

금줄망둑 *Pterogobius virgo*의 섭식세력권과 용치놀래기 *Halichoeres poecilopterus*의 침입 섭식

최 승 호 · 박 세 창^{1*}

생물다양성연구소, ¹서울대학교 수의과대학

Feeding Territory of the Maiden Goby, *Pterogobius virgo*, and Invasion Feeding of the Multicolorfin Rainbowfish, *Halichoeres poecilopterus*

Seung-Ho Choi and Se-Chang Park^{1*}

Institute of Biodiversity Research, Chonju 561-211, Korea

¹Seoul National University, College of Veterinary Medicine, Seoul 151-742, Korea

Feeding of the maiden goby, *Pterogobius virgo* and multicolorfin rainbowfish, *Halichoeres poecilopterus*, was studied at Kurahashi Island in the Seto Inland Sea, Japan. *P. virgo* foraged on only benthic invertebrates in a pit on the bottom by spot-fixed fin digging. Territory size of *P. virgo* was very small, because they only defended the excavated pit. *H. poecilopterus* frequently intruded into the feeding territory of *P. virgo* and fed on benthic invertebrates flushed out by the fin digging of *P. virgo*. Feeding activity and vigilance time of *P. virgo* tended to decrease significantly more in such an association than when solitary. Frequency of aggression of *P. virgo* when *H. poecilopterus* intruded into the territory was higher the intruder came from the front of the territory than when the invasion was from the side and back, regardless of the size of the intruder. In small *H. poecilopterus*, feeding success rate was greater from the side and back of the territory than from the front. However, similar-sized *H. poecilopterus* were more successful in feeding from the front and side. Feeding association provides an antipredatory benefit to *P. virgo* because of less alert time against predators and earlier detection of predators, although their cost is great because of territory defense and decrease of feeding activity.

Key words : *Pterogobius virgo*, *Halichoeres poecilopterus*, feeding territory, feeding association

서 론

세력권은 일반적으로 특정 공간의 방어를 의미하며 (Noble, 1939), 특정 공간으로부터 동종 또는 타종을 추출하는 사회 행동을 말한다 (Brown, 1964). 세력권 행동

은 먹이자원, 은신처와 번식을 위한 공간 등의 확보 및 이를 방어하는 행동이다 (Grant, 1997).

어류의 섭식 전략은 먹이를 섭식하여 얻어지는 이익과 먹이를 섭식하기 위해 사용되는 비용의 절충을 통해 이루어진다 (Hart, 1993). 어류의 섭식 전략 중 하나인 섭식세력권을 갖는 행동은 특정 공간에서 먹이 자원을 방어하기 위해 사용된 비용보다 먹이 자원의 확보를 통

*Corresponding author: parksec@snu.ac.kr

해 얻는 이익이 더 컸을 때 이루어진다 (Mares and Lacher, 1987; Temeles 1987; Clifton, 1990; Grant, 1997). 일반적으로 섭식세력권의 크기는 세력권의 방어 능력과 비례하며 세력권 개체의 크기, 주요 먹이 생물의 밀도, 경쟁자의 풍부도 등에 따라 결정된다 (Hixon, 1981; Lima, 1984; Norman and Jones, 1984; Tricas, 1989). 이러한 섭식세력권은 많은 어류에서 알려져 있다 (Ebersole, 1980; Hixon, 1980; Larson, 1980; Dill *et al.*, 1981; Robertson and Polunin, 1981; Clifton, 1989; Roberts and Ormond, 1992; Barlow, 1993; Praw and Grant, 1999; Chen *et al.*, 2001).

공간 두 개체 또는 여러 개체가 동일한 먹이를 함께 섭식하는 공동 섭식은 다양한 척추동물에서 보고되어 있다 (Morse, 1977; Aronson and Sanderson, 1987; Krebs and Davies, 1987; Baird, 1993). 어류에서 공동 섭식은 주로 열대의 산호초 주변에 서식하는 많은 어류에서 알려져 있으며 (Dubin, 1982; Sikkell and Hardison, 1992; Sakai and Kohda, 1995), 공동 섭식의 주요 기능은 섭식 기회의 증대 효과와 (Foster, 1985; Diamant and Shpigel, 1985), 포식 위협의 감소로 여겨진다 (Alevizon, 1976).

망둑어과의 금줄망둑 *Pterogobius virgo*은 한국과 일본의 온대해역에 분포하는 종으로 주로 연안의 암반지대에서 서식한다 (Masuda *et al.*, 1984; 최 등, 2002). 본종은 가슴지느러미를 이용하여 저질을 파서 먹이 생물을 찾아 섭식하는 독특한 섭식 행동을 하는 어류이다 (Choi and Gushima, 2002).

놀래기와 어류는 전세계의 열대와 아열대의 산호초 지대에서 매우 높은 다양성을 나타내며 약 60속 500여 종이 분포한다 (Westneat, 1993; Nelson, 1994). 이들은 주로 저서성 무척추동물을 섭식하는 육식성 어류이다 (Hobson, 1974; Randall *et al.*, 1978; Matsumoto *et al.*, 1999). 이중 용치놀래기 *Halichoeres poecilopterus*는 주로 동아시아의 온대 해역에 분포하며 연안에서 서식하며 암반 표면이나 모래에서 서식하는 저서성 무척추동물을 섭식한다.

