

생물다양성 보존을 위한 강원도 계방산 지역 양서·파충류의 종다양성 및 군집분석에 관한 연구^{1*} 심재한²·정규희³

Studies on the Herpetofauna for the Biodiversity Conservation of Population Community Analysis and Species Diversity in the Gyeongsang Area Kangwondo^{1*}

Jae-Han Shim², Kyu-Hoi Chung³

요 약

계방산 일대에서 채집 및 관찰된 양서류는 2목 5과 9종이었으며, 파충류는 2아목 3과 10종이었다. 양서류 중에서 무당개구리(*Bombina orientalis*)가 우점종으로 조사지역 전역에서 출현하였으며, 계방산 지역의 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*)는 여타의 지역에 비하여 밀도가 높았다. 산개구리(*Rana dybowskii*)는 수청골 계곡의 고인물에 다수의 유생을 발견할 수 있었다. 그리고 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 산개구리(*Rana dybowskii*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychodactylus fisheri*), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*), 두꺼비(*Bufo bufo gargarizans*) 등 5종의 특정야생동물이 확인되었고, 또한 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*) 등 2종의 한국고유종이 발견되었다. 파충류는 10종이 확인되었는데 그중 도마뱀(*Scincella laterale laterale*), 능구렁이(*Dinodon rufozonatus rufozonatus*), 살모사(*Agkistrodon brevicaudus*), 까치살모사(*Agkistrodon saxatilis*), 대륙유혈목이(*Amphisma vibakari ruthveni*) 그리고 무자치(*Enhydryis rufodorsata*) 등 6종의 특정야생동물이 확인 되었다. 수청골일대에서는 도마뱀과 아무르장지뱀의 집단서식지가 발견되었으며, 아무르장지뱀의 전체 서식밀도는 36마리/ha로 높은 밀도를 나타내었다. 1995년 5월과 7월에 도로 위에 압사된 개체수는 10종 404개체로 주로 1, 2, 3, 4 Station에서 발견되었는데, 양서·파충류의 이동을 원활히 하고 다양성을 유지하기 위해서는 소형관거를 도로 밑으로 설치하여야 한다. 꼬리치레도롱뇽의 유생 시기와 성체 생활장소의 이동거리는 500m 정도이며, 주로 서식하는 장소는 토질에 수분이 많이 함유된 활엽수림이 極相을 이루는 지역이었다.

주요어 : 양서·파충류, 생물다양성, 이동통로, 종다양성, 강원도 계방산

ABSTRACT

Amphibian and Reptilian specimens which were surveyed in Gyeongsang during both from Apr. 26, 1995 to Oct. 15, 1995 and from Apr. 13, 1996 to July 28, 1996 were observed 9

* 본 논문은 임업연구원 생물다양성연구와 일부 경기대학교 연구비지원에 의한 결과임

1 접수 3월 12일 Received on Mar. 12, 1997

2 서울대학교 환경계획연구소 Environmental Planning Institute Seoul Nat'l Univ., Seoul, 151-741, Korea

3 경기대학교 생물학과 Dept. of Biology Kyounggi Univ., Suwon, 442-760, Korea

Species in 5 Families on 2 Orders and 10 Species in 3 Families, 5 Families, 9 Species and Reptiles were 2 Suborders, 3 Families on 2 Suborders, respectively. *Bombina orientalis* was revealed dominant species and *Bufo stejnegeri* was distributed abundant on this investigation area than other survey studies. Relatively large number of larvae of *Rana dybowskii* were found among the stream and small ponds at the Suchung-gol valley. There were 5 species of Specific wildlife species in Korea as *Hynobius leechii*, *Rana dybowskii*, *Onchodactylus fischeri*, *Bufo stejnegeri* and *Bufo bufo gargarizans*. Meanwhile *Bufo stejnegeri* were endemic species in Korea. 6 Species among 10 Species which were observed Reptiles in this survey *Scincella laterale laterale*, *Dinodon rufozonatus rufozonatus*, *Agkistrodon brevicaudus*, *Agkistrodon saxatilis*, *Amphiesma vibakari ruthveni* and *Enhydris rufodorsata* were Specific wildlife in Korea. *Scincella laterale laterale* and *Takydromus amuriensis* were habitated very abundant in Suchung-gol region. Habitat density of *Takydromus amuriensis* at Suchung-gol region was 36 individuals/ha. Total number of pressed to death individuals caused by press on the road from May to July, 1995 were 404 specimens in 10 Species.

The 1, 2, 3 and 4 Stations where were found the largest number of death individuals caused by press on the road should considered to construct Eco-corridor to reduced the death individuals with small pipes beneath the road as a migration route. *Onchodactylus fischeri* have around 500m as moving distance and home range for lifelong and it were the climax of broad-leaved tree and highly moisture area that abundantly region of *Onchodactylus fischeri*.

KEY WORDS : HERPETOFAUNA, BIODIVERSITY, ECO-CORRIDOR, SPECIES DIVERSITY, GYEBANGSAN

서론

계방산은 강원도 홍천군 내면 창촌리 일대와 홍천군 내면 광원리 그리고 평창군 용평면 노동리에 걸쳐서 위치하고 있는 태백산맥의 작은 지맥으로 해발 1,577m인 주봉을 중심으로 해발 1,200m 이상인 수개의 봉우리들이 연립해서 이 일대의 지형을 이루고 있다. 고도가 높기 때문에 인적이 드물고, 삼림식생이 비교적 잘 발달되는 등, 예로부터 동물상의 보전상태가 양호한 곳이다.

한편 양서류는 최초로 육상 생활을 한 척추동물로서 생물 진화학상 중요한 위치를 차지하고 있으며, 이들의 조상은 고생대의 데본기(약 4억 500만~3억 4,500만년 전)의 민물에서 서식하던 총기어류인 Eustenopteron으로 추정된다. 또한 파충류의 조상은 고생대의 석탄기(약 3억 4,500만~2억 8,000만년전)에 출현한 양서류와 중간형이라고 여겨지는 Seymouria류에서 갈라져 나온 것으로, 건조한 환경에 알을 낳고 생활할 수 있도록 진화하였다(심재한, 1996). 이상에서 볼때 양서류·파충류는 지구상에 일찌기 출현하여 현재까지도 번창하고 있는 동물군이다. 그러나 양서류는 형태와 생태 등의 변화가

다양하여 유생은 물에서 생활하고, 성체로 육상에서 생활하는 복잡한 생활사를 지니며, 또한 생물 군집에서는 먹이연쇄의 위치가 하위에서 상위로 바뀌는 큰 변화를 거친다. 더우기 투과성의 피부와 서식환경의 교란에 대한 민감성 등은 근래에 일어나고 있는 서식지 파괴, 산성비, 중금속의 오염 및 농약의 남용 등의 영향을 받아 크게 감소하고 있는 실정이다. 파충류는 비늘로 쌓인 단단한 피부로 건조한 환경에 적응이 잘 되었으나, 다양하게 분화되어, 특히 물에서 생활하는 분류군은 양서류와 같은 영향을 받지만, 육상 생활을 하는 분류군은 서식지 파괴와 농약에 의한 먹이원의 고갈 또는 독성물질의 농축에 의한 감소가 초래되고 있다(심재한, 1996).

