

국립공원의 양서류 로드킬 현황¹

송재영^{2,3*} · 김민선² · 김인수² · 김태현² · 노일² · 서상원² · 서은경² · 서정근² · 양주영² · 우경덕² · 원혁재² · 이영구² · 임윤희² · 한선희² · 문명근²

Roadkill of Amphibians in the Korea National Park¹

Jae-Young Song^{2,3*}, Min-Sun Kim², In-Su Kim², Tae-Heon Kim², Il Roh², Sang-Won Seo², Eun-Kyoung Seo², Jung-Keun Seo², Ju-Young Yang², Kyung-Duk Woo², Hyeok-Jae Won², Young-Gu Lee², Yun-Hee Lim², Sun-Hee Han², Myeong-Geon Moon²

요약

국립공원 내 양서류 로드킬(Roadkill) 현황을 파악하기 위해 2006년부터 2008년까지 3년 동안 24개 노선을 대상으로 조사를 실시하였다. 그 결과 총 2목 5과 9종 1,748개체가 차량에 의해 로드킬 된 것으로 나타났으며, 년차별 비교결과 2006년에 비해 2007년, 2008년에 로드킬이 감소한 것으로 나타났다. 또한 3월부터 6월 사이에 북방산개구리, 두꺼비, 물두꺼비가 집중적 피해를 입은 것으로 나타났으며 “산림-하천” 및 “산림-산림” 환경에서 교통사고가 집중 발생하였고, 덕유산국립공원 국도 37호선, 속리산국립공원 지방도 517호선, 오대산국립공원 국도 6호선, 월악산국립공원 지방도 597호선 등 총 4개 노선에서 집중적으로 로드킬이 발생하였다. 따라서 이 지역의 주요 로드킬 대상 종이 북방산개구리와 물두꺼비로 확인됨에 따라서 이들 종에 대한 저감대책 수립이 시급한 것으로 판단되었다.

주요어 : 북방산개구리, 빈도, 보존

ABSTRACT

To investigate the roadkill of amphibians in Korea National parks, we conducted a survey from 2006 to 2008. As a result, our count of road-killed amphibians included 1,748 individuals from 9 species over three years, and the ratio of road-killed amphibians decreased in 2007, 2008 as compared to 2006. Additionally, many amphibians, including *Rana dybowskii*, *Bufo gargarizans*, and *Bufo stejnegeri* were road-killed by vehicles in "Forest-Stream" or "Forest-Forest" environments, and between March and June. In the risk analysis by frequency, 4 lines including national line 37 (Deogyusan), provincial line 517 (Songnisan), national line 6 (Odaesan) and provincial line 597 (Woraksan) were classed as RISK V category. This designation involves species considered to be extremely important, such as *Rana dybowskii* and *Bufo stejnegeri*. Therefore, a conservation plan is needed to protect important species located near RISK V lines.

KEYWORDS : RANA DYBOWSKII, FREQUENCY, CONSERVATION

1 접수 2008년 12월 31일, 수정(1차 : 2009년 2월 23일, 2차 : 2009년 3월 16일), 게재확정 2009년 3월 23일
Received 31 December 2008; Revised(1st : 23 February 2009, 2nd : 16 March 2009); Accepted 23 March 2009

2 국립공원관리공단 Korea National Park Service, Seoul(121-717), Korea

3 한국양서·파충류연구회 The Korean Research Society of Herpetologists, Seoul(151-742), Korea

* 교신저자 Corresponding author(song@seoul.korea.com)

서론

인간 활동을 위한 도로개설은 주변 환경에 많은 영향을 주며, 특히 도로개설에 의한 야생동물 로드킬은 운전자의 안전을 위협하기 때문에 일찍부터 많은 사람들에게 인식되었다. 이러한 도로개설은 기존의 서식지를 파편화(fragmentation) 시키고, 그 결과 야생동물 로드킬이라는 문제를 발생시키고 있다(Beckker and Canters, 1997; Bambaradeniya *et al.*, 2001).