본 연구에서는 금줄망둑의 섭식세력권의 특징과, 금줄망둑과 용치놀래기의 섭식 행동과 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하여 먹이를 먹는 용치놀래기의 침입 섭식의 분석을 통해 금줄망둑과 용치놀래기의 이익과 비용의 관계에 대해 논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 지점

본 연구는 일본 Seto inland Sea의 Kurahashi Island

(34° 06' N, 132° 30' E)에서 실시되었다. 조사 지점은 수심 약 6~15 m이고, 해안은 주로 갈조류로 덮인 암반 지대로 구성되어 있으며 저질은 모래와 펄로 구성되어 있다. 그러나 수심이 깊은 곳은 암반과 바위가 군데군데 흩어져 분포한다.

2. 관찰 시기 및 관찰 방법

2002년 5월부터 동년 8월까지 스킨다이빙과 스쿠버 다이빙을 이용하여 육안으로 관찰하였다. 관찰을 실시하기 전 금줄망둑은 망목 5×5 mm의 그물로 어체에 손상이 없이 포획하여 아크릴 페인트를 체측 비늘 밑에 주사하여 개체를 구별하였고 (Thresher and Gronell, 1978), 포식이 끝난 개체는 전장을 측정 후 방류하였다. 관찰을 위해 사용된 금줄망둑의 전장은 11.5~13 cm이었다. 금줄망둑의 세력권에 침입하여 섭식하는 어류는 수중에서 육안으로 개체의 전장을 약 0.5 cm까지 측정하였다. 용치놀래기 각 개체의 전장은 금줄망둑의 전장과 비교하여 작은 크기 개체 (small sized individual: TL 6~9.5 cm), 유사한 크기 개체 (similar sized individual: TL 11~14 cm)와 큰 크기 개체 (large sized individual: TL 16~20 cm)로 나누어 관찰하였다.

섭식 행동의 관찰은 오전 7시부터 오후 5시 사이에 실시되었다. 금줄망둑은 관찰자가 접근하였을 때 섭식을 중단하고 암반이나 바위 주변으로 숨기 때문에 관찰 결과의 기록은 개체가 섭식 장소로 돌아온 후 약 20분 후부터 시작하였다. 연구 기간 동안의 모든 관찰 결과는 관찰과 동시에 즉시 플라스틱 수중 메모판에 기록하였다. 관찰은 1회 관찰시 30분에서 1시간 단위로 결과를 기록하였으며, 연구 기간 동안 약 180시간의 관찰을 실시하였다. 관찰하는 동안 금줄망둑의 섭식 행동의 양상, 섭식횟수, 경계시간 등은 모두 함께 기록하였다. 금줄망둑이 섭식하는 동안 접근하는 동종 또는 타종의 어류는 육안으로 동정하고 전장을 측정하였으며, 행동 양상과 용치놀래기의 침입 섭식이 시작되었을 때 금줄망둑의 섭식 양상의 변화를 함께 기록하였다. 금줄망둑의 섭식 세력권은 주요 섭식 지점이며 가장 강력하게 방어하는 부분인 금줄망둑의 가슴지느러미 앞부분의 공간을 전면으로, 가슴지느러미로부터 꼬리지느러미 기부까지 공간을 측면으로, 꼬리지느러미 기부 뒷부분의 공간을 후면으로 삼등분 하여 구분하였고 각 부분의 관찰 결과는 별도로 기록하고 분석하였다.

각 행동 양상은 설명은 다음과 같다.

Spot-fixed fin digging behavior: 섭식장소를 옮기지 않고 오직 한 장소에서 지속적으로 머물며 북부를 저질에

가깝게 대고 가슴지느러미와 뒷지느러미를 이용하여 저질의 모래와 펄을 파는 행동 양상 (Choi and Gushima, 2002).

침입 섭식 (Invasion feeding): 한 개체가 섭식을 하는 동안 타종의 개체가 섭식세력권에 침입하여 두 개체가 같이 섭식하는 행동 양상.

결 과

1. 금줄망둑의 섭식 행동

금줄망둑은 수중의 암반지대에서 약 1~5 m 정도 떨어진 모래, 펄 지대에서 서식하며 주로 소형 저서성 무척추동물을 섭식하였다. 금줄망둑의 섭식행동은 매우 단순하여 오직 한 장소에서 머물며 섭식하는 **Spot-fixed fin digging behavior**를 통해 모래와 펄속에 숨어있는 먹이를 찾아서 먹이가 발견되면 즉시 머리를 숙여 입을 저질에 대고 먹이 생물을 흡입하고 먹이 생물을 제외한 다른 물질들은 아가미를 통해 배출하였다. **Spot-fixed fin digging**은 한 장소의 저질을 계속 파기 때문에 섭식 장소는 반구 형태를 이루게 되고, 금줄망둑이 섭식하며 파놓은 반구의 후면은 가슴지느러미와 뒷지느러미에 의해 파헤쳐진 모래와 펄이 축적되어 있었다. 일반적으로 금줄망둑의 섭식 행동의 과정은 저질을 파헤친 후, 섭식을 하고, 주변을 경계하는 세가지 단계로 이루어졌다.

