

가막만의 모자반군락이 수질환경에 미치는 영향

안윤근 · 조주현¹ · 윤호섭 · 박일웅 · 김윤설 · 김호진¹ · 최상덕*
 전남대학교 해양기술학부, ¹국립수산과학원 여수수산사무소

Influence of *Sargassum* beds on the Water Quality Characteristics in Gamak Bay, Korea

Yun Keun AN, Ju Hyon CHO¹, Ho Seop YOON, Il Woong PARK, Yun Seol KIM, Ho Jin KIM¹ and Sang Duk CHOI*

Faculty of Marine Technology, College of Fisheries and Ocean Science,
 Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea
¹Yeosu Fisheries office, NFRDI, Yeosu 550-705, Korea

We determined the influence of *Sargassum* beds on the water quality in Gamak Bay, Korea. Water temperature and salinity range from 3.3 to 23.4°C and from 29.6 to 33.7 psu, respectively. Dissolved oxygen was 10.45 mg L⁻¹ in the *Sargassum* bed and 9.23 mg L⁻¹ in the control. Chlorophyll-a was 3.90 µg L⁻¹ in the *Sargassum* bed and 2.21 µg L⁻¹ in the control. Chemical oxygen demand were 1.14 mg L⁻¹ in the *Sargassum* bed and 1.43 mg L⁻¹ in the control. Total nitrogen were 0.038 mg L⁻¹ in the *Sargassum* bed and 0.067 mg L⁻¹ in the control. Total phosphorus were 0.043 mg L⁻¹ in the *Sargassum* bed and 0.072 mg L⁻¹ in the control. Multivariate statistical analysis was used to analyze data. Water temperature was highly positively correlated with DO (p<0.01). T-N was highly positively correlated with T-P (p<0.01).

Key words: *Sargassum* beds, Water quality characteristics, Multivariate statistical analysis

서 론

갈조류 모자반목 (Fucales, Phaeophyta)에 속하는 대형 해조류들은 저조선 부근에서 점심대 상부에 걸쳐 큰 군락을 이루고 있으며, 우리나라에 분포하는 모자반류는 모두 28종으로 알려져 있다 (Lee and Kang, 2002).

우리나라 연안에 분포하는 모자반목에는 개모자반과 (Cystoseiraceae)의 삼나무말속 (*Coccolophora*), 헛모자반속 (*Cystoseira*)과 외톨개모자반속 (*Myagropsis*) 그리고 모자반과 (Sargassaceae)의 툯속 (*Hizikia*)과 모자반속 (*Sargassum*) 등이 있다 (Lee and Kang, 1986). 모자반속 식물 중 다년생의 경우, 부착기에서 매년 새로운 가지를 재생하며 몇몇 종들은 무성생식을 하고 기질에서 떨어진 후에는 바다 위에 떠다니는 부유조 (floating seaweeds)로서 생활하며 어류 등의 산란장으로서의 역할도 수행 한다 (Largo and Ohno, 1993). 이처럼 수중생태계에서 다양한 기질에 부착하여 생물막 (biofilm)을 형성하는 부착조류 (Periphytic algae)는 식물플랑크톤 및 수생식물과 더불어 중요한 유기물 생산자이다.

여수시에 위치한 가막만은 평균수심이 약 9m인 천혜로 기초 생산력이 매우 높아 서식생물이 다양할 뿐만 아니라 양식업이 성행하는 천혜의 수산자원 보고이다. 그렇지만 폐쇄성 해역에 도시화로 인한 인구증가 및 생활양식의 변화, 주변 임해 산업시설 및 밀집한 양식장등으로부터 하·폐수 및 자가 오염물질 등의 유입증대로 인하여 어장환경의 악화 등 많은

문제가 발생하고 있다 (Lee, 1993). 또한, 최근 연안어장에서 무분별한 해안개발과 환경오염, 갯녹음 등에 의해서 해조류가 소실되고 감소함에 따라, 각종 해산 생물자원이 감소하고 있으며 이는 세계적인 추세이다 (Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993).

