

제주도 문섬 산호서식지 주변의 생물생태학적 특성 I. 환경특성과 식물플랑크톤의 군집구조

좌중헌 · 이준백*
제주대학교 해양학과

Bioecological Characteristics of Coral Habitats around Moonsom, Cheju Island, Korea I. Environment Properties and Community Structures of Phytoplankton

JONG-HUN CHOA AND JOON-BAEK LEE*

Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

제주도 문섬주변 연성산호 서식지의 생물생태학적 특성을 파악하기 위해 1995년 9월부터 1996년 7월까지 격월 간격으로 해양환경요인과 식물플랑크톤군집을 조사하였다. 연평균 수온과 연평균 염분은 각각 17.4 °C, 34.06 psu 로써 동계에 저온고염, 하계에 고온저염 현상을 보여 산호초 형성에는 부적당한 조건을 나타내었다. 영양염류 분포는 총무기질소가 0.07~10.08 μM, 인산-인이 0.05~1.70 μM, 규산-규소가 3.08~21.86 μM였으며, 연 평균 N/P 비는 9.59~10.60의 범위로 외해로 갈수록 낮았고 질소원이 식물플랑크톤의 제한요인으로 작용하고 있다고 생각된다. 유광층의 깊이는 연평균 32.0 m(18.9~48.6m)로 계절에 따라 차이가 있으며 산호의 분포수심과 상관관계를 보였다. 식물플랑크톤 chlorophyll a량의 분포는 0.12~1.51 μg L⁻¹, 현존량은 1.5 × 10³~7.0 × 10⁵ cells L⁻¹의 범위로서 내해가 외해보다 높고 춘계에 대증식을 나타내었다. 식물플랑크톤의 출현종수는 총 55속 128종으로 돌말류 99종, 와편모조류 26종, 규질편모조류 2종, 남조류가 1종이 출현하였고 연중 주로 돌말류로 구성되어 있지만 하계에는 와편모조류의 출현종수가 증가하였다. 우점종은 *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve와 *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann 등이 주요종으로서 이들 저서성 돌말류가 산호의 주먹이원으로 작용할 것으로 추정되며, 종다양성 지수의 연 평균은 1.84로 제주도 해안의 일반적인 값보다 다소 낮았다.

Environmental factors and phytoplankton community have been bimonthly investigated in order to clarify the bioecological characteristics of coral habitats around Moonsom at the southern Cheju Island from September 1995 to July 1996. Annual mean temperature and annual mean salinity were 17.4°C and 34.06 psu, respectively, showing lower temperature - higher salinity in winter and higher temperature - lower salinity in summer, which means such conditions are inadequate for coral reef formation. Nutrient concentrations represent that total nitrogen ranged from 0.07 to 10.08 μM, phosphate from 0.05 to 1.70 μM, and silicate from 3.08 to 21.86 μM. The N/P ratio showed the range of 9.59–10.60 with decreasing offshore-ward, which means the phytoplankton community could be limited by nitrogen sources. Annual mean euphotic depth was 32.0 m (18.9 m–48.6 m) with difference according to season and reveals the close relationship with the depth of coral distribution. Chlorophyll a concentrations of phytoplankton ranged from 0.12 to 1.51 μg L⁻¹ and standing crops from 1.5 × 10³ to 7.0 × 10⁵ cells L⁻¹, showing higher at inshore than at offshore with a blooming in May. A total of 128 species of phytoplankton occurred in all stations, representing 99 spp. of diatoms, 26 spp. of dinoflagellates, 2 spp. of silicoflagellates and 1 sp. of blue-green algae. Diatoms are main taxa in all seasons except for occupying by dinoflagellates in summer. Among dominant species, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve and *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann were predominant and are likely to be main food sources for coral community. Annual mean species diversity index (H') was 1.84, showing lower than around the coast line of Cheju Island.

서론

전 세계의 해양생태계내에서 현생 산호초가 차지하고 있는 면적은 동남아시아(53%), 태평양(19%), 인도양(15%) 및 흑해(9%)

순으로 나타나고 있으며(Sorokin, 1995), 우리나라에는 대규모의 산호초는 없지만 제주도 서귀포 문섬주변 및 일부 섬주변 해역에 연성산호(soft corals) 군집이 독특한 생태계를 이루며 넓게 분포하고 있다(서, 1990; Song, 1996). 일반적으로 산호초가 형

성되기 위해서는 평균수온이 년중 18°C 이상 유지되어야 하고, 염분이 높고 광합성을 위한 충분한 빛과 탁도가 낮아야 한다(Nybakken, 1993). 이러한 산호서식지의 환경적 특성을 살펴보면 주변해역보다 영양염 농도가 낮고(Furnas and Mitchell, 1987), 식물플랑크톤의 현존량과 생물량(chlorophyll *a*)은 낮지만(Yahel *et al.*, 1998), 일차생산력이 높은 것이 특징이다(Sorokin, 1995). 한편 산호의 주 먹이원으로써 동물플랑크톤에 관하여 연구가 많이 수행되어 왔지만(Glynn, 1973), 최근에는 식물플랑크톤이 산호군집의 먹이원과 대사에 중요한 역할을 담당하고 있다는 사실이 보고되고 있다(Sorokin, 1991; Fabricius *et al.*, 1995, 1998). 산호서식지에서 부유성 식물플랑크톤은 침강에 의해, 부착성 및 저서성 미세조류들은 해류나 조류에 의해 산호류에게 직접적으로 포획 또는 여과되어 섭취되기도 한다(Sorokin, 1995).

산호가 서식하고 있는 제주도 서귀포 문섬주변 해역은 대만난류수, 강우기에 대량 유입되는 육수외에 조류 및 기상상태에 따라 독특한 해양환경을 이루고 있고(방과 김, 1989; 최 등, 1992), 지질학적으로 서귀포 조면암으로 형성된 암벽을 따라 19종의 연성산호가 수직분포를 이루면서 종에 따른 대상분포가 뚜

렷하게 서식하고 있으나(서, 1990), 1988년부터 산호가 많이 분포한 부근에서 잠수정과 SCUBA를 이용한 수중관광이 보편화되면서 산호뿐만 아니라 주변 해양동물의 서식환경이 많이 파괴되고 있는 실정이다.

본 조사의 목적은 우리나라에서 독특한 아열대 특성을 지니고 있으며 연성산호서식지로 알려진 문섬주변 해역의 물리, 화학적 환경특성과 식물플랑크톤의 생물량 동태와 군집구조를 파악하고 다른 산호서식지 해역과 비교함으로써 문섬주변 산호서식지의 생물생태학적 특성을 고찰하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사는 1995년 9월부터 1996년 7월까지 제주도 서귀포 주변 해역에서 내해(St. 1), 중간해역(St. 2, 문섬주변) 그리고 외해(St. 3)의 3개 정점을 선정하여 격월 간격으로 실시하였다(Fig. 1). 식물플랑크톤의 재료는 각 정점의 수층별(표층, 10 m, 30 m, 50 m, 75 m)로 Niskin 채수기를 이용하여 1 L씩을 채수한 다음 선상에서 중성 formaldehyde로 최종농도가 약 0.4%되게 고정하였다.

