



Title	噴火湾におけるアカガレイおよびイシガレイ仔魚の食性：尾虫類Oikopleuraの餌生物としての重要性
Author(s)	橋本，雄太郎；前田，晃子；大野，雄介 他
Citation	日本プランクトン学会報，58(2)，165-177
Issue Date	2011-08-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/47512
Rights	© [2011] 日本プランクトン学会
Type	journal article
File Information	Takatsu.pdf



噴火湾におけるアカガレイおよびイシガレイ仔魚の食性 —尾虫類 *Oikopleura* の餌生物としての重要性—

橋本雄太郎¹⁾・前田晃子^{1), 2)}・大野雄介^{1), 3)}・鹿野陽太¹⁾・高津哲也^{4)*}

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学院, 〒041-8611 北海道函館市港町 3-1-1

²⁾ 現在: 青森県営浅虫水族館, 〒039-3501 青森県浅虫馬場山 1-25

³⁾ 現在: 北海道漁業協同組合連合会, 〒060-0003 北海道札幌市中央区北 3 条西 7 丁目

⁴⁾ 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

Feeding habits of two flatfish-species larvae in Funka Bay, Japan —importance of *Oikopleura* as prey—

YUTARO HASHIMOTO¹⁾, AKIKO MAEDA^{1), 2)}, YUSUKE OONO^{1), 3)}, YOTA KANO¹⁾,
AND TETSUYA TAKATSU^{4)*}

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

²⁾ Asamushi Aquarium, 1-25 Babayama, Asamushi, Aomori, 039-3501, Japan

³⁾ Hokkaido Federation of Fisheries Cooperative Associations, Kita 3 Nishi 7 Chuo, Sapporo, Hokkaido 060-0003, Japan

⁴⁾ Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

*Corresponding author. E-mail: takatsu@fish.hokudai.ac.jp

Abstract To evaluate the importance of *Oikopleura* as prey for flatfish larvae, we investigated species composition of appendicularians in the diets of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* and stone flounder *Platichthys bicoloratus* larvae in Funka Bay in winter and spring (January–May) from 2006 to 2010. *Oikopleura dioica* and *O. longicauda* were abundant in the bay in January, and *O. labradoriensis* increased its population density in February and March. Preflexion, flexion, and small postflexion larvae of flathead flounder fed mainly on invertebrate eggs and copepod nauplii, and large postflexion larvae fed on *Oikopleura*. Stone flounder larvae fed mainly on *Oikopleura* through their larval stages, especially in the large larvae. Based on comparison of the inlet filter-like structure in house rudiments of *Oikopleura* in the flatfish guts, we could identify to species level with a house-rudiment length greater than 550 μm . The flatfish larvae fed heavily on *O. labradoriensis*. This species can feed on smaller organisms, has a longer life span than other *Oikopleura* and may have an important role as a trophic shunt from primary producers to the larvae.

Key words: diet, house rudiment, flatfish, food web, *Oikopleura labradoriensis*

はじめに

一般に海産魚類は卵・仔魚・稚魚期の死亡率が高く、

仔魚期の不十分な摂餌や栄養価の低い餌の捕食は死亡率の増加を招く原因の一つである。仔魚はかいあし類ノープリウス幼生やコベボダイト、ワムシ類、有鐘纖毛虫類などを捕食するが(田中 1980, 池脇・澤田 1991), ウナ

ギ亜目の仔魚 (Mochioka & Iwamizu 1996) や多くの異体類仔魚は尾虫類も高い割合で捕食する。特に異体類仔魚については、plaice *Pleuronectes platessa* Linnaeus および flounder *Platichthys flesus* Linnaeus (Last 1978), タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus* Günther (南 1981, 桑原・鈴木 1983), メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* (Temminck et Schlegel) (南 1982a, 桑原・鈴木 1983), ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) (桑原・鈴木 1982, 南 1982b, 長谷川ほか 2003), English sole *Parophrys vetulus* Girard (Gadomski & Boehlert 1984), イシガレイ *Platichthys bicoloratus* Günther (南 1984, Takatsu et al. 2007), アカガレイ *Hippoglossoides dubius* Schmidt (宮本ほか 1993), ソウハチ *Cleisthenes pine-torum* (Schmidt) (Hiraoka et al. 2005) などによる尾虫類の捕食報告がある。

尾虫類は自身が分泌する包巣を摂餌フィルターとして用い、かいあし類など他の捕食者が直接捕食できないほど小型のナノプランクトンやピコプランクトンを効率よく濾過摂餌できる (Aldredge 1976, Deibel 1998)。また尾虫類は特に沿岸域や内湾において海産プランクトンの中でかいあし類に次いで生物量が多い (Paffenhöfer 1973)。このため尾虫類はナノ・ピコプランクトンと魚類を仲立ちし、微生物ループ (Azam et al. 1983) においてエネルギー転送の短絡経路となる重要な役割を担っているものと考えられている (Gadomski & Boehlert 1984, Gorsky & Fenaux 1998)。従って、仔魚が捕食した尾虫類の種同定を正確に行うことは、海洋生態系における物質循環の実態を解明する上で、また海産魚類の資

源量変動機構を解明する上でも重要である。さらに、魚類の消化管内容物の正確な同定は、餌選択機構の解明にもつながる基礎的資料を提供することになる。しかし、仔魚の消化管内の尾虫類については、同定に必要な尾部がほとんど発見されないため (Takatsu et al. 2007)、これまでに正確な種判別は成功しているとは言い難い。

北海道噴火湾は一年のうちで暖流系水と亜寒帯系水が交互に流入し (大谷 1985)、生物生産の高い水域として知られている (Maita & Yanada 1978)。湾内に生息する底生魚類の生物量はアカガレイが最も高いが (横山ほか 1991)、沿岸部にはイシガレイも豊富に生息し、両種は重要な漁業資源として利用されている。しかし、これらの異体類の仔魚が捕食する尾虫類の種組成は、他の海域と同様に不明である。そこで本研究は、噴火湾におけるアカガレイとイシガレイの仔魚の摂餌生態を明らかにするために、まず尾虫類の軀幹に付随する包巣原基の形態や微細構造、サイズから種判別法を検討する。次にこの種判別法を両種仔魚の消化管内容物に適用することで、尾虫類に対する種特異的な餌選択が生じているか否かを明らかにし、生態系における尾虫類の重要性の解明や、異体類の資源量変動機構の解明に役立てようとするものである。

材料と方法

野外採集

調査は、北海道大学水産学部附属練習船うしお丸 (179 トン) を用いて、2006～2010 年の 1～4 月と 2009 年 5 月に噴火湾に設定した 23 地点 (Fig. 1) にお

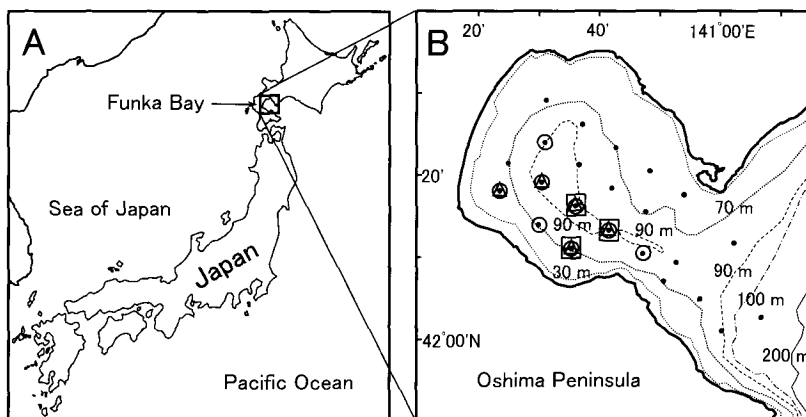


Fig. 1. Location of Funka Bay (A) and sampling stations in Funka Bay and its vicinity with isobaths (B). Open circles, triangles and squares show the stations with larval samplings taken by horizontal hauls with a ring net, MTD nets and a frame trawl net, respectively. Solid circles show the stations with larval samplings taken by vertical haul with a ring net. Appendicularian and prey plankton samplings were carried out with a NORPAC net and a van-Dorn bottle at the MTD net stations (open triangles).

