

Phytoplankton 발생이 수질변화에 미치는 영향

간 호 과 사 김 승 호*

I. 서 론

산업발달과 도시의 팽창으로 인한 인구의 과다 집중등으로 수질오염, 대기오염, 토양오염등의 환경오염등이 날로 심각해지고 있는 형편이다.^{1~10}

특히 도시민의 상수원으로 사용되는 인공호소수의 수질오염은 이화학적인 오염원뿐만 아니라 생물학적인 오염원도 그 비중이 크다. 그러므로 호소수로 유입되는 영양염류와 부영양화현상을 일으키는 지표생물들의 분포상태를 조사하여 그 대책을 수립코자 하는 바이다.

II. 조사기간과 지점

본 조사는 Fig. 1에서 본 바와 같이 9개 지점을 선정하여 1983년 9월부터 11월까지 조사 하였다.

1. 이화학적조사 방법

이화학적인 수질을 조사하기 위하여 지정된 채취점에서 수심 100cm 근처에서 필요한 수량을 취하여 공해공정법에 의하여 pH, 용존산소, 생물학적 산소요구량, 화학적 산소요구량, Total-phosphorus, Total-Nitrogen, 불소, 염소, 구리등을 조사하였다.²¹

2. 생물학적조사 방법

조류의 월별분포현황과 출현종수를 조사하기 위하여 Müller gauze No.15 net로서 표층수를 5분간씩 수평채집 하였다. 채집된 시료에 5% formaline을 첨가하여 고정시켜 부동침전시켜 수세한 후 20ml를 시료로 삼았고 pipette로 0.05ml씩 취하여 100~1500배의 배율로 검정하여 분류, 계수하였다.^{11~15}

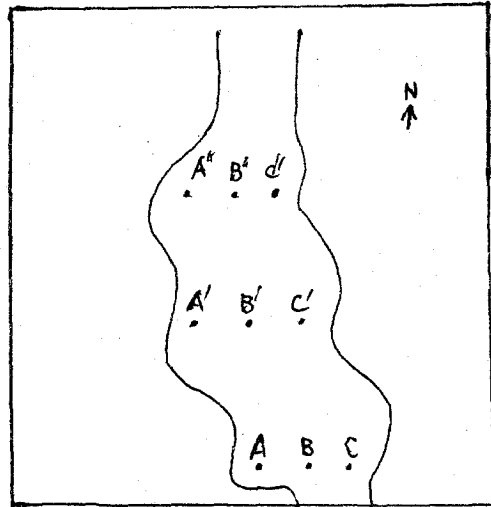


Fig. 1. Sampling positon

* 조선대학교 의과대학

Table 1. The water quality of Dongbock Lake

Date Site Items	Sept. 29			Oct. 27			Nov. 28		
	A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
pH	7.4	7.4	7.4	7.2	7.2	7.2	7.8	7.8	7.8
DO(mg/ℓ)	8.2±0.08	8.2±0.07	8.2±0.08	8.2±0.07	8.2±0.07	8.3±0.05	9.7±0.08	9.8±0.08	9.9±0.09
BOD(mg/ℓ)	12.1±0.12	21.9±0.08	22.1±0.13	12.4±0.08	13.9±0.08	13.6±0.25	11.4±0.16	18.4±0.14	9.57±0.05
COD(mg/ℓ)	3.4±0.08	2.8±0.05	2.8±0.05	1.3±0.01	1.0±0.08	1.4±0.05	2.4±0.05	2.2±0.05	3.0±0.08
Cl(mg/ℓ)	9.9±0.08	8.9±0.08	11.9±0.06	7.9±0.06	8.9±0.02	7.9±0.01	6.5±0.02	5.9±0.04	7.5±0.02
P(mg/ℓ)	49.4±0.02	44.9±0.03	71.3±0.02	46.7±0.03	55.4±0.02	42.3±0.02	49.3±0.04	42.2±0.03	46.7±0.01
N(mg/ℓ)	688.1±0.53	689.8±0.25	697.1±0.21	684.5±0.42	690.0±0.49	688.3±0.32	541.5±0.45	562.9±0.12	531.9±0.05
F(mg/ℓ)	1.1±0.01	1.6±0.01	1.3±0.02	0.9±0.02	1.1±0.02	1.1±0.02	0.8±0.02	0.9±0.02	0.8±0.01
Cu(mg/ℓ)	0.3±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.02±0.01	0.1±0.01	0.04±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.08±0.01
W-T	23°C	23°C	23°C	17°C	17°C	17°C	13°C	13°C	13°C
A-T	22°C	22°C	22°C	15°C	15°C	15°C	10°C	10°C	10°C

Mean±S.D.

