

연구논문

## 중분포모형을 이용한 히어리 서식지의 분포 특성 연구

권혁수\* · 류지은\*\* · 서창완\*\*\* · 김지연\* · 임동옥\*\*\*\* · 서민환\*

국립환경과학원\*, 서울대학교 대학원\*\*, 서울대학교 환경계획연구소\*\*\*, 호남대학교 생물학과\*\*\*\*

(2012년 7월 22일 접수, 2012년 8월 29일 승인)

### A Study on Distribution Characteristics of *Corylopsis coreana* Using SDM

Kwon, Hyuksoo\* · Ryu, Ji-Eun\*\* · Seo, Changwan\*\*\*  
· Kim, Jiyeon\* · Lim, Dong-Ok\*\*\*\* · Suh, Min-Hwan\*

Graduate school, Seoul national university\*, National institute of environmental research\*\*,  
Environmental Planning Seoul national university\*\*\*, Department of biology, Honam University\*\*\*\*

(Manuscript received 22 July 2012; accepted 29 August 2012)

### Abstract

Since the CBD(Conservation on Biological Diversity)'s 10th Conference of the Parties adopted the protocol on access to genetic resources and benefit sharing in Nagoya 2010, the importance of endangered species studies such as habitat distribution, protection and management have been more emerged. *Corylopsis coreana*, an endangered species in Korea, was isolated nationally and has been damaged by anthropogenic factors. In this paper, we identified the factors affecting *C. coreana* habitat at the national scale and regional scale using National Survey of Natural Environment and predicted the distribution of *C. coreana*. Annual precipitation, precipitation of wettest quarter, temperature seasonality and Digital Elevation Model(DEM) were derived as important factors at the national scale, and precipitation of wettest quarter, DEM and solar radiation on spring were identified as important factors at regional scale. *Corylopsis* distribution was affected by an effect of climate significantly at the national scale, and by additionally the microclimate and topography at regional scale. These findings will be used as the basis on habitat conservation and restoration plan and climate change.

Keywords : Species Distribution Model, Habitat Selection, National Survey of Natural Environment , Climate effect

## I. 서론

2010년 10월에 나고야에서 개최된 제10차 생물다양성협약 당사국총회에서 '유전자원접근 및 이익공유(ABS)에 관한 의정서'가 채택됨에 따라 생물자원에 대한 중요성이 더욱 부각되고 있다(CBD, 2010). 이에 따라 자국이 보유하고 있는 생물자원 및 서식지 보호 관리방안에 대한 연구가 필요해졌다. 이를 위해서는 현재 생물종의 주요환경인자와 이들의 상호작용에 따른 서식분포 패턴을 파악하고, 나아가 기후변화에 따른 변화양상을 예측하는 것이 개체를 보호하는데 중요한 수단이 될 것이다(Lovejoy and Hannah, 2005; Flanklin, 2009).

생태학자나 보전생물학자들은 생태계에서 일어나는 다양한 규모의 변화나 평가를 위하여 공간자료나 환경자료를 통계적 기법이나 모형화를 통해 외삽하는 방법들을 사용해 왔다. 중분포모형이나 서식지분포모형은 생물다양성평가, 보호지역 지정 및 관리, 개체군이나 생태계 모형화, 생태계복원, 외래종 위험평가, 기후변화 효과 예측 등에 다양하게 활용된다(Miller *et al.*, 2004; Peters *et al.*, 2004; Flanklin, 2009; Thorn *et al.*, 2009; 권혁수, 2011).

중분포모형의 경우 연구지역의 규모 설정에 따라 다른 결과가 도출된다. 특히, 희귀종의 경우에는 특이한 환경특성을 가지거나 인위적 교란에 의한 파편화 효과로 인하여 국지적으로 분포하기도 한다. 이러한 경우 연구지역의 규모를 달리하여 분석하면 분포 패턴의 양상이 인위적인 교란에 의한 것인지 혹은 자연발생적 현상인지에 대한 해석의 실마리를 제공할 수 있다(Davis *et al.*, 2007).

히어리는 다른 목본식물과는 다르게 고립된 분포양상을 나타내는 우리나라 특산식물로, 멸종위기야생동·식물II급으로 지정된 바 있다(문현식 등, 2004; 환경부, 2005; 환경부와 국립환경과학원, 2008). 그러나 최근에는 관리와 보호 대책 부족으로 서식지역의 교란과 훼손 등이 빈번하게 일어나고 있어 이에 대한 서식 및 분포연구를 통한 보전 및 복원계획이 절실한 실정이다(노일과 문현식,

2004; 장형태 등, 2008).