いて毎月1~2回、昼間に限定して行った。

仔魚標本は、口径80 cmのプランクトンネット（目合：0.33 mm）による水平曳き（曳網速度：1.0 m s⁻¹）と海底直上から海面までの鉛直曳き（1.0 m s⁻¹）で採集した。水平曳きの曳網層は、2006年には水深30, 60, 90 mの3層、2007~2008年には水深20, 30, 40 mの3層でそれぞれ5分間ずつ連続して合計15分間曳網した。2009年1~4月にはアカガレイ仔魚が最も多く採集される15 m層を10分間、2010年1~4月にはより発育の進んだ仔魚の採集を目的として15 m層の他に30 m層でも10分間曳網した。仔魚の採集には口径56 cmのMTDネット（目合：0.35 mm）の10分間水平同時曳網（1.0 m s⁻¹）も実施した。曳網層は水深1, 15, 30, 45 m層であり、2007年には60, 75 m層を、2009年4月には60 m層を追加した。2009年5月には、高さ2 m、幅2 mのフレームトロール（コッドエンドの目合：0.33 mm）の40 m層20分間水平曳きでも仔魚の採集を試みた。

仔魚の餌生物と考えられるかいし類ノープリウスやコペポダイト、二枚貝幼生、尾虫類は2008~2010年の1~3月に、アカガレイ仔魚の主生息域と考えられている噴火湾内南部（宮本ほか1993）の5地点（Fig. 1）の水深15 mで6 L型バンドン採水器を用いて採水し、目合40 mmのハンドネットで濾過して採集した。また同5地点では尾虫類の種組成の経時変化を明らかにするために、口径45 cmのNORPACネット（目合：0.10 mm）の鉛直曳き（1.0 m s⁻¹）によって尾虫類を採集した。仔魚標本は硬組織の脱灰を防ぐために90%エタノール溶液中に保存し、尾虫類を含む動物プランクトン標本は5%中性ホルマリン溶液で固定・保存した。

水温・塩分は、全調査地点においてCTD（Seabird Electronics Inc., SBE-19 plus）を用いて、海面から海底直上まで測定した。噴火湾では秋季に流入した高温高塩分の津軽暖流水が冬季の鉛直混合によって低温化し、「冬季噴火湾水（水温 ≤ 6℃ かつ塩分 ≥ 33.8）」に変質する。2月上旬頃にはその冬季噴火湾水の上層に、「沿岸親潮（水温 ≤ 3℃ かつ塩分 ≤ 33.3）」が流入する（大谷1985）。この水塊の流入時期は年により変化するため、本研究ではNORPACネット採集を行った地点の半数以上の地点で15 m層における塩分が ≤ 33.3に低下した時期を、沿岸親潮の流入時期と判定した。

室内観察

実験室では、プランクトンネット標本からアカガレイとイシガレイの仔魚を実体顕微鏡下で、南（1988）に

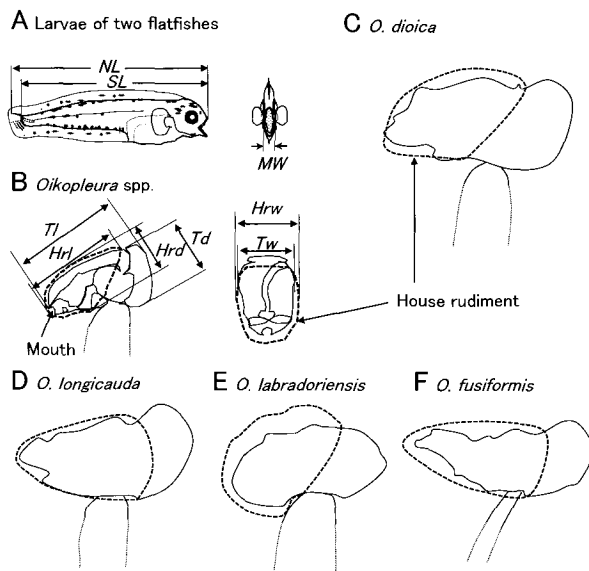


Fig. 2. Size measurements for larvae of two flatfishes (A), house rudiments of oikopleurids (B) by lateral view (left) and dorsal view (right), and house rudiment shapes attached with trunks of *O. dioica* (C), *O. longicauda* (D), *O. labradoriensis* (E), and *O. fusiformis* (F). NL: notochord length; SL: standard length; MW: mouth width; Hrw: house rudiment width; Hrl: house rudiment length; Hrd: house rudiment depth; Tw: trunk width; Tl: trunk length; Td: trunk depth.

従って同定し、南（1984）の発育段階に基づいて卵黄のう仔魚（A-B期）、脊索屈曲前（C-D期）、屈曲中（E-F期）、屈曲後（G期）に区分した。さらに屈曲前仔魚は将来の下尾骨となる原基が未だ認められないC期と原基が認められるD期に区分した。F期までの仔魚の脊索長（notochord length; NL）またはG期仔魚の標準体長（standard length; SL）を電子ノギスまたは実体顕微鏡の接眼マイクロメータを用いて0.1 mm単位で、口幅（mouth width; MW）を0.01 mm単位で測定した（Fig. 2A）。なお、本研究でいう仔魚の体長（body length; BL）とは、脊索長と標準体長の総称である。また、アカガレイとイシガレイ以外の異体類仔魚としてはアサバガレイ *Lepidopsetta mochiigarei* の仔魚が数個体採集されたが、個体数が少なかったため、本研究では扱わなかった。

アカガレイ仔魚は2006~2010年に、イシガレイ仔魚は2009~2010年に採集された標本について、能動的な摂餌が開始されると考えられるC期以降の消化管内容物の解析を行った（Table 1）。なお、2006~2007年にはイシガレイ仔魚はほとんど採集されず、2008年についてはすでに別の目的の研究で使用されているため、本研究では用いることはできなかった。尾虫類の捕食を確認するために、実体顕微鏡下で解剖針を用いて仔魚の消化

Table 1. Sample list of flatfish larvae for dietary analysis in Funka Bay. Numerals show numbers of larvae examined.

Date	Flathead flounder			Stone flounder		
	Preflexion (stages C-D)	Flexion (stages E-F)	Postflexion (stage G)	Preflexion (stages C-D)	Flexion (stages E-F)	Postflexion (stage G)
15-16 Feb. 2006	2	0	0	0	0	0
14-16 Mar.	13	2	0	0	0	0
22-23 Apr.	3	0	1	0	0	0
27 Feb.-1 Mar. 2007	13	0	0	0	0	0
16-17 Mar.	2	1	0	0	0	0
5-6 Mar. 2008	2	1	0	0	0	0
19 Mar.	3	0	0	0	0	0
15-16 Apr.	0	1	1	0	0	0
17 Jan. 2009	0	0	0	30	4	0
26-27 Jan.	0	0	0	14	9	0
10-11 Feb.	0	0	0	4	8	0
24-25 Feb.	0	0	0	1	3	0
12 Mar.	8	2	0	0	0	1
19-20 Apr.	1	2	0	0	0	0
12 May	0	0	2	0	0	0
8 Jan. 2010	0	0	0	52	5	0
4 Feb.	0	0	0	0	0	0
27-28 Feb.	0	3	0	0	10	5
23-24 Mar.	3	0	0	0	0	0
22-23 Apr.	33	0	0	0	0	0

管を取り外し、スライドグラス上の水滴中で切開して内容物を摘出後、メチレンブルー溶液を数滴加えて染色し (Takatsu et al. 2007; 濃度 2%)、尾虫類以外の餌生物は生物顕微鏡下で可能な限り下位の分類群まで同定・計数した。なお珪藻類円心目タラシオシーラ科 (Thalassiosiraceae) は複数の細胞が連鎖状の群体を形成するが、コスキノディスカス科 (Coscinodiscaceae) は細胞が単体性で連鎖群体はつくらない (高野 1997)。今回の消化管内容物観察では同定可能であった珪藻類はすべてコスキノディスカス科のみであったため細胞数を計数した。また、一般に餌を丸呑みする捕食者の口器の大きさに対して、餌生物を 3 次元方向に計測した体部位のうち 2 番目に長い長さが摂餌を制限するので (Pearre 1980)、消化管内から出現した餌生物の 2 番目の長さについて接眼マイクロメータを用いて 1 mm 単位で計測した。消化管内に出現した尾虫類 *Oikopleura* の包巢原基の観察には、inlet filter の観察を容易にするために、メチレンブルー溶液の他にトルイジンブルー溶液も滴下し (Flood 1991; 濃度 1%)、染色を行った。尾虫類は、生物顕微鏡下 200 倍で接眼マイクロメータを用いて包巢原基長 (House rudiment length; *Hrl*)、高さ (House rudiment depth; *Hrd*)、幅 (House rudiment width; *Hrw*) を 2.5 μm 単位で計測した (Fig. 2B)。包巢原基の inlet

filter は 400 倍で撮影し、同倍率で撮影した対物マイクロメータとの比較 (0.25 μm 単位)、あるいは直接接眼マイクロメータによる計測 (1.25 μm 単位) によって網目サイズを測定した。

