

농업생태계 깔따구 유충의 다양성 및 우점종 님폰깔따구를
이용한 유기물 분해능 평가

심하식¹ · 박병도 · 이영보 · 최영철 · 김종길 · 박해철*

국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과,
¹국립식량과학원 기능성작물부 두류유지작물과

Species Diversity of Chironomid Midge and Evaluation on
Removal Capacity of Organic Matter Using a Dominant Species,
Chironomus nipponensis in Agroecosystem

Ha-Sik Sim¹, Byoung-Do Park, Young-Bo Lee, Young-Chol Choi,
Jong-Gil Kim and Hae Chul Park*

Division of Applied Entomology, National Academy of Agricultural Science (NAAS),
Suwon, Gyeonggi 441-100, Korea

¹Division of Legume & Oil Crop Research, National Institute of Crop Science,
RDA, Milyang 627-803, Korea

Abstracts – To recognize the species composition and community of chironomid midge in agroecosystem and evaluate removal capacity of organic matter using the dominant species among them. Chironomid midge and invertebrate cohabitants were quantitatively collected at 78 representative stations of five habitat types (in arable land during 2004~2006) A, paddy fields of the large scale arable land; B, paddy fields of the environmental friendly arable land; C, influent of domestic waste water; D, influent of waste water by livestock; E, the irrigation ditch of paddy area. The total sixteen species of chironomid midges at arable land were presented. And also chironomid midges were recognized by five habitat types : eleven species in D, eight in A, seven in E, six in B, and two in C. We confirmed dominant species in each habitat types as followings : *Chironomus nipponensis* in A, C, and D; *Cricotopus sylvestris* in E; *Tanytarsus seosanensis* in B. Water quality and community index were high in E, but low in A, B, C, and D. Comparing with non-treatment, removal activities of organic matter in bottom by *C. nipponensis* were increased 18% in 90 individuals treatment.

Key words : diversity, removal capacity, organic matter, chironomid midge, *Chironomus nipponensis*, agroecosystem

* Corresponding author: Hae Chul Park, Tel. 031-290-8475,
Fax. 031-290-8543, E-mail. culent2110@rda.go.kr

서 론

깔따구과는 세계적으로 5,000여 종이 기록되어 있고 국내 4아과 70여 종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Ree 1993; Armitage *et al.* 1995; Ree and Kim 1998; Kim *et al.* 2001; Na 2005). 깔따구과의 곤충은 성충시기만 물 밖에서 생활하고, 알-번데기까지의 단계는 물속 생활을 하면서 인간에게 미치는 영향이 이중적이었다. 기본적으로 깔따구류의 유충은 수계생태계에서 1, 2차 소비자로서 역할 뿐 아니라 상위 소비자인 잠자리류, 노린재류, 어류 등의 먹이원으로 일익을 담당한다(Macchiusi and Baker 1991). 극히 일부이긴 하지만 논생태계 내에서도 유충이 벼의 뿌리를 가해(Way and Wallace 1989; Ree and Kim 1998)하여 농업해충으로 분류하는 종류도 있지만(Kim *et al.* 2001) 유충의 역할은 물속의 유기물을 제거하는 차원에서 상당히 긍정적인 측면이 있다. 반면에 깔따구과 성충은 수체 주변에서 일시적으로 우화되면서 대량 발생을 일으키고 군무를 하는 습성을 나타내어(Cranston 1995), 주변 사람들을 귀찮게 하거나 혐오적인 느낌을 갖게 할 뿐 아니라, 민감성이 높은 사람에게는 알레르기 원인으로 작용하기도 한다(Igarashi *et al.* 1987; Yamashita *et al.* 1987; Yamashita *et al.* 1989; 박 등 1991).

수서생태계에서 깔따구과 유충을 생태적으로 이용하는 시도는 다양한 각도에서 이루어져왔다. 하천에서 유기오염물에 대한 환경지표종으로 이용(Rae 1989)할 뿐만 아니라 간이수질측정의 일환으로 군집을 이용하기도 하였다(Saether 1979). 또한 하수처리장에서 수처리의 방법으로 이용 가능성도 제시된 바 있다(Tsumuraya *et al.* 1982). 이를 위한 깔따구과 유충의 종다양성은 계류생태계에서 수서곤충 군집조사를 통하여 상대적으로 해명도가 높은 편이다. 그러나 농업생태계의 논과 그 주변 수계에서 깔따구류는 매우 높은 밀도를 차지하지만, 논, 돌병, 농수로 등에서 깔따구 유충의 종다양성 분석은 Kim *et al.* (2001) 외에는 시도된 바 없을 정도로 해명도가 낮은 실정이다.

이번 연구에서는 농법과 인간간섭의 정도에 따라 농업생태계를 몇 가지 구획으로 구분하고, 각 구획의 수계에 출현하는 깔따구과 유충의 다양성을 측정하고 공서수서곤충을 포함한 군집분석을 통하여 각 구획의 수환경을 평가하고자 하였다. 이와 더불어 최우점종으로 확인된 님폰깔따구(*Chironomus nipponensis*)를 이용하여 유기물 오염이 심한 환경에서 깔따구의 유충의 성장과정 동안 수체 내의 유기물 제거능력을 측정해 보고, 그 이용가능성을 검정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 깔따구류의 채집 및 분석

