

서낙동강 기초생태환경 조사

부산의 대표적인 하천인 서낙동강의 수생태계 평가 및 하천 수질관리를 위하여 수질 및 동·식물플랑크톤군집 등의 기초 생태환경을 장기모니터링하기 위함

1. 조사개요

- 조사근거 : 시 환보 67407-20074(1999.01.18.)
- 조사기간 : 2009년 1월 ~ 2009년 12월(월 1회)
- 조사항목 : 이화학적 수질 9개 항목 및 동·식물플랑크톤
- 조사대상 : 서낙동강 3개 지점 (대저수문(상류), 강동교(중류), 녹산수문(하류))

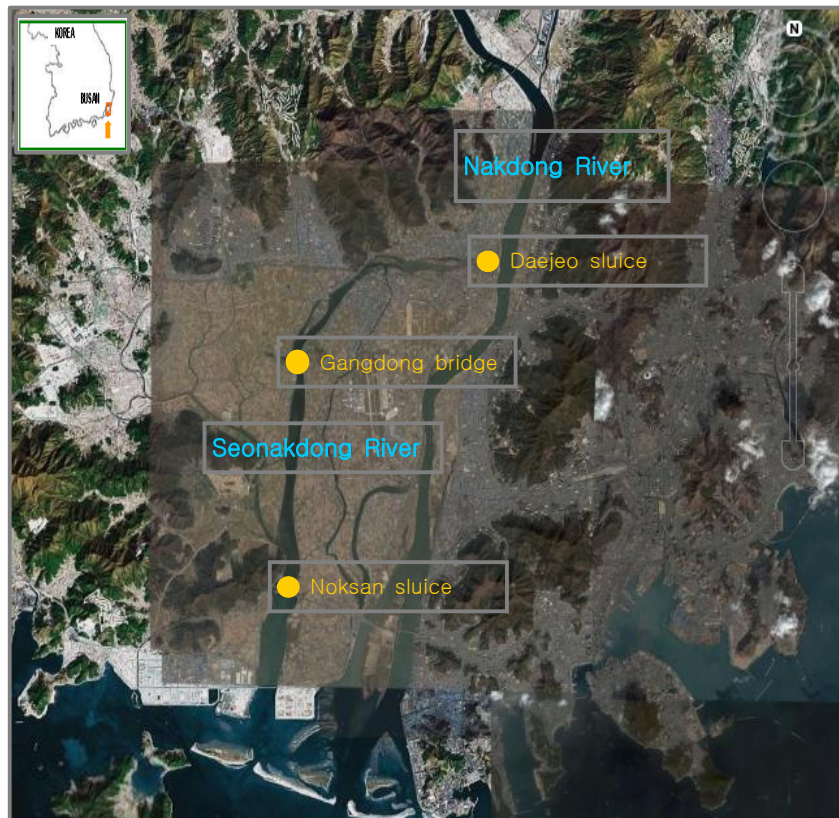


그림 1. 서낙동강의 조사지점

2. 조사방법

- 이화학적 분석
 - ▷ 현장측정 항목(수온, pH, DO, 전기전도도) : 현장 측정기(YSI-556MPS)를 이용
 - ▷ 분석 항목(COD, BOD, T-N, T-P, Chl-a) : 수질오염 공정시험기준(환경부, 2008)에 의거하여 분석
- 동·식물플랑크톤 조사
 - ▷ 동·식물플랑크톤의 총세포수, 우점종 및 개체수 측정
 - ▷ 식물플랑크톤의 정량분석은 2 L의 시료를 Lugol solution으로 고정한 후 1 mL의 세즈윅-라프터 챔버를 이용하여 저배율(×200)에서 계수
 - ▷ 정성분석은 중·고배율(×400, ×1000)에서 분리·동정
 - ▷ 식물플랑크톤 종의 동정은 한국담수조류도감(정준, 1993), 일본담수조류도감(Hirose and Yamagishi, 1977)에 따라 동정
 - ▷ 동물플랑크톤의 정량 분석은 2 L의 시료를 20 mL로 농축한 후, 1 mL의 세즈윅-라프터 챔버를 이용하여 저배율(×200)에서 계수하여 단위 체적당 개체수(ind/L)로 환산
 - ▷ 종의 동정은 한국담수동물플랑크톤도감(조규송, 1993)을 참고
- 각 항목간 상관성 분석
 - ▷ 동·식물플랑크톤과 각 항목 결과값간의 상관성 분석은 SPSS for WINDOW(ver. 13.0)을 이용