자연생태계의 생태계적 구성요소는 흔히 생산자, 소비자, 분해자의 요소로 나누어지는데, 생태계내에서 조화된 비율로 존재하면서 먹이연쇄에 따라 물질과 에너지를 순환시키고 있다. 그러므로 만일 자연생태계내에서 어느 한 구성원의 비율이 많아지거나 줄어들 때는 자체 제어 기능에 따라 다시 일정한 비율로 들어가게 되는 동적 평형 상태에 들어가게 된다. 본 연구 조사지역인 계방산의 임상은 신갈나무가 주종으로 전나무, 분비나무 등의 혼효림을 형성

하고 저지대에는 소나무와 잡목림이 형성되어 양서·파충류가 서식하기에 양호한 환경을 갖추고 있다. 계방산 일대의 양서·파충류에 관한 보고는 1995년 환경부조사(백남극과 심재한, 1995)가 있으며, 계방산 인접지역에 대해서는 짐봉산(백남극과 심재한, 1984a), 설악산(백남극과 심재한, 1984b), 소금강(백남극, 1988), 발왕산(백남극과 심재한, 1992) 그리고 방태산(백남극 등, 1995; 심재한과 백남극, 1996) 등의 연구 보고가 있다.

본 연구의 목적은 계방산 일대의 양서·파충류를 대상으로 자연생태계에 대한 정밀조사를 실시하여, 종구성과 분포, 서식지와 종다양성, 그리고 출현종의 생물학적 표본추출법에 의한 생태측정을 실시하여 계방산 일대에 서식하는 양서·파충류상의 주기적인 다양성평가 및 모니터링을 위한 기초자료로 사용하고자 하며, 야생동물의 이동시기, 먹이원 이용 등의 기초자료가 부족한 상태에서 어떤 방식으로 통로를 개설할 것인가에 대한 자료를 제시하고자 본 지역을 대상으로 고정조사구를 설정하여 2년간 양서·파충류의 이동시기와 경로를 밝힘으로서 추후 신설도로 개설시 활용할 수 있도록 하였다.

조사지역, 기간 및 방법

1. 조사지역

(1) 선조사 방법(Line censuses)에 의한 전체 종목록 및 개체수 확인을 위한 조사지역은 Figure 1과 같으며, 조사 경로는 4개지역 총 26km이다.

- 1) 홍천군 내면 창촌 → 대한동 수청골일대(6km)
- 2) 진부면 속사천 → 아랫삼거리(9km)
- 3) 계방천 → 소한동 일대(4km) 4) 운두령 정상 → 계방산(7km)

(2) 고정조사구내 양서·파충류 생태통로(Eco-Corridor)에 대한 적합성 여부 조사와 계방산 수청골 6부 능선 1ha의 정밀조사지는 Figure 2, Figure 3과 같다.

- 1) 양서·파충류 생태통로(Eco-Corridor)에 대한 적합성 여부 조사 구간은 계방산 수청골계곡의 포장도로 2km임(200마다 정방향으로 10개 지점 분할)(Figure 2).
- 2) 계방산 수청골 6부 능선 1ha의 정밀조사지(17개 Pitfall Trap 설치)위치 및 경계말뚝 위치도(Figure 3).

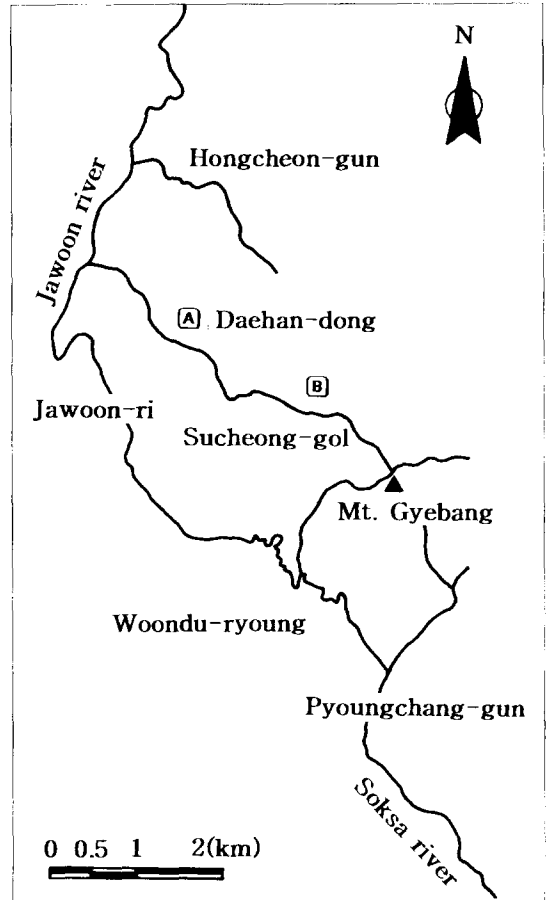


Figure 1. Map of portion of Mt. Gyebang showing the census route where censuses were conducted. A: Eco-corridor survey area B: Migration route survey area

2. 조사기간

(1) 1995년 조사

1995년 조사는 1995년 4월 26일부터 10월 15일까지 7회 그리고 1996년에는 4월 13일부터 7월 28일까지 4회에 걸쳐 총 11회에 걸쳐 조사를 실시하였다.

3. 조사방법

(1) 채집 및 동정

1) 직접확인 방법

① 양서류

양서류 중 무미류(無尾類, 개구리류)는 포충망과

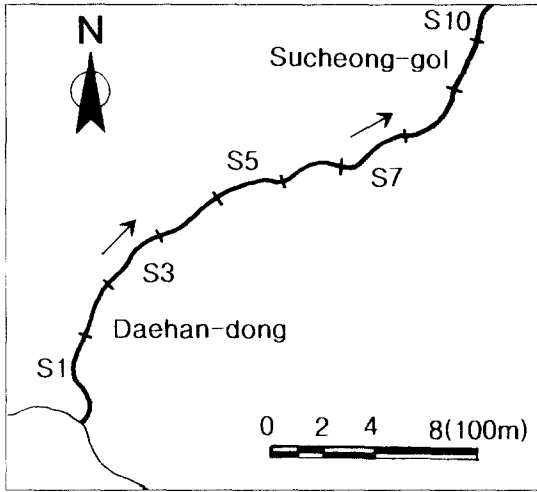


Figure 2. The fixed investigation area for Eco-corridor survey

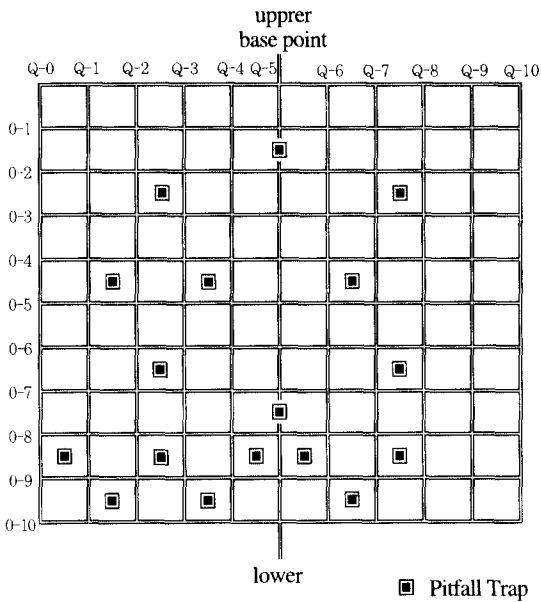


Figure 3. The square of boundary post and ensnared pitfall traps in the migration route of investigation area

죽대를 사용하여 계곡과 지천에서 채집하고, 등산로에서는 좌우 10m 정도를 기준으로 이동 중인 개체와 돌 밑 혹은 숲속에 은신하고 있는 종과 개체수를 확인 하였다. 유미류(有尾目, 도롱뇽류)의 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 웅덩이에 물이 고여 있거나, 흐르는 계곡에서 작은 바위를 들추어 유생을 확인하고,

성체는 저지대와 고지대의 음지의 활엽수림에 쓰러져 있는 고목을 들추거나, 바위틈과 낙엽밑에서 확인하였다.

② 파충류

파충류 중에서 장지뱀류와 도마뱀류는 목정밭과 경작지 주변 그리고 도로변과 등산로옆의 돌을 들추어 확인하고, 사류(蛇類)는 저지대의 야산 임연부일대, 목정밭, 등산로 주변에서 뱀집개와 곤충채집용 포충망을 이용하여 채집하였다.

