

천연기념물 물거미(*Argyroneta aquatica*)와 수생태 환경 요인과의 관계와 관리 방안

정현모 · 김해란¹ · 조규태² · 이승연² · 유영한² · 홍승범*

국립생태원 융합연구실, ¹국립낙동강생물자원관, ²공주대학교 생물학과

Management Strategies and the Relationship between *Argyroneta aquatica* and Environmental Factors in Aquatic Ecosystem. Heon Mo Jeong (0000-0003-4151-0659), Hae Ran Kim¹ (0000-0002-3443-9842), Kyu Tae Cho² (0000-0002-8957-9420), Seungyeon Lee² (0000-0001-6751-0994), Young Han You² (0000-0002-9039-7595) and Seungbum Hong* (0000-0002-1163-7045) (Division of Ecosystem Services & Research Planning, National Institute of Ecology; ¹Division of Education Planning and Management, Nakdonggang National Institute of Biological Resources; ²Department of Biology, Kongju National University)

Abstract Water spider (*Argyroneta aquatica*) inhabits only a small size wetland in Eundae-ri, Yeoncheon-gun. In this study to investigate environmental factors influencing on population of *A. aquatica*, we analyzed the relationship between density of *A. aquatica* and various physicochemical and biological factors. Density of *A. aquatica* increased with small habitat area and high NH₄ and electric conductivity. The relationship between density of *A. aquatica* and prey or predator was low but the water spider decreased with density of *Pomacea canaliculata*. And density of *A. aquatica* was not related to the coverage of emergent plant. However density of *A. aquatica* decreased as the increase of floating plant and increased as the increase of submerged plant. These results indicated that aquatic plants are important in the habitat environment of *A. aquatica*. Therefore we suggest necessity of management strategies for the invasive species, *P. canaliculata* which is a notorious predator of aquatic plants.

Key words: water spider, natural monument, physicochemical factor, biological factor, invasive species

서 론

물거미(*Argyroneta aquatica* Clerck, 1757)는 물 속에서 공기방울로 된 집을 만들어 대부분의 생애를 보내는 독특한 생활사를 가진 세계적으로 희귀한 거미이다(Kayashima, 1991; Aakra and Dolmen, 2003). 물거미는 절지동물문 거미강 거미목 물거미과, 물거미속에 속하는 분류군으로 전 세계적으로 1속 1종만이 존재한다(Namkung *et al.*, 1996). 물거미의 세계적 분포(여름 평균기온 남방 한계선은 25°C,

북방 한계선은 15°C)는 북반구 유럽에 주로 분포하고, 아시아권에서는 시베리아 및 중앙아시아 지역, 유럽, 중국, 일본, 그리고 한국에 분포한다. 우리나라에서는 Namkung *et al.* (1996)에 의하여 최초로 발견되어 국내에 분포지가 알려졌다.

물거미는 우리나라에서는 유일하게 경기도 연천군 은대리서에만 분포하고 있으며(Namkung *et al.*, 1996), 현재 물거미가 서식하는 곳은 천연기념물 제412호(1999.9.18)로 지정되어 보호받고 있다. 물거미의 기본적인 서식 지형조건은 불투수층으로 수심이 20~30 cm 전후의 얇은 습지가 형성되어야 하고 습지의 형성을 뒷받침하기 위한 물의 보존과 유지에 미치는 생물환경의 안전성이 중요한 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2016). 물거미는 조망, 섭식, 짝짓기,

Manuscript received 23 February 2019, revised 4 April 2019, revision accepted 15 April 2019
* Corresponding author: Tel: +82-41-950-5493, Fax: +82-41-950-6119, E-mail: sbhong@nie.re.kr

산란, 발생, 성장 등의 전 생애를 물 속에서 보내는 1년 생의 특수한 거미이다(Kim and Lee, 2004). 수초를 이용하여 돔(Dome)형의 공기집을 여러 개 만들어 필요에 따라 이용한다. 물거미는 흐르지 않거나 유속이 느리며 갈대 등 수생 식물이 풍부하게 서식하는 습지에서 주로 서식하며 서식지의 pH는 5.6~6.2 정도로 약산성을 띠는 환경을 선호한다(Kim *et al.*, 2013).

