

인천시 징매이교개의 도로에 설치한 생태통로의 생태 현황과 개선 방안

Ecological Status and Improvement Suggestion of a Wildlife Road-Crossing Structure at the Jingmaei-Pass in Incheon, Korea

김진경¹ · 조형진² · 조강현^{3*}¹계양고등학교, ²수생태공간정보연구소, ³인하대학교 생명과학과Jinkyong Kim¹, Hyungjin Cho² and Kang-Hyun Cho^{3*}¹Gyeyang High School, Incheon 21062, Korea²ECONGEO, 62, Seokjeong-ro, Nam-gu, Incheon 22170, Korea³Department of Biological Sciences, Inha University, Incheon 22212, Korea

Received 3 August 2016, revised 6 September 2016, accepted 10 September 2016, published online 30 September 2016

ABSTRACT: Roads are widely accepted to be as a major cause of habitat fragmentation. The wildlife road-crossing structure is one of the most acceptable alternatives among the solutions to provide connectivity between patches isolated by roads. We investigated noise disturbance, vegetation structure and wildlife crossing and habitation at a wildlife road-crossing structure located at the Jingmaei-Pass in Incheon, Korea, to monitor and evaluate its conservation value and ecological performance and to propose measures for their adaptive management. From the result of noise measurement, the noise disturbance from the road traffic was not properly blocked out at the wildlife crossing structure. The survey results of vegetation structure showed that the early-successional plant species such as *Ambrosia trifida*, *Erigeron annuus*, *Pueraria lobata*, *Rosa multiflora* invaded widely on the crossing structure. An efficient management of the vegetation should be necessarily considered for the facilitation of vegetation succession and the improvement of animal habitat. The crossing structure was used by limited mammal species: *Apodemus agrarius*, *Nyctereutes procyonoides*, *Mogera wogura* and *Sciurus vulgaris coreaeae* as the results of the monitoring using footprints and closed-circuit television. In conclusion, The Jingmaei-Pass wildlife crossing structure is unable to function properly as a biological corridor because of the interference of noise and flourishing disturbed vegetation. Therefore, proper alternatives are required for improving animal habitats and mobile environments to enhance the ecological function of a wildlife corridor.

KEYWORDS: Corridor, Crossing structure, Habitat fragmentation, Road, Vegetation, Wildlife

요 약: 도로가 서식지 파편화를 초래하는 주요인이라고 널리 인식되고 있다. 이러한 도로에서 야생동물 이동통로는 격리된 서식지 사이의 연결성을 제공하는 가장 일반적인 해결방안 중의 하나이다. 본 연구에서는 인천시 징매이교개의 도로에 설치된 야생동물 생태통로에서 보전 가치와 생태적 효율성을 평가하고 적응관리를 위한 대책을 제안하기 위하여, 생태통로에서 소음 교란도, 식생 구조 및 야생동물의 이동과 서식에 대하여 조사하였다. 조사지인 징매이교개 생태통로에서는 도로 차량으로부터의 소음 교란이 적절하게 차단되지 않고 있었다. 생태통로 식생에서는 단풍잎돼지풀, 개망초, 칩, 찔레꽃 등과 같은 천이초기종이 번성하고 있었다. 그러므로 식생 천이를 촉진하고 동물 서식지 환경을 개선하기 위하여 효과적인 식생 관리가 필요할 것으로 생각된다. 생태통로에서 족적과 폐쇄회로 티비로 야생동물을 조사한 결과, 등줄쥐, 너구리, 두더지, 청솔모 등의 제한된 포유류가 이동통로로 이용하고 있었다. 결론적으로 징매이교개 생태통로는 현재 소음 간섭과 교란 식생의 번성으로 생물 이동통로로서의

*Corresponding author: khcho@inha.ac.kr, ORCID 0000-0003-4546-3546

© 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.

적절한 기능을 할 수 없을 것으로 판단된다. 따라서 야생동물 이동통로로서 기능을 향상하기 위하여 동물 서식과 이동 환경을 개선하기 위한 적절한 대책이 요구된다.