バンドン採水で採集された動物プランクトン標本は、採集個体数の多寡に応じて適宜分割したうえでメチレンブルーにより染色し、仔魚の餌生物と考えられるかいあし類ノープリウスとコペポダイト、二枚貝幼生、尾虫類 *Oikopleura* と *Fritillaria* について、ノープリウスは生物顕微鏡下で、それ以外は実体顕微鏡下で計数した。なお、無脊椎動物の卵は、同時に採集されたかいあし類抱卵個体から離脱した卵と十分には区別できなかったため、計数しなかった。NORPAC ネットによって採集された動物プランクトン標本も、採集個体数の多寡に応じて適宜分割した上でメチレンブルーにより染色し、実体顕微鏡下で尾虫類を志賀 (1997) に従って同定・計数・測定した。さらに *Oikopleura* はトルイジンブルーで染色し、包巢原基の微細構造を生物顕微鏡下で観察し、inlet filter の網目サイズを測定した。

数値解析

仔魚の消化管内の餌生物の数量割合の比較のために、餌の種類ごとに出現頻度 (解析を行った仔魚の全個体数

に対するその餌生物を摂餌していた仔魚の個体数の割合：F％），個体数組成（出現した餌生物の総個体数に対するその餌生物の個体数の割合：N％），体積組成（体積を推定した総体積に対するその餌生物の体積の割合：V％）を求めた。餌生物の体積は、Nishiyama & Hirano (1983) および Takatsu et al. (2007) の換算式を用いて推定した。尾虫類の尾部は、仔魚の消化管から出現することは稀であり、躯幹部も消化されやすいが、包巢原基は消化されないため、包巢原基長から躯幹部の体積を推定し、それを尾虫類 1 個体の体積とした。なお、消化管内容物のうち 2 番目に長い部位が測定不可能であった餌生物については、Takatsu et al. (2007) と本研究で求めた以下の尾虫類各部位の長さの関係式を用いて復元した (Fig. 2B)。

O. dioica:

$$Tl = 1.03 \cdot Hrl + 10.2 \quad (n = 157, r^2 = 0.85, P < 0.001)$$

$$Td = 0.50 \cdot Hrl + 20.4 \quad (n = 157, r^2 = 0.80, P < 0.001)$$

$$Tw = 0.47 \cdot Hrl + 17.6 \quad (n = 157, r^2 = 0.83, P < 0.001)$$

O. longicauda:

$$Tl = 1.04 \cdot Hrl \quad (n = 77, r^2 = 0.89, P < 0.001)$$

$$Td = 0.53 \cdot Hrl + 15.6 \quad (n = 77, r^2 = 0.81, P < 0.001)$$

$$Tw = 0.54 \cdot Hrl \quad (n = 77, r^2 = 0.82, P < 0.001)$$

O. labradoriensis:

$$Tl = 1.10 \cdot Hrl + 21.5 \quad (n = 242, r^2 = 0.88, P < 0.001)$$

$$Td = 0.54 \cdot Hrl + 10.4 \quad (n = 242, r^2 = 0.78, P < 0.001)$$

$$Tw = 0.52 \cdot Hrl + 13.3 \quad (n = 242, r^2 = 0.81, P < 0.001)$$

ここで Tl は躯幹長 (μm)、 Td は躯幹高 (μm)、 Tw は躯幹幅 (μm) である (Fig. 2B)。種まで同定できなかった *Oiko-*

pleura (unidentified *Oikopleura*) の体積は全ての調査期間を通して最も多く捕食されていた *O. labradoriensis* の換算式で代用した。有鐘纖毛虫類については体積換算式がなく、N％で 0～13.0％と小さかったので、体積を推定しなかった。また珪藻類も微小なものが多く、N％で 33.9％以下であったため、体積を推定しなかった。

NORPAC ネットの鉛直曳きで採集された尾虫類の密度は、フローメータによって推定した濾水率を考慮した 1 m^2 あたりの個体数 (D : inds. m^{-2}) で表した。式は、

$$D = N \cdot F_c \cdot W / (F_a \cdot A)$$

ここで、 N は採集した尾虫類の個体数、 A は網口面積 (0.159 m^2)、 F_a はフローメータの回転数、 F_c は無網試験によるフローメータ 1 m 曳網あたり回転数 (rotation m^{-1})、 W は曳網ワイヤ繰り出し長 (m) である。

結 果

環境中のプランクトン組成と包巢原基による尾虫類の種判別

2008～2010 年の 1～3 月にバンドン採水器で採集された二枚貝幼生、かいあし類ノープリウス、コペポダイト、尾虫類 *Oikopleura* と *Fritillaria* の平均密度を Table 2 に示した。かいあし類ノープリウス幼生は $10.0 \sim 21.9 \text{ ind. L}^{-1}$ 、コペポダイトは $1.6 \sim 6.7 \text{ ind. L}^{-1}$ の範囲であったのに較べて、*Oikopleura* は $0.2 \sim 1.4 \text{ ind. L}^{-1}$ の範囲を示し、全調査期間を通して相対的に低密度であった。これらの 5 分類群の合計密度に対するノープリウスの占める割合は平均 68.8％、コペポダイトが

Table 2. Mean abundance (ind. L^{-1}) of prey plankton collected with a van-Dorn bottle at five sampling stations in Funka Bay. Numerals in parentheses are mean percentage of individuals among five taxa.

Date	BIVALVIA (larva)	Copepoda (nauplius)	Copepoda (copepodite)	<i>Oikopleura</i>	<i>Fritillaria</i>	Total
23 Jan. 2008	2.2 (9.6)	14.1 (61.3)	5.6 (24.3)	1.0 (4.3)	0.1 (0.4)	23.0
4-5 Feb.	0.4 (1.9)	15.1 (73.3)	4.4 (21.4)	0.6 (2.9)	0.1 (0.5)	20.6
22 Feb.	0.3 (1.1)	21.9 (76.8)	4.4 (15.4)	0.7 (2.5)	1.2 (4.2)	28.5
5-6 Mar.	0.7 (2.8)	18.9 (76.8)	3.9 (15.9)	0.5 (2.0)	0.6 (2.4)	24.6
19 Mar.	0.2 (0.7)	21.2 (71.1)	6.7 (22.5)	0.4 (1.3)	1.3 (4.4)	29.8
17 Jan. 2009	3.7 (16.7)	12.7 (57.2)	4.4 (19.8)	0.6 (2.7)	0.8 (3.6)	22.2
26-27 Jan.	2.8 (13.6)	12.4 (60.2)	4.2 (20.4)	0.6 (2.9)	0.6 (2.9)	20.6
10-11 Feb.	0.7 (3.4)	13.2 (65.0)	3.8 (18.7)	0.5 (2.5)	2.1 (10.3)	20.3
24-25 Feb.	0.8 (3.8)	14.3 (68.4)	3.8 (18.2)	0.4 (1.9)	1.6 (7.7)	20.9
12 Mar.	3.1 (13.2)	14.4 (61.3)	4.4 (18.7)	0.7 (3.0)	0.9 (3.8)	23.5
8 Jan. 2010	0.1 (0.6)	12.7 (71.3)	4.8 (27.0)	0.2 (1.1)	<0.1 (<0.1)	17.8
4 Feb.	0.5 (3.5)	10.0 (70.9)	3.1 (22.0)	0.3 (2.1)	0.2 (1.4)	14.1
27-28 Feb.	0.3 (1.8)	12.4 (76.1)	1.6 (9.8)	0.6 (3.7)	1.4 (8.6)	16.3
23-24 Mar.	0.1 (0.4)	17.6 (73.0)	3.5 (14.5)	1.4 (5.8)	1.5 (6.2)	24.1
Mean	1.14 (5.2)	15.06 (68.8)	4.19 (19.2)	0.61 (2.8)	0.95 (4.0)	21.88

Table 3. Mean abundances (inds. m^{-2}) of appendicularian species collected with a NORPAC net at five sampling stations in Funka Bay. Hatched characters show mean abundances in Oyashio Coastal Water (≤ 33.3 in salinity at 15 m depth layer).

