

도시하천에서 하수처리수의 유지용수 이용에 따른 영향 평가 연구

Study on the Effects of In-streams by Discharging the Treated Sewage in Urban Stream

방 천 희* · 박 재 로** · 권 혁***

Bang, Cheon-Hee · Park, Jae-Roh · Kwon, hyok

Abstract

Recently since urbanization has brought about a dried stream and a worse water quality, Anyang city discharged the third treated sewage into the upper stream of Anyancheon and Hakuicheon. As the result, Hakuicheon had the water level and velocity enough for a living thing in the water to live in but water quality was worse than it had been. Therefore in case of meeting the water level and velocity of the second grade water-quality which living things in the water can live in, the discharge and water quality to secure in-stream flow must be at least $0.350 \text{ m}^3/\text{s}$ and $\text{BOD}_5 \text{ } 3.2 \text{ mg}/\ell$ respectively. In Anyancheon the water level was increased a little higher than it had been but the velocity was almost unchanged in comparison with it before. On the other hand the water quality was a little better than it had been. Therefore in case of meeting the water level and velocity of the third grade water-quality that people can do water-friendly activity, the discharge and water quality to secure in-stream flow must be at least $0.688 \text{ m}^3/\text{s}$ and $\text{BOD}_5 \text{ } 4.8 \text{ mg}/\ell$ respectively. The water-quality prediction on the suggested eight scenarios was simulated in all satisfying the third grade water-quality.

Keywords : Anyancheon, Hakuicheon, Ecosystem, In-stream flow, Water quality grade

I. 서 론

도시하천은 불투수층의 증가로 인한 기저유량의 감소, 하수 및 우수관거 설치로 인한 현지 하천 유출량 감소, 그리고 도시내 인구집중으로 인한 용수 수요 증가에 따른 하천 유량 및 지하수 감소 등으로 갈수기의 하천유량이 현저히 감소하고 있는 추세에 있다. 이로 인해 도시하천의 상류는 건천화가

* 환경관리공단 중앙검사소
** 한국건설기술연구원 건설환경연구부 수석연구원
*** 한국건설기술연구원 건설환경연구부 연구원
* Corresponding author. Tel.: +82-32-560-2427
Fax: +82-32-560-2209
E-mail address: chuni74@emc.or.kr

매년 되풀이되고 심하게는 하천 전구간이 건천화의 상태에 이를 정도로 하천 유량은 줄어든 상태에 있으며, 특히 이로 인한 하천 생태계 파괴, 하천 자정 작용 기능의 상실로 인한 수질악화, 도시하천의 대표적인 기능인 친수환경적인 역할도 제대로 수행하지 못하는 실정에 이르고 있다. 이에 따라 최근 수년간 도시하천을 중심으로 하천유지유량 확보와 친수환경기능의 강화 그리고 하천 생태계를 되살리려는 노력이 광주 광주천, 대구 신천, 양재천, 굴포천, 온산천, 안양천 등에서 제고 및 시행되고 있다. 특히 이들 하천은 하류의 하수처리장 방류수를 고도처리하여 상류에 방류함으로써 유지유량을 확보하려 하고 있다. 그러나, 공급하는 하수처리수가 시간·시기·월별로 수질이 고르지 않은 상태에서 도시 하천에서 친수환경기능과 하천 생태계를 복원할 수 있을 지는 미지수이다. 이에 최근 안양하수처리장에서 고도처리된 하수처리수를 학의천과 안양천에 각각 유량확보와 수질개선을 목표로 2003년부터 공급하고 있는 안양천 유역을 대상으로 수질 및 유량 모니터링을 실시하였고, 목표 수질 및 유량에 대한 대안을 제시하여 이를 대상으로 수질예측을 실시하였다.

II. 연구방법

1. 도시하천의 유지용수 산정 기준 및 방법

가. 하천유지용수의 정의

하천 유지용수는 하천기능의 유지, 즉 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는 데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는 데 필요한 최소한의 유량이다.

나. 도시하천의 유지용수 산정 기준 및 방법

도시하천의 유지용수는 하천의 자연적 기능을 유지하기 위한 용수와 도시하천의 특성을 보장하기 위한 용수 중 큰 값으로 해야 한다. 하천 본래기능

을 유지하기 위한 유량은 인간이 사용하는 물과는 별도로 하천 본래의 정상적인 기능을 충족시키기

Table 1 Criteria of computing in-stream flow considering water ecosystem

구분	생태계를 고려한 하천유지용수량 산정기준
수면 폭	<ul style="list-style-type: none"> · 육지 생태계 유지가 중요한 경우 육지부의 수면 근접도 고려 · 수서생태의 경우 중요 종의 서식 특성을 고려해 수면폭 결정 · 생태적 특이성이 없는 일반적 도시하천의 경우 경관에 필요한 수면폭 이용
유속	<ul style="list-style-type: none"> · 유속에 특히 영향을 받는 대표어종이 있는 경우 인위적 시설 등도 고려 · 일반적 도시하천의 경우 어느 정도 흐름이 확보 가능한 유속(0.2 m/s) 적용 · 하천 경사도에 따라 유속이 다양하므로 전 하천의 평균유속이 위에 근접토록 고려
수심	<ul style="list-style-type: none"> · 피라미 및 버들치가 대표어종인 경우 최소 10 cm 필요 · 대형 어종인 경우 일부 구간에 소를 고려하되 여울은 10 cm 이상 유지

Table 2 Criteria of computing in-stream flow considering the water-friendly activity and the river scene

