

자연형 하천 온천천의 물환경 특성 - 하천유지 용수 공급 전, 후 -

권 동 민 · 손 정 원 · 유 은 희 · 정 재 원 · 윤 나 나 · 황 인 정 · 권 기 원 · 빈 재 훈 · 최 흥 식
부산광역시 보건환경연구원 환경조사과
(2007년 3월 9일 접수; 2007년 6월 5일 채택)

Characteristics of Aquatic Environment in Close-to-Nature Onchun Stream - Before and After the Flowing of the Nakdong River -

Dong-Min Kwon, Jun-Won Son, Eun-Hee Yoo, Jae-Won Jeong, Na-Na Yun,
In-Jung Hwang, Ki-Won Kwon, Jae-Hun Bin and Hong-Sik Cheigh

Division of Environmental Research, Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Busan 613-806, Korea
(Manuscript received 9 March, 2007; accepted 5 June, 2007)

In order to improve the water environment at urban streams in Korea, several river restoration projects have been initiated for past few years. This study evaluates the impact of diverting water application at the riverhead of Onchun stream through the monitoring program for several water quality and ecological parameters. Various water quality parameters and ecological item such as benthic macroinvertebrates has been investigated between 09/05 and 12/06. Analysis indicates that the application of diverting water from Nakdong river to Onchun stream distinctly improved several water quality parameters such as, PH, BOD, TN, TP and concentrations of heavy metals. Low flow augmentation also improve ecological indicies such as the diversity index of benthic macroinvertebrates. Generally speaking, releasing addition water from head water of Onchun stream improves various water environmental characteristics.

Key Words : Water quality, Macroinvertebrate, Onchun stream

1. 서 론

경제발전으로 생활에 여유가 생기면서 하천환경에 대한 관심이 높아지고 훼손된 하천을 원래의 자연스러운 하천 상태에 가깝게 복원하여 하천을 시민의 휴식공간으로 이용하고자 하는 요구가 늘어나고 있으며 이 요구에 대한 결과는 자연형 하천의 복원으로 가지화되어 가고 있다. 이미 선진국에서는 하천과 관련된 생태적 복원운동과 복원사업 등이 수행되고 있다. 특히 독일, 스위스, 미국, 일본 등의 하천 복원에 대한 다양한 사례들이 국내에 소개되고 있으며, 스위스의 '하천재생(Wederbelebung)' 독

일의 '하천 재자연화(Renaturierung der Gewasser)' 일본의 '다자연형하천가꾸기' 등의 내용에 대해서는 일부 검토가 이루어졌다. 이러한 외국의 자연형하천 개념에 대해 국내에서도 그 필요성에 대한 공감대가 형성되어 훼손된 하천환경을 재생, 복구하고자 하는 시도 및 연구가 이루어지고 있다¹⁾. 부산광역시에서도 대표적 도심하천인 온천천을 시민의 품으로 돌려주기 위한 온천천 살리기 운동 확산 등에 의해 자연형 하천으로 복원되고 있다.

온천천은 경상남도 와 부산광역시 경계지역에 위치하고 있는 금정산에서 발원하여 유로 14.85km를 형성하면서 도심 밀집 주거지역을 관류하는 지방2급 하천으로서 하상경사가 급한 산지하천이며 14개의 지천으로 구성 되어있다. 지난 10여 년간 다수의 계획이 수립되어 하천정비를 추진해오면서 주로 치수기능을 고려한 원활한 유수를 위하여 저수로를

Corresponding Author : Dong-Min Kwon, Division of Environmental Research, Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Busan 613-806, Korea
Phone: +82-11-9305-8438
E-mail: kdm8438@hanmir.com

콘크리트라이닝으로 하여 하천환경을 악화시켜 생물이 살지 못하는 죽은 하천이었으나 온천천유역에 1999년부터 콘크리트 하천바닥을 걷어내는 등 자연형 하천 복원사업을 시작하여 하수관거를 정비하고 자연형 하천공법을 적용한 다양한 호안기법과 수질정화를 위한 접촉산화법 등이 적용되어 하천환경이 개선되어 최근 많은 시민이 이용하고 있으나, 갈수기에는 하수 차집에 따른 하천유지 용수 절대부족 현상으로 자연형 하천의 기능을 상실하고 있다²⁾. 건전한 생태계와 쾌적한 환경 유지를 위해 2005년 11월부터 낙동강 물을 온천천 하천유지용수로 공급하여 수질개선 및 생태복원을 추진하고 있다.

