서낙동강 오염총량관리 수질 및 유량 조사

○ 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리시행계획에 따라 관리유역인 낙본N(서낙동강수계) 지역의 수질과 유량을 모니터링하여
○ 말단부인 녹산수문의 목표수질 BOD 4.3 mg/L(2010년)를 달성하는데 필요한 오염원 관리 이행 방안 수립의 기초 자료를 제공하고자 함

1. 조사개요

○ 조사근거
「낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률」 제11조(오염총량관리시행계획의 수립·시행 등) 및 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리시행계획 승인(환경부, '04. 12. 31)
○ 조사기간 : '05. 1. 4～'05. 12. 28(연40회, 8일 간격)
○ 조사지점 : 총 15개 지점
▷ 낙동강 본류 1개, 서낙동강 본류 4개, 서낙동강 9개 유입지천 10개 지점
○ 조사항목
▷ 수질 : 수온, pH, DO, 전기전도도, 염분, BOD, COD, SS, TOC, DOC, T-N, DTN, NH_4-N, NO_2-N, NO_3-N, T-P, DTP, PO_4-P, Chal-a 등 19개 항목
▷ 유량 : 수폭, 수심, 유속
○ 조사 및 분석 방법
▷ 수계오염총량관리기술지침 및 수질오염공정시험방법에 준하여 실시
○ 시료채취지점

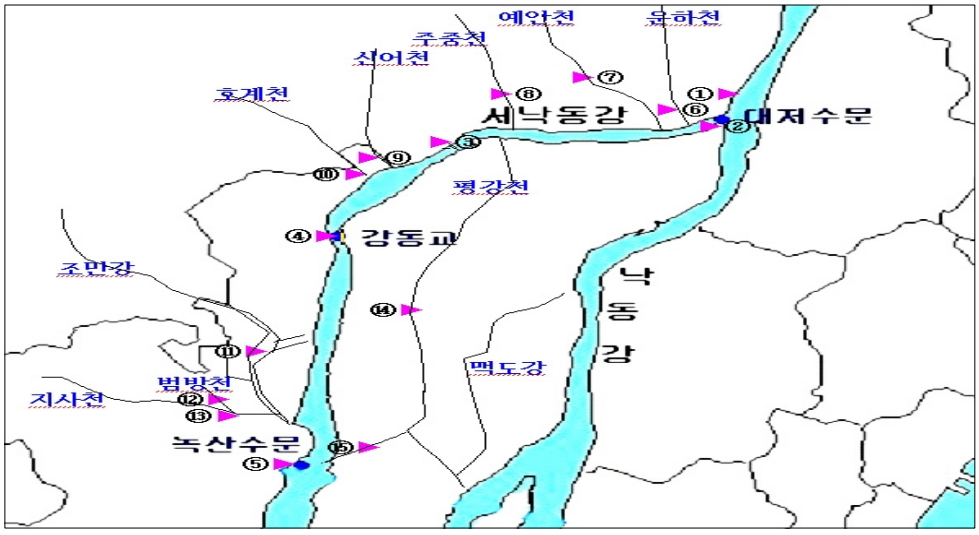

그림 1. 지점도 : ①낙동강본류, ②서낙동강1(대저수문), ③서낙동강2(김해교), ④서낙동강3(강동교) ⑤서낙동강4(녹산수문), ⑥운하천, ⑦예안천, ⑧주중천, ⑨신어천, ⑩호계천, ⑪조만강, ⑫범방천, ⑬지사천, ⑭평강천1, ⑮평강천2.

담당부서 : 환경조사과(☎758-6123)
과장 : 권기원, 담당자 : 최종욱·정재원·강성원

2. 관리유역개황

관리 대상유역인 낙본N 단위유역은 서낙동강유역으로 한반도의 남동부인 동경128°44‘36“~129°00‘28“, 북위 35°06‘33“~35°17‘22“ 사이에 위치하고 있다. 서낙동강유역은 북편에 신어산, 서편에 불모산 등으로 둘러싸여 있으며, 동편으로는 낙동강이 흐르고 남쪽으로는 서낙동강이 남해로 유출되는 부채꼴의 장방향 형태를 이루고 있다. 낙동강으로부터 부산시 강서구 대저1동(대저 수문)에서 파천된 서낙동강은 녹산수문을 향해 남서방향으로 흐르며 유로연장은 26.8㎞이고 유역면적은 303.1㎢이다. 서낙동강의 서쪽방향에서 유입되는 지천은 운하천, 예안천, 주중천, 신어천, 호계천, 조만강, 지사천, 범방천 등이 있고, 동쪽에서 유입되는 지천은 평강천이 있다. 평강천은 부산시 강서구 강동동에서 파천하여 서낙동강유역의 동부를 가로질러 흐르다 서낙동강 하류쪽에서 다시 합류된다.

낙본N 단위유역의 행정구역 구분은 부산광역시 강서구와 경상남도 김해시에 걸쳐있는데 그 중 부산광역시 관할지역의 소유역은 낙본N02, 낙본N03, 낙본N05, 낙본N07, 낙본N08로 표1과 같다.