핵심어: 생태통로, 이동구조물, 서식지 파편화, 도로, 식생, 야생동물

1. 서론

주요 사회기반시설인 도로는 자연 생태계에서 서식지의 파괴, 훼손 및 파편화, 이동 통로 소실, 개체군의 연결성 파괴 등을 초래한다 (Beckmann and Hilty 2010). 도로 건설에 따른 경관 구조의 변화로 인하여 생태적 과정과 생물종 생존에 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 야생생물이 도로를 건널 수밖에 없게 되어 인간의 안전에도 위협을 미치게 된다 (Forman et al. 2003, Cleverger 2005, Corlatti et al. 2008). 인구 증가와 산업화에 따라서 도로망이 확대되고 교통량이 증가됨에 따라서 이동 통로의 손실, 경관 연결성의 감소 및 로드킬 (road kill) 위험이 계속적으로 증가할 것으로 예상된다 (Hawbaker et al. 2006, Neumann et al. 2012).

도로에서 횡단구조물이나 다른 방법으로 이동 통로를 유지하거나 재조성하는 것이 야생생물 보전의 기본적인 요소가 되고 있다 (Corlatti et al. 2008). 이러한 횡단구조물은 우리나라 자연환경보전법에서 정의한 생태통로 중의 하나이다. 이 법에서 생태통로는 “생태통로라 함은 도로, 댐, 수중보, 하구연 등으로 인하여 야생 동식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 방지하고 야생 동식물의 이동 등 생태계의 연속성 유지를 위하여 설치하는 인공 구조물, 식생 등의 생태적 공간을 말한다.”로 정의하고 있다 (NLIC 2016a). 생태통로는 단편화된 야생동물의 서식지 사이에 통로를 건설하여 연결함으로써 서식지의 단

편화로 인한 유전적 다양성 감소를 방지하고 다양한 서식지를 제공하여 야생동물의 먹이자원 이용과 연결된 지역의 종 다양성을 증가시킬 수 있다 (Corlatti et al. 2008, MOE 2010). 또한 생태통로 조성과 함께 유도 펜스의 설치는 차량과 야생동물의 충돌을 80%까지 감소시킬 수 있다 (Bissonette and Rosa 2012). 앞으로 도로망이 확충되고 도로에 대한 투자가 증가됨에 따라서 도로에서 인공 생태통로의 조성이 늘어날 것으로 기대된다. 또한 조성된 생태통로에서는 모니터링을 실시하여 생태통로의 효과와 문제점을 파악하고 개선안을 제시하여 생태통로와 유도울타리 인근지역에서 로드킬이 발생하는 동물에 대한 대책을 수립하여야 한다 (Jun et al. 2006, MOE 2010, Gagnon et al. 2011).

우리나라 전국에 설치된 야생동물 전용 생태통로는 164개소로서 이중에서 육교형이 131개, 터널형이 33개이며, 배수로, 산책로, 도로 등과 겸용인 생태통로는 153개소인 것으로 2011년에 파악되었다 (MOE 2011). 특히 인천 지역은 산업화와 공업화가 이루어지는 과정에서 급속하게 도시화가 진행되었다. 이로 인하여 계양산에서 청량산으로 이어지는 한남정맥을 비롯한 야생생물 서식지가 단편화되었다. 현재 인천 지역에는 현재 원신타널 위, 신의주교 주변, 장매이교, 원적산길에 4개의 야생동물의 이동을 위한 인공 생태통로가 설치되어 있다 (IMC 2014) (Table 1). 인천의 생태통로는 도로에 의하여 단절된 삼림 생태계와 공원을 연결하는 기능을 수행하고 있다. 그러나

Table 1. Characteristics of wildlife road-crossing structures in Incheon.

Contents	Road-crossing structure			
	Wonsin Tunnel	Sinuiju Pass	Jingmaei Pass	Wonjeog Mt.
Construction year	2005	2006	2009	2012
Location	San 117-5, Seognamdong, Seogu	San 34-2, Bangchugdong, Gyeyanggu	San 163-24, Gongcheondong, Seogu	San 17-2, Gajwadong, Seogu
Scale (length × width) (m)	40 × 80	37 × 14	80 × 100	65 × 80
Connected ecosystems	Wonsin Park	Gyeyang Mountain	Gyeyang Mt. – Cheonma Mt.	Wonjeog Mt.

이들 생태통로에서 야생동물의 이동에 대한 현황과 문제점 파악과 개선 방안 도출에 대한 노력이 부족한 상태이다 (Choi et al. 2007).

