

태안반도 하계 해조상 및 군집구조

유현일 · 이지희 · 이기훈 · 백상흠¹ · 허영범¹ · 노형수¹ · 최한길*
 원광대학교 생명과학부, ¹태안해안국립공원 사무소

Summer Marine Algal Floras and Community Structures in Taean Peninsula, Korea

Hyun Il YOO, Ji Hee LEE, Ki Hun LEE, Sang Hum BAEK¹, Young Beam HEO¹,
 Hyoung Soo NOH¹ and Han Gil CHOI*

Faculty of Biological Science, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 570-749, Korea
¹Taeanhaean National Park office, Taean-gun, Chungnam, Korea

The benthic marine algal flora and community structure were examined at five sites of the Taean Peninsula, Korea, during July-August 2005. Ninety-six algal species were identified, including 14 green, 21 brown, and 60 red algae, and 1 marine plant. The common species that occurred at the five sites were *Sargassum thunbergii*, *Gelidium divaricatum*, *Caulacanthus okamurae*, *Gracilaria vermiculophylla*, and *Neorhodomela aculeata*. *Sthunbergii* was the dominant species in terms of coverage and biomass at all of the study sites. The average biomass varied from 23.72 g/m² in dry weight at Chaeoseokpo to 66.43 g/m² at Padori. The species could be divided into six functional groups in terms of morphological characteristics: 41 coarsely branched forms, 25 filamentous forms, 16 sheet forms, 7 thick leathery forms, including the marine plant *Phyllospadix iwatensis*, 4 crustose forms, and 3 jointed calcareous forms. The seaweed communities at the five study sites were unstable and the environmental conditions were bad or very bad. Among the five study sites, the ecological evaluation index (EEI) and diversity index (H') were maximal at Padori at 2.29 and 1.98, respectively. By contrast, the dominance index (DI) was minimal at Padori (0.55) and maximal at Baramarae (0.96). Therefore, we conclude that the rocky shore at Padori has the best environment among the five study sites, although the species richness and biomass of seaweeds have declined continuously over the last 10 years.

Key words: Algal flora, Biomass, Community, Diversity, Dominant species, Ecological evolution index, Functional form

서론

생물상(flora)에 의한 해양환경의 평가는 생물군집이 환경의 변화에 반응하는 현상을 이용하는 것으로 수질 분석기기로 분석할 수 없는 미지의 오염물질이나 수회 반복 측정해야만 가능한 어떤 해역의 수질환경 평가를 종합적으로 측정가능한 방법이다. 해조류는 연안 해양생태계의 일차생산자로서 어패류의 산란장, 생육장 및 은신처로 생태학적으로 중요한 역할을 수행하고 있으며, 부착생물로서 생물학적, 무생물학적 환경의 변화에 따라 종다양성, 출현종 및 생물량이 변화하는 특징때문에 생물지시자(bio-indicator)로 사용 가능하다(Orfanidis et al., 2001; Arévalo et al., 2007). 즉, 어떤 해역에 교란(turbulence), 퇴적(sedimentation) 및 생활폐기물과 같은 환경적 스트레스가 증가되면 해조류의 종다양성, 생물량 및 피도는 감소한다(Arévalo et al., 2007).

환경스트레스의 증감은 서식하는 생물종의 변화를 초래하는데, Grime (1977)이 제안한 환경 변화에 따른 육상식물의 3가지 모델은 해조류에서도 동일하게 적용되는 것으로 나타

났다(Diez et al., 1999; Arévalo et al., 2007). 환경적 스트레스가 적은 곳에 서식하는 경쟁종(competitors)은 스트레스(오염, 교란 등)가 증가되면 스트레스-내성종(stress-tolerators)으로, 심각한 교란이나 부영영화 해역에서는 기회종(opportunists)으로 대체됨과 동시에 종다양성이 감소한다고 하였다(Diez et al., 1999; Arévalo et al., 2007). 예를 들면, 부영영화 해역에서는 천이(succession)과정에서 늦게 출현하는 *Cystoseira*와 *Fucus*종과 같은 다년생 해조류(perennial seaweeds)가 기회종인 *Ulva*와 *Enteromorpha*종과 같은 엽상형인 일년생 해조류로 대체되어진다는 것이다(Orfanidis et al., 2001, 2003). Littler and Littler (1984)는 해조류를 외부형태와 내부구조, 광합성율, 초식자의 섭식에 대한 생존전략에 따라 6가지 기능형군으로 구분하였다. Orfanidis et al. (2001)은 6가지 기능형군을 근거로 생장이 느린 다년생 해조류인 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form), 각상형(crustose form)을 생태학적 상태그룹(Ecological State Group)인 ESG I으로, 상대적으로 빠른 생장을 보이는 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분기형(coarsely branched form)의 해조류를 ESG II로 구분하고, ESG I에 속하

*Corresponding author: hgchoi@wku.ac.kr

는 해조류의 피도 혹은 생물량이 많으면 부영양화, 교란과 같은 인간의 간섭이 적은 지역이며, 상대적으로 ESG II에 속하는 해조류가 많으면 오염도가 높은 지역으로 판정하였다.

서해안에서 해조류에 대한 연구는 남조류를 포함하여 140종을 기재한 Kang (1966)의 해조상 연구를 시초로 하여, 연안과 도서지역에서 많은 해조류가 기록되어 총 395종으로 정리되었다 (Kim, 1994). Sohn (1987)은 서해안에서 출현한 해조류를 Littler and Littler (1984)가 주장한 6가지 기능형 그룹으로 나누는 방법을 도입하였고 이후 기능형 그룹은 조사해역의 해조상, 생물량, 피도 및 우점종 파악을 위한 중요도 (importance value) 분석과 함께 해조류 생태연구의 중요한 방법으로 사용되었다 (Hwang et al., 1996; Lee et al., 2000). Hwang et al. (1996)은 원자력발전소의 온배수가 해조류의 기능형의 구성비율에 영향을 주는 것으로 판단하였다.

본 연구는 서해안 태안반도의 해조류 식생 자료가 미비한 5개 정점을 선정하여 해조류의 하계 종조성, 생물량, 피도, 중요도, 우점도, 종다양성, 기능형 구성, 및 생태학적 상태그룹 비교를 통하여 상대적인 오염의 정도를 파악하였다.

재료 및 방법

채집방법

해조류는 우리나라 서해 중부에 위치한 태안반도의 5개 지역 (파도리, 마섬, 채석포, 꽃지, 바람아래)에서 2005년 7월에 정량 및 정성 채집되었다 (Fig. 1). 생물량 측정을 위한 정량 조사는 10 cm×10 cm로 구획된 방형구 (50 cm×50 cm)를 각 정점의 조건대 상부, 중부 및 하부에 놓고 방형구 내에 출현하는 해조류의 빈도 및 피도를 현장에서 야장에 기록한 후 끝을 이용하여 전량 채집하였다. 해조류의 종조성을 파악하기 위해서는 조사해역에 서식하는 모든 해조류를 정성 채집하였다. 채집된 해조류는 현장에서 포르말린-해수 용액 (5-10%)으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 현미경을 사용하여 동정하였으며, 출현종 목록 및 국명은 Lee and Kang (2001)에 따랐다.

