

# GIS를 이용한 개석도와 농업적 토지이용과의 관계 분석

— 강릉남대천 유역권을 대상으로 —

김창환<sup>1\*</sup>

## Analysis of A Relationship Between Topography Dissected Degree Analysis And Agriculture Land Use using GIS

—A Case of Gangneungnamdae River Watershed—

Chang-Hwan KIM<sup>1\*</sup>

### 요 약

이 연구는 GIS를 이용하여 지형의 개석도를 측정하고 그 결과를 지도화 하여, 연구지역의 개석도와 토지이용과의 관계를 분석한 것이다. 지형의 개석도 분석에 GIS의 활용하면 전통적인 수작업에 비하여 시간과 노력이 획기적으로 절약되고 개석도 분석에 적용되는 변수를 다양화 할 수 있으며, 그 결과물을 이용한 2차적인 연구도 가능하다. 이 연구도 이러한 배경에서 출발하여 GIS를 활용한 개석도 분석 방법을 모색하고, 개석도의 분석 결과와 토지이용도를 비교 분석하여, 개석도의 분석 결과에 대한 적극적인 활용을 시도하였다.

연구지역인 강릉 남대천 유역권의 개석도와 농업적 토지이용 사이의 관계 분석 결과, 농업적 토지이용 대부분 지형의 개석이 많이 진행된 지역에 분포한다. 특히, 농업적 토지이용 중 논과 밭으로 이용되는 토지가 개석도와 더 높은 상관도를 보였다. 지역별로 개석도와 농업적 토지이용간의 상관관계를 비교하였을 때 토지이용이 집약적으로 이루어지는 동지역이 읍면지역에 비하여 상관성이 낮게 나타났다.

주요어 : GIS, 개석도 분석, 토지이용, 공간분석, 강릉남대천

### ABSTRACT

This study conducts mapping of the results of topographical dissected degree analysis using GIS and analyzes relation between dissected degree and land use of study area. Application of GIS topographical dissected degree analysis can greatly save time and efforts comparing with traditional manual work, and makes it possible to vary analysis variables widely, which gives possibility to carry out 2-dimensional research using these results. This study, taking start

2006년 11월 14일 접수 Received on November 14, 2006 / 2006년 12월 18일 심사완료 Accepted on December 18, 2006

1 강원대학교 지리교육과 교수 Professor, Department of Geography Education, Kangwon National University

\* 연락처 E-Mail : hillskim@kangwon.ac.kr

from such background, tries to find the way to carry out dissected degree analysis with the use of GIS, compares the results of the analysis with the land use map, and tries to find the ways of practical application of this analysis results.

The results of analysis of the relation between basin dissected degree and agricultural land use of Gangneungnamdae river study area show that for agricultural land use topographical dissection is mostly distributed in quite developed area. Specifically, land used for paddy and dry fields appeared to have higher level of correlation with dissection degree. When comparing dissected degree and agricultural land use interrelation for each area, comparison of intensively formed urban districts with suburbs showed low correlation.

*KEYWORDS : GIS, Dissected Degree Analysis, Land Use, Spatial Analysis, Gangneungnamdae River*

## 서 론

### 1. 연구 목적

이 연구에서는 지형의 개석도 분석과 관련된 선행 연구의 한계인 개석도 분석의 효율성을 보완하고, 더 나아가 지형의 개석도 분석 결과를 지도화하여 지역의 자연·인문적인 요소와 비교 분석하고자 하였다.

지형의 개석도가 지역의 토지이용에 영향을 주었을 것이라는 전제하에, 연구 지역의 개석도를 측정하고 이를 지도상에 양적으로 표현한 후 그 결과를 연구지역의 토지이용 현황과 비교하여 개석도와 토지이용 사이의 관계를 규명하고자 하였다.

지형의 개석도 분석에서는 GIS를 활용하여 연구 수행 과정의 효율성과 연구 결과에 대한 정밀도를 높이고자 하였다. 연구 대상지역은 강릉남대천 유역권이다.

### 2. 연구방법

개석(開析)이란 지형의 원면(原面)이 여러 가지 외적 작용에 의해 침식되고, 세분화되어 그 구성 물질이 노출되는 현상을 말한다. 개석도는 이러한 개석의 진행 상태를 양적으로 표현한 것이다(田丁田貞 外, 1981). 지금까지의 지형의 개석도 분석은 대부분 수작업에 의존

하였으며, 그 대표적인 연구가 김창환(1992)이 ‘한국 남서지역의 구릉지에 관한 연구’에서 수행한 개석도 분석이다. 수작업에 의한 개석도 분석은 상대적으로 많은 시간과 노력을 필요로 하기 때문에 지금까지 개석도 분석과 관련된 연구는 매우 제한적이었다. 그러나 GIS와 수치지도의 등장은 개석도 분석에 있어서의 이 같은 한계를 극복하는 방법론을 제시하였다. 이 연구에서도 지형의 개석도 분석을 위하여 김창환 등(2006)이 ‘GIS를 활용한 지형의 개석도 분석’에서 적용한 개석도 분석 방법을 적용하였다. 선행 연구에서는 연구의 공간적 단위가 되는 격자의 크기를 1km × 1km로 하였으나, 이 연구에서는 500m × 500m로 하여 보다 정밀한 개석도 분석이 이루어지도록 하였다. 그리고 더 나아가 지형의 개석도 분석 결과와 토지이용과의 상관관계를 규명하고자 하였다. 기본도는 축척 1:5,000 지형도를 이용하였다.

