

## 한국 해산 기회성 연체동물의 분포양상

서진영 · 이준상<sup>1</sup> · 최진우\*

한국해양과학기술원 남해특성연구부, <sup>1</sup>강원대학교 환경연구소

### Distribution Patterns of Opportunistic Molluscan Species in Korean Waters

Jin-Young Seo, Jun-Sang Lee<sup>1</sup> and Jin-Woo Choi\*

South Sea Environment Research Division, KIOST, 41 Jangmok 1-gil, Jangmok-myeon, Geoje 656-830, Korea

<sup>1</sup>Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**Abstract** - In this study, we tried to describe the distribution patterns of marine opportunistic mollusks in Korean waters where various environmental stresses have been imposed. Five opportunistic molluscan species were found from four types of disturbed benthic environments around Korea. *Theora fragilis*, *Macoma incongrua*, *Musculista senhousia* were typical dominant species mainly in the coastal area such as harbour regions and semi-enclosed regions where their sediments were enriched with organic matter and summer hypoxia occurred. However, in the waste dumping areas located in the Yellow Sea and southeastern shelf, small size bivalves such as *Thyasira tokunagai* and *Raetellops pulchella* were typical opportunistic species.

**Key words** : mollusks, habitat disturbance, opportunistic species, distribution pattern, Korean waters

## 서론

해저의 퇴적물에 서식하는 저서생물은 저서환경의 교란에 반응하는 내성 정도 차이가 다양하다. 1970년 이래로 환경교란에 반응하는 생물의 생활사의 설명규범으로 r-selection/k-selection 이론을 제시하여 현장에서 나타난 현상을 설명하는 시도가 많았으나(Pianka 1970), 현재는 생활사 전략 중에서도 밀도 의존적 사망을 설명하는데 유용한 연령 특이적 사망률 모델로 대체되고 있다(Reznick 2002). 만일 유기물 부하량이나 이화학적 환경

교란이 강해지면 대부분의 저서생물 개체군은 그들의 생활사가 오염 환경에 적합하지 않기 때문에 재생산이나 성장 등이 지연되어 결국 서식밀도가 감소하고, 부하량이 계속 증가하면 그 개체군은 점차 사멸하게 된다. 반면에 유기물 부하량 증가로 인하여 민감종이 사라져 빈 생태서식지가 발생하면 이 빈 공간에 정착하기에 유리한 생활사를 가진 종이 들어오게 된다. 빈 공간에 쉽게 가입하는 종들은 대개 짧은 성 성숙 기간, 대량의 자손생산, 연중 재생산 등의 생활사 특성을 가지고 있는 생태학적인 기회종으로 구성된다.

이러한 생활사 특성을 가진 종들은 유기물 부하량이 많은 곳에서 흔히 발견되기에 일반적으로 유기물 오염지 시종으로 알려져 왔고, 환경교란에 따른 군집천이의 초기에 출현하는 종으로 알려져 있다(Pearson and Rosen-

\* Corresponding author: Jin-Woo Choi, Tel. 055-639-8550,  
Fax. 055-639-8429, E-mail. jwchoi@kiost.ac

berg 1978). 따라서 해양저서생물군집에 있어서 기회종이란 재생산 전략은 연중 수많은 자손을 생산하는 r-mode 특성을 가지며, 수명은 짧고, 몸체가 작은 개체를 지칭한다. 실제 환경교란이 심하게 일어나는 현장에서는 r-selection 전략을 가진 생물이 유리하여 우점종으로 나타난다.

해양 저서생태계 및 저서생물군집의 건강도를 평가하는 관점에서 볼 때 이러한 기회적인 오염지시종의 출현 여부는 매우 중요한 정보를 제공한다. 즉, 이들의 군집 내 구성 비율이 높으면 그 저서생물군집 또는 그들이 서식하는 저서생태계의 생태학적 질은 그렇지 않은 해역에 비해서 낮다고 간주된다. 이러한 관점에서 저서 건강도지수의 산출은 저서생태계 건강도 평가를 손쉽게 달성할 수 있다. 따라서 환경에 대한 내성한계를 기준으로 민감종, 둔감종, 내성종, 기회종 등으로 구분하여 이들의 군집 내 차지하는 비율에 따라서 건강도를 평가하기 위한 시도가 진행되어 왔다 (Weisberg *et al.* 1997; Borja *et al.* 2000; 최와 서 2007; Seo *et al.* 2012). 그러나 이러한 지수를 산출하기 위해서는 저서생물을 각 생태기능을 가진 종으로 분류할 수 있어야 하고 이를 위해서는 많은 정보가 요구된다. 그러나 아직까지는 국내 해산종의 생태기능군에 대한 분류 정보가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 2004년 이후 한국 주변해역에 조사된 저서생물군집의 자료를 대상으로 다양한 요인으로 저서 환경이 교란을 받고 있는 해역을 선정하여 어떠한 저서 환경에서 어떠한 기회성 연체동물이 분포하고 있는지를 파악하고자 하였다. 이러한 교란된 저서환경을 지시하는 기회종에 대한 자료는 향후 저서생물군집의 건강성을 평가하는 자료로서 활용될 것으로 본다.

