

백두대간 관리범위 설정에 관한 연구 : 유역확장방식에 의한 접근

권태호^{1*} · 최송현² · 유기준³

Establishing the Managerial Boundary of the Baekdu-daegan : An Approach by Watershed Expanding Process

Taeho KWON¹ · Song-Hyun CHOI² · Ki-Joon YOO³

요 약

백두대간은 국토의 근간이자 주요 생태축으로서 최근 각종 개발요구에 적절히 대응하기 위한 보전적 전략 수립과 함께 체계적인 관리가 요구되고 있다. 이를 위해서는 관리대상을 공간적으로 명확하게 설정하는 일이 선행되어야 한다. 이 연구는 백두대간의 관리구역을 합리적으로 설정하기 위한 제안적 시도로서, 마루금으로부터 적절한 관리범위를 설정함에 있어 수계 및 유역 개념에서 접근하면서 현실적인 인간 간섭의 영향정도를 감안하고자 하였다. 따라서 지형특성이 다양한 사례 지역을 대상으로 수치지도 및 Landsat TM 영상을 활용하여 수계 및 유역 분석, 도로망 분석, 토지이용 분석을 실시하였다. 분석 결과를 바탕으로 유역확장방식에 의해 마루금으로부터 관리범위를 확장해나가면서 도로율과 토지이용상태의 변화를 추적함으로써 관리범위의 한계를 탐색하였다. 유역확장방식은 백두대간의 관리범위 설정 기법으로 효율적이었으며, 사례지역의 관리범위는 4차 확장유역까지가 적절한 것으로 나타났다.

주요어: 백두대간, 수계분석, 유역분석, 유역확장방식, 도로율, 토지이용

ABSTRACT

In recent years, synthetic and systematic management with conservation-oriented strategy for Baekdu-daegan, which is the greatest chine as well as the major ecological axis of the Korean Peninsula, is being required to cope adequately with the various kinds of developmental urge. For this, spatially definite zoning for the managerial area on Baekdu-daegan has to be completed first. This study is to take into consideration the traditional concepts of stream and watershed as well as the actual disturbance on Daegan area, and to propose the process for reasonably establishing the

2002년 11월 18일 접수 Received on November 18, 2002 / 2002년 12월 20일 심사완료 Accepted on December 20, 2002

¹ 대구대학교 생명환경학부 Division of Life and Environmental Science, Daegu University

² 밀양대학교 조경학과 Department of Landscape Architecture, Miryang National University

³ 상지대학교 관광학부 Division of Tourism, Sangji University

* 연락처 E-mail: foren95@daegu.ac.kr

managerial boundary adjacent to the Ridges. The case site with topographically diverse characteristics was selected, and the analyses on watershed, road network and land use were carried out using the digital maps and Landsat TM images. Based on these analyses results, the managerial boundaries as alternatives from the Ridges were produced by watershed expansion process, and used for tracing the changes of road occupancy rate and the areal ratio of various land use types to the relevant watersheds to search out the adequate managerial boundary. The results show that watershed expansion process could be effective tool for establishing the managerial boundary, and the fourth expanded watershed would be included for the adequate managerial boundary of the case site.

KEYWORDS: *Baekdu-daegan, Baekdu Great Mountains Chain, Stream Network Analysis, Watershed Analysis, Watershed Expansion Process, Road Occupancy Rate, Land Use*

서 론

백두대간은 이제 국민 일반에게 국토의 근간을 상징하는 보편화된 용어로 사용되고 있으며, 정부 내 여러 관련부처의 정책적 관심공간으로서 주목되고 있다. 백두대간의 개념은 고려 초기인 10세기 초반에 형성된 것으로 추정되나, 18세기 말 우리나라 산줄기를 계통화하여 표로 나타낸 '산경표'(1770년경)를 통해 볼 때 이 시기에 이미 정립되어 사용되었던 것으로 보인다(양보경, 1997). 백두대간은 백두산 병사봉(2,744m)으로부터 지리산 천왕봉(1,915m)까지 한반도의 남북이 단절없이 이어진 하나의 산줄기이자 큰 분수령으로 도상 길이는 약 1,400km에 달하며, 남한의 경우 강원도 향로봉까지의 약 670km가 해당된다.

전반적으로 백두대간 지역은 높고 험준한 지형조건으로 인해 일반의 접근과 이용이 쉽지 않아 자연환경이 상대적으로 잘 보존되어 왔으나, 점차 교통 및 개발여건이 개선되고 농림업, 광업은 물론 관광분야에 이르기까지 각종 잠재 자원에 대한 개발요구가 증가하면서 보전과 이용의 갈등이 심화되고 있다. 이에 따라 1994년부터 녹색연합 등 환경단체들을 중심으로 자연생태계의 보전이란 관점에서 국토의 생태축으로서 백두대간의 중요성에 대한 관심을 촉구하

면서 새롭게 조명되기 시작하였다.

백두대간을 대상으로 한 그동안의 연구와 논의를 통해 확인되는 것은 백두대간은 지형적, 역사 지리적, 생태학적 측면에서 중요한 의미를 가지며, 종합적인 관리가 필요하다는 점에는 별다른 이견이 없으나, 관리대상의 설정과 관리방법에 대한 체계적인 접근이 필요하다는 사실이다. 백두대간의 체계적 관리를 위해서는 무엇보다도 관리의 대상이 명확하게 존재해야 하며, 그 대상은 현장조사가 동반된 과학적인 방법에 의해 자료가 수집되고 평가되어야 한다. 특히 백두대간이 현실적으로는 산줄기를 잇는 마루금의 연결선을 기준으로 한 그 일대를 지칭하고 있으나, 아직은 공간적인 실체를 뚜렷하게 표현하기 어려운 선적 개념에 머물러 있다는 현실이 국토관리 차원에서 중요한 백두대간 일대의 관리정책 구현을 위한 법제도화의 난관으로 작용하고 있어, 공간개념의 체계적인 정립을 위한 합리적이고 다양한 연구를 통한 접근이 요구되고 있다(산림청과 한국환경생태학회, 2001).

