

# 春季の石狩湾における動物プランクトンの現存量および種組成の昼夜比較—特にカイアシ類について— (資料)

浅見大樹<sup>\*1</sup>, 嶋田 宏<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場, <sup>2</sup>北海道立総合研究機構水産研究本部

<sup>3</sup>現所属：北海道立総合研究機構釧路水産試験場

Comparisons of zooplankton biomass and composition during the day and night in spring at a station in Ishikari Bay, western Hokkaido, with special reference to copepods (Note)

HIROKI ASAMI<sup>\*1</sup> and HIROSHI SHIMADA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Eniwa, Hokkaido 061-1433,

<sup>2</sup> Central Fisheries Research Institution, Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

<sup>3</sup> Present address: Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan

キーワード：カイアシ類, 現存量, 種組成, 昼夜比較, 動物プランクトン

石狩湾は北海道南西海域に位置する開放型の湾であり、サケ、ニシン、ホッケ、スケトウダラなどの多くの水産資源の好漁場である (林, 1980)。本湾におけるこれら多くの水産資源を支える低次生産力評価のために、動物プランクトンの現存量 (小鳥, 1977; 小鳥・渡辺, 1978; 小鳥, 1981; 小鳥, 1983a, 1983b)、出現種と消長 (箕田ら, 1979; 小鳥・浜岡, 1979; 鹿又ら, 1983; 関ら, 1985) など多くの研究がある。近年では、動物プランクトンの出現個体数の中で最も卓越するカイアシ類について、特に春季に優占する種の出現量の年変動 (浅見ら, 2010)、周年を通じた動物プランクトン群集の季節変化 (Arima *et al.*, 2014a)、カイアシ類数種の季節変化をもたらす要因 (Arima *et al.*, 2014b) などの研究がある。これまで、北水試 (現在、道総研水試) は北海道周辺海域において海洋観測を定期的実施し、昼夜の区別無く水深150 mからの鉛直曳により動物プランクトンの採集を行ってきた。一方、多くの動物プランクトンは昼夜で能動的に生息深度を変える日周鉛直移動を行うことが知られている (元田, 1972; 服部, 1989)。しかしながら、石狩湾では動物プランクトンの出現量や出現種に関して昼夜で比較検

討した研究はほとんど行われていない。このことから、このような表層域で昼夜により違いがあるかどうかを把握しておくことは重要である。さらに、餌料としての動物プランクトン研究の観点から、昼夜差を考慮して動物プランクトンの出現種や出現密度を分析することは、水産生物の餌料環境の適切な評価に繋がると考えられる。本研究は、特に個体数の上で最も優占して出現するカイアシ類に焦点を当て、動物プランクトンの生物量が増大する春季の石狩湾 (小鳥, 2001) で、昼と夜の採集量や種組成の違いを明らかにすることを目的とした。

## 試料及び方法

2003年5月12日、石狩湾の一定点 (J33, 水深700 m) で、北海道立中央水産試験場所属試験調査船おやしお丸 (総トン数178トン) により、日中 (13:03–13:22) と夜間 (21:35–22:00) に、改良型ノルパックネット (口径0.45 m, 目合0.33 mm, (元田, 1994)) の鉛直曳きを実施した (Fig. 1)。改良型ノルパックネットには濾水計を装着し、深度200 mから表面まで、および深度500 mから表面

