

의왕시 오봉산 육교형 생물 이동통로 모니터링에 의한 관리 및 개선방안

전익요* · 한봉호** · 홍석환*** · 이경재**

*한국도로공사 · **서울시립대학교 조경학과 · ***서울시립대학교 대학원 조경학과

A Study on Improvement and Administration of Ecoduct through Monitoring in Uiwang's Mt. Obong

Jun, Ik-Yo* · Han, Bong-Ho** · Hong, Suk-Hwan*** · Lee, Kyong-Jae**

*Korea Highway Corporation

**Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

***Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, University of Seoul

ABSTRACT

This study is to introduce the improvement and management of Ecoduct located in Uiwang's Mt. Obong, Gyeonggi province. The inner planting of Ecoduct is not very related to the flora of mountain areas nearby. The difference in the index of plant crown volume(GVZ), the similarity index(S.I.), and monitored animals is significant between Ecoduct and mountain areas. Putting together all of the results, the initial selection of movement and target species is excessive in number. Target species must be selected again. They will be species that are currently found on the site. The Ecoduct space must be divided into two parts: buffer planting space and wildlife corridor. Reforestation is needed since the GVZ is remarkably lower in Ecoduct than in the nearby mountain areas. Besides the vegetation of Ecoduct is densely planted in guidance planting space to connect the southern *Quercus mongolica* community and the northern *Quercus acutissima* community. Proper upkeep after construction should be continuously conducted to maintain the procedure of natural change.

Key Words: Post-evaluation of Ecoduct, Wildlife Habitat Type, Target Species of Ecological Corridor

I. 서론

도로는 개발지역을 선형으로 연결시키는 요소로 개발지를 둘러싼 녹지의 단절을 가져오는 요인이다. 우리나라 고속도로 총 연장은 2005년 1월 현재 2,922.95km에 달하고 2020년까지는 동서 9개축, 남북 7개축의 총연장 6,160km의 격자형 고속도로망을 구축할 계획으로 건설이 진행 중에 있으며 각종 생태계를 단편화하는 선형의 교통시설은 2000년 12월 기준으로 국도 12,413km, 철도 3,123km의 규모로 건설되었다(한국도로공사, 2003). 이러한 그물망과 같은 교통시설을 포함한 대규모 건설공사로 인한 생물 서식처 파괴 및 이동통로의 단절은 생물 집단의 개체군 규모의 축소와 장기적으로는 집단의 유전적인 약화를 초래하게 되어 종의 유지가 어렵게 된다(Simberloff, 1994; 龜山, 1997; Forman and Alexander, 1998). 동식물의 생명과 종의 유지에 영향을 미치는 교통시설에 대해 최근 그 영향이나 피해를 적게 하는 환경친화적 교통시설을 건설하고자 하는 움직임으로 생물 이동통로(ecological corridor)의 계획이나 시공이 이루어지고 있는 상태이다(환경부, 1999a). 생물 이동통로 조성 목적은 야생동물 이동통로 제공, 야생동물 서식처 조성, 단편화된 생태계의 연결을 통한 생태계 연결성 유지 등을 들 수 있다(Fleury and Brown, 1997). 현재 우리나라에 조성된 생물 이동통로로는 전남 구례의 지리산 시암재 생물 이동통로, 강원도 양양 구룡령 생물 이동통로, 경기도 의왕시 오봉산 생물 이동통로 등이 대표적 사례이다. 그러나 생물 이동통로 조성이 생물 이동 기능을 고려하기보다는 형식적 조성에 그쳐 많은 문제점이 야기되고 있다. 이러한 문제는 실제 생물이 살고 있는지에 대한 사전 모니터링이 제대로 수행되지 않은 생물 이동통로 조성사업의 진행이 원인으로 분석되고 있다. 오봉산 생물 이동통로는 이동 가능한 야생동물 선정을 위한 사전 현장 조사를 실시하였는데 양서·파충류의 경우 조사시 총 11종이 관찰(김귀곤 등, 2000)된 것으로 나타났다. 그러나 직접 조사시기가 11월말과 12월에 이루어진 점을 감안한다면 양서·파충류의 실제 활동반경이나 서식처 파악이 제대로 이루어지지 않았음을 알 수 있다. 이는 실제 이동 가능한 종을 고려하지 않은 생물 이동통로의

조성이라 할 수 있겠다. 이에 본 연구는 기 조성된 오봉산 생물 이동통로의 문제점을 파악하고 실제 이동 가능한 종을 파악하여 기 조성된 생물 이동통로의 개선 및 관리 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 경기도 의왕시 왕곡동에서부터 수원시 권선구 입북동에 이르는 고색~의왕간(연장 14km) 도로에 의해 단절된 산림을 연결하기 위하여 오봉산 자락에 조성한 생물 이동통로로 의왕시 고천동 고리 마을에 위치하고 있다(그림 1). 본 대상지는 도로 개설 이전에도 동쪽은 국도 1호선, 서쪽은 경부선 철도, 남쪽은 영동고속도로, 북쪽은 시가지 도로에 의해 단절된 형태이었다. 본 생물 이동통로의 유형은 육교형 생물 이동통로(ecoduct)로 폭 50m, 길이 25.9m, 높이 6m의 2경간 RC Box교 형식이며 1998년 12월에 완공되었다.

2. 조사 및 분석방법

1) 생물 이동통로 조성계획 개요

생물 이동통로 설치를 위한 계획 내용을 파악하기 위하여 실시설계보고서를 포함한 관련 문헌을 조사·분



그림 1. 경기도 의왕시 오봉산 생물 이동통로 위치도

석하였다.

2) 생물 이동통로 지형 구조

조성된 생물 이동통로와 주변 지역의 연결 형태 및 이동 통로 내부의 지형 구조 파악을 위하여 이동 통로 중심부에서 도로를 기준으로 수직, 수평으로 단면구조를 분석하였다.

