであろうと推察される。

*Oithona* 属コペポダイトの個体数密度の最高値が生じる時期には年変動がみられた。すなわち、1998年のピークは6月で約  $14,000$  個体  $\cdot$   $m^{-3}$  であったが (梅崎, 2000)、1999年では5月に最大値  $13,300$  個体  $\cdot$   $m^{-3}$  が観測された。2000年も5月が最高値であったが、前年同月に比べてかなり低い値であった ( $3,600$  個体  $\cdot$   $m^{-3}$ , Fig. 6)。このような増加は沿岸親潮流入時期と数ヶ月の時間差があることから、沿岸親潮による湾内への輸送によるものとは考えられない。2000年冬季についてみると、2月に沿岸親潮が湾内に流入し、2から3月にかけて大型の植物プランクトン ( $10\mu m$  以上) の高いクロロフィル *a* 濃度を示した (Fig. 3)。Maita and Odate (1988) は噴火湾内において年間の一次生産の66%が春季ブルーム期に生産されていることを報告しており、沿岸親潮流入の前後でかいあし類の餌生物環境は著しく変化していると考えられる。本研究において *Oithona* 属コペポダイトと小型植物プランクトン ( $10\mu m$  未満) のクロロフィル *a* 濃度の鉛直分布との相関が高かったことから、当海域において *Oithona* 属が  $10\mu m$  以上の原生動物プランクトンに加え、 $10\mu m$  未満の植物プランクトンも捕食している可能性が示唆された。品田 (2002) は本研究海域に近い恵山沖でプランクトン食物構造を検討し、周年を通じて微生物食物連鎖が卓越し、春季ブルーム期にのみ生殖食物連鎖が並存することを明らかにした。噴火湾内では春季ブルーム期からかなり遅れて5月に *Oithona* 属ノープリウスならびにコペポダイトの豊度がピークを迎えることから、噴火湾において春季の珪藻類はその大量な生産量に反して、*Oithona* 属には直接的にあまり利用されておらず、その生物生産は周年にわたり Nakamura and Turner (1997) が示しているように繊毛虫や鞭毛虫などの原生動物プランクトンおよび  $10\mu m$  未満の植物プランクトンなどのマイクロプランクトンによって支えられているものと考えられる。今後は周年を通じて *Oithona* 属コペポダイトの消化管内容物を観察する必要がある。

北海道南部に位置する噴火湾の湾口部から湾外東方陸棚

海域は、北海道から東北までの太平洋に生活領域を持つスケトウダラの主産卵場である (中谷, 1994など)。近年、スケトウダラ仔魚は主として1月から2月にかけて噴火湾内に出現しており (中谷ら, 2003)、全長7mm未満の摂餌開始期仔魚の消化管からは *Oithona* 属ノープリウスが観察される (Nakatani, 1995b)。佐々木 (2002) は2000年および2001年冬季に採集された摂餌開始期のスケトウダラ仔魚の消化管を観察し、*Oithona* 属ノープリウスが主要餌生物であることを明らかにしている。それゆえ、スケトウダラ仔魚の餌生物環境は1月から2月にかけて *Oithona* 属の産卵に影響するであろう水温ならびに前年、津軽暖流水によって噴火湾およびその周辺海域に輸送されてきた *Oithona* 属コペポダイトの豊度およびその餌となる小型植物プランクトン ( $10\mu m$  未満)、無殻鞭毛虫類、無殻繊毛虫類などのマイクロプランクトンの豊度に影響されていると考えられる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり懇切なご指導を賜った北海道大学大学院水産科学研究科池田 勉教授、同志賀直信助教、同高津哲也助手、名古屋大学大気水圏科学研究所COE研究員品田晃良博士に謹んで感謝の意を表す。冬季間、調査海域において生物採集および海洋観測に協力頂いた北海道大学大学院水産科学研究科資源生産生態学講座大学院生、4年目学生ならびに北海道大学研究調査船うしお丸および同練習船おしよる丸の船長はじめ乗組員の方々に感謝する。

## 引用文献

- Atkinson, A. (1996) Subantarctic copepods in an oceanic, low chlorophyll environment: ciliate predation, food selectivity and impact on prey populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **130**, 85–96.
- Azam, F., T. Fenchel, J.G. Field, J.S. Gray, L.A. Meyer-Reil and F. Thingstad (1983) The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **10**, 257–263.
- 伴 修平 (2000) 珪藻ブルーム前後の捕食食物連鎖と微生物食物連鎖. *沿岸海洋研究*, **38**, 23–28.
- Edler, L. (1979) Recommendation on methods of marine biological studies in the Baltic Sea. *Baltic. Mar. Biol. Publ.*, **5**, 1–38.
- 平川和正・川村輝良 (1977) 噴火湾における動物プランクトン、特に橈脚類の季節的遷移. 特定研究 海洋環境保全 噴火湾の研究 中間報告. 13–19.
- 伊藤正輝 (1993) 噴火湾における *Oithona similis* と *O. atlantica* (オイトナ科: 橈脚類) の季節分布および日周鉛直分布. 北海道大学大学院水産学研究科修士論文, 30 pp.
- Kamba, M. (1977) Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spec. Vol.*, 175–197.
- Lee, Hong-Wu, S. Ban, Y. Ando, T. Ota and T. Ikeda (1999) Deleterious effect of diatom diets on egg production and hatching success in the marine copepod *Pseudocalanus newmani*. *Plankton Biol. Ecol.*, **46**, 104–112.



