

仁川港 船渠內에서攪亂된 附着 海藻群集의 再形成

柳宗秀·金英煥*·李仁圭

(서울대학교 自然科學大學 生物學科, *忠北대학교 自然科學大學 生物學科)

Recolonization of the Disturbed Benthic Algal Community in Incheon Dock

Yoo, Jong Su, Young Hwan Kim* and In Kyu Lee

(Department of Biology, Seoul National University, Seoul and

*Department of Biology, Chungbuk National University, Chongju)

ABSTRACT

Subtidal algal communities of Incheon Dock, an enclosed artificial dock in the western coast of Korea, were investigated qualitatively and quantitatively. Assessments of species composition, biomass dominant species, and vertical distribution were conducted from January to December, 1990. During the study, benthic marine algal community was disturbed completely by water blooming in June, and was recolonized from July. Forty-five species of marine algae, 18 blue green, 13 green, 6 brown, and 8 red algae, were identified as results. Mean biomass was in ranges of 53.50-118.00 g-dry wt/m² in community before disturbance and 0.57-2.62 g-dry wt/m² after it. Dominant species determined by biomass and frequency were *Polysiphonia morrowii* and *Ceramium fastigiramosum* before disturbance, while *Lyngbya semiplena*, *Lyngbya lutea* and *Lyngbya rivularia-rum* after disturbance as pioneer colonizers.

緒 論

韓國의 海藻類 生態에 관한 研究는 그간 潮間帶 群集에 대한 定量的인 分析을 시도한 것이 主종을 이루어 왔으나 (Yoo and Lee, 1980; Kim, 1983; Kim and Lee, 1985; Yoo and Kim, 1990), 潮下帶 海藻植生에 관한 연구는 극히 빈약하여 (Kim et al., 1983; Sohn et al., 1983; Lee et al., 1984; Nam, 1986), 潮間帶와는 물리적 環境要因들이 상이한 이들 植生 (Sohn et al., 1983; Nam, 1986)에 대한 연구의 필요성이 강조되고 있다.

仁川港은 西海岸 제 1의 국제항으로 京仁工業地域의 關門式 전전 후 船渠로 개축되어 현재에 이르고 있다. 인천항 선거는 2개의 갑문에 의해 선박을 입출거시키는 폐쇄선거인 바, 해수라는 환경조건을 지니고 있으면서도 潮沼와 같은 독특한 閉鎖生態系를 이

루고 있어 일반 해역과는 생육하는 각종 해양생물 특히, 固着性 海洋植物의 種組成이나 構成樣式이 매우 상이할 수 있다.

이 곳에 着生하는 海藻類에 관한 研究는 Hong 등(1976)이 선거내 수질오염의 정도를 측정하기 위하여 1976년 10월과 11월의 2회에 걸쳐 수행한 생물 및 물리화학적 연구에서 31종의 해조류가 생육하고 있음을 보고한 것과, Lee 등(1982)과 Yoo(1990)가 1977년 6월부터 1978년 9월 사이에 조사한 자료로서 총 54종의 해조류가 생육함을 보고한 것이 있을 뿐이다.

본 연구는 인천항 선거의 특이한 폐쇄생태계를 대상으로 하여 태양에너지에 의한 기초생산의 실태를 종합 검토하고자 시도되었는데, 금번 조사기간 중 1990년 6월에 선거내의 海洋生態系가 blooming으로 인하여 기존하던 해조군집이 완전히 破壞되는 커다란 攪亂을 받게 되어, 새로운 저층에 대한 海藻群集의 初期着生 과정을 추적할 수 있게 됨으로서 폐쇄 해양환경에서 해조식생이 어떤 천이과정을 거쳐서 형성되는지 밝힐 수 있는 좋은 계기를 얻게 되었다.

본 연구는 1989-1990년도 韓國科學財團 目的基礎研究費(890 506-02)에 의하여 遂行되었음.

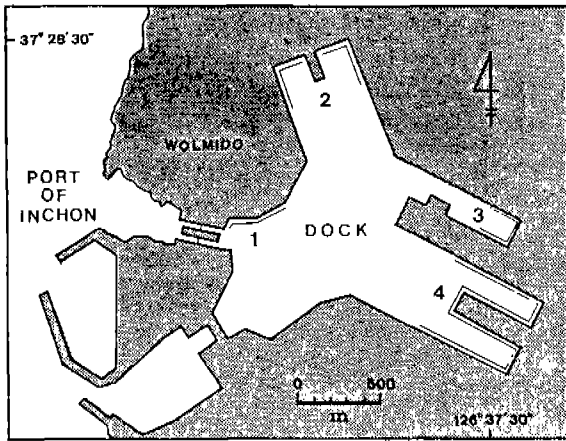


Fig. 1. A map showing the sampling sites (1-4) in Incheon Dock.

때의 식물 연구는 거대 人工底層을 이루고 있는 인천항의 수역의 潮下帶에서 Scientific SCUBA diving을 이용하여 線狀測定法(line transect method)으로 식생의 垂直分布 및 群集構造를 분석하고 교란 전후의 자료들을 비교함으로써 植生の 변모를 이해하고자 한다.

材料 및 方法

調査 定點. 본 연구는 환경조건이 상이한 선거내의 4개 정점에서 수행되었다(Fig. 1). 定點 1은 閘門地域으로 선박의 출입에 의해 해수가 섞이며 교란되는 곳으로서, 갑문을 통한 해수 유입시 가장 먼저 영향을 받는 곳이다. 해조류의 채집은 콘크리트 직벽과 경사가 완만한 곳에서 수행되었다. 定點 2는 conveyer belt가 설치된 곡물부두로서 하역작업시 유출된 곡물분말이 해수표면에 흔히 부유하고 있었다. 채집은 경사진 지역에서 수행되었다. 定點 3은 舊船渠로서 해수의 순환이 가장 안되는 지역이며, 채집은 선박이 정박하는 직벽에서 수행되었다. 定點 4는 대형 container 선박이 정박해 있는 부두로서 선박이 정박하는 콘크리트 직벽에서 수행되었다. 定點 1과 3은 측조 년도와 해수의 유입 및 유동을 고려할 때 선거내에서는 미소 환경이 가장 상이한 지역이라 할 수 있어서 이 두 곳을 해조군집 조사의 정점으로 선정하였다.

