

연구논문

생태통로 우선 설치지역의 평가항목 중요도 분석

- AHP 기법을 적용하여 -

박지희* · 유현석* · 박미영**

한국환경정책·평가연구원*, 광주발전연구원**

(2009년 8월 11일 접수, 2009년 10월 19일 승인)

A Study on Assessment Items Analysis for Eco-corridors' Area

- Using the Analytic Hierarchy Process -

Park, Jihee* · Yoo, Heonseok* · Park, Miyong**

Korea Environment Institute*, Gwangju Development Institute**

(Manuscript received 11 August 2009; accepted 19 October 2009)

Abstract

Recently, habitat fragmentation and shrinkage has occurred because of increased road construction. As a measures mitigating the adverse effect such as eco-island by road construction, Korea has been installed eco-corridors since 1995.

Using the Analytic Hierarchy Process (AHP), this study analyzed the importance of assessment items and the criteria to determine which areas require eco-corridors the most. First, related literature reviews, preliminary surveys, and expert interviews were carried out to develop assessment items and criteria for constructing the hierarchy. Second, experts were surveyed in order to determine the relative importance of the assessment items by applying the AHP. As a result, it found that the restoration of the ecological network was the most important assessment item, followed by wild animal resources in the Level 3. In the Level 4, the eighteen items were ranked in the order of their relative weight and it was found that the 'Baekdudaegan Mountain Range (0.189)' was the highest ranked item.

Therefore, this approach can be applied to effective selection of the priority areas in planning eco-corridors in the national scale.

Keywords : AHP(Analytic Hierarchy Process), Eco-corridors, Roads

1. 서론

최근 교통 수요의 증대에 따라 도로 신설 및 확장이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 도로 등의 건설은 야생동물의 서식처를 가로지르는 등 서식처의 단편화를 야기한다(Primack, 2006). 또한, 서식처의 단편화는 서식공간의 절대량을 감소시키고, 인접한 서식처와의 격리를 가져온다(환경부, 2004b). 이렇게 훼손된 서식처의 크기는 종의 손실에 큰 영향을 주고, 큰 서식처보다 작은 서식처에서 더 높은 비율로 종이 손실된다(Collinge, 1998). 특히 국토의 65%가 산지인 우리나라의 지형적 특성을 고려해볼 때, 선적 연결성을 고려해야 하는 도로 건설은 산림생태계 훼손, 서식처의 양과 질 저하, 개체수 감소 등의 문제를 야기할 수 있다. 이에 단편화된 서식처를 연결 및 복원하기 위한 하나의 대안으로 등장한 것이 생태통로 조성사업이다.

외국의 경우 도로 건설로 인한 영향을 최소화하고, 훼손된 생태적 연결성 등을 복원하기 위한 방법으로 생태통로를 활발하게 설치하고 있다. 네덜란드는 국가생태네트워크 계획을 토대로 중요 자연지역 사이에 connection zone을 복원하여 야생동물의 이동을 도와주고 있다. 또한, 도로건설 및 차량통행으로 인해 야기되는 큰 동물(오소리, 노루 등)과 느린 동물(개구리, 두꺼비 등)의 로드킬을 줄이기 위하여 고속도로에 지하통로형 및 육교형 생태통로를 설치하고, 지속적으로 모니터링을 하고 있다¹⁾. 캐나다는 도로에 의한 영향을 저감하기 위하여 도로 건설 및 확장시 생태통로 설치를 계획하고 있다. 그 예로 Banff 국립공원은 Trans-Canada 고속도로의 확장으로 인한 대형 포유류 등의 영향을 저감하기 위하여 총 24개(22개의 지하통로, 2개의 육교형 생태통로)의 생태통로를 건설하였다. 그리고, 국립공원, 학계 등이 파트너십을 형성하고, 3년에 걸쳐 흑곰과 회색곰의 DNA를 분석함으로써 단일 종뿐만 아니라 개체군 수준의 접근을 시도하여 보다 건강한 생태계 보전을 위해 노력하고 있다²⁾. 미국의 플로리다주는 국가, 주, 지역차원 등 다양한 규모의 도로건설시 야생동물의 이동을 고려한 도로

계획을 수립하고 있으며, 도로와 야생동물간의 영향을 최소화하기 위하여 생태통로를 활용하고 있다. 특히, 도로신설 등에 따른 팬더와 흑곰의 로드킬을 방지하기 위하여 지속적으로 생태통로를 신설 및 확장하고 있다³⁾.

우리나라는 1995년에 전국그린네트워크 사업을 수립함으로써 도로 건설 등으로 인하여 단절된 주요 산지에 생태통로 건설을 추진해오고 있다. 또한, 환경부와 건설교통부는 백두대간의 단절된 자연생태계 복원 및 야생동물의 이동을 위해 '야생동물 이동통로 설치계획('01.3.26)'에 따라 생태통로조사단을 구성하고, 생태통로 위치선정을 위한 합동조사를 실시하였다. 그러나, 최근 들어 과거에는 도로개설이 이루어지지 않았던 산림지역을 대상으로 하는 도로개설이 증가하고 있으며, 또한 매년 고속도로에서의 야생동물 사고사가 증가하고 있는 추세이다⁴⁾. 이에 생태통로 설치와 관련하여 생태통로 조성기법, 생태통로의 적절한 위치 선정, 생태통로 설치의 문제점 등에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 이는 다소 지역적인 차원에서 훼손된 특정 지역 등만을 대상으로 하고 있어, 보다 광역적 및 국가적 차원에서의 접근이 미흡한 실정이다. 따라서, 보다 체계적이고 순차적으로 생태통로 설치가 시급한 지역의 우선순위를 평가 및 결정하고, 생태통로를 설치해나갈 필요가 있다.

