



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

태안 주변해역에 출현하는
홍어(*Okamejei kenojei*)의
식성



2010년 2월

부경대학교 대학원

해 양 학 과

최 희 찬

이 학 석 사 학 위 논 문

태안 주변해역에 출현하는
홍어(Okamejei kenojei)의
식성

지도교수 허 성 회

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2010년 2월

부경대학교 대학원

해 양 학 과

최 희 찬

최희찬의 이학석사 학위논문을 인준함

2010년 2월



목차

Abstract	I
List of Tables	III
List of Figures	IV
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
III. 결과	7
1. 홍어의 출현양상	7
2. 위내용물의 조성	7
3. 성장에 따른 먹이생물 변화	14
4. 성장에 따른 먹이생물 크기의 변화양상	15
5. 계절에 따른 먹이생물의 변화양상	16
6. Dietary Breadth Index	16
7. 성장과 계절에 따른 위내용물 중량지수 변화	17
IV. 고찰	26
V. 요약	32
VI. 감사의 글	33
VII. 참고문헌	35

Feeding Habits of Skate Ray (*Okamejei kenojei*) in the Coastal Waters off Taean

Hee Chan Choi

Department of Oceanography, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

Feeding habits of *Okamejei kenojei* were studied based on 500 specimens collected in the coastal waters off Taean, Korea from April 2008 to March 2009. The size of *Okamejei kenojei* ranged from 8.2 to 49 cm in total length (TL).

Okamejei kenojei was a carnivore which consumed mainly shrimps, fishes, and crabs. Its diet also included small quantities of amphipods, mysids, mantis shrimps, cephalopods, euphausiids, copepods, cumaceans, isopods, and polychaetes.

It showed ontogenetic changes in feeding habits. Although shrimps were eaten predominantly for all size groups, the proportion of shrimps to total prey items decreased with increasing fish size. Instead, the proportions of fish and crabs increased gradually with increasing fish size. The size of prey organisms including shrimps were differed

with increasing of fish size.

The relative proportion of the major prey items changed with season; *Okamejei kenojei* fed relatively various prey organisms in spring and autumn, whereas the consumption of shrimps was higher in summer and winter. The dietary breadth index increased, but stomach content index decreased with increasing of fish size.



List of Tables

Table 1. Composition of the stomach contents of <i>Okamejei kenojei</i> by frequency of occurrence, number, dry weight and index of relative importance (IRI)	12
Table 2. Classification of fishes among shrimps feeder in Korean waters	31



List of Figures

Fig. 1. Photograph of <i>Okamejei kenojei</i>	3
Fig. 2. Annual variation in catch of Rajiformes in Korea.	3
Fig. 3. Location of the sampling area (the black area).	6
Fig. 4. Size distribution of <i>Okamejei kenojei</i> collected in the coastal waters off Taean.	9
Fig. 5. Ontogenetic (a) and monthly variations (b) of vacuity index (%VI) of <i>Okamejei kenojei</i>	10
Fig. 6. Photographs of main prey organisms of <i>Okamejei kenojei</i>	11
Fig. 7. Ontogenetic changes in composition of stomach contents of <i>Okamejei kenojei</i> by dry weight.	18
Fig. 8. The least sized individual of <i>Okamejei kenojei</i> (82 mm) and its internal yolk sac.	19
Fig. 9. Hierarchical cluster analysis based on percentage by weight values (%W) of the seven size classes. The three groups defined at arbitrary similarity level of 60% are indicated.	20
Fig. 10. Ontogenetic changes in the size of total prey organisms and <i>Macrura</i> consumed by <i>Okamejei kenojei</i> (Circles and bars represent the mean and range, respectively).	21
Fig. 11. Ontogenetic changes in species composition of shrimps in the stomach contents of <i>Okamejei kenojei</i> by dry weight.	22
Fig. 12. Seasonal change in composition of stomach contents by percentage of dry weight of <i>Okamejei kenojei</i>	23
Fig. 13. The size-related (a) and seasonal (b) variations of dietary	

breadth index of <i>Okamejei kenojei</i>	24
Fig. 14. Ontogenetic (a) and monthly (b) variations in stomach content index (SCI) of <i>Okamejei kenojei</i>	25



I. 서 론

홍어(*Okamejei kenojei*) (Fig. 1)는 홍어목(Rajiformes) 홍어과(Rajidae)에 속하는 어류로서, 우리나라 남·서부해, 동중국해 그리고 일본 중부이남 해역의 수심 20-80 m에 서식하는 저서성 어류(demersal fish)이다(NFRDI, 2004). 연골어류에 속하는 과(Family) 중에서 가장 큰 분류군인 홍어과 어류는 현재까지 전 세계적으로 14개 속에 약 200여종이 알려져 있으며(Nelson, 1994), 이 중에서 우리나라에는 4속 11종의 홍어과 어류가 출현하고 있다(Jeong, 2000). 홍어목 어류는 우리나라에서 상업적으로 매우 중요한 어종으로 알려져 있으나, 최근 들어 어획량이 급격히 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 2).

생태계 내의 모든 생물들은 에너지를 필요로 한다. 이는 식물이 빛에너지를 화학 에너지로 전환한 것을 동물들이 이용하며, 이 동물들은 또 다른 종류의 동물에 의해 에너지원으로 이용된다. 이와 같이 생물 간의 먹고 먹히는 관계를 연결할 때 각각의 단계를 영양준위(trophic level)라고 하며 전체를 먹이망(food web)이라고 한다. 이러한 먹이망의 연구는 생태계 내에서 에너지가 어떻게 이동하는지 상세하게 알 수 있기 때문에 먹이망을 파악하는 일은 매우 중요하다. 따라서 각 영양단계별 에너지흐름을 파악하기 위해서는 포식자(predators)와 먹이생물(food organisms) 사이의 섭식관계가 구명되어야 하며, 이는 포식자의 위내용물 분석에 의해 밝혀질 수 있다. 그리고 식성의 연구는 각 생물의 생태학적 지위(ecological niche), 경쟁(competition), 그리고 먹이분할(food resources partitioning) 등을 파악하는데 많은 도움을 준다.

최근 연골어류(Chondrichthyes)의 근육, 연골, 간유(liver oil) 그리고 지느러미에 대한 이용의 증가로 수십 년간 전 세계적으로 연골어류에 대한 상업적 활용이 증가추세에 있다(Stehmann 2002). 또한 홍어를 포함하는 판새아강에 속하는 어류는 종종 해양 생태계 내에서 최상위 포식자(apex predators)이기 때문에 그 먹이조성에 대한 정보는 이들이 속한 생태계에

서 영양관계에 대한 이해에 필수적인 부분이 될 수 있다(Cortes, 1999). 그러나 국내의 경우, 연골어류, 특히 홍어목 어류에 대한 생태학적 연구는 거의 수행되어 있지 않다.

국내 홍어목 어류에 대한 식성 연구로는 눈가오리(*Raja pulchra*)와 홍어의 식성(Yeon *et al.*, 1999; Hong *et al.*, 2000)등의 연구만이 있을 뿐이다. 반면 외국에서는 많은 홍어목 어류에 대한 식성 연구들이 수행되어있어 연골어류에 대한 생태학적 관심을 보여 주고 있다(Orlov, 1998; Lucifora *et al.*, 2000; Farias *et al.*, 2006; Bizzarro *et al.*, 2007; Navia *et al.*, 2007; Rinewalt *et al.*, 2007; Robinson *et al.*, 2007; Ruocco *et al.*, 2009; San Martin *et al.*, 2007; Treloar *et al.*, 2007).

본 연구는 태안 주변해역 생태계의 먹이망 구축에 필요한 기초자료를 제공하고자 태안 연안에 많이 출현하는 홍어의 위내용물 분석을 통하여 주요 먹이생물과 성장과 계절에 따른 변화양상을 규명하였다.

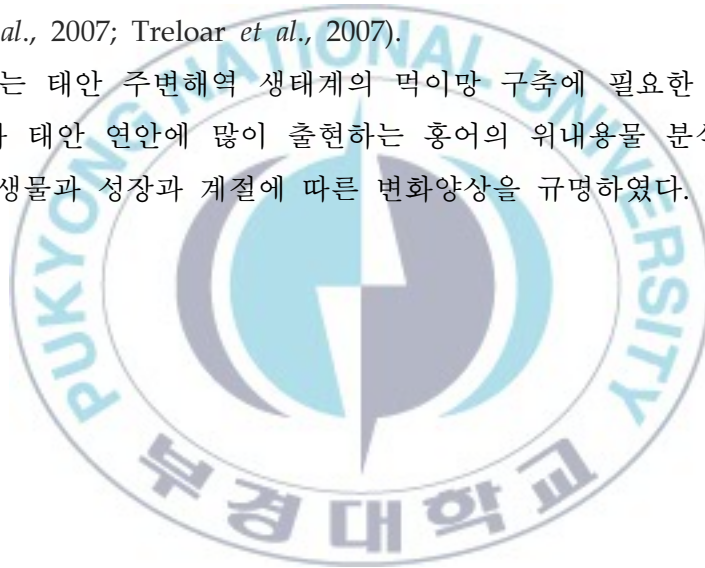




Fig. 1. Photograph of *Okamejei kenojei*.

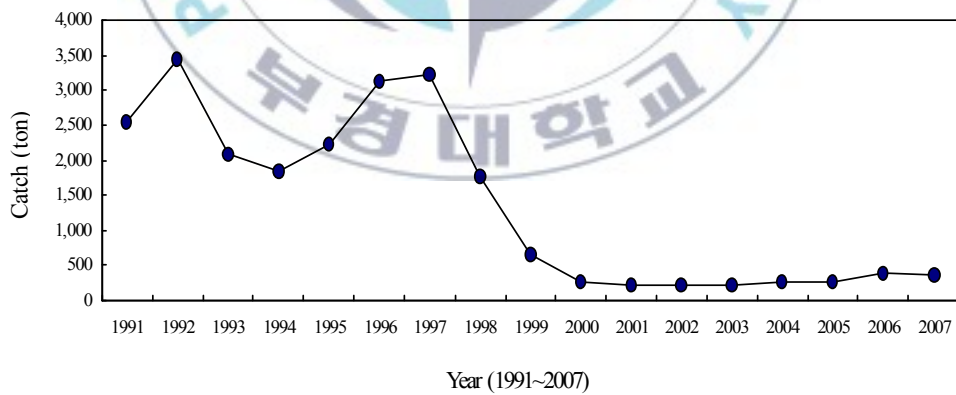


Fig. 2. Annual variation in catch of Rajiformes in Korea.

II. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 홍어 시료는 2008년 4월에서 2009년 2월까지 태안군 주변해역(Fig. 3)에서 소형기선저인망(otter trawl)을 이용해 채집하였다. 채집된 시료는 Ice Box에 보관하여 실험실로 옮겨 측정자와 전자식 저울을 이용하여 전장(0.1 cm)과 체중(0.1 g)을 측정하였으며, 각 개체의 위를 분리하여 중량을 0.01 g 단위까지 측정하였다.

위내용물은 해부현미경을 이용하여 먹이 종류별로 구분하였으며, Takeda (1982), NFRDI (2001), Yoon (2002), Hong *et al.* (2006) 등을 이용하여 가능한 종까지 동정하였으나, 소화상태가 많이 진행된 개체들은 대분류하였다. 위에서 발견된 먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였으며, 크기는 mm 단위까지 측정하였다. 이후 먹이생물은 종류별로 80℃의 건조기에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량을 0.1 mg 단위까지 측정하였다.

위내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(frequency of occurrence), 먹이생물의 개체수비 및 건조중량비로 나타내었다. 출현빈도(Fi)를 다음과 같이 구하였다.

$$Fi = Ai / N \times 100$$

여기서 Ai는 해당 먹이생물이 위내용물 중 발견된 홍어의 개체수이고, N은 위속에 내용물이 있었던 홍어의 개체수이다.

섭식된 먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (N + W) \times Fi$$

여기서, N은 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율이며, W는 먹이생물 총 건조중량에 대한 백분율이고, Fi는 각 먹이생물의 출현빈도이다.

또한 각 먹이생물의 상대중요성지수를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(IRI %)를 구하였다. 그리고 먹이생물을 어느 정도 다양하게 먹고 있

능가를 파악하기 위하여 dietary breadth index (Bi)를 구하였다(Krebs, 1989).

$$Bi = (1/n - 1) \cdot (1/\sum P_{ij}^2 - 1)$$

여기서, P_{ij} = 포식자 i 의 위내용물 중 먹이생물 j 가 차지하는 비율
 n = 총 먹이생물의 종수.

이 지수의 범위는 0부터 1까지로 수치가 1에 가까울수록 다양한 먹이생물을 먹는 종으로 볼 수 있다(Gibson and Ezzi, 1987; Krebs, 1989).

