

천마산에 서식하는 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*)의 고도와 서식지 타입에 따른 분포 패턴

도민석 · 유정철⁺

경희대학교 생물학과

Distribution pattern according to altitude and habitat type of the Red-tongue viper snake (*Gloydius ussuriensis*) in the Cheon-ma mountain

Min-Seock Do · Jeong-Chil Yoo⁺

Department of Biology, Kyung Hee University

요 약

동물의 분포는 서식지선택에 영향을 받으며, 서식지의 특성과 먹이자원은 종의 생존에 중요한 요인으로 작용한다. 본 연구는 천마산에 서식하는 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*)의 분포 패턴 특성을 파악하고자 고도, 서식지 특성, 잠재적 먹이자원인 양서류의 분포에 초점을 맞추어 수행되었다. 서식하는 고도범위에서 선호하는 서식지 타입을 알아보기 위해 고도를 3개의 범주(저고도, 중고도, 고고도)로 분류하였고, 서식지는 수생태계의 존재 유무에 따라 분류하였다. 쇠살모사의 경우, 고도와 서식지 타입에 따른 분포 모두 유의한 차이를 보였으며, 저고도와 물이 있는 계곡에서 주로 분포하였다. 양서류의 경우도 고도와 서식지에 따라 쇠살모사와 동일한 분포패턴을 보였다. 물이 있는 계곡의 쇠살모사와 양서류에 대한 미소서식지 분석결과는 유의한 차이가 없었다. 결과적으로 쇠살모사가 저고도에 위치한 물이 있는 계곡주변에서 대부분 분포하고 있었던 이유는 양서류의 분포가 그 원인으로 판단된다. 이러한 이유는 천마산에 서식하는 쇠살모사가 비교적 사냥하기 쉬운 먹이자원인 양서류를 선호했기 때문이라고 판단된다.

핵심용어 : 쇠살모사, 양서류, 분포, 고도, 서식지

Abstract

The distribution of animals is affected by habitat selection, and habitat type and prey resource are important factors affecting their survival. This study was conducted to investigate the distribution pattern of the Red-tongue viper snake (*Gloydius ussuriensis*) with respect to altitude, habitat type and distribution of potential prey resource in Cheon-ma mountain, Korea. The study area of Cheon-ma mountain was separated into three altitude categories (low, middle, and high altitude) and the habitat types were categorized according to presence or absence of aquatic ecosystem and the preferred habitat in relation to altitude was determined. The distribution pattern of Red-tongue viper snakes was significantly different according to altitude and habitat type: they were mainly distributed at low altitude and in the water valleys. The distribution pattern of the Red-tongue viper snake correlated with that of amphibians. The analyses of microhabitat use of the Red-tongue viper snake and amphibians showed that their microhabitat types were not different significantly in water valleys. In conclusion, Red-tongue viper snakes were mainly distributed in the water valleys at low altitude and this is because amphibians are important as potential prey of the Red-tongue viper snake in Cheon-ma mountain.

Key words : Red-tongue viper snake, Amphibian, Distribution, Altitude, Habitat

⁺ Corresponding author : Jeong-Chil Yoo , Tel: +82-2-961-0849 Fax: +82-2-961-0244, E-mail: jcyoo@khu.ac.kr

1. 서론

동물의 분포는 행동패턴에 따라 시간과 공간의 영향을 받으며, 생태적으로 기초적이면서 중요한 정보를 제공한다(Harlan, 1976; Orians and Wittenberger, 1991). 분포에 영향을 미치는 요인에 대한 연구는 대부분 개체군의 크기와 서식지 특성의 연관관계에 초점을 맞추어 연구되고 있으며, 종의 분포와 풍부도는 서식지 선택(Habitat selection)에 결정적 요인으로 작용한다(Berg, 1997; Aauri and Lucio, 2001; Leyequien et al., 2007). 동물의 서식지선택은 번식(Reproduction), 동면(Hibernation), 취식(Foraging)의 요인에 영향을 받는다(Orians and Wittenberger, 1991; Stamps, 2001; Glaudas and Robles, 2011). 이중 취식은 진화와 생태, 행동에 중요한 요소로 작용되며, 이때 포식자의 먹이 자원 이용은 개체의 번식과 성장, 생존과 같은 생활사(Life-History) 특징에 영향을 주는 결정적인 요인으로 작용된다(White, 1978; Bilde and Toft, 1998; Karanth et al., 2004). 그러므로 먹이자원의 분포는 동물의 서식지 선택에 큰 영향을 미친다(Charnov, 1976; Fortin, et al., 2003).

파충류에 속해있는 뱀은 전세계적으로 넓게 분포하고 있으며, 아열대지방과 열대지방에 풍부하게 서식할 뿐만 아니라(Vitt, 1987; Greene, 2001), 사막지역부터 기온이 낮은 북극지역이나 3,000m 이상의 산악지역과 같은 극한지역에도 넓게 분포하는 특성을 보인다(Greene 2001). 특히 산악지역에 서식하고 있는 뱀의 분포 패턴의 경우, 고도와 연관성을 가진다(Luiselli, 2006; Luiselli et al., 2007). 예를 들어 중앙아시아지역에 서식하는 Siberian pit viper(*Gloydius halys*)의 경우 4,000m 까지에서만 발견되고 있으며, 중국에 서식하는 Likang pit viper(*Gloydius monticola*)의 경우 3,600m 에서 4,000m 사이에서만 발견된다(Mattison, 1995). 이러한 이유는 고도범위 내에서 선호하는 먹이자원과 서식지의 특성이 분포하고 있는 종에게 적합하기 때문이다(Luiselli et al., 2007). 뿐만 아니라 동일한 지역 내에 서식하는 개체군들은 고도에 따라 분포하는 고도범위의 차이를 나타내기도 한다. 예를 들어 이탈리아의 Gran Sasso 산맥에 서식하는 European viper(*Vipera aspis*)의 경우, 1,200m 에서 1,900m 사이에서 관찰되었으며, Meadow viper(*Vipera ursinii*)의 경우 1,650m 에서 1,900m 사이에서 관찰되었다(Luiselli et al., 2007). 이때 생태적 지위(Ecological Niche)는 서식지와 먹이에 따라 나누어지며, 이러한 현상들은 종간 경쟁을 최소화하기 위해 나타난

다(Reinert, 1984; Luiselli, 2006). 특히 산악지역에 서식하는 살모사과(*Viperidae*) 뱀류의 분포는 고도와 밀접한 연관성을 가지고 있으며 (Luiselli, 2006; Luiselli et al., 2007; Scali, et al., 2011), 고도에 따른 특성에 관한 연구가 다양하게 진행되고 있다(Santos et al., 2006; Freiria, 2008; Zuffi and Bonnet, 2009). 일반적으로 동일한 지역에 서식하는 살모사의 활동범위와 먹이자원의 패턴이 유사하지만 종들의 분포는 고도에 따라 차이가 나타난다(Mattison, 1995; Luiselli, 2006).

