

인천시 도시복원하천 장수천의 저서성대형무척추동물의 군집구조에 관한 연구

송영주·주영돈·박보선·김종명·권은호·채도영·이희조*·배양섭[†]

인천대학교 생명과학부 생물자원환경연구소
*국립생태원

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

Yeong-Ju Song·Yong-Don Ju·Bo-Sun Park·Jong-Myung Kim·Eun-Ho Kwon·Do-Young Chae·Hee-Jo Lee*·Yang-Seop Bae[†]

Bio-Resource and Environmental Center Division of Life Sciences, Incheon National University

**National Institute of Ecology*

(Received: 19 April 2015, Revised: 09 August 2015, Accepted: 09 October 2015)

요약

인천광역시 관내에 분포하는 하천 중 시민의 이용 빈도가 높은 장수천을 대상으로 자연형 하천 조성에 따른 영향 및 개선방안을 도출하기 위해 연구를 수행하였으며, 이를 위해 2008년 12월에 준공된 장수천에 대하여 조사 및 분석을 실시하였다. 장수천 수계에 대해 3개 지점을 대상으로 총 3차년도(2009, 2010, 2014)에 걸쳐 조사한 결과 총 3문 5강 11목 26과 56종 980개체의 저서성대형무척추동물이 분포하는 것으로 조사되었다. 이를 각 연차별로 분석해 보면 자연형 하천 공사 직후인 2009년에 18과 30종, 공사 후 2년차인 2010년에는 22과 37종으로 7종이 증가한 것으로 조사되었으며, 이후 2014년 조사 결과 22과 38종으로 2010년 회복 후 안정화 단계에 들어선 것으로 볼 수 있다. 이는 장수천 자연형 하천 조성사업으로 인해 하천 수환경의 개선이 이루어진 것을 확인 할 수 있었으며, 아울러, 장수천의 경우 상류부 지역의 인천대공원 내 양호한 습지지역의 지속적인 유지 관리 노력으로 인해 양호한 생태환경을 보여주고 있으며, 장수천 자연형 하천조성 사업과 함께 긍정적 효과를 내고 있는 것으로 확인되었다.

핵심용어 : 수생태계, 저서성대형무척추동물, 인천, 장수천, 자연형하천

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effects of the natural river conservation work and to find remedies for them, targeting Jangsu-cheon with high frequency of use by citizens among the rivers in Incheon Metropolitan City, Korea; for this, this study conducted investigations and analyses of Jangsu-cheon completed in December, 2008. As a result of investigating 3 spots for the water system of Jangsu-cheon over a total of 3 years (2009, 2010, 2014), it was found that benthic macro-invertebrates of a total of 3 phyla, 5 classes, 11 orders, 26 families, 56 species, and 980 specimens were distributed there. When they were analyzed by year, 18 families and 30 species in 2009, right after the natural river conservation work, and 22 families and 37 species in 2010, 2 years after the work, were found, with 7 species increasing in number; after that, as a result of the investigation in 2014, 22 families and 38 species were found, which tells the river has entered the stabilization stage since the recovery in 2010. Therefore, this study could identify: the water environment of the river was improved due to the natural river conservation work for Jangsu-cheon; in addition, Jangsu-cheon showed good ecological environment due to the continuous maintenance of the good wetlands in Incheon Grand Park in the upper area of the river; and the natural river conservation work of Jangsu-cheon created positive effects.

Key words : aquatic ecosystem, benthic macro invertebrates, Incheon, Jangsu-cheon, naturalized stream

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

인간 생활에 없어서는 안되는 물은 우리나라의 경제성장

과 산업 발전은 물론 각종 문화 활동을 지속할 수 있게 해주는 기초 자원으로써 그 중요성은 날로 증가하고 있다. 우리나라의 경우 급속한 산업화와 함께 무분별한 개발, 토지이용의 증대 등으로 인해 자연적인 하천이 점차 사라지고 있는 추세에 있다.

