

가평천의 저서성 대형무척추동물 서식처의 수리 특성 분석

Hydraulic Habitat Analysis of Benthic Macroinvertebrates at Gapyeong Stream

김진홍*
Kim, Jin Hong

Abstract

Hydraulic habitat analysis of Benthic Macroinvertebrates was performed at Gapyeong stream. Among the kinds of the Benthic Macroinvertebrates, the most representative ones are the *Ecdyonurus kibunensis* from the clingers, *Paraleptophlebia cocorata* from the swimmers, *Chironomidae spp* from the burrowers, *Psilotreta kisoensis iwata* from the sprawlers. They showed different habitat types by the hydraulic conditions such as flow velocity, depth and particle size of riverbed materials. Habitat conditions of swimmers were determined mainly by the flow velocity rather than flow depth or riverbed materials. Burrowers prefer sand and silt, and inhabited at the riverbed. Sprawlers prefer cobble or boulder and inhabited for velocity of 0.05~0.15 m/s. Clingers prefer pebble or cobble and inhabited for velocity of 0.06~0.15 m/s. Although the habitats of each groups are different by the hydraulic properties, they were found to be different mainly by the water velocity.

Keywords : Benthic Macroinvertebrates, velocity, depth, swimmers, burrowers, sprawlers, clingers

요 지

본 연구에서는 가평천을 대상으로 저서성 대형무척추동물 서식처의 수리 특성을 조사하였다. 각각의 무리들 중에서 대표적인 종은, 붙는 무리는 두점하루살이, 헤엄치는 무리는 두갈래하루살이, 굴파는 무리는 깔따구, 기는 무리는 바수염날도래이었다. 저서성 대형무척추동물은 유속과 수심, 하상의 재료 등 하천의 수리학적 특성에 따라 다른 종류의 무리들이 서식하는 것으로 관찰되었다. 헤엄치는 무리는 수심이나 하상 재료보다는 주로 유속에 의하여 그 서식 상태가 결정되었고, 0.15~0.36 m/s에서 서식하였다. 굴파는 무리는 하상 재료가 모래나 실트인 곳을 선호하고 하상 또는 바로 상부에서 서식하였다. 기는 무리는 하상 재료가 주로 자갈이나 호박돌인 곳을 선호하고 유속이 0.05~0.15 m/s에서 서식하였다. 붙는 무리는 하상재료가 조약돌이나 자갈인 곳을 선호하고 유속이 0.06~0.15 m/s에서 서식하였다. 각 무리별 서식처의 수리 특성이 달라지지만, 일반적으로 저서성 대형 무척추동물은 유속에 의해 서식 상태가 달라진다는 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : 저서성 대형무척추동물, 유속, 수심, 헤엄치는 무리, 굴파는 무리, 기는 무리, 붙는 무리

1. 서 론

저서성 대형무척추동물은 하천생물 중에서 가장 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라, 영양단계의 저차 소비자의 역할을 하므로 하천생태계의 구성원으로서 중요하

다(Ward, 1992). 뿐만 아니라 이동이 적어 정량채집이 용이하며, 하천의 수중 환경에 따라 특정종의 변화와 개체수의 분포 등 군집구조의 차이가 뚜렷하여 하천 생태계의 수질과 환경변화를 모니터링하는 지표생물로 널리 이용된다(Reice and Wohlemborg, 1993). 저서무척추동물은

* 중앙대학교 공과대학 건설환경플랜트공학과 교수 (e-mail: jinhkim@cau.ac.kr, Tel: 02-820-5893)
Prof. Dept. of Civil, Environmental & Plant Eng., Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

수서곤충이 전체 종수의 80% 이상의 대다수를 차지하며, 그 외에 갑각류 등 기타 절지동물, 연체동물, 환형동물, 편형동물 등이 포함된다.

우리나라에서 저서성 대형무척추동물 생태에 관한 연구는 하천의 유역별, 분류군별 군집구성 및 서식처와 생활사 위주의 조사 연구가 있으며, 하천 생태계에서의 기능적 군집 연구로서 섭식기능군 유형의 분석이 이루어지고 있다(Bae et. al., 2003; Yoon et. al., 1990). Kwak et al. (2004)은 오염하천과 청정하천을 대상으로 강우와 기온변화에 따른 저서성 대형무척추동물의 풍부도와 생체량 변동 영향을 분석하였다. 외국에서는 하천의 생태 및 수질 환경과 환경변화를 모니터링하는 지표생물로 주로 연구되고 있다(Fenoglio and Cucco, 2004; Ivan and Biserka, 2004; Lancaster and Hildrew, 1993).

저서성 대형무척추동물의 수리학적 분석과 관련하여, 국내에서는 Lee et al. (2006a; 2006b)이 실내 수리실험을 통해 인공 순환수로에서 깔따구의 흐름에 따른 분포영역을 조사하였으며 이를 수치모델 결과와 비교하였다. 그러나 저서성 대형무척추동물을 무리별로 구분하여 현지 하천을 대상으로 각 서식처의 수리학적 특성을 분석한 연구는 없는 실정이다.