## 재료 및 방법

연체동물의 출현자료는 지금까지 조사된 한국 주변해역에서의 조사자료 중에서 대상해역의 환경교란 종류에 따라 크게 4개의 유형으로 hypoxia, dumping, oil spill, harbour area 등으로 구분하였고 (Fig. 1), 그곳에 서식하는 기회주의적 연체동물의 출현 종수 및 서식밀도를 조사하였다. 각 채집해역별 조사 시기는 다음과 같다.

표층 퇴적물의 총유기탄소 함량(%)을 측정하였다. 표층 퇴적물 시료를 각각 100°C에서 24시간 이상 건조시킨 후 분말화하였다. 분말화한 시료는 잘 건조시켜, 1N 염산으로 무기탄소 (inorganic carbon)를 제거한 후 전유기탄소 (total organic carbon; TOC) 함량을 측정하였다. TOC는 CHNS analyzer (EA1112, Thermo scientific)로 분

석하였다. 각 해역에서 TOC 분석은 여름철 퇴적물을 이용하였다.

(1) 내만 해역: 남해안에서는 매년 여름철 부영양화와 성층화로 인한 빈산소 수괴가 형성되고 있다. 그 대표적인 내만은 가막만과 마산-진해만이다. 가막만에서는 2009년 2월에서 12월까지 5개 정점에서 반빈그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)을 이용하여 정점당 3회씩 매월 조사를 실시하였고, 마산만에서는 2005년 1월에서 12월까지 6개 정점에서 반빈그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)을 이용하여 정점당 4회씩 매월 조사를 실시하였다.

(2) 폐기물 배출해역: 한국에서는 1992년 이후 육상의 폐기물을 해양에 투기하는 3곳의 지정해역, 서해 중부에서해병배출해역, 동해 남서부 대륙붕해역에 동해정배출해역, 동해 남부의 대륙사면에 동해병배출해역이 지정 운용되고 있다. 이들 배출해역에서 최근 3년간 조사된 저서생물군집 자료에서 연체동물자료를 발췌하였다. 서해병배출해역에서는 2008년과 2011년에 반빈그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)으로 저서생물을 채집 하였고, 동해병배출해역에서는 2009년, 동해정배출해역에서는 2010년에 대형박스코어(채집면적 0.25 m<sup>2</sup>)를 사용하여 저서생물을 채집하였다.

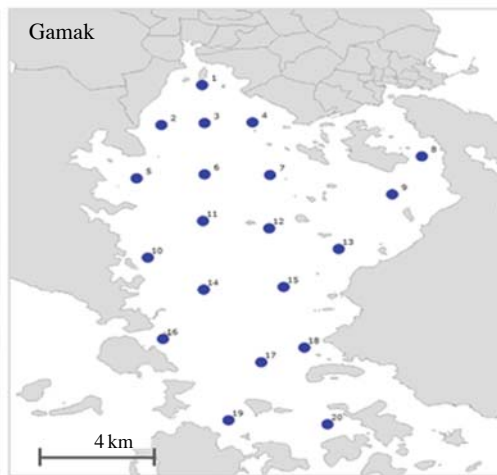
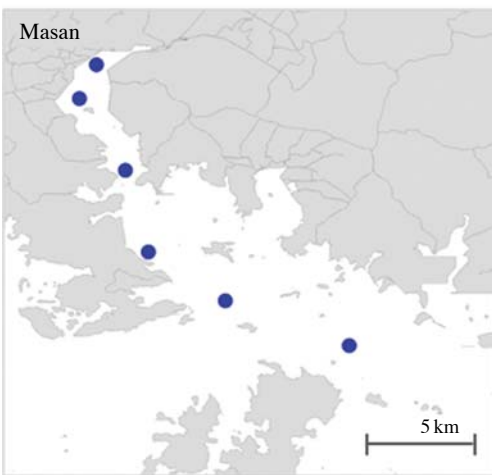
(3) 유류유출해역: 남해안 소리도 주변에서 1995년 7월에 좌초하여 다량의 원유를 유출한 Sea Prince호 유류 유출사고 후 환경영향을 조사하기 위한 모니터링의 일환으로 소리도와 금호도 주변 28개 정점에서 반빈그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)으로 2006년 8월에서 2007년 4월까지 계절별로 조사를 실시하였다. 서해 태안 주변에서 2007년 12월에 다량의 유류를 유출시킨 Hubei Spirit호 영향 조사를 위한 모니터링 일환으로 2008년 1월에서 2009년 10월까지 34개 정점에서 smith-Mcintyre 그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)을 사용하여 계절 별로 조사를 실시하였다.

(4) 항만해역: 한국의 주요 국제무역항으로 활용되고 있는 4개 항만해역에서 반빈그랩(채집면적 0.1 m<sup>2</sup>)으로 조사를 실시하였다. 광양항과 울산항에서는 2007년에서 2009년에 이르는 3년간 여름철 조사를 실시하였고, 부산항과 인천항에서는 2007년 8월과 2008년 2월에서 10월에 이르는 기간 동안 계절별로 조사를 실시하였다.

