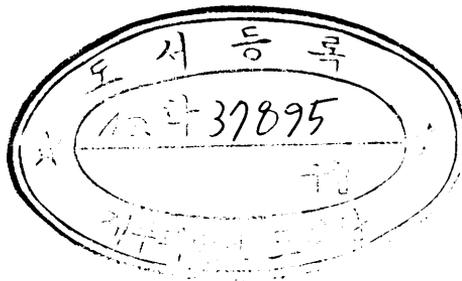


D
44424
79522

博士學位論文

濟州島 潮間帶 人工底層의
海藻群集 構造와 遷移



soft

濟州大學校 大學院
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
生物學科

金 昌 珍

1998年 12月

濟州島 潮間帶 人工底層의 海藻群集 構造와 遷移

指導教授 李 龍 弼

金 昌 珍

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

1998年 12月

제주대학교 중앙도서관
金昌珍의 理學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長	李 龍 弼	
委 員	金 文 浩	
委 員	夫 性 民	
委 員	吳 潤 植	
委 員	李 龍 弼	

濟州大學校 大學院

1998年 12月

**Structure and Succession of Algal Community
on Artificial Substrate in Intertidal Zone of
Cheju Island**

Chang-Jin Kim

(Supervised by Professor Yong-Pil Lee)



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY**

DEPARTMENT OF BIOLOGY

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 1998

목 차

List of Tables	i
List of Figures	iii
Summary	1
I. 서 론	4
II. 재료 및 방법	7
1. 조사지역의 환경	7
2. 조사지역의 해황	7
3. 군집구조	10
4. 천이	10
III. 결과	14
1. 군집구조	14
1) 출현종	14
2) 식생	18

2 기능형군의 계절적인 변화	26
3. 천이	29
1) 출현종	29
2) 식생	52
IV. 고찰	104
1. 군집구조	104
1) 출현종	104
2) 식생	106
2. 기능형군의 계절적인 변화	109
3. 천이	112
V. 결론	123
VI. 요약	126
VII. 참고문헌	128
VIII. 사사	135
Appendix	136



List of Tables

1. Dates of denudation and investigation	13
2. Number of algal species appeared around investigated site (1997. 4 ~1998. 3)	15
3. Representative species in upper, middle and lower tidal levels (1997. 4 ~ 1998. 3)	23
4. Seasonal occurrence of marine algae by functional form group	27
5. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in March	31
6. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in June	32
7. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in October	33
8. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in December	34
9. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in March	37
10. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in June	38
11. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in October	39

12. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in December	40
13. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in March	55
14. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in March	55
15. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in March	56
16. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in June	57
17. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in June	57
18. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in June	58
19. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in October	59
20. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in October	60
21. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in October	61
22. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in December	62
23. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in December	62
24. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in December	63

List of Figures

1. Map of study site	8
2. Plate of 50 cm × 50 cm permanent quadrat	12
3. Monthly fluctuation of algal occurrence by each division at investigated site	17
4. Seasonal fluctuation by each division (Sp: Spring, Su: Summer, A: Autumn, W: Winter)	24
5. Seasonal variation of functional form groups of marine algae	28
6. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March	41
7. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June	42
8. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October	43
9. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December	44
10. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March	47
11. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June	48
12. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October	49
13. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December	50

14. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March	64
15. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June	65
16. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrats of different tidal level after denudation in October	66
17. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December	67
18. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in March	71
19. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in March	72
20. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in March	73
21. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in June	74
22. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in June	75
23. Monthly coverage variation of major species observed in	

permanent quadrat of lower tidal level after denudation in June	76
24. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in October	77
25. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in October	78
26. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in October	79
27. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in December	80
28. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in December	81
29. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in December	82
30. Monthly community variation of each division in permanent quadrats of different tidal levels	86
31. Monthly coverage variation of the algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March	89
32. Monthly coverage variation of the algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June	90
33. Monthly coverage variation of the algal group in permanent	

quadrat of different tidal levels after denudation in October	91
34. Monthly coverage variation of algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December	92
35. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March	95
36. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June	96
37. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October	97
38. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December	98
39. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of upper tidal level after denudation in March	100
40. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of upper tidal level after denudation in June	101
41. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of upper tidal level after denudation in October	102

Summary

Studies on the community structure and succession of benthic marine algae after denuded (March 22, 1997; June 20, 1997; October 16, 1997; December 13, 1997) were carried out at intertidal zone of Bukcheju Thermal Power Plant during the period from April 1997 to September 1998. Investigation was employed monthly to measure coverage, by studying structure of algae community in the intertidal zone was analysed qualitatively at study area from April 1997 to March 1998.

The species encountered in the study area were 112 taxa consisting of 12 blue green, 16 green, 21 brown and 63 red algae and the distribution and seasonality of major species differed with the tidal levels. In spring, algal species such as *Gloiopeltis furcata*, *Enteromorpha compressa*, etc. were found in upper, and *Endarachne binghamiae*, *Sargassum thunbergii*, etc. in middle, and *Corallina pilulifera*, *Sargassum hemiphyllum*, etc. in lower. In summer, species such as *Gloiopeltis furcata* were found in upper, and *Sargassum thunbergii*, *Corallina pilulifera*, etc. in middle, and *Corallina pilulifera*, *Sargassum hemiphyllum*, etc. in lower. In autumn, species such as *Porphyra tenera* were found in upper, and *Lyngbya semiplena*, *Corallina pilulifera*, *Sargassum thunbergii*, and so on. in middle, and *Corallina pilulifera*, *Sargassum hemiphyllum*, etc. in lower. In winter, species such as blue green algae, *Porphyra tenera*, *Enteromorpha compressa*, *Gloiopeltis furcata* etc. were found in upper, and *Porphyra suborbiculata*, *Endarachne binghamiae*, *Sargassum thunbergii*, etc. in middle, and *Corallina pilulifera*, *Sargassum*

hemiphyllum, etc. in lower. In the composition by functional groups, coarsley branched and thick leathery forms (CB+TL) showed higher than sheet and filamentous forms (S+F) and jointed calcareous and crustous forms (JC+C). Especially, sheet and filamentous forms(S+F) occurred higher in autumn and winter rather than another season.

The most diversity marine algae appeared in permanent quadrats denuded in autumn and winter, and number of marine algal species found in permanent quadrats, on the whole, showed the highest in lower tidal level among tidal levels. The number of pioneer species found in permanent quadrats within first three months after denudation differed markedly among the denudation seasons. That is, ten species were found as early colonizers in permanent quadrats denuded in spring, nine species in summer, thirteen species in autumn, and fifteen species occurred as pioneer species in winter.

Succession pattern in artificial substrate was different from depending on the tidal level and denudation season. Generally, in upper after denudation, blue green algae occurred and dominated. In middle, blue green algae occurred as pioneer, which were followed by perennial species such as *Corallina pilulifera*, *Chondria crassicaulis*. In lower, blue green algae occurred as pioneer, which were followed by annual species such as *Enteromorpha compressa*, *Endarachne binghamiae*, *Scytosiphon lomentaria*, *Hydroclathrus clathratus*, *Ulva conglobata*, then followed by perennial species such as *Ralfsia verrucosa*, *Corallina pilulifera*, *Jania arborescens*.

Since annual algae found in permanent quadrats were mostly ephemerals, and also perennial algae occurred at the start of succession, it

therefore seems likely that annual species do not play significant role in successional pattern in the intertidal zone. The climax period was different from depending on the tidal level and denudation season. It is long in spring and is shortest in winter. It was assumed that, in artificial substrate, the climax period can be attained within one years since removing substrate.

For the purpose of finding out the influence of animal on the succession, the animal removing permanents compared with control permanents after denudation in April, June and October 1997. It found that algal coverage reduces in control permanent of upper level in nearly all months of the year. The animal removing permanent quadrats denuded in summer and autumn occurred as pioneer such as blue green algae, which followed by species such as *Gloiopeltis furcata* and *Gloiopeltis tenax*. Thus, it was concluded that the herbivores have been shown to influence on succession pattern, and succession can be accelerated if herbivores reduced early successional species.

I. 서론

생태적 천이의 과정은 육상보다 해양에서 더 빨리 일어나는데, 그 주된 요인은 해양식물의 수명이 육상식물에 비해 짧기 때문이다. 따라서 저서성 해양균집은 생태계의 발달과 생태적 천이에 관한 이론을 정립하기에 적합한 실험 대상이 되어 생태학자들의 관심을 모으고 있다(Dring, 1982). 저서성 해조류에 있어서 저층(substrate)의 종류는 해조류의 분포와 생육에 결정적인 영향을 미치며(Feldmann, 1951; Hartog, 1959; Nienhuis, 1980; 김 1987), 조사지점의 경사도, 주변 지역의 구성적 및 지형적 특성, 저조시 노출정도 등이 해조류 천이과정에 중요한 영향을 미친다(Kim *et al.* 1992). 저서성 해양생물의 군집은 생태계의 발달과 천이에 관한 이론을 실증하는데 매우 적합하다(Foster and Sousa, 1985; Farrell, 1989; Benedetti-Cecchi and Cinelli, 1993; Menge *et al.*, 1993; 김과 박, 1997). 그러나 생물이 어떤 종류의 저층에 적응하는가에 따라 그들의 형태와 생육환경의 변화에 대한 생리적 적응 정도가 달라지게 되어 자연조건에서는 저층의 특성에 따른 저서생물의 분포변화 양식을 파악하는데는 많은 어려움이 따르게 된다(Nybakken, 1982).

Kang (1960)이 여름철 제주도에 녹조류 19종, 갈조류 45종 및 홍조류 89종이 생육하는 것을 보고하였고, 그(1966)는 황해냉수의 영향을 받는 가장 따뜻한 지역으로 남조류 3종, 녹조류 34종, 갈조류 51종 및 홍조류 117종이 생육하며, 북방계 종이 2%, 온대계 종이 74%, 아열대계 종이 10%, 범세계 종이 15%로 구성된 제주도를 생물 지리적 독립구로 설정하였다. 최근에는 주로 선상법으로 Taniguti (1962)나 Saito와 Atobe (1970)를 따라 해조군집 구조를 분석하여 제주도 해조류 군집구조의 특성을 밝혔다(Park *et al.*, 1994; Lee, 1976; 이, 1974; 이와 이, 1976, 1982; 김, 1983; 박, 1992). 박 (1992)은 제주도 연안 조간대에 형성된 해조류 군집의 계절적인 변화와 군

집내 종의 상관분석에 의한 군집 구조를 해석하고, 해조 군집과 환경 요인과의 관계를 규명하였다.

해조류의 천이를 연구하는대는 방파제와 같은 설비물에 형성되는 군집을 조사하는 것, 자연식생을 인위적으로 제거한 후 조사하는 것, 일정기간 동안 물에 적신 인공구조물에 형성되는 군집을 조사하는 것 등이 있다 (Fager, 1971; Tsuda and Kami, 1973; Borowitzka *et al.*, 1978). Fager (1971)는 조하대에서 석면상자(asbestos board)를 이용한 인공저층에 착생하는 부착조류를 조사한 결과 사상갈조류가 초기 착생종임을 보고하였고, Tsuda와 Kami (1973)는 인공저층에서 16-19개월 정도면 극상에 이른다고 하였다.

우리나라의 경우, 80년대에 들어 한국 연안의 고착성 해조류를 대상으로 해조 군집의 천이 양식을 밝히려는 시도가 여럿 있었는데, 새로 건설된 방파제(김과 이, 1980)나 dock (Yoo, 1982; Lee *et al.*, 1982; 유 등, 1991; 유, 1994)에 생육하는 해조류 분포를 조사하거나, 발전소 취·배수로에 생육하는 부착생물(김과 이, 1986)을 연구하여 그 천이 양식을 단편적으로 파악하는 정도에 그쳤으며, 김(1987)은 다양한 인공저층을 이용하여 해조류의 착생 및 천이 과정을 밝혔다.

90년대에는 자연저층에서 인위적으로 해조 식생을 제거한 후 재착생과 그 천이 양식을 조사하였다(Kim *et al.*, 1992; Kim, 1994; Kim and Yoo, 1994; 김과 박, 1997). 이러한 연구들을 통하여 한국 연안 해조 군집의 천이 양식에 관한 연구에서 새로운 저층의 설치시기와 설치 부위의 차이는 착생하는 조류의 종조성 및 이 후에 일어나는 천이 양식에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(김, 1987), 조사지역에서 저조시 노출 정도와 경사 등 저층의 지형적 특성 역시 천이 계열에 중요한 영향을 미친다고 하였다(Kim *et al.*, 1992). 이와 같은 학술적 성과는 거의 불모에 가까운 한국 연안 해조 군집의 천이 양

식 구명에 다소나마 이바지한 것으로 평가된다. 그러나 지난 15년간의 해조류 천이 연구는 김과 박(1997)의 연구를 제외하고 모두 서해안을 대상으로 수행되었다.

제주도 해조류의 생태적 특성을 구명하는데 필수적인 천이에 관한 연구는 김과 박(1997)의 연구에 불과하다. 김과 박(1997)은 제주도 조간대의 해조 군집의 형성 과정을 파악하는 데는 동물들과의 경쟁 또는 섭식에 의한 영향이 해조류의 분포를 좌우하는 요인이 되기 때문에 이에 관한 연구의 필요성을 제기하였다. 따라서 이 연구는 1997년 4월부터 1998년 9월까지 주민이 접근하기 어렵기 때문에 인간에 의한 물리적인 교란은 없는 북제주 화력발전소 주변 테트라포드로 이루어진 인공저층인 방파제의 조간대 지역을 조사지역으로 선정하였다. 해조 군집구조에 대한 해조식생의 계절적 변화뿐만 아니라, 조간대에서 계절마다 조위별로 영구방형구를 설치한 후에 천이의 초기계열의 해조류를 피도변화로 추적하여 부착생물군집의 변동을 파악하여 인공저층에서의 천이계열을 밝히고 동물들이 천이과정에 영향을 주는지 파악할 목적으로 시도하였다. 제주도는 수산업, 해운업의 비중이 가장 높은 곳으로서, 더욱이 섬 주변 해역에서 최근 어족 자원의 보호와 어획량 증대를 위한 인공 어초의 투석 사업이 빈번하게 이루어지고 있음을 감안할 때, 여기서 얻어진 결과는 기초 학문으로서의 성과뿐만 아니라, 나아가서는 수산업 분야에서도 기초 자료로 활용할 수 있다고 본다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지역의 환경

북제주화력발전소 주변은 서쪽으로 삼양해수욕장과 방파제로 축조된 포구가 있으며 동쪽으로 1 km 지점인 신촌 포구까지 완만하게 경사를 이룬 암반 지역으로 되어있다. 1982년말에 tetrapod들로 조성된 방파제는 해안의 북쪽을 향하고 있으며 길이 230 m 직선으로 되어있고 경사는 30° 정도이므로 겨울철에는 북풍 또는 서풍의 영향으로 강한 파도의 영향을 직접 받는 지역이며, 여름철의 맑은 날에 기질은 물에 잠긴 부분과 드러난 부분의 온도 변화가 심하고 드러난 부분은 대단히 건조하다. 이 지역은 사람들의 출입이 없어서 식생에 대한 인위적인 교란이 없는 지역으로 해조류 식생의 천이 과정을 연구하기에 적합한 장소이다(Fig. 1).

2. 조사지역의 해황

해류 : 우리나라 주변 해역의 해류는 기본적으로 Kuroshio 수괴와 중국대륙연안 수괴가 있으며, Kuroshio 난류로부터 분리되어 일본 구주 서방해역을 따라 북상하는 난류의 주류는 제주도과 일본 오도열도 사이를 통하여 대한해협 쪽으로 흘러가 동해로 유입되는 대마난류와 제주도 남쪽에서 분리되어 제주도 서쪽을 거쳐 황해로 유입되는 황해난류를 형성하는데, 제주도는 이 난류들의 영향을 강하게 받고 있다. 12월에서 6월까지의 제주도 전역이 대마난류로 둘러싸이고 8월에는 제주도 서부와 제주도의 동부 만, 그리고 10월에는 제

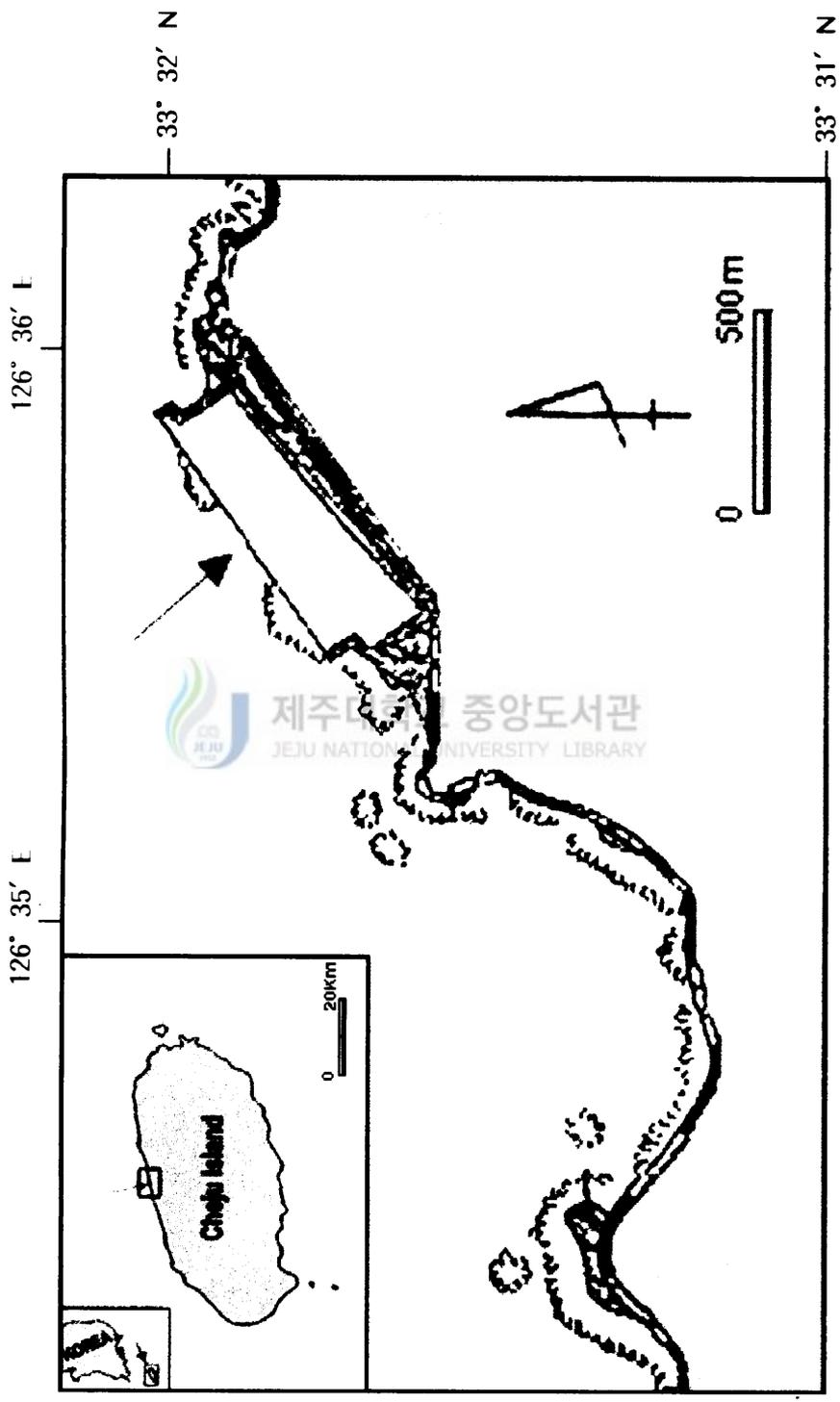


Fig. 1. Map of study site.

주도 남부 만 대마난류의 영향을 받으며, 8월에 제주도 서부와 10월에 제주도 북부는 황해난류의 영향을 받아 제주도 연안에서도 계절이나 지역에 따라 해양환경이 다르다(고 등, 1998). 또한 대마난류와 황해난류가 서로 섞이는 경계선이 여름과 가을의 제주도 연안에 나타나서 수온 및 염분농도 등 복잡하고 다양한 환경을 이루고 있다(최 등, 1989).

수온 : 북제주화력발전소 주변 연안의 수온은 1월에 15.1℃, 삼양은 15.9℃의 분포를 보이며 4월에는 신촌 14.5℃, 삼양 14.9℃로 북제주화력발전소 동쪽 연안이 서쪽연안보다 낮은 수온분포를 나타낸다. 8월에는 연중 최고 수온을 나타내어 삼양 24.0℃, 신촌 26.5℃의 수온 분포를 보였고, 4월과는 정반대의 수온 분포를 나타내어 삼양연안의 수온이 신촌연안의 수온보다 낮았다. 11월에는 삼양 20.2℃, 신촌 20.3℃의 수온 분포를 보여 두 지역 연안간의 수온 차이가 적었다.

반면, 국립수산진흥원 남해수산연구소 제주분소의 조사 자료(1997)에 의하면 제주시 연안의 1997년 월별 평균 수온은 1월에 14.5℃, 4월에 15.5℃, 8월에 25.6℃, 11월에 18.5℃로 1월에 최저수온을 나타냈으며, 8월에는 연중 최고 수온이 나타나 4월을 제외하고 북제주화력발전소 주변의 수온이 제주시 연안보다 높았다. 조사지역 주변의 수온이 높은 것은 북제주화력발전소에서 유출되는 온배수에 의한 영향 때문이며, 온도상승에 따라 저서성 해조류의 종조성에 변화를 유발할 수 있을 것이다.

염도 : 제주연안의 염도의 변화는 여름철부터 겨울철까지는 대체로 북쪽 연안이 남쪽연안 보다 염도가 높으나, 봄철에 한해 남쪽연안이 북쪽연안보다 염분농도가 높다. 북쪽연안인 경우 2월에서 5월까지 대마난류수가 연안까지 접근하고 있어서 염도가 34%이상의 고염분 농도를 형성하는데 비해, 남쪽연

안은 고염분 농도를 나타내는 기간이 짧고 최고 염도도 낮다. 6월부터는 중국 대륙연안수가 출현하면서 염분농도는 현저하게 저하하기 시작하여 8월과 9월에는 일년 중 최저염분이 나타나 제주연안 전역이 30.0% 이하의 저염분을 나타낸다. 이런 여름철의 급격한 염분저하는 강우와 하천으로부터 다량의 담수 유입에 기인하고 있다(고 등, 1998).

한편, 북제주화력발전소 주변의 염도는 1월 34.26~34.5%이고 4월 34.4~34.5%를 나타낸다. 8월에는 강수량의 증가로 인한 담수 유입의 영향으로 29.8~30.4%의 낮은 염도를 나타내며 11월에는 34.0~34.4%를 나타내게 된다. 이런 계절에 따른 염도의 변화는 이 조사지의 종조성에 영향을 미치는 요인으로 작용할 것이다(한국전력공사, 1996).

3. 군집구조



이 조사 지역 주변에 생육하는 해조류의 종과 이들의 계절적 소장(phenology), 종 생태학적 특징을 분석하기 위하여 출현하는 종을 1997년 4월부터 1998년 3월까지 1년간 매월 2회 조사하였다. 조사는 저조시에 실시하였으며 현장에서 동정이 어려운 종들은 소수량을 채취하여 10% formalin-seawater에 고정시켜 실험실에서 검경 동정하였고, 월별 출현 식물체 형태를 Littler와 Littler(1984)의 분류 방식에 따라 엽상형, 사상형, 직립분기형, 다육질형, 유질산호말형과 각상형의 6개의 기능형군으로 구별하고 분석하였다.

4. 천이

영구방형구 설치는 영구방형구 주변의 생물로부터 해조류 식생에 대한 교란을 막기 위하여 100 cm × 100 cm 내에 생육하는 모든 생물들을 호미와 끌로 긁어 제거한 후, 불로 태워 기질을 노출시키고 순수한 저층이 되게 한 다음, 계절별로 조간대 상부(평균조위로부터 1 m 위), 중부(평균조위), 하부(평균조위로부터 1 m 아래)에 50 cm × 50 cm 영구방형구를 설치하였다(Fig. 2).

1997년에 계절별로 영구방형구를 설치한 다음 1998년 9월까지 영구방형구 내에 출현하는 해조류의 종류와 피도를 월별로 측정하였으며(Table 1), 방형구의 5 cm × 5 cm 한 칸에 출현하는 해조류를 피도 1%로 하였고, 영구방형구 내에 출현하는 해조류의 수명을 남조류를 제외한 해조류를 일년생, 다년생으로 구분하여 분석하였다.

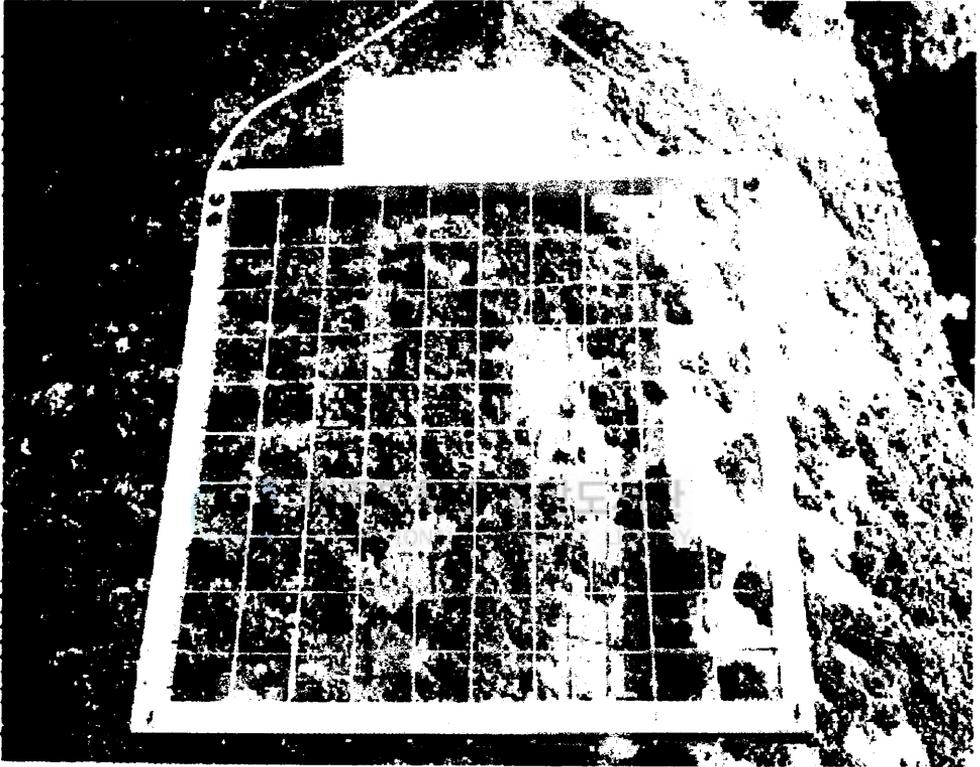


Fig. 2. Plate of 50 cm × 50 cm permanent quadrat.

Table 1. Dates of denudation and investigation

Date of denudation	Date of investigation
22, March 1997	1997 ; Apr. 24, May 23, Jun. 20, Jul 19, Aug. 20, Sep. 17, Oct. 16, Nov. 14, Dec. 13 1998 ; Jan. 23, Feb. 26, Mar. 29, Apr. 26, May 25, Jun. 21, Jul. 12, Aug. 9, Sep. 6
20, June 1997	1997 ; Jul 19, Aug. 20, Sep. 17, Oct. 16, Nov. 14, Dec. 13 1998 ; Jan. 23, Feb. 26, Mar. 29, Apr. 26, May 25, Jun. 21, Jul. 12, Aug. 9, Sep. 6
16, October 1997	1997 ; Nov. 14, Dec. 13 1998 ; Jan. 23, Feb. 26, Mar. 29, Apr. 26, May 25, Jun. 21, Jul. 12, Aug. 9, Sep. 6
13, December 1997	1998 ; Jan. 23, Feb. 26, Mar. 29, Apr. 26, May 25, Jun. 21, Jul. 12, Aug. 9, Sep. 6



제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅲ. 결 과

1. 군집구조

1) 출현종

조사 지역 주변의 조간대에 출현한 해조류는 남조류 12종, 녹조류 16종, 갈조류 21종 및 홍조류 63종으로 총 112종이었다. 월별 출현종은 5월에 77종으로 최대치였고 그 후 감소하여 11월에 42종으로 최저를 나타낸 후 다시 증가하였다(Table 2). 이 조사에서 나타난 남조류 12종 중 파리남색말(*Anacystis aeruginosa*)은 연중 나타났으며, 반겅링비아(*Lyngbya semiplena*)는 4월에서 6월까지 출현했다가 7월부터 없어져 10월까지의 관찰되지 않았지만 11월부터 이듬해 3월까지 다시 나타났다. 외쪽공남색말(*Rivularia atra*)은 7월에 출현하여 이듬해 3월까지 생육하였고 4월부터 6월까지의 나타나지 않는 종이었다. 남조류는 4월부터 6월까지 2종이 출현하여 이 시기에 출현율이 가장 낮았고, 이듬해 1월에는 9종으로 출현율이 가장 높았다. 녹조류 16종 중 사카이대마디말(*Cladophora sakaii*), 누운청각(*Codium coarctatum*), 납작파래(*Enteromorpha compressa*), 모란갈파래(*Ulva conglobata*) 등은 연중 출현하였으나 이끼깃털말(*Bryopsis hypnoides*), 굵은염주말(*Chaetomorpha crassa*), 솜대마디말(*Cladophora albida*), 대마디붙이(*Cladophoropsis zollingeri*), 창자파래(*Enteromorpha intestinalis*) 등은 1개월에서 3개월 정도 나타나는 종이었으며, 6월에 11종으로 가장 많이 출현하였고, 6월과 11월은 6종으로 출현종 수는 가장 적었다. 녹조류는 주로 봄에 다양한 종들이 출현하였다. 갈조류는 21종 중 참그물바탕말(*Dictyota dichotoma*), 개그물바탕말(*Dilophus okamurae*), 바위수염(*Myelophycus simplex*), 지충이(*Sargassum thunbergii*), 바위딱지

Table 2. Number of algal species appeared around investigated site (1997. 4 ~ 1998. 3)

Division	Month												Total
	1997						1998						
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	
Cyanophyta	2	2	2	3	3	3	4	4	6	9	7	5	12
Chlorophyta	7	9	11	6	7	8	9	6	8	7	8	10	16
Phaeophyta	17	16	15	12	11	11	11	11	11	10	13	18	21
Rhodophyta	45	50	48	37	32	29	24	21	21	25	31	37	63
Total	71	77	76	58	53	51	48	42	46	51	59	70	112

(*Ralfsia verrucosa*), 짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*) 등은 연중 출현하였으나 슴말(*Acinetospora crinita*)은 7월과 8월에 출현하였고, 밧철킨털실말(*Ectocarpus mitchellae*)은 3월에 출현하였다. 갈조류는 4월에 17종으로 가장 많이 출현하였고, 이듬해 1월에는 10종으로 출현종 수는 가장 적었으며, 3월과 5월 사이에 출현종 수는 16~18종, 8월부터 12월 사이에 출현한 종 수는 모두 11종이 나타나 겨울철에 출현율이 높았다. 홍조류 50종 중 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 애기우뭇가사리(*Gelidium divaricatum*), 진분홍딱지(*Hildenbrandtia rubra*), 잔가시떡(*Lithothamnion aculeiferum*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 에페드라게발(*Amphiroa ephedraea*), 산호말(*Corallina officinalis*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 나무풀애기산호말(*Jania arborescens*), 들레게발(*Marginisporum crassissima*), 넓적야마다산호말(*Yamadaea melobesioides*), 붉은까막살(*Prionitis cornea*), 애기곱슬이(*Plocamium oviforme*) 및 개서실(*Chondria crassicaulis*)은 연중 출현하였으며, 서실더부살이(*Benzaitenia yenoshimensis*), 외깃풀(*Callithamnion callophyllidicola*), 애기손비단풀(*Ceramium fastigiramosum*), 두갈래사슬풀(*Champia bifida*), 타래말(*Enelittosiphonia hakodatensis*), 왜잎송진내(*Portieria japonica*), 가는잎송진내(*Portieria hornemannii*), 개우무(*Pterocladia capillacea*), 갈래잎(*Schizymenia dubyi*)은 4월에서 7월 사이에 출현하는 종들이었다. 그리고 검은서실(*Laurencia intermedia*)은 2월에 출현하였고, 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*)은 11월에 나타났다. 홍조류는 5월에 50종으로 최대치를 나타냈다가 감소하여 11월과 12월에 각각 21종으로 출현종 수가 가장 적었고, 4월과 6월 사이에 45~50종이 출현하여 다른 계절에 비하여 여름에 출현종 수가 많았다(Fig. 3).

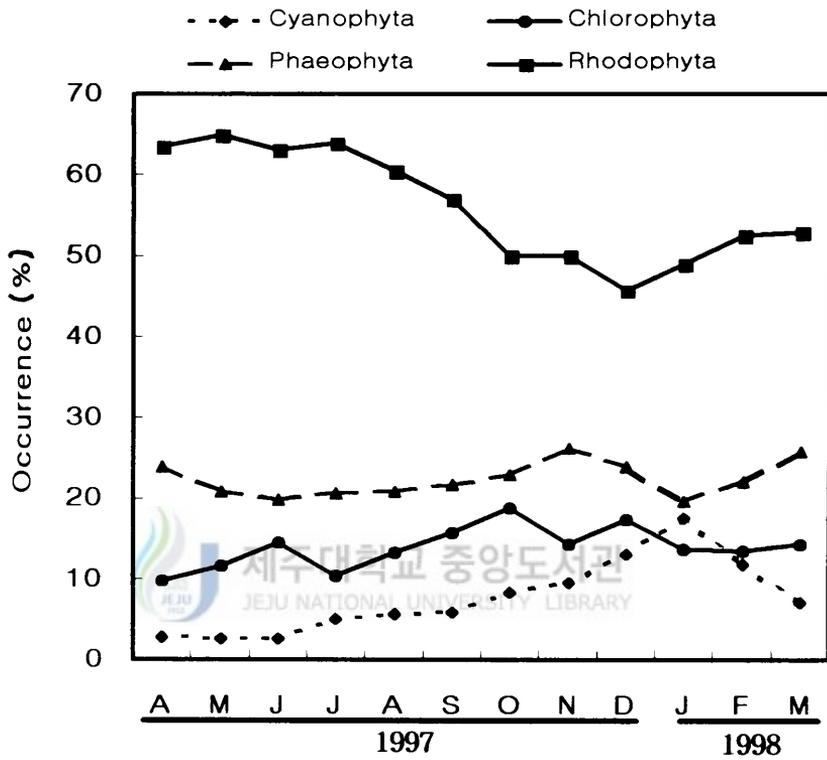


Fig. 3. Monthly fluctuation of algal occurrence by each division at investigated site.

2) 식생

1997년 4월의 식생은 납작파래가 mat을 이루어 상부에 주로 출현하였으며, 3월에는 상부에 주로 나타났던 모무늬돌김 (*Porphyra seriata*)과 참김 (*Porphyra tenera*)은 거의 소실되어 가고 있었고, 지층이, 불등풀가사리 (*Gloiopeltis furcata*), 미역쇠 (*Endarachne binghamiae*)는 중부에, 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 애기돌가사리 (*Gigartina intermedia*), 바위두둑 (*Leathesia difformis*), 개서실, 미역 (*Undaria pinnatifida*) 등은 하부에 각각 생육하고 있었다.

5월에 상부에서는 불등풀가사리, 참풀가사리 (*Gloiopeltis tenax*), 중부에는 지층이, 작은구슬산호말, 하부에는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 미역 등이 생육하고 있었다. 그리고 4월에 나타나지 않았던 슴대마디말, 참까막살 (*Carpopeltis affinis*), 갈래잎, 가는잎송진내, 왜잎송진내, 부챗살 (*Gymnogongrus flabelliformis*), 주름진두발 (*Chondrus nipponicus*), 가시풀 (*Centroceras clavulatum*), 꼬마붉은혀 (*Erythrogllossum minimum*) 및 개서실에 착생한 서실터부살이의 어린 개체들이 나타났지만, 4월에 채집되었던 창자파래, 김파래 (*Bangia atropurpurea*), 모무늬돌김, 바늘비단풀 (*Ceramium paniculatum*), 타래말과 기는거미줄 (*Herposiphonia parca*) 등은 나타나지 않았다.

6월에 불등풀가사리와 참풀가사리는 상부에 주로 생육하고 있었고, 지층이와 작은구슬산호말은 중부에, 미역, 작은구슬산호말과 짝잎모자반은 하부에 각각 생육하고 있었다. 5월에 나타나지 않았던 개그물바탕말, 애기손비단풀이 새롭게 채집되었다. 한편 모무늬돌김에 착생했던 등근모자반털 (*Elachista globosa*)과 고리매 (*Scytosiphon lomentaria*), 외깃풀, 털비단풀 (*Ceramium tenerrimum*) 및 민자루다홍풀 (*Dasya sessilis*) 등은 소실되었고, 5월의 중부에 생육하고 있는 미역쇠는 소실되어 가고 있었다.

7월이 되면서 상부에서는 뚜렷하게 생육하는 종은 없었으며, 중부에서는 납작파래와 지층이, 하부에는 작은구슬산호말과 짝잎모자반이 각각 생육하고 있었다. 그리고 초록실(*Ulothrix flacca*), 창자파래, 모란갈파래, 참깃털말(*Bryopsis plumosa*) 등의 녹조, 블레기말(*Colpomenia sinuosa*), 미역쇠, 그물바구니(*Hydroclathrus clathratus*), 참그물바탕말 등의 갈조와 꽃지누아리(*Grateloupia imbricata*), 뱃붉은잎(*Callophyllis japonica*), 갈래잎, 가는잎송진내, 애기돌가사리, 두갈래사슬풀, 참사슬풀(*Champia parvula*), 엇가지풀(*Heterosiphonia japonica*), 서실더부살이, 두줄거미줄(*Herposiphonia subdisticha*) 등의 홍조는 출현하지 않았다. 따라서 녹조류, 갈조류, 홍조류 모두 현저히 감소하였지만, 둥근모자반털, 떡청각(*Codium adhaerens*), 초록영킨실(*Derbesia marina*), 솜말, 회색버짐(*Dermatolithon canescens*) 등이 출현하였고 5월과 6월에 소실되었던 바늘비단풀과 털비단풀 등은 다시 나타났다.