정량 채집된 해조류는 수회 담수로 세척하여 모래 및 불순물을 제거하고, 동정한 후 60℃로 세팅된 건조기에서 7일 동안 건조하여 건조량을 측정하고 단위 면적당 (m²) 생물량으로 환산하였다. 피도는 현장에서 Braun-Blanquet (1964) 피도 등급에 의해 기록된 야장을 근거로 단위 면적당 피복 백분율로써, 빈도는 전체 조사 방형구 수에 대한 대상 종의 출현 방형구 수의 비로 구하였다. 상대 피도는 방형구 내의 전 출현종의 피도 합에 대한 대상 종의 피도 백분율로, 상대 빈도는 방형구 내의 전 출현종의 빈도 합에 대한 대상 종의 빈도 백분율로 구하였다. 조사정점의 우점종을 알아낼 수 있는 중요도는 상대피도와 상대빈도의 산술 평균으로 계산하였다.

정점별로 모든 방형구의 평균 피도를 구하고 정성자료와 함께 풍도지수 (richness index, R), 다양도지수 (diversity index, H')와 균등도지수 (evenness index, E)를 SPDIVERS.BAS program (Ludwig and Reynolds, 1988)을 이용하여 계산하였다.

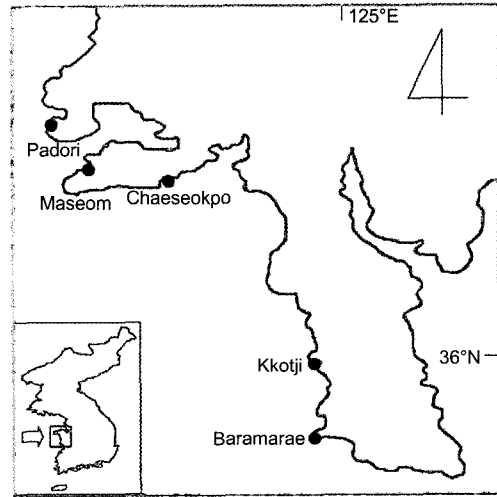


Fig. 1. Location of the five study sites at Taean peninsula of Korea.

다양도지수는 출현종수 (species richness)와 종간의 풍도 데이터 (생물량, 피도 등)의 분포인 균등도 (species evenness)에 의해 결정되므로 다양도지수는 풍도지수 및 균등도 지수와 일치하는 것은 아니다 (Ludwig and Reynolds, 1988). 즉, 풍도지수는 출현종수가 많으면 높고 균등도지수는 많은 종의 풍도가 유사하면 높은 값을 보인다. 예를 들면, 10개의 종으로 구성된 한 군집에서 1종이 90%이고 9종이 남은 10%를 구성하면 균등도 지수는 낮고 각 종이 모두 10%씩이면 균등도는 최대이다. 해조류의 풍도지수는 Margalef (1958)의 지수, 다양도지수는 Shannon's 지수, 우점도 지수 (dominance index)는 McNaughton (1967)의 계산식에 의해 산출되었다.

$$\text{우점도 지수 (DI)} = n_1 + n_2/n$$

$$(n_1 = \text{제 1 우점종 피도}, n_2 = \text{제 2 우점종 피도},$$

$$N = \text{방형구내 총 피도})$$

우점종 (dominant species)은 군집 내에서 가장 보편적이고 높은 피도를 보이는 종으로서 군집에 대한 상대적인 기여도로 산출되는 중요도를 기준으로 판정하는 것이 적절하다고 함으로써 (Barbour et al., 1987; Koh, 1990), 본 연구에서 제 1, 제 2 우점종은 중요도에 의해 결정되었다.

해조류의 기능형은 출현종의 형태 및 내부구조에 따라 엽상형 (Sheet form), 사상형 (Filamentous form), 성긴분기형 (Coarsely Branched form), 다육질형 (Thick Leathery form), 유절산호말형 (Jointed Calcareous form), 각상형 (Cructose form)의 6개 그룹으로 구분되었다 (Littler and Littler, 1984). 해조류의 기능형을 토대로 하여 생물학적상태그룹 (Ecological stage group)인 ESG I (다육질형, 유절산호말형, 각상형)과 ESG II (엽상형, 사상형, 성긴분기형)로 구분되었다 (Orfanidis et al., 2003). 생태학적 평가지수 (Ecological evaluation index, EEI)는 ESG I에 속하는 해조류 피도의 합과 ESG II의 피도 합의 비율로 계산되며 5단계 (Bad, Low, Moderate, Good, High)로 구분되며 2-10점

(단계별 2점)의 범위를 가진다(Orfanidis et al., 2001; 2003).

조사지 개황

서해안은 한반도와 중국 대륙으로 둘러싸인 연해로서 크고 작은 섬이 많고 해저지형과 해안선이 복잡한 전형적인 리아스식 해안이다. 쿠로시오 난류가 분리되어 제주도 서쪽을 지나 북상하는 황해난류의 영향을 받는 지역으로 해류는 봄-여름에는 발해만까지 유입되지만, 가을-겨울에는 서해 연안수가 크게 형성되어 남하하기 때문에 서해연안으로 북상하지 못한다. 이러한 이유로 수온은 여름철에 27-28℃, 겨울철에 4-6℃로 수온의 연교차가 매우 크다. 염분도는 연안수의 유입으로 인하여 동해와 남해의 35‰보다 다소 낮은 31-32‰을 나타낸다. 서해안의 조수 간만의 차는 약 0.3-8.0 m로 동해와 남해안의 0.3-3.0 m에 비해 매우 크며, 본 연구 대상 해안의 조수간만의 차이는 약 6.0 m이다. 또한, 서해안은 갯벌이 매우 발달되어 있으며 높은 조차에 의한 부니의 영향으로 투명도가 매우 낮고, 암반 또한 굴 껍질과 따개비로 덮여 있고, 부유물질이 퇴적되어 있어 해조류의 식생에 있어 남해 및 동해안에 비하여 매우 빈약한 곳이다.

