

## 통영해역에 서식하는 아므르불가사리의 분포 특성과 서식처에 따른 먹이 선호도 비교

백상규\* · 박흥식 · 윤성규<sup>1</sup> · 이순길

한국해양연구원 해양생물자원연구본부 바다목장센터, <sup>1</sup>대구대학교 생물교육학과

### Distribution Pattern and Feeding Preference of *Asterias amurensis* (Echinodermata: Asteroidea) in Tongyeong, Korea

Sang-Gyu PAIK\*, Heung-Sik PARK, Sung Gyu YUN<sup>1</sup> and Soon Kil Yi  
Marine Living Resources Division, KORDI, Ansan 425-170, Korea  
<sup>1</sup>Department of Biology Education, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

This study examined distributional patterns of *Asterias amurensis* in Tongyeong, the central South Sea of Korea. The density of the sea star was estimated at 10 chosen sites in the inner and the outer parts of the Tongyeong coast from December 2000. The mean density of the species in this area was 2.4 ind./m<sup>2</sup>. The seasonal surveys conducted at 3 arbitrary chosen sites (i.e., sea cage, reef and soft sediment) also showed that the abundance of the species at the sea cage site (density: 3.6 ind./m<sup>2</sup>; biomass: 250.7 gwwt/m<sup>2</sup>) was significantly higher than at the reef site (density: 1.7 ind./m<sup>2</sup>; biomass: 63.5 gwwt/m<sup>2</sup>) and the soft sediment site (density: 0.4 ind./m<sup>2</sup>; biomass: 18.9 gwwt/m<sup>2</sup>). Densities were higher at sea cages areas than at reefs and soft bottom sites. At sea cage site, *A. amurensis* population exhibited a strong aggregated distributional pattern. In contrast, at reef and soft bottom sites, *A. amurensis* population showed a random distributional pattern. The spatial difference in prey species and its abundance was the primary factor determining the spatial heterogeneity of the sea star in its behavior characteristics. Experiments on the feeding preference indicated that *A. amurensis* had a strong selectivity on its prey, but this selectivity varied between populations living in different sites. In particular, *A. amurensis* populations at the reef site showed a strong selectivity on various sessile and mobile animals living in reef areas, suggesting that these animal groups may play a role as "windows for the survival of *A. amurensis*". These results suggest that the distribution of *A. amurensis* in Tongyeong is closely associated with abundance of prey species and the bottom composition.

Key words: *Asterias amurensis*, Spatial distribution, Feeding preference, South Sea

#### 서 론

불가사리류는 해양의 저서무척추동물 중에서 가장 상위의 생태적 지위를 가진 'keystone predator'이다 (Paine, 1971). 우리나라 대부분 연안해역에서는 아므르불가사리 (*Asterias amurensis*)와 별불가사리 (*Asterina pectinifera*)가 대량으로 출현하며, 아므르불가사리의 경우 주요 양식 대상종인 굴, 가리비, 피조개, 홍합의 생산에 피해를 주는 대표적인 해적생물이다 (Kim, 1969). 또한 아므르불가사리는 1980년대 선박의 안정수 (ballast water)를 통해 일본으로부터 호주 타스마니아 지역에 유입된 후 점차 그 분포 범위를 넓히고 있는 대표적인 해양 유입종으로도 잘 알려져 있으며 (Ward and Andrew, 1995), 연체동물 뿐만 아니라 해면동물, 태형동물, 갯지렁이류, 갑각류, 성게류와 같은 표서 및 내서동물을 기회적으로 포식하여 양식 패류에 대한 피해뿐만 아니라 해역의 고유한 저서생물군집의 안정성을 교란시키거나 파괴하기도 한다

(Ross et al., 2003).

이러한 특성으로 인하여 아므르불가사리가 분포하는 각국에서는 지역적 단위의 분포밀도를 밝히기 위한 연구들이 활발히 진행되어 왔으며, 주로 연질기저의 해역에서 서식하는 종이지만 패류 양식장이 밀집한 내만 해역이나 항만시설 등 인공구조물이 형성된 지역에서도 대량 출현하는 것으로 밝혀졌다 (Hatanaka and Kosaka, 1958; Nojima et al., 1986; Grannum et al., 1996). 또한 아므르불가사리는 여러 양식패류 중에서 굴 및 담치류에 대한 선호도가 높으며 (Kim, 1969), 수온과 광 등의 물리적요인과 함께 섭식되는 먹이원의 크기 혹은 서식형태에 따라서도 영향을 받는다 (Lockhart and Ritz, 2001a; 2001b).

아므르불가사리는 우리나라 연안의 대부분에 걸쳐 출현하고, 해양수산부를 통한 수매사업이 실시되고 있음에도 불구하고 양식 패류에 대한 섭식 선호도 (Park and Kim, 1985)와 수온에 따른 포식특성 (Kang et al., 2000)에 관한 연구 외에는 생태학적 특성이 알려져 있지 않다. 또한 본 조사가 이루어진

\*Corresponding author: sgpaik@kordi.re.kr

통영해역은 양식 산업이 발달된 지역으로 4,927 ha에 이르는 해역이 양식장으로 등록되어 있으며, 이 중에 약 78% (3,886 ha) 정도가 피조개, 굴 등의 패류 양식장이지만 양식대상종의 주된 포식자로 알려진 아므르불가사리에 대한 시·공간적인 분포 자료가 없다.

본 연구는 경상남도 통영해역에서 서식처의 환경에 따른 아므르불가사리의 분포밀도, 먹이가 되는 저서동물의 분포특성 및 먹이 선호도 파악하였다.

## 재료 및 방법

### 조사 지역 및 시기

경상남도 통영시의 내해 및 외해역에 서식하는 아므르불가사리의 광역 공간 분포상을 파악하기 위해 2000년 12월 10개 정점을 대상으로 조사를 실시하였다. 각 조사 정점은 지리적 위치에 따라 내해역의 6개 정점과 외해역의 4개 정점으로 구분되며, 기절에 따라서는 경질기저의 4개 정점 (정점 3, 9, 8, 10)과 연질기저의 4개 정점 (정점 1, 2, 5, 7)으로 구분하였다 (Fig. 1). 또한 정점 4와 정점 6은 해상 가두리양식장이 위치한 곳을 정하여 조사를 실시하였다.

