

漢江下流에 있어서 浮游性 藻類群集의 構造 및 機能變化에 關한 研究

沈 載 亨 · 崔 仲 基

서울大學校 自然科學大學 海洋學科

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN PLANKTONIC ALGAL COMMUNITIES OF THE HAN RIVER

Jae Hyung Shim and Joong Ki Choi

Department of Oceanography, College of Natural Sciences, Seoul National University

ABSTRACT

The planktonic algal communities of the Han River with a particular emphasis on water pollution was studied over a twelve month of period. Results of observing many algal communities from 7 stations of the Han River have shown that these communities are generally composed of many species, most of which have relatively small populations with a few exceptional dominant species.

The distribution of the total standing crop of phytoplankton in the studied area is characteristic, showing a general bimodal pattern in the clean water body and an increase from spring through summer in the polluted zone.

Diversity indices of all samples were computed and have shown that the *H* values of 7 stations are relatively low. However, a detailed examination of these *H* values reveals that the seasonal fluctuations of the species diversity remarkably coincide with those of phytoplankton standing crop. No reduction in the species diversity at stations 4, 5, 6, and 7 where the water is heavily polluted indicates that a great number of species capable of invading stations 4, 5, and 6 from the various tributaries, and the station 7 from the contaminated with sea water are probably more important in the functional changes of the communities than the size of sampling area. It is evident that the diversity index in a lotic environment does not indicate water quality as far as phytoplankton communities are concerned.

序 論

일부 선정된 藻類의 生理와 많은 種의 출현에 대한 연구문헌은 상당히 많음에도 불구하고 환경의 요구조건이나 생명활동의 필수조건이라는 점에서는 대부분의 藻類에 대한 理解가 아직은 부족한 상태에 있다. 이는 첫째 일반으로 실험실에서의 培養研究가 種間의 상호작용과 遷移 등 복잡한 자연현상이 결여된 단순하고 안정된 환경에서 이루어 지고 있어서 이경우 生物의 相互作用, 遷移 및 기타 복잡한 자연현상이 결핍되고 둘째로 대부분의 현지관측이 macro-environ-

ment에 한정되고 生態型(ecophen)을 무시한채 種을 기록하기 때문이다.

일부 種에 대한 生理的 生態에 대한 限定된 知識으로는 微小生物群集의 成因과 機能의 성질에 대한 복잡한 상호작용을 분석하는데 적절치 못하다. 그러므로 生態系에 重要한 모든 種에 대한 河川環境을 이해하기 위해서 汚染 같은 환경 stress가 自然群集에 미치는 영향을 규명해 보는 것은 合理的인 방법이다(Patrick, 1968).

일단의 연구자들은 水質의 汚染度를 표시해주는 어떤 種의 相對的 存在量中 指標種을 利用하는 체계를 발전시키려고 노력해 왔다(Kolkwitz

and Marson, 1908; Nygaard, 1949; Forged, 1954; Rawson, 1956; Fjordingstad, 1963, 1964). 이들은 특히 유럽에서 널리 사용된 Saprobial system을 발전시켰는데 이것은 대부분의 營養鹽類가 물속에 녹아 있는 化學物質이고 이 物質이 환경의 化學的 특성을 나타내는 것으로 보는 관점에 토대를 두고 있으며 이 概念은 底生群集에는 적절한 것으로 생각된다. 그러나 특히 流水의 浮游生物群集에는 流速, 光, 溫度等 특수 환경에 生存할 수 있는 種의 能力에 영향을 미치는 物理的 要因이 많이 있다. 또한 藻類群集의 組成을 결정하는 要因이 여러가지일뿐 아니라 種의 遷移정도도 환경 stress에 대한 種의 好, 不好에서 오는 相互作用의 결과이다. 따라서 自然 河川環境內에서 소위 指標種의 존재가 어떤 특정 化學物質 농도의 직접적인 결과로 보기는 매우 어려운 일이다. 그러나 藻類의 群集形成이 水質을 표시함에 있어 매우 有用함은 사실이다 (Patrick, 1973).

따라서 藻類가 확실하게 水質을 나타내주는지를 결정하기 위해서는 自然群集을 관찰하고 分析해야 된다. 群集의 種組成과 構造의 변화로서 오염물질의 영향을 평가할 수 있기 때문이다.

漢江流域에서의 植物성플랑크톤에 관한 연구는

鄭·沈·李(1965)에 의해 시작된 이래 上流에서 化천뎀에서부터 한강의 河口에 이르기까지 계속되어 왔는데 지역에 따라 年中 한 계절을 대상으로 조사된 것이 대부분이고 崔·鄭·郭(1968)에 의한 광나루에서의 基礎生産과 色素量의 年變化, 鄭(1969)의 일년간의 채집을 통한 분류학적 연구 등이 있으나 群集構造에 대해서는 論議된 바 적다. 한편 동 수역에서의 水質汚染에 관한 연구가 근래 다양하게 이루어져 왔는데(崔, 1972; 金, 1974; 권·정, 1973; 金外, 1970; 車外, 1977) 이들 연구의 대부분이 한강에 유입되는 河川 및 한강자체의 수질조건을 분석하여 오염의 정도를 파악하고자 한 것이고 수질 변화에 따른 水棲生物 群集의 變化에 대하여는 연구가 되어있지 않은 상태에 있다.

본 연구에서는 漢江水系에서의 汚染度의 加重化에 따른 환경 stress가 식물성플랑크톤의 群集構造 및 機能에 미치는 영향을 밝히고자 하며 동시에 조사된 일년간의 출현된 種의 區系形成과 個體種의 特性은 別途로 보고코자 한다(Shim, 1978).

