

광양만 보구치 (*Argyrosomus argentatus*) 후기자어의 먹이 선택성

차성식 · 박광재*

전남대학교 해양학과, *국립수산진흥원 서해수산연구소

Feeding Selectivity of Postlarvae of White Croaker (*Argyrosomus argentatus*) in Kwangyang Bay, Korea

Seong-Sig CHA and Kwang-Jae PARK*

Department of Oceanography, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

*West sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 400-201, Korea

To investigate the food organisms and feeding selectivity of the white croaker (*Argyrosomus argentatus*) during the postlarval stage, the gut contents of the postlarvae, captured in Kwangyang Bay in 1995, were observed. The food organisms were composed of copepod egg and nauplius, *Codonellopsis* sp. and *Tintinnopsis* spp. The indices of relative importance indicated that the most dominant food item was a copepod nauplius. As white croaker larvae grew, the size of prey items and the selectivity for copepod nauplius increased.

Key words: Feeding selectivity, White croaker, Gut contents, Kwangyang Bay

서 론

난에서 부화된 전기자어는 난황을 가지고 있어서 아직 먹이를 먹지 않으나, 난황의 흡수가 끝난 후기자어는 외부에서 영양을 섭취하여야 한다. 수중에는 수많은 부유동물이 분포하고 있지만, 후기자어가 먹이생물로 이용할 수 있는 것은 크기가 20~200 μm인 섬모충류와 요각류나 무척추동물들의 유생 등이다. 어류는 어중에 따라 여러 가지 먹이생물 중에서도 특별한 먹이생물을 선택적으로 섭식하는 경향을 갖고 있다 (Hillgruber et al., 1995). 자어의 먹이에 대한 선택은 먹이의 크기, 색깔, 주위와의 대비 (contrast), 모양, 유영속도 등에 의하여 좌우된다 (Govoni et al., 1986; Pryor and Epifanio, 1993).

보구치 (*Argyrosomus argentatus*)는 민어과 (Sciaenidae)에 속하는 어종으로 우리 나라 경북 이남의 동해 연안역과 남해와 서해의 연안역, 일본에서 인도, 태평양까지 분포한다 (Chyung, 1977; Kim and Kang, 1993). 보구치는 우리 나라의 연안에서 어획되는 상업적으로 중요한 어종이며, 광양만에서는 여름철에 출현하는 자치어 중 중요한 어종이다 (Cha and Park, 1994). 최근에 보구치에 대하여 분포 (Baik et al., 1999)를 비롯하여 성장과 성숙 (Song, 1988; Kwon et al., 1999), 산란 (Song, 1988; Kang et al., 1999), 자원량과 자원관리방안 (Zhang et al., 1999a, b)과 같은 연구가 활발하게 이루어지고 있지만, 초기 생활사에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있다.

초기 생활사에서 섭식의 성공은 어류의 성장에 중요한 영향을 끼치며, 결국 어류의 가입량에 영향을 준다 (May, 1974; Lasker, 1975). 계절에 따라 자어의 먹이생물인 소형동물플랑크톤의 양과 조성이 변하며, 최근의 환경변화도 그들의 구성에 영향을 줄 것으로 판단된다. 먹이생물의 변화는 어류의 성장과 가입에 영향을 미

치게 된다. 어류는 생활사의 초기에는 입이 작고 유영력이 약하기 때문에 성어와는 다른 섭식 생태를 보인다. 어류의 생활사와 종조성 변화, 자원량 변동을 이해하기 위해서는 초기 섭식에 대한 연구가 필수적이나 아직까지 초기 섭식에 대한 연구는 국내는 물론 세계적으로 일부 어종에 국한되어 있는 형편이다.