농업생태계의 환경별로 깔따구류의 분포를 밝히고자 농업환경을 대단위경작지(A), 친환경농업지(B), 생활하수 유입지(C), 축산폐수 유입지(D) 및 주변수로(E) 등으로 5개 구획으로 나누었다. '04~'06년까지 동계를 제외한 5월에서 10월에 걸쳐 각 구획을 대표하는 총 78개 지점에서 2회씩 조사하였다. 채집은 유속이 있는 곳은 Surber's net(12×12 inch)로, 정수지역은 Eckman dredge(6×6 inch)로 3회 반복하여 깔따구과 유충 및 저서성 대형무척추동물을 정량 채집하였다. 채집된 깔따구류는 문헌자료(津田 1962; 川合 1985; 윤 1995; Na 2005)를 참고로 동정하고, 구획별로 분포와 우점종을 표기하였다. 이때 함께 채집된 공서종은 문헌자료(윤 1988; 권 등 1993; 윤 1995)를 참고로 하여 동정한 후에 군집지수인 우점도지수(McNaughton 1967), 다양도지수(Pielou 1969), 풍부도지수(Margalef 1958), 균등도지수(Pielou 1975), 저서성 대형무척추동물 생태점수(ESB지수, Kong 1997)를 산출하였다.

2. 수환경 분석

채집과 동시에 조사지의 수질 분석을 위해 수온, pH, Conductivity는 현장에서 측정(Horiba 10)하였고, BOD, T-N, T-P, NH₃-H 등은 21씩 채수하여 실험실에서 분석하였다(농업과학기술원 2006).

3. 유기물 제거능 검정

출현빈도가 가장 많은 님폰깔따구(Fig. 1)의 유기물 제거능력을 검정하고자 인공 사육상을 제작하였다. 각 사육상에는 축산폐수 유입지역(D, 연천)의 유기성 저질 20g과 오수 2.5l를 섞어 놓았다. 이 같은 인공 사육상 조건(25°C, 16L:8D)에서 7일간 유충을 0마리(무처리), 30마리, 60마리, 90마리씩 각각 3회씩 반복 투입하였다. 각 처리구별로 7일 후 회분제거건중량(ash-free dry weight)법으로 깔따구가 유충에서 성충으로 우화한 정도에 따른 유기물 제거율(여천생태연구회 1997)을 조사하였으며, 처리구간의 측정결과는 Duncan's Multiple Range Test(SAS Institute Inc. 1999)로 유의차를 검정하였다. 이때 처리 전 수질과 시험 종료 이후에 남은 물의 수질은 각 처리구별로 3회씩 pH, SS, BOD, T-N, T-P, NH₃-H 등의 항목을 분석하여(농업과학기술원 2006) 수

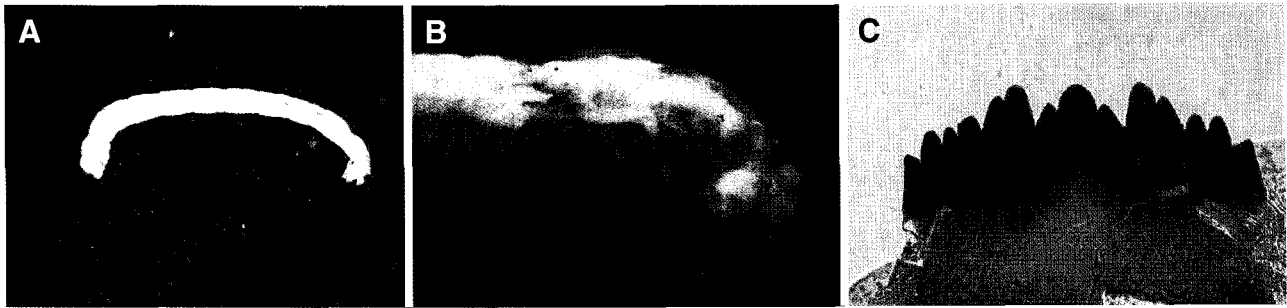


Fig. 1. *C. nipponensis* midge. A, lateral aspect of larva; B, posterior segment; C, labial plate.

Table 1. Species list and dominant species of Chironomids in five habitat types

Species name	Habitat types				
	A	B	C	D	E
Chironomidae					
<i>Chironomus nipponensis</i> Tokunaga, 1940	●	○	●	●	
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1921				○	
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)	○				
<i>Chironomus yoshimatsui</i> Martin et Sublette, 1972	○	○	⊙	○	
<i>Cricotopus oryzaphagos</i> Ree et Kim, 1998	○	⊙		○	
<i>Cricotopus sylvestris</i> (Fabricius, 1794)				○	●
<i>Endochironomus pekanus</i> (Kieffer, 1916)				⊙	
<i>Maclopelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)		○		○	○
<i>Pentapedilum</i> sp.	○	○		○	
<i>Polypedilum nubifer</i> (Skuse, 1889)	⊙			○	○
<i>Potthastia</i> sp.	○				⊙
<i>Tanypus punctipennis</i> (Meigen, 1818)	○			○	
<i>Tanytarsus seosanensis</i> Ree et Kim, 2003		●		○	
Chironomidae sp. 1					○
Chironomidae sp. 2					○
Chironomidae sp. 3					○
No of species	8	6	2	11	7

●, dominant species; ⊙, subdominant species; ○, appearance species.

A, paddy field of the large scale arable land (A · B region in Seosan); B, paddy fields of the environmental friendly arable land (Myeoungdong-ri in Hongcheon); C, Influent of domestic waste water (Dangsu-dong in Suwon); D, Influent of domestic waste water by livestock (Youncheon); E, the irrigation ditch of paddy area (Inje and Pyeoungchang).