研究方法

試料의 채집을 위한 조사대상 流域은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 서울의 중심부를 貫流하는

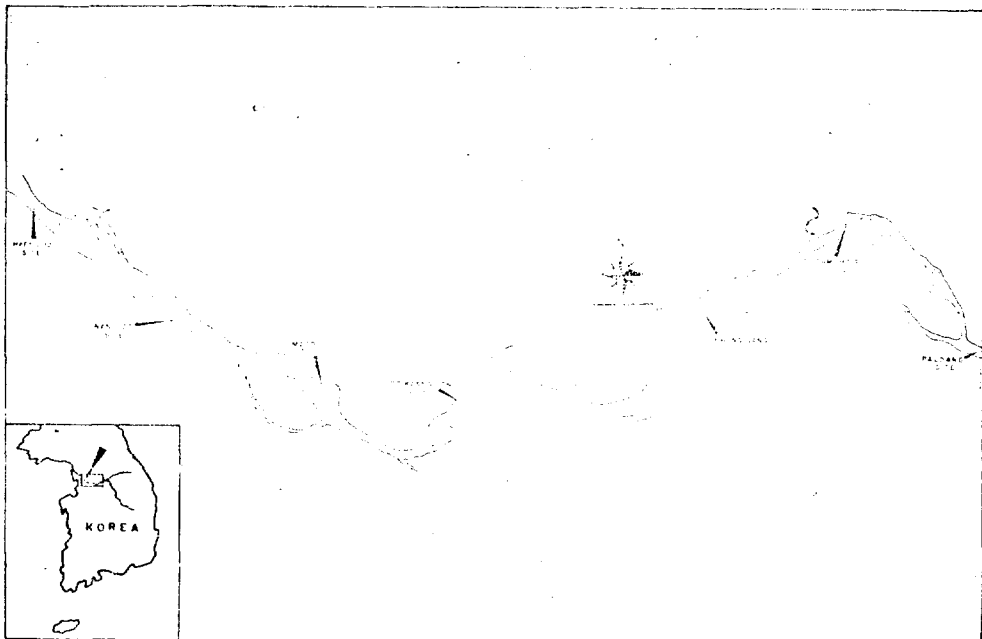


Fig. 1. A map showing 7 sampling stations in the Han River.

약 60km의 流域으로서 八堂, 三牌里, 廣壯, 普光洞, 麻浦, 蘭之島, 幸州 등 7개 조사 정점을 설정하였다. 각 조사정점간의 거리는 12~15km이며 八堂·廣壯은 비교적 汚染의 영향을 받지 않는 淸淨水域(洪·林, 1971)임에 반해 그 下流는 淸溪川의 下水汚物의 廢棄를 비롯하여 대소 폐기물의 집중 流入水域으로 汚染의 정도가 가장 심한 곳이며 幸州는 바로 위에 人糞處理場이 있어 有機物汚染과 安養川으로부터 工場廢水 汚染을 크게 받고 있으며 또한 仁川灣의 干滿潮에 의한 感潮水域의 特性을 지니고 있는 곳이다(鄭·沈·李, 1965). 그러므로 조사수역은 淸淨水域, 汚染水域 및 感潮水域 등 特性을 달리하는 3個의 水域으로 나누어 질 수 있다.

각 조사정점에서의 試料채집은 1977년 6월부터 1978년 5월까지 1개월 간격으로 12회에 걸쳐 수행되었다. 식물성 플랑크톤의 定性的 研究를 위한 채집은 mesh size 56μm인 net를 사용하여 표층에서 이루어졌고 定量的 分析을 위해서는 Van Dorn型 採水器로 表層下에서 동시에 採水하였다. 각 시료는 formalin으로 固定시켰다. 種의 同定은 2000倍率까지의 Nikon현미경으로 그리고 細胞의 計數는 均일하게 분포시킨 試料를 1ml 취하여 Sedgewick-Rafter Cell로 계산하였다.

群集間의 유사관계를 알기 위하여 Sorensen의 similarity index (S) 즉,

$$S = \frac{iC}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_i}$$

를 조사정점별, 월별로 계산하였고 환경 Stress에 의한 群集의 Stability를 분석하기 위하여 Shannon-Weaver diversity formula (H) 즉

$$H = \frac{N \log N - \sum_{i=1}^k ni \log ni}{N}$$

를 계산하였다.

結果 및 考察

1. 群集構造

漢江下流의 식물성 플랑크톤 群集은 5個의 주요 藻類群, 즉 Chrysoophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Euglenophyta로 구성되어 있으며 그 가운데 矽藻類를 포함하고 있는 Chrysoophyta가 계절과 장소에 관계 없이 전체 종류수와 개체수에 있어 가장 큰 비율로 구성되어 있고 Chlorophyta와 Cyanophyta는 거의 비슷하며 Dinophyta와 Euglenophyta는 아주 적게 나타났다.

同定된 총 出現種類는 356種類로서 이들을 Prescott(1951), Simonsen (1974), Parke(1976) 및 Shim(1977) 등에 의한 各 藻類群別分類體系에 따라 그 構成을 보면 39科 108屬에 이르는 299種, 52變種, 5品種으로서 매우 다양한 組成을 보여 주고 있으며 이를 다시 주요群別로 보면 矽藻類는 14科 50屬에 따르는 162種, 32變種, 5品種으로서 전체의 55.8%, 藍藻類는 4科 12屬에 31種, 2變種으로서 9.3%, 綠藻類는 15科 38屬에, 88種, 17變種으로 29.5%, *Euglena*類는 1科 2屬에 8種, 1變種으로 2.5%, 矽藻類를 제외한 黃色藻類는 3科 3屬 6種으로 1.7%, 그리고 雙鞭毛藻類가 가장 적어서 2科 3屬에 4種으로 1.1%로 구성되어 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 일년에 걸친 지

Table 1. The number of species occurred in every sample

Month	1 9 7 7							1 9 7 8				
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
Station 1	27	51	37	43	25	32	31	27	29	48	45	14
2	24	50	30	43	22	33	32	35	29	45	46	23
3	39	55	32	53	35	25	41	35	25	42	42	36
4	33	47	35	35	27	22	38	31	23	42	40	38
5	47	51	40	47	32	23	37	25	21	37	46	43
6	55	54	47	45	39	34	36	43	26	47	40	45
7	55	52	41	48	39	41	27	25	37	39	44	39