또한 성장에 따른 홍어의 식성변화를 파악하기 위해서 채집된 홍어를 7개의 크기군으로 나누었고, Bray-Curtis 유사도 지수(Bray-Curtis similarity index)와 먹이생물의 건조중량비(W%)를 이용하여 집괴분석을 실시하였다.

그리고 홍어의 성장과 월 별 섭식을 변화를 알아보기 위해 위내용물 중량지수(stomach content index, SCI)를 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$SCI = SCW(g) / BW(g) \times 10^2$$

여기서 SCW (stomach content weight)는 위내용물 중량이고, BW (body weight)는 체중이다.

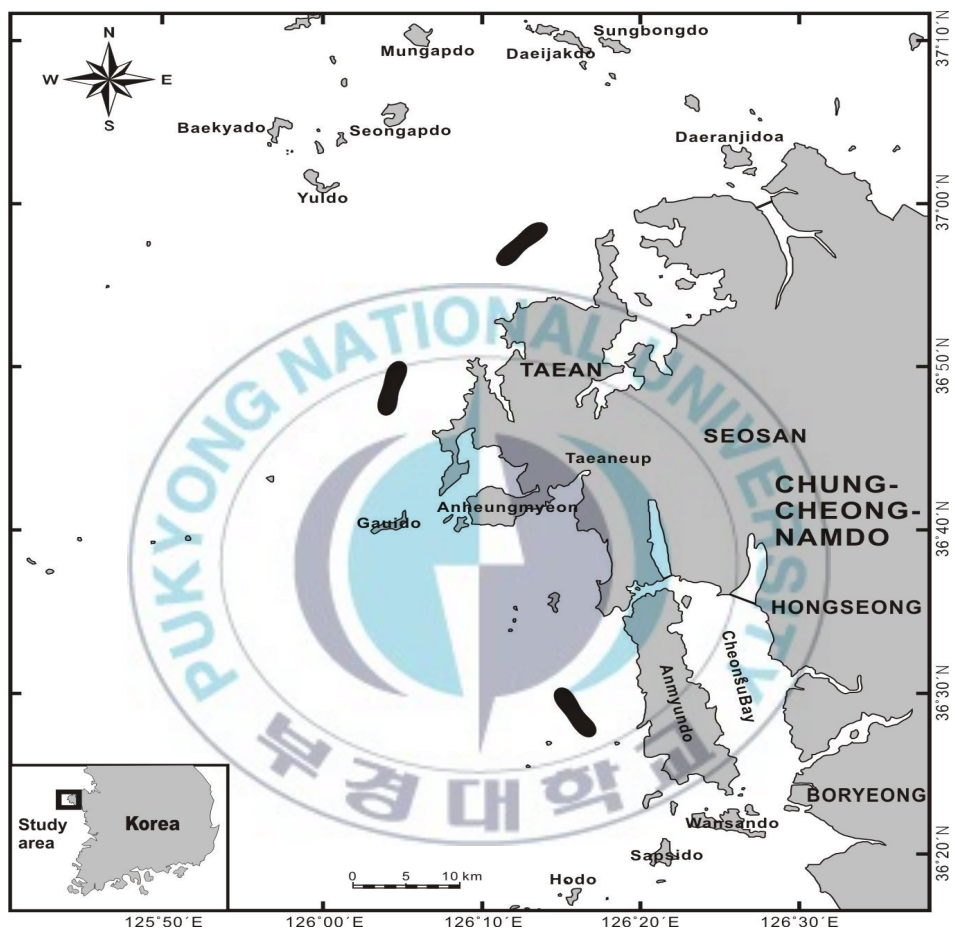


Fig. 3. Location of the sampling area (the black area).

III. 결 과

1. 홍어의 출현양상

조사기간 동안에 채집된 홍어는 총 587개체 였다. 전장(Total Length, TL cm)은 8.2~49 cm의 범위를 보였으며, 20-45 cm 사이의 개체가 전체 채집 개체수의 74.4% 차지하였다(Fig. 4).

2. 위내용물의 조성

총 587개체의 홍어 시료를 분석한 결과, 위내용물이 전혀 없었던 개체는 23개체로 3.9%의 공복율을 나타내었다(Fig. 5). 먹이를 섭식한 564개체의 위내용물 분석 결과 총 12개 분류군 69종의 먹이생물이 출현하였다(Table 1). 그 중 홍어의 가장 중요한 먹이생물은 새우류(Macrura)로 나타났다. 새우류는 총 30종이 출현해 78.4%의 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 75.1%, 전체 위내용물 건조중량의 66.6%를 차지하였으며, 상대중요성지수비는 91.1%였다. 새우류 중에서는 딱충새우(*Alpheus brevicristatus*), 큰손딱충새우(*Alpheus digitalis*), 긴발딱충새우(*Alpheus japonicus*) 등과 같은 딱충새우과(Alpheidae), 자주새우류(*Crangon* spp.), 돛대기새우(*Leptochela gracilis*), 둥근돛대기새우(*Leptochela sydnensis*) 등과 같은 돛대기새우과(Pasiphaeidae), 민새우(*Parapenaeopsis tenella*), 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*) 등이 많이 출현하였으며, 이 중 꽃새우가 출현빈도 6.9%, 개체수비 0.7%, 건조중량 14.5%로 가장 많이 섭식되었다. 그 외 꼬마새우과(Hippolytidae), 징거미새우과(Palaemonidae), 젓새우과(Sergestidae), 도화새우과(Pandalidae)등 다양한 과에 속하는 새우들이 출현하였다.

새우류 다음으로 중요한 먹이생물은 어류(Pisces)로 나타났는데, 19.3%의 출현빈도, 1.7%의 개체수비, 18.0%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성비는 3.1%였다. 섭식된 어종은 청어과(Clupeidae), 멸치(*Engraulis japonicus*), 참돛양태(*Repomucenus koreanus*), 돛양태류(*Repomucenus* sp.), 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*) 등 12개 어종이었다. 이 중 청어

과 어류와 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 높은 점유율을 보였다.

그 다음으로 많이 섭식된 먹이생물은 게류(*Brachyura*)였다. 게류는 어류보다 약간 높은 출현빈도(22.2%)와 개체수비(3.9%)를 보였지만, 건조중량비가 10.9%로 낮아 상대중요성지수비 2.7%로 세 번째 중요한 먹이생물로 나타났다. 게류 중 속살이게과(*Pinnotheridae*)가 가장 많이 섭식되었는데 전체 게류 중 출현빈도 19.7%, 개체수비 26.4%, 건조중량 44.6%를 나타내었다. 그 외 두점박이민꽃게(*Charybdis bimaculata*), 움조개치레(*Paradorippe granulata*) 등이 많이 섭식되었다.

단각류(*Amphipoda*)에 속하는 옆새우류(*Gammaridea*)는 20.1%의 높은 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 13.6%로 큰 비중을 차지하였으나, 크기가 작아 전체 위내용물 건조중량의 0.1%에 불과하였으며, 상대중요성지수비는 2.3%였다. 옆새우류 중 많이 섭식된 종은 *Ampelisca* sp., *Melita* sp. 및 *Monoculodes* sp.였다. 곤쟁이류(*Mysidacea*)는 18.1%의 비교적 높은 출현빈도를 보였으나, 3.7%의 개체수비, 0.6%의 낮은 건조중량비를 보였다. 그 외 갯가재(*Stomatopoda*)와 두족류(*Cephalopoda*)의 건조중량은 각각 2.7%와 1.1%로 비교적 높게 나타났지만, 출현빈도수 1.3%와 3.5%, 총 먹이생물 개체수의 0.1%와 0.4%로 낮게 나타났다.

그 밖에 난바다곤쟁이류(*Euphausiacea*), 요각류(*Copepoda*), 쿠마류(*Cumacea*), 등각류(*Isopoda*), 갯지렁이류(*Polychaeta*) 등도 위내용물 중 발견되었으나 그 양은 전체 먹이생물 건조중량의 0.1% 미만으로 매우 적었다.

이와 같이 태안 주변해역에 출현하는 홍어는 새우류와 게류 그리고 옆새우류 등 대체적으로 저서성 먹이생물을 많이 섭식한 것으로 보아 '저서 섭식 육식성 어종(bottom feeding carnivore)'임을 알 수 있다.

Fig. 6는 홍어의 위내용물 중 출현한 먹이생물을 보여주는 사진이다. A는 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*), B는 돛대기새우(*Leptochela gracilis*), C는 딱총새우(*Alpheus brevicristatus*), D는 갯가재(*Oratosquilla oratoria*), E는 곤쟁이류(*Mysidacea*), F는 *Ampelisca* sp., G는 멸치(*Engraulis japonicus*), H는 속살이게류(*Pinnotheridae*)이다. 홍어의 위내용물 중 발견되는 먹이생물이 거의 완전한 형태로 발견되는 점으로 보아 홍어는 먹이생물의 크기에 관계없이 통째로 삼켜 섭식하는 것을 알 수 있다.

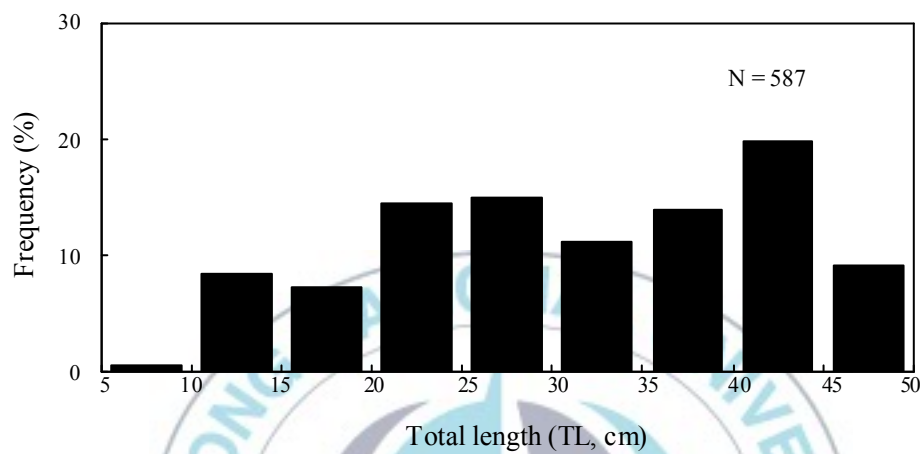


Fig 4. Size distribution of *Okamejei kenojei* collected in the coastal waters off Taean.

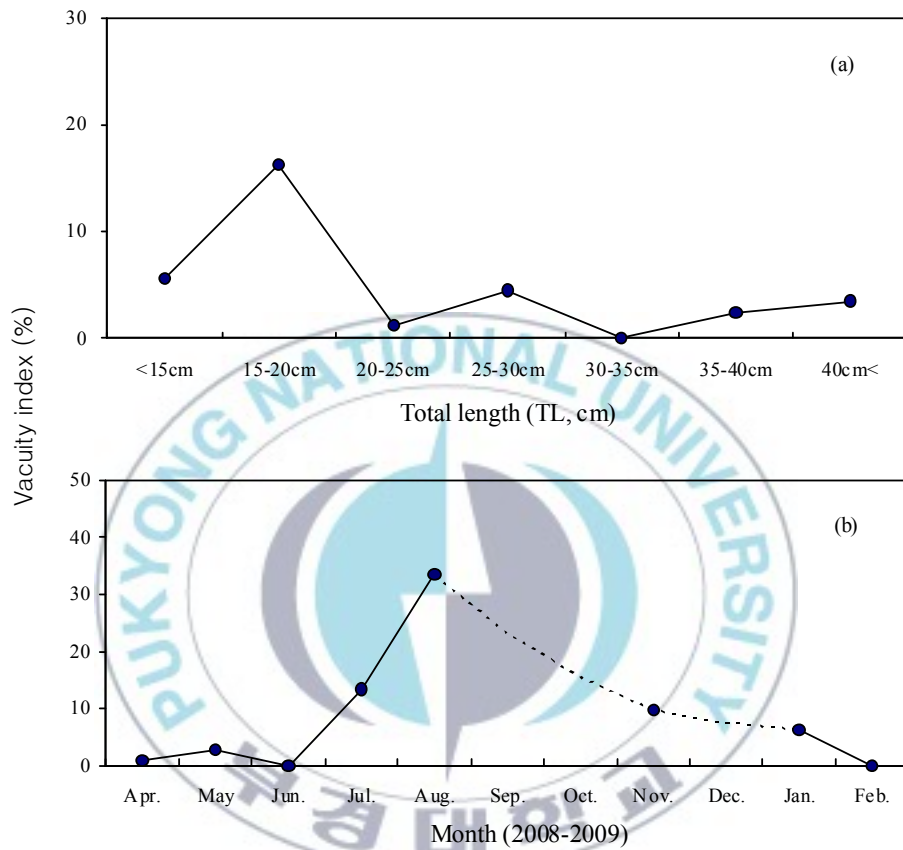


Fig. 5. Ontogenetic (a) and monthly variations (b) of vacuity index (%VI) of *Okamejei kenojei*.

