

순천 상내리 갯골에 출현하는 민물두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*)의 식성

예상진, 정재묵, 김현지, 박주면¹, 허성회², 백근욱*

경상대학교 해양생명과학과/해양산업연구소, ¹부경대학교 해양과학공동연구소, ²부경대학교 해양학과

Feeding Habits of *Tridentiger bifasciatus* in the Tidal Creek at Sangnae-ri, Suncheon, Korea

Sang Jin Ye, Jae Mook Jeong, Hyeon Ji Kim, Joo Myun Park¹, Sung-Hoi Huh² and Gun Wook Baeck*

Department of Marine Biology & Aquaculture/Insttute of Marine Industry, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea

¹Korea Inter-University Institute of Ocean Sciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The feeding habits of *Tridentiger bifasciatus* were studied using 733 individuals collected in the tidal creek at Sangnae-ri, Suncheon, Korea, using a push net, monthly, from April 2011 to March 2012. The standard length (SL) of the specimens ranged from 1.5 to 8.2 cm. The stomach content analysis indicated that *T. bifasciatus* consumed mainly amphipods, such as *Corophium* sp., while copepods, polychaetes, and shrimps were other important prey species. In addition *T. bifasciatus* ate small quantities of crab larvae, fish, gastropod larvae, and insects. *T. bifasciatus* is a generalist that feeds on various zoobenthos, including fish. *T. bifasciatus* underwent an ontogenetic dietary shift. Smaller individuals (1-2 cm SL) fed mainly on amphipods. The proportion of amphipods decreased as body size increased, whereas the consumption of polychaetes increased gradually. The seasonal variation in the diet composition of *T. bifasciatus* was significant. Insects were common prey during summer, while the amounts of other prey, including polychaetes, were similar during spring, autumn, and winter.

Key words: *Tridentiger bifasciatus*, Tidal creek, Feeding habits, Suncheon

서 론

갯골은 간조시 담수와 해수를 연결하여 영양염류와 같은 에너지를 해양환경으로 공급하는 이동통로의 기능(Mitsch and Gosselink, 1993)을 가지고 있으며, 조수의 영향으로 인해 물리적 변화가 큰 생물학적 조건을 가진 생태계로 보고되었다(Haedrich, 1983; Kneib, 1997).

민물두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*)은 농어목(Perciformes) 망둑어과(Gobiidae)에 속하는 어류로 한국, 일본, 중국, 타이완 등 주로 아시아에 분포하는 종으로 보고되었지만(Kikuchi and Yamashita, 1992; Wu et al., 1999; Wonham et al., 2000), 동부 태평양에서는 외래유입종(Invasive species)으로 구분되

었으며, 하구역과 담수에 서식한다고 알려져 있다(Scott and Larry, 2005). 망둑어과 어류는 세계에 약 212속 1,875종, 국내에는 27속 59종으로 현존하는 어류들 중 가장 큰 분류군으로서(Nelson, 1984) 다양한 생태학적 연구가 진행되어져 왔으며, 이중 국내에 출현하는 *Tridentiger*속 어류는 6종으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 이러한 망둑어과 어류는 상업적으로 중요한 어종은 아니지만, 물리적인 변화가 큰 환경에 뛰어난 적응능력(Akihisa and Seiichi, 2005)으로 인하여 광범위하게 분포하고 있으며, 연안에 출현하는 상업성어종에게 에너지를 전달하는 매개체로서 중요한 위치를 차지하고 있다(Kwak et al., 2010).

민물두줄망둑의 선행연구로는 샌프란시스코 하구역에 출현하는 민물두줄망둑의 식성연구(Scott and Larry, 2005)가 있었

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0160>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(2) 160-167, April 2014

Received 26 November 2013; Revised 7 January 2014; Accepted 6 February 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr

을 뿐, 국내에 민물두줄망둑의 생태에 관한 연구는 전무한 실정이다. 그리고 민물두줄망둑은 IUCN의 Red List에 최소관심종 (Least Concern)으로 등재(IUCN Red List, 2009)되어 있어, 이들의 생태적 연구가 필요하다.

식성연구는 연구 대상종이 서식하는 생태계의 먹이망 구조(Huh and Kwak, 1998a)와 기능적인 면(Huh and Kwak, 1998b)을 파악하기 위한 정보를 제공하기에 중요하다. 그러므로 본 연구의 목적은 갯골에 출현하는 민물두줄망둑의 위내용물 분석을 통하여 주요 먹이생물, 크기와 계절에 따른 위내용물 조성, 섭식전략을 확인하여 특수한 환경에 성공적으로 적응한 민물두줄망둑의 식성을 알아 보고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 민물두줄망둑은 2011년 4월부터 2012년 3월까지 매월 1회 전라남도 순천시 해룡면 상내리 갯골에서 간조시에 입구 크기 가로 120 cm, 세로 100 cm, 전체 길이 225 cm, 그물코 크기 5 mm의 push net을 이용하여 5분씩 3회 예인하였다(Fig. 1). 채집된 민물두줄망둑은 현장에서 즉시 10% 중성포르말린에 고정하여 실험실로 운반한 후, 각 개체의 체장



Fig. 1. Location of the study area (○).