3) 동물 이동 모니터링 및 주변 야생동물 서식 구조

동물 이동 모니터링은 주간과 야간으로 나누어 실시하였는데, 주간에는 비디오키메라(Sony DCR-VX2000)를 이용, 1분 간격으로 1초간 촬영하는 방식으로 하루 8시간씩 2001년 8월 19일, 2002년 4월 14일, 5월 18일 등 3차례에 걸쳐 조사하였다. 비디오키메라로 촬영되지 않는 구간 및 야간 동물 이동 흔적 모니터링은 2~3cm 두께의 족적조사 모래판(sand bed)을 5개소 설치하고 2002년 4월 14일부터 5월 31일까지의 이동흔적을 조사하였다.

야생동물 서식구조는 생물 이동통로를 중심으로 연결된 산림 및 주변 영향권을 대상으로 선조사법(line transect method)으로 육안 및 쌍안경으로 관찰하여 1/5,000 축척의 지도에 출현 위치를 표시하였으며, 출현 시간, 종명, 개체수, 관찰지역 현황(토지 이용, 우점종, 층위 구조), 관찰지점(교목, 아교목, 관목, 초본), 주요 행동(휴식, 이동, 채이, 경계 등)을 조사하였다. 조사는 2002년 6월에 실시하였다.

4) 식재구조 및 주변 식생구조

(1) 생물 이동통로 식재 현황

식재 현황은 식물 분포 위치와 수종명, 수목규격을 조사하였으며, 식재종, 층위구조를 고려하여 완충 식재지역, 경관 식재지역, 완충+경관 식재지역, 미식재지역으로 구분하여 식재 개념도를 작성하였다. 이는 생물 이동통로 조성 구간 중 도로에 의한 영향을 막아주는 지역과 생물 서식 및 이동의 중심이 되는 공간, 기타 서식처 및 은신처 조성공간 등을 구분하기 위한 것이다. 식재현황은 2002년 6월 주변 식생 구조 조사와 함께 실시하였다.

(2) 주변 지역 현존 식생

도로 개설에 의한 직접적인 영향권으로 판단되는 지역을 대상으로 교목층 식생 상관에 따라 현존식생도를 작성하였으며, 유형별 면적 및 비율을 산정하였다. 조사 경계는 생물 이동통로 조성지역 외곽 능선부 이하 지역을 대상으로 하였으며 산림 하단부는 신규 주거지, 도로 등 시가화된 지역을 경계로 설정하였다. 단 산림, 농경지에 둘러싸인 기존 취락지는 대상지에 포함시켰다.

(3) 식생구조

식생구조는 생물 이동통로 내부 및 주변지역을 비교하여 유사성을 파악하였다. 식재 개념의 기본적인 구분은 中島(1992)의 방법에 기초하였으며 식물군집구조 분석을 위한 조사구 설정은 생물 이동통로 내부의 경우 대표적인 식재개념 공간별로 10m×10m 크기의 방형구를 각각 설치하였고(그림 2), 주변지역은 10m×10m 크기의 조사구를 남측 12개소, 북측 12개소(총 24개소)를 설정하였다(그림 3). 각 조사구별 교목층과 아교목층은 수목 분포 위치를 1/100 도면에 표기하고, 종명, 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭(장축×단축), 수형을, 관목층

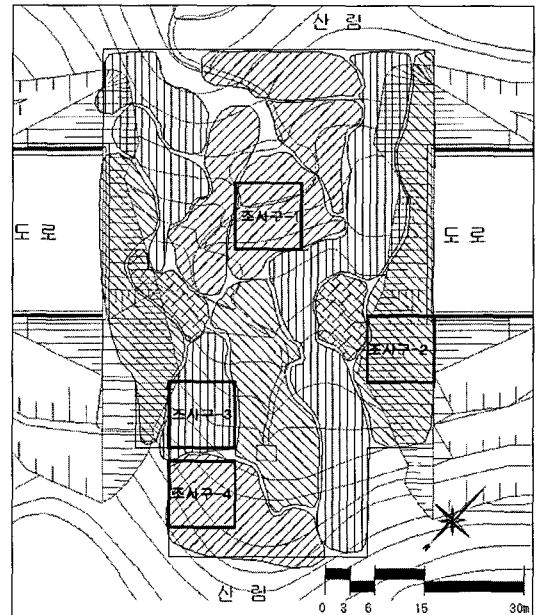


그림 2. 경기도 의왕시 오봉산 생물 이동통로 내부 조사구 위치도

범례: ● 경관식재지역 ● 완충+경관식재지역
● 완충식재지역 ● 식생유입지역

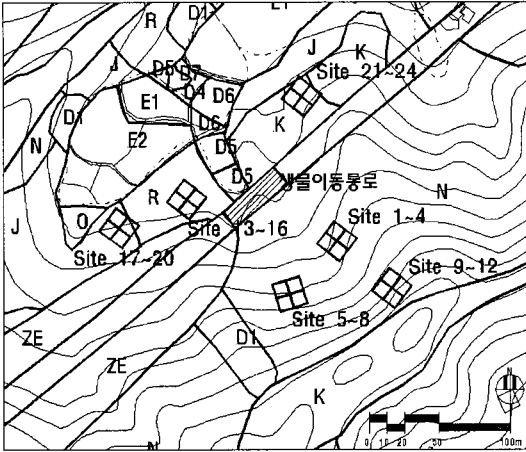


그림 3. 경기도 의왕시 오봉산 생물 이동통로 산림지역 조사구 위치도

범례: A: 시가화 지역, C7: 묘포장, D1: 잔디 식재지, D3: 귀화종 초본 식생지, D4: 건조자생초본 식생지, D5: 습지자생초본 식생지, D6: 초본+버드나무 식생지, D7: 수변, E1: 논, E2: 밭, F: 아까시나무림, J: 밤나무림, K: 리기다소나무림, MR: 소나무-상수리나무군집, N: 신갈나무군집, O: 갈참나무군집, Q: 굴참나무군집, R: 상수리나무군집, ZE: 가중나무림