본 연구에서는 인천시의 한남정맥 녹지축을 연결하는 대표적인 생태통로인 징매이고개 생태통로에서 조성 후 생태 환경의 변화를 식생 중심으로 파악하고, 다양한 모니터링 방법을 적용하여 야생동물의 생태통로 이용 현황을 추적하여, 이곳 생태통로의 서식지 및 이동통로로서 기능을 평가하고 효율적인 이동통로로서의 기능을 개선하기 위한 방안을 제안하고자 하였다.

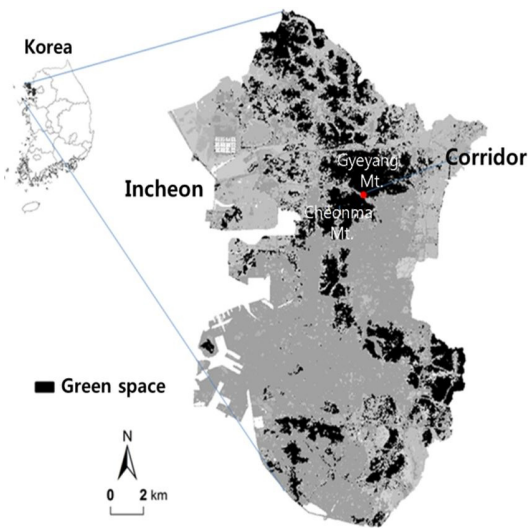


Fig. 1. Map showing the study area of the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon. The red circle indicates the study site.



(a) Photograph from road

2. 연구 방법

2.1 조사지 개황

본 연구의 조사대상지는 인천시 계양구와 서구를 연결하는 징매이고개에 조성된 생태통로이다 (Fig. 1). 이 생태통로는 왕복 8차로인 경명대로에 의하여 단절되었던 한남정맥인 계양산과 천마산 사이를 연결하고 있다. 징매이고개 생태통로는 2개의 아치형 터널 상부에 설치된 육교형 생태통로로서 2009년에 준공되었다 (Fig. 2). 이 생태통로는 폭 100 m, 길이 80 m, 높이 12 m이고 총면적이 9,335 m²이며, 육교 상부에 2-5 m의 깊이로 복토를 하였다 (IMC 2009). 생태통로 상부에는 다양한 식생이 조성되었으며, 수로, 저류지, 돌무더기, 장작더미, 조류먹이 공급대, 이동제한 펜스 등이 설치되었다.

2.2 조사 방법

2.2.1 소음

징매이고개 생태통로에서 2012년 10월에 3회, 11월에 1회, 2013년 3월에 3회의 총 7회에 걸쳐 소음도를 측정하였다. 이곳 생태통로에서 도로 쪽의 외부와 중앙의 내부에서 소음측정기 (한성계기 모델명 HS-77SL)를 사용하여 측정하였다.

2.2.2 식생 구조

징매이고개 생태통로의 식생 구조는 2015년 8월에 방형구 법으로 조사하였다. 생태통로의 북동쪽 끝으로부터



(b) Aerial photograph

Fig. 2. Photographs showing the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon (The aerial photograph from [www://map.naver.com](http://www.map.naver.com)).

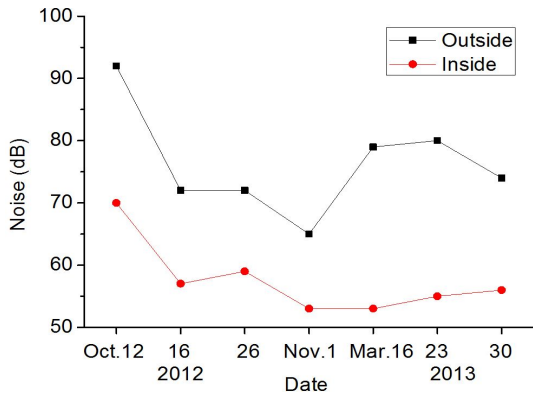


Fig. 3. Comparisons of noise between the outside and inside of the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon.

중앙부를 관통하여 남서쪽으로 트랜섹트를 설치하고, 이 트랜섹트를 따라서 10 m 각격으로 10 m × 10 m 방형구를 연속으로 설치하였다. 각 방형구에서 출현하는 식물종의 피도를 기록하였다.