질변동을 조사하였다.

결 과

1. 농업생태계의 깔따구류 분포

농업생태계의 5개의 구획에서 조사된 깔따구과는 총 16종으로 확인하였다. 이중 축산폐수 유입지(D)에서 11종으로 가장 많은 종이 확인되었으며, 대단위농경지(A)는 8종, 농경지 주변수로(E)가 7종, 친환경농업지(B)가 6종, 생활하수 유입지(C)는 2종의 순으로 종수가 낮아졌다(Table 1). 각 구획별로 우점종을 분석한 결과, 유기물의 농도가 높은 대단위농경지(A), 생활하수 유입지(C)

및 축산폐수 유입지(D)에서는 넙퉁깔따구(*C. nipponensis*)가 구획별 우점종으로 나타났다. 이에 비해 유기물 함량이 낮은 지역인 주변수로(E)에서는 숲아기깔따구(*Cricotopus sylvestris*)가 우점종으로 확인되었다. 아울러 친환경농업지(B)에서는 서산장부깔따구(*Tanytarsus seosanensis*)가 우점종으로 판명되어 각 구획별로 우점종의 출현양상이 달리 나타났다. 또한 농업생태계의 5개 구획 중 주변수로(E)를 제외한 나머지 구획에서 저서성 대형 무척추동물 중 깔따구 유충이 차지하는 현존량은 매우 높게 나타났다(Appendix 1).

2. 조사지점 별 수환경과 군집분석

각각의 현장에서 조사된 수온과 pH의 평균값을 구획

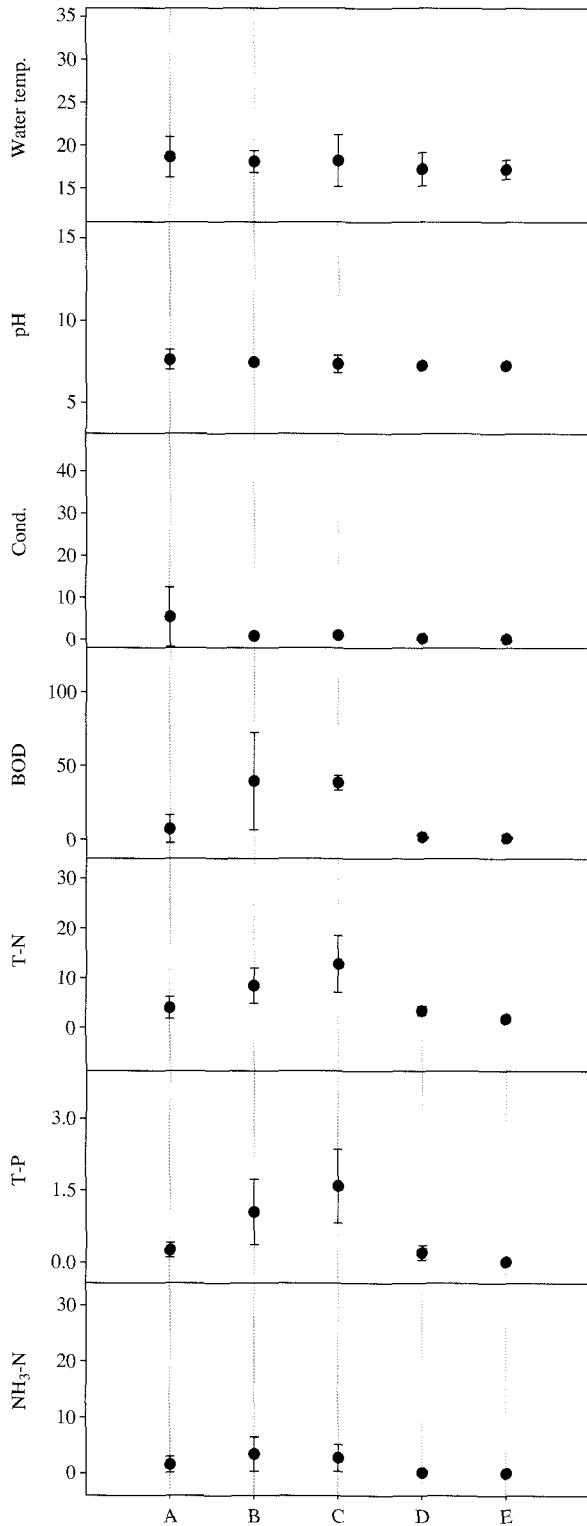


Fig. 2. The quality of water in five habitat types.

별로 묶어보면, 수온 17.21~18.65°C, pH 7.26~7.62로 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 전기전도도(Cond.), 생

