

인천시 도시복원하천 공촌천의 저서성대형무척추동물의

군집 구조에 관한 연구

송영주 · 주영돈 · 박보선 · 이희조 · 채도영 · 김종명 · 배양섭*

인천대학교 생명과학부

Study on Community Structure of Benthic Macro-Invertebrates Inhabiting in an Urban Restoration Stream, Gongchon-cheon, in Incheon City

Yeong-Ju Song · Yong-Don Ju · Bo-Sun Park · Hee-Jo Lee · Do-Young Chae ·

Jong-Myung Kim · Yang-Seop Bae+

Department of Biology, University of Incheon

요 약

인천광역시 주요 하천 중 규모가 크고 시민 생활과 밀접한 관련이 있는 공촌천을 대상으로 자연형 하천 조성에 따른 영향 및 개선방안을 도출하기 위해서 연구를 수행하였으며, 이를 위해 2009년 7월에 준공한 공촌천에 대하여 조사 및 분석을 실시하였다. 공촌천의 모니터링 결과 중 조사 여건이 유사한 2004년, 2009년, 2010년의 출현종 분석 결과를 살펴보면, 2004년에는 32종, 2009년 22종, 2010년 46종으로 조사되었으며, 이는 공사전(2004년) 32종이 확인되었던 군집이 자연형 하천정비 공사로 인해 하상이 교란된 시점(2009년)에는 22종으로 출현 분류군이 감소하였으며, 공사가 완료된 후(2010년) 출현종이 46종으로 빠르게 회복한 것을 볼 수 있다. 이는 자연형 하천 정비 공사로 인해 저서성대형무척추동물이 서식 할 수 있는 공간(수제, 여울, 소) 등이 조성되어 다양한 저서성대형무척추동물이 이입된 것으로 판단된다. 이는 본 하천의 생물지수 및 ESB지수, KSI지수 분석 결과와 출현 변화 패턴과 유사한 결과를 보여 하천정비사업 기간 동안 감소하였다가 정비사업 후 안정화 기간을 거쳐 더 좋은 생물 서식 현황을 보이는 것으로 확인되었다.

핵심용어 : 공촌천, 자연형하천, 저서성대형무척추동물, 수생태계

Abstract

The subject of this study is the Gongchon-cheon which is one of the largest streams in Incheon and is closely related to lives of citizen. Comparative analysis is made on the changes of the environment and the ecological condition of Gongchon-cheon after the stream naturalization construction which is completed in July 2009. From the results of the survey, 32 species in 2004, 22 species in 2009 and 46 species in 2010 have been recorded. The number of the species decreased from 2004 to 2009 due to the disturbance of the river environment, and it increased in a short time from 2009 to 2010 because of the recovery of the environment. It demonstrates the stream naturalization construction providing enough environments (dikes and rapids) for the benthic macro invertebrates. The result of the present study is similar with the river's biology index, ESB index, and KSI index, and also it is similar with the pattern of the appearance, which illustrates that the species decreased during the naturalization construction, and increased after the stabilization since the finish of the naturalization construction, and it has been confirmed that the naturalization construction provides the better environment for the inhabitation of organisms.

Keywords : aquatic ecosystem, benthic macro invertebrates, Gongchon-cheon, naturalized stream

* Corresponding author : baeys@incheon.ac.kr

1. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

생태계에서 물리, 환경적 특성은 생물종의 분포를 좌우하는 중요한 요인이 된다. 특히, 하천 생태계는 수역과 육상 생태계가 접하는 복합 생태계로 하천의 물리적 환경은 질적·양적으로 다양한 생물서식처를 제공한다(Vannote et al., 1980).

국내 하천은 유로 연장이 짧고 하천의 최상류로부터 교란 요인들이 많아 자연형 하천이 유지되기 어려운 실정이다. 하천들이 산업화와 인구증가 등에 따른 오염물질 유입, 부영양화 등으로 인하여 수질오염이 가속되었을 뿐 아니라 이에 따라 서식하는 생물상이 변화하고 있다. 하천 생태계의 주요 변화요인은 물리적 요인, 화학적 요인, 생물학적 요인 등에 의해 크게 영향을 받는다(Kim, 2012).

이러한 하천의 변화 요인에 따라 본 연구의 대상지가 되는 인천광역시에서 자연형 하천으로 조성한 굴포천, 장수천, 송기천, 공촌천, 나진포천에 대해 변화요인을 파악하는 것 또한 중요하다.