2.2.3 동물 이동

생태통로를 이용하는 동물을 확인하기 위하여 2가지 즉 적판용 생태통로 내부 2군데에 설치하였다. 이 중에서 모래 축적판은 2 m × 2.5 m 크기의 종이를 지표 위에 퍼서 설치하고 그 위에 배양토 30 L를 고르게 덮고 다시 그 위에 모래를 뿌려 설치하였다. 또한 먹물 축적판은 모래 축적판과 같은 크기의 종이를 지표 위에 펴고, 4 cm 폭의 스펀지를 종이의 가장자리에 붙인 후 스펀지에 먹물을 먹여서 설치하였다. 또한 겨울에는 눈이 내린 뒤 생태통로를 방문하여 눈 위에 남아있는 족적을 확인하였다. 한편 생태통로에서 발견된 동물의 종 동정은 생태통로에 설치되어 있는 4대의 폐쇄회로 TV (CCTV)를 이용하여 2012년 여름과 겨울에 촬영된 동물을 확인하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 소음

징매이고개 생태통로에서 2012년 가을부터 2013년 봄까지 총 7회 측정된 소음은 생태통로 내부에서 평균 57 dB로서 도로 쪽 외부의 평균 77 dB보다 약 20 dB이 낮았다 (Fig. 3). 그러나 이러한 소음 정도는 우리나라 일반지역 중 녹지지역의 소음진동기준 (NLIC 2016b)인 낮 50 dB

과 밤 40 dB보다는 높아서 소음에 민감한 야생동물 습성을 고려하면 징매이고개 생태통로의 소음 환경은 이들에게 적합하지 않을 것으로 생각된다.

3.2 식생

2009년에 준공된 징매이고개 생태통로에는 조성 당시 소나무, 졸참나무, 신갈나무 등과 같은 목본식물 23종과 억새의 초본식물 1종이 식재되었다 (IMC 2009). 조성 후 6년이 경과한 현재에는 식재된 식물 이외에 다양한 식물이 유입되어 밀생하여 생태통로 내부가 식생으로 뺨뺨히 채워진 상태이다. 또한 생태통로 내부에는 고사목과 떨어진 죽은 가지가 곳곳에 쌓여 있었다.

징매이고개 생태통로의 방형구 조사에서 발견된 식물종은 총 36종이었다 (Table 2). 북동쪽의 입구에서는 주로 굴피나무와 아까시나무가 우점하였으며 그 입상에는 칩, 질레꽃, 국수나무 등의 덩굴 또는 관목 식물이 덮고 있었다. 이곳과 반대쪽 입구에는 상수리나무와 아까시나무가 목본으로서 우점하지만 수고가 3 m로서 낮았다. 생태통로 안쪽 내부에는 애기부들, 여뀌, 물피 등이 출현하는 수생 및 습생 초지와 싸리, 큰김의털 등이 출현이 다소 건조한 관목림이 분포하였다. 특히 애기부들이 우점하는 습지 식생은 생태통로 조성 시 설치한 물웅덩이가 점차 육역화하여 습지로 변한 곳으로 추정되었다.

징매이고개 주변 산림에서는 총 71과 164속 190종의 식물이 분포하고 있다 (IMC 2005). 특히 생태통로 부근에는 아까시나무와 리기다소나무가 우점하는 삼림 식생이 분포하고 있었다 (IMC 2012). 그러나 생태통로에서는 주변의 식생과는 차이가 있는 주로 조경용으로 구입이 용이한 식물이 식재되어 있었다. 환경부의 ‘생태통로 설치 및 관리지침 (MOE 2010)’에 의하면 생태통로의 진입부와 내부 식생은 주변과 유사하게 식재하여야 하나 이곳에서는 이러한 지침이 잘 준수되지 않은 것으로 판단되었다. 한편 현재 생태통로에는 교란지에서 주로 나타나는 단풍잎돼지풀, 개망초 등과 같은 외래식물과 칩, 질레꽃 등과 같은 내음성이 약한 덩굴식물이 많이 분포하여 이들을 관리할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3.3 동물

징매이고개 생태통로를 이용하는 동물을 파악하기 위하여 설치한 축적판 중에서 모래 축적판에서는 조류 족적

Table 2. Vegetation structure along the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon. The starting point for the vegetation survey was located at the north-east of the structure.