海藻相 調査. 해조상은 상기 4개 정점에서 1990년 1월부터 12월 사이에 매월 조사하였다. 조사는 선거내의 해수면이 가장 낮을 때를 선택하여 실시하였고, 직벽에 부착한 해조류는 알맞게 교란된 장비로 긁어 모아 10% 포르말린-해수로 고정된 후 실험실로 옮겨 동정하였다.

海藻群集 調査. 해조군집의 조사는 해수의 유동이 많은 定點 1(閘門)과 해수의 순환이 가장 안되는 定點 3

에서 1990년 3, 5, 7, 9 및 11월의 5회에 걸쳐 실시되었다. 이를 위하여 각 정점에 3×3 cm의 方形區가 10 cm 간격으로 있는 line transect를 수심 -400 cm까지 설치하여 조사하였다. 이 때 사용한 방형구의 크기는 species-area curve에 의해 결정하였다. 한편 각 방형구내에 출현하는 모든 해조류는 채집 후 10% 포르말린-해수로 고정하여 실험실로 운반하고, point quadrat method를 응용하여 빈도를 조사하였다(Lee et al., 1982). 現存量은 類度 조사를 한 후 종류별로 구분하여 건조기에서 105°C로 72시간 건조시킨 다음, 乾量을 측정하여 單位面積當(m²)으로 환산하였다(Kim, 1983).

資料 分析. 매월 조사된 해조상의 결과로 植生の 變化樣式을 분석하기 위하여 Sørensen(1948)의 類似度 指數를 이용하여 조사시기별 유사도를 계산하였다. 優占種은 빈도와 현존량으로 重要度로 분석하였고, 이를 기준으로 수심의 변화에 따른 주요종의 分布樣式을 圖式化하였다. 이 때 표시된 abundant는 重要度(IV) 60 이상, common은 60≥IV>30, present는 30≥IV>10, rare는 10≥IV>0으로 정하였다.

結 果

海藻相. 1990년에 매월 조사된 海藻類 目錄은 Table 1에서 보는 바와 같고, 月別로는 1월에 29종(남조류 11종, 녹조류 10종, 갈조류 3종, 홍조류 5종), 2월에 28종(남조류 10종, 녹조류 10종, 갈조류 3종, 홍조류 5종), 3월에 32종(남조류 12종, 녹조류 10종, 갈조류 3종, 홍조류 7종), 4월에 27종(남조류 11종, 녹조류 9종, 갈조류 2종, 홍조류 5종), 5월에 30종(남조류 9종, 녹조류 11종, 갈조류 4종, 홍조류 6종), 6월에 12종(남조류 7종, 녹조류 3종, 홍조류 2종), 7월에 7종(남조류 5종, 녹조류 2종), 8월에 10종(남조류 7종, 녹조류 3종), 9월에 13종(남조류 9종, 녹조류 4종), 10월에 12종(남조류 8종, 녹조류 3종, 홍조류 1종), 11월에 20종(남조류 10종, 녹조류 7종, 갈조류 2종, 홍조류 1종) 그리고 12월에 18종(남조류 8종, 녹조류 7종, 갈조류 1종, 홍조류 2종)이었다. 본 調査期間을 통하여 인천항 선거내에 생육이 확인된 해조류는 藍藻類 18종, 綠藻類 13종, 褐藻類 6종 및 紅藻類 8종의 총 45종이었고, 月別로는 3월에 32종으로 가장 많은 출현종 수를 보였으며, 7월에 7종으로 가장 낮은 출현종 수를 보였다.

조사기간 중 門別 出現種 數를 月別로 비교해 보면, 藍藻類는 1월에서 5월 사이에 30-40%, 6월에 58%, 7월에서 10월 사이는 69-71%, 11월 50%, 12월 44%로 전 조사기간을 통하여 그 출현비율이 가장 높았다. 특히 blooming 직후인 7월-10월에는 70% 내외의 높은 비율을 나타내었다. 綠藻類는 6월과 10월을 제외하고는 30-40%의 비율로 출현하였으며, 월별 변화가 대체로 크지 않았다. 한편, 褐藻類는

Table. 1. A list of marine algal species observed in Incheon Dock, 1990

Species / Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Cyanophyta												
<i>Coccochloris stagnina</i>	+	+	+	+	+				+	+	+	+
<i>Anacystis aeruginosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Entophysalis deusta</i>	+	+	+	+	+					+		
<i>Lyngbya aestuarii</i>	+	+	+	+								
<i>Lyngbya confervoides</i>	+	+	+	+								
<i>Lyngbya infixa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lyngbya lutea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lyngbya pellusida</i>			+									
<i>Lyngbya rivulariarum</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Lyngbya semiplena</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microcoleus tenerrimus</i>					+							
<i>Oscillatoria amphibia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oscillatoria brevis</i>									+		+	
<i>Oscillatoria laetevienea</i>						+		+				
<i>Oscillatoria margartifera</i>				+								
<i>Oscillatoria nigro-viridi</i>			+									
<i>Spirulina labyrinthiformis</i>											+	
<i>Spirulina subsalsa</i>	+								+		+	+
Chlorophyta												
<i>Ulothrix flacca</i>	+	+	+	+	+				+		+	+
<i>Ulothrix implexa</i>	+	+	+	+	+							
<i>Enteromorpha compressa</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Enteromorpha linza</i>				+								
<i>Enteromorpha prolifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+							
<i>Cladophora gracilis</i>					+							
<i>Cladophora opaca</i>											+	+
<i>Cladophora rudolphiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bryopsis hypnoides</i>	+	+	+		+							
<i>Bryopsis plumosa</i>	+	+	+	+	+						+	+
<i>Codium fragile</i>	+	+	+		+							
<i>Derbesia tenuissima</i>	+	+	+	+	+						+	+
Phaeophyta												
<i>Acinetospora crinita</i>					+						+	
<i>Ectocarpus arctus</i>	+	+	+	+	+						+	+
<i>Giffordia mitchellae</i>	+	+	+		+							
<i>Petalonia fascia</i>	+	+	+									
<i>Sphacelaria furcigera</i>				+								
<i>Dictyota</i> sp.					+							
Rhodophyta												
<i>Goniotrichum alsidii</i>	+	+	+	+	+							+
<i>Bangia atropurpurea</i>			+	+	+							
<i>Audouinella daviesii</i>	+	+	+									
<i>Audouinella robusta</i>			+									
<i>Antithamnion sparsum</i>					+							
<i>Ceramium cimbricum</i>	+	+	+		+							
<i>Ceramium fastigiramosum</i>	+	+	+	+	+	+						
<i>Ploysisiphonia morrowii</i>	+	+	+	+	+	+				+	+	+