본 연구에서는 광양만에서 채집된 보구치 후기자어의 장내용물을 관찰하여 후기자어의 먹이생물의 종류와 조성을 알아보고자 한다. 또한 주변에 분포하는 소형부유동물의 구성과 보구치 후기자어의 장내용물 조성의 비교를 통하여 보구치의 먹이생물에 대한 선택성을 파악하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 보구치 후기자어는 후기자어가 출현하는 1995년 6월과 7월에 광양만의 묘도 북쪽 수로에서 봉고네트를 이용하여 채집하였다. 채집된 표본은 선상에서 중성 포르말린 (약 6%)으로 고정하였다. 실험실에서 해부현미경 (SMZ-10)을 이용하여 고정된 표본으로부터 보구치 자어를 분리하였다.

자어의 크기는 척색장 (NL: Notochord length)을 0.1 mm까지 측정하였다. 장내용물 관찰을 위해서 날카로운 핀을 이용하여 장을 분리하였다. 분리된 장을 10% KOH 용액에 넣고 70°C에서 30분간 중탕하여 투명하게 만들었다. 투명해진 장은 슬라이드 글라스 위에 놓고 생물현미경 (Nikon Optiphot)을 이용하여 섭식 여부를 판정하였으며 장내의 먹이생물을 동정하였다. 먹이생물의 동정에는 Yamaji (1984)를 참고하였다. 유충섬모충류 (tintinnids)는 속까지 요각류 (copepods)는 난과 유생으로 구분하였다. 동정된 먹이생물의 크기는 장축과 단축을 2.5 μm 단위로 측정하였다. 섭식참여율은 총 실험 개체수에 대한 섭식 자어의 비로써 나타내었

다. 먹이생물의 개체수 조성 (N)을 조사하였으며, 각 먹이생물이 출현한 자어의 수로부터 먹이생물의 출현율 (F)을 조사하였다. 각 먹이생물의 중요도를 알아보기 위하여 먹이생물의 개체수 조성 (N)과 출현율 (F)의 곱으로부터 상대중요성지수 (IRI: Index of Relative Importance)를 계산하였다 (Jenkins, 1987).

각 먹이생물에 대한 선택성은 Ivlev (1961)가 제안한 선택성지수 (Electivity index)를 이용하여 구하였다.

$$E = (R_i - P_i) / (R_i + P_i)$$

여기서, R_i : 장 내용물 중에서 i 종의 개체수 비

P_i : 주위 환경에 분포하는 i 종의 개체수 비

이 식에서 사용된 먹이 대상 생물인 소형동물플랑크톤의 종조성 자료 (P_i)는 본 연구와 동시에 채집이 이루어졌던 소형동물플랑크톤의 종조성 자료 (Cha and Park, 2000)를 이용하였다.

결과 및 고찰

장내용물 분석이 이루어진 100마리의 보구치 후기자어 중에서 장내용물을 가진 섭식 자어는 100마리로 모두가 섭식에 참여하였다 (Table 1). 광양만에서 보구치와 동시에 출현하는 멸치와 전어의 후기자어의 섭식참여율은 62% 정도로 보구치에 비하여 낮았다 (Park and Cha, 1995; Park et al., 1996). 이는 멸치와 전어가 직선형 장을 가지고 있어서 시료를 채집하거나 고정할 때 토하거나 배설하기 때문으로 생각된다 (Hay, 1981; Ellersten et al., 1981; Yamashita, 1990). 보구치의 섭식참여율이 100%에 이르는 것은 보구치의 전기자어가 난황을 흡수하고 먹이를 먹는 후기자어로 이행되는 시기의 척색장이 2.0 mm인데, 이때 입의 폭이 200 μ m로 비교적 커서 먹이생물에 대한 포식 성공률이 높고, 곡선형 장을 가지고 있어 채집과 고정 과정에서 장내용물이 잘 유지되기 때문으로 생각된다.

