

국립공원 내 파충류 자원의 효율적인 관리를 위한
PIT (passive integrated transponder) tag과 무선추적방법
(radio telemetry)의 적용

이정현 · 이헌주 · 라남용 · 김자경 · 엄준호¹ · 박대식^{1,*}

강원대학교 생물학과, ¹강원대학교 과학교육학부

Application of PIT Tag and Radio Telemetry Research
Methods for the Effective Management of Reptiles in
Korea National Parks

Jung-Hyun Lee, Heon-Joo Lee, Nam-Yong Ra, Ja-Kyeong Kim,
Junho Eom¹ and Daesik Park^{1,*}

Department of Biology, ¹Division of Science Education,
Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 200-701, Korea

Abstract – To suggest effective ways of the management of reptiles in Korea national parks, we applied PIT (passive integrated transponder) tag and radio telemetry research methods in the monitoring of reptiles in Odaesan and Woraksan national parks. We implanted PIT tags into 137 snakes (six species) captured in both the national parks between March 2006 and October 2008 and also radio-tracked two Korean rat snakes (*Elaphe schrenckii anomala*) from September 2007 to November 2008 in the Woraksan national park. Of total 137 snakes which we had inserted the PIT tag, 17 snakes (12.40%) were recaptured. Based on the PIT tag data of the recapture, we successfully obtained the annual growth rate of Korean cat snakes (*Elaphe dione*) and Red-tongue pit-viper (*Gloydius ussuriensis*). Home range of the Korean rat snakes based on the data of radio-tracking was estimated as 389,600 m² (MCP: Minimum convex polygon) and 471,800 m² (Kernel 95%) for males and 162,500 m² and 208,700 m² for females. These results suggest that if we apply PIT tag and radio telemetry research methods to manage reptiles in Korea national parks, it could greatly increase our understanding about their basic ecology and as the result, it could allow us to develop better management and conservation ways of reptiles in Korea national parks.

Key words : reptile, PIT tag, radio telemetry, monitoring

서 론

파충류는 생태계의 상위포식자이자 먹이원으로 먹이

사슬에 중요한 연결자 역할을 수행한다 (Greene 1997). 또한 파충류는 변온동물로 같은 크기의 정온동물에 비하여 번식과 성장에 더 많은 에너지를 사용하기 때문에 생태계 내에서 중요한 에너지 순환 고리의 한 축을 담당하고 있다 (Godley 1980; Bonnet *et al.* 2002). 따라서 특정 지역 내의 안정된 생태계의 유지와 관리를 위하여서는

* Corresponding author: Daesik Park, Tel. 033-250-6739,
Fax. 033-242-9598, E-mail. parkda@kangwon.ac.kr

파충류의 보호가 필수적이며, 그러한 과정은 해당 파충류들의 효율적인 관리를 과학적인 방법을 통하여 수행함으로써 달성될 수 있다.

개체표시를 병행한 포획 및 재 포획연구는 개체군 생태학을 이해하는 데 필수요소인 성장률과 생존율, 이동패턴, 번식행동에 대한 정보를 제공한다(Fitch 1987). 이에 따라 파충류 개체군에 대한 생태연구에서는 다양한 개체 표시방법들이 제시되어 있으며, 다음과 같은 사항을 고려하여 적용하도록 하고 있다. 1) 개체표시로 인한 외상과 스트레스를 최소화하여야 한다. 2) 개체표시로 인하여 일상적인 움직임에 장애를 유발하지 않아야 한다. 3) 개체표시가 간편해야 하며, 비용이 저렴하여야 한다(Lewke and Stroud 1974). 이러한 것을 고려하여, 파충류 연구의 초기에는 개체표시를 하기 위하여 특정 부위의 비늘을 자르거나, 배 비늘의 특징적인 모양을 사진자료로 만들거나, 비늘에 문신을 새기는 방법들이 적용되었다. 또한 특정한 색이 칠해진 표지를 달거나 뱀의 피부에 반영구적인 페인트를 칠하는 방법도 사용되었다(Blanchard and Finster 1933; Carlstrom and Edelstam 1946; Woodbury 1948; Pough 1966). 하지만 이런 방법들의 경우, 대상 파충류에게 상처를 주거나, 포식자의 눈에 잘 띄게 하여 파충류의 생존율을 감소시키고, 많은 개체를 표시하는 경우에는 각 개체를 식별하는 데 오랜 시간이 소요되어 비효율적이었다.

PIT (passive integrated transponder) tag은 현재까지 알려진 동물 개체표시법 중에서 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다(Camper and Dixon 1988). PIT tag은 가로 10 mm×세로 2 mm의 실린더형의 유리관 안에 고유번호가 저장된 마이크로칩과 유도코일이 내장되어 있는 형태로 무게는 0.08 g 정도의 소형 개체표식 장치이다. 각각의 PIT tag에는 고유번호가 내장되어 있고 이러한 PIT tag을 대상동물에 소형주사기를 이용하여 삽입하는 방법으로 포획된 개체마다 번호를 부여할 수 있다. PIT tag은 휴대용 단말기를 이용하여 마이크로칩에 내장된 고유번호를 읽는 방식이기 때문에 한 번의 삽입으로 영구적인 사용이 가능하다(Schooley *et al.* 1993). PIT tag은 개구리와 도롱뇽을 포함한 양서류, 뱀과 도마뱀을 포함하는 파충류, 해달을 대상으로 한 포유류의 연구결과에 의하면 현재까지 알려진 개체표시법 중에서 가장 효과적이고 능률적인 방법인 것으로 알려져 있다(Jemison *et al.* 1995; Brown 1997; Ott and Scott 1999).