물거미와 같이 크기가 작고 독립적인 생활을 하여 개체군 크기가 작고, 매우 협소한 습지에서도 서식이 가능한 생물들은 일반적인 종보다 환경변화에 더 민감하여(Matthies *et al.*, 2004) 개체군의 크기가 감소하거나 멸종 위기에 처할 가능성이 매우 높아 생태 특성 규명이 반드시 필요하다. 현재까지 물거미와 관련하여 물거미 서식지의 생물상과 환경, 지형 특성에 관한 연구(Lee *et al.*, 2016), 물거미 서식지의 생태특성과 보전방안 분석에 관한 연구(You and Yi, 2009), 물거미 서식지의 곤충상 및 곤충들의 군집분석(Kang *et al.*, 2017), 물거미의 서식 생태에 관한 분석(Kim and Lim, 2011), 물거미 서식지의 지형특성과 식생 분포에 관한 연구(Lee and Lee, 2017) 등이며 모두 물거미의 생태특성과 생물상 지형특성에 관하여 연구되었다. 그러나 물거미가 서식하고 있는 곳의 수체의 물리화학적 특성 분석 및 생물요소와 물거미 개체군 변동에 대한 정보는 거의 없는 실정이다. 인위적 교란으로 인하여 물거미와 같은 희귀 생물종이 끊임없이 감소하고 있다. 이미 많은 야생 생물의 5% 이상이 멸종되었고, 향후 2050년 생물다양성에 대한 전망은 2010년 대비 육상생물다양성의 10%가 감소할 것으로 예측되고 있다(Pimm *et al.*, 1995; Marchal *et al.*, 2011). 또한 기후변화에 따른 지구온난화가 진행됨에 따라 생물종의 멸종 위험은 가속화될 것이며, 지구상의 생물은 6종 중 1종 꼴로 멸종위기에 처해질 것으로 예측하고 있다(Urban, 2015). 물거미 역시 급격한 기후변화와 주변의 농경으로 인한 농기계 진입, 농약 및 비료 등의 교란으로 인하여 서식 환경이 위협받고 있는 실정이다.

본 연구는 물거미와 물리화학적 서식 환경 및 습지 생물들 간의 상호관계를 분석하고 물거미에 영향을 주는 요인을 규명함으로써 물거미 서식지의 보전과 유지에 필요한 기초 데이터를 제공하는 데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

물거미 서식지는 경기도 연천군 전곡읍 은대리 864번지 등 47필지(50,508 m², E38°02'27.6", N127°03'43.2")에 위

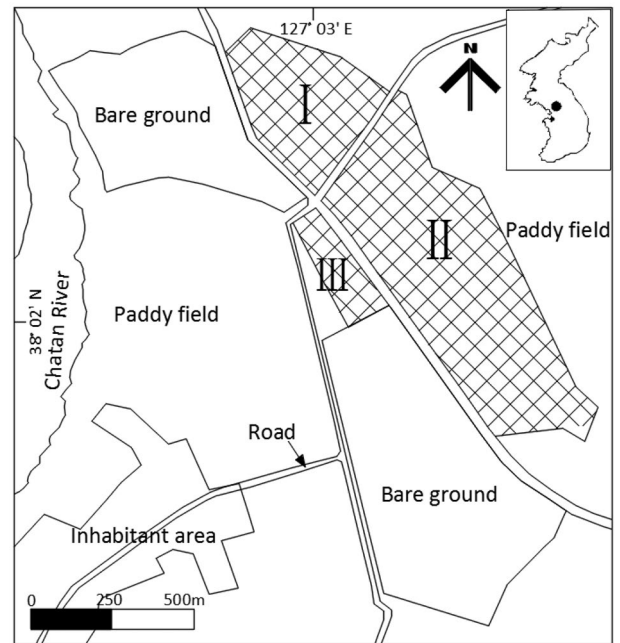


Fig. 1. Habitat map of the water spider, *Argyroneta aquatica*. Undari Natural Monument indicates as hatched area. Field survey was carried out within grid area.

치하며 주변에는 논과 도로, 인가 등으로 둘러싸여 산지나 하천과 같은 생태축은 연결되어 있지 않는 고립된 습지생태계이다(Fig. 1). 서식지의 남서쪽에는 인접하여 한탄강의 지류인 차탄천이 흐르고 있다. 물거미가 서식하는 습지는 포장도로에 의하여 파편화되어 있어 세 부분(I, II, III)으로 나누어져 있으며 이들 지역 간 물거미 개체군 간의 이동은 거의 불가능한 것으로 판단된다. 각 지역의 습지 지속성은 일시적인 습지(I), 대부분 일시적인 습지(시기에 따라 습지의 면적이 50% 이상 감소. II), 영구적 습지(III)를 나타내고 있으며 각 지역 중 습지의 면적이 가장 넓은 곳은 III지역이고 가장 좁은 곳은 I지역이다(You and Yi, 2009). 각 지역의 우점 식생은 수크령-물억새군락, 수크령군락(I), 나도겨풀군락, 갈대군락(II) 그리고 갈대군락, 부들군락(III)이었다.

남서쪽과 남동쪽의 구역은 식물이 거의 자라지 않는 불모지로 근산훈련장으로 사용되고 있다. 지형은 전체적으로 볼 때 평지이지만, 물거미가 사는 곳은 인접한 논보다 10~20 cm 정도 낮아서 물이 논에서 충분할 때 물거미가 사는 서식지 쪽으로 이동할 수 있어 여름철 호우기 때에는 주변의 물이 서식지 내로 유입된다.