이에, 본 연구에서는 AHP에 의한 의사결정방법을 이용하여 도로에 의해 훼손된 지역을 대상으로 생태통로 우선 설치지역을 결정하기 위한 평가항목을 도출하고, 도출된 평가항목의 중요도를 결정하고자 하였다. 이는 국가적인 차원에서 생태통로 설치가 시급한 지역을 결정하고, 체계적인 생태통로 설치계획을 수립하는데 유용하게 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

1) Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001, De-fragmentation by bits and pieces.

2) http://www.pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/index_e.asp

3) <http://floridahabitat.org/wildlife-manual/transportation>

4) http://www.ex.co.kr/portal/cus/puc/ele/kil/kill/cus_puc_ele_kil01.jsp

II. AHP 기법과 선행연구

1. AHP 기법

AHP(Analytic Hierarchy Process)기법은 T. Saaty에 의하여 개발된 의사결정 기법으로 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교를 통한 전문가의 지식, 직관 및 경험을 종합하여 하나의 대안으로 사용하는 의사결정 방법론이다(조근태 외 2003). 이 방법은 적용방법이 용이하고 계층적 평가구조에 따라 척도산정, 가중치 산정 절차가 이론적으로 높이 평가되고 있으므로 각 분야의 집단의사결정 지원시스템으로 가장 광범위하게 활용되고 있다(Satty, 1980). 또한, 불분명한 의사선택 문제에 있어서 문제를 계층적으로 분석하여 평가할 수 있고, 정성적인 특성들을 정량적인 판단 기준에 따라서 평가함으로써 의사결정문제에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려하지 않으면 안 될 정성적 평가기준들도 비교적 쉽게 처리가 가능하며, 의사결정자의 오랜 경험이나 직관 등을 반영함으로써 보다 객관적이고 일관적인 평가를 할 수 있는 이론이다(김성희, 1999).

이러한 AHP 기법을 이용하여 의사결정 문제를 해결하고자 할 경우에는 일반적으로 다음과 같은 4 단계의 작업이 수행된다(Saaty, 1980).

단계 1에서는 의사결정 문제의 의사결정요소들간의 관계를 분석하여 계층구조를 설정한다. 이는 AHP 적용 절차 중 가장 중요한 단계로, 주어진 문제와 상호 관련되어 있는 의사결정 사항들을 계층화한다. 본 연구에서는 생태통로 우선 설치지역의 선정이라는 목표를 바탕으로 이러한 계층구조를 작성

하여 연구를 수행하였다.

단계 2에서는 각 계층내의 의사결정요소들을 쌍대비교하여 쌍대비교행렬을 작성한다. 각 항목에 대하여 항목 i 를 항목 j 에 비하여 얼마나 선호하는지를 묻고, 행렬의 대각을 중심으로 다음과 같이 역수의 형태를 취하여 비교한다.

$$A=(a_{ij})= \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{vmatrix}$$

이 때 중요도를 평가하는 척도는 다양한 형태의 척도 사용이 가능하지만 Saaty(1980)는 1~9점 척도의 사용을 권장하고 있다. 본 연구에서도 일반적으로 많이 이용되고 있는 Saaty의 9점 척도를 사용하여 중요도 및 가중치를 평가하였다. AHP에서 사용되는 9점 척도의 내용은 표 1과 같다.

단계 3에서는 쌍대비교로부터 각 계층내의 의사결정요소들의 상대적인 중요도 및 가중치를 추정한다. 이는 단계 2에서 쌍대비교를 통해 얻은 a_{ij} 값을 이용하여 평가기준 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ 이 갖는 영향도 또는 선호도를 나타내주는 수치 w_1, w_2, w_3 을 추정하는 것이다. 쌍대비교행렬 A 의 각 요소에 대한 가중치 w 를 모른다고 했을 때, 이 행렬을 A' 라고 하고, 이 행렬의 가중치의 추정치 w' 는 다음의 식을 이용하여 구한다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w' (\lambda_{\max} \text{는 행렬 } A' \text{의 최대 고유치})$$

비교행렬에 대해서 항상 $\lambda_{\max} \geq n$ 의 관계가 성립하기 때문에 λ_{\max} 가 n 에 근접하는 값일수록 쌍

표 1. 쌍대비교를 위한 AHP의 9점 척도

척도	중요도	정의
1	동등(equal inportance)	두 요소가 동일하게 중요함
3	약간 중요(weak importance)	한 요소가 다른 요소보다 약간 중요함
5	상당히 중요(strong importance)	한 요소가 다른 요소보다 상당히 중요함
7	매우 중요(very strong importance)	한 요소가 다른 요소보다 매우 중요함
9	절대 중요(absolute importance)	한 요소가 다른 요소보다 절대적으로 중요함

2,4,6,8은 각각 1과 3, 3과5, 5와7, 7과9의 중간정도를 의미함

대비교행렬 A의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 Saaty는 다음과 같은 일관성 측정법을 개발하였다.

$$\begin{aligned} & \text{일관성비율(Consistency Ration: CR)} \\ & = \text{일관성지수(CI)/난수지수(RI)} \end{aligned}$$

일관성지수(Consistency Index: CI)는 $(\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ 으로 산출되고, 난수지수(Random Index: RI)는 n의 크기에 따라 구할 수 있다.