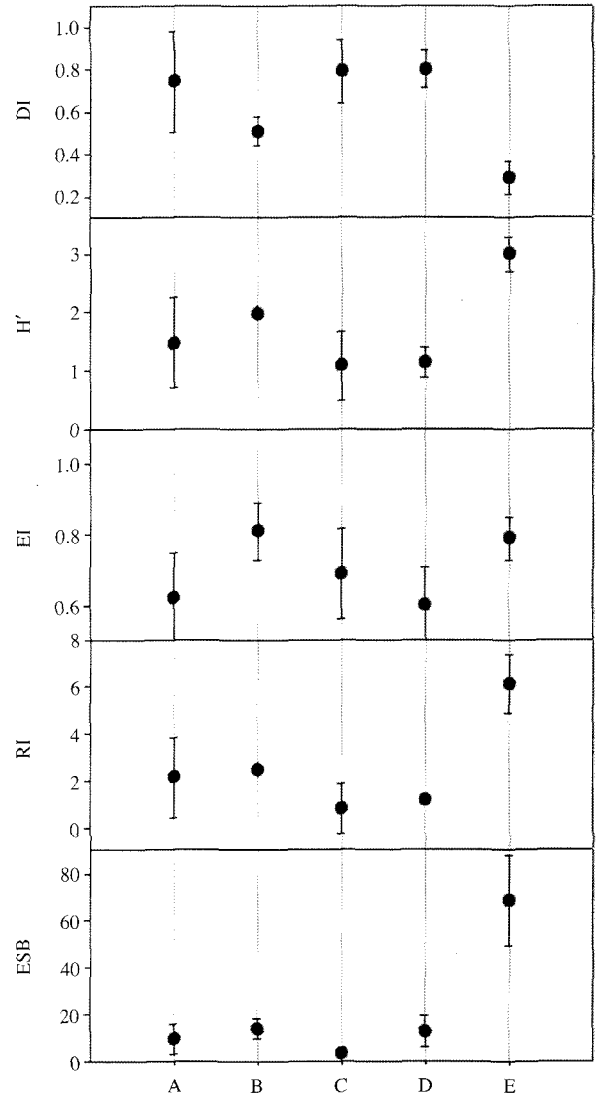


Fig. 3. Community index in five habitat types. DI, dominance index; H', diversity index; EI, evenness index; RI, richness index; ESB, ecological score of benthic macro-invertebrate community.

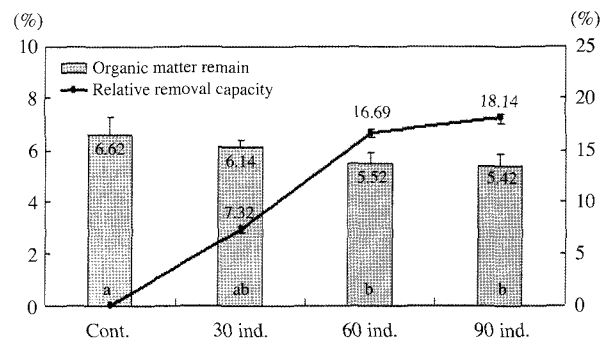


Fig. 4. Removal rates of organic matter in bottom feed by *C. nipponensis* at each treatments (Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$).

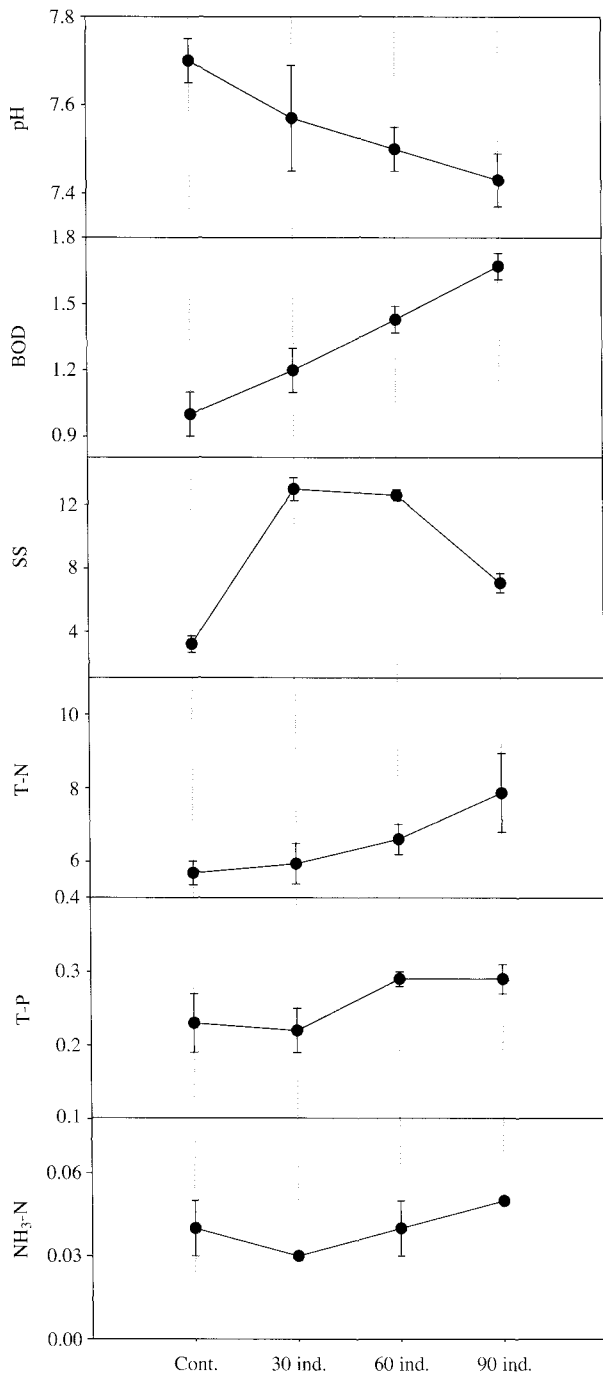


Fig. 5. Changes of water quality at each removal tests of organic matter feed by *C. nipponensis*.

물학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 암모니아성질소(NH₃-N) 등은 하천을 포함하고 있는 주변수로(E)를 제외하고는 4개 구획(A, B, C, D) 모두 비교될 수 없을 정도로 높은 수치를 나타내었다(Fig. 2).

