

한강수계 호수에 출현하는 가을철 식물플랑크톤의 생태적 현황 연구

김 윤 정* / 김 민 경** / 이 상 돈***†

Identification of Autumn Phytoplankton in the Lakes of Han River system

Yoon-Jung Kim* / Min-Kyung Kim** / Sang-Don Lee***†

요약 : 한강은 수도권의 상수원으로써 중요한 역할을 담당하고 있다. 본 연구는 한강 수계 7개 호수 (파로호, 춘천호, 소양호, 의암호, 청평호, 팔당호, 충주호)의 식물플랑크톤의 역동성과 군집 현황을 살펴보기 위해 수행되었다. 2008년 11월 분류학적 동정에 의해 총 76속 121종이 분석되었다. *Cyclotella* sp. and *Microcystis* sp. 는 각각 파로호와 충주호에서 우점종이었다. *Aulacoseira granulata* 는 춘천호, 팔당호, 청평호에서 우점하였고, *Fragilialia crotonesis* 는 소양호와 의암호에서 우점종이었다. 같은 샘플의 분자생물학적 방법으로 분석한 결과와 비교해 보았을 때, 분류학적 동정과 분자생물학적 방법은 서로 상호 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 한강수계, 식물플랑크톤, 우점종, 군집

Abstract : Han River is very important as a source of drinking water in metropolitan area. This study was conducted to figure out diversity and dynamics of plankton community in the seven lakes (lakes Paro, Chunchon, Soyang, Uiam, Chungpyung, Paldang, Chungju) of Han Riversystem. A total of 76 genera and 121 species were investigated by taxonomic identification in November 2008. *Cyclotella* sp. and *Microcystis* sp. was a dominant species in lake Paro and Chungju respectively. *Aulacoseira granulata* was dominant in lakes Chunchon, Paldang and Chungpyung. And *Fragilialia crotonesis* was a dominant species in lake Soyang and Uiam. Our results can be useful when compared to the results using molecular biological method to supplement taxonomic identification.

Keywords : Han river system, phytoplankton, dominant species, community

1. 서 론

플랑크톤(plankton)은 수중에서 자유롭게 떠돌면서 수체(水體)의 이동에 따라 생활하는 생명체이며, 이들 중 일부는 수중에서 제한된 유영력(游泳力)을 갖고 물기둥 내에서 위치를 변화시킬 능력을 갖는 부유생물로서 원생생물, 동물, 식물 그리고 세균 등이 포함된다(심재형 2003). 이 중 식물플랑크톤은 수체의 이동에 따라 부유하면서

빛과 무기물을 이용하여 생활에너지를 얻는 유기체이다(한강물환경연구소 2004).

식물플랑크톤은 수계생태계의 중요한 구성원으로 1차 생산자로서 먹이연쇄의 기반을 이루고 있어 생태계 내 에너지 순환에서 매우 중요하다. 일차생산자인 식물 플랑크톤의 생산능력은 상위영양단계를 구성하는 동물플랑크톤의 생물량에 영향을 미치고 나아가 어업 생산 능력을 결정하는 중요한 요소가 된다(신윤근과 김영길 2002). 플랑

† Corresponding author : lsd@ewha.ac.kr

* 환경정책평가연구원 연구원, 이화여자대학교 예코과학부 석사

** 이화여자대학교 환경공학과 박사과정, 이화여자대학교 환경공학 석사

*** 이화여자대학교 환경공학과 교수, 환경생태학 박사

크톤은 물리적 화학적 변동에 민감하며, 수명이 짧아 비교적 빠르게 생태계의 변화를 종의 구성 변화와 개체 수 변화에 반영하기 때문에(Yan et al. 2007), 환경오염의 지표성이 뛰어나 육수역의 오염 지표로 널리 사용되고 있으며(Brook 1965), 수처리의 효율성을 평가하는 지표로도 역시 활용될 수 있다. 하지만 부영양화 등으로 인해 식물플랑크톤이 대량 번성하는 경우 물의 이취미(異臭味)를 발생시키거나 산소의 고갈과 독성물질을 내는 조류들 때문에 치명적인 피해를 일으키기도 한다(Harper 1992).

