

우도비를 활용한 제주도 중산간지역 오름의 자연·환경적 공간분포 특성 분석*

윤혜연** · 장동호***

Analysis of Spatial Distribution Characteristics in the Natural Environmental of Oreum Using the Likelihood Ratio at the Mid-mountain Area of Jeju Island*

Hye-Yeon Yoon** · Dong-Ho Jang***

요약 : 본 연구는 베이저안 확률 기반 우도비를 활용하여 제주도 중산간지역에 위치한 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 분석하였다. 우도비 결과, 사면향, 유효토심, 지질은 오름과의 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않았지만, 고도, 경사, 토양 배수, 임상, 토지피복 등은 높은 상관관계가 나타났다. 이를 바탕으로 중산간지역 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 도출한 결과, 중산간지역 오름은 대부분 고도 300~400m(33.8%)에 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 경사는 20~30°(48.3%), 사면향은 남-남동(26.8%)에 오름이 다수 분포하는 것으로 확인되었다. 또한, 오름의 토양 배수등급은 70.2%가 양호에 속하며, 유효토심은 50~100cm(66.0%)에 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 임상은 침엽수 인공림(27.8%)과 활엽수림(24.0%)에 오름이 가장 많이 분포하며, 지질은 제4기 조면현무암(Ⅲ)(43.6%)에 가장 많이 분포하고 있었다. 이밖에 오름의 토지피복은 산림지역과 초지가 각각 79.9%, 초지 19.1% 순으로 분포하고 있었다. 향후 산출된 우도비 결과 값은 GIS 공간통합 모델을 활용한 오름의 공간분포 특성 분석을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 중산간지역, 오름, 우도비, GIS, 베이저안 확률

Abstract : This study analyzed the natural environmental spatial distribution characteristics of Oreum, located in the mid-mountain area of Jeju Island by employing a likelihood ratio based on Bayesian probability. The result of the likelihood ratio did not display a clear correlation between the aspect, effective soil depth, geologic and Oreum. However, a high correlation was displayed with the elevation, slope, soil drainage, forest type, and land-cover. The result of ascertaining in the mid-mountain area based on thereon demonstrated that the greatest distribution is seen mostly at a elevation of 300-400m (33.8%). Eventually Oreum was highly distributed at the angle of 20-30° (48.3%) and with a South-Southeast direction (26.8%). Furthermore, the soil drainage level of Oreum was found to be well drained at 70.2% and the effective soil depth was highly distributed at 50-100cm (66.0%). In terms of forest type, the highest distribution of coniferous plantain (27.8%) and broad-leaved forest (24.0%) was seen in Oreum, and in terms of geological map was shown trachy-basalt (Ⅲ) of Quaternary (43.6%) is the highest distribution. Moreover, the land-cover of Oreum was highly distributed of forest areas (79.9%) and grass land (19.1%) individually. The likelihood ratio results to be calculated and would be used as basic data for analyzing the spatial distribution characteristics of Oreum using a GIS spatial integration model.

Key Words : Mid-mountain area, Oreum, Likelihood ratio, GIS, Bayesian probability

*이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5A2A03068730).

**공주대학교 지리학과 석사과정(Master Student, Department of Geography, Kongju National University, yhy0802@smail.kongju.ac.kr)

***공주대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Kongju National University, gisrs@kongju.ac.kr)

I. 서론

제주도는 지질학적 가치와 자연의 아름다움으로 인해 유네스코(UNESCO)에서 2002년 생물권보전지역, 2007년 세계자연유산, 2010년 세계지질공원 인증을 받은 지역이다. 또한, 제주도는 한국의 전체적인 인구감소 추세에도 불구하고, 관광업이 활성화되어 유입 인구가 급증하는 지역으로서 사회적으로 중요한 의미를 갖는다(최광용 등, 2016; 최광용, 2018). 제주도는 크게 해안지역과 중산간지역, 산간지역으로 구분된다. 그중 중산간지역은 자연환경 보전기능, 수원함양과 국토 보전기능, 지역사회와 전통문화의 유지기능 등의 공익적 기능을 지니고 있다. 또한, 급증하는 휴양과 레크레이션 등의 여가 및 환경 수요를 충족시키는 공급처의 역할을 한다(김태균, 1999). 그러나 제주의 지질명소가 대부분 관광지로 개발되면서 중산간지역과 해안지역의 난개발이 가속화되고 있는 실정이다. 이들 지역은 관광업이 발달하여 주로 경제적 가치 창출을 위한 인위적인 경관 변화가 크게 나타나는 지역이다(류형원 · 장동호, 2018).

제주에는 여러 화산지형이 다양하게 분포하여 많은 사람들에게서 ‘화산의 보고’라고 불린다. 가장 대표적인 화산지형은 오름이며, 한라산을 중심으로 하여 그 기슭에 360여 개가 분포한다(고계성, 2011). 오름이란, 제주 지역 내에 산재되어 있는 소화산체를 의미한다. 제주 오름의 대부분은 소규모 폭발식 분화인 스트롬볼리식 분화에 의해 방출된 스킨리아(Scoria)가 화구 주위에 쌓여 만들어진 스킨리아콘(Scoria cone)이 대부분이다(고지희 · 김태호, 2018). 이러한 스킨리아콘은 스트롬볼리식 분화가 일어나기 쉬운 내륙 지역에 주로 분포한다(제주도 편, 1997b). 이렇게 형성된 오름은 제주도민의 문화와 삶에도 다양한 영향을 미쳤는데, 오름은 제주 전통가옥 초가지붕의 띠(새)와 연료의 공급원으로, 농경지 및 과수원 등으로 활용되었다(김태윤, 2000). 종합적으로 오름은 인문적, 지형 · 지질적, 생태 · 환경적 가치 등을 지닌 지형자원이라 할 수 있다.

