韓國環境復元技術學會誌 13(6)：161～172(2010)
J. Korean Env. Res. Tech. 13(6)：161～172(2010)

Maxent 모형을 이용한 서식지 잠재력 평가*
- 하천으로부터의 거리, 하천의 차수, 토지이용을 중심으로-

이동근[1)] · 김호걸[2)]

[1)] 서울대학교 조경 · 지역시스템공학부 · [2)] 서울대학교 대학원

Habitat Potential Evaluation Using Maxent Model*
- Focused on Riparian Distance, Stream Order and Land Use -

Lee, Dong-Kun[1)] and Kim, Ho-Gul[2)]

[1)] Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,
[2)] Graduate School, Seoul National University.

ABSTRACT

As the interest on biodiversity has increased around the world, researches about evaluating potential for habitat are also increasing to find and comprehend the valuable habitats. This study focus on comprehending the significance of stream in evaluating habitat's potential. The purpose of this study is to evaluate habitat potential with applying stream as a main variable, and to comprehend the relationship between the variables and habitat potential. Basin is a unit that has hydrological properties and dynamic interaction with ecosystem. Especially, biodiversity and suitability of habitat in basin area has direct correlation with stream. Existing studies also are proposing for habitat potential evaluation in basin unit, they applied forest, slope and road as main variables. Despite stream is considered the most important factor in basin area, researchers haven't applied stream as a main variable. Therefore, in this study, three variables that can demonstrate hydrological properties are selected, which are, riparian distance, stream order and land use disturbance, and evaluate habitat potential. Habitat potential is analyzed by using Maxent (Maximum entropy model), and vertebrate's presence data is used as

* 본 논문은 산림청의 연구과제 '산림현장 유형별 경관디자인 기술개발'에 의해 2010.3.1부터 2011.2.28까지 연구 수행되었음.

Corresponding author : Kim, Ho-Gul, Graduate School, Seoul National University,
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : khgghk@snu.ac.kr

Received : 22 November, 2010. **Revised** : 14 December, 2010. **Accepted** : 16 December, 2010.

dependent variables and stream order map and land cover map is used as base data of independent variables. As a result of analysis, habitat potential is higher at riparian and upstream area, and lower at frequently disturbed area. Result indicates that adjacent to stream, upstream, and less disturbed area is the habitat that vertebrate prefer. In particular, mammals prefer adjacent area of stream and forest and reptiles prefer upriver area. Birds prefer adjacent area of stream and midstream and amphibians prefer adjacent area of stream and upriver. The result of this research could help to establish habitat conservation strategy around basin unit in the future.

Key Words : *Basin scale, Habitat potential evaluation, Maxent model, Riparian distance, Stream order, Land use.*

I. 서 론

유엔총회가 2010년을 생물다양성의 해로 선언하고 생물다양성 국제기구 설립이 결정되는 등 최근 국제적으로 생물다양성의 중요성이 강조되고 있다. 생물다양성에 대한 관심의 증가와 함께 생물다양성 보전을 위한 방법론 또한 대두되고 있다. 생물다양성 보전의 대표적인 방법론으로는 서식지 잠재력 평가가 있다. 서식지 잠재력 평가는 종 출현자료와 자연환경 간의 관계파악을 통해 생물종이 서식하기에 적합한 지역을 파악하는 평가이다. 여기에는 다양한 평가단위와 변수가 적용되고 있는데 평가단위로는 특히 유역에 주목한 연구가 증가하는 추세이다(서창완, 1999; 최희선, 2007; 이동근 · 송원경, 2008). 유역단위는 야생동물의 생활사가 이루어지는 하나의 단위로서 서식지 잠재력 평가의 효과적인 단위로 제시되고 있다. 유역단위에서 서식지 잠재력 평가를 실시하기 위해서는 수문학적 특성과 환경생태학적 역동성의 연관성을 파악하는 것이 중요하다(Ekness and Randhir, 2007). 특히 생물다양성 및 서식지 적합성은 하천과 밀접한 연관성을 갖는 것으로 알려져 있다(Smith et al., 1999; Novak et al., 2002). 그러나 기존 연구에서는 서식지 평가에 있어 경사와 표고, 산림과 도로의 밀도와 같은 유역의 특성을 반영하는데 있어서 미흡한 변수가 사용되고 있다. 이처럼 현재까지 하천의 특성에 주목한 연구는 부족한 실정이며, 이는 서식지 잠재력이 효과적으로 평가되지 못하는 요인으로 판단된다.

본 연구에서는 서식지 잠재력을 평가하는데 있어서 Maxent 모형을 이용하였다. 이 모형은 기존연구에서 이용된 로지스틱 회귀분석, GAM, ANN과 같은 서식지 잠재력 평가 모형과 달리 생물종의 출현정보만을 이용하여 출현확률을 예측하는, 통계적 측면에서 우수성이 입증된 모형이다. 변수로는 유역 내 하천의 특성을 충분히 반영할 수 있는 하천으로부터의 거리, 하천의 차수, 토지이용교란을 선정하고 이들 변수를 반영한 서식지 잠재력 평가를 실시하였다(Doppelt et al., 1993).

하천을 주요 변수로 반영함으로써 하천이 야생동물의 서식지에 미치는 영향을 보다 분명히 파악할 수 있었다. 특히 하천으로부터의 거리와 하천의 차수에 따른 평가결과를 바탕으로 유역 내 보전이 필요한 지역을 명확하게 파악할 수 있었다. 이러한 연구결과는 유역 내 서식지 보전을 위한 의사결정정책 수립에 도움이 될 수 있을 것이다(Poole, 2002; Phillips and Dudik, 2008).

