

DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석

이금삼¹ · 조화룡²

The Gradient Analysis of the Korean Peninsula by using DEM

Kum-Sam Lee¹ · Wha-Ryong Jo²

요 약

DEM(DTED LEVEL 1)을 ARC/INFO로 처리하여 한반도 지형의 경사도를 분석하였다. 한반도는 완경사 사면이 차지하는 비율이 아주 높고, 평탄지나 급경사지의 비율은 낮게 나타난다. 평탄지와 파상지는 고도 150m 이하 지역에 대부분 분포하고, 경사가 가장 급한 고도대는 500m~1,000m 지역이며, 1,000m 이상 지역은 고원의 경관을 보이고 있다. 수치지질도와 경사분석도를 중첩했을 때 고고도와 급경사를 이루는 지질은 화강편마암(ARgr), 편마암(PR₁), 평안계 사암(P-T), 자성층군(J₂) 등으로 나타났고, 저고도에 완만한 경사를 보이는 지질은 열리상화강암(Jgr₁), 백악기 퇴적암(K₁, K₂), 신생대 퇴적암(N) 등이며, 제 4기에 분출한 현무암은 높은 고도에 완만한 용암대지를 이루고 있다.

주요어: DEM, 경사도, 경사계급, 고도와 경사의 조합, 지질별 지형특성

ABSTRACT

The slope gradient of the Korean Peninsula was analyzed by using DEM(DTED level 1). The Peninsula has high percentages of gentle slopes. But low plains and very steep slope regions are scarcely distributed in the Peninsula. Altitude lower than 150m areas are composed of plains and undulated plains. The steepest and most rugged topographies are observed in the range of altitude from 500m to 1,000m areas. The areas of altitude greater than 1,000m show plateau landscapes. By overlapping digital geology maps and the gradient grade maps, We revealed the characteristics of slope regions by geological districts. High latitude with steep slope are well developed in the geological districts of granitic gneiss(ARgr) and gneiss(PR₁) of the Pre-Cambrian, sandstone of the Paleozoic era(P-T), and sedimentary rocks of the Mesozoic era(J₂). Low altitude with gentle slope areas are representative in the districts of granite of the Mesozoic era(Jgr₁), the Cretaceous sedimentary rocks of the Mesozoic era(K₁, K₂) and the Cenozoic strata(N). Basalt extruded the Quaternary(Q₁) are observed in the areas of very gentle slope but greater than 1,000m altitude.

2000년 4월 4일 접수 Received on April 4, 2000

¹ 경북 부석중학교 (62kslee@hanmail.net) Pusok Middle School, Youngju, Korea

² 경북대학교 지리교육과 (wrjo@bh.kyungpook.ac.kr) Dept. of Geography Education, Kyungpook National University

KEYWORDS: DEM, Map of Gradient, Gradient Grade, Combination of Altitude and Slope, Characteristics of Topography by Geological Districts

서 론

지형도의 대부분은 고도 자료를 기반으로 만들어져 있고, 경사 자료를 근거로 만들어진 지도는 거의 없다. 그러나 인간생활의 활용 측면에서는 경사 자료로 표현된 지도가 요구되는 경우도 많다. 이와 같은 이유로 필자들은 DEM(DTED level 1)(이금삼과 조화룡, 1998a)을 이용하여 한반도의 경사분석도를 작성하고, 이를 분석함과 아울러 경사자료와 고도자료의 조합 및 경사자료와 지질도를 조합함으로써 고도대별 경사분포의 특징과 지질별 경사특성을 밝히고자 한다.