이 연구는 백두대간의 관리구역을 구획하는 방안에 관한 제안적 시도로서, 백두대간이 국토의 근간이고 생태축이며 대분수령이라는 인식에서 관리범위를 수계와 유역의 개념에서 접근할 필요가 있다는 점에 착안하였다. 또한

백두대간의 관리구역 구획은 백두대간이 지닌 자연성에 대한 보전적 전략을 마련하고자 함이라는 점에서 이미 자연성에 현실적으로 영향을 미치고 있는 제한인자를 고려하였다. 관리범위 설정을 위한 지표인자로 여러 측면이 고려될 수 있으나(산림청과 한국환경생태학회, 2001) 이러한 과정들은 많은 시간과 경비가 소요된다는 점에서 실용성과 작업의 용이성에 비중을 두었다. 따라서 이 연구에서는 우선 백두대간 상에서 지형특성이 비교적 다양한 구간을 대상지로 선정하고, 대상지역의 수치지도 및 Landsat TM 영상을 활용하여 백두대간의 마루금을 중심으로 인접한 유역을 단계적으로 확장해나가는 방식으로 관리범위를 넓혀가면서 동시에 마루금 주변의 토지이용상태와 도로율 등 인간 간섭에 노출된 정도의 변화를 추적하여 관리범위의 한계를 설정하는데 이용하였다.

관련 연구 동향

백두대간에 대한 학술적인 접근은 정부에서 먼저 주도한 것이라 할 수 있다. 백두대간이 주요한 산림생태계이자 국유림의 비중이 큰 공간이라는 점에서 정부 차원에서는 최초로 산림청이 백두대간 산림생태계의 관리를 위한 주도적 역할을 인식하면서 1995년부터 학계와 함께 전문가회의를 개최하고, 백두대간 관련문헌집 발간, 인식체계의 정립, 실태조사, 보전 및 관리전략의 마련 등(산림청, 1996; 2001; 산림청과 대한지리학회, 1997; 산림청과 녹색연합, 1999; 산림청과 한국환경생태학회, 2001)의 연구를 단계적으로 수행해 왔다. 이후 환경부도 전국 그린네트워크화 사업에서 백두대간 마루금의 좌우 각 700m 범위를 생태축으로 잠정 지정하여 각종 개발로부터 보호하고자 하였으며, 백두대간에 대한 인식 확산과 산림생태계 현황 파악을 위한 백두대간 환경대담사(환경부와 녹색연합, 1998)를 실시하였

고, 국토연구원(2001; 2002)을 통해 백두대간의 효율적 관리방안 도출을 위한 관리범위 설정과 관리방안 수립 등을 진행 중이다. 지역적 경우, 백두대간이 남북을 가로지르면서 통과하는 강원도가 백두대간 종합관리계획(강원도, 1999)을 수립한 바 있다.

최근 들어 백두대간의 관리범위 설정과 관련하여 산림청과 한국환경생태학회(2001)가 지구체계(zoning system)와 휴양기회범위(recreation opportunity spectrum)를 통해 이론적으로 고찰하면서, 생태, 물리, 인문적 환경을 접근 과정으로 하여 잠재적 지표인자를 구성하고 관리범위 설정모형을 작성한 바 있으며, 임업연구원(2001)은 백두대간을 우리나라 생태계의 골격으로 판단하고, 산계, 수계, 해안을 일체로 하여 접근하였으며, 그 결과 백두대간을 마루금에서 영역으로, 그리고 수계와 산계의 결합체로, 아울러 자연인문지리를 포함하도록 3차 계류유역 안을 제시하였다. 국토연구원(2002)은 관리구역을 ‘핵심’, ‘완충’, ‘전이’ 개념으로 구분을 시도하고 특히 핵심구역의 경우 관리범위를 300m로 하는 방안을 제시하면서 백두대간의 속성상 수많은 환경적 특성이 나타날 수 있음을 명시하였다. 이러한 선행연구들은 백두대간의 효율적인 관리를 위해 영역적 접근을 시도한 측면에서 유사성은 있으나, 백두대간의 전통지리인식체계의 수용이나 관리범위 설정방법의 합리적, 과학적 근거 제시 등이 다소 미약한 부분이 나타나고 있다.

연구범위 및 방법

1. 연구의 범위

백두대간에 대한 관리범위의 효율적인 설정방법을 모색하기 위해, 백두대간의 마루금이 통과하는 지리산국립공원 내 만복대 지역으로부터 전라북도 함양군 아영면과 번암면 경계 지역인 복성이재 지역까지를 포함하는 구간을 사례대상지로 선정하였다(그림 1).



FIGURE 1. Location map of the study area

대상구간 내 백두대간 마루금의 지도상 거리는 약 47.5km에 이르며, 마루금을 따라 만복대(1,433m), 정령치(1,172m), 고리봉(1,305m), 수정봉(805m), 여원재(470m), 고남산(846m), 사치재(499m), 시리봉(777m), 북성이재(550m) 등의 산봉, 계곡 및 고개를 가진 산악지형이면서도 타 지역과는 달리 지형적으로 기복이 별로 없는 소위 비산비야(非山非野)형이 혼재된 지역으로 백두대간에서 나타나는 다양한 지형 유형을 대표할 수 있는 전형적인 구간이다.

대상지역은 지리산국립공원에 인접하여 있으나, 국도 24번 및 88고속도로가 관통하고 있으며, 임도와 연결된 새맥이재나 북성이재 등으로 포장, 비포장 도로가 통과하고 있거나, 농경지와 취락 등이 상당히 인접하여 분포하는 등 산림생태계의 단절 및 교란이 다소 나타나는 지역이라 할 수 있다.

