

수변계획을 위한 계절별 수질오염 분석

Analyses of Seasonal Water Quality Pollution for Side Planning

이양규^{1,*} · 한중근² · 홍창선¹

Yang-Kyoo Lee^{1,*} · Jung-Geun Han² · Chang-Sun Hong¹

1 대림대학교 Dept. of Civil Environmental Engineering, Daelim College, Korea

2 중앙대학교 Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chung-Ang University, Korea

(2005년 7월 11일 논문 접수; 2006년 5월 30일 최종 수정논문 채택)

Abstract

Anyang Stream including its main branch is the biggest branch stream of Han River in Korea. The geological and geomorphological characteristics were investigated to the affected area of Anyang Stream, in which rainfall characteristic was analyzed. The water quality surveyed that the analysis of water pollution used to biotic index and biological water pollution.

The rainfall pattern in this area was like to that of typical Korea, but the rate of trigger and runoff during summer season(June~August) is more higher than mean of Korea. Before 2003, a dried stream is severe status, which was due to abundant runoff, but this status are improved. After 1997, water quality of stream is recovering status such as water pollution of stream steeply decreased. Especially after 2003, this trend is more quickly improved. Although, owing to the increasing of a T-N and SS at upstream wastewater were due to bad collection of industrial factories, livestock's and mans living, the water quality worsted at upstream. Water quality in total section of main stream was severely contaminated that water-quality limit is 5 with polysaprobic by water self-purification. That of main branch was 1~3limits with α - and β -mesosaprobic in Anyang city area, But water quality in all area about another branch of Anyang stream except Anyang city area was almost under of 3 grades. Though trying of Anyang city for recover movement(completion of 2nd Sewage Treatment Plant and Water supply pipe system) on Anyang stream, water pollution states of upper branch in Anyang stream was not better than its of 2002 because it may be difference of control area on other cities.

Key words: Biological Index of Pollution, Seasonal Water Pollution, Side Planning

주제어: 생물학적 오염지표, 계절별 수질오염, 수변계획

*Corresponding author Tel: +82-31-467-4917, Fax: +82-31-467-4917, E-mail: yklee@daelim.ac.kr (Lee, Y.k.)

1. 서론

안양천은 한강의 제1지천으로 의왕시, 군포시, 안양시를 관류하여 광명시 및 서울의 양천구를 지나며 서울시에 35%, 경기도에 64.5%를 차지하고 있다(안양시, 1995a). 안양천은 이들 도시에 대하여 생태학적 도시의 건설을 위한 수질개선, 수량확보, 하천생태복원 및 친수공간으로서의 역할을 수행하고 있다. 따라서 안양시에는 안양천 살리기운동을 통해 안양시 관내 안양천 본류와 학의천 자연형 하천조성공사를 완료하기 까지 많은 투자와 노력으로 1980년대 극심했던 하천오염상태는 1997년 이후 BOD, COD, SS, T-N, T-P농도 등은 많이 저감 되었으나, 안양천 본류 및 각 지류의 As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Hg 등과 같은 중금속은 여전히 환경기준치를 초과하고 있는 실정이다.

양천의 생태학적 수질오염실태를 파악하는 것은 대단히 중요하므로 수변생물특성 상태를 조사·분석함으로써 향후 생태하천 복원을 위한 중요한 자료로서 활용할 수 있다(김민준, 1992; 안양시, 1995b; 이양규·김갑진, 2000; 안양시, 2004).

따라서 본 연구에서는 안양천의 하천오염정도를 안양천 살리기운동의 시작전후 및 위한 시설들이 완공된 이후에 대하여 문제시되었던 점들(Han etc, 2005)을 기초로 하여 안양천 및 주요지류에 대한 수질오염상태를 분석·제시하였다. 또한 안양천의 경우 심각한 건천화현상과 기상의 지역적 특성을 고려한 계절적 강우량 변동에 따른 수질오염상태를 최근 2002년 1월부터 2004년 12월말까지 수질조사결과를 이용하여 안양천 본류의 경우 상류, 중류, 하류(Fig. 1), 그리고 지류에 대하여는 평균치를 이용하여 계절별 수질오염을 분석 제시하였다.

2. 안양천의 지리적현황 및 강우특성

안양천은 서울을 관류하는 한강의 제1지천으로서 상류인 의왕시의 왕곡천부터 하류인 서울 양천구에 위치한 양화교까지 유역면적 286.55km², 총 유로연장은 34.74km이며, 지류는 도림천을 포함하여 상류인 의왕시 지천(왕곡천, 오전천), 및 산본시 지천(당정

