

우리나라의 고라니 (*Hydropotes inermis*) 로드킬 발생건수 추정

Estimation of the Water deer (*Hydropotes inermis*) Roadkill Frequency in South Korea

최태영*

국립생태원 생태보전연구실

Tae-Young Choi*

Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Korea

Received 14 September 2016, revised 23 September 2016, accepted 26 September 2016, published online 30 September 2016

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate the roadkill occurrence of water deer (*Hydropotes inermis*), a representative roadkill species in South Korea. For this estimation, I analyzed national road statistics and roadkill statistics, and then reviewed case studies that estimated the number of deer roadkill in other countries to apply the estimating methods to our case. As a result, the estimated number of water deer vehicle collision was at least 60,000 per year in South Korea.

KEYWORDS: Road, Wildlife vehicle collision, Deer vehicle collision, Road safety

요약: 본 연구는 국내의 대표적 로드킬 동물인 고라니 (*Hydropotes inermis*)의 연간 로드킬 발생건수를 추정하고자 하였다. 이를 위해 국내의 도로 통계와 로드킬 통계 자료를 분석하고, 국외의 사슴류 로드킬 발생건수에 관한 추정 사례를 검토하여 국내의 고라니 로드킬 추정 방법에 적용하였다. 연구결과 국내에서 고라니 로드킬은 연간 최소 6만 건 이상 발생하는 것으로 추정되었다.

핵심어: 도로, 야생동물 교통사고, 사슴 교통사고, 도로 안전

1. 서론

도로는 서식지를 파편화하고 수많은 생물종을 위협하는 가장 파괴적인 요소이며 (Noss 1993), 로드킬은 운전자의 안전과 생물종의 보전, 그리고 생명에 대한 윤리적인 차원에서 매우 심각한 문제이다 (Seiler 2005). 우리나라의 경우에도 근래에 야생동물과 차량의 충돌을 의미하는 로드킬이 사회적 이슈로 부각되고 있으나 전반적인 로드킬 발생건수를 제시한 사례가 없어 이에 대한 합리적인 대응책 수립에 한계가 있어왔다. 이에 본 연구에서는 국내에서 수행되고 있는 국가 및 공공기관의 로드킬 조사를 파악

하였으며, 이중 비교적 자료가 풍부한 고라니를 대상으로 연간 발생건수를 추정하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 분석대상 도로

국내의 도로 현황을 파악하기 위해 국토교통부와 통계청의 국가 통계자료를 검토하였으나, 국가 통계자료는 도로법에 의한 도로 (고속도로, 국도, 특별·광역시도, 지방도, 시·군·구도)만을 다루고 있어, 농어촌도로 및 면리간 도로 등 자동차가 통행하며 로드킬이 발생할 수 있는 전체

*Corresponding author: wildlife@nie.re.kr, ORCID 0000-0002-9197-2125

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도로의 최근 현황과 고라니 로드킬이 발생 가능한 도로의 파악이 어려웠다 (Table 1). 따라서 국토지리정보원의 지도에 수록된 도로 현황을 분석한 문헌자료를 파악하고 (Table 2), 국내의 차량용 내비게이션 제작회사에 질의하여 내비게이션에 등록되어있는 도로의 현황을 파악하였다

(Table 3). 파악결과 도로법에 의한 도로는 총 107,527 km이며 (MOLIT 2015), 수치지도에 수록된 도로 (소로 제외)는 총 337,435 km (Cho 2010), 국내의 차량 내비게이션에 등록된 도로는 총 265,680 km (Anonymous Ltd. 2016)로 나타났다.

Table 1. Road status classified by the related laws in South Korea

Road classification (the related law)		Length (km) (Reference)	Road type	Length (km)	Management agencies
Road (ROAD ACT)	Road (ROAD ACT)	107,527 (MOLIT 2015)	Expressway	4,193	Korea Expressway Corporation
			National road	13,948	Ministry of Land, Infrastructure and Transport
			Metropolitan road	4,727	Metropolitan city
			Local road	18,087	Province
			City road	28,348	City
			County road	22,637	County
			Borough road	15,587	Borough
	Roads in agricultural and fishing villages (ACT ON THE MAINTENANCE AND IMPROVEMENT OF ROAD NETWORKS IN AGRICULTURAL AND FISHING VILLAGES)	59,356 (MOI 2013)	Township road	9,984	County
			Village road	27,956	
			Agricultural road	21,416	
	Forest road (FRAMEWORK ACT ON FORESTRY)	18,387 (KFS 2014)	National forest road	18,387	Forest Service
			Public forest road		Local government
			Private forest road		Individual
Total				185,270	
An open area actually necessary to ensure safe and smooth movement of traffic of many unspecified persons, motor vehicles, and horses (ROAD TRAFFIC ACT)				No data	Local government