물거미가 서식하고 있는 천연기념물 보호지역 약 5.1 ha 중 울타리를 쳐서 서식지를 보호하는 곳의 면적(I, II, III)은 약 3.5 ha(68%)에 해당한다. 그러나 보호지역 중 반정도

가 물이 없는 건조한 지역으로 실질적으로 물거미가 살 수 있는 면적은 1.72 ha (33%)로 좁다. 더욱이 이 면적은 건기 인 봄철과 겨울철에는 그 면적이 반 이하로 크게 줄어든다 (You and Yi, 2009).

2. 조사시기

물거미 서식지에 대한 현지 조사는 가을 (2007년 9월부터 11월)에 이루어졌다. 물거미에 대한 개체군 조사와 채수 (water sampling)는 11월부터 물거미가 동면에 들어가고, 소규모 습지서식지 내 수량이 감소되어 조사 대상 웅덩이가 사라지기 때문에 10월까지만 조사하였다. 이 두 항목을 제외한, 나머지 항목 (정수식물의 피도, 침수식물의 피도, 부엽식물의 피도, 왕우렁이의 수 등)은 11월까지 계속하여 이루어졌다.

3. 물거미 개체수 및 수환경 요인 조사

조사지 내의 물이 있는 웅덩이에서 주요 식생별로 서식하는 물거미 개체군의 밀도는 지름 20 cm의 금속 뜰채 (체는 약 1 mm)로 4회 좌우로 휘저어 뜰채 안에 잡히는 수를 육안으로 관찰하여 세어 기록하였다. 물거미의 동정은 Check list of insects from Korea (The Society of Applied Entomology, 1994)에 따랐다.

물거미가 서식하고 있는 습지의 물리화학적 특성과 물거미의 개체수와와의 관계를 분석하기 위해 수온, 용존산소량 (DO), pH, 암모니아태질소 (NH₃), 질산태질소 (HNO₃), 전기전도도, 탁도 등을 조사하였다. 위의 수질 측정항목은 간이 수질분석기 (LabQuest, Vernier Software & Technology, USA)를 이용하여 현장에서 채수된 물을 바로 실험실로 옮겨 측정 및 기록하였고, 수심은 줄자를 이용하여 cm 단위로 측정하였다.

4. 생물환경요인 조사

물거미와 직간접적으로 상호작용하는 생물군을 알아보기 위하여 위 3.항의 물거미 채집과 같은 방법으로 저서성 대형무척추동물을 채집하였다. 저서성 대형무척추동물의 채집은 현장에서 Kahle's solution에 고정하여 실험실로 운반하고, sorting 및 동정한 후 70% ethanol에 보존하였다. 저서성 대형무척추동물의 각 분류군 중 수서곤충의 경우는 Won *et al.* (2005), 연체동물은 Kwon *et al.* (1993), 새우류는 Kim (1977), 거머리류는 Song (1995)에 따라 동정하였다. 기타 갑각류 및 환형동물류 등은 Okada *et al.* (2004)을 이용하여 동정하였다. 동정된 학명의 체계 및 국명은 Check list of

Table 1. List of potential prey and predator of aquatic insects in the habitat of *Argyroneta aquatica*.

Taxa	Korean name	Remarks
Phylum Arthropoda	절지동물문	
Class Insecta	곤충강	
Order Odonata	잠자리목	
Family Asshniidae	왕잠자리과	
<i>Anax parthenope julius</i>	왕잠자리	Predator
Family Libellulidae	잠자리과	
<i>Sympetrum infuscatum</i>	깃동잠자리	Predator
<i>Crocothemis servilia</i>	고추잠자리	Predator
Order Hemiptera	노린재목	
Family Corixidae	물벌레과	
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레	
Family Naucoridae	물둥구리과	
<i>Ilyocoris exclamationis</i>	물둥구리	Predator
Family Belostomatidae	물장군과	
<i>Muljarus japonicus</i>	물자라	Predator
Order Coleoptera	딱정벌레목	
Family Dytiscidae	물방개과	
<i>Hydaticus (Hydaticus) satoi</i>	줄물방개	Predator
<i>Hydaticus grammicus</i>	꼬마줄물방개	Predator
Order Diptera	파리목	
Family Chironomidae	갈따구과	
Chironominae sp. 1	갈따구 sp. 1	Prey
Chironominae sp. 2	갈따구 sp. 2	Prey

insects from Korea (The Society of Applied Entomology, 1994)와 List of Animals in Korea (The Korean Society of Systematic Zoology, 1997)에 의거하여 작성하였다. 저서성 대형무척추동물 조사 결과 물거미 서식지에서 출현하는 저서성 대형무척추동물은 8목 12과 15종이었다. 이 중 하루살이목, 나비목, 파리목의 분류군들은 물거미의 피식자로, 잠자리목의 왕잠자리과 잠자리과, 노린재목의 물벌레과, 송장헤엄치게과, 물둥구리과, 물장군과, 장구애비과와 물방개의 분류군들은 물거미의 포식자로서의 기능을 할 것으로 판단된다 (Table 1, Cultural Heritage Administration, 2007). 한편 물거미가 나타나는 습지 식생의 생활형과 정수식물의 높이, 정수식물과 부엽식물, 침수식물 등의 식피율 등을 기록하였다. 식물의 동정은 Lee (1993)에 따랐다.