수질에 대한 평가 방법으로는 이화학적 방법과 지표생물을 이용한 생물학적 방법이 있다. 과거의 수질평가는 주로 이화학적 방법을 통해서 이루어졌다. 이러한 이화학적 방법은 측정하기에 간편한 것이 장점이나 제한된 항목으로 측정 당시의 수질만을 나타내므로 수시로 변하는 수질을 종합적으로 대변하는데 한계가 있다. 반면 지표생물을 이용한 생물학적 수환경 평가 방법은 연간 평균적인 수질을 도출하고 과거 오염물질의 임의적 유출에 대한 추정을 가능하게 해준과 동시에 오염물질의 복합효과 등에 따른 종합적 영향을 반영한다(Kong, 2002).

특히 하천에 서식하는 저서성대형무척추동물군은 매우 다양한 종 특이성을 보여주고 있는데 특히 수서곤충류는 환경변화에 민감하고, 하천특성에 따른 독특한 군집구조와 비교적 뚜렷한 내성 범위를 가지고 있어서 수서생태계의 환경을 평가하는 지표생물로 효과적으로 이용되고 있다(Francis & Robert, 2009; Yoon, 1995; Won et al., 2005). 이러한 수서곤충은 주로 먹이를 먹는 습성에 따라 썬는 무리(shredders), 긁는 무리(scrapers), 줍는 무리(collector-gatherers), 거르는 무리(collector-filterers), 식물뜯는 무리(macrophyte piercers), 잡아먹는 무리(predators), 기생하는 무리(parasites)로 나뉘며, 먹이를 먹는 종류에 따라 식식성(herbivore, phytophagous), 포식성(carnivore), 부식성(detritivore, scavenger)로 나눌 수 있는데 일부종은 유

충시기에만 잡식성(omnivore) 인 경우가 있어 크게 4 가지 부류로 나뉜다(Yoon, 1995).

본 연구는 인천광역시 도심 하천인 공촌천을 대상으로 자연형 하천 조성사업이 수생태계에 어떤 영향을 효과를 나타내었는지 현황 조사 및 모니터링을 통하여 현황을 파악하고 이를 통해 자연형 하천을 유지 관리하는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 조사지 개황

조사대상 하천은 인천광역시의 주요 하천 중 하천 규모가 크고 시민 생활과 밀접한 관련이 있는 공촌천을 대상으로 조사를 실시하였다(Fig. 1).

공촌천은 인천시 서구 공촌동에서 서구 경서동을 유하하는 하천으로서 유역면적 18.77km², 유로연장은 8.86km인 지방하천으로서 계양산에서 발원하여 일도유수지를 거쳐 서해로 직접 유입되는 하천이다. 유역의 상류부에는 공촌정수장이 위치하고 있으며, 중류부에는 경서지구, 연희지구 등 택지개발 지구가 위치하고 있어 유역내로 인구가 집중되고 있는 상황이다(www.icriver.or.kr).

현재 하천주변은 주로 농경지로 이용되고 있으며, 하류부는 주변은 현재 청라경제자유구역으로 지정되어 개발이 진행되고 있다.

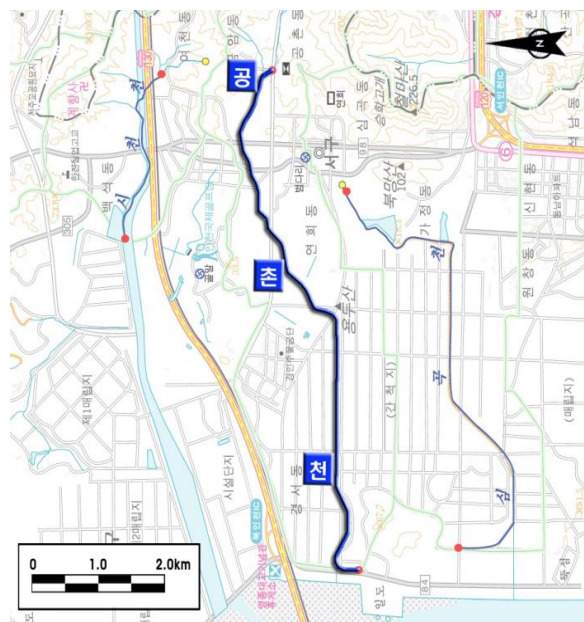


Fig 1. Location of the study sites

2.2 조사 방법

2.2.1 기후 및 강우

1) 인천시의 기후 및 강우여건

인천광역시는 지리적으로 중부지방의 서쪽에 위치하고 있으며, Monsoon 기후의 특징을 나타내는 지역으로서 4계절이 뚜렷하게 나타나고, 여름철에 고온다습하고 높은 강우량을 나타는 특징을 가지고 있다 (Korea Meteorological Administration, www.kma.go.kr).

