

회야강(울산)의 식물플랑크톤 군집구조

최 철 만 · 배 진 현

*경성대학교 기초과학연구소 · 부경대학교 수산교육학과
(2001년 4월 30일 접수; 2002년 3월 6일 채택)

The Structure of Phytoplankton Community in the Hoeya River (Ulsan)

Chul-Mann Choi* and Jin-Hyun Bae

*Institute of Basic Science, Kyungsoong University, Busan 608-736, Korea
Department of Fishery Education, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea
(Manuscript received 30 April 2001; accepted 6 March 2002)

This study was conducted to find the structure of phytoplankton community in the Hoeya river(Ulsan) from March 2000 to February 2001. The taxa of phytoplankton identified included 135 species, 5 divisions, 33 families and 82 genera. Among them, chrysophyta(diatoms) were 63 species(46.7%), chlorophyta(green algae) 47 species(34.8%), pyrrophyta(dinoflagellates) 13 species(9.6%), cyanophyta (cyanobacteria) 8 species(5.9%) and euglenophyta(euglenoids) 4 species(3.0%) respectively. Ecological important species is called frequently appearing species, red tide causative species, seawater species and pollution indicator. 22 species including *Aulacoseira granulata* were recorded frequently appearing species. 19 species including *Ceratium furca* were recorded as red tide causing species. And the pollution indicators were 33 species including *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile*. The highest standing crops were 3,103,441 cells/ℓ in August at the RW-1 and the lowest 1,245 cells/ℓ in January at the RW-5. In the community analysis, the dominance indices ranged from 0.34(October, RW-2) to 0.94(January, RW-1) and the diversity indices from 0.50(May, RW-2) to 2.57(September, RW-2). The saprobic indices were 2.43 in RW-1, 2.41 in RW-2, 2.375 in RW-3, 2.40 in RW-4, 2.43, in RW-5. Therefore, these areas were investigated "β-mesosaprobic". According to the similarity index among the stations, these areas were defined as residential district areas(RW-2 and RW-3), lower part of the dam (RW-1) and seawater areas(RW-4 and RW-5).

Key words : Hoeya river, phytoplankton, community structure, important species

1. 서 론

우리 나라의 강과 호수에서 흔히 발생하고 있는 부영양화와 수화는 상류나 그 주변 유역에서의 과다한 영양염 유입으로 인해 대부분 발생하고 있으며 인근 연안 해역의 오염으로까지 그 영향을 미치고 있어 수산업뿐만 아니라 해양환경의 보존에도 막대한 지장을 초래하고 있다.

식물플랑크톤은 환경변화에 민감하게 반응하는 수계 생태계의 중요한 구성원이고 먹이연쇄의 기반

을 이루는 일차생산자이기 때문에 어떤 수역의 생태적 특성을 이해하는데는 식물플랑크톤 군집구조와 기능을 파악하는 것이 선행되어야 한다.¹⁾ 이러한 식물플랑크톤의 종조성과 양적 변화에 대한 조사는 수서 생태계의 군집구조와 기능을 파악하는데 매우 중요한 자료가 된다.^{2,3)}

강에 있어 생물상과 환경생물학적 연구는 수계생태계 이해의 기초자료로서 대단히 중요하므로 국내의 4대강뿐 아니라 작은 강에서까지도 생물상 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 문과 이⁴⁾의 낙동강 하류의 Microflora에 대한 연구를 비롯하여 신⁵⁾의 섬강 상류의 식물플랑크톤상 연구, 이와 장⁶⁾의 한강하류의 식물플랑크톤 동태에 관한 연구, 이 등

Corresponding Author : Chul-Mann Choi, Institute of Basic Science, Kyungsoong University, Busan 608-736, Korea
Phone : +82-51-620-4605
E-mail : strong90@star.kyungsoong.ac.kr

7)의 밀양강의 식물플랑크톤상에 관한 연구 그리고 문 등⁸⁾의 낙동강 중·하류의 식물플랑크톤 군집구조 등 현재까지 많은 연구를 진행해 오고 있다.

