

## 새만금호 갯벌의 부착조류 분포

나 정 은 · 이 학 영\*

전남대학교 자연과학대학 생물학과

### Distribution of Benthic Algae in Tidal Flats of Saemangeum Lake, Korea

Jeong Eun Na and Hak Young Lee\*

Department of Biological Science, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

**Abstract** – Distributional patterns of benthic microalgae were studied in the tidal flats of Saemangeum lake, Korea, from March 2007 to October 2009. As benthic microalgae of tidal flats of Saemangeum lake, 44 species belong to 5 classes were identified. Diatoms predominated the benthic microalgal flora with 75.0% of total species occurred. Dominant species were *Achnanthes lanceolata*, *Aulacoseira granulata*, *Cymbella tumida*, *Fragilaria construens* var. *ventor*, *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, *Nitzschia palea*, and *Paralia sulcata*. The cell density and biomass of benthic microalgae were highest in 2009, and clear tendency of increment was observed at D1 and D2 sites. In vertical profiles, cell density and biomass of the benthic microalgae showed maximum cells and biomass at 0~1 mm depth of sediments from all sampled sites.

**Key words** : Saemangeum lake, tidal flats, benthic microalgae, vertical distribution

## 서 론

우리나라의 서해안에는 한반도와 중국대륙의 하천과 강에 의해 유입된 토사가 침적되어서 이루어진 갯벌이 잘 발달되어 (홍 1998; 고 2009) 다양한 영양단계의 생물들이 건강한 연안생태계를 형성하고 있으며 이들 생물군들이 다양한 서식지와 생태적 지위를 차지하고 있어 생물종 다양성이 높다 (Mulamootil *et al.* 1996; 고 등 1997; Levington 2001) 연안어업에도 중요한 부분을 차지하고 있다 (Archambault and Bourget 1999; Boschker *et al.* 1999; Broitman *et al.* 2001). 갯벌은 생물생산성이 높은 생태계

(Valiela and Teal 1979; Kendrick *et al.* 1998)일 뿐만 아니라 오염에 대한 정화기능, 자연재해나 기후조절의 기능, 그리고 문화적 가치가 커서 그 보존의 의의가 큰 것으로 판단되고 있다 (Sand-Jensen and Borum 1991; Pinckney *et al.* 1994).

그런데 갯벌의 생태학적인 중요성과 경제적 가치의 평가가 어려웠던 지난날 우리나라의 갯벌은 개발의 대상으로 간주되어 많은 인위적인 간섭이 이루어졌다 (고 2009). 서해안의 많은 갯벌은 공단, 농경지, 항만, 도시 등으로 용도가 변경되었으며 금강과 만경강 하구에 형성된 거대한 갯벌을 막는 새만금 방조제가 만들어지면서 넓은 면적의 갯벌이 훼손되었다. 기존 갯벌은 새만금호의 연안이 되어 조석의 활동에 의한 주기적인 영양물질공급 통로가 소실되었고 조간대 구간은 육상식물의 생육지역으

\* Corresponding author: Hak Young Lee, Tel. 062-530-3401, Fax. 062-530-3409, E-mail. haklee@chonnam.ac.kr

로 변했다.

따라서 형태와 기능이 바뀐 새만금호 갯벌의 생태계 현황의 파악은 효율적인 생태계 보존, 복원을 위해 필요한 과정이다. 본 조사에서는 새만금호 연안 생태계 기초 조사의 일환으로 간척지 조성으로 규모와 기능의 변경이 불가피한 갯벌에 분포하는 저서성 부착미세조류의 분포 양상을 조사하여 그 결과를 보고한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사대상지 개요

본 조사는 새만금 간척 사업에 의해 형성된 새만금호로 유입하는 주요 수원인 만경강과 동진강 하구 염습지의 5 지점에서 이루어졌다(Fig. 1). M1 지점은 새만금호로 유입하는 하천인 만경강의 하류부분이고 M2와 M3 지점은 호수 유입부에 위치한다. D1 지점은 동진강의 하류부분이고 D2 지점은 더 상류에 위치하고 있다. M3 지점은 사질이 우세한 저질구조를 보였고 나머지 지점들은 사질과 니질이 섞여있는 저질이다.