은 증명, 수고, 지하고, 수관폭(장축×단축)을 조사하였다. 식생 조사 자료를 바탕으로 상대 우점치(Curtis and McIntosh, 1951), 유사도 지수(Whittaker, 1956), 녹피율 및 녹지 용적 계수(홍석환 등, 2005), 종수 및 개체수, 종다양도를 주변 식생과 생물 이동통로 내부 식재공간과 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생물 이동통로 조성 개요

경기도 의왕시 오봉산 생물 이동통로 계획 내용을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 도로 건설 이전의 지형을 고려하여 공사 이전의 지형과 유사한 형태로 조성하였고 최대한 다양한 지형을 구성하기 위해 마운딩, 저습지를 조성하고 중심부를 계곡 형태로 조성하여 도로에 의한 부정적 영향을 최소화하는 효과를 도모하도록 계획하였다(경기도, 1998). 둘째, 식재 수종은 기본적으로 주변 지역에 생육하는 식물종 중 야생동물을 유인할 수 있는 종으로 선정하였는데, 주요 종은 우점종인 참나무류 위주의 교목과 관목류 및 초본류를 식재하여 다층구조를 이

루도록 하였다(환경부, 1999b). 셋째, 식재 유형은 사전 모니터링된 동물종 이동경로와 유사한 식생 유형을 형성할 수 있도록 하였다(환경부, 1999b). 넷째, 소형 포유류를 비롯하여 양서·과충류, 야생조류 등 다양한 야생동물 이동을 위해 이들의 서식 및 이동을 위한 환경을 다양하게 조성하였다(김귀곤 등, 2000).

2. 생물 이동통로 지형 구조

생물 이동통로 조성지역 남측과 북측의 표고차는 약 16m로 경사가 심한 편이나 단차 해소를 위해 공사 이전의 지형과 유사하게 마운딩 처리나 저습지를 조성하여 경사로 인한 동물이동 장애는 발생치 않을 것으로 판단되었다(그림 4). 그러나 통로 북측 저습지와 계류의 단차는 소형 양서류 이동에 제한 요소로 작용할 수 있어 이에 대한 완화 조치가 요구되었다. 동~서 방향의 단면 구조(그림 5)는 가운데 계류를 조성하고 도로측 측면은 마운딩하여 도로로부터의 소음을 최소화하고자 한 것으로 분석되었다.

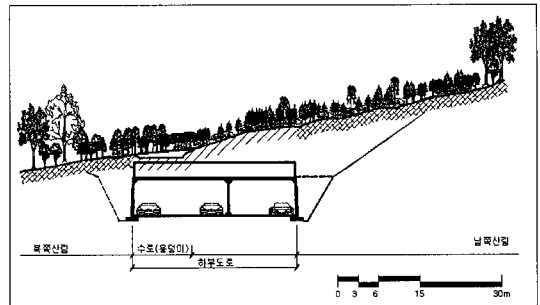


그림 4. 오봉산 생물 이동통로 남-북(도로와 수직면)구간 단면 구조도

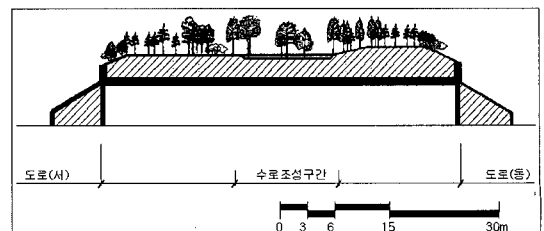


그림 5. 오봉산 생물 이동통로 동-서(도로와 평행면)구간 단면 구조도

3. 동물이동 현황 및 주변 동물 서식구조

1) 동물이동 현황

생물 이동통로 내부 동물 이동 모니터링 결과 이동통로에 서식하거나 이동하는 포유류 및 양서·파충류 등 동물종의 흔적은 관찰되지 않았으며 현장조사 결과 곤충류와 조류의 개체가 일부 관찰되었다. 관찰된 야생 조류는 총 7종 15개체(표 1)이었는데, 쇠박새(26.7%), 붉은머리오목눈이(20.0%), 박새(20.0%) 등의 우점도가 높았다. 출현종에 대한 길드 분석 결과 서식처인 영소길드를 살펴보면 수간 서식종이 3종이었으며 수관층과 관목층 서식종이 각각 2종이었다. 채이길드에서는 수관층에서 채이하는 종이 3종이었고 관목층, 수간, 인가, 기타 등이 각 1종이었다.

오봉산 생물 이동통로 내부 동물이동에 대한 모니터링 결과, 조성 이전 조사 결과에 의한 이동 목표종인 양서·파충류(4종)와 포유류(7종) 등 14종(김귀곤 등, 2000)의 이동 흔적은 발견되지 않았으며, 조류의 경우 조성 이전 조사된 이동 목표종 14종 중 까치, 멧비둘기, 박새 등 3종의 서식 및 이동만이 확인되었다. 이는 조성 이전 동물상 조사를 통한 목표종 선정에 있어 조사시기 및 조사방법에 문제가 있었던 것으로 판단되었으며 아울러 계획 내용과 조성이 실제 동물이동과는 맞지 않는 것으로 판단할 수 있었다.