뱀은 종에 따라 특정한 먹이를 선호하기도 하며, 서식지의 특성에 따라 먹이의 종류가 달라지기도 한다(Pough et al., 2004). 이처럼 취식기간 동안 뱀의 서식지 선택은 선호하는 먹이의 취식을 위해 먹이자원과 유사한 분포 패턴을 가진다(Lind and Welsh, 1994; Heard et al., 2004; Klug, et al., 2010). 그러므로 먹이 자원은 뱀의 분포에 중요한 요소로 작용한다(Barbault, 1971, 1987). 일반적으로 모든 뱀은 육식성이며, 주로 살아있는 다양한 먹이자원(파충류, 포유류, 조류, 어류, 곤충류, 양서류 등)을 이용한다(Luiselli, 2006). 이중 양서류의 도롱뇽과 개구리는 수분균형(Water balance)을 위해 주변에 분포하고 있는 수자원의 유무가 중요할 뿐만 아니라(Sinsch, 1990; Lee, 2009), 번식기간 동안 물에서 알을 낳기 때문에 수자원이 풍부한 지역 주변에서 시간을 보내게 된다(Madison, 1997; Richter et al., 2001). 산악지역은 수자원 분포 유무에 따라 계곡과 육상지역으로 뱀의 서식지가 나뉘지며 (Semlitsch and Bodie, 2003), 계곡 서식지 주변에서 서식하는 뱀은 대부분 양서류와 어류를 취식한다(Gibbons et al., 1977; Kofron, 1978; Semlitsch et al., 1998; Bodie, 2001). 따라서 산악지역에 위치한 계곡은 양서류와 파충류에게 중요한 서식지가 되며, 뱀에게는 결정적인 먹이이용에 대한 생활사(Life-History) 적 기능을 하고 있다(Semlitsch and Bodie, 2003).

국내에서 살모사과(*Viperidae*), 살모사아과(*Crotalinae*), 살모사속(*Gloydius*)에 속하는 종은 총 3종으로 살모사(*Gloydius brevicausus*), 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*), 까치살모사(*Gloydius saxatilis*)가 서식하고 있다. 이중 쇠살모사는 한국, 중국, 러시아에 분포하며, 3종의 살모사 중에 가장 크기가 가장 작으며 행동이 민첩하고, 계곡과 논, 습지 등에 주로 서식한다. 먹이는 양서류, 파충류, 포유류 등의 소형 척추동물을 주로 포식한다(Shim et al., 1998; Kim, 2010). 현재까지 국내에서는 제주도와 가파도에 서식하고 있는 쇠살모사의 생식주기, 행동권, 성장률 및 먹이이용에 관한 생태적인 연구가 진행되었다(Kim, 2010). 그러나 내륙에

서식하고 있는 살모사과의 분포패턴에 대한 연구는 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구는 산림지역의 수생태계(Aquatic ecosystem)의 존재 유무를 중심으로 쇠살모사의 분포패턴을 파악하기 위해 고도와 서식지, 먹이자원의 요소에 초점을 맞추어 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사지역

쇠살모사의 고도와 서식지에 따른 분포패턴에 관한 연구는 경기도 남양주시 화도읍에 위치한 천마산 군립공원(37°40'50"N, 127°16'22"E)에서 수행되었다(Fig. 1). 전체면적은 1,200ha 이며, 기후는 온대중부기후대를 가지며, 조사지역의 연평균기온은 10.8℃ 이고, 연평균강수량은 1,300.7mm 이다. 고도는 812m 이

고, 해발고도 400m 이하가 전체면적의 70.6% 로 대부분 경사가 완만한 지역이다(Lee et al., 2002; Kim, 2007). 천마산에 위치한 서식지타입을 수생태계의 존재 유무에 따라 물이 있는 계곡(Water valley)과 물이 없는 계곡(Dry valley), 육상지역(Dry land)으로 구분하였으며, 조사지역의 총면적은 51.8ha 였다. 조사지역 내에 고도에 따른 서식지를 분석한 결과, 200.1m 에서 400.0m 구간의 총 면적은 19ha 로 물이 있는 계곡의 면적은 15.4ha (81.0%), 육상지역의 면적은 3.6ha (19.0%)를 차지하고 있다. 400.1m 에서 600.0m 구간의 경우, 총 면적은 18.8ha 로 육상지역이 9.9ha (49.2%), 물이 없는 계곡이 8.9ha (44.2%), 물이 있는 계곡이 1.3ha (6.6%)를 차지하고 있다. 600.1m 에서 800.0m 구간의 경우, 총 면적은 12.7ha 로 육상지역이 10.4ha (81.9%), 물이 없는 계곡이 2.3ha (18.1%)를 차지하고 있다.

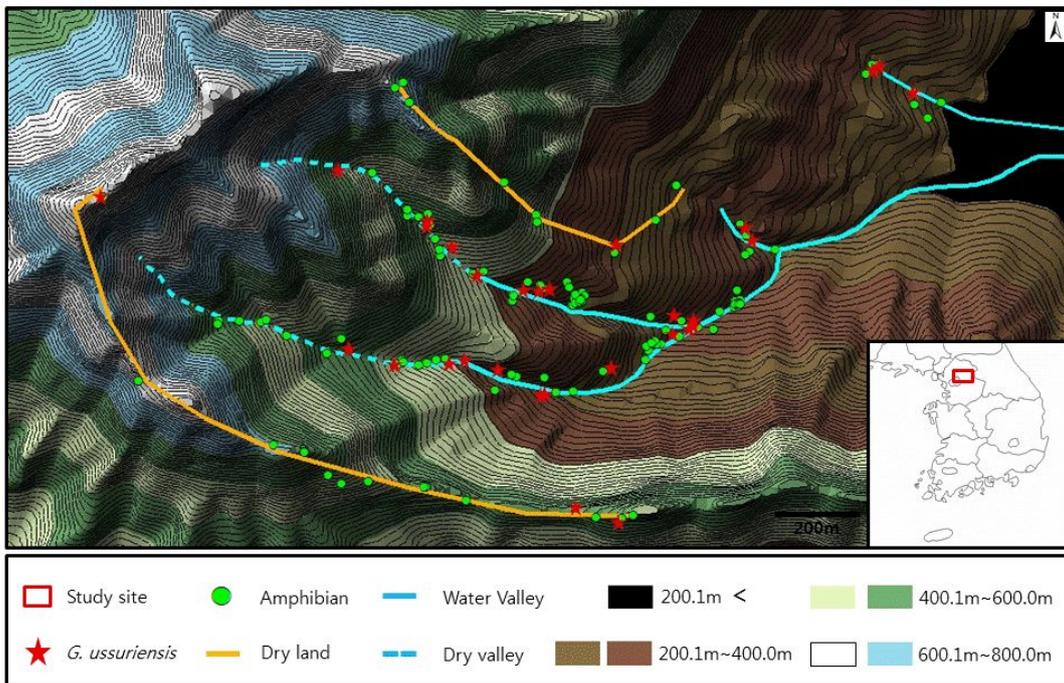


Fig. 1. The distribution of Red-tongue viper snake(*Gloydius ussuriensis*) and Amphibian from study site in Cheon-ma mountain, Korea. Record that this map includes only 30 snake and 115 Amphibian individuals (i.e., 58 *Rana huanrenensis*, 2 *Rana dybowskii*, 44 *Rana nigromaculata*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*).