해조 군락이 해양환경에 미치는 요인들로는 정화능력 (Short and Short, 1984; Green and Short, 2003; Larkum et al., 2006), 중금속 흡착 (Holan et al., 1993; Volesky, 1994; Chong and Volesky, 1995; Cho et al., 2005), 해양환경 변화 (Johansson, 2000; Walters, 2003; Waycott et al., 2005) 등과 같은 환경요인의 영향에 대한 연구들이 수행되었으며, 이러한 해조 군락은 직·간접적으로 해양환경에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

따라서, 본 연구는 모자반 군락의 기능적 특성을 파악하기 위한 기초연구로서 모자반 군락의 수질환경 특성을 파악하여 수산동물의 산란장 및 생육장으로 매우 중요한 역할을 담당하는 모자반 군락이 수질환경에 미치는 영향 및 변화 양상을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

조사지역

본 조사지역은 여수시 가막만 일대의 모자반 군락 (St.1, St.2, St.3, St.4)과 모자반이 서식하지 않는 해역을 대조구 (Control)로 선정하여 2007년 11월부터 2008년 6월까지 실시 하였다 (Fig. 1). 자연발생한 모자반 군락의 조사지역 면적은 신월지역 (St. 1, 2) 6,350 m² 및 소호지역 (St. 3, 4) 3,620 m²의

*Corresponding author: choisd@chonnam.ac.kr

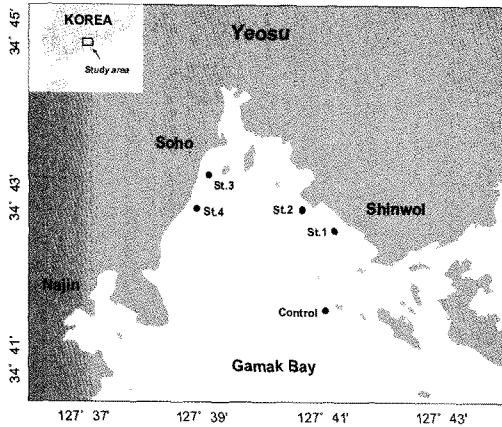


Fig. 1. Map showing the sampling stations in Gamak Bay.

범위를 나타내었다. 본 연구는 전체 가막만 모자반 군락의 특성을 대표할 수 있는 주 서식지역을 대상으로 수행하였다.

수질분석방법

수온, 염분과 수소이온농도 (pH)는 YSI-85 디지털 수온계를 이용하여 현장에서 측정하였다. 용존산소 (DO)는 윙클러-아지드변법 (Winkler-azid)에 의해 측정하였으며, Chlorophyll-*a*는 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 90% 아세톤으로 추출한 후 상등액을 흡광도 630, 647, 664, 750 nm에서 측정하여 정량하였다. 화학적산소요구량 (COD)은 채수 당일 바로 알칼리법으로 분석하였고, 영양염류는 Spectrophotometer (GENESYS-5)로 분석하여 흡광도 (Abs)를 농도로 환산하였다. 영양염류중 암모니아성 질소 (NH₄-N)는 Indophenol법에 의해 비색 정량하였으며, 아질산성 질소 (NO₂-N)는 Sulfanilamid-NED법에 의해 비색정량 하였다. 질산성질소 (NO₃-N)는 Cadmium reduction법에 의해 질산을 아질산으로 환원시킨 후 Sulfanilamid-NED법에 의해 비색 정량하였다. 총질소 (T-N)는 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성질소의 합으로 구하였으며, 총인 (T-P)은 Ascorbin acid 법에 의해 비색 정량하였다 (MOMAF, 2002).

통계 분석

다변량 통계분석 중 인자분석 (factor analysis)을 실시하여 모자반 군락이 수질 항목들 사이의 상호 연관성과 해양환경에 영향을 미치는 인자 (요인)를 파악하였다. 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 SPSS ver. 14 program을 사용하여 검정하였다.