결 과

종 조성

태안반도 5개 정점에서 하계에 출현한 해조류는 녹조 14종, 갈조 21종, 홍조 60종, 현화식물 1종으로 총 96종이었으며 (Table 1), 분류군별 구성비는 녹조류 14.58%, 갈조류 21.88%, 홍조류가 62.50%를 차지하여, 홍조류가 출현빈도가 높은 분류군으로 나타났다. 지역별 종수와 분류군별 구성비는 파도리에서 37종으로 녹조 3종 (8.11%), 갈조 7종 (18.92%), 홍조 26종 (70.27%), 현화식물 1종 (2.70%), 마섬에서 34종으로 녹조 7종 (20.59%), 갈조 4종 (11.76%), 홍조 22종 (64.71%), 현화식물 1종 (2.94%)이었다. 채석포에서는 총 48종으로 녹조 6종 (12.50%), 갈조 13종 (27.08%), 홍조 29종 (50.00%), 꽃지해안에서 총 58종으로 녹조 6종 (10.34%), 갈조 10종 (17.24%), 홍조 41종 (70.69%), 현화식물 1종 (1.72%), 바람아래에서 출현종은 총 12종으로 녹조 1종 (8.33%), 갈조 1종 (8.33%), 홍조 10종 (83.33%)으로 해조류의 출현종수는 꽃지 해안에서 최대를, 바람아래에서 최저였다. 5개의 정점에서 홍조류의 비율은 모두 50%이상을 차지하였으며, 녹조류의 비율은 8-21%로 마섬에서 7종으로 최대를 보였고, 갈조류는 채석포에서 출현종의 27%인 13종이 관찰되어 최대였다.

5개 정점에서 모두 출현한 종은 5종 (*Sargassum thunbergii*, *Gelidium divaricatum*, *Caulacanthus okamurae*, *Gracilaria vermiculophylla*, *Neorhodomela aculeata*)으로 나타났으며, 채석포에서는 서해안에서 잘 관찰되지 않는 *Chorda filum*이, 마섬에서는 *Desmarestia viridis*가 출현하였다 (Table 1). 한편, 꽃지에서는 구충제로 사용되며, 김치에도 넣는 유용종인 *Codium fragile*가 출현하였으며, 이외에도 동·남해안에서는 비교적 쉽게 관찰되지만 서해안에서 자주 볼 수 없는 홍조류

의 *Dasya sessilis*와 *Heterosiphonia japonica*가 채석포에서 서식하는 것을 알 수 있었다. 환경오염의 심화로 인하여 연안에서 점차 사라져 가는 멸종 위기종인 *Silvetia siliquosa* (= *Pelvetia siliquosa*, *P. wrightii*)가 채석포와 파도리 암반에서 출현하였으며, 연구 대상지역 중 인간의 출입이 잦은 지역에서 출현하는 오염지표종인 *Enteromorpha* spp.는 마섬의 조간대 하부에서, *Codium fragile*와 *Cladophora* sp.는 꽃지 해안에서 동정되었다.

수직분포

해조류의 생물량과 피도에 따른 우점종 (dominant species)의 수직분포를 보면, 파도리의 조간대 상부에서는 *C. okamurae* (0.13 g, 5.17%), *Ahnfeltia paradoxa* (7.82 g, 0.94%), *Neorhodomela aculeata* (3.87 g, 0.81%)가 골고루 출현하였고, 중부에는 *Corallina pilulifera* (46.41 g, 13.19%), *Chondria crassicaulis* (3.58 g, 1.56%)가 쉽게 관찰되었다. 조간대 하부에서는 *C. pilulifera*가 생물량 (49.85 g)과 피도 (6.38%)에서 높은 값을 보였고, *S. thunbergii* (32.90 g, 7.38%)와 *Ulva pertusa* (13.62 g, 6.81%)도 주요종으로 나타났다.

마섬의 조간대 상부에서는 *Ceramium kondoi*가 생물량 (14.60 g)과 피도 (2.06%)에서 우점종으로 관찰되었고, 중부에서는 *S. thunbergii* (48.50 g, 10.50%)와 *C. kondoi* (14.11 g, 1.50%)가, 하부에서는 파래류인 *Enteromorpha linza* (4.76 g, 15.00%)와 *E. intestinalis* (2.44 g, 9.00%)가 우점하였다.

채석포 해안에서는 *G. vermiculophylla*가 조간대 상부와 중부에서, *U. pertusa*는 조간대 상부-중부-하부에서 고루 분포하였다. *G. vermiculophylla*의 생물량은 상부에서 단위면적당(m²)당 2.65 g과 피도 6.93%를 보였고, 중부에서 생물량 3.14 g, 피도 2.81%를 나타냈다. *U. pertusa*는 생물량이 상부 (2.44 g), 중부 (2.89 g), 하부 (59.66 g)로 하부에서 최대였으며, 피도는 상부-중부-하부의 순서로 1.88, 2.63, 17.40%로 생물량과 유사한 경향을 보였다.

꽃지 해안에서는 상부에서 *S. thunbergii*가 생물량 29.20 g, 피도 9.13%를 보였고, *C. okamurae*가 생물량 4.17 g과 피도 2.38%로 쉽게 발견되는 종이였다. 중부에서도 *S. thunbergii* (28.11 g, 1.69%)가 우점하였고 *A. flabelliformis* (1.14 g, 0.69%)와 *U. pertusa* (17.92 g, 0.31%)도 암반에 고루 분포하였다. 조간대 하부에서는 *U. pertusa*가 생물량 (38.37 g)과 피도 (31.31%)에서 *S. thunbergii* (13.45 g, 0.81%)와 함께 우점하고 있었다.

바람아래의 조간대 상부에서는 *A. flabelliformis* (3.57 g, 0.94%)가, 중부와 하부에서는 *S. thunbergii*와 *C. okamurae*가 우점적인 출현을 보였다. 조간대 중부에서 *S. thunbergii*의 생물량은 103.92 g, 피도는 24.19%였으며, 하부에서는 46.82 g과 9.56%의 피도를 나타냈다. 한편, *C. okamurae*의 피도는 중부에서 4.89% (0.44 g), 하부에서 2.25% (0.13 g)를 보였다.

생물량 및 피도

조간대에서 조위별 해조류 생물량 (biomass, g/m²)은 조사점별로 상이한 양상을 보였다 (Fig. 2). 파도리에서는 조위별로

Table 1. Marine algal lists, biomass (g dry wt/m²), and functional (F) form at the five study sites in Taean peninsula, western coast of Korea

