

환경영향평가서에 나타난 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성 실태

김기대 · 길지현 · 최병진 · 서민환 · 고강석 · 최덕일
국립환경연구원 환경위해성연구부

The conditions of Fragmentation of Ecosystem and Ecological corridor building through the analysis of Environmental Impact Statements

Kee-Dae Kim · Ji-Hyun Kil · Byung-Jin Choi · Min-Hwan Suh · Kang-Suk Koh · Deog-II Choi
Department of Environmental Risk Research
National Institute of Environmental Research

Abstract

In order to assess the present status of the fragmentation of ecosystem and the building of ecological corridor, 79 EISs(Environment Impact Statements) which were conducted in Kyungido and Kangwondo have been reviewed using 36 analysing factor. The results obtained from this study were as follows:

- a. The most frequently appearing type of ecosystem fragmentation was 'mountain vs. mountain type in topography' and '2 vs. 2 grades in the degree of green naturality.'
- b. The most frequently listed fauna in EISs included squirrels and wild rabbits for mammals, grass snake and pit viper for reptiles, and tree frog and true tree frog for amphibians.
- c. Among the EISs for 50 projects, the construction of ecological corridor mentioned in only 4 projects and other structures such as drainage duct and closed conduit in 14 projects were suggested as ecological corridor. There were no corridors suggested in 32 projects. Thus, in case of using other structures for wildlife animals but ecological corridors, it should be accompanied by incidental facilities for including animal movement.

keywords: fragmentation, ecological corridor, EIS, road construction

I. 서 론

생태계의 단편화는 도로나 철도 등 사회간접시설의 건설과 기타 인간을 위한 개발사업에 의하여 발생한다. 생태계가 단편화되면 생물의 이동을 방해하여 다양한 유전자의 섞임을 막아 생물다양성의 감소를 일으키고, 생물의 서식지가 파괴·교란된다.¹⁵⁾ 이러한 단편화를 줄일 수 있는 완화 방법 중의 하나로서 최근에 활발하게 논의되고 있는 것이 바로 생태통로의 건설이다. 생태통로에 대하여 보존생물학자인 Noss와 Beier(1998)는 “적당한 서식지인 두 개 이상의 큰 구역을 연결하고 부적절한 서식지(matrix)에 둘러싸여 있는 선형의 서식지”라고 정의하고 있다. 생태통로는 단편화된 서식지를 연결하고 그 자체가 서식지가 되며, 물질의 보급원이 되거나 저장소가 되고, 인간에게는 교육적인 휴식처로서도 활용될 수 있는 등 여러 가지 장점을 지니고 있으나,¹¹⁾ 또 다른 측면으로는 병의 전파, 화재같은 대재난의 확산, 외래종의 도입 측진, 높은 치사율을 나타내는 지역으로 동물의 이동을 유인하는 단점도 지니고 있다.¹⁹⁾ 이러한 이유 뿐만 아니라 ‘파연 조성된 생태통로가 동물들의 주 이동로로 활용될 수 있을까?’ 하는 의문 등 생태통로의 유용성에 대한 논의는 활발하게 이루어지고 있다.¹⁸⁾ 그러나, 단편화에 대한 완화 방법으로서 미국, 일본, 영국, 스위스, 네덜란드, 덴마아크, 호주, 프랑스, 독일 등에서는 생태통로가 상당히 활용되고 있는 실정이다.

최근에 환경부에서는 전 국토의 그린네트워크화 사업을 추진하고 있다.⁴⁾ 이 사업은 모든 생태계를 연결하여 말 그대로 네트워크화하여 생물이 살 수 있는 공간을 확보하자는 취지에서 시작된 것이다. 생태계를 단절시키지 않고 각종 개발사업이 이루어진다면 가장 바람직하겠지만, 국토가 협소한 우리 나라 현실에서 이는 기대하기 어려운 일이라

판단된다. 이에 대한 대안으로 제시된 것이 바로 생태통로 조성 사업이나 아직까지 이 분야는 우리나라에서 초보적인 단계에 머물고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구는 환경영향평가 대상 사업 중 생태계를 단절시키는 주 원인이라고 볼 수 있는 도로와 철도 건설 사업에 대한 환경영향평가서를 분석하여 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성 실태를 알아보고, 외국의 사례를 중심으로 바람직한 생태통로 조성 방안을 제시하고자 실시하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사 대상 지역