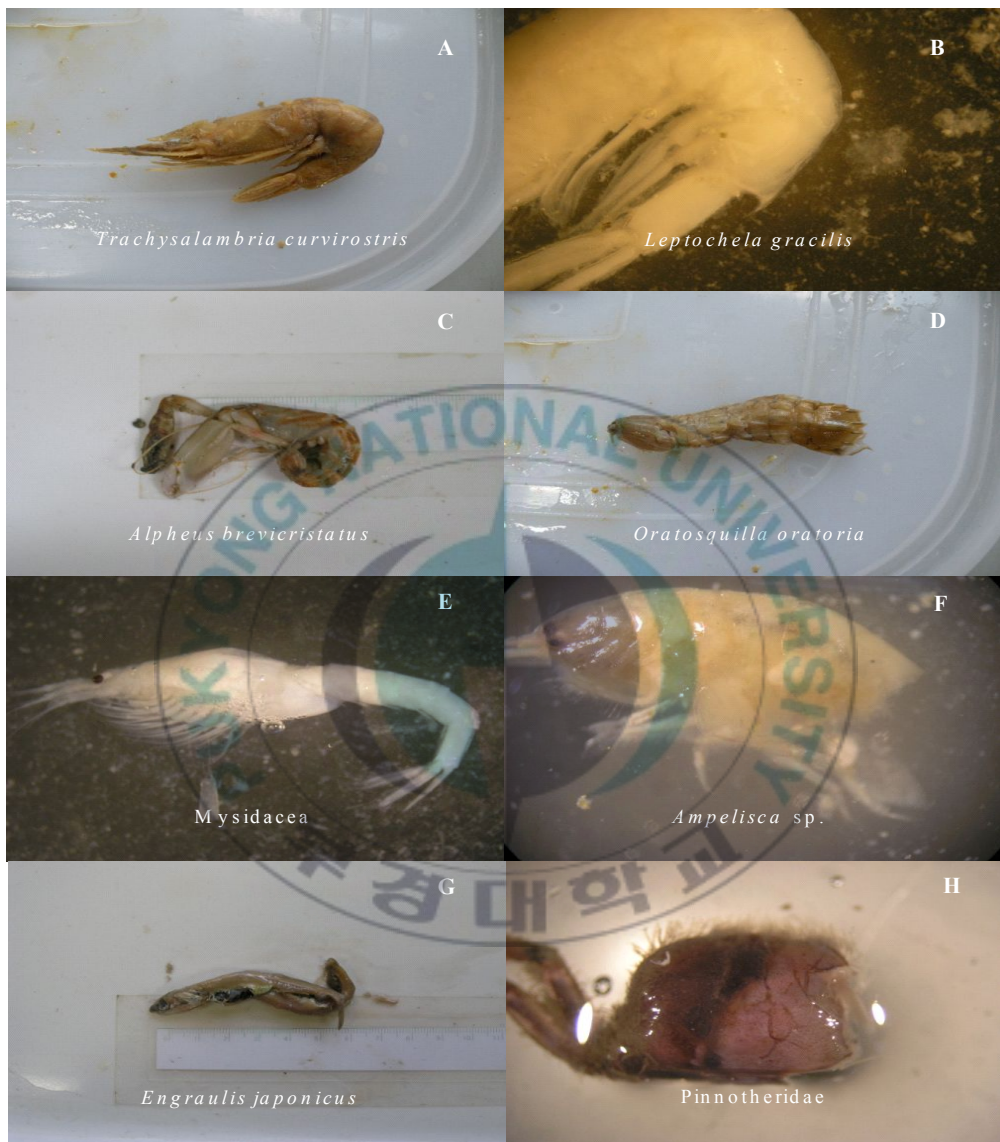


Fig. 6. Photographs of main prey organisms of *Okamejei kenojei*.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Okamejei kenojei* by frequency of occurrence, number, dry weight and index of relative importance (IRI)

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Macrura	78.41	75.07	66.55	11,103.60	91.11
<i>Acetes japonicus</i>	1.61	0.20	0.08		
<i>Alpheus brevicristatus</i>	10.85	1.15	7.60		
<i>Alpheus digitalis</i>	5.68	0.56	8.08		
<i>Alpheus japonicus</i>	3.04	0.27	1.40		
<i>Alpheus</i> spp.	15.29	1.81	5.53		
<i>Crangon affinis</i>	0.14	0.01	0.01		
<i>Crangon hakodatei</i>	2.49	0.25	1.35		
<i>Crangon</i> spp.	22.88	43.96	2.48		
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	0.37	0.07	1.17		
<i>Heptacarpus futilirostris</i>	4.96	0.70	0.64		
<i>Heptacarpus rectirostris</i>	1.58	0.22	0.15		
<i>Heptacarpus</i> sp.	1.38	0.13	0.17		
Hippolytidae	1.69	0.16	0.06		
<i>Latreutes anoplonyx</i>	2.73	0.28	0.11		
<i>Latreutes planirostris</i>	3.05	0.30	0.14		
<i>Latreutes</i> sp.	1.90	0.31	0.10		
<i>Leptochela gracilis</i>	29.50	9.60	8.17		
<i>Leptochela</i> sp.	13.76	2.36	0.95		
<i>Leptochela sydniensis</i>	19.48	4.24	2.34		
<i>Metanephrops</i> sp.	0.21	0.01	0.27		
<i>Metanephrops thomsoni</i>	0.15	0.01	0.18		
<i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.15	0.01	0.03		
<i>Metapenaeus joyneri</i>	0.31	0.03	0.12		
<i>Palaemon gravieri</i>	0.63	0.05	0.08		
<i>Pandalus gracilis</i>	0.86	0.07	0.15		
<i>Parapenaeopsis</i> sp.	2.07	0.18	0.47		
<i>Parapenaeopsis tenella</i>	5.30	0.60	5.69		
Penaeidae	1.66	0.15	2.03		
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	6.91	0.71	14.50		
Unidentified Macrura	31.70	6.65	2.52		
Brachyura	22.22	3.93	10.91	329.69	2.71
<i>Charybdis bimaculata</i>	4.01	0.53	2.45		
<i>Carcinoplax vestita</i>	0.37	0.05	1.20		
<i>Paradorippe granulata</i>	11.65	1.69	1.28		
<i>Pinnaxodes major</i>	0.36	0.03	0.01		
Pinnotheridae	5.35	1.04	4.87		
<i>Trichocarcinus affinis</i>	0.14	0.01	0.05		
Unidentified Brachyura	5.83	0.57	1.05		

Table 1. (continued)

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Mysidacea	18.07	3.74	0.60	78.37	0.64
Euphausiacea	7.93	1.20	0.05	9.89	0.08
Amphipoda	20.13	13.62	0.12	276.65	2.27
Gammaridea					
<i>Ampelisca</i> sp.	4.45	1.37	0.02		
<i>Byblis japonicus</i>	0.23	0.05	+		
<i>Byblis</i> sp.	1.56	0.58	0.01		
<i>Jassa falcata</i>	0.88	0.19	+		
<i>Kamaka</i> sp.	2.29	1.03	0.01		
<i>Melita</i> sp.	1.33	0.29	0.02		
<i>Monoculodes</i> sp.	7.20	5.01	0.02		
<i>Pontogeneia</i> sp.	2.53	1.32	0.01		
Unidentified Amphipoda	4.31	3.77	0.03		
Copepoda	0.63	0.05	+	0.03	+
Cumacea	0.79	0.10	+	0.08	+
Stomatopoda	1.25	0.12	2.68	3.50	0.03
<i>Oratosquilla oratoria</i>	1.25	0.12	2.68		
Isopoda	0.47	0.04	0.03	0.03	+
Polychaeta	0.21	0.02	+	+	+
Cephalopoda	3.54	0.37	1.07	5.09	0.04
<i>Euprymna</i> sp.	0.30	0.03	0.07		
<i>Loligo</i> sp.	0.14	0.01	0.48		
Unidentified Cephalopoda	3.10	0.33	0.53		
Pisces	19.29	1.73	18.00	380.54	3.12
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	1.09	0.08	1.44		
<i>Ammodytes personatus</i>	0.63	0.18	0.93		
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	0.42	0.03	1.04		
Clupeidae	1.05	0.08	3.14		
<i>Collichthys</i> sp.	0.63	0.05	0.25		
<i>Engraulis japonicus</i>	2.88	0.21	2.55		
Gobiidae	0.49	0.04	0.92		
<i>Pholis fangi</i>	0.63	0.05	1.16		
<i>Repomucenus beniteguri</i>	0.63	0.05	0.15		
<i>Repomucenus koreanus</i>	0.95	0.07	1.69		
<i>Repomucenus</i> sp.	3.01	0.22	1.59		
Scorpaenidae	1.34	0.29	0.27		
Unidentified Pisces	4.53	0.40	2.86		
Total		100.00	100.00	12187.49	100.00

+ : less than 0.01%

3. 성장에 따른 먹이생물 변화

홍어의 성장에 따른 먹이 조성의 변화를 파악하기 위해서 홍어 시료를 표준체장 5 cm 간격으로 7개 크기군(Fig. 7)으로 나누어 분석한 결과, 성장에 따른 먹이생물의 조성은 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

가장 작은 크기군인 15 cm 이하의 크기군에서는 새우류가 전체 위내용물 건조중량의 86.1%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었으며, 그 다음으로 단각류가 9.1%의 건조중량을 차지하였다. 그 외 곤쟁이류와 기타(쿠마류, 요각류, 난바다곤쟁이류) 먹이생물이 각각 2.9%, 1.9%의 건조중량을 보였다. 특히 부화전장(size at birth)으로 추정되는 8-9 cm 사이 개체가 2마리 채집되었는데, 8.2 cm 개체는 공복이었고 8.6 cm 개체는 단각류를 섭식하였다(Fig. 8).

15~20 cm 크기군에서는 새우류의 점유율이 92.8%로 대부분을 차지한 반면, 단각류와 기타(쿠마류, 요각류, 난바다곤쟁이류) 먹이생물은 각각 2.5%, 0.6%로 점유율이 낮아졌다. 반면 곤쟁이류는 전체 위내용물 건조중량의 4.2%를 차지하였다.

20~25 cm 크기군에서는 새우류가 88.9%로 점유율이 소폭 감소하였으며, 단각류와 기타(난바다곤쟁이류) 먹이생물 역시 각각 0.4%, 0.2%로 점유율이 낮아진 반면, 곤쟁이류는 8.6%로 증가했다. 그리고 이 크기군에서 처음으로 계류와 어류가 위내용물중 발견되기 시작하였으며, 각각 전체 위내용물 건조중량의 1.3%와 0.6%를 차지하였다.

25~30 cm 크기군에서도 새우류의 점유율이 90.4%로 위내용물의 가장 많은 부분을 차지하고 있었다. 단각류는 건조중량비 0.1%로 매우 적었으며, 곤쟁이류 역시 0.5%로 그 점유율이 20~25 cm 크기군보다 크게 줄어들었다. 반면 계류와 어류는 각각 건조중량비 4.0%, 4.3%로 점유율이 증가했다. 기타 먹이생물은 그 조성이 조금 변하였을 뿐(등각류, 쿠마류, 난바다곤쟁이류) 그 점유율은 이전의 크기군에 비해 크게 달라지지 않았다.

30~35 cm 크기군에서는 새우류의 점유율이 75.8%로 비교적 크게 감소했다. 곤쟁이류도 건조중량비 0.1%로 감소한 반면, 계류와 어류는 각각 위내용물 건조중량의 8.7%와 13.8%로 증가했다. 그리고 두족류와 갯가재가 처음 발견되었고, 각각 전체 위내용물 건조중량의 0.3%와 1.2%를 차지하였다. 그 외 먹이생물의 섭식은 큰 차이를 보이지 않았다.

35~40 cm 크기군에서는 새우류가 70.2%로 계속해서 감소하는 추세를 보였으며, 게류는 건조중량비 14.8%로 이전 크기군보다 증가하였다. 그 외 어류(12.9%), 곤쟁이류(0.1%), 두족류(0.3%), 갯가재(1.6%), 기타(등각류, 난바다곤쟁이류) 먹이생물(0.1%)은 이전 크기군과 큰 차이를 나타내지 않았다. 단각류는 건조중량비 0.01% 미만으로 거의 섭식되지 않았다.

40 cm 이상 크기군에서는 새우류가 56.1%의 점유율을 보여 이전 크기군보다 감소했고, 게류(12.1%) 또한 다소 감소하였다. 반면 어류는 건조중량비 25.7%로 이전 크기군 보다 점유율이 크게 증가하였다. 그리고 두족류와 갯가재도 각각 건조중량비 1.8%와 4.3%로 점유율이 증가하는 양상을 보였다. 반면, 곤쟁이류와 기타 먹이생물은 거의 섭식되지 않았다.

