

## 임도 미개설지와 개설지에서 소형 설치류의 개체군 특성 차이

임신재<sup>1\*</sup> · 이주영<sup>1</sup> · 김민진<sup>1</sup> · 박성진<sup>2</sup> · 이은재<sup>2</sup> · 이우신<sup>2</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 동물자원과학과, <sup>2</sup>서울대학교 산림과학부

## Differences in Small Rodent Populations between Forest and Forest Road Areas

Shin-Jae Rhim<sup>1\*</sup>, Ju-Young Lee<sup>1</sup>, Min-Jin Kim<sup>1</sup>, Sung-Jin Park<sup>2</sup>, Eun-Jae Lee<sup>2</sup> and Woo-Shin Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University, Ansong 456-756 Korea

<sup>2</sup>Department of Forest Resources, Seoul National University, Seoul 151-921 Korea

**요약:** 본 연구는 충북 진천의 활엽수림 지역에서 임도의 개설이 소형 설치류에 대한 영향을 파악하기 위해 실시되었다. 임도의 개설로 인해 하층식생의 피도량 증가, 상층 임관의 감소, 소경목의 증가와 같은 서식지의 변화가 발생하였다. 소형 설치류에 대한 포획 결과 두 지역에서 모두 흰넓적다리붉은쥐와 등줄쥐가 포획되었다. 흰넓적다리붉은쥐는 개설지에 비해 미개설지에서 행동권의 크기가 컸으며 포획된 개체수가 적었다. 등줄쥐는 포획 개체수와 평균 체중이 미개설지에 비해 개설지에서 모두 높은 것으로 나타났다. 또한 개설지의 임도 주변에서 많은 개체수의 소형 설치류가 포획된 반면, 미개설지에서는 전 지역에 걸쳐 비교적 고른 분포를 보였다. 임도의 개설은 그 지역에서 서식하고 있는 소형 설치류의 개체수, 종 구성 및 서식지 이용 유형에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

**Abstract:** This study was conducted to clarify the differences in small rodents characteristics of populations between forest and forest road area in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk province, Korea. Value of understory coverage and number of small trees (<10 cm DBH) were higher and value of canopy coverage was lower in forest road area than in forest area. Size of home range of *Apodemus peninsulae* was larger and number of captured individuals was less in forest area. Also, mean body weight and number of captured individuals of *A. agrarius* were higher in forest road area. There were differences in captured number of individuals in each distance from the center of planned road route or forest road in both areas. Forest road would be influenced on individuals, species composition, and habitat using pattern of small rodents.

**Key words:** *Apodemus agrarius*, *Apodemus peninsulae*, forest road, habitat, home range

### 서론

임도는 산림을 지속적으로 유지 및 보호하기 위한 사회간접자본으로 산림자원의 육성과 지역 간 접근성 및 연결성 확보를 위한 산지도로로 이용된다. 또한 임업에 있어서 합리적인 경영 및 산림 관리에 있어서 필수적인 기반 시설이며, 농산촌의 지역경제에 이바지하고 있다(정주상, 2000; 산림청, 2004). 산림사업, 생물다양성 조사, 휴양수요 대응, 산림의 효율적 관리, 산불발생시 진화를 위한 접

근로의 확보 등의 이유로 전 세계적으로 많은 임도의 건설이 이루어져 왔다. 그러나 국내에서는 임도의 건설로 인한 산사태의 발생, 질성토면의 관리 부재로 인한 생태계의 교란, 서식지 파괴 및 단편화 등으로 임도에 대한 국민들의 인식은 매우 부정적이다(산림청, 2005).

산림 지역에 개설된 임도로 인해 서식지의 단편화와 산림환경구조의 변화가 발생하고 그에 따라 생물의 종다양성 및 종 구성에 변화가 일어난다(Hanowski and Niemi, 1995). 임도의 건설 때문에 서식지의 단편화 및 임연부의 증가를 초래하여 임연부 종(forest edge species)의 유입과 숲내 종(forest interior species)의 포식압 증가, 산림환경구조의 변화 등으로 야생동물의 서식에 대체로 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Ambuel and Temple,

\*Corresponding author

E-mail: sjrhim@cau.ac.kr

이 논문은 산림청의 “임도의 건설로 인한 생물다양성 변화와 복원기술개발에 관한 연구”의 일부로 수행되었음.