무선추적법 (radio telemetry)은 소형 발신기를 대상 동물에 장착하고 수신기를 통해 그들의 이동을 추적하여, 행동을 관찰하는 방법이다. 무선추적법에 대한 연구와 방법론들은 1960년 미국에서 최초 시도된 이래, 기술적

인 보완과 방법론적인 개선을 통하여 현재 야생동물연구에 효율적으로 적용되고 있다. 초기 무선추적은 사냥대상동물의 이동을 추적하기 위하여 사용되어 졌으며, 이후 대형포유동물과 독수리로 사용범위가 확대되었다(Marshall *et al.* 1962; Southern 1964). 초기 연구들은 단순히 무선추적을 이용하여 대상동물을 추적하여 이동만을 확인하였지만, 최근에는 GIS (geographic information system)를 활용하여 얻어진 무선추적 자료를 근거로 해당 종의 서식범위와 이동거리, 행동패턴의 분석, 서식지 분석 등 매우 다양한 정보를 확보할 수 있어 생태학 연구에 활발하게 이용되고 있다(Millspaugh and Marzluff 2001). 무선추적법은 야생동물의 생태와 행동을 연구하는 현재까지 알려진 연구방법들 중에서 가장 진보적인 방법이며, 특히, 은신성이 강한 뱀을 비롯한 파충류를 대상으로 연구하는 데 있어 매우 효과적이다. 나아가 무선추적을 이용하여 유발되는 부정적인 효과가 거의 없어 멸종위기종이나 위협 종인 파충류를 대상으로 한 생태학 연구에도 널리 이용되고 있다(Weatherhead and Demer 2004).

본 연구는 PIT tag과 무선추적법을 국립공원에 서식하고 있는 파충류에 적용하고 결과를 평가하여, 이를 바탕으로 국립공원 내 파충류 자원관리에 효과적인 적용 방안을 모색하는 것을 목적으로 오대산국립공원과 월악산국립공원에서 수행되었다.

재료 및 방법

1. 연구지역

PIT tag을 이용한 포획 및 재 포획연구와 무선추적 연구는 오대산국립공원과 월악산국립공원에서 수행되었다. 강원도 강릉시와 평창군, 홍천군에 걸쳐 위치한 오대산국립공원은 총 면적 303.9 km²으로 우리나라의 강원도 북동부에 위치하여 태백산맥과 차령산맥이 교차하는 분지점에 위치하고 있다(국립공원관리공단 1994). 충청북도 제천시와 문경시, 단양군에 위치한 월악산국립공원은 총 면적 287.9 km²로 해발고도 1,161 m의 문수봉을 비롯하여 하설산, 매두막, 대미산, 황장산 등의 1,000 m가 넘는 높은 산들이 산악군을 형성하고 있다(국립공원관리공단 1990).

파충류의 포획 및 재 포획 연구를 위하여 우선, 두 국립공원을 2 km×2 km 격자로 나눈 뒤, 각각의 국립공원을 잘 대변할 수 있는 4개의 격자씩 총 8개의 격자를 선정하였다. 선정된 격자는 오대산국립공원의 경우, 월정사, 동피골 야영장, 소금강, 구지리 격자이었으며, 월악산

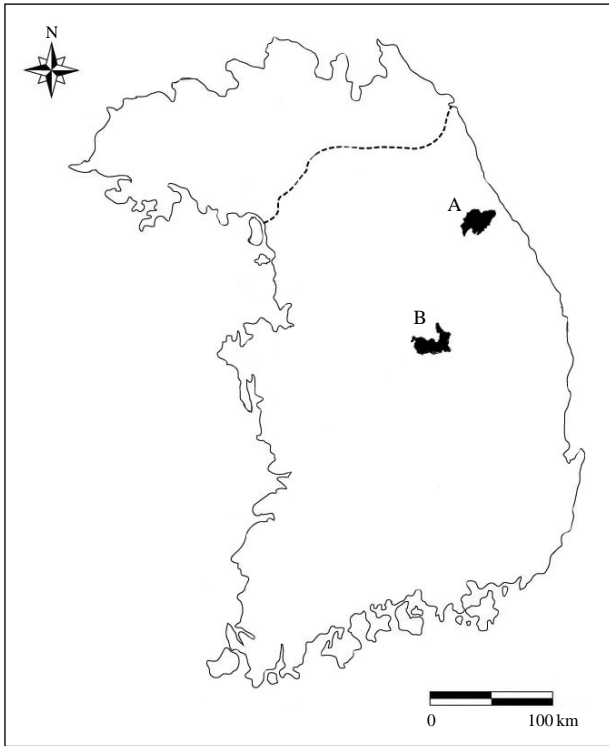


Fig. 1. Study areas. A, Odaesan national park; B, Woraksan national park.

국립공원의 경우에는 산티골, 당골, 용하계곡, 골피 격자 이었다 (Fig. 1). 파충류의 조사는 각각의 격자 내에서 상대적으로 파충류의 출현빈도가 높은 산사면의 하단과 평지가 만나는 지점을 세부조사 지점으로 선정하여 수행하였다. 각각의 세부 조사지점 안에서는 목정밭과 들 무덤, 묘지, 계곡, 하천 제방, 초지 등과 같이 파충류의 출현이 상대적으로 높은 지점을 중점적으로 조사하였다. PIT tag을 이용한 포획 및 재 포획 연구의 경우에는 오대산국립공원과 월악산국립공원의 총 8개 격자 지역에서 수행되었으며, 무선추적을 이용한 황구렁이의 이동 및 행동권 산출연구는 월악산국립공원에서 수행되었다.

2. PIT tag 연구

PIT tag을 이용한 포획 및 재 포획 연구는 두 국립공원의 세부조사지점에 출현한 뱀류를 대상으로 2006년부터 2008년까지 3년 동안 매년 3월부터 9월까지 수행하였다. 포획 및 재 포획 연구는 동일한 연구지역에서 주기적인 연구를 수행하여야 하기 때문에 선정된 세부조사지점을 매달 1회씩 주기적으로 방문하여 출현한 뱀을 포획, 조사하였다.

뱀의 조사는 사전에 선정된 일정한 조사경로를 따라

이동하며 출현한 모든 종을 확인하는 선형횡단조사법 (line transect sampling)을 적용하였다. 선형횡단조사법은 경사가 급한 산악지역이나 혹은 저지대의 계곡 주변, 고지대의 산림지역 등에서 서식하고 있는 생물상을 조사하는 데 가장 적합한 방법으로 알려져 있다 (Heyer *et al.* 1994).