3. 조사결과

- 환경요인 및 수질현황

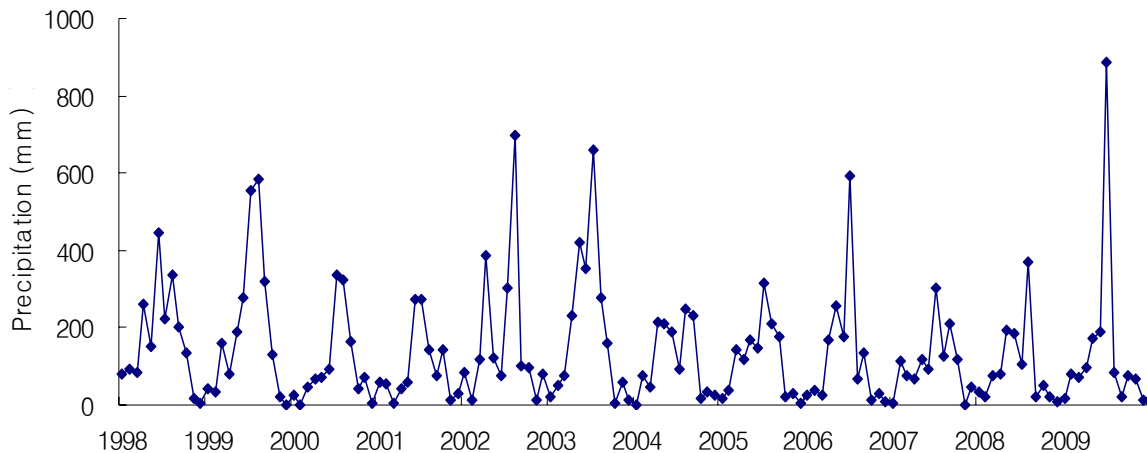


그림 2. 연도별 강수량

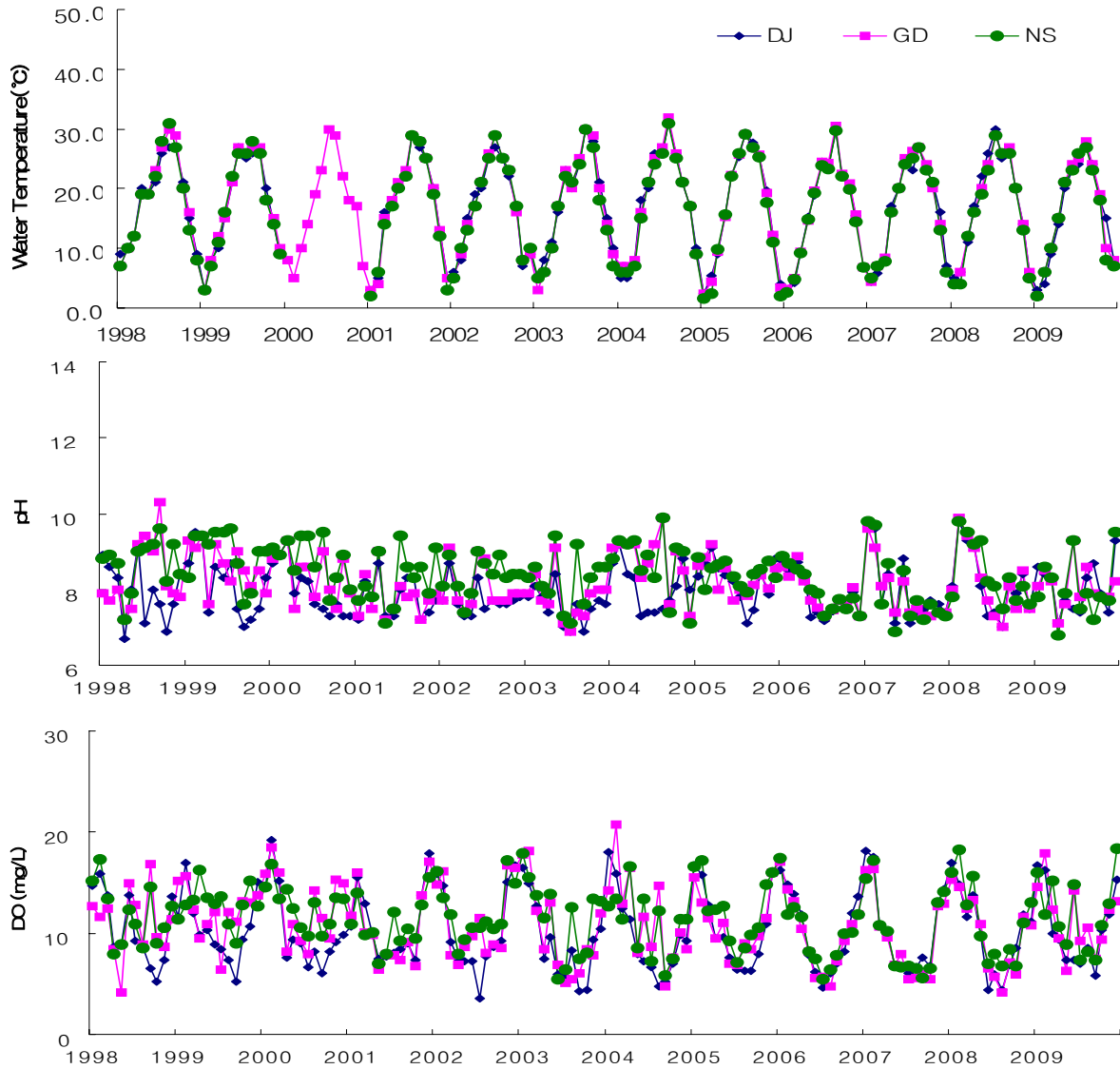


그림 3. 연도별 환경요인 결과

- ▷ 2009년의 강우량은 1,773 mm로서 평년(1,492 mm, 기상청)보다 많았으며, 연평균 수온은 대저 수문지점이 15.8°C, 강동교지점은 16.0°C 및 녹산수문지점이 15.5°C로서 1998년부터 2009년까지의 평균값과 비교하여 다소 낮게 나타났다(그림 2, 3).
- ▷ 지점별 평균 pH는 각 8.0, 8.2, 8.4으로 조사되었으며, 최근 10년동안 가장 높은 값은 10.3으로서 1998년 9월에 강동교와 녹산수문지점에서 남조류가 번성하였을 때였으며, 겨울~봄철 규조류의 번성시기에도 높게 나타나 조류번성과 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다(그림 3, 표 4).
- ▷ 2009년의 지점별 평균 DO 농도는 각 각 10.8, 11.9, 12.1 mg/L이었으며, 수온이 높은 하절기에 수중 용존산소 농도가 낮았고, 규조류 번성시기인 겨울~봄철에 용존산소 농도가 높은 것으로 나타났다(그림 3).