표 1. 낙본N 단위유역 중 부산광역시 관할 소유역 구분

단위유역	소유역	행정구역명(동)	행정구역면적(㎢)	소유역면적(㎢)	점유율(%)
낙본N	소계		190.65	75.53	39.6
	낙본N02	대저1동	18.97	5.45	28.8
	낙본N03	대저1동	18.97	2.14	11.3
		대저2동	28.88	18.40	63.7
		강동동	18.56	11.01	59.3
	낙본N05	강동동	18.56	7.56	40.7
		가락동	19.43	5.45	28.0
	낙본N07	가락동	19.43	13.99	72.0
	낙본N08	대저1동	18.97	6.89	36.3
		대저2동	28.88	4.64	16.1

3. 조사결과

○ 서낙동강 본류의 수질오염도

서낙동강 본류 상단부인 대저수문에서 중간지점인 김해교, 강동교와 말단부인 녹산수문까지 4개 지점으로 나누어서 본류의 수질오염도 조사를 실시하였으며 그 결과는 표2와 같다.

서낙동강의 평균수온은 16.8℃이며 최저 0℃에서 최고 31℃까지 변화하였다. 서낙동강의 pH는 중성 내지는 약 알카리성을 보였는데 특히 조류에 의한 광합성 작용이 왕성 할 때는 pH가 약 알카리성이고 DO는 포화농도 이상으로 높아 졌다. 염분의 농도는 대저수문 0.1‰, 김해교 0.2‰, 강동교 0.6‰, 녹산수문 1.3‰로 하류의 염분 농도가 높은 것은 해수 유입에 따른 영향으로 보인다.

연 평균 BOD 농도는 상류인 대저수문 3.8 mg/L에서 말단부인 녹산수문 5.5 mg/L로 하류로 가면서 다소 증가하는 것으로 나타났지만, 4개 지점 모두 생활환경기준인 10 mg/L보다 낮았다. 연 평균 COD 농도는 대저수문 6.6 mg/L, 김해교 7.3 mg/L, 강동교 7.6 mg/L, 녹산수문 8.6 mg/L로, TOC 농도는 대저수문 4.765 mg/L, 김해교 5.750 mg/L, 강동교 6.322 mg/L, 녹산수문 7.183 mg/L로 하류로 가면서 증가하였다. 서낙동강의 TOC 용존율은 69.4~61.3%의 범위를 나타내었다.

다른 수질항목과는 달리 김해교의 연 평균 SS 농도가 21.5 mg/L로 녹산수문 18.4 mg/L보다 더 높게 나타났다. 김해교의 TOC 용존율(61.3%)이 가장 낮게 나타난 것으로 볼 때 식물성 플랑크톤과 다른 부유유기물질의 농도가 높아서가 아니라 교량 확장 공사로 인한 주변 토사 유입의 영향인 것으로 보인다.

서낙동강의 연 평균 T-N 농도는 2.539~2.785 mg/L의 범위로 낙동강 본류의 농도 2.659 mg/L

와 비슷한 수준이었고, 용존율은 87.4~89.9%로 TOC 용존율 보다 높게 나타났다.

강동교와 녹산수문의 연 평균 NH_4-N은 대저수문과 김해교보다 두배 정도 높은 0.322 mg/L와 0.369 mg/L를 나타내었는데 이는 김해교와 강동교 사이에 위치한 유입지천 호계천(연평균 8.220 mg/L)에 의한 영향으로 보인다.

서낙동강 본류의 NO_2-N과 NO_3-N의 연 평균 농도는 각각0.056~0.086 mg/L와1.419~1.825 mg/L의 범위를 보였고, 질소형태별 함유율을 보면 NO_3-N 53.7~65.5%, NH_4-N 6.1~13.3%, NO_2-N 2.1~3.1% 순으로 나타났다.

T-P의 연 평균농도는 0.098~0.131 mg/L의 범위를 보였으며, 용존율은 45.9~58.4%의 범위로 T-N보다 훨씬 낮게 나타났다. 이는 인이 강우 시 주로 비점오염원에서 입자상 형태로 하천 및 호소로 유입되는 것으로 알려져 있다.

서낙동강 본류의 Chal-a 연 평균 농도는 낙동강 본류 농도 41.8 mg/㎥보다 다소 높았으며, 대저수문(46.8 mg/㎥)에서 하류인 녹산수문(70.6 mg/㎥)으로 가면서 농도가 높아지는 경향을 보였다.

표 2. 서낙동강본류에서의 수질오염도 분석결과 통계 요약(n=40) (DO=용존산소, BOD=생물화학적 산소요구량, COD=화학적산소요구량, SS=부유물질, TOC=총유기탄소, DOC=용존유기탄소)

지점		수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	Salinity (‰)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)
대저수문	최대치	31	9.7	17.2	0.2	6.6	9.8	34.3	13.480	6.381
	최소치	2	6.9	4.5	0.1	0.8	4.2	4.3	2.492	1.475
	중간값	19	8.3	9.2	0.1	3.4	6.5	12.5	4.443	3.476
	평균	17.0	8.2	10.1	0.1	3.8	6.6	14.7	4.765	3.279
	표준편차	9.2	0.8	4.0	0.04	1.7	1.4	6.9	2.100	0.982
김해교	최고치	31	9.5	16.5	0.7	8.5	10.4	37.2	15.449	6.998
	최소치	2	6.8	3.5	0.1	1.0	5.0	9.6	3.089	1.845
	중간값	19	8.3	9.2	0.2	4.1	7.0	20.4	4.561	3.498
	평균	16.8	8.2	9.8	0.2	4.4	7.3	21.5	5.750	3.524
	표준편차	9.3	0.8	3.8	0.12	1.8	1.4	7.4	2.618	1.075
강동교	최고치	31	9.6	17.1	3.1	11.5	12.8	33.5	17.167	7.113
	최소치	2	6.9	4.3	0.1	1.5	5.6	5.3	3.273	1.760
	중간값	19	8.3	9.8	0.3	4.6	7.2	17.6	5.276	3.690
	평균	16.9	8.3	10.4	0.6	4.9	7.6	17.1	6.322	4.017
	표준편차	9.4	0.7	3.5	0.72	2.3	1.6	6.5	2.995	1.416
녹산수문	최고치	29	9.5	19.8	2.7	14.8	15.1	41.7	16.265	11.059
	최소치	0	7.1	5.0	0.0	0.3	5.0	2.0	3.684	2.422
	중간값	19	8.6	10.8	1.2	4.8	7.7	17.8	6.173	4.445
	평균	16.3	8.4	11.8	1.3	5.5	8.6	18.4	7.183	4.988
	표준편차	9.6	0.6	3.9	0.78	3.1	2.6	8.4	3.264	2.011
전체평균		16.8	8.3	10.5	0.6	4.7	7.5	17.9	6.005	3.952