호소에 주로 출현하는 식물플랑크톤은 남세균(cyanobacteria), 규조류(diatoms), 녹조류(green algae)이며, 그 외에 황갈조류(gold brown algae), 와편모조류(dino flagellates), 은편모조류(cryptomonads), 시누라조류(synuro-phytes), 유글레나류(euglenoids) 등이 소량 출현한다(이인규 등 2004). 이러한 호소의 식물 플랑크톤은 뚜렷한 계절적 천이를 보이는데 빛, 영양염류, 성층현상, 중간경쟁, 동물플랑크톤의 섭식, 침전, 그리고 박테리아와 균류 등이 복합적으로 영향을 준다(Hutchinson 1997). 또한 온도는 중요한 역할을 하여 봄과 가을철에 식물플랑크톤의 절정(peak)을 이룬다(김미경 2000).

본 연구에서는 수도권 상수원으로써 중요한 역할을 담당하고 있는 북한강 수계의 파로호, 춘천호, 의암호, 소양호, 청평호, 팔당호와 남한강 수계의 충주호를 대상으로 식물플랑크톤이 잘 발달하는 가을철 샘플을 채집하여 형태학적 분류, 분석을 실시하였다. 7개의 한강수계 호수들에서 얻은 샘플들을 대상으로 한강 호수의 플랑크톤 군집 현황을 비교 분석하였다.

2. 재료 및 방법

조사 지역 및 시기

조사 지역은 한강 수계의 7개의 호수로 북한강 수계의 파로호, 춘천호, 소양호, 의암호, 청평호,

팔당호와 남한강 수계의 충주호이다. 소양호와 팔당호는 각 4개 지점, 나머지 5개의 호수들은 각 3개 지점에서 조사가 실시되었다. 조사지점은 댐 앞을 포함하여 유입하천의 영향력을 알 수 있는 곳으로 거리 별로 선정하여 샘플링하였다. 조사 시기는 팔당호는 2008년 11월 11일, 소양호와 파로호는 2008년 11월 13일, 춘천호, 의암호, 청평호는 2008년 11월 14일, 충주호는 11월 17일에 각 호수 별 선정지점을 조사하였다.

조사 방법

시료는 수층 별로 채수된 물을 혼합하여 1ℓ를 취하였다. 다항목 수질 측정기 WQC-22A (TOK-DDK, JAPAN)로 현장 측정이 가능한 수온, 전기전도도, 탁도, pH, DO 또한 측정되었다. 채수는 Van Dorn 채수기를 이용하여 댐 앞 지점에서 수심 50m 이하인 수역에서는 표층을 포함하여 10m 수심 간격으로, 수심 50m 이상인 수역에서는 표층을 포함하여 20m 수심 간격으로 이루어졌다. 채수된 물 1ℓ 중 현미경 검경용 시료 500ml은 형태학적 동정을 위해 Lugol's 용액을 1~2v/v%의 비율로 첨가하여 시료의 무게를 잰 후, 24시간 이상 자연 침강시켜 사이폰(siphon)을 이용하여 상등액은 버리고 시료의 중량을 측정하여 농축배수를 산정한 후 20ml scintillation vial에 보관하였다.

형태학적 동정 및 분류

식물 플랑크톤의 정성분석은 농축된 시료를 균등하게 섞은 후 피펫으로 1ml을 취해 Sedgwick-Rafter Chamber에 넣고 40~1500배 광학 현미경(OS-THP, 오션하이테크, 한국)하에서 검경하였다. 종 동정은 담수조류도감과 담수플랑크톤도감 등을 이용하였다(정용 1993, 田中正明 2002, 한강물환경연구소 2004, 滋賀の理科教材研究委員會 2005). 그리고 각 호수의 댐 앞 지점에 대해서는 정량분석도 병행하였다. 우점도, 다양도, 균등도의 경우 Simpson의 우점도 지수(C),

Shannon and Wiener의 다양도 지수(H), Shannon의 지수를 이용한 균등성 지수(J)를 산출하였다(Shannon and Weaver 1949, Simpson 1949, Hutchinson 1975).