### 2. 조사방법

#### 1) 부착조류의 종조성조사

조사대상 갯벌의 저서성 부착미세조류의 전체 출현종 리스트를 작성하기 위해 부착 미세조류가 밀집하여 서식하는 지역의 빨 상부층을 plastic scraper로 긁어 50 mL의 증류수가 든 250 mL 용량의 polyethylene병에 넣고 Lugol's solution으로 고정한 뒤 실험실에서  $\times 400$ 과  $\times 1,000$ 의 배율의 현미경하에서 동정하였다.

생물량은 무작위로 선택한 지점의 갯벌 상부층을 긁어 50 mL의 증류수가 든 250 mL 용량의 polyethylene병에 넣고 Lugol's solution으로 고정한 뒤 현미경  $\times 200$ ,  $\times 400$ 의 배율로 지점 당 100 개체 이상씩 계수하여  $\text{cm}^2$  당 출현 생물량으로 계산하고, 전체 출현종의 5%를 넘거나 가장 높은 농도로 출현한 종을 우점종으로 하였다.

#### 2) 부착조류의 수직분포조사

저서성 부착미세조류의 수직분포를 조사하기 위한 시료는 갯벌의 층을 직경 7.25 cm의 sediment corer를 이용하여 10 cm 깊이까지 수직 층으로 채집하여 층상구조가 파괴되지 않은 상태에서 Lugol's solution으로 고정한 후 저온의 압하에 보관하여 실험실로 운반하였다(Kendrick *et al.* 1998). 운반된 시료를 저온( $-10^\circ\text{C}$ )에서 24시간 이상 동결시킨 후 1 mm 간격으로 표면적  $4\text{cm}^2$ 의 절편을

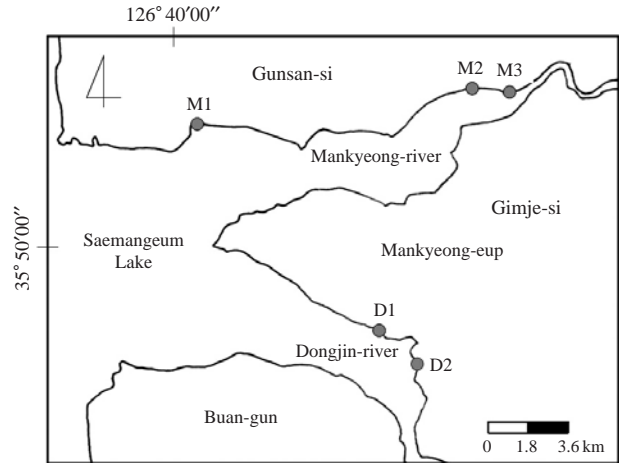


Fig. 1. A map showing the surveyed stations. M1: Mankyeong 1, M2: Mankyeong 2, M3: Mankyeong 3, D1: Dongjin 1, D2: Dongjin 2.

만들어 10 mL의 상온수에 녹인 후 현미경하에서  $\times 200$ ,  $\times 400$  그리고  $\times 1,000$ 의 배율로 출현종을 관찰하여 종을 동정하고 개체수를 계수하여 출현빈도를 계산하였다.

## 결과 및 고찰

새만금호 갯벌에서 동정된 부착조류는 5강의 44종으로 조사되었는데, 이중 규조류가 33종으로 전체 구성종의 75.0%를 차지하여 가장 다양한 조성을 갖는 분류군이었고 녹조류가 4종(9.1%), 남조류가 3종(6.9%), 유글레나조류와 황녹조류가 각 2종으로 4.5%를 차지하였다(Fig. 2).