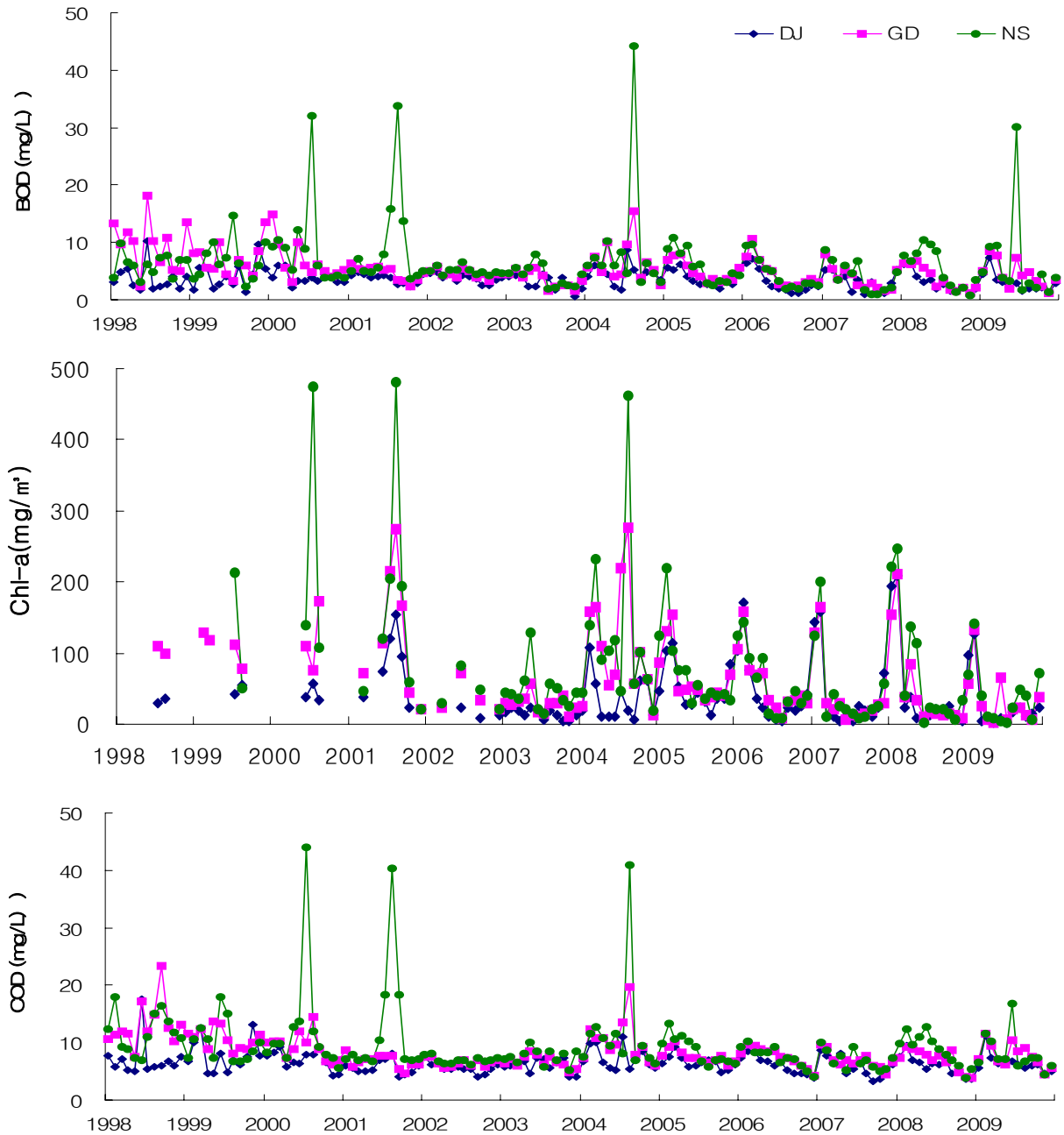


그림 4. 연도별 BOD, Chl-a, COD 결과

- ▷ 대저수문, 강동교, 녹산수문지점의 2009년 생물화학적 산소요구량(BOD) 평균값이 각각 2.9, 4.5, 6.4 mg/L, 화학적산소요구량(COD)의 평균값은 6.4, 7.8, 8.1 mg/L로서 최근 10년간 평균값에 비해 낮아졌고, 녹산수문의 2009년 수문주변 정비공사 영향으로 BOD가 전년에 비해 다소 높게 나타났으며 최근 10년 평균값과 같게 나타났다(그림 4).
- ▷ 조사기간 동안의 BOD 및 COD 변화는 Chl-a의 증감추세와 거의 일치하고 있어 서낙동강의 BOD 및 COD 부하는 외부오염원보다는 수체내의 조류(algae)에 의한 내부생산부하에 영향을

받는 것으로 나타났다(그림 4, 표 4).

- ▷ Chl-a 농도변화는 BOD 및 COD 증감 패턴, DO 및 pH 변화 그리고 강수량 등과 밀접한 상관성을 보이고 있다(표 4). 강수량이 적었던 2000년, 2001년 및 2004년 여름에 남조류가 대량 번성하였으며, 2001년 8월 녹산수문지점의 Chl-a 농도는 481.0 mg/m³까지 나타났다. 또한 2000년 6월에는 474.6 mg/m³, 2004년 8월에는 462.2 mg/m³로서 정체수역인 녹산수문지점에서 남조류 bloom현상이 자주 나타났으며, 2004년~2007년에는 1~3월경 규조류에 의한 높은 Chl-a 농도를 나타내었다. 2009년의 지점별 평균농도는 각각 27.8, 33.1, 38.9 mg/m³로서 다소 낮았으며, 녹산지점이 가장 높게 나타났다(그림 4).

