

가덕도 주변해역에 출현하는 주둥치의 위내용물 조성

정재복 · 박주면¹ · 허성희² · 김현지 · 백근욱*

경상대학교 해양생명과학과/해양산업연구소,
¹맥쿼리대학교 생물학부, ²부경대학교 해양학과

Diet Composition of Spot Nape Ponyfish, *Leiognathus nuchalis* in the Coastal Waters of Gadeok-do by Jae Mook Jeong, Joo Myun Park¹, Sung-Hoi Huh², Hyeon Ji Kim and Gun Wook Baeck* (Department of Marine Biology & Aquaculture/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea; ¹Department of Biological Sciences, Macquarie University, Sydney NSW 2109, Australia; ²Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea)

ABSTRACT The diet composition of *Leiognathus nuchalis* were studied using 350 specimens collected from October 2010 to September 2011 in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. *L. nuchalis* was carnivorous feeder that consumed mainly copepods, crab larvae, and shrimp larvae. Its diet also included small quantities of polychaetes, amphipods, euphausiids, bivalve larvae, and gastropod larvae. The size of *L. nuchalis* ranged from 3.0 to 9.8 cm in body length (BL). *L. nuchalis* underwent an ontogenetic dietary shift. 3~5 cm size individuals fed mainly on copepods. 5~7 cm size individuals fed mainly crab larvae and shrimp larvae. 8~10 cm size individuals fed mainly polychaetes. The size increases, the weight of food organisms are constantly increased.

Key words : Diet composition, *Leiognathus nuchalis*, Gadeok-do

서 론

주둥치(*Leiognathus nuchalis*)는 농어목(perciformes) 주둥치과(Leiognathidae)에 속하는 어류로 우리나라의 서해와 남해, 일본 중남부, 타이완, 중국 등에 주로 분포하며, 국내에 1속 5종, 전 세계에 3속 24종이 서식한다고 알려져 있다(김 등, 2005). 국내에서 이루어진 주둥치에 관한 연구로는 자치어의 형태(명과 김, 1984) 및 분류(김 등, 1981), 생식생물학적 연구(이와 허, 2000), 후기자어의 먹이생물과 선택성(차와 박, 2001), 한국산 주둥치속 어류의 분류학적 재검토(라 등, 2005) 등이 있다. 이 중 식성에 관한 연구로는 광양만 잘피밭에 출현하는 주둥치의 식성연구(허와 곽, 1997)가 있지만, 연구 장소가 환경변화가 진행된 연안역과 다른 특수한 환경이었다. 다양한 연안개발과 환경변화, 오염 등이

진행된 해역에서 이루어진 어류군집에 관한 연구들을 살펴보면, 인위적인 환경변화가 있었던 서해와 남해연안에서 주둥치가 가장 우점한 종으로 발표된 사례가 증가하고 있다(이, 1996; 이 등, 1997; 이 등, 2011). 본 연구지역인 가덕도 주변해역은 거가대교와 부산신항 건설 등으로 다양한 환경변화가 발생하였다(김과 김, 2009; 윤 등, 2010). 일반적으로 오염을 비롯한 환경변화가 진행된 해역에는 특정 소수종의 우점도가 증가하는 경향을 나타낸다고 하였는데(Felly, 1987; Hyslop, 1988), 주둥치가 특정 소수종 중 하나로 가덕도 주변 연안역에서 우점하는 것으로 확인되었다(정 등, 2013). 이와 같이 변화가 이루어진 연안역에 우점하는 어류의 식성연구는 해당 지역의 먹이망을 파악하고, 에너지 흐름을 이해하는 데 중요하다. 이번 연구의 목적은 주둥치의 주요 먹이생물과 성장에 따른 먹이생물 변화를 알아보고, 선행연구와의 먹이생물 비교를 통하여 대규모 건설공사, 오염 등으로 인위적인 변화가 일어난 가덕도 주변 연안역에서 우점하는 주둥치의 기초생태학적 자료를 제공하기 위함이다.