표 2. (계속)(T-N=총질소, DTN=용존질소, NH_3-N=암모니아성질소, NO_2-N=아질산성질소, NO_3-N=질산성질소, T-P=총인, DTP=용존인, PO_4-P= 인산염인 Chal-a=클로로필a)

지점		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)	Chal-a (mg/㎥)
대저수문	최고치	4.165	3.715	0.447	0.200	3.078	0.282	0.241	0.195	157.0
	최소치	1.229	1.000	0.020	0.009	0.010	0.031	0.018	0.002	2.0
	중간값	2.879	2.648	0.163	0.049	1.890	0.108	0.055	0.030	31.3
	평균	2.785	2.504	0.171	0.059	1.825	0.113	0.066	0.041	46.8
	표준편차	0.731	0.705	0.115	0.039	0.691	0.048	0.048	0.040	39.5
김해교	최고치	5.257	3.355	0.503	0.146	2.659	0.312	0.222	0.222	197.2
	최소치	1.220	1.038	0.000	0.015	0.563	0.035	0.013	0.002	4.2
	중간값	2.492	2.254	0.128	0.056	1.487	0.085	0.036	0.018	47.0
	평균	2.539	2.252	0.163	0.063	1.581	0.098	0.045	0.026	58.8
	표준편차	0.765	0.592	0.132	0.035	0.613	0.048	0.034	0.035	47.0
강동교	최고치	5.902	3.468	0.950	0.180	2.527	0.205	0.154	0.154	211.6
	최소치	1.209	1.052	0.000	0.012	0.342	0.053	0.009	0.001	6.1
	중간값	2.637	2.303	0.263	0.067	1.361	0.098	0.045	0.017	54.6
	평균	2.642	2.308	0.322	0.074	1.419	0.100	0.047	0.026	66.4
	표준편차	0.892	0.620	0.275	0.035	0.612	0.031	0.027	0.029	56.0
녹산수문	최고치	4.823	4.216	2.673	0.164	2.711	0.230	0.174	0.138	276.1
	최소치	1.304	1.238	0.000	0.029	0.050	0.062	0.007	0.001	9.0
	중간값	2.523	2.238	0.163	0.079	1.460	0.128	0.066	0.034	54.1
	평균	2.776	2.454	0.369	0.086	1.534	0.131	0.069	0.043	70.6
	표준편차	0.952	0.758	0.583	0.031	0.641	0.038	0.038	0.037	53.6
전체평균		2.686	2.380	0.256	0.071	1.590	0.111	0.057	0.034	60.7

○ 서낙동강 유입지천의 수질오염도

서낙동강 유입하천 9개에 대한 수질오염도 분석결과는 표3과 같다. 낙본N 단위유역의 북부지역에서 발원하는 주중천, 예안천, 운하천의 연 평균 BOD 농도는 1.1～3.2 mg/L, COD는 2.1～6.9 mg/L, SS는 3.5～16.7 mg/L, TOC는 1.562～5.922 mg/L, T-N은 1.967～3.271 mg/L, T-P는 0.060～0.171 mg/L의 범위를 나타내었다. 이들 지천의 유역에는 점 오염원과 생활 오수의 유입이 없고 우수 시에 토지의 이용 목적에 따른 비점 오염원의 유입만 있는 지역이기 때문에 수질은 대체로 모두 양호하고 그 중 주중천의 수질이 가장 좋은 상태이다.

김해시의 도심을 통과하는 신어천은 김해시에서 합류식 하수관거를 설치하여 생활 오수의 유입을 차단하고 있지만, 연 평균 BOD 농도는 7.3 mg/L, COD 8.8 mg/L, SS 20.0 mg/L, TOC 6.268 mg/L, T-N 4.110 mg/L, T-P 0.191 mg/L로 도심을 통과하지 않는 지천보다는 오염도가 다소 높은 것으로 나타났다.

호계천은 신어천과 같이 도심을 통과하지만 통과 지역이 구시가지로 대부분 복개 되어 하수관거의 관리가 적정하게 이루어지지 않아 생활 오수 유입 가능성이 높은 상태이다. 호계천의 연 평균 BOD 농도는 26.8 mg/L, COD 20.9 mg/L, SS 28.0 mg/L, TOC 15.244 mg/L, T-N 11.631 mg/L, T-P 0.948 mg/L이며, 특히 NH_4-N의 연 평균 농도가 8.220 mg/L로 9개 유입하천 중 수질이 가장 나쁘다.

