

경기도 경안천에서 소형 보(洑)의 철거 이후에 변화된 저서성 대형무척추동물 군집

길혜경 · 김동건 · 정상우 · 신일권 · 조강현¹ · 우효섭² · 배연재*

서울여자대학교 생물학과, ¹인하대학교 생명과학과,
²한국건설기술연구원

Changes of Benthic Macroinvertebrate Communities after a Small Dam Removal from the Gyeongan Stream in Gyeonggi-do, Korea

Hye Kyung Kil, Dong Gun Kim, Sang Woo Jung, Il Kwon Shin,
Kang Hyun Cho¹, Hyo Seop Woo² and Yeon Jae Bae*

Department of Biology, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

¹Department of Life Science, Inha University, Incheon 402-751, Korea

²Korea Institute of Construction Technology, Goyang-si, Gyeonggi-do 411-712, Korea

Abstract – Benthic macroinvertebrate communities were studied after a small dam removal from the mid-section of the Gyeongan stream in Gyeonggi-do, Korea. Quantitative sampling was conducted at immediately upstream (upper) and downstream (lower) sites from the dam as well as at the site where the dam was located (dam site: middle) using a Surber sampler (50 × 50 cm, mesh 0.25 mm), four times (November 2004, May 2005, January 2006, and May 2006) after the dam removal. As a result, 46 species of benthic macroinvertebrates, belonged in 35 genera, 27 families, 11 orders, 5 classes, and 4 phyla, were sampled from the stream sites, but the number of species that occurred at each sampling trial was different (ranged 3~17 spp.) according to the seasons and sites. Approximately one year after the dam removal, the species number has increased and taxa composition has changed as the microhabitat became more heterogeneously due to a riffle formation in the upstream site. Chironomid larvae and tubificid worms, which are common in Korean urban streams, were the dominant species, while *Hydropsyche kozhantschikovi* was the 2nd dominant species at some sampling trials. In general, McNaughton's dominance indices decreased and Shannon species diversity indices increased approximately one year after the dam removal. Compositions of collector-filterers, clingers, and swimmers increased as hydropsychid caddisflies, heptageniid mayflies, and baetid mayflies increased, respectively, in the upstream site. The group pollution index and the ecological score using benthic macroinvertebrates both indicated that water environment has been improved in the upstream site after the dam removal.

Key words : benthic macroinvertebrates, dam removal, Gyeongan stream, taxa composition, functional groups, biomonitoring

* Corresponding author: Yeon Jae Bae, Tel. 02-970-5667,
Fax. 02-970-5974, E-mail. yjbae@swu.ac.kr

서 론

하천의 보(淤)는 수위 유지, 토사 유출 방지, 농업용수 취수 등을 위한 시설로 이용되는 반면, 하천 수로의 물리적, 생물학적 특성을 변형시키며, 자연적인 물의 흐름과 상류와 하류의 연속성을 차단함으로써 하천생태계에 악영향을 주고 있다 (Putt 1984; Yeager 1994; Ligon *et al.* 1995). 이러한 연유로 최근에는 보가 설치된 하천 인근 지역의 도시화나 토지이용의 변화로 설치 목적을 상실하였거나 기능이 다하여 하천에 방치된 보의 철거를 통한 하천 생태통로의 회복을 추진하고 있는 추세이다.

외국의 경우 보의 철거 후 지형과 하상물질의 변화에 대한 조사 (Klumpp and Gremann 2001; Hart *et al.* 2002; Stanley and Doyle 2003; Doyle *et al.* 2005), 보 철거 후 서식환경의 변화에 따른 생물군집의 변화 연구 (Stanley *et al.* 2002; Thomson *et al.* 2005), 기능이 다한 보의 철거 기준안을 마련하는 연구 (Heinz Center 2002; AASHTO 2005) 등이 이루어지고 있다. 우리나라에는 현재 수위유지 및 농업용수 취수를 목적으로 하천에 약 18,000여 개의 보가 설치되어 있으며, 인근지역의 토지이용 변화, 시설의 노후화, 토사 퇴적에 의한 기능 상실 등으로 매년 50~300개 정도의 보가 폐기되고 있다 (농림부 2006). 그러나 이러한 보는 철거되지 않고 그대로 방치되어 있는 상태이며, 따라서 보의 철거에 따른 생물상 변화 연구가 필요한 실정이다.

저서성 대형무척추동물은 하천의 생물 중에서 가장 종류가 다양하고, 이동성이 적으므로 정량채집이 용이하여 각종 생태 연구에 이용된다. 특히 저서성 대형무척추동물은 서식 환경조건과 수질에 따라 출현하는 종류가 서로 다르므로 이들 군집과 지표종의 조사를 통하여 대상수역의 환경 변화를 평가하는 생태학적 모니터링에 유용하게 이용되고 있다 (Rosenberg and Resh 1993).