| Species | Site | Padori | Maseom | Chaeoseokpo | Kkotji | Baramarae | F-form |
|--|------|--------|--------|-------------|--------|-----------|--------|
| Chlorophyta | | | | | | | |
| <i>Blidingia minima</i> | | + | | | | | F |
| <i>Enteromorpha clathrata</i> | | | + | | | | S |
| <i>Enteromorpha compressa</i> | | | 0.69 | + | | | S |
| <i>Enteromorpha intestinalis</i> | | | 0.81 | | | | S |
| <i>Enteromorpha linza</i> | | + | 1.59 | + | | | S |
| <i>Enteromorpha</i> sp. | | | + | + | | | S |
| <i>Ulva conglobata</i> | | | | + | | | S |
| <i>Ulva pertusa</i> | | 4.54 | 0.22 | 21.66 | 18.76 | | S |
| <i>Urospora penicilliformis</i> | | | | | | + | F |
| <i>Cladophora sakaii</i> | | | | | + | | F |
| <i>Cladophora</i> sp. | | | | | + | | F |
| <i>Bryopsis hypnoides</i> | | | | | + | | F |
| <i>Bryopsis plumosa</i> | | | + | + | + | | F |
| <i>Codium fragile</i> | | | | | + | | CB |
| Phaeophyta | | | | | | | |
| <i>Ectocarpus confervoides</i> | | | + | + | + | | F |
| <i>Ralfsia verrucosa</i> | | 0.69 | | | + | | C |
| <i>Ishige okamurae</i> | | | | | + | | CB |
| <i>Ishige sinicola</i> | | | | + | 0.59 | | CB |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Myelophycus simplex</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Punctaria latifolia</i> | | | | | + | | TL |
| <i>Sphacelaria furcigera</i> | | | | + | + | | F |
| <i>Sphacelaria yamadae</i> | | | | + | | | F |
| <i>Desmarestia viridis</i> | | | + | | | | CB |
| <i>Undaria pinnatifida</i> | | + | + | | | | TL |
| <i>Chorda filum</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Laminaria japonica</i> | | + | | | | | TL |
| <i>Dictyopteris divaricata</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Dictyopteris undulata</i> | | | | | + | | CB |
| <i>Dictyota dichotoma</i> | | + | | | + | | S |
| <i>Dilophus okamurae</i> | | | | + | | | S |
| <i>Silvetia (=Pelvetia) siliquosa</i> | | + | | ++ | + | | CB |
| <i>Sargassum (=Hizikia) fusiformis</i> | | | | | | | CB |
| <i>Sargassum confusum</i> | | + | | + | | | CB |
| <i>Sargassum micracanthum</i> | | | | 0.13 | 23.59 | 50.25 | CB |
| <i>Sargassum thunbergii</i> | | 10.97 | 16.17 | | | | CB |
| Rhodophyta | | | | | | | |
| <i>Goniotrichum alsidii</i> | | + | | | + | | F |
| <i>Erythrotrichia carnea</i> | | | | | | | F |
| <i>Porphyra seriata</i> | | | + | | | | S |
| <i>Porphyra</i> sp. | | | + | | | | S |
| <i>Galaxaura falcata</i> | | | | + | + | 0.07 | CB |
| <i>Gelidium amansii</i> | | 0.72 | 0.02 | + | + | + | CB |
| <i>Gelidium divaricatum</i> | | + | + | | + | | CB |
| <i>Gelidium pusillum</i> | | | + | | + | | CB |
| <i>Pterocladia tenuis</i> | | + | | | | | CB |
| <i>Dumontia simplex</i> | | | + | | + | | S |
| <i>Fosliella zostericola</i> | | | | + | | | C |
| <i>Lithothamnion okamurae</i> | | | + | | | + | C |
| <i>Lithothamnion cystocarpioideum</i> | | | | + | | | C |
| <i>Amphiroa dilatata</i> | | | | + | + | | JC |
| <i>Corallina officinalis</i> | | | | + | 0.03 | | JC |
| <i>Corallina pilulifera</i> | | 32.09 | | | 1.35 | | JC |
| <i>Carpopeltis affinis</i> | | + | 0.40 | + | 0.25 | | CB |
| <i>Grateloupia filicina</i> | | + | + | + | + | | CB |

+, species present; S, Sheet form; F, Filamentous form; CB, Coarsely Branched form; TL, Thick Leathery form; JC, Jointed Calcareous form; C, Crustose form.

Table 1. contiued

| Species | Site | Padori | Maseom | Chaeseokpo | Kkotji | Baramarae | F-form |
|-------------------------------------|------|--------|--------|------------|--------|-----------|--------|
| <i>Grateloupia prolongata</i> | | 1.15 | + | | + | | CB |
| <i>Grateloupia turuturu</i> | | + | | | | | TL |
| <i>Halymenia dilatata</i> | | | + | | | | CB |
| <i>Pachymeniopsis elliptica</i> | | | | | + | | TL |
| <i>Prionitis patens</i> | | + | | | + | | CB |
| <i>Gloiopeltis furcata</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Kallymenia crassiuscula</i> | | + | | + | | | S |
| <i>Tsengia nakamurae</i> | | | | | + | | CB |
| <i>Caulacanthus okamurae</i> | | 0.07 | + | + | 1.39 | 0.19 | F |
| <i>Plocamium telfairiae</i> | | | | + | | | S |
| <i>Gracilaria textorii</i> | | | + | + | + | | TL |
| <i>Gracilaria vermiculophylla</i> | | 0.93 | + | 1.93 | + | + | CB |
| <i>Ahnfeltia plicata</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Ahnfeltiopsis paradoxa</i> | | 5.26 | | + | + | + | CB |
| <i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i> | | + | 0.27 | | 0.50 | 1.19 | CB |
| <i>Chondrus ocellatus</i> | | 0.32 | + | | 0.05 | | CB |
| <i>Chondracanthus tenellus</i> | | + | | | | | CB |
| <i>Chrysomenia wrightii</i> | | | + | | + | | CB |
| <i>Lomentaria catenata</i> | | | | + | | | CB |
| <i>Lomentaria hakodatensis</i> | | + | | + | + | | CB |
| <i>Champia bifida</i> | | | | + | | | F |
| <i>Champia japonia</i> | | | | | + | | F |
| <i>Campylaeophora crassa</i> | | + | | | | | F |
| <i>Ceramium japonicum</i> | | + | | + | | | F |
| <i>Ceramium kondoi</i> | | + | 9.57 | + | 0.24 | | F |
| <i>Ceramium tenerrimum</i> | | | | | + | | F |
| <i>Ceramium sp.</i> | | | | + | + | | F |
| <i>Acrosorium polyneurum</i> | | | | | + | | S |
| <i>Acrosorium yendoi</i> | | 4.85 | | | + | | S |
| <i>Dasya sessilis</i> | | | | + | + | | F |
| <i>Heterosiphonia japonica</i> | | | | + | | | F |
| <i>Chondria crassicaulis</i> | | 2.67 | | + | + | | CB |
| <i>Laurencia intermedia</i> | | | | | + | | CB |
| <i>Laurencia okamurae</i> | | | | | + | | CB |
| <i>Neorhodomela aculeata</i> | | 1.29 | 0.35 | + | 0.28 | + | CB |
| <i>Neosiphonia decumbens</i> | | | | | | + | F |
| <i>Polysiphonia japonica</i> | | | + | + | + | | F |
| <i>Polysiphonia morrowii</i> | | | + | + | + | | F |
| <i>Polysiphonia sp.</i> | | | | | + | + | F |
| <i>Symphyclocladia latiuscula</i> | | 0.88 | 0.10 | + | 0.80 | | CB |
| <i>Symphyclocladia linearis</i> | | + | | | + | | CB |
| Spermatophyta | | | | | | | |
| <i>Phyllospadix iwatensis</i> | | + | + | | + | | TL |
| Number of species | | 37 | 34 | 48 | 58 | 12 | |
| Biomass (g dry wt/m ²) | | 66.43 | 30.19 | 23.72 | 47.82 | 51.70 | |