2. 용치놀래기의 섭식 행동

용치놀래기는 주로 암반 주변의 모래와 펄 지역에 서식하며 암반이나 돌 주변에서 돌출된 입과 이빨을 이용하여 모래나 펄을 파거나 저질 표면에 노출된 소형 저서성 무척추동물을 섭식하였다. 이들은 주로 단독으로 섭식하지만 두 개체 이상의 동종 또는 타종의 개체와 함께 섭식하기도 하였다.

3. 금줄망둑의 세력권 행동

금줄망둑은 섭식 도중 섭식 장소에 접근하는 어류에 대해 강한 세력권 행동을 과시한다. 이러한 세력권의 크기는 섭식중인 약 지름 15~20 cm 반구와 반구 전면의 주변 10 cm 내외이다. 일반적으로 보여주는 세력권 행동과 도피 행동은 다음과 같다

유사한 크기의 동종의 개체가 침입 할 때에는 세력권 개체는 등지느러미, 꼬리지느러미, 뒷지느러미를 모두 펴고 세력권에 침입한 개체와 몸의 크기를 비교하며 평행

유형을 실시하였다. 이때 대부분의 세력권 침입 개체는 도망가며 도망가지 않을 때 세력권 개체는 강하게 공격 행동을 실시하여 침입한 개체를 쫓아냈다. 세력권 개체보다 크기가 큰 동종의 개체가 침입 할 때 세력권 개체는 섭식을 포기하고 섭식장소에서 약 50~100 cm 정도 이동하여 세력권 침입 개체가 떠날 때까지 기다렸다.

금줄망둑이 섭식하는 동안 타종의 어류들이 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하여 섭식을 하기도 하였다. 관찰 기간 동안 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하여 섭식을 한 어류는 모두 7종으로 나타났다 (Table 1). 일반적으로 세력권 개체는 세력권에 침입한 개체의 크기가 작거나 유사한 개체에 대해 즉시 공격하지만, 세력권 개체보다 큰 개체가 접근하면 섭식을 포기하고 암반 주변으로 도망하거나 섭식 장소의 주변에 머물며 침입 개체가 떠난 후 수분 후에 섭식 장소로 복귀하였다. 또한 상대적으로 체고가 높은 감성돔과 쥐치의 경우 비록 세력권 개체와 유사한 크기이거나 약간 작은 개체가 접근 하더라도 섭식을 포기하고 도망하였다.

4. 용치놀래기의 침입 섭식

금줄망둑의 섭식세력권에 침입하여 가장 많은 섭식을 실행한 어류는 용치놀래기이었다. 이들이 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하면 금줄망둑의 섭식 양상은 크게 변화하였다 (Fig. 1) 섭식 횟수는 단독으로 섭식할 때보다 용치놀래기가 세력권에 침입하였을 때 감소하였다 (Mann-Whitney U-test, all, $p < 0.001$). 금줄망둑의 섭식 횟수의 변화는 침입한 용치놀래기의 개체의 크기에 따라 차이가 나타났다. 세력권 개체보다 더 큰 개체가 침입하였을 때 섭식횟수는 가장 크게 감소하였고 (similar sized individual, $z = -3.66$, $p < 0.001$, small sized

Table 1. Fishes accompanied by *Pterogobius virgo*

Family	Genus and species	TL (cm)
Labridae	<i>Halichoeres poecilopterus</i> (multicolorfin rainbowfish)	6~20
Scorpaenidae	<i>Hypodytes rubripinnis</i> (tiny stinger)	8.5~10
Callionymidae	<i>Repomucenus</i> sp. (dragonet)	10~15.5
Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegeli</i> (black porgy)	6~9
Sillagnidae	<i>Sillago japonica</i> (silver whiting)	9.5~12.5
Gobiidae	<i>Acentrogobius pflaumi</i> (stripe goby)	6~8.5
Monacanthidae	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (filefish)	12.5~18

