

서울시 상수원(취수원)의 藻類 및 조류독소 발생추이 분석 (2004)

수질연구부 수질조사과
조석주, 최인철, 이호원, 조덕현, 오세종

Investigation about algal shift and microcystins around the intakes of Han River

Water Quality Examination Division

Seok-Ju Cho, In-Chul Choi, Ho-Won Lee, Deok-Hyun Cho, Sea-Jong Oh

ABSTRACT - Since August, 1994, algal genera have been investigated to understand algal shift and refer to water treatment process, at the six raw water intakes around on the Han River. We have investigated toxic microcystins since 2000. The results are as follows. Those include algal shift during past five years and survey result of 2004 mainly.

1. In 2004, 72 algal genera were observed, including Cyanophyta 7 genera, Bacillariophyta 19 genera, Chrysophyta 6 genera, Cryptophyta 1 genus, Haptophyta 1 genus, Chlorophyta 31 genera, Euglenophyta 3 genera, and Pyrrophyta 3 genera. The yearly average was 10,051 cells/mL.
2. Dominant algal group was diatoms that held 8,963 cells/mL(89.2 %) of 10,051 cells/mL. Most dominant genus was *Cyclotella* spp., 5,699 cells/mL(56.7 %). Troublesome diatoms in the watertreatment, *Melosira* spp., *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., *Synedra* spp., *Diatoma* spp., were 1,946 cells/mL(19.4 %) and increased than 639 cells/mL of the past year. The ratio of cyanobacteria was 3.5 %(355 cells/mL). Toxic cyanobacteria, *Microcystis* spp. and *Anabaena* spp., were observed maximum 300 cells/mL and 260 cells/mL respectively. Green algae possessed only 4.1 %(345 cells/mL) of total number.
3. Through the 22.4 km flow, from the Paldang-Dam to the Jamshil-dammed pool, algae were increased from 8,053 cells/mL to 12,538 cells/mL(56 % increase). The rate is decreased than 2003, 2002, and 2001, respectively 87 %, 64 %, and 64 %. Watertreatment-troublesome diatoms were increased 33 %, from 1,676 cells/mL to 2237 cells/mL, through flow.
4. Toxic cyanobacteria were grown August to October, but the maximum outbreaking biomass of *Microcystis* spp. was only 300 cells/mL. Microcystins, toxin of cyanobacteria, were not detected in raw water.

Key words : algae, cyanobacteria, diatom, watertreatment-troublesome diatom, Han River, toxin, microcystin

서론

지표수를 이용한 수돗물 생산에 있어서 이러한

종합적 수질환경을 반영한 조류의 발생은 어느 분야보다도 직접적인 영향을 받고 민감하게 대응하는 분야이다. 따라서 상수원수에 대하여 장·단기적인 조류종의 분포를 파악하고 수질의 변화를

관찰하는 것은 마시는 물을 생산해야 하는 과정에서 가장 기초가 되고, 끊임없이 제기되는 조류로 인한 응집-플록형성의 저해나 여과장해와 같은 정수처리 문제, 맛·냄새의 발생, 유독성 물질의 생성 등과 같은 문제에 효과적으로 대응할 수 있는 방안을 찾기 위한 기본과정이 된다고 할 수 있다. 본 조사는 이와 같은 취지로 '95년부터 취수원수를 대상으로 조류의 장·단기적인 변화 상태를 조사하고 있다.

나아가 1999년부터는 수질측면에서의 조류관련 조사를 추가하였다. 즉 세계의 온대지역에서 겪고 있는 유독성 남조류에 의한 물꽃(綠潮, 水華, algal bloom)발생과 그에 따르는 건강 위해성 독소발생에 대한 감시를 시작하였다. 남조류 독소에 의한 피해의 증가와 잠재적 건강 위해성으로 WHO에서는 1998년에 microcystin-LR을 수질기준 권장항목으로 지정하였으며, 서울시에서도 본 연구소의 1998년까지의 연구결과를 바탕으로 2000년 7월부터 microcystin類 중 독성이 가장 강한 3종을 감시항목으로 지정하여 관리하고 있다.

따라서 본 조사는 조류의 변화를 기록하고 수질의 변화를 해석하는 것에서부터 정수처리를 위한 기본자료와 수질의 안전을 확보하기 위한 조사에 의미를 두고 추진하고 있으며, 장기적으로 보다 나은 조사와 자료의 해석, 활용을 위해 노력하고 있다.

조사대상 및 방법

1. 취수원 조류조사

1.1. 조사대상

조사 대상 지점은 팔당댐에서 잠실수중보 사이에 위치한 팔당, 암사, 구의, 자양, 풍납, 강북의 6개 취수장이며 매주 수요일 시료를 채수하여 분석하였다.

조사대상 취수장 현황은 표 1과 같다.

Table 1. The six intakes' list of Seoul

Intakes	Site	Capacity (10,000t/day)	Distance(from the Paldang Dam)
Paldalg I,II	하남시 배알미동 산5	110	0 Km
Gangbuk	남양주시 와부읍 도곡리 1124	105	6.5 Km
Amsa	강동구 암사동 산10	170	16 Km
Guui	광진구 광장동 산18	126	18 Km
Chayang	광진구 자양동 701	145	23 Km
Pungnap	송파구 풍납동 417	70	22.4 Km

1.2. 조사방법

조류세포수를 측정하기 위하여 매주 수요일 전 염소처리기가 되지 않은 취수장 원수를 채수하였으며, Sedgwick-Rafter counting cell을 이용한 100-200배의 저배율법을 이용해서 조류를 정량분석하였다(APHA, 1992). 조류의 동정은 '水道藻類分類解説(用北四郎, 1993)', '淡水플랑크톤圖鑑(水野壽彦, 1993)', '淡水藻類寫眞集(山岸高旺, 1984)', '淡水藻圖鑑(黃瀨弘, 1981)' 등을 참고하였다.

자료분석은 정수처리에 비중을 많이 차지하는 조류를 위주로 하였으며, 조류의 변화추세를 보기 위하여 조류별로 최근 5년 동안의 자료를 그래프화하여 나타내었다.

2. 상수원 조류독소 발생현황 조사

2.1. 조사대상

조류독소중 마이크로시스틴은 2000년부터 서울시 감시항목으로 선정하여 관리하는 항목으로 상수원에서의 남조류 및 조류생성 독소의 현황을 조사하기 위하여, 주간 취수원 조류조사에서 남조류가 4,000 세포/mL 이상 되는 시기에 상수원의 시료를 채수하여 분석하도록 계획하였다. 5월 중순에 이 기준을 초과한 경우가 있었으며, 이 시기에 취수원에 대하여 1회 조사하였다.

2.2. 조사방법

각 지점별로 표층수를 채수한 후, 즉시 실험실로 가져와 4°C의 냉암소에 보관하였고, 특별한 처리는 하지 않았다. 시료는 3일 이내에 분석하였다.

분석항목으로는 조류종과 microcystin-RR, microcystin-LR, microcystin-YR 등이었다. 조류종 분석은 상기한 방법과 같다. 조류독소의 전처리와 농축, HPLC 분석은 조체안의 독소뿐만 아니라 용존성 시료 중의 독소를 미량까지 분석할 수 있는 조(1999)의 방법을 사용하였다.

조사결과

1. 취수원 조류조사 결과

1.1. 연도별 변화

연도별, 지점별 조류발생현황은 표 2와 같으며, 2004년의 총조류수는 평균 10,051 세포/mL로 지난해의 6,635 세포/mL, 2002년의 7,794 세포/mL, 2001년의 7,294 세포/mL, 2000년의 8,156 세포/mL, 1999년의 6,698 세포/mL보다 높은 수준을 나타냈다. 이는 *Skeletonema* spp., *Melosira* spp.,

Synedra spp. 등의 규조류와 남조류인 *Phormidium* spp., 녹조류 등 대부분의 조류가 예년보다 증가하였기 때문이다.

