

## 2011年8月と10月の北海道西部日本海において観察されたスケトウダラ幼魚の食性

野村 温<sup>1</sup>, 久保徹郎<sup>2</sup>, 志田 修<sup>\*3</sup>, 板谷和彦<sup>4</sup>, 伊藤 靖<sup>5</sup>, 桜井泰憲<sup>\*\*2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院工学院, <sup>2</sup>北海道大学大学院水産科学研究所, <sup>3</sup>北海道立総合研究機構中央水産試験場,  
<sup>4</sup>北海道立総合研究機構稚内水産試験場, <sup>5</sup>漁港漁場漁村総合研究所

Feeding habits of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in August and October 2011

ATSUSHI NOMURA<sup>1</sup>, TETSUROU KUBO<sup>2</sup>, OSAMU SHIDA<sup>\*3</sup>, KAZUHIKO ITAYA<sup>4</sup>, YASUSHI ITO<sup>5</sup> AND YASUNORI SAKURAI<sup>\*\*2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060-8628,

<sup>2</sup> Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato-cho, Hokkaido 041-8611,

<sup>3</sup> Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

<sup>4</sup> Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Wakkanai, Hokkaido 097-0001,

<sup>5</sup> The Japanese Institute of Fisheries Infrastructure and Communities, Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0032, Japan

Feeding habits of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* occurring in waters of the western Hokkaido, Japan Sea collected in August and October, 2011 were examined by the stomach contents analysis. The main stomach content items were *Themisto japonica*, *Metridia pacifica* and *Euphausia pacifica*. The monthly analysis showed that the index of relative importance (IRI) of *T. japonica* was high in August and low in October. On the contrary, IRI of *M. pacifica* and *E. pacifica* were high in October. It is observed that IRI of the main stomach content items among the sampling stations were also different.

キーワード：胃内容物, 食性, スケトウダラ, 北部日本海, 幼魚

スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 北部日本海系群は、石川県以北本州西岸、北海道西側、サハリン西岸および北部沿海州にかけて分布する (Tuji, 1989)。本系群の主な産卵場は北部日本海の檜山沖や岩内湾にあり (三宅, 2012)、産出された卵は沿岸に沿って北上する対馬暖流により北へと輸送される (三宅ら, 2008)。その過程で、石狩湾以北の沿岸域の表中層域で仔稚魚期を過ごし (板谷ら, 2009)、幼魚は夏季に雄冬岬沖から礼文島周辺海域に至る大陸棚海域で表層から底層へと生活の場を移すと考えられている (佐々木・夏目, 1990)。

本系群は北海道日本海海域における主要な漁獲対象であり、沖合底びき網漁業と刺し網、はえ縄漁業などで漁獲される。しかし、本海域における漁獲量は、1980年度以降で見ると、1992年度の13.9万トンを超えてその後減少し続けており、近年では資源量、加入量 (2歳魚時点の

資源量) とともに低水準で推移している (山下・千村, 2012)。スケトウダラ的生活史初期における減耗は大きく、仔魚の発生と餌生物の分布の重なり (桜井・三宅, 1994) や、稚魚期の餌環境 (中谷ら, 2003) が年級豊度に大きく影響を与える可能性が示唆されている。特に日本海では生活史初期の海洋環境が年級豊度の決定に重要であることが報告されている (Funamoto, 2007; 板谷ら, 2009; 三宅, 2012)。一方、底層生活移行後の幼魚は、瞬間的な死亡率はそれ以前のステージと比較して低いものの、その期間の長さから累積の死亡は大きくなること、生態系食物網の中で二次生産者と高次消費者を結ぶ重要な役割を果たしていることなど、その重要性が指摘されており (Brodeur and Wilson, 1996)、分布や食性などの生態研究はスケトウダラの年級豊度決定機構の解明だけでなく、海洋生態系研究においても重要な課題と考えられる。北

報文番号 A 501 (2013年12月24日受理)

\*Tel: 0135-23-8707. Fax: 0135-23-8708. E-mail: shida-osamu@hro.or.jp

\*\*Tel: 0138-40-8861. Fax: 0138-40-8861. E-mail: sakurai@fish.hokudai.ac.jp

部日本海系群のスケトウダラでは、積丹半島以南海域の成魚の食性が調べられているが（小岡ら, 1997; Kooka *et al.*, 1998, 2001), 幼魚の食性に関する研究がされた例はない。そこで本研究では、スケトウダラ北部日本海系群における底層生活移行後の幼魚の食性を、胃内容物分析によって明らかにすることを目的とした。

