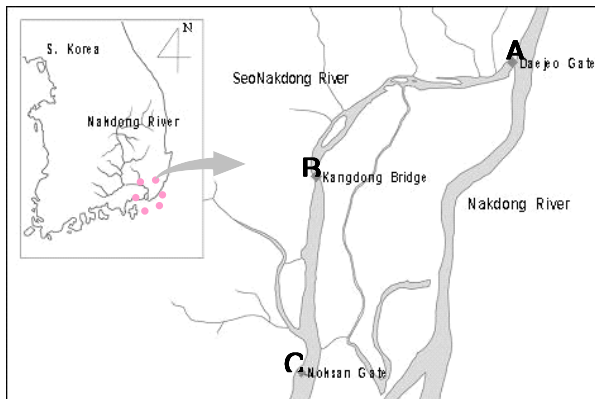


서낙동강 플랑크톤 조사

○ 서낙동강 물환경에 많은 영향을 미치는 동식물플랑크톤 군집에 대해 모니터링함으로써 수생태계 변화에 따른 물환경의 특성을 파악하여 수질 해석 및 예측과 하천 환경 관리정책에 필요한 자료를 확보하고자 함

1. 조사개요

- 조사근거 : 부산광역시환보 67407-20074(1999.01.18)
- 조사기간 : 2014년 1월 ~ 2014년 12월 (월 1회)
- 조사항목 : 이화학적 수질항목 9개 항목, 동·식물플랑크톤 중 조성 및 분포
- 조사지점 : 서낙동강 3개 지점 - 대저수문, 강동교, 녹산수문



	위 치
대저수문 (A)	25° 13'50.97"N 128° 59'34.17"E
강동교 (B)	25° 11'29.55"N 128° 54'27.04"E
녹산수문 (C)	35° 07'18.23"N 128° 53'47.09"E

그림 1. 조사지점(A : 대저수문, B : 강동교, C : 녹산수문)

2. 조사방법

- 이화학적 수질 인자 - 수질오염공정시험기준(2008) 의거
 - 수온, pH, DO, 전기전도도 : 현장 측정(YSI-556MPS)
 - BOD, COD, T-N, T-P, 클로로필-a(Chl-a)농도
 - ※ 기상 요인(강수량, 일조시간, 일사량) - 기상청 홈페이지 참고
- 동식물플랑크톤
 - 지점당 4L의 표층수 채수고정 후 체($\phi=10\mu\text{m}$)로 최종 20mL 농축
 - Sedgwick-Rafter chamber에 1 mL을 취하여 현미경(Imager A2, ZEISS) 100-1000 배에서 동정 및 계수

- 참고 : 한국담수조류도감(정용, 1993), 한국담수동물플랑크톤도감(조규송, 1993) 등 다수

3. 조사결과

○ 이화학적 수질 인자

- 강수량은 1693.1 mm로 평년 1519.1 mm보다 많았으나 8월에 38 %의 집중호우가 내렸고 강우편차가 심하였음
- 일조시간과 일사량은 각각 2481 hr과 4996 MJ/m²로 평년 2327 hr, 4854 MJ/m²와 거의 유사한 수준이었으나 2월과 8월에 특히 낮았음(그림 2)

※ 참고) [http://www.kma.go.kr/관측자료\(기상청\)](http://www.kma.go.kr/관측자료(기상청))