저서성 대형무척추동물 중에서 가장 많은 종류수를 차지하고 있는 수서곤충류는 같은 수계에서도 살고 있는 미소서식처가 서로 다른데, 이들 미소서식처는 주로 하상구조(substrate), 유속 등과 같은 환경요인에 의하여 결정된다. 미소서식처에서 수서곤충이 서식하는 형태에 따라 기는 무리(sprawlers), 붙는 무리(clingers), 굴파는 무리(bur-

rowers), 헤엄치는 무리(swimmers)로 분류할 수 있다 (Merigoux and Doledec, 2004).

본 연구는 현지 조사를 통하여 상기 분류된 4가지 형태의 무리에 대해 서식처의 수리 및 수질 특성을 분석하였다. 수리 특성으로서 흐름의 수심, 유속, 수온과 하상재료의 입경을 측정하였으며, 수질 특성으로서 용존산소 및 DO를 측정하여 이들의 상관성을 분석하였다.

2. 현지 조사

2.1 조사 대상 지역

현지조사는 비교적 자연 서식처가 잘 보존된 가평천을 대상으로 하였다. 가평천은 수도권의 상수원이며, 대규모 도시나 공장지대와 같은 큰 오염원이 없기 때문에 비교적 양호한 수질 상태를 유지하고 있다. 본 연구에서는 가평천 내에서 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물의 군집 구성과 생활사 위주의 생태환경 조사가 아닌, 서식처의 수리학적 특성을 조사하였다.

한강 수계의 가평천은 한강의 제2지류로서 경기도 가평군 북면 적목리를 기점으로 유로연장 41.82 km, 유역면적 306.60 km²인 지방하천이다. 조사는 Fig. 1과 같이 가평천의 상류역 및 하류역, 지천으로 3개 지점을 선정하여 실시하였다.

Site 1 : 조사지역 중 지천으로 상류에 위치하며 하폭은 20m이고 가림교를 제외한 인공 구조물은 없다. 수량은 풍부하며, 굵은 사질과 자갈의 하상을 이루고 있다. 지천 입에도 하폭이 넓고 수량이 비교적 풍부하며, 서식에 적합한 하상 재료(굵은 사질과 자갈)로 구성되어 대상 지점

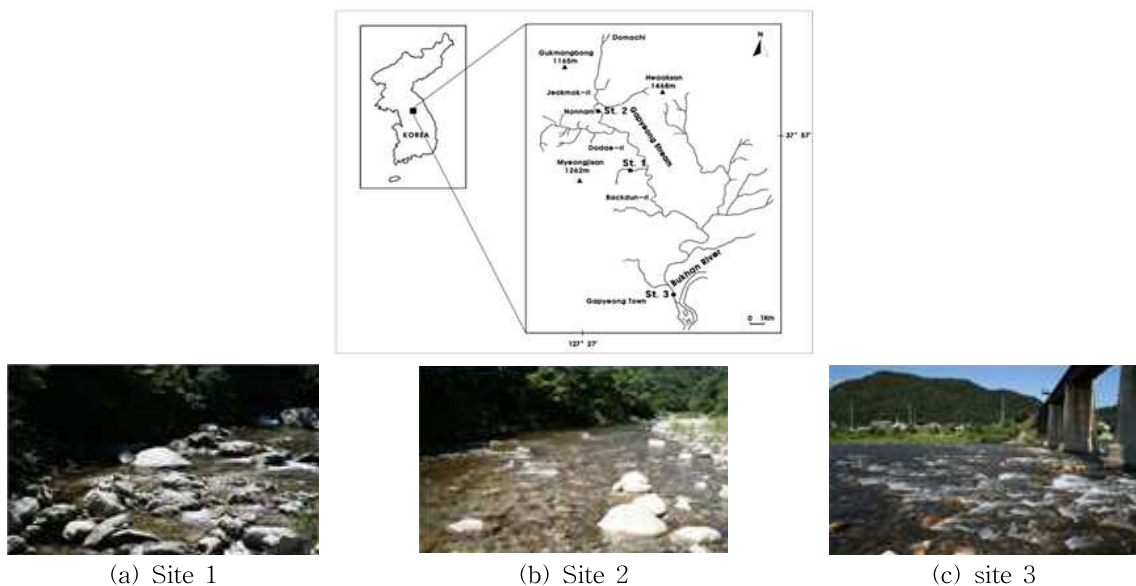


Fig. 1. Location of Study Area

에 선정하였다.

Site 2 : 명지산 군립공원에 위치하며 산간 계류로 분류 상류에 위치한다. 하폭은 7m이고 굽은 사질과 자갈 및 큰 돌의 하상을 이루고 있다. 수량은 풍부하고 선바위교를 제외하고는 흐름에 영향을 미치는 인공 구조물은 없다.