Table 1. Feeding incidence of postlarvae of *Argyrosomus argentatus* in Kwangyang Bay in 1995

Size range in NL* (mm)	Number of Guts	
	Examined	Filled
2.0~2.2	25	25(100%)
2.2~2.4	36	36(100%)
2.4~2.6	24	24(100%)
2.6~2.8	11	11(100%)
2.8~3.0	4	4(100%)
Total	100	100(100%)

*NL: Notochord length

보구치 후기자어의 장에서 관찰된 먹이생물의 종류는 유충섭모충류 (tintinnids)의 *Tintinnopsis* spp., *Codonellopsis* sp.와 요각류 (copepods)의 난과 nauplius 유생 등이었다 (Table 2). 먹이생물의 크기를 보면, *Tintinnopsis* spp.의 단축은 25.0~62.5 μ m, 장축은 50.0~67.5 μ m이었으며, *Codonellopsis* sp.의 단축은 88.0~100.0 μ m, 장축은 125.0~150.0 μ m이었다. 요각류 난의 직경은 62.5~72.5

Table 2. Dimensions of the diet items in the gut contents of postlarvae of *Argyrosomus argentatus* in Kwangyang Bay in 1995

Diet items	Length of Short axis (μ m)	Length of Long axis (μ m)
Tintinnids		
<i>Tintinnopsis</i> spp.	25.0~ 62.5	50.0~ 67.5
<i>Codonellopsis</i> sp.	88.0~100.0	125.0~150.0
Copepods		
Eggs	62.5~ 72.5	62.5~ 72.5
Nauplii	50.0~200.0	125.0~870.0
Unidentified	80.0~138.0	100.0~183.0

μ m이었는데 대부분 67.5 μ m이었다. 요각류 nauplius 유생의 단축은 50.0~200.0 μ m, 장축은 125.0~870.0 μ m이었다. 형태가 불분명하여 동정할 수 없었던 미동정 먹이생물의 단축은 80.0~138.0 μ m, 장축은 100.0~183.0 μ m이었다. 보구치 후기자어의 장에서 관찰된 먹이생물의 종류는 광양만에서 출현하는 멸치나 전어의 후기자어의 장에서 관찰된 먹이생물의 종류와 유사하였으며, 그 크기도 유사하였다 (Park and Cha, 1995; Park et al., 1996).

장내용물의 개체수 조성에서 요각류 nauplius 유생은 전체 먹이생물의 74.8%를 차지하여 가장 많았다 (Table 3). *Codonellopsis* sp.는 10.3%이었으며, 요각류의 난은 9.4%를 차지하였다. *Tintinnopsis* spp.는 5.0%를 차지하였으며, 미동정 먹이생물은 0.4%를 차지하였다. 각 먹이생물의 출현율을 보면, 요각류 nauplius 유생은 96.0%로 대부분의 후기자어 장에서 관찰되었다. 요각류의 난은 28.0%에서 관찰되었으며, *Codonellopsis* sp.는 22.0%에서 관찰되었다. *Tintinnopsis* spp.는 12.0%에서 관찰되었으며, 미동정 먹이생물은 1%에서 관찰되었다.

요각류의 nauplius 유생은 먹이생물의 개체수 조성과 출현율이 높아 상대중요성지수는 7,180.8이었으며, 비율로는 92.9%로 보구치 후기자어의 먹이생물로서 가장-중요한 것으로 나타났다. 요각류 난의 상대중요성지수는 263.2이었으며, *Codonellopsis* sp.는 226.6으로 중요도가 비교적 낮게 나타났으며, *Tintinnopsis* spp.의 상대중요성지수는 60.0으로 매우 낮게 나타났다. 미동정 먹이생물은 0.4로 보구치 후기자어의 먹이생물로 무시할 수 있는 수준이었다. 광양만에서 요각류 nauplius 유생에 대한 멸치 후기자어의 상대중요성지수는 5,296.0이었으며 (Park and Cha, 1995), 전어 후기 자

Table 3. Index of relative importance of diet items in the gut contents of postlarvae of *Argyrosomus argentatus* in Kwangyang Bay in 1995