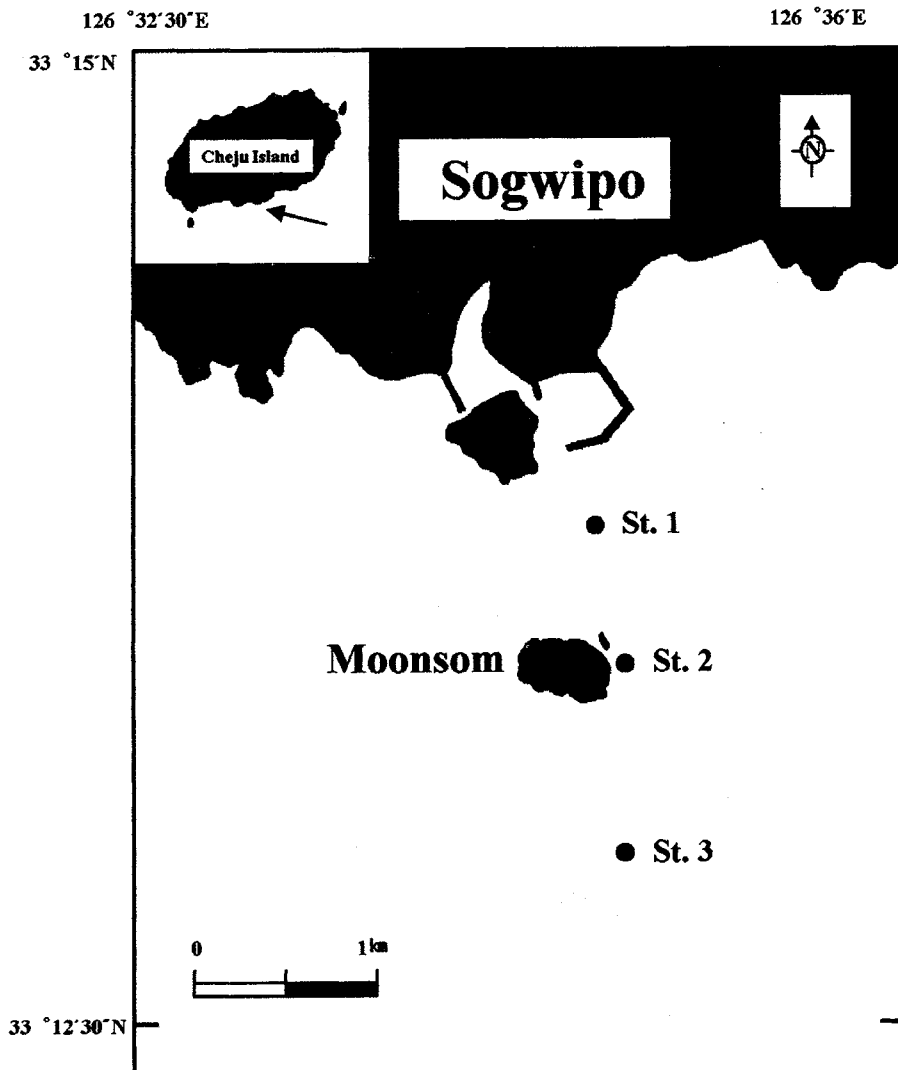


Fig. 1. A map showing the sampling stations around Moonsom in the Sogwipo coast of Cheju Island.

이를 실험실로 운반하여 침전법에 의해 농축된 시료를 균일하게 섞은 후 1 ml를 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경(Olympus, CH-2)하에서 전체 세포수를 반복 계수한 뒤 평균하여 cells L⁻¹로 환산하여 현존량으로 표시하였다. 동정은 고배율(×400~1,000)하에서 실시하였으며 동종이명은 Hasle and Syvertsen(1996), Steidinger and Tangen(1996), Thronsen(1993)을 근거로 정리하였다.

식물플랑크톤의 chlorophyll a 측정시료는 수층별로 해수 1 L를 취하여 GF/C filter(Whatman, 47 mm)로 여과한 후 90% acetone에 24시간 동안 냉장 보관한 후 원심분리기를 이용하여 3,500 rpm에서 원심분리 시켜 UV-VIS spectrophotometer(Shimadzu, 1201)로 측정된 값을 Parsons *et al.*(1984)의 식에 의해 단위 체적당 클로로필량($\mu\text{g chlorophyll } a \text{ L}^{-1}$)로 계산하였다.

물리 화학적 특성을 위한 분석으로 수온과 염분은 CTD(SBE 19-03), 투명도는 Secchi disc로 측정하였다. 영양염류인 암모니아 질소(NH₄⁺-N)는 phenol- hypochlorite 법(Solorzano, 1969), 아질산 질소(NO₂⁻-N)는 NED법(Parsons *et al.*, 1984), 질산 질소(NO₃⁻-N)는 카드뮴 환원법(Parsons *et al.*, 1984)으로 정량하여 총무기질소량(Total-N)으로 나타내었고, 또한 인산 인(PO₄³⁻-P)은 ascorbic acid 법(Parsons *et al.*, 1984), 규산 규소는 폴리브텐 청법(Parsons *et al.*, 1984)에 의해 나타내었다.

결과 및 고찰

물리적 특성

수온은 연평균수온이 17.4°C(14.2~26.6°C)로 표층에서 19.7°C(14.6~26.6°C), 10 m 층에서 19.2°C(14.2~26.4°C), 30 m 층에서 16.6°C(14.2~20.5°C), 50 m 층에서 16.2°C(14.2~20.0°C), 75 m 층에서 15.7°C(14.2~18.2°C)의 분포를 보였고 연간 수온 변동폭은 표층에서 12.0°C, 10 m 층 12.3°C, 30 m 층 6.4°C, 50 m 층 5.9°C, 75 m 층에서 4.0°C를 보이고 있어 표층에서 10 m 층까지가

수온 변동폭이 크게 나타나고 있었다. 가장 높은 수온은 표층과 10 m 층에서는 9월에, 30 m 층, 50 m 층, 75 m 층에서는 11월에 나타나고 있어 저층수의 수온상승은 11월까지 상승하고 있고 11월 이후부터 5월까지의 표층과 저층의 수온차가 미약하여 상하 혼합 상태임을 알 수 있으며 7월부터 9월까지 수온약층이 형성됨을 알 수 있고(Fig. 2), 최 등(1992)은 표층에서는 7월, 30 m 층에서는 9월, 60 m 층에서는 11월에 년중 가장 높은 수온을 나타낸다고 하였다. 일년 평균수온 분포는 동부(우도) 연안역과 해안선 주변역에서도 17.3°C를 나타내어 조사해역은 제주 연안역의 수온분포 범위내에 속하고 있었다(최 등, 1989, 1993). 따라서 문섬 주변해역의 연성산호는 최저 서식수심인 50 m 층을 기준으로 볼 때 연평균 16.0°C 이상인 조건에서 성장하고 있지만 오키나와 Sesoko섬의 21.0~28.0°C보다는 낮고(Sakai *et al.*, 1984), Hongkong 주변의 연성산호 서식지의 연평균 12.0°C 이상보다는 비교적 높은 수온에서 서식한다고 볼 수 있다(Cope, 1986; 서, 1990).

염분의 연평균농도는 34.06 psu(30.67~35.38 psu)로 표층에서 33.29 psu, 10 m 층 33.43 psu, 30 m 층 34.38 psu, 50 m 층 34.39 psu 및 75 m 층에서 34.82 psu로 표층에서 저층으로 진행될수록 염분농도가 증가하고 있으며 연간 염분 변동폭은 표층에서 3.88 psu, 10 m 층 3.84 psu, 30 m 층 0.59 psu, 50 m 층 0.55 psu 및 75 m 층에서 0.92 psu를 나타내어 표층에서 10 m 층까지 염분농도 변화가 크고, 저층으로 진행될수록 염분변동폭이 감소하고 있음을 보여주고 있다. 가장 높은 염분은 3월에 표층에서 50 m 층까지, 그리고 11월의 75 m 층에서 나타나 9월부터 시작하여 6월까지 염분농도가 증가함을 알 수 있었다(Fig. 2). 이상의 결과에서 수온과 염분과의 관계는 수온이 18°C 이하 일때는 34 psu 이상이고, 수온이 19~20°C에서는 33 psu, 20°C 이상에서는 32 psu 이하를 나타내는 현상을 보이고 있었으며, 저온 고염인 곳은 저층수와 11월부터 6월까지 전 수층에서 나타났고, 고온 저염인 해역은 9월내 국한되고 있는데 이는 계절적 영향인 경우로 인한

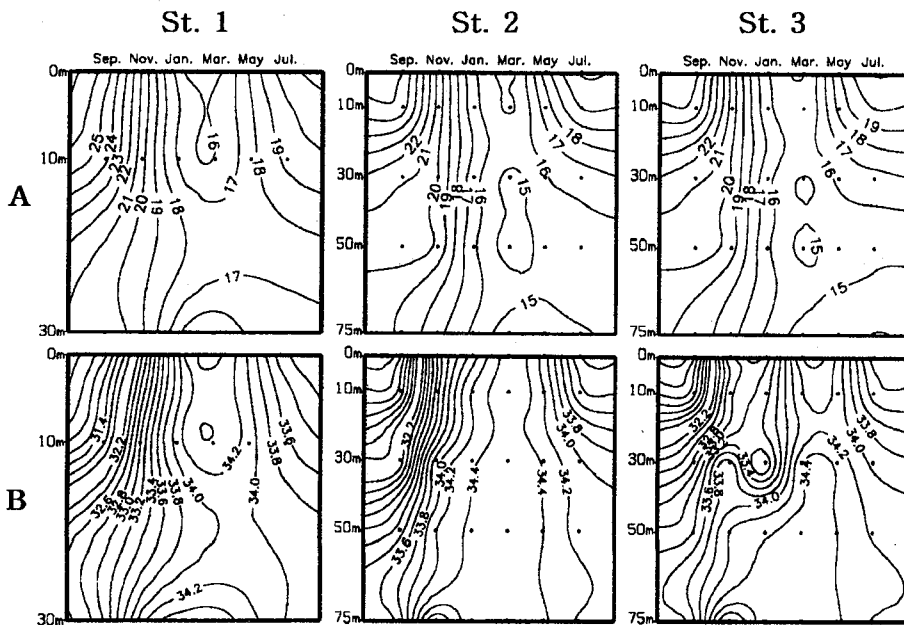


Fig. 2. Seasonal fluctuation of temperature (°C; A) and salinity (psu; B) in the study area from September 1995 to July 1996.