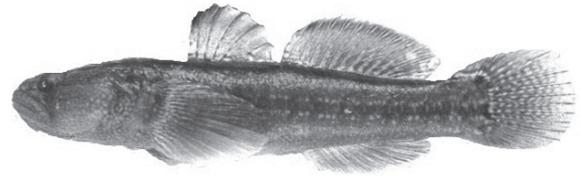


Fig. 2. Photograph of *Tridentiger bifasciatus*.

(standard length)과 체중(weight)을 각각 0.1 cm와 0.1 g까지 측정하였다(Fig. 2). 민물두줄망둑과 같은 *Tridentiger*속에 속하는 두줄망둑과 비교하여 형태적으로 매우 유사 하지만 Kim (1995)에 의한 분류학적 고찰 및 종분화 연구를 참고하여 민물두줄망둑과 두줄망둑을 구분하였다. 이후, 각 개체의 위를 적출하여 해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였고, 먹이생물은 가능한 한 종 수준까지 동정(Yamaji, 1996; Seo, 2010; Kim et al., 2005)하였으며, 개체수를 계수한 후, 초정밀전자저울을 이용하여 습중량을 0.0001 g까지 측정하였다.

위내용물 분석결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 습중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\begin{aligned} \%F &= A_i/N \times 100 \\ \%N &= N_i/N_{total} \times 100 \\ \%W &= W_i/W_{total} \times 100 \end{aligned}$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 민물두줄망둑의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 민물두줄망둑의 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.

$$IRI = (\times 100 \%N + \%W) \times \%F$$

상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(%IRI)로 나타내었다.

민물두줄망둑의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식전략(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 구하였다.

$$Pi = (\sum S_i / \sum S_i) \times 100$$

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

성장과 계절에 따른 민물두줄망둑의 먹이생물 변화를 파악하기 위해서 채집된 시료를 1 cm 간격, 4개의 크기군(1-2 cm, n=38; 3-4 cm, n=472; 5-6 cm, n=201; 7-8 cm, n=22)으로 나누었으며, 계절은 춘계(3-5월, n=134), 하계(6-8월, n=68), 추계(9-11월, n=365), 동계(12-2월, n=166) 사계절로 구분하여 총 733개체 중에서 위내용물이 발견된 706개체를 이용하여 먹이생물의 조성을 확인하였다. 크기와 계절에 따른 우점 먹이생물 조성의 통계적 차이를 분석하기 위하여 카이검정(χ^2 -test)을 실시하였고, 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. 계절별 섭식율(stomach content index, SCI)을 확인하기 위해 Watanabe et al. (2004)의 식을 이용하여 다음과 같이 구하였다.

$$SCI = SCW / BW \times 100$$

여기서 BW (body weight)는 체중, SCW (stomach content weight)는 위내용물 중량이다.

체장과 계절의 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} 는 x, y 그룹에서 먹이생물 i 의 습중량비(%W)이다. 중복도지수 값의 범위는 0에서 1까지 이고, 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 볼 수 있다. 중복도 값이 0.6 이상이면 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다(Wallace, 1981).

결 과

체장분포

본 연구에 사용된 민물두줄망둑은 총 733개체로 체장(Standard length)은 1.5-8.2 cm의 범위를 보였으며, 3-4 cm 크기군의 개체가 전체 개체수의 57.6%를 차지하여 가장 많이 채집되었다. 1월에 가장 작은 크기인 1.5 cm 개체가 채집되었으며, 11월에 8.7 cm의 가장 큰 개체가 채집되었다(Fig. 3).