연구방법 및 자료

본 연구는 GIS 소프트웨어 중 가장 범용성이 있는 ARC/INFO를 이용하여 한반도의 경사를 분석하였다. 경·위도 1°단위의 DTED level 1을 ARC/INFO에서 TM 도법으로 투영하고, 이들 각 file을 모두 합하여 한반도 전체의 고도 자료를 만들고, 이 고도 자료를 기본 자료로 이용하여 ARC/INFO에서 지원하는 경사 계산법에 의거하여 경사도를 계산하였다. DTED level 1은 100m×100m cell의 DEM으로 1:50,000 지형도에서 2mm×2mm 방안을 그은 것과 같고, 한반도 전체의 cell 수는 약 22,000,000 개이다. 경사분석은 고도값을 간직한 하나의 cell을 중심으로 주변의 8개의 cell을 참조하여 가장 고도차가 큰 cell을 찾아내어 그 차이를 높이로 하고, cell 간의 거리를 밑변으로 하는 직각삼각형을 구하여 계산하였다. 지질도는 1995년 자원연구소 발행 1:1,000,000 지질도를 기본도로 scanning하여 Microstation에서 vectorizing한 후 ARC/INFO에서 최종적으로 수치지질도를 만들었다. 이 수치지질도를 근거로 분포 면

적이 1% 이상인 22개 지질의 지질별 평균고도와 평균경사를 계산하고, 이를 조합하여 한반도의 지질별 지형특성을 계산하였다.

분석 결과

1. 경사도에 의한 지형 분류

지형경사는 인간의 토지이용과 밀접한 관련이 있으므로 경사도에 의한 토지등급을 부여한 연구는 많다. Hudson(1936)은 0~5°, 5~10°, 10~15°, 15~20°, 20°이상의 5등급으로 나누었고, 농림부(1970)는 8등급으로 구분하였다. 본고에서는 Hudson의 연구와 농림부 연구를 참고하여 6단계(A-F)로 구분하였다. 즉 Hudson의 1등급 지역은 한국의 경우 주거나 농경생활에 매우 중요한 지역이므로 이것을 보다 자세히 고찰하기 위하여 농림부의 분류 기준에 따라 둘로 세분하였다. 반대로 경사 20°이상 지역(농림부의 VI, VII, VIII)은 주민생활과의 관계가 적어 농림부 구분보다 통합 구분한 Hudson의 구분을 따르기로 하였다. A등급은 경사 1° 이하의 평탄지로서 총적평야의 대부분, 용암대지의 일부분을 포함하는 지역이다. 이 지역에서는 농작물의 재배에 제한이 없다. B등급은 1~5°의 지역으로 지형학에서 파랑성 평야(undulated plain)라고 부르는 지형에 해당되며 한국의 선상지와 침식평야의 대부분이 이 지역에 해당될 것으로 생각된다. 한반도에서 이들 파랑성 평야는 밭으로 대부분 개간되었지만 초지나 임야로 남아있는 곳도 부분적으로 있다. 이런 지역의 경작활동은 토양침식이 우려됨으로 등고선경작이나 계단경작이 요구된다. C등급은 5~10°의 완경사지로 저산성 구릉지 및 산록사면에 나타난다. 부분적으로 농지로 개간된 곳도 있지만 초지나 임지로 되어 있는 곳이 더 많다. D, E, F의

TABLE 1. The classification of gradient grades

Hudson(1936)			농림부(1970)			본 논문		
등급	경사	명칭	등급	경사	비고	경사	명칭	등급
1	0 ~ 5°	평탄지	I	0 ~ 2% (0 ~ 1'9")	작물재배에 제한을 받지 않음	0 ~ 1°	평탄지	A
			II	2 ~ 9% (1'9" ~ 5'9")	개간적지, 등고선 경작 필요, 과수원, 桑田으로의 적지			
2	5 ~ 10°	완경사지	III	9 ~ 16% (5'9" ~ 9'5")	계단식으로 개간해야 할 개간적지, 과수원, 상전의 적지	1 ~ 5°	파랑성 평야	B
3	10 ~ 15°	준완경사지	IV	16 ~ 27% (9'5" ~ 15'7")	고원지대(해발 1,000m 이상)로서 영농상 기상적 제한을 받는 토지	5 ~ 10°	완경사지	C
4	15 ~ 20°	급경사지	V	27 ~ 35% (15'7" ~ 19'17")	-	15 ~ 20°	준급경사지	E
			VI	35 ~ 45% (19'17" ~ 24'14")	목야지 및 방목지 적지 (채초지)			
5	20° 이상	급준경사지	VII	45~58% (24'14" ~ 30'7")	특수 임야지, 임지	20° 이상	급경사지	F
			VIII	58% 이상 (30'7" 이상)	임지, 사방사업이 필요한 산지			

등급은 모두 산지에서 나타나며 대부분이 삼림지이고, F등급에서는 곳에 따라 노암지가 나타나기도 한다.