Site 3 : 가평 시내를 끼고 북한강으로 유입되는 가평교 아래 지점으로 하상은 자갈, 사질토로 이루어져 있다. 하폭은 30~40m이고 하상에 부식질과 이끼류가 비교적 많이 붙어있다.

2.2 조사 기간 및 조사 방법

저서성 대형무척추동물의 서식처와 수리특성을 조사하기 위해서 2007년 9월부터 2011년 4월까지 총 5회에 걸쳐 실시하였다. 조사 시기는 1차 조사-2007년 9월 21일, 2차 조사-2007년 10월 27일, 3차 조사-2008년 3월 27일, 4차 조사-2008년 4월 12일, 5차 조사-2011년 4월 10일이다. 기온의 급강하로 인하여 개체수가 감소하는 겨울철과 홍수로 인하여 서식처 훼손이 일어나는 여름철은 제외하였다. 2008년 이후 2년이 경과한 2011년에도 가평천 조사 지점의 하상 교란이나 제외지의 토지이용에 변화가 없었기 때문에 서식 상태가 바뀌지는 않았으며, 따라서 2011년 자료도 같이 포함시켰다.

수리특성 조사를 위하여 저서성 대형무척추동물의 서식이 활발한 지점을 Site별로 5~7곳을 선정하여 각 지점별 수온, 수심, 유속, 하폭을 조사하였다. 수온은 포터블 측정기기(YSI550DO)로 현장에서 측정하였고, 유속은 0.001~

4.5m/s까지 측정 가능한 초음파식 Flow Tracker 유속계를 이용, 측정하였다. 측정 지점은 하상으로부터 60%에 해당하는 곳으로 선정하였다.

저서성 대형무척추동물의 채집은 정량적인 방법을 이용하였다. 채집도구는 서버넷을 사용하고, 대표 지점을 선정 후 반복하여 채집하였다. 저서성 대형무척추동물의 분석은 서식 형태에 따른 4가지 무리들 중에서 가평천에서 많이 발견되는 종을 선별하여 조사하였다.

채집 조사와 수리특성 조사는 하류로부터 상류로 거슬러 올라가면서 실시하였다. 이는 상류에서부터 조사할 경우 흐름 및 하상의 교란으로 하류에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 저서성 대형무척추 동물의 개체 수 조사방법은 아래 Fig. 2에 나타났다.

3. 조사 결과

3.1 각 무리별 서식처 특성 및 서식 상태

저서무척추동물은 하천의 바닥 환경에 기반을 두고 서식하며, 이동성이 적으므로 군집의 정량적 연구가 용이하다(Won et. al., 2005). 가평천에서 발견되는 각각의 무리들 중에서 대표적인 수서곤충으로, 붙는 무리는 두점하루살이(*Ecdyonurus kibunensis*), 헤엄치는 무리는 두갈래하루살이(*Paraleptophlebia cocorata*), 굴파는 무리는 깔따구(*Chironomidae spp*), 기는 무리는 바수염날도래(*Psilotreta kisoensis iwata*)이었다(Fig. 3).

