



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

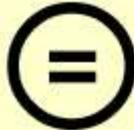
이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

부산 주변 해역에서 채집된
살오징어(*Todarodes pacificus*)의 식성



2007년 2월

부경대학교 대학원

해양생물학과

송혜진

이학석사 학위논문

부산 주변 해역에서 채집된
살오징어(*Todarodes pacificus*)의 식성

지도교수 김 수 암

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함



2007년 2월

부경대학교 대학원

해양생물학과

송혜진

송혜진의 이학석사 학위논문을 인준함

2006년 1월 12일



주 심 이학박사 백 근 육 (인)

위 원 이학박사 백 혜 자 (인)

위 원 이학박사 김 수 암 (인)

목 차

Abstract	1
서론	3
재료 및 방법	8
결과	11
1. 위 내용물 조성	11
2. 성장에 따른 먹이생물 조성의 변화	16
3. 계절에 따른 먹이생물 조성의 변화	20
고찰	25
살오징어의 공복율	26
성장과 계절에 따른 먹이생물의 변화	27
동종섭이	29
향후 연구계획	30
요약	32
참고문헌	34
감사의 글	41

*Feeding Habits of **Todarodes pacificus**
(Cephalopods: Ommastrephidae) in the Coastal
Waters off Busan, Korea*

Hyejin Song

*Department of Marine Biology, Graduate School,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

Abstract

Stomach content analysis for common squid was carried out to investigate the difference in seasonal and ontogenetic feeding behavior. Totals of 1368 common squid were collected monthly off Busan from September 2004 to August, 2005. Size range of common squid was 8.5-31.8 cm mantle length (ML) during the study period. Of the 1368 stomachs examined, 599 specimens (43.8%) were empty. Stomach contents indicated that common squid was carnivore: Large portion of stomach contents consisted of fish and mollusca (mainly common squid). The

stomach contents index (SCI) seemed to increase with size, though there was no statistical difference between size classes significantly. Cannibalism was minimum in size range of 15-20 cm ML, but was steadily increased with size. Cephalopods were the major prey during spring and summer when common squid were small, but fish replaced it during autumn and winter when they became large.



서론

살오징어(*Todarodes pacificus*)는 살오징어과(Ommastrephidae)에 속하는 종으로 한국 연안, 황해, 일본 연안에 분포하며, 1년생 연체동물 종으로 연중 산란한다(Yamada et al., 1986; Nakamura and Sakurai, 1993). 살오징어는 여름, 가을, 겨울의 3개의 산란군으로 나뉘어지며(Okutani, 1983; Yamada et al., 1986), 암컷은 숫컷보다 2개월 먼저 성숙하여 수정 후 1회 산란하고 사망한다(Yamada et al., 1986; Ikeda et al., 1993).

두족류는 해양의 상부에 주로 서식하기 때문에, 대기환경의 변화 혹은 해양 표층의 변화에 매우 민감하게 반응을 하는 생물종으로 알려져 있다. 북서태평양 해역에 분포하는 살오징어의 경우, 해양의 표층 수온이 높았던 시기가 낮았던 시기에 비하여 어획량이 많았다(Sakurai et al., 2000; Zhang et al., 2004).

살오징어는 우리나라 전 해역에서 어획되지만 주로 동해에서 채취된 어선에 의해 어획되는데, 1980년대까지 약 50,000톤 정도의 낮은 어획량을 보였으나, 1990년대 초반 이후에 급격하게 증가하였다(Fig. 1). 이러한 어획량의 급격한 변화는 살오징어 생태 연구에 대한 중요성을 가중시키고 있다.

우리나라 해역에 서식하는 살오징어의 주된 성육장은 동해이므로, 이들은 태어나서 산란을 하고 죽을 때까지 광범위한 해역을 계절적으

로 회유하고 있다(Yamada et al., 1986; Nakamura and Sakurai, 1993). 부산 부근 해역은 동중국해 산란장과 성육장인 동해의 중간에 위치하고 있으므로, 산란장에서 태어난 살오징어의 유생들이 성육장으로 빠져 나가는 관문으로서, 혹은 동해에서 성장한 성체들이 산란장으로 다시 돌아가는 통로로서 살오징어의 생물학 연구에 중요한 해역이다 (Fig. 2).

일반적으로 해양생태계에서 대형어류가 상위 포식자군에 속하며, 무척추동물은 하위 피식생물군에 속한다. 하지만 두족류는 크기도 크고, 유영속도도 빠르기 때문에 생태계 먹이망에서 어류와 마찬가지로 지위를 누리고 있다. 살오징어의 식성에 관한 연구는 일본에서는 Araya and Nakamichi(1962), Okutani(1962), Okiyama(1965), Hamabe and Shimizu(1966), Tanaka(1993) 등에 의해, 우리나라에서 Lim(1967)과 Kim and Kang(1998) 등에 의해서 이루어 졌으나, 이들 모두 살오징어의 일반적인 주 먹이생물만을 보고했을 뿐이다. 식성연구는 대상종의 성장이나 계절적인 요인이 크게 작용한다고 알려져 있으나 (Nikolsky, 1963), 현재까지의 살오징어 식성 연구에서는 그러한 요인이 고려된 바가 없다.

일본 연안에 서식하는 살오징어 식성 연구에서 이들의 주 먹이생물은 어류(Pisces), 두족류(Cephalopoda), 갑각류(Crustacean), 갯지렁이류(Polychaeta) 등 이었다(Yamada et al., 1986). 많은 해양생물은 성장하면서 식성이 변화하는 것으로 알려져 있는데(Nikolsky, 1963), 두족류는 어린시기에 새우유생과 게유생 등 작은 크기의 먹이생물을 주

먹이생물로 섭이하면서 성장하다가 먹이전환이 일어나 어류, 두족류, 갑각류, 다모류 등을 섭이한다고 알려져 있다(Yamada et al., 1986; Koueta and Boucaud-Camou, 1999). 또한 두족류는 같은 종의 개체를 포식하는 것으로 알려져 있다. 유영생물에서 발견되는 공식현상(cannibalism)의 유형으로는 먼저 부화한 자치어가 나중에 부화한 보다 어린 자치어를 섭이하는 경우, 동일시기에 부화한 무리에서 약한 개체를 섭이하는 경우, 성어가 같은 종의 난과 자치어를 섭이하는 경우, 천적으로부터 자신의 난을 보호하다가 더 이상 보호가 불가능할 때 자신의 영양분으로 섭취하는 경우, 새끼가 부화되었을 때 죽은 어미의 사체가 새끼의 영양분으로 섭취되어지는 경우 등의 여러 유형이 있다(Dominey and Blumer, 1984; Fukuhara and Fushimi, 1988; Fukuhara, 1989; Hseu et al., 2003). 일반적으로 수온, 염분, 저질 그리고 수심 등의 여러 환경요인에 따라 환경생물의 현존량과 종조성이 다르게 나타난다. 따라서 서식환경이 유사한 우리나라 연안에 서식하는 살오징어의 주 먹이생물 또한 일본 연안에 서식하는 살오징어와 유사한 경향을 보일 것으로 예상된다.

생물의 생태학적, 습성학적 연구는 생물종의 가입과 생체량의 변동을 이해하는 기초 자료를 제공해 준다. 본 연구는 부산 주변 해역에 서식하고 있는 살오징어의 위 내용물 분석을 통하여 주 먹이생물, 성장에 따른 먹이생물 조성의 변화, 계절에 따른 먹이생물 조성의 변화, 성장 및 계절에 따른 위 내용물 중량지수 변화 등을 파악하였다.

