

한국 동해에 출현하는 명태(*Gadus chalcogrammus*)의 위내용물 조성

고아름 · 이수정¹ · 양재형¹ · 백근욱*

경상대학교 해양식품생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산물연구원 동해수산연구소

Diet of the Walleye Pollock *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea

A Reum Ko, Soo Jeong Lee¹, Jae Hyeong Yang¹ and Gun Wook Baeck*

Department of Seafood & Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

The diet of the walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, was studied by examining the stomach contents of 864 individuals. Using gill nets, samples were collected monthly from January to December 2017 in Jugwang, Sokcho, Yangyang, Uljin, Ganggu, and Gampo, Korea. The specimens ranged in total length (TL) from 16.6 to 75.2 cm. *G. chalcogrammus* fed mainly on *Euphausia pacifica* (Euphausiacea) and less on Cephalopoda, Pisces, Mysidacea, and Macrura. The results indicated that *G. chalcogrammus* is a specialist feeder, feeding mainly Euphausiacea. With growth, however, its diet shifted from Euphausiacea to Cephalopoda, Macrura and Pisces. Smaller individuals (<40.0 cm TL) consumed mainly Euphausiacea. The proportion of Euphausiacea decreased with increasing body size, whereas the consumption of Cephalopoda and Macrura increased gradually.

Keywords: *Gadus chalcogrammus*, Diets, Feeding habits, East Sea

서론

명태(*Gadus chalcogrammus*)는 대구목(Gadiformes) 대구과(Gadidae)에 속하는 어류로 우리나라 동해 중부 이북을 비롯하여 일본 북부, 오호츠크해, 베링해 등의 북태평양 해역에 분포하는 냉수성 어종이며 산란기는 12-3월경이고 수심 2,000 m 수역의 표층과 중층에서 서식한다(Kim et al., 2005). 명태는 동태, 북어, 황태, 코다리, 노가리 등 다양한 명칭으로 불리며 국내 시장에서는 명란젓, 건조품, 냉동명태 등의 식료품으로 유통되고 있는 중요한 상업성 어종이다. 또한 명태는 중형플랑크톤과 소형 어류 등을 섭식하고 중, 대형 어류와 해양 포유류 등의 먹이원이 되어 해양 먹이사슬에서 저차와 고차를 연결하는 중간 단계의 중요한 위치에 있다(Springer, 1992; Tamura et al., 1998; Napp et al., 2000; Mueter et al., 2006).

그러나 명태의 어획량은 1980년에 28,112톤의 어획량에 이르렀으나 지속적인 감소세를 보여 2017년에 1톤으로 명태 자원이 급격하게 고갈되었다(KOSIS, 2018). 따라서 명태 어업이 지속

가능 하도록 적절한 평가와 관리가 필요하며 이에 따라 서식지 내의 에너지 흐름에 대한 전반적인 자료를 확보하여 명태의 영양 생태를 이해하는 것이 중요하다(Adin and Mueter, 2007). 명태의 영양 생태에 관한 국외 연구들은 알래스카 만과 베링 해 등에서 선행되었으나(Clausen, 1983; Dwyer et al., 1987; Shuntov et al., 2000; Yamamura et al., 2002; Adams et al., 2007; Wilson et al., 2011; Buckley et al., 2016), 국내의 선행연구는 고성 아야진에 국한되었으며 1-3월의 짧은 시기에만 이루어져(Park et al., 2018), 동해 명태 자원의 지속적인 관리를 위해서는 보다 다양한 생태적 연구가 필요하다. 어류의 섭식활동은 생존, 성장, 산란 등에 매우 중요한 영향을 미치며, 생활사 동안 일어나는 모든 현상과 밀접한 관련을 가지고 있다(Wotton, 1990). 따라서 동해에 서식하는 명태 자원을 효과적으로 관리하고 이용할 수 있는 자료를 제공하기 위해 1) 위내용물 조성을 파악하고, 2) 섭식경향을 분석하며, 3) 크기와 4) 계절에 따른 먹이생물 조성 변화를 알아보았다.

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0456>

Korean J Fish Aquat Sci 53(3), 456-463, June 2020

Received 6 February 2020; Revised 4 March 2020; Accepted 21 May 2020

저자 직위: 고아름(대학원생), 이수정(연구사), 양재형(연구사), 백근욱(교수)

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 명태는 2017년 1월부터 12월까지 죽왕, 속초, 감포, 강구, 양양, 울진에서 어업인들이 자망으로 어획한 것을 국립수산물과학원 동해수산연구소에서 구입하였다(Fig. 1). 구입한 시료는 동해수산연구소에서 전장(0.1 cm)과 체중(0.1 g)을 측정하였으며 위를 적출하여 포르말린에 고정하고 실험실로 운반하였다. 이후 해부현미경(LEICA L2, LEICA, Wetzlar, Germany) 아래에서 위내용물을 분석하였으며 먹이생물을 종류별로 구분하였고 Kaname (1988), Kim et al. (2005), Hong et al. (2006), Kim (2012)의 도감을 참고하여 가능한 종 수준까지 동정하였다. 먹이생물은 크기(전장)를 측정하고 개체수를 계수하였으며 이후 전자저울(Analytical Balance ME204TE/00, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)을 이용하여 습중량을 0.0001 g 단위까지 측정하였다. 위내용물의 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 먹이생물의 개체수비(%N)와 습중량비(%W)로 나타났다.

