

한국의 논에 서식하는 수서무척추생물의 지리적 군집 분포

김명현 · 한민수 · 남형규¹ · 강기경 · 김미란*

국립농업과학원 기후변화생태과, ¹경희대학교 생물학과·한국조류연구소

Geological Distribution of Aquatic Invertebrates Living in Paddy Fields of South Korea

Myung-Hyun Kim, Min-Su Han, Hyung-kyu Nam¹, Kee-Kyung Kang, and Miran Kim*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Republic of Korea, 441-707

¹The Korea Institute of Ornithology and Department of Biology, Kyung Hee Univ., Seoul, Republic of Korea, 130-701

The roles of paddy fields are re-evaluated as an artificial wetland. Although 44% of total aquatic invertebrates in South Korea are observed in a rice paddy, information of their distribution and characteristics of habitat use is limited yet. This study was carried out to provide information and characterizing distribution of community of aquatic invertebrates using a rice paddy through the South Korea. Aquatic invertebrates were collected at 284 sites of a rice paddy in South Korea from June to August, 2005, 2006 and 2007. We grouped sampling sites according to its species and population of aquatic invertebrates using a non-metric multidimensional scaling (NMDS). Total 21 orders 60 families 114 species were collected from a rice paddy. Coleoptera (25%), Heteroptera (17%), Diptera (17%) and Odonata (12%) were observed. Aquatic invertebrates were classified into three groups (Group 1: Gangwon, Gyeonggi and Chungbuk; Group 2: Chungnam, Jeonbuk, Jeonnam and Jeju; Group 3: Gyeongbuk and Gyeongnam). In Group 1, *Muljarus japonicas* distributed mainly Gangwondo and Chungbuk. In Group 2, *Sigara nigroventralis* and *S. substriata* were mainly observed. In Group 3, higher density of *Daphnia sp.* and *Chironomidae gen. spp.* was found in the southern part of Korea.

Key words: Paddy fields, Aquatic invertebrates, Cluster analysis, South Korea

서 언

오랜 기간 우리나라를 비롯한 아시아 지역의 대표적인 농경지였던 논은 최근 들어 인공 습지로서의 역할로 주목 받게 되었다. 제 10차 람사르 당사국 총회에서는 논을 습지의 한 형태로 분류하고 '습지로서의 논 생물다양성증진'이라는 결의문을 채택하였다. 담수 된 논은 벼의 생육 단계에 따라 다양한 생물에게 취식지와 번식지를 제공할 뿐만 아니라 추수가 끝난 후 건답화 된 논 역시 다양한 겨울 철새들의 휴식과 취식 공간으로 이용 된다 (Rue et al., 2009). 우리나라와 논 환경이 비슷한 일본의 경우, 논에는 대략적으로 4,700여 종의 생물이 서식하고 있다고 알려져 있다 (Rue et al., 2009). 우리나라의 논 생태계 역시 식물, 양서류, 파충류, 수서무척추동물, 조류 등 다양한 생물이 서식하고 있지만 현재까지 논에 서식하는 생물에 대한 조사는 일부 지역이나 종에 한정되어 수행되어 왔다 (Choi et al., 2004; Han et al., 2010b; Han et al., 2011).

논의 수질이나 수심, 수온 등 미세 환경 변화에 가장 크게 영향을 받는 대표적인 생물은 수서무척추동물이다 (Kim et al., 2005). 우리나라의 담수 대형무척추동물은 147과 638종 (Kim et al., 2005)이며 이 중에서 논에 서식하는 종은 280여 종으로 (Han et al., 2010a) 전체 담수 대형무척추동물의 절반 가까이가 논에 서식하고 있다는 것을 의미한다. 그동안의 수서무척추동물에 관한 연구는 거의 하천이나 호소, 늪지 등에서 행해지는 경우가 대부분이었다 (Kim and Ree, 1969; Kim et al., 1978; Yoon et al., 1989; Lee, 1994). 논은 수심의 변화가 크고 단조로운 식생구조와 영농활동이 수서무척추동물의 군집에 영향을 줄 수 있고 자연습지와 차이가 있어 종 분포와 이에 영향을 주는 환경적 요인에 관한 연구가 필요하다. 그동안의 논에 서식하는 수서무척추동물에 대한 연구는 일부 종에서만 수행되지 않았다 (Kim et al., 2007). 전국적 분포에 대한 연구는 물땀땀과 (Han et al., 2010b)와 물방개과 (Han et al., 2011)에서만 수행되었을 뿐 여러 종에 대한 전국적인 분석은 아직 수행되어 있지 않다. 종의 지리적 분포와 군집의 파악은 종보존과 효율적인 관리를 위한 중요한 정보를 제공하며 기후 변화와 같은 장기적이고 점진적인 변화를 모니터링할 수 있는 요소가 된다. 따라서

접수 : 2012. 10. 15 수리 : 2012. 11. 23

*연락처 : Phone: +82312900234

E-mail: ruddyduck318@gmail.com

이 연구에서는 전국의 논을 대상으로 논 생태계에 서식하는 수서무척추동물의 군집을 살펴보고, 나누어진 그룹을 기준으로 종의 지역적 분포 특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

