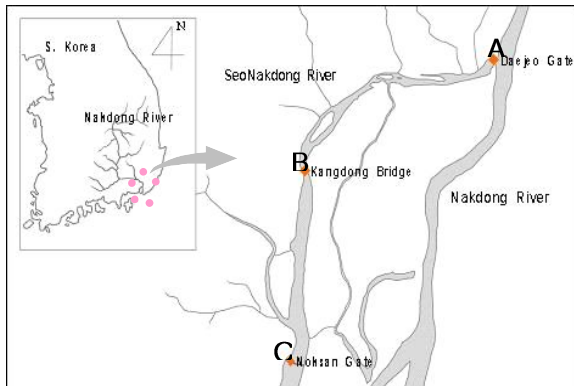


서낙동강 플랑크톤 조사

- 서낙동강 물환경에 많은 영향을 미치는 동식물플랑크톤 군집에 대해 모니터링 함으로써 수 생태계 변화에 따른 물환경의 특성을 파악하여 수질 해석 및 예측과 하천 환경 관리정책에 필요한 자료를 확보하고자 함

1. 조사개요

- 조사근거 : 부산광역시환보 67407-20074(1999. 1. 18.)
- 조사기간 : 2013. 1. ~ 2013. 12.(월 1회)
- 조사지점 : 서낙동강 3개 지점 - 대저수문, 강동교, 녹산수문
- 조사항목 : 이화학적 수질항목 9개 항목, 동·식물플랑크톤 종 조성 및 분포



구 분	위 치
대저수문 (A)	25° 13'50.97"N128° 59'34.17"E
강동교 (B)	25° 11'29.55"N128° 54'27.04"E
녹산수문 (C)	35° 07'18.23"N128° 53'47.09"E

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

2. 조사방법

- 이화학적 수질 인자 - 수질오염공정시험기준(2011) 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 4 L의 표층수 채수·고정 후 체($\Phi=10\ \mu\text{m}$)로 최종 20 mL 농축
 - Sedgwick-Rafter chamber에 1 mL을 취하여 현미경(Axioskop 40, ZEISS) 100 ~ 1000 배에서 동정 및 계수
 - 참고 : 한국담수조류도감(정용, 1993), 한국담수동물플랑크톤도감(조규송, 1993) 등 다수

3. 조사결과

○ 이화학적 수질 인자

- 강수량은 1133.1 mm로 평년 1519.1 mm보다 적었고 특히, 6월부터 9월까지 평년보다 적었으며, 일조시간과 일사량은 각각 2771 hr과 5413 MJ/m²로 평년 2327 hr, 4854 MJ/m²보다 높게 나타냈음(그림 2).

※ 참고) <http://www.kma.go.kr/> 관측자료(기상청)

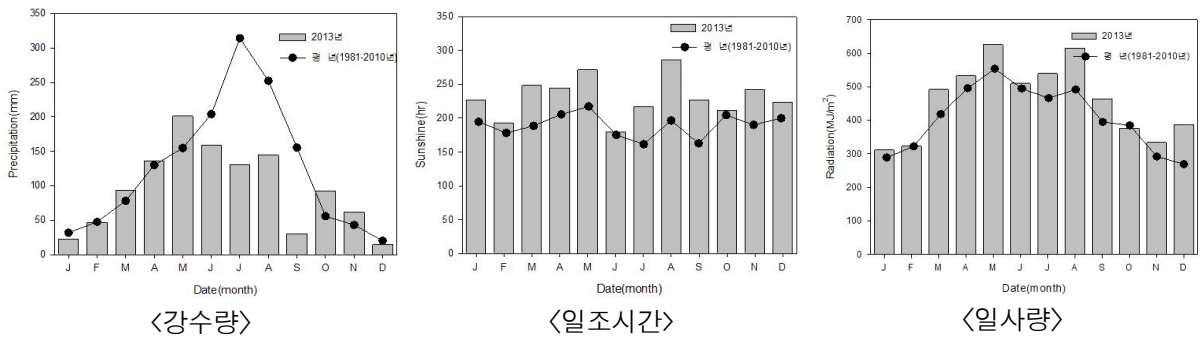
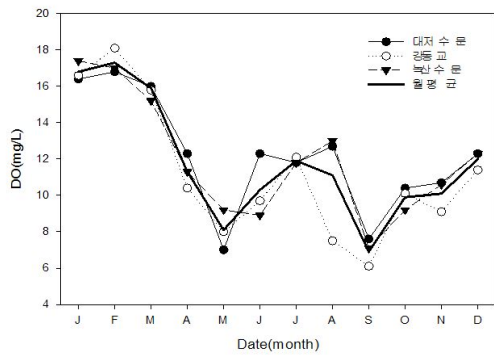