8월에 상부에서는 해조류의 식생 형성을 볼 수 없었지만, 중부에는 지층이와 납작파래가 생육하였으며, 하부에는 여전히 작은구슬산호말과 짝잎모자반이 생육하고 있었다. 그리고 갈조인 바위두둑, 바위주름(*Petrospongium rugosum*) 그리고 미역, 홍조인 미끌지누아리(*Grateloupia turuturu*), 애기풀가사리(*Gloiopeltis complanata*), 불등풀가사리, 가는잎송진내, 애기가시덤불(*Caulacanthus okamurae*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*) 및 털엇가지풀이 소실되었으며, 떡청각, 감태(*Ecklonia cava*) 및 납작솜털(*Ectocarpus arctus*) 등이 나타났다.

9월에 상부에서는 해조류의 식생은 볼 수 없었지만, 지층이는 중부에, 참가시우무(*Hypnea charoides*)와 짝잎모자반은 하부에 생육하고 있었고, 작은구슬산호말은 중부에서 하부에 걸쳐 생육하고 있었다. 또한 4월부터 출현하지 않았던 민대마디말(*Cladophora gracilis*)과 7월과 8월에 볼 수 없었던 참그물바탕말 및 5월부터 8월까지 관찰되지 않았던 기는거미줄 등이 출현하였다.

10월에 중부에는 지층이가 생육하고 있었고, 짝잎모자반과 참가시우무는 각각 중부와 하부에, 작은구슬산호말은 중부에서 하부에 이르기까지 생육하고 있었다. 그리고 7월부터 9월까지 출현하지 않았던 불레기말과 참사슬풀 및 5월부터 9월까지 출현하지 않았던 모무늬돌김 등이 나타난 반면, 부챗살, 주름진두발 및 꼬마붉은혀 등은 소실되었다.

11월에는 7월부터 10월까지 출현하지 않았던 참김이 상부에 생육하였고, 중부에는 암갈색을 띄는 남조류인 반겹링비아와 바위뽕쪽말(*Calothrix scopulorum*), 그리고 지층이, 하부에는 작은구슬산호말과 짝잎모자반이 눈에 띄었으며, 납작파래는 중·하부에 걸쳐 생육하였다. 11월에 채집된 모로우붉은실과 8월부터 10월까지 출현했던 불등풀가사리가 나타난 반면, 4월과 5월부터 나타났던 왜비단잘룩이(*Griffithsia japonica*), 참가시우무, 가시풀, 바늘비단풀과 털비단풀 등은 출현하지 않았다.

12월에 상부에는 참김과 남조류인 떡링비아(*Lyngbya aestuarii*), 중부에는 둥근돌김(*Porphyra suborbiculata*), 불등풀가사리, 지층이 및 민대마디말이 생육하였고, 짝잎모자반은 하부에 생육하고 있었다. 그리고 작은구슬산호말은 중·하부에 걸쳐 생육하고 있었다. 한편 11월과 12월에 출현하지 않았던 사카이대마디말, 7월부터 출현하지 않았던 미역쇠와 9월부터 11월까지 출현하지 않았던 누운분홍잎(*Acrosorium yendoi*)이 채집된 반면, 11월에 출현했던 감태와 가시뿔대그물말(*Dictyopteria prolifera*) 등은 나타나지 않았다.

1998년 1월의 상부는 11월과 12월에 생육했던 참김은 탈색이 되면서 소실되기 시작한 반면 남조류인 떡링비아, 실링비아(*Lyngbya confervoides*), 연녹색흔들말(*Oscillatoria laetevirens*)과 녹조인 납작파래 mat가 눈에 띄었다. 짝잎모자반은 하부에 생육하였고, 중·하부에 걸쳐 작은구슬산호말이 주로 생육하고 있었다. 7월부터 출현하지 않았던 뱃붉은잎과 애기돌가사리, 그리고 11월과 12월에 출현하지 않았던 왜비단잘룩이가 나타난 반면, 4월과 5월부터 채집

되었던 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)와 변덕이갯쇠털(*Sphacelaria variabilis*)은 소실되었다.

2월에 불등풀가사리와 고리매는 각각 상부와 중부에서, 미역쇠는 중부에서 상부에 걸쳐 나타나기 시작하였고, 작은구슬산호말은 중·하부에 생육이 두드러졌다. 한편 7월과 8월부터 나타나지 않았던 바위두둑, 그물바구니, 미역, 미끌지누아리, 애기마디잘록이 및 엇가지풀, 그리고 5월부터 출현하지 않았던 김파래가 나타난 반면, 바늘비단풀과, 털비단풀이 다시 출현하였으며 검은서실은 2월에 출현하였다.

3월의 상부에는 불등풀가사리와 모란갈파래의 생육이 뚜렷하였으며 중부에서는 미역쇠와 고리매, 하부에는 작은구슬산호말이 생육하고 있었다. 그러나, 10월에 출현하였다가 소실된 참깃털말을 비롯하여 7월부터 관찰되지 않았던 꽃지누아리, 8월부터 관찰되지 않았던 바위주름, 애기풀가사리 및 애기가시덤불, 10월부터 나타나지 않았던 참가죽그물바탕말(*Pachydictyon coriaceum*), 12월부터 나타나지 않았던 가시뻘대그물말 등은 다시 출현하였다.

주요종의 분포와 생물종의 계절에서, 봄철의 상부에는 불등풀가사리, 참풀가사리 등이 나타났고 중부에는 미역쇠, 고리매, 지충이, 불등풀가사리, 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 미역 등이 생육하였다. 여름철의 상부에는 봄철과 같이 불등풀가사리와 참풀가사리, 중부는 지충이, 작은구슬산호말, 납작파래, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 미역 등이 생육하였다. 가을철의 상부에는 참김, 중부에는 반겹링비아, 바위뽕쪽말, 작은구슬산호말, 지충이, 참가시우무 등이 나타났고 하부에는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무 등이 생육하였다. 겨울철의 상부에는 떡링비아, 실링비아, 연녹색흔들말, 참김, 납작파래, 불등풀가사리, 미역쇠가 나타났고, 중부에는 둥근돌김, 미역쇠, 고리매, 지충이, 불등풀가사리, 작은구슬산호말, 민대마디말이 생육하고 있었으며, 하부에는 가을철과 마찬가지로 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무 등이 생육하였다.

겨울에 출현하여 봄까지 나타난 초록실, 사카이대마디말, 그물바구니, 김파래, 애기돌가사리 등은 주로 하부에 생육하였고, 미역쇠는 주로 중부에 생육하였다. 바위두둑, 불등풀가사리, 벚붉은잎은 겨울에 출현하여 이듬해 여름까지 나타났으며, 애기마디잘록이와 왜비단잘록이는 가을까지 출현하였다. 그러나 검은서실은 겨울철에 출현하였다.

봄에 출현하여 여름까지 나타난 해조류는 바위주름, 미역, 참가죽그물바탕말, 방황게발혹(*Marginisporium aberrans*), 참까막살, 꽃지누아리, 미끌지누아리, 애기풀가사리, 좁은붉은잎(*Callophyllis adhaerens*), 애기가시덤불, 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*), 마디잘록이, 엇가지풀, 털엇가지풀(*Heterosiphonia pulchra*), 누운분홍잎, 그리고 개서실에 착생하는 서실더부살이었으며, 봄에서 가을까지 나타난 구멍갈파래, 변덕이갯쇠털, 가시뼉대그물말, 주름까막살(*Prionitis crispata*), 참풀가사리, 진두발(*Chondrus ocellatus*), 참가시우무, 가시풀은 주로 중하부에 생육하고 있었다. 이끼갯털말, 참갯털말, 등근모자반털, 개우무, 민자루다홍풀, 타래말, 두줄거미줄, 그리고 밋철킨털실말은 봄에 출현하였다.

여름에 출현하여 가을까지 나타난 종은 굵은염주말, 숨대마디말, 초록영킨실, 부챗살, 주름진두발, 꼬마붉은혀였고, 청각(*Codium fragile*), 숨말, 회색버짐, 갈래잎, 가는잎송진내, 왜잎송진내, 두갈래사슬풀은 여름에 출현하였다.

가을에 출현하여 겨울까지 나타난 종은 민대마디말, 떡청각, 납작숨털이었으며, 가을에 출현하여 봄까지 나타나는 모무늬돌김, 등근돌김, 참김 등은 상부에서 중부에 걸쳐 나타났고, 모란갈파래는 중부와 하부에, 그리고 불레기말, 참그물바탕말, 붉은털(*Erythrotrichia carnea*), 참사슬풀은 주로 하부에 생육하였다. 그리고 감태, 모로우붉은실은 가을에, 바늘비단풀, 털비단풀, 기는거미줄은 봄과 가을에 출현하였다. 따라서 조사지역 연안에 출현하는 주요종의 분포와 생물종의 계절은 조간대의 조위와 계절에 따라 달리 나타났다(Table 3).

Table 3. Representative species in upper, middle and lower tidal levels (1997. 4 ~ 1998. 3)

Level	Month	March-May	June-August	September-November	December-February
Upper		<i>Enteromorpha compressa</i> <i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Gloiopeltis tenax</i> <i>Ulva conglobata</i>	<i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Gloiopeltis tenax</i>	<i>Porphyra tenera</i>	<i>Endarachne binghamiae</i> <i>Enteromorpha compressa</i> <i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Lyngbya aesturarii</i> <i>Lyngbya confervoides</i> <i>Porphyra tenera</i>
	Middle	<i>Endarachne binghamiae</i> <i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Sargassum thunbergii</i> <i>Scytosiphon lomentaria</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Enteromorpha compressa</i> <i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Calothrix scopulorum</i> <i>Hypnea charoides</i> <i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Endarachne binghamiae</i> <i>Sargassum thunbergii</i> <i>Scytosiphon lomentaria</i>
Lower		<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum hemiphyllum</i> <i>Uncaria pinnatifida</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum hemiphyllum</i> <i>Uncaria pinnatifida</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Hypnea charoides</i> <i>Sargassum hemiphyllum</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum hemiphyllum</i>

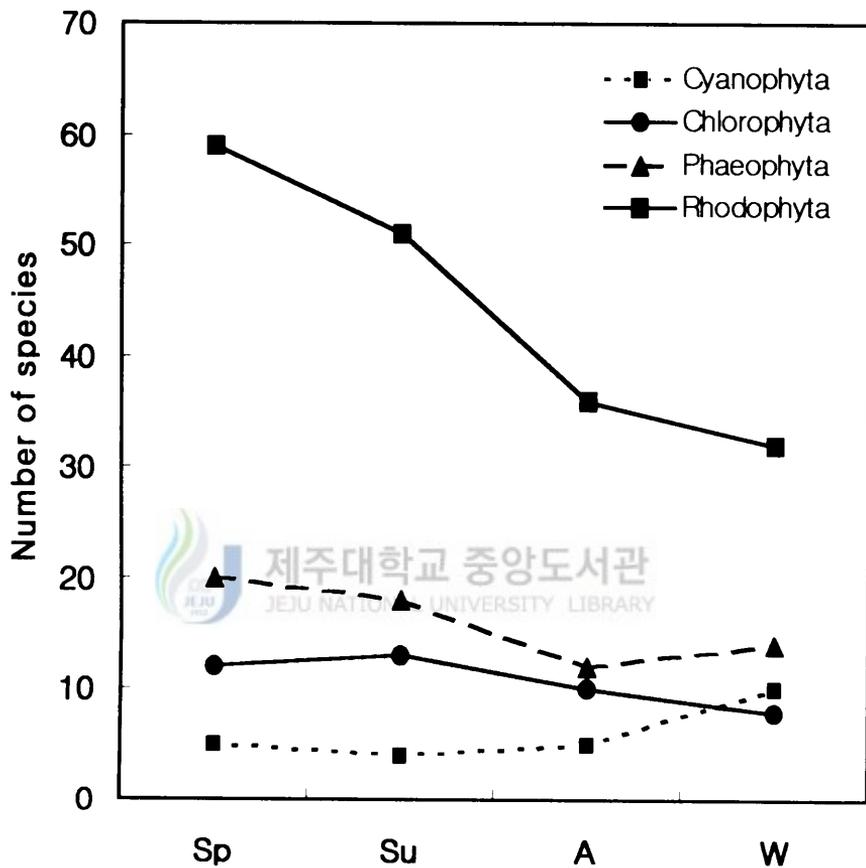


Fig. 4. Seasonal fluctuation by each division (Sp: Spring, Su: Summer, A: Autumn, W: Winter).

계절에 따른 출현종 수는 남조류의 경우 봄철 5종, 여름 4종, 가을, 5종, 겨울 10종이 출현하였으며, 녹조류는 봄철 12종, 여름철 13종, 가을철 10종이 나타났다. 갈조류는 봄철 20종, 여름철 18종 가을철 12종, 겨울철 14종이 출현하였고, 홍조류는 봄철 59종, 여름철 51종, 가을철 36종, 겨울철 31종이 생육하였다(Fig. 4).



2. 기능형군의 계절적인 변화

출현 해조류를 엽상체의 모양에 따라 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 직립분기형(coarsely branched form), 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form)과 각상형(crustous form)의 6가지의 기능형으로 구분하였다. 조사지역 주변에 출현한 해조류 100종 중 엽상형과 사상형(S+F)은 37종, 직립분기형과 다육질형(CB+TL)은 50종, 유절산호말형과 각상형(JC+C)은 13종이 출현하여, 기능형군의 출현수는 직립분기형과 다육질형(CB+TL), 엽상형과 사상형(S+F) 그리고 유절산호말형과 각상형(JC+C)의 순으로 적게 나타났다.

해조류의 기능형군별 구성비를 각 해조류의 출현종 수를 기본으로 산출하면, 계절별로는 전 계절에 걸쳐 직립분기형과 다육질형(CB+TL)의 구성비가 가장 높았으며, 직립분기형과 다육질형(CB+TL)은 봄철에 각각 48.8%와 8.3%로 전체적으로 57.1%를 차지하여 최대가 되었고, 여름철 56.8%, 가을철에 48.2%로 감소하다가 겨울철에 51.9%로 증가하였다. 엽상형과 사상형(S+F)은 봄철에 전체의 28.6%를 차지하고 여름철에 일부 감소하다가 가을철에 최대 31.0%에 달하며, 겨울철에 다시 감소하여 엽상형과 사상형(S+F)은 전 계절에 걸쳐 비율이 비교적 일정하였다. 유절산호말형과 각상형(JC+C)은 봄철 14.3%, 여름철 16.0%, 겨울철에 17.3% 그리고 가을철 20.7%의 율로 변동하여 봄철에서 겨울철로 갈수록 증가하였고, 전 계절에 걸쳐 다른 기능형군보다 연중 가장 낮은 값이었다(Table 4, Fig. 5).

Table 4. Seasonal occurrence of marine algae by functional form group

Season	Functional group							Total
	S	F	CB	TL	JC	C	Total	
Spring	13	11	41	7	7	5	84	
Summer	11	11	39	7	7	6	81	
Autumn	8	10	25	3	7	5	58	
Winter	9	7	23	4	6	3	52	
Total	14	23	42	8	7	6	100	

C: crustous form, CB: coarsely branched form, F: filamentous form, JC: jointed calcareous form, S: sheet form, TL: thick leathery form.

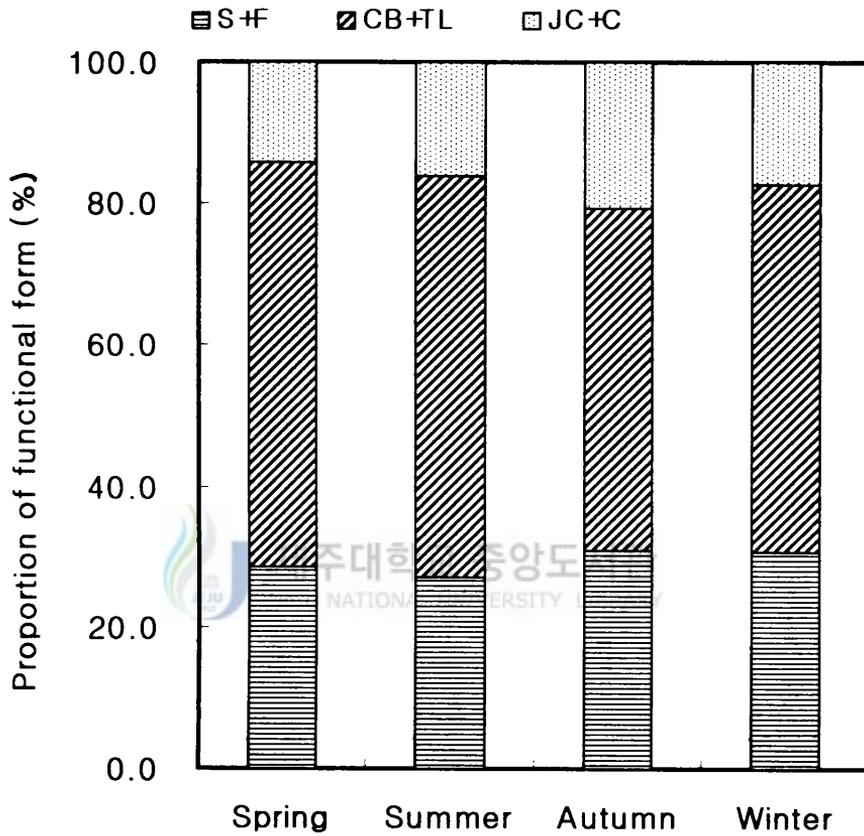


Fig. 5. Seasonal variation of functional form groups of marine algae.

3. 천이

1) 출현종

(1) 초기 착생종

시기별로 영구방형구를 설치한 후 3개월 동안의 초기 착생조류는 다음과 같다.

3월 설치구 : 1997년 3월 설치구에서 1개월 후에 출현한 초기 착생조류는 상부에 파리남색말, 반겹링비아, 초록실 등 3종, 중부에서 파리남색말, 반겹링비아, 납작파래 등 3종, 하부에서 파리남색말, 반겹링비아, 납작파래 등 3종이 나타나 4월에 출현한 해조류 종 수는 모두 4종이었다. 5월에는 참풀가사리, 지충이, 작은구슬산호말 등의 3종이 추가되어 7종이 되었으며, 6월에는 외쪽공남색말, 모란갈파래, 불등풀가사리 등 3종이 추가되어 10종이 되었다. 영구방형구 설치 후 3개월간 출현한 해조류는 남조류 3종(파리남색말, 반겹링비아, 외쪽공남색말), 녹조류 3종(초록실, 납작파래, 모란갈파래), 갈조류 1종(지충이), 홍조류 3종(불등풀가사리, 참풀가사리, 작은구슬산호말)이었으며 상부에 3종, 중부에 5종, 하부에는 7종이었다(Table 5).

6월 설치구 : 6월 설치구에서 1개월 후에 출현한 초기 착생조류는 상부에 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털 등 3종, 중부에 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털, 납작파래 등 4종, 하부는 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털 등 3종이 나타나 7월에 출현한 해조류 종 수는 모두 4종이었다. 8월에는 모란갈파래, 솜말, 바위딱지, 작은구슬산호말 등 4종이 추가되어 8종이 되었으며, 9월에는 가시풀 1종이 추가되어 9종이었다. 영구방형구 설치 후 3개월간 출현한 해조류는 남조류 2종(파리남색말, 반겹링비아), 녹조류 2종(납작파래, 모란갈파래), 갈조류 3종(솜말, 납작솜털, 바위딱지), 홍조류 2종(가시풀, 작은구슬산호말)이었으며

상부에 3종, 중부에 8종, 하부에는 8종이었다(Table 6).

10월 설치구 : 10월 설치구에서 1개월 후에 출현한 초기 착생조류는 상부에 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 모로우붉은실, 둥근돌김, 불등풀가사리, 납작파래 등 6종, 중부에 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김 등 3종, 하부에 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김, 바위딱지, 민대마디말 등 5종이 나타나 11월에 출현한 해조류 종 수는 모두 8종이었다. 12월에는 모란갈파래, 불레기말, 납작숨털, 미역쇠, 작은구슬산호말 등 5종이 추가되어 13종이 되었으며, 영구방형구 설치 후 3개월만인 다음해 1월에는 새로 추가된 종은 없었다. 영구방형구 설치 후 3개월간 출현한 해조류는 남조류 2종(바위뽕쪽말, 반겹링비아), 녹조류 3종(납작파래, 모란갈파래, 민대마디말), 갈조류 4종(불레기말, 납작숨털, 미역쇠, 바위딱지), 홍조류 4종(둥근돌김, 모로우붉은실, 불등풀가사리, 작은구슬산호말)이었으며 영구방형구를 설치한 조사구에 출현한 초기 착생조류는 모두 8종이었다 (Table 7).

12월 설치구 : 12월 설치구에서 1개월 후에 출현한 초기 착생조류는 상부에 파리남색말, 잘록이링비아(*Lyngbya gracilis*), 반겹링비아, 납작파래, 둥근돌김 등 5종, 중부에 잘록이링비아, 파리남색말, 반겹링비아, 모란갈파래 등 4종, 하부에 모란갈파래와 작은구슬산호말의 2종이 나타나 1998년 1월에 출현한 해조류 종 수는 모두 7종이었다. 2월에는 미역쇠, 고리매, 불등풀가사리 등 3종이 추가되어 10종이 되었으며, 3월에는 이끼깃털말, 민대마디말, 불레기말, 미역, 개우무 등 5종이 추가되어 15종이 되었다. 영구방형구 설치 후 3개월간 출현한 해조류는 남조류 3종(파리남색말, 잘록이링비아, 반겹링비아), 녹조류 4종(민대마디말, 모란갈파래, 납작파래, 이끼깃털말), 갈조류 4종(미역쇠, 고리매, 불레기말, 미역), 홍조류 4종(둥근돌김, 작은구슬산호말, 개우무, 불등풀가사리)

Table 5. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in March

Species	After denudation			1 mo.			2 mos.			3 mos.		
	Level											
	U	M	L	U	M	L	U	M	L			
<i>Anacystis aeruginosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Corallina pilulifera</i>							+		+			
<i>Enteromorpha compressa</i>		+	+		+	+		+	+			
<i>Gloiopeltis furcata</i>									+			
<i>Gloiopeltis tenax</i>							+		+			
<i>Lyngbya semiplena</i>				+	+	+	+	+	+			
<i>Rivularia atra</i>									+			
<i>Sargassum thunbergii</i>							+		+			
<i>Ulothrix flacca</i>	+			+				+				
<i>Ulva conglobata</i>									+			
Total				4	7			10				

Table 6. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in June

Species	After denudation			1 mo.			2 mos.			3 mos.		
	Level			U	M	L	U	M	L	U	M	L
	U	M	L									
<i>Acinetospora crinita</i>									+			+
<i>Anacystis aeruginosa</i>	+	+	+	+	+					+	+	+
<i>Centroceras clavulatum</i>												+
<i>Corallina pilulifera</i>								+				+
<i>Ectocarpus arctus</i>	+	+	+	+	+					+		
<i>Enteromorpha compressa</i>								+	+		+	+
<i>Lyngbya semiplena</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ralfsia verrucosa</i>								+	+		+	+
<i>Ulva conglobata</i>								+	+		+	+
Total				4			8			9		

Table 7. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in October

Species	After denudation								
	1 mo.			2 mos.			3 mos.		
	U	M	L	U	M	L	U	M	L
<i>Calothrix scopulorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladophora gracilis</i>			+			+			+
<i>Colpomenia sinuosa</i>					+			+	
<i>Corallina pilulifera</i>					+		+	+	+
<i>Ectocarpus arctus</i>						+			+
<i>Endarachne binghamiae</i>					+			+	
<i>Enteromorpha compressa</i>								+	
<i>Gloiopeltis furcata</i>	+			+				+	
<i>Lyngbya semiplena</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+			+				+	
<i>Porphyra suborbiculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ralfsia verrucosa</i>			+			+		+	+
<i>Ulva conglobata</i>					+		+	+	
Total	8			13			13		

Table 8. Early colonizers in permanent quadrats established at upper (U), middle (M) and lower (L) intertidal levels within first three months after denudation in December

Species	After denudation											
	Level			1 mo.			2 mos.			3 mos.		
	U	M	L	U	M	L	U	M	L			
<i>Anacystis aeruginosa</i>	+	+		+	+		+	+				
<i>Bryopsis hypnoides</i>									+			
<i>Cladophora gracilis</i>								+				
<i>Colpomenia sinuosa</i>									+			
<i>Corallina pilulifera</i>			+			+		+	+			
<i>Endarachne binghamiae</i>				+			+		+			
<i>Enteromorpha compressa</i>	+			+	+	+	+	+	+			
<i>Gloiopeltis furcata</i>								+	+			
<i>Lyngbya gracilis</i>	+	+		+	+	+	+	+				
<i>Lyngbya semiplena</i>	+	+		+	+	+	+	+				
<i>Porphyra suborbiculata</i>	+			+			+	+				
<i>Pterocladia capillacea</i>									+			
<i>Scytosiphon lomentaria</i>				+	+		+	+	+			
<i>Ulva conglobata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Undaria pinnatifida</i>									+			
Total				7			10			15		

이었으며, 상부에 9종, 중부에 10종, 하부에는 9종이었다(Table 8).

영구방형구 설치 계절에 관계없이 출현한 초기 착생조류는 반겹링비아, 납작파래, 모란갈파래, 작은구슬산호말 4종이었고, 그 외의 초기 착생들로는 파리남색말, 잘룩이랑비아, 바위뽕쪽말, 외쪽공남색말, 초록실, 민대마디말, 이끼깃털말, 민대마디말, 지층이, 솜말, 납작솜털, 바위딱지, 미역쇠, 불레기말, 미역, 개우무, 불등풀가사리, 참풀가사리, 둥근돌김, 모로우붉은실 등이었다. 이들 중 반겹링비아는 3월, 6월 그리고 10월의 설치구에서는 상, 중, 하부 모두에서 출현하였지만, 12월 설치구의 하부에서는 나타나지 않았으며, 납작파래와 모란갈파래는 3월과 6월 설치구에서는 중부와 하부에, 10월과 12월 설치구에서는 상부에서 초기착생조류로 출현하였다. 불등풀가사리는 3월의 설치구에서는 중부에, 10월과 12월의 설치구에서는 상부와 중부에서 초기착생조류로 출현하였으며, 작은구슬산호말은 설치계절에 관계없이 중·하부에 초기 착생조류로 출현하였다.



(2) 출현종 수

시기별로 영구방형구를 설치한 후 출현한 종 수는 다음과 같다.

3월 설치구 : 1997년 3월 설치구에 출현한 해조류는 남조류 9종, 녹조류 4종, 갈조류 5종, 홍조류 8종으로 총 26종이었으며, 상부에 12종, 중부에 14종, 하부에 16종이 출현하였다(Table 9). 상부에서는 4월에 3종이 출현하여 6월까지 변동이 없었고, 7월에서 10월까지 4개월간은 2종이 출현하여 출현종 수는 가장 적었으며, 다음해 2월과 3월에는 각각 6종이 출현하여 출현종 수가 가장 많았으나, 8월과 9월에는 식생이 형성되지 않았다. 중부에서는 4월에 3종의 해조류가 출현하였으며, 7월부터 9월까지 3개월간은 2종이 출현하여 출현종 수는 가장 적었고, 다음해 4월에는 11종의 해조류가 출현하여 출현종 수가 가장 많았다. 하부에서는 4월에 3종이 출현하여 다음해 5월에는 11종의 해조류가 출현

하여 출현수가 가장 많았다(Fig. 6).

6월 설치구 : 6월 설치구에 출현한 해조류는 남조류 4종, 녹조류 3종, 갈조류 6종, 홍조류 17종으로 총 30종이었으며, 상부에 10종, 중부에 19종, 하부에 19종이 출현하였다(Table 10). 상부에서는 7월에 3종이 출현하여 9월까지 변동이 없었고, 이듬해 2월, 3월, 4월에는 각각 6종이 출현하여 출현종 수는 가장 많았다. 중부에서는 7월에 4종이 출현하였으며 이듬해 3월에는 14종이 나타나 출현종 수가 가장 많았다. 하부에서는 7월에 3종이 출현한 후부터 증가하기 시작하여 이듬해 5월에는 10종의 해조류가 출현하여 출현종 수가 가장 많았다(Fig. 7).

10월 설치구 : 10월 설치구에 출현한 해조류는 남조류 3종, 녹조류 5종, 갈조류 11종, 홍조류 22종으로 총 41종이었으며, 상부에 15종, 중부에 19종, 하부에 30종이 출현하였다(Table 11). 상부에서는 11월에 6종이 출현하여 12월까지 변동이 없었고, 1월에는 모란갈파래와 미역쇠가 나타나 모두 8종이 관찰되었으며, 3월까지 변동이 없었고, 4월에는 11종으로 출현종 수가 가장 많았다. 중부에서는 11월에 3종이 출현하였고 새로운 종들이 추가되어 이듬해 5월에는 13종이 나타나 출현종 수가 가장 많았다. 하부에서는 11월에 5종이 출현하여 새로운 종들이 추가되어 되면서 이듬해 5월에는 19종이 나타나 출현종 수가 가장 많았다(Fig. 8).

12월 설치구 : 12월 설치구에 출현한 해조류는 남조류 3종, 녹조류 4종, 갈조류 8종, 홍조류 19종으로 총 32종이었으며, 상부에 9종, 중부에 16종, 하부에 30종이 출현하였다(Table 12). 상부에서는 영구방형구 설치 후 1월에 5종이 나타났고 2월과 3월에는 각각 9종이 출현하여 출현종 수가 가장 많았으나, 8월

Table 9. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in March

Species	Level		
	Upper	Middle	Lower
<i>Anacystis aeruginosa</i>	+	+	+
<i>Bangia atropurpurea</i>	+	+	
<i>Calothrix scopulorum</i>	+	+	
<i>Chondria crassicaulis</i>			+
<i>Cladophora gracilis</i>			+
<i>Corallina pilulifera</i>			+
<i>Endarachne binghamiae</i>		+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>	+	+	+
<i>Erythrotrichia carnea</i>	+	+	
<i>Gloiopeltis furcata</i>		+	+
<i>Gloiopeltis tenax</i>		+	
<i>Ishige okamurae</i>			+
<i>Lyngbya aestuarii</i>	+		
<i>Lyngbya confervoides</i>	+		
<i>Lyngbya semiplena</i>	+	+	+
<i>Nostoc commune</i>			+
<i>Oscillatoria gracilis</i>		+	
<i>Oscillatoria laetevirens</i>	+		+
<i>Porphyra suborbiculata</i>	+	+	
<i>Porphyra tenera</i>	+		
<i>Ralfsia verrucosa</i>		+	+
<i>Rivularia atra</i>			+
<i>Sargassum thunbergii</i>			+
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		+	+
<i>Ulothrix flacca</i>	+		
<i>Ulva conglobata</i>		+	+
Total	12	14	16

Table 10. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in June

Species	Level	Upper	Middle	Lower
<i>Acinetospora crinita</i>				+
<i>Amphiroa dilatata</i>			+	
<i>Amphiroa ephedraea</i>				+
<i>Anacystis aeruginosa</i>		+	+	+
<i>Bangia atropurpurea</i>		+		
<i>Centroceras clavulatum</i>			+	
<i>Ceramium tenerrimum</i>				+
<i>Champia parvula</i>				+
<i>Chondria crassicaulis</i>			+	+
<i>Cladophora gracilis</i>			+	+
<i>Colpomenia sinuosa</i>				+
<i>Corallina pilulifera</i>			+	+
<i>Ectocarpus arctus</i>		+	+	+
<i>Endarachne binghamiae</i>		+	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>			+	+
<i>Gigartina tenella</i>			+	
<i>Gloiopeltis furcata</i>		+		
<i>Gloiopeltis tenax</i>		+	+	
<i>Jania arborescens</i>			+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>			+	
<i>Lyngbya aestuarii</i>		+		
<i>Lyngbya confervoides</i>		+		
<i>Lyngbya semiplena</i>		+	+	+
<i>Porphyra suborbiculata</i>			+	+
<i>Porphyra tenera</i>		+		
<i>Prionitis crispata</i>			+	
<i>Pterocladia capillacea</i>				+
<i>Ralfsia verrucosa</i>			+	+
<i>Scytosiphon lomentaria</i>			+	+
<i>Ulva conglobata</i>			+	+
Total		10	19	19

Table 11. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in October

Species	Level	Upper	Middle	Lower
<i>Amphiroa ephedraea</i>			+	
<i>Anacystis aeruginosa</i>		+		
<i>Bangia atropurpurea</i>		+		
<i>Bryopsis hypnoides</i>			+	
<i>Calothrix scopulorum</i>		+	+	+
<i>Carpopeltis cornea</i>				+
<i>Caulacanthus okamurae</i>				+
<i>Ceramium tenerrimum</i>				+
<i>Chondria crassicaulis</i>			+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>				+
<i>Cladophora gracilis</i>		+	+	+
<i>Cladophora sakaii</i>			+	+
<i>Colpomenia sinuosa</i>			+	+
<i>Corallina pilulifera</i>		+	+	+
<i>Ectocarpus arctus</i>				+
<i>Ectocarpus mitchellae</i>				+
<i>Enderachne binghamiae</i>		+	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>		+	+	+
<i>Erythrotrichia carnea</i>				+
<i>Gelidium amansii</i>				+
<i>Gelidium pusillum</i>				+
<i>Gigartina tenella</i>				+
<i>Gloiopeltis furcata</i>		+		
<i>Gloiopeltis tenax</i>		+		
<i>Grateloupia turuturu</i>				+
<i>Hydroclathrus clathratus</i>			+	+
<i>Hypnoides charoides</i>				+
<i>Jania arborescens</i>			+	+
<i>Leathesia difformis</i>			+	
<i>Lomentaria hakodatensis</i>			+	+
<i>Lyngbya semiplena</i>		+	+	+
<i>Myelophycus simplex</i>		+		
<i>Polysiphonia morouii</i>		+		
<i>Porphyra suborbiculata</i>		+	+	+
<i>Prionitis crispata</i>				+
<i>Pterocladia capillacea</i>				+
<i>Ralfsia verrucosa</i>			+	+
<i>Sargassum confusumi</i>				+
<i>Sargassum thunbergii</i>			+	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		+		
<i>Ulva conglobata</i>		+	+	+
Total		15	19	30

Table 12. Occurrence species of marine algae found in permanent quadrats of different tidal levels after denudation in December

Species	Level	Upper	Middle	Lower
<i>Anacystis aeruginosa</i>		+	+	+
<i>Bryopsis hypnoides</i>				+
<i>Caulacanthus okamurae</i>				+
<i>Ceramium tenerrimum</i>				+
<i>Chondria crassicaulis</i>			+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>			+	
<i>Cladophora gracilis</i>			+	+
<i>Cladophora sakaii</i>				+
<i>Colpomenia sinuosa</i>				+
<i>Corallina pilulifera</i>			+	+
<i>Endarachne binghamiae</i>		+	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>		+	+	+
<i>Gelidium amansii</i>				+
<i>Gigartina tenella</i>				+
<i>Gloiopeltis furcata</i>		+		
<i>Grateloupia filicina</i>				+
<i>Grateloupia imbricata</i>				+
<i>Grateloupia livida</i>				+
<i>Grateloupia turuturu</i>				+
<i>Hydroclathrus clathratus</i>				+
<i>Hypnoides charoides</i>				+
<i>Jania arborescens</i>				+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>			+	+
<i>Lyngbya gracilis</i>		+	+	+
<i>Lyngbya semiplena</i>		+	+	+
<i>Porphyra suborbiculata</i>		+	+	
<i>Prionitis crispata</i>				+
<i>Pterocladia capillacea</i>			+	+
<i>Sargassum thunbergii</i>			+	+
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		+	+	+
<i>Sphachelaria variabilis</i>				+
<i>Ulva conglobata</i>		+	+	+
<i>Undaria pinnatifida</i>				+
<i>Yamadaea melobesioides</i>			+	
'Total		9	16	30



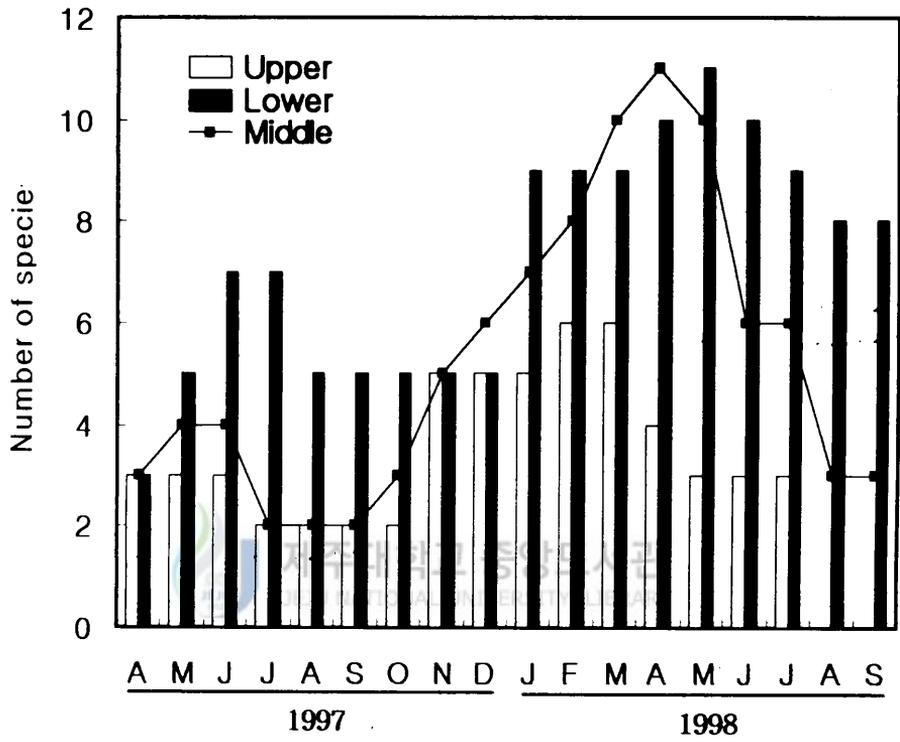


Fig. 6. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March.

