

富山湾産ホタルイカの餌生物組成*

林 清志¹⁾・平川 和正²⁾

Diet Composition of the Firefly Squid, *Watasenia scintillans*, from Toyama Bay, Southern Japan Sea*

Seishi HAYASHI¹⁾ and Kazumasa HIRAKAWA²⁾

Abstract

The diet of the firefly squid, *Watasenia scintillans* (BERRY, 1911), was determined for each developmental stage by stomach content analysis of 345 specimens (dorsal mantle length (DML):1.2-67mm) collected in Toyama Bay and adjacent waters from November 1987 to July 1995. Diet composition of this species changed from calanoid copepods in the paralarval stage (DML:4.0-27.0mm) to planktonic crustaceans, such as calanoid copepods, *Euphausia pacifica* and *Themisto japonica*, fishes and squids during the subadult (DML:21-50mm) and adult stage (DML:38-67mm). Prey items were mostly composed of cold-water species with a lower species diversity which was particularly recognizable in the paralarval stage. The minimum size of prey eaten did not change with the growth of the larvae, whereas the maximum prey size increased remarkably. This characteristic feature is discussed in relation to the size composition and the numerical abundance of zooplankton in Toyama Bay and the feeding habits of other squids reported in previous works.

Key words : Copepoda, *Euphausia pacifica*, stomach contents, *Themisto japonica*, Toyama Bay, *Watasenia scintillans*

緒 言

ホタルイカ (*Watasenia scintillans* (BERRY, 1911)) は、貧弱な中・深層性マイクロネクトン生物相をもつ日本海において、数種に過ぎない優占種の一つである (沖山 1978)。富山湾では、春季に産卵のために沿岸域に來遊したホタルイカが、重要な漁業対象資源として古くから利用されてきた。しかし、富山湾における漁獲量は年による変動が大きいため、ホタルイカを対象とする漁業経営は極めて不安定なものとなっている。このような漁獲量の変動については、例えばサンマやニシンの場合 (田中 1985) と同様に、ホタルイカが富山湾に來遊する時の海洋環境条件や來遊資源量に左右されていると考えられる。

しかし、漁獲量の変動が資源量のそれに左右される場合においても、環境が資源量の変動に影響を及ぼしている可能性が高い。環境は大きくは物理的環境と生物的環境とに区別されるが、

1997年1月13日受理 日本海区水産研究所業績A第508号

¹⁾ 〒930-80 富山市新総曲輪1丁目7 富山県水産漁港課

(Fisheries and Fishing Port Division, Toyama Prefectural Government, Shinsogawa, Toyama 930-80, Japan)

²⁾ 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

*本研究は「平成7年度漁場生産力モデル開発基礎調査」の一部として実施した。

餌生物および外敵、即ち食う—食われるの関係等生物的環境は、資源の動態に最も重要な影響を及ぼし、その影響は初期生活史段階で特に著しいと考えられる(田中 1985)。魚類においては、初期生活史の特に卵黄吸収後の餌の欠乏が資源加入前の死亡の最大の要因であるとされ(HUNTER 1984)、頭足類においても、初期減耗の重要な証拠として提示されている(VECCHIONE 1987, 1991)。

ホタルイカの胃内容物については、これまで佐々木(1913)、SASAKI(1914)および富山県水産試験場(1982)が富山湾産ホタルイカについて報告し、その餌生物として、魚類、カイアシ類、端脚類およびオキアミ類等が知られている。しかし、前二者は成体期に、後者は11~1月の未成体期に限られた知見であり、特に初期生残に重大な影響を及ぼすと考えられる仔稚期の餌生物に関する知見は欠落している。これらのことから、富山湾におけるホタルイカ漁獲量の変動機構を解明するためには、ホタルイカの初期生活史に注目して、仔稚の餌生物を明らかにする必要があると考えられる。本研究では、摂餌開始直後の個体を含めた仔稚から成体に至るまでの発育段階別に胃内容物を調べ、餌生物組成を明らかにしたので報告する。

本文に先立ち、野外採集調査にご協力いただいた富山県漁業指導調査船“立山丸”の船長並びに乗組員の方々および滑川春網定置網組合の組合長並びに各組合員の方々にお礼申し上げる。また、本論文のご校閲をいただいた日本海区水産研究所海洋環境部長黒田一紀博士に感謝の意を表する。