표 1. 오봉산 생물 이동통로 내부 야생 조류 현황(2003년 8월)

순번	종명	학명	개체수	서식유형	우점도 (%)
1	새매	<i>Accipiter nisus</i>	2	텃새	13.3
2	멧비둘기	<i>Streptopelia orientalis</i>	1	텃새	6.7
3	쇠딱다구리	<i>Dendrocopos kizuki</i>	1	텃새	6.7
4	붉은머리오목눈이	<i>Paradoxornis webbiana</i>	3	텃새	20.0
5	쇠박새	<i>Parus palustris</i>	4	텃새	26.7
6	박새	<i>Parus major</i>	3	텃새	20.0
7	까치	<i>Pica pica</i>	1	텃새	6.7
합계		7종 15개체			

2) 주변 동물서식구조

오봉산 생물 이동통로 주변 지역 반경 약 500m 이내 지역을 중심으로 야생 조류를 조사한 결과 총 21종 303개체가 관찰되었는데(표 2) 오목눈이(35.0%), 까치(14.2%), 박새(13.2%), 붉은머리오목눈이(10.2%) 등의 우점도가 높았다. 출현종에 대한 영소길드 분석결과 수관층에서 서식하는 종이 11종으로 가장 많았으며, 수관층과 관목층은 각각 5종이었다. 채이길드에서는 수관층에서 채이하는 종이 12종으로 높았으며, 하천, 농경지, 수역이 4종, 관목층이 3종, 공중과 인가가 각각 1종이었다. 양서·파충류 및 포유류는 다람쥐 4개체와 산개구리 1개체가 관찰되어 서식하는 양서·파충류 및 포유류가 극히 미미한 것으로 판단되었다.

4. 식재구조 및 주변식생구조

1) 생물 이동통로 식재 개념 및 주변 현존 식생

(1) 생물 이동통로 식재 개념

생물 이동통로 내부에 식재된 수목 및 자연 발생한 식생의 현황조사 결과(그림 6), 교목, 아교목층은 소나무 외 21종이 생육하고 있었으며, 관목층은 괴불나무 외

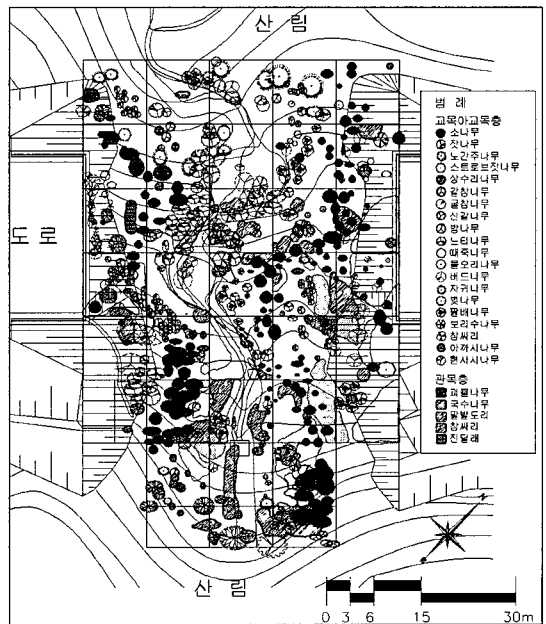


그림 6. 오봉산 생물 이동통로 내부 전체 식재현황도

표 2. 오봉산 생물 이동통로 주변 산림지역 야생 조류 출현 현황

순번	종명	학명	개체 수	서식 유형	우점도 (%)
1	해오라기	<i>Nycticorax nycticorax</i>	1	여름 철새	0.3
2	검은댕기 해오라기	<i>Butorides striatus</i>	1	여름 철새	0.3
3	쇠백로	<i>Egretta garzetta</i>	2	여름 철새	0.7
4	흰뺨검둥오리	<i>Anas poecilorhyncha</i>	2	털새	0.7
5	황조롱이	<i>Falco tinnunculus</i>	1	털새	0.3
6	평	<i>Phasianus colchicus</i>	1	털새	0.3
7	멧비둘기	<i>Streptopelia orientalis</i>	4	털새	1.3
8	빼꾸기	<i>Cuculus canorus</i>	1	여름 철새	0.3
9	파랑새	<i>Eurystormus orientalis</i>	4	여름 철새	1.3
10	청딱다구리	<i>Picus canus</i>	3	털새	1.0
11	오색딱다구리	<i>Dendrocopos major</i>	7	털새	2.3
12	쇠딱다구리	<i>Dendrocopos kizuki</i>	9	털새	3.0
13	직박구리	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	10	털새	3.3
14	붉은머리 오목눈이	<i>Paradoxornis webbiana</i>	31	털새	10.2
15	오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	106	털새	35.0
16	쇠박새	<i>Parus palustris</i>	21	털새	6.9
17	박새	<i>Parus major</i>	40	털새	13.2
18	노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	4	털새	1.3
19	피꼬리	<i>Oriolus chinensis</i>	8	여름 철새	2.6
20	어치	<i>Garrulus glandarius</i>	4	털새	1.3
21	까치	<i>Pica pica</i>	43	털새	14.2
	합계	21종 303개체			

37종이 생육하는 것으로 확인되었다. 주요 수종은 교목층에서는 소나무, 느티나무, 잣나무이며, 아교목층은 버드나무, 자귀나무, 잣나무, 관목층은 말발도리, 참싸리, 버드나무이었다.

생물 이동통로 식재 계획은 주변 산림지역 우점종인

참나무류 위주의 교목을 비롯한 관목 및 초본류로 다층 구조를 이루어 다양한 생물들의 서식공간 및 이동경로로 활용할 수 있도록 하는 것(환경부, 1999a)이었으나, 실제 조사된 결과에 의하면 참나무류 식재는 미미하였으며 전체적인 식생구조도 산림지역의 다층구조와는 차이가 많았다. 조사된 주요 수종 중 잣나무, 스트로브잣나무, 눈향나무 등은 오봉산 인근에 생육하지 않는 수종이었으며 식재 이후 관리 부재로 현사시나무, 아까시나무, 오동나무, 버드나무 등이 이입되는 상태이었다. 이는 생물 이동통로가 조성계획 내용과 전혀 다르게 구성되어 있음을 나타낸다. 그림 7은 생물 이동통로 내부에 생육하고 있는 식생의 수종 및 층위구조 등을 기본으로 완충 식재지역, 완충+경관 식재지역, 경관 식재지역, 식생 유입지역으로 식재 개념을 구분한 것이다.