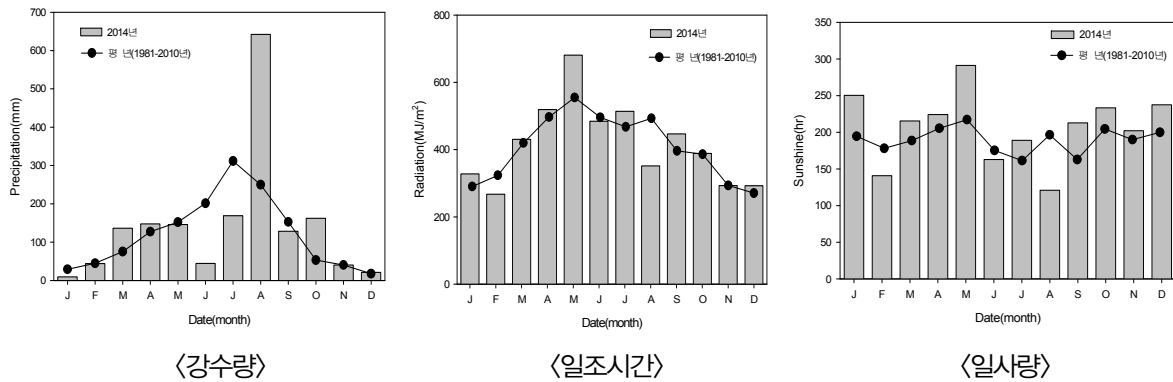


그림 2. 낙동강수계 강수량, 일조시간, 일사량

- 수온은 1~28 °C로 조사되었으며 용존산소(DO)농도는 겨울에 높게 나타났음.
- 총 질소(T-N)의 평균 농도는 2.601 mg/L, 총 인(T-P)의 평균 농도 0.098 mg/L이었음. T-N은 겨울에 높은 농도를 나타냈으나 T-P는 강수량이 편중된 여름에 높았음. 이를 통해 강우시 서낙동강 유역 농경지 등의 토지계를 통한 영양염류의 유입을 추정할 수 있었음.(표 1, 그림 3)
- 클로로필-a 농도(Chl-a)는 다른 계절에 비해 여름(6~8월)에 78.3 mg/m³의 높은 농도로 나타났으며 이는 여름철 높은 수온, 수체의 정체 등의 물리환경적 조건이 식물플랑크톤 번성에 영향을 미친 것으로 판단되었음.
- OECD 기준으로 Chl-a농도만 고려하여 수체를 평가할 경우, 2.5 mg/m³이하일 때 빈영양, 2.5~8.0 mg/m³일 때 중영양, 8.0~25.0 mg/m³일 때 부영양 및 25.0 mg/m³ 이상일 때 과영양으로 분류함(Harper, 1992). 이에 따르면 서낙동강의 평균 Chl-a농도는 37.7 mg/m³으로 과영양 상태인 것으로 분류되었음.