材 料 と 方 法

1 ホタルイカの採集

1987年11月から1995年7月までの間に、富山湾内外の合計37点(Fig. 1)で採集された異なる発育段階(外套背長:1.2~67mm)からなるホタルイカ(345個体)を材料に用いた。ホタルイカの主産卵期は4~5月で、ふ化した仔稚は10月頃未成体に達し、翌年の1月頃には成体になる。寿命は雌雄でやや違いはあるものの、ほぼ1年であることが知られている(由木 1985; 林 1995)。ホタルイカの発育段階については、林(1995)はふ化仔稚から外套背長約25mmまでを“仔稚期”、それ以降で雌では外套背長約45mmまで、雄では外套背長約35mmまでを“未成体期”、外套背長がそれら以上のものを“成体期”としている。そこで本論文では、外套背長組成の変化等から判断し、5~9月に採集された小型個体を“仔稚”、10~12月に採集された中型個体を“未成体”、1~10月に採集された大型個体を“成体”として取り扱った。

仔稚は、5月には富山湾内2点における改良型NORPACネット(口径:45cm,網目:0.345mm)による150m深からの鉛直曳により、また6月には富山湾内外14点におけるボンゴネット(口径70cm,網目0.5mm)による100m深から表層までの傾斜曳により採集した。さらに、7~9月には中層トロール網(魚捕り部網目:10mm)を用いて、富山湾内外6点の20~150m層付近から採集した(Fig. 1, Table 1)。

未成体は、10~12月に中層トロール網(魚捕り部網目:10~20mm)により富山湾内外7点の10~350m層付近から採集した。成体についても未成体の採集と同じ網を用いて、1~3月および7~10月に富山湾内外7点の90~350m層付近から採集した。また、3~6月には富山県滑川市沿岸の定置網でも採集を実施した(Fig. 1, Table 1)。