구분	친수환경 및 하천경관을 고려한 하천유지용수량 산정기준
수면 폭	<ul style="list-style-type: none"> · 유량감을 느낄 수 있는 수면폭은 하천폭의 최소 20 %임. · 도시하천에 특별한 친수시설이 갖춰진 곳은 기능을 유지하도록 고려
유속	<ul style="list-style-type: none"> · 완만하고 느린 흐름을 느낄 수 있는 유속(0.2 m/s 이내)이 적당 · 물과의 접촉여부, 인근 친수시설의 기능을 고려
수심	<ul style="list-style-type: none"> · 도시하천의 경우 대표어종은 피라미같은 소형 어종이 바람직하며, 이 경우 최소 10 cm 이상 필요 · 어린이의 단순 물놀이가 예상되는 경우 20 cm가 적당하고 단순 산책 등의 경우에는 최소 10 cm 유지

위한 유량으로 하천의 수량 관리에 있어 반드시 고려해야 한다. 하천의 정상적인 기능과 상태라 함은 최소한의 자연갈수량 유지, 하천 동·식물의 생태계 보호 등이다. 이 중 Table 1과 Table 2에 생태계를 고려한 하천유지용수량의 산정기준과 친수 및 하천경관을 고려한 하천유지용수량의 산정기준을 제시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 조사지점 선정

하수처리수를 공급하고 있는 학의천과 안양천에 대한 조사는 수질, 유량, 생태부문 등에 대한 계획을 수립하여 Table 3과 같이 조사지점을 선정하였다. 학의천은 하수처리수 공급전·후, 이후 대한교 지점과 비산교지점에 대해 각각 지점을 선정하였고, 총 거리는 4.115 km로 조사되었다. 안양천은 하수처리수 공급전의 유량을 하수처리수를 공급하는 지점으로부터 약 1 km 상류에 위치한 호계교 지점에서 측정하였고, 공급후 유량은 동양교 아래서 측정하였다. 이후 비산대교, 안양대교, 그리고 안양하수처리장의 방류구 이후지점에서 유량을 측

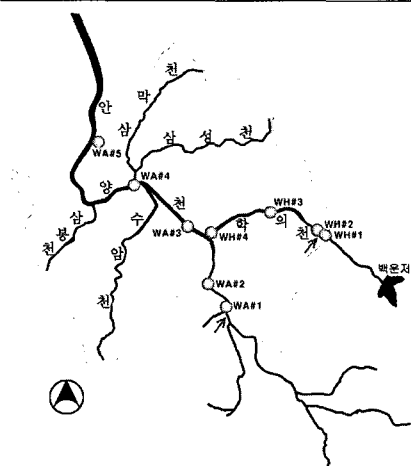
정하였고, 그 각각에 대해 수질시료를 채취하였다. 그리고, 총 누적거리는 약 10.762 km에 이르는 것으로 조사되었다.

나. 조사시기 및 방법

본 구역에서 조사목적은 홍수기를 관찰하기 위한 것이라기보다는 건기시 유지유량의 부족으로 인해 발생하는 문제점과 하수처리수를 유지용수로 공급시 그 유량이 적절한지, 그리고, 수질에 있어 크게 저해가 되는 부분은 없는 지를 관찰하기 위함이다. 따라서, 주로 하천유량 측정은 건기인 1~3월 사이에 이뤄졌고, 하천의 거리별 수심을 측정하여 통수 단면적을 계산하고 각 지점의 유속을 유속계(USGS Type AA-MH MODEL 6215, Rickly Hydrological Co.)로 측정한 후 통수 단면적과 유속을 곱하여 하천 유량을 계산하는 방법으로 조사를 하였다.

수질은 분석시료를 폴리에틸렌 재질의 1ℓ 용기에 채취하여 실험실로 운반 후 측정하였다. pH, BOD₅, COD, SS, T-N, T-P 등 6개 항목은 안양시의 안양천살리기 팀에 의해 2002년 1월부터 2003년 2월까지 매월 정기적으로 측정이 이뤄졌

Table 3 Monitoring points and accumulated distance of points



Streams or monitoring points	Accumulated distance (km)
Upstream to a rubber dam (WH #1)	0.000
Hakuicheon Indukwon bridge (WH #2)	0.065
Daehan bridge (WH #3)	1.883
Bisan bridge (WH #4)	4.115
Hogye bridge (WA #1)	0.000
Dongyang bridge (WA #2)	1.060
Anyangcheon Bisan bridge (WA #3)	3.658
Anyang bridge (WA #4)	5.960
Outlet of Anyang STP (WA #5)	10.762

고, pH, DO, BOD₅, COD, SS, T-N, NH₄-N, NO₃-N, T-P, 총대장균군수, 일반세균, 탁도, 색도 등 13개 항목에 대해서는 필요시 시료를 채취하여 한국건설기술연구원에서 Standard Method에 의해 측정하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 학의천의 하천 유지유량 공급

가. 학의천의 공급전 유량 및 수질현황

학의천의 하천 유량은 6회 측정결과 평균 약 0.045 m³/s가 흐르는 것으로 조사되었고, 유속은 약 0.065 m/s, 수심은 약 0.115 m로 나타났다. 이는 Table 1과 Table 2에 따르면 생태계를 고려하는 필요유량의 경우 수심은 0.1 m를 상회하여 적합한 것으로 나타났으나 유속은 어류 등이 살기에는 부적합한 흐름인 것으로 나타났다. 또한, 친수

환경 및 하천경관을 고려할 경우에는 유속 및 수심 모두 부적합하여 유량적인 측면에서 보았을 때 학의천은 부족한 양을 하천에 공급해야 할 것으로 나타났다.