Saaty는 $CR \leq 0.1$ 이내인 경우에만 판단에 일관성이 있다고 판단하며, $CR > 0.1$ 을 초과하면 논리적 일관성에 문제가 있는 것으로 판단하여 쌍대비교를 다시하거나 설문지를 수정해야 한다고 권고하였다. 이러한 상대적 중요도를 결정하는 것은 AHP 기법을 적용하는데 가장 중요한 부분이다. 이에 본 연구에서는 논리적 일관성 파악을 통해 최종 분석대상을 재선정하고, 평가항목들간의 가중치를 산정하였다.

단계 4에서는 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 평가항목들의 상대적인 가중치를 종합화한다. 하위계층에 있는 평가요소들의 통합가중치는 각 계층에서 도출된 요소들의 가중치를 종합하여 도출하며, 도출된 통합가중치는 의사결정의 궁극적인 목표를 달성함에 있어 각 평가요소들이 어느 정도 영향을 미치는지 또는 어느 정도 중요성을 가지고 있는지를 보여준다(김성철·어하준, 1994)

2. 환경계획 및 평가분야에서의 AHP를 활용한 선행연구

AHP 기법은 우선순위를 결정하기 위한 의사결정방법의 하나로 여러 분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 환경계획 및 평가분야에서는 주로 입지선정 및 평가기준의 중요도 분석 등에 AHP 기법을 이용하고 있다. 환경부(2002)는 보전관리지역의 용도지역 지정을 위하여 환경적 측면의 상대적 지표의 가중치를 산정하기 위하여 AHP를 이용하였으며, 류지원 등(2003)은 AHP를 이용하여 공동주택단지의 환경친화형 계획요소의 중요도를 결정하였다. 최미희(2006)는 하천복원사업에서 중시해야 할 평

가항목을 도출하기 위하여 AHP를 활용하여 평가항목에 대한 우선순위를 도출하고, 정책 및 사업평가에서 고려할 필요가 있는 평가기준을 제안하였다. 남광우(1999)는 퍼지 집합개념과 AHP를 이용한 GIS 환경에서의 공공시설 입지를 위한 개발가능지 분석에 활용하였으며, 조규현(2001)은 도시공원 입지선정을 위한 GIS 기반의 의사결정 지원시스템 개발에서 AHP기법을 이용하여 평가기준의 가중치를 산정하고, 최적대안을 선정하는 데 이용하였다. 김태형(2002)은 공간분석시 계량화하기 어려운 풍수지리 요소의 가중치를 산정하기 위하여 AHP를 활용하였다. 서주환(2004)은 경관요소별 가중치 산정시 AHP 기법을 이용하여 산출하고, 그 결과를 토대로 GIS를 이용한 경관평가법을 제시하였다. 이관규·양병이(2001)는 지표 설정을 통한 환경평가모형 구축의 수단으로 채택되는 대표적인 가중치 산정방법들을 비교·분석하여 지표 선정에 있어서 보다 객관적이고 유용한 가중치 결정 방안을 모색한 결과, 지표를 단순화시키는 과정은 연구자의 주관이나 전문가의 견해를 반영하고, 지표간의 상대적 중요도를 가중치로 반영하는 데는 가중치 산정 과정상 AHP방법이 가장 객관적인 방법이라는 결론을 도출한 바 있다.

본 연구에서는 도로로 인해 훼손된 지역을 복원 및 연결할 때 생태통로를 우선 설치해야 하는 지역을 선정하기 위한 평가항목의 우선순위를 결정하기 위하여 AHP를 적용하였다.

III. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다. 우선, AHP의 이론적 내용을 토대로 문헌조사와 관련 전문가와의 예비조사 및 전문가 인터뷰를 바탕으로 평가항목을 도출하였다. 그리고, AHP의 의사결정 방법을 중심으로 도출한 평가항목들의 계층구조를 작성하여 전문가 설문조사를 실시하였다. 마지막으로, AHP 분석 결과를 바탕으로 생태통로 우선 설치

지역 결정시 고려해야 할 평가항목의 최종 중요도를 도출하였다. 본 연구의 공간적 범위는 전국토를 대상으로 하고 있으나, 도로에 의한 훼손된 지역으로 그 범위를 제한하여 평가항목 및 계층구조를 설정하였다.

2. 연구의 방법

1) 평가항목 및 계층 설정

평가항목 및 계층구조 설정을 위하여 도로에 의해 훼손된 지역에 대한 예비조사 및 전문가 인터뷰, 관련 문헌조사를 실시하였다. 예비조사 및 전문가 인터뷰는 야생동물의 이동 및 서식처 연결성 등의 측면을 고려하기 위하여 생태분야 전문가와 지형·토목공학적인 측면을 고려하기 위한 지형·지질분야 전문가와 함께 수행하였다.

2) AHP를 이용한 전문가 설문 및 분석

설문조사 대상자는 관련 연구소, 대학교, 공공기관, 시민단체, 업체 등에 근무하고 있는 전문가들로 생태통로 관련 연구를 수행한 경험이 있거나, 관련 연구 및 실무를 담당하고 있는 전문가 총 40명을 대상으로 하였다. 설문조사는 2006년 1월 9일부터 1월 23일까지 실시하였으며, 총 34부(회수율 85%)를 회수하였다. 이 중 설문 응답에 일관성이 없는

(CR>0.1) 12부를 제외하고 총 22부를 분석에 사용하였다.