2.2.2 저서성대형무척추동물

1) 조사방법

조사대상 하천의 서식환경을 고려하여 조사를 실시하였으며, 정량적 방법으로 Suber net (25cm×25cm)을 이용하여 유수생태계의 특성을 가장 잘 나타내는 지점을 선정하여 채집하였으며, 정성적 방법은 Hand scoop와 족대를 이용하여 무작위 채집을 실시하였다.

채집된 수서성 무척추동물류는 500ml 플라스틱 용기에 담아 80% Ethanol에 고정된 후, 한국동식물도감 (Yoon, 1988), 수서곤충검색도설(Yoon, 1995), 한국의 수서곤충(Won, 2005) 등을 참고로 하여 동정하였다. 각 조사지점의 현장조사 결과를 종합한 후, 한국곤충명집(1994)과 한국동물명집(1997)을 기준으로 목록을 작성하였다.

2) 생물지수 분석방법

① 우점도지수 (Dominant index) : 제1우점종과 제2우점종을 선정하여, 우점도지수를 산출하였다 (McNaughton, 1967).

② 다양도지수 (Diversity index) : Margalef (1958)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (H')을 Lloyd & Gheraldi가 변형한 공식을 이용하였다 (Pielou, 1975).

③ 종풍부도 (Richness Index) : Margalef(1958)의 지수를 사용하여 산출하였다.

3) 수생태 평가방법

① ESB지수(Ecological score of benthic macro-invertebrate community) : 환경질의 평가와 생태환경 및 수환경 관리기준의 판정은 ESB지수를 적용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 환경부의 저서성 대형무척추동물 조사지침을 적용하고 있다. 또한, 환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB의 평가 구간은 전국자연환경조사지침을 적용하였다.

② 한국오수생물지수 (KSI, Korean Saprobic Index) : 저서성대형무척추동물을 이용한 생물학적 물환

경평가는 “물환경종합평가방법 개발조사 연구, 국립환경과학원, 2006”에서 제안된 한국 오수생물지수를 이용하였다.

3.결과 및 고찰

3.1 환경 현황

3.1.1 인천시의 기후 및 강수량

인천시의 과거 30년 동안의 연평균 기온은 12.1℃이며, 최고 온도 16.4℃, 최저온도 8.7℃로 조사되었으며, 연평균 습도는 68.6%, 평균풍속 2.9m/s, 연간강수량 1,234.4mm로 조사되었다.

인천시의 1981년~2010년 기온 및 강수량 평균값과 최근 조사 결과를 비교한 결과 평균 기온 및 강수량이 증가한 것으로 조사되었으며, 이는 지속적으로 높아지고 있는 한반도의 기후 특성을 보여주고 있다.

Table 1. Climatic circumstance in Incheon last 30 years on average

Year	Item(℃)			Ave. humidity (%)	Ave. wind speed (m/s)	Annual precipitation (mm)
	Ave.	Max.	Min.			
1981~2010 Ave.	12.1	16.4	8.7	68.6	2.9	1,234.4
2009 Ave.	12.6	16.3	9.4	67.0	2.9	1,777.7
2010 Ave.	12.7	17.9	8.2	68.0	3.1	1,499.1

Source : Korea Meteorological Administration, www.kma.go.kr

3.2 저서성대형무척추동물 현황 및 분석

3.2.1 공촌천 출현종 현황

1) 2003년, 2004년도 출현종 현황

2003년 및 2004년 조사 결과를 살펴보면 우선, 2003년의 경우 총 11종 43개체가 출현하였으나, 이는 여건상 1회(11월) 조사 결과로서 비교적 출현종이 적게 조사되었으며, 본 연구 자료 분석시 출현종 참고용으로 제시하였다.