표 2는 한반도의 경사계급별 면적과 면적비이다. 파랑성 평야, 완경사지, 준완경사지의 면적비가 각각 약 20%로 가장 넓고 평탄지나 급경사지의 면적비는 낮다. 즉 한반도는 평탄

지나 급준한 산지의 면적이 넓지 않은 비교적 완만한 경사지가 국토의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

그림 1은 DEM 자료에 의해 분석된 경사를 앞의 6단계로 구분하여 나타낸 한반도의 경사구분도이다. 고도별로 채색된 지형도와는 달리 이 지도는 고도가 높더라도 경사가 완만하면 녹색

TABLE 2. The area and area percentage of each gradient grades in the Korean Peninsula

	0 ~ 1° (평탄지)	1 ~ 5° (파랑성 평야)	5 ~ 10° (완경사지)	10 ~ 15° (준완경사지)	15 ~ 20° (준급경사지)	20°이상 (급경사지)	합 계
면적(km ²)	26,893.0	41,871.7	45,519.0	43,183.5	31,668.4	23,307.2	212,442
비율(%)	12.7	19.7	21.4	20.3	14.9	11.0	100.0

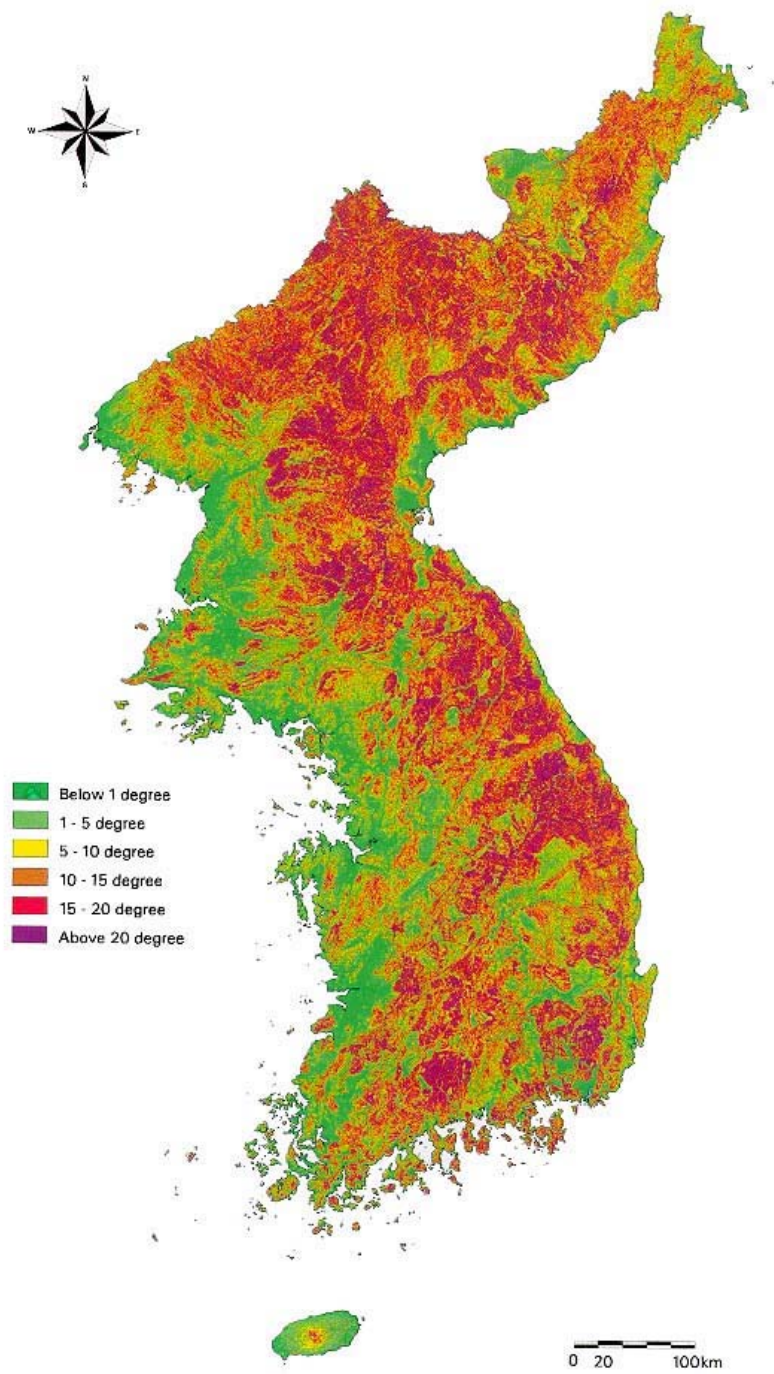


FIGURE 1. The map of gradient grades in the Korean Peninsula

으로 표현되기 때문에 한반도에서 잘 파악되지 않았던 지형의 특징들이 뚜렷이 나타나는 장점이 있다. 서해안의 대하천 하류의 넓은 지역과 동해안의 해안을 따라 좁게 나타나는 녹색지대는 낮은 평야이다. 경사가 급하여 험준한 지역은 함경산맥, 태백산맥, 지리산, 천왕산 일대 등이다. 그러나 백두산에서 두류산에 이르는 녹색지대는 고도 1,500m를 넘는 백두산 용암대지이고 가운데 섬처럼 나타나는 갈색은 대연지봉, 남·북포태산 등 용암대지 위에 솟은 용암원정구들이다. 중부지방의 철원~평강·신계~곡산 용암대지도 녹색으로 뚜렷하다. 