2. 연구과정 및 방법

사례지역을 대상으로 하여 백두대간의 마루금을 중심으로 유의한 관리범위를 알아보기

위하여 1:25,000(반암, 남원, 운봉, 연파, 덕동) 지형도 및 수치지도와 Landsat TM 위성영상(2000년 6월 1일 촬영)을 활용하였으며, 분석 작업은 AutoCAD 2002, ArcGIS 8.0 및 NT ERDAS Imagine 8.5 등에 의해 수행하였다.

연구의 전체적인 흐름은 크게 3단계 분석 작업을 거쳐 종합, 평가하는 과정으로 이루어졌다(그림 2). 먼저 수치지도를 이용한 수계 및 유역분석을 실시하고 마루금으로부터 유역을 단계적으로 확장한 각각의 결과를 다음 절차를 위한 대안적 성격의 경계 레이어(boundary layers)로 삼았다. 이 경계 레이어들을 수치지도로부터 추출한 도로망도(road map)와 중첩시키면서 유역확장에 따른 도로망분석을 실시하였다. 또한 Landsat TM 영상의 처리를 통해 토지이용 클래스를 분류하고 경계레이어별로 중첩시켜 유역확장에 따른 토지이용분석을 실시하였다. 마지막으로 이들 분석작업의 결과에서 나타난 변화들을 추적하여 검토한 바를 종합적으로 평가함으로써 백두대간의 관리범위 설정을 위한 제안사항을 도출하였다. 각 작업단계별 분석방법은 다음과 같다.

1) 수계 및 유역 분석

일반적으로 GIS분석에서 지형정보는 해발고도 값을 갖는 래스터 형태의 데이터를 통해 가능하다(Zeiler, 1999; 신사철 등, 2002). 특히 수문분석에서는 각 격자의 해발고도 값을 이용하여 물의 흐름과 고임을 계산할 수 있다. 이를 위해 1:25,000 수치지도를 이용하여 격자의 크기가 10m가 되도록 DEM(digital elevation model) 자료를 만들고, ArcGIS Data Models 중 수자원과 지표수 분석에 초점을 맞춰 개발된 Arc Hydro Tools v1.0 Release 1을 사용하여 유역확장 등을 포함한 수계 및 유역분석을 실시하였다. ArcGIS Hydro Model의 분석과정은 수치지도를 이용하여 만든 DEM 자료를 보정한 후 해발고도 값이 들어있는 픽셀을 계산하여 물의 흐르는 방향과 해발고의 고저차에 따라 물이 고이는 성질을 이용하여 하천을

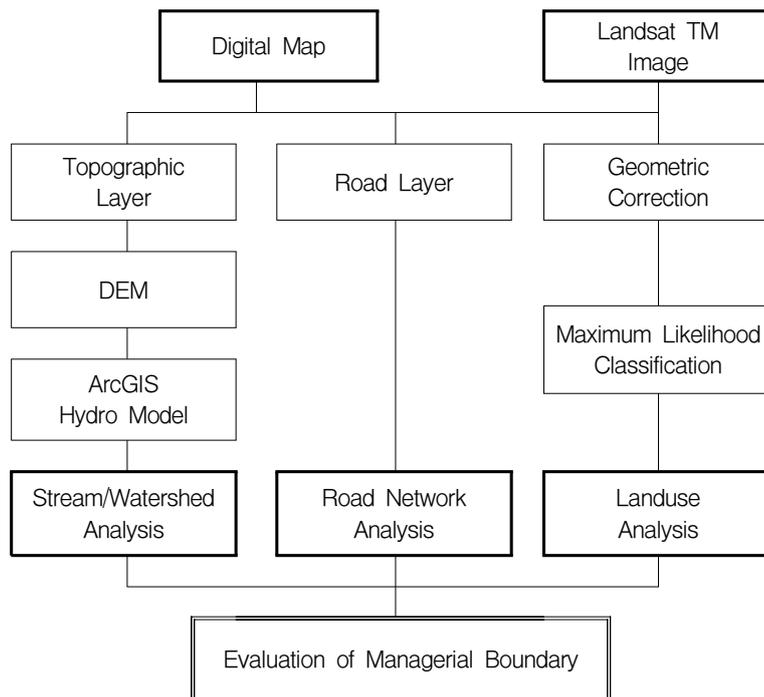


FIGURE 2. Work flow chart of the study

정의하고, 아울러 유역을 분석해 낸다. 이때 임계(threshold)값에 따라 수계망의 규모를 결정할 수 있는데, 임계값이 적을수록 수계망이 복잡해진다(<http://www.esri.com>).

2) 도로망 분석

백두대간의 자연성에 이미 현실적으로 영향을 미치고 있는 제한인자의 하나로 이 지역에 분포된 도로의 비율, 즉 도로율을 산출하였다. 이를 위해 1:25,000 수치지도 상에 포함된 도로의 종류 가운데 고속국도, 일반국도, 지방도, 시도, 군도 및 면리간 도로를 추출하여 도로망도를 만들고, 라인 속성에서 그리드(grid)로 전환하여 전술한 수계 및 유역 분석에서 얻어진 각 유역확장 단계별 범위(boundary layers)와 중첩시켜 도로율을 분석하였다.

3) 토지이용 분석

백두대간 마루금 주변의 현실적인 토지이

용실태를 또 하나의 제한인자로 보아 Landsat TM 위성영상을 활용하여 다음과 같은 처리를 통해 토지이용 클래스를 분류하고 수계 및 유역 분석에서 얻어진 각 유역확장 단계별 범위와 중첩시켜 토지이용분석을 실시하였다.