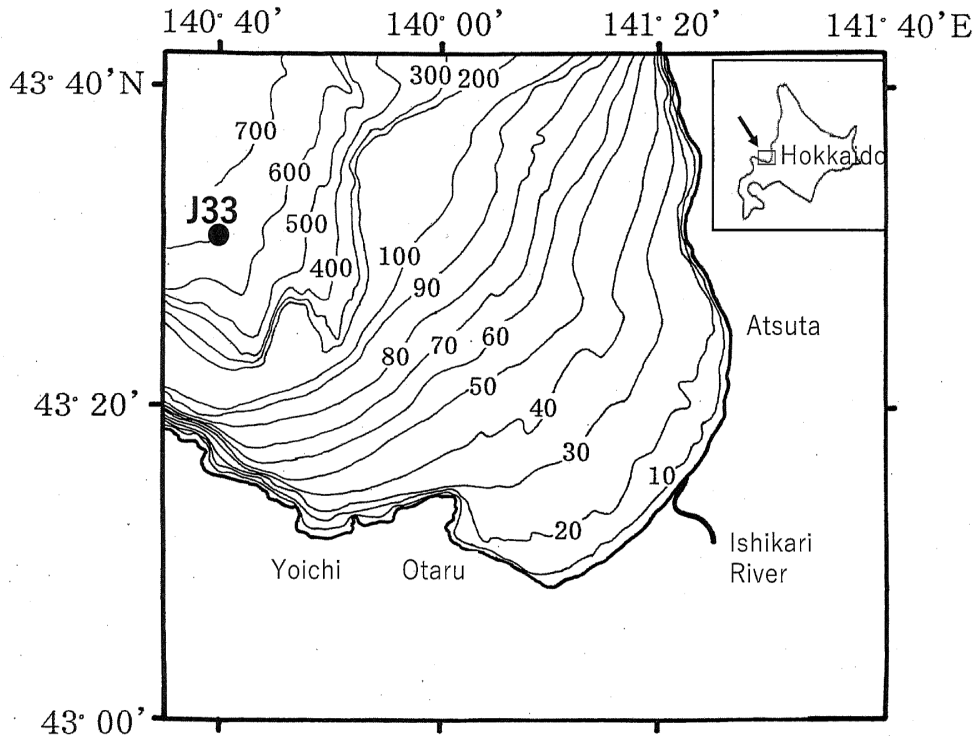


Fig.1 2003年5月12日に実施した石狩湾の調査地点 (J33)

まで、日中と夜間にそれぞれ1回、曳網を実施した。得られた標本は船上で直ちに中性ホルマリンで固定した。標本は実験室に持ち帰った後、分割器を用いて、1/2分割後、湿重量を測定した。深度200 mからの曳網で得られた標本について、残りの1/2分割は、さらに適宜分割後(4分割~16分割)、実体顕微鏡下で各分類群別に個体数を計数しながらソートした。さらに、カイアシ類については可能な限り種あるいは属まで査定して計数した。本研究では、*Neocalanus cristatus*以外の*Neocalanus*属は*Neocalanus plumchrus/flemingeri*として扱った。また、*Pseudocalanus*属は*Pseudocalanus newmani/minutus*として扱った。*Oithona*属については属までの査定とした。さらに、*Paracalanus parvus*について、現在は日本近海に出現する*Paracalanus parvus*は、原記載の*P. parvus*とは異なる3種で構成されることが示されており (Hidaka *et al.*, 2016; Ueda *et al.*, 2022)、本研究では従来通りの広義の*Paracalanus parvus* s.1として扱った。

動物プランクトンの採集と並行して、ナンセン採水器により、各層(10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200 m)からクロロフィルa濃度分析用の試水を採取した。また、表面水はバケツで採水した。試水は、直ちに船上で300 mLをGF/Fフィルターで濾過し、フィルターを暗黒下で冷凍保存した。船上で冷凍保存したGF/Fフィルターを実験室に持ち帰り、90%アセトン溶液で抽出し後、酸添加法(Holm-Hansen *et al.*, 1965)によりクロロフィルa濃度を

分析した。さらに、日中の1回、CTDにより、水温と塩分を観測した。水温の鉛直プロファイルから水温躍層の底部が約200 mにあったことにより、上述したノルパックネットの曳網深度を200 mとした。表面水の水温は棒状水温計で測定した。塩分は塩検瓶に採水し、実験室に持ち帰った後、塩分計(AUTOSAL MODEL 8400B)で測定した。

## 結果

**水温、塩分およびクロロフィルa濃度の鉛直プロファイル** 水温は表面から約120 mまでは約7~10℃、120~200 mは約3~7℃、200~300 mは約1~3℃、これより300 m以深では1℃以下となった。(Fig.2)。塩分は表面から30 mまで33.9、30 mから約100 mまで34.0、これより500 mまでほぼ34.1であった。クロロフィルa濃度は、昼夜ともに、表面から30 mまでが0.4~0.7 μg/Lであったが、50~75 mで1.8~2.1 μg/Lと極大になり、100 m以深では0.01~0.4 μg/Lに低下した。

**動物プランクトン湿重量** 深度500 mまでの湿重量は昼夜でそれぞれ、123.0 g/m<sup>2</sup>および122.0 g/m<sup>2</sup>とほぼ同じ値であった(Table 1)。一方、深度200 mまでの昼夜の湿重量はそれぞれ、79.8 g/m<sup>2</sup>および108.2 g/m<sup>2</sup>であり、夜間の湿重量は昼間のその約1.4倍であった。