히어리에 대한 기존 연구는 현장 중심의 서식지 특성 연구가 많았던 반면 전국 규모의 분포 특성 연구가 부족한 실정이다(김휘 등, 1988; 이정환 외, 1999; 심구경 외, 2003; 노일, 2004, 노일과 문현식, 2004; 임동옥 외, 2005; 이은혜 외, 2007; 장형태 외, 2008; 임동옥 외, 2011). 기존 연구에서 제시된 환경변수와 유사한 지역을 살펴보면 전국에서 다수 발견되어 변수 변별력이 부족하다는 한계를 보이고 있다. 따라서 식물 생육에 중요한 인자이자 전국단위에서 서식분포를 확인할 수 있는 기후 인자를 입력변수로 활용하여 히어리에 대한 전국단위 분포를 확인하는 것이 필요하다.

이 연구의 목적은 히어리의 분포에 영향을 미치는 환경요인을 파악하고 서식분포를 예측하는 것이다. 또한 국내의 히어리 분포가 남부지역 뿐만 아니라 일부 북부지방에 잔존군락 형태로 분포하고 있어 분석규모에 따라 환경요인이 어떻게 영향을 주는지를 살펴보고자 하였다.

## II. 연구의 방법

### 1. 연구의 공간적 범위 및 대상종의 개괄

이 연구에서는 히어리의 분포를 대상으로 남한 전체의 전국 규모와 남부지역을 중심으로 한 지역 규모로 설정하여 분포를 예측하고 모형의 결과를 비교하고자 하였다(그림 1). 지역 규모는 히어리 분포자료 중 남부지역에서 발견된 분포자료만을 골라 전국자연환경조사에서 사용하는 식생평가단위<sup>1)</sup>와 비교하였다. 그 중 식생평가단위에 히어리 위치자료가 하나라도 발견되면 선택하는 방식으로 그 경계를 산정하였다(그림 2).

연구대상인 히어리는 우리나라 고유수종으로 한반도 남부지역과 중부 일부지역에 분포하고 있다. 히어리와 같은 속인 *Corylopsis pauciflora*과 일본

1) 환경부에서 실시하는 전국자연환경조사의 식생조사 단위. 동·식물의 생태적 특성과 조사의 효율성을 고려하여 조사 지역을 설정됨.

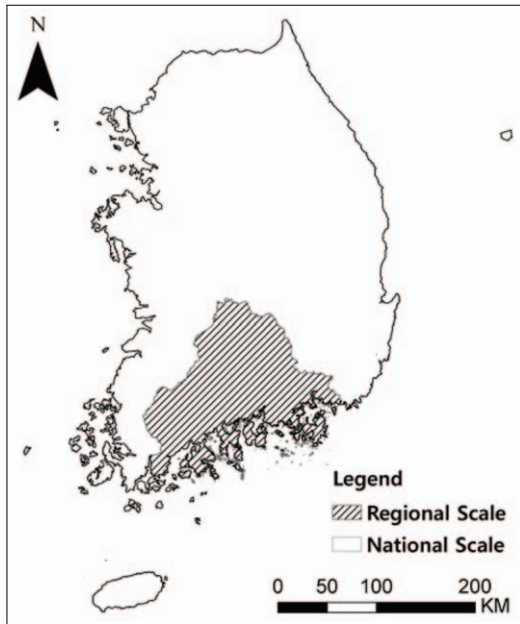


그림 1. 연구의 공간적 범위

의 *Corylopsis spicata*도 IUCN과 일본 적색목록 (redlist)에 등재되어 보호가 필요한 식물이다(김휘 등, 1988; 환경부, 2005; 장형태 등, 2008; www.iucnredlist.org).