본 연구의 목적은 유역단위의 환경적 특성을 반영할 수 있는 하천을 주요 변수로 적용하여 척추동물의 서식지 잠재력 평가를 실시하는 것이다. 또한 변수와 서식지 잠재력과의 관계를 파악하고 이를 통해 유역 내 서식지 잠재력이 높은

지역의 특성을 확인함으로써 향후 효과적인 서식지 보전 방안의 수립에 활용이 가능하도록 하고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 대상지는 한강 대권역에 속하는 섬강유역으로, 남한강의 제1지류로서 유역면적은 약 1,479.5km^{2}로 중권역 규모의 유역이다(그림 1). 본 유역을 대상지로 선정한 이유는 한반도의 중요 생태축인 태백산맥과 인접하고 있으며, 환경부에서 실시된 2차 전국자연환경기초조사의 생물종에 대한 자료를 통해서 섬강유역에서 다양한 야생동물이 발견되는 것을 확인할 수 있었기 때문이다.

서식지 잠재력 평가의 대상 생물로는 포유류, 파충류, 조류, 양서류를 선정하였다. 또한 선행연구 고찰을 통해 유역의 수문학적 특성을 반영할 수 있는 변수로는 하천으로부터의 거리, 하천의 차수, 토지이용에 의한 교란, 토지이용현황을 선정하였다. 연구의 전체 흐름은 그림 3과 같다.

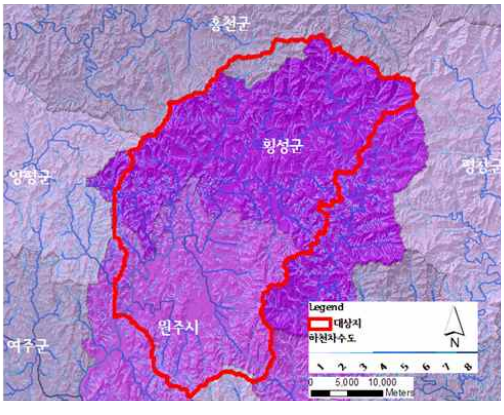


그림 1. 연구대상지.

2. 연구의 재료

서식지 잠재력 평가를 위해 사용되는 자료 중 척추동물 출현자료는 환경부 1997년에서 2005년까지 시행된 2차 전국자연환경기초조사 자료 중 생물종에 대한 자료를 이용하였다. 척추동물 자료는 포유류, 파충류, 조류, 양서류로 구분되어 있으며, 포유류에는 멧돼지, 고라니, 대륙족제비 등의 308개 출현자료가 포함되어 있고, 파충류에는 136개의 유혈목이, 살모사, 도마뱀 등의 자료가 포함되어 있으며, 조류에는 150개의 검은등뻐꾸기, 검은댕기해오라기, 딱따구리 등의 자료가 포함되어 있고, 양서류에는 도룡뇽, 두꺼비, 참개구리, 산개구리 등의 201개 자료가 반영되었다. 유역 내 특성을 반영한 변수로서 하천으로부터의 거리와 하천의 차수에 대한 기반자료는 수자원공사(2006)에서 제공하는 하천차수도를 이용하였다. 토지이용에 의한 교란과 토지이용현황의 기반자료는 환경부(2001)에서 제공하는 토지피복도를 사용하였다(표 1).

표 1. 이용자료 및 출처.

출처(연도)	자료명
환경부(1997-2005)	2차 전국자연환경기초조사
수자원공사(2006)	하천차수도
환경부(2001)	토지피복도

3. 연구의 방법

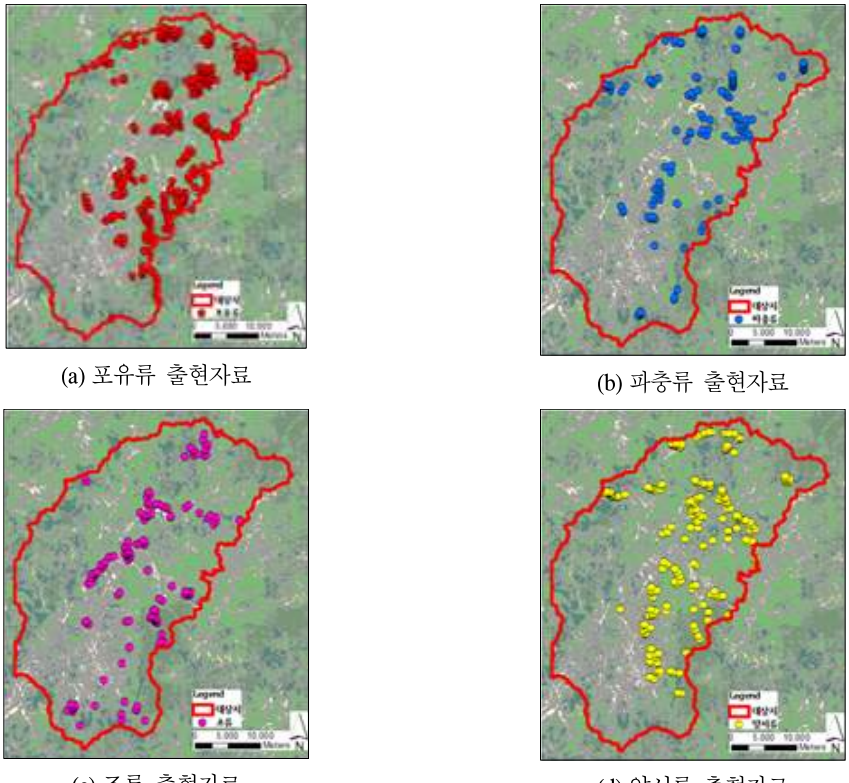
본 연구에서는 종속변수로 종의 비출현정보를 제외한 출현정보만을 이용하여 보다 예측정확도가 높고, 모형의 우수성이 여러 선행연구에서 입증된 Maxent 모형을 이용하였다(Phillips et al., 2006; Elith et al., 2006). Maxent 모형은 회귀분석을 기반으로 하는 모형으로, 특징이라 할 수 있는 점은 대상이 되는 야생동물의 출현정보를 바탕으로 최대 엔트로피 접근법(Maximum entropy approach)을 통해 야생동물의 분포를 예측한다는 점이다. 이를 통해 종속변수로 종의 출현자료만을 요구함으로써 보다 예측력이 높은 결과를 도출할 수 있다(Phillips et al., 2004). 종속변수로는 종의 출현자료(대상 생물의 위치정보)를 필요로

하고, 독립변수로는 환경의 특성을 반영한 변수를 필요로 한다.