유로연장 19.8 ㎞로 지천 중 가장 규모가 큰 조만강의 연 평균 BOD 농도는 5.8 mg/L, COD는

9.2 mg/L, SS는 28.2 mg/L, TOC는 9.138 mg/L, T-N은 7.548 mg/L, T-P는 0.579 mg/L로 나타났고, 지천 중 두 번째로 규모가 크고 서낙동강 상류에서 파천하여 남하하다 일부는 맥도강으로 흘러가고 일부는 다시 서낙동강으로 유입되는 평강천 상·하류의 연 평균 BOD 농도는 6.3 mg/L와 6.1 mg/L, COD는 10.0 mg/L와 9.9 mg/L, SS는 14.0 mg/L와 17.1 mg/L, TOC는 7.421 mg/L와 8.398 mg/L, T-N은 3.523 mg/L와 2.263 mg/L, T-P는 0.113 mg/L와 0.116 mg/L로 각각 나타났다.

서낙동강 하류쪽으로 유입되는 범방천의 연 평균 BOD 농도는 5.9 mg/L, COD 11.1 mg/L, SS 28.6 mg/L, TOC 10.288 mg/L, T-N 5.632 mg/L, T-P 0.338 mg/L이며, 지사천의 연 평균 BOD는 2.2 mg/L, COD 4.8 mg/L, SS 62.3 mg/L, TOC 4.228 mg/L, T-N 2.096 mg/L, T-P 0.110 mg/L로 나타 났다. 지사천은 산지 계곡에서 소량이지만 지속적으로 맑은 물이 흘러 들어와 수질이 양호한 상태를 유지하는 것 같다. 그러나 SS의 농도가 높은 것은 지사천 상류쪽에서 지사과학 단지 및 부산항 배후 도로 공사 등에서 유입되는 토사의 영향으로 보인다.

표 3. 서낙동강 유입지천 수질오염도 분석결과 요약 (n=40)

지점		수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	Salinity (‰)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)
운하천	최고치	32	9.3	16.7	0.3	7.9	10.6	35.3	15.990	9.426
	최소치	2	6.7	3.3	0.1	1.0	3.6	2.6	2.618	1.874
	중간값	19	7.3	8.4	0.2	3.1	6.8	14.2	4.905	3.908
	평균	16.9	7.7	9.0	0.2	3.2	6.9	16.7	5.922	4.140
	표준편차	8.8	0.7	3.9	0.04	1.5	1.7	8.1	2.875	1.792
예안천	최고치	28	7.9	14.3	0.3	6.9	9.2	30.8	8.583	7.304
	최소치	3	6.7	5.4	0.1	0.4	1.4	2.0	1.116	0.830
	중간값	16	7.3	9.1	0.1	1.6	4.3	7.5	3.496	2.639
	평균	15.4	7.3	9.2	0.1	2.2	4.6	8.8	3.780	2.822
	표준편차	7.9	0.3	1.8	0.06	1.6	2.0	6.4	1.654	1.345
주중천	최고치	29	9.4	14.2	0.3	2.8	4.2	22.4	3.504	2.768
	최소치	5	6.7	4.4	0.0	0.1	0.8	0.2	0.199	0.164
	중간값	18	7.5	9.1	0.1	1.0	2.2	1.7	1.416	1.036
	평균	17.3	7.7	9.6	0.1	1.1	2.1	3.5	1.562	1.110
	표준편차	6.8	0.6	2.5	0.04	0.6	0.7	4.7	0.774	0.626
신어천	최고치	31	9.3	16.9	0.8	22.7	16.7	98.1	13.814	11.568
	최소치	1	6.9	3.4	0.1	1.2	3.4	3.6	2.441	1.913
	중간값	19	7.4	7.7	0.2	5.7	8.6	16.4	5.016	3.807
	평균	17.2	7.5	8.4	0.2	7.3	8.8	20.0	6.268	4.863
	표준편차	9.6	0.5	3.1	0.15	4.9	3.1	16.5	3.264	2.515
호계천	최고치	32	9.1	19.9	2.3	78.5	51.0	68.6	52.260	40.211
	최소치	3	6.0	0.4	0.2	5.1	9.6	7.7	5.252	3.253
	중간값	19	7.3	2.9	0.4	16.9	17.8	26.5	12.892	10.129
	평균	17.7	7.4	3.9	0.5	26.8	20.9	28.0	15.244	11.758
	표준편차	9.2	0.5	4.1	0.32	21.7	10.8	11.9	10.087	7.110
조만강	최고치	30	8.6	16.7	1.4	17.4	15.3	73.8	34.575	14.510
	최소치	2	6.4	4.4	0.1	1.5	6.0	11.7	3.594	2.874
	중간값	19	7.4	9.2	0.4	4.8	8.8	26.4	8.138	5.589
	평균	17.4	7.6	9.6	0.5	5.8	9.2	28.2	9.138	6.381
	표준편차	8.8	0.5	3.5	0.35	3.6	2.5	11.6	5.756	2.846

표 3. (계속)