그림 2. 서낙동강의 강수량, 일조시간, 일사량(2013년&평년)

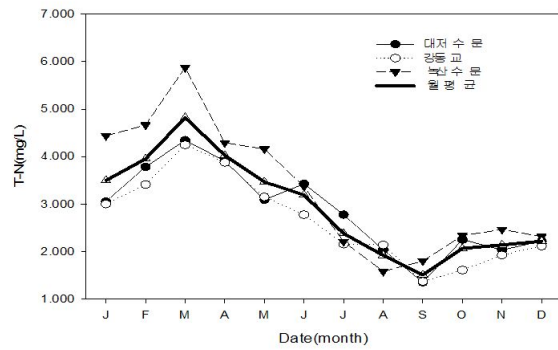
- 수온은 2 ~ 31 °C의 분포로 나타났으며 용존산소(DO)농도는 겨울과 여름에 높게 되었음 (표 1, 그림 3).
- 총 질소(T-N)의 연평균 농도는 2.934 mg/L, 총 인(T-P)의 연평균 농도 0.073 mg/L이었으며 특히, 강수량이 평년보다 많았던 2월 ~ 5월의 T-N농도가 다른 시기보다 높았음. 이를 통해 강우시 서낙동강 유역 농경지 등의 토지계를 통한 영양염류의 유입을 추정할 수 있음(표 1, 그림 3).
- 클로로필-a 농도(Chl-a)는 겨울(1 ~ 2월) 63.5 mg/m³였으며 여름(6 ~ 8월) 45.5 mg/m³로 높은 농도로 식물플랑크톤 번성이 일어났음(표 1, 그림 3).
- 식물플랑크톤 현존량은 강수량이 적고 하천의 유속이 더디어지는 겨울과 여름에 뚜렷하게 증가하였으며 이로 인해 DO 농도를 포함한 이화학적 수질인자에 영향을 미친 것으로 판단됨.
- 수계를 OECD 기준으로 Chl-a농도만 고려하여 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). 이러한 분류에 따르면 서낙동강의 연평균 Chl-a농도는 33.7 mg/m³으로 과영양 상태인 것으로 낙동강 조사월보 제 67호의 연구보고(부산발전연구원, 2002.7)에서도 유사한 결과를 도출하였음.

표 1. 이화학적 수질인자(월평균)

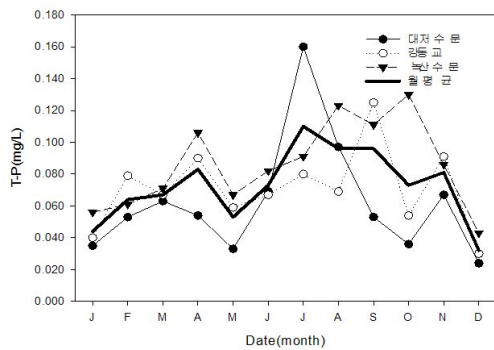
구분	겨울		봄			여름			가을			연평균	
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월		12월
수온(℃)	2.2	3.7	7.8	14.2	18.3	24.3	27.4	30.5	26.3	21.3	12.8	8.7	16.5
pH	7.8	7.9	9.3	9.4	8.7	8.3	9.4	9.3	7.4	7.5	7.8	8.0	8.4
DO(mg/L)	16.8	17.3	15.9	11.3	8.1	10.3	11.9	11.1	6.9	9.9	10.1	12.0	11.8
전기전도도(μm/cm)	912	1011	503	333	857	363	369	312	589	473	372	349	537
BOD(mg/L)	4.0	5.1	4.5	3.4	4.4	2.6	4.8	4.6	3.6	3.8	2.2	1.8	3.7
COD(mg/L)	6.3	8.2	7.5	6.5	7.6	6.9	11.6	13.6	9.5	8.3	5.5	5.6	8.1
T-N(mg/L)	3.499	3.953	4.821	4.027	3.467	3.192	2.383	1.922	1.510	2.069	2.143	2.220	2.934
T-P(mg/L)	0.044	0.064	0.067	0.083	0.053	0.073	0.110	0.096	0.096	0.073	0.081	0.032	0.073
Chl-a(mg/m ³)	32.3	94.6	37.4	12.7	21.9	27.9	27.4	81.0	16.1	31.5	10.9	11.2	33.7