먼저 위성영상자료를 지상의 실세계 좌표 체계와 맞추기 위해서 지상기준점(GCP, ground control point)과 수학적 모델을 사용하여 보정해야 하는데 이 연구에서는 1:25,000 수치지도 및 1:25000 지형도에서 GCP를 추출하여 2000년 6월 1의 다중시기 Landsat TM 영상을 NT ERDAS Imagine 8.5에서 기하보정(geometric correction)을 실시하였다. 이때 발생한 RMS(root mean square) 오차는 0.4 화소(12m) 이내로 나타났다. 또한 시공간 분석에 있어 화소값의 변화가 가장 적은 최근린내삽법(nearest neighbor interpolation)을 이용하여 화소의 크기를 30m×30m로 화상을 재배열하였다.

대상지역의 토지피복분류에 있어서 1:25,000 지형도 및 수치지도를 이용하여 모식지역을 선정하고 현지조사를 통하여 이들 모식지역을 재확인한 후, 감독분류기법 중 최대우도법(maximum likelihood classification)을 이용하여 논, 밭, 벌채지, 나지, 취락·도시지역, 초지, 수역, 산림 지역의 8개 클래스로 분류하였다.

유역확장방식의 적용성 검토

백두대간 마루금은 지형적 특성상 국토의 대분수령으로 수계가 처음 시작되는 곳이다. 그러므로 마루금을 중심으로 유역이 패치(patch)처럼 형성되고, 유역에서 모인 물은 다른 유역의 물과 합류를 거듭하면서 상류에서 하류로 유하하게 된다. 이런 하천의 합류 또는 분기의 척도로서 하천차수(stream order)가 사용되며, 일반적으로 하천차수를 결정하는 방법으로 미국의 Horton-Strahler의 방법과 독일의 Gravelius방법이 있는데(이원환, 1991; 김연준과 신계중, 2002), 이 연구에서는 상류의 수원점으로부터 시작하여 하류로 갈수록 차수가 높아지는 Horton-Strahler의 방법을 사용하였다. 하천차수 등급이 부여된 계류와 그 계류를 포함하는 유역은 하나의 단위가 되어 마루금으로부터 확장될 수 있는데, 이에 착안하여 백두대간 관리범위를 마루금을 중심으로 수계와 유역의 확장된 범위별로 고찰하였다.

즉, 백두대간 마루금은 계류의 발원지가 되므로 상류의 1차 계류에서 하류의 고차계류로 하천차수를 추적해갈 수 있다. 이러한 개념을 그림 3과 같이 표현할 수 있는데, Horton-Strahler 방법에 의한 1차~4차 하천이 분포하는 지역(그림 3a)을 가정하면 각각의 하천으로 집수되는 유역은 그림 3b와 같이 구분되고, 이 때 동일한 차수의 하천을 포함하는 유역을 통합하여 1차 하천부터 단계적으로 확장하면서 관리범위로서 검토하는 방법을 ‘하천

차수확장방식’이라 하였다. 한편 백두대간 마루금의 주변지역은 유역의 집합체이므로 마루금을 중심으로 인접한 유역을 단위로 범위를 확장해 나가는 방법을 고려해 볼 수 있는데, 그림 3b와 같이 구분된 유역들에 대해 마루금에 접한 유역을 통합하여 1차로 하고 여기에 접한 바깥쪽의 유역을 2차로 하는 등 유역확장을 거듭(그림 3c)하면서 관리범위의 대안을 순차적으로 검토해가는 방법(그림 3d)을 ‘유역확장방식’이라 표현하였다.

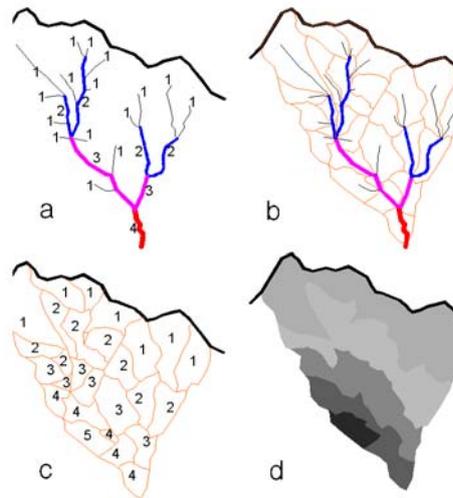


FIGURE 3. Conceptual scheme for stream-order expansion and watershed expansion process

마루금을 중심으로 한 관리범위 설정의 기법으로서 수계 및 유역 분석을 통해 하천차수 확장방식과 유역확장방식의 적용가능성을 사전 검토한 바, 표 1과 같은 특징을 확인할 수 있었다.

하천차수확장방식은 마루금에서 발원하는 주요 수계를 추적해가기엔 용이한 면이 있었으나 분석자료의 축척이나 정밀도에 따라 마루금에서 발원하는 1차 하천을 찾아내지 못하는 문제점이 발생할 수 있었다. 또한 하천차수 확장의 단계가 진행됨에 따라 지형특성상 마루금에서 발원하지 않는 인접한 저차 계류는

TABLE 1. Characteristic comparison between stream-order expansion and watershed expansion process as tools of the managerial boundary establishment

구분	하천차수확장방식	유역확장방식
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 마루금에서 발원하는 주요 수계 파악 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 백두대간의 상징성을 살려 마루금에 인접한 유역부터 순차적인 파악이 용이 · 유역이 일정한 폭을 갖고 확장됨으로써 관리 범위 설정이 용이 · 유역단위로 확장되어 자료의 손실이 적음 · 보정작업이 용이
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 범위설정과정에서 미선택 유역이 생겨 자료가 과편화되고 누락 발생 가능 · 보정작업에 임의성이 개입될 여지가 있고 많은 시간과 노력 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 하천차수를 파악하기 어려움
문제점	<ul style="list-style-type: none"> · 수치지도의 축척에 따라 표현되는 수계가 같지 않으므로 전구간 적용시 표준화 필요 · 수계 및 유역을 이용한 관리범위 검토시 정간, 정맥 등 마루금의 분기점에서 적용 혼란 	