2.2 조사기간 및 야외조사

쇠살모사의 활동기 최적 온도는 24-28℃ 이며, 보통 4월부터 활동을 시작해, 10월에 동면에 들어가며, 번식시기는 9월이다(Kim, 2010; Shim et al., 1998). 그러므로 쇠살모사의 번식시기와 동면시기를 고려하여 2012년과 2013년에 걸쳐 5월부터 8월까지 전 조사구

간을 주 2회, 오전 9시부터 3~4시간동안 조사를 시행하였다. 조사구간으로 선정된 길에서 좌우반경 최소 1m 에서 최대 50m 이내의 지역에 위치한 바위 밑이나 초지 및 관목 주변을 중심으로 관찰하였다. 개체인식을 위해 쇠살모사의 경우, 배면의 꼬리 쪽 비늘을 절단하여 표시하였고(Blanchard and Finster,

1933), 쇠살모사와 양서류의 관찰지점을 확인하여 GPS를 이용해 좌표정보를 수집하였다.

기존의 선행연구에서 쇠살모사는 주로 양서류를 주먹이원으로 이용한다고 알려져 있다(Kim, 2010). 따라서 잠재적 먹이자원인 양서류의 분포패턴을 알아보기 위해 양서류의 독성 유무와 크기를 고려하여 쇠살모사가 포식 가능한 먹이자원인 무미목(Salientia)의 계곡산개구리(*Rana huanrenensis*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 참개구리(*Rana nigromaculate*)와 유미목(Caudata)의 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychodactylus koreanus*)을 선정하였다. 양서류의 경우 앞다리 제 4지의 발가락을 절단해 개체가 중복(Pseudoreplication)되는 오류를 피하는 방법을 사용하였다(Christiansen et al., 2010).

2.3 고도에 따른 분류

쇠살모사와 양서류의 고도에 따른 분포패턴을 알아보기 위해 3개의 범주(저고도, 중고도, 고고도)로 구간을 나누었으며, 각각의 구간을 50m씩 12개의 구간으로 세분화하였다. 고도 별 분류는 다음과 같다.

- (1) 저고도(Low altitude): 200.1m~400.0m 구간 (Interval 50m: 4개 구간)
- (2) 중고도(Middle altitude): 400.1m~600.0m 구간 (Interval 50m: 4개 구간)
- (3) 고고도(High altitude): 600.1m~800.0m 구간 (Interval 50m: 4개 구간)

2.4 서식지에 따른 분류

쇠살모사와 양서류의 서식지에 따른 분포패턴을 알아보기 위해 수생태계의 존재 유무에 따라 다음과 같이 분류하였다.

- (1) 물이 있는 계곡(Water valley): 총 조사 구간은 1.7km 이며, 5월~8월 동안 물이 흐르는 계곡지역으로, 고도는 최소 200.1m 에서 최대 425.0m 이하에 위치하고 있는 구간
- (2) 물이 없는 계곡(Dry valley): 총 조사 구간은 1.2km 로 대부분 물이 흐르지 않았으며, 여름 장마철에 많은 비가 온 뒤 짧은 기간 동안 물이 흐르는 지역으로 고도는 최소 425.1m 에서 최대 673.8m 이하의 구간
- (3) 육상지역(Dry land): 총 조사 구간은 2.3km 로 수생태계가 없었으며, 능선을 포함하고 고도는 최소 301.3m 에서 최대 800.0m 이하에 위치하고 있는 구간

2.5 미소서식지에 따른 분류

쇠살모사와 양서류가 관찰된 지역의 미소서식지(Microhabitat) 패턴을 알아보기 위해 개체가 발견된 지점으로부터 반경 5m 이내의 장소에 존재하는 바위(Rock, 'ROC': 30cm 이상의 암석과 돌이 위치하고 있는 지점), 낙엽(Leaf, 'LEA': 마른 나뭇잎이나 잦은 나뭇가지가 쌓여 있는 지점), 관목(Bush, 'BUS': 흉고직경(Diameter at breast height)이 3cm 이하의 나무가 위치한 지점), 교목(Tree, 'TRE': 흉고직경(Diameter at breast height)이 3cm 이상의 나무가 위치한 지점), 초지(Grass, 'GRA': 초본류가 자라고 있는 지점), 물(Water, 'WAT': 물이 위치한 지점) 요소들의 빈도를 백분율로 분석하였다.

2.6 분석 및 통계

쇠살모사와 양서류의 분포를 정량화하여 측정하기 위해 발견된 개체의 좌표를 수치지형도(GRS80, 국토지리정보원)에 투영하여 개체의 고도와 서식지의 정보를 확인하였다. 개체의 고도정보는 지도에 수치고도모델(Digital Elevation Model, DEM)을 생성하여 분석하였으며, 서식지에 따라 분류된 각각의 주요 조사 구간을 지도에 표현하였다. 지도에 표현된 모든 공간정보의 분석은 지리정보시스템 프로그램인 ArcGIS 9.3(ESRI 2008)을 이용하였다(Fig. 1). 쇠살모사와 양서류의 분포에 따라 선호하는 고도와 서식지를 분석하기 위해 각 구간에서 관찰될 것으로 예측되는 기대 개체수(Expected individual)를 산출하였다. 기대되는 개체수는 표본추출에 드린 노력(Sampling effort: 표본추출 노력)을 이용하여 산출하였으며, 그 식은 다음과 같다(Luiselli et al., 2007).

표본추출 노력 = 각 구간별(고도: 50m interval, 서식지: Three categories) 조사시간 / 총 조사시간

기대 개체수 = 표본추출 노력 × 관찰된 총 개체수

결론적으로 실제로 발견된 관찰 개체수(Observed individual)와 기대 개체수를 이용하여 비교하였다. 또한 미소서식지의 차이를 알아보기 위해 쇠살모사와 양서류가 이용한 요소의 빈도를 각각 비교하였으며, 통계적인 모든 분석은 Chi-square test (χ^2 -test)로 비교하였다. 통계적인 분석은 통계프로그램인 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Ver 18.0)를 사용하였다.

3. 결과

3.1 고도에 따른 분포

쇠살모사는 전체 조사지역에서 총 30개체 관찰되었다. 저고도(200.1m~400.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 5±2.58개체(기대 개체수: 2.58±0.82)로 총 20개체(기대 개체수: 10.30)가 관찰되었다. 중고도(400.1m~600.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 2.25±2.58개체(기대 개체수: 3.05±1.11)로 총 9개체(기대 개체수: 12.18)가 관찰되었다.