1983; Small and Hunter, 1988). 그러나 임도의 건설이 생태계에 미치는 영향에 대해서는 많은 학자들 간에 과거로부터 논란의 대상이었다. 임도의 건설로 인해 임도 주변에는 임연부라는 새로운 서식지가 창출된다. 그에 따라 임연부는 원래의 산림과는 다른 특징을 가진 야생동물 군집이 서식하게 된다(Huijser, 2000; Rhim *et al.*, 2003; Hur *et al.*, 2005).

한편, 소형 설치류는 생태계의 주요 구성원으로 중요한 역할을 한다. 특히 먹이사슬에서 상위에 위치한 육식동물의 먹이가 되며 또한 다양한 식물의 종자를 산포하는 역할을 하기도 한다(Marser *et al.*, 1978; Forget and Milleron, 1991). 이들 소형 설치류는 생활사가 매우 짧고 서식 환경에 따라 쉽게 증가하거나 감소하기 때문에 환경의 변화에 대한 반응정도 등에 관한 연구의 대상으로 많이 이용되어 왔다(원병휘, 1967; Kawamichi, 1996).

본 연구는 임도를 개설한 지역과 임도를 개설하지 않은 산림지역에 서식하는 소형 설치류의 종 구성 및 개체군의 특성을 조사하여, 이를 바탕으로 임도가 소형 설치류에게 미치는 영향을 파악하고자 실시되었다.

## 재료 및 방법

본 연구는 충청북도 진천군 백곡면 양백리의 활엽수림 지역(N 36° 54' 42", E 127° 18' 34")에서 실시되었다. 본 지역은 2000년부터 임도를 단계적으로 개설하고 있는 지역이다. 상층 임관은 서어나무(*Carpinus laxiflora*)와 졸참나무(*Quercus serrata*)가 우점을 이루었으며, 하층 및 관목층은 산철쭉(*Rhododendron yedoense*), 산벚나무(*Prunus salicina*), 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*), 생강나무(*Lindera obtusiloba*) 등이 우점을 이루고 있었다. 해발고도는 약 300~330m 정도였다. 이 지역에서 2000년도에 개설된 임도의 좌우측과 임도를 개설하지는 않았으나 2006년에 임도를 개설할 예정인 지역에서 임도에정 노선의 좌우측에 0.81ha(90×90m) 크기의 조사구를 각각 2개씩 모두 4개의 조사구를 선정하였다. 임도 미개설지와 개설지 사이의 거리는 약 500m 정도 떨어져 있었다.

임도 미개설지와 개설지에서 각각 2개씩 선정된 조사구는 10m 간격으로 격자를 만들었다. 또한 격자의 모서리에는 형광테이프로 표시를 하였다. 임도 미개설지와 개설지에 선정된 조사지역 내에서 수목의 흉고직경(DBH, diameter at breast height)과 엽층의 수직적 분포 등 서식지 환경 조사를 실시하였다(임신재와 이우신, 1999; 이은재 등, 2006a). 서식지 환경 조사는 산림의 수관층이 완전히 형성된 2005년 8월에 실시하였다.

흉고직경은 조사구 내에 형광테이프로 표시된 격자의 모서리를 중심으로 임의로 5m 직경으로 가상의 원통을

설정하여 원통 내에 포함되는 흉고직경 6 cm 이상 되는 수목의 흉고직경(DBH)을 측정하였다. 엽층의 수직적 분포는 동일한 가상의 원통을 수직적으로 0~1m, 1~2m, 2~4m, 4~8m, 8~12m, 12~16m, 16m 이상 등의 엽층으로 나누고 각 층위(layer)별로 피도량을 파악하였다. 피도량은 가상의 원통 안의 각 층에서 식생에 의해 완전히 덮였을 때를 100%로 정하고 이를 기준으로 상대적인 수치를 주어 조사하였는데, 피도가 0%인 경우는 수치를 0, 1~33%인 경우에는 1, 34~66%인 경우에는 2, 67~100%인 경우에는 3으로 하여 피도를 일정한 간격의 척도로 수치화 한 후, 각 층위별로 피도 값을 산술평균하여 피도량을 산출하였다(Rhim and Lee, 2000; 허위행 등, 2003).