위내용물 조성

총 733개체의 민물두줄망둑 중 위내용물이 전혀 발견되지 않은 개체는 27개체로 3.7%의 공복율을 나타냈다. 위내용물이 발

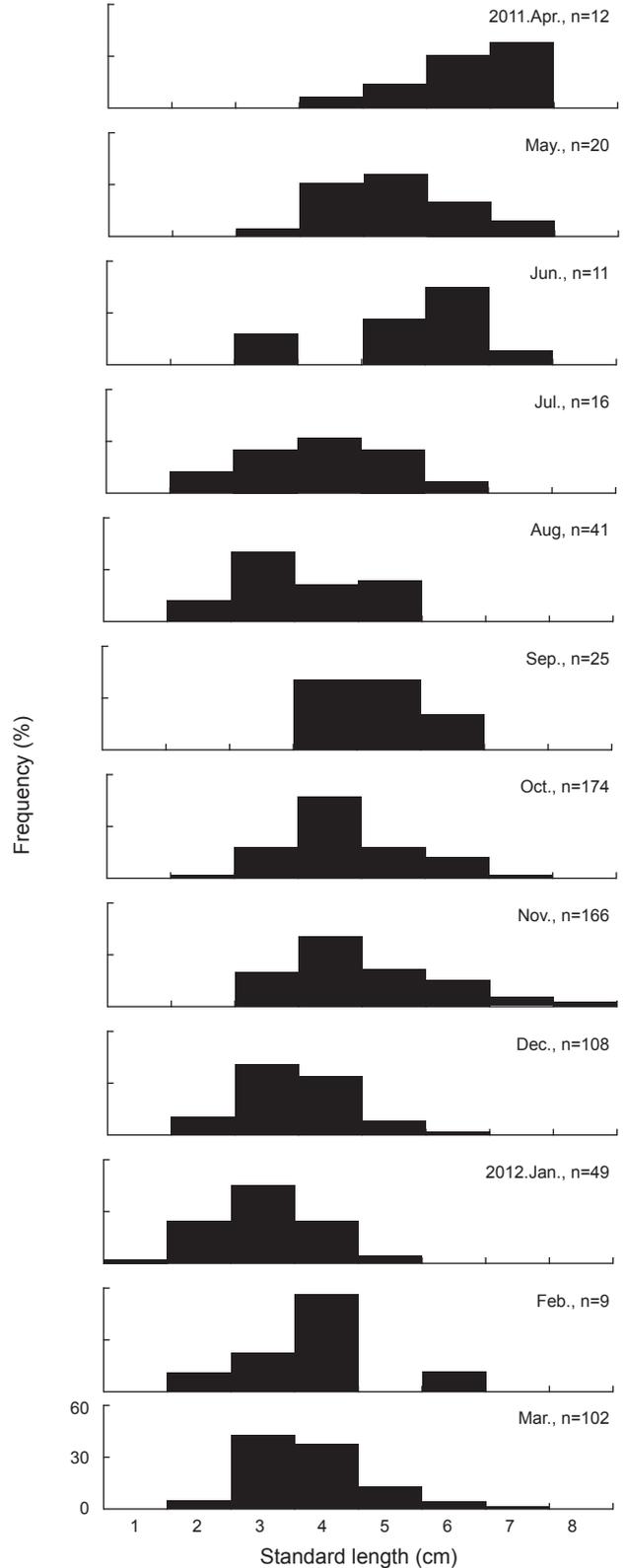


Fig. 3. Monthly variation in standard length frequency of *Tridontiger bifasciatus*.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Tridentiger bifasciatus* by frequency of occurrence, number, wet-weight and index of relative importance (IRI)

Prey organisms	%F	%N	%W	%IRI
Bacillariophyceae	2.8	20.3	-	1.8
Bacillariophyceae	2.8	20.3	-	
Tintinnina	4.7	2.3	-	0.3
<i>Tintinnopsis</i> spp.	4.7	2.3	-	
Polychaeta	15.3	8.5	48.8	27.0
<i>Nereis japonica</i> spp.	8.9	5.4	37.0	
<i>Heteromastus filiformis</i>	0.7	0.2	0.1	
<i>Sternaspis scutata</i>	0.1	-	1.1	
Unidentified Polychaeta	5.8	2.9	10.5	
Amphipoda	41.6	27.1	7.3	44.2
<i>Corophium</i> sp.	35.6	21.3	7.0	
<i>Pontogeneia</i> sp.	4.2	2.9	-	
Unidentified Amphipoda	5.0	2.9	0.2	
Copepoda	18.0	23.4	0.2	13.1
<i>Calanus sinicus</i>	3.1	11.7	0.1	
<i>Tigriopus japonicus</i>	13.3	8.5	-	
<i>Temora</i> sp.	1.8	2.6	-	
<i>Oncaea</i> sp.	0.4	0.2	-	
Unidentified Copepoda	1.0	0.4	-	
Macrura	10.9	5.4	13.5	6.4
<i>Exopalaemon orientis</i>	7.1	4.1	10.7	
<i>Exopalaemon orientis</i> larvae	0.6	0.2	-	
Unidentified Macrura	3.3	1.2	2.8	
Brachyura	8.9	5.5	9.0	4.0
Brachyura larvae	8.9	5.5	9.0	
Insecta	1.8	0.7	0.5	0.1
<i>Diptera</i> spp.	0.3	0.1	0.1	
Chironomidae larvae	0.4	0.1	0.2	
Unidentified Insecta	1.3	0.4	0.1	
Gastropoda	3.7	4.0	2.6	0.7
Gastropoda larvae	3.7	4.0	2.6	
Pisces	4.0	1.3	18.2	2.4
<i>Oryzias latipes</i>	0.1	-	1.1	
<i>Pseudogobius masago</i>	2.0	0.7	7.2	
Unidentified Gobiidae	1.1	0.4	3.2	
Unidentified Pisces	0.7	0.3	6.7	
Unidentified	1.8	1.3	-	0.1
Unidentified eggs	1.8	1.3	-	
Total		100.0	100.0	100.0

- : less than 0.1%

견된 706개체의 위내용물 분석결과(Table 1), 민물두줄망둑의 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 41.6%, 개체수비 27.1%, 습중량비 7.3%, 상대중요성지수비 44.2%를 차지한 단각류(Amphipoda)였다. 단각류 중에서는 *Corophium* sp.의 개체수비가 21.3%, 습중량비는 7.0%로 가장 중요한 먹이생물임을 확인할 수 있었다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 15.3%, 개체수비 8.5%, 습중량비 48.8%, 상대중요성지수비 27.0%를 차지한 갯지렁이류(Polychaeta)와 출현빈도 18.0%, 개체수비 23.4%, 습중량비 0.2%, 상대중요성지수비 13.1%를 차지한 요각류(Copepoda)였다. 갯지렁이류에서는 참갯지렁이(*Nereis japonica*)의 개체수비와 습중량비가 5.4%와 37.0%로 가장 높았으며, 요각류 중에서는 개체수비 11.7%, 습중량비 0.1%를 차지한 중국노벨레(*Calanus sinicus*)가 가장 높게 나타났다. 새우류(Macrura), 게 유생(Brachyura larvae), 어류(Pisces)는 각각 상대중요성지수비 6.4%, 4.0%, 2.4%를 차지하였으며, 그 외 복족류 유생(Gastropoda larvae), 곤충류(Insecta), 규조류(Bacillariophyceae), 유충섬모충류(Tintinnina) 등도 섭식하였지만 그 양은 많지 않았다. 본 연구에서 민물두줄망둑의 먹이생물은 단각류를 포함한 요각류, 새우류, 게 유생과 같은 갑각류(Crustacea)를 주로 섭식하였지만, 저서동물인 갯지렁이류를 비롯한 복족류 유생, 망둑어과 어류를 섭식한 것으로 보아 갑각류를 비롯한 저서동물을 섭식하는 육식성어류(Carnivore)임을 확인할 수 있었다.