이 연구는 크게 네 단계로 구분하여 수행된다. 첫째, 연구 지역의 지형 발달 단계를 분석하기 위한 기본도(공간해상도 10m DEM)와 분석 기준도(격자 크기 500m)를 구축한다. 둘째, 분석 기준도의 공간해상도(500m × 500m)를 단위로 지형의 개석도 분석을 위한 변수 값인 산정고도·꼭저고도·절봉면·절곡면 값을 산출하기 위한 공간 분석을 수행한다. 셋째, 공간 분석에 의하여 산출된 값들을 이용하

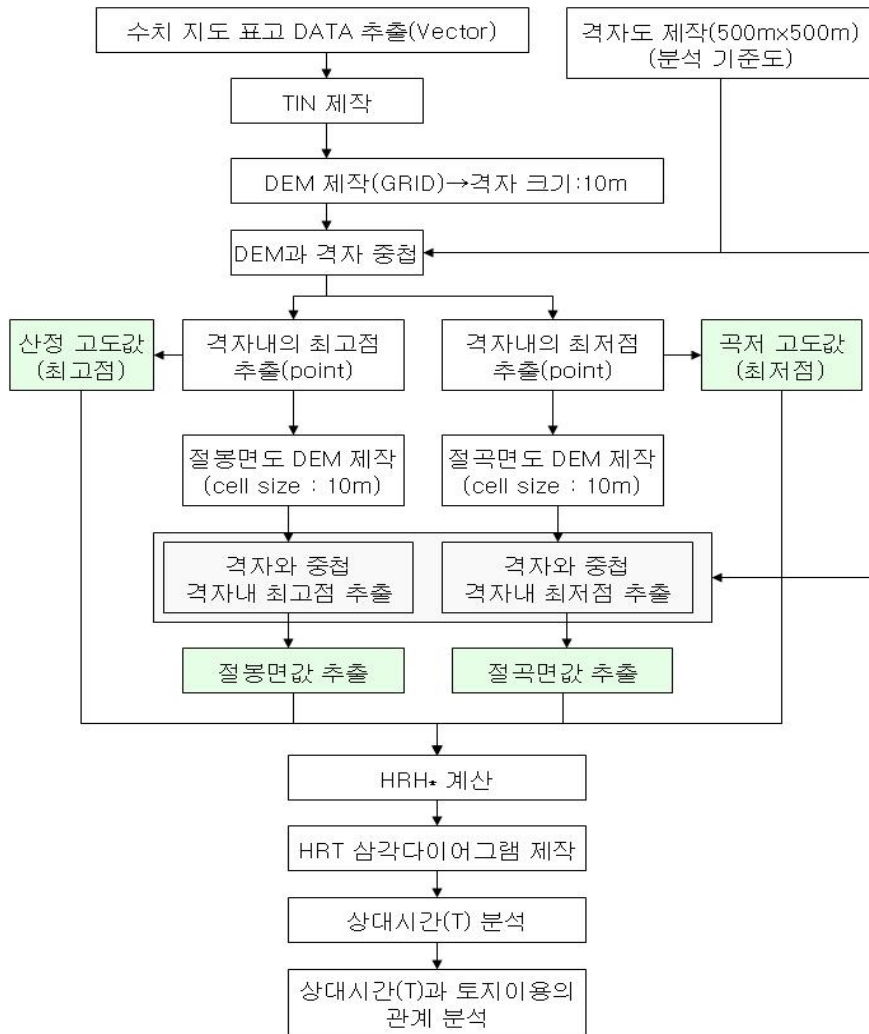


FIGURE 1. 연구 방법

여 개석도 분석을 수행하고, 개석도 분석 결과로부터 지형발달 정도를 나타내는 상대시간 (T) 주제도를 제작한다. 마지막으로 상대시간 (T) 주제도와 연구지역의 토지이용도를 중첩 비교하여 지형의 개석도와 토지이용 간의 상관관계를 분석한다(그림 1).

개석도와 토지이용간의 관계 분석은 지형적인 영향을 크게 받는 농지를 그 대상으로 하였으며, 농업적인 목적으로 이용되는 토지를 추출하기 위해서 지적도를 이용하였다. 농

업적인 목적으로 이용되는 토지는 그 이용 목적에 따라 논(답), 밭(전), 과수원(과), 목장(목)으로 분류하였으며, 분류는 지적도에서 토지의 이용 목적을 나타내는 지목을 기준으로 하였다.