본 조사지역인 회야강에 대한 연구로는 윤 등⁹⁾의 저서성 대형무척추동물에 관한 조사가 있을 뿐 식물플랑크톤에 대한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

또한, 회야강의 수질보호 및 수자원 확보는 하류에 속한 도시의 생활용수 및 공업용수의 공급원으로서 중요한 수자원이 될 것이며 회유어의 산란장소로도 알려져 있어 회야강의 수질 관리보호는 더욱 절실히 요구된다.

따라서, 본 연구는 식물플랑크톤 군집의 주요 구성종과 양적 변화를 조사하여 수환경의 현황을 파악함으로써 회야강의 수질환경 보전에 기여하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지역

회야강의 지역적 특성을 감안하여 5개의 조사정점(RW-1~RW-5)을 설정하였다. 회야댐 수문 밑에

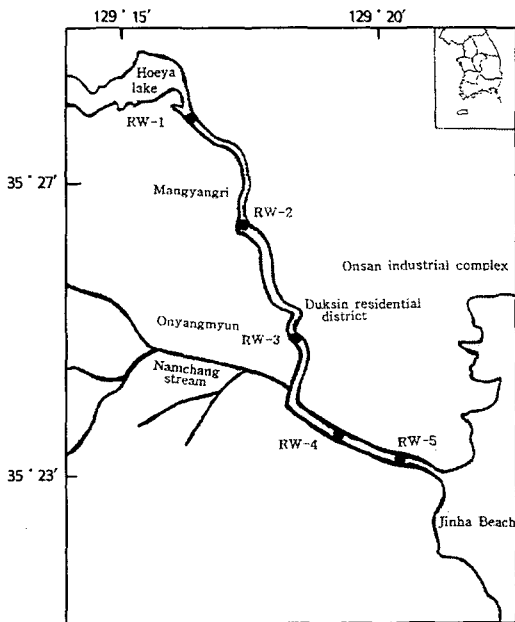


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the Hoeya river(Ulsan).

서 회야하수처리장의 방류수와 섞이는 수역을 RW-1, 온산공장의 처리수가 유입되는 수역을 RW-2, 덕신 주거단지의 생활하수가 유입되는 수역을 RW-3, 남창천과 소량의 해수가 합류되는 수역

을 RW-4, 다량의 해수가 유입되는 수역을 RW-5 라고 하였다(Fig. 1).

2.2. 조사방법

본 조사는 2000년 3월부터 2001년 2월까지 울산 회야강의 5개 정점에서 매월 1회 실시하였다.

생물학적 시료는 현장에서 표층수 1ℓ를 채수하여 망목 10 μ m인 체(sieve)로 여과한 다음, 농축시료 20ml를 중성 포르말린으로 고정하여 최종농도가 3%가 되도록 하였다. 실험실로 운반된 고정된 시료를 DIC현미경(BX50, Olympus)의 400~1,000배 하에서 검경하였고, 종동정은 정¹⁰⁾, Whitford¹¹⁾, 鄭¹²⁾, 水野¹³⁾, 根來¹⁴⁾, 山岸¹⁵⁾ 그리고 수자원연구소¹⁶⁾ 등에 의하였다.

식물플랑크톤 현존량은 시료를 균일하게 혼든 후, 1ml를 취하여 Sedgewick-Rafter counting chamber에 넣고 도립현미경 하에서 계수하여 단위체적당 세포수(cells/ℓ)를 환산하였다.