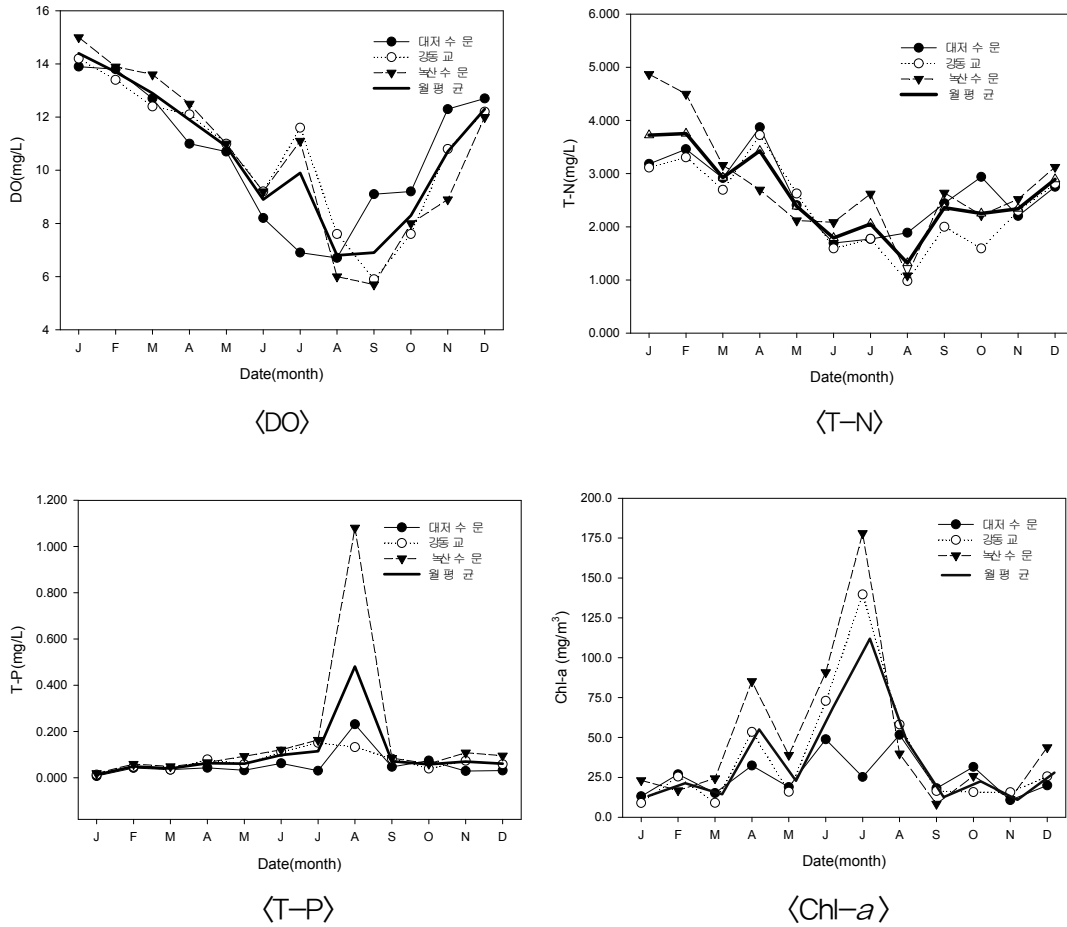


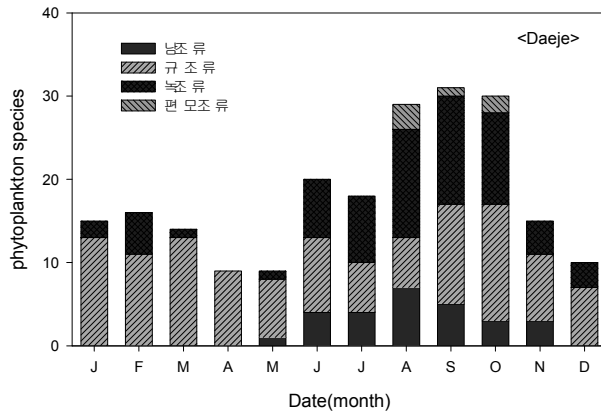
그림 3. 서낙동강의 DO, T-N, T-P, Chl-a 농도(지점별&평균)

표 1. 이화학적 수질인자

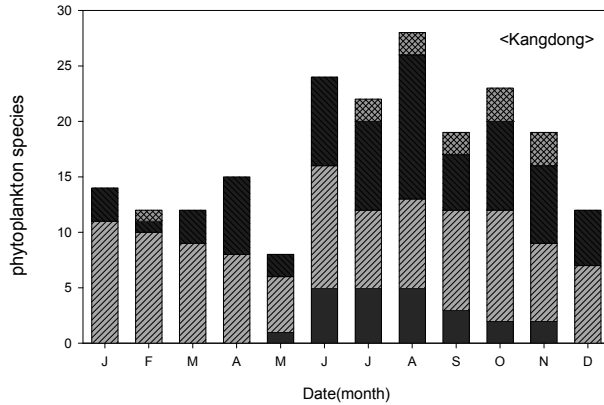
	겨울		봄			여름			가을			연평균	
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월		12월
수온 (°C)	2.5	4.5	7.9	16.0	21.7	22.6	26.5	27.2	25.3	19.9	15.3	7.4	16.4
pH	8.4	8.3	7.9	8.6	8.3	7.9	8.3	7.6	7.8	7.7	8.0	7.6	8.0
DO (mg/L)	14.4	13.7	12.9	11.9	10.9	8.9	9.9	6.8	6.9	8.3	10.7	12.3	10.6
전기전도도(μm/cm)	450	474	554	542	353	646	920	362	402	606	257	252	485
BOD (mg/L)	3.7	4.4	3.6	5.1	1.8	3.2	6.1	3.4	1.9	2.1	2.0	2.8	3.3
COD (mg/L)	7.2	6.3	6.2	6.7	6.6	8.6	12.8	8.9	6.5	7.3	5.3	6.1	7.4
T-N (mg/L)	3.722	3.754	2.924	3.429	2.382	1.790	2.053	1.316	2.360	2.249	2.339	2.894	2.601
T-P (mg/L)	0.013	0.049	0.040	0.063	0.061	0.098	0.115	0.481	0.071	0.058	0.070	0.061	0.098
Chl-a (mg/m³)	15.0	23.1	15.1	57.0	24.6	70.8	114.3	49.9	14.3	24.3	12.6	29.8	37.7