이 연구에서 지형의 개석도 분석을 위한 GIS Tool로는 ESRI사의 ArcView3.3과 ArcGIS 9.0을 사용하였다. 그리고 HRT 삼각 다이아그램의 작성을 위해서는 TriDraw 2.6을 사용하였다.



FIGURE 2. 연구지역

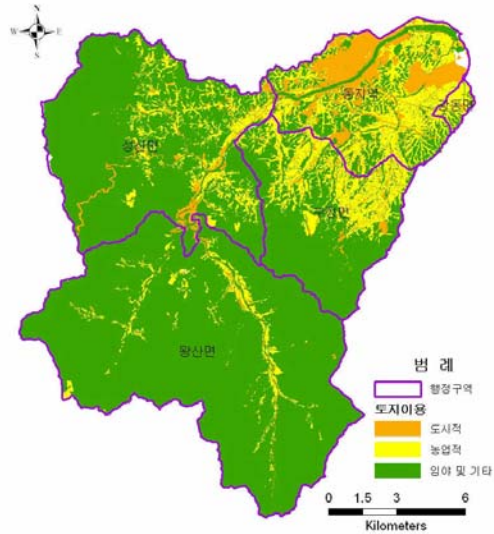


FIGURE 3. 토지이용도

### 지형의 개석도 분석

#### 1. 분석 기본도와 기준도 제작

지형의 개석도 분석을 위한 기본도는 연구 지역에 해당하는 축척 1:5,000 수치 지형도에서 표고 데이터를 추출한 후, 이를 격자 크기 10m × 10m의 DEM(digital elevation model)으로 제작하여 사용하였다. 그리고 분석의 공간적 단위가 되는 분석 기준도(criterion map)는 500m × 500m 크기의 격자도로 구축하였다. 지형의 개석도 분석은 분석 기준도와 동일한 500m × 500m 크기의 격자 단위로 수행된다. 각각의 격자에는 2500개(50 × 50)의 DEM 그리드(grid)가 포함되었다(그림 4).

그리고 연구 지역의 개석도와 토지이용현황 사이의 관계를 분석하기 위한 자료로 토지이용도를 제작하였다(그림 3). 토지이용도는 연구 지역에 해당하는 연속지적도에서 토지활용 용도를 나타내는 지목을 이용하여 제작하였다(표 1). 이렇게 제작된 토지이용도는 위성영상(Landsat, 공간해상도 15m)을 이용하여 수정 보완하였다.

이와 같은 과정을 거쳐 구축된 개석도와 논, 밭, 목장, 과수원 등 농업적인 목적으로 이용되는 토지이용 사이의 상관관계를 분석하였다.

#### 2. 산정 고도, 곡저 고도, 절봉면, 절곡면 추출

기본도(10m × 10m 크기의 DEM)와 분석기준도(500m × 500m 크기의 격자)의 제작이 완

TABLE 1. 토지이용도 제작을 위한 지적도의 지목 분류

분 류	지 목	비 고
도시적 토지이용	대지, 도로, 철도, 학교, 공장, 잡종지, 공원, 종교용지, 제방 등	인간 거주지역, 사회 기반 시설
농업적 토지이용	논, 밭, 목장, 과수원 등	농업적 목적으로 사용되는 지역
미개발지	임야, 하천 등	임야 및 기타