히어리는 낙엽성 관목으로 주로 북동사면, 북서사면에 위치하고 있으며 계곡부에서 사면방향으로 확산되는 분포 양상을 보여주고 있다(김휘 등, 1988; 노일, 2004). 대부분 전석지 주변에 위치하며, 해발 약 200~1,000m에 걸쳐 넓게 분포하지만 200~600m에서 서식 상태가 좋은 것으로 나타났다(노일, 2004). 토양은 산도가 낮은 식양토, 사질식양토, 사양토, 사질양토에서 주로 서식하는 것으로 나타났다(장형태 등, 2008; 임동욱 등, 2011). 약 16~30℃에서 잘 생육하고 배수가 잘 되는 적습지를 선호하고 있어 계곡부와 산림이 접한 경계부에 대규모 군락을 형성한다. 자연림에 가까운 산림에서는 급

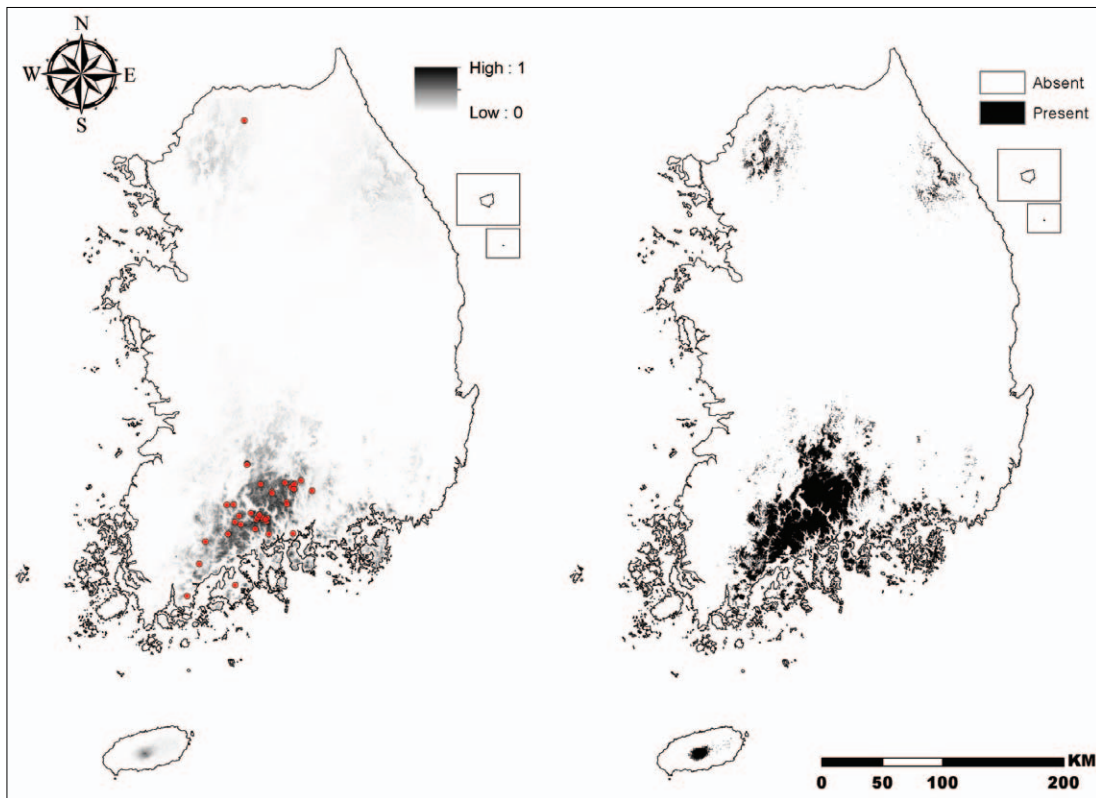


그림 2. 히어리 확률분포지도(좌)와 분포예측지도(우). 확률분포지도는 검은색에 가까울수록 분포예측확률이 높게 나타난 지역이며, 분포예측지도는 검은색이 출현지점이며 그 외 지역이 비출현지역으로 표시됨. 확률분포지도의 붉은 점은 모형에 이용된 히어리 출현지점을 나타냄.

격히 감소하는 경향을 보이고 있다(이정환 등, 1999; 임동욱 등, 2005; 환경부, 2007; 임동욱 등, 2011).

## 2. 분석모형의 선정

제 2·3차 전국자연환경조사에서 1997년부터 2010년까지 수집된 히어리의 위치자료(그림 2)를 이용하여 분석하였다(환경부, 2011, ). 환경변수는 위에서 언급한 관련 연구의 문헌 고찰을 통해 표 1 과 같이 선정하였다. 기후자료는 Worldclim에서 제공하는 Bioclim자료를 이용하였고, 지형자료는 DEM을 이용하여 생성하였다. 토양정보는 농촌진흥청 토양환경정보시스템의 자료를 활용하였다. 기후자료의 경우 변수들 간의 높은 자기상관을 보일 수 있어, 19개의 Bioclim 자료 중 PCA분석을 통하여 전체 변수를 대표할 수 있는 7개의 변수(Bio1, Bio4, Bio10, Bio11, Bio12, Bio16, Bio17)를 선택 하였다. 환경변수는 전국을 대상으로 모형화하므로 공간해상도를 100m 격자로 재배열하였다(Seo *et al.*, 2009; 권혁수, 2011, 김지연 외, 2012).