Table 2. The distribution of Phytoplankton in Dongbock lake

Species	Species
<i>Bacillariophyta</i> (32)	<i>Chlorophyta</i> (31)
<i>Achnanthes linearis</i>	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> v. <i>mirabilis</i>
<i>Asterionella gracillima</i>	<i>Asterococcus limneticus</i>
<i>Attheya zacharis</i>	<i>Cedogonium</i> sp.
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>	<i>Characium limneticus</i>
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Chlorella</i> sp.
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Closteriopsis longissima</i>
<i>Cymbella turgida</i>	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Cosmanium pachydermum</i>
<i>Diatoma elongatum</i>	<i>Cosmanium lundellii</i>
<i>Fragilaria construens</i>	<i>Cosmanium</i> sp.
<i>Frusturia rhomboides</i> v. <i>saxonica</i>	<i>Crucigenia rectangularis</i>
<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
<i>Gyrosigma acuminata</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Gloeocystis gigas</i>
<i>Melosira granulata</i>	<i>Golenkinica radiata</i>
<i>M.G.</i> v. <i>angustissima</i>	<i>Merismopedia glauca</i>
<i>Melosira islandica</i>	<i>Netrium digitus</i>
<i>Melosira italica</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>Pediastrum boruanum</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Pediastrum tetras</i>
<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Pinnularia tabellaria</i>	<i>Scenedesmus abundance</i>
<i>Pinnularia viridis</i>	<i>Scenedesmus bijuga</i>
<i>Rhizosolenia longiseta</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.
<i>Stauroneis olivaceum</i>	<i>Schroederia setigera</i>
<i>Stauroneis phoenicentron</i>	<i>Staurastrum gracile</i>
<i>Surirella elegans</i>	<i>Staurastrum leptocladum</i>
<i>Surirella robusta</i>	<i>Staurastrum tohopekaligense</i>
<i>Surirella robusta</i> v. <i>splendida</i>	<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Synedra ulna</i>	<i>Stiosoclonium lubricum</i>
<i>Synedra affinis</i>	<i>Others</i> (7)
<i>Cyanophyta</i> (13)	<i>Euglena</i> sp.
<i>Anabaena</i> sp.	<i>Endorina elegans</i>
<i>Aphanocapsa grevillei</i>	<i>Arcella vulgaris</i>
<i>Aphanocapsa rivolaris</i>	<i>Ciliata</i> sp.
<i>Aphanothece microscopica</i>	<i>Dinobryon divergens</i>
<i>Chroococcus dispersus</i>	<i>Dinobryon cylindricum</i>
<i>Chroococcus furgidas</i>	<i>Volvox anreus</i>
<i>Coelosphaericum dubium</i>	
<i>Coelosphaericum kuetzingianum</i>	
<i>Coelosphaericum pallidum</i>	
<i>Gloeotrichia echinulata</i>	
<i>Lyngbya contorta</i>	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	
<i>Oscillatoria tenuis</i>	

III. 결과 및 고찰

1. 이화학적 결과

인공호소수의 이화학적 조사결과는 Table 1에서 보는바와 같다. 1980년에 강¹²등이 조사한것 보다는 현저한 증가를 보인것이 생물학적 오염도의 증가를 보여주는것 같다. 특히 생물학적 오염원의 영양원인 염소, 인, 질소등의 함량이 굉장히 상승함을 알 수 있었고 생물학적 산소요구량의 상당한 증가를 보여 주었다. 이러한 급격한 변화양상은 수량의 부족으로 인한것과 폐퇴식 인공호에 있어지는 일반적인 현상이 될것으로 생각되어 진다.