유사도 수준 60%에서 집괴분석을 실시한 결과 앞에서 언급한 7개 크기군은 비슷한 먹이생물에 따라 세 개의 그룹으로 나눌 수 있었다(Fig. 9). 첫 번째 그룹(Group A)의 개체(20 cm 이하)들은 새우류가 위내용물의 대부분을 차지하였으며, 새우류와 함께 단각류와 곤쟁이류를 비교적 많이 섭식하는 경향을 보였다. 두 번째 그룹(Group B)의 개체(20~30 cm)들 역시 새우류가 위내용물의 대부분을 차지하였으며, 위내용물 중 처음으로 어류와 게류가 발견되기 시작하였고, 단각류와 곤쟁이류의 비중은 감소하였다. 마지막으로 세 번째 그룹(Group C)의 개체(30 cm 이상)들 위내용물 중 새우류의 비중이 점점 감소하면서 어류와 게류의 비중이 점점 증가하는 경향을 보였고, 특히 40 cm 이상의 개체들은 어류의 비중이 크게 증가하였고, 갯가재류와 두족류의 증가폭도 커졌다.

4. 성장에 따른 먹이생물 크기의 변화

홍어의 전장별 전체 먹이생물 평균 크기와 주 먹이생물인 새우류의 크기 변동을 살펴보았다(Fig. 10). 전장에 따라 먹이생물 평균 크기와 새우류의 크기는 유의하게 증가하는 경향을 보였다(ANOVA, $F=13.3$, $P<0.05$; $F=7.2$).

전체 먹이생물의 크기는 15 cm 미만의 크기군에서는 평균 1.4 cm를 보이던 것이 홍어가 성장하면서 먹이생물의 크기도 차츰 증가하여 15~20 cm 크기군에서는 2.2 cm, 25~30 cm 크기군에서는 2.9 cm, 35~40 cm 크기군에서는 3.3 cm, 그리고 40 cm 이상 크기군에서는 4.2 cm의 크기를

나타냈다.

새우류의 크기는 15 cm 미만의 크기군에서는 평균 1.8 cm, 15~20 cm 크기군에서는 2.6 cm, 25~30 cm 크기군에서는 3.2 cm, 35~40 cm 크기군에서는 3.7 cm, 그리고 40 cm 이상 크기군에서는 3.9 cm 의 크기를 나타냈다.

한 가지 주목할 점은 홍어의 크기가 증가하면서 소형 새우류에서 중형 새우류로 그 조성이 변하는 특징을 보였다(Fig. 11). Fig. 11을 통해 알 수 있듯이 작은 크기군에서 높은 건조중량비를 보이던 소형 새우류인 돛대기 새우과(Pasiphaeidae)와 자주새우과(Crangonidae) 새우가 홍어가 성장하면서 그 비율이 점점 감소해 35~40 cm 크기군에서는 22.7%, 40 cm 이상 크기군에서는 11.7%로 비율이 감소하였다. 반면 중형새우류인 보리새우과(Penaeidae) 새우의 점유율은 20-25 cm 크기군에서 15.9%이던 것이 25-30 cm 크기군에서는 41.7%로 크게 증가했다. 이런 홍어의 전장에 따른 새우류의 조성 변화 값은 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

5. 계절에 따른 먹이생물의 변화

홍어의 계절에 따른 먹이생물의 조성은 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 홍어의 계절에 따른 먹이조성을 살펴보면(Fig. 12) 춘계에는 새우류가 전체 먹이생물 건조중량의 55.3%를 차지하여 가장 많이 섭식되었고, 그 다음으로 어류가 29.0%를 차지하였다. 그 다음으로 게류가 12.4%로 많이 섭식된 먹이생물이었다.

하계에는 새우류의 비중이 81.2%로 증가하였고, 어류의 점유율이 2.6%로 감소하였다. 게류는 14.2%로 소폭 증가하였다.

추계에는 새우류와 게류의 점유율이 각각 41.8%, 0.2%로 낮아진 반면, 갯가재류, 두족류, 그리고 어류가 각각 27.8%, 16.5%, 13.5%로 증가하였다.

동계에는 다시 새우류의 비중이 77.2%로 증가하였고, 어류와 게류도 각각 19.4%, 2.2%로 증가한 반면 갯가재류와 두족류는 섭식되지 않았다.

6. Dietary Breadth Index

홍어의 성장과 계절에 따른 dietary breadth index 값은 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 홍어의 성장에 따른 먹이생물의 dietary breadth index 0.11-0.39의 범위를 나타내었다(Fig. 13a). 가장 작은 크기군인 15 cm 미만에서는 0.11의 값을 보였으며, 15-20 cm 크기군에서는 0.13의 값을 보여 약간 증가했다. 이후 점차 증가 추세를 보이다 35-40 cm 크기군에서 0.39로 가장 높은 값을 보였다. 이후 40 cm 이상 크기군에서는 0.28로 다시 낮아졌다. 계절에 따른 Dietary Breadth Index 값은 0.12-0.32의 범위를 나타내었는데(Fig. 13b), 춘계와 추계에는 각각 0.29와 0.32의 값을 보였고, 하계와 동계에 각각 0.12, 0.15의 값을 보였다.

7. 성장과 계절에 따른 위내용물 중량지수 변화

Fig. 14은 성장과 월별 위내용물 중량지수(SCI)를 보여준다. 홍어의 성장에 따른 위내용물 중량지수는 가장 작은 체급인 15 cm 미만의 크기군에서 $4.0(\pm 1.03)$ 로 가장 높은 값을 보였으나, 성장하면서 값이 작아져서 40 cm 이상 크기군에서는 SCI 값이 $1.98(\pm 0.74)$ 로 가장 낮은 값을 보였다.

월별 위내용물 중량지수는 춘계와 동계인 4, 5월 그리고 1, 2월에 비교적 높은 값을 보였고, 하계인 8월에 최소값인 1.60의 값을 보였다.

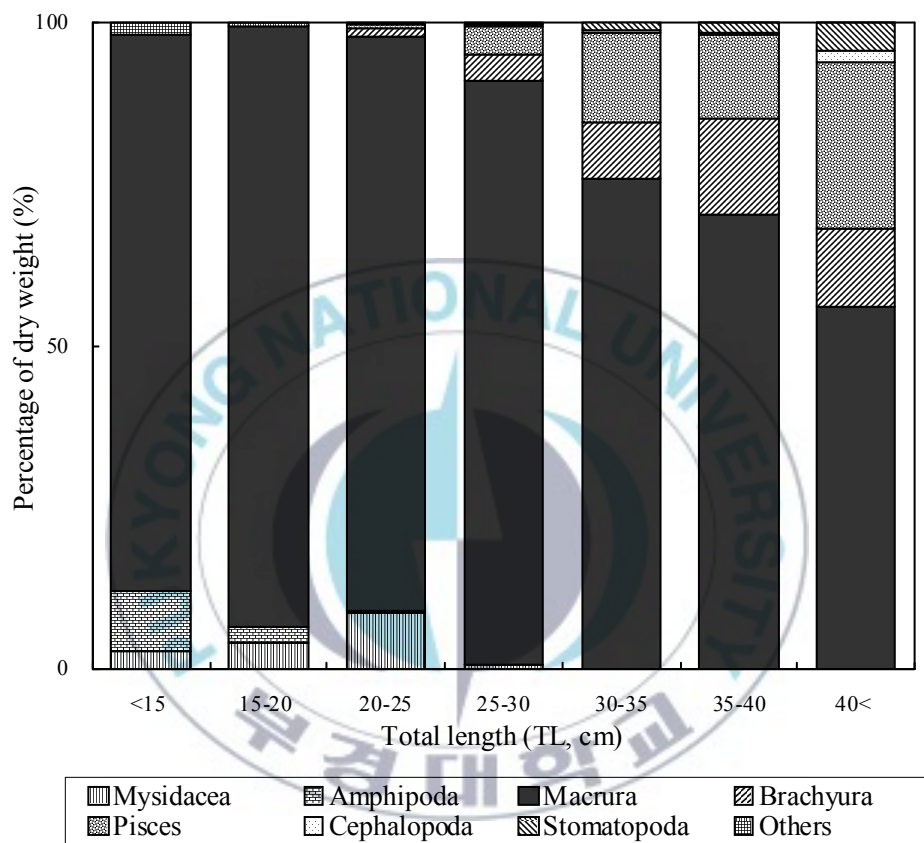


Fig. 7. Ontogenetic changes in composition of stomach contents of *Okamejei kenojei* by dry weight.

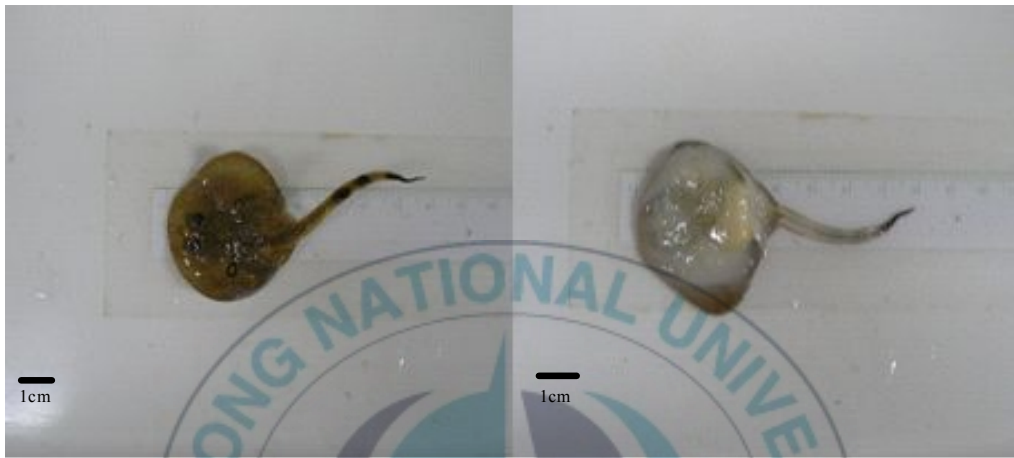


Fig. 8. The least sized individual of *Okamejei kenojei* (82 mm) and its internal yolk sac.

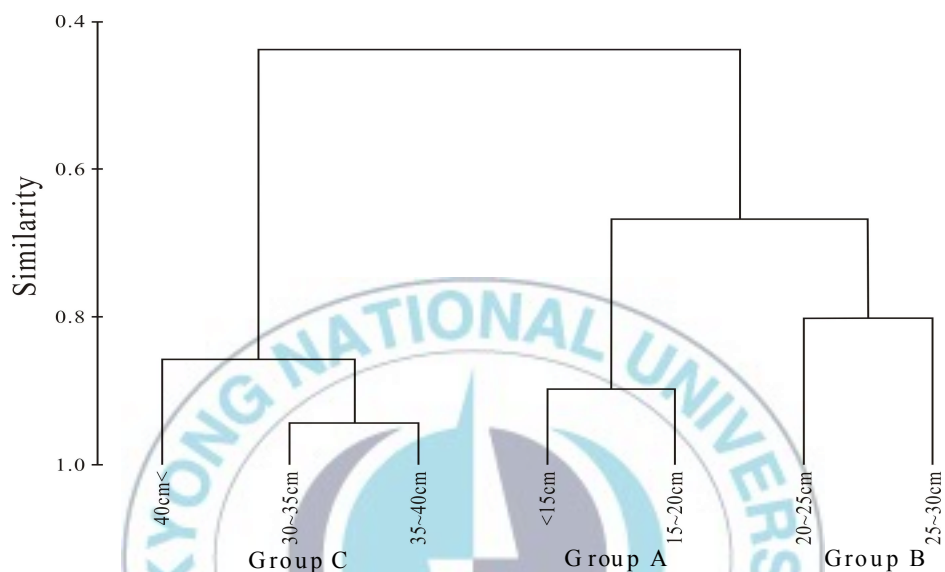


Fig. 9. Hierarchical cluster analysis based on percentage by weight values (%W) of the seven size classes. The three groups defined at arbitrary similarity level of 60% are indicated.