본 연구는 기능이 다한 보를 철거한 이후 저서성 대형무척추동물의 군집을 조사함으로써 보의 철거에 따른 보의 상류 및 하류간의 서식처 변화가 저서성 대형무척추동물의 군집에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 대상지 및 기간

본 연구의 대상하천인 경안천은 경기도 용인시 호동에 있는 문수봉(404m)에서 발원하여 광주군을 지나 팔당호로 유입되는 총 유로 49.5 km의 전형적인 한국의

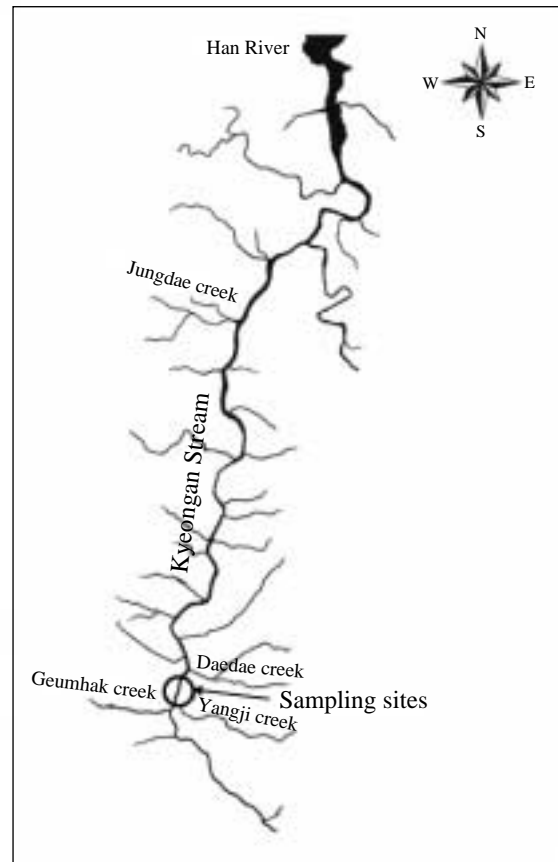


Fig. 1. Map showing study area of Gyeonggan stream in Gyeonggi-do, Korea.

도시근교 하천으로서 (Fig. 1) 근래에 급격히 진행된 유역의 도시화에 따라 하천 환경이 크게 변모되었다. 본 연구의 대상 보는 경안천의 중류인 경기도 용인시 유림동에 위치하고 있었으며, 인근 농경지에 농업용수를 공급하고자 설치되었던 보로서 길이 50 m, 높이 1.0 m의 시멘트 구조물이었다 (Fig. 2A). 그러나 인근 지역의 도시화에 따라 원래의 설치 목적을 상실하게 되었고, 2004년 3월에 철거되었다 (Fig. 2B, C). 대상지점의 하천폭은 50~60 m이며 수로폭은 상류와 중류는 20~30 m, 하류는 10~15 m이다.

야외 조사는 4회 (1차 조사: 2004년 11월, 2차 조사: 2005년 5월, 3차 조사: 2006년 1월, 4차 조사: 2006년 5월)에 걸쳐 실시하였다. 조사기간 중 2006년 5월에는 경전철 선로 설치에 따른 하천변 하수관로 이설공사가 진행되고 있었다. 따라서 조사대상지 전반에 걸쳐 하천수로 주변이 손상되고 하천내로 토사가 유입되어 수질이 혼탁해진 상태였다. 조사지점은 상류, 중류, 하류의 3개 지점을 선정하였다 (Fig. 2B, C). 상류지점은 철거 이전부터 보에 의해 정체 수역을 이루고 있었던 보의 50 m 상



Fig. 2. Study area of Gyeongan stream. (A) Stream view before dam removal in March 2004. (B) Stream view after dam removal in November 2004, (C) Downstream view at dam site in November 2004, (D) *H. kozhantschikovi* found at dam site in November 2004.

류 지점, 중류지점은 보의 구조물이 설치되어 있었던 지점, 그리고 하류지점은 보의 직하류 약 50 m 지점이며, 각 지점의 서식처 현황은 다음과 같다.

1) 상류지점

1차 조사시 유속 0.2 m sec^{-1} , 수심 $0.12 \sim 0.34 \text{ m}$, 하상은 대부분 sand로 되어 있었으며, fine gravel과 silt도 섞여 있었고, pool의 형태를 이루고 있었다. 2차 조사시 유속 0.4 m sec^{-1} , 수심 $0.19 \sim 0.29 \text{ m}$, 하상은 1차 조사시와 유사하였으며, 유기물이 얇게 덮여 있었다. 3차 조사시 유속 0.2 m sec^{-1} , 수심 $0.13 \sim 0.15 \text{ m}$, 하상은 sand, gravel, cobble, pebble로 다양하게 구성되어 있었으나 sand의 비율이 상대적으로 많았으며, 유기물이 덮여 있었다. 4차 조사시 유속 0.2 m sec^{-1} , 수심 $0.25 \sim 0.26 \text{ m}$, 하상은 3차 조사시와 유사하였다.

2) 중류지점

1차 조사시 유속 0.5 m sec^{-1} , 수심 0.12 m , 하상은 gravel, pebble, cobble로 되어 있었고, pebble이 상대적으로 많았으며, 부착조류가 풍부하였다. 2차 조사시 유속 0.7 m sec^{-1} , 수심 $0.11 \sim 0.13 \text{ m}$, 하상은 1차 조사시와 유사하였다. 3차 조사시 유속 0.4 m sec^{-1} , 수심 $0.09 \sim 0.15 \text{ m}$, 하상은 2차 조사시보다 sand와 gravel의 비율이 증가하였으며, 유기물이 많이 덮여 있었다. 4차 조사시 유속 0.6 m sec^{-1} , 수심 $0.11 \sim 0.13 \text{ m}$, 하상은 3차 조사시와 유사하였다.