採集されたホタルイカは5~10%ホルマリン海水で固定した後に胃内容物の分析に供した。

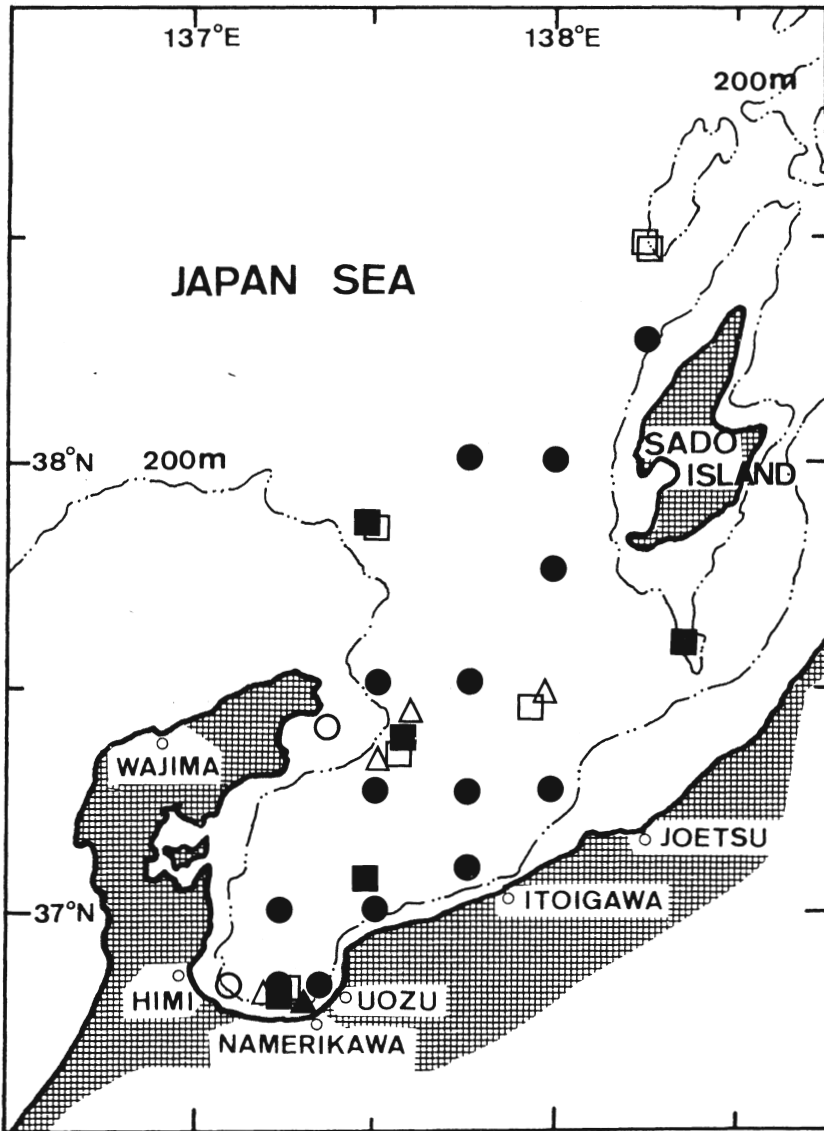


Fig. 1. Map showing the positions of the sampling stations for *Watasenia scintillans* in Toyama Bay and adjacent waters. Open circles show the sampling stations for paralarvae with a NORPAC net. Solid circles show those for paralarvae with a bongo net. Squares show those for paralarvae with a midwater trawl. Solid squares show those for subadults with a midwater trawl. Triangles show those for adults with a midwater trawl. Solid triangles show those for adults with a set net. See Table 1 for sampling dates.

Table 1. Data on sampling and individual numbers of *W. scintillans* used for the stomach content analysis.

Developmental stage ^{a)}	Sampling date	Sampling gear	No. of specimens used for analysis
Paralarva	May, '95	Norpac net	14
	June, '95	Bongo net	72
	July, '95	Midwater trawl	11
	Aug., '90, '93, '94	Midwater trawl	25
	Sep., '89	Midwater trawl	52
Subadult	Oct., '88, '91, '92	Midwater trawl	24
	Nov., '87	Midwater trawl	3
	Dec., '87, '93	Midwater trawl	7
Adult	Jan., '89	Midwater trawl	15
	Feb., '88, '94	Midwater trawl	16
	Mar., '88	Midwater trawl	11
	Mar., '92	Set net	10
	Apr., '95	Set net	26
	May, '95	Set net	11
	June, '93	Set net	21
	July, '88	Midwater trawl	5
	Aug., '93	Midwater trawl	20
	Oct., '88	Midwater trawl	2

^{a)} See text for parameters used to determine developmental stages.

2 胃内容物の分析

外套背長 3 mm 以下の個体については、スライドグラス上の染色用メチレン・ブルー—乳酸溶液に浸し、実体顕微鏡下で外套背長を測定した後、解剖等を行わず生物顕微鏡下で体外から直接胃内容物を査定した。外套背長 3 mm を超える個体については外套背長をノギスで測定した後、解剖針または解剖バサミを用いて、胃を取り出し、スライドグラス上の染色用メチレン・ブルー—乳酸溶液に浸し、実体顕微鏡下で内容物を注意深く取り出した。胃内容物は生物顕微鏡を用いて査定した。

結果および考察

1 発育段階別胃内容物組成 (Table 2)

仔稚：5月に採集された仔稚(外套背長：1.2~2.5mm)には胃内容物は認められなかったが、6月の仔稚72個体(外套背長：1.2~8.8mm)のうち、14個体(外套背長：3.5~8.2mm)で初めて胃内容物が認められた。胃内容物は、査定不能の消化物のみられた5個体を除くと、すべてカイアシ類のCalanoida [*Candacia* sp.(=*C. bipinnata*?), Calanidae sp., *Metridia pacifica*]であり、胃内にカイアシ類(*Candacia* sp.)が認められた最小個体の外套背長は4.0mmであった。外套背長5.6mmの1個体の胃内には、*Candacia* sp.とCalanidae sp.がそれぞれ1個体みられた。7月に採集された仔稚11個体(外套背長：8.1~17.0mm)は、6個体に胃内容物がみられ、査定不能