본 연구에서는 온천천의 하천환경을 효과적으로 관리하기 위하여 하천유지용수 공급 전, 후를 중심으로 이화학적 수질과 저서무척추동물 등 물환경 생태의 변화 및 상호관계를 구간별로 다면 평가하여 자연형 하천 복원사업 후의 성과와 향후 예상될 문제점 및 다른 자연형 하천 조성 시 하천환경 평가의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 조사지점 및 기간

본 연구의 조사지점으로는 온천천의 기점인 청룡교를 기준으로 주변 환경을 고려하여 상류 2개 지점(하천유지용수로 낙동강물이 통수되는 청룡 2호교, 태광산업 지점), 중류 2개 지점(금정구청, 온천교 지점), 하류 2개 지점(세병교, 연안교 지점) 총 6개 지점을 선정하였으며, 위치는 Fig. 1에 나타내었다. 조사기간은 2005년 9월부터 2006년 11월까지이며, 이화학적 수질조사는 각 지점별로 월 1회 실시하였고 수질데이터는 조사기간 동안의 평균치를 적용하였다. 그리고 저서성 대형무척추동물조사는 분기 1회 실시하였다.

2.2. 시료채취 및 조사방법

2.2.1. 이화학적 수질조사

수질의 이화학적 성분분석을 위한 조사로서 수온, pH, DO항목은 현장 측정기(YSI-556MPS)를 이용하여 현장에서 바로 측정하였고, BOD, TN, TP 등은 시료채취 후 즉시 실험실로 운반하여 수질오염 공정시험방법³⁾에 의거하여 분석하였다.

2.2.2. 저서성 대형무척추동물 조사

저서성대형무척추동물 채집은 계류용 정량채집망인 Suber net(30×30cm, 망목 0.5mm)(Hauer et al.,⁴⁾)을 사용하여 각 조사지점에서 가능한 한 미소서식처(riffle, run, pool)를 구분하여 3회씩 정량 채집하였다.

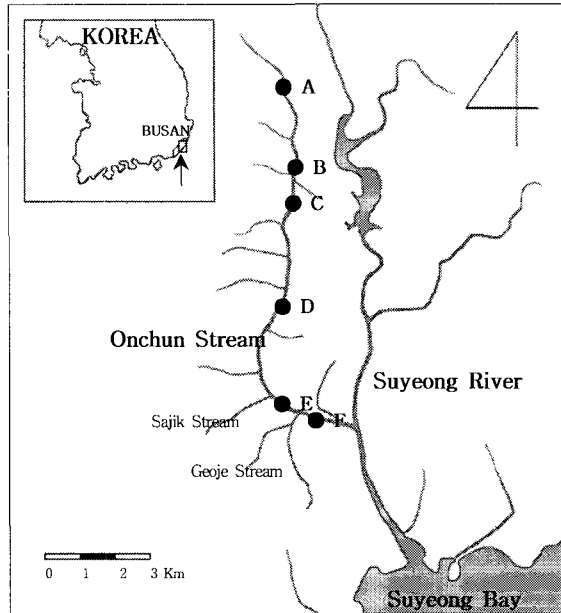


Fig. 1. Map of the Onchun stream showing sampling sites. A : 청룡2호교, B : 태광산업, C : 금정구청, D : 온천교, E : 세병교, F : 연안교

채집된 표본은 현장에서 10%포르말린으로 고정하였으며 실험실로 운반한 후 sorting하여 10%에탄올에 보관하였으며, 생물 종의 분류는 윤⁵⁻⁶⁾, 정⁷⁾, Dennis⁸⁾, Merritt and Cummins⁹⁾를 참조하여 실시하였다. 종 수준까지 분류가 어려운 종은 외부형태가 확연히 구별되는 종을 대상으로 임의로 과나 속 수준 등에서 sp 1. 등의 형태로 정리하였다.

저서성대형무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해 채취시기 및 지점별로 개체수와 종수, 종다양성지수, 우점도지수를 비교하였다.

종다양성지수는 Shannon-wiener function(H') (Pielou)¹⁰⁾에 따라 산출하였으며, 산출식은 아래와 같다.

$$H' = \sum (ni/N) \cdot \log(ni/N)$$

(ni : i 종의 개체수, N : 총개체수)

우점도지수는 McNaughton's dominant index(DI) (McNaughton)¹¹⁾를 이용하여 산출하였고 산출식은 아래와 같다.

$$DI = (n1 + n2)/N$$

(n1 : 우점종, n2 : 아우점종, N : 총개체수)

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 하천유지용수 공급 전, 후 지점별 수질변화
온천천은 자연형 하천 조성사업의 일환으로 하수

관거정비 등으로 인하여 수질은 급격히 개선되고 있으나 특히, 갈수기에는 하천유지 수량의 절대적 부족으로 하천 본래의 기능을 상실하고 있어 생태계의 장기적 안정성과 쾌적한 하천환경을 유지하기 위하여 하천유지용수로 낙동강 물을 도수하여 2005년 11월부터 현재까지 30,000 ~ 50,000톤/일을 온천천 상류인 A지점 3곳으로 분산하여 유입시키고 있다¹²⁾.