일반적으로 하천생태계는 고도구배에 따라 발원지에서 하구까지 단기간에 변하지 않고 비교적 일정하게 흐르기

[†] To whom correspondence should be addressed.
Department of Division of Life Sciences, Incheon National University
E-mail: baey@inu.ac.kr

때문에 환경요인과 그에 따른 생물군집이 연속적으로 변화한다는 하천연속성 개념(River Continuum Concept, RCC)으로 설명되어 진다(Vannote et al., 1980). 즉, 하천은 시·공간적 규모와 범위에 따라 다양한 환경특성을 보이고, 그 형태는 그 속에 사는 동·식물의 서식처 특성을 지배한다고 할 수 있다. 따라서 하천생태계의 물리·화학적인 환경요인이 생물군집구조와 기능에 미치는 영향을 분석하고, 이를 통해 변화되는 환경조건에 출현할 수 있는 생물군집의 분포특성을 파악하는 것이 객관적인 하천평가에 있어 중요한 요소로 부각되었다(박, 2011).

이러한 하천의 변화요인에 따라 본 연구의 대상지가 되는 인천광역시에서 자연형 하천으로 조성한 장수천에 대해 변화요인을 파악하는 것 또한 중요하다 할 수 있다.

수질에 대한 평가방법으로는 이화학적인 방법과 지표생물을 이용한 생물학적 방법이 있다. 과거의 수질평가는 주로 이화학적인 방법을 통해서 이루어졌다. 이러한 이화학적인 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 해줌과 동시에 오염물질의 복합효과 등에 따른 종합적 영향을 반영한다(Kong, 2002).

생물학적 수질평가 기법은 Kolkwitz and Marsson(1902)이 처음으로 하천생태계를 네 등급의 오수생물체계(Saprobic system)로 구분한 이후 다양한 방법으로 세분화 되었다.

특히 하천에 서식하는 저서성대형무척추동물군은 매우 다양한 종 특이성을 보여주고 있는데 특히 수서곤충류는 환경변화에 민감하고, 하천특성에 따른 독특한 군집구조와 비교적 뚜렷한 내성범위를 가지고 있어서 수서생태계의 환경을 평가하는 지표생물로 효과적으로 이용되고 있다(Francis & Robert, 2009; Yoon, 1995; Won et al., 2005).

본 연구는 인천광역시의 대표적인 도심하천인 장수천을 대상으로 자연형 하천조성사업이 수생태계에 어떤 영향을 효과를 나타내었는지 현황조사 및 모니터링을 통하여 현황을 파악하고 이를 통해 자연형 하천을 유지 관리하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 조사지 개황

조사대상 하천은 인천광역시 관내에 분포하는 주요 하천 중 하천규모가 크고 시민 생활과 밀접한 관련이 있는 장수천을 대상으로 조사를 실시하였다(Fig. 1).

장수천은 인천광역시 남동구 장수동에서 발원하여 만수동, 수산동, 서창동, 논현동을 관류하여 서해안으로 유입되는 지방2급 하천이다. 유역면적 19.64km², 유로연장 10.16km로서 유역의 형상은 본류가 유역의 중앙을 관류하는 전체적으로 긴 지사각형의 수지상 형태이다.

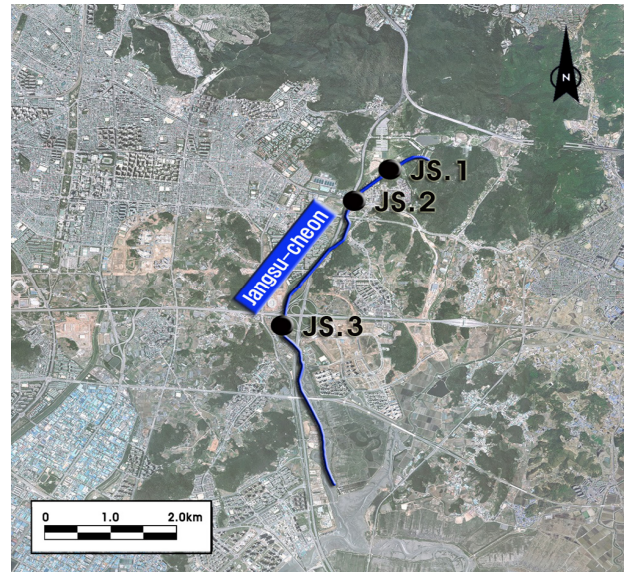


Fig. 1. Location of the study sites.