고고도 (600.1m~800.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 0.25±0.5개체(기대 개체수: 1.88±0.97)로 총 1개체(기대 개체수: 7.52)가 관찰되었다. 쇠살모사는 세분화한 12개의 고도구간에서 저고도의 평균 관찰빈도가 가장 높았으며, 각각의 고도구간에 따라 기대 개체수와 관찰 개체수는 유의한 차이를 보였다(50m intervals : $\chi^2_{11} = 27.89$, $P = 0.003$, Table1). 뿐만 아니라 3개의 고도구간 중 저고도에서 관찰된 개체수가 가장 높았으며, 기대 개체수와 관찰 개체수는 유의한 차이를 보였다(200m intervals : $\chi^2_2=15.62$, $P < 0.001$, Table 1, Fig. 2A).

Table 1. Altitudinal distribution of Red-tongue viper snake (*Gloydius ussuriensis*) from study site in Cheon-ma mountain, Korea. Note that this table includes only 30 snake individuals. "Duration time" is the field effort (hours), "Sampling effort" is the relative index of field effort per altitude interval calculated as described in the text. "Low altitude" is altitude range from 200.1m to 400.0m, "Middle altitude" is altitude range from 400.1m to 600.0m, "High altitude" is altitude range from 600.1m to 800.0m.

Altitude	Low altitude				Middle altitude				High altitude			
	200.1 - 250.0	250.1 - 300.0	300.1 - 350.0	350.1 - 400.0	400.1 - 450.0	450.1 - 500.0	500.1 - 550.0	550.1 - 600.0	600.1 - 650.0	650.1 - 700.0	700.1 - 750.0	750.1 - 800.0
Duration time	10.1	15.6	22.4	20.2	17.9	31.1	16.1	15.6	21.2	13.2	7.2	8.3
Sampling effort	0.051	0.078	0.113	0.101	0.090	0.156	0.081	0.078	0.107	0.066	0.036	0.041
Expected individual	1.53	2.35	3.38	3.04	2.71	4.69	2.43	2.35	3.20	1.99	1.08	1.24
Observed individual	4	6	2	8	3	5	0	1	0	0	0	1

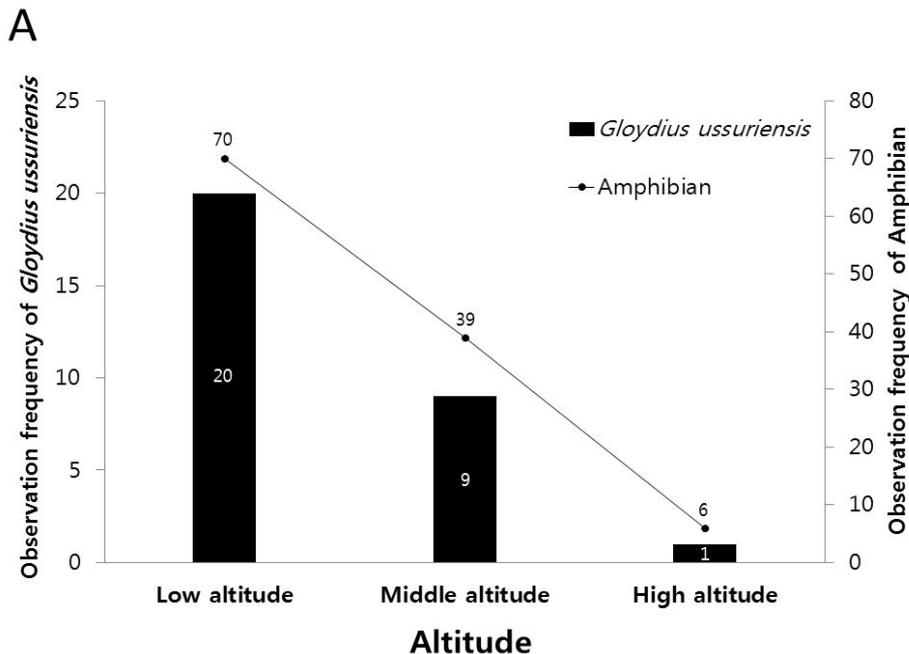


Fig. 2. Observation frequency according to altitude and habitat type of Red-tongue viper snake (*Gloydius ussuriensis*) and Amphibian from study site in Cheon-ma mountain, Korea. (A) Record that this graph includes only 30 snake and 115 Amphibian individuals (i.e., 58 *Rana huanrenensis*, 2 *Rana dybowskii*, 44 *Rana nigromaculata*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*). "Low altitude" is altitude range from 200.1m to 400.0m, "Middle altitude" is altitude range from 400.1m to 600.0m, "High altitude" is altitude range from 600.1m to 800.0m.

3.2 서식지에 따른 분포

저고도와 중고도에서 총 29개체가 관찰되었고, 물이 있는 계곡에서 20개체(기대 개체수: 12.16)로 가장 높게 관찰되었으며, 물이 없는 계곡에서 6개체(기대 개체수: 7.82)가 관찰되었고, 육상지역에서 3개체(기대

개체수: 9.02)가 관찰되었다. 물이 있는 계곡에서 쇠살모사의 기대 개체수가 가장 높았으며, 관찰 개체수 또한 물이 있는 계곡에서 가장 높았다. 쇠살모사의 기대 개체수와 관찰 개체수는 서식지에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($\chi^2 = 9.50$, $P = 0.009$, Table2, Fig. 2B).

Table 2. The habitat use of Red-tongue viper snake(*Gloydus ussuriensis*) from study site in Cheon-ma mountain, Korea. Note that this table includes only 29 snake individuals. "Duration time" is the field effort (hours), "Sampling effort" is the relative index of field effort per altitude interval calculated as described in the text. "Water valley" is the site with enough water resources, "Dry valley" is the site with scarce water resources, "Dry land" is the site with no water resources.

	Water valley	Dry valley	Dry land
Duration time	62.5	40.2	46.4
Sampling effort	0.419	0.269	0.311
Expected individual	12.16	7.82	9.02
Observed individual	20	6	3