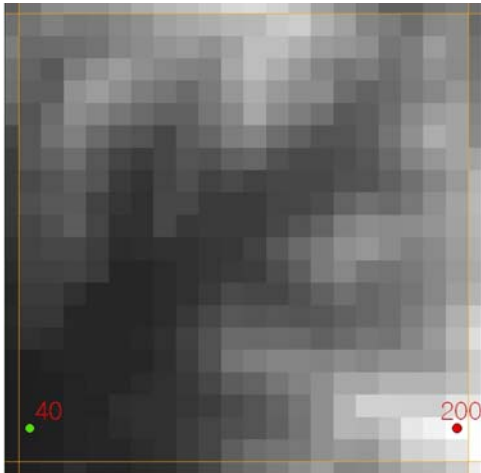


FIGURE 4. 격자별 최저점과 최고점

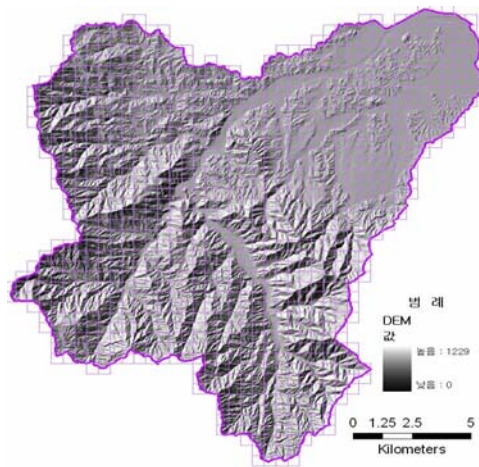


FIGURE 5. 표고도

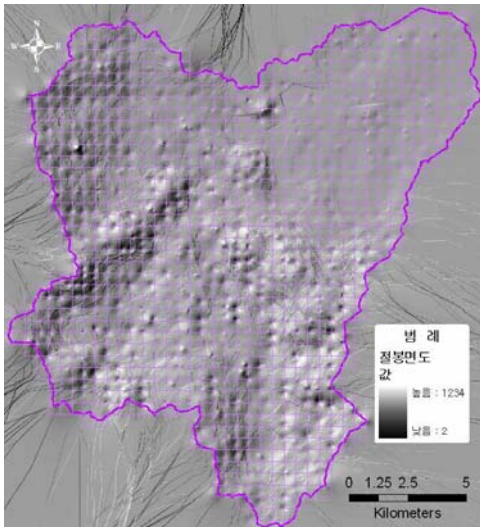


FIGURE 6. 절봉면도

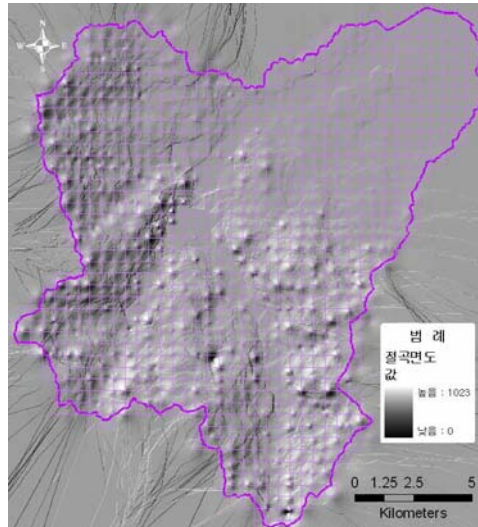


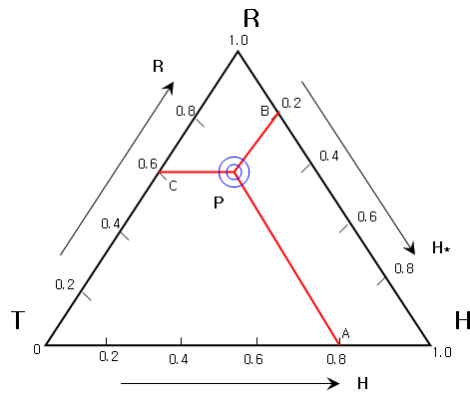
FIGURE 7. 절곡면도

료되면 분석 기준도의 각 격자(Cell)별 산정 고도( $h$ : 최고점)와 곡저 고도( $h_*$ : 최저점)를 추출한다. 산정 고도와 곡저 고도의 추출 방법은 기본도와 분석 기준도를 중첩한 후, 분석 기준도의 각 격자 단위에서 최고점과 최저점을 추출하는 방법을 사용하였다. 분석 기준도의 방안별 최고점과 최저점은 향후 절봉면도와 절

곡면도를 제작하기 위한 기준점이 되기 때문에 위치값과 고도값이 모두 필요하다(그림 4).

절봉면과 절곡면의 값 계산은 먼저 절봉면도와 절곡면도를 제작한 후, 이를 분석 기준도와 중첩하여 최고값과 최저값을 각각 추출하였다.

절봉면이란 특정 지역의 산정에 접하는 가상적인 곡면이며, 가상적인 곡면이란 등치선을



$$H = \frac{h - h_1}{h_0 - h_1} \quad (1)$$

$$R = \frac{h - h_*}{h_0 - h_1} \quad (2)$$

$$H_* = \frac{h_* - h_1}{h_0 - h_1} \quad (3)$$

FIGURE 8. HRT 삼각 다이어그램 (김창환, 1992)

의미하기도 한다. 수작업에서는 등치선의 간격이 결과의 정확성에 영향을 주기 때문에 등치선의 간격을 얼마로 하느냐가 매우 중요하다.