논 수서무척추동물 채집 이 조사는 2005년, 2006년과 2007년 6월부터 8월까지 전국의 시·군별 (경기도, 강원도, 충청도, 전라도, 경상도, 제주특별자치구, 부산광역시, 인천광역시 등) 총 284개 지역의 논을 대상으로 수행되었다. 2005년에는 경기도 (46개), 강원도 (28개), 충청북도 (20개)를 조사하였고, 2006년에는 충청남도 (34개), 전라북도 (26개), 전라남도 (38개), 2007년에는 경상북도 (46개), 경상남도 (42개), 제주특별자치구 (4개)를 조사하였다. 수서생물은 주로 논에 물을 대기 시작한 후 이입되므로 생물이 논으로 이동하여 들어올 시간을 고려하여 무논이 형성되는 시기인 이앙 이후 20일 정도가 지난 논을 대상으로 하였다. 수위에 따라 논을 이용하는 생물군이 달라질 수 있으므로 수심이 5~10 cm 정도인 논에서만 수서무척추동물을 채집하였다. 농약을 이용해 방제를 한 지역이나 오리농법으로 영향을 줄 수 있는 논은 조사 지역에서 제외하였다.

논에 서식하는 수서 생물의 밀도는 각 조사 지점별로 동일한 조사 일에 3회 반복하여 채집한 후 그 평균값으로 산정하였다. 밀도 조사는 아래위가 트인 사각방형구 (50 cm × 20 cm × 20 cm)를 이용하여 이루어졌다. 사각방형구를 베포기 사이에 고정한 후 그 안에 물 (2 L)을 모두 담아 망목 150 μm의 망 (30 cm × 30 cm)으로 걸러서 채집한 후 얼음상자에 담아 이동하였다. 채집된 수서생물 샘플은 실험실에서 분리하여 동정할 때까지 70% 에탄올에 고정하였다. 고정된 샘플은 해부현미경 (DE/MZ 7.5 Leica)을 이용하여 논 생태계 수서무척추동물 도감 (Han et al., 2008)과 수서곤충검색도설 (Yoon, 1995) 등을 참고로 하여 분류하고 종을 동정하였다. 깔따구류는 논에서 서식하는 유충의 개체수를 기록하였다.

통계 분석 조사 지역별로 종별 개체수의 관계를 규명하기 위하여 비계량 다차원척도법 (NMDS; non-metric multidimensional scaling)을 이용하여 그룹화 하였다. 이를 바탕으로 ordination에 크게 영향을 끼친 종을 파악하기 위해 각 종들을 ordination상에 벡터 (vector) 값으로 나타냈으며, 이들 중 관련성이 큰 종 ($p < 0.001$)을 대표 종으로 선정하여, 지역적인 분포 특성을 파악하였다. 자료는 군집분석은 PC-ORD v 5와 R.2.13.0 (R Development Core Team 2008) 프로그램을 이용하였으며, 분포 특성 분석은 ArcGIS 10.0 프로그램을 이용하여 지도상에 나타내었다. 종다양도는 Shannon-

Wiener 지수 (H' , Shannon and Wiener, 1949)를 이용하였고 종균등도는 Pielou (1975)의 식을 이용하였다. 그룹 간 밀도, 종수, 종다양도, 종균등도의 차이는 SPSS 21.0을 이용하여 일원배치분산분석 (One-way ANOVA)을 하였으며 사후검정으로는 Tukey HSD 검정을 실시하였다. 평균 개체수는 평균과 함께 표준오차로 나타냈다 (평균±표준오차).

결과 및 고찰

논에 서식하는 수서무척추동물 군집 전국 284개 지점에서 관찰된 수서무척추동물은 총 21목 60과 114종 평균 합계 710,892개체였다. 조사 결과 논에서 관찰된 수서무척추동물로는 딱정벌레류와 잠자리류, 노린재류 등과 같은 포식자에 해당하는 종들의 비율이 높았고, 개체 수는 물벼룩류나 깔따구류 등의 먹이가 되는 곤충들이 우위를 차지하였다. 분류군별 종 구성비는 딱정벌레목이 28종 (25%)으로 가장 많았고, 그 다음으로는 파리목과 잠자리목이 각각 19종 (17%), 노린재목이 14종 (12%)이었다 (Fig. 1). 논에서 수행된 다른 연구에서도 딱정벌레목이 우점종으로 이 연구와 비슷한 경향을 보였다 (Kim et al., 2009). 저수지나 늪 등의 정수성 수역에서는 주로 노린재류, 잠자리류, 딱정벌레류가 많이 관찰되는 것으로 알려져 있어 (Yoon et al., 1989) 논에 적응해 살아가는 수서무척추동물은 정수역에 서식하는 분류군과 유사한 것으로 보인다. 반면에 지역적인 차이는 있지만 하천이나 강에서는 하루살이류가 우위를 차지하는 경우가 많았고, 그 외에 강도래와 날도래류 등이 관찰되었다는 연구 결과가 있어 (Yoon et al., 1981; Kim et al., 1995) 논에서 관찰되는 분류군과는 다소 차이가 있다. 논은 벼 생육기인 5월에서 9월 사이에만 일시적으로 생성되는 정수성 습지이다. 따라서 정수역에서 취식 활동을 하는 물진드기류나 물벼룩류 등의 딱정벌레목 곤충이 논을 이용하며, 유충 시기를 논에서 보내는 파리목이나 잠자리목의 비율이 높은