Diet items	N (%)	F (%)	IRI (N×F)	IRI (%)
Tintinnids				
<i>Tintinnopsis</i> spp.	5.0	12.0	60.0	0.8
<i>Codonellopsis</i> sp.	10.3	22.0	226.6	2.9
Copepods				
Eggs	9.4	28.0	263.2	3.4
Nauplii	74.8	96.0	7,180.8	92.9
Unidentified	0.4	1.0	0.4	0.0

어의 상대중요성지수는 1,777.4이었다 (Park et al., 1996). 멸치와 전어는 모두 보구치에 비하여 요각류 nauplius 유생에 대한 상대중요성지수가 낮은 값을 보였다.

척색장의 변화에 따른 각 먹이생물의 상대중요성지수를 보면, 섭이가 최초로 이루어지는 척색장 2.0~2.2 mm에서 요각류 nauplius 유생이 5,016.0으로 먹이생물로서 가장 중요하였다 (Fig. 1). 요각류의 난은 853.6이었으며, *Codonellopsis* sp.는 516.0이었고, *Tintinnopsis* spp.는 17.6으로 매우 낮았다. 척색장 2.2~2.8 mm에서 요각류 nauplius 유생의 상대중요성지수는 7,630.3~7903.5로 먹이생물로서 중요도가 증가하였다. 반면에 요각류의 난은 87.4~237.5, *Codonellopsis* sp.는 15.5~235.6으로 중요도가 감소하였으며, *Tintinnopsis* spp.는 14.1~363.1로 비교적 낮았다. 척색장 2.8~3.0 mm에서 요각류 nauplius 유생의 상대중요성지수는 9,290.0으로 더욱 증가한 반면, *Codonellopsis* sp.는 177.5에 불과하였다. 또한 요각류의 난과 *Tintinnopsis* spp.는 1개체도 섭식되지 않았다. 그러므로 보구치 후기자어는 초기에 요각류 nauplius 유생뿐만 아니라 요각류의 난과 *Codonellopsis* sp., *Tintinnopsis* spp.를 섭식하나, 성장하면서 요각류 nauplius 유생의 비율이 증가하고 다른 생물의 섭식이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 양상은 광양만에서 동시에 출현하는 멸치의 후기자어에서도 유사하게 나타났다 (Park and Cha, 1995).

보구치 후기자어 척색장 2.0 mm와 2.1 mm의 장에서 관찰된 요각류 nauplius 유생의 폭은 50 μ m이었으며, 2.2~2.8 mm에서는 50~155 μ m로 최대 폭이 증가하고 평균 폭도 약간 증가하였다 (Fig. 2). 2.8~3.0 mm에서는 63~200 μ m로 최소값과 최대값이 증가하였고, 평균 폭도 증가하였다. 따라서 보구치는 섭식 초기에는 폭이 50 μ m인 작은 요각류 nauplius만을 섭식하지만, 성장함에 따라 입의 크기가 증가하여 보다 큰 요각류 nauplius를 섭식하는 것으로 나타났다.

위와 같이 자치어가 성장하면서 큰 먹이를 선택하여 섭식하는 것은 캘리포니아산의 정어리 (*Sardinops sagax*)와 멸치 (*Engraulis mordax*), 전갱이 (*Trachurus symmetricus*)에서는 물론 (Arthur, 1976), 민어과의 *Leiostomus xanthurus*와 *Micropogonias undulatus* (Govoni et al., 1986), 붕넛치과의 *Rhombosoler tapirina*와 *Ammotretis rostratus* (Jenkins, 1987)에서도 나타나는 현상으로

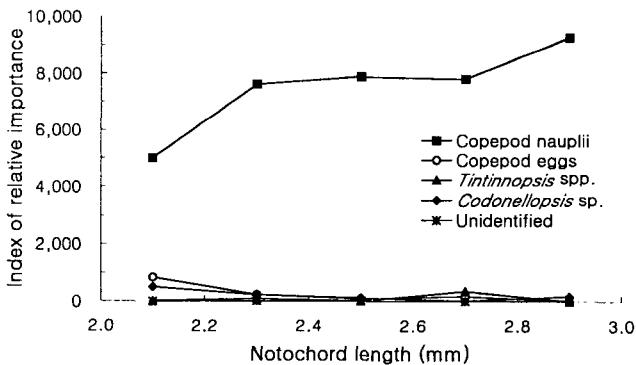


Fig. 1. Index of relative importance of the diet items in the gut contents of postlarvae of *Argyrosomus argentatus*.