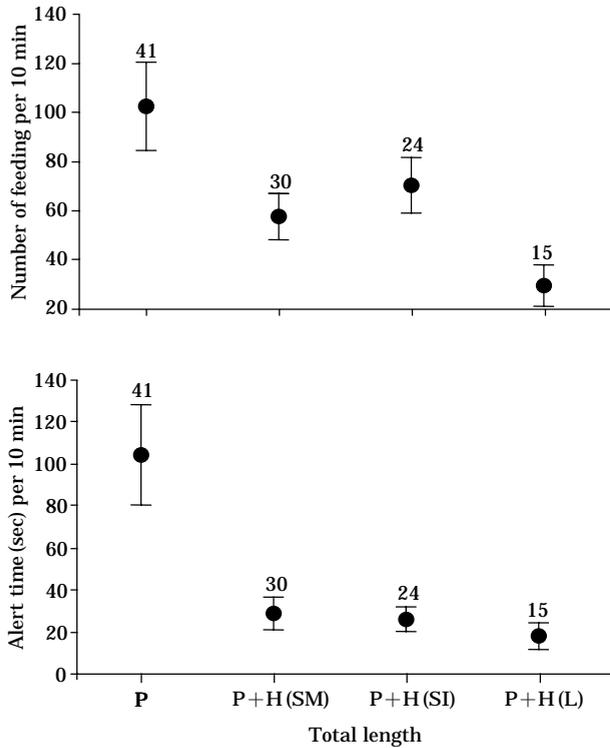


Fig. 1. Feeding rates and alert time of each association type (P: *Pterogobius virgo* P+H: association of *Pterogobius virgo* and *Halichoeres poecilopterus* SM: small sized individual; SI: similar sized individual, L: Large sized individual. Numerals and bars indicated sample sizes and standard deviation.

individual, $z = -5.31, p < 0.001$), 유사한 크기의 개체가 침입하여 공동 섭식이 이루어질 때 섭식횟수의 감소는 가장 낮게 나타났다 ($z = -5.20, p < 0.001$). 섭식 도중 금줄망둑의 경계 시간은 용치놀래기와 함께 공동 섭식이 이루어질 때 세력권에 침입한 개체의 크기에 상관없이 급격히 낮아졌다 ($all, p < 0.001, Fig. 1$).

5. 금줄망둑의 공격과 용치놀래기의 섭식 성공률

금줄망둑의 세력권 개체는 유사한 크기나 작은 크기의 용치놀래기가 세력권 내에 침입하면 즉시 공격하여 쫓아냈다. 금줄망둑의 세력권 방어를 위한 공격의 빈도는 세력권 내의 침입 위치에 따라 커다란 차이가 나타났다 (Fig. 2). 세력권 개체 보다 작은 개체가 세력권에 침입하였을 때 공격의 빈도는 금줄망둑의 세력권 전면에서 77.0%로 가장 높았고, 측면에서 28.4%를 차지하였으며, 후면에서의 공격 빈도는 6.9%로 가장 낮았다 ($all, p < 0.001$). 세력권 개체와 유사한 크기의 개체가 침입하

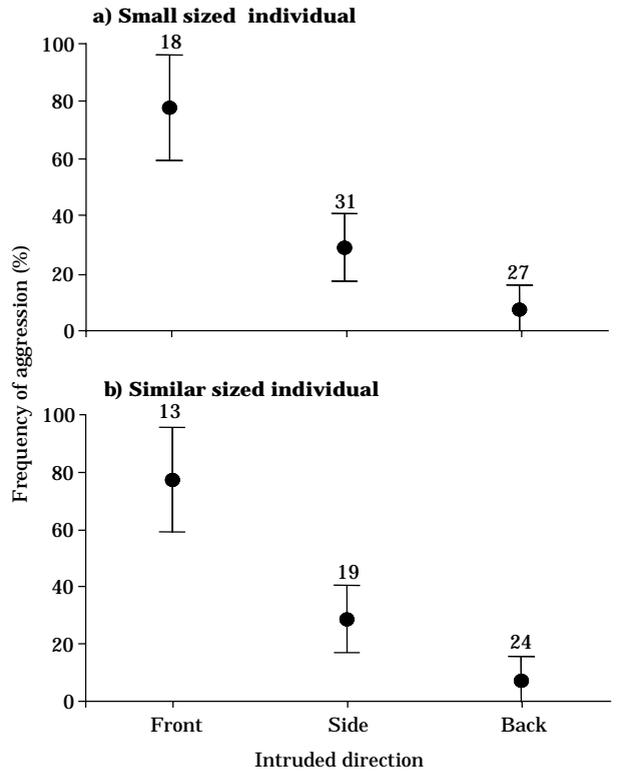


Fig. 2. Aggression rate of *Pterogobius virgo* by intruded direction, when *Halichoeres poecilopterus* intruded into territory of *Pterogobius virgo*. Numerals and bars indicated sample sizes and standard deviation.

였을 때 공격 빈도는 작은 개체가 침입 하였을 때와 매우 유사하여 세력권의 전면으로 침입하였을 때 72.4%, 측면으로 침입하였을 때 36.3%, 후면 침입하였을 때 5.8%의 순으로 낮게 나타났다 ($all, p < 0.001$). 그러나 세력권 개체보다 큰 개체가 침입하면 세력권내의 위치에 상관없이 무시하거나 대부분의 경우 세력권에서 50~100 cm 정도 이동하여 침입 개체가 떠날 때까지 섭식을 포기하였다.