무리별 서식처의 특성은, 굴파는 무리의 경우 하상 재

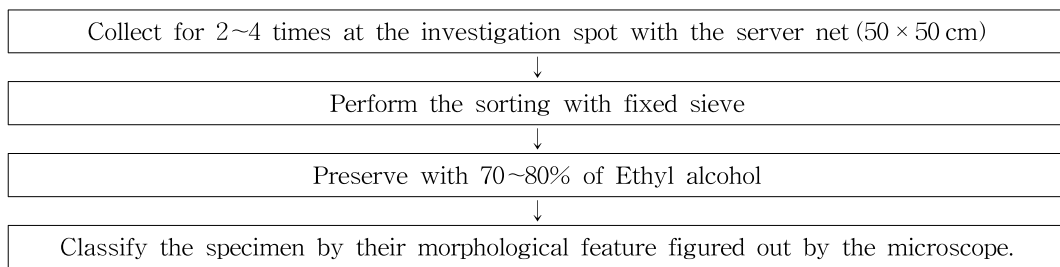


Fig. 2. Site Collection of Benthic Macroinvertebrates

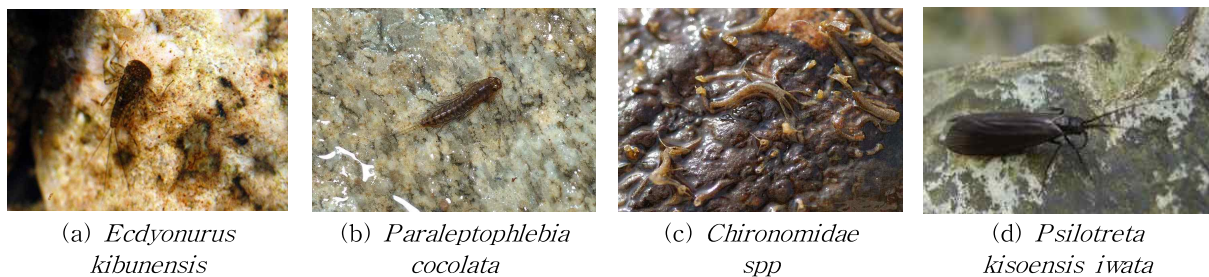


Fig. 3. Four Types of Water Insects Found in Gapyong Stream

료가 모래나 실트인 곳이었다. 붙는 무리는 하상 재료가 자갈(Cobble)인 곳에서 서식하였다. 헤엄치는 무리는 다양한 지역에 분포함으로써 하상 재료에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 기는 무리는 하상 재료가 자갈(Cobble)이나 호박돌(Boulder) 이상인 곳에서 주로 서식하였다.

무리별 서식 상태를 보면 붙는 무리는 주로 유속이 빠른 여울 지역에서 서식하는 무리로 몸이 떠내려가지 않도록 하는 길고 구부러진 발톱, 납작한 체형, 흡반(suctorial disc)과 같은 형태적인 특징을 지녔다. 헤엄치는 무리는 유수 생태계에서 물고기처럼 헤엄칠 수 있는 무리로 짧은 시간동안 헤엄을 친 후 하상이나 수생식물에 붙는 습성을 보였다. 굴파는 무리는 모래 또는 실트의 하상에서 굴을 파고 몸을 숨기는 서식 형태이었다. 기는 무리는 하상의 표면을 기어 다니며 먹이를 섭취하거나 은신하는 무리이었다.

3.2 각 무리별 서식처의 수리 특성

3.2.1 유속 및 수심

저서성 대형무척추동물 서식처의 유속과 수심 상태는 Fig. 4와 같다. 붙는 무리는 유속이 0.06~0.15m/s 사이에서 수심은 0.2~0.5m에서 주로 관찰되었다. 헤엄치는 무리의 서식처 유속은 0.15~0.36m/s이며, 하상으로부터 20~80%의 지점에서 관찰되었고, 비교적 다른 무리보다 유속과 수심에서 넓은 범위의 서식 형태를 지니고 있는 것을 알 수 있었다. 굴파는 무리는 하상이나 그보다 약간 위에서 주로 서식하며, 이 부근에서의 유속은 0.05m/s 이하였다. 기는 무리는 유속이 상대적으로 낮은 하안의 수심이 약간 깊은 곳에서 서식하며, 유속 0.05~0.15m/s였다. Fig. 4를 보면, 붙는 무리와 기는 무리는 대체적으로 유속과 수심이 유사한 영역에서 서식하며, 각 무리의 수심별 서식 영역은 굴파는 무리를 제외하고는 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 저서성 대형무척추동물이 주로 수심보다는 유속에 따라서 서식 상태가 결정되기 때문이다.

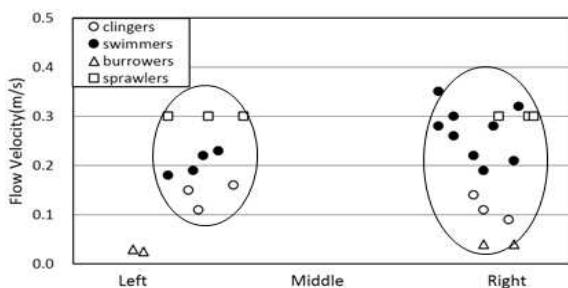


Fig. 5. Habitat Region by Flow Width

3.2.2 하폭

하폭과 유속 및 수심에 따른 서식 형태는 Fig. 5와 같다. 저서성 대형무척추동물은 유속이 상대적으로 느리고 먹이가 되는 조류, 식물 조각, 부식질 및 미네랄이 풍부한 하안 쪽에서 주로 서식하는 것으로 조사되었다. 따라서 하폭이 큰 경우가 하폭이 작은 경우보다 하안의 유속이 느리고 많은 먹이를 가질 수 있는 환경을 가짐으로써 이들의 서식 영역이 커지게 됨을 알 수 있었다.