*Corresponding author: Gun Wook Baeck Tel: 82-55-772-9156
Fax: 82-55-772-9159, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 주둥치의 시료는 2010년 10월부터 2011년 9월까지 매월 2시간 동안 가덕도 주변해역에서 소형기선저인망 (small otter trawl)을 이용하여 채집하였다 (Fig. 1). 채집 장소의 저서환경은 연성저질이었으며, 수심은 약 20 m였다. 채집된 시료는 현장에서 10% 중성포르말린에 고정된 후, 실험실로 운반하여 각 개체의 체장 (body length, BL: 0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정하였다. 이후, 위를 적출하여 해부현미경을 이용, 위내용물을 분석하였다. 위내용물은 가능한 중 수준까지 동정하여 종류별로 개체수를 계수하였으며, 제습지를 이용하여 수분을 제거하고 습중량을 0.0001 g까지 측정하였다. 위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도 (%F), 개체수비 (%N), 습중량비 (%W)로 나타내었으며, 다음과 같은 식을 이용하여 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 주둥치의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 주둥치의 총 개체수, N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물의 개체수와 습중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이개체수와 습중량이다.

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

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

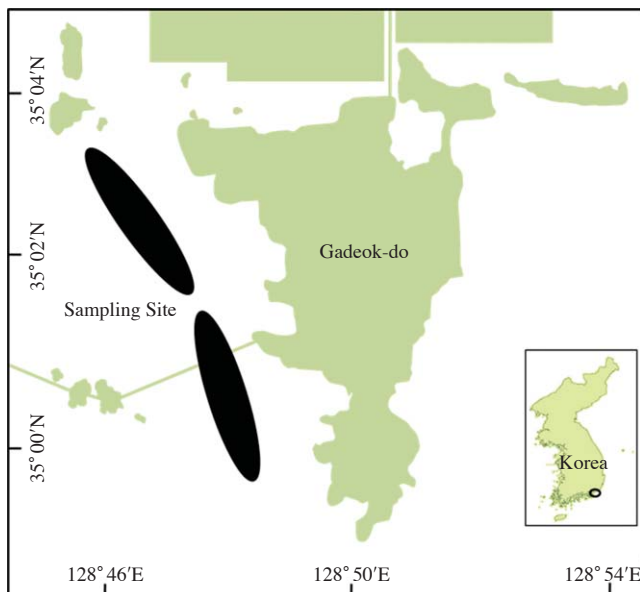


Fig. 1. Location of the sampling areas in the coastal waters of Gadeok-do, Korea.

상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요성지수비로 나타내었다. 성장에 따른 주둥치의 먹이생물 변화를 파악하기 위해서 7개의 체장군 (3~4 cm, n=50; 4~5 cm, n=50; 5~6 cm, n=50; 6~7 cm, n=50; 7~8 cm, n=50; 8~9 cm, n=50; 9 cm<, n=50)으로 구분하였으며, 각 체장군별로 50 개체씩 무작위로 선별하여 위내용물 조성을 확인하였다. 체장에 따른 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군별 개체당 먹이의 평균 개체수 (mean number of preys per stomach, mN/ST)와 개체당 먹이의 평균 중량 (mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 분산분석 (analysis of variance, ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다. 체장별 먹이생물의 중복도 (Schoener, 1970)는 dietary overlap index를 이용하여 다음과 같이 구하였다.

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

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 에서 x, y 그룹에서 먹이생물 i 의 습중량비 (%W)이다. 중복도지수 값의 범위는 0에서 1까지이고, 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 볼 수 있다. 중복도 값이 0.6 이상이면 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다 (Wallace, 1981). 통계분석을 위해 SPSS v18과 PRIMER v5 프로그램을 사용하였다 (Clarke and Gorley, 2001).

결 과

1. 위내용물 조성

위내용물 분석에 이용된 주둥치의 개체는 총 350개체였으며, 위내용물이 전혀 없었던 개체는 16개체로 4.6%의 공복율을 나타내었다. 위내용물이 발견된 334개체를 분석한 결과 (Table 1), 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 78.4%, 개체수비 80.5%, 습중량비 28.8%, 상대중요성지수비 64.0%를 차지한 요각류 (copepoda)였다. 요각류 중에서는 상대중요성지수비 11.7%를 차지한 *Acartia omorii*가 가장 많이 섭식되었다. 요각류 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 62.3%, 개체수비 9.3%, 습중량비 49.4%, 상대중요성지수비 27.3%를 차지한 십각류 (decapoda)였는데, 이 중 게류 유생 (brachyura larvae)이 가장 많이 섭식된 것으로 확인되었다. 그리고 갯지렁이류 (polychaeta)와 단각류 (amphipoda)는 각각 6.3%, 2.3%의 상대중요성지수비를 나타내었다. 그 외에 난바다곤쟁이류 (euphausiacea), 이매패류 유생 (bivalvia larvae), 복족류 유생 (gastropoda larvae)도 위내용물에서 발견되었으나, 상대중요성지수비가 0.1% 이하로 그 양은 매우 적었다. 이와 같은 결과로 볼 때, 주둥치는 요각류, 십각류 유생, 갯지렁이류 등 다양한 소형 무척추동물물을 섭식하는 육식성 어류 (carnivorous fish)임을 알 수 있었다.