2. 생물학적 결과

(1) 조류의 분포

이번 조사기간에 plankton net를 이용하여 표층수에서 채집하여 분류한 조류는 46속 76종이었다(Table 2).

조류의 월별발생 현황과 구역별 분포를 보면 9月에는 남조류의 *Microcystis*와 규조류의 *Melosira synedra*가 타종에 비하여 다수 출현 하였다(Table 3, 4, 5).

Table 3. Calculation of Phytoplankton number in Dongbock Lake

Species \ Sampling position	(September 29, 1983)						(Unit: cell)		
	A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
<i>Melosira granulata</i>	12300	27700	25500	38300	24000	28600	33900	26800	23800
<i>Microcystis</i>	5300	3100	6600	7500	4000	6200	5700	5700	8400
<i>Pediastrum duplex</i>	400	400					400		
<i>Synedra ulna</i>	1300	2200	1300	3100	1300	1800	1800	1300	1300
<i>Nitzschia</i>				1300	400	900	900	1800	400
<i>Pediastrum biwae</i>				400		400			
<i>Pediastrum simplex</i>				400	400			400	
<i>Cymbella</i>				400		1300	900	900	900
<i>Navicula</i>				900	1300	900	1300	2200	

Table 4. Calculation of Phytoplankton number in Dongbock Lake

Species / Sampling position	(October 27, 1983)						(Unit: cell)		
	A	B	C	A'	B'	C'	A''	B''	C''
<i>Melosira granulata</i>	125400	104200	139900	192700	170300	184800	134600	144300	127600
<i>Microcystis</i>	10600	10100	9200	14900	14000	15800	11900	18500	14000
<i>Synedra ulna</i>	4400	7500	5300	16300	10100	12800	12300	14500	14500
<i>Nitzschia</i>	3100	5300	3500	4400	6200	8800	6600	7000	8400
<i>Cymbella</i>	2200	3100	2200	5700	3100	4000	5300	3100	2200
<i>Navicula</i>	5700	5700	3100	8800	6600	11400	7900	7500	700
<i>Pediastrum simplex</i>		900		900	400		900		
<i>Pediastrum duplex</i>		1300	400	400	900	1800		900	900

Table 5. Calculation of Phytoplankton number in Dongbock Lake

Species \ Sampling position	(November 28, 1983)						(Unit: cell)		
	A	B	C	A'	B'	C'	A"	B"	C"
<i>Melosira italica</i>	22900	36500	25100	32600	29900	25100	35600	31700	27700
<i>Melosira granulata</i>	8400	9700	10100	7000	4500	7900	7900	4500	10100
<i>Asterionella</i>	18900	24600	11900	27300	15400	12800	18500	18000	11400
<i>Synedra ulng</i>	14100	27700	15400	18500	16300	11000	11900	18500	10100
<i>Lyngbya contarta</i>	4000	7500	5700	8400	4800	4000	4000	10100	5300
<i>Microcystis</i>	3500	2600	1800	7500	3500	3500	2200	3500	6200
<i>Cymbella</i>	900	2600	900	3500	1300	3100	2200	1800	1800
<i>Naviculla</i>	2600	3500	1800	2200	1800	2600	1300	4400	3500
<i>Nitzschia</i>	1300	3100	3100	4000	3500	3100	2200	2200	3100
<i>Pediastrum simplex</i>		400					400		
<i>Pediastrumduplex</i>		400							

또한 물 1ℓ을 채수하여 양적으로 비교한 결과 *Melosira*는 호의 상류인 A"구역에서는 33,900/ℓ, 중류에서는 A'구역이 38,800/ℓ으로 다른지역에 비하여 다수 출현 하였고 하류에서는 B구역이 27,700/ℓ로 높게 계수되었다.

그중 A', A" 구역이 B", B" 구역에 비해 더욱 높게 출현한 것으로 계수 되었다. *Microcystis*는 상류에서는 중앙부인 C"구역이 8,400/ℓ로 중류에서는 A'구역이 7,500/ℓ로 하류에서는 C구역이 많이 출현 하였다.

또한 *Synedra*는 상류에서는 A"구역(1800/ℓ) 중류에서는 A'구역(3100/ℓ) 하류에서는 B구역(2,200/ℓ)에서 다수 나타났다.