2004년 조사의 경우 공촌천 하천정비사업 시행 전 조사 결과로서 총 2회에 걸쳐 조사를 실시하였으며 조사 결과 전체 출현종은 32종 300개체가 출현하였고, 주요 출현 분류군으로는 잠자리목 8종(25%), 딱정벌레목 6종(19%), 노린재목 5종(16%), 파리목 5종(16%) 등의 순으로 우점하여 출현하는 것으로 확인되었다.

Table 2. Situation of appearance species of Benthic macro -invertebrate of research subject in 2003 and 2004

Division	2003/total		2004/1st		2004/2st		2004/total		
	species	individual	species	individual	species	individual	species	individual	
Platyhelminthes	-	-	1	7	-	-	1	7	
Mollusca	3	11	4	19	4	47	4	66	
Annelida	2	11	2	9	2	12	2	21	
Arthropoda	Crustacea	-	-	-	-	-	-	-	
	Ephemeroptera	-	-	1	17	1	24	1	41
	Odonata	1	3	3	13	6	26	8	39
	Hemiptera	2	8	3	32	4	31	5	63
	Coleoptera	1	6	4	20	4	13	6	33
	Diptera	2	4	5	21	3	9	5	30
	Trichoptera	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	11	43	23	138	24	162	32	300	

2) 2009년도 출현종 현황

2009년 조사의 경우 공촌천 하천정비사업 시행 직후의 조사 결과로서 총 22종 176개체가 출현하였으며, 주요 분류군으로는 연체동물문 4종(18%), 노린재목 4종(18%), 파리목 4종(18%), 잠자리목 3종(14%) 등의 순으로 우점하여 출현하는 것으로 확인되었다.

2009년 조사 결과 2004년 출현종(32종)에 비해 감소하였는데 이는 공촌천 하천정비사업으로 인해 하상 및 수변 환경이 교란되어 저서성대형무척추 동물의 서식여건이 악화되었기 때문으로 판단된다.

Table 3. Situation of appearance species of Benthic macro -invertebrate of research subject in 2009

Division	1st		2st		3st		total		
	species	individual	species	individual	species	individual	species	individual	
Platyhelminthes	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mollusca	3	6	4	28	3	10	4	44	
Annelida	1	1	2	44	1	2	2	47	
Arthropoda	Crustacea	-	-	-	-	-	-	-	
	Ephemeroptera	2	2	2	8	2	16	2	26
	Odonata	-	-	2	7	3	5	3	12
	Hemiptera	4	14	2	5	1	2	4	21
	Coleoptera	1	1	2	5	1	1	2	7
	Diptera	4	6	4	8	2	4	4	18
Trichoptera	-	-	1	1	-	-	1	1	
Total	15	30	19	106	13	40	22	176	

3) 2010년도 출현종 현황

2010년 조사의 경우 공촌천 하천정비사업 시행 후 1년이 경과한 시점으로 조사 결과 총 46종 213개체가 출현하여 2009년(22종)에 비해 출현 종수가 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

이는 하천정비사업 완료 후 하상 및 수환경이 빠

르게 안정화 되어 주변 지역 산림 및 경작지, 초지로부터 재이입된 종들이 증가한 결과로 사료되며, 주요 분류군으로는 딱정벌레목 10종(22%), 파리목 9종(20%), 잠자리목 8종(17%), 연체동물문 7종(15%) 등의 순으로 우점하여 출현하는 것으로 확인되었다.

Table 4. Situation of appearance species of Benthic macro -invertebrate of research subject in 2010

Division	1st		2st		3st		total		
	species	individual	species	individual	species	individual	species	individual	
Platyhelminthes	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mollusca	2	5	5	20	1	7	7	32	
Annelida	1	2	1	1	1	1	1	4	
Arthropoda	Crustacea	-	-	-	-	2	4	2	4
	Ephemeroptera	1	20	2	16	3	29	3	65
	Odonata	2	2	4	16	4	6	8	24
	Hemiptera	1	1	3	5	1	2	3	8
	Coleoptera	3	6	6	15	3	8	9	29
	Diptera	7	32	5	8	2	3	10	43
	Trichoptera	-	-	3	4	-	-	3	4
Total	17	68	29	85	17	60	46	213	

4) 2014년도 출현종 현황

2014년 조사의 경우 공촌천 하천정비사업 시행 후 5년이 경과한 시점으로 2014년 4월 1회 조사결과 총 27종 207개체가 출현하여 2010년 1차 조사시 (17종)에 비해 출현 종수가 증가한 것을 볼 수 있다.

