

안양천에서의 생태학적 수질오염도 평가

이양규¹⁾ · 조원철²⁾

¹⁾ 대림대학 토목환경과 · ²⁾ 중앙대학교 건설환경공학과

Assessment of Water Quality Based on Ecological Factors in Anyang River

Lee, Yang-Kyoo¹⁾ and Cho, Won Chul²⁾

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

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

ABSTRACT

In this study, the water quality investigated during 2002s to 2004s for Anyang river and its affluent that was based on biological and chemical methods as well as ecological index of each streams. The improving of water quality and the multiplicity of species in the most streams except for Anyang, which was due to the improving of water quality and water resource. The seasonal dry states are completely disappeared, but water quality of Anyang main stream was classified as fifth grades water with BIP 8.51~10.00 and BOD 8.16~14.4mg/l in Anyang stream overall. And alpha-mesosaprobic in upper, mid parts and polysaprobic in down parts of Anyang main stream are appeared according to Saprobien system, respectively.

The water supply of treated sewage is appeared that upgrading effects of water quality in Anyang main stream and affluents of Anyang city area, but the practical effects of "Saving Anyang River" could not gained because the water quality of other branches in upstream parts than upstream measuring point of Anyang main stream, Wanggok stream Sanbon stream in Gunpo and Eeiwang cities, was not improved.

Key Words : *Ecology, Biological index of pollution, Water pollution, Saving Anyang River.*

Corresponding author : Lee, Yang-Kyoo, Department of Civil Environment Engineering, Daelim College,
Tel : +82-31-467-4917, E-mail : yklee@daelim.ac.kr

Received : 1 May, 2006. **Accepted** : 28 May, 2006.

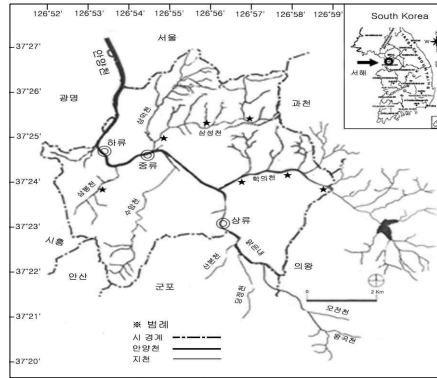
I. 서론

최근 하천환경의 중요성이 활성화 되면서 하천 관리는 수량관리와 수질관리를 통합시키기 위해 이·치수 및 하천환경관리가 활발히(안양시, 1994a, b, 2001, 2004) 시작되면서 안양천 살리기는 시민과 함께하는 유역통합관리체계의 강화요소로서 환경친화적인 생태도시를 건설하는데 그 목적이 있었다. 그로 인해 안양천은 생태학적 도시의 건설을 위한 수질개선, 수량 확보, 하천생태복원 및 친수공간으로 안양천 살리기에 따른 안양천 및 학의천 자연형 하천조성공사를 완료하기 까지 많은 투자와 노력으로 1997년 이후 최근 BOD, COD, SS, T-N, T-P농도 등은 많이 저감을 가져왔으나, 안양천본류 및 각 지류의 As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Hg 등과 같은 중금속은 여전히 환경기준치를 초과하고 있는 실정이다(S.H. Lee etc, 2003; 이양규, 2003; 안양천, 2001).

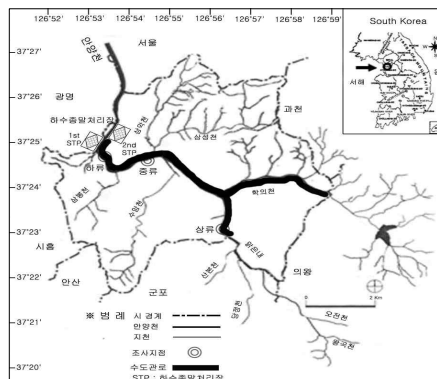
본 연구에서는 안양천의 생태학적 수질오염 실태를 파악하기 위해 수변생물상태를 조사·분석하고 각 지천에 대한 상·중·하류구분에 따라(Han etc, 2005)의 화학적 분석결과 평균치로 비교하여 향후 생태하천 복원을 위한 자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

안양천 주요지류에의 수질오염상태를 조사하기 위해 2002년 01월부터 2004년 12월말까지 그림 1과 같이 안양천본류와 각 지류의 상·중·하류에서 매월 1회 3번 이상 측정된 수질분석(BOD, COD, SS, T-P, pH, 수온 그리고 DO)한 평균값을 사용하였다. 또한 생태학적 수질오염도 평가를 위해 각 측정위치를 중심으로 수생생물을 조사하여 저서생물분류(부록 2)에 따라 하천별 구분하여 종의 다양성들을 분석하고 생물학적 오탁지표를 비교하여 수질오염의 생태학적 영향을 분석하였다. 생태학적 분석기준은 Marson and



(a) 수질오염 측정위치



(b) 하천정화시설 설치위치

그림 1. 하천별 수질오염위치 및 송수관로 설치위치 상황.