제주 오름은 전술한 바와 같이 다양한 가치를 지니고 있어, 관련 연구 또한 활발하게 진행되었다. 오름에 대한 연구는 주로 자연적 특성과 보전 및 관리방안 등에 대한 연구들이 대부분이었다. 그중, 오름의 자연적 특성에 관한 연구를 살펴보면, 김태호 · 안중기(2008)는 한라산의 어승생오름에서 수문관측을 실시하여 제주도 스코

리아콘 소유역의 유출 특성, 즉 오름 사면에서 일어나는 강우 유출 특성을 규명하였다. 또한, 강승일(2013)은 제주지역에 분포하는 분석구를 대상으로 화산성 암설구의 분포지와 그 특성을 밝히고 형성 프로세스를 고찰하였다. 이밖에 고종형(2016)은 세계자연유산지구인 제주 거문오름 일대를 자연림과 조림지, 능선 탐방로 지역과 분화구 탐방로 지역으로 나누어 각각의 토양특성을 파악하였다.

다음으로 오름의 보전 및 관리방안에 대한 연구로는 고성원(2007), 임동욱(2012), 기진석 등(2016)의 연구 등이 있었다. 고성원(2007)은 제주 오름의 물리적 · 경관적 훼손 실태를 조사 · 분석하여 그에 따른 관리 및 보전방안을 제시하였다. 임동욱(2012)은 제주시 인근에 분포하는 18개 오름에 대하여 생물종다양성조사를 통한 생태계 보전방안을 제시하고자 하였다. 기진석 등(2016)은 거문오름의 지질, 생태, 역사 · 문화적 가치와 그 의미를 파악하고, 보존적 측면과 활용적 측면의 적절한 균형을 통해 지속가능한 발전방안에 대하여 논의하고자 하였다.

한편, GIS 공간통합 모델을 활용하여 지형자원과의 상관관계를 도출한 연구 또한 국내 · 외적으로 활발히 진행되었다. 국내 연구로는 장용구 · 김상식(2006), 유재진(2015), 위눈술 · 장동호(2017) 등의 연구가 있었다. 그중, 장용구 · 김상식(2006)은 산지습지 분포 예측에 필요한 주제로로 경사도, 사면방향, 지질, 암상, 생태자연도 등을 선정하고, GIS 분석을 통해 습지분포 예측 알고리즘을 개발하였다. 또한, 유재진(2015)은 GIS 공간통합 모델 중 하나인 Weight of Evidence 기법을 활용하여 애추의 분포 가능성을 추출하였다. 이밖에 위눈술 · 장동호(2017)는 퍼지집합(Fuzzy set)과 베이저안 확률 기법(Bayesian probability)을 이용하여 암설사면지형의 분포 가능성을 추출하였다.

국외연구로는 Brenning and Tromboto(2006)와 Angillieri(2010), O'Neil *et al.*(2018) 등의 연구가 있었다. 그중 Brenning and Tromboto(2006)와 Angillieri(2010)는 GIS 공간통합 모델 중 하나인 로지스틱 회귀분석을 적용하여 안데스산지의 빙하와 암석빙하를 대상으로 분포 가능성을 추출하였다. 또한 O'Neil *et al.*(2018)은 GIS 공간통합 모델을 활용하여 산지습지의 분포 가능성을 예측하였다.

이밖에도 오름과 GIS 공간통합 모델에 관한 연구는 다양하게 진행되었다(Brenning *et al.*, 2007; 제주발전연구

원 편, 2016; 김태운·김홍구, 2017; 장동호·김찬수, 2018). 이상의 선행연구들을 종합하여 보면, 제주 오름에 관한 연구에서는 오름의 자연적 특성이나 보존 및 관리방안에 관한 연구가 대부분이었다. 또한, GIS 공간통합 모델을 활용하여 지형자원과의 상관관계를 도출한 연구는 산지습지나 빙하, 암설사면지형 등의 지형자원 분포 가능성 추출 연구가 대부분으로, 오름이라는 지형자원의 공간분포 특성을 분석한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 GIS 공간자료와 베이지안 확률 기반의 우도비(Likelihood ratio)를 활용하여 오름의 지형 공간분포 특성을 분석하고자 하였다. 산출된 우도비 결과는 향후 GIS 공간통합 모델을 활용한 오름의 공간분포 특성 분석을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 오름의 보존 및 관리방안을 체계적으로 수립하는데 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

II. 연구지역 및 연구방법

1. 연구지역

본 연구는 자연환경 보전기능, 수원함양 및 국토 보전기능, 지역사회·전통문화의 유지기능 등 공익적 기능을 지닌 제주 중산간지역에 위치한 오름의 공간분포 특성을 분석하고자 하였다. 연구지역은 제주특별자치도의 중산간지역이며, 이는 해발고도 200-600m의 지대를 의미한다(제주도 편, 1997a). 해당 연구지역의 지리적 좌표는 $126^{\circ}17'26''\text{E} \sim 126^{\circ}48'30''\text{E}$, $33^{\circ}15'53''\text{N} \sim 33^{\circ}29'23''\text{N}$ 에 해당한다(그림 1).

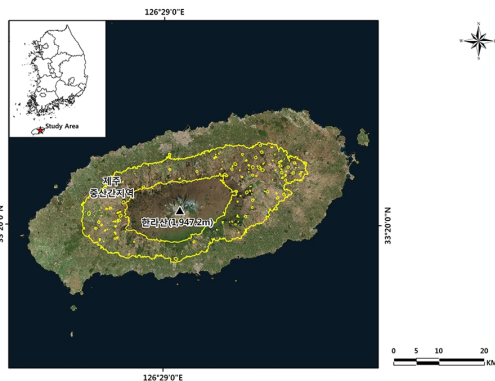


그림 1. 연구지역 위치도

제주 중산간지역의 면적은 58,896ha로, 도서를 제외한 제주도 전체 면적의 31.9%를 차지한다. 이 지역은 투수성이 좋은 토양으로 이루어져 있어 지하수를 함양하고, 자연경관이 수려하여 그 보존가치가 매우 높은 지역이다(김상명·김상찬, 2005). 연구지역에 위치한 오름의 면적은 1,362ha로, 중산간지역 면적의 2.3%를 차지한다. 오름의 대부분은 분화활동 이후의 원형을 거의 유지하고 있어 풍부한 생태환경이 형성되어 있으며, 제주 고유경관으로서의 그 가치가 매우 높다(김상범 등, 2007).