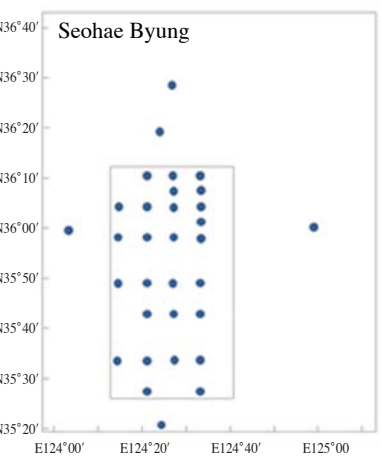
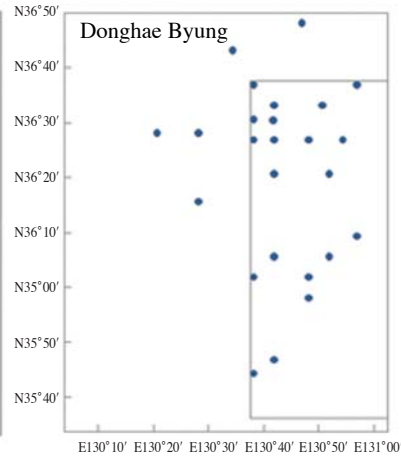
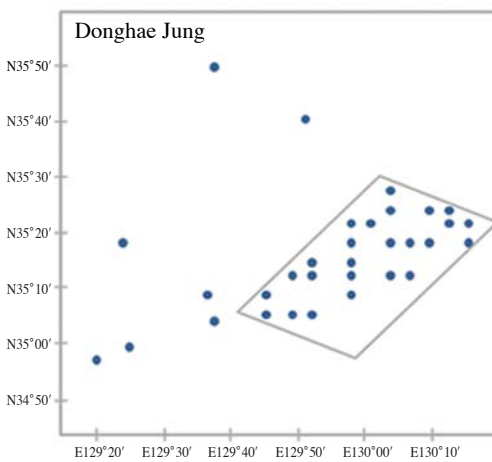
이상에서 기술한 것과 같이 본 연구에 사용된 저서생물군집 자료는 2004년 이후에 조사된 비교적 최근의 조사 자료로서 기후변화나 인위적인 외래 유입종의 영향을 많이 받고 있다고 생각되는 시점의 자료이며, 과거의 조사 자료와 비교해서 기회주의적 연체동물의 변동도 파악하고자 하였다.



Hypoxia areas

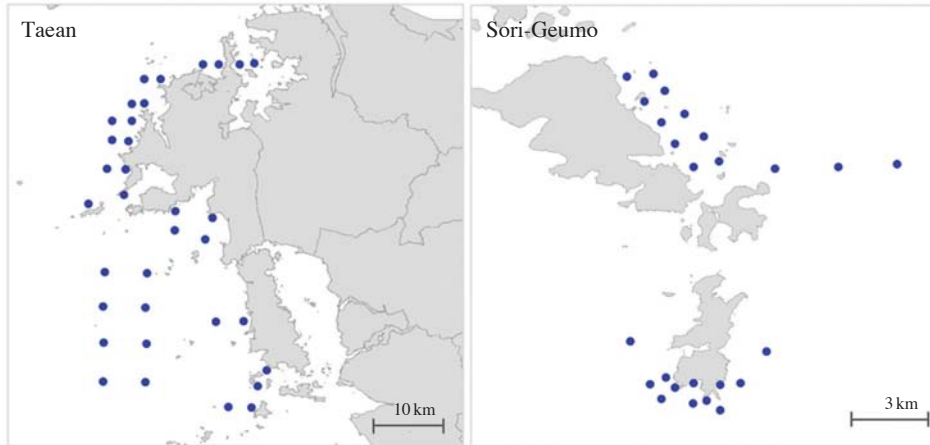


Dumping areas



**Fig. 1.** The study areas where marine opportunistic mollusks were collected around Korean Peninsular (diamonds: hypoxic areas, white boxes: dumping areas, black boxes: oil spill areas, black circles: harbour areas).