그러나, 공급가능 유량이 확보되었다 하더라도 수질을 고려하지 않을 경우 수질악화로 인해 2, 3 급수에서 생존 가능한 갈겨니와 피라미 등이 사라질 것이고 하천의 수질상태가 1급수일 경우에는 하도내 하천수질환경을 뒤바꿔 놓을 가능성이 있어 이를 충분히 검증한 상태에서 공급해야 할 것으로 조사되었다. 학의천의 경우 BOD₅ 평균이 시기·지점별로 차이가 있으나 2~3 mg/l의 수질로서 안양천 수계의 다른 하천에 비해 양호한 것으로 나타났다. Fig. 1의 각 지점별 수질 평균이 차이가 있는 것은 중류와 하류의 수질이 가장 악화되었던 3월 측정이 상류인 WH#2지점의 경우 결여되었기 때문인 것으로 나타났고 건기인 12~4월을 제외한 시기에는 대체로 모든 지점이 2 mg/l을 전후한

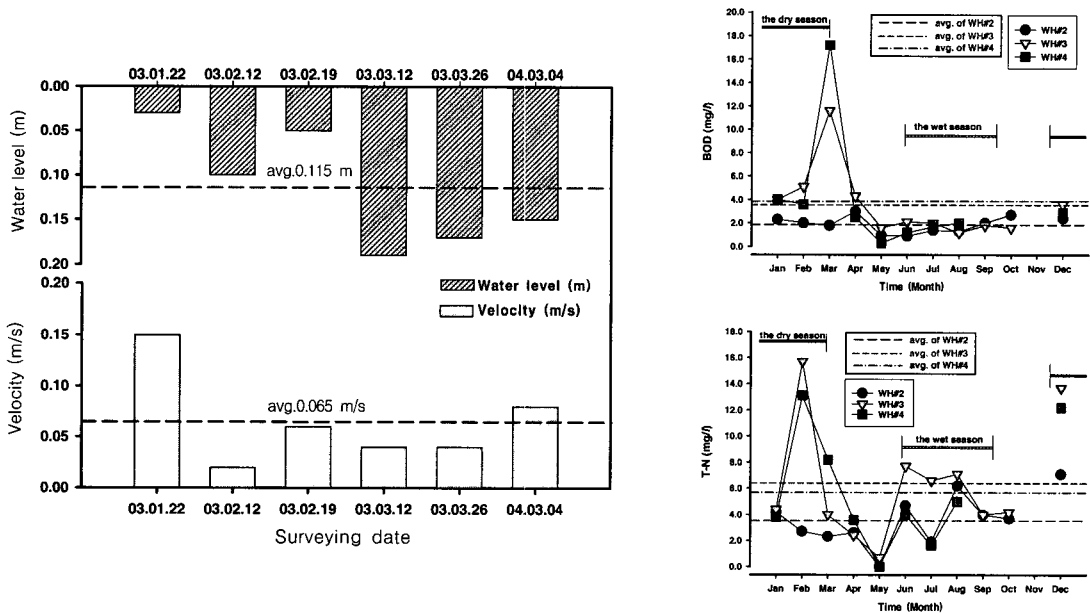


Fig. 1 Results of velocity, water level (left) and BOD₅ & T-N (right) investigated without securing instream flow in Hakuicheon

것으로 측정되었다. 따라서, 지점별 또는 시기별 수질을 개선하고 유량을 확보하기 위해서는 건기의 수질 및 유량의 조건에 적합하도록 공급해야 할 것으로 나타났다.

나. 학의천의 하수처리수 공급에 따른 결과

학의천의 유지유량확보와 하천 생태계 보호를 위해 2003년 12월 31일부터 안양하수처리장의 고도처리수 0.243 m³/s를 관로를 통해 상류에 방류하였다. 방류전의 수심과 유속이 각각 0.11 m, 0.06 m/s이었던 것이 상류 유속은 0.10 m/s를 초과하였고, 더욱이 하류의 경우 평균 0.25 m/s까지 상승한 것으로 나타났다. 그러나, 수심은 기점에서 2 km 지점까지는 상승하는 듯 보였으나 이내 수심이 감소하여 0.10 m 이하로 측정되었다. 이는 이 구간이 하도주변의 지하수위 저하로 인해 하천 유량이 지하에 함양되고 있는 것으로 판단되고, 하도를 구성하는 토양이 배수가 양호한 입자로 구성되어 있기 때문으로 보인다. 결과적으로 학의천의 상류 유량은 하폭과 수심, 유속을 생태계와 하천경관을 고려하였을 때 각각 0.350 m³/s와 0.699 m³/s가 유입되어야 함에도 이에 미치지 못하는 것으로 나타났고, 특히 학의천과 같은 지하수량이 부족한 하천의 경우 이를 충분히 고려한 공급방안이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

수질은 BOD₅ 항목을 대상으로 2003년 1월부터 2004년 2월까지 매월 측정된 자료를 우기(4~9월)와 건기(10~3월)로 나누어 표시하였다. 이 기간의 전체 평균을 기준으로 보았을 때 건기의 수질은 평균보다 높게 나타났고, 우기의 수질은 평균보다 낮은 것으로 나타나 학의천의 수질은 외부에서 유입되는 유량의 수질에 의해 좌우되는 것으로 평가되고 있다. 따라서, 건기시의 유량확보와 생태계 보전이라는 목표 달성을 위해서는 하천수 자체 수질보다 악화된 수질의 유량을 방류할 경우 하도내 하천을 악화시킬 우려가 있어 생태계 보전을 하기 보다는 오히려 하천생태계를 파괴하는 원인이 될