세력권 개체보다 작은 크기의 용치놀래기가 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하여 섭식에 성공한 비율은 전면으로 침입하였을 때 3.5%로 가장 낮았으며 측면과 후면으로 침입하였을 때 각각 16.4%와 16.5%로 유사하였다 ($z = -0.39, p = 0.700, Fig. 3$). 그러나 세력권 개체와 유사한 크기의 용치놀래기의 경우 전면과 측면으로 침입하였을 때 섭식 성공률이 각각 25.0%와 19.6%였으나, 유의차는 나타나지 않았다 ($z = -0.72, p = 0.469$). 후면으로 침입하였을 때 섭식 성공률은 6.5%로 가장 낮게 나타났다 ($all, p < 0.001$). 세력권 개체보다 크기가 큰 개체는 정면으로 침입하였을 때 섭식 성공률은 44.9%로 매우 높

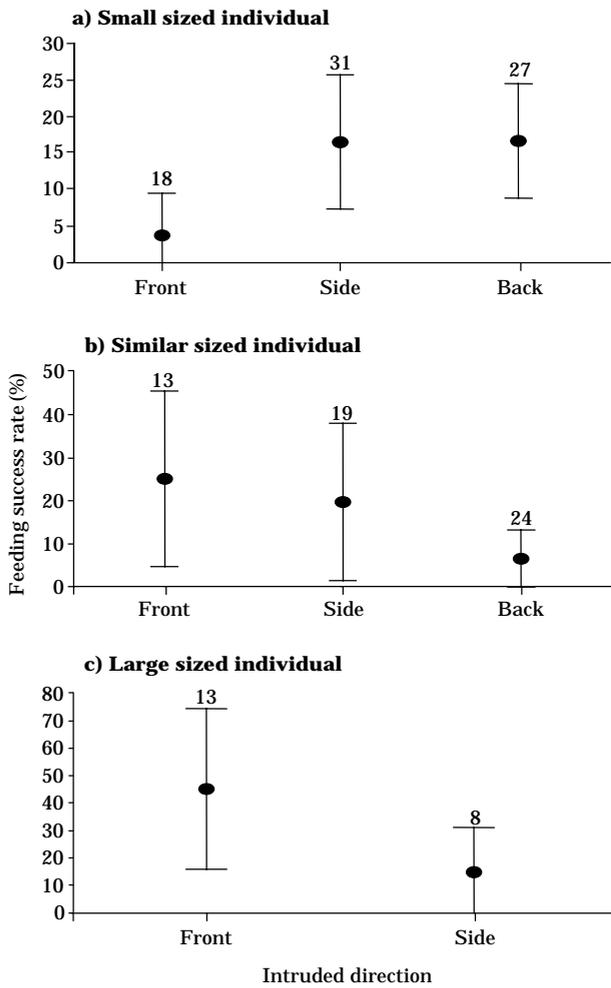


Fig. 3. Feeding success rate of *Halichoeres poecilopterus* by intruded direction. Numerals and bars indicated sample sizes and standard deviation.

았으며 측면으로 접근하였을 때 14.5%로 낮게 나타났다 ($z = -2.82, p < 0.001$). 후면에서 침입하여 섭식하는 경우는 연구 기간 동안 전혀 관찰되지 않았다.

고 찰

금줄망둑의 섭식 행동은 가슴지느러미를 이용하여 한 장소에서 지속적으로 저질을 파서 저질속에 은신하고 있는 무척추동물을 섭식하는 Spot-fixed fin digging이다. Fin digging은 저질을 파기 위해 많은 에너지를 소모하게 된다 (Grantner and Taborshky, 1998). 그러나 Spot-fixed fin digging은 먹이를 찾아 이동하지 않고 한 장소에서 지속적인 섭식이 이루어지기 때문에 에너지를 효율적으로 획득한다는 측면에서 매우 효과적인 섭식

전략이다 (Choi and Gushima, 2002).

먹이 자원의 확보를 위해 섭식세력권을 갖는 개체는 먹이 자원의 방어를 위해 지속적으로 세력권을 순찰하거나, 세력권을 침범하는 동종 또는 타종의 개체에 공격 행동을 하는 등의 세력권의 방어를 위해 많은 에너지를 소모한다. 따라서 섭식세력권의 크기는 먹이 자원량에 따라 결정된다 (Hixon, 1981; Tricas, 1989). 금줄망둑의 섭식세력권은 매우 협소하여 Spot-fixed fin digging을 통해 파여진 반구 형태의 구멍만이 섭식세력권의 범위이다. 이처럼 매우 협소한 공간만을 갖는 섭식세력권은 이용 가능한 먹이 자원량이 매우 적다. 그러나 금줄망둑은 저질속에 은신하는 먹이를 추적하여 섭식하는 독특한 섭식 행동 때문에 매우 협소한 섭식세력권의 방어만으로 충분한 먹이 자원의 확보가 가능하다 (Choi and Gushima, 2002). 또한 협소한 섭식세력권은 넓은 세력권에 비해 자원의 방어에 있어 에너지의 효율적 사용이란 측면에서 매우 유리하다.