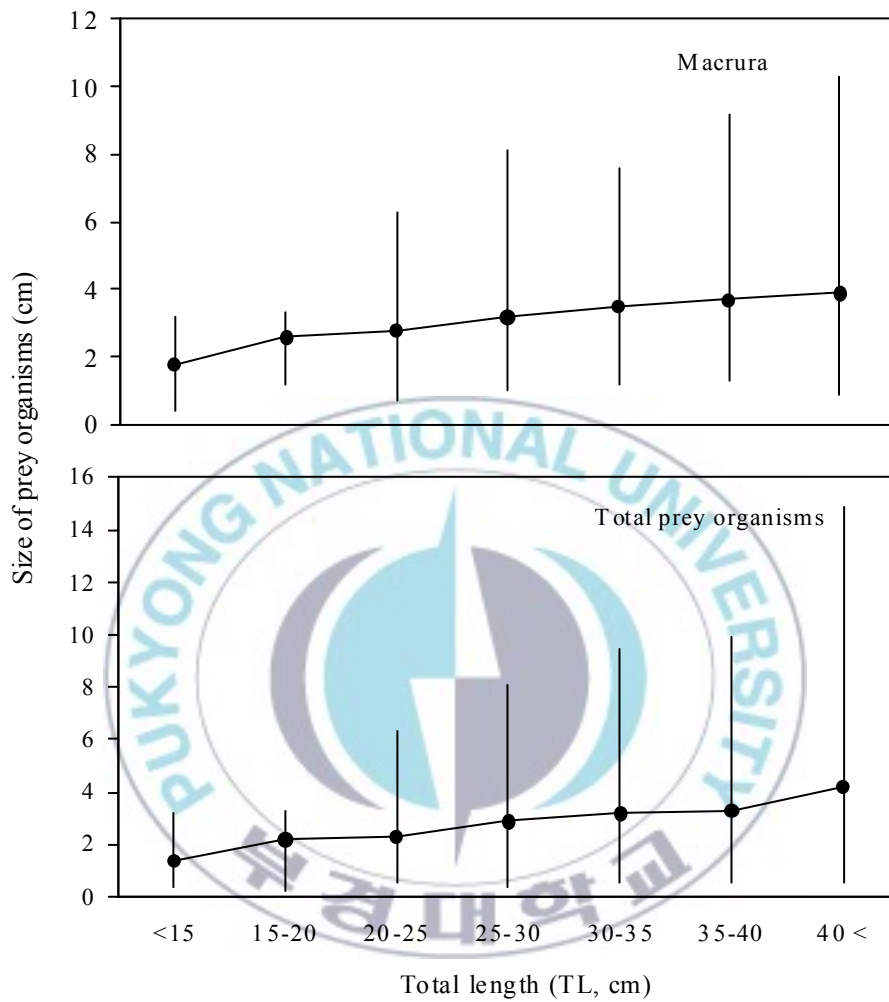


Fig. 10. Ontogenetic changes in the size of total prey organisms and *Macrura* consumed by *Okamejei kenojei* (Circles and bars represent the mean and range, respectively).

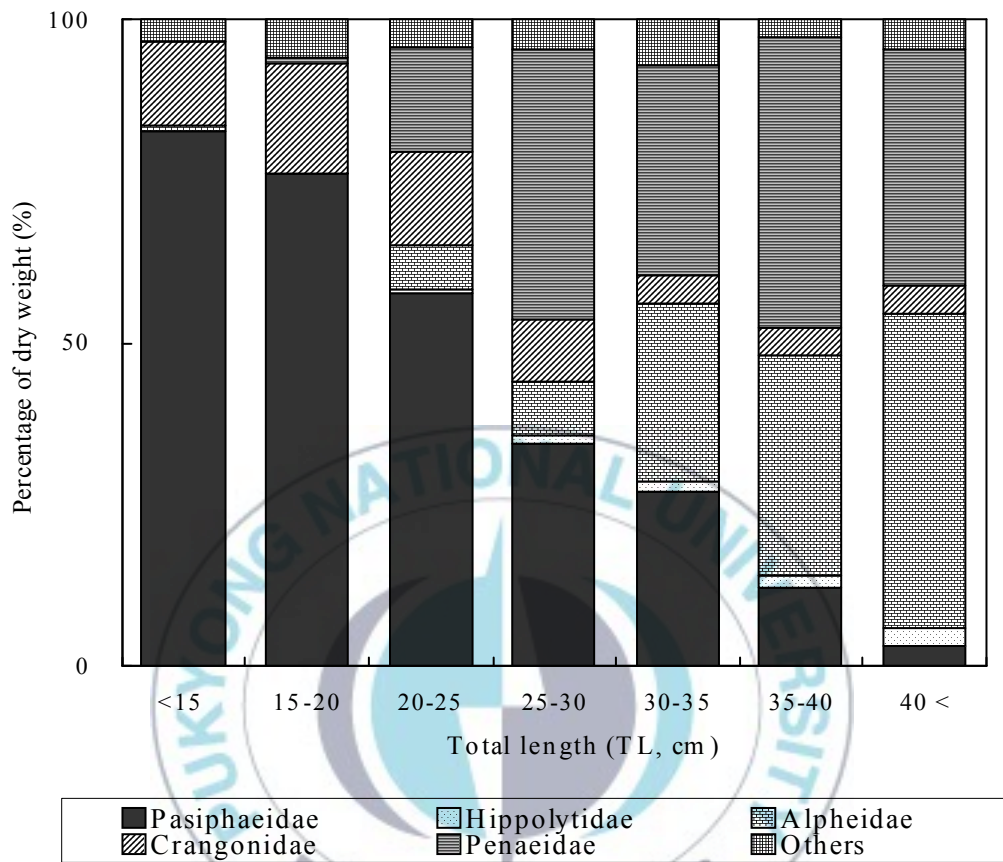


Fig. 11. Ontogenetic changes in species composition of shrimps in the stomach contents of *Okamejei kenojei* by dry weight.

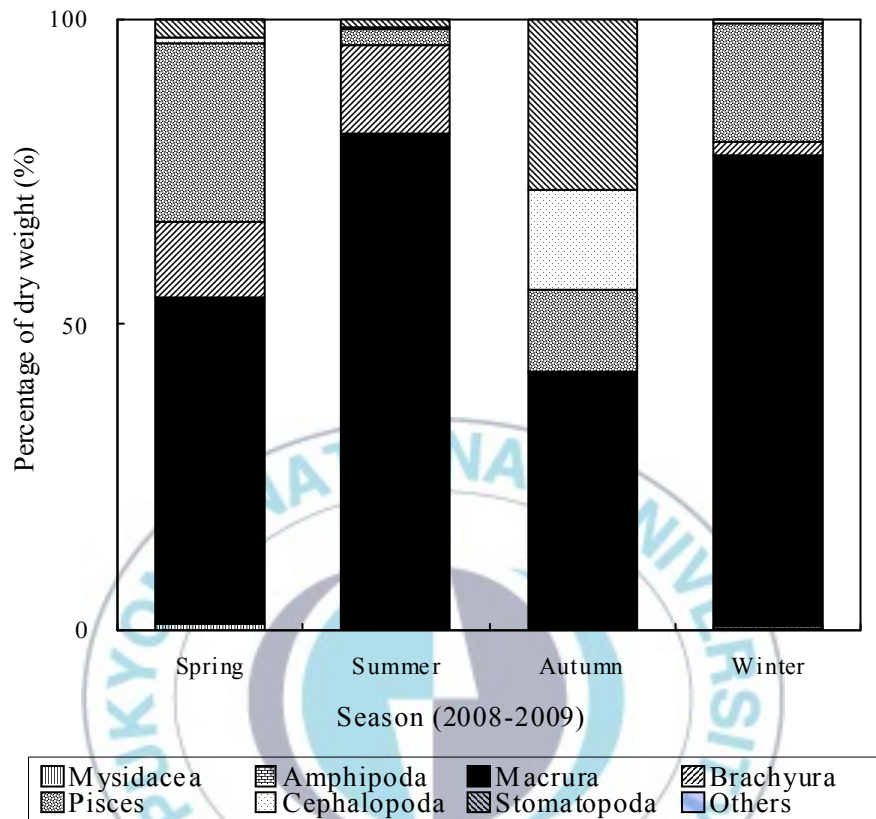


Fig. 12. Seasonal change in composition of stomach contents by percentage of dry weight of *Okamejei kenojei*.

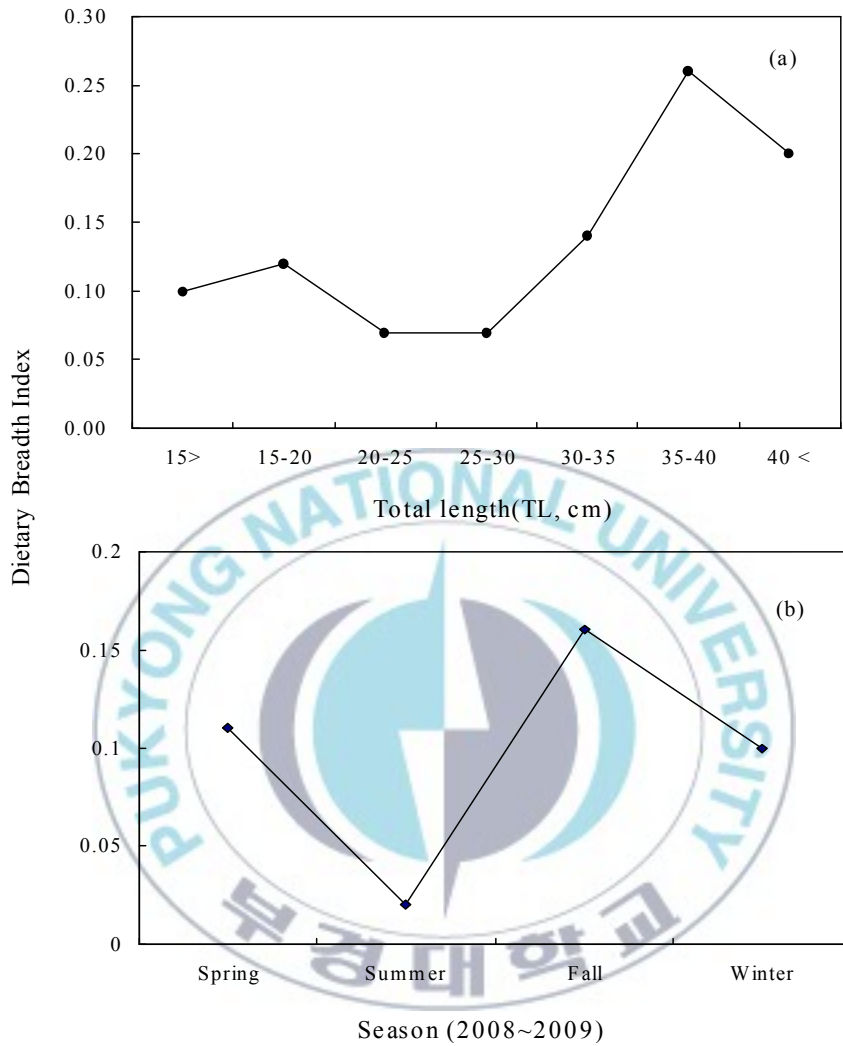


Fig. 13. The size-related (a) and seasonal (b) variations of dietary breadth index of *Okamejei kenojei*.

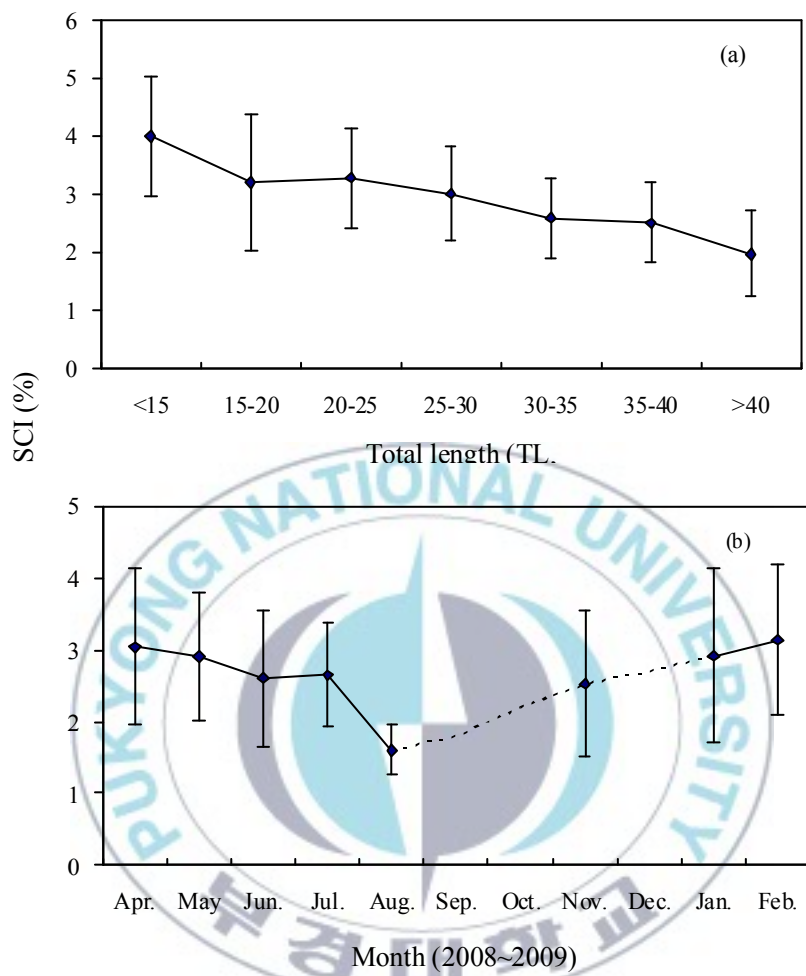


Fig. 14. Ontogenetic (a) and monthly (b) variations in stomach content index (SCI) of *Okamejei kenojei*.