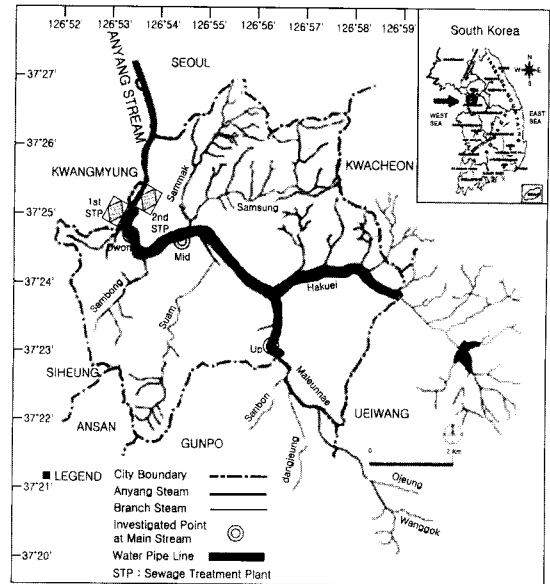


Fig. 1. 안양천 유역 및 하천정화 시설 설치 위치도.

천, 산본천), 중류하천(학의천), 하류지천(수암천, 삼성천, 삼막천, 삼봉천) 등 지천으로 구성되어 있다. 본 연구를 위하여 안양천 본류를 상류, 중류, 하류로 구분하였으며 상류측은 안양천의 발원지로부터 의왕시 백운산에서 서쪽으로 4.0km 하류지점까지이고, 이곳부터 당정천, 산본천과 합류하여 약 2.85km 지점인 덕천교 지점까지를 중류측, 하류는 학의천과 합류된 지점부터 양천구 기아대교 밑까지 약 20.67km에 해당되는 것으로 구분되고 있다.

지리적으로는 남동측에 위치한 백운산(564.2m)을 기점으로 남쪽의 수원시 접경인 구능을 지나 남서측의 수리산(474.8m) 및 수암봉의 능선을 따르고 있다. 북동측은 박달천과 수암천이 흐르고 있으며, 북측은 관악산(629m)에 연결된 삼성산(479m)의 능선으로 삼막천과 삼성천이 각각 안양천에 연류되어 있다. 북동측은 청계산(618m), 남측의 국사봉과 바라산에서 발원하는 지류가 모여 백운저수지와 청계천이 모여 학의천을 이루고 있다(안양시, 2001; 한중근 외, 2004). 본 연구의 안양천 유역 및 하천 정화시설 현황은 Fig. 1과 같다.

한편 우리나라의 연간강수량은 세계평균보다 많으나, 높은 인구밀도로 인해 1인당 수자원 보존량은 매우 적고 안양천 유역은 더욱 취약하게 나타나고 있으며, 우리나라 평균강수량은 1,274mm(세계평균

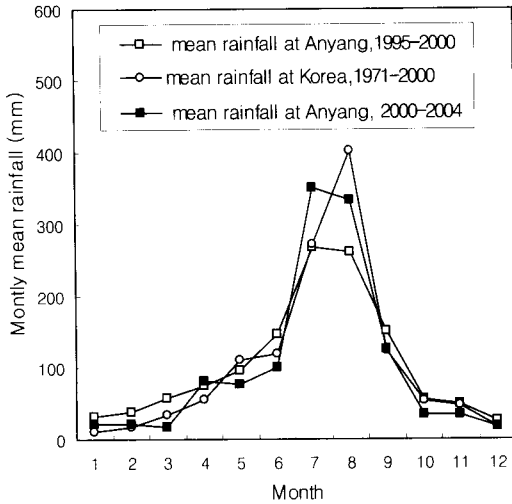


Fig. 2. 최근의 안양천 유역의 평균강우량.

973mm의 1.3배)로서 1인당 강수량은 2,900m³/년(세계 26,800m³/년의 11%에 불과)이다.

본 연구의 안양천 유역의 평균강수량(2000년~2004년)은 1,214.4mm으로서 1인당 강수량은 104m³/년(세계평균 26,800m³/년의 0.4%)에 해당되며, 2000년 이전에 비해 우기철의 강우량은 증가하였고, 이외의 기간에는 오히려 강우량이 줄어든 것을 알 수 있다. 또한 최근에는 안양천 유역의 연평균강우량 변화와 한국의 30년간 연평균강우량과 비슷한 95%에 해당한다. 장마철인 7월의 강우량은 오히려 우리나라 연평균강우량보다 오히려 많은 경향을 보이고 있다 (Fig. 2 참조).

안양천 유역의 우기철(6월~9월) 강우집중률은 약 75%에 이른다. 안양천 유역의 강우분포는 한국전체의 강우분포와 유사하나 우기철의 경우는 오히려 많고, 겨울철과 봄철에는 오히려 평균치보다 작은 강우량을 기록하고 있어 계절별 편차가 매우 크며, 연중 최대편차는 약 700mm에 이르고 있다. 이는 남부지방의 연평균강우량(1,000mm~1,800mm)에 근접한다.