3) 하류지점

1차 조사시 유속 0.7 m sec^{-1} , 수심 $0.11 \sim 0.17 \text{ m}$, 하상은 sand, gravel, pebble, cobble로 다양하게 구성되어 있었으며, 부착조류가 풍부하였다. 2차 조사시 유속 0.5 m sec^{-1} , 수심 $0.10 \sim 0.21 \text{ m}$, 하상은 1차 조사시와 유사하였으나 부착조류가 비교적 적었다. 3차 조사시 유속 0.7 m sec^{-1} , 수심 $0.09 \sim 0.18 \text{ m}$, 중류와 유사한 하상을 이루고 있었다. 4차 조사시 유속 0.4 m sec^{-1} , 수심 0.21 m , 하상은 3차 조사시와 유사하였다.

2. 채집 및 분석

저서성 대형무척추동물의 정량채집은 Surber sampler ($50 \times 50 \text{ mm}$, 망목 0.25 mm)를 이용하여 각 지점에서 2회씩 채집하였고, 일반적인 야외조사 및 서식처의 환경조사 방법은 기존의 방법(Ward 1992; Williams and Feltmate 1992; Allan 1995; Merritt and Cummins 1996)을 사용하였다. 유속은 Craig (1987)가 고안한 방법으로 측정하였다. 채집한 정량 및 정성 채집물은 현장에서 Kahle's 용액에 고정하여 실험실로 옮겨와 무척추동물을 고른 후 80% Ethanol에 보존하고, 동정에 이용하였다. 동정과 분류는 기존의 분류학적 문헌을 참고하였다(McCafferty 1981; Wiederholm 1983; Pennak 1989; 윤 1995; Merritt and Cummins 1996; 배 1999; Throp and Covich 2001; Kawai and Tanida 2005).

저서성 대형무척추동물의 군집구조를 비교하기 위하여 정량 채집된 자료를 이용하여 우점종과 아우점종을 선정하였고, McNaughton 우점도지수(DI)와 Shannon 종다양도지수(H')를 구하였으며, 철거 이후 지점간의 유사도 변화를 파악하기 위해 출현종을 근거로 한 지점간 Sørensen 유사도지수를 구하였다(배 1999). 기능군의 분석은 기존의 문헌을 이용하여 섭식기능군(functional feeding group)과 서식기능군(habitat orientated group)을 분석하였다(Merritt and Cummins 1996; 노와 전 2004). 서식처의 생물학적 환경평가는 군오염지수(GPI) 및 수환경평가지수(ESB)를 적용하였다(윤 1995; 환경부 2000).

결과 및 고찰

1. 저서성 대형무척추동물의 종조성

조사기간 동안 경안천에서는 총 4문 5강 11목 27과 35속 46종의 저서성 대형무척추동물이 출현하였다(Table 1). 조사시기별 출현종수는 지점에 따라 3~17종으로 차

Table 1. Species and individual number (inds. 5,000 cm⁻²) of benthic macroinvertebrates sampled after a small dam removal at the study sites of Gyeongang stream

Species	Nov. 2004			May 2005			Jan. 2006			May 2006		
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
Planariidae sp.			1						2			
Naididae sp.									1			
Tubificidae sp.	1		422	50	4	380	3	19	60	96	202	32
<i>Erpobdella lineata</i>	1	10	9		2			4	5	1	7	1
<i>Physa acuta</i>					2							1
<i>Acentrella sibirica</i>		25	4								3	
<i>Acentrella gnom</i>							1		1	7	159	21
<i>Baetis fuscatus</i>		4	6		2			80				
<i>Baetis sylvaticus</i>					1							
<i>Baetis ursinus</i>					2					2	3	1
<i>Cloeon dipterum</i>					12							
<i>Caenis</i> KUa					1					29	2	5
<i>Ephemera orientalis</i>								3				
<i>Uracanthella rufa</i>		20						24	117	17		1
<i>Ecdyonurus levis</i>								18		1		
<i>Epeorus pellucidus</i>		6	1			1		7	47	22		2
<i>Calopteryx japonica</i>						1					1	
<i>Potamonectes hostilis</i>								1				
<i>Potamonectes</i> sp.					1							
<i>Tipula</i> KUb					1			1				
<i>Tipula</i> sp.												1
<i>Antocha</i> KUa		6	10		17	7	4	25	64	1	54	
<i>Simulium</i> sp.					1							
Chironomidae sp.	3	191	253	114	980	1405	63	294	171	31	409	30
Tanypodinae sp.		1	7	47	80	345	30	64	80	24	181	14
Diptera sp.			1									
<i>Psychomyia</i> KUa						3						
<i>Cheumatopsyche</i> KUa							2	9	3			
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>		6	4	4	13	25	10	6	12			
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>		35	14	93	2	87	25	203	115		16	
<i>Hydropsyche valvata</i>						30			3			
<i>Hydropsyche orientalis</i>				12			4	14	14			
<i>Hydropsyche</i> KUd						1						
<i>Glossosoma</i> KUa									2			
<i>Glossosoma</i> sp.										2	48	2
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>			1									
<i>Rhyacophila</i> sp.			1									
<i>Hydroptila</i> KUa			1		1							
<i>Mystacides</i> KUa						4						
<i>Ceraclea</i> KUb						1						
Number of individuals	5	304	735	320	1122	2290	199	882	570	494	1088	107
Number of species	3	10	15	6	17	13	17	12	15	10	14	9

이가 있었다 (Fig. 3). 보의 철거 이후 8개월이 경과한 2004년 11월 조사시 상류는 3종이 출현하였으며, 중류와 하류에서는 10종과 15종이 출현하여 중류와 하류가 상류보다 더 다양한 것으로 나타났다.