서식처별 계절조사의 경우 2001년 8월부터 2002년 5월까지 총 4회에 걸쳐 3개 정점을 대상으로 조사를 실시하였다 (Fig. 1). 대장두도 가두리양식장해역 (정점 A)에는 약 1 ha의 면적

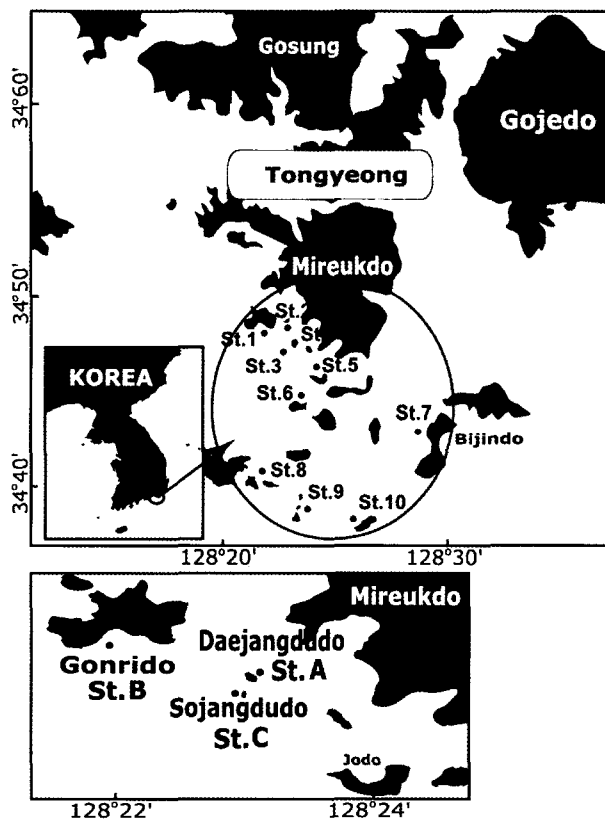


Fig. 1. The sampling sites around Tongyeong coast.

의 해상가두리가 설치되어 있는 지역으로 저층은 니질 퇴적상 (평균입도 6.5φ) 위에 담치류의 패각이 혼재하고 있었다. 곤리도 연질기저해역 (정점 B)의 경우 소규모 만의 형태를 띠는 지역으로 퇴적상은 사니질 (평균입도 4.5φ)을 보이는 지역이었다. 소장두도 암반해역 (정점 C)의 경우 수심 3-15 m까지는 낙석 등에 의한 대형암반이 산재하는 기저암 구조를 나타내며 15 m 이상 수심부터는 니질의 연질기저와 암반이 혼성된 양상을 나타내고 있었다. 또한 정점 B와 C 해역의 주변에는 인위적인 시설이 없는 곳이었다.

### 아므르불가사리 채집 및 위 내용물 분석

아므르불가사리의 채집을 위해서는 수심 5 m 이하의 조하대를 최저 수심으로 하여 해안선을 따라 수평과 수직으로 10 m의 조사지선 (transect line)을 설치한 후, 기준선의 양쪽에 방형구 (1×1 m)를 연속적으로 10회씩 설치하였다. 각 방형구 내에 출현하는 모든 아므르불가사리는 개체수 기록한 후 채집망에 담아 인양하였다. 계절조사가 이루어진 지역에서는 현장에서 관찰된 섭식활동 유무를 추가하여 기록하였으며, 각 개체별 위 내용물을 채집망에 담아 채집하였다. 아므르불가사리의 경우 체의 소화를 하는 종이기 때문에 현장 채집시 돌출된 위 점막에 부착된 생물 및 입 주위의 관측에 부착된 모든 생물을 위 내용물로 간주하여 채집하였다. 또한 현장 채집시 위 내용물이 존재하지 않더라도 퇴적물을 굴착하는 행동을 보이거나 위를 끄집어내고 있는 개체는 모두 섭식활동 중인 것으로 간주하였다 (Fig. 2). 채집된 모든 시료는 현장에서 10% 중성해수 포르말린수용액에 고정한 후 실험실로 운반하였으며, 반의 중앙에서 팔 끝까지의 체장 및 팔의 일부를 절개한 후 체내의 해수를 최대한 제거하여 생체량 (wet weight)을 측정하였다. 위 내용물의 경우 해부현미경 하에서 가능한 중 수준까지 동정하였다.

### 저서동물 채집

계절조사 해역에서 출현하는 아므르불가사리와 저서동물과의 관계 및 먹이선호도를 파악하기 위해 불가사리 채집과 동일한 시기에 저서동물 채집을 병행하였다. 채집은 각 해역별로 설치된 기준선을 따라 각 3회씩 실시하였으며, 연질기저해역인 정점 A와 B에서는 원통형 코아러 (직경, 8 cm)를 설치하여 퇴적물을 채취하였으며, 암반해역인 정점 C의 경우 방형구 (25×25 cm)를 설치하고 방형구 내의 모든 생물을 제거하는 방법을 사용하였다. 채집된 모든 시료는 망목 1 mm의 체로 거른 다음 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 선별된 저서동물은 중 수준까지 동정·계수하였다.

### 자료 분석

측정된 아므르불가사리와 저서동물에 대한 개체수 및 생체량 자료는 표면적 크기를 정량화하기 위해 단위면적당 (m<sup>2</sup>)으로 환산하였으며, 계절조사 해역에 출현하는 아므르불가사리의 분포형을 알아보기 위해서는 방형구별로 출현한 개체수