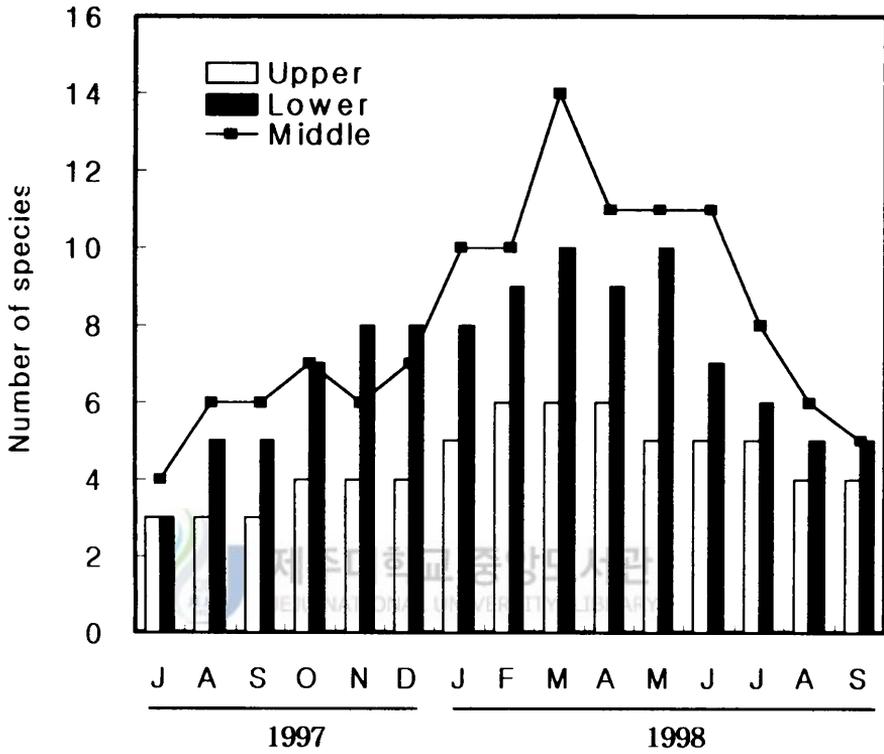


Fig. 7. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June.

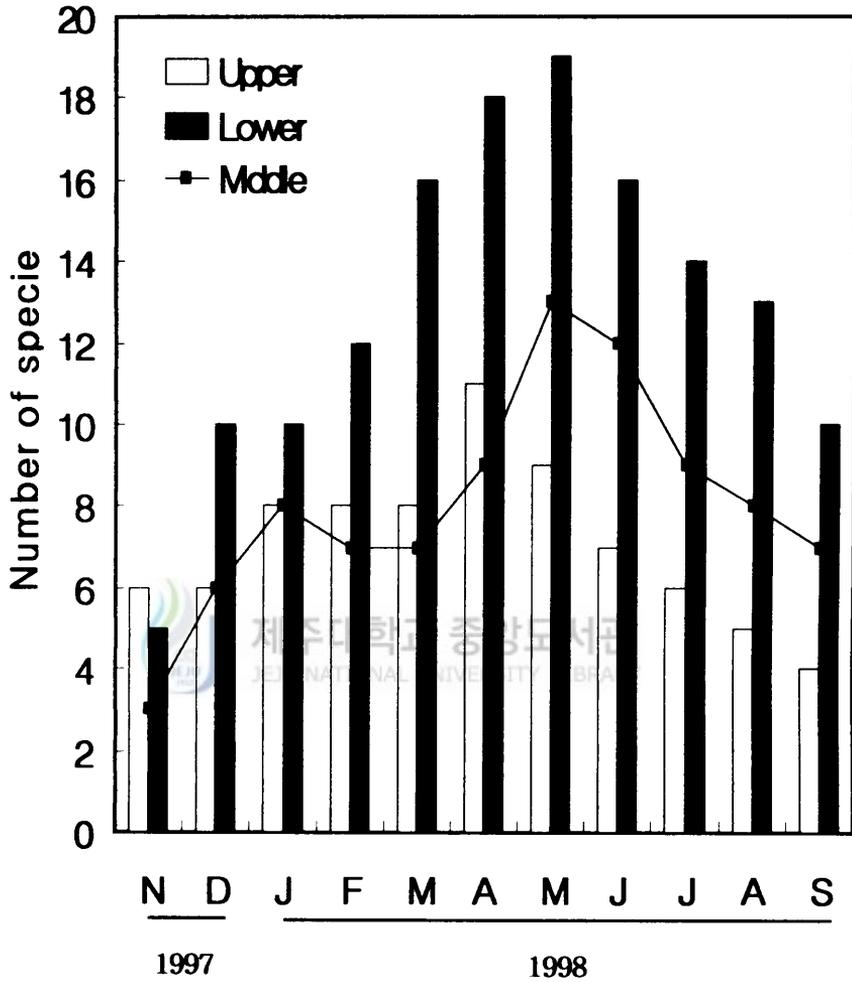


Fig. 8. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October.

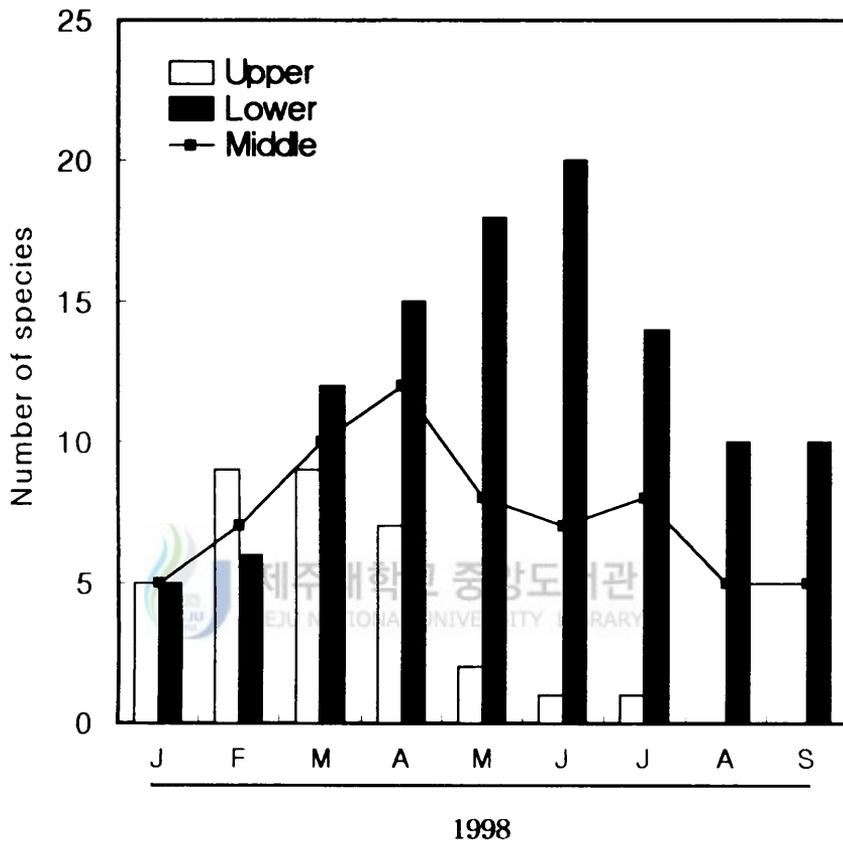


Fig. 9. Monthly occurrence of marine algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December.

과 9월에는 식생이 형성되지 않았다. 중부에서는 1월에 5종이 출현하였고 새로운 종들이 추가되어 4월에는 12종이 나타나 출현종 수가 가장 많았다. 하부에서는 1월에 5종이 출현하였고 새로운 종들이 추가되어 6월에는 20종의 해조류가 출현하여 출현종 수가 가장 많았다(Fig. 9).

조사기간 동안 영구방형구에 출현한 남조류는 3월 설치구에서 9종, 6월의 설치구에서는 4종, 10월과 12월의 설치구에서는 각각 3종이 출현하여 3월의 설치구에서의 출현종 수가 가장 많았으며, 녹조류는 설치 계절에 관계없이 4-5종으로 비슷하였다. 갈조류는 3월 설치구에서는 5종, 6월 설치구에서는 6종, 10월 설치구에서는 11종, 12월 설치구에서는 8종이 출현하여 10월의 설치구에서 종 수가 가장 많았다. 홍조류는 3월 설치구에서 8종, 6월의 설치구에서 17종, 10월 설치구에서 22종, 12월 설치구에서 19종이 출현하여 10월의 설치구에서가 가장 많았다. 조간대 부위별 출현종 수에서 3월 설치구의 상부에는 12종, 중부에 14종, 하부에 16종, 6월 설치구의 상부에는 10종, 중부에 19종, 하부에 19종, 10월 설치구의 상부에는 15종, 중부에 19종, 하부에 30종, 12월 설치구의 상부에는 9종, 중부에 16종, 하부에 30종이 출현하여 설치구에 관계없이 하부로 갈수록 다양한 해조류가 출현하였으며, 10월 설치구는 3월, 6월, 12월 설치구보다 상부, 중부, 하부 모두에서 출현종 수가 많았다.

(3) 극상

시기별로 영구방형구를 설치한 후 출현한 해조류의 누적합계는 다음과 같다.

3월 설치구 : 1997년 3월 설치구의 상부에서는 4월에 3종이 나타난 후 9월까지 변동이 없었으며, 10월부터 새로운 종들이 간헐적으로 출현하여 이듬해 2월까지의 누적합계는 12종이 되었으나 9월까지 다른 해조류의 입식은 없었다. 중부에서는 4월에 3종이 나타난 후 5월부터 새로운 종들이 추가되어 이듬해 5

월까지의 누적합계는 14종이 되었으나, 6월부터는 다른 해조류의 입식은 없었다. 하부에서는 4월에 3종이 나타난 후 5월부터 새로운 종들이 추가되어 이듬해 5월까지의 누적합계는 16종이 되었으나, 6월부터 9월까지 다른 해조류의 입식은 없었다(Fig. 10).

6월 설치구 : 6월 설치구의 상부에서는 7월에 3종이 나타난 후 9월까지 변동이 없었으며, 10월부터 새로운 종들이 간헐적으로 추가되어 이듬해 3월까지의 누적합계는 10종이 되었으나, 4월부터 9월까지 다른 해조류의 입식은 없었다. 중부에서는 7월에 3종이 나타난 후 새로운 종들이 간헐적으로 추가되어 이듬해 7월까지의 누적합계는 19종이었으며, 8월부터 9월까지 다른 해조류의 입식은 없었다. 하부에서는 7월에 4종이 나타난 후 새로운 종들이 간헐적으로 추가되어 이듬해 6월까지의 누적합계는 19종이었으나 7월부터 새로운 종의 입식은 없었다(Fig. 11).



10월 설치구 : 10월 설치구의 상부에서는 11월에 6종의 해조류가 출현하여 12월까지 변동이 없었으며, 이듬해 1월부터 새로운 종이 간헐적으로 추가되면서 5월까지의 누적합계는 15종이 되었지만 6월부터 9월까지 다른 해조류의 입식은 없었다. 중부에서는 11월에 3종의 해조류가 나타난 후 새로운 종들이 간헐적으로 추가되어 이듬해 5월까지의 누적합계는 18종이 되었지만, 7월까지 다른 해조류의 입식은 없었다. 8월에 사카이대마디말이 추가되어 누적합계는 19종이 되었다. 하부에서는 11월에 5종의 해조류가 나타난 후 새로운 종들이 간헐적으로 추가되어 8월의 누적합계는 30종이었다(Fig. 12).

12월 설치구 : 12월 설치구의 상부에서는 1998년 1월에 5종의 해조류가 출현한 후 2월에 4종이 추가되어 9종이 출현하였으나, 3월부터 9월까지 다른 해조

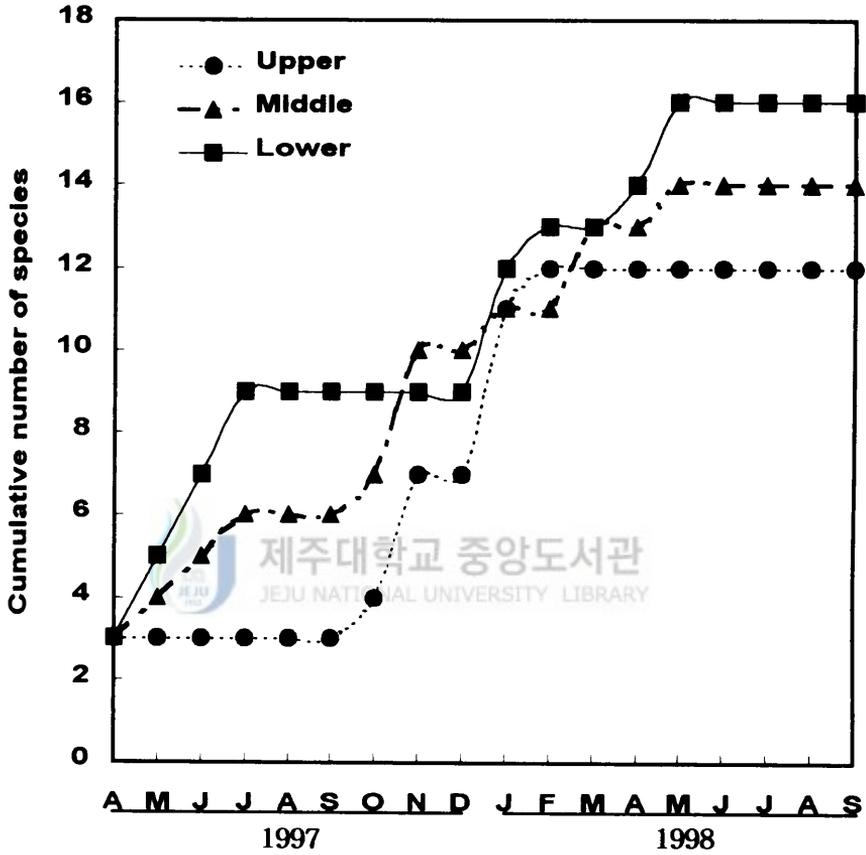


Fig. 10. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March.

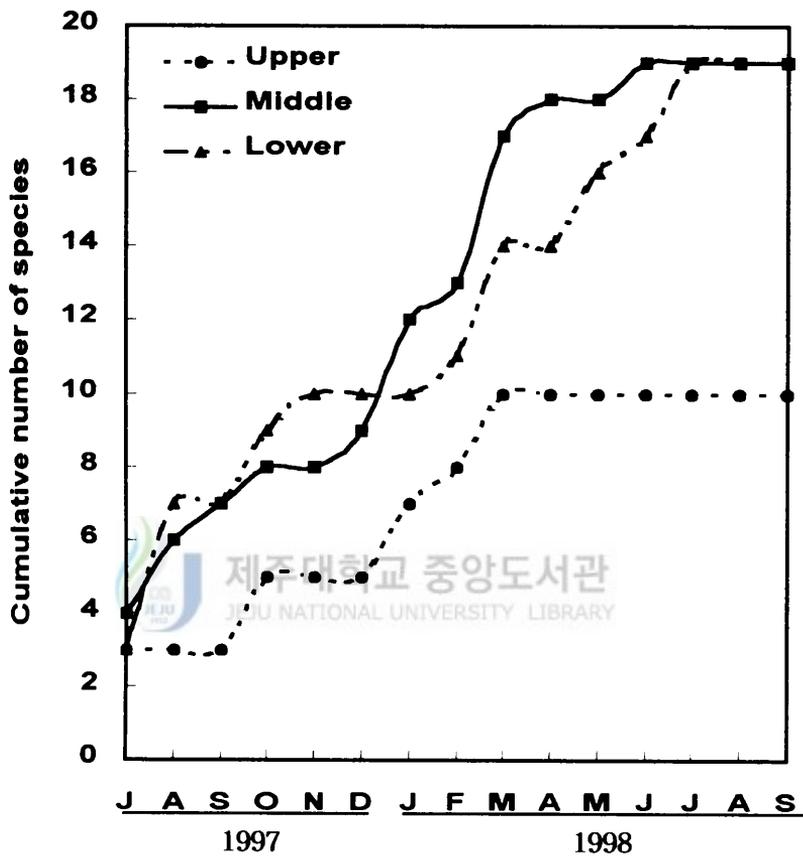


Fig. 11. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June.

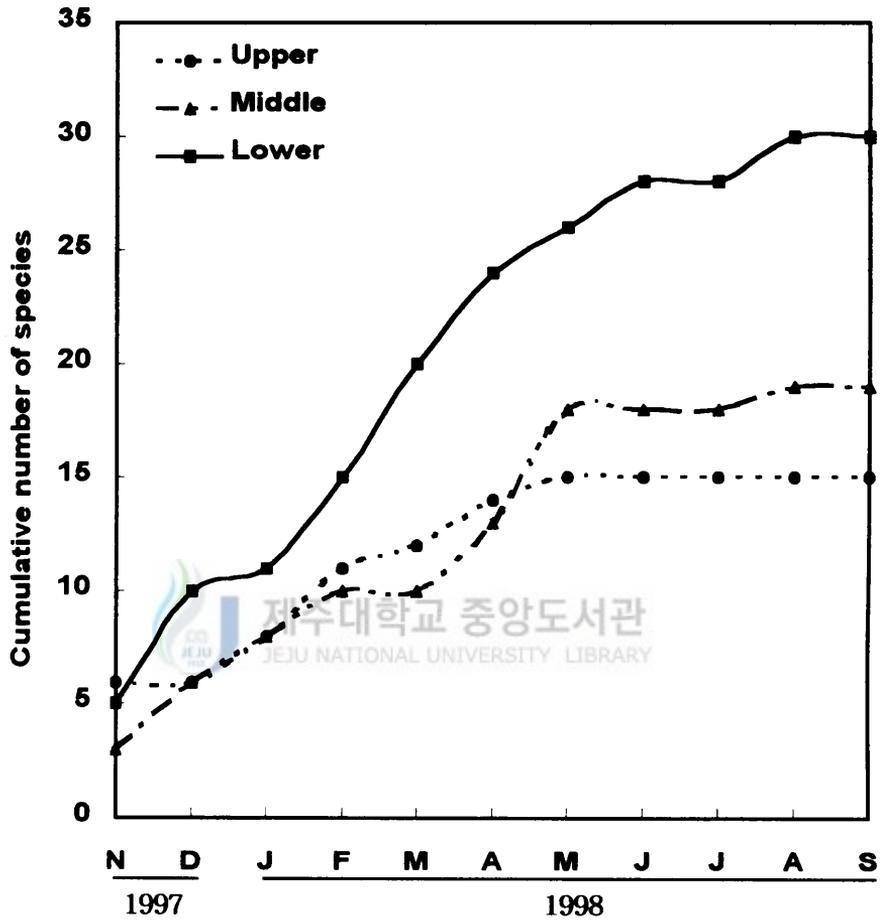


Fig. 12. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October.

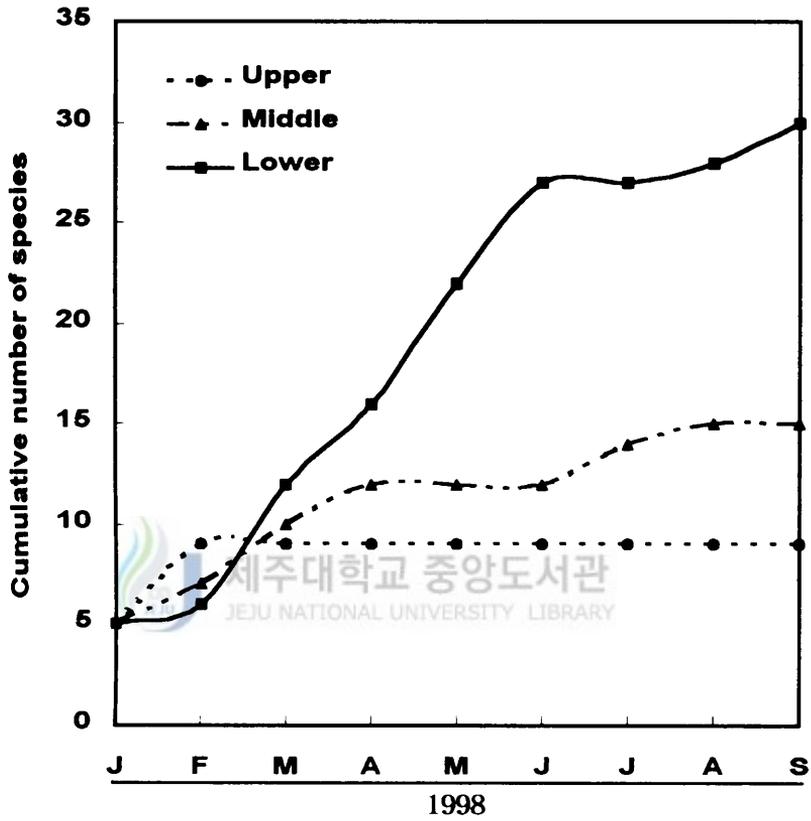
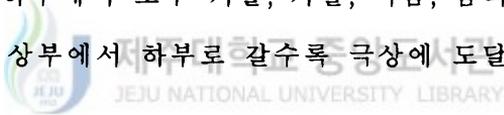


Fig. 13. Cumulative number of species observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December.

류의 입식은 없었다. 중부에서는 1월에 5종의 해조류가 출현한 후 새로운 종이 간헐적으로 출현하여 8월까지의 누적합계는 15종이었다. 하부에서는 1월에 5종의 해조류가 출현한 후 새로운 종들이 추가되어 9월까지의 누적합계는 28종이었다(Fig. 13).

3월 설치구의 상부에서는 11개월, 중부와 하부에서는 14개월 후에 안정한 상태의 극상에 달했으며, 6월 설치구의 상부에서는 9개월, 중부는 12개월, 하부에서의 누적합계는 13개월부터 변함이 없었다. 10월 설치구의 상부에서는 7개월 후에 극상에 달했고, 중부와 하부에서는 10개월 후에도 누적 종의 수가 증가하였다. 그러나 12월 설치구의 상부에서는 2개월 후부터 누적 종의 수는 변함이 없었으며, 중부와 하부에서는 8개월 후에도 누적 종의 수가 증가하여 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 극상 군집을 이루는 시기가 달랐으며 상부, 중부 및 하부에서 모두 겨울, 가을, 여름, 봄의 순으로 극상에 도달하는 시기가 짧았고 상부에서 하부로 갈수록 극상에 도달하는 시기가 길었다.



2) 식생

(1) 총피도

시기별로 영구방형구를 설치한 후 총피도 변화는 다음과 같다.

3월 설치구 : 영구방형구를 설치하기 전 3월의 상부에는 참김과 납작파래, 불등풀가사리, 둥근모자반털 등, 중부에는 미역쇠 이외에 불등풀가사리, 참풀가사리, 납작파래, 바위수염, 사카이대마디말 및 모란갈파래 등이 생육하고 있었고, 하부는 따개비 군집이었지만 개서실을 비롯한 15종의 해조류들이 생육하고 있었다.

3월에 영구방형구를 설치한 후 상부는 4월에 파리남색말, 반겹링비아, 초록실 등의 피도는 90%였고, 이후 5월부터 9월까지 감소하였으며, 10월부터 바위뽕쪽말, 김파래, 참김 등이 추가되어 12월에는 피도 103%로 가장 높았다. 이듬해 1월부터는 둥근돌김, 납작파래 등이 새로 추가되었지만 남조류의 피도가 낮아짐에 따라 총피도가 감소하면서 8월과 9월에는 식생 형성이 되지 않았다. 중부에서는 4월에 파리남색말, 반겹링비아, 납작파래 등을 포함한 총피도는 100%였고, 이후 5월부터 감소하여 7월에 10%였다. 그러나 8월부터 해조류의 피도가 증가하면서 식생 제거 후 9개월만인 12월의 피도는 11월에 출현하지 않았던 불등풀가사리, 둥근돌김의 피도가 높아져서 116%였고, 이듬해 3월부터 총피도는 감소하였다. 하부에서는 4월에 반겹링비아, 납작파래의 총피도 30%였으며, 5월부터 새로운 종이 추가되었지만, 상대적으로 남조류의 피도가 낮아졌기 때문에 7월까지 총피도는 감소하였다. 8월부터 증가하여 이듬해 5월의 총피도는 132%였고, 이후 6월부터 감소하였다. 따라서 상부와 중부에서는 봄이 지나면서 해조류의 총피도가 감소하였지만 가을부터 겨울까지 증가하였다가 이듬해 봄에 다시 감소하는 계절적인 변화가 나타났다. 하부에서는 봄이 지나면서 감소하였지만 가을부터 이듬해 5월까지의 총피도는 증가하였다(Table 13~15, Fig. 14).

6월 설치구 : 영구방형구를 설치하기 전 6월의 상부에는 불등풀가사리와 참김의 피도는 80%였고, 중부의 피도는 작은구슬산호말 80%, 개서실 50%, 지층이 15%였으며, 하부의 피도는 개서실 90%, 미역 20%였다.

6월에 영구방형구를 설치한 후 상부는 7월에 파리남색말, 반겹링비아, 납작숨털 등의 피도가 10%, 9월에 피도는 65%였으며, 이후 10월부터 11월까지 감소하여 21%로 낮아졌다. 이듬해 6월에 불등풀가사리의 피도가 높아지면서 총피도 93%였다. 중부에서는 7월에 파리남색말, 반겹링비아, 납작숨털, 납작파래 등 총피도는 60%였으며, 8월부터 모란갈파래, 미역쇠, 바위딱지, 고리매, 작은구슬산호말 등 피도가 높아지면서 이듬해 3월에 184%였다. 하부에서는 7월에 파리남색말, 반겹링비아, 납작숨털 등 총피도는 70%였고, 9월에는 총피도 60%로 감소하였지만 납작파래와 바위딱지 등의 피도가 높아지면서 이듬해 5월에 139%로 가장 높았다. 그러나 미역쇠의 피도가 낮아짐으로 인해 6월부터 총피도는 감소하였다(Table 16~18, Fig. 15).

10월 설치구 : 영구방형구를 설치하기 전 10월의 상부는 따개비 군집이었으며, 중부의 피도는 작은구슬산호말 60%, 지층이 20%였고, 그 외 에페드라게발, 산호말(*Corallina officinalis*) 등이 생육하고 있었다. 하부의 피도는 작은구슬산호말 90%, 참가시우무 15%였고, 개그물바탕말 외 6종의 해조류가 생육하고 있었다.

10월에 영구방형구를 설치한 후 상부는 11월에 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 모로우붉은실 등이 혼생한 해조류와 둥근돌김, 납작파래, 불등풀가사리 등의 총피도가 91%이었다. 이들 혼생 조류는 출현 후 이듬해 1월까지 감소하였고, 미역쇠의 피도가 높아지면서 3월의 총피도는 121%였고, 이후 4월부터 감소하였다. 중부는 1월에 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김 등의 총피도는 41%였고, 이 후 6월까지 83%로 증가하였으나 7월부터 피도는 낮아졌다. 하부에서는

11월에 바위뽕쪽말, 반겹링비아 등이 혼생한 조류와 납작파래, 둥근돌김, 납작숨털 등의 총피도는 68%였다. 12월부터 작은구슬산호말, 모란갈파래, 민대마디말의 피도가 높아지면서 6월의 총피도는 177%였지만 7월부터 피도는 낮아졌다(Table 19~21, Fig. 16).

12월 설치구 : 영구방형구를 설치하기 전 10월의 조간대 상부에 파리남색말, 잘룩이링비아, 반겹링비아 등의 피도가 70%, 둥근돌김의 피도는 40%였다. 중부의 피도는 작은구슬산호말 50%, 지층이 25%였으며, 그 밖에 개서실과 바위딱지 등이 생육하고 있었다. 하부에서 작은구슬산호말의 피도는 90%였으며, 그 외에 넓은게발, 참가시우무, 납작파래, 참그물바탕말 등이 생육하고 있었다.

12월에 영구방형구를 설치한 후 상부는 1월에 총피도는 60%였으며, 2월에 남조류, 둥근돌김, 모란갈파래, 고리매의 피도가 높아지면서 143%였지만 3월부터 감소하였다. 중부에서는 1월에 총피도는 52%였으며, 2월에 고리매의 피도가 높아졌고, 4월에는 132%였지만 5월부터 8월까지 총피도는 감소하였다. 하부에서는 1월에 총피도는 52%였으며, 2월부터 작은구슬산호말과 고리매의 피도가 높아지면서 4월의 총피도는 122%였으며, 이후 5월부터 8월까지는 감소하였다(Table 22~24, Fig. 17).

총피도 변화는 3월 설치구 상부, 중부, 하부 모두에서 방형구 설치 1개월 후에 피도는 높았다가 감소한 후 다시 증가하는 경향 이었지만, 6월 설치구 중부와 하부, 그리고 10월과 12월 설치구 상부, 중부, 하부 모두에서 방형구 설치 1개월 후부터 증가하였다. 모든 설치구 상부의 총피도는 방형구 설치 후 기간과 관계없이 겨울철에 피도는 최고였고, 중부와 하부의 총피도는 봄철에 최고치를 나타내는 계절적인 변화가 뚜렷하였다.

Table 13. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in March

Species	Month	1997										1998							
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A*	S*
Blue green's mat		90	50	30	15	8	5	70	89	88	80	78	40	15	5	5	5		
<i>Enteromorpha compressa</i>											1	1	1						
<i>Porphyra suborbiculata</i>												3	1						
<i>Porphyra tenera</i>										1	15	10	5	2	1				

Aster(☆) is not significant.

Table 14. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in March

Species	Month	1997										1998							
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		67	69	50	10	40	73	73	73	60	10	5	5	5	5	5	2	2	1
<i>Bangia atropurpurea</i>														1					
<i>Endarachne binghamiae</i>											1	13	15	1					
<i>Enteromorpha compressa</i>		28	40									5	10	2	7	20	20		
<i>Gloiopeltis furcata</i>				1						30	40	75	60	25	20	10	10	10	5
<i>Gloiopeltis tenax</i>			1	1										1	3	5	2		
<i>Porphyra suborbiculata</i>									30	25	25	5	1	1					
<i>Ralfsia verrucosa</i>								1	1	1	1	5	2	1	1				
<i>Scytosiphon lomentaria</i>													1	1					
<i>Ulva conglobata</i>																1	1	1	

Table 15. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in March

Species	Month	1997										1998									
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		
Blue green's mat		29	13	7							60	30	5	1	1	1	1	1	5		
<i>Chondria crassicaulis</i>					1										1	1	1	1			
<i>Cladophora gracilis</i>														1							
<i>Corallina pilulifera</i>			1	1	1	1	1	3	3	6	12	12	25	35	35	30	20	20	20		
<i>Endarachne binghamiae</i>											2	40	55	58	50	1	1				
<i>Enteromorpha compressa</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
<i>Gloiopeltis furcata</i>															1						
<i>Ishige okamurae</i>															1	1	1	1	1		
<i>Ralfsia verrucosa</i>					2	7	10	12	14	16	20	23	26	30	40	40	20	10	3		
<i>Rivularia atra</i>				1	2	10	10	10	10	10	3				1	2					
<i>Sargassum thunbergii</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Scytosiphon lomentaria</i>											1	2	1	1							
<i>Ulva conglobata</i>			1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Table 16. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in June

Species	Month	1997						1998								
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		10	55	65	34	20	18	15	12	12	12	10	10	10	10	30
<i>Endarachne binghamiae</i>									1	2	1					
<i>Gloiopeltis furcata</i>					1	1	5	10	25	45	75	77	80	30		
<i>Gloiopeltis tenax</i>										1	1	3	3	3	1	1

Table 17. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in June

Species	Month	1997						1998								
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		20	20	5	40	50	40	35	25	22						
<i>Amphiroa dilatata</i>							1	2	3	3	1	1	1	1	1	1
<i>Chondria crassicaulis</i>											1	1	1	1	1	1
<i>Cladophora gracilis</i>										5	4	1	1			
<i>Corallina pilulifera</i>					1	4	15	21	29	35	41	42	30	25	17	17
<i>Endarachne binghamiae</i>								2	11	50	50	40	3	1		
<i>Enteromorpha compressa</i>		40	55	70	55	50	55	10	5	2						
<i>Gigartina tenella</i>							1									
<i>Gloiopeltis tenax</i>										1	1	3	10	8		
<i>Jania arborescens</i>								1	2	2	1	1	1	1	1	1
<i>Lomentaria hakodatensis</i>										1	2	1	1			
<i>Porphyra suborbiculata</i>										1						
<i>Prionitis crispata</i>													1			
<i>Ralfsia verrucosa</i>			13	12	5	5	1	70	70	50	44	40	15	10	8	8
<i>Scytosiphon lomentaria</i>									1	10	10	2				
<i>Ulva conglobata</i>			10	15	5	4	3	1	1	2	6	10	10	8	3	

Table 18. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in June

Species	Month	1997						1998									
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
Blue green's mat		70	64	54	24	20	15	15	10								
<i>Amphiroa ephedraea</i>						1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
<i>Ceramium tenerrimum</i>														1			
<i>Champia parvula</i>												1					
<i>Chondria crassicaulis</i>														1	1	1	
<i>Cladophora gracilis</i>										1	1	1	1				
<i>Colpomenia sinuosa</i>					1	2	2	1	1	1	1	1	1				
<i>Corallina pilulifera</i>					5	6	12	23	40	55	65	90	70	70	60	60	
<i>Enderachne binghamiae</i>										1	1	1					
<i>Enteromorpha compressa</i>			1	1	40	45	30	15	5	1	1						
<i>Jania arborescens</i>										1	1	1	2	2	2	2	2
<i>Porphyra suborbiculata</i>													1				
<i>Pterocladia capillacea</i>														1			
<i>Ralfsia verrucosa</i>			2	4	5	5	30	35	40	48	50	40	4	4	5	5	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>										1							
<i>Ulva conglobata</i>			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					

Table 19. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in October

Species	Month	1997					1998					
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		39	29	4			2	5	5	5	4	3
<i>Bangia atropurpurea</i>								1				
<i>Cladophora gracilis</i>					1	1	1	1				
<i>Corallina pilulifera</i>					1	2	3	3	4	5	5	5
<i>Endarachne binghamiae</i>					20	50	2					
<i>Enteromorpha compressa</i>		1	1	1	30	30	10					
<i>Gloiopeltis furcata</i>		1	1	1	2	5	8	17	8	7	5	
<i>Gloiopeltis tenax</i>						1	2	4	15	13	6	5
<i>Myelophycus simplex</i>							1	1	1	1		
<i>Porphyra suborbiculata</i>		50	40	20	2							
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					20	25	5					
<i>Ulva conglobata</i>					5	10	6	5	2	1		

Table 20. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in October

Species	Month	1997		1998									
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
Blue green's mat		40	40	10									
<i>Amphiroa ephedraea</i>							1	1	1	2	2	2	
<i>Bryopsis hypnoides</i>					7	1							
<i>Chondria crassicaulis</i>								1	1	1			
<i>Cladophora gracilis</i>					1	1	2	1					
<i>Cladophora sakaii</i>												1	
<i>Colpomenia sinuosa</i>			1	1	1	1	2						
<i>Corallina pilulifera</i>			10	22	40	43	46	50	50	45	35	35	
<i>Endarachne binghamiae</i>			2	3	1	3	2	4	1	1			
<i>Enteromorpha compressa</i>							1	1	20	10	5	5	
<i>Hydroclathrus clathratus</i>								1	2				
<i>Jania arborescens</i>								1	2	2	2	2	
<i>Leathesia difformis</i>								1	1				
<i>Lomentaria hakodatensis</i>								1	2				
<i>Porphyra suborbiculata</i>		5	5	2									
<i>Ralfsia verrucosa</i>				2	1	1	1	1	1	1	7	10	
<i>Sargassum thunbergii</i>							1	1	1	1	1	1	
<i>Ulva conglobata</i>				1	2	1	1	1	1	2	1	1	

Table 21. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level after denudation in October

Species	1997		1998								
	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat	20	15	10								
<i>Carpopeltis cornea</i>								1	1	1	
<i>Caulacanthus okamurae</i>						10	10	8	7	5	5
<i>Ceramium tenerrimum</i>				1	1	1	1				
<i>Chondria crassicaulis</i>							1	1	1	5	3
<i>Chondrus ocellatus</i>						1	1	1			
<i>Cladophora gracilis</i>		3	5	10	15	20	2				
<i>Cladophora sakaii</i>				1	1						
<i>Colpomenia sinuosa</i>		1	1	1	3	2	2	1			
<i>Corallina pilulifera</i>		16	20	20	21	21	21	22	25	20	20
<i>Ectocarpus arctus</i>	3	5									
<i>Ectocarpus mitchellae</i>					40	10					
<i>Endarachne binghamiae</i>						2	1				
<i>Enteromorpha compressa</i>	35	40	50	50	15	10	8	7	7	2	2
<i>Erythrotrichia carnea</i>			1	5	5						
<i>Gelidium amansii</i>				1	2	2	1	1	1	2	2
<i>Gelidium pusillum</i>								1	2		
<i>Gigartina tenella</i>				1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Grateloupia turuturu</i>					1	1	1				
<i>Hydroclathrus clathratus</i>					1	5	40	45	15	5	
<i>Hypnea charoides</i>							2	2	1		
<i>Jania arborescens</i>					1	8	8	13	27	45	45
<i>Lomentaria hakodatensis</i>						1	3	1	1	1	
<i>Porphyra suborbiculata</i>	10	15	5	1							
<i>Prionitis crispata</i>								1	1	4	2
<i>Pterocladia capillacea</i>					1	1	1	1	1		
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1	1	1	10	5				
<i>Sargassum confusum</i>										1	1
<i>Ulva conglobata</i>		3	10	15	15	30	30	70	50	30	10

Table 22. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of upper level after denudation in December

Species	Month	1998								
		J	F	M	A	M	J	J	A*	S*
Blue green's mat		10	30	15	5					
<i>Endarachne binghamiae</i>			2	1	1					
<i>Enteromorpha compressa</i>		30	10	5						
<i>Gloiopeltis furcata</i>			1	2	2	3	1	1		
<i>Porphyra suborbiculata</i>		20	30	20	2					
<i>Scytosiphon lomentaria</i>			20	20						
<i>Ulva conglobata</i>			50	60	20	5				

Aster(☆) is not significant.