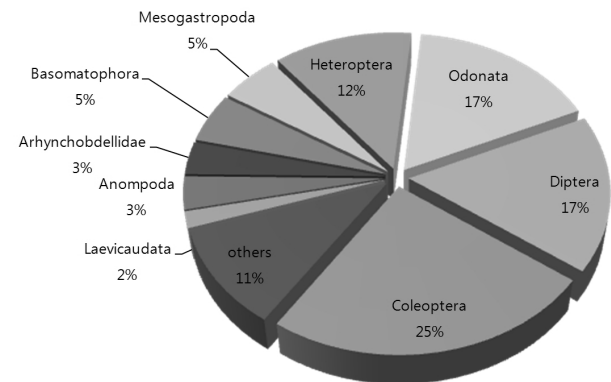


Fig. 1. Aquatic invertebrates of paddy fields from 284 sites in South Korea.

Table 1. Top 10 species observed at 284 sites of paddy fields in South Korea.

Korean name	Scientific name	Number of Individuals (m ⁻²)	Dominance (%)
물벼룩류	Cladocera	193,712	27.2
패형류	Ostracoda	179,228	25.2
갈따구류	Chironomidae	165,532	23.3
요각류	Copepoda	148,035	20.8
애기물달팽이	<i>Austropeplea ollula</i>	5,726	0.81
원돌이물달팽이	<i>Physella acuta</i>	3,266	0.46
수정또아리물달팽이	<i>Hippeutis oantor</i>	2,251	0.32
작은쇠우렁이	<i>Gabbia kiusiuensis</i>	2,204	0.31
연못하루살이	<i>Cloeon dipterum</i>	1,834	0.26
또아리물달팽이	<i>Gyraulus convexiusculus</i>	1,470	0.21

것으로 생각된다.

전국 조사에서 가장 많은 개체수가 관찰된 종은 물벼룩류 (Cladocera), 패형류 (Ostracoda), 갈따구류 (Chironomidae gen. spp.) 및 요각류 (Copepoda) 등의 순이었다 (Table 1). 그 다음으로는 물달팽이류인 애기물달팽이 (*Austropeplea ollula*), 원돌이물달팽이 (*Physella acuta*), 수정또아리물달팽이 (*Hippeutis cantor*), 작은쇠우렁이 (*Gabbia kiusiuensis*), 연못하루살이 (*Cloeon dipterum*) 및 또아리물달팽이 (*Gyraulus convexiusculus*) 등의 순으로 많이 관찰되었다 (Table 1). 정수역에서 관찰된 저서성 대형무척추동물의 개체수와 비교해보면 자연습지인 우포늪에서는 갈따구류가 가장 많이 관찰되었고 그 다음으로는 잠자리류, 노린재류, 딱정벌레류, 복족류 등이 우위를 차지한다고 알려져 있다 (Bae et al., 2004). 이 조사에서도 개체수에 있어서는 갈따구류가 가장 많이 관찰되었고, 복족류 등도 많이 관찰된다는 점에서 유사성이 있었다.

관찰 빈도를 살펴보면 전국의 조사 지점에서 가장 빈번하게 관찰된 수서무척추동물은 갈따구류 (284개 지점)와 요각류 (280개 지점)로 거의 모든 조사지점에서 관찰되었다. 그 외에 애기물달팽이 (83%), 수정또아리물달팽이 (65%) 등도 빈번하게 관찰되었다. 반면에 민나방파리 (*Psychoda alternata*), 집파리류 (Muscidae sp.), 황등에 (*Chrysopilus sauteri*), 대모등에붙이 (*Chrysops suavis*), 황등에붙이 (*Atylotus horvathi*), 시시리다에과 1종 (*Mortonagrion Hirosei*), 큰청실잠자리 (*Lestes temporalis*), 가는실잠자리 (*Indolestes gracilis peregrinu*), 방울실잠자리 (*Platycnemis phillopoda*), 땅콩물방개 (*Agabus japonicus*), 노랑무늬물방개 (*Neonectes natrix*), 점물땡땡이 (*Laccobius bedeli*), 알락물진드기 (*Haliphus simplex*), 꼬마등글물벌레 (*Plea indistinguenda*), 딱부리물벌레 (*Ochterus marginatus*), 큰물자라 (*Muljarus major*), 메추리장구애비 (*Nepa hoffmanni*), 뽕족뽕물우렁이 (*Oxyloma hirasei*), 줌주름다슬기 (*Semisulcospira tegulata*), 갯지렁이류 (*Neanthes*), 이형민무늬조개벌레 (*Lynceus biformis*) 등은 조사지점 중

1개 지점에서만 관찰되었다.