상류지점은 철거 이후 시간이 지남에 따라 출현종수가 점차 증가하여 2006년 1월 조사에서는 17종으로 하류의 15종과 비슷하였으며, 하류는 조사기간 동안 일정한 수준을 유지하였다. 그러나 2006년 5월 조사에서는 상류와 하류가 각각 9종과 10종이 출현하여 종수가 감소하였다. 경안천의 본 조사지점에서 보의 철거 이전에

조사한 자료는 없으나 경안천의 보 철거 지점과 인접한 지역이면서 유사한 서식 환경을 지닌 용인읍 김량장동 김량장교 하류의 수중보 하류지점에서 1992년 10월에 본 조사와 동일한 방법으로 정량채집한 자료에서 줄날도래 (*Hydropsyche* sp.), 꼬마하루살이 (*Baetis* sp.), 깔따구류 (Chironomidae sp.) 등 8종이 출현하였다 (윤 등 1992). 또한 경안천의 용인시 위생처리장부근지역에서 2001년 10월에 정성채집으로 조사된 저서성 대형무척추동물은 19종으로 나타났다 (한강수계관리위원회 2001). 한편, 경안천과 유사한 환경을 지닌 경기도 파주시의 문산천 중

류에 위치한 검전보에서 2004년에 11월에 조사된 자료에 의하면 보 상류에서는 7종, 보 하류에서는 17종이 출현하여 하류가 상류보다 많은 종이 나타났으며, 종조성도 유수역인 하류에서 다양한 분류군이 출현하였으나 상류는 상대적으로 분류군 조성이 단순하여 대부분이 실지렁이류 (*Tubificidae* sp.), 깔따구류 (*Chironomidae* sp.), 실잠자리류 (*Coenagrionidae* sp.), 등딱지하루살이류 (*Caenidae* sp.) 등 유속이 느린 곳에 서식하는 종이 분포하는 것으로 나타났다(배연재 미발표자료).

본 조사에서 상류지점에서의 분류군별 출현비율은 보의 철거 초기에는 실지렁이류와 파리목(Diptera) 두 분류군만이 출현하여 매우 단순한 분류군 조성을 나타냈으나, 철거 약 1년 후부터는 유속이 빠른 곳에 서식하는 줄날도래류(*Hydropsychidae* sp.) 등의 날도래목과 납작하루살이류(*Heptageniidae* sp.) 등의 하루살이목이 출현하여 분류군이 다양하게 변화하는 경향을 나타냈다. 하

류지점은 보의 철거 초기에도 상류에 비해 다양한 분류군이 출현하였으며, 날도래목의 비율은 철거 1년 후인 2차 조사에서는 43.8%로 2004년 1차 조사의 27.8%보다 증가하였다. 보가 있던 자리인 중류의 분류군 조성도 하류의 분류군 조성고 점차 유사하게 변화하였다(Fig. 4). 하천 주변의 하수관로 이설공사로 인한 토사유입이 있었던 2006년에 5월에는 날도래목의 비율이 10.0~14.3%로 모든 지점에서 유사한 비율로 나타났다.

저서성 대형무척추동물은 일반적으로 서식처가 단순한 정수역에서는 깔따구류와 같은 소수의 분류군만이 분포하므로 유수역에 비하여 종다양성이 낮다(Brown and Brussock 1991; Ward 1992; Williams and Feltmate 1992). Stanley *et al.* (2002)은 댐 상류의 저서성 대형무척추동물이 하류에 비해 분류군의 풍부도가 떨어지지만 댐의 철거 1년 안에 분류군이 유수역인 하류지점과 유사해진다고 보고하였다. 본 조사에서도 상류지점은 보 철거 초기 종조성이 단순하였으나, 점차 종조성도 다양해지고 하류와 유사한 분류군으로 변화되어 가는 것을 볼 수 있었다. 이는 보의 철거 초기의 상류지점은 유수역인 하류지점과는 달리 정수역이 형성되어 있었고, 하상물질 등 미소서식처가 단순하였으나 보의 철거 이후 점차 여울이 형성되었고, 하상물질이 모래, 자갈, 돌 등으로 다양하게 변화하여 보다 다양한 미소서식처가 형성되었기 때문인 것으로 사료된다.

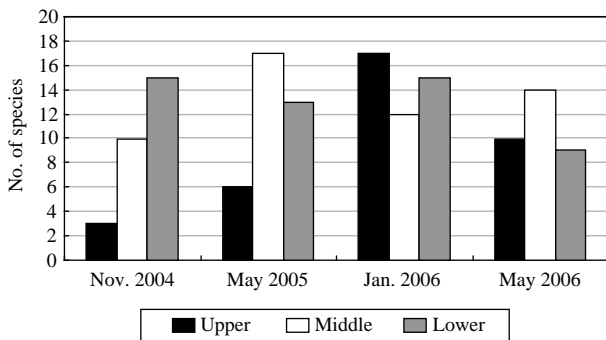


Fig. 3. Species number of benthic macroinvertebrates at the study sites.