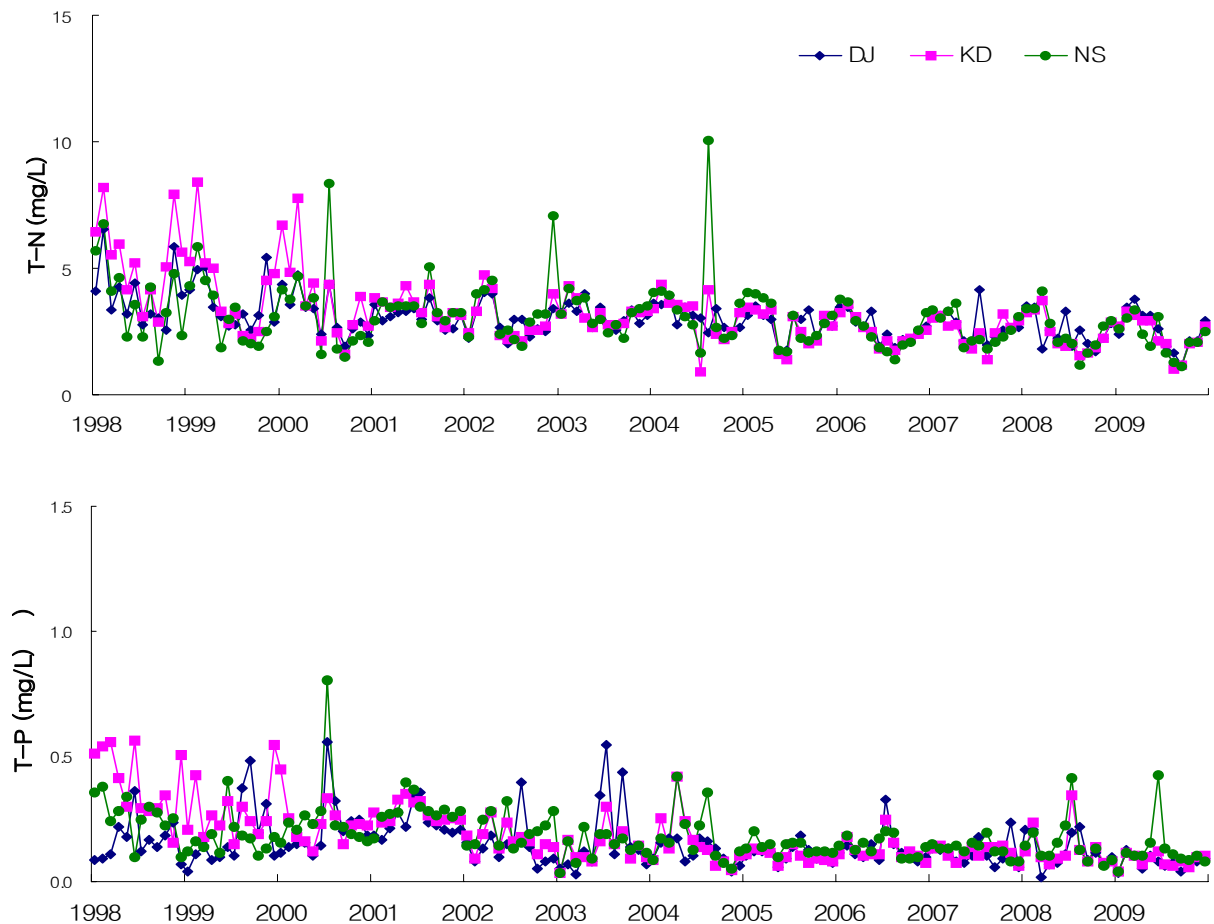


그림 5. 연도별 TN, TP 결과

- ▷ T-N(총질소)의 2009년 평균농도는 각각 2.537, 2.348, 2.257 mg/L, T-P(총인)은 0.078, 0.085, 0.129 mg/L로서 세 지점이 거의 비슷한 추세로 나타났으며, 2000년 이후 일정한 수준의 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다(그림 5).
- ▷ 특히 서낙동강수계 오염총량관리의 영향을 받은 2005년 이후로 총질소, 총인의 농도가 줄어든 것으로 나타났다.
- ▷ 1998년부터 2009년까지 각 지점별 이화학적 수질 연평균값을 표 1에 나타내었다.

표 1. 1998년~2009년간의 이화학적 수질평균 (DJ:대저수문, GD:강동교, NS:녹산수문)

yr.	site	W.T. (°C)	pH	DO (mg/L)	E.C. (μ s/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)
1998	DJ	18.0	7.9	10.5	296	3.8	7.2	3.939	0.163	-
	GD	18.3	8.3	11.0	1,505	9.8	13.5	5.348	0.397	-
	NS	18.0	8.7	11.8	2,421	6.1	11.8	3.775	0.258	-
1999	DJ	17.0	8.2	10.5	305	4.3	7.8	3.610	0.264	-
	GD	17.4	8.6	12.1	1,539	7.0	10.7	4.141	0.274	-
	NS	17.2	8.9	12.9	2,856	6.9	10.1	3.211	0.177	-
2000	DJ	-	8.0	10.2	341	3.8	7.0	3.218	0.213	-
	GD	16.8	8.4	12.7	983	6.6	9.3	3.927	0.236	-
	NS	-	8.8	12.7	2,510	9.1	12.3	3.311	0.262	-
2001	DJ	16.8	7.8	10.7	657	3.7	5.9	3.125	0.235	-
	GD	17.0	7.8	10.3	988	4.7	6.8	3.520	0.277	-
	NS	16.4	8.3	10.8	3,113	9.3	12.1	3.422	0.285	-
2002	DJ	16.7	7.7	10.2	312	3.8	5.6	2.915	0.142	-
	GD	16.8	8.0	11.2	537	4.5	6.6	2.962	0.167	-
	NS	16.9	8.4	12.1	2,036	5.0	7.1	3.363	0.206	-
2003	DJ	17.6	7.6	9.1	342	3.0	6.0	3.153	0.176	14.3
	GD	17.2	7.8	10.1	1,845	3.5	6.7	3.204	0.135	29.0
	NS	16.7	8.3	11.6	3,073	4.2	7.6	3.191	0.139	46.8
2004	DJ	17.8	8.1	9.6	298	4.5	7.3	3.093	0.120	35.3
	GD	18.0	8.8	11.5	1,561	6.7	10.2	3.110	0.155	109.6
	NS	17.3	8.7	11.0	3,168	9.6	11.9	3.655	0.177	123.0
2005	DJ	16.5	8.2	10.5	349	3.8	6.5	2.775	0.110	51.2
	GD	16.4	8.3	10.7	1,276	5.0	7.6	2.666	0.103	66.1
	NS	15.8	8.4	12.3	2,643	5.8	8.7	2.894	0.137	73.5
2006	DJ	16.1	7.9	10.3	336	3.1	6.1	2.603	0.136	45.2
	GD	16.5	8.0	10.0	662	4.6	7.5	2.493	0.133	59.0
	NS	15.9	8.1	10.3	1,630	4.5	7.5	2.443	0.144	60.2
2007	DJ	16.4	8.0	10.3	457	3.1	5.9	2.734	0.114	40.8
	GD	16.5	7.9	9.6	590	3.7	6.9	2.553	0.118	41.2
	NS	16.3	8.0	10.0	1,970	4.1	7.0	2.610	0.130	46.6
2008	DJ	17.3	8.2	10.0	363	3.0	6.0	2.513	0.122	47.9
	GD	17.0	8.2	9.9	548	3.7	7.0	2.416	0.130	50.8
	NS	16.4	8.4	11.1	1,966	5.5	8.7	2.538	0.153	73.8
2009	DJ	15.8	8.1	10.8	446	2.9	6.4	2.537	0.078	27.8
	GD	16.0	8.1	11.9	428	4.5	7.8	2.348	0.085	33.1
	NS	15.5	8.0	12.1	1,156	6.4	8.1	2.257	0.129	38.9
평 균	DJ	16.9	8.0	10.2	375	3.6	6.5	3.018	0.156	37.5
	GD	17.0	8.2	10.9	1,039	5.4	8.4	3.224	0.184	55.5
	NS	16.6	8.4	11.5	2,379	6.4	9.4	3.056	0.183	66.1

○ 식물플랑크톤의 군집변화

- ▷ 2009년에는 Chl-a 농도 및 식물플랑크톤 현존량도 대체로 감소된 추세를 나타냈으나, 6월 강동교 지점은 *Microcystis aeruginosa*의 대번성이 나타났으며, 2004년~2009년간 각 지점별 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 대저수문지점 $50\sim 1.7\times 10^5$, 강동교 $120\sim 1.2\times 10^6$, 녹산수문 $50\sim 1.5\times 10^6$ cells/mL로 나타났다(그림 6).
- ▷ 2003년부터 서낙동강 식물플랑크톤의 군집 변화상을 살펴보면, 겨울~봄철까지는 규조류인 *Stephanodiscus hantzchii f. tenuis*와 *Cyclotella meneghiniana*, 여름철에는 *Microcystis aeruginosa*, *Aulacoseira granulata*, 가을철에는 *Cyclotella meneghiniana*와 *Aulacoseira granulata*가 주요 우점종으로 조사되었으며, 서낙동강 수생태계는 연중 규조류가 번성하는 특징을 나타내었다.
- ▷ 2003년부터의 각 지점별 계절별 주요 우점종과 평균 우점율을 표 2에 나타내었다.