식물의 자연적 분포는 기후, 토양, 지형, 생물, 인위적 요인의 영향을 받으며 그들의 환경적 요구나 공간 규모에 따라 다른 환경적 요인이 영향을 미치기도 한다(Woodward, 1987; Huntley, 2004; Pearson *et al.*, 2002; Mike, 2007; 공우석, 2007). 기후요인이 생육가능지역을 결정하는 중요한 요인이기는 하지만 지형 자료와 특정 서식지 유형 등은 기후 자료로 설명할 수 없는 부분을 설명해 주기도 한다(del Barrio *et al.*, 2006). 따라서 이러한 차이를 살펴보고자 전국 단위와 지리산과 광양 백운산 일대에 히어리가 집중적으로 분포하는 남부 지역을 대상으로 서식 분포를 모형화하여 차이를 비교하였다(그림 1, 그림 2).

종분포모형(Species Distribution Model)이란 종의 서식 특성을 파악하여 공간적 잠재서식지역을 예측하는 것으로, 생물다양성 평가나 보호지역 지정 및 관리, 서식지 복원, 외래종의 위협평가, 기후 변화 효과 예측 등 다양한 분야에 적용된다. 종분포 모형은 크게 종의 분포와 환경변수와의 상관관계를

표 1. 히어리와 관련된 공간변수

변수군	변수명	자료의 설명
기후 자료	Bio1	연평균 기온
	Bio4	온도의 계절적 변동 [standard deviation x100]
	Bio10	가장 따뜻한 분기의 평균 기온
	Bio11	가장 추운 분기의 평균기온
	Bio12	연강수량
	Bio16	가장 습한 분기의 강수량
	Bio17	가장 건조한 분기의 강수량
지형 자료	DEM	고도
	Slope	경사도
	Curvature	지형의 굴곡도
	Northness	북쪽을 향해 있는 정도. [Cos((Aspect* $\pi$ )/180)]
	Wetness	토양습윤도. [Ln(Flow Accumulation +1)/(slope+1)]
	Solar spring	3월에서 5월까지의 태양복사량
토양	Soil_nature	사질, 사양질, 식양질 등과 관련된 정밀토양도 값을 이용
자료	Rock_type	산성, 염기성, 중성 등과 관련된 정밀 토양도의 값을 이용
	Soil_drain	배수 정도를 구분한 배수등급도 이용

살펴보는 생태지위모형(Ecological Niche Model)과 종의 생존에 필요한 서식지의 적합도를 나타내는 서식지적합모형(Habitat Suitability Model)으로 나눌 수 있다. 이 중 생태지위모형은 현장에서 고려되지 못했던 여러 가지 환경변수들의 관계를 추정할 수 있으며, 이를 객관화 할 수 있는 통계적 결과로 도출되기 때문에 최근 종분포모형에 많이 활용되고 있다(Flanklin, 2009; 권혁수, 2011).

전국자연환경조사는 출현지역만을 나타내는 점 자료로 구축되기 때문에 이런 형태의 자료(Present-only data)에 비교적 예측의 정확도가 높은 Maxentropy 모형을 이용하였다(Hernandez *et al.*, 2006; Coner *et al.*, 2011; Yongyut *et al.*, 2011). Maxentropy는 금융이나 천문학 분야에서 다용도로 활용되는 기계학습모형으로 통계역학과 최대 엔트로피를 가지는 확률분포를 설명하는 정보이론원리에서 개발되었다(Flanklin, 2009; 권혁수, 2011). 최근 종분포모형에 특화된 응용프로그램인

Maxent가 개발되어 연구가 활발히 이루어지고 있다(Phillips *et al.*, 2006; Phillips and Dudik,

2008; Elith *et al.*, 2011; 권혁수, 2011; 김지연 외, 2012).