세부 조사지점에서 출현한 뱀은 뱀 집계를 이용하여 포획하였으며, 포획된 뱀들은 준비된 포획 망에 넣어 임시 보관하였다. 포획된 개체는 종을 동정한 후, 암·수를 구분하였다. 파충류 암·수의 구분은 육안과 파충류 성별 감별용 탐침봉 (Ball-tip probe, Midwest, USA)을 이용하였다. 개체의 동정과 암·수의 판별이 끝난 개체는 재 포획 시, 성장을 확인하기 위하여 몸통길이 (SVL: snout-vent length)와 무게 (BW: body weight)를 각각 0.1 cm와 0.1 g 단위까지 줄자와 야외용 전자저울 (ELT4001, Sartorius, USA)을 이용하여 측정·기록하였다. 관찰과 기록을 마친 개체는 70% 에탄올로 삼입부위를 소독한 후, 삼입용 주사기를 이용하여 PIT tag (TX1411L, Biomark, USA)을 뱀의 총 배설강으로부터 머리 쪽으로 약 15~20 cm 위쪽, 오른쪽 등 면에 삼입하였다 (Fig. 2). PIT tag의 고유번호는 삼입 전과 후에 휴대용 단말기 (Pocket-reader EX, Biomark, USA)를 이용하여 확인, 기록하였다. 삼입을 마친 개체의 상처부위는 외부 감염되는 것을 막기 위하여 외과용 상처 피복제 (Duoderm, Convatec, USA)를 환부에 부착하였다.

Pit tag의 삼입 후, 재 포획된 개체를 대상으로 1년간 SVL의 변화를 확인하였다. 1년 이상의 시간이 경과한 후에 재 포획된 개체는 누룩뱀 4마리, 쇠살모사 4마리로 총 8마리이었다. 이 중, 누룩뱀 수컷 1개체는 다른 개체들과 달리 2년이 경과한 후에 재 포획되어 최종 SVL의 증가분을 2로 나누어 1년간의 평균값을 별도로 산출하여 다른 개체들과 비교 분석하였다. 누룩뱀과 쇠살모사의 성장을 확인하는 데 있어 함께 측정된 BW는 뱀류의 암컷의 경우에는 짝짓기와 산란 및 출산시기에 매우 큰 체중변화가 있고, 수컷의 BW만 고려할 경우, 재 포획된 개체 수가 적어 분석에 이용하지 않았다.

3. 무선추적 연구

무선추적 연구는 월악산국립공원에 서식하고 있는 2마리의 황구렁이 (*Elaphe schrenckii anomala*)를 대상으로 2007년 9월부터 2008년 11월까지 수행하였다. 황구렁이는 환경부 멸종위기야생동식물I급 종으로 그 개체수가 급감하여 개체군에 대한 적극적인 보호와 정책적인 대책이 필요한 종이다.



Fig. 2. Application of PIT tag. A, implantation of a PIT tag; B, PIT tag shown in a re-captured *Elaphe dione*.

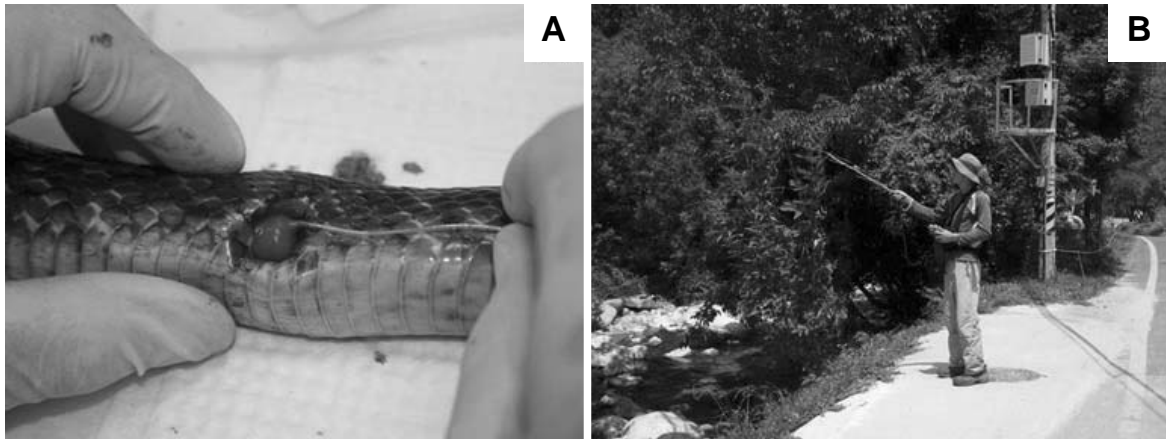


Fig. 3. Application of radio-telemetry. A, surgical implantation of a radio transmitter; B, radio-tracking in the field.

황구렁이의 무선추적에는 소형발신기(SI-2, Holohil system, Canada)와 휴대용 수신기(TRX-1000, Wildlife material, USA)를 이용하였다. 소형발신기는 Reinert and Cundall(1982)의 방법에 따라 황구렁이의 복강 내에 삽입하였다. 일반적으로 소형발신기의 무게는 18.0 g으로 대상 동물의 체중의 5% 미만으로 사용하도록 되어있기 때문에 전체 체중이 500.0 g 이상인 개체에만 소형발신기를 삽입하였다. 소형 발신기 삽입을 위하여 황구렁이는 뱀의 마취에 널리 사용되는 isoflurane(아이프란, 하나제약)을 이용하여 마취한 후, 외과 수술을 통하여 복강에 삽입하였다(Fig. 3). 소형송신기가 삽입된 개체는 상처소독과 염증방지를 위한 항생제(Enrofloxacin, reptile dose=0.1 mg kg⁻¹)와 소염제(Flunixin, reptile dose=2.5 mg kg⁻¹)를 각각 24시간, 72시간마다 주사하였다. 약 일주일의 상처 회복기간을 마친 개체는 포획한 위치에 재 방사하였다.

