

서낙동강 오염총량관리 수질조사

낙동강 수계의 오염총량관리 시행계획(2004.12.)에 따라 부산광역시 오염총량관리 구역 말단인 낙본N지점(녹산수문)의 목표수질 달성여부를 확인하고, 서낙동강 일대의 수질조사를 통해 향후 2단계 오염총량관리 기본계획 및 시행계획의 기초자료를 확보하고자 함.

1. 조사개요

- 조사기간 : 2009년 1월 ~ 12월
- 조사목적 : 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리 관할지역인 낙본N지점(녹산수문)의 수질목표 달성여부 확인 및 서낙동강 일대 수질현황 파악 및 2단계(2011년 ~ 2015년) 낙동강 수계의 오염총량관리 기본계획 및 시행계획에 필요한 기초자료 제공
- 조사근거
 - 낙동강 수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제11조(오염총량관리시행계획의 수립·시행 등)
 - 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리 시행계획(환경부 승인 2004. 12.)
- 조사지점 : 총 16개 지점
 - 낙동강 본류(1개 지점), 서낙동강 본류(4개 지점) : 대저수문, 김해교, 강동교, 녹산수문(낙본N)
 - 서낙동강 9개 유입지천(11개 지점) : 운하천, 예안천, 주중천, 신어천, 금천천, 조만강, 범방천, 지사천, 평강천1(울만교), 평강천2(순아교), 부산환경공단서부사업소 유출수

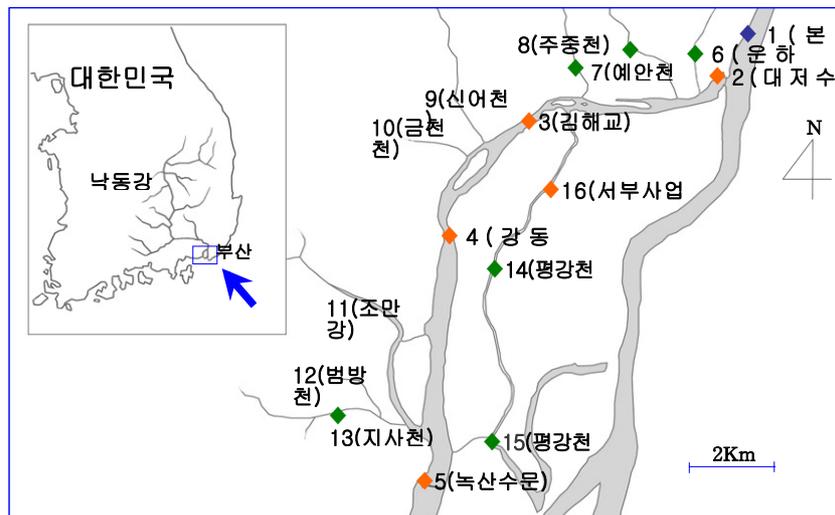


그림 1. 서낙동강 오염총량관리 수질 조사지점

2. 조사방법

- 조사항목 : 수온, pH, DO, 전기전도도, 총부유물질(TSS), BOD₅, COD_{Mn}, TOC, DOC, T-N, DTN, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, T-P, DTP, PO₄-P, 클로로필 *a*(Chl. *a*), 염분유량 (유속-면적법에 의해 측정)
- 시료 채취 주기 : 8일 간격 (연 40회 측정)
- 분석방법 : 수계오염총량관리기술지침 및 수질오염공정시험기준