함경산맥의 남쪽사면은 급경사를 이루고 분수령에서부터 북쪽은 선을 그은 것처럼 녹색이나 황색으로 바뀌어 고위평탄면이 나타나는데 이곳이 풍산, 신흥, 장진이고 대관령부근에도 고위평탄면이 잘 나타난다. 남부지방의 영주분지, 거창·가조분지, 남원분지, 구례분지 등도 쉽게 찾을 수 있다. 제주도는 산정부 일부의 급경사지를 제외하면 섬의 대부분 지역이 평탄지 및 과상지임을 알 수 있다.

다음으로 고도대별로 경사분포가 어떻게 다르게 나타나는가를 살펴보기로 한다. 그러나 고

도의 경우는 고도단계를 구분한 기존의 연구자료가 없고, 또 대상지역의 고도분포 특성에 따라 구분 근거를 다르게 설정해야 하기 때문에 세계 어디서나 적용될 수 있는 구분단계를 설정하는 것은 어렵다. 한반도도 만일 고도면적비 누적곡선에서 knick point가 나타난다면 이를 근거로 고도를 구분할 수 있을 것이다. 그러나 한반도 전체의 고도별 면적비 누적곡선은 knick point가 전혀 나타나지 않는 완만한 S형 곡선일 뿐이다. 그래서 한반도를 고도별로 면적이 비슷하게 3등분될 수 있는 고도한계를 잡아 보았더니 대략 150m 이하, 150~500m, 500m 이상이다. 이렇게 설정된 고도단계로 지형에 대비해 보니 150m라는 경계는 한반도의 대부분의 평야가 표고 150m 이하에 분포하고 있는 점에서 유의한 경계라 할 수 있었다. 이 고도는 춘천분지저 및 충주분지저 층적평야의 고도와 대략 일치한다. 또 일반적으로 150~500m의 표고를 이루는 지역은 구릉성산지가 대부분을 차지하며, 500m 이상은 지역을 다시 500~1,000m, 1,000m 이상 지역으로 구분하는 것이 필요했다. 다시 말해서 고도에 의해서 지형을 구분하는 단

TABLE 3. The area and area percentage of topographic unit by combination of altitude and slope gradient in the Korean Peninsula