지점		수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	Salinity (‰)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)
범방천	최고치	32	8.1	13.5	1.7	23.2	20.0	84.0	32.640	13.662
	최소치	1	6.0	2.3	0.1	2.6	4.2	6.1	3.766	3.584
	중간값	17	7.3	7.2	0.5	4.8	10.9	20.1	9.089	8.051
	평균	16.3	7.2	7.8	0.6	5.9	11.1	28.6	10.288	8.139
	표준편차	9.0	0.4	3.5	0.33	4.2	3.3	19.6	5.179	2.924
지사천	최고치	32	8.7	16.6	0.5	6.2	10.0	173.3	11.743	7.113
	최소치	1	5.9	4.7	0.1	0.3	1.6	2.1	1.226	0.818
	중간값	18	7.6	8.6	0.2	1.8	4.6	53.2	3.372	2.501
	평균	16.4	7.5	9.4	0.2	2.2	4.8	62.3	4.228	2.900
	표준편차	8.9	0.5	3.2	0.14	1.5	1.9	38.6	2.452	1.472
평강천상류	최고치	30	9.0	17.4	1.1	18.1	16.0	42.3	13.364	10.691
	최소치	2	6.4	3.1	0.1	2.1	6.0	6.0	4.043	3.697
	중간값	20	7.4	7.7	0.4	5.7	9.7	13.3	7.204	5.670
	평균	17.1	7.5	8.6	0.4	6.3	10.0	14.0	7.421	6.039
	표준편차	9.1	0.5	3.8	0.21	3.2	2.5	6.9	2.601	1.917
평강천하류	최고치	32	9.2	19.2	2.2	12.7	15.7	27.3	19.548	10.765
	최소치	0	6.9	3.5	0.2	2.0	6.0	2.3	3.662	1.392
	중간값	20	8.4	10.9	0.8	6.0	9.6	18.0	7.373	5.829
	평균	16.8	8.2	10.9	0.9	6.1	9.9	17.1	8.398	6.103
	표준편차	9.8	0.7	4.3	0.53	2.9	2.3	6.0	3.926	2.487

표 3. (계속)

지점		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)	Chal-a (mg/㎥)
운하천	최고치	6.569	6.013	1.033	0.303	4.596	0.607	0.420	0.322	194.9
	최소치	1.562	1.412	0.000	0.011	0.005	0.047	0.014	0.001	4.1
	중간값	3.082	2.816	0.160	0.050	2.153	0.106	0.050	0.025	29.1
	평균	3.271	3.015	0.259	0.070	2.163	0.141	0.075	0.042	39.7
	표준편차	1.079	1.039	0.270	0.055	0.933	0.105	0.084	0.056	39.7
예안천	최고치	6.958	6.804	3.170	0.420	3.183	0.589	0.485	0.474	16.6
	최소치	0.992	0.978	0.000	0.005	0.637	0.048	0.029	0.007	0.8
	중간값	2.772	2.575	0.195	0.042	1.830	0.122	0.084	0.065	4.0
	평균	3.126	2.892	0.645	0.071	1.766	0.171	0.139	0.116	5.9
	표준편차	1.494	1.435	0.925	0.079	0.759	0.136	0.125	0.008	4.5
주중천	최고치	3.134	2.631	0.270	0.079	2.291	0.126	0.100	0.077	17.2
	최소치	1.238	1.030	0.000	0.000	0.624	0.022	0.011	0.001	0.0
	중간값	1.849	1.710	0.062	0.015	1.392	0.054	0.048	0.038	2.7
	평균	1.967	1.818	0.079	0.020	1.462	0.060	0.049	0.037	3.9
	표준편차	0.467	0.431	0.070	0.017	0.441	0.021	0.018	0.017	3.8
신어천	최고치	10.311	8.943	5.680	0.469	2.641	0.578	0.399	0.352	173.2
	최소치	1.344	1.140	0.003	0.009	0.001	0.065	0.007	0.001	1.7
	중간값	3.266	3.132	0.718	0.105	1.215	0.128	0.093	0.064	21.6
	평균	4.110	3.692	1.638	0.144	1.242	0.191	0.117	0.088	35.7
	표준편차	2.398	2.128	1.967	0.115	0.626	0.139	0.093	0.085	40.2

표 3. (계속)

지점		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)	Chal-a (mg/㎥)
호계천	최고치	28.135	23.601	18.750	0.431	1.961	2.238	1.690	1.498	251.6
	최소치	3.944	3.022	1.050	0.004	0.009	0.224	0.060	0.011	6.5
	중간값	9.387	8.858	6.930	0.037	0.132	0.721	0.631	0.498	32.0
	평균	11.631	10.294	8.220	0.086	0.348	0.948	0.743	0.613	45.3
	표준편차	6.979	5.871	5.318	0.116	0.509	0.588	0.463	0.423	54.5
조만강	최고치	15.513	14.493	6.867	0.522	7.688	1.602	1.598	1.432	291.6
	최소치	2.277	2.112	0.080	0.010	0.763	0.086	0.051	0.017	6.7
	중간값	6.728	6.337	1.795	0.147	2.937	0.499	0.413	0.359	50.0
	평균	7.548	6.927	2.194	0.175	3.244	0.579	0.489	0.429	69.8
	표준편차	2.979	2.654	1.840	0.116	1.663	0.323	0.302	0.294	64.1
범방천	최고치	10.056	8.852	5.680	0.592	3.520	0.850	0.640	0.619	824.1
	최소치	2.015	1.123	0.333	0.015	0.006	0.114	0.058	0.017	0.2
	중간값	5.638	5.197	1.908	0.114	1.504	0.292	0.186	0.151	12.4
	평균	5.632	4.995	2.007	0.155	1.580	0.338	0.209	0.172	46.6
	표준편차	1.850	1.657	1.391	0.124	0.810	0.166	0.131	0.135	130.0
지사천	최고치	4.875	3.560	1.530	0.151	1.789	0.240	0.112	0.096	54.0
	최소치	1.035	0.926	0.003	0.014	0.041	0.032	0.015	0.004	0.5
	중간값	1.921	1.784	0.295	0.044	0.969	0.107	0.041	0.025	6.5
	평균	2.096	1.848	0.440	0.053	0.992	0.110	0.046	0.027	9.7
	표준편차	0.728	0.571	0.413	0.032	0.378	0.054	0.021	0.019	9.8
평강천상류	최고치	7.479	6.916	1.350	0.440	4.874	0.279	0.186	0.185	177.0
	최소치	1.742	1.659	0.050	0.033	0.068	0.045	0.015	0.007	5.9
	중간값	2.984	2.704	0.533	0.104	1.578	0.105	0.049	0.023	43.8
	평균	3.523	3.203	0.547	0.127	1.801	0.113	0.055	0.029	50.3
	표준편차	1.526	1.426	0.347	0.094	1.199	0.047	0.032	0.029	36.3
평강천하류	최고치	4.593	4.157	0.813	0.153	3.046	0.280	0.179	0.176	152.7
	최소치	0.886	0.636	0.000	0.027	0.242	0.052	0.016	0.003	4.8
	중간값	2.022	1.750	0.150	0.060	0.992	0.105	0.044	0.018	45.0
	평균	2.263	1.893	0.202	0.066	1.046	0.116	0.055	0.032	60.2
	표준편차	0.765	0.648	0.173	0.031	0.595	0.045	0.035	0.034	40.3