の消化物が4個体に、Calanoidaと甲殻類の破片がそれぞれ1個体ずつにみられた。8月の25個体(外套背長:8.0~27.0mm)のうち、13個体に胃内容物が認められ、2個体にカイアシ類の遊泳肢がみられたほか、11個体にオキアミ類の*Eupausia pacifica*の複眼、顎やそれらの破片がみられる特徴を示した。9月の52個体(外套背長:14.0~27.0mm)のうち、11個体に胃内容物がみられたが、8月以前にみられた*E. pacifica*、Calanoidaや甲殻類の破片の他に、新たに端脚類の*Themisto japonica*が加わった。

未成体:10月に採集された未成体24個体(外套背長:21~37mm)のうち、12個体に胃内容物が観察された。それらのうち、*E. pacifica*の複眼や顎の破片が大部分の摂餌個体(11個体)でみられ、その他*T. japonica*の破片が1個体に、Calanoidaの破片が1個体に、カイアシ類の*Pareuchaeta japonica*の顎脚が2個体にみられた。摂餌個体のうち、1個体の胃内には、*E. pacifica*2個体および*T. japonica*3個体が認められた。また、*E. pacifica*1個体および*P. japonica*1個体の顎脚が2個体の胃内に認められた。11~12月の未成体10個体(外套背長:37~50mm)は、すべての個体に胃内容物がみられた。*E. pacifica*の複眼や顎の破片が6個体に、*T. japonica*の複眼や頭部が3個体に、*P. japonica*の破片が1個体に、*M. pacifica*の生殖節が8個体に、さらに新たにカイアシ類の*Scolecithricella minor*が1個体にみられ、餌料組成は外套背長が大きくなるにつれて、多様化する傾向を示した。

成体:1~2月に採集された成体31個体(外套背長:38~56mm)すべての個体に胃内容物がみられた。*E. pacifica*が21個体の、*T. japonica*が10個体の、*P. japonica*が19個体の、*M. pacifica*が15個体の胃内にみられ、オキアミ類およびカイアシ類の出現頻度が高かった。また、このうち1個体の胃内には*E. pacifica*、*T. japonica*および*M. pacifica*の破片に混じって、初めて魚類の脊椎骨、鱗および鱭の棘がみられた。3月に採集された成体11個体(外套背長:52~61mm)でもすべてに胃内容物が認められ、*E. pacifica*が9個体で、*P. japonica*が6個体でみられた他、新たにカイアシ類の*Neocalanus cristatus*が1個体の胃内にみられた。3~6月にかけて定置網で採集された試料についてみると、3月では成体10個体(外套背長:47~61mm)のうち、7個体に胃内容物がみられ、Copepodaの破片が1個体にみられた。4月では26個体(外套背長:50~62mm)のうち、9個体に胃内容物が認められ、*Candacia bipinnata*が1個体に、甲殻類の破片が2個体にみられた。5月では11個体(外套背長:54~63mm)のうち、3個体に胃内容物がみられ、魚類の鱭の軟条の一部とイカの顎板が初めて1個体にみられた。6月では21個体(外套背長:54~67mm)のうち、20個体に胃内容物がみられ、魚類の脊椎骨や眼球が14個体にみられた。1個体の胃内の最高の魚類眼球数は14個であった。3~6月を通して、胃内容物にいずれも査定不能の消化物をもつ個体がみられた。7~10月に採集された成体27個体(外套背長:44~66mm)のうち、21個体に胃内容物が認められ、*T. japonica*が15個体に、*E. pacifica*が7個体に、*P. japonica*が5個体に、*M. pacifica*が4個体にみられた。7月の1個体には、*E. pacifica*の眼が108個、*P. japonica*の遊泳肢が16個および*M. pacifica*の生殖節が20個認められた。

既往のホタルイカの餌生物の知見としては、SASAKI(1914)が4~7月の成体に小型魚類、アミ類(*Mysis* sp.) およびカイアシ類(*Corycaeus* sp., *Oncaea* sp. etc)を、富山県水産試験場(1982)が11~1月の未成体および成体にオキアミ類(*E. pacifica*)、端脚類(*T. japonica*)およびカイアシ類(*P. japonica*, *M. pacifica*, *C. bipinnata*)を報告している。今回の分析結果から得られたホタルイカ未成体・成体の餌生物種は、これらの報告とほぼ一致していた。