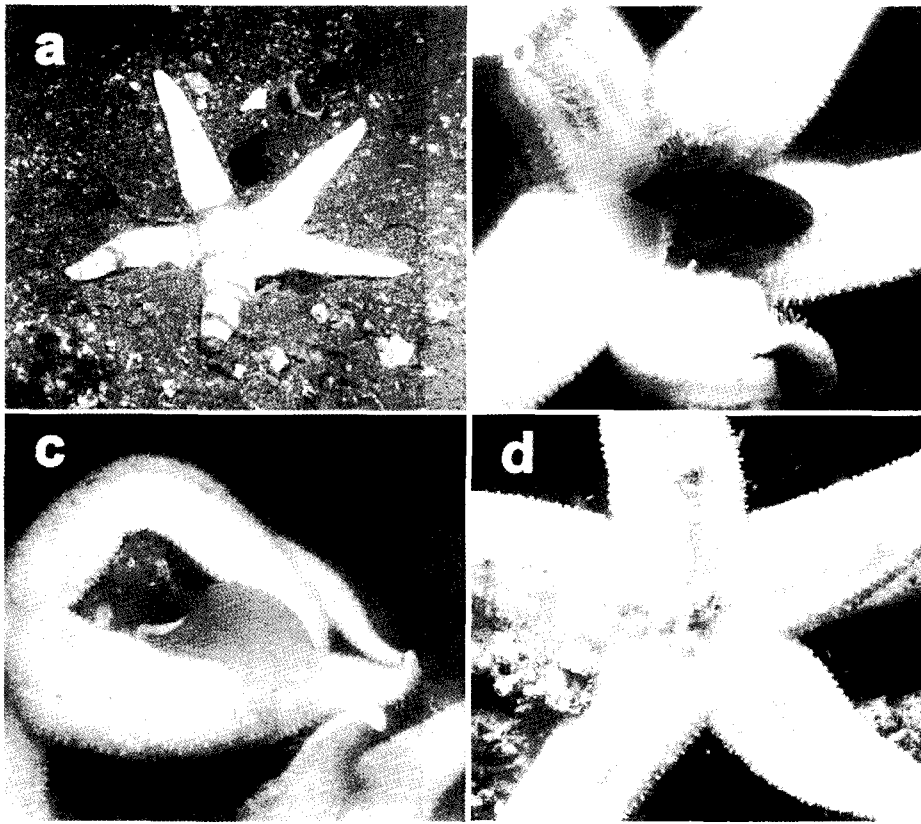


Fig. 2. Pattern of feeding behavior of *Asterias amurensis* observed in the present study. (a, burrowing type; b, everting type; c, grasping type; d, attaching type)

자료를 이용하여 Standardized Morisita Index (Krebs, 1999)를 구하였다.

아무르불가사리의 계절별 섭식율은 조사시 채집된 총 개체수에 대한 섭식활동 개체수의 비로 구하였으며, 해역에 서식하는 저서동물에 대한 먹이선호도 분석은 불가사리의 위 내용물에서 출현하는 종의 빈도와 각 정점에서 출현하는 저서동물 중에서 차지하는 빈도를 동시에 고려한 Ivlev's index (Ivlev, 1961)를 사용하였다.

각 정점 및 계절에 따른 아무르불가사리의 개체수와 생체량 차이는 일원분산분석 (one way ANOVA)을 통해 유의성을 검증하였다. 저서동물군집간의 이질성은 ANOSIM test를 통하여 분석하였으며, 각 군집간의 유사도 및 기여종은 SIMPER analysis에 의해 구하였다 (Clark and Warwick, 2001).

## 결 과

### 광역조사

통영해역의 10개 지역에 대해 아무르불가사리의 평균 출현 밀도를 조사한 결과 가두리시설이 위치한 정점 4와 5에서 각각 7.2 (SD=±2.5) ind./m<sup>2</sup>, 6.1 (SD=±4.3) ind./m<sup>2</sup>로 가장 많은 출현을 보였다 (Fig. 3). 반면 가장 적은 출현을 보인 곳은 연결기저해역인 정점 6과 경질기저해역인 정점 9로 각각 0.4

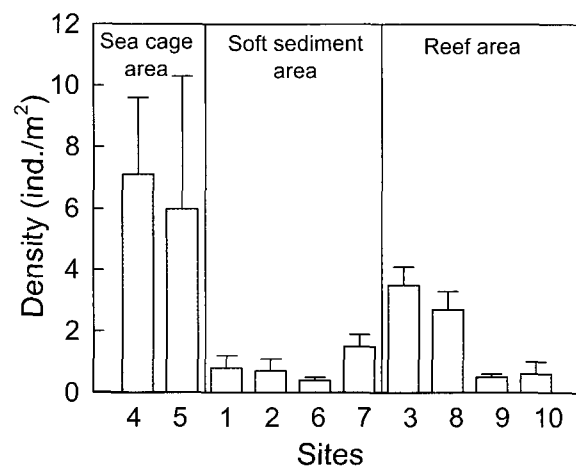


Fig. 3. Mean density of *Asterias amurensis* at each site around Tongyeong coast.

ind./m<sup>2</sup>, 0.5 ind./m<sup>2</sup>가 출현하였다.

각 정점을 서식처의 특성에 따라 나누어보면 가두리시설해역에 위치한 정점들의 경우 평균 6.7 (SD=±0.8) ind./m<sup>2</sup>가 출현하였으며, 두 정점간의 출현개체수 차이는 크지 않았으나 각 정점의 방형구별 출현개체수 차이는 뚜렷한 것으로 나타났

다 (Fig. 3). 연질기저 정점들의 경우 단위면적당 0.4-1.5개체 범위로 평균 0.9 (SD=±0.5) ind./m<sup>2</sup>의 출현을 보여 세 서식처 중에서 가장 적은 개체의 출현을 보였다. 암반해역 정점들의 경우 단위면적당 0.5-3.5개체 범위로 평균 1.8 (SD=±1.5) ind./m<sup>2</sup>의 출현을 보였으며 정점의 위치에 따라 개체수의 차이가 컸다. 따라서 통영해역에 서식하는 아므르불가사리의 분포밀도는 서식처의 기질 및 시설물의 유무에 따라 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 나타났다 (p=0.001).

서식처에 따른 분포비교

서식지 유형에 따라 계절 조사를 실시한 세 해역에서 채집된 아므르불가사리는 총 921개체였으며, 해역에 따른 출현 개체수의 차이가 뚜렷하였다 (p=0.000). 가두리양식장해역에서는 평균 3.6 ind./m<sup>2</sup>가 출현하여 연질기저해역 (1.7 ind./m<sup>2</sup>)와 암반해역 (0.4 ind./m<sup>2</sup>)에서 상대적으로 높은 출현밀도를 보였다 (Fig. 4).