3. 결 과

한강수계 7개 호수에 대하여 호수 별로 각 지점에서 얻은 시료로 식물플랑크톤의 형태학적 동정이 이루어졌다. 7개 호수 23개 조사지점 모두에 대해 식물플랑크톤의 정성분석이 이루어졌으며 (Table 1), 각 호수의 댐 앞 지점에 대해서는 정량분석도 병행되었다(Table 2). 파로호는 총 14속 15종, 춘천호는 13속 15종, 소양호는 47속 55종, 의암호는 27속 29종, 청평호는 21속 23종, 팔당호는 42속 68종, 충주호는 37속 44종으로 나타났다(Table 1). 7개 호수에서 총 76속 126종이 동정되었으며 규조류와 녹조류가 주로 출현하였다. 각 호수의 우점종은 파로호의 경우 *Cyclotella* sp. 춘천호, 팔당호, 청평호에서는 *Aulacoseira granulata*, 소양호와 의암호에서는 *Fragilialia crotonesis*, 충주호에서는 *Microcystis* sp.가 우점하였다(Table 2). *Aulacoseira* 속은 부영양화의 지표종으로 알려져 있다(한명수 등 1995). 천이 조사기간 동안 호수들의 평균수온은 14.8℃ 였으며, 15℃ 이상에서 출현하는 남세균

의 경우 충주호를 제외하고 적은 종이 동정되었다. 수질측정에 대한 현장계측 기록을 살펴보면 호수수질은 겨울철 수직혼합기에 조사되어 수층간에 차이를 보이지 않았고, 거리 별 수평 분포도 유사하게 나타났다. 청평호와 팔당호 댐 앞 지점에서 pH가 8이상으로 높았으며, 이에 따른 chlorophyll-a 농도가 다른 호수들에 비해서 높게 나타났다(한강물환경연구소, 2009). 계수한 식물플랑크톤의 현존량도 청평호, 팔당호가 가장 높은 수치를 기록했다(Table 3). 댐 앞 지점에서 가장 높은 식물플랑크톤 현존량(cell/ml)을 보인 호수는 청평호 > 팔당호 > 충주호 > 파로호 > 소양호 > 의암호 > 춘천호 순으로 나타났다.

Table 2. Dominant species of Lake Paro, Chunchon, Soyang, Uiam, Chungpyung, Paldang and Chungju in November, 2008 (Samples from site1 of each lake were analyzed)

Lake	Dominant species
Paro	<i>Cyclotella</i> sp.
Chunchon	<i>Aulacoseira granulata</i>
Soyang	<i>Fragilialia crotonesis</i>
Uiam	<i>Fragilialia crotonesis</i>
Chungpyung	<i>Aulacoseira granulata</i>
Paldang	<i>Aulacoseira granulata</i>
Chungju	<i>Microcystis</i> sp.

Table 1. Number of genus and species of phytoplankton in Lake Paro, Chunchon, Soyang, Uiam, Chungpyung, Paldang and Chungju in November, 2008

Lake	<i>Cyanophyceae</i>		<i>Bacillariophyceae</i>		<i>Chlorophyceae</i>		Etc.		Total	
	Genera	Species	Genera	Species	Genera	Species	Genera	Species	Genera	Species
Paro	3	3	8	9	2	2	1	1	14	15
Chunchon	-	-	7	9	3	3	3	3	13	15
Soyang	6	7	11	17	23	23	7	8	47	55
Uiam	3	3	12	14	8	8	4	4	27	29
Chungpyung	5	5	9	11	5	5	2	2	21	23
Paldang	6	7	18	28	13	26	5	7	42	68
Chungju	5	5	11	15	15	16	6	8	37	44
Total	11	16	21	40	33	50	11	15	76	121

Table 3. Diversity(H), Evenness(J), Dominance(C) index of phytoplankton in site 1 of 7 lakes in Han River system in November 2008

	Paro	Chunchon	Soyang	Uiam	Chungpyung	Paldang	Chungju
Standing crops	931	183	467	263	25577	5878	1246
Diversity (H) index	0.9334	0.8081	0.7448	0.7452	0.8649	0.7048	0.8825
Evenness (J) index	0.7060	0.6111	0.5397	0.7156	0.7354	0.4430	0.7700
Dominance (C) index	0.1856	0.2824	0.3360	0.2874	0.1942	0.3733	0.1867

$H' = -\sum P_i \ln P_i$ (Shannon and Weaver, 1949)

$C = \sum (n_i/N)^2$ (Simpson, 1949)