3. 조사결과

- 2009년 서낙동강 수계 수질 현황
 - ▷ 2009년도에 서낙동강 일대 16개 지점(9개 지천과 부산환경공단 서부사업소 유출수 포함)에 대해, 총 40회 조사를 실시하였으며, 조사지점 별 평균 수질현황을 표 1.에 나타내었다.
 - ▷ pH는 낙동강 본류, 서낙동강 본류 4개 지점에서 평균 8.0 내외의 값을 나타내었고, 서낙동강 유입지천들에서는 평균 7.5 내외로 낙동강이나 서낙동강 본류보다 낮은 값을 나타내었다.
 - ▷ 용존산소(DO)는 낙동강 본류, 서낙동강 본류 4개 지점에서는 평균 10.6~11.8 mg/L으로 지천과 비교해 높은 DO를 유지했으며 이는 하천수의 흐름이 정체되는 경우가 많고 수표면적이 넓어, 식물성플랑크톤의 증식이 용이한 환경이 형성되어 pH 및 DO를 상승시키기 때문인 것으로 판단된다.
 - ▷ 염분의 농도는 낙동강 본류와 김해교, 대저수문이 0.21‰ 내외이고 강동교 0.25‰, 녹산수문 0.68‰로 하류의 염분 농도가 높아 해수의 유입 영향이 추측되며, 범방천은 염분도와 전기전도도가 높은 것으로 조사 되었는데 이는 오염원으로부터 무기영양염류의 유입이 영향을 끼친 것으로 사료된다.
 - ▷ 서낙동강 본류에서 평균 BOD 농도는 상류인 대저수문 3.0 mg/L에서 말단부인 녹산수문 5.0 mg/L로 나타났고 평균 COD 농도는 대저수문 6.7 mg/L, 김해교 7.4 mg/L, 강동교가 7.7 mg/L, 녹산수문 8.4 mg/L으로 하류로 가면서 다소 증가하는 것으로 나타났다. 지천에서는 금천천(BOD 8.3 mg/L), 조만강(BOD 6.4 mg/L), 범방천(BOD 5.6 mg/L) 등이 농도가 높아 서낙동강의 주요한 오염 지천이었으며, 예안천, 주중천, 지사천등은 오염영향이 적은 하천으로 조사 되었다.
 - ▷ 부유물질(SS)은 서낙동강 본류에서는 김해교와 강동교가 17 mg/L정도로 조사되었고, 지천에서는 운하천, 금천천, 조만강, 범방천에서는 평균 20 mg/L 이상의 다소 높은 값을 나타내었다.
 - ▷ 질소 성분은 5개 항목, 즉 T-N, DTN, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N에 대해 측정하였으며 대체적으로 서낙동강 본류에서는 T-N이 2.5 mg/L 내외의 값을 나타내었으나, 금천천, 조만강, 범방천은 4.1~6.2 mg/L으로 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 인 성분은, T-P, DTP, PO₄-P 3개 항목에 대해 분석하였으며, 대표적으로 T-P의 경우 서낙동강 본류에서 0.10 ~ 0.12 mg/L의 값을 나타내었으며, 금천천, 조만강, 범방천에서 경우 0.27~0.55 mg/L의 다소 높은 값을 나타내었다. 부산환경공단 서부사업소의 T-N, T-P도 각각 6.3mg/L, 0.7mg/L 등을 보이며 평강천의 부영양화에 많은 기여를 하는 것으로 조사되었다.
 - ▷ chl-*a*는 수체중의 식물성플랑크톤 농도를 간접적으로 추정할 수 있는 지표로서 대체적으로 40~60 mg/m³ 정도의 값을 나타내었고 하류로 갈수록 높아졌으며, 신어천, 금천천, 조만강, 평강천에서 50 mg/m³ 이상으로 서낙동강 본류와 지천 전반에 영양염류에 의한 조류(algae)의 발생이 일반적인 것으로 조사되었다.

표 1. 서낙동강 수계 채수지점별 수질평균(2009)

지점 \ 항목	수온 (°C)	pH	DO (mg/L)	전기전도도 (µmhos/cm)	염분 (%)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)	
낙동강본류	18	7.9	11.1	432	0.21	3.8	7.1	14.7	2.956	2.573	
서낙동강	대저수문	17	7.9	10.6	447	0.21	3.0	6.7	10.1	2.973	2.631
	김해교	17	7.9	10.8	462	0.22	3.8	7.4	16.0	3.213	2.751
	강동교	17	8.0	10.8	520	0.25	3.9	7.7	17.1	3.286	2.912
	녹산수문	17	8.1	11.8	1345	0.68	5.0	8.4	15.1	3.828	3.365
서낙동강	운하천	17	7.8	9.9	472	0.23	4.2	7.9	19.5	3.403	3.118
	예산천	15	7.0	8.7	369	0.18	2.9	5.7	6.5	2.872	2.623
	주중천	15	7.2	9.2	132	0.06	1.3	2.4	2.2	1.257	1.160
	신어천	17	7.8	10.2	438	0.21	4.2	7.7	13.8	2.718	2.485
	금천천	17	7.7	9.3	622	0.31	8.3	12.9	21.4	5.684	5.303
	조만강	18	7.7	9.6	752	0.37	6.4	10.4	26.7	4.509	4.129
유입지천	범방천	17	7.4	7.8	1342	0.68	5.6	11.3	27.8	5.082	4.834
	지사천	17	7.8	8.5	576	0.28	3.4	6.5	14.4	2.695	2.483
	평강천 1	17	7.7	9.4	671	0.33	4.9	9.0	13.1	3.846	3.454
	평강천 2	17	7.8	10.6	1021	0.52	5.8	9.8	16.3	4.254	3.832
	서부사업소 유출수	20	7.0	3.0	1109	0.54	1.2	6.3	1.2	3.184	3.020