## Oil spill areas



## Harbour areas

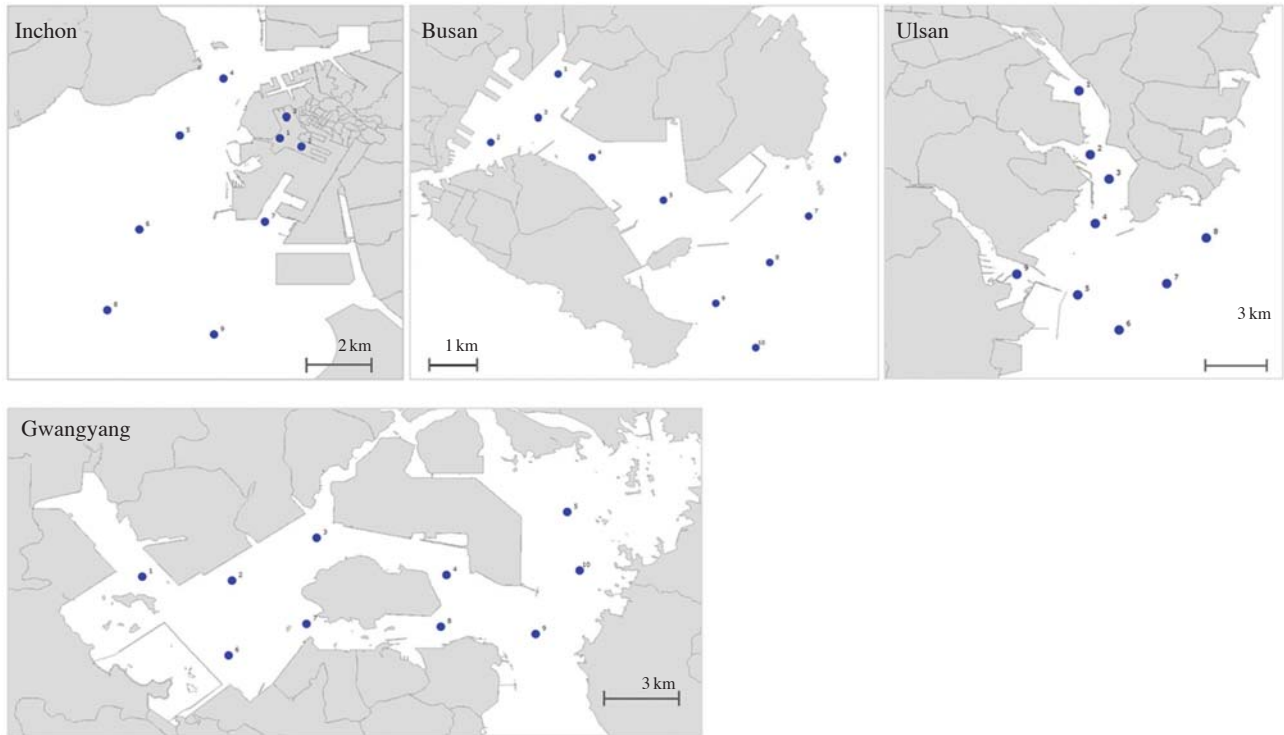


Fig. 1. To be continued.

## 결 과

한국산 기회성 연체동물의 종류와 출현량을 교란된 주요 해양환경별로 보면 다음과 같다.

## 1. 내만의 빈산소 발생 해역

가막만의 여름철 총유기탄소 함량은 평균 1.2%로

0.8~2.6%의 범위를 보였다 (Table 1). 마산만의 여름철 TOC 함량은 평균 2.3%로 1.5~3.5%의 범위를 보여 가막만에 비해 TOC 함량이 높은 것으로 나타났다. 가막만과 마산만에서는 총 4종의 기회주의적 연체동물이 출현하였다 (Fig. 2). 두 지역에서 연중 가장 높은 서식밀도를 보인 종은 아기반투명조개 (*Theora fragilis*)였다. 이종의 최대 서식밀도는 가막만에서는 960 개체  $m^{-2}$ 였고, 마산만에서는 620 개체  $m^{-2}$ 였다. 종뱃 (*Musculista senhousia*)

은 가막만에서 2009년 5월에 1,137 개체 m<sup>-2</sup>로서 최대 서식밀도를 보였다 (Table 2). 마산만에서 아기반투명조개 (*T. fragilis*)가 출현한 TOC의 범위는 1.5~3.5%였고,

*Macoma incongrua*는 1.5~1.8% 범위에서 출현하였다. 가막만에서는 0.7~2.4%의 범위에서 아기반투명조개 (*T. fragilis*)와 중뿔 (*M. senhousia*)이 출현하였다 (Fig. 3).

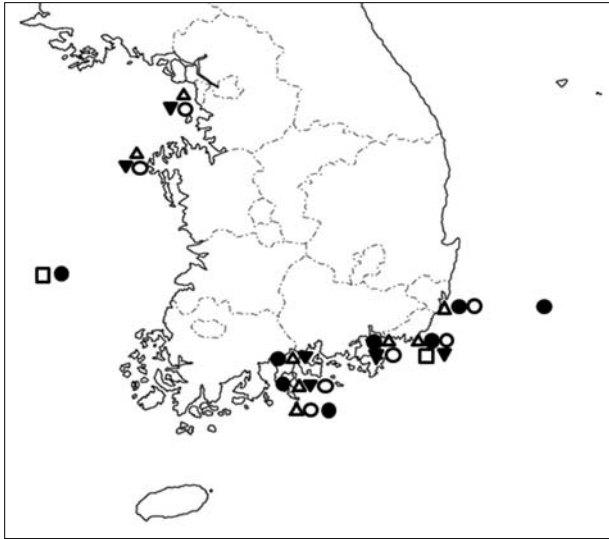


Fig. 2. Spatial distribution of 5 opportunistic mollusks (△: *Theora fragilis*, ▼: *Musculista senhousia*, ○: *Macoma incongrua*, ●: *Raetellops pulchella*, □: *Thyasira tokunagai*).