Quadrat number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distance from the start point (m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Vegetation height (m)	9	13	0.8	7	3	3	2.5	3	3
Plant species	Coverage (%)								
<i>Platycarya strobilacea</i> (굴피나무)	80								
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)		90		40					10
<i>Persicaria hydropipe</i> (여뀌)			70						
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)					60	70	90		
<i>Festuca ovina</i> (큰김의털)				5	+	80			40
<i>Typha angustifolia</i> (애기부들)			60					80	
<i>Pueraria lobata</i> (칠향)	60	80							
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	10								
<i>Cercidiphyllum Japonicum</i> (계수나무)	20								
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	10								
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	5								
<i>Ambrosia trifida</i> (단풍잎돼지풀)	+			+	+		5		
<i>Rosa multiflora</i> (찔레꽃)	20			5	+	10			5
<i>Stephanandra incisa</i> (극수나무)	5	20					5		5
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)		20							
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)		10							
<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> (새콩)			20		+	+		+	+
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>echinatum</i> (물피)			10					10	
<i>Equisetum arvense</i> (쇠뜨기)			10		+			+	
<i>Cosmos bipinnatus</i> (코스모스)			+						
<i>Miscanthus sinensis</i> (참억새)			5						+
<i>Lespedeza thunbergii</i> subsp. <i>formosa</i> (풀싸리)				5					
<i>Rhus javanica</i> (붉나무)				5					
<i>Trifolium pratense</i> (붉은토끼풀)				+					
<i>Artemisia princeps</i> (쑥)				5	+	+	+		5
<i>Weigela florid</i> (붉은병꽃나무)				5	10				
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)				5					
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)				+	+	+	+		+
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)				+			+		+
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (조팝나무)				5	5		5		
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)				5	10		15	50	
<i>Aeschynomene indica</i> (자귀풀)					+	+			
<i>Arundinella hirta</i> (새)						5			
<i>Coreopsis drummondii</i> (금계국)						+			
<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)						+			
<i>Oenanthe javanic</i> (미나리)								+	

만이 발견되었고, 먹물 족적판에서는 어떤 생물의 족적도 발견되지 않았다. 강설 후에 눈 위에 족적이 선명하게 남아 있었는데, 이 족적은 너구리, 고양이, 토끼 및 조류의 것으로 파악되었다 (Fig. 4).

2012년에 생태통로에 설치된 CCTV에 촬영된 동물은 여름철에 포유류 3종과 조류 10종이, 겨울철에는 조류 7종과 포유류 1종이었다 (Table 3). 관찰된 포유류는 토끼, 청설모, 고양이였으며 토끼와 청설모는 여름에만 관찰되었다. 한편 촬영된 조류는 주로 텃새들이었으며 관목에 동

지를 트는 붉은머리오목눈이, 노랑턱멧새, 수관충이나 교목의 구멍을 이용하여 둥지를 트는 까치, 멧비둘기, 어치, 박새, 쇠박새 등이었다 (Park et al. 2011). 또 다른 특이한 점은 이곳에서 관찰된 검은댕기해오라기와 흰뺨검둥오리는 물새인데, 이들이 생태통로에 조성된 물웅덩이를 이용하는 것으로 생각된다. 또한 인천시청 담당자가 제공해준 사진으로부터 생태통로에서 두더지의 흔적과 등줄쥐를 확인할 수 있었고, 특히 생태통로 물웅덩이에서 참개구리, 산개구리 2종을 확인할 수 있었다.