○ 수질항목별 상관관계

서낙동강 본류와 유입지천에서 각각 분석한 수질 항목별 상관분석한 결과는 표 4, 표 5와 같다. 서낙동강 본류에서는 BOD, COD, TOC, Chal-a 항목들 상호간의 상관계수가 0.814~0.673으로 상당히 높은 상관성을 보인 반면 T-N과 T-P에 대해서는 상관성이 매우 낮게 나타났다.

표 4. 서낙동강 본류에서 수질항목간 상관계수 (n=160)

	BOD	COD	SS	TOC	T-N	T-P	Chal-a
BOD	1						
COD	0.814	1					
SS	0.298	0.382	1				
TOC	0.673	0.719	0.348	1			
T-N	0.337	0.292	0.065	0.378	1		
T-P	0.232	0.319	0.213	0.282	0.417	1	
Chal-a	0.765	0.710	0.353	0.692	0.308	0.209	1

서낙동강 유입지천에서는 BOD, COD, TOC, T-N, T-P 상호간의 상관관계가 0.900~0.625로 아주 높은 상관성을 보인 반면에 Chal-a에 대해서는 아주 낮은 상관계수를 보였다.

서낙동강 본류는 양단에 수문이 설치되어 있고 하천의 규모가 크기 때문에 상대적으로 수체의 정체가 길어져 Chal-a가 활성화 되는 반면에 유입지천은 영양염류의 유입에도 불구하고 연속적인 흐름으로 Chal-a의 활성화가 낮아져 상관관계에서 차이를 보이는 것 같다.

표 5. 서낙동강 유입지천에서 수질항목간 상관계수 (n=400)

	BOD	COD	SS	TOC	T-N	T-P	Chal-a
BOD	1						
COD	0.884	1					
SS	0.138	0.150	1				
TOC	0.711	0.753	0.123	1			
T-N	0.808	0.771	0.073	0.711	1		
T-P	0.745	0.731	0.133	0.625	0.900	1	
Chal-a	0.163	0.247	0.033	0.278	0.131	0.126	1

○ BOD 농도의 월별변화

서낙동강 본류의 월별 평균 BOD 농도 변화는 그림2와 같다. 전체적으로 겨울에 농도가 높아졌다가 봄부터 가을까지 농도가 점차적으로 낮아지다가 갈수기인 11월부터 농도가 다시 높아지는 추세를 보여주고 있다.

녹산수문의 월 평균 BOD 농도는 2월이 10.9 mg/L로 가장 높고 7월에는 2.6 mg/L으로 가장 낮게 나타났다. 여름철에 BOD 농도가 감소되는 현상은 강우로 인한 유량 증가로 인하여 농도가 낮아 진 것으로 보인다. 녹산수문의 수질이 크게 나쁜 상태가 아니기 때문에 부산광역시 낙동강수계오염총량관리계획에 따라 소규모 환경기초시설을 점차적으로 설치하여 오염원을 저감시키면 무난하게 목표수질인 BOD 4.3 mg/L을 2010년까지 도달시킬 수 있을 것으로 전망된다.