Table 23. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of middle level after denudation in December

Species	Month	1998								
		J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		50	40	5	5					
<i>Chondria crassicaulis</i>					1	2	15	45	50	50
<i>Chondrus ocellatus</i>								1		
<i>Cladophora gracilis</i>				1	1	1				
<i>Corallina pilulifera</i>				1	41	63	48	20	15	15
<i>Endarachne binghamiae</i>		1	2	8	10	15	10	3		
<i>Enteromorpha compressa</i>			1	1	1	1	1			
<i>Lomentaria hakodatensis</i>								1		
<i>Porphyra suborbiculata</i>				1	1					
<i>Sargassum thunbergii</i>					1	1	1	2	2	2
<i>Scytosiphon lomentaria</i>			15	60	70	5	4	1		
<i>Ulva conglobata</i>		1	1	1	1	1	1	3	2	1
<i>Yamadaea melobesioides</i>									1	5

Table 24. Coverage (%) of algae observed in permanent quadrats of lower level denudation in December

Species	Month	1998								
		J	F	M	A	M	J	J	A	S
Blue green's mat		40	30	10	5					
<i>Bryopsis hypnoides</i>				1						
<i>Caulacanthus okamurai</i>										1
<i>Ceramium tenerrimum</i>							1	1		
<i>Chondria crassicaulis</i>							1	2	2	2
<i>Cladophora gracilis</i>					1	1				
<i>Cladophora sakaii</i>									3	
<i>Colpomenia sinuosa</i>				1	1	1	1			
<i>Corallina pilulifera</i>		11	15	15	15	30	30	30	35	35
<i>Enderachne binghamiae</i>				2	3	2	1			
<i>Enteromorpha compressa</i>			5	3	2	1	1	1	5	30
<i>Gelidium amansii</i>						1	1	1	1	1
<i>Gigartina tenella</i>										1
<i>Grateloupia filicina</i>					1	1	1			
<i>Grateloupia imbricata</i>						1	1	1		
<i>Grateloupia livida</i>						1				
<i>Grateloupia turuturu</i>					1	1	2	3		
<i>Hydroclathrus clathratus</i>						1	4	1	1	
<i>Hypnea charoides</i>						1	1	1		
<i>Jania arborescens</i>							5	5	10	10
<i>Lomentaria hakodatensis</i>					1	1	1			
<i>Prionitis crispata</i>							1	2	2	1
<i>Pterocladia capillacea</i>				1	1	1				
<i>Sargassum thunbergii</i>						1	1	3	3	2
<i>Scytosiphon lomentaria</i>				40	85	50	1			
<i>Spachelaria variabilis</i>							1			
<i>Ulva conglobata</i>		1	2	5	5	15	30	25	25	5
<i>Undaria pinnatifida</i>				1	1	3	2	1		

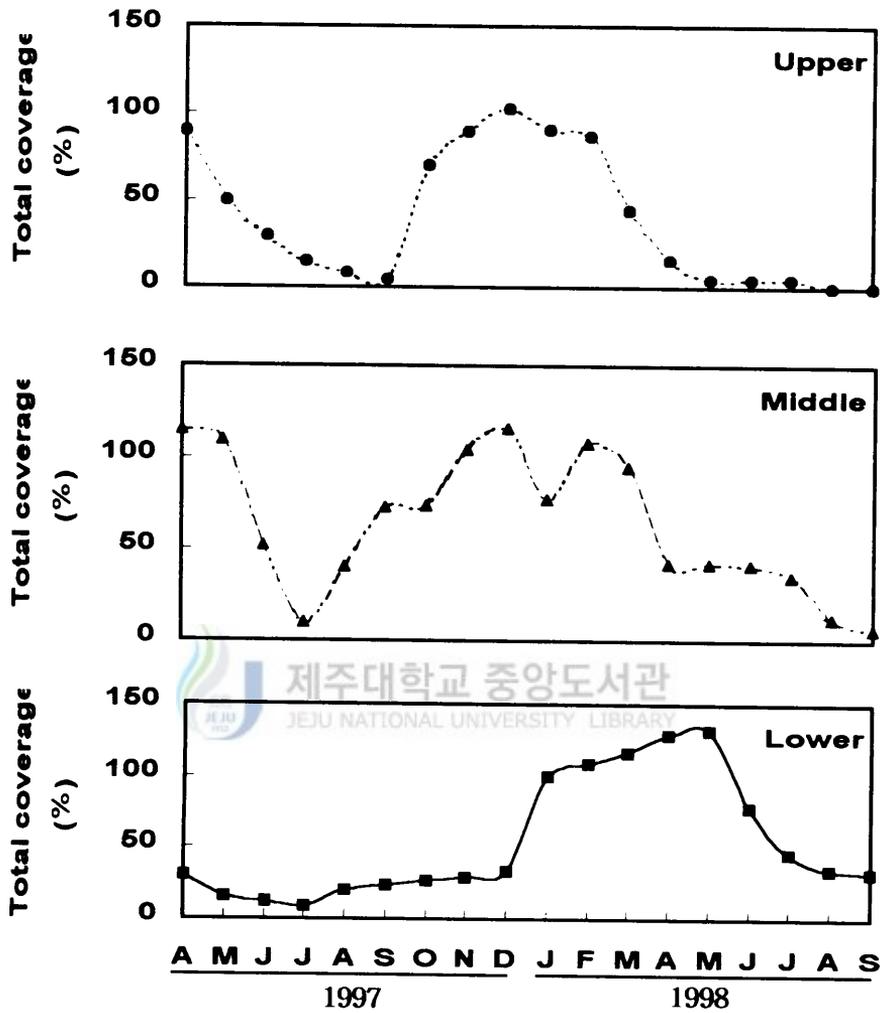


Fig. 14. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March.

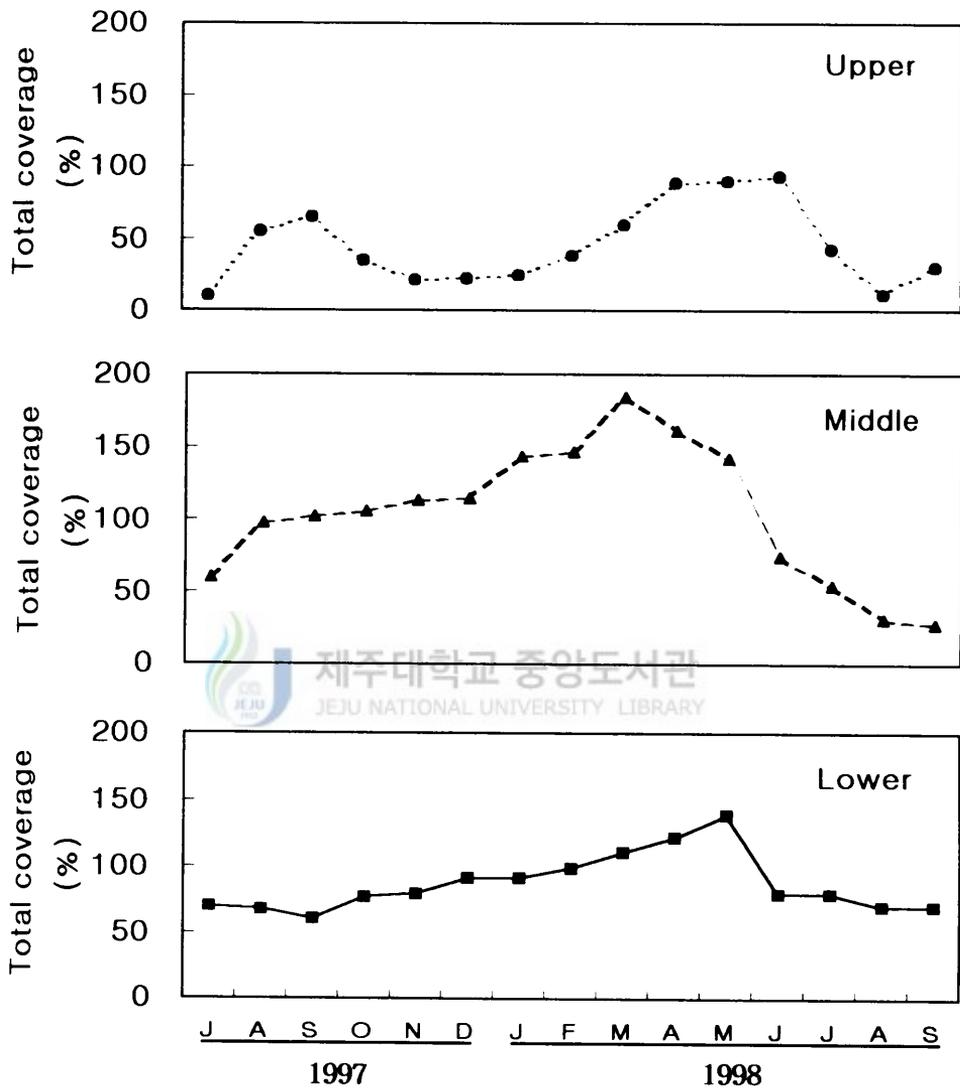


Fig. 15. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June.

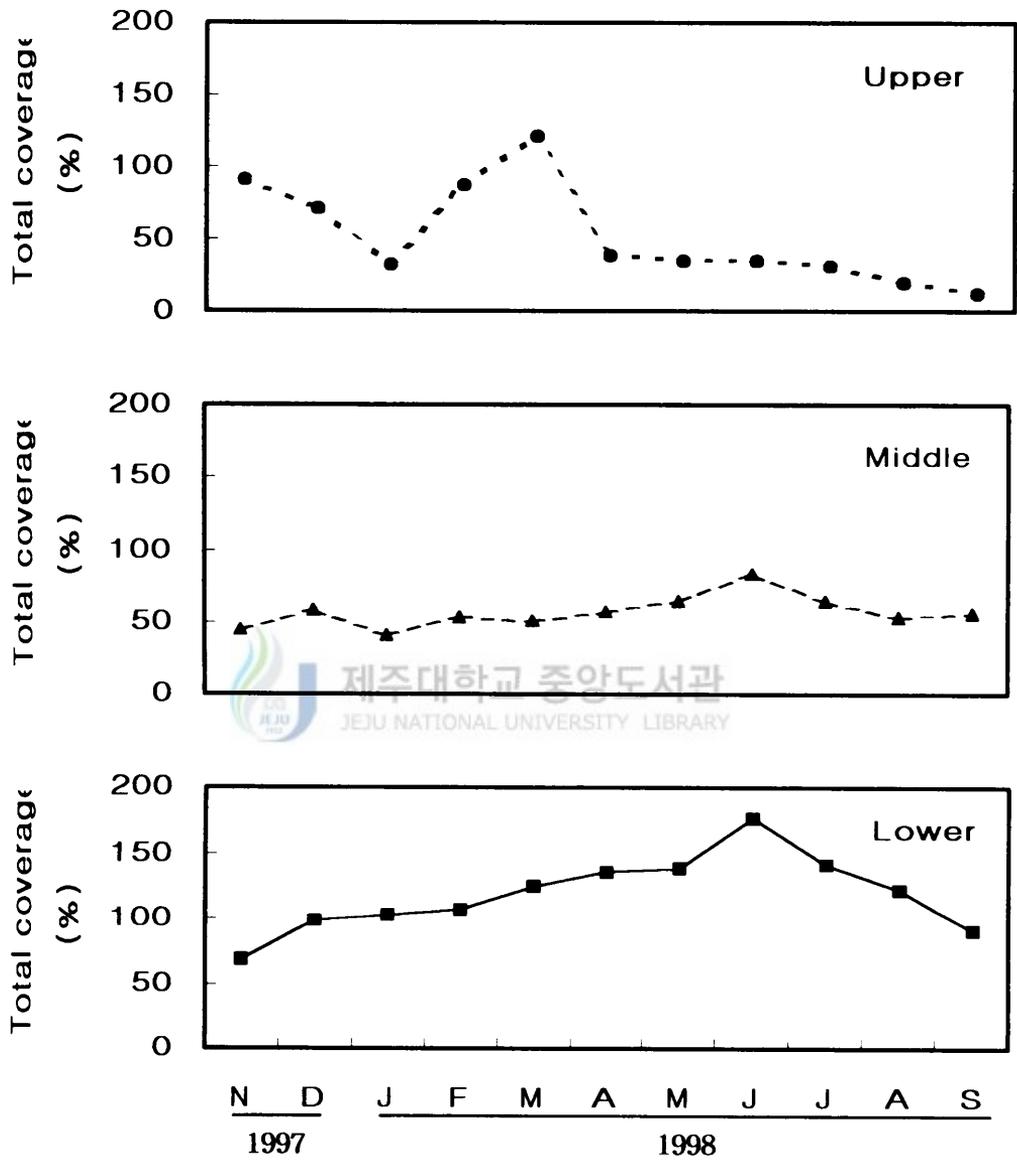


Fig. 16. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrats of different tidal level after denudation in October.

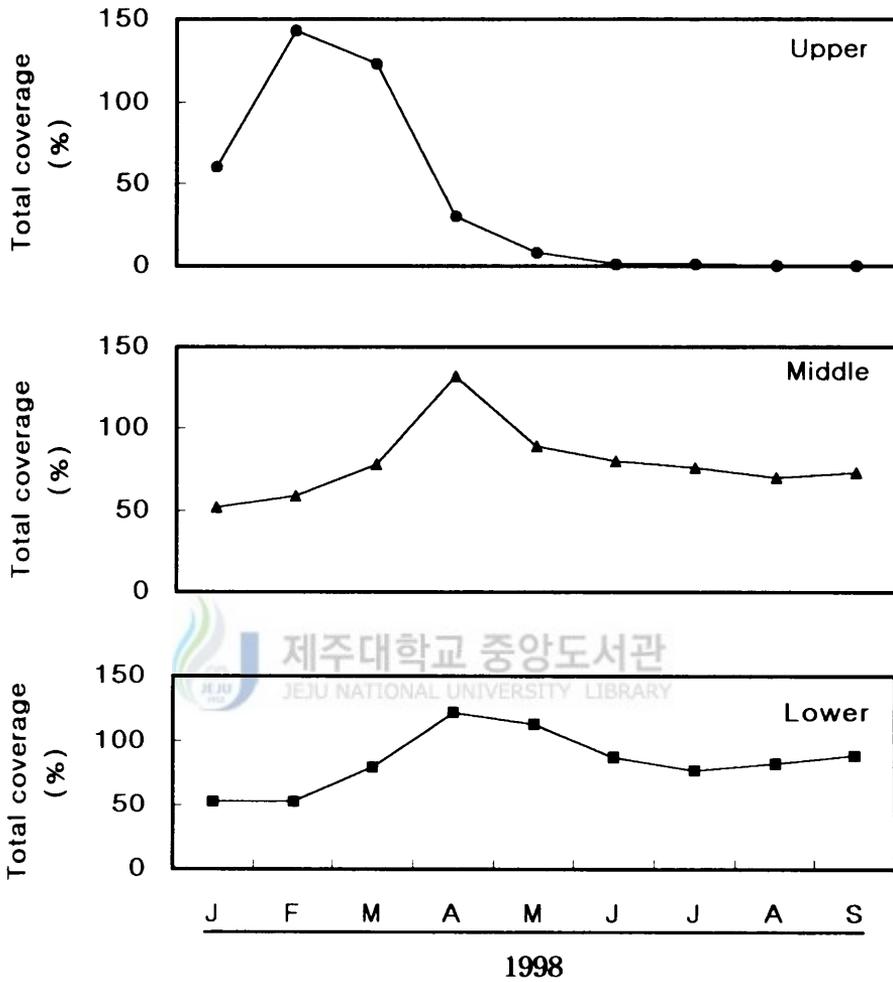


Fig. 17. Monthly fluctuation of total coverage of marine algae observed in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December.

(2) 주요종

시기별로 영구방형구를 설치한 후 출현한 주요종의 피도 변화는 다음과 같다.

3월 설치구 : 상부에서 남조류는 영구방형구 설치 후 1개월만에 90%였지만, 그 후 9월까지 피도는 낮아졌다. 10월부터 피도는 높아져 11월의 피도가 89%였으며, 이듬해 3월부터 피도는 감소하였다. 남조류는 11월부터 이듬해 2월까지 상부를 대표하는 종이였으며, 상부에서의 피도 변화에 많은 영향을 주었다. 참김은 12월과 이듬해 1월과 2월에 높은 피도를 보이므로 주로 겨울철에 출현하는 종이였다(Fig. 18). 중부에서 남조류의 피도는 4월에 87%였지만 5월부터 7월까지의 피도는 감소하였다. 그러나 8월에서 9월까지의 피도는 다시 높아져서 11월까지 계속 생육이 뚜렷하였고, 12월부터 다시 감소 추세를 나타내면서 중부의 총 피도에 많은 영향을 주었다. 둥근돌김은 11월의 피도는 30%였고, 이후 12월부터는 감소하였지만, 불등풀가사리의 피도는 12월에 30% 이후 증가하여 이듬해 2월의 피도는 75%였고, 이후 3월부터는 감소하였다. 납작파래는 영구방형구 설치 후 2개월간 생육하다가 6월부터 이듬해 1월까지 출현하지 않았으나, 1998년 6월과 7월의 피도는 20%였다(Fig. 19). 하부에서 남조류의 피도는 4월에 29%였지만, 이후 7월까지 감소하였으며, 이듬해 1월에 피도는 63%였다. 그리고 영구방형구 설치 후 2개월만인 5월에 작은구슬산호말이 출현하여 피도가 높아지면서 이듬해 5월에 35%였고, 바위딱지는 7월에 출현하여 피도가 높아지면서 이듬해 6월에 40%였다. 미역쇠는 1998년 1월에 출현하여 4월에 피도는 58%였다(Fig. 20). 그 밖의 주요종들 역시 조건대 부위별로 분포를 서로 달리하고 있었고, 상부의 둥근돌김, 중부의 모란갈파래와 참풀가사리, 하부의 모란갈파래, 납작파래, 고리매, 지충이, 개서실 등이 각각 천이과정에서 중요한 몫을 차지하는 종들이었다.

6월 설치구 : 상부의 남조류의 피도는 9월에 65%였지만 이듬해 1998년 8월까지 감소하여 10%였다. 불등풀가사리는 10월에 출현하여 이듬해 2월에는 남조류의 피도보다 높았으며, 3월부터 6월까지 불등풀가사리의 개체 크기가 커지면서 피도는 80%였다(Fig. 21). 중부에서 남조류의 피도는 7월과 8월에 20%였고 11월에는 50%였지만 점차 낮아져 이듬해 4월부터는 정량적으로 측정할 수 없었다. 납작파래는 9월에 70%로 높은 피도를 보인 후 이듬해 2월까지 감소하였다. 바위딱지는 1월에 70%의 높은 피도를 나타내 3월까지 다른 해조류보다 피도가 높았지만, 그 후 8월까지 점차 낮아졌다. 작은구슬산호말은 10월부터 출현하여 이듬해 5월에 피도는 42%였고, 미역쇠의 피도는 1월에 출현한 후 엽체의 크기가 커지면서 4월에 가장 높은 50%였다(Fig. 22). 하부의 남조류는 7월에 70%의 높은 피도를 나타낸 후 감소하여 이듬해 2월에 피도는 10%이었고, 3월부터는 정량적으로 측정할 수 없었다. 바위딱지는 8월에 출현하여 12월부터는 남조류의 피도보다 높아 4월의 피도는 50%였다. 납작파래의 피도는 11월에 45%였지만, 이후 이듬해 4월까지 낮아졌으며 5월부터는 출현하지 않았다. 작은구슬산호말은 중부에서와 같이 10월에 출현하여 피도가 점점 높아져서 이듬해 5월에 90%로 가장 높았다(Fig. 23). 그 밖의 주요종들 역시 조간대 부위별로 분포를 서로 달리하고 있었고, 상부의 참풀가사리와 등근돌김, 중부의 참풀가사리와 고리매, 하부의 나무꼴애기산호말 등이 각각 천이 과정에서 중요한 몫을 차지하는 종들이었다.

10월 설치구 : 상부의 남조류는 11월과 12월에 각각 39%와 29%였고, 등근돌김은 11월의 피도가 50%였지만, 이 후 점차 감소하여 이듬해 3월부터는 생육하지 않았다. 작은구슬산호말은 이듬해 1월에 출현하여 연중 생육하였고, 불등풀가사리는 11월에 출현하여 이듬해 5월까지 증가하여 17%였지만 6월부터 감소하였다. 참풀가사리는 3월에 출현하여 6월에 15%였고, 그 후 7월이 되면서

감소하였다(Fig. 24). 중부에서 남조류의 피도가 11월에 40%, 둥근돌김은 11월에 5%였지만 2월부터는 정량적으로 측정할 수 없었다. 작은구슬산호말은 12월부터 출현하여 이듬해 5월과 6월에 50%였으며, 납작파래는 4월에 출현하여 6월의 피도는 20%였지만, 이후 감소하였다(Fig. 25). 하부에서 둥근돌김의 피도는 11월에 10%였고 이 후 낮아져 3월부터는 출현하지 않았다. 그물바구니는 3월에 출현한 후 피도가 높아졌으며 6월에 45%로 높았으나 그 후 감소하였고, 작은구슬산호말은 12월에 육안적인 생장이 확인된 이후 피도가 높아져, 이듬해 7월에는 25%이었다. 나무꼴애기산호말은 3월에 출현하여 8월과 9월에는 45%의 피도를 나타냈다. 모란갈파래는 영구방형구 설치 후 2개월 후인 12월에 나타난 후 이듬해 6월에 70%이었다. 그리고 납작파래는 11월에 출현하여 이듬해 1월과 2월에 피도가 50%였지만 그 후 8월까지 낮아졌다(Fig. 26).

12월 설치구 : 상부에서의 남조류와 둥근돌김은 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 10-20%였고, 2월에 각각 피도는 30%였으나 이후 감소하였다. 납작파래는 1월의 피도가 30%였고, 이후 피도가 낮아지면서 4월부터는 생육하지 않았다. 모란갈파래의 피도는 2월과 3월에 각각 50%와 60%였지만, 이후 감소하여 6월부터 식생 형성이 없었으며, 불등풀가사리는 2월부터 출현하여 1998년 7월까지 나타난 종이였다(Fig. 27). 중부에서의 남조류의 피도는 1월에 50%였지만, 이후 4월까지 피도가 낮아지면서 5월부터는 정량적으로 측정할 수 없었다. 고리매는 2월부터 개체의 크기가 커지면서 4월에 70%로 피도가 높았으나 5월부터는 감소하였고, 작은구슬산호말은 3월부터 출현하기 시작하여 5월에 63%였지만, 이후 감소하였다. 개서실은 4월에 출현하여 계속 높은 피도를 나타냈으며, 미역쇠는 1월에 출현하여 5월까지 피도가 높아졌다가 6월부터 감소하였다(Fig. 28). 하부에서 남조류는 1월에는 40%였지만 감소하여 5월부터는 생육하지 않았고, 고리매는 4월에 피도가 85%였지만, 이후 낮아지면서 6월부

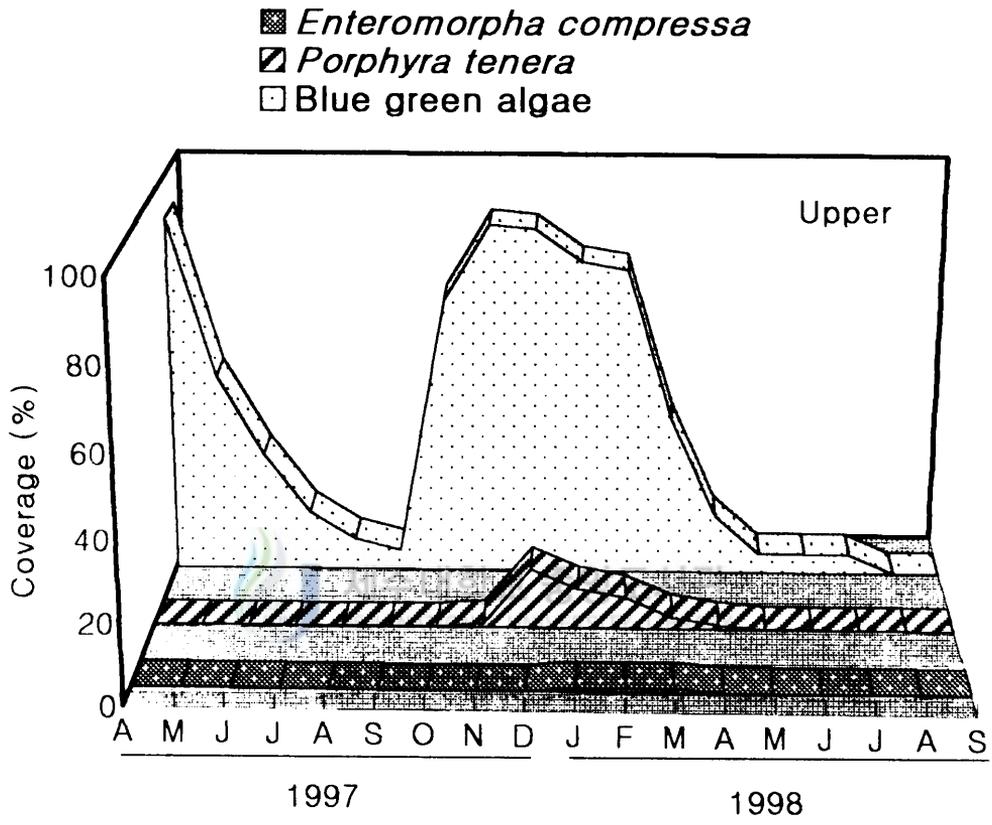


Fig. 18. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in March.

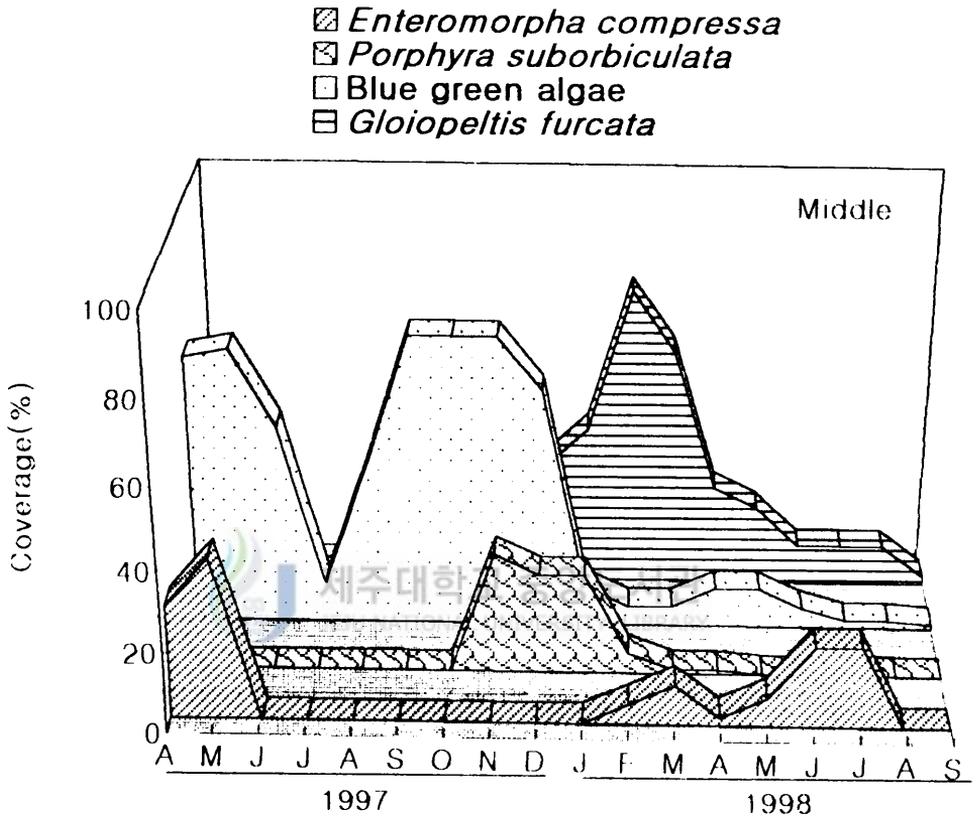


Fig. 19. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in March.

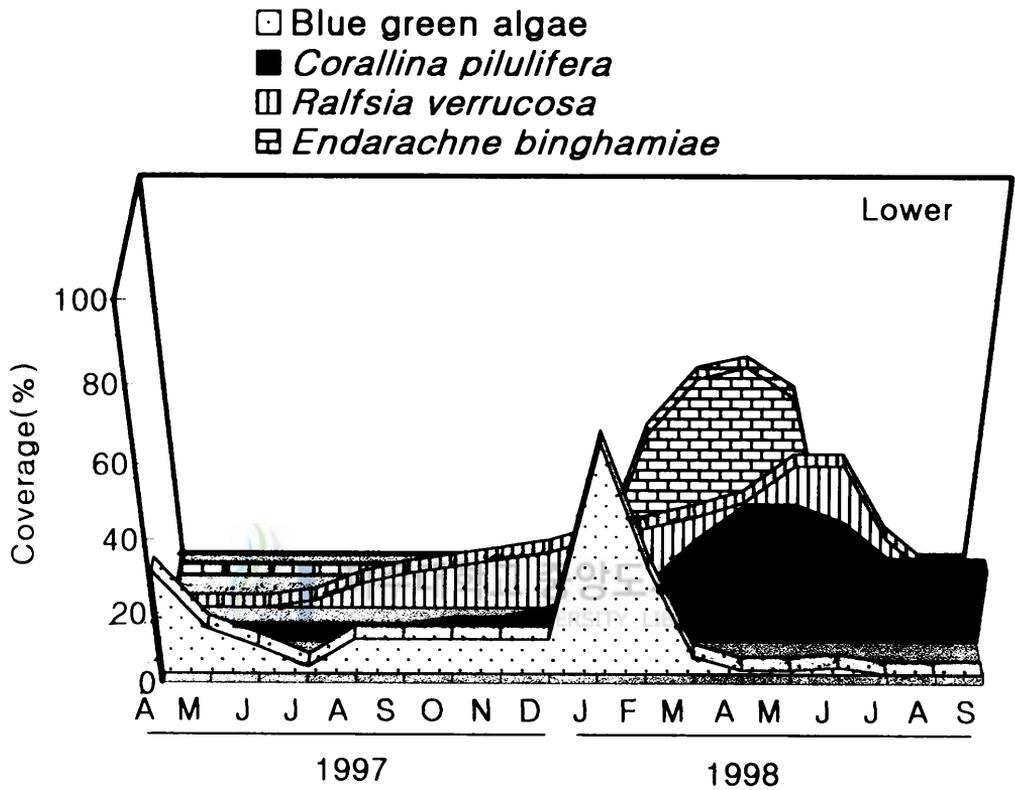


Fig. 20. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in March.

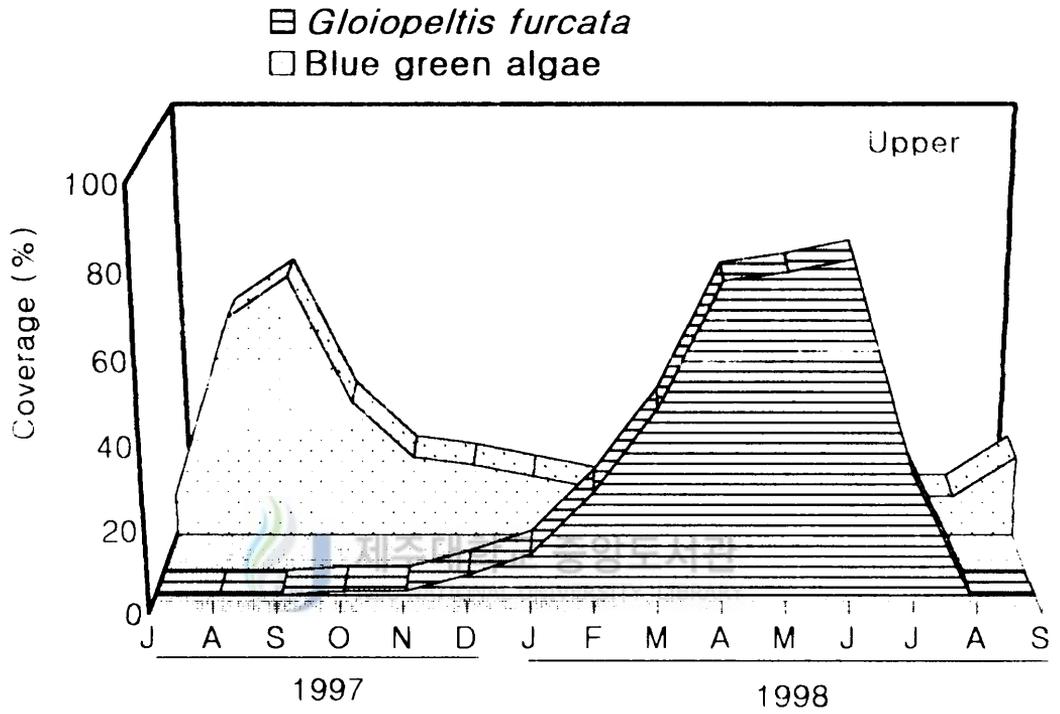


Fig. 21. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in June.

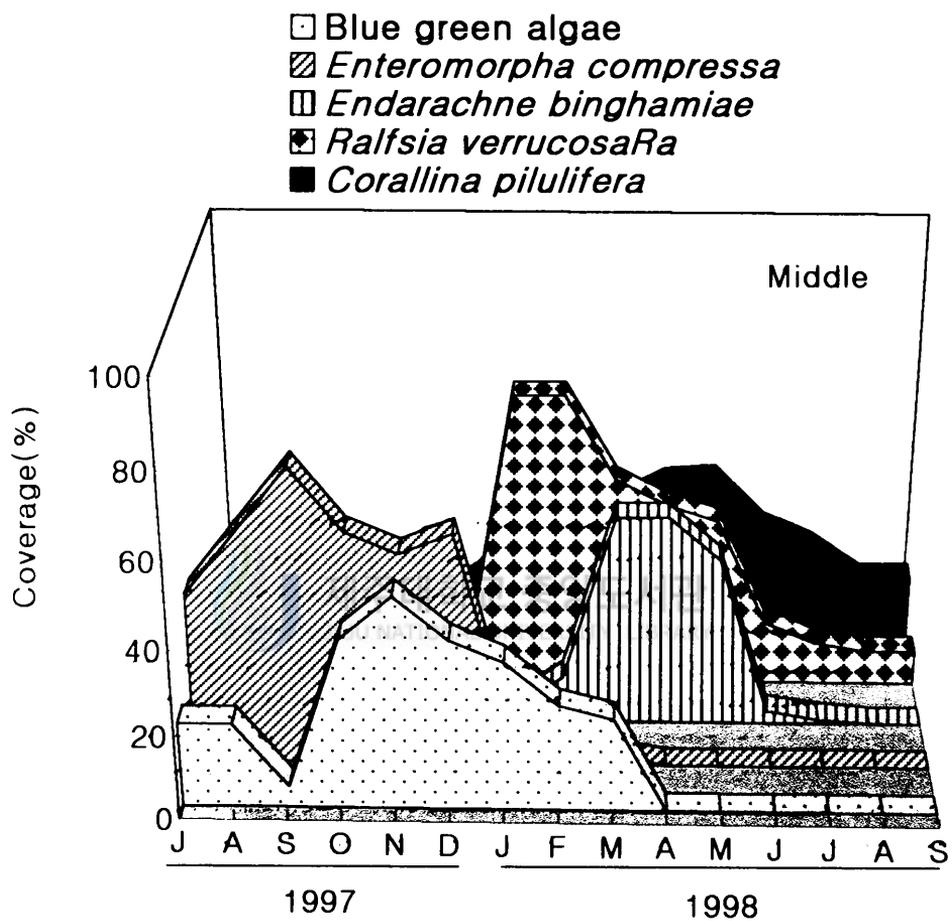


Fig. 22. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in June.