결 과

수질환경요인 변화

조사해역의 수온범위는 3.3-23.4°C로 정점 2에서 1월에 3.3°C로 가장 낮게 나타났으며, 정점 3에서 6월에 23.4°C로

가장 높게 나타났다. 조사 정점별 평균 수온을 살펴보면 대조구에서 12.4°C로 가장 낮았으며, 정점 1에서 13.0°C로 가장 높게 나타났다 (Fig. 2A). 조사해역의 수온은 정점간 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$). 염분의 경우, 29.6-33.7 psu 범위로 대조구에서 6월에 29.6 psu로 가장 낮게 나타났으며, 정점 1과 3에서 33.7 psu로 가장 높게 나타났다. 조사 정점별 평균 염분을 살펴보면 대조구에서 32.4 psu로 가장 낮았으며, 정점 2에서 23.8 psu로 가장 높게 나타났다 (Fig. 2B). 모자반 군락조사 지역보다 대조구에서 비교적 낮은 염분농도를 보였다 ($p>0.05$).

조사해역 DO의 범위는 7.22-13.35 mg L⁻¹로 대조구에서 6월에 7.22 mg L⁻¹로 가장 낮게 나타났으며, 정점 2에서 2월에 13.35 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 조사정점별 평균 DO를 살펴보면 대조구에서 9.23 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 정점 1에서 10.47 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다 (Fig. 3A). 모자반 군락지역이 대조구에 비해 DO 농도가 전 조사기간 동안 높은 경향을 보였다 ($p<0.05$). Chl. *a*의 경우, 0.61-9.75 μ g L⁻¹ 범위로 정점 2와 대조구에서 6월에 0.61 μ g L⁻¹로 가장 낮게 나타났으며, 정점 1에서 9.75 μ g L⁻¹로 12월에 가장 높게 나타났다. 조사 정점별 평균 Chl. *a*의 농도를 살펴보면 대조구에서 2.21 μ g L⁻¹로 가장 낮았으며, 정점 3에서 4.72 μ g L⁻¹로 가장 높게 나타났다 (Fig. 3B). 조사해역의 Chl. *a*는 모자반 군락지역이 대조구에 비해 비교적 높은 경향을 나타냈다 ($p<0.05$).

조사해역의 COD 범위는 0.14-2.40 mg L⁻¹로 정점 2에서 4월에 0.14 mg L⁻¹로 가장 낮게 나타났으며, 정점 1에서 3월에

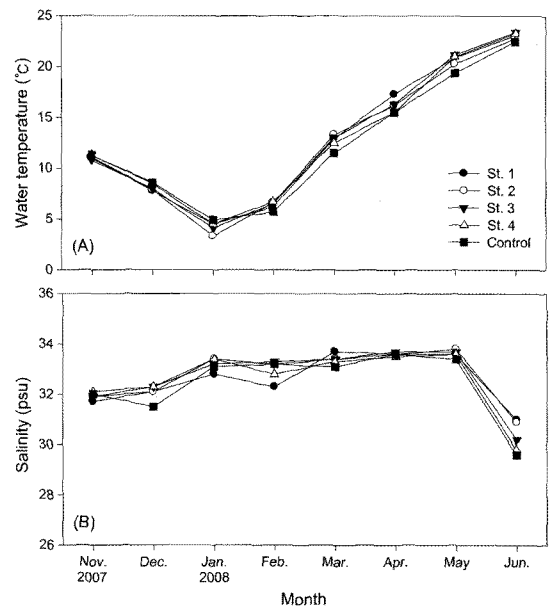


Fig. 2. Monthly variations of water temperature(A) and salinity(B) at study area from November 2007 to June 2008.