촉수과 어류는 한쌍의 수염을 이용하여 저질을 파헤치며 섭식하기 때문에 촉수과 어류의 섭식 행동은 모래 먼지를 유발한다. 이러한 모래 먼지는 동종이나 타종의 개체를 모래 먼지 주변으로 유도하는 자극 효과가 있다 (Ormond, 1980). 금줄망둑은 가슴지느러미를 이용하여 섭식을 하는 동안 매우 많은 모래 먼지를 유발시킨다. 섭식 과정에서 유발되는 모래 먼지는 타종을 금줄망둑의 섭식세력권 주변으로 유도하는 강력한 효과를 나타내는 것으로 사료된다. 실제 관찰자가 이동 도중 Fin에 의해 저질을 휘저어 모래 먼지가 생겼을 때 용치놀래기의 개체들이 모래 먼지 주변으로 재빨리 모여들었다.

여러 개체가 함께 섭식하는 공동 섭식은 단독 섭식에 비해 훨씬 효과적으로 알려져 있다. 첫째, 촉수과 어류 등이 섭식하는 동안 저질 속에 은신한 먹이 생물의 노출이 이루어져 쉽게 섭식할 수 있다 (Ormond, 1980; Aronson and Sanderson, 1986; Sikkil and Hardison, 1992). 둘째, 단독으로 섭식하는 개체보다 빨리 먹이를 찾을 수 있다 (Pitcher, 1982; Clifton, 1991). 셋째, 포식자를 피하는 능력의 증가이다. 즉 단독으로 섭식할 때에 비해 여러 개체가 함께 행동할 때 나타나는 희석 효과와 포식자를 빨리 발견하는 효과가 있다 (Magurran *et al.*, 1985; Pitcher *et al.*, 1986; Sakai and Kohda, 1995). 본 연구에서 금줄망둑의 섭식세력권에 침입하는 용치놀래기는 금줄망둑의 Fin digging에 의해 노출된 먹이를 쉽게 발견하고, 금줄망둑과 함께 섭식함으로써 위에서 묘사한 포식 위협의 감소 효과를 함께 얻을 수 있다고 생각된다.

금줄망둑은 섭식을 위해 섭식세력권내의 전면을 파기

때문에 대부분의 섭식은 저질을 파낸 지점에서 이루어진다(Choi and Gushima, 2002). 따라서 섭식세력권의 측면과 후면은 파헤쳐진 저질이 쌓여있을 뿐 먹이 생물의 밀도는 매우 낮을 것으로 생각된다. 용치놀래기가 섭식세력권의 전면으로 침입하였을 때 금줄망둑은 침입자의 크기에 관계없이 높은 공격률을 나타내었다. 그러나 측면과 후면은 상대적으로 낮은 공격률을 보여주었다. 이는 금줄망둑이 섭식세력권내에서 먹이 자원의 밀도가 높은 부분만을 효과적으로 방어하는 것으로 사료된다.

용치놀래기의 섭식 성공률은 개체의 크기와 침입 위치에 따라 상당한 차이를 나타냈다. 금줄망둑의 섭식세력권에 침입한 용치놀래기의 섭식 성공률은 크기에 따라 비례하였다. 이는 세력권 개체보다 작은 용치놀래기의 경우에 섭식세력권의 전면에서 접근하였을 때 금줄망둑의 공격을 받고 섭식을 포기하는 경향이 많았으나, 유사한 크기의 용치놀래기는 공격을 받더라도 멀리 도망하지 않고 재빨리 섭식에 참여하기 때문으로 생각된다. 세력권 개체보다 크기가 더 큰 용치놀래기는 세력권의 전면에서 침입하더라도 섭식에 참여하는 빈도는 낮았다. 그러나 금줄망둑의 공격을 전혀 받지 않았기 때문에 가장 높은 섭식 성공률을 나타냈다.

Aronson and Sanderson (1987)은 먼저 섭식을 시작하는 촉수와 어류가 놀래기과 어류인 *Halichoeres garnoti*와 함께 섭식할 때 촉수와 어류는 이익을 얻거나 비용을 지출하지 않는다고 하였다. 그러나 본 연구에서 금줄망둑과 용치놀래기가 함께 섭식을 하는 동안 이익과 비용의 관계가 확실히 나타났다.

금줄망둑은 단독으로 섭식하였을 때 비해 용치놀래기가 세력권에 침입하였을 때 공격 행동 등으로 인한 에너지의 소모, 섭식 횟수의 감소, 세력권내의 먹이 자원의 감소 등 커다란 비용이 요구된다.

금줄망둑은 은신처가 되는 바위나 돌 주변의 모래와 펄이 섞인 저질에서 섭식하며 경계심이 매우 강하여 대형어류나 관찰자가 접근하면 빠르게 주변의 바위나 돌 밑으로 은신하며 수분 후에 섭식장소로 돌아온다(Choi and Gushima, 2002). 이러한 강한 경계심은 금줄망둑이 은신처에서 떨어진 노출된 공간에서 섭식하므로 높은 포식의 위험성이 있기 때문으로 사료된다. 본 연구에서 금줄망둑의 경계 시간은 단독으로 섭식할 때에 비해 용치놀래기가 세력권에 침입하여 섭식할 때 급격히 감소하였다. 또한 한 장소에서 두 개체가 밀집하여 행동하기 때문에 포식자에게 쉽게 노출되는 공간에서 섭식하는 금줄망둑은 포식압의 감소와 포식자의 접근을 빨리 감지할 수 있는 이익을 획득한다.