경사도 \ 고도	150m 이하 (평야)		150 ~ 500m (구릉지)		500 ~ 1,000m (산지)		1,000m 이상 (고산지, 대지)		합 계
	면적 (km ²)	%	면적 (km ²)	%	면적 (km ²)	%	면적 (km ²)	%	면적 (km ²)
0 ~ 1° (평탄지)	24,169.5	31.8	1,690.9	2.5	278.9	0.7	753.3	2.7	26,893.0
1 ~ 5° (파랑성 평야)	26,920.4	35.4	9,368.8	13.7	2,399.7	6.0	3,182.2	11.5	41,871.7
5 ~ 10° (완경사지)	15,799.1	20.8	17,473.2	25.5	6,634.4	16.5	5,611.7	20.3	45,519.0
10 ~ 15° (준완경사지)	6,615.1	8.7	18,954.6	27.7	10,669.6	26.5	6,943.6	25.2	43,183.5
15 ~ 20° (준급경사지)	2,042.1	2.7	13,020.2	19.0	10,650.6	26.5	5,955.1	21.6	31,668.4
20° 이상 (급경사지)	539.3	0.7	8,033.3	11.7	9,584.2	23.8	5,150.1	18.7	23,307.2

계는 150m 이하(평야), 150~500m(구릉지), 500~1,000m(산지), 1,000m 이상(고산지, 고원)으로 구분했다. 그러나 이 단계구분은 한반도 지형을 참조한 경험적 구분임을 다시 밝혀두는 바이다. 이렇게 고도 4단계, 경사 6단계를 조합한 24단계의 지형구분에 대한 각 단계별의 면적과 그 비율을 나타낸 것이 표 3이다.

고도 150m 이하는 주로 평탄지, 파랑성 평야, 완경사지로 이루어져 있고, 고도가 낮아도 20°이상의 경사가 급한 지역도 나타난다. 또 평탄지의 약 90%, 파랑성 평야의 약 60%가 이 고도대에 분포한다. 150~500m 지역은 완경사지, 준완경사지, 준급경사지의 면적이 각각 20%로 대부분을 차지한다. 고도 500~1,000m 지역은 평탄지와 파랑성 평야의 면적이 가장 낮고 급경사지의 면적이 가장 넓어 한반도에서 가장 험준한 지형을 이룬다. 고도 1,000m 이상의 지역은 평탄지와 파랑성 평야의 면적비가 500~1,000m 에서 보다 더 높고, 준급경사지나 급경사지의 면적비는 더 낮아서 고원의 지형경관을 나타낸다 할 수 있다.

그림 2-A는 고도 150m 이하 지역의 사면경사도이다. 서해안의 주요평야 지역에서 전형적으로 잘 나타나고, 동해안을 따라서도 단편적으로 나타나며, 낙동강 본류 및 주요 지류에서도 잘 나타난다.

그림 2-B는 고도 150~500m 지역의 사면경사도이다. 이 고도대에서 평탄지는 철원-평강·신계-곡산 용암대지에서 잘 나타나고, 연두색의 파상지는 화강암 개석분지 즉 영주·안동·충주·금산·보은·양구분지 등지에서 잘 나타난다. 이들 지역은 고도가 높기 때문에 고도 중심의 지형도에서는 모두 노란색이나 갈색으로 나타나 개석분지의 특징을 파악할 수 없지만 경사 분석 지도에서는 잘 구분되어 나타난다.

그림 2-C는 500~1,000m 지역의 사면경사도이다. 한반도에서 가장 험준한 지형을 이루는 고도대로써 낭림산맥·태백산맥이 주 분포지이고 지리산 주변, 함경산맥 남측에 잘 나타난

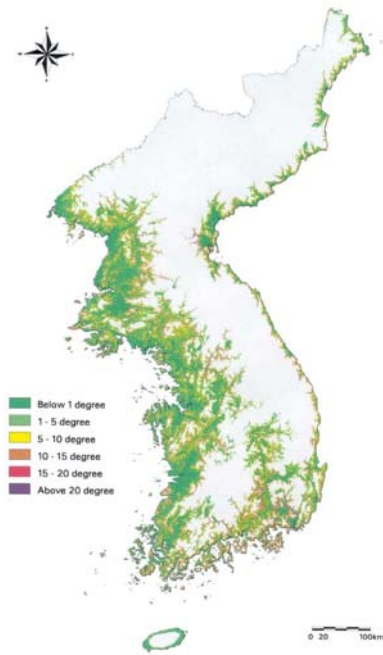
다. 대관령 고위평탄면도 잘 나타난다.