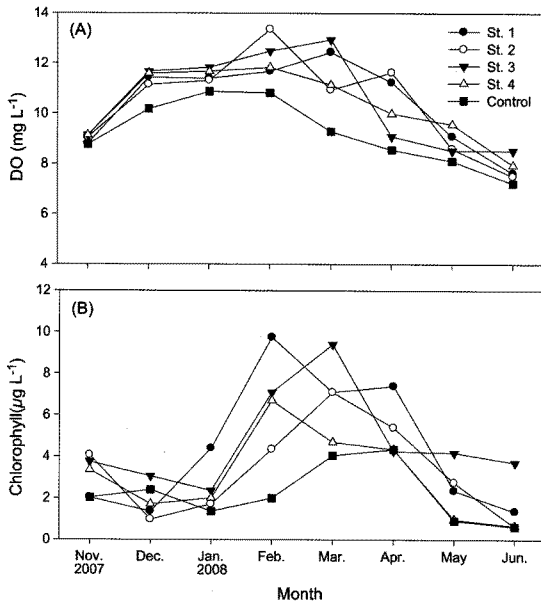


Fig. 3. Monthly variations of dissolved oxygen(A) and chlorophyll a(B) at study area from November 2007 to June 2008.

2.40 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 조사정점별 평균 COD를 살펴보면 정점 4에서 1.09 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 대조구에서 1.43 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다(Fig. 4A). 조사결과 대조구 지역이 다른 조사지역에 비해 COD가 비교적 높은 경향을 나타냈다 ($p > 0.05$). 알칼리도의 경우, 46.0-184.0 mg L⁻¹ 범위로 정점 2에서 6월에 46.0 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 정점 4에서 1월에 184.0 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 조사 정점별 평균

알칼리도를 살펴보면 정점 4에서 109.2 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 정점 3에서 118.5 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다(Fig. 4B). 조사해역의 알칼리도는 정점간 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

조사해역의 T-N의 범위는 0.009-0.164 mg L⁻¹로 정점 3에서 1월에 0.009 mg L⁻¹로 가장 낮게 나타났으며, 대조구에서 6월에 0.164 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 조사정점별 평균 T-N을 살펴보면 정점 2에서 0.030 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 대조구에서 0.067 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다(Fig. 4C). T-N는 전체 조사 정점에서 1월부터 증가하는 경향을 보였다 ($p > 0.05$). T-P의 경우, 0.018-0.132 mg L⁻¹의 범위로 정점 1에서 5월에 0.018 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 대조구에서 6월에 0.132 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다. 조사정점별 평균 T-P를 살펴보면 정점 2에서 0.039 mg L⁻¹로 가장 낮았으며, 대조구에서 0.072 mg L⁻¹로 가장 높게 나타났다(Fig. 4D). T-P는 전체적으로 꾸준히 증가하여 3월부터 서서히 감소하였으나, 대조구에서는 3월 이후 급격히 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

수질항목간 상관관계

수질항목간 상관관계를 살펴보면, 수온은 염분, DO, Chl. a를 제외한 수질항목에서 음의 상관관계를 보였으며, 수온은 DO와 0.880 ($p < 0.01$)로 높은 양의 상관관계를 보였다. 염분은 T-N과 -0.910 ($p < 0.01$)로 음의 상관관계를 보였으며, 수온, 염분, DO와는 양의 상관관계를 보였다. DO의 경우는 T-P와 -0.977 ($p < 0.05$)로 높은 음의 상관관계를 보였으며, 수온, 염분, Chl. a과는 양의 상관관계를 보였다. Chl. a는 COD, T-N 및 T-P와는 음의 상관관계를 보였고, 그 외 나머지 항목과는 양의 상관관계를 보였다. 알칼리도는 수온, 염분 및 DO에서는 음의 상관관계를 보였고, 그 외 나머지 항목과는 양의 상관관계를 보였다. T-N과 T-P는 0.931 ($p < 0.01$)로 양의 상관관계를 보였