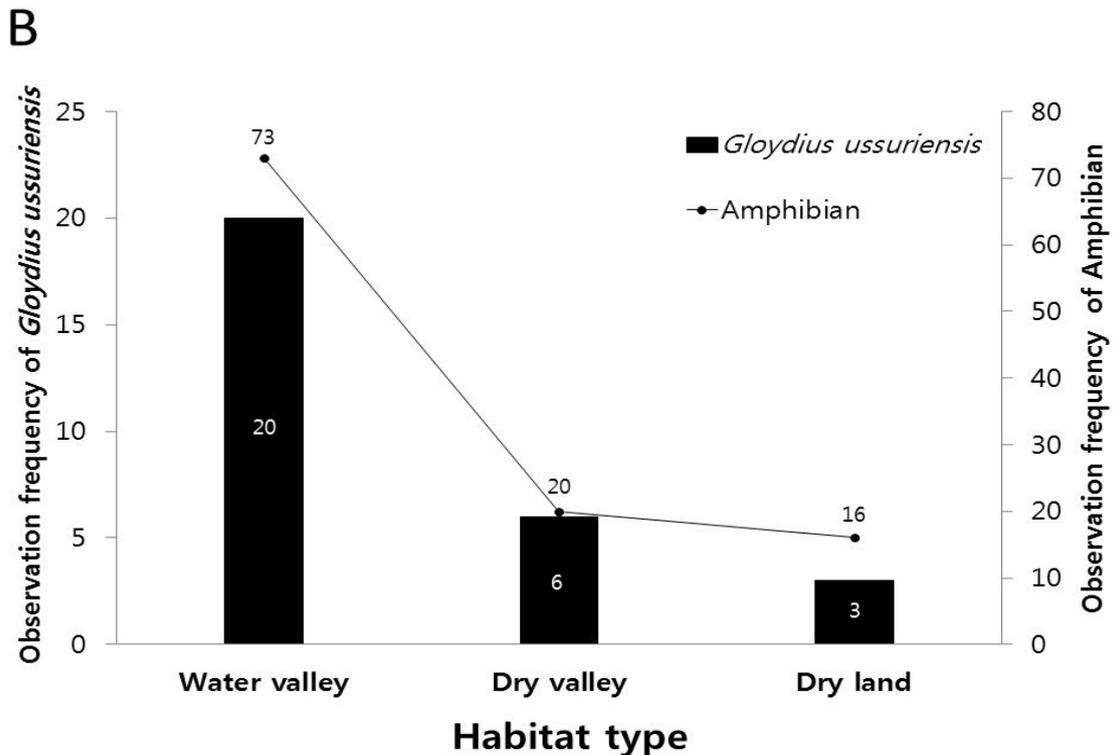


Fig. 2. Observation frequency according to altitude and habitat type of Red-tongue viper snake(*Gloydus ussuriensis*) and Amphibian from study site in Cheon-ma mountain, Korea. (B) Record that this graph includes only 29 Red-tongue viper snake(*Gloydus ussuriensis*) and 109 Amphibian individuals (i.e., 53 *Rana huanrenensis*, 2 *Rana dybowskii*, 43 *Rana nigromaculate*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*). "Water valley" is the site with enough water resources, "Dry valley" is the site with scarce water resources, "Dry land" is the site with no water resources

3.3 고도에 따른 먹이자원의 분포

양서류는 전체 조사지역에서 총 115개체 관찰되었다. 저고도(200.1m~400.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 17.5±9개체(기대 개체수: 9.87±3.14)로 총 70개체(기대 개체수: 39.48)가 관찰되었다. 중고도(400.1m~600.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 9.75±5.06개체(기대 개체수: 11.68±4.24)로 총 39개체(기대 개체수: 46.70)가 관찰되었다. 고고도(600.1m~800.0m)의 경우, 50m 범위로 고도를 세분화

한 4개구간의 평균 관찰 빈도는 1.5±1.73개체(기대 개체수: 7.20±3.71)로 총 6개체(기대 개체수: 28.82)가 관찰되었다. 양서류는 세분화한 12개의 고도구간에서 저고도의 평균 관찰빈도가 가장 높았으며, 각각의 고도구간에 따라 기대 개체수와 관찰 개체수는 유의한 차이를 보였다(50m intervals : $\chi^2_{11}=72.18$, $P < 0.001$, Table 3). 뿐만 아니라 3개의 고도구간 중 저고도에서 관찰된 개체수가 가장 높았으며, 기대 개체수와 관찰 개체수는 유의한 차이를 보였다(200m intervals : $\chi^2_2=42.92$, $P < 0.001$, Table 3, Fig. 2A).

Table 3. Altitudinal distribution of Amphibians from study site in Cheon-ma mountain, Korea. Note that this table includes only 115 Amphibian individuals (i.e., 58 *Rana huanrenensis*, 2 *Rana dybowskii*, 44 *nigromaculata*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*). "Duration time" is the field effort (hours), "Sampling effort" is the relative index of field effort per altitude interval calculated as described in the text. "Low altitude" is altitude range from 200.1m to 400.0m, "Middle altitude" is altitude range from 400.1m to 600.0m, "High altitude" is altitude range from 600.1m to 800.0m.

Altitude	Low altitude				Middle altitude				High altitude			
	200.1	250.1	300.1	350.1	400.1	450.1	500.1	550.1	600.1	650.1	700.1	750.1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	250.0	300.0	350.0	400.0	450.0	500.0	550.0	600.0	650.0	700.0	750.0	800.0
Duration time	10.1	15.6	22.4	20.2	17.9	31.1	16.1	15.6	21.2	13.2	7.2	8.3
Sampling effort	0.051	0.078	0.113	0.101	0.090	0.156	0.081	0.078	0.107	0.066	0.036	0.041
Expected individual	5.85	9.02	12.95	11.66	10.37	17.98	9.33	9.02	12.28	7.63	4.13	4.77
Observed individual	7	29	17	17	14	14	7	4	4	1	0	1

3.4 서식지에 따른 먹이자원의 분포

양서류는 저고도와 중고도에서 총 109개체가 관찰되었고, 물이 있는 계곡에서 73개체(기대 개체수: 45.71)로 가장 높게 관찰되었으며, 물이 없는 계곡에서 20개체(기대 개체수: 29.37)가 관찰되었고, 육상지

역에서 16개체(기대 개체수: 33.92)로 가장 적게 관찰되었다. 물이 있는 계곡에서 양서류의 관찰 개체수가 가장 높았다. 양서류의 기대 개체수와 관찰 개체수는 서식지에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다($\chi^2_2=28.76$, $P < 0.001$, Table 4, Fig. 2B).

Table 4. The habitat use of Amphibian from study site in Cheon-ma mountain, Korea. Note that this table includes only 109 Amphibian individuals (i.e., 53 *Rana huanrenensis*, 2 *Rana dybowskii*, 43 *Rana nigromaculata*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*). "Duration time" is the field effort (hours), "Sampling effort" is the relative index of field effort per altitude interval calculated as described in the text. "Water valley" is the site with enough water resources, "Dry valley" is the site with scarce water resources, "Dry land" is the site with no water resources

	Water valley	Dry valley	Dry land
Duration time	62.5	40.2	46.4
Sampling effort	0.419	0.269	0.311
Expected individual	45.71	29.37	33.92
Observed individual	73	20	16

3.5. 미소서식지에 따른 쇄살모사와 양서류의 분포

물이 있는 계곡에서 관찰된 쇄살모사 20개체와 양서류 115개체가 이용한 미소서식지 요소의 차이를 분석한 결과, 쇄살모사의 경우, 미소서식지 요소 중 초지(20.43%)가 가장 높게 관찰되었으며, 관목(19.35%),

낙엽(18.28%), 바위(17.20%), 교목(13.98%), 물(10.75%) 순으로 관찰되었다. 양서류의 경우, 미소서식지 요소 중 초지(19.77%)가 가장 높게 관찰되었으며, 낙엽(19.19%), 바위(16.57), 물(15.99%), 관목(15.99%), 교목(12.50%)순으로 관찰되었다. 쇄살모사와 양서류가 이용한 미소서식지 요소는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($\chi^2_5 = 2.05, P = 0.842, Fig. 3$).