군집의 구조와 기능을 분석하기 위하여 우점도지수¹⁷⁾, 종다양도지수¹⁸⁾, 유사도지수¹⁹⁾, 오타지수²⁰⁾를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 식물플랑크톤의 종조성

본 조사기간동안 울산 회야강에서 조사된 식물플랑크톤 군집은 5문 7강 17목 33과 82속 135종이었다. 이 중 규조류(diatoms)가 36속 63종(46.7%)로 가장 많았으며, 다음은 녹조류(green algae)가 29속 47종(34.8%), 와편모조류(dinoflagellates)가 8속 13종(9.6%), 남조류(cyanobacterias)가 7속 8종(5.9%), 유글레나류(euglenoids)가 2속 4종(3.0%)으로 나타나 종구성비율에서 규조류가 상당히 높음을 알 수 있다(Fig. 2).

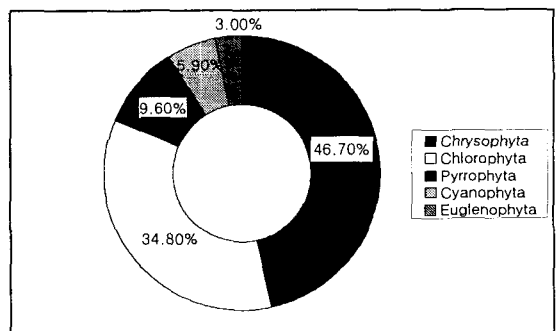


Fig. 2. Percentage of species appeared in the Hoeya river from March 2000 to February 2001.

본 조사지역인 회야강과 다른 국내의 강과 비교

해본다면, 밀양강⁷⁾에서 206종류, 섬강⁵⁾에서 205종류, 금호강²¹⁾에서 203종류를 조사 보고하여 다른 강에서보다는 다소 적은 출현종수를 보였다.

국내에서 조사된 강 의 경우, 대부분 규조류에 속한 종이 전체 분류군 중에서 가장 큰 비율을 차지하는 것으로 나타났으나^{5,22)} 본 조사에서는 규조류는 물론이고 녹조류 또한 높은 비율로 출현하였다. 김과 이²³⁾ 그리고 문 등⁸⁾의 연구에서도 조종성이 규조류와 녹조류가 전체 구성종의 84%, 84.2%를 차지하여 본 조사와 일치하는 결과를 보여주었다.

월별 출현종수는 2000년 12월이 29종으로서 최저의 종수를, 2000년 9월이 82종으로서 최고의 종수로서 월별 차이가 컸다. 계절별로는 가을이 98종으로 최고를 나타내었고 여름, 봄, 겨울의 순이었다. 역시 겨울철에 수온뿐 아니라 여러 가지 요인에 의해서 식물플랑크톤들의 활동이 저조하게 되어 출현종수가 적게 나타난 것으로 판단된다.

정점별 출현종수는 RW-1에서 66종으로 가장 많은 출현종수를 RW-5에서 43종으로 가장 적은 출현종수를 보여 약간의 지역간 차이는 보였지만 대상지역의 종적인 분포특성은 없었다(Fig. 3). RW-1을 제외하고는 다른 정점에서 모두 겨울철에 적은 출현종수를 여름과 가을철에 많은 출현종수를 보였다.

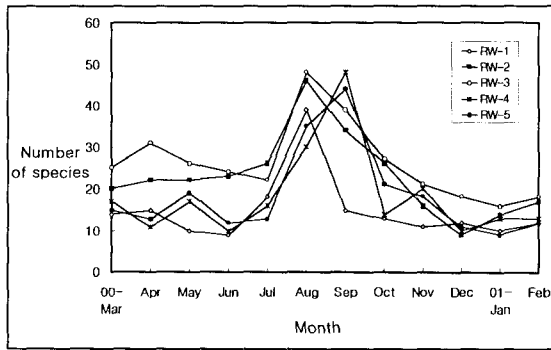


Fig. 3. The number of species at each stations in the Hoeya river from March 2000 to February 2001.