2. 군집지수

조사기간 동안 모든 지점에서 깔따구류(*Chironomidae* sp.)와 실지렁이류(*Tubificidae* sp.)가 우점종으로 출현하

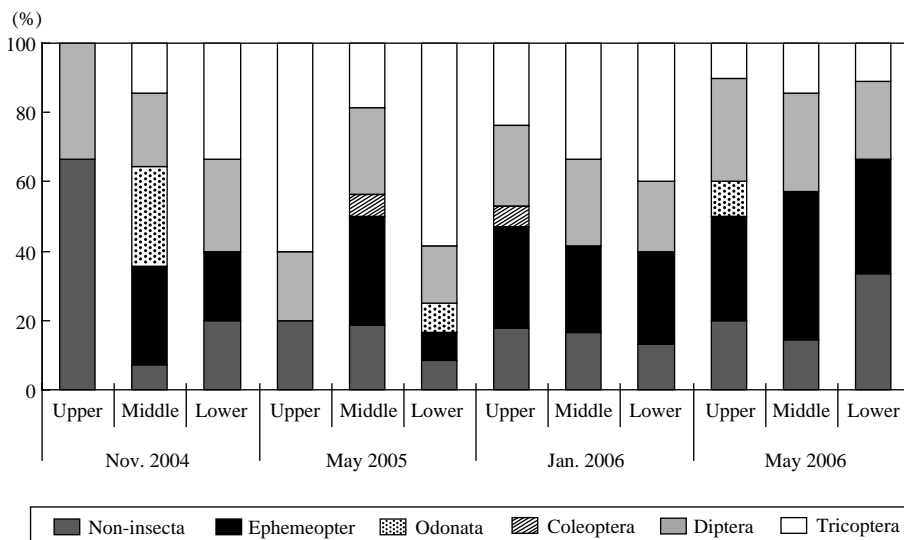


Fig. 4. Percentage composition of benthic macroinvertebrate taxa at the study sites.

Table 2. Dominant species and McNaughton's dominance indices (DI) of benthic macroinvertebrates after a small dam removal at the study sites of Gyeongan stream

	Sites	1st dominant species	2nd dominant species	DI
Nov. 2004	Upper	Chironomidae sp.	<i>E. lineata</i>	0.80
	Middle	Chironomidae sp.	<i>H. kozhantschikovi</i>	0.74
	Lower	Tubificidae sp.	Chironomidae sp.	0.92
May 2005	Upper	Chironomidae sp.	<i>H. kozhantschikovi</i>	0.65
	Middle	Chironomidae sp.	Tanypodinae sp.	0.94
	Lower	Chironomidae sp.	Tubificidae sp.	0.78
Jan. 2006	Upper	Chironomidae sp.	Tanypodinae sp.	0.47
	Middle	Chironomidae sp.	<i>H. kozhantschikovi</i>	0.56
	Lower	Chironomidae sp.	<i>H. kozhantschikovi</i>	0.50
May 2006	Upper	Tubificidae sp.	Chironomidae sp.	0.65
	Middle	Chironomidae sp.	Tubificidae sp.	0.56
	Lower	Tubificidae sp.	Chironomidae sp.	0.58

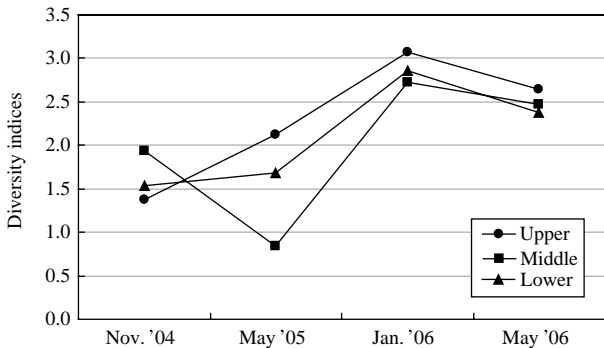


Fig. 5. Shannon species diversity indices of benthic macroinvertebrates at the study sites.

였으며, 2004년 중류지점, 2005년 상류지점, 2006년 중류와 하류지점에서는 줄날도래(*H. kozantschikovi*)가 제2우점종으로 출현하였다(Fig. 2D). 이들에 의한 우점도지수는 2004년 1차 조사시 하류가 0.92로 상류의 0.80보다 높았으나, 보의 철거 후 시간이 지남에 따라 상류, 중류, 하류 모두 점차 낮아지는 경향을 나타냈다. 상류지점의 경우 2차 조사 이후부터는 0.47~0.65로 특정종이 차지하는 우점율이 낮아지는 경향을 나타냈다. 중류지점은 1, 2차 조사시 0.74 및 0.94였으나 3, 4차 조사에서는 모두 0.56으로 낮아졌다. 하류지점 역시 보의 철거 초기보다 3차 조사 이후에 0.50~0.56으로 낮아져서 시간이 경과할수록 군집의 단순도가 개선되는 경향을 나타냈다(Table 2).

다양도지수는 보의 철거 직후 1.37~1.94로 상류지점이 가장 낮았다. 3차 조사에서는 상류, 중류, 하류가 각각 3.08, 2.73, 2.86이었으며, 하천 주변 공사가 진행중이었던 4차 조사에서도 2.13~2.47로 나타나 시간이 경과함에

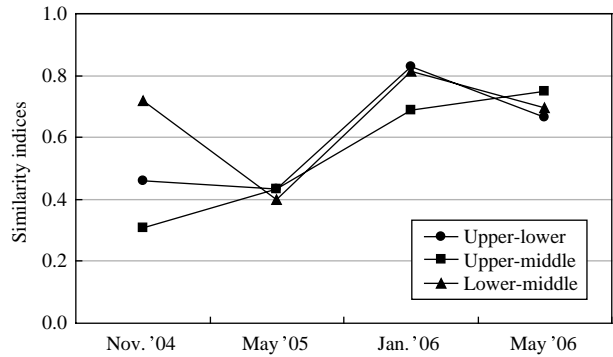


Fig. 6. Sørensen's similarity indices of benthic macroinvertebrates between the sites.