N= the total number of individuals

S= the total number of species

$J = H' / \ln S$ (Shannon and Weaver, 1949)

$P_i = n_i/N$

$n_i =$ the number of individuals in the i th species

4. 고찰

지구 전체 물의 97%는 바다에 있으며 3%만이 담수에 속한다. 이 중 극지방의 얼음과 지하수를 제외하면 지구상에서 쉽게 이용할 수 있는 물은 담수 전체의 0.6%이며 이 중 인간이 이용할 수 있는 수자원의 50% 정도가 호소로 이루어져 있다. 이러한 호소의 관리와 보전은 매우 중요하나 국내 생태학연구는 대부분 강이나 하천중심으로 이루어져 호소나 인공호에 대한 조사는 육수·생태학적 중요성에도 불구하고 간과되었으며 상대적으로 연구가 부족하여 지금까지 체계적인 자료가 축적되지 않은 형편이다. 본 연구는 이러한 호소의 연구에 있어 가장 기초가 되는 식물플랑크톤의 군집을 한강수계의 7개 호수에 대해 분석하였다.

각 호수의 댐 앞 지점에 출현하는 식물플랑크톤 군집을 대상으로 분석한 결과 종 다양도는 0.71~0.98 범위를 나타내었다(Table 3). 이는 가을철 후반에 이루어진 샘플링이 가을철 절정의 다양한 식물플랑크톤 종을 반영하지 못한 것으로 판단된다. 본 연구에서 가장 높은 우점도를 보인 팔당호는 가장 낮은 종 다양도를 나타냈으며 반대로 가장 높은 종 다양도를 보인 파로호는 가장 낮은 우점도를 나타냈다. 균등도가 가장 높게 나타난 호수는 충주호였다(Table 3). 종 다양도는 종의 이질성(species heterogeneity)이라고도 하며, 한 군집 내에 다수의 종들이 비슷한 개체수로 출현하면 다양도가 높고, 이와 반대로 소수의 종이 출현

하거나 소수의 종이 상대적으로 많은 개체 수를 차지하는 군집은 다양도가 낮아진다. 종 다양도가 높은 군집은 군집 내 먹이사슬내의 포식, 경쟁과 생태적 지위를 달리함으로써 상호작용이 복잡하고 다양함을 나타낸다. 균등도는 각 종의 개체수가 고르게 분포하는 정도를 말하며, 우점도는 각 종류의 비율을 제공하여 계산한 값으로 소수의 종이 나 소수의 종이 상대적으로 많은 개체수를 차지하면 우점도가 높고 다양도가 낮아진다.

같은 샘플의 PCR-DGGE band 숫자(김윤정 2012)와 형태적 분류에 의한 종 숫자를 비교해보면, 소양호와 의암호에서 큰 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다(Fig. 1). 이것은 이 두 호수가 종 다양도는 낮으나 우점도는 높게 나타난 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 각 종이 골고루 분포하는 경우에는 PCR-DGGE 결과와 형태적 결과가 유사하며 소수의 종이 다수 출현하는 경우 형태적 동정 결과와 많은 차이를 보이고 있다. PCR-DGGE 방법의 경우 공간적으로나 시기적 차이가 있는 경우 비교 분석하기에는 용이한 장점이 있으나, 극소량 존재하는 종을 검출하기는 힘든 것으로 보인다. 형태적 동정의 경우 한 cell만 출현해도 종수에 포함되지만, PCR-DGGE 방법의 경우 그에 따른 검출이 어려운 것으로 판단된다. 따라서 형태학적 분석 방법과 분자생물학적 방법은 서로의 단점을 보완할 수 있는 방법으로, 이 두 방법이 병행되어 분석된다면 좀 더 정확한 분석 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