3.2. 식물플랑크톤의 현존량

본 조사기간동안 식물플랑크톤 현존량은 최저 1,245 cells/l (January, RW-5), 최고 3,103,441 cells/l (August, RW-1)였다(Fig. 4). 3월부터 꾸준히 현존량을 유지하다가 7월에 서서히 증가하기 시작하여 8월에 최고의 현존량을 보이고 9월부터 서서히 감소하여 1월에 최저의 현존량을 보였다. 정점별로 보면 생활하수의 집적으로 많은 오염이 예상되었던 RW-3가 다른 정점들에 비해 매월 높

은 현존량으로 출현을 하여 예상과 일치하는 결과를 보여주었다. 8월에 RW-1에서 최고의 현존량을 보인 것은 여름철에 대량으로 번식하여 수자원 측면에서나 기타 다른 문제점들을 야기시키고 있는 *Microcystis* 종들에 의한 것으로 사료된다.

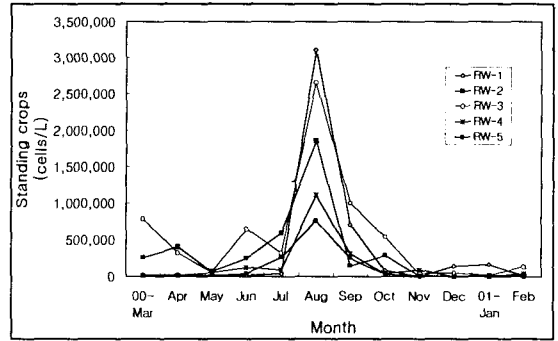


Fig. 4. Monthly variations of standing crops at the each stations in the Hoeya river from March 2000 to February 2001.

계절별 우점종을 보면 2000년 봄에 *Pandorina morum*(37.3%)이 최고 우점종이었고 *Phormidium tenue*(19.4%)가 2차 우점종이었으며 여름에는 *Microcystis aeruginosa*(27%)가 최고 우점종, *Microcystis* spp.(22%)가 2차 우점종, 가을에는 *Oscillatoria tenuis*(15.8%)가 최고 우점종, *Aulaco-*

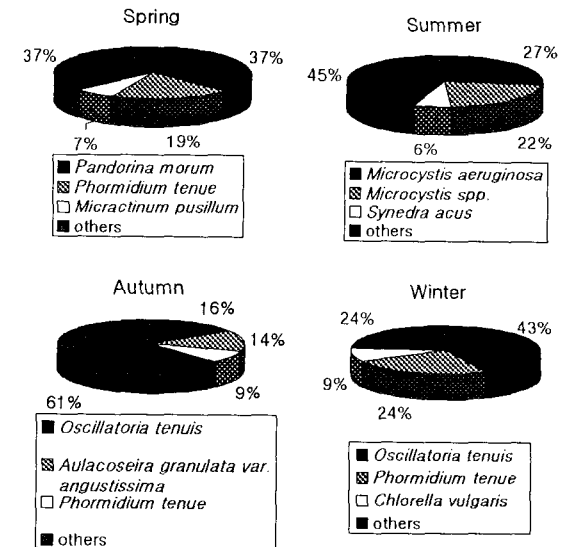


Fig. 5. Seasonal succession of the dominant species in the Hoeya river from March 2000 to February 2001.

seira granulata var. *angustissima*(13.8%)가 2차

우점종이었으며 겨울에도 역시 *Oscillatoria tenuis* (43%)가 최고 우점종, *Phormidium tenue*(24%)가 2차 우점종이었다.

우점종의 천이양상을 보면 봄에 *Pandorina*가 우점했다가 여름에 *Microcystis*로 가을과 겨울에 걸쳐 *Oscillatoria*가 우점을 하며 다시 겨울과 봄에 걸쳐 *Phormidium*으로의 천이양상을 볼 수 있었다 (Fig. 5).