도로 개설에 의한 야생동물 로드킬 중 양서류의 빈도는 매우 높은 편으로 알려져 있으며(Ashley and Robinson, 1996), 이러한 현상은 양서류가 물과 육지를 모두 이용한다는 점과 산란기, 서식지, 동면지 등 서로 다른 서식지를 이용하기 때문에 전 세계적으로 발생빈도가 높고, 이로 인하여 특정 종이 멸종되거나(Cooke, 1995) 유전적으로 격리되는 결과를 초래한다(Reh, 1989; Vos *et al.*, 2001). 특히 양서류는 생태계 구성에 있어서 먹이사슬의 중간단계에 있으며, 생태계의 안정성을 위해 매우 중요한 분류군으로, 육상 및 수서 곤충을 포식하며 생활하고 파충류, 포유류, 조류의 주요 먹이원이 된다. 따라서 양서류의 감소는 생태계의 커다란 위협요인으로 작용될 수 있다.

한편, 양서류 로드킬에 관한 국내 연구는 Song and Oh(2006)에 의해 수행된 바 있으며, 정부기관의 로드킬 조사는 야생동물보호법에 근거하여 한국도로공사가 1998년, 국립공원관리공단이 2004년, 지방 환경청이 2005년부터 실시하고 있으며, MOE(2007)에서는 “야생동물 로드킬 조사 통합 지침”을 마련하여 체계적으로 관리하고 있다. 하지만, 아직까지 대부분의 조사와 연구는 포유류를 대상으로 실시되고 있으며 양서류를 대상으로 진행한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 국립공원 내 양서류 로드킬 현황을 파악하고, 특성을 분석하여 양서류 로드킬을 저감할 수 있도록 예방대책을 수립하는 것이다.

재료 및 방법

국립공원의 로드킬 조사기간은 2006년부터 2008년까지 총 3년 동안 실시하였으며, 총 10개 국립공원의 24개 노선(총 연장 188.9km)을 300m 간격으로 구분하여 주 1회 이상 차량을 이용하여 시속 15km/h 미만으로 조사하였다.

주요 조사내용은 로드킬 발생 종 파악 및 개체수 확인을 하였으며, 해당지역의 정확한 위치확인을 위해서 휴대용 GPS를 이용하였다. 로드킬 발생지점의 좌우측의 자연환경을 산림, 하천, 경작지, 기타(마을, 주차장, 야영장 등 산림, 하천, 경작지를 제외한 모든 지역) 등 총 4가지 유형으로

구분하여 관찰하였다. 또한, 빈도분석(Frequency)을 통해 총 5등급(RISK I, 0~20%; RISK II, 21~40%; RISK III, 41~60%; RISK IV, 61~80%; RISK V, 81~100%)으로 구분하여 교통사고 발생률을 구분하였으며, RISK V에 해당하는 종과 노선을 분석하였고, 같은 방법으로 RISK V에 해당하는 노선을 대상으로 로드킬 집중발생 구간 및 주요 로드킬 발생 종을 분석하였다.

또한, 모든 통계분석은 SPSS10.0 프로그램을 이용하여 기술통계, 빈도분석 및 One-way ANOVA 등을 실시하였으며, 95% 신뢰수준에서 분석하였다.

결과

1. 국립공원 내 양서류 서식현황

총 10개 국립공원에 서식하는 양서류 현황조사를 통해 총 2목 7과 15종으로, 도롱뇽과(Family Hynobiidae)의 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychodactylus fischeri*), 이끼도롱뇽과(Family Plethodontidae)의 이끼도롱뇽(*Karsenia koreana*), 무당개구리과(Family Bombinatoridae)의 무당개구리(*Bombina orientalis*), 두꺼비과(Family Bufonidae)의 두꺼비(*Bufo gargarizans*), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*), 청개구리과(Family Hylidae)의 청개구리(*Hyla japonica*), 맹꽁이과(Family Microhylidae)의 맹꽁이(*Kaloula borealis*), 개구리과(Family Ranidae)의 참개구리(*Rana nigromaculata*), 금개구리(*Rana p. chosonica*), 움개구리(*Rana rugosa*), 한국산개구리(*Rana coreana*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 계곡산개구리(*Rana huanrenensis*), 황소개구리(*Rana catesbeiana*)로 확인되었다. 이중 내장산 국립공원에서 총 13종이 서식하는 것으로 나타났으며, 오대산, 치악산, 월악산국립공원에서 각각 11종, 속리산국립공원에서 10종, 지리산, 덕유산, 주왕산, 소백산, 변산반도 국립공원에서 각각 9종, 주왕산국립공원에서 8종이 서식하는 것으로 확인되었다(Table 1).