$$\begin{aligned} \%F &= A_i/N \times 100 \\ \%N &= N_i/N_{total} \times 100 \\ \%W &= W_i/W_{total} \times 100 \end{aligned}$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 명태의 개체수이고 N 은 먹이를 섭식한 명태의 총 개체수, $N_i(W_i)$ 는 해당 먹이생물의 개체수(습중량), $N_{total}(W_{total})$ 은 전체 먹이 개체수(습중량)이다. 먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, *IRI*)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였으며 상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%*IRI*)로 나타내었다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

명태의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식전략[섭식 특화종 또는 섭식일반종(specialist or generalist)], 섭식폭(niche width)은 도해적방법(graphical method)을 사용하여 나타내었다(Amundsen et al., 1996). 이 방법은 출현빈도(%F)에 대하여 특정먹이생물우점도(pre-y-specific abundance)를 도식화함으로써 나타내며, 특정먹이생물우점도(pre-y-specific abundance)를 구하였다.

$$Pi = (\sum Si / \sum Sti) \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 특정먹이생물우점도(pre-y-specific abundance), S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 중량, S_{ti} 는 먹이생물 i 를 섭식한 명태의 위내용물 중 전체 먹이생물 중량이다.

크기와 계절에 따른 먹이생물의 변화를 분석하기 위해서 명태

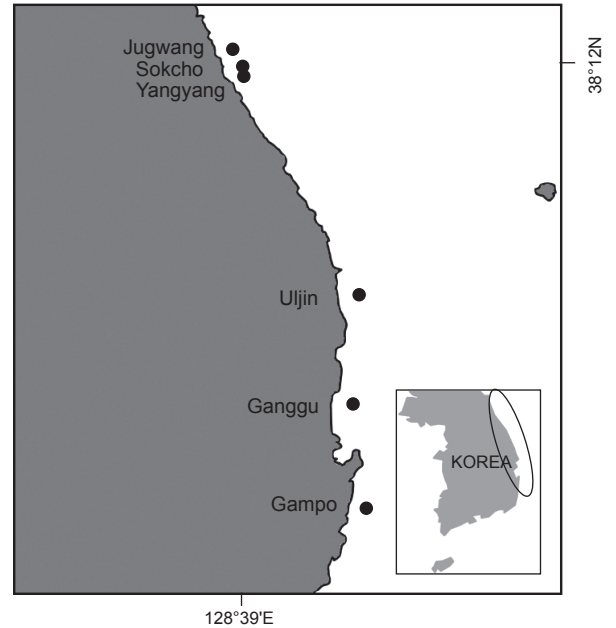


Fig. 1. Location of the sampling areas (●).

시료를 10.0 cm 간격, 5개 전장군으로 나누어 각 전장군별 먹이생물을 분석하였고(<20.0 cm, $n=32$; 20.0-30.0 cm, $n=280$; 30.0-40.0 cm, $n=234$; 40.0-50.0 cm, $n=90$; 50.0 cm<, $n=34$), 계절은 봄(3-5월), 여름(6-8월), 가을(9-11월), 겨울(12-2월)로 구분하여 먹이생물의 조성을 확인하였다. 전장군간 먹이생물의 중복도(Schoener, 1970)는 dietary overlap index를 이용하여 구하였다.

$$C_{xy} = 1 - 0.5(\sum |P_{xi} - P_{yi}|)$$

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 는 그룹 x 와 y 의 먹이생물 중 발견된 i 종의 습중량비(%W)이다. 이 지수의 범위는 0에서 1까지이고 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 볼 수 있다. 중복도 값이 0.6 이상의 값을 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다(Wallace, 1981). 크기에 따른 먹이 섭식 특성 파악을 위해 전장군별 먹이의 평균 개체수(mean number of preys per stomach, mN/ST)와 체장군별 먹이의 평균 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며 일원배치분산분석(one-way ANOVA, Microsoft excel 2010, Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

결 과

체장분포

이번 연구에 사용된 명태는 총 864개체로 전장(total length)은 16.6-75.2 cm의 범위를 보였는데(Fig. 2), 20.0-30.0 cm의 전장

군이 전체 개체수의 42.7%를 차지하여 가장 높은 값을 보였다.