설문 내용은 크게 조사대상자의 소속기관, 전문분야 및 전공분야의 경험기간 등에 대한 일반적인 사항과 각 계층별로 분류된 평가항목간의 쌍대비교를 통한 중요도를 묻는 문항 등으로 구성하였다.

설문 분석은 Microsoft Excel 2003프로그램을 이용하여 각 평가항목간의 상대적 중요도, 일관성지수(CI), 일관성비율(CR)을 분석하였다. 또한, 각 전문가가 설문에 대한 최종 가중치 값은 각 설문 응답자의 부문 및 평가항목의 설문결과에 대한 산술평균을 구하여 가중치를 설정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 평가항목 및 계층 설정

가장 기본적인 AHP 계층구조는 최상위 계층에 목표를 두고, 그 밑에 평가기준이 되는 평가요소를, 최하위 계층에는 보다 상세하고 구체적인 대안들로 구성된다(Bryson, 1996). 이에, 본 연구에서의 계층 설정은 생태통로 우선 설치지역의 결정이라는 의사결정의 문제(Level 1)를 바탕으로 크게 생태통로의 생태적·기능적 측면을 고려하기 위한 '설치

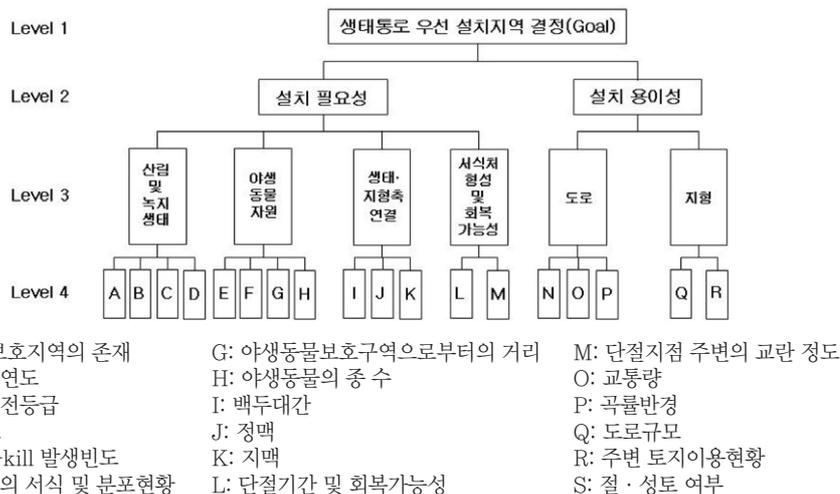


그림 1. 생태통로 우선 설치지역 결정을 위한 계층

필요성' 부문과 생태통로 설치와 관련된 기술적 측면을 고려하기 위한 '설치 용이성' 부문으로 구분(Level 2)하였다. Level 3의 설치 필요성 부문에서는 자연생태계 및 야생동물, 산림생태계의 연결성을 고려하기 위하여 '산림 및 녹지 생태', '야생동물 자원', '생태축 연결성', '서식처 형성 및 생태계 회복 가능성' 으로 구분하였으며, 용이성 부문에서는 지형·토목공학적으로 설치가 가능한지 등을 판단하

기 위하여 '도로', '지형' 으로 구분하였다. Level 4는 총 18개의 항목으로 그림 1과 같이 구성하였다.