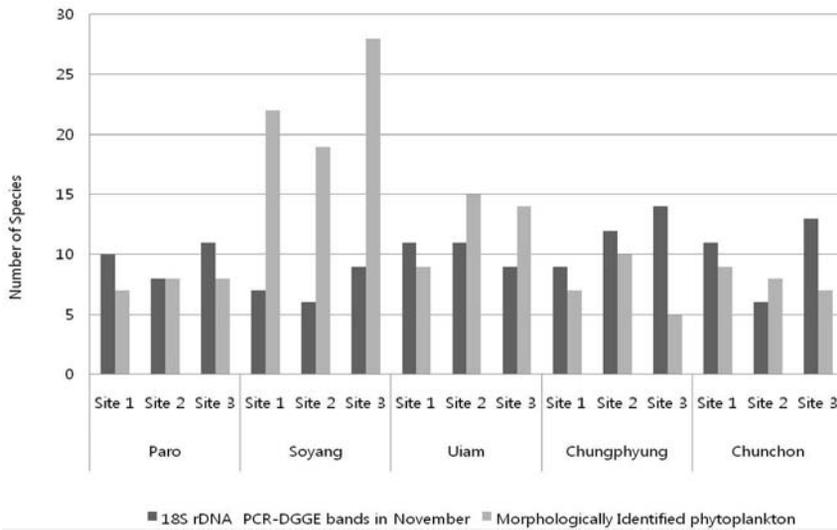


Fig. 1. Comparison between number of morphologically identified phytoplankton and number of PCR-DGGE bands in November 2008. Samples were collected from 5 lakes of North Han River system

본 연구는 한강 수계의 7개의 호수에 대해 동시에 조사·분석하여 비교한 연구로서, 한강 수계 호수의 가을철 식물플랑크톤 군집 현황을 비교할 수 있는 의미 있는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 선행 연구(정유경 2007)에서 함께 분석되지 않았던 팔당호, 소양호, 충주호 등이 포함되어 분석된 결과이다. 그러나 본 논문에서 이루어진 조사 기간이 11월로 한정되어 계절적 변동을 살펴볼 수 없었던 점이 제한적이므로, 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 LTER(16000-16001-2), 장기생태 및 KEITI (403-112-005) 생태계복원 관리기술, Green-river 연구사업단에 의해 지원되었습니다.

참고 문헌

김미경. 2000. 일반조류학. 아카데미서적
 김윤정, 김민정, 이상돈. 2012. PCR-DGGE 방법을 이용한 북한강 수계 호수의 플랑크톤 군집

분석. 한국습지학회지(submitted)
 신윤근, 김영길. 2002. 아산호의 생태학적 연구 2. 식물플랑크톤 군집 구조. Korean Journal of Limnology. 35(3):187~197.
 심재형. 2003. 플랑크톤 생태학, 서울대학교 출판부
 이인규. 2003. 조류생물학. 월드사이언스
 정용. 1993. 한국담수조류도감. 서울, 아카데미 서적
 정유경. 2007. 북한강 수계 상류호수와 하류호수의 식물플랑크톤 군집 변동 (파도호, 춘천호, 의암호, 청평호). 석사학위논문, 강원대학교
 한강물환경연구소. 2004. 팔당호의 식물플랑크톤 사진집, 한강물환경연구소
 한강물환경연구소. 2009. 한강수계 수환경 교란에 의한 수생태 영향평가 중간보고서, 한강물환경연구소
 한명수, 어운열, 유재근, 유광일, 최영길. 1995. 팔당호의 생태학적 연구 2. 식물플랑크톤의 군집구조의 변화. 한국육수학회지. 28(3):335-344
 滋賀の理科教材研究委員會. 2005. やさしい日本の淡水プランクトン圖解ハンドブック合同出版
 田中 正明. 2002. 日本淡水産動物植物プランクトン圖

鑑 名古屋大學出版會

Brook, A. J. 1965. Planktonic algae as indicators of lake types, with special reference to the Desmidiaceae. *Limnology and Oceanography*. 10:403-411

Harper, D. 1992. *Eutrophication of freshwater: principles, problems and restoration*. Chapman and Hall. 327pp

Hutchinson, G. E. 1975. *A treatise on limnology I*. John Wiley and Sons Inc. New York

Shannon, C. E. and Wiener W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. 125 pp

Simpson E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.