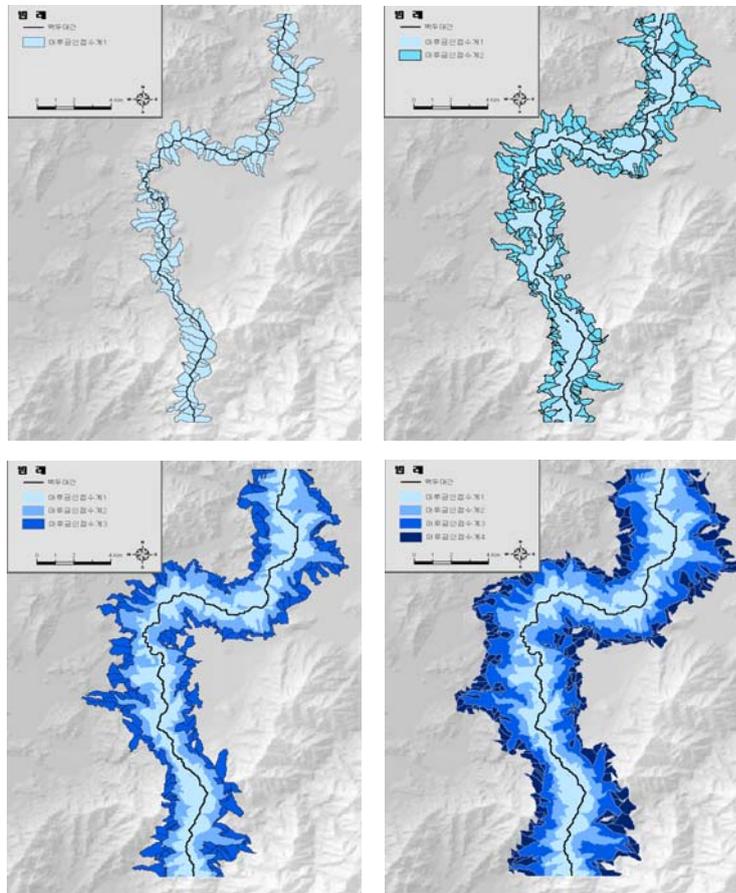


FIGURE 4. Watershed expansion process to the study area(1~4 steps)

선택되지 않는 경우가 발생하므로 관리범위 설정시 보정작업에 많은 시간과 노력이 필요하였다. 반면 유역확장 방식은 마루금으로부터 인접한 유역을 확장해 나감에 따라 유역이 일정하게 확장되어 범위설정이 용이하고 자료의 손실도 적었으며, 아울러 보정작업을 손쉽게 할 수 있는 장점이 있었다.

한편 이 방법들은 수계 및 유역 분석에 사용된 수치지도의 축척에 따라 수계의 범위가 달라지므로 백두대간 전 구간에 적용할 경우 자료의 일관성을 위해 표준화가 필요하며, 관리범위를 검토과정에서 마루금으로부터 정맥, 지간 등으로 분기하는 지점에 대한 별도의 처리기준이 필요한 점들은 차후 논의가 필요한 것으로 판단된다. 종합적으로 볼 때, 백두대간의 관리범위를 설정하는 유의한 기법으로는 하천차수 확장방식보다는 유역확장 방식이 자료의 분석 및 기타 적용가능성에서 유리한 것으로 판단되었다.

유역확장방식에 의한 관리범위 분석

이상에서 검토된 결과에 따라 유역확장방식을 이용하여 백두대간의 마루금으로부터 6차에 걸쳐 단계적으로 유역확장을 실시하였다. 각 단계별로 얻어진 유역범위는 백두대간 관리범위 설정을 위한 대안이 되며, 후속작업을 통해 적합성을 검토하게 된다. 그림 4는 연구지역을 대상으로 관리범위 설정에 이용될 유역확장의 과정을 4차 단계까지 나타낸 것이다. 이 지역의 지형 및 환경특성을 볼 때, 동쪽의 운봉 지역은 지형이 완만하고 농경지가 많은데 비해 서쪽의 남원 지역은 비교적 경사가 심하고 험준한 지형으로 산림지가 많은 등 많은 차이를 나타냄에도 불구하고 유역확장에 따른 동서간의 유역폭의 차이가 하천차수확장방식에 비해 상대적으로 크지 않음을 보여주고 있다.

6차에 걸친 유역확장의 결과를 표 2에 나타내었다. 이론적으로 볼 때 백두대간 마루금에서

TABLE 2. Result of watershed expansion process to the study area

유역 확장 단계	구 분	하천차수						계	누계	평균 ¹ 유역폭 (km)	누적 유역폭 (km)
		1	2	3	4	5	6				
1차	유역수	148	10					158	158		
	면적(km ²)	35.50	3.05					38.55	38.55	0.8	0.8
	비율(%)	92.1	7.9					100			
2차	유역수	114	134	28	8			284	442		
	면적(km ²)	17.77	16.28	2.94	0.78			37.77	76.32	0.8	1.6
	비율(%)	47.0	43.1	7.8	2.1			100			
3차	유역수	133	73	49	11	3		269	711		
	면적(km ²)	23.20	10.18	7.04	1.83	0.11		42.36	118.70	0.9	2.5
	비율(%)	54.8	24.0	16.6	4.3	0.3		100			
4차	유역수	108	77	57	22	16		280	1,051		
	면적(km ²)	19.11	9.63	6.31	2.76	1.52		39.35	158.05	0.8	3.3
	비율(%)	48.6	24.5	16.0	7.0	3.9		100			
5차	유역수	100	55	31	34	19		239	1,290		
	면적(km ²)	20.65	6.00	3.73	4.30	2.12		36.82	194.87	0.8	4.1
	비율(%)	56.1	16.3	10.1	11.7	5.8		100			
6차	유역수	10	117	72	26	34	10	269	1,559		
	면적(km ²)	2.03	23.91	8.80	3.02	3.18	1.50	42.46	237.33	0.9	5.0
	비율(%)	4.8	56.3	20.7	7.1	7.5	3.5	100			