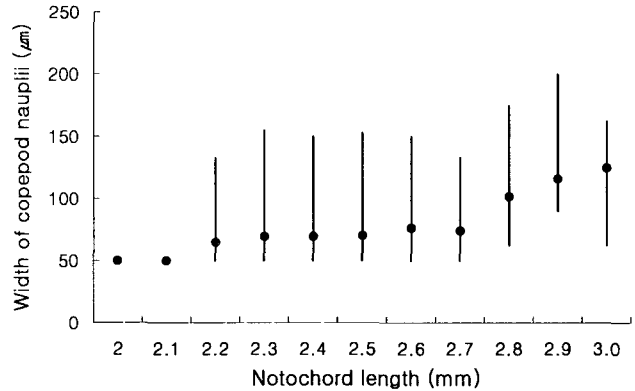


Fig. 2. Widths of copepod nauplii in the gut contents of postlarvae of *Argyrosomus argentatus*.

어류에서 일반적으로 나타나는 현상이다.

본 연구 해역에서 소형동물플랑크톤은 총 15개 분류군, 평균 762.4 ind./ ℓ 가 출현하였다 (Table 4). 유충섬모충류가 전체 소형동물플랑크톤의 60.9%를 차지하였으며, 요각류가 28.0%를 차지하였다. 유충섬모충류의 *Tintinnopsis* spp.가 전체의 39.2%, *Codonellopsis* sp.는 16.6%를 차지하였으며, 요각류의 난은 5.6%, nauplius 유생은 22.4%를 차지하여 이들 4개 분류군이 전체의 83.8%를 차지하였다.

본 연구에서 보구치 후기자어의 먹이생물에 대한 선택성을 보면, nauplius 유생은 주위 환경에서는 22.4%를 차지하나 장 내

Table 4. Mean abundances and composition in Kwangyang Bay From 22 May to 3 August, 1995 (Cha and Park, 2000)

Taxa	Abundances (ind./ ℓ)	Composition
Tintinnids		
<i>Leprotintinnus</i> sp.	14.5	1.9%
<i>Tintinnopsis</i> spp.	299.2	39.2%
<i>Stenosemella</i> spp.	17.7	2.3%
<i>Codonellopsis</i> sp.	126.9	16.6%
<i>Favella</i> sp.	7.2	0.9%
Polychaete larva	3.3	0.4%
Cladocerans		
<i>Evadne</i> sp.	1.9	0.2%
Copepods		
eggs	43.0	5.6%
nauplii	171.4	22.4%
Barnacle nauplii	6.5	0.9%
Decapods		
Crab zoea	0.4	0.1%
Bivalve veliger	32.0	4.2%
Echinoderm larvae	5.9	0.8%
Urochordates		
<i>Oikopleura</i> sp.	24.3	3.2%
Unidentified	8.4	1.1%
Total	762.4	100.0%

용물에서는 74.8%를 차지하여 선택성지수가 0.45이었다. 따라서 보구치는 후기자어기에 nauplius 유생을 매우 선호하는 것으로 나타났다 (Table 5). *Tintinnopsis* spp.는 주위 환경에서는 39.2%를 차지하여 가장 우점하였으나 장내용물에서는 5.0%를 차지하여 선택성지수가 -0.77이었다. 따라서 *Tintinnopsis* spp.는 주위 환경에는 풍부하게 분포하나 보구치의 후기자어가 선호하지 않는 것으로 나타났다. 요각류 난과 *Codonellopsis* sp.에 대한 선택성지수는 각각 0.25와 -0.23으로 선택성이 높지 않은 것으로 나타났다. 요각류 난에 대한 선택성지수는 양의 값을 보여 보구치가 운동성이 있는 *Codonellopsis* sp.보다는 운동성이 없는 요각류 난을 더 선호하는 것으로 나타났다.