구획별로 깔따구류와 공서하는 저서생물을 포함한 조사지점별 및 시기별로 생물지수 값을 낸 결과는 Fig. 3

과 같다. 이 가운데 우점도지수(DI)는 0.29~0.80의 값을 나타내었다. 다양도지수(H')는 1.08~2.99, 균등도지수(EI)는 0.60~0.81, 풍부도지수(RI)는 0.80~6.13, ESB 지수는 3.67~68.51의 값을 각각 나타내었다. 주변수로(E)에서는 우점도지수는 낮았지만, 다양도지수, 균등도지수, 풍부도지수와 저서성 대형무척추동물 생태점수 등은 비교적 높게 나타났다. 반면 나머지 4개 구획(A, B, C, D)에서 우점도지수값은 높은 반면 그 외의 지수인 다양도지수, 균등도지수, 풍부도지수와 저서성 대형무척추동물 생태점수 등은 낮은 값을 나타내었다(Fig. 3, Appendix 1).

3. 뱀꼬리갈뚝이의 저질내 유기물제거 및 이에 따른 수질변동

축산폐수 유입지역의 유기성 저질 분해 시험을 최우점종인 뱀꼬리갈뚝이(*C. nipponensis*)를 통해 7일 동안 실시한 결과, 잔존유기물은 무처리구(0마리)에서 6.62%, 30개체 처리구 6.14%, 60개체 처리구 5.52%, 90개체 처리구 5.42%로 나타났다(Fig. 4). 상대적인 유기물 제거율은 무처리구에 대비해 볼 때, 30개체 처리구에서 7.32%, 60개체 처리구에서 16.69%, 90개체 처리구에서는 18.14% 순으로 향상된 결과를 보였다. 유기물 제거시험에 따른 수질 변동은 pH의 경우 무처리구에 비해 처리구별로 단계적으로 감소하였고, BOD는 점진적으로 증가하였으며, SS는 처리구 별로 감소하였으나 무처리구에서 급격히 증가 후 낮아졌고, T-N, T-P는 점차 증가하고, NH₃-N는 무처리 대비 30개체 처리구에서 감소 후 증가되는 양상을 나타내었다(Fig. 5).

고 찰

농업생태계의 5개 구획에서 깔따구과 곤충으로 총 16종을 확인하였으나 Kim *et al.* (2001)이 서산 A·B지구에서 확인한 종수와 우점종과는 차이를 보였다. 이는 조사방법의 차이(본 조사 : dredge, Kim *et al.* 2001 : 트랩)와 조사 시기 등 다양한 변수에 의한 결과로 사료된다(Table 1). 깔따구류가 서식하는 수체의 수환경 분석에 있어 수온과 pH는 큰 차이를 보이지 않았으나 Cond., BOD, T-N, T-P, NH₃-N 등은 농경지 주변수로(E)에 비하여 상대적으로 높은 값을 나타내어 대단위농경지(A), 친환경농업지(B), 생활하수 유입지(C)의 수체에는 많은 유기물이 포함되어 있음을 나타내고 있다. 하지만, 축산폐수 유입지(D)는 심각하게 많은 유기물을 가진 지역으

로 추정됨에도 불구하고 비교적 낮은 값을 나타내었는데, 이는 하천수에 축산폐수가 유입되어도 수류에 의해 하류역으로 유기물이 이동하며, 새로운 물이 유입되기 때문에 일반 하천수와 같은 낮은 값을 나타낸 것으로 사료된다(Fig. 2). 한편, 농경지 주변수로(E)의 경우 우점도지수를 제외한 나머지 지수값이 비교적 높게 나타나 생물상을 포함한 주변 환경이 양호함을 나타내었다. 하지만, 대단위경작지(A), 친환경농업지(B), 생활하수 유입지(C), 축산폐수 유입지(D)에서는 우점도지수 값이 크게 나타난 반면 다양도지수, 균등도지수, 풍부도지수 등은 적은 값을 나타내어 생물상과 수환경이 상대적으로 불량함을 나타내었다(Fig. 3). 친환경농업지(B)는 비교적 좋은 환경지수 값이 예상되었으나 실제 적은 값을 나타내었는데, 이 지역은 오리농법을 시행하는 곳으로 이로 인해 저서생물에 대한 포식압이 높아져 상대적으로 지수값이 낮게 나타난 것으로 판단된다.