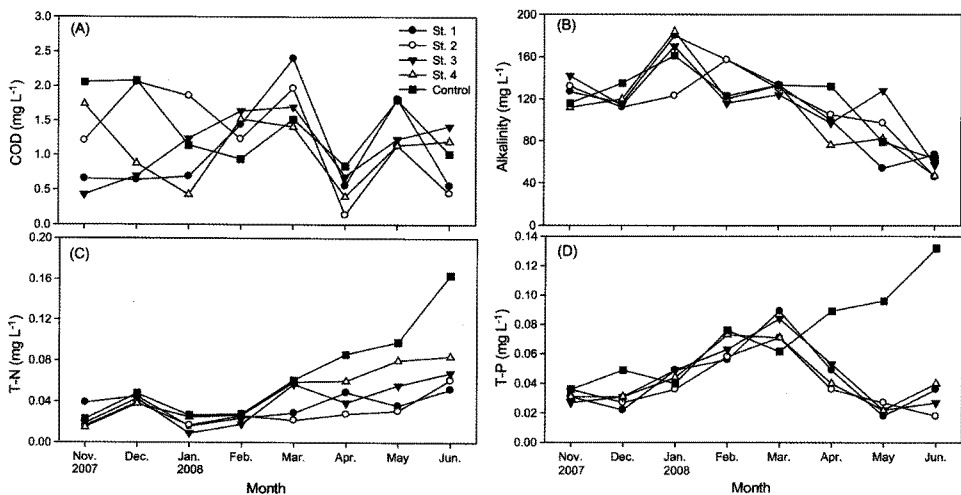


Fig. 4. Monthly variations of chemical oxygen demand(A), alkalinity(B), total nitrogen(C) and total phosphorus(D) at study area from November 2007 to June 2008.

Table 1. Correlation comparison of water quality factor

Parameter	Water temp.	Salinity	DO	Chl. a	COD	Alkalinity	T-N	T-P
Water temp.	1.000							
Salinity	0.462	1.000						
DO	0.880*	0.822	1.000					
Chl. a	0.803	0.570	0.791	1.000				
COD	-0.994**	-0.442	-0.869	-0.732	1.000			
Alkalinity	-0.212	-0.229	-0.299	0.327	0.314	1.000		
T-N	-0.644	-0.910*	-0.908*	-0.733	0.611	0.161	1.000	
T-P	-0.787	-0.867	-0.977**	-0.663	0.789	0.434	0.931*	1.000

*Significant at $\alpha < 0.01$

**Significant at $\alpha < 0.05$

으며, COD 및 알칼리도를 제외한 수질항목에서는 음의 상관관계를 보였다 (Table 1).

고 찰

모자반 군락은 대형 갈조류로서 해중립을 조성하여, 어류와 패류 등 유용 수산동물자원의 서식처와 산란장으로 이용됨으로써, 해양생태계 유지에 있어 매우 중요한 기능을 담당하고 있다 (Ohno, 1993; Watanuki and Yamamoto, 1990).

생태학적으로 어류와 패류 등 유용 수산동물자원의 서식처와 산란장의 기능을 담당하고 있는 모자반 군락을 대상으로 가막만내 모자반 군락이 가장 번성한 지역과 모자반 군락이 없는 지역을 대조구로 선정하여 수질환경을 조사한 결과 수온 및 염분은 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, 여름철 강수기가 시작 되면서 6월에 일시적으로 염분농도의 차이를 보였다. 이러한 환경요인들은 모자반의 성장과 성숙을 좌우 (Norton, 1977; Hales and Fletcher, 1989, 1990; Arai and Miura, 1991)하는 외부 환경요인이긴 하나 모자반이 해양환경에 직접적으로 미치는 주요인은 아닌 것으로 판단된다.

모자반 군락내 DO는 조사기간 동안 평균 10.45 mg L⁻¹로 대조구에 비해 높게 나타났으며, 모자반 군락이 성장하는 겨울철과 봄철에 DO 값이 증가하는 경향을 보였다. 해조류는 광합성이라는 기작을 통해 이산화탄소를 외부로부터 체내로 유입하고, 반면 산소를 외부로 발생시킨다 (Laycock, 1974; Watanuki and Yamamoto, 1990). 또한 대형 해조류의 대부분은 일년중 뚜렷한 성장기를 지니며, 성장기에는 광합성력은 매우 높다 (Oh and Koh, 1996).