IV. 고 찰

본 연구에서 홍어는 공복율이 3.9%로 이제까지 국내에서 식성 연구가 수행된 어종 중에서도 아주 낮은 공복율을 보인다. Fig. 5에서 성장과 계절에 따른 공복율의 변화를 살펴보면, 15-20 cm 크기군에서 16.3%로 가장 높은 공복율을 보이다가 성장하면서 점차 낮아지는 경향을 보였고, 계절에 따른 공복율은 수온이 높았던 하계, 특히 8월에 33.3%로 가장 높게 나타났다(Fig. 5). 이는 홍어가 성장하면서 먹이 포식 능력이 발달하면서 먹이의 선택폭이 늘어나고 더 쉽게 먹이를 포획할 수 있게 되기 때문이라 생각되어진다. 하계에 가장 높은 공복율을 보였던 것은 홍어가 하계의 수온상승과 관련이 있는 것으로 추정된다. 지금까지 국내에서 식성 연구가 수행된 종을 살펴보면, 공복율이 낮은 어종들은 대부분 갑각류나 다모류를 섭식하는 경향을 보였으며, 공복율이 높은 어종들은 대부분이 주 먹이 생물로 어류를 섭식하는 경향을 보였다(Huh and Kwak, 1998; Huh and Cha, 1998; Huh and Kwak, 1999; Kwak and Huh, 2003a, b; Kwak and Huh, 2004; Baeck and Huh, 2003; Huh and Baeck, 2004; Baeck *et al.*, 2006; Baeck *et al.*, 2008).

외국 연구에서 홍어과 어류의 공복율을 살펴본 결과, 국내 연구의 결과와 비슷한 경향을 보였다(Orlov, 1998; Farias *et al.*, 2006; Navia *et al.*, 2007). Orlov (1998)는 쿠릴열도 북쪽과 캄차카 동남부 근해에서 7종의 바닥가오리 속 어류의 식성을 연구하였다. 먹이생물 중 어류와 두족류의 비율이 높았던 바닥가오리류(*Bathyrāja aleutica*, *B. parmifera*, *B. maculata*, *B. matsubarae*)는 비교적 높은 공복율을 보인 반면, 갑각류나 다모류 같은 작은 무척추 동물을 주로 섭식하는 종들(*Bathyrāja interrupta*, *B. minispinosa*, *B. violacea*)은 공복율은 비교적 낮은 공복율을 보였다. 콜럼비아의 태평양 연안에서 5종의 판새류의 식성을 조사한 Navia *et al.* (2007)의 연구에서도 비슷한 경향을 보였다. 일반적으로 어류식자(piscivore)들은 상대적으로 높은 공복율을 가지는데, 이는 아마도 어류가 갑각류보다 더 높은 영양적 가치를 가지고 있어서 자주 섭식할 필요가 없거나, 어류가 갑각류보다 유영 능력이 뛰어나 먹이 포획 성공률이 낮은 이유도 있을 수 있다(Ellis *et al.*, 1996; Farias *et al.*, 2006).

본 연구에서 홍어는 전체 먹이생물의 건조중량에서 갑각류가 80.9%를 차지하는 갑각류식자(crustacean feeder)였다. 다른 홍어과 어종의 먹이생물을 살펴보면, 눈가오리의 경우 홍어와 마찬가지로 새우류를 주로 섭식하는 갑각류식자였다(Yeon *et al.*, 1999). 새우류 다음으로 어류와 두족류를 많이 섭식하였는데, 이는 새우류 다음으로 어류와 게류를 많이 섭식한 홍어와는 다소 차이를 보였다. 세계 여러 해역에서 연구된 홍어과 어류의 식성 연구에서, 적은 수의 종들만이 어류를 주로 섭식하는 것으로 나타났고, 대부분이 저서성 무척추동물을 섭식하며, 성어시기에 일부 어류를 섭식하는 것으로 알려졌다(Orlov, 1998; Ajayi, 1982; Berestovskiy, 1989; Ellis *et al.*, 1996; Gordon and Duncan, 1989; Jardas, 1972; Quiniou and Rabarison-Andriamirado, 1979). 다만, 위내용물의 분석이 이루어진 대부분의 *Dipturus*속 어류는 주로 어류를 섭식하는 것으로 나타났다. *Dipturus*속과 같이 큰 전장을 가지는 홍어류가 작은 크기의 홍어류보다 먹이생물 중 어류의 비율이 높은 경향을 보인다(Lucifora, 2000).

홍어와 같은 갑각류식자는 주 먹이생물을 기준으로 요각류, 단각류, 그리고 새우류를 섭식하는 세 그룹으로 나누어 질 수 있다(Nam, 2008). 이 중 홍어는 갑각류 중 새우류를 주로 섭식하는 전형적인 갑각류식자로 나타났다. Nam(2008)에 따르면 새우류 식성의 어류는 여러 종류의 새우류를 다양하게 섭식하는 어류와 특정한 새우류 만을 선택적으로 섭식하는 어류들로 구분된다(Table 2). 본 연구에서 홍어는 특정 새우만을 섭식하기 보다는 다양한 새우류를 섭식하는 Type 1에 속하는 어류로 판단되었다.

홍어류는 전형적인 저서성 어류이고, 그 먹이는 주로 저서성 생물로 구성되어있다(Orlov, 1998). 하지만 섭식된 먹이생물 중에는 때때로 표층에서 머무는 종이 관찰되었다. 이런 경향은 다만 홍어에만 국한된 것이 아니라 다른 많은 홍어과 어류의 식성 연구에서 나타났다(Holden and Tucker, 1974; Templeman, 1982; Berestovsky, 1989; Lushnikova and Kirnosova, 1990; Zyuganov, 1991; Robishaud *et al.*, 1991; Ebert *et al.*, 1991; Smale and Cowley, 1992; Ogura, 1994; Orlov, 1998). Berestovsky (1989)는 홍어과 어류의 형태적 특징 때문에 수층에 머무는 어류를 먹을 수 없다고 결론지었다. 그러나 홍어가 형태적 단점을 극복하고 부어류를 섭식할 수 있는 세 가지 가능한 경우가 존재한다. 첫 번째 경우는 어로활동 중 버려지는 어류나 자연 사망하는 어류의 사체가 해저에 떨어져 이것

을 섭식한 경우이다(Robinson *et al.*, 2007). 두 번째 경우는 채집활동 중 어구에 의한 충격으로 기절하거나 사망한 어류를 어구 내에서 섭식한 경우이고(Berestovsky, 1989), 세 번째 경우는 수직회유(vertical migratory)하는 부어류를 섭식한 경우이다(Orlov, 2003). 하지만 홍어의 위내용물 중 발견된 부어류의 출현빈도나 소화상태로 봤을 때, 첫 번째와 두 번째 경우는 배제할 수 있었고, 세 번째 경우가 타당할 것으로 판단되었다. 더욱이 홍어의 위내용물 중 많이 발견된 부어류인 청어과 어류와 멸치과 어류의 수직회유는 몇몇 연구자들에 의해 보고된바 있고(Solov's and Degtyarev, 1957; Nilsson *et al.*, 2002; Stenevik *et al.*, 2007), 종종 한국 연안의 저층 트롤어업에 의해 어획되기도 하였다(Hwang *et al.*, 1998). 그리고 홍어가 이런 부어류를 섭식할 수 있도록 도와주는 것은 대부분의 상어류와 많은 수의 홍어과 어류가 로렌치니기관(Lorenzini's ampullae)을 이용하기 때문으로 사료된다. 이 기관은 살아있는 생물이 만들어내는 자기장(bioelectric fields)을 감지해(Kalmijn, 2000; Kalmijn, 2003; Tricas and Joseph, 2004) 먹이생물을 정확하게 포획할 수 있도록 도움을 준다(Kalmijn, 1971; Tricas, 1982; Blonder and Alevison, 1988; Lowe *et al.*, 1994; Haine *et al.*, 2001; Kajiura and Holland, 2002). 로렌치니기관의 분포와 밀도, 크기는 홍어과 어류의 서식환경과 식성에 따라 달라지는 특징을 보였다(Raschi, 1986).

본 연구에서 채집된 가장 작은 홍어의 전장은 8.2 cm 였다. 이 개체는 복강 내에 노란색의 난황낭(yolk sac)을 가지고 있었고(Fig. 8), 위내용물을 가지고 있지 않았다. 그 다음으로 큰 개체는 전장 8.6 cm 로 내부 난황낭이 없었고, 위내용물 중 옆새우류(Gammaridea)가 발견되었다. 따라서 홍어의 부화 크기(hatching size)는 대략 8.0~9.0 cm TL 정도로 추정되고, 최초 섭식크기(size at first feeding)는 대략 8.5~9.0 cm TL 정도로 추정된다. 국내외 홍어과 어류의 식성 연구에서 갯 부화한 치어기의 식성에 대한 언급은 거의 없다. 본 연구에서는 부화된 지 얼마 안 된 치어가 채집되어 위내용물을 살펴볼 기회가 있었다. 다만 채집된 개체수가 2개체로 적어, 최초의 외생 섭식(exogenous feeding)의 대상이 무엇인지 결론 내리기는 어려우나, 전장이 11 cm 미만인 대부분 개체가 옆새우류를 섭식하는 것으로 나타나 치어기 때의 주 먹이생물은 옆새우류로 추정된다.

성장에 따른 먹이조성의 변화는 홍어과 어류의 모든 종에서 흔하게 나

타난다(Orlov, 1998). 본 연구해역에서 출현하는 홍어 역시 성장하면서 먹이생물 조성이 달라졌는데, 홍어의 성장에 따른 먹이생물 변화는 세 가지 특징을 보였다. 첫째로 성장 초기에 옆새우류에서 새우류로 먹이전환이 이루어진 이후 새우류에 대한 선호도가 평생 지속 되었다. 두 번째 특징은 홍어의 전장이 커질수록 가장 중요한 먹이생물인 새우류의 경우 작은 크기의 종에서 큰 크기의 종으로 먹이전환이 이루어졌다(Fig. 11). 세 번째 특징은 30 cm 이상의 개체군에서 어류와 게류의 점유율이 증가하였다.

홍어의 성장에 따라 주 먹이생물인 새우류의 조성이 변하는 것은 작은 새우류를 여러 마리 섭식하는 것 보다 큰 크기의 새우를 한 번 섭취하는 것이 에너지 효율 측면에서 유리하기 때문이라 추정된다(Huh *et al.*, 2006). 또한 30 cm 이상 크기군에서 어류의 섭식율이 크게 증가한 것도 이와 같은 맥락이라 추정된다.

성장에 따른 홍어의 dietary breadth index는 전장이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다. 이런 경향은 홍어가 성장함에 따라 먹이를 다루는 능력이 발달하여 다양한 먹이생물을 섭식할 수 있기 때문으로 판단되었다. 반면 성장에 따른 SCI 값은 점점 감소하였는데, 이는 홍어가 성장하면서 에너지 효율이 높은 먹이를 섭식한 결과 먹이생물을 자주 섭식할 필요가 없기 때문인 것으로 판단되었다.

홍어의 계절에 따른 먹이생물의 변화를 살펴보면(Fig. 12, Fig. 13b), 춘계와 추계에 비교적 다양한 분류군이 섭식되었으며, 하계와 동계에 새우류의 비중이 높은 것을 알 수 있었고, 특히 하계에 새우류에 대한 의존도가 높았다. 특히 계절에 따른 dietary breadth index는 하계에 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 하계에 새우류에 대한 의존도가 높았던 것과 동일한 결과였다. 한편, 계절에 따른 SCI 값은 봄과 겨울에 높고, 여름과 가을에 낮은 값을 보였다. 일반적으로 수온이 비교적 높은 여름과 가을에 어류의 신진대사가 활발하여 먹이활동이 활발하고, 수온이 낮은 겨울에 먹이활동이 감소할 것으로 예상하였으나, 이와는 다른 결과를 보였다. 이런 결과는 홍어가 겨울철에 주로 산란하는 어종(NFRDI, 2004)이라는 점에서, 낮은 수온이 활동에 적합하기 때문이라 판단되었다. 이런 경향은 홍어가 눈가 오리처럼 황해 냉수역의 변동에 따라 그 분포를 달리하는 어족자원이라는 연구보고에서 추정할 수 있었다(Yeon *et al.*, 1996). 또한 여름철 황해는

저층에 냉수대가 나타나지만(Kang and Kim, 1987) 그 범위가 제한되어
홍어가 협소한 해역에서의 밀집 분포에 따른 먹이생물의 부족으로 하계에
홍어가 높은 공복율(Fig. 5b)과 낮은 dietary breadth index 값(Fig. 13b)을
보였던 것으로 추정되었다(Hong *et al.*, 2000). 하지만 이는 단정 짓기 어
려운 문제로, 추후 환경조사와 함께 환경생물 조사가 추가로 이루어져야
할 것으로 판단되었다.