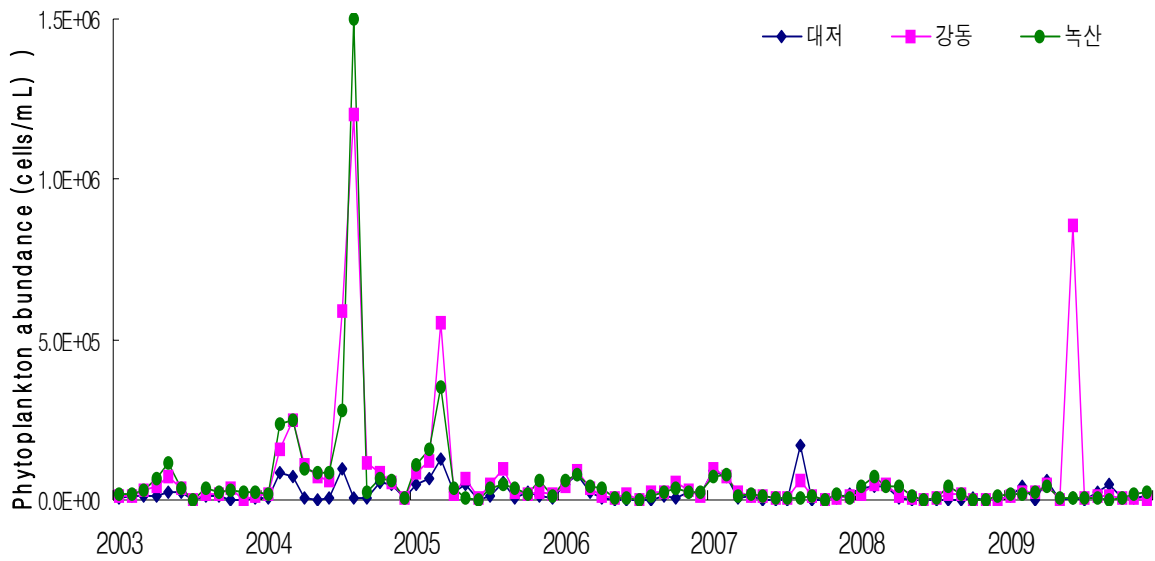


그림 6. 연도별 Chl-a 및 식물성 플랑크톤 현존량

표 2. 2003년~2009년 계절별 식물플랑크톤 우점분류군 (DJ:대저수문, GD:강동교, NS:녹산수문)

	DJ	GD	NS
2003	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(84%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(88%)
	spring	<i>Stephanodiscus</i> spp.(66%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(67%)
	summer	<i>Aulacoseira</i> spp.(30%)	<i>Eudorina</i> spp.(24%)
	autumn	<i>Aulacoseira</i> spp.(51%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(55%)

계속

		DJ	GD	NS
2004	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(96%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(95%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(96%)
	spring	<i>Cryptomonas</i> spp.(43%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(40%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(43%)
	summer	<i>Eudorina</i> spp.(26%)	<i>Microcystis</i> spp.(92%)	<i>Microcystis</i> spp.(94%)
	autumn	<i>Aulacoseira</i> spp.(55%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(55%)	<i>Cyclotella</i> spp.(42%)
2005	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(89%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(89%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(90%)
	spring	<i>Stephanodiscus</i> spp.(82%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(80%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(83%)
	summer	<i>Aulacoseira</i> spp.(25%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(29%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(31%)
	autumn	<i>Aulacoseira</i> spp.(62%)	<i>Cyclotella</i> spp.(61%)	<i>Cyclotella</i> spp.(51%)
2006	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(84%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(81%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(79%)
	spring	<i>Stephanodiscus</i> spp.(86%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(74%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(75%)
	summer	<i>Aulacoseira</i> spp.(50%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(37%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(23%)
	autumn	<i>Cyclotella</i> spp.(49%)	<i>Cyclotella</i> spp.(49%)	<i>Cyclotella</i> spp.(45%)
2007	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(89%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(90%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(78%)
	spring	<i>Cyclotella</i> spp.(40%)	<i>Cyclotella</i> spp.(46%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(40%)
	summer	<i>Microcystis</i> spp.(58%)	<i>Microcystis</i> spp.(34%)	<i>Cyclotella</i> spp.(72%)
	autumn	<i>Aulacoseira</i> spp.(57%)	<i>Aulacoseira</i> spp.(32%)	<i>Cyclotella</i> spp.(49%)
2008	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(89%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(87%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(82%)
	spring	<i>Stephanodiscus</i> spp.(75%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(67%)	<i>Cyclotella</i> spp.(54%)
	summer	<i>Cyclotella</i> spp.(33%)	<i>Cyclotella</i> spp.(63%)	<i>Microcystis</i> spp.(62%)
	autumn	<i>Stephanodiscus</i> spp.(39%)	<i>Cyclotella</i> spp.(45%)	<i>Cyclotella</i> spp.(27%)
2009	winter	<i>Stephanodiscus</i> spp.(88%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(89%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(91%)
	spring	<i>Stephanodiscus</i> spp.(46%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(52%)	<i>Stephanodiscus</i> spp.(49%)
	summer	<i>Aulacoseira</i> spp.(30%)	<i>Microcystis</i> spp.(92%)	<i>Cyclotella</i> spp.(27%)
	autumn	<i>Microcystis</i> spp.(49%)	<i>Cyclotella</i> spp.(41%)	<i>Anabaena</i> spp.(66%)

○ 동물플랑크톤 군집변화

▷ 동물플랑크톤은 스스로 광합성을 할 수 없는 부유성 중속영양생물로서, 하천에는 주로 섬모충류, 윤충류, 지각류 및 요각류 등이 있는데, 서낙동강에도 이러한 동물플랑크톤이 다양하게 분포하고 있으며, 2004년~2009년간 각 지점별 출현한 동물플랑크톤의 총 개체수는 대저수문지점 38~1.3×10⁴, 강동교 130~8.0×10³, 녹산수문 150~8.5×10³ inds/L로서, 대저수문에서 가장 많이 출현하였다(그림 7).