가장 다수를 차지한 그룹은 규조류로서 전체조류 10,051 세포/mL 중 8,963 세포/mL를 차지해 전체의 89.2 %를 나타냈으며, 지난해의 92.3 %와 2002년의 91.5%보다 비중이 다소 낮아졌다. 그 중 *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)가 예년과 마찬가지로 가장 우점하였다. 평균 5,699 세포/mL로 지난해의 5,261 세포/mL, 2002년의 5,662 세포/mL보다 다소 증가하였으나, 전체에서 차지하는 비중은 56.7 %로 지난해의 79.3%와 2002년의 72.6%보다 크게 낮아졌으며, 조사한 연도중에서 가장 낮은 비중을 차지하였다.

주요 정수처리장해성 규조류인 *Melosira* spp., *Synedra* spp., *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., *Diatoma* spp. 등은 전체의 19.4 %인 1,946 세포/mL를 차지하여 지난해의 639 세포/mL(9.6 %), 2002년의 1,336 세포/mL(17.1 %), 2001년의 1,267 세포/mL(17.4 %)보다 크게 증가하였다.

남조류에 의한 비중은 전체의 3.5 %인 355 세포/mL로 지난해의 37 세포/mL (0.6 %)로, 2002년의 154 세포/mL(2.0 %)보다 크게 증가하였으며, 2001년의 345 세포/mL(4.7%)와 비슷한 수준이었다.

녹조류는 전체의 4.1 %인 409 세포/mL가 발생하여 지난해의 228 세포/mL (3.4 %), 2002년의 340 세포/mL(4.4 %), 2001년의 345 세포/mL(4.7 %)보다 증가하였으며, 전체조류 중에서 차지하는 비중은 여전히 낮았다.

1.2. 지점별 변화

팔당댐에서부터 잠실수중보까지 하천 유하에 따른 2004년의 지점별 총조류수 변화는 팔당취수장(0 km)에서 8,053 세포/mL이던 것이, 강북에서 8,001 세포/mL, 암사(16 km)에서 9,798 세포/mL, 구의(18.4 km)에서 9,964 세포/mL, 자양(23 km)에서 11,950 세포/mL, 풍납(22.4 km)에서 12,538 세포/mL로 하류로 유하하면서 지속적으로 증가하므로써 팔당댐에서 잠실수중보(풍납)에 이르는 동안 56 %

Table 2. Occurrence of algae classified by the years and the sites

		Total	Cyano-bacteria	Diatoms			Green-algae	etc.
				Subtotal	Troublesom diatom	Dominant algae		
2004	Paldang	8,053	258	7,002	1,676	4,357	365	430
	Gangbuk	8,001	263	7,087	1,734	4,357	370	282
	Amsa	9,798	370	8,848	1,831	5,662	364	216
	Guui	9,964	219	8,976	2,018	5,783	381	388
	Jayang	11,950	475	10,689	2,181	6,882	440	346
	Pungnap	12,538	543	11,178	2,237	7,157	534	284
	Avg.	10,051	355	8,963	1,946	5,699	409	324
2003	Paldang	4,449	20	3,943	408	3,369	169	317
	Gangbuk	5,160	42	4,677	580	3,868	242	200
	Amsa	6,736	47	6,199	648	5,300	267	223
	Guui	7,125	32	6,640	688	5,716	204	249
	Jayang	8,017	50	7,491	672	6,621	227	250
	Pungnap	8,325	31	7,809	835	6,695	263	222
	Avg.	6,635	37	6,126	639	5,261	228	244
2002	Paldang	6,297	161	5,593	1,417	4,041	370	173
	Gangbuk	6,017	112	5,439	1,271	4,025	294	172
	Amsa	7,138	184	6,382	1,312	4,931	375	197
	Guui	7,797	163	7,178	1,298	5,757	288	168
	Jayang	9,201	179	8,578	1,260	7,183	303	141
	Pungnap	10,315	123	9,640	1,458	8,033	411	141
	Avg.	7,794	154	7,135	1,336	5,662	340	165
2001	Paldang	6,820	177	5,882	1,676	4,016	741	19
	Gangbuk	7,111	170	6,273	1,733	4,281	651	17
	Amsa	8,211	204	7,298	2,074	4,977	691	18
	Guui	7,919	215	7,319	1,420	5,806	334	50
	Jayang	9,037	175	8,114	2,186	5,663	737	11
	Pungnap	9,292	158	8,431	2,342	5,842	689	13
	Avg.	8,156	172	7,267	2,031	4,992	702	15
2000	Paldang	6,597	656	5,565	887	4,569	294	82
	Gangbuk	5,493	55	5,189	863	4,231	190	59
	Amsa	6,294	63	5,927	927	4,889	183	121
	Guui	8,467	147	7,604	2,177	5,175	702	13
	Jayang	7,816	73	7,337	992	6,187	202	204
	Pungnap	8,259	215	7,616	882	6,592	302	126
	Avg.	6,698	188	6,155	874	5,164	235	120
1999	Paldang	5,065	84	4,612	754	3,755	290	79
	Amsa	6,103	578	5,246	863	4,253	203	76
	Guui	5,727	66	5,299	695	4,516	240	122
	Jayang	8,492	2,324	5,860	1,015	4,706	266	42
	Pungnap	6,526	119	6,094	1,050	4,940	261	52
		Avg.	6,451	703	5,458	881	4,461	233

* Troublesome diatom : *Synedra* spp., *Melosira* spp., *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., *Diatoma* spp.
+ Dominant algae : *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)

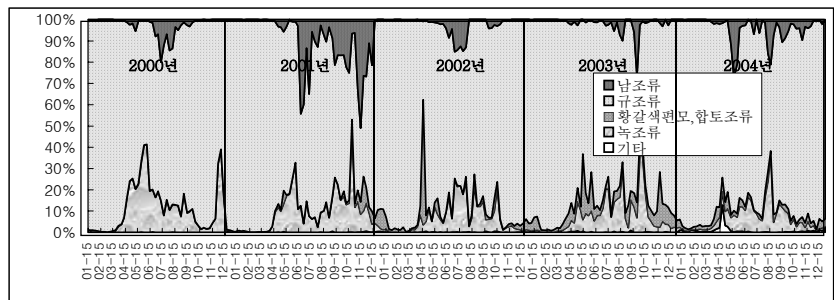


Figure 1. Change in the composition of the algal populations

의 조류증가율을 보였다. 하천 유하에 따른 증가율은 2000년부터 지난해까지 36 %, 64 %, 64 %, 87 %로 증가율이 지속적으로 높아지는 경향을 보이다가 금년에는 감소하였다.

이와같은 높은 증가율은 겨울철 갈수기간의 주요 발생조류인 *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)가 팔당에서 4,357 세포/mL이던 것이 풍납에서 7,157 세포/mL로 64 %가 증가하므로써 나타났다.

장해성 규조류는 팔당취수장에서 1,676 세포/mL이던 것이 강북, 암사, 구의, 자양, 풍납 취수장으로 내려오면서 각각 1734, 1831, 2018, 2181, 2237 세포/mL로 증가하여 최하류에서 33 %가 증가하였으며, 지난해의 105 % 증가에 비해 크게 낮아졌다.

관찰된 조류중 주요 장해성 조류 및 우점조류별 주요 출현시기와 출현량에 대한 정리 자료는 다음과 같으며, 조류속별 자료는 부록과 같다.