Table 1. Percentage frequency of occurrence, number, weight and index of relative importance (IRI) of prey species in the diets of *Leiognathus nuchalis*

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Copepoda	78.4	80.5	28.8	8,573.8	64.0
<i>Acartia</i> sp.	68.6	10.6	2.5		
<i>Acartia omorii</i>	62.0	14.7	3.0		
<i>Acartia hudsonica</i>	56.6	5.9	1.1		
<i>Acartia pacifica</i>	48.5	5.5	1.0		
<i>Acrocalanus gibber</i>	29.3	3.3	0.8		
<i>Calanus sinicus</i>	57.8	5.9	11.4		
<i>Calanus</i> sp.	56.3	7.0	5.7		
<i>Corycaeus affinis</i>	36.2	4.3	0.5		
<i>Labidocera</i> sp.	49.1	6.5	1.1		
<i>Paracalanus</i> sp.	32.0	4.7	0.6		
Copepodite	35.0	6.7	0.5		
Unidentified Copepoda	62.6	5.2	0.7		
Polychaeta	40.7	4.4	16.4	846.9	6.3
<i>Lumbrineris longifolia</i>	20.1	0.8	5.9		
<i>Lumbrineris</i> sp.	16.5	0.6	3.8		
<i>Chaetozone setosa</i>	12.6	0.5	1.7		
Polychaeta larvae	28.4	2.2	3.4		
Unidentified Polychaeta	7.8	0.4	1.4		
Amphipoda	35.3	4.3	4.4	307.4	2.3
<i>Corophium crassicornae</i>	20.1	1.7	1.8		
<i>Corophium</i> sp.	9.6	1.1	1.2		
<i>Melita</i> sp.	4.2	0.3	0.2		
<i>Pontogenia</i> sp.	5.1	0.5	0.5		
Unidentified Amphipoda	12.9	0.7	0.7		
Decapoda	62.3	9.3	49.4	3,655.6	27.3
Brachyura larvae	59.0	5.3	35.7		
Marcrua larvae	32.6	4.0	13.7		
Bivalvia larvae	5.4	0.5	0.5	5.1	+
Gastropoda larvae	6.3	0.4	0.2	4.3	+
Eupausiacea	13.8	0.6	0.4	13.1	0.1
<i>Eupausia pacifica</i>	13.8	0.6	0.4		
Total		100.0	100.0	13,406.2	100.0

+: less than 0.1%

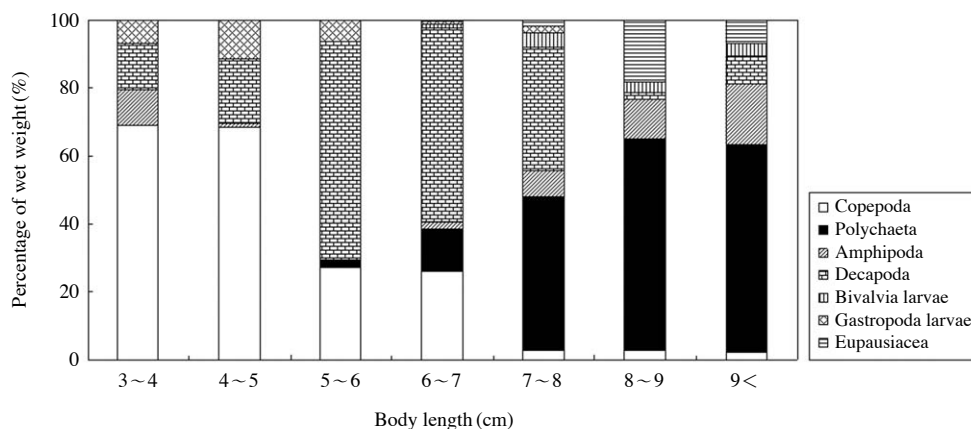


Fig. 2. Ontogenetic changes in the composition of *Leiognathus nuchalis* diets.