본 연구의 조사 대상 환경영향평가서는 시·도별 도로 밀도(road density;km/km²)에 기초하여 선정하였다.¹⁾ 도로밀도는 경관생태학에서 도로의 생태학적인 영향을 나타내는 인자로서 사용되고 있는 지수로서,⁹⁾ 동물의 이동, 개체군 단편화, 인간 접근, 수문학, 화재양상과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 도서지방인 제주도를 제외하고 서울특별시가 14.29로 특별시와 광역시중에서 가장 높았고, 도별로는 경기도가 1.03으로 가장 높았고, 강원도는 0.47로 가장 낮았다(Table 1). 따라서 서울특별시를 포함한 경기도를 가장 단편화가 많이 일어난 지역으로, 강원도는 단편화가 덜 일어나고 자연 환경이 비교적 잘 보존된 지역으로 선정하여 연구 대상 지역을 경기도와 강원도로 한정시켰다.

2. 분석한 환경영향평가서

분석 대상 환경영향평가서는 1987. 7~1997. 12에 해당하는 본 평가서 50건, 보완서 27건, 사업계획변경서 2건, 총 79건이었다. 조사 대상 구역에서 이루어진 사업은 경기도, 강원도에서 시행된

사업, 경기도와 강원도를 연결하는 사업이 각각 68건, 8건과, 3건이었고 철도사업과 도로사업은 각각 29건, 50건으로 경기도내 사업과 도로사업이 가장 많았다. 그리고 전체 사업중에서 개설사업과 확장사업은 각각 57건, 20건이었다. 경기도와 강원도를 거쳐 타지역으로 연결되는 사업은 조사 대상에서 제외하였다.

Table 1. Total length of road and road density(km/km²) of each administrative district in Korea.

Name of administrative district	Total length of road (km)	Area (km ² , 1997)	Road density (km/km ²)
Seoul	8651.4	605.58	14.29
Pusan	2228.4	749.37	2.97
Taegu	1909.1	885.56	2.16
Incheon	1982.8	955.95	2.07
Kwangju	1062.6	501.32	2.12
Daejeon	1401.9	539.89	2.60
Ulsan	1981.5	1055.70	1.88
Kyunggi	10458.4	10130.23	1.03
Kangwon	7803.6	16535.52	0.47
Chungbuk	5821.1	7433.07	0.78
Chungnam	6085.7	8584.49	0.71
Cheonbuk	6083.9	8046.66	0.76
Cheonnam	7923.0	11913.30	0.67
Kyungbuk	9260.1	19020.62	0.49
Kyungnam	9788.5	10510.59	0.93
Chejudo	2526.2	1845.60	1.37

*Total length of road means the summation of the lengths of all kinds of roads including under construction whether they are paved or not.

3. 분석 항목 및 분석 방법

분석에 이용된 항목은 생태계의 단편화와 생태통로 현황을 파악할 수 있는 인자로서 총 36개였다 (Table 3).

Table 2. List of Environmental Impact Statements analysed.

Locality	Main EIS		Supplementary EIS		Revised EIS						
	railroad	road	railroad	road	rail	road					
	개설	확장	개설	확장	개설	확장					
Kyunggi	68	15	1	21	7	9	1	7	5	2	-
Kangwon	8	-	1	2	3	-	-	1	1	-	-
Kyunggi-Kangwon	3	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-
Total	79	15	2	23	10	9	1	10	7	2	-

주요 항목은 사업개요, 단편화 상황, 생물상, 생태통로 조성 현황, 기타 생태통로 유사 구조 현황 등이었으며, 특히 생태통로 조성 현황을 파악하기 위해 환경영향평가서에서 생태통로 내용 또는 대안으로서 제시되는 통로박스, 통로암거, 수로박스, 수로암거, 배수암거, 수로파이프, 횡배수관, 배수관 등의 수와 구조를 추가로 분석하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 단편화 현황

생태계 단편화를 파악하기 위하여 사업 시행에 의해 단편화된 양측 생태계와 녹지자연도 양상을 분석하였다. 지역별로는 개발지역으로 간주되는 곳에서 생태계 단편화가 가장 많이 일어났고 그 다음으로는 자연지 역, 전이지역의 순이었다. 유형별 구분에서는 산:산 형이 가장 많았고, 농경지:농경지 형, 시가지:시가지형, 산:농경지 형, 나지:나지 형의 순으로 나타났다. 산:산 형의 경우 일반적으로 서식하는 생물상이 다양함을 고려할 때, 어떤 형태로든지 단절된 양측 생태계를 잇는 통로가 필요할 것으로 판단된다(Table 4).

Table 3. The factors analysed for this study.