Fig. 2.는 하천유지용수 공급 전, 후 수질상태를 비교분석한 결과를 나타낸 것으로 하천유지용수로 낙동강 물을 통수하기 전, 후의 구간별 BOD농도 변화 조사결과를 보면 외부오염원이 거의 없는 최상류의 A지점은 낙동강 물 통수 전에는 BOD 0.4mg/L의 1급수의 수질을 나타내고 있으나 인구가 밀집한 도심지인 중상류인 B지점을 지나면서 급격히 수질이 악화되다, 중하류인 D지점에서 다소 수질이 개선되는 추세를 보이다, 하류로 갈수록 다시 수질이 상당히 악화되는 현상을 나타냈다.

중류지점에서 다소 수질이 개선된 것은 자연형 하천 복원에 따른 하천의 자정작용의 증가에 의한 것으로 추정되며, 하류에서 수질이 다시 악화되는 것은 비점오염원 및 생활하수의 지속적 유입이 계속되고 있었기 때문인 것으로 추정된다.

그러나, 최상류인 A지점에 낙동강 물이 통수된 이후 BOD와 TN는 다소 증가하였으나, 중, 하류로

내려가면서 Fig. 2.에서 보는 것과 같이 통수 전보다는 수질이 전반적으로 많이 향상된 것으로 조사되었다.

구간별 BOD의 농도는 통수 전과는 달리 하류로 내려갈수록 수질이 악화되는 현상은 거의 나타나지 않았으며 TN, TP 및 NH₃-N 역시 BOD와 유사한 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 통수 전 유량 3,000 ~ 7,500m³/일¹²⁾, BOD 4.9 ~ 5.4mg/L 이던 C, E지점의 수질이 하천유지용수로 BOD 3 ~ 4mg/L인 낙동강 물이 30,000 ~ 50,000m³/일 공급됨으로써 양질의 하천유지용수량 증가에 따른 수질 개선과 통수 직전 실시한 하수관거 정비의 효과에 의한 것으로 추정된다.

3.2. 강우 시 지점별 수질변화

Fig. 3.는 온천천의 강수 시의 구간별 수질변화를 지점별로 비교 조사한 결과를 나타낸 것이다. 시료 채취는 2006년 3월 19일 강우 초기에 실시하였으며 이 때 강우량은 19mm였다. Fig. 3.에서 보는 것과 같이 연구조사기간 동안 평균 BOD농도는 각 지점별로 거의 차이가 없었지만, 강우 시에는 중, 하류로 내려가면서 중류인 C, D지점의 경우 BOD는 21 ~ 29mg/L로 평균 BOD인 3 ~ 4mg/L 보다 6 ~ 7배 증가하였으며, 하류로 내려가면서 그 증가폭은 더 커져 최 하류인 F지점에서는 평상시보다 25배나 증가한 BOD 74mg/L로, 생물이 살 수 없는 하수와 같

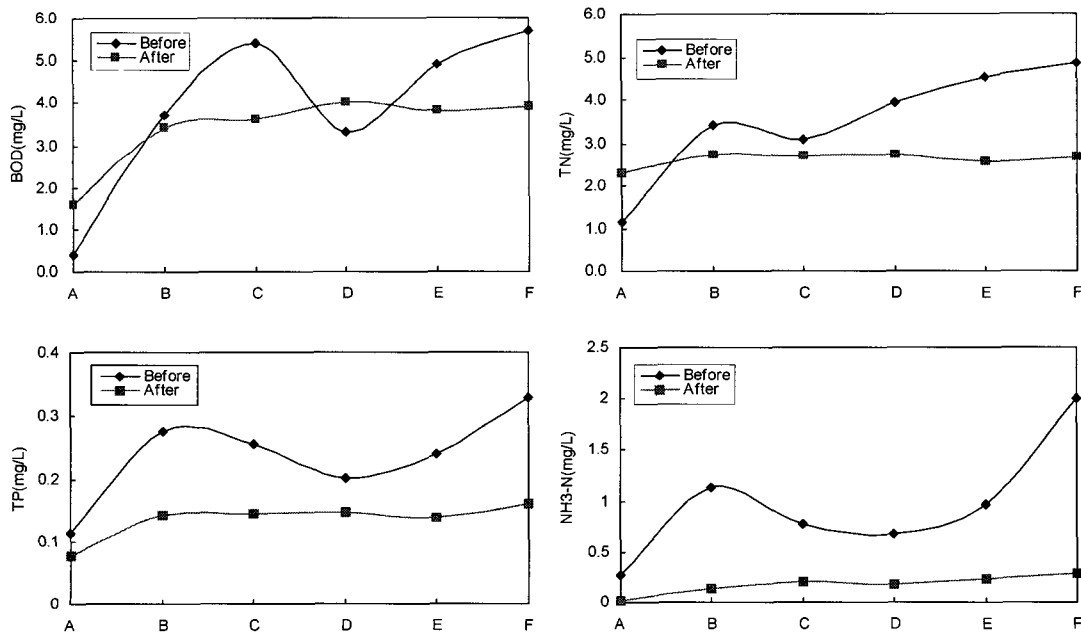


Fig. 2. Variation of BOD, TN, TP and NH₃-N according to Before and after the flowing of supporting Water.