위내용물 조성과 섭식 경향

이번 연구에서 채집된 명태 864개체 중 공복인 개체는 194개체로 22.5%의 공복율을 나타내었다. 먹이를 섭식한 명태 670개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 명태의 주먹이생물은 52.4%의 출현빈도, 81.5%의 개체수비, 44.5%의 습중량비를 보여 85.5%의 상대중요도지수비를 차지한 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)로 나타났다. 난바다곤쟁이류 중에서는 *Euphausia pacifica*가 11.9%의 출현빈도, 24.7%의 개체수비, 13.5%의 습중량비를 보여 가장 우점하였고 그 다음으로는 *Euphausia* sp.가 14.0%의 출현빈도, 30.9%의 개체수비, 18.5%의 습중량비를 보였다. 그 외 두족류(Cephalopoda), 어류(Pisces), 곤쟁이류(Mysidacea), 새우류(Macrura), 단각류(Amphipoda), 등각류(Isopoda), 거미불가사리류(Ophiuroidea) 등 다양한 먹이생물을 섭식하였지만 각각 4.3% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 상대적으로 많지 않았다.

명태의 섭식형태와 섭식특성을 조사한 결과(Fig. 3), 난바다곤쟁이류가 52.4%의 출현빈도와 92.6%의 특정 먹이생물 우점도를 차지하여 이번 연구에서 명태는 섭식특화종(specialist feeder)임을 확인할 수 있었다.

크기에 따른 위내용물 조성의 변화

명태의 크기에 따른 위내용물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 4), 가장 작은 전장군인 <20.0 cm 전장군에서는 난바다곤쟁이류가 99.7%의 상대중요도지수비를 보여 가장 우점한 먹이생물이었다. 그 외 곤쟁이류도 섭식했으나 상대중요도지수비 0.3%

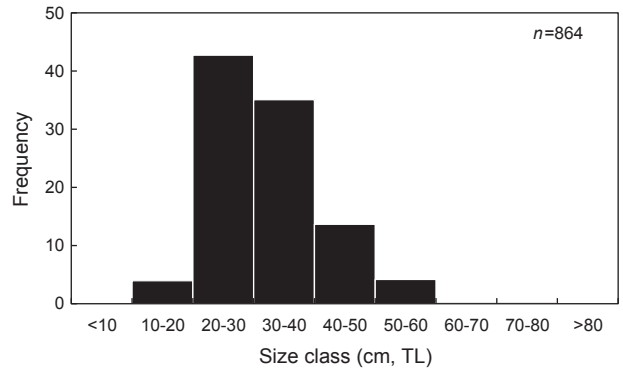


Fig. 2. Total length (TL)-frequency distribution of *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea from January to December, 2017.

이하로 그 양은 많지 않았다. 20.0-30.0 cm 전장군에서도 난바다곤쟁이류가 98.0%의 상대중요도지수비를 보여 가장 우점한 먹이생물이었고 그 다음으로는 곤쟁이류가 1.5%의 상대중요도지수비를 보여 소폭 상승하였다. 그 외 새우류, 어류, 단각류 등은 0.3% 이하로 그 양은 많지 않았다. 30.0-40.0 cm 전장군에서도 난바다곤쟁이류가 80.4%의 상대중요도지수비를 보여 가장 중요한 먹이생물이었으며 그 다음으로는 어류와 곤쟁이류가 각각 8.5%와 5.4%로 나타났다. 40.0-50.0 cm 전장군에서 두족류가 46.4%의 상대중요도지수비를 차지해 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 또한 난바다곤쟁이류는 20.0%로 대폭 감소하였으며 새우류와 어류는 각각 16.2%와 10.7%로 상대중요도지수비가 상승하였다. 50.0 cm< 전장군에서도 두족류가 59.0%로 소폭 상승하였고 가장 중요한 먹이생물로 나타났다. 그 다음

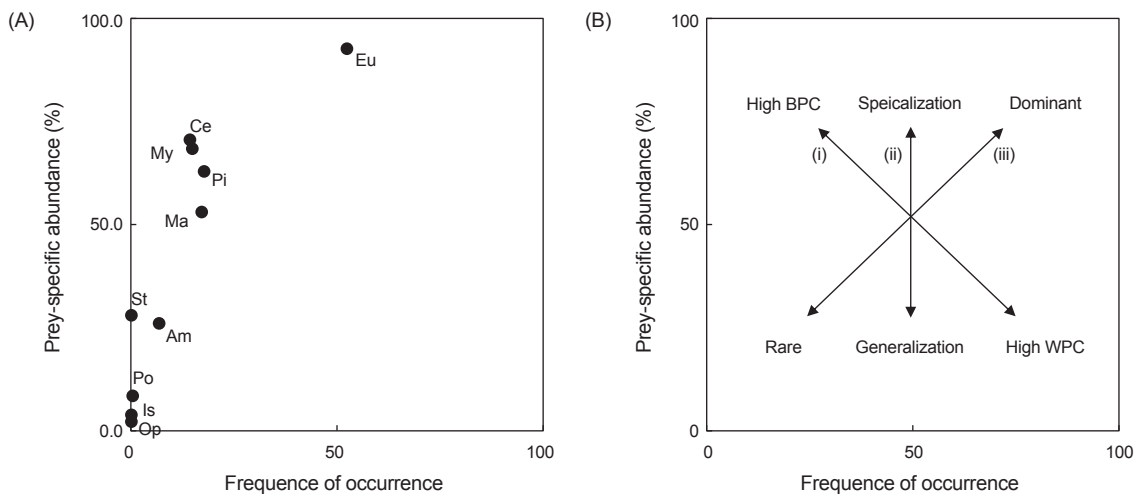


Fig. 3. (A) Graphical representation of feeding pattern of *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea from January to December, 2017 (Am, Amphipoda; Eu, Euphausiacea; Is, Isopoda; Ma, Macrura; My, Mysidacea; Ce, Cephalopoda; Op, Ophiuroidea; Pi, Pisces; Po, Polychaeta; St, Stone), (B) Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution (axis i, within-phenotypic component (WPC) or between-phenotypic component (BPC)) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).