1.3. 조류별 조사결과

2004년에는 총 72개 屬이 출현하였으며, 2003년의 57개 屬보다 15개 屬이 많게 출현하였다. 그 중 남조식물문(藍藻植物門, Cyanophyta) 7개 屬, 규조식물문(矽藻植物門, Bacillariophyta) 19개 屬, 황색편모조식물문(黃色鞭毛藻植物門, Chrysophyta) 6개 屬, 갈색편모조식물문(褐色鞭毛藻植物門, Cryptophyta) 1개 屬, 합토식물문(Haptophyta) 1개 屬, 녹조식물문(綠藻植物門, Chlorophyta) 31개 屬, 유글레나식물문(Euglenophyta) 3개 屬, 와편모조식물문(渦鞭毛藻植物門, Pyrrophyta) 3개 屬이 관찰되었으며 조류별 현황은 아래와 같다.

가. Division Cyanophyta(藍藻植物門, cyanobacteria, blue-green algae)

Anabaena, Aphanizomenon, Chroococcus, Merismopedia, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium

나. Division Bacillariophyta(矽藻植物門)

Achnanthes, Asterionella, Attheya, Cocconeis, Cyclotella(Stephanodiscus), Cymatopleura, Cymbella, Diatoma, Fragilaria, Gomphonema, Gyrosigma, Melosira, Navicula, Nitzschia, Pinnularia, Rhizosolenia, Skeletonema, Synedra, Tabellaria

다. Division Chrysophyta(黃色鞭毛藻植物門)

Chrysococcus, Dinobryon, Mallomonas, Ochromonas, Pseudokephyrion, Synura

라. Division Cryptophyta(褐色鞭毛藻植物門)

Cryptomonas

마. 합토식물문(Haptophyta)

Chrysochromulina

바. Division Chlorophyta(綠藻植物門 green algae)

Actinastrum, Ankistrodesmus, Aphanocapsa, Cateria, Chlamydomonas, Chlorella, Chlorogonium, Chodatella, Closterium, Coelastrum, Cosmarium, Crucigenia(Largerheimia), Dictyosphaerium, Eudorina, Golenkinia, Gonium, Hormidium, Kichneriella, Lobomonas, Micractinium, Mougeotia, Oocystis, Pandorina, Pediastrum, Scenedesmus, Schroederia, Selenastrum, Sphaerocystis, Tetraedron, Tetrastrum, Treubaria

사. Division Euglenophyta(유글레나植物門)

Euglena, Trachelomonas, Phacus

아. Division Pyrrophyta(渦鞭毛藻植物門, dinoflagellates)

Glenodinium, Gymnodinium, Peridinium

1.3.1. 남조식물문 (藍藻植物門, Cyanophyta, Cyanobacteria)

남조류는 *Anabaena, Aphanizomenon, Chroococcus, Merismopedia, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium*의 7개 屬이 관찰되었으며, 예년보다 다소 높은 수준으로 발생하였다.

주요기간의 발생량은, 5월 중순에서 5월 말까지 평균 3,241 세포/mL, 8월 중순에 933 세포/mL를 나타냈으며, 5월 중순에 최대 8,880 세포/L가 발생하였다. 연간 발생량은 355 세포/mL로 지난해의 37 세포/mL, 2002년의 154 세포/mL, 2001년의 345 세포/mL, 2000년의 172 세포/mL, 1999년의 188 세포/mL,보다 높은 수준을 나타냈다.

5월에 *Phormidium*이 다량 발생하고 8월에는 *Merismopedia*가 다른 기간보다 많이 발생하여 예년보다 높은 수치를 나타냈으나 맛·냄새나 정수처리장해등의 문제를 일으키지는 않았다. 장해성이 큰 *Anabaena*와 *Microcystis*의 발생량은 많지 않았으며, 각각 최대 발생량이 260 세포/mL와, 300 세포/mL에 불과하였다.

1) *Anabaena* spp.

2004년 연평균 발생량은 4 세포/mL로 지난해의 3 세포/mL와 비슷한 수준이었으며, 2002년의 32 세포/mL, 2001년의 75 세포/mL, 2000년의 45세포/mL, 1999년의 64 세포/mL보다 크게 감소하여 지난해에 이어 최근 6년 동안 가장 낮은 수준을 나타냈다. 또한 최대 발생량은 260 세포/mL에 불과할 정도로 적었다.

Table 3. Occurrence of cyanobacteria

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	May	1,550	2,493	3,473	1,903	4,943	5,080	3,241
	Mid. Aug.	1,370	990	1,355	175	450	1,260	933
2004 most occurring date	2004/05/19	1,800	4,050	5,500	2,740	8,330	8,880	5,217
	2004/08/18	1,170	830	1,540	0	740	2,140	1,070
2004 Avg.		258	263	370	219	475	543	355
2003 Avg.		20	42	47	32	50	31	37
2002 Avg.		161	112	184	163	179	123	154
2001 Avg.		478	272	383	215	315	407	345
2000 Avg.		177	170	204	147	175	158	172
1999 Avg.		656	55	63	66	73	215	188

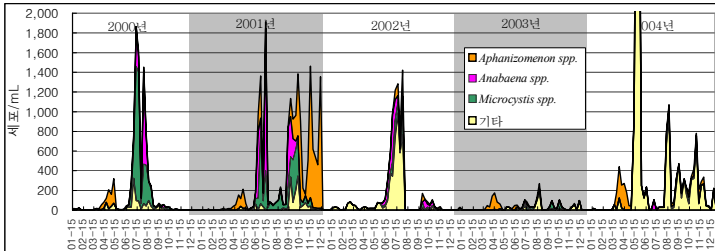


Figure 2. Seasonal fluctuation of cyanobacteria

Table 4. Occurrence of *Anabaena* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 most occurring date	2004/07/07	90	60	260	0	50	170	105
	2004 Avg.	3	3	7	4	2	4	4
2003 Avg.		1	2	7	4	5	2	3
2002 Avg.		46	29	46	20	26	24	32
2001 Avg.		99	72	85	44	74	80	75
2000 Avg.		52	61	38	40	31	32	42
1999 Avg.		272	2	1	18	1	93	64

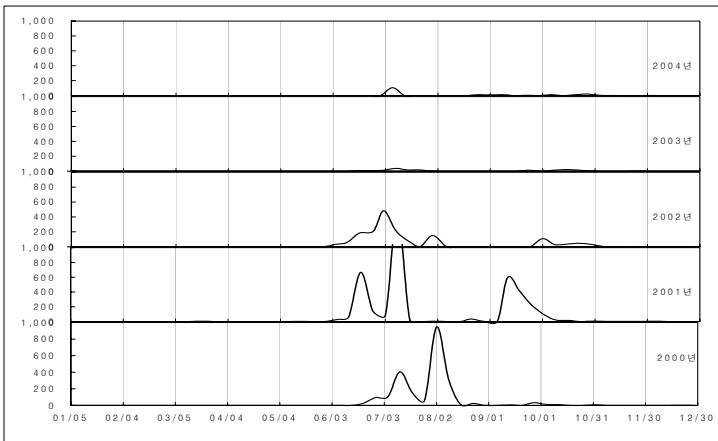


Figure 3 Seasonal fluctuation of *Anabaena* spp.

2) *Microcystis* spp.

연평균 6 세포/mL가 발생하여 지난해와 같은 수준이었으며, 2002년의 16 세포/mL, 2001년의 77 세포/mL, 2000년의 86 세포/mL, 1999년의 66 세포/mL 보다 크게 감소한 수준을 나타냈으며, *Anabaena*와 마찬가지로 최근 6년 동안 가장 낮은 수준을 나타냈다. 최대 발생량도 300 세포/mL로 낮았다.

3) *Aphanizomenon* spp.

연평균 37 세포/mL가 발생하여 14 세포/mL가 발생하여 지난해의 14 세포/mL보다 다소 높은 수준이었다. 주로 3월 말에서 5월 초에 발생하였으며, 이 기간 동안 평균 181 세포/mL가 발생하였고, 최대발생량은 400 세포/mL로서 적은 수준이었다.

