HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	日本東方海域における浮遊性ヤムシ類の動物相と分布生態に関するレビュー（ヤムシ研究会ワークショップ論文集）
Author(s)	山口，篤；小鳥，守之
Citation	日本プランクトン学会報，59(2)，98-101
Issue Date	2012-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57090
Rights	© [2012] 日本プランクトン学会
Type	journal article
File Information	52)yama-pura-59-98(ocr).pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

日本東方海域における浮遊性ヤムシ類の動物相と分布生態に関するレビュー

山口 篤[1)]*・小鳥守之[2)]

[1)] 北海道大学大学院水産科学研究院，〒041-8611 北海道函館市港町3-1-1
[2)] 元 北海道立水産試験場，現住所：〒046-0003 北海道余市郡余市町黒川町7-48-1

Review on the fauna and the distributional ecology of pelagic chaetognaths in the eastern seas of Japan (Oyashio, Kuroshio regions and Transition domain)

Atsushi Yamaguchi[1)]* and Moriyuki Kotori[2)]

[1)] *Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan*
[2)] *Formerly Hokkaido Fisheries Experimental Station, Present address: 7-48-1 Kurokawa-cho, Yoichi, Hokkaido 046-0003, Japan*
**Corresponding author: E-mail: a-yama@fish.hokudai.ac.jp*

Abstract The fauna and the distributional ecology of pelagic chaetognaths in the eastern seas of Japan (Oyashio, Kuroshio regions and Transitional domain) were reviewed. Chaetognaths composed ca. 10% of the mesozooplankton biomass, and 29 species with 1 form belonging to 14 genera were reported from this region. Species number was lesser in the Oyashio region and neritic Otsuchi Bay (5–9 species), while it was higher in the Kuroshio region and warm core rings (18–22 species). Seasonal changes of dominant species were reported in the Oyashio region, which might be caused by the seasonal fluctuation in intensity of the Oyashio Current. While the chaetognath fauna showed clear geographical changes in the upper 1000 m, fauna below 1000 m was dominated by *Eukrohnia fowleri* throughout the three regions. The epipelagic species *Parasagitta elegans* underwent diel vertical migration (DVM) characterized by a nocturnal ascent, while meso- and bathypelagic species had no DVM. For *Eukrohnia* species, vertical segregation within the genus was evident. The life cycle of *P. elegans* in the Oyashio region was characterized by distinct seasonality in reproduction and growth, which might be caused by the large seasonal changes of environmental conditions (i.e. temperature and food organism availability) in the Oyashio region. For future studies, three topics should be addressed: firstly; the functional role of chaetognaths in marine ecosystems, secondary; the life cycle of mesopelagic *E. hamata/bathypelagica*, thirdly; application of the Visual Plankton Recorder (VPR) for evaluation of feeding of by chaetognaths.

Key words: *Parasagitta elegans, Eukrohnia hamata, Eukrohnia fowleri,* life cycle, vertical distribution

1. はじめに

鹿島灘から道東沖にかけての日本東方海域は低温低塩分な親潮と高温高塩分な黒潮，それらが混合する移行領域という互いに性質の異なる3つの海域が存在する（気象庁ホームページ，http://www.data.kishou.go.jp/db/kaikyo/knowledge/index.html）．親潮の南限は親潮前線と呼称され，100 m層水温5°Cの等温線によって，黒潮系暖水の北限は黒潮前線と呼称され，100 m層水温が15°C等温線によって定義される．親潮の南限緯度には明確な季節変化があり，4月に最も南下し宮城県沖付近にまで達し，時には茨城県沖にまで達する．それ以降は次第に北上し，11～12月には釧路沖付近に位置する．親潮前線と黒潮前線の間の移行領域には，黒潮続流から分離した暖水渦や親潮から分離した冷水渦が入り混じって分布し，複雑な海洋構造を呈する．