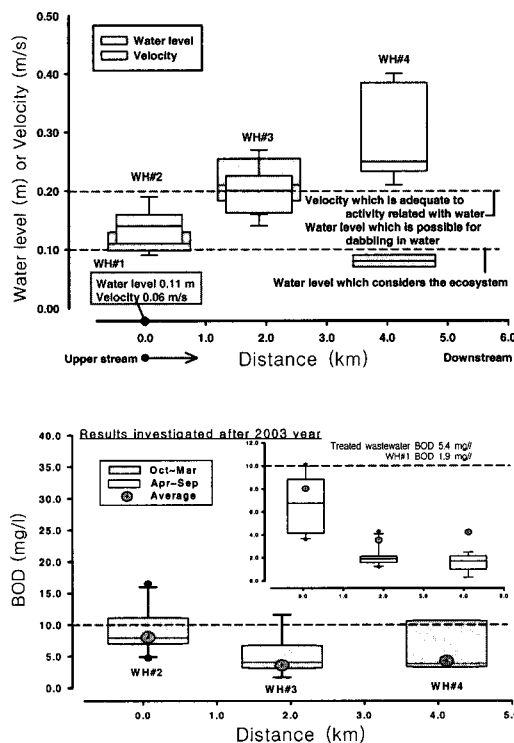


Fig. 2 Results of current, depth (left) and BOD₅ (right) investigated in discharging treated wastewater 0.243 m³/s between WH#1 and WH#2 of Hakuicheon

것으로 보인다.

Table 4는 학의천의 물과 하수처리수의 수질을 13가지 항목별로 비교한 것으로 탁도와 T-P를 제외한 모든 항목에서 하수처리수의 수질이 더 좋지 않은 것으로 나타나 하수처리수를 방류할 경우 수질이 더 악화됨으로써 유량확보에 따른 생태계 및 수질적인 측면에서의 손실이 클 것으로 평가되었다.

다. 학의천의 목표어종에 따른 유량 및 수질 조건

학의천에 대해 측정된 결과를 근거로 평균 수질 및 유량을 정리하였고, 평균수질은 하천 수질환경기준에 제시된 항목을 기준으로 제시하였다.

앞에서 제시한 하천경관을 고려한 산정기준을 적용할 경우 하천폭이 17.5 m로서 총 필요유량이

Table 4 The comparison of water quality of Hakuicheon and the treated sewage

Section (average)	pH	DO	BOD ₅	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	T-P	Total coliforms	General bacteria	Turbidity	Chromatity
Hakuicheon	7.8	10.3	1.5	8.5	2.9	3.20	0.29	2.67	0.42	4,567	3,050	2.39	16
Treated sewage	7.3	8.3	5.4	24.3	2.5	16.29	12.77	1.16	0.09	5,362	27,640	1.91	38

* The unit of DO, BOD₅, COD, SS, T-N, NH₄-N, NO₃-N, T-P is mg/ℓ, pH no unit, and Total coliforms MPN/100 ml, General bacteria CFU/ml, Turbidity NTU, Chromatity degree.

0.699 m³/s이고, 학의천의 유량(0.045 m³/s)을 제외한 0.654 m³/s만큼 추가 공급해야 할 것으로 나타났다. 생태계만을 고려할 경우에는 이보다 적은 0.305 m³/s를 추가로 공급해야 하는 것으로 산정되었다.

Table 5는 하천수질환경기준과 등급별 목표어종을 한 어종씩 예로 제시한 것이고, 이 기준을 만족하기 위해서는 Table 6을 만족해야 할 것으로 산정되었다. 실제로 산정된 수질과 공급된 하수처리

수를 비교한 결과 pH, DO, SS는 모든 산정 기준 및 수질 등급에서 만족하는 것으로 나타났으나 BOD₅ 항목이 2등급을 만족하기 위해서는 최소 3.2 mg/ℓ가 되어야하지만 5.4 mg/ℓ로 다소 높게 나타났다. 대장균수의 경우 1등급 기준은 학의천에서 이미 그 기준을 초과하고 있어 적용에 어려움이 있으나, 2등급 및 3등급 기준은 공급유량에 대해 살균소독의 수준을 강화한다면 충분히 가능하리라 판단된다.

Table 5 River water quality standard and targeting kind of fish according to it

Water quality grade	Targeting kind of fish	pH	BOD ₅ (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	Total coliforms (MPN/100 ml)
Grade I	Chinese minnow	6.5~8.5	below 1.0	below 25	over 7.5	below 50
Grade II	Fresh water mandarin fish	6.5~8.5	below 3.0	below 25	over 5.0	below 1,000
Grade III	Chinese weatherfish	6.5~8.5	below 6.0	below 25	over 5.0	below 1,000

Table 6 Computed water quality of treated sewage classified by the water quality grade of Hakuicheon

Section (flow)	Water quality grade	pH	BOD ₅ (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	Total coliforms (MPN/100 ml)
Water-friendly activity	Grade I	6.5~8.5	below 1.0	below 27	over 7.3	-
	Grade II	6.5~8.5	below 3.1	below 27	over 4.6	below 7,556
	Grade III	6.5~8.5	below 6.3	below 27	over 4.6	below 50,297
Water ecosystem	Grade I	6.5~8.5	below 0.9	below 28	over 7.1	-
	Grade II	6.5~8.5	below 3.2	below 28	over 4.2	below 4,753
	Grade III	6.5~8.5	below 6.7	below 28	over 4.2	below 50,637

2. 안양천의 하천 유지유량 공급

가. 안양천의 공급전 유량 및 수질현황

안양천은 매년 수질이 개선되는 양상을 보이고는 있으나, 불과 2~3년 전 안양천 상류의 수질은 BOD₅ 20 mg/ℓ 이상으로 안양시, 의왕시, 군포시 등에서 배출되는 각종 오염원에 의해 심화되어 왔다. 이를 개선하기 위해 상대적으로 오염이 심한 산본천, 당정천 등의 하천을 차집관거를 통해 하수처리장으로 이송함으로써 해결하고 있으나 여전히 상류의 수질은 BOD₅ 10 mg/ℓ 전후의 수질로서 개선해야 할 많은 여지를 남겨두고 있다.