3.2.3 하상 재료의 입경

하상 재료의 입경에 따른 서식 형태는 Fig. 6과 같다. 주로 하상 재료의 입경이 클수록 하상 재료의 측면의 유속은 커지고 배면은 유속이 급격히 작아진다. 따라서 저서성 대형무척추동물은 상대적으로 하상 재료의 측면보다는 주로 배면에 서식하였다. 무리별 서식 상태를 보면 굴파는 무리는 하상 재료가 모래나 실트인 곳에서 서식하였다. 붙는 무리는 하상 재료가 조약돌(Cobble)인 곳에서 서식하였다. 헤엄치는 무리는 다양한 지역에 분포함으로써 하상 재료에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 기는 무리는 하상 재료가 조약돌(Cobble)이나 호박돌(Boulder) 이상인 곳에서 주로 서식하였다. 이는 하상 재료의 입경이 커서 활동 영역이 넓어지게 되고, 흐름의 유속이 크더라도 배면의 유속은 작기 때문이다. 이러한 하

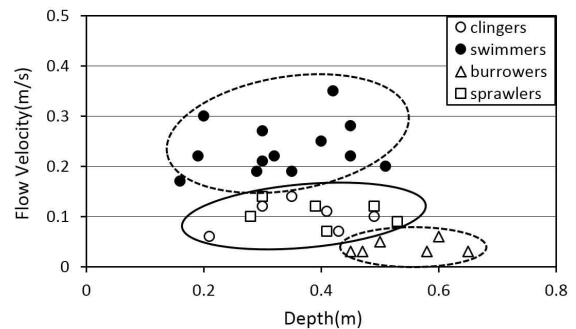
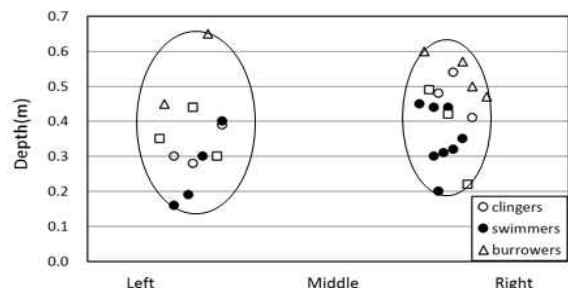


Fig. 4. Habitat Region by Flow Velocity and Depth



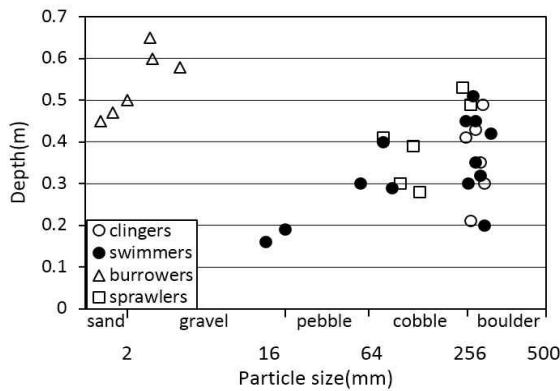


Fig. 6. Habitat Region by Particle Size

상 재료의 입경에 따른 무리별 서식 영역의 차이는 하상 재료가 유속을 감소시키면서 저서성 대형무척추동물의 먹이가 되는 유기물을 잡아둘 수 있기 때문이다(Rabeni and Minshall, 1977).

3.2.4 Reynolds 수

각 무리별 Reynolds 수와의 관계는 Fig. 7에 나타나 있다. Fig. 7에서 흐름의 Reynolds 수, Re_f 와 하상 재료의 Reynolds 수, Re_p 는 각각 다음 식으로 표시된다.

$$Re_f = \frac{Uh}{\nu}, \quad Re_p = \frac{UD}{\nu} \quad (1)$$

여기서 U 는 유속, h 는 수심, ν 는 동점성계수, D 는 하상 재료의 입경을 나타낸다.

Fig. 7을 보면, 각 무리별로 서식 영역이 구분된다. 굴파는 무리는 Re_f 와 Re_p 모두 작은 영역에 서식하고, 기는 무리와 붙는 무리는 Re_f 는 작고 Re_p 는 상대적으로 큰 영역에 서식하며, 헤엄치는 무리는 Re_f 와 Re_p 의 넓은 영역에 걸쳐 서식하고 있다. 이는 굴파는 무리가 흐름의 유속 및 하상 재료의 크기가 작은 영역, 기는 무리와 붙는 무리는 흐름의 유속은 작고 하상 재료의 크기가 큰 영역, 헤엄치는 무리는 흐름의 유속과 하상 재료의 크기에서 자유롭기 때문이다.

3.2.5 Froude 수 및 Reynolds 수

각 무리별 Froude 수 및 Reynolds 수와의 관계는 Fig. 8에 나타나 있다. Fig. 8에서 Froude 수, Fr 는 다음 식으로 표시된다.