지점 \ 항목	T-N (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Chl-a (mg/m3)	
낙동강본류	2.623	2.454	0.128	0.043	1.550	0.113	0.082	0.064	48.9	
서낙동강	대저수문	2.624	2.426	0.158	0.054	1.554	0.105	0.078	0.061	37.7
	김해교	2.436	2.236	0.173	0.044	1.371	0.104	0.065	0.049	46.4
	강동교	2.377	2.149	0.160	0.042	1.285	0.103	0.062	0.048	48.4
	녹산수문	2.217	2.025	0.146	0.047	1.117	0.123	0.081	0.064	64.1
서낙동강	운하천	2.952	2.753	0.177	0.060	1.714	0.135	0.064	0.048	52.5
	예산천	2.821	2.646	0.553	0.063	1.434	0.212	0.189	0.114	7.4
	주중천	1.617	1.460	0.059	0.019	1.000	0.064	0.051	0.040	2.6
	신어천	2.033	1.839	0.199	0.038	1.052	0.082	0.044	0.026	50.3
	금천천	4.101	3.688	1.995	0.135	0.854	0.341	0.233	0.174	53.4
	조만강	6.216	5.832	2.489	0.198	1.966	0.548	0.451	0.372	63.1
유입지천	범방천	4.358	4.006	0.976	0.106	1.790	0.265	0.163	0.122	39.8
	지사천	1.503	1.371	0.200	0.060	0.745	0.071	0.043	0.027	15.0
	평강천 1	2.245	2.059	0.263	0.050	1.024	0.110	0.057	0.040	50.5
	평강천 2	1.777	1.525	0.176	0.041	0.714	0.126	0.053	0.039	62.9
	서부사업소 유출수	6.286	5.874	0.407	0.026	4.327	0.696	0.649	0.534	0.5

○ 주요 수질항목 별 농도 변화

서낙동강 수계의 BOD 농도변화에 대하여 그림 2와 같이 나타내었다. 낙동강 본류와 서낙동강 본류의 BOD는 갈수기인 1/4분기(1~9회)에 5~7 mg/L 내외로 다소 상승하였다가 이후 점차 3 mg/L 이하로 감소하여 4/4분기(31~40회)에 다시 소폭 상승하는 경향을 띠었다. T-N의 경우도 1/4분기에 약간 높은 경향을 보였으며 유입지천의 경우에도 대체적으로 갈수기인 1/4분기(1~9회)에 다소 상승하였다가 2/4분기 이후 점차 감소하여, 4/4분기에 다시 소폭 상승하는 등 유사한 경향을 나타내었다.