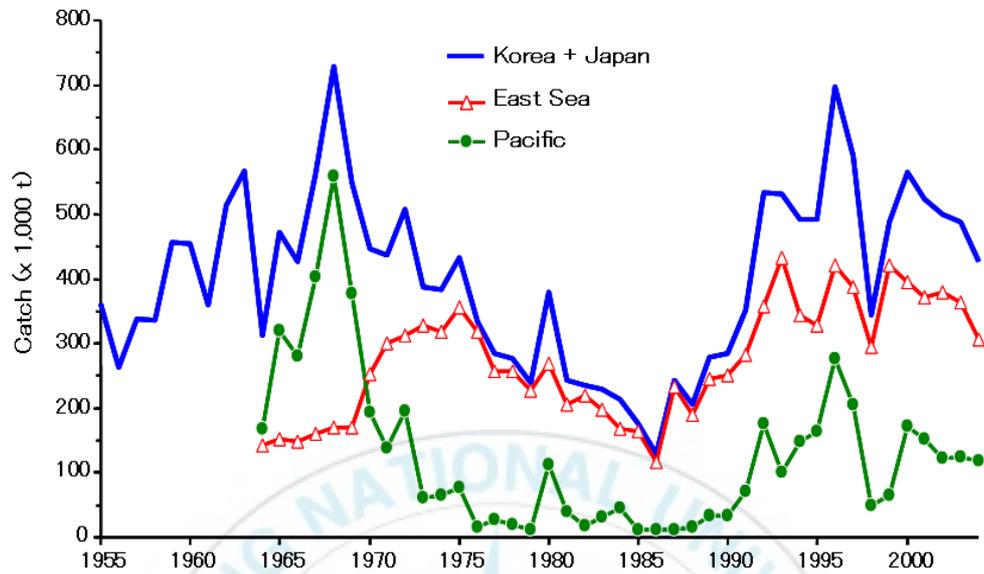


Fig. 1. Annual fluctuation in common squid, *T. pacificus* catches of Korea and Japan during 1955 - 2004. (Data derived from the Japan Sea Research Institute, Japan and the National Fisheries Research and Development Institute, Korea).

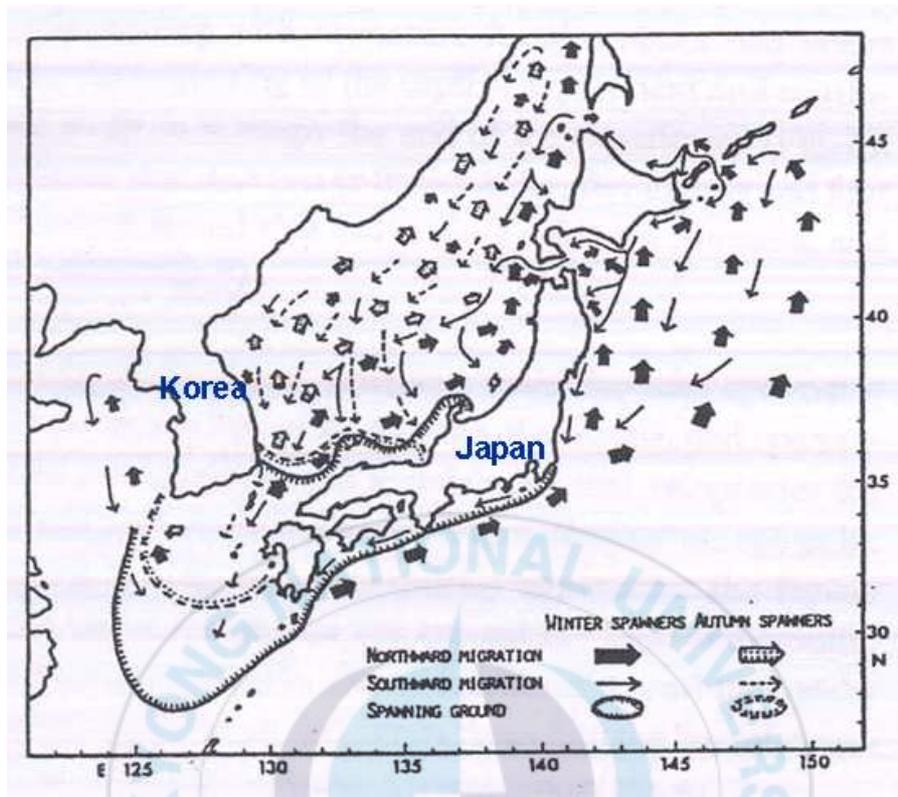


Fig. 2. *Todarodes pacificus* spawning grounds and typical migration(winter and autumn grounds). (Murata, 1990)

재료 및 방법

이 연구에 사용된 살오징어는(총 1,368개체) 부산 주변 해역에서 2004년 9월부터 2005년 8월까지 매월 1회 채낚기(jigging fishery)어선을 이용하여 오후 12시부터 다음날 오전 7시까지 채집하였다(Fig. 3). 밤에 채집된 시료는 현장에서 냉장상자에 보관하였다가 낮에 실험실로 운반되었다. 실험실에서 각 개체의 외투장(mantle length, ML)과 체중을 각각 0.1 cm, 0.1 g 단위까지 측정하였으며, 위 부분을 분리한 뒤, 위 무게를 0.1 g 단위까지 측정하고, 위 내용물을 Takeda(1982), Cha et al.(2001), Yoon(2002)을 기준으로 동정하였다.

먹이생물은 종류별로 건조기에 넣고 80℃에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량(dry weight, DW)을 0.1 mg 단위까지 측정하였다. 위 내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도와 건조중량비로 나타내었으며, 출현빈도(F_i)는 다음과 같이 구하였다.

$$F_i (\%) = \frac{A_i}{N} \times 100$$

여기서 A_i 는 해당 먹이생물이 위 내용물 중 발견된 살오징어의 개체수이고, N 은 위속에 내용물이 있었던 살오징어의 개체수이다.

섭이된 먹이생물의 순위지수(Ranking Index, RI)는 출현빈도와 건조중량을 곱하여 계산하였다.

$$RI (\%) = F_i (\%) \times DW (\%)$$

살오징어의 위 내용물 중량지수(Stomach Content Index, SCI)은 Watanabe et al.(2004)의 식을 이용하여 구하였다.

$$SCI = \frac{SCW(g)}{BW(g)} \times 100$$

여기서 GW(gonad weight)는 생식소 중량이고, BW(body weight)는 체중, SCW(stomach content weight)는 위 내용물 중량이다.



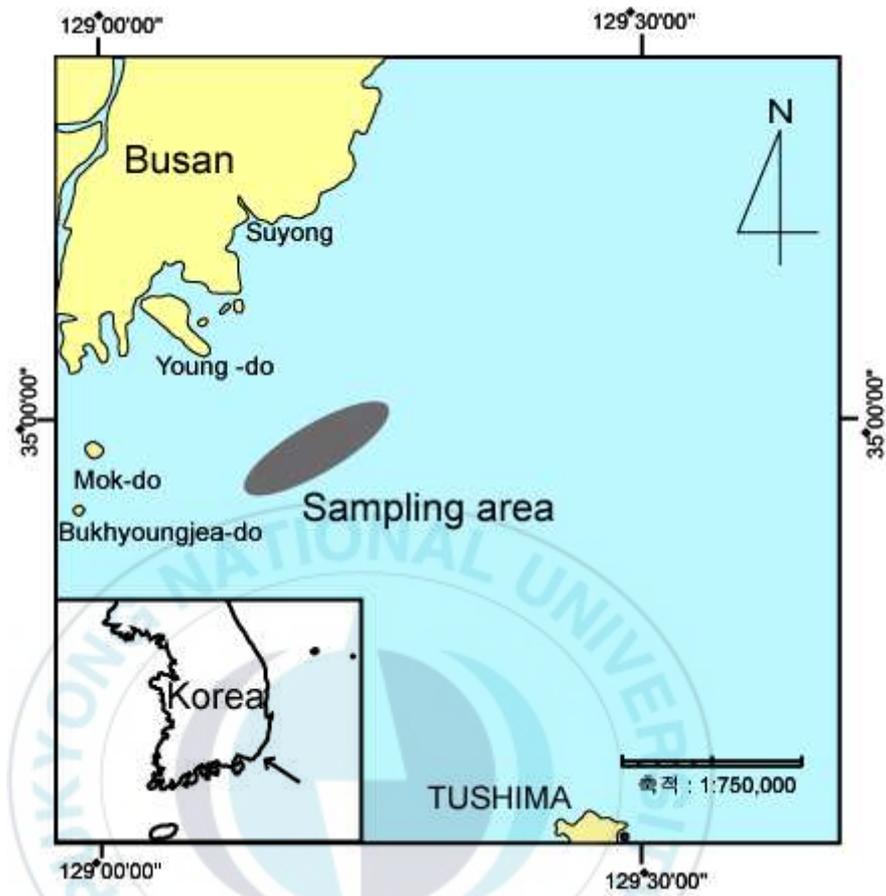


Fig. 3. Location of the sampling area.

결 과

1. 위 내용물 조성

본 연구에 사용된 살오징어의 외투장 (mantle length)은 8.5-31.8 cm 범위였다(Fig. 4). 2005년 2월에서 6월까지의 외투장 20 cm미만의 비교적 작은 크기의 개체가 채집되었는데, 5월과 6월에 최소체장의 살오징어가 출현하였다. 그 후 여름부터 9월까지의 출현하는 살오징어의 체장이 계속 증가하였으며, 가을과 초겨울에는 체장의 변화가 심하지 않았다.