지난 2002년 이전 25년간 유출률은 64%에 달하고, 평상시 수심은 안양천 본류는 0.1~0.6m, 주요지천은 0.05m~0.2m로 유량이 아주 작으며 안양천의 주요지류인 삼성천, 삼막천, 수암천의 경우 건천화 일수는 연중 90일 이상으로 조사되었다. 또한 중국으로부터 유입되는 모든 기압골이 안양천 동쪽에 위치한 관악

산 및 삼성산 등에 의한 지형성 집중호우가 빈번하게 발생하고 있고, 특히 여름철에는 장마전선과 합류하여 우리나라 중부지역에 발생하는 집중호우발생 경향과 동일한 경향을 보이고 있다(Han et al., 2005). 이러한 문제점은 이미 언급한 바와 같이 안양천의 수질 개선 및 생태복원 등의 문제를 해결할 수 있는 한 부분이 될 것으로 사료된다.

3. 재료 및 방법

생태학적 분석기준은 다음 Table 1과 같이 Marson and Kolkwitz(1982)의 하천자정단계를 강부수성, α-중부수성, β-중부수성 및 빈부수성 수역으로 구분한 것과 수질계급의 Saprobien system을 이용하여 적용하였다. 수생생물의 종에 따른 군집(群集) 분석을 실시하기 위하여 종의 동정은 McCafferty(1981), Kawai(1985), Merrit & Cummins(1985) 등을 참고로 하였으며, 정량채집된 각 종의 개체수 현존량을 1m²로 산하여 산출하였다. 또한 군집분석은 주로 정량채집된 자료를 이용하여 산출하였다(이양규 등, 2003; 이양규, 2004).

3.1. 전체생물상

이양규(2003)·안양시(2004)는 본 연구의 조사지역에서 출현한 대부분의 생물상 자료에 대하여 제시한 바 있다. 이를 요약하면 다음과 같다. 토속종, 귀화종, 식재종의 구성비를 보면 총 540종수 중 토속종 490(90.7%), 귀화종 24(4.5), 식재종 26(4.8%)으로 나타나고 있다. 또한 개화시기별 식물종 계절별 구성비를 살펴보면 봄철 231(42.8%), 여름철 215(39.8%), 가을철 17(3.2%), 봄-여름철 32(5.9%), 여름-가을철 34(6.3%), 봄-여름-가을-겨울철 11(2.0%)로 나타내고 있다.

이러한 수집된 생물상 자료를 조사함으로써 물의 오염도를 판단하는 한 지표로 이용되고 있는 생물학적 오탁지표(Biological Index of Pollution, BIP)를 이용한 주된 식은 다음과 같다.

$$BIP = \frac{B}{A+B} \times 100 \tag{1}$$

Table 1. 하천의 자정단계에 따른 수역구분(Marson and Kolkwitz,1982)

구분	강부수성 수역	α 중부수성 수역	β 중부수성 수역	빈부수성 수역
화학적 과정	환원, 부패현상 심함	수중, 저니에서 산화과정 발생	산화과정 활발	산화, 무산화의 완성된 단계
BOD	10mg/l 이상	5~10mg/l	2.5~5mg/l	2.5mg/l 이하
COD	10mg/l 이상	4~10mg/l	2~4mg/l	2mg/l 이하
DO	2mg/l	2~6mg/l	6~8mg/l	9mg/l 이상
H ₂ S 형성	강한 황화수소 냄새 발생	심한 황화수소의 냄새 없어짐	없음	없음
유기물	유기질소 화합물, 단백질 등의 고분자 분해산물이 풍부	고분자 화합물의 분해에 의한 아미노산이 존재	지방산의 암모니아 화합물이 많다.	유기물 분해
저니	때로 흑색의 황화철이 존재, 저니흑색	황화철이 산화되어 저니는 흑색이 아님		저니는 대부분 산화
수생 세균	100만 cells/ml 이상	10만 cells/ml 이상	10만 cells/ml 이하	100 cells/ml 이하
NH ₄ -N	0.2mg/l	-	0.1~0.2mg/l	0.1mg/l 이하
NO ₃ -N	1.0mg/l	0.7~1.0mg/l	-	0.7mg/l 이하
대장균	103 cells/ml 이상	103 cells/ml 이하	102 cells/ml 이하	50 cells/ml 이하
서식생물 특징	pH의 변화에 강하고 소량의 산소에도 잘 견디는 생물, H ₂ S 및 NH ₃ 에 강한 저항성을 가지고 있음.	육식동물 증가, pH, O ₂ 변화에 대한 적응력이 크며, H ₂ S에 비교적 약함.	pH의 변동과 O ₂ 는 변화에 약하다. 부패독에 장시간 견디기 힘들다.	부패성오염에 약하고 pH의 변동, DO의 변동에 약하다. 부패산물인 H ₂ S에 견디기 어렵다.

*강부수성수역: 생물지표(BOD)0~5, α 중부수성수역: 6~10, β 중부수성수역: 11~19, 빈부수성수역: 20 이상

** Hilsenhoff Biotic Index(1987): Excellent(0.0~3.50), Very Good(3.51~4.50), Good(4.51~5.50), Fair(5.51~6.50), Fairly Poor(6.51~7.50), Poor(7.51~8.50), Very Poor(8.51~10.0)

여기서, A: 엽록체 생물수(조류),

B: 엽록체가 없는 생물수(무색생물수)이다.