**分類群別採集個体数** 深度200 mから採集された動物プ

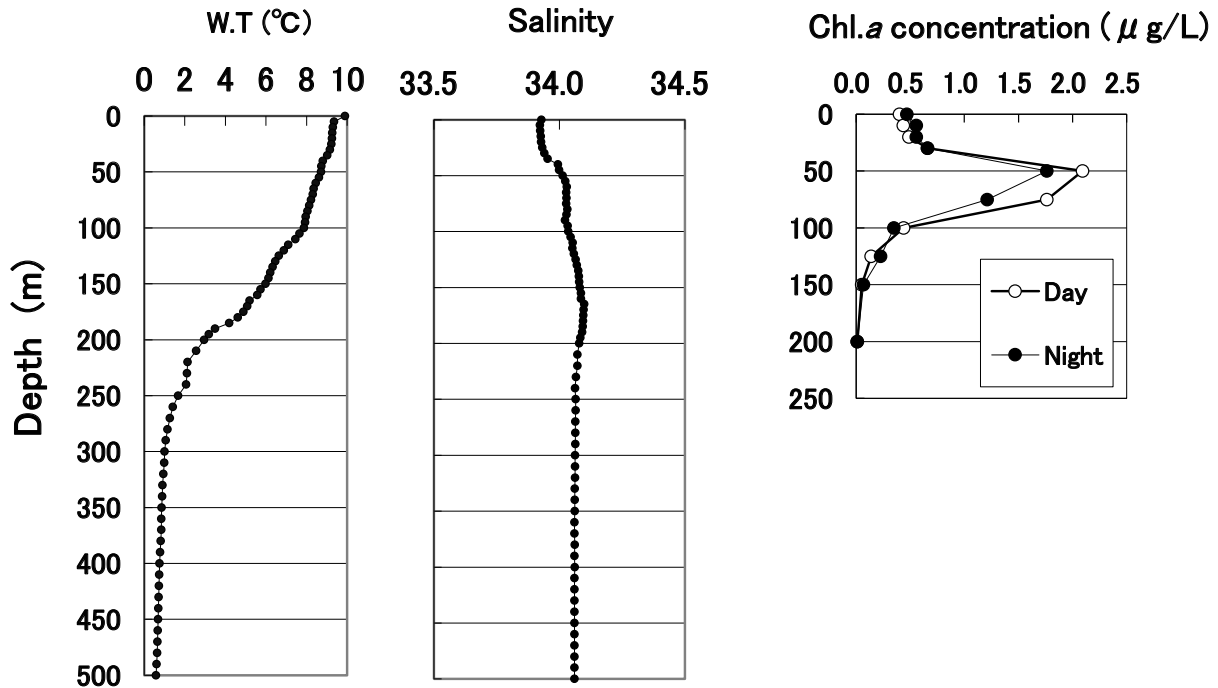


Fig.2 調査地点 (J33) における水温, 塩分およびクロロフィルa濃度の鉛直分布

Table 1 調査地点 (J33) における深度200 mおよび500 mまでにおける動物プランクトン湿重量 (g/m<sup>2</sup>) の昼夜比較

Depth (m)	Day	Night
	13:03-13:32	21:35-22:00
200	79.8	108.2
500	123.0	122.0

ランクトン総個体数密度は, 昼間には $251.6 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>, 夜間には $375.2 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>と, 湿重量同様に, 夜間の個体数密度は昼間のそれよりも約1.5倍高かった (Table 2)。分類群別採集個体数ではカイアシ類が圧倒的に多く約80-87%を占め, オキアミ類 (幼体) がこれに次いだ。総個体数密度の昼夜の違いは, カイアシ類 (Copepoda) の昼夜での採集個体数の違いによるところが大きく, カイアシ類の個体数密度は昼間の $202.2 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>に対し, 夜間には $327.5 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>と約1.6倍まで増加した。また, 個体数密度は非常に少なかったが, 貝虫類 (Ostracoda) と棘皮動物の幼生 (Echinodermata larva) なども昼夜で違いが認められた。

**カイアシ類およびその発育段階別の採集個体数の昼夜比較** 出現して同定し得たカイアシ類は14属であった (Table 3)。これらの出現種のうち, *Calanus pacificus*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus pergens*, *Corycaeus affinis*は暖水種である。昼夜のいずれかで個体数密度が $10.0 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>を超えて多く出現

したのは, *Neocalanus plumchrus/flemingeri*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Pseudocalanus newmani/minutus*, *Metridia pacifica*, *Oithona* spp.等であった (Table 3)。*Neocalanus plumchrus/flemingeri*は昼夜ともに約 $50.0 \times 10^3$  個体/m<sup>2</sup>とほぼ同じ個体数密度だった。同様に, *P. newmani/minutus*も昼夜の差がほとんど認められなかった。*Pseudocalanus*属は大部分が*P. newmani*であった。*Oithona* spp.については昼夜の採集個体数の比率 (昼/夜) が約0.7と小さかった。