2. 폐기물 배출해역

배출해역 중 동해병 해역의 TOC 함량은 평균 2.75%로 가장 높았고, 동해정 (1.83%), 서해병 (1.23%)의 순으

Table 1. The range and mean values of total organic carbon contents (%) in summer

Benthic habitats	Locality	TOC range (mean)
Hypoxic area	Gamak Bay	0.76~2.64 (1.18)
	Masan Bay	1.5~3.4 (2.3)
Dumping area	Donghae Byung	0.97~4.66 (2.75)
	Donghae Jung	0.19~5.61 (1.83)
	Seohae Byung	0.44~1.90 (1.23)
Oil spill area	Taeon coast	—
	Geumo-do	—
	Sori-do	—
Harbour area	Busan	0.51~1.91 (1.34)
	Ulsan	1.04~2.41 (1.76)
	Inchon	0.35~0.93 (0.63)
	Gwangyang	0.72~2.05 (1.25)

— no data

Table 2. Sampling sites and maximum density (ind. m<sup>-2</sup>) of 5 opportunistic molluscan species

Categories	Locality	Coordinates	Depth (m)	Sediment type	<i>T. fragilis</i>	<i>T. tokunagai</i>	<i>R. pulchella</i>	<i>M. incongrua</i>	<i>M. senhousia</i>
Hypoxic area	Gamak Bay	34°45.07N, 127°39.41E ~ 34°36.34N, 127°40.47E	5~10	Mud	960	—	7	10	1,137
	Masan Bay	35°12.01N, 128°35.13E ~ 35°04.16N, 128°40.27N	10~20	Mud	620	—	53	55	3
Dumping area	Donghae Byung	36°50'N, 130°10'E ~ 35°35'N, 131°00'E	~2,000	Mud	—	1,541	—	—	—
	Donghae Jung	35°50'N, 129°20'E ~ 34°50'N, 130°20'E	100~200	Mud, Sand	—	—	3	—	—
	Seohae Byung	36°40'N, 124°00'E ~ 35°20'N, 125°00'E	70~90	Mud	—	313	306	—	—
Oil spill area	Taeon coast	36°56.08N, 126°21.16E ~ 36°22.536N, 126°19.12E	5~30	Sandy mud	723	—	—	7	33
	Geumo-do	34°34.37N, 127°46.35E ~ 34°29.54N, 127°54.46E	~20	Sandy mud	440	—	10	20	—
	Sori-do	34°24.58N, 127°46.41E ~ 34°24.53N, 127°49.19E	~20	Sandy mud	910	—	—	20	—
Harbour area	Busan	35°07.116N, 126°03.875E ~ 35°03.567N, 129°06.392E	10~40	Mud	257	3	3	3	83
	Ulsan	35°31.20N, 129°22.59E ~ 35°25.51N, 129°25.13E	10~40	Sandy mud	307	—	103	3	—
	Inchon	37°27.707N, 126°36.307E ~ 37°26.798N, 126°36.571E	10~20	(g)muddy sand	577	—	—	3	5,810
	Gwangyang	35°54.00N, 127°36.59E ~ 34°52.54N, 127°48.32E	5~20	Mud	200	—	7	—	2,620

로 나타났다(Table 1). 동해병 배출해역에서는 말발조개 (*Thyasira tokunagai*)가 출현하였고, 동해정 배출해역에서는 쇠개랑조개 (*Raetellops pulchella*)가 출현하였으나, 3개체  $m^{-2}$  이하의 낮은 서식밀도를 보였다(Table 2, Fig. 2). 서해병 배출해역에서는 말발조개 (*T. tokunagai*)와 쇠개랑조개 (*R. pulchella*)가 출현하였다. 두 종 모두 최대 서식밀도가 300 개체  $m^{-2}$  이상으로 높게 나타났다. 배출해역 중 퇴적물 중금속 농도가 가장 높은 곳은 동해병 해역이었다. 서해병 해역의 퇴적물 중금속 농도는 대부분 ERL (effect range low) 이하의 수준이었고, 동해정해역은 Ni, Cu, Zn는 ERL과 ERM (effect range medium) 사이의 농도를 보였으며, Cd, Pb, Cr은 ERL 이하의 농도를 보였다(국토해양부 2010, 2011). 동해병해역에서 말발조개 (*T. tokunagai*)가 최대 서식밀도를 보인 곳의 퇴적물 중금속 함량을 살펴본 결과, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr은 ERL을 초과하고 ERM보다는 낮은 농도 수준을 보였다. 퇴적물 중금속 농도가 ERM을 초과하여 최대치를 보인 정점에서 말발조개 (*T. tokunagai*)가 35개체가 출현하여 중금속 속도에 대한 내성이 강한 것으로 나타났다.

### 3. 유류유출 해역

소리도에서는 2종, 금오도, 태안에서는 3종의 기회주의

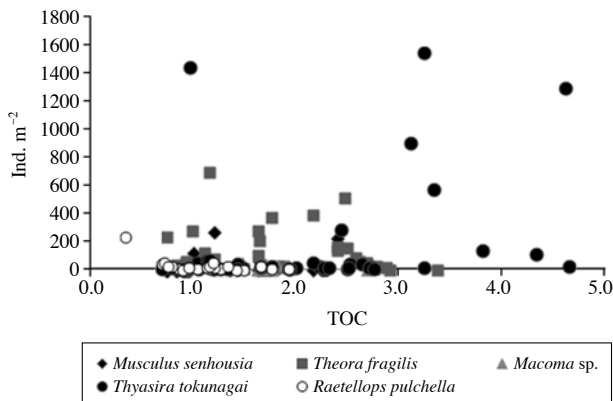


Fig. 3. Distribution patterns of 5 opportunistic species according to total organic carbon concentration (TOC, %).