소수 지역에서 관찰된 종은 그 이유를 몇 가지로 나누어 설명해 볼 수 있다. 먼저 논 환경에 따라 유입되는 종이 달라지게 된 경우이다. 시시리다에과의 1종은 저수지에 주로 서식하는 종으로 논에서는 드물게 관찰되는 종이다. 줌주름다슬기의 경우에도 주로 하천에 서식하는 종으로 하천에서 논으로 물이 유입되는 곳에서 관찰되는 종이다. 뽕족뽕물우렁이 역시 주로 지상부에 살면서 드물지만 논에도 서식하는 종이다. 땅콩물방개, 노랑무늬물방개, 알락물진드기, 큰물자라, 메추리장구애비 등은 곡간지나 휴경논 등에서 흔하게 관찰되지만 일반 논에서는 드물게 나타날 수 있다. 꼬마등글물벌레는 전국에 분포하는 흔한 종이지만 본답 내 농약잔류 정도에 따라 장기간 영향을 받는 민감한 종으로 알려져 있어서 (Han et al., 2008) 드물게 관찰되었을 수 있다. 갯지렁이는 경남 남해군에서 관찰되었는데 과거 갯벌이었던 간척지 논에서 아직까지 나타나는 것으로 보인다. 그 밖에 민나방파리와 집파리류 및 등예류는 유기물 퇴비 등이 있을 때 논으로 많이 유입되는 종이다. 두 번째는 논에서 흔하게 관찰되나 조사 시기가 맞춰지지 않아 관찰하지 못한 경우이다. 가는실잠자리와 이형무늬조개벌레는 논에서 흔히 관찰되는 종이지만 산란 기간 등 일정 기간만 논을 이용하므로 이 조사에서는 관찰되지 않은 것으로 보인다. 세 번째는 채집 방법에 따른 영향으로 관찰되지 않은 경우이다. 딱부리물벌레의 경우 논에서 흔하게 관찰되기는 하지만 비행 능력이 있어 채집 시 쉽게 이동해 나갈 수 있어 드물게 채집되었을 수 있다.

조사 지점별로 관찰된 수서무척추동물의 평균 개체수는 2,503.1±129.45 개체 (258.6~12339.2개체)였고, 조사 지점별로 관찰된 수서무척추동물은 4종에서 32종까지 (13.9±0.25종) 지역별로 차이가 있었다. 조사 지점별로 수서무척추동물의 종다양도는 1.10±0.016 (0.27~1.84), 종균등도는 0.42±0.010 (0.12~0.72) 이었다. 이 연구 결과는 하천의 종다양도 지수 보다는 (Kim et al., 1995) 비교적 낮은 지수값을 보이

고 있다. 이것은 논이 자연 생태계 보다는 단조로운 식생과 환경을 보이기 때문인 것으로 생각된다. 본답 이외의 농수로나 들판을 포함하여 조사한다면 종다양도지수는 훨씬 높아질 것으로 생각된다. 실제로 이 조사결과에는 포함하지 않았지만 본답과 그 주변에서 관찰한 종을 모두 포함할 경우 조사 지점에서 관찰된 수서무척추동물은 82종 더 많은 196종이었다. 정량조사에서는 확인되지 않았지만 종 조사에서 관찰된 종은 잠자리류, 물방개류 등 본답과 주변을 오가는 비행성 곤충이 많았다.

지역적 군집 특성 및 유사도 NMDS를 이용하여 산출한 수서무척추동물은 군집 유사도에 따라 3개 그룹으로 나뉘었다 (Fig. 2, Table 2). Group 1은 북부 지역으로 경기도, 강원도, 충청북도가 포함되며 Group 2는 중부 이하 서쪽 지역으로 충청남도, 전라북도, 전라남도, 제주특별자치구를 포함한다. Group 3는 중부 이하 동쪽 지역으로 경상북도와 경상남도 지역이 유사한 종과 개체수를 갖는 것으로 나타났다. 그룹별 밀도를 살펴보면 Group 3에서 가장 높았으며 ($F_{2,281}=22.42, p<0.001$) 종수 ($F_{2,281}=7.83, p<0.001$)와 종다양도지수 ($F_{2,281}=3.71, p<0.05$)는 Group 2에서 유의하게 높았다. 균등도지수는 그룹 간 큰 차이가 없었다 ($F_{2,281}=0.668, n.s.,$ Table 2).

논 생태계에서 수서무척추동물 군집은 온도 (Choi and

Lim, 2003)와 같은 물리적 요인과 먹이 (Kim et al., 2004)나 중간 또는 종내 경쟁 등의 생물학적인 요인 (Han et al., 2011) 외에도 영농 방법 (Wilson et al., 2008; Kim et al., 2009)이나 농지 형태 (Han et al., 2010b), 시비 (Han et al., 2003), 농약의 사용 (Takamura and Yasuno, 1986, Suhling et al., 2000) 등과 같은 인위적인 교란에 의해 영향을 받는다. Group 1의 중분포 특성을 그룹 지어주는 종중의 하나인 물자라는 남부지역보다는 강원도나 충청북도 지역에 주로 분포하고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 3A). 물자라 (*Muljarus japonicus*)는 논, 물웅덩이, 연못, 농수로 등의 유속이 느린 물에 서식하며 다른 수서 생물의 포식자로 수생태계의 상위 영양단계에 있는 종이다 (Park, 2008; Sim et al., 2009). 물자라가 많은 경우 먹이가 되는 수서생물들의 밀도가 안정적이라고 볼 수 있다.