구 분	분석항목	항목수	분석내용	설례
사업개요	사업명, 개설·확장여부, 시행자, 평가대행자, 사업지역, 시점, 종점, 총연장(km), 폭(m), 차로수(왕복, 차로폭), 중앙분리대(m), 길어깨(m), 평가서작성일자, 사업기간, 평가서·보완서여부	15	사업의 일반적인 구분과 개요	-
단편화 상황	단편화된 양측 생태계 상태 ^{a)} , 단편화된 녹지자연도 현황 ^{b)} , 산 관통 여부	3	단편화된 후의 생태계 양측 단편을 나타내는 인자 (시점에서부터 2km 간격으로 나눔)	^{a)} 농경지:시가지, 농경지:임야 등; ^{b)} 1:1, 6:7 등
생물상	동물상(포유류상, 양서류상, 파충류상), 식물상(조사지식물구계, 조사지식물군계, 우점종)	6	조사지 생물상(생태통로를 필요로 하는 동물 중심으로 분석)	-
생태통로 조성현황	생태통로조성유무, 생태통로사업현황 생태통로이명 ^{c)} , 생태통로개수, 생태통로구조(길이, 폭, 높이) ^{d)} , 생태통로주변부처리, 생태통로대상종	9	생태통로 조성 유무와 조성시 구조	^{c)} Eco-Bridge 등; ^{d)} 10×3.5×3.5(m)
기타 생태통로 유사구조 현황	터널개수, 터널길이, 교량수	3	생태통로로 활용할 수 있는 통로들 개요	-

녹지자연도의 단편화는 농경지:농경지를 나타내는 2:2 유형이 가장 많았다. 또한, 1:1, 7:7, 2:7, 1:2, 6:6 유형의 순으로 많이 나타났다. 7:7, 6:6의 경우, 산림지역으로 동물이 이동할 가능성이 높은 지역이므로 생태계 단절을 완화하기 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

2. 단편화 되는 주요 동물상

환경영향평가서에 나타난 주요 동물상은 Table 6과 같다. Table 6의 최다출현종과 출현빈도별 우선순위 종은 환경영향평가서에 나열된 회수를 파악하여 작성한 것이다.

그 결과, 단편화된 생태계에서 가장 많이 출현한

동물은 포유류중에서는 다람쥐, 맷토끼, 집쥐, 두더지, 족제비의 순으로 많았으며, 파충류는 유혈목이가 가장 많았고, 그 다음으로는 살모사, 무자치, 누룩뱀순으로 나타났다. 양서류의 경우에는 청개구리가 가장 많이 나타났으며, 참개구리, 무당개구리, 산개구리, 옴개구리순으로 나타났다. 환경영향평가서에 제시된 대부분의 동물상 조사는 탐문 혹은 문헌 조사에 의하여 이루어지고 있는 실정이므로 평가서에 제시된 동물상 자료를 그대로 받아들이기는 어려운 것이 사실이다. 하지만 문헌 혹은 탐문조사도 동물상을 조사하는데 이용되는 하나의 방편임을 고려할 때 Table 6의 내용은 여러 사업지역에서 생태통로 조성시 고려해야 할 주요 대상종(target species)에 관한 자료로서는 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4. The patterns of ecosystem fragmented by road and railroad constructions (46 statements analysed).

Area	Fragmentation type	Nb of EEs mentioned	Possibility of animal crossing	Ecological corridors recommended
Natural areas	M : M	152	H	overpass or underpass
	M : GL	1	H	conservation of natural corridor
	GL : GL	3	H	conservation of natural corridor
	Wt : Wt	7	H	underpass (bridge, box type corridor, pipe type corridor, culvert)
	R : R	1	H	underpass (bridge, box type corridor, pipe type corridor, culvert)
Transition areas	M : RA	1	L	-
	M : U	3	L	-
	M : O	1	M	-
	Wl : N	1	M	underpass (bridge, box type corridor, pipe type corridor, culvert)
	M : C	43	M	underpass (box type corridor, pipe type corridor)
	M : RA · N	5	L	-
	R : BL	1	M	amphibian tunnel
	R : C	2	M	underpass (pipe type corridor, culvert)
	GL : RA	2	L	-
	GL : C	1	M	underpass (box type corridor)
Developed areas	Wt : U	1	L	-
	U : U	81	L	-
	U : C	6	L	-
	U : N	1	L	-
	C : C	128	M	underpass (box type corridor, pipe type corridor, culvert)
	C : N	4	M	underpass (box type corridor)
	C : RA · N	9	L	-
	C : RA	8	L	-
	C : O	1	L	-
	N : N	36	L	-
	RA · N : RA · N	11	L	-
	RA · N : O	1	L	-
	RA : RA	10	L	-
	O : O	1	L	-
	RA · C : RA · C	1	L	-