황구렁이의 무선추적은 개체의 방사 후, 1주 후부터, 주 1회씩 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 황구렁이가 동면지로 예상되는 한 지역에 3주 이상 머물러 동면에 들어간 것으로 추정된 2007년 11월부터 2008년 4월까지 매달 1회씩 무선추적을 실시하였다(Fig. 3). 무선추적을 통하여, 황구렁이의 위치가 확인되는 경우, 구렁이의 위치를 GPS(Vista CX, Garmin, Taiwan)를 이용하여 좌표를 기록하였다. 황구렁이의 이동과 좌표분석은 ArcView 3.2의 Animal movement analysis를 이용하였으며, 행동권면적의 계산은 MCP(minimum convex polygon)와 Kernel method(95%)를 이용하여 산출하였다(Mohr 1947). 멸종위기종인 황구렁이의 연구는 원주지방환경청으로부터 2007년 6월부터 2008년 6월까지 학술연구를 위한 멸종위기종의 포획, 보관 및 방사에 대한 허가를 받아 수행되었다.

Table 1. Number of the reptiles captured and re-captured after implantation of PIT tags in Odaesan and Woraksan national parks between 2006 and 2008.

| Odaesan national park | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--------|--------|---------|
| Scientific name | 2006 | 2007 | 2008 | Total |
| <i>Elaphe dione</i> | 10 (0) [†] | 9 (1) | 16 (7) | 25 (8) |
| <i>Rhabdophis tigrinus tigrinus</i> | 3 (0) | 6 (0) | 4 (0) | 13 (0) |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | 16 (3) | 2 (1) | 2 (0) | 20 (4) |
| <i>Gloydus brevicaudus</i> | 1 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| <i>Gloydus saxatilis</i> | 1 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| <i>Amphiesma vibakari ruthveni</i> | 2 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| Total | 33 (3) | 17 (2) | 22 (7) | 72 (12) |
| Recapture ratio (%) | 9.09 | 11.76 | 31.82 | 16.67 |
| Woraksan national park | | | | |
| Scientific name | 2006 | 2007 | 2008 | Total |
| <i>Elaphe dione</i> | 5 (0) | 5 (1) | 4 (0) | 14 (1) |
| <i>Rhabdophis tigrinus tigrinus</i> | 0 (0) | 4 (0) | 3 (0) | 7 (0) |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | 21 (0) | 16 (3) | 4 (1) | 41 (4) |
| <i>Gloydus brevicaudus</i> | 1 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| <i>Gloydus saxatilis</i> | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 2 (0) |
| Total | 27 (0) | 25 (4) | 13 (1) | 65 (5) |
| Recapture ratio (%) | 0 | 16.00 | 7.69 | 8.33 |

[†]; Number of re-captured individuals after PIT tag implantation

결과 및 고찰

1. PIT tag을 이용한 포획 및 재 포획

2006년 3월부터 2008년 9월까지 오대산국립공원과 월악산국립공원에서 포획된 뱀류는 총 137마리였으며, 이 중 1회 이상 재 포획된 개체는 총 17마리로 재 포획률은 12.40%이었다. 연구기간 동안 포획 및 재 포획의 결과는 Table 1과 같다. 오대산국립공원에서 연구기간 동안 세부조사지역에서 포획된 개체는 총 72마리였으며, 2008년 31.82%로 가장 높은 재 포획률을 보였다. 오대산국립공원에서 높은 출현 빈도를 보인 종은 누룩뱀 (*Elaphe dione*)과 쇠살모사 (*Gloydus ussuriensis*)이었다. 월악산국립공원에서 연구기간 동안 총 65마리의 뱀류가 포획되었으며, 2007년의 경우, 16.00%의 가장 높은 재 포획률을 보였다. 월악산국립공원에서 연구기간 동안 쇠살모사가 가장 많이 출현하였으며, 그 다음으로 누룩뱀이 많이 출현하였다.

오대산국립공원과 월악산국립공원에서 PIT tag의 삽입 후, 개체의 재 포획률은 각각 16.67%와 8.33%로 외국의 다른 연구들과 비교할 때, 상대적으로 낮은 재 포획률을 보였다. 이러한 낮은 재 포획률은 이전의 도마뱀 아목의 Blun-nosed leopard lizard (*Gambelia sila*)와 뱀 아목의 Pigmy rattlesnake (*Sistrurus miliarius*)를 대상으로 한 실험에서 각각 91.60%와 52.00%의 높은 재 포획률을 나타낸

Table 2. Snout-vent length (SVL) of the reptiles captured in the Odaesan and Woraksan national parks between 2006 and 2008

| Odaesan national park | | | | |
|----------------------------|--------|----------|------|------|
| Scientific name | Sex | SVL (cm) | | |
| | | 2006 | 2007 | 2008 |
| <i>Elaphe dione</i> | Female | 86.5 | 88.0 | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Female | 40.0 | 40.5 | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Female | | 40.1 | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Male | 47.8 | 48.2 | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Male | 46.0 | 46.8 | |
| Woraksan national park | | | | |
| <i>Elaphe dione</i> | Female | | 76.5 | |
| <i>Elaphe dione</i> | Female | | 82.2 | |
| <i>Elaphe dione</i> | Female | 76.4 | 77.2 | |
| <i>Elaphe dione</i> | Male | | 74.3 | 78.5 |
| <i>Elaphe dione</i> | Male | | | 99.1 |
| <i>Elaphe dione</i> | Male | | | 88.3 |
| <i>Elaphe dione</i> | Male | 54.2 | | 57.4 |
| <i>Elaphe dione</i> | Male | | | 85.5 |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Female | 45.0 | 46.5 | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Male | 47.4 | | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Male | 47.2 | | |
| <i>Gloydus ussuriensis</i> | Male | 50.9 | | |

것과 비교하여 큰 차이를 보이는 것이었다 (Germano and Williams 1993; Jemison *et al.* 1995). 위와 같은 결과는 PIT tag을 삽입하는 방법이나 기계적인 결합보다는 개체를 표시하고 이를 모니터링하는 방법 차이에 의한 것으로 생각된다. 보통 포획 및 재 포획법을 이용하여 개체군의 크기와 성장률, 생존율, 사망률을 관찰하기 위해서는 정해진 지역에서 모니터링이 짧은 주기를 가지고 지속적으로 수행되어야 한다. 또한 일반적인 선형횡단조사와 더불어 최대한 다수의 개체를 포획하기 위하여 함정법, 모음 담장법과 같은 적극적인 개체 포획법을 병행해야 신뢰성 높은 자료를 수집할 수 있다 (Stewart and Pough 1983). 따라서 본 연구에서 수행한 매달 1회씩 세부조사 구역을 선형횡단 조사하는 것만으로는 파충류의 본격적인 활동기와 일일 행동패턴에 맞추어 파충류 조사를 수행할 수 없어, 소수의 개체만이 관찰되었기 때문에 낮은 재 포획률을 보인 것으로 사료된다.