○ 식물플랑크톤

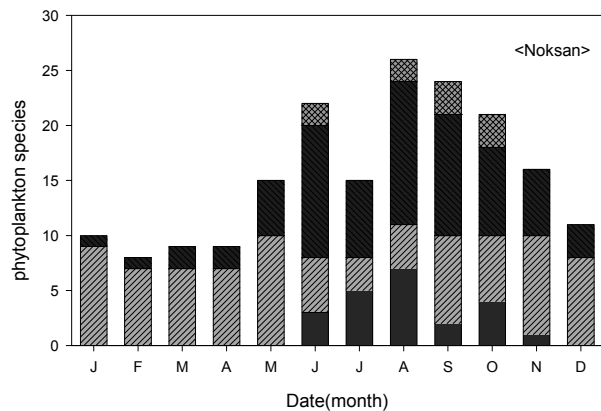
- 식물플랑크톤의 군집은 남조류(Cyanophyta) 6속 11종, 규조류(Bacillariophyta) 17속 42종, 녹조류(Chlorophyta) 22속 48종 및 편모조류(Flagellate) 8속 8종으로 총 53속 109종이 분류되었음. 녹조류가 48종으로 다양하게 출현하였으나 계절적으로 폭넓게 분포하지 못하였으며 그 다음으로 규조류는 연중 출현하며 42종으로 분류되었음. 남조류는 5월~11월 사이에 나타났으며 편모조류는 계절적으로 뚜렷한 출현 양상을 보이지 않았고 출현종수도 8종으로 적었음.(그림 4)



<대저수문>



<강동교>



<녹산수문>

그림 4. 서낙동강 지점별 식물플랑크톤 종수 및 분포

- *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wegenbergii*, *Microcystis ichthyoblabe*, *Anabaena flos-aquae* 등 남조류 개체수는 2,000~185,000 cells/mL로 5월에서 11월 까지 출현하였고 연중 출현한 *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Synedra acus*, *Aulacoseira granulata f. spiralis*, *Fragillaria crotonensis* 등 규조류는 1,700~396,400 cells/mL과 *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum duplex*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Actinastrum hantzschii* 등 녹조류는 100~56,100 cells/mL로 출현하였고 편모조류는 9월~10월 사이에 개체수가 200~3,400 cells/mL로 증가하였음.(그림 5)