축산폐수 유입지(D)에서 뚩뚱이(C. nipponensis)를 이용해 유기성저질 분해를 검증하는 시험에 있어 무처리 대비 처리 개체수가 증가될수록 잔존 유기물의 경감과 수질이 변동되는 양상을 볼 수 있었다. 이 같은 이유는 깔따구들이 저질 내 유기물을 섭취한 후 이용 또는 수체내로 환원을 하게 되는데 저질 속에서 깔따구류가 유기물분해를 통해 유기산을 증가시켜 각각의 처리구별로 수질이 향상되는 것으로 사료된다(Figs. 4, 5). 이미 국외에서는 어류의 먹이용으로 깔따구 유충을 양식하는데, 먹이원으로 계분(chicken manure), 마분(horse manure), 콩부산물(soybean meal), 양분(sheep manure) 등을 이용해서 깔따구 유충을 대량 증식시키고 있으며, 그 밖에 축산폐기물 및 돈분(piggy manure)처리에 응용한다(Mclarney et al. 1974; Shaw and Mark 1979). 이때 하천으로 무단 투기되던 가축분뇨를 중간에 처리함으로써 간접적 수처리 효과가 있었다(Shaw and Mark 1979). 이는 물속에 용존된 고농도의 유기물인 축산분을 깔따구류 유충이 성장과정에서 에너지원으로 이용함과 동시에 생체화하여 우화(emergence) 후 수체 밖으로 날아간다면 결과적으로 수체내에 유기물을 제거하는 효과로 볼 수 있다. 한편 식수를 정화하는 시설에서는 깔따구가 수체내에 유기물 제거(Wotton and Hirabayashi 1999; Wotton 2004)뿐만 아니라 깔따구류가 대량 증식함으로써 생성된 이들의 배설물(faecal pellet)이 정수시설 내에서 병원성 미생물인 박테리아, 원생생물들을 걸러주는 역할을 해 수질정화에 엔지니어로서의 역할에 대한 보고도 있었다(Frouz et al. 2004). 한편, 하천 자정작용에 있어 깔따구류의 역할은 중요하며(Sokolova et al. 1993), 농업생태계에서 가장 높은 밀도를 보인 뚩뚱이를 대상으로

로 실험실 수준에서 시험한 유기물 제거효과는 이용개체수가 증가할수록 현저한 효과를 보였으므로, 이를 더 많은 유기물과 넓은 면적에 적용시킬 경우 상대적 효과는 매우 높을 것으로 사료된다. 또한, 뚩뚱이(깔따구)는 오염에 대하여 내성이 강한 종이므로 수질악화로 인해 타 저서생물들이 서식할 수 없는 환경에서 생물적 수처리 방법으로 활용가능성이 있음을 나타내었다. 한편, 실지렁이(Limnodrilus gotoi)는 축산폐수 유입지(D)에서 깔따구류 유충과 함께 높은 밀도를 보이고 있었으며(Appendix 1), 이 중 또한 수체의 유기물이 풍부한 지역에 높은 밀도를 보이므로 깔따구 유충과 같이 유기물 제거능력 비교 및 상업적 이용을 고려할 만한 가치가 있는 종으로 판단된다.

적 요

농업생태계의 환경별로 깔따구류의 분포를 밝히고 우점종을 이용한 유기물 분해능을 평가하고자 대단위경작지, 친환경농업지, 생활하수 유입지, 축산폐수 유입지 및 주변수로 등의 5개 서식처별로 나누어 '04~'06년까지 각 구획을 대표하는 총 78개 지점에서 깔따구과 및 공서 무척추동물들을 정량 채집하였다. 그 결과, 농업지대의 깔따구류는 총 16종으로 동정되었다. 서식지 유형별로 출현한 종수를 보면, 축산폐수 유입지에서 11종, 대단위농경지는 8종, 농경지 주변수로는 7종, 친환경농업지는 6종, 생활하수 유입지는 2종으로 조사되었다. 구획별로 나타난 우점종을 보면, 유기물의 농도가 높은 대단위경작지(A), 생활하수 유입지(C) 및 축산폐수 유입지(D)에서는 뚩뚱이(C. nipponensis), 유기물 함량이 낮은 주변수로(E)에서는 숲아기깔따구(C. sylvestris), 친환경농업지(B)에서는 서산장부깔따구(Tanytarsus sesanensis)였다. 수질과 군집지수는 논주변의 수로에서 높았고, 대단위경작지, 친환경농업지, 생활하수 유입지, 축산폐수 유입지는 낮은 수준으로 조사되었다. 저질내에서 뚩뚱이의 유기물 제거능력은 무처리구와 대비하여 90개체 처리구에서 18% 증가하였다.

인 용 문 헌

- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 원색 한국패류도감. 아카데미서적. 445pp.
 농업과학기술원. 2006. 농업용수수질분석 이론과 실무. 농촌진흥청. 273pp.