소형 설치류에 대한 포획은 2005년 7월에서 8월까지의 기간 동안 5박 6일간 일주일 간격으로 2회 반복하여 실시하였다. 그 결과 총 4개의 조사구에서 각각 10회씩 포획을 실시하였다. 각 조사구내에서는 가로, 세로 10m 간격으로 총 100개의 생포덫(Sherman's collapsible trap)을 땅콩을 미끼로 사용해서 설치하였다. 다음날 오전에 포획된 소형 설치류에 대해 종, 성별, 체중, 성숙정도, 포획된 위치 등을 파악하였다. 또한 포획된 소형 설치류의 개체 식별을 위해 발톱을 자른(toe-clipping) 후에 놓아주고 다음에 재포획하는 포획-재포획법(capture-mark and release method)을 사용하였다(Nichols, 1992; 이은재 등, 2006b). 체중은 0.5g이 기본 단위인 용수철 저울(Pesola 20060)을 사용하였다. 총 4개 조사구에서 포획된 모든 개체는 종 및 지역 간 밀도와 체중 차이를 비교하기 위해 각 종을 성별 및 성숙정도로 구분하여 조사를 실시하였다. 성숙정도는 성기 및 유두의 발달 정도, 신체의 성장 상태 등을 토대로 성숙개체와 미성숙개체로 구분하였다(Rhim and Lee, 2001).

## 결과 및 고찰

임도 미개설지와 개설지에 생육하고 있는 수목의 흉고직경 분포를 살펴보면 두 지역에서 모두 흉고직경이 6~10 cm인 수목이 가장 높은 비율을 차지하였으며, 흉고직경급이 커질수록 전체에서 차지하는 비율은 낮아지는 것으로 나타났다(Figure 1). 또한 흉고직경 6~10 cm인 수목을 제외한 모든 수목의 흉고직경급에 있어서 미개설지가 개설지 보다 생육하고 있는 개체수가 많은 것으로 나타났다. 이는 임도를 개설하는 과정에서 임도 및 주변지역에서 많은 대경목이 벌채되었고 그 후 상층임관의 개방에 따른 하층식생의 발달로 인해 두 지역 간 차이가 있는 것으로 판단된다.

임도 미개설지와 개설지의 엽층별 수직구조를 살펴보면 각각의 층위에서 피도량이 다르게 나타났다(Figure 2).

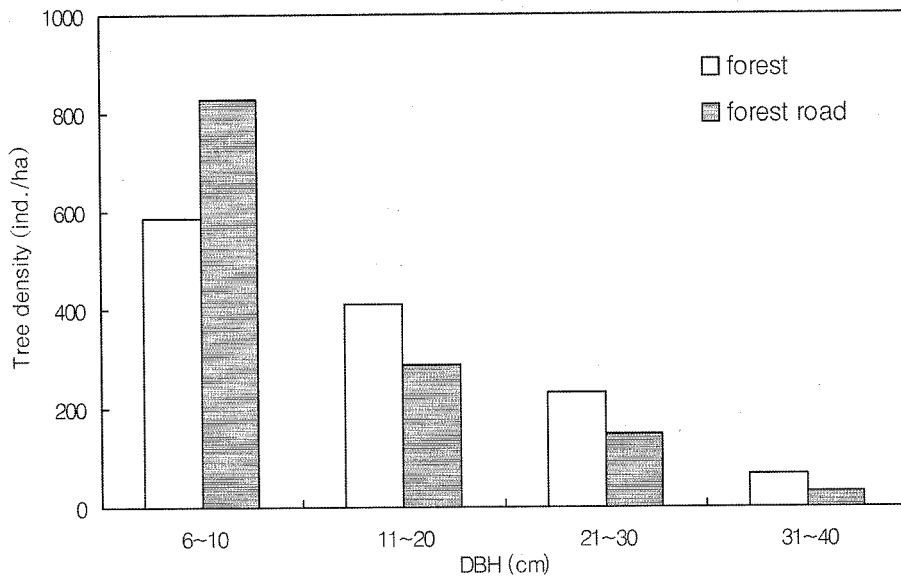


Figure 1. Differences in DBH distribution between forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.