Table 2. Road status of South Korea classified by maps of National Geographic Information Institute (Cho 2010)

Type	Length (km)	Ratio (%)
Expressway	3,355	0.6
National road	14,568	2.4
Local road	16,030	2.7
Metropolitan road	8,911	1.5
Metropolitan expressway road	254	0.0
City and county road	39,928	6.6
Inter township and village road	254,390	42.4
Narrow path	263,081	43.8
Total	600,516	100

Table 3. Road status of South Korea classified by maps loaded on a Korean car navigation (Source from car navigation)

Type	Length (km)	Ratio (%)
Two-lane or more-lane road	113,930	42.9
One-lane road	151,750	57.1
Total	265,680	100

본 연구의 목적이 고라니 로드킬 발생건수를 추정하는 것이므로 국내의 도로 통계 중 차량통행량과 통행속도가 현저히 낮아 고라니의 로드킬이 발생할 가능성이 낮은 유형의 도로를 분석대상에서 배제하는 것이 필요하였다. 확 인결과 차량용 내비게이션의 도로 통계는 도로법 및 국토 지리정보원 지도의 통계와 달리 왕복2차선 이상의 도로와 중앙선이 없는 왕복1차선 이하의 도로로 구분할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 내비게이션에 등록된 도로가 차량이 실제 통행 가능한 도로의 현황을 가장 잘 반영한다는 전제하에, 중앙선이 없는 왕복1차선의 소형도로는 차량 통행량이 적고 통행속도가 낮아 고라니의 로드킬 발생빈도가 매우 낮을 것으로 판단하여 분석 대상의 도로에서 제외하였다.

내비게이션에 등록된 왕복2차선 이상의 도로는 113,930 km 였으며, 이 길이는 도로법에 의한 도로의 길이인 107,527 km와 유사하여 도로법에 의한 도로가 사실 상 왕복2차선 이상의 도로에 해당할 것으로 판단되었다. 이에 따라 도로 법에 의한 도로를 왕복2차선 이상의 도로로 여기고, 이 중 도심지에 건설되어 고라니의 로드킬 발생 가능성이 매우 낮을 것으로 판단되는 특별·광역시도, 시도, 구도를 분석 대상에서 제외하고 고속도로, 국도, 지방도, 군도에 해당되는 총 58,865 km의 도로를 분석 범위로 결정하였다.

2.2 국내외 로드킬 조사 현황 분석

국내의 로드킬 조사 현황을 파악하기 위해 그간 국내에서 출간된 정부 및 연구기관의 관련 보고서와 언론 및 국회 국정감사를 통해 발표된 관계기관의 통계자료를 조사하였다. 이를 위해 환경부와 국토교통부의 홈페이지 검색, 국회 도서관 검색, 인터넷 포털인 다음과 네이버의 뉴스검색을 활용하였다. 또한 이 과정에서 파악된 로드킬 조사관계기관의 실무자와의 이메일과 전화통화 및 조사자와 현장 인터뷰를 통해 각 기관별 특성을 조사하였다. 조사는 2015년 1월부터 2016년 7월까지 이루어졌다.

또한 국외의 로드킬 조사 현황에 대한 연구논문과 연구 보고서 파악을 위해 논문정보 사이트인 “Sciencedirect”

와 “Google scholar”를 검색하였으며, 도로생태학 관련 연구자들의 국제학회인 ICOET (International Conference on Ecology and Transportation)와 IENE (Infra Eco Network Europe)의 학술대회에서 발표된 자료집을 검색 하였다. 이 중 각국의 로드킬 통계와 이에 대한 산출 근거가 구체적으로 제시되어있는 문헌을 바탕으로 국내의 로드킬 현황을 추정할 수 있는 방안을 찾고자 하였다.