Table 5. Electivity indices of diet items by postlarvae of *Argyrosomus argentatus*

Diet items	Ri ¹ (%)	Pi ² (%)	E
Tintinnids			
<i>Tintinnopsis</i> spp.	5.0	29.2	-0.77
<i>Codonellopsis</i> sp.	10.3	16.6	-0.23
Copepods			
Eggs	9.4	5.6	0.25
Nauplii	74.8	22.4	0.54

¹ Relative abundance of prey category i in the gut

² Relative abundance of prey category i in the environment

척색장에 따른 각 먹이생물에 대한 선택성지수를 살펴보면, 선택성지수는 성장함에 따라 변화를 보이고 있다 (Fig. 3). *Tintinnopsis* spp.에 대해서는 척색장에 따른 변화를 보이지 않으며 모든 크기에서 -0.49~-1.00으로 음의 수치를 보여, 선호하지 않는 것으로 나타났다. *Codonellopsis* sp.에 대해서는 척색장 2.0~2.2 mm에서는 0.13으로 양의 수치를 보였으나, 척색장이 증가하면서 선택성지수가 계속 감소하는 경향을 보였다. 따라서 보구치는 성장함에 따라 *Codonellopsis* sp.에 대한 선호도가 감소하는 것으로 나타났다. 요각류의 nauplius 유생에 대한 선택성지수는 모든 크기에서 양의 수치를 보여 가장 선택적으로 섭식하는 먹이생물이었다. 섭식초기인 척색장 2.0~2.2 mm에서는 0.44이었으며, 점차 증가하여 척색장 2.8~3.0 mm에서는 0.61까지 증가하였다. 요각류의 난에 대한 선택성지수가 섭식초기인 척색장 2.0~2.2 mm에서는 0.55이었으나 척색장이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 척색장 2.4~2.8 mm에서는 0에 가까운 값을 보였으며, 척색장 2.8~3.0 mm에서는 -1.00으로 요각류 난을 전혀 먹지 않는 것으로 나타났다.

그러므로 보구치는 성장함에 따라 먹이생물에 대한 선택성이 증가하여 요각류 nauplius 유생에 대한 선호도가 증가하였으며, 요각류 난과 *Codonellopsis* sp.의 경우에 초기에는 이들도 섭식하나 성장함에 따라 선호도가 감소하는 경향을 보였다. *Tintinnopsis* spp.에 대해서는 척색장에 관계 없이 선호하지 않는 것으로 나타났다. 요각류의 난과 nauplius 유생은 보구치 뿐만 아니라 페루산 멸치인 *Engraulis ringens* (Mendiola, 1974), 캘리포니아산 정어리인 *Sardinops sagax*, 캘리포니아산 멸치인 *E. mordax* (Arthur,