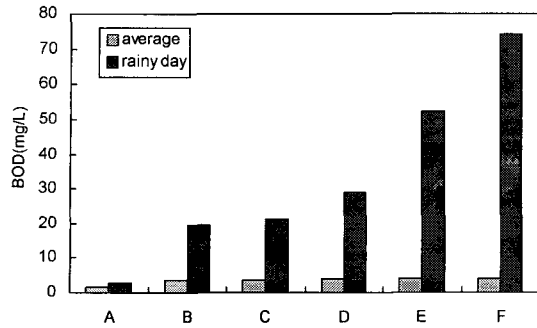


Fig. 3. BOD variation of rainy day in the each site of Onchun stream.

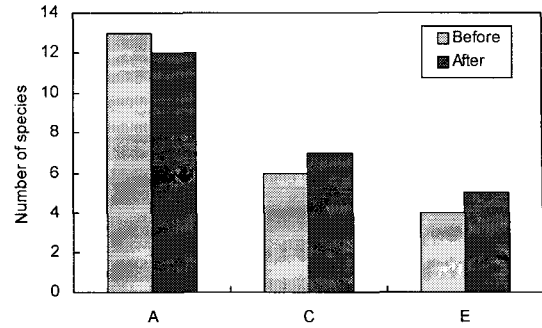


Fig. 4. Number of species before and after the flowing of supporting Water.

은 수질 상태를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

그리고, 국립환경연구원 2000년 하천수질의 계절 변화에 따른 특성연구¹³⁾에 의하면 강우 시 수질이 가장 급격히 악화되는 대표적인 하천은 부산시의 온천천 하류지점인 것으로 나타났다. 이는 온천천은 하상경사가 심한 산지하천이며, 중, 하류에 주로 산재해 있는 지천은 하천이라기보다는 복개된 하수구로 이용되고 있으며, 하수 차집관거는 합류식으로 되어있어 강우 시 특히 초기 강우 시에는 하수관거 이물질이 일시에 온천천으로 유입되어 수질이 급격히 악화되는 것으로 추정되며 중, 하류지점의 하수관거 정비가 분류식으로 완전히 정비가 되지 않을 경우 강우 시에는 똑 같은 현상의 반복이 예상되므로, 하류의 경우 온천천의 자연형 하천 보전 및 물환경 개선을 위해 우수배제를 위한 분류식 하수관거의 정비가 우선되어야 할 것이다.

3.3. 저서성 대형무척추동물 군집 변화

3.3.1. 종수 및 개체수 변화

저서성 대형무척추동물은 종류가 매우 다양하고 환경조건에 따른 적응성이 좋으며, 이동성이 적고 서식처의 환경교란에 대하여 민감하게 반응하며, 정량적인 채집과 분석이 용이하므로 이를 이용한 수질환경조사가 활발하게 이루지고 있는 추세이다¹⁴⁾.

온천천의 하천유지용수로 낙동강 물을 통수하기 전(2005. 09.09, 11.01)과 후(2006. 02. 이후)의 물환경을 생태학적 관점에서 평가하기 위해 저서성 대형무척추동물의 군집 변화를 지점 별로 개체수와 종수, 종다양성지수 및 우점도지수를 비교 분석하였다.

연구기간동안 하천유지용수 공급 전, 후의 각 지점별 평균 종수와 개체수 변화는 Fig. 4, 5에 나타냈으며, 출현종과 개체수 현황은 Table 1.과 같이 조사되었다.

하천유지용수 공급 전의 종수와 개체수는 Fig. 4,

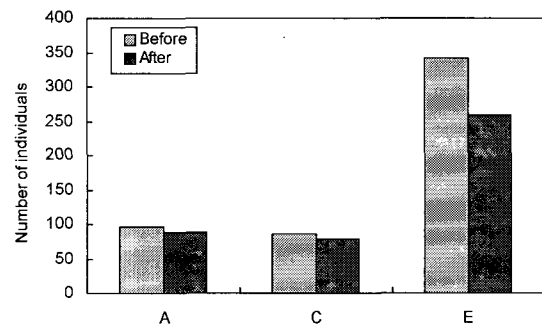


Fig. 5. Number of individuals before and after the flowing of supporting Water.

5.에서 보듯이 A(상류)지점 13종 96개체, C(중류)지점 6종 87개체, E(하류)지점은 4종 342개체로 하류로 내려갈수록 종수는 줄고, 개체수는 증가하는 것으로 나타났으며 종수 및 개체수의 변화는 하류 E지점이 가장 큰 것으로 조사되었다.

하천유지용수로 상수원수 2 ~ 3급수인 낙동강 물을 공급 후 저서무척추동물상의 변화는 A(상류)지점은 12종 88개체, C(중류)지점은 총 7종 79개체, E(하류)지점은 5종 259개체인 것으로 조사되어 하천유지용수 공급 전에 비해, 상류인 A지점은 공급 후 종수 및 개체수가 둘 다 약간 감소한 것으로 나타났고, 중·하류인 C, E지점은 종수는 증가하고 개체수는 감소한 것으로 조사되었다.