2006년부터 2008년까지 오대산국립공원과 월악산국립공원에서 1회 이상 재 포획 개체는 총 17마리이었다. 이 중, 최초 포획 이후, 1년 이상의 시간이 경과한 후에 재 포획된 개체는 총 8마리이었다 (Table 2). 쇠살모사 수컷의 경우, 최초 포획 시 평균 SVL은 46.90 ± 1.27 cm (range=46.0~47.8, n=2)이었으며, 1년 뒤에 재 포획되었을 때에는 47.50 ± 0.98 cm (range=46.8~48.2, n=2)로 SVL이 평균 약 0.60 cm 증가하였다. 쇠살모사 암컷의 경

우에는 최초 포획 시 42.50 ± 3.53 cm (range=40.0~45.0, n=2)에서 1년 뒤, 재 포획 시에는 43.50 ± 4.24 cm (range=40.5~43.5, n=2)로 SVL이 평균 약 1.00 cm 증가하였다. 누룩뱀 수컷은 최초 포획 시에 평균 SVL이 64.28 ± 14.17 cm (range=54.2~74.3, n=2)에서 1년 뒤, 재 포획 시에는 67.16 ± 16.03 cm (range=57.4~78.5, n=2)로 SVL이 평균 약 2.88 cm 증가하였다. 누룩뱀 암컷은 SVL은 최초 포획 시에 평균 81.45 ± 7.14 cm (range=76.4~86.5, n=2)에서 1년 뒤에 재 포획되었을 때, 82.60 ± 7.63 cm (range=77.2~88.0, n=2)로 SVL이 평균 약 1.15 cm 증가한 것으로 확인되었다.

개체군의 동태를 파악하기 위해서는 개체군을 이루고 있는 개체들의 성장률, 연령, 수명, 성적성숙이 이루어지는 시기 등의 자료가 필수적으로 확보되어야 한다(Hemelaar 1988; Ryser 2000). 또한 이러한 개체군에 대한 정보들은 나아가 그들을 보호하는 데 중요한 기초자료로 사용될 수 있다. 양서류와 파충류 중 도마뱀 아목에 대한 연령과 성장에 대한 연구는 LAG (lines of arrested growth)를 확인하는 뼈나이테법 (skeletochronology)을 통하여 이미 많은 연구들이 이루어졌다(Guarino *et al.* 1995; Cheong *et al.* 2007; Lee and Park 2008). 하지만 뱀을 포함한 다른 파충류의 경우에는 뼈나이테법을 적용할 수 없기 때문에 연령과 성장률에 대한 연구는 개체표시를 병행한 장기적인 포획 및 재 포획법을 통하여 이루어져왔다(Plummer 1985; Kristin and Richard 2004). 2006년부터 2008년까지 1년 이상 시간이 경과한 후에 재 포획을 통하여 적은 수이지만 총 8마리의 누룩뱀과 쇠살모사의 SVL의 변화를 확인할 수 있었다. 하지만, 현재까지 재 포획된 개체의 수가 적은 관계로, 종간의 성장률의 비교나, 종내의 암수간의 성장률의 비교는 분석하지 않았다. 추후 재 포획되는 개체의 수가 충분히 확보되는 경우, 사육의 성장에 관한 의미있는 자료를 제공하리라 사료된다. 일반적으로 뱀류의 성장은 성별, 성체와 유생, 서식지의 먹이조건, 위도와 고도와 같은 다양한 요인과 환경조건에 따라 많은 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Ford 1974; Shine 1990, 1994). 따라서 뱀을 비롯한 다양한 파충류의 성장과 이에 대한 성장률 및 생존율에 대한 신뢰성 높은 자료를 확보하기 위해서는 대상종의 유생, 성체, 성별에 따라 많은 수의 개체를 대상으로 장기적인 모니터링이 추가적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

PIT tag를 이용한 포획 및 재 포획 연구에 있어 PIT tag는 하나 당 가격이 약 \$5.00로 다소 비싼 단점을 가지고 있다. 하지만 PIT tag는 다른 개체표시법들에 비하여 삽입된 대상동물의 행동에 큰 영향을 미치지 않고 한 번의 삽입을 통하여 영구적으로 사용할 수 있는 장점을 가

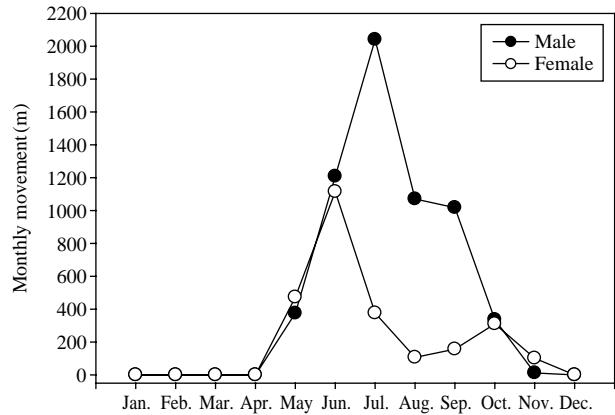


Fig. 4. Monthly movement of *Elaphe schrenckii anomala*.