### 試料（材料）と方法

胃内容物分析に供したスケトウダラ幼魚の標本は、北海道西部日本海の大陸棚海域で実施された稚内水産試験場試験調査船「北洋丸」（総トン数237 t）による、2011年8月24日～9月1日の「スケトウダラ魚群分布調査および道西日本海底魚資源調査（1次）」（以下、8月調査）、2011年10月12日～10月25日の「スケトウダラ産卵群漁期前分布調査、および道西日本海底魚資源調査（3次）」（以下、10月調査）において着底オッタートロールネット（網口高さ3.0 m, 袖先間隔15 m, 内網目合い15 mm）により採集した。8月調査は、武蔵堆東側海域の2点（SK01, SK02）、留萌沖の4点（SK06～SK09）の計6点（Fig.1）、10月調査は、武蔵堆東側海域の1点（AK10）、留萌沖の4点（AK05～AK07, AK09）の計5点（Fig.2）で採集した。曳網は日中7～16時に行い、原則曳網時間は30分、速力を3ktとした。曳網毎に曳網水深および曳網層の水温をネットレコーダFNR80（古野電気株式会社）を用いて記録し、ネットモニターを用いてネットが着底していることを確認しながら曳網した。採集した標本は、船上で計量後、直ちに冷凍して研究室に持ち帰った。

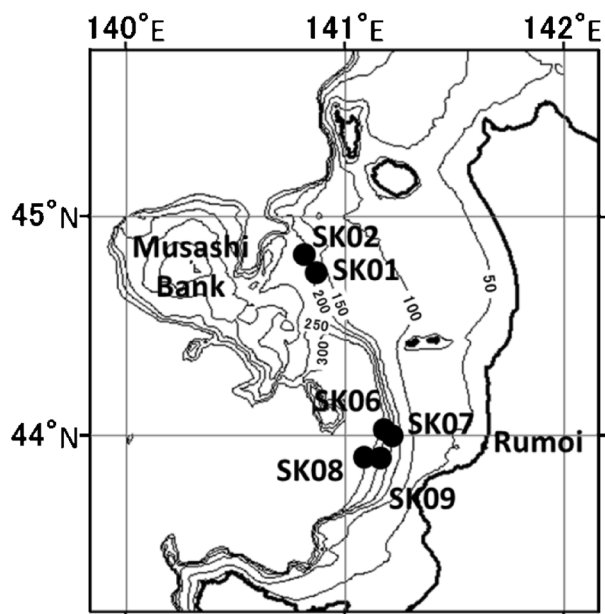


Fig.1 Sampling stations for juvenile walleye pollock using bottom trawl-net in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in August 2011.

スケトウダラ幼魚の標本は、研究室で解凍後、耳石に用いた年齢査定で0歳魚であることを確認し、調査点ごとにランダムに30個体抽出した。抽出した標本は、尾叉長を1mm単位で、体重を0.1g単位で測定した。採集数が30個体未満の場合は全個体計測した。測定後、魚体ごと10%中性ホルマリン溶液で固定した。胃内容物分析は、胃が反転した幼魚を除外し、8月調査で採集された標本158個体、10月調査の121個体の計279個体で行った。胃内容物は、実体顕微鏡を用いて可能な限り種まで同定し、種までの同定が不可能なものは、属や科などの段階の餌項目として識別した。識別後、餌項目ごとに計数し、ろ紙で水分を吸収した後、湿重量を0.0001g単位で測定した。ただし、胃内容物中の識別不可能な粘性の高い物質については分析から除外した。

餌項目ごとに、胃内容物からの個体数割合（ $N(\%)$ ）、重量割合（ $W(\%)$ ）、出現頻度（ $F(\%)$ ）を求めた。これらの値から、餌項目ごとに相対重要度指数（IRI(%)）（Pinkas *et al.*, 1971）を算出し、月別、体長別、調査点別に比較した。

各餌項目*i*の相対重要度指数（IRI(%)）は、以下の式から算出した。

$$IRI_i (\%) = \frac{\{N_i (\%) + W_i (\%)\} \times F_i (\%)}{\sum [\{N_i (\%) + W_i (\%)\} \times F_i (\%)]} \times 100$$