생물량은 16.77-121.31 g (평균 66.43 g)의 범위를 보였고 조간대 하부의 생물량이 전체의 60.87%를 차지하였는데 이는 *C. pilulifera*, *S. thunbergii*와 *Ulva pertusa*의 번무가 원인이었다. 마섬에서는 하부에서 생물량이 9.94 g으로 최소, 중부에서 64.90 g으로 최대 생물량을 보였으며, 평균생물량은 30.19 g을 보였다. 채석포의 생물량은 평균 23.72 g이었고 조간대 하부에서 59.66 g (83.84%)로 최대였다 (Table 1). 꽃지 해안에서는 조위에 따라 39.29-56.22 g의 생물량을 보였고 조간대 하부에서 최대였고 평균생물량은 47.82 g이었다. 바람아래 해안의 평균생물량은 51.70 g (3.57-104.58 g)이었으며, 중부에서 최대

를 보였다. 5개 정점에서 해조류의 조간대 평균생물량은 파도리에서 66.43 g으로 가장 높았고, 채석포에서 23.72 g으로 가장 낮았으며, 조위별로는 조간대 중부 (마섬, 바람아래)와 하부 (파도리, 채석포, 꽃지)에서 최대값을 나타냈다.

피도 (coverage, %)는 조위별로 파도리에서 7.49-25.14%를 보였으며, 평균 피도 16.34%에서 우점종 3종 (*C. pilulifera*, *Ulva pertusa*, *S. thunbergii*)의 피도가 11.25%를 나타냈다 (Fig. 3). 마섬에서 조위별 피도는 3.01-27.57% (평균 14.88%)였으며, *Enteromorpha linza*와 *S. thunbergii*가 피도의 8.50%를 차지하였다. 채석포에서 평균 피도는 13.36% (조위별 6.94-17.40%)였

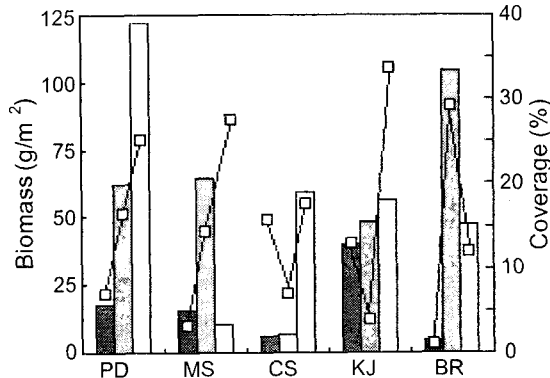


Fig. 2. Algal biomass (g dry wt./m²) and coverage (%) at upper, mid and lower intertidal zone in Taean Peninsula, Korea. PD, Padori; MS, Maseom; CS, Chaeseokpo; KJ, Kkotji; BR, Baramarae. ■, Upper; ▒, Mid; □, Lower; □, Coverage.

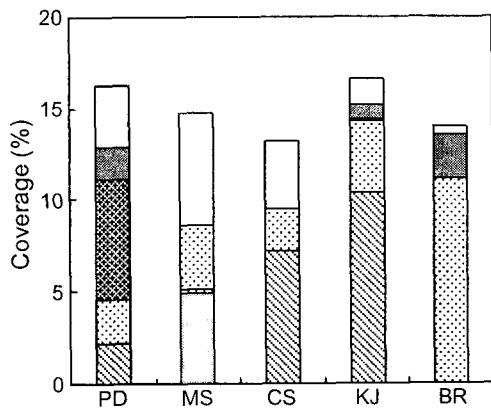


Fig. 3. Seaweed coverage (%) of dominant species at five study sites of Taean peninsula, Korea. PD, Padori; MS, Maseom; CS, Chaeseokpo; KJ, Kkotji; BR, Baramarae. □, Other algae; ■, *C. okamurae*; ▒, *C. pilulifera*; ▒, *S. thunbergii*; ▒, *U. pertusa*; □, *E. linza*.

고 피도의 대부분은 *U. pertusa* (7.30%)와 *S. thunbergii* (2.31%)로 기록되었다. 꽃지 해안에서 해조류의 피도는 3.88-33.44% (평균 16.75%)로 채석포와 마찬가지로 2종 (*U. pertusa*, *S. thunbergii*)이 14.44%를 나타냄으로써 평균의 약 86%를 차지하였다. 바람아래에서는 조위별 피도가 0.94-29.46%였으며, 평균피도는 14.13%였다. 가장 우점종은 *S. thunbergii* (11.25%)와 *C. okamurae* (2.38%)로 나타났다. 특히, *S. thunbergii*는 바람아래 해조류의 평균 피도의 79.62%를 차지하였다. 최대 피도는 생물량과 다르게 꽃지에서 16.75%로 나타났으며 최소값은 채석포 (13.36%)에서 관찰되었으며, 각 정점에서 조위별 최대 피도는 파도리, 마섬, 채석포, 꽃지에서는 조간대 하부에서, 바람아래에서는 조간대 중부에서 관찰되었다 (Fig. 3).

중요도

각 정점에서 상대피도와 상대빈도의 산술평균인 중요도

(importance value)가 5.0 이상인 종의 생물량과 피도는 Table 2와 같다. 5개 정점에서 모두 출현하며 중요도가 높은 종은 *Sargassum thunbergii*였고, *Ulva pertusa*와 *Caulacanthus okamurae*는 3개 정점에서 중요도가 5.0 이상으로 나타났다. 중요도를 기준으로 선정된 제 1, 2 우점종 (dominant species)은 파도리에서 *C. pilulifera* (35.50)와 *S. thunbergii* (12.60)였으며, 마섬에서는 *Enteromorpha linza*가 생물량 1.59 g, 피도 5.00%, 중요도 23.05로, *S. thunbergii* (중요도 21.76, 생물량 16.17 g, 피도 3.50%)와 함께 우점종으로 기록되었다. 채석포에서 *U. pertusa* (49.33)와 *G. vermiculophylla* (27.15)가 생물량과 피도에 높은 값을 보였고, 꽃지에서 *U. pertusa*가 생물량 18.76 g, 피도 10.54%로 중요도는 50.58이었고, 지층이 (*S. thunbergii*)는 중요도 27.25로 제 2 우점종으로 나타났다. 바람아래에서는 *S. thunbergii*가 피도 11.25%를 차지하고 생물량은 50.25 g/m²으로 중요도 값이 73.13으로 매우 높았다. 다음으로는 *C. okamurae*의 중요도 값이 19.13를 보였다.