Date	<i>O. dioica</i>	<i>O. longicauda</i>	<i>O. labradoriensis</i>	<i>O. fusiformis</i>	Unidentified <i>Oikopleura</i>	<i>F. borealis</i> f. <i>typica</i>	Unidentified <i>Fritillaria</i>
23 Jan. 2008	12,748	9,342	1,131	251	1,399	6,300	126
4–5 Feb.	10,987	9,945	2,069	692	1,002	11,382	297
22 Feb.	444	1,965	4,897	0	1,426	19,891	1,918
5–6 Mar.	0	131	5,851	0	578	5,168	699
19 Mar.	0	49	7,280	0	334	9,779	447
17 Jan. 2009	3,880	5,138	1,656	0	570	13,261	9,128
26–27 Jan.	5,118	7,503	1,808	0	227	34,516	2,458
10–11 Feb.	338	1,275	2,646	43	46	15,787	890
24–25 Feb.	291	223	8,259	0	297	26,543	1,958
12 Mar.	542	0	13,951	0	900	20,599	1,935
8 Jan. 2010	495	1,568	219	0	484	1,629	525
4 Feb.	465	2,440	4,217	0	1,626	44,623	12,324
27–28 Feb.	0	166	10,806	23	865	20,781	2,676
23–24 Mar.	0	56	9,305	41	442	7,263	1,160

19.2% に対して、*Oikopleura* は 2.8% と低かった。2008～2010 年の 1～3 月に NORPAC ネットで採集された尾虫類は *Oikopleura dioica* Fol, *O. longicauda* (Vogt), *O. labradoriensis* Lohmann, *O. fusiformis* Fol, *Fritillaria borealis* f. *typica* Lohmann, および同定に必要な形質が失われていて種まで同定できなかった unidentified *Oikopleura* と unidentified *Fritillaria* であった (Table 3). *Oikopleura* と *Fritillaria* は、メチレンブルー染色法 (Takatsu et al. 2007) によって包巢原基がそれぞれ赤紫色、青紫色に染色されるため、尾部が失われていた標本についても容易に判別できた。

NORPAC ネット採集地点に沿岸親潮は遅くとも 2008 年には 3 月中旬、2010 年には 2 月下旬に流入した。2009 年には沿岸親潮の流入は認められなかったが、2 月下旬、3 月中旬ともにプランクトン採集を行った 5 地点の 15 m 層の平均塩分はそれぞれ 33.42, 33.43 であり、2 月 10～11 日以前の ≥ 33.49 よりも低下していた。尾虫類の種組成は沿岸親潮の流入以前から徐々に変化し、*O. dioica* と *O. longicauda* は冬季噴火湾水において高密度であったが (それぞれ最大 12,748 inds. m^{-2} , 9,945 inds. m^{-2}) 徐々に低下し、沿岸親潮水塊中では *O. labradoriensis* が高密度に出現した (7,280～10,806 inds. m^{-2})。 *O. fusiformis* の密度は全期間を通して低かった (最大でも 692 inds. m^{-2})。 *F. borealis* f. *typica* の密度は、沿岸親潮の流入前後で明瞭な変化は示さなかった (1,629～44,623 inds. m^{-2})。

NORPAC ネットで採集された *Oikopleura* 4 種の包巢原基長の範囲は以下のとおりであった。

O. dioica: 125.0～800 μm , $n=159$

O. longicauda: 147.5～918 μm , $n=92$

O. labradoriensis: 147.5～1,708 μm , $n=628$

O. fusiformis: 243～450 μm , $n=2$.

O. fusiformis は出現しても軀幹に包巢原基が付随していることは稀であったため、包巢原基長はほとんどの個体で計測できなかった。比較的高密度に出現した残り 3 種の包巢原基サイズの相対成長を Fig. 3 に示した。包巢原基長 (*Hrl*) に対する高さ (*Hrd*) と幅 (*Hrw*) の関係はいずれも直線関係を示し、共分散分析 (ANCOVA) の結果、長さ (*Hrl*) と高さ (*Hrd*) の間で傾きに有意差が認められたが ($F=10.66$; $P<0.001$)、長さ (*Hrl*) と幅 (*Hrw*) の間には傾きに有意差がなく ($F=1.17$; $P=0.31$)、切片に有意差がみられた ($F=19.88$; $P<0.001$)。しかし、これらの回帰直線の周辺に分布した各データの重複は大きく、これらの長さの比を用いて種の判別はできなかった。ただし、*O. labradoriensis* は他の 3 種に較べて軀幹がやや下方に突き出し (Fig. 2C–F)、包巢原基の形状も側面からみて口の周辺でとがっておらず、膨らみかけた包巢原基でなければ包巢原基の形態のみで判別可能であった。

NORPAC ネット標本内で包巢原基に inlet filter と推定される構造が観察された個体数の割合は、3 種間で有意に異なり ($\chi^2=292.3$, $P<0.001$)、*O. dioica* は 80% (158 個体中 127 個体; Fig. 4C)、*O. labradoriensis* は 84% (591 個体中 494 個体; Fig. 4D) であったが、*O. longicauda* は 0% (92 個体中 0 個体) であった。これは、*O. longicauda* の包巢は inlet filter を欠くこと (Allredge 1997) と符合する。*O. dioica* と *O. labradoriensis* の inlet filter が確認できる個体の割合を包巢原基長

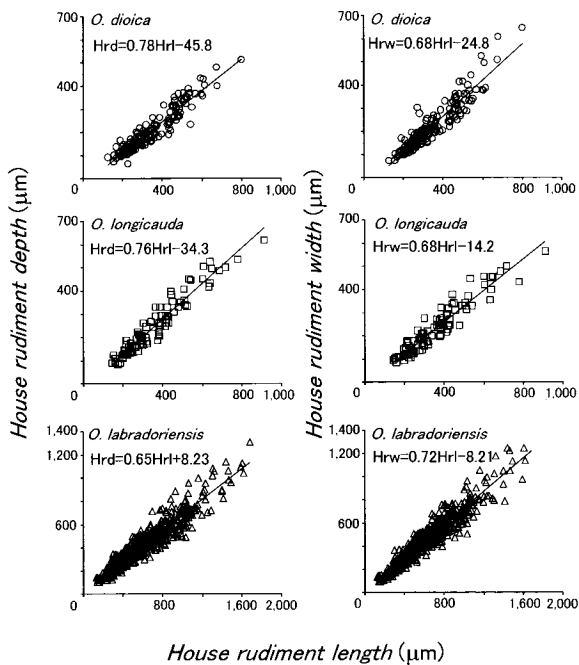


Fig. 3. Allometric growth between house rudiment length (*Hrl*) and depth (*Hrd*) and width (*Hrw*) of *O. dioica* ($Hrd = 0.78 \cdot Hrl - 45.8$, $n = 159$, $r^2 = 0.88$ and $Hrw = 0.68 \cdot Hrl - 24.8$, $n = 159$, $r^2 = 0.90$), *O. longicauda* ($Hrd = 0.76 \cdot Hrl - 34.3$, $n = 92$, $r^2 = 0.92$ and $Hrw = 0.68 \cdot Hrl - 14.2$, $n = 92$, $r^2 = 0.90$), and *O. labradoriensis* ($Hrd = 0.65 \cdot Hrl + 8.23$, $n = 628$, $r^2 = 0.90$ and $Hrw = 0.72 \cdot Hrl - 8.21$, $n = 628$, $r^2 = 0.91$).

階級ごとに Fig. 5 に示した。 *O. dioica* は $400 \mu\text{m}$ *Hrl* 以上、 *O. labradoriensis* は $550 \mu\text{m}$ *Hrl* 以上で全個体に観察されたが、これらより小型の個体では両種ともにその割合は低下した。これらの inlet filter 様の構造の網目サイズは光学顕微鏡の 400 倍の倍率でも微小で計測が困難な場合が多かったが、計測できた場合には *O. dioica* は網目の縦横比が平均 $1:3.0$ ($n = 18$; $402.5 \sim 712.5 \mu\text{m}$ *Hrl*, 長辺: $2.50 \sim 6.50 \mu\text{m}$, 短辺: $0.75 \sim 2.50 \mu\text{m}$), *O. labradoriensis* は $1:5.2$ を示し ($n = 22$; $705 \sim 1,378 \mu\text{m}$ *Hrl*, 長辺: $1.00 \sim 5.75 \mu\text{m}$, 短辺: $0.25 \sim 1.50 \mu\text{m}$), 後者が細長い網目であった。包巢原基長が大型化するにつれて網目サイズも大型化した。縦横比はほぼ一定であった。

以上の包巢原基の大きさと inlet filter の有無と網目の縦横比をもとに *Oikopleura* 3 種の判別基準をまとめると、

$Hrl \geq 550 \mu\text{m}$ で包巢原基に inlet filter がない:

.....*O. longicauda*,

$Hrl \geq 400 \mu\text{m}$ で包巢原基の inlet filter の網目の縦横比は $1:5.2$ 程度:*O. labradoriensis*,