Table 1. Detailed locations of each survey point

Site	Location	
Jangsu-cheon	JS.1	Jangsu-dong, Namdong-gu, Incheon-shi, 282-1 (Incheon Grand Park)
	JS.2	Jangsu-dong, Namdong-gu, Incheon-shi, 474-3 (Suyeon Bridge)
	JS.3	Susan-dong, Namdong-gu, Incheon-shi, 595-47

장수천 상류부에 인천대공원 내의 호소가 위치하고 있으며, 하류부에는 소래포구가 인접하고 있다(인천광역시 종합건설본부, 2007).

2.2 조사 방법

2.2.1 환경현황

1) 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.

이러한 인천지역의 기후 및 강우량 분석을 위해 인천기상대의 과거 30년간 기상자료를 분석하였다(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 관리 기준의 판정은 ESB지수를 적용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 환경부의 저서성 대형무척추동물 조사지침을 적용하고 있다.
또한, 환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB의 평가구간은 전국자연환경조사지침을 적용하였다.
- ② 한국오수생물지수 (KSI, Korean Saprobic Index) : 저서성대형무척추동물을 이용한 생물학적 물환경 평가는 “물환경종합평가방법 개발조사연구, 국립환경과학원, 2006”에서 제안된 한국오수생물지수를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 환경 현황

3.1.1 인천시의 기후 및 강수량

인천시의 과거 30년 동안의 연평균 기온은 12.1°C이며, 최고

온도 16.4°C, 최저온도 8.7°C로 조사되었으며, 연평균 습도는 68.6%, 평균풍속 2.9m/s, 연간강수량 1,234.4mm로 조사되었다.

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

3.2 저서성대형무척추동물 현황 및 분석

3.2.1 전체 출현종 현황 및 분석

1) 출현 분류군 현황 및 분석

장수천 수계에 대해 3개 지점을 대상으로 총 3차년도(2009, 2010, 2014)에 걸쳐 조사를 실시하였으며, 조사결과 총 3문 5강 11목 26과 56종 980개체가 동정 및 분류되었다.

이 중 연체동물문(Mollusca)이 1강 1목 3과 3종, 환형동물문(Annelida)이 2강 2목 2과 3종, 절지동물문(Atrthropoda)이 2강 8목 21과 50종이 조사되었다.

2) 연도별 출현종 현황 종합

장수천에 대한 자연형하천 정비사업 전후시기에 실시된 조사 시기별 저서성대형무척추동물의 경우 자연형하천 공사 직후인 2009년에 3문 5강 10목 18과 30종이 확인되었으며, 이 후 안정화 단계인 2010년에는 3문 5강 11목 22과 37종으로 출현종이 증가한 것으로 조사되었고, 이 후 2014년 조사 결과 3문 5강 10목 22과 37종으로 2010년에 비해 출현 종수가 증가한 것으로 확인되었다.

3.2.1 연차별 출현종 현황 및 분석

1) 2009년도 출현종 현황

2009년 조사의 경우 장수천 자연형하천 정비사업 시행 직후의 조사 결과로서 총 3문 5강 10목 18과 30종 206개체가 출현하였으며, 주요 분류군으로 잠자리목 9종(30.0%), 파리목 5종(16.7%), 하루살이목 4종(13.3%), 노린재목 3종(10.0%), 등의 순으로 우점하여 출현하는 것으로 확인되었다.

Table 2. Climatic circumstance in Incheon last 30 years on average

Year	Item(°C)			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

Table 3. Situation of appearance species of Benthic macro -invertebrate of research subject in 2009-2014

Division		Family	Species	Individual	
Mollusca		3	3	44	
Annelida		2	3	84	
Atrthropoda	Crustacea		2	3	149
	Insecta	Ephemeroptera	1	4	107
		Odonata	5	17	212
		Hemiptera	5	8	173
		Coleoptera	2	6	40
		Diptera	5	9	149
	Trichoptera	1	3	22	
Total		26	56	980	

이 중 수서곤충류는 6목 13과 25종(83.3%) 151개체(73.3%)로 중수와 개채수 모두 비곤충류에 비해 높게 나타나는 것으로 조사되었다.

장수천 자연형하천 정비사업으로 인해 하상 및 수변 환경이 교란되었으나 비교적 양호한 출현종 상태를 보이는 것으로 확인되었다.