Kolkwitz(1982)의 하천자정단계(부록 1)를 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 and Cummins(1985) 등을 참고로 하였으며, 정량채집된 각 종의 개체수 현존량을 $1m^2$ 로 환산하여 산출하였다. 또한 군집분석은 주로 정량채집된 자료를 이용하여 산출하였다(이양규, 2003; 안양시, 2001).

1. 안양천의 지리적특성 및 강우특성

안양천은 서울을 관류하는 한강의 제1지류로서 상류인 의왕시의 왕곡천부터 하류인 서울 양

천구에 위치한 양화교까지 유역면적 286.55km², 총 유로연장은 34.74km이며, 지류는 도림천을 포함하여 상류인 의왕시 및 산본시 중류하천(학의천), 하류지류(수암천, 삼성천, 삼막천, 삼봉천) 등 지류로 구성되어 있다. 지리적으로는 남동측에 위치한 백운산(564.2m)을 기점으로 남쪽의 수원시 접경인 구릉을 지나 남서측의 수리산(474.8m) 및 수암봉의 능선을 따르고 있다. 북동측은 박달천과 수암천이 흐르고 있으며, 북측은 관악산(629m)에 연결된 삼성산(479m)의 구릉지로 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).

한편 우리나라의 연간강수량은 세계평균보다 많으나, 높은 인구밀도로 인해 1인당 수자원 부존량(賦存量)은 매우 적고 안양천유역은 더욱 취약하게 나타나고 있으며 우리나라 연평균강수량은 1,274mm(세계평균 973mm의 1.3배)로서 1인당 강수량은 2,900m³/년(세계 26,800m³/년의 11%에 불과)이다. 안양천유역의 평균강수량(2000년~2004년)은 1,214.4mm으로서 1인당 강수량은 104m³/년(세계평균 26,800m³/년의 0.4%)에 해당되며 2000년 이전에 비해 우기철의 강수량은 증가하였고, 이외의 기간에는 오히려 강수량이 줄어든 것을 알 수 있다. 또한 최근에는 안양천유역의 연평균강수량 변화와 한국의 30년간 연평균 강수량과 비슷한 95%에 해당하며 장마철인 7월의 강수량은 오히려 우리나라 연평균강수량 보다 많은 경향은 그림 2에 제시하였다.

안양천유역의 우기철(6월~9월) 강우집중률은 약 75%에 이른다. 안양천유역의 강우분포는 한국 전체의 강우분포와 유사하나 우기철의 경우는 오히려 많고, 겨울철과 봄철에는 오히려 평균치보다 작은 강수량을 기록하고 있어 계절별 편차가 매우 크며, 연중 최대편차는 약 700mm에 이르고 있다. 이 남부지방의 연평균강수량(1,000mm~

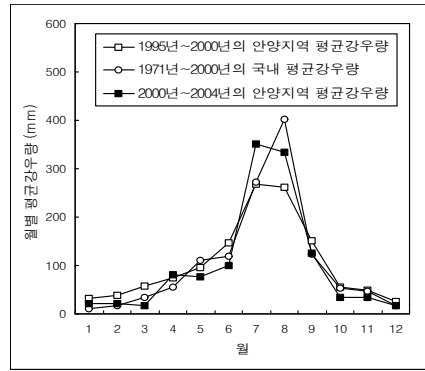


그림 2. 최근의 안양천유역의 평균강수량.

1,800mm)에 근접한다.

지난 2002년 이전 25년간 유출률은 64%에 달하며 평상시 수심은 안양천본류는 0.1~0.6m, 주요지류는 0.05m~0.2m로 유량이 아주 적으며 안양천의 주요지류인 삼성천, 삼막천, 수암천의 경우 건천화 일수는 년중 90일 이상으로 조사되었다. 또한 중국으로 부터 유입되는 모든 기압골이 안양천 동쪽에 위치한 관악산 및 삼성산 등에 의한 지형성 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 여름철에는 장마전선과 합류하여 우리나라 중부지역에 발생하는 집중호우 발생경향과 동일한 경향을 보이고 있다(J.G et al, 2005).

2. 수질오염의 경년변화

1992년부터 2004년 12월말까지 안양천본류의 수질오염의 평균경년변화를 그림 3에 나타내었다. 1995년 『안양천 관내하천 오염실태조사』 이후 그 결과에 따른 안양천 살리기운동의 전개와 함께 하천수질오염의 정화체계를 갖추기 시작이 후부터 안양천본류의 수질오염은 좋아지는 것을 알 수 있다(Han, et al, 2005). 삼막천을 제외한 안양천 대부분의 지류의 pH는 중성을 나타내며, 용존산소량은 5.0mg/l 이상의 다소 높아지는 경향을 보이며, BOD는 2002년부터 감소하여 2003년 및 2004년도에는 전체적으로 10mg/l 이하의 양호한 상태를 보이고 있다. 이는 1998년 이후 실시된 하수관거정비작업에 따른 결과라 할 수 있

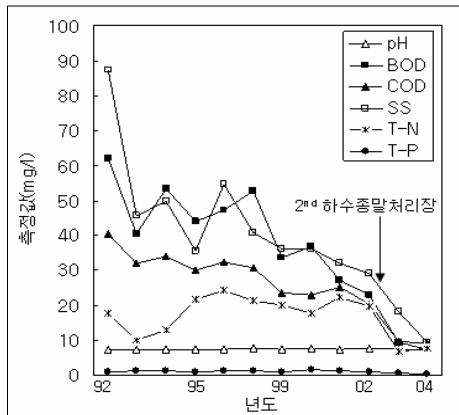


그림 3. 안양천 평균수질의 경년변화.