2. 성장에 따른 위내용물 조성의 변화

본 조사에서 채집된 주둥치의 체장은 3.0 cm에서 9.8 cm

였으며, 7개의 크기군으로 나누어 성장에 따른 먹이생물 조성을 알아본 결과(Fig. 2), 가장 우점한 먹이생물인 요각류는 3~4 cm와 4~5 cm 체장군에서 68.2% 이상을 차지하여

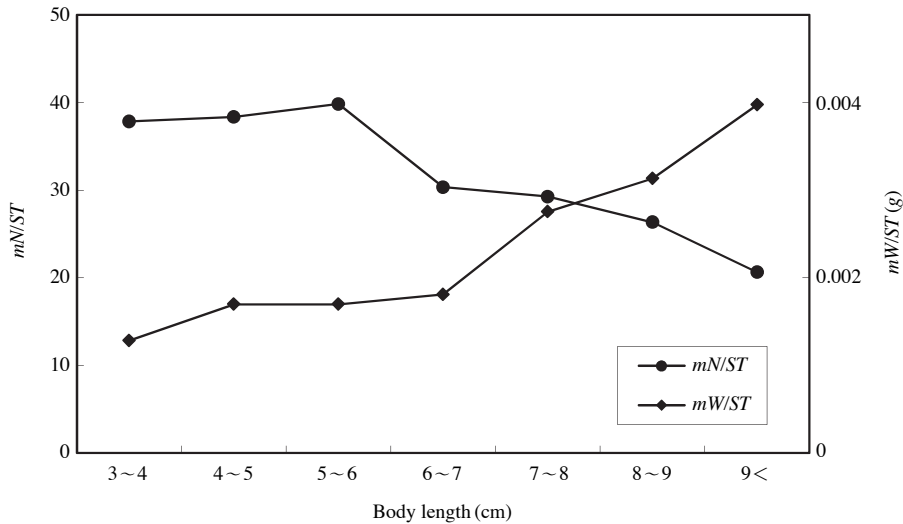


Fig. 3. Variation of mean number of preys per stomach (mN/ST , individuals/stomach) and mean weight of prey per stomach (mW/ST , g/stomach) of *Leionathus nuchalis* among size classes.

Table 2. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the diet among *Leionathus nuchalis* size classes

Size class (cm)	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9
3~4						
4~5	0.90					
5~6	0.47	0.53				
6~7	0.43	0.48	0.86			
7~8	0.24	0.25	0.42	0.56		
8~9	0.16	0.16	0.07	0.21	0.63	
9<	0.22	0.12	0.13	0.27	0.70	0.87

많이 섭식되었다. 하지만 5~6 cm 체장군부터 요각류의 출현량이 감소하기 시작하여 7~8 cm 체장군부터는 3.0% 이하의 낮은 출현량을 보였다. 십각류 유생은 5~6 cm와 6~7 cm 체장군에서 56.9% 이상을 차지하여 많이 출현하였으며, 이후 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 갯지렁이류는 5~6 cm 체장군부터 출현하기 시작하여 체장이 증가함에 따라 출현량이 대폭 증가하였다.

체장군별 주둥치의 개체당 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST) (ANOVA, $F=9.725$, $P<0.05$, Fig. 3)와 체장군별 개체당 평균 먹이생물의 습중량(mW/ST) 모두 유의한 차이를 보였다 (ANOVA, $F=16.374$, $P<0.05$). 평균 먹이생물의 개체수는 5~6 cm 체장군까지 증가하는 양상을 보였으며 이후, 감소하였다. 평균 먹이생물의 습중량은 체장이 커짐에 따라 꾸준히 증가하는 양상을 보였다.

주둥치의 체장군별 먹이 중복도를 알아본 결과 (Table 2), 체장군 3~4 cm와 4~5 cm는 0.90, 체장군 5~6 cm와 6~7 cm는 0.86, 체장군 7~8 cm와 8~9 cm는 0.63, 체장군 7~8 cm와 9 cm 이상 체장군은 0.70, 체장군 8~9 cm와 9 cm 이상

체장군은 0.87로 유의하게 중복되었으며, 나머지 체장군 간에는 0.6 이하로 유의하게 중복되지 않았다.