Group 2에서는 검정배물벌레 (*Sigara nigrovenfralis*), 방물벌레 (*S. substriata*), 원돌이물달팽이, 넓적거머리류 (*Glossiphonia* sp.), 돌거머리 (*Erpobdella lineate*) 및 꼬마물방개 (*Guignotus japonicas*) 등이 많이 분포하고 있었다 (Fig. 3.B,C,D,E,F). 검정배물벌레는 충청남도 지역에 집중하여 분포하는 경향을 보였다 (Fig. 3B). 검정배물벌레는 계류부터 정수, 기수지역, 해변가 등 다양한 서식지를 이용하는 것으로 알려져 있다 (Yoon, 1995). 본 조사에서 방물벌레는 주로 충청남도와 전라남도 지역에 집중하여 분포하고 있었다 (Fig. 3C). 원돌이물달팽이는 전라북도와 전라남도에 1 m² 당 최대 280개체이상 집중하여 분포하고 있었다 (Fig. 3D). 이 종은 유럽대륙의 지중해가 원산지로 알려져 있는 외래종으로 현재 남아프리카, 홍콩, 호주, 뉴질랜드 등에 분포해 있으며 (Taylor, 2003; Cope and Winterbourn, 2004) 우리나라에는 일본으로부터 유입된 것으로 추정된다. 원돌이물달팽이는 오염내성이 강한 종으로 부식질을 먹이로 하기 때문에 대표적인 오염지표종이다. 전라도 지역의 경우 넓은 평야지가 발달해 있어 부식 물질의 발생과 축적도 상대적으로 높을 수 있다. 또한 해안가에 간척지 논이 넓게 발달되어 있는 곳에 많이 새롭게 형성된 논의 경우 외래종의 침입이 더 빨리 나타날 수 있다. 돌거머리는 전국적으로 분포하고 있었으나 넓적거머리의 경우 경상도에서는 적은 개체수가 관찰되어 분포권에 차이가 있었다 (Fig. 3E and F). 돌거머리는 육식성 포식자로 생물 다양성이 낮은 지역에 있어서 최상위 포식자로 알려져 있다. 꼬마물방개 (*Guignotus japonicas*)는

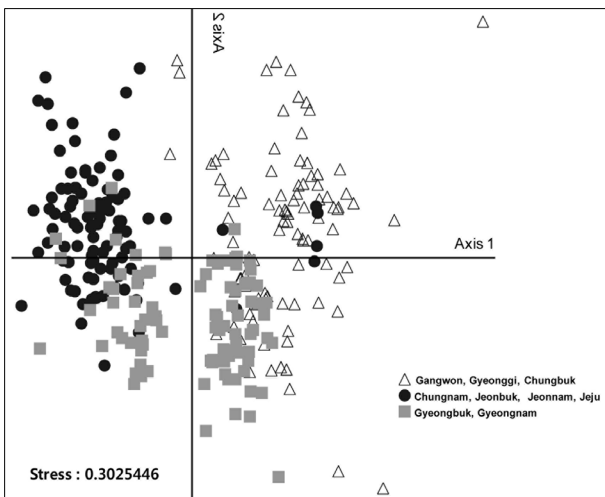


Fig. 2. Three groups of aquatic invertebrates at 284 sites of paddy fields over South Korea.

Table 2. Means of aquatic invertebrates from 3 groups in paddy fields, South Korea (G1: Gangwondo, Gyeonggido, Chungbuk; G2: Chungnam, Jeonbuk, Jeonnam; G3: Gyeongnam, Gyeongbuk, Jeju).

Group	Mean density (individuals m ⁻²)	No. of species	Diversity (H')	Eveness (E)
1	1,901.6±163.18	13.0±0.51	1.05±0.031	0.414±0.012
2	1,985.46±169.32	15.2±0.40	1.16±0.025	0.425±0.010
3	3,669.18±279.96	13.4±0.34	1.07±0.030	0.407±0.010