전체적으로 본 조사지역에서 동정된 부착조류상은 우리나라 서해안 갯벌에서 조사된 부착조류상과 비교했을 때 매우 빈약한 종조성을 나타냈는데(홍 1998; 이 2002) 이는 방조제의 조성으로 조석운동이 원활하지 않아 영양물질의 공급이 제한되고 건조로 인해 갯벌이 경화된 때문으로 보인다(Admiraal and Peletier 1980; Pinckney *et al.* 1994). 출현한 대부분의 종들이 담수성 부착조류로 나타나 조사지역이 상류의 강에서 유입된 담수에 의해 많이 담수화되어가는 것으로 보인다. 서해안 갯벌의 대표적인 해산성 부착조류인 *Paralia sulcata*와 부유성 조류인 *Coscinodiscus*속의 종들은 갯벌 표면 2 mm 이하의 깊이에서 퇴적된 쇄설물로 많이 발견되었다(고 2009).

출현종의 다양도 변동은 지점에 따라 큰 차이를 보여 주었다. 가장 다양한 종은 동진강에 위치한 D1에서 8월에 조사되었는데 총 12종이 동정되었고 평균적으로는

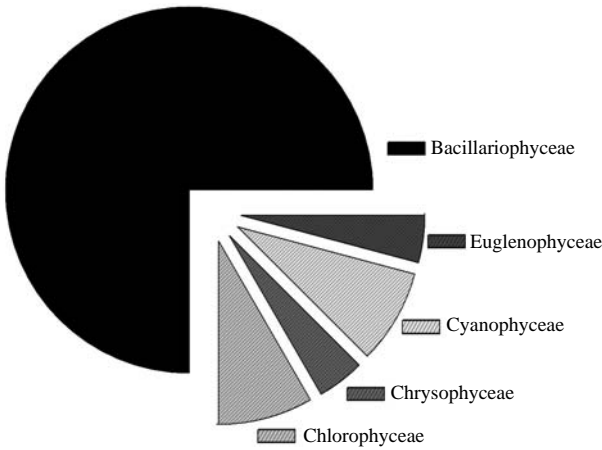


Fig. 2. Relative abundance of each benthic algal class in Saemangeum tidal flats.

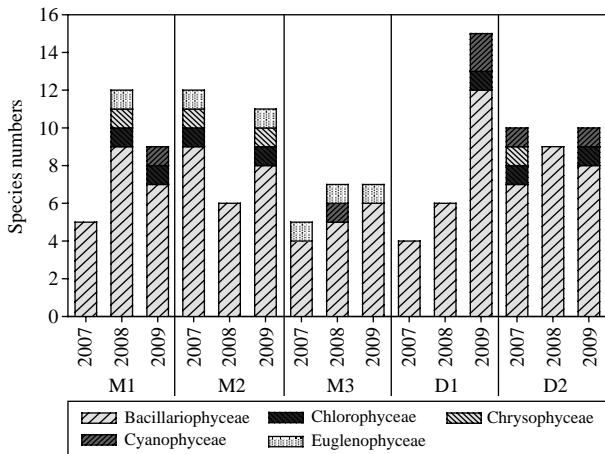


Fig. 3. Yearly distribution of species numbers of each benthic algal class in Saemangeum tidal flats.

D2에서 비교적 다양하게 나타났다 (Fig. 3).

만경강의 지점들에서는 2007, 2008년에 비해 2009년에 출현종 수가 감소했고 동진강의 지점들에서는 증가했다. 출현종 수에서 가장 큰 변동은 D1 지점으로 2007, 2008년에 비해 2배 이상의 종이 동정되었다. M3 지점에서는 전 조사기간 동안 10종 이하의 저서조류가 출현하여 가장 빈약한 종조성을 나타냈다.

규조류는 전 조사지점에서 가장 다양한 종조성을 보이며 출현하였으며 동진강 1 지점에서 12종으로 가장 다양했고 녹조류, 남조류, 외편모조류, 황색조류 등은 일부 지점에서 1~2종씩 조사되었다 (Fig. 3).