(2) 주변지역 현존식생

대상지 및 주변지역 현존 식생조사 결과 오봉산 생물 이동통로 주변 산림지역은 신갈나무림(22.9%), 상수리

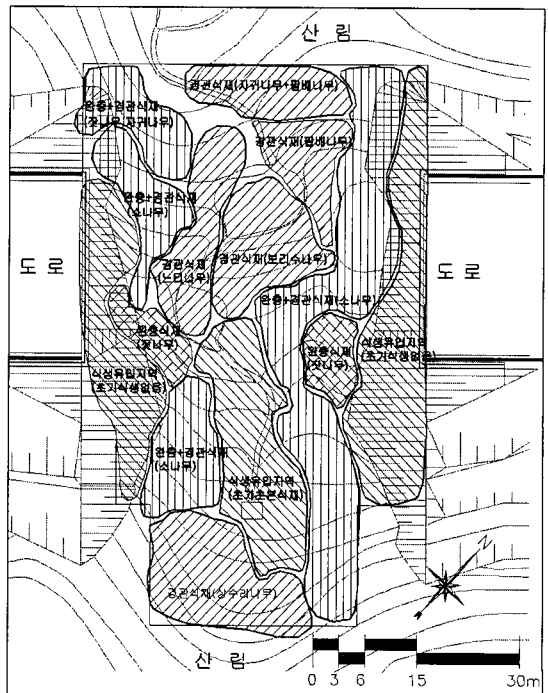


그림 7. 오봉산 생물 이동통로 내부 식재개념도
 범례: ▨경관식재지역 ▩완충+경관식재지역
 ▤완충식재지역 ▫식생유입지역

표 3. 오봉산 생물 이동통로 주변 산림지역 현존식생 유형별 면적비율

대분류	중분류	소분류	면적 (m ²)	비율(%)	
				소계 비율	전체 비율
도시화 지역	시가화 지역	도시화 지역중 도로를 제외한 지역	12,530	-	2.1
	조경수목 식재지	묘포장	19,215	-	3.2
녹지 및 오픈 스페이스	초지 및 수역	잔디 식재지	27,876	61.1	4.6
		귀화종 초본 식생지	1,390	3.0	0.2
		건조 자생초본 식생지	14,095	30.9	2.3
		습지 자생초본 식생지	1,022	2.2	0.2
		초본-버드나무 식생지	1,062	2.3	0.2
		수면	195	0.4	0.0
		소계	45,640	100	7.5
	경작지	논	73,582	66.6	12.1
		밭	36,827	33.4	6.0
		소계	110,409	100.0	18.1
	산림 지역	아까시나무림	75,297	18.0	12.4
		밤나무림	91,975	22.0	15.2
		리기다소나무림	39,874	9.5	6.6
		소나무-상수리나무군집	4,701	1.1	0.8
		신갈나무군집	95,736	22.9	15.8
		갈참나무군집	571	0.1	0.1
		갈참나무군집	8,568	2.0	1.4
		상수리나무군집	85,475	20.4	14.1
		가층나무림	16,169	3.9	2.7
소계		418,366	100.0	69.1	
	녹지 및 오픈스페이스 합계	593,629	-	97.9	
	총계	606,159	-	100.0	

나무림(20.4%) 등의 자연림과 밤나무림(22.0%), 아까시나무림(18.0%) 등이 우점하였다. 조성된 생물 이동통로 내부는 주변 자연림인 신갈나무림과 상수리나무림이 연계되도록 식재되었어야 하나 소나무, 느티나무, 잣나무 등 조경수목이 주로 식재되어 주변 산림지역과의 연계성이 떨어지는 상태이었다.

2) 식재구조 및 주변식생구조

표 4. 오봉산 생물 이동통로 내부 조사구 녹피율 및 녹지용적계수

조사구*	녹피율(%)			녹지용적계수(m ³ /m ²)		
	교목·아교목층	관목층	합계	교목·아교목층	관목층	합계
1	67.94	8.46	76.40	0.97	0.06	1.03
2	25.51	11.54	37.05	0.37	0.15	0.52
3	74.58	47.36	121.93	0.62	0.43	1.05
4	52.70	1.90	54.60	0.67	0.01	0.68
평균	55.18	17.32	72.50	0.66	0.16	0.82

*: 1, 4: 경관식재지역, 2: 식생유입지역, 3: 완충+경관식재지역

(1) 생물 이동통로 식재구조

생물 이동통로 내부 지역 조사 결과(표 4) 조사구 1과 4는 경관식재지역, 조사구 2는 식생 유입지역이었으며 조사구 3은 완충 식재지역과 경관 식재지역이 혼재되어 있는 지역이었다. 각 조사구에 대한 녹피율 및 녹지용적계수 분석 결과 4개 조사구에 대한 녹피율은 교목·아교목층에서 평균 55.18%이며, 관목층은 평균 17.32%로 전체 녹피율은 평균 72.5%이었다. 녹지용적계수는 전체 조사구 평균 교목·아교목층이 0.66m³/m², 관목층이 0.16m³/m²로 합계는 0.82m³/m²이었다.

Shannon의 종다양도(H') 분석 결과 0.5366(조사구 4)~0.9061(조사구 3)이었다. 이는 인천광역시 산림녹지의 종다양도지수 0.8235~1.1863(조우, 1998), 일산신도시 정발산(자연녹지)의 군집별 종다양도지수 0.8665~1.1729(한봉호, 2000)와 비교하여 낮은 경향으로 주변 산림의 다층구조 개념이 고려되지 않고 조성된 것으로 유추할 수 있다.