4. 안양천의 수질오염분석

합리적인 수질관리 대책을 수립하기 위해서는 현재 상태의 하천수질을 정확히 측정하는 것이 중요하다. 하천의 목표수질에 대하여는 먼저 하천의 자정능력에 따라 장래 발생할 오염부하량과 하천유량 등을 고려한 목표연도의 하천수질을 예측하게 된다. 따라서 현재 상태의 하천의 오염정도를 정확히 측정하는 것은 대단히 중요함으로 안양천에 대한 오염정도를 수질조사분석법(Table 2)에 따라 안양시 생태환경조사에서 조사한 1992년부터 2004년까지의 조사결과를 이용하였다. 특히 안양천은 최근 2003년 이후 Fig. 1에서와 같이 하수처리수를 하의천과 안양천 본류에 각각 송수관로를 이용하여 송수시켜 90일 이상의 건

Table 2. Analysis Method(APHA, 1998)

Items	Analysis Methods
Water Temp	Thermometer(direct)
pH	632- pH meter(direct)
BOD	Winkler's Azide Modification
COD	KnO ₄ Method
DO	DO meter(TOA DO-149, Direct)
SS	Filtration method(GFC)
T-P	Absorption Metric Analysis (Milton Roy UV Spectronic 601)
T-N	Ultraviolet Absorption Metric Analysis (Milton Roy UV Spectronic 601)

천화 특성을 갖고 있는 안양천의 유량을 4계절 동안 일정수준까지 유지시키도록 개선하였으므로, 이를 토대로 안양천의 최근 수질변화 상태를 분석하였다.

4.1. 수질오염의 경년변화

Fig. 3은 1992년부터 2004년 12월말까지 안양천의 수질오염 경년변화를 보여주는 것이다. 수질분석의

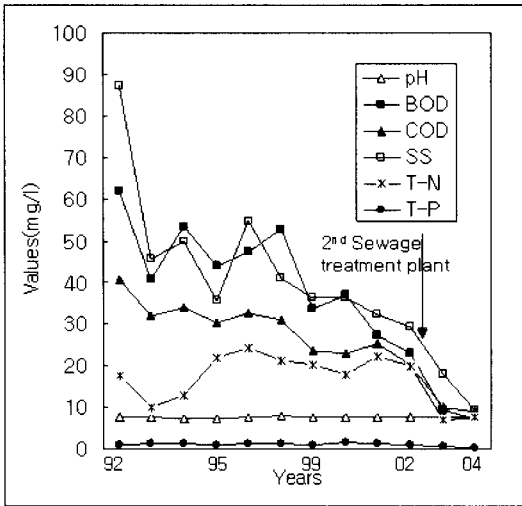


Fig. 3. 안양천의 평균수질의 경년변화.

로는 시료당 BOD, COD, SS, T-P, T-N농도를 매회 측정시 3회 이상 측정된 평균치 수온, pH, DO 및 탁도를 사용하였다. 안양천 및 지류의 상류, 중류 및 하류지점을 중심으로 매월 실시하였다.

본 연구를 위해 선정된 측정지점에 대한 안양천 및 주요지류별 위치 수질오염도 현황은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 1997년 이후부터 급격히 수질이 좋아지는 것을 알 수 있다. 이는 1995년 『안양천 관내하천 오염실태조사』 이후 그 결과에 따른 안양천 살리기운동의 전개와 함께 하천수질오염의 정화체계를 갖추기 시작하였기 때문이라 할 수 있다. 삼막천을 제외한 안양천 대부분의 지류의 pH는 중성을 나타내고, 용존산소량은 5.0mg/l 이상의 다소 높아지는 경향을 보이며, BOD는 전체적으로 10mg/l 이하의 양호한 상태를 보이고 있다. 이는 1998년 이후 실시된 하수관거 정비작업에 따른 결과라 할 수 있다. BOD가 높을 때 COD농도가 높게 나타나고 있으며, T-N은 1993~1995년에 급격히 증가한 후 약간의 증감을 반복하면서 다소 감소하고 있다. 여기서 감소하는 원인으로 1996년 지속적으로 계속되고 있는 안양천 살리기운동에 기인한다. 또한 이러한 관리에도 증가되는 경향을 보이는 것은 산업공단지역에서 차집상태가 양호하지 못한 것에 기인하였다(이양규 등, 2000; 한중근 등, 2004).

최근 2002~2004년에 측정된 수질조사 결과, 예년

에 비해 수온과 pH의 변화는 거의 없으며, 용존산소량은 2001년 보다는 증가함에 따라 급격히 낮아졌고, 2003년에는 제2차 하수종말처리장이 완성되고 그 처리수를 안양천 본류와 학의천 각각의 상류로 송수시키므로서 건천화 방지효과뿐 아니라 BOD, COD, SS, T-N 및 T-P값이 급격히 좋아진 것을 알 수 있다. 즉 평균 BOD는 6.76mg/l, COD는 9.13mg/l, SS는 11.93mg/l, T-N 및 T-P는 각각 11.56mg/l과 0.682mg/l로 2001년 보다 최근 측정된 분석에 의하면 급격한 감소추세에 있다.