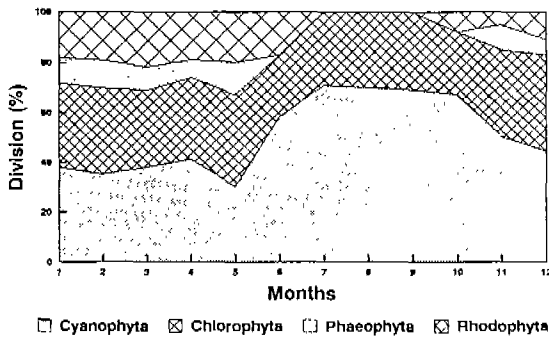


Fig. 2. Fluctuation of monthly ratio of each division observed in Incheon Dock, 1990.

대체로 10% 내외의 출현비율을 보여 분류군 중 출현율이 가장 낮았으며, 7월에서 10월 사이에 한중도 출현하지 않아 주목되었다. 紅藻類는 1월에서 6월 사이에 20% 내외의 출현비율을 보였으나 7월-9월 사이는 한중도 출현하지 않았으며, 10월-12월 사이는 5-11%의 출현율을 나타내었다 (Fig. 2).

潮下帶 調査가 이루어진 定點 1과 3의 出現種 數를 보면, 定點 1은 3월에 25종, 5월에 23종, 9월에 13종 그리고 11월에 18종으로 총 34종(남조류 14종, 녹조류 11종, 갈조류 3종, 홍조류 6종)이 출현하였고, 定點 3은 3월에 18종, 5월에 19종, 9월에 10종 그리고 11월에 18종으로 총 34종(남조류 14종, 녹조류 10종, 갈조류 3종, 홍조류 1종)이 출현하여 두 정점의 출현종 수가 같았다.

現存量. 조사시기에 따른 定點別 單位面積當 平均現存量(g-dry wt/m²; 이하 편의상 g으로 약함)의 변화는 다음과 같다.

定點 1에서 3월의 전체 平均現存量은 93.7g이었는데, 주요종의 현존량을 보면, *Polysiphonia morrowii* 51.2g, *Ulva pertusa* 19.5g, *Ectocarpus arctus* 9.2g, *Ullothrix flacca* 7.1g이었다. 5월의 평균현존량은 118.0g이었으며, 주요종의 현존량을 보면, *P. morrowii* 56.1g, *Derbesia tenuissima* 16.9g, *U. pertusa* 11.2g, *Bryopsis plumosa* 10.1g이었다. blooming 직후 9월의 현존량은 측정할 수 없을 정도의 미량이었는데, 11월은 평균현존량 2.6g 이었다. 주요종의 현존량은 *Lyngbya semiplena*가 0.7g, *D. tenuissima* 0.6g, *Enteromorpha prolifera* 0.6g이었다.

定點 3에서 3월의 平均現存量은 53.5g이었는데, 주요종의 현존량은 *Polysiphonia morrowii* 31.0g, *Ceramium fastigiramosum* 8.2g, *Ulothrix flacca*는 5.9g 이었다. 5월의 평균현존량은 82.7g이었고, 주요종의 현존량은 *P. morrowii* 45.3g, *C. fastigiramosum* 11.1g, *Bryopsis plumosa* 7.5g, *Derbesia tenuissima* 6.3g이었다. 9월의 평균현존량은 정점 1과 같이 무게를 측정할 수 없을 정도로 미량이었는데, 11

월은 0.6g이었고, 주요종의 현존량은 *Lyngbya semiplena*는 0.08g, *D. tenuissima* 0.07g, *L. lutea* 0.04g으로 모두 0.1g 이하였다. 單位面積當 平均現存量은 정점 1이 정점 3보다 대체로 높았다.

한편, 정점 및 생육시기에 따른 門別 現存量比의 변화를 보면, 定點 1에서 3월에 綠藻類가 31.6%, 褐藻類 12.8%, 紅藻類 55.6%여서 홍, 녹, 갈조류의 순으로 현존량의 비가 낮아졌으나, 5월에는 남조류 1.2%, 녹조류 44.6%, 갈조류 0.3%, 홍조류 53.9%로서 홍, 녹, 남, 갈조류로 그 순서가 달라졌다. 11월에는 남조류 40.0%, 녹조류 59.2%, 홍조류 0.8%였고, 갈조류는 무게를 측정할 수 없을 정도여서 녹, 남, 홍조류의 순으로 현존량의 비가 낮아지며, 3월과 5월에 문별비율이 가장 높았던 紅藻類의 현존량이 상당히 낮아져서 주목되었다.

定點 3의 경우, 3월에 藍藻類 0.4%, 綠藻類 19.8%, 褐藻類 6.2%, 紅藻類 73.6%로서 홍, 녹, 갈, 남조류의 순으로 현존량의 비가 낮아졌고, 5월에는 녹조류 20.9%, 갈조류 5.2%, 홍조류 73.4%로 홍, 녹, 갈조류의 순이었으나, blooming 이후 9월에는 정점 1에서와 같이 현존량을 측정할 수 없는 유체만이 콘크리트 직벽에 고르게 분포하였다. 11월에는 남조류 70.5%, 녹조류 23.6%, 홍조류 5.9%였고, 갈조류는 무게를 측정할 수 없는 정도여서 남, 녹, 홍조류의 순으로 낮아졌다. 따라서 조사정점 모두에서 3월과 5월에 홍조류의 현존량이 50% 이상을 차지하였고, 5월에 녹조류의 비율이 높아지는 경향을 보였는데, blooming 이후 11월에는 남조류가 현존량비를 주도하여 3월과 5월하고는 대조적으로 홍조류가 5.9% 이하로 낮아짐을 알 수 있었다.