$Hrl \geq 400 \mu\text{m}$ で包巢原基の inlet filter の網目の縦横比は $1:3.0$ 程度:*O. dioica*,
 なお、後述するように *O. dioica* と *O. labradoriensis* の包巢原基の inlet filter の網目の縦横比と、包巢のそれらはほぼ同様であること (Flood & Deibel 1998) から、このことは他種でも適用することができよう。従って消化管内の *Oikopleura* 個体包巢原基の inlet filter がほぼ $1:1$ であれば *O. fusiformis* である (Flood & Deibel 1998) と判断し、以下の仔魚の食性解析を進めた。

アカガレイ・イシガレイ仔魚の食性

アカガレイおよびイシガレイの仔魚の消化管内容物組成をそれぞれ Table 4 と Table 5 に示した。アカガレイはイシガレイに較べて多数採集されたが、発育初期のアカガレイ仔魚はほとんど尾虫類を摂餌しないため (宮本ほか 1993), 本論文では比較的発育の進んだ仔魚に重点を置いて消化管内容物を観察した。消化管内に全く餌生物が出現しなかった個体の割合は両種仔魚共に低かった (アカガレイ: 4.0% , イシガレイ: 2.8%)。

脊索屈曲前の C 期と D 期および屈曲中の E-F 期のアカガレイ仔魚は、かいあし類ノープリウス幼生 (それぞれ $F\% = 50 \sim 79$; $N\% = 10.5 \sim 27.1$; $V\% = 33.8 \sim 45.9$) と無脊椎動物卵 (それぞれ $F\% = 64 \sim 83$; $N\% = 32.6 \sim 55.8$; $V\% = 18.7 \sim 41.1$) を高い割合で摂餌していた (Table 4)。珪藻も比較的高い出現頻度と個体数組成を示した ($F\% = 30 \sim 58$; $N\% = 12.6 \sim 26.4$)。ワムシ類 *Trichocerca* sp. は C-D 期で比較的高い出現頻度と個体数割合を示したが、体積割合は低かった (それぞれ $F\% = 60, 42$; $N\% = 17.9, 6.4$; $V\% = 11.6, 3.1$)。尾虫類 *F. borealis* f. *typical* は C 期仔魚から 1 個体、E-F 期仔魚から 11 個体出現し、消化管内容物組成は低かった ($F\% = 10, 14$; $N\% = 1.1, 7.6$; $V\% = 1.4, 2.0$)。C, D, E-F 期仔魚が捕食していた *Oikopleura* は合計 9 個体と少なく、*O. labradoriensis* を 2 個体判別できたが、他の 7 個体は判別できなかった。*O. dioica*, *O. longicauda*, *O. fusiformis* は確認できなかった。

アカガレイの脊索屈曲後にあたる G 期仔魚 4 個体のうち、相対的に小型の $14.7 \sim 15.0 \text{ mm}$ SL の仔魚はかいあし類ノープリウス、コペポダイト (それぞれ $F\% = 50, 50$; $N\% = 24.0, 12.0$; $V\% = 28.5, 55.9$) と無脊椎動物卵 ($F\% = 50$; $N\% = 64.0$; $V\% = 15.6$) を摂餌しており、尾虫類は捕食していなかった。一方、大型の $23.1 \sim 25.0 \text{ mm}$ SL の仔魚は *Oikopleura* を主に摂餌し ($F\% = 100$, $N\% = 86.5$, $V\% = 98.2$), 特に *O. labradoriensis* が体積割合の大部分を占めていた ($V\% = 67.8$)。この 2 個体は 2009

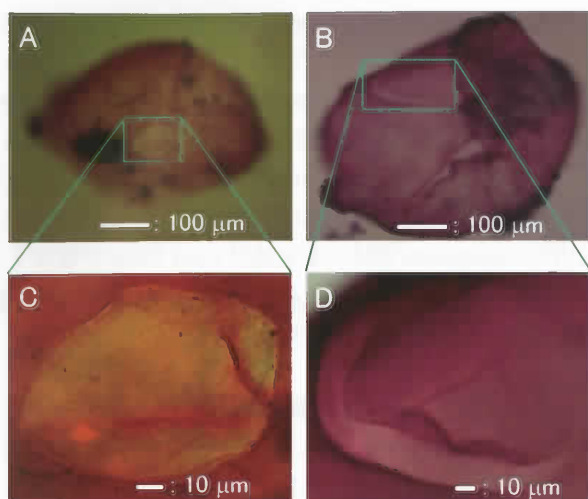


Fig. 4. Micro-photographs of inlet filter-like structure in the house rudiments of *O. dioica* (A and C, 487 µm *Hrl*) and *O. labradoriensis* (B and D, 984 µm *Hrl*) stained with toluidine blue (A and B: $\times 200$; C and D: $\times 400$).

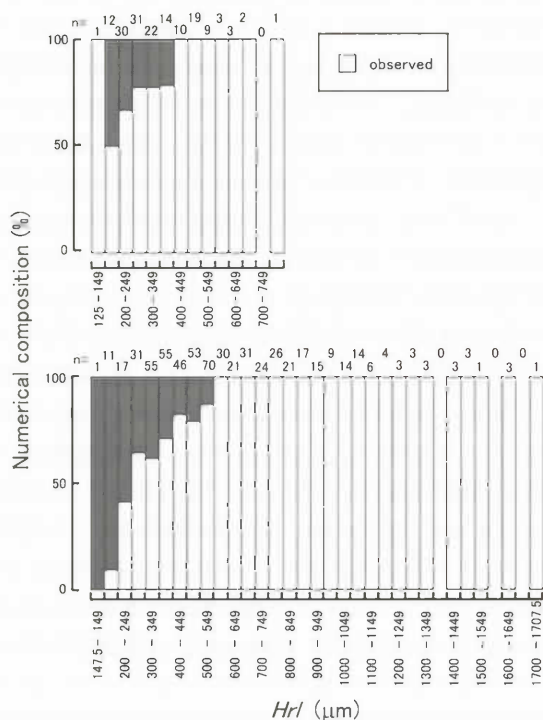


Fig. 5. Numbers of inlet filter-like structures observed in house rudiments by size class in *O. dioica* (upper) and *O. labradoriensis* (lower). Numerals above columns show sample size.

年5月にフレームトロールで採集され、それぞれ17個体と15個体の尾虫類を摂餌しており、種判別できた尾虫類は *O. dioica* が3個体、*O. longicauda* が1個体、*O. labradoriensis* が18個体であり、他に種判別できなかった

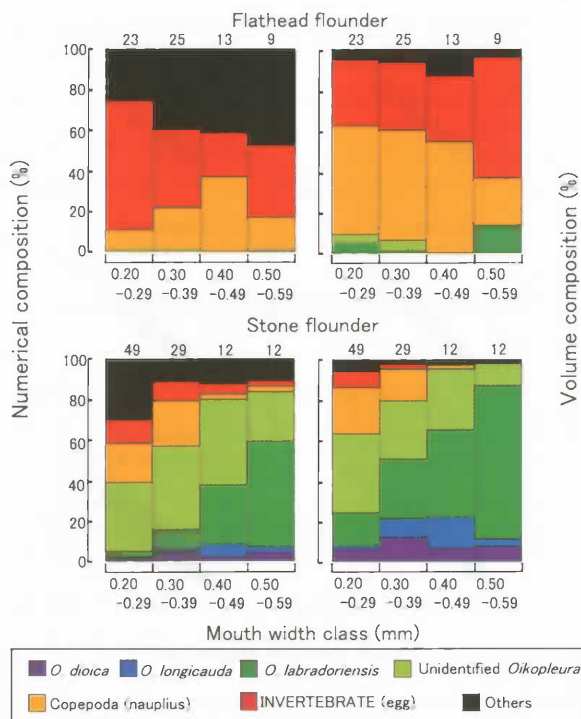


Fig. 6. Numerical (left) and volume (right) compositions of food items in digestive tracts of flathead flounder (upper) and stone flounder (lower) larvae by mouth width class. Numerals above columns show numbers of larvae examined.