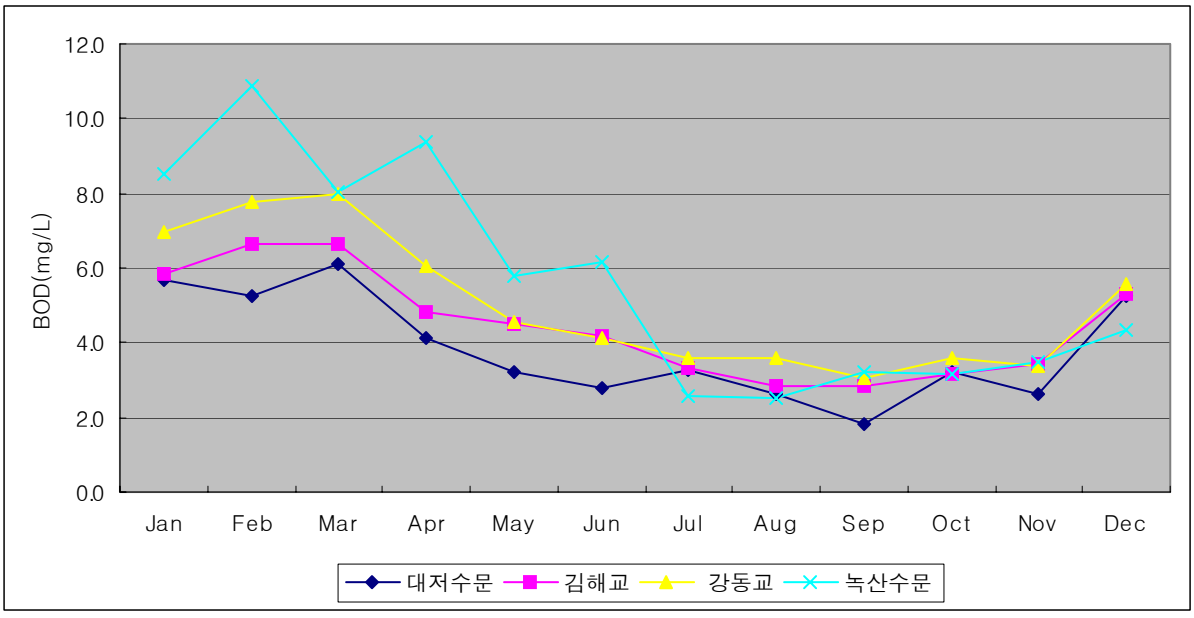

그림 2. 서낙동강 본류 월별 평균 BOD 농도 변화.

유입지천의 월 평균 BOD 농도 변화는 그림3과 같다. 주중천은 0.6(8월)~2.0 mg/L(1월), 지사천은 0.6(8월)~4.4 mg/L(12월), 예안천은 0.7(9월)~4.5 mg/L(1월), 운하천은 1.6(9월)~5.1 mg/L(5월)의 분포를 보였고, 지천의 규모가 큰 조만강은 2.3(12월)~9.9 mg/L(3월), 범방천은 3.4(12월)~9.8 mg/L(3월), 평강천 상류는 3.9(9월)~10.6 mg/L(4월), 하류는 2.7(8월)~11.4 mg/L(4월)의 분포를 각각 보였다.

김해시 도심을 관통하는 신어천은 3.5(10월)~14.0 mg/L(3월), 호계천은 7.4(7월)~67.4 mg/L의 농도 분포를 보였다. 신어천 유역은 합류식 하수관거에 의한 생활 오수의 유입을 관리하기 때문에 호계천 보다는 수질이 다소 나아 보이나, 호계천은 구 도심지역으로 복개가 되어있어 생활 오수의 관리가 실질적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

이러한 문제점 해소를 위해 김해시에서도 BTL(Build Transfer Lease)사업을 통해 2005년 상반기부터 도심지역을 중심으로 하수관거 정비를 실행하고 있다.

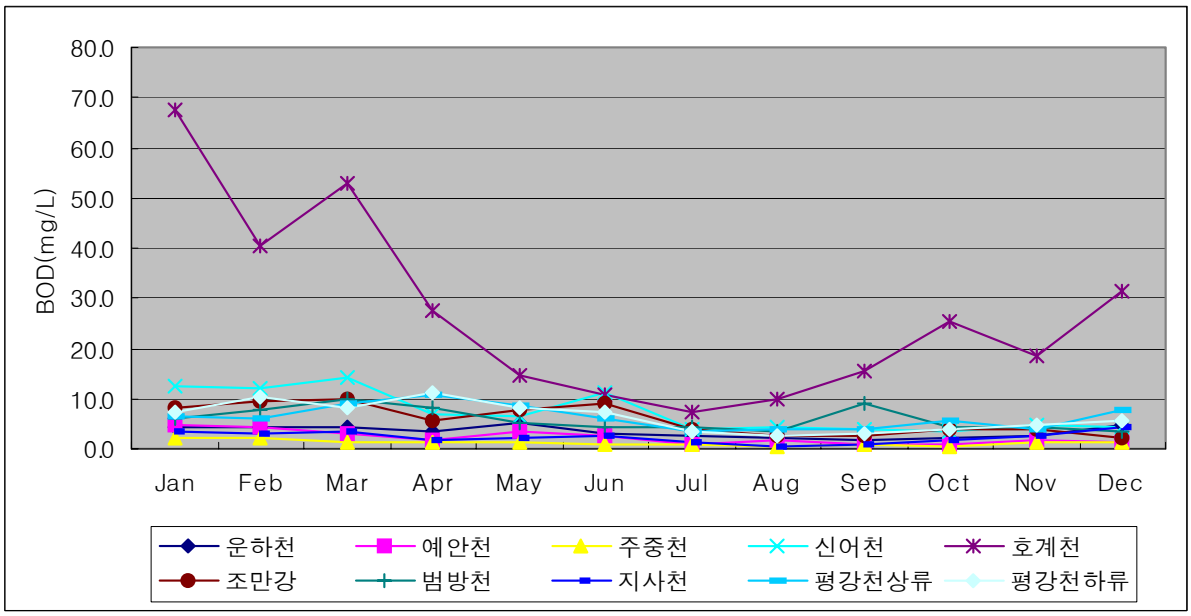

그림 3. 서낙동강 유입지천 월별 평균 BOD 농도 변화.

