



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

통영 주변해역에 출현하는
돌가자미 (*Kareius bicoloratus*) 의
섭식생태



2013년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 학 과

허 유 심

이 학 석 사 학 위 논 문

통영 주변해역에 출현하는
돌가자미 (*Kareius bicoloratus*) 의
섭식생태

지도교수 허 성 회

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2013년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 학 과

허 유 심

허유심의 이학석사 학위논문을 인준함

2013년 8월



주 심 이학박사 백 근 욱 (인)

위 원 이학박사 박 주 면 (인)

위 원 이학박사 허 성 회 (인)

목 차

Abstract	I
List of Tables	II
List of Figures	III
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
III. 결과	9
1. 출현양상	9
2. 위내용물 조성	12
3. 섭식특성	17
4. 성장에 따른 먹이 조성의 변화	19
IV. 고찰	23
V. 요약	30
VI. 감사의 글	31
VII. 참고문헌	33

Feeding Habits of the Stone flounder, *Kareius bicoloratus* in the coastal waters off Tongyeong, Korea

Yu Sim Heo

Department of Oceanography, Graduate School
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

The feeding habits of the stone flounder *Kareius bicoloratus* were studied using 102 specimens collected from January to August, 2010, in the coastal waters off Tongyeong, Korea. The size of *K. bicoloratus* ranged from 14.3 to 57.0 cm in standard length (SL). *K. bicoloratus* was bottom-feeding carnivore that consumed mainly bivalves. Its diet also included fishes, cephalopods, crabs, anomurans, polychaetes, amphipods, shrimps and ophiuroids. Our feeding-strategy graphical method revealed that *K. bicoloratus* was a generalist feeder. It showed ontogenetic change in feeding habits. Although bivalves were eaten predominantly for the smallest size class, the proportion of bivalves decreased with increasing fish size. Instead, the proportions of fishes increased gradually with increasing fish size. Prey size increased significantly as growing fish size.

List of Tables

Table 1. Monthly Size distribution of <i>Kareius bicoloratus</i> collected in the coastal waters off Tongyeong.....	10
Table 2. Composition of the stomach contents of <i>Kareius bicoloratus</i> by frequency of occurrence (% <i>F</i>), number of individuals (% <i>N</i>), weight (% <i>W</i>) and index of relative importance (% <i>IRI</i>)	15
Table 3. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the diet between <i>Kareius bicoloratus</i> size classes.....	22
Table 4. Comparison of main prey items among Pleuronectidae fishes	29

List of Figures

Fig. 1. Photograph of <i>Kareius bicoloratus</i>	3
Fig. 2. Location of the sampling area (●)	8
Fig. 3. Size distribution of <i>Kareius bicoloratus</i> collected in the coastal waters off Tongyeong.....	10
Fig. 4. Length–weight relationship of <i>Kareius bicoloratus</i> individuals.....	11
Fig. 5. Cumulative prey curve of prey taxa per stomach of <i>Kareius bicoloratus</i> in the coastal water off Tongyeong. Dashed line represents standard deviations after 100 permutations.....	14
Fig. 6. Photographs of prey organisms of <i>Kareius bicoloratus</i>	16
Fig. 7. Graphical representation of feeding pattern of <i>Kareius bicoloratus</i> in the coastal waters off Tongyeong (Am, Amphipoda; An, Anomura; Br, Brachiopoda; Bi, Bivalvia; Ce, Cephalopoda; Ma, Macrura; Op, Ophiuroidea; Pi, Pisces)(A), Explanatory diagram for interpretation of niche width contribution (axis i, within phenotypic component (WPC) or between phenotypic component (BPC)) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii)(B)	18
Fig. 8. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by weight of <i>Kareius bicoloratus</i> . The number above each	

column is number of individuals examined.....	21
Fig. 9. Variations of mean number of preys per stomach (mN/ST)	
and mean weight of preys per stomach (mW/ST) of	
<i>Kareius bicoloratus</i> among size classes.....	22



I . 서론

돌가자미(*kareius bicoloratus*) (Fig. 1)는 가자미목(Pleuronectiformes), 가자미과(Pleuronectidae)에 속하는 어류이며, 우리나라 전 연안, 일본 해역, 황해, 대만, 동중국해 등지에 분포한다. 산란기는 12~3월경으로 연안의 얕은 바다에서 산란하며, 암·수 모두 만 2년생이 되어야 성숙하고, 포란수는 체장 20 cm이면 20만개, 30 cm이면 80만개, 35 cm이면 150만개로 알려져 있다(국립수산물과학원, 2004). 형태적인 특징을 살펴보면, 몸은 타원형이고, 눈은 오른쪽에 위치하며, 뒷지느러미에 앞으로 향한 뾰족한 가시가 1개 있고, 꼬리지느러미 끝은 둥글다. 피부는 매끈하고 비늘이 없고, 눈이 있는 쪽과 없는 쪽 모두 거의 직선모양의 옆줄이 발달되어 있다. 눈이 있는 쪽은 황갈색을 띄고 눈이 없는 쪽은 흰색을 띄며 가장자리에는 희고 둥근 반점이 있다. 성어의 경우 등부분과 배부분의 중앙에 골질의 돌기물이 줄지어 있다(국립수산물과학원, 2004; 김 등 2005).

돌가자미에 대한 이전의 연구를 살펴보면, 국외에서 자치어(Omori *et al.*, 1976; Minami, 1984; Tsuruta, 1991; Malloy *et al.*, 1996; Yamashita *et al.*, 2006), 연령과 성장 및 산란(Hatanaka *et al.*, 1952; Uehara *et al.*, 1996), 성장과 먹이 소모율(Hatanaka *et al.*, 1956), 비만도와 식성(Uehara and Shimzu, 1999), 가자미과어류의 생활사(Dou, 1995a), 유전자 및 조직학(Tanuma *et al.*, 1982; Oozeki *et al.*, 1989; Park and Kijima, 1991; Tadashi and Hiromichi, 1998; Sun *et al.*, 2009; Jianpeng *et al.*, 2009) 등에 관한 연구가 있었다. 국내에서는 난발생과 부화자어(김, 1982), 자치어 성장에 따른 형태발달(한과 김, 1997), 초기발생시 수온과 염분의 영향(전 등, 2002), 성 성숙(전 등,

2003), 연령과 성장(전과 임, 2004), 정자형성과정 중 생식세포, cyst 상피세포 및 간질세포의 미세구조(전 등, 2006), 유어기 성장과 서식환경(최, 2009), 포란수와 부화율(전 등, 2009) 등 많은 생태학적 연구들이 이루어져 있지만, 식성에 관한 연구는 체장 14 cm 미만인 비교적 작은 개체의 연구만이 수행되어 있다(최, 2000).

어류의 식성연구는 생태계의 에너지 흐름을 파악하기 위한 먹이망(food web)의 연결고리를 제시하고, 어류의 생태학적 지위(ecological niche), 경쟁(competition)을 파악하는데 도움을 준다. 또한 대상어종의 섭식 특성과 발달 단계를 이해할 수 있게 하며, 상업적인 어종의 자원관리에도 도움을 준다. 돌가자미는 주낙, 자망, 새우조망 등에 의해 주로 어획된다. 다른 가자미과 어류들과 다르게 체장 약 40~50 cm 정도의 크기가 큰 개체들이 많이 어획되며 고급회의 재료로 인기가 높은 어종이기도 하다. 또한 돌가자미는 최근 인공 종묘생산에 성공하여 높은 부가가치의 양식 대상 종으로 기대가 되고 있는 어종이다. 하지만 비교적 큰 크기의 돌가자미에 대한 식성 연구는 국내에서 아직 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 통영 주변해역에 서식하는 돌가자미의 주 먹이생물, 섭식전략, 성장에 따른 먹이생물의 변화를 조사하여 돌가자미의 효율적인 자원관리에 필요한 생태학적 자료를 제시하고자 한다.



Fig. 1. Photograph of *Kareius bicoloratus*.

II. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 돌가자미의 시료는 2010년 1월부터 8월까지 매월 통영 주변해역(Fig. 2)에서 낚시, 자망, 새우조망을 이용하여 채집하였다. 채집된 시료는 ice box를 이용하여 냉장상태로 실험실에 옮겨 각 개체의 체장(0.1 cm)과 체중(0.1 g)을 측정하였다. 각 개체에서 위 부분을 분리한 뒤, 해부현미경(SZ-40, Olympus) 하에서 위내용물을 중 수준까지 동정하였다.