기능형 및 생태학적 상태그룹

현화식물인 *Phyllospadix iwatensis*를 다육질형에 포함시킨 정점별 기능형군 비율은 성긴분기형 (coarsely branched form) 41종 (42.71%), 사상형 (filamentous form) 25종 (26.04%), 엽상형 (sheet form) 16종 (16.67%), 다육질형 (thick leathery form) 7종 (7.29%), 각상형 (crutose form) 4종 (4.17%), 유절산호말형 (jointed calcareous form) 3종 (3.13%)의 순서를 보였다. 파도리에서 출현한 37종 중에서 성긴분기형이 20종 (54.05%), 사상형 6종 (16.22%), 엽상형 5종 (13.51%)의 순으로 나타났다 (Fig. 4). 마섬은 33종에서 성긴분기형이 15종 (44.12%)으로 최대 그룹을 보였으며, 엽상형 9종, 사상형 6종이 관찰되었으며, 유절산호말형은 출현하지 않았다. 채석포에서는 성긴분기형 22종 (45.83%), 사상형 13종 (27.08%), 엽상형 8종 (16.67%) 순서를 나타냈다. 출현종수가 58종으로 가장 많았던 꽃지 해안의 경우 성긴분기형이 28종 (48.28%), 사상형 17종, 다육질형 5종으로 성긴분기형 해조류가 다른 기능형군에 비해 높은 경향을 보였다. 반면 종수가 가장 적었던 바람아래에서 성긴분기형이 7종 (58.33%), 사상형 4종 (33.33%), 각상형 1종을 차지하는 반면, 엽상형, 다육질형, 유절산호말형은 출현하지 않았다 (Fig. 4).

해조류의 기능형을 토대로 하여 생물학적 상태그룹 (Ecological state group)인 ESG I에 다육질형, 유절산호말형, 각상형을, ESG II에 엽상형, 사상형, 성긴분기형으로 구분하여 보면, 5개 정점에서 생장이 느리며 안정된 환경에서 나타나는 ESG I에 속하는 해조류가 14종, 교란이나 환경오염이 상대적으로 심한 해역에서 출현한 ESG II에 속하는 해조류가 82종으로 전체 출현종의 85.42%를 차지하였다. 정점별로 기회종인 생태학적 상태그룹 (ESG II)에 속하는 출현종수는 파도리가 31종 (83.78%), 마섬 30종 (88.24%), 채석포 43종 (89.58%), 꽃지 49종 (84.48%), 바람아래 11종 (91.67%)으로 나타났다 (Fig. 4).

Table 2. Mean biomass (g dry wt./m²), coverage (%), relative coverage (RC), relative frequency (RF) and importance value (IV) of dominant seaweeds at the study sites in Taean peninsula, western coast of Korea

| Sites | Species | Biomass | Coverage | RC (%) | RF (%) | IV* |
|------------|-------------------------------------|---------|----------|--------|--------|-------|
| Padori | <i>Corallina pilulifera</i> | 32.09 | 6.52 | 39.93 | 31.06 | 35.50 |
| | <i>Sargassum thunbergii</i> | 10.97 | 2.46 | 15.06 | 10.14 | 12.60 |
| | <i>Ulva pertusa</i> | 4.54 | 2.27 | 13.90 | 10.14 | 12.02 |
| | <i>Caulacanthus okamurae</i> | 0.07 | 1.72 | 10.55 | 10.78 | 10.66 |
| | <i>Acrosorium yendoii</i> | 4.85 | 1.08 | 6.63 | 5.07 | 5.85 |
| Maseom | <i>Enteromorpha linza</i> | 1.59 | 5.00 | 33.59 | 12.50 | 23.05 |
| | <i>Sargassum thunbergii</i> | 16.17 | 3.50 | 23.52 | 20.00 | 21.76 |
| | <i>Ceramium kondoi</i> | 9.57 | 1.19 | 7.97 | 20.00 | 13.99 |
| | <i>Enteromorpha intestinalis</i> | 0.81 | 3.00 | 20.16 | 7.50 | 13.83 |
| Chaeseokpo | <i>Enteromorpha compressa</i> | 0.69 | 0.88 | 5.89 | 7.50 | 6.70 |
| | <i>Ulva pertusa</i> | 21.66 | 7.30 | 54.67 | 44.00 | 49.33 |
| | <i>Gracilaria vermiculophylla</i> | 2.90 | 3.25 | 24.30 | 30.00 | 27.15 |
| | <i>Sargassum thunbergii</i> | 0.38 | 2.31 | 17.29 | 16.00 | 16.65 |
| Kkotji | <i>Enteromorpha sp.</i> | 0.10 | 0.50 | 3.74 | 10.00 | 6.87 |
| | <i>Ulva pertusa</i> | 18.76 | 10.54 | 63.13 | 38.04 | 50.58 |
| | <i>Sargassum thunbergii</i> | 23.59 | 3.88 | 23.22 | 31.29 | 27.25 |
| | <i>Caulacanthus okamurae</i> | 1.39 | 0.79 | 4.75 | 8.59 | 6.67 |
| Baramarae | <i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i> | 0.50 | 0.58 | 3.49 | 7.97 | 5.73 |
| | <i>Sargassum thunbergii</i> | 50.25 | 11.25 | 79.60 | 66.67 | 73.13 |
| Baramarae | <i>Caulacanthus okamurae</i> | 0.19 | 2.38 | 16.84 | 21.43 | 19.13 |

Asterisk (*) denotes the importance value(IV)>5.

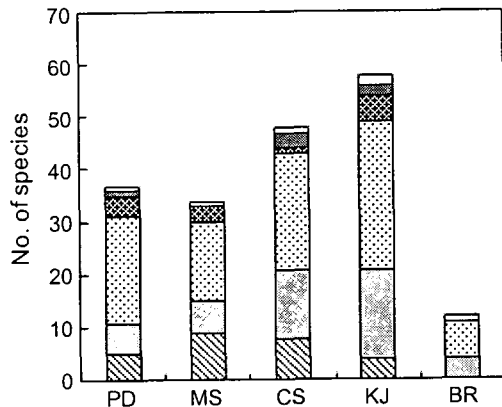


Fig. 4. Seaweed composition of six functional form groups at five study sites of Taean peninsula, Korea. PD, Padori; MS, Maseom; CS, Chaeseokpo; KJ, Kkotji; BR, Baramarae. □, Crustose; ▨, Jointed calcareol; ▩, Thick leathery; ▤, Coarsely branched; ▥, Filamentous; ▦, Sheet.

군집지수

해조류의 피도 (coverage)를 이용하여 산출한 다양한 군집지수를 살펴보면 Table 3과 같다. 생물학적 상태그룹인 ESG I과 ESG II의 비율로 산출된 생물학적평가지수 (EEI)는 0.80-2.29의 범위를 보이며 엽상형인 녹조류 (*Enteromorpha linza*, *E. intestinalis*, *E. compressa*)가 높은 피도값을 보이는 마섬에서 최소였으며, ESG I에 속하는 유절산호말형인 *Corallina pilulifera*가 우점한 파도리에서 최대였다 (Table 2). 우점도 지수 (DI)는 0.55-0.96의 범위로 중요도가 5이상인 종이 2종 (*Sargassum thunbergii*, *Caulacanthus okamurae*)만 존재

하는 바람아래에서 최대이고 5종이 존재하는 파도리와 마섬이 상대적으로 낮았다. 출현종수와 관련된 풍도 지수 (R)는 4.15-19.69이고 58종이 출현한 꽃지가 최대, 12종의 바람아래에서 최소였다 (Table 2). 균등도지수 (J)는 0.27-0.55로써 중요도가 5 이상인 종이 5종인 파도리와 마섬에서 높고 2종인 바람아래에서 최소값을 보였다. 풍도와 균등도 지수를 근거로 산출된 다양도지수 (H')는 바람아래에서 최소 (0.67), 파도리에서 1.98로 최대였다.