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}} \quad (2)$$

여기서, g 는 중력가속도이며, 나머지 변수는 Eq. (1)에서

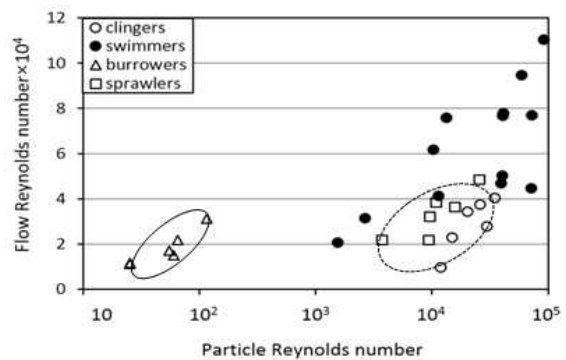
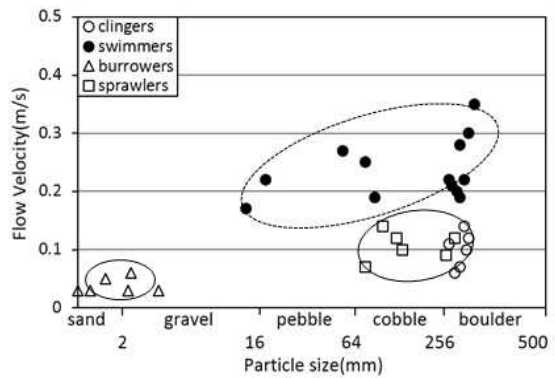


Fig. 7. Habitat Region by Particle and Flow Reynolds Number

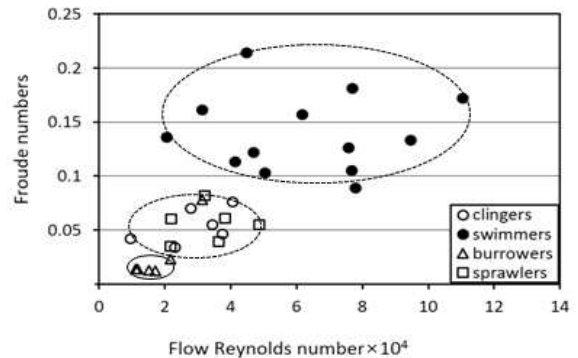


Fig. 8. Habitat Region by Froude Number and Flow Reynolds Number

소개되었다.

Fig. 8은 Fig. 7에 비해 서식 영역이 분명함을 알 수 있다. 굴파는 무리는 Re_f 와 Fr 모두 아주 작은 영역에 서식하고, 기는 무리와 붙는 무리는 Re_f 와 Fr 모두 작은 영역에 서식하며, 헤엄치는 무리는 상대적으로 큰 영역에 서식하고 있다. 이는 굴파는 무리가 흐름의 유속이 아주 작은 영역, 기는 무리와 붙는 무리는 흐름의 유속은 작은 영

역, 헤엄치는 무리는 흐름의 유속이 크기 때문이다.

3.2.6 Manning의 조도계수

각 무리별 서식처와 Manning의 조도계수와와의 관계는 Fig. 9에 나타나 있다. Fig. 9에서 Manning의 조도계수는 평균유속 공식을 역산하여 아래와 같이 계산되었다.

$$n = \frac{R^{2/3} S_f^{1/2}}{U} \quad (3)$$

여기서, U 는 평균유속, R 은 동수반경, S_f 는 흐름의 마찰 경사를 나타낸다.

Fig. 9를 보면, 굴파는 무리는 조도계수가 0.041~0.062, 기는 무리는 조도계수가 0.105~0.150, 붙는 무리는 조도계수가 0.110~0.160의 영역에 서식하고, 헤엄치는 무리는 조도계수가 비교적 넓은 범위의 영역에 걸쳐 서식하였다.

이는 하상재료의 입경과 서식처와의 관계에서 언급하였듯이, 굴파는 무리는 하상 재료가 모래인 곳에서 서식하고, 붙는 무리는 하상 재료가 조약돌(Cobble)인 곳, 기는 무리는 하상 재료가 조약돌(Cobble)이나 호박돌(Boulder)인 곳에서 주로 서식하며, 헤엄치는 무리는 다양한 지역에 분포함으로써 하상 재료에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단되기 때문이다. 이는 Lee et al. (2012)이 Box-Wishker 분석에 의한 현장자료의 조사에서 분석한 바와 같이, 모래인 경우 0.004~0.151, 자갈인 경우 0.008~0.250, 조약돌인 경우 0.015~0.327, 호박돌인 경우 0.023~0.444와 유사한 경향을 보이고 있다.

3.3 각 무리별 서식처의 수질 특성

3.3.1 용존산소

저서성 대형무척추동물 서식처의 무리별 유속과 용존

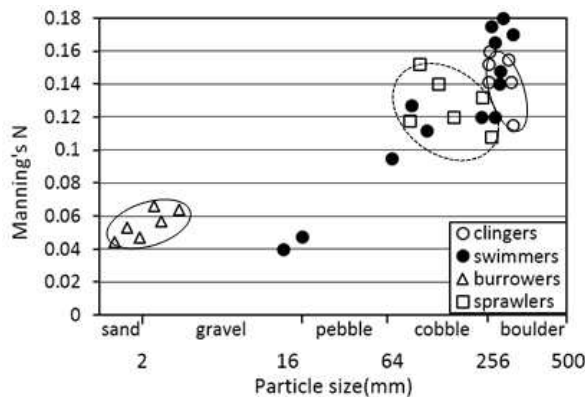


Fig. 9. Habitat Region by Manning's n and Particle Size

산소 상태는 Fig. 10과 같다.