적 연체동물이 출현하였다(Table 2, Fig. 2). 세 지역 모두 아기반투명조개 (*T. fragilis*)가 가장 높은 서식밀도를 보였다. 태안에서는 mud 함량이 높은 해역에서 아기반투명조개 (*T. fragilis*)의 서식밀도가 높게 나타났고, 16PAHs와 alkylated PAHs의 농도가 가장 높았다. 아기반투명조개 (*T. fragilis*)가 출현한 해역의 16PAHs의 농도 범위는 7.08~41.8 ng  $gDW^{-1}$ 였고, alkylated PAHs의 농도는 4.60~43.2 ng  $gDW^{-1}$ 였다(국토해양부 2008).

### 4. 항만해역

4개 항만 지역의 여름철 TOC 함량은 울산이 평균 1.76%로 가장 높았고, 부산(1.34%), 광양(1.25%), 인천(0.63%)의 순으로 나타났다(Table 1). 4개 항만 지역에서는 3~5종의 기회주의적 연체동물이 출현하였다(Table 2, Fig. 2). 부산, 울산에서는 아기반투명조개 (*Theora fragilis*)의 서식밀도가 상대적으로 가장 높았고, 광양과 인천에서는 종뭇 (*Musculista senhousia*)의 서식밀도가 높게 나타났다.

## 고 찰

위에서 살펴 본 바와 같이 한반도 주변의 교란된 환경에 서식하는 기회주의적 연체동물의 분포양상은 서식 장소에 따라 차이를 보였다.

아기반투명조개 (*T. fragilis*)는 퇴적상이 mud이고, TOC 함량이 1.0~3.0% 사이의 농도범위를 보인 해역에서 출현하며, 심해에서는 출현하지 않았고 연안에서 주로 출현하였다. 이 종은 국내외 유기물 오염해역에서는 과거부터 계속적으로 출현이 보고되어져 왔다. 가막만에서는 1989년과 1999년에 평균 서식밀도가 114 개체  $m^{-2}$ 로 출현하였다고 보고되었고(Koo *et al.* 2004), 마산만에서도 1989년과 1990년 사이에서 최대 1,000 개체  $m^{-2}$  이상의 개체군 밀도를 가진 우점종으로 출현하였고 보고되었다(Lim *et al.* 2006). 일본에서도 유기물 축적이 높고 여름 빈산소수괴가 형성되는 동경만의 내만해역에서 우점종

Table 3. Taxonomic and ecological functional group of 5 opportunistic mollusks in Korean waters

Order	Family	Species	Feeding type	Functional group	References
Veneroida	Semelidae	<i>Theora fragilis</i>	Surface deposit feeder	First-order opportunistic species	Lim <i>et al.</i> 2006
	Thyasiridae	<i>Thyasira tokunagai</i>	Surface deposit feeder	Opportunistic bivalve, indicators of organic enrichment	Rozemarijn <i>et al.</i> 2011
	Mactridae	<i>Raetellops pulchella</i>	Surface deposit feeder	Second-order opportunistic species	Lim <i>et al.</i> 2006
	Tellinidae	<i>Macoma incongrua</i>	Surface deposit feeder	Second-order opportunistic species	Tanaka and Kikuchi 1979
Mytiloida	Mytilidae	<i>Musculista senhousia</i>	Filter feeder	Second-order opportunistic species	Nakamura <i>et al.</i> 1997

으로 출현하였고, 빈산소에 대한 내성도 강하다고 보고되었다(Kodama and Hiroguchi 2011). 또한 동경만에서는 빈산소수괴 형성 이후 다모류의 *Paraprionospio patiens*, *Sigambra* sp., *Scoletoma longifolia* 등과 함께 초기에 저서 생물군집을 구성하는 기회종으로 나타났다(Kodama and Hiroguchi 2011).

종뱃(*M. senhousia*)은 TOC 함량이 2.0% 이하의 해역에서 출현하였다. 1980년과 1981년에 가로림만에서 평균 서식밀도가 848 개체  $m^{-2}$ 로 우점하였고(Lee *et al.* 1983), 1991년과 1992년에 득량만에서 633 개체  $m^{-2}$ (Ma *et al.* 1995), 2006년 가막만에서 평균 서식밀도 100 개체  $m^{-2}$  이상으로 우점하였다(Kim *et al.* 2008). 종뱃(*M. senhousia*)은 빈산소 내성도 강하여 수온 25°C의 무산소 상태에서의 반수사망 기간(LT<sub>50</sub>)과 전체사망 기간(LT<sub>100</sub>)이 각각 2일과 3일이었다(Nakamura *et al.* 1997).