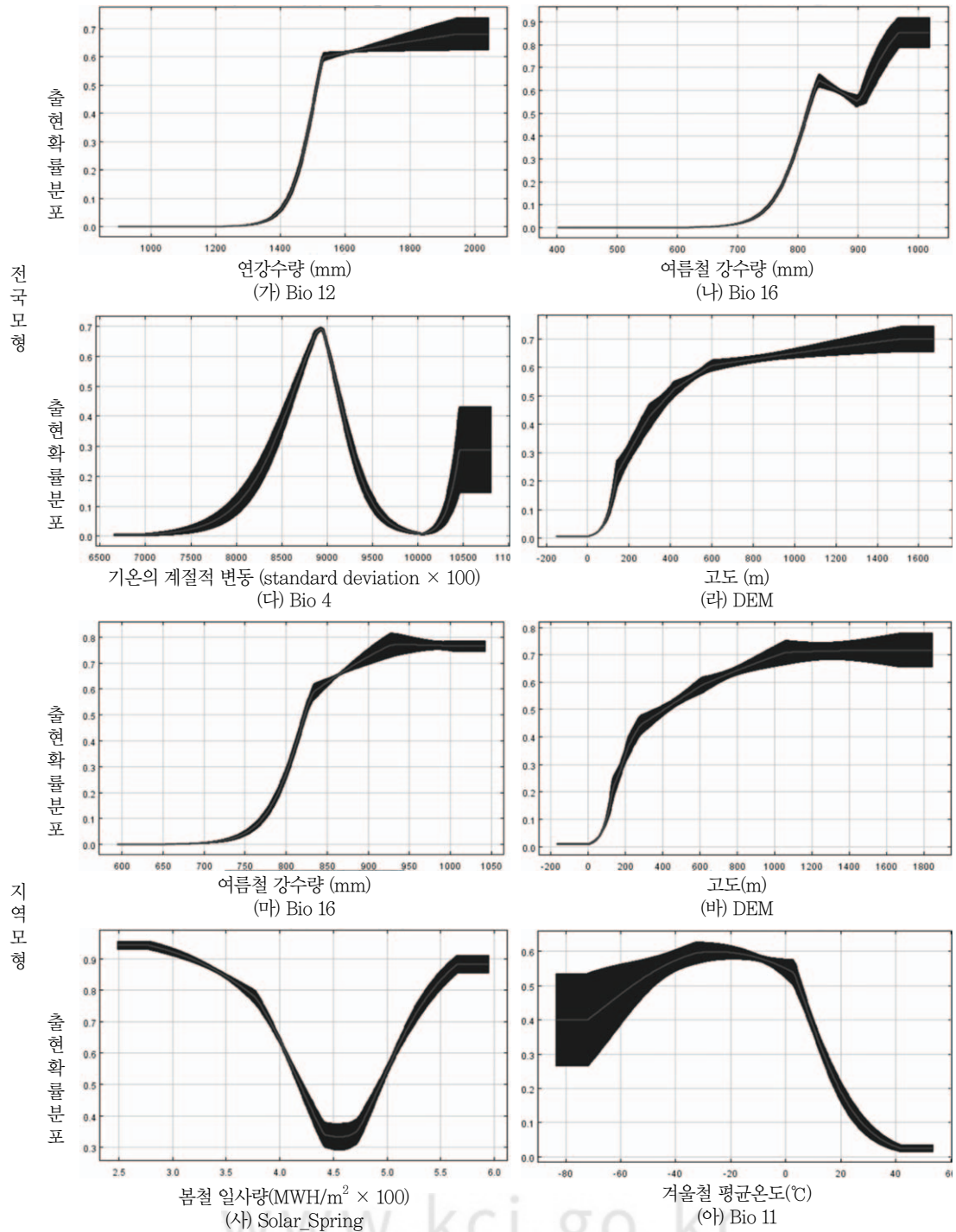


그림 3. 규모에 따른 모형 반응변수 곡선

모형의 정확도는 ROC(Receiver operating characteristic)의 AUC(Area Under Cover)값을 통하여 측정하였다. AUC를 이용한 모형의 정확도는 기준값에 독립적이라는 장점을 가지고 있어 각 모형을 비교하는데 많이 이용된다. AUC값은 최소 0.5를 기준으로 모형이 완벽할 경우 1.0을 나타내며, 일반적으로 0.8 이상이면 모형이 잘 예측되었다고 판단한다(Thuiller, 2003; Flanklin, 2009; 권혁수, 2011). 모형의 결과는 0.0~1.0의 값으로 확률로 나타나며, 이는 다시 실제값과 예측된 값의 오차합이 최소가 되도록 하는 기준값(threshold)을 설정하여 예측된 분포도를 작성한다. 이를 위해 전국 단위와 남부지역으로 나누어 모형을 적용하였다.