다. BOD가 높은 때 COD농도가 높게 나타나고 있으며, T-N은 1993년~1995년에 급격히 증가한 후 약간의 증감을 반복하면서 다소 감소하고 있다. 또한 이러한 관리에도 증가되는 경향을 보이는 것은 산업공장지역에서 차집상태가 양호하지 못한 것에 기인하였으나, 안양시의 전역에 차집함으로서 매우 낮은 값을 보이고 있다(이양규 등, 2000; 한중근 등, 2004).

최근 2002년~2004년에 측정된 수질조사 결과, 예년에 비해 수온과 pH의 변화는 거의 없으며, 용존산소량은 2001년 보다는 증가함에 따라 급격히 낮아졌고, 2003년 측정결과에서는 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/l/과 0.682mg/l/로 2001년 보다 최근 측정된 분석에 의하면 급격한 감소추세에 있다. 이와 같은 결과는 제2차하수종말처리장이 완성되고 그 처리수를 안양천분류와 학의천 각각의 상류로 송수시킴으로써 건천화 방지효과에 기인하는 것으로 판단된다.

3. 각 수계별 생물상 조사

생태학적 오염분석이란 하천 바닥에 사는 무척추동물을 이용한 수질분석법으로 안양천지류의 수질을 측정할 경우 대다수의 하천구역은 오

염된 상태를 보이고 있다. 생물지수란 담수무척추동물이 오염에 견디는 정도와 출현빈도 등을 수량화한 것으로 수질 뿐 아니라 환경의 상태와 변화까지 파악할 수 있어 미국이나 일본 등 선진국에서는 공식적인 수질측정법으로 활용되고 있다. 이를 위하여 2002~2004년 동안의 안양천 및 각 지천에 대한 수질오염(pH, BOD, COD, SS, T-N, T-P)을 그림 1과 같이 각 하천에 대한 상·중·하류의 각 측정점에 대한 평균치로 표 1~표 6과 같이 나타내었으며 각각 하천에 대한 측정점을 중심으로 조사된 안양천분류 및 지류별에 대한 수생생물조사결과도 하천별 전체지역에서 조사된 결과를 동시에 나타내었다. 특히 삼막천의 경우에는 과거 경기교대 상류에 위치한 채석장으로부터 많은 탁도 성분의 배출과 더불어 채석시 발생하는 각종 암석에서 산성분이 용출되어 직접적으로 하천으로 유입되었으나, 최근 수질유지관리 시설이 완공되어 수질의 유지관리를 철저히 시행하여 왔으나, 교대정문 옆 연못건설 이후 강우시 오염된 물이 상당히 유입됨으로써 다시 수질정화 및 수생생물에 대한 회복을 어렵게 하고 있는 실정이다. 따라서 현재 새로운 공법을 관계당국과 추진 중에 있다.

III. 저서성생물에 의한 생태학적 오염분석

1. 수생생물의 군집분석

수생생물의 종에 따른 군집(群集) 분석을 실시하기 위하여 안양시로부터 제시된 안양시 환경보존 종합계획시 생태환경조사(안양시, 2004), 안양천살리기(2001) 결과를 비교 검토하였다. 종의 동정은 McCafferty, Kawai, Merrit and Cummins 등을 참고로 하였으며, 또한 군집분석은 주로 정량채집된 자료를 이용하여 산출하였다.

1) 하천생태계의 현황

하천생태학은 유수(流水)생태계이자 수위변동 생태계로써 생물종의 부양능력이 높은 환경이라

고 할 수 있다. 안양천은 도시화과정에서 하천선 형이 직강화 되고 건천화상태가 장기간 지속되는 등으로 수질오염이 심각한 상태여서 하천 본래의 생태학적 기능이 많이 훼손되어 있었지만(안양시, 2001) 최근의 하천 건천화 방지사업 등에 의해 수질이 향상되는 결과를 나타내고 있음을 앞서 조사된바 있다.

따라서 본 절에서는 최근 조사된 표 1~표 6의 생물상을 이용하여 생물지표를 이용하여 수질오염도의 지표로 활용하기 위해 담수류, 저서성 식물 및 동물 등의 군집분석을 수행하였다. 또한 이를 이용하여 하천의 오염도를 판단하는 자료로 다음과 같이 생물학적 오탁지표(Biological Index of Pollution, BIP)를 이용하였다.

$$BIP = \frac{B}{A + B} \times 100 \quad (1)$$

여기서, A : 엽록체 생물 수(조류)

B : 엽록체가 없는 생물 수(무색 생물 수)이다.