優占種. 단위면적당 平均 現存量과 頻度로 본 조사 정점 및 조사시기에 따른 主要 構成種의 변화는 Table 2에서 보는 바와 같다.

定點 1의 경우 3월에는 *Polysiphonia morrowii*와 *Ulva pertusa* 2종이 優占하여, 전체 重要度の 48.2를 차지하였고, 5월에는 *P. morrowii*와 *Derbesia tenuissima*가 전체 중요도의 49.6을 차지하였다. Blooming 이후 11월에는 *Lyngbya semiplena*, *D. tenuissima*, *Enteromorpha prolifera* 및 *Lyngbya lutea*가 우점종으로 나타나 전체 중요도의 61.6%를 차지하였다. 한편, 定點 3의 경우, 3월에는 *P. morrowii*와 *Ceramium fastigiramosum*이 전체 중요도의 46.7을 차지하였고, 5월에도 3월과 같이 *P. morrowii*와 *C. fastigiramosum*이 우점하여 중요도의 56.3을 차지하였다. 그러나 11월에는 *L. semiplena*와 *L. lutea*가 우점하여 전체 중요도의 49.0을 차지하였다.

定點 1과 3에서 blooming 이후 9월에는 藍藻類가 조하대 전반에 생육하여 相對頻度로 主要種을 나타내었으나 현존량 측정이 거의 불가능한 정도였는데, 定點 1에서는 *Lyngbya lutea*, *Lyngbya rivulariarum*, *Anacystis aeruginosa*, *Coccolithis stagnina* 및 *Enteromorpha prolifera* 5종이 상대

Table. 2. Importance value for marine algal species collected at station 1 and 3 of Incheon Dock, 1990

Species	Station 1				Station 3			
	MAR	MAY	SEP*	NOV	MAR	MAY	SEP*	NOV
<i>Ploysisiphonia morrowii</i>	34.9	32.1	1.0	1.0	34.7	40.3	—	4.7
<i>Lyngbya semiplena</i>	—	2.6	4.5	20.3	—	1.8	15.8	29.5
<i>Lyngbya lutea</i>	2.7	2.4	15.8	9.6	1.6	1.9	15.8	19.5
<i>Derbesia tenuissima</i>	3.3	17.5	—	18.0	—	7.9	—	8.1
<i>Lyngbya rivuraiarum</i>	—	—	12.4	7.7	—	—	17.0	8.5
<i>Cladophora rudolphiana</i>	3.0	—	6.9	6.4	8.4	3.3	8.2	5.1
<i>Ceramium fastigiramosum</i>	3.0	5.5	—	—	12.0	16.0	—	—
<i>Enteromorpha prolifera</i>	—	3.8	10.4	13.7	—	2.2	3.5	—
<i>Oscillatoria amphibia</i>	5.2	—	8.9	7.8	1.8	1.8	5.8	4.2
<i>Coccolithis stagnina</i>	—	1.1	11.4	1.9	1.8	3.2	10.5	3.6
<i>Anacystis aeruginosa</i>	—	1.0	12.9	2.9	—	2.7	11.1	2.4
<i>Ulothrix flacca</i>	6.3	—	—	1.4	9.0	1.0	3.5	6.5
<i>Lyngbya infixa</i>	2.8	3.0	8.9	—	3.5	—	6.4	1.8
<i>Ulva pertusa</i>	13.3	7.8	—	3.8	—	—	—	—
<i>Ectocarpus arctus</i>	8.1	1.4	—	—	8.8	3.8	—	—
<i>Bryopsis plumosa</i>	1.8	8.0	—	1.0	1.2	6.9	—	—
<i>Spirulina subsalsa</i>	—	—	4.5	3.0	—	—	2.3	3.3
<i>Enteromorpha compressa</i>	4.5	1.0	1.5	—	5.4	—	—	—
<i>Ceramium cimbricum</i>	—	3.0	—	—	1.0	3.9	—	—
<i>Codium fragile</i>	—	5.7	—	—	—	—	—	—
<i>Giffordia mitchellae</i>	2.5	—	—	—	1.1	—	—	—
<i>Oscillatoria brevis</i>	—	—	1.0	—	—	—	—	1.0
<i>Audouinella robusta</i>	—	—	—	—	1.7	—	—	—
<i>Bryopsis hypnoides</i>	—	1.7	—	—	—	—	—	—
<i>Lyngbya confervoides</i>	—	—	—	—	1.5	—	—	—
<i>Entophyalis comferta</i>	—	—	—	—	1.1	—	—	—
<i>Acinetospora crinita</i>	—	—	—	—	—	—	—	1.0

*, Relative frequency only.

빈도 10 이상인 종이었고, 定點 3에서는 *E. prolifera* 대신 *Lyngbya semiplena*가 추가되는 것을 제외하고는 점점 1과 같았다.

垂直分布. 조사정점과 조사시기에 따른 潮下帶 垂直分布를 단위면적당 現存量과 出現頻度로 본 重要度を 기준으로 하여, 본 조사의 생육 하한선인 -400 cm까지 조사하였고, 그 결과를 Figs. 3-6과 같이 도식화하였다.

定點 1에서 3월의 조사는 낮은 수온 때문에 SCUBA diving을 장시간 할 수 없어 -200 cm까지만 조사하였다. *Lyngbya semiplena*, *Lyngbya lutea* 및 *Ulothrix flacca*는 -50 cm까지 생육하였고, *U. flacca*는 0 cm에서 -50 cm 사이에 집중 분포하였다. *Enteromorpha compressa*는 -130 cm까지 생육하였다. *Ulva pertusa*는 -40 cm에서 -180 cm까지 생육하였으며, 전반적으로 중요도 값이 높았다. *Ectocarpus arctus*는 -60 cm에서 -180 cm까지 생육하였으며, 주로 -100 cm에서 -150 cm 사이에 집중 분포하였다. *Polysi-*

*phonia morrowii*는 -60 cm에서 -200 cm 사이에 생육하였으며, 전반적으로 중요도 값이 높았다. *Ceramium fastigiramosum*는 *P. morrowii*의 생육대와 유사하였다. *Bryopsis plumosa*와 *Derbesia tenuissima*는 주로 -100 cm 전후에서 생육대를 형성하였다(Fig. 3).