Table 1. Composition of the stomach contents of *Gadus chalcogrammus* by frequency of occurrence, number, weight and index of relative importance (IRI) in the East Sea, Korea from January to December, 2017

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Amphipoda	6.9	4.1	1.8	40.2	0.5
<i>Anonyx</i> sp.	0.1	+	+		
<i>Caprella</i> sp.	0.1	+	+		
<i>Hyperia</i> sp.	0.3	0.1	+		
Hyperiidae	1.8	0.3	+		
<i>Orchomenella</i> sp.	0.1	+	+		
<i>Themisto abyssorum</i>	0.4	1.3	0.6		
<i>T. japonica</i>	0.3	0.7	0.3		
<i>T.</i> sp.	3.6	1.8	0.9		
Unidentified Amphipoda	0.1	+	+		
Euphausiacea	52.4	81.5	44.5	6,601.8	85.5
<i>Euphausia pacifica</i>	11.9	24.7	13.5		
<i>E.</i> sp.	14.0	30.9	18.5		
Unidentified Euphausiacea	26.4	26.0	12.5		
Isopoda	0.1	+	+	+	+
<i>Porcellionides</i> sp.	0.1	+	+		
Macrura	17.2	0.8	11.3	207.3	2.7
<i>Argis lar</i>	3.1	0.1	1.8		
<i>Crangon affinis</i>	0.6	+	0.2		
<i>C. hakodatei</i>	0.6	+	0.1		
<i>C.</i> sp.	0.7	+	0.3		
Crangonidae	0.1	+	0.1		
<i>Eualus middendorffi</i>	0.3	+	0.2		
<i>E.</i> sp.	0.1	+	0.1		
<i>Latretus anoplonyx</i>	0.1	+	+		
<i>Lebbeus polaris</i>	0.3	+	+		
<i>Pandalus eous</i>	2.4	0.2	2.6		
<i>Spirontocaris arcuata</i>	0.3	+	0.1		
Unidentified Macrura	10.0	0.4	5.8		
Mysidacea	14.9	11.9	3.5	230.9	3.0
Cephalopoda	14.3	0.9	22.4	334.7	4.3
<i>Watasenia scintillans</i>	0.6	0.1	3.8		
Unidentified Cephalopoda	13.7	0.8	18.6		
Ophiuroidea	0.1	+	+	+	+
<i>Ophiura sarsi</i>	0.1	+	+		
Pisces	17.8	0.7	16.3	302.2	3.9
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0.7	+	1.1		
<i>Bothrocara hollandi</i>	1.0	0.1	3.7		
<i>Engraulis japonicus</i>	1.2	0.1	2.9		
<i>Pleurogrammus azonus</i>	0.3	+	0.1		
Unidentified Pisces	14.6	0.5	8.5		
Polychaeta	0.4	+	0.1	0.1	+
Stone	0.1	+	0.1	+	+
Total		100.0	100.0	7,717.1	100.0

+, less than 0.1%.

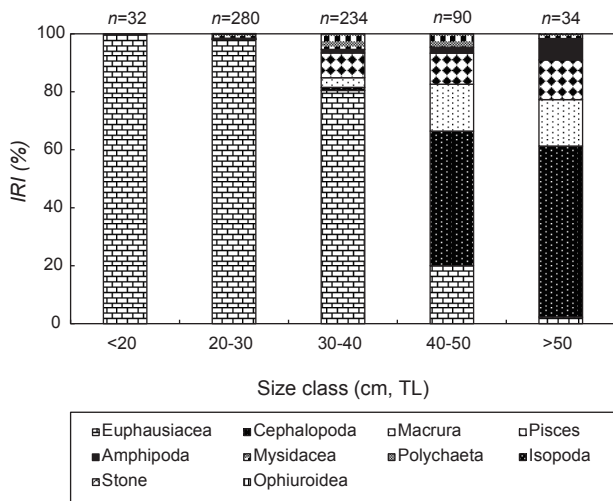


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of the stomach contents by %IRI of *Gadus chalcogrammus* collected in January and December 2017 in the East Sea, Korea.