주요 우점종은 *Achnanthes lanceolata*, *Aulacoseira granulata*, *Cymbella tumida*, *Fragilaria construens* var. *ventor*, *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula crypto-*

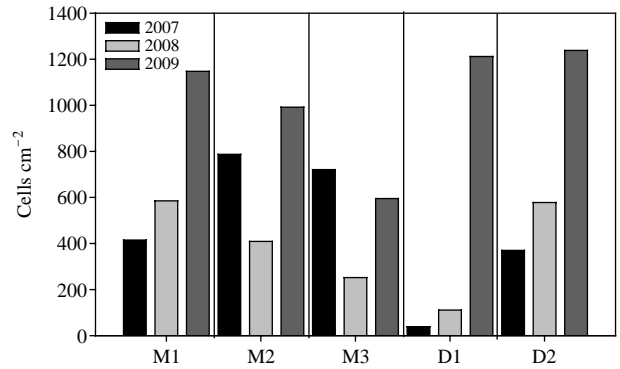


Fig. 4. Yearly distribution of cell numbers of benthic microalgae in Saemangeum tidal flats.

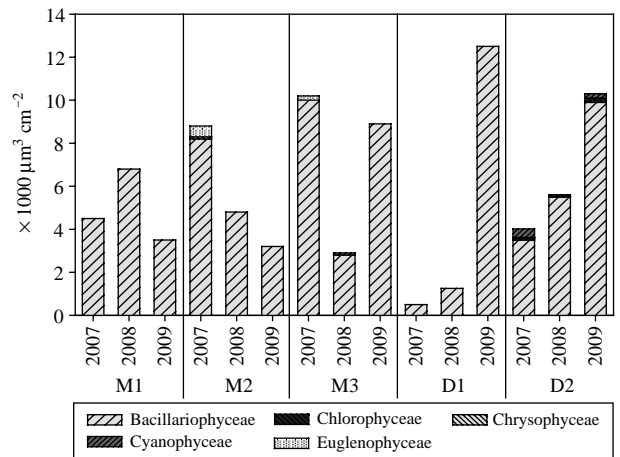


Fig. 5. Yearly distribution of biomass (volume) of benthic microalgae in Saemangeum tidal flats.

*cephala* var. *veneta*, *Nitzschia palea*, *Paralia sulcata* 등으로 모두 규조류였다. 이들 중은 서해안의 다른 지역에서 조사된 서해안의 보편적인 부착조류와 큰 차이를 보이는 데, 이는 본 조사지역의 폐쇄성, 조석의 소멸 등에 따른 것으로 보인다 (이 2002).

개체수 밀도의 연 분포에서는 M3 지점을 제외한 전 조사지점에서 2009년에 가장 높았다 (Fig. 4).

대부분 지점에서 2009년에 2배 이상의 개체수 밀도를 나타냈으며 특히 D1 지점에서는 매우 높은 증가율을 보여주었다.

부착조류의 개체군 밀도는 대부분 규조류에 의한 것이었다. 규조류를 제외한 분류군은 총 개체수의 10% 이하로 전체적으로 비중이 매우 낮았다. 이것은 갯벌 부착조류 종조성이나 개체군 밀도양상에서 일반적인 현상이다 (Pinckney et al. 1994; 이 2002).