5월에 主要種의 垂直分布를 보면, *Lyngbya*와 *Oscillatoria* 같은 남조류는 -60 cm에서 -100 cm까지에 주로 생육하였으며, 대체로 쇄상부에서 집중 분포하였다. *Enteromorpha prolifera*와 *E. compressa*는 -200 cm까지 생육하였다. *Ulva pertusa*는 -60 cm에서 -120 cm 사이에 생육하며, 대체로 -100 cm 전후에 집중분포하였다. *Codium fragile*과 *Bryopsis plumosa*는 -60 cm에서 -140 cm 사이에 생육하였다. *Polysiphonia morrowii*는 -60 cm에서 -160 cm 사이에 생육하였고, 주로 -100 cm에서 -150 cm 사이에 집중 분포하였다.

11월의 主要種의 垂直分布를 보면, 상부에 주로 생육하며

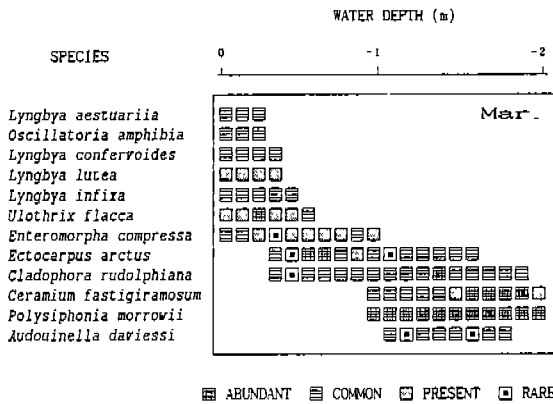


Fig. 3. Vertical distribution of the representation at station 1 of Incheon Dock March, 1990.

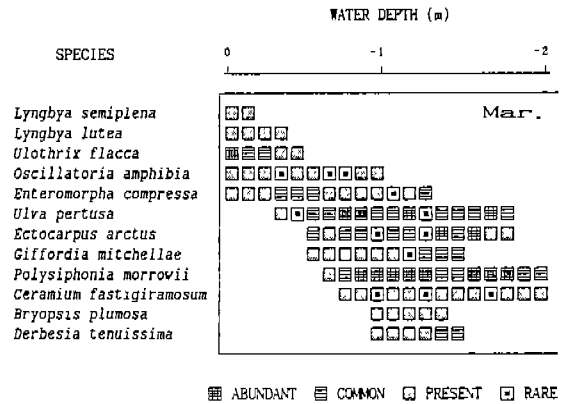


Fig. 5. Vertical distribution of the representation at station 3 of Incheon Dock March, 1990.

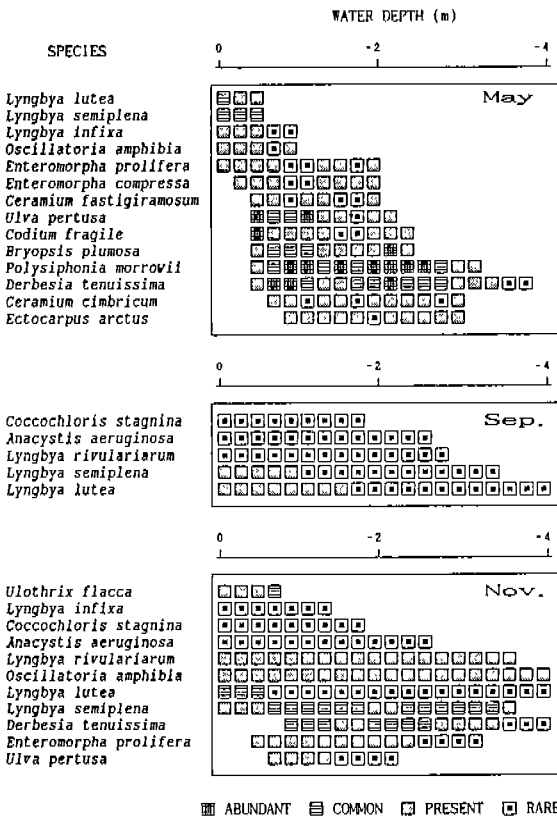


Fig. 4. Vertical distribution of the representation at station 1 of Incheon Dock in May, September and November, 1990.

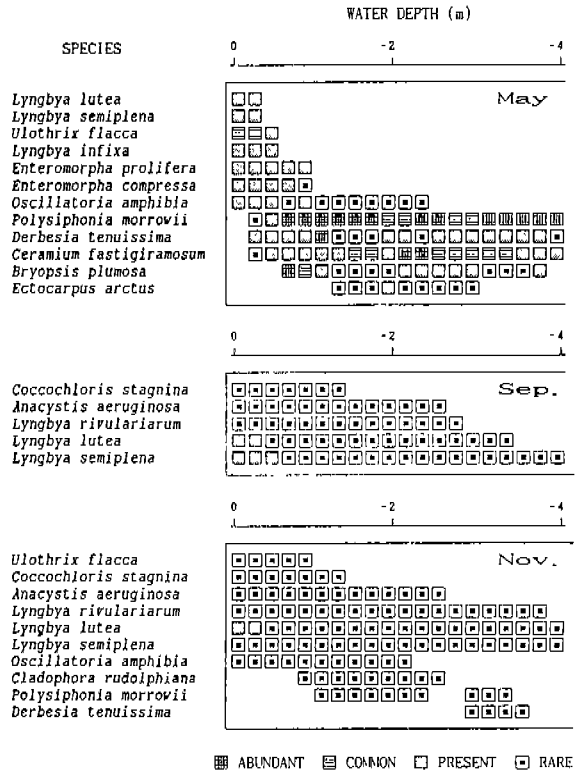


Fig. 6. Vertical distribution of the representation at station 3 of Incheon Dock in May, September and November, 1990.