2. 로드킬 현황 및 종별 RISK 분석

본 조사에서 3년 동안 로드킬 된 양서류는 총 2목 5과 9종 1,748개체로 도롱뇽과의 도롱뇽, 꼬리치레도롱뇽, 두꺼비과의 두꺼비, 물두꺼비, 무당개구리과의 무당개구리, 청개구리과의 청개구리, 개구리과의 참개구리, 북방산개구리, 황소개구리로 확인되었다. 연차별로 로드킬 현황을 현황을 집계하면 2006년 989개체, 2007년 517개체, 2008년에 242개체가 로드킬 되어서 연간 발생 건수에서 차이가 확인되었으며(df=2, F=15.023, p=0.000), 사후분석(Tukey HSD) 결

Table 1. Current status of Amphibians in surveyed National parks

Species	NP									
	Jirisan	Songnisan	Naejangsan	Deogyusan	Odaesan	Juwangsan	Chiaksan	Woraksan	Sobaeksan	Byeonsan
<i>H. leechii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>O. fischeri</i>	●	-	●	●	●	-	●	●	●	-
<i>K. koreana</i>	-	-	●	-	-	-	●	●	-	-
<i>B. orientalis</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>B. gargarizans</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>B. stjenegeri</i>	●	-	-	-	●	●	●	●	●	-
<i>H. japonica</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>K. borealis</i>	-	●	-	-	-	-	-	●	-	-
<i>R. nigromculata</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>R. p. chosonica</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. rugosa</i>	●	●	●	●	●	●	-	●	-	●
<i>R. coreana</i>	-	●	●	●	●	-	●	-	-	●
<i>R. dybowskii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>R. huanrenensis</i>	-	●	●	-	●	-	●	-	●	-
<i>R. catesbeiana</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-	●
No. of Species	9	10	13	9	11	8	11	11	9	9

과 2006년에 비해 2007년과 2008년에 로드킬 발생률이 많이 감소된 것으로 확인되었고(p=0.000), 2007년과 2008년에는 큰 차이를 보이지 못했다(p=0.908). 월별 현황을 보면, 3년 동안 1월에는 전혀 발생하지 않았으며, 2월에 1건, 3월 425건, 4월 675건, 5월 403건, 6월 78건, 7월 29건, 8월 66건, 9월 35건, 10월 34건, 11월 2건 12월 0건이 확인되어, 계절별 교통사고 발생 건수가 차이(df=9, F=4.136, p=0.000)나는 것으로 나타났다(Figure 1).

종별 로드킬 발생률에서도 많은 차이를 보이는데, 빈도분석을 통해 총 5개 그룹으로 RISK분석을 실시한 결과 RISK I에 해당하는 종은 도롱뇽(2개체), 황소개구리(1개체)이며, RISK II는 꼬리치레도롱뇽(4개체), 미동정 개구리(6개체), RISK III은 청개구리(22개체), 참개구리(16개체), RISK

IV는 무당개구리(64개체), 물두꺼비(78개체), RISK V는 북방산개구리(1,467개체), 두꺼비(88개체)로 나타났으며, 특히 다른 종에 비해서 북방산개구리, 두꺼비, 물두꺼비, 무당개구리 등의 피해가 큰 것으로 나타났다(Table 2).