고 찰

주둥치의 가장 중요한 먹이생물은 요각류였다. 광양만 잘 피밭에 출현하는 주둥치도 요각류를 가장 많이 섭식하였는데 (허와 광, 1997), 주로 섭식된 요각류가 *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*로 *Acartia omorii*가 가장 많이 섭식된 이번 연구와 차이를 나타냈다. *A. omorii*는 가덕도 주변해역을 비롯한 유기오염이 진행된 진해만에서 우점하는 종이며, 오염 지표종으로 알려져 있다 (서와 최, 2004). 이와 같은 사실로 미루어 보면, *A. omorii*는 가덕도 주변해역의 연안개발로 인한 유기오염에 따라 대량 번성한 식물플랑크톤의 연쇄작용에 의해 개체수 밀도가 증가하여, 포획이 용이해지면서 상대적으로 많이 섭식된 것으로 판단된다. 이와 같은 동물플랑크톤 주요 섭식종의 차이는 반폐쇄적 해역인 광양만과 외해의 영향을 직접적으로 받는 가덕도 주변해역의 환경적 요인 때문인 것으로 생각된다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 십각류 유생이었는데, 특히 게류 유생을 많이 섭식하였다. 이는 이번 연구의 조사해역인 가덕도 주변 연안역에 두점박이민꽃게 (*Charybdis bimaculata*), 민꽃게 (*Charybdis japonica*), 꽃게 (*Portunus trituberculatus*) 등 다양한 게류가 연중 끊이지 않고 산란하여 (홍 등, 2006), 서식환경에 풍부하게 출현하였기 때문인 것으로 생각되었다. 갯지렁이류 또한 선행연구에 비하여 더 많이 섭식되는 양상을 보였는데, 주로 섭식된 종은 서식 해역에 우점하는 것으로 알려진 (윤

과 백, 2001) 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*Chaetozone setosa*), 긴자락송곳갯지렁이 (*Lumbrineris longifolia*)였다. 상기 두 종이 위내용물에서 상당량 발견된 것으로 볼 때, 현재 가덕도 주변해역의 유기오염 상태를 간접적으로 파악할 수 있었으며, 어떻게 변화된 환경에 주둥치가 잘 적응하여 서식하는지 유추해 볼 수 있다.

주둥치는 체장 5cm 이하에서 요각류가 60% 이상을 차지하여 가장 우점하다가, 체장 5cm 이상부터는 십각류 유생이 증가하였으며 갯지렁이류도 섭식하였다. 이후, 체장 6cm부터 가장 큰 9cm 이상 체장군까지 꾸준히 증가하는 양상을 보였다. 체장이 증가함에 따라 에너지 효율이 높은 먹이생물로의 먹이전환은 형태학적 발달로 인한 먹이탐색능력이 향상되었기 때문이며, 일반적인 현상인 것으로 판단된다. 그리고 체장이 증가함에 따라 위내용물에서 펄이 발견되는 횡수가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 주둥치의 섭식유형이 정지된 상태에서 순간적으로 물과 함께 흡입하여 새파로 걸러서 먹이를 섭식하는 pump filterer이기 때문에, 갯지렁이류, 단각류 등 표재성 저서생물(epiphytic benthos)의 섭식이 증가하면서 우발적으로 함께 섭식된 것으로 판단되었다. 주둥치의 성장에 따른 개체당 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST)와 평균 먹이생물의 습중량(mW/ST)은 모두 유의한 차이를 보였다. 일반적으로 일생 동안 유사한 먹이생물을 섭식하는 어류의 먹이생물의 개체수는 지속적으로 증가하지만, 먹이생물의 습중량은 소폭 증가한다고 알려져 있다(Last, 1989; 허 등, 2013). 하지만 성장함에 따라 요각류에서 십각류 유생, 갯지렁이류로의 먹이전환을 하는 주둥치의 경우, 체장이 증가함에 따라 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST)는 점차 감소하였으며, 평균 먹이생물의 습중량(mW/ST)은 증가하는 양상을 보여 성장함에 따라 먹이전환을 하는 일반적인 어류들과 유사한 경향을 보였다.