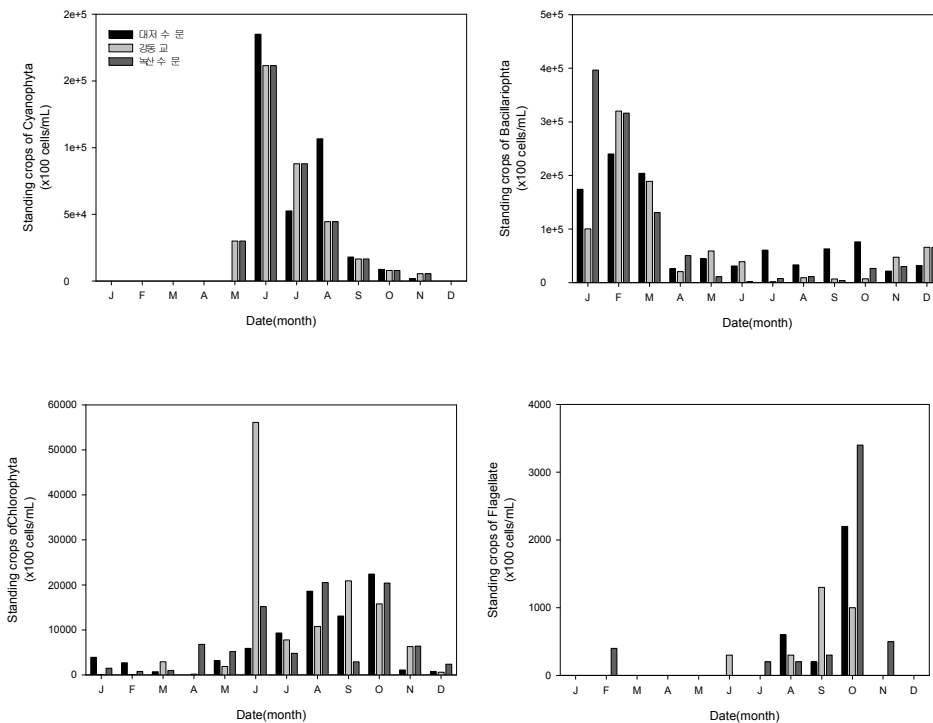


그림 5. 서낙동강 식물플랑크톤 군집별 개체수

- 식물플랑크톤의 우점도지수는 0.15~0.83이었으며 1월~3월에 규조류 *Stephanodiscus hantzschii*가 60 % 이상의 우점율을 나타냈고 우점도지수는 0.7 이상이었음. 5월~9월에 남조류 *Microcystis aeruginosa*가 30 %의 우점율을 나타냈으나 우점도지수는 0.5 정도로 규조류 *Stephanodiscus hantzschii*가 우점 변성할 때 남조류의 변성시보다 높은 우점 비율을 차지하였음.(표 2)
- 식물플랑크톤의 종다양성지수는 0.43~1.19, 균등도지수는 0.13~0.32였으며 4월~11월에 높은 종다양성과 균등도를 보이며 이 시기에 식물플랑크톤 군집이 다양하게 분포하였음.(그림 6)

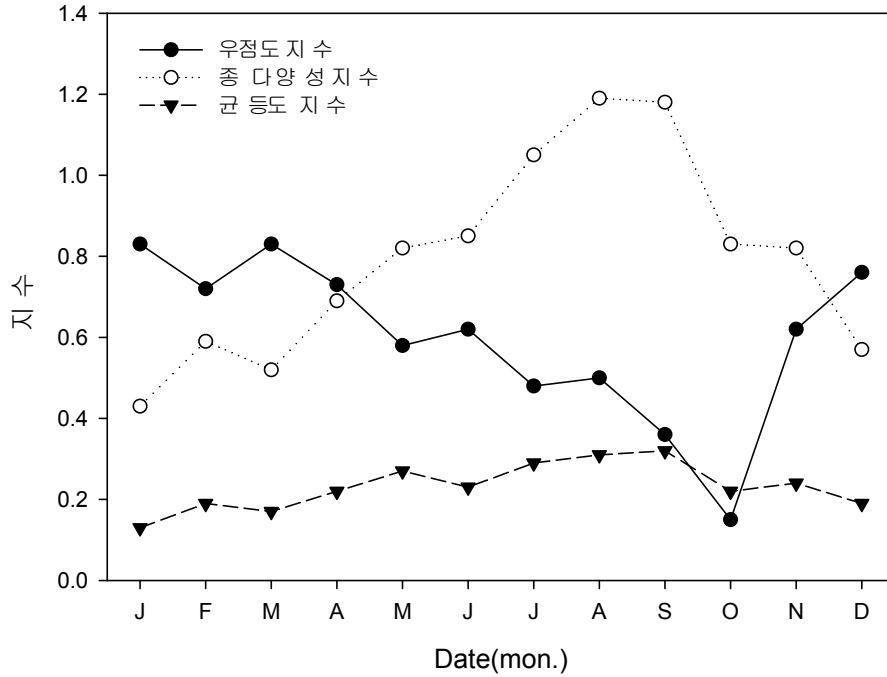


그림 6. 서낙동강 식물플랑크톤 지수 분포

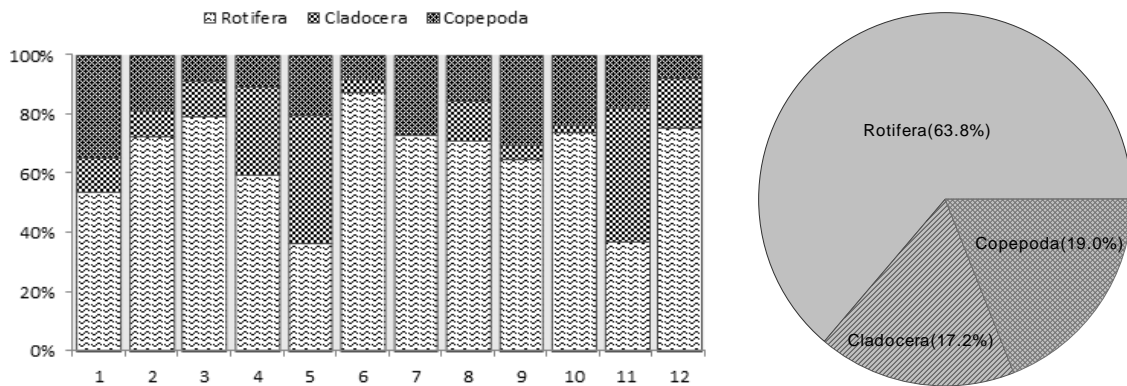
표 2. 서낙동강의 식물플랑크톤 우점도지수, 종다양성지수, 균등도지수 및 우점종