일반적으로 물환경이 개선되면 종수는 증가하고 개체수는 감소하는 경향을 보이므로 온천천 중, 하류지점의 생물환경은 하천유지용수 공급 후 공급 전에 비해 생물환경이 개선된 것으로 나타났다.

이는 Fig. 2.에서 보는 것과 같이 하천유지용수로 낙동강 물을 30,000 ~ 50,000m³/일 통수한 후 통수 전에 비해 C, E지점의 수질 향상에 의해 저서의 생물환경이 개선되었기 때문인 것으로 추정된다.

자연형 하천 온천천의 물환경 특성 - 하천유지 용수 공급 전, 후 -

Table 1. Total individuals and species of macroinvertebrate during the study period in the Onchun stream

species	period	1st (2005.09.)			2nd (2005.11.)			3rd (2006.02.)			4th (2006. 05.)			5th (2006. 8.)			6th (2006. 11.)		
		A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E
<i>Phagocata vivida</i> (산골플라나리아)		9			17			5			14			1			14		
<i>Limnodrilus socialis</i> (실지렁이)		23	55	403	52	17	157	64	19	160	23	14	6		11	720	21		43
Hirudinia sp.1(거머리1)		1		2	2			4		1		1			1				4
Hirudinia sp.2(거머리2)																			1
Physidae sp.(원돌이물달팽이과)			12	1		27			8	1					5	2	10	14	
<i>Semisulcospira</i> sp.(다슬기)		2			4						3				2				
<i>Baetis nla</i> (꼬마하루살이nla)														12				44	6
<i>Baetis thermicus</i> (꼬마하루살이)			11	112		2		2	5	20	5	3	2	39	8			6	
<i>Baetiella japonica</i> (애 하루살이)											6	2		1				2	
<i>Bleptus fasciatus</i> (뱀시하루살이)		9			12													2	
<i>Ecdyonurus</i> Kub(참납작하루살이 Kub)														2				2	
<i>Ecdyonurus levis</i> (네점하루살이)		2			4			3			2			3				12	
<i>Paraleptophlebia chocorata</i> (두갈래하루살이)		2						1											
<i>Ephemera strigata</i> (무늬하루살이)					1														
<i>Davidius lunatus</i> (쇠측범잠자리)		2			1														
<i>Nemoura</i> KUa(민강도래 KUa)								1											
<i>Tipula</i> sp.(각다귀 sp.)		3			6			2										24	
<i>Chironomus</i> sp.1(갈따구 sp.1)			26			16	5		2	8		73	5		1	8		2	5
<i>Chironomus</i> sp.2(갈따구 sp.2)		8			6	3		4	8	1	14	21	16	1	2			10	11
<i>Chironomus</i> sp.3(갈따구 sp.3)					5		3				2	8	2	2				22	11
<i>Hydropsyche</i> Kua(줄날도래 Kua)		5			4			5			1			5				4	
<i>Glossosoma</i> KUa(광택날도래 KUa)		6			5			2			3							3	
<i>Goerodes</i> sp.(네모집날도래)																		1	
<i>Rhyacophila</i> sp.(물날도래)																		1	
Limnephilidae sp.(우묵날도래)																		1	
Nematoda sp.1(선충류1)											1	2						1	
Nematoda sp.2(선충류2)																		1	
Isopoda sp.(등각류)			2			2			5		4			1				18	10

3.3.2. 지점별 우점종 및 아우점종
 Table 2.는 각 지점별 우점, 아우점종 및 우점률을 나타낸 것으로 하천유지용수 공급 전인 상류 A 지점은 1급수의 지표종인 산골플라나리아류(*Phagocata vivida*)가 아우점종을 나타냈으며, 1 ~

2급수 생물인 하루살이류(*Ephemeroptera*)도 다양하게 관찰되었지만, 오염수에서 서식하는 실지렁이류(*Limnodrilus socialis*)가 우점하는 것으로 나타나 상류의 비점오염원에 의한 오염물이 간헐적 유입되고 있는 것으로 추정되었다.

Table 2. Variation of dominance and subdominance rate of macroinvertebrate in Onchun stream

period	Site	A	Dominance Rate	C	Dominance Rate	E	Dominance Rate
2005.09.	<i>Limnodrilus socialis</i>		0.319	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.519	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.778
	<i>Phagocata vivida</i>		0.125	<i>Chironomus</i> sp.1	0.245	<i>Baetis thermicus</i>	0.216
2005.11.	<i>Limnodrilus socialis</i>		0.437	Physidae	0.403	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.952
	<i>Phagocata vivida</i>		0.143	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.254	<i>Chironomus</i> sp.1	0.030
2006.02.	<i>Limnodrilus socialis</i>		0.688	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.404	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.838
	<i>Phagocata vivida</i>		0.054	<i>Chironomus</i> sp.2	0.170	<i>Baetis thermicus</i>	0.105
2006.08.	<i>Limnodrilus socialis</i>		0.311	<i>Chironomus</i> sp.1	0.570	<i>Chironomus</i> sp.2	0.516
	<i>Phagocata vivida</i>		0.189	<i>Chironomus</i> sp.2	0.164	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.194
2006.11.	<i>Baetis thermicus</i>		0.574	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.379	<i>Limnodrilus socialis</i>	0.986
	<i>Baetis nla</i>		0.176	<i>Baetis thermicus</i>	0.276	<i>Chironomus</i> sp.1	0.011