민물두줄망둑의 섭식형태와 섭식특성을 조사한 결과(Fig. 4), 비교적 단각류를 섭식하는 경향을 나타냈지만, 좁은 섭식폭에 비하여 새우류를 비롯한 갯지렁이류, 어류, 게류 등 다양하게 섭식하는 것으로 보아 generalists임을 확인할 수 있었다.

성장별 먹이조성의 변화

민물두줄망둑의 성장에 따른 먹이조성의 변화 분석한 결과(Fig. 5), 1-2 cm인 가장 작은 크기군에서는 단각류와 새우류가 각각 습중량비 43.9%와 39.8%로 가장 중요한 먹이생물이었으며, 그 다음으로 요각류가 습중량비 15.2%를 차지하였다. 3-4 cm 크기군에서는 1-2 cm 크기군에서 출현하지 않았던 갯지렁이류의 습중량이 52.8%로 가장 높게 나타났으며, 어류, 게 유생, 복족류 유생 또한 출현하였다. 그러나 단각류와 요각류의 습중량은 12.1%와 0.7%로 급격히 감소하였으며, 새우류 또한 감소한 것을 확인할 수 있었다. 5-6 cm 크기군에서는 갯지렁이류의 습중량이 44.2%로 가장 높았으며, 어류의 습중량은 19.5%로 증가하였다. 7-8 cm 크기군 또한 갯지렁이류의 습중량이 61.7%로 가장 높았다. 어류 또한 27.6%로 비교적 증가하였지만, 단각류, 새우류, 게 유생의 경우 습중량이 5% 이하로 감소하였으며, 복족류 유생과 요각류는 출현하지 않았다.

민물두줄망둑의 크기군별 먹이생물의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 하지만 성장에 따른 먹이생물의 평균 개체수(mN/ST , $P<0.05$)와 먹이생물의 평균 중량(mW/ST ,

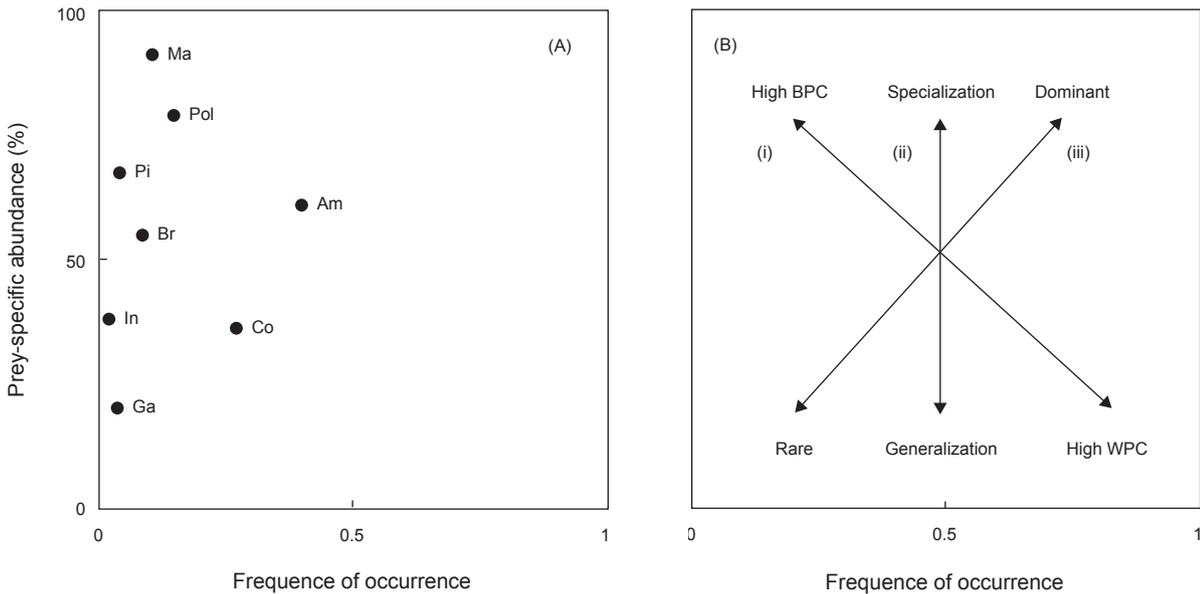


Fig. 4. (A) Graphical representation of feeding pattern of *Tridentiger bifasciatus* (Am, Amphipoda; Co, Copepoda; Ma, Marcrua; Pol, Polychaeta; Pi, Pisces; Br, Brachyura; In, Insecta; Ga; Gastropoda), (B) Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution (axis i, within-phenotypic component (WPC) or between-phenotypic component (BPC)) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).