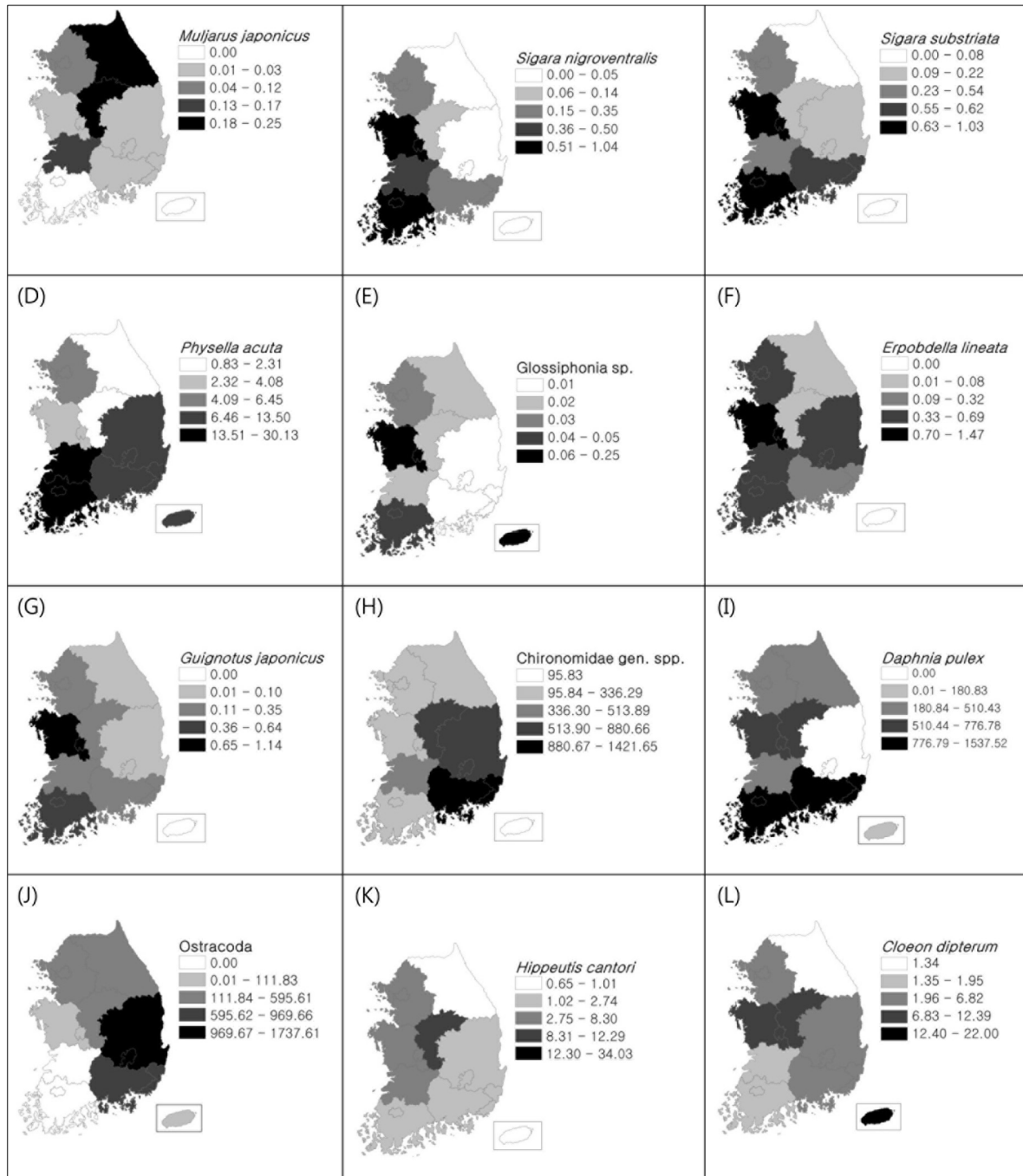


Fig. 3. Geological distribution of major 12 species of aquatic invertebrates living in paddy fields estimated by direction cosines of the vectors from cluster analysis.

전국적으로 분포하고 있으며 충청남도에 높은 밀도로 서식하고 있었다 (Fig. 3G). 제주도 자연 습지에서 조사된 고도별 분포에서도 꼬마물방개는 넓은 범위에 분포하는 것으로 조사되었다 (Jeong et al., 2010). 꼬마물방개는 물방개 중에서 가장 크기가 작은 종으로 평야지의 논과 같이 단조로운 생태계에 잘 적응하며 살아가는 것으로 알려져 있다 (Han et al., 2011).

Group 3의 특성을 보여주는 대표적인 종은 갈따구류이다 (Fig. 3H). 갈따구류는 유기물이 풍부한 고인 물에서 대발생

하는 생태적 특성이 있다. 경상도가 포함되어 있는 Group 3은 농업 형태에 있어서 이모작을 하는 경우가 많아 밭으로도 이용되는 논인 경우 유기물 함량이 상대적으로 높아 갈따구류의 발생에 영향을 주었을 것으로 보인다. 2007년 수행된 농업환경변동조사사업의 논토양 유기물 함량을 살펴보면 경상남도와 경상북도의 논 내 유기물 함량은 각각 29 g kg⁻¹와 30 g kg⁻¹으로 전국 평균 (24 g kg⁻¹)보다 높았다 (NIAST, 2008). 남쪽의 높은 기온도 갈따구류 개체군에 영향을 주었을 가능성이 있다. 일본의 논 조사에서는 안개무

늪갈개갈따구 (*Chironomus kiiensis*)가 30°C 이상에서는 열흘이 넘으면 알에서 부화하여 성충이 되기까지 10~12일 걸리지만 20°C에서는 21일이 걸렸다 (矢野宏二, 2002). 남부 지역의 높은 온도는 갈따구의 생육기간을 줄여 단기간에 대발생을 가져올 수 있을 것이다. 물벼룩류는 전국적으로 분포하였으며 전남과 경상남도 지역에 많은 수가 관찰되었다 (Fig. 3I). 남부 지역의 기온이 상대적으로 높아 물벼룩류의 밀도가 높았을 가능성이 있다. Choi & Lim (2003)의 연구에 따르면 20°C 정도의 수온에서 생존기간이 길고 더 많은 개체가 발생한다. 이 조사에서는 물벼룩류가 경상북도에서는 확인되지 않았는데 조사 시기에 따라 물벼룩류의 개체군 차이가 있기 때문으로 보인다. 패형류는 주로 경상북도에서 많은 분포를 보였다 (Fig. 3I). 수정또아리물달팽이 (Fig. 3K)와 연못하루살이 (*Cloeon dipterum*, Fig. 3L)는 강원도를 제외한 전국에 분포하고 있었다.