본 연구에서는 종속변수로 척추동물의 4가지 유형의 출현자료를 입력하고 독립변수로는 환경변수를 입력하여 서식지 잠재력 평가를 실시하였다. 모형의 설명력 검증은 ROC(Receiver operating characteristics) 곡선의 AUC(Area under the curve)를 통해 실시되었다. 신뢰성 검증은 모형에 입력되는 출현자료를 바탕으로 이루어졌다. 또한 분석 결과물로 얻은 변수 반응 곡선에 대한 해석을 통해 야생동물이 특정 환경변수와 어떤 관계를 보이는지를 판단하고 서식지의 특성을 추정하였다.

하천으로부터의 거리 자료는 GIS 프로그램의 유클리디언 거리를 활용하여 구축하였다. 하천의 차수를 변수자료로 구축하기 위해서는 유역 내 지역을 소유역(Subbasin)으로 구분하고 소유역을 대표하는 하천의 차수를 파악하는 과정을 거쳤다. Ekness and Randhir(2007)는 하천차수별 유역을 설정함에 있어 하나의 소유역의 면적을 8.6km^{2}로 설정하였다. 이 면적은 국내 행정단위 중 동 · 리와 유사하며 동 · 리는 유역을 따라 형성된 경우가 많다. 따라서 대상지 내 동 · 리의 평균면적을 반영하여 평균면적(약 7.6km^2)기준으로 소유역을 형성하였다.

토지이용에 의한 교란은 Ekness and Randhir (2007)를 참고하여 토지피복의 중분류를 기준으로 교란의 정도를 파악하고 점수화하여 반영하였다. 공업지역, 교통지역과 같이 토지이용에 의한 교란의 정도가 크다고 판단되는 지역에 대해서는 점수를 높게 주고 산림, 습지와 같이 교란의 정도가 약하다고 판단되는 지역에는 점수를 낮게 주었다(Ekness and Randhir, 2007). 토지이용현황은



(a) 포유류 출현자료 (b) 파충류 출현자료

(c) 조류 출현자료 (d) 양서류 출현자료

그림 2. 토지피복도상에 표현된 척추동물 출현자료(환경부, 1997-2005).

표 2. 토지이용에 의한 교란 점수 부여 기준.

지역구분	교란(점수)
산림지역, 습지, 수역	1
농업지역, 초지	2
공공시설지역, 기타나지	3
주거지	4
상업지역, 위락시설지역	5
공업지역	6
교통지역	7

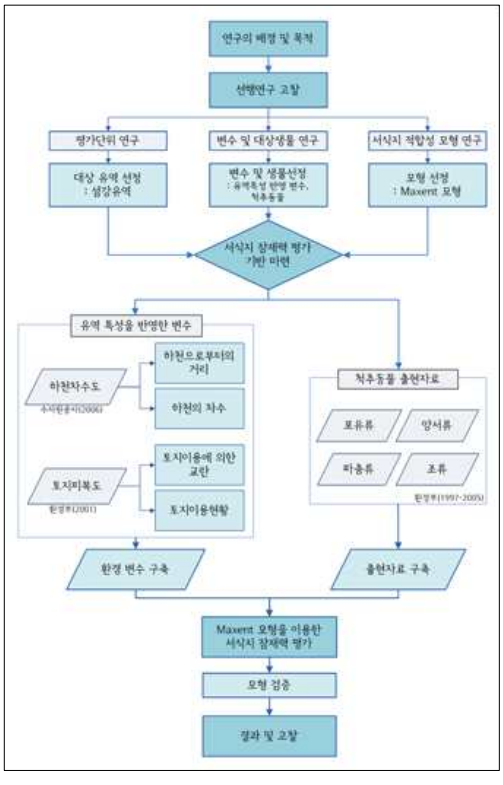


그림 3. 연구 흐름도.

환경부에서 제시하고 있는 토지피복 대분류의 지침을 따라 7가지로 구분하였다(표 2).

서식지 잠재력을 평가하기 위한 필수적인 자료가 야생동물의 출현자료이다. Maxent 모형에서 출현자료는 X, Y 좌표를 필요로 하므로 모든 출현자료에 대해 좌표를 구한 후 변수로 반영하였다(그림 2).