- Maita, Y. and T. Odate (1988) Seasonal changes in size-fractionated primary production and nutrient concentrations in the temperate neritic water of Funka Bay, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **44**, 268–279.
- 宮本孝則・高津哲也・中谷敏邦・前田辰昭・高橋豊美 (1993) 噴火湾とその沖合いにおけるアカガレイ卵・稚仔の分布と食性. *水産海洋研究*, **57**, 1–14.
- Mousseau, L., L. Fortier and L. Legendre (1998) Annual production of fish larvae and their prey in relation to size-fractionated primary production (Scotian Shelf, NW Atlantic). *ICES Journal of Marine Science*, **55**, 44–57.
- Nakamura, Y. and J.T. Turner (1997) Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: How important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? *J. Plankton Res.*, **19**, 1275–1288.
- Nakatani, T. (1988) Studies on the early life history of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **35**, 1–46.
- 中谷敏邦 (1994) 噴火湾におけるスケトウダラ. 魚類の初期減耗研究, 田中 克・渡邊良朗編, 恒星社厚生閣, 東京, 122–133.
- Nakatani, T. (1995-a) Monthly changes in density and size structure of copepod nauplii as the primary food for fish larvae in winter in Funka Bay and surrounding vicinity in Hokkaido. *Fisheries Science*, **61**, 382–386.
- Nakatani, T. (1995-b) Monthly change in food size of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* at the initial feeding stage in Funka Bay and surrounding vicinity in Hokkaido. *Fisheries Science*, **61**, 387–390.
- 中谷敏邦・前田辰昭 (1983) 噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ仔魚の分布と餌生物環境. *日本水産学会誌*, **49**, 183–187.
- 中谷敏邦・杉本晃一・高津哲也・高橋豊美 (2003) 噴火湾におけるスケトウダラの年級群豊度に与える環境要因. *水産海洋研究*, **67**, 23–28.
- 大谷清隆 (1971) 噴火湾の海況変動の研究II. 噴火湾に流入・滞留する水の特性. *北大水産彙報*, **22**, 58–66.
- 大谷清隆・秋葉芳雄 (1970) 噴火湾の海況変動の研究I. 湾水の周年変化. *北大水産彙報*, **20**, 303–312.
- Parsons, T.R., Y. Maita, C.M. Lalli (Eds.) (1984) A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon Press, Oxford, pp. 173.
- Poulet, S.A., M. Laabir, A. Ianora and A. Miralto (1995) Reproductive response of *Calanus helgolandicus*. I. Abnormal embryonic and naupliar development. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **129**, 85–95.
- Putt, M. and D.K. Stoecker (1989) An experimentally determined carbon: volume ratio for marine “oligotrichous” ciliates from estuarine and coastal water. *Limnol. Oceanogr.*, **34**, 1097–1103.
- Sabatini, M. and T. Kjørboe (1994) Egg production, growth and development of the cyclopoid copepod *Oithona similis*. *J. Plankton Res.*, **16**, 1329–1351.
- 佐々木志保 (2002) 噴火湾に出現する摂餌開始期スケトウダラ仔魚の摂餌とその年変化. 北海道大学水産学部卒業論文, 36 pp.
- 品田晃良 (2002) 西部北太平洋亜寒帯海域におけるプランクトン食物連鎖構造. 北海道大学大学院水産科学研究科博士論文, 111 pp.
- 品田晃良・伴 修平・池田 勉・津田 敦・齋藤宏明 (2000) 親湖域における低次食物連鎖構造の季節変化. *日本プランクトン学会報*, **47**, 119–124.
- Shinada, A., T. Ikeda, S. Ban and A. Tsuda (2000) Seasonal changes in micro-zooplankton grazing on phytoplankton assemblages in the Oyashio region, western subarctic Pacific. *Plankton Biol. Ecol.*, **47**, 85–92.
- Strathmann, R.R. (1967) Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.*, **12**, 411–418.
- 相馬敏博 (1996) 噴火湾におけるアカガレイ仔魚の分布と食性. 北海道大学水産学部卒業論文, 38 pp.
- 杉本晃一 (1997) 北海道噴火湾におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の初期生残過程とその餌生物環境. 北海道大学大学院水産学研究科修士論文, 43 pp.
- Uchima, M. and R. Hirano (1986) Food of *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida) and the effect of food concentration at first feeding on the larval growth. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **33**, 21–28.
- 梅崎真大 (2000) 北海道噴火湾における橈脚類 *Oithona* 属の個体群動態. 北海道大学大学院水産学研究科修士論文, 42 pp.
- Uye, S. (1996) Induction of reproductive failure in the planktonic copepod *Calanus pacificus* by diatoms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **133**, 89–97.
- Verity, P.G. and C. Langdon (1984) Relationships between lorica volume, carbon, nitrogen, and ATP content of tintinnids in Narragansett Bay. *J. Plankton Res.*, **6**, 859–868.