	출현 종수	우점도 지수	종다양성 지수	균등도 지수	제1우점종(우점비율, %)	제2우점종(우점비율, %)
1월	24	0.83	0.43	0.13	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (79%)	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (4%)
2월	21	0.72	0.59	0.19	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (59%)	<i>Synedra acus</i> (13%)
3월	22	0.83	0.52	0.17	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (66%)	<i>Synedra acus</i> (18%)
4월	24	0.73	0.69	0.22	<i>Synedra acus</i> (60%)	<i>Aulacoseira italica</i> (13%)
5월	20	0.58	0.82	0.27	<i>Microcystis aeruginosa</i> (31%)	<i>Aulacoseira granulata f. spiralis</i> (30%)
6월	38	0.62	0.85	0.23	<i>Microcystis aeruginosa</i> (41%)	<i>Microcystis itchyoblabel</i> (20%)
7월	37	0.48	1.05	0.29	<i>Microcystis aeruginosa</i> (29%)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (18%)
8월	44	0.50	1.19	0.31	<i>Microcystis aeruginosa</i> (32%)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (18%)
9월	42	0.36	1.18	0.32	<i>Aulacoseira granulata f. spiralis</i> (20%)	<i>Microcystis aeruginosa</i> (16%)
10월	45	0.15	0.83	0.22	<i>Aulacoseira granulata f. spiralis</i> (10%)	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (5%)
11월	29	0.62	0.82	0.24	<i>Aulacoseira granulata f. spiralis</i> (57%)	<i>Fragillaria crotonensis</i> (5%)
12월	20	0.76	0.57	0.19	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (68%)	<i>Aulacoseira italica</i> (8%)

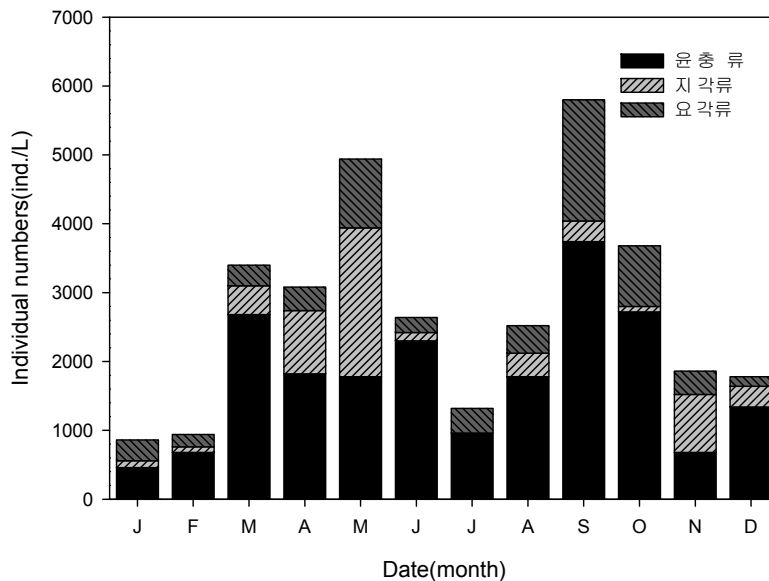
○ 동물플랑크톤

- 동물플랑크톤의 군집은 총 15속 31종이 출현하였으며 윤충류(Rotifer) 8속 22종, 지각류(Cladocera) 4속 6종 그리고 요각류(Copepoda) 3속 3종이었음. *Brachionus* 속,

- Keratella* 속, *Polyarthra* 속 등의 윤충류가 63.8 %로 연중 출현하였고 *Bosmina* 속 등의 지각류는 17.2 %, Nauplius 등의 요각류는 19.0 %의 비중을 차지하였음.(그림 7)
- 동물플랑크톤의 개체수는 3월~5월과 8월~10월에 2,520~5,800 ind./L에 높게 나타났으며 우점도지수는 0.36~0.68, 종다양성지수는 0.46~0.87, 균등도지수는 0.22~0.39로 나타났음.(표 3)
 - 윤충류 *Keratella cochlearis*, *Polyarthra euryptera*, *Brachionus calyciflorus* 등이 20 % 이상 출현하며 우점하였고 지각류 *Bosmina longirostris*가 40 % 이상으로 우점하였음.
 - 윤충류는 종 구성 비율에 계절적인 변화가 있었으나 연중 높은 비율로 출현하였고 섭식률이 높은 지각류와 요각류는 4월~5월 및 9월~11월에 높은 개체수로 분포하였으나 동물플랑크톤은 계절적으로 뚜렷한 구분이 나타나지 않았음.