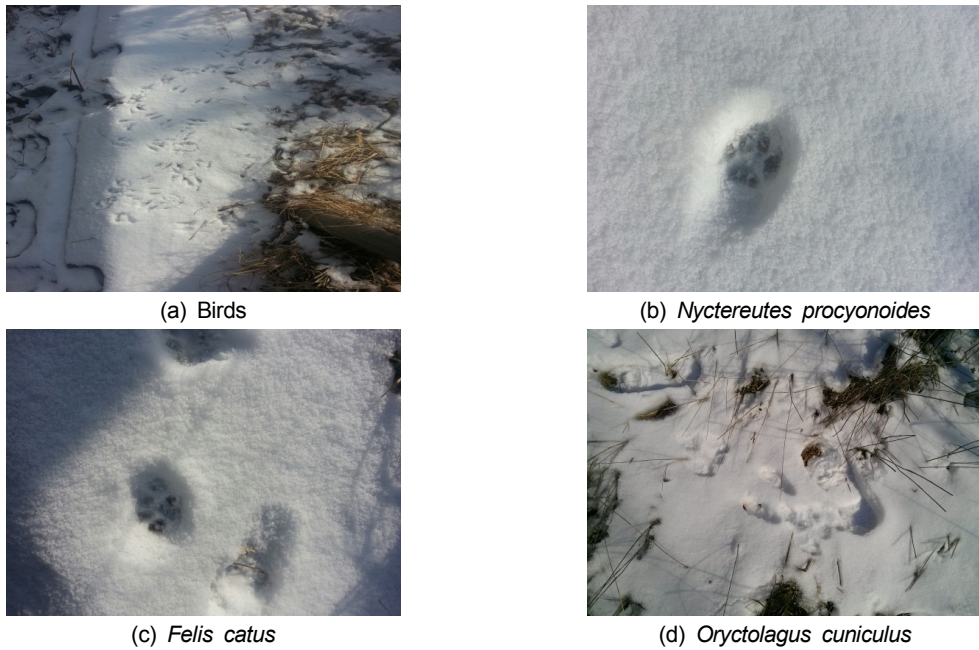


Fig. 4. Footprints on the snow found at the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon.

Table 3. Animals detected by a closed circuit television installed on the wildlife road-crossing structure at the Jingmaei-Pass, Incheon.

Animal group	Scientific name (Korean name)	Appearance time	
		Summer	Winter
Mammal	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (토끼)	○	
	<i>Sciurus vulgaris coreae</i> (청설모)	○	
	<i>Felis catus</i> (고양이)	○	○
Bird	<i>Anas poecilorhyncha</i> (흰뺨검둥오리)	○	
	<i>Butorides striatus</i> (검은댕기해오라기)	○	
	<i>Dendrocopos major</i> (오색딱다구리)	○	
	<i>Garrulus glandarius</i> (어치)	○	
	<i>Streptopelia orientalis</i> (멧비둘기)	○	
	<i>Paradoxornis webbianus</i> (붉은머리오목눈이)	○	○
	<i>Parus major</i> (박새)	○	○
	<i>Parus palustris</i> (쇠박새)	○	○
	<i>Phasianus colchicus</i> (꿩)	○	○
	<i>Pica pica</i> (까치)	○	○
	<i>Emberiza elegans</i> (노랑턱멧새)		○
<i>Parus varius</i> (곤줄박이)		○	

이상의 결과를 종합하면, 족적, CCTV 및 사진으로 확인한 징매이고개 생태통로를 이용하는 것으로 파악된 포유류는 고양이, 청설모, 토끼, 너구리, 두더지, 등줄쥐로서 총 6종이었다. 지금까지 각종 모니터링에 의하여 징매이

고개 생태통로와 그 주변에서 보고된 포유류는 두더지, 너구리, 개, 족제비, 고양이, 토끼, 청설모, 다람쥐, 등줄쥐, 멧밭쥐 등 총 7과 10종이었다(IMC 2012, 2014).

4. 결론 및 제언

징매이고개 생태통로 하부에는 인천시 계양구와 서구를 연결하는 주도로인 왕복 8차로의 경명대교가 위치하고 있다. 이 생태통로의 내부에서는 도로에서의 많은 교통량으로 인한 소음과 빛 간섭을 적절하게 차단되지 못하고 있는 상태이다(Fig. 3). 이처럼 징매이고개 생태통로는 도로로부터의 소음이 크에도 불구하고 이에 대한 적절한 대책이 마련되어 있지 않다. 생태통로가 실질적인 동물의 이동통로 역할을 하기 위해서는 소음과 야간 조명의 영향을 저감하기 위한 방음벽이나 방음용 수림을 보강할 필요가 있다(MOE 2010).