かった *Oikopleura* が10個体であった。*O. fusiformis* は確認できなかった。

脊索屈曲前のC期およびD期のイシガレイ仔魚は *Oikopleura* (それぞれF%=57, 93; N%=17.4, 43.4; V%=46.0, 63.1) とかいあし類ノープリウス幼生(F%=68, 72; N%=17.4, 27.1; V%=28.2, 28.5)を高い割合で捕食していた (Table 5)。C期では二枚貝幼生(F%=59; N%=16.7; V%=12.9)、無脊椎動物卵(F%=54; N%=8.4; V%=9.8)、珪藻(F%=48; N%=17.7)、有鐘纖毛虫類(F%=34; N%=12.7)の出現頻度が比較的高かったが、個体数組成ではあまり高くなかった。脊索屈曲中のE-F期仔魚ではかいあし類ノープリウス幼生の割合は低く(F%=21, N%=4.5, V%=2.1)、*Oikopleura* が占める割合がC期およびD期よりも高かった(F%=85, N%=71.0, V%=94.8)。脊索屈曲後のG期仔魚6個体はほぼ *Oikopleura* のみを捕食していた(F%=83, N%=62.5, V%=99.5)。種判別できた *Oikopleura* はC-F期には *O. dioica* (23個体)、*O. longicauda* (12個体)、*O. labradoriensis* (90個体)の3種であったが、G期はすべて *O. labradoriensis* (23個体)であった。*O. fusiformis* は確認できなかった。

Table 4. Percent frequency of occurrence (F%), percent by number (N%) and percent by volume (V%) of food items in guts of flathead flounder larvae by developmental stage.

Taxon	Preflexion (stage C)			Preflexion (stage D)			Flexion (stages E-F)			Postflexion (stage G)					
										14.7–15.0 mm SL			23.1–25.0 mm SL		
	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Diatom	30	12.6	—	58	26.4	—	43	17.4	—	0	0	—	50	2.7	—
Tintinnina	0	0	—	7	1.2	—	7	1.4	—	0	0	—	0	0	—
POLYCHAETA (larva)	0	0	0	1	0.1	<0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIVALVIA (larva)	0	0	0	6	0.7	1.9	7	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp.	60	17.9	11.6	42	6.4	3.1	21	2.1	1.0	0	0	0	0	0	0
<i>Podon leuckarti</i>	0	0	0	0	0	0	7	0.7	1.0	0	0	0	0	0	0
Copepoda (nauplius)	50	10.5	33.8	72	17.0	45.9	79	27.1	45.9	50	24.0	28.5	0	0	0
Copepoda (copepodite)	20	1.1	1.6	1	0.1	0.1	36	9.7	24.2	50	12.0	55.9	50	2.7	1.0
INVERTEBRATE (egg)	70	55.8	34.1	83	47.1	41.1	64	32.6	18.7	50	64.0	15.6	100	8.1	0.7
Appendicularia															
<i>Oikopleura</i> (total)	10	1.1	17.5	8	0.7	7.8	14	1.4	6.6	0	0	0	100	86.5	98.2
<i>O. dioica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	8.1	6.3
<i>O. longicauda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	2.7	2.2
<i>O. labradoriensis</i>	10	1.1	17.5	1	0.1	2.5	0	0	0	0	0	0	100	48.6	67.8
Unidentified <i>Oikopleura</i>	0	0	0	7	0.6	5.3	7	1.4	6.6	0	0	0	100	27.0	21.9
<i>Fritillaria borealis</i> f. <i>typica</i>	10	1.1	1.4	0	0	0	14	7.6	2.0	0	0	0	0	0	0
Unidentified	0	0	—	7	0.6	—	14	0	—	0	0	—	0	0	—
Number of larvae examined	10			71			14			2			2		
Number of empty digestive tracts	0			2			1			1			0		
Mean number of prey in larval digestive tracts*	9.3±8.22			11.3±11.3			9.3±7.32			16.0±22.6			19.0±1.41		
Mean number of <i>Oikopleura</i> in larval digestive tracts*	0.10±0.31			0.08±0.27			0.13±0.52			0.00±0.00			16.0±1.14		

*: mean±standard deviation.

Table 5. Percent frequency of occurrence (F%), percent by number (N%) and percent by volume (V%) of food items in guts of stone flounder larvae by developmental stage.

Taxon	Preflexion (stage C)			Preflexion (stage D)			Flexion (stages E-F)			Postflexion (stage G)		
	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%	F%	N%	V%
Diatom	48	17.7	—	12	7.2	—	15	10.5	—	17	33.9	—
Tintinnina	34	12.7	—	12	1.8	—	3	0.3	—	0	0	—
BIVALVIA (larva)	59	16.7	12.9	19	3.6	1.5	5	1.4	0.6	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp.	30	6.4	1.5	14	2.7	0.1	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne nordmanni</i>	0	0	0	2	0.3	0.1	3	0.3	0.4	0	0	0
Copepoda (nauplius)	68	17.4	28.2	72	27.1	28.5	21	4.5	2.1	0	0	0
Copepoda (copepodite)	16	1.9	1.4	19	2.4	2.4	10	1.4	0.7	0	0	0
INVERTEBRATE (egg)	54	8.4	9.8	37	9.6	3.6	31	7.0	1.4	17	3.6	0.5
Appendicularia												
<i>Oikopleura</i> (total)	57	17.4	46.0	93	43.4	63.1	85	71.0	94.8	83	62.5	99.5
<i>O. dioica</i>	2	0.2	0.8	23	3.9	12.8	18	3.1	6.3	0	0	0
<i>O. longicauda</i>	2	0.2	0.7	5	0.6	2.9	26	3.1	10.1	0	0	0
<i>O. labradoriensis</i>	9	1.0	12.9	26	4.2	16.9	62	24.5	54.1	83	41.1	93.0
Unidentified <i>Oikopleura</i>	54	16.0	31.7	84	34.6	30.6	79	40.2	24.3	50	21.4	6.5
<i>Fritillaria borealis</i> f. <i>typica</i>	7	0.7	0.2	12	1.5	0.6	5	0.7	0.1	0	0	0
Unidentified	7	0.7	—	2	0.3	—	8	2.8	—	0	0	—
Number of larvae examined	56			43			39			6		
Number of empty digestive tracts	2			0			1			1		
Mean number of prey in larval digestive tracts*	9.9±6.90			7.6±4.35			7.6±4.88			6.3±8.07		
Mean number of <i>Oikopleura</i> in larval digestive tracts*	1.9±2.53			3.4±2.38			5.3±4.13			5.8±8.21		

*: mean±standard deviation.

両種の仔魚の消化管から出現した尾虫類の包巢原基は、外部形態のみではっきりと種判別可能であったのは、*Oikopleura* 全 553 個体のうち 3 個体が *O. labrado-*

riensis と同定できただけであった。他の 550 個体は包巢原基が若干膨らみかけていたか、膨らむ前の状態であり、inlet filter の網目の有無および網目の縦横比によっ

て170個体(31%)の種判別が可能であった。なお、網目比が1:1を示す *O. fusiformis* は1個体も出現しなかった。

仔魚の同口器サイズ階級間の消化管内容物組成

両種仔魚の口幅は成長に伴って増加しており、共分散分析(ANCOVA)の結果、傾きに有意差はなく($F=1.28$; $P=0.26$)、切片に有意差がみられた($F=13.88$; $P<0.001$)。

アカガレイ: $MW=0.067 \cdot BL-0.176$ ($n=90$, $r^2=0.70$, $P<0.001$)

イシガレイ: $MW=0.062 \cdot BL-0.081$ ($n=144$, $r^2=0.85$, $P<0.001$)

両種仔魚の体長が重複する5.3~15.5 mm *BL* の範囲においては、口幅はイシガレイの方が2~38%大型であった。

採集された両種仔魚の71%を占める口幅範囲0.20~0.59 mmにおいて、消化管内容物の個体数組成と体積組成を比較した(Fig. 6)。アカガレイ仔魚は個体数割合と体積割合において無脊椎動物卵($N\%=21.5$ – 63.8 ; $V\%=31.8$ – 58.7)とかいあし類ノープリウス幼生が($N\%=9.9$ – 36.9 ; $V\%=23.4$ – 54.8)が高く、尾虫類 *Oikopleura* は低かった($N\%=0.0$ – 1.1 ; $V\%=0.0$ – 13.6)。一方、イシガレイ仔魚は最も小型の口幅0.20~0.29 mmの階級においても *Oikopleura* ($N\%=38.7$; $V\%=62.9$)を多く捕食していた。同定できた *Oikopleura* の内訳は、全階級で *O. dioica* ($N\%=1.5$ – 4.7 ; $V\%=6.1$ – 11.4)と *O. longicauda* ($N\%=0.2$ – 6.2 ; $V\%=1.4$ – 15.6)の割合は低く、口幅の増大に伴って *O. labradoriensis* の割合が増加した(0.50~0.59 mm *MW*: $N\%=52.1$, $V\%=76.0$)。0.20~0.29 mm *MW* のアカガレイ仔魚が捕食していたノープリウス幼生の体幅の中央値は135 μm であったのに対して、同じ口幅サイズのイシガレイ仔魚のそれは144 μm で6%大きく、以下0.30~0.39 mm *MW* で28%, 0.40~0.49 mm *MW* で94%, 0.50~0.59 mm *MW* で34%大きかった。同様に無脊椎動物卵もイシガレイ仔魚の方が大型を摂餌する傾向を示した(0.20~0.29 mm *MW*: +99%, 0.30~0.39 mm *MW*: +105%, 0.40~0.49 mm *MW*: +15%, 0.50~0.59 mm *MW*: +20%)。0.20~0.59 mm *MW* のアカガレイ仔魚はほとんど *Oikopleura* を摂餌していなかったため、イシガレイ仔魚が捕食していた *Oikopleura* と同じ口幅範囲でのサイズ比較はできなかった。一方イシガレイ仔魚はほとんどの口幅階級においてノープリウス幼生や無脊椎動物卵よりも大型の *Oikopleura* を摂餌していた(0.20~0.29 mm *MW* の