3. 환경에 의한 양서류 로드킬 발생 현황

주변 환경과 양서류 로드킬의 상호관계를 알아보기 위해 도로 좌우측의 환경을 크게 농경지, 산림, 하천, 기타로 구분하여 조사를 실시하였다. 그 결과 로드킬 발생 주변 환경은 “농경지-농경지”, “농경지-산림”, “농경지-하천”, “산림-산림”, “산림-하천”, “하천-하천”, “기타-농경지”, “기타-산림”, “기타-하천”, “기타-기타” 등 총 10가지 유형으로 구분되었다. 특히 “농경지-기타”로 이루어진 곳에서 573건, “산림-하천”이 경우 379건, “산림-산림”이 260건, “산림-기타”가 190건의 로드킬이 발생하였으며, 종별로 살펴보면, “산림-하천”(8종), “산림-산림”(6종), “산림-농경지”(5종) 순으로 나타났다. 따라서 종과 개체수 모두를 고려할 때 “산림-하천” 및 “산림-산림”으로 구성된 환경에서 로드킬이 빈번히 발생하는 것을 알 수 있었다(Table 3).

4. 노선별 양서류 로드킬 RISK분석

총 11개 국립공원 13개 사무소 24개 노선의 로드킬 현황을 조사한 결과, 3년 동안 1,748건이 발생하였으며, 빈도분석 결과 RISK I (0~2개체)은 7개 노선, RISK II (3개체)는

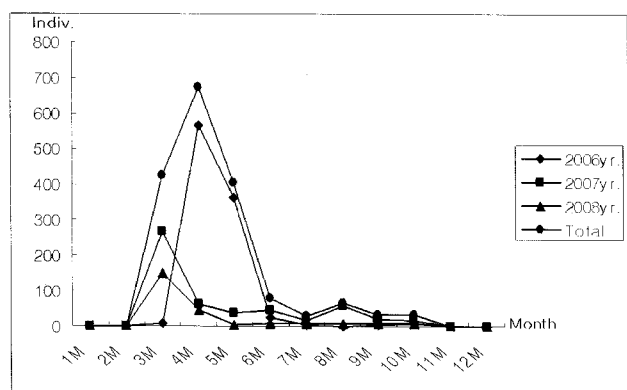


Figure 1. Road-killed amphibians per month

Table 2. Frequency and individuals of road-killed amphibians

Species	Year			Total indiv.	RISK
	2006yr.	2007yr.	2008yr.		
<i>Hynobius leechii</i>	1	0	1	2	I
<i>Onychodactylus fischeri</i>	0	3	1	4	II
<i>Bombina orientalis</i>	25	37	2	64	IV
<i>Bufo gargarizans</i>	26	38	24	88	V
<i>Bufo stejnegeri</i>	3	64	11	78	IV
<i>Hyla japonica</i>	20	2	0	22	III
<i>Rana nigromaculata</i>	6	9	1	16	III
<i>Rana dybowskii</i>	903	362	202	1,467	V
<i>Rana catesbeiana</i>	0	1	0	1	I
None-identification	5	1	0	6	II
Total Indiv.	989	517	243	1,748	

3개 노선, RISKIII(4~15개체)은 5개 노선, RISKIV(16~79개체)는 5개 노선 그리고 RISK V(80개체 이상)는 4개 노선으로 나타났다. 특히 RISK V에 해당하는 덕유산국립공원의 국도 37호선에서는 총 99건의 교통사고가 발생하였으며, 속리산국립공원의 지방도 517호선 155건, 오대산국립공원의 국도 6호선 113건, 월악산국립공원의 지방도 597호선 1,028건으로 총 1,395건이 발생하여, 3년 동안 전체 국립공원에서 발생한 로드킬(1,748건)의 79.8%를 차지하

였다(Table 4).

5. 구간별 RISK 분석 및 주요 종 파악

RISK V에 속한 4개 노선을 대상으로 구간별 RISK 분석을 실시하여 RISK V(상위 20%에 해당하는 구간)에 해당하는 구간을 추출하였다. 그 결과 첫번째, 덕유산국립공원의 국도 37호선의 경우, 300m씩 나눈 구간별 분석에서 평균