2.3 고라니 로드킬 추정 방법

그간 국가 단위의 사슴류 로드킬 추정치가 발표된 북미와 유럽의 사례를 보면 로드킬로 인해 발생된 교통사고 통계를 최소치로 가정하고 여기에 논리적 추론을 통해 실제에 가깝게 확대해 나가는 방법이 적용되었기에 (Conover et al. 1995, Groot Bruinderink and Hazebroek 1996, Romin and Bissonette 1996, Huijser et al. 2007), 본 연구에서도 이러한 방법을 적용하고자 하였다. 그러나 우리나라의 경우 북미와 유럽의 경우처럼 로드킬로 인해 발생한 운전자의 교통사고 통계를 경찰이나 보험회사에서 발표하지 않고 있다. 이는 북미와 유럽의 경우 붉은사슴 (*Cervus elaphus*)과 무스 (*Alces alces*) 등 체중이 100 kg 이상 나가는 대형 사슴류가 일반적인 반면에 우리나라는 체중이 20 kg 이하로서 소형 사슴류인 고라니의 로드킬이 일반적이어서 충돌 시 교통사고로 직접 연결되는 경우가 적기 때문에 판단된다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 정부와 공공기관에 의해 수집된 각 도로 유형별 로드킬 자료와 개인 연구자의 로드킬 조사결과를 활용하여 전체 로드킬 건수를 추정하고자 하였다. 이를 위해 기존 연구에서 적용된 다음의 서로 다른 두 방법으로 각각의 추정치를 낸 뒤 이 두 값의 평균을 채택하였다.

첫째는 미국과 유럽의 사슴류 로드킬을 추정하는 방법으로서 정부기관에 의해 수집된 중복되지 않는 현장 자료를 모두 더해서 최소 로드킬 건수를 파악한 뒤 실제의 수치가 가깝게 추정해 나갔다. 이때 매년 증가추세에 있는 경우는 최근 년도의 수치를 적용하였고, 추세의 변화를 판단하기

어려운 경우에는 최근 5년간의 평균치를 적용하였다. 둘째는 샘플지역에서 이루어진 조사자료를 토대로 전체 지역을 유추하는 방법 (Conover et al. 1995, Caletrio et al. 1996, Svensson 1998)을 이용하였다. 이를 위해 Choi (2007)에 의한 지리산권 4개 시군의 고라니 로드킬 정밀 조사 결과를 전국의 평균치로 가정하여 활용하였다. Pak and Lee (2015)의 로드킬 hot-spot 분석 지도에 의하면 지리산권은 전국의 다른 지역에 비해 상대적으로 적게 발생하거나 평균적이며, 한국도로공사의 내부자료에 의하면 고속도로의 고라니 로드킬이 2005년도 1,779건, 2014년도 1,824건으로 유사하여 Choi (2007)의 조사결과를 현재의 전국 평균치로 활용 가능하다고 판단하였다.

3. 결과

3.1 국내의 로드킬 조사 통계

우리나라의 상시적 로드킬 조사는 정부 및 공공기관 4 곳에서 수행하고 있었다. 그 외 참고할 만한 로드킬 통계는 충남야생동물구조센터의 고라니 로드킬 통계와 Choi (2007)의 지리산권 4개 시군 지역에서의 정밀조사 자료가 있다. 이 여섯 유형의 자료 특성은 다음과 같다 (Table 4).

첫째, 한국도로공사는 고속도로의 포유류 로드킬 조사를 하고 있으며, 순찰반이 매일 10여 회씩 모니터링 하는 결과여서 실제 발생건수에 근접한다고 볼 수 있다. 다만 교통사고를 유발할 수 있는 대형동물 위주로 기록이 되어 2011년부터 2015년까지 최근 5년간의 고라니 로드킬이 연평균 1,995건이며 전체 로드킬의 87.2%로서 절대 다수였다.

둘째, 국토교통부는 국도의 포유류 로드킬을 조사하며,

각 지역의 국토관리사무소에 속한 도로 보수원이 매일 1회씩 기록하고 있었다. 국도에서는 2015년에 5,724건의 고라니 로드킬이 기록되었으며, 고속도로처럼 대형동물 위주로 기록하여 고라니 로드킬은 전체의 59.9%를 차지하였고, 최근 5년 간 증가 추세에 있다.