이는 하천정비사업 완료 후 지속적인 관리와 함께 시민들의 자발적인 하천 살리기 사업 등으로 공촌천 주변의 오염물질 배출이 감소하고 수변 환경이 안정화 된 결과로 판단되며 향후 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 사료된다.

Table 5. Situation of appearance species of Benthic macro-invertebrate of research subject in 2014

Division	1st		Ratio(%)		
	species	individual	species	individual	
Platyhelminthes	1	3	3.7	1.4	
Mollusca	4	49	14.8	23.8	
Annelida	2	27	7.4	13.0	
Arthropoda	Crustacea	1	10	3.7	4.8
	Ephemeroptera	2	23	7.4	11.1
	Odonata	4	17	14.8	8.2
	Hemiptera	4	32	14.8	15.6
	Coleoptera	3	9	11.2	4.3
	Diptera	4	28	14.8	13.5
Trichoptera	2	9	7.4	4.3	
Total	27	207	100.0	100.0	

3.2.2 생물지수 분석

1) 생물지수 분석

각 조사 시기별 우점도(DI), 다양도(H'), 풍부도(RI) 등의 생물지수의 변화를 통해 저서성대형무척추동물의 군집 구조 상황을 파악하였다.

Table 6. Analysis upon biotic-index of research subject from 2003 to 2014

Division (number of research)	Dominant index(DI)	Diversity index(H')	Richness Index(RI)
2003(1st)	0.37	3.17	2.66
2004(2st)	0.24	4.47	5.43
2009(3st)	0.33	3.51	4.06
2010(3st)	0.29	4.71	8.39
2014(1st)	0.25	4.34	4.88

조사 결과를 살펴보면 2003년에는 우점도 0.37, 다양도 3.17, 종풍부도 2.66으로 조사되었으며, 2004년에는 우점도 0.24, 다양도 4.47, 종풍부도 5.43, 2009년에는 우점도 0.33, 다양도 3.51, 종풍부도 4.06, 2010년에는 우점도 0.29, 다양도 4.71, 종풍부도 8.39, 2014년에는 우점도 0.25, 다양도 4.34, 종풍부도 4.88으로 조사되었다.

이 중 비교 조건이 유사한 2004년, 2009년 2010년의 생물지수를 비교·분석하면 다음과 같다.

공촌천 하천정비사업 시행전(2004년)과 시행 직후(2009년), 안정화 후(2010년)의 조사 결과에 한정하여 분석을 시행 한 결과 다양도 및 풍부도는 정비사업 기간 동안 감소하였다가 다시 회복한 것을 볼 수 있으며, 우점도의 경우도 정비사업 기간 동안 증가하였다가 다시 감소하여 안정화 되는 것을 볼 수 있다.

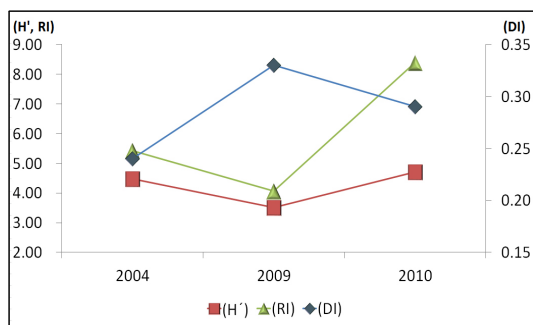


Fig 2. Analysis upon Biotic-index of research subject (2004, 2009 and 2010)

3.2.3 수환경평가

1) ESB 지수 분석

공촌천의 ESB지수 분석결과를 연차별로 살펴보면

2003년에 ESB지수 20으로 불량한 환경상태를 보이고 있으며, 2004년에는 ESB 지수 52로 다소 양호한 환경상태, 2009년에는 ESB지수 33으로 다소 불량한 환경상태, 2010년에는 ESB 지수 82로 매우양호한 환경상태, 2014년에는 ESB지수 47로 다소 양호한 환경상태를 나타내는 것으로 조사되었다.