말발조개(*Thyasira tokunagai*)는 TOC 함량이 1.0~5.0% 사이의 해역에서 출현하였고, 1,000 m 이상의 수심에서도 출현하였다. 황해 중부해역에서 1980년대 초반에도 전체 연체동물군집의 30%를 점할 정도로 우점종으로 출현하였고(Je *et al.* 1988), 월성 원자력발전소 주변해역(Seo *et al.* 2009)에서도 우점하였다. 이종이 속한 Thyasiridae과의 종들은 화학적합성을 하는 미생물을 공생 미생물로 체내에 보유하고 있는 종들이 다수 있음이 최근 밝혀졌다(Dando and Spiro 1993; Rozemarijn *et al.* 2011). 대부분의 *Thyasira* 속에 속하는 종들은 해양투기해역과 같이 유기물 공급이 많은 지역(Khan *et al.* 1995), 해상유전이 있는 곳(Olive and Killen 2002), 트롤로 인한 저층의 교란이 심한 곳(Sparks-McConkey and Watling 2001), 심해(Dufour 2005) 등에서 우점종으로 출현하였다. 동해에서 출현하는 말발조개(*T. tokunagai*)는 퇴적물의 유기물과 공생미생물의 유기물합성을 같이 이용하는 mixotrophic 섭식생태를 가진 종(Kiyashko *et al.* 1997)으로 보고되었다.

쇄개량조개(*Raetellops pulchella*)는 TOC 함량이 1.0~2.0%인 해역에서 출현하였다. 황해 동남부 해역에서 말발조개(*T. tokunagai*)와 함께 전체 연체동물군집의 20%를 차지할 정도로 우점종으로 출현하였다(Je *et al.*, 1988). 또한 유기물 부하량이 높고 하계 빈산소수괴가 형성되는 진해만(Lim and Hong 1997a; Lim and Hong 1997b)과 영산강 하구역(Lim and Park 1998)에서도 우점하는 종으로 보고되었다.

이매패류인 *Macoma incongrua*에 대한 생태학적 연구는 많지 않으나, 주로 과거에 유기물 오염이나 산업시설이 밀집한 항만지역에서의 출현이 보고되었고(Kosaka

*et al.* 1971; Tanaka and Kikuchi 1979), 유기물 유입이 높은 내만역에서 여름철 낮은 용존산소농도에 대한 내성이 강한 종으로 보고되었다. 유럽에서는 *Macoma balthica*에 대한 많은 연구가 있었는데, 이 종은 긴 수관을 사용하여 표층 퇴적물의 유기물을 먹이로 취하는 퇴적물식자로 알려져 있다. *M. incongrua*의 섭식생태에 대한 연구가 없어서 직접적 확인은 어려우나 아마도 *M. balthica*와 유사한 표층 퇴적물식자일 것으로 추정된다.

이상과 같이 한국 주변해역에서 출현하는 기회성 연체동물들에 대한 출현양상을 비교해 보았지만 이들이 같은 장소에서 동시에 출현하는 경우는 매우 드물었다. 이는 각 종이 가지는 생태적 지위가 다르다는 것을 의미한다. 즉, 기회종 특성을 보이는 생활사 전략이 종 특이적임을 시사한다. 기회종들 간에도 환경스트레스에 대한 내성의 정도가 다르고, 서식환경, 교란정도에 따른 반응 역시 다를 것으로 예상된다. 이러한 관점에서 저서 건강도 평가를 하기 위해 다양한 환경에 대한 내성 한계를 기준으로 민감종, 둔감종, 내성종, 기회종 등으로 구분하여 이들이 군집 내 차지하는 비율에 따라 건강도를 평가하는 시도가 진행되었다(Weisberg *et al.* 1997; Borja *et al.* 2000; 최와 서 2007; Seo *et al.* 2012). 그러나 보다 객관적이고 정확한 저서생물지수의 산출을 위해서는 기능종에 대한 더 많은 정보가 요구되며, 이러한 기능군 분류를 위해서는 저서생물군집 내의 기회종에 대한 생활사 연구가 더 필요한 것으로 보인다.

## 적 요

본 연구는 해양환경이 크게 교란을 받고 있는 4개 저서환경을 선택하여 연체동물 중 어떠한 종이 기회종의 특성을 보이는지를 조사하였다. 기회종의 특성을 보인 5종의 이매패류에 대한 분포특성을 파악하고자 하였다. 이매패류인 애기반투명조개(*Theora fragilis*), 대양조개(*Macoma incongrua*), 종뱃(*Musculista senhousia*) 등이 빈산소 현상을 보이는 반폐쇄성 연안역이나 유기물 축적이 많은 퇴적물을 가진 항만해역에서 우점하여 서식하고 있었으며, 소형 개체인 말발굽조개(*Thyasira tokunagai*)와 쇠개량조개(*Raetellops pulchella*)는 외해역의 폐기물 해양투기장에서 우점하는 종으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 한국해양과학기술원(남해특별관리해역의

관리를 위한 해양생태계 건강지수 개발, PE99151)의 지원으로 수행되었습니다. 저자는 본 연구논문의 세세한 부분까지 검토를 해 주신 두 분의 심사자에게도 깊은 감사를 드립니다.