(2) 주변지역 식생구조

오봉산 생물 이동통로 주변 자연생태계 지역 24개 조사구에 대한 식생조사 결과를 토대로 단위면적 400m²에 대한 상대우점치 분석 결과 신갈나무군집, 밤나무-신갈나무군집, 상수리나무-밤나무군집, 밤나무군집, 신갈나무-리기다소나무군집의 5개 군집으로 분류되었다. 남측 지역 조사구 12개소에 대한 평균 녹피율은 교목층이 52.93%, 아교목층이 15.61%, 관목층이 17.95%로 합계는 86.48%로 분석되었다. 각 군집별 녹피율을 비교

하면 밤나무-신갈나무군집의 합계 녹피율 평균이 98.29%로 신갈나무군집의 합계 녹피율 80.58%에 비해 높게 나타났다. 녹지용적계수는 교목층이 1.32m³/m², 아교목층이 0.21m³/m², 관목층이 0.14m³/m²로 합계는 1.68m³/m²로 나타났다. 각 군집별로 비교하면 녹지용적계수도 밤나무-신갈나무군집의 합계 녹지용적계수 평균이 2.11m³/m²로 신갈나무군집의 합계 녹지용적계수 1.47m³/m²에 비해 높았다. 북측지역 평균 녹피율은 교목층이 57.21%, 아교목층이 22.87%, 관목층이 10.99%로 합계는 1.07%로 분석되었고, 상수리나무-밤

나무군집의 합계 녹피율 평균이 105.2%로 가장 높았으며, 밤나무군집의 합계 녹피율 평균이 80.02%로 낮았다. 녹지용적계수는 조사구 평균 교목층 1.59m³/m², 아교목층이 0.38m³/m², 관목층 0.06m³/m²로 합계는 2.04m³/m²이었으며 상수리나무-밤나무군집의 합계 녹지용적계수 평균이 2.36m³/m²로 가장 높았고 신갈나무-리기다소나무군집의 합계 녹지용적계수가 1.73m³/m²으로 낮았다. 통로 남측지역 12개 조사구의 Shannon의 종다양도(H)는 0.6474~0.9825이었으며 북측 12개 조사구의 Shannon의 종다양도(H)는 0.7793~0.9862이었

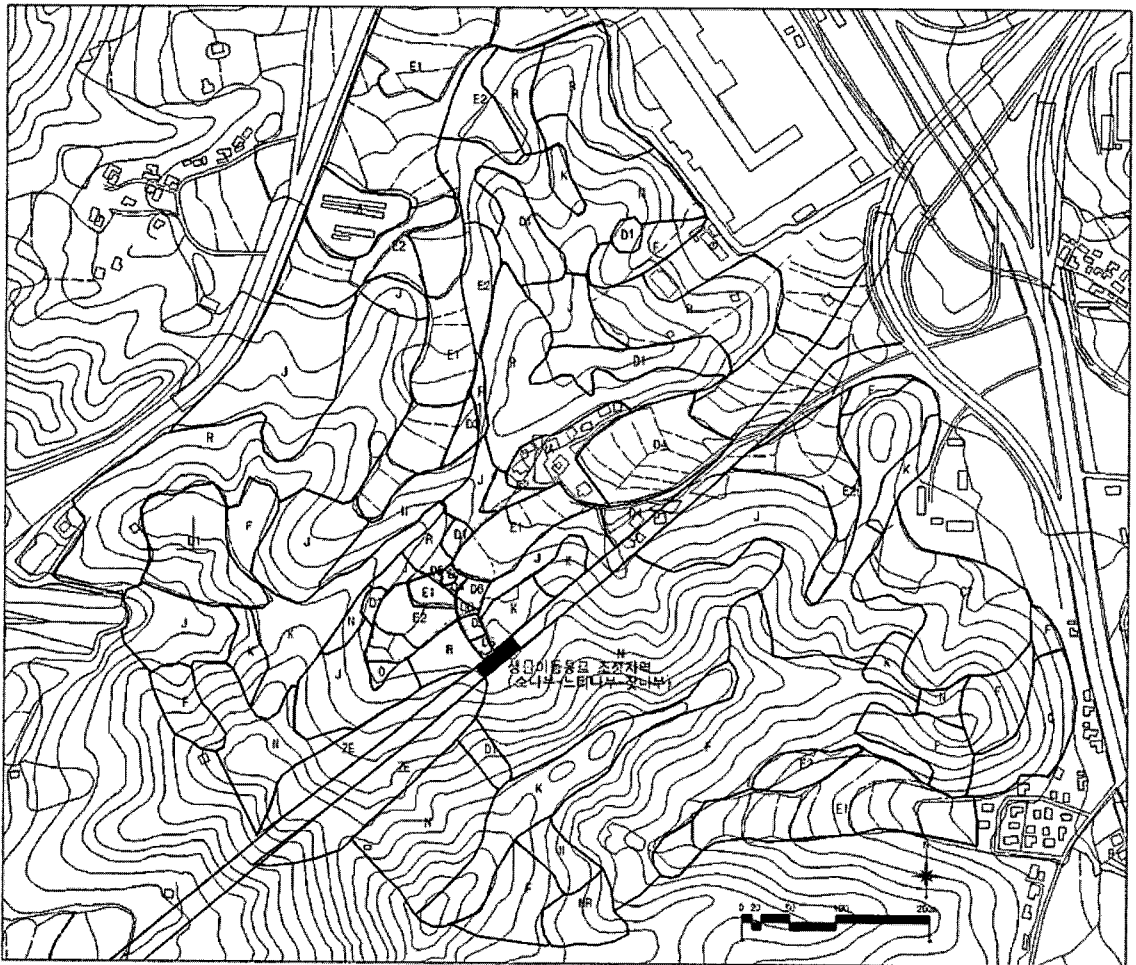


그림 8. 오봉산 생물 이동통로 주변 산림지역 현존식생도

범례: A: 시가화 지역, C7: 묘포장, D1: 잔디 식재지, D3: 귀화종 초본 식생지, D4: 건조 자생초본 식생지, D5: 습지 자생초본 식생지, D6: 초본+버드나무 식생지, D7: 수면, E1: 논, E2: 밭, F: 아까시나무림, J: 밤나무림, K: 리기다소나무림, MR: 소나무-상수리나무군집, N: 신갈나무군집, O: 갈참나무군집, Q: 굴참나무군집, R: 상수리나무군집, ZE: 가중나무림

는데 이는 인천광역시 산림녹지 300~500m²의 종다양도지수 0.8235~1.1863(조우, 1998), 일산신도시 정발산(자연녹지)의 단위면적 400m²를 기준으로 조사된 군집별 종다양도지수 0.8665~1.1729(한봉호, 2000)에 비해 낮은 상태이었다.