부착조류 생물량의 연도별 변화 양상에서는 개체수의

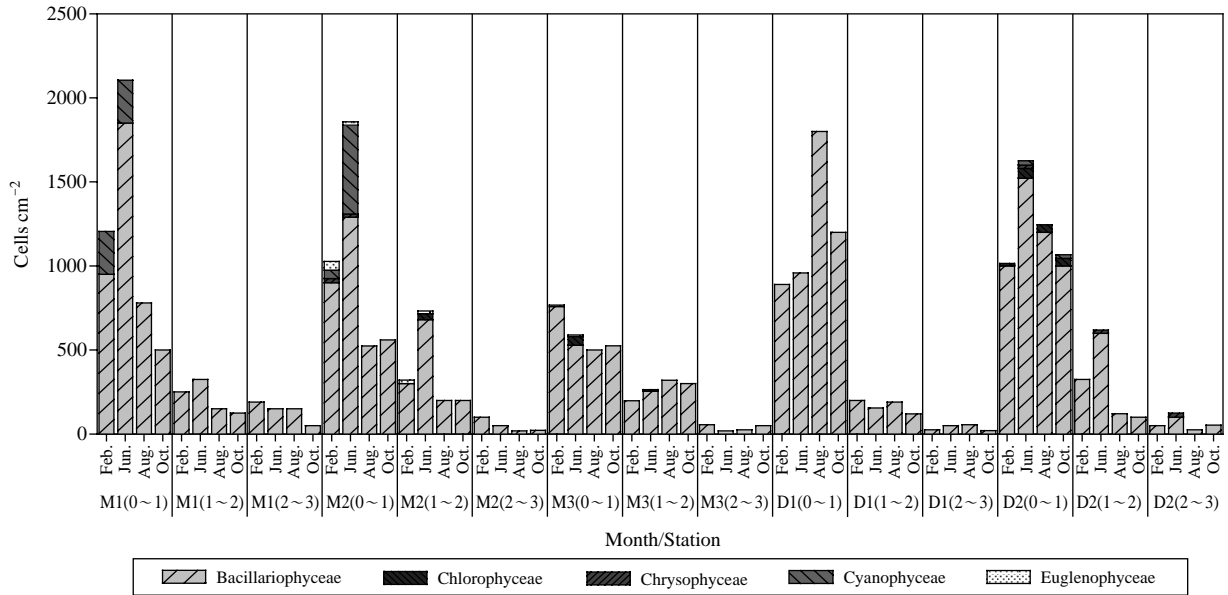


Fig. 6. Vertical distribution of cell numbers of benthic microalgae in Saemangeum tidal flats.

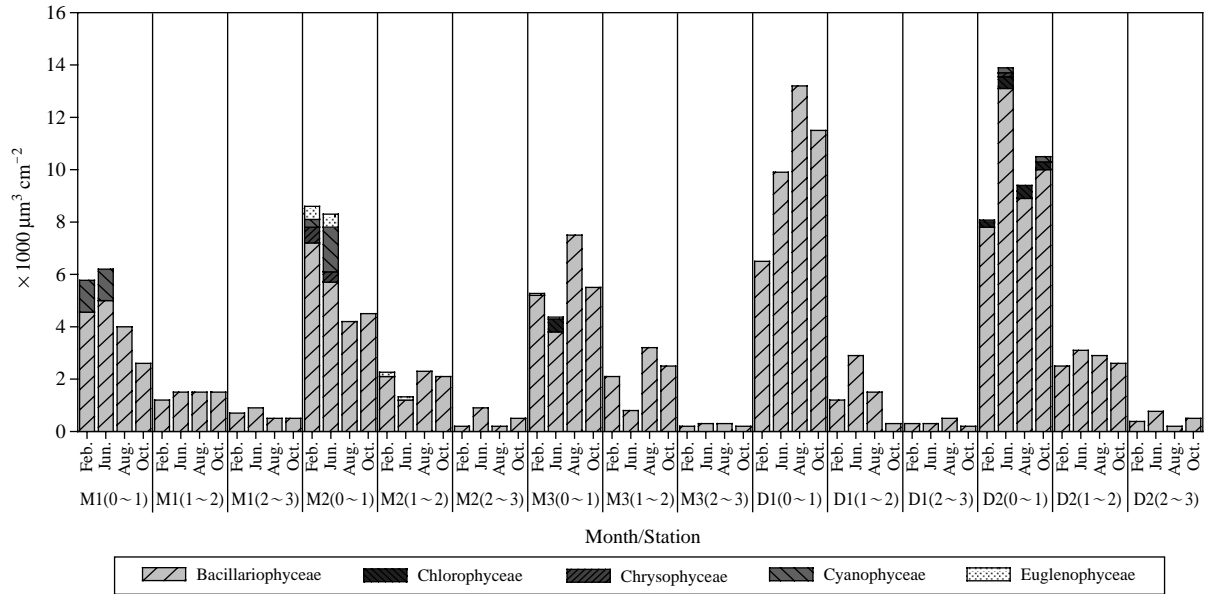


Fig. 7. Vertical distribution of biomass (volume) of benthic microalgae in Saemangeum tidal flats.