체장과 체중 사이의 관계는 다음 식으로 나타내었다.

$$W = a L^b$$

여기서 W 는 중량, L 은 표준체장, a 와 b 는 parameters이다. 이때 매개변수인 a 와 b 는 위의 식의 양변에 logarithms를 취함으로써 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{Log } L$$

매개변수 a 와 b 는 최소자승법으로 계산하였다. 대수성장(isometric growth)을 나타내는 값인 3으로부터 매개변수 b 의 유의성은 t -test로 검정하였다(Pauly, 1983).

위내용물 조사를 위한 충분한 표본크기를 결정하기 위하여 누적먹이곡선(cumulative prey curve)을 사용하였다(Ferry and Cailliet, 1996). 누적먹이곡선을 만들기 위하여 위내용물을 이매패류(Bivalvia), 새우류

(Macrura), 집게류(Anomura), 어류(Pisces), 기타 먹이생물(Others) (완족류, Brachiopoda; 두족류, Cephalopoda; 갯지렁이류, Polychaeta; 단각류, Amphipoda; 거미불가사리류, Ophiuroidea)로 구분하여 위의 순서를 100번 무작위화 한 뒤 평균과 표준편차를 그래프상에 나타내었다. 이때 곡선의 점근선은 위내용물 분석을 위한 최소 표본크기를 나타낸다.

위내용물은 가능한 중까지 동정하여 종류별로 크기(전장)를 측정하고 개체수를 계수하였으며, 이후 전자저울을 이용하여 중량을 0.1 mg 단위 까지 측정하였다. 위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 통하여 구하였다.

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

$$\%N = N_i / N_{total} \times 100$$

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 돌가자미의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 돌가자미의 총 개체수, $N_i(W_i)$ 는 해당 먹이생물의 개체수(중량), $N_{total} (W_{total})$ 은 전체먹이개체수(중량)이다.

먹이생물의 상대중요성지수(index of importance, IRI)는 Pinkas *et al.*(1971)의 식을 사용하였다.

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

먹이생물의 상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(%IRI)로 나타내었다. 돌가자미의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식

전략(specialist or generalist), 섭식폭(niche width)은 도해적방법(graphical method)을 사용하여 나타내었다(Amundsen *et al.*, 1996). 이 방법은 출현빈도(%F)에 대하여 prey-specific abundance를 도식화함으로써 나타내며, prey-specific abundance는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_i = (\sum S_i / \sum S_{ti}) \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 prey-specific abundance, S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 중량, S_{ti} 는 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위내용물 중 전체 먹이생물중량이다.

체장별 먹이조성의 변화를 파악하기 위하여 돌가자미 시료를 4개의 체장군으로 구분하여 체장군별 먹이조성을 조사하였다. 돌가자미의 체장과 섭식된 먹이생물 크기 사이의 관계는 선형회귀분석을 실시하였다. 그리고 체장에 따른 먹이 섭식특성 파악을 위해 체장군별 개체 당 먹이의 평균개체수(mean number of preys per stomach, mN/ST)와 개체 당 먹이의 평균중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

체장군 사이의 먹이중복도는 Schoener (1970)의 dietary overlap index를 이용하여 다음과 같이 구하였다.

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

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 는 그룹 x와 y의 먹이 중 발견된 i 종의 비율(%N)이

다. 이 지수의 범위는 0에서 1까지이고 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 볼 수 있다. 0.6이상의 값을 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다(Wallace, 1981).



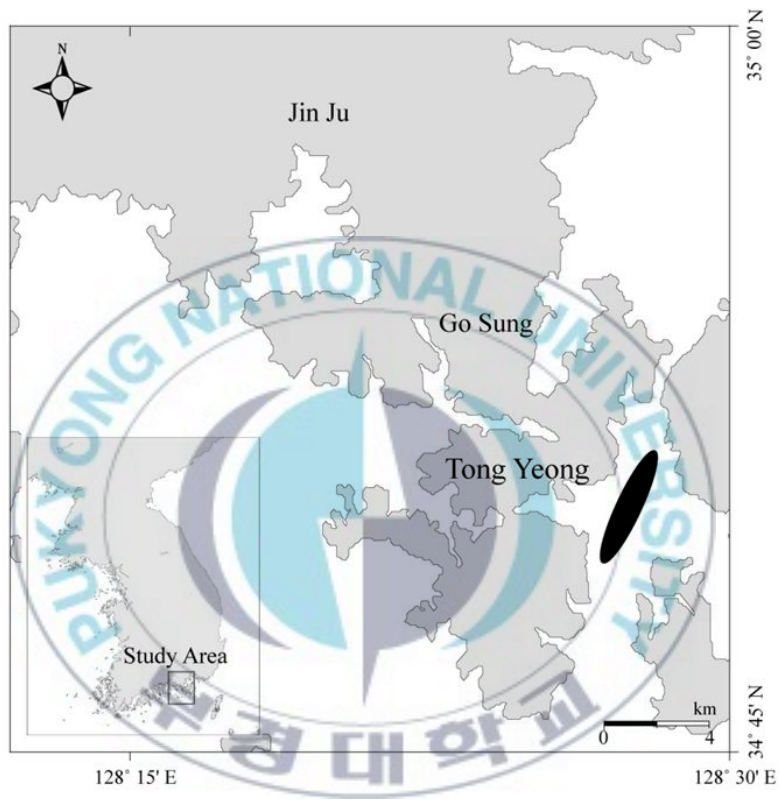


Fig. 2. Location of the sampling area (●).

Ⅲ. 결과

1. 출현양상

본 연구에 사용된 돌가자미의 총 개체수는 102개체였으며, 표준체장(Standard length, SL)은 14.3~57.0 cm (25.1 ± 6.7 cm)의 범위를 보였다. 그 중 17.0~23.0 cm의 범위의 개체들이 전체 개체수의 63.7%를 차지하면서 우점적으로 출현하였다(Fig. 3).

월별 출현양상을 살펴보면, 1월과 2월에 표준체장의 평균값은 30 cm 전후로 나타났고, 4월에서 7월 사이에는 20 cm 전후의 표준체장 범위를 보였다(Table 1).

돌가자미는 체장에 따라 체중이 증가하는 양상을 보였으며(Fig. 4), 체장과 체중을 비교한 상관관계식($W = aL^b$)에서 매개변수 b 의 값이 3과 유의한 차이를 나타냈었으며, 음의 상대성장(negative allometry)을 나타내었다.

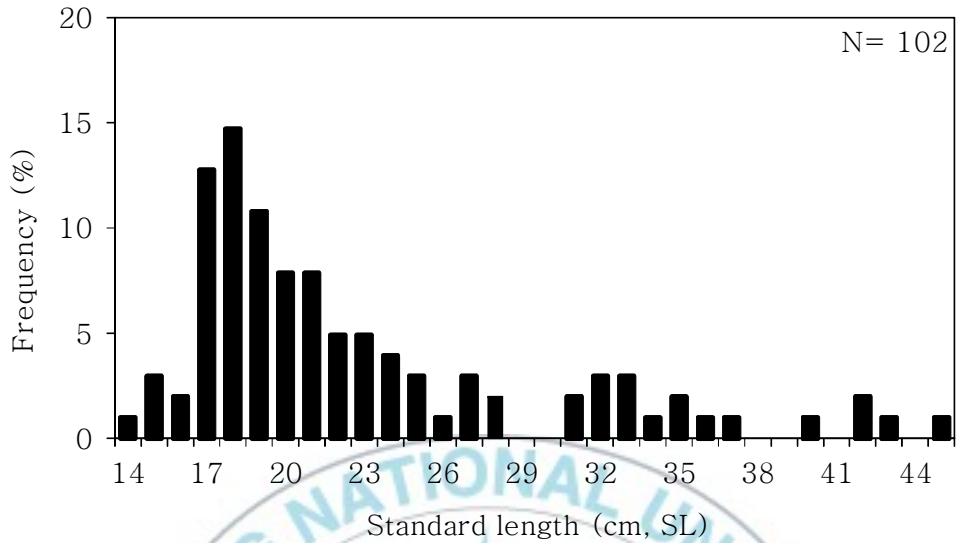


Fig. 3. Size distribution of *Kareius bicoloratus* collected in the coastal waters off Tongyeong.