今回の分析からはホタルイカ仔稚初期の外套背長3mm以下の個体の胃内には、餌生物は認められなかった(Table 2)。しかし、VECCHIONE(1991)はホタルイカの属するホタルイカモドキ

Table 2. Number of individual *W. scintillans* sampled with different food items ingested and without food items (empty).
 (Pj:*Pareuchaeta japonica*, Mp:*Metridia pacifica*, Sm:*Scolecithricella minor*, Nc:*Neocalanus cristatus*, Cb:*Candacia bipinnata*,
 Cs:*Candacia* sp., Os:Calanoida sp., Is:Calanidae sp., Cf:Copepoda fragment, Tj:*Themisto japonica*, Ep:*Euphausia pacifica*,
 Rf:Crustacean fragment, Dm:Digested matter)

Developmental stage	Sampling date	Mean of D.M.L. ^{a)} (mm) (Range)	Food items																	
			Pj	Mp	Sm	Nc	Cb	Cs	Os	Is	Cf	Tj	Ep	Fish	Squid	Rf	Dm	Empty		
Paralarva	May, '95	1.6 (1.2-2.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14		
	June, '95	4.6 (1.2-8.8)	-	1	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	5	58	
	July, '95	12.5 (8.1-17.0)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	4	5	
	Aug., '90, '93, '94	15.8 (8.0-27.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	11	-	-	-	-	-	12	
	Sep., '89	19.1 (14.0-27.0)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	3	-	-	3	3	41		
Subadult	Oct., '88, '91, '92	30.9 (21-39)	2	-	-	-	-	-	1	-	-	1	11	-	-	-	-	-	12	
	Nov., '87	45.0 (43-46)	1	3	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	
	Dec., '87, '93	42.7 (37-50)	-	5	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	
	Adult	Jan., '89	47.8 (40-53)	13	7	-	-	-	-	-	-	-	2	11	-	-	-	-	-	-
Feb., '88, '94		49.5 (38-56)	6	8	-	-	-	1	-	-	-	8	10	1	-	-	-	-	-	
Mar., '88		56.4 (52-61)	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	
Mar., '92		56.1 (47-61)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	3	
Apr., '95		56.8 (50-62)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	17	-	
May, '95		59.1 (54-63)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	8	-	
June, '93		58.7 (54-67)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	8	1	-	
July, '88		60.8 (54-66)	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aug., '93		55.6 (44-66)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	14	1	-	-	-	-	-	6	-
Oct., '88		56.0 (53-59)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-

^{a)} Dorsal mantle length

科の *Abralia trigonura* の仔稚を調べ、胃内容物のみられた最小個体は外套背長 2.3mm で、胃内容物のほとんどが甲殻類の破片であったことを報告している。また、VIDAL and HAIMOVICI (印刷中) はアカイカ科のアルゼンチンレックス (*Illex argentinus*) のリンコトウチオン期の胃内容物を調べ、外套背長 3.7mm の個体に初めてカイアシ類の付属肢を認め、それ以下の個体では多くの微生物 (渦鞭毛藻、繊毛虫、バクテリア等) を含む粘液がみられたとしている。彼女らは、摂餌開始直後のリンコトウチオン幼生は外套膜上の粘液を融合触腕を使って摂餌するとの仮説を提示している。ホタルイカ仔稚はアカイカ科のリンコトウチオン幼生のように融合触腕をもたず、発達した吸盤と腕をもっていることから、同一の摂餌様式をもつとは必ずしもいえないが、多くの微生物を含む粘液が外套背長 3mm 以下のホタルイカ仔稚の餌となっている可能性も考えられる。仔稚期のうち、特に資源に大きな影響を及ぼすと考えられる摂餌開始直後の餌生物を明らかにすることはできなかったが、この時期を除くと、ホタルイカ仔稚の餌生物は、カイアシ類 (特に、Calanoida 目) のみによって占められることが特徴であった。