*Metridia pacifica*および*Mesocalanus tenuicornis*では, 昼夜の採集量に約2.0倍以上の違いが認められ, 特に*Metridia pacifica*では夜間の採集量が昼間の2.6倍と大きかった。(Table 3)。また, 採集個体数は多くはないものの, *Scolecithricella minor*も昼夜で採集個体数が3.4倍, *Clausocalanus pergens*は昼夜で採集個体数が2.6倍と異なった。これら4種のうち, 最も優占して出現した*Metridia pacifica*について発育段階を調べた (Table 4)。*Metridia pacifica*はコペポダイトI期を除き, どのコペポダイト期においても夜間の採集個体数密度が多い傾向にあり, 成体は夜間にのみ出現し♀の採集数が多かった。

## 考察

一般に, 日本海は深度200 m以浅の表層は対馬暖流の影響を受け, これより深い約300 m以深の中深層は日本海固有水と呼ばれる水温0~1℃の水で占められる (宇

Table 2 調査地点 (J33) における深度200 mから採集された動物プランクトン各分類群の個体数密度( $\times 10^3$  inds./ $m^2$ )の昼夜比較

Taxa	Day	Night
Hydrozoa	2.2	2.0
Chaetognath	2.8	2.3
Polychaeta	0.2	0.3
Ostracoda	0.1	1.4
Copepoda	202.2	327.5
Amphipoda	0.5	1.0
Euphausiacea larva	39.3	33.4
Gastropoda larva	0.7	1.0
Echinodermata larva	0.5	3.5
Appendiculata	3.3	2.8
others	0.0	0.03
Total ( $\times 10^3$ inds./ $m^2$ )	251.6	375.2

田, 1934)。北海道西岸を北上する対馬暖流は100 mから150 mの厚さがあるが, 塩分34.0以上の対馬暖流水の上のごく表層に比較的低塩分の暖流表層水が現れる場合がある(吉田ら, 1977)。本研究で30 m以浅に観察された塩分34.0以下の水塊は, 暖流表層水と推察される。また, 石狩湾の湾口部では, 水温7℃以上, 塩分34.1の対馬暖流水が現れて冬季から春季の水塊交代は完了するとされている(阿部・藤井, 1982)。調査時の水温は表面から約120 mまでは7℃以上であり, 塩分は100 mから500 mまで34.1であったことから, 水塊交代がほぼ完了した春季の海洋環境であったと考えられる。クロロフィルa濃度は, 昼夜ともに50~75 mで約2.0  $\mu\text{g/L}$ の極大値が観察された。本調査と同年の2003年に石狩湾の湾央で1月から6月まで月1回観測したクロロフィルa濃度の結果では, 今回の観測よりも約1カ月早い4月中旬に表層から約20 mにかけて約3~5  $\mu\text{g/L}$ の春季ブルームのピークを観測したことから(浅見ら, 2010), 今回の調査時期は春季ブルームの衰退期であると推察される。後述するようにカイアシ類の中には春季ブルームと密接に関係した生活史を持つ種もいて, 本研究では衰退期ではあるが春季ブルームを捉えているので, 調査時期は適切な環境下にあったと考えられる。

本研究では, 深度500 mからの鉛直曳きによって得られる動物プランクトンの湿重量は昼夜の違いはないものと考えられた。一方, 水深200 mまでの湿重量は昼夜で異なったことから, 現存量の推定には昼夜間での補正が考慮されている(嶋田 私信)。

春季5月の石狩湾に出現するカイアシ類は暖水種と冷水種の混合した群集から成り立っている(浅見ら, 2010)。

なかでも昼夜ともに個体数が多かったのは, *Neocalanus plumchrus/flemingeri*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Metridia pacifica*, *Pseudocalanus newmani/minutus*, *Oithona* spp.等であった(Table 3)。これらの種はすべて春季の石狩湾の優占種として知られる(浅見ら, 2010)。