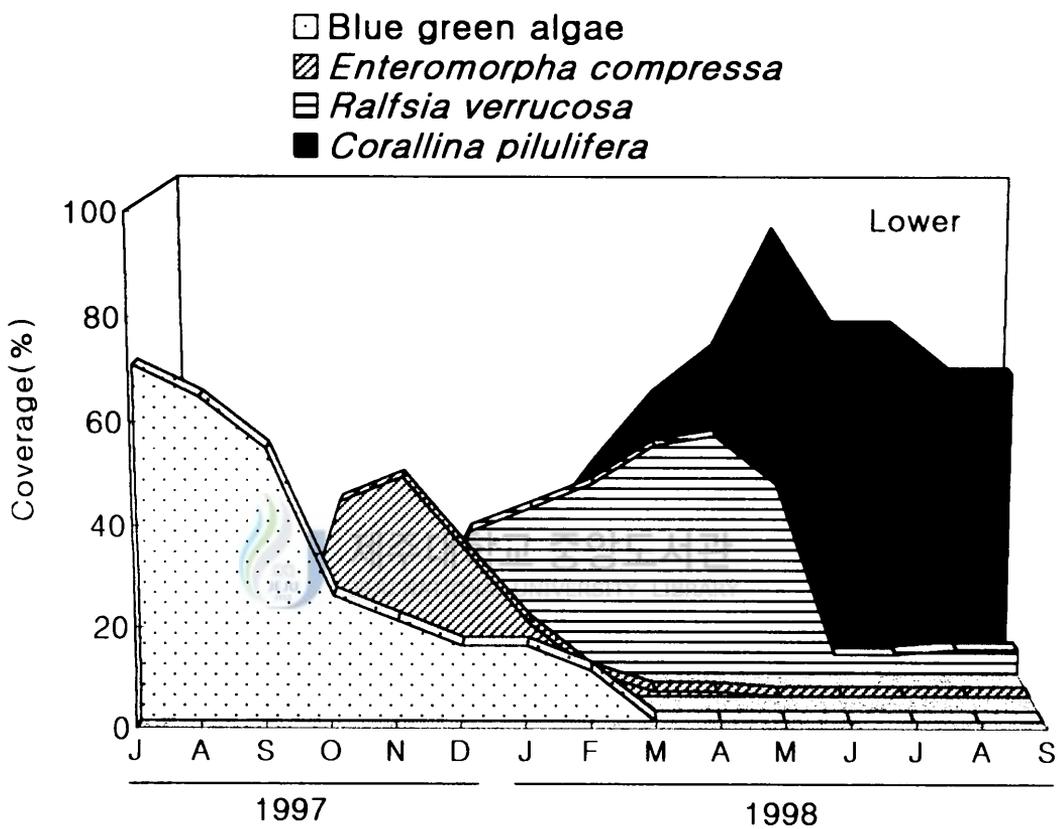


Fig. 23. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in June.

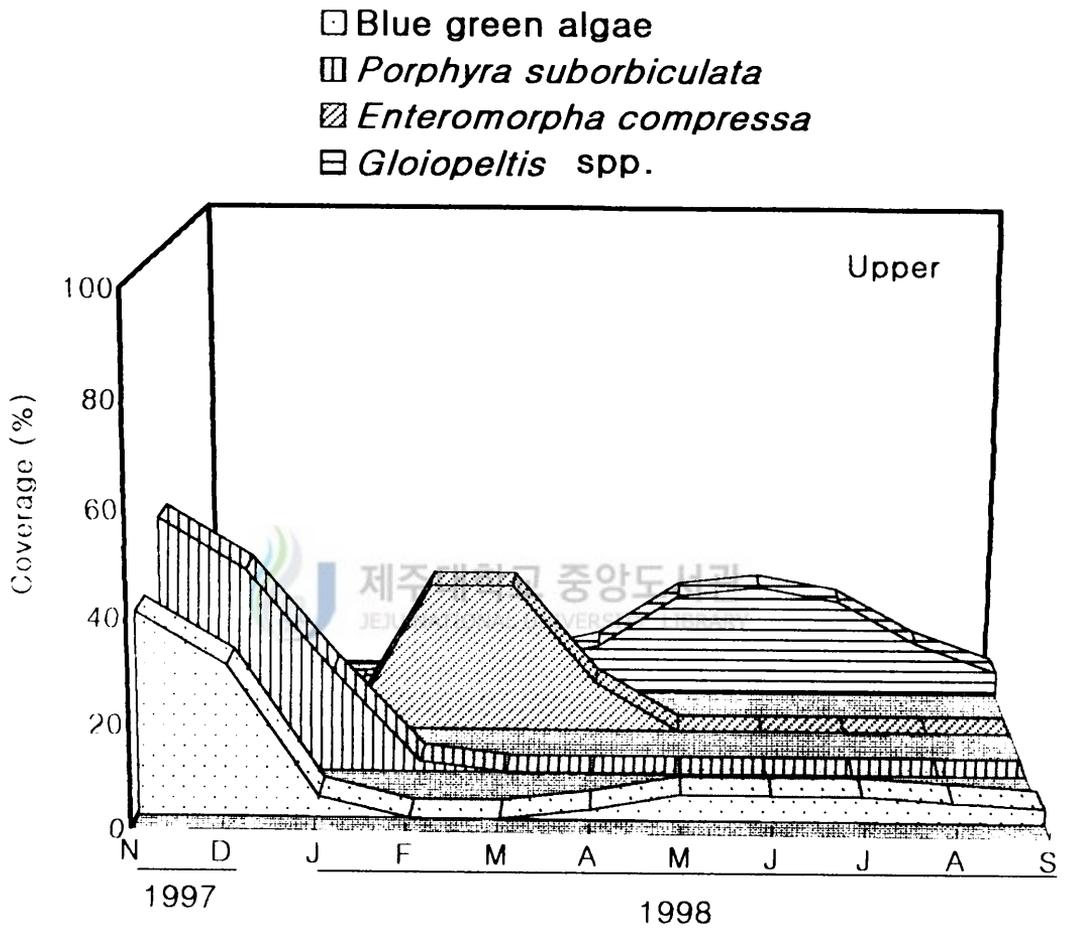


Fig. 24. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in October.

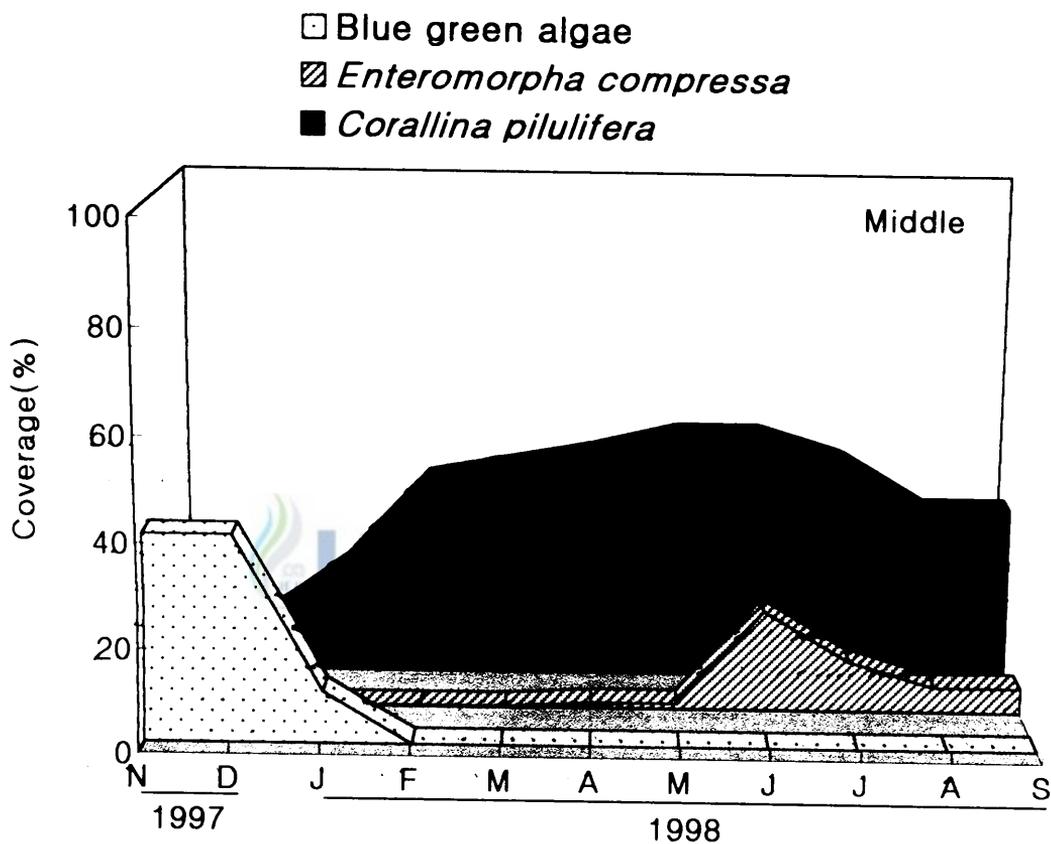


Fig. 25. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in October.

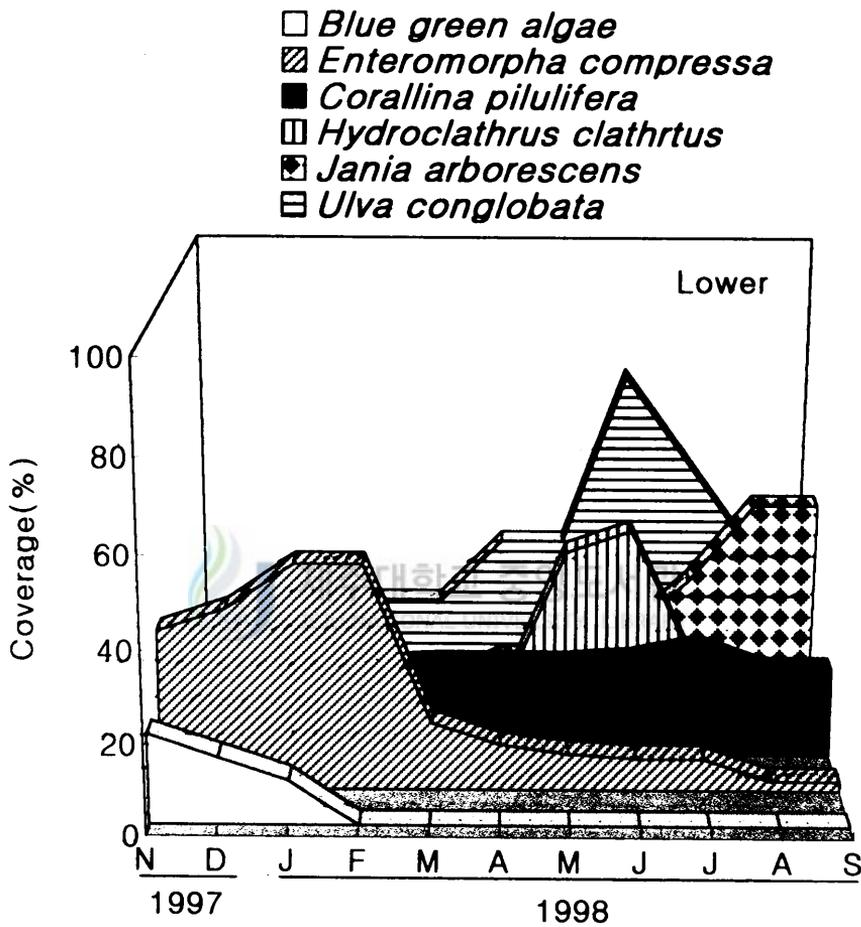


Fig. 26. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in October.

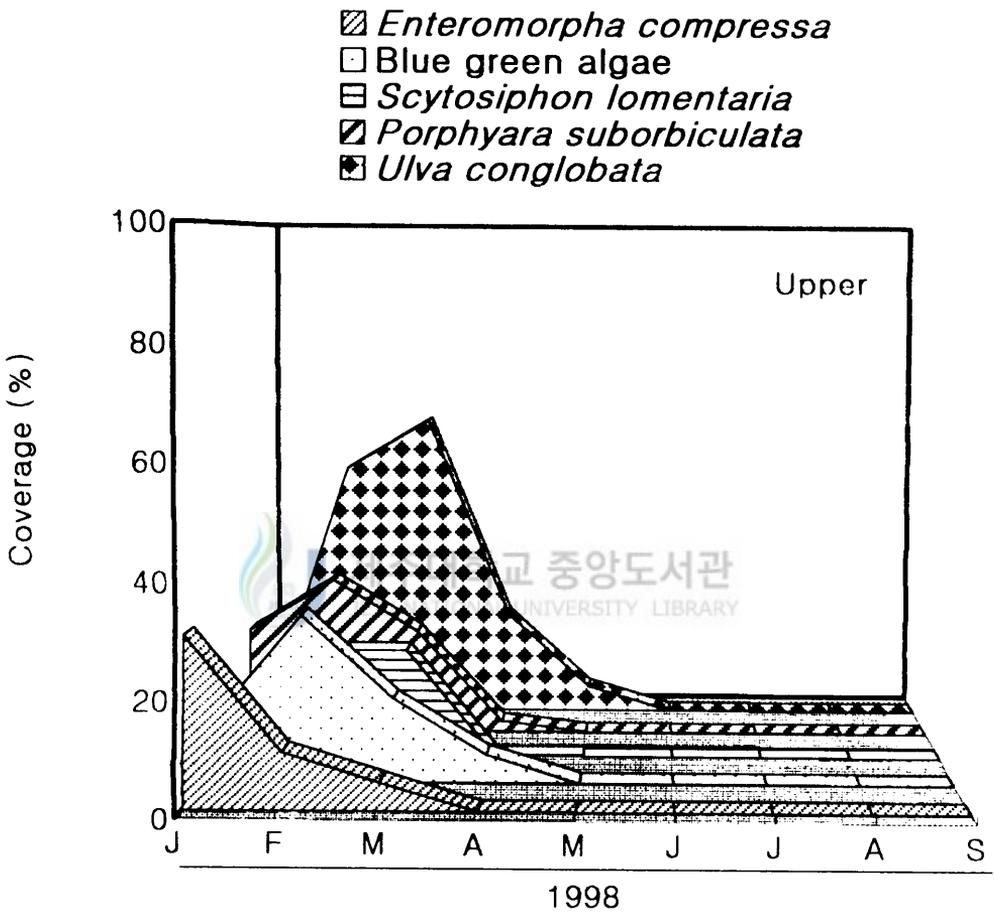


Fig. 27. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of upper tidal level after denudation in December.

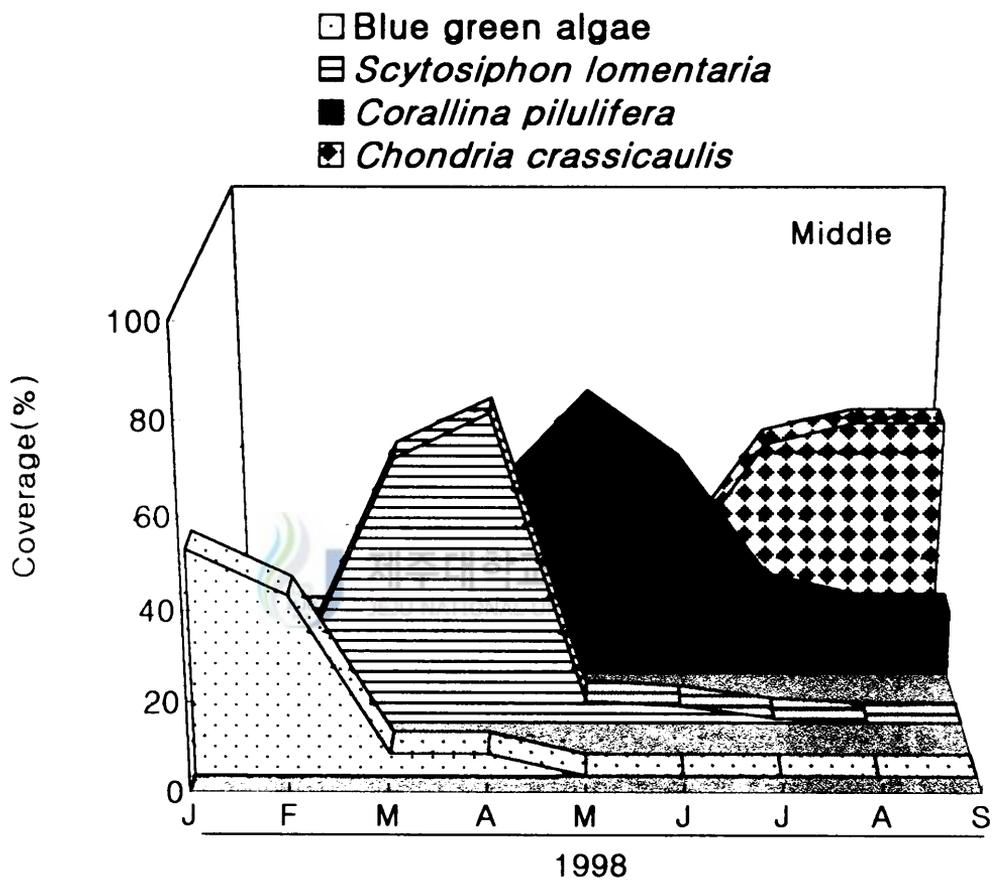


Fig. 28. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of middle tidal level after denudation in December.

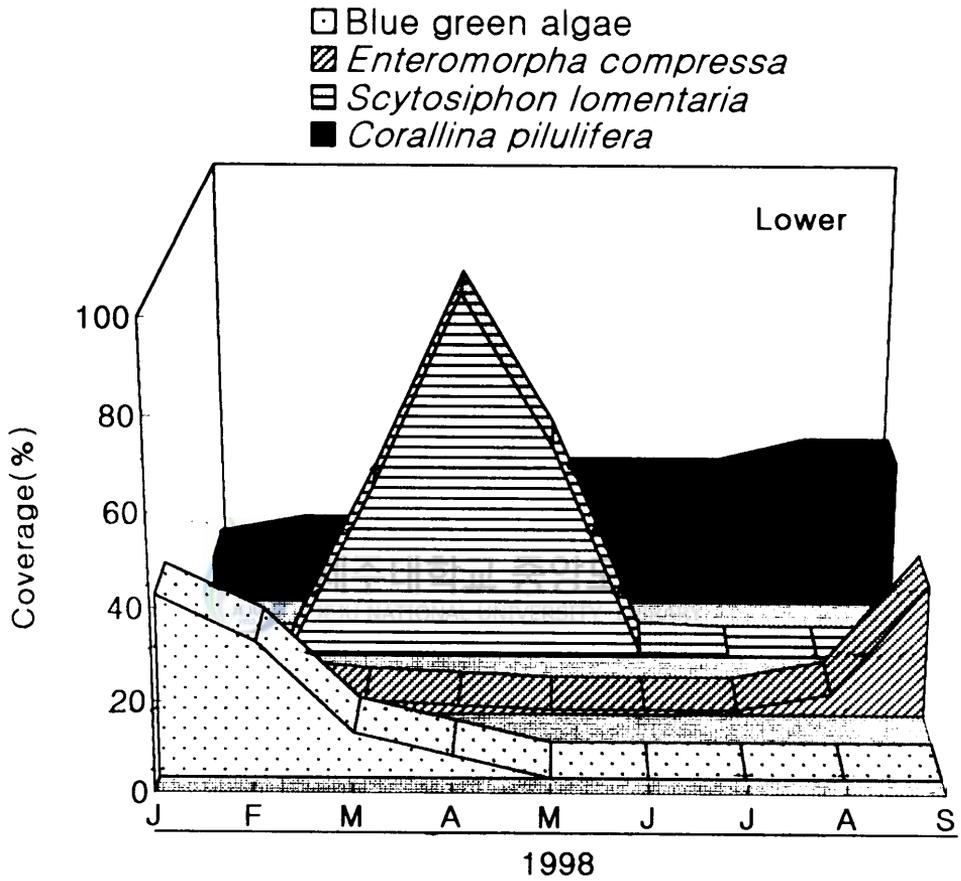


Fig. 29. Monthly coverage variation of major species observed in permanent quadrat of lower tidal level after denudation in December.

터는 거의 출현하지 않았다. 모란갈파래는 1월에 출현하여 6월의 피도는 30%이었으며 7월부터 감소하였다. 작은구슬산호말은 1월에 출현하여 2월부터 4월까지 15%, 5월부터는 30% 이상이었다. 나무꿀애기산호말은 6월에 출현하여 피도가 점점 높아졌다(Fig. 29).

상부의 영구방형구에서 남조류는 영구방형구를 설치한 계절에 관계없이 상부에 설치한 모든 영구방형구에서 피도가 높았으며 상부에서 생육이 뚜렷하였다. 그리고 불등풀가사리는 6월 설치구의 10월에 출현하여 3월부터 6월까지는 불등풀가사리의 개체 크기가 커졌으며, 10월 설치구의 11월에 출현하여 이듬해 5월까지 피도가 높았지만 6월부터는 감소하였다. 12월 설치구에서는 2월부터 출현하여 1998년 7월까지 나타나 겨울과 봄에 상부를 대표하는 종이였다. 참김은 3월 설치구의 11월에 출현하여 12월부터 1월까지 피도가 높았으며 4월까지 출현하였고, 6월 설치구에서는 이듬해 1월과 2월에 나타났다. 등근들김은 3월 설치구의 2월과 3월에 출현하였고, 10월 설치구에서는 11월의 피도는 50%였지만, 이후 감소하면서 이듬해 3월부터는 생육하지 않았다. 12월 설치구에서 2월의 피도는 30%였지만 감소하였다. 따라서 김류는 겨울철에 상부를 대표하는 종이였다. 납작파래는 3월 설치구에서는 1998년 1월에서 3월까지 나타난 종이였으며, 10월 설치구에서는 설치 후 1개월만에 출현하여 4개월 후에 피도가 높았으며, 이듬해 4월까지 생육하였고, 12월 설치구에서는 영구방형구 설치 후 3개월 동안 피도가 높은 것으로 보아 천이의 초기과정의 해조류이며 겨울철에 상부를 대표하는 종이였다. 미역쇠는 6월, 10월, 12월 설치구 모두 2월에서 4월 사이에 출현한 종으로 겨울에 나타난 후 여름에 소실되는 종이였다. 그리고 참풀가사리는 6월 설치구에서 이듬해 3월에 출현하여 조사기간 내내 출현하였으며, 10월 설치구에서도 3월에 출현하여 조사기간 내내 출현하는 점으로 보아 천이 후기과정의 해조류임을 알 수 있다. 모란갈파래는 다른 설치구의 상부에서는 출현하지 않았지만, 12월 설치구 2월과 3월에 피도는 각각

50%, 60%였지만 이후 감소하였다. 이것은 영구방형구 주변에 모란갈파래 군락이 있어 이 해조류의 포자가 방형구내로 유입되었기 때문에 12월 설치한 방형구에서만 출현했다고 본다. 불등풀가사리, 참김, 등근돌김, 납작파래, 참풀가사리, 모란갈파래 등은 영구방형구 주변의 식생 조사에서도 상부에 흔히 나타나는 해조류이다.

중부의 영구방형구에서 남조류는 영구방형구 설치 계절에 관계없이 중부에 설치한 모든 영구방형구에서 초기 착생종이었으며, 중부의 총 피도에 많은 영향을 주었다. 납작파래는 3월 설치구에서는 1998년 6월과 7월의 피도는 20%였으며, 6월 설치구에서는 방형구 설치 후 1개월만에 피도는 40%였고, 설치 후 10개월 동안 생육이 뚜렷하였다. 10월 설치구에서는 4월에 출현하여 6월에 피도가 20%였지만, 이후 감소하였다. 그러나 납작파래는 조사기간 내내 출현하였으며, 12월 설치구에서는 방형구 설치 후 3개월만에 출현하여 납작파래는 상부 보다 중부에 설치한 방형구에서 높은 피도를 보이는 것으로 보아 이 지역 상부와 중부에 흔히 나타나는 해조류이었다. 불등풀가사리는 3월 설치구 상부에서만 출현하였으며 12월에 피도는 30%였고, 이후 증가하여 이듬해 2월에 피도는 75%였다. 따라서 불등풀가사리는 상부와 중부에 걸쳐 주로 출현하는 종이었다. 미역쇠는 3월 설치구에서는 이듬해 2월과 3월에 생육하는 주요 종이었으며, 6월 설치구에서는 1월에 출현한 후 엽체의 크기가 커지면서 4월에 피도는 가장 높았다. 10월 설치구에서는 피도가 낮았지만 조사기간 동안 내내 출현하였고, 12월 설치구에서는 1월에 출현하여 5월까지 피도가 높아졌다가 6월부터 감소하였다. 따라서 미역쇠는 방형구 설치계절에 관계없이 모든 방형구에 높은 피도를 보이는 것으로 보아, 겨울에서 봄까지 중부에 생육하는 해조류이었다. 작은구슬산호말은 6월 설치구에서는 10월부터 출현하여 이듬해 5월에 피도는 42%이었으며, 10월 설치구에서는 12월부터 출현하여 이듬해 5월과 6월에 피도는 50%였다. 그리고 12월 설치구에서는 3월부터 출현하기 시작

하여 5월에 피도는 63%였지만 이후 감소하였다. 그리고 바위딱지는 12월 설치구를 제외하고 모든 영구방형구 안에서 천이 과정의 후기에 나타나는 해조류이었으며, 방형구 주변에서 중부와 하부에 출현하는 해조류이며 중부 군집의 천이의 후기과정의 해조류이었다. 고리매는 3월 설치구에서는 1998년 2월과 3월에 출현하였으며, 6월 설치구에서는 2월에서 5월까지 출현하는 종이었고, 12월 설치구에서는 이듬해 2월부터 개체의 크기가 커지면서 4월에 피도는 70%였고 5월부터는 감소하였지만, 방형구 주변에서도 여름과 가을에는 출현하지 않는 점으로 보아 중부에서 겨울에 출현하여 봄에 주로 생육하는 해조류이었다.

하부의 영구방형구에서 작은구슬산호말은 3월 설치구에서는 영구방형구 설치 후 2개월만인 5월에 출현하여 이듬해 5월에 피도가 35%였고, 6월 설치구에서는 10월에 출현하여 피도가 점점 높아져 이듬해 5월의 피도는 90%였다. 10월 설치구에서는 12월에 출현하였으며, 이듬해 7월의 피도는 25%이었다. 따라서 작은구슬산호말은 영구방형구 설치 계절에 관계없이 모든 방형구에서 높은 피도를 보이는 점으로 보아 천이 후기과정의 해조류이었다. 바위딱지는 방형구 주변에 연중 출현하였고, 3월과 6월 설치구에서 방형구 설치 후 3개월 안에 출현한 후 연중 피도가 높았다. 납작파래는 영구방형구 설치 계절에 관계없이 방형구 설치 후 1-2개월만에 출현하는 초기 착생종이었다. 그리고 나무끝애기산호말은 3월 설치구를 제외하고 하부의 모든 방형구에서 조사기간의 후반부에 출현하여 1998년 9월까지 출현하는 것으로 보아 방파제의 하부 군집에서 후기과정의 해조류이었고, 모란갈파래는 영구방형구 설치 계절에 관계없이 모든 방형구에서 방형구 설치 후 1-2개월만에 출현하여 연중 출현하는 점으로 보아 하부에 주로 생육하는 해조류이었다.

해조류의 남조류, 녹조류, 갈조류, 홍조류 군집의 변화 과정은 1997년 4월부터 1998년 9월까지 상부에서는 남조류가 초기 착생종으로 출현하면서 참김

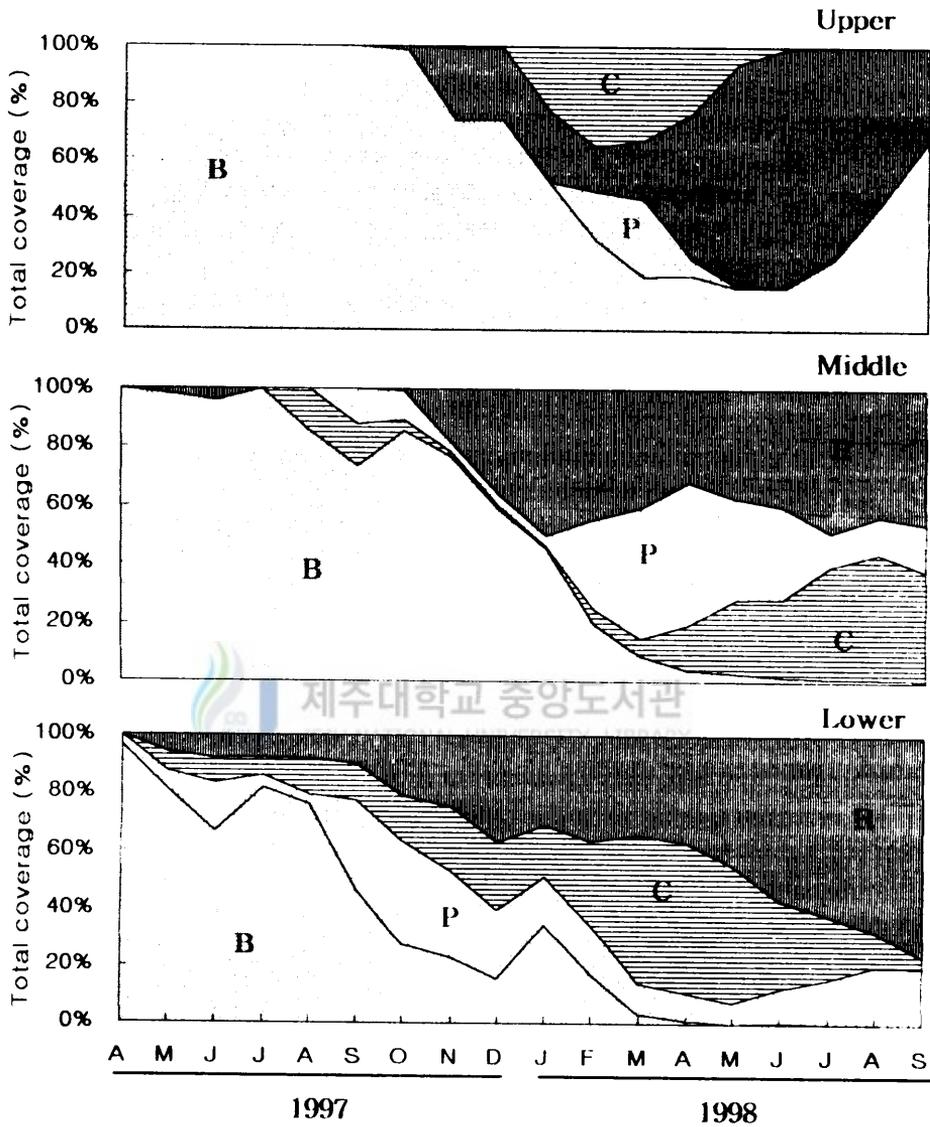


Fig. 30. Monthly community variation of each division in permanent quadrats of different tidal levels (B; Blue green algae, C; Chlorophyta, P; Phaeophyta, R; Rhodophyta)

과 납작파래와 같은 일시종이 나타난 후 홍조류인 불등풀가사리로 이어지는 군집의 변화가 나타났지만 이 지역의 상부 군집은 남조류의 생육이 뚜렷한 군집이었다. 중부와 하부의 군집은 남조류가 초기 착생종으로 출현하였고, 천이의 후기과정에 속하는 해조류는 작은구슬산호말과 같은 홍조류이었다(Fig. 30).

(3) 기능형군별

시기별로 영구방형구를 설치한 후 기능형군별 피도 변화는 다음과 같다.

3월 설치구 : 출현한 해조류의 기능형군별로 남조류군과 직립분기형, 사상형, 엽상형, 다육질형을 합한 C+F+S+T형군, 유절산호말형과 각상형을 합한 각상형군으로 구분한 결과, 상부에서는 파리남색말과 반겹링비아, 초록실과 같은 사상형이 초기 착생종으로 출현하여 조사기간 중 총 피도의 대부분을 차지하였다. 중부에서는 영구방형구 설치 후 9개월간은 남조류가 총피도의 대부분을 차지하였으며, 사상형인 등근돌김에 이어서 불규칙하게 차상 직립분기를 하는 불등풀가사리의 피도가 높아짐으로 인해 1월부터 C+F+S+T형군의 피도가 높아졌고, 봄이 되면서 감소하였다. 특히 하부에서는 지충이, 작은구슬산호말 등은 초기 착생조류로 출현하였고, 이들 각상형인 해조류들은 출현 후 이듬해 5월까지 피도가 증가하였다(Fig. 31).

6월 설치구 : 상부에서는 남조류의 피도가 7월에 10%였고 이후 9월에 65%로 높았지만, 이듬해 8월까지 피도는 감소하였다. 1월부터 차상 직립 분기하는 불등풀가사리 피도가 높아지면서 6월의 C+F+S+T형군의 피도는 83%였다. 중부에서는 7월부터 12월까지 사상형인 납작파래의 피도가 남조류보다 높았으며, 이듬해 1월부터는 각상형군의 피도가 높았다. 특히 하부에서는 7월부터 9월까지는 남조류가 생육하고 있었고, 10월과 11월은 사상형인 납작파래가 생육이

뚜렷하였으며, 12월부터는 유절산호말형인 작은구슬산호말과 각상형인 바위딱지의 피도가 높았다. 하부는 남조류-C+F+S+T형군-각상형군으로 이어지는 군집이었다(Fig. 32).

10월 설치구 : 상부에서 남조류의 피도는 11월에 39%된 이후 감소하였고, C+F+S+T형군은 11월에 52%의 피도를 보인 후 감소하였지만 이듬해 3월에는 118%로 높았으나 4월부터는 감소하였다. 각상형군은 1월에 출현하였지만 연중 낮은 피도를 보였다. 중부에서는 11월과 12월은 남조류의 피도가 높았고, 유절산호말형인 작은구슬산호말은 12월에 출현하여 연중 피도가 높았다. 하부에서는 처음 3개월간 남조류가 출현하였고, C+F+S+T형군은 11월에 피도 48%였으며 이듬해 6월에는 142%였지만 7월부터 감소하였다. 각상형군은 12월에 17%의 피도를 보인 후 이듬해 9월까지 증가하였다. 하부에서는 C+F+S+T형군은 연중 피도가 높았으며, 이어서 각상형군으로 이어지는 군집이었다(Fig. 33).

12월 설치구 : 상부에서는 남조류가 2월에 30%였지만 이후 감소하였고, C+F+S+T형군은 2월에 113%의 피도를 보인 후부터 감소하였다. 중부에서는 남조류의 피도가 1월에 50%, 2월에 40%였고, C+F+S+T형군은 3월에 피도가 72%, 4월에 86%였다. 3월부터 출현한 각상형군의 피도는 5월에 63%, 6월에 48%였다. 하부에서는 1월과 2월에 남조류의 생육이 뚜렷하다가, 5월부터 7월까지의 C+F+S+T형군의 피도가 높았으며, 8월과 9월에는 각상형군의 피도가 높았다(Fig. 34).

3월 설치구 상부에서는 연중 남조류의 피도가 높았으며, 중부는 남조류에 이어 C+F+S+T형군으로 이어지는 군집인 반면, 하부는 남조류, C+F+S+T형군, 각상형군으로 이어지는 군집이었다. 6월 설치구 상부에서는 남조류

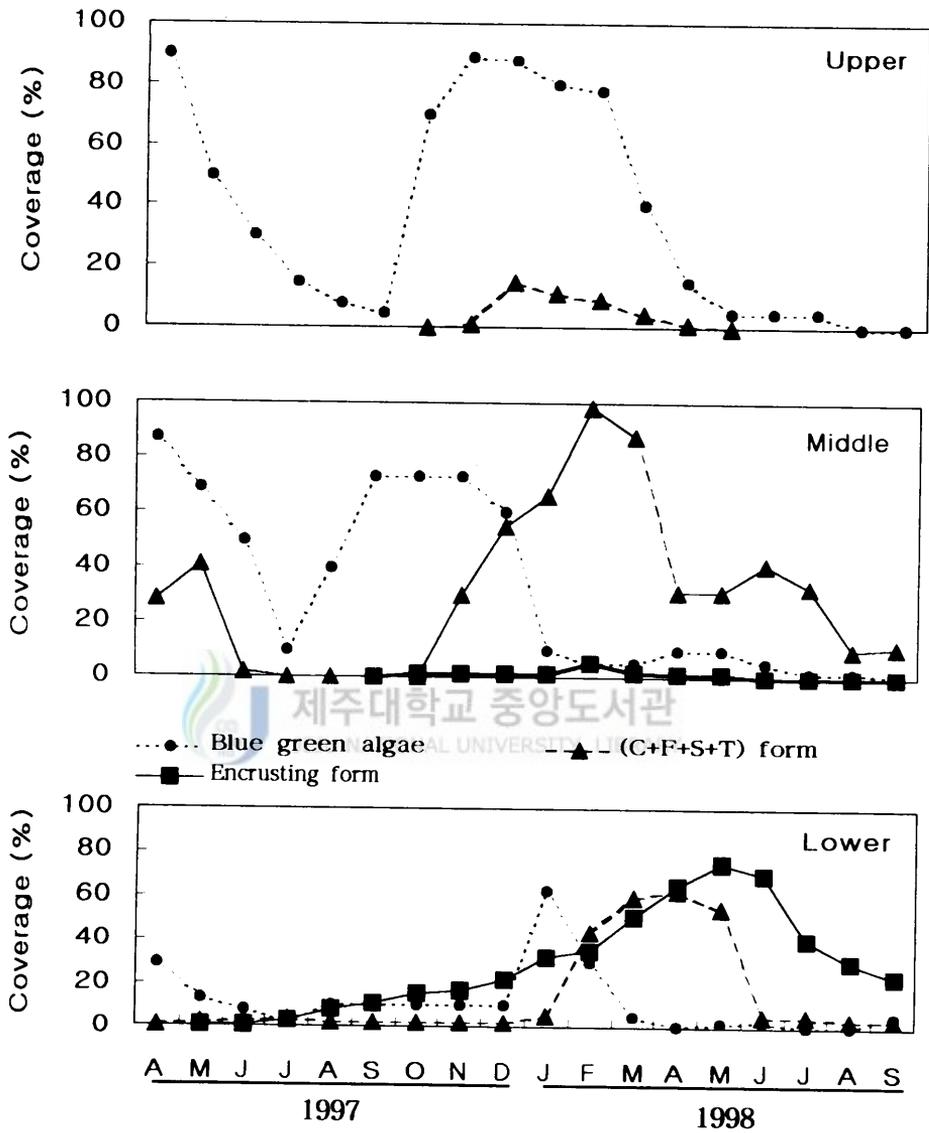


Fig. 31. Monthly coverage variation of the algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March.