5. 자료분석

본 연구를 통해 얻어진 데이터는 excel (2013, Microsoft Co.) 프로그램으로 정리하여 그래프로 나타냈고, 물거미의 수와 수환경 요인 및 생물환경 요인 간의 상관분석은 Pearson's correlation 법에 따라 분석하였다. 이때 상관분석은 R 프로그램 (ver. 3.5.2, www.r-project.org)을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 물거미와 수계의 물리화학적 환경요인 간의 관계

습지내 물거미 개체수와 습지의 수환경 요인 간의 상관관계를 분석하였다(Fig. 2). 그 결과 상관계수 $r=0.5$ 이상의 높은 관계를 가진 요인은 습지 웅덩이의 면적, 암모니아태 질소, 전기전도도였다($p>0.05$). 습지 웅덩이의 면적은 물거미의 개체수와 음의 상관관계를 보였고, 그 반대로 암모니아태질소와 전기전도도는 양의 상관관계를 보였다. 이는 물거미가 선호하는 서식환경은 좁은 면적의 습지로 수질이 부영양화 상태가 되어서 영양염류가 높은 상태를 유지하는 곳을 뜻하며 조사된 물거미 서식지의 용존산소량(3.85 mg L^{-1})이 낮은 것은 부영양화로 인한 것으로 판단된다.

특히 물거미가 좁은 웅덩이에서 많이 나타나는 것은 웅덩이가 크면 곤충이나 절지동물물을 먹이로 선호하는 미꾸

라지나 붕어와 같은 어류에 의하여 잡아 먹히기 때문으로 해석된다(Cultural Heritage Administration, 2007; Jeong *et al.*, 2013).

물거미 서식지의 부영양화는 수생식물의 높은 생산성과 낙엽 생산 및 분해에 따른 결과로 판단된다. Seyyar and Demir (2009)는 연구를 통하여 터키의 물거미가 서식하는 모든 습지에서 물이끼가 발생하고 물이끼가 습지를 산성화하고 용존산소(DO)를 낮춰 수질이 나쁜 서식환경을 조성한다고 밝혔다. 이는 국내 물거미 서식지에 분포하고 있는 통발, 물질경이 등의 수생식물에 의한 부영양화로 영양염류가 높고 용존산소(DO)가 낮은 수질이 나쁜 환경을 만드는 것과 같은 결과였다. 본 연구에서 물거미 서식처의 평균 용존산소는 3.85 mg L^{-1} 였으며 이는 환경부의 “호소의 수질환경기준(WAMIS, 2019)”으로 볼 때 총 5등급 중 4등급에 해당하여 수질이 좋지 않은 수준의 것으로 확인되었다.