4.2. 계절별 안양천 수질오염도

안양천의 수질분석은 안양천의 계절별 유출률과 관련이 있으므로 해당지역의 기후특성에 대한 강우량을 고려할 필요가 있다. 이를 위해 4계절이 뚜렷한 우리나라의 계절특성을 고려한 안양천 본류의 경우 최근에 측정된 오염도를 상류, 중류 및 하류유역으로 구분·적용하였다. 여름철에 해당하는 6~8월 사이는 1년 강우량의 65% 정도를 기록하는 우기철로 구분할 수 있고, 겨울철 12~2월과 봄철 3~5월은 Fig. 2에서 보면 갈수기로 구분할 수 있다. 또한 2003년 이전의 하천의 건천화 영향(계절별영향)을 고려한 수질상태는 Han etc(2005)의 연구결과를 참고할 수 있다.

4.2.1. 안양천의 계절별 오염분포

Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6은 연구의 연도범위(2002~2004년)에서 측정된 평균 수질오염상태를 안양천 본류의 상류, 중류, 하류에 대하여 계절별로 나타내었다. 안양천 상류에서의 BOD는 갈수기에 증가한 후 우기철에는 감소하며, COD는 점점 증가하는 경향을 보인다. 중류 및 하류에서는 COD가 BOD보다 높게 조사되었으며, 우기철에는 낮아지는 것을 알 수 있고, 이러한 경향은 중류보다는 상류와 하류에서 높게 나타난다. SS는 안양천 상류에서는 계절별로 갈수기와 우기철 농도차이가 크며, 특히 갈수기에는 급격히 증가하며 우기철에 접어들면서 SS는 중류와 하류에서는 시간이 갈수록 점점 감소하는 경향을 보인다. 이는 상류측에서 생활하수의 차집이 불량한 것이 원인이라 할 수 있다. 이는 안양천의 유입되는 BOD부하량의 크기가 상류측에서 크기 때문으로 사료된다.

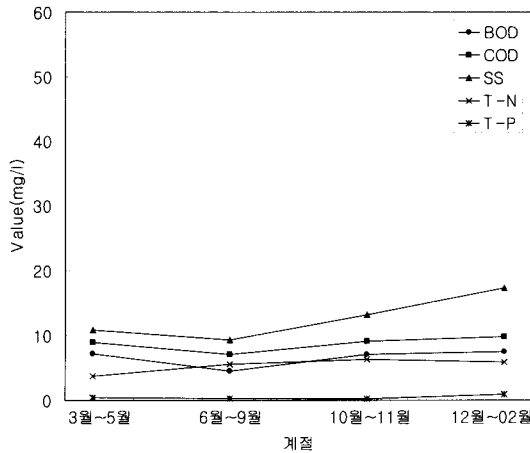


Fig. 4. 안양천 상류유역의 수질변화.

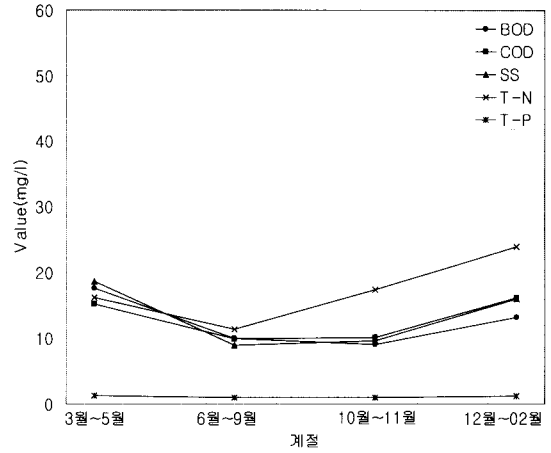


Fig. 6. 안양천 하류유역의 수질변화.

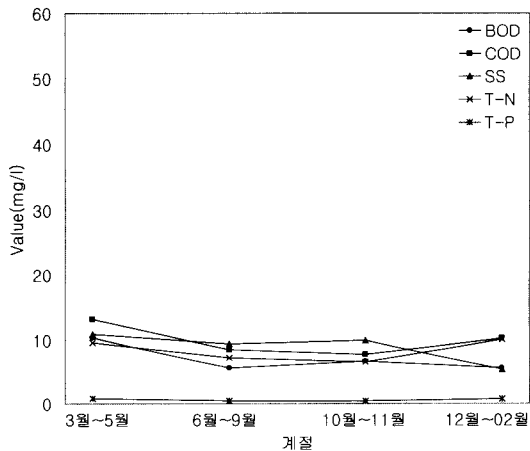


Fig. 5. 안양천 중류유역의 수질변화.