### 結果

各調査点の海域、日付、曳網水深および曳網層の水温と、胃内容物分析に供したスケトウダラ幼魚の個体数、平均尾叉長、体重および空胃率をTable.1に示した。曳網

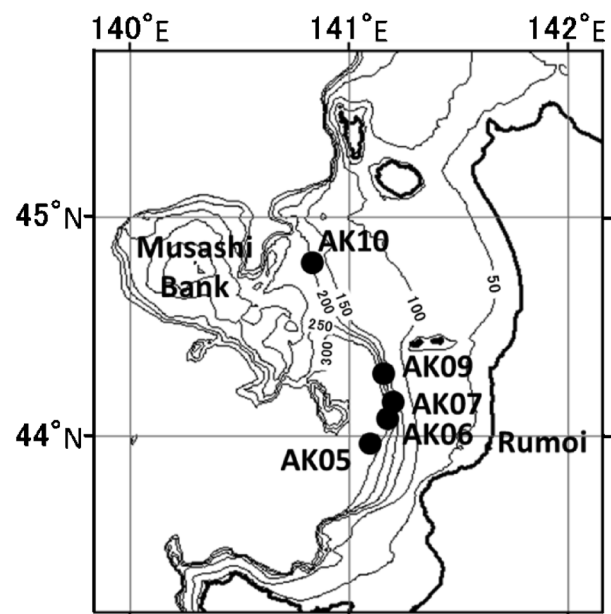


Fig.2 Sampling stations for juvenile walleye pollock using bottom trawl-net in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in October 2011.

は、武蔵堆東側海域および留萌沖で合計11回実施し、すべての調査点で幼魚が採集された。調査点の曳網水深は173~334m、曳網層の水温は1.0~6.6℃にあった。8月は水深173~208mの調査点で水温5.1~6.6℃、250~270mで2.4~4.1℃、316mで1.7℃、10月は183~200mで2.6~5.6℃、284mで1.5℃、334mで1.0℃と、水深にともなう水温は低くなった。また、同程度の水深でも10月のほうが8月よりも水温が低かった。採集されたスケトウダラ

幼魚の尾叉長は8月が75~114 mm、体重は2.6~10.5 g、10月は78~126 mm、2.9~13.6 gにあった。調査点によって、平均尾叉長および体重に差が観察されたが、8月より10月の方が尾叉長、体重ともに大きくなっていった。空胃率は、武蔵堆東側海域のSK01で42.9%、AK10で13.8%と高かった。

8月、10月における各餌生物の個体数割合 (N(%))、重量割合 (W(%))、出現頻度 (F(%)) をTable2に示した。

Table 1 Stomach content analysis data of juvenile walleye pollock sampled in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

Station	Area	Date	Towing depth(m)	Temperature at towing depth(°C)	number of juveniles*1	Mean fork length(mm) W/SD*3	Mean body weight(g) W/SD	Percentage of empty stomachs (%)
SK01	EMB*2	25-Aug	173	6.5	28	88.6±6.7	4.3±0.9	42.9
SK02	EMB	25-Aug	208	5.1	30	91.2±6.7	4.6±1.1	3.3
SK06	Off Rumoi	27-Aug	270	2.4	28	102.1±6.3	6.8±1.3	0
SK07	Off Rumoi	27-Aug	205	6.6	27	98.0±6.1	5.3±1.1	3.7
SK08	Off Rumoi	28-Aug	316	1.7	16	95.0±5.9	5.2±0.9	0
SK09	Off Rumoi	28-Aug	250	4.1	29	91.4±6.5	5.5±1.2	3.4
AK05	Off Rumoi	21-Oct	334	1.0	4	108.8±4.1	7.0±0.8	0
AK06	Off Rumoi	21-Oct	284	1.5	28	108.1±7.3	7.4±1.4	0
AK07	Off Rumoi	21-Oct	199	2.7	30	104.9±11.9	7.2±2.6	0
AK09	Off Rumoi	22-Oct	183	5.6	30	98.8±9.0	5.7±1.4	3.3
AK10	EMB	24-Oct	200	2.6	29	101.3±7.0	6.3±1.5	13.8

\*1 equal number of stomach analysed

\*2 EMB: the eastern part of Musashi Bank

\*3 SD: Standard Deviation

Table 2 Relative ratio (%) of the food items in the diet of juvenile walleye pollock collected in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