2. 연구방법

해당 연구에서는 제주 중산간지역 및 그 지역에 위치한 오름과 관련된 자연·환경적 특성들을 GIS를 활용하여 기초 공간자료를 구축하였으며, 오름의 위치정보를 획득하였다. 연구지역 내 오름의 위치정보는 수치지도 분석 및 항공사진 판독을 통해 정확한 위치를 파악하였다. 다음으로, 오름의 공간적 분포를 분석하기 위해 주요 자연·환경적 특성을 선정하였다. 본 연구에서 선정한 주요 자연·환경적 특성 주제도는 고도(digital elevation model, 이하 DEM)와 경사, 사면향, 토양 배수등급 및 유효토심, 임상, 지질, 토지피복 등 총 8개이다. 또한, 이들 8가지 특성을 바탕으로 우도비를 산출하여 오름의 공간분포 특성을 분석하고자 하였다.

우도비는 오름의 분포 위치와 공간정보 사이의 관계를 확률로 나타내는 방법이며, 베이지안 확률을 바탕으로 한다. 베이지안 확률은 일반적으로 초기 확률(a priori probability), 조건부 확률(conditional probability), 사후 확률(a posteriori probability) 등으로 표현된다(Bonham-Carter, 1994). 본 연구에서는 조건부 확률의 비로 표현되는 우도비를 사용하였다. 이러한 우도비는 어떤 사건이 특정한 속성에서 일어나지 않을 확률에 대한 일어날 확률의 비로, 정량적으로 그 차이를 부각시킨다는 장점이 있다(Chung and Fabbri, 1998). 우도비 값은 1을 기준으로 1보다 크면 오름과 자연·환경적 특성 사이에 관련성이 높다는 것이며, 1보다 작으면 오름과 자연·환경적 특성은 관련성이 적음 의미한다.

III. 오름의 공간자료 구축

제주 중산간지역에 위치한 오름의 위치정보는 앞서

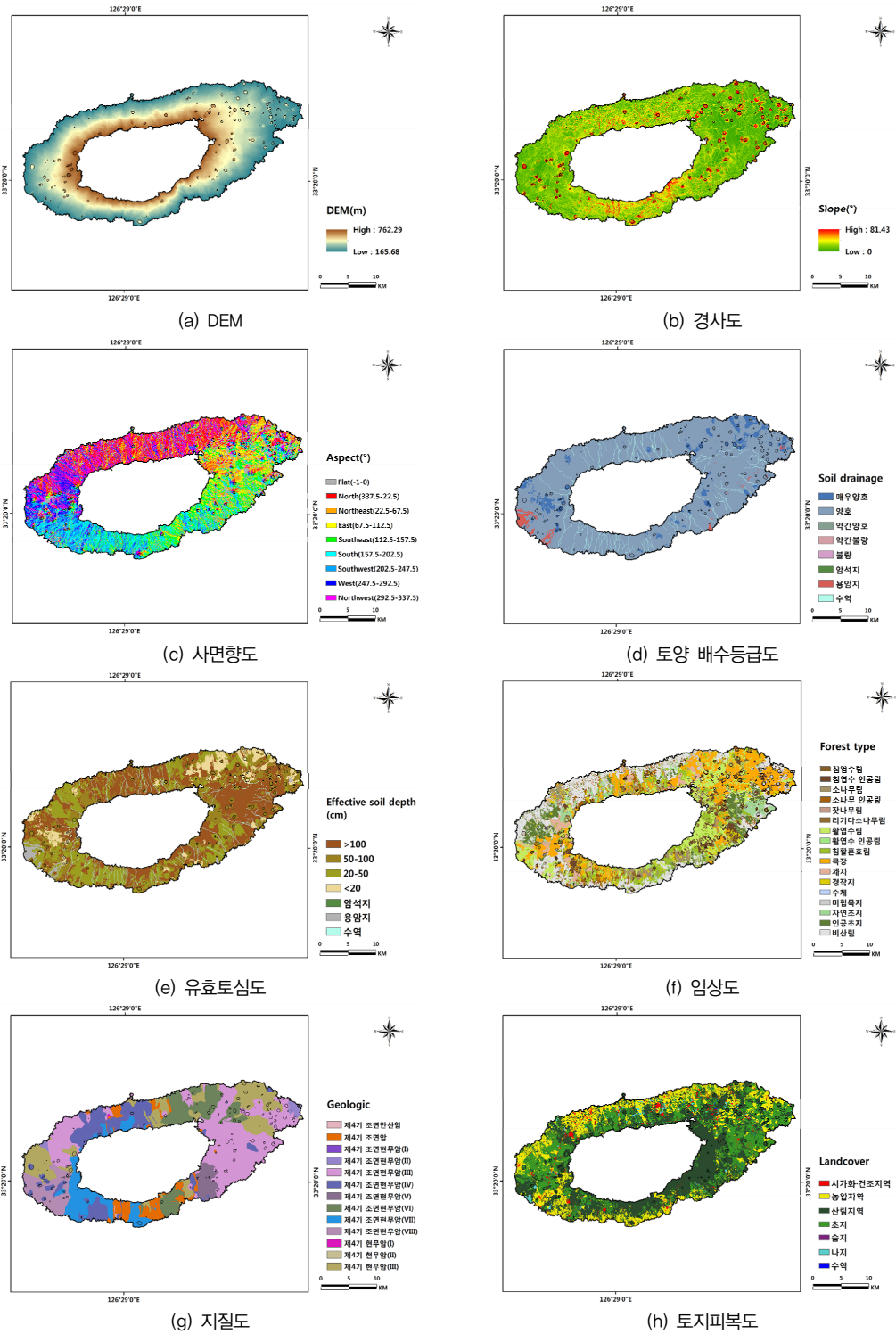


그림 2. 중산간지역 오름과 관련한 기초 공간자료

* (d) 국립농업과학원; (e) 국립농업과학원; (f) 국립산림과학원; (g) 한국지질자원연구원; (h) 환경부의 자료를 바탕으로 제작.

설명한 바와 같이 수치지도 분석 및 항공사진 판독을 통해 정확한 위치정보를 획득하였다. 수치지도 분석과 항공사진 판독을 통해 파악된 중산간지역 내 오름의 수는 135개로 나타났다. 본 연구에서는 오름의 위치정보를 벡터자료의 점(point)형태가 아닌 면(polygon)형태로 표현하였다(그림 1).