親潮域におけるヤムシ類は中型動物プランクトンバイオマスの約10%を占め（Kotori 1976, Ikeda et al. 2008），カイアシ類に次ぐ優占生物群である．本稿で扱う親潮，黒潮および移行領域におけるヤムシ類のレビューとしてはこれまで鬼頭（1974）や寺崎（1998）がある．本稿では，これらレビュー以降の重要な知見である暖水塊の研究（Johnson & Terazaki 2003）や深海に及ぶ群集構造（Ozawa et al. 2007）も併せて，当海域のヤムシ類群集に関する知見を総合的に考察する．

2. 出現種

これまで当海域において報告されているヤムシ類は14属29種（1型を含む）におよんでいる（Table 1）．これらの内訳は表層種12属21種（1型を含む），中層種5属6種，深層種2属2種である．各研究における出現種数は5～22種であり，同所的に

Table 1. Faunistic list of pelagic chaetognaths in the eastern seas of Japan. SA: Subarctic, KWCR: Kuroshio Warm Core Ring, TD: Transition Domain.
*: Characteristics of distribution are mainly based on Terazaki (1992) and Johnson and Terazaki (2003). ●: cold-water species, △: warm water species, □: neritic species, ◆: mesopelagic species, ■: bathypelagic species.

Scientific name	Characteristics*	SA (2000) Ozawa et al. (2007)	Otsuchi Bay (1978–1979) Terazaki & Marumo (1982)	Oyashio (1998) Johnson & Terazaki (2003)	Subarctic (1957–1969) Kotori (1976)	KWCR (1998) Johnson & Terazaki (2003)	KWCR (1987) Terazaki (1992)	Off Sanriku (1955–1960) Kitou (1974)	TD (2001) Ozawa et al. (2007)
Aidanosagitta crassa (Tokioka, 1938)	□	−	+	−	−	−	−	+	−
A. crassa f. *naikaiensis* (Tokioka, 1939)	□	−	+	−	−	−	−	−	−
A. delicata (Tokioka, 1939)	□	−	−	−	−	−	−	+	+
A. neglecta (Aida, 1897)	△	−	+	−	+	+	+	+	+
A. regularis (Aida, 1897)	△	−	+	−	−	+	+	+	+
Caecosagitta macrocephala (Fowler, 1904)	■	+	−	+	+	−	+	−	+
Eukrohnia bathypelagica (Alvariño, 1962)	◆	+	−	+	+	+	+	−	+
E. fowleri (Ritter-Záhony, 1909)	■	+	−	−	+	−	−	−	+
E. hamata (Möbius, 1875)	●	+	−	+	+	+	+	+	−
Ferosagitta ferox (Doncaster, 1902)	△	−	+	−	−	+	−	+	+
F. robusta (Doncaster, 1902)	△	−	−	−	−	−	−	+	+
Flaccisagitta enflata (Grassi, 1881)	△	−	+	+	+	+	+	+	+
F. hexaptera (d'Orbigny, 1836)	△	−	−	+	+	−	+	+	−
Krohnitta pacifica (Aida, 1897)	△	−	−	−	−	+	+	+	−
K. subtilis (Grassi, 1881)	◆	−	−	+	−	+	+	+	+
Mesosagitta decipiens (Fowler, 1905)	◆	−	−	+	−	+	−	−	+
M. minima (Grassi, 1881)	□	−	+	+	+	+	+	+	+
M. neodecipiens (Tokioka, 1959)	◆	−	−	−	+	−	+	−	+
Parasagitta elegans (Verrill, 1873)	●	+	+	+	+	+	+	+	+
Pseudosagitta lyra (Krohn, 1853)	◆	−	−	+	+	+	+	+	+
P. maxima (Conant, 1896)	◆	−	−	−	+	−	−	−	−
P. scrippsae (Alvariño, 1962)	●	−	−	+	+	+	+	−	−
Pterosagitta draco (Krohn, 1853)	△	−	+	−	+	+	+	+	+
Sagitta bipunctata (Quoy & Gaimard, 1828)	△	−	−	−	−	+	−	+	+
Serratosagitta pacifica (Tokioka, 1940)	△	−	−	−	+	+	+	+	+
S. pseudoserratodentata (Tokioka, 1939)	△	−	−	−	−	−	+	+	−
Solidosagitta zetesios (Fowler, 1905)	◆	−	−	+	+	+	+	−	+
Zonosagitta bedoti (Beraneck, 1895)	△	−	−	−	−	−	−	−	+
Z. nagae (Alvariño, 1967)	□	−	+	+	+	+	+	+	+
Z. pulchra (Doncaster, 1902)	△	−	−	−	−	−	−	+	+
Cold-water species	●	2	1	3	3	3	3	2	1
Warm-water species	△	0	5	2	5	8	8	12	10
Neritic species	□	0	3+1f	2	2	2	2	4	3
Mesopelagic species	◆	1	0	5	5	5	5	2	6
Bathypelagic species	■	2	0	1	2	0	1	0	2
Total number of species		5	9+1f	13	17	18	19	20	22

