

한국 동해에 출현하는 살오징어(*Todarodes pacificus*)의 위내용물 조성

박현솔 · 진수연 · 김소라¹ · 김종진¹ · 백근욱*

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산과학원 연근해자원과

Diet Composition of Common Flying Squid *Todarodes pacificus* in the Coastal Waters of East Sea, Korea

Hyun-Sol Park, Suyeon Jin, So Ra Kim¹, Jung Jin Kim¹ and Gun Wook Baek*

Department of Marine Biology and Aquaculture/Department of Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Fisheries Resources Management Division/Researcher National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

The diet composition of common flying squid *Todarodes pacificus* was studied using 1,084 specimens collected through trawl and jigging from June 2018 to June 2020 in the East Sea of Korea. The mantle length (ML) of the collected individuals ranged from 13.6 to 31.1 cm. *Todarodes pacificus* is a carnivore. In the study area, *T. pacificus* was observed feeding mainly on fish and cephalopods, in addition to small quantities of crustaceans. The calculated trophic level value for *T. pacificus* was 4.10. Small individuals (ML, <18.0 cm) mainly fed on cephalopods, while intermediate (ML, 18.0-23.0 cm) and large (ML, ≥23.0 cm) individuals fed mainly on fish and occasionally on cephalopods. Overall, as the body size of *T. pacificus* increased, the mean weight of the consumed prey increased (one-way ANOVA, $P < 0.05$).

Keywords: Common flying squid, *Todarodes pacificus*, Diet composition, East Sea

서론

살오징어(*Todarodes pacificus*)는 살오징어과(Family Ommastrephidae)에 속하며, 우리나라 전 해역을 비롯해 동중국해, 일본 태평양 측 연안 및 오호츠크해까지 광범위하게 회유하고 연중 산란하는 두족류로서, 산란시기 및 산란장 위치, 회유경로 등에 따라 여름, 가을, 겨울 3개의 산란군으로 구분된다(Roper et al., 1984; Murata, 1989). 산란장은 타이완 북부해역에서부터, 동중국해의 대륙붕과 대륙사면 부근을 따라 동해 남부 지역까지 넓게 분포하고 있으며, 각 계절 산란군의 산란시기에 따라 산란장의 북상(가을) 및 남하(겨울)가 발생한다(Shojima, 1972; Sakurai et al., 2000). 살오징어는 우리나라의 주요 상업 어종으로 2016년 이전까지 연간 약 10만톤 이상이 어획되었으나, 2020년에 56,621톤이 어획되었다(KOSIS, 2021). 살오징어의 자원량 급감의 주된 원인 중 하나로써 과도한 어획이 대두되고 있지만, 이외에 장기적인 기후변화 및 해양환경 변동으

로 인해 동해의 표층과 중층의 수온변화 패턴이 상이해지면서 서식지 변동에 따른 어장 변동 영향으로 인해 살오징어의 어획량이 지속적으로 감소하고 있는 실정이다(Song, 2018). 살오징어 자원관리의 필요성이 대두됨에 따라 우리나라는 2007년부터 총허용어획량제도(total allowable catch, TAC)의 대상어종으로 선정하여 어획량을 관리하고 있으며, 2018년부터 수산자원회복사업의 회복대상 종으로 추가되어 보다 정밀한 자원 조사 및 평가를 바탕으로 살오징어 자원의 회복 및 관리 방안 마련을 추진하고 있다(Jo et al., 2019b). 살오징어의 생물·생태에 관한 선행연구를 살펴보면, 국외에서는 산란 및 부화에 관한 연구(Bower and Sakurai, 1996), 기후 및 해양환경변화에 따른 유생의 분포변화에 관한 연구(Goto, 2002; Kidokoro et al., 2010), 식성에 관한 연구(Hamabe and Shimizu, 1966; Tanaka, 1993; Uchikawa and Kidokoro, 2014) 등이 있으며, 국내에서는 성숙속과 생식주기에 관한 연구(Baek et al., 2006), 동중국해 북부의 유생분포에 관한 연구(Kim et al., 2014a, 2014b), 식성에 관

*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.2021.1052>

Korean J Fish Aquat Sci 54(6), 1052-1057, December 2021

Received 18 October 2021; Revised 17 November 2021; Accepted 23 November 2021

저자 직위: 박현솔(대학원생), 진수연(대학원생), 김소라(연구원), 김종진(연구원), 백근욱(교수)

한 연구(Kim and Kang, 1998; Song et al., 2006) 등이 있다.