변화에서와 마찬가지로 2009년에 가장 높은 생물량을 보여주었고, D1과 D2 지점에서는 2007, 2008년의 생물량과 큰 차이를 나타냈다(Fig. 5). 연변화의 패턴분석에서 M2 지점은 감소의 경향을 보여주었고 D1과 D2 지점에서는 뚜렷한 증가 경향을 나타냈다.

분류군별 생물량 기여에서는 규조가 90% 이상을 차지하였고 기타 분류군은 M2와 D2 지점에서 생물량의 일부분을 차지하였다.

새만금호 갯벌의 부착조류는 뚜렷한 수직분포를 나타냈다. 단위면적당 개체수는 2월의 만경 1 지점 0~1 mm 깊이에서 2,011 cells cm<sup>-2</sup>로 가장 높은 밀도를 나타냈고 1~2, 2~3 mm 깊이에서 대부분 낮게 나타났으며 0~1 mm 깊이의 동진 1 지점에서도 낮은 밀도를 나타냈다(Fig. 6).

부착조류의 기하학적 형태를 토대로 계산한 생물량은 동진 2 지점의 0~1 mm 깊이에서 1.35 × 10<sup>3</sup> μm<sup>3</sup> cm<sup>-2</sup>로

가장 높게 나타났다(Fig. 7). 그러나 전체적으로 전 조사 지점에서 부착조류의 생물량이 매우 낮았으며 특히 만경 1, 2, 3 지점에서는 전 조사 깊이에서  $9.0 \times 10^3 \mu\text{m}^3 \text{cm}^{-2}$  이하의 매우 낮은 생물량을 보여주었다. 전체적으로 0~1 mm 깊이에서 가장 높은 생물량을 나타냈고 2~3 mm 깊이에서 최소의 생물량을 나타냈다. 분류군별 생물량 기여 정도는 규조류가 가장 높았고 남조류가 만경 1, 2 지점에서 일부 기여하였으나 기타 종들은 전체 생물량의 극히 일부분을 차지하였다.

부착조류의 개체수와 생물량의 수직분포 분석에서 두 항목 모두 최상층에서 가장 높았다. 이것은 대부분의 갯벌에서 관찰되는 부착조류의 수직이동현상(Pinckney *et al.* 1994; 이 2002)이 본 조사지역에서는 제한적이거나 거의 일어나지 않음을 의미한다. 일반적으로 부착 미세조류의 수직이동은 실트와 점토의 비율이 높은 갯벌에서 보다 사질의 갯벌에서 더 크게 나타나고(Pinckney *et al.* 1994) 포식자의 분포에 의한 영향도 있는데(Dawes 2005), 본 조사지점의 토양조성에서 실트와 점토의 비율이 높고 조석이 제한되면서 더 단단해 진 때문으로 추측된다(Pinckney *et al.* 1994; 홍 1998; Van de Koppel *et al.* 2001).

본 조사에서 새만금 갯벌의 부착 미세조류는 출현종 수, 세포수, 생물량 분포 등에서 지점간의 변이가 큰 것으로 나타났는데, 이는 갯벌에서는 부착 미세조류의 조각성 분포(patchy distribution)가 매우 심해 동일 갯벌에서도 시료 채취지점에 따른 변이가 크기 때문으로 보인다(Wolfstein 2000; 이 2002). 그리고 낮은 부착조류 생물량은 갯벌의 소멸과 관련이 있는데, 이는 먹이망의 변동을 유발하여 종다양도를 떨어뜨리는 효과를 나타낼 것이다.