2. 전문가 설문 분석

1) 응답자의 일반적 현황

설문 분석대상자의 일반적 특성을 분석한 결과, 근무분야의 경우 학계와 연구소에 근무하는 그룹의

표 2. 계층별 평가항목 및 내용

구 분			평 가 내 용	평가항목 선정 근거	
Level 2	Level 3	Level 4(평가항목)			
설치 필요성	산림 및 녹지 생태	법적 보호 지역의 존재	• 훼손지역 주변의 법적 보호지역(생태·경관보전지역, 습지보호지역, 자연공원, 산림유전자원보호림 등)의 존재여부 및 이격거리	Soule, Wilcox&Holtby(1979), 환경부(2004b), 자연환경보전법 시행규칙 제28조	
		생태자연도	• 훼손 및 단절지점 주변의 생태자연도 1등급 및 특별관리지역의 존재여부 및 이격거리	환경부(2004a), 자연환경보전법 시행규칙 제28조	
		식생보전등급	• 훼손 및 단절지점 주변의 식생보전등급 IV등급 이상지역 존재여부 및 이격거리	환경부(2004a)	
		임상도	• 임상도 4등급 이상인 지역의 존재여부	환경부(2004a)	
	야생동물 자원	Road-kill 발생빈도	• Road-kill 발생빈도가 높은 지역	Caraighead(2001), International Technology Exchange Program(2002), Fleury(1997), 자연환경보전법 시행규칙 제28조	
		보호종의 서식 및 분포현황	• 훼손지점 주변의 멸종위기종, 천연기념물, IUCN Red Data Book의 보호종 등의 서식현황	Noss(1993), Fleury(1997), 환경부(2003)	
		야생동물보호구역으로부터의 거리	• 훼손지점 주변에 야생동·식물(특별)보호구역의 존재여부 및 이격거리	London Ecology Unit(2001), 자연환경보전법 시행규칙 제28조	
		야생동물의 종 수	• 훼손지역 주변에 서식하는 야생동물의 종 수가 많은 지역 및 야생동물의 이동이 빈번한 지역	Fleury(1997), 환경부(2004b), 자연환경보전법 시행규칙 제28조	
		생태·지형축 연결	백두대간	• 백두대간 단절지역	산경표 산맥체계
			정맥	• 정맥 단절지역	
	지맥		• 지맥 단절지역		
	서식처 형성 및 회복가능성	단절기간 및 회복가능성	• 도로에 의한 서식처 단절 기간 • 단절된 양쪽 서식지의 보전상태	환경부(2003), 경기개발연구원(2004)	
		단절지점 주변의 교란 정도	• 인간의 간섭 정도 • 주변지역의 개발계획 여부	환경부(2003)	
	설치 용이성	도로	교통량	• 공사중 원활한 교통소통이 가능한 지역	환경부(2003), 건설교통부(2002)
			곡률반경	• 도로의 굴곡 정도가 심하지 않은 지역	환경부(2003)
			도로규모	• 차로수, 설계속도 등에 의한 생태통로 길이 등과 관련된 기술적·경제적 측면에서 어려움이 적은 지역 • 특정형태의 생태통로 설치 가능여부	Fleury(1997), 환경부(2003)
		지형	주변 토지이용 현황	• 산-산, 산-농경지, 하천-농경지 등의 현황 파악을 통한 특정형태의 생태통로가 설치가능한 지역 • 생태통로와 주변 지형이 연결될 수 있는 지역	Forman(1995), 환경부(2003)
			절·성토 여부	• 성·절토 등 토질에 의한 안전성 및 경제적 측면의 어려움이 적은 지역	환경부(2003), 건설교통부(2002)

비율이 73%로 공공기관 및 관련 업체 등에 근무하는 실무자 그룹의 비율(27%)보다 높게 나타났다. 전문 분야별로는 환경분야가 36%로 가장 많았고, 다음이 생태분야 32%, 건축·토목분야 18%, 조경분야 14%의 다양한 비율을 보였다. 조사 대상자 선정시 전문 분야의 균형을 이루도록 하였으나, 생태통로에 대한 전문 지식 및 관련 연구 경험을 가지고 있는 전문가를 선정하여 학계 및 연구소에 종사하거나, 환경 및 생태분야에 종사하는 그룹의 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다. 이들 전문가의 전공분야 경험기간은 3~5년이 18%, 6~10년이 18%, 11년~15년이 27%, 16년~20년이 23%, 21년 이상이 14%로 나타나 전공분야에 10년 이상의 경험을 가진 응답자가 64%로 과반수 이상을 차지하여 전문가로서 설문 신뢰성이 꽤 높다고 볼 수 있다.

2) 응답자의 신뢰도 분석

AHP 기법을 통한 논리적 일관성은 특정 기준에 대한 비교 대상이 3개 이상일 경우 검증이 가능하다. 본 연구에서는 비교 대상이 3개 이상인 모든 계층에 대하여 일관성 비율을 검증하였다. 또한, 하나의 계층에서라도 CR(일관성비율)이 0.1보다 높게 나타난 경우에는 최종 분석대상에서 제외하여 설문의 정확도를 높일 수 있도록 하였다.

3) 평가항목간의 중요도 분석 결과

AHP 기법을 적용하여 각 평가항목간의 중요도를 도출하기 위하여 쌍대비교 행렬을 작성하고, 쌍대비교를 통해 각 Level별 평가항목의 상대적 중요도를 분석하였다.

그 결과, <Level 2>의 평가항목별 중요도는 표 3과 같이 생태통로의 설치 필요성이 설치 용이성보다 상대적으로 월등히 높은 중요도를 나타내었다. 이는 생태통로 설치시 기술적 측면 및 경제적 측면도 고려할 필요가 있으나, 생태통로가 가지고 있는 생태적 기능측면이 훨씬 더 중요함을 반영한 결과로 파악된다. 또한, 최근 도로 신설·확장 등으로 인한 산림축의 훼손 및 야생동물의 Road-kill 소식 등을 자주 접함으로써 생태통로 설치의 필요성을

표 3. Level 2의 평가항목별 중요도 및 우선순위

Level 2	중요도	순 위
설치 필요성	0.86	1
설치 용이성	0.14	2

더욱 실감하고 있는 것으로 분석된다.

<Level 3>의 평가항목별 중요도는 설치 필요성 부문에서는 생태·지형축 연결, 야생동물자원, 서식처 형성 및 회복가능성, 산림 및 녹지생태 순으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. 생태·지형축 연결 및 야생동물자원이 다른 항목에 비하여 상대적으로 높은 중요도를 나타냈는데, 생태·지형축 연결의 경우 우리나라의 지형적 특성상 산림이 차지하고 있는 비율이 높으며, 또한 선적 연결성을 고려해야 하는 도로 건설이 산림의 훼손을 유발할 뿐만 아니라, 야생동물의 이동을 교란시키는 원인이 되기 때문인 것으로 해석된다. 야생동물자원의 중요도가 높게 나타난 것은 생태통로를 설치하는 주요 목적 중의 하나가 야생동물의 이동을 돕기 위한 것으로 생태통로 우선 설치지역 선정시 야생동물의 서식 및 서식처 현황에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

설치 용이성 부문에서는 단절된 지역 주변의 지형적 특성이 해당 지역의 도로 현황보다 더 높은 중요도를 나타냈다. 이는 지형적 특성이 단절된 서식처간의 연결 가능여부 및 생태통로 설치 용이성에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 생태통로 설치 유형 결정에 더 큰 영향을 미치는 요소로 판단한 결과로 해석된다.