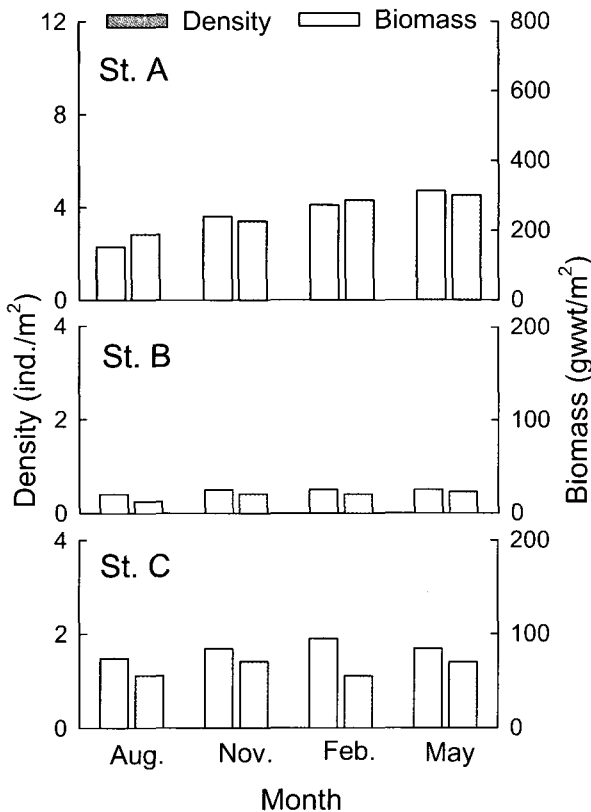


Fig. 4. Variation of density and biomass of *Asterias amurensis*.

생체량에서도 각 서식처에 따라 뚜렷한 차이를 보이고 있는데 (p=0.000), 가두리양식장해역에서 가장 높은 평균 250.7 gwwt/m<sup>2</sup>로 나타났으며 다음으로는 암반해역과 연질기저해역 순으로 각각 63.5 gwwt/m<sup>2</sup>, 19.8 gwwt/m<sup>2</sup>로 나타났다 (Fig. 4). 한편 각 해역의 총 출현 개체당 평균 생체량은 가두리양식장

해역에서 가장 높았으며 다음이 연질기저, 암반해역 순이었다.

각 해역에서의 아므르불가사리 분포 패턴을 조사한 결과 가두리양식장해역에서는 집단적인 분포를 보였으며, 연질기저해역과 암반해역에서는 무작위적인 분포를 보였다 (Fig. 5). 가두리양식장해역과 연질기저해역의 경우 계절에 따른 분포형의 변화가 나타나지 않았으나, 암반해역의 경우 겨울철인 2월에 상대적으로 고르게 분포하는 특성을 보였다.

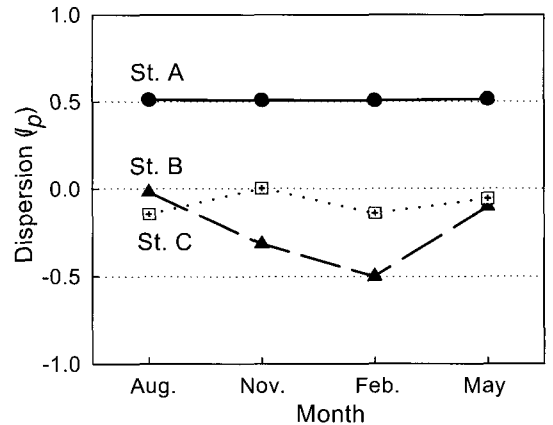


Fig. 5. Comparison to the distribution pattern of *Asterias amurensis* using Standardized Morisita Index ( $I_p$ ) between sites (Random patterns give an  $I_p$  of zero, clumped patterns above zero, uniform pattern below zero).

저서동물의 분포

연구해역에서 실시한 저서동물군집을 조사 결과 가두리양식장해역 (정점 A)의 경우 총 73종 (3,344 ind./m<sup>2</sup>)의 저서동물이 출현하였으며, 연질기저해역 (정점 B)에서는 총 70종 (2,179 ind./m<sup>2</sup>), 암반해역 (정점 C)에서는 총 56종 (4,500 ind./m<sup>2</sup>)이 출현하였다.

각 정점에서 출현하는 저서동물군집간의 ANOSIM test를 실시한 결과 각 군집은 완전히 이질적인 것으로 나타났다 (R=1). 한편 각 해역군집내의 계절군집 간의 유사도는 가두리양식장해역에서 65.0%, 연질기저해역 64.5%, 암반해역 75.8%였으며, 연질기저로 이루어진 두 해역인 정점 A, B간의 차이는 부착성 이매패류인 *Mytilus galloprovincialis*의 분포에 의해 가장 크게 영향을 받고 있었다 (Table 1). 또한 서관을 형성하는 다모류인 *Magelona japonica*나 *Scolecopsis* sp.의 경우 정점 B에서만 출현하였으며, 부식성인 *Nebalia bipes*나 *Niotha livescens*의 경우 정점 A에서만 출현하였다. 한편, 정점 C와 연질기저의 두 정점 A, B 간의 차이는 *Balanus trigonus*와 *Serpula vermicularis* 등 고착성생물의 출현유무와 *Lumbrineris longifolia*, *Dorvillea* sp. 등 내서성생물의 출현유무에 의해 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

각 해역에서 출현하는 저서동물군집의 특성을 동물군별로 살펴보면 다모류의 경우 정점 A에서는 *L. longifolia*, *Dorvillea*

Table 1. Higher contributed species makes to the average dissimilarity between sites based on SIMPER analysis (over 2.0% of total contribution)

Groups	Site B	Site C
St. A		<i>Balanus trigonus</i> (Cr)
		<i>Lumbrineris longifolia</i> (Po)
	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Bi)	<i>Serpula vermicularis</i> (Po)
	<i>Magelona japonica</i> (Po)	<i>Dorvillea</i> sp. (Po)
	<i>Nebalia bipes</i> (Cr)	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Bi)
	<i>Sigambra tentaculata</i> (Po)	<i>Niotha livescens</i> (Ga)
	<i>Scolelepis</i> sp. (Po)	<i>Nebalia bipes</i> (Cr)
	<i>Niotha livescens</i> (Ga)	<i>Capitella capitata</i> (Po)
		<i>Sigambra tentaculata</i> (Po)
		<i>Tharyx</i> sp. (Po)
St. B	-	<i>Balanus trigonus</i> (Cr)
		<i>Serpula vermicularis</i> (Po)
		<i>Caprellidae</i> spp. (Cr)
		<i>Magelona japonica</i> (Po)
		<i>Lumbrineris longifolia</i> (Po)