살오징어의 자원량 증감에 관계된 자원생태학적 연구 중에서도 특히 섭식 생태 연구는 포식자와 피식자의 상호관계에 대해 파악할 수 있으며, 대상 생물에 대한 어업이 생태계에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 예측할 수 있다(Bax, 1998; Melnychuk et al., 2017). 또한 살오징어는 동물플랑크톤과 소형어류 등을 섭식하고 고등어(*Scomber japonicus*), 방어(*Scomber australasicus*), 태평양참다랑어(*Thunnus orientalis*), 상어류(Sharks)와 같은 대형 어류와 해양 포유류 등의 먹이원이 되어 해양생태계에서 상위 영양단계의 중요한 위치에 있다(Sakurai, 2007; Sakurai et al., 2013). 하지만 국내에서 수행된 살오징어의 식성에 관한 연구는 지난 2006년 한국 남동해역을 대상으로 수행된 이후, 현재까지 전문한 실정으로 최근 10년간의 자원변동을 고려한 재분석 연구가 수행되어야 한다. 따라서 이번 연구는 한국 동해에 출현하는 살오징어 자원을 효율적으로 관리하고 이용할 수 있는 기초 자료를 제공하기 위해 1) 위내용물 조성 및 영양단계를 파악하고, 2) 크기군별 위내용물 조성의 변화 등을 분석하였다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 살오징어 시료는 2018년 6-7, 10-12월, 2019년 1-3, 5, 10-12월, 2020년 1-3, 5-6월에 우리나라 동해 69-71, 74, 76, 82-83, 87-88, 93해구에서 대형트롤, 오징어채낚기 어업을 통해 어획된 것을 부산공동어시장에서 구매하였다.

구입된 시료는 국립수산물과학원에서 각 개체의 외투장(mantle length, ML)과 체중(g)을 측정 후, 위를 적출하여 99.9% 알코올에 보관하였다. 보관된 살오징어의 위를 경상국립대학교 해양동물자원학 실험실로 운반, 해부현미경(LEICA 12; LEICA, Wetzlar, Germany) 아래에서 위내용물을 분석하였다. 또한 위내용물에서 출현한 먹이생물은 가능한 낮은 중 수준까지 동정하였으며, 정밀전자저울(Analytical Balance ME204TE/00; Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)을 이용하여 중량을 0.0001 g까지 측정하였다. 위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F)와 중량비(%W)로 나타냈으며, 아래 식을 이용하여 구하였다.

$$\%F = A_i / N \times 100$$

$$\%W = W_i / W_{total} \times 100$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 살오징어의 개체수이며, N 은 먹이를 섭식한 살오징어의 총 개체수, W_i 는 해당 먹이생물의 중량, W_{total} 은 전체 먹이 중량이다.

먹이생물의 순위지수(ranking index, RI)는 Hobson (1974)의 식을 이용하여 구하였다.

$$RI = \%F \times \%W$$

순위지수는 백분율로 환산하여 순위지수비(%RI)로 나타냈다.

$$\%RI = \frac{RI_j}{\sum_{j=1}^n RI} \times 100$$

살오징어의 생태적 지위를 파악하기 위한 영양단계(trophic level, TL_k)는 Cortés (1999)의 식을 이용하여 구하였다.

$$TL_k = 1 + \sum_{j=1}^n |P_j \times TL_j|$$

여기서, P_j 는 먹이생물 분류군 j 가 차지하는 순위지수비이며, TL_j 는 먹이생물 분류군 j 의 영양단계이다. 먹이생물 분류군의 영양단계는 Pauly et al. (1998), Cortés (1999), Ebert and Bizzarro (2007)를 참고하여 평균값으로 사용하였다.