표 4. Level 3의 평가항목별 중요도 및 우선순위

Level 2	Level 3	중요도	순위
설치 필요성* (0.86)	산림 및 녹지 생태	0.13	4
	야생동물자원	0.30	2
	생태·지형축 연결	0.36	1
	서식처 형성 및 회복가능성	0.21	3
설치 용이성 (0.14)	소계	1.00	-
	도로	0.36	2
	지형	0.64	1
	소계	1.00	-

* 설치 필요성의 Level 3 항목들의 중요도에 대한 일관성 검증: 일관성비율(CR)=0.08

〈Level 4〉의 평가항목별 중요도는 설치 필요성 산림 및 녹지 생태 부문에서는 법적보호지역의 존재, 생태자연도, 식생보전등급, 임상도 순으로 나타났다(표 5). 이는 법적 보호지역이 국가적으로 중요하거나 보전가치가 높은 지역이므로 주변 지역이 훼손되었을 경우 다른 평가항목에 비하여 야생동물의 서식처 형성 등을 위한 복원의 시급성이 더 높은 것으로 인식한 결과로 판단된다.

야생동물자원 부문에서는 Road-kill 발생빈도 및 보호종의 서식 및 분포현황이 상대적으로 높은 중요도를 보이는 것으로 나타났다. Road-kill의 경우, 도로 건설로 인해 야생동물이 직접적으로 피해를 입게 되므로, Road-kill이 빈번히 일어나는 곳

을 중심으로 생태통로 설치를 통한 대책 마련이 다른 인자에 비해 우선시되고 있는 것으로 파악된다. 또한, Road-kill 발생이 자주 일어나는 곳은 단절 기간이 얼마 되지 않아, 야생동물이 서식지 단절에 대한 인식이 부족한 상태이거나, 야생동물이 많이 서식하지만 도로 건설시 야생동물에 대한 고려가 미흡하여 생태통로와 같은 동물 이동로가 필요한 곳임을 시사해주는 인자가 되기도 하므로 이와 같은 결과가 나온 것으로 파악된다.

생태·지형축 연결 부문에서는 백두대간, 정맥, 지맥 순으로 중요도가 나타났으며, 백두대간이 0.61로 상당히 높게 나타났다. 이는 설문 응답자의 대부분이 백두대간을 우리나라의 자연환경과 생태

표 5. Level 4의 평가항목별 중요도 및 우선순위

Level 2	Level 3	Level 4	중요도	순 위
설치 필요성 (0.86)	산림 및 녹지 생태 ^a (0.13)	법적 보호지역의 존재	0.50	1
		생태자연도	0.29	2
		식생보전등급	0.15	3
		임상도	0.06	4
	소 계		1.00	-
	야생동물자원 ^b (0.30)	Road-kill 발생 빈도	0.41	1
		보호종의 서식 및 분포 현황	0.30	2
		야생동물(특별)보호구역으로부터의 거리	0.13	4
		서식하는 야생동물 종 수	0.16	3
		소 계		1.00
	생태·지형축 연결 ^c (0.36)	백두대간	0.61	1
		정맥	0.27	2
		지맥	0.12	3
		소 계		1.00
	서식처 형성 및 회복가능성 (0.21)	단절 기간	0.55	1
		단절지점 주변의 교란정도	0.45	2
소계		1.00	-	
설치 용이성 (0.14)	도로(0.36) ^d	교통량	0.44	1
		곡률반경	0.14	3
		도로규모	0.42	2
		소 계		1.00
	지형(0.64)	주변 토지이용 현황	0.74	1
		절·성토 여부	0.26	2
		소 계		1.00

^a 산림 및 녹지생태의 Level 4 항목들의 중요도에 대한 일관성 검증: 일관성비율(CR)=0.084
^b 야생동물자원의 Level 4 항목들의 중요도에 대한 일관성 검증: 일관성비율(CR)=0.077
^c 생태·지형축 연결의 Level 4 항목들의 중요도에 대한 일관성 검증: 일관성비율(CR)=0.086
^d 도로의 Level 4 항목들의 중요도에 대한 일관성 검증: 일관성비율(CR)=0.052

계의 근본을 이루는 핵심 연결축으로 인식하고 있으며, 도로건설로 인해 훼손된 생태적 연결성을 복원하기 위해서는 최우선적으로 고려해야 되는 항목으로 인식한 결과로 판단된다.

서식처 형성 및 회복가능성 부문에서는 단절기간이 0.55로 단절지점 주변의 교란 정도보다 상대적으로 조금 높은 중요도를 나타냈는데, 단절기간의 경우 생태계 회복 속도 및 회복가능성에 영향을 미치는 인자로 생태통로 설치 효용성 측면에서 더 중요한 인자로 인식되고 있는 것으로 파악된다.

설치 용이성의 도로 부문에서는 교통량, 도로규모, 곡률반경 순의 중요도를 나타내었다. 이는 생태통로 설치시 공사의 용이성 및 이용자 편의 등에 대한 측면을 더 중요하게 인식하고 있는 결과로 판단된다. 또한, 생태통로 설치시 소요되는 예산 역시 중요하게 평가되고 있는 것으로 판단된다.