$P < 0.05$)은 유의한 차이를 나타냈다(Fig. 6).

크기군별 먹이중복도 결과(Table 2), 3-4 cm 크기군, 5-6 cm 크기군, 7-8 cm 크기군 사이의 값은 0.7 이상의 중복도 값을 나타냈으며, 3-4 cm와 5-6 cm 크기군 사이의 값이 0.84로 가장 높게 나타났다. 하지만 1-2 cm 크기군과의 사이의 값은 0.2 이하로 낮게 나타났으며, 가장 작은 크기군인 1-2 cm와 가장 큰 크기군인 7-8 cm 사이의 값은 0.07로 가장 낮은 중복도를 보였다.

계절별 먹이조성의 변화

민물두줄망둑의 계절별 먹이조성 결과(Fig. 7)를 살펴보면, 하계를 제외한 춘계, 추계, 동계에는 갯지렁이류의 습중량비가 전체 먹이생물 습중량비의 40% 이상을 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었으며, 어류를 비롯한 새우류, 단각류, 요각류가 지속적으로 출현하여 유사한 먹이조성 결과를 보였다. 하지만 추계에 경우, 게 유생과 복족류 유생이 민물두줄망둑의 먹이생물로 나타났으며, 그 습중량비는 전체 먹이생물 습중량비의 16.2%와 4.9%를 차지하였다. 하계에 경우에는 갯지렁이류의 습중량이 14.9%로 현저히 감소하는 한편, 곤충류의 습중량이 51.8%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었으며, 단각류의 습중량비 또한 22.0%로 비교적 증가하였지만, 어류는 섭식되지 않았다.

계절별 먹이중복도 결과(Table 3), 하계를 제외한 춘계, 추계, 동계의 사이의 값은 0.7 이상으로 나타났으며, 춘계와 동계 사이의 값이 0.87로 가장 높은 중복도 값을 보였다. 하계를 포함

한 나머지 계절에 사이의 값은 0.19 이하의 값을 보였으며, 하계와 추계 사이의 값이 0.14로 가장 낮은 중복도 값을 나타냈다.

민물두줄망둑의 계절별 섭식율을 확인한 결과(Fig. 8), 춘계가

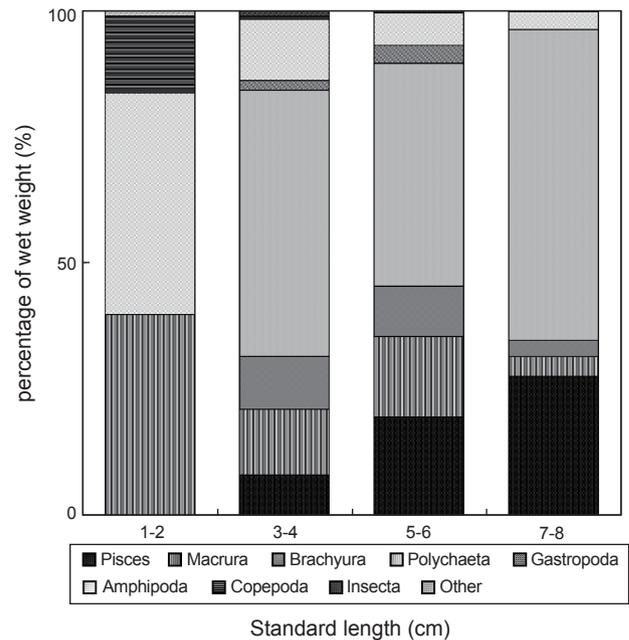


Fig. 5. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by wet-weight of *Tridentiger bifasciatus*.

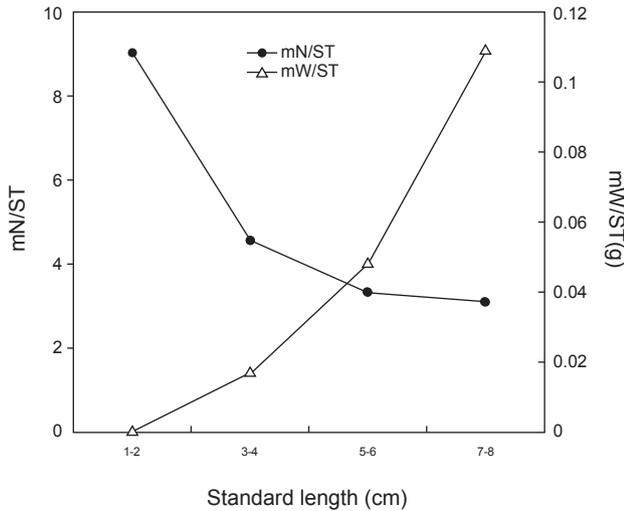


Fig. 6. Variation of mean number of preys per stomach (*mN/ST*) and mean wet-weight of preys per stomach (*mW/ST*) of *Tridentiger bifasciatus* among size classes.

2.5로 가장 높은 섭식율을 보였으며, 하계는 0.1로 가장 낮은 섭식율을 나타냈다. 이후 춘계에 차츰 증가하였다가 동계에는 비교적 감소하는 경향을 나타냈다.