하천유지용수 공급 후인 2006년 2월이후에는 3급수에 주로 서식하는 꼬마하루살이속(*Baetis thermicus*, *Baetis nla*)의 우점이 관찰되기도 하였는데 이는 2 ~ 3급수인 낙동강물 공급에 의한 물환경변화에 따른 것으로 판단된다.

중류인 C지점에서는 5급수이상에서 서식하는 생물인 붉은색 깔다구(*Chironomus* sp.1)와 실지렁이류(*Limnodrilus socialis*) 및 3급수에서 서식하는 꼬마하루살이류(*Baetis thermicus*, *Baetis nla*)들이 공존하였으나, 하류 E지점에서는 오염수역에서 서식하는 실지렁이류(*Limnodrilus socialis*)와 붉은색 깔다구류의 우점률이 중류인 C지점에 비해 상대적으로 증가하였다.

3.3.3. 종다양성지수 및 우점도지수 변화

Fig. 6, 7, 8은 조사기간 동안의 각 지점별 종다양성 지수 및 개체수의 변화를 나타낸 것으로 하류인 E지점은 Fig. 6, 7, 8. 에 나타난 것과 같이 상, 중류지점인 A, C지점과는 달리 하절기 우수기간인 8월에 종다양성지수는 급격히 감소하고, 반면 우점도지수는 증가하는 현상을 나타냈다.

이는 지천인 사직천의 합류식 하수관거의 생활하

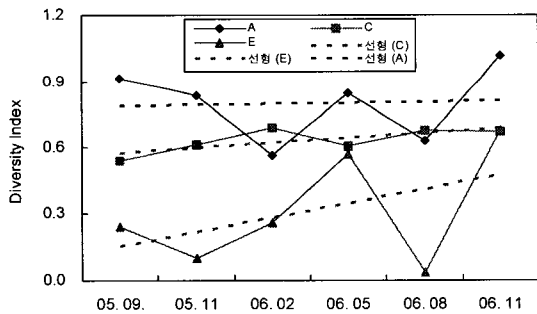


Fig. 6. Diversity Index at each sites during the study period.

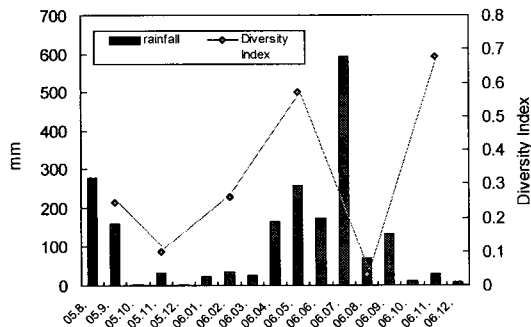


Fig. 7. Rainfall and species diversity Index at E site during the study period.

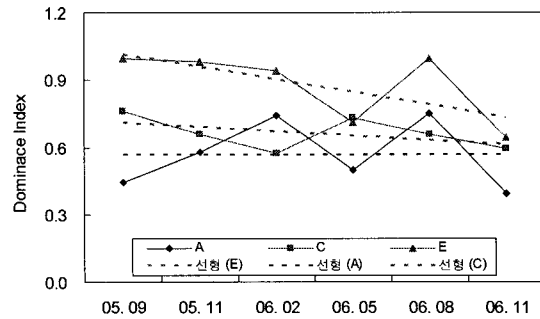


Fig. 8. Dominance Index at each site during the study period.

수 및 오염물질이 강우에 의해 월류하여 하류인 E 지점으로 유입되어 하상 저질의 생태환경에 영향을 미쳐 오염내성이 강한 실지렁이류(*Limnodrilus socialis*)와 붉은색 깔다구류(*Chironomus* sp.1)가 우점하면서 일어난 현상인 것으로 판단된다.

Fig. 6.은 하천유지용수 공급 전, 후 구간별 종다양성지수 변화를 나타낸 것으로 상류인 A지점은 0.92에서 동절기인 2006년 2월에 0.56으로 감소하다, 다시 2006년 11월에는 다시 1.06으로 증가하는 등 다소 변화가 있는 것으로 나타났으며, 중류의 C지점은 종다양성지수가 0.54에서 0.67로 꾸준히 증가한 것으로 나타나 저서의 생태환경이 안정적으로 개선이 진행되고 있는 것으로 조사되었다. 그러나, 하류인 E지점의 종다양성 지수는 2006년 5월에 0.57에서, 우수기인 8월에 종다양성 지수가 0.03으로 감소하다가 다시 11월에 0.68로 급격히 증가하는 등 변화가 심해 생태학적으로 물환경이 불안정한 상태를 보이는 것으로 나타났다.