살오징어의 크기군별 위내용물 조성을 파악하기 위하여 구입된 시료 중 위내용물이 있었던 시료를 3개의 크기군(< 18.0 cm, 18.0-23.0 cm, ≥23.0 cm)으로 나누어 각 크기군별 먹이생물 분류군 조성을 분석하였다.

살오징어의 크기군간 먹이생물의 중복도(Schoener's index; Schoener, 1970)는 dietary overlap index를 이용하여 구하였다.

$$C_{xy} = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 는 그룹 x 와 y 그룹의 먹이 중 발견된 i 종의 순위지수비(%RI)이다. 중복도 지수 값의 범위는 0에서 1까지이며, 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 볼 수 있다. 중복도 값이 0.6 이상이면 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다(Wallace, 1981).

또한 크기군별 먹이 섭식 특성을 파악하기 위해 개체당 먹이의 평균 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 크기별 섭식 특성의 유의성 확인을 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA, Microsoft excel 2016; Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

결 과

위내용물 조성 및 영양단계

이번 연구에 사용된 살오징어 시료는 총 1,048개체로, 외투장은 13.6-31.1 cm의 범위를 보였으며, 공복인 개체는 352개체로 33.6%의 공복률을 나타냈다. 먹이를 섭식한 696개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 살오징어의 가장 중요한 먹이생물은 46.3%의 출현빈도와 70.0%의 중량비를 보여 68.1%의 순위지수비를 나타낸 어류(Pisces)였다. 어류 다음으로 중요한 먹이생물은 55.3%의 출현빈도와 26.6%의 중량비를 보여 31.0%의 순위지수비를 나타낸 두족류(Cephalopoda)였다. 그 외에, 갑각

류(Crustacea), 복족류(Gastropoda), 살파류(Salpidae), 해조류(Seaweeds) 등이 위내용물 중에 출현하였으나 각각 0.9% 이하의 순위지수비를 보여 그 양은 매우 적었다.

또한 살오징어의 생태적 지위를 알아보기 위해 먹이생물의 영양단계를 살펴본 결과(Table 2), 1.00-3.20의 범위를 보였는데, 두족류가 3.20의 가장 높은 값을 보였으며, 해조류가 1.00의 가장 낮은 값을 나타냈다. 따라서 한국 동해에 출현하는 살오징어의 영양단계는 4.10의 값을 나타냈다.

크기군별 위내용물 조성의 변화

살오징어의 크기군별 먹이생물 변화를 파악하기 위하여 살오징어 시료를 3개의 크기군으로 구분하여 분석한 결과(Fig. 1), 살오징어의 먹이생물 중에서 두족류는 <18.0 cm 크기군에서 60.9%, 18.0-23.0 cm 크기군에서 18.8%, ≥23.0 cm 크기군에서 36.3%의 순위지수비를 나타내 <18.0 cm 크기군에서 가장 중요한 먹이생물이었다. 또한 살오징어의 먹이생물 중 어

Table 1. Composition of the stomach contents of *Todarodes pacificus* by frequency of occurrence (%F), wet weight (%W), and ranking index (%RI) collected from June 2018 to June 2020 in the East Sea of Korea

Prey organisms	%F	%W	RI	%RI
Crustacea	12.5	3.2	40.5	0.9
Amphipoda	0.6	0.9		
Gammaridae	2.2	0.1		
Hyperiididae	1.9	0.8		
<i>Parathemisto japonica</i>	1.4	0.8		
Unidentified Hyperiididae	0.4	+		
Unidentified Amphipoda	0.6	+		
Brachyura	0.1	+		
Copepoda	0.1	+		
Euphausiacea	0.1	+		
Macrura	1.3	+		
<i>Leptocheila sydniensis</i>	1.1	+		
Unidentified Macrura	1.3	+		
Unidentified Crustacea	6.0	2.3		
Cephalopoda	55.3	26.6	1,473.7	31.0
Gastropoda	0.1	+	+	+
Nematoda	0.9	+	+	+
Pisces	46.3	70.0	3,237.1	68.1
Salpidae	0.3	0.1	+	+
Scaphopoda	0.1	+	+	+
Dentaliida	0.1	+		
Seaweeds	0.3	+	+	+
Total		100.0	4,751.3	100.0

+, less than 0.1%.

