환경영향평가 제20권 제5호(2011) pp.697~703

연구논문

# 생태통로의 최적지 평가를 위한 공간분석

**정 종 철***
남서울대학교 GIS 공학과
(2011년 8월 27일 접수, 2011년 9월 27일 승인)

# Spatial Analysis for the Assessment of Optimum Place of Eco-bridge

**Jong-Chul Jeong***
Namseoul Univ. Dep. of GIS
(Manuscript received 27 August 2011; accepted 27 September 2011)

## Abstract

The purpose of this study aims to preserve biodiversity in increasingly fragmented green patches for spatial analysis of planting on the eco-corridors and to optimize the target species, the location, width, cross section of the eco-corridors. It was suggested that eco-corridors should have to planned at early stages of road planning so that the number and locations of eco-corridors in advance. Ecological corridor is the facility to connect two habitats fragmented by road, dam, housing and industrial area. And, everyone agree that ecological corridor is important useful structural component that help animal movement in fragmented landscapes. However , ecological corridors have many problems of the recorded the size of corridor, planting species to nearby exiting vegetation species and structure. The most important facts that there are no consideration for location of animal migration and behavior using eco-corridors. This study was carried out to spatial analysis of eco-corridors location, satellite data and GIS were used to analyze for searching optimum location of the eco-corridors.

Keywords : Eco-corridors, Spatial analysis, Location selection, GIS

Corresponding Author: Jeong, Jong-chul, Dep. of Geoinformatics Engineering, Namseoul University Cheonan city, Choongnam, Korea 330-707, E-mail; jjc1017@gmail.com

www.kci.go.kr

# I. 서 론

생태통로의 광의적 개념은 보호지구 사이를 연결하는 보호지대이다. 이것은 보전 통로 또는 이동통로라 불리기도 하는데 야생동물이 광역 활동 영역으로 분포될 수 있게 하고, 유전자 교류를 용이하게 하며 생육에 적합한 서식지에서 재정착 되도록 하는데 생태통로의 설치 목적이 있다. 특히 대형 포유류를 비롯한 많은 야생동물은 서식지 공간의 규모와 범위에 따라 먹이를 얻기 위해서 계절에 따라 다른 서식지로 이동해야 하는데 야생동물들은 자신의 적합한 서식지를 찾고 이를 확보하기 위해 생태통로의 역할이 필요하다. 자연생태계에서 야생동물의 이동은 하천이나 산맥 등 지형적 요인을 제외하면 이동과 서식처 확보에 큰 제약이 없었으나, 최근 급격한 도시 개발은 생물자원의 서식처를 파편화시키고 있어서 Chetkiewicz, et. al.,(2006)은 생태통로 또는 서식지 연결로의 인위적인 조성을 통해 서식지 내부에 동물의 개체수와 종 다양성을 증대시키기 위한 노력이 필요하다고 보고하였다.

통로라는 개념은 파편화된 생태계를 이어주고 연결한다는 점에서 생태계의 종 다양성을 비롯한 생물서식지의 연결을 의미하여 도서 생물지리학 이론(MacArthur and Wilson, 1967)의 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 하지만 통로는 병충해와 구제역과 같은 질병을 일으키는 종의 이동도 용이하게 하기 때문에 연결되어 있는 생태계 전 지역으로 질병을 파급시키고 희귀종과 개체군 전체를 사멸로 몰아넣을 수 있는 부정적인 기능을 나타낼 수도 있다(Friedman,1997). 하지만 고속도로와 지방도로 특히 철도와 도시개발의 무분별한 건설은 야생동물의 이동 통로를 제한하고 로드킬의 발생이 증가하는 원인이 되고 있다. 이를 줄이거나 개선하기 위해서는 작은 숲 조각을 연결하며, 서식지 조각사이로 이동 통로를 만들어주는 것이 중요하다(Caughley and Gunn, 1996). 이러한 노력은 생물 개체의 먹이 자원관리와 종간 경쟁 등의 생태적 접근을 유지하여 지역적 경관 규모에서 생물 종 다양성을 유지하는데 필요하다(Cox,1997).