10월에는 *Melosira*, *Microcystis*, *Synedra*가 우점적으로 출현하고 있지만 *Nitzschia*, *Cymbella*, *Naviculla*등도 상당량 출현하고 있으며 다른 종도 전반적으로 개체수가 9월에 비해 증가되어 계수 되었다.

한편 *Synedra*는 상류의 B"구역(14,500/ℓ) 중류의 A'구역(16,300/ℓ) 하류의 B구역(7,500/ℓ)에서 다수 출현 하였다.

11월에는 10월에 비하여 조류의 개체수는 대체로 감소의 경향을 보이고 있으며 일부종은 도리어 증가추세를 보이고 있어 *Synedra*의 경우 9, 10월보다 더욱 많이 출현하였고 9, 10월에는 확인되지 않았던 *Asterionella*가 상당수 출현하여 *Melosira* *Microcystis*와 더불어 우점종으로 나타났다.

*Melosira*의 경우 9월과 거의 같은 수준으로 감소되어 상류인 A'구역에서는 43,500/ℓ, 중류인 A'구역에서는 39,600/ℓ, 하류에서는 B구역에서 46,200/ℓ로 다른 구역 보다 다수 출현하고 있다.

*Microcystis*는 더욱 감소되어 출현하여 상류에서는 C"구역(6,200/ℓ) 중류에서는 A'구역(7,500/ℓ) 하류에서는 A구역(3,500/ℓ)이 타구역 보다 높게 출현 하였다.

그외에 *Synedra*는 상류의 B"구역(18,500/ℓ) 중류의 A'구역(18500/ℓ) 하류의 B구역(27,700/ℓ)에서 *Asterionella*는 상류의 A"구역(18,500/ℓ) 중류의 A'구역(27,300/ℓ) 하류의 A구역(18,900/ℓ)에서 타구역보다 다수 출현하는 것으로 계수 되었다.

IV. 생물학적 고찰

하천수와 달리 호수는 일반적으로 폐쇄적이어서 영양염류의 유입에 따른 영향이 극소적이며 고농도로 나타나기 때문에 조류의 발생에 영향을 줄것으로 예상되어 동북호를 9개의 방형구로 구분하여 조사 하였다.

9월에는 남조류의 *Microcystis*와 규조류의 *Melosira*, *Synedra*가 타종에 비하여 우점적으로 출현하고 있는데 湖의 중류와 상류가 하류에 비하여 더욱 많이 출현하였고 그중에서도 중류에서는 A'구역이, 상류에서는 A"구역과 C"구역이 중앙부인 B"구역보다 다수 출현하고 있었다.

이는 中流에서는 학교·마을·복장등이 산재해있는 A'구역에서의 영양염류 유입이 다른 조사구 보다 높은 농도로 나타나 큰 변화를 보여주고 있었는데 이는 N과 P의 다소가 조류 발생량에 영향을 준다는 Vollenweider의 이론과 일치되는 것이다.^{15~18}

10월에는 9월에 비하여 조류의 출현량이 현저하게 증가되어 *Melosira*, *Microcystis*는 다수 출현하였고 *Synedra*와 다른종의 조류도 상당량의 증가를 보이고 있는데 이와 같은 현상은 조류는 봄과 가을에 많이 발생 했다는 田澤湖¹⁹의 조류 조사와 일치 한다.

계절에 따른 이와 같은 발생현황의 차이는 수온의 변화가 큰 역할을 하는 것으로 나타나 있다.

*Melosira*와 *Synedra*는 中流인 A'구역에서는 특히 많이 계수되었고 *Microcystis*는 상류인 B"구역에 가장 많이 출현 하였다. 특히 상류에서는 *Melosira*, *Synedra*, *Microcystis* 모두 중앙부인 B"구역에서는 많이 출현하고 있는데 이는 이화학적인 조사결과 N과 P가 높은 것으로 나타나 동북호의 상류지역으로 들어오는 농업용수의 영향인 것으로 사료 된다.