- 박해심, 유남수, 조동일, 김재원. 1991. 두 가지 깔따구(Chironomidae)에 의한 기관지 천식 2례. 알레르기. 11:362-367.
- 여천생태연구회. 1997. 현대생태학실험서. 교문사. 286pp.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감 동물편(수서곤충류). 문교부. 840pp.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 262pp.
- Armitage PD, PS Cranston and LCV Pinder. 1995. The Chironomidae. Chapman & Hall, London. 572pp.
- Cranston PS. 1995. The Chironomidae: The biology and ecology of non-biting midges. pp.31-61. In Systematics (Armitage PD, Cranston PS and LC Pinder eds.). Chapman and Hall. London.
- Frouz J, RJ Lobinskel and A Allii. 2004. Influence of Chironomidae (Diptera) faecal pellet accumulation on lake sediment quality and larval abundance of pestiferous midge *Glyptotendipes paripes*. Hydrobiologia 518:169-177.
- Igarashi T, G Murakami, Y Adachi, M Matsuo, Y Sacki, T Okada, K Kawai, A Kumagai and M Sasa. 1987. Common occurrence in Toyama of bronchial asthma induced by Chironomidae midges. Jap. J. Exp. Med. 57:1.
- Kim JY, JH Lee and HI Ree. 2001. Seasonal population dynamics of Chironomid midges (Diptera: Chironomidae) emerging from reclaimed rice fields in Seosan, Korea in 1997~1999. Korean J. Entomol. 31:225-232.
- Kong D. 1997. Limnological and ecological characteristics of a river-reservoir (Paldang), Korea. Special Issue, J. Kor. Limnol. 30 (Suppl.):524-535.
- Macchiusi F and RL Baker. 1991. Prey behaviour and size selective predation by fish. Freshwater Biology. 25:533-538.
- Margalef DR. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3:36-71.
- McLarney WO, S Henderson and MM Sherman. 1974. New method for culturing *Chironomus tentans* Fabricius larvae using burlap substrate in fertilized pools. Aquaculture 4: 267-276.
- McNaughton SJ. 1967. Relationship among functional properties of California Glassland. Nature 216:168-144.
- Na KB. 2005. Taxonomy of the Chironomidae (Diptera, Insecta) in Seoul-Gyeonggi area, Korea. The thesis of Master degree in Seoul Women's University. 81pp.
- Pielou EC. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. Amer. Nat. 100:463-465.
- Pielou EC. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York. 165pp.
- Rae JG. 1989. Chironomid midges as indicators of organic pollution in the Scioto River Basin Ohio. The Ohio Journal of Science 89:5-9.
- Ree HI and JY Kim. 1998. A new species of the genus *Cricotopus* (Diptera: Chironomidae), a pest of rice in Seosan, Korea. Korean J. Biol. Sci. 2:309-313.
- Ree HI. 1993. Breeding places of Non-biting Midges (Chironomidae, Diptera) in Korea. Korean J. Entomol. 23:169-176.
- Saether OA. 1979. Chironomid communities as water quality indicator. Holarctic Ecology 2:65-74.
- Shaw PC and KK Mark. 1980. Chironomid farming-A means of recycling farm manure and potentially reducing water pollution in Hong Kong. Aquaculture 21:155-163.
- Sokolova N, AV Ju and EI Izvekova. 1993. Biology of *Chironomus piger* Str. and its role in the self-purification of the river. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 26:509-512.
- Tsumuraya T, K Moriya, T Matsumoto and T Mori. 1982. The ecology and control of *Chironomus yoshimatsui* in the sewage water treatment plant. Yosui to Haisui. 24:1356-1362.
- Way MO and RG Wallace. 1989. First record of midge to rice in Texas. Southwestern Entomologist 14:27-33.
- Wotton RS. 2004. Water purification using sand. Hydrobiologia 469:193-201.
- Wotton RS and K Hirabayashi. 1999. Midge larvae (Diptera: Chironomidae) as engineers in slow sand filter bed. Wat. Res. 33:1509-1515.
- Yamashita N, K Ito, T Nakagawa, M Haida, H Okudaira, S Nakada, T Miyamoto, T Shibuya, K Kamei and M Sasa. 1987. IgG and IgE antibodies to Chironomidae in asthetic patients. Clin Exp Immunol. 68:93.
- Yamashita N, Y Motita, K Ito, T Miyamoto, T Shibuya, K Kamei and M Sasa. 1989. Chironomidae as a use of IgE-mediated histamin release in patients with asthma. Ann Allergy 63:154.
- 津田松苗. 1962. 水生昆蟲學. 北隆館. 269pp.
- 川合楨次. 1985. 日本産水生昆蟲檢索圖說. 東海大學出版會. 409pp.

Manuscript Received: October 23, 2008

Revision Accepted: January 16, 2009

Responsible Editor: Jong Sun Kim

Appendix 1. Taxonomic list and individual number of benthic macro-invertebrates in 5 habitat types