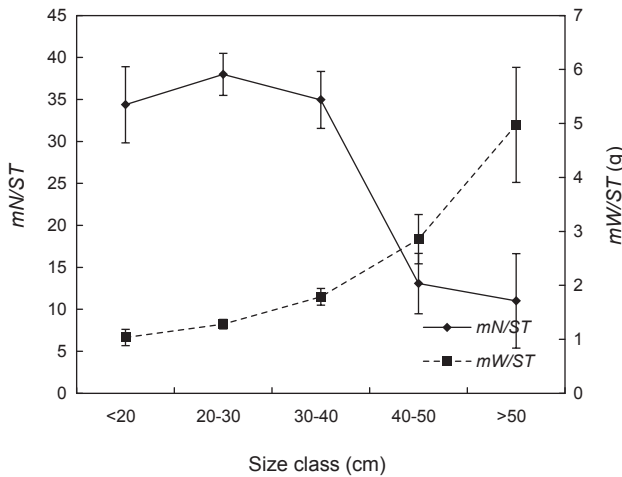


Fig. 5. Variation of mean number of preys per stomach (mN/ST) and mean weight of prey per stomach (mW/ST) of *Gadus chalcogrammus* among size classes in the East Sea, Korea from January to December, 2017.

Table 2. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the stomach contents among *Gadus chalcogrammus* size classes in the East Sea, Korea from January to December 2017

Size class (cm)	<20	20-30	30-40	40-50
20-30	0.88			
30-40	0.58	0.69		
40-50	0.14	0.24	0.52	
>50	0.04	0.13	0.42	0.88

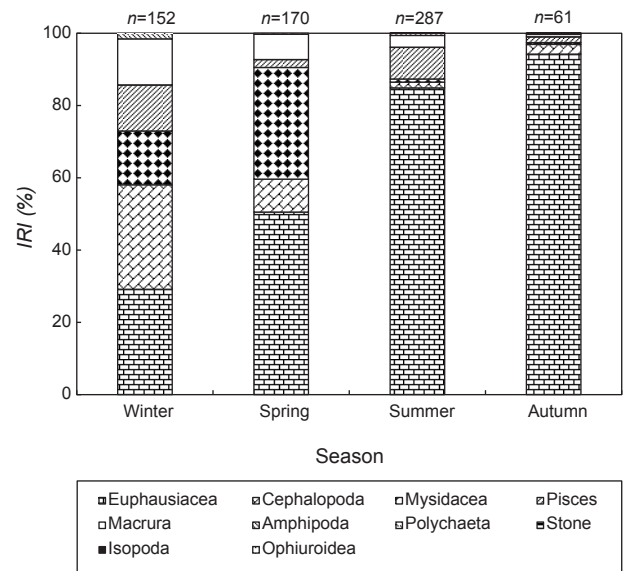


Fig. 6. Seasonal variation in composition of stomach contents by index of relative importance (%IRI) of *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea from January to December, 2017.

으로 새우류가 16.0%를 차지하여 소폭 감소하였고 어류와 단각류가 각각 13.7%와 7.4%를 차지하여 소폭 상승하였다. 큰 전장군으로 갈수록 난바다곤쟁이류의 상대중요도지수비는 감소한 반면에 두족류의 상대중요도지수비는 40.0-50.0 cm 전장군에서부터 급격히 증가하는 경향을 보였다.

명태의 전장군별 먹이생물 중복도를 알아본 결과(Table 2), <20.0 cm 전장군과 20.0-30.0 cm의 전장군은 0.88, 20.0-30.0 cm과 30.0-40.0 cm 전장군은 0.69, 40.0-50.0 cm와 >50.0 cm 전장군은 0.88의 중복도를 보여 유의하게 중복되었다. 그 외 나머지 전장군에서는 0.6 이하로 유의하게 중복되지 않았다.

명태의 전장군별 먹이생물 변화를 분석한 결과(Fig. 5), 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 가장 작은 전장군인 <20.0 cm을 제외하고 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 모든 전장군은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(one-way ANOVA, $F=9.211$, $P<0.05$). 또한 평균 먹이생물 습중량(mW/ST)은 가장 작은 크기군인 <20.0 cm에서 큰 크기군인 50.0 cm로 갈수록 계속 증가하여 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 평균 먹이생물 습중량 또한 모든 전장군에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $F=15.999$, $P<0.05$).

계절에 따른 먹이조성의 변화

명태의 계절별 먹이조성 변화를 분석한 결과(Fig. 6), 겨울에는 난바다곤쟁이류와 두족류가 각각 29.2%와 28.9%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었으며, 그 다음으로 곤쟁이류가 14.9%를 차지하였다. 봄에는 난바다곤쟁이

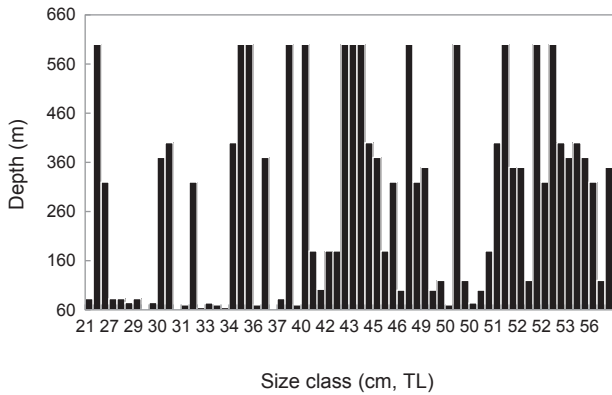


Fig. 7. Size-depth spectrum of *Gadus chalcogrammus* from Winter.