따라 다양도지수는 점차 높아지는 경향을 나타냈으며, 특히 상류지점에서 크게 증가하였다(Fig. 5). 이러한 결과는 길 등(2007)에 의한 곡릉천 조사에서 보의 철거 전에 비해 철거 후에 우점도지수는 감소하고, 다양도지수는 점차 증가하는 경향을 보였던 결과와 일치한다.

본 조사에서 보의 철거 이후 지점간의 유사도지수는 철거 초기인 2004년 조사에서는 중류와 하류는 0.72였으나, 상류와 중, 하류지점들 간에는 0.31~0.46으로 상대적으로 낮았다. 그러나 시간이 지남에 따라 상류와 다른 지점들 간의 유사도가 높아지면서 2년 후인 2006년 조사에서는 상류, 중류, 하류 지점들 간에 유사도가 0.67~0.75로 나타났다(Fig. 6). 따라서 보의 철거는 하천의 상, 하류 간에 단절된 저서성 대형무척추동물 분포를 연결시켜 주는 데에 기여한 것으로 평가된다.

3. 기능군

하천에서의 섭식기능군과 서식기능군의 분포 특성은 먹이자원과 서식처 환경의 특성을 반영한다. 대상하천에서는 전체적으로 collector-gatherers가 40% 이상의 높은 부분을 차지하고 있었다. 상류지점에서는 철거 초기인 2004년에는 collector-gatherers만이 나타났으나 보 철거 후 1년 이상의 기간이 경과한 후 다양한 하상물질과 여울이 형성되면서 줄날도래류(*Hydropsychidae* spp.)가 증가하자 collector-filterers의 비율이 60%로 크게 증가하였으며, 이후 점차 shredders 등 다양한 기능군 조성으로 변화되었다. 여울이 형성된 중류지점과 하류지점은 1차 조사에서도 상류지점에 비해 줄날도래류 위주의 collector-filterers의 조성 비율이 상대적으로 높았으며, 여러 섭식기능군이 다양하게 분포하여 있었다(Fig. 7).

서식기능군의 경우 철거 초기에는 상류지점은 깔따구류(*Chironomidae* sp.)에 의한 burrowers만이 출현하였으

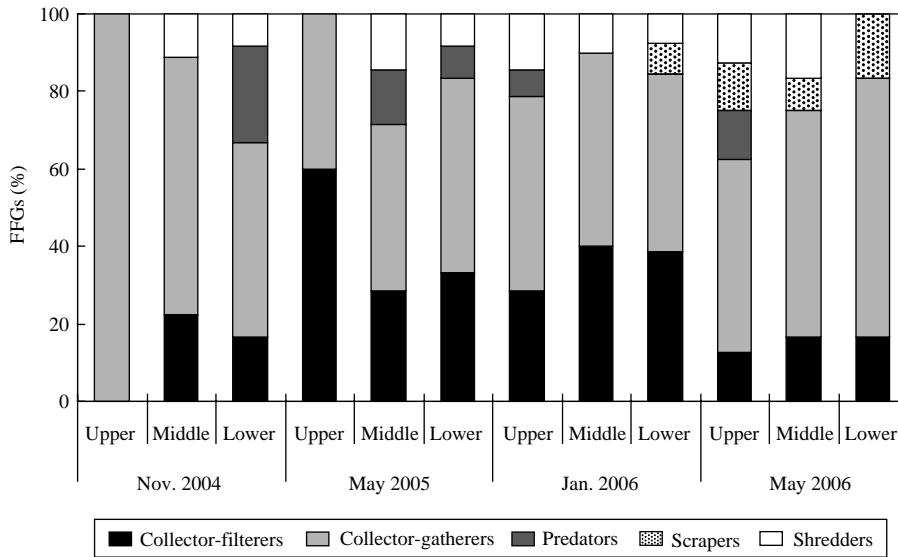


Fig. 7. Percentage composition of functional feeding groups (FFGs) of benthic macroinvertebrate at the study sites.

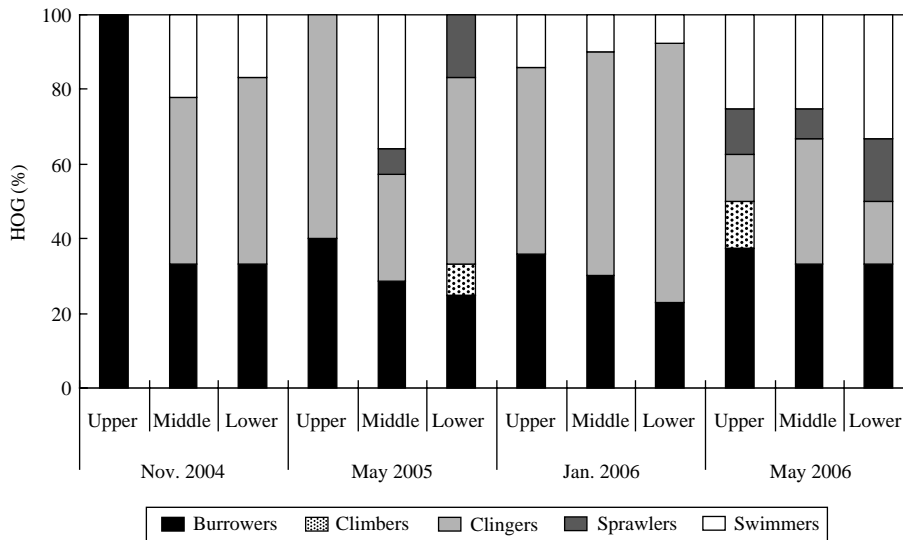


Fig. 8. Percentage composition of habitat orientation groups (HOGs) of benthic macroinvertebrate at the study sites.