	August			October		
	N(%)*1	W(%)*2	F(%)*3	N(%)	W(%)	F(%)
Aetideidae	1.8	0.6	14.6	2.3	0.4	22.3
<i>Neocalanus cristatus</i>	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	2.5
<i>Neocalanus plumchrus</i>	<0.1	<0.1	0.6	0	0	0
<i>Neocalanus</i> sp.	0.6	0.5	10.8	0.8	0.5	14.0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0.2	<0.1	1.3	0.2	<0.1	5.0
<i>Pseudocalanus</i> sp.	0.1	0	3.2	<0.1	0	0.8
<i>Eucalanus bungii</i>	0	0	0	<0.1	<0.1	0.8
<i>Paraeuchaeta</i> sp.	<0.1	<0.1	0.6	0.3	0.4	6.6
<i>Metridia pacifica</i>	44.5	12.3	70.9	73.8	12.7	77.7
<i>Scolecithricella minor</i>	1.2	<0.1	3.2	<0.1	<0.1	0.8
Calanoida	0	0	0	0.2	<0.1	1.7
<i>Inusitatomysis insolita</i>	0.4	3.0	7.6	0.7	3.7	14.9
Mysidae	1.5	4.6	13.3	0.8	3.9	13.2
Cumacea	0.5	3.5	8.2	0.1	0.1	2.5
Tanaidacea	0	0	0	<0.1	0	0.8
<i>Themisto japonica</i>	46.9	66.8	56.3	11.8	11.8	57.0
Physocephalata	0.1	<0.1	1.9	<0.1	<0.1	0.8
<i>Primno macropa</i>	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	0.8
Gammaridea	0.4	2.6	7.0	0.4	0.8	7.4
Amphipoda	0.1	<0.1	1.3	0.1	0.1	3.3
<i>Euphausia pacifica</i>	<0.1	3.8	1.3	4.1	50.0	27.3
Euphausiidae	1.4	2.0	18.4	1.7	10.5	24.8
CRUSTACEA	0	0	0	0.2	0.4	5.8
Sagittidae	0	0	0	2.2	4.4	22.3
Number of stomachs examined		158			121	
Number of empty stomachs		14			5	

\*1 N(%): Number percentage of individuals, \*2 W(%): Wet weight percentage, \*3 F(%): Appearance frequency

種まで同定できた餌生物は10種, 目・科・属までのものを含めると合計24項目の餌生物が確認された。8月には, ニホンウミノミ *Themisto japonica* ( $N(\%)=46.9, W(\%)=66.8, F(\%)=56.3$ ), および *Metridia pacifica* ( $N(\%)=44.5, W(\%)=12.3, F(\%)=70.9$ ) が大きな割合を占めていた。10月には, *M. pacifica* ( $N(\%)=73.8, W(\%)=12.7, F(\%)=77.7$ ), ツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* ( $N(\%)=4.1, W(\%)=50.0, F(\%)=27.3$ ), *T. japonica* ( $N(\%)=11.8, W(\%)=11.8, F(\%)=57.0$ ), および *E. pacifica*以外のオキアミ科 Euphausiidae ( $N(\%)=1.7, W(\%)=10.5, F(\%)=24.8$ ) が大きな割合を占

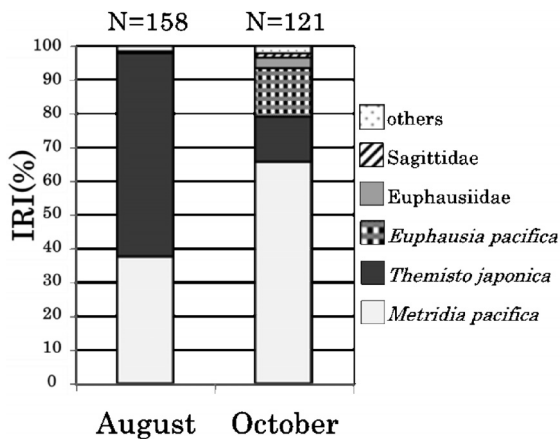


Fig.3 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) in juvenile walleye pollock collected in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