그 밖에 서식지에서 측정된 수심, 질산태질소, 탁도 등의

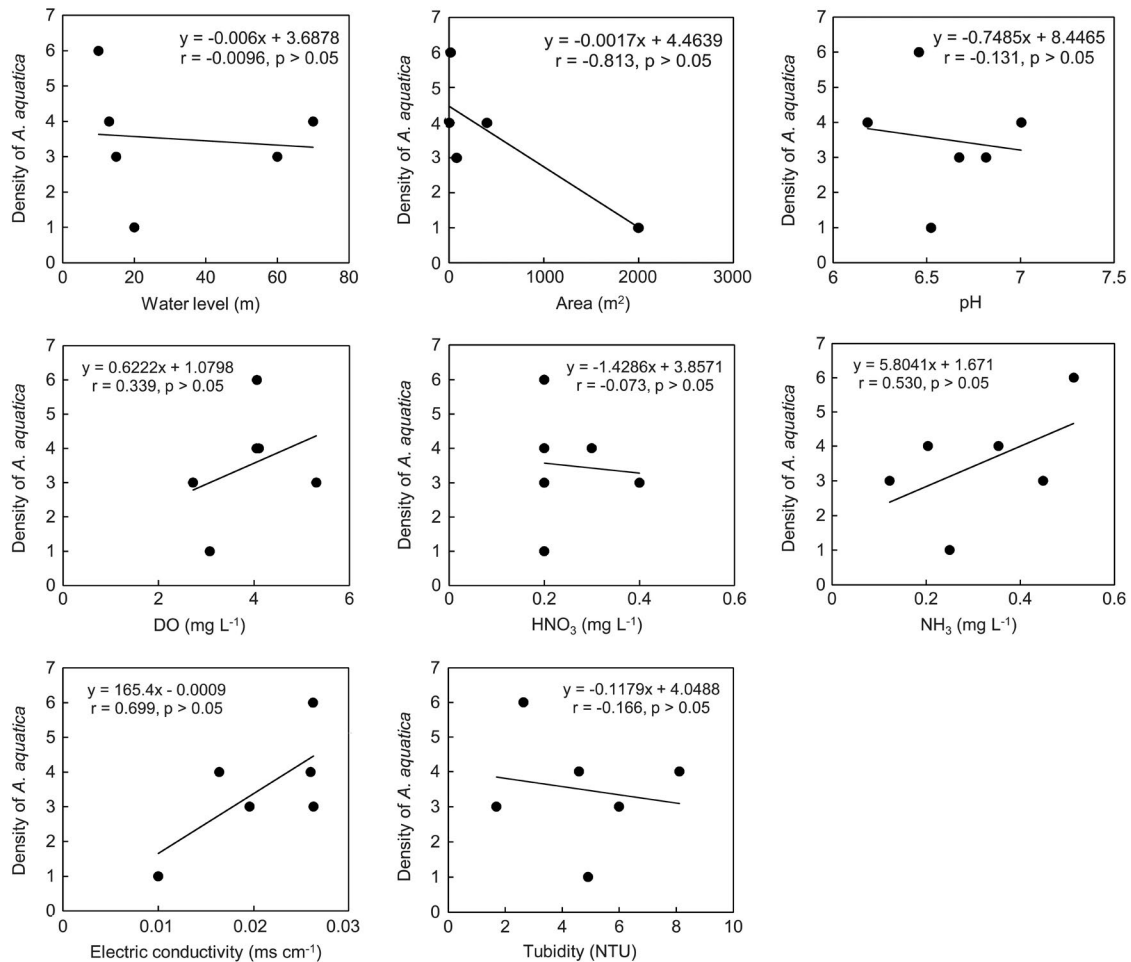


Fig. 2. Relationship between the density of *Argyroneta aquatica* and physico-chemical aquatic environmental factors.

상관분석 결과 상관계수(r)는 각각 0.0096, 0.073, 0.166 ($p > 0.05$)으로 상관성이 거의 없거나 약해 물거미 개체수와 의미있는 상관성을 나타내지 않았다.

2. 물거미와 생물환경요인과의 관계

습지내 물거미 개체수와 출현하는 피식자, 포식자 그리고 왕우렁이와의 관계에 대해 조사하였다. 그 결과, 물거미 개체수와 피식자 및 포식자 개체수의 관계는 상관계수 0.384, 0.082로 낮거나 거의 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$, Fig. 3). 이는 피식자와 포식자로 분류한 저서성대형무척추동물 (Table 1 참조)이 생활사의 크기에 따라 물거미에게 영향을 주는 포식이나 피식의 관계가 역전되기 때문으로 해석된다 (Kang *et al.*, 2017). 포식자로 지정된 잠자리목과 같은 분류군들은 크기가 작은 유충일 때 물거미의 먹이가 되지만, 크기가 큰 잠자리목 유충은 양호한 수질에서 반대로 작은 물고기를 포식할 수 있어 서로 다른 먹이사슬에서의 역할을 수행할 수 있다 (Choi *et al.*, 2005). 수질이 양호한 환경에서는 큰 포식자가 습지에 살 수 있는 조건이 되어 물거미를 포식할 가능성이 높아지게 된다. 반면 포식자들은 물속에서 용존산소량(DO)이 높은 환경에서만 생존할 수 있

고 물거미는 물속에서 공기집을 만들기 때문에 용존산소량(DO)이 매우 낮은 수질이 불량한 환경에서도 살 수 있게 된다. 다만 물거미는 육식성 먹이가 필요하기 때문에 산소를 많이 필요로 하는 민물고기와 같은 대형 포식자가 없고 용존산소량(DO)이 적은 환경에서도 살 수 있는 소형 피식자가 많은 환경에서 생존이 유리할 것으로 판단된다 (Yamagishi *et al.*, 1976).

한편 왕우렁이와 물거미 개체수의 관계는 높은 음의 상관관계($r = -0.566, p > 0.05$)를 나타냈으며 본 조사지에서 왕우렁이는 습지에서 살아있는 식물을 섭식하므로 물거미에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 왕우렁이는 살아 있는 수생식물을 먹음으로써 물거미가 물속에서 공기집을 거미줄로 붙잡아 두는 데 유용하게 사용되는 통발과 같은 침수 식물들을 감소시키기 때문이다 (Seo *et al.*, 2010). 이로 미루어 볼 때 장기적으로 물거미 서식지에서 가장 결정적인 생물관리의 대상은 왕우렁이라고 할 수 있다. 본 조사지 주변에서는 왕우렁이를 이용한 친환경농업기술을 활용하고 있어 관리 소홀로 인한 왕우렁이의 침입은 습지내 생태계를 교란할 수 있고 엄청난 번식력을 가지고 있어 그 수의 증감을 주의 깊게 볼 필요가 있다 (Kang *et al.*, 2017).