나, 1년 이상의 기간이 경과한 후 상류지점에서도 하상 물질이 다양해지고, 여울이 형성됨에 따라 clingers와 swimmers의 비율이 증가하여 중류나 하류와 같이 서식 기능군이 다양하게 변화하였다. 보의 철거 초기부터 다양한 미소서식처가 형성되었던 중류와 하류의 지점에서는 줄날도래류, 납작하루살이류 (Heptageniidae spp.) 등의 clingers와 꼬마하루살이류 (Baetidae spp.)가 추가된 swimmers가 상대적으로 높은 비율로 출현하였다(Fig. 8). 유수역에서는 미소서식처의 다양성이 상대적으로 높아 swimmers, clingers 등의 기능군이 다양하게 분포하는

것으로 알려져 있다(Ward 1992; Williams and Feltmate 1992). 본 조사에서 경안천의 대상지역에서는 보의 철거 이후에 시간이 경과함에 따라 점차 변화된 상류의 서식 환경이 저서성 대형무척추동물의 섭식 및 서식기능군의 다양성과 분포에 영향을 미친 것으로 사료된다.

4. 수환경평가지수

지표성이 높은 저서성 대형무척추동물군의 출현 여부로써 수환경 등급을 나타내는 군오염지수(GPI)를 이용

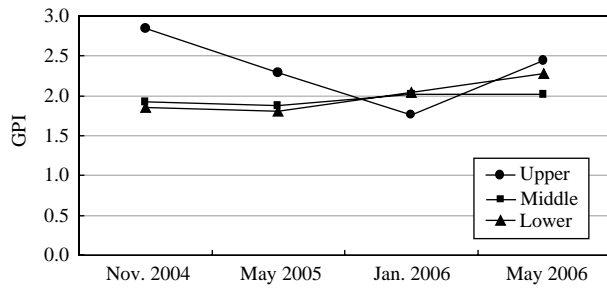


Fig. 9. Group pollution index (GPI) of benthic invertebrates at the study sites.

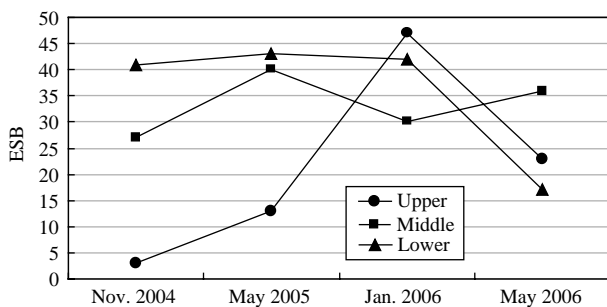


Fig. 10. Ecological score of benthic invertebrates (ESB) at the study sites.

하여 대상지역에서의 수환경을 평가한 결과 2004년 11월 상류 지점의 군오염지수가 2.85로 나타나 중류와 하류 지점의 1.85~1.92에 비해 상대적으로 수환경이 악화된 상태로 평가되었으며, 2005년 1월 이후에는 상류의 군오염지수가 중류 및 하류의 수준으로 낮아져서 수환경이 개선된 상태로 나타났다(Fig. 9). 중류와 하류의 군오염지수는 조사시기별로 큰 변동이 없었다. 대상지역에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 모든 종에 대한 상대적인 오염 내성치를 반영한 수환경평가지수(ESB)의 경우도 군오염지수와 유사한 양상을 나타냈는데, 상류에서 2004년 11월에 나타난 수환경평가지수는 3으로 수환경 등급으로는 최우선개선수역으로 나타났으며, 중류는 개선수역, 하류는 보호수역으로 나타났다(Fig. 10). 철거 이후 시간이 경과하면서 상류의 수환경평가지수는 크게 증가하여 개선 또는 보호수역으로 변화하였다. 그러나 하천 주변의 공사가 진행중인 2006년 5월 조사에서는 군오염지수 및 수환경평가지수에 의한 수환경 평가에서 하류지점의 수환경 상태가 악화된 것으로 나타났다.

전체적으로 볼 때, 경안천에서 보의 철거 이후에 주로 보의 상류지역에서 변화된 미소서식처의 환경상태는 저서성 대형무척추동물의 다양성을 증가시키고, 군집 조성 및 기능군의 다양화를 가져왔으며, 궁극적으로 수환경의

개선효과를 가져온 것으로 사료된다.

적 요

본 조사에서는 경기도 경안천의 중류에 위치한 소형 보를 철거한 이후에 변화된 저서성 대형무척추동물의 군집을 조사하였다. 조사는 보가 있었던 지점의 상류와 하류, 그리고 중류(보의 자리)에서 보의 철거 후 4회(2004년 11월, 2005년 5월, 2006년 1월, 그리고 2006년 5월)에 걸쳐 Surber sampler (50×50 cm, 망목 0.25 mm)로 정량채집을 하였다.