류의 비율이 증가하여 50.5%의 상대중요도지수비로 가장 중요한 먹이생물이었으며 그 다음으로 곤쟁이류가 30.9%의 상대중요도지수비를 보여 증가하였다. 반면에 두족류는 9.1%를 차지하여 급격히 감소하였다. 여름에도 난바다곤쟁이류가 84.9%의 상대중요도지수비로 비율이 증가하여 가장 중요한 먹이생물이었으며 그 다음으로 어류가 8.7%를 차지하였다. 가을에도 난바다곤쟁이류의 비율이 증가하여 94.2%의 상대중요도지수비로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 두족류와 어류가 각각 2.7%와 1.6%를 차지하였다. 계절별 먹이생물 조성도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA, $F=0.0003$, $P>0.05$).

고찰

이번 연구에서 명태의 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류로 나타났다. 난바다곤쟁이류는 표층생태계에서 무척추동물, 어류, 포유류와 같은 상위 영양 단계의 포식자와 플랑크톤과 같은 하위 영양 단계의 일차생산자 간의 먹이 사슬을 연결하는 중요한 역할을 하며(Mauchline, 1980; Greene et al., 1988), 많은 어류들이 선호하는 중요한 먹이생물로 알려져 있다. 또한 명태와 같이 큰 규모의 개체군이 동시다발적으로 먹이를 섭식하기 위해서 높은 밀도로 개체군을 형성하는 난바다곤쟁이류를 주로 섭식한 것으로 판단된다(Endo, 1984).

베링 해 동부와 알래스카만 북부에 출현하는 명태의 경우도 난바다곤쟁이류가 우점한 먹이생물이었고(Brodeur, 1998; Adams et al., 2007; Urban, 2012; Buckley et al., 2016), 일본 북부 도도에 출현하는 명태도 난바다곤쟁이류를 가장 많이 섭식하였다고 보고하였다(Yamamura et al., 2002). 반면에 1-3월에 동해에서 진행된 연구(Park et al., 2018)는 새우류와 두족류가 우점하였다고 나타나, 이번 연구의 동계에 난바다곤쟁이류와 두족류를 주로 섭식한 것과는 다른 결과를 보였다. 일반적으로 어류는 먹이를 찾기 위한 에너지 낭비를 줄이고 포획 가능성을 높이

기 위하여 서식지 주변에 풍부하게 서식하는 먹이생물을 주로 섭식하는데(Persson and Diehl, 1990), 선행연구의 채집 수심이 300-450 m로 주로 저층에 서식하는 자주새우과(Crangonidae)를 섭식한 것으로 보이며 이번 연구에서 동계의 채집 수심은 65-600 m의 넓은 범위로 표층과 중층에 풍부하게 서식하는 난바다곤쟁이류를 쉽게 섭식하여 분포 수심의 차이로 인한 결과로 판단된다(Fig. 7).

출현빈도에 대한 prey-specific abundance를 그래프상에 나타내는 방법은 Amundsen et al. (1996)에 의해 제안되었으며, 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식전략을 분석하는데 유용하게 사용되었다. 어류의 섭식전략에서 섭식특화종(specialist feeder)은 좁은 섭식폭을 가지는 반면, 섭식일반종(generalist feeder)은 넓은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988). 먹이생물 분류군이 그래프에서 우측 상부에 위치할수록 우점 먹이생물이며 좁은 섭식폭을 가진 섭식특화종을 나타낸다. 따라서 이번 연구에서 명태는 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하는 섭식특화종으로 나타났다.

많은 어류가 성장함에 따라 먹이생물을 전환하는 것으로 알려져 있는데(Huh and Kawk, 1997, 1998; Huh et al., 2008; Kim et al., 2017), 이번 연구에서도 명태가 성장함에 따라 난바다곤쟁이류와 같은 비교적 작은 먹이생물에서 크기가 큰 두족류, 새우류, 어류 등의 먹이생물로 전환하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 먹이전환은 성장함에 따라 소화기관의 발달, 입의 크기, 먹이 탐색능력의 향상 등이 수반되기 때문에 에너지 효율을 높이기 위한 것으로 보인다(Wainwright and Richard, 1995). 또한 어류가 성장에 따른 먹이 포획 능력을 향상시킴으로써 표층과 저층의 먹이생물 모두 섭식할 수 있고 다양한 분포 수심과 크기에 따라 자원 활용이 달라지는 것은 대륙붕과 심해 생태계에서 일반적인 현상이 될 수 있다(Le Loc'h et al., 2008; Boyle et al., 2012; Park et al., 2018). 결과적으로, 성장에 따라 먹이전환을 함으로써 서식지 내 종내 먹이경쟁을 감소시켜 다양한 크기의 개체들이 공존할 수 있도록 한다(Langton, 1982). 이번 연구에서 크기에 따른 명태의 식성 변화 결과는 <40.0 cm 전장군은 난바다곤쟁이류의 섭식 비율이 높았으며 40.0-50.0 cm 전장군에서부터 두족류의 섭식 비율이 가장 높게 나타났고 더불어 새우류와 어류의 섭식 비율 또한 증가하였다. 따라서 명태는 40.0 cm를 기준으로 먹이전환이 이루어짐을 알 수 있었다.