이에 본 연구에서는 제주 중산간지역에 위치한 오름의 공간분포 특성을 분석하기 위해, 관련 특성들을 GIS 기반의 기초 공간자료로 구축하였다. 즉, 연구지역에 위치한 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 갖는지 파악하기 위해 수집된 기초 공간자료 주제도는 수치표고모형(DEM), 경사도, 사면향도, 토양 배수등급도 및 유효토심도, 임상도, 지질도, 토지피복도 등이다(그림 2). 오름과 관련한 모든 특성들은 입력자료의 축척을 고려하여 공간 해상도 10m×10m 크기의 공간자료로 구축하였다. 연구지역에 해당하는 공간자료의 격자수는 행과 열이 5,002 pixel×2,616 pixel이며, 총 화소 수는 13,085,232개이다.

수치표고모형(DEM)은 지형이 갖는 고도 값을 수치화하여 지형의 형상을 표현하는 자료이며, 경사와 사면향, 지형의 기복변위 등을 나타내기 위한 기초자료로 활용된다(문상균, 2007). 본 연구에서는 1:25,000 수치지형도를 사용하여 10m의 해상도를 갖는 DEM을 구축하였다(그림 2의 (a)). 연구지역의 고도는 최저 165m부터 최고 762m까지 분포하며, 면적의 99% 이상이 대부분 고도 200-600m의 중산간 지역에 분포한다.

경사도는 수평면을 기준으로 지형면이 기울어진 정도를 각도로 표현한 것이며, 이 연구에서는 앞서 구축한 DEM을 활용하여 경사도를 제작하였다(그림 2의 (b)). 연구지역은 0°에서 약 81°의 경사를 가지며, 면적의 86% 이상이 대부분 0-10°의 경사에 해당하는 것으로 나타났다. 사면향도는 경사면이 향하는 수평의 방향을 표현한 것이며, 본 연구에서는 기 구축된 DEM을 활용하여 사면향도를 제작하였다(그림 2의 (c)).

토양 배수등급도는 토양에 포함되어 있는 물이 빠져 나가는 정도를 나타낸 것으로, 본 연구에서는 국립농업과학원에서 구축한 수치토양도를 활용하였다. 토양 배수등급은 매우양호, 양호, 약간양호, 약간불량, 불량, 매우불량의 6개 항목으로 구분되는데, 연구지역에서는 매우불량이 나타나지 않아 제외하였다. 또한, 암석지와 용암지, 수역을 따로 구분하여 총 8개 항목으로 재분류하였다(그림 2의 (d)). 연구지역의 토양 배수등급은 88%

이상이 대부분 배수가 양호한 것으로 확인되었으며, 용암지의 비중은 1.7% 정도인 것으로 나타났다.

유효토심도는 식물의 성장에 필요한 조건을 갖추고 있는 토층의 깊이를 표현한 것으로, 본 연구에서는 토양 배수등급도와 동일하게 국립농업과학원에서 구축한 수치토양도를 활용하였다. 유효토심은 100cm 이상(깊음), 50-100cm(보통), 20-50cm(얕음), 20cm 이하(매우얕음)의 4개 항목으로 구분된다. 하지만 암석지와 용암지, 수역이 위치한 지역은 항목에 포함되어 있지 않아 따로 추출하여 구분하였으며, 총 7개 항목으로 재분류하였다(그림 2의 (e)). 연구지역의 유효토심은 100cm 이상(43%), 20-50cm(25.3%), 50-100cm(18.2%) 순으로 높게 나타났다.

임상도는 국토의 산림이 어떻게 분포하고 있는가를 보여주는 대표적인 산림지도로, 임종 및 임상, 수종, 경급 및 영급 등 다양한 속성정보를 포함한다. 본 연구에서는 국립산림과학원에서 구축한 수치임상도를 활용하여 연구지역의 임상도를 제작하였다. 연구지역에 해당하는 임상은 15개 항목으로 구분되며, 자연초지와 인공초지를 따로 추출하여 총 17개 항목으로 재분류하였다(그림 2의 (f)). 연구지역의 임상은 비산림(18.8%), 목장(17.2%), 활엽수림(14.6%)순으로 나타났다.

지질도는 지표의 암상과 그 구조 등의 지질정보를 표현한 지도로, 본 연구에서는 한국지질자원연구원서 발행한 1:250,000 수치지질도를 활용하여 제작하였다. 연구지역에 해당하는 지질은 총 13개로, 제4기 조면현무암(III)(32.3%), 제4기 현무암(III)(16.8%), 제4기 조면현무암(IV)(13.3%) 순으로 나타났다(그림 2의 (g)).

토지피복도는 지표면의 피복상태를 표현한 지도로서, 환경부에서 구축한 중분류 토지피복도를 활용하여 제작하였다. 중분류 토지피복도는 총 23개의 지표정보를 포함하지만, 본 연구에서는 대분류 항목으로 재분류하여 7개의 항목으로 구분하였다(그림 2의 (h)). 연구지역의 토지피복은 산림지역(44%), 초지(29.3%), 농업지역(22.3%) 순으로 나타났다.

IV. 오름의 공간분포 특성 분석

1. 오름과 GIS 공간자료 간의 상관관계

본 연구는 제주 중산간지역에 위치한 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 분석하기 위해 오름과 자연·

환경 주제도 사이의 상관관계를 분석하여 우도비를 산출하였다. 먼저 상관관계 분석을 위해 구간이 정해지지 않은 연속형 주제도(고도, 경사도)의 항목을 구분하였다. 다음으로, 각 구간에 해당하는 오름의 픽셀 수, 우도비 값을 산출하여 정량적인 상관관계 분석을 실행하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

연속형 자료인 고도에서는 중산간지역의 해발고도 200-600m 구간을 세부적으로 분석하기 위해 50m 간격으로 나누었다. 그 외에 중산간지역의 해발고도에 해당하지 않는 165-200m 구간과 600m 이상 구간은 따로 간격을 두어 구분하지 않았다. 경사도의 경우, 연구지역의 최대 경사각이 81°이기 때문에 10° 간격으로 구분하였다.