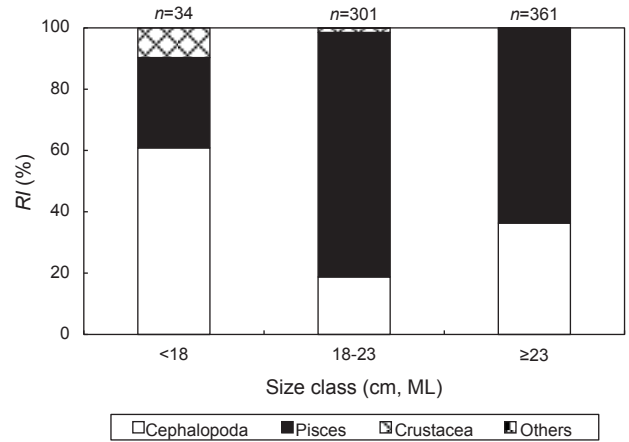


Fig. 1. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by ranking index (%RI) of *Todarodes pacificus* collected from June 2018 to June 2020 in the East Sea of Korea (<18.0 cm, n=34; 18.0-23.0 cm, n=301; ≥23.0 cm, n=361).

류는 <18.0 cm 크기군에서 29.4%, 18.0-23.0 cm 크기군에서 79.8%, ≥23.0 cm 크기군에서 63.3%의 순위지수비를 나타내 <18.0 cm 크기군을 제외하 나머지 크기군에서 가장 중요한 먹이생물이었다. 이와 같이 살오징어는 <18.0 cm 크기군에서 두족류를 주로 섭식하였으나 18.0-23.0 cm 크기군과 ≥23.0 cm 크기군에서 두족류의 섭식율이 감소하고 어류의 섭식율이 증가하였다.

또한 전체 위내용물을 대상으로 살오징어의 크기군간 먹이생물 중복도를 알아본 결과, <18.0 cm 크기군과 18.0-23.0 cm 크기군에서 0.50의 값으로 먹이생물이 유의하게 중복되지 않았다. 그러나 <18.0 cm 크기군과 ≥23.0 cm 크기군에서 0.66의 값을 나타냈으며, 18.0-23.0 cm 크기군과 ≥23.0 cm 크기군에서는 0.82의 값을 나타내어 해당 크기군간 먹이생물이 유의하게 중복되었다.

Table 2. Prey categories used to calculate standardized diet composition and trophic levels of *Todarodes pacificus*

Group	Trophic level
Crustacea	2.37
Cephalopoda	3.20
Gastropoda	2.13
Nematoda	2.10
Pisces	3.06
Salpidae	2.50
Scaphopoda	2.27
Seaweeds	1.00

Mean trophic levels of each prey type are from Pauly et al. (1998), Cortés (1999) and Ebert and Bizzarro (2007).

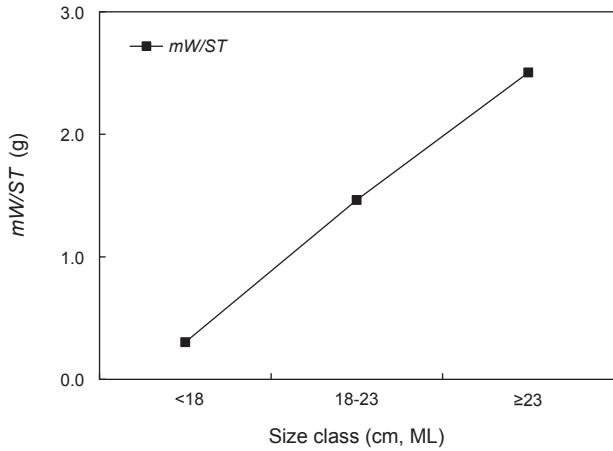


Fig. 2. Variation of mean weight of prey per stomach (mW/ST) of *Todarodes pacificus* among size classes collected from June 2018 to June 2020 in the East Sea of Korea (<18.0 cm, $n=34$; 18.0-23.0 cm, $n=301$; ≥ 23.0 cm, $n=361$).