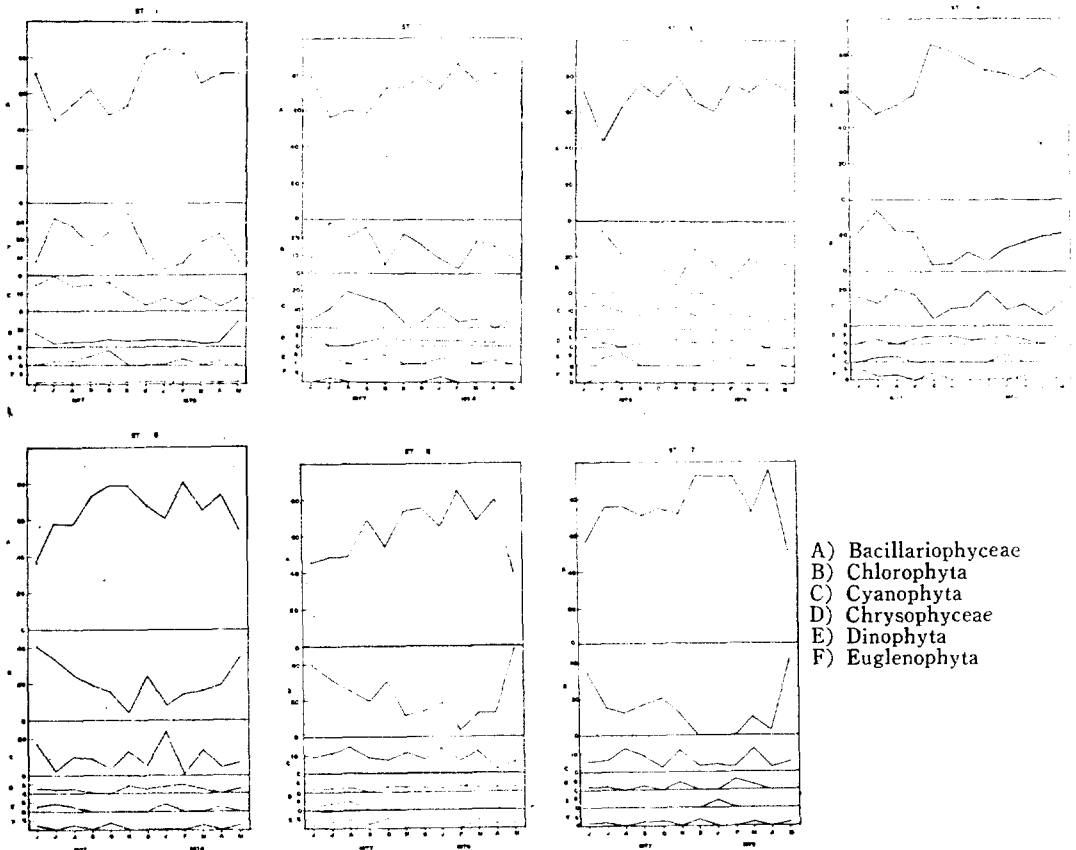


Fig. 2. The percentage composition of phytoplankton showing occurrence of six main groups at each station.

역별, 일별 출현 종류수는 八堂에서 5월에 14種으로부터 蘭之島에서 6月 및 7월에 55種에 이르기까지 다양하게 출현하고 있는데 平均出現種類數가 蘭之島에서 43種으로 가장 많이 출현하였으며 八堂에서 34種으로 가장 적게 출현되었다. 또한 月別의 경우는 77년 7월에 평균 51種, 78년 2월 평균 27種으로 계절에 따르는 出現種의 수가 역시 變化의 다양성을 나타냈다.

群集構造의 주요구성 비율을 계절적으로 고찰해보면 (Fig. 2) 평균 66.6%의 출현율을 보이는 矽藻類가 지역별로 다소의 차이는 있으나 春秋 및 冬季에 높은 출현율을 나타내고 반면에 평균 출현율이 각각 17.5%와 9.0%인 綠藻類와 藍藻類는 季節的 消長이 類似한 pattern을 나타내고 있는데 共히 矽藻類의 季節적 消長分布와 비교해 볼 때 현저하게 대조적인 양상을 띄고 있음이 특징을 이룬다. 이것은 일반적으로 담수환경

에서의 식물성 플랑크톤群集의 구조가 주로 矽藻類, 綠藻類, 藍藻類의 구성種들에 의한 遷移에 의하여 季節적 變化가 이루어진다는 사실(Hutchinson, 1967; Fogg, 1975)과 잘 일치하고 있다. 또한 群集構造를 형성하는 주요 藻類群의 構成比도 北 美洲의 各河川과 湖沼의 경우(Williams, 1972)와 유사하게 나타나고 있다. 幸州와 蘭之島 조사정점에서는 海産種의 출현이 현저한데 특히 幸州에서는 전체 群集構成의 30~45%가 海産種으로 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이러한 組成은 처음으로 海産種의 출현이 밝혀졌을 때 (鄭·沈·李 1965)의 42%占有率과 유사하며 다만 種數가 6種 追加되었다.

2. 群集構造의 共通種과 季節 및 水域에 따른 變化

본 연구를 통해서 밝혀진 총 356種類中 年中 출현하는 共通種은 *Cyclotella comta*, *Melosira*

islandica, *Melosira italica*, *Melosira varians*, *Melosira ambigua*, *Synedra ulna*, *Navicula radiosa* 등의 규조류와 藍藻類인 *Oscillatoria tenuis*이며 *Synedra acus* 및 *Asterionella gracillima*는 秋季만 제외하고 계속 출현하였다. 冬·春季 출현종은 *Cyclotella kützingiana*, *Diatoma hiemale f. gracialis*, *Diatoma vulgare*, *Gomphonema olivaceum*, *Dinobryon setularia*였고 夏·秋季에는 *Melosira granulata var. angustissima*, *Actinastrum hantzschii var. elongatum*, *Cymbella naviculiformis* 및 *Cymbella tumida* 등이 출현하였다. 春季에는 *Cymbella rigida*와 *Cymbella ventricosa* 2種이, 그리고 春·夏季, 夏季, 秋季, 秋冬季에 출현하는 공통종으로는 *Actinastrum hantzschii*, *Fragilaria crotonensis*, *Chroococcus disperus* 및 *Pediastrum biwae*가 각각 한 종씩이었다.