징매이고개 생태통로 조성 후 6년이 경과한 현재, 조성 시 식재한 식물종 이외에 주로 칩, 짚레꽃, 국수나무, 단풍잎대지풀, 개망초 등의 양지성 교란지 식물이 정착하여 있어서 생태통로 주변의 식생과는 큰 차이가 있었다(Table 2). 생태통로 조성 후 초기에는 교란지 식생을 관리하여 생태통로의 양쪽 입구의 식생과 자연스럽게 연결될 수 있는 식생으로 천이되도록 유도할 필요가 있다고 판단된다(MOE 2010). 이 곳에서는 특히 텃밭식물과 관목이 무성하여 통로 내부에 야생동물이 이동하기 어려운 상태인 것으로 파악된다. 그러므로 징매이고개 생태통로 가장자리에는 관목 또는 교목으로 유지하여 야생동물의 은신처 또는 이동통로로 제공하고, 중앙부에는 대형 포유동물이 이동하기 용이한 개방된 초지의 통로를 제공할 수 있도록 개선할 필요가 있을 것으로 판단된다(Jung et al. 2016).

본 조사에서 파악된 징매이고개 생태통로를 이용하고 있는 주요 야생 포유류는 너구리, 두더지, 청설모, 등줄쥐의 4종이었다(Table 3, Fig. 4). 이 곳 생태통로가 연결하는 계양산과 천마산은 도시에 위치하여 다른 서식지와는 고립된 녹지로서 야생생물의 서식지로서의 생태적 기능이 떨어지고 따라서 이 생태통로를 이용할 동물의 종수와 개체수가 제한되어 있을 것으로 판단된다. ‘생태통로 설치 및 관리지침’(MOE 2010)에 따르면 이동 목표종을 정확히 파악하고 이에 알맞은 생태통로를 조성하여야 하는데, 현재 징매이고개 생태통로의 기능은 이러한 관점에서 재평가하여야 하며 이동이 가능한 중소형 포유류 중심으로 구조를 보완하여야 할 것으로 판단된다.

도로에 설치된 인공 생태통로는 생물의 이동통로로서 기능할 뿐만 아니라 그 자체가 서식처로서 이용될 수 있다. 징매이고개 생태통로에서는 다양한 조류가 관찰되었다

(Table 3). 이곳에서 관찰된 조류는 대부분이 텃새로서 수관층 및 관목층 등지 조류이었다. 관목층 등지 조류는 2 m 이하의 관목층 엽층량이, 수관층 등지 조류는 7-8 m의 엽층량이 이들의 서식환경에 중요하다(Park et al. 2011). 그러므로 생태통로에서 서식하는 조류를 이용 등지별로 분류하고 관목과 교목의 높이에 따라서 엽층량을 조절할 수 있도록 수목관리를 한다면 다양한 조류가 생태통로를 이용할 것으로 생각된다.

이 곳 생태통로에서는 물새인 검은댕기해오라기, 흰뺨검둥오리가 관찰되었는데, 이들의 서식에는 생태통로에 조성된 물웅덩이가 중요할 것으로 생각된다. 그러나 이 물웅덩이는 계속적으로 퇴적이 일어나서 2015년에는 개방수면이 없는 애기부들, 물피 등이 우점하는 습지로 변화였다. 생태통로 조성 초기에는 이 물웅덩이에서 참개구리와 한국산개구리의 서식이 확인되었다(IMC 2014). 그러므로 생태통로 계획 단계에서 조성된 물웅덩이를 유지하기 위해서는 지속적인 적응관리가 필요할 것으로 생각된다. 반면에 장기적으로 수원의 확보가 어려운 생태통로에서 물웅덩이를 도입하기 보다는 초지나 수림으로 유지하는 것이 지속가능할 것으로 생각된다.

결론적으로 인천시에서 주요 녹지축을 연결하는 상징적 의미를 지닌 징매이고개 생태통로는 현재 중소형 포유류의 이동통로로서 기능을 하였으나 매우 제한된 생물종이 이용하는 것으로 파악이 되었다. 징매이고개 생태통로가 다양한 생물종의 이동통로와 서식처로서 효과적으로 이용되기 위해서는 특히 조성 후 초기단계에서는 지속적인 모니터링과 이 결과에 따른 적응관리가 필요하다(MOE 2010). 징매이고개 생태통로의 옆으로 등산객이 다닐 수 있는 통행로가 마련되어 있다. 만일 시민들이 생태통로의 기능에 대한 인식이 부족하다면 생태통로는 단지 양쪽 산을 연결해주는 등산로에 불과할 것이다. 그러므로 생태통로의 보행자 통로를 이용하는 사람을 대상으로 생태통로의 생태적 가치를 홍보할 수 있는 안내판을 설치하여 생태통로에 대한 인식을 새롭게 할 필요가 있다.