마지막으로, 지형 부문에서는 주변 토지이용 현황이 0.74로 높은 중요도를 나타냈는데, 이는 토지이용현황에 따라 생태통로 설치 가능성과 생태통로

유형이 결정되기 때문에 다른 인자에 비해 높은 중요도를 나타낸 것으로 분석되었다.

4) 평가항목의 최종 중요도 분석 결과

분석된 각 평가항목별 중요도를 바탕으로 생태통로 우선 설치지역 결정시 고려해야 할 평가항목의 중요도를 분석한 최종 결과는 표 6과 같다. 전반적으로 도로에 의해 단절된 지역에 생태통로를 설치할 경우에는 지형·토목공학적 문제 등의 설치용이성 측면 보다는 생태·지형축의 연결, 야생동물 및 서식처 복원 등 생태통로의 설치 필요성 및 효용성 측면의 평가항목이 더 중요한 요소로 분석되었다.

분석 결과를 살펴보면, 생태통로 우선 설치지역 결정시에는 백두대간의 단절 및 훼손지역(0.189), Road-kill 발생 빈도가 높은 지역(0.106), 단절기간이 짧은 지역(0.099), 정맥의 단절 및 훼손 지역(0.084), 단절지점 주변에 교란을 야기하는 요인들이 존재하지 않는 지역(0.081) 등의 순으로 생태통로 우선 설치지역을 결정해야 하는 것으로 나타났다.

표 6. 최종 중요도 분석 결과

Level 2	중요도 (a)	Level 3	중요도 (b)	Level 4	중요도 (c)	최종 중요도 (a×b×c)	순위
설치 필요성	0.86	산림 및 녹지 생태	0.13	법적보호지역의 존재	0.50	0.056	8
				생태자연도	0.29	0.033	12
				식생보전등급	0.15	0.017	16
				임상도	0.06	0.007	17
		야생동물자원	0.30	Road-kill 발생 빈도	0.41	0.106	2
				보호종의 서식 및 분포 현황	0.30	0.077	6
				야생동물(특별)보호구역으로부터의 거리	0.13	0.034	11
				서식하는 야생동물 종 수	0.16	0.041	9
		생태·지형축 연결	0.36	백두대간	0.61	0.189	1
				정맥	0.27	0.084	4
				지맥	0.12	0.037	10
		서식처 형성 및 회복가능성	0.21	단절 기간	0.55	0.099	3
				단절지점 주변의 교란정도	0.45	0.081	5
설치 용이성	0.14	도 로	0.36	교통량	0.44	0.022	14
				곡률반경	0.14	0.007	18
				도로규모	0.42	0.021	15
		지 형	0.64	주변 토지이용 현황	0.74	0.066	7
				절·성토 여부	0.26	0.023	13
계	1	계	계	계	1	-	

V. 결론

본 연구에서는 도로에 의해 단절된 지역을 대상으로 생태통로 우선 설치지역을 결정하기 위한 평가항목의 중요도를 AHP 기법을 적용하여 도출하고자 하였다. 분석을 위한 평가항목은 관련 문헌조사 및 예비조사, 전문가 인터뷰 등을 통하여 도출하였으며, 각 평가항목간의 중요도는 AHP 기법을 적용하여 결정하였다. 설문조사는 생태통로 관련 연구경험을 가진 전문가 및 실무자를 대상으로 수행하였으며, 그 결과 환경 및 생태분야에 종사하는 전문가가 각각 36%, 32%로 다른 분야에 비해 다소 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 그러나, 특정분야의 전문가를 대상으로 정성적인 의사결정을 내리는 데 초점을 두는 AHP의 특성에 비추어 볼 때 본 연구의 설문자 전문분야 분포는 큰 무리가 없는 것으로 판단된다. AHP 기법 적용을 통한 본 연구의 중요도 분석 내용 및 결과는 다음과 같다.

첫째, 본 연구의 평가항목 계층구조는 생태통로 우선 설치지역의 결정이라는 목표(Level 1) 하에 생태적 기능을 고려하기 위한 '설치 필요성' 부문과 지형·토목공학적 특성을 고려하기 위한 '설치 용이성' 부문으로 Level 2를 작성하였다. 또한, 그 하위 계층으로 Level 3에는 6개 항목, Level 4에는 18개 항목으로 구성하였다(그림 1).

둘째, 평가항목의 중요도 분석 결과, Level 2에서는 '생태통로의 설치 필요성'이 더 중요한 것으로 분석되었다. 또한, Level 3에서 '설치 필요성' 부문에서는 '생태·지형축의 연결'이 가장 중요도가 높게 나타났으며, '설치 용이성' 부문에서는 '지형적 특성'이 중요한 항목으로 분석되었다. Level 4에서는 산림 및 녹지생태 부문에서 '법적보호지역의 존재', 야생동물자원 부문에서 'Road-kill 발생빈도', 생태·지형축 연결 부문에서 '백두대간', 서식처 형성 및 회복가능성 부문에서 '단절기간', 도로 부문에서 '교통량', 지형 부문에서 '주변 토지이용현황'이 각 부문별로 1순위로 고려해야 되는 평가항목으로 도출되었다.