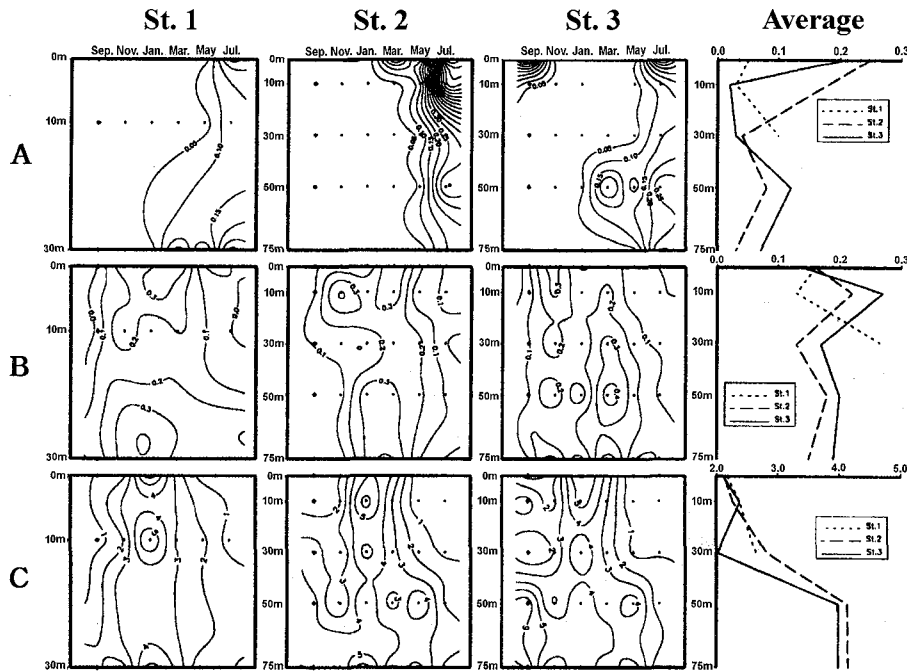


Fig. 3. Seasonal fluctuation of ammonia (μM ; A), nitrite (μM ; B) and nitrate (μM ; C) in the study area from September 1995 to July 1996.

주변의 육수 유입으로 표층수의 저염화 현상이 뚜렷하게 나타나고 있다고 생각되며 이러한 분포변화는 최 등(1992)의 결과와 일치하고 있었다.

화학적 특성

암모니아성 질소의 분포는 $0 \sim 1.15 \mu\text{M}$ (평균 $0.09 \mu\text{M}$)로 각 정점에서 5월부터 증가하여 7월에 최대 농도를 보였고 층별 평균변화는 표층과 50 m층에서 두 번 증가하는 경향이 있었으며 그 이하 수층에서 감소하였다(Fig. 3). 아질산성 질소는 $0 \sim 0.47 \mu\text{M}$ (평균 $0.18 \mu\text{M}$)로 11월부터 3월까지 증가를 하였고, 5월부터 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 층별 평균분포는 표층보다는 30 m층에서 가장 높게 나타났다. 질산성 질소는 $0.07 \sim 6.91 \mu\text{M}$ (평균 $2.80 \mu\text{M}$)로 9월부터 증가를 시작하여 1월에 최고치를 나타낸 후 7월까지 계속 감소를 하였다. 또한 층별 평균변화는 표층에서 50 m층까지 계속 감소를 하였고 그 이하 수층에서 증가를 하였다(Fig. 3). 이와같은 결과는 제주도 해안선 주변해역(최 등, 1989), 남부(서귀포) 연안역(최 등, 1992), 동부(우도) 연안역(최 등, 1993)보다 낮게 나타나고, 북부(함덕) 연안역과는 비슷한

분포를 보였고, 인도양(Bakus *et al.*, 1994)과 오키나와 Sesoko 주변해역(Sakai *et al.*, 1984)과 비교시 낮은 분포를 보였다(Table 1).

인산 인의 농도는 $0.05 \sim 1.70 \mu\text{M}$ (평균 $0.35 \mu\text{M}$)로 최저치는 7월에 모든 정점의 표층에서, 최고치는 11월 정점 2의 75 m층에서 보였고, 월별 평균분포는 $0.18 \sim 0.63 \mu\text{M}$ 로 7월에 가장 낮고, 11월에 가장 높은 농도를 나타냈다(Fig. 4). 정점별 평균농도는 내해역이 $0.28 \mu\text{M}$, 중간해역과 외해역이 각각 $0.42 \mu\text{M}$ 와 $0.37 \mu\text{M}$ 로 중간해역이 높게 나타나고 있는데 이는 총질소의 변화와 일치하고 있었다. 층별 평균치는 표층과 10 m층의 $0.29 \mu\text{M}$ 부터 저층까지 계속 증가를 하여 75 m층에서 $0.60 \mu\text{M}$ 의 농도를 보였다. 따라서 본 조사해역의 인산 인 분포는 식물플랑크톤 대증식이 일어나는 시기는 낮고 그 이후의 계절에는 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 본 조사에서 나타난 결과는 제주도 해안선 주변역(최 등, 1989), 북부(함덕) 연안역(최 등, 1991), 동부(우도) 연안역(최 등, 1993)보다 높으며, 남부(서귀포) 연안역(최 등, 1992)과 비슷한 분포를 보였다. 또한 인도양(Bakus *et al.*, 1994)과 오키나와 Sesoko 주변해역(Sakai *et al.*, 1984)과 비교시 비슷한 분포 경향을 보였다(Table 1).

Table 1. Comparison of marine environment factors between Moonsom coral habitat and other coral reef areas in the world

Site	W. T. (°C)	Sal. (‰)	Euphotic depth (m)	NO ₂ (μM)	NO ₃ (μM)	NH ₄ (μM)	SiO ₂ (μM)	PO ₄ (μM)	Chl. <i>a</i> (μg L ⁻¹)	Source
Laccadive Sea (Indian Ocean)	29.0–30.0	35.0–36.0	69.0–81.0	0–0.01	0–1.0	<0.35–1.74	0–20	0.2–1.0	0.080	Bakus <i>et al.</i> (1994)
Andaman Sea (Indian Ocean)	27.0–32.0	24.8–34.0	75.0–90.0	–	0–20.2	0.39–3.82	0–25	0.54–1.17	0.033	Bakus <i>et al.</i> (1994)
Sesoko Island (Okinawa)	21.0–28.0	33.8–35.5	14.3–31.1	0.02–0.25	0.15–29.05	–	0.7–10.9	0.05–1.0	0.770*	Sakai <i>et al.</i> (1984)
Moonsom (Cheju Island)	13.7–26.6	30.6–35.3	18.9–48.6	0–0.47	0.07–6.91	0–1.15	3.1–21.9	0–1.7	0.730	This study

*; unpublished data measured by the authors

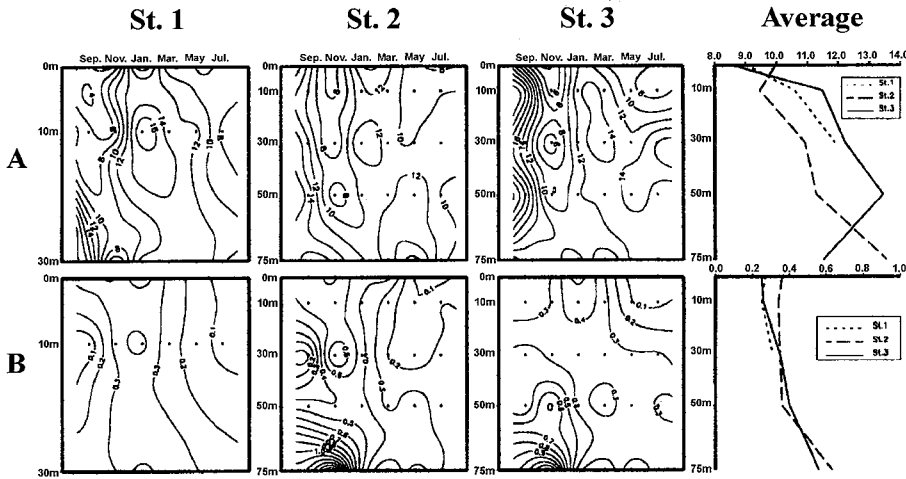


Fig. 4. Seasonal fluctuation of silicate (μM ; A) and phosphate (μM ; B) in the study area from September 1995 to July 1996.