남조류가 조하대 전반에 생육하였고, 그 중 *Lyngbya semiplena*가 가장 높은 중요도 값을 보이며 조하대 전반에 분포하였다. 주목할 만한 것은 3월과 5월에 主要 分類群이

었던 갈조류 *Ectocarpus*와 *Giffordia*, 홍조류 *Polysiphonia*와 *Ceramium*이 주요종으로 나타나지 않았다(Fig. 4).

定點 3에서 3월에 主要種의 垂直分佈를 보면, 남조류인 *Lyngbya*와 *Oscillatoria*는 -30 cm에서 -50 cm까지 생육

하였다. 녹조류인 *Ulothrix flacca*는 -60 cm까지, *Enteromorpha compressa*는 -100 cm까지 생육하였으며, *Cladophora rudolphiana*는 -40 cm에서 -180 cm 사이에 생육하였다. 갈조류의 *Ectocarpus arctus*는 -40 cm에서 -160 cm 사이에 홍조류의 *Polysiphonia morrowii*와 *Ceramium fastigiramosum*는 -100 cm에서 -200 cm 사이에 생육하였으며, *P. morrowii*는 생육대 전반에서 중요도값이 높았고, *C. fastigiramosum*은 -160 cm에서 -190 cm 사이에 집중분포함을 보였다(Fig. 5).

5월에 主要種의 垂直分布를 보면, 남조류는 -240 cm까지 생육한 *Oscillatoria amphibia*를 제외하고는 대체로 -40 cm에서 -60 cm까지 생육하였다. *Enteromorpha compressa*는 -120 cm까지 생육하였고, *Derbesia tenuissima*는 조간대 최상부를 제외하고는 조하대 전반에 걸쳐 생육하였으며, *Bryopsis plumosa*는 -80 cm에서 -200 cm 사이에 생육하여 대체로 -70 cm에서 -100 cm 사이에 집중분포하였다. *Polysiphonia morrowii*와 *Ceramium fastigiramosum*은 -40 cm에서 -400 cm 사이에 생육하였고 생육대 전반에 걸쳐 중요도값이 높았으며, *C. fastigiramosum*은 -80 cm에서 -170 cm 사이에서 중요도값이 높았다.

11월에 主要種의 垂直分布를 보면, 이 시기의 주요종의 구성은 정점 1과 같이 중요도값이 전반적으로 낮았으며, 藍藻類가 주류를 이루고 있었다. 즉 *Lyngbya rivulariarum*, *Lyngbya lutea* 및 *Lyngbya semiplena* 3종이 조하대 전반에 생육하였고, 녹조류인 *Ulothrix flacca*는 조하대 상부 지역인 -100 cm까지 *Cladophora rudolphiana*는 -220 cm까지 그리고 *Derbesia tenuissima*는 -300 cm 이하에서 생육하였다(Fig. 6).

考 察

본 研究에서 출현한 해조류의 分類群別 出現比率은 藍藻類 40%, 綠藻類 29%, 褐藻類 13%, 紅藻類 18%로 남조류의 비율이 가장 높았다. 그러나 본 조사지역과 가장 가까운 해역인 경기만에서 Lee와 Lee(1981)의 보고에 의하면 남조류 9%, 녹조류 15%, 갈조류 17%, 홍조류 60%로 홍조류의 비율이 높았고, 무창포와 마량리에서 Yoo와 Kim(1990)은 분류군별 비율이 남조류 14%, 녹조류 12%, 갈조류 26%, 홍조류 48%라고 보고하였다. 이로 미루어 볼 때 일반적으로 附着海藻類가 성장할 수 있는 해역에서는 紅藻類와 褐藻類의 比率이 높음을 알 수 있어, 남조류와 녹조류의 구성비가 큰 인천항 선거의 해조류 조성은 아주 특이한 것을 알 수 있다. 특히 일반 해역에서 흔히 볼 수 있는 엽상 홍조류나 대형 갈조류가 전혀 생육하지 않고 있으며, *Ceramium* spp., *Polysiphonia morrowii*, *Ulothrix* spp., *Cladophora* spp., *Bryopsis* spp., *Ulva pertusa*, *Entero-*

morpha spp., *Ectocarpus arctus* 및 *Giffordia michelliae* 같은 사상조류와 엽상녹조를 제외하고는 주로 미세조류(minute algae)와 부착생물(periphytons)로 특징지어진다.

藻類의 胞子는 수피의 이동으로 船渠(dock) 안으로 흘러 들어오거나 선거에 정착하는 국내의 선박에 의하여 전이(transport)될 수 있다. Northcraft(1948)는 胞子의 運動力(motility)과 藻類의 生長율은 일차천이와 관계가 있어 미세하고 생장이 빠른 綠藻類와 褐藻類가 초기착생에 유리하다고 보고하였다. Fager(1971)는 조하대에서 석면상자(asbestos board)를 이용한 인공저층에 착생하는 부착조류를 조사한 결과 사상 갈조류가 초기 착생종임을 보고하였고, Kim(1987)은 다양한 인공저층에 착생하는 해조류를 관찰한 결과 球狀 藍藻類와 矽藻類가 초기 착생조류로 보고하였다. Connell(1972)은 빠른 성장을 하는 조류와 군체성 규조류(colonial diatom)가 연안역에서 초기 착생종이라고 보고하였다. 또한 Yoo(1989)는 자연암반에서 남조류와 사상조류가 초기 천이계열을 형성함을 보고하였다. 한편, 천이계열을 나누는데 있어 어느 分類群까지 포함시키느냐에 따라 초기 천이계열을 보는 시각이 다를 수 있다. 즉, 박테리아, 균류, 규조류 및 남조류 등을 포함하는 연구에서는 이들 종이 천이계열의 초기 착생종으로 알려져 있다(Kim, 1987; Niell, 1979; Borowitzka et al., 1978).