Chl. a의 경우 모자반 군락지역이 대조구에 비해 높은 측정값을 보였으며, 조사기간 동안 모자반군락의 Chl. a의 값은 평균 3.90 $\mu\text{g L}^{-1}$, 대조구에서 평균 2.21 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 모자반 군락에 비해 낮은 값을 보였다. 따라서 모자반 군락 지역이 대조구에 비해 Chl. a가 높다는 것은 기초 생산력이 높다는 것을 의미한다.

COD의 경우 0.14-2.40 mg L⁻¹의 범위를 보였으며, 모자반 군락 내에서 평균 1.14 mg L⁻¹로 낮았으며, 대조구에서 평균 1.43 mg L⁻¹로 높게 나타났다. 이러한 조사 결과는 Yoon (2000)의 가막만 북부해역 해양환경 보고와 유사하였으며, 해양생물이 서식하기에 비교적 양호한 상태로 나타났다. 알칼리도는

모자반 군락지역이 평균 114.3 mg L⁻¹, 대조구에서 평균 117.7 mg L⁻¹로 대조구에서 다소 높은 값을 보였다.

T-N은 모자반 군락 지역이 평균 0.038 mg L⁻¹였으며, 대조구에서 평균 0.067 mg L⁻¹로 모자반 군락지역이 다소 낮은 값을 보였다. T-P는 조사기간 동안 모자반군락 지역의 경우 꾸준히 증가하여 3월부터 급격히 감소하였으며, 대조구에서는 이시기에 급격히 증가하는 경향을 보였다. 가막만 모자반 군락에 주요 서식종은 켈생이모자반 (*Sargassum horneri*)으로 수온이 상승하는 시기인 봄부터 초여름까지 최대로 성숙하며 (Taniguchi and Yamada, 1978; Lee, 1991), 해수중의 T-N와 T-P의 농도에 관계없이 성장과 함께 선택적으로 이들 영양분을 흡수하여 성숙시기에 그 축적량이 최대에 도달한다 (Lee, 1991). 본 연구에서 이러한 성숙시기에 모자반 군락이 해수중의 영양염 흡수에 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한, 이와 같은 연구결과는 해중립의 외부 유입요인에 대한 생태계 정화 능력과도 유사한 것으로 나타났다 (Green and Short, 2003; Larkum et al., 2006).

모자반 군락의 성장 및 성숙에 영향을 미치는 일차 환경요인은 수온변화와 여러 환경요인으로 알려져 있다 (Umezaki, 1983). 본 연구 결과 모자반 군락은 해양생태계 내에서 광합성 및 영양염 흡수 등을 통해 군락내 해양환경을 조절하는 것으로 판단된다. 이와 같이 가막만 모자반 군락은 대조구에 비해 수질환경이 양호한 것으로 나타났으며, 이러한 환경요인들의 영향으로 인해 모자반 군락이 다른 해역에 비해 보다 다양한 해양생물의 서식처, 산란장 및 생육장을 제공하는 것으로 판단된다. 따라서 향후 모자반군락을 활용한 연안환경 관리 및 해중립 조성시 참고자료로서의 활용이 기대된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 해양과학기술연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Arai, A. and A. Miura. 1991. Effects of salinity and light intensity on the growth of brown alga, *Sargassum ringgoldianum*. *Suisanzoshoku*, 39, 315-319.