이 연구에서는 절봉면도의 제작을 등치선도가 아닌 10m × 10m의 DEM으로 하였다. 그리고 이렇게 제작된 절봉면도와 분석 기준도를 중

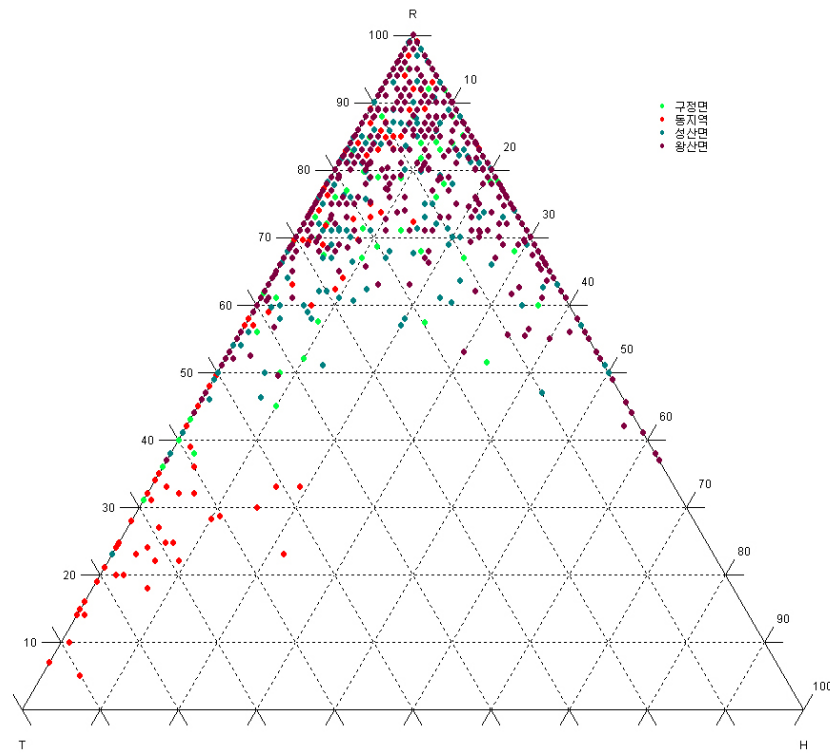


FIGURE 9. 강릉남대천 유역권 전체의 HRT 다이어그램

침하여 방안별 최저점을 추출한 후, 이를 절봉면( $h_0$ )의 측정값으로 하였다(그림 6).

절곡면도의 제작과 절곡면( $h_1$ )의 측정값 또한 위와 같은 방법으로 이루어졌고 추출되었다. 절곡면도가 절봉면도와 다른 점은 격자별 최저점을 사용하였다는 것이다(그림 7).

### 3. 지형의 개석도 분석

지형의 개석도 분석은 平野昌繁(1971)의 삼각 다이어그램을 응용한 HRT 다이어그램을 이용하였다(그림 8). 지형의 개석도 분석을 위한  $HRH_s(T)$ 를 산출하는 식은 수식 1, 2, 3과 같다. 여기에서  $H_s$ 는 개석의 정도를 알려주는 상대시간( $T$ )의 축이 된다.

공간 분석에 의하여 생성된 산정 고도( $h$ ), 곡저 고도( $h_s$ ), 절봉면( $h_0$ ), 절곡면( $h_1$ )을 각각 수식 1, 수식 2, 수식 3에 대입하여 표준화 값으로 계산하였다. 이렇게 산출된 값은 HRT 삼각 다이어그램 상에 도시하여 대상 지역의 개석도를 분석하였다(그림 9).

연구 지역의 구역별로 도시된 HRT 삼각 다이어그램을 살펴보면 하류지역인 동지역은 상류지역인 왕산면 지역과 큰 차이를 보이고 있다. 그리고 구정면과 성산면 지역은 동지역과 왕산

면 지역의 중간 단계적인 특징이 나타나고 있다.

### 4. 개석도에 따른 상대시간도(time map) 제작

도시된 HRT 삼각 다이어그램 상으로는 개석의 진행 상태를 명확히 해석하기 어렵다. 개석의 진행 상태를 시간적으로 분석하기 위해서는 연구 결과를 해석하는 또 다른 방법인 개석도의 상대시간도의 제작이 필요하다. 그리고 HRT 삼각 다이어그램으로 분석된 결과를 지도에 표현하기 위해서도 개석도 분석 격자별 상대시간을 계산할 필요가 있다. 상대시간은 HRT 삼각 다이어그램의 H축(밑변)을 기준 축으로 하여 계산한다(그림 10).

상대시간( $T$ ) 빈도 그래프를 비교하면, 연구 지역의 구역별 특징이 더욱 명확하게 나타난다. 강릉남대천의 하류 지역에 해당하며, 상대적으로 낮은 평지를 이루는 동지역은 상대시간이 높게 나타났다(그림 11). 반면에 강릉남대천의 상류지역에 해당하는 왕산면 지역의 상대시간은 낮게 나타났다(그림 14). 구정면과 성산면 지역은 전체적으로 개석의 진행이 시작되는 지역과 완료된 지역이 모두 나타나고 있다(그림 12, 그림 13). 다만 구정면 지역의 상대시간 분석 그래프와 성산면 지역의 상대시간 그래프를 비교할 때 구정면의 개석 진행이 더 많이 이루어졌다고 할 수 있다. 특히 구정면의 경우 개석의 진행 정도가 두 단계로 구분되고 있음을 확인할 수 있다.

연구 지역의 개석 진행 정도를 나타내는 상대시간( $T$ ) 값을 분석 기준도( $500m \times 500m$ 의 격자) 상에 도시하면 그림 15와 같다. 연구 지역의 개석 진행 상황은 동지역이 가장 높게 나타난다. 동지역은 강릉남대천 본류지역과 강동면과 접하는 섬석천을 중심으로 한 남쪽 지역의 개석 진행 정도가 높게 나타나고 있다. 구정면은 사선방향으로 상류와 하류의 두 구역으로 구분되는 것을 확인할 수 있다. 성산면과 왕산면은 수계망 주변을 중심으로 개석의 진행 정도가 높게 나타나고 있다.