셋째, 환경부는 각 지방·유역환경청의 야생동물조사원이 전국의 도로 중 244개 조사구간 총 4,533 km를 선정하여 육상척추동물(포유류, 조류, 양서류, 파충류)을 대상으로 월 1회 조사하고 있다. 이에 따르면 2015년에 227건의 고라니 로드킬이 기록되었으며, 포유류 로드킬의 27.9%를 차지하였고, 최근 5년간 증가 추세에 있다. 이 통계는 월 1회의 조사 결과여서 연간 발생건수 추정에 무리가 있고 국도와 지방도의 보수원들이 당일의 로드킬 사체를 제거한 이후에 조사될 가능성이 높았다.

넷째, 국립공원관리공단은 17개 국립공원 내의 41개 노선 290 km에 대해 주 1회이상 로드킬 조사를 수행 중이며, 육상척추동물을 대상으로 정밀조사가 이루어지고 있다. 이에 따르면 2011년부터 2015년까지 최근 5년간의 고라니 로드킬이 연평균 18건이며 포유류 로드킬의 11.9%를 차지하였다.

다섯째, Choi (2007)의 로드킬 통계의 경우 육상척추동물을 대상으로 지리산권(구례, 남원, 하동, 함양)의 119 km 도로를 매일 (2004년 7월 - 2005년 6월) 또는 이틀에 한 번 (2005년 7월 - 2006년 12월)씩 정밀조사한 기록이다. 이 중 매일 조사한 기록에 의하면 1년간 고라니 로드킬이 73건이며, 포유류 로드킬의 10.1%를 차지하였고, 1년 동안의 로드킬 발생빈도는 0.61 건/km였다 (전체 기간: 180 건, 0.60 건 $\text{km}^{-1} \text{yr}^{-1}$).

마지막으로, 충남야생동물구조센터의 자료로서 최근 5년간 (2011년 - 2015년) 고라니가 차량과의 충돌로 접수

Table 4. Reported counts of water deer roadkill in South Korea

Source*	Year					Road type	Surveyed road length (km)
	2015	2014	2013	2012	2011		
KEC	2,302	1,824	1,939	1,996	1,914	Expressway	4,193
MOLIT	5,724	5,161	3,279	1,423	913	National road	13,948
ME	227	173	132	123	92	All types	4,533
KNPS	18	15	8	29	22	National & local road	290
CWARC	118	150	183	183	149	All types	No data
Choi (2007)	180 (July 2004 – December 2006)					All types	119

* KEC, Korea Expressway Corporation; MOLIT, Ministry of Land, Infrastructure and Transport; ME, Ministry of Environment; KNPS, Korea National Park Service; CWARC, Chungnam Wild Animal Rescue Center

된 경우는 연평균 157건이었다. 이 자료는 구조 당시의 X-ray 촬영기록을 통해 구조된 고라니의 주된 연령과 성별을 알 수 있는 장점이 있다. 반면에 전체 로드킬 중 몇 퍼센트가 신고되고 있는가에 대한 정보는 알 수 없다.

3.2 국외의 사슴류 로드킬 통계 및 추정

외국의 경우 특정 분류군(양서류, 조류, 척추동물 등)에 대해 전국 단위의 로드킬 발생건수를 추정할 사례가 있으며, 이는 연구자의 샘플구간 조사 (Caletrio et al. 1996, Svensson 1998) 또는 운전자에 대한 설문 (Seiler et al. 2004)을 통해 이뤄졌다. 한편 로드킬 조사를 국가나 공공기관이 상시 수행하며 지속적으로 통계 발표를 하는 사례는 찾을 수 없었다. 다만 일부 국가에서 로드킬이 원인이 된 교통사고 건수에 대한 경찰의 통계자료가 있으며, 이를 통해 사슴류의 로드킬 수를 간접 유추한 연구가 다음과 같이 있었다.

미국의 경우 Huijser et al. (2007)의 연구팀이 미국 전역의 로드킬 현황을 추정하고 이에 대한 대응책을 미의회에 제출하였는데, 추정 과정은 다음과 같다. 1995년에 Conover et al. (1995)이 35개주에서 기록된 경찰 및 보험회사의 통계로부터 538,000건을 확인하고 통계가 없는 나머지 주의 면적에 이 수치를 비례해 적용하여 726,000건으로 확대 계산한 후, 일부 주에서 실시된 도로국과 환경국의 로드킬 조사와 비교해 볼 때 경찰에 신고 되는 경우가 50% 정도에 불과하므로 실제로는 연간 1백만 건이 넘을 것으로 예상하였다. 여기에 Romin and Bissonette (1996)가 50%를 더 추정하여 150만 건이라는 추정치를 내놓았고, Huijser의 연구팀은 이를 근거로 미국 내 대형동물과 자동차의 충돌은 연간 100~200만 건이 발생하며 증가 추세에 있는 것으로 판단하였다.