*Neocalanus plumchrus/flemingeri*は春季の石狩湾のみならず(鹿又ら, 1983; 小鳥1983b), 北海道周辺海域では多産し(嶋田ら, 2012), ニシン成魚(元田・竹内, 1949), ホッケ稚魚(石森, 2016), ホッケ成魚(元田・佐藤, 1949; 浅見, 2015), サケ稚魚(箕田・原野, 1982; Nagata et al., 2007)などの餌生物として重要である。日本海において*Neocalanus*属カイアシ類2種(*Neocalanus plumchrus*と*Neocalanus flemingeri*)の生活史について, Miller and Terazaki (1989)により, 植物プランクトンの生産サイクルに密接に関係した個体発生に伴う鉛直移動を行うことが知られていることから, 春季には植物プランクトンの豊富な表層域に多く分布すると考えられる。Minoda (1971)は5~6月に, ベーリング海および北西北太平洋において*Calanus plumchrus* (*Neocalanus plumchrus*)の垂直分布について, 昼夜ともに50 m以浅に分布したとしている。平野 (2008)は, 早春3月に水深約500 mの根室海峡沿岸で日中に, *Neocalanus flemingeri*の鉛直分布を調べたところ, 分布の中心は100 mにあったとしている。関 (2005)は春季5, 6月に水深が約50 mの太平洋静内沿岸域で, *Neocalanus* spp. (*N. plumchrus/flemingeri*)の日周鉛直分布を調べたところ, 日の出後に降下し, 日没前に上昇することを観察した。*Neocalanus plumchrus*と*Neocalanus flemingeri*の両種を区別して観察することが必要であるが, 本研究でその個体数密度に昼夜でほとんど違いが

Table 3 調査地点 (J33) における深度200 mから採集されたカイアシ類の個体数密度( $\times 10^3$  inds./m<sup>3</sup>)の昼夜比較

Species	Day	Night
<i>Calanus pacificus</i>	0.2	0.2
<i>Neocalanus cristatus</i>	0.1	0.1
<i>Neocalanus plumchrus/flemingeri</i>	51.8	52.9
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	7.8	15.6
<i>Eucalanus bungii</i>	2.8	1.8
<i>Paracalanus parvus</i>	1.5	0.4
<i>Pseudocalanus newmani/minutus</i>	45.6	45.8
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	0.1	0.0
<i>Clausocalanus pergens</i>	2.6	6.8
<i>Paraeuchaeta elongata</i>	0.2	0.1
<i>Scolecithricella minor</i>	0.7	2.3
<i>Metridia pacifica</i>	62.5	164.0
<i>Acartia longiremis</i>	0.1	0.1
<i>Oithona</i> spp.	26.4	36.9
<i>Corycaeus affinis</i>	0.0	0.2
Unidentified calanoid	0.0	0.03
Unidentified harpacticoid	0.0	0.1
<b>Total (<math>\times 10^3</math> inds./m<sup>2</sup>)</b>	<b>202.2</b>	<b>327.5</b>

Table 4 調査地点 (J33) における深度200 mから採集されたカイアシ類, *Metridia pacifica*の発育段階別個体数密度( $\times 10^3$  inds./m<sup>3</sup>)の昼夜比較

Stages	Day	Night
C I	0.2	0.1
C II	1.7	4.3
C III	26.5	49.6
C IV	22.3	79.0
C V	11.9	23.0
adult ♂	0.0	0.2
adult ♀	0.0	8.4

認められなかった。その理由は、おそらく、*Neocalanus plumchrus/flemingeri*は百メートル以内の規模で見れば昼夜で鉛直分布が異なるが、本研究のように春季ブルームの発生範囲より鉛直的に深い100 m以上の規模で観察したため、昼夜の採集個体数に違いは生じなかったと考えられる。

*Pseudocalanus*属に関しては出現した*Pseudocalanus*属のほとんどが*Pseudocalanus newmani*であり、同年の5月下旬に石狩湾中部定定点においても*Pseudocalanus newmani*

が優占していた(浅見ら, 2010)。本種に関して、山口・志賀(1997)は北海道南西部恵山沖の水深約250~450 mの海域で、1~2カ月毎に*Pseudocalanus newmani*の日中の鉛直分布を調べた。その結果、本種は周年に亘り、深度約200 m以浅に分布していたことを明らかにした。*Pseudocalanus newmani*は*Neocalanus*属カイアシ類同様に百メートル以上の規模の観察からは、昼夜での分布の違いは見出されなかったと推察する。

*Oithona*属では*Oithona similis*と*Oithona atlantica*の2種について北海道噴火湾(水深90 m)での日周鉛直分布について、2月と9月の観察例がある(伊藤, 1993)。それによれば、両種ともに2月にはわずかに表層へ移動、9月には顕著な移動は観察されなかった。また、冬季と春季の富山湾(水深1000 m)で、*Oithona atlantica*は昼夜の分布差は小さく昼夜移動は認められなかった(高橋・平川, 2001)。これらのことから、石狩湾においても本種は昼夜の分布にはほとんど違いはないものと考えられる。

*Metridia pacifica*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Scolecithricella minor*および*Clausocalanus pergens*の各種では昼夜で採集個体数が比較的異なり、夜間で多く採集されたことから、これら4種は日周鉛直移動の距離が大きいものと推察された。