Similarity index를 계산한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 무엇보다도 뚜렷이 나타나는 이 결과의 특징은 1978년 5월을 제외하고는 Similarity가 한결같이 station 別 보다는 月別의 값이 훨씬 높은 것이다. 이것은 각 station에서의 時間的인 群集變化가 동일 계절에서의 station에 따르는 群集 변화보다 큼을 의미한다. 즉 同一 江水系에서의 식물성 플랑크톤의 群集은 비

록 환경 stress가 지역에 따라 다르다 해도 계절에 따라 더 크게 변하는 것으로 생각된다.

공통종은 아니나 계절에 따라 흔히 출현하는 種類를 살펴보면 春季에는 *Fragilaria intermedia*, *Nitzschia vermicularis*, *Pediastrum sculptatum*, *Spirogyra condensata*, *Synedra tabulata var. rostrata*, *Tabellaria fenestrata var. intermedia*, *Synedra ulna var. amphyrhynchus* 등이 주로 출현하고, 夏季에는 *Anabaena menderi*, *Chroococcus limneticus*, *Ceratium hirundinella*, *Characium limneticum*, *Chroococcus minutus*, *Micractinium pusillum*, *M. pusillum var. elegans*, *M. quadrisetum*, *Nostoc linckia*, *Pediastrum duplex var. reticulatum*, *P. simplex var. duodenarium*, *Eudorina elegans*, *Cyclotella operculata*, *Nitzschia sublinearis*, *Peridinium willei*, 등 주로 綠藻類와 藍藻類가 많이 출현한다. 秋季에는 *Oscillatoria formosa*, *Spirogyra setiformis*, 冬季에는 *Synedra tenera*로서 극소수의 種이 出現한다. 한편 冬季에서 春季에 걸쳐서는 *Diatoma hiemale f. gracialis*, *Gomphonema olivaceum var. genuinum*, *Meridion circulare*, *Spirogyra porticalis*, *Closterium libellura var. intermedia* 등이 주로 출현한다. 春季에서 夏季에는 *Melosira granulata*, *Oscillatoria princeps*, *Scenedesmus obliquus*, 夏季에서 秋季에는 *Cymbella cymbiformis*, *Navicula falasiensis*, *Navicula placentula*, *Surirella robusta*, *Anabaena affinis*, *Microcystis incerta*, *Spirogyra aequinoctalis*, *Schroederia setigera* 등이 각각 출현한다.

水域別 群集構造는 季節別과 같이 현저하지는 않으나 Station 1, 2, 3, 에서만 *Cocconeis placentula*, *Cymbella aspera*, *Tabellaria fenestrata* 등이 주로 나타나는데 대하여 Station 4, 5, 6에서는 *Characium limneticum*, *Closterium acerosum*, *C. libellura var. intermedia*, *Coelastrum reticulatum*, *Navicula pupula var. rectangularis*, *Peridinium willei* 등이 주로 출현한다. Station 7에서는 많은 海産種이 *Dictyocha fibula* 및 *Dictyosphaerum pulchellum*과 함께 출현하여 구성종의 組成을 크게 다르게 한다.

群集構造의 전체적 변화는 Fig. 2에서 보는 비

Table 2. Similarity index in the algal communities of stations and months

Station	S	Month	S
		1 9 7 7	
St. 1	0.088	Jun.	0.100
2	0.058	Jul.	0.194
3	0.052	Aug.	0.187
4	0.087	Sep.	0.200
5	0.053	Oct.	0.128
6	0.023	Nov.	0.199
7	0.049	Dec.	0.202
		1 9 7 8	
		Jan.	0.222
		Feb.	0.258
		Mar.	0.326
		Apr.	0.326
		May.	0.088

와 같이 硅藻類가 上流에서는 冬季 및 春季에, 그리고 下流에서는 秋·冬季에 각기 높은 組成을 나타내고 있으며 下流로 갈수록 더 높아지고 있는데 그 중에서도 Pennales가 전체의 75%를 차지하고 있음이 특징인데 이와같이 底生硅藻類가 流水環境에서 플랑크톤群集形成에 크게 기여하는 것은 流水의 物理的 作用에 의해 첨가되는 것으로서 世界 도처의 江水系에서 흔히 나타나는 일반적 현상이다(Hynes, 1970). 綠藻類는 上流에서는 夏·秋季에, 下流에서는 春·夏季에 組成이 높은 동시에 汚染이 심한 水域에서 특히 많은 種이 나타나 硅藻類와는 좋은 대조를 이룬다. 藍藻類의 경우도 綠藻類와 유사한 양상을 보이고 Euglena類가 오염유역에서 많은 것도 특색의 하나이다.

3. 식물성 플랑크톤의 現存量 變化

Fig. 3는 각 조사정점에서의 식물성 플랑크톤 現存量의 季節에 따른 變化를 보여주고 있다. 여기서 가장 현저한 특징은 전 조사수역이 相異한 2개의 現存量分布 pattern을 갖고 있는 점이

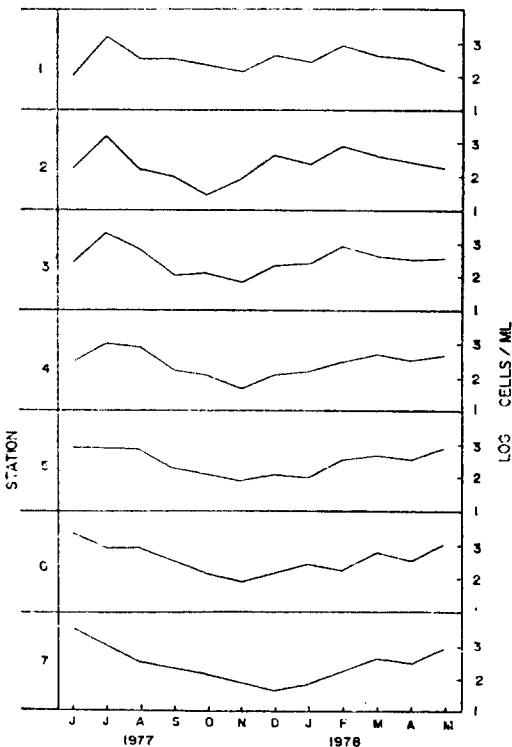


Fig. 3. Seasonal variations of total standing crops at each station.