出現する種数はこの範囲にある．上記種数には*Eukrohnia*属の*E. hamata*と*E. bathypelagica*の2種が含まれるが，近年遺伝子の解析から両種は同種であることが提唱されており（Miyamoto 2010），それを受け入れると出現種数は28種となる．種数は親潮域や内湾（大槌湾）にて少なく（5〜9種），黒潮域やそれから分離した暖水塊にて多い（18〜22種）．当海域における出現種の特徴として，Terazaki (1992) とJohnson & Terazaki (2003) は5つのカテゴリー（冷水性種，暖水性種，沿岸性種，中層種，漸深層性種）を提唱している（各カテゴリーに含まれる種についてはTable 1を参照）．

3. 各海域における分布生態

鬼頭（1974）によると，黒潮域におけるヤムシ類個体数は春季に多く，周年を通して出現頻度が高いのは*Mesosagitta minima, Serratosagitta pacifica, Pterosagitta draco*である（Table 2）．混合域における個体数は秋季に多く，周年を通して出現頻度が高いのは*M. minima*のみである．親潮域におけるヤムシ類個体数は春季に多く，周年を通して出現頻度の高いのは*Parasagitta elegans*で，*E. hamata*は春季にのみ多く，*Zonosagitta nagae*と*M. minima*の出現頻度は夏季から増加し，秋季に最も卓越する．この鬼頭（1974）の報告した親潮域におけるヤムシ類優占種の季節変化は，親潮の勢力（南限緯度や面積）の季節変化に関係

Table 2. Seasonal changes in the dominant chaetognath species in the Oyashio, Kuroshio regions and their Transition domain. Values in the parentheses indicate range of mean abundance (ind. m^{-3}: 0–100 m) and number of species in each region is also shown. All the data summarized in this table are from Kitou (1974).

Season	Oyashio region (0.7–12.9)	Transition domain (2.4–27.7)	Kuroshio region (2.5–9.7)
Winter	*Parasagitta elegans*	*Mesosagitta minima*	*Serratosagitta pacifica*
Spring	*Eukrohnia hamata*	*Zonosagitta nagae*	*Mesosagitta minima*
Summer	*Parasagitta elegans*	*Mesosagitta minima*	*M. minima*
Autumn	*Mesosagitta minima*	*M. minima*	*Aidanosagitta regularis*
Number of species	8	20	17

すると考えられる．親潮の南限緯度や面積は1月頃から南下・拡大し，4月頃に南進（宮城県沖付近）して最大となった後に北退・縮小し，11～12月頃に北限（釧路沖付近）に達して最小となる．この季節変動は主に冬季の季節風により親潮の南下が促進されるために起こる（気象庁ホームページ）．この親潮勢力の季節変化により，最も冷たい春季には*E. hamata*が優占し，暖水性種の*Z. nagae*と*M. minima*の出現割合は夏季から増加し，秋季に最も卓越することになると考えられる．また黒潮続流による沿岸性種の輸送はMatsuzaki & Karohji (1984) にてまとめられている．