*Metridia pacifica*は顕著な日周鉛直移動によって夜間に浮上することは良く知られている (Morioka, 1976; Vinogradov and Sazhin, 1978; 高橋・平川, 2001)。本種は春季ブルーム時に活発に摂餌し, 急速に成長しコペポダイトⅤ期に達する。そして, 水温が20℃を超える夏季には500 m以深の中層に移動して休眠状態に入ることが富山湾で知られている (Hirakawa and Imamura, 1993)。また, 石狩湾でも同様の生活史が示唆されている (浅見, 2003)。また, 富山湾では, 6月に*Metridia pacifica*の成体♀が, 日中は300 mの中深層に分布していたものが, 夜間には50~75 mの表層に浮上することが観察され, 表層へ移動した♀の多くは産卵準備あるいは活発な産卵活動にあったことが示唆されている (Hirakawa, 1991)。本研究で観察された成体♀の夜間の浮上も, その要因の一つとして産卵に関係したものかもしれないが, 生殖巣の観察などさらに詳しい検討が必要である。

Minoda (1971) は5~6月に, ベーリング海および北西北太平洋において*Scolecithricella minor*は夜間には表層, 早朝には50 m以深に分布したことを述べている。また, *Scolecithricella minor*の日周鉛直移動が10月の日本海の佐渡近海で知られている (Morioka, 1976)。さらに, 富山湾 (水深1000 m) で*Mesocalanus tenuicornis*および*Scolecithricella minor*のコペポダイト後期 (Ⅳ期, Ⅴ期) および成体の昼夜鉛直分布についての研究例もある (高橋・平川, 2001)。これによれば, 春季3月にこれら2種には顕著な夜間浮上が観測されている。さらに, Yamaguchi *et al.* (1999) は, 富山湾 (水深1000 m) において, 2月, 9月, 11月に*Scolecithricella minor*の日周鉛直分布を観察したところ, どの発育段階も100~400 mの間に分布し, この水深の範囲内で, 2月にはすべての発育段階で, 9月には成体, そして11月にはコペポダイトⅤ期から成体が夜間に上昇したことを観察している。*Clausocalanus pergens*の昼夜の鉛直分布の比較については, 元田・佐藤 (1948) の7月, 知床半島西岸沖 (水深100 m) での報告がある。それによれば本種は夜間には深層に多く (示されている図から読み取ると約30 m以深), 夜明けには表層 (同様に約15 m以浅), そして午前から午後には表層から深層に移動したとしており, 本調査結果と昼夜の行動は異なる。本種は*Mesocalanus tenuicornis*や個体数は少なかったが*Paracalanus parvus*などと並んで代表的な暖水性種であり, 夜間に水温躍層を超えて表層に分布した可能性はあるが, 対馬暖流が占める石狩湾では対馬暖流による水平的な輸送も想定されるため, より詳細な鉛直採集を行って水塊構造との関係を考察する必要がある。

本研究の結果, 採集個体数の昼夜差が特に大きい種は*Metridia pacifica*であり, 本種は石狩湾で出現個体数およ

び現存量も多く (浅見, 2003), 本種の季節的消長を把握するためには中層 (500 m) からの採集が必須であることが明らかとなった。北海道周辺にはカイアシ類の他にも, 日周鉛直移動を行う端脚類やオキアミ類などのマクロ動物プランクトンが多く分布する (Ikeda *et al.*, 1992; Iguchi and Ikeda, 2004; 嶋田ら, 2023)。水産資源の餌料環境調査として低次生産モニタリングを行う場合は, 中層からの採集を基本として, できるだけ夜間に亜表層の採集を併せて実施することが望ましいと考えられる。