めていた。

全調査点の結果を合計し, 8月, 10月ごとの相対重要度指数 (IRI(%)) による胃内容物組成を Fig.3 に示した。8月には, *T. japonica* (IRI(%)=59.8), および *M. pacifica* (IRI(%)=37.6) の2種で97.4%と大部分を占めていた。10月には, *M. pacifica* (IRI(%)=65.7) が最も高く, *E. pacifica* (IRI(%)=14.4) がこれに次いでいた。8月に最も高かった *T. japonica* は13.2%と低下したが, これら3種で93.3%と大部分を占めた。また, 10月では *E. pacifica* 以外の Euphausiidae が3.0%, 毛顎類 Sagittidae が1.5%を占めた。その他の項目においては, 各月とも1%を超えたものはなかった。

IRI(%)を調査点別にみると (Fig.4), 調査点による違いが認められた。ただし, 8月ではSK01を除き *M. pacifica* (SK07, SK09) または *T. japonica* (SK06, SK08) の一方か, 両種 (SK02) が80~90%以上を占めていた。武蔵堆東側海域のSK01は, 他の調査点と出現した餌生物が大きく異なり, *Neocalanus* sp., *Inusitatomysis insolita* およびヨコエビ亜目 Gammaridea が78.2%を占めていた。10月はすべての調査点で *M. pacifica* が34.4%以上の高い値を示したが, 8月に高い割合を占めていた *T. japonica* は, AK09で27.9%を占めた以外はいずれも低い値となった。8月にほとんど観察されなかった *E. pacifica* は, AK06およびAK07で高い値を示した。また, 武蔵堆東側海域のAK10では, 他の調査点と異なり, *M. pacifica* 以外に Aetideidae および

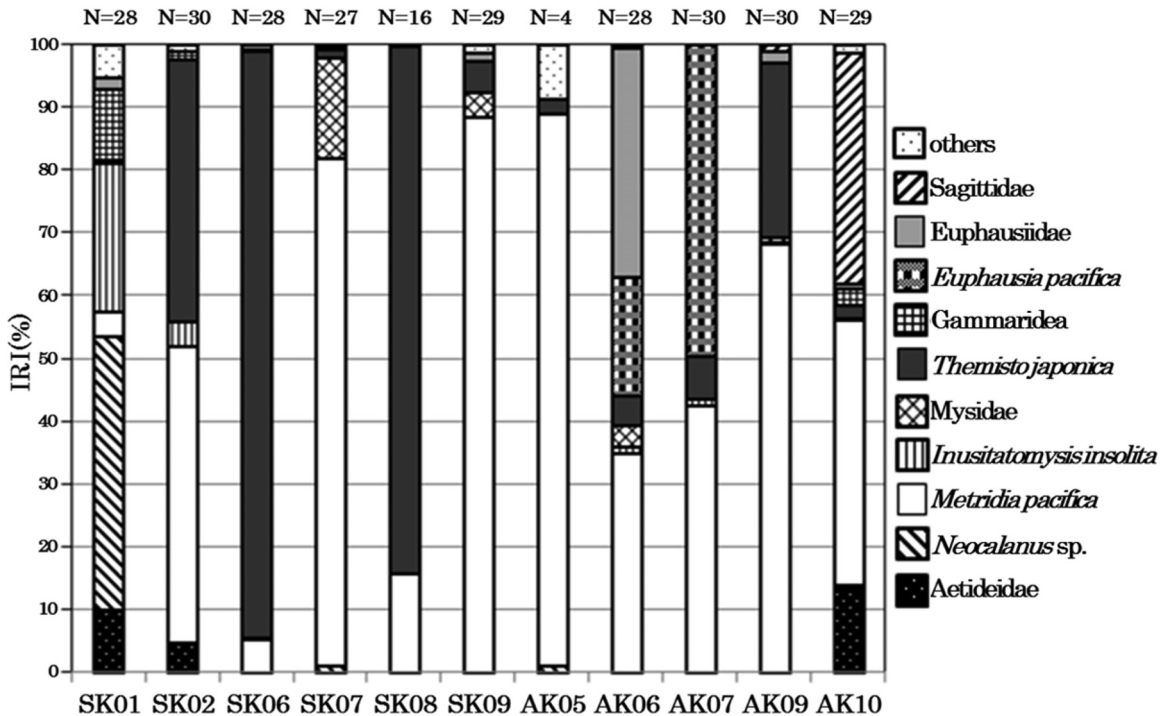


Fig.4 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) of juvenile walleye pollock among sampling stations.