한편, 안양천의 하천 유량은 6회 측정결과 평균 약 0.195 m³/s가 흐르는 것으로 조사되었고, 평균 유속은 약 0.255 m/s, 평균 수심은 약 0.088 m로 나타났다. 이는 Table 1과 Table 2에 따르면 생태계를 고려하는 필요유량의 경우 유속은 0.2 m/s를 상회하여 적합한 것으로 나타났으나 수심은 유량에 비해 넓은 하폭으로 인해 최소 기준에도 미치지 못하는 것으로 측정되었다. 이는 안양천으로 유입되는 일부 상류흐름을 차집관거에 의해 하류로 강제배송시키기 때문에 이전의 풍부했던 유량이 결론적으로 부족하게 되는 현상을 불러온 것으로 판단된

다. 그리고, 유지유량 공급전 수질적인 측면에서 Fig. 3과 같이 각 주요 지점별로 매월 조사하였다. 그 결과, 유지유량을 공급하게 될 WA#2지점과 안양하수처리장의 방류구가 위치한 WA#5지점이 수질이 나쁜 것으로 나타났고, 안양천보다 상대적으로 수질이 양호한 학의천이 합류되는 시점 이후에는 희석과 자체 정화작용으로 수질이 개선되는 것으로 조사되었다. 시기별로는 건기인 12~3월의 수질이 우기인 6~9월보다 더 나은 것으로 나타났다. 결과적으로, 건기시 악화된 수질 향상을 도모하고 차집관거의 설치로 인해 부족한 하천유지유량을 고려하여 안양시에서는 2002년 12월 31일 학의천의 유지유량 공급시점을 기준으로 안양천에 0.179 m³/s의 하수처리수를 공급하고 있다.

Table 8 The average BOD₅ of each monitoring site on the specific period

Monitoring site	Average BOD ₅ (mg/ℓ)	
	Wet period (Jun.~Sep.)	Dry period (Dec.~Mar.)
WA #2	9.1	13.1
WA #3	3.9	6.4
WA #4	2.5	7.0
WA #5	8.5	14.4

Table 7 Yearly average BOD₅ and monitoring sites of Anyangcheon

Yearly average BOD ₅		Monitoring site	
	Anyangcheon 1	up	Gunpogyo, Danjeong-dong, Gunpo-si, Gyeonggi-do
	Anyangcheon 2		Bisandaegyo, Bisan-dong, Anyang-si, Gyeonggi-do
	Anyangcheon 3	↓	Front of Dong-a Pharmaceutical Co., Seoksu-dong, Anyang-si, Gyeonggi-do
	Anyangcheon 4		Gocheokyo, Gocheok-dong, Guro-gu, Seoul
	Anyangcheon 5	down	Yanghwagyo, Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul

※ Data of Ministry of Environment

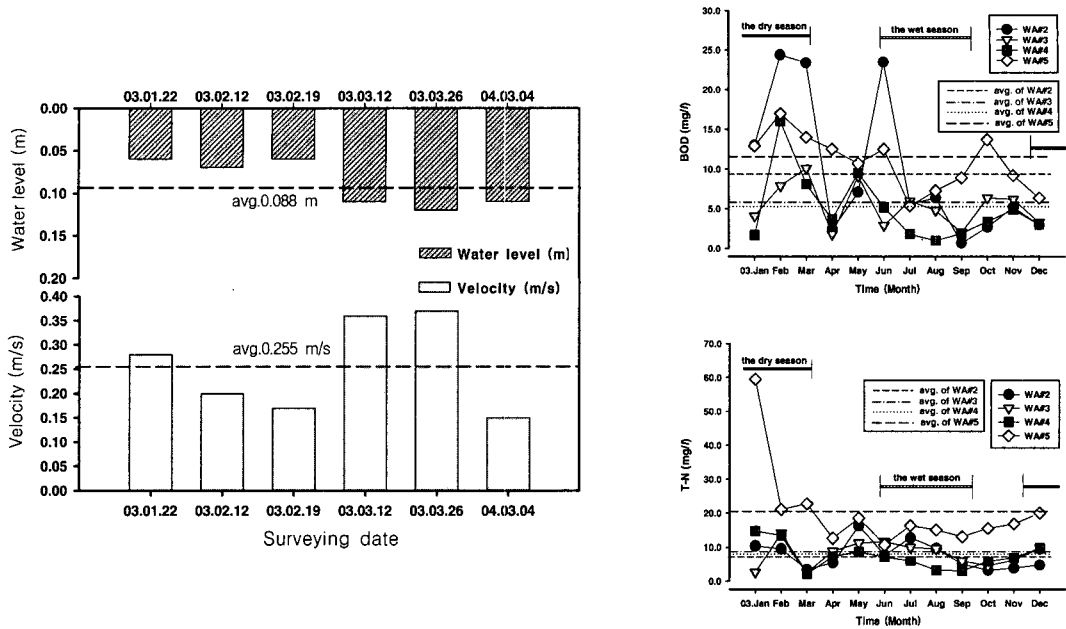


Fig. 3 Results of velocity & water level (left) and BOD₅ & T-N (right) investigated without securing in-stream flow in Anyangcheon