Table 1. Monthly Size distribution of *Kareius bicoloratus* collected in the coastal waters off Tongyeong

Month	n	Range of SL (cm)	Mean SL (cm) $\pm$ SD
Jan.	9	21.1~43.0	33.3 $\pm$ 7.2
Feb.	6	14.3~57.0	30.3 $\pm$ 16.0
Mar.	1	40.8	—
Apr.	21	15.9~31.2	20.4 $\pm$ 4.5
May	9	18.8~33.0	24.0 $\pm$ 5.0
Jun.	22	16.9~24.5	20.5 $\pm$ 2.5
Jul.	33	15.9~35.6	21.8 $\pm$ 5.0
Aug.	1	42.1	—
Total	102	14.3~57.0	25.1 $\pm$ 6.7

SL : Standard length, SD : Standard Deviation

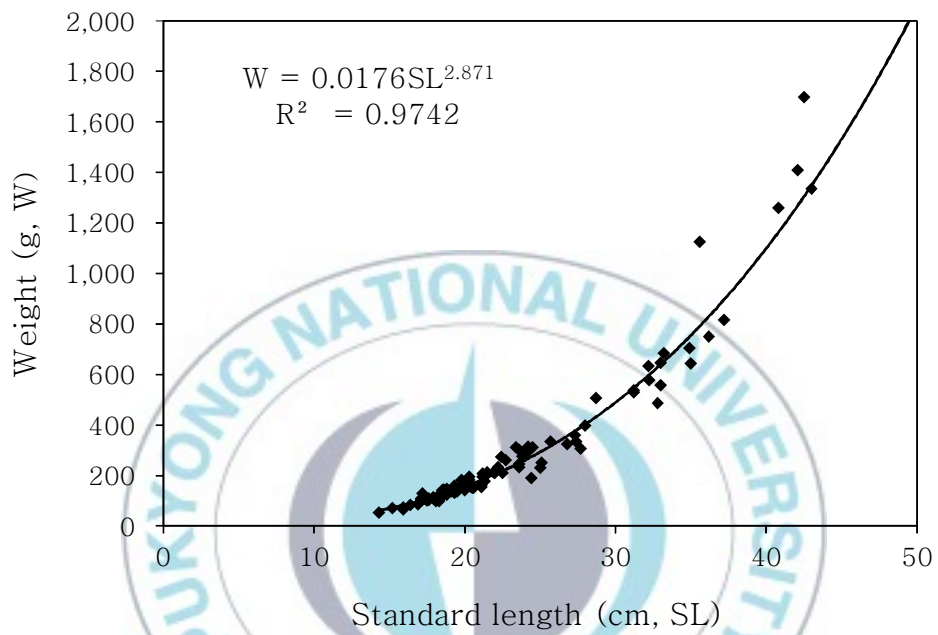


Fig. 4. Length-weight relationship of *Kareius bicoloratus* individuals.

2. 위내용물의 조성

본 연구에서 돌가자미 102개체의 위내용물을 분석한 결과 위내용물이 전혀 발견되지 않은 개체는 54개체로 52.9%의 공복률을 나타냈다. 위내용물이 발견된 48개체를 대상으로 조사한 누적먹이곡선의 곡선은 점근선에 근접하였으며, 최소 표본크기는 20개체로 나타났다(Fig. 5). 따라서 본 연구에 사용된 돌가자미의 위내용물을 설명하기에 충분하였다.

먹이를 섭식한 48개체의 위내용물 분석 결과는 Table 2와 같다. 총 9개 분류군 19종의 먹이생물이 출현하였다. Fig. 6는 돌가자미 위내용물 중 출현한 먹이생물을 보여주는 사진이다. 돌가자미의 가장 중요한 먹이생물은 이매패류(Bivalvia)로 나타났다. 이매패류는 45.8%의 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 68.7%, 전체 위내용물 중량의 19.5%를 차지하였고, 상대중요도지수비는 69.9%였다. 이매패류 중에서는 맵시조개류(*Nuculana* sp.)가 가장 많이 섭식되었다.

이매패류 다음으로 어류(Pisces)가 돌가자미의 중요한 먹이생물로 나타났다. 어류는 출현빈도 20.8%, 개체수비 4.3%, 중량비 37.1%, 상대중요성지수비 14.9%를 나타냈다. 어류 중에서는 까나리(*Ammodytes personatus*)가 가장 많이 섭식되었다.

그 다음으로 집게류(Anomura)와 두족류(Cephalopoda)가 각각 상대중요성지수비 6.3%와 4.7%를 나타내었다. 집게류 중에서는 참집게류(*Pagurus* sp.)가 가장 많이 섭식되었고, 두족류 중에서는 쭈꾸미(*Octopus ocellatus*)가 가장 많이 섭식되었다. 그 외 완족류(Brachiopoda), 갯지렁이류(Polychaeta), 단각류(Amphipoda), 새우류(Macrura) 그리고 거미불가사리류(Ophiuroidea)의 출현이 있었으나 매

우 적은 량을 나타내었다. 따라서 돌가자미는 이매패류와 어류를 주로 섭식하고 그 외 두족류, 집게류 등 다양한 저서동물을 섭식하는 저서동물 섭식 육식성 어류(bottom-feeding carnivore)임을 알 수 있었다.



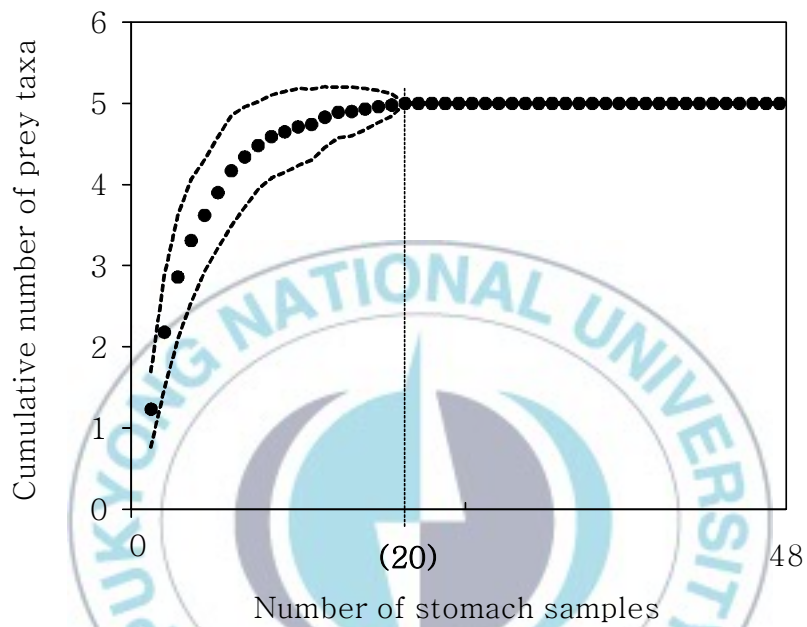


Fig. 5. Cumulative prey curve of prey taxa per stomach of *Kareius bicoloratus* in the coastal water off Tongyeong. Dashed line represents standard deviations after 100 permutations.

Table 2. Composition of the stomach contents of *Kareius bicoloratus* by frequency of occurrence (%F), number of individuals (%N), weight (%W) and index of relative importance (%IRI)

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Annelida					
Polychaeta	8.3	3.5	6.4	82.5	1.4
<i>Glycera chirori</i>	4.2	2.6	2.0		
<i>Perinereis ahibuhitensis</i>	4.2	0.9	4.4		
Brachiopoda	4.2	0.9	0.5	5.8	0.1
<i>Lingula unguis</i>	4.2	0.9	0.5		
Mollusca					
Bivalvia	45.8	68.7	19.5	4041.2	69.9
<i>Theora fragilis</i>	4.2	3.5	0.2		
<i>Fulvia mutica</i>	4.2	0.9	3.7		
<i>Tapes philippinarum</i>	8.3	1.7	1.8		
<i>Nuculana</i> sp.	20.8	60.9	13.4		
unid.	8.3	1.7	0.4		
Cephalopoda	8.3	2.6	30.0	271.3	4.7
<i>Octopus ocellatus</i>	4.2	1.7	29.9		
unid.	4.2	0.9	+		
Arthropoda					
Crustacea					
Amphipoda	4.2	0.9	+	3.6	0.1
Gammaridea	4.2	0.9	+		
Macrura	12.5	7.0	3.0	124.2	2.1
<i>Alpheus brevicristatus</i>	4.2	0.9	0.2		
<i>Crangon</i> sp.	4.2	5.2	2.6		
unid.	4.2	0.9	0.2		
Anomura	29.2	9.6	2.9	364.0	6.3
<i>Pagurus</i> sp.	16.7	7.0	2.8		
unid.	12.5	2.6	0.1		
Echinodermata					
Ophiuroidea	8.3	2.6	0.7	27.2	0.5
<i>Ophiarachnella gorgonia</i>	8.3	2.6	0.7		
Chordata					
Pisces	20.8	4.3	37.1	862.7	14.9
<i>Ammodytes personatus</i>	16.7	3.5	36.9		
unid.	4.2	0.9	0.1		
Total		100	100		100