고찰

본 연구에서 민물두줄망둑은 다른 많은 망둑어과 어류와 마찬가지로 다양한 먹이생물을 섭식하는 generalists임을 알 수 있었다(Magnhagen and wiederholm, 1982; Miller, 1984; Mesa et al., 2008). 국내에 출현하는 망둑어과 어류의 공복율을 살펴보면, 점줄망둑(*Acentrogobius pellidebilis*) 3.9% (Kwak et al., 2010), 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*) 3.6% (Huh and Kwak, 1998b), 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*) 2.6% (Huh and Kwak, 1999)의 낮은 공복율을 확인 할 수 있었는데, 민물두줄망둑의 공복율 역시 3.7%로 낮게 나타났다.

민물두줄망둑의 가장 중요한 먹이생물은 단각류였는데, 단각류 중에서 *Corophium* sp.를 가장 많이 섭식하였다. *Corophium* sp.는 갯벌 연안역을 비롯한 담수와 하구역에 주로 서식하는 저

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

Size class (cm, SL)	1-2	3-4	5-6	7-8
1-2				
3-4	0.26			
5-6	0.22	0.84		
7-8	0.07	0.72	0.74	

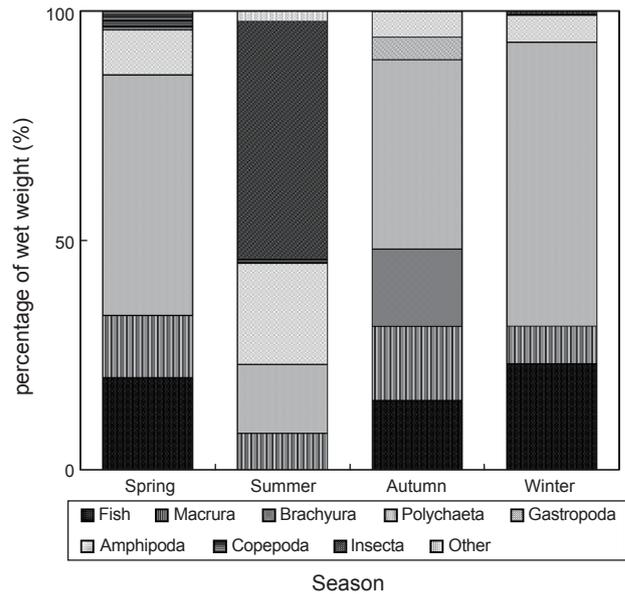


Fig. 7. Seasonal variation in composition of stomach contents by wet-weight of *Tridentiger bifasciatus*.

서성단각류로 광범성이며, 분포지역이 광범위하다고 보고되었다(Crawford, 1937; Meadows and Reid, 1966). 샌프란시스코 하구역에서 이루어진 민물두줄망둑의 식성 연구(Scott and Larry, 2005)에서 *Corophium* sp.가 사계절 모두 출현하여 가장 중요한 먹이생물이었으며, Wasserman (2012)의 온난대 하구역 상류의 망둑어과 어류 두 종의 섭식생태 연구에서도 *Corophium* sp.가 중요한 먹이생물이었다. 이러한 연구결과로 미루어보아, 본 조사지역은 물리적인 환경변화가 크지만 연성퇴적물과 담수로부터 유입되는 영양염 등이 *Corophium* sp.의 대량번성으로 이어져, generalists인 민물두줄망둑이 *Corophium* sp.를 많이 섭식한 것으로 판단된다. 요각류 중 우점하였던 중국노벨레는 부유성요각류로 연중 출현한다고 알려져 있다(Seo, 2010). 민물두줄망둑이 부유성요각류인 중국노벨레를 섭식할 수 있었던 이유는 본 연구대상 갯골이 간조 시에 수심이 약 30 cm로 얕았기 때문인 것으로 생각된다. 민물두줄망둑과 같은 망둑어과 어류인 *Economidichthys pygmaeus* 또한 저서에서 표층으로 이동하며 섭식활동을 한다고 보고되었으며(Gkenas et

Table 3. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the *Tridentiger bifasciatus* diet among season

Season	Spring	Summer	Autumn	Winter
Spring				
Summer	0.19			
Autumn	0.76	0.14		
Winter	0.87	0.15	0.70	

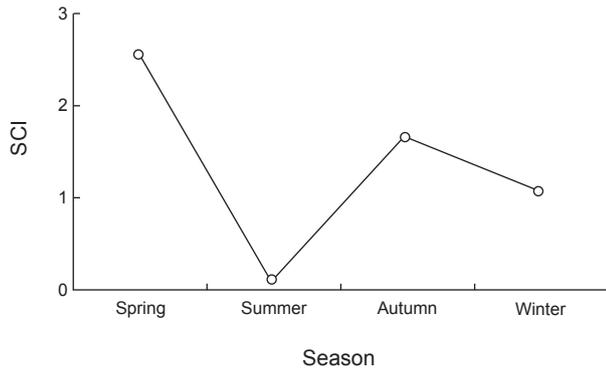


Fig. 8. Seasonal variation in SCI value of *Tridentiger bifasciatus*.