4) 기타

그 외에도 *Phormidium*, *Merismopedia*, *Oscillatoria*가 발생하였다. *Phormidium* spp.은 연평균 263 세포/mL가 발생하여 지난해의 10 세포/mL가 발생하여, 2002년의 42 세포/mL, 2001년의 14 세포/mL, 2000년의 11 세포/mL, 1999년의 31 세포/mL보다 발생량이 훨씬 많았다. 주요 발생시기는 5월과 10월 말이었으며, 특히 5월에 평균 3,203 세포/mL가 발생하였고 최대 8,830 세포/mL가 발생하였다. 그러나, 문헌상으로 흙, 곰팡이를 내는 것으로 알려져 있으나, 장해수준의 맛, 냄새 발생은 없었으며, 정수처리장해현상도 발생하지 않았다.

Oscillatoria spp.은 연평균 17 세포/mL가 발생하여 예년의 3~12 세포/mL 보다 다소 높았으며, 최대발생량은 830 세포/mL였다. 특정 발생기간없이 연중 소수가 발생하였다.

Table 5. Occurrence of *Microcystis* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 most occurring date	2004/08/18	120	100	20	0	300	120	110
2004 Avg.		7	2	3	4	17	4	6
2003 Avg.		7	2	3	4	17	4	6
2002 Avg.		22	15	30	6	13	11	16
2001 Avg.		101	82	85	43	77	73	77
2000 Avg.		92	75	102	82	87	75	86
1999 Avg.		315	4	2	15	24	40	66

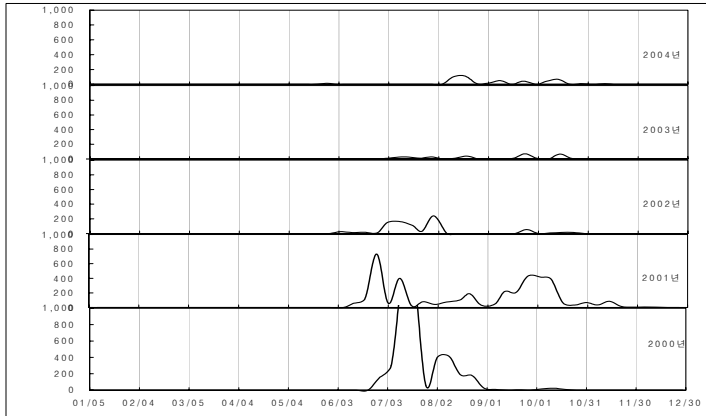


Figure 4 Seasonal fluctuation of *Microcystis* spp.

Table 6. Occurrence of *Aphanizomenon* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	late Mar~ late May	177	144	146	167	243	207	181
2004 most occurring date	2004/03/31	350	210	300	380	270	400	318
2004 Avg.		39	28	24	32	53	46	37
2003 Avg.		12	15	10	16	15	14	14
2002 Avg.		24	11	14	18	13	14	16
2001 Avg.		263	94	174	100	126	214	162
2000 Avg.		19	14	25	3	27	25	19
1999 Avg.		3	7	0	3	1	0	2

Table 7. Occurrence of *Phormidium* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	mid May~ late May	1,500	2,467	3,473	1,850	4,877	5,053	3,203
	late Oct~ began Nov	190	380	500	340	565	1,250	538
2004 most occurring date	2004/05/19	1,750	3,970	5,500	2,630	8,130	8,830	5,135
	2004/11/03	0	380	1,000	380	1,000	1,750	752
2004 Avg.		143	191	297	159	376	414	263
2003 Avg.		1	19	18	8	14	3	10
2002 Avg.		37	27	43	66	52	28	42
2001 Avg.		8	14	11	14	15	19	14
2000 Avg.		6	8	20	7	17	8	11
1999 Avg.		50	18	50	12	34	24	31

1.3.2. 규조식물문(硅藻植物門, Bacillariophyta, Diatoms)

규조류는 *Achnanthes*, *Asterionella*, *Attheya*, *Cocconeis*, *Cymatopleura*, *Cyclotella*(*Stephanodiscus*), *Cymbella*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Rhizosolenia*, *Skeletonema*, *Synedra*, *Tabellaria* 등 19개屬이 관찰되었다.

매년 겨울철 갈수기 동안 주종을 이루는 *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)와 주요 장해성 규조류로 분류하고 있는 *Melosira* spp., *Asterionella* spp., *Synedra* spp., *Fragilaria* spp., *Diatoma* spp.가 주로 발생하였으며, 이전에 분류가 되지 않았고 발생량도 적었던 *Skeletonema* spp.도 우점종으로 관찰되었다.

금년 발생량은 8,963 세포/mL로 지난해의 6,125 세포/mL, 2002년의 7,135 세포/mL, 2001년의 6,551 세포/mL, 2000년의 7,267 세포/mL, 1999년의 6,096 세포/mL보다 높은 수준을 나타냈으나, 전체조류에서 차지하는 비율은 89.2 %로 지난해의 92.3 %, 2002년의 91.5 %보다 낮아졌다.

1) 정수처리장해성 규조류

정수처리와 관련하여 정수처리장해성 규조류로 분류하고 있는 *Melosira* spp., *Synedra* spp., *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., *Diatoma* spp.는 예년과 같이 주로 봄-가을에 주로 발생하였다. 3월말에서 6월 중순에 평균 3,142 세포/mL가 발생하였고, 10월 중순에서 11월에 4,833 세포/mL가 발생하였다.

금년 발생량은 1,946 세포/mL로 지난해의 639 세포/mL와 2002년의 1,336 세포/mL, 2001년의 1,267 세포/mL보다 발생량이 많았으며, 정수처리장해성 규조류 각 종별로 모두 예년보다 증가하였다. *Melosira* spp.의 발생량이 가장 많았으며,

10월 초에서 11월 중순에 평균 3,868 세포/mL, 최고 9,680 세포/mL 발생하였으며, 같은 기간동안 *Synedra* spp.가 평균 864 세포/mL, 최고 3,000 세포/mL가 발생하여 심한 여과장애가 초래되었다.

지점별로는 팔당에서 1,676 세포/mL, 강북에서 1,734 세포/mL, 암사에서 1,831 세포/mL, 구의에서 2,018 세포/mL, 자양에서 2,181 세포/mL, 풍납에서 2,237 세포/mL가 발생하여 유하하면서 최고 33% 증가하였다. 이는 지난해의 105% 증가보다 크게 감소한 것이며, 예년의 증가수준과 비슷하였다.

2) *Melosira* spp.

Cyclotella spp.와 *Skeletonema* spp. 다음으로 우점을 나타낸 조류이며, 전체 조류에서 9.1%를 차지하여 지난해의 7.1%보다 비중이 증가하였으나, 2002년의 11.9% 보다는 감소하였다.

연평균 발생량은 913 세포/mL로 지난해의 471 세포/mL 보다 크게 증가하였으나, 2002년의 929 세포/mL와는 비슷한 수준을 나타냈다. 3월 말에서 4월 초에 1,862 세포/mL가 발생하였고, 10월 초에서 11월 중순에 평균 3,868 세포/mL가 발생하였다. 최고 발생량은 3월에는 2,660 세포/mL로 비교적 적었으나, 10월 말에는 최고 9,680 세포/mL를 나타내 *Synedra* spp.와 함께 정수처리시 침전여과장애를 초래하는 수준으로 발생하였다.

지점별로는 팔당이 750 세포/mL, 강북이 763 세포/mL, 암사가 819 세포/mL, 구의가 1,005 세포/mL, 자양이 1,070 세포/mL, 풍납이 1,071 세포/mL로 하류에서 발생량이 증가하였다.

3) *Asterionella* spp.