+ : less than 0.1%

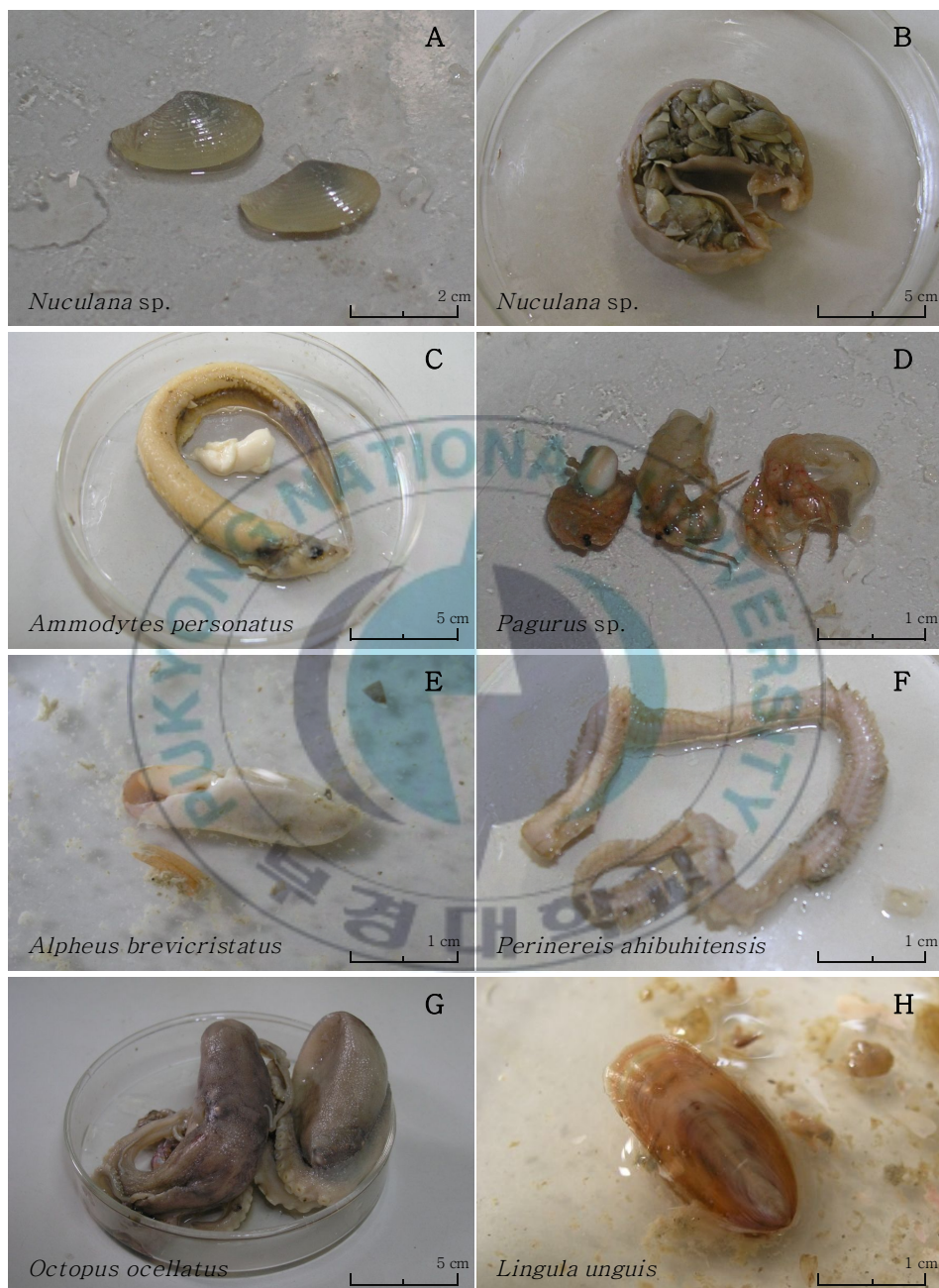


Fig. 6. Photographs of prey organisms of *Kareius bicoloratus*.

3. 섭식 특성

돌가자미의 섭식형태와 섭식전략을 파악하기 위해 위내용물에 대한 도해적방법을 사용하였다(Fig. 7).

이매패류와 어류는 비교적 그래프 오른쪽 상부에 위치해 있어 돌가자미의 가장 중요한 먹이생물이었으나, 출현빈도(Frequency of occurrence)가 50%이하로 특화된 먹이생물은 아니었다. 그 외 먹이생물인 두족류, 집게류, 완족류, 갯지렁이류, 단각류, 새우류 그리고 거미불가사리류는 그래프의 왼쪽 위, 아래에 위치해 있었으며, 단각류가 가장 소수의 먹이생물이었다. 본 연구에서의 Prey-specific abundance 분석 결과 돌가자미는 섭식 일반종(generalist feeder)임을 알 수 있었다.

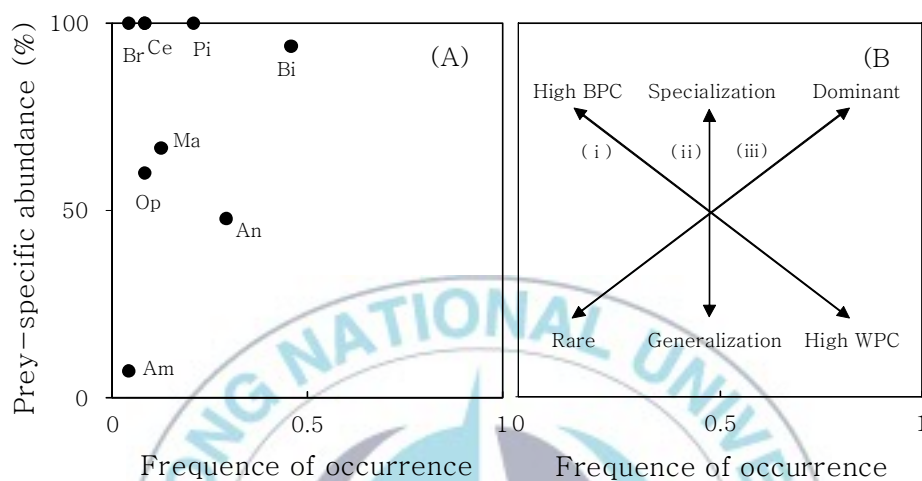


Fig. 7. Graphical representation of feeding pattern of *Kareius bicoloratus* in the coastal waters off Tongyeong (Am, Amphipoda; An, Anomura; Br, Brachiopoda; Bi, Bivalvia; Ce, Cephalopoda; Ma, Macrura; Op, Ophiuroidea; Pi, Pisces) (A), Explanatory diagram for interpretation of niche width contribution (axis i, within phenotypic component (WPC) or between phenotypic component (BPC)) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii) (B).

4. 성장에 따른 먹이 조성의 변화

돌가자미의 성장에 따른 먹이 조성의 변화를 파악하기 위하여 돌가자미 시료를 17~20 cm, 21~25 cm, 26~30 cm, 31 cm 이상, 총 4개의 체장군으로 나누어 분석하였다(Fig. 8).

본 연구에서 가장 작은 체장군인 17~20 cm 체장군에서는 이매패류가 전체 위내용물 중량의 84.0%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었고, 그 다음으로는 갑각류가 10.5%의 중량을 차지하였다.

21~25 cm의 체장군에서는 이매패류의 섭식이 크게 감소하여 42.1%를 차지하였고, 갑각류의 비율은 증가하여 40.8%로 나타났다. 그리고 이 체장군 부터 어류가 출현하여 17.0%의 중량을 차지하였다.

26~30 cm의 체장군에서는 어류의 섭식이 크게 증가하여 65.0%를 차지하였고, 이매패류의 중량비는 33.1%였다. 그리고 갑각류가 차지하는 비율은 크게 감소하여 1.4%로 나타났다.