3.3. 생태학적 주요종

생태학적 중요성을 가진 종은 출현빈번종, 적조 원인 또는 발생종, 오수지표종, 해수종 등인데, 이는 연구자마다 상당한 차이가 있다. 본 조사기간 동안의 주요종으로는 출현빈번종이 *Aulacoseira granulata* 등 17속 22종이었고 특히 매월 출현하는 종은 *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Chlorella vulgaris*, *Melosira varians*, *Nitzschia* spp., *Pandorina morum*, *Scenedesmus quadricauda* 등 6속 6종이었다. 해수종은 *Achnanthes longipes* 등 20속 31종이었으며, 오수지표종은 *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile* 등 28속 33종이었고 적조 원인종은 *Alexandrium* sp., *Anabaena* sp., *Ceratium furca*, *C. hirundinella*, *Chaetoceros didymum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Ditylum brightwellii*, *Euglena gracilis*, *Guinardia flaccida*, *Melosira nummuloides*, *Microcystis aeruginosa*, *Nitzschia longissima* var. *reversa*, *Noctiluca scintillans*, *Odontella aurita*, *Peridinium cinctum*, *Prorocentrum micans*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira rotula* 등 18속 19종이었다 (Table 1).

출현빈번종인 *Aulacoseira granulata* 외 22종은 다른 강들에서도 대부분 언급이 되는 종들로서^{7,23)} 이 후 이들의 계속적인 조사가 이루어져 할 것으로 판단되고 이들의 변화양상을 계속하여 주시해 봄으로서 수질평가의 지표생물로서도 이용 가능하게 되리라 사료된다.

3.4. 군집분석

본 조사기간 동안의 우점도지수를 월별로 보면 10월에 최저(RW-2; 0.34)였고 1월에 최고(RW-1; 0.94)였다. 정점별로는 RW-1에서 0.35(7월)~0.94(1월), RW-2에서 0.34(10월)~0.93(5월), RW-3에서 0.48(4월)~0.87(2월), RW-4에서 0.49(9월)~0.93(6월), RW-5에서 0.41(8월)~0.86(9월)의 범위였는데 가을철인 10월에 소수 종에 의한 우점보다는 다수의 종들이 출현하여 다른 달에 비해 우점도가 떨어

Table 1. The list of ecological important species in the Hoeya river

Ecological species	Scientific name	Number of species
Frequently appearing species	<i>Asterionella formosa</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Cycto. stelligera</i> , <i>Eudorina elegans</i> , <i>Gloeocystis gigas</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Micractinium pusillum</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>N. spp.</i> , <i>Nitzschia</i> spp., <i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Pediastrum boryanum</i> , <i>Phormidium tenue</i> , <i>Scenedesmus acuminatus</i> , <i>S. quadricauda</i> , <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> , <i>Synedra acus</i> , <i>Syn. ulna</i>	17 genera 22 species
Redtide causative species	<i>Alexandrium</i> sp., <i>Anabaena</i> sp., <i>Ceratium furca</i> , <i>C. hirundinella</i> , <i>Chaetoceros didymum</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Ditylum brightwellii</i> , <i>Euglena gracilis</i> , <i>Guinardia flaccida</i> , <i>Melosira nummuloides</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Nitzschia longissima</i> var. <i>reversa</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Odontella aurita</i> , <i>Peridinium cinctum</i> , <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Thalassiosira rotula</i>	18 genera 19 species
Seawater species	<i>Achnanthes longipes</i> , <i>Alexandrium</i> sp., <i>Asterionella japonica</i> , <i>Ceratium furca</i> , <i>Chaetoceros affine</i> , <i>Chae. compactum</i> , <i>Chae. curvisetum</i> , <i>Chae. debile</i> , <i>Chae. decipiens</i> , <i>Chae. didymum</i> , <i>Chae. teres</i> , <i>Chae. spp.</i> , <i>Dinophysis ovum</i> , <i>Ditylum brightwellii</i> , <i>Guinardia flaccida</i> , <i>Gymnodinium fissum</i> , <i>Licmophora abbreviata</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Proto-peridinium curvipes</i> , <i>Proto. granii</i> , <i>Proto. steinii</i> , <i>Pseudonitzschia pungens</i> , <i>Rhizosolenia hebetata</i> for. <i>hiemalis</i> , <i>R. stouterfothii</i> , <i>R. styliformis</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Suirella</i> sp., <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	20 genera 31 species
Pollution indicator	<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>fluviatile</i> , <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Bacillaria paradoxa</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Coelastrum microporum</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Diatoma vulgare</i> , <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> , <i>Eudorina elegans</i> , <i>Euglena gracilis</i> , <i>E. proxima</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Golenkinia radiata</i> , <i>Gomphonema olivaceum</i> , <i>Gonium pectorale</i> , <i>Melosira italica</i> , <i>M. varians</i> , <i>Micractinium pusillum</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>N. rhyncocephala</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Pediastrum biwae</i> , <i>Phormidium tenue</i> , <i>Scenedesmus acuminatus</i> , <i>S. quadricauda</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Synedra acus</i> , <i>Syn. ulna</i>	28 genera 33 species