나. 안양천의 하수처리수 공급에 따른 결과
 안양천 상류에 하수처리수 0.179 m³/s를 방류한 결과 방류전·후 지점인 WA#1과 WA#2의 평균 수심은 늘어난 반면, 평균 유속은 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한, 유속과 수심의 최대 및 최소값의 차가 현저히 줄어든 양상을 보이고 있어, 유지유량을 공급하기 전에 발생하였던 수심의 갑작스런 감소에 따른 문제점을 시정할 수 있었던 것으로 평가된다. 그러나, 생태계 및 친수환경을 고려한 수심을 고려해 보았을 때 여전히 부족한 것으로 나타나 좀 더 많은 양의 유지유량을 확보하기 위한 대안이 필요할 것으로 판단된다. 결과적으로 안양천의 상류 유량은 하폭과 수심, 유속을 생태계와 하천경관을 고려하였을 때 각각 0.344 m³/s와 0.688 m³/s가 유입되어야 함에도 이에 미치지 못하는 유량이 흐르고 있는 것으로 조사되었다.

수질은 BOD₅ 항목을 대상으로 2003년 1월부터 2004년 2월까지 매일 측정된 자료를 우기(4~9

월)와 건기(10~3월)로 나누어 표시하였다. 이 기간의 전체 평균을 기준으로 보았을 때 건기의 수질은 유지유량 공급시점을 기준으로 상류의 수질은 차집관거의 설치로 평균 7 mg/ℓ 정도로 조사되고 있으나, 공급 이후 평균 15 mg/ℓ 이상으로 수질이 악화된 것으로 나타났다. 이는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 WA#2지점의 편차가 다른 지점에 비해 월등히 큰 것으로 보아 유입되는 유지유량의 시간별 BOD₅ 농도차가 매우 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 이를 중간값으로 되짚어보면 농도값은 유지유량 공급 후에 낮아지는 것을 확인할 수가 있다. 한편 우기의 수질은 건기의 수질에 비해 대체로 양호한 수질을 보이고 있는 것으로 나타나 여전히 건기와 우기의 수질은 그 차이가 약간은 줄었을지라도 매년 수질 집중관리대상 기간은 건기에 이뤄져야 할 것으로 나타났다.

Table 9은 안양천과 하수처리수의 수질을 13가지 항목별로 비교한 것으로 BOD₅, DO, SS, T-P,

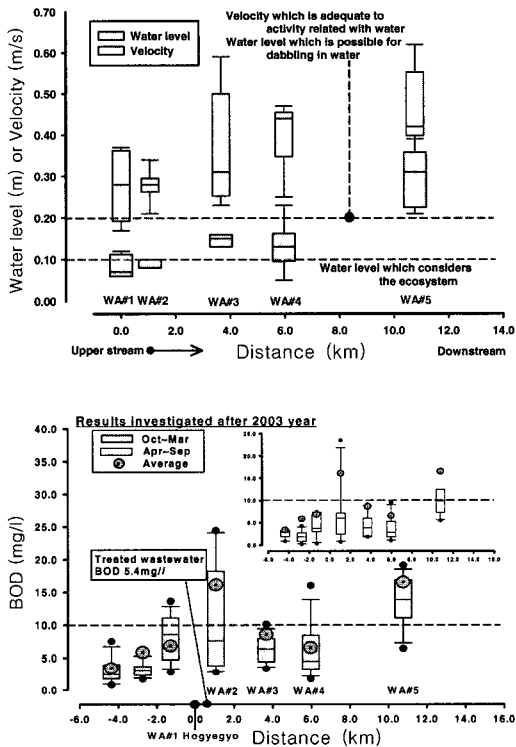


Fig. 4 Results of velocity, water level (left) and BOD₅ (right) investigated in discharging the treated wastewater 0.179 m³/s between WA#1 and WA#2 of Anyangcheon

총대장군군수 등에서 하수처리수의 수질이 비교적 더 나은 것으로 나타났으나, COD 및 일반세균, 그리고 T-N은 높게 검출되고 있는 것으로 조사되었다. 이를 통해 전체적인 유기물은 더 많은 양이 유입될지라도 유속이 빠른 안양천의 경우 COD보다

는 BOD₅의 영향이 크다고 볼 수 있어 오염물의 양을 규정지을 수 있는 실제적인 하천의 유기물은 줄어든다고 봐야 할 것이다. 그러나, 하천이라고 하더라도 보나 소 등이 존재할 때 COD의 영향은 커지고 게다가 영양염류의 급격한 증가는 각종 조류를 양생할 수가 있어 이에 크게 신경써야 할 것으로 보이며, 안양천의 경우에 이러한 조짐이 보이고 있는 것으로 조사되었다.

다. 안양천의 목표어종에 따른 유량 및 수질 조건 안양천에 대해 측정된 결과를 근거로 평균 수질 및 유량을 정리하였고, 평균수질은 하천 수질환경기준에 제시된 항목을 기준으로 제시하였다.