고찰

태안반도의 5개 정점에서 동정된 해조류는 녹조 14종, 갈조 21종, 홍조 60종, 현화식물 1종을 포함하여 총 96종이며 정점별 출현종수는 12-58종으로 다양하였으나, *Ulva pertusa*, *Sargassum thunbergii*, *Caulacanthus okamurae*는 중요도가 5 이상이며 3개 이상의 정점에서 출현하여 태안반도의 대표적 해조류였다. 갈조류인 *S. thunbergii*는 서해안의 영광 (Hwang et al., 1996), 의항 (Oh and Lee, 1998), 무창포 (Kim and Yoo, 1994)에서 우점하는 종으로 기록되었으며, Kim et al. (1995)은 서해안의 11개 조사정점에서 지층이 (*S. thunbergii*)가 생물량에서 가장 우점하는 종임을 확인하였다. 본 연구에서도, *S. thunbergii*는 5개 정점의 조간대 중부와 하부에서 주로 출현하며 평균 생물량은 건중량으로 0.38-50.25 g/m²이고 평균 피도는 2.31-11.25%를 차지하여 서해안 조간대의 우점종 및 대표 종임을 확인할 수 있었다.

서해안 파도리 해안의 연구는 상당히 빈번하게 진행되었는데 해조상은 Lee and Chang (1989)의 월별 조사 중에서 하계 3회 (6,7,8월)에 출현한 종은 72종 (녹조 8, 갈조 18, 홍조 46),

Table 3. Various community indices for coverage (%) at the five study sites in Taean peninsula, western coast of Korea

| Community indices | Padori | Maseom | Chaeseokpo | Kkotji | Baramarae |
|-----------------------------------|--------|--------|------------|--------|-----------|
| Ecological evaluation index (EEI) | 2.29 | 0.89 | 0.80 | 1.01 | 0.85 |
| Dominance index (DI) | 0.55 | 0.57 | 0.79 | 0.86 | 0.96 |
| Diversity index (H') | 1.98 | 1.88 | 1.33 | 1.35 | 0.67 |
| Richness index (R) | 12.47 | 11.79 | 17.91 | 19.69 | 4.15 |
| Evenness index (J') | 0.55 | 0.54 | 0.34 | 0.33 | 0.27 |

하계 1회 조사에서 Lee et al. (1997)은 40종(녹조 5, 갈조 5, 홍조 30), Lee et al. (2000)은 33종(녹조 2, 갈조 13, 홍조 18), 본 연구에서는 현화식물 1종을 제외한 총 36종(녹조 3, 갈조 7, 홍조 26)이 기록되어 출현종수가 감소한 것으로 판단된다. Lee et al. (2000)은 파도리의 동일지역의 4계절 조사에서도 출현종수가 1986-1978년에 94종(Lee and Chang, 1989), 1992-1993년에 84종(Lee et al., 1997), 1997-1998년에 50종(Lee et al., 2000)으로 현저한 감소를 보인 것으로 나타났다. 건중량으로 나타낸 생물량은 316.0 g/m² (Lee and Chang, 1989), 268 g/m² (Lee et al., 1997), 174.9 g/m² (Lee et al., 2000)로 계속하여 감소하였고 본 연구를 수행한 2005년에는 66.4 g/m²로 다시 현저한 감소를 보였다. 연구지역이 10년 동안 특별한 환경의 변화(예, 탁도, 초식압 증가)가 없는 상태에서 해조류의 출현종과 생물량의 감소의 원인은 2001년 서해안 고속도로의 개통과 주 5일제 근무로 인해 낚시꾼 및 관광객의 수적 증가 등 인간의 간섭 증가가 주요한 원인으로 사료된다. 인간에 의한 환경오염 및 교란의 증가는 해조류의 생물량과 출현종의 감소는 잘 알려져 있다(Brown et al., 1990; Diez et al., 1999).

환경오염의 정도에 따라 출현종도 변화하므로 해조류를 생물지시자(bio-indicator)로 활용할 수 있다(Orfanidis et al., 2001; Pinedo et al., 2007). 예를 들면, 청정해역에서는 *Cystoseira mediterranea*가, 약간 오염된 곳에서는 *Corallina elongata*가, 오염된 지역에서는 녹조류(*Blidingia minima*, *Ulva* spp., *Cladophora* spp. 혹은 *Enteromorpha* spp.)가, 매우 오염된 해역에서는 남조류(*Oscillatoria*, *Lyngbya* 등)가 나타난다(Orfanidis et al., 2001; Arévalo et al., 2007; Pinedo et al., 2007). Diez et al. (1999)은 산호말류(*Corallina elongata*), 개서실류(*Chondria coerulescens*), 애기가시덤불(*Caulacanthus ustulatus*), 실우뚝가사리(*Gelidium pusillum*), 청각류(*Codium decortatum*)는 오염지역에서 주로 나타나는 종이라고 하였다. 또한, 오염이 심각한 지역에서는 덩불형(turf-forming) 해조류가 많이 관찰된다고 하였다(Piazzi and Cinelli, 2001). 본 연구에서 덩불형 해조류인 *Gelidium divaricatum*과 *Caulacanthus okamurae*와 녹조류인 *Ulva* spp.는 바람아래를 제외한 모든 정점에서 관찰되어 인간에 의한 오염이 상당히 진행된 해역이라 사료된다. 특히, 꽃지 해안에서는 위에서 언급한 덩불형 및 갈과래와 더불어 오염지표종으로 알려진 *Codium fragile*, *Cladophora* spp.와 *Gelidium pusillum*이 나타남으로써 현재까지는 조수웅덩이와 암반의 발달로 종 다양성을 유지하고 있으나 해조상의 변화가 예견되는 곳으로 많은 관심이 요구되는 해안이다.