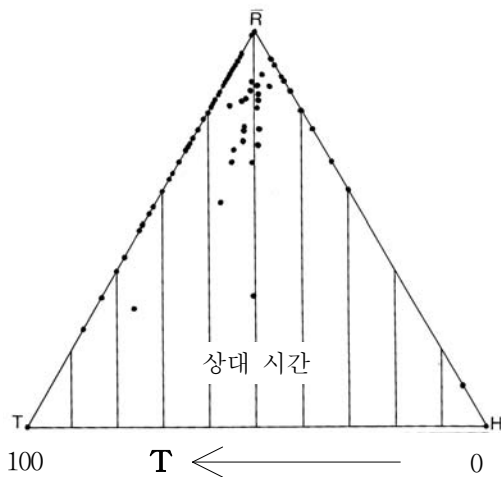


FIGURE 10. 상대시간( $T$ ) 계산



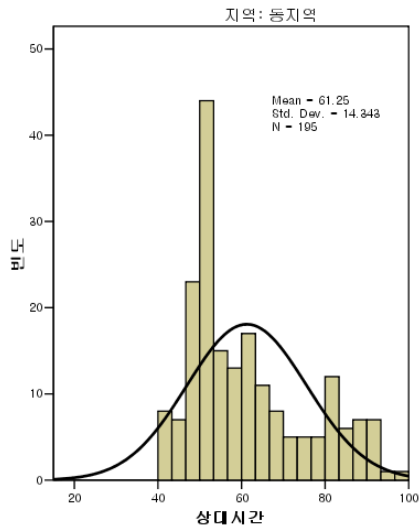


FIGURE 11. 동지역 상대시간(T)빈도

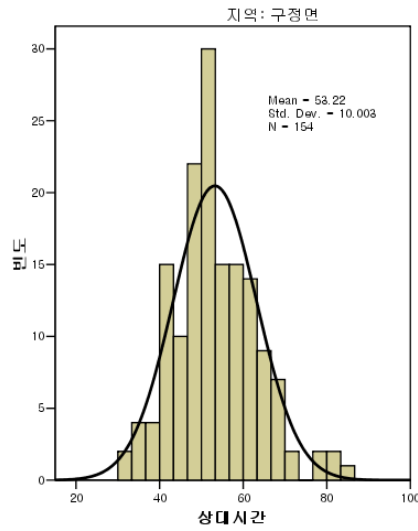


FIGURE 12. 구정면 상대시간(T)빈도

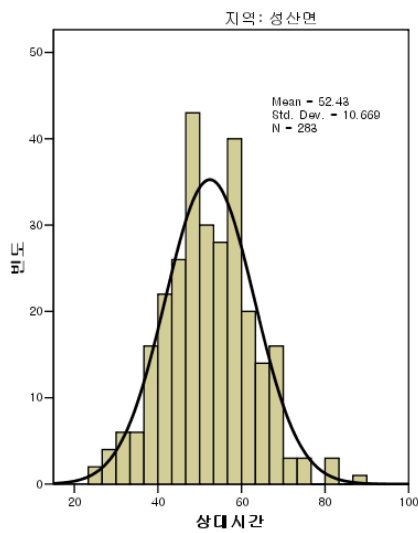


FIGURE 13. 성산면 상대시간(T)빈도

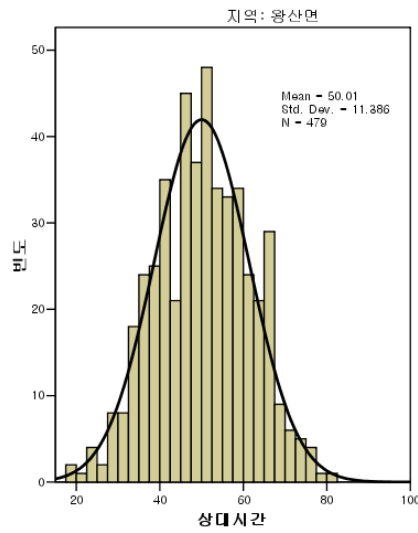


FIGURE 14. 왕산면 상대시간(T)빈도

5. 개석도와 농업적 토지이용과의 관계 분석

이 연구에서는 개석도가 지역의 토지이용에 영향을 주었을 것이라는 전제하에 개석의 정도를 나타내는 지표인 상대시간(T)과 토지이

용과의 상관성 분석을 수행하였다. 토지이용에 있어서는 지형적인 영향을 크게 받는 농지를 그 대상으로 하였으며, 농업적인 목적으로 이용되는 토지를 추출하기 위해서 지척도를 이용하였다. 농업적인 목적으로 이용되는 토지는