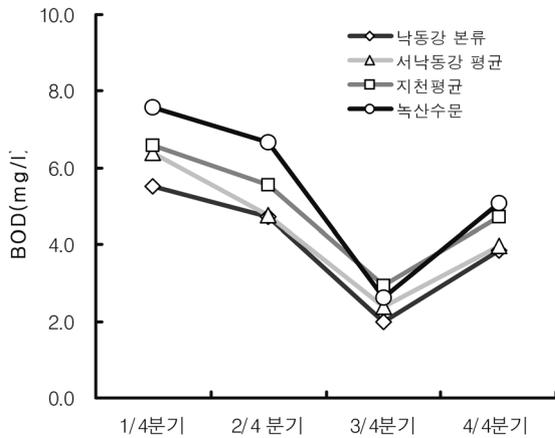


그림 2. BOD 농도변화

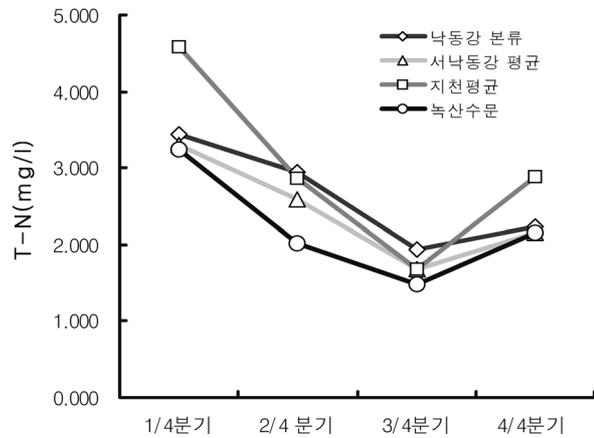


그림 3. T-N 농도변화

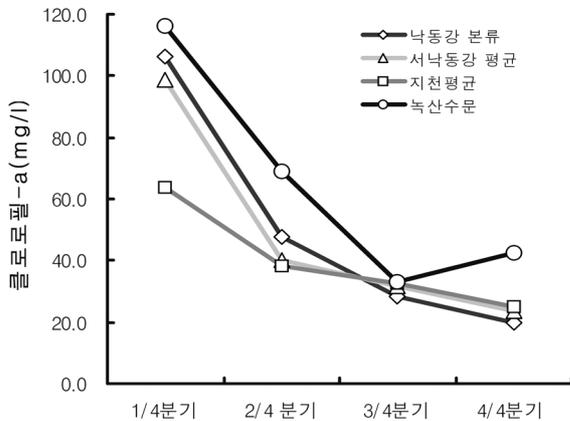


그림 4. 클로로필-a 농도변화

서낙동강 수계의 식물성플랑크톤의 번성 정도 등을 살펴보기 위해, chl-a 농도 변화를 <그림 4>와 같이 나타내었다. 2009년 갈수기(1/4분기)의 규조류 발생에 의한 농도 증가가 대부분의 지점에서 관찰되었다. 서낙동강 본류는 낙동강 본류와 일정한 패턴으로 chl-a 가 증감하였으며 조만강과 평강천이 합류하고 정체가 두드러지는 녹산수문에서 가장 높게 측정되었다.

○ 과년도 비교

2006, 2007, 2008, 2009년도 지난 4년간 서낙동강 본류와 지천에 대한 BOD 변화는 그림 5와 같이 산술평균값은 표 2와 같이 비교하였다.

표 2. 4년간(2006년 ~ 2009년) 서낙동강 수계 주요 지점 연평균 BOD

BOD 산술평균	1. 낙동강분류 (분기전)	2. 서낙동강1 (대저수문)	3. 서낙동강2 (김해교)	4. 서낙동강3 (강동교)	5. 서낙동강4 (녹산수문)	서낙동강 평균
2006년	3.1	3.1	3.8	4.6	4.5	4.0
2007년	3.3	3.4	3.9	3.9	4.1	3.8
2008년	2.8	2.6	3.5	3.5	4.2	3.4
2009년	3.8	3.0	3.8	3.9	5.0	3.9

BOD 산술평균	6. 운하천 (신정교)	9. 신어천 (시만교)	10. 금천천 (식만교)	11. 조만강 (조만교)	12. 범방천	14. 평강천1 (울만교)	15. 평강천2 (순아교)
2006년	3.4	8.6	27.8	4.7	5.9	4.9	4.8
2007년	4.0	6.0	16.9	5.0	5.7	4.3	4.9
2008년	3.7	5.5	12.4	6.4	5.4	4.6	4.9
2009년	4.2	4.2	8.3	6.4	5.6	4.9	5.8