¹ 마루금 중심 양방향

발원하는 계류는 모두 1차 하천이어야 하나 지형적 특성과 최소하천의 길이를 계산하는 임계값 등의 한계로 2차 하천 및 유역이 출현하기도 한다. 1차 유역확장의 결과 158개의 1, 2차 하천 유역이 선정되었으며, 전체 면적은 38.55km², 단위 유역당 면적은 0.24km²로 나타났다. 한편 5차 유역확장단계까지는 1차 하천유역의 면적비가 가장 높고 고차 하천유역으로 갈수록 면적비가 감소하는 것으로 나타났으며, 6차 확장단계의 경우 면적비의 변화는 2차 하천유역에서 가장 높아졌다가 4차 하천유역부터 완만해지는 경향을 보였다. 이러한 추세로 보아 4~5차 하천유역을 관리범위 설정의 기준으로 감안해볼 수 있을 것으로 추정된다. 수치지도를 통해 유역분석에 적용된 마루금의 길이는 47.48km로 계산되었으므로 이를 이용하여 마루금의 좌우 유역의 평균 폭을 계산한 결과 1단계 확장함에 따라 약 0.8km씩 증가하는 것으로 나타났다.

도로율 분석

백두대간 주변지역의 자연성에 영향을 주

는 도로의 점유비율을 분석하기 위하여 수치지도로부터 추출된 도로망도에서 고속국도, 일반국도, 지방도, 시도, 군도 및 면리간 도로를 대상으로 그리드로 전환한 후 유역확장의 각 단계별 범위와 중첩시켜 분석하였으며, 그 분석 결과를 표 3에 나타내었다.

도로율의 분석 결과를 보면 유역확장 차수가 증가할수록 도로/유역비도 완만하게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 도로/유역비가 가장 낮게 나타난 곳은 1차 확장 유역으로 2.57%로 나타났으며, 4차 확장 유역에서는 5.43%로 가장 높게 나타났다. 또한 유역확장 범위별로 도로점유면적의 누적비의 변화를 나타낸 그림 5를 살펴보면 누적 도로율은 마루금을 중심으로 4차 유역확장 범위까지 증가하다 이후 증가세가 둔화되는 경향을 보이고 있다. 따라서 4차 유역확장된 구역까지가 도로율을 고려한 백두대간의 관리범위로서 유의한 기준으로 삼을 수 있을 것으로 판단된다.

TABLE 3. Result of road occupancy rate analysis according to the watershed expansion process

유역 확장 단계	구분	하천차수						계	(unit: 10m pixel)	
									도로/ 유역비 (%)	누적비 (%)
		1	2	3	4	5	6			
1차	유역	354,976	30,544					385,520	2.57	2.57
	도로	8,426	1,475					9,901		
2차	유역	177,712	162,800	29,440	7,824			377,776	3.23	2.90
	도로	4,463	5,480	1,950	314			12,207		
3차	유역	232,032	101,840	70,416	18,256	1,136		423,680	4.44	3.45
	도로	8,160	5,122	4,103	1,232	194		18,811		
4차	유역	191,152	96,304	63,104	27,696	15,264		393,520	5.43	3.94
	도로	8,119	5,222	4,178	2,403	1,440		21,362		
5차	유역	206,560	60,032	37,376	43,024	21,200		368,192	4.51	4.05
	도로	6,410	2,273	2,933	3,419	1,554		16,589		
6차	유역	20,336	239,152	87,968	30,272	31,824	15,056	424,608	4.16	4.07
	도로	88	7,303	5,141	1,820	2,279	1,041	17,672		

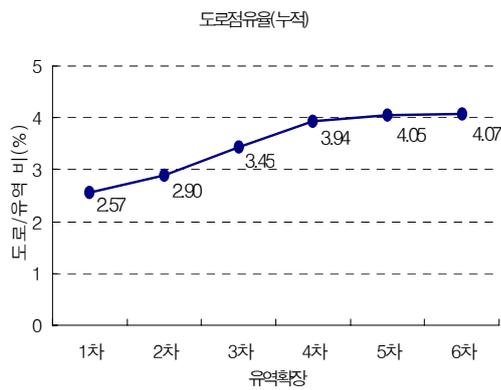


FIGURE 5. Accumulative changes of road occupancy rate according to the watershed expansion process

토지이용실태 분석

백두대간 주변지역에 인간 간섭의 결과가 현실적으로 어떻게 영향을 미치고 있는가에 대해 유역확장 단계별 토지이용실태의 분석을 통해 알아보고자 Landsat TM 위성영상을 활

용하였다. 이를 위해 영상자료의 공간해상도를 고려하여 8종의 토지이용 클래스를 분류하고 단계 및 유역 분석에서 얻어진 각 유역확장 단계별 범위와 중첩시켜(그림 6) 토지이용의 변화를 추적하였다.

Landsat TM 영상으로 분류된 토지이용실태를 6차에 걸친 유역확장 단계에 따라 분석한 결과는 표 4와 같다. 초지의 경우 영상처리 과정에서 나타나지 않아 표에서 제외하였다. 가장 많이 분포하는 토지이용 항목은 산림이었으며, 그 다음으로 논, 밭, 나지 등의 순으로 넓은 면적을 차지하고 있었다. 유역확장 단계에 따른 각 토지이용의 변화를 살펴보면, 산림은 역시 1차 확장유역에서 점유비율이 높았으며 높은 차수의 유역으로 갈수록 점차 감소하는데 비해, 자연성에 대한 적극적인 간섭유형이라 할 수 있는 토지이용인 논이나 밭의 경우는 유역 차수가 높아짐에 따라 점차 증가하여 4차 확장유역에서 각각 24.9%, 12.4%로 가장 높았다가 다시 완만한 감소경향을 나타내고 있어 4차 확장유역이 관리범위 설정에 유의할 수 있음을 시사하고 있다.