中央値: 162 μm *Hrw*, 0.30~0.39 mm *MW*: 208 μm *Hrw*, 0.40~0.49 mm *MW*: 314 μm *Hrw*, 0.50~0.59 mm *MW*: 294 μm *Hrw*)。

考 察

尾虫類の包巢原基による種判別

冬季噴火湾では包巢原基長(*Hrl*)が少なくとも $\geq 550 \mu\text{m}$ であれば、400倍の生物顕微鏡下で包巢原基の網目の有無と網目の縦横比によってオタマボヤ科の *Oikopleura dioica*, *O. longicauda*, *O. labradoriensis* の3種が判別可能であった。包巢原基が伸展して包巢になると、*O. dioica* の inlet filter の平均網目幅は300 μm であるのに対し、*O. labradoriensis* のそれは12.7 μm , *O. fusiformis* は13.0 μm とかなり小さく、網目の縦横比も *O. dioica* の1:3.3に対し、*O. labradoriensis* は1:5.8, *O. fusiformis* は1:1を示し、種によって明瞭に異なる(Flood & Deibel 1998)。包巢原基にたたみ込まれている inlet filter の網目のサイズや縦横比は従来不明であったが、本研究の結果、網目サイズは伸展した包巢よりも小さかったが、縦横比は包巢原基でも包巢とほぼ同じ比率であることが確認できた(*O. dioica*: 1:3.0, *O. labradoriensis*: 1:5.2)。今回の消化管解析から網目縦横比が1:1程度の包巢原基は出現せず、またNORPACネット標本中にも *O. fusiformis* は非常に低密度でしか出現しなかったため(全13個体, 0.2%; Table 2)、本種は両種仔魚に捕食されている可能性は低い。ただし、 $<400 \mu\text{m}$ *Hrl* の包巢原基は inlet filter の観察が困難な場合が多かった。また倍率1,000倍では包巢原基の厚みによって焦点をあわせることでできなかった。

本研究ではメチレンブルー染色法(Takatsu et al. 2007)によって、ハウス原基はオタマボヤ科では赤紫色、サイズチボヤ科では青紫色を呈し、両科を識別できることが確認された。しかし、二重染色による包巢原基の色合や原基の形態によってオタマボヤ科の種判別を試みたが、困難であった。Flood (1991)は飼育条件下の尾虫類について、染色は透明で観察しにくい尾虫類の包巢を視認しやすくする有用な方法だと述べている。本研究ではフォルマリン固定標本についてトルイジンブルー(Mochioka & Iwamizu 1996)やメチレンブルー(Takatsu et al. 2007)との2重染色に加えてカーミン(志賀 1984, Flood 1991)との3重染色も試みたが、いずれも種による色の違いはあらわれなかった。ただしトルイジンブルーの単一染色においては、包巢原基の inlet filter の網目構造のコントラストが強調され、比較的

観察がしやすかった。また大型の *O. labradoriensis* に限れば原基の形態によって判別できる場合もあったが、3次元方向の長さの比では明瞭に区別することは困難であった (Figs.2-3)。

アカガレイ仔魚とイシガレイ仔魚の尾虫類に対する依存度の相違

アカガレイに較べてイシガレイの仔魚の方が小型個体から尾虫類を選択的に捕食していたのは、口径の相違というよりもむしろ、種本来の餌選択性の相違に起因していると考えられた (Fig.7)。1~2月に高密度に出現したイシガレイは孵化して間もない時期から尾虫類を摂餌し、大型になるまで尾虫類を主要餌生物として利用し続けた (Table 5)。一方、アカガレイ仔魚これまでの研究 (宮本ほか 1993) よりも小型のC期で尾虫類の捕食が確認されたが、この発育初期の主要餌料はいし類や無脊椎動物卵であることには変わりがない (Table 4; 宮本ほか 1993)。本種の主要餌生物が尾虫類に転換するのは5月のG期後期以降であり、イシガレイよりも大型でないと尾虫類へ転換しない。また両種はほぼ同様な口

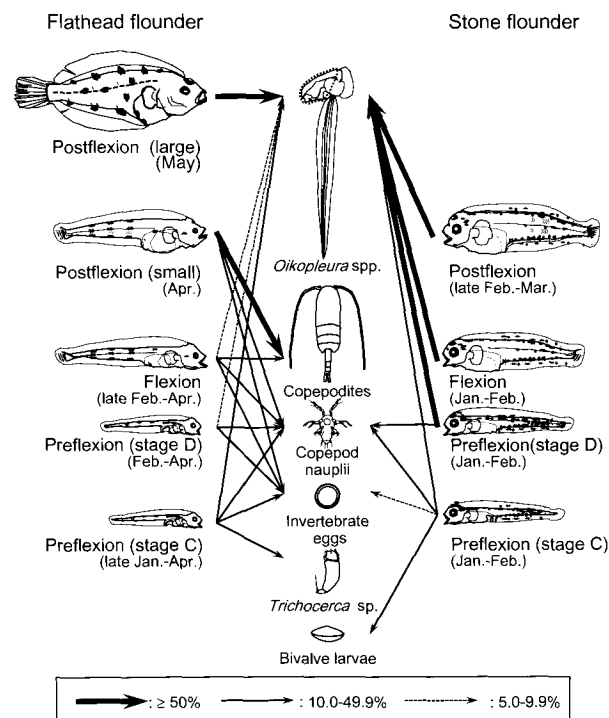


Fig. 7. Schematic representation of prey preferences for flathead flounder (left) and stone flounder (right) larvae. Thickness of arrows show volume percentages of prey items (V%) in digestive tracts of larvae. Months in parentheses show major occurrence periods in Funka Bay.

幅の個体間でも食性は大きく異なっており (Fig.6), アカガレイに較べてイシガレイの方が口器の大きさに対して相対的に大型な餌を捕食する傾向が認められた。

バンドン採水によって得られた無脊椎動物卵を除く動物プランクトンの組成 (Table 2) を、環境中の動物プランクトン組成とみなした場合、アカガレイのC-F期の消化管内容物中の個体数組成 (Table 4) は、環境中の組成によく類似しており、選択的な捕食は認めにくい。一方イシガレイ仔魚は、多く見積もっても環境中に平均2.8%しか生息しない *Oikopleura* を高い割合で捕食しており (Table 5), *Oikopleura* に対して非常に高い選択性を示している。

アカガレイ仔魚とイシガレイ仔魚が尾虫類を捕食する発育段階や時期に差はあるが、大型のイシガレイ仔魚と大型のアカガレイ仔魚はともに判別が容易な $\geq 550 \mu\text{m}$ Hrlの尾虫類を多く摂餌し、そのうち *O. labradoriensis* を高い割合で捕食していた (Tables 4-5)。 *O. labradoriensis* は大型の尾虫類であるが (志賀 1997), inlet filterの網目はむしろ小型の *O. dioica* より細かい (Flood & Deibel 1998), *O. labradoriensis* を多く捕食することで、異体類2種の仔魚は間接的により小型の微小生物を多量に利用していることになり、食物網の短絡経路 (Laure et al. 1998) として栄養段階をショートカットする効果がより大きいといえる。 *O. labradoriensis* は噴火湾では植物プランクトンのブルーム後の3月以降沿岸親潮の流入とともに密度が高くなることが知られており (Shiga 1985), 本研究でも2月から3月にかけて密度が高くなることが確認された (Table 3)。世代時間を比較すると、沿岸性の *O. dioica* は一世代で9.5日と短いに対して、冷水性の *O. labradoriensis* は1年とかなり長い (Shiga 1976), 後者は分布密度の変化が緩やかであることが想定される。したがって2月から3月にかけて *O. labradoriensis* が増加することは、仔魚の餌として安定供給できる環境を提供することを意味しており、 *O. labradoriensis* は特にこの時期に出現するアカガレイ大型仔魚の生残に重要な役割を果たしていると考えられる。