Yan, Q, Yu Y. H, Feng W. S, Deng W. N, Song X. H. 2007. Genetic Diversity of Plankton Community as Depicted by PCR-DGGE Fingerprinting and its Relation to Morphological Composition and Environmental Factors in Lake Donghu. *Microbial Ecology* 54(2):290-297

- 논문접수일 : 2012년 05월 02일
- 심사의뢰일 : 2012년 05월 09일
- 심사완료일 : 2012년 08월 30일

Appendix

Table 1. Morphologically identified Cyanophyceae in November 2008(P, Paro; C, Chunchon; S, Soyang; U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Cyanophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3
<i>Anabaena</i> sp.	+						+	+	+	+				+		+	+	+					
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>																	+	+		+			
<i>Aphanizomenon</i> sp.																	+	+	+				+
<i>Aphanocapsa</i> sp.								+	+				+		+		+	+					
<i>Chroococcus minutus</i>		+																					
<i>Chroococcus</i> sp.								+	+	+			+							+	+	+	+
<i>Coelosphaerium</i> sp.																+							
<i>Merismopedia</i> sp.									+	+													+
<i>Microcystis ichthyoblabe</i>													+			+							
<i>Microcystis</i> sp.		+						+													+		
<i>Microcystis aeruginosa</i>								+															
<i>Microcystis wesenbergii</i>																	+						
<i>Nodularia spumigena</i>														+									
<i>Oscillatoria</i> sp.																	+		+				
<i>Spirulina</i> sp.																							
<i>Synechocystis</i> sp.								+	+	+	+												+
Total																							
16 species in 11 genera.																							

Table 2. Morphologically identified Bacillariophyceae in November 2008 I(P, Paro; C, Chunchon; S, Soyang;U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Bacillariophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3
<i>Acanthoceras</i> sp.				+	+		+	+	+														
<i>Acanthoceras zachariasi</i>												+								+			
<i>Achnanthes</i> sp.									+								+			+			
<i>Asterionella formosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+								
<i>Asterionella gracillima</i>																	+	+	+	+			
<i>Aulacoseira ambigua</i>				+	+		+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+		+	+
<i>Aulacoseira granulata</i>	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aulacosira distans</i>				+	+		+	+	+	+	+		+		+		+						+
<i>Cocconeis placentula</i>															+								
<i>Cyclotella</i> sp.							+		+					+			+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>							+				+	+											
<i>Cyclotella nano</i>									+														
<i>Cymbella</i> sp.																							+
<i>Cymbella</i> sp1.																	+	+	+	+			
<i>Cymbella</i> sp2.																	+	+					

Table 3. Morphologically identified Bacillariophyceae in November 2008 II(P, Paro; C, Chunchon; S, Soyang;U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Bacillariophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3
<i>Diatoma vulgare</i>													+				+		+				
<i>Flagilaria capucina</i>																	+						
<i>Fragilaria crotonensis</i>			+		+		+	+	+		+	+	+	+			+	+	+				
<i>Gomphonema</i> sp.																	+	+	+				+
<i>Gyrosigma</i> sp.												+	+									+	+
<i>Gyrosigma parkerii</i>																			+				
<i>Melosira varians</i>												+		+			+			+			
<i>Navicula</i> sp.				+					+				+				+	+			+	+	+
<i>Navicula pupula</i>																			+				
<i>Navicula</i> sp1.																			+	+			
<i>Navicula</i> sp2.																			+	+			
<i>Nitzschia</i> sp.									+	+							+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia acicularis</i>	+	+	+	+	+		+	+			+												

Table 4. Morphologically identified Bacillariophyceae in November 2008 III(P, Paro; C, Chunchon; S, Soyang;U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Bacillariophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3					
<i>Pinnularia karelica</i>																								+				
<i>Pinnularia</i> sp1																									+			
<i>Pinnularia</i> sp2																									+			
<i>Stephanodiscus</i> sp.	+	+	+	+	+	+						+													+	+		
<i>Stephanodiscus suzukii</i>																									+	+	+	+
<i>Surirella Robusta</i>												+			+											+		
<i>Synedra</i> sp.	+	+		+	+	+						+	+	+		+	+								+	+		
<i>Synedra acus</i>				+				+	+	+	+															+		
<i>Synedra ulna</i>								+	+	+	+														+	+		
<i>Tabellaria fenestrata</i>				+	+																					+		
<i>Urosolenia longisteta</i>											+	+													+			
<i>Vaucheria sessilis</i>																+												
Total																												
40 species in 21 genera																												