Fig. 10을 보면, 굴파는 무리는 용존산소가 3.0~5.2, 기는 무리와 붙는 무리는 용존산소가 2.7~7.4의 영역에 서식하고, 헤엄치는 무리는 용존산소가 5.0~8.0의 영역에 걸쳐 서식하였다. 대체적으로 용존산소는 유속과 비례관계에 있음을 개략적으로 나타내는데, 이는 유속이 커짐에 따라 하상 재료가 커지고 이에 수반하여 폭기 현상이 증대되어 공기 중의 산소가 수중으로 전달(Oxygen Transfer)이 용이하게 되기 때문이며, 각 무리들이 일정한 범위 내의 유속에서 서식하는 경향과 관련되기 때문이다.

3.3.2 생물화학적 산소요구량(BOD)

저서성 대형무척추동물 서식처의 Froude수와 BOD와의 관련성은 Fig. 11과 같다.

Fig. 11을 보면, 굴파는 무리는 BOD가 3.3~3.8, 기는 무리와 붙는 무리는 BOD가 2.0~3.3의 영역에 서식하고, 헤엄치는 무리는 BOD가 1.5~3.8의 영역에 걸쳐 서식하였다. 대체적으로 Froude수와 BOD는 반비례 관계에 있음을 개략적으로 나타내는데, 이는 Froude수가 커짐에 따라 유속이 커지고 상대적으로 수심은 낮아 공기 중의 산소가 수중으로 전달이 잘 되기 때문이다. 굴파는 무리는

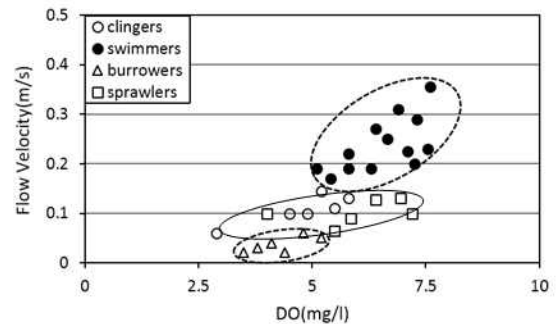


Fig. 10. Habitat Region by Flow Velocity and Dissolved Oxygen

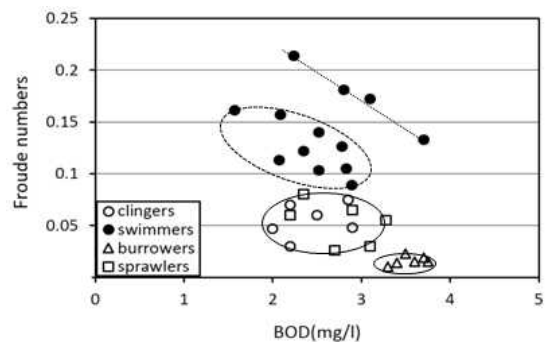


Fig. 11. Habitat Region by Flow Velocity and Dissolved Oxygen

유속이 작고 수심이 큰 영역에 서식하기 때문에 BOD가 상대적으로 높았고, 기는 무리와 붙는 무리는 유속이 큰 영역에 서식하기 때문에 BOD가 상대적으로 낮았으며, 헤엄치는 무리는 유속과 수심에 비교적 자유롭기 때문에 BOD가 상대적으로 넓은 범위의 영역에 걸쳐 서식하였다.

본 연구 결과 저서성 대형무척추동물은 가평천 하류보다 상류와 중류에서 더 많이 서식하는 것으로 나타났다. 이는 상류 및 중류의 경우 하상 구조가 암반 및 호박돌 등 하상 구조의 다양성이 높아 하상에서의 유속을 감소시키는 역할을 하며, 따라서 피난처를 제공하여 유속에 대한 저항성이 하류에 비해 높은 것으로 판단된다. 한편 하류의 경우 지류가 유입되어 유량이 증가하고, 교란 시간이 상류에 비해 길어 저서성 대형무척추동물 군집에 더 영향을 받는 것으로 판단되기 때문이다.

본 연구는 가평천을 대상으로 서식처의 수리특성을 조사하였다. 추후 좀 더 수리특성이 다른 자갈이나 굵은 사질토의 하천을 대상으로 추가 조사하여 일반적인 저서성 대형무척추동물 서식처의 수리특성을 분석할 예정이다.