먼저, 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 분석하기 위하여 고도(DEM)와의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 해발고도 300-350m와 350-400m에서 각각 19.2%, 14.6%로 가장 많은 분포를 보였다. 우도비는 600m 이상 구간에서 98.0으로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 다음으로 450-500m 및 300-350m 구간에서 각각 1.4로 산출되어 해당 구간에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 400-450m, 500-550m 구간의 우도비가 각각 1.3으로 나타났다(표 1). 이상의 결과를 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 해발고도 300-450m에서 오름의 약 48%가 분포하고 있는 것으로 확인되었으며, 우도비는 600m 이상 구간이 면적대비 오름의 빈도가 가장 높은 것으로 나타났다.

다음으로, 오름과 경사도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 20-30°, 10-20°, 0-10° 구간에서 각각 48.4%, 28.4%, 15.4%로 가장 많은 분포를 보였다. 우도비는 60-70°와 30-40° 구간에서 각각 42.3, 25.6으로 산출되어 해당 구간에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 20-30° 구간에서 우도비가 23.6으로 산출되었다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 0-30° 구간에서 오름의 92% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 반면에 우도비는 60-70° 구간에서 가장 높게 나타났다.

오름과 사면향도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 남과 남동, 북서에서 각각 14.1%, 12.7%, 12.3%로 가장 많은 분포를 보였다. 반면에 우도비는 서, 남서 및 동에서 각각 1.4, 1.3으로 산출되어 해당 구간에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 남, 남동, 북동에서 우도비가 1이상으로 산출되었다(표 1). 이상의 결과들을

종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 남과 남동, 북서, 북에서 오름의 51% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 반면에 우도비는 동에서 가장 높게 나타났다.

오름과 토양 배수등급도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 배수등급이 양호와 매우양호에서 각각 70.2%, 29.6%로 가장 많은 분포를 보였다. 우도비는 매우양호에서 4.4의 값이 산출되어 해당 항목에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 나머지 항목들의 우도비 값은 1보다 작기 때문에 낮은 분포율을 보이는 것으로 나타났다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 배수가 양호와 매우양호에서 오름 전체의 99% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 또한 우도비 역시 매우양호에서 가장 높게 나타났다.

오름과 유효토심도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 유효토심이 50-100cm와 20cm 이하 구간에서 각각 66.0%, 24.7%로 가장 많은 분포를 보였다. 우도비 또한 유효토심 50-100cm와 20cm 이하 구간에서 각각 3.9, 2.9로 산출되어 해당 구간에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 나머지 구간들의 우도비 값은 1보다 작기 때문에 낮은 분포율을 보이는 것으로 나타났다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 유효토심 50-100cm와 20cm 이하 구간에서 오름 전체의 90% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 우도비 또한 50-100cm와 20cm 이하 구간에서 다른 구간에 비해 높게 나타났다.

오름과 임상도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름에는 침엽수 인공림과 활엽수림, 미립목지가 각각 27.8%, 23.9%, 16.1%로 가장 많은 분포를 나타냈다. 우도비는 미립목지, 침엽수 인공림, 소나무 인공림에서 각각 6.8, 3.5, 3.1로 산출되어 해당 임상에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 활엽수림과 소나무림의 우도비가 1이상으로 산출된 것을 확인할 수 있다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 침엽수 인공림과 활엽수림, 미립목지에서 오름 전체의 67% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 우도비는 미립목지, 침엽수 인공림, 소나무 인공림이 다른 임상에 비해 높게 나타났다.

오름과 지질도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 제4기 조면현무암(Ⅲ)과 제4기 현무암(Ⅲ), 제4기 조면현무암(Ⅵ)이 각각 43.6%, 17.5%, 13.6%로 가장 많은 분포가 나타났다. 우도비는 제4기 조면현무암(Ⅱ)과 제4기

표 1. GIS 공간자료별 우도비 결과

Attribute	Class	No. of Pixel in Study area	No. of Pixel in Oreum	Likelihood ratio
Elevation (m)	165-200	35,643(0.6%)	467(0.3%)	0.56
	200-250	1,235,728(21.0%)	9,276(6.8%)	0.32
	250-300	1,025,580(17.4%)	16,312(12.0%)	0.68
	300-350	839,786(14.3%)	26,121(19.2%)	1.36
	350-400	773,964(13.1%)	19,820(14.6%)	1.11
	400-450	672,604(11.4%)	19,742(14.5%)	1.28
	450-500	508,531(8.6%)	16,093(11.8%)	1.38
	500-550	408,427(6.9%)	11,828(8.7%)	1.26
	550-600	377,235(6.4%)	8,029(5.9%)	0.92
	600~	12,142(0.2%)	8,484(6.2%)	97.99
Slope(°)	0-10	5,076,324(86.2%)	20,926(15.4%)	0.17
	10-20	598,778(10.2%)	38,655(28.4%)	2.92
	20-30	184,083(3.1%)	65,954(48.4%)	23.59
	30-40	27,464(0.5%)	10,368(7.6%)	25.62
	40-50	2,708(0.0%)	237(0.2%)	4.05
	50-60	273(0.0%)	23(0.0%)	3.89
	60-70	2(0.0%)	1(0.0%)	42.25
	70-80	3(0.0%)	3(0.0%)	0.00
	80~	5(0.0%)	5(0.0%)	0.00
Aspect(°)	Flat	745,109(12.7%)	4,881(3.6%)	0.28
	N	792,840(13.5%)	16,670(12.2%)	0.91
	NE	600,267(10.2%)	14,588(10.7%)	1.05
	E	541,466(9.2%)	15,651(11.5%)	1.26
	SE	712,053(12.1%)	17,349(12.7%)	1.06
	S	696,416(11.8%)	19,188(14.1%)	1.20
	SW	550,107(9.3%)	16,308(12.0%)	1.29
	W	476,845(8.1%)	14,769(10.8%)	1.35
	NW	774,537(13.2%)	16,768(12.3%)	0.93
Soil drainage	Excessively drained	425,909(7.2%)	40,353(29.6%)	4.42
	Well drained	5,186,083(88.1%)	95,604(70.2%)	0.79
	Moderately well drained	2,914(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Moderately poor drained	976(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Poor drained	102(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Rock outcrop	1,610(0.0%)	2(0.0%)	0.05
	Lava zone	100,131(1.7%)	197(0.1%)	0.08
	Waters	171,915(2.9%)	16(0.0%)	0.00
Effective soil depth(cm)	> 100	2,534,579(43.0%)	4,382(3.2%)	0.07
	50-100	1,072,301(18.2%)	89,933(66.0%)	3.87
	20-50	1,487,870(25.3%)	8,018(5.9%)	0.23
	< 20	521,234(8.9%)	33,624(24.7%)	2.91
	Rock outcrop	1,610(0.0%)	2(0.0%)	0.05
	Lava zone	100,131(1.7%)	197(0.1%)	0.08
	Waters	171,915(2.9%)	16(0.0%)	0.00
Forest type	Pinus densiflora	395,870(6.7%)	9,259(6.8%)	1.01
	Farmland	192,644(3.3%)	342(0.3%)	0.08
	Pinus densiflora plantaion	267,155(4.5%)	18,434(13.5%)	3.13
	Broad-leaved forest	862,806(14.6%)	32,569(23.9%)	1.66
	Mixed forest of soft and hardwood	507,706(8.6%)	6,394(4.7%)	0.54
	Coniferous plantaion	501,317(8.5%)	37,832(27.8%)	3.45
	Non-forest land	217,968(3.7%)	1,337(1.0%)	0.26