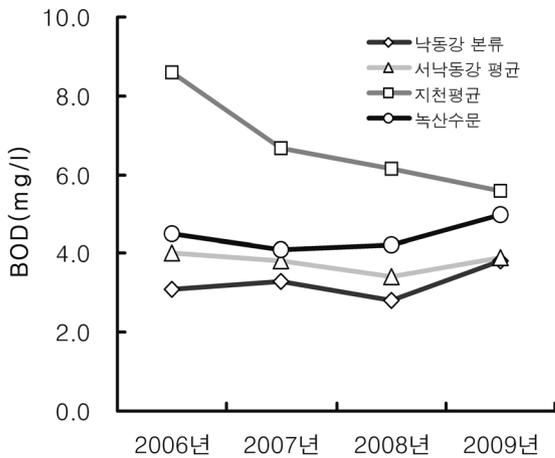


그림 5. 과년도 BOD 농도변화

분류 수질의 개선을 위해서는 유입지천의 수질개선이 무엇보다 중요한데, 오염부하가 큰 지천에 대한 수질이 <그림 4>와 같이 2006년 이후로 뚜렷이 감소되고 있어서 서낙동강 수질 개선에 긍정적인 영향을 끼치고 있는 것으로 판단되며 2009년도의 녹산수문 수질이 나빠진 것은 수문교체 공사로 인한 영향이 일부 있었던 것으로 여겨진다.

서낙동강 오염총량관리 목표 수질 달성 여부는 『낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률』 시행령 제12조, 시행규칙 13조 별표3에 의해 목표수질지점 별로 수질 측정 주기는 8일 간격으로 연간 30회 이상 측정된 지난 3년간 수질 결과를 토대로 대수정규분포

평균 수질을 산정하여 확인하여야 한다. 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리 시행계획 상 목표 수질 지점인 낙본N(녹산수문) 지점의 지난 3년간(2007년 ~ 2009년) 오염총량관리 수질조사 생물화학적산소요구량(BOD₅)자료를 통해 대수정규분포 수질평가를 구하면 4.5 mg/L로 1차 오염총량관리기간 2010년 목표수질 4.3 mg/L 보다 조금 높게 측정되어 녹산수문의 교체공사로 인한 오염량 부하량의 증가 원인도 있었지만 지천을 비롯한 주변하천들의 지속적인 관리가 필요한 것으로 조사되었다.

※ 대수정규분포 평균 산정

$$\begin{aligned} \text{○ 평균수질} &= e^{\left(\text{변환평균수질} + \frac{\text{변환분산}}{2} \right)} \\ \text{○ 변환평균수질} &= \frac{\ln(\text{측정수질}) + \ln(\text{측정수질}) + \dots}{\text{측정횟수}} \\ \text{○ 변환분산} &= \frac{\{ \ln(\text{측정수질}) - \text{변환평균수질} \}^2 + \dots}{\text{측정횟수} - 1} \end{aligned}$$

4. 결 론

- 2009년도에 서낙동강 일대 16개 지점에 대해 총 40회, 19개 항목에 대해 조사를 실시 하였다.
- 서낙동강 분류에서 BOD 평균은 대체적으로 3.0~5.0 mg/L 정도였으나, 신어천, 금천천, 조만강, 범방천 지점에서는 BOD 농도가 각각 4.2~8.3 mg/L 정도로 다소 높은 값을 나타내었다.
- 서낙동강 수계의 BOD 농도는 대체적으로 갈수기인 1/4분기(1~9회)에 상승하였다가 2/4분기 이후 점차 감소하고, 4/4분기(31~40회)에 다시 소폭 상승하는 경향을 띠었다. 따라서 서낙동강 수질관리를 위해서는 갈수기 수질관리가 중점적으로 필요할 것으로 사료된다.
- 낙동강 수계 총량오염관리 낙본N지점인 녹산수문의 2009년말 현재 생물화학적산소요구량(BOD₅)의 3년간 대수정규분포 평균수질은 4.5 mg/L로 2010년 목표수질인 4.3 mg/L 보다 조금 높은 값을 나타내었다. 그러나 지천의 수질 개선이 지속되고 있고 앞으로도 계속적인 노력이 수반된다면 목표수질 달성이 가능할 것으로 사료된다.
- 김해시의 하수관거 처리시설 확충으로 금천천, 신어천 등의 수질개선의 효과가 크게 있었으나 장유하수처리장, 화목하수처리장과 부산환경공단 서부사업소의 유출수가 각각 방류되는 조만강과 평강천의 수질개선을 위해서는 장기적으로 하수처리장의 고도처리가 도입되어야 할 것으로 판단된다.
- 서낙동강 오염부하와 수질개선을 고려한 보다 체계적인 녹산수문과 대저수문의 제어가 제도적으로 도입되어야 할 것으로 사료된다.