가장 큰 체장군인 31 cm 이상의 체장군에서는 어류가 73.9%로 가장 중요한 먹이생물이었고, 그 다음으로는 두족류와 갑각류가 각각 13.9%와 3.4%의 중량을 나타내었다.

이상의 결과로 통영 주변해역에서 출현하는 돌가자미는 17~20 cm의 비교적 작은 체장군에서는 이매패류가 가장 중요한 먹이생물이었다. 이후 체장이 커짐에 따라 위내용물 중 이매패류가 차지하는 비율은 점차 감소하는 반면, 어류가 차지하는 비율을 점점 증가하여 26 cm 이상의 체장군에서 가장 중요한 먹이생물이었다.

체장군간 개체 당 평균 먹이생물 중량(mW/ST)은 유의한 차이를 보였으며(ANOVA, $F_{3,45} = 7.717$, $P < 0.05$), 체장이 증가함에 따라 평균먹

이생물 중량은 증가하는 양상을 나타냈다. 그러나 체장군간 돌가자미의 개체 당 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 유의한 차이를 나타내지 않았다(ANOVA, $F_{3,45} = 2.223$, $P > 0.05$).

돌가자미의 먹이생물크기(y)와 체장(x)의 선형회귀분석 결과, 체장에 따라 먹이생물의 크기는 유의하게 증가하였으며($F = 17.416$, $P < 0.05$), 다음과 같은 관계식을 나타냈다; $y = 0.4108x - 6.3694$, $r^2 = 0.3921$.

체장군별 위내용물 중복도를 Schoener's 중복도 지수를 이용하여 분석한 결과(Table 3), 비교적 큰 체장군인 21~25 cm와 31 cm 이상의 체장군에서 가장 높은 0.67의 중복도를 보였다. 다른 체장군 사이에서는 0.60 이하의 중복도를 보였으며, 가장 작은 체장군인 17~20 cm와 가장 큰 체장군인 31 cm 이상의 체장군 사이에서 가장 낮은 0.11의 중복도를 보였다.

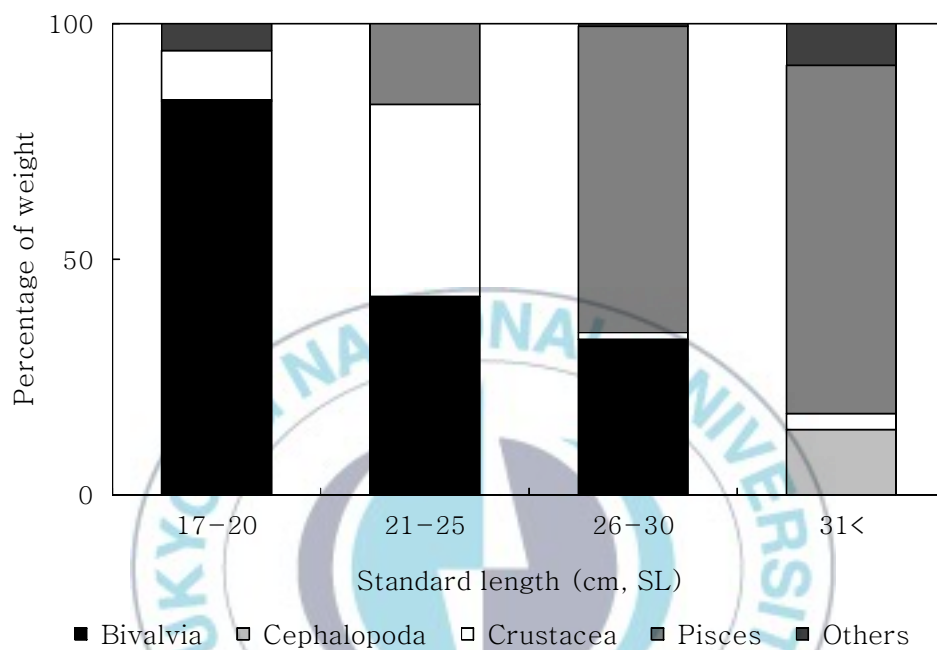


Fig. 8. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by weight of *Kareius bicoloratus*.

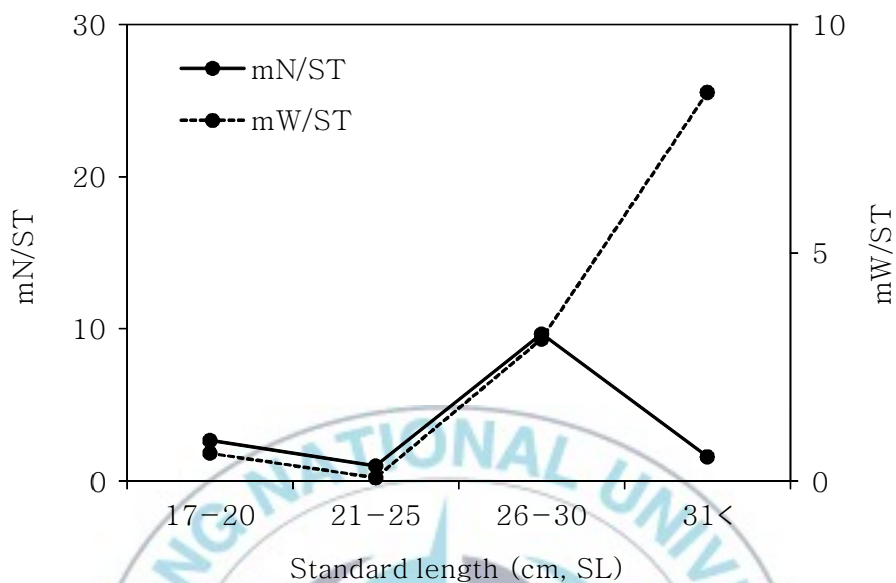


Fig. 9. Variations of mean number of preys per stomach (mN/ST) and mean weight of preys per stomach (mW/ST) of *Kareius bicoloratus* among size classes.

Table 3. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the diet between *Kareius bicoloratus* size classes

Size classes (cm, SL)	17~20	21~25	26~30
21~25	0.16		
26~30	0.35	0.31	
31<	0.11	0.40	0.67

IV. 고찰

본 연구에서 채집된 돌가자미는 표준체장 14.3~57.0 cm의 범위를 보였다. 우리나라 주변해역에 출현하는 돌가자미는 수컷의 경우 부화 후 만 2년이면, 체장 28 cm, 3년이면 30~32 cm, 4년이면 32~34 cm, 5년이면 35 cm로 자라고, 암컷은 부화 후 만 2년이면 32~34 cm, 3년이면 37~40 cm, 4년이면 37~46 cm, 5년이면 39~50 cm으로 성장하는 것으로 알려져 있다(국립수산물과학원, 2004; 김 등, 2005). 따라서 본연구의 채집된 돌가자미는 1세에서 5세까지 다양한 연령대의 개체가 채집되었다고 판단되며, 특히 2년생 이전의 표준체장 20~26 cm 범위의 개체가 많이 채집되었다.

돌가자미 체장과 체중의 상관관계를 살펴보면(Fig. 3), 체장과 체중을 비교한 상관관계식에서 수식 $W = aL^b$ 의 매개변수 b 의 값이 3에서 유의한 차이를 보이지 않는 경우에는 동형성장(isometric growth) 양상을 나타내고, 유의한 차이를 보이는 경우에는 상대성장(allometric growth) 양상을 나타낸다. 본 연구의 돌가자미 b 값은 2.871로 3과 유의한 차이를 나타내었으며, 음의 상대성장(negative allometry)으로 체장 성장률이 체중성장률보다 높았다.