(1) 식물

객관적인 자료를 수집하기 위해서 계층추출법(stratified sampling)에 의해 조사구를 설정하였으며, 조사구(방형구)는 식생층의 높이를 고려하여 1m², 4m² 등 적절한 크기로 선정하였다. 이를 토대로 요약하면 토속종, 귀화종, 식재종의 구성비를 보면 총 540종수 중 토속종 490(90.7%), 귀화종 24(4.5), 식재종26(4.8%)으로 나타나고 있 개화 시기별 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 나타나고 있다(http://anyang.go.kr/river/, 2005).

(2) 어류

어류가 다양한 서식처가 포함되는 것을 원칙으로 하였으며, 채집도구는 투망(망목 5×5mm),

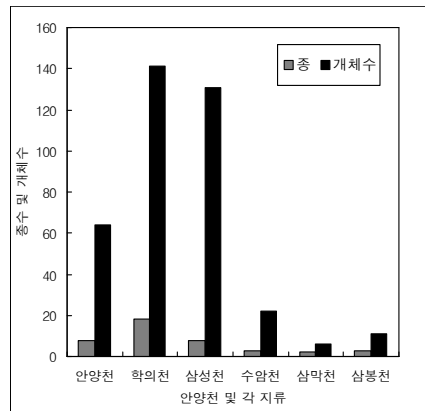


그림 4. 지류 및 본류의 어류의 종 다양성.

죽대(망목 3×3mm)를 사용하였고, 보다 광범위한 어류상의 확인을 위해 수면위에서 관찰 및 탐문에 의한 것도 포함하였다.

이를 토대로 지류별 어류가 출현한 조사지점에 대한 종 다양성의 분석을 실시한 결과 안양천은 8종 64개체, 학의천 18종 141개체, 삼성천 8종 131개체, 수암천 3종 22개체, 삼막천 2종 6개체, 삼봉천 3종 11개체로 나타나고 있다(http://anyang.go.kr/river, 2005). 그림 4는 조사지역에 나타난 어류의 종 다양성을 지류별 즉, 학의천, 삼성천, 안양천, 수암천에 대해 나타내고 있다. 수암천, 삼막천 및 삼봉천의 종 다양성이 낮은 것은 각 하천의 수량부족에 따른 하천의 건천화현상이 심각하며 표 6에서 보는 바와 같이 수질상태가 양호하지 못한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

(3) 양서 및 파충류

양서류는 직접 확인방법으로써 도롱뇽류의 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 물이 흐르는 계곡에서 유속이 완만한 곳을 선정하여 작은 바위를 들추어 유생을 확인하거나 물이고여 있는 웅덩이에서 산란한 알을 찾아 종을 확인하는 방법을 이용하였다.

성체는 활엽수림이 있는 음지쪽의 고목 및 바위틈에서 발견하고, 개구리류는 조사 대상지역

표 1. 안양천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	8.16	6.9	8.83	6.77	7.96	0.284
주요 수변식물	환삼덩굴, 개망초, 참새귀리, 망초, 물억새, 쭉, 소리쟁이, 강아지풀, 가시상치, 가중나무, 갈풀, 갯, 개구리 갯, 개구리밥, 개구리자리, 개밀, 개소시랑개비, 개피, 검정말, 겨이삭, 고들빼기, 고마리, 고삼, 귀리					
어 류	붕어, 참붕어, 미꾸리, 송사리, 밀어, 메기, 베스, 피라미					
양서·파충류	산개구리, 움개구리, 도롱뇽, 붉은귀거북, 자라, 무당개구리, 능구렁이, 아무르장지뱀, 무자치, 누룩뱀, 참개구리, 청개구리, 두꺼비, 유헤목이, 살모사, 쇠살모사					
포유류	족제비, 두더지, 곰취, 집쥐,					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 노린재, 방어벌레, 풍뎡이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애					
수서생물	실지렁이, 돌거머리, 원돌이물달팽이, 개똥하루살이, 깔따구류, 흰줄납줄개					

표 2. 학의천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	8.03	3.82	4.6	11.2	4.20	0.19
주요 수변식물	강아지풀, 환삼덩굴, 애기부들, 고마리, 쭉, 망초, 개망초, 명아주, 여뀌, 가시상치, 갯, 개구리 갯, 개미취, 개밀, 개소시랑개비, 개쇠뜨기, 개쭉갯, 개피, 고들빼기, 고마리, 꿩이사초, 귀리, 금소리쟁이, 까마중, 까치수영, 까치밥나무					
어 류	붕어, 참붕어, 피라미, 버들치, 미꾸리, 쌀미꾸리, 물개, 송사리, 가물치, 잉어, 밀어, 흰줄납줄개, 메기, 베스, 모래무지, 누치, 끄리, 블로길					
양서·파충류	산개구리, 움개구리, 도롱뇽, 붉은귀거북, 무당개구리, 능구렁이, 아무르장지뱀, 무자치, 누룩뱀, 참개구리, 청개구리, 두꺼비, 유헤목이, 살모사, 쇠살모사					
포유류	고라니, 너구리, 멧토끼, 족제비, 청솔모, 다람쥐, 두더지, 곰취, 집쥐, 등줄쥐, 대륙밭쥐, 들고양이					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 노린재, 방어벌레, 풍뎡이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애, 잎벌레류					
수서생물	조개넙적거머리, 물달팽이, 실잠자리, 말잠자리, 소금쟁이, 개똥하루살이, 실지렁이, 깔따구류, 남조류					