暖水塊のヤムシ類は隣接海域よりも個体数は少ないが，種多様度は高い特徴がある．暖水塊における*Pseudosagitta scrippsae*と*E. hamata*の鉛直分布は，隣接海域よりも分布深度が深くなる（Johnson & Terazaki 2003）．

内湾域の岩手県大槌湾に出現するヤムシ類は9種で，このうち湾内で生活史を繰り返す*Aidanosagitta crassa*と*M. minima*の再生産時期は，それぞれ5～10月と2～5月と異なっている（寺崎・丸茂1982）．また，大槌湾においては日周鉛直移動も報告されている（寺崎ほか1985）．

4. 鉛直分布

親潮域，黒潮域や混合域におけるヤムシ類群集の違いは水深1000 m以浅にのみ見られ，水深1000 m以深では親潮域と黒潮域ともに*E. fowleri*が卓越する群集が分布する（Ozawa et al. 2007）．これは，水深1000 m以深では水温など環境条件がほぼ一様であることによると考えられている．また，いずれの海域も種多様度は表層で高く，深度が増すにつれて減少する．

*E. hamata*は日周鉛直移動を行わないが，*P. elegans*は0～250 m層に分布し，夜間に上昇する日周鉛直移動を行い，大型個体ほど昼間は深所に分布するため一日の鉛直移動規模は大きく，その上昇・下降速度は30 m h^{-1}に及ぶと推定されている（Terazaki & Marumo 1979）．

北太平洋亜寒帯域におけるヤムシ類の鉛直分布を類型分けした研究（Kotori 1972）では，*E. hamata*と*E. bathypelagica*の主分布層は各々120～270 mと550～800 mと違うものの，その分布深度範囲は50～2000 mと重複している．同属の*E. fowleri*が高密度を示す深度（2000～3000 m）とその分布深度範囲（750～3000 m）は*E. hamata/bathypelagica*よりも明らかに深く，同属内における明確な棲み分けの存在を示している．

5. 生 活 史

当海域におけるヤムシ類の生活史は主に*P. elegans*について知られている．親潮域における本種の出現個体数は6～10月に多く12～4月に少ない．これは，冬季に水深150 m以深に沈降する緩やかな季節的鉛直移動のためと考えられており，主産卵期は5月末から6月上旬にあり，成長速度は3 mm $month^{-1}$で，世代時間は1～2年と報告されている（Kotori 1999）．一方，アラスカ湾では*E. hamata*と*P. elegans*の世代時間は各々8～10ヶ月と6～10ヶ月と推定され，年に2～3世代を持ち，その成長速度は2.5～3.0 mm $month^{-1}$（*E. hamata*）ないしは5～6 mm $month^{-1}$（*P. elegans*）と報告されている（Terazaki & Miller 1986）．アラスカ湾に比べて親潮域では再生産や成長を行う季節が限られており，これは水温や一次生産など海洋環境の季節変動が親潮域において大きいことの反映と考えられている（Kotori 1999）．*P. elegans*の産卵期については様々な海域で報告があり，千島列島付近では4～5月（Terazaki et al. 1995），大槌湾では4月（寺崎・丸茂1982）である．

6. 今後の課題

当海域における分布生態に関する知見は比較的揃っているので，今後当海域において知見の充実の求められるのは，海洋生態系における本分類群の機能的役割であろう．

東経155線に沿った北緯35～44度において5月に0～150 mノルパックネット採集した試料について，小型カイアシ類（全長5 mm以下の個体）の生産量とヤムシ類の餌要求量をIkeda–Motoda法（Ikeda & Motoda 1978）にて推定すると，黒潮続流域では両者はほぼ釣り合っていたが，親潮域ではカイアシ類の生産が上回っていた（Fig. 1）．このことは，亜熱帯域ではヤムシ類捕食量とカイアシ類の生産量はほぼ等しく，浮魚類の餌に廻る余剰生産量はほとんどないが，亜寒帯域では植食性カイアシ