명태의 전장군별 먹이생물 중복도는 비슷한 전장군 사이에서는 30.0-40.0 cm와 40.0-50.0 cm 사이를 제외하고 유의하게 중복되었으나 그 외 나머지 전장군 사이에서는 유의하게 중복되지 않은 것으로 나타났다. 이러한 요인은 성장에 따라서 먹이전환이 나타나기 때문으로 판단된다.

일반적으로 많은 육식성 어류는 성장함에 따라 에너지요구량 증가, 유영력 향상 등이 요구되기 때문에(Gerking, 1994), 체중이 증가함에 따라 평균 먹이생물의 개체수는 감소하고 습중량은 증가하는 경향을 보였다(Baeck et al., 2012; Jeong et al.,

2015; Huh et al., 2013; Choo, 2007, S`anti ´ c et al., 2009). 이번 연구에서도 명태의 성장에 따른 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 전체적으로 감소하는 양상을 보인 반면, 평균 먹이생물 습중량(mW/ST)은 증가하는 양상을 보였다. 이는 명태가 성장함에 따라 난바다곤쟁이류 보다 습중량이 높은 새우류, 두족류, 어류 등의 먹이생물 비중이 증가하여 평균 먹이 습중량이 증가한 것으로 판단된다.

계절에 따른 먹이생물 조성을 살펴본 결과, 명태는 난바다곤쟁이류를 여름과 가을에 많이 섭식하였으며 겨울에 비교적 적게 섭식하였다. 일본 북부에 출현하는 명태 역시 이번 연구결과와 유사한 결과를 보였다(Yamamura et al., 2002). 이번 연구해역인 동해에서 이루어진 선행연구에서 난바다곤쟁이류의 출현밀도는 여름에 가장 높게 나타났다(Kim et al., 2018). 따라서 명태가 난바다곤쟁이류를 여름과 가을에 많이 섭식한 것은 난바다곤쟁이류의 출현밀도와 깊은 관련성이 있는 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2020년도 국립수산물과학원 시험조사연구사업(R2020026)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Adams CF, Pinchuk AI and Coyle KO. 2007. Seasonal changes in the diet composition and prey selection of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the northern Gulf of Alaska. *Fish Res* 84, 378-389. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.11.032>.
- Adin K and Mueter F. 2007. The Bering Sea-A dynamic food web perspective. *Deep-Sea Res Pt II* 54, 2501-2525. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2007.08.022>.
- Amundsen PA, Gable HM and Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of Costello (1990) method. *J Fish Biol* 48, 607-614. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x>.
- Baek GW, Park JM, Ye SJ, Jeong JM and An YS. 2012. Feeding habits of *Hoplobrotula armata* in the Coastal Waters of Geomun-do, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 372-378. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0372>.
- Boyle MD, Ebert DA and Cailliet GM. 2012. Stable-isotope analysis of a deep-sea benthic-fish assemblage: evidence of an enriched benthic food web. *J Fish Biol* 80, 1485-1507. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03243.x>.
- Brodeur RD. 1998. Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska. *Environ Biol Fish* 51, 175-186. <https://doi.org/10.1023/A:1007455619363>.
- Buckley TW, Ortiz I, Kotwicki S and Aydin K. 2016. Summer diet composition of walleye pollock and predator-prey relationships with copepods and euphausiids in the eastern Bering Sea, 1987-2011. *Deep-Sea Res Pt II* 134, 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.10.009>.
- Choo HG. 2007. Species composition and feeding ecology of fishes in the coastal waters off Kori, Korea. Ph.D. Dissertation, National University of Pukyung, Busan, Korea.
- Clausen DM. 1983. Food of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in an embayment of southeastern Alaska. *Fish Bull* 81, 637-642.
- Dwyer DA, Bailey KM and Livingston PA. 1987. Feeding Habits and Daily Ration of Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Eastern Bering Sea, with Special Reference to Cannibalism. *Can J Fish Aquat Sci* 44, 1972-1984. <https://doi.org/10.1139/f87-242>.
- Endo Y. 1984. Daytime surface swarming of *Euphausioides pacifica* (Crustacea:Euphausiacea) in the Sanriku coastal waters of northeastern Japan. *Mar Biol* 79, 269-276. <https://doi.org/10.1007/BF00393258>.
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, Sandiego, CA, U.S.A., 416.
- Greene CH, Wiebe PH, Burczynski J and Youngbluth MJ. 1988. Acoustical detection of high-density krill demersal layers in the submarine canyons off Georges Bank. *Science* 241, 359-361. <https://doi.org/10.1126/science.241.4863.359>.
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. *Academybook*, Seoul, Korea, 479.
- Huh SH, Baek GW, Choo HG and Park JM. 2013. Feeding habits of spearnose grenadier, *Coelorrhinus multispinulosus* in the Coastal Waters off Gori, Korea. *Korean J Ichthyol* 25, 157-162.
- Huh SH and Kwak SN. 1997. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. *Korean J Ichthyol* 9, 22-29.
- Huh SH and Kwak SN. 1998. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 34, 191-199.
- Huh SH, Nam KM, Choo HG and Baek GW. 2008. Feeding habits of *Sebastes thompsoni* in the coastal waters off Busan, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 41, 32-38. <https://doi.org/10.5657/kfas.2008.41.1.032>.
- Jeong JM, Park JM, Huh SH, Kim HJ and Baek GW. 2015. Diet Composition of Spot Nape Ponyfish, *Leiognathus nuchalis* in the Coastal Waters of Gadeok-do. *Korean J Ichthyol* 27, 33-38.
- Kaname O. 1988. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. Hokuryu-Kan Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan, 803.
- Kim HJ, Jeong JM, Park JH and Baek GW. 2017. Feeding