통로의 공간적 의미인 코리더(corridor)라는 용어는 국토공간 안에서 일어나는 생태계의 에너지 흐름을 고려하여 야생동식물의 이동을 자유롭게 유지하는 통로라고 설명할 수 있는데, 야생동물은 자신의 서식처와 먹이 활동을 위한 공간을 일정 규모로 유지하기 위해 공간에 대한 경계를 극복하고자 하기 때문에 통로의 연결이 매우 중요한 의미를 가진다(Bolger, et al., 2001). 생태통로는 도로 · 댐 · 수중보 · 하구언 등으로 인하여 야생 동 · 식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 저감하기 위하여, 야생동 · 식물이 단절된 서식지간의 이동을 돕기 위해서 설치되는 인공구조물 · 식생 등의 생태적 공간을 의미한다(Andreaseen et al.,1998). 따라서 생태통로의 설치목적은 기본적으로 야생동물의 번식, 월동, 휴식, 먹이 장소로써 야생동물들의 자유로운 이동이 가능하도록 하는데 있다(Beier, P. and R. F. Noss,1998).

본 연구에서는 단절된 생태계의 공간적 범위에서 야생동물 생태통로의 최적지를 선정하는 방법과 생태통로의 적합성 평가에 관한 공간분석을 통해 서식지 파편화에 대한 대응과 생물종의 다양성과 풍부도를 유지하는 방안에 대해 제시하였다.

# II. 연구의 범위 및 방법

## 1. 연구대상지

본 연구의 연구지역은 행정구역상 용인시 처인구(모현면 오산리)와 수지구(죽전동)의 행정구역 범위이다. 연구지역은 급속히 도시개발이 이루어지고 다양한 토지이용의 형태를 나타내고 있어서 생태통로의 설치가 필요한 지역이다. 따라서 현장조사와 GIS 공간자료의 분석을 통하여 도로에 의해 단절된 생태서식지의 연결통로를 찾기 위해서는 개발된 토지이용 지역의 영향권을 해석하여 생태통로 적합지를 분석하여야 한다. 연구지역은 용인시청으로부터 북측 약 10㎞지점을 중심 위치로 하고 현장조사 하였다. 연구 대상지역은 대부분이 산지로 둘러싸여 주변 경관이 생태적 가치가 우수한 지역이다(Fig

www.kci.go.kr

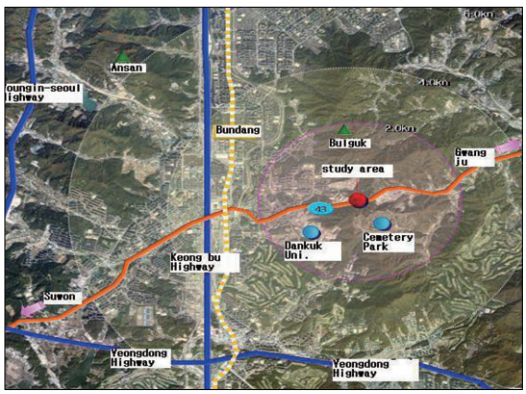


그림 1. 연구지역과 생태통로 분석을 위한 공간 범위

1). 하지만 본 연구지역에는 천주교 용인공원묘지, 골프장, 채석장이 위치하고 있어 인간의 간섭과 개발에 의한 영향이 크게 나타나고 산지의 훼손이 심각한 것으로 판단된다. 남서쪽으로는 학교시설(단국대학교 용인캠퍼스)을 비롯하여 수지구 도심지 대규모 아파트 단지가 입지해 있으며, 전철(분당선 : 거리 5.7km) 연장(죽전-기흥 간)역이 위치하고 있는 지역이다.

연구 대상지 주변의 차량통과 교통현황을 살펴보면 서측으로 2개의 고속도로(영동고속도로, 용인서울고속도로)가 남북을 가로지르며 생태통로 분석지역은 용인시 수지구 죽전동과 모현면 오산리를 동서로 가로지르는 국도 43호선에 의해 공간적으로 나누어지며 수원시 영통구, 광주시 초월읍, 성남시 중원구에서 진입이 가능한 지형적 특성을 가지고 있다. 생태통로의 설치가 필요한 연구지역과 인접한 지역을 경유하는 대중교통 버스는 3개 노선(57, 57-1, 57-2)이 있다(Fig 1).