어떤 해역의 해조상의 안정도는 우점도, 종다양도, 생태학적 평가지수 등 다양한 군집지수(community indices)로 판단할 수 있다(Ludwig and Reynolds, 1988; Orfanidis et al., 2001; 2003). 우점도지수와 다양도지수(또는, 생태학적 평가지수)는 역상관적 관계를 보여주고 있으며 단계별 중간경쟁, 군집안정도 및 환경상태는 Table 4와 같다(Park et al., 2006; Orfanidis et al., 2001; 2003). 다양한 군집지수로 5개 정점의 환경상태를 평가하면, 파도리와 마섬이 우점도 지수에서 보통으로 나타나고 다른 곳은 모두 나쁘거나 매우 심각한 상태로 판정된다. 바람아래는 생태학적평가지수와 다양도지수가 가장 낮고 우점도지수는 가장 높아 군집안정도는 극한상태에서 안정을 이루고 있으며 해조류의 서식환경으로 매우 나쁜 것으로 나타났다. 군집의 특성을 나타내는 우점도지수, 다양도지수와 생태학적상태지수를 비교해보면, 우점도 지수는 우점종 2종의 피도를 파악하면 실험실에서 복잡한 동정과정 및 다소 번거로운 통계처리 없이 조사현장에서 산출 가능한 장점이 있다. 다양도지수는 우점도지수에서 사용한 출현종의 풍도와 함께 종수를 고려한 점에서 우점도지수 보다는 군집의 특성을 잘 나타낸다고 볼 수 있다. 특히, 생태학적평가지수(EEI)는 Littler and Littler (1984)가 주장한 6가지 기능형을 근거로 생태학적상태그룹 ESG I과 ESG II의 비율로 결정되며 다년생이며 천이과정에서 극상시기, 교란이나 오염이 적은 곳에서 주로 나타나는 ESG I(다육질형, 유질산호말형, 각상형)의 풍도(피도, 생물량)가 높을 때 높은 값을 나타낸다. 생태학적 평가지수를 산출하는데 가장 어려운 점은 다육질형 해조류를 구분하는 것이 쉽지 않으므로 해조류의 기능형을 명확하게 기재해 주는 것이 최선의 방안이 될 것이다. 군집지수는 각기 다른 특성을 가지고 해조류 군집의 특성을 나타냄으로써 그들 간의 우열을 가리는 것은 쉽지 않으나 군락의 특성과 환경상태는 거의 유사하게 나타나는 것으로 확인되었다.

결론적으로, 서해안 태안반도의 5개 정점에서 출현한 해조류의 출현종수 및 생물량은 이전의 연구 결과에 비해 감소하고 있고 사상형 및 엽상형과 같은 인간의 간섭에 의해 서식환경이 안정되지 않는 곳에서 번무하는 해조류가 많았다. 또한, 우점도, 다양도, 생태학적상태지수 등 다양한 군집지수로서 태안반도 해역의 군집은 안정도가 없고 해조류의 서식환경이 좋지 않음을 확인하였으며 꽃지 해안에서는 오염지역에서 주로 나타나는 덩불형해조류(*Caulacanthus okamurae*, *Gelidium divaricatum*)와 오염지표종인 다양한 녹조류(*Cladophora*, *Ulva*, *Enteromorpha*, *Codium*)와 홍조류(*Gelidium pusillum*)가 출현함으로써 군집구조의 변화가 예견되므로 해

Table 4. Evaluation of community stability and environmental condition according to various community indices obtained by seaweed coverage (%)

| Ecological evaluation index(EEI) | Diversity index (H') | Dominance index (DI) | Interspecific competition | Community stability | Environmental condition |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| <2.00 | 0.00-1.00 | 0.90-1.00 | no | extreme stable | very bad |
| 2.00-4.00 | 1.00-2.00 | 0.70-0.90 | weak | unstable | bad |
| 4.00-6.00 | 2.00-3.00 | 0.50-0.70 | normal | normal | normal |
| 6.00-8.00 | 3.00-4.00 | 0.25-0.50 | high | stable | good |
| 8.00-10.00 | >4.00 | <0.25 | very high | very stable | very good |

조류의 종 보존 및 환경오염에 지대한 관심이 절실하게 요구되고 있음을 시사하고 있다.

사 사

본 연구는 해양수산부 '해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발' 연구개발사업의 연구비 지원과 태안해양국립공원 자연자원조사 사업 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Arévalo, R., S. Pinedo and E. Ballesteros. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Mar. Poll. Bull.*, 55, 104-113.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamins/Cumming Pub. Co., Inc., 1-634.
- Braun-Blanquet. 1964. *Pflanzen Soziologie*. Wien. 1-865.
- Brown, V.B., S.A. Davies and R.N. Synnot. 1990. Long-term monitoring of the effects of treated sewage effluent on the intertidal macroalgal community near Cape Schanck, Victoria, Australia. *Bot. Mar.*, 33, 85-98.
- Díez, I., A. Secilla, A. Santolaria and J.M. Gorostiaga. 1999. Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *J. Mar. Pollut. Bull.*, 38, 463-472.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am. Nat.*, 111, 1169-1194.
- Hwang, E.K., C.S. Park, C.H. Sohn and N.P. Koh. 1996. Analysis of functional form groups in macroalgal community of Yonggwang vicinity, western coast of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 29, 97-106.
- Kang, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, 7, 1-125.
- Kim, Y.H. and J.S. Yoo. 1994. Patterns of algal succession in a *Sargassum thunbergii* (Phaeophyta) dominated rocky intertidal community. *J. Kor. Phycol.*, 9, 59-64.
- Kim, Y.H., H.J. Yoon and J.S. Yoo. 1995. Species composition and biomass of marine algal community on the mid-western coast of Korea. *J. Plant Biol.*, 38, 389-398.
- Koh, N.P. 1990. An ecological study of resources of marine plants in Geomundo Islands. *Algae*, 5, 1-37.
- Lee, H.B. and R.H. Chang. 1989. A qualitative and quantitative analysis of seasonal change of an algal community at Padori of Taean Peninsula, west of Korea. *J. Kor. Phycol.*, 4, 19-40.
- Lee, J.W., B.G. Oh and H.B. Lee. 1997. Marine algal flora and community of Padori area in the Taean Peninsula, the west coast of Korea. *J. Kor. Phycol.*, 12, 131-138.
- Lee, J.W., B.G. Oh and H.B. Lee. 2000. Marine benthic algal community at Padori, West coast of Korea. *Algae*, 15, 111-117.
- Lee, Y.P. and S.Y. Kang. 2001. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju, 1-662.
- Littler, M. M. and D. S. Littler. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 74, 13-34.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, 1-329.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3, 36-71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature*, 216, 168-169.
- Oh, B.G. and H.B. Lee. 1998. Marine algal flora and community of Uihang in Taean Peninsula, western coast of Korea. *J. Kor. Environ. Biol.*, 16, 181-192.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal and

- water; A marine benthic macrophytes-based model. *Medit. Mar. Sci.*, 2, 45-65.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecol. Indic.*, 3, 27-33.
- Park, Y.K., K.S. Seo and C.K. Choi. 2006. *Environmental Biology*. Daehakseolim, 1-426.
- Piazzì, L. and F. Cinelli. 2001. Distribution and dominance of two introduced turf-forming macroalgae on the coast of Tuscany, Italy, Northwestern Mediterranean Sea in relation to different habitats and sedimentation. *Bot. Mar.*, 44, 509-520.
- Pinedo, S., M. Garcia, M.P. Satta, M. Torres and E. Ballesteros. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality; A case study in the Northwestern Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.*, 55, 126-135.
- Sohn, C.H. 1987. *Phytogeographical characterization and quantitative analysis of algal communities in Korea*. Ph.D. Thesis. Chonnam National University, Kwangju, Korea, 1-111.

2007년 3월 20일 접수

2007년 8월 14일 수리