표 3. 수암천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	7.77	2.23	3.17	6.73	4.47	0.139
주요 수변식물	미국가막사리, 참새귀리, 털여뀌, 고마리, 환삼덩굴, 망초, 닭의장풀, 비듬, 밤나무, 가죽나무, 상수리나무, 돌피, 쭉, 쇠무릎, 가시상치, 갈풀, 개망초, 개밀, 개소시랑개비, 개피, 갯버들, 고사리					
어 류	붕어, 버들치, 미꾸리					
양서·파충류	산개구리, 움개구리, 붉은귀거북, 무당개구리, 아무르장지뱀, 무자치, 누룩뱀, 참개구리, 청개구리, 두꺼비, 유헤목이					
포유류	너구리, 족제비, 청솔모, 다람쥐, 두더지, 등줄쥐, 들고양이					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 노린재, 방어벌레, 풍뎡이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애					
수서생물	실지렁이, 물달팽이, 줄날도래류, 깔따구류, 소금쟁이, 가재, 옆새우, 강도래					

표 4. 삼성천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	7.37	1.37	2.13	12.6	2.51	0.216
주요 수변식물	달뿌리풀, 미국가막사리, 명아주, 바랭이, 쭉, 여뀌, 아카시나무, 다소나무, 갈풀, 강아지풀, 개구리밥, 개구리자리, 개밀, 개피, 갯버들, 고마리, 고사리, 국수나무					
어 류	붕어, 버들치, 참붕어, 미꾸리, 송사리, 밀어, 미유기, 쌀미꾸리					
양서·파충류	산개구리, 움개구리, 도롱뇽, 붉은귀거북, 무당개구리, 능구렁이, 아무르장지뱀, 무자치, 누룩뱀, 청개구리, 두꺼비, 유�혈목이, 쇠살모사					
포유류	고라니, 너구리, 멧토끼, 족제비, 청솔모, 다람쥐, 두더지, 등줄쥐, 대륙밭쥐, 들고양이					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 노린재, 방어벌레, 풍뎅이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애, 잎벌레류					
수서생물	줄지렁이류, 가재, 옆새우류, 녹색강도래, 애기물방개					

표 5. 삼막천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	6.7	0.83	1.8	4.47	2.66	0.062
주요 수변식물	망초, 팽이사초, 쭉, 여뀌, 환삼덩굴, 고마리, 아카시아나무, 닭의장풀, 바랭이, 비름, 소나무, 가시상치, 갈대, 갈풀, 강아지풀, 개구리갯, 개밀, 개피, 갯버들					
어 류	버들치, 송사리					
양서·파충류	산개구리, 움개구리, 도롱뇽, 붉은귀거북, 무당개구리, 능구렁이, 아무르장지뱀, 누룩뱀, 참개구리, 청개구리, 두꺼비, 유�혈목이, 쇠살모사					
포유류	너구리, 족제비, 청솔모, 다람쥐, 곰취, 집쥐, 등줄쥐, 집박쥐, 들고양이					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 메추리노린재, 방어벌레, 풍뎅이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애, 실베짱이					
수서생물	확인불가					

표 6. 삼봉천의 수질 및 수생생물(mg/ℓ).

구 분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
평 균	7.8	3.13	5.87	38.83	2.80	0.219
주요 수변식물	고마리, 여뀌, 환삼덩굴, 물봉선, 강아지풀, 소리쟁이, 개망초, 쭉, 가시상치, 갈풀, 겨이삭, 국수나무					
어 류	붕어, 버들치, 미꾸리					
양서·파충류	움개구리, 무당개구리, 능구렁이, 아무르장지뱀, 무자치, 누룩뱀, 참개구리, 청개구리, 두꺼비, 아무르산개구리, 유�혈목이, 쇠살모사					
포유류	너구리, 족제비, 청솔모, 다람쥐, 두더지, 곰취, 집쥐, 등줄쥐, 들고양이					
육상곤충류	여치, 메뚜기, 매미, 노린재, 방어벌레, 풍뎅이, 하늘소, 무당벌레, 바구미, 꽃벼룩, 벌, 개미, 파리, 꽃등애					
수서생물	주름다슬기, 밀잠자리류, 모래톱물똥뎅이, 황등애붙이					

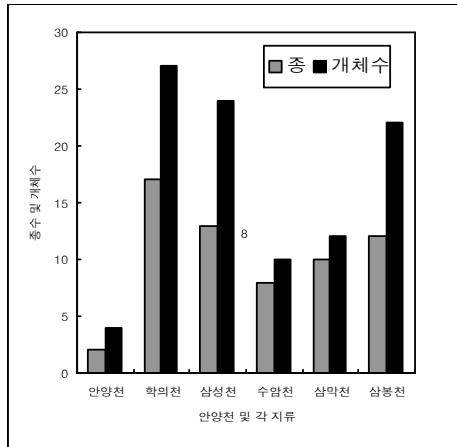


그림 5. 지류 및 본류의 양서/파충류의 종다양성.