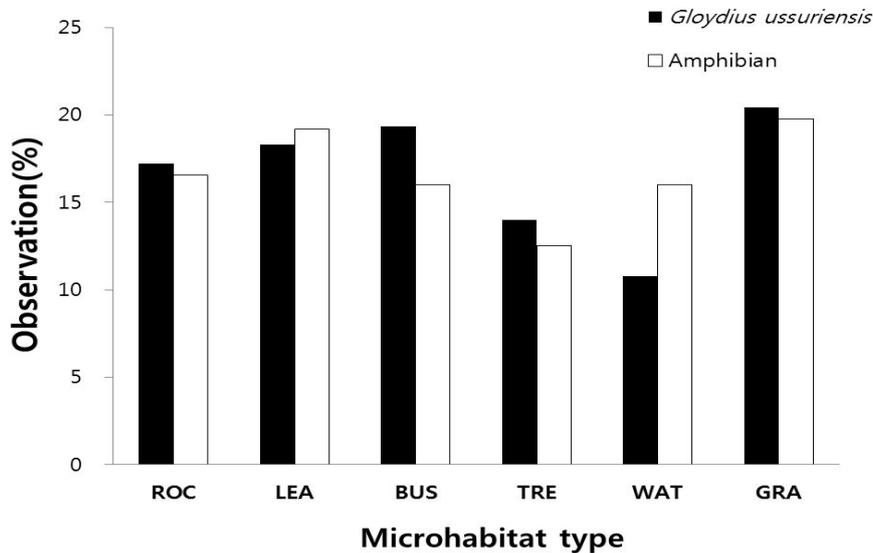


Fig. 3. The use of microhabitat within 5m radius by Red-tongue viper snake(*Gloydius ussuriensis*) and Amphibians from study site in water valley, Cheon-ma mountain, Korea. Record that this graph includes only 20 snake and 73 Amphibian individuals (i.e., 26 *Rana huanrenensis*, 36 *Rana nigromaculata*, 7 *Onychodactylus koreanus*, 4 *Hynobius leechii*). ROC = Rock (> 30cm diameter), LEA = Leaf, BUS = Bush(≤ 3cm DBH), TRE=Tree(>3cmDBH), WAT=water, GRA=Grass.

4. 고찰

본 연구는 천마산에 서식하는 쇄살모사의 분포 패턴 특성을 파악하고자 고도와 서식지, 먹이원인 양서류의 분포에 중점을 맞추어 수행되었다. 쇄살모사의 경우, 고도와 서식지패턴에 따라 다르게 분포하고 있었으며, 특히 저지대와 물이 있는 계곡에서 주로 분포하였다(Fig. 2). 양서류의 경우도 고도와 서식지에 따라 쇄살모사와 동일한 분포패턴을 보였다(Fig. 2). 뿐만 아니라 쇄살모사와 양서류에 대한 미소서식지 분석결과 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

쇄살모사의 분포에 따른 고도의 차이를 분석한 결과 저고도에서 가장 많은 개체가 관찰되었으며, 고고도에서 가장 적게 관찰되었다. 일반적으로 산악지역에 서식하고 있는 살모사와 뱀류의 경우, 선호하고 있는 고도범위가 종에 따라서 차이가 난다는 것으로 보고 되고 있으며(Santos et al., 2006; Freiria, 2008; Zuffi and Bonnet, 2009), 이러한 이유는 주로 먹이와 서식지의 특성에 따라 차이가 나타나기 때문인 것으

로 알려져 있다(Reinert, 1984; Luiselli, 2006). 따라서 쇄살모사가 저고도에 주로 분포한 이유는 선호하는 서식지 특성과 먹이자원이 존재하고 있기 때문이라고 생각된다. 또한 이탈리아의 Gran Sasso 산맥에 서식하는 살모사와 2종에 대한 연구에 따르면 1,200m~1,900m 고도 구간을 50m 간격으로 세분화하여 분석한 결과, European viper(*Vipera aspis*)의 경우, 주로 전체 고도 범위에 비슷한 빈도로 발견되었지만, Meadow viper(*Vipera ursinii*)의 경우 1,650m~1,900m 에서만 발견되었다(Luiselli et al., 2007). 그러나 천마산에 서식하는 쇄살모사의 경우 가장 낮은 고도구간인 200.1m~250.0m와 가장 높은 고도구간인 750.1m~800.0m 에서 모두 발견되었으며, 평균 관찰 빈도는 저고도가 가장 높았고, 중고도, 고고도 순서로 높게 발견되었다(Table 1). 이러한 이유는 쇄살모사가 200.1m~800.0m 의 전고도구간에 걸쳐 분포하고 있지만, 선호하는 낮은 고도구간에 분포하는 서식지의 특성 때문에 고도가 높아질수록 관찰 빈도가 낮아졌다고 판단된다. 조사구간 중 계곡의 면적은 저고도에서

81.0%를 차지했으며, 중고도에서 50.8%, 고고도에서 18.1%를 차지하고 있었다. 그러므로 쇠살모사의 분포는 고도에 따른 계곡의 분포현황에 따라 관찰빈도의 차이가 나타났다고 생각된다.

저고도와 중고도에 따라 분포하고 있는 서식지 특성의 차이를 알아보기 위해 발견된 쇠살모사를 분석한 결과, 물이 있는 계곡에서 가장 많이 발견되었고 육상지역에서 가장 적게 발견되었다. 일반적으로 물 주변에서 서식하고 있는 뱀들은 대부분 물자원과 밀접한 연관이 있는 먹이자원을 취식하기 때문에 물자원이 결정적인 생활사(Life-History)적 기능을 하게 된다(Semlitsch and Bodie, 2003). 따라서 물자원의 유무가 쇠살모사의 서식지 분포에 영향을 미쳤다고 판단된다. 서식지의 특성상 물이 있는 계곡은 물자원이 풍부하지만 물이 없는 계곡의 경우, 장마시기 외에는 물자원이 부족하며, 육상지역은 물자원이 분포하지 않는다. 그러므로 물이 있는 계곡에서 쇠살모사가 가장 높게 관찰되었다고 판단된다.

천마산에 서식하고 있는 잠재적 먹이원으로 예상되는 양서류를 대상으로 고도와 서식지에 따른 차이를 분석한 결과 또한 저고도와 물이 있는 계곡에서 가장 높은 관찰빈도를 보였다. 일반적으로 쇠살모사의 먹이원으로 예상되는 양서류의 경우, 수분평형을 위해 주변에 분포하고 있는 물자원의 유무가 중요하다(Sinsch, 1990). 뿐만 아니라 물이 있는 계곡에 서식하고 있는 양서류에게는 수환경이 결정적인 번식의 생활사적 기능을 하고 있다. 대부분의 도롱뇽과 개구리는 물에서 알을 낳기 위해 몇 일 또는 몇 주에 걸친 번식기간 동안 계곡 주변에서 시간을 보낸다(Semlitsch and Bodie, 2003). 따라서 양서류가 주로 저고도에 분포하고 있었던 이유는 저고도에 대부분 물이 있는 계곡이 분포하고 있기 때문이며(Fig. 1), 물자원의 유무가 양서류의 분포에 영향을 미쳤다고 판단된다.