Table 2. Classification of fishes among shrimp feeders in Korean waters

Type	Species	Prey organisms	Dry weight (%)	Reference
Type I	<i>Apogon lineatus</i>	<i>Crangon hakodatei</i>	32.3	Choo, 2007
		<i>Leptochela sydniensis</i>	29.9	
		<i>Crangon</i> sp.	8.3	
	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	<i>Solenocera melantho</i>	27.2	Huh et al., 2007
		<i>Leptochela sydniensis</i>	11.1	
		<i>Trachysalambria curvirostris</i>	6.1	
	<i>Hapalogenyx mucronatus</i>	<i>Leptochela sydniensis</i>	9.1	Soh and Kwak, 2005
		<i>Alpheus digitalis</i>	6.9	
		<i>Palaemon macrodactylus</i>	6.2	
	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	<i>Crangon hakodatei</i>	11.4	Choo, 2007
		<i>Alpheus digitalis</i>	7.1	
		<i>Pandalus hypsinotus</i>	2.1	
Type II	<i>Liparis tanakai</i>	<i>Crangon hakodatei</i>	90.4	Choo, 2007
		<i>Eualus spathulirostris</i>	1.3	
		<i>Pandalus hypsinotus</i>	0.9	
	<i>Zoarces gilli</i>	<i>Crangon affinis</i>	56.0	Huh and Baeck, 2000
		<i>Palaemon</i> sp.	2.8	
		<i>Latreutes</i> sp.	0.8	
	<i>Sebastes thompsoni</i>	<i>Leptochela sydniensis</i>	53.4	Nam, 2008
		<i>Trachysalambria curvirostris</i>	1.3	
		<i>Pandalus hypsinotus</i>	1.1	
	<i>Raja pulchra</i>	<i>Crangon affinis</i>	88.4	Yeon et al., 1999
		<i>Trachysalambria curvirostris</i>	3.8	
		<i>Pandalus</i> sp.	0.5	

V. 요약

본 연구는 2008년 4월부터 2009년 2월까지 매월 태안군 주변 해역에서 채집된 홍어의 위내용물 분석을 통하여 홍어의 식성을 연구하였다. 채집된 홍어의 크기는 전장 8.2~49 cm의 범위를 보였다.

홍어의 위내용물을 분석한 결과 갑각류가 차지하는 비율이 80.9%로 전형적인 갑각류식자(crustacean feeder)였고, 갑각류 중 새우류를 주로 섭이하는 것으로 나타났다. 새우류 중에서 가장 많이 섭식된 종은 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*)였으며 돛대기새우(*Leptochela gracilis*), 큰손딱총새우(*Alpheus digitalis*), 딱총새우(*A. brevicristatus*)순으로 섭식되었다. 새우류 다음으로 중요한 먹이생물은 어류였다. 어류 중에서는 청어과(*Clupeidae*)의 어류가 가장 많이 섭식 되었으며 그다음으로는 멸치(*Engrulis japonicus*), 참돛양태(*Repomucenus koreanus*), 돛양태류(*Repomucenus* sp.), 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*)의 순으로 나타났다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 게류였다. 게류 중에서는 속살이게류(*Pinnotheridae*), 두점박이민꽃게(*Charybdis bimaculata*), 음조개치레(*Paradorippe granulata*)의 순으로 섭식되었다. 그 외 갯가재류, 두족류, 곤쟁이류, 단각류 등이 건조중량비 0.1% 이상이 섭식 되었고, 난바다곤쟁이류, 요각류, 쿠마류, 등각류, 다모류 등도 섭식 되었으나 그 양은 많지 않았다.

성장에 따른 먹이조성의 변화를 보면, 전체 크기군에서 새우류가 가장 중요한 먹이생물이긴 하였으나 가장 작은 크기군에서는 단각류와 곤쟁이류의 혼식율이 비교적 높았고, 성장하면서 어류와 게류의 혼식율이 점차 증가하는 경향을 보였다. 그리고 홍어의 성장에 따라 먹이생물의 평균 크기가 증가하는 경향을 보였다.

홍어의 계절에 따른 먹이생물의 변화를 살펴보면 춘계와 추계에 비교적 다양한 먹이생물이 섭식되었고, 하계와 동계에는 새우류의 섭식 비율이 높았다.

홍어의 dietary breadth index는 성장함에 따라 증가하는 경향을 보인 반면, 위내용물 중량지수(stomach content index, SCI)는 홍어가 성장하면서 점차 낮아지는 경향을 보였다.

VI. 감사의 글

2008년 2월 부경대학교 해양학과 학부과정을 졸업하고 대학원으로 진학한 것이 바로 얼마 전인것 같은데 벌써 2년의 시간이 흘러 어느덧 석사과정의 마무리를 할 시간이 되었습니다. 지난 2년의 시간 중에 때론 힘들 때도 있었지만, 조사 및 실험방법, 자료처리 등 앞으로 이 분야에서 일해나가는데 꼭 필요하고 소중한 지식들을 배울 수 있는 유익한 시간이었습니다. 이가운데 주위에서 이끌어 주시고, 뒷바침해주신 분들이 없었다면 지금 이 자리의 저는 없었을지도 모른다는 생각이 듭니다.

먼저 2년간 학업과 연구에 전념할 수 있도록 물심양면으로 지원해주시고, 많은 조언을 해주신 허성희 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 조사와 연구방향에 대해 때로는 칭찬으로, 실수에 대해서는 조언으로 이끌어 주신 부경대학교 대학원 과정의 연구실 직속 선배님이시자 현재 경상대학교에 재직 중이신 백근욱 교수님께도 깊은 감사를 표합니다.

또한 학부 때부터 많은 성원과 가르침을 주신 부경대학교의 양한섭 교수님, 이재철 교수님, 문창호 교수님, 김석윤 교수님, 박미옥 교수님, 김학균 선생님, MEI의 곽석남 박사님, KOFI의 추현기 박사님, 부산해양자연사박물관의 함경훈 선배님, 임성오 선배님, 김대현 박사님, 이병관 박사님, 최창근 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

그리고 많은 실험과 현장조사에서 솔선수범 열심히 이끌어 주시고, 대학원 생활에 대한 조언을 아끼지 않으시는 한명일, 박주면, 김하원 선배님과 같은 실험실에서 즐겁게 생활하며 도움을 주었던 성봉준 선배님, 황원진, 오현수 선배님, 이동진 선배님, 김정윤, 김진민, 강진목, 허유심, 입학동기 김윤하 선배님, 권형규, 김상인, 김주은에게도 깊은 감사를 드리며, 학부생활을 함께보낸 배성이 형, 동재 형, 성현이 형, 정찬이 형, 진명이, 재령이, 성산이 에게도 깊은 감사를 드립니다. 또 기쁜일이 있거나 힘들 때 항상 힘이 되어준 친구들 상운, 상호, 대룡, 대성, 병현, 규성, 경환이 형, 홍진이 형, 성국이 형, 진구 형, 동건이 형, 진수, 미정이 누나, 정선이, 효정이, 혜란이 에게도 깊은 감사를 드립니다.

끝으로 힘드신 상황에서도 지금까지 제가 하고 싶은 공부를 할 수 있도록 믿고 뒷바라지 해주신 사랑하는 할머니, 아버지, 어머니, 동생들에게

이 연구의 결과를 바칩니다.



VII. 참고문헌

- Abdel-Aziz, S.H. 1986. Food and feeding habits of *Raja* species (Batoidei) in the Mediterranean water of Alexandria. Bull. Inst. Oceanography and Fish. ARE. 12, 265-276.
- Ajayi, T.O. 1982. Food and feeding habits of *Raja* species (Batoidei) in Carmarthen Bay, Bristol Channel. J. Mar. Biol. Assoc. UK., 62, 215-223.
- Baeck, G.W. 2000. Feeding habits of *Zoarces gilli* collected around coastal waters off Kaduck-do, Korea. Ph.D. Thesis, Pukyong Nat'l. Univ. 1-51. (in Korean)
- Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2003. Feeding habits of juvenile *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36(6), 695-699. (in Korean)
- Baeck, G.W., S.H. Huh and J.M. Park. 2006a. Feeding habits of spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the southern sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 39(1), 35-41. (in Korean)
- Baeck, G.W., S.H. Huh and J.M. Park. 2006b. Feeding habits of john dory *Zeus faber* in the coastal waters off Gori, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 39(4), 357-362. (in Korean)
- Baeck, G.W., J.W. Kim, S.J. Yoon and D.H. Kim. 2008. Feeding habits of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the southern sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 41(1), 26-31. (in Korean)
- Berestovsky, E.G. 1989. Feeding in the skates, *Raja radiata* and *Raja fyllae*, in the Barents and Nowegian Seas. Voprosy Ikhtiologii. 29(6), 994-1002. (in Russian)
- Bizzarro, J.J., H.J. Robinson, C.S. Rinewalt, D.A. Ebert. 2007. Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. Environ. Biol. Fish. 80, 197-220.
- Blonder, B.I. and W.S. Alevizon. 1988. Prey discrimination and electroreception in the stingray *Dasyatis sabina*. Copeia. 1988,

33-36.

- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Son, Y.C. Park, W.S. Yang and O.I. Choi. 1997. Food habits of the yellow goosfish, *Lophius litulon*. J. Kor. Fish. Soc., 30, 95-104. (in Korean)
- Cha, B.Y. and S.H. Huh. 1998. Feeding habits of Jack mackerel, *Trachurus japonicus*, collected from the Nakdong River estuary. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., 34(3). (in Korean)
- Choi, Y. 1999. Sharks. Jiseong. Publ. Co. Seoul, 1-197. (in Korean)
- Choo, H.G., 2007. Species composition and feeding ecology of fishes in the coastal waters off Kori, Korea. Ph.D. Thesis. Pukyong Nat'l. Univ., 1-126. (in Korean)
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 1-727. (in Korean)
- Cortes, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of shark. ICES. J. Mar. Sci. 56, 707-717
- Devadoss, P. 1978. On the food of rays, *Dasyatis uarnak* (Forskal), *D. alcocki* (Annadale) and *D. sephen* (Forskal). Indian J. Fish. 25(1/2), 10-13.
- Dworschak, P.C. and P. Pervesler. 2002. *Alpheus migrans* Lewinsohn & Holthuis, 1978 (Decapoda, Caridea, Alpheidae): burrow morphology and first record from the Red Sea. Crustaceana, 75(3-4), 351-357.
- Ebert, D.A., P.D. Cowley, and L.J.V. Compagno. 1991. A preliminary investigation of the feeding ecology of skates (Batoidea: Rajidae) off the west coast of southern Africa. South African J. Mar. Sci. 10, 71-81.
- Ellis, J.R., M.G. Pawson, S.E. Shackley. 1996. The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (Elasmobranchii) in the north-east Atlantic. J. Mar. Biol. Assoc. UK., 76, 89-106.
- Farias, I., I. Rigueiredo, T. Moura, L.S. Gordo, A. Neves and B. Serra-Pereira. 2006. Diet comparison of four ray species

- (*Raja calvata*, *Raja brachyura*, *Raja montagui* and *Leucoraja naevus*) caught along the Portuguese continental shelf. *Aquat. Living Resour.*, 19, 105-114.
- Gerking, S.D. 1994. *Feeding Ecology of Fish*, Academic Press, San Diego, 1-416.
- Gibson, R.N. and I.A. Ezzi. 1987. Feeding relationships of a demersal fish assemblage on the west coast of Scotland. *J. Fish. Biol.*, 31, 55-69.
- Gordon, J.D.M. and J.A.R. Duncan. 1989. A note on the distribution and diet of deep-water rays (Rajidae) in an area of the Rockall Trough. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 69, 655-658.
- Haine, O.S., P.V. Ridd, and R.J. Rowe. 2001. Range of electrosensory detection of prey by *Carcharhinus melanopterus* and *Himantura granulata*. *J. Mar. Freshwater Res.* 52, 291-296.
- Hamlett, W.C. 1999. *Sharks, Skates, and Rays: the Biology of Elasmobranch Fishes*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1-515.
- Hoff, G.R. 2009. Embryo developmental events and the egg case of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert) and the Alaska skate *Bathyraja parmifera* (Bean). *J. Fish Biol.* 74, 483-501.
- Holden, M.J. and R.N. Tucker. 1974. The food of *Raja calvata* Linnaeus 1758, *Raja montagui* Fowler 1910, *Raja naevus* Muller and Henle 1841 and *Raja brachyura* Lafont 1873 in British waters. *J. du Conseil Int'l. pour l'Exploration de la Mer.* 35(2), 189-193.
- Hong, S.H., I.J. Yeon, Y.J. Im, H.J. Hwang, T.S. Ko, and Y.C. Park. 2000. Feeding habits of *Okamejei kenojei* in the Yellow Sea. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea.* 58, 1-11. (in Korean)
- Hong *et al.*, 2006. *Marine Invertebrates in Korean Coasts*. Academy. Publ. Co. Seoul, 1-479. (in Korean)
- Huh, S.H., G.J. Park, and S.S. Cha. 1996. Food organisms of postlarval Shad (*Konosirus punctatus*) in Kwangyang Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* 29(4), 450-455. (in Korean)