- Cho, M.C., K.H. Ahn and K.H. Suh. 2005. Biosorption of Pb and Cr by using *Sargassum thunbergii*. J. Kor. Fish. Soc., 38, 153-157.
- Chong, K.H. and B. Volesky. 1995. Description of two-metal biosorption equilibria by Langmuir-type models. Biotechnol. Bioeng., 47, 451-460.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F test. Biometrics, 11, 1-42.
- Fujita, D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-cho, Hokkaido. Suisanzoshoku, 35, 135-138.
- Green, E.P. and F.T. Short. 2003. World atlas of seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, 298 pp.
- Hales, J.M. and R.L. Fletcher. 1989. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. IV. The effect of temperature, irradiance and salinity on germling growth. Bot. Mar., 32, 167-176.
- Hales, J.M. and R.L. Fletcher. 1990. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. V. Reseptacle initiation and growth, and gamete release in laboratory culture. Bot. Mar., 33, 241-249.
- Holan, Z.R., B. Volesky and I. Prasetyo. 1993. Biosorption of cadmium by biomass of marine algae. Biotechnol. Bioeng., 41, 819-825.
- Johansson, J.O.R. 2000. Historical overview of Tampa Bay water quality and seagrass: Issues and trends. In H. Greening (Ed.), Seagrass Management: It's Not Just Nutrients! Tampa Bay Estuary Program Symposium Proceedings, 22-4 August, St. Petersburg, FL., 1-10.
- Largo, D.B. and M. Ohno. 1993. Constructing an artificial seaweed bed. In Ohno M, Critchley AT (eds) Seaweed Cultivation and Marine Ranching. JICA, Tokyo, pp. 113-130.
- Larkum, A.W.D., R.J. Orth and C.M. Duarte. 2006. Seagrass: biology, ecology and conservation, Springer, Netherlands, 691pp.
- Laycock, R.A. 1974. The detrital food chain based on seaweeds. I. Bacteria associated with the surface of *Laminaria flonds*. Mar. Biol., 25, 223-231.
- Lee, G.H. 1993. Fisheries oceanographical studies on the production of the farming oyster in Korea bay. Ph.D. Thesis, Natl. Fish. Univ. Busan, 1-180.
- Lee, I.K. and J.W. Kang. 1986. A check list of marine algae in Korea. Korean J. Phycol., 1, 311-325.
- Lee, S.S. 1991. Effects of environmental factors on growth and maturity of *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh. MS Thesis, Natl. Fish. Univ. of Busan, Korea, 42 pp.
- Lee, Y.P. and S.Y. Kang. 2002. A catalogue of the seaweeds in Korea. Cheju Natl. Univ. Press Korea, 662 pp.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 2002. Standard methods for marine environment. 1-330.
- Norton, T. 1977. The growth and development of *Sargassum muticum*. J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 26, 41-53.
- Oh, S.H. and C.H. Koh. 1996. Growth and photosynthesis of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) on a cultivation ground in Korea. Bot. Mar., 39, 389-393.
- Ohno, M. 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. Algae, 8, 191-198.
- Short F.T. and C.A. Short. 1984. The seagrass filter: purification of coastal water. In: Kennedy V.S. (ed.), The estuary as a filter. Academic Press., pp. 395-413.
- Taniguchi, K. and H. Yamada. 1978. Annual variation and productivity of the *Sargassum horneri* population in Mastsushima Bay on the Pacific coast of Japan. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 50, 59-65.
- Umezaki, I. 1983. Ecological studies of *Sargassum miyabei* Yendo in Maizuru Bay, Japan Sea. Bull. Jap. Soc. Fish., 49, 1825-1834.
- Volesky, B. 1994. Advances in biosorption of metals: selection of biomass types. FEMS Microbiol. Rev., 14, 291-302.
- Walters, B.B. 2003. People and mangroves in the Philippines: Fifty years of coastal environmental change. Environmental Conservation, 30, 293-303.
- Watanuki, A. and H. Yamamoto. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. Hydrobiologia, 204/205, 275-280.
- Waycott, M., B.J. Longstaff and J. Mellors. 2005. Seagrass population dynamics and water quality in the Great Barrier Reef region: A review and future research directions, Marine Pollution Bulletin, 51, 343-350.
- Yoon, Y.H. 2000. Variational characteristics of water quality and chlorophyll *a* concentration in the northern Kamak bay, southern Korea. J. Korean Environ. Sci.

Soc., 9, 429-436.

Yotsui, T. and N. Maesako. 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsushima Islands. *Suisanzoshoku*, 41, 67-70.

2009년 2월 20일 접수
2009년 5월 11일 수정
2009년 6월 10일 수리