2) 간접확인 방법

간접확인 방법으로는 야간에 양서류가 밀집하는 논부근과 수로에서 울음소리로 종을 식별하였고, 양서류는 3년 이내 그리고 파충류는 최근 5년 이내에 확인 및 출현한 종들에 대하여 청문조사를 실시하였다. 한편 본 조사 기간 중에 채집 및 관찰이 불가능하였던 종들에 대해서는 강원도 홍천군 내면에 있는 부일약초건강원을 방문하여 계방산 일대에서 수집된 사류(蛇類)를 확인하는 방법으로 조사를 병행하였다.

(2) 수질 환경조사

수온(Water temperature: W.T.), 기온(Atmosphere: A.T.), 수소이온농도(pH), 혼탁도(Turbidity: TURB), 전기전도도(Conductivity: COND.), 용존산소량(Dissolved Oxygen: DO) 등 수질의 화학적 환경요인은 현장에서 HORIBA B-112로 5회이상 반복하여 측정후 평균값을 이용하여 비교하였다.

(3) 고정조사구 조사방법

1) 양서·파충류 생태통로(Eco-Corridor) 조성에 대한 적합성여부 조사를 수청골 계곡 일대의 포장도로(2km)를 대상으로 200m 간격으로 고정 조사지역을 구획하고, 양서류 산란 전·후 시기인 5월부터 7월까지 월 1회씩 3회에 걸쳐 도로 위에 압사된 개체를 확인하고 주변의 환경을 조사하였다. 또한 방벽, 관거의 유무 등 주변의 인위적인 요인을 분석하였다.

2) 수청골 일대 1ha의 조사구 내에서 1995년도에 설치하여 예비조사한 결과에 의하여 22개의 함정 트랩(Pitfall Trap)을 설치하여 꼬리치레도롱뇽의 이동경로 등을 조사하고, 고정조사구 내의 식생, 경사도 등을 조사하여 대상 종의 선호 환경을 분석하였다.

(4) 결과 분석

1) 생물학적 표본추출법에 의한 생태측정

① 우점도(Dominance Index: DI): 각 조사 지점별로 출현하는 전체 총 개체수를 기록하여 우점도를 산출하였다(McNaughton, 1967).

$$DI = ni/N$$

DI: 우점도 지수, N: 총개체수, ni: 제 i 번째 종의 개체수

② 종다양도(Biodiversity Index: H'): Margalef(1968)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Weaver 함수(Pielou, 1966)를 사용하여 산출하였다.

$$H' = - \sum Pi (\ln Pi)$$

H': 다양도, S: 전체 종수, Pi: i 번째에 속하는 개체수의 비율 (ni/N)으로 계산

(N: 군집내의 전 개체수, ni: 각 종의 개체수)

③ 균등도(Evenness Index: E): 균등도는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현된다. 각 다양도 지수는 군집내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도지수는 군집내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou(1975)의 식을 사용하여 산출하였다.

$$E = H' / \ln(S)$$

E: 균등도, H': 다양도, S: 전체 종수

④ 종 풍부도(Richness Index: RI): 종 풍부도 지수는 총 개체수와 총 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서 지수값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것을 전제로 하고 있다. 본 연구에서는 대표적인 지수인 Margalef(1958)의 지수를 사용하여 산출하였다.

$$RI = (S-1)/\ln(N)$$

RI: 풍부도, S: 전체 종수, N: 총 개체수

⑤ 상대밀도(Relative density: RD)

$$= \frac{\text{특정종의 개체수}}{\text{우점종의 개체수}} \times 100(\%)$$

⑥ 군집 유사도지수(Index of Community Similarity)(Pielou, 1966)

$$Cs = 2C / S1 + S2$$

S1: A 지역의 출현종, S2: B 지역의 출현종, C: 공통종

⑦ 법적보호종(특정 야생동물)의 출현 빈도에 따

른 위험도 평가: 출현빈도에 따른 종 풍부도 및 위험도 평가는 Patton(1992)의 방법에 의하여 본 지역에 출현한 양서류·파충류 11종에 대해서 출현빈도에 따른 풍부도, 확률 및 위험도를 평가하였다.

⑧ 양서류·파충류의 수직 및 수평서식지 분포: 조사 대상지역에 서식하는 양서류·파충류의 수직 및 수평적 분포는 매회 관찰되거나 채집되는 종의 위치에서 좌표와 고도계로 고도를 측정하고 출현 및 채집된 위치를 지도에 표시하여 수직 및 수평적 종 분포 상태를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 생물다양성 분석

(1) 조사대상지역 수계의 수질 환경분석

본 조사지역에서 5회 측정된 후 얻어진 수 환경분석의 평균값은 Table 1과 같으며, 하천의 물리·화학적 환경요인 중에서 pH(수소이온농도)와 DO(용존 산소량)는 두 하천이 유사한 수치를 나타내었으나, 혼탁도(TURB.)에 있어서는 계방천 일대에서 다리 보수 공사(1995년 6월~1995년 10월)가 이루어지고 있어 속사천에 비하여 혼탁도가 심하였으나, 보수 공사가 완료되면 정상적인 수질 상태를 보일 것으로 추측된다. 또한 온도와 DO와의 정상적인 관계를 비교한 결과, 다소 용존산소량이 적어 보이는 하나 양서류의 유생이 서식하기에는 적합한 장소라 사료된다.

(2) 조사지역의 출현종 목록, 개체수 및 동물 지리학적 분포

강원도 계방산 일대의 양서류·파충류 목록과 종의 동물 지리학적 분포현황은 Table 2와 같으며, 관찰 및 채집된 개체수는 Table 3과 같다. Table 2에서 양서류는 9종 1,003개체가 확인되었고, 전체 9종 중에서 무당개구리(*Bombina orientalis*)가 783개체로 우점종으로 조사 대상지역의 전역에서 출현하였다. 또한 전국적으로 희소하여 법적보호종으로 지정되어 있는 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*)는 86개체가 발견되어 계방산 지역에서는 여타의 지역에 비하여 밀도가 높았다. 산개구리(*Rana dybowskii*)는 하천변 고인물에 다수의 유생을 발견할 수 있었다. 그리고 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 산개구리(*Rana dybowskii*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychod-*

Table 1. Environmental water factors of the surveyed stations

Station	pH	COND. (μ hos/cm)	TURB. mg/l	DO ($^{\circ}$ C)	W.T. ($^{\circ}$ C)	A.T. ($^{\circ}$ C)	SAL.(%)
Socksa	7.37	0.033	8.92	8.62	15.3	21.5	0.00
Gyebang	7.47	0.125	25.34	8.26	15.9	20.3	0.00

* COND.: Conductivity, TURB.: Turbidity, DO: Dissolved oxygen, W.T.: Water temperature, A.T.: Atmosphere temperature, SAL.(%): Salinity

Table 2. List of Amphibian and Reptiles and geographical distribution status at Gyebangsan area