이와 같은 현상은 Fig. 7의 강우량과 종다양성 지수와의 관계에서 나타난 것과 같이 8월에 종다양성 지수가 감소한 것은 7월에 약 560mm의 집중강우로 인해 지천의 오염물이 급격히 온천천 하류로 유입되면서 하천환경이 악화되어 일어난 것으로 추정되며, 11월에 다시 종다양성 지수가 급격히 상승한 것은 시간이 경과하면서 하상에 쌓였던 오염물질이 자정작용 및 유속에 의한 씻김현상 등으로 하상의 생태환경이 회복되면서 종다양성 지수가 증가한 것으로 판단된다.

지점 별로 보면 청정지역인 상류 A지점이 0.56에서 1.02로 제일 높았고 중, 하류인 C, E지점은 각각 0.54 ~ 0.69, 0.03 ~ 0.68로 하류로 내려갈수록 종다양성지수가 감소하는 경향을 나타내었다. 하천유지용수 공급 후에는 중류인 C지점이 종다양성지수가 가장 안정적으로 증가한 것으로 조사되었다.

반면, Fig. 8,에서 보는 것과 같이 지점별 우점도

지수는 종다양성 지수와는 달리 하류로 갈수록 우점도 지수는 A지점 0.39 ~ 0.75, 중, 하류인 C, E지점은 0.57 ~ 0.76, 0.64 ~ 0.99로 증가하였고, 하류인 E지점의 경우 하천유지용수 공급전인 2005년 9월부터 유지용수 공급후인 2006년 5월까지 꾸준히 감소하다, 우수기인 8월에는 다시 증가하는 등 다소 불안한 상태를 나타내고 있지만 종류는 전반적으로 우점도지수는 꾸준히 감소하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타났다.

3.3.4. 지점별 군오염지수(GPI, Group Pollution Index) 및 수질등급 변화

Fig. 9.과 10는 윤⁵⁻⁶⁾에 따라 지표종 별 계급치를 구하여 지점별로 군오염지수(GPI)를 구하고 생물학적 수질등급을 구분하여 나타낸 것이다.

군오염지수(GPI)는 윤⁵⁻⁶⁾에 의하여 제시된 것으로 0~4사이의 수치로 나타내며, 생물학적 수질등급은 1~5등급으로 나누며, 각각 고도의 청정수, 청정수, 다소의 오염수, 오염수, 고도의 오염수를 의미한다. 수치가 낮을수록 수질은 청정하고 덜 오염되었음을 나타낸다.

Fig. 9.는 군오염지수(GPI)를 나타낸 것으로 상류인 A지점은 1.00 ~ 1.52, C지점 2.00 ~ 2.51, E지점

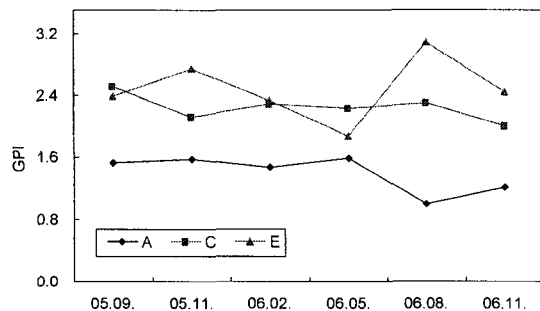


Fig. 9. Variation of GPI at each site during the study period.

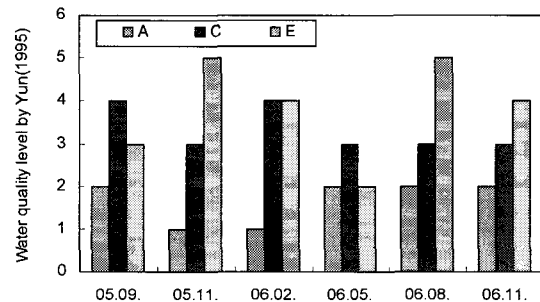


Fig. 10. Variation of water quality level by Yun(1995) during the study period.

2.39 ~ 2.44로 상류에서 하류로 내려갈수록 군오염 지수가 상승하여 생물환경이 나빠지는 것으로 조사 되었으며, Fig. 10는 윤⁵⁻⁶⁾에 따라 지점별로 생물학적 수질등급을 구분하여 나타낸 것으로 Fig. 10에서 보듯이 상류 A지점은 꾸준히 생물학적으로 1 ~ 2 등급수를 유지하고 있으며, 중류는 2006년 2월까지 3 ~ 4등급수준 있었으나, 하천유지용수 공급 후인 2006년 5월 이후는 꾸준히 3등급 수준을 유지하고 있는 것으로 조사되어 물환경이 생물학적으로 다소 개선된 것으로 나타났다.