M: Mountain, GL: Grassland, Wt: Water, R: River, RA: Residential Area, U: Urban Area,

O: Orchard, Wl: Wetland, naked area, C: Cultivated land, BL: Building lot

H: high, M: middle, L: Low

Table 5. The types of Degree of Green Naturality(DGN) fragmented by road or railroad constructions(45 statements analysed)

Type of DGN fragmented	Number of fragmented type estimated in EIS	Type of DGN fragmented	Number of fragmented type estimated in EIS
0:0	2	2:8	1
1:0	1	3:3	1
1:2	30	4:0	1
1:7	12	4:4	4
1:6	5	4:6	1
1:1	138	6:6	15
2:0	1	6:7	7
2:2	141	7:7	56
2:6	11	7:8	3
2:7	34	8:8	3

Table 6. The main wild fauna appeared in Environmental Impact Statements

생 죄 다 물 출 현 군 종	출현빈도별 우선순위 종	기타 출현종
포 다 유 류 류 취	멧토끼, 집 쥐, 두더지, 족제비, 등줄 쥐, 들쥐, 청 설모, 오소리	고라니, 생쥐, 너구리, 고슴 도치, 노루, 맷돼지, 삵, 박 쥐, 갈밭쥐, 대륙밭쥐, 집박 쥐, 맷박쥐, 고양이, 수달, 담비, 땃쥐, 돼지, 소, 개, 토끼
파 유 충 목 류 이	살모사, 무자 치, 누룩뱀	표범장지뱀, 쇠살모사, 까치 살모사, 구렁이, 도마뱀, 능 구렁이, 줄장지뱀, 실뱀, 대 륙유혈목이, 아무르장지뱀, 자라, 장지뱀, 비바리뱀
양 개 구 류	참개구리, 무 당개구리, 산 개구리, 옴개 구리, 두꺼 비, 도통농	맹꽁이, 아무르산개구리, 금 개구리, 꼬리치래도통농, 네 발가락도통농, 물두꺼비, 수 원청개구리, 북방산개구리

3. 생태통로 조성 실태와 문제점

가. 생태통로 조성의 경우

분석된 환경영향평가서에는 사업 시행에 따라 영향을 받게 되는 동물에 대한 저감 방안을 제시하고 있는데, 이들은 크게 생태통로를 조성하겠다는 사업과 생태통로 이외의 구조물을 생태통로로 활용하겠으며 이 통로로 동물이 이동할 가능성이 있을 것이라고 추측하는 사업으로 나뉘는데 각각의 경우 50건의 평가서 중에서 4건과 14건인 것으로 나타났다. 그러나 대다수의 사업에서는 동물에 대한 영향이 적거나 동물이 스스로 서식지를 이동하는 특성이 있으므로 생태통로 조성이 필요하지 않음을 밝히고 있다(Table 7).

Table 7. The status of ecological corridor building in EIS analyzed in this study.

구 분	사업수
동물에 대한 영향이 적거나 동물의 이동능력을 고려하여 특별한 구조물을 제시하지 않은 사업	32
통로박스 등의 구조물을 생태통로로 활용한 사업	14
동물 전용 생태통로 조성 사업	4
총 계	50

생태통로를 조성하는 사업에서는 생태통로를 여러 가지 다른 명칭으로 부르고 있다. 자주 사용된 명칭은 이동통로, 이동로, 동물 이동로, 동물 통행로, 동물 이동통로, 야생동물 이동로, 야생동물 이동통로, 야생동물용 이동통로, eco-bridge 등이다. 이러한 여러 가지 생태통로의 위치, 구조, 주변부 처리 등 생태통로 현황에 대한 예는 Table 8과 같다. 그러나, 이런 생태통로 조성에는 여러 가지 문제점이 있다. 우선 생물상 조사에서 단편화된 서식지에 서식하는 동물들의 활동역(home range)과 세력권(territory) 등 동물종별 생태특성이 자세히 이루어져 있지 않기 때문에 생태통로가 조성되더라도 그 구조물을 통하여 생물이 이동한다는 보

Table 8. The status of ecological corridors for wildlife animals in Environmental Impact Statements. The details of ecological corridors suggested in 4 EISs.