al., 2012), 서해연안 조간대에 서식하는 두줄망둑(*Tridentiger trigonocephalus*)에 관한 연구(Kim and Noh, 1996) 또한 중국 노벨레가 가장 중요한 먹이생물이었다. 민물두줄망둑은 단각류 다음으로 갯지렁이류, 새우류, 게류를 주로 섭식하였는데, 이와 같은 먹이생물은 갯벌 주변 환경에 출현하는 다른 망둑어과 어류들의 먹이생물과 유사하였다(Mesa et al., 2008; Gkenas et al., 2012; Wasserman, 2012). 민물두줄망둑은 복족류를 섭식하였지만 그 양은 매우 적었다. 망둑어과 어류의 섭식생태에 관한 연구에서 복족류를 비롯한 이매패류의 출현량이 적은 이유는 복족류의 껍질을 소화하기 용이하지 않기 때문에 섭식을 기피한다고 설명하였다(Zander, 1979).

크기군별 먹이조성의 차이를 확인한 결과, 전 크기군에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 가장 작은 크기군인 1-2 cm는 단각류, 새우류 유생, 요각류를 주로 섭식하였는데, 이는 잘 피발에 출현하는 같은 망둑어과 어류인 점줄망둑 1-2 cm 크기군의 먹이생물과 유사하였다(Kwak et al., 2010). 가장 작은 크기군을 제외한 모든 크기군에서는 갯지렁이류가 중요한 먹이생물이었는데, Salgado et al. (2004)은 갯지렁이류가 단각류, 요각류와 비교 하였을 때, 더 높은 열량을 충족시키기 때문에 망둑어과 어류가 선호한다고 설명하였다. 본 연구지역은 주변 환경이 갯벌인 특성상 갯지렁이류의 풍부도가 높아 1-2 cm의 크기군을 제외한 나머지 3개의 크기군 모두에서 갯지렁이류의 비율이 높은 것으로 생각된다. 일반적인 어류에서 체장의 증가에 따른 먹이전환은 에너지 효율적 측면에서 일반화된 사실이며(Wainwright and Richard, 1995), 종내경쟁을 감소시키기 위해서 동일한 먹이라도 양을 달리하거나 먹이를 전환한다고 알려져 있다(Mesa et al., 2008).

계절에 따른 먹이조성을 살펴보면 하계를 제외한 전 계절에서 먹이생물의 중복도는 높은 값을 보였지만, 하계와는 낮은 중복도를 보였다. 이는 하계에 곤충류를 많이 섭식하였기 때문인 것으로 생각된다. 갯벌서식지와 지류에 출현하는 다른 망둑어과 어류의 위내용물에서도 곤충류가 출현한 것으로 보이며(Hempel and Cattrijsse, 2004; Bob-Manuel, 2011), 담수의 유입이 있는

서식지에는 이 곳에 서식하는 어류들에게 곤충류가 비교적 쉽게 섭식되어지는 먹이생물인 것으로 생각된다. 곤충류 중 깔다구과 유생(Chironomidae larvae)의 비율이 높았는데, 본 조사 지역은 직접적인 담수의 유입으로 인해 민물두줄망둑이 깔다구과 유생을 많이 섭식하였던 것으로 생각된다. 이러한 깔다구과 유생은 담수생태 내에서 중요한 구성요소로 보고되었다(Yoon and Chun, 1992). 계절별 섭식율을 조사한 결과, 하계에 0.1의 낮은 섭식율을 나타냈으며, 춘계와 추계에는 각각 2.5와 1.6의 높은 섭식율을 나타냈다. 하계에 가장 낮은 섭식율을 보인 이유는 어소를 보호하는 등 산란활동에 집중하기 위한 것으로 판단되며(Daoulas et al., 1993), 춘계와 추계에 섭식율이 높게 보인 이유는 산란을 위한 높은 영양상태를 유지하고, 산란 후 부족한 영양을 회복하기 위한 것으로 생각된다. 이러한 경향은 같은 망둑어과 어류인 별망둑(*Chaenogobius gulosus*)에서도 확인 할 수 있었다(Baeck et al., 2010). 하지만 민물두줄망둑의 생식생태를 비롯한 생태학적인 연구가 부족하기 때문에 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

References

- Akihisa I and Seiichi H. 2005. Environmental assessment of the shimanto estuary based on biodiversity of gobioid fishes. *Aquabiology* 27, 39-46.
- Amundsen PA, Gable HM and Staldivik FJ. 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.
- Baeck GW, Park CI, Jeong JM, Kim MC, Huh SH and Park JM. 2010. Feeding habits of *Chaenogobius gulosus* in the Coastal Waters of Tongyeong, Korea. *Kor J Ichthyol* 22, 41-48.
- Bob-manuel FG. 2011. Food and feeding ecology of the MUD-SKIPPER *Periophthalmus koelreuteri* (PALLAS) Gobiidae at Rumuolumeni Creek, Niger Delta, Nigeria. *Agric Biol J N Am* 2, 897-901.
- Crawford GI. 1937. A review of the amphipod genus *Corophium*, with notes on the British species. *J Mar Biol Assoc U.K.* 21, 589-630.
- Daoulas CH, Economou AN, Psarras TH and Barbieri TR. 1993. Reproductive strategies and early development of three freshwater gobies. *J Fish Biol* 42, 749-776.
- Gkenas CH, Malavasi S and Leonardos I. 2012. Diet and feeding habits of *Economidichthys pygmaeus* (Perciformes: Gobiidae) in Lake Pamvotis, NW Greece. *J Appl Ichthyol* 28, 75-81.
- Hempel H and Cattrijsse A. 2004. Temporal variation in feeding rhythms in a tidal marsh population of the common goby *Pomatoschistus microps* (Kroyer, 1838). *Aquat Sci* 66, 315-326.
- Haedrich RL. 1983. Estuarine fishes. In: *Estuaries and Enclosed Seas*. Ketchum BK, ed. Elsevier Scientific, New York, US,