III. 연구결과 및 고찰

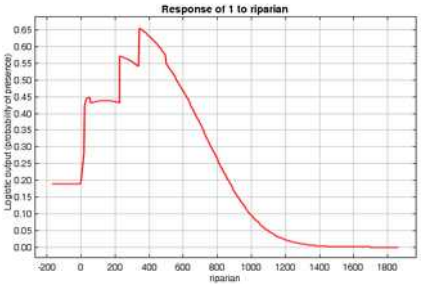
1. 서식지 잠재력 평가결과

1) 포유류

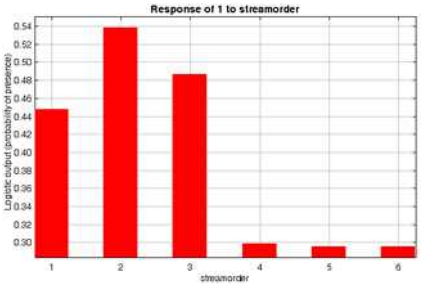
하천으로부터의 거리에 따른 포유류의 출현확률은 10~20m까지 급격히 증가하여 약 200m까지 유지되는 경향을 보이다가 약 350m에서 최고 출현확률을 보였다. 하천의 차수에 따른 포유류의 출현확률을 살펴보면, 2차 , 3차 , 1차 하천의 순으로 출현확률이 높게 나타나며, 4차 하천 이상에서는 출현확률이 매우 낮게 나타났다. 토지이용교란에 대해서는 교란이 높은 지역일수록 포유류의 출현확률이 낮아지는 경향을 보였다. 토지이용현황에 따른 출현확률은 산림지역에서 가장 높은 출현확률을 보이고 다음으로 농업지역에서 높게 나타나며 초지, 습지, 나지, 수역에서는 출현확률이 거의 비슷한 수준으로 나타났다(그림 4). 변수의 기여도는 서식지 잠재력에 대해 개개의 변수만 고려했을 때 하천으로부터의 거리가 가장 기여도가 높게 나타났고, 모든 변수를 함께 고려했을 때 토지이용현황이 가장 높은 기여도를 보였다.

2) 파충류

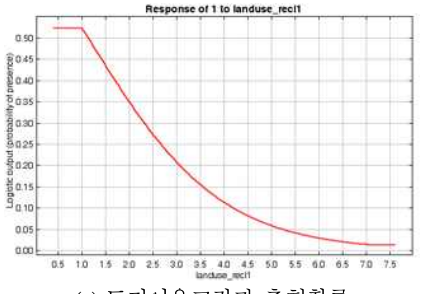
하천으로부터의 거리에 따른 파충류의 출현확률을 살펴보면, 하천에 바로 인접한 곳에서 가장 높게 나타나고 200m까지 약간의 변동은 있으나 하천으로부터 멀어짐에 따라 출현확률이 감소하는 경향을 보였다. 하천의 차수에 대해서 파충류의 출현확률은 1차 , 2차 , 3차 하천의 순으로 높게 나타났다. 토지이용교란에 대한 출현확률 그래프는 교란이 증가할수록 출현확률이 낮아지는 경향을 보였다. 토지이용현황에서 파충류의 출현확률은 수역, 농업지역, 산림지역의 순으로 높게 나타났다(그림 5). 변수의 기여도는 서식지 잠재력에 대해 개개의 변수만 고려했을 때 하천



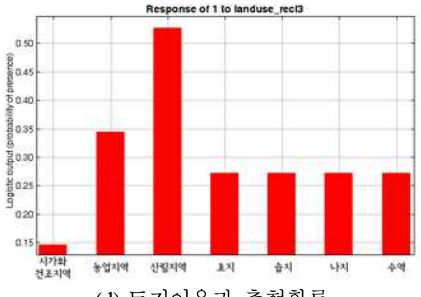
(a) 하천으로부터의 거리와 출현확률



(b) 하천의 차수와 출현확률

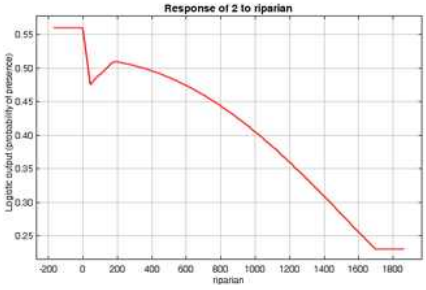


(c) 토지이용교란과 출현확률

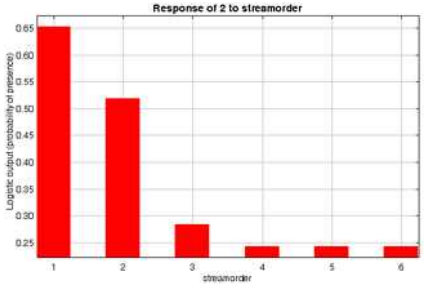


(d) 토지이용과 출현확률

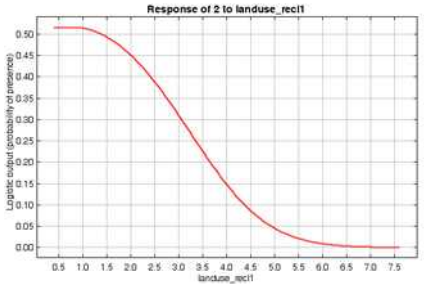
그림 4. 포유류의 서식지 잠재력 평가결과.



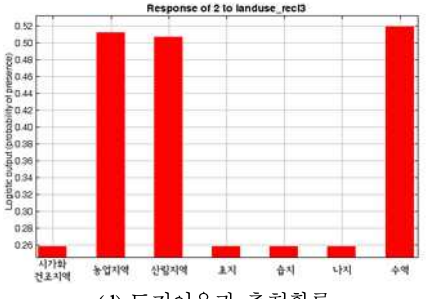
(a) 하천으로부터의 거리와 출현확률



(b) 하천의 차수와 출현확률



(c) 토지이용교란과 출현확률



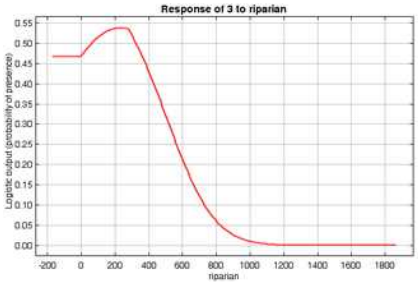
(d) 토지이용과 출현확률

그림 5. 파충류의 서식지 잠재력 평가결과.

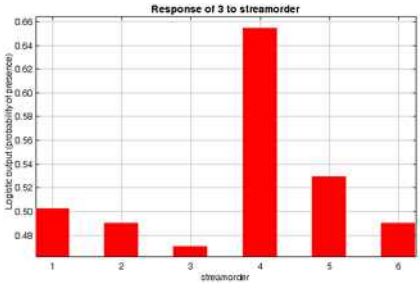
의 차수가 가장 기여도가 높게 나타났고, 모든 변수를 함께 고려했을 때 하천으로부터의 거리가 가장 높은 기여도를 보였다.