Table 7. Analysis upon ESB index of research subject from 2003 to 2014

Year	ESB	Environment quality evaluation			Saprobity
		Environment condition	Area determination	Water quality	
2003	20	Defectiveness	Priority improvement waters	III	α-mesosaprobic
2004	52	Some satisfactory	Protection waters	II	β-mesosaprobic
2009	33	Some defectiveness	Improvement waters	II	β-mesosaprobic
2010	82	Very satisfactory	First priority protection waters	I	Oligosaprobic
2014	47	Some satisfactory	Protection waters	II	β-mesosaprobic

이 중 비교 조건이 유사한 2004년, 2009년 2010년의 ESB지수를 비교·분석하면 다음과 같다.

공촌천 하천정비사업 시행전(2004년)과 시행 직후(2009년), 안정화 후(2010년)의 조사 결과에 한정하여 분석을 시행 한 결과 ESB지수는 생물지수와 마찬가지로 정비사업 기간 동안 감소하였다가 다시 회복되어 안정화 되는 것을 확인 할 수 있다.

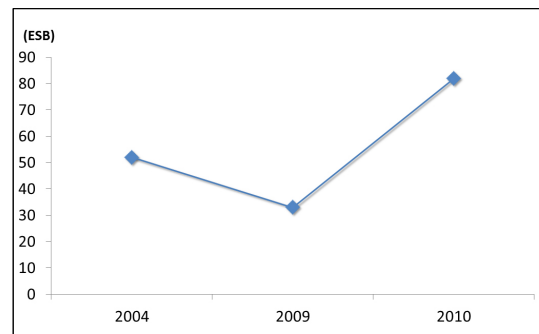


Fig 3. Analysis upon ESB index of research subject (2004, 2009 and 2010)

2) KSI 지수 분석

공촌천의 KSI지수 분석결과를 연차별로 살펴보면 2003년에 KSI지수 2.64로 보통의 환경상태를 나타내

었으며, 2004년에는 KSI지수 2.04로 양호한 환경상태, 2009년에는 KSI지수 3.01로 보통의 환경상태, 2010년에는 KSI지수 1.77로 양호한 환경상태, 2014년에는 KSI지수 2.04로 양호한 환경상태를 나타내는 것으로 조사되었다.

Table 8. Analysis upon KSI index of research subject from 2003 to 2014

Year	KSI index	Biology class	Environment condition
2003	2.64	C	Normal
2004	2.04	B	Satisfactory
2009	3.01	C	Normal
2010	1.77	B	Satisfactory
2014	2.04	B	Satisfactory

이 중 비교 조건이 유사한 2004년, 2009년 2010년의 KSI지수를 비교·분석하면 다음과 같다.

KSI지수의 경우 ESB지수와 유사한 패턴을 보이는 데 이는 공촌천 하천정비 기간 동안 저서성대형무척추동물이 감소하였다가 다시 회복되어 안정화 되는 것을 확인 할 수 있는데, 이는 생물지수(우점도, 다양도, 풍부도) 및 ESB지수와도 연계되어 유사한 결과를 보이는 것을 관찰 할 수 있다.

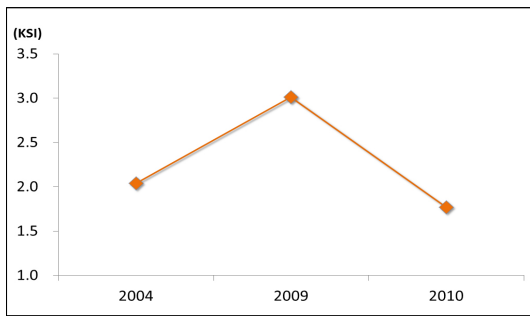


Fig 4. Analysis upon KSI index of research subject (2004, 2009 and 2010)

3.3 고찰

공촌천의 저서성대형무척추동물 조사 결과 중 조사 여건이 유사한 2004년, 2009년, 2010년의 출현종 분석 결과를 살펴보면, 2004년에는 32종 300개체, 2009년 22종 176개체, 2010년 46종 213개체로 조사되었으며, 이는 공사전(2004년) 32종이 확인되었던 군집이 자연형 하천정비 공사로 인해 하상이 교란된 시점에는 22종으로 출현 분류군이 감소하였으며, 공사가 완료된 후 출현종이 46종으로 빠르게 회복한 것을 볼

수 있다.

또한, 본 하천의 생물지수 및 ESB지수, KSI지수 분석 결과 출현종 변화 패턴과 유사한 결과를 보여 하천정비사업 기간동안 감소하였다가 정비사업 후 안정화 기간을 거쳐 더 좋은 생물서식 현황을 보이는 것으로 조사되었다.