물이 있는 계곡에서 관찰된 쇠살모사와 양서류의 미소서식지 분석결과, 모든 요소들이 큰 차이를 보이지 않았지만, 쇠살모사와 양서류 모두 초지에서 가장 높게 관찰되었다. 일반적으로 초지의 경우 소형 육상동물인 양서류와 파충류의 은신처로 이용되었기 때문에 높게 분석되었다고 생각된다(Herczeg et al., 2007; Pough, 2007; Wasko and Sasa, 2012). 반면 쇠살모사의 경우, 물의 요소가 가장 낮게 관찰되었다. 이러한 이유는 계곡의 형태적 특성상 중앙부에는 물이 많이 분포하고 있지만, 주변부에는 물의 분포가 낮다(Semlitsch and Bodie, 2003). 그러므로 주로 계곡의 물이 흐르는 중앙지역 보다 주변지역에 개체들이 대부분 분포했기 때문이라고 판단된다. 뿐만 아니라 쇠살모사와 양서류에 대한 미소서식지 분석결과 유의한

차이가 없이 분석되었으며, 이러한 이유는 분포하고 있는 서식지 유형이 비슷했기 때문에 선호하는 미소서식지의 요소가 유사하게 분석되었다고 판단된다.

일반적으로 물자원이 풍부한 지역 주변에 서식하는 뱀은 주로 양서류와 어류를 포식한다(Kofron, 1978; Lind and Welsh, 1994; Gregory and Isaac, 2004). 물자원이 풍부한 하천과 습지 주변에 서식하는 뱀인 Swamp moccasin(*Agkistrodon Piscivorus*), Diamondback water snake(*Nerodia rhombifera*), Green water snake(*Nerodia cyclopion*), Banded water snake(*Nerodia fasciata*), Plainbelly water snake(*Nerodia erythrogaster*), Graham's crayfish snake(*Regina grahami*), Gulf crayfish snake (*Regina rigida sinicola*), Delta crayfish snake(*Regina rigida deltae*)의 먹이이용 연구에 따르면, 8종 뱀의 먹이자원은 대부분 어류와 양서류가 차지하고 있었으며, 쇠살모사와 같은 살모사과(Viperidae)인 Swamp moccasin (*A. piscivorus*)이 포식한 먹이의 빈도는 양서류가 48%로 가장 높았으며, 어류 34%, 조류 8%, 포유류 5%, 파충류 5% 였다(Kofron, 1978). 뿐만 아니라 본 연구와 동일종인 제주산 쇠살모사의 먹이이용에 관한 선행연구도 마찬가지로 주로 물이 분포하고 있는 습지지역에서 쇠살모사의 서식빈도가 높았었고, 포식한 먹이의 빈도는 양서류가 55.2%로 가장 높았으며, 포유류 20.7%, 지네류 13.8%, 파충류가 10.3%였다(Kim, 2010). 본 연구에서도 쇠살모사의 분포는 저고도에 위치한 물자원이 풍부하게 분포하고 있는 계곡주변에서 대부분 분포하고 있었으며, 먹이자원으로 예상되는 양서류 또한 고도와 서식지에 따라 쇠살모사와 유사한 분포패턴을 보였다(Fig. 2). 결과적으로 천마산에 서식하는 쇠살모사의 분포패턴은 먹이자원인 양서류의 분포가 원인이 되었다고 판단된다.

종합적으로 천마산지역에 서식하는 쇠살모사는 전 고도(200.1m~800.0m) 구간에 걸쳐 모두 분포하는 것으로 확인되었으나, 주로 물이 있는 계곡이 분포하고 있는 저고도(200.1m~400.0m)지역에 주로 분포하고 있었다. 또한 이 지역은 쇠살모사의 주요 먹이자원으로 추정되는 양서류가 많이 선호하고 분포하는 저지대의 수환경지역 이었다. 따라서 비교적 사냥하기 쉬운 먹이자원으로 예상되는 양서류의 분포가 쇠살모사의 분포 패턴에 원인이 된 것으로 판단된다. 하지만 쇠살모사는 산림지역 이외에도 습지, 논, 하천과 같은 다양한 지역에서 발견되고 있으므로, 향후 산림지역 이외에도 다양한 지역에 서식하고 있는 쇠살모사의 분포패턴에 대한 연구가 진행된다면 생태적으로 유용한 정보를 제공 할 수 있다고 생각된다.

감사의 글

본 연구에 도움을 주신 고 심재한 박사님과 경희대학교 동물생태실험실의 남기백 박사님, 남형규, 손종성, 김관목, 정원주, 최승혜 학생과 서울대학교 야생동물학 연구실의 정지화 학생 그리고 GIS프로그램의 이용방법을 알려주신 백경혜 선생님께 감사 드립니다.

References

- Atauri, JA and Lucio, JV (2001). The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes, *Landscape Ecology*, 16, pp. 147-159.
- Barbault, R (1971). Les peuplements d'ophidiens des savannes de Lamto, Cote d'Ivoire, *Ann Univ Abidjan*, 4, pp. 133-194.
- Barbault, R (1987). Pression de predation et e'volution des strate'gies de'mographiques en zone tropicale: le cas des le'zards et des amphibiens. *Revue de zoologique africaine*, 10, pp. 301-327.
- Berg, A (1997). Diversity and abundance of birds in relation to forest fragmentation, habitat quality and heterogeneity, *Bird Study*, 44, pp. 355-366.
- Blanchard, FN and Finster, EB (1933). A method of marking living snakes for future recognition, with a discussion of some problems and results, *Ecological society of America*, 14(4), pp. 334-347.
- Bilde, T and Toft, S (1998). Quantifying food limitation of arthropod predators in the field, *Oecologia*, 115, pp. 54-58.
- Bodie, JR (2001). Stream and riparian management for freshwater turtles, *J. of Environmental Management*, 62, pp. 443-455.
- Charnov, EL (1976). Optimal foraging, the marginal value theorem, *Theoretical Population Biology*, 9, pp. 129-136.
- Christiansen, DG, Jakob, C, Arioli, M, Roethlisberger, S and Reyer, HU (2010). Coexistence of diploid and triploid hybrid water forgs: population differences persist in the apparent absence of differential survival, *BioMed Central Ecology*, 10, pp. 1-14.
- Fortin, D, Fryxell, JM, O'Brodovich, L and Frandsen, D (2003). Foraging ecology of bison at the landscape and plant community levels: the applicability of energy maximization principle, *Oecologia*, 134, pp. 219-227.
- Freiria, MF, Sillero, N, Lizana, M and Brito, JC (2008). GIS-based niche models identify environmental correlates sustaining a contact zone between three species of European vipers, *Diversity and Distributions*, 14, pp. 452-461.
- Greene, HW (2001). *Snakes: the evolution of mystery in nature*. California Univ. Press.
- Gregory, PT and Isaac, LA (2004). Food habitat of the grass snake in southeastern England: Is *Natrix natrix* a Generalist Predator?, *J. of herpetology*, 38(1), pp.88-95.
- Gibbons, JW, Coker, JW and Murphy TM (1977). Selected aspects of the life history of the rainbow snake (*Farancia erytrogamma*), *Herpetologica*, 33, pp. 276-281.
- Glaudas, X and Robles, JAR (2011). A two-level problem: habitat selection in relation to prey abundance in an ambush predator, the speckled rattlesnake (*Crotalus mitchellii*), *Behaviour*, 148, pp. 1491-1524.
- Harlan, JR (1976). Plant and animal distribution in relation to domestication, *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 273, pp. 13-25.
- Heard, GW, Black, D and Robertson, P (2004). Habitat use by the inland carpet python (*Morelia spilota metcalfei* : Pytonidae): Seasonal relationships with habitat structure and prey distribution in a rural landscape, *Austral Ecology*, 29, pp. 446-460.
- Herczeg, G, Gonda, A, Perala, J, Saarikivi, J, Tuomola, A and Merila, J (2007). Ontogenetic differences in the preferred body temperature of the European adder *Vipera berus*, *Herpetological Journal*, 17, pp. 58-61.
- Karanth, KU, Nichols, JD, Sambakumar, N, Link, WA, Hines, JE (2004). *Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance*, Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 101, pp. 4854-4858.