Species	Geographical distribution status
Amphibian(개구리綱: 兩棲綱)	
I. Caudata(도롱뇽目: 有尾目)	
1. Hynobidae(도롱뇽科)	
도롱뇽(<i>Hynobius leechii</i>)	①
꼬리치레도롱뇽(<i>Onychodactylus fisheri</i>)	②④
II. Salientia(개구리目: 無尾目)	
2. Discoglossidae(무당개구리科)	
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	②
3. Bufonidae(두꺼비科)	
두꺼비(<i>Bufo bufo gargarizans</i>)	②④
물두꺼비(<i>Bufo stejnegeri</i>)	①④
4. Hylidae(청개구리科)	
청개구리(<i>Hyla japonica</i>)	②
5. Ranidae(개구리科)	
산개구리(<i>Rana dybowskii</i>)	②④
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	②
옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)	②
Reptiles(뱀綱: 爬蟲綱)	
I. Squamata(뱀目: 有鱗目)	
1. Lacertilidae(장지뱀科)	
아무르장지뱀(<i>Takydromus amurensis</i>)	②
2. Scincidae(도마뱀科)	
도마뱀(<i>Scincella laterale laterale</i>)	③④
3. Colubridae(뱀科)	
누룩뱀(<i>Elaphe dione</i>)	②
무자치(<i>Enhydris rufodorsata</i>)	②④
유헬목이(<i>Rhabdophis tigrinus tigrinus</i>)	②
능구렁이(<i>Dinodon rufozonatus rufozonatus</i>)	③④
대륙유헬목이(<i>Amphiesma vibakari ruthveni</i>)	②④
4. Viperidae(Crotalidae)(살모사科)	
살모사(<i>Agkistrodon brevicaudus</i>)	②④
쇠살모사(<i>Agkistrodon ussuriensis</i>)	②
까치살모사(<i>Agkistrodon saxatilis</i>)	②④

①:Endemic species, ②:Oriental species, ③:Palearctic species, ④:Specific wildlife species

Table 3. Collection and observations species individuals of plots of eco-corridor at Gyeongbongsan

Species	Coll.	Obs.	Call	Total	Remark
I. Amphibian					
<i>Hynobius leechii</i>	9(3)	2	14	*()	
<i>Onychodactylus fisheri</i>	39	39			
<i>Bufo stejnegeri</i>	32(11)	43	86	*()	
<i>Bufo bufo gargarizans</i>	(1)	3	4	*()	
<i>Rana dybowskii</i>	13(6)	13	32	*()	
<i>Bombina orientalis</i>	43(372)	368	783	*()	
<i>Rana rugosa</i>	2	1	3		
<i>Hyla japonica</i>	20(5)	4	2	31	*()
<i>Rana nigromaculata</i>	8	3	11		
9 species	166(398)	437	2	1,003	
II. Reptiles					
<i>Scincella l. lateralis</i>	23	6	29		
<i>Takydromus amurensis</i>	28	8	36		
<i>Elaphe dione</i>	5(3)	8	*()		
<i>Rhabdophis t. tigrinus</i>	5	1	6		
<i>Agkistrodon brevicaudus</i>	1(1)	2	*()		
<i>Agkistrodon ussuriensis</i>	7(1)	8	*()		
<i>Agkistrodon saxatilis</i>	1	1	2		
<i>Dinodon r. rufozonatus</i>	1(1)	2	*()		
<i>Amphiesma v. ruthveni</i>	3	3			
<i>Enhydryis rufodorsata</i>	2	2			
10 species	74(6)	18	98		

*(): Number of death individuals on the the road

Coll.: Collection numbers, Obs.: Observation numbers, Call.: Mating Call

actylus fisheri), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*), 두꺼비(*Bufo bufo gargarizans*) 등 5종의 우리나라 법적보호종이 확인되었다. 또한 특이한 것은 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*) 등 2종의 한국고유종이 발견되었다. 한편 파충류는 10종 98개체가 확인되었으며, 도마뱀(*Scincella laterale laterale*), 능구렁이(*Dinodon rufozonatus rufozonatus*), 살모사(*Agkistrodon brevicaudus*), 까치살모사(*Agkistrodon saxatilis*), 대륙유혈목이(*Amphiesma vibakari ruthveni*), 무자치(*Enhydryis rufodorsata*) 등 6종의 법적보호종이 확인되었다. 수청골 일대에서는 도마뱀(*Scincella laterale laterale*)과 아무르장지뱀(*Takydromus amurensis*)의 집단 서식지가 발견되었으며, 전체적인 서식밀도는 36마리/ha로 높은 밀도를 나타내었다.

채집 및 확인된 양서류 개체수 중에서 특이한 것은 계방산 수청골 진입도로(2km 포장도로) 위에서 자동차에 치어 죽은 개체를 흔히 발견할 수 있었는데, 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*) 11개체, 산개구리(*Rana dybowskii*) 6개체, 도롱뇽(*Hynobius leechii*) 3개체, 청개구리(*Hyla japonica*) 5개체 그리고 무당개구리(*Bombina orientalis*) 372개체 등 총 398개체가 죽어있는 것을 확인할 수 있었으며, 또한 파충류는 누룩뱀(*Elaphe dione*) 3개체, 살모사(*Agkistrodon brevicaudus*) 1개체, 쇠살모사(*Agkistrodon ussuriensis*) 1개체 등, 총 3종 5개체가 이동 중에 치어 죽은 것을 관찰하였다.

이상의 결과로 보아 양서류 중에서 무당개구리가 가장 많이 치어 죽은 원인 중의 하나는 무당개구리는 여타의 개구리류보다 뒷다리의 점프력도 떨어지며 이동속도에서 떨어짐을 알 수 있었다.

Table 4. Ecological analysis of Amphibian and Reptiles at Gyeongbongsan

Species	Dominance	Relative dom.	Remarks
	(Dom. %)	(R.D. %)	
I. Amphibian			
<i>Hynobius leechii</i>	1.39	1.78	
<i>Onychodactylus fisheri</i>	3.88	4.98	
<i>Bufo stejnegeri</i>	8.57	10.98	
<i>Bufo bufo gargarizans</i>	0.39	0.51	
<i>Rana dybowskii</i>	3.19	4.08	
<i>Bombina orientalis</i>	78.06	100.00	
<i>Rana rugosa</i>	0.29	0.38	
<i>Hyla japonica</i>	3.09	3.95	
<i>Rana nigromaculata</i>	1.09	1.40	
	Diversity index	H' = 0.8960	
	Richness	R = 1.1576	
	Evenness	E = 0.4078	
II. Reptile			
<i>Scincella l. laterale</i>	29.59	80.55	
<i>Takydromus amurensis</i>	36.73	100.00	
<i>Elaphe dione</i>	8.16	22.22	
<i>Rhabdophis t. tigrinus</i>	6.12	16.66	
<i>Agkistrodon brevicaudus</i>	2.04	5.55	
<i>Agkistrodon ussuriensis</i>	8.16	22.22	
<i>Agkistrodon saxatilis</i>	2.04	5.55	
<i>Dinodon r. rufozonatus</i>	2.04	5.55	
<i>Amphiesma v. ruthveni</i>	3.06	8.33	
<i>Enhydris rufodorsata</i>	2.04	5.55	
	Diversity index	H' = 1.7327	
	Richness	R = 1.9629	
	Evenness	E = 0.7525	

(3) 생물학적 표본추출법에 의한 생태학적 분석

계방산 지역에서 확인된 양서류·파충류 19종 1,101개체에 대하여 생물학적 분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 양서류 중에 무당개구리가 우점도 78.06% 로 가장 높게 나타났고 두꺼비(*Bufo bufo gargarizans*)가 0.29%로 가장 적은 밀도로 나타났다. 전체 양서류 종다양도 지수는 H' = 0.8960, Richness = 1.1576, Evenness = 0.4078로 나타났다. 한편 파충류에 있어서 아무르장지뱀은 36.73%의 우점도로 10종 중에서 가장 밀도가 높았으며, 무자치(*Enhydris rufodorsata*), 능구렁이(*Dinodon r. rufozonatus*)와 살모사(*Agkistrodon*

brevicaudus)는 2.04%로 가장 적었다. 전체 종다양도 지수 H' = 1.7327, Richness = 1.9629, Evenness = 0.7525로 경기도 광릉의 양서류 H' = 1.651, 파충류 H' = 1.846 그리고 경남 금산의 양서류 H' = 1.671, 파충류 H' = 2.061 보다 다소 다양도가 적게 나타났다(심재한, 1996).