하류인 E지점은 연구기간동안 생물학적 수질등급은 2 ~ 5등급으로 상, 중류인 A, C지점에 비해 생태환경은 다소 악화되어 있는 것으로 나타났다. 저서성 대형무척추동물 군집 변화에 따른 온천천의 물 환경의 특성은 지천에 의한 오염부하가 크지 않은 중, 하류지역에서는 하천유지용수 공급 후 물 환경의 개선이 진행되고 있는 것으로 나타났으나, 강우 시 지천의 오염부하를 직접 받는 하류 E지점의 경우 종 다양성이 계속 증가하다 급격히 하락하는 등 생태학적으로 불안정한 물환경을 나타내었다. 하천유지용수 공급 후 이화학적 수질은 공급 전에 비해 Fig. 2에서 보듯이 하류로 내려갈수록 수질이 개선된 것과는 차이가 있는 것으로 조사되어 보다 안정적인 생태학적 물환경 개선을 위해서는 특히, 하류의 경우 강우 시 오염물질의 유입방지를 위한 하수관거의 정비가 시급한 것으로 판단된다.

4. 결 론

온천천의 하천환경을 효과적으로 관리하기 위하여 하천유지용수 공급 전, 후를 중심으로 이화학적 수질과 저서무척추동물 등 물환경 변화를 조사 연구한 결과 다음과 같은 사실을 확인 할 수 있었다.

1) 하천유지용수로 낙동강 물을 통수하기 전, 후의 구간별 이화학적 수질변화 조사결과 유지용수 공급 전에는 인구가 밀집한 도심지인 중, 하류(B, C, D, F)지점으로 내려가면서 BOD, TN, TP등 수질이 악화되고 있는 것으로 나타났으나, 공급 후 중, 하류 지점의 수질 개선되었고 하류로 내려갈수록 수질이 악화되는 현상은 거의 나타나지 않았다.

2) 저서성 대형무척추동물의 종수 및 개체수 조사결과 상수원수 2 ~ 3급수인 낙동강물을 온천천 상류에 공급한 후 A(상류)지점은 12종 88개체, C(중류)지점은 7종 79개체, E(하류)지점은 5종 259개체 인 것으로 조사되었으며 하천유지용수 공급 전에 비해 중·하류인 C, E지점의 종수는 증가하고 개체수는 감소한 것으로 조사되어 중, 하류지역에서는 하천유지용수 공급 후 물 환경의 개선이 진행되고

있는 것으로 조사되었다.

3) 지점별 저서성 대형무척추동물의 종다양성지수 및 우점도지수 조사결과 종다양성지수는 상류 A 지점이 0.56 ~ 1.02로 제일 높았고 중, 하류인 C, E 지점은 각각 0.54 ~ 0.69, 0.030 ~ 0.68로 하류로 내려갈수록 종다양성지수는 감소하였으며, 반면 우점도지수는 A지점 0.39 ~ 0.75, 중, 하류인 C, E지점은 0.57 ~ 0.76, 0.64 ~ 0.99로 증가하였다.

그리고 조사연구 기간동안 하류 E지점의 경우 강우를 전, 후해 종다양성 및 우점도 지수가 급격히 하락 및 증가하는 현상을 나타내 생태학적으로 불안정한 환경을 보이는 것으로 나타나 지속적인 물 환경 개선을 위해서는 하류 지천들의 하수관거가 합류식에서 분류식으로의 정비가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 이정아, 2000, 온천천 자연형 하천의 복원과정 모니터링에 관한 연구, 동아대학교, 부산.
- 2) 신성교, 송교욱, 최시현, 2004, 낙동강물 도수에 의한 온천천 유지용수 확보 방안, 현안 연구보고서, 부산발전연구원 pp. 8-12. 2.
- 3) 환경부, 2002, 수질오염공정시험방법.
- 4) Hauer F. R., Lamberti G. A., 1996., Methods in Stream Ecology., Academic Press.
- 5) 윤일병, 1995, 수서곤충검색도설, 정행사, 262pp.
- 6) 윤일병, 1988, 한국동식물도감, 제 30권, 동물편 (수서곤충류), 문교부.
- 7) 정평림, 2003, 한국의 담수패류, 연학사, 284pp.
- 8) Denis M. I., 1979, How to Know Aquatic Insects, WCB/Magraw-Hill, 168pp.
- 9) Merritt R. W., Cummins K. W., 1996, An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd, ed. Kendall/Hunt Publ, Co. 862pp.
- 10) Pielou E. C., 1977, Mathematical Ecology. John Willey & Sons, New York, 385pp.
- 11) McNaughton S. J., 1967, Relationship among function properties of California grassland.
- 12) 백경훈, 2005, 온천천 하천유량조사보고서, 부산발전연구원, 1-16pp.
- 13) 국립환경연구원, 2000, 하천수질의 계절변화특성연구 참조.
- 14) Hellawell J. M., 1986, Biological Indicators of Frdshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier., London and New York, 546pp.