4. 결 론

가평천에서 발견되는 저서성 대형무척추동물의 각각의 무리들 중에서 대표적인 종은, 붙는 무리는 두점하루살이, 헤엄치는 무리는 두갈래하루살이, 굴파는 무리는 갈따구, 기는 무리는 바수염날도래이였다. 저서성 대형무척추동물은 유속과 수심, 하상의 재료 등 하천의 수리학적 특성에 따라 다른 종류의 무리들이 서식하는 것으로 관찰되었다. 붙는 무리는 유속이 0.06~0.15 m/s 사이에서 수심은 0.2~0.5 m에서 주로 관찰되었다. 헤엄치는 무리는 유속 0.15~0.30 m/s이며, 수심은 하상으로부터 20~80%의 지점에서 관찰되었고, 수심이나 하상 재료에 자유로운 서식 형태를 지니고 있었다. 굴파는 무리는 하상이나 그보다 약간 위에서 주로 서식하며, 이 부근에서의 유속은 0.05 m/s 이하였다. 기는 무리는 유속이 상대적으로 낮은 하안과 수심이 깊은 곳에서 서식하며, 유속 0.05~0.15 m/s였다. 붙는 무리와 기는 무리는 대체적으로 유속과 수심이 유사한 영역에서 서식하며, 각 무리의 수심별 서식 영역은 굴파는 무리를 제외하고는 차이가 없음을 알 수 있었다. 하상 재료별 서식 상태를 보면 굴파는 무리는 주로 하상 재료가 모래나 점토인 곳에서 서식하였다. 붙는 무리는 하상 재료가 자갈인 곳에서 서식하였다. 헤엄치는 무리는 다양한 지역에 분포함으로써 하상 재료에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다. 기는 무리는 하상 재료

가 자갈이나 호박돌 이상인 곳에서도 서식하였다. 각 무리별 서식처의 수리 특성이 달라지지만, 일반적으로 저서성 대형 무척추동물은 유속에 의해 서식 상태가 달라진다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부가 출연하고 한국과학재단에서 위탁시행한 2007년도 기초과학연구사업(R01-2007-000-20442-0)에 의한 특정기초연구사업단의 연구 성과입니다. 본 논문을 작성하기 위해 현지 조사와 자료를 제공해 준 대학원생에게도 감사를 표합니다.

References

- Bae, Y.J., Won, D.H., Hwang, D.H., Jin, Y.H., and Hwang, J.M. (2003). "Community composition and functional feeding groups of aquatic insects according to stream order from the Gapyeong Creek in Gyeonggi-do, Korea." *Korean J. Limnol.*, Vol 36, No. 2, pp. 21-28.
- Fenoglio, S., and Cucco, T.B. (2004). "Small-scale macro-invertebrate distribution in a riffle of a neotropical rainforest stream." *Caribbean Journal of Science*, Vol. 40, No. 2, pp. 253-257.
- Ivan, H., and Biserka, P.H. (2004). "Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water." *Biologia, Bratislava*, Vol. 59, pp. 577-593.
- Kwak, I.S., Song, M.J., and Jeon, T.S. (2004). "The effects of natural disturbances on benthic macro-invertebrate." *Korean J. Limnol.*, Vol. 37, No. 1, pp. 21-28.
- Lancaster, J., and Hildrew, A.G. (1993). "Flow refugia and the microdistribution of lotic macro-invertebrates." *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 12, No. 4, pp. 385-393.
- Lee, S.H., Lee, J.M., Kim, T.W., and Baek, J.P. (2006). "Research paper : the distribution of chironomids by flow mechanisms-numerical computation-." *Journal of Korean Society on Water Quality*, Vol. 22, No. 1, pp. 159-165.
- Lee, S.H., Lee, J.M., Park, J.H., and Song, M.Y. (2006). "Research paper : The distribution of chironomids by

- flow mechanisms-numerical computation-." *Journal of Korean Society on Water Quality*, Vol. 2, No. 1, pp. 150-158.
- Merigoux, S., and Doledec, S. (2004). "Hydraulic requirements of stream communities: a case study on invertebrates." *Freshwater Biology*, Vol. 49, pp. 600-613.
- Rabeni, C.F., and Minshall, G.W. (1977). "Factors affecting microdistribution of stream benthic insects." *Oikos*, Vol. 19, pp. 33-43.
- Reice, S.R., and Wohleberg, M. (1993). "Monitoring freshwater benthic invertebrate communities in New Zealand Rivers." *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 24, pp. 387-409.
- Ward, J.V. (1992). *Aquatic insect ecology. Biology and habitat*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Won, D.H., Gwon, S.J., and Jeon, Y.C. (2005). Korean Waterinsect, Ecology Research Group.
- Yoon, I.B., No, T.H., and Lee, S.H. (1990). "Aquatic insect community structure in Gapyeong Creek, Gyeonggi-do, Korea." *The Entomological Society of Korea*, Vol. 20, 1st article, pp. 41-51.

논문번호: 13-085	접수: 2013.10.18
수정일자: 2013.11.21/12.03/12.09	심사완료: 2013.12.09