지고 있다. 이러한 PIT tag의 장점을 최대한 활용하여 국립공원 내 파충류 자원을 효율적으로 관리하기 위한 방안을 다음과 같이 제시할 수 있다. 첫 번째로 국립공원 내 보호 및 관리 필요성이 높은 파충류 종을 선정하여 PIT tag를 삽입, 관리하는 것이다. 개체표시가 되어 있는 파충류는 공원 내 자원관리와 생태연구에 있어 많은 정보를 제공하게 될 것이다. 두 번째로 해당 국립공원 직원 중, 모니터링 요원을 선발하여 지속적인 모니터링을 수행하는 것이다. PIT tag를 삽입한 후, 포획 및 재 포획법의 수행은 필수적인 사항이며, 짧은 주기의 지속적인 모니터링은 개체표시된 파충류에 대한 구체적이고 신뢰성 높은 생태학적 자료를 제공하게 될 것이다. 세 번째로 PIT tag를 이용한 성공적인 모니터링을 위하여 함정법, 모음담장법과 같은 포획도구를 이용하여 재 포획의 효율을 높이는 방법을 병행한다면 신뢰성 높은 파충류 개체군의 생존율, 성장률, 사망률에 대한 자료를 확보할 수 있을 것이다.

2. 황구렁이의 무선추적

행동권 연구를 위하여 2007년 8월 월악산국립공원에서 수컷 1마리, 암컷 1마리, 총 2마리의 황구렁이를 포획하였다. 포획된 황구렁이 수컷과 암컷의 SVL은 각각 138.20 cm, 113.80 cm이었으며, 무게는 639.80 g, 585.20 g이었다. 2007년 9월부터 2008년 11월까지 황구렁이에 대한 무선추적은 개체별로 39회씩 총 78회 수행하였다. 황구렁이의 본격적인 활동은 4월 말부터 시작되어 5월과 6월에 지속적인 증가를 보였다. 또한 활동기에는 자신의 서식지 내에서 같은 장소를 여러 번 왕래하는 것이 관찰되었다(Fig. 4).

파충류에 있어서 기본적으로 각각의 개체의 크기와 성별, 번식상태, 그리고 주변의 환경요인 등은 이미 그들

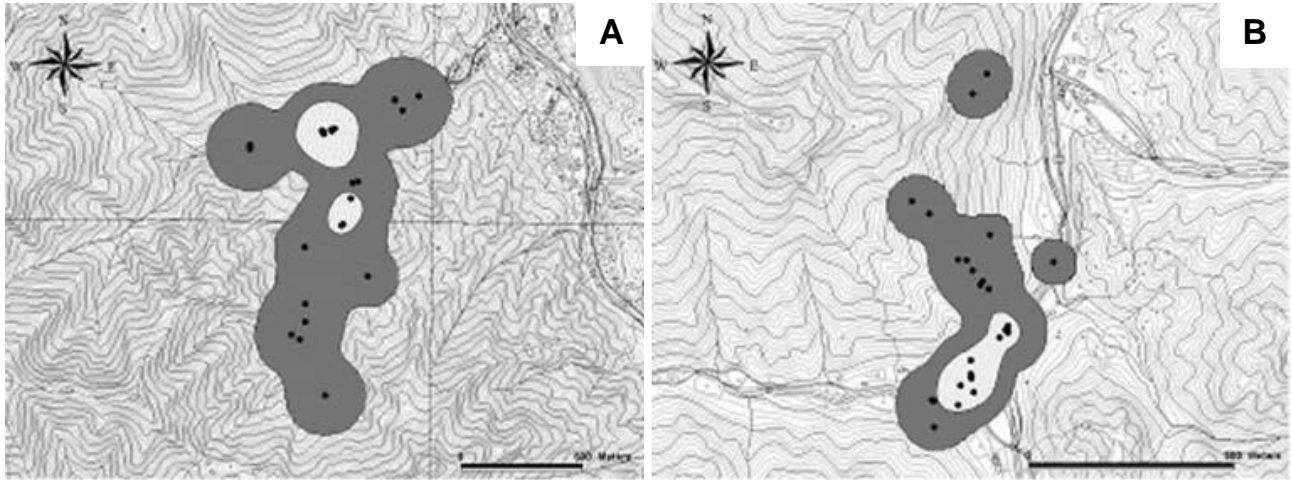


Fig. 5. Home range of *Elaphe schrenckii anomala*. A, male; B, female. Symbols (●) indicate the locations where *Elaphe schrenckii anomala* were observed. The area in black color is the Kernel 95% home range and the area in white color is the Kernel 50% home range.

의 활동과 공간 활용에 영향을 미치는 요인들로 알려져 있다(Webb and Shine 1997; Whitaker and Shine 2003). 온대지역에 서식하는 대부분의 파충류들은 동면기에는 서식지 내에 들무덤이나 나무구멍, 땅속에서 동면으로 대부분의 시간을 보내고, 활동기에는 먹이 활동을 매우 활발하게 하며 주기적으로 은신처, 일광욕장소, 먹이활동지역 등을 왕래한다(Pearson *et al.* 2005; Roth 2005; Parker and Anderson 2007). 따라서 황구렁이 역시, 자신의 행동권 내에서 먹이활동을 하는 곳과 은신처, 일광욕을 하는 장소가 정해져 있고 이러한 미소 서식지 사이를 주기적으로 오고 가는 것으로 생각된다.

황구렁이 수컷은 7월에 2,040.63 m 이동하여 최대 이동을 보이고 이후, 11월까지 점차 감소하였다. 황구렁이 암컷은 수컷과 달리 6월에 1,114.94 m 이동하여 최대 이동을 보였으며, 수컷과 달리 7월부터 9월까지 이동거리가 감소하였다가 10월에 다시 증가하는 경향을 보였다(Fig. 4). 황구렁이의 15개월 동안 서식지 내에서의 행동권의 면적을 산출한 결과, 수컷은 $MCP=389,600\text{ m}^2$, Kernel 95% = $471,800\text{ m}^2$ 로 암컷은 $MCP=162,500\text{ m}^2$, Kernel 95% = $208,700\text{ m}^2$ 로 확인되었다. 수컷은 암컷에 비하여 두 가지 산출법에서 모두 2배 이상 넓은 행동권을 가지는 것으로 확인되었다(Fig. 5).

황구렁이 수컷은 암컷에 비하여 매 달 많은 이동거리를 보이고 넓은 행동권을 가지는 것으로 확인되었다. 이러한 암컷과 수컷의 이동과 행동권의 차이는 우선적으로 번식행동과 번식습성에 의한 것으로 알려져 있다. 번식기 동안 European viper (*Viper berus*) 수컷은 암컷에 비하여 번식기 암컷을 찾아 많은 이동을 보여 암컷에 비해 약 4배 이상 넓은 행동권을 가지는 것으로 보고되었

다(Neumeayer 1987). 이러한 번식기 행동의 암수 차이는 황구렁이와 같은 속의 Blake rat snake (*Elaphe obsoleta*)에서도 나타나는 것으로 확인되었다(Weatherhead and Hoysak 1989; Durner and Gates 1993).