본 연구에서 돌가자미는 이매패류(Bivalvia)와 어류(Pisces)를 주로 섭식하는 육식성 어류(Carnivore)였다. 가자미과 어류의 식성에 관한 이전의 연구들을 살펴보면(Table 4), 광양만에 서식하는 문치가자미(*Limanda yokohamae*)는 갯지렁이류(Polychaeta)가 전체 먹이생물 상대중요성지수비의 70.9%로 가장 중요한 먹이생물이었고(곽과 허, 2003), 태안 연안의 문치가자미 식성 연구에서도 전체 먹이생물 상대중

요성지수비(%IRI) 89.4%를 차지하는 갯지렁이류가 중요 먹이생물이었다(이, 2009). 한편 본 연구해역과 같은 지역의 문치가자미의 경우 중요 먹이생물은 이매패류, 단각류(Amphipoda), 갯지렁이류 등으로 이매패류가 39.4%, 단각류가 33.4%, 갯지렁이류가 22.6%의 상대중요성지수비를 보였고, 같은 해역의 도다리(*Pleuronichthys cornutus*)의 중요 먹이생물은 상대중요성지수비 46.9%를 차지한 갯지렁이류와 상대중요성지수비 37.4%를 차지한 단각류였다(남, 2013). 부산 고리주변해역에서 채집된 용가자미(*Hippoglossoides pinetorum*)는 새우류(Macrura)가 상대중요성지수비 90.8%로 가장 중요한 먹이생물이었다(허와 백, 2003). 동중국해 줄가자미(*Clidoderma asperrimum*)의 경우 거미불가사리류(Ophiuroidea)와 단각류가 위내용물의 80% 이상을 차지하였고, 도다리(*Pleuronichthys cornutus*)는 단각류가 85%, 갈가자미(*Tanakius kitaharae*)는 갯지렁이류와 단각류가 78%, 눈가자미(*Dexistes rikuzenius*)는 거미불가사리류와 갯지렁이류가 67%를 차지하였다(Fujita et al., 1995; Yamada et al., 2007). 중국 Bohai 해역에서 채집된 돌가자미의 경우 십각류(Decapoda)가 중량비 43.2%를 차지하여 가장 선호하는 먹이생물로 나타났다(Dou, 1995b). 이처럼 가자미과 어류들은 서식하는 해역에 따라 주 먹이생물의 차이를 보였으나, 주로 저서성 대형 무척추동물인 이매패류, 갯지렁이류, 갑각류, 거미불가사리류 등을 섭식하는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 돌가자미 역시 이전 연구의 가자미과 어류와 비슷한 양상의 섭식생태를 보였으나, 다른 가자미과 어류와 다르게 체장이 비교적 큰 개체의 위 내용물 중 까나리(*Ammodytes personatus*)가 전체 먹이생물 중량비 29.9%를 차지할 정도로 많이 섭식되었다. 까나리는 낮에 활동하고 밤에 바닥의 모래에 숨어 지내고, 수온이 15℃ 이상이 되는 여름에

모래 속에서 여름잠을 자는 어류이다(국립수산과학원, 2004; 김 등, 2005). 모래에 숨어 있는 까나리는 다른 가자미과 어류보다 체장이 큰 돌가자미가 쉽게 접근 가능한 먹이생물이었을 것으로 추정되고, 이는 같은 지역내에 서식하는 저서성 어류들이 공통자원을 사용함에 따라 불가피하게 생기는 경쟁(competition)에서 우위를 점하기 위해 또는 직접적인 먹이 경쟁 등을 피하기 위해 다른 종들이 쉽게 접근하지 못했던 어류를 먹이로 선택한 돌가자미의 섭식 특성으로 판단된다.

본 연구에서 출현빈도에 대한 특정 먹이생물 우점도(pre-specific abundance)를 그래프 상에 나타내는 방법은 Amundsen *et al.* (1996)에 의해 제안되었으며, 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식 전략을 분석하는데 유용하게 사용되었다. 먹이생물종(또는 분류군)이 그래프에서 상단에 위치할수록 좁은 섭식폭을 가지며, 하단에 위치할수록 넓은 섭식폭을 가진다. 또한 먹이생물종(또는 분류군)이 오른쪽 상단에 위치할수록 우점 먹이생물(dominant prey)이다. 어류의 섭식 전략에서 섭식일반종(generalist predator)은 넓은 섭식폭, 다양한 위내용물이 발견되는 반면, 섭식특화종(specialist predator)은 좁은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988). 본 연구에서 돌가자미의 출현빈도에 대한 prey-specific abundance 분석결과에서 돌가자미는 섭식일반종의 형태를 보였고, 이전의 연구에서도 돌가자미를 포함한 많은 가자미과 어류들이 섭식일반종(generalist predator)의 형태를 나타낸다고 보고되었다(Beyst *et al.*, 1999). 하지만 일부 가자미과 어류들은 단일 분류군의 먹이생물이 차지하는 비율이 80% 이상인 섭식특화종(specialist predator)의 양상을 나타낸다(남, 2013). 이는 서식지나 서식 수심에서 따라 분포하는 먹이생물 량에 유래된다고 보고되었다(Yamada *et al.*, 2007).

본 연구의 돌가자미는 공복률은 52.9%로 중국 Bohai 해의 돌가자미

(SL ; 18.2~36.5 cm) 공복률 7% (Dou, 1995b)에 비해 매우 높은 공복률을 보였다. 이러한 차이는 주요 먹이생물과 관련이 있는 것으로 추정된다. 국내의 식성연구가 수행된 종을 살펴보면, 공복률이 낮은 어종들은 대부분 갑각류나 다모류를 섭식하는 경향을 보였으며, 공복률이 높은 어종들은 대부분이 주요 먹이생물로 어류를 섭식하는 경향을 보인다. 이는 어류가 갑각류보다 더 높은 영양적 가치를 가지고 있어서 자주 섭식할 필요가 없거나, 어류가 갑각류보다 유영 능력이 뛰어나 먹이 포획 성공률이 낮은 이유로 추정된다. 따라서 어류와 이매패류를 주로 섭식하는 본 연구의 돌가자미가 갑각류를 주요 먹이생물로 삼는 Bohai 해의 돌가자미 보다 높은 공복률을 보이는 것으로 추정된다.

체장군별 먹이 중복도는 26~30 cm의 체장군과 31 cm 이상의 체장군을 제외한 전 체장군에서 0.60미만의 값을 나타내어 각 체장군간 유의성이 낮은 것으로 나타났다. 각 체장군간 먹이생물 중복도가 낮게 나타난 것은 본 연구에서 채집된 돌가자미의 각 체장군간 주로 섭식된 먹이생물이 고르지 못하다는 것을 의미한다. 먹이전환은 포식자가 피식자 종의 선호도를 바꾸는 행동을 의미하며, 어류의 경우 2종류 이상의 먹이들 중 존재빈도에 따라 더 많은 먹이 쪽으로 치우쳐 선호하는 먹이획득행동(foraging behavior)을 한다고 알려져 있다(강, 2008). 본 연구에서 채집된 돌가자미 또한 이러한 먹이의 전환을 나타내는 것으로 보이며, 먹이전환을 시도하는 일종의 과도기를 거치는 체장의 개체들이 포함되어 각 체장군간 주요 먹이생물이 고르지 못했던 것으로 판단된다.

돌가자미의 성장에 따른 먹이생물의 변화를 살펴보면(Fig. 8), 돌가자미는 체장이 커짐에 따라 가장 작은 체장군(17~20 cm)에서 주로 섭식되었던 이매패류의 비율은 점차 감소하여 31 cm 이상의 체장군에서는 더 이상 출현하지 않았다. 21~25 cm의 체장군에서 출현하기 시작하였던

어류는 체장이 커짐에 따라 그 비율이 점점 높아져 31 cm 이상의 체장 군에서는 위내용물의 대부분을 나타냈다. 본 연구에서 체장 14.3 cm 미만의 돌가자미는 채집되지 않았으나, 최(2000)의 돌가자미 식성연구에서 체장 7~10 cm의 개체는 십각류, 요각류 등을 주로 섭식하고, 체장 11 cm 이상의 크기에서 이매패류를 주로 섭식한다고 보고하였다. 최(2000)의 연구와 본 연구를 연관 지어보면, 돌가자미는 성장함에 따라 갑각류→이매패류→어류의 순으로 작은 크기의 먹이생물에서 점차 큰 크기의 먹이생물로 먹이 전환을 보인다.