- 183-207.
- Huh SH and Kwak SN. 1998a. Feeding habits of *Pseudoblennius cottooides*. J Kor Fish Soc 31, 37-44.
- Huh SH and Kwak SN. 1998b. Feeding habits of *Favonigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J Kor Fish Soc 31, 372-379.
- Huh SH and Kwak SN. 1999. Feeding habits of *Acanthogobius flavimanus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J Kor Fish Soc 32, 10-17.
- IUCN Red List. 2009. *Tridentiger bifasciatus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Retrieved from <http://iucnredlist.org/details/169646/0>.
- Kikuchi T and Yamashita Y. 1992. Seasonal occurrence of gobiid fish and their food habits in a small mud flat in Amakusa. Publications from the Amakusa Marine Biological Laboratory Kyushu University 11, Japan, 73-93.
- Kim IS, Choi Y, Lee CH, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publ, Seoul, Korea, 615.
- Kim JB. 1995. The Studies of Speciation and Systematics on the Fishes of the Genera *Rhinogobius* and *Tridentiger* (Perciformes, Gobiidae) in Korea. Ph. D. Thesis, University of Inha, Incheon, Korea.
- Kim JY and Noh YT. 1996. Feeding habits of the *Tridentiger trigonocephalus* from the coast intertidal zone in the West Coast of Korea. Fish Sci Research, 12, 25-42.
- Kneib RT. 1997. The role of tidal marshes in the ecology of estuarine nekton. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review 35, 163-220.
- Kwak SN, Kim HW and Huh SH. 2010. Feeding habits of *Acanthogobius pellidebilis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed. J Kor Fish Tech 46, 358-367.
- Magnhagen C and Wiederholm AM. 1982. Habitat and food preferences of *Pomatoschistus minutus* and *P. microps* (Gobiidae) when alone and together: an experimental study. Oikos 39, 152-156.
- Meadows, P.S. and A. Reid. 1966. The behaviour of *Corophium volutator* (Crustacea: Amphipoda). J Zool 150, 387-399.
- Mesa ML, Borrae D, Tirelli V, Poi ED, Legovini S and Umani SF. 2008. Feeding ecology of the transparent goby *Aphia minuta* (Pisces, Gobidae) in the northwestern Adriatic Sea. Scientia Marina Barcelona 72, 99-108.
- Miller PJ. 1984. The Topology of Gobioid Fishes. In: Fish reproduction strategies and tactics. Potts GW and Wootton RJ. eds. London Academic Press London, 119-153.
- Mitsch WJ and Gosselink JG. 1993. Wetlands. Reinhold VN, ed. New york, US, 722.
- Nelson JS. 1984. Fishes in the World. Wiley J and Sons, eds. New york, US, 523.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California water. Fish Bull 152, 1-105.
- Salgado JP, Cabral HN and Costa MJ. 2004. Feeding ecology of the gobies *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770) and *Pomatoschistus microps* (Krøyer, 1838) in the upper Tagus estuary, Portugal. Sci Mar 68, 425-434.
- Schoener TW. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecol 51, 408-418.
- Scott AM and Larry RB. 2005. Invaders eating invaders: exploitation of novel alien prey by the alien shimofuri goby in the San Francisco Estuary, California. Biological Invasions 7, 497-507.
- Seo HY. 2010. Invertebrates of South Korea (Marine Planktonic Copepod). Sin S, ed. National Institute of Biological Resources, 199.
- Wainwright PC and Richard BA. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Motor pattern. J Exp Biol 5, 1161-1171.
- Wallace RK. 1981. An assesment of diet-overlap indexes. Trans Am Fish Soc 110, 72-76.
- Wasserman RJ. 2012. Feeding ecology of the early life-history stages of two dominant gobiid species in the headwaters of a warm-temperate estuary. Estuarine Coastal and Shelf Science 109, 11-19.
- Watanabe H, Kubodera T, Masuda S and Kawahara S. 2004. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific. Fish Sci 70, 573-579.
- Wonham MJ, Carlton JT, Ruizand GM and Smith LD. 2000. Fish and ships: relating dispersal frequency to success in biological invasions. Mar Biol 136, 1111-1121.
- Wu HL, Shao K-T and Lai CF. 1999. Latin-Chinese dictionary of fishes name, The sueichanpress. Taiwan, 1028.
- Yamaji I. 1996. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co Ltd, Japan, 538.
- Yoon IB and Chun DJ. 1992. Systematics of the Genus *Chironomus* (Diptera: Chironomidae) in Korea. Entomol Res Bull Kor 18, 1-14.
- Zander CD. 1979. On the biology and food of small-sized fish from the North and Baltic Sea areas II. Investigation of a shallow stony ground off Møn, Denmark. Ophelia 18, 179-190.