영향평가서 사업명	생태통로설치현황						비고
	설치위치	생태통로명	구조	개소	주변부 처리	대상종	
고색-의왕간 도로개설공사	능선이 위치한 도로	이동통로	2×2m의 암거	-	-	대형동물 해	야간치사를 막기위 해 도로접근 방지 용 그물 설치 고려
	저지대, 평야 지대	이동통로	지름 800 mm	-	-	소형포유류, 파충류, 양서류	-
진접-수동간 도로개설공사	삭다니고개	Eco-bridge	상부에 구조물을 설치하고 터널처럼 복개, 연장 40m, 구 조물 상부는 복토 후 수립대 조성	1	-	-	교량설치구간에 생 태통로 활용계획
진부-동해간국 도화장사업	절토부	동물이동로	box 설치하고 상 부 복토	4	-	-	-
일산선 전철	임상이 좋은 산림지대	야생동물 이동통로	tunnel 설치 횡배수관, 암거 등	4	-	소형포유류, 저지대나 평야지대 파충류, 에 횡배수관, 암거 양서류 등을 설치	-

장이 없다. 따라서 환경영향평가 대상지에서 주요 동물의 서식지 조사와 이들에 대한 무선추적 (radio-tracking) 등의 방법을 이용하여 동물의 이동 경로에 대한 사전조사가 필요하다고 생각된다.^{5), 16)} 또한, 환경영향평가서에서 생태통로에 대한 구체적인 구조, 개수, 조성위치, 조성방법에 대한 근거나 구체적인 내용 설명이 없고 대안도 제시되어 있지 않으므로 무용지물이 될 가능성이 있다.

나. 기타 구조물의 활용

별도의 생태통로를 만들지는 않으나 배수관 등의 구조물을 이용하여 동물에 대한 영향을 저감시킬 예정으로 조성, 제시된 평가서는 14건이었다(Table 7). 이를 평가서에서 제시한 구조물의 종류는 통로박스, 통로암거, 도로암거, 수로박스, 수로암거, 배수암거, 수로파이프, 횡배수관, 배수관 등이었고, 크기도 매우 다양하였다(Table 9).

이들 구조물의 원래 조성 근거 중, 통로박스, 통로암거, 도로암거는 군사용 장비의 출입과 철도나 도로 건설로 인해 단절되는 두 지역간의 인간 또는 차량의 왕래 등을 목적으로 조성된 것이고 수로박스, 수로암거, 배수암거, 수로파이프, 횡배수관, 배수관은 폭우시 토사 유실 방지 및 배수를 위한 구조물이지만,^{2), 3)} 외국의 예에서 보면 이들도 생태통로로서 동물의 이동에 이용될 가능성은 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁷⁾ 또한 일본에서 사슴과 멧돼지용 박스로 제시된 것이 4m×4m였으며, 양서류용 파이프통로의 내경이 100cm 이상이라고 제시된 것과 비교할 때 크기 측면에서도 이들 구조물이 생태통로로 이용되기에 크게 벗어나지는 않는 것으로 나타났다.⁵⁾

그러나 생태통로로 이용되기 위해서는 동물의 행동, 동물의 적응도, 기존 구조물 위치의 적정성, 구조의 적절성 등 여러 가지 문제점을 안고 있다. 이중 수로박스, 수로암거, 배수암거, 수로파이프,

Table 9. The size of structures considered as ecological corridors.

구조물	통로박스	통로암거	수로박스	수로암거	배수암거	수로파이프	횡배수관	배수관
단위	m	m	m	m	m	지름, mm	지름, mm	지름, mm
크기	2.5×2.5, 3×1, 3×2.5, 3×3, 3.5×3.5, 4×1, 4×4, 4×5, 4.5×1, 4.5×4.5, 5×1, 6×4.5, 6.5×1, 6×4.5, 6.5×4.5, 6×4.5, 7×5, 9×4.5, 4.5	2.5×2.5, 3×2.5, 3×2.5, 3×3, 3.5×3.5, 4×4, 4×5, 4.5×4.5, 6×4.5, 7×5, 9×4.5, 4.5	1×1, 1.5×1, 1.5×1.5, 1.5×2, 2×1, 2×1.5, 2×1.7, 2×2, 2×3, 2.5×1.5, 2.5×2, 2.5×2.5, 3×2, 3×3, 3.5×2.5, 3.5×3, 3.5×3.5, 4×4, 4.5×3.5, 5×3.5, 6×3.5, 7×3.5, 9×3.5	1.5×1.5, 1.5×1.5, 1.5×1.5, 2×1.5, 2×2, 2×1.5, 2×2, 2.5×1.5, 2.5×2.5, 3×2.5, 3×3, 3.5×2.5, 3.5×3, 3.5×3.5, 4×4, 4.5×3.5, 5×3.5, 6×3.5, 7×3.5, 9×3.5	1.5×1.5, 2×1.5, 2×2, 2×1.5, 2×2, 2.5×1.5, 2.5×2.5, 3×2.5, 3×3, 3.5×2.5, 3.5×3, 3.5×3.5, 4×4, 4.5×3.5, 5×3.5, 6×3.5, 7×3.5, 9×3.5	100, 450, 800, 600, 800, 600, 1000, 1200, 1000, 1200	100, 450, 800, 600, 800, 600, 1000, 1200, 1000, 1200	100, 450, 800, 600, 800, 600, 1000, 1200, 1000, 1200