다. 즉 각 조사 정점의 월별 現存量은 31034 cells / (Station 2, 10월)에서부터 3489051 Cells / (Station 7, 6월)까지 매우 다양하고 진폭이 큰 變化를 나타내고 있으나 전체적으로 보아서는 Station 1, 2, 3 및 4에서 初夏와 늦 겨울에 두 번에 걸쳐 量적인 증가를 보이고 있어서 文獻上의 많은 河川水域의 경우(Hutchinson, 1967)와 일치하고 있는 반면에 오염수역인 Station 5, 6, 7에서는 春·夏季에 걸쳐 증가하고 秋·冬季에 걸쳐 감소하여 現存量이 年中 1회의 增減을 나타낸다. 이러한 현상을 Cholnoky의 汚染에 대한 Dominant Species說(1968)에 의해 분석해 보면 同水域의 오염환경에 적응하는 種의 population이 7월까지 크게 증가하다가 8月中의 장마로 대량 증가된 流量이 오염수역의 환경조건을 크게 변화시킨 결과 優占種의 population의 감소내지 種組成 자체의 變化가 전체 現存量의 감소를 일

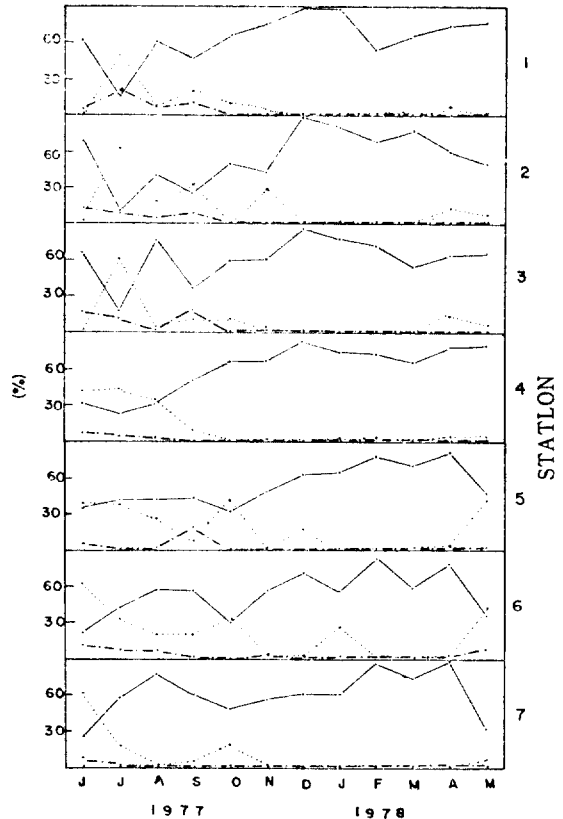


Fig. 4. The percentage variations of 3 major groups in the standing crop of the algal communities. —, Bacillariophyceae; ·····, Chlorophyceae; - · - ·, Cyanophyceae.

Table 3. Monthly changes in standing crops (cells/l) of the dominant species of the algal communities.

Month	Dominant species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
1977 Jun.	<i>Melosira islandica</i>	34,872	22,216	33,210	89,720	92,200	278,964	443,756
	<i>Micractinium pusillum</i>				14,042	89,472	430,920	517,293
	<i>Protococcus viridis</i>						408,996	569,457
Jul.	<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>elongatum</i>	486,864	716,184	940,032	276,900	83,306	55,936	53,070
	<i>Melosira italica</i>	105,777	62,118	77,112	165,075	182,911	181,792	199,897
Aug.	<i>Actinastrum hantzschii</i>	304,290	186,354	251,532	17,700	134,014	97,888	84,912
	<i>Melosira islandica</i>	40,260	5,145	250,408	80,914	55,110	140,010	22,044
Sep.	<i>Coelastrum reticulatum</i>				70,360	148,797	98,729	
	<i>Melosira italica</i>	84,552	6,096	10,008	45,318	51,617	102,114	82,264
Oct.	<i>Chroococcus disperus</i>	34,720	8,128	26,688		29,080		
	<i>Coelastrum reticulatum</i>					49,984	32,674	
Nov.	<i>Melosira varians</i>			34,618	15,862	1,562	7,688	
	<i>Asterionella gracillima</i>	19,456	12,870	13,194	9,048	14,382	12,788	16,150
Dec.	<i>Melosira islandica</i>	52,896			1,668	6,392	1,112	
	<i>Diatoma hiemale f. gracialis</i>	303,093	286,058	148,122	52,480	27,196	22,080	4,608
1978 Jan.	<i>Diatoma hiemale f. gracialis</i>	168,411	110,353	115,855	76,608	40,184	78,540	18,928
Feb.	<i>Asterionella gracillima</i>	419,120	284,280	304,290	93,312	89,776	58,116	45,501
	<i>Diatoma hiemale f. gracialis</i>	27,885	159,390	195,270	97,920	148,800	58,116	25,104
Mar.	<i>Diatoma hiemale f. gracialis</i>	44,254	88,704	69,480	95,312	129,352	132,800	89,748
	<i>Asterionella gracillima</i>	37,380	28,208	22,995	41,048	51,282	67,398	53,544
Apr.	<i>Melosira islandica</i>	32,040	33,202	36,792	85,028	59,052	50,190	81,480
	<i>Asterionella gracillima</i>	37,380	28,208	22,995	41,048	51,282	67,398	53,544
May.	<i>Melosira islandica</i>	6,545	21,216	6,200	99,198	79,926	166,700	90,270
	<i>Pandorina morum</i>					243,584	133,600	254,880

으키고 동 수역의 환경조건이 서서히 회복됨에 따라 다시 증가하는 것이 아닌가 생각된다. 실제로 Table 3에 나타난 각 조사정점에서에서의 優占種의 월별 변화는 이러한 해석을 대체로 뒷받침해 주고 있다.