즉 안양천 상류에 위치한 의왕시에서의 부하량이 전체의 17.2%를 차지하고 있으며, 오전천이 그 중에서 14.1%를 차지하고 있다.

또한 산본천의 BOD부하량은 51.3%로 전체의 1/2에 해당하였다. 또한 안양시(2001)의 의하면 상류의 경우 일부하수는 차집되는 이외에 대부분하수가 직접 하천으로 방류되고 있는 것으로 조사되었다. 차집관로가 설치되어 있는 경우에도 지선연결이 되어 있지 않은 지역 등에서 많은 양의 하수가 처리장을 통하지 않고 하천으로 유입되고 있음을 하천의 BOD부하량을 산업계, 생활계 및 산업계를 통해 제시하고 있는 자료에서도 알 수 있었다.

BOD농도의 계절별로 살펴보면 상류유역의 평균

치는 최소치인 6~8월 2.6mg/l, 최대치 3~5월 8.4mg/l로 나타내고 있으며, 중류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 1.43mg/l, 최대치 3~5월 10.0mg/l로 나타내고, 하류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 6.1mg/l, 최대치 3~5월 11.8mg/l로 나타내고 있다.

T-P의 변화는 거의 없으며, T-N의 경우도 중류, 하류에서의 변화는 거의 없으며, 상류에서 우기철은 다소 증가하는 경향을 보인다. 이는 상류측의 축산폐수와 생활하수의 유입관리가 미비한 것에 기인한 것으로 추측되지만, 전체적으로 수질은 환경부에서 제시하고 있는 하천수질환경기준치(환경부, 2001) 이하인 것으로 조사되었다.

BOD농도는 갈수기(겨울철)에는 상류(27.7~44.9mg/l), 하류(13.0~25.8mg/l)에서 높게 나타났으며 우기철에는 평균적으로 4.8~18.14mg/l로 작아져 강우에 의한 희석효과가 상당히 큰 것을 알 수 있다.

COD농도의 경우 계절별로 살펴보면 상류유역의 평균치는 최소치인 6~8월 7.1mg/l, 최대치 12~2월 9.78mg/l로 나타내고 있으며, 중류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 7.6mg/l, 최대치 3~5월 13.2mg/l로 나타내고, 하류유역의 평균치는 최소치인 6월~8월 9.9mg/l, 최대치 12~1월 16.1mg/l로 나타내고 있다. 이것은 여름철, 가을철, 겨울철로 갈수록 높게 나타나고 있는 것은 각 지천의 수위가 건천화 현상 및 분해를 저해할 수 있는 유기물질들이 유입되어 나타나는 현상으로 판단된다. 그러나 안양천의 COD농도는 여름철에는 상대적으로 과거에 비해 최근 수질이

월등히 개선된 것을 알 수 있다

SS농도의 경우 계절별로 살펴보면 상류유역의 평균치는 최소치인 6~8월 9.3mg/l, 최대치 12~2월 17.3mg/l로 나타내고 있으며, 중류유역의 평균치는 최소치인 12~2월 5.3mg/l, 최대치 3~5월 10.9mg/l로 나타내고, 하류유역의 평균치는 최소치인 6~8월 8.9mg/l, 최대치 3~5월 18.6mg/l로 나타내고 있다. 이것은 대부분 상류, 중류, 하류에서 높은 SS값을 보인 것은 생활하수가 그대로 배출되어 높은 농도를 나타내는 것으로 조사되었다.

T-N농도의 경우 계절별로 살펴보면 상류유역의 평균치는 최소치인 3~5월 3.73mg/l, 최대치 9~11월 6.28mg/l로 나타내고 있으며, 중류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 6.56mg/l, 최대치 12~2월 10.07mg/l로 나타내고, 하류유역의 평균치는 최소치인 6~8월 11.35mg/l, 최대치 12~2월 23.93mg/l로 나타내고 있다.

T-P농도의 경우 계절별로 살펴보면 상류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 0.236mg/l, 최대치 12~2월 0.908mg/l로 나타내고 있으며, 중류유역의 평균치는 최소치인 9~11월 0.401mg/l, 최대치 3월~5월 0.809mg/l로 나타내고, 하류유역의 평균치는 최소치인 6~8월 0.961mg/l, 최대치 3~5월 1.267mg/l로 나타내고 있다. T-N 및 T-P의 경우는 상류, 중류, 하류의 경우 계절별로 볼 때 대부분 우기시 적게 나타내고, 동절기와 봄에 높은 값을 보이고 있다.