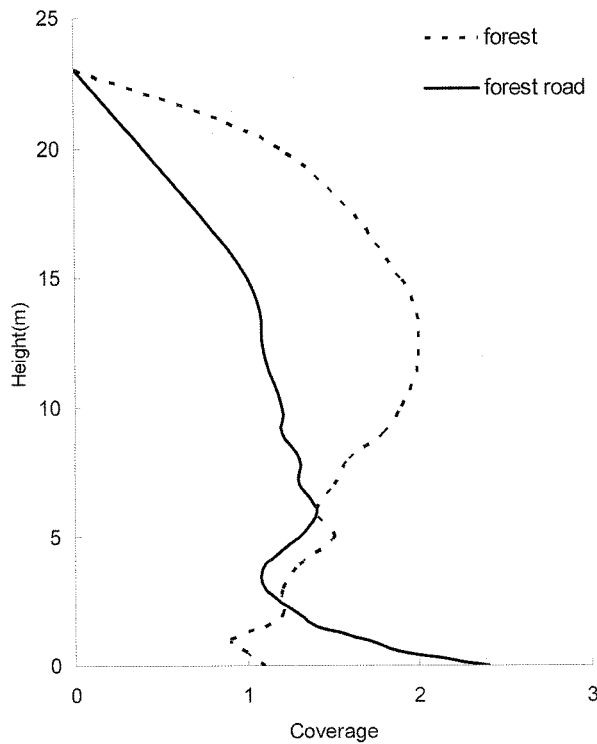


Figure 2. Differences in vertical foliage structure between forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.

미개설지는 상층임관이 발달해 있어 피도량이 높게 나타났으나 개설지는 매우 빈약한 피도량을 보여 두 지역 간 큰 차이가 있었다(t-test; 12~16m,  $t=1.67$ ,  $p=0.01$ ; 8~12m,  $t=0.28$ ,  $p=0.01$ ). 또한 미개설지의 하층식생은 상층임관에 비해서 상대적으로 적게 발달해 있어 개설지에 비해 피도량이 적은 것으로 나타났다(0~1m,  $t=-2.67$ ,  $p=0.01$ ). 임도가 개설되지 않은 지역에서는 상층 임관의 발달로 인해

Table 1. Differences in captured number of *A. peninsulae* and *A. agrarius* in forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.

Species		Forest	Forest road
<i>Apodemus peninsulae</i>	male	16	14
	female	11	10
<i>Apodemus agrarius</i>	male	2	7
	female	-	2
Total		29	33

지면에 도달하는 햇빛의 양이 적은 반면, 수목의 벌채가 이루어져 상대적으로 지면에 도달하는 햇빛의 양이 많은 임도 개설지에서는 하층식생이 발달할 수 있는 생육조건이 조성되기 때문인 것으로 판단된다(산림청, 2005).

임도 미개설지와 개설지에 설치된 4개의 조사구에서 각각 5일간 2회 반복을 통해 포획된 소형 설치류는 흰넓적다리붉은쥐(*Apodemus peninsulae*)와 등줄쥐(*A. agrarius*) 등 2종인 것으로 나타났다. 미개설지에서는 흰넓적다리붉은쥐 27개체와 등줄쥐 2개체 등 모두 29개체가 포획되었으며, 개설지에서는 흰넓적다리붉은쥐와 등줄쥐가 각각 24개체와 9개체씩 모두 33개체가 포획되었다(Table 1). 또한 10회에 걸쳐 실시한 포획에서 동일한 개체가 중복되어 포획된 경우를 모두 포함하면 미개설지에서는 흰넓적다리붉은쥐가 71회, 등줄쥐가 7회 등 총 78회 포획되었으며, 개설지에서는 흰넓적다리붉은쥐가 57회, 등줄쥐가 33회로 모두 90회에 걸쳐 포획되었다.

임도 미개설지와 개설지에서 포획된 두 설치류를 연령에 따라 성숙개체와 미성숙개체로 구분하였을 때, 흰넓적다리붉은쥐는 두 지역 간 큰 차이가 없었다. 그러나 등줄쥐는 개설지에서 미성숙개체가 더 많이 포획된 것으로 나

**Table 2. Differences in ratio of adults and juveniles of *A. peninsulae* and *A. agrarius* in forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.**

Species	Forest	Forest road
<i>Apodemus peninsulae</i>	20 : 7*	15 : 9
<i>Apodemus agrarius</i>	2 : 0	6 : 3
Total	22 : 7	21 : 12

\* adults : juveniles

타났다(Table 2). 두 지역 간 포획개체수를 살펴보면 흰넓적다리붉은쥐는 임도 개설지보다 미개설지에서 포획개체수가 많았으며, 등줄쥐는 반대로 임도 개설지에서 포획개체수가 많은 것으로 나타났다. 또한 등줄쥐는 전체 포획개체수 및 미성숙 개체의 포획 개체수가 임도 개설지에서 모두 높았다.