위 내용물 분석에 사용된 살오징어 중에서 위속에 내용물이 전혀 없었던 개체는 599개체로서 43.8%의 공복율을 보였다. 섭취한 먹이는 매우 다양한데, Fig. 5는 살오징어의 위 내용물 사진을 보여준다. (A)는 어류의 척추뼈로 판단되며, (B)는 어류의 가슴지느러미, (C)는 어류의 비늘, (D)는 어류의 이석, (E)는 두족류의 부리(beak), (F)는 두족류의 다리부분, (G)는 새우류의 머리부분, (H)는 갑각류의 잔해, (I)는 요각류이며, (J)는 부화직전의 난으로 판단된다.

먹이를 섭취한 769개체의 위 내용물을 분석해본 결과, 살오징어의 먹이생물은 어류(Pisces), 연체동물(Mollusca), 갑각류(Crustaceans)였으며 (Table 1), 이 중에서 가장 중요한 먹이생물은 어류로 나타났다. 어류는 39.4%의 출현빈도를 보였으며, 전체 건조중량의 71.1%, 순위지수

(RI)는 70.2%를 차지하였다. 어류 다음으로 중요한 먹이생물은 연체동물, 갑각류 순으로 나타났는데, 연체동물은 49.3%의 출현빈도와 22.5%의 건조중량비를 보였으며 순위지수는 27.8%였다. 연체동물 중에서 살오징어의 위 내용물에 두족류(Cephalopoda)와 이매패류(Bivalvia)가 나타났는데 그 중에서 두족류가 47.7%의 출현빈도와 21.9%의 건조중량비를 보여 연체동물 중에서 가장 중요한 먹이생물이었다. 갑각류는 15.0%의 출현빈도와 5.5%의 건조중량비를 보였으며 순위지수는 2.1%였다. 갑각류에서는 단각류(Amphipoda), 새우류(Caridea), 게류(Brachyura), 갯가재류(Stomatopoda) 등이 발견되었다.

본 연구 결과와 같이 살오징어는 어류, 연체동물, 갑각류를 먹이생물로 하는 육식성 종(carnivores)이었으며, 동종을 포식하는 동종포식자였다. 많은 해양생물들이 일주 수직이동(diel vertical migration)을 한다고 알려져 있는데, 살오징어 역시 낮에는 포식자들을 피해 저층에 머물다가 밤에 먹이를 찾아 표층으로 이동하는 일주 수직이동을 하기 때문에 부유성 먹이생물과 저서성 먹이생물을 모두 섭이할 수 있었던 것으로 추정된다. 살오징어 위에서 미성숙한 개체와 성숙한 개체 모두 발견된 것으로 보아, 동종포식 현상의 여러 유형 중에서 동일시기에 부화한 무리에서 약한 개체가 포식 당하였거나, 어미에 의해 어린 개체들이 포식을 당한 유형이라고 보인다. 어획 후 선상에서 동시에 잡힌 살오징어들이 서로 잡아먹는 경우가 있을 수 있으나, 이번 조사의 경우 위 내용물 중의 살오징어가 소화가 어느 정도 진행된 상태로 발견되는 점으로 보아 살오징어는 동종포식을 하는 것이 명확하다.

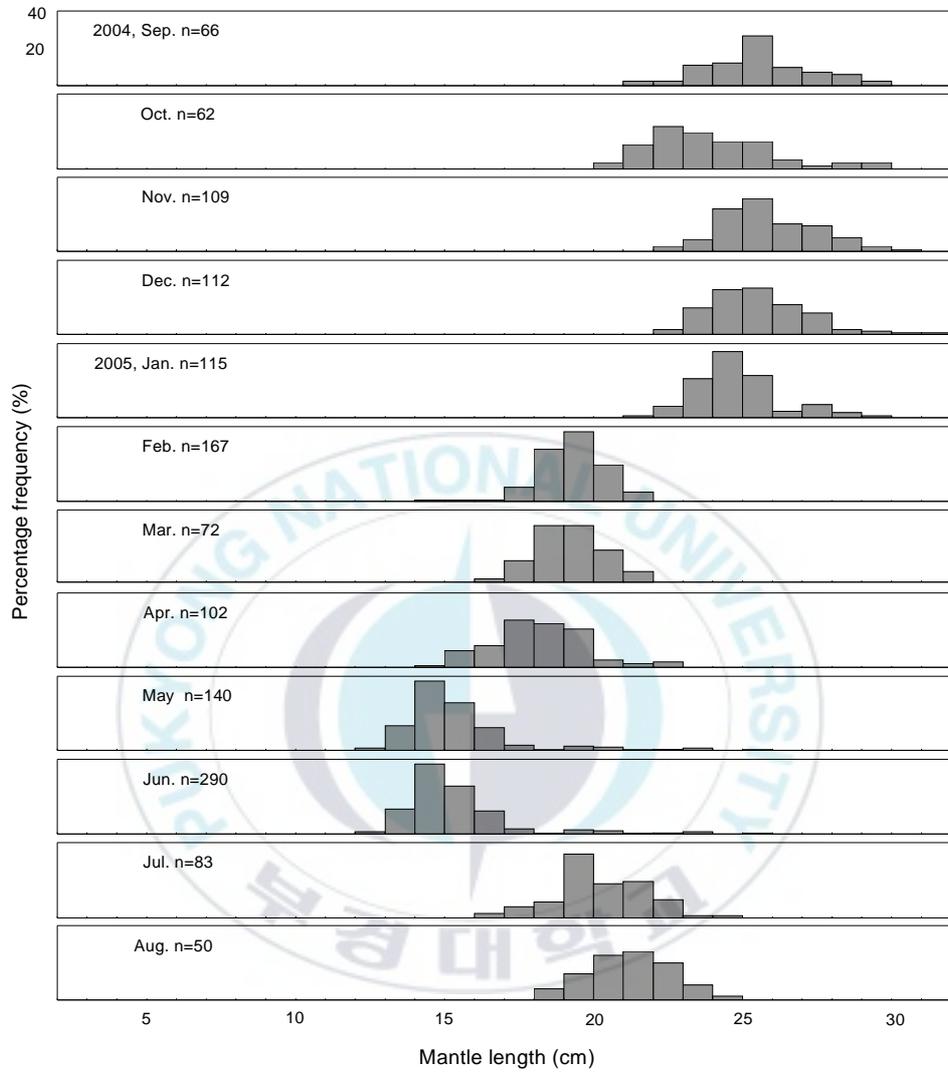


Fig. 4. Size distribution of *Todarodes pacificus* collected in the coastal waters off Busan, Korea.