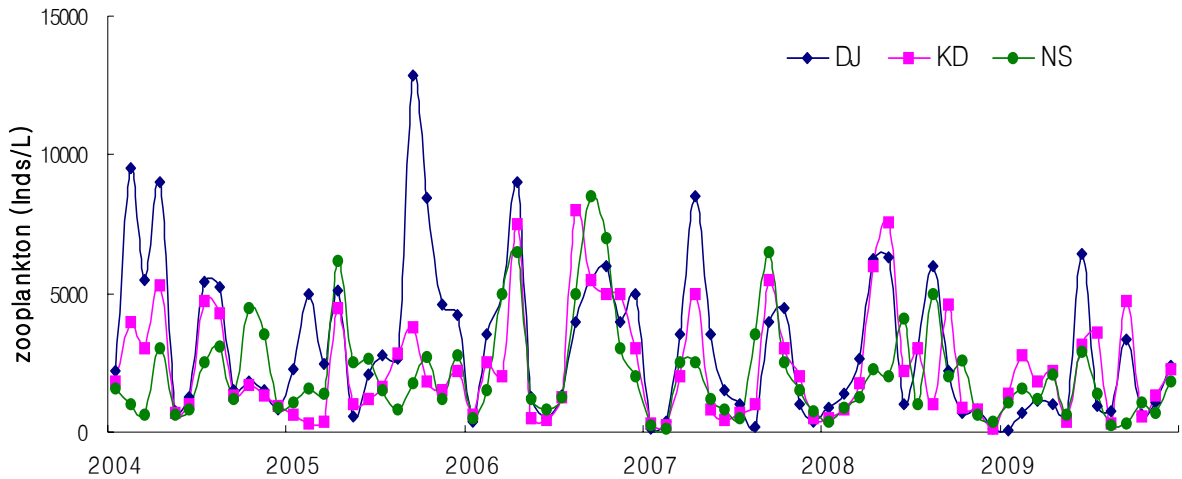


그림 7. 연도별 동물성 플랑크톤 개체수

- ▷ 봄철과 가을철인 4, 5월과 8, 9월에 개체수가 증가하였으며, 겨울철인 10~12월에는 매우 낮은 값을 나타내었다. 봄철의 높은 출현시기에는 대저수문지점의 개체수가 가장 많았고 가을철의 높은 출현시기에는 녹산수문지점의 개체수가 비교적 많았다.
- ▷ 출현종은 겨울철에는 *Strombilidium* sp., *Tintinnidium* sp. 등의 섬모충류가 주요 우점이었으나, 2009년에는 *Brachionus* sp.가 우점하였으며, 봄철에는 *Tintinnidium* sp., *Tintinopsis* sp., *Brachionus* sp. 등의 섬모충류, 윤충류가 전 지점에서 대부분 우점하였고, 수온이 높아지는 5~6월부터 요각류의 유생인 *Nauplius*, *Bosmina* spp., *Moina* spp. 등의 지각류 및 성충 요각류가 많이 보였으며, 남조류가 우점하는 시기인 8월에는 윤충류가 다시 우점하였다. 9월에는 다시 지각류(*Bosmina* spp.)와 요각류(*Cyclops* spp.)가 많이 나타났으며, 수온이 낮아진 10월 이후로는 다시 윤충류가 적은 개체수로 출현하였고, *Tintinnidium* sp. *Tintinopsis* sp. 등의 섬모충류가 우점하였다.
- ▷ 2003년부터 연도별 식·동물플랑크톤의 추이를 보면 늦가을에서 봄철 구조류의 변성이 후 동물플랑크톤이 증가하고, 하절기에 다시 동물플랑크톤이 증가하는 추이를 나타내고 있으며, 식물플랑크톤이 변성하고 이후 동물플랑크톤이 증가하는 추이를 나타내고 있다(그림 8).

▷ 2004년부터의 각 지점별 계절별 주요 우점분류군과 평균 우점율을 표 3에 나타내었다.