Table 5. Morphologically identified Chlorophyceae in November 2008 I(P, Paro; C, Chunchon; S, Soyang;U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Chlorophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3			
<i>Actinastrum hantzshii</i>								+	+	+															+	+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>								+	+	+		+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>characium pringsheimii</i>										+		+														
<i>Chlamydomonas angulosa</i>																										
<i>Chlamydomonas</i> sp.								+	+	+	+													+	+	+
<i>Closteriopsis longissima</i>																+										
<i>Closterium</i> sp.								+	+																+	
<i>Closterium venus</i>													+													
<i>Coelastrum</i> sp.																									+	+
<i>Coelastrum cambricum</i>	+	+						+									+									
<i>Cosmarium botrytis</i>																									+	
<i>Cosmarium</i> sp.										+							+	+								
<i>Crucigenia</i> sp								+	+																	+
<i>Dictyosphaerium</i> sp.								+	+								+									
<i>Eudorina elegans</i>				+				+																		
<i>Gloeocystis</i> sp.								+				+	+													
<i>Golenkinia</i> sp								+		+																+

Table 6. Morphologically identified chlorophyceae in November 2008 II(P, Paro: C, Chunchon: S, Soyang:U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Chlorophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3	
<i>Nephrochlamys</i> sp.									+															
<i>Oedogonium</i> sp.															+									
<i>Oocystis</i> sp.								+	+															+
<i>Pediastrum biwae</i>																	+	+						
<i>Pediastrum boryanum</i>												+												
<i>Pediastrum duplex</i>																				+				
<i>Pediastrum simplex</i>																				+				+
<i>Pediastrum</i> sp.										+										+	+			
<i>Penium</i> sp.									+														+	
<i>Pleurotaenium</i> sp.												+									+			
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>							+	+	+	+														+
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>																	+				+			
<i>Quadrigula lacustris</i>									+															+
<i>Scenedesmus</i> sp.						+	+	+	+	+											+	+	+	
<i>Scenedesmus opoliensis</i>															+									
<i>Scenedesmus peccensis</i>																				+				

Table 7. Morphologically identified Chlorophyceae in November 2008 III(P, Paro: C, Chunchon: S, Soyang:U, Uiam; CP, Chunpyung ; P, Paldang; CJ, Chungju)

Chlorophyceae identified	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	P4	CJ1	CJ2	CJ3	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>																	+	+						
<i>Scenedesmus sooi</i>																					+			
<i>Scenedesmus</i> sp1																	+	+	+					
<i>Scenedesmus</i> sp2																	+	+	+					
<i>Scenedesmus</i> sp3																				+				
<i>Scenedesmus</i> sp4																				+				
<i>Schroederia robusta</i>								+																
<i>Sphaerocystis</i> sp.									+															
<i>Spirogyra</i> sp.			+														+	+	+					
<i>Spondylosium moniliforme</i>															+									
<i>Staurastrum</i> sp.							+	+	+	+														
<i>Staurastrum leptodermum</i>													+											
<i>Tetraëdron</i> sp.									+	+														+
<i>Tetraspora lacustris</i>									+	+								+	+					
<i>Tetrastrum punctatum</i>																	+							
<i>Treubria</i> sp																								+
<i>Ulothrix zonata</i>													+											
Total																								
50 species in 33genera																								

Table 8. Morphologically identified other phytoplankton in November 2008 III(P, Paro: C, Chuncheon: S, Soyang;U, Uiam: CP, Chunpyung ; P, Paldang: CJ, Chungju)

etc	P1	P2	P3	C1	C2	C3	S1	S2	S3	S4	U1	U2	U3	CP1	CP2	CP3	P1	P2	P3	
<i>Ceratium hirundinella</i>							+	+		+			+						+	
<i>Chromulina rosanoffii</i>													+							
<i>Cryptomonas</i> sp.							+	+	+	+								+	+	+
<i>Cryptomonas</i> sp. (nano)				+	+													+	+	
<i>Dinobryron</i> sp.							+	+												
<i>Dinobryron divergens</i>																				
<i>Euglena proxima</i>						+			+	+										
<i>Gymnodinium</i> sp.														+						
<i>Pandorona</i> sp.																				
<i>Peridinium</i> sp.	+				+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Synura</i> sp.									+	+									+	
<i>Trachelomonas similis</i>																		+		
<i>Volvox aureus</i>													+							
Total																				
13 species in 11 genera																				
<i>Unidentified pennate</i>							+			+									+	
<i>Unidentified centrales</i>																				