마지막으로, 최종 중요도 분석 결과에서는 '백두

대간(0.189)', 'Road-kill 발생빈도(0.106)', '단절기간(0.099)', '정맥(0.084)', '단절지점 주변의 교란 정도(0.081)' 등의 순으로 평가항목의 최종 중요도가 분석되었다. 이러한 결과는 생태통로 우선 설치지역 결정시 생태축의 연결, 야생동물의 서식 및 이동경로, 단절된 서식처의 회복가능성 등이 설치 우선순위를 결정하는 데 중요한 사항임을 시사한다.

전반적으로 설치 필요성 부문의 평가항목의 중요도가 높은 것으로 나타났으나, 토목·공학 및 경제적 측면에서의 설치 용이성 항목에 대한 고려 역시 무시할 수 없을 것으로 판단된다. 그러므로, 생태적 측면을 우선 고려하되, 시공 가능여부 및 공사의 용이성 측면도 같이 평가해나가야 할 것이다.

본 연구 결과는 광역적·국가적 차원에서 생태통로 설치계획 수립시 우선 설치지역을 결정하는데 보다 체계적인 접근 방법으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 보다 정확하고 효과적인 생태통로의 설치 위치를 선정하기 위해서는 보다 장기적인 관점에서 접근할 필요가 있다. 이를 위해서는 본 연구 결과를 바탕으로 해당 지역의 목표종 및 야생동물의 이동경로 등에 대한 정밀한 현장조사 및 모니터링이 필요하며, 전문가의 의견 등을 바탕으로 적합한 생태통로의 설치 위치 및 구조물의 형태 등을 결정해 나가야 할 것이다. 또한, 생태통로 설치 후 지속적인 사후모니터링을 수행함으로써 해당 지역의 동물상에 보다 적합한 생태통로 유형 및 구조 등을 계속적으로 보완 및 개선해나가야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2006년도 환경부의 '전국 생태통로 설치 기본계획 수립방안 연구'의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

건설교통부, 2002, 생태이동통로 설치를 위한 생태

- 조사 연구, 건설교통부 보고서.
- 경기개발연구원, 2004, 경기도 에코브리지 조성 및 관리방안 수립, 경기개발연구원 보고서.
- 김성희, 1999, 의사결정분석 및 응용. 서울: 영지문화사.
- 김성철, 어하준, 1994, AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법, 한국경영학회지, 19(3), 41-51.
- 김태형, 이성호, 2002, GIS환경에서 GRID와 AHP를 이용한 Geoprocessing에 관한 연구, 부산대학교 대학원 석사학위논문.
- 남광우, 1999, GIS 환경에서의 공간의사결정에 관한 연구 -퍼지집합과 AHP 이론의 활용을 중심으로-, 대한국토도시계획학회지, 34(1), 217-231.
- 류지원, 김정환, 정용호, 2003, 계층분석법을 이용한 환경친화 계획요소의 중요도 분석에 관한 연구, 한국환경과학회지, 12(9), 897-903.
- 서주환, 양희승, 2004, AHP 기법을 활용한 경관평가법 작성에 관한 연구 -경관통계점에서의 평가-, 한국조경학회지, 32(4), 94-104.
- 이관규, 양병이, 2001, 환경평가를 위한 지표의 가중치 산정방법 결정모형, 한국환경영향평가학회지, 10(1), 59-71.
- 조근태, 조용곤, 강현수, 2003, 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정, 서울: 동현출판사.
- 조규현, 2001, 도시공원 입지선정을 위한 GIS 기반의 의사결정 지원시스템의 개발, 한국GIS학회지, 9(1), 91-105.
- 조석필, 1994, 산경표를 위하여, 도서출판 (주)산악문화.
- 최미희, 2006, 하천복원사업 평가기준의 과제, 한국환경영향평가, 15(1), 13-22.
- 환경부, 2002, 보전관리지역 등의 지정기준 및 협의방안에 관한 연구, 환경부 보고서.
- 환경부, 2003, 자연생태계 복원을 위한 생태통로 설치 및 관리지침, 환경부 보고서.
- 환경부, 2004a, 생태·자연도 작성지침.
- 환경부, 2004b, 지속가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법 개발.
- Bryson, N., 1996, Group decision-making and the analytic hierarchy process: exploring the consensus-relevant information content, Computer and Operations Research, 26(6), 637-643.
- Caraighead, 2001, Bozeman Pass Wildlife Linkage and Highway Safety Study, International Conference on Ecology and Transportation.
- Collinge, Sharon K., 1998, Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments, Landscape and Urban Planning, 42, 157-168.
- Fleury, Allison 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.
- Forman, R. T. T., 1995, Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- International Technology Exchange Program, 2002, Wildlife Habitat Connectivity Across European Highways.
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2001, De-fragmentation by bits and pieces.
- Noss, R., 1993, Wildlife Corridors in D.S. Smith and R.C. Hellmund, eds. Ecology of Greenways, University of Minnesota Press.
- Primack, R. B., 2006, Habitat Destruction,

- Essentials of Conservation Biology, 9, 189-193.
- Saaty, T., 1980, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- Soule, M. E., Wilcox, B. A., and Holtby, C., 1979, Benign neglect: a model of faunal collapse in the game reserves of East Africa, Biological Conservation, 15, 259-272.
- http://www.ex.co.kr/portal/cus/puc/ele/kil/kil1/cus_puc_ele_kil01.jsp(한국도로공사)
- <http://floridahabitat.org/wildlife-manual/transportation>(미국 플로리다주의 야생동물 매뉴얼)
- http://www.pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/docs/routes/sec3/page3_E.asp(Banff 국립공원)

최종원고채택 09. 10. 23