규산-규소의 분포는 $3.08 \sim 21.86 \mu\text{M}$ (평균 $11.26 \mu\text{M}$)의 분포로 최저치는 11월 외해역의 표층에서, 최고치는 9월 외해역의 10m 층에서 보였고, 월별 평균변화는 강우에 의한 육수유입의 증가로 인해 고온 저염현상이 발생한 9월에 최고치를 보인후 1월을 제외하고는 감소 경향을 보였다. 정점별 변화는 외해역으로 진행될 수록 증가하였고 수심이 증가할수록 높은 분포를 보였다(Fig. 4). 이상의 결과는 제주도 북부(함덕) 연안역(최 등, 1991), 동부(우도) 연안역(최 등, 1993)보다 높고 해안선 주변해역(최 등, 1989) 보다는 낮지만 남부(서귀포) 연안역(최 등, 1992)과는 비슷한 분포를 보였다. 또한 연성산호가 서식하고 있는 인도양 주변해역 (Bakus *et al.*, 1994)과는 비슷하고 오키나와 Sesoko 주변해역 (Sakai *et al.*, 1984) 보다는 높은 분포를 보였다(Table 1).

총무기질소의 농도는 $0.07 \sim 10.58 \mu\text{M}$ 로 9월부터 1월까지 계속 증가하다가 식물플랑크톤 대증식이 일어난 시기인 5월에 최소치를 보인 후 계속 감소하였으며, 층별 평균분포는 표층에서 가장 낮았고 수심이 증가할수록 농도가 높게 나타나 식물플랑크톤의 현존량 분포와 반대의 경향이 나타남을 알 수 있다(Fig. 5). 조사해역의 N/P 비율은 3월에 가장 높은 비율(평균 N/P=13.80)을 나타내었고 식물플랑크톤의 대증식이 있는 시기인 11월과 5월은 각각 평균 4.33과 7.11로 다른 시기보다 낮게 나타나고 있

었다(Fig. 5). 일반적으로 해양환경내에서는 N/P 비율은 16이나 조사 해역의 식물플랑크톤 대증식 시기에는 질산염이 인산염에 비해 많이 소모되어 낮은 값을 유지하고 있다. 정점별 평균분포는 내해역이 10.60, 중간해역의 10.19 및 외해역의 9.59로 내해 쪽이 다소 높게 나타났고, 평균적으로 16이하의 값이 분포하는 특성을 보였다. N/P의 값은 일반적으로 담수역에서는 높아 P가 제한요인으로 작용하지만 해양의 외양역에서는 낮아 N이 제한요인으로 작용하고 있다. 따라서 본 해역의 경향도 내해쪽은 육수의 영향으로 N/P 값이 다른 해역에 비해 높으나, 문섬 주변과 외해역은 일반적인 외양역과 같이 낮은 N/P 값을 보이며 N이 식물플랑크톤 군집에 제한요인으로 작용하고 있다고 생각된다.

유광층의 변화

유광층과 산호의 수직분포와의 관계는 산호조각내 공생하는 zooxanthellae(황록공생조류)의 유무에 달려 있으며 zooxanthellae가 있는 종류는 공생체의 광합성 활동을 위해 유광층내에 분포하지만, 그것이 없는 대부분의 연성산호류는 섭이원에 따라 분포수심이 달라지며 유광층이하에서도 발견되고 있다 (Nybakken, 1993). 그러나 대부분의 산호서식지는 zooxanthellae가 있는 산호류와 먹이원으로 식물플랑크톤을 섭이하는 연성산

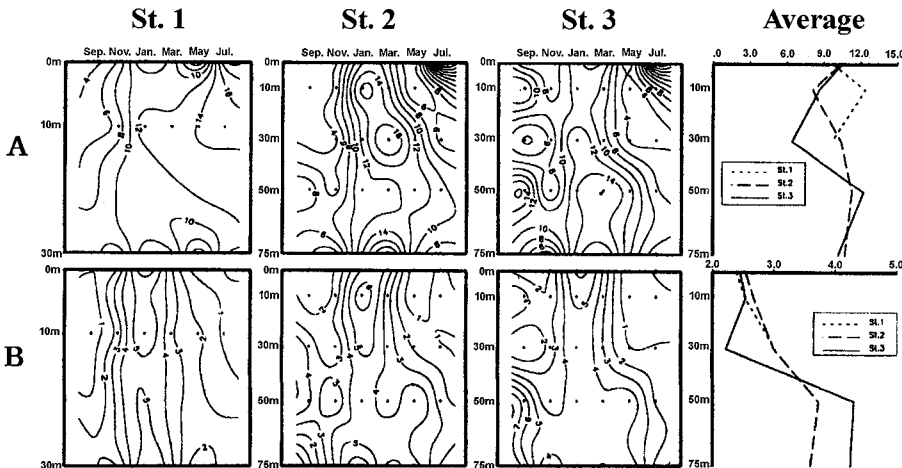


Fig. 5. Seasonal fluctuation of N/P ratio (A) and total-nitrogen (μM ; B) in the study area from September 1995 to July 1996.

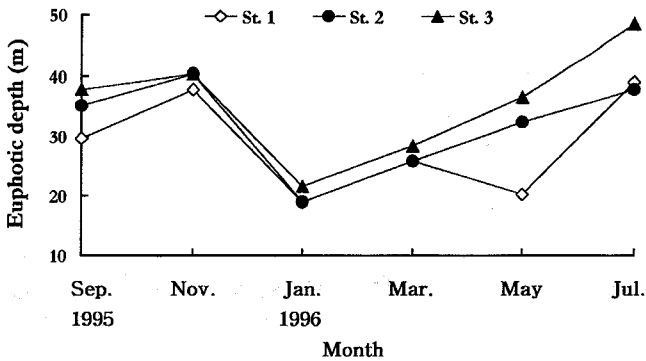


Fig. 6. Fluctuation of euphotic depth(m) in the study area.

호류를 많이 포함하고 있어 일반적으로 수심 약 50~70m까지의 유광층내에 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(Fabricius *et al.*, 1995, 1998). 문섬주변 해역의 유광층은 Secchi disc로 추정된 표층 상대광량 1%내의 보상심도를 기준으로 년평균 32.0m(18.9~48.6m)를 나타내었다(Fig. 6). 이는 오키나와의 Sesoko섬 주변과 비슷한 유광층의 깊이를 나타내고 있지만 인도양의 산호초 해역들의 90m 보다는 크게 못 미치고 있다(Table 1). 그러나 문섬 주변해역의 산호서식은 최대 45m까지 분포한다고 보고되었는데(서, 1990), 조사시의 유광층 깊이는 최대 48m이상의 값을 나타내므로 산호가 서식하기에 적합하다고 볼 수 있다. 조사해역의 정점별 유광층 변화는 육상 유입원인 부유물질의 증가를 직접적으로 영향을 받는 내해역보다 외해역에서 높았으며, 계절별 변화는 추계와 하계가 타 계절보다 높은 값을 보이며 특히 동계에는 강한 수직혼합에 의해 저층의 부유성 입자들의 재부유로 인해 유광층이 감소하고 또한 춘계에는 식물플랑크톤의 대증식과 해조류의 포자발생으로 인해 유광층이 감소된다고 생각된다.