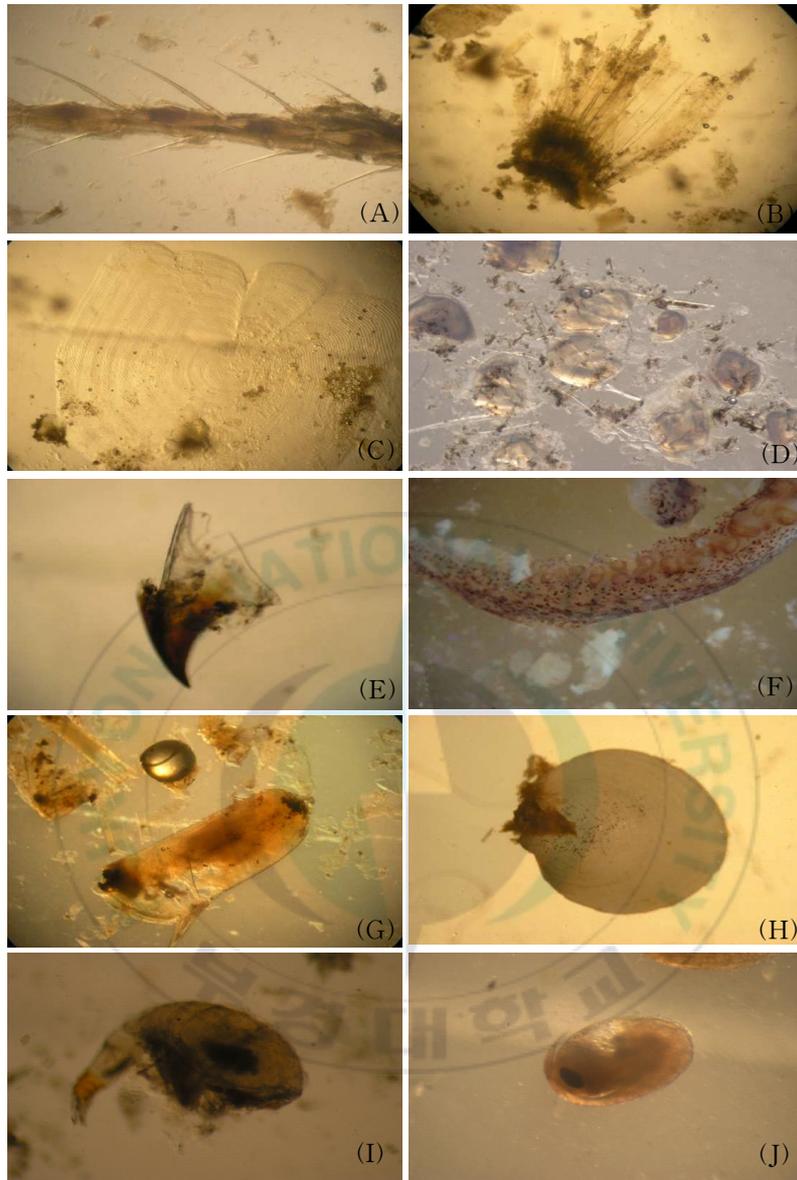


Fig. 5. Photomicrographs of prey items in stomach contents of *Todarodes pacificus*; A, fish vertebra; B, fin of fish; C, fish scale; D, fish otolith; E, beak of squid; F, squid arm; G, crustacea; H, bivalvia; I, copepoda; J, shrimp egg.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Todarodes pacificus* by frequency of occurrence and dry weight

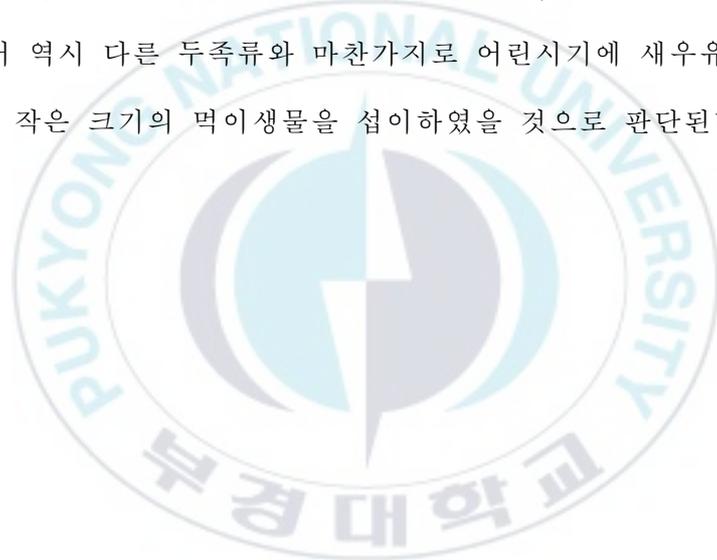
Prey organism	Occurrence (%)	Dry weight (%)	RI	RI (%)
Crustacea	15.0	5.5	82.5	2.1
Copepoda	0.3			
Amphipoda	1.4		0.1	
Caridea	1.7	2.9	5.0	
Brachyura	0.4			
Stomatopoda	0.1	0.3		
Unidentified crustacea	12.3	2.0	25.0	
Mollusca	49.3	22.5	1,108.3	27.7
Cephalopoda	47.7	21.9	1,046.1	
Bivalvia	1.7	0.5	0.9	
Pisces	39.4	71.1	2801.3	70.2
Eggs	2.1	0.2	0.4	
Total		100.0		100.0

2. 성장에 따른 먹이생물 조성의 변화

본 연구에서 채집된 살오징어를 외투장 기준 5 cm 간격으로 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm의 네 개의 크기군을 나누어 먹이생물의 조성 변화를 조사하였다(Fig. 6). 외투장 10-15 cm의 크기군에서 어류가 44.9%로 가장 중요한 먹이생물이었으며, 그 다음으로 연체동물이 43.9%, 갑각류가 11.2% 순이었다. 15-20 cm의 크기군에서는 어류의 점유율이 크게 증가하여 45%를 차지하였으며, 반면 연체동물의 점유율은 크게 감소하여 8.1%를 차지하였다. 갑각류의 점유율은 감소하여 7.4%를 차지하였다. 20-25 cm의 크기군에서는 어류와 갑각류의 점유율이 감소하여 각각 68.2%와 3.9%를 차지하였으며, 연체동물의 점유율은 증가하여 26.1%를 차지하였다. 25-30 cm의 크기군에서는 어류와 갑각류의 점유율이 계속 감소하여 각각 68.2%와 3.9%를 차지하였으며, 연체동물의 점유율은 계속 증가하여 40.0%를 차지하였다. 먹이생물 중 갑각류의 점유율이 성장함에 따라 점진적으로 감소하는 것을 보아 살오징어 역시 다른 두족류와 마찬가지로 비교적 작은 크기에서는 갑각류를 먹이생물로 선호하였으며, 성장하면서 연체동물과 어류로의 먹이전환이 일어났다. 살오징어와 같은 단년생으로 성장속도가 매우 빠른 해양생물은 빠른 성장에 따른 영양분을 유지하며 생존하기 위하여 성장함에 따라 보다 크고 많은 먹이생물을 섭이하며, 성장단계별로 가장 효율적인 먹이전환을 한 것으로 생각된다.

크기군에 따른 위 내용물 중량지수 값을 살펴보면, 가장 작은 크기군인 외투장 10-15 cm에서 평균 1.03의 값을 보였으며, 분산값이 작았다. 그 보다 더 큰 체장에서는 분산값이 높기 때문에 통계적으로 차이를 보이지는 않았지만 성장함에 따라 계속 증가하였다. 가장 큰 25-30 cm의 크기군에서는 평균 1.67의 값으로 가장 큰 위 내용물 중량지수를 나타냈다(Fig. 7).

본 연구에서는 외투장 8.5 cm 이하의 살오징어는 채집되지 않아 어린시기의 정확한 먹이생물은 알 수가 없었지만, 과거의 연구에 따르면 살오징어 역시 다른 두족류와 마찬가지로 어린시기에 새우유생과 게유생 등의 작은 크기의 먹이생물을 섭이하였을 것으로 판단된다.



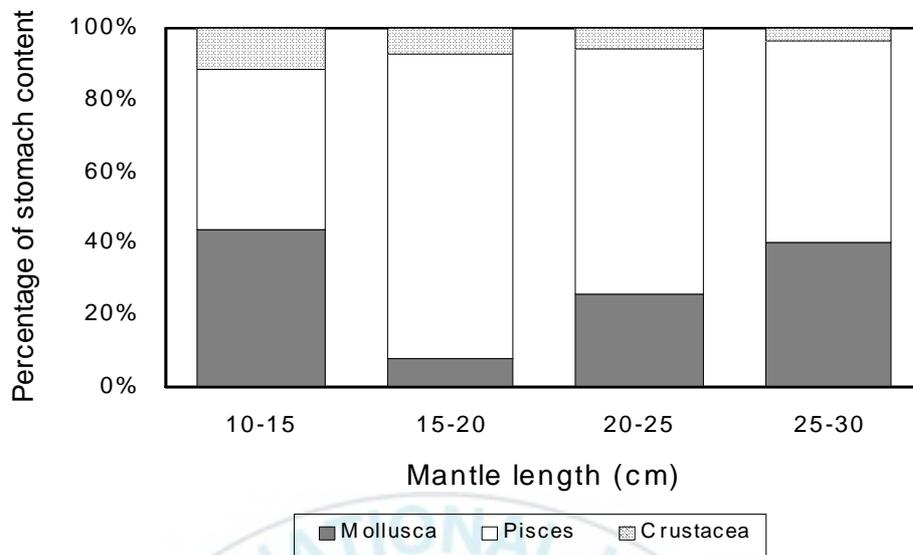


Fig. 6. Ontogenetic changes in diet of *Todarodes pacificus* by dry weight.