이는 자연형 하천 정비 공사로 인해 저서성대형무척추동물이 서식할수 있는 공간(수제, 여울, 소) 등이 조성된 결과로 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구 결과 자연형 하천 조성사업으로 인해 하천 수환경의 개선이 이루어진 것을 확인 할 수 있었으며, 이에 따라 하천 내 서식하는 저서성대형무척추동물의 군집 구조에도 많은 변화가 있는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 연구 성과를 바탕으로 향후 지속적인 하천 모니터링을 통해 주변지역으로 부터의 오염원 감시 및 시민과 함께하는 하천 살리기 활동에 본 연구가 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구에서 하천생태계의 이화학적 데이터 분석 등에 도움을 주신 김진한 교수님(인천대)·김형수 교수님(인하대)·정종태 교수님(인천대) 및 하천 환경 분석 등에 도움을 주신 권전오 박사님(인천발전연구원)에게 감사드리며, 그간 조사에 조력한 인천대 동물분류실험실의 Qi Mujie, Ulzijingal, Xuan Vi Le, 나솔문, 김재원, 이동준 에게 감사드립니다.

이 논문은 “인천시 자연환경조사 및 자연환경보전 실천계획 (‘06~‘15)수립을 위한 학술연구” 및 “2010년 인천시 자연형하천 유지관리 모니터링” 연구에 의해 수행되었다.

References

- Bae, YJ, Park, SY, Yoon, IB, Park, JH, Bae GS (1996). Changes of benthic macroinvertebrate community from a dredged section in Wangsuk Creek, *J. of Ecology and Environment*, 29, pp. 251-261. [Korean literature]
- Francis, O, Robert, B (2009). Ecological integrity of

- upper Warri River, niger delta using aquatic insects as bioindicators, *Ecological indicators*, 9(3), pp. 455-461.
- Gwon, OG (1990). *Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea 32 mollusca*, Ministry of education republic of korea. [Korean literature]
- Kim, JG (2012). *Community analysis on the benthic macro-invertebrates for the change of physical habitation: A case study in the O-san River Basin*, Ph.D Dissertation, Incheon University, Incheon, Korea, pp. 2. [Korean literature]
- Kong, DS (2002). Biological evaluation criteria of water quality, *Korean J. of Environmental Biology*, 20, pp. 38-49. [Korean literature]
- Margalef, RH (1958). *Information Theory in Ecology*, Gen Syst, 3, pp. 36-71.
- McNaughton, SJ (1967). Relationship among functional properties of california grassland, *Nature*, 216, pp. 168-169.
- Park, JH, Jo, GS (1995). Ecological characteristics of the aquatic insect community of Pangtae Creek in Kangwon-do, *J. of Ecology and Environment*, 28(3), pp. 309-322. [Korean literature]
- Park, YJ (2004). *Study on the community structure of the benthic macroinvertebrates and the biological evaluation of water quality at the urban stream in daejeon metropolitan city*, master's thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea. [Korean literature]
- Pielou, EC (1975). *Ecological Diversity*, pp. 165.
- Song, YJ (2005). *Evaluation of the environment at the downstream of Han river(Goyang-shi) through the insects and benthic macro-invertebrates analysis*. master's thesis. University of Incheon, Incheon, Korea. [Korean literature]
- Song, YJ, Kim, JG, Bae, YS (2005). Transformation analysis of environment in downstream Han river (Goyang - shi) by biodiversity and distribution of insect and benthic macro-invertebrates, *Korean Wetlands Society*, 7(4), pp. 51-65. [Korean literature]
- The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applied Entomology (1994). *Check List of Insects from Korea*, Kon-Kuk University Press. [Korean literature]
- The Korean Society of Systematic Zoology (1997). *List of Animals in Korea(excluding insects)*, pp. 1-489, Academy Press. [Korean literature]
- Vannote, RL, Minshall, GW, Cummins, KW, Sedell, JR, Cushig, CE (1980). The River continuum concept, *canadian J. of Fisheries and Aquatic Science*, 37(1), pp. 130-137.
- Won, DH, Gwon, SJ, Jeon, YC (2005). *Aquatic Insects Of Korea*. Korea Ecosystem Service, pp. 11-223, Seoul, Korea. [Korean literature]
- Yoon, IB (1988). *Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea 30 Aquatic Insects*, Ministry of education republic of korea. [Korean literature]
- Yoon, IB (1995). *Aquatic Insects of Korea*, Junghaengsa Publisher, pp. 2-218, Seoul, Korea. [Korean literature]

- 논문접수일 : 2014년 07월 09일
- 심사의뢰일 : 2014년 07월 18일
- 심사완료일 : 2014년 07월 25일

Appendix 1. List of surveyed benthic macroinvertebrates.