물거미 개체수는 정수식물 및 부엽식물의 식피율과의 상

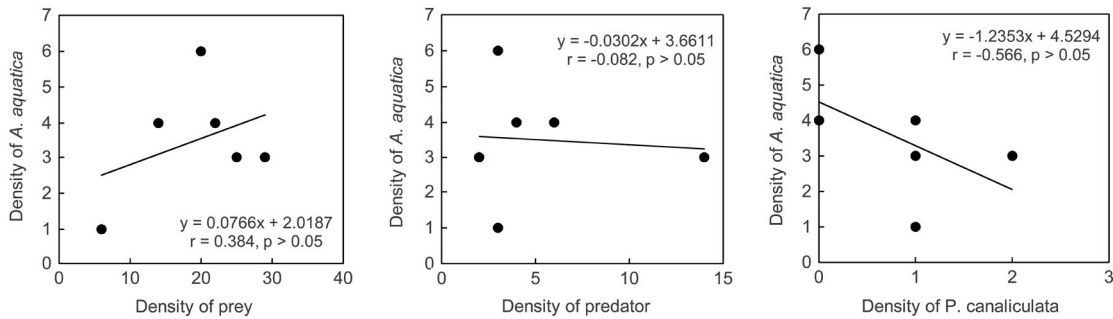


Fig. 3. Relationship between the density of *Argyroneta aquatica* and benthic invertebrate prey and predator and aquatic plant feeder mollusca, *P. canaliculata* (alien invasive species).

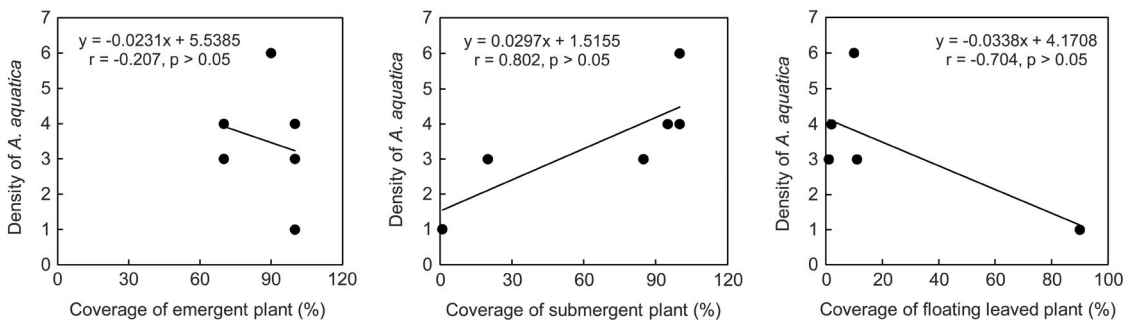


Fig. 4. Relationship between the density of *Argyroneta aquatica* and coverage of wetland plant life form.

관분석에서 상관계수 0.207, 0.704 ($p > 0.05$)로 모두 약하거나 강한 음의 상관관계를 보였고 침수식물의 식피율은 매우 강한 양의 상관관계를 나타냈다 ($r = 0.802, p > 0.05, \text{Fig. 4}$). 즉, 물거미가 서식하는 습지에서 물거미 개체수는 정수식물의 높이가 클수록 감소하였고, 정수식물의 피도와는 무관하였다. 또한 침수식물의 피도 면적에 비례하여 물거미 수가 증가하였으나, 부엽식물 피도와는 오히려 반비례하여 감소하였다. 이와 같이 식생요인과 물거미와 관계가 일정하지 않고, 특별한 어떤 하나의 요인이 결정적으로 나타나지 않은 것은 물거미가 사는 환경을 지배하는 요인이 식생의 구조적 특성이 아니라 수환경과 같은 다른 요인임을 의미하는 것이다.

3. 물거미 서식지의 관리 방안

물거미의 서식지는 좁은 서식면적에 부영양화로 인해 수질이 좋지 않고 공기집 등의 자기방어 수단에 필요한 수생식물(부엽식물, 침수식물)이 우점하며, 무엇보다 습지를 유지하는 물이 충분하여야 한다. 물거미 서식지는 주변의 수계로부터 직접적으로 유입되는 물이 없으므로 강수와 지하수위에 의해 습지의 수위가 조절된다고 할 수 있다. 따라서 습지가 유지될 수 있도록 주변 논의 물의 양이 유지되도록 하는 높은 지하수위를 유지시키는 것이 중요하다. 주변의 농경지는 모내기에서 결실기 이전까지 물이 높게 유지되지만 결실기부터는 관개를 하지 않으므로 지표에서의 증발산량이 높아져 다음해 모내기까지 건조화가 지속되 물거미 서식지의 지하수위를 낮추는 원인으로 예측된다 (Lee *et al.*, 2016). 또한 물거미 서식지 주변의 수로들이 깊게 파여져 있어 수로에 수위가 낮을 경우 물거미 서식지로부터 물이 주변 배수로로 빠져나가고 있는 실정이다. 따라서 이 배수로를 매립하여 물거미 서식지로부터 물이 빠져나가는 것을 막아야 할 것이다. 필요하다면 물거미 서식지의 수위를 지속적으로 관찰하여 갈수기 또는 비정상적으로 비가 오지 않아 수위가 낮아질 때 인위적으로 물을 공급하여 수위를 유지하는 방안도 도입하여야 한다고 생각한다.