표 1. GIS 공간자료별 우도비 결과(계속)

Attribute	Class	No. of Pixel in Study area	No. of Pixel in Oreum	Likelihood ratio
Forest type	Unstocked land	158,287(2.7%)	21,862(16.1%)	6.77
	Non-forest	1,107,400(18.8%)	1,579(1.2%)	0.06
	Pasture	1,014,577(17.2%)	5,767(4.2%)	0.24
	Pinus rigida	14,590(0.2%)	1(0.0%)	0.00
	Broad-leaved plantation	30,758(0.5%)	135(0.1%)	0.19
	Coniferous forest	0(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Waters	282(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Pinus koraiensis	142(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Natural grassland	203,828(3.5%)	442(0.3%)	0.09
Geoloic	Artificial grassland	414,310(7.0%)	219(0.2%)	0.02
	Trachy-andesite of Quaternary	3,593(0.1%)	0(0.0%)	0.00
	Trachyte of Quaternary	362,886(6.2%)	435(0.3%)	0.05
	Trachy-basalt (I) of Quaternary	2,350(0.0%)	0(0.0%)	0.00
	Trachy-basalt (II) of Quaternary	63,634(1.1%)	2,193(1.6%)	1.51
	Trachy-basalt (III) of Quaternary	1,902,862(32.3%)	59,355(43.6%)	1.36
	Trachy-basalt (IV) of Quaternary	784,763(13.3%)	17,279(12.7%)	0.95
	Trachy-basalt (V) of Quaternary	189,429(3.2%)	1,352(1.0%)	0.30
	Trachy-basalt (VI) of Quaternary	651,870(11.1%)	18,577(13.6%)	1.24
	Trachy-basalt (VII) of Quaternary	557,479(9.5%)	5,584(4.1%)	0.43
	Trachy-basalt (VIII) of Quaternary	372,993(6.3%)	7,473(5.5%)	0.00
	Basalt (I) of Quaternary	2,450(0.0%)	0(0.0%)	0.00
Landcover	Basalt (II) of Quaternary	5,507(0.1%)	145(0.1%)	1.14
	Basalt (III) of Quaternary	989,824(16.8%)	23,779(17.5%)	1.04
	Built-up area	173,814(3.0%)	0(0.0%)	0.00
	Agricultural area	1,311,952(22.3%)	1,064(0.8%)	0.03
	Forest area	2,590,854(44.0%)	108,736(79.9%)	1.85
	Grass land	1,724,899(29.3%)	26,019(19.1%)	0.65
	Wetland	398(0.0%)	53(0.0%)	6.49
	Bare land	77,386(1.3%)	300(0.2%)	0.16
	Waters	10,337(0.2%)	0(0.0%)	0.00

조면현무암(III)에서 각각 1.5, 1.4로 산출되어 해당 암상에서 면적 대비 높은 분포율을 보였다. 이밖에 제4기 조면현무암(VI), 제4기 현무암(II), 제4기 현무암(III)의 우도비가 1이상으로 산출된 것을 확인할 수 있다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 제4기 조면현무암(III)과 제4기 현무암(III), 제4기 조면현무암(VI)에서 오름의 74% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 우도비 역시 제4기 조면현무암(II)이 다른 암상에 비해 높게 나타났다.

오름과 토지피복도 간의 상관관계를 분석한 결과, 오름은 산림지역과 초지가 각각 79.9%, 19.1%로 가장 많은 분포가 나타났다. 우도비는 습지에서 6.5의 값이 산출되어 해당 토지피복 항목에서 면적 대비 높은 분포율을 보

였다. 이밖에 산림지역의 우도비는 1이상으로 산출되었다(표 1). 이상의 결과들을 종합해보면, 제주 중산간지역에서 오름은 산림지역에서 오름 전체의 79% 이상이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 반면에 우도비는 습지가 다른 토지피복 항목에 비해 높게 나타났다.

이상의 오름과 자연·환경 주제도와의 상관성을 분포 비율 및 우도비를 통해 분석한 결과, 구축한 주제도 중에서 DEM과 경사도, 토양 배수등급도, 임상도, 토지피복도 등 5개 주제도는 각 구간 및 항목에 따른 차이가 커서 오름과의 상관성이 높게 나타났다. 따라서, 향후 GIS 공간통합 모델을 이용한 오름의 공간분포 특성 분석에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 반면에, 사면향도, 유효토심도, 지질도 등 3개 주제도는 각 구간 및 항목에

따른 차이가 크지 않아서 오름과의 상관성 역시 높지 않았다. 따라서 이러한 주제도들은 GIS 공간통합 모델을 이용한 오름의 공간분포 특성 분석을 위한 기초자료로 활용하기에는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