5. 생물 이동통로 및 주변 산림지역 생태계 구조 비교

1) 동물생태

오봉산 생물 이동통로를 이동하는 동물종으로는 7종의 조류를 관찰할 수 있었으며 생물 이동통로 주변 산림 지역에서는 21종의 야생 조류와 1종의 양서류를 관찰할 수 있었다. 산림지역에서 발견된 조류 종류에 비해 생물 이동통로 내부에서 관찰된 조류 종류가 현저히 적은 이유는 생물 이동통로 내부의 식생이 주변 산림지역과 유사성이 떨어지며, 주변에 서식하고 있는 조류의 영소나 채이 특성을 고려하지 않은 식생 도입에 의한 것으로 판단되었다.

2) 식물생태

생물 이동통로 주변 산림은 신갈나무군집(22.9%), 상수리나무군집(20.4%) 등의 자연림과 밤나무림(22.0%), 아까시나무림(18.0%) 등의 인공림이 고르게 분포하고 있는 지역이다. 생물 이동통로 내부 식생은 이 중 자연림인 신갈나무군집, 상수리나무군집과 연계되도록 하여야 하나 조사 결과 주요 수종은 소나무, 느티나무, 잣나무 등으로 주변 산림지역에 자생하는 수종과 상이한 상태이었다. 녹피율 및 녹지용적계수를 비교하면 생물 이동통로 내부 조사구는 녹피율 72.5%, 녹지용적계수 0.82 m³/m²로 생물 이동통로 남측 산림지역의 녹피율 86.48 %, 녹지용적계수 1.68m³/m²와 북측 산림지역의 녹피율 91.07%, 녹지용적계수 2.04m³/m²와 비교하면 녹피율의 차이는 작으나 녹지용적계수의 차이는 현격하였다. 생물 이동통로 내부 4개 조사구에 대한 Shannon의 종다양도지수(H')는 0.5366~0.9061로 생물 이동통로 남측 산림지역 종다양도지수(H') 0.6474~0.9825, 북측 산림지역 종다양도지수(H') 0.7793~0.9862. 인천광역시 산림녹지 300~500m²의 종다양도지

수 0.8235~1.1863(조우, 1998), 일산신도시 정발산(자연녹지)의 단위면적 400m²를 기준으로 조사된 군집별 종다양도지수 0.8665~1.1729(한봉호, 2000)와 유사한 경향을 나타내는데 이는 다양한 종의 인위적인 식재에서 기인한 것이다.

생물 이동통로 내부 조사구 4개소와 생물 이동통로 남측, 북측의 산림지역 조사구 24개소의 유사도 지수 분석 결과 생물 이동통로 내부 조사구 4개소 상호간의 유사도지수는 4.16~35.72, 남측 산림지역 조사구 12개소 상호간의 유사도지수는 8.34~86.29, 북측 산림지역 조사구 12개소 상호간의 유사도지수는 8.09~75.71로 나타났다. 남측 산림지역과 북측 산림지역간의 유사도지수는 9.96~80.10, 생물 이동통로 내부 조사구 4개소와 남측 산림지역 조사구 12개소간의 유사도지수는 0~18.6, 생물 이동통로 내부 조사구 4개소와 북측 산림지역 조사구 12개소간의 유사도 지수는 0~19.34로 나타났다. 분석 결과 생물 이동통로 내부의 조사구 4개소와 생물 이동통로 남측, 북측의 산림지역 조사구의 유사도 지수가 가장 낮은 수치를 나타내고 있고, 생물 이동통로 내부 4개 조사구 상호간의 유사도 지수도 낮은 수치를 나타내고 있었으나 남측과 북측의 산림지역 조사구에서는 비교적 높게 나타나고 있어, 생물 이동통로 내부 식생은 조사구 상호간이나 주변 산림지역과 비교해서도 종 구성이 현저히 다른 것으로 판단할 수 있었으며, 결국 생태적 구조상 서로 연결성이 떨어지는 것을 알 수 있다(Whittaker, 1956).

6. 생물 이동통로 개선 및 관리방안

1) 목표종 재선정 및 공간구조 개선방안

계획 당시 이동 가능한 야생동물의 선정을 위한 현황조사는 조사시기로 미루어 청문조사나 문헌조사의 방법으로 수행된 것으로 판단되는데, 이렇게 선정된 이동 목표종은 삿, 고라니 등 대형 포유류까지 포괄하고 있다. 이는 주변의 환경이나 규모 등을 고려할 때 과도하게 선정된 것으로 판단되므로 대상지 및 주변에서 현재 서식이 확인된 조류와 양서류, 일부 포유류를 목표종으로 재선정해야 할 것이다. 또한 모니터링에 의한 이동루트를 계획에 반영하였다고 하였으나 이 또한 조사시기로 미루

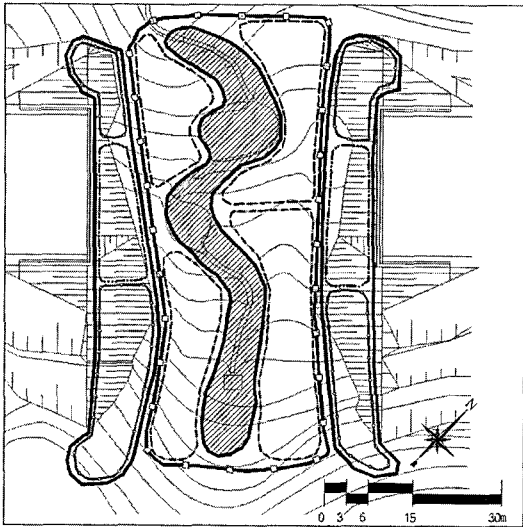


그림 9. 오봉산 생물 이동통로 공간구조 개선방안

- 범례: ○ 완충식재공간 ○ 유도식재공간
 ○ 차폐식재공간 ○ 야생동물 이동공간
 ▨ 제한적 양서류이동공간
 ○ 경관식재공간(신갈나무림)
 ○ 경관식재공간(상수리나무림)