(4) 군집 유사도 지수(Index of Community Similarity)

강원도 계방산에서 조사 보고된 기존의 문헌과 인접지역의 양서류·파충류상과의 유사도 정도를 분석하기 위하여 유사도 지수를 산출하고 Dendrogram을 작성한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Compared Amphibian and Reptiles in Gyebangsan with adjacent region

Species	A	B	C	D	E	F
<i>Hynobius leechii</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Onychodactylus fisheri</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Bufo stejnegeri</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Bufo bufo gargarizans</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Rana dybowskii</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Bombina orientalis</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Rana rugosa</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Hyla japonica</i>	●	●	●	●		
<i>Rana nigromaculata</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Rana amurensis coreana</i>	●					
<i>Scincella l. laterale</i>	●	●			●	
<i>Takydromus amurensis</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Takydromus wolteri</i>	●					
<i>Takydromus auroralis</i>	●					
<i>Elaphe schrenckii</i>	●	●	●	●		
<i>Elaphe dione</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Rhabdophis t. tigrinus</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Agkistrodon brevicaudus</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Agkistrodon ussuriensis</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Agkistrodon saxatilis</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Zamenis spinalis</i>	●	●	●			
<i>Dinodon r. rufozonatus</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Amphiesma v. ruthveni</i>	●	●	●		●	●
<i>Enhydris rufodorsata</i>	●	●	●		●	●
Total	19	20	20	16	23	19

* A: Gyebangsan, B: Jumbongsan, C: Balwangsan, D: Jingdong valley, E: Seoracksan, F: Bangtaesan

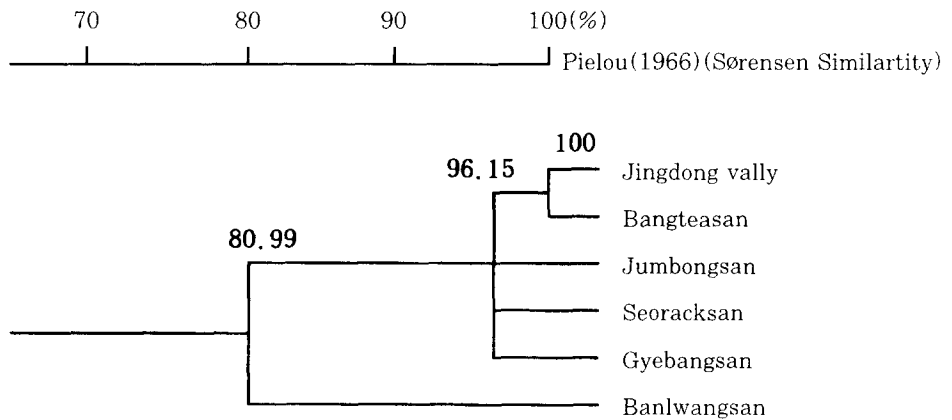


Figure 4. Dendrogram of community similarity Gyebangsan and adjacent region

Table 5에서 계방산(20종), 점봉산(27종), 발왕산(20종), 진동계곡(16종), 설악산(23종) 및 방태산(19)으로 계방산을 포함한 강원도 인접 지역의 양서·파충류는 평균 19종에 달하고 아무르산개구리

(*Rana amurensis coreana*), 장 지 뱀 (*Takydromus auroralis*), 줄 장 지 뱀 (*Takydromus wolteri*) 3종은 설악산지역에서만 발견되는 종이였다. 대륙유혈목이(*Amphiesma*

Table 6. Estimated abundance of Amphibian and Reptiles based on frequency of occurrence

Species	Frequency		Pro.	Abu.	*Remark
	Obs./Try				
I. Amphibian					
<i>Hynobius leechii</i>	< 1/10		< 10%	V.R	Amph. - 1
<i>Onychodactylus fisheri</i>	8/10		> 80%	V.A	Amph. - 2
<i>Rana dybowskii</i>	5/10		50%	C.O	Amph. - 5
<i>Bufo bufo gargarizans</i>	1/10		< 10%	V.R	Amph. - 6
<i>Bufo stejnegeri</i>	5~6/10		51~60%	C.O	Amph. - 7
II. Reptiles					
<i>Scincella l. laterale</i>	7~ 8/10		71~80%	A.B	Rept. - 2
<i>Agkistrodon brevicaudus</i>	2/10		20%	R.A	Rept. - 10
<i>Agkistrodon saxatilis</i>	5~6/10		51~60%	A.B	Rept. - 9
<i>Dinodon r. rufozonatus</i>	2/10		20%	R.A	Rept. - 6
<i>Amphiesma v. ruthveni</i>	3/10		30%	R.A	Rept. - 3
<i>Enhydryis rufodorsata</i>	<1/10		<10%	V.A	Rept. - 8

* Very abundant(V.A), Abundant(A.B), Common(C.O), Uncommon(U.C), Rare(R.A), Very rare(V.R), Pro.(Probability), Abu.(Abundance)

* Remark: specified wildlife

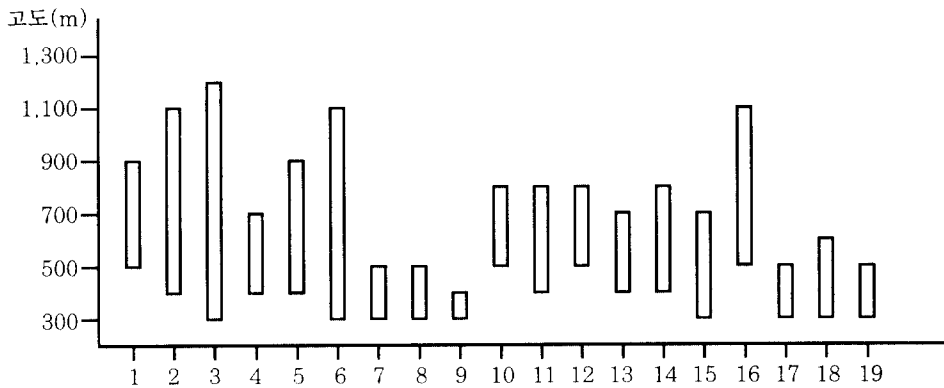


Figure 5. Vertical distribution of Amphibian and Reptiles in Gyeongbongsan

1. *Hynobius leechii*, 2. *Onychodactylus fisheri*, 3. *Bufo bufo gargarizans*, 4. *Bufo bufo gargarizans*
5. *Rana dybowskii*, 6. *Bombina orientalis*, 7. *Rana rugosa*, 8. *Hyla japonica*, 9. *Rana nigromaculata*, 10. *Scincella l. lateralis*, 11. *Takydromus amurensis*, 12. *Elaphe dione*, 13. *Rhabdophis tigrinus tigrinus*, 14. *Agkistrodon brevicaudus*, 15. *Agkistrodon ussuriensis*, 16. *Agkistrodon saxatilis*, 17. *Dinodon r. rufozonatus*, 18. *Amphiesma vibakari ruthveni*, 19. *Enhydryis rufodorsata*

vabakari ruthveni)와 무자치 (*Enhydris rufodorsata*)는 진동 계곡에서는 발견되지 않는 종이었다.

상기의 결과를 토대로 각 집단을 대상으로 군집 유사도 지수를 산출하여 Cluster한 결과는 Figure 4와 같다.

Figure 4에서 보는 바와 같이 6개 지역 중에 진동계곡과 방태산이 100%의 유사도를 나타내었는데 이는 두 지역간에 거리의 차이가 거의 없기 때문이라 사료되며, 다음으로는 점봉산, 설악산, 계방산이 하나의 그룹으로 그리고 발왕산 지역이 별도의 유사도를 나타내었다.