(Bi), Bivalvia; (Cr), Crustacea; (Ga), Gastropoda; (Po), Polychaeta

sp., *Sigambra tentaculata* 등 유재류 (errant polychaetes)에 속하는 종들의 출현이 우점한 반면, 정점 B와 C에서는 정재류 (sedentary polychaetes)에 속하는 *M. japonica*와 *S. vermicularis*가 우세하게 출현하였다 (Fig. 6). 연체동물 이매패류의 경우 연결기저로 이루어진 정점 A와 B에서 정점 C에 비하여 상대적으로 우세하게 출현하고 있었으나 (Fig. 6), 출현하는 종의 서식형태에 있어서는 뚜렷이 구분되었다. 즉, 정점 B에서는 *Nitidotellina nitidula*와 *Ruditapes philippinarum* 같은 내서성 이매패류가 우세하게 출현하나 정점 A의 경우 연결기저로 이루어진 해역임에도 *M. galloprovincialis*와 *Crassostrea gigas* 같이 기질에 부착하는 특성을 가진 종이 우세하게 출현하였다. 복족류의 경우 정점 A에서 다른 정점과 비교하여 상대적으로 높은 출현밀도를 보였는데, 특히 부식자인 *N. livescens*이 많이 출현하였다. 갑각류에서 가장 두드러지는 종은 *B. trigonus*로 조사해역에서 출현한 따개비류의 대부분을 차지하고 있었으며, 정점 C에서 가장 우점적으로 출현하였다 (Fig. 6).

아므르불가사리의 위 내용물 및 섭식 선호도

각 해역별로 출현한 아므르불가사리의 위 내용물을 분석한 결과 가두리양식장해역에서는 총 10종의 저서동물이 출현하였다 (Table 2). 분류군별로 보면 연체동물이 6종으로 가장 많았으며 갑각류가 2종, 다모류와 성구동물류에서 각각 1종이 출현하였다. 위 내용물 중 가장 높은 빈도로 출현한 종은 이매패류의 *M. galloprovincialis*와 *C. gigas*로 각각 77.2%, 15.0%의 총 출현빈도를 보였다. 두 종은 섭식선호도에서도 각각 0.83와 0.56로 높게 나타났다. 복족류인 *N. livescens*의 경우 위 내용물에서는 많이 출현하였으나 섭식선호도에서는 -0.22로 낮았다.

연결기저해역에서는 총 11종의 저서동물이 출현하였다 (Table 2). 위 내용물 중 높은 빈도로 출현한 종은 이매패류의

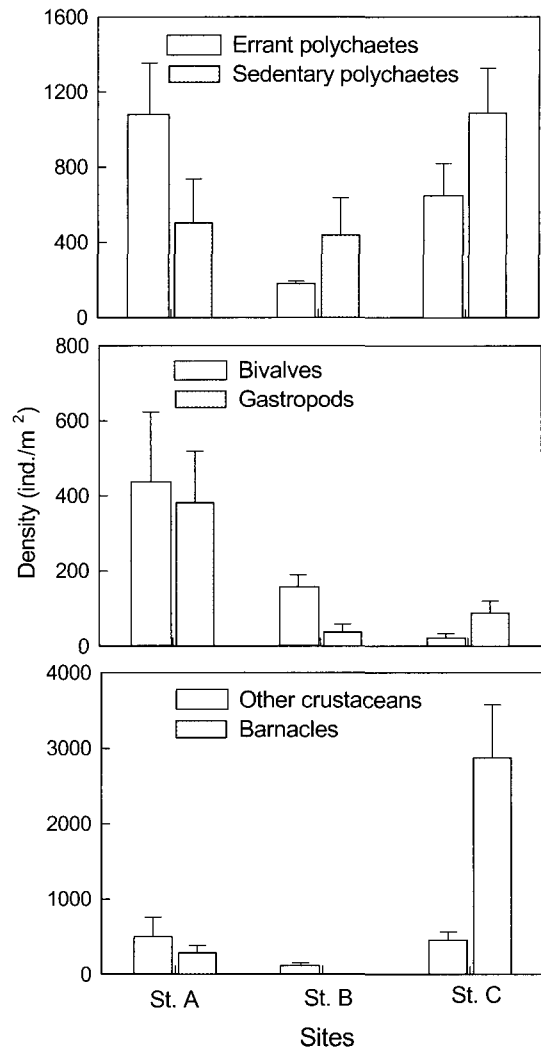


Fig. 6. Comparison to the density between site based on each taxonomic level.

*Fulvia mutica*, *R. philippinarum*, *N. nitidula*로 이들 3종이 총 출현 빈도의 68% 이상을 차지하고 있었으며, 섭식선호도에 있어서도 *F. mutica*와 *R. philippinarum*이 각각 0.94와 0.89로 높게 나타났다. 이밖에 극피동물인 *Protankyra bidentata*와 복족류의 *N. livescens* 등 계류를 제외한 대부분의 출현 종에 대해 0.5 이상의 선호도를 가지는 것으로 나타났다.

암반해역에서는 총 7종의 저서동물이 출현하였는데, 위 내용물 중 가장 높은 빈도로 출현한 종은 *B. trigonus*로 96.9%를 차지하였다 (Table 2). 다음으로는 복족류인 *Chlorostoma lischkei*과 극피동물인 *Hemicentrotus pulcherrimus*로 각각 1.3%와 0.6%를 차지하고 있었다. 섭식선호도에 있어서는 *H. pulcherrimus*와 *Reishia clavigera*가 각각 0.55와 0.44로 다른 종에 비하여 상대적으로 높게 나타났다.

한편, 각 해역에 출현하는 아므르불가사리의 계절에 따른 섭식율을 비교한 결과 가두리양식장해역, 연결기저해역, 암반

Table 2. Fequency (%) and electivity coefficients for prey species from corer samples and stomach contents of *Asterias amurensis* collected from three different sites (E; Ivlev index)