3) 조류

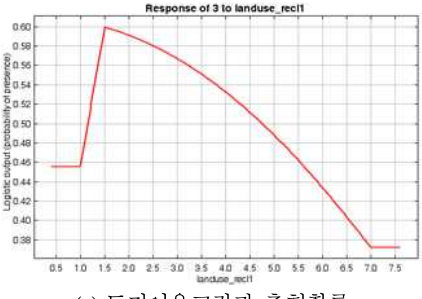
조류의 하천으로부터의 거리에 따른 출현확률은 하천에서 약 300m까지는 증가하다가 이후 급



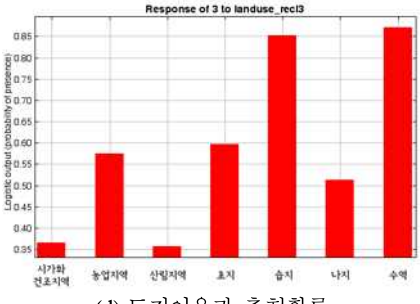
(a) 하천으로부터의 거리와 출현확률



(b) 하천의 차수와 출현확률

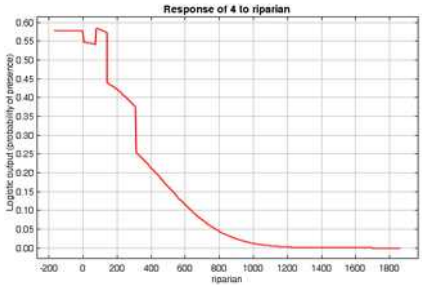


(c) 토지이용교란과 출현확률

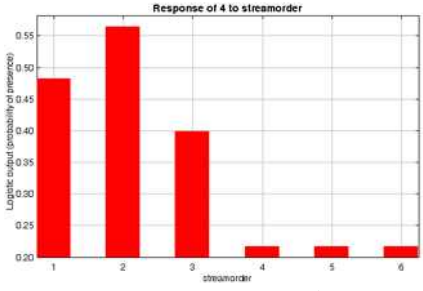


(d) 토지이용과 출현확률

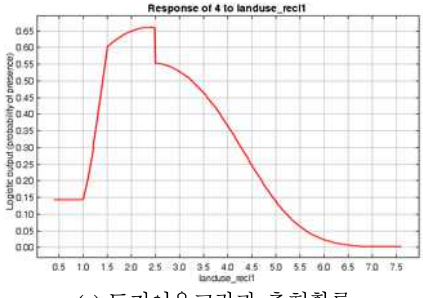
그림 6. 조류의 서식지 잠재력 평가결과.



(a) 하천으로부터의 거리와 출현확률



(b) 하천의 차수와 출현확률



(c) 토지이용교란과 출현확률

(d) 토지이용과 출현확률

그림 7. 양서류의 서식지 잠재력 평가결과.

격히 감소하여 800m에 이르러서는 출현확률이 매우 낮은 것으로 나타났다. 하천차수에 따른 출현확률은 4차 하천, 5차 하천의 순서로 높게 나타났다. 토지이용교란에 따른 출현확률을 살펴보면, 전반적으로 교란의 영향이 증가할수록 출현확률이 감소하는 경향을 보이고 있다. 조류의 토

지이용현황에 따른 출현확률은 수역과 습지에서 높게 나타나며 그 외에 초지와 농업지역에서도 어느 정도 출현할 확률을 보이고 있다(그림 6). 변수의 기여도는 서식지 잠재력에 대해 개개의 변수만 고려했을 때 토지이용현황이 가장 기여도가 높게 나타났고, 모든 변수를 함께 고려했을 때 토지이용에 의한 교란이 가장 높은 기여도를 보였다.

4) 양서류

양서류는 하천으로부터 거리가 멀어질수록 출현확률이 감소하는 것으로 나타났다. 한천으로부터 200m까지 출현확률에 변화가 있지만 전반적인 경향은 계속해서 감소하는 것으로 나타났다. 또한 2차 하천, 1차 하천, 3차 하천의 순으로 출현확률이 높고 4차 하천 이상에서는 출현확률이 매우 낮게 나타났다. 토지이용교란에 따른 출현확률은 크게 교란이 증가하면 출현확률이 감소하는 경향을 보였다. 양서류는 토지이용현황에 따른 출현확률이 농업지역, 수역, 시가화지역의 순서로 높게 나타났다(그림 7). 변수의 기여도는 서식지 잠재력에 대해 개개의 변수만 고려했을 때 토지이용현황이 가장 기여도가 높게 나타났고, 모든 변수를 함께 고려했을 때 토지이용에 의한 교란이 가장 높은 기여도를 보였다.

5) 서식지 잠재력 평가도면

Maxent를 통한 서식지 잠재력 평가 결과를 도면화한 결과, 4개의 환경변수에 따른 출현확률에 대한 그래프의 특성이 반영된 잠재적 서식적지 도면을 얻을 수 있었다(그림 8). 포유류는 하천에 인접한 지역과 산림을 중심으로 잠재력이 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 파충류는 하천의 차수에 따른 변수의 영향이 크게 나타나서 소유역 별로 잠재력이 높은 지역이 구분되었다. 조류는 4~5차 하천에 인접한 곳에서 잠재력이 가장 높고 하천에 인접한 곳에서도 잠재력이 높게 나타났다. 양서류는 하천에 인접한 곳에서 잠재력이 높았으며 특히 1~3차의 하천상류지역에서 서식지 잠재력이 높게 나타났다.