一般に親潮域では春季植物プランクトンブルーム期には植食連鎖が卓越し、それ以外では微生物ループによる食物連鎖が物質循環の上で大きな役割を占める (Shinada et al. 2001)。冬季噴火湾水が占めている1月にも *O. dioica* や *O. longicauda* が比較的高密度に生息しており (Table 3), ブルーム前で微生物ループが駆動している環境においても *Oikopleura* は仔魚の餌として利用されている。このことから、 *Oikopleura* は冬季から

春季にかけて主要構成種の交代はあるものの、食物連鎖構造が変化しても異体類仔魚に安定的に餌を供給する役割を果たしているものと考えられる。Takatsu et al. (2007) は陸奥湾のイシガレイ仔魚は、かいあし類ノーブリス幼生やコペポダよりも遊泳力が弱い尾虫類 *Oikopleura* を摂餌することで、空胃率を下げ、飢餓からまぬがれているとしている。陸奥湾のイシガレイ仔魚の空胃率（脊索屈曲中：1.7%，屈曲後：1.4%）と同様に噴火湾のイシガレイ仔魚のそれも低く（脊索屈曲前：2.0%，屈曲中：2.6%，屈曲後：16.7%），*Oikopleura* は捕食しやすい餌なのかもしれない。

本研究で包巢原基は、躯幹や尾部に較べて仔魚の消化管内で消化されないのので *Oikopleura* の種判別に有効であることが判ったが、今後は $<550\ \mu\text{m}$ *Hrl* の包巢原基についても確実に種判別できる形態形質や手法を探索するのが大きな課題である。また、*Oikopleura* が仔魚の成長に有利な栄養価の高い餌生物であるか検証が必要である。

謝 辞

標本採集にあたり、ご協力をいただいた北海道大学水産学部附属練習船うしお丸目黒敏美船長、山口秀一前船長はじめ乗組員の方々、北海道大学大学院水産科学研究院今井一郎教授、中谷敏邦准教授、同資源生物学分野生産生態学領域大学院生ならびに4年生諸氏に対し深甚なる謝意を表します。また、英文を校閲していただいた同 Bower John Richard 准教授に深く感謝いたします。本研究は科研費(20580189)の助成を受けたものである。

引用文献

- Allredge, A. L. 1976. Field behavior and adaptive strategies of appendicularians (Chordata: Tunicata). *Mar. Biol.* **38**: 29-39.
- Allredge, A. L. 1997. House morphology and mechanisms of feeding in Oikopleuridae (Tunicata, Appendicularia). *J. Zool., London* **181**: 175-188.
- Azam, F., T. Fenchel, J. D. Field, J. S. Gray, L. A. Meyer-Rail & F. Thingsad 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **10**: 257-263.
- Deibel, D. 1998. Feeding and metabolism of appendicularia, pp. 139-149. In *The Biology of Pelagic Tunicates* (ed. Bone, Q.). Oxford University Press, Oxford.
- Flood, P. R. 1991. A simple technique for preservation and staining of the delicate houses of oikopleurid tunicates. *Mar. Biol.* **108**: 105-110.
- Flood, P. R. & D. Deibel 1998. The Appendicularian house, pp. 105-124. In *The Biology of Pelagic Tunicates* (ed. Bone, Q.). Oxford University Press, Oxford.
- Gadomski, D. M. & G. W. Boehlert 1984. Feeding ecology of pelagic larvae of English sole *Parophrys vetulus* and butter sole *Isopsetta isolepis* off the Oregon coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **20**: 1-12.
- Gorsky, G. & R. Fenaux 1998. The role of Appendicularia in marine food webs, pp. 161-169. In *The Biology of Pelagic Tunicates* (ed. Bone, Q.). Oxford University Press, Oxford.
- 長谷川 藍・高津哲也・伊村一雄・南條暢聡・高橋豊美 2003. 陸奥湾におけるヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔魚の摂餌生態. *日本水産学会誌* **69**: 940-947.
- Hiraoka, Y., T. Takatsu, A. Kurifuji, K. Imura & T. Takahashi 2005. Feeding habits of pointhead flounder *Cleisthenes pinetorum* larvae in and near Funka Bay, Hokkaido, Japan. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.* **69**: 156-164.
- 池脇義弘・澤田好史 1991. “海産仔魚の食性”. 魚類の初期発育 (田中 克編), pp. 86-104. 恒星社厚生閣, 東京.
- 桑原昭彦・鈴木重喜 1982. ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性. *日本水産学会誌* **48**: 1375-1381.
- 桑原昭彦・鈴木重喜 1983. タマガンゾウビラメ・メイタガレイ仔魚の鉛直分布と食性. *日本水産学会誌* **49**: 875-881.
- Last, J. M. 1978. The food of four species of pleuronectiform larvae in the Eastern English Channel and Southern North Sea. *Mar. Biol.* **45**: 359-368.
- Laure, M., L. Fortier & L. Legendre 1998. Annual production of fish larvae and their prey in relation to size-fractionated primary production (Scotian Shelf, NW Atlantic). *ICES J. Mar. Sci.* **55**: 44-57.
- Maita Y. & M. Yanada 1978. Particulate protein in coastal waters, with special reference to seasonal variation. *Mar. Biol.* **44**: 329-336.
- 南 卓志 1981. タマガンゾウビラメの初期生活史. *日本水産学会誌* **47**: 849-856.
- 南 卓志 1982a. メイタガレイの初期生活史. *日本水産学会誌* **48**: 369-374.
- 南 卓志 1982b. ヒラメの初期生活史. *日本水産学会誌* **48**: 1581-1588.
- 南 卓志 1984. イシガレイの初期生活史. *日本水産学会誌* **50**: 551-560.
- 南 卓志 1988. “アカガレイ”, “イシガレイ”. 日本産稚魚図鑑 (沖山宗雄編), pp. 931-949. 東海大学出版会, 東京.
- 宮本孝則・高津哲也・中谷敏邦・前田辰昭・高橋豊美 1993. 噴火湾とその沖合におけるアカガレイ卵・仔魚の分布と食性. *水産海洋研究* **57**: 1-14.
- Mochioka, N. & M. Iwamizu 1996. Diet of anguillid larvae: leptocephali feed selectively on larvacean houses and fecal pellets. *Mar. Biol.* **125**: 447-452.
- Nishiyama, T. & K. Hirano 1983. Estimation of zooplankton weight in the gut of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Bull. Plankton Soc. Japan* **30**: 159-170.
- 大谷清隆 1985. “第3章噴火湾Ⅱ物理”. 日本全国沿岸海洋誌 (日本海洋学会沿岸海洋研究部会「沿岸海洋誌」編集委員会編), pp. 102-112. 東海大学出版会, 東京.
- Paffenhöfer, G. A. 1973. The cultivation of an appendicularian through numerous generations. *Mar. Biol.* **22**: 183-185.
- Pearre, S. 1980. The copepod width-weight relation and its utility in food chain research. *Can. J. Zool.* **58**: 1884-1891.
- Shiga, N. 1976. Maturity stages and relative growth of *Oikopleura labradoriensis* LOHMANN (Tunicata, Appendicularia). *Bull. Plankton Soc. Japan* **23**: 31-45.

- 志賀直信 1984. 最近 10 年間の尾虫類の生態学的知見. 日本プランクトン学会報創立 30 周年記念号: 81-86.
- Shiga, N. 1985. Seasonal and vertical distributions of Appendicularia in Volcano Bay, Hokkaido, Japan. *Bull. Mar. Sci.* **37**: 425-439.
- 志賀直信 1997. “尾虫綱”. 日本産海洋プランクトン検索図説 (千原光雄・村野正昭編), pp. 1393-1414. 東海大学出版会, 東京.
- Shinada, A., T. Ikeda, S. Ban & A. Tsuda 2001. Seasonal dynamics of planktonic food chain in the Oyashio region, western subarctic Pacific. *J. Plankton Res.* **23**: 1237-1247.
- 高野秀昭 1997. “珪藻綱”. 日本産海洋プランクトン検索図説 (千原光雄・村野正昭編), pp. 169-260. 東海大学出版会, 東京.
- Takatsu, T., Y. Suzuki, A. Shimizu, K. Imura, Y. Hiraoka & N. Shiga 2007. Feeding habits of stone flounder larvae in Mutsu Bay, Japan. *Fish. Sci.* **73**: 142-155.
- 田中 克 1980. 海産仔魚の摂餌と生残 I. 天然海域における食性. *海洋と生物* **11**: 440-447.
- 横山信一・前田辰昭・高橋豊美・中谷敏邦・松島寛治 1991. 噴火湾におけるアカガレイ成魚の生活年周期. 日本水産学会誌 **57**: 1469-1476.