(5) 법적보호종의 출현빈도에 따른 위협도 평가

학술적으로 보호할 가치가 있거나 멸종위기에 처할 우려가 있는 야생동물로서 자연생태계의 균형유지와 멸종위기에 처하는 것을 방지하기 위하여 고시된(환경보전법 제3조, 제4조, 1993) 양서·파충류 22종 중에 본 지역에서 출현한 11종에 대해서 Patton(1992)의 방법에 의한 출현빈도에 풍부도 및 위협도를 평가한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6에서 한국 특산종이면서 법적보호종인 물두꺼비는 관찰/시도(5~6/10), 확률(51~60%)로 계방산 지역에서는 서식밀도가 높은 것으로 나타났으며 도롱뇽, 두꺼비는 10%미만의 출현빈도를 나타내었다. 한편 전국적으로 희귀한 도마뱀은 7~8/10(71~80%)의 높은 출현빈도를 보였다.

(6) 수직 및 수평서식지 분포

1) 수직 서식지 분포

조사대상지역에 서식하는 양서·파충류의 수직 분포는 매회 관찰되거나 채집되는 종의 위치에서 좌표와 고도계로 고도를 측정하여 수직 종 분포상태를 분석하였다(Figure 5).

Figure 5에서 보는 바와 같이 계방산 지역은 고산지대로 고산성 종들이 많이 출현하였다. 물두꺼비 (*Bufo stejnegeri*)는 저지대의 300m 에서 정상부인 1,200m 까지 나타났고, 주로 눈 부근에 서식하는 참개구리(*Rana nigromaculata*)도 300m 에서 400m 부근까지 발견되었다.

2) 수평 서식지 분포

조사대상지역에 서식하는 양서·파충류의 수평적 서식지의 분포는 Figure 6과 같다.

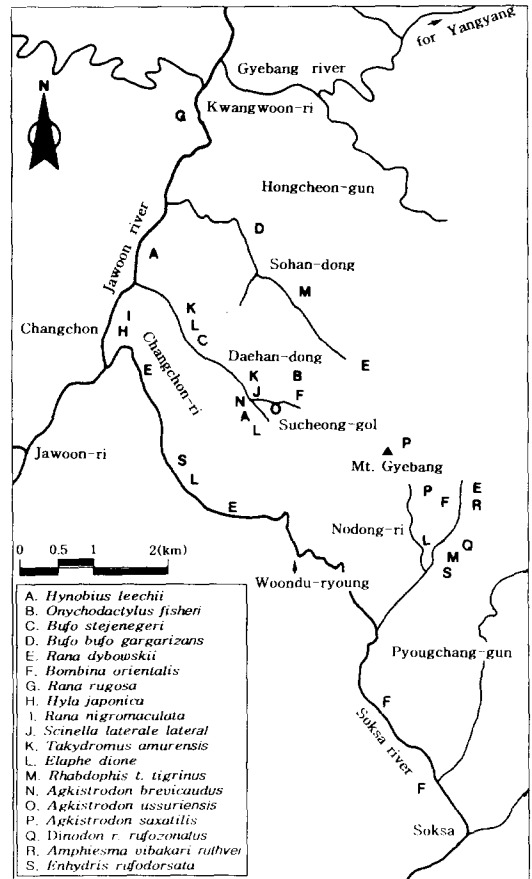


Figure 6. Horizontal distribution of Amphibian and Reptiles in Gyeonggi-do

2. 생태통로(Eco-corridor) 모델화

(1) 각 지점별, 월별 이동 종 현황

양서·파충류 이동통로(Eco-Corridor) 조성에 대한 적합성 여부 조사를 수청골 계곡 일대의 포장도로와 비포장도로를 대상으로 200m 간격으로 조사지역을 구획하고 5~8월까지 월 1회씩 4회에 걸쳐 도로위에 압사된 개체를 확인·조사한 결과 월별로 각 지점을 이동하다가 압사된 종 및 개체수 Figure 7, Figure 8, Figure 9와 같다.

1996년 5월에서 7월까지 대한동 포장도로(2km) 위에서 압사된 총 개체수는 10종 404개체였는데 Fig. 10에서 보는 바와 같이 주로 압사된 지점은 Station 1, 2, 3 그리고 4의 4개 지역으로 총 229개체가 압사되어 전체에서 56%를 차지하였다. 그에

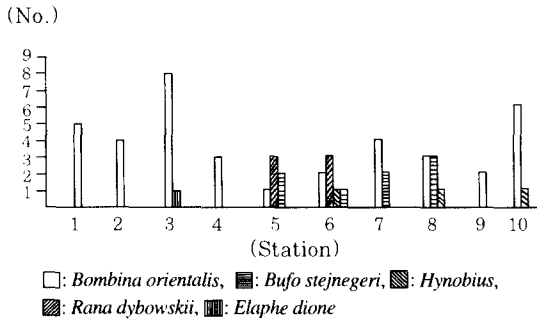


Figure 7. Number of death species and death individuals caused to press on the road at each station of May period

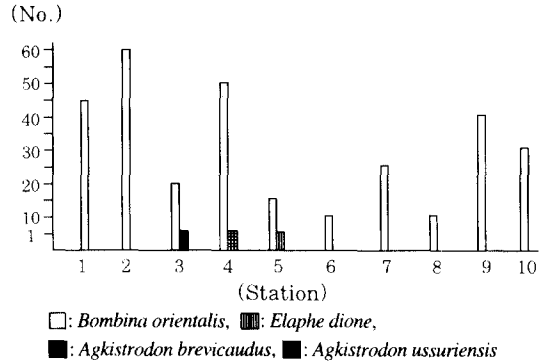


Figure 8. Number of death species and death individuals caused to press on the road at each station of June period

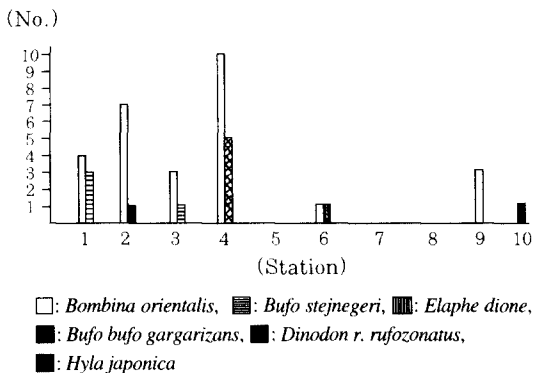


Figure 9. Number of death species and death individuals caused to press on the road at each station of July period

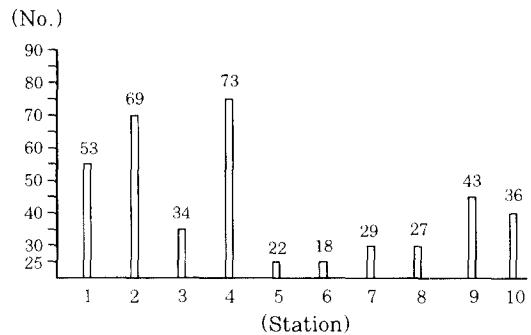


Figure 10. Total number of death individuals caused to press on the road at each stations from May to July period

비해 Station 5와 6에서는 40개체가 치어 죽어 다소 적은 개체수가 압사되었음을 알 수 있었다.

(2) Station별 주변 환경 분석

위 두지역의 환경을 분석·비교하여 보면 다수가 압사된 지점의 경우 우측은 경사가 심한 산의 산사태를 막기 위하여 배수구가 없는 옹벽이 설치되어 있고, 좌측에는 바로 하천과 이어지고 있어, 이동 도중 옹벽 바로 밑에 도로가 연결되어 여러 마리가 압사되었다. 이해 비해 적게 압사된 지점의 경우 좌측은 강, 우측의 경우 산 임면부에 웅덩이가 있었고, 배수구가 설치되어 있어 도로를 횡단하지 않고도 이 웅덩이에 산란을 하고, 차량으로부터 상대적으로 위

험에 노출되는 개체수가 적기 때문이라 추측된다. 또 다른 면은 위험에 노출되는 절대 시간적 차이에 의해서 압사되는 개체수의 차이를 보이기도 함을 알 수 있다. 생태통로 분석을 위한 각 지점의 주변 환경 요인은 Table 7과 같다.