- Habits of Larval Japanese Anchovy *Engraulis japonicus* in Eastern Jinhae Bay, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 50, 92-97. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0092>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, 615.
- Kim JN. 2012. Invertebrates fauna of Korea. National Institute of Biological Resources Ministry of Environment, Incheon, Korea., 173.
- Kim PK, Han IW, Oh WS, Choi YM, Yoon SH, Lee HB and Lee KH. 2018. Biomass Estimate of Euphausiids *Euphausia* sp. Using the Two-frequency Difference Method. Korean J Fish Aquat Sci 51, 305-312. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0305>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2018. Report of the change of major fish catch by climate (water temperature) change. KOSIS Report 30, 5-6.
- Langton RW. 1982. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. Fish Bull 80, 745-759.
- Le Loc'h F, Hily C and Grall J. 2008. Benthic community and food web structure on the continental shelf of the Bay of Biscay (North Eastern Atlantic) revealed by stable isotopes analysis. J Mar Syst 72, 17-34. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.05.011>.
- Mauchline J. 1980. The biology of mysids and euphausiids (Adv Mar Biol 18). Academic Press, London, U.K., 680.
- Mueter FJ, Ladd C, Palmer MC and Norcross BL. 2006. Bottom-up and top-down controls of walleye pollock *Theragra chalcogramma* on the Eastern Bering Sea shelf. Prog Oceanogr 68, 152-183. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.02.012>.
- Napp JM, Kendall AW and Schumacher JD. 2000. A synthesis of biological and physical processes affecting the feeding environment of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the eastern Bering Sea. Fish Oceanogr 9, 147-162. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2000.00129.x>.
- Park HJ, Park TH, Lee CI and Kang CK. 2018. Ontogenetic shifts in diet and trophic position of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western East Sea (Japan Sea) revealed by stable isotope and stomach content analyses. Fish Res 204, 297-304. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.006>.
- Persson L and Diehl S. 1990. Mechanistic individual-based approaches in the population/community ecology of fish. Ann Zool Fenn 27, 165-182.
- Pianka ER. 1988. Evolutionary Ecology 4th ed. Harper Collins, New York, NY, U.S.A., 468.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Šantić M, Podvinski M, Pallaoro A, Jardas I and Kirinčić M. 2009. Feeding habits of megrim, *Lepidorhombus whiffiagonis* (Walbaum, 1792), from the central Adriatic Sea. J Appl Ichthyol 25, 417-422. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01257.x>.
- Schoener TW. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecol 51, 408-418. <https://doi.org/10.2307/1935376>.
- Shuntov VP, Dulepova EP, Gorbatenko KM, Slabinskii AM and Efimkin AY. 2000. Feeding of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Anadyr-Navarin region of the Bering Sea. J Ichthyol 40, 362-369.
- Springer AM. 1992. A review: Walleye pollock in the North Pacific-how much difference do they really make? Fish Oceanogr 1, 80-96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.1992.tb00026.x>.
- Tamura T, Fujise Y and Shimazaki K. 1998. Diet of minke whales *Balaenoptera acutorostrata* in the northwestern part of North Pacific in summer 1994 and 1995. Fish Sci 64, 71-76. <https://doi.org/10.2331/fishsci.64.71>.
- Urban D. 2012. Food habits of Pacific cod and walleye pollock in the northern Gulf of Alaska. Mar Ecol Prog Ser 469, 215-222. <https://doi.org/10.3354/meps10135>.
- Wainwright PC and Richard BA. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass *Micropterus salmoides*: Motor pattern. J Exp Biol 198, 1161-1171.
- Wallace RK. 1981. An assesment of diet-overlap indexes. Trans Am Fish Soc 110, 72-76. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1981\)110<72:AAODI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1981)110<72:AAODI>2.0.CO;2).
- Wilson MT, Buchheister A. and Jump C. 2011. Regional variation in the annual feeding cycle of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the western Gulf of Alaska. Fish Bull 109, 316-326.
- Wotton RJ. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman Hall, New York, NY, U.S.A., 404.
- Yamamura O, Honda S, Shida O and Hamatsu T. 2002. Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. Mar Ecol Prog Ser 238, 187-198. <https://doi.org/10.3354/meps238187>.