감사의 글

현장 조사에서 도움을 준 작전고등학교 황규형, 이동엽, 조한엽 군, 식생 조사에서 도움을 준 계양고등학교 과학동아리 타기온 생물부 학생들, CCTV 자료와 사진 자료를 제공하여 주신 인천시청의 이상희님께 감사드립니다.

References

- Beckmann, J.P. and Hilty, J.A. 2010. Connecting wildlife populations in fractured landscapes. In, Beckman, J.P., Clevenger, A.P., Huijser, M.P. and Hilty, J.A. (eds.), *Safe Passages*. Island Press, Washington, D.C., USA. pp. 3-16.
- Bissonette, J.A. and Rosa, S. 2012. An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions. *Wildlife Biology* 18: 414-423.
- Choi, B.-J., Jo, Y.-S., Jeong, J.-C. and Kim, J.-P. 2007. Ecological case study of eco-bridges in Korea: state and problem. *Journal of Environmental Impact Assessment* 16: 285-300. (in Korean)
- Clevenger, A.P. 2005. Conservation value of wildlife crossings: measures of performance and research directions. *Ecological Perspectives for Science and Society* 14: 124-129.
- Corlatti, L., Hacklander, K. and Frey-Roos, F. 2008. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology* 23: 548-556.
- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J., Swanson, F., Turrentine, T. and Winter, T.C. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Gagnon, J.W., Dodd, N.L., Ogren, K.S. and Schweinsburg, R.E. 2011. Factors associated with the use of wildlife underpasses and importance of long-term monitoring. *Journal of Wildlife Management* 75: 1477-1487.
- Hawbaker, T.J., Radeloff, V.C., Clayton, M.K., Hammer, R.B. and Gonzalez-Abraham, C.E. 2006. Road development, housing growth, and landscape fragmentation in Northern Wisconsin: 1937-1999. *Ecological Applications* 16: 1222-1237.
- IMC. 2005. *Survey and Conservation Performance Plan of Natural Environments in Incheon (2006-2015)*. Incheon Metropolitan City, Incheon, Korea. (in Korean)
- IMC. 2009. *Project for the Construction of Ecological Corridor at the Jingmaei-Pass of Mt. Gyeyang*. Department of Environmental Policy, Incheon Metropolitan City, Incheon, Korea. (in Korean)
- IMC. 2012. *Report on the Monitoring of Ecological Corridor at the Jingmaei-Pass of Mt. Gyeyang*. Department of Environmental Policy, Incheon Metropolitan City, Incheon, Korea. (in Korean)
- IMC. 2014. *Report on the Monitoring of Ecological Corridor in Incheon*. Department of Environmental Policy, Incheon Metropolitan City, Incheon, Korea. (in Korean)
- Jun, I.Y., Han, B.-H., Hong, S.-H. and Lee, K.J. 2006. A study on improvement and administration of ecoduct through monitoring in Uiwang's Mt. Obong. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 34: 10-20. (in Korean)
- Jung, J.-K., Park, Y., Lee, S.K., Lee, H., Park, Y.-g., Lee, J.-H., Choi, T.Y. and Woo, D. 2016. Response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to vegetation structure in wildlife crossings. *Korean Journal of Environment and Ecology* 30: 185-198. (in Korean)
- MOE. 2010. *Guideline of Construction and Management of Artificial Corridor*. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. (in Korean)
- MOE. 2011. *Status of Construction and Operation of Artificial Corridor in Korea*. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. (in Korean)
- Neumann, W., Ericsson, G., Dettki, H., Bunnefeld, N., Keuler, N.S., Helmers, D.P. and Radeloff, V.C. 2012. Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145: 70-78.
- NLIC. 2016a. *The Natural Environment Conservation Act*. The National Law Information Center, Sejong, Korea. (in Korean)
- NLIC. 2016b. *The Environmental Policy Act*. The National Law Information Center, Sejong, Korea. (in Korean)
- Park, C.R., Lee, J. and Kang, W. 2011. The comparison of wild birds movement between eco-corridor and neighboring crossing road. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25: 639-648. (in Korean)