11월에는 10월에 비하여 조류의 현존량이 대체로 감소 경향을 보이나 *Synedra*는 증가를 보였고 특히 검정되지 않았던 *Asterionella*가 상당수 출현하여 *Melosira*, *Microcystis*와 더불어 우점적으로 나타나고 있는데 볼때 현상의 주요 암수종인 *Asterionella*, *Melosira*, *Microcystis*가 같이 출현하여 볼때 현상의 판리시기를 책정하는데 중요한 것으로 본다.

강동¹²이 조사한 동북호의 11월 자료에서는 *Melosira*는 8,400/ℓ였는데 본 조사에서는 45,000/ℓ로 5배정도 증가하였고 *Asterionella*도 100/ℓ에서 24,600/ℓ로 246배 *Microcystis*는 100/ℓ에서 2,600/ℓ로 26배정도 *Synedra*는 400/ℓ에서 27,700/ℓ로 약 70배의 증가를 보여주고 있다.

이상에서 고찰하여 온 바와 같이 이번 조사기간중에 우점적으로 나타난 종은 *Melosira*, *Microcystis*, *Synedra*, *Asterionella*이며 대체로 마을과 목장에 인접한 中流의 A'구역이 타 구역보다 다수 출현하고 있고 상류인 A", B"구역도 상당량 출현하고 있어서 주목 된다.

이와 같은 국소적인 조류발생의 차이는 정지수의 특징을 보여주는 것으로 영양염류의 유입에 의한 것으로 사료 된다. 또한 동북호에서 국내 다른 호보다 물때 현상의 중요인자인 N, P의 양이 많고 담수조류에서는 물때 현상의 주요 원인종으로 보는 *Microcystis*, *Melosira*, *Asterionella*가 우점적으로 출현하고 있어 수원관리에 큰 문제점으로 나타나고 있다. 조류의 과다증식에 의한 물때 현상이 일어나면 정수과정에 문제를 야기시킬 뿐만 아니라 산소 결핍에 의하여 어류나 패류와 같은 각종수중생물이 질식사 할뿐만 아니라 이로 인해 황화수소나 그밖의 유해물질이 발생하기 때문에 이를 수원으로 이용하는데는 문제가 있으므로 물때 현상만은 사전에 예방 하여야 겠다.

Lois Haertal²⁰은 수심이 얇은 호가 깊은 호에 비하여 물때 현상이 잘 일어나는 것을 조사하였고 그 원인은 물결에 의한 Stirring 효과 때문인 것으로 보고 수심을 강조 하였는데 산간에 있는 호의 경우 강우시의 토사물에 의한 퇴적 현상 때문에 깊은 호로 쉽게 매립이 됨으로 수심관리를 철저히 할 것을 강조 하였다.

동북호의 경우 증축에 따른 수량의 증가로 수심이 더욱 깊어 질 것으로 예상되어 물때 현상관리에는 낙관적인 면도 있다. 그러나 영양염류인 N과 P의 양이 더욱 문제시 된다.

동북호의 경우 주변 마을에서의 생활하수, 인근목장의 분뇨유입, 농경지의 시비, 댐 주변의 잡초 및 수목제거, 댐자체관리의 헛점등이 문제점으로 예상되며 심지어 호의 주변의 암석성분도 조사해볼 가치가 있다고 본다.

유기물이 많은 곳에서 출현하는 *Golenkia*, *Radiata*, *Euglena*, *Anacystis*등이 이번 조사 동안에 상당량 관찰 되었다.

감사

본 실험에 적극적으로 지도편달하여 주신 김병환교수님께 심심한 감사를 드리는 바이다.

V. 결 론

광주상수원인 동북호의 부영양화현상을 유발시키는 수질오염현상과 plankton의 분포상태를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표층수에서 채집한 조류는 46속 76종이었다.
2. 9월의 우점종으로 *Microcystis*, *Melosira*, *Synedra*으로 나타났다.
3. 10월의 우점종으로 *Microcystic*, *Melosira*이었고 *Nitzschia*, *Cymbella*, *Navicula*등이 출현 되었다.

4. 11월에는 우점종으로 *Asterionella*, *Melosira*, *Microcystis*가 나타났다.
5. 유기물이 많은 곳에서 출현되는 *Euglene*, *Glolenkia*, *Radiate*, *Anacystin*등이 상당량 관찰 되었다.
6. 이화학 수질은 DO. 8.2~9.9(mg/ℓ), BOD 12~22(mg/ℓ), COD, 1.0~3.0(mg/ℓ), Cl 5.9~11.9(mg/ℓ), P. 4.5~7.0(mg/ℓ), N 531~697(mg/ℓ)을 나타내 상당히 오염된것을 보여 주었다.