Table 3. Natural environment of road-kill sites

Right	Left			
	Rice-field	Forest	Stream	Others
Rice-field	<i>R. dybowskii</i> (66) <i>R. nigromaculata</i> (1) <i>R. catesbeiana</i> (1)	<i>R. dybowskii</i> (20) <i>R. nigromaculata</i> (1)	<i>R. dybowskii</i> (9) <i>R. nigromaculata</i> (1)	<i>B. gargarizans</i> <i>B. stejnegeri</i> <i>R. dybowskii</i>
Forest	<i>B. gargarizans</i> (2) <i>R. dybowskii</i> (2)	<i>O. fischeri</i> (1) <i>B. orientalis</i> (1) <i>B. gargarizans</i> (41) <i>B. stejnegeri</i> (15) <i>R. dybowskii</i> (194) <i>R. nigromaculata</i> (5) <i>None-identification</i> (3)	<i>O. fischeri</i> (1) <i>H. leechii</i> (1) <i>B. gargarizans</i> (21) <i>B. orientalis</i> (15) <i>B. stejnegeri</i> (4) <i>R. dybowskii</i> (92) <i>R. nigromaculata</i> (4) <i>H. japonica</i> (1) <i>None-identification</i> (1)	<i>B. gargarizans</i> (4) <i>B. orientalis</i> (1) <i>R. dybowskii</i> (13)
Stream	<i>B. orientalis</i> (6) <i>B. gargarizans</i> (5) <i>B. stejnegeri</i> (1) <i>R. dybowskii</i> (50)	<i>H. leechii</i> (1) <i>B. orientalis</i> (41) <i>B. gargarizans</i> (10) <i>B. stejnegeri</i> (18) <i>R. dybowskii</i> (160) <i>R. nigromaculata</i> (4) <i>None-identification</i> (2)	<i>R. dybowskii</i> (108)	<i>O. fischeri</i> (1) <i>H. japonica</i> (20) <i>B. gargarizans</i> <i>R. dybowskii</i> (49)
Others	<i>B. gargarizans</i> (3) <i>B. stejnegeri</i> (40) <i>R. dybowskii</i> (531)	<i>R. dybowskii</i> (172)	<i>B. gargarizans</i> (1) <i>R. dybowskii</i> (1)	<i>B. gargarizans</i> (1)

(), Individual

Table 4. Survey lines and current status of road-killed amphibian per year

National park	No. of line	Distance (km)	2006yr.	2007yr.	2008yr.	Total	RISK
Naejangsan	Provincial line 49	9	-	2	1	3	II
	Circular line	2	-	1	0	1	I
	Entrance line	8.2	-	2	3	5	III
	Local line 16 (Baeam)	3.5	-	53	0	53	IV
	Local line 17 (Baeam)	4	-	33	2	35	IV
Deogyusan	National line 37	20	1	40	58	99	V
	Provincial line 49	8	0	2	0	2	I
Byeonsan Peninsular	Provincial line 736	13.2	1	0	0	1	I
Sobaeksan	National line 5	5.7	0	1	0	1	I
	National line 5(Sobuk)	4.5	3	2	1	6	III
Songnisan	Provincial line 32	3	6	0	0	6	III
	Provincial line 517	3	152	3	0	155	V
Odaesan	National line 6	17.5	17	78	18	113	V
	Provincial line 446	11.3	21	29	11	61	IV
Woraksan	National line 59	12	0	79	0	79	IV
	Provincial line 597	16	767	141	120	1,028	V
Juwangsan	Provincial line 914	3.6	1	0	8	9	III
	Local line 1	0.6	2	0	0	2	I
Jirisan	National line 18	1.5	0	0	3	3	II
	Provincial line 861	14.7	13	38	14	65	IV
	Provincial line 865	2	3	0	0	3	II
	Provincial line 737 (Jibuk)	9.4	2	0	0	2	I
	Provincial line 861 (Jibuk)	12.0	0	1	0	1	I
Chiaksan	Local line 1	4.2	0	12	3	15	III
Total		188.9	989	517	242	1,748	