2. 오름의 공간분포 특성

제주 중산간지역에 위치한 오름과 GIS 공간자료 간의 우도비 값을 산출한 결과, 제주 중산간지역의 오름은 대부분 해발고도 300-350m(19.2%)와 350-400m(14.6%), 400-450m(14.5%)에 많이 분포하는 것으로 나타났다. 경사는 20-30°(48.3%), 10-20°(28.4%), 0-10°(15.4%) 순으로, 사면향은 남(14.1%), 남동(12.7%), 북서(12.3%) 순으로 오름이 분포하는 것으로 확인되었다. 또한, 제주 중산간지역 오름의 토양 배수등급은 70.2%가 양호에 해당하며, 29.6%가 매우양호에 속하며, 유효토심에서는 50-100cm(66.0%), 20cm 이하(24.7%), 20-50cm(5.9%) 순으로 많이 분포하는 것으로 나타났다. 임상에서는 침엽수 인공림이 27.8%, 활엽수림 24.0%, 미림목지 16.1% 순으로 오름이 분포하고 있었으며, 지질에서는 제4기 조면현무암(Ⅲ)과 제4기 현무암(Ⅲ), 제4기 조면현무암(Ⅵ)이 각각 43.6%, 17.5%, 13.6% 순으로 오름이 분포하고 있음을 확인하였다. 이밖에 제주 중산간지역 오름의 토지피복은 산림지역이 79.9%, 초지 19.1% 순으로 분포하고 있는 것으로 나타났다.

중산간지역 오름의 공간분포와 높은 관련이 있는 것으로 나타난 GIS 공간주제도는 고도와 경사도, 토양 배수등급도, 임상도, 토지피복도 등이다. 이를 바탕으로 제주 중산간지역의 오름이 전술한 바와 같은 공간분포 특성이 나타난 요인을 파악할 수 있었다. 우선 고도별 분포 특성은 오름의 대부분이 스코리아콘으로 이루어져 있으며, 스코리아콘은 중산간지역과 같이 스트롬볼리식 분화가 일어나기 쉬운 지역에 주로 분포하기 때문이다. 경사별 분포는 오름이 형성될 당시, 경사면의 안식각이 보통 30° 정도지만 오랜 시간 침식으로 인해 경사면이 완만해져 주로 0-30°의 경사를 갖는 것으로 판단된다. 또한, 토양 배수등급별 분포는 제주 지역이 대부분 현무암질 기반암으로 이루어져 있기 때문에, 배수등급이 양호 및 매우양호의 특성을 띠는 것이다. 임상별 분포는 중산간지역에서 난개발로 훼손된 지역의 복원을 위한 조림 사업이 진행되어, 침엽수 인공림이 많이 분포하는 것으

로 판단된다. 마지막으로, 중산간지역 오름의 토지피복별 분포에서 산림지역과 초지가 주로 나타나는 이유는 중산간지역 일대에 목분류 및 초분류가 혼재된 곳자랄이 넓게 분포하기 때문이라고 판단된다.

V. 결론 및 고찰

오름은 제주 고유의 지형자원이며, 인문적·생태적·지형적·환경적 가치 등을 지닌 자연자산이기 때문에 그 의미가 중요하다. 최근 체험관광 등의 대안관광에 대한 사람들의 관심이 증가하면서, 많은 관광객이 방문하게 되어 오름의 훼손이 심화되고 있다. 훼손된 오름은 오름 자체의 지형·지질적인 특성으로 인해 복원이 불가능한 경우도 있다. 따라서 훼손된 오름을 위한 보전 및 관리방안을 체계적으로 수립해야 하며, 이를 위해서는 오름이 분포하는 자연·환경적 공간특성을 분석한 기초 연구가 필요하다.

본 연구에서는 제주 중산간지역에 위치한 오름의 공간분포 특성을 분석하기 위해, 베이지안 확률 기반의 우도비 값을 산출하여 오름과 자연·환경적 특성 사이의 상관관계를 분석하였다. 연구결과, 중산간지역 오름은 사면향도와 유효토심도, 지질도를 제외한 DEM과 경사도, 토양 배수등급도, 임상도, 토지피복도 등과의 상관관계가 높게 나타났다.

종합적으로 살펴보면, 제주 중산간지역의 오름은 해발고도 300-350m(19.2%)와 350-400m(14.6%) 등에 분포하며, 경사는 대부분 20-30°(48.3%), 10-20°(28.4%)에, 사면향은 남(14.1%), 남동(12.7%), 북서(12.3%)에 분포하는 것으로 확인되었다. 또한, 제주 중산간지역 오름의 토양 배수등급은 대부분 양호(70.2%)이며, 유효토심은 50-100cm(66.0%), 20cm 이하(24.7%) 구간에 많이 분포하는 것으로 나타났다. 임상에서는 대부분 침엽수 인공림(27.8%)과 활엽수림(24.0%), 미림목지(16.1%)에 오름이 분포하고 있었으며, 지질에서는 제4기 조면현무암(Ⅲ)(43.6%)과 제4기 현무암(Ⅲ)(17.5%)에 오름이 분포하고 있음을 확인하였다. 이밖에 제주 중산간지역 오름은 대부분 토지피복이 산림지역(79.9%)인 곳에 분포하고 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 중산간지역 오름의 공간분포 특성이 나타나는 이유는 첫째, 오름의 대부분이 스코리아콘으로 이

루어져 있으며, 스코리아콘은 중산간지역과 같이 스트롬볼리식 분화가 일어나기 쉬운 지역에 주로 분포하기 때문이다. 둘째, 오름이 형성될 당시, 경사면의 안식각이 보통 30° 정도지만 오랜 시간 침식으로 인해 완만한 경사면을 갖는 것으로 판단된다. 셋째, 제주 지역이 대부분 현무암질 기반암으로 이루어져 있기 때문이다. 넷째, 중산간지역에서 난개발로 훼손된 지역의 복원을 위한 조림사업이 진행되었기 때문이라고 판단된다. 마지막으로, 중산간지역은 그 일대에 목본류 및 초본류가 혼재된 곳자왓이 넓게 분포하기 때문이라고 판단된다.