횡배수관, 배수관 등은 배수와 물길의 연결 등의 역할을 하는데 생태통로로 활용되기 위해서는 수로박스, 수로암거, 배수암거 등은 내부에 토양으로 덮힌 연결로(ledge) 설치, 파이프나 배수관의 경우는 배수관에 선반의 설치(동물이 신체를 적시지 않은 용도), 출입구에 동물이 이용하기 쉽도록 계단모양의 선반의 설치 등이 동물의 이동을 위한 보완책이 될 수 있고, 통로박스, 통로암거 등은 통로 내부와 통로 주변부를 동물이 찾아 올 수 있는 환경으로 조성한다면 가능성이 있다. 즉 주변에 유도 식재를 하거나 울타리를 조성하고, 내부 노면은 토양으로 처리하며, 축구를 좋아하는 동물을 위해서 통로 내부에 축구를 설치하고 축구를 탈출 할 수 있도록 경사로를 조성하는 등의 방법을 사용할 수 있을 것이다^{14), 5)}. 그러나 무엇보다도 이를 통로 주변에 활발한 동물의 움직임이 있어야 하고 자연 환경이 훼손되지 않아야 한다는 전제 조건을 충족시켜야 한다.

다. 외국의 생태통로

외국의 생태통로는 큰 규모의 생태통로와 작은 규모의 생태통로가 있는데, 큰 규모의 생태통로는 주로 자연형의 통로로서 국가간 혹은 자연보호구

역간을 연결하는 거대한 규모이고, 작은 규모의 생태통로는 주로 도로, 철도에 의하여 갈라진 생태계에 활용하고 있다. 이런 도로 구조물에 조성하는 생태통로의 예는 Table 10과 같다. 우리나라 지리산 시암재에 조성되는 생태통로는 underpass 중 박스통로에 해당한다고 볼 수 있다. 이와 같이 외국에서 조성된 생태통로와 Table 8에 제시된 우리나라에서 계획 중인 생태통로를 비교해 보면 몇 가지 문제점을 발견할 수 있다. 우선 가장 큰 차이점은 생태통로를 조성하는 목적이라 할 수 있는 대상종에 대한 고려이다. 이는 생태통로의 구조와 크기를 어떻게 할 것인가에 대한 기본 전제로서 철저한 동물상 조사가 이루어질 경우에만 파악이 가능한 사항이다. 두 번째로는 생태통로 주변부에 대한 처리 여부이다. 네덜란드에서 소형 포유류를 대상으로 만들어진 생태통로의 경우, 입구 주변에 1.5m 높이의 식물을 피복하여 인공 구조물이 노출되지 않도록 하고 있으며, 양서류를 대상으로 한 통로는 인도 벽(guiding wall)을 설치하여 동물들의 접근이 용이하도록 배려하고 있다. 이와 같이 통로 주변부에 대한 처리 여부는 생태통로의 활용여부를 가늠하는 주요한 척도로서 반드시 제시되어야 한다.

Table 10. The building types of ecological corridors in other countries.