Chlorophyll a의 분포

식물플랑크톤의 chlorophyll a는 0.12~1.51 $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 범위로 년평균치는 0.73 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이었다. 월별 평균분포는 1월이 0.43 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 낮고 5월에 0.95 $\mu\text{g L}^{-1}$ 으로 가장 높은 분포를 보이고 있다. 정점별 평균치는 내해역의 정점 1이 0.81 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 높았고, 정점 2가 0.70 $\mu\text{g L}^{-1}$, 정점 3이 0.69 $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 분포를

보였다. 층별 평균치는 0.60~0.82 $\mu\text{g L}^{-1}$ 으로 표층이 가장 높고 정점 2의 75m층에서 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 7). 제주해역에서 보고된 chlorophyll a 값의 분포와 비교하면 제주 주변해역 0.13~0.58 $\mu\text{g L}^{-1}$ (전과 고, 1983), 해안선 주변해역 0.45~2.59 $\mu\text{g L}^{-1}$ (이 등, 1989), 한림항과 성산항은 각각 0.02~2.59 $\mu\text{g L}^{-1}$ 과 0.06~5.40 $\mu\text{g L}^{-1}$ (이와 좌, 1990), 북부(함덕) 연안역 0.10~1.23 $\mu\text{g L}^{-1}$ (최 등, 1991), 남부(서귀포) 연안역 0.10~4.34 $\mu\text{g L}^{-1}$ (최 등, 1992), 동부(우도) 연안역 0.21~2.12 $\mu\text{g L}^{-1}$ (이 등, 1993), 서부(고산) 연안역 0.17~1.06 $\mu\text{g L}^{-1}$ (최 등, 1994)로 일부 제주도 항구내의 대증식 시기에 최고값보다 크게 차이가 있지만 평균치에서는 비슷한 분포 범위를 나타내고 있었다. 또한 인도양의 산호초 주변은 매우 낮은 chlorophyll a를 나타내지만 쿠로시오해류 영향권에 있는 오키나와 Sesoko 주변해역과 문섬해역은 일반적인 산호초 해역보다 비교적 높은 chlorophyll a를 보인다고 생각된다(Table 1). 문섬해역의 chlorophyll a의 값은 대증식이 일어나는 5월에 전 수층에 걸쳐 높게 나타났고 연안에 가까운 정점이 외해쪽보다 높게 나타난 이유는 육상에서의 영양염류 유입의 직접적인 영향을 받는 해역이기 때문이라 생각된다. 영양염류의 자료와 비교하면 총질소와 인산 인의 농도도 낮게 나타나고 있어 식물플랑크톤의 대증식에 따른 영양염 소모와 일치한다고 볼 수 있다. 또한 문섬주변 해역의 식물플랑크톤 대증식 시기는 3월에서 5월과 9월에서 11월 사이인 것으로 판단되어지며 동계기간 동안은 전 수층에 걸쳐 수직혼합의 활발한 현상으로 인해 표층과 저층간 농도차가 크지 않은 것으로 보아 식물플랑크톤이 매우 깊은 수심까지 적응하고 있는 것으로 여겨진다. 또한 이런 결과는 식물플랑크톤의 현존량 분포 결과와 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다.

식물플랑크톤의 현존량 분포

식물플랑크톤의 현존량은 $1.5 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^5 \text{ cells L}^{-1}$ 를 보였고, 월별 평균 현존량의 분포경향은 7월에 $4.3 \times 10^3 \text{ cells L}^{-1}$ 로 가장 적고 5월에 $1.9 \times 10^5 \text{ cells L}^{-1}$ 로 가장 많은 분포를 나타냈다(Fig. 7). 제주도 주변해역의 일반적인 현존량의 계절적 변화 경향은 춘계와 추계에 $10^5 \text{ cells L}^{-1}$ 이상의 대증식을 보이지만(이 등, 1989) 조사해역은 춘계가 추계보다 현존량이 높다. 정점별 평균 현존량은 연안에 근접한 내해역이 $1.0 \times 10^5 \text{ cells L}^{-1}$ 로 가

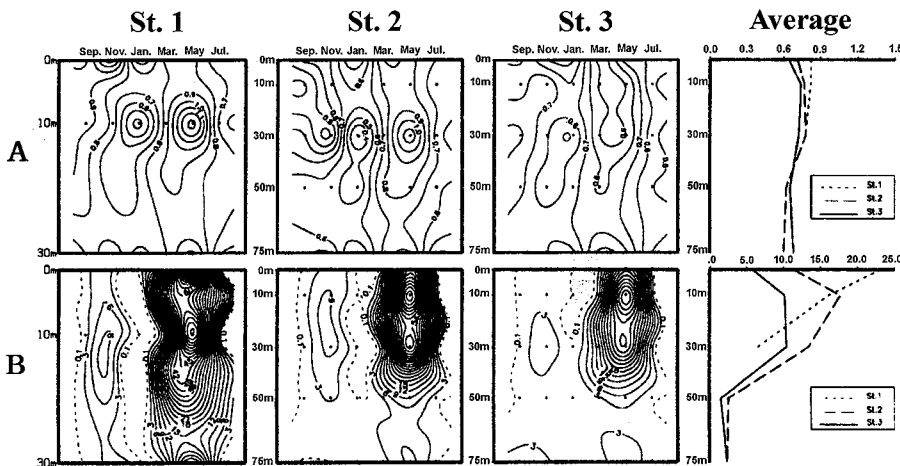


Fig. 7. Vertical distribution of chlorophyll a ($\mu\text{g L}^{-1}$; A) and standing crops ($\times 10^4 \text{ cells L}^{-1}$; B) in the study area from September 1995 to July 1996.

장 높았고, 문섬 주변이 4.6×10^4 cells L⁻¹, 외해역이 3.7×10^4 cells L⁻¹의 분포를 보여 외해쪽으로 갈수록 평균 현존량이 낮아지는 경향을 보였다. 이는 서귀포항에 가까운 정점이 육지에서 유입되는 생활하수 등의 영향으로 영양염 공급이 원활하고 또한 수심이 얕아 수직적 혼합이 활발하여 외해역보다 현존량이 높게 나타나는 것이라고 생각되어진다. 층별 분포를 보면 내해역이 표층과 10m층에서 평균 현존량값이 높게 나타났으며 내해역을 제외한 문섬 주변해역과 외해역이 10m층에서 다른 수층보다 높게 나타났는데 이는 정 등(1983)의 결과와 비교시 일치한다고 볼 수 있고 저층으로 갈수록 현존량의 감소가 뚜렷하게 나타나고 있는 특성을 보였다. 지금까지 제주도 주변해역에서 조사된 식물플랑크톤 현존량과 비교하면 서귀포 연안역에서는 10⁴ cells L⁻¹ 내외의 범위로 10월에 가장 높은 현존량이 보고되었고(정 등, 1983), 제주도 해안선 주변해역의 해역별 평균값은 $2.0 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^6$ cells L⁻¹(이 등, 1990), 한림항과 성산항 해역에서는 각각 $3.2 \times 10^3 \sim 1.9 \times 10^6$ cells L⁻¹와 $6.4 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^6$ cells L⁻¹를

(이와 좌, 1990), 북부(함덕) 연안역에서는 $8.8 \times 10^3 \sim 2.4 \times 10^6$ cells L⁻¹의 현존량을 보였다(윤 등, 1990). 따라서 문섬 주변해역의 식물플랑크톤 현존량은 보고된 일부 항내의 대증식시기의 현존량이 분포를 제외하면 보고된 현존량과 비슷한 분포를 보였고 연안역 정점에서 현존량이 외해쪽보다 높은 경향은 chlorophyll a 값의 분포와 일치하고 있으며 또한 대증식 기간에는 영양염류인 총질소와 인산 인 값과 비교하면 영양염류가 소모되는 경향과 일치한다고 볼 수 있다.

식물플랑크톤의 종조성

조사기간 중 출현한 식물플랑크톤은 총 55속 128종으로 돌말류가 99종(44속, 92종, 2변종, 3품종, 2미동정종), 외편모조류가 26종(9속, 25종, 1미동정종), 규질편모조류가 2종(1속, 1종, 1변종), 남조류가 1종(1속, 1종)이었다(Appendix). 출현종수의 구성비율은 돌말류가 77.3%, 외편모조류는 20.3%, 규질편모조류 및 남조류는 각각 1.6%와 0.8%를 차지하고 있었다. 제주 연안역에서