### III. 결과 및 고찰

전국규모에서 히어리의 분포예측도와 분포확률 지도는 그림 2와 같다. 모형의 적합도(AUC)는 0.957로 높게 예측되었으며, 전체 변수들 중, Bio12, Bio16, Bio4, DEM, Bio11의 순으로 모형에 기여를 하였다. 표 2에서 보는 바와 같이, 기여율이 높은 변수 중 대부분은 기후요인이 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 강수량 관련 변수가 모형에 높은 기여를 하고 있다.

그림 3의 (가)~(라)를 살펴보면, 연강수량(Bio12)이 1,500mm 이상인 지역, 여름철 강수량(Bio16)이 900mm 이상인 지역, 기온의 계절적 변동(Bio4)이 심하지 않은 지역에서 출현가능성이 높게 나타났다. 또한, 고도가 600m 이상인 지역과 가장 추운 분기의 평균온도(bio11)가 0℃ 미만인 지역을 선호하는 경향이 있었다.

그림 2의 분포예측도를 살펴보면 지리산을 포함한 남부지역 뿐만 아니라 경기도 북부지역과 강원도 강릉지역에서 서식이 가능할 것으로 예측하였다. 이 지역은 전국자연환경조사, 멸종위기종 조사, 환경영향평가를 위한 현장조사 등에서 실제로 히어리 군락이 발견되어 본 예측 모형이 실제 분포를 잘 반영한다고 할 수 있다(임동옥 외, 2005; 환경부,

표 2. 모델에서 변수의 기여도(%)

전국 규모 모형		지역 규모 모형	
Bio12	42.3	Bio16	40.9
Bio16	15.0	DEM	16.2
Bio4	14.4	Solar_spring	6.2
DEM	7.6	Bio11	5.6
Bio11	5.8	Slope	5.0
Rocktype	5.0	Bio17	4.9
Solar spring	2.8	Northness	4.8
Bio10	1.7	Bio4	4.1
Slope	1.7	Wetness	3.7

2007; 임동옥 외, 2011).

지역적 규모에서 히어리의 서식분포 예측도는 그림 4의 좌측 그림과 같다. 모형의 적합도(AUC)는 0.872로 예측되었으며 입력된 변수들은 모형 기여도 중 상위 90%까지 지형관련 변수가 5개, 기후변수가 4개로 선택되었다(표 2). 환경변수는 Bio16, DEM, Solar\_spring, Bio11, Slope의 순으로 분포 예측결과에 기여하였다. 그림 3의 (마)~(아)의 변수의 반응곡선을 살펴보면, 여름철 강수량(Bio16)이 850mm 이상인 지역, 고도(DEM) 600m 이상인 지역, 봄철의 일사량(Solar\_Spring)이 450mWh/m<sup>2</sup>을 기점으로 분포확률이 줄어드는 경향을 보이고 있으며, 겨울철 평균온도(Bio11)가 영하인 지역에서 서식 확률이 높았다(표 2, 그림 4).

전국 모형의 경우 연강수량이나 여름철 강수량, 연간 기온 변동이 모형에 높은 영향을 주는 것으로 나타난 반면, 지역 모형에서는 여전히 여름철 강수량이 높은 기여를 하는 것으로 나왔지만 지형과 관련한 인자들이 전국 모형에 비해 기여도가 높게 형성되는 것을 알 수 있다. 이는 전국단위 모형에서 기여했던 연강수량이나 연간 기온 변동이 지역 내에서는 큰 편차가 없는 것으로 나타났지만, 고도나 일사량, 경사, 향과 같은 미세기후에 영향을 끼치는 지형인자가 높은 기여를 하기 때문으로 유추할 수 있다.

그림 4를 보면 남부지역에서의 히어리 분포예측 지역은 지역규모보다 전국규모 모형을 적용했을 때 더 넓은 분포를 나타내고 있다. 이는 전국규모에서

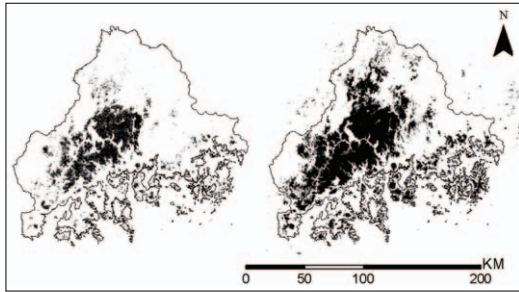


그림 4. 남부지역 히어리 예측 분포도. 좌측 그림은 지역규모 모형, 우측 그림은 전국규모 모형. 검은색 표시 지역이 분포예측지역임.