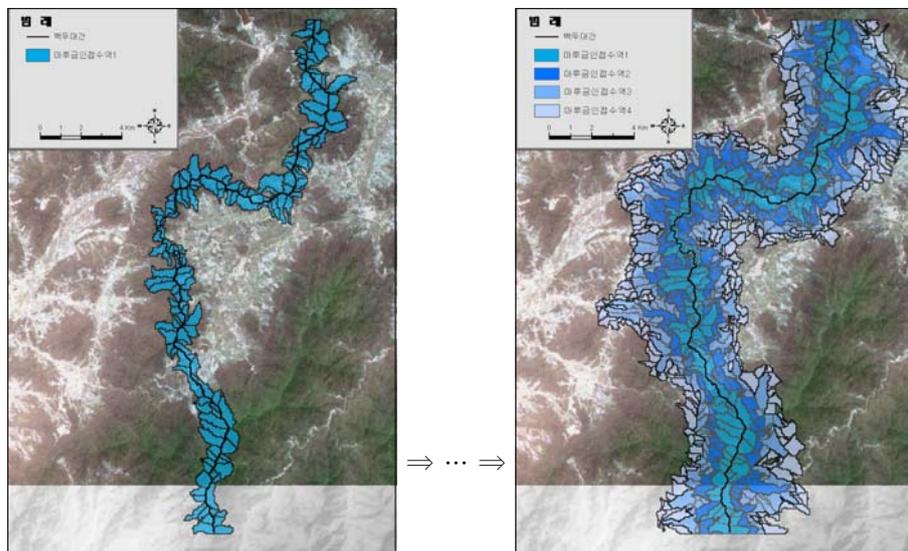


FIGURE 6. Landuse comparison according to the watershed expansion process using Landsat TM image(June 1, 2000)

TABLE 4. Result of landuse classification by Landsat TM image according to the watershed expansion process

토지이용	유역확장	1차	2차	3차	4차	5차	6차	계
	픽셀수(10m)	385,520	377,776	423,680	393,520	368,192	424,608	
논	픽셀수(30m)	3,183	5,840	9,207	10,886	9,408	9,048	47,572
	면적비율(%)	7.43	13.91	19.56	24.90	23.00	19.18	
	누적비(%)	7.43	10.64	13.82	16.58	17.79	18.04	
밭	픽셀수(30m)	3,572	4,679	5,623	5,418	3,964	4,354	27,610
	면적비율(%)	8.34	11.15	11.95	12.39	9.69	9.23	
	누적비(%)	8.34	9.73	10.52	10.99	10.74	10.47	
벌채지	픽셀수(30m)	2,087	2,344	1,598	1,028	1,354	1,319	9,730
	면적비율(%)	4.87	5.58	3.40	2.35	3.31	2.80	
	누적비(%)	4.87	5.23	4.57	4.02	3.89	3.69	
나지	픽셀수(30m)	1,041	1,851	2,919	3,711	3,000	3,070	15,592
	면적비율(%)	2.43	4.41	6.21	8.49	7.33	6.51	
	누적비(%)	2.43	3.41	4.41	5.42	5.78	5.91	
취락/도시	픽셀수(30m)	172	232	196	295	221	265	1,381
	면적비율(%)	0.40	0.553	0.42	0.68	0.54	0.56	
	누적비(%)	0.40	0.48	0.46	0.51	0.52	0.52	
수역	픽셀수(30m)	0	22	112	9	20	75	238
	면적비율(%)	0.00	0.05	0.24	0.02	0.05	0.16	
	누적비(%)	0.00	0.03	0.10	0.08	0.08	0.09	
산림	픽셀수(30m)	29,503	23,661	22,625	18,536	16,277	19,886	130,488
	면적비율(%)	68.88	56.37	48.06	42.39	39.79	42.15	
	누적비(%)	68.88	62.69	57.47	53.71	51.08	49.48	
계		39,558	38,629	42,280	39,883	34,244	46,047	

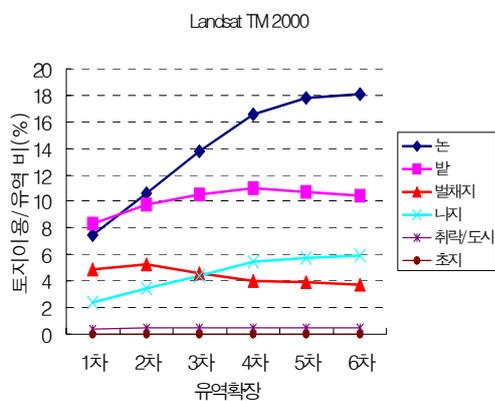


FIGURE 7. Accumulative changes of areal ratio of landuse/watershed according to the watershed expansion process

그림 7은 산림과 수역을 제외하고 백두대간 주변의 자연성에 영향을 미칠 것으로 생각되는 토지이용 항목들에 대해 유역확장에 따른 점유면적의 누적비의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 취락/도시지역은 유역확장을 거듭함에도 점유비율에는 큰 변화를 보이지 않는 반면, 앞서 확인한 바와 유사하게 적극적인 토지개발 유형이라 할 수 있는 논·밭의 점유비율이 4차 유역확장 범위까지 급격한 증가를 보이고 있고, 밭의 경우도 4차 유역확장 범위까지 증가했다가 다소 완만하게 감소하고 있다. 나지의 경우도 4차 확장범위까지 증가하다가 이후 둔화되는 등 대체로 4차 유역확장 범위를 기준으로 증감경향에 변화가 있는 것으로 나타나고 있다.