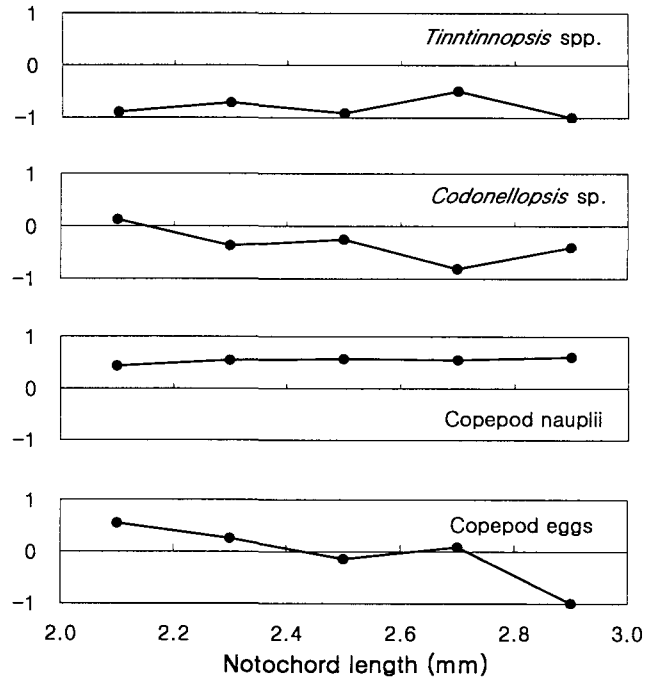


Fig. 3. Electivity indices of the diet items by postlarvae of *Argyrosomus argentatus* according to the notochord length.

1976), 흑대기 (*Paraplagusia japonica*) (Minami, 1982), 대서양산 고등어인 *Scomber scombrus* (Petersen and Ausubel, 1984), 명태 (*Theragra chalcogramma*) (Nakatani, 1991)와 같이 대부분의 해양 어류에서 후기자어의 초기에 중요한 먹이생물이었다.

보구치 후기자어의 먹이선택성을 종합하여 보면, 요각류 nauplius 유생은 상대중요성지수의 92.9%를 차지하여 보구치 자어에게 가장 중요한 먹이생물이었다. 요각류 nauplius 유생은 주위 환경에서는 소형동물플랑크톤의 22.4%를 차지하는 정도이지만 보구치가 매우 선호하는 먹이생물이었다. 보구치는 성장함에 따라 선택성이 증가하여 먹이생물에서 요각류 nauplius 유생이 차지하는 비율이 증가하였다. 이는 보구치가 성장함에 따라 유영능력이 증가하여 요각류 nauplius 유생에 대한 포획율이 증가하기 때문으로 판단된다.

요 약

보구치 후기자어의 먹이생물과 선택성을 조사하기 위하여 1995년 여름 광양만에서 채집된 보구치 후기자어의 장내용물을 조사하였다.

보구치 후기자어의 장에서 관찰된 먹이생물의 종류는 요각류의 난과 nauplius 유생, 유충섭모충류의 *Codonellopsis* sp.와 *Tintinnopsis* spp. 등이었다. 상대중요성지수에 의하면 보구치 후기자어의 가장 중요한 먹이생물은 요각류 nauplius 유생이었다. 보구치는 성장하면서 섭취하는 먹이의 크기가 증가하였으며, 요각류 nauplius 유생에 대한 선호도도 증가하였다.

감사의 글

이 연구는 1998년도 교육부 기초과학육성연구비의 지원 (BSRI-98-5416)에 의한 것입니다. 본 연구를 위한 채집과정에 협조하여 주신 전남대학교 해양학과 김지영, 전송미님께 감사 드립니다. 날카로운 조언으로 논문의 문제점을 지적하여 논문이 개선되도록 수고를 아끼지 않으신 심사위원님들께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

Arthur, D.K. 1976. Food and feeding of larvae of three fishes occurring in the California Current, *Sardinops sagax*, *Engraulis mordax* and *Trachurus symmetricus*. Fish. Bull., U.S. 74, 517~530.

Baik, C.I., K.S. Hwang, J.H. Park, Y.J. Kang and C.I. Zhang. 1999. A population ecology study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. I. Distribution pattern. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 44~53 (in Korean).

Cha, S.S. and K.J. Park. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol., 6, 60~70 (in Korean).

Cha, S.S. and K.J. Park. 2000. Species composition and abundances of microzooplankton in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 33, 361~366 (in Korean).

Chyung, M.K. 1977. The Fishes of the Korea. Iljisa, Seoul, 727 pp. (in Korean).