적 요

2002년 5월부터 8월까지 일본 Seto Inland Sea의 Kurahashi Island에서 금줄망둑 *Pterogobius virgo*과 용치놀래기 *Halichoeres poecilopterus*의 섭식에 관하여 연구를 실시하였다. 금줄망둑은 독특한 섭식 행동인 fin digging을 통해 한 장소에 머물며 모래와 펄 속에 숨어 있는 소형 저서성 무척추동물만을 섭식한다. 금줄망둑의 섭식세력권은 오직 섭식중인 장소의 파헤쳐진 반구와 주변의 공간뿐으로 매우 협소하다. 용치놀래기는 종종 금줄망둑의 세력권에 침입하여 금줄망둑과 함께 섭식을 수행한다. 금줄망둑의 섭식활동과 경계시간은 단독으로 섭식할 때에 비해 공동 섭식을 하였을 때 급격히 감소한다. 용치놀래기가 금줄망둑의 세력권에 침입하였을 때 금줄망둑의 공격은 용치놀래기의 크기에 관계없이 세력권의 측면과 후면보다 전면에서 더 높은 빈도를 나타낸다. 세력권 개체보다 작은 크기의 용치놀래기는 세력권의 전면보다 세력권의 측면과 후면에서 섭식하였을 때 높은 섭식성공률을 나타내었다. 그러나 유사한 크기의 용치놀래기의 섭식성공률은 세력권의 전면과 측면보다 후면에서 높게 나타났다. 공동 섭식이 수행될 때 금줄망둑은 세력권 방어와 섭식활동의 감소 등에 의한 비용이 크지만, 경계시간의 감소와 포식자의 접근 감지 등을 통한 포식압의 감소 효과를 획득한다.

사 사

본 연구를 수행하는 동안 많은 가르침을 주신 히로시마 대학의 具島健二 교수님, 수중 관찰하는 동안 많은 도움을 주신 清水則雄 박사님과 논문의 검토와 수정을 하여주신 심사위원님께 감사드립니다. 본 논문은 서울대학교 수의과학연구소의 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Alevizon, W.S. 1976. Mixed schooling and its possible significance in a tropical western Atlantic parrotfish and surgeonfish. *Copeia*, (1976) : 796 ~ 798.
- Aronson, R.B. and S.L. Sanderson. 1987. Benefits of heterospecific foraging by the Caribbean wrasse, *Halichoeres garnoti* (Pisces: Labridae). *Env. Biol. Fish.*, 18 : 303 ~ 308.
- Baird, T.A. 1993. A new heterospecific foraging association