전체적으로 볼 때 상류, 중류는 방류수수질기준치 이하인 값의 분포를 보인 반면 하류는 방류수수질기

준치를 조금 초과하는 것으로 나타나고 있다. 또한 총인량을 보면 겨울철 및 봄철에 높은 값을 나타내고 있다. 이와 같이 하류측에서 총질소 및 총인량이 비교적 크게 나타나는 것은 상류 및 중류측의 가축음식물, 생활하수 등을 우기철에 일시에 다량 배출하는 등의 관리미비가 원인이며, 안양천에 차집관개가 설치되어 있음에도 불구하고 생활오·폐수가 상류측에서부터 안양천에 직접적으로 유입되고 있기 때문이다. 또한 하류측에서도 지천별 생활하수가 차집되지 못하고 유입되는 것도 원인으로 조사되었다.

또한 언급된 바와 같이 동절기와 하절기의 변화의 값이 비교적 작아진 것은 2003년 시행된 제2차 하수종말처리장의 완공과 하수재처리수의 안양천 본류 및 학의천 상류의 송수시스템완성에 따른 건천화 방지사업의 결과라 할 수 있다.

4.3. 안양천의 화학·생물 및 생태학적 오염도

안양천 본류의 수질오염상태를 파악을 위해 수질등급을 Marson & Kolkwitz의 하천자정단계별 구분 Saprobien system에 따라 구분하고 상류, 중류 및 하류에 합류되는 대표적인 지천에 대한 수질등급을 나타내면 Table 3과 같다. 수질등급은 환경변화에 민감하고 중류에 따라 비교적 뚜렷한 내성범위를 가지고 있으므로 보다 합리적 수질오염분석을 위해 담수생태계의 환경을 평가하는 생물학적 및 생태학적 지표로 사용되는 저서성 대형무척추동물상을 이용하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 안양천 본류는 상류, 중류, 하류의 전구간에 걸쳐 V급수로 판정되었으며, 생

Table 3. 각 지류별 화학·생물학적인 비교

조사지점	수질등급	평균 BOD	생물학적 오탁지표(BIP)	자정단계의 수역구분
왕곡천	IV	6.16mg/l	7.51~8.50	α 중부수성 수역
오진천	III	3.17mg/l	5.51~6.50	β 중부수성 수역
당정천	V	42.50mg/l	8.51~10.00	강부수성 수역
산본천	V	24.83mg/l	8.51~10.00	강부수성 수역
안양천	상류	8.7mg/l	8.51~10.00	α 중부수성 수역
	중류	8.16mg/l	8.51~10.00	α 중부수성 수역
	하류	14.4mg/l	8.51~10.00	강부수성 수역
학의천	III	3.82mg/l	6.51~7.50	β 중부수성 수역
수암천	II	2.23mg/l	4.51~5.50	빈부수성 수역
삼성천	II	1.37mg/l	3.51~4.50	빈부수성 수역
삼막천	I	0.83mg/l	0.00~3.50	빈부수성 수역
삼봉천	III	3.13mg/l	6.51~7.50	β 중부수성 수역

물학적 오락지표는 상류, 중류는 α -중부수성 수역이고, 하류는 강부수성 유역으로 높은 값을 보이고 있다. 특히 상류지점에서 수질등급저하는 생활오수 등이 미차집되어 유입됨으로서 수질을 저하시키고 있는 것으로 판단된다.

그리고 왕곡천, 당정천, 산본천, 안양천은 상류, 중류, 하류 모두 수질등급 IV급수 이상의 α -중부수성 수역으로 높은 수치를 보이고 있으나, 오전천, 학의천, 삼봉천은 III급수, 수암천, 삼성천은 II급수, 삼막천은 I급수를 보이고 있다. 특히 삼막천의 경우에는 과거 경기교대 상류에 위치한 채석장으로부터 많은 탁도성분의 배출과 더불어 채석시 발생하는 각종 암석에서 산성분이 용출되어 직접적으로 하천으로 유입되었으나, 최근 완공되어 수질유지관리를 철저히 함으로써 수질정화 회복이 I급수를 유지하고 있다. 그리고 생물학적 오락지표를 보면

최대 V급수(당정천, 산본천, 안양천 본류)는 8.51~10.00, IV급수(왕곡천) 7.51~8.50, III급수(오전천, 학의천, 삼봉천) 6.51~7.50, II급수(수암천, 삼성천) 3.51~4.50, 최소인 I급수(삼막천)는 3.51~4.50으로 나타나고 있다.

5. 결론

안양천 본류와 주요 지천인 학의천, 삼성천 및 삼봉천의 수질오염분석을 위하여 영향 유역에 대한 계절적 및 지형성 강우특성을 조사하였다. 합리적인 수질오염분석을 위해 생물·화학적 방법뿐만 아니라 하천의 생물·생태학적 지표에 의한 수질측정을 수행하였으며 그 결과를 요약하여 결론을 내리면 다음과 같다.

1. 안양천 유역은 지형적 집중호우 발생특성이 있으며, 강우집중 및 유출률이 상당히 커서 안양천 상류지역 및 주요지천들의 건천화 일수가 심각한 상태였다. 건기철과 우기철의 편차는 대단히 크고(700mm), 남부지방과 거의 같으며 우기철 집중호우는 안양천 일대의 홍수 및 범람의 원인으로 조사되었다. 또한 장기적 건천화와 우기철 집중호우시 축사 등에 의한 오염의 미차집 영향이 본류와 지류의 합류부의 오염원인으로 평가되었다.