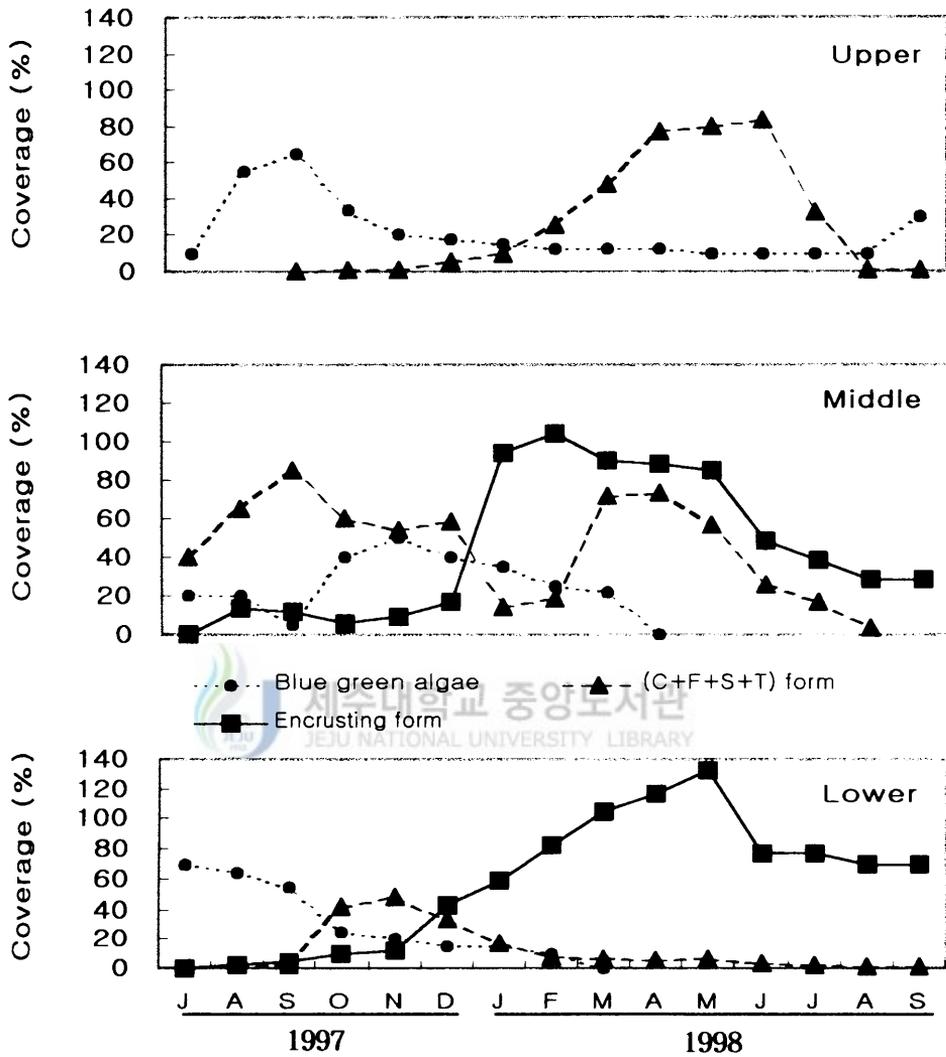


Fig. 32. Monthly coverage variation of the algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June.

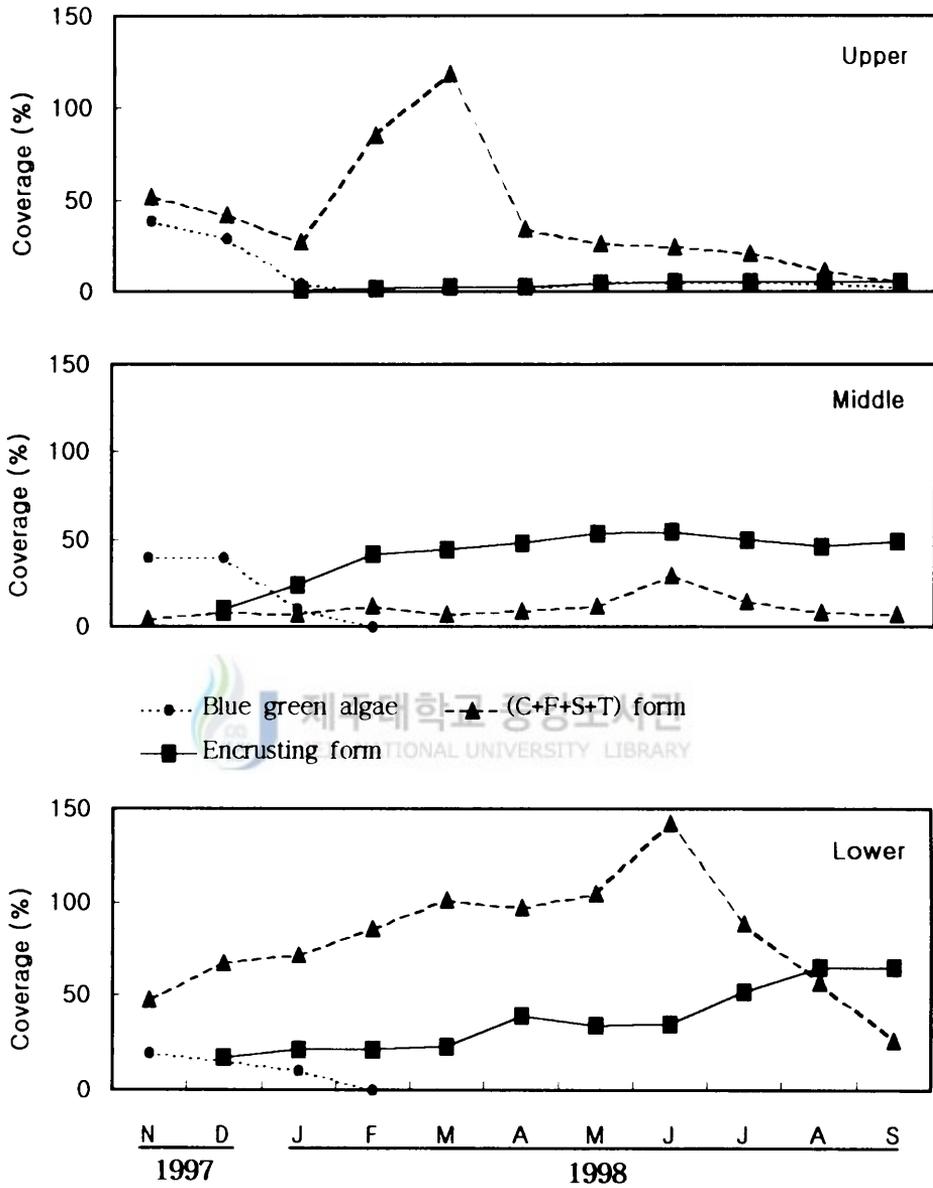


Fig. 33. Monthly coverage variation of the algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October.

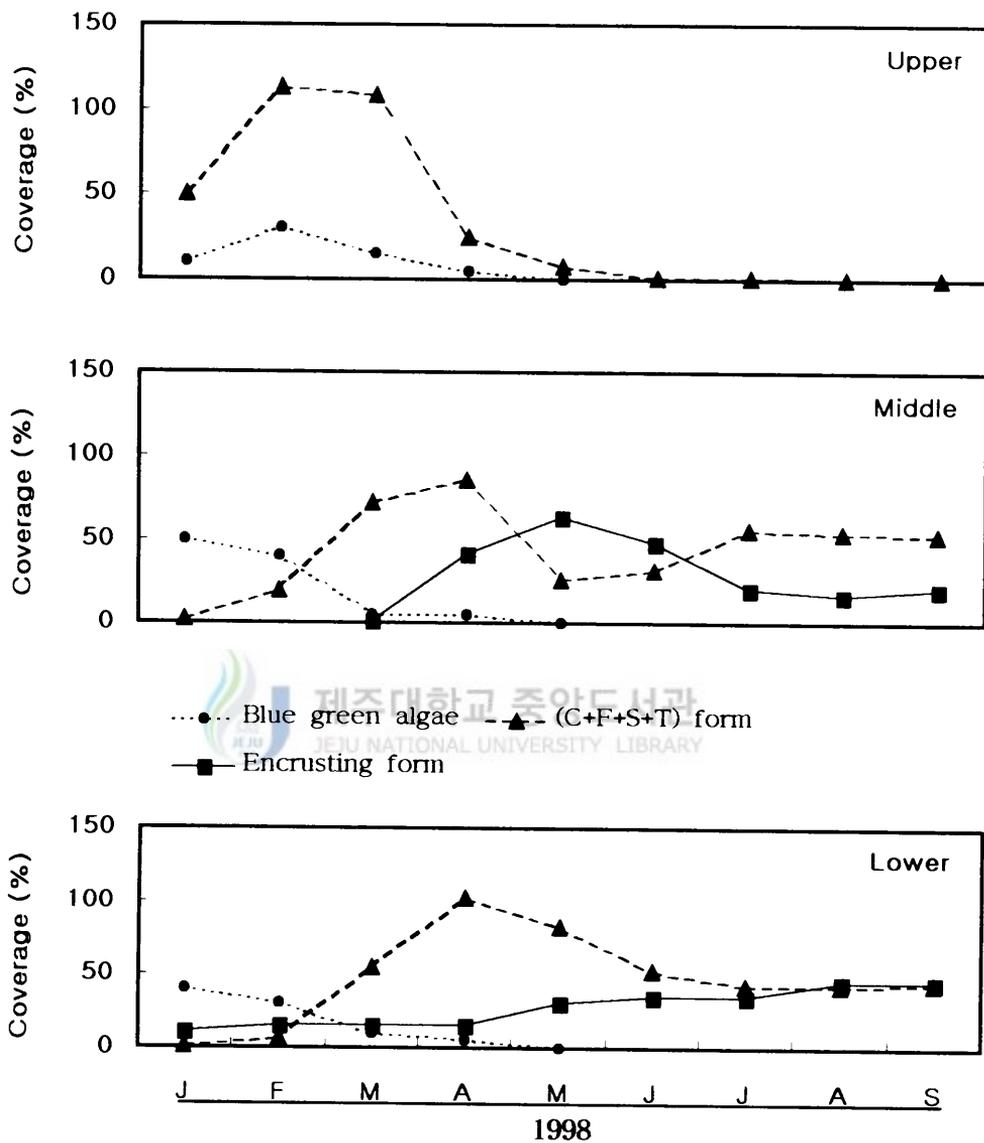


Fig. 34. Monthly coverage variation of algal group in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December.

-C+F+S+T형군으로 이어지는 군집이었고, 중부는 초기에 남조류보다 C+F+S+T형군의 피도가 높았으며 다음 각상형으로 이어지는 군집인 반면, 하부에서는 C+F+S+T형군에서 각상형군으로 이어지는 군집이었다. 10월 설치구 상부는 남조류, C+F+S+T형군으로 이어지는 군집이었고, C+F+S+T형군은 연중 피도가 높았다. 그리고 중부 군집은 남조류에 이어 각상형이 우점하였지만 하부에서는 C+F+S+T형군이 연중 피도가 높았으며, 이어서 각상형군으로 이어졌다. 12월 설치구 상부는 방형구 설치후 3개월 동안 C+F+S+T형군의 피도가 높았지만 서서히 피도가 낮아지는 경향이었고, 중부와 하부는 남조류, C+F+S+T형군으로 이어지는 군집이었다. 부위별 기능형군의 변화는 상부에서는 남조류, C+F+S+T형군으로 이어지는 군집의 변화가 나타났고, 중부와 하부는 대체로 남조류, C+F+S+T형군, 각상형으로 이어지는 군집의 변화가 나타났다.



(4) 수명

시기별로 영구방형구를 설치한 후 해조류의 수명 변화는 다음과 같다.

3월 설치구 : 상부에서는 남조류가 초기 착생종으로 출현하여 연중 관찰되어 상부의 군집을 대표하였으며, 일년생 해조류인 참김은 11월, 일년생인 등근돌김과 납작파래는 이듬해 1월에 출현하여 4월까지 생육하고 있었지만, 다년생 해조류는 출현하지 않았다. 중부에서 남조류는 여름에 감소하다가 겨울에 높아지는 계절적인 변화가 나타났고, 일년생 해조류의 피도는 11월부터 이듬해 3월까지 높았으며 6월과 7월에 납작파래의 피도가 높아짐으로 해서 남조류와 다년생 해조류의 피도보다 높았다. 12월부터 이듬해 2월까지 불등풀가사리의 피도가 높아져 중부의 군집은 남조류-일년생-다년생 해조류로 이어지는 군집이었다. 하부에서는 방형구 설치 후 4월에서 6월까지 3개월간은 남조류의 피도가 높았고, 7월부터 다년생인 지층이, 바위딱지 그리고 작은구슬산호말의 피

도가 증가하여 이듬해 5월의 피도가 가장 높았지만, 이듬해 7월이 되면서 작은구슬산호말의 어린 개체들이 탈색되어 피도는 낮아졌다. 그러나 12월에서 이듬해 2월 사이에 남조류의 피도가 높았고, 2월과 5월 사이에 일년생인 미역쇠의 피도가 높아져, 하부의 군집은 남조류-일년생 해조류-다년생 해조류로 이어지는 군집이었다(Fig. 35).

6월 설치구 : 상부에서는 남조류가 출현 후 3개월간 높은 피도를 나타냈고, 10월부터 이듬해 7월까지 낮아졌지만 8월부터 피도는 다시 높아졌다. 다년생 해조류는 10월에 출현하여 이듬해 2월부터는 남조류의 피도보다 높았으며, 6월의 피도는 83%였다. 그리고 1998년 2월과 4월 사이에 일년생 해조류인 미역쇠의 피도가 높았다. 중부에서는 7월부터 12월까지 남조류보다 일년생 해조류인 납작파래 등의 피도가 높았으나, 이듬해 1월부터는 다년생 해조류인 작은구슬산호말과 바위딱지의 피도가 높았다. 하부에서 남조류는 7월에 출현한 후 9월까지 나타났고, 10월과 11월에는 일년생 해조류인 납작파래의 피도가 높았지만, 12월부터는 다년생 해조류인 작은구슬산호말과 바위딱지의 피도가 높았다(Fig. 36).

10월 설치구 : 상부에서는 11월에 남조류의 피도는 39%였고 이듬해 4월의 피도는 2%였지만 이후 증가하였다. 일년생 해조류는 11월에 51%였지만 이듬해 1월까지 감소하였으며, 3월에는 다시 112%의 높은 피도를 보인 후 감소하였다. 다년생 해조류는 11월에 출현하여 이듬해 6월까지 증가하여 29%였다. 중부에서는 처음 2개월간은 남조류의 생육이 뚜렷하였으며, 다년생 해조류는 12월에 출현하여 이듬해 1월부터는 연중 피도가 높았다. 하부에서 남조류의 피도는 11월에 20%였고, 일년생 해조류는 11월의 피도는 48%였고 이후 증가하여 이듬해 6월의 피도는 138%이었다. 다년생 해조류는 12월에 17%의 피도를 보인 후

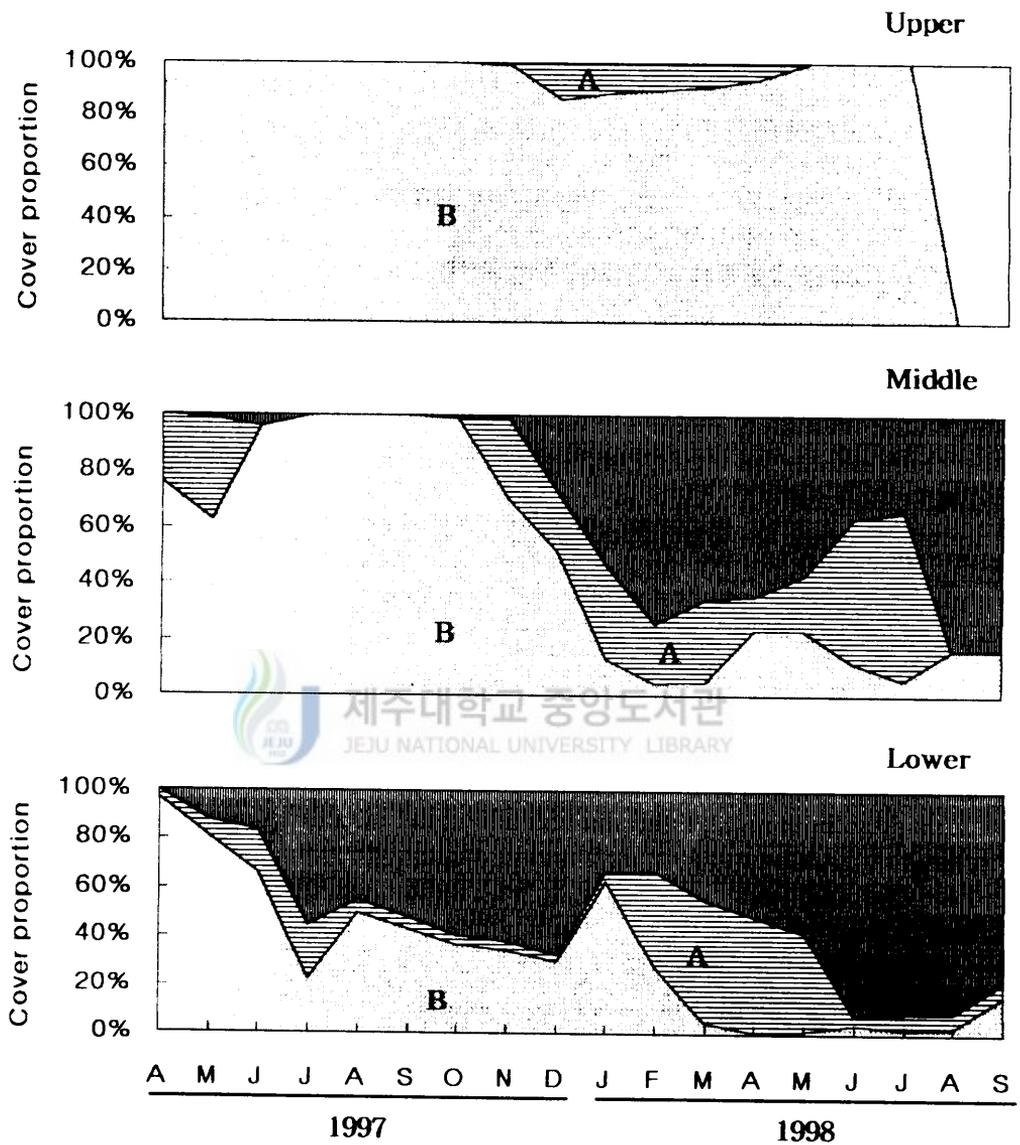


Fig. 35. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in March.

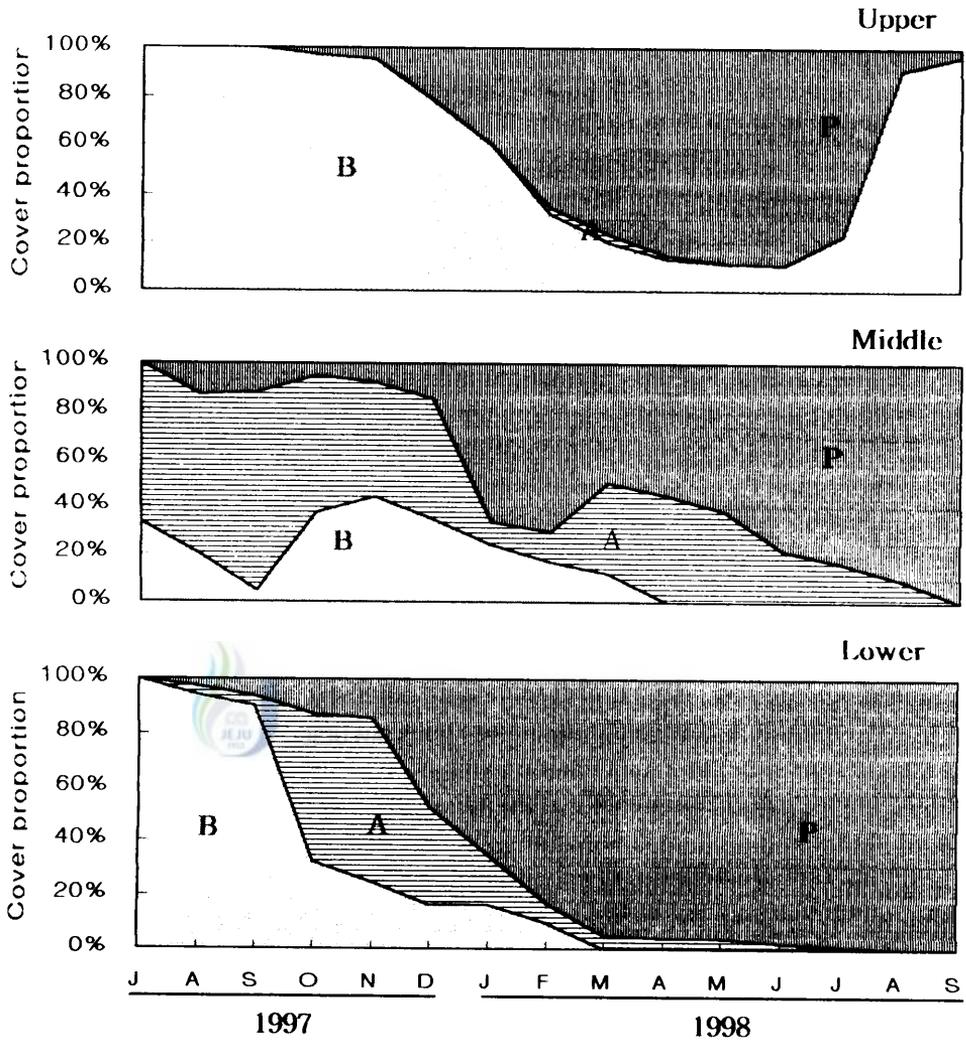


Fig. 36. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in June.

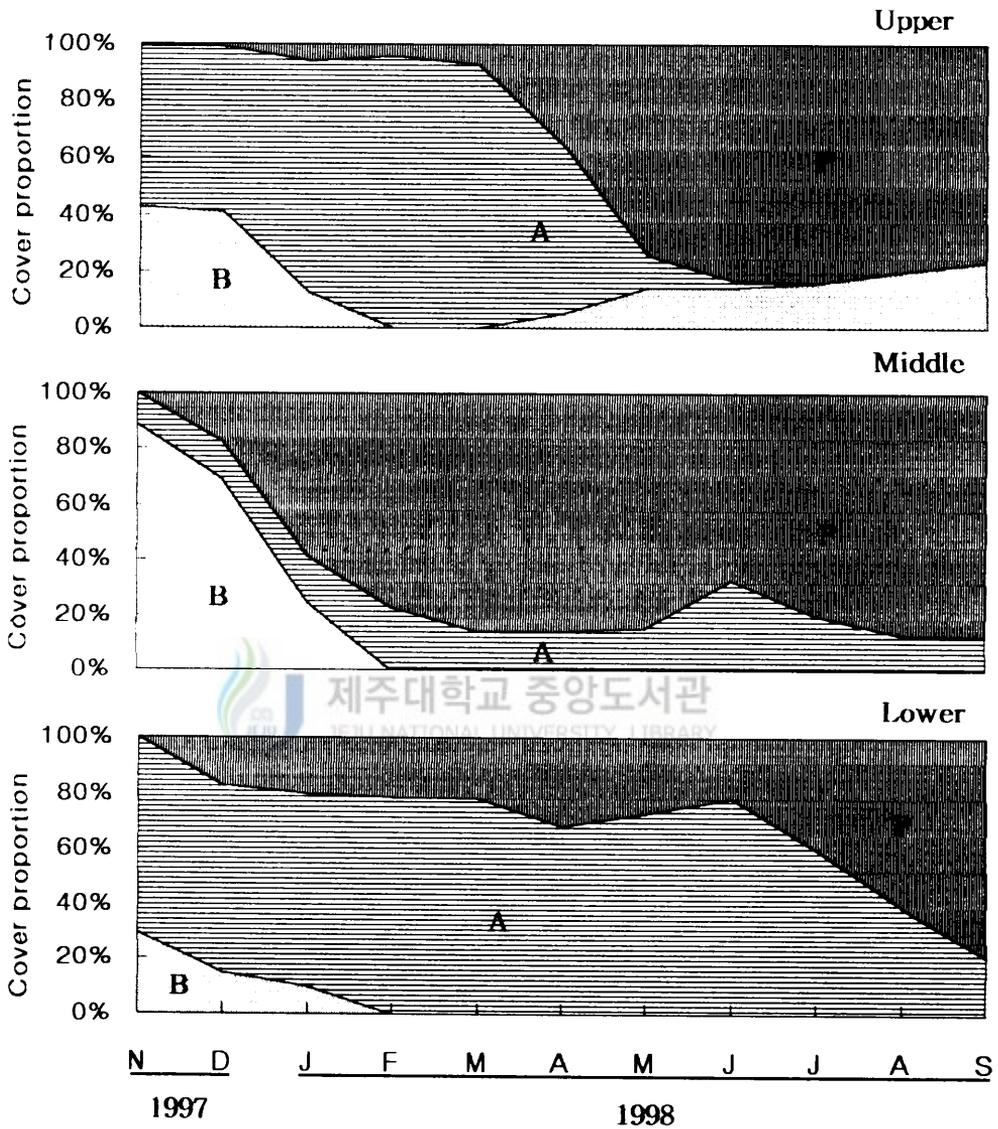


Fig. 37. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in October.

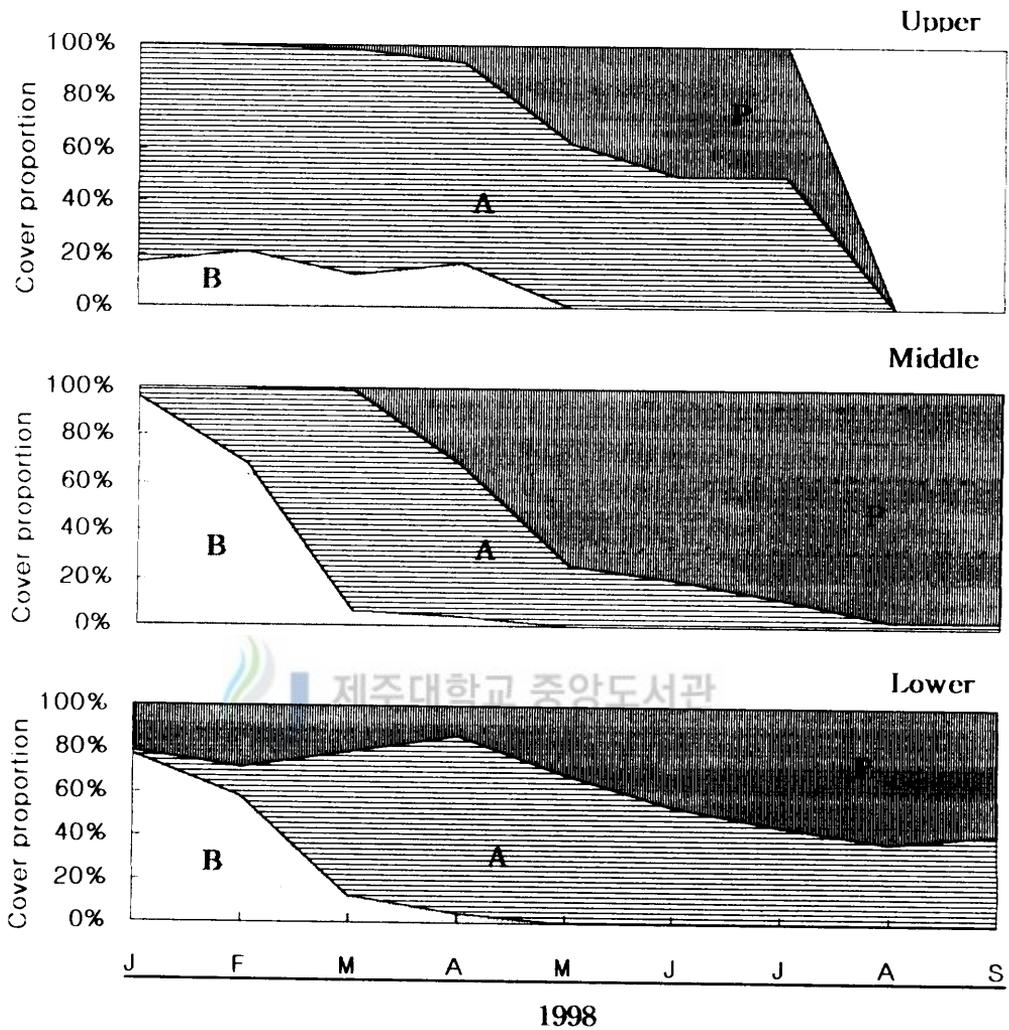


Fig. 38. Monthly variation in coverage of blue green (B), annual (A) and perennial (P) algae in permanent quadrat of different tidal levels after denudation in December.

증가하여 이듬해 8월의 피도는 74%로 일년생 해조류의 피도보다 높았다. 상부, 중부, 하부의 군집은 남조류-일년생 해조류-다년생 해조류로 이어지는 군집의 변화가 나타났다(Fig. 37).

12월 설치구 : 상부에서는 남조류의 피도가 2월에 30%였지만 이후 감소하여 5월부터는 식생 형성이 이루어지지 않았다. 일년생 해조류의 피도는 2월에 112%, 3월에 106%였지만 이후 낮아지면서 8월부터는 식생 형성은 이루어지지 않았다. 다년생 해조류는 2월에 출현하였지만 연중 낮은 피도였다. 중부는 1월과 2월에 남조류의 피도가 높았고, 3월과 4월에는 일년생인 고리매의 생육이 뚜렷하였으며, 5월부터는 다년생인 작은구슬산호말과 개서실의 피도가 높았다. 하부에서는 1월과 2월은 남조류의 생육이 뚜렷하였으며, 3월과 4월은 일년생 해조류, 5월부터는 다년생 해조류가 우점하였다(Fig. 38).

상부는 설치 계절에 관계없이 연중 남조류의 피도가 높았으며, 중부와 하부는 대체로 남조류, 일년생 해조류, 다년생 해조류로 이어지는 군집이었다.

(5) 조식동물의 영향

상부의 조간대 주변에서는 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*), 애기삿갓조개(*Cellana toreuma*), 배무래기 (*Notoacmea schrenckii*), 갈고둥(*Nerita japonica*), 고랑딱개비(*Siphonaria japonica*), 감장각시고둥(*Monodonta perplexa*) 등의 패류가 흔하게 서식하고 있었다. 이들 패류들이 천이과정에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 조식동물들을 제거한 실험구를 설치한 후 1997년 4월부터 1998년 9월까지의 조사기간 동안 대조구와 비교하였다. 그 결과 조식동물을 제거하지 않은 대조구에서는 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 파리남색말, 반겹령비아, 초록실 등이 혼생하는 열은 암갈색 해조 mat의 피도가 90%였고, 그 후 5월부터는 낮아졌다. 그러나 가을부터 바위뽕쪽말, 김파래, 붉은털 및 참김이

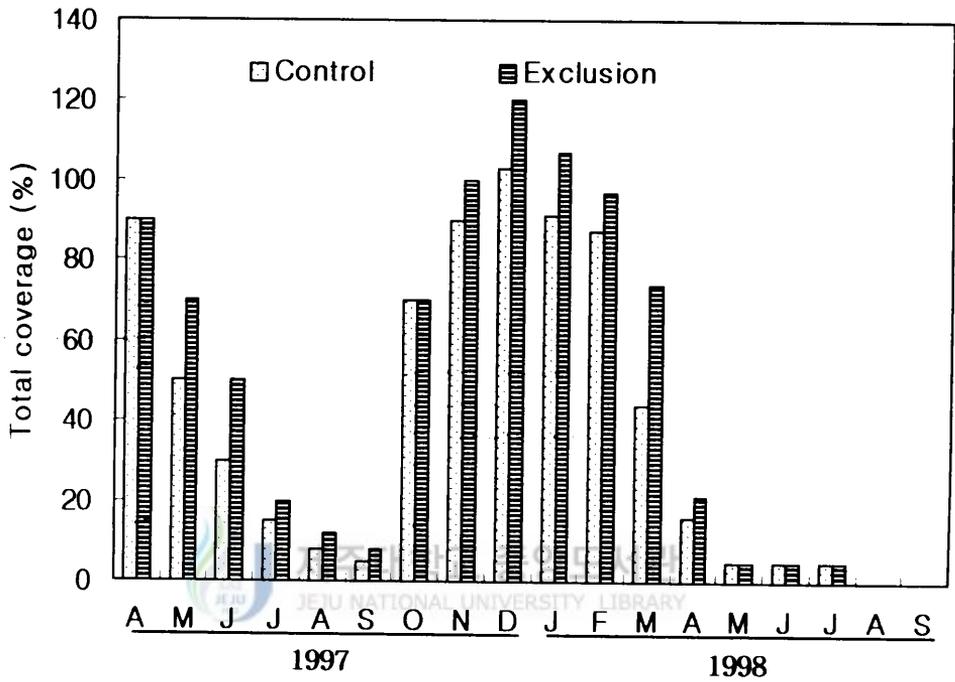


Fig. 39. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of the upper tidal level after denudation in March.

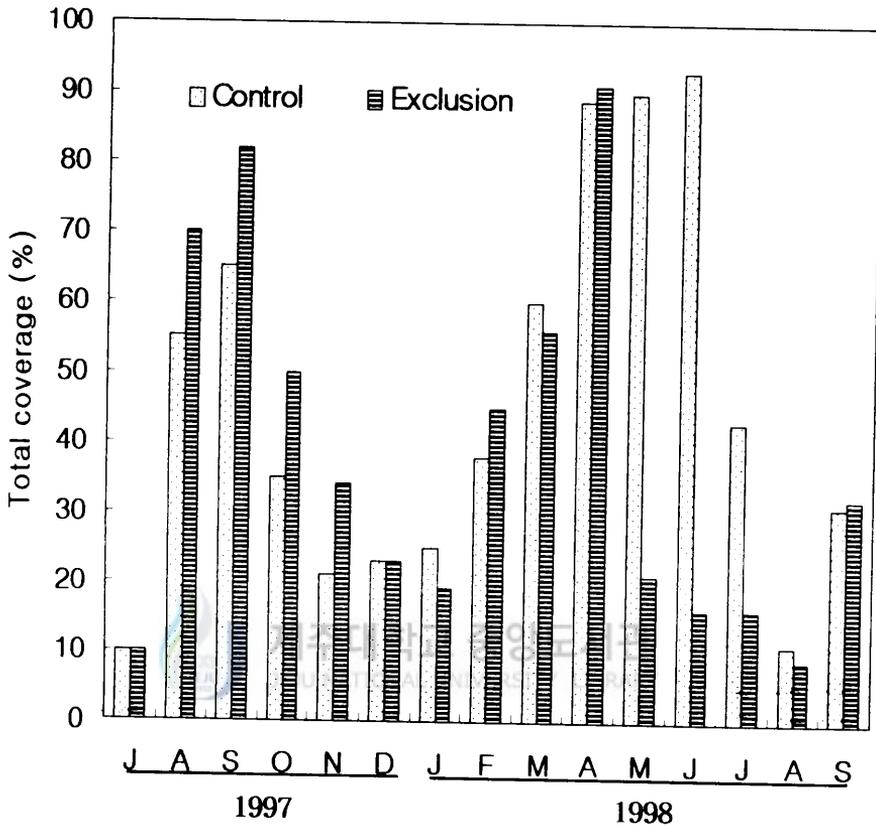


Fig. 40. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of the upper tidal level after denudation in June.

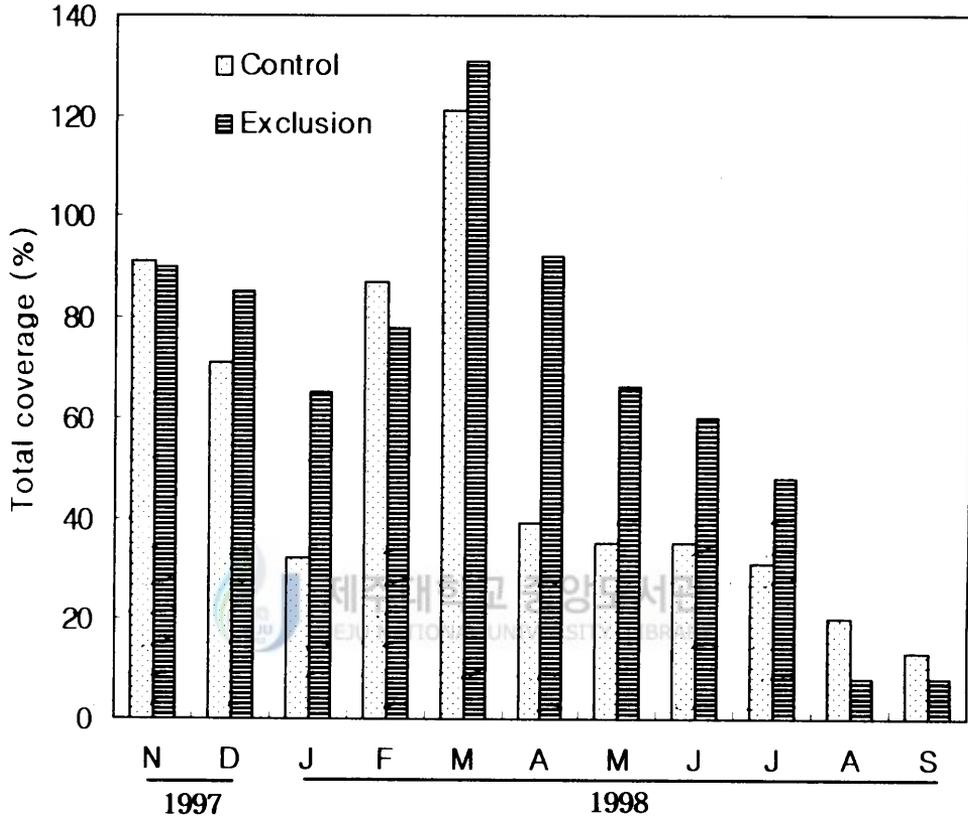


Fig. 41. Monthly total coverage of marine algae in control and animal removing permanent quadrats of the upper tidal level after denudation in October.