Scientific name	2003	2004	2009	2010	2014
<i>Dugesia japonica</i>		○			○
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	○	○	○	○	○
<i>Cipangopaludina japonica</i>				○	
<i>Austropeplea ollula</i>				○	
<i>Radix auricularia</i>	○	○	○	○	○
<i>Physa acuta</i>	○	○	○	○	○
<i>Gyraulus convexiusculus</i>				○	○
<i>Hippeutis cantori</i>			○	○	
<i>Polypylis hemisphaerula</i>		○			
<i>Chaetogaster limnaei</i>					○
<i>Limnodrilus gotoi</i>			○		
Glossiponidae sp	○	○			
<i>Whitmania pigra</i>	○	○			
Hirudimidae sp.			○		
<i>Erpobdella lineata</i>				○	○
<i>Gammarus</i> sp.				○	
<i>Palaemon paucidens</i>					○
<i>Cambaroides similis</i>				○	
<i>Baetis fuscatus</i>		○	○	○	○
<i>Baetis pseudothemicus</i>				○	
<i>Cloeon dipterum</i>			○	○	○
<i>Cercion calamorum</i>			○	○	
<i>Cercion hieroglyphicum</i>	○	○	○	○	
<i>Ischnura asiatica</i>		○	○	○	
<i>Mortonagrion selenion</i>		○			
<i>Copera annulata</i>				○	
<i>Platycnemis phillopoda</i>					○
<i>Calopteryx japonica</i>					○
<i>Anax parthenope julius</i>		○	○	○	
<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>		○		○	○
<i>Pseudothemis zonata</i>		○			
<i>Sympetrum darwintianum</i>					○
<i>Sympetrum depressiusculum</i>				○	
<i>Libellulidae</i> sp.1				○	
<i>Tramea virginia</i>		○			
<i>Hesperocorixa kothoffi</i>		○			
<i>Hesperocorixa</i> sp.				○	
<i>Notonecta triguttata</i>			○		○
<i>Muljarus japonicus</i>	○	○	○	○	○
<i>Laccotrephes japonensis</i>					○
<i>Ranatra chinensis</i>	○	○	○	○	○
<i>Aquaris paludum</i>		○	○		○
Gerridae sp.		○			
<i>Cybister japonicus</i>					○
<i>Guignotus</i> sp. (larva)		○			
<i>Hydaticus grammicus</i>				○	
Dytiscidae sp.1			○	○	
Dytiscidae sp.2				○	
Dytiscidae sp.3				○	
<i>Laccophilus difficilis</i>				○	
<i>Laccophilus lewistus</i>				○	
<i>Laccophilus</i> sp.		○		○	
<i>Potamonectes hostilis</i>		○	○		○
<i>Rhantus pulverosus</i>	○	○		○	
<i>Noterus japonicus</i>					
<i>Peltodytes intermedius</i>					○
<i>Peltodytes sinensis</i>		○		○	
<i>Berosus signaticollis punctipennis</i>				○	
<i>Helochaers striatus</i>		○			
<i>Nephrotoma</i> KUa				○	
<i>Tipula</i> KUa				○	○
<i>Tipula</i> KUb				○	
<i>Tipula</i> KUe	○	○			
Culicidae sp.				○	
Chironomidae sp. 1		○	○	○	○
Chironomidae sp. 2			○	○	
Chironomidae sp. 4				○	
Chironomidae sp. 5				○	
<i>Chironomus salinarius</i>		○			
<i>Chironomus nipponensis</i>	○	○			
<i>Tabanus</i> sp.			○		
Syrphidae sp.			○		○
<i>Eristalis</i> KUa		○			
Ephydriidae sp.				○	
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>				○	
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>			○	○	○
<i>Hydropsyche orientalis</i>				○	
<i>Lepidostoma</i> KUa					○
Number of Species	11	32	22	46	27