두 지역에서 포획된 설치류의 평균 체중을 살펴보면 흰넓적다리붉은쥐의 경우, 미개설지역에서는 32.40g이었으며 개설지역에서는 34.50g으로 두 지역 간 유의한 차이가

없었다(Wilcoxon rank sum test,  $Z=1.79$ ,  $P=0.07$ ). 반면 등줄쥐는 미개설지에서는 평균 체중이 28.93g이었으나 개설지에서는 40.30g으로 두 지역 간 큰 차이가 있는 것으로 나타났다( $Z=-2.92$ ,  $P=0.03$ ; Table 3). 등줄쥐의 포획 개체수 및 체중의 차이로 보아 임도 개설지가 미개설지에 비해 서식에 더욱 적합한 지역인 것으로 판단된다. 즉, 임도의 개설로 인해 상층임관이 감소하였으며 또한 하층생물이 증가하는 등 서식환경의 변화가 발생하였다. 이러한 서식환경의 변화는 우리나라에 서식하는 설치류 중 일반종(generalist)로 알려져 있는 등줄쥐의 서식에 좋은 조건으로 서식환경이 변화했기 때문에 서식밀도가 증가한 것으로 판단된다.

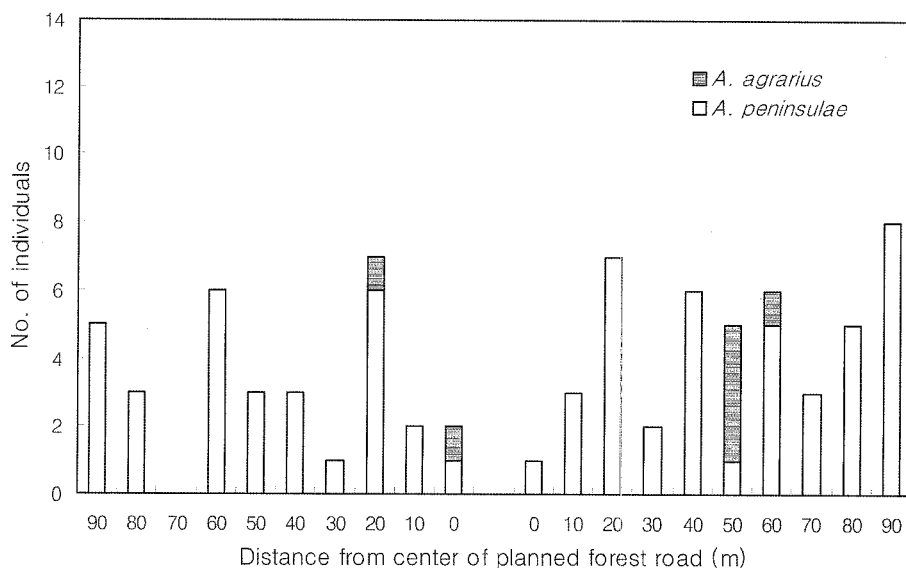
임도 미개설지와 개설지에서 포획지점이 3곳 이상인 개체들의 포획지점을 연결하여 추정된 행동권(home range)의 크기를 비교한 결과, 흰넓적다리붉은쥐는 미개설지보다 개설지에서 행동권이 큰 것으로 나타났다( $Z=-2.09$ ,  $P=0.03$ ). 그러나 등줄쥐의 행동권은 두 지역 간 유의한 차이를 보이지 않았다( $Z=0.61$ ,  $P=0.22$ ; Table 4). 행동권은

**Table 3. Differences in adults' body weight (mean  $\pm$  SE, g) of *A. peninsulae* and *A. agrarius* in forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea (Wilcoxon rank sum test).**

Species	Forest	Forest road	Z-value	P-value
<i>Apodemus peninsulae</i>	32.40 $\pm$ 5.10	34.50 $\pm$ 4.96	1.79	0.07
<i>Apodemus agrarius</i>	28.93 $\pm$ 6.53	40.30 $\pm$ 3.07	-2.92	0.003

**Table 4. Differences in home range size (mean  $\pm$  SE, m<sup>2</sup>) of *A. peninsulae* (n=12) and *A. agrarius* (n=3) in forest and forest road areas in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea (Wilcoxon rank sum test).**