무선추적법은 무선발신기의 무게에 따라 선택적으로 대상동물을 선별해야 하는 점과 비용이 많이 소요되는 단점을 가지고 있다. 또한, 작은 유생을 대상으로 연구를 수행하는 경우 발신기 배터리의 짧은 수명으로, 추가적인 비용을 필요로 한다. 하지만 무선추적은 원거리에서 은신성이 강한 파충류의 이동과 행동을 효과적으로 관찰할 수 있고 시간과 장소에 구애받지 않고 연구를 수행할 수 있다는 더 큰 장점을 가지고 있다. 따라서 무선추적법을 국립공원의 파충류 자원에 효율적으로 적용하기 위해서는 첫째, 구렁이 (*Elaphe schrenckii*), 남생이 (*Chinemys reevesii*), 표범장지뱀 (*Eremias argus*), 비바리뱀 (*Sibynophis collaris*)과 같은 멸종위기 파충류 종을 대상으로 무선추적을 수행하는 것이다. 무선추적법은 국립공원 내에 서식하고 있는 멸종위기종의 서식지와 이동에 대한 상세한 정보를 제공하기 때문에 이를 바탕으로 국립공원 내 멸종위기 파충류에 대한 효율적인 관리와 보호방안을 강구할 수 있을 것이다. 둘째, 파충류를 대상으로 하는 무선추적의 경우에는 연구의 진행에 이용되는 무선발신기와 휴대용 수신기의 조작이 쉽기 때문에 간단한 교육을 통하여 무선추적을 누구나 수행할 수 있다. 따라서 국립공원 내의 생태담당직원 및 야생동식물보호단의 소수의 인원으로도 무선추적연구가 가능할 것으로 생각된다. 셋째, 파충류의 경우, 다른 야생동물들에 비하여 좁은 행동권을 가지고 있기 때문에 많은 연구수행 비용이 소요되지 않기 때문에 적은 비용으로 큰 효과를 얻을 수

있을 것으로 생각된다.

우리나라의 국립공원은 현재 자연 생태계를 보전하고 과학적인 공원관리를 위하여 공원 내의 자연, 자원을 대상으로 각종 조사와 모니터링 연구를 실시하고 있다(국립공원관리공단 2006). 국립공원의 관리계획과 효율적인 자연생태계를 보호를 위해서는 무엇보다 조사와 모니터링을 통한 기초자료의 확보가 필수적이다. 국립공원 내에 서식하고 있는 파충류에 대하여 PIT tag과 무선추적법을 적용한 장기적인 모니터링을 통하여 축적되는 연구결과는 이후, 국립공원 내에 서식하는 파충류 자원의 효율적인 관리와 보호에 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 PIT tag (passive integrated transponder)과 무선추적법 (radio telemetry)을 오대산국립공원과 월악산국립공원에 서식하고 있는 파충류에 적용한 후, 이를 평가하여 효과적으로 국립공원 내 파충류 자원관리 방안을 모색하기 위하여 수행되었다. PIT tag은 현재까지 알려진 파충류 개체표시법 중에서 가장 효과적인 방법으로 2006년 3월부터 2008년 10월까지 오대산국립공원과 월악산국립공원의 조사지역에 출현한 모든 137마리의 뱀류를 대상으로 적용하였다. 무선추적 연구는 월악산국립공원에서 서식하고 있는 황구렁이 (*Elaphe schrenckii anomala*) 2마리를 대상으로 2007년 9월부터 2008년 11월까지 실시하였다. 연구결과, 두 곳의 국립공원 지역에서 연구기간 동안 17마리가 재 포획되어 평균 12.40%의 재 포획률을 보였으며, 재 포획된 개체들의 자료를 통하여 누룩뱀 (*Elaphe dione*)과 쇠살모사 (*Gloydius ussuriensis*) 성체의 SVL 증가를 성공적으로 확인하였다. 무선추적을 통하여 확인된 황구렁이 수컷의 행동권 면적은 MCP=389,600 m², Kernel 95%=471,800 m², 암컷은 MCP=162,500 m², Kernel 95%=208,700 m²인 것으로 확인되었다. 국립공원 내에서 보호와 관리가 필요한 중 혹은 멸종위기대상 종인 파충류를 대상으로 PIT tag과 무선추적을 적용한다면 공원 내 파충류의 효율적인 관리 및 보존방안을 마련하는 데 중요한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 연구의 파충류 모니터링을 함께 수행한 강원대학

교 양서·파충류 생태학실험실의 여러 학부생들과 무선 소형송신장치의 삽입수술과 약품 사용 전반에 관해서 조언해 주신 강원대학교 야생동물병원의 박호현 수의사에게 감사의 인사를 전합니다. 이 연구는 오대산국립공원 자연자원모니터링, 월악산국립공원 자연자원모니터링, 강원대학교 과학교육연구소, 환경부 장기생태연구사업의 도움을 받아 수행되었습니다. 본 논문은 제1회 국립공원관리공단 논문공모전의 최우수논문 수상작입니다.

참 고 문 헌

국립공원관리공단. 1990. 월악산국립공원 자연자원조사. pp. 139-144.

국립공원관리공단. 1994. 오대산국립공원 자연자원조사. pp. 90-96.

국립공원관리공단. 2006. 2006년 국립공원연차보고서. pp.16-17.

Blanchard FN and EB Finster. 1933. A method of marking living snakes for further recognition with a discussion of some problems and result. *Ecology* 14:334-347.

Bonnet X, D Pearson, M Ladyman, O Lourdais and D Bradshaw. 2002. "Heaven" for serpents? A mark-recapture study of tiger snakes (*Notechis scutatus*) on Carnac Island, Western Australia. *Austral Ecology* 24:442-450.