연평균 600 세포/mL로 전체조

Table 8. Occurrence of diatoms 단위 : 세포/mL

	Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 Avg.	7,002	7,087	8,848	8,976	10,689	11,178	8,963
2003 Avg.	3,943	4,677	6,199	6,640	7,491	7,809	6,126
2002 Avg.	5,593	5,439	6,382	7,178	8,578	9,640	7,135
2001 Avg.	4,759	4,896	6,282	7,319	7,685	8,364	6,551
2000 Avg.	5,882	6,273	7,298	7,604	8,114	8,431	7,267
1999 Avg.	5,565	5,189	5,927	5,299	7,337	7,616	6,096

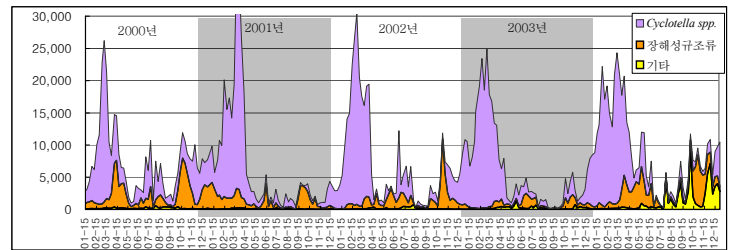


Figure 5 Seasonal fluctuation of Diatoms

Table 9. Occurrence of watertreatment-troublesome-diatoms

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	late Mar-mid Jun	3,062	3,335	3,372	3,431	3,647	3,628	3,412
	mid Oct-Nov	3,651	3,746	4,220	5,071	6,136	6,171	4,833
2004 most occurring date	2004/05/19	3,700	4,530	6,080	4,270	7,780	7,820	5,697
	2004/10/27	5,930	5,840	7,110	9,590	7,940	10,560	7,828
2004 Avg.		1,676	1,734	1,831	2,018	2,181	2,237	1,946
2003 Avg.		408	580	648	688	672	835	639
2002 Avg.		1,417	1,271	1,312	1,298	1,260	1,458	1,336
2001 Avg.		1,188	1,420	1,294	1,606	1,008	1,088	1,267
2000 Avg.		1,709	1,784	2,109	2,232	2,237	2,399	2,078
1999 Avg.		887	863	927	695	992	882	874

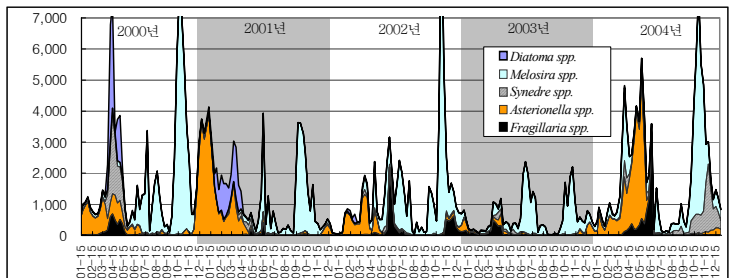


Figure 6. Seasonal fluctuation of watertreatment-troublesome-diatoms

류에서 6.0 %를 차지하여 *Melosira* spp.에 이어 네 번째로 우점을 나타냈다. 지난해의 78 세포/mL 보다 크게 증가하였으며, 2002년의 203 세포/mL, 2001년의 394 세포/mL, 2000년의 509 세포/mL, 1999년의 295 세포/mL 보다 많은 발생량을 나타냈다. 주요 발생시기는 3월 말에서 5월이었으며, 이 기간동안 평균 2,416 세포/mL를 나타냈고 5월 중순에 최고 6,130 세포/mL를 나타냈다.

4) *Synedra* spp.

연평균 272 세포/mL가 발생하여 전체조류의 2.7 %를 나타냈다. 1998년부터 2000년까지 200~310 세포/mL 범위의 높은 발생량을 나타내던 경향이 2001년부터 지난해까지 30~40 세포/mL 범위의 적은 수준을 유지하였으나, 4년만에 다시 높은 발생량을 나타내 정수처리시 여과장해를 초래하였다.

4월에서 5월 사이에 평균 160 세포/mL, 최고 1,250 세포/mL가 발생하였으나 심한 장해가 초래되지 않았다. 그러나 10월에서 12월 중순 사이의 2개월에 걸친 기간동안에는 평균 864 세포/mL, 11월 말에 최고 3,000 세포/mL가 발생하여 심한 여과장해가 초래되었다.

5) *Fragilaria* spp.

전체 조류세포수의 1.5%로 지난해의 0.7%보다 비중이 다소 증가하였다. 연평균 147세포/mL로 지난해의 48 세포/mL, 2002년의 143 세포/mL, 2001년의 20 세포/mL, 2000년의 76 세포/mL 보다 증가하였다. 4월에서 6월 중순에 평균 664 세포/mL가 발생하였고 6월 중순에 최고 5,000 세포/mL 발생하였다.

6) *Nitzschia* spp.

연평균 157 세포/mL로 전체조류의 1.6%를 나타냈으며, 지난해의

Table 10. Occurrence of *Melosira* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	late Mar~begn Apr	1,597	1,997	2,140	2,397	1,680	1,360	1,862
	begn Oct~mid Nov	2,887	2,966	3,340	3,979	5,006	5,029	3,868
2004 most occurring date	2004/03/31	2,130	2,700	2,660	2,580	1,990	2,050	2,352
	2004/10/27	5,090	5,280	6,510	8,960	7,360	9,680	7,147
2004 Avg.		750	763	819	1,005	1,070	1,071	913
2003 Avg.		264	432	482	508	509	634	471
2002 Avg.		892	899	963	899	927	994	929
2001 Avg.		451	423	486	679	567	886	582
2000 Avg.		881	938	1,057	1,113	1,030	1,169	1,034
1999 Avg.		321	281	290	298	245	341	296

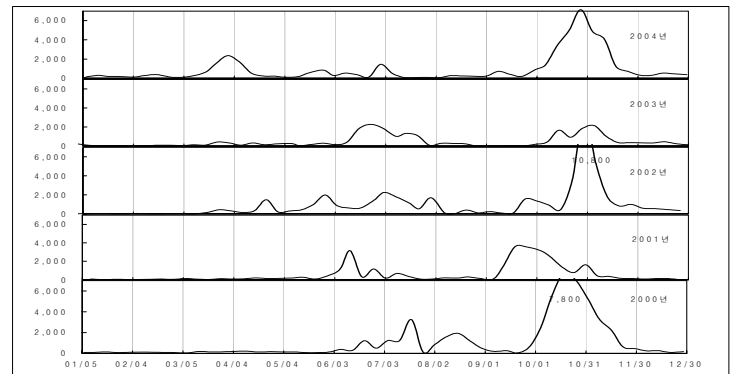


Figure 7. Seasonal fluctuation of *Melosira* spp.

Table 11. Occurrence of *Asterionella* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	late Mar~May	2,095	2,256	2,663	2,300	2,647	2,535	2,416
	2004 most occurring date	2004/05/19	3,070	3,320	4,670	3,420	6,100	6,130
2004 Avg.		531	574	648	582	647	620	600
2003 Avg.		72	74	74	81	74	92	78
2002 Avg.		221	203	163	234	189	210	203
2001 Avg.		464	367	347	422	393	369	394
2000 Avg.		507	506	519	522	540	460	509
1999 Avg.		297	312	295	203	410	253	295

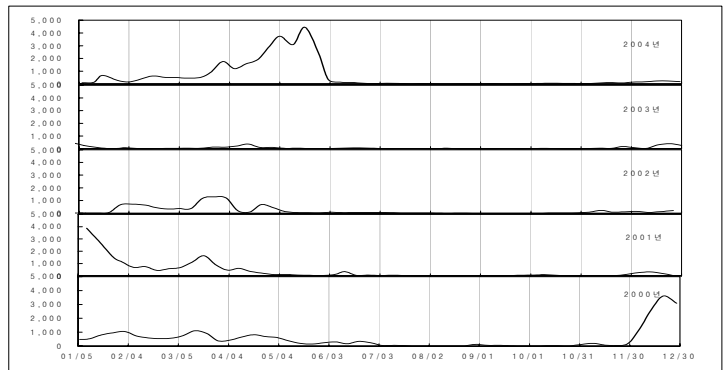


Figure 8. Seasonal fluctuation of *Asterionella* spp.