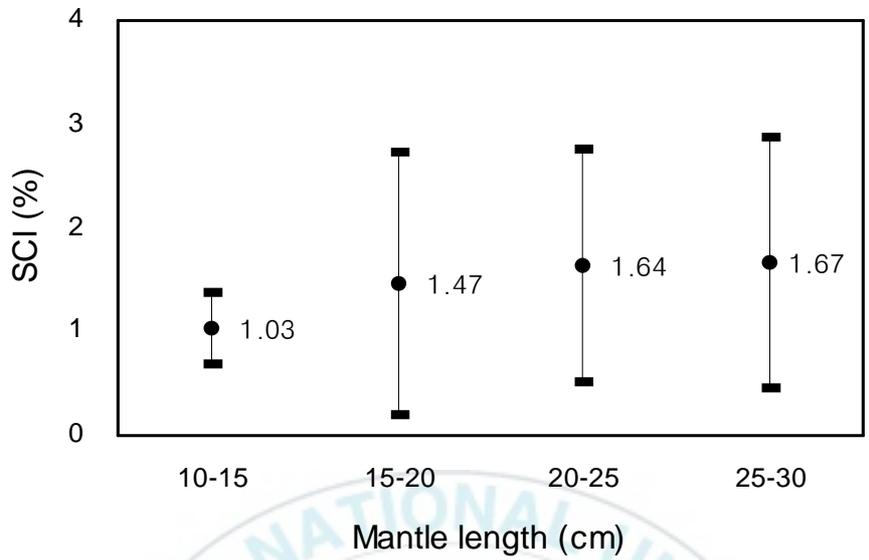


Fig. 7. Ontogenetic changes by SCI (%) in stomach contents of *Todarodes pacificus*.

3. 계절에 따른 먹이생물 조성의 변화

살오징어는 계절에 관계없이 어류, 연체동물, 갑각류 등을 섭이하였으나, 주요 먹이생물이 위 내용물 중 차지하는 비율은 계절적 변화가 있다(Fig. 8). 봄에 연체동물의 점유율은 55.1%였으며, 어류는 40.0%, 갑각류는 4.9%였다. 여름에는 연체동물과 갑각류의 점유율이 증가하여 각각 68.4%와 10.8%였으며, 반면 어류의 점유율은 감소하여 20.8%를 나타내었다. 가을에는 연체동물과 갑각류의 점유율이 감소하여 각각 26.4%와 5.7%를 보였으며, 어류는 증가하여 67.9%를 나타내었다. 겨울에는 연체동물과 갑각류의 점유율이 계속 감소하여 각각 17.6%와 5.3%를 보였으며, 어류는 계속 증가하여 77.1%를 보였다.

계절별 위 내용물 중량지수 값을 살펴보면, 봄과 여름에 각각 평균 1.10과 1.01의 낮은 값을 보였으며, 분산값이 작았다. 하지만 가을과 겨울에는 각각 평균 2.08과 1.90의 비교적 높은 값을 보였다(Fig. 9). 두족류 중에서 *Heteroloigo bleekeri*와 같은 종은 산란기에는 먹이를 섭이하지 않는다고 보고 된 바 있는데(Yammada et al., 1986), 본 연구에서 계절별 위 내용물 중량지수를 조사해본 결과 봄과 여름에 위 내용물 중량지수 값이 비교적 낮게 나타나기는 하였지만 살오징어는 산란기와 관계없이 연중 섭이를 하는 것으로 판단되었다(Fig. 10).

일본 연안에 서식하는 살오징어는 산란기에 펄 밖으로 나와 유영을 하는 다모류들을 섭이하기도 하지만(Tanaka, 1993), 본 연구의 살오

징어는 전혀 갯지렁이류를 섭이하지 않았다. 이와같은 일부 다모류들의 집단표층산란현상(epitoky)은 연안지역에 매우 한정되어 있기 때문에 채낚이에 의해 외양에서 포획된 본 연구의 살오징어 위 내용물 중에서 나타나지 않은 것이라 생각된다.



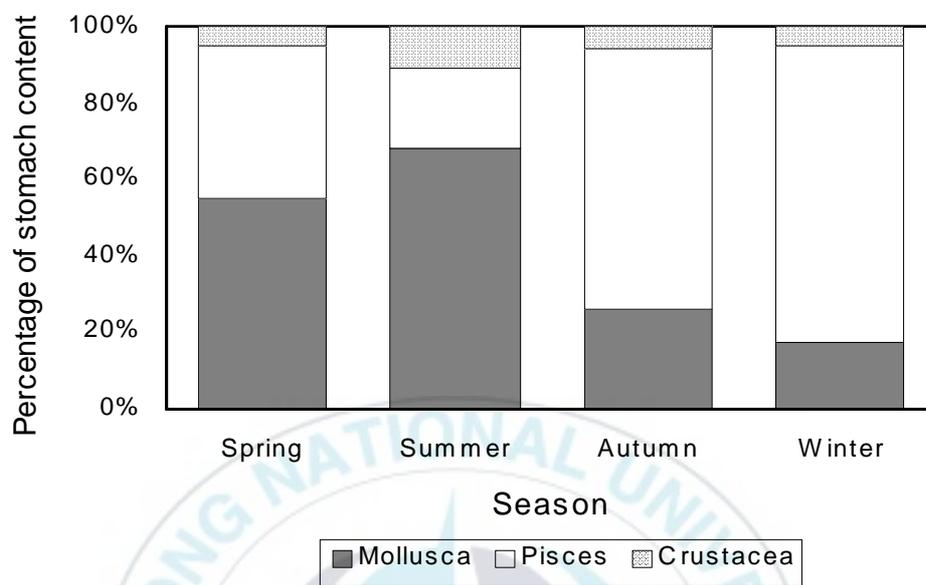


Fig. 8. Seasonal changes in diet of *Todarodes pacificus* by dry weight.

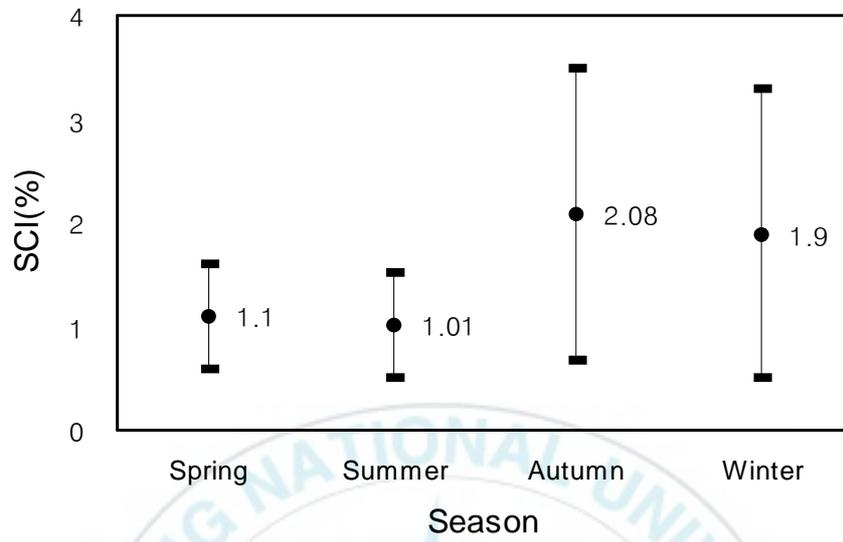


Fig. 9. Seasonal changes by SCI (%) in stomach contents of *Todarodes pacificus*.

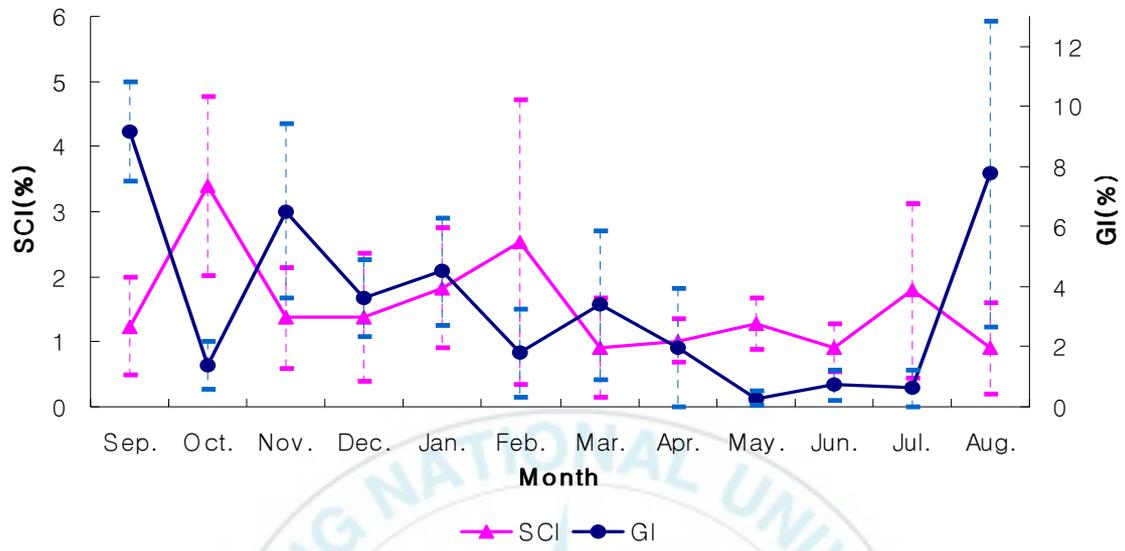


Fig. 10. Monthly changes between SCI and GI of *Todarodes pacificus*.