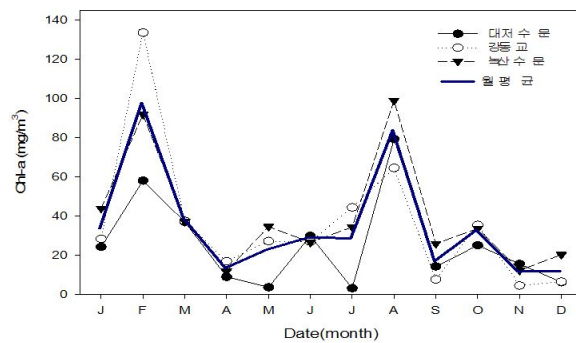
<DO 농도>



<T-N 농도>



<T-P 농도>



<Chl-a 농도>

그림 3. 서낙동강 지점별 DO농도, T-N농도, T-P농도, Chl-a농도

○ 식물플랑크톤

- 식물플랑크톤의 군집은 남조류(Cyanophyta) 5속 10종, 규조류(Bacillariophyta) 16속 38종, 녹조류(Chlorophyta) 20속 46종 및 편모조류(Flagellate) 6속 6종으로 총 47속 100종이 분류되었음. 녹조류가 46종으로 가장 많이 분류되었으나 계절적으로 폭넓게 분포하지 못하였으며 그 다음으로 규조류가 연중 출현하며 38종으로 분류되었음. 편모조류에는 계절적인 뚜렷한 출현 양상을 보이지 않았으며 출현종수도 6종으로 적었음(그림 4).

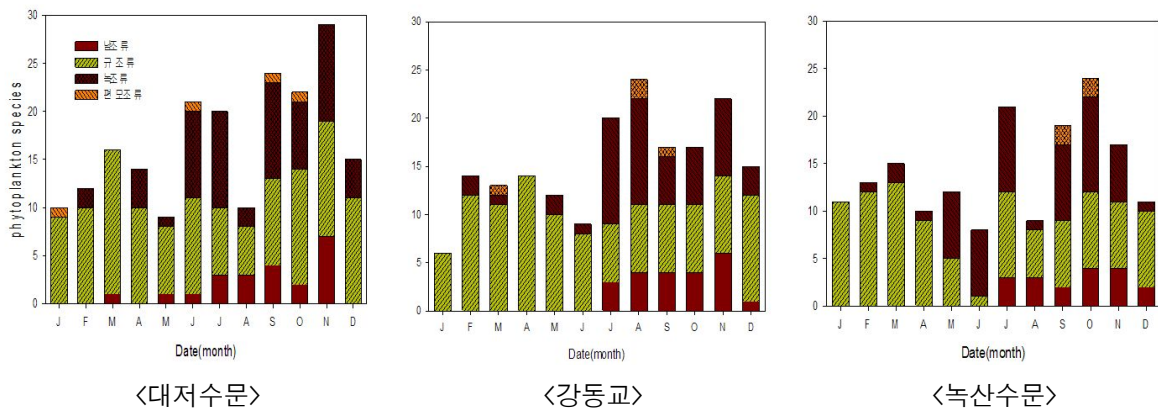


그림 4. 서낙동강 지점별 출현한 식물플랑크톤 종 수

- 식물플랑크톤의 군집별 개체수 분포에서 *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wegenbergii*, *Anabaena macrospora*, *Oscillatoria* sp. 등의 남조류 개체수는 7,600 ~ 11,520,000 cells/mL