129 세포/mL, 2002년의 95 세포/mL, 2001년의 34 세포/mL, 2000년의 67세포/mL, 1999년의 61 세포/mL보다 증가한 수준을 나타냈다. 연중 발생하였으며, 최고 발생량은 5월 중순에 1,450 세포/mL였다.

7) *Cyclotella* spp (*Stephanodiscus* spp.)

연평균 5,699 세포/mL로 전체 조류의 56.7 %를 차지하여 가장 많은 발생량을 나타냈으며, 이듬해 12월부터 증가하기 시작하여 3월에 최고 발생량을 나타냈다. 1월 중순에서 4월 중순까지의 주요 발생기간 동안 평균 15,531 세포/mL가 발생하였으며, 3월 중순에 최고 25,980 세포/mL까지 증가하였다.

연평균 5,699 세포/mL로 지난해의 5,261 세포/mL, 2002년의 5,662 세포/mL, 2001년의 5,192 세포/mL, 2000년의 4,992 세포/mL, 1999년의 5,164 세포/mL보다 높은 수준을 나타냈다.

지점별로는 팔당이 4,357 세포/mL, 강북이 4,357 세포/mL, 암사가 5,662 세포/mL, 구의가 5,783 세포/mL, 자양이 6,882 세포/mL, 풍납이 7,157 세포/mL 발생하여 예년과 마찬가지로 최하류의 자양과 풍납에서 급격하게 증가하는 경향을 보였으나, 지난해와 2002년의 99 %와 90 % 증가에 비하여 64 %로 지점별 증가율이 낮아졌다.

8) *Skeletonema* spp.

Skeletonema spp.는 이전까지 분류가 명확하지 않아 분류가 되지 않았던 조류로서, 금년에 평균 1,081 세포/mL가 발생하였으며, 전체조류에서 차지하는 비중도 10.8 %로 *Cyclotella* spp.에 이어 두 번째로 우점을 차지하였다. 7월말에서 10월 중순에 평균 2,231 세포

Table 12. Occurrence of *Synedra* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	Apr~May	145	208	132	121	180	179	161
	begn Oct~mid Dec	703	635	835	938	978	1,097	864
2004 most occurring date	2004/03/31	100	230	370	330	850	1,250	522
	2004/11/24	1,580	1,480	2,380	2,350	2,350	3,000	2,190
2004 Avg.		215	221	255	279	310	352	272
2003 Avg.		28	23	31	30	30	36	30
2002 Avg.		39	26	36	31	40	47	36
2001 Avg.		28	27	32	41	44	50	37
2000 Avg.		157	185	221	255	258	267	224
1999 Avg.		234	247	302	181	298	267	255

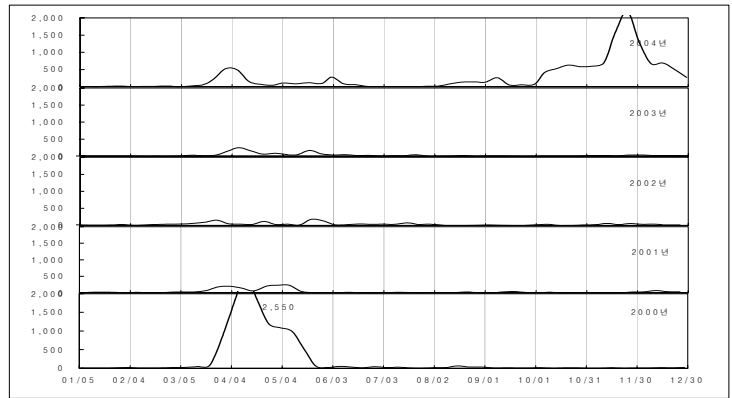


Figure 9. Seasonal fluctuation of *Synedra* spp.

Table 13. Occurrence of *Nitzschia* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 most occurring date	2004/05/19	270	720	470	900	1,270	1,450	847
	2004/07/28	220	470	600	350	470	620	455
2004 Avg.		142	146	150	145	184	175	157
2003 Avg.		97	117	145	142	113	160	129
2002 Avg.		96	89	97	90	90	110	95
2001 Avg.		20	31	33	37	38	42	34
2000 Avg.		59	64	64	72	72	73	67
1999 Avg.		71	43	47	33	79	94	61

Table 14. Occurrence of *Skeletonema* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	late Jul~mid Oct	1,804	1,531	2,601	1,633	2,427	3,392	2,231
	mid Nov~	2,154	2,691	3,523	4,013	5,469	5,227	3,846
2004 most occurring date	2004/10/06	7,370	4,930	12,170	7,430	8,780	11,580	8,710
	2004/12/01	2,780	3,850	5,880	7,880	10,480	10,880	6,958
2004 Avg.		753	758	1,123	953	1,358	1,539	1,081

/mL, 최고 12,170 세포/mL가 발생하였고, 11월 중순부터 다시 증가하기 시작하여 평균 3,846 세포/mL, 최고 10,880 세포/mL가 발생하였다.

1.3.3. 황색편모조식물문 (黃色鞭毛藻植物門, Chrysophyta) 및 갈색편모조식물문 (褐色鞭毛藻植物門, Cryptophyta), 합토식물문(Haptophyta)

Table 15. Occurrence of *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	mid Jan~mid Apr	11,356	11,885	15,707	16,185	18,511	19,540	15,531
2004 most occurring date	2004/03/10	18,950	20,320	24,040	25,470	25,500	25,980	23,377
2004 Avg.		4,357	4,357	5,662	5,783	6,882	7,157	5,699
2003 Avg.		3,369	3,868	5,300	5,716	6,621	6,695	5,261
2002 Avg.		4,041	4,025	4,931	5,757	7,183	8,033	5,662
2001 Avg.		3,509	3,785	5,091	5,806	6,293	6,668	5,192
2000 Avg.		4,016	4,281	4,977	5,175	5,663	5,842	4,992
1999 Avg.		4,569	4,231	4,889	4,516	6,187	6,592	5,164

황색편모조류가 *Chrysococcus*, *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Ochromonas*, *Pseudokephyron*, *Synura*의 6개 屬, 갈색편모조류가 *Cryptomonas*의 1개 屬, 합토조류가 *Chroschromulina*의 1개 屬 관찰되었다.

황색편모조류가 연평균 19 세포/mL로 지난해의 35 세포/mL보다 감소하였다. 갈색편모조류는 214 세포/mL로 지난해의 173 세포/mL, 2002년의 118 세포/mL, 2001년의 43 세포/mL와 2000년의 7 세포/mL보다 크게 증가하였으며, 매년 증가추세를 보이고 있다. 그 중 갈색편모조류인 *Cryptomonas* spp.가 크게 증가하여 전체조류의 2.1 %로 7번째로 우점을 나타냈다. 합토조류는 83 세포/mL로 지난해의 30 세포/mL와 2002년의 25 세포/mL 보다 증가하였다.

연중 발생하였으며, 주요 발생기간은 2월과 6월 사이, 12월 중이었으며, 최대 발생량은 4월 초의 2,370 세포/mL와 12월 중순의 780 세포/mL였다.

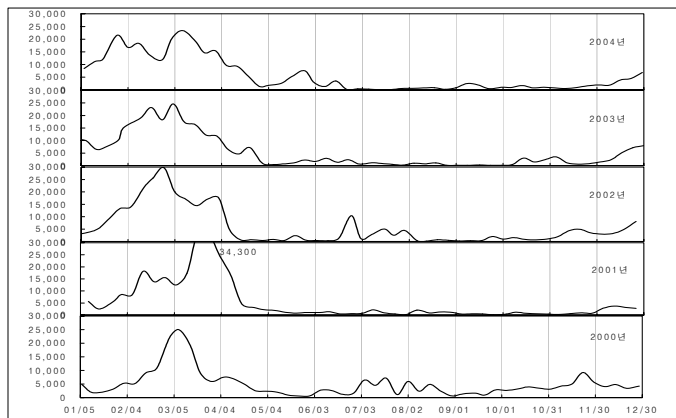


Figure 10. Seasonal fluctuation of *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)

Table 16. Occurrence of the golden-brown algae and *Cryptomonas* spp.

			Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
golden-brown algae	main occurring period	mid Feb~begn Jun	734	404	184	613	347	248	421
		mid Dec~late Dec	343	340	403	360	503	347	383
	most occurring date	2004/04/07	1,670	1,060	350	2,370	570	270	1,048
		2004/12/15	160	260	350	460	780	580	432
2004 Avg.	golden-brown algae		356	218	137	298	223	167	233
	<i>Cryptomonas</i> spp.		340	192	121	277	207	150	214
2003 Avg.	golden-brown algae		308	195	218	247	246	218	239
	<i>Cryptomonas</i> spp.		236	140	158	188	178	139	173
2002 Avg.	golden-brown algae		167	169	188	164	135	134	160
	<i>Cryptomonas</i> spp.		120	137	151	117	86	97	118
2001 Avg.	golden-brown algae		52	36	50	47	50	63	50
	<i>Cryptomonas</i> spp.		44	32	41	39	45	59	43
2000 Avg.	golden-brown algae		18	16	17	12	10	12	14
	<i>Cryptomonas</i> spp.		9	9	8	5	6	7	7
1999 Avg.	golden-brown algae		37	15	13	12	10	27	19
	<i>Cryptomonas</i> spp.		37	14	12	11	10	23	18

1.3.4. 녹조식물문 (綠藻植物門, Chlorophyta, Green algae)

녹조류는 *Actinastrum*, *Ankistrodesmus*, *Aphanocapsa*, *Cateria*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Chlorogonium*, *Chodatella*, *Closterium*, *Coelastrum*, *Cosmarium*, *Crucigenia(Largerheimia)*, *Eudorina*, *Dictyosphaerium*, *Golenkinia*, *Gonium*, *Hormidium*, *Kichneriella*, *Lobomonas*, *Micractinium*, *Mougeotia*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Selenastrum*, *Sphaerocystis*, *Tetraedron*, *Tetrastrum*, *Treubaria*의 31개屬이 관찰되었으며, 지난해 26개屬에 비해 다양성이 높아졌다.

발생한 조류종이 가장 다양하였다. 연평균 409 세포/mL가 발생하여 지난해의 228 세포/mL, 2002년의 340 세포/mL, 2001년의 354 세포/mL 보다 증가한 수준을 나타냈다.

주로 발생한 조류종은 *Scenedesmus* spp.(1.0 %), *Micractinium* spp.(0.9 %), *Ankistrodesmus* spp.(0.5 %), *Actinastrum* spp.(0.3 %), *Chlamydomonas* spp.(0.2 %), *Dictyosphaerium*(0.2 %) 등이었다.

1) *Scenedesmus* spp.

연평균 98 세포/mL로 전체의 1.0 %를 차지해 예년과 같이 녹조류 중에서 가장 많이 발생하였다. 겨울철 일부를 제외하고 거의 연중 발생하였으며, 5월 하순에 최고 600 세포/mL가 발생하였다. 연평균 발생량은 98 세포/mL로, 지난해의 54 세포/mL 보다 증가하였고, 2002년의 97 세포/mL, 2001년의 81 세포/mL, 2000년의 104 세포/mL와 비슷한 수준이었다.

2) *Micractinium* spp.

녹조류 중에서 두 번째로 많이 발생하였고 전체조류 중에서 0.9 %를 차지하였다. 5월 중순에 최고 2,330 세포/mL가 발생하였다. 연평균은 90 세포/mL로 지난해의 41 세

Table 17. Occurrence of green algae

	Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 Avg.	365	370	364	381	440	534	409
2003 Avg.	169	242	267	204	227	263	228
2002 Avg.	370	294	375	288	303	411	340
2001 Avg.	364	243	324	342	414	439	354
2000 Avg.	741	651	691	702	737	689	702
1999 Avg.	294	190	183	240	202	302	235

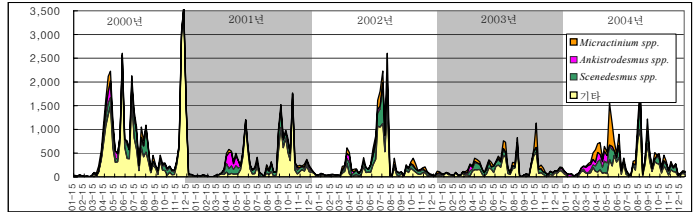


Figure 11. Seasonal fluctuation of green algae

Table 18. Occurrence of *Scenedesmus* spp.

	Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.	
2004 main occurring period								
2004 most occurring date	2004/05/27	200	270	330	600	400	270	345
2004 Avg.		106	86	90	97	98	111	98
2003 Avg.		37	68	51	56	53	61	54
2002 Avg.		102	82	106	71	100	121	97
2001 Avg.		103	73	81	73	72	83	81
2000 Avg.		108	101	106	113	86	109	104
1999 Avg.		108	53	71	49	56	64	67

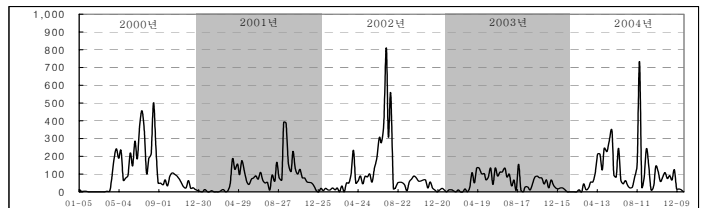


Figure 12. Seasonal fluctuation of *Scenedesmus* spp.

Table 19. Occurrence of *Micractinium* spp.

	Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.	
2004 main occurring period	late Mar~begin Jun	88	202	230	235	281	448	247
2004 most occurring date	2004/05/19	200	630	730	270	1,130	2,330	882
2004 Avg.		58	77	71	72	116	149	90
2003 Avg.		31	41	45	53	38	38	41
2002 Avg.		62	54	49	52	36	74	54
2001 Avg.		19	12	19	25	25	37	23
2000 Avg.		54	35	46	49	66	56	51
1999 Avg.		31	45	47	40	38	47	41

포/mL, 2002년의 54 세포/mL, 2001년의 23 세포/mL, 2000년의 51 세포/mL 보다 증가하였다.

3) *Ankistrodesmus* spp.

연평균 46 세포/mL로 전체조류 중에서 0.5%를 차지하였으며, 녹조류 중 세 번째로 다수 출현하였다. 연중 발생하였으나 3월 중순에서 5월 중순에 많이 발생하여 이 기간에 평균 135 세포/mL, 최고 370 세포/mL가 발생하였다. 지난해의 14 세포/mL, 2002년의 23 세포/mL, 2001년의 38 세포/mL 보다 높은 수준을 나타냈다.

1.3.5. 엽록소-a (chlorophyll-a) 발생량

엽록소-a는 광합성 조류의 주요한 광합성 색소로서 건조 중량의 0.3-3%를 차지하며, 식물성플랑크톤의 생물체량과 생산성을 측정하기 위해서 보편적으로 사용되는 항목이다. 연평균은 25 mg/m³으로 지난해의 19 mg/m³, 2002년의 20 mg/m³, 2001년의 19 mg/m³ 보다 높은 수준이었다.

Cyclotella spp.가 다수 발생한 1월말에서 4월에 평균 38 mg/m³을 나타내 연중 가장 높은 수준을 나타냈으며, 10월 말에서 12월 초에 장해성 규조류의 증가로 평균 30 mg/m³을 나타냈다. 3월 말에 최고 62 mg/m³을 나타냈다.