(3) 생태통로(Eco-corridor) 조성 방안

산림은 생물다양성의 원천이며, 인근 지역의 유전자 풀(Gene pool) 감소에 대한 지속적으로 종을 공급할 수 있는 지역이다. 이들 지역은 가급적 서식지의 단편화를 막고 기존의 단편화된 서식지들은 유기적으로 연결하여 보호하여야 한다. 이미 야생동물의 서식지가 도로 및 건축물 등에 의해서 단절된 지역

Table 7. Marginal environmental factor of Amphibian and Reptiles eco-corridor survey areas

Stations	Right environment	Left environment
1	Field, House	River, Field
2	House, Protective wall, Inclined hill	River-Hill
3	Field, Protective wall, Inclined hill	River
4	Field, House	Field, House, River
5	Desert field	Desert field, River
6	Drain road, Desert field	Desert field, River
7	Dirsert field, Puddle-hill	River
8	Dirsert field, Puddle-hill	River
9	Drain road · field	River-hill
10	Field- house- hill	River-hill

은 터널 또는 육교형의 통로 또는 동물 이동박스를 설치하여야 한다. 양서 · 파충류의 서식, 월동 및 번식기에 이동중 도로변에서 압사를 당하는 사례가 빈번히 발생하며(Figure 7~9), 이는 인근 지역의 유전자 pool의 감소를 초래하는 원인이 되므로, 이 원인을 없애고, 동시에 양서 · 파충류의 이동을 원활히 하기 위해서는 소형 관거를 도로 밑으로 설치하고 관거의 밑면을 콘크리트화 하기 보다는 자연 계곡의 특성에 맞게 조성해야 한다(Figure 11~12).

3. 꼬리치레도롱뇽 이동경로 추적

(1) 이동경로 추적

6부능선 임야 1ha에 사방 10m 간격으로 경계말뚝을 박아 식물의 성장 및 각종 관찰을 위하여 설치한 영구조사지내에 고정트랩(Figure 13)을 설치후 매달 관찰한 결과 채집된 꼬리치레도롱뇽의 개체수는 각각 # 3-3(1), # 8-3(1), # 8-5(1), # 9-3(2) 그리고 # 9-5(1)에서 채집되었다(Figure 14). 이

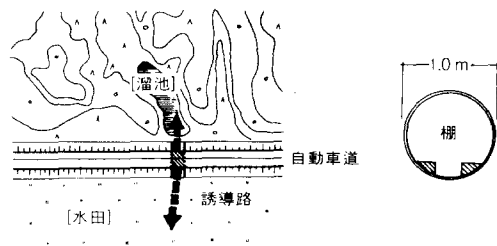
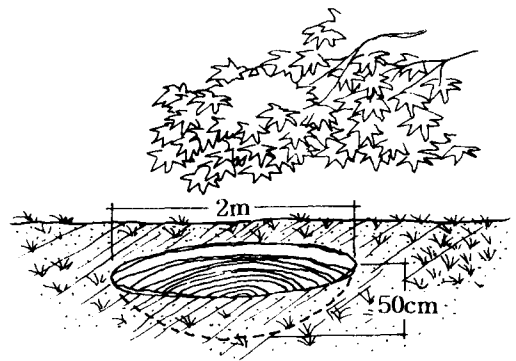


Figure 11. A small pipes eco-corridor for Amphibian and Reptiles

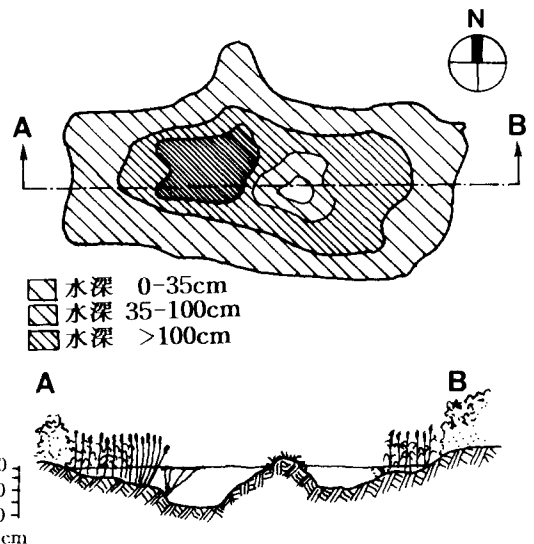


Figure 12. Artificial spawning site model

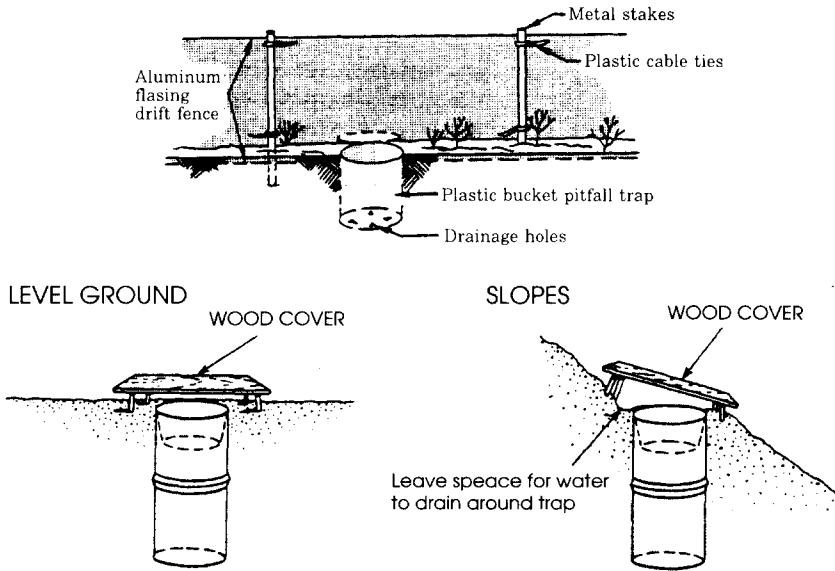


Figure 13. Construction of pitfall traps

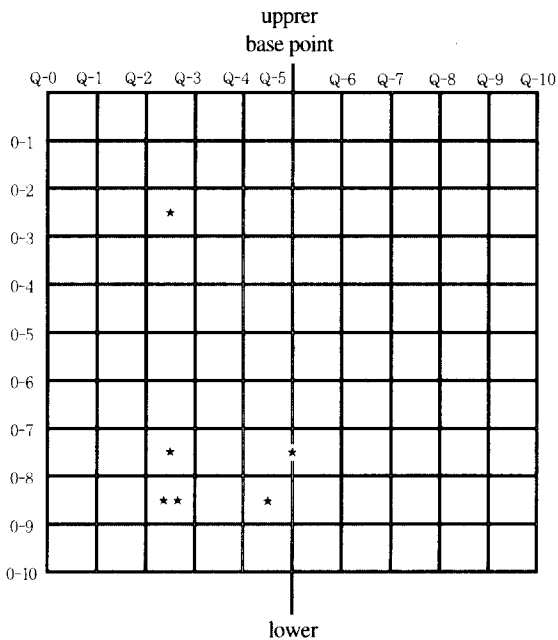


Figure 14. *Onychodactylus fisheri* collected site by pitfall trap. ★: *Onychodactylus fisheri* collected site