어 현실과 맞지 않는 것으로 판단된다. 원활한 생물 이동을 위해 생물 이동통로 공간구조에 있어서 완충 식재 공간은 입출구의 유도 식재 공간과 도로와 접하는 지역의 차폐 식재 공간으로, 야생동물 이동공간은 중앙 계류 지역인 제한적 양서류 이동공간과 조류 및 일부 포유류의 이동과 서식을 위한 공간인 경관 식재 공간으로 개선되어야 하겠다.

2) 식재밀도 및 식재종 개선방안

오봉산 생물 이동통로 내부 식생의 녹지량이 주변 산림지역 식생에 비해 현저히 낮고 생물 이동통로 내부와 주변 산림지역의 군집 구조 및 유사도 지수가 이질적인 것으로 분석되어 식재밀도와 식재종의 개선이 필요하였다. 식재공간별로 살펴보면 입출구 유도 식재 공간은 남측의 경우 신갈나무림, 북측의 경우 상수리나무림과 연계될 수 있는 자생 교목과 관목의 고밀도 식재가 필요하였으며, 내부 차폐 식재 공간은 주변의 낙엽활엽 자생종 중 지엽이 치밀하고 수관의 발달이 좋은 수종 또는 주변 산림 식생구조를 고려하여 생태적으로 연계할 수 있는 침

표 5. 오봉산 생물 이동통로 공간구분에 따른 기능 및 조성 방안

공간구분	기능	공간조성 및 식재방안
유도식재 공간	-야생동물 유도 -도로측 침입방지	-주변 산림과 연계된 교목, 관목의 고밀도 식재
차폐식재 공간	-도로의 소음, 불빛 차단	-상록침엽수종의 고밀도 식재 -방음 및 차광을 위한 시설 설치 (목재방음벽 등)
제한적 양서류 이동공간	-산림계곡복원을 통한 양서류 이동	-습한 환경 유지를 위한 방안 도입 (녹음식재 등) -이동 장애요인인 계류, 연못의 단차 완화
남측 경관 식재공간	-야생동물 유도 -서식처 제공	-남측 산림식생과 연계한 신갈나무림 조성 -식이식물 식재 -은신처 제공을 위한 관목 저밀도 식재
북측 경관 식재공간	-야생동물 유도 -서식처 제공	-북측 산림식생과 연계한 상수리나무림 조성 -식이식물 식재 -은신처 제공을 위한 관목 저밀도 식재

엽수종을 도입해야 할 것이다. 도로측 하부는 주변 산림지역에서 조사된 주변부 자생 수종인 노간주나무, 신갈나무, 생강나무, 산벚나무, 산초나무, 개웃나무, 노린재나무 등이 식재 가능 수종이 될 것이다.

한편, 남측 경관 식재 지역은 남측 산림지역의 식생과 연계되는 다층구조의 신갈나무림으로, 북측 경관 식재 지역은 북측 산림지역의 식생과 연계되는 상수리나무림을 다층구조로 조성해야 하겠다. 또한 야생동물을 유도하기 위한 식이식물 식재와 은신처 조성을 위한 관목류의 저밀도 식재가 요구되었다.

인용문헌

- 경기도(1998) 고색-의왕간 도로개설공사 실시설계보고서(야생동물 이동통로 설치).
- 김귀곤, 최준영, 손삼기(2000) 단편화된 서식처의 연결을 위한 야생동물 이동통로의 조성. 한국조경학회지 28(1): 70-82.
- 조우(1998) 인천광역시 산지형 도시녹지의 식생구조 및 관리 계획: 육지지역을 중심으로. 한국조경학회지 26(2): 15-27.
- 한국도로공사(2003) 생태통로설계기준과 주변부대시설 조성방안에 관한 연구.
- 한봉호(2000) 생태도시 구현을 위한 도시녹지축의 생태적 특성평가 및 식재모델에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.

6. 홍석환 이경재, 한봉호(2005) 시가화지역 토지이용 및 녹지구조에 따른 온도변화 연구. 한국환경생태학회지 19(4): 375-384.
7. 환경부(1999a) 자연생태계 복원을 위한 야생동물 이동통로 설치지침.
8. 환경부(1999b) 도시지역에서의 효율적인 생물서식공간 조성 기술 개발 II.
9. 龜山章(1997) 에코로드의生態學의基礎(龜山章編, '에코로드-生き物にやさしい道づくり-'), 東京: ソフトサイエンス社, pp. 23-25.
10. 中島 宏(1992) 植栽の設計・施工・管理 東京: 金羊社.
11. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie. Grundzeuge der Vegetationskunde. 3. neu bearb. Aufl. Berlin, Wien, New York: Springer.
12. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
13. Fleury, A. M. and R. D. Brown(1997) A framework for the design of wildlife conservation corridors with specific application to southwestern Ontario. Landscape and Urban Planning 37: 163-186.
14. Forman, R. T. T. and L. E. Alexander(1998) Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 207-231.
15. Simberloff, D. S.(1994) How forest fragmentation hurts species and what to do about it. In W. W. Covington, ed., Sustainable Ecological Systems: Implementing an Ecological Approach to Land Management. General Technical Report RM-247. Washington, DC: USDA Forest Service. pp. 85-90.
16. Whittaker, R. H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecological Monographs 26: 1-80.

원 고 접 수: 2005년 12월 16일

최종수정본 접수: 2006년 3월 16일

3인익명 심사필