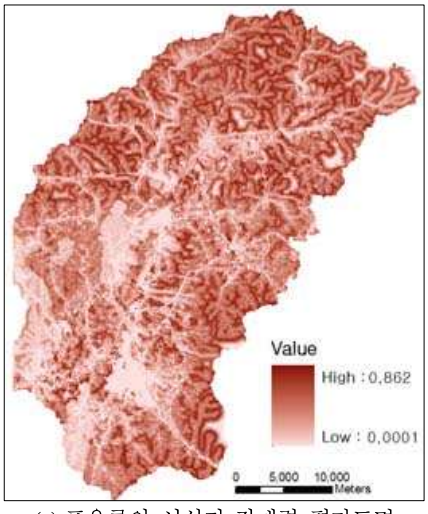
2. 모형의 검증

ROC 분석방법을 활용하여 각 평가모형의 설명력을 분석한 결과, AUC 값이 포유류는 0.697, 파충류는 0.711, 조류는 0.699, 양서류는 0.873으로 나타났다(그림 9). Phillps and Dudik(2008)에서는 AUC 값이 약 0.7일 때, 모형이 설명하는 잠재력이 의미를 갖는다고 판단하고 있으므로 본 연구에 사용된 모형의 설명력은 높다고 판단된다.

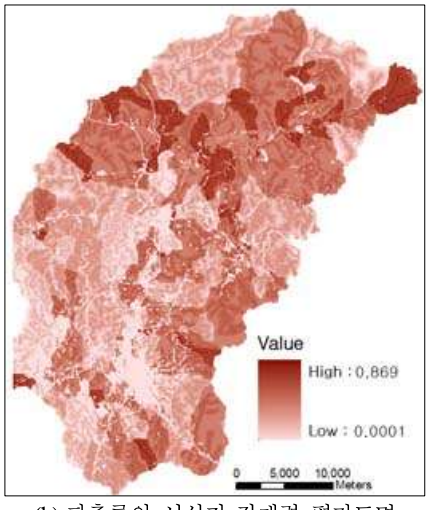
모형을 신뢰성을 검증하기 위해 교차검증(Cross validation)을 실시한 결과, R^2값이 포유류는 0.68, 파충류는 0.91, 조류는 0.84, 양서류는 0.89였으며 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.001$). 따라서 모형의 적용가능성이 높은 것으로 판단된다.

3. 고찰

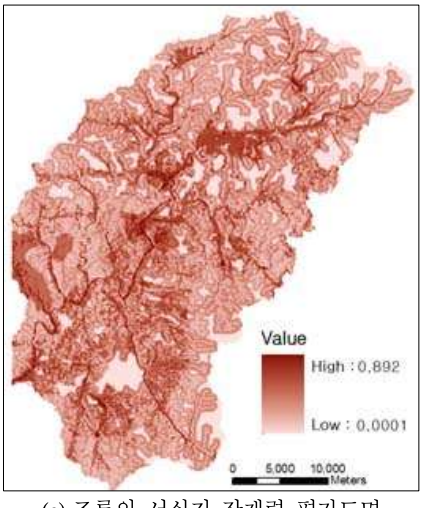
하천으로부터의 거리에 대해서는 거리가 증가할수록 출현확률이 감소하는 경향을 보였다. 포유류와 조류에 있어 하천에 바로 인접한 부분에 대해서는 약간의 차이가 있지만 전반적인 경향은 거리가 증가하면 감소하는 것으로 나타났다. 하천에 인접한 지역은 다양한 물질이 축적되는 곳으로 식생이 발달하고 먹이자원 또한 풍부하다(Murakami and Nakano, 2001). 특히 척추동물들의 먹이가 되는 종들은 하천에 의존하는 경향이 커서 수질과 수량에 영향을 많이 받는다(Steinmetz et al., 2002; Ekness and Randhir, 2007). 이처럼 하천은 척추동물의 서식지 형성에 중요한 역할을 하므로 인접한 지역에서는 척추동물의 출현확률이 높게 나타나는 것이 타당하다고 판단된다. 특히 파충류와 양서류는 먹이에 대한 문제를 제외하고도 물과 매우 밀접한 관계를 가진다. 파충류는 외부온도에 따라 체온이 급격히 변하는 특성상 하천에 인접한 곳에서 많이 발견되며 양서류는 땅위와 물속에서 번갈아 생활하는 생물로서



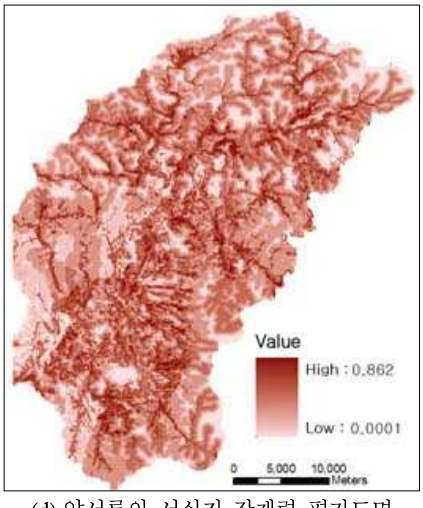
(a) 포유류의 서식지 잠재력 평가도면



(b) 파충류의 서식지 잠재력 평가도면



(c) 조류의 서식지 잠재력 평가도면



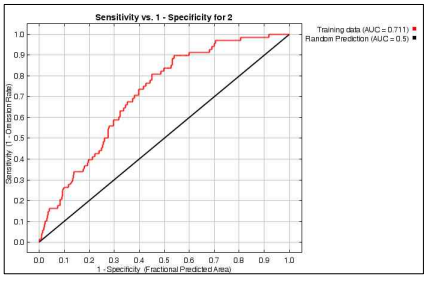
(d) 양서류의 서식지 잠재력 평가도면

그림 8. 서식지 잠재력 평가도면.