유럽 지역의 로드킬 추정은 Groot Bruinderink and Hazebroek (1996)에 의해 이뤄졌는데, 1995년 Conover 등에 의한 미국의 로드킬 추정이 발표된 직후 이뤄진 것으로서 미국의 사례와 같이 유럽 각국의 경찰과 보험회사에 신고된 사슴류의 로드킬 통계치를 근거로 하였으며, 러시아를 제외한 유럽 전역에서 연간 50만건의 사슴류 로드킬이 발생하는 것으로 추정하였다. 현재까지 북미와 유럽 각국의 로드킬 현황을 설명하는 경우 위의 통계가 주로 인용되고 있다. 북미와 유럽을 제외한 아시아 등의 타 지역에서 전국 단위의 사슴류 로드킬 추정치가 제시된 사례는 확인되지 않았다.

3.3 국내의 고라니 로드킬 건수

첫째, 서로 중복되지 않고 매일 수집된 국내의 고라니 로드킬 자료를 바탕으로 로드킬 건수를 추정할 결과는 다음과 같다. 한국도로공사가 관리하는 전국의 고속도로에서 최근 5년간 (2011년-2015년) 연평균 1,995건($0.54 \text{ km}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)이 기록되었다. 이는 민자 고속도로 322 km가 빠진 통계이므로 한국도로공사 관리 도로에서의 수치를 적용하면 연간 175건을 추가한 2,170건이 된다. 전국의 국도에서는 2015년에 5,724건($0.41 \text{ 건 km}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)이 기록되었다. 또한 지방도와 군도를 합하면 총 40,724 km로서 국도의 2.9배에 이른다. 지방도와 군도의 고라니 로드킬이 국도와 유사하게 발생한다고 가정할 경우 국도의 2.9배인 16,600건이 된다. Choi (2007)에 의하면 왕복2차선 도로는 왕복4차선 산업도로에 비해 척추동물 로드킬 발생빈도가 3.1배 높았으나 고라니 만 따지면 0.7배로 더 낮았다. 이는 왕복2차선 도로는 왕복4차선도로에 비해 통행속도가 낮고 가드레일이 없는 경우가 많아서 고라니가 차량과 충돌 시 부상만 당하거나 도로 밖으로 튕겨져 나가 사체가 노면 위에 남겨지는 비율이 낮으며, 운전자나 주민이 사체를 곧바로 치우는 경우도 많기 때문으로 사료된다. 이처럼 대형도로와 소형도로에서의 고라니 로드킬 발생 차이를 객관적으로 유추하기 어려우며, 국도, 지방도, 군도의 차선수를 비교한 통계가 없어 지방도와 군도를 국도에 준하여 분석하였다.

한편 차에 치였으나 죽지 않고 구조된 고라니의 대부분은 치료되지 못하고 결국 폐사되거나 이러한 수치는 고속도로와 국도의 로드킬 통계에는 포함되지 않고 있다. 충남야생동물구조센터에 의하면 충남 지역에서 최근 5년 동안 연평균 157건이었으며, 충남은 우리나라(남한) 국토면적의 8.2%를 차지한다. 따라서 타 지역까지 고려하면 매년 1,915마리의 고라니가 이에 해당함을 추정할 수 있다.

위의 추정치들, 즉 고속도로 2,170건, 국도 5,724건, 지방도·군도 16,600건, 구조 고라니 1,915건을 모두 합하면 총 26,409건이다

둘째, 우리나라 로드킬의 평균치로 볼 수 있는 지역의 자료를 활용하여 전국을 유추한 결과는 다음과 같다. Choi (2007)에 따르면 지리산권의 로드킬 자료는 고속도로, 국도, 지방도 총 119 km를 숙련된 조사자 3인이 2년 6개월 간 매일 또는 이틀 간격으로 정밀 조사하여 높은 신뢰도를 지니고 있으며 이 구간에서의 고라니 로드킬 빈도는 도로 1 km당 연간 0.61건이었다. 2015년 12월 현재 왕복2차선

이상의 전국 도로 중 도심지 밖의 도로에 해당하는 58,865 km (고속도로, 국도, 지방도, 군도)에 지리산권 고라니의 연간 1 km당 로드킬 건수인 0.61을 적용하면 35,908건이다. 따라서 고속도로, 국도, 구조센터의 통계를 근거로 한 연간 26,409건과, 지리산권의 통계를 근거로 한 35,908건의 평균값은 31,159건이다.