참 고 문 헌

1. 주홍규, 서화중. 광주지구 상수자원의 이화학적 조사, *육수학회지* Vol.5. No.1~2, (1972)
2. 주홍규, 서화중. 동북면 수질상의 분석화학적 조사연구, *육수학회지* Vol.8. No.3~4 (1975)
3. 홍사옥, 이해금. 의암호의 이화학적 환경조사, *육수학회지* Vol.2. No.1~2 (1969)
4. 조규송, 나규한. 의암인공호의 오염화에 관한 육수학적 연구, *육수학회지* Vol.4, No.3~4 (1971)
5. 5개댐 저수지 수질조사 보고서 (1981), 산업기지 개발공사
6. Davis, C.C, *Limnol and Oceanogr.* 9, 275 (1964)
7. Beeton, A.F., *Limnol, and Oceanogr.* 10, 240 (1965)
8. 조규송. 소양강 다목적 Dan의 육수학적 연구(I), *육수학회* Vol.7, No.1~2 (1974)
9. 杉浦則天, 飯島昭夫. *用水と 廢水(日本)* 20, 1233~1241 (1978)
10. 今井清. *公害と 대책(日本)* 15, 1575~1584 (1979)
11. 水野壽彦. *日本淡水 plankton圖鑑*, 保育社, pp.107~263 (1966)
12. 강영식, 김병환, 류일광, 이치영. 광주동북 수원지의 부영화현상과 phytoplankton의 계절적 발생에 관한 연구, *광주보건대 논문집* 제5집, pp.1~18 (1980)
13. *日本水道協會*, *상수시험方法*, pp.388~479 (1970)
14. G.W. prescott, *Algae of the western great lake, area, revised, edition.* W.M.C. Brown Company puld (1975)
15. R.A. Vollenweider; *OECD Techical Report, DAS/CSI/68* (1971)
16. Johns. Tapp; *Eutrophication, Analysis with simple and complex models, Journal WPCF* 484 (1978)
17. D.J. Dillon; *The phosphorus budget ofCameron Lake The importort of flushing rate to the degree of eutrophy of iakes, Limn & ocean* 20(1), 28 (1975)
18. 조규송. 우수계하에 있는 의암호의 육수학적 조건과 Plankton에 관한 비교연구, *육수학회지* 10 3.4 73 (1977)
19. 小久保清治, *プランクトソ실험법* 항성사 원생각 (1967)
20. Lois Haertel, *Nutrient Iimitation of Alage Starding Crops in Shallow Prairie Iakes, Ecology* 57 664~678 (1976)
21. *공해공정시험법(수질)*, 환경청 (1981)

The effect of Phytoplankton development on water quality change.

Seung-Ho Kim, M.D.

Medical College, Chosun University.

> Abstract <

In order to analyze trophic states of lake and to suggest water quality control against eutrophication, we surveyed Dongbock lake from September, 1984 to November, 1984.

The Summary of the experimental results is followed:

(1) The Phytoplankton identification in this investigation was distributed in total 46 genera and 76 species.

(2) To appear a dominated alga was *melosira*, *microcystis* and *Synedra* in September.

(3) To appear a dominated alga was *melosira*, and *microcystis*, but *cymbella*, *navicula* and *Mitochondria* was observed also in October.

(4) To appear a dominated alga was *Asterionella*, *edlosira* and *microcystis* in November.

(5) It was considerable fact that *Onocystis*, *Euglena*, *Golenkia* and *Radiata* usually appear in massive organic compounds exist phase was observed in these period.

(6) The content of dissolved oxygen (DO), Biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), chloride Ion, Phosphorus, and nitrogen is ranged from 8.2 to 9.9(mg/l), 12 to 22(mg/l), 1.0 to 3.0(mg/l), 5.9 to 11.9(mg/l) 45 to 70(mg/l) and 531 to 697(mg/l), respectively.