고 찰

어류 식성 연구의 일반적인 목표는 어류의 크기, 형태학적, 습성학적 특성과 유용한 먹이 자원에 따른 먹이 조성을 추정하는 일이다. 포식자는 선택 경향에 부합하는 그들 주위에서 관찰된 가장 풍부한 먹이를 마구잡이로 먹거나, 유용할 수 있는 특정한 먹이를 선택적으로 섭이한다(Eggers, 1977; Sih and Moore, 1990). 지금까지 보고된 연구에 의하면 대부분의 두족류들은 어류, 두족류, 갑각류, 갯지렁이류(Polychaeta) 등이 주 먹이생물이었다(Yamada et al., 1986; Guerra and Rocha, 1994; Coelho et al., 1997; Santos and Haimovici, 1997; du Sel and Daguzan, 1997). 두족류들은 종에 따라 선호하는 먹이생물이 달랐는데, 크게 어류를 선호하는 그룹과 갑각류를 주 먹이생물로 하는 그룹으로 나뉘어진다. *Illex argentinus*, *Loligo vulgaris*, *Loligo vulgaris* 와 *L. forbesi*, *Sepiella officinalis*, *Sepioteuthis lessoniana*, *Photololigo edulis*, *Heteroloigo bleekeri* 등의 대부분의 두족류는 어류를 주 먹이생물로 선호하는 그룹에 속하였으며, *Sepia esculenta*와 *Sepiella japonica* 등은 갑각류를 선호하는 그룹에 속하였다. 본 연구에서 살오징어는 어류, 두족류, 갑각류를 모두 섭이하였지만 첫 번째 그룹의 두족류와 동일하게 어류를 주 먹이생물로 섭이하는 그룹에 속하는 것으로 판단된다.

살오징어의 공복율

본 연구의 결과는 살오징어의 매우 높은 공복율(43.8%)을 보였다. 이는 다른 해역에 서식하는 오징어류에도 나타나는 현상이다. 예를 들면, Portugal 남부해안과 Saharan Bank에 서식하는 *Loligo vulgaris*는 공복율이 각각 70.9%와 59.2% (Coelho et al., 1997), Southern Brazil에 서식하는 *Illex argentinus*는 50.2% (Santos and Haimovici, 1997), 우리나라에 서식하는 살오징어는 58% (Kim and Kang, 1998) 등 많은 두족류의 식성연구에서 공복율이 매우 높게 나타났다. 또한 두족류와 유사한 먹이생물을 섭이하는 어식성 어류들에서도 매우 유사한 양상을 보였다. 우리나라 남해에서 연구된 갈치(*Trichiurus lepturus*)는 16.2%의 공복율을 보였으며(Huh, 1999), Hawaii의 Kane ohe 만의 상어류인 *Sphyrna lewini*는 20% (Bush, 2003), 동북부 대서양에 서식하는 가오리류인 *Raja clavata*는 37.1% 그리고 상어류인 *Galeorhinus galeua*는 47.7% (Morato et al., 2003), 포르투갈 아조레스제도에 서식하는 꼬치고기류인 *Sphyrna viridensis*는 34% (Barreiros et al., 2002) 등이었다. 대부분의 어식성인 해양포식자들은 먹이를 소화하는 능력이 뛰어나며, 어류와 두족류 등의 먹이생물은 갑각류(Crustaceans)와 이매패류(Bivalvia) 등의 다른 먹이생물에 비하여 비교적 빨리 소화되기 때문에 공복율이 높은 것으로 판단된다. 또한 살오징어는 간과 이자의 기능을 하는 큰 암갈색의 간췌장을 가지고 있는데, 간췌장은 일반적으로 탄수화물 분해효소를 함유한 소화액을 분비하고, 영양

을 세포내소화, 세포외소화 및 흡수를 하는 기능을 가지고 있다. 따라서 살오징어는 간체장의 역할로 인한 높은 소화율로 공복율 또한 높을 것으로 추정된다.

성장과 계절에 따른 먹이생물의 변화

살오징어 식성에 대한 이전 연구 결과를 살펴보면, Okutani(1983)는 살오징어의 먹이가 지역적으로 다소 차이를 보이지만, 부유성 갑각류(euphausiids, *Themisto* sp. 등), 어류(정어리 Myctophidae 등의 소형어류) 그리고 오징어류는 필수적으로 섭이한다고 보았다. 본 연구에서도 살오징어 주요 먹이 생물이 어류, 연체류(오징어류), 갑각류 순으로 Okutani(1983)의 연구 결과와 일치하였지만, 시료로 사용된 살오징어 위의 소화정도가 크에 따라 종 단위까지의 정량적인 분석을 하지 못했다. 그러나 채집지인 부산 앞바다를 포함하는 남해안의 종조성으로 보아 우점종인 멸치(*Engraulis japonicus*)는 먹이 생물이 되는 어류 중 가장 주요한 종으로 고려될 수 있다.

Okiyama(1965)는 살오징어의 일일 섭이량과 섭이 시간은 성장에 따라 증가하여 피크 시기에는 체중의 5~10%를 소비하며, 섭이 활동은 해질녘과 새벽녘에 최대가 되고, 날이 밝기 시작하면서 점점 감소한다고 보고하였다. 반면에, Hamabe 와 Shimizu(1966)는 살오징어가 어린시기에는 부유성 생물을 섭이하다가 성어가 되면서 어류나 오징어류

를 먹는 섭이 전환을 하고, 성장하면서 섭이율이 감소하며, 체중에 대한 위 내용물 중량은 어린시기보다 대략 16% 내외로 낮아진다고 보고했다. 또한 그들은 살오징어가 낮 동안은 해양의 저층에서 저서성 어류를 먹고, 밤에는 표층으로 올라오는 수직 회유를 하면서 기아 상태에 놓인 살오징어의 출현빈도와 동종섭이 현상이 증가한다고 보았다. 본 연구에서 체장에 대한 위 내용물 중량지수로써 성장에 따른 섭이량을 유추해본 결과, 살오징어는 성장함에 따라 섭이량이 다소 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 그러나 이는 10 cm 이상의 살오징어만을 대상으로 한 결과이므로 전 성장 단계에 걸친 식성 연구가 필요하다.

계절에 따른 식성의 변화는 일반적으로 대상 종의 서식 환경과 밀접한 관련이 있다. 남해안의 주요 종인 멸치는 봄에는 4 cm이하의 소형 개체들이 채집되나, 이들은 점차 성장하여 가을에는 5~8 cm의 개체들이 크게 번성한다(Huh and Kwak, 1998). 따라서 어식성인 살오징어의 계절에 따른 먹이생물 구성비에서 가을과 겨울에 어류의 비중이 가장 큰 것으로 생각된다.

살오징어는 일생동안 회유를 한다(Okutani, 1983; Yamada et al., 1986; Ikeda et al., 1993). 동해안을 지나 회유하는 살오징어 계군들은 제주도 근해에서 부화되어 부산 연근해를 거쳐 북쪽으로 이동한 후 다시 산란을 위하여 제주도 근해로 이동해 온다. 살오징어는 여러 계군이 제주도 연근해에서 연중 산란을 하는데, 조사 해역인 부산 연근해를 거쳐 북쪽으로 이동하는 계군은 제주도 근해에서 부화되어 비교적 어린 개체들의 계군이며, 반면 북쪽에서 산란을 위해 제주도 근해로

내려오는 살오징어 개체들은 산란 직전의 성체들이다(Yamada et al., 1986; Nakamura and Sakurai, 1993). 따라서 2월과 6월에 채집된 외투장 20 cm미만의 비교적 작은 개체들은 제주도 근해에서 부화되어 북쪽으로 회유하는 계군이며, 그 외에 9월부터 1월에 걸쳐 채집되어진 살오징어는 북쪽에서 산란을 위해 제주도 근해로 내려오는 산란 직전의 살오징어 계군이라 생각된다.