앞에서 제시한 하천경관을 고려한 산정기준을 적용할 경우 하천폭이 17.2 m로서 총 필요유량이 0.688 m³/s이고, 안양천의 유량(0.195 m³/s)을 제외한 0.493 m³/s만큼 추가 공급해야 할 것으로 나타났다, 생태계만을 고려할 경우에는 이보다 적은 0.149 m³/s를 추가 공급해야 하는 것으로 산정되었다.

학의천의 예와 마찬가지로 Table 12의 실제로 산정된 수질과 공급된 하수처리수를 비교한 결과 pH, SS는 모든 산정 기준 및 수질 등급에서 만족하는 것으로 나타났으나 BOD₅ 항목이 2등급을 만족하기 위해서는 최소 0.6 mg/ℓ로서 하수처리수를 고도처리를 도입하더라도 불가능한 것으로 평가된다. 그러나, 3등급의 경우 생태계를 고려한 유량보다는 친수환경을 고려한 필요유량일 때 가능할

Table 9 Comparison of water quality of Anyangcheon and treated sewage

Section (average)	pH	DO	BOD ₅	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	T-P	Total coliforms	General bacteria	Turbidity	Chromatity
Anyangcheon	7.1	7.0	9.1	19.8	3.7	9.23	6.51	1.97	0.18	16,000	19,700	4.93	28
Treated sewage	7.3	8.3	5.4	24.3	2.5	16.29	12.77	1.16	0.09	5,362	27,640	1.91	38

※ The unit of DO, BOD₅, COD, SS, T-N, NH₄-N, NO₃-N, T-P is mg/ℓ, pH no unit, and Total coliforms MPN/100ml, General bacteria CFU/ml, Turbidity NTU, Chromatity degree.

것으로 나타났다.

3. 대안별 수질예측

수질예측은 안양천을 중심으로 Qual2e 모형을 이용하여 수행하였고 Head water는 1개를 두었고 대상하천의 수리학적 특성이 유사한 구간(Reach)으로 구분하였으며, 계산 소구획의 길이는 2.0 km로 하였다.

가. 수질예측 대안 설정

각 하천의 수질등급을 만족하기 위해 설정한 대안은 Table 11과 같다. 하수처리수는 안양하수처리장에서 처리된 하수를 학의천과 안양천에 각각 공급하므로 수질은 같으나 각각의 친수환경을 고려

할 것인지와 생태계를 고려할 것인지에 따라 유량을 달리할 수 있으므로 대안을 총 8가지로 구분하였다.

나. 대상유역의 기초자료 조사 및 모형구성

안양천유역의 지형 및 지질, 하상경사, 대표지점의 유황, 유로연장, 유역면적을 조사하였고, 지점별 수질(BOD₅, DO, T-N, T-P, SS, 수온 등) 및 배수구역의 오염원, 그리고 오염부하량(BOD₅, T-N, T-P)을 측정·산정하였다.

또한 대상하천을 구획화하고 각 구획별 수리상수를 산정 또는 입력한 후 각 구획별 유입량 및 수질 조사를 통해 수집한 자료를 통해 반응계수의 보정 및 적용을 하였다.

Table 10 Computed water quality of treated sewage classified by the water quality grade of Anyangcheon

Section (flow)	water quality grade	pH	BOD ₅ (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	Total coliforms (MPN/100 ml)
Water-friendly activity	Grade I	6.5~8.5	-	below 33	over 7.7	-
	Grade II	6.5~8.5	below 0.6	below 33	over 4.2	-
	Grade III	6.5~8.5	below 4.8	below 33	over 4.2	below 6,595
Water ecosystem	Grade I	6.5~8.5	-	below 53	over 8.2	-
	Grade II	6.5~8.5	-	below 53	over 2.4	-
	Grade III	6.5~8.5	below 2.0	below 53	over 2.4	-

Table 11 Discharge and water quality of Hakuicheon and Anyangcheon on each scenario

Scenario	Index	Hakuicheon			Anyangcheon	
		Discharge (m ³ /s)	BOD ₅ (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	Index	Discharge (m ³ /s)
I	Water-friendly activity	0.654	1.0	7.3	Water-friendly activity	0.493
II		0.654	1.0	7.3	Water ecosystem	0.149
III		0.654	3.1	4.6	Water-friendly activity	0.493
IV		0.654	3.1	4.6	Water ecosyste	0.149
V	Water ecosystem	0.305	0.9	7.1	Water-friendly activity	0.493
VI		0.305	0.9	7.1	Water ecosystem	0.149
VII		0.305	3.2	4.2	Water-friendly activity	0.493
VIII		0.305	3.2	4.2	Water ecosystem	0.149