優占種의 population 分布를 보면(Table 3) 群集의 現存量 變化에 절대적 영향을 미치는 우점종의 수가 아주 적은 편이어서 전 현존량이 가장 크게 나타난 6, 7월에 각각 3種이고 그 외에는 모두 2種으로 群集의 種組成에 있어 대부분 population이 낮은 경향을 나타낸다. 上流域에서는 7월의 우점종인 *Actinastrum hantzschii* var. *elongatum*과 2월의 우점종인 *Asterionella gracillima*가 각기 同水域에서 春・秋季에 발생하는 식물성플랑크톤의 增殖에 직접역할을 하는 population이며 *Diatoma hiemale f. gracialis*는 계절

에 다소 차이는 있으나 全水域에서 冬季에 優占種으로, 그리고 *Melosira islandica*는 4월부터 6월까지의 우점종으로 나타난다. 한편 *Pandorina morum*은 5월에, *Protococcus viridis*는 6월에, 그리고 *Coelastrum reticulatum*은 8,10월에 각기 오염수역에서 優占種을 이룬다. 이들 우점종이 모두 中汚濁性으로(日本生態學會環境問題委員會, 1975) 오염환경에 耐性이 큰 種들이 群集內에서 대부분의 優占 population을 형성하고 있음으로 보아 조사수역의 水質의 汚濁度가 群集의 種組成 및 population에 직접 영향을 미침을 알 수가 있다.

우점종이 群集內에서 차지하는 비율은 *Melosira islandica*의 9.6% (Station 4, 8월)에서부터 *Diatoma hiemale f. gracialis*의 69.2%(Station 1, 12월)에 이르기까지 폭이 매우 크며 이 결과

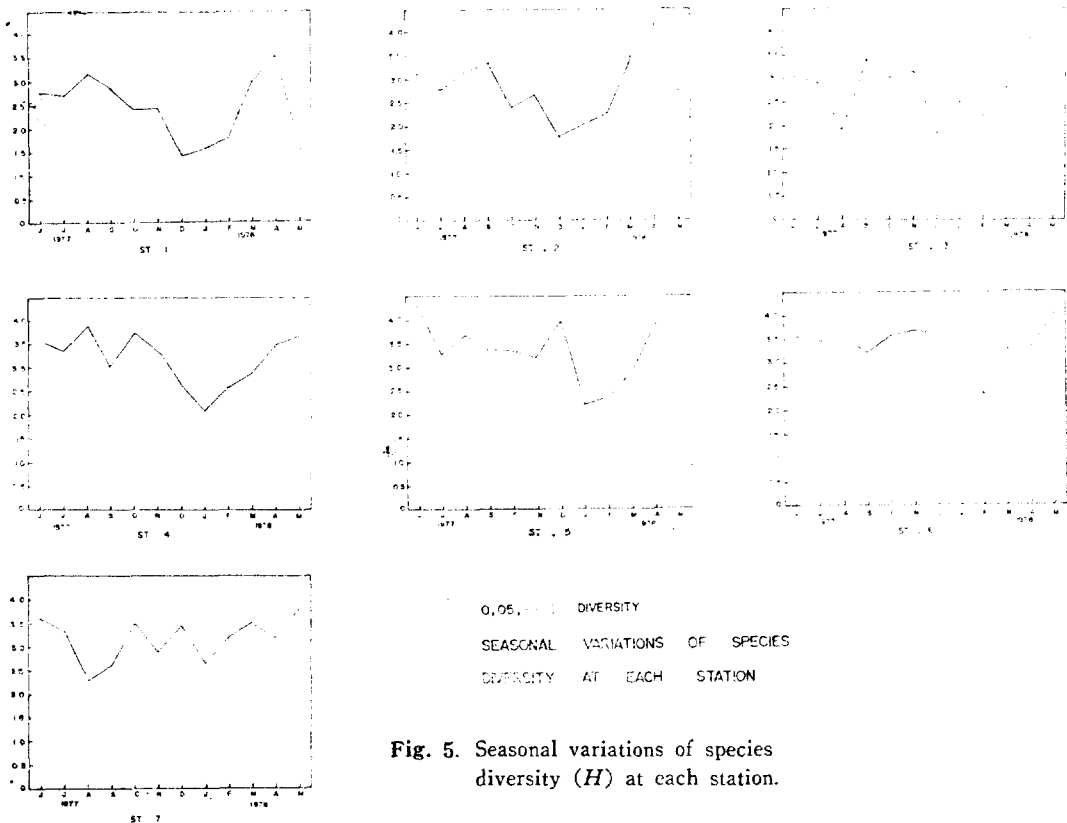


Fig. 5. Seasonal variations of species diversity (H) at each station.

물 群集內에서 주요 藻類의 백분율로 보면(Fig. 4) 각기 특징이 다른 양상을 보인다. 즉 矽藻類는 夏季에 감소하고 冬季에 증가하며, 綠藻類는 오염수역에서만 夏季에 크게 증가한다. 藍藻類는 夏季에만 약간의 population을 나타낸다. 이러한 population의 변화는 이미 論議한 바 있는 群集構造의 변화와 일치하는 것으로서 群集構造 및 機能의 변화가 주요 藻類의 季節的 遷移에 의존됨을 의미한다.

4. 群集의 多樣性 變化

群集의 構造와 機能을 分析함에 있어 有用한 方法의 하나는 그 構成種의 多樣性指數(diversity index)를 계산하여 考察하는 方法이다(Pielou, 1966; Spight, 1977). Fig. 5는 각 조사점에서의 diversity index가 월별로 變化하는 양상을 보여 주고 있는데 그 값은 최저 1,416(Station 1, 12월)에서 최고 4,281(Station 5, 6월)까지 다양하게 나타나는데 이들 값을 Lloyd와 Ghelard(1964)에 의한 계산 期待値와 비교하면 전반적으로 약간 낮은 값을 알 수가 있고 이는 조사수역의

식물성플랑크톤 群集이 다소 불안정한 상태에 있음을 의미한다. 계절적으로는 春季에 가장 높고 冬季에 가장 낮다. 水域別로는 上流에서 下流로 내려오면서 전반적으로 값이 높아지나 Station 7에서만은 다소 낮고 月別 變化도 다른 곳과는 다른 양상을 보인다.