크기군별 개체당 평균 먹이생물 중량

살오징어의 먹이생물을 대상으로 크기군별 개체당 먹이생물의 평균 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 알아본 결과(Fig. 2), 개체당 평균 먹이생물 중량은 외투장이 증가함에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다(one-way ANOVA, $F=10.241$, $P<0.05$).

고 찰

이번 연구에서 살오징어의 가장 중요한 먹이생물은 어류였으며, 그 외에 두족류, 갑각류 등을 섭식하는 전형적인 육식성(carnivorous) 포식자였다. 한국 남해와 동해에서 수행된 Kim and Kang (1998)의 연구와 한국 남동해역에서 수행된 Song et al. (2006)의 연구에서도 살오징어의 주 먹이생물이 어류로 나타나 이번 연구의 결과와 동일하게 나타났다. 살오징어는 일주 수직이동(diel vertical migration)을 하는 어종으로, 낮에는 포식자들을 피해 수심 깊은 곳에 있다가 밤이 되면 먹이를 찾아 수면 부근으로 올라와 소형어류 등을 섭식한다고 알려져 있다(Lee and Choi, 2008). 이번 연구에서도 살오징어는 어류 외에 두족류, 갑각류, 복족류, 해조류 등을 섭식하였는데, 이는 살오징어가 일주 수직이동을 하기 때문에 부유성 먹이생물과 저서성 먹이생물을 모두 섭식할 수 있었던 것으로 생각된다. 또한 대부분의 두족류는 해역의 환경에 따라 먹이생물의 밀도가 낮으면 포획빈도가 낮아져 낮은 먹이선택성을 보이며, 먹이생물의 밀도가 높으면 포식활동이 왕성해지는 기회주의적 섭식(opportunistic feeding)을 한다(Overholtz et al., 2000; Rosas-Luis et al., 2008). 따라서 이번 연구에서의 살오징어는 조사해역인 동해의 환경에 풍부하게 분포하고 있는 소형어류를 주로 섭식

하여 기회주의적 섭식을 하는 것으로 생각된다.

선행연구의 위내용물 조성 결과를 토대로 구한 동해에 출현하는 태평양참다랑어(*Thunnus orientalis*)와 낫돌고래(*Lagenorhynchus obliquidens*)의 영양단계를 알아본 결과(Jo et al., 2019a; Lee et al., 2019), 각각 4.14, 4.16의 값을 나타냈으며, 이번 연구에서 살오징어의 영양단계는 4.10의 값을 나타냈다. 이와 같이 살오징어는 해양 생태계 내에서 이차생산자인 동물 플랑크톤 및 소형어류를 주로 섭식하여 최상위 포식자 사이를 연결해 주는 상위 영양단계에 위치하는 매우 중요한 종인 것으로 판단된다.

대부분의 두족류는 유생기에 입의 크기가 작고, 유영능력이 미약하므로 포식하기에 적합한 연체동물의 유생, 곤쟁이류(Mysidacea), 소형 새우류를 포함하는 소형 갑각류를 주로 섭식하며, 성장 후 성체가 되면 외투장이 증가함에 따라 유영능력 및 포획능력이 향상되어 섭식되는 먹이생물의 에너지를 최대화하기 위해 어류의 치어와 두족류를 섭식한다고 알려져 있다(Nixon, 1987; Uchikawa and Kidokoro, 2014). 이번 연구에서 크기군에 따른 먹이생물 조성을 살펴본 결과, 두족류에서 어류로 먹이전환이 나타났다. 반면에, 일본에서 수행된 살오징어 유생의 먹이생물을 조사한 Uchikawa and Kidokoro (2014)의 연구에서는 <10.0 cm 크기군에서 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)를 주로 섭식하다 10.0-15.0 cm 크기군에서 성장함에 따라 어류로 먹이전환이 나타났다. 하지만 이번 연구에서는 <10.0 cm 작은 외투장의 개체가 채집되지 않아 살오징어 유생의 먹이생물을 정확하게 파악할 수 없었다. 일본에서 수행된 Uchikawa and Kidokoro (2014)의 연구에서 <10.0 cm 작은 개체들은 주로 비교적 크기가 작은 난바다곤쟁이류를 섭식한다는 결과와 이번 연구 결과를 종합해보면, 작은 개체들은 주로 난바다곤쟁이류를 섭식하며, 성장함에 따라 두족류와 어류를 섭식하는 것으로 판단된다. 따라서 한국 동해에 출현하는 살오징어 역시 <10.0 cm 작은 개체들의 주 먹이생물은 비교적 크기가 작은 소형 갑각류를 섭식할 것으로 추정되며, 성장속도가 매우 빠른 단년생 회유성 생물로 빠른 성장을 위해 영양적 측면에서 효율이 높은 비교적 크기가 큰 먹이생물로 먹이전환을 할 것으로 생각된다.