Table 4. Annual situation of appearance species of Benthic macro-invertebrate of research subject in 2009-2014

Period	2009	2010	2014
Phylum	3	3	3
Class	5	5	5
Order	10	11	10
Family	18	22	22
Species	30	37	38
Individual	206	188	586

2) 2010년도 출현종 현황

2010년 조사의 경우 장수천 자연형하천 정비사업 시행 후 2년이 경과한 시점으로 조사 결과 총 3문 5강 11목 22과 37종 188개체가 출현하여 2009년(25종)에 비해 출현종수가 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

이는 하천정비사업 완료 후 하상 및 수환경이 빠르게 안정화되어 주변 지역 산림 및 습지, 초지로부터 재 이입된 종들이 증가한 결과로 사료되며, 특히 장수천 상류부 좌안 측 습지 지역에 반딧불이 서식지를 조성하여 반딧불이외에 다양한 수서 곤충류가 유입될수 있도록 조성하였고, 주요 분류군으로는 잠자리목과 파리목이 각각 8종(21.6%), 노린재목이 6종(16.2%), 딱정벌레목이 4종(10.8%) 등의 순으로 우점하여 출현하는 것으로 확인되었다.

(3) 2014년도 출현종 현황

2014년 조사의 경우 장수천 자연형 하천정비사업 시행 후

Table 5. 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		
Mollusca	-	-	2	5	-	-	2	5		
Annelida	1	2	1	28	1	8	2	38		
Arthropoda	Crustacea	1	3	1	2	1	7	1	12	
	Insecta	Ephemeroptera	1	24	2	5	2	18	4	47
		Odonata	3	17	5	13	3	11	9	41
		Hemiptera	1	11	3	13	-	-	3	24
		Coleoptera	-	-	1	1	1	3	2	4
		Diptera	2	14	3	4	1	5	5	23
Trichoptera	1	5	1	4	1	3	2	12		
Total	10	76	19	75	10	55	30	206		

Table 6. 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		
Mollusca	1	1	1	3	2	2	2	6		
Annelida	2	14	2	3	2	4	2	21		
Arthropoda	Crustacea	2	2	2	42	3	6	3	50	
	Insecta	Ephemeroptera	-	-	2	16	2	5	2	21
		Odonata	-	-	6	23	4	6	8	29
		Hemiptera	1	1	5	11	2	2	6	14
		Coleoptera	-	-	2	2	2	2	4	4
		Diptera	5	16	6	13	3	4	8	33
Trichoptera	1	5	1	2	1	3	2	10		
Total	12	39	27	115	21	34	37	188		

Table 7. Situation of appearance species of Benthic macro-invertebrate of research subject in 2014

Division	1st		2st		3st		total			
	species	individual	species	individual	species	individual	species	individual		
Mollusca	1	11	1	15	2	7	2	33		
Annelida	1	5	1	6	2	14	2	25		
Arthropoda	Crustacea	1	24	2	45	3	18	3	87	
	Insecta	Ephemeroptera	1	3	2	20	2	16	2	39
		Odonata	5	34	8	66	7	42	10	142
		Hemiptera	4	56	6	36	4	43	7	135
		Coleoptera	2	12	1	6	3	14	4	32
		Diptera	4	27	7	39	4	27	8	93
Total	19	172	28	233	27	181	38	586		

Table 8. Analysis upon biotic-index of research subject from 2009 to 2014

Division (number of research)	Dominant index (DI)	Diversity index (H')	Richness Index (RI)
2009(3st)	0.49	2.69	2.47
2010(3st)	0.41	2.94	3.06
2014(3st)	0.30	3.79	4.02

Table 9. Analysis upon ESB index of research subject from 2009 to 2014

Year	ESB	Environment quality evaluation			Saprobity
		Environment condition	Area determination	Water quality	
2009	18	Defective ness	Priority improvement waters	Ⅲ	α -mesosaprobic
2010	17	Defective ness	Priority improvement waters	Ⅲ	α -mesosaprobic
2014	30	Some satisfactory	Improvement waters	Ⅱ	β -mesosaprobic

6년이 경과한 시점으로 조사결과 총 3문 5강 10목 22과 38종 586개체가 출현하여 2010년 조사결과(37종)와 비교하여 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

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

3.2.2 연차별 생물지수 분석

1) 생물지수 분석

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

조사 결과를 살펴보면 2009년에는 우점도 0.49, 다양도 2.69, 종풍부도 2.47로 조사되었으며, 2010년에는 우점도 0.41, 다양도 2.94, 종풍부도 3.06, 2014년에는 우점도 0.30, 다양도 3.79, 종풍부도 4.02로 조사되었다.