진 것으로 생각되며 월별로 약간의 차이를 보였지만 정점별로는 별차이가 없는 경향으로 분석되었다.

종다양도지수는 생태계의 일차적인 생산시스템에서 안정성을 가능하는 지표가 되는데 종다양도지수를 월별로 보면 5월에 최저 0.5(RW-2)였고 9월에 최고 2.57(RW-2)였다. 본 조사에서는 봄보다는 가을에 다양한 종들이 출현하는 경향을 보였고 정점별로는 RW-1에서 0.52(1월)~2.49(7월), RW-2에서 0.5(5월)~2.57(9월), RW-3에서 0.94(3월)~2.21(9월), RW-4에서 0.67(6월)~2.34(9월), RW-5에서 1.0(7월)~2.47(8월)의 범위였는데 대부분 9월에서 최고의 종다양도를 기록했다. RW-2와 RW-5에서 매월 다소 높은 종다양도를 보여 다른 정점들에 비해 비교적 안정된 생태계로 예상되어졌으며 생활하수로 인한 많은 오염이 예상되었던 RW-3는 다른 정점들에 비해 현존량이 높았던 것과는 달리 종다양도는 평이한 수준으로 나타났다(Table 2).

본 조사기간 동안 출현한 오염 지표종은 총 33종이었으며, β -중부수성 지표종이 21종(63.6%)이었고,

α -중부수성 지표종이 9종(27.3%) 그리고 강부수성 지표종이 3종(9.1%)으로 나타났으며 빈부수성 지표종은 본 조사기간동안 조사되지 않았다. 이에 따른 오타지수(saprobic index)는 RW-1이 2.43, RW-2가 2.41, RW-3가 2.375, RW-4가 2.40, RW-5가 2.43으로 나타나 모두 β -중부수성에 해당하였다. 그러나, α -중부수성 지표종이 9종이나 출현하고, 律田²⁵⁾에 의한 강부수성 수역에서 출현하는 종도 *Euglena proxima*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria tenuis* 등 3종이나 출현하여 이 수역의 수질이 갈수록 악화되어 가고 있다는 것을 간접적으로 시사해 준다. 강부수성 지표종 3종중 *Euglena proxima*는 RW-2와 RW-3에서 비교적 출현빈도가 높았고 *Nitzschia palea*는 RW-1에서 높았으며 *Oscillatoria tenuis*는 모든 정점에서 출현하였다.

정량자료를 이용하여 정점간 유사도를 구한 유사도지수에 의한 집괴분석의 결과, 크게 세 그룹 즉, RW-1이 한그룹, RW-2와 RW-3이 한그룹, RW-4와 RW-5가 한그룹으로 구분되어졌다(Fig. 6). 이와 같은 결과는 RW-2와 RW-3의 경우, 주거지역으로 생활하수가 많이 배출되는 곳이고, RW-4와 RW-5의 경우는 해수가 유입되는 곳이기 때문이라 사료된다.