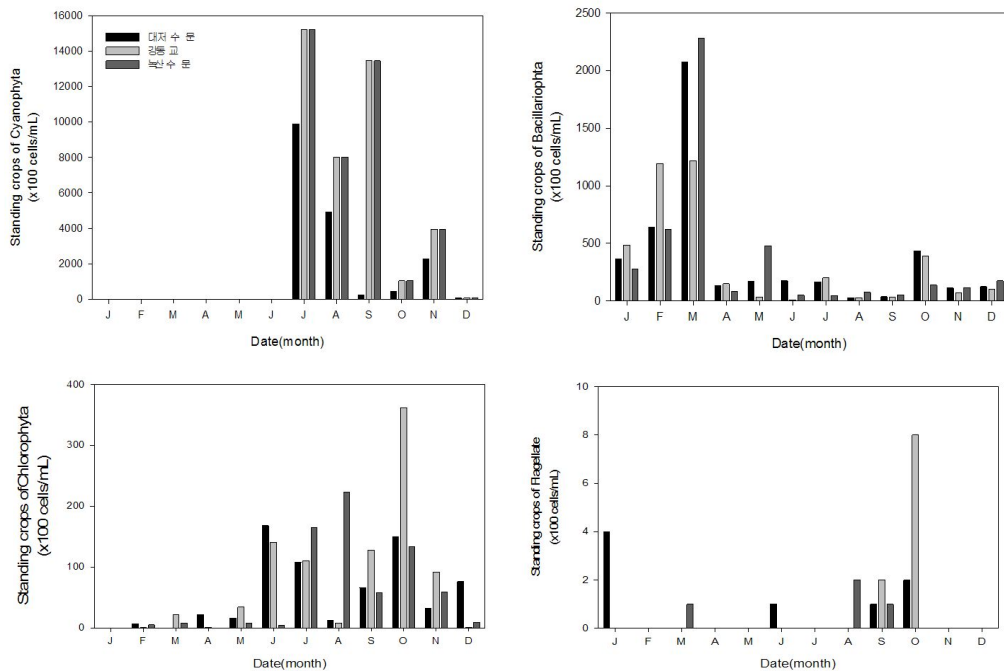


그림 5. 서낙동강 식물플랑크톤 군집별 개체수

로 주로 여름에서 가을에 걸쳐 번성하였고 *Stephanodiscus hantzschii*, *Synedra acus*, *Aulacoseira granulata*, *Fragillaria crotonensis*, *Asterionella formosa* 등의 규조류는 700 ~ 228,300 cells/mL과 *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Actinastrum hantzschii* 등의 녹조류는 100 ~ 36,200 cells/mL로 연중 출현하였으나 규조류는 겨울에 특히 101,800 cells/mL(평균)로 번성하였음(그림 5).

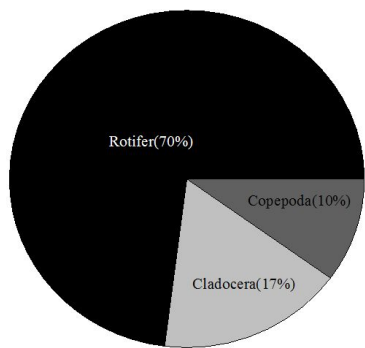
- 식물플랑크톤의 우점도지수는 0.18 ~ 0.96이었으며 규조류 *Stephanodiscus hantzschii*가 80% 이상의 우점비율을 보인 1 ~ 3월과 남조류 *Microcystis aeruginosa*가 65 % 이상의 우점비율을 나타낸 7 ~ 9월에는 0.95 이상의 높은 우점도를 나타내면서 이 시기에 *Stephanodiscus hantzschii*와 *Microcystis aeruginosa*가 군집 분포에 절대적으로 차지하였음. 식물플랑크톤의 종다양성지수는 0.18 ~ 1.22였으며 4월 ~ 6월과 10 ~ 12월에 0.50 이상의 종다양도를 보이며 이 시기에 다양한 식물플랑크톤 군집이 출현하였음(표 2).
- 규조류 *Stephanodiscus hantzschii*는 80 % 이상의 우점비율로 수온이 낮은 겨울철에 154,400 cells/mL의 높은 개체수로 번성하였음.
- 남조류 *Microcystis aeruginosa*와 *Microcystis wegenbergii*는 65 ~ 90 % 이상의 우점비율로 긴 일조시간과 일사량 및 높은 수온, 평년보다 적은 강수량의 여름에 1,169,700 cells/mL의 개체수로 번성하였음.