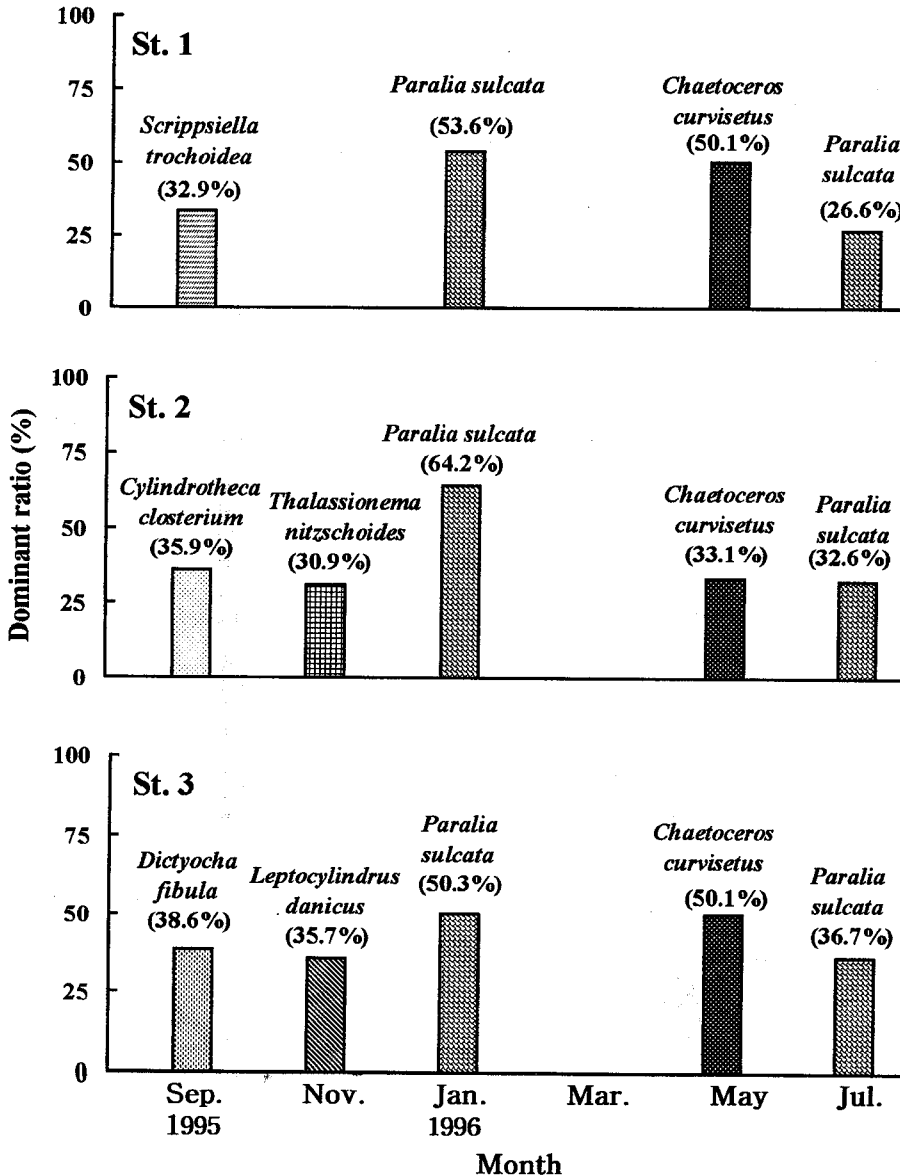


Fig. 8. Seasonal succession of dominant species in the study area from September 1995 to July 1996.

보고된 구성비율과 비교시 동부(우도) 연안역에서는 돌말류가 80.5%, 외편모조류가 11.2%(이 등, 1993), 북부(함덕) 연안역에서는 돌말류가 72.7%, 외편모조류가 21.2%(이 등, 1995), 한국 남서해역에서는 돌말류가 80.5%, 외편모조류가 16.3%(Shim and Park, 1984)를 차지하여 조사해역도 돌말류의 구성비율이 높게 나타나고 있었다. Glynn(1973)은 일반적으로 산호초 주변해역에서 식물플랑크톤의 종조성은 연안성 또는 외양성 규조류, 해파나 조류에 의해 셋겨 나온 저서성 미세조류 및 사상체인 남조류의 구성 비율이 높다고 하였다. Piyakarnchana *et al.*(1986)이 Thailand만의 Sichang섬에서 SCUBA를 이용해 산호 바로 위에

서 syringe 방법에 의해 채집된 것을 보면 산호의 polyp 형태에 따라 주변의 부유성 및 저서성 미생물들의 분포를 좌우하여 돌말류는 긴 사슬과 수많은 돌기를 가진 종(*Bacteriastrum* sp., *Chaetoceros* sp.)들과 외편모조류는 저서성(*Prorocentrum lima*) 및 적조가 발생시 우점하는 종(*Noctiluca scintillans*)들이 선택적으로 섭이를 하고 있었다. 전체 정점에서 출현빈도가 80%이상 되는 종류는 총 12종으로 *Asterionellopsis glacialis*, *Bacillaria paxillifera*, *Cylindrotheca closterium*, *Ditylum brightwellii*, *Lioloma delicatum*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia sigma*, *Paralia sulcata*, *Pseudonitzschia seriata* f. *seriata*, *Thalassionema nitzs-*

Table 2. The distribution of dominance species diversity and evenness values in the study area(λ ; Simpson's index, H'; Shannon-Wiener's index, J'; Pielou's index)

Month	Depth (m)	St. 1			St. 2			St. 3			H'
		λ	H'	J'	λ	H'	J'	λ	H'	J'	
1995 Sep.	0	0.10	2.06	0.94	0.27	1.27	0.92	0.17	1.04	0.95	
	10	0.17	1.71	0.88	0.29	1.07	0.97	0.33	1.01	0.92	
	30	0.11	1.87	0.96	0.12	1.81	0.93	1.67	-	0.86	
	50	-	-	-	0.24	1.36	0.84	0.15	1.90	0.87	
	Avg.	0.13	1.88	0.93	0.23	1.38	0.92	0.58	1.32	0.90	1.53
Nov.	0	0.08	2.78	0.86	1.11	2.67	0.84	0.08	2.72	0.87	
	10	0.09	2.33	0.91	0.18	2.04	0.80	0.12	2.63	0.83	
	30	0.13	2.26	0.83	0.10	2.35	0.89	0.06	2.49	0.94	
	50	-	-	-	0.13	2.03	0.88	0.24	1.29	0.93	
	75	-	-	-	0.21	1.55	0.86	0.21	1.42	0.88	
Avg.	0.10	2.46	0.87	0.35	2.13	0.85	0.14	2.11	0.89	2.25	
1996 Jan.	0	0.34	1.82	0.63	0.39	1.41	0.61	0.33	1.66	0.63	
	10	0.40	1.48	0.60	0.45	1.35	0.54	0.27	1.76	0.65	
	30	0.30	1.53	0.64	0.37	1.70	0.61	0.32	1.49	0.58	
	50	-	-	-	0.41	1.52	0.60	0.17	2.09	0.77	
	75	-	-	-	0.36	1.56	0.65	0.37	1.61	0.63	
Avg.	0.35	1.61	0.62	0.40	1.51	0.60	0.29	1.72	0.65	1.61	
Mar.	0	0.08	2.53	0.89	0.19	1.90	0.79	0.21	1.78	0.81	
	10	0.14	2.16	0.84	0.05	2.36	0.95	0.11	1.82	0.94	
	30	0.16	1.95	0.85	0.11	2.15	0.89	0.14	1.84	0.88	
	50	-	-	-	0.04	2.48	0.96	0.14	2.01	0.87	
	75	-	-	-	0.10	2.32	0.88	0.12	2.16	0.87	
Avg.	0.13	2.21	0.86	0.10	2.24	0.89	0.14	1.92	0.87	2.12	
May	0	0.28	1.76	0.64	0.18	2.23	0.68	0.19	1.96	0.70	
	10	0.29	1.70	0.60	0.09	2.62	0.85	0.27	1.80	0.66	
	30	0.33	1.62	0.60	0.23	1.89	0.67	0.33	1.54	0.60	
	50	-	-	-	0.18	2.11	0.76	0.41	1.41	0.61	
	75	-	-	-	0.20	2.06	0.74	0.35	1.51	0.57	
Avg.	0.30	1.69	0.61	0.18	2.18	0.74	0.31	1.64	0.63	1.83	
Jul.	0	0.06	2.42	0.94	0.08	2.22	0.93	0.00	1.95	1.00	
	10	0.33	1.34	0.69	0.11	1.56	0.97	0.33	1.34	0.69	
	30	0.05	2.10	0.95	0.17	1.70	0.87	0.17	1.89	0.85	
	50	-	-	-	0.27	1.33	0.83	0.03	1.91	0.98	
	75	-	-	-	0.26	1.43	0.80	0.81	0.45	0.28	
Avg.	0.15	1.95	0.86	0.18	1.65	0.88	0.27	1.51	0.76	1.70	
Total avg.		0.19	1.97	0.79	0.24	1.85	0.81	0.29	1.70	0.78	

chionides, *Thalassiosira rotula* 등 돌말류가 11종, 외편모조류는 *Scrippsiella trochoidea* 1종이었다. 특히 돌말류인 *Nitzschia longissima* 와 *Thalassionema nitzschioides*는 전체 조사정점에 출현하는 특징을 보이고 있었다. Sorokin(1995)은 Madagascar 해역의 산호초에서 출현한 규조류중에서 50%이상의 모래에서 씻겨 나온 저서성 깃돌말류로 이루어져 있다고 보고하였는데 본 조사해역에서도 저서성 및 일시부유성 규조류들의 출현빈도가 높음을 알 수 있다.