Table 2. Dominance and diversity indices of each station in the Hoeya river from March 2000 to February 2001

Station \ Month	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	RW-5
2000-Mar.	0.47	0.71	0.85	0.66	0.60
	2.06	1.77	0.94	1.72	1.76
Apr.	0.64	0.77	0.48	0.75	0.55
	1.62	1.22	2.16	1.43	1.93
May	0.68	0.93	0.66	0.71	0.53
	1.46	0.50	1.68	1.48	2.03
Jun.	0.55	0.38	0.49	0.93	0.81
	1.72	2.31	2.12	0.67	1.39
Jul.	0.35	0.66	0.55	0.52	0.83
	2.49	1.65	2.07	1.84	1.00
Aug.	0.87	0.62	0.65	0.67	0.41
	0.91	1.93	1.79	1.58	2.47
Sep.	0.91	0.39	0.57	0.49	0.86
	0.97	2.57	2.21	2.34	1.27
Oct.	0.77	0.34	0.64	0.88	0.53
	1.39	2.46	1.89	0.80	2.09
Nov.	0.58	0.55	0.53	0.72	0.46
	1.92	1.74	1.92	1.58	2.26
Dec.	0.84	0.50	0.69	0.59	0.66
	0.91	1.93	1.75	1.81	1.61
2001-Jan.	0.94	0.62	0.60	0.59	0.45
	0.52	1.71	1.85	1.91	1.98
Feb.	0.71	0.44	0.87	0.88	0.45
	1.51	2.20	0.98	0.84	2.11

upper : Dominance index
lower : Diversity index

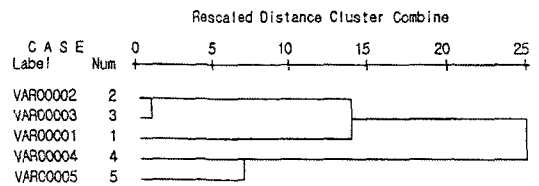


Fig. 6. Dendrogram of clustering of 5 stations using Jaccard's coefficient.

4. 결 론

식물플랑크톤 군집은 82속 135종이었으며 diatoms 36속 63종(46.7%), green algae 29속 47종(34.8%), dinoflagellates 8속 13종(9.6%), cyanobacterias 7속 8종(5.9%), euglenoids 2속 4종(3.0%)으로 조사되었다.

식물플랑크톤 현존량은 최저 1,245 cells/l에서 최고 3,103,441 cells/l의 범위였다. 우점종의 천이양상은 *Pandorina*(봄) → *Microcystis*(여름) → *Oscillatoria*(가을과 겨울) → *Phormidium*(겨울과 봄)으로의 천이양상을 볼 수 있었다.

생태학적 중요성을 가진 종으로는 출현빈번종이 *Aulacoseira granulata* 등 17속 22종이었고 해수종은 *Achnanthes longipes* 등 20속 31종이었으며, 오

수지표종은 *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile* 등 28속 33종이었고 적조원인종은 *Ceratium furca* 등 18속 19종이었다.

우점도지수는 10월에 최저(RW-2; 0.34), 1월에 최고(RW-1; 0.94)였고 종다양도지수는 5월에 최저 0.5(RW-2), 9월에 최고 2.57(RW-2)였다. 오염지표종은 총 33종으로 β -중부수성 지표종이 21종(63.6%)이었고, α -중부수성 지표종이 9종(27.3%) 그리고 강부수성 지표종이 3종(9.1%)으로 나타났다. 반부수성 지표종은 본 조사기간동안 조사되지 않았다. 오타지수(saprobic index)는 평균 2.4로 β -중부수성에 해당하였다. 유사도지수에 의한 집괴분석의 결과, 크게 세 그룹 즉, RW-1이 한그룹, RW-2와 RW-3가 한그룹, RW-4와 RW-5가 한그룹으로 구분되어졌다.