Sagittidaeの割合が高かった。

AK06, AK07での体長階級ごとのIRI(%)を, Fig.5, Fig.6に示した。階級幅は10 mmとしたが, AK07では100 mm以下の個体数が少ないため100 mm以下を一つの体長群とした。これらの調査点では, 幼魚の体長が大きくなるにつれて*E. pacifica*を含めたEuphausiidaeのIRI(%)は高くなる傾向が認められた。

考 察

本研究に供したスケトウダラ幼魚は, 日中に着底トロール網により採集されたことから, 大部分は海底付近に分布していたと考えられる。本研究において, 胃内容物から出現した生物種は, カイアシ類, アミ類, 端脚類およびオキアミ類等で, その多くが漂泳性 (pelagic) の動物プランクトンであり, 北海道東部太平洋海域 (道東) 海域におけるYamamura *et al.* (2002) のスケトウダラ幼魚の胃

内容物分析結果と一致した。かれらは, 本種の下顎が上顎より前方に出ている形態の特徴から, 漂泳性の動物プランクトンの捕食に適していると考察しており, 本研究はこれを支持する結果であった。スケトウダラ幼魚は, 日中は海底付近に分布し, 夜間に浮上して漂泳性のプランクトンを摂餌する日周鉛直移動を行うことが知られており (Baily, 1989; Brodeur and Wilson, 1996), 摂餌の状態は時間に依存することが考えられる。本研究では, 標本の採集は日中の7~16時に行ったが, Yamamura *et al.* (2002) は消化の速度が遅いこと, 消化によって識別不可能な餌がほとんど観察されないことから, 採集時刻の影響は少ないと述べており, 本研究でも採集時刻の違いは胃内容物組成や重量に大きな影響を与えていないと考えられる。

IRI(%)から判断した2011年の本海域における幼魚の主要な餌種は, 8月が*T. japonica*および*M. pacifica*, 10月が*M. pacifica*, *E. pacifica*および*T. japonica*であった。スケトウダラは, 他のタラ科魚類と同様に日和見の食性 (opportunistic feeder) であると報告されており (Yamamura *et al.*, 2002), 胃内容物組成は分布水域における餌の豊度に依存すると考えられる。嶋田ら (2012) によると, 8月および10月の北部日本海の水深0~500m層において採集された大型カイアシ類の中で, *M. pacifica*が個体数, 重量組成とも高い割合を占めており, 胃内容物分析の結果と一致していた。胃内容物分析の結果によると, *M. pacifica*は両月とも重量割合はそれほど高くないが, 個体数割合と出現頻度が高く, 多くの調査点で安定して捕食されていた。端脚類の*T. japonica*は, 本海域のスケトウダラ成魚においても主要な餌種である (小岡ら, 1997; Kooka *et al.*, 1998, 2001) ことが報告されており, スケトウダラの各成長段階を通じて重要な餌種になっている可能性がある。道東海域では, *M. pacifica*, *T. japonica*とも出現頻度, 重量のいずれも各サイズのスケトウダラ胃内容物中に占める割合が低く, 重要な餌種とはなっていないことから (Yamamura *et al.*, 2002), これらは北海道日本海陸棚域における特徴である可能性が示唆される。

また, 道東海域で重要な餌種とされる*E. pacifica* (Yamamura *et al.*, 2002) は, 1個体あたりの重量が大きいため, 日本海でも10月の重量割合で最も高い値を示した。しかし, AK06とAK07の2調査点における幼魚の胃内容物では, 出現頻度, 重量とも高いものの, 他の調査点では全く出現しないか (AK05, AK10), わずかに出現した (AK09) のみであった。これらのことから, 北海道日本海大陸棚海域では, スケトウダラ幼魚の餌種としての*E. pacifica*の重要度は, 道東海域と比較して低い可能性がある。ただし, *E. pacifica*の成体は北太平洋でパッチ状に分

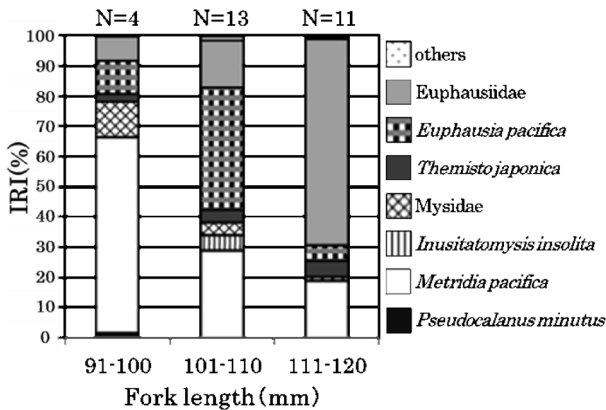


Fig.5 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) among size-classes of juvenile walleye pollock collected from station AK06 in October 2011.