発育段階別の胃内容物を概観すると、仔稚の発育初期はカイアシ類で、成長に伴いさらにオキアミ類と端脚類が加わった。未成体ではカイアシ類に新たな種が加わるものの、仔稚のそれらと同様の構成であった。成体になると、未成体の餌生物組成に加えて、魚類とイカ類が認められた。すなわち、ホタルイカは発育に伴って甲殻類プランクトンから甲殻類プランクトン・魚類・イカ類に食性を広げることが明らかになった。このような発育に伴う餌生物組成の変化は、他のツツイカ類 (例えば、カリフォルニアヤリイカ (*Loligo opalescens*)、アメリカケンサキイカ (*Loligo pealei*)、アカイカ (*Ommastrephes bartrami*) 等) においても類似した傾向が認められている (FIELDS 1965; VOVK 1983; BOUCHER-RODNI *et al.* 1987; NIXON 1987)。

2 全発育段階を通してみた胃内容物組成

ホタルイカの胃内容物として検出された主要な生物は、カイアシ類、オキアミ類、端脚類、魚類およびイカ類であった。これらのうち、魚類およびイカ類は成体のみに、また甲殻類プランクトンのカイアシ類、オキアミ類および端脚類は全発育段階で認められた。甲殻類プランクトンの種数はカイアシ類が 5 種と最も多く、オキアミ類 (*Euphausia pacifica*) および端脚類 (*Themisto japonica*) はそれぞれ 1 種であった (Table 3)。種まで査定できた 7 種のうち、6 種が冷水性プランクトンで、暖水性プランクトンは 4 月の成体および 6 月の仔稚に捕食されたカイアシ類の *Candacia bipinnata* のみであった。査定できない種もあったが、観察時における胃内容物のそれぞれの餌生物量から判断すると、ホタルイカはすべての発育段階を通して、主要餌料源を冷水性甲殻類プランクトンに依存しているものと考えられる。

本研究の胃内容物分析では餌生物のサイズを測定しなかったが、ホタルイカの成長に伴う餌生物のサイズの変化を調べるために、既往の知見 (MORI 1937; BRDSKY 1950; 平川 未発表; IKEDA *et al.* 1992; 井口ら 1993; IKEDA and HIRAKAWA 1996) から、各々の種の成体雌の体長を生活史を通した最大体長 (範囲) として求め、それらと摂餌ホタルイカの外套背長との関係を Fig. 2 に示した。初期の仔稚は小型のカイアシ類を摂餌し、後期のそれは、より大型のカイアシ類、オキアミ類および端脚類を摂餌するようになる。未成体は小型および大型のカイアシ類、オキアミ類および端脚類を摂餌し、成体になると未成体でみられた餌生物の他に、魚類とイカ類も摂餌する。このことは、ホタルイカの成長に伴って、摂餌される餌の最大サイズは増大するが、最小サイズは変化しないことを示している。富山湾における甲殻類プランクトンの出現量に関する知見 (HIRAKAWA *et al.* 1990; IKEDA *et al.* 1992; HIRAKAWA *et al.* 1992; HIRAKAWA and IKEDA 1993; 井口ら 1993) から、一般に小型サイズ (カイアシ類) のものほど個体数が多く、

Table 3. Species composition of planktonic crustaceans found in the stomachs of *W. scintillans*, all the developmental stages combined.

COPEPODA	Calanoida	● <i>Neocalanus cristatus</i> Calanidae sp.
		● <i>Pareuchaeta japonica</i>
		● <i>Scolecithricella minor</i>
		● <i>Metridia pacifica</i>
		○ <i>Candacia bipinnata</i> <i>Candacia</i> sp. (= <i>C. bipinnata</i> ?) unidentified
AMPHIPODA	Hyperiidae	● <i>Themisto japonica</i>
EUPHAUSIACEA	Euphausiidae	● <i>Euphausia pacifica</i>

●:cold-water species, ○:warm-water species

大型サイズ(オキアミ類, 端脚類)のものは生物量が大きいものの, 相対的に個体数が少ないことが知られている. 個体数の多いカイアシ類はホタルイカの仔稚から成体まですべての発育段階を通して餌として利用されるのに対して, 個体数の少ない, より大型のオキアミ類や端脚類は, ホタルイカがそれらの捕獲能力を獲得した後に(胃内容物にそれらが現れた外套背長約13mm以上), 餌として利用されていた. イカ類では, 成長に伴い, 例えば触腕の鉤のような特別の器官が発達することから, 大きくて素早く移動する餌を捕食することができるようになることが知られており, またいくつかの種においては成長に伴い, より大型の餌を食べるものの, 生活史の中のかなり遅い時期まで小型の甲殻類プランクトンを摂餌することも報告されている(BOUCHER-RODONI *et al.* 1987). これらのことから, ホタルイカの摂餌様式は幅広いサイズ範囲をもつ動物プランクトン群集によって維持されていると考えられる.