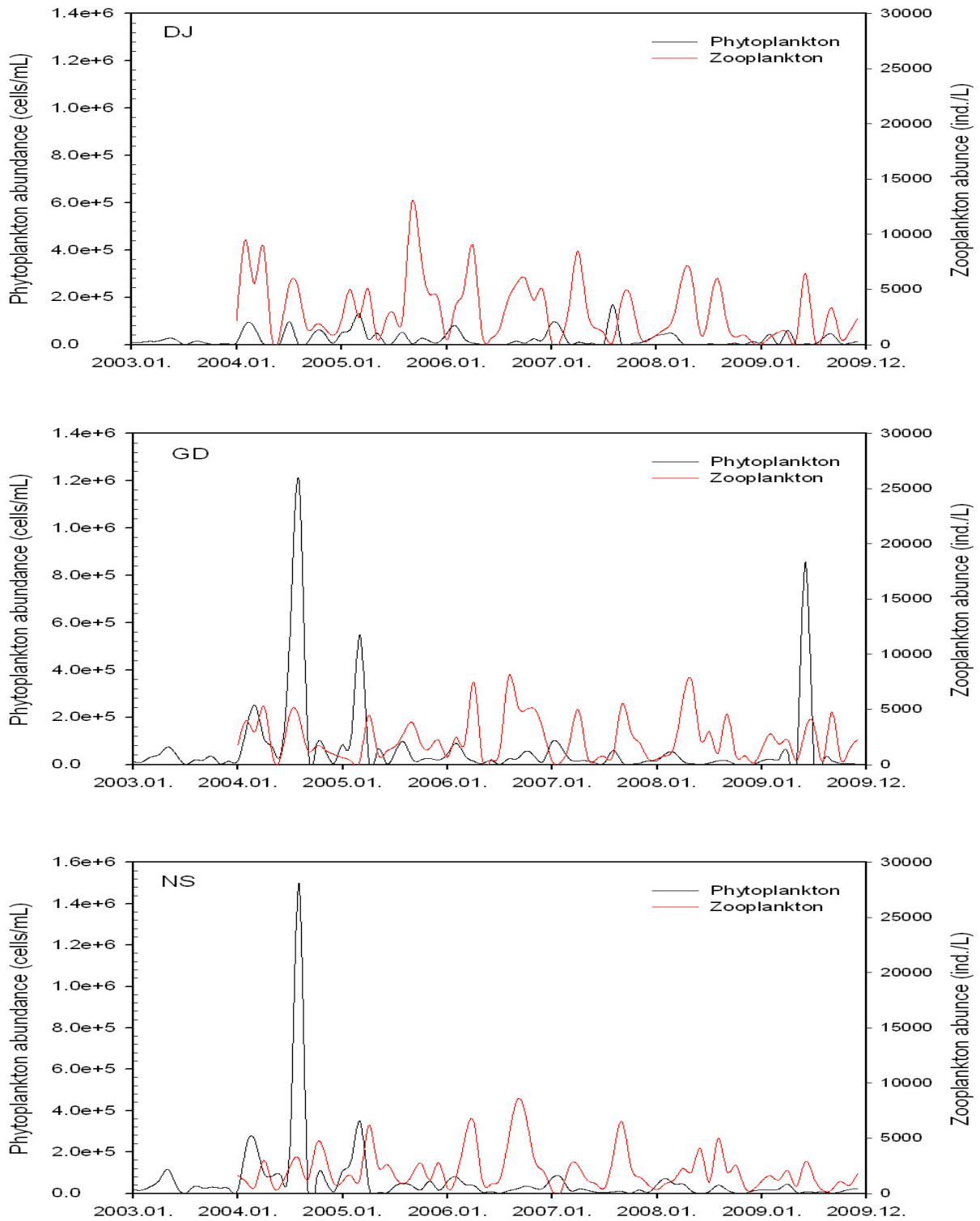


그림 8. 연도별 지점별 식·동물플랑크톤 현존량

표 3. 2004년~2009년 계절별 동물플랑크톤 우점분류군 (DJ:대저수문, GD:강동교, NS:녹산수문)

		DJ	GD	NS
2004	winter	<i>Tintinnidium</i> spp.(52%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(57%)	<i>Euplotes</i> spp.(27%)
	spring	<i>Tintinnidium</i> spp.(39%)	<i>Brachionus</i> spp.(49%)	<i>Brachionus</i> spp.(17%)
	summer	<i>Tintinnidium</i> spp.(21%)	<i>Bosmina</i> spp.(34%)	<i>Bosmina</i> spp.(29%)
	autumn	<i>Bosmina</i> spp.(19%)	<i>Brachionus</i> spp.(20%)	<i>Strombidium</i> spp.(40%)
2005	winter	<i>Strombidium</i> spp.(57%)	<i>Strombidium</i> spp.(47%)	<i>Strombidium</i> spp.(46%)
	spring	<i>Strombidium</i> spp.(74%)	<i>Brachionus</i> spp.(41%)	<i>Brachionus</i> spp.(31%)
	summer	<i>Polyarthra</i> spp.(52%)	<i>Polyarthra</i> spp.(25%)	<i>Moina</i> spp.(34%)
	autumn	<i>Polyarthra</i> spp.(75%)	Nauplius (34%)	<i>Euplotes</i> spp.(35%)
2006	winter	<i>Strombidium</i> spp.(51%)	<i>Strombidium</i> spp.(34%)	<i>Euplotes</i> spp.(27%)
	spring	<i>Tintinnidium</i> spp.(52%)	<i>Brachionus</i> spp.(36%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(32%)
	summer	<i>Bosmina</i> spp.(26%)	<i>Moina</i> spp.(32%)	<i>Moina</i> spp.(42%)
	autumn	<i>Tintinnidium</i> spp.(57%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(71%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(76%)
2007	winter	<i>Tintinnidium</i> spp.(55%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(42%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(36%)
	spring	<i>Tintinnidium</i> spp.(58%)	<i>Brachionus</i> spp.(28%)	<i>Brachionus</i> spp.(21%)
	summer	<i>Bosmina</i> spp.(22%)	<i>Moina</i> spp.(29%)	<i>Moina</i> spp.(31%)
	autumn	<i>Polyarthra</i> spp.(53%)	<i>Polyarthra</i> spp.(35%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(41%)
2008	winter	<i>Tintinnidium</i> spp.(43%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(37%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(31%)
	spring	<i>Tintinnidium</i> spp.(46%)	<i>Tintinopsis</i> spp.(50%)	<i>Brachionus</i> spp.(26%)
	summer	<i>Bosmina</i> spp.(30%)	<i>Moina</i> spp.(19%)	<i>Moina</i> spp.(60%)
	autumn	<i>Polyarthra</i> spp.(36%)	<i>Polyarthra</i> spp.(25%)	<i>Moina</i> spp.(46%)
2009	winter	<i>Brachionus</i> spp.(28%)	<i>Brachionus</i> spp.(56%)	<i>Brachionus</i> spp.(30%)
	spring	<i>Brachionus</i> spp.(27%)	<i>Tintinopsis</i> spp.(32%)	<i>Tintinopsis</i> spp.(34%)
	summer	<i>Tintinopsis</i> spp.(80%)	<i>Tintinopsis</i> spp.(47%)	<i>Moina</i> spp.(47%)
	autumn	<i>Tintinopsis</i> spp.(45%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(54%)	<i>Tintinnidium</i> spp.(27%)

- 동·식물플랑크톤 군집과 각 항목 결과값간의 상관성 분석
 - ▷ 2003~2009년 각 지점별 동·식물플랑크톤 개체수와 항목별 결과값간의 상관성 분석을 SPSS for WINDOW(ver. 13.0)을 이용하여 수행한 결과, 전 지점의 이화학 항목간의 상관성이 표 4와 같이 모두 높게 나타났다.
 - ▷ 식물플랑크톤에는 대저수문 지점이 BOD 0.571(p < 0.01), Chl-a 0.555(p < 0.01), COD 0.480(p < 0.01), pH 0.365(p < 0.01), 강동교 지점이 COD 0.718(p < 0.01), BOD 0.626(p < 0.01), Chl-a 0.615(p < 0.01), pH 0.500(p < 0.01), 녹산수문 지점이 COD 0.865(p < 0.01), TN 0.761(p < 0.01), BOD 0.749(p < 0.01), Chl-a 0.726(p < 0.01), pH 0.353(p < 0.01) 순으로 양의 상관성이 높게 나타났다.
 - ▷ 동물플랑크톤은 강동교 지점이 수온 0.265(p < 0.05), 녹산수문 지점이 수온 0.261(p < 0.05)로 양의 상관을 보였으나, 그 외의 항목에 대하여는 유의한 상관성이 없는 것으로 나타났다.