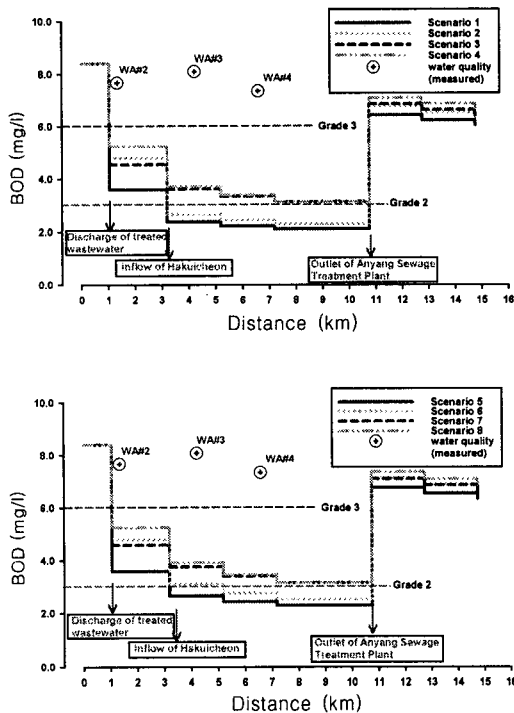


Fig. 5 Results to simulate water quality by distance on each scenario

다. 모의 결과

상류에 대안과 같이 유지유량을 공급할 경우 안양천의 수질은 현재보다 훨씬 나아질 것으로 모의되었다. 8가지 대안 모두 안양천의 수질을 4~5등급에서 3등급으로 개선하는 데는 문제가 없는 것으로 나타났고 특히 대안 1과 대안 5 즉, BOD₅ 1등급의 수질을 갖는 유량을 유지유량으로 공급할 때 안양천은 2등급으로 개선할 수 있을 것으로 나타났다. 그리고 상대적으로 깨끗한 지류가 유입될 경우 수질 개선 효과가 큰 것으로 모의 결과 제시되었고, 하수처리장에서 다량의 물을 방류하여 하류는 수질이 악화되는 것으로 조사되었다.

IV. 결 론

하천유지용수로서 최근 다양하게 사용되고 있는 하수처리수를 사용한 안양천 유역의 안양천 본류구

간과 학의천 구간에 대해 수질 및 유량에 대한 모니터링을 실시하였고 이에 따른 필요 유량 및 수질에 대한 대안을 제시하여 수질예측을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 학의천의 4지점에 대해 모니터링을 실시하였고, 하수처리수 0.243 m³/s를 하천유지 용수로 추가 공급한 후 수심과 유속이 각각 수생태계의 필요 유량은 만족하였으나 여전히 친수환경의 권고 수심인 0.2 m에는 미치지 못하는 것으로 나타났고 특히 하류로 갈수록 수심이 줄어드는 현상을 나타내었다.

2. 학의천의 수질은 하수처리수 공급 후 각 지점의 평균 수질이 약 4.0 mg/l 이상을 나타내어 유지유량에 의해 수질이 좌우되고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 학의천을 2등급 수준의 수생태계를 고려한 필요유량에 적합한 수준으로 할 경우 유지수의 BOD₅ 및 공급유량이 각각 3.2 mg/l, 0.350 m³/s로 산정되었다.

3. 하수처리수 0.179 m³/s를 하천유지수로 추가 공급한 후의 안양천은 수심이 약간 증가한 것으로 조사되었으나, 유속은 차이가 없는 것으로 나타났고, 수질은 이에 반해 다소 낮아진 것으로 나타났다.

4. 안양천을 3등급 수준의 친수환경을 고려한 필요유량에 적합한 수준으로 제고할 경우 유지수의 BOD₅ 및 공급유량이 각각 4.8 mg/l, 0.688 m³/s로 산정되었다.

5. 8가지 대안을 설정하여 Qual2e를 수행한 결과 모두 안양천의 수질을 현재의 4~5등급에서 3등급으로 개선할 수 있을 것으로 나타났고, 특히 BOD₅ 1등급의 수질을 갖는 유지유량을 공급할 때 안양천은 2등급으로 개선할 수 있을 것으로 나타났다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 4-5-1)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Ministry of Construction & Transportation, 2002, Standard for Designing Waterways, Ministry of Construction & Transportation, Water Resources Bureau, pp.481-484.
2. Kim, Kyu-Ho, Sun-Mi Kim, Sam-Hee Lee and Hyo-Seop Woo, 1996, Development and Application on Determination of Instream Flows, Magazine of Korea Water Resources Association, 29(5), pp.185-202.
3. Daejeon Metropolitan City, 2003, Study on Construction of Ecological River in a City (Overall Report), Daejeon Metropolitan City, pp.185-358.
4. Park, Ro-Sam, Soo-Sik Lee and Seung-Seop Ahn, 1998, Study on the Determination of the Maintenance Flow in Urban Stream for the Water Quality Conservation, Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 20(2), pp.287-304.
5. Seoul Regional Construction Management Office, 2002, Basic Plan for Maintaining River on Anyangcheon(Complement), Ministry of Construction & Transportation, pp.23-31.
6. Anyang City, 2001, 2001 Comprehensive Plan for Purifying Anyangcheon(Abridgement), Anyang City, pp.95-156.
7. Lee, Gong-Beom, Yong-Gu Kim and Seong-Cheon Park, 2004, Decision on Water Quality Concentration to Instream flow of the Gwangju Cheon, Journal of Korean Society of Water Science and Technology, 12(1), pp.67-74
8. Yeong-Hwa Lee, 1996, A Study on the Estimation of River Management Flow in Urban Basin, Journal of Korean Society of Environment Science, 5(3), pp.377-385.
9. Lee Tea-Ho, In-Han Kim and Choo-Yeun Moon, 1996, A Study on the Prediction of the Water Quality of Hyung-San River by QUAL2E, Journal of Korean Society of Environment Management, 2(1), pp.72-79.
10. In-ha University, 2003, Development of Sustainable Water Resources(the Final Report), Ministry of Science and Technology, pp.750-769
11. Choe Ji-Yong, 2001, A Study on Calculating and Securing the Stream Maintenance Water Demand in Urban Watershed, The Korea Spatial Planning Review, 32, pp.63-76.
12. Choi Hyoung-Sub, Tae-Ju Park and Jong-Soo Heo, 1995, Application of QUAL2E Model to Water Quality Prediction of the Nam river, Korean Journal of Agriculture and Environment, 14(1), pp.7-14.
13. Water quality Monitoring Network of Ministry of Environment, <http://water.nier.go.kr/>