주변의 접근 가능한 지역을 따라 좌우 10m 간격으로 이동 중인 개체와 계곡의 바위틈 혹은 논, 수로, 저습지 주변에 포충망을 이용하여 채집하였다. 그리고 장지뱀류와 도마뱀류는 목정발 주변, 도로변과 등산로 주변의 햇빛이 잘 드는 곳의 돌을 들추어 확인, 뱀류는 저지대의 임연부 일대, 목정발 주변에서 뱀집게와 포충망을 이용하여 채집분석한 것이다.

이를 토대로 지류별 양서/파충류가 출현한 조사지점에 대한 종 다양성의 분석을 실시한 결과 안양천은 2종 4개체, 학의천 17종 27개체, 삼성천 13종 24개체, 수암천 8종 10개체, 삼막천 10종 12개체, 삼봉천 12종 22개체로 나타나고 있으며 조사지역에 나타난 안양천의 경우 심각한 상태를 보여주고 있으며 학의천, 삼성천, 삼봉천, 삼막천, 수암천 순서로 종의 다양성이 우수한 것으로 평가되었다. 특히 건천화경향이 비교적 심각한 수암천, 삼막천 및 삼봉천은 수량이 부족함에도 불구하고 수질상태가 양호하여 양서류/파충류의 종들이 수생하기에는 비교적 적절한 것으로 평가되었다. 한편, 안양천의 경우 어류에 비해 양서류/파충류의 종 다양성 출현이 급격히 떨어져 종 다양성이 수질상태에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있으며, 그림 5와 같다.

IV. 안양천의 화학·생물 및 생태학적 오염도

안양천에 대해서는 상·중·하류에 대해 그리고 각 지류에 대한 수질등급을 각 측점에 대해 측정된 BOD값을 평균하여 나타내면 표 7과 같다. 이를 이용하여 각 하천의 수질오염상태를 파악하였으며, 수질등급을 Marson and Kolkwitz의 하천자정단계별 구분 Saprobien system(An, K.G · Park, S.S. and Shin, 2002)에 따라 부록 1에서와 같이 구분하였다. 특히 삼막천의 경우에는 과거에 채석장이던 곳으로 부터 많은 탁도성분의 배출과 더불어 채석시 발생하는 각종 암석에서 산성분이 용출되어 직접적으로 하천으로 유입되었으나, 최근 수질유지관리 시설이 완공되어 수질유지관리를 철저히 관리함으로써 탁도 성분 배출이 급격히 감소하였으나, 최근 교대정문 옆 연못건설로 강우시 많은 물이 용출됨으로 인해 다른 처리공법 선정이 추진 중에 있다. 그리고 생물학적 오탁지표를 살펴보면 최대 V 급수인 안양천본류(상류, 중류, 하류)는 8.51~10.00, III급수(학의천, 삼봉천) 6.51~7.50, II급수(수암천, 삼성천) 3.51~4.50, 최소인 I급수(삼막천)는 3.51~4.50으로 나타나고 있다. 그러나 수질등급은 환경변화에 민감하고 종류에 따라 비교적 뚜렷한 내성범위를 가지고 있으므로 보다 합리적 수질오염분석을 위해 담수생태계의 환경을 평가하는 생물학적 및 생태학적 지표로 사용되는 저서성 대형무척추동물상을 이용한 생물학적 오탁지표로 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 안양천본류는 상류, 중류, 하류의 전구간에 걸쳐 V 급수로 판정되었으며, 생물학적 오탁지표는 상류, 중류는 α -중부수성 수역이고, 하류는 강부수성 수역으로 높은 값을 보이고 있다. 특히 상류지점에서 수질등급저하는 생활오수 등이 미차집되어 유입됨으로서 수질을 저하시키고 있는 것으로 판단된다. 그리고 학의천, 삼봉천은 III급수, 수암천, 삼성천은 II급수, 삼막천은 수질유지관리 시설이 완공되어

표 7. 각 지류별 화학·생물학적인 비교.

조사지점	수질등급	평균 BOD	생물학적 오탁지표(BIP)	자정단계의 수역구분
안양천	상류	V	8.7mg/ℓ	α-중부수성 수역
	중류	V	8.16mg/ℓ	α-중부수성 수역
	하류	V	14.4mg/ℓ	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

수질유지관리를 철저히 관리함으로써 탁도성분 배출이 급격히 감소하여 I 급수였으나, 최근 교대정문 옆 연못건설로 강우시 많은 물이 용출되고 있는 실정이다.