저서성대형무척추 동물의 군집분석 결과 장수천 자연형 하천 정비사업 시행 직후(2009년) 보다 안정화 이후(2010년, 2014년)에 지속적으로 종다양도 및 풍부도가 개선되는 것으로 조사되었다.

특히, 2010년에 비해 2014년에 종수의 변화는 크지 않았으나, 우점도 및 다양도, 풍부도 등이 개선되어 수계 생태계가 지속적으로 안정화 되는 되는 것으로 분석되었다.

3.2.3 연차별 수환경평가

1) ESB 지수 분석

장수천의 ESB지수 산정시 각 조사시기 및 지점별 평균값을 활용하였으며, 분석결과를 연차별로 살펴보면 2009년에 ESB지수 18로 불량한 환경상태를 보이고 있으며, 2010년에는 ESB 지수 17로 불량한 환경상태, 2014년에는 ESB지수 30으로 다소 불량한 환경상태를 나타내는 것으로 조사되었다.

장수천 자연형 하천정비사업 시행 직후(2009년)과 시행 후 2년(2010년), 안정화 후(2014년)의 조사 결과를 분석한 결과 종수 및 군집 구조에 따른 생물지수의 경우 2010년 전체적으로 출현종이 증가하여 개선된 것으로 파악되었으

나, ESB지수 분석 결과 2014년에 들어서야 지수가 개선된 것으로 조사되어 수서 생태계 안정화에 상당한 시일이 걸리는 것으로 분석되었다.

2) KSI 지수 분석

장수천의 KSI지수 산정시 각 조사시기 및 지점별 평균값을 활용하였으며, 분석결과를 연차별로 살펴보면 2009년과 2010년에 KSI지수 1.94로 양호한 환경상태를 나타내었으며, 2014년에는 KSI지수가 2.55로 보통의 환경 상태를 나타내는 것으로 조사되었다.

KSI지수의 경우 ESB지수와 유사한 패턴을 보이는데 이는 장수천 자연형 하천정비 기간 동안 저서성대형무척추 동물 군집이 영향을 받았다가 회복되어 안정화 되는데 비교적 긴 시간이 걸리는 것을 알 수 있는데 이는 생물지수(우점도, 다양도, 풍부도) 및 ESB지수 분석결과와 연계되어 유사한 결과를 보이는 것으로 분석되었다.

Table 10. Analysis upon KSI index of research subject from 2009 to 2014

Year	KSI index	Biology class	Environment condition
2009	1.94	B	Satisfactory
2010	1.94	B	Satisfactory
2014	2.55	C	Normal

3.3 고찰

3.3.1 장수천 자연형 하천 조성사업 고찰

장수천 수계에 대해 3개 지점을 대상으로 총 3차년도(2009, 2010, 2014)에 걸쳐 조사한 결과 총 3문 5강 11목 26과 56종 980개체의 저서성대형무척추동물이 분포하는 것으로 조사되었다.

이를 각 연차별로 분석해 보면 자연형 하천 공사 직후인 2009년에 18과 30종, 공사 후 2년차인 2010년에는 22과 37종으로 7종이 증가한 것으로 조사되었으며, 이후 2014년 조사 결과 22과 38종으로 2010년 회복 후 안정화 단계에 들어선 것으로 볼 수 있다.

또한, 본 하천의 생물지수 및 ESB지수, KSI지수 분석 결과 출현종 변화 패턴과 유사한 결과를 보여 하천정비사업 기간동안 감소하였다가 정비사업 후 비교적 양호한 수생태

계 현황을 보이는 것으로 조사되었다.

이는 자연형 하천 정비 공사로 인해 저서성대형무척추동물이 서식할수 있는 공간(수제, 여울, 소) 등이 조성된 결과로 볼 수 있으며, 장수천 자연형하천 조성공사는 하천내 물리적 특성 변화를 유도하여 짧은 시간 동안에 하천 내 수생태계의 큰 변화를 가져오게 되며, 적절한 생물서식공간의 조성, 오염원의 차단 등을 통해 도심하천에 긍정적 영향을 끼친 것을 확인할 수 있었다.