이 연구에서는 논에 서식하는 수서무척추동물에 대상으로 전국적인 분포를 군집 분석을 통해 살펴보았다. 많은 종이 여러 시군구에 걸쳐 넓게 분포하는 경우가 많아 분포 유형이 뚜렷하게 구별되지 않는 종도 많지만 수서무척추동물 개체군은 북부권역과 중부 이하에서는 동서로 나뉘는 경향을 보였다. 여러 가지 환경적 영향과 생물지리적인 분포가 산맥을 중심으로 동서로 나뉘고 온도에 따라 남북으로 차이가 있어 이것이 영향을 주었을 것으로 생각된다. 그러나 지리적 분포를 이해하기 위해서는 더 많은 지점에서 수서무척추동물뿐만 아니라 수질, 수심, 수온, 유기물 함량 등 여러 가지 환경 조건이 함께 조사되어야 할 것이다.

논은 우리나라에서 가장 큰 면적을 차지하는 인공 담수 습지이지만 아직 논 생태계를 구성하고 있는 수서무척추동물에 대한 자세한 생태학적인 자료는 부족한 실정이다. 앞으로 논에 서식하는 수서무척추동물의 생태와 군집 분포 특성에 대한 연구를 수행하여 논 생태계의 흐름을 이해하고 지역적인 특성을 고려한 논 생물다양성 관리를 하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

요 약

논 생태계에 대한 인공습지로서의 역할이 재평가되고 있다. 우리나라에 서식하는 수서무척추동물의 44%가 논에서 관찰됨에도 불구하고 수서무척추동물의 분포나 서식지 이용 특성에 대한 연구는 아직 미미하다. 이 연구의 목적은 논을 이용하는 수서무척추동물에 대한 정보를 제공하고 우리나라에 군집 분포를 살펴보는 것이다. 샘플은 284개 지점의 논에서 2005년~2007년 6월에서 8월까지 채집되었다. 수서무척추동물 군집은 비계량 다차원척도법 (NMDS)을 이용하여 분석하였다.

1. 총 21목 60과 114종의 수서무척추동물이 논에서 채집되었다. 딱정벌레목 (25%), 잠자리목 (17%), 파리목 (17%)과 노린재목 (12%)의 순으로 많이 관찰되었다.
2. 우리나라 논에 서식하는 수서무척추동물은 유사성에 따라 크게 3개 지역 그룹으로 나뉘었다 (Group 1: 강원도, 경기도, 충청북도; Group 2: 충청남도, 전라북도, 전라남도, 제주도; Group 3: 경상북도, 경상남도).
3. Group 1에서는 물자라 (*Muljarus japonicas*)가 그룹의 특징을 나타내는 종으로 주로 강원도와 충청북도에 분포하였고, Group 2에서는 검정배물벼레 (*Sigara nigroventralis*)와 방물벼레 (*S. substriata*)가 주로 관찰되었다. Group 3에서는 높은 밀도의 갈따구류와 물벼룩류가 남부지역에 분포하였다.

사 사

본 연구는 농업진흥청 국립농업과학원의 공동연구사업 (과제번호: PJ007522)의 지원에 의해 수행되었습니다. 논문 작성에 있어 조언을 주신 박우균 박사님, 김민경 박사님과 자료 정리를 도와준 김혜림, 전해정님께 감사드립니다.

인 용 문 헌

- Bae, Y.J., S.I. Jo, D.H. Hoang, H.G. Lee, and K.B. Na. 2004. Biodiversity and community composition of benthic macro-invertebrates from Upo Wetlands in Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 18:75-91.
- Choi, S.H. and B.J. Lim. 2003. Reproduction of water flea by the culture conditions. *Korean J. Limnol.* 36:208-214.
- Choi, Y.S., I.K. Kwon, and J.C. Yoo. 2004. Habitat use of waterbirds in rice fields. *Korean J. Nat. Conserv.* 2:43-59.
- Cope, N. and M. Winterbourn. 2004. Competitive interactions between two successful molluscan invaders of freshwaters: an experimental study. *Aquat. Ecol.* 38:83-91.
- Han, M.S., H.S. Bang, M.H. Kim, K.K. Kang, M.P. Jung, and D.B. Lee. 2010b. Distribution characteristics of water scavenger beetles (Hydrophilidae) in Korean paddy field. *Korean J. Environ. and Agric.* 29:427-433.
- Han, M.S., J.D. Shin, Y.E. Na, M.H. Park, and S.G. Kim. 2003. Changes of invertebrate density in rice paddies of different fertilizer managements in demonstration villages of sustainable agriculture. *Korean J. Environ. and Agric.* 21:96-101.
- Han, M.S., K.K., Kang, Y.E., Na, H.S., Bang, M.H., Kim, M.P., Jung, J.T., Lee, H.K., Hong, and D.U., Yoon. 2010a. Aquatic invertebrate in paddy ecosystem of Korea. p. 1-416, National Academy of Agricultural Science. Swon, Korea.
- Han, M.S., M.H. Kim, H.S. Bang, Y.E. Na, D.B. Lee, and