## 謝 辞

調査に御協力いただきました, 試験調査船おやしお丸 (当時) の船長ならびに乗組員の皆様に感謝致します。

## 引用文献

- 阿部深雪, 藤井浄. 春季石狩湾に現れる外洋水の特性と春季の網走湾周辺の沿岸水の動向. 1981年度 農林水産技術会議別枠研究 遡川性さけ・ますの大量培養技術の開発に関する総合研究 「河川型研究グループ」リポート. 発行 北海道区水産研究所, 釧路市. 1982: 69-79.
- Arima D, Yamaguchi A, Abe Y, Matsuno K, Saito R, Asami H, Shimada H, Imai I. Seasonal changes in zooplankton community structure in Ishikari Bay, Japan Sea. *Bull. Fish. Sci. Hokkaido Univ.* 2014a; 64: 17-23.
- Arima D, Yamaguchi A, Abe Y, Matsuno K, Saito R, Asami H, Shimada H, Imai, I. Seasonal changes in body size and oil sac volume of three planktonic copepods, *Paracalanus parvus* (CLAUS, 1863), *Pseudocalanus newmani* Frost, 1989 and *Oithona similis* Claus, 1866, in a temperate embayment: what controls their seasonality? *Crustaceana* 2014b; 87: 364-375.
- 浅見大樹. 動物プランクトンの生活史を調べる カイアシ類の一種, メトリディア パシフィカ (*Metridia pacifica*). 北水試だより 2003; 61: 22-24.
- 浅見大樹, 嶋田宏, 石田良太郎, 高柳志朗. 春季の石狩湾において優占するカイアシ類数種の年変動. 北海道立水産試験場研究報告 2010; 77: 1-11.
- 浅見大樹. 北海道北部日本海における餌料プランクトンの動態とホッケ漁業. 2015年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会公演要旨集 2015; 講演番号S06.
- 服部寛. 第4章. カイアシ類の日周鉛直移動. 「生物海洋学-低次食段階論-」西澤敏編. 恒星社厚生閣, 仙台市.

- 1989 ; 73-94.
- 林清. 第11回 北洋研究シンポジウム 北海道周辺海域に関する漁業生物と環境 1. 石狩湾における有用魚類の出現様式と生物環境. 水産海洋研究会報 1980;37: 19-23.
- Hidaka K, Itoh H, Hirai J, Tsuda A. Occurrence of the *Paracalanus parvus* species complex in offshore waters south of Japan and their genetic and morphological identification to species. *Plankton Benthos Res.* 2016 ; 11 : 131-143.
- Hirakawa K. Vertical distribution and reproduction of planktonic copepods in Toyama Bay, southern Japan Sea, with special reference to *Metridia pacifica*. *Bull. Plankton Soc. Japan, Spec. Vol.* 1991 ; 373-382.
- Hirakawa K, Imamura A. : Seasonal abundance and life history of *Metridia pacifica* (Copepoda: Calanoida) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan.* 1993 ; 40 : 41-54.
- 平野和夫. 根室海峡における早春の動物プランクトン鉛直分布. 釧路水試だより 2008 ; 89 : 5-7.
- Holm-Hansen O, Lorenzen CJ, Holmes RW, Strickland JDH. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 1965 ; 30 : 3-15.
- Ikeda T, Hirakawa K, Imamura A. Abundance, population structure and life cycle of a hyperiid amphipod *Themisto japonica* (Bovallius) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan.* 1992 ; 39 : 1-16.
- Iguchi N, Ikeda T. Vertical distribution, population structure and life history of *Thysanoessa longipes* (Crustacea: Euphausiacea) around Yamato Rise, central Japan Sea. *J. Plankton Res.* 2004 ; 26 : 1015-1023.
- 石森謙太郎. 北海道沖日本海におけるホッケ仔稚魚の食性. 修士論文, 北海道大学, 函館市. 2016.
- 伊藤正輝. 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. 修士論文, 北海道大学, 函館市. 1993
- 鹿又一良, 渡辺智視, 田村真樹, 小鳥守之. 春の余市沖定点におけるカラヌスの消長と外圍条件. 北水試月報 1983 ; 40 ; 297-303.
- 小鳥守之. 北海道石狩湾産プランクトン調査 昭和50年夏季および秋季の動物プランクトン生体現存量. 北海道立水産試験場報告1977 ; 19 : 1-11.
- 小鳥守之, 渡辺智視. 北海道石狩湾産プランクトン調査 II 昭和50年夏季“沿岸水域”における植物プランクトン量と植食性プランクトン量との関係. 北海道立水産試験場報告 1978 ; 20 : 1-12.
- 小鳥守之, 浜岡荘司. 北海道石狩湾産プランクトン調査 III かい脚類の出現種. 北海道立水産試験場報告 1979 ; 21 : 1-16.
- 小鳥守之. 北海道石狩湾産プランクトン調査 V 1975~1979年温暖季(6~11月)における動物プランクトンの“現存量曲線”. 北海道立水産試験場報告 1981 ; 23 : 1-7.
- 小鳥守之. 北海道石狩湾産プランクトン調査 VI 1980年および1981年の動物プランクトン現存量. 北海道立水産試験場報告 1983a; 25 : 1-6.
- 小鳥守之. 北海道石狩湾産プランクトン調査 VII 動物プランクトン現存量の鉛直分布. 北海道立水産試験場報告 1983b; 25 : 7-13.
- 小鳥守之. 北海道近海における動物プランクトン群集の長期変動. 月刊海洋 総特集 動物プランクトン. 海洋出版株式会社, 東京. 2001 ; 号外 No.27 : 19-24.
- Miller CB, Terazaki M. The life histories of *Neocalanus flemingeri* and *Neocalanus plumchrus* in the Sea of Japan. *Bull. Plankton Soc. Japan.* 1989 ; 36 : 27-41.
- Minoda T. Pelagic copepoda in the Bering Sea and the northwestern North Pacific with special reference to their vertical distribution. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1971;18 : 1-74.
- 箕田嵩, 志賀直信, 金子実. 沿岸域におけるさけ・ます稚魚の食性と動物プランクトン-2. 春季石狩川河口域表層における動物プランクトンの分布. さけ別枠1978河川型研究グループレポート. 発行 北海道区水産研究所, 釧路市. 1979 ; 99-115.
- 箕田嵩, 原野茂樹. 石狩湾沿岸におけるサケの食性と餌要求量. さけ別枠1981河川型研究グループレポート. 発行 北海道区水産研究所, 釧路市. 1982 ; 119-127.
- Morioka Y. Vertical invasion of boreal calanoid copepods into the shallow warm stratum. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.* 1976 ; 27 : 91-101.
- 元田茂, 佐藤重勝. 北海道知床半島西岸沖に於ける動物性プランクトンの昼夜移動. 北海道大学農学部水産学教室業績 1948 ; 101 : 72-77.
- 元田茂, 竹内勇. 春鯨食餌調査(昭和23年度). 北海道水産試験場研究報告1949 ; 1 : 32-44.
- 元田茂, 佐藤重勝. ホッケ (*Pleurogrammus azonus*) の食餌 並に漁場プランクトンの観察. 日本水産学会誌 1949 ; 15 : 343-353.
- 元田茂. 動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について. 日本海洋学会誌 1972 ; 28 : 278-292.
- 元田茂. 簡単なプランクトン器具の考案 (第8報). 日本プランクトン学会報1994 ; 40 : 139-150.