- Kim, JY (2007). *Development of the community planting models for the urban green space in the metropolitan area, the middle temperate zones Korea*, D. Eng. thesis. The University of Seoul, Seoul. 91-93pp. [Korean Literature]
- Kim, BS (2010). *A study on the ecology of the Ussuri mamushi Gloydius ussuriensis from Jeju island*, Korea, Ph. D. thesis. Jeju national university. pp. 40-49. [Korean Literature]
- Klug, PE, Jackrel, SL and With, KA (2010). Linking snake habitat use to nest predation risk in grassland bird: the dangers of shrub cover, *Oecologia*, 162, pp. 803-813.
- Kofron, CP (1978). Food and habitats of aquatic snake (Reptilia, Serpentes) in a Louisiana swamp, *J. of Herpetology*, 12(4), pp. 543-554.
- Lee, KJ, Lee, SD and Hong, SH (2002). Forest Ecosystems of Choensan County Park, *J. of ecology and field biology*. 2002(1): 65-69. [Korean Literature]
- Lee, SD (2009). Ecological studies of fauna in and around do-rim urban streams, *J. of Wetlands Research*. 11(3), pp. 105-113. [Korean Literature]
- Leyequien, E, Verrelst, J, Slot, M, Strub, GS, Heitkoinig, IMA and Skidmore, A (2007). Capturing the fugitive: Applying remote sensing to terrestrial animal distribution and diversity, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9, pp. 1-20.
- Lind, AJ and Welsh, HH (1994). Ontogenetic changes in foraging behavior and habitat use by the Oregon garter snake, *Thamnophis atratus hydrophilus*, *Animal Behaviour*, 48, pp. 1261-1273.
- Luiselli, L (2006). Resource partitioning and interspecific competition in snakes: the search for general geographical and guild patterns, *Oikos*, 114, pp. 193-211.
- Luiselli, L, Filippi, E and Lena, ED (2007). Ecological Relationship between Sympatric *Vipera aspis* and *Vipera ursinii* in High-Altitude Habitats of Central Italy, *J. of Herpetology*, 41(3), pp. 378-384.
- Madison, DM (1997). The emigration of radio-implanted spotted salamanders, *Ambystoma maculatum*, *J. of Herpetology*, 31, pp. 542-552.
- Mattison, C (1995). The encyclopedia of snake, Blandford, London, UK. pp. 70-93.
- Orians, GH and Wittenberger, JF (1991). Spatial and temporal scales in habitat selection, *The American Naturalist*, 137, pp. 29-49.
- Pough, FH, Andrews, RM, Cadle, JE, Crump, ML, Savitzky, AH and Wells, DK (2004). *Herpetology*. 3rd ed. PrenticeHall, pp. 1-726.
- Pough, HF (2007). Amphibian biology and husbandry, *Laboratory Animal Research Journal*, 48(3), pp. 203-213.
- Reinert, HK (1984). Habitat separation between sympatric snake populations, *Ecological society of America*, 65(2), pp. 478-486.
- Richter, S, Young JE, Seigel, RA and Johnson, GN (2001). Postbreeding movement of the dark gopher frog, *Rana sevosia* Goin and Netting: implications for conservation and management, *J. of Herpetology*, 35, pp. 316-321.
- Santos, X, Brito, JC, Sillero, N, Pleguezuelos, JM, Llorente, GA, Fahd, S and Parellada, X (2006). Inferring habitat-suitability areas with ecological modelling techniques and GIS: A contribution to assess the conservation status of *Vipera latastei*, *Biology conservation*, 130, pp. 416-425.
- Scali, S, Mangiacotti, M, Sacchi, R and Gentilli, A (2011). A Tribute to hubert Saint Girons: niche separation between *Vipera aspis* and *V. berus* on the basis of distribution models, *Amphibian-Reptile*, 32, pp. 223-233.
- Sinsch, U (1990). Migration and orientation in anuran amphibians, *Ethology Ecology and Evolution*, 2, pp. 65-79.
- Semlitsch, RD (1998). Biological delineation of terrestrial buffer zones for pond-breeding salamanders, *Conservation Biology*, 12, pp. 1113-1119.
- Semlitsch, RD and Bodie, JR (2003). Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles, *Conservation Biology*, 17(5), pp. 1219-1228.
- Shim, JH, Son, YJ, Lee, SS, Pack, KS, Oh, HB and Pack, YD (1998). Ecology study on poisonous snake and investigation of the venom characteristics, snake

- biting frequency in Korea, *J. of ecology and field biology*, 1998(1), pp. 58-77. [Korean Literature]
- Stamps, JA (2001). Habitat selection by dispersers: integrating proximate and ultimate approaches. In Clobert, J, Danchin, E, Dhondt, AA and Nichols, JD. *Dispersal*. (eds.), pp. 230-242. New York: Oxford University Press.
- Vitt, LJ (1987). Communities. In: Seigel, RA, Collins, JS and Novak, SS (eds.), *Snakes: ecology and evolutionary biology*, MacMillan, pp. 335-365.
- Wasko DK and Sasa M (2012). Food resource influence spatial ecology, habitat selection, and foraging behavior in an ambush-hunting snake (Viperidae: *Bothrops asper*): an experimental study, *Zoology*, 115, pp. 179-187.
- White, TCR (1978). The importance of a relative shortage of food in animal ecology, *Oecologia*, 33, pp. 71-86.
- Zuffi, MAL and Bonnet, X (2009). Italian subspecies of the asp viper, *Vipera aspis*: Patterns of variability and distribution, *Italian Journal of Zoology*, 66(1), pp. 87-95.

○ 논문접수일 : 2013년 11월 15일

○ 심사의뢰일 : 2013년 11월 21일

○ 심사완료일 : 2014년 01월 09일