淸淨水域에서 汚染水域으로 進行함에 따라 環境 變化에 예민한 種이 群集으로부터 脫落함으로써 群集內의 種의 多樣性이 감소한다는 것은 일반적으로 알려진 사실이다.(Gaufin and Tarzwell, 1956; Patric and Reimer, 1966; Wilhm, 1967). 따라서 淸淨水域과 심한 汚染水域으로 나누어 지는 본 연구수역에서의 diversity index 변화는 위의 경우와 완전히 相違한 결과를 나타내고 있다. 그러나 近來 species diversity index와 水質과의 관계에 대한 이러한 일반적인 通說과 見解를 달리하는 연구결과가 나오고 있다. Chohnoky (1968)는 일찌기 그의 見解를 제시한 바 있고 Archibald(1972)는 Simpson's Index, Menhinick's Index, Margalef's Index 및 Shannon-We-

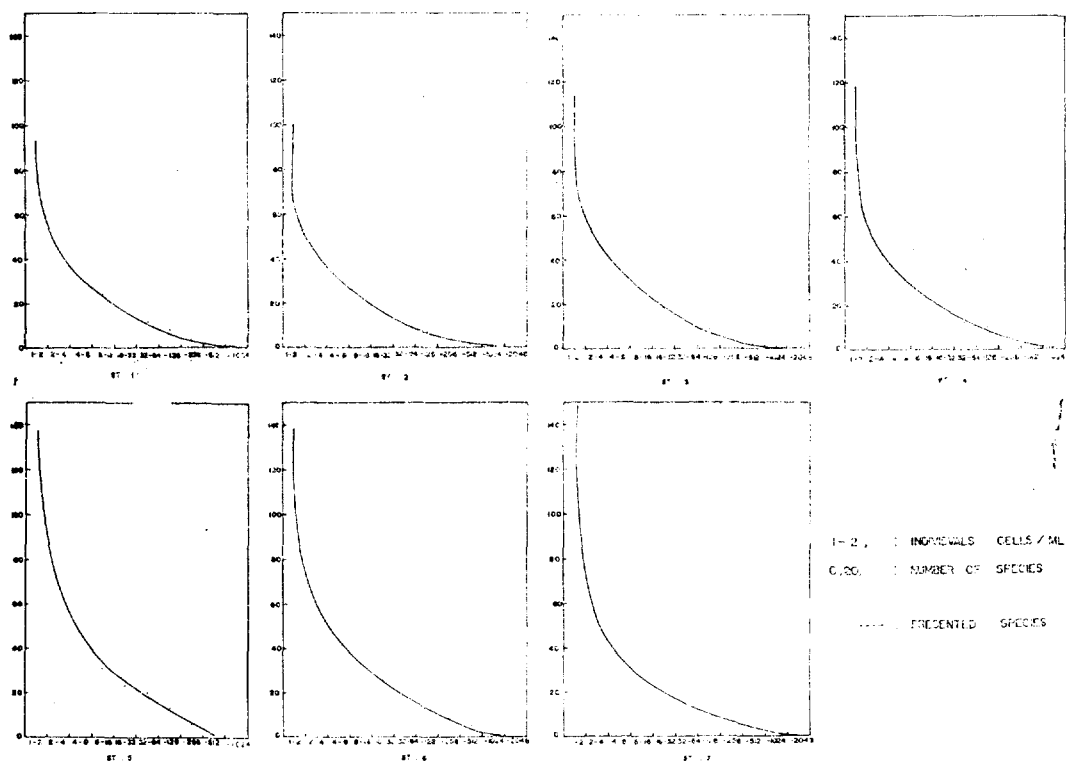


Fig. 6. Characteristics of Phytoplankton Communities at Each Station.

aver Index 등 4種의 diversity index를 이용하여 硅藻群集의 diversity와 水質關係를 고찰한 결과 diversity index가 水質의 評價方法으로서 신빙성이 없다는 결론을 내렸다. Hynes(1970)에 의하면 많은 河川水에서 식물성 플랑크톤의 消失率은 1.1km거리에서 90%까지 나타나고 이렇게 큰 消失率에도 불구하고 群集의 種組成이 유지됨은 支流로 부터의 流入때문이라고 설명하고 있다.

본 연구에서 汚染水域임에도 불구하고 높은 diversity를 유지하는 群集의 機能을 규명하기 위하여 出現種과 그것의 population size를 분석해 본 결과(Fig. 6) 全水域에 걸쳐 population size가 아주 낮은 種의 數가 압도적으로 많고 population size가 아주 큰 種은 극소수에 불과한 것으로 나타났다. 이것은 同水域의 環境內에 적응된 種의 수가 극히 적고, 群集을 이루는 種의 대부분이 侵入種(invaded species)임을 의미한다. 그리고 이러한 侵入率(invading rate)은 下流로 내려오면서 증가하고 있다. 또한 출현된 총 356種類에 대하여 출현빈도에 의한 種分析의 결

과는(Fig. 7) 全 station에서 7회 이하 출현한 種이 260種으로 전체의 73%를 차지 함으로써 群集의 機能이 다수의 侵入種과 소수의 적응된 種으로 유지되는 사실이 더욱 확실해진다. 이상의 論議를 통해서 流水環境의 식물성 플랑크톤의 群集에 관한 한 그 species diversity가 汚染된 水質의 尺度로 사용할 수 없다고 결론을 내릴 수 있다.

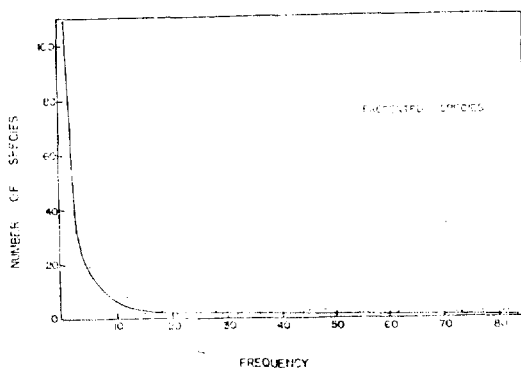


Fig. 7. Frequency distribution of all species occurred from 7 stations.

要 約

漢江의 浮游性 藻類群集의 構成 및 機能에 關하여 특히 下流의 汚染水域에서의 變化를 연구한 결과 漢江의 식물성 플랑크톤 群集이 대체로 population size가 작은 많은 種과 數種의 優占 種으로 形成됨이 알려졌다.