Species	Habitat types					Species	Habitat types				
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
TURBELLARIA						<i>Ecdyonurus kibunensis</i>					68
Turbellaria						<i>Ecdyonurus bajkovae</i>					18
Tricladida						Leptophlebiidae					
Planariidae						<i>Paraleptophlebia chocorata</i>					270
<i>Dugesia japonica</i>					52	<i>Choroterpes trifurcata</i>					20
<i>Phagocata vivida</i>					80	Ephemeridae					
MOLUSCA						<i>Ephemera orientalis</i>		2		8	24
GASTROPODA						Ephemerellidae					
MESOGASTROPODA						<i>Drunella aculea</i>					86
Bithyniidae						<i>Drunella triacantha</i>					144
<i>Parafossarulus manchouricus</i>	21					<i>Drunella cryptomeria</i>					59
BASOMMATOPHORA						<i>Drunella lepnevae</i>					34
Lymnaeidae						<i>Cincticostella castanea</i>					154
<i>Austropeplea ollula</i>				1		<i>Cincticostella tshernovae</i>					34
Physidae						<i>Uracanthella rufa</i>			2		354
<i>Physa acuta</i>			7	1		<i>Ephemerella keijoensis</i>					14
Planorbidae						<i>Ephemerella notofascia</i>					24
<i>Gyraulus convexiusculus</i>	15			3		Neophemeridae					
<i>Hippeutis cantori</i>				2		<i>Potamanthellus rarus</i>					1
ANNELIDA						ODONATA					
OLIGOCHAETA						Coenagreionidae					
ARCHIOLIGOCHAETA						<i>Ischnura asiatica</i>	3	1			
Naididae						Gomphidae					
<i>Chaetogaster limmaei</i>				4	3	<i>Sieboldius albardae</i>					1
Tubificidae						Libellulidae					
<i>Limnodrilus gotoi</i>	17		64	3388	33	<i>Crocothemis servilia</i>					4
HIRUNDINEA						<i>Orithetrum albitylum</i>	6	2			1
ARHYNCHOBDELLIDAE						PLECOPTERA					
Hirudinidae						Scopuridae					
<i>Hirudo nipponica</i>	1	5	8			<i>Scopura longa</i>					2
<i>Whitmania pigra</i>					1	Taeniopterygidae					
Erpobdellidae						<i>Taenionema</i> KUa					1
<i>Erpobdella lineata</i>			4	2	6	Nemouridae					
ATHROPODA						<i>Nemoura tau</i>					1
CRUSTACEA						<i>Nemoura</i> KUa					2
AMPHIPODA						<i>Amphinemura coreana</i>					5
Gammaridae						Peltoperlidae					
<i>Gammarus</i> sp.					398	<i>Yoraperla</i> KUa					12
DECAPODA						Perlodidae					
Cambaridae						<i>Megarcys ochracea</i>					1
<i>Cambaroides similis</i>					1	<i>Isoperla</i> KUa					5
INSECTA						Perlidae					
EPHEMEROPTERA						<i>Oyamia coreana</i>					35
Siphonuridae						<i>Kiotina decorata</i>					73
<i>Siphonurus chankae</i>					3	Chloroperlidae					
<i>Ameletus montanus</i>					65	<i>Sweltsa nikkoensis</i>					10
Baetidae						HEMIPTERA					
<i>Baetis thermicus</i>			19		184	Belostomatidae					
<i>Baetis nla</i>				336	609	<i>Diplonychus japonicus</i>	1	3			
<i>Baetis</i> KUa					67	Corixidae			2		
<i>Nigrobaetis acinaciger</i>				2	9	<i>Sigara substriata</i>					
<i>Cloeon dipterum</i>	1					Notonectidae					
<i>Baetiella japonica</i>					175	<i>Notonecta triguttata</i>					3
<i>Baetiella turberculata</i>					238	MEGALOPTERA					
Heptageniidae						Corydalidae					
<i>Epeorus latifolium</i>				1	273	<i>Protohermes grandis</i>					10
<i>Epeorus curvatulus</i>					399	COLEOPTERA					
<i>Iron aesculus</i>					147	Dytiscidae					
<i>Cinygmula grandiforlia</i>					210	<i>Potamonectes hostilis</i>					1
<i>Ecdyonurus levis</i>					177	Hydrophilidae					
						<i>Laccobius bedeli</i>					2

Appendix 1. Continued

Species	Habitat types					Species	Habitat types				
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
Elmidae						TRICHOPTERA					
<i>Stenelmis vulgaris</i>					22	Stenopsychidae					
Chrysomelidae						<i>Stenopsyche griseipennis</i>					31
Chrysomelidae sp. 1				1		Psychomyiidae					
DIPTERA						<i>Psychomyia</i> KUa				2	20
Tipulidae						Hydropsychidae					
<i>Tipula</i> KUa					1	<i>Hydropsyche</i> KD					21
<i>Tipula</i> KUb				21		<i>Aethaloptera</i> KUa					1
<i>Hexatoma</i> KUa					23	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>			39		830
<i>Hexatoma</i> KUC		1				<i>Hydropsyche valvata</i>					223
<i>Antocha</i> KUa				14	111	<i>Hydropsyche orientalis</i>					129
<i>Dicranota</i> KUa					31	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>		1			477
<i>Dicranomyia</i> KUa					46	<i>Cheumatopsyche</i> KUb					193
Dixidae						Rhyacophilidae					
<i>Dixa</i> KUa				1		<i>Rhyacophila retracta</i>					2
Simuliidae						<i>Rhyacophila sibirica</i>					2
<i>Simulium</i> sp.					43	<i>Rhyacophila shikotsuensis</i>					6
Ceratopogondia						<i>Rhyacophila nigrocephala</i>					26
Ceratopogondia sp.						<i>Rhyacophila</i> KUb					25
Chironomidae						<i>Apsochorema</i> KUa					12
<i>Chironomus nipponensis</i>	1872	3	3326	770		Glossosomatidae					
<i>Chironomus salinarius</i>				4		<i>Glossosoma</i> KUa					282
<i>Chironomus plumosus</i>	7					Hydroptilidae					
<i>Chironomus yoshimatsui</i>	2	1	2938	80		<i>Hydroptila</i> KUa				6	
<i>Cricotopus oryzaphagos</i>	11	26		160		Limnephilidae					
<i>Cricotopus sylvestris</i>				13	396	<i>Hydatophylax nigrovittatus</i>					17
<i>Endochironomus pekanus</i>				1358		<i>Neophylax ussuriensis</i>					54
<i>Maclopelopia nebulosa</i>				183	123	Lepidostomatidae					
<i>Pentapedilum</i> sp.	9	6		1		<i>Georodes</i> KUa					8
<i>Polypedilum nubifer</i>	2870			122	76	<i>Georodes</i> KUb					9
<i>Pothastia</i> sp.	6				325	Sericostomatidae					
<i>Tanypus punctipennis</i>	45			1		<i>Gumaga</i> KUa		2			
<i>Tanytarsus sesanensis</i>		37		31		Odontoceridae					
Chironomidae sp. 1					3	<i>Psilotreta kisoensis</i>			1		8
Chironomidae sp. 2					8	Molannidae					
Chironomidae sp. 3					2	<i>Molanna moesta</i>			1		
Blepharoceridae											
<i>Bibiocephala</i> KUa					6						
<i>Suragina</i> KUa					4						
Stratiomyiidae											
<i>Stratiomyia</i> KUa				3							
						Species of number	16	17	7	36	86
						Individual of number	4903	113	6373	6607	8274