V. 결 론

안양천본류와 주요지천인 학의천, 삼성천 및 삼봉천의 수질오염분석을 위하여 영향유역에 대한 계절적 및 지형성 강우특성을 조사하였다. 합리적인 수질오염분석을 위해 생물·화학적 방법 뿐만 아니라 하천의 생물·생태학적 지표에 의한 수질측정을 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 식물이 출현하는 토속종, 귀화종, 식재종의 구성비를 보면 총 540종수 중 토속종490(90.7%), 귀화종 24(4.5), 식재종26(4.8%)으로 나타나고 있으며, 지류별 어류가 출현한 결과 수량 및 수질이 양호 한 지류는 종 다양성이 풍부하나, 건천화 현상이 이러나는 지류에서는 낮게 나타나고 있다. 또한 양서/파충류의 경우는 수질등급 V 급수 이상에서는 종 다양성 출현이 낮게 나타나고 있다.

2. 안양천본류의 경우 수질등급 5급수로 상류, 중류는 α-중부수성 수역, 하류유역은 강부수성 수역 나타내고 있으나, 주요지류는 대부분 I 급

수~III급수 범위이고 학의천 및 삼봉천은 β중부수성 수역이고, 수암천, 삼성천, 삼막천은 빈부수성 수역로 나타내고 있다.

3. 생물학적 오탁지표는 최대 V 급수인 안양천 본류는 8.51~10.00, III급수(학의천, 삼봉천) 6.51~7.50, II 급수(수암천, 삼성천) 3.51~4.50, 최소인 I 급수(삼막천)는 3.51~4.50으로 나타나고 있다.

4. 최근 안양천의 수질오염도가 회복된 주원인은 상류 및 안양천본류와 지천의 합류점에서부터 하·폐수를 전면으로 차단한 것과 유기질 관리체계의 강화, 하천의 수질을 정화하여 하천 상류로 송수시킴으로써 건천화 방지를 해소하는 등의 지속적 투자에 의한 하천환경 회복운동 등에 의해 가능해진 것으로 판단된다.

이러한 하수정수처리수의 재순환방법에 의한 하천의 재활기능 상승에 대한 역할의 재평가f를 통해 안양천의 금후 수생생물이 서식 가능한 친수공간으로서의 하천활용이 기대될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구를 위해 안양천살리기의 자료를 제공해 준 안양시에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 김갑진 · 이양규. 1997. 안양시 관내하천 수질모형 예측에 관한 연구. 대한상하수 학회논문집 11(3) : 112-123.
- 김민준. 1992. 수생식물을 이용한 수질평가와 정화처리에 관한 연구. 한국과학재단 149-183.
- 이양규 · 김갑진. 2000. 안양천의 생태학적 수질오염 실태분석. 대한토목학회논문집 20(3) : 447-459.
- 이양규 · 김갑진 · 홍창선. 2003 수변계획을 위한 생태학적 수질오염 실태분석. 대한토목학회 학술발표대회 5171-5176.
- 안양시. 1995a. 안양천 등 관내하천 오염실태 및 오염지도 제작에 관한 연구.
- 안양시. 1995b. 안양천의 수생생물 조사.
- 안양시. 2001. 안양천살리기.
- 안양시. 2004. 안양시 환경보존 종합계획시 생태환경조사.
- 안양시. 2005. [http : //anyang.go.kr/river/](http://anyang.go.kr/river/)
- 한중근 · 이양규 · 남정만. 2004 안양천의 계절별 수질분석. 한국환경복원녹화기술 학회지 7 (4) : 52-60.
- An, K. G., S. S. Park., and. J. Y. Shin. 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.
- Ministry of Environment in Korea. 2001. Water pollution Investigation Methods. [http : //water.nier.go.kr](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.
- Lee, S. H., J. W. Moon., and H. S. Moon. 2005. Heavy metals in the Bed and suspended sediments of Anyang River. Korea : Implications for water quality. *Environmental Geochemistry and Health* 25 : 433-452.
- Han, J. G., Y. K. Lee., T. H. Kim., and I. J. Hwang. 2005. Analysis of Seasonal Water Pollution Based on Rainfall Feature at Anyang River Basin in Korea. *Journal of the Environmental geology*, Springer-Verlag, 48 : 599-608.