동종섭이

동종섭이자(cannibal)는 자신과 같은 종을 섭이하는 동물로서, 동종섭이는 자신과 같은 종을 먹는 행위로서 정의될 수 있다. 이러한 행위의 피포식관계는 3가지로 나누어 설명할 수 있는데, 동종이지만 혈연관계가 없는 경우, 혈연관계를 이루는 형제들 간의 먹고 먹히는 경우, 어미와 자손관계에서 어미가 자손을 먹는 경우와 반대로 자손이 어미를 먹는(matriphagy) 경우가 있다(Smith and Reay, 1991). 여러 실험적인 증거들은 개체들 간의 동종섭이가 적정섭식이론(optimal foraging theory)에 따르거나, 건강상태를 강화하기 위해 나타난다는 주장을 뒷받침하고 있다(Polis, 1981; Dominey and Blumer, 1984; Meffe and Crump, 1987). Nishimura와 Hoshino(1999)의 모델링 연구에서 동종섭이는 생산성이 낮은 환경(예, 빈영양상태의 해양 환경)에서 진화적으로 안정적인 전략일 것이라고 보고한 바 있으며, 최근에는 개체의 건강상

태를 강화할 수 있는 적응가치를 가지는 생태학적인 메커니즘으로 간주되고 있다(Bobisud, 1976). 살오징어의 경우, 여러 산란군을 가지면서 혈연관계에 있지 않은 다른 산란군의 동종을 섭이하거나, 같은 산란군 안에서 혈연관계를 이루는 형제들 간의 동종섭이가 일어나는 경우로 보인다.

경험적으로, 수온이 높아짐에 따라 어류의 먹이 요구가 증가하기 때문에 동종섭이가 더 많이 일어난다(Jobling, 1997; Kestemont and Baras, 2001). 동종섭이의 효과는 상대적으로 낮은 수온에서는 감소하고, 결과적으로 식욕감소와 느린 성장을 가져온다. 살오징어 역시 본 연구 결과에서 수온이 높은 여름에 먹이 생물 구성비에서 오징어류가 가장 많은 비율을 차지하면서 동종섭이가 더 활발하게 일어난 것을 알 수 있다.

섭식효율과 동종섭이에 대한 빛의 영향은 먹이를 탐색하고 포획하는데 사용하는 감각에 의존한다(Blaxter, 1986; Olla et al., 1995, 1996; Tucker, 1998; Barrows and Rust, 2000). 가지적으로 적응된 종에 의한 동종섭이는 빛의 강도가 낮거나, 탁도가 증가하는 환경에서 상대적으로 낮게 일어난다. 살오징어는 낮에는 포식자들을 피해 해양의 저층에서 생활하고, 밤에는 표층으로 올라와 섭이를 한다. 이러한 수직회유는 낮과 밤의 섭이 경향에 차이를 줄 것으로 예상된다.

향후 연구계획

실험에 바탕을 둔 식성 연구는 포식자와 먹이생물 양쪽 모두의 속성과 섭이경향과의 양적인 상관관계를 밝히는데 가장 큰 초점을 둔다 (Folkvord and Hunter, 1986; Litvak and Leggett, 1992; Christensen, 1996). 그러나 이번 연구에서는 포식자의 속성만을 고려했을 뿐, 먹이생물의 속성에 대해서는 많은 고려가 이루어지지 않았다. 또한 치밀한 위 내용물 분석이 이루어지지 않아 먹이생물의 종 단위까지의 동정이 미흡하여, 포식자와 먹이생물 간의 정량적인 상관관계를 밝혀내지 못했다.

살오징어 유생의 첫 섭이에 대해서는 거의 알려진 바가 없다. 그러나 다른 종의 오징어 유생에서 연구된 결과에 따르면, 하루에 자신의 체중에 80%에서 100%를 섭이한다고 알려져 있다(LaRoe, 1971; Hurley, 1976). 몇몇의 두족류 유생의 성장에 첫 섭이 단계는 임계 시기가 될 수 있다(Vecchione, 1981, 1987). Bower와 Sakurai(1996)의 사육실험에서 섭이하지 못한 살오징어 유생은 부화한지 6일에서 7일 후에 사망하였으며, 기아에 의한 것으로 추정하였다. 따라서 유생의 섭이 경향은 살오징어 전체 식성에서 필수적으로 파악해야 할 과제이다.

요 약

본 연구는 부산 주변 해역에 풍부하게 서식하고 있는 살오징어의 위 내용물 분석을 통하여 주 먹이생물, 성장에 따른 먹이생물 조성의 변화, 계절에 따른 먹이생물 조성의 변화, 섭이율 등을 조사하였다. 살오징어의 시료는 부산 주변 해역에서 2004년 9월부터 2005년 8월까지 매월 1회 채집하였다. 채집된 시료는 현장에서 10% 중성포르말린에 보관하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 각 개체의 외투장(0.1 cm)과 체중(0.1 g)을 측정하였으며, 위 부분을 분리한 뒤 위 무게(0.1 g)를 측정하고, 위 내용물을 분석하였다. 위 내용물 중 출현하는 먹이생물은 Takeda(1982), Cha et al.(2001), Yoon(2002) 등을 이용하여 동정하였다. 위 내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(frequency of occurrence), 먹이생물의 개체수비 및 건조중량비로 나타내었다. 채집된 살오징어의 위 내용물 중량지수(Stomach Contents Index, SCI)를 구하였다. 이 연구에 사용된 살오징어의 개체수는 총 1368개체였으며, 이들의 외투장은 8~31 cm 크기의 범위를 보였다. 살오징어의 공복율은 43.8%를 차지하였으며, 먹이를 섭취한 799개체의 위 내용물을 분석한 결과, 살오징어의 먹이생물은 어류(pisces), 연체동물(mollusca), 갑각류(crustaceans)였다. 그 외에 난(egg) 등이 위 내용물 중 발견되었으나 그 양은 많지 않았다. 연체동물에서는 두족류(Cephalopoda)와 이매패류(Bivalvia)가 발견되었으며, 갑각류에서는 단각류(Amphipoda),

새우류(Caridea), 게류(Brachyura), 갯가재류(Stomatopoda)등이 발견되었다. 살오징어의 주요먹이생물은 어류이며, 위 내용물 중량지수(SCI, %)는 성장함에 따라 증가했다. 봄과 여름에는 연체동물이 주요먹이생물이었으나, 가을과 겨울에는 어류로 대체되었다.



참 고 문 헌

- Araya, H. and K. Nakamichi, 1962. Stomach contents of squid (*Ommastrephes sloani pacificus*) sampled in 1959 and 1960. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 19, 130-136.
- Barreiros, J.P., R.S. Santos and A.E. Borba, 2002. Food habits, schooling and predatory behaviour of the yellowmouth barracuda, *Sphyrna viridensis* (Perciformes: Sphyrnaidae) in the Azores. Cybium. Paris [Cybium], 26, 83-88.
- Barrows, F.T. and M.B. Rust, 2000. Larval feeding-fish. In: Encyclopedia of Aquaculture (ed. by R. R. Stickney), Wiley, New York, pp. 465-469.
- Blaxter, J.H.S. 1986. Development of sense organs and behaviour of teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. Trans. Am. Fish. Soc., 115, 98-114.
- Bobisud, L.E. 1976. Cannibalism as an evolutionary strategy. Bull. Math. Bio., 38, 359-368.
- Bower, J.R. and Y. Sakurai, 1996. Laboratory observations on *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) egg masses. Am. Malac. Bull., 13, 65-71.
- Bush, A. 2003. Diet and diel feeding periodicity of juvenile scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, in Kāneohe Bay, Ōahu, Hawaii. Envi. Biol. Fish., 67, 1-11.

- Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K.S. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H.S. Sohn, M.H. Sohn, D.H. Kim and J.H. Choi, 2001. Shrimps of the Korean Waters. Hanguel Graphics Press, Pusan, pp. 188.
- Christensen, B. 1996. Predator foraging capabilities and prey antipredator behaviours: pre-versus postcapture constraints on size-dependent predator-prey interactions. *Oikos*, 76, 368-380.
- Coelho, M., P. Domingues, E. Balguerias, M. Fernandez and J.P. Andrade, 1997. A comparative study of the diet of *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1799) (Mollusca: Cephalopoda) from the South coast of Portugal and the Saharan Bank (Central-East Atlantic). *Fish. Res.*, 29, 245-255.
- Dominey, W.J. and L.S. Blumer, 1984. Cannibalism of early stages in fishes. In: *Infanticide, Comparative and Evolutionary Perspective* (ed. by G. Hausfater and S.B. Hardy), Aldine, New York, pp. 43-64.
- Du Sel, G.P. and J. Daguzan, 1997. A note on sex ratio, length and diet of a population of cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda) sampled by three fishing methods. *Fish. Res.*, 32, 191-195.
- Eggers, D.M. 1977. The nature of prey selection by planktivorous fish. *Ecology*, 58, 46-59.
- Folkvord, A. and J.R. Hunter, 1986. Size-specific vulnerability of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae to predation by fishes. *Fish.*

- Bull., 84, 859-869.
- Fukuhara, O. 1989. A review of the culture of grouper in Japan. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 22, 47-57.
- Fukuhara, O. and T. Fushimi, 1988. Fin differentiation and squamation of artificially reared grouper, *Epinephelus akaara*. Aqua., 69, 379-386.
- Guerra, A. and F. Rocha, 1994. The life history of *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Galician waters (NW Spain). Fish. Res., 21, 43-69.
- Hamabe, M. and T. Shimizu, 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.
- Hseu, J.R. 2003. Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Fish. Sci., 68, 1384-1386.
- Huh, S.H. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Kor. J. Ichthyol., 11, 191-197.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak, 1998. Species composition and seasonal variations of fishes collected by winged stow nets on anchors off Namhae Island. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 34, 303-313.
- Hurley, A.C. 1976. Feeding behavior, food consumption, growth, and respiration of the squid *Loligo opalescens* raised in the laboratory. Fish. Bull. US, 74, 176-182.

- Ikeda, Y., Y. Sakurai, and K. Shimazaki, 1993. Fertilization capacity of squid (*Todarodes pacificus*) spermatozoa collected from various sperm storage sites, with special reference to the role of gelatinous substance from oviducal gland in fertilization and embryonic development. *Invert. Repro. Devel.*, 23, 39-44.
- Jobling, M. 1997. Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. Cambridge Univ. Press, pp. 225-253.
- Kestemont, P. and E. Baras, 2001. Environmental factors and feed intake in fish. In: Food Intake in Fish (ed. by D.F. Houlihan, T. Boujard and M. Jobling), Blackwell Sci. Oxford, pp. 131-156.
- Kim, Y.H. and Y.J. Kang, 1998. Stomach contents analysis of the common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup in Korean waters. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 26-30.
- Koueta, N. and E. Boucaud-Camou, 1999. Food intake and growth in reared early juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca Cephalopoda). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 240, 91-109.
- LaRoe, E.T. 1971. The culture and maintenance of the loliginid squids *Sepioteuthis sepioidea* and *Doryteuthis plei*. *Mar. Biol.*, 9, 9-25.
- Lim, J.Y. 1967. Ecological studies on common squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup in the eastern waters of Korea. *Rep. Res. Dev. Agen. Korea*, 7, 41-49.
- Litvak, M.K. and W.C. Leggett, 1992. Age and size-selective predation on larval fishes: the bigger-is-better hypothesis revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 81, 13-24.

- Meffe, G.K. and M.L. Crump, 1987. Possible growth and reproductive benefits of cannibalism in mosquitofish. *Am. Natur.*, 129, 203-212.
- Morato, T., E. Sola, M.P. Gros and G. Menezes, 2003. Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of the Azores, northeastern Atlantic. *Fish. Bull.*, 101, 590-602.
- Nakamura, Y. and Y. Sakurai, 1993. Age determination from daily growth increments in statoliths of some groups of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 339-344.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London, pp. 262-287.
- Nishimura, K. and N. Hoshino, 1999. Evolution of cannibalism in the larval stage of pelagic fish. *Evol. Ecol.*, 13, 191-209.
- Olla, B.L., M.W. Davis, C.H. Ryer and S.M. Sogard, 1995. Behavioral responses of larval and juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma*): possible mechanisms controlling distribution and recruitment. *ICES Mar. Sci. Sym.*, 201, 3-15.
- Olla, B.L., M.W. Davis, C.H. Ryer and S.M. Sogard, 1996. Behavioral responses determinants of distribution and survival in early stages of walleye pollock *Theragra chalcogramma*: a synthesis of experimental studies. *Fish. Oceanogr.*, 5, 167-178.
- Okutani, T. 1962. Diet of the common squid, *Ommastrephes sloani pacificus*, landed around Ito Port, Shizuoka Prefecture. *Bull. Tokai*

- Reg. Fish. Res. Lab., 32, 41-47.
- Okutani, T. 1983. Cephalopod Life Cycles. Academic Press, London, pp. 201-214.
- Okiyama, M. 1965. On the feeding habit of the common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the off-shore region of the Japan Sea. Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 14, 31-41.
- Polis, G.A. 1981. The evolution dynamic of intraspecific predation. Annual Rev. Ecol. Syst., 12, 225-251.
- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama, 2000. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J. Mar. Sci., 57, 24-30.
- Santos, R.A. and M. Haimovici, 1997. Food and feeding of the short-finned squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern Brazil. Fish. Res., 33, 139-147.
- Sih, A and R.D. Moore, 1990. Interacting effects of predator and prey behavior in determining diets. In: Hughes RN(ed) Behavioural mechanisms of food selection. Springer-Verlag, Berlin, pp. 771-796.
- Smith, C. and P. Reay, 1991. Cannibalism in teleost fishes. Rev. Fish Biol. Fish., 1, 41-64.
- Takeda, M. 1982. Keys to Japanese and Foreign Crustaceans. Hokuryukan Press, Tokyo, pp. 284.

- Tanaka, Y. 1993. Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) preys on benthic polychaete (*Nereis pelagica*). Tokai Univ. Press, Tokyo, 555-558 pp.
- Tucker, J.W. Jr 1998. Marine Fish Culture. Kluwer Acad., Boston.
- Vecchione, M. 1981. Aspects of the early life history of *Loligo pealei* (Cephalopoda; Myopsida). J. Shellfish. Res., 1, 171-180.
- Vecchione, M. 1987. Juvenile ecology. In: Cephalopod life cycles (ed. by P.R. Boyle), Vol. 2. Academic Press, London, pp. 61-84.
- Watanabe, H., T. Kubodera, S. Masuda and S. Kawahara, 2004. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific. Fish. Sci., 70, 573-579.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo, 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., pp. 501.
- Yoon, C.H. 2002. Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Publ. Co. Seoul, pp. 747.
- Zhang, C.I., J.B. Lee, Y.I. Seo, S.C. Yoon and S. Kim, 2004. Variation in the abundance of fisheries resources and ecosystem structure in the Japan/East Sea. Prog. Oceanogr., 61, 245-265.

감사의 글

언제나 저에게 지원을 아끼지 않고 사랑으로 감싸주는 저희 가족, 제게 공부의 길을 열어주신 선생님께 먼저 깊은 감사를 드립니다. 부족한 저를 흔쾌히 받아주시고, 많은 가르침으로 이끌어 주신 은혜 잊지 않겠습니다.

논문에 대한 조언을 아끼지 않고 제 의견을 언제나 존중해 주신 백근욱 박사님이 있었기에 이 논문이 나올 수 있었습니다. 또한 심사를 봐주신 백혜자 교수님께도 감사드립니다.

실험실 가족들 모두가 제게 큰 힘이었습니다. 제 삶의 본보기를 제시해 준 수정언니, 미국에서 열심히 공부 중인 동화언니, 씩씩하게 유학의 길을 준비하는 경미언니, 서해 연구소 생활의 힘이 되어준 윤선언니, 항상 바쁘고 열심히 수연언니, 꼼꼼하게 실험실 살림을 챙기는 화현언니, 썰렁한 농담으로 웃음을 주는 민호선배, 병호선배, 고민 잘 들어주는 혜은언니, 못난 후배 잘 챙겨주는 은정언니, 현우 선배, 멋진 운전습씨로 집에 바래다주는 수정언니, 착하고 잘생긴 중진, 상덕군, 유영 생물학 실험실의 주면선배, 하원선배 모두 감사합니다.

마지막으로 제게 도움을 주신 모든 분들께 다시 한번 감사의 뜻을 전합니다.

부산
주변
해역에서
채집된
살오징어
(*Todarodes pacificus*)
의
식성

2007년
2월
송
혜
진