돌가자미는 성장함에 따라 개체 당 평균 먹이 개체수(mN/ST)는 체장 구간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 평균 먹이 중량(mW/ST)은 체장이 커짐에 따라 증가하는 양상을 나타냈다. 또한 체장에 따라 먹이생물의 크기는 유의하게 증가하였다. 어류는 먹이를 섭취함으로써 살아가는데 필요한 에너지를 획득하며, 이러한 필요 에너지는 어류가 성장함에 따라 증가한다. 따라서 이를 만족시키기 위해서 체장이 커질수록 더 많은 개체수의 먹이를 먹거나, 보다 큰 먹이생물을 선호하는 경향을 보인다(차 등, 1997). 하지만 많은 양의 먹이를 섭취하더라도 먹이를 포획하고 소화시키는데 많은 에너지를 소비한다면 어류가 실질적으로 얻는 에너지는 크게 줄어들기 때문에 에너지를 최대화 하는 전략이 필요하다. 따라서 상대적으로 적은 에너지를 가진 작은 크기의 먹이생물을 많이 섭식 하는 것보다 비교적 많은 에너지를 지닌 큰 크기의 먹이생물을 섭식 하는 것이 에너지 효율 면에서 훨씬 유리하다. 또한 성장함에 따라 유영 능력이 발달하고 또한 입과 이빨 등의 섭식기관과 위와 창자와 같은 소화기관의 형태 및 기능이 발달로 부피가 큰 먹이생물을 포획하고, 섭식하고, 소화가 가능해지는 것도 성장에 따른 먹이생물의 변화에 큰 역할을 한다 (Machado-Allison and Garcia, 1986; Gibson and Ezzi, 1987; 추,

2007). 따라서 돌가자미가 성장 하면서 점차 큰 먹이생물로 섭식 대상을 전환하는 것은 에너지를 효율적으로 활용하기 위한 섭식전략으로 판단된다.



Table 4. Comparison of the main prey items among Pleuronectidae fishes

Species	국명	Prey items	Study area	Refernce
<i>Citharus linguatula</i>	–	Crustacea, Polychaeta	Portuguese Coast	Teixeira <i>et al.</i> (2010)
<i>Clidoderma asperrimum</i>	줄가자미	Ophiuroidea, Amphipoda	East China and Yellow Sea	Yamada <i>et al.</i> (2007)
<i>Dexistes rikuzenius</i>	눈가자미	Ophiuroidea, Polychaeta	East China and Yellow Sea	Yamada <i>et al.</i> (2007)
		Polychaeta, Ophiuroidea, Crustacea	Japan (shelf off Iwate)	Fujita <i>et al.</i> (1995)
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	용가자미	Macrura	Korea (Coastal waters off Kori)	Huh and Baeck (2003)
<i>Kareius bicoloratus</i>	돌가자미	Decapoda	China (Bohai Sea)	Dou (1995b)
<i>Lepidorhombus boschii</i>	–	Macrura, Polychaeta	Portuguese Coast	Teixeira <i>et al.</i> (2010)
<i>Limanda ferruginea</i>	–	Polychaeta, Macrura, Amphipoda	New England Sea	Jeremy (1987)
<i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미	Polychaeta	Korea (Kwangyang Bay)	Kwak and Huh (2003)
		Polychaeta	Korea (Coastal waters off Taean)	Lee (2009)
		Bivalvia, Amphipoda, Polychaeta	Korea (Costal waters off Tongyeong)	Nam (2013)
<i>Microchirus azevia</i>	–	Crustacea, Polychaeta	Portuguese Coast	Teixeira <i>et al.</i> (2010)
<i>Platichthys flesus</i>	–	Ophiuroidea, Crustacea	Portuguese Coast	Teixeira <i>et al.</i> (2010)
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	도다리	Polychaeta, Amphipoda	Korea (Costal waters off Tongyeong)	Nam (2013)
		Amphipoda	East China and Yellow Sea	Yamada <i>et al.</i> (2007)
		Gastropoda	China (Bohai Sea)	Dou (1995b)
<i>Tanakius kitahrae</i>	갈가자미	Polychaeta, Amphipoda	East China and Yellow Sea	Yamada <i>et al.</i> (2007)
		Polychaeta, Crustacea	Japan (shelf off Iwate)	Fujita <i>et al.</i> (1995)
<i>Verasper variegatus</i>	범가자미	Decapoda	China (Bohai Sea)	Dou (1995b)

V. 요약

통영 주변해역에 출현하는 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 식성연구를 위해 2010년 1월부터 8월까지 통영 주변해역에서 매월 1회 이상 자망, 낚시, 새우조망을 이용하여 채집된 돌가자미의 위내용물을 분석하였다. 연구에 사용된 돌가자미의 개체는 102개체였으며, 14.3~57.0 cm의 체장범위를 나타내었다. 돌가자미는 주로 이매패류(Bivalvia)와 어류(Pisces)를 섭식하는 저서동물 섭식 육식성 어류(bottom-feeding carnivore)였고, 주요 먹이생물 외에 두족류(Cephalopoda), 집게류(Anomura), 환족류(Brachiopoda), 갯지렁이류(Polychaeta), 단각류(Amphipoda), 새우류(Macrura) 그리고 거미불가사리(Ophiuroidea) 등을 섭식하였다. Prey-specific abundance 분석결과 돌가자미는 섭식일 반종(generalist feeder)임을 알 수 있었다. 체장이 커짐에 따라 먹이생물의 크기 또한 증가하는 양상을 나타냈고, 갑각류→이매패류→어류의 순의 먹이 전환을 보였다.

VI. 감사의 글

마냥 꿈만 많던 여고생이었던 제가 바다와 과학이 좋다는 단순한 이유로 타지의 해양학과에 입학하여 학부시절을 보내고, 대학원에 진학하여 석사과정을 마무리 하는 이 논문을 완성할 수 있었던 것은 많은 분들의 도움과 관심 덕분이었습니다. 이 소중한 분들에게 짧은 글로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

제일 먼저 학부 때부터 지금까지 부족한 저에게 항상 관심 갖고 보살펴 주시고, 정말 많은 학문적인 가르침과 학문 이외 삶에 대한 많은 조언을 주시며, 물심양면으로 아낌없는 지원을 해주신 허성희 교수님께 진심으로 감사드립니다.

학부 시절부터 많은 가르침을 주신 해양학과 강용균 교수님, 양한섭 교수님, 문창호 교수님, 이재철 교수님, 박미옥 교수님, 김석운 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 언제나 관심을 가져주시고 소중한 충고와 조언을 해주신 실험실 선배님들.. 광석남 박사님, 백근욱 교수님, 추현기 박사님, 황선재 박사님, 김대지 박사님, 정석근 박사님, 함경훈 선배님께도 깊은 감사를 드립니다.

실험실 생활을 하는 동안 힘이 되어주고 아무것도 모르던 저에게 끝없는 가르침을 주신 김하원 박사님, 한명일 선배님, 성봉준 선배님, 이동진 선배님, 오현수 선배님, 최희찬 선배님, 김정운 선배님, 황원진 선배님, 김진민 선배님과 이 논문을 쓰는 동안 가장 큰 도움을 주신 박주면 박사님, 남기문 선배님께 진심어린 감사의 마음을 전합니다.

학부생활 버팀목이었던 05학번 동기들과 선후배님들, 대학원 생활을 함께하며 많은 관심을 준 동아리 선배 김정연 선배, 정주학 선배와 학과 조

교로 많은 도움을 준 신우철 오빠, 그리고 수많은 고민을 나누며 격려해 준 대학원 동기 노연호 오빠, 강진묵 오빠, 조성빈 오빠, 김윤정 에게 고마운 마음을 전합니다.

타지생활에 큰 힘이 되어준 우리 부경대 스킨스쿠버 동아리 선후배님들과 든든한 지원군인 동기 감자와 종남, 미나 에게 고마운 마음을 전하고 싶습니다.

고등학교 시절 해양학이라는 학문을 소개시켜주신 신성여자고등학교 김승언 선생님과 단순한 대학입시가 아닌 해양학도의 꿈을 키울 수 있게 격려해주신 선생님들께 감사드립니다. 그리고 멀리서 항상 응원해주는 정애 언니와 내 사랑스런 친구들 승미, 윤아, 수희, 소라, 정하, 윤경, 은숙, 임희, 수정, 용관이 에게도 고마운 마음을 전합니다.

언제나 내편인 혜연언니와 오랜 시간 변함없이 진신어린 격려와 사랑으로 내 울타리가 되어 주는 JWT에게도 고맙고 사랑한다고 전하고 싶습니다.

제주도에 갈 때마다 항상 웃음으로 맞아 주시고, 저를 위해 항상 기도해 주시는 임문철 신부님과 부회장님께 감사의 마음을 전하며 항상 건강하시길 바랍니다.

마지막으로 철없는 딸을 어떠한 상황에서도 무한한 사랑을 주시고, 항상 지지해 주시고, 뒷바라지 해주신 세상에서 가장 소중하고 사랑하는 엄마, 아빠... 말로 다 못 할 만큼 고맙고, 사랑합니다.