조사의 결과, 조사지역에서는 총 4문 5강 11목 27과 35속 46종의 저서성 대형무척추동물이 출현하였으나, 조사시기별 출현종수는 지점당 3~17종으로 차이가 컸다. 상류지점은 보의 철거 1년 이후부터 점차 여울이 형성되고, 하상물질이 다양화 되는 등 서식환경이 바뀌자 종수가 점차 증가하였고, 분류군의 조성도 점차 다양하게 바뀌었다. 우점종은 대부분 오염에 내성이 강해 도시하천에 풍부한 깔따구류(Chironomidae sp.)와 실지렁이류(Tubificidae sp.)였고, 일부 지점에서 줄날도래(*H. kozhantschikovi*)가 제2우점종으로 나타났다. 보의 철거 약 1년 후부터 우점도지수는 낮아지고, 종다양도지수는 높아지는 경향을 나타냈다. 상류 지점에 여울이 형성되면서 줄날도래류(Hydropsychidae spp.)가 증가하자 collector-filterers의 비율이 증가하였고, 납작하루살이류(Heptageniidae spp.) 등의 clingers, 꼬마하루살이류(Baetidae spp.) 등의 swimmers의 비율 또한 상대적으로 증가하였다. 저서성 대형무척추동물에 의한 수환경 등급을 나타내는 군오염지수(GPI)와 수환경평가지수(ESB) 모두 보의 철거 이후 상류지점에서 수환경의 개선효과를 가져온 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 환경부 차세대과제 “기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 및 수질개선 효과(2004~2008)”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

길혜경, 김동건, 배경석, 배연재. 2007. 하천의 소형 댐(보) 철거 전·후 저서성 대형무척추동물 군집 변화. 제62회

- 한국생물과학협회 정기학술대회 초록집.
- 노태호, 전동준. 2004. 한국산 수서곤충류 섭식기능군 유형 및 군집 안정성 분석. 육수지. 37:137-148.
- 농림부. 2006. 농업생산기반 정비사업 통계연보. 농촌기반공사.
- 배연재. 1999. 한국산 수서곤충의 연구현황과 조사방법의 표준화. 한국곤충학회 심포지엄 강연록-21세기 자연환경 보전과 곤충학. 한국곤충학회. pp. 67-105
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색색도설. 정행사. 서울.
- 윤일병, 배연재, 이상협, 김종인, 이성진. 1992. 경안천의 저서성 대형무척추동물 군집. 경안천 자연생태계 조사연구 보고서. 경기도. pp. 137-168.
- 한강수계관리위원회. 2001. 한강수계 환경기초조사사업 경안천유역의 생물조사. 한강유역관리청. 228pp.
- 환경부. 2000. 제2차 전국자연환경 조사 지침. 저서성 대형무척추동물. pp. 85-143.
- AASHTO. 2005. A Summary of Existing Research on Low-head Dam Removal Project. ICF Consulting. Lexington, USA.
- Allan JD. 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- Brown AV and PP Brussock. 1991. Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools. Hydrobiol. 220:99-108.
- Craig DA. 1987. Some of what you should know about water or K.I.S.S. for hydrodynamics. Bull. N. Am. Benthol. Soc. 4:178-182.
- Doyle MW, EH Stanley, CH Orr, AR Selle, SA Sethi and JM Harbor. 2005. Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland. Geomorphol. 71:227-244.
- Hart DD, TE Johnson, KL Bushaw-Newton, RJ Horwitz, AT Bednared, DF Charles, DA Kreeger and DJ Velinsky. 2002. Dam removal: Challenges and opportunities for ecological research and river restoration. Biosci. 52:669-681.
- Heinz Center. 2002. Dam Removal: Science and Decision Making. The H. John Heinz III Center for Science, Economic and the Environment, USA.
- Kawai T and K Tanida (eds.). 2005. Aquatic Insects of Japan: Manual with Keys and Illustrations. Tokai University Press. Kanagawa. Japan.
- Klumpp CC and BP Gremann. 2001. Comparison of Sediment Material Changes from Two Dam Removal Projects in the Upper Sacramento River Basin. World Water Congress. Florida, USA.
- Ligon FK, WE Kietrich and WJ Trush. 1995. Downstream ecological effects of dams. Biosci. 45:183-192.
- McCafferty WP. 1981. Aquatic Entomology. John & Bartlett, Boston.
- Merritt RW and KW Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.
- Pennak RW. 1989. Fresh-water Invertebrates of the United States. 3rd. ed. John Wiley & Sons, New York.
- Putts GE. 1984. Impounded Rivers. Perspectives for Ecological Management. John Wiley & Sons. Chichester, England.
- Rosenberg DM and VH Resh. (eds.) 1993. Freshwater Bio-monitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, London.
- Stanley EH and MW Doyle. 2003. Trading off: the ecological effects of dam removal. Front. Ecol. Environ. 1:15-22.
- Stanley EH, MA Luebke, MW Doyle and DW Marshall. 2002. Short-term changes in channel form and macroinvertebrate communities following low-head dam removal. J. N. Am. Benthol. Soc. 21:172-187.
- Thomson JR, DD Hart, DF Charles, TL Nightengale and DM Winter. 2005. Effects of removal of a small dam on downstream macroinvertebrates and algae assemblages in a Pennsylvania stream. J. N. Am. Benthol. Soc. 24:192-207.
- Thorp JH and AP Covich. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2nd ed. Academic Press. San Diego.
- Ward JV. 1992. Aquatic Insect Ecology. John Wiley & Sons, New York.
- Wiederholm T. (ed.). 1983. Chironomidae of the Holarctic Region. Part 1. Larvae. Entomol. Scand. Suppl. No. 19.
- Williams DD and BW Feltmate. 1992. Aquatic Insects. CBA International, Oxon, UK.
- Yeager BL. 1994. Impacts of Reservoirs on the Aquatic Environment of Regulated River. Tennessee Valley Authority, Water Resources, Aquatic Biology Department, Norris, Tennessee.

Manuscript Received: May 29, 2007
 Revision Accepted: November 13, 2007
 Responsible Editor: Dong-sung Kim