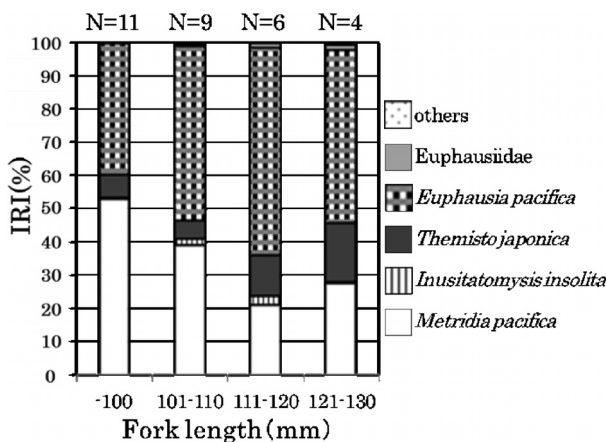


Fig.6 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) among size-classes of juvenile walleye pollock collected from station AK07 in October 2011.

布する(東条ら, 2008)ことが報告されており, その分布が幼魚の分布と一致した場合には, 幼魚にとって非常に重要な餌種になると考えられる。

主要な餌種である *T. japonica*, *M. pacifica*, *E. pacifica* の月別変化を見ると, *T. japonica* は8月に個体数割合, 重量割合および出現頻度とも高く, IRI(%)は59.8%と, 全餌生物中で最も高い値を示した。しかし, 10月には個体数割合, 重量割合がともに低下し, IRI(%)も13.2%に低下した。これとは逆に, *M. pacifica* のIRI(%)は, 8月の37.6%から10月に65.7%に上昇した。*T. japonica* の環境中の豊度は, 富山湾において夏季に最大となり, その後冬季にかけて低下するとされている(Ikeda *et al.*, 1992)ことから, このような環境中の分布密度変化に応じて重要度が変化している可能性が示唆される。一方, *M. pacifica* は, 2011年の8月から10月にかけて北部日本海でそのバイオマスは大きく変化していない(嶋田ら, 2012)ことから, 分布密度が低下した*T. japonica* に変わる餌種として10月に重要度が増したと推察される。

*E. pacifica* は, 道東海域における標準体長200mm未満の未成魚にとって夏季から冬季を通じた最も重要な餌種とされている(Yamamura *et al.*, 2002)が, 本研究では10月にのみ主要な餌種として胃内容物に観察された。*E. pacifica* の日本海南部の富山湾におけるバイオマスは夏季の8月に最も高く, その後減少する(井口ら, 1993)。従って, 8月に胃内容物中への出現が見られなかった理由として, オキアミの分布がスケトウダラと一致していなかったか, スケトウダラ幼魚のサイズや遊泳力が3種の主要餌生物の中で最も大型のオキアミを捕食できる能力に達していなかった可能性が考えられる(Bailey, 1989; Brodeur, 1998)。そこで, 各調査点で幼魚の体長サイズと食性を比較したところ, 10月のAK06, AK07では, 幼魚の体長が大きくなるにつれて, 大型の餌生物である*E. pacifica* を含めたEuphausiidaeのIRI(%)が高くなる傾向が認められた。スケトウダラ幼魚は, 成長に伴う口の大きさや遊泳能力の変化によって餌種を変えることが東部ベーリング海や西部アラスカ湾における研究で報告されている(Bailey, 1989; Brodeur, 1998)。観察例が少ないながら, 同様の結果が得られた。

調査点間で胃内容物組成を比較したところ, 調査点による違いが観察された。8月, 10月とも多くの調査点で主要な餌生物3種のうち, 調査点毎に1種または2種が優先していた。一方, 8月, 10月とも武蔵堆東側の調査点における胃内容物組成が, 他の調査点とは大きく異なっており, 空胃率の高さとあわせてこの海域の特徴となっている。調査点による胃内容物組成の違いは, 道東海域における研究(Yamamura *et al.*, 2002)においても報告されて