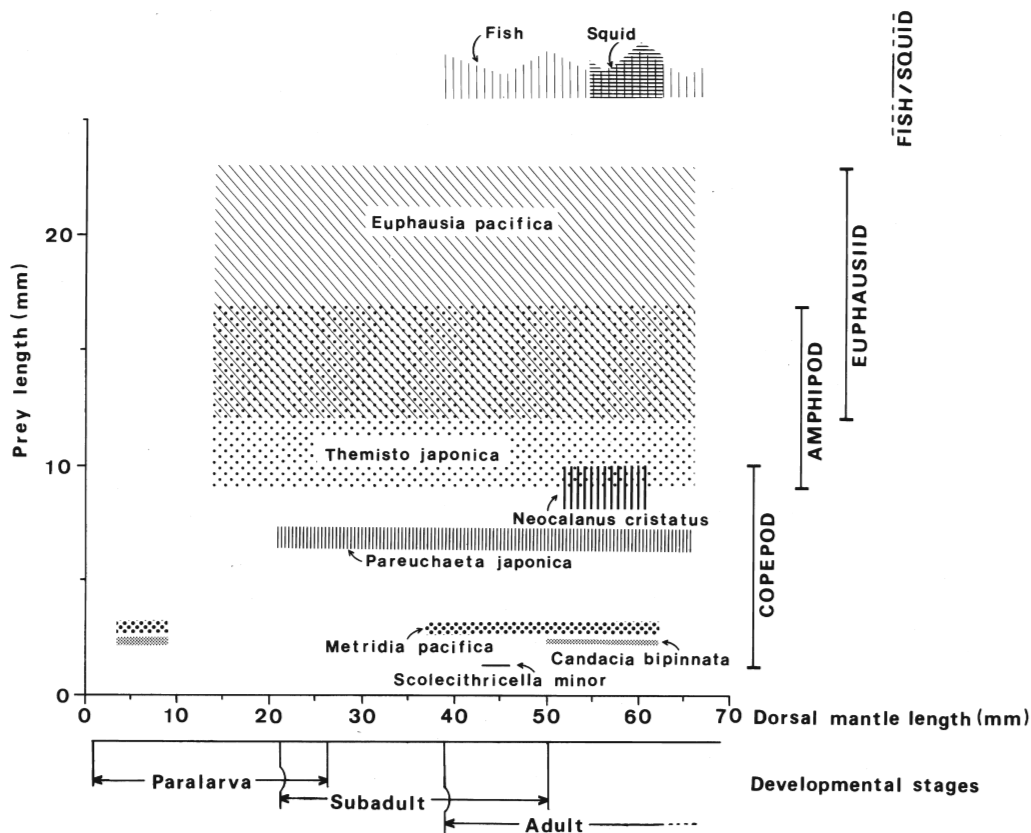


Fig. 2. Relationship between prey length and dorsal mantle length (developmental stages) for *W. scintillans*. Prey length indicates body length (min. -max.) of adult females of the seven species (food organisms) reported from other works; MORI (1937) and BRODSKY (1950) for *C. bipinnata* and *S. minor*, HIRAKAWA (unpubl.) for *N. cristatus* and *M. pacifica*, IKEDA *et al.* (1992) for *T. japonica*, IGUCHI *et al.* (1993) for *E. pacifica*, and IKEDA and HIRAKAWA (1996) and BRODSKY (1950) for *P. japonica*.