종 류	규 모	대상종	특 징	수용국가	참고문헌
wildlife tunnel (or wildlife crossings)	Pigmy-possum(쥐종류)	Pigmy-possum(쥐종류)	지하터널로 서식지 연결	호주	8)
	양서류	양서류	빛과 공기가 지하 터널로 통하게 함	독일	8)
	길이 20m 미만~100cm 직경; 길이 50m 이상~150cm 직경(길이 60m 이상은 알려져 있지 않음)	양서류	양면통행 터널, 직사각형 모양, guiding wall이 존재	네덜란드	14)
	직경 30~40cm	소형 포유류	입구 주변부에 식물피복 1.5m 조성	네덜란드	14)
	오소리	오소리	주변부에 올타리 조성	네덜란드, Heumen A73	14)
	높이가 터널 길이의 1/10에 해당하거나 더 큼(높이 최소 3m)	Red deer, fallow deer	바닥은 토양, 배수 시설	네덜란드	14)
	직경 10m	-	포유류, 파충류, 조류가 이동	호주	6)
overpass	ecoduct(deer viaduct or cerviduct)	길이 80m, 폭 50m 이상, 중앙은 15m Roe deer(포물선 모양)	0.6 m 의 토양을 깎고 관목층 조성, 2m 높이의 차단림 조성	네덜란드, Oldenzaal, Boerskotten estate	14)
	overbridge	너비 1m, 길이 40m 일본원숭이	두께 15cm 정도의 토양이 있고 다리의 양측에 수목 식재	일본	5)
underpass	박스통로	3m × 3m × 30m Mule deer	콘크리트 박스, fencing과 연결	미국 콜로라도주	7)
		9m × 4.5m × 6m Mule deer	-	미국 와이오밍주	7)
		4m × 4.5m × 60m 맷돼지, 여우, 너구리, 영양	멘토리, 여우, 너구리, 영양으로 포장	일본 다아산고원도로(애지)	5)
	파이프통로	직경 1.5m, 길이 67m 여우, 너구리	폭 75cm의 선반이 파이프내 설치	일본, 중국 황관자동차도(岡山)	5)
		직경 40cm, 길이 40m 고슴도치, 토끼, 여우, 담비	중앙에 배수구 설치	네덜란드	14)
(교량 (교량구조의 활용 또는 도로의 교량화)	교량	길이 20m, 높이 2m panther	10-12 feet fence 설치	미국 플로리다	8)
		- 포유류	-	일본 磐梯朝日 국립공원	5)
		- 수달	다리 기슭에 등근 화강암층을 쌓거나 polystyrene 부교를 다리에 고정	덴마크	13)
	culvert	폭 40cm의 제방(ledge)	ledge는 토양으로 덮임	네덜란드	14)
		양서류, 파충류, 소형포유류	도로와 철도 밑에 설치	스페인	20)

생태통로가 발달된 외국에서는 여러 가지 측면에 대한 고려 후에 생태통로를 조성하곤 하는데, Hammershøj and Madsen(1998)는 이러한 고려 사항 중 특히 중요한 세 가지 사항을 다음과 같이 요약하고 있다. 첫째, 단편화는 최소화되어야 한다. 둘째, 생태통로는 보존되고 그 기능이 향상되어야 한다. 셋째, 생태통로는 넓고 연속적이어야 한다. 넷째, 생태통로 내의 서식지는 대상종(target species)의 필요에 부합되어야 한다는 것이다. 한편, 외국에서는 생태계의 단편화를 방지하고 생물 다양성을 보전하는 방법으로서 생태통로를 조성하기보다는 단편화를 피하는 적극적인 방법을 모색하는 것이 우선되고 있다. 단편화된 생태계를 만들지 않는 적극적인 방법으로서 첫째, 단편화를 회피하는 방법으로서 비임상지역(non-forested areas)에 도로나 기타 구조물을 위치시키는 것, 둘째, 기존의 도로나 철도, 선형 나지 등을 따라서 도로를 건설하게 되면 주변부 효과(edge effects)나 관리 비용을 줄일 수 있다. 셋째, 위의 두가지 조건이 충족되지 않으면 숲의 주변부(edge)에 설치하여 숲의 내부 지역을 보호한다. 네째, 숲지역이 너무 작아서 숲의 내부지역에 생물이 서식할 수 없는 경우에는 부득이 숲을 관통시킨다. 다섯째, 숲의 살아있는 내부 지역을 관통시킬 경우, 이 내부 지역을 보호할수 있는 조치를 취한다¹²⁾.

IV. 결론 및 제언

우리 나라의 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성 실태를 파악하기 위하여 경기도와 강원도 지역에서 이루어진 도로 및 철도 사업의 환경영향평가서 총 79건을 대상으로 36개의 분석인자를 사용하여 분석하였다. 그 결과를 요약하고 기존 생태통로 조성상의 문제점을 토대로 적절한 생태통로 조성 및 단편화 회피 방안에 대하여 제시하면 다음

과 같다.

1. 환경영향평가서 분석 결과

- 가. 건설되는 도로나 철도를 중심으로 단편화 되는 양측 지역의 생태계 유형으로서 산:산 유형이 가장 많았고, 단편화되는 양측 녹지 자연도 양상으로는 2:2 유형이 가장 많았다.
- 나. 환경영향평가서에서 제시된 사업지역의 동물 중, 포유류의 경우는 다람쥐, 멧토끼가 파충류의 경우는 유혈목이, 살모사가 양서류의 경우는 청개구리, 참개구리가 가장 많았다.
- 다. 50건의 사업 중 동물전용 생태통로 조성을 제시한 사업수는 4건, 기타 구조물을 생태통로로 활용한 사업은 14건이었으며, 동물을 위해 특별한 고려를 하지 않은 사업은 32건에 달해 대부분을 차지하였다. 또한 이렇게 생태통로 이외의 구조를 활용하는 경우, 구조와 주변부 처리 등 동물의 이동을 유도할 수 있는 부대적인 시설을 하여야 한다.