- Huh, S.H. and G.W. Baeck. 2000. Feeding habits of blotched eelpout, *Zoarces gilli* collected in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 12(1), 54-61. (in Korean)
- Huh, S.H. and G.W. Baeck. 2004. Feeding habits of brown barracuda (*Sphyraena pinguis*, Teleostei) in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 37(6), 505-510. (in Korean)
- Huh, S.H., J.M. Park, K.M. Nam, S.C. Park, C.I. Park, and G.W. Baeck. 2008. Feeding habits of *Scorpaenae neglecta* in the coastal waters off Busan. J. Kor. Ichthyol., 20(2), 117-122. (in Korean)
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998a. Feeding habits of juvenile *Takifugu niphobles* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 31(6), 806-812. (in Korean)
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998b. Feeding habits of juvenile *Acanthopagrus schlegeli* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Ichthyol., 10(2), 168-175. (in Korean)
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1999. Feeding habits of *Acanthogobius flavimanus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 32(1), 10-17. (in Korean)
- Hwang, S.D., Y.J., Im, H.I., Song, Y.S., Choi and H.T., Moon. 1998. Fishery resource off Youngkwang II. Species composition of catch by a otter trawl. J. Kor. Fish. Soc. 31, 739-748.
- Ishihara, H., T. Mochizuki, K. Homma and T. Taniuchi. 2002. Reproductive strategy of the Japanese common skate (spiny rasp skate) *Okamejei kenojei*. Occ. Pap. IUCN Species Survival Comm. vol. 25. Elasmobranch biodiversity, conservation and management. pp. 236-240.
- Jañez, J.A. and M.C. Sueiro. 2007. Size at hatching and incubation period of *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae) bred in captivity at the Temaikén Aquarium. J. Fish Biol., 70, 648-650.
- Jardas, I. 1972. Supplement to the knowledge of ecology of some Adriatic cartilaginous fishes (Chondrichthyes) with special

- reference to their nutrition. *Acta Adriatica*, 14, 1-57.
- Jeong, C. H., 2000. Fauna and geographical distribution of batoid fishes (Pisces, Chondrichthyes) from Korea. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 3, 97-106. (in Korean)
- Go, Y.B., S.H. Cho, G.M. Go. 1997. Study on the fish community in the seagrass belt around Cheju Island. II. Growth, reproduction and food habit of tubenose, *Aulichthys japonicus* Brevoort. *J. Kor. Ichthyol.* 9(1), 61-70.
- Kajiura, S.M. and K.N. Holland. 2002. Electoreception in juvenile scalloped hammerhead and sandbar sharks. *J. Exp. Biol.* 205, 3609-3621.
- Kalmijn, A.J. The electric sense of sharks and rays. 1971. *J. Exp. Biol.* 55, 371-383.
- Kalmijn, A.J. 2000. Detection and processing of electromagnetic and near-field acoustic signals in elasmobranch fishes. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 355, 1135-1141.
- Kalmijn, A.J. 2003. Graded positive feedback in elasmobranch ampullae of Lorenzini. Third International Conference on Unsolved Problems of Noise and Fluctuations in Physics, Biology, and High Technology. AIP Conference Proceedings. 665, 133-141.
- Kim, J.K., D.S. Sim, S.D. Jeong. 2005. Sexual maturity of *Raja koreana* (Elasmobranchii, Rajoidei) from Korea. *J. Kor. Ichthyol.* 17(4), 229-235.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row, New York, 1-654.
- Kwak, S.N. and H.Y. Soh. 2005. Feeding habits of belted beard grunt, *Haplochromys mucronatus*, in the coastal waters off Sori Island, Yeosu, Korea. *J. Kor. Ichthyol.* 17(4), 258-263.
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2003a. Feeding habits of juvenile *Liparis tanakai* in the eelgrass, *Zostera marina* bed in Kwangyang Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36(4), 372-377. (in Korean)
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2003b. Feeding habits of *Limanda*

- yokohamae* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 36(5), 522-527. (in Korean)
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2004. Feeding habits of *Rudarius ercodes* in a *Zostera marina* bed. J. Fish. Sci. Tech., 7(1), 46-50.
- Kyne, P.M., A.J. Courtney and M.B. Bennett.. 2008. Aspects of reproduction and diet of the Australian endemic skate *Dipturus polyommata* (Ogilby) (Elasmobranchii: Rajidae), by-catch of a commercial prawn trawl fishery. J. Fish Biol., 72, 61-77.
- Lee, D.J. 2009. Comparative feeding ecology between two flatfish species *Limanda yokohamae* and *Paralichthys olivaceus* in the coastal waters off Taean. M.A. Thesis. Pukyong Nat'l. Univ., 1-36. (in Korean)
- Lowe, C.G., R.N. Bray, and D.R. Nelson. 1994. Feeding and associated electrical behavior of the Pacific electric ray, *Torpedo californica* in the field. Mar. Biol. 120, 161-169.
- Lucifora, L.O., J.L. Valero, C.S. Bremec and M.L. Lasta. 2000. Feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 80, 953-954.
- Lushnikova, V.P. and I.P. Kirnosova. 1990. Feeding and feeding necessities of thornback ray *Raja clavata* in the Black Sea. V.A. Shlyakhov, Biological resources of the Black Sea. VNIRO, Moscow. 58-64 (in Russian)
- Nam, K.M. 2008. Feeding habits, maturatin and spawning of goldeye rockfish (*Sebastes thompsoni*) in the coastal waters off Busan. M.A. Thesis. Pukyong Nat'l. Univ., 1-55. (in Korean)
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla and A. Giraldo. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian eastern tropical Pacific. BMC Ecol., 7, 8-17.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2001. Shrimp of the Korean Waters. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., 1-188. (in Korean)

- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial Fishes of the Coastal & Offshore Waters in Korea. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., 1-333. (in Korean)
- Nilsson, L.A.F., U.H., Thygesen, B., Lundgren, B.F., Nielsen, J.R., Nielsen and J.E., Beyer. 2002. Vertical migration and dispersin of sprat (*Sprattus prattus*) and herring (*Clupea harengus*) schools at dusk in the Baltic Sea. Aquat. Living Resour./Ressour. Vivantes Aquat., Vol. 16
- Oddone, M.C. and C.M. Vooren. 2002. Egg-cases and size at hatching of *Sympterygia acuta* in the south-western Atlantic. J. Fish Biol. 61, 858-861.
- Ogura, M. 1994. Migratory behavior of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the open sea. Bull. Nat'. Res. Institute of Far Seas Fish., 31, 1-139.
- Orlov, A.M. 1998. The diets and feeding habits of some deep-water benthic skates (Rajidae) in the Pacific waters off the northern Kuril islands and southeastern Kamchatka. Alaska. Fish. Res. Bull., 5(1), 1-17.
- Orlov, A.M. 2003. Diets, feeding habits, and trophic relations of six deep-benthic skates (Rajidae) in the western Bering Sea. J. Ichthyol. Aquat. Biol. 7, 45-60.
- Paesch, L. and M.C. Oddone. 2008. Size at maturity and egg capsules of the softnose skates *Bathyraja brachyurops* (Fowler, 1910) and *Bathyraja macloviana* (Norman, 1937) (Elasmobranchii, Rajidae) in the SW Atlantic (37°00' - 39°30'S). J. Appl. Ichthyol. 1-6.
- Parin, N.V. 1971. Order Rajiformes, volume 4, part 1. T.S. Rass, Wildlife. Prosveshcheniye, Moscow. 56-57. (in Russian)
- Park, K.D., Y.J. Kang, S.H. Huh, S.N. Kwak, H.W. Kim, and H.W. Lee. 2007. Feeding ecology of *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong Marine Ranching Area. J. Kor. Fish. Soc., 40(5), 308-314. (in Korean)
- Park, K.J. and S.S. Cha. 1995. Food organisms of postlarvae of Japanese

- anchovy (*Engraulis japonica*) in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 28(3), 24-252. (in Korean)
- Park, K.J. and S.S. Cha. 2001. Food organisms and feeding selectivity of postlarvae of slimy (*Leiognathus nuchalis*) in Kwangyang Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 34(6), 666-671. (in Korean)
- Quiniou, L. and G. Rabarison-Andriamirado. 1979. Variations du regime alimentaire de trois especes de raies de la Baie de Douarnenez (*Raja montagui* Fowler, 1910; *Raja brachyura* Lafont, 1873; *Raja clavata* L., 1758). Cybium, 7, 27-39.
- Raschi, W. 1986. A morphological analysis of the ampullae of Lorenzini in selected skates (Pisces, Rajoidei). J. Morphol. 189(3), 225-247.
- Rinewalt, S.C., D.A. Ebert, and G.M. Cailliet. 2007. Food habits of the sandpaper skate, *Bathyraja kincaidii* (Garman, 1908) off central California : seasonal variation in diet linked to oceanographic conditions. Environ. Biol. Fish. 80, 147-163.
- Robishaud, D.A., R.W. Elner, and R.F.J. Bailey. 1991. Differential selection of crab *Chionoecetes opilio* and *Hyas* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata*. Fish. Bull. 89, 669-680.
- Robinson, J.H., G.M. Cailliet, and D.A. Ebert. 2007. Food habits of the longnose skate, *Raja rhina* (Jordan and Gilbert, 1880), in central California waters. Environ. Biol. Fish. 80, 165-179.
- Ruocco, L.N., L.O. Lucifora, J.M. Díaz, and C. Baemec. 2009. Diet of the white-dotted skate, *Bathyraja albomaculata*, in waters of Argentina. J. Appl. Ichthyol. 25, 94-97.
- San Martin, M.J., J.M. Braccini, L.L. Tamini, C.E. Chiaramonte, and J.E. Perez. 2007. Temporal and sexual effects in the feeding ecology of the marbled sand skate *Psammobatis bergi* Marini, 1932. Mar. Biol. 151, 505-513.
- Smale, M.J. and P.D. Cowley. 1992. The feeding ecology of skates (Batoidea: Rajidae) off the cape South Coast, Louth Africa. South African J. Mar. Sci. 12, 823-834.

- Solov'ev, B.S. and A.A., Degtyarev. 1957. Diurnal vertical migration of Atlanto-scandian herring in the pre-spawning and spawning periods. Rybn. Khoz. (Mosc.)11, 81-84.
- Stehmann, M.F.W. 2002. Proposal of a maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Chondrichthyes). Arch. Fish. Mar. Res. 50, 23-48.
- Stenevik, E.K., S., Sundby and R., Cloete. 2007. Diel vertical migration of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in the northern Benguela. Afr. J. Mar. Sci. 29, 127-136.
- Takeda, M. 1982. Keys to Japanese and Foreign Crustaceans. Hokuryukan Press, Tokyo. 1-284.
- Templeman, W. 1982. Stomach contents of the thorny skate, *Raja radiata*, from the northwest Atlantic. J. North western Atlantic Fish. Science. 3, 123-126.
- Tricas, T.C. 1982. Bioelectric-mediated predation by swell sharks, *Cephaloscyllium ventriosum*. Copeia. 1982, 948-952.
- Tricas, T.C. and J.A. Sisneros. 2004. Ecological functions and adaptations of the elasmobranch electrosense. The Senses of Fishes: Adaptations for the Reception of Natural Stimuli. Narosa Publ. New Delhi, India. 308-329
- Treloar, A.M., L.J.B. Laurenson, and J.D. Stevens. 2007. Dietary comparisons of six skate species (Rajidae) in Southeastern Australian waters. 2007. Environ. Biol. Fish. 80, 181-196.
- White, W.T., M.E. Platell and I.C. Potter. 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranchs in a subtropical embayment: implications for resource partitioning. Mar. Biol. 144, 439-448.
- Yeon, I.J., S.H. Hong, H.K. Cha, and S.T. Kim. 1999. Feeding habits of *Raja pulchra* in the Yellow Sea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea. 57, 1-11. (in Korean)
- Yoon, C.H. 2002. Fish of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Publ. Co. Seoul, pp. 747. (in Korean)

Zyuganov, V.V. 1991. Stickleback (family Gasterosteidae) of the World Fauna. Nauka, Leningrad. (in Russian)

延仁子·洪承賢·朴永喆·金成泰·車亭基. 1996. 홍어류 자원조사, I. 눈가오리의 생물학적 조사. 1995년도 서수연 사업보고서. 85-112.