文 献

- BOUCHER-RODONI, R., BOUCAUD-CAMOU, E. and MANGOLD, K. (1987) Feeding and digestion. pp85-108. In *Cephalopod Life Cycles*, Vol. II, ed. by BOYLE, P. R., Academic Press, London.
- BRODSKY, K. A. (1950) Calanoida of the far eastern seas and polar basin of the USSR. Keys to the fauna of the USSR. *Zool. Inst. A. N. USSR*, **35**, 1-442. (In Russian, English translation, I. P. S. T., 440 pp., 1967)
- FIELDS, W. G. (1965) The structure, development, food relations, reproduction, and life history of the squid *Loligo opalescens* BERRY. *Calif. Dept. Fish & Game, Fish. Bull.*, **131**, 1-108.
- 林 清志 (1995) 富山湾産ホタルイカの資源生物学的研究. 富山水試研報, (7), 1-128.
- HIRAKAWA, K. and IMAMURA, A. (1993) Seasonal abundance and life history of *Metridia pacifica* (Copepoda: Calanoida) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **40**, 41-54.
- HIRAKAWA, K., IKEDA, T. and KAJIHARA, N. (1990) Vertical distribution of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea, with special reference to Copepoda. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **37**, 111-126.
- HIRAKAWA, K., IMAMURA, A. and IKEDA, T. (1992) Seasonal variability in abundance and composition of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Japan Sea Nat. Fish. Res. Inst.*, (42), 1-15.
- HUNTER, J. R. (1984) Feeding ecology and predation of marine fish larvae. pp33-77. In *Marine Fish Larvae*, ed.

- by LASKER, R. , Washington Press, Seattle.
- 井口直樹・池田 勉・今村 明 (1993) 富山湾におけるツノナシオキアミ (*Euphausia pacifica* HANSEN) の成長と生活史. 日本水産学会報告, (43), 69-81.
- IKEDA, T. and HIRAKAWA, K. (1996) Early development and estimated life cycle of the mesopelagic copepod *Pareuchaeta elongata* in the southern Japan Sea. *Mar. Biol.*, **126**, 261-270.
- IKEDA, T., HIRAKAWA, K. and IMAMURA, A. (1992) Abundance, population structure and life cycle of a hyperiid amphipod *Themisto japonica* (BOVALLIUS) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **39**, 1-16.
- MORI, T. (1937) The pelagic Copepoda from the neighbouring waters of Japan. Yokendo, Tokyo, 150pp.
- NIXON, M. (1987) Cephalopod diets. pp201-219. In *Cephalopod Life Cycles*, Vol. II, ed. by BOYLE P. R. , Academic Press, London.
- 沖山宗雄 (1978) 日本海における中・深層性魚類・いか類マイクロネクトンの生物学. 海洋科学, **10**, 895-900.
- 佐々木 望 (1913) 螢烏賊の生態. 動雑, **25**, 581-590.
- SASAKI, M. (1914) Observations on Hotaru-Ika, *Watasenia scintillans*. *Jour. of the College of Agr., Tohoku Imp. Univ.*, Sapporo, **6**, 75-107.
- 田中昌一 (1985) 水産資源学総論. 新水産学全集 8, 恒星社厚生閣, 東京, 381pp.
- 富山県水産試験場 (1982) 食性と天敵魚. pp49-53. 昭和54~56年度指定調査研究総合助成事業報告書 (日本海におけるホタルイカの来遊機構とその資源の利用).
- VECCHIONE, M. (1987) Juvenile ecology. pp61-84. In *Cephalopod Life Cycles*, Vol. II, ed. by BOYLE, P. R. , Academic Press, London.
- VECCHIONE, M. (1991) A method for examining the structure and contents of the digestive tract in paralarval squids. *Bull. Mar. Sci.*, **49**, 300-308.
- VIDAL, E. A. G. and HAIMOVICI, M. , Feeding and the role of the proboscis and mucus cover in the ingestion of microorganisms by rhynchoteuthion paralarvae with special reference to *Illex argentinus*. (Cephalopoda:Ommastrephidae) . (1997) .
- VOVK, A. N. (1983) Food relations of long-finned squid, *Loligo pealei* LESUEUR, in the northwest Atlantic and its position in the ecosystem. NAFO SCR Doc. 83/IX/83, Dartmouth, 20 pp.
- 由木雄一 (1985) 日本海南西海域におけるホタルイカの産卵と成長. 水産海洋研究会報, (49), 1 - 6 .