2. 상수원 조류독소 조사 결과

조류독소인 마이크로시스틴(microcystins)을 생성할 가능성이 있는 남조류는 3월부터 적은 수로 발생하였으며, 5월 중순에 *Phormidium*이 다수 발생하여 최고 8,880 세포/L를 나타냈다. 마이크로시스틴(microcystins)을 생성하는 주요 조류인 *Microcystis* spp.은 거의 발생하지 않았으며, 8월 중순에 최대 300 세포/mL 발생하는 정도였다. 5월 중순에 *Phormidium*이 다수 발생한 시료에 대하여 microcystin-LR, microcystin-RR, microcystin-YR의 3종류를 HPLC-DAD법을 이용하여

Table 20. Occurrence of *Ankistrodesmus* spp.

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	mid Mar ~mid May	81	91	186	99	130	221	135
2004 most occurring date	2004/05/04	70	180	370	20	230	370	207
2004 Avg.		26	39	63	34	50	66	46
2003 Avg.		5	13	20	9	16	19	14
2002 Avg.		15	21	21	25	25	31	23
2001 Avg.		31	36	37	44	36	47	38
2000 Avg.		32	33	48	50	50	45	43
1999 Avg.		14	26	22	22	17	31	22

Table 21. Concentration of Chlorophyll-a

		Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap	Avg.
2004 main occurring period	mid Jan~mid Apr	33	32	34	42	42	44	38
	late Oct~begn Dec	24	23	27	32	39	34	30
2004 most occurring date	2004/03/03	62	60	49	58	46	51	54
	2004/10/27	29	25	33	44	46	41	36
2004 Avg.		22	21	22	26	28	28	25
2003 Avg.		15	17	18	20	20	22	19
2002 Avg.		18	17	18	21	22	24	20
2001 Avg.		16	14	17	20	21	25	19
2000 Avg.		15	18	15	20	21	22	18

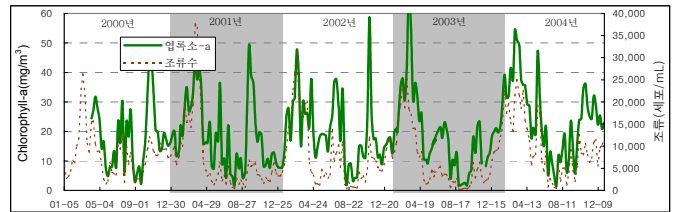


Figure 13. Seasonal fluctuation of chlorophyll-a

Table 22. Occurrence of cyanobacteria and toxic microcystins

	Paldang	Gangbuk	Amsa	Guui	Jayang	Pungnap
Cyanobacteria (cells/mL)	1,800	4,050	5,500	2,740	8,330	8,880
<i>Anabaena</i> spp.	0	0	0	0	0	0
<i>Microcystis</i> spp.	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanizomenon</i> spp.	50	80	0	110	40	50
<i>Phormidium</i> spp.	1,750	3,970	5,500	2,630	8,130	8,830
Microcystins (µg/L)	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	ND

※ Sampling date: 2004. 5. 19

1) Detection limit: 0.2 µg/L

분석하였다. 그 결과 취수원 모두에서 마이크로시스틴이 검출되지 않아 독소에 대해서 안전하였다.

국 문 요 약

1994년 이후 조류의 장기적인 변화와 정수처리에 참고하기 위하여, 서울시 취수원수에 대하여 조류조사를 시작하였으며, 2000년부터 서울시 감시항목으로 지정된 조류독소인 마이크로시스틴을 추가하여 조사하였다. 과거 5년 동안의 조류변화와 주로 2004년의 조류 및 조류독소 조사 결과를 나타내었다.

1. 2004년에는 총 72개 屬이 출현하였으며, 2003년의 57개 屬보다 15개 屬이 많이 출현하였다. 그 중 남조식물문 7개 屬, 규조식물문 19개 屬, 황색편모조식물문 6개 屬, 갈색편모조식물문 1개 屬, 합토식물문 1개 屬, 녹조식물문 31개 屬, 유글레나식물문 3개 屬, 와편모조식물문 3개 屬이 관찰되었다.
2. 규조류가 주로 우점하여, 총 10,051 cells/mL 중 8,963 cells/mL(89.2 %)을 나타내었다. 가장 우점을 나타낸 조류는 *Cyclotella* spp.로 5,699 cells/mL(56.7 %)이었다. 정수처리 장해성 규조류인 *Melosira* spp.와 *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., *Synedra* spp., *Diatoma* spp.는 1,946 cells/mL(19.4 %)로 지난해의 639 cells/mL보다 증가하였다. 남조류는 3.5 %인 355 세포/mL로 지난해의 37 세포/mL보다 크게 증가하였다. 녹조류는 4.1 %(409 cells/mL)의 적은 비중을 나타내었다.
3. 팔당댐에서부터 잠실수중보까지 22.4 km의 하천 유하에 따른 지점별 조류수는, 팔당취수장(0 km)에서 8,053 세포/mL이던 것이 최하류인 풍납(22.4 km)에서 12,538 세포/mL로 하류로 유하하면서 지속적으로 증가하므로써 팔당댐에서 잠실수중보(풍납)에 이르는 동안 56 %의 조류증가율을 보였으며, 이와같은 높은 증가율은 겨울철 갈수기간의 주요 발생조류인 *Cyclotella* spp.(*Stephanodiscus* spp.)가 팔당에서 4,357 세포/mL이던 것이 풍납에서 7,157 세포/mL로 64 %가 증가하므로써 나타났다. 장해성 규조류는 팔당취수장에서 1,676 세포/mL이던 것이 풍납취수장으로 내려오면서 2,237 세포/mL로 증가하여 최하류에서 33 %가 증가하였으며, 지난해의 105 % 증가에 비해 크게 낮아졌다.
4. 조류독소인 마이크로시스틴(microcystins)을 생성할 가능성이 있는 남조류는 3월부터 적은 수로 발생하였으며, 5월 중순에 *Phormidium*이 다수 발생하여 최고 8,880 세포/L를 나타냈다. 마이크로시스틴(microcystins)을 생성하는 주요 조류인 *Microcystis* spp.은 거의 발생하지 않았으며, 8월 중순에 최대 300 세포/mL 발생하는 정도로서 500 세포/mL를 넘지 못하였다. 5월 중순에 *Phormidium*이 다수 발생한 시료에 대하여 microcystin-LR, microcystin-RR, microcystin-YR의 3종류를 HPLC-DAD법을 이용하여 분석한 결과, 취수원 모두에서 마이크로시스틴이 검출되지 않아 독소에 대해서 안전하였다.

참고문헌

1. 서울시 상수도연구소. 1997. 한강원수중의 조류 분포 변화에 관한 조사연구. 1996년도 수도기술 연구집. 서울특별시 수도기술연구소.
2. 서울시 상수도연구소. 1999. 2000. 2001. 2002. 2003. 상수원(취수원)의 조류 및 조류독소 조사. 1999년도/2000년도/2001년도/2002년도/2003년도 수질조사 분석보고서I. 서울특별시 수도기술연구소.
3. 조석주. 1999. 남조류 발생 유해성 독소에 관한 조사연구; '99 서울상수도기술세미나. 서울특별시 수도기술연구소.
4. APHA, AWWA, WEF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed. APHA, Washington.
5. 用北四郎. 1993. 水道藻類分類解説. 日本水道協會.
6. 水野壽彦. 1993. 日本淡水プランクトン図鑑. 保育社.
7. 山岸高旺, 秋山優 編. 1984-1996. 淡水藻類寫真集, 1-16券. 内田老鶴圃.
8. 廣瀬弘幸. 1981. 日本淡水藻類圖鑑. 内田老鶴圃.