Ellertsen, B., P. Solemdal, S. Sunbay, S. Tilseth, T. Westgard and V. Oiestad. 1981. Feeding and vertical distribution of cod larvae in relation to availability of prey organisms. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer., 178, 317~319.

Govoni, J.J., P.B. Ortner, F. Al-Yamani and L.C. Hill. 1986. Selective feeding of spot, *Leiostomus xanthurus*, and Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus* larvae in the northern Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser., 28, 175~183.

Hay, D.E. 1981. Effects of capture and fixation on gut contents and body size of Pacific herring larvae. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer., 178, 395~400.

Hillgruber, N., L.J. Haldorson and A.J. Paul. 1995. Feeding selectivity of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the oceanic domain of the Bering Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 120, 1~10.

Ivlev, V.S. 1961. Experimental ecology of feeding of fish. Yale Univ. Press, New Haven, 302 pp.

Jenkins, G.P. 1987. Comparative diets, prey selection, and predatory impact of co-occurring larvae of two flounder species. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 110, 147~170.

Kang, Y.J., D.H. Kwon and C.I. Zhang. 1999. A population ecology study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. III. Maturation and spawning. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 61~67 (in Korean).

Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. Coloured Fishes of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 477 pp (in Korean).

Kwon, D.H., Y.J. Kang and D.W. Lee. 1999. A population ecology study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. II. Age and growth. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 54~60 (in Korean).

Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull., U.S. 73, 453~462.

May, R.C. 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In The Early Life of History of Fish, ed. J.H.S. Blaxter, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 3~20.

Mendiola, B.R. 1974. Food of the larval Anchoveta *Engraulis ringens*. In The Early Life of History of Fish, ed. J.H.S. Blaxter, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 278~285.

Minami, T. 1982. The early life history of a tongue fish *Paraplagusia japonica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 1041~1046 (in Japanese).

Nakatani, T. 1991. Copepod nauplii as food of Walleye pollock larvae (Pisces: Gadidae) in Funka Bay, Japan. Bull. Plankton Soc. Jap. Spec., 1991, 515~525.

Park, K.J. and S.S. Cha. 1995. Food organisms of postlarvae of Japanese anchovy (*Engraulis japonica*) in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 28, 247~252 (in Korean).

Park, K.J., S.S. Cha and S.H. Huh. 1996. Food organisms of postlarval shad (*Konosirus punctatus*) in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 29, 450~455 (in Korean).

Petersen, W.T. and S.J. Ausubel. 1995. Diets and selective feeding by larvae of Atlantic mackerel *Scomber scombrus* on zooplankton. Mar. Ecol. Prog. Ser., 17, 65~75.

Pryor, V.K. and C.E. Epifanio, 1993. Prey selection by larval weakfish (*Cynoscion regalis*): the effects of prey size, speed and abundance. Mar. Biol., 116, 31~37.

Song, H.S. 1988. Age growth and reproductive ecology of the two sciaenid fishes, *Johnius belengeri* and *Argyrosomus argentatus* in the coastal waters of the Yellow Sea, Korea. MS Thesis, Chungnam Nat'l Univ., 87 pp. (in Korean).

Yamaji, I. 1984. Illustration of the marine plankton of Japan. Hoikusa Publ. Tokyo, 537 pp.

Yamashita, Y. 1990. Defecation of larval Japanese anchovy (*Engraulis japonica*) during net sampling. Bull. Tohoku Nat'l Fish. Res. Inst. 52, 29~32 (in Japanese).

Zhang, C.I., C.I. Baik and S.I. Lee. 1999a. A population ecology study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. V. Stock assessment and management implications. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 77~83 (in Korean).

Zhang, C.I., Y.J. Kang and M.W. Lee. 1999b. A population ecology study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. IV. Population ecology characteristics and biomass. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 68~76 (in Korean).

2000년 10월 16일 접수

2001년 1월 10일 수리