표 2. 서낙동강의 식물플랑크톤 우점도지수, 종다양성지수 및 우점종

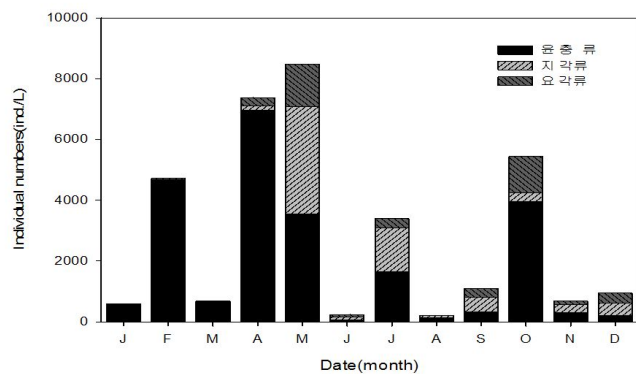
구분	출현 종수	우점도 지수	종다양성 지수	제1우점종(우점비율, %)	제2우점종(우점비율, %)	
겨울	1월	15	0.93	0.32	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (81.7 %)	<i>Synedra acus</i> (11.0 %)
	2월	20	0.92	0.29	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (86.3 %)	<i>Synedra acus</i> (5.5 %)
봄	3월	23	0.96	0.18	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (93.8 %)	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (1.7%)
	4월	21	0.61	0.88	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (39.8 %)	<i>Aulacoseira granulata</i> (21.1 %)
	5월	23	0.25	0.87	<i>Aulacoseira granulata</i> (14.6 %)	<i>Fragillaria crotonensis</i> (8.1 %)
여름	6월	28	0.22	1.22	<i>Aulacoseira italica</i> (13.2 %)	<i>Pediastrum duplex</i> (9.1 %)
	7월	33	0.96	0.37	<i>Microcystis aeruginosa</i> (65.2 %)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (31.0 %)
	8월	24	0.93	0.21	<i>Microcystis aeruginosa</i> (90.7 %)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (1.9 %)
가을	9월	33	0.96	0.31	<i>Microcystis aeruginosa</i> (79.0 %)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (17.1 %)
	10월	34	0.18	0.76	<i>Microcystis aeruginosa</i> (9.2 %)	<i>Microcystis wegenbergii</i> (6.9 %)
	11월	39	0.89	0.59	<i>Microcystis wegenbergii</i> (48.7 %)	<i>Microcystis aeruginosa</i> (39.9 %)
겨울	12월	27	0.23	1.11	<i>Aulacoseira italica</i> (12.9 %)	<i>Fragillaria crotonensis</i> (10.4 %)

○ 동물플랑크톤

- 동물플랑크톤의 군집은 총 15속 29종이 출현하였으며 윤충류(Rotifer) 8속 21종, 지각류(Cladocera) 4속 5종 그리고 요각류(Copepoda) 3속 3종 이었음. *Brachionus* 속, *Keratella* 속, *Polyarthra* 속 등의 윤충류에 속하는 종들의 출현이 전체 군집에서 70%로 매우 뚜렷하였음. 또한, 계절적인 현존량의 변화를 보더라도 윤충류가 다른 동물 플랑크톤 군집보다 여름을 제외하고 높은 출현율을 보였음(그림 6).
- 동물플랑크톤의 개체수는 봄에 5500 ind./L와 가을에 2400 ind./L로 전반적으로 높았으며 여름 중 7월에 3400 ind./L로 높은 값을 나타내기도 하였음(표 3).
- 윤충류는 종 구성에 계절적인 변화가 있었으며 봄과 가을에 *Brachionus* 속, *Keratella* 속의 종들이 대부분 차지하며 높은 개체수로 분포하다가 여름에 낮은 분포를 나타냈음. *Bosmina* 속 등의 지각류는 여름에 높은 비중을 차지하였고 Nauplius 등의 요각류는 연중 낮은 비율로 분포하였음.