Tsuda와 Kami(1973)는 인공저층에서 16개월-19개월 정도면 極相에 이른다고 하였으며, 방파제에 부착한 해조를 연구한 Saito 등(1976)은 해조군집이 극상에 이르는 데는 3년-4년이 소요된다고 보고하였다. 한편 Yoo(1989)에 의하면 자연 암반에서 생육하는 해조군집은 미소환경에 따라 18 개월-24개월에 극상을 이룰 수 있다고 보고하였다. 이로 미루어 볼 때, 인천 선거에서 정점 1(갑문)은 1974년에 완공된 콘크리트 구조물로서 부착해조류가 착생하기 시작한 지 16년이 지났으며, 정점 3(구선거)은 1918년에 준공된 화강암 저층으로 해양환경이 형성된 지 72년의 시간이 경과되었다. 極相이란 자연상태에서 인위적인 攪亂이 없는 상태로 안정된 群集을 유지하는 것을 말하지만 본 조사지역과 같이 파도가 없고 선박의 이동이 있는 물결 정도가 전부인 특수한 지역에서는 자연저층에서 형성된 극상군집과는 상황이 다를 수 있다. 따라서 교란 이전에 유지되었던 해조군집이 본 지역과 같은 폐쇄 해양환경에서 형성된 안정된 해조군집이라고 판단하여도 큰 무리가 없을 것으로 사료된다. 이는 Fager(1971) 및 Womersley와 Bailey(1969)가 물의 이동(water motion)과 turbulence가 附着海藻 群集의 形成과 유지에 가장 중요한 要因이라고 보고한 것과 맥락이 같이 한다.

한편, 매일 조사된 출현종을 기초로 계산된 월별 유사도 지수를 보면 1월과 7월 그리고 3월과 7월 사이에 39%로 매우 낮았다. 이는 1월과 3월은 인천항 선거가 완성된 이래 계속 유지되었던 안정된 군집이라면, 7월의 해조상은 교

관암에 의해 만들어진 해조군집이라고 추측할 수 있다.

본 조사는 일반 해안에서 일어나는 조석간만의 차가 없으며, 다만 한달에 2번 선거내 담수로 인하여 1m 정도의 수심에 변동이 있을 뿐이다. 이로 인하여 형성된 조간대는 매우 성장속도가 빠른 부착규조, 남조류 및 파래류의 유체 등으로 형성된 군집구조를 갖는다.

한편, 潮下帶 水深別로 조사된 정량자료로 Hill(1979)의 DECORANA program을 이용하여 배열법을 수행한 결과 -2m까지 수행된 3월에는 上·下로 구분되었고, 생육 하한선인 -4m까지 수행된 5월, 9월 및 11월에는 5월을 제외하고는 대체로 上·中·下로 구분되어, 수심에 따른 하층을 결정하는 환경요인은 광량이라고 생각된다.

Neushul(1967)은 조간대 해조군집은 주로 극심한 환경 변화를 초래하는 노출 또는 파도와 같은 역학적 환경요소에 관련되어 군집 구조의 수직분포가 이해되고, 조하대 해조군집에 대해서는 수심과 관련된 광량과 같은 물리적 현상의 관점에서 조간대와 구분되어 이해된다고 시사하였다. 이와 같은 관점으로 보아 定點 1에서 교란이 있기 전인 3월과 5월 조하대 수직분포는 남조류와 *Ulothrix flacca*가 조하대 상부에 생육하고, *Enteromorpha compressa*가 조하대 상부-중부에서 생육하고, *Ulva pertusa*, *Bryopsis plumosa*, *Derbesia tenuissima* 및 *Ectocarpus arctus*는 중부에서 3월보다 5월이 더 풍부하였다. *Polysiphonia morrowii*는 조하대 중부에서 하부까지 식생을 대표하며 전반적으로 사상조류들은 3월보다 5월의 해조식생이 풍부하였고, 분포영역도 확장됨을 알 수 있어 본 지역은 5월의 환경조건이 이들의 생장에 유리함을 보이고 있다. 한편, 攪亂이 있을 후 5개월이 경과한 11월에는 藍藻類가 조하대 전반에서 海藻植生을 대표하였고, *U. flacca*는 조하대 상부에서 *E. prolifera*와 *U. pertusa*는 조하대 중부에서 중요도가 높았다.

定點 3은 교란 전 3월에 조간대 중부에서 *Cladophora rudolphiana*와 *Andouinella densa*가 나타난 것을 제외하고는 定點 1의 垂直分布와 비슷하였다. 교란 후 11월에는 *C. rudolphiana*와 *Polysiphonia morrowii*가 조하대 중부에 나타난 것을 제외하고 대체로 정점 1의 수직분포와 비슷하였다. 이들 결과로 볼 때, 새로운 저층에 초기착생 해조류는 대체로 藍藻類와 絲狀 綠藻類이며 본 조사에는 포함시키지 않았지만 附着 硅藻類 또한 初期 着生種임을 알 수 있었다 (unpublished data).

仁川港 船渠에서 안정된 해조군집을 형성하고 있을 때 定點 1은 *Polysiphonia morrowii*, *Ulva pertusa*, *Derbesia tenuissima*의 3종이 優占하였고, 定點 3은 *P. morrowii*와 *Ceramium fastigiramosum* 2종이 우점하였다. 따라서 교란을 받기 전의 우점종은 *P. morrowii*와 *C. fastigiramosum* 2종임이 밝혀졌다. 한편, blooming이 있는지 3개월 후인 9월에는 남조류의 *Lygbya lutea*, *Lyngbya semiplena*, *Anacys-*

tis aeruginosa, *Coccolithis stagnina*가 공통 우점종이었고, 여기에 정점 1에서 *Enteromorpha prolifera* 그리고 정점 3에서 *L. semiplena*가 추가되었다. 5개월 후인 11월에는 *L. semiplena*와 *L. lutea*가 두 정점 공통 우점종이었고, 정점 1에서 *E. prolifera*와 *D. tenuissima*가 추가되었다.

한편, 본 조사시기에 海藻類 出現種 數는 1월에서 5월 사이에 대체로 30종 내외였으나 6월에 12종 그리고 7월에 7종으로 낮아졌다. 그리고 8월, 9월, 10월에 각각 10종, 13종, 12종이 출현하였고, 11월에 20종 그리고 12월에 18종이 출현하였다. 이는 7월의 攪亂 이후 해조상이 회복되고 있는 것을 알 수 있으며, 교란 전인 1월-5월 만큼 회복되지는 않은 것으로 추정된다. 이 결과는 單位面積當 平均 現存量의 조사에서도 같아서, 3월의 선거내 현존량이 73.6g이었고, 5월에는 100.4g이었으며, blooming 이후인 7월에는 현존량을 측정할 수 없는 미세조류만이 조하대 전 생육대를 지배하였고, 11월에는 1.7g이었다. 그 결과 blooming 후 5개월이 경과하였으나 안정된 군집이 유지되었을 때의 現存量과 현격한 차이를 보이고 있어 이 시점에서 아직 원상회복에는 이르지 못하였음을 알 수 있다.