Prey species	Prey in corer samples		Prey in stomachs		Electivity indices	
	N	%	N	%	E	
Site A						
<i>Terebellidae unid.</i>	(Po)	3	0.4	1	0.2	-0.22
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	(Bi)	60	7.4	329	77.2	0.83
<i>Crassostrea gigas</i>	(Bi)	34	4.2	64	15.0	0.56
<i>Niotha livescens</i>	(Ga)	59	7.3	20	4.7	-0.23
<i>Haloa japonica</i>	(Ga)	6	0.7	2	0.5	-0.22
Gastropoda unid.	(Ga)	1	0.1	1	0.2	0.31
<i>Pleurobranchaea japonica</i>	(Ga)	11	1.4	3	0.7	-0.32
Brachyura unid.1	(Cr)	2	0.3	1	0.2	-0.03
Brachyura unid.2	(Cr)	1	0.1	2	0.5	0.58
Sipunculida unid.	(Si)	7	0.9	3	0.7	-0.10
Site B						
<i>Nitidotellina nitidula</i>	(Bi)	8	1.5	5	10.0	0.73
<i>Ruditapes philippinarum</i>	(Bi)	7	1.4	12	24.0	0.89
<i>Tellinidae unid.</i>	(Bi)	5	1.0	2	4.0	0.61
<i>Theora fragilis</i>	(Bi)	3	0.6	2	4.0	0.75
<i>Fulvia mutina</i>	(Bi)	5	1.0	17	34.0	0.94
<i>Calyptrea morbidia</i>	(Ga)	5	1.0	3	6.0	0.72
<i>Niotha livescens</i>	(Ga)	2	0.4	2	4.0	0.82
Brachyura unid.	(Cr)	8	1.5	1	2.0	0.13
<i>Protnakya bidentata</i>	(Ho)	na	na	4	8.0	1.00
Sipunculida unid.	(Si)	5	1.0	1	2.0	0.78
<i>Virgularia halisceptum</i>	(An)	2	0.4			0.68
Site C						
<i>Crassostrea gigas</i>	(Bi)	17	0.5	1	0.2	-0.53
<i>Chlorostoma lischkei</i>	(Ga)	29	0.9	8	1.3	0.17
<i>Reishia clavigera</i>	(Ga)	4	0.1	2	0.3	0.44
<i>Pleurobranchaea japonica</i>	(Ga)	5	0.2	1	0.16	0.01
<i>Balanus trigonus</i>	(Cr)	2,136	68.1	595	96.9	0.17
Brachyura unid.	(Cr)	10	0.3	3	0.5	0.21
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	(Ec)	6	0.2	4	0.7	0.55

(Po), Polychaeta; (Bi), Bivalvia; (Ga), Gastropoda; (Cr), Crustacea; (Si), Sipunculida; (Ho), Holothuroidea; (An), Anthozoa; (Ec), Echinoidea

해역에서 각 45.1-68.7%, 27.8-31.8%, 50.0-68.3%의 출현개체가 섭식활동 중이었다. 각 계절에 따라 조금씩의 차이는 있으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다 ( $p>0.05$ ).

## 고찰

### 아므르불가사리의 분포

해역간 아므르불가사리 출현 개체수의 단순 비교는 해역의 특성, 조사방법, 시기 등의 요인에 따라 차이가 있을 수 있으나, 우리나라 해역에서 조사된 비교자료가 없는 상황에서 아므르불가사리 분포 밀도를 어느 정도 유추해 볼 수 있는 방법이라 생각된다. 통영해역에서 출현한 아므르불가사리의 경우 가두리양식장해역을 제외한 전 조사해역에서 평균 1.3 ind./m<sup>2</sup>의 분포밀도를 보여 일본의 카라즈만과 하이카타만에서의 각각 1.8 ind./m<sup>2</sup>, 1.1 ind./m<sup>2</sup> (Nojima et al., 1986)와 비슷한 경향을 보이고 있었다. 통영 가두리양식장해역의 경우 평균 6.6 ind./

m<sup>2</sup>로 가두리시설이 밀집한 일본 아리아케 만에서 1964년과 1984년에 조사된 6.1 ind./m<sup>2</sup>, 3.4 ind./m<sup>2</sup> (Nojima et al., 1986)과 비교해서는 비슷하거나 다소 높았다. 한편, 본 조사와 유사한 잠수조사에 의해 실시된 호주 타스마니아 (Grannum et al., 1996)에서의 결과와 비교해 보면 전 해역에 걸친 71회의 조사에서 1.0 ind./m<sup>2</sup> 이상 출현한 경우가 단 3회로 통영해역에서의 아므르불가사리의 분포밀도가 상당히 높음을 시사한다고 할 수 있을 것이다.

아므르불가사리는 이매패류에 대한 섭식선호도로 인하여 내서성 이매패류의 출현이 상대적으로 풍부한 연결기저해역이나 담치류의 착생이 용이한 인공구조물이 시설된 해역에서 풍부하게 출현하는 것으로 알려져 있다 (Hatanaka and Kosaka, 1958; Nojima et al., 1986; Buttermore et al., 1994). 통영해역의 경우 가두리시설이 설치된 해역에서 가장 높은 밀도를 보여 이러한 경향과 일치하고 있으나 상대적으로 이매패류의 서식

밀도가 낮은 암반해역에서 연질기저해역에서보다 높은 밀도를 보여 차이점도 나타났다. 통영 가두리양식장해역에서의 연평균 출현 개체수 ( $3.6 \text{ ind./m}^2$ )는 자연적인 다른 서식처에 비해 월등히 높은 수치이며, 이러한 원인은 가두리시설로부터 유입되는 *M. galloprovincialis*나 *C. gigas* 같은 대형이매패류 먹이원에 의한 것으로 판단되며, 출현하는 저서동물군집과 위 내용물에서의 출현 빈도를 동시에 고려한 선택도에서도 *M. galloprovincialis*가 가장 높았다. 또한 가두리시설로부터 멀어질수록 즉, 탈락되는 지중해담치의 영향권에서 멀어질수록 아므르불가사리의 출현 밀도가 감소하고 있는 것이 현장에서 육안적으로도 관찰되었다.

통영 소장두도 암반해역의 경우 자연적인 연질기저해역보다 연평균 4배 이상의 개체수가 출현하였는데, 동일한 해역권 내에서 연질기저해역에 비하여 이매패류의 서식밀도가 상대적으로 빈약한 암반해역에서 높은 밀도로 출현한다는 보고는 아직 알려져 있지 않다. 몇 가지 원인으로 초기 정착 유생의 기질선택, 초기 먹이원의 유무 혹은 지형학적 차이에서 기인하는 어린 개체의 은신처 유무 등으로 추정된다. 출현 개체당 평균 생체량으로 미루어 볼 때 연질기저해역에 비하여 암반해역에서 작은 개체의 출현이 현저하게 높다는 것이 이러한 추론을 뒷받침해 주 있는 것으로 생각되며 앞으로 아므르불가사리 개체군의 성장에 관한 면밀한 연구가 요구되는 부분으로 생각된다. 또 하나 특기할 만한 것은 통영 암반해역 내에서도 외해역과 내해역에서의 아므르불가사리 출현 밀도의 차이가 뚜렷이 나타난 것이다. 본 조사에서는 암반해역간의 차이를 밝히기 위한 정량적 조사가 이루어지지 않았으나 국도 및 좌사리도 암반해역의 경우 내해역의 정점에 비하여 상대적으로 *E. stolonifera* 등의 해조류와 대형동물의 피복율이 높아 암반해역에서 아므르불가사리의 주된 먹이원으로 밝혀진 파개비류의 서식밀도가 빈약하였기 때문으로 보인다.