Species	Forest	Forest road	Z-value	P-value
<i>Apodemus peninsulae</i>	465.35 $\pm$ 233.65	800.42 $\pm$ 270.27	-2.09	0.03
<i>Apodemus agrarius</i>	650.00 $\pm$ 0.00	349.65 $\pm$ 353.06	0.61	0.22



**Figure 3. Captured number of *A. peninsulae* and *A. agrarius* from the center of planned road route in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.**

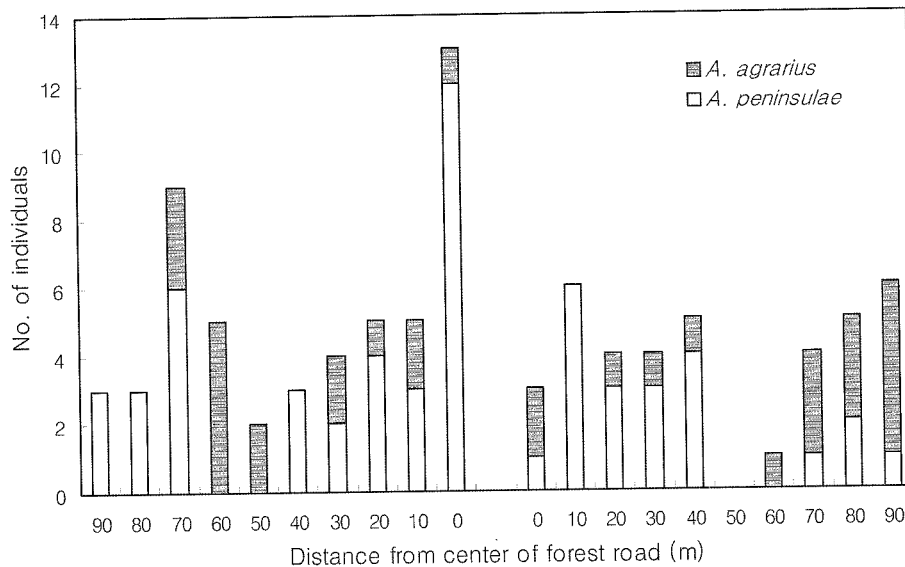


Figure 4. Captured number of *A. peninsulae* and *A. agrarius* from the center of forest road in deciduous forest, Jincheon, Chungbuk Province, Korea.

져 있다(Saitoh and Nakatsu, 1993). 흰넓적다리붉은쥐의 경우, 임도 개설지에서 행동권이 큰 것은 미개설지에 비해 서식지 환경이 좋지 않아 서식에 필요한 먹이 혹은 피난처와 같은 자원을 얻기 위해 더 넓은 지역을 이동하기 때문에 행동권이 큰 것으로 판단된다(Rhim and Lee, 2001).

임도 미개설지와 개설지에서 예정 임도노선 및 임도로 부터의 거리별 포획된 소형 설치류의 개체수를 살펴보면 미개설지에서는 전 구간에 걸쳐 포획된 개체수가 비교적 균등한 것으로 나타났다(Figure 3). 그러나 개설지에서는 임도 주변 10m 이내 지역에서 27회로 가장 많은 포획수를 보였으며, 미개설지 같은 구간에서 8회의 포획수에 비해 현저히 높았다(Figure 4). 이는 임도 주변의 서식환경과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다. 또한 미개설지에서는 등줄쥐가 일부 지역에서만 포획된 반면, 개설지역에서는 전 지역에 걸쳐서 포획된 것으로 보아 임도 주변의 산림 환경이 등줄쥐가 서식하기에 좋은 조건을 제공해 준 것으로 생각된다.

포획 개체수와 포획된 개체들의 평균 체중에서 지역 간 차이를 보이는 것은 임도의 개설로 인해 두 지역의 산림 환경구조가 다른 것과 관련이 깊은 것으로 판단된다(허위행 등, 2003). 즉, 임도의 개설과정에서 수목을 벌채함에 따라 임도 주변에는 임상잔존물(coarse woody debris)의 양이 증가한다. 또한 하층식생의 피도량이 증가하여(Figure 2), 임도 주변은 소형 설치류의 서식에 적합한 서식환경으로 변화될 것으로 판단된다(Rhim et al., 2003). 이는 미개설지에 비해 개설지의 임도 주변 10m 이내 지역에서 포획된 개체수가 훨씬 많은 것과(Figure 3과 4) 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