일반적으로 많은 육식성 포식자는 성장함에 따라 에너지 요구량이 증가되고 유영능력과 포획능력 향상, 복강용적 증가, 소화능력 향상 등의 이유로 평균 먹이생물의 중량이 증가하는 경향을 보인다(Gerking, 1994). 이번 연구에서 살오징어의 성장에 따른 먹이 섭식 특성을 알아본 결과, 성장함에 따라 평균 먹이생물 중량이 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 따라서 살오징어는 성장함에 따라 더 많은 양의 에너지를 충족시키기 위해서 다량의 먹이생물을 섭식하여 노력당 에너지 요구량을 최대화하는 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 <13.0 cm 작은 개체의 시료를 확보하지 못하여 전체 크기군별 먹이전환에 대해 조사하지 못하였다. 따라서 살오징어의 전체 크기군별에 따른 먹이생물 조성 변화에 대

해 확실한 결과를 얻기 위해서는 이번 연구에서 채집되지 않은 <13.0 cm 개체들을 포함한 성장단계에 따른 식성 연구가 추가로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

이번 연구는 2018-2020년도 국립수산물과학원 연근해 어항변동 정밀분석 및 예측 고도화 연구(R2021037)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Baek HJ, Kim JW, Cho YJ and Kim SA. 2006. Sexual maturity and reproductive cycle of the common squid *Todarodes pacificus* in the East Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 39, 472-479. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.6.472>.
- Bax NJ. 1998. The significance and prediction of predation in marine fisheries. ICES J Mar Sci 55, 997-1030. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0350>.
- Bower JR and Sakurai Y. 1996. Laboratory observations on *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) egg masses. Am Malacol Bull 13, 65-71.
- Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES J Mar Sci 56, 707-717. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0489>.
- Ebert DA and Bizzarro JJ. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). Environ Biol Fish 80, 221-237. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9227-4>.
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, CA, U.S.A., 416.
- Goto T. 2002. Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan, and its implication for locating spawning grounds. Bull Mar Sci 71, 299-312.
- Hamabe M and Shimizu T. 1966. Ecological studies on the common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup, mainly in the southwestern waters of Japan Sea. Bull Japan Sea Fish Res Lab 16, 13-55.
- Hobson ES. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona. Hawaii Fish Bull 72, 915-1031.
- Jo HJ, Lee SI, Kim DN and Lee MK. 2019a. Feeding habits of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in Korean waters. J Korean Soc Fish Ocean Technol 55, 20-28. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.1.020>.
- Jo MJ, Kim JJ, Yang JH, Kim CS and Kang SK. 2019b. Changes in the ecological characteristics of *Todarodes pacificus* associated with long-term catch variations in jigging fishery. Korean J Fish Aquat Sci 52, 685-695. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0685>.
- Kidokoro H, Goto T, Nagasawa T, Nishida H, Akamine T and Sakurai Y. 2010. Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid *Todarodes pacificus* in the Sea of Japan. ICES J Mar Sci 67, 1314-1322. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq043>.
- Kim JJ, Kim CH, Lee JS and Kim SA. 2014a. Seasonal characteristics of *Todarodes pacificus* paralarval distribution in the Northern East China Sea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 59-61. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0059>.
- Kim YH and Kang YJ. 1998. Stomach contents analysis of the common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup in Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 31, 26-30.
- Kim YH, Moon CH and Lee CI. 2014b. Distribution of the common squid *Todarodes pacificus* paralarvae in the Southern Coastal waters in the East Sea in August and September 2013. The Sea: J Korean Soc Oceanog 19, 215-222. <https://doi.org/10.7850/jkso.2014.19.3.215>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2021. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://www.fips.go.kr> on Nov 6, 2021.
- Lee CI and Choi KH. 2008. Influence of marine environment in main fishing ground and spawning ground on the squid catch in the East Sea. In: Proceedings of KOSOMES biannual Meeting. 143-145.
- Lee DS, Lee SH, Kim HW, Yoo JT and Sohn HS. 2019. Diet of the Pacific white-sided dolphin *Lagenorhynchus obliquidens* in the East Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 52, 740-744. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0740>.
- Melnychuk MC, Peterson E, Elliott M and Hilborn R. 2017. Fisheries management impacts on target species status. Proc Nat Acad Sci 114, 178-183. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609915114>.
- Murata M. 1989. Population assessment, management and fishery forecasting for the Japanese common squid *Todarodes pacificus*. In: Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. Caddy JR, ed. Jhon Wiley and Sons, New York, NY, U.S.A., 613-616.
- Nixon M. 1987. Cephalopods diets. In: Cephalopod life cycles. Vol 2. Comparative review. Boyle PR, ed. Academic Press, London, U.K., 201-219.
- Overholtz WJ, Link JS and Suslowicz LE. 2000. Consumption of important pelagic fish and squid by predatory fish in the northeastern USA shelf ecosystem with some fishery comparisons. ICES J Mar Sci 57, 1147-1159. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0802>.
- Pauly D, Trites AW, Capuli E and Christensen V. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES J Mar Sci 55, 467-481. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0428>.
- Roper CFE, Sweeny MJ and Nauen CE. 1984. Family Ommastrephidae. In: FAO species catalogue. Vol 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis, Rome, Italy, 156-186.
- Rosas-Luis R, Salinas-Zavala CA, Koch V, del Monte-Luna P