○ 유입지천의 유량

수질조사와 같이 실시한 유입지천의 유량조사 결과는 표5와 같다. 서낙동강은 대저수문이 시작점이고 녹산수문이 끝 지점이기 때문에 인위적 수문 조작에 따라서는 호소와 같은 형상이 될 수도 있다. 따라서 방류량 조절을 위한 수문 개폐에 따라 각 지천의 유량이 임의적으로 변동 될 가능성이 많다.

산지 계곡 등에서 발원하는 규모가 대체적으로 작은 하천인 예안천, 주중천, 지사천을 제외한 나머지 하천에서는 이러한 영향을 당연히 받게 된다.

측정된 유량의 총합계에 측정회수인 40회를 나눈 평균 유량 값은 운하천, 조만강이 각각 1.600 ㎥/s, 1.458 ㎥/s로 높게 나타났으며, 신어천이 가장 작은 0.037 ㎥/s를 나타내었다.

표 6. 서낙동강 유입지천의 유량 측정 결과

지천명	유량(cms)(측정회수)												
	평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
운하천	1.600	4.162 (3)	11.910 (1)	6.765 (2)	NA	NA	8.000 (2)	0.558 (1)	0.409 (2)	0.423 (1)	NA	4.136 (2)	NA
예안천	0.123	0.002 (4)	0.009 (2)	0.023 (4)	0.055 (3)	0.082 (4)	0.048 (3)	0.718 (4)	0.235 (3)	0.134 (4)	0.016 (3)	NA	NA
주중천	0.073	0.012 (4)	0.064 (2)	0.061 (4)	0.068 (3)	0.043 (4)	0.022 (2)	0.321 (4)	0.161 (3)	0.066 (4)	0.036 (1)	NA	NA
신어천	0.037	0.146 (2)	NA	0.007 (1)	NA	0.118 (2)	NA	0.438 (2)	0.039 (2)	NA	NA	NA	NA
호계천	0.375	0.222 (3)	0.551 (2)	0.410 (4)	1.139 (2)	0.218 (2)	2.098 (1)	0.996 (3)	0.043 (1)	1.698 (1)	NA	2.053 (1)	NA
조만강	1.458	NA	NA	0.020 (1)	18.056 (2)	10.690 (1)	NA	5.747 (2)	NA	NA	NA	NA	NA
범방천	0.279	0.053 (3)	NA	NA	0.049 (2)	0.952 (3)	1.364 (3)	0.978 (4)	0.004 (1)	NA	0.055 (1)	NA	NA
지사천	0.212	0.032 (3)	0.044 (2)	0.145 (4)	0.108 (3)	0.278 (4)	0.222 (3)	0.961 (4)	0.228 (3)	0.151 (4)	0.032 (3)	0.039 (4)	0.020 (2)
평강천	0.408	1.987 (3)	1.680 (1)	0.816 (3)	0.017 (1)	NA	0.493 (2)	2.613 (2)	NA	NA	NA	NA	NA

NA(Not Available) : 수체의 흐름이 없거나 역류하는 경우는 유량 측정 제외

4. 결 론

○ 서낙동강 본류의 연 평균 BOD, COD, TOC 농도는 유입부인 대저수문에서 말단부인 녹산 수문으로 갈수록 높게 나타났고, 특히 녹산수문의 연 평균 BOD 농도는 5.5 mg/L로 2010년의 목표수질인 4.3 mg/L보다는 다소 높게 나타남

○ 서낙동강의 연 평균 T-N 농도 2.539~2.785 mg/L는 낙동강 본류의 2.659 mg/L와 비슷한 반면 T-P의 연 평균농도 0.098~0.131 mg/L는 낙동강 본류의 0.089 mg/L보다는 다소 높은 것으로 나타남

○ 유입지천 중 하천의 규모가 작은 주중천, 예안천, 지사천, 운하천의 수질은 좋은 반면 김해시도심을 통과하는 신어천과 호계천은 수질 상태가 나빴으며, 특히 호계천의 경우 생활 오수 유입으로 NH_4-N의 연 평균 농도가 8.220 mg/L로 9개 유입하천 중 수질오염도가 가장 높은 것으로 나타남

○ 수질항목별 상관분석 결과 서낙동강 본류에서는 BOD, COD, TOC, Chal-a 항목 상호간의 상관성이 높게 나타났고, 유입지천에서는 BOD, COD, TOC, T-N, T-P 항목 상호간의 상관성이 높게 나타났다. 본류는 상대적으로 수체의 정체가 길어져 Chal-a가 활성화 되는 반면에 유입 지천은 연속적인 흐름으로 Chal-a의 활성화가 낮은 것으로 보임

○ 서낙동강 본류의 BOD는 겨울철에 높았다가 봄부터 점차적으로 계속 낮아지다 갈수기인 11월부터 농도가 다시 높아지는 추세를 보임

○ 유입지천의 평균 유량은 운하천이 1.600 ㎥/s로 가장 많은 반면, 신어천은 가장 작은 0.037 ㎥/s를 나타냄

5. 고려할 점

○ 유입지천 중 김해시 도심을 통과하는 신어천과 호계천에서 생활 오수 유입으로 수질 오염도가 가장 높은 것으로 나타났기 때문에 지속적인 관찰이 요구되며, 또한 김해시의 하수관로 정비사업(BTL사업)에 따라 변화되는 수질오염도 추이 확인이 필요함

○ 서낙동강은 하천이지만 수문에 막혀 호수와도 같은 형태이기 때문에 수문의 개폐에 따라 유입지천의 유량이 역류 또는 정체되는 경우가 자주 발생함으로 유입지천의 유량 산정에 한계성이 대두됨