사용하는 변수들의 대부분이 기후변수이고 전국을 대상으로 분포지역을 예측하였기 때문에 상대적으로 넓게 예측되는 경향을 보이는 반면, 지역규모에서는 전국 규모에 비해 대부분의 히어리의 서식지인 남부지역을 대상으로 하고, 변수들 또한 지형적인 특성이 반영되어 더 좁은 지역이 예측되는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 결론

히어리는 국내의 중요한 자연자원임에도 불구하고 서식지에 대한 공간적 연구가 미비하였다. 본 연구는 전국자연환경조사를 활용하여 전국규모 및 지역규모에 따른 히어리의 공간적 서식 특성을 밝히는데 의의가 있다.

히어리의 전국분포에 영향을 주는 환경인자로 기후요인이 도출되었으며 지역분포는 전국분포에 비해 지형인자가 높게 반영되었다. 이는 지역적 규모에서 기후인자와 함께, 지형적 인자들이 만들어 내는 물리적 구조 및 미세기후가 히어리의 서식지 선택에 영향을 주는 것을 확인되었다. 이는 중분포 예측에 있어 연구 지역의 범위가 예측 결과에 어떻게 반영되는지를 설명하는 결과가 될 수 있다.

이 연구는 기후인자를 적용하여 식물의 전국적 분포를 확인함으로써 기후가 식물 분포에 끼치는 영향을 정량적으로 파악했다는 점에서 중요한 시사점 있다. 이는 최근 대두되고 있는 기후변화연구의 기초자료로 활용될 수 있으며 나아가 멸종위기종의

관리 및 보전방안에 대한 공간적 자료가 될 수 있을 것이다.

#### 사 사

본 연구는 2011년 국립환경과학원의 ‘전국자연환경조사 결과를 활용한 중분포모델링 연구(과제번호: NIER-RP2011-1297)’ 연구과제 지원에 의해 이루어졌습니다.

#### 참고문헌

- 공우석, 2007, 우리 식물의 지리와 생태, 서울, 지오북.
- 권혁수, 2011, 보호지역계획을 위한 생물다양성 통합평가모형: 지리산과 덕유산, 가야산 권역을 대상으로, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김지연, 서창완, 권혁수, 류지은, 김명진, 2012, 전국자연환경조사 자료를 이용한 중분포모형 연구, 한국환경영향평가학회지, 21(4), 593-607.
- 김휘, 강우창, 이길훈, 최윤자, 장진성, 1988, 희귀식물, 히어리 생태에 관한 연구, 서울대학교 수목원 연구보고, 18, 44-56.
- 노일, 2004, 한국특산식물 히어리 군락의 식생구조에 관한 연구, 경상대학교 대학원 석사학위 논문.
- 노일, 문현식, 2004, 히어리 군락의 입지특성과 식생구조 분석, 농업생명과학연구, 38(2), 41-51.
- 문현식, 노일, 김종갑, 2004, 전남 곡성지역 히어리 군락의 입지환경 및 식생구조, 한국농림기상학회지, 6(3), 196-203.
- 심경구, 하유미, 이원한, 김영해, 김동수, 2003, 한국 특산 희귀식물 히어리의 분포 및 형태적 특성, 한국원예학회지, 44(2), 260-266.
- 이은혜, 류지은, 임동욱, 정홍락, 이재석, 2007, 히어리 개체군의 선택적 사면분포와 미기상학적 요인, 한국환경생물학회지, 25(4), 363-