2. 안양천의 수질은 1997년 이후 계속된 안양천 살리기운동의 전개에 따라 전체적으로 2003년부터 안양천은 수질상태가 매우 회복되고 있다. 그러나 아직 T-N값이 높게 나타나고 있으며, 이는 상류지역에서의 T-P값과 SS값의 차이는 산업공장지역에서의 완전 차집상태 불량, 축산폐수와 생활하수 차집이 양호하지 않은 상태에 기인하였고, 상류지역도 V급수지역이 분포하는 등 관리대책이 필요한 상태이다. 이는 상류지역의 하천관리 영역의 주체에 따른 조절상태의 미흡에 기인하는 것으로 사료된다.

3. 안양천 본류의 계절별 수질오염 BOD농도는 하류인 겨울철 10.8mg/l, COD농도 하류인 겨울철 16.1mg/l, SS농도 하류인 겨울철과 봄철에 각각(15.9mg/l, 18.6mg/l), T-N은 하류인 겨울철 23.93mg/l, T-P는 겨울철과 봄철에 각각(1.187mg/l, 1.267mg/l)로 나타내고 있다. 이는 대부분 하류측에서 높은 값을 보이고 있는 것은 상류측에서부터 안양천에 직접적으로 유입되고 있기 때문이다. 또한 하류측에서도 지류별 생활하수가 차집되지 못하고 유입되는 것도 원인으로 조사되었다.

4. 안양천 본류의 경우 상류, 중류, 하류 모두 수질등급 V급수로 α -중부수성 수역으로 나타나고 있으나, 주요 지천은 대부분 I급수~3급수 범위이고, 학의천 및 삼봉천은 β -중부수성 수역이고, 수암천, 삼성천, 삼막천은 빈부수성부 수성으로써 생물학적 오락지표(BIP)는 낮은 것으로 조사되었다. 특히 안양천 본류의 수질오염이 심각한 상태인 것은 상류측 수질등급저하는 생활오수 등이 미차집이 그 원인으로 대책이 요구되는 것으로 판단된다.

5. 최근 안양천의 수질오염도가 회복된 주원인은 상류 및 안양천 본류와 지류의 합류점에서부터 하·폐수를 전면으로 차단한 것과 우기철 관리체계의 강화, 하천의 수질을 정화하여 펌핑으로 역류시켜 건천화 방지를 해소 및 지속적 투자에 의한 하천 환경회복운동 등에 의해 가능한 것으로 판단되며, 특히 건천화방지를 위한 하수정수처리수의 재순환방법이 적용·시공되어 차후 그 기능 및 역할에 대한 재평가로 안양천의 금후 수생생물이 서식 가능한 친수공간으로서의 하천활용이 기대될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 안양시(안양천 살리기 복원운동 사업)에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김민준 (1992) 수생식물을 이용한 수질평가와 정화처리
에 관한 연구. 한국과학재단, pp.149~183.

2. 이양규 · 김갑진 (2000) 안양천의 생태학적 수질오염 실
태분석. 대한토목학회논문집, 20(3), pp.447~459.

이양규 · 김갑진 · 홍창선 (2003) 수변계획을 위한 생태학적
수질오염 실태분석. 대한토목학회 학술발표대회,
pp.5171~5176.

이양규 (2004) 상하수도공학. 보문당, pp.179~185.

안양시 (1995a) 안양천 등 관내하천 오염실태 및 오염지도
제작에 관한 연구. p.15.

안양시 (1995b) 안양천의 수생생물 조사.

안양시 (2001) 안양천살리기. p.15.

안양시 (2004) 안양시 환경보존 종합계획시 생태환경조사.

한중근 (2001) 부산지역의 강우와 산사태특성분석. 한국환
경복원녹화기술학회지, 4(1), pp.1~8.

한중근, 남정만 (2004) 안양천의 계절별 수 질분석. 한국환
경복원녹화기술학회지, 7(4), pp.52~60.

An, K.G · Park, S.S. and Shin J.Y. (2002) An evaluation of a river
health using the index of biological integrity along with
relations to chemical and habitat conditions, *Environment
International*, 28, 411~420.

Han, J.G, Lee, Y.K. Kim, T.H and Hwang, IJ (2005) Analysis of
seasonal water pollution based on rainfall feature at Anyang
river basin in Korea. *Environmental Geology*, 48, pp.599-608.

Ministry of Environment in Korea (2001) Water pollution
Investigation Methods. <http://water.nier.go.kr>

Korea Meteorological Administration (2004) www.kma.go.kr/
weather/climate

APHA (1998) Standard method for the examination of water and
wastewater. 20th Ed. McGraw-Hill Inc.

Merritt, R.W. and K.Cummins (1985) An Introduction to the
Aquatic Insects of North America. Kendall & Hunt. IOWA.