### 2. 조사 분석 방법

본 연구에서 적용한 분석방법은 현장조사와 항공사진과 수치지도에 기반 한 지리정보 공간분석을 수행하였다. 본 연구지역은 광범위한 도시의 팽창과 인구집중이 급격히 진행된 지역으로, 연구대상지는 주변지역의 택지개발사업, 도로의 개설, 석산의 개발, 골프장과 같은 체육시설의 증가 등으로 인하여 자연녹지 공간의 파편화가 급격히 진행된 지역으로 2010년 5월부터 2011년 6월까지 3회 현장조사를 통해 식생분포와 야생동물의 흔적조사를 수행하였다. 또한 수치지도 1:25000과 항공사진을 이용하여 연구지역의 생태통로 적합지를 해석하였다. 생태통로 적합지 위치선정을 위해 경사도와 고도분석, 임상도, 토지이용도 분석을 통해 생태통로 적합지의 공간적 입지 적합성에 대한 타당성을 해석하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 항공사진과 위성자료 분석결과

본 연구에서는 생태통로의 적합지 선정을 위해 연구지역의 지형과 식생분포를 평가하고, 항공사진 영상 자료에 의해 연구지역의 토지피복을 구분하였다. 연구 대상지역의 녹지공간과 인간의 토지이용에 대한 공간적 분화는 항공사진에 의해 나타나는 지형과 토지이용의 특성에 따라 생태통로 적합지의 영향권역을 파악하였다. 연구지역은 대부분이 산악지 및 산록 경사지인 것으로 확인되었고, 경사도는 60 ~ 80 %의 범위를 나타내고 있다. Hanski and Gilpin (1997)은 야생동물의 생태적 활동영역이 활동 공간의 기능적 측면과 공간 크기의 측면에서 구분하여 분석할 수 있는데, 야생동물에 대해 먹이 공간과 번식공간의 영역을 해석하는 것이 중요한 인자라고 설명하고 있다. 야생동물의 이동경로는 먹이 공간과 번식 공간의 활동에 있어서 적정한 활동공간을 확보하는 통로이며, 전 국토의 생태네트워크 구축과 같은 친환경적 국토관리를 위해서는 단편화된 서식지와 녹지공간의 연결을 위한 야생동물 서식공간의 해석이 주요한 인자로 제시된다 (Macdonald, 1993).

그림 2에서는 본 연구지역의 생물상과 환경적 요인을 해석하기 위해 토양형과 지목별 공간범위를 제시하였다. 연구지역은 산악지역이 36.5%, 선상지역이 24.1%, 구릉지역이 18.2%, 하천변이 10.5%, 내륙평탄지역이 6.1%, 산록경사지가 3.5%를 나타내고 있으며, 그림 3의 임상도를 비교하면 도로경계

www.kci.go.kr

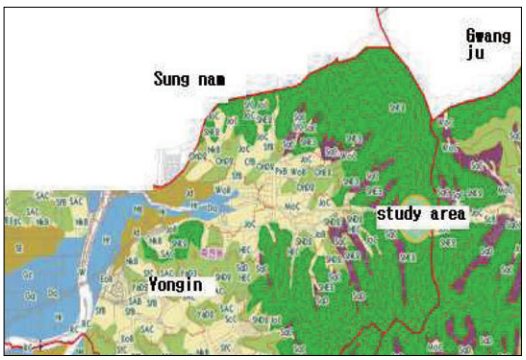


그림 2. 연구지역의 토양타입과 토지이용

그림 3. 연구지역 도로망과 식생 분포

의 북측은 활엽수림이 가장 넓게 분포하고 있으며, 도로경계면에 리기다 소나무림과 침활혼효림이 분포하고 있다. 도로경계면의 남측에는 활엽수림과 잣나무림이 분포하고 있다. 토양도와 임상도를 통해 연구지역이 다양한 생태적 자원을 포함하고 있으나, 동물의 이동경로를 방해하는 다양한 개발지가 인접하고 있어서 이에 대한 교란을 해석하는 것이 매우 어려운 것으로 판단된다. 특히 식생자원과 토지이용은 생태통로 차원에서 먹이자원의 공급지에 대한 경로를 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 생태통로의 적합지로 선정하기 위한 생물적 이동경로를 경사도와 지형고도의 먹이자원에 대한 평가로 이동 가능지역의 해석이 이루어졌다.