연질기저해역에 출현하는 아므르불가사리의 경우 출현 개체수 및 계절에 따른 섭식율에서는 암반해역보다 낮았으나 상대적인 개체의 생체량 및 크기는 더 큰 것으로 나타났는데, 이러한 원인은 위 내용물 및 선호도가 높은 내서성 이매패류인 *F. mutica*와 *R. philippinarum*이 암반해역의 *B. trigonus*와 비교하여 에너지 효율이 높기 때문으로 판단된다.

한편 아므르불가사리는 수온이 높은 계절에는 좀 더 깊은 수심으로 이동하며, 이러한 특성으로 인하여 한 지역 내에서의 계절에 따른 분포밀도의 차이가 발생한다 (Granntm et al., 1996). 그러나 통영해역의 경우 계절에 따른 수온의 변화가 상당히 크고 조사가 이루어진 해역의 수심이 15 m 내외임에도 불구하고 계절에 따른 출현 밀도의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 계절에 따른 섭식율 및 주 먹이원의 차이, 분포형의 변화가 거의 없는 것으로 미루어 가두리양식장해역과 암반해역의 경우 주된 먹이원인 *M. galloprovincialis*와 *B. trigonus*의 분포에 의한 영향을 추정해 볼 수 있었으나, 연질기저해역의 경우 명확한 원인을 파악할 수는 없었다.

### 저서동물 (먹이대상생물)의 분포

가두리양식장해역에 출현하는 저서동물군집은 시설물로부터 탈락되는 담치류 등의 부착생물, 양식 어류의 배설물, 사료 찌꺼기 등으로 구성된 유기퇴적물에 많은 영향을 받아, 주변해역과 다른 생물군집을 형성하게 된다 (Wu et al., 1994; Stenton-Dozey et al., 1999). 본 조사에서도 가두리양식장해역의 저서동물군집과 암반해역 및 자연적인 연질기저해역의 저서동물군집이 완전히 이질적인 것으로 나타났다. 가두리양식장 및 저서동물군집은 유기물 유입량 및 여름철 수온상승에 의한 산소고갈에 의해 분포가 좌우되고 (Lim et al., 1992), 이러한 상황에서는 다모류와 연체동물의 비율이 다른 분류군에 비해 상대적으로 높은 것으로 알려져 있다 (Jung et al., 2002). 하지만 본 연구에서는 다모류의 종수 및 개체수 점유율이 자연적인 연질기저해역에서 보다 낮았다. 또한 일부 갑각류와 *S. tentaculata*, *Capitella capitata* 등의 기회종 및 오염지시종의 출현이 다른 두 해역에 비해 상대적으로 높았으나 종다양도 측면에서는 자연적인 연질기저해역과 비슷한 양상을 보이고 있었다. 가두리양식장해역과 다른 두 해역의 저서동물군집간의 차이를 명확히 하는 특징종인 *M. galloprovincialis*와 *C. gigas*에서 알 수 있듯이 가두리양식장의 수중 구조물에 의한 대형 패류의 탈락은 연질퇴적상에 패각을 피복시킴으로써 연질 및 암반해역의 서식처를 모두 나타내는 복합적인 서식처를 형성하기 때문으로 보이며, 이렇게 형성된 복합적인 3차원 공간은 다양한 생물의 서식환경을 조성한다 (Fradette and Bourget, 1980). 결국 이러한 서식환경에 따른 저서동물군집의 차이는 각 해역에서 저서동물을 먹이원으로 하는 아므르불가사리의 분포에 제한 요인으로 작용할 것으로 판단된다.

### 먹이 선호도

불가사리류의 먹이원에 대한 선호 및 선택성은 먹이원의 에너지 효율과 유용성 (Campbell, 1989), 먹이원의 행동양식 (회피 및 방어능력) 및 형태 (크기 및 모양)에 따라서도 차이가 있는 것으로 알려져 있다 (Sommer et al., 1999). 통영해역의 경우 대상해역의 퇴적상으로 인해 파생되는 저서생물군집의 차이가 해당해역의 저서생물을 먹이원으로 하는 아므르불가사리에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

가두리양식장해역과 연질기저해역에서는 일반적으로 알려진 바와 같이 이매패류인 *M. galloprovincialis*, *C. gigas*, *F. mutica*, *R. philippinarum*, *N. nitidula* 등에 대한 선호도가 가장 높았다. 가두리양식장해역에서 선호도가 높게 나타난 *M. galloprovincialis*의 경우 위 내용물에서 출현한 빈도와 저서동물군집에서 출현한 빈도가 큰 차이를 보이고 있는데, 이는 저서동물에 대한 현장 조사에 있어 소형 코아러를 사용하였기 때문에 크기가 다른 저서동물에 비해 큰 *M. galloprovincialis*의 채집이 용이하게 이루어지지 못하였기 때문으로 판단된다. 선택도지수 값은 연질기저해역의 *P. bidentata*의 경우와 같이 저서동물 조사에서 출현하지 않고 위 내용물에서 출현하는 종이 포식자의 선택적 포식이 가장 높은 것으로 간주하게

된다. 하지만 *P. bidentata*의 위 내용물 출현 횟수가 1회 밖에 되지 않았기 때문에 다른 종에 비해 높은 선택도를 지닌 종으로 판단하기에는 어려워 보인다.

한편, 암반해역의 주된 먹이원인 *B. trigonus*는 아므르불가사리가 섭식하기에는 에너지 효율 및 형태적 측면에서 불리한 것으로 판단되지만, 해역에서 가장 우점하며 접근이 쉬운 종으로서 많이 포식되었을 것으로 추정된다. 선택도 측면에서는 *H. pulcherrimus*와 *C. lischkei*이 *B. trigonus* 보다 높게 나타났으나 이러한 원인은 선택도지수 값이 특정 먹이생물의 밀도가 극히 우점적일 경우 상대적으로 희소성이 높은 종의 선택도가 높게 나타나는 경향을 가지기 때문이며, 이러한 경향은 가두리양식장해역에서 선택도가 가장 높게 나타난 *M. galloprovincialis*의 경우에서도 나타나는 문제점이었다. 따라서 선택도 지수의 사용에 있어서 생물군집 구성원의 출현 밀도 및 위 내용물의 출현빈도를 종합하여 고려할 필요가 있는 것으로 판단된다.