한편, 차에 치인 동물은 부상당한 채 도로를 벗어나 죽거나 죽사하더라도 도로 밖의 풀숲으로 튕겨져 나가는 경우가 많다. 이러한 이유로 여러 연구자들이 (Almkvist et al. 1980, Bissonette et al. 2000, Seiler et al. 2004) 도로 위에서 발견되는 사슴류의 로드킬은 실제의 절반에 불과하다고 제시한 바 있으며, Huijser et al. (2007)의 경우에도 미국의 사슴류 로드킬 통계 추정 시 이를 적용하였다. 따라서 본 연구에서도 이를 적용하면 평균값인 31,159건의 두 배인 62,318건, 즉 약 6만 건 이상의 고라니 로드킬이 매년 58,865 km의 전국 도로에서 발생하고 있음을 예상할 수 있다. 이 추정치는 약 15만 km에 달하는 왕복1차선의 소형도로와 48,662 km에 달하는 도시도로 (특별·광역시도, 시도, 구도)에서는 고라니 로드킬이 발생하지 않는다는 전제하에 계산된 것이다. 한편 국토교통부와 환경부의 통계에서는 고라니 로드킬이 최근 5년간 매년 꾸준히 증가하고 있으나, 한국도로공사, 국립공원관리공단, 충남 야생동물구조센터의 통계에서는 이러한 추세를 보이지 않아 국내 고라니 로드킬의 수적 변화 추세를 대한 판단은 어려웠다 (Table 4).

결론적으로 우리나라의 고라니 로드킬 발생건수는 연간 최소 6만건 ($1.02 \text{ 건 km}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)이며, 이보다 훨씬 많은 수가 발생하는 것으로 예상할 수 있고, 최근 5년간의 전반적인 증감 추세를 대한 판단은 어려운 상황이다.

4. 고찰

분석결과 우리나라에서는 연간 최소 6만건의 고라니 로드킬이 발생하는 것으로 추정되며 차량과의 충돌 직전에 회피된 사례까지 고려할 경우 그 수치는 훨씬 늘어 교통사고를 빈번하게 유발할 가능성이 매우 클 것으로 판단된다. 한편 지리산권 4개 시군 지역의 경우 고라니는 포유류 로드킬의 10.1%를 차지하며, 척추동물의 로드킬 중 포유류가 31.5%를 차지하고, 조류는 23.3%, 양서류는 28.2%, 파충류는 17.0%를 차지하는 것으로 나타난 바 있다 (Choi 2007, Seo et al. 2015). 조류와 양서류의 경우 종의 특성

상 실제 로드킬의 극히 일부만 도로 위에서 확인 될 수밖에 없는 점을 고려할 때, 국내에서 한 해 척추동물의 로드킬 발생건수는 수백만 건 혹은 천만 건이 넘을 수도 있으나 본 연구에서는 이를 객관적으로 추정 할 수 있는 기초 정보가 부족하였다.

Seiler and Helldin (2006)에 의하면 스페인의 경우 연간 도로 1 km 당 31건으로서 전국적으로 1천만건의 척추동물 (Caletrio et al. 1996), 벨기에에는 연간 4백만건 이상의 척추동물 (Rodts et al. 1998), 네덜란드는 연간 2백만건의 조류 (Tempel 1993), 스웨덴은 연간 8.5백만 건의 조류 (Svensson 1998) 로드킬이 추정된 바 있다. 또한 일부 연구에서는 도로에서의 로드킬 만큼이나 철길에서의 로드킬 역시 매우 심각함을 나타내고 있어 (Havlin 1987, Van der Grift 1999), 고속철도가 증가하고 있는 우리나라의 경우 조류와의 충돌이 특히 빈번할 가능성이 있다.

위와 같이 야생동물과 차량의 충돌은 운전자의 안전뿐만 아니라 수많은 야생동물의 사망률에 영향을 줌으로써 생태계의 안정성에도 부정적 영향을 미칠 가능성이 높다. 따라서 향후 신규 도로의 건설 과정 및 이미 건설된 도로에서 로드킬 방지를 위한 울타리 및 생태통로 설치 등의 지속적인 노력이 절실하며, 고라니 이외의 다양한 야생동물의 로드킬 발생에 대한 추가적인 조사·연구와 예방정책을 적극 추진하여 로드킬이 운전자의 안전 및 생태계의 안정성에 미치는 영향을 줄여야 할 것이다.