〈동물플랑크톤 군집의 분포〉



〈동물플랑크톤 군집별 개체수〉

그림 7. 서낙동강 동물플랑크톤 군집의 분포와 개체수

표 3. 동물플랑크톤 우점도지수, 종다양성지수, 균등도지수 및 우점종

	출현 종수	개체수 (ind./L)	우점도 지수	종다양성 지수	균등도 지수	제1우점종(우점비율, %)	제2우점종(우점비율, %)
1월	8	860	0.51	0.81	0.39	<i>Polyarthra euryptera</i> (28%)	Nauplius(23%)
2월	10	940	0.43	0.87	0.38	<i>Brachionus calyciflorus</i> (21%)	<i>Polyarthra euryptera</i> (21%)
3월	15	3400	0.55	0.84	0.31	<i>Polyarthra euryptera</i> (42%)	<i>Brachionus calyciflorus</i> (14%)
4월	8	3080	0.68	0.68	0.33	<i>Keratella cochlearis</i> (38%)	<i>Bosmina longirostris</i> (30%)
5월	12	4940	0.55	0.77	0.31	<i>Bosmina longirostris</i> (42%)	<i>Cyclops copepoda</i> (13%)
6월	14	2640	0.67	0.77	0.29	<i>Keratella cochlearis</i> (48%)	<i>Keratella valga</i> (18%)
7월	10	1320	0.48	0.84	0.34	<i>Keratella cochlearis</i> (32%)	Nauplius(17%)
8월	13	2520	0.60	0.80	0.31	<i>Polyarthra euryptera</i> (46%)	<i>Bosmina longirostris</i> (13%)
9월	16	5800	0.58	0.75	0.27	<i>Polyarthra euryptera</i> (30%)	<i>Keratella cochlearis</i> (29%)
10월	8	3680	0.36	0.46	0.22	<i>Keratella cochlearis</i> (27%)	Nauplius(9%)
11월	10	1860	0.57	0.76	0.33	<i>Bosmina longirostris</i> (44%)	<i>Polyarthra euryptera</i> (13%)
12월	10	1780	0.52	0.83	0.36	<i>Keratella cochlearis</i> (37%)	<i>Bosmina longirostris</i> (15%)

4. 결 론

- 클로로필-*a* 연평균 농도는 37.7 mg/m³로 과영양상태의 수체로 평가되었음(OECD기준)
 - 6월~8월의 Chl-*a*농도는 78.3 mg/m³로 높게 나타났으며 여름철 높은 수온, 수체의 정체 등 물리환경적 조건에 의해 식물플랑크톤이 번성할 수 있었던 것으로 판단됨.
- 식물플랑크톤 군집 : 53속 109종, 우점도지수 0.15~0.83, 종다양성지수 0.43~1.19
 - 겨울철 구조류 번성 : *Stephanodiscus hantzschii*(59~79%), *Cyclotella meneghiniana*, *Synedra acus*
 - 여름철 남조류 번성 : *Microcystis aeruginosa*(29~41%), *Microcystis wegenbergii*, *Microcystis itchyoblabe*
- 동물플랑크톤 군집 : 15속 31종, 우점도지수 0.36~0.68, 종다양성지수 0.46~0.87
 - *Brachionus* 속, *Keratella* 속, *Polyarthra* 속 등의 윤충류 : 63.8%로 연중 출현
 - 섭식률이 높은 지각류와 요각류 : 4월~5월과 9월~11월에 높은 개체수로 분포
 - 계절적으로 뚜렷한 분포 구성이 나타나지 않았음.
- 서낙동강 : 상류의 대저수문과 하류의 녹산수문에 의한 수체가 지체하는 호소형 하천
 - 외부오염원 뿐 아니라 동식물플랑크톤의 증식으로 인한 내부의 생물학적 요인에 의해 물 환경 변화가 큰 것으로 나타났음.