로드킬은 7.62 ± 10.27 ($n=99$) 개체로 나타났으며, 구간별 발생 건수에서 차이를 보였다 ($df=9$, $F=22.257$, $p=0.013$). 구간별 RISK 분석에서 RISK V 구간은 42~43번 구간(30개체)으로 나타났으며, 주요 대상 종은 북방산개구리로 나타났다. en번째, 속리산국립공원의 지방도 517호선의 경우 구간별 평균 로드킬은 11.92 ± 18.79 ($n=155$) 개체로 나타났으나 각 구간별로 로드킬 발생 건수에서는 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다 ($df=4$, $F=0.930$, $p=0.493$). 이중 RISK V 구간은 4~5번 구간(66개체)으로 나타났으며, 주요 대상 종은 북방산개구리로 나타났다. 세번째, 오대산국립공원의 국도 6호선의 경우 구간별 평균 로드킬이 2.76 ± 6.37 ($n=113$) 개체로 나타났으며, 구간별 발생 건수에서 차이가 있는 것으로 나타났다 ($df=25$, $F=10.753$, $p=0.000$). 이중 RISK V 구간은 14~15번 구간, 27~28번 구간, 37~38번 구간(각각 27, 40, 11개체)으로 나타났으며, 주요 대상종은 물두꺼비로 나타났다. 네 번째, 월악산국립공원의 지방도 597호선의 경우 구간별 평균 로드킬은 11.68 ± 21.65 ($n=1,028$) 개체로 나타났으며 구간별 발생 건수에서 큰 차이가 없는 것으

로 나타났다 ($df=28$, $F=1.234$, $p=0.245$). 이중 RISK V 구간은 15~16번 구간(34개체), 22~23번 구간(34개체), 30~31번 구간(33개체), 38~39번 구간(554개체), 39~40번 구간(148개체)으로 나타났으며, 주요 대상 종은 북방산개구리로 나타났다 (Table 5).

고 찰

2006년부터 2008년까지 총 1,748건의 로드킬이 발생하였으나 2006년에 비하여 2007년과 2008년에 로드킬 발생률이 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 국립공원의 양서류 교통사고 집중 발생구간인 월악산국립공원의 지방도 597호선 구간에 2006년 하반기에 생태이동통로를 설치 운영한 결과로 판단되는데, 이 노선의 38~41번 구간의 경우 2005년에 약 1,400건이 발생하였으나 (Song and Oh, 2006), 2006년에 767건, 2007년에 141건, 2008년에 120건의 로드킬이 발생하여 생태이동통로 건설 이후 로드킬 비율이 급격히 감소한 것으로 나타났다 (Table 4). 이러한 월악산

Table 5. Road-killed individuals of survey lines in RISK V category

Naional Park	Name of lines	Station	Species	Individual
Deogyusan	National line 37	42 ~ 43	<i>R. dybowskii</i>	30
Songnisan	Provincial line 517	4 ~ 5	<i>R. dybowskii</i>	66
		14 ~ 15	<i>R. dybowskii</i>	26
Odaesan	National line 6		<i>B. stejnegeri</i>	1
		27 ~ 28	<i>B. stejnegeri</i>	40
		37 ~ 38	<i>B. stejnegeri</i>	10
			<i>O. fischeri</i>	
Woraksan	Provincial line 597	15 ~ 16	<i>R. dybowskii</i>	34
			<i>R. dybowskii</i>	24
		17 ~ 18	<i>H. japonica</i>	20
			<i>B. gargarizans</i>	6
		24 ~ 25	<i>R. dybowskii</i>	34
		30 ~ 31	<i>R. dybowskii</i>	33
		38 ~ 39	<i>R. dybowskii</i>	548
			<i>B. orientalis</i>	6
	<i>R. dybowskii</i>	147		
	<i>B. gargarizans</i>	1		

국립공원의 생태이동통로 설치 결과가 전 국립공원의 양서류 로드킬 발생률을 감소시킨 것으로 판단된다.