종합결론 및 제언

백두대간에 대한 관심이 고조되면서 종합적인 관리전략 수립의 필요성이 제기됨에 따라 구체적인 관리구역과 관리대상의 설정이 중요 과제로 떠오르고 있다. 이 연구는 백두대간의 관리구역을 구획하는 효율적인 방안에 관한 제안적 시도로 이루어졌다. 백두대간에 대한 전통지리인식체계를 수용하고 실용성과 작업의 용이성에 비중을 두고자 하여 다양한 지형특성을 갖는 사례지역을 대상으로 백두대간 마루금으로부터의 관리범위 설정 기법을 검토하였다. 이를 위해 수계 및 유역분석을 바탕으로 한 유역확장방식의 적용성을 검토하였고, 또한 유역확장 단계별로 얻어진 대안범위에 따른 도로율과 토지이용상태의 변화를 추적하여 사례지역의 적절한 관리범위를 제시할 수 있었다. 연구를 통해 얻어진 유의한 결과와 후속연구를 위한 제안사항들을 종합하면 다음과 같다.

백두대간 관리범위를 설정함에 있어 마루금으로부터의 수계 및 유역분석을 통해 접근하는 것은 의미가 있으며, 유역확장방식은 하천차수확장방식에 비해 범위설정의 용이성과 자료의 분석 및 적용가능성 측면에서 유리한 것으로 파악되었다. 그러나 백두대간 전체 지역에 적용할 경우 자료의 표준화가 필요하며, 대간과 연결되는 정맥 등의 분기지점에서의 처리에 대한 객관적 기준 마련이 요구된다.

도로율과 여러 토지이용 항목의 점유비율의 변화는 대체로 4차 유역확장 범위를 기준으로 증감 추세의 둔화경향을 보여 비산비야 특성과 산악 특성이 혼재된 사례지역에서는 4차 확장유역까지를 백두대간의 관리범위로 설정하는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 이 경우의 평균 유역폭은 마루금을 포함하여 3.0~3.5km 정도로 볼 수 있다. 그러나 이러한 범위는 포괄적 관심구역을 선발한 1차 작업의 결과로 보는 것이 타당하며, 효율적인 백두대간 관리를 위해서는 후속작업을 통해 관리방향을

달리하는 2~3개의 세부구역으로 세분화하고 이를 위한 지표인자가 선정되어야 할 것이다.

또한 이 연구에서 제시된 관리범위는 사례지역을 대상으로 한 것이므로 다양한 지형적, 생태적, 인문적 환경인자가 혼재되어 있는 백두대간 일반에 적용하기에는 추가적인 검증이 필요하다고 판단된다. 따라서 관리범위 설정시 일괄적으로 적용하는 것보다는 산악형, 평지형 등으로 유형화하는 접근이 바람직할 것이다.

KAGIS

참고문헌

- 강원도. 1999. 백두대간 종합관리계획. 322쪽.
- 국토연구원, 녹색연합. 1999. 백두대간의 개념 복원과 관리방향 모색을 위한 심포지움. 113쪽.
- 국토연구원. 2001. 백두대간의 효율적 관리방안 연구 : 관리범위 설정을 중심으로. 국토연구원 2001 심포지움 자료. 64쪽.
- 국토연구원. 2002. 백두대간의 효율적 관리방안 연구 II : 관리방안 수립을 중심으로(2차년도). 환경부. 323쪽.
- 국토연구원. 2002. 백두대간의 효율적 관리방안 연구-관리방안 중심(2차년도)-세미나. 97쪽.
- 김연준, 신계중. 2002. DTED와 1:50,000 수치지형도에 의한 격자 DEM의 지형 매개변수 비교. 한국지리정보학회지 5(3):19-32.
- 산림청. 1996. 백두대간 관련 문헌집. 21-77쪽.
- 산림청. 2001. 백두대간 보전·관리 기본계획(안). 20쪽.
- 산림청, 녹색연합. 1999. 백두대간 산림실태에 관한 조사연구. 602쪽.
- 산림청, 대한지리학회. 1997. 백두대간 실태 및 합리적인 보전방안 연구. 263-271쪽.
- 산림청, 한국환경생태학회. 2001. 백두대간 자연생태계 보전 및 훼손지 복원방안 조사연구. 306쪽.

- 산림청, 한국환경생태학회. 2002. 백두대간 자연생태계 조사 및 관리방안 수립에 관한 연구(작업중).
- 신사철, 김성준, 채효석, 권기량, 이윤아. 2002. 공간정보를 이용한 유역 관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 5(3):33-44.
- 양보경. 1997. 조선시대의 '백두대간' 개념의 형성. 진단학보 83:85-106.
- 오창수, 박형현. 1997. 토지이용계획에서의 도로율에 관한 연구. 대한토목학회 학술발표회 논문집 3호:5-8.
- 이원환. 1991. 수문학. 문운당. 406쪽.
- 임업연구원. 2001. 백두대간 관리범위 설정을 위한 기초조사 및 현지확인 조사 결과(미발표자료). 총 147쪽.
- 환경부, 녹색연합. 1998. 백두대간 환경대탐사 보고서. 456쪽.
- Horton, R.E.(1945) Erosional development of streams and their drainage basins—hydrological approach to quantitative morphology. Geol. Soc. of Amer. 56: 275-370
- Strahler, A.N.(1952) Hypsometric of erosional topography. Bulletin Geol. Soc. Amer., 63:1117-1142.
- Zeiler, M.(1999) Modeling our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. ESRI Press, pp.195.
- <http://www.esri.com> 