계절별 출현종수는 21~57종의 분포로 하계를 제외한 전 계절에 걸쳐 고른 분포 경향을 보였지만 이중 외편모조류는 1~16종으로 특히 춘계와 수온이 상승하는 하계에 높은 출현종수를 보이고 있다. 정점별 출현종수의 변화는 87~90종으로 내해역인 정점 1이 가장 많고, 중간해역인 정점 2는 가장 적은 출현종수를 보였지만 특히 5월에 45종이 출현하여 다른 정점들보다 많은 출현 종수가 나타나는 특징이 있었다.

우점종의 변화와 종다양성

조사해역의 우점종은 점유율이 30%이상, 월별 출현빈도가 5회 이상과 현존량이 10⁴ cells L⁻¹이상인 종을 선정한 결과 돌말류가 5종, 외편모조류 및 규질편모조류가 각각 1종이 우점하고 있었다(Fig. 8). 우점종 중에서 가장 높은 점유율을 보인 종은 중심돌말류인 *Paralia sulcata*로 26.6~64.2%을 차지하고 있으며 특히 이 종은 제주도 북부 해안선역에서 겨울에 우점하는 종으로 알려져 있고(이 등, 1990) 경기만에서는 년중 일시부유성으로 우점하는 종으로 보고되고 있다(Choi and Shim, 1986). Fig. 8에서와 같이 동계, 춘계 및 하계에는 각각 돌말류인 *Paralia sulcata*-*Chaetoceros curvisetus*-*Paralia sulcata*가 모든 정점에서 우점을 하였고, 가을에는 내해역에서 외편모조류인 *Scrippsiella trochoidea*, 중간해역에서는 깃돌말류인 *Cylindrotheca closterium*, 외해역에서는 규질편모조류인 *Dictyocha fibula*가 우점종을 이루는 것이 특징이라 할 수 있다. 따라서 이들 우점종들은 이 해역의 대표종이라 생각되며 특히 산호서식지가 분포하고있는 중간해역은 Thailand 만의 Sichang 섬에서 산호초에서 우점한 부유성인 중심돌말류보다 다른 저서성 및 일시부유성인 군체를 형성하는 종들이 산호류의 영양동태와 대사에 영향을 끼치고 있다고 생각된다. 또한 인도양과 남지나해의 산호초 주변해역은 식물플랑크톤의 대증식성 깃돌말류인 *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*와 중심돌말류인 *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*가 주로 우점을 보이지만 때때로 극미소플랑크톤이 전체 식물플랑크톤 생물량의 70%이상을 차지하는 경우도 있다고 보고되었다(Sorokin, 1995). 본 연구에서도 주로 돌말류에 의한 우점종이 분포하고 있지만 조사되지 않은 미소플랑크톤(2~20 μm)과 극미소플랑크톤(0.2~2 μm)들의 생물량도 산호류에 영향을 미치고 있는 것을 간과해서는 안된다고 생각된다.

출현종수와 현존량에 의한 Shannon-Wiener의 종다양성지수(H')는 정점간 0.45~2.78의 범위를 보였고 평균값은 1.84로 이 등(1990)의 제주도 해안선역의 평균값인 2.33~2.63 보다 다소 낮게 나타났다(Table 2). 정점별 평균치는 내해에서 외해로 갈수록 값이 낮아졌고, 단일종에 의한 우점을 보인 9월, 1월, 5월, 7월

에 낮은 값을 보였다. 그러나 우점종이 없었던 3월에는 높은 다양성 지수를 나타내었지만 11월에는 내해쪽이 우점종이 없고 중간해역과 외해쪽이 우점종이 있어 전체적으로 높은 다양성 지수를 나타내었다고 볼 수 있다.

Simpson의 우점도지수(λ)의 평균값은 0.24로 Choi and Shim(1988)의 경기만의 평균값인 0.45보다 낮게 나타나고 있으며 또한 외해쪽이 내해쪽보다 높아 외해로 갈수록 종의 다양성이 낮아지는 반면 내해쪽은 혼합된 종조성이 나타나는 특징을 보이고 있다고 생각된다.

Pielou의 균등성지수(J')의 평균값은 0.81로 산호서식지인 문섬 주변에서 가장 높게 나타났으며 내해와 외해역에서는 0.78~0.79로 비슷한 분포를 보이고 있었다. 이러한 결과로 보면 문섬주변역은 내해와 외해역의 중간적인 해양환경 및 식물플랑크톤 군집구조를 보이는 해역으로써 이러한 특성이 산호서식지를 유지시키는 이유가 될 수 있다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1995년도 학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 수행되었습니다. 본 논문을 읽어주시고 좋은 의견을 주신 인하대학교 최중기 교수님께 감사를 드립니다.

참고문헌

방익찬, 김태희, 1989. 동지나해 해수분포의 계절변화와 해수순환. 제주대 해양연구보고, 28: 61-73.
 서익범, 1990. 제주도 남방 서귀포 연안산 산호의 종조성과 연직 분포. 제주대학교 석사학위논문, 46 pp.
 윤양호, 노홍길, 김영기, 1990. 제주도 북방 합덕연안해역에 있어서 춘·하계 식물성 무가편모조류의 동태. 제주대 해양연구보고, 14: 1-8.
 이준백, 좌중현, 1990. 제주도 한림항과 성산항 일대 식물플랑크톤의 군집동태. 제주대 해양연구보고, 14: 9-24.
 이준백, 최영찬, 고유봉, 1989. 제주도 해안선 주변 식물플랑크톤의 기초생산. 한국지구과학회지, 10: 62-67.
 이준백, 고유봉, 좌중현, 1990. 제주도 해안선 일대 식물플랑크톤 군집구조 및 동태. 한국조류학회지, 5: 159-171.
 이준백, 좌중현, 고유봉, 최영찬, 1993. 제주도 동부연안역의 생물 생태학적 기초연구(II). 우도주변 식물플랑크톤 군집동태와 일차생산력. 한국지구과학회지, 14: 458-466.
 이준백, 고희범, 고유봉, 최영찬, 1995. 제주도 북부연안역의 생물 생태학적 기초연구. 함덕해역의 식물플랑크톤 동태와 일차생산력. 제주대 해양연구보고, 19: 103-113.
 전득산, 고유봉, 1983. 제주도 주변해역의 chlorophyll a 함량분포. 제주대 해양연구보고, 7: 23-27.
 정상철, 노홍길, 박길순, 전득산, 1983. 서귀포 연안해역의 기초생산에 영향을 미치는 해양환경. 한국수산학회지, 16: 305-315.
 최영찬, 고유봉, 이준백, 1989. 제주도 해안선주변의 해수특성(1987년 6월-1988년 4월). 한국지구과학회지, 10: 54-61.
 최영찬, 문영석, 고유봉, 이준백, 1991. 제주도 북부 연안역의 생물 생태학적 기초연구. 제주도 북방 합덕해역의 화학적 특성. 한국지구과학회지, 12: 38-45.