<동물플랑크톤 군집의 분포 비율>



<동물플랑크톤 군집별 개체수>

그림 6. 서낙동강 동물플랑크톤 군집의 분포와 개체수

- 동물플랑크톤의 우점도지수는 0.36 ~ 0.72, 종다양성지수는 0.47 ~ 1.01이었음. *Trichocerca capucina*와 Nauplius가 우점하던 10월을 제외하고 전반적으로 윤충류인 *Keratella cochlearis*, *Polyarthra euryptera*, *Brachionus calyciflorus* 등과 지각류인 *Bosmina longirostris*가 우점적으로 나타날 때 0.50 이상의 다소 높은 우점도지수를 나타냈고 종다양성지수도 0.6이상으로 동물플랑크톤 군집은 계절적으로 큰 차이 없이 분포하였으며 낙동강 조사월보 제 67호의 연구보고(부산발전연구원, 2002. 7.)에서도 유사한 결과를 보였음(표 3).

표 3. 동물플랑크톤 우점도지수, 종다양성지수 및 우점종

구분	출현 종수	개체수 (ind./L)	우점도 지수	종다양성 지수	제1우점종(우점비율,%)	제2우점종(우점비율,%)	
겨울	1월	7	600	0.63	0.70	<i>Keratella cochlearis</i> (36.7 %)	<i>Polyarthra euryptera</i> (11.0%)
	2월	15	4720	0.72	0.68	<i>Polyarthra euryptera</i> (47.0 %)	<i>Keratella cochlearis</i> (25.4 %)
봄	3월	12	680	0.50	1.01	<i>Keratella cochlearis</i> (32.4 %)	<i>Brachionus calyciflorus</i> (17.6 %)
	4월	20	7380	0.72	0.78	<i>Brachionus calyciflorus</i> (46.1 %)	<i>Polyarthra euryptera</i> (25.5 %)
	5월	11	8480	0.67	0.73	<i>Bosmina longirostris</i> (38.2 %)	<i>Keratella cochlearis</i> (29.0 %)
여름	6월	5	240	0.67	0.62	<i>Bosmina longirostris</i> (41.7 %)	<i>Nauplius</i> (25.0 %)
	7월	12	3400	0.65	0.76	<i>Bosmina longirostris</i> (40.0 %)	<i>Trichocerca elongata</i> (25.3 %)
	8월	3	200	0.70	0.47	<i>Asplanchna priodonta</i> (40.0 %)	<i>Bosmina longirostris</i> (30.0 %) <i>Keratella cochlearis</i> (30.0 %)
가을	9월	12	1100	0.55	0.84	<i>Bosmina longirostris</i> (38.2 %)	<i>Nauplius</i> (16.4 %)
	10월	11	5440	0.36	0.49	<i>Trichocerca capucina</i> (25.7 %)	<i>Nauplius</i> (10.3 %)
	11월	7	680	0.62	0.74	<i>Bosmina longirostris</i> (32.4 %)	<i>Keratella cochlearis</i> (29.4 %)
겨울	12월	10	1020	0.67	0.72	<i>Bosmina longirostris</i> (47.1 %)	<i>Nauplius</i> (9.8 %)

4. 결론

- 클로로필-*a* 농도는 연평균 33.7 mg/m³로 OECD기준으로 과영양상태의 수체로 평가되었음.
- 수온이 낮고 강수량이 적은 겨울의 Chl-*a*농도는 63.5 mg/m³이었고 높은 수온과 일사량 및 긴 일조시간의 여름의 Chl-*a*농도는 45.5 mg/m³로 식물플랑크톤의 번성(수화현상)에 의해 높게 나타났음.
- 식물플랑크톤 군집 : 47속 100종
 - 겨울의 규조류 번성 : *Stephanodiscus hantzschii*. 우점도 0.9, 종다양도 0.3
 - 여름의 남조류 번성 : *Microcystis aeruginosa*. 우점도 0.9, 종다양도 0.3
- 동물플랑크톤 군집 : 15속 29종
 - 계절적 차이 없음 : 우점도지수 0.36 ~ 0.72, 종다양성지수 0.47 ~ 1.01
 - 윤충류(*Brachionus* 속, *Keratella* 속) : 봄과 가을 개체수 증가
- 서낙동강 : 상류의 대저수문과 하류의 녹산수문에 의한 호소형 하천
 - 외부오염원 뿐 아니라 동식물플랑크톤의 증식으로 인한 내부의 생물학적 요인에 의해 물 환경 변화가 큰 것으로 나타났음.