월별 로드킬 발생률의 경우, 우리나라에 서식하는 대부분의 양서류는 3월에 동면에서 깨어 나와 산란지로 이동하는 생태적 특성을 보이는데(Won, 1971; Kang and Yoon, 1975), 특히 로드킬 발생 주요 종인 북방산개구리, 두꺼비는 보통 3월~4월부터 번식을 위해 산란지로 이동하고 산란 후 다시 산림지역으로 이동하고, 물두꺼비의 경우 9월 하순~10월경에 동면을 위해 암수가 서로 포접한 상태에서 물속에서 동면을 시작하고, 이듬해 6~7월까지 물속에서 계속 생활하다가 8~9월경에 다시 산림지역으로 이동하는 습성을 보인다(Yang *et al.*, 2001; Song, 2006). 그 밖에 양서류의 경우 시기적으로 다소 차이가 있으나, 대부분 북방산개구리와 같은 생활사를 보이고, 그 결과 대부분의 양서류의 생태적 특성에 의해 3월부터 6월까지 교통사고 발생률이 높게 나타나는 것으로 판단된다(Masae and Yanagawa, 2000).

따라서, 이 시기에 로드킬을 예방하기 위해 유도울타리 설치, 생태이동통로 건설과 같은 방지시설을 포함하여, 과속방지턱, 야생동물의 잦은 출현을 알리는 안내판 설치 등이 필요하다(Choi *et al.*, 2001; MOE, 2003).

로드킬 발생지역과 주변 환경과의 관계를 살펴보면, 많은 양서류가 “산림-하천”, “산림-산림” 등으로 이루어진 곳에서 집중적으로 로드킬 된 것으로 확인되었다. 이는 로드킬 발생 종과 밀접한 관계가 있는 것으로 추정되는데, 북방산개구리, 두꺼비, 물두꺼비 등은 대부분 농경지 또는 하천에

서 산란을 하고, 산림이나 기타 각 종별 선호 서식지로 이동하기 때문에, 농경지나 하천 주변에서 집중적으로 로드킬이 발생하는 것으로 추정된다(Yang *et al.*, 2001). 또한 산란지로부터 서식지의 거리가 가까우면 가까울수록 로드킬 발생수가 증가한다는 연구 결과처럼 주요 산란지 부근에 개설된 도로는 양서류에게 큰 위협 요인으로 작용할 수 있다(An, 2002). 따라서 국립공원을 관통하는 노선 중 산란지로 이용될 수 있는 농경지나 하천 주변 도로의 경우, 산란기 동안에 집중적인 로드킬 감시활동 및 홍보가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 양서류 로드킬 발생률을 기준으로 상위 20%에 해당하는 노선을 분석하였으며, 이들 노선을 대상으로 다시 상위 20%의 로드킬 집중발생 구간을 추출하였다. 그 결과 덕유산, 속리산, 오대산 및 월악산 등 4개 국립공원의 11개 조사구간이 RISK V(상위 20%)에 해당하는 지역으로 나타났으며 주요 대상 종은 북방산개구리와 물두꺼비로 확인되었다. 이 노선에서 발생한 양서류 로드킬은 1,027건으로 전체 교통사고 발생률의 58.7%에 해당하기 때문에 RISK V 구간을 대상으로 한 양서류 로드킬 방지대책은 로드킬 수를 감소시키기 위해 매우 중요하다. 특히, 월악산국립공원 송계계곡에 설치된 유도울타리 (길이 600m, 높이 80cm, mesh 크기 1cm² 미만)와 Underpass형 생태이동통로 2개소(1.5m×0.8m×3m)는 북방산개구리 로드킬 발생을 현저히 감소시킨 바 있으며(Song and Oh, 2006), 대체서식지 조성과 기존 산란지 유지관리를 통하여 산란 수가 증가하였으며, 미국 버몬트(Vermont)에 위치한 Champlin 호수에 서

식하는 *Rana pipiens*의 로드킬을 예방하기 위해 간이 유도 울타리를 설치한 결과 기존보다 60~80%의 로드킬 수를 줄인 사례가 있다(Nelson, 2003). 이러한 예처럼, 양서류 로드킬 집중 발생 구간에 Culvert-Fence system을 활용하고, 주요 대상종인 북방산개구리, 물두꺼비의 생태적 특성을 고려하여 예방대책을 수립한다면 국립공원 내에서 발생하는 양서류 로드킬을 현저히 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