추가되면서 피도는 증가하였고 12월의 피도는 100% 이상이었다. 1998년 1월부터 둥근돌김과 납작파래 등이 새로 추가되었지만, 9월까지의 피도가 낮았다. 조식동물을 제거한 방형구에서는 대조구와 마찬가지로 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 파리남색말, 반점링비아, 초록실 등이 혼생하는 열은 암갈색을 띠는 조류 mat의 피도가 90%였고, 12월에 120%였지만 이후 감소하였다. 두 지역 모두 봄과 여름에는 피도가 낮았고, 가을과 겨울에는 피도가 높은 계절적인 변화가 나타났지만 동물들을 제거한 방형구에서의 피도가 대조구보다 높았다(Fig. 39). 6월에 영구방형구를 설치한 후 조식동물들을 제거한 방형구와 대조구를 비교한 결과, 대조구와 동물을 제거한 실험구에서 해조류의 피도 변화는 7월에는 두 지역 모두에서 10%의 피도가 나타났지만 8월부터 11월까지는 대조구보다는 조식동물을 제거한 실험구에서의 피도가 높은 반면, 1998년 1월부터는 오히려 대조구에서의 피도가 높았다(Fig. 40). 10월에 영구방형구를 설치한 후 대조구와 조식동물을 제거한 실험구에서 해조류의 피도 변화는 11월에 대조구와 실험구 모두에서 90-91%였지만 이듬해 2월을 제외하고 대조구보다는 조식동물을 제거한 실험구에서의 피도가 높게 나타났으며 대조구에서의 전체 해조류의 평균피도는 52.3%이었으며, 좁쌀무늬총알고둥 등을 제거한 방형구에서의 피도는 66.5%이었다(Fig. 41).

IV. 고찰

1. 군집구조

1) 출현종

이 연구에서 방형구 설치 주변에 출현한 해조류는 남조류 12종, 녹조류 16종, 갈조류 21종 그리고 홍조류 63종으로 총 112종이 생육하고 있었는데 (Table 2), 남조류인 파리남색말(*Anacystis aeruginosa*)은 연중 나타나는 종이었고, 반겹링비아(*Lyngbya semiplena*)는 4월에서 6월까지 출현했다가 7월부터 없어져 10월까지의 관찰되지 않았으며, 11월부터 이듬해 3월까지 다시 나타났으므로 동계 생육종으로 사료된다. 전반적으로 남조류는 12월에 6종, 1월에 9종, 2월에 6종이 출현하여 겨울에 다양한 종이 출현하는 반면, 봄과 여름에는 출현종 수가 줄어들어 4월부터 6월까지는 2종, 7월부터 9월까지는 3종이 나타나 남조류는 겨울에 많이 출현하였다.

Kang (1960)이 여름철 제주도에 녹조류 19종, 갈조류 45종 및 홍조류 89종이 생육하는 것을 보고하였고, 그(1966)는 황해냉수의 영향을 받는 가장 따뜻한 지역으로 남조류 3종, 녹조류 34종, 갈조류 51종 및 홍조류 117종이 생육하며, 북방계 종이 2%, 온대계 종이 74%, 아열대계 종이 10%, 범세계 종이 15%로 구성된 제주도를 생물 지리적 독립구로 설정하여 이웃한 남해구와는 다르지만 남해구에서의 348종에 비하여 제주도구에서는 205종으로 다양성 면에서는 다소 부족하다고 하였다. 그러나 1980년대 이후 제주도의 해조자원에 대한 연구가 활발하게 이루어지면서 많은 종이 새롭게 보고되어 현재 제주도 연안에 생육하는 해양식물의 출현율은 남조류 11종(2.4%), 녹조류 53종(12.3%), 갈조류 81종(18.9%), 홍조류 287종(66.4%)으로 총 432종이 생육하는 것으로

알려져 있다(이와 부, 1993). 이 조사 결과와의 비교에서, 조간대의 식생은 남조류 10.7%, 녹조류 14.3%, 갈조류가 18.8%, 홍조류 56.2%로 남조류와 녹조류의 조성비율이 제주 해역이 높았으며, 갈조류의 조성비율은 비슷하였고, 홍조류의 조성비율이 낮았다. 이는 조사 지역의 지형적인 여건은 물론, 수온, 기온, 조석 및 건조에 의한 압박과 같은 복잡한 요인의 영향을 받기 때문에 수온의 영향을 전적으로 받는 조하대의 식생과는 다를 것이다. 그리고 갈조류와 녹조류의 종 수보다 홍조류의 종 수에 변화 폭이 큰 점으로 보아 파도의 강약에 따른 홍조류의 종조성에 큰 차이를 나타낸 것이다. 제주도 연안의 해조류의 출현을 비교에서, 남조류의 조성비율이 높고, 홍조류의 조성비율이 낮은 것은 발전소에서 나오는 온배수와 tetrapod의 기질이 건조하기 때문인 것으로 판단되며, 연구 결과에서 출현한 해조류는 제주도산 해조류의 약 26%에 달했다. 이는 분포론적 연구나 종 분류학적인 연구에서는 해조류가 생육하는 전 지역에서 밝혀진 것에 비해, 조간대에 출현한 해조류만을 대상으로 한정하였으므로 다른 지역의 조간대와 조하대에 생육하는 해조류의 식생을 이루고 있는 종들이 여기에 포함되지 않았기 때문에 출현종 수가 적은 것이라 사료된다.

김(1983)은 화북의 조간대에는 총 85종의 해조류가 생육하며 녹조, 갈조 및 홍조의 구성 비율은 각각 11%, 40%, 49%로 나타났다고 하였는데, 이 조사 결과에서 남조류를 제외한 해조류는 녹조류 12%, 갈조류 21%, 홍조류 63%와 비교하면 녹조류의 조성비율은 비슷하였지만, 조사지역에서가 갈조류의 조성비율은 낮은 반면, 홍조류의 조성비율은 높았다. 그리고 박(1992)은 제주도 연안 애월, 행원, 사계, 표선의 4개 조사지소의 조간대에는 총 113종 중 녹조류 12%, 갈조류 28%, 홍조류 60%가 생육함을 보고하였으며, 조사결과 비교하면 조사지역에서가 갈조류의 조성비율이 낮았다. 이는 이웃한 다른 지역에서 보다 수온이 높기 때문이라 할 수 있다.

2) 식생

주요종의 분포와 그 생물종의 계절은 봄철의 상부에서는 불등풀가사리, 참풀가사리(*Gloiopeltis tenax*), 납작파래(*Enteromorpha compressa*), 구멍갈파래, 중부는 미역쇠(*Endarachne binghamiae*), 고리매(*Scytosiphon lomentaria*), 지층이, 불등풀가사리, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*), 미역(*Undaria pinnatifida*) 등의 생육이 뚜렷하였지만, 여름철의 상부는 불등풀가사리, 참풀가사리 등, 중부는 지층이, 작은구슬산호말, 납작파래 등, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 미역의 생육이 뚜렷하였다. 가을철의 상부는 참김(*Porphyra tenera*), 중부는 반겹링비아, 바위뽕쪽말(*Calothrix scopulorum*), 작은구슬산호말, 지층이, 참가시우무(*Hypnea charoides*) 등, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무의 생육이 뚜렷하였다. 겨울철의 상부는 떡링비아, 실링비아(*Lyngbya confervoides*), 연녹색흔들말(*Oscillatoria laetevirens*), 참김, 납작파래, 불등풀가사리, 미역쇠, 중부는 둥근돌김, 미역쇠, 고리매, 지층이, 불등풀가사리, 작은구슬산호말, 민대마디말(*Cladophora gracilis*) 등, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무의 출현이 뚜렷하였다. 이와 이(1976)는 봄철 제주도 연안 조간대 상부로부터 둥근돌김(*Porphyra suborbiculata*), 김파래(*Bangia fusco-purpurea*), 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*)-패(*Ishige okamurae*), 톳(*Hizikia fusiformis*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 지층이(*Sargassum thunbergii*)-큰잎모자반(*Sargassum ringgoldianum* Harvey), 알송이모자반(*Sargassum confusum*)으로 이어지는 대상 분포를 이룬다고 하였다. 그리고 제주도 해조류의 수직 분포에 관한 연구는 이(1974)에 의해 시작되었는데, 제주대학 임해연구소 부근의 해조류의 분포 및 식생을 조사하고, 제주도는 수직 분포면에서 부산 해역과 유사하나, 조간대에 녹조류가 비교적 적게 출현하는 점에서 제주도는 부산보다는 외해적 성격을 띠고 있다고 보고하였고, 손(1987)은 성산포의 수직 분포

는 조간대 상부에서 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*), 중부에는 넓패(*Ishige sinicola*), 하부에는 쌍발이서실(*Laurencia okamurae* Yamada)과 알쏩이모자반이 뚜렷한 층위 구조를 볼 수 있어서 전체적으로는 *Ishige sinicola*-*Hizikia fusiformis*로 대표된다고 지적하였다. 박(1992)은 조간대 해조군집에는 패, 넓적야마다산호말, 지층이, 툫, 작은구슬산호말 및 파베기모자반(*Sargassum siliquastrum*)이 연중 우점 또는 준우점으로 출현하여 군집구조의 기본 골격을 이룬다고 하였다. 이들 연구(이와 이, 1976; 손, 1987; 박, 1992)와 비교할 때, 제주도 해조군집은 상부는 불등풀가사리, 중부는 지층이, 하부는 작은구슬산호말, 모자반류(*Sargassum* spp.) 등이 제주도 해조군집을 대표하는 해조류이었지만, 암반지역에 흔하게 출현하는 패나 툫 등은 조사지역 인공저층에서 주요종이 아니었다. 그리고 상부는 2월에서 6월까지의 불등풀가사리, 7에서 10월까지의 대표되는 종이 없었고 11월부터 12월까지는 참김, 1월은 남조류가 대표종이었다. 중부는 2월부터 4월까지의 미역쇠, 2월부터 3월까지는 고리매, 4월부터 12월까지 지층이, 7월부터 8월까지 납작파래의 생육이 뚜렷하였으며, 하부는 연중 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 4월부터 6월까지 미역이 우점하고 있었다. 겨울의 상부는 남조류가 나타나는 것이 특징적이었고, 참김은 겨울에서 봄 사이에 상부의 식생을 대표하여, 조사 지역 연안에 출현하는 주요종의 분포와 그 생물 계절은 조간대의 위치와 계절에 따라 달리 나타나고 있었고, 조간대에서는 계절에 따라 몇몇 종의 추가 소멸 및 세의 확장 등의 변화가 있었다. 동해안 해조류의 수직분포는 상부에 김파래, 불등풀가사리, 염주말-중부 작은구슬산호말, 개서실-하부참그물바탕말, 툫, 왜모자반(*Sargassum yezoense*)이 층위구조를 이룬 군집이 형성되며(김, 1983), 서해안의 상부에 불등풀가사리, 바위수염-중부 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 뜰부기(*Pelvetia siliquosa*), 지층이-하부 작은구슬산호말이 층위구조를 이루고(김과 이, 1985; 이 등, 1985), 남해안의 상부는 불등풀가사리, 애기가시덤불, 납작파래, 바위수

염-중부 구멍갈파래, 넓패-하부 뜸부기, 지층이가 층위구조를 이룬 군집이 형성되어(Yoo and Lee, 1980), 동, 서, 남해안 및 제주도 연안에 따라 해조류의 생육지를 달리한다. 뜸부기는 서해안 중부에, 남해안에서는 하부에 생육하며, 지층이는 서해안과 제주도 중부에 생육하지만 남해안에서는 하부에 생육하며, 툯 역시 동해안 하부에 생육하지만 제주도 연안에서는 중부에 생육하였다.



2. 기능형군의 계절적인 변화

손(1987)은 동, 서, 남해안의 해조 군집을 대상으로 기능형의 개념을 환경과 관련하여 해석한 연구에서 한국에서 처음으로 해산식물 군집의 연구에 기능형의 개념을 도입하고 내만의 수심이 낮고 탁도가 높은 곳에서는 엽상형과 사상형(S+F)에 속하는 해조류의 출현이 높고 연안이 외향성인 곳에서는 직립분기형과 다육질형(CB+TL)에 속하는 해조류의 출현율이 높다고 하였으며, 울진의 경우 엽상형과 사상형(S+F)이 여름부터 겨울 사이에 증가가 뚜렷하며, 남해안 삼천포에서도 제주도의 경우와 비슷하게 봄에 높은 조성비를 나타내고 가을, 겨울에 감소하여 최소를 이룬다고 하였다. 제주도 해조 군집의 정성적, 정량적 분석에 관한 연구(박, 1992)에서도 내만 쪽인 행원 지역보다 외향성인 애월과 표선 지역에서 직립분기형과 다육질형(CB+TL)의 구성비가 높게 나타났다고 하였으며, Littler와 Littler (1984)는 엽상형과 사상형(S+F)은 환경 저항에 따라 에너지 분배를 높여야 하기 때문에 다른 기능형군에 비해 생산력이 높다고 하였다. 이 조사에서도 손(1987)과 박(1992)의 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었는데, 직립분기형과 다육질형(CB+TL)이 엽상형과 사상형(S+F) 또는 유절산호말형과 각상형(JC+C)보다 높은 값을 나타낸 것은 외해와 심하게 노출된 지역적 특성 때문으로 판단되며, 기능형군별 계절적인 차이에서 직립분기형과 다육질형(CB+TL)의 조성비는 봄철에 높고, 엽상형과 사상형(S+F)은 가을과 겨울철에 높았으며, 유절산호말형과 각상형(JC+C)은 다른 계절에 비해 가을철에 높았다. 엽상형과 사상형(S+F)의 조성률이 다른 계절에 비해 가을철과 겨울철에 높게 나타난 것은 발전소 주변의 온배수의 영향으로 인하여 높아진 수온 때문일 것으로 판단된다.

Taniguti (1962)는 하천의 영향을 받는 만의 경우 대부분 해조 군락의 특성은 *Ulva pertusa* alliance에 포함되나 국부적으로 엽분이 낮은 곳에서는

Enteromorpha 군락이 우점하며, 외양의 영향을 상대적으로 많이 받는 내만의 입구 쪽에는 다양한 군락의 특성이 나타날 수 있을 뿐만 아니라 홍수시 일시적으로 담수의 영향을 크게 받는 곳은 갑작스런 염분의 변화에 의해 특이한 군락이 형성될 수도 있다고 하여 같은 내만에서도 지리적 조건 또는 만의 특성에 따라 다소 상이한 군락의 특성을 나타낼 수 있음을 밝혔다. 손(1987)은 구멍갈파래, 지층이, 우뚝가사리, 불레기말(*Colpomenia sinuosa*), 작은구슬산호말, 진두발(*Chondrus ocellatus*) 등은 내만에서도 파도를 직접 받지 않는 지역에 출현하는 종이며, 패, 넓패, 툫, 참도박(*Pachymeniopsis elliptica*) 등은 비교적 외해에 접한 지역에 출현하는 종이라고 하였다. 이 조사지역의 해조 군락의 특성은 내만성 해조인 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 미역과 외양성 해조인 애기우뚝가사리, 산호말과(Corallinaceae), 개서실(*Chondria crassicaulis*) 등은 출현율이 높은 종으로 나타나 내만과 외양성 군락이 함께 나타나서, 염분이 낮은 내만에서의 군락의 특성과 외양성 군락의 특징이 함께 나타나는 것으로 사료된다. 종조성 측면에서 갈조식물의 그물바구니(*Hydroclathrus clathratus*)와 감태(*Ecklonia cava*), 홍조식물의 꼬마붉은혀, 민자루다홍풀 등은 열대나 아열대 해역에서 흔히 생육하는 종들(부, 1988)로서, 이들 종이 출현하는 점에서 이 지역의 해산 식물상은 온배수의 영향을 받아 수온이 상승하는데 기인하는 것으로 판단된다. 그리고 박(1992)은 제주도 연안에서 파도의 영향이 적고 다소 내만성인 곳에는 사상 갈조류 등 착생조류가 대형 조류에 착생하는 현상이 두드러졌고, 외해성인 곳에서는 툫, 참도박 등이 무성하다고 하였지만, 조사 지역 주변은 파도가 심하게 치는 외해성인 곳이지만 구멍갈파래, 지층이, 우뚝가사리, 불레기말, 작은구슬산호말, 진두발 등이 출현하였으며 패, 넓패, 툫 그리고 참도박 등은 거의 출현하지 않았다. 이것은 발전소에서 흘러나오는 온 배수의 영향과 태양 빛과 같은 노출에 의한 압력 때문으로 판단된다.

한 지점의 해조 군락 특성을 구멍함에 있어 기능형군의 구성에 대한 해석

은 아직 가설에 불과하며 온배수와 같은 특정 요인과의 관계에 대한 해석은 이루어지지 않았었다. 다만, 종래의 단순한 종조성 등과 같은 해조상적 해석보다는 심도 있는 접근으로 해석할 수 있다. 따라서 기능형군별 종조성의 차이로서도 환경 구배에 의한 해조 군락의 특성을 규정하는 하나의 지표가 될 수 있을 것이며, 해조류의 기능형군의 형태적, 생리적, 생태적 적응은 자주 교란되는 환경에서 보다 풍부한 군집을 갖게되며, 반대로 안정된 환경은 각상형군에 의해 우점될 것으로 추측할 수 있으며, 온배수가 해조류의 미치는 영향은 종과 관련하여 분포 지역, 계절, 빛, 염분, 영양염류 그리고 오염원(Laws, 1981) 등과 같은 환경요인에 따라서도 달라질 수 있어, 온배수 배출 지역에서 종조성의 변화뿐만 아니라 종간 경쟁(Lobban *et al.*, 1980)을 유발하는 요인이 될 수도 있다.



3. 천이

조위는 조간대 해조류의 천이 형태에 커다란 영향을 준다는 사실이 여러 연구자들에 의해 나타나 있다(Kim *et al*, 1992; Kim and Yoo, 1994; 김, 1987; 김과 박, 1997). 이 연구 결과 상, 중, 하부에서 3월에 영구방형구를 설치한 후 1997년 4월부터 1998년 9월까지 18개월간에 걸쳐 각 영구방형구에 출현한 해조류 총 26종(남조류 9종, 녹조류 4종, 갈조류 5종, 홍조류 8종) 중에서 중부와 하부에 출현한 해조류는 22종이었다. 6월에 영구방형구를 설치한 후 1997년 7월부터 1998년 9월까지 15개월간에 걸쳐 각 영구방형구에 출현한 해조류 총 30종(남조류 4종, 녹조류 3종, 갈조류 6종, 홍조류 17종) 중에서 하부에 영구방형구를 설치한 지점 주변은 따개비 군집이므로 하부는 중부 보다 11월과 12월을 제외하고 월별 출현종 수가 적었다. 그리고 중부와 하부에 출현한 해조류는 25종이었으며, 상부보다는 출현종 수가 많았다. 10월에 영구방형구를 설치한 후 영구방형구에 출현한 해조류 총 41종(남조류 3종, 녹조류 5종, 갈조류 11종, 홍조류 22종) 중에서 중부와 하부에 출현한 해조류는 34종이었으며, 상부보다 출현종 수가 많았다. 남조류는 상부에 주로 출현하였고 녹조류는 상부, 중부, 하부 모두에 출현하였으며, 갈조류와 홍조류는 중부와 하부에 출현종 수가 많았다. 12월에 영구방형구를 설치한 다음 출현한 해조류는 총 34종(남조류 3종, 녹조류 4종, 갈조류 8종, 홍조류 19종)으로 중부와 하부에 출현한 해조류는 33종이었으며 상부보다 출현종 수가 많았다. 남조류는 조간대 전체에 출현하였고 녹조류, 갈조류, 홍조류는 중부와 하부에 출현하여 계절에 관계없이 남조류는 상. 중. 하부에 주로 출현한 반면, 갈조류와 홍조류는 중부와 하부에 다양하게 나타났으며, 상부보다는 하부일수록 다양한 해조가 생육하고 있음을 확인했다. 이는 조석에 의한 노출과 관련한 압박 가운데, 기질의 온도 변화, 건조에 대한 내성의 차이, 그리고 조사 지역의 환경과 밀접한 관계가 있는 것

으로 판단된다. 이들 해조류 중에서 남조류를 제외한 대부분이 제주 연안에서 출현하는 종들이다(Park *et al.*, 1994; Lee, 1976; 이, 1974; 이와 이, 1976, 1982; 김, 1983; 윤, 1985; 박, 1992; 김과 박, 1997). 조간대 하부로 갈수록 다양함을 보이는 것은 해조류의 수직 분포를 조절하는 요인 가운데 노출과 관련된 압박들이 생육상한을 결정짓고 있음을 반영하는 것이며(Dring, 1982), 우리나라 서해안에서 수행된 조사들에서도 이와 비슷한 연구 결과를 얻은 바 있다(Kim *et al.*, 1992; Kim, 1994; Kim and Yoo, 1994).

해조 군집의 천이를 연구한 외국의 선행 연구들에서는 포자의 운동력과 생장률은 일차 천이와 관계가 있어 미세하고 생장이 빠른 녹조류와 갈조류가 초기 착생에 유리하며(Northcraft, 1948), 조하대에서 석면상자(asbestos board)를 이용한 인공 저층에 착생하는 해조류를 관찰한 결과 구상 남조류와 규조류가 초기 착생조류라 하였고(Fager, 1971), Connell (1972)은 빠른 생장을 하는 조류와 군체성 규조류(colonial diatom)가 연안 역에서 초기 착생종이라고 하였으며, 갈파래속(*Ulva*), 파래속(*Enteromorpha*) 및 김속(*Porphyra*) 등 속생종(fugitive species)이 천이의 초기 단계에서 중요한 위치를 점하는 것으로 밝히고 있다(Dayton, 1975; Southward and Southward, 1978; Hawkins, 1981). 국내의 연구에서 유(1989)는 자연 암반에서 남조류와 사상조류가 초기 천이 계열을 형성함을 보고한 바가 있고, 유 등(1991)은 인천항 dock의 특이한 폐쇄생태계를 대상으로 새로운 저층에 대한 해조 군집에서 초기 착생종으로는 반겹링비아, 누런링비아(*Lyngbya lutea*) 및 실울링비아(*Lyngbya rivulariarum*)가 천이의 단계에서 초기 착생종이라고 밝힌 바 있다. 그리고 초기 착생종들 중에서 납작솜털(*Ectocarpus arctus*)과 스파셀라리아(*Sphacelaria* sp.)와 같은 갈조류와 filamentous ephemerals를 전형적인 착생종이라 했다(Tsuda and Kami, 1973; Littler and Littler, 1980; Kim *et al.*, 1992). 김과 박(1997)은 제주도 신창의 자연저층에서 모란갈파래(*Ulva conglobata*)와 참김의 일년생 해

조류가 식생 제거 후 1개월만에 나타났으나 톳, 지충이, 작은구슬산호말 등 초기 착생조류의 대부분이 다년생 해조류가 나타남을 밝히고 있다.

한편 천이 과정을 나누는데 있어 어느 분류군까지 포함시키느냐에 따라 초기 천이과정을 보는 시각이 다를 수 있다. 박테리아, 균류, 규조류 그리고 남조류 등을 포함하는 연구에서는 이들 중이 천이 과정의 초기 착생종으로 알려져 있다(Borowitzka *et al.*, 1978; Niell, 1979; 김, 1987). 초기 착생조류의 출현은, 3월에 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 상부에서는 파리남색말, 반겹링비아, 초록실(*Ulothrix flacca*), 중부에서는 파리남색말, 반겹링비아, 납작파래, 하부에서는 반겹링비아, 납작파래가 나타나 전체적으로 4종의 해조류가 출현하였으며, 반겹링비아는 상. 중. 하부 모두에 출현하였다. 6월에 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 상부에서는 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털, 중부에서는 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털, 납작파래, 하부에서는 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털 등의 해조류가 출현하였으며, 파리남색말, 반겹링비아, 납작솜털은 상. 중. 하부 모두에 출현하였다. 10월에 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 상부에서는 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*), 둥근돌김, 불등풀가사리, 납작파래, 중부에서는 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김, 하부에서는 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김, 바위딱지, 민대마디말이 출현하였으며, 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김은 상. 중. 하부 모두에서 출현한 해조류이었다. 12월에 영구방형구를 설치한 후 1개월만에 상부에서는 파리남색말, 잘록이링비아, 반겹링비아, 납작파래, 둥근돌김, 중부에서는 파리남색말, 잘록이링비아, 반겹링비아, 모란갈파래, 바위뽕쪽말, 반겹링비아, 둥근돌김이 출현하였으며, 상. 중. 하부에서 모두 출현한 해조류는 없었으며, 영구방형구를 설치한 후 개척종은 다양하여, 초기의 개척종은 처음 1개월내에 나타났으며, 더구나 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 천이과정열의 종조성에 있어 현저하게 차이가 났다. 초기 착생조류는 겨울에 영구방형

구를 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 15종(상부 9종, 중부 10종, 하부 9종), 가을에 영구방형구를 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 14종(상부 8종, 중부 8종, 하부 8종), 봄에 영구방형구를 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 10종(상부 3종, 중부 5종, 하부 7종), 그리고 여름에 영구방형구를 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 9종(상부 3종, 중부 8종, 하부 8종)으로 계절과 조위에 따라 차이가 나는 것으로 보아, patch가 만들어지면 천이 과정, 계절중의 생식과 성장에 영향을 주었다(Hawkins, 1981; Benedetti-Cecchi and Cinelli, 1993).

이 조사에서와 같이 속생종의 초기 생육 정도가 식생을 제거한 계절의 차이에 따라 좌우되기도 하지만(Hawkins, 1981; Kim *et al.*, 1992), 우리나라 서해안에서 지층이가 우점하는 조간대 해조군집에서도 이와 비슷하게 다년생 해조류가 천이의 초기 단계부터 생육하는 것으로 보고되었다(Kim and Yoo, 1994). 이 조사에서 봄에 영구방형구를 설치하였을 때는 불등풀가사리, 참풀가사리, 지층이, 작은구슬산호말, 여름과 가을에 영구방형구를 설치하였을 때는 바위딱지와 작은구슬산호말, 겨울에 영구방형구를 설치하였을 때는 불등풀가사리와 작은구슬산호말과 같은 다년생 종이 처음 2개월 내에 방형구 안에서 출현하였다. Littler와 Littler(1980)는 이런 다년생 조류는 극상 군집을 이루는 특성종이라고 했으며, 김과 박(1997)은 다년생 해조류가 초기 단계부터 번무하는 것은 우리나라 연안에 조간대 해조 군집의 천이 양식에 있어서 일년생 조류들의 중요성이 크지 않다고 하였다.

극상에 도달하는데 필요한 시간은 조류학의 관점에서 흥미가 있을 뿐만아니라 수산업의 측면에서도 중요하며, 극상 시기에 살아남은 해조류는 조식동물의 먹이로서 계속적으로 이용될 것이고(Saito *et al.*, 1976), turf community 에 나타나는 대부분의 종들은 ephemeral type이며, 어떤 환경 상황에서도 1년 이상 견디지 못하여 종조성면에서 소수의 변화가 극상 군집에서 일어나기 때문에 극상 군집을 이루는 종조성의

풍부성은 항상 일어날 것이다(Tsuda and Kami, 1973; 김과 박, 1997). 생태학적 천이에서 극상에 도달하는데 소요되는 기간은 연구 방법과 환경에 따라 상이함을 보여준다. 일본 북해도의 Usujiri 와 Kamaya 방파제에서 해조군집의 천이를 연구한 Saito 등(1976)은 극상 단계를 일년생과 다년생 조류의 피도가 균형을 이룰 때를 간주하고 조사 지소에 따라 Kamaya에서는 3년 또는 Usujiri에서는 4년 이상이면 극상에 도달하는 것으로 추정하였으며, Guam의 조하대에서 인공 저층을 설치하여 해조류 천이에 관해 연구한 Tsuda와 Kami(1973)는 더 이상 새로운 종류가 나타나지 않을 때를 극상으로 정의하고, 1년 이내(10-11개월)에 남조류가 우점하는 극상 군집이 형성된다고 하였다. 한편 유(1989)는 자연 암반에서 생육하는 해조군집은 미소 환경에 따라 18개월에서 24개월 사이에 극상을 이룰 수 있다고 보고하였다. Kim과 Yoo(1994)는 우리나라 서해안의 조간대 바위 해안에서 비파괴적인 방법으로 해조류의 천이 과정을 밝혔고, 해조류 출현종의 누적합계를 바탕으로 추정한 극상 소요기간은 약 18개월(Kim *et al.*, 1992) 또는 그 이상이 소요된다고 하였으며(Kim, 1994), 김과 박(1997)의 제주도를 대상으로 한 연구에서도 영구방형구내 출현종수의 누적합계가 조간대 상부의 경우 식생 제거 후 17개월부터, 그리고 중부와 하부에서는 21개월부터 안정된다고 하였다. 연구 결과 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 극상 군집을 이루는 시기가 달랐으며 상부, 중부 및 하부에서 모두 겨울, 가을, 여름, 봄의 순으로 극상에 도달하는 시기가 짧았고 상부에서 하부로 갈수록 극상에 도달하는 시기가 길었다. 봄에 영구방형구를 설치한 후 상부는 11개월, 중부와 하부는 14개월 후에 안정한 상태의 극상에 달했으며, 여름에 영구방형구를 설치한 후 상부는 9개월, 중부는 12개월, 하부는 누적합계가 13개월부터 변함이 없었다. 가을에 영구방형구를 설치한 후 상부는 7개월 후에 극상에 달했고, 중부와 하부는 10개월 후에도 누적 종의 수가 증가하였으며, 겨울에 영구방형구를 설치한 후 상부는 2개월 후부터 누적 종

의 수는 변함이 없었으며, 중부와 하부는 8개월 후에도 누적 종의 수는 증가하였다. 이런 관점에서 방파제에 생육하는 해조류 군집에서 극상 시기는 12개월 이내에 안정한 상태에 도달할 것으로 사료된다. 조위별에 따라 종 풍부성에서 뚜렷한 차이가 나타났으며, 기질의 설치 조건에 따라 천이 양식에 차이가 나는 것은 중간 경쟁에 기인하는 것 같다. Seip (1980)에 의하면 경쟁은 특히 하부에서, 종 분포를 억제한다고 하였다. 제주도 연안에서는 우리나라 서해안에서 추정된 18개월보다 다소 빨라서 1년 내외에 군집이 안정된 구조를 갖추고 있었다. 이렇게 비교적 빠른 기간 내에 해조 군집이 안정될 수 있음은 섬 주변을 지나가는 난류의 영향과 대부분 암반이나 암초 등으로 형성되는 해저 지형에 그 원인이 있는 것으로 사료되며, 우리나라 서해안과 달리 제주도 연안에서는 부유 퇴적물의 농도가 낮기 때문에 상대적으로 높은 투명도 역시 다양한 해조류의 착생과 생육을 촉진하는 것으로 판단된다.

월별로 조사된 영구방형구내 출현종 수의 변화와 해조류 총피도의 변화는 조간대 전반에 걸쳐 제주도 연안 해조류의 전형적인 계절적 소장을 따르고 있었다. 영구방형구 내에서 출현한 다년생 해조류 피도 변화 역시 출현 후 높았고, 이들 다년생 해조류는 신창, 고산, 차귀도에서도 자연 식생의 우점종으로 밝혀지는 종들이며(이와 이, 1982; 이 등, 1990; 이, 1995; 김과 박, 1997), 영구방형구 설치 후 1년이 지난 다음부터 출현하는 대부분의 해조류는 군집의 천이과정에 크게 영향을 주지 않는 우연종으로 판단된다. 종은 포자가 기질에 붙어서 살아갈 수 있을 때만 착생할 수 있고, 많은 해조류들은 계절적인 생식 시기가 다르다는 것이 알려졌다(Hruby and Norton, 1979). 그리고 영구방형구를 설치한 계절에 따라 초기 착생종의 수가 다른 것은 초기 착생종의 배아지(propagules) 또는 포자의 계절적인 유용성(availability)에 의한 것이며(Harlin and Lindbergh, 1977), 지중해의 midlittoral 군집에서 초기의 조류의 천이 패턴을 비교하여, 방형구내에서 3월보다 9월에 영구방형구를 설치했을 때

patches의 회복률이 더 크다고 하였는데(Benedetti-Cecchi and Cinelli, 1993), 이 조사 결과와 비슷하였다. 이 연구에서 하부에서는 3월에 영구방형구를 설치한 후에 회복률을 보인 시기는 영구방형구를 설치한 후 10개월 후인 1998년 1월이고, 6월에 영구방형구를 설치한 후에 회복률을 보인 시기는 영구방형구를 설치한 후 6개월 후인 1997년 12월인 반면, 10월과 12월에 영구방형구를 설치한 후에 회복률을 보인 시기는 영구방형구를 설치한 다음 각각 4개월 후인 1998년 2월과 4개월 후인 1998년 4월이었다. 그리고 봄에 영구방형구를 설치한 다음 10개월 후, 그리고 여름과 가을에 영구방형구를 설치한 다음 각각 6개월 후, 겨울에 영구방형구를 설치한 다음 5개월 후에 천이과정 후기과정의 해조류인 작은구슬산호말과 바위딱지 등의 다년생 해조류의 피도는 30% 이상이었다. 따라서 다년생 해조류가 우점한 후 영구방형구 안에서 나타난 종들 중에 일시종인 홍조류의 출현이 다양하기 때문에 3월(16종)과 6월(19종)에 영구방형구를 설치하였을 때보다 10월(30종)과 12월(30종)에 영구방형구를 설치하였을 때 다양한 해조류가 착생한 것이라 판단되기 때문에 바다 인공 어장을 조성하는데 있어 인공 어초는 봄과 여름에 설치하는 것보다 가을과 겨울에 설치함이 바람직하다고 판단되며, 항만을 체계적으로 개발하고 어족 자원의 보호, 해양 환경의 보전 등에 모든 노력을 기울여야겠다.

인공 저층 연구를 통한 해조 군집의 형성 과정에 대하여 Tsuda와 Kami (1973)는 사상조류(*Calothrix*, *Feldmannia*, *Sphacelaria*)-육질갈조류(*Dictyota*)로 보고하였고, Borowitzka 등(1978)은 박테리아, 녹조류, 남조류-사상 및 각상조류-각상산호조-대형조류로 보고하였다. 이 연구 결과는 계절과 조위에 따라 다소 차이는 있었지만 하부로 갈수록 후자의 경우와 유사한 천이과정이 나타났다. 새로운 기질에 해조류가 착생하고 천이 과정을 거쳐 군집을 형성하는 과정은 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 달랐다. 인공저층인 방파제 해조군집의 천이과정을 보면, 상부에서는 계절에 관계없이 남조류의 피도가

높은 군집이었으며, 중부에서의 천이과정은 영구방형구를 설치한 계절에 따라 다소 달랐다. 1997년 3월에 설치한 영구방형구에서는 남조류, 납작파래-김류-불등풀가사리로 이어지는 군집의 변화가 일어났으며, 6월에 설치한 영구방형구에서는 납작파래, 남조류-미역쇠-바위딱지, 작은구슬산호말로 이어지는 군집의 변화가 나타났다. 10월에 설치한 영구방형구에서는 남조류와 다년생 해조류인 작은구슬산호말이 초기에 출현하면서 천이 초기과정의 종이었지만 방형구 설치 4개월 후인 1998년 2월부터는 남조류의 피도보다 높았고, 12월에 설치한 영구방형구에서는 남조류-고리매-작은구슬산호말-개서실로 이어지는 군집의 변화가 나타났다. 중부에서 초기과정의 해조류는 남조류이었고 천이 후기과정의 해조류는 작은구슬산호말과 개서실이었다. 하부에서의 천이과정은 부착생물을 제거한 계절에 관계없이 일정하였다. 3월에 설치한 영구방형구에서는 남조류-미역쇠-바위딱지, 작은구슬산호말로 이어지는 군집의 변화가 나타났고, 6월에 설치한 영구방형구에서는 남조류-납작파래-바위딱지-작은구슬산호말로 이어지는 뚜렷한 변화가 나타났다. 10월에 설치한 영구방형구에서는 납작파래, 남조류-모란갈파래, 그물바구니-작은구슬산호말, 나무꽃애기산호말로 이어지는 군집이었으며, 12월에 설치한 영구방형구에서는 남조류-납작파래-작은구슬산호말로 이어지는 뚜렷한 군집의 변화는 나타나지 않았지만, 하부의 군집은 초기과정의 해조류는 남조류-납작파래-일시종인 미역쇠, 고리매, 그물바구니, 모란갈파래-바위딱지, 작은구슬산호말, 나무꽃애기산호말로 이어지는 군집이었다. 그리고 상부의 영구방형구에서 남조류는 영구방형구를 설치한 계절에 관계없이 상부에 설치한 모든 영구방형구에서 피도가 높았으며 상부에서 생육이 뚜렷하였다. 그리고 불등풀가사리는 겨울과 봄에 상부를 대표하는 종이고, 김류는 겨울철에 상부를 대표하는 종이었으며, 납작파래는 남조류 외에 천이 초기과정의 해조류이며 겨울철에 상부를 대표하는 종이었다. 중부의 영구방형구에서 남조류는 영구방형구 설치 계절에 관계없이 중부에 설치한 모든 영

구방형구에서 초기 착생종이었으며, 중부의 총 피도에 많은 영향을 주었다. 납작파래는 조사기간 내내 출현하여 이 지역 상부와 중부에 흔히 나타나고, 불등풀가사리와 둥근돌김은 상부와 중부에 걸쳐 주로 출현하는 종들이며 미역쇠는 겨울에서 봄까지 중부에 흔하게 생육하는 해조류이었다. 그리고 작은구슬산호말과 바위딱지는 천이 과정의 후기에 나타나는 해조류이었으며, 고리매는 중부에서는 겨울에 출현하여 봄에 주로 생육하는 해조류이었다. 하부의 영구방형구에서 작은구슬산호말은 후기과정의 해조류이며, 나무풀애기산호말은 3월에 영구방형구를 설치했을 때를 제외하고 하부의 모든 방형구에서 조사기간의 후반부에 출현하여 1998년 9월까지 출현하는 것으로 보아 방파제의 하부 군집에서 후기과정의 해조류이며, 모란갈파래는 영구방형구 설치 계절에 관계없이 모든 방형구에서 방형구 설치 후 1-2개월만에 출현하여 연중 출현하는 점으로 보아 하부에 생육하는 해조류이었다.