생태통로의 적합지역은 생태적 다양성을 위한 네트워크의 의미로 생물이동 경로의 연결성을 가장 중요한 인자로 판단하고 서식지 공간의 크기와 연결성을 위한 생물상을 분석해야 할 것으로 판단하였다. 생태통로의 기본개념은 핵심서식지와 주변의 완충지대를 통해 서식지 연결성을 유지하는 것이 중요한 판단 요소가 되는데(Ikeda, 1983; Van Dyke, 2003), 연구지역은 주변지역의 난개발로 인해 생태축의 단절이 고속화 도로의 선형요소와 천주교 용인공원묘지, 골프장, 채석장 등이 폴리곤 형태의 파편화 영향 요소로 서식지 공간 범위에 영향을 미치고 있다(Fig 1과 Fig 3 참조). 이러한 영향요소는 생태계 복원과 보전전략을 위하여 상호 유기적 연결을 위한 서식지 연결성 확보의 수단으로 생태통로의 경로 분석과 공간분석에 적용할 수 있다(Nichols and Conroy, 1996).

본 연구지역인 경기도 용인시 처인구에 위치하는 대지산은 연구대상지에 남동쪽으로 천주교 용인공원묘지, 골프장, 채석장이 위치하고 있어 전체적으로 산지의 훼손이 심각하였다. 또한 연구지역의 야생동물 서식지는 용인구와 수지구 죽전동과 모현면 오산리를 가로지르는 국도 43호선에 의해 단절되어 있어 야생 동물의 유기적인 연결이 어렵고 단절된 녹지축을 연결하기 위해 생태통로가 필요한 지역이다. 본 연구지역에서 생태통로의 건설은 광역녹지체계를 구축한다는 측면에 있어서 의의가 크다고 할 수 있는데 생태통로에 의한 녹지축의 연결은 야생 동물의 충분한 이동통로의 역할을 위해 주변 환경인자에 의한 영향을 최소화하고 파편화된 서식지를 가장 효과적으로 연결할 수 있는 위치를 선정해야 서식지의 단절된 패치 간에 유전적 교환을 용이하게 하여 종다양성을 보전할 수 있다(Primack, 2004; Shaffer. 1981). 많은 연구에서 생태통로의 위치가 부적합하여 야생동물의 이동경로로 기능을 수행하지 못하는 것으로 평가되고 있는데 이는 생태통로의 주변 지역에 대한 야생 동물의 생태적 특성을 반영하지 못한 위치선정 때문이다(Fleury and Brown, 1997;.Forman, 1995). 따라서 본 연구에서는 생물 서식지의 연결 가능한 위치선정과 생태통로의 효과적 유지를 위해 경관생태학적 서식지 특성이나 서식지간의 연결성을 고려하여 개별 서식지의 중요도를 평가하고 생태통로의 역할을 재해석하였다. 또한 본 연구지역에서 생태통로 위치

www.kci.go.kr

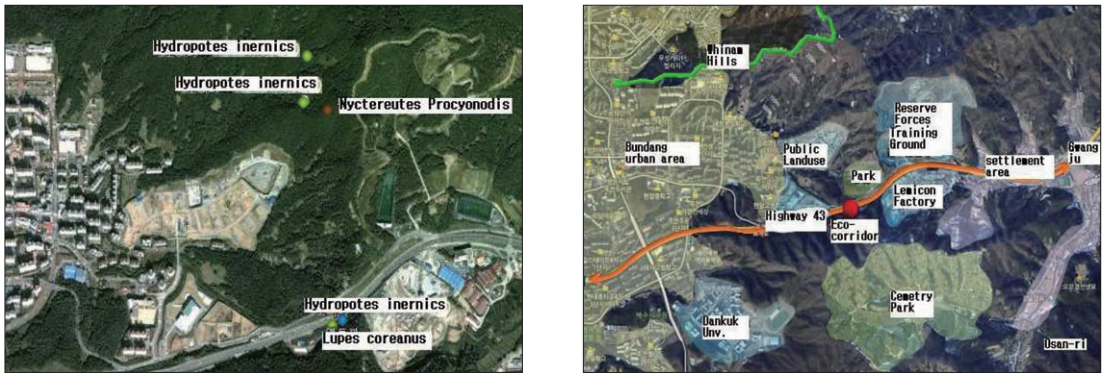


그림 4. 현장조사 관측자료의 분포도(왼쪽)와 항공사진에 의한 토지개발 공간범위

선정은 서식지의 모양이나 분포, 연결성이 가지는 중요도를 중심으로 종과 생물 군집의 서식처 복원, 연결 및 새로운 역할을 해석하는 것이 필요하였다.