- between the puddingwife wrasse, *Halichoeres radiatus*, and the bar jack, *Caranx ruber*: evaluation of foraging consequences. *Env. Biol. Fish.*, 38 : 393~397.
- Barlow, G.W. 1993. The puzzling paucity of feeding territories among freshwater fishes. *Mar. Behav. Physiol.*, 23 : 155~174.
- Brown, J.L. 1964. The evolution of diversity in avian territorial systems. *Wilson Bull.*, 76 : 160~169.
- Chen, T-C., R.F.G. Ormond and H-K. Mok. 2001. Feeding and territorial behaviour in juveniles of three co-existing triggerfishes. *J. Fish. Biol.*, 59 : 524~532.
- Choi, S-H. and K. Gushima. 2002. Spot-fixed fin digging behavior in foraging of the bethophagous maiden goby, *Pterogobius virgo* (Perciformes: Gobiidae). *Ichthyol. Res.*, 49 : 286~290.
- Clifton, K.E. 1991. Subordinate group members act as food-finders within striped parrotfish territories. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 145 : 141~148.
- Clifton, K.E. 1989. Territory sharing by the Caribbean striped parrotfish, *Scarus iserti* patterns of resource abundance, group size and behaviour. *Anim. Behav.*, 37 : 90~103.
- Clifton, K.E. 1990. The costs and benefits of territory sharing for the Caribbean coral reef fish, *Scarus iserti*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 26 : 139~147.
- Diamant, A and M. Shpigel. 1985. Interspecific feeding association of groupers (Teleostei: Serranidae) with octopuses and moray eels in the Gulf of Eilat (Aqaba). *Env. Biol. Fish.*, 13 : 153~159.
- Dill, L.M., R.C. Ydenberg and A.H.G. Fraser. 1981. Food abundance and territory size in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 59 : 1801~1809.
- Dubin, R.E. 1982. Behavioral interactions between Caribbean reef fish and eels (Muraenidae and Ophichthidae). *Copeia*, (1982) : 229~231
- Ebersole, J.P. 1980. Food density and territory size: an alternative model and a test on the reef fish *Eupomacentrus leucostictus*. *Amer. Natur.*, 115 : 492~509.
- Foster, S.A. 1985. Group foraging by a coral reef fish: a mechanism for gaining access to defended resources. *Anim. Behav.*, 33 : 782~792.
- Grant, J.W.W. 1997. Territoriality. *Behavioural Ecology of Teleost Fishes*. (ed. by J-G. Godin) Oxford University Press. Oxford, pp. 81~98.
- Grantner, A. and M. Taborsky. 1998. The metabolic rates associated with resting, and with the performance of agonistic, submissive and digging behaviours in the cichlid fish *Neolamprologus pulcher* (Pisces: Cichlidae). *J. Comp. Physiol.*, 168 : 427~433.
- Hart, P.J.B. 1993. Teleost foraging: facts and theories. 2nd edition (*Behaviour of Teleost Fishes*), pp. 253~279
- Hixon, M.A. 1980. Competitive interactions between California reef fishes of the genus *Embiotoca*. *Ecology*, 64 : 918~931.
- Hixon, M.A. 1981. An Experimental analysis of territoriality in the California reef fish *Embiotoca jacksoni* (Embiotocidae). *Copeia*, (1981) : 653~665.
- Hobson, E.S. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii. *U. S. Fish. Bull.*, 72 : 915~1031.
- Krebs, J.R. and N.B. Davies. 1987. An introduction to behavioural ecology 2nd edition. Blackwell Scientific Publ., Oxford, 389 pp.
- Larson, R.J. 1980. Territorial behavior of the black and yellow rockfish and gopher rockfish (Scorpanenidae, *Sebastes*) *Mar. biol.*, 58 : 111~122.
- Lima, S.L. 1984. Territoriality in variable environments: a simple model. *Amer. Natur.*, 124 : 641~655.
- Magurran, A.E., W. Oulton and T.J. Pitcher. 1985. Vigilant behaviour and shoal size in minnows. *Z. Tierpsychol.*, 67 : 167~178.
- Mares M.A. and T.E.Jr. Lacher. 1987. Social spacing in small mammals: Patterns of individual variation. *Amer. Zool.*, 2 : 293~306.
- Masuda H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese archipelago. Tokai Univ Press, Tokyo, Text 437 pp.
- Matsumoto, K., M. Kohda, and Y. Yanagisawa. 1999. Size-dependent feeding association of two wrasses (genus *Pseudolabrus*) with the morwong, *Goniistius zonatus*. *Ichthyol. Res.*, 46 : 57~65.
- Morse, D.H. 1977. Feeding behavior and predator avoidance in heterospecific groups. *Biol. Science*, 124 : 863~889.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 523pp.
- Noble, G.K. 1939. Dominance in the life of birds. *Auk*, 56 : 263~273.
- Norman, M.D. and G.P. Jones. 1984. Determinants of territory size in the pomacentrid reef fish, *Parma victoriae*. *Oecologia*, 61 : 60~69.
- Ormond, R.F.G. 1980. Aggressive mimicry and interspecific feeding associations among Red Sea coral reef predators. *J. Zool. Lond.*, 191 : 247~262.
- Pitcher, T.J. 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts. *Croom Helm, London*, pp. 294~337
- Pitcher, T.J., A.E. Magurran, and I.J. Winfield. 1982. Fish in larger shoals find food faster. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 10 : 149~51.
- Praw, J.C. and J.W.A. Grant. 1999. Optimal territory size

- in the convict cichlid. *Behaviour*, 136 : 1347~1363.
- Randall, J.E., S.M. Head and A.P.L. Sanders. 1978. Food habits of the giant humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* (Labridae). *Env. Biol. Fish.*, 3 : 235~238.
- Roberts, C.M. and R.F.G. Ormond. 1992. Butterflyfish social behaviour, with special reference to the incidence of territoriality: a review. *Env. Biol. Fish.*, 34 : 79~93.
- Robertson, D.R. and N.V.C. Polunin. 1981. Coexistence: symbiotic sharing of feeding territories and algal food by some coral reef fishes from the western Indian ocean. *Mar. Biol.*, 62 : 1121~1135.
- Sakai, Y. and M. Kohda. 1995. Foraging by mixed-species groups involving a smaller angelfish, *Centropyge ferrugatus* (Pomacanthidae). *Japan J. Ichthyol.*, 41 : 429~435.
- Sikkel, P.C. and P.D. Hardison. 1992. Interspecific teleostean reef fishes in Okinawa Island, Southern Japan. *Univ. Mus. Univ. Tokyo, Bull.*, 25 : 1~128.
- Temeles, E.J. 1987. The relative importance of prey availability and intruder pressure in feeding territory size regulation by harriers, *Circus cyaneus*. *Oecologia* 74 : 286~297.
- Thresher, R.E. and A.M. Gronell. 1978. Subcutaneous tagging of small reef fishes. *Copeia*, (1978) 352~353.
- Tricas, T.C., 1989. Determinants of feeding territory size in the corallivorous butterflyfish, *Chaetodon multicinctus*. *Anim. Behav.*, 37 : 830~841.
- Westneat, M.W. 1993. Phylogenetic relationships of the tribe Cheilini (Labridae: Perciformes). *Bull. Mar. Sci.*, 52 : 351~394.
- 최 윤 · 김지현 · 박종영 2002. 한국의 바닷물고기. 교학사. 645pp.

Received: March 18, 2005

Accepted: July 23, 2005