상부의 서식지는 상대적으로 축축하고 차거나, 강렬한 태양 빛이 없는 겨울에는 형태 면에서 단순하고 속성종(남조류, 사상형 또는 막상인 녹조류와 홍조류)인 해조류는 여름보다 풍부하였다. 보통 여름에는 서식지에서 노출된 기질은 뜨겁고, 수분이 말라있으며, 태양 빛에 의한 노출이 심하기 때문에 속성종은 상부에서는 출현율이 낮았으며, 상부의 주변에서는 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*), 애기삿갓조개(*Cellana toreuma*), 배무래기(*Notoacmea schrenckii*), 갈고둥(*Nerita japonica*), 고랑딱개비(*Siphonaria japonica*), 감장각시고둥(*Monodonta perplexa*) 등의 패류가 흔하게 서식하고 있었다. 조식동물들은 해조류의 풍부성에 영향을 줄 수 있지만 대부분의 연구자들은 여름에 해조류가 사라지는 것은 물리적인 압박에 의한 치사율이 직접적인 원인 때문이라는 결론을 내리고 있다(Castenholz, 1961; Haven, 1973). 연구의 결과에서 상부는 해조류의 풍부성에 있어서 물리적인 요인에 의해 계절적인 변화가 나타났지만 조식동물들이 해조류의 천이에 영향을 끼치고 있었다. 이 조사에서 상부에서는 남조류가 주요 개척종이었고 영구방형구 설치 계절에 따라 차이는 없었

지만, 대조구보다는 실험구에서의 전체 피도가 높았다. 특히 여름과 가을에 영구방형구를 설치했을 때, 대조구에서 다년생 해조류인 불등풀가사리와 참풀가사리가 실험구에서보다 출현이 빠른 것으로 보아 상부에서 조식동물들은 해조류의 천이 과정을 빠르게 하는 것으로 사료된다.

해조류의 피도에 있어서의 계절적인 변동은 조식동물에 의한 소비율과 해조류의 생산율에 의한 변화로 설명할 수 있다. 여름에 전체 해조류의 피도가 감소하는 것은 조식동물의 증가율과 해조류의 단위 생체량에 대한 생산율의 감소 때문일 것으로 사료되며, 상부에서의 해조류의 피도가 계절적인 변화를 보이는 것은 조식동물이 해조류의 생산성을 변화시킨다고 판단된다. 상부에서의 해조류의 생산율은 낮 동안에 수분, 날씨, 파도 및 조석 등의 환경 요인에 따라 달라지며, 건조에 내성이 강한 해조류의 광합성률은 물의 이용에 달려 있다. 상부에서의 해조류의 광합성률은 처음에는 물의 손실량이 증가하여 광합성률도 증가하지만, 결국은 해조류는 건조해짐에 따라 광합성률은 감소한다 (Johnson *et al.*, 1974; Quadir *et al.*, 1979). 상부에서 삿갓조개의 개체군의 크기는 일반적으로 겨울에 더 크기 때문에 (Frank, 1965; Breen, 1971), 겨울철에 상부에서의 해조류의 풍부성이 증가하는 것은 조식동물 개체군의 계절적 감소나 섭식 활동의 중단 때문은 아닌 것으로 사료된다. 겨울철에는 이 조사 지역이 낮 동안은 젖어있고, 광합성은 낮 동안에 계속되어 1차 생산율은 조식동물의 소비율보다 높아 현존량이 증가한다. 그리고 조식동물에 의해 소비되는 해조류는 감소하는 반면, 여름철에는 상부에 노출된 해조류는 종종 탈수로 인한 해조류의 1차 생산율이 조식동물에 의한 소비율보다 낮아지기 때문에 해조류의 현존량이 감소할 것이며, 여름철에는 조식동물에 의한 소비의 위험이 많아질 것이다.

해조류의 풍부성과 계절적 변동에 관해, Castenholz (1961)는 Oregon 해안에서 *Littorina*의 수와 활동은 겨울에 감소하기 때문에 겨울철에 해조류의

풍부성이 높다고 하였다. 이와 유사하게 Menge (1975)도 New England 해안에서 *Littorina*의 활동이 감소하기 때문에 겨울철에 해조류의 풍부성이 높다고 하였는데, 이 연구에서 동물들을 제거한 방형구의 피도변화는, 봄에 영구방형구를 설치하였을 때는 겨울철에 전체 피도가 높았고, 여름과 가을에 영구방형구를 설치했을 때는 봄철에 전체 피도가 높은 것은 좁쌀무늬총알고등과 고랑딱개비의 활동이 감소했거나 겨울철의 북서풍에 의한 강한 파도 때문인 것으로 사료되어 Castenholz (1961)와 Menge (1975)의 결과와 유사하였다. 고랑딱개비와 같은 고등은 강한 파도에 의한 노출로 겨울 동안에 기질 틈으로 후퇴했거나 파도에 의해 씻겼을 것이다. 그리고 단순한 체제와 성장이 빠른 일시종은 단단하고 복잡하며 성장이 느린 다년생 해조류보다 경쟁적으로 식생 형성이 빠르며(Sousa, 1979; Lubchenco and Cubit, 1980), 다년생 해조류는 겨울철에 일시종과 경쟁하고 여름철에 삿갓조개에 의한 섭식과 같은 압력에 잘 견디어 낼 수 있다. 상부에서는 중부와 하부보다도 다년생 해조류의 출현이 현저하게 낮은 것은 물리적인 스트레스에 의한 것보다는 동물의 섭식 때문이며, 만일 조사 지역에서 물리적인 변동이 덜하다면 계절적인 극심한 경쟁이 아마도 없을 것이고, 상부는 다년생 해조류를 위한 좋은 서식지가 되어 현존하는 이상으로 연중 피도가 높을 것이다.

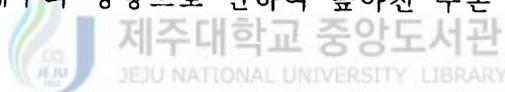
V. 결 론

이 조사를 통하여 조사지역 주변의 조간대에 출현한 해조류는 남조류 12종(10.7%), 녹조류 16종(14.3%), 갈조류 21종(18.8%) 및 홍조류 63종(56.2%)으로 총 112종이었다. 조사 지역 연안에 출현하는 주요종의 분포와 그 생물종의 계절은 조간대의 위치와 계절에 따라 달랐는데, 봄철의 상부는 불등풀가사리(*G. furcata*), 참풀가사리(*G. tenax*), 납작파래(*E. compressa*), 구멍갈파래(*U. conglobata*), 중부는 미역쇠(*E. binghamiae*), 고리매(*S. lomentaria*), 지충이(*S. thunbergii*), 불등풀가사리, 하부는 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*), 미역(*U. pinnatifida*)이 생육하고 있었으며, 여름철의 상부는 불등풀가사리, 참풀가사리, 중부는 지충이, 작은구슬산호말, 납작파래, 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 미역이 생육하고 있었다. 가을철의 상부는 참김(*P. tenera*), 중부는 반겅령비아(*L. semiplena*), 바위뽕쪽말(*C. scopulorum*), 작은구슬산호말, 지충이, 참가시우무(*H. charoides*), 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무가 생육하고 있었다. 겨울철의 상부는 떡령비아(*L. aestuarii*), 실령비아(*L. confervoides*), 연녹색혼들말(*O. laetevirens*), 참김, 납작파래, 불등풀가사리, 미역쇠, 중부는 둥근돌김(*P. suborbiculata*), 미역쇠, 고리매, 지충이, 불등풀가사리, 작은구슬산호말, 민대마디말(*C. gracilis*), 하부는 작은구슬산호말, 짝잎모자반, 참가시우무가 나타났다.

조간대에서 계절별 출현종 수는 봄, 여름, 겨울, 가을의 순으로 감소하였으며, 봄에 출현한 해조류의 총 수는 다른 계절에 비하여 많았고 가을에 해조류의 총 수 다른 계절에 비해 감소하였다. 남조류는 겨울에 출현율이 가장 높았고 여름에 가장 낮았으며, 녹조류는 다른 계절에 비해 가을에 출현율이 높았고 겨울과 봄에 출현율이 낮았다. 갈조류는 가을과 겨울에 출현율이 높았고 여름과 봄에는 출현율이 비슷하였으며, 홍조류는 봄에 출현율이 높았고 여름,

가을, 겨울로 갈수록 출현율이 낮았다. 이 지역 해조 군락의 특성은 내만성 해조인 구멍갈파래(*U. pertusa*), 미역(*U. pinnatifida*)과 외양성 해조인 애기우뚝가사리(*G. divaricatum*), 산호말과(*Corallinaceae*), 개서실(*C. crassicaulis*) 및 지충이(*S. thunbergii*)가 대표되어 내만과 외양성 군락이 함께 나타났다.

기능형군의 총 수의 출현비율은 직립분기형과 다육질형(50.0%), 엽상형과 사상형(37.0%), 유질산호말형과 각상형(13.0%)의 순으로 나타났으며, 기능형군 별로는 봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절 모두가 차이는 있으나 모든 계절에 직립분기형과 다육질형(CB+TL)의 출현율이 높았으며, 직립분기형과 다육질형(CB+TL)이 엽상형과 사상형(S+F) 또는 유질산호말형과 각상형(JC+C)보다 높은 값을 나타낸 것은 외해와 심하게 노출된 지역적 특성 때문이며, 가을과 겨울철에 엽상형과 사상형(S+F)의 조성률이 다른 계절에 비해 높게 나타난 것은 발전소 주변의 온배수의 영향으로 인하여 높아진 수온 때문일 것으로 판단된다.



방형구를 설치한 계절에 관계없이 남조류는 상. 중. 하부 모두에 출현한 반면 갈조류와 홍조류는 중부와 하부에 출현율이 높았으며 해조류는 상부보다는 하부일수록 다양한 해조류가 생육하고 있었는데, 이는 노출과 관련한 압박 가운데 기질의 온도 변화, 건조에 대한 내성의 차이, 그리고 조사 지역의 환경과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

해조 군집의 천이과정에서 초기 착생조류의 출현은 봄에 영구방형구 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 모두 10종으로 상부(3종)보다 중부(5종)와 하부(7종)에서 출현수가 많았고, 여름에 영구방형구 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 모두 9종으로 상부(3종)보다 중부(8종)와 하부(8종)에서 출현율은 같았다. 가을에 영구방형구 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 모두 13종으로 상부(8종), 중부(8종), 하부(8종) 모두에서 출현수가 많았다. 겨울에 영구방형구 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 모두 15종이었으며 상부(9종), 중부(10종),

하부(9종) 모두에서 비슷하게 출현하였으며, 계절과 조위에 따라 차이가 나는 것으로 보아 Patch가 만들어지면 천이 과정, 계절중의 생식과 성장에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 극상 군집을 이루는 시기가 달랐는데, 겨울(상부; 2개월, 중부와 하부; 8개월), 가을(상부; 7개월, 중부와 하부; 10개월), 여름(상부; 9개월, 중부; 12개월, 하부; 13개월), 봄(상부; 11개월, 중부와 하부; 14개월)의 순으로 극상에 도달하는 시기가 길어졌고, 상부에서 하부로 갈수록 극상에 도달하는 시기가 길었다. 이런 관점에서 이 지역 방파제 군집에서는 극상 시기에 도달하기 위해서는 12개월 이내에 안정한 상태에 도달할 것으로 판단된다.

인공저층인 방파제 해조군집의 상부에서는 전 계절에 걸쳐 남조류가 흔히 출현하고 있으나, 계절에 따라 남조류가 번무하는 위치가 달라질 수 있음을 시사한다. 중부에서의 천이과정은 영구방형구를 설치한 계절에 따라 달랐지만, 대체로 남조류-작은구슬산호말, 개서실, 하부는 영구방형구를 설치한 계절에 관계없이 비슷하여, 남조류-남작파래-일시종인 미역쇠, 고리매, 그물바구니, 모란갈파래-바위딱지, 작은구슬산호말, 나무풀애기산호말로 변화하였고, 하부로 갈수록 남조류-사상형, 엽상형인 일년생 해조류-각상형인 다년생 해조류로 이어지는 군집의 변화가 나타났다. 영구방형구 설치 계절에 따라 차이는 있었지만 대체로 대조구보다는 조식동물을 제거한 실험구에서의 전체 피도가 높았으며, 특히 여름과 가을에 영구방형구를 설치했을 때는 대조구보다는 동물을 제거한 방형구내에서 다년생 해조류인 불등풀가사리와 참풀가사리의 출현이 빠른 것으로 보아 조식동물들은 해조류의 천이 과정에 영향을 주며, 해조류는 조식동물의 출현 개체군의 크기에 영향을 준다는 사실과 부합되었다.

VI. 요약

이 연구는 1997년 4월부터 1998년 9월까지 북제주화력발전소 주변 인공저층인 방파제의 조간대를 선정하여, 해조류 식생의 계절적 변화를 추적하고, 천이과정을 분석하여 제주도 연안 해조류의 군집특성을 밝히기 위하여 시도하였다.

조간대에 출현한 해조류는 남조류 12종, 녹조류 16종, 갈조류 21종, 홍조류 63종으로 총 112종이 생육하였고, 주요종의 분포와 그 생물종은 조간대의 조위와 계절에 따라 달리 나타나고 있었다. 봄철 상부는 불등풀가사리, 납작파래 등, 중부 미역쇠, 지층이 등, 하부 작은구슬산호말, 짝잎모자반 등으로 수직분포를 이루고 있었고, 여름철 상부는 불등풀가사리, 중부 지층이, 작은구슬산호말 등, 하부 작은구슬산호말, 짝잎모자반 등, 가을철 상부는 참김, 중부 반겹렁비아, 작은구슬산호말, 지층이 등, 하부 작은구슬산호말, 짝잎모자반 등이 생육하고 있었다. 겨울철 상부는 남조류, 참김, 납작파래, 불등풀가사리 등, 중부 등근돌김, 미역쇠, 고리매, 지층이 등, 하부 작은구슬산호말, 짝잎모자반 등이 출현하였다. 그리고 기능형군별 조성에서 직립분기형과 다육질형(CB+TL)이 엽상형과 사상형(S+F) 또는 유절산호말형과 각상형(JC+C)보다 높은 값이 나타났고, 가을과 겨울철에 엽상형과 사상형(S+F)의 조성률이 다른 계절에 비해 높게 나타났다.

가을과 겨울에 부착생물을 제거한 방형구에서 다양한 해조류가 출현하였고 대체로 하부로 갈수록 종 수가 많았다. 초기 착생조류의 출현은 1997년 3월, 6월, 10월, 12월에 영구방형구를 설치한 후 3개월간 출현한 해조류는 각각 10종, 9종, 13종, 15종이 나타나 계절에 따라 차이가 있었다.

천이 과정을 거쳐 군집을 형성하는 과정은 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 군집의 변화 과정이 달랐다. 인공저층인 방파제에 생육하는 해조

류 군집의 천이과정은 상부에서는 남조류가 나타나는 군집이었고, 중부는 대체로 남조류-작은구슬산호말, 개서실, 하부는 영구방형구를 설치한 계절에 관계없이 일정하여, 남조류-납작파래-미역쇠, 고리매, 그물바구니, 모란갈파래-바위딱지, 작은구슬산호말, 나무꼴애기산호말로 이어지는 군집 변화가 있었다. 계절과 조위에 따라 차이는 있지만 하부로 갈수록 남조류-사상·엽상형인 일년생 해조류-각상형인 다년생 해조류로 이어지는 군집의 변화가 나타났으며, 영구방형구를 설치한 계절과 조위에 따라 극상 군집을 이루는 시기가 달랐다. 겨울, 가을, 여름, 봄의 순으로 극상에 이르는 시기는 길었고, 상부에서 하부로 갈수록 극상에 도달하는 시기가 길었다. 이런 관점에서 이 지역 방파제 해조류 군집에서는 12개월 이내에 극상에 도달할 것으로 판단된다.

천이과정에 미치는 조식동물의 영향을 알아보기 위하여 1997년 3월, 6월, 10월의 상부에 설치한 방형구와 같은 시기에 조식동물을 제거한 방형구를 비교해 본 결과, 대조구보다 조식동물을 제거한 실험구에서 전체 해조류의 피도가 높고 후기과정에 속하는 해조류가 나타났으며, 조식동물들은 해조류의 분포에 영향을 주어 천이 과정을 촉진시킴을 알았다. 그리고 해조류들간의 경쟁 또한 천이과정에 영향을 줄 것으로 사료된다.

VII. 참고문헌

- Benedetti-Cecchi, L. and F. Cinelli. 1993. Early patterns of algal succession in a midlittoral community of the Mediterranean sea: a multifactorial experiment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **169**: 15-31.
- Borowitzka, M. A., A. W. D. Larkum and L. J. Borowitzka. 1978. A preliminary study of algal turf communities of a shallow coral reef lagoon using an artificial substratum. *Aquat. Bot.* **5**: 365-381.
- Breen, P. A. 1971. Homing behavior and population regulation in the limpet *Acmaea (Collisella) digitalis*. *Veliger* **14**: 177-183.
- Castenholz, R. W. 1961. The effect of grazing on marine littoral diatom populations. *Ecology* **42**: 783-794.
- Connell, J. H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **3**: 169-192.
- Dayton, P. K. 1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algae community. *Ecol. Monogr.* **45**: 137-159.
- Dring, M. J. 1982. *The Biology of Marine Plants*. Edward Arnold Publ. Ltd. London. 199 pp.
- Fager, E. W. 1971. Pattern in the development of a marine community. *Limnol. Oceanogr.* **16**: 241-253.
- Farrell, T. M. 1989. Succession in a rocky intertidal community: the importance of disturbance size and position within a disturbed patch. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **128**: 57-73.
- Feldmann, J. 1951. Ecology of marine algae. pp. 313-334. In : G. M. Smith (ed.). *annual of phycology*. Ronald Press Co., N.Y. 373 pp.

- Foster, M. S. and W. P. Sousa. 1985. Succession. pp. 269-290. *In* : M. M. Littler and D. S. Littler (eds.). *Handbook of phycological methods : ecological field methods macroalgae*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 617 pp.
- Frank, P. W. 1965. The biodemography of an intertidal snail population. *Ecology* **46**: 831-1362.
- Harlin, M. M. and J. M. Lindbergh. 1977. Selection of substrata by seaweeds: optimal surface relief. *Mar. Biol.* **40**: 33-40.
- Hartog, C. den. 1959. The epilithic algal communities occurring along the coast of the Netherlands. *Wentia* **1**: 1-241.
- Haven, S. B. 1973. Competition for food between the intertidal *Gastropods Acmea-scabra* and *Acmaea digitalis*. *Ecology* **54**: 143-151
- Hawkins, S. J. 1981. The influence of season and barnacles on the algal colonization of *Patella vulgata* exclusion areas. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **61**: 1-15.
- Hruby, T. and T. A. Norton. 1979. Algal colonization on rocky shores on the Firth of Clyde. *J. Ecol.* **67**: 65-77.
- Johnson, W. S., A. Gigon., S. L. Gulmon and H. A. Mooney. 1974. Comparative photosynthetic capacities of intertidal algae under exposed and submerged conditions. *Ecology* **55**: 450-453.
- Kang, J. W. 1960. The summer algal flora of Cheju Island (Quelpart Island). *Bull. Pusan Fish. Coll.* **3**: 17-23.
- Kang, J. W. 1966. Geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **7**: 1-125.
- Kim, Y. H. 1994. Experimental observation of algal successions in a rocky intertidal community. *Proc. Korea-Japan Sem. Biol. Sci.* **2**: 159-174.

- Kim, Y. H. and J. S. Yoo. 1994. Patterns of algal succession in a *Sargassum thunbergii* (Phaeophyta) dominated rocky intertidal community. *Korean J. Phycol.* **9**: 59-65.
- Kim, Y. H., J. S. Yoo and J. H. Kim. 1992. Marine algal succession in a perturbed intertidal community. *Korean J. Phycol.* **7**: 131-137.
- Laws, E. A. 1981. *Aquatic pollution*. Wiley, N.Y. 482 pp.
- Lee, J. A., S. A. Yoo and I. K. Lee. 1982. Vegetation of benthic marine algae of Incheon Dock. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU.* **7**: 67-85.
- Lee, K. W. 1976. Survey of the algal flora of Jeju Island. *Bull. Mar. Biol. Stat., Jeju Nat. Univ.* **1**: 21-42.
- Littler, M. M. and D. S. Littler. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *Am. Nat.* **116**: 25-44.
- Littler, M. M. and D. S. Littler. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **74**: 13-34.
- Lobban, C. S., P. J. Harrison and M. J. Duncan. 1980. *The physiological ecology of seaweeds*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 242 pp.
- Lubchenco, J. and J. D. Cubitt. 1980. Heteromorphic life histories of certain marine algae as adaptations to variations in herbivory. *Ecology* **61**: 676-687.
- Menge, J. L. 1975. Effect of herbivores on the community structure of the New England rocky intertidal region: distribution, abundance, and diversity of algae. Dissertation. Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Menge, B. A., T. M. Farrell, A. M. Olson, P. V. Tamelen and T. Turner. 1993. Algal recruitment and the maintenance of a plant mosaic in the low

- intertidal region on the Oregon coast. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **170**: 91-116.
- Niell, F. X. 1979. Structure and succession in rocky algal communities of temperate intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **36**: 185-200.
- Nienhuis, P. H. 1980. The epilithic algal vegetation of the SW Netherlands. *Nova Hedw.* **33**: 1-94.
- Northcraft, R. D. 1948. Marine algae algal colonization on the Monterey Peninsula. California. *Am. J. Bot.* **35**: 396-404.
- Nybakken, J. W. 1982. *Marine biology: an ecological approach*. Harper and Row, Publ., N.Y. 446 pp.
- Park, S. H., Y. P. Lee, Y. H. Kim and I. K. Lee. 1994. Qualitative and quantitative analysis of intertidal benthic algal community in Cheju Island I. Species composition and distributional patterns. *Korean J. Phycol.* **9**: 193-203.
- Quadir, A., P. J. Harrison and R. E. DeWreede. 1979. The effects of emergence and submergence on the photosynthesis and respiration of marine macrophytes. *Phycologia* **18**: 83-88.
- Saito, Y. and S. Atobe. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae I. Usujiri Benten-Jima. *Hokkaido Univ. Bull. Fac. Fish.* **21**: :37-69.
- Saito, Y., H. Sasaki and K. Watanabe. 1976. Succession of algal communities on the vertical substratum faces of breakwaters in Japan. *Phycologia* **15**: 93-100.
- Seip, K. L. 1980. A mathematical model of competition and colonization in a community of marine benthic algae. *Ecol. Model.* **10**: 77-104.
- Sousa, W. P. 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecol. Monogr.* **49**:

227-254.

- Southward, A. J. and E. C. Southward. 1978. Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersants to clean up the Torrey Canyon spill. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 35: 682-706.
- Taniguti, M. 1962. *Phytosociological study of intertidal marine algae in Japan*. Tokyo. 129 pp.
- Tsuda, R. T. and H. T. Kami. 1973. Algal succession on artificial reefs in a marine lagoon environment in Guam. *J. Phycol.* 9: 260-264.
- Yoo, S. A. 1982. an ecological study on marine algae of Incheon Dock. *Ph. D. Thesis SNU* 168 pp.
- Yoo, S. A. and I. K. Lee. 1980. A study on the algal communities in the South Coast of Korea. *Proc. Coll. Sci. SNU.* 5: 109-138.1
- 고남표. 1990. 거문도의 해산식물 자원에 관한 생태학적 연구. 조류학회지 5: 1-37
- 고유봉 · 노홍길 · 방익찬 · 오봉철 · 윤석훈 · 윤정수 · 이준백 · 최영찬. 1998. 제주의 바다: 제1장 해양물리. 제주도수산해양개발연구회. pp. 11-42.
- 김영환. 1983. 한국 조간대 해조군집의 생태학적 연구. 이학박사 학위논문, 서울대학교. 175 pp.
- 김영환. 1987. 인공저층을 이용한 해조류의 착생 및 천이에 관한 연구. 조류학회지 2: 73-91.
- 김영환 · 박선희. 1997. 제주도 조간대 해조군집의 천이 양식, 조류학회지 12: 23-30.
- 김영환 · 윤현주 · 유종수. 1995. 서해 중부연안 해조군집의 종조성과 생물량. 식물학회지 38: 389-398.
- 김영환 · 이인규. 1985. 서해안 무창포의 조간대 해조군집의 종조성과 생물량. 식물학회지. 38: 149-164.
- 김영환 · 이인규. 1986. 발전소 취 · 배수로에 생육하는 부착생물의 생태학적 연구. 충

- 북대학교 논문집 31: 71-84.
- 김영환 · 이정호. 1980. 고리 원자력발전소 주변의 해조류에 관한 연구 1. 1977~1978년의 해조군집의 변화. 식물학회지 23: 3-10.
- 박선홍. 1992. 제주도 조간대 해조군비의 정성·정량적 분석. 이학박사 학위논문, 제주대학교. 176 pp.
- 손철현. 1987. 한국 해조류의 식물지리학적 특성과 군집의 정량적 분석. 이학박사 학위논문, 전남대학교. 111 pp.
- 유종수. 1989. 서해안 해조군집의 구조 및 천이에 관한 생태학적 연구. 이학석사학위논문, 충북대학교. 69 pp.
- 유종수. 1994. 인천항 선거 해양생태계 생물군집의 구조와 생산성 및 탄소 순환. 이학박사학위논문, 서울대학교. 225 pp.
- 유종수 · 김영환 · 이인규. 1991. 인천항 선거내에서 교란된 부착 해조군집의 재형성. 식물학회지 34: 165-173.
- 윤장택. 1985. 제주도 해조상에 관한 연구. 제주대 석사학위논문. 31 pp.
- 이기완. 1974. 제주대학 임해연구소 부근의 해조분포 및 식생. 제주대학논문집 6: 269-284.
- 이용필. 1995. 제주도산 해조류에 관한 연구. 제주 자연생태계 조사 연구보고서, 제주도. pp. 207-240.
- 이용필 · 고용덕 · 윤상용. 1990. 제주도주변 무인도의 해조류상. 제주무인도학술조사보고서, 제주문화방송주식회사. pp. 171-200.
- 이용필 · 이인규. 1976. 제주도 조간대의 해조군락에 대하여 1. 춘계해조류의 군락조사. 식물학회지 19: 111~118.
- 이용필 · 이인규. 1982. 제주도 연안 해조자원의 식생분석 연구. 서울대 자연대 논문집 7: 73-91.
- 이인규 · 김훈수 · 최병래 · 이해복. 1985. 한국연안해역의 저서생물군집에 관한 연구.

- Ⅲ. 서해안의 군집구조에 관한 정성 정량적 분석, 서울대학교 자연대 논문집 10: 57-100.
- 이인규·부성민. 1993. 해조류를 중심으로 한 제주도의 해양 식물상. 생물과학심포지움. 14: 213-220.
- 최영찬·고유봉·이준백. 1989. 제주도 해안선 주변의 해수특수성(1987년 6월-1988년 4월). 한국지구과학회지, 10: 54-61.
- 한국전력공사. 1996. 환경영향평가서(북제주화력발전소 2.3호기 건설사업) 683.pp.



VIII. 사 사

이 연구를 수행하는 동안 지도하여 주시고 해조학에 입문하여 오늘에 이르도록 학문적 발전을 위해 많은 가르치심을 주신 이용필 교수님께 먼저 감사드립니다. 그리고 바쁘신 중에서도 논문 심사를 맡아 심사를 하시면서 상세한 지적과 조언을 해 주신 이기완 교수님, 김문홍 교수님, 부성민 교수님, 오윤식 교수님의 고마움 늘 간직하겠습니다.

연구의 출발점에서부터 연구의 방향과 결과 처리까지 자상하게 지도하여 주시고, 어려울 때마다 용기와 격려는 물론 연구하는 데 필요한 문헌을 제공하여 주신 충북대학교 김영환 교수님의 도움에 힘입어 오늘이 있었음을 잘 알고 있습니다. 교수님의 가르치심은 앞으로 저의 교직생활과 연구활동에 척도가 될 것입니다. 교수님의 은혜는 잊지 못할 것입니다. 그리고 항상 용기를 불어넣어 주신 남녕고등학교 박선희 교장 선생님과 서울대학교 이인규 교수님께도 감사드립니다. 무엇보다 대기고등학교 전 교직원의 성의와 배려에 감사드리며, 학교 발전에 도움이 되는 것을 찾아서 하는 교사가 되겠습니다.

이 논문이 되기까지 18개월 동안 한 달에 두 번씩 빠짐없이 채집을 함께 해 준 윤상용 군에게 더욱 감사를 드리며, 충북대학교 생물학과 이수성 군을 비롯한 충북대학교 조류학 실험실원 여러분, 제주대학교 생물학과 강정찬 군을 비롯한 조류학 실험실원 여러분, 사촌 동생들과 친구들에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 고인이 되신 조부모님과 아버님, 그 동안 마음 고생이 심하셨던 어머니님, 장인과 장모님, 창방, 순자, 그리고 사랑하는 부인과 딸 수연, 아들 민철에게 이 영광을 드리며, 괴로움이 없이는 진정한 기쁨이 있을 수 없다는 것을 새삼 깨달았습니다.

Appendix



Table 1. Occurrence of intertidal marine algae in the vicinity of studying site during the period from April 1997 to March 1998

Species	Month	1997										1998		
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	
Cyanophyta														
<i>Anacystis aeruginosa</i> Drouet et Daily		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calothrix scopulorum</i> C. Agardh								+	+					
<i>Entophysalis conferta</i> Drouet et Daily											+	+		
<i>Entophysalis deusta</i> Drouet et Daily											+	+	+	
<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman											+	+	+	
<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh											+		+	
<i>Lyngbya gracilis</i> Rabenhorst													+	
<i>Lyngbya semiplena</i> J. Agardh		+	+	+					+	+	+	+	+	+
<i>Nostoc commune</i> Vaucher											+			
<i>Oscillatoria laetevirens</i> Crouan											+	+	+	
<i>Oscillatoria brevis</i> Kützing						+	+	+	+					
<i>Rivularia atra</i> Roth						+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorophyta														
<i>Bryopsis hypnoides</i> Lamouroux														+
<i>Bryopsis plumosa</i> C. Agardh		+	+	+				+						+
<i>Chaetomorpha crassa</i> Kützing				+										
<i>Cladophora albida</i> Kützing			+	+										
<i>Cladophora gracilis</i> Kützing								+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladophora sakaii</i> Kützing		+	+	+	+	+	+				+	+	+	+
<i>Cladophoropsis zollingeri</i> Børgesen								+						
<i>Codium adhaerens</i> C. Agardh						+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Codium coarctatum</i> Okamura		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Codium fragilis</i> Hariot				+	+	+								

Table 1. (continued)

Species	Month	1997										1998		
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	
<i>Derbesia marina</i> Solier					+	+	+	+						
<i>Enteromorpha intestinalis</i> Link			+	+										
<i>Enteromorpha compressa</i> Greville		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulothrix flacca</i> Thuret		+	+	+							+	+	+	+
<i>Ulva conglobata</i> Kjellman		+	+	+				+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva pertusa</i> Kjellman		+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Phaeophyta														
<i>Acinetospora crinita</i> Kornmann					+	+								
<i>Colpomenia sinuosa</i> Derbes et solier		+	+	+					+	+	+	+	+	+
<i>Dictyopteris prolifera</i> Okamura		+	+	+	+	+	+	+						+
<i>Dictyota dichotoma</i> Lamouroux		+	+	+				+	+	+	+	+	+	+
<i>Dilophus okamurae</i> Dawson		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecklonia cava</i> Kjellman								+	+					+
<i>Ectocarpus arctus</i> Kützing								+	+	+	+	+	+	+
<i>Ectocarpus mitchellae</i> Hamel														+
<i>Elachista globosa</i> Takamatsu		+	+											
<i>Eudarachne binghamiae</i> J. Agardh		+	+	+						+	+	+	+	+
<i>Hydroclathrus clathratus</i> Howe		+	+	+									+	+
<i>Leathesia difformis</i> Areschoug		+	+	+	+								+	+
<i>Myelophycus simplex</i> Papenfuss		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pachydictyon coriaceum</i> Okamura		+	+	+	+	+	+							+
<i>Petrospongium rugosum</i> Setchell et Gardner		+	+	+	+									+
<i>Ralfsia verrucosa</i> Areschoug		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum thunbergii</i> Kuntze		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum hemiphyllum</i> C. Agardh		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scytosiphon lomentaria</i> Link		+	+								+	+	+	+
<i>Sphacelaria variabilis</i> Sauvageau		+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>Undaria pinnatifida</i> Suringar		+	+	+	+								+	+

Table 1. (continued)

Species	Month	1997										1998					
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M				
Rhodophyta																	
<i>Acrosorium yendoi</i> Yamada		+	+	+	+	+							+	+			
<i>Amphiroa dilatata</i> Lamouroux		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa ephedraea</i> Decaisne		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bangia atropurpurea</i> C. Agardh		+														+	+
<i>Benzaitenia yenosimensis</i> Yendo			+	+													
<i>Callithamnion callophyllidicola</i> Yamada		+	+														
<i>Callophyllis adhaerens</i> Yamada		+	+	+	+	+											
<i>Callophyllis japonica</i> Okamura		+	+	+										+	+	+	
<i>Carpopeltis affinis</i> Okamura				+	+	+	+										
<i>Caulacanthus okamurae</i> Yamada		+	+	+	+												+
<i>Centroceras clavulatum</i> Montagne			+	+	+	+	+	+									
<i>Ceramium fastigiramosum</i> Boo et Lee					+												
<i>Ceramium paniculatum</i> Okamura									+	+						+	+
<i>Ceramium tenerrimum</i> Okamura									+	+						+	+
<i>Champia bifida</i> Okamura		+	+	+													
<i>Champia parvula</i> Harvey		+	+	+						+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chondria crassicaulis</i> Harvey		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chondrus nipponicus</i> Stackhouse				+	+	+	+	+									
<i>Chondrus ocellatus</i> Holmes		+	+	+	+	+	+	+									+
<i>Corallina officinalis</i> Linne		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Corallina pilulifera</i> Postels et Ruprecht		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dasya sessilis</i> Yamada		+	+														
<i>Dermatolithon canescens</i> Fostile						+	+	+	+								
<i>Enelittosiphonia hakodatensis</i> Segi		+															
<i>Erythrogllossum minimum</i> Okamura				+	+	+	+	+						+	+		
<i>Erythrotrichia carnea</i> J. Agardh													+	+	+	+	+
<i>Gelidium amansii</i> Lamouroux		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gelidium divaricatum</i> Martens		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 1.(continued)

Species	Month	1997									1998			
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	
<i>Gigartina intermedia</i> Suringar		+	+	+								+	+	+
<i>Gloiopeltis complanata</i> Yamada		+	+	+	+									+
<i>Gloiopeltis furcata</i> J. Agardh		+	+	+	+					+	+	+	+	+
<i>Gloiopeltis tenax</i> J. Agardh		+	+	+	+	+	+							+
<i>Grateloupia imbricata</i> Holmes		+	+	+	+									+
<i>Grateloupia turuturu</i> Yamada		+	+	+	+	+							+	+
<i>Griffithsia japonica</i> Okamura		+	+	+	+	+	+	+						
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i> Harvey			+	+	+	+	+							
<i>Herposiphonia parca</i> Setchell		+						+	+					
<i>Herposiphonia subdisticha</i> Okamura		+	+	+										
<i>Heterosiphonia japonica</i> Yendo		+	+	+									+	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i> Falkenberg		+	+	+	+									
<i>Hildenbrandtia rubra</i> Meneghini		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hypnea charoides</i> Lamouroux		+	+	+	+	+	+	+						
<i>Jania arborescens</i> Yendo		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Laurencia intermedia</i> Yamada														+
<i>Lithothamnion aculeiferum</i> Mason								+	+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i> Harvey		+	+	+	+	+	+							
<i>Lomentaria hakodatensis</i> Yendo		+	+	+	+	+	+						+	+
<i>Marginisporum aberrans</i> Johansen et Chihara		+	+	+	+	+	+							
<i>Marginisporum crassissima</i> Ganesan		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Peyssonnelia caulifera</i> Okamura		+	+	+										+
<i>Plocamium oviforme</i> Okamura		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plocamium telfairiae</i> Harvey		+	+	+	+	+								
<i>Polysiphonia morrowii</i> Harvey										+				
<i>Porphyra seriata</i> C. Agardh		+						+	+	+	+	+	+	+
<i>Porphyra suborbiculata</i> Kjellman									+	+	+	+	+	+
<i>Porphyra tenera</i> Kjellman									+	+	+	+	+	+
<i>Portieria japonica</i> Okamura			+	+	+									
<i>Portieria hornemannii</i> Schmitz			+	+										
<i>Prionitis cornea</i> Okamura		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prionitis crispata</i> Okamura			+	+	+	+	+							
<i>Pterocladia capillacea</i> Bornet														+
<i>Schizymenia dubyi</i> J. Agardh			+	+										
<i>Yamadaea melobesioides</i> Segawa		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+