References

- Almkvist, B., André, T., Ekblom, S. and Rempner, S.A. 1980. Slutrapport Viltolycksprojekt: Final report of the Game Accident Project. Swedish National Road Administration, TU146, 5, Sweden. (in Swedish)
- Bissonette, J.A., Lehnert, M.E. and Harrison, M. 2000. Lanes of destruction: Effectiveness of highway right-of-way escape structures for mule deer. Symposium: Wildlife and Highways: Seeking solutions to an ecological and socio-economic dilemma. 7th Annual Conference TWS, Nashville TN, 12-16 Sept., Nashville, Tennessee, USA.
- Caletrio, J., Fernandez, J.M., Lopez, J. and Roviralta, F. 1996. Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. *Global Biodiversity* 5: 15-18.
- Cho, M.H. 2010. Report on analysis of existing road network in forest area. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. (in Korean)

- Choi, T.Y. 2007. Road-kill mitigation strategies for mammals in Korea: Data based on surveys of road-kill, non-wildlife passage use, and home-range. Ph.D. Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean)
- Conover, M.R., Pitt, W.C., Kessler, K.K., DuBow, T.J. and Sanborn, W.A. 1995. Review of human injuries, illnesses, and economic losses caused by wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin* 23: 407-414.
- Groot Bruinderink, W.T.A. and Hazebroek, E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10: 1059-1067.
- Havlin, J. 1987. On the importance of railway lines for the avifauna in agrocoenoses. *Folia Zoologica* 36: 345-358.
- Huijser, M.P., McGowen, P.T., Fuller, J., Hardy, A. and Kociolek, A. 2007. Wildlife-vehicle collision reduction study: Report to congress (No. FHWA-HRT-08-034). National Technical Information Service, Alexandria, Virginia, USA.
- KFS. 2014. Forest road statistics. Korea Forest Service. <http://www.forest.go.kr/>. Assessed 05 March 2016. (in Korean)
- MOI. 2013. Roads statistics in agricultural and fishing village area. Ministry of the Interior, Korea. <https://www.moi.go.kr/>. Assessed 02 August 2016. (in Korean)
- MOLIT. 2015. Road statistics. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea. <http://www.index.go.kr/>. Assessed 30 August 2016. (in Korean)
- Noss, R.F. 1993. Wildlife corridors. In, Smith, D.S. and Hellmund, P.C. (eds.), *Ecology of Greenways*. University of Minnesota Press, Minneapolis, USA. pp. 43-68.
- Pak, S.I. and Lee, G.J. 2015. A study on building methodology for identifying road-kill hot-spots on highways and its empirical application. *Journal of Planners Association* 50: 319-333. (in Korean)
- Romin, L.A. and Bissonette, J.A. 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24: 276-283.
- Rodts, J., Holsbeek, L. and Muyldermons, S. 1998. *Dieren onder onze wielen*. Koninklijk Belgisch Verbond voor de Bescherming van de Vogels, Vubpress, Brussel, Belgium. (in Dutch)
- Seiler, A. 2005. Predicting locations of moos-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.
- Seiler, A. and Helldin, J.O. 2006. Mortality in wildlife due to transportation. In, Davenport, J. and Davenport, J.L. (eds.), *The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment*. Springer, the Netherlands. pp. 165-190.
- Seiler, A., Helldin, J.O. and Seiler, C. 2004. Road mortality in Swedish mammals - Results of a drivers' questionnaire. *Wildlife Biology* 10: 225-233.
- Seo, C., Thorne, J.H., Choi, T., Kwon, H. and Park, C.H. 2015. Disentangling roadkill: the influence of landscape and season on cumulative vertebrate mortality in South Korea. *Landscape and Ecological Engineering* 11: 87-99.
- Svensson, S. 1998. Birds kills on roads: is this mortality factor seriously underestimated? *Ornis Svecica* 8: 183-187.
- Tempel, R. 1993. *Vogelslachtoffers in het wegverkeer*. Technisch rapport Vogelbescherming Nederland, 11. (in Dutch)
- Van der Grift, E.A. 1999. Mammals and railroads: Impacts and management implications. *Lutra* 42: 77-98.