물거미 서식환경에서 중요한 요소는 수생식물이다. 수생식물은 그 해 생산된 유기물 분해에 따라 수생태계를 부영양화시켜 용존산소량을 많이 필요로 하는 물거미의 포식자(어류와 같이 몸집이 큰)가 사는 데 어려운 환경조건의 상태를 유지시켜 주는 동시에, 살아있는 수생식물은 물거미가 물속에서 공기집을 짓는 데 필요한 건축자재와 같은 재료로 이용된다. 특히 통발, 물질경이, 골풀, 물닭개비와 같은 수생식물은 물거미가 집을 짓고 물속과 수면을 이동하는 데 중요한 식물로 판단된다. 그러나 물거미 서식지에서

발견된 침입성 외래종인 왕우렁이는 현재 수생식물, 특히 조직이 부드러운 통발이나 물질경이, 물닭개비 등을 주로 섭식하고 있다. 따라서 왕우렁이를 제거하는 것이 가장 시급한 현안이다. 그러나 서식지 내에서 만의 제거로는 한계가 있다. 현재 물거미 서식지 주변의 논에서는 왕우렁이를 이용한 친환경농법으로 벼재배를 지속적으로 하고 있는 실정인어서, 외부의 농경지로부터 왕우렁이는 언제나 물거미 서식지로 침입할 수 있는 여건이다. 따라서 장기적으로는, 주변 논에서 왕우렁이를 사육하지 않도록 하는 서식지 인식 증진교육이나 이를 알리고 마을 주민이 물거미 보호와 문화재 보호에 참여할 수 있는 협력프로그램이 필요하다고 사료된다.

적 요

물거미는 한국에서 유일하게 연천군 은대리의 좁은 습지에서만 제한적으로 분포하고 있다. 이 연구에서는 물거미 개체군에 영향을 주는 서식 환경요인을 규명하기 위하여 습지내 물거미의 개체수와 수생태계의 다양한 물리화학 및 생물학적 환경요인과의 관계를 조사하였다. 그 결과 물거미의 개체수는 서식지의 물리화학적 환경요인 중에서 습지의 면적이 좁고 암모니아태질소와 전기전도도가 높을수록 증가하였다. 물거미는 포식자나 먹이인 피식자와는 관련성이 낮고 왕우렁이의 개체수가 많을수록 감소하였다. 또한 정수식물의 피도와는 관련성이 없었으나 부엽식물의 피도가 높을수록 물거미수는 감소하였고, 그 반대로 침수식물의 피도가 높을수록 이에 비례하여 물거미 수는 증가하였다. 이러한 결과는 물거미의 서식환경에서 수생식물이 중요하게 관련됨을 의미하고, 현재 이 서식지에서 외래종인 왕우렁이는 수생식물의 최대 섭식자로 작용하고 있으므로 이에 대한 제어대책이 시급히 필요하다.

저자기여도 개념설정: 유영한, 홍승범, 정현모, 방법론: 유영한, 홍승범, 정현모, 김해란, 조규태, 이승연, 분석: 정현모, 김해란, 조규태, 원고 초안작성: 정현모, 홍승범, 원고교정: 유영한, 과제관리: 유영한, 홍승범

이해관계 The authors declare no conflict of interest.

연구비 본 연구는 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIE-기반연구-2019-11).

사사 저서성대형무척추동물 동정과 채집에 도움을 주신 강원대학교 이준상 박사님께 감사의 말씀을 드립니다.