Niell(1979)은 온대해역 조간대의 岩盤에 着生하는 해조류의 群集 形成課程을 착생단계(colonization phase), 천이과정단계(channelling succession phase) 및 정상구조군집(normal structured communities)의 3단계로 구분한 바 있는데, 본 연구에서 攪亂 後 5개월의 시간은 아직 着生 段階에 있는 것이라고 할 수 있다.

謝 辭

본 연구기간 중 재료채집을 함께한 상명여자대학교李晉煥 교수, 배재대학교劉順愛 교수, 한양대학교金世華 박사에게 사의를 표한다. 또한 본 연구 수행에 많은 협조를 하여주신 인천 지방해운항만청 임직원 여러분께 감사하는 바이다.

摘 要

본 연구는 인천항 선거내에서 생육하는 해조군집을 1990년 1월부터 12월 사이에 종구성, 우점종 그리고 수직분포를 정성, 정량적인 방법으로 조사하였다. 조사기간 중 6월에 blooming에 의한 큰 교란을 받아 기존하던 해조군집이 완전히 파괴되는 사건이 발생하여 새로운 저층에 대한 군집의 착생과정을 밝힐 수 있는 좋은 계기를 얻게 되었다. 본 조사에서 채집 동정된 해조류는 남조류 18종, 녹조류 13종, 갈조류 6종 그리고 홍조류 8종으로 총 45종이었다. 단위면적당 평균현존량은 교란 전에는 53.50-188.00 g-dry wt/m² 이었고, 교란 후에는 0.57-2.62 g-dry wt/m² 이었다.

우점종은 교란전에는 *Polysiphonia morrowii*와 *Ceramium fastigiramosum*의 2종이었고, 교란 후 초기 착생종으로 *Lyngbya semiplena*, *Lyngbya lutea* 및 *Lyngbya rivulariarum* 3종으로 대표됨이 밝혀졌다.

參 考 文 獻

- 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.
- Connell, J.H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 3: 169-192.
- Fager, E.W. 1971. Pattern in the development of a marine community. *Limnol. Oceanogr.* 16: 241-253.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA: A fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University, New York. 52 pp.
- Hong, S.W., Y.H. Chung, W.S. Kim, I.K. Lee, Y.A. Park, H.S. Kang and J.Y. Chung. 1976. A survey report on the protection of seawater pollution in Incheon dock. *Res. Inst. Basic Sci. SNU.* 88 pp.
- Kim, H.S., I.K. Lee, C.H. Koh, I.H. Kim, Y.B. Suh and N.K. Sung. 1983. Studies on the marine benthic communities in inter- and subtidal zone. I. Analysis of benthic community structure at Aninjin, eastern coast of Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU* 8: 71-108.
- Kim, Y.H. 1983. An ecological study of algal communities in intertidal zone of Korea. Ph.D. thesis. Seoul National Univ., Seoul. 175 pp.
- Kim, Y.H. 1987. A study on colonization and succession of marine algae using an artificial substratum. *Korean J. Phycol.* 2: 73-91.
- Kim, Y.H. and I.K. Lee. 1985. The stucture analysis of intertidal algal community in Muchangpo, western coast of Korea. *Korean J. Bot.* 28: 149-164.
- Lee, H.B. and I.K. Lee. 1981. Flora of benthic marine algae in Gyeonggi Bay, western coast of Korea. *Korean J. Bot.* 24: 107-138.
- Lee, I.K., H.S. Kim, C.H. Koh, J.W. Kang and S.Y. Hong. 1984. Studies on the marine benthic communities in inter- and subtidal zone. II. Qualitative and quantitative analysis of community structure in south-eastern coast of Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU* 9(1): 71-126.
- Lee, J.A., S.A. Yoo and I.K. Lee. 1982. Vegetation of benthic marine algae of Incheon Dock. *Proc. Coll. Nat. Sci. SNU* 7: 67-86.
- Nam, K.W. 1986. On the marine benthic algal community of Chuckdo in eastern coast of Korea. *Korean J. Phycol.* 1: 185-202.
- Neushul, M. 1967. Studies of subtidal marine vegetation in western Washington. *Ecology* 48: 83-94.
- Niell, F.X. 1979. Structure and succession in rocky algal communities of a temperate intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 36: 185-200.
- Northcraft, R.D. 1948. Marine algal colonization on the Monterey Peninsula, California. *Am. J. Bot.* 35: 396-404.
- 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.
- Sohn, C.H., I.K. Lee and J.W. Kang. 1983. Benthic marine algae of Dolsan Island in the southern coast of Korea. I. Structure of algal communities of subtidal zone. *Bull. Korean Fish. Soc.* 16(4): 379-388.
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Biol. Skr., K. danske vidensk. Selsk.* 5: 1-34.
- 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.
- Womersley, H.B.S. and A. Bailey. 1969. The marine algae of the Solomon Islands and their place in biotic reefs. *Phil Trans. Roy. Soc. London B* 225: 433-442.
- Yoo, J.S. 1989. An ecological study on the community structure and succession of marine algae in the western coast of Korea. M.S. thesis. Chungbuk National Univ., Chongju. 66 pp.
- Yoo, J.S. and Y.H. Kim. 1990. Structure analysis of intertidal algal communities in Muchangpo and Maryangri, western coast of Korea. *Korean J. Bot.* 33: 225-236.
- Yoo, S.A. 1990. An ecological study on marine algae of Incheon Dock. *Thesis Coll. Paejae Univ.* 3: 83-181.
- Yoo, S.A. and I.K. Lee. 1980. A study on the algal communities in the south coast of Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU* 3: 109-138.

(Received May 24, 1990)