VII. 참고문헌

- 강영희. 2008. 생명과학대사전. 아카데미서적. pp. 2282.
- 곽석남 · 허성희. 2003. 광양만 잘피밭에 서식하는 문치가자미, *Limanda yokohamae*의 식성. 한국수산학회지, 18: 253-261.
- 국립수산물과학원. 2004. 유용어류도감. 한글, pp. 333.
- 김용억. 1982. 돌가자미의 난발생과 부화자어. 한국수산학회지, 15: 323-328.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, pp. 615.
- 남기문. 2013. 통영 주변해역에 출현하는 문치가자미와 도다리의 생물학적 연구. 부경대학교 박사학위논문, pp. 87.
- 이동진. 2009. 태안 연안에서 채집된 문치가자미(*Limanda yokohamae*)와 넙치(*Parlichthys olivaeus*)의 섭식생태. 부경대학교 석사학위논문, pp. 31.
- 전제천 · 김치홍 · 정의영 · 이창훈 · 김병균. 2002. 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 초기발생시 수온과 염분의 영향. 한국어류학회지, 14: 190-197.
- 전제천 · 심두생 · 김용호 · 정의영. 2003. 한국 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 성 성숙. 한국어류학회지, 15: 259-271.
- 전제천 · 임양재. 2004. 한국 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 연령과 성장. 한국어류학회지, 16: 173-180.
- 전제천 · 정의영 · 양영철. 2006. 돌가자미 *Kareius bicoloratus*의 정자형 성과정 중 생식세포, Cyst 상피세포 및 간질세포의 미세구조. 한국어

- 류학회지, 18: 311-318.
- 전제천 · 강희웅 · 김병균 · 최기호 · 조기채. 2009. 서해 자연산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 포란수와 부화율. 한국어류학회지, 21: 239-246.
- 차병열 · 홍병규 · 조현수 · 손호선 · 박영철 · 양원석 · 최옥인. 1997. 황아귀, *Lophius litulon*의 식성. 한국수산학회지, 30: 95-104.
- 추현기. 2007. 동해 남서부 고리 주변해역 어류의 종조성과 섭식생태. 부경대학교 박사학위논문, pp. 108.
- 최설화. 2000. 낙동강 하구역에 분포하는 미성어기의 돌가자미 *Kareius bicoloratus*의 성장과 식성. 부경대학교 석사학위논문, pp 40.
- 최 윤. 2009. 새만금호 유어기 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 성장과 서식환경. 한국환경생물학회지, 27: 1-5.
- 한경호 · 김용억. 1997. 돌가자미(*Kareius bicoloratus*) 자치어 성장에 따른 형태발달. 한국어류학회지, 6: 39-47.
- 허성희 · 백근옥. 2003. 고리 연안에서 채집된 용가자미, *Hippoglossoides pinetorum*의 식성. 한국어류학회지, 13: 161-165.
- Amundsen, P.A., H.M. Gabler and F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of Costello (1990) method. J. Fish Biol., 48: 607-614.
- Beyst, B., A. Cattrijsse and J. Mees. 1999. Feeding ecology of juvenile flatfishes of the surfzone of a sandy beach. J. Fish Biol., 55: 1171-1186.
- Dou, S. 1995a. Life history cycles of flatfish species in the Bohai Sea, China. Neth. J. Sea Res., 34(1-3): 195-210.

- Dou, S. 1995b. Food utilization of adult flatfishes co-occurring in the Bohai Sea of China. *Neth. J. Sea Res.*, 34(1-3): 183-193.
- Ferry, L.A. and G.M. Calliet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly. In: *Feeding Ecology and Nutrition in Fish, Symp. Proc.*, MacKinlay D, Shearer K(Eds.). *Amr. Fish. Soc.*, San Francisco, CA, pp. 71-80.
- Fujita, T., D. Kitagawa, Y. Okuyama, Y. Ishito, T. Inada and Y. Jin. 1995. Diets of the demersal fishes on the shelf off Iwate, northern Japan. *Mar. Biol.*, 123: 219-233.
- 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.
- Hatanaka, M., K. Sekino and A. Otsuka. 1952. Studies on the populations of the flatfishes in Sendai Bay II. Age, growth and spawning of *Kareius bicoloratus* (Basileusky). *Tohoku J. Agri. Res.*, II (2): pp. 25-32.
- Hatanaka, M., M. Kosaka and Y. Satô. 1956. Growth and food consumption in Plaice II. *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). *Tohoku J. Agri. Res.*, VII(2): pp. 163-174.
- Jeremy, S.C. 1987. Food consumption by yellowtail flounder in relation to production of its benthic prey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 205-213.
- Jianpeng, X., Z. Quanyi, X. Xiaofei, W. Zhigang and Q. Jie. 2009. Intragenomic variability and pseudogenes of ribosomal DNA in

- stone flounder *Kareius bicoloratus*. Mol. Phylogenet. Evol., 52: 157–166.
- Machado–Allison, A. and C. Garcia. 1986. Food habits and morphological changes during ontogeny in three serrasalminn fish species of Venezuelan floodplains. Copeia, 1: 193–195.
- Malloy, K.D. Y. Yamashita, H. Yamada and T.E. Targett. 1996. Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius bicoloratus* growth rates during and after settlement. Mar. Ecol. Prog. Ser., 131: 49–59.
- Minami, T.. 1984. The early life history of a flounder *Kareius bicoloratus*. Bull. Jap. Soc. Fish. Sci., 50(4): 551–560.
- Omori, M., H. Kinno and I. Nishihata. 1976. Study of the habitat of juvenile stone flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilewsky), in the estuary of the Nanakita River. Tohoku J. Agri. Res., 27(2): 79–91.
- Oozeki, Y. T. Ishii and R. Hirano. 1989. Histological study of the effects of starvation on reared and wild–caught larval stone flounder, *Kareius bicoloratus*. Mar. Biol., 100: 269–275.
- Park, J.Y. and A. Kijima. 1991. Genetic variability and differentiation within and between the stone flounder (*Kareius bicoloratus*) and the starry flounder (*Platichthys stellatus*). Tohoku J. Agri. Res., 41(3–4): 76–84
- Pauly, D. 1983. Some Simple Methods for the Assessment of Tropical Fish Stocks. FAO Fish, Tech. Pap., 234: pp. 52.
- Pianka, E.R. 1988. Evolutionary Ecology, 4th ed. Haper Collins,

- New York, U.S.A., pp. 468.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull., 152: 1–105.
- Schoener, T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patch habitats. Ecol., 51: 408–418.
- Sun, Y.J., Y.L. Jiang, H. Liu, L.Y. Gao, X.J. Shi, J.Q. He and Z. Wang. 2009. The isolation and characterization of a rhabdovirus from stone flounder, *Kareius bicoloratus*. Chinese J. Veterinary Sci., 29(3): 277–282.
- Tadashi, A and N. Hiromichi. 1998. Purification and structural determination of insulins, glucagons and somatostatin from stone flounder, *Kareius bicoloratus*. Zoo. Soc. Jap., 15(6): 939–943.
- Tanuma, Y., M. Ohata and T. Ito. 1982. Electron microscopic study on the sinusoidal wall of the liver in the flatfish, *Kareius bicoloratus*: demonstration of numerous desmosomes along the sinusoidal wall. Arch. Histol. Jap., 45(5): 453–471.
- Teixeira, C.M., M.I. Bariata and H.N. Cabral. 2010. Diet, growth and reproduction of four flatfishes on the Portuguese coast. Scientia Marina, 74: 223–233.
- Tsuruta, Y..1991. Migrating mechanism of the larval stone flounder, *Kareius bicoloratus*, into the nursery ground. Bull. Tohoku National Fish. Res. Ins., 53: 49–58.
- Uehara, S. and M. Shimizu. 1996. Age and growth of stone

- flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 62(6): 897–901.
- Uehara, S. and M. Shimizu. 1999. Maturity, condition and feeding of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 65(2): 209–215.
- Wallace, R.K. 1981. An assesment of diet–overlap indexes. Trans. Am. Fish. Soc., 110: 72–76.
- Yamada, U.Y., M.H. Tokimura, H. Horikawa and T. Nakahoka. 2007. Fishes and Fisheries of the East China and Yellow Seas. Tokai Univ. Press, pp. 1029–1116.
- Yamashita, A., Y. Tsuruta and H. Yamada. 2006. Transport and settlement mechanisms of larval stone flounder, *Kareius bicoloratus*, into nursery grounds. Fish. Oceanogr., 5(3–4): 194–204.