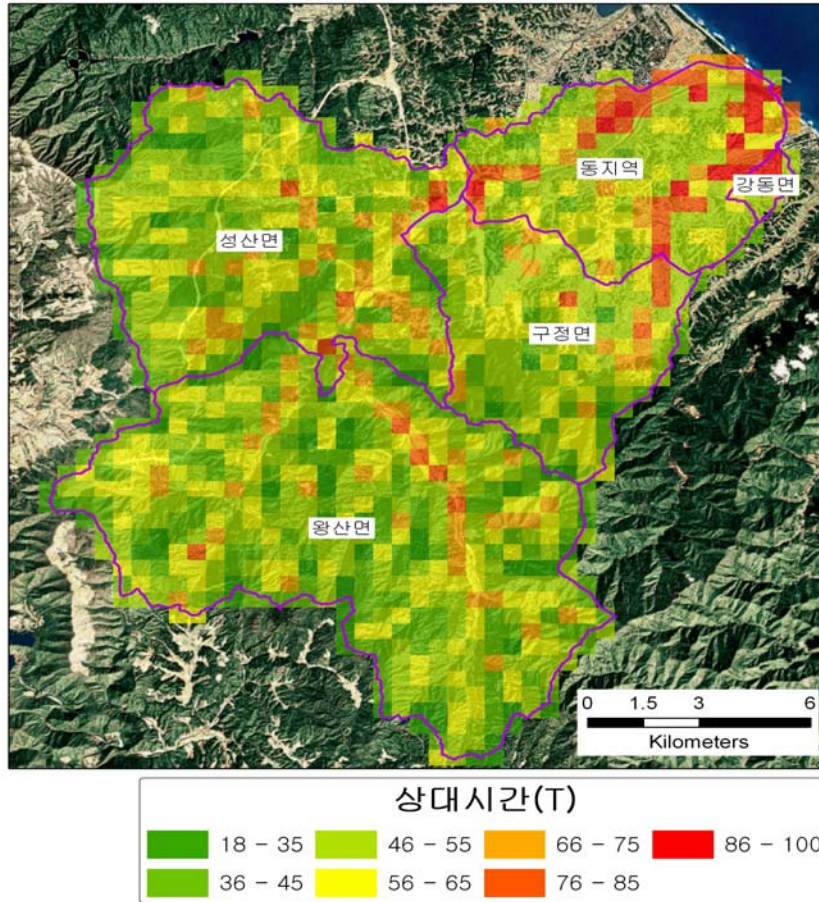


FIGURE 15. 연구 지역의 개석도

다시 그 이용 목적에 따라 논(답), 밭(전), 과수원(과), 목장(목)으로 분류하였으며, 분류는 지적도에서 토지의 이용 목적을 나타내는 지목을 기준으로 하였다.

연구 지역의 농업적 토지이용은 동지역과 구정면 지역을 중심으로 넓게 분포하며(그림 16), 농업적 토지이용 비율은 표 2와 같다.

상대시간(T)과 농업적 토지이용과의 관계는 연구지역에서 농업적 목적으로 이용되는 토지를 100m<sup>2</sup>(10m×10m) 크기의 방안 단위로 분할한 후 각 분석 방안 단위로 계산된 상대시간 값을 입력하여 분석하였다. 논으로 이용되는 토지는 상대시간 55와 70을 기준으로 세 부분

으로 나누어진다. 상대시간의 앞부분에 해당하는 55 이하 지역은 대부분 구정면 해당하는 지역이고, 55 이상인 지역은 동지역에 해당한다. 그리고 70 이상인 지역은 대부분 하천의 하류에 해당하는 동지역의 평야지대에 해당된다(그림 17). 그리고 밭으로 이용되는 토지는 상대시간 55와 73을 기준으로 세 부분으로 나누어진다. 상대시간의 앞부분에 해당하는 55 이하 지역은 동지역과 구정면 지역이 분포 비율이 높다. 상대시간 55~73 구간은 왕산면에서 분포 비율이 상대적으로 높으며 성산면과 동지역에도 고르게 분포한다. 상대시간 73 이상인 지역은 동지역에 집중적으로 분포한다

TABLE 2. 농업적 토지이용 비율

구분	논	밭	과수원	목장
면적(km <sup>2</sup> )	21.4	13.9	0.9	0.9
비율(%)	8.3	5.4	0.3	0.4

(그림 18). 과수원은 동지역과 구정면 지역에 분포한다. 과수원으로 이용되는 토지 역시 상대시간 55와 73을 기준으로 세 부분으로 나누어진다. 상대시간의 앞부분에 해당하는 55 이하 지역은 대부분 구정면과 동지역의 고지대에 분포하며, 상대시간 56 이상 지역은 대부분 동지역에 분포한다(그림 19). 목장은 구정면과 왕산면 지역에 주로 분포한다. 목장으로 이용되는 토지는 상대시간 42와 57을 기준으로 세 부분으로 나누어진다. 상대시간의 앞부분에 해당하는 42 이하 지역은 대부분 구정면의 임야 경계 지역에 분포한다. 상대시간 57 이상 지역은 소규모의 국지적 분포를 이룬다(그림 20).