## 적 요

새만금호의 염습지에 위치한 갯벌 5 지점에서 동정된 부착조류는 5강의 44종이었으며 규조류가 33종으로 가장 다양한 조성을 나타냈다. 2007년 이후 연도별 출현종 수에서는 전체적으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 출현종 수가 가장 크게 변동한 곳은 D1 지점으로 2009년에는 전년에 비해 2배 이상의 종이 출현하였다. 부착조류 개체수는 대부분 규조류에 의한 것이었다. 세포수와 생물량은 2009년에 가장 높았으며, D1과 D2 지점에서 큰 증가를 나타냈다.

부착조류의 개체군 밀도와 생물량은 갯벌의 표층에서 가장 높았다. 개체군 밀도는 2월의 만경 1 지점 0~1 mm 깊이에서  $2,011 \text{ cells cm}^{-2}$ 로 가장 높았다. 생물량은 D2

지점의 0~1 mm 깊이에서  $1.35 \times 10^3 \mu\text{m}^3 \text{cm}^{-2}$ 로 가장 높게 나타났다.

## 사 사

본 연구는 국가장기생태연구사업의 지원으로 수행된 연구입니다.

## 참 고 문 헌

- 고철환. 2009. 한국의 갯벌. 서울대학교 출판부, 서울.
- 고철환, 박 철, 유신재, 이원재, 이태원, 장창억, 최중기, 홍재상, 허형택. 1997. 해양생물학. 서울대학교출판부, 서울.
- 이학영. 2002. 한국 남서부 갯벌의 저서성 미세조류의 대상 분포와 수직분포에 미치는 이화학적 요인의 효과에 관한 비교. 한국환경과학회지. 11:529-535.
- 홍재상. 1998. 한국의 갯벌. 대원사, 서울.
- Admiraal W and H Peletier. 1980. Influence of seasonal variations of temperature and light on the growth rate of cultures and natural populations of intertidal diatoms. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2:35-43.
- Archambault P and E Bourget. 1999. Influence of shoreline configuration on spatial variation of meroplanktonic larvae, recruitment and diversity of benthic subtidal communities. Exp. Mar. Biol. Ecol. 238:161-184.
- Boschker HTS, JFC de Brouwer and TE Cappenberg. 1999. The contribution of macrophyte-derived organic matter to microbial biomass in salt-marsh sediments: stable carbon isotope analysis of microbial biomarkers. Limnol. Oceanogr. 44:309-319.
- Broitman BR, SA Navarrete, F Smith and SD Gaines. 2001. Geographic variation of southeastern Pacific intertidal communities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 224:21-34.
- Kendrick GA, LS Langtry, J Fitzpatrick, R Griffiths and CA Jacoby. 1998. Benthic microalgae and nutrient dynamics in wave-disturbed environments in Marmion Lagoon, Western Australia, compared with less disturbed mesocosms. Exp. Mar. Biol. Ecol. 228:83-105.
- Levinton JS. 2001. Marine Biology: Function, Biodiversity and Ecology, 2nd Ed. Oxford University Press, Oxford.
- Lorenzen CJ. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 12:343-346.
- Pinckney J, Y Piceno and CR Lovell. 1994. Short-term changes in the vertical distribution of benthic microalgal biomass in intertidal muddy sediments. Diatom Res. 9:143-153.
- Sand-Jensen K and J Borum. 1991. Interactions among phyto-

- plankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. *Aquatic Botany* 41:137-175.
- Valiela I and JM Teal. 1979. Nitrogen budget of a salt marsh ecosystem. *Nature* 280:702-724.
- Van de Koppel J, PMJ Herman, P Thoolen and CHR Heip. 2001. Do alternate stable states occur in natural ecosystems? Evidence from a tidal flat. *Ecology* 82:3449-3461.
- Wolfstein K, F Colijn and R Doerffer. 2000. Seasonal dynamics of microphytobenthos biomass and photosynthetic characteristics in the northern German Wadden Sea, obtained by the photosynthetic light dispensation system. *Est. Coast. Shelf Sci.* 51:651-662.

Manuscript Received: December 15, 2010  
Revision Accepted: January 20, 2011  
Responsible Editor: Han Soon Kim