Brown LJ. 1997. An evaluation of some marking and trapping techniques currently used in the study of anuran population dynamics. *Journal of Herpetology* 31:410-419.

Camper JD and JR Dixon. 1988. Evolution of a microchip marking system for amphibian and reptiles. Texas Park and Wildlife Department. pp.125-126.

Carlstrom D and C Edelstam. 1946. Methods of marking reptiles for identification after recapture. *Nature* 158:748-749.

Cheong SK, DS Park, HC Sung, JH Lee and SR Park. 2007. Skeletochronological age determination and comparative demographic analysis of two populations of the gold-spotted pond frog (*Rana chosonica*). *Journal of Ecology and Field Biology* 30:57-62.

Durner GM and JE Gates. 1993. Spatial ecology of black rat snakes on Remington Farms, Maryland. *Journal of Wildlife Management* 57:812-826.

Fitch HS. 1987. Collecting and life history techniques. pp.143-164. In *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology* (Seigel RA, JT Collins and SS Novak eds.).

Ford NS. 1974. Growth and food consumption in the yellow rat snake, *Elaphe obsoleta quadrivittata*. *Herpetologica* 30: 102-104.

Germano DJ and DF Williams. 1993. Field evaluation of using

- passive integrated transponder (PIT) tags to permanently mark lizards. *Herpetological Review* 24:54-56.
- Godley JS. 1980. Foraging ecology of the striped swamp snake, *Regina alleni*, in southern Florida. *Ecological Monographs* 50:411-436.
- Greene HW. 1997. The evolution of mystery in nature. University of California Press Berkely. pp. 351-352.
- Guarino FM, F Angelini and M Cammarota. 1995. A skeletochronological analysis of three syntopic amphibian species from southern Italy. *Amphibia-Reptilia* 16:297-302.
- Hemelaar AS. 1988. Age, growth and other population characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. *Journal of Herpetology* 22:369-388.
- Heyer WR, MA Donnelly, RW McDiarmid, LC Hayek and MS Foster. 1994. Measuring and monitoring biological diversity. Smithsonian Institution. pp.103-104.
- Jemison SC, LA Bishop, PG May and TM Farrell. 1995. The impact of PIT-tags on growth and movement of the rattlesnake, *Sistrurus miliarius*. *Journal of Herpetology* 29:129-132.
- Kristin MS and BK Richard. 2004. Growth, survival, and reproduction in a Northern Illinois population of the plains gartersnake, *Thamnophis radix*. *Copeia* 2004:465-478.
- Lee JH and DS Park. 2008. Effects of physical parameters and on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. *Journal of Ecology and Field Biology* 31:183-191.
- Lewke RE and RK Stroud. 1974. Freeze-branding as a method of marking snakes. *Copeia* 1974:997-1000.
- Marshall WH, GW Gillion and RG Schwab. 1962. Early summer activities of porcupines as determined by radio-positioning techniques. *Journal of Wildlife Management* 26:75-79.
- Millspaugh JJ and JM Marzluff. 2001. Radio tracking and population. Academic Press, pp.4-12.
- Mohr CO. 1947. Table of equivalent population of North American small mammals. *American Midland Naturalist* 37: 223-249.
- Neumeyer R. 1987. Density and seasonal adder (*Vipera aspis*) in a subalpine environment. *Amphibia-Reptilia* 8:259-276.
- Ott JA and DE Scott. 1999. Effects of toe-clipping and PIT-tagging on growth and survival in metamorphic *Ambystoma opacum*. *Journal of Herpetology* 33:344-348.
- Parker JM and SH Anderson. 2007. Ecology and behavior of the Midge-faded rattlesnake (*Crotalus oreganus concolor*) in Wyoming. *Journal of Herpetology* 41:41-51.
- Pearson D, R Shine and A Williams. 2005. Spatial ecology of a threatened python (*Morelia spilota imbricata*) and the effects of anthropogenic habitat change. *Austral Ecology* 30:261-274.
- Plummer MV. 1985. Growth and maturity in green snake (*Ophiodrys aestivus*). *Herpetologica* 41:28-33.
- Pough FH. 1966. Ecological relationship of rattlesnake in southeastern Arizona with on other species. *Copeia* 1966:428-430.
- Reinert R and D Cundall. 1982. An improved surgical implantation method for radio-tracking for snakes. *Copeia* 1982:702-705.
- Roth ED. 2005. Spatial ecology of a Cottonmouth (*Agkistrodon piscivorus*) population in East Texas. *Journal of Herpetology* 39:312-315.
- Ryser JK. 2000. Demographic analysis of the Columbia spotted frog (*Rana luteiventris*): case study in spatiotemporal variation. *Canada Journal of Zoology* 78:1158-1167.
- Schooley RL, BV Horne and KP Burnham. 1993. Passive integrated transponders for marking free-ranging townsend's Ground Squirrels. *Journal of Mammalian* 74:480-484.
- Shine, R. 1990. Proximate determinants of sexual differences in adult body size. *American Naturalist* 135:278-283.
- Shine, R. 1994. Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia* 1994:326-346.
- Southern WE. 1964. Additional observation on winter bland eagle populations: including remarks on biotelemetry techniques and immature plumages. *Wilson Bulletin* 76:222-237.
- Stewart MM and FH Pough. 1983. Population density of tropical forest frog: relation to retreat sites. *Science* 221:570-572.
- Weatherhead PJ and DJ Hoysak. 1989. Spatial and activity patterns of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) from radiotelemetry and recapture data. *Canadian Journal of Zoology* 67: 463-468.
- Weatherhead PJ and GB Demer. 2004. Long-term effect of radiotelemetry on black ratsnakes. *Wildlife Society Bulletin* 32:900-906.
- Webb JK and R Shine. 1997. A field study of spatial ecology and movements of a threatened snake species, *Holocephalus bungaroides*. *Biological Conservation* 82:203-217.
- Whitaker PB and R Shine. 2003. A radiotelemetric study of movements and shelter-site selection by free-ranging brown-snakes (*Pseudonaja textilis*). *Herpetological Monographs* 17:130-144.
- Woodbury AM. 1948. Marking reptiles with an electronic tattooing outfit. *Copeia* 1948:127-128.