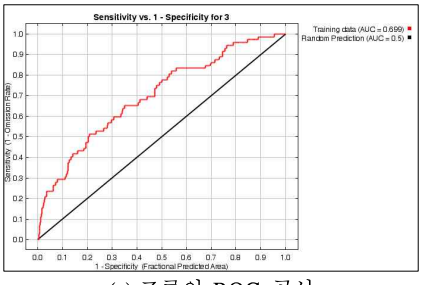
하천을 휴식, 채식, 잠자리로 모두 이용한다. 포유류와 조류의 출현확률이 다른 특성을 보이고 있는 것은 하천이 아닌 다른 환경변수에 의해 영향을 받았을 가능성을 고려해볼 수 있다. 포유류는 산림을, 조류는 산림과 습지를 주요 잠자리와 채식지로 활용하고 있으므로 산림과 습지에 대해 연관성을 가진다고 판단된다. 동일한 환경변수를 이용하여 서식지 잠재력을 평가한 Ekness and Randhir(2007)의 결과에서는 포유류와 조류의 출현확률이 거리가 멀어질수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 척추동물이 하천을 선호하는 특성과 문헌의 결과를 통해 하천에 인접하는 지역에서 척추동물의 서식지 잠재력이 높다고 판단할 수 있다.

하천의 차수에 대한 출현확률은 정도의 차이는 있지만 1~3차 하천 유역에서 높은 출현확률을 보였다. 하지만 조류는 4~5차 하천 유역에서 높은 서식지 잠재력을 보이고 있다. 일반적으로 조류는 인간에 의한 교란, 특히 소음을 회피하는 경향이 있어 하천의 상류에서 많이 발견되는 특

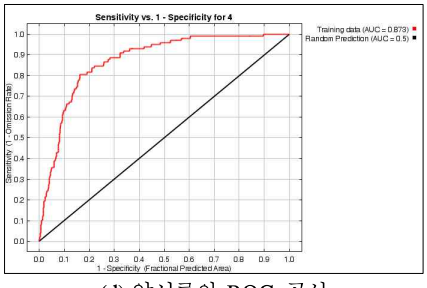
(a) 포유류의 ROC 곡선



(b) 파충류의 ROC 곡선



(c) 조류의 ROC 곡선



(d) 양서류의 ROC 곡선

그림 9. ROC 곡선을 이용한 모형의 설명력 검증.

성이 있다(윤무부, 2005). 그러나 종조사가 이루어진 섬강유역의 주요 토지이용이 농업지역이므로 인간의 개발에 의한 소음과 같은 교란도 적기 때문에 그래프와 같이 4, 5차 하천에서도 출현확률이 높게 나타난 것으로 판단된다. 한편 Ekness and Randhir(2007)의 결과에서도 하천차수가 높은 1~3차 하천 유역에서 서식지 잠재력이 높게 나타났다. 이를 통해 척추동물이 선호하는 서식지는 일반적으로 하천 상류에 속하는 1~3차 하천유역이지만 섬강유역이 갖는 특성에 의해 중하류에 속하는 4~5차 하천에서도 조류가 발견되는 것으로 추정된다.

토지이용에 대한 교란에 대해 척추동물은 교란의 영향이 커짐에 따라 출현확률이 감소하는 경향을 보였다. 이는 토지이용변화가 야생동물 서식지에 교란으로 작용한다는 점에서 타당한 결과로 판단된다. 하지만 조류와 양서류는 교란의 정도가 약한 지역에서 출현확률이 낮게 나타났다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 인간에 의한 교란의 영향이 적은 섬강유역의 특성상 현재 제시된 교란기준으로는 서식지와의 관계성을 파악이 어렵다는 점이 원인이 될 수 있다. 또한 포유류에 비해 조류와 양서류는 교란을 인지하는 규모가 훨씬 작다. 토지피복도상에서 분류되고 있는 토지이용의 규모는 조류와 양서류의 서식특성을 파악하기에는 어려울 수 있다. 한편 Ekness and Randhir(2007)의 결과에서는 교란에 대한 영향이 커질수록 서식지 잠재력이 낮아지는 결과가 나타났다. 따라서 인간의 영향이 미치는 교란이 척추동물의 서식지에 부정적 영향을 미치는 것은 명확한 사실이지만 교란의 영향이 적은 지역에 적용할 때와 교란을 인지하는 규모의 차이에 따라 서식 특성이 다르게 나타날 가능성이 있다고 판단된다.

토지이용-현황에 따른 출현확률은 척추동물 유형에 따라 선호도가 다르게 나타나는 경향이 있었다. 포유류는 특히 산림지역과 농업지역을 선호했으며 이는 산림을 주요 채식지와 서식지로 하는 포유류의 특성이 반영된 것으로 파악된다. 파충류는 하천에 인접한 곳을 선호하는 특성에

따라 수역에서 출현확률이 가장 높게 나타났으며 이외에도 농업지역, 산림지역을 선호하였다. 조류는 먹이자원이 풍부한 수역과 습지에서 출현확률이 가장 높게 나타났다. 또한 양서류는 생존에 필수적인 물에 대한 선호도가 반영되어 습지에서 출현확률이 가장 높게 나타났다. 모든 척추동물에 대해 대체적으로 농업지역, 산림지역, 습지, 수역을 선호하는 것으로 나타났으며, 인간의 영향이 큰 시가화건조지역은 출현확률이 낮게 나타났다.

위와 같은 정보를 활용하여 보전할 가치가 있는 서식지를 지정하고 관리하는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 척추동물의 유형에 따라 영향을 받는 변수가 다양할 가능성, 연구대상지가 갖는 특성이 서식특성에 영향을 미칠 가능성, 교란을 인지하는 규모가 다를 가능성을 고려하여 보완할 필요성이 있다고 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 척추동물을 대상으로 하천으로부터의 거리와 하천의 차수라는 유역의 수문학적 특성을 반영한 변수와 토지이용에 의한 교란과 토지이용현황이라는 인간에 의한 영향을 고려한 변수를 반영하여 서식지 잠재력 평가를 실시했다. 평가결과, 포유류, 파충류, 조류, 양서류의 서식지 분포가 하천으로부터의 거리와 하천의 차수와 밀접한 관계를 갖는 것으로 파악되었다. Maxent 모형을 통해 서식지 잠재력을 평가한 결과, ROC 분석을 통한 모형의 설명력은 0.697~0.873, 교차검증을 통한 모형의 신뢰성은 0.68~0.91로 나타났다. 따라서 하천으로부터의 거리와 하천의 차수는 기존에 변수로 고려되었던 표고와 경사, 산림의 면적, 도로와 하천의 밀도와 같은 변수들보다 유역이 갖는 환경적 특성을 고려한 변수로서 유역 내 야생동물의 서식지의 특성을 파악하는데 의미를 갖는 것으로 판단된다.