おり, 餌生物の調査点ごとの分布状況の差が胃内容物に反映されていると考えられる。しかし, 本研究ではこの点を確認することができなかったため, 今後, 調査点ごとの餌生物の分布と胃内容物の関係を明らかにする必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり多くの御助言, 御指導をいただいた北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物資源科学専攻資源生物学分野資源生態学研究室の皆様, ならびに北海道大学大学院水産科学院の齋藤類氏, 鹿野陽太氏, 英文校閲をいただいたDharmamony Vijai氏に深く感謝の意を表す。また, 標本採集において御協力をいただいた, 稚内水産試験場試験調査船「北洋丸」の船長をはじめ乗組員の皆様に心より謝意を表す。

本研究は, 北海道大学大学院水産科学研究院と北海道立総合研究機構の共同研究「北海道西部日本海海域における底魚類の群集構造に関する研究」に基づき, 標本は, 北海道立総合研究機構の研究費および水産庁委託の「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」の予算を使用して実施した調査により収集されたものを使用した。また, 本研究は財団法人漁港漁場漁村技術研究所からの委託研究「日本海北部系群(武蔵堆周辺海域)における魚類の食性解析」の支援を受けて実施した。厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- Bailey KM. Interaction between the vertical distribution of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the eastern Bering Sea, and cannibalism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1989; 53: 205–213.
- Brodeur RD, Wilson MT. A review of the distribution, ecology and population dynamics of age-0 walleye pollock in the Gulf of Alaska. *Fish. Oceanogr.* 1996; 5 (Suppl. 1): 148–166.
- Brodeur RD. Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska. *Environ. Biol. Fish.* 1998; 51(2): 175–186.
- Funamoto T. Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. *Fish. Oceanogr.* 2007; 16(6): 515–525.
- 井口直樹, 池田勉, 今村明. 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. 日本海区水産研究所研究報告 1993; 40: 69–81.
- 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): 1-16.
- 板谷和彦, 三宅博哉, 和田昭彦, 宮下和士. 北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚魚の分布. *水産海洋研究* 2009; 73(2): 80-89.
- 小岡孝治, 高津哲也, 亀井佳彦, 中谷敏邦, 高橋豊美. 北部日本海中層に生息するスケトウダラの春季と秋季における食性. *日水誌* 1997; 63(4): 537-541.
- Kooka K, Takatsu T, Kamei Y, Nakatani T, Takahashi T. Vertical distribution and prey of walleye pollock in the northern Japan Sea. *Fish. Sci.* 1998; 64(5): 686-693.
- Kooka K, Wada A, Ishida R, Mutoh T, Abe K, Miyake H. Summer and winter feeding habits of adult walleye pollock in the offshore waters of western Hokkaido, northern Japan Sea (Short Paper). *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* 2001; 60: 25-27.
- 三宅博哉. 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究 (学位論文). *北水試研報* 2012; 81: 1-56.
- 三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田宏, 渡野邊雅道, 武藤卓志, 中谷敏邦. 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. *水産海洋研究* 2008; 72(4): 265-272.
- 中谷敏邦, 杉本晃一, 高津哲也, 高橋豊美. スケトウダラの年級群豊度に与える噴火湾の環境要因. *水産海洋研究* 2003; 67(1): 23-28.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson IK. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *California Fish and Game* 1971; 152: 1-105.
- 桜井泰憲, 三宅秀男. 亜寒帯海洋の物理・化学環境変動とスケトウダラの再生産機構の応答 (噴火湾をモデル海域とする HUBEC 計画の背景). *海の研究* 1994; 3(4): 303-308.
- 佐々木正義, 夏目雅史. 武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布. *日水誌* 1990; 56(7): 1063-1068.
- 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(2): 63-81.
- 東条斉興, 清水大介, 安間洋樹, 川原重幸, 渡辺光, 米崎史郎, 村瀬弘人, 宮下和士. 北太平洋西部におけるツノナシオキアミ (*Euphausia pacifica*) の分布特性の定量的空間解析. *水産海洋研究* 2008; 72(3): 165-173.
- Tsuji, S. Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.* 1989; 15(3): 147-205.
- Yamamura O, Honda S, Shida O, Hamatsu T. Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2002; 238: 187-198.
- 山下夕帆, 千村昌之. 「平成23年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊」水産庁増殖推進部・独立行政法人水産研究センター, 東京, 2012