- K.K. Kang. 2011. Geographical distribution of diving beetles (Dytiscidae) in Korean paddy ecosystem. *Korean J. Environ. and Agric.* 30:209-215.
- Han, M.S., Y.E. Na, H.S. Bang, M.H. Kim, K.K. Kang, H.K. Hong, J. T. Lee, and B.G. Ko. 2008. Aquatic invertebrates in paddy ecosystem of Korea. p. 1-529. National Academy of Agricultural Science. Swon, Korea.
- Jeong, S.B., H.S. Oh, H.S. Jeon, K.S. Yang, and W.T. Kim. 2010. Aquatic insects fauna and characteristics of distribution on Jeju Island wetlands. *J. Kor. Wet. Soc.* 12:35-46.
- Kim, B.S., Y.K. Park, J.S. Shin, J.H. Kim, and Y.J. Ahn. 2004. Effects of algae on chronic assessment endpoints observed with Korean freshwater Cladocerans. *The Korean J. Pesticide Science* 8:117-128.
- Kim, J.G., Y.C. Choi, J.Y. Choi, H.S. Sim, H.C. Park, W.T. Kim, B.D. Park, J.E. Lee, and D.B. Lee. 2007. Ecological analysis and environmental evaluation of aquatic insects in agricultural ecosystem. *Korean J. Appl. Entomol.* 46:335-341.
- Kim, J.S., D.J. Kim, S.G. Kim, B. Ko, S.J. Lim, G.H. Kim, and H.J. Kim. 2009. Biodiversity of benthic macroinvertebrate on organic rice paddy field. *Korean J Organ. Agri.* 17:193-209.
- Kim, J.S., S.A. Ham, and C.H. Ra. 1995. Water quality evaluation by the aquatic insects in Tamjin river system. *Korean J. Environ. Biol.* 13, 225-231.
- Kim, J.W., and Ree, P.K. 1969. Fauna of fishes and water-insects in upper mountain stream of Hal-river. *Korean J. Limnol.* 2:71-78.
- Kim, J.W., W.L. Lee, and U. Dal. 1978. Phauna of water insects in mauntain stream at Kye Ryong San, Chung Nam. *Korean J. Limnol.* 11:17-26.
- Kim, Y.G., Y.J. Bae, K.S. Yoo, D.H. Yeom, S.G. Lee, S.H. Lee, J.H. Lee, and K.J. Jo. 2005. Biological Indicators of invertebrates and evaluation of environmental risk assessment. p. 1-211. Jeonghaengsa, Seoul, Korea.
- Lee, D.K. 1994. Ecological study on the aquatic insect community in Nakdong estuary. *Korean J Limnol.* 27:109-126.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2008. Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality in 2007. NIAST, RDA, Suwon, Korea
- NIAST. 2008. Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, H.C. 2008. Aquatic insects in a rice paddy. National Academy of Agricultural science, Suwon. Korea.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York, USA.
- Rue, U., I. Hitehiro, A. Utaka, I. Shigeki, and G. Masayuki. 2009. Rice paddy and Ramsar. Gyeongsangnamdo Ramsar Environmental Foundation, Korea.
- Shannon, C.E., and W. Wiener. 1949. The mathematical theory of communication. p. 117. Univ. of Illinois press, Urbana-Champaign, USA.
- Sim, H.S., H.C. Park, T.M. Han, and T.H. Kang. 2009. Water-insects in Nung-gil. Nung-gil community for agricultural development, Korea.
- Suhling, F., S. Befeld, M. Häusler, K. Katzur, S. Lepkojus, and F. Mesléard. 2000. Effects of insecticide applications on macroinvertebrate density and biomass in rice-fields in the Rhône-delta, France. *Hydrobiologia* 431:69-79.
- Takamura, K., and M. Yasuno. 1986. Effects of pesticide application on Chironomid larvae and ostracods in rice fields. *Appl. Entomol. Zool.* 21:370-376.
- Taylor, D.W. 2003. Introduction to physidae (Gastropoda: Hygrophila). *Biology, classification, morphology.* *Revista de Biologia Tropical* 51:1-299.
- Wilson, A.L., R.J. Watts, and M.M. Stevens. 2008. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields. *Ecol. Res.* 23:565-572.
- Yoon, I.B. 1995. An illustration of Korean aquatic insects. p. 1-262. Jeonghaengsa, Seoul, Korea.
- Yoon, I.B., S.J. Aw, and J.I. Kim. 1989. Study on the structures of aquatic insect communities at five wetlands in Gyungsang-Namdo, Korea. *Korean J. Environ. biol.* 7:19-32.
- Yoon, I.B., D.S. Kim, and J.U. Byun. 1981. A study on the aquatic insect community in the upper stream of Nakdong river. *Korean J. Limnol.* 14:27-49.
- 矢野宏二. 2002. 水田の昆虫誌—イネをめぐる多様な昆虫たち. p. 175. 東海大学出版会.