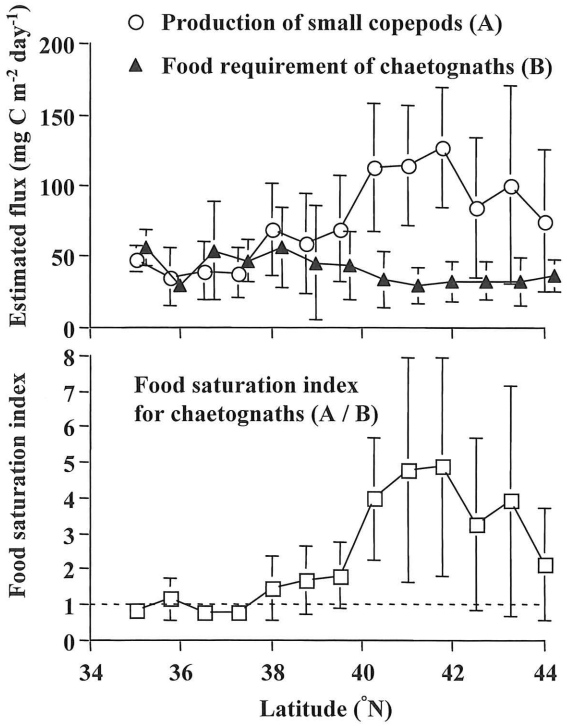


Fig. 1. Latitudinal changes in the production of small (total length ＜5 mm) copepods and the food requirement of chaetognaths estimated based on the Ikeda–Motoda method (Ikeda & Motoda 1978) in the upper 150 m along 155°E during May of 2002–2011 (upper panel). Symbols and bars indicate means and standard deviations, respectively. Food saturation indices for chaetognaths were calculated as: (production of small copepods/food requirement of chaetognaths) and latitudinal changes in this index are shown (lower panel). Dashed line shows position of 1 (production of small copepods＝food requirement of chaetognaths). High food saturation value indicates that the remaining production of small copepods (＝food for pelagic fishes) is large.

類の生産量はヤムシ類捕食量を大きく上回っており，この余剰生産物は索餌回遊してくるサンマなど浮魚類の餌として利用されるといえる（小達 1994）．

また前述のように，遺伝的に*E. hamata*と*E. bathypelagica*は同種であることが報告されている（Miyamoto 2010）．0〜2000 m水柱の現存量でみると，*E. hamata/bathypelagica*のバイオマスは親潮域ヤムシ類バイオマスの81％を占め（Ikeda et al. 2008），東部のアラスカ湾でも*E. hamata/bathypelagica*はヤムシ類全個体数の89％に達する（Terazaki & Miller 1986）．つまり北太平洋亜寒帯域の0〜2000 m水柱でみると，東部（アラスカ湾）と西部（親潮域）とも*E. hamata/bathypelagica*が個体数やバイオマスの80〜90％を占める最優占種であることが分かる．このように重要な*E. hamata/bathypelagica*の生活史の知見は唯一Terazaki & Miller（1986）のみであり，さらなる知見の充実が望まれる．

表層性種*P. elegans*の生活史については，小鳥（1979）やTerazaki（1998）にまとめられている．小鳥（1979）の総説が発表されてから30年近くが経つが，ここで今後の課題として挙げられている項目（大量飼育の確立，個体群変動モデルの開発，水塊追跡連続調査）のうち，後者の水塊追跡連続調査は暖水塊の研究にて行われたが（Terazaki 1992, Johnson & Terazaki 2003），前者の大量飼育の確立は室内における捕食行動の観察すら困難な状況に変わりなく，この30年であまり見るべき進歩はなかったように思われる．次善の策として，粒子遭遇理論を用いたヤムシ類の捕食モデルの開発（Saito & Kiørboe 2001）や野外における捕食活動の観察としてVPR（Visual Plankton Recorder）を用いることも有効であろう（市川2008）．実際に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なども行われており（小澤ら2004），より解像度の高いVPR画像からは，ヤムシ類体内に捕食された動物プランクトンの有無の評価も可能であると考えられる．

注）引用文献は，論文集の末尾に一括掲載されている．