- and Morales-Zárate MV. 2008. Importance of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) in the pelagic ecosystem of the central Gulf of California. *Ecol Model* 218, 149-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.06.036>.
- Sakurai Y, Kidokoro H, Yamashita N, Yamamoto J, Uchikawa K and Takahara H. 2013. *Todarodes pacificus*, Japanese common squid. In: Advances in squid biology, ecology and fisheries. Part II. Rosa R, Pierce G and O'Dor R, eds. Nova Science Publishers Inc., New York, NY, U.S.A., 257-260.
- Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh S, Goto T and Hiyama Y. 2000. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES J Mar Sci* 57, 24-30. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0667>.
- Sakurai Y. 2007. An overview of the Oyashio ecosystem. *Deep Sea Res Part II Top Stud Oceanogr* 54, 2526-2542. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2007.02.007>.
- Schoener TW. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51, 408-418. <https://doi.org/10.2307/1935376>.
- Shojima Y. 1972. The common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the East China Sea-II. Eggs, larvae and spawning ground. *Bull Seikai Reg Fish Res Lab* 42, 25-58.
- Song HJ, Baek GW, Kim SA and Huh SH. 2006. Feeding Habits of *Todarodes pacificus* (Cephalopods: Ommastrephidae) in the Coastal Waters of Busan, Korea. *J Korean Fish Soc* 39, 42-48. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.042>.
- Song HJ. 2018. Fluctuations of common squid *Todarodes pacificus* catches in the Northwestern Pacific under changing climate and habitat temperature. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 338-343. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0338>.
- Tanaka Y. 1993. Japanese common squid *Todarodes pacificus* preys on benthic polychaete *Nereis pelagica*. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 555-558.
- Uchikawa K and Kidokoro H. 2014. Feeding habits of juvenile Japanese common squid *Todarodes pacificus*: relationship between dietary shift and allometric growth. *Fish Res* 152, 29-36. <https://doi.org/10.1016/J.FISHRES.2013.07.001>.
- 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%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1981)110%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2).