이상의 오름의 분포와 자연·환경적 특성 사이에서 산출된 우도비 결과에서 오름의 자연지리학적 입지특성 및 관련 특성 사이의 상관관계가 도출되었다. 그 결과, 제주 중산간지역에 위치한 오름의 자연·환경적 공간분포 특성을 파악할 수 있었다. 추후에 오름과 관련한 자연·환경적 특성을 다양하게 선정하여 기초 공간자료를 구축한다면, 오름의 공간분포 특성을 좀 더 세부적으로 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 산출된 우도비 결과 값은 향후 GIS 공간통합 모델을 활용하여 오름의 공간분포 특성을 분석하기 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 강승일, 2013, “제주도 화산성 암설구의 분포 및 유형,” 제주대학교 석사학위논문.
- 고계성, 2011, “지속가능한 관광자원화를 위한 제주 오름의 개발 방향에 관한 연구,” 관광연구저널, 25(3), 41-55.
- 고성원, 2007, “제주도 오름의 훼손 실태에 따른 관리보전 방안 연구,” 제주대학교 석사학위논문.
- 고종형, 2016, “세계자연유산지구 제주도 거문오름 일대의 토양특성 비교,” 제주대학교 석사학위논문.
- 고지희·김태호, 2018, “한라산 국립공원의 가치, 자연, 문화 자원을 활용한 영실 탐방로 환경 해설프로그램 설계,” 한국지리학회지, 7(3), 289-302.
- 기진석·전용문·류춘길·김상수, 2016, “제주도 세계지질공원 대표명소 후보지로서 거문오름의 가치와 의미,” 지질학회지, 52(5), 763-774.
- 김상명·김상찬, 2005, “제주도 중산간지역 난개발 방지를 위한 도민의식조사 연구,” 법학연구, 18, 73-104.
- 김상범·심우경·노재현, 2007, “「오름」의 형태와 시각량 분석을 통한 경관선호성 평가,” 한국조경학회지, 35(1), 48-58.
- 김태균, 1999, “한국의 중산간지역에 대한 연구동향과 과제,” 경산논집, 27(1), 39-51.
- 김태운, 2000, “제주 오름의 합리적 보전 및 관리 방안 연구,” 제주발전연구, 4, 1-30.
- 김태운·김홍구, 2017, 「오름 자율탐방관리시스템 개발 및 운영방안 연구」, 제주: 제주연구원.
- 김태호·안중기, 2008, “제주도 스코리아콘의 유출 특성: 어승생오름 소유역을 사례로,” 한국지형학회지, 15(2), 55-65.
- 류형원·장동호, 2018, “다중시기 위성영상을 이용한 제주도 중산간지역의 토지피복 변화 탐지,” 한국사진지리학회지, 28(3), 89-100.
- 문상균, 2007, “GIS를 이용한 산지습지 분포 가능지역 추출 방안에 관한 연구,” 인천대학교 석사학위논문.
- 위논술·장동호, 2017, “퍼지집합과 베이저안 확률 기법을 이용한 암설사면지형 분포지역 추출에 관한 연구,” 한국지형학회지, 24(3), 105-118.
- 유재진, 2015, “공간분석 통계기법을 이용한 애추 분포지역 추출에 관한 연구: Weight of evidence 기법을 중심으로,” 공주대학교 석사학위논문.
- 임동욱, 2012, “제주시 일대 오름의 식물다양성과 보전방안,” 한국환경생태학회지, 26(5), 635-653.
- 장동호·김찬수, 2018, “GIS 기반 우도비를 이용한 호남지역 암괴류와 애추지형의 분포 특성 분석,” 한국지형학회지, 25(2), 1-14.
- 장용구·김상석, 2006, “E-GIS 기반의 습지분포 및 규모예측,” 대한토목학회논문집 D, 26(6), 1011-1017.
- 제주도 편, 1997a, 「제주도 중산간지역 종합조사 보고서」.
- 제주도 편, 1997b, 「제주의 오름」.
- 제주발전연구원 편, 2016, 「제주특별자치도 오름종합계획」, 제주: 제주특별자치도.
- 최광용, 2018, “제주도 지역 체감온도의 사공간적 분포 특성과 장기간 변화 경향,” 한국지리학회지, 7(1), 29-41.
- 최광용·박혜정·허택산, 2016, “제주 지역 주민 경제 활동을 위한 수요자 맞춤형 기상·기후 정보 서비스 발굴,” 한국지리학회지, 5(2), 107-119.
- Angillieri, M.Y.E., 2010, Application of frequency ratio and logistic regression to active rock glacier occurrence in the Andes of San Juan, Argentina,

- Geomorphology*, 114(3), 396-405.
- Bonham-Carter, G.F., 1994, *Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS*, Oxford: Pergamon Press.
- Brenning, A., Grasser, M., and Friend, D.A., 2007, Statistical estimation and generalized additive modeling of rock glacier distribution in the San Juan Mountains, Colorado, United States, *Journal of Geophysical Research*, 112, 1-10.
- Brenning, A. and Trombotto, D., 2006, Logistic regression modeling of rock glacier and glacier distribution: Topographic and climatic controls in the semi-arid Andes, *Geomorphology*, 81(1-2), 141-154.
- Chung, F.C. and Fabbri, A.G., 1998, Three Bayesian prediction models for landslide hazard, *Proceeding of International Association for Mathematical Geology (IAMG '98)*, 204-211.
- O'Neil, G.L., Goodall, J.L., and Watson, L.T., 2018, Evaluating the potential for site-specific modification of LiDAR DEM derivatives to improve environmental planning-scale wetland identification using Random Forest classification, *Journal of Hydrology*, 559, 192-208.
- 국립농업과학원, <http://www.naas.go.kr>
- 국립산림과학원, <http://www.forest.go.kr>
- 한국지질자원연구원, <https://www.kigam.re.kr>
- 환경부, <http://me.go.kr>
- 교신 : 장동호, 32588, 충청남도 공주시 공주대학로 56, 공주대학교 인문사회과학대학 지리학과(이메일: gisrs@kongju.ac.kr)
- Correspondence : Dong-Ho Jang, 32588, 56 Gongju-daehak-ro, Gongju-si, Chungcheongnam-do, Korea, Department of Geography, College of Humanities and Social Sciences, Kongju National University (Email: gisrs@kongju.ac.kr)

투 고 일: 2019년 7월 10일

심사완료일: 2019년 7월 24일

투고확정일: 2019년 7월 31일