- 369.
- 이정환, 강호철, 안현철, 조현서, 1999, 한국 특산 히어리 군락의 식생구조와 맹아지 동태, 한국환경생태학회지, 13(3), 280-287.
- 임동욱, 황인천, 정홍락, 2005, 보호종인 히어리의 자생지내외 보전과 지역사회 협력 모델 개발; 히어리 분포지 특성에 관한 연구, 한국환경생태학회지, 19(2), 162-176.
- 임동욱, 고갑천, 김철환, 이재석, 이현우, 장준명, 정홍락, 황인천, 2011, 히어리, 서울, 광일문화사.
- 장형태, 김남춘, 김무열, 권혜진, 송호경, 2008, 히어리 개체군의 식생과 토양특성, 한국환경생태학회지, 22(6), 609-615.
- 환경부, 2005, 멸종위기야생동식물 보고서, 환경부 보고서.
- 환경부, 2007, 보호종인 히어리의 자생지내외 보전과 지역사회 협력 모델 개발, 환경부보고서.
- 환경부, 국립환경과학원, 2008, 생태우수지역 발굴조사; 거금도 오천제 유역/백운산·광덕산, 환경부·국립환경과학원 보고서.
- 환경부, 2011, 제3차전국자연환경조사 2010년도 보고서, 환경부보고서.
- CBD, 2010, Strategic Plan 2011-2020; Aichi Biodiversity Targets, CBD report.
- Christopher J. L., J. B. Thomas and A. G. Paul, 2011, Prospects for Canada's protected areas in an era of rapid climate change. Land use policy, 28, 928-941.
- Conor, D. W., R. Dai and R. Neil, 2011, Applying species distribution modelling to identify areas of high conservation value for endangered species: A case study using *Margaritifera margaritifera* (L.), Biological conservation, 144(2), 821-829.
- Davis, F. W., C. Seo, and W. J. Zielinski, 2007, Regional variation in home-range-scale habitat models for fisher (*Martes pennanti*) in California, Ecological Applications, 17(8), 2195-2213.
- del Barrio, G., P. A. Harrison, P. M. Berry, N. Butt, M. E. Sanjuan, R. G. Pearson and T. P. Dawson, 2006, Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy, Environmental Science and Policy, 9(2), 129-147.
- Dormann, C. F., 2007, Promising the future? Global change projections of species distributions, Basic and applied ecology, 8(5), 387-397.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudik, Y. E. Chee and C. J. Yates, 2011, A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, Diversity and Distributions, 17(1), 43-57.
- Erika, L. R., E. D. Jennifer and J. G. Lisa, 2011, Approaches to evaluating climate change impacts on species; A guide to initiating the adaptation planning process, Environmental management, 47(3), 322-337.
- Franklin, J., 2009, Mapping species distributions spatial inference and prediction, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L., Albert, D.L., 2006, The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods, Ecography, 29(5), 773-785.
- Huntley, B., R. E. Green and Y. C. Collingham, 2004, The performance of models relating species geographical distributions

- to climate is independent of trophic level, *Ecology letters*, 7, 417-426.
- Lovejoy, T. E. and L. Hannah, 2005, *Climate change and biodiversity*, Michigan, Yale University Press.
- Mike, A., 2007, Species distribution models and ecological theory, A critical assessment and some possible new approaches, *Ecological modeling*, 200(1), 1-19.
- Miller, J. R., M. G. Turner, E. A. H. Smithwick, C. L. Dent and E. H. Stanley, 2004, Spatial Extrapolation: The Science of Predicting Ecological Patterns and Processes, *BioScience*, 54(4), 310-320.
- Peters, D. P. C., J. E. Herrick, D. L. Urban, R. H. Gardner and D. D. Breshears, 2004, Strategies for ecological extrapolation, *Oikos*, 106(3), 627-636.
- Pearson, R. G., T. P. Dawson, P. M. Berry, P. A. Harrison, 2002, SPECIES: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species, *Ecological modeling*, 154(3), 289-300.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire, 2006, Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190(3), 231-259.
- Phillips, S. J. and M. Dudik, 2008, Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation, *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Richard, G. P. and P. D. Terence, 2003, Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?, *Global ecology & Biogeography*, 12(5), 361-371.
- Seo, C., J. H., J. H., Thorne, L. Hannah and W. Thuiller, 2009, Scale effects in species distribution models: implications for conservation planning under climate change. *Biology letters*, 5, 39-43.
- Thorn, J. S., V. Nijman, D. Smith and K. A. I. Nekaris, 2009, Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (*Primates: Nycticebus*), *Diversity and Distributions*, 15(2), 289-298.
- Thuiller, W., 2003, BIOMOD: optimising predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change, *Global Change Biology*, 9(10), 1353-1362.
- Woodward, F. I. and B. G. Williams, 1987, Climate and plant distribution at global and local scale, *Vegetatio*, 69(3), 189-197.
- Yongyut, T., P. S. Rajendra, K. Roger, 2011, Plant species vulnerability to climate change in Thailand, *Applied Geography*, 31(3), 1106-1114.
- <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/35145/0>