다양한 환경에서 서식이 가능한 일반종(generalist)으로 알려져 있는 등줄쥐(윤명희, 1994; Rhim and Lee, 2001; 이창배, 2004) 역시, 임도의 개설로 인해 개설 전보다 다양한 서식 환경이 조성됨으로써 서식하는 개체수가 증가한 것으로 판단된다. 또한 미개설지에 비해 개설지에서 체중이 높은 것도 서식 환경의 변화에 의한 것으로 생각된다. 이러한 결과를 통해서 임도의 개설은 그 지역에 서식하고 있는 소형 설치류의 개체수, 종 구성 및 서식지 이용 유형에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 인용문헌

1. 산림청. 2004. 환경친화적 녹색임도 시공관리 매뉴얼. 산림청. 대전. pp. 251.
2. 산림청. 2005. 임도의 건설로 인한 생물다양성 변화와 복원기술개발에 관한 연구. 산림청. 대전. pp. 104.
3. 원병휘. 1967. 한국동식물도감 제7권 동물편(포유류). 문교부. 서울. pp. 659.
4. 윤명희. 1994. 야생동물. 대원사. 서울. pp. 142.
5. 이은재, 이우신, 임신재. 2006a. 산불피해지 복원방법에 따른 설치류의 서식밀도 및 체중 차이. 한국임학회지 95: 365-369.
6. 이은재, 이우신, 이영근, 이명보, 임신재. 2006b. 산불피해지역에서 임상잔존물의 처리에 따른 서식환경과 설치류 개체군 특성. 한국임학회지 95: 711-715.
7. 이창배. 2004. 계방산 계곡부에 서식하고 있는 설치류 두 종의 미세서식지 이용 및 니체 패턴에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문. pp. 70.
8. 임신재, 이우신. 1999. 활엽수 천연림 지역에서 서식지 구조에 따른 소형 포유류 개체군의 차이. 한국임학회지 88: 179-184.
9. 정주상. 2000. GIS를 이용한 환경친화적 임도노선 서정

- 프로그램의 개발. 환경친화적인 녹색임도에 대한 심포지엄 자료집 pp. 59-77.
10. 허위행, 임신재, 이우신. 2003. 산림 지역의 조류 군집에 대한 도로의 영향. 한국환경생태학회지 17: 1-8.
  11. Ambuel, B. and Temple, S.A. 1983. Area-dependent changes in the bird communities and vegetation of southern Wisconsin forest. *Ecology* 64: 1057-1068.
  12. Forget, P.M and Milleron, T. 1991. Evidence for secondary seed dispersal by rodents in Panama. *Oecologia* 87: 596-599.
  13. Hanowski, J.M. and Niemi, G.L. 1995. A comparison of on- and off-road bird count: Do you need to go off road to count accurately? *Journal of Field Ornithology* 66: 469-483.
  14. Huijser, M.P. 2000. Life on the edge: hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape. Wageningen University. The Netherlands. pp. 165.
  15. Hur, W.H., Lee, W.S., Choi, C.Y., Park, Y.S., Lee, C.B. and Rhim, S.J. 2005. Differences in density and body condition of small rodent populations on different distance from road. *Journal of Korean Forest Society* 94: 108-111.
  16. Kawamichi, T. 1996. The encyclopedia of animals in Japan. vol. 1. Mammals I. Heibonsha Limited Publishers. Tokyo, Japan. pp. 156.
  17. Marsler, C., Trappe, J.M. and Nussbaum, R.A. 1978. Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology* 59: 799-809.
  18. Nichols, J.D. 1992. Capture-recapture models using marked animals to study population dynamics. *Bioscience* 42: 94-102.
  19. Rhim, S.J., Lee, C.B., Hur, W.H., Park, Y.S., Choi, S.Y., Piao, R. and Lee, W.S. 2003. Influence of roads on small rodents population in fragmented forest areas, South Korea. *Journal of Forestry Research* 14: 155-158.
  20. Rhim, S.J. and Lee, W.S. 2001. Habitat preference of small rodents in deciduous forests of north-eastern South Korea. *Mammal Study* 26: 1-8.
  21. Saitoh, T. and Nakatsu, A. 1993. Effects of size and perimeter of removal plots on immigration of the grey red-backed vole. *Journal of the Mammalogical Society of Japan* 18: 79-86.
  22. Small, M.F. and Hunter, M.L. 1988. Forest fragmentation and avian nest predation in forested landscapes. *Oecologia* 76: 62-64.

---

(2007년 2월 2일 접수; 2007년 4월 12일 채택)