연구결과를 통해 하천에 인접하고, 하천의 상류에 속하며, 토지이용에 의한 교란이 적은 지역이 척추동물이 선호하는 서식지로 나타났다. 특히 하천으로부터 400m 이내에서 출현확률이 높게 나타났으며, 또한 주로 1~3차 하천에서 서식지 잠재력이 높은 것으로 나타났다. 따라서 생태계와 하천의 수문학적 특성이 밀접한 연관성을 가지는 유역단위에서 야생동물의 서식지를 보전하기 위해서는 하천에 인접한 지역에 완충지대를 충분히 확보하고, 하천의 수질과 수량의 기반이 되며 서식지로서 높은 보전가치를 갖는 하천상류지역을 보호함으로써 하천이 야생동물에게 제공하는 다양한 기능에 부정적 영향을 미치지 않도록 노력해야한다. 결론적으로 야생동물의 서식잠재력을 극대화하고 서식지를 보전하기 위해서는 하천의 체계를 기초로 한 보전계획의 수립이 필요하다고 사료된다. 또한 기존의 연구에서와 마찬가지로 인간에 의한 토지이용이 야생동물의 서식지에 미치는 영향은 매우 부정적으로 나타났으므로 서식지에 인접한 지역에서의 개발을 규제할 필요가 있다.

본 연구의 결과는 향후 전국 멸종위기의 척추동물을 비롯한 야생동·식물의 서식지 보전을 위한 전략 및 정책의 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 척추동물의 유형에 따라 영향을 받는 변수와 교란의 규모가 다양할 수 있으므로 특정 종을 선정하여 연구를 보다 심층적으로 진행할 필요성이 있으며, 연구 대상지가 갖는 특성에 따라 서식지의 잠재력이 달라질 가능성에 대한 체계적인 연구가 향후 진행되어야 할 것으로 사료된다. 한편 본 연구에서 사용된 자연환경기초조사 자료는 장기간에 걸쳐 조사되었다는 점에서 출현자료의 시간적 규모가 일치하지 않고, 하천차수도 자료 또한 조사연도가 다르기 때문에 시간적 규모의 불일치를 갖는다는 점에서 한계를 가진다. 또한 토지이용현황을 반영함에 있어서 7개의 대분류를 적용한 것은 보다 상세한 토지피복을 반영하지 못했다는 점에서 한계로 판단된다. 따라서 출현자료 및 환경변수자료의 신뢰성

확보를 위해서는 현장조사를 통한 야생동물 출현 자료 조사 및 환경변수자료에 대한 상세한 조사가 수반되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

서창완 · 최태영 · 최윤수 · 김동영, 2008. 설악산 산양을 대상으로 한 서식지 적합성 모형에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 11 (3) : 28-38.

수자원공사. 2006. 하천차수도.

이동근 · 송원경. 2008. 삵의 서식지 적합성 평가를 위한 분석단위 설정 및 보전지역 선정-충청도 지역을 중심으로-. 한국조경학회 36 (5) : 64-72.

윤무부. 2005. 재미나는 새와 환경, 군산시 전문가 특강 보고서.

최희선. 2007. 물순환형 생태도시를 위한 유역차원의 습지조성 입지선정에 관한 연구-환경생태계획 적용방안을 중심으로-. 서울대학교 박사학위논문.

환경부. 2001. 토지피복도.

환경부. 2005. 2차 자연환경기초조사(1997-2005).

Ekness, P., and T. Randhir. 2007. Effects of riparian areas, stream order, and land use disturbance on watershed-scale habitat potential : an ecohydrologic approach to policy, American water resources association, 43(6) : 1468-1482.

Elith J., Ferrier S., Huettmann F., and Leathwick J. 2006. The evaluation strip : A new and robust method for plotting predicted responses from species distribution models, Ecol Model, 186(3) : 280-289.

Murakami, M., and S. Nakano, 2001, Species-Specific Foraging Behavior of Birds in a Riparian Forest, Ecological Research, 16 : 913-923.

Novak, J. M., P. G. Hunt, K. C. Stone, D. W. Watts and M. H. Johnson. 2002. Riparian Zone Impact on Phosphorus Movement to a Coastal Plain Black Water Stream, Journal of Soil and Water Conservation, 57(7) : 127-133.

Phillips, S., M. Dudik and R. Schapire. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning, Banff, Canada.

Phillips, S., R. Anderson, and R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological Modelling, 190 : 231-259.

Steinmetz, J., S. L. Kohler and D. A. Soulk. 2002. Birds Are Overlooked Top Predators in Aquatic Food Webs, Ecology, 84(5) : 1324-1328.

Store R., and J. Kangas. 2001. Integrating Spatial Multi-criteria Evaluation and Expert Knowledge for GIS-based Habitat Suitability Modelling, Landscape urban palning, 55 : 79-93.

Smith, V. H., G. D. Tilman and J. C. Nekola. 1999. Eutrophication : Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems, Environmental Pollution, 100(1-3) : 179-196.

Tuanmu M. N., Vina A., and Bearer S. et al., 2010. Mapping understory vegetation using phenological characteristics derived from remotely sensed data, Remote Sens Environ (in press).