부록 1. 하천의 지정단계에 따른 수역구분(Marson and Kolkwitz, 1982)

구 분	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 S형성	강한 황화수소 냄새 발생	심한 황화수소의 냄새 없어짐	없음	없음
유기물	유기질소 화합물, 단백질 등의 고분자 분해산물 이 풍부함	고분자 화합물의 분해에 의한 아미노산이 존재	지방산의 암모니아 화합물이 많다.	유기물 분해
저 니	때로 흑색의 황화철이 존재, 저니흑색	황화철이 산화되어 저니는 흑색이 아님		저니는 대부분 산화
수생 세균	100만cells/ml 이상	10만 cells/ℓ 이상	10만 cells/ℓ 이하	100 cells/ℓ 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	10 ³ cells/ml 이상	10 ³ cells/ml 이하	10 ² cells/ml 이하	50 cells/ml 이하
서식생물 특징	pH의 변화에 강하고 소량의 산소에도 잘 견디는 혐기성 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, α중부수성수역 : 6~10, β중부수성수역 : 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)				

부록 2. 저서생물의 분류

종 명	종 명
(A) Platyhelminthes(편형동물문)	Ephemera strigata(무늬하루살이)
Tricladida	(I) Odonata(잠자리목)
Planariidae(플라나리아과)	Calopterygidae(물잠자리과)
Planaria sp.(플라나리아 sp.)	Calopteryx atrata(검은물잠자리)
(B) Annelida(환형동물문)	Corduliidae(북방잠자리과)
Oligochaeta(빈모강)	Ephthalmea elegans yagasakii(산잠 자리)
Archioligochaeta(원시빈모목)	Gomphidae(부채장수잠자리과)
Limnodrilus socialis(실지렁이)	Davidius lunatus(쇠족범잠자리)
Limnodrilus sp.1(실지렁이 sp.1)	Davidius sp.(쇠족범잠자리 sp.)
(C) Herudinea(거머리강)	(J) Plecoptera(강도래목)
Gnathobdellida	Perlodidae(그물강도래과)
Hirudidae	Isopera sp.(줄강도래)
Hirudo nipponica(거머리)	Perlidae(강도래과)
Hirudo sp.1(거머리 sp.)	Oyamia coreana(진강도래)
(D) Mollusca(연체동물문)	Paragnetina flavotincta(강도래붙이)
Gastropoda(복죽강)	Chloroperlidae(녹색강도래과)
Mesogastropoda(중복죽목)	Sweltsa nikkoensis(녹색강도래)
Viviparidae(논우렁이과)	(K) Hemiptera(노린재목)
Cipangopaludina chinensis malleata(논우렁이)	Nepidae(장구애비과)
Pleuroceridae(다슬기과)	Laccotrephes japonensis(장구애비)
Semisulcospira gottschei(꽃채다슬기)	Ranata chinensis(거아제비)
(E) Basommatophora(기안목)	Gerridae(소금쟁이과)
Lymnaeidae(물달팽이과)	Gerris (Aquaris) paludum insularis(소금 쟁이)
Redix auricularia coreana(물달팽이)	(L) Megaloptera(뱀잠자리목)
Austropelea ollula(애기물달팽이)	Corydalidae(뱀잠자리과)
Physidae(원돌이물달팽이과)	Protogermes grandis(뱀잠자리)
Physa acuta(원돌이물달팽이)	(M) Trichoptera(날도래목)
(F) Athropoda(절족동물문)	Hydropsychidae(줄날도래과)
Crustacea(갑각강)	Hydropsyche KUb(줄날도래 KUb)
Amphipoda(단각목)	Hydropsyche sp.(줄날도래 sp.)
Gammaridae(옆새우과)	Rhyacophilidae(물날도래과)
Gammaurus sp.(옆새우 sp.)	Rhyacophila retracta(용수물날도래)
(G) Decapoda(십각목)	Rhyacophila sp.(용수물날도래 sp.)
Palamonidae(정거미새우과)	Limnephilidae(우묵날도래과)
Macrobrachium nipponensis(정거미새우)	Nothopsyche sp.(갈색우묵날도래 sp.)
Astacidae(가재과)	Odontoceridae(바수염날도래과)
Procambarus sp.(가재 sp.)	Psilotreta kisoensis(바수염날도래)
(H) Insecta(곤충강)	(N) Coleoptera(딱정벌레목)
Ephemeroptera(하루살이목)	Dytiscidae(물방개과)
Baetidae(꼬마하루살이과)	Laccophilus difficilis(깨알물방개)
Baetis nla(꼬마하루살이 nla)	Hydatis (s.str) grammicus(꼬마줄물방 개)
Baetis sp.(꼬마하루살이 sp.)	(O) Diptera(파리목)
Heptageniidae(꼬리하루살이과)	Tipulidae(각다귀과)
Bleptus fasciatus(맷시고리하루살이)	Tipula KUa(각다귀 KUb)
Epeorus (E) curvatulus(큰희꼬리 하루살이)	Simuliidae(떡파리과)
Epeorus sp.(흰꼬리하루살이 sp.)	Simulium sp.(떡파리 sp.)
Ecdyonurus yoshidae(꼬리하루살이)	Chironomidae(까따구과)
Ecdyonurus KUa(꼬리하루살이 KUa)	Chironomidae sp.1
Ephemerellidae(알락하루살이과)	Chironomidae sp.2
Serratella rufa(등줄빛살알락하루살이)	Chironomidae sp.3
Ephemeridae(하루살이과)	Ephydriidae sp.(물가파리과)
Ephemera orientalis(동양하루살이)	