現存量의 分布는 淸淨水域에서는 전형적인 bimodal pattern을 보이는데 반해 汚染水域에서는 春夏季에 걸쳐 1회의 증가만 나타났다. Diversity index(H)의 分析결과 계절변화는 現存量의 變化양상과 유사하며, 비교적 낮은 값을 나타낸다. 汚染水域에서의 H값이 감소하지 않는 것은 여러 支流로부터 同水域으로의 種侵入率이 群集의 構造 및 機能을 유지함에 있어 무엇보다 중요함을 의미한다. 더욱이 流水環境에서의 植物성플랑크톤 群集에 關한 한 diversity index가 水質의 尺度가 될 수 없음이 본 연구결과로 분명해 졌다.

參 考 文 獻

- Archibald, R.E.M. 1972. Diversity in South African diatom association and its relation to water quality. *Wat. Res.*, 6:1229-1238.
- 車喆煥外. 1977. 漢江水質保全을 위한 生態學的 調查研究. 高大醫大 環境醫學研究所 및 豫防醫學教室. 20pp.
- 崔義昭. 1972. 서울시도시폐수의 성질. *고려대이공대 理工論輯*, 13:25-33.
- Cholnoky, B.J. 1968. Die Oekologie der Diatomeen in Binnengewässern. J. Cramer, Lehre, 699pp.
- 鄭英昊 · 沈載亨 · 李敏載. 1965. 漢江의 Microfora에 關한 研究(第1報). 漢江下流의 植物性플랑크톤과 海水의 影響. *植物學會誌*, 8(4):7-9.
- 鄭英昊 · 桂應瑞 · 朴德煥. 1968. 漢江의 Microflora에 關한 研究(第2報). 春川 및 淸平貯水池를 中心으로 한 漢江의 植物性플랑크톤과 그 季節의 消長. *植物學會誌*, 11(2):1-30.
- 鄭英昊. 1969. 漢江의 Microflora에 關한 研究(第3報). 漢江河口感潮水域의 環境條件과 植物性플랑크톤. *學術院論文集*, 8:59-132.
- 鄭英昊. 1972. 漢江의 Microflora에 關한 研究(第6報). 남한강의 植物성플랑크톤에 대한 分類와 한강중심구역의 수질오탁판정. *식물학회지*, 15(유보호):117-148.
- Fjerdingstad, E. 1963. Limnological estimation of water pollution levels. WHO, EBL, 10: 30pp.
- Fjerdingstad, E. 1964. Pollution of streams estimated by benthal phytomicro-organisms.
1. A saprobic system on communities of organisms and ecological factors. *Int. Revue. Hydro. Biol.*, 49(1):63-131.
- Fogg, G.E. 1975. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*, 2nd ed. The Univ. of Wisconsin Press. 175pp.
- Forged, N. 1954. On the diatom flora of some Furen lakes. *Folia Limn. Scand.*, 6:1-75.
- Gaufn, A.R. and C.M. Tarzwell. 1956. Aquaticmacro-invertebrate communities as indicators of organic pollution in Lytle Creek. *Sewage ind. Wastes*, 28: 906-924.
- 洪思澳 · 林中基. 1971. 漢江水系의 水質變動과 그 汚染度解析에 關한 研究. *한국육수학회지*, 4(6):7-15.
- Hutchinson, G.E. 1967. *A Treatise on Limnology*, Vol.2. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1115pp.
- Hynes, H.B.N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Univ. of Toronto Press. 555pp.
- 金永煥. 1974. 炭川의 汚染物質量과 自淨作用에 對한 調查研究. *公衆保健誌*, 11(2):290-296.
- 金孝相外. 1970. 서울特別市 河川汚染度 調查研究. 서울市衛保, 6:39.
- Kolkwitz, R. and M. Marsson. 1908. *Okologie der pflanzlichen Saprobien*. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 26: 505-519
- 권속표 · 경용. 1973. 漢江下流의 自淨作用에 關한 研究. *水道誌*.
- Lloyd, M. and R.J. Ghelard. 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33:421-425.
- 日本生態學會環境問題專門委員會. 1975. *環境と生物指標 2*. 共立出版社. 東京. 310pp.
- Nygaard, G. 1949. *Hydrobiologische Studien uber danisch Teiche und Seen*. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Kong. Dansk. Vidensk. Selsk. Skr.*, 7(1)1: 293.
- Parke, M. and P.S. Dixon. 1976. Check-list of British marine algae-Third revision. *J. mar. biol. Ass.*

- U.K., 56:527-594.
- Patrick, R. 1968. The structure of diatom communities in similar ecological conditions. *Amer. Natur.* 102: 173-183.
- Patrick, R. 1973. Use of algae, especially diatoms in the assessment of water quality. In *Biological Methods for the Assessment of water Quality*. ASTM STP. 528(Cairns, J. and K.L. Dickson, ed), 76-95.
- Patrick, R. and C.W. Reimer. 1966. *The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii*. Monograph 13, Acad. Nat. Sci. Philad.
- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity. Its use and misuse. *Amer. Nat.*, 100:463-465.
- Prescott, G.W. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Inst. of Sci. Bull. No. 31. 946pp.
- Rawson, D.S. 1956, Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. Oceanogr.*, 1:18-25.
- Shim, J.H. 1977. A taxonomic study of marine planktonic diatoms of Vancouver Island coastal Waters. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU*, 2(2):79-184.
- Shim, J.H. 1978. Planktonic algal flora of the Han River with a special reference to a polluted water. In preparation.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of RV 'Meteor' 1964-1965. 'Meteor' Forschungsergebnisse Reihe D, No. 19, Gebruder Borntraeger, Berlin. 61pp.
- Wilhm, J.L. 1967. Comparison of some diversity indices applied to population of benthic macro-invertebrates in a stream receiving organic wastes. *J. Wat. Poll. Control Fed.*, 39:1673-1683.
- Williams, L.G. 1972. Plankton diatom species biomasses and the quality of American rivers and the great Lakes. *Ecology*, 53(6):1038-1050.