참고 문헌

- 1) Ryther, J. H., 1969, Photosynthesis and fish production in the sea, Science, 116, 72-76.
- 2) 정영호, 이경, 1978, 팔당댐 기수역의 식물성플랑크톤의 분류와 환경요인에 대한 연구, 서울대학교 자연대학 논문집, 3(1), 97-129.
- 3) 유광일, 임병진, 1990, 한강하류계의 식물플랑크톤과 수질오염에 대하여, 한국육수학회지, 23(4), 267-277.
- 4) 문성기, 김종원, 이종남, 1988, 낙동강 하류의 Microflora, 경성대학교 논문집, 9(2), 249-262.
- 5) 신윤근, 1996, 섬강 상류의 식물플랑크톤상 연구, 한국육수학회지, 29, 143-157.
- 6) 이진환, 장만, 1997, 한강하류의 환경학적 연구 II. 식물플랑크톤의 동태, 한국육수학회지, 30(3), 193-202.
- 7) 이종남, 박연규, 최철만, 1998, 밀양강의 식물플랑크톤상, 한국환경과학회지, 7(5), 607-613.
- 8) 문성기, 정종문, 최철만, 2001, 낙동강 중·하류의 식물플랑크톤 군집구조, 한국환경과학회지, 10(1), 41-45.
- 9) 윤일병, 배운제, 어성준, 1985, 회야강 수계의 저서성 대형무척추동물의 군집에 관한 연구, 자연보존지, 51, 39-48.
- 10) 정영호, 1968, 한국동식물도감 제9권 식물편(담수조류), 문교부, 573pp.
- 11) Whitfort, L. A. and G. J. Schumacher, 1969, A manual of the fresh-water algae in North carolina, North carolina, Agric. Exp. Stat., Tech. Bull., 188, 313pp.
- 12) 정준, 1994, 한국담수조류도감, 아카데미서적, 496pp.
- 13) 水野壽彦, 1977, 日本淡水プランクトン圖鑑, 保育社, 353pp.
- 14) 根來健一郎, 1982, 琵琶湖のプランクトン, 滋賀縣立衛生環境センター, 144pp.
- 15) 山岸高旺, 秋山 優, 1984, 淡水藻類寫眞集, 1(11).
- 16) 수자원공사, 2000, 댐저수지의 조류사진집, 138pp.
- 17) McNaughton, S. J., 1967, Structure and function in California grasslands, Ecology, 49, 962-967.
- 18) Odum, E. P., 1969, The strategy of ecosystem development, Science, 164, 262-270.
- 19) Sorensen, T., 1948, A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content, K. Danske Vidensk Selsk, 5, 1-34.
- 20) 律田松苗, 1982, 水質汚染の生態學, 公害對策技術同友會, 240pp.
- 21) 박정원, 김용재, 정준, 1995, 금호강의 식물성플랑크톤 군집구조, 한국육수학회지, 8(1), 49-60.
- 22) Ha, K., E. A. Cho, H. W. Kim and G. J. Joo, 1999, *Microcystis* bloom formation in the lower Nakdong River, South Korea: Importance of hydrodynamics and nutrient loading, Mar. Freshwater Res., 50, 89-94.
- 23) 김종원, 이학영, 1989, 낙동강 상류의 식물성플랑크톤에 관한 연구, 부산대학교 자연과학 논문집, 48, 67-87.
- 24) 김준태, 박유라, 조현실, 부성민, 1996, 금강 수계에서 식물플랑크톤의 군집 구조, 한국육수학회지, 29, 187-195.
- 25) 律田松苗, 1976, 環境と生物指標 2 -水界編-, 日本生態學會環境問題專門委員會編, 共立出版株式會社, 310pp.