표 4. 각 항목 결과값간의 상관성

대저수문	수온	pH	DO	BOD	COD	TN	TP	Chl-a	강수량	Phyto plankton	Zoo plankton
수온	1										
pH	-.560 **	1									
DO	-.899 **	.681 **	1								
BOD	-.541 **	.479 **	.554 **	1							
COD	-.289 **	.315 **	.238 *	.741 **	1						
TN	-.468 **	.033	.325 **	.399 **	.506 **	1					
TP	.215	-.326 **	-.268 *	.128	.285 **	.214	1				
Chl-a	-.586 **	.616 **	.647 **	.717 **	.548 **	.306 **	.049	1			
강수량	.485 **	-.433 **	-.488 **	-.249 *	.029	-.054	.429 **	-.292 **	1		
Phytoplankton	-.257 *	.365 **	.301 **	.571 **	.480 **	.133	-.020	.555 **	-.198	1	
Zooplankton	.128	.056	-.080	.036	.111	.050	.087	-.098	-.011	-.069	1
No.	84	84	84	84	84	841	84	84	84	84	72

계속

강동교	수온	pH	DO	BOD	COD	TN	TP	Chl-a	강수량	Phyto plankton	Zoo plankton
수온	1										
pH	-.301**	1									
DO	-.756**	.660**	1								
BOD	-.291**	.728**	.620**	1							
COD	.107	.645**	.322**	.823**	1						
TN	-.566**	.316**	.570**	.410**	.225*	1					
TP	.140	.044	-.018	.139	.245*	.247*	1				
Chl-a	-.260*	.728**	.530**	.805**	.779**	.365**	.219*	1			
강수량	.513**	-.257*	-.378**	-.106	.132	-.137	.261*	-.141	1		
Phytoplankton	.162	.500**	.205	.626**	.718**	.129	.062	.615**	.058	1	
Zooplankton	.265*	.030	-.051	.087	.172	-.103	.102	.011	.063	.118	1
No.	84	84	84	84	84	841	84	84	84	84	72

녹산수문	수온	pH	DO	BOD	COD	TN	TP	Chl-a	강수량	Phyto plankton	Zoo plankton
수온	1										
pH	-.219*	1									
DO	-.760**	.563**	1								
BOD	-.016	.526**	.325**	1							
COD	.097	.527**	.206	.922**	1						
TN	-.359**	.462**	.469**	.724**	.731**	1					
TP	.297**	.209	-.064	.533**	.505**	.274*	1				
Chl-a	-.254*	.581**	.448**	.659**	.777**	.700**	.225*	1			
강수량	.529**	-.197	-.423**	.004	.060	-.144	.259*	-.107	1		
Phytoplankton	.097	.353**	.111	.749**	.865**	.761**	.354**	.726**	.051	1	
Zooplankton	.261*	-.069	-.239*	.024	.038	-.097	.035	-.131	.029	.025	1
No.	84	84	84	84	84	841	84	84	84	84	72

* : Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)
 ** : Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

4. 결 론

- 2009년의 강우량은 1,773 mm로서 평년(1,492 mm)보다 많았으며(기상청, 2009)으며, 연평균 수온은 대저수문지점이 15.8℃, 강동교지점은 16.0℃ 및 녹산수문지점이 15.5℃로서 1998년부터 2009년까지의 평균값과 비교하여 다소 낮게 나타났다.
- 생물화학적 산소요구량(BOD)는 대저수문, 강동교, 녹산수문지점의 2009년 평균값이 각각 2.9, 4.5, 6.4 mg/L, 화학적산소요구량(COD)의 평균값은 6.4, 7.8, 8.1 mg/L로서 10년간 평균값에 비해 낮아졌음을 알 수 있으며, 클로로필-a 농도는 각각 27.8, 33.1, 38.9 mg/m³으로 다소 정체가 있는 녹산수문지점이 가장 높게 나타났다.
- T-N(총질소)의 2009년 평균농도는 각각 2.537, 2.348, 2.257 mg/L, T-P(총인)은 0.078, 0.085, 0.129 mg/L로서 세 지점이 거의 비슷한 추세로 나타났으며, 2001년 이후 일정한 수준의 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다.
- 2009년에는 클로로필-a 농도 및 식물플랑크톤 개체수도 대체로 감소된 추세를 나타냈으나, 6월 강동교 지점은 *Microcystis aeruginosa*의 대변성이 나타났고, 2004년~2009년간 각 지점별 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 대저수문지점 50~1.7×10⁵, 강동교 120~1.2×10⁶, 녹산수문 50~1.5×10⁶ cells/mL로 나타났으며, 하절기 남조류 우점의 계절적 특징을 제외하면, 연중 규조류의 우점이 나타났다.
- 2004년~2009년간 각 지점별 출현한 동물플랑크톤의 총 개체수는 대저수문지점 38~1.3×10⁴, 강동교 130~8.0×10³, 녹산수문 150~8.5×10³ inds/L로서, 대저수문에서 가장 많이 출현하였으며, 동물플랑크톤 개체수도 예년에 비해 다소 감소한 것으로 나타났다.
- 2007년 7~8월에 일시적으로 남조류 bloom 현상이 나타났으며, 2009년 6월 강동교 지점에서도 *Microcystis aeruginosa*의 대변성이 나타났는데, 이는 수중 유기물 및 영양염류가 원인이기도 하지만 여름철 강우 빈도 및 일사량과 수온, 수체의 정체 등의 환경요인이 더욱 큰 원인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.
- 2003~2009년 각 지점별 동·식물플랑크톤 개체수와 항목별 결과값간의 상관성 분석을 수행한 결과, 전지점 이화학 항목간의 상관성이 모두 높게 나타났으며, 식물플랑크톤에는 대저수문 지점이 BOD 0.571(p < 0.01), Chl-a 0.555(p < 0.01), COD 0.480(p < 0.01), pH 0.365(p < 0.01), 강동교 지점이 COD 0.718(p < 0.01), BOD 0.626(p < 0.01), Chl-a 0.615(p < 0.01), pH 0.500(p < 0.01), 녹산수문 지점이 COD 0.865(p < 0.01), TN 0.761(p < 0.01), BOD 0.749(p < 0.01), Chl-a 0.726(p < 0.01), pH 0.353(p < 0.01) 순으로 양의 상관성이 높게 나타났고, 동물플랑크톤은 강동교 지점이 수온 0.265(p < 0.05), 녹산수문 지점이 수온 0.261(p < 0.05)로 양의 상관성을 보였으나, 그 외의 항목에 대하여는 유의한 상관성이 없는 것으로 나타났다.