## 인 용 문 헌

- 국토해양부. 2008. 해양오염영향조사 및 생태계 복원연구. pp. 130-144.
- 국토해양부. 2010. 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축 (VII). pp. 257-284.
- 국토해양부. 2011. 폐기물 해양배출 종합관리 시스템 구축 (VIII). pp. 308-407.
- 최진우, 서진영. 2007. 마산만 저서생태계를 중심으로 연안 해역 건강성 평가를 위한 저서생물지수의 적용. *Ocean & Polar Res.* 29:339-348.
- Dando PR and B Spiro. 1993. Varying nutritional dependence of the thyasirid bivalves *Thyasira sarsi* and *T. equalis* on chemoautotrophic symbiotic bacteria, demonstrated by isotope ratios of tissue carbon and shell carbon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92:151-158.
- Dufour SC. 2005. Gill anatomy and the evolution of symbiosis in the bivalve Family Thyasiridae. *Biol. Bull.* 208:200-212.
- Je JG, S-K Yi and JW Choi. 1988. Distribution pattern of benthic molluscs on the soft bottoms of the southeastern Yellow Sea. *Ocean Res.* 10:17-27 (in Korean).
- Khan MR and PR Garwood. 1995. Effects of dumping sewage sludge on the infauna along a transect off the coast of Northumberland, England. *Pakistan J. Zool.* 27:229-232.
- Kim YS, HS Yoon, IW Park, WB Lee, SY Joo and SD Choi. 2008. Annual variation of water quality and bivalvia communities in Gamak Bay. *Korean J. Environ. Biol.* 26:279-291 (in Korean).
- Kiyashko SI, MG Chernyaev and IA Rodionov. 1997. Mixotrophy in shallow-water bivalve molluscs with bacterial endosymbionts: data on stable carbon isotope ratios. *Russ. J. Aquat. Ecol.* 6:53-57.
- Kodama K and T Horiguchi. 2011. Effects of hypoxia on benthic organisms in Tokyo Bay, Japan: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 63:215-220.
- Koo BJ, J-G Je and S-H Shin. 2004. Benthic pollution assessment based on macrobenthic community structure in Gamak Bay, southern coast of Korea. *Ocean and Polar Res.* 26:11-22.
- Kosaka M, M Ogura, K Daimon and K Miyasita. 1971. Studies on the benthic communities in Shimizu harbour and Orido Bay. 1. Phase in summer. *J. Coll. Mar. Sci. Technol. Tokyo Univ.* 5:9-25.
- Lee JH, J-S Hong and SK Yi. 1983. Studies on the benthic fauna in Garolim Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 18:111-116.
- Lim H-S, RJ Diaz, JS Hong and LC Schaffner. 2006. Hypoxia and benthic community recovery in Korean coastal water. *Mar. Pollut. Bull.* 52:1517-1526.
- Lim H-S and JS Hong. 1997a. Ecology of the macrobenthos in Chinhae Bay, Korea 2. Distribution of the major dominant species. *J. Korean Fish. Soc.* 30:161-174 (in Korean).
- Lim H-S and JS Hong. 1997b. Ecology of the macrobenthos in Chinhae Bay, Korea 3. Community structure. *J. Korean Fish. Soc.* 30:175-187 (in Korean).
- Lim H-S and KY Park. 1998. Community structure of the macrobenthos in the soft bottom of Yongsan river estuary, Korea. 2. The occurrence of summer hypoxia and benthic community. *J. Korean Fish. Soc.* 31:343-352 (in Korean).
- Ma C-W, SY Hong and H-S Lim. 1995. Macrobenthic fauna of Deukryand Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 28:503-516 (in Korean).
- Nakamura M, A Shinagawa, K Toda and S Nakao. 1997. Tolerance of 4 bivalves from lakes Shinji and Nakaumi to environmental factors. *Suisanzoshoku* 45:179-185 (in Japanese).
- Olive PG and IJ Killen. 2002. The Thyasiridae (Mollusca: Bivalvia) of the British continental shelf and North Sea oil fields. An identification manual. *Studies in Marine Biodiversity and Systematics from the National Museum of Whales. BIOMOR Rep.* 3:1-73.
- Pearson TH and R Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16:229-311.
- Pianka ER. 1970. On r- and K-selection. *Am. Nat.* 104:592-597.
- Reznick D, MJ Bryant and F Bashey. 2002. r- and K-selection revisited: the role of population regulation in the life-history evolution. *Ecology* 83:1509-1520.
- Rozemarijn K, S Christoffer, KJ Anders and W Endre. 2011. Ecology of twelve species of Thyasiridae (Mollusca: Bivalvia). *Mar. Poll. Bull.* 62:786-791.
- Seo I-S, H-T Moon, B-M Choi, MH Kim, DI Kim, JS Yun, JY Byun, HC Choi and MH Son. 2009. Community structure of macrobenthic assemblages around the Wolseong nuclear power plant, East Sea of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 27:341-352 (in Korean).
- Seo J-Y, S-H Park, J-H Lee and J-W Choi. 2012. Structural changes in macrozoobenthic communities due to summer hypoxia in Gamak Bay, Korea. *Ocean Sci. J.* 47:27-40.
- Sparks-McConkey, PJ and L Watling. 2001. Effects on the ecological integrity of soft-bottom habitat from a trawling disturbance. *Hydrobiology* 456:73-85.



Tanaka M and T Kikuchi. 1979. Ecological studies on benthic macrofauna in Tomoe Cove, Amakusa. 3. Life history and population fluctuation of major molluscs. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab. 5:79-115.

Weisberg SB, JA Ranasinghe, DM Dauer, LC Schaffner, RJ Diaz and JB Frithsen. 1997. An estuarine benthic index of

biotic integrity (B-IBI) for the Chesapeake Bay. Estuaries 20:149-158.

Received: 7 August 2012

Revised: 28 December 2012

Revision accepted: 2 January 2013