요 약

주둥치의 위내용물 분석에 이용된 개체는 총 350개체로 가덕도 주변해역에서 2010년 10월부터 2011년 9월까지 매월 채집하였다. 주둥치의 체장범위는 3.0~9.8cm를 보였다. 주둥치는 주로 요각류와 게류 유생, 새우류 유생, 갯지렁이류 등을 섭식하는 육식성 어류로 확인되었다. 그 외에 난바다곤쟁이류, 단각류, 이매패류 유생, 복족류 유생 등도 발견되었지만, 그 양은 많지 않았다. 주둥치는 성장함에 따라 주요 먹이생물을 전환하였는데 3~5cm 사이의 개체들은 요각류를, 5~7cm 사이의 개체들은 게류 유생과 새우류 유생을, 8~10cm의 개체들은 갯지렁이류를 주로 섭식하였다. 체장이 증가함에 따라 먹이생물의 무게는 유의하게 증가하였다.

인 용 문 헌

- 김경태 · 김은수. 2009. 진해만 및 가덕도 주변해역의 수질 환경. 해양환경안전학회, 6: 137-143.
- 김용억 · 이택렬 · 진 평 · 강용주. 1981. 한국 연근해의 치어에 관한 연구. 부산수대해연보, 13: 1-35.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국 어류대도감. 교학사, 613pp.
- 라혜강 · 최 윤 · 임환철. 2005. 한국산 주둥치속(농어목) 어류의 분류학적 재검토. 한국어류학회지, 17: 91-97.
- 명정구 · 김용억. 1984. 주둥치, *Leiognathus nuchalis* (Temminck et Schlegel)의 자치어기의 형태. 부산수대연보, 24: 1-22.
- 서호영 · 최상덕. 2004. 진해만에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 계절별 출현양상. 한국환경생물학회지, 22: 43-56.
- 윤성규 · 백상규. 2001. 가덕도 주변해역 대형저서동물군집 구조와 특성. 한국수산과학회지, 34: 493-501.
- 윤한삼 · 박정현 · 정현돈 · 김병수. 2010. 부산 신항만 건설 전·후 가덕도 주변해역의 수리환경 변화 연구. 해양환경안전학회, 11: 1-6.
- 이신길 · 서영일 · 김주일 · 김희용 · 최문성. 2011. 빗물로를 이용한 여자만 어류의 계절별 종조성과 변동. 한국어류학회지, 23: 206-216.
- 이정식 · 허성희. 2000. 주둥치 *Leiognathus nuchalis*의 생식생물학적 연구. 한국어류학회지, 12: 192-202.
- 이태원. 1996. 천수만 어류의 종조성 변화 1. 저어류. 한국수산과학회지, 29: 71-83.
- 이태원 · 문형태 · 최신석. 1997. 천수만 어류의 종조성 변화 2. 대천 해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, 9: 79-90.
- 정재목 · 박주면 · 허성희 · 예상진 · 김현지 · 백근욱. 2013. 한국 남해 가덕도 주변해역에 출현하는 어류의 종조성과 계절 변동. 한국수산과학회지, 46: 948-956.
- 차성식 · 박광재. 2001. 광양만 주둥치(*Leiognathus nuchalis*) 후기 자어의 먹이생물과 선택성. 한국수산과학회지, 34: 666-671.
- 허성희 · 광석남. 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)의 식성. 한국어류학회지, 9: 221-227.
- 허성희 · 백근욱 · 추현기 · 박주면. 2013. 고리주변해역에서 출현하는 줄비늘치(*Coelorinchus multispinosus*)의 식성. 한국어류학회지, 25: 157-162.
- 홍성윤 · 박경양 · 박철원 · 한창희 · 서해립 · 윤성규 · 송춘복 · 조수근 · 임현식 · 강영실 · 김덕재 · 마채우 · 손민호 · 차형기 · 김광봉 · 최상덕 · 박기열 · 오철웅 · 김두남 · 손호선 · 김정년 · 최정화 · 김미향 · 최인영. 2006. 한국해양무척추동물도감. 아카데미서적, 479pp.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2001. Getting Started with PRIMER v5: User Manual/Tutorial. Primer-E: Plymouth.
- Felly, J.D. 1987. Nekton assemblages of three tributaries to the Calcasieu Estuary, Louisiana. Estuaries, 10: 321-329.
- Hyslop, E.J. 1988. A comparison of the composition of the juvenile fish catch from the Sodoto-Rima floodplain, Nigeria in years preceeding and immediately after upstream dam completion. J. Fish. Biol., 32: 895-899.

Last, J.M. 1989. The food of herring, *Clupea harengus*, in the North Sea, 1983~1986. *J Fish Biol.*, 34: 489-501.

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 patchy habitats. *Ecol.*, 51: 408-418.

Wallace, R.K. 1981. An assesment of diet-overlap indexes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 72-76.