- 최영찬, 고유봉, 이준백, 1992. 제주도 남부 연안역의 생물생태학적 기초 연구(I). 서귀포 주변 연안역의 해수특성. 한국지구과학회지, **13**: 327-335.
- 최영찬, 고유봉, 이준백, 1993. 제주도 동부 연안역의 생물생태학적 기초연구(I). 우도주변 연안역의 해수특성. 한국지구과학회지, **14**: 450-457.
- 최영찬, 이준백, 고유봉, 1994. 제주도 서부 연안역의 생물생태학적 기초연구(I). 고산주변 연안역의 해수특성. 제주대 해양연구보고, **18**: 39-48.
- Bakus, G.J., M. Wright, B. Schulte, F. Mofidi, M. Yazdandoust, D. Gulko, W. Naqvi, T. Jagtap, J. Goes and C. Naik, 1994. Coral Reef Ecosystems. Balkema, Rotterdam, 232 pp.
- Choi, J.K. and J.H. Shim, 1986. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. III. Phytoplankton composition, standing crops, tychopelagic plankton. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **21**: 156-170.
- Choi, J.K. and J.H. Shim, 1988. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. IV. The successional mechanism and the structure of the phytoplankton community. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **23**: 1-12.
- Cope, M., 1986. Seasonal, diel and tidal hydrographic pattern, with particular reference to dissolved oxygen, above a coral community at Hoi ha wan, Hongkong. *Asian Marine Biol.*, **3**: 59-74.
- Fabricius, K.E., Y. Benayahu and A. Genin, 1995. Herbivory in asymbiotic soft corals. *Science*, **268**: 90-91.
- Fabricius, K.E., G. Yahel and A. Genin, 1998. In situ depletion of phytoplankton by an azooxanthellate soft coral. *Limnol. Oceanogr.*, **43**: 354-356.
- Furnas, M.J. and A.W. Mitchell, 1987. Phytoplankton dynamics in the central Great Barrier Reef. 2. Primary production. *Cont. Shelf Res.*, **7**: 1049-1062.
- Glynn, P.W., 1973. Ecology of a Caribbean Reef. The *Porites* reef flat biotope. II. Plankton community with evidence for depletion. *Mar. Bio.*, **22**: 1-21.
- Hasle, G.R. and E.E. Syvertsen, 1996. Marine diatoms. In: Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates, edited by Tomas, C.R., Academic Press, San Diego, pp. 5-385.
- Nybakken, J.W., 1993. Marine Biology (3rd ed.). Harper Collins College Publ., New York, 462 pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli, 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Piyakarnchana, T., S. Wissessang, P. Pholpunthin, Y. Phadung and S. Runhsupa, 1986. Dinoflagellates and diatoms on the surface of the seven species of corals from the Sichang Islands, the Gulf of Thailand. *Galaxea*, **5**: 123-128.
- Sakai K., S. Nakamura and H. Nakamura, 1984. Oceanographical conditions observed around Sesoko Island. *Galaxea*, **3**: 103-104.
- Shim J.H. and Y.C. Park, 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea in June, 1980. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **19**: 68-81.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol-hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, **14**: 799-801.
- Song J.I., 1996. Conservation of marine invertebrate resources in the Cheju Island area of the Korean waters. *Galaxea*, **13**: 93-107.
- Sorokin, Y.I., 1991. Biomass, metabolic rates and feeding of some common reef zoantharians and octocorals. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.*, **42**: 729-741.
- Sorokin, Y.I., 1995. Coral Reef Ecology. Springer Verlag Press, Berlin, 465 pp.
- Steidinger, K.A. and K. Tangen, 1996. Dinoflagellates. In: Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates, edited by Tomas, C.R., Academic Press, San Diego, pp. 387-584.
- Thronsdon, J., 1993. The Planktonic marine flagellates. In: Marine Phytoplankton, A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids, edited by Tomas, C.R., Academic Press, San Diego, pp. 7-145.
- Yahel, G., A.F. Post, K. Fabricius, D. Marie, D. Vaulor and A. Genin, 1998. Phytoplankton distribution and grazing near coral reefs. *Limnol. Oceanogr.*, **43**: 551-563.

1998년 12월 29일 원고 접수

1999년 11월 6일 수정본 채택

Appendix. Check-list of phytoplankton occurred in the Moonsom of Cheju Island from September 1995 to July 1996

DIATOMS

Achnanthes brevipes Agardh
Actinopterychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg
Amphiprora alata (Ehrenberg) Kützing
Amphora ovalis Kützing
Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round
Asterionellopsis kariana (Grunow) Round
Bacillaria paxillifera (Müller) Hendey
Bacteriastrium delicatulum Cleve
Bacteriastrium elongatum Cleve
Bacteriastrium furcatum Shadbolt
Bacteriastrium hyalinum Lauder
Bacteriastrium hyalinum var. *princeps* (Castracane) Ikari
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey
Chaetoceros affinis Lauder
Chaetoceros atlanticus Cleve
Chaetoceros atlanticus var. *neapolitana* Cleve
Chaetoceros compressus Lauder
Chaetoceros curviseus Cleve
Chaetoceros debilis Cleve
Chaetoceros decipiens Cleve
Chaetoceros didymus Ehrenberg
Chaetoceros laciniosus Schütt
Chaetoceros lorenzianus Grunow
Chaetoceros messanensis Castracane
Chaetoceros pendulus Karsten
Chaetoceros setonense Ikari
Chaetoceros socialis Lauder
Chaetoceros tortissimus Gran
Climacodium biconcanum Cleve
Cocconeis heteroidea Hantzsch
Cocconeis pediculus Ehrenberg
Cocconeis pellucida Grunow
Cocconeis pseudomarginata Gregory
Cocconeis scutellum Ehrenberg
Corethron criophilum Castracane
Coscinodiscus centralis Ehrenberg
Coscinodiscus granii Gough
Coscinodiscus marginatus Ehrenberg
Coscinodiscus radiatus Schmidt
Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann & Lewin
Diploneis splendida (Gregory) Cleve
Ditylum brightwellii (West) Grunow
Ditylum sol Grunow
Eucampia groenlandica Cleve
Fragilaria islandica Grunow
Fragilaria striatula Lyngbye
Grammatophora marina (Lyngbye) Kützing
Guinardia delicatula (Cleve) Hasle
Guinardia flaccida (Castracane) Peragallo
Guinardia striata (Stolterforth) Hasle
Hemiaulus hauckii Grunow
Isthmia nervosa Kützing
Lauderia annulata Cleve
Leptocylindrus danicus Cleve
Licmophora lyngbyei (Kützing) Grunow
Licmophora flabellata Agardh
Lioloma delicatulum (Cupp) Hasle
Melosira moniliformis (Müller) Agardh
Melosira nummuloides Agardh
Navicula complanata (Grunow) Grunow
Navicula distans (Smith) Ralfs
Navicula sp.
Nitzschia angularis Smith
Nitzschia longissima (Brébisson) Ralfs
Nitzschia longissima var. *reversa* Smith
Nitzschia sigma (Kützing) Smith
Nitzschia spatulata Brébisson

Odontella aurita (Lyngbye) Agardh
Odontella mobiliensis (Bailey) Grunow
Odontella sinensis (Greville) Grunow
Paralia sulcata (Ehrenberg) Kützing
Pleurosigma angulatum (Quekett) Smith
Pleurosigma elongatum Smith
Pleurosigma sp.
Proboscia alata (Brightwell) Sundstrom
Pseudonitzschia delicatissima (Cleve) Heiden
Pseudonitzschia seriata f. *seriata* Peragallo
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) Sundström
Rabdonema adriaticum Kützing
Rhizosolenia formosa Peragallo
Rhizosolenia hebetata f. *hebetata* Bailey
Rhizosolenia hebetata f. *semispina* (Hansen) Gran
Rhizosolenia robusta Norman
Rhizosolenia setigera Brightwell
Rhizosolenia simplex Karsten
Rhoicosphenia curvata (Kützing) Grunow
Skeletonema costatum (Greville) Gran
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
Surirella cuneata Schmidt
Thalassionema bacillare (Heiden) Kolbe
Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff
Thalassionema nitzschioides Hustedt
Thalassiosira eccentrica (Ehrenberg) Cleve
Thalassiosira hyalina (Grunow) Cleve
Thalassiosira nordenskiöldii Cleve
Thalassiosira punctigera (Gran) Hasle
Thalassiosira rotula Meunier
Thalassiosira subtilis (Ostenfeld) Gran
Tropidoneis lepidoptera Gregory

SILICOFLAGELLATES

Dictyocha fibula Ehrenberg
Dictyocha speculum var. *octonarius* (Ehrenberg) Jörgensen

BLUE-GREEN ALGAES

Richelia intracellularis Schmidt

DINOFLAGELLATES

Alexandrium fraterculus (Balech) Balech
Alexandrium sp.
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium kofoidii Jörgensen
Ceratium macroceros (Ehrenberg) Vanhöffen
Ceratium pentagonum Gouret
Ceratium tripos (O. F. Müller) Nitzsch
Dinophysis caudata Saville-Kent
Dinophysis ovum Shütt
Gonyaulax spinifera (Claparède & Lachmann) Diesing
Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezy
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid
Prorocentrum balticum (Lohmann) Loeblich III
Prorocentrum compressum (Bailey) Abéx Dodge
Prorocentrum micans Ehrenberg
Protoperidinium conicum (Gran) Balech
Protoperidinium granii (Ostenfeld) Balech
Protoperidinium oblongum (Aurivillius) Parke & Dodge
Protoperidinium ovatum Pouchet
Protoperidinium ovum (Schiller) Balech
Protoperidinium pellucidum Bergh
Protoperidinium pentagonum (Gran) Balech
Protoperidinium pyriformis (Paulsen) Balech
Protoperidinium quinquecorne (Abé) Balech
Scrippsiella trochoidea (Stein) Balech