2. 문제점과 제언

- 가. 환경영향평가가 이루어진 사업지역에 대한 자세한 동물상 조사가 이루어져야 한다. 생태통로가 설치되기 이전에 그 지역 동물상과 행동에 관한 충분한 연구가 선결되어야 함은 필수적이다. 이는 생태통로의 설치 여부, 위치, 종류와 크기를 정하는데 결정적인 역할을 한다.
- 나. 제시된 생태통로의 구조, 길이, 주변부 처리에 대한 구체적인 계획이 제시되어야 한다. 특히, 주변부는 주변 환경과 연속적으로 경관을 처리하여야 한다.
- 다. 배수관 등의 구조물을 생태통로로 이용하는

경우, 이 구조물들은 동물 이동로 안에 위치하여야 하고, 통로 내부 및 주변부를 동물들이 두려움 없이 친숙하게 느낄 수 있도록 조성하여야 한다.

라. 마지막으로 인위적인 생태통로는 최후의 수단이므로 가급적 단편화를 방지하여 생태통로를 만들지 않고도 생물다양성을 보전하기 위한 노력이 선행되어야 한다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부. 1998. 건설교통통계연보(교통부분). 행정간행물등록번호 42000-02340-26-0003. 652p.
2. 인천광역시. 1996. 한국타이어~경서동간 도로 개설사업 환경영향평가서. 415p.
3. 한국도로공사. 1996. 영동고속도로(횡계~강릉간) 건설사업 환경영향평가서. 654p.
4. 환경부. 1995. 전국그린네트워크화구상. 행정간행물등록번호 12000-67140-67-9530. 203P.
5. (在)道路環境研究所, エコロード検討委員會. 1995. 自然との共生をめざす道づくり - エコロードハンドブック - 大成出版社. 東京. 132p.
6. Australian Museum Business Services. 1997. Fauna usage of three underpasses beneath the F3 freeway between Sydney & Newcastle, Sydney. 89p.
7. Bennett, A.F. 1998. Linkages in the landscape. IUCN 247p. (in press)
8. Dramstad, W.E., J.D. Olson, and R.T.T. Forman. 1996. Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning. Island Press, Washington, D.C., 80p.
9. Forman, R.T.T. and A.M. Hersperger. 1996. Road ecology and road density in different landscapes, with international planning and mitigation solutions. in Trends in addressing transportation related wildlife mortality. Proceedings of the transportation related wildlife mortality seminar. pp. 1-22.
10. Hammershøi, M. and Madsen, A.B. 1998. Fragmentering og korridorer i landskabet. Miljø og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser, Rørnde. 110p.
11. Labaree, J.M. 1992. How Greenways Works: A handbook on ecology. National Park Service and Atlantic Center for the Environment. 50p.
12. Luken, J.O., A.C. Hinton and D.G. Baker. 1991. Forest edges associated with power-line corridors and implications for corridor siting. Landscape and Urban Planning, 20:315-324.
13. Madsen, A.B. 1996. Otter *Lutra Lutra* Mortality in relation to traffic, and experience with established fauna passages at existing road bridge. *Lutra*. 39:76-90.
14. Ministry of Transport, Public Works and Watermanagement, Road and Hydraulic Engineering Division, Netherlands. 1995. Wildlife crossings for roads and waterways. 16p.
15. Ministry of Transport, Public Works and Watermanagement, Road and Hydraulic Engineering Division, Netherlands. Habitat fragmentation. 21p.
16. Morris, P.A. 1986. Nightly movements of hedgehogs(*Erinaceus europaeus*) in forest edge habitat. *Mammalia*. 50(3):395-398.
17. Nieuwenhuizen, W. and R.C. van

- Apeldoorn. 1995. Mammal use of fauna passages on national road A1 at Oldenzaal. 47p.
18. Noss, R.F. and P. Beier. 1998. Do habitat corridor provide connectivity? - A review and suggestions for future research. Draft. <http://www.for.nau.edu/~pb/currproj.html>
19. Simberloff, D., J.A.F.J. Cox, and D.W. Mehlman. 1992. Movement corridors : conservation bargains or poor investment? Conservation Biology 6:493-504.
20. Yanes, M., J.M. Velasco and F. Suarez. 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. Biological Conservation. 71:217-222.