REFERENCES

- Aakra, K. and D. Dolmen. 2003. Distribution and ecology of the water spider, *Argyroneta aquatica* (Clerck) (Araneae, Cybaeidae), in Norway. *Norwegian Journal of Entomology* **50**: 11-16.
- Choi, J.Y., S.H. Son, D.W. Han, S.R. Kang, G. Ock, J.K. Eo and S.Y. Jeong. 2015. Development of Freshwater Ecosystem Management System through Investigation of Biotic-Interaction. National Institute of Ecology.
- Cultural Heritage Administration. 2007. Report for Environment and Ecosystem of Water Spider Habitat in Yeoncheon-gun, Gyeonggi-do. Cultural Heritage Administration.
- Cultural Heritage Administration. 2007. Research Report of Protective Plan of Water Spider Habitat in Eundae-ri, Yeoncheon. Cultural Heritage Administration.
- Jeong, H.M., H.R. Kim and Y.H. You. 2013. A study on the ecosystem service of wetland 1. Effective biological control of the mosquito larvae using native fishes. *Journal of Wetland Research* **15**: 19-24.
- Kang, J., T. Park, J. Park, J. Kim, Y. Jeong and J.J. Park. 2017. Survey and analysis of insect species in the South Korea habitat (Yeoncheon) of the water spider, *Argyroneta aquatica*. *Korean Society of Environmental Biology* **35**: 476-491.
- Kayashima, I. 1991. Process of nest building by water spider *Argyroneta aquatica* (Clerck) (Araneae: Argyronetidae). *Korean Arachnology* **7**: 73-86.
- Kim, H.S. 1977. Illustrated Flora & Fauna of Korea. Vol. 19 Marcurra. Ministry of Education.
- Kim, J.P. and D.H. Lim. 2011. Ecological studies of Korean *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757). *Korean Arachnology* **27**: 43-48.
- Kim, J.P. and D.J. Lee. 2004. Ecological study to water spider (Araneae: Cybaeidae). *Korean Arachnology* **20**: 117-130.
- Kim, J.P., K.S. Nam and J.C. Park. 2013. An observational analysis of Korean water spider (*Argyroneta aquatica* Clerk, 1758) underwater ecological characteristics using CCTV. *Korean Arachnology* **29**: 127-135.
- Kwon, O.K., K.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured Shells of Korea. Academy Press, Seoul.
- Lee, M.B. and S.Y. Lee. 2017. Distribution of vegetation and geomorphology characteristics of the water spider (*Argyroneta aquatica*) habitat in the Jeongok lava plateau, Central Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association* **24**: 57-73.
- Lee, M.B., S.Y. Lee, L.S. Kim and M.H. Cha. 2016. A study on the ecological and geomorphological environment of the water spider (*Argyroneta aquatica*) habitat on the Jeongok Lava Plateau in Yeoncheon, Central Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association* **23**: 85-99.
- Lee, T.B. 1993. Illustrated Flora of Korea. Hyangmoonsa, Seoul.
- Marchal, V., R. Dellink, D. Vuuren, C. Clapp, J. Chateau and B. Margné. 2011. OECD Environmental Outlook to 2050. Organization for Economic Co-operation and Development.
- Matthies, D., I. Brauer, W. Maibom and T. Tschantke. 2004. Population size and the risk of local extinction: empirical evidence from rare plants. *Oikos* **105**: 481-488.
- Namkung, J., S.T. Kim and H.Y. Lim. 1996. On a water spider, *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1758) from Korea, (Araneae: Argyronetidae). *Korean Arachnology* **12**: 111-117.
- Okada, Y., S. Uchida and T. Uchida. 2004. New Illustrated Encyclopedia of the Fauna of Japan (I, II, III). Hokuryokan, Japan.
- Pimm, S.L., G.J. Russell, J.L. Gittleman and T.M. Brooks. 1995. The future of biodiversity. *Science* **269**: 347-350.
- Seo, H.Y., C.H. Paik, M.Y. Choi, G.H. Lee, K.B. Lee and T.H. Noh. 2010. A study on the ecology of the Golden Apple Snail, *Ponacea canaliculata* (Lamarck) in Chungnam and Jeonbuk Province of Korea. *Korean Journal of Environmental Ecology* **24**: 772-780.
- Seyyar, O. and H. Demir. 2009. Distribution and habitats of the water spider *Argyroneta Aquatica* (CLERCK, 1757) (ARANEAE, CYBAEIDAE) in Turkey. *Archives of Biological Science, Belgrade* **61**: 773-776.
- Song, K.R. 1995. Systematics of the Hirudinea (Annelida) in Korea. Ph.D, Korea University, Republic of Korea.
- The Korean Society of Systematic Zoology. 1997. List of Animals in Korea. Academy Press, Seoul.
- The Society of Applied Entomology. 1994. Check List of Insects from Korea. Konkuk University Press, Seoul.
- Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Hntley, A.S. van Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Mles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Philips and S.E. Willi. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* **427**: 145-148.
- Urban, M.C. 2015. Acceleration extinction risk from climate change. *Science* **348**: 571-573.
- Water Management Information System: WAMIS, <http://www.wamis.go.kr/>. 2019.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jeon. 2005. Aquatic Insect of Korea. Korea Ecosystem Service.
- Yamagishi, H., Y. Yoshida and H. Fukuhara. 1976. Methods for ecology of aquatic organisms-fishes and bentoth in fresh water. Kyoritsu Press, Tokyo.
- You, Y.H. and H.B. Yi. 2009. Vegetation characteristic, conservation and ecotourism strategies for water spider (*Argyroneta aquatica*) in small marsh, Korean Natural Monument. *Journal of Wetland Research* **11**: 99-106.