## 2. 현장조사 결과

본 연구에서 현장조사 된 연구지역의 주변 식생은 신갈나무(*Quercus mongolica*)와 상수리나무(*Quercus acutissima*)가 혼재된 군락이며 도로 인접지역에는 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus Koraiensis*), 버드나무(Salix Koreensis) 등의 교목이 식재되어 있고, 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 등의 자연식생이 관목층을 이루고 있는 것으로 확인되었다. 연구지역의 다양한 토지이용에도 불구하고 공원묘지를 포함한 주변지역에서는 야생동물 멧토끼(*Lupes coreanus*)가 나타났고, 그 외에 너구리(*Nyctereutes procyonoides*), 고라니(*Hydropotes inermis*) 등의 서식을 확인하였다(Fig 4).

그림 4는 항공사진 자료 위에 현장조사를 통해 관찰된 고라니, 두더지, 멧토끼의 흔적조사 결과가 나타난 위치를 제시한 것이다. 야생동물의 이동경로로 생태통로의 설치를 위해서는 동물의 이용 가능성에 대한 실태를 사전영향조사로 실시하여야 하며, 사전영향조사의 결과는 생태통로가 조성된 이후 생태통로 내부의 식생활착과 천이과정 여부까지 모니터링을 통하여 향후 생태통로 조성 시 데이터베이스(Database)로 활용하여 문제점을 보완하여 나갈 수 있도록 해야 한다. 본 연구에서는 수치지도를 이용한 경사도와 고도를 그림 5와 같이 분석하였다. 경사도와 고도분석에 적용된 GIS 공간자료의 해석은 경사도 24 - 32도 범위와 고도 200-237 m 범위에서 생태통로 설치 가능지역의 타당성을 파악할 수 있었다. 도로를 중심으로 한 경계망의 버퍼

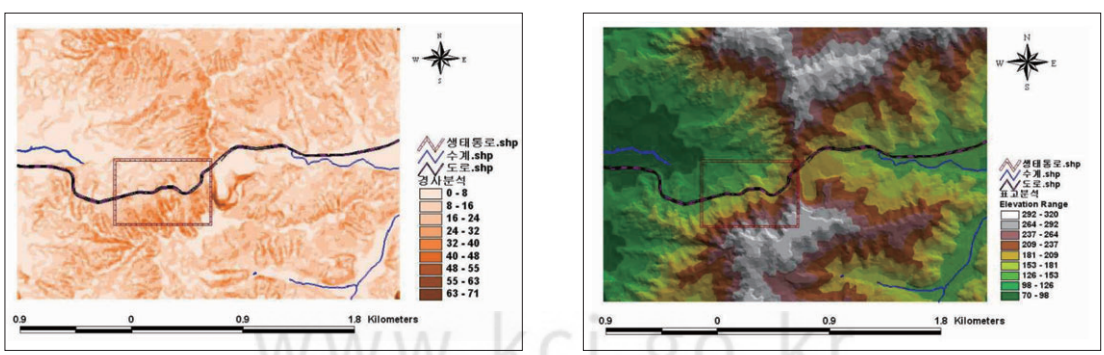


그림 5. 연구지역의 경사도와 지형 고도를 도로망과 하천 수계와 비교

www.kci.go.kr

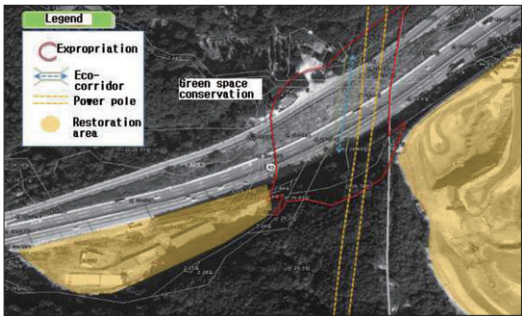


그림 6. 선정된 야생동물 생태통로의 경로와 지역 현황

는 주변 개발지역의 영향을 500m 이상으로 적용하여 생태통로 가능지역을 그림 5에 박스 형태로 제시하였다. 횡축의 도로중심선을 두고 박스 오른쪽은 공원묘지가 위치하고 있다.