- Nagata M, Miyakoshi Y, Ando D, Fujiwara M, Sawada M, Shimada H, Asami H. Influence of coastal seawater temperature on the distribution and growth of juvenile chum salmon, with recommendations for altered release strategies. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 2007 ; 4 : 223-235.
- 関二郎, 真山紘, 清水幾太郎. 石狩湾におけるサケ稚魚の餌料環境と食性について—II—春季の沿岸部における餌料生物の垂直分布—. 北海道さけ・ます孵化場研究報告 1985 ; 39 : 27-90.
- 関二郎. 北海道太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚の摂餌特性と餌料環境に関する研究. さけ・ます資源管理センター研究報告 2005 ; 7 : 1-104.
- 嶋田宏, 坂口健司, 森泰雄, 渡野邊雅道, 板谷和彦, 浅見大樹. 北海道周辺4海域 (道東・道南太平洋, 北部日本海および南部オホーツク海) における動物プランクトンバイオマスおよび種組成の季節変化と年変動. 日本プランクトン学会報 2012 ; 59 : 63-81.
- 高橋卓, 平川和正. 冬季・春季の富山湾におけるカイアシ類群集の昼夜鉛直分布, 特に *Metridia pacifica* と *Oithona atlantica* について. 日本プランクトン学会報 2001 ; 48 : 1-13.
- 宇田道隆. 日本海及び其の隣接海区の海況. 水産試験場報告 1934 ; 5 : 57-190.
- Ueda H, Itoh H, Hirai J, Hidaka K. *Paracalanus orientalis* n. sp. (Copepoda, Calanoida), formerly referred to as *P. parvus* in Japanese coastal waters. *Plankton Benthos Res.* 2022 ; 17 : 221-230.
- Vinogradov ME, Sazhin AF. Vertical distribution of the major groups of zooplankton in the northern part of the Sea of Japan. *Oceanology.* 1978 ; 18 : 205-209.
- 山口篤, 志賀直信. 北海道南西部恵山沖における *Pseudocalanus minutus* と *P. newmani* (Copepoda; Calanoida) の鉛直分布および生活史. 日本プランクトン学会報 1997 ; 44 : 11-20.
- Yamaguchi A, Ikeda T, Hirakawa K. Diel vertical migration, population structure and life cycle of the copepod *Scolecithricella minor* (Calanoida: Scolecithrichidae) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton Biol. Ecol.* 1999 ; 46 : 54-61.
- 吉田喜一, 土門和子, 渡部智視. 石狩湾沿岸漁場の物理・化学的環境. 北水試月報1977 ; 34 : 1-6.