결과로 꼬리치레도롱뇽이 수청골 계류의 산란지와 유생 때의 서식지에서 성체의 서식처를 확인한 결과 거의 500m정도 떨어진 곳에서 생활하고 있음을 추적 할 수가 있었다. 한편 Africa의 청개구리인 *Hyla arborea*(4km), 두꺼비 *Bufo bufo*(3km) 그리고 Florida의 *Rana aureolata*(2km)(Stebbin and Cohen, 1995)보다는 이동거리가 적음을 알 수 있었다. 다소 경사는 있지만 직선상으로 가까운 조사선을 택하여 이동 할 수 있음에도 불구하고 다소 멀더라도 Figure 14와 같이 계곡부위를 택하여 이동하는 이유는 꼬리치레도롱뇽의 생태습성 때문이다. 꼬리치레도롱뇽의 유생의 경우 수량이 적은 곳이나 물가 낙엽 밑에서 생활하다가 겨울을 넘기고 2년 혹은 3년이 되면 산의 정상부로 이동하게 되고, 성체는 산란 시기에 산란 장소에 산란을 한 후, 산란을 마치면 육상으로 이동하여 계류의 주변 이끼가 무성한 곳이나 낙엽이 많이 쌓여있는 습한 곳 또는 거목이 쓰러진 곳의 빈 구멍이나 혹은 동굴속에서 지내기 위해 적합한 서식지를 찾아 이동하게 된다. 꼬리치레도롱뇽이 주로 채집된 곳의 수종(樹種)과 수관율폐도(樹冠鬱閉度)를 분석 조사한 결과 기준선 좌측부는 활엽수림이 지역적인 극상을 이루고 있으며, 수관율폐도가 다른곳에 비해 상대적으로 높아 수분의 증발을 막고, 낙엽의 축적, 우천 및 안개가 끼게

되던 계곡쪽으로 물이 유입되고 암반으로 지하수가 흐르고 있어 수분의 함량이 높다. 기준선 우측부는 사토로 구성되어 극히 건조한 토질이고 경사각이 45° 이상이 되어 수분의 함유량이 극도로 미비하다. 꼬리치레도롱뇽의 이동경로에 크게 좌우하는 것은 경사도에 이동간의 영향을 받지만, 이보다는 생태습성상 물이 생존 제한요인으로써 크게 작용하기 때문에, 다른 경로에 비해 약간이라도 더 수분이 많이 함유된 활엽수림이 극상을 이루며, 암반수가 흐르는 지역임을 알 수 있었다.

(2) 서식지의 주변 환경분석

1) 식생 및 경사각

계방산 고정조사지의 활엽수 수종으로는 신갈나무, 옴나무, 피나무, 다릅나무, 느티나무, 난티나무 등이, 침엽수림으로는 소나무, 잣나무, 전나무 등이 많이 나타났다. 조사지 일부에 소나무가 군상으로 자라고 있다. 계방산 고정조사지의 하층에서는 당단풍, 생강나무, 피나무가 전체본수의 50%를 차지하며, 중층에서는 신갈나무, 피나무, 느릅나무, 소나무가 전체본수의 60%를 차지하고, 상층에서는 신갈나무가 40%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히 조사지중 기준선을 기점으로 좌 50m 구간의 경우 박달나무, 느릅나무, 전나무, 난티나무, 신갈나무가 우점수종을 이루고 있었다. 고정조사지내의 경사각을 기준선을 기점으로 좌, 우측 50m을 비교 분석한 결과는 좌측 50m구간의 경사도는 25~30° 정도의 다소 완만한 경사를 나타내었으며 이에 반해 우측 50m 구간의 경우 35~50°의 급경사를 나타내었다(신준환 등, 1996). 이런 주변 환경으로부터 추측컨대 꼬리치레도롱뇽은 경사각이 완만하고 활엽수림이 우거져서 토양에 습기가 많은 지역을 선호한다는 것을 알 수 있었다.

인용문헌

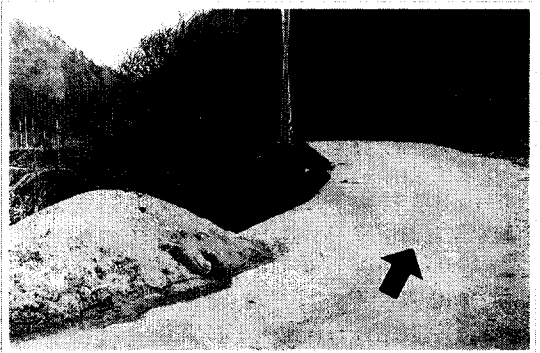
- 백남극(1988) 민통선 북방 강원도 지역의 양서·파충류상. 민통선 북방지역자원 조사보고서, 강원도, 529-550쪽.
- 백남극, 최태현, 심재한(1994) 계방산 양서·파충류상 '93 자연 생태계 지역정밀조사 보고서.
- 백남극, 심재한(1984a) 점봉산 일대의 양서·파충류상. 한국자연보존협회조사 보고서, 22: 121-124.
- 백남극, 심재한(1984b) 실악산의 양서·파충류상. 실악산학술조사보고서(강원도), 277-302쪽.
- 백남극, 심재한(1992) 발왕산 일대의 양서·파충류상. 한국자연보존협회조사보고서, 30: 97-104.
- 백남극, 심재한(1995) 강원도 계방산의 양서·파충류상. '93 자연생태계 지역정밀조사 보고서, 환경부, 123-131쪽.
- 백남극, 구태희, 우한정, 심재한(1995) 방태산 북사면 일대의 양서·파충류상. 한국자연보존협회 조사보고서, 35: 111-119.
- 신준환, 이병천, 조현제, 배상원, 류천인, 박해철, 심재한, 전승훈(1996) 계방산 및 울릉도 산림생태계의 생물다양성. 임업연구원 연구자료, 121: 329-366.
- 심재한(1996) 지구의 파수군 양서·양서파충류. 그린스카우트, 76-81쪽.
- 심재한(1996) 계방산 및 울릉도 산림생태계의 생물다양성. 임업연구원 연구자료 121: 107-154.
- 심재한, 백남극(1996) 방태산 남사면 일대의 양서·파충류상. 한국자연보존협회 조사보고서 36호(인쇄중).
- Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. *Gen.Syst.*, 3: 36-71.
- Margalef, R.(1968) Perspectives in ecological theory. Chicago, University of Chicago Press, 112p.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Glassland. *Nature*, 216: 144-168.
- Patton, D.R.(1992) Wildlife habitat relationships in forested ecosystem. Timber Press, Inc. 118-120pp.
- Pielou, E.C.(1966) Shannon's formula as a measure of specific diversity: Its use and misuse. *Amur. Nat.*, 100: 463-465.
- Pieiou, E.C.(1975) Ecological diversity. Wiley, New York. 165pp.
- Stebbin, R.C. and N.W. Cohen(1995) A natural history of Amphibians. Princeton Univ. Press. 123-125pp.



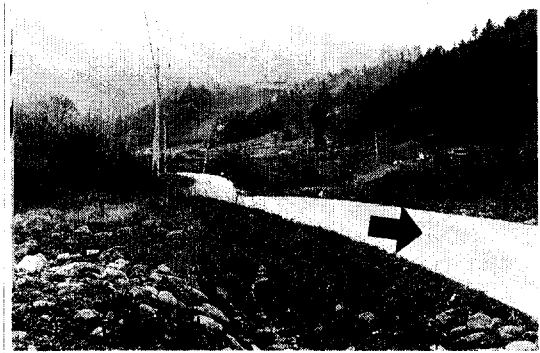
■ 계방산 수청골 고정조사구내의 꼬리치레도롱뇽(성체)



■ 계방산의 도롱뇽 성체(왼쪽 : ♂ 오른쪽 : ♀)



■ 양서·파충류가 가장 많이 치어 죽은 Station 4 지점
(Eco-corridor 적합성 여부 조사구간)



■ 양서·파충류가 가장 적게 치어 죽은 Station 6 지점
(Eco-corridor 적합성 여부 조사구간)
● 이동에 방해를 받을때 산란하는 장소