그림 5에서 제시한 경사도와 고도는 야생동물의 이동경로에 중요한 인자로 판단된다. 특히 임상도의 적용을 통해 먹이 자원의 공간 분포를 파악할 수 있는데 그림 6은 야생동물의 이동에 저해인자인 개발지의 소음, 야간 조명 빛, 인간의 등산로 등과 같은 야생동물 이동과 서식지의 영향 요소와 야생동물의 먹이와 은신처를 고려한 식생 조건을 통해 그림 6과 같은 생태통로의 최적지를 선정하였다. 그림 5의 표고 분석에서 불곡산(345m) 북측과 포은대로에 의해 경계된 남측 오산리 지역의 연결성을 가장 최적화할 수 있는 연결점을 오산육교와 대지고개 지점에서 찾을 수 있었다. 죽전교차로지점에서 연결점을 찾기에는 경사와 고도 모두 생태통로의 연결성이 낮아 생태통로의 최적지로는 부적합한 것으로 판단되었다.

## IV. 결 론

본 연구지역은 야생동물 서식지가 다양한 토지이용에 의해 공간적으로 분화되어 있고, 특히 도로에 의한 단절로 인해 기존에 존재하는 다양한 생물의 서식지로서 기능을 회복하는 것이 필요하다. 본 연구에서 제안된 생태통로의 위치는 도로에 의해 단절된 야생동물의 서식지를 연결하기 위한 고려 요인중에서 연결점의 고도와 경사도에 의한 영향이 가장 최소화되는 이동경로로 서식지의 복원과 생태통로로의 기능적 위치로 적합한 것으로 판단되었다. 또한 본 연구에서 제시하는 바와 같이 야생동물의 이동통로 설치와 적절한 이동통로의 식생복원 및 등산로의 제한 등을 통해서 로드킬과 같은 동물사고를 방지하는데 기여하고 연구지역의 다양한 생물종의 개체수 증가와 종 다양성이 회복될 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 2011학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 연구내용에 도움을 주신 최병진 박사에게 감사의 뜻을 전합니다.

## 참고문헌

Andreaseen et al., 1998, Space-responses to habitat fragmentation and connectivity in the Root Vole Microtus Oeconmus, Ecology, 79(4): 1223-1236.

Beier, P. and R. F. Noss, 1998, Do Habitat Corridors Provide Connectivity?. Conservation Biology 12(6): 1241-1252.

Bolger, D. T., T. A. Scott and J. T. Rotenberry, 2001, Use of corridor-like landscape structures by birds and small mammal species. Biological conservation 102(2): 213-224.

Caughley, G. and A. Gunn, 1996, Conservation biology in theory and practice. Blackwell Science, Cambridge, 459pp.

Chetkiewicz, C. B., C. C. St. Clair and M. S. Boyce, 2006, Corridors for conservation: Integrating Pattern and Process. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 37: 317-342.

Cox, G. W., 1997, Conservation biology:

www.kci.go.kr

concepts and applications. Mcgraw-Hill Science, Dubuque, 384pp.

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(3): 163-186.

Forman, R. T. T., 1995, Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge, 652pp.

Friedman D.S., 1997, Walking on the wild side, Landscape Architecture, Sep.:51-57.

Hanski, I. and M. E. Gilpin, 1997, Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution. Academic Press, San Diego, 512pp.

Ikeda, H., 1983, Socio-ecological study on the racoondog, Nyctereutes procyonoides viverrinus, with reference to the habitat utilization pattern. Ph. D. thesis, Kyushu University, Kyushu, Japan., 76pp.

Macdonald, D. W., 1993, Mammals of Europe. Princeton University Press, Princeton, 312pp.

MacArthur, R and E. O. Wilson ,1967, The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, 203pp.

Nichols, J. D. and M. J. Conroy, 1996, Techniques for Estimating Abundance and Species Richness. In: D. E. Wilson et al.(ed), Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Mammals, Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 81-104.

Primack, R. B., 2004, A primer of conservation biology. Sinauer Associates Inc, Sunderland, 320pp.

Shaffer, M. L., 1981, Minimum population sizes for species conservation. Bioscience 1(2): 131-134.

Van Dyke, F., 2003, Conservation biology: foundation, concepts, applications. Mcgraw-Hill Science, Boston, 413pp.

최종원고채택 11. 10. 11

www.kci.go.kr