종합해 보면, 전 세계적으로 양서류 보호를 위해 다양한 생태이동통로 및 유도울타리가 고안되었으며(Miklós, 2003), 국립공원 내 북방산개구리와 물두꺼비 교통사고를 예방하기 위해 장기적으로는 underpass형 생태이동통로 및 영구적인 유도울타리 설치가 필요하지만, 비용과 효율성을 고려하여 집중 발생구간에 우선적으로 polyethylene fence 설치가 필요하며, 영구적으로 양서류의 도로 침입 방지를 위해 Concrete fence나 Small mesh wire fence(1cm 미만)를 설치하는 것과 기존 산란지의 유지관리 및 대체서식지 조성이 필요한 것으로 판단된다.

인용문헌

- An, H.K.(2002) Ecological engineering. Cheonmungak, Seoul, 398pp.
- Ashley, P.E. and J.T. Robinson(1996) Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario. Canadian Field Naturalist 110(3): 403-412.
- Bambaradeniya C.N.B., W. Mendia, L.J. Samarawickrama and V.A.P. Kekulandala(2001) Herpetofaunal mortality in highways: a case study from Sri Lanka. In de Silva, A. (ed.). Fourth World Congress of Herpetology, pp. 10-11.
- Beckker, H. and K.J. Canters(1997) The continuing story of badgers and their tunnels. In Canters, K (ed.): Habitat fragmentation and infrastructure. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft, Netherlands, pp. 344-353.
- Choi, B.J, I.K. Kim, W.J. Shin, J.Y. Song, M.K. Kang and M.C. Park(2001) The study of guideline of eco-bridge planning and development of neighboring installations. Korea expressway corporation, Korea, 212pp.
- Cooke, S.A.(1995) Road mortality of common toad (*Bufo bufo*) near breeding site, 1974-1994. Amphibia-Reptilia, pp. 87-90.
- Kang, Y.S., I.B. Yoon(1975) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol.17. Amphibia-Reptilia. Ministry of education, Seoul, Korea, 186pp.
- Masae, A. and H. Yanagawa(2000) Casualties of Ezo Brown frog (*Rana pirica*) on the road adjoining to their breeding site in Kroishidaira, Taisetsuzen(Daisetsuzan) national park, Central Hokkaido. Bull. Higashi Taisetsu Mus. Nat. Hist. 22: 25-27.
- Miklós, P.(2003) Amphibian migration measures in Central-Europe. International Conference on Ecology & Transportation, pp. 413-429.
- MOE(2003) The managemental guideline and eco-bridge establishment for the ecosystem restoration, Seoul, Korea, 326pp.
- MOE(2007) The survey manual of the wild animal. MOE Report, Seoul, Korea, (<http://www.me.go.kr>).
- Nelson, H.(2003) Frog fence along Vermont Rt. 2 in Sandbar Wildlife Management Area. Collaboration between Vermont agency of transportation and vermont agency of Natural resources. International Conference on Ecology & Transportation, pp. 431-432.
- Reh, W.(1989) Investigations into the influences of roads on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. In: Langton, T.E.S.(ed.), Amphibians and Roads, ACO Polymer Products, Shefford, Bedfordshire, UK. pp. 101-113.
- Song, J.Y.(2006) Amphibia and Reptilia. Natural resource survey in Chiaksan National park, KNPS, pp. 203-212.
- Song, J.Y., and H.S. Oh(2006) Current Status of road-killed amphibian and reptile and Conservation plans in Songgye Valley, Woraksan national park. Kor. J. Eco. 20(4): 400-406.
- Vos, C.C., A.G. Antonisse-De-Jong, P.W. Goedhart and J.M. Smulders(2001) Genetic similarity as a measure for connectivity between fragmented populations of the moor frog(*Rana arvalis*). Heredity 86(5): 598-608.
- Won, H.G.(1971) The encyclopedia of amphibia and reptilia in Chosun. Kwahakwon, Pyongyang, 170pp.
- Yang, S.Y., J.B. Kim, M.S. Min, J.H. Suh and Y.J. Kang(2001) Monograph of Korean Amphibia. Academi, Seoul, 187pp.