상대시간(T)과 농업적 토지이용과의 관계를 하천과 연계하여 살펴보면, 하천의 상류지역은 상대시간 값이 높고 하천의 유로부터 가까운 지역을 중심으로 논농사 지대가 형성되어 있고 논농사 지역의 외곽은 밭농사가 이루어지고 있다. 그리고 하천의 하류지역은 상대시간 값이 높은 지역을 중심으로 논농사와 밭농사가 혼재한다. 하천의 상류지역은 밭농사 비율이 높으며 하천의 하류지역은 논농사 비율이 높다.

상대시간 값이 높은 지역 중 도심에서 가까운 곳은 밭농사 비율이 높고, 도심에서 멀수록 논농사의 비율이 높게 나타났다. 이는 도심에서 가까운 지역의 경우 밭농사가 논농사에 비하여 경제성이 높기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다.

## 결 론

이 연구 결과 지형의 개석도 분석에서 GIS를 분석 도구로 활용하면 효율성을 높일 있었다. 그리고 GIS를 활용하여 지형의 개석도를

분석하고 그 결과를 주제도로 제작하여 활용하면 관련 분야와 연계한 연구의 수행이 쉽다는 장점이 있다. 이 연구에서도 먼저 GIS를 이용하여 연구 지역의 개석도를 분석하고 그 결과를 주제도로 제작하고, 다음 단계로 연구 지역의 토지이용 현황과 개석도 주제도를 비교하는 연구를 수행하였다. 그 결과 개석도와 토지이용 간의 상관도가 있음을 확인할 수 있었다. 이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지형의 개석도 분석에서 GIS를 활용할 경우 수작업에 비하여 연구의 효율성이 매우 높다.
2. 강릉남대천 유역권의 개석도 분석 결과 하천을 중심으로 개석의 진행 정도가 높게 나타난다. 특히, 하천의 상류에서 하류로 갈수록 개석의 진행 정도가 높게 나타난다.
3. 개석도와 농업적 토지이용 사이의 관계 분석 결과, 농업적 토지이용 대부분 지형의 개석이 많이 진행된 지역(상대시간(T)이 높은 지역)에 분포한다. 농업적 토지이용 중 논과 밭으로 이용되는 토지가 개석도와 더 높은 상관도를 나타낸다.
4. 지역별로 개석도와 농업적 토지이용 간의 상관관계를 비교하였을 때 토지이용이 집약적으로 이루어지는 동지역이 읍면지역에 비하여 상관성이 낮게 나타났다. 이는 동지역의 토지이용이 시장과의 접근성과 지가 등에 영향을 받아 지형적인 불리함을 극복하고 적극적으로 개간되었기 때문으로 생각된다.

그러나 GIS를 이용하여 개석도를 분석할 때, 개석도 분석을 위한 공간 범위(500m×500m) 내에 다수의 산정고도와 곡저고도값이 존재할 수 있으며, 이 경우 어느 지점을 대푯값으로

사용할 것인가에 대한 명확한 기준이 없다는 것이 가장 큰 한계이다. 그리고 이 연구에서 수행한 GIS를 이용한 지형의 개석도 분석과 관련하여 적절한 개석도 분석 규모(방안의 크기) 설정에 관한 연구와 개석도 분석에서 발생하는 오류를 보완하기 위한 연구, 그리고 개석도 분석 결과에 대한 분석과 활용방안에 관한 연구 등의 후속 연구가 필요하다. **KAGIS**

## 참 고 문 헌

- 김창환. 1992. 한국 남서지역의 구릉지에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문.
- 김창환, 이의한, 강정임, 배선학. 2006. 2006년도 한국지형학회 동계학술대회 논문집. 72-76쪽.
- 박진형, 이관수, 이삼노. 2004. DEM의 정확도 분석에 의한 도시 소유역의 유출해석. 한국지리정보학회지 7(1):28-38.
- 박희두. 1998. 자연지리조사법. 교학연구사, 서울.
- 성효현. 2003. 산지 환경 연구와 GIS. 한국지형정보학회지 10(1):102-125.
- 이금삼. 2000. DEM 을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석. 한국지리정보학회지 3(1):35-43.
- 이희연. 1995. 지도학. 법문사, 서울.
- 정인주, 서규우, 김가야. 2005. 수문지형인자 추출에 따른 격자크기의 결정. 한국지리정보학회지 8(3):23-33.
- 한균형, 이민부, 김남신, 신근하. 2003. 효과적인 지형표현을 위한 등고선 간격 일반화에 관한 연구. 한국지형학회지 10(1):67-76.
- 황상일, 정혜경, 윤순욱. 2000. 경주 감포지역 해안단구의 지형면분석을 위한 GIS 의 적용. 한국지리정보학회지 3(2):48-60.
- 二宮書店. 1981. 地形學辭典, 東京.
- 平野昌繁. 1971. HRT(起伏量) グイアグラムによる 侵蝕度の量的表現. 地理學評論 44(9):628-637.
- <http://www.esri.com> **KAGIS**