결론적으로 넓은 범위에서 생물의 분포와 밀도는 여러 환경 요인과 생물학적 요인에 복합적으로 영향을 받지만 (Gaymer et al., 2001), 지역적 범위에서는 주어진 자원에 대한 유용성과 개체간의 상호작용이 주된 제한요인으로 작용하여 결국 개체군의 특성에 영향을 주게 된다 (De'ath and Moran, 1998). 따라서 통영해역에 서식하는 아므르불가사리는 해역의 서식기질 및 인공구조물의 유무에 따라 분포밀도의 차이가 뚜렷하였으며, 이러한 차이는 각 해역에 서식하는 저서동물군집의 분포 특성에 따른 먹이원의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문을 세심하게 검토해 주신 세 분 심사위원께 깊은 감사를 드립니다. 이 연구는 한국해양연구원의 불가사리의 기능성 생물자원화 연구 (PE85100)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- Buttermore, R.E., E. Turner and M.G. Morrice. 1994. The introduced northern Pacific seastar *Asterias amurensis* in Tasmania. Mem. Queensl. Mus., 36, 21-25.
- Campbell, D.B. 1989. Selective predation of sea stars on two species of mussels. Am. Zool., 29, 1-7.
- Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 2001. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth. U.K.
- De'ath, G. and P.J. Moran. 1998. Factors affecting the behaviour of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci* L.) on the Great Barrier Reef: 2. Feeding preferences. J. Exp. Mar. Biol., 220, 107-126.
- Fradette, P. and E. Bourget. 1980. Ecology of benthic epifauna of the Estuary and Gulf of St. Lawrence: factors influencing their distribution and abundance on buoys. Cana. J. Fish. Aqua. Sci., 37, 979-999.
- Gaymer, C.F., J.H. Himmelman and L.E. Johnson. 2001. Distribution and feeding ecology of the seastars *Leptasterias polaris* and *Asterias vulgaris* in the northern Gulf of St. Lawrence, Canada. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 81, 827-843.
- Grannum, R.K., N.B. Murfet, D.A. Ritz and E. Turner. 1996. The distribution and impact of the exotic seastar, *Asterias amurensis* (Lütken), in Tasmania. In: The Introduced Northern Pacific Seastar, *Asterias amurensis* (Lütken), in Tasmania. Australian Nature Conservation Agency, Canberra, pp. 53-138.
- Hatanaka, M. and M. Kosaka. 1958. Biological studies on the population of the starfish, *Asterias amurensis*, in Sendai Bay. Tohoku J. Agric. Res., 9, 159-178.
- Ivlev, V.S. 1961. Experimental Ecology on the Feeding of Fishes. Yale Univ. Press, New Haven, pp. 302.
- Jung R.H., H.S. Lim, S.S. Kim, J.S. Park, K.A. Jeon, Y.S. Lee, J.S. Lee, K.Y. Kim and W.J. Go. 2002. A study of the macrozoobenthos at the intensive fish farming ground in the Southern coast of Korea. J. Kor. Soc. Ocean., 7, 235-246. (in Korean)
- Kang, K.H., J.M. Kim and S.T. Oh. 2000. Predation of *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on valuable bivalves at different water temperature. Kor. J. Malacol., 16, 17-20. (in Korean)
- Kim, Y.S. 1969. Selective feeding on the several bivalve molluscs by starfish, *Asterias amurensis* Lütken. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19, 244-249.
- Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Benjamin Cummings, California, pp. 620.
- Lim, H.S., J.W. Choi, J.G. Je and J.H. Lee. 1992. Distribution pattern of macrozoobenthos at the farming ground in the Western part of Chinhae Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 25, 115-132. (in Korean)
- Lockhart, S.J. and D.A. Ritz. 2001. Preliminary observations of the feeding periodicity and selectivity of the introduced seastar, *Asterias amurensis* (Lütken), in Tasmania, Australia. Pap. Proc. R. Soc. Tasmania, 135, 25-33.
- Lockhart, S.J. and D.A. Ritz. 2001. Size selectivity and energy maximisation of the introduced seastar, *Asterias amurensis* (Lütken), in Tasmania, Australia. Pap. Proc. R. Soc. Tasmania, 135, 35-40.
- Nojima, S, F.E. Soliman, Y. Kondo, Y. Kuwano, K. Nasu and C. Kitajimi. 1986. Some notes on the outbreak of the sea star *Asterias amurensis versicolor* Sladen, in the Ariake Sea, western Kyushu. Pub. Amakusa Mar. Biol. Lab., 8, 89-112.



- Paine, R.T. 1971. A short term experimental investigation of resource partitioning in a New Zealand rocky intertidal habitat. *Ecology*, 52, 1096-1106.
- Park, M.S. and B.Y. Kim. 1985. Feeding behaviour of the starfish, *Asterias amurensis* (Lütken). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*, 34, 171-174. (in Korean)
- Ross, D.J., C.R. Johnson and C.L. Hewitt. 2003. Variability in the impact of an introduced predator (*Asterias amurensis*: Asteroidea) on soft-sediment assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 41, 1-22.
- Sommer, U., B. Meusel and C. Stielau. 1999. An experimental analysis of the importance of body-size in the seastar-mussel predator-prey relationship. *Acta Oecolog.*, 20, 81-86.
- Stenton-Dozey, J.M.E., L.F. Jackson and A.J. Busby. 1999. Impact of mussel culture on macrobenthic community structure in Saldanha Bay, South Africa. *Mar. Poll. Bull.*, 39, 357-366.
- Ward, R.D. and J. Andrew. 1995. Population genetics of the northern Pacific seastar *Asterias amurensis* (Echinodermata: Asteroidea): allozyme differentiation among Japanese, Russian, and recently introduced Tasmanian populations. *Mar. Biol.*, 124, 99-109.
- Wu, R.S.S., K.S. Lam, D.W. MacKay, T.C. Lau and V. Yam. 1994. Impact of marine fish farming on water quality and bottom sediment: a case study in the sub-tropical environment. *Mar. Env. Res.*, 38, 115-145.
- 
- 2004년 7월 9일 접수  
2004년 12월 11일 수리