3.3.2 장수천, 공촌천 자연형 하천 조성사업 비교

본 연구대상지와 동일한 기간에 연구를 수행한 “인천시 도시복원하천 공촌천의 저서성대형무척추동물의 군집 구조에 관한 연구, 한국습지학회, 2014” 결과와 비교 분석을 해 보면, 장수천의 경우 2009년 18과 30종, 2010년 22과 37종, 2014년 22과 38종으로 분석되었으며, 공촌천의 경우 2009년 18과 22종, 2010년 23과 46종, 2014년 27과 37종으로 분석되었다.

두 하천의 출현종수 분석결과 자연형 하천 정비 공사로 인해 출현종이 증가한 후 안정된 상태를 보이는 것으로 확인되어 하천정비 사업이 장수천과 공촌천에 수생태계에 긍정적인 효과를 가져온 것으로 확인되었다.

Table 11. Current state of benthic macro-invertebrates in Jangsu-cheon and Gongchon-cheon (In 2009, 2010 and 2014)

Period	Jangsu-cheon			Gongchon-cheon		
	2009	2010	2014	2009	2010	2014
Family	18	22	22	18	23	27
Species	30	37	38	22	46	37

4. 결 론

본 연구 결과 장수천 자연형 하천 조성사업으로 인해 하천 수환경의 개선이 이루어진 것을 확인 할 수 있었으며, 하도 내 생물서식 공간이 다양한 저서성대형무척추동물의 서식처로 이용되는 것으로 확인되었다.

아울러, 장수천의 경우 상류부 지역의 인천대공원 내 양호한 습지지역의 지속적인 유지 관리 노력으로 인해 양호한 생태 환경을 보여주고 있으며, 장수천 자연형 하천 조성사업과 함께 긍정적 효과를 내고 있는 것으로 확인되었다.

이러한 성과를 바탕으로 인천 시민과 함께하는 자연형 하천 살리기 활동에 본 연구가 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구에서 하천생태계 데이터 분석 등에 도움을 주신 김진한 교수님(인천대)-김형수 교수님(인하대)-정종태 교수님(인천대) 및 하천 환경 분석 등에 도움을 주신 권전오 박

사님(인천발전연구원)에게 감사드리며, 그간 조사에 조력한 인천대 동물분류실험실의 Qi Mujie, Ulzijiargal, Xuan Vi Le, 나솔문, 김재원, 이동준 에게 감사드립니다.

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

References

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.

Incheon Metropolitan City General Construction Headquarter (2007). *Jangsu-cheon natural type stream phase 2 development project report*, Incheon Metropolitan City.[Korean Literature]

Kong, DS (2002). Biological evaluation criteria of water quality, *Korean J. of Environmental Biology*, 20, pp. 38-49. [Korean Literature]

Kolkwitz, R, Marsson, M (1902). Grundsätze für die bio-logische Beurteilung des wassers nach seiner flora and fauna, *Mitteilungen der königlichen prüfanstalt Wä-sserversorgung und Abwasserbeseitigung*, 1, pp. 33-72.

Margalef, RH (1958). *Information Theory in Ecology*, Gen Syst, 3, pp. 36-71.

McNaughton, SJ (1967). Relationship among funtional properties of california grassland, *Nature*, 216, pp. 168-169.

National Institute of Environmental Research (2006). *A Study on Development and Investigation of Water Environment Integrated Assessment Method*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]

Park, YJ (2011). *A Study on Distribution and Prediction of Benthic Macro-invertebrates in Geum-gang Water System*, Ph.D Dissertation, Daejeon University, Daejeon Korea.[Korean Literature]

Pielou, EC (1975). *Ecological Diversity*, pp. 165.

Song, YJ (2014). Study on community structure of benthic macro-invertebrates inhabiting in an urban restoration stream, Gongchon-cheon, in Incheon city, *Korean J. of Wetlands Research*, Vol. 16, No. 4, pp. 371-378.[Korean Literature]

The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applide Entomology (1994). *Check List of Insects from Korea*, Kon-Kuk University Publisher.[Korean Literature]

The Korean Society of Systematic Zoology (1997). *List of Animals in Korea(excluding insects)*, pp. 1-489, Academy Publisher.[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]