그림 2-D는 고도 1,000m 이상 지역의 사면경사도이다. 남한에도 단편적으로 분포하지만 대부분이 개마고원에 한정되어 있다. 500~1,000m 지역보다도 평탄지가 많아 고원지형을 잘 나타낸다. 백두산에서 두류산에 이르는 용암대지와 풍산, 신흥, 장진 등의 고위평탄면이 뚜렷하다.

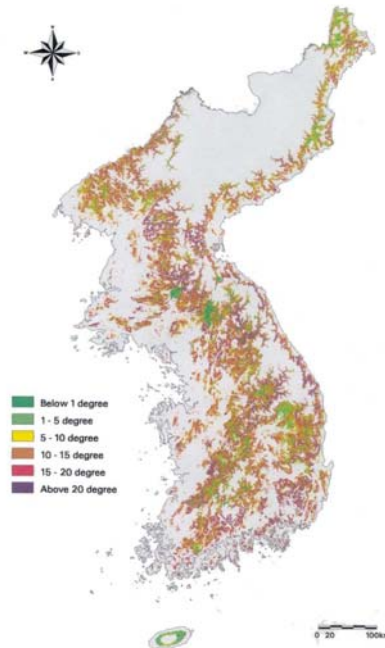
2. 지질별 고도와 경사의 조합

기반지질별로 사면경사가 어떻게 다른가를 살펴보았다. 이를 위하여 1995년 자원연구소에서 발행한 1:1,000,000 지질도를 기초로 수치지질도를 만들고, 39개 지질 중에서 분포면적이 1% 이상인 22개 지질을 대상으로 평균고도, 평균경사 분포 히스토그램을 그리고, 표준편차를 계산하여 고도와 경사를 조합한 것이 표 4이다. -1 SD 이하, -1 SD $\sim \bar{x}$, $\bar{x} \sim +1$ SD, $+1$ SD 이상의 4단계로 구분하고, 고도에서는 이들 각각을 저고도, 준저고도, 준고고도, 고고도라 이름하고, 경사에서는 완경사, 준완경사, 준급경사, 급경사라 이름했다. 이들 두 요소(고도, 경사)를 조합하면 표 4와 같이 16개 범주로 구분된다. 그러나 해당지질이 없는 5개를 제외하면 모두 11개 범주로 나눌 수 있다.

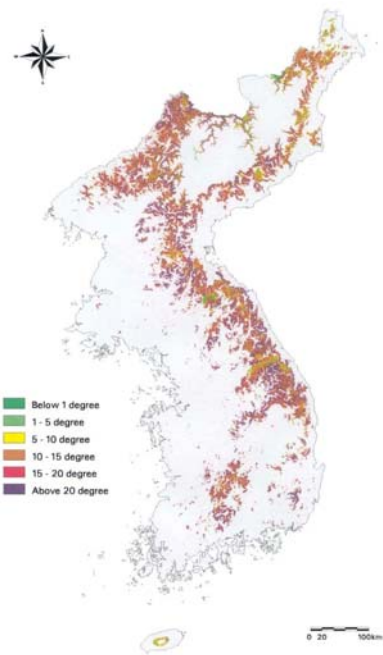
‘고고도·급경사’의 지형특징을 보이는 지질은 ARgr로 낭림산맥 주변에 주로 분포하는 낭림화강암(실제로 화강편마암)으로 한반도에서 가장 험준한 지형을 이루는 지질이라 할 수 있다. ‘고고도·준급경사’의 지형특징을 보이는 지질은 J₂(자성층군), PR₁(마천령층군)이며 한반도에서 ARgr 다음으로 험준한 지형이라 할 수 있다. ‘고고도·완경사’의 지형특징을 보이는 지질은 Q₁(현무암)으로 표면경사는 완만하지만 절대 고도는 아주 높은 용암대지의 지형경관을 보인다. ‘준고고도·급경사’의 지형특징을 보이는 지질은 P-T(평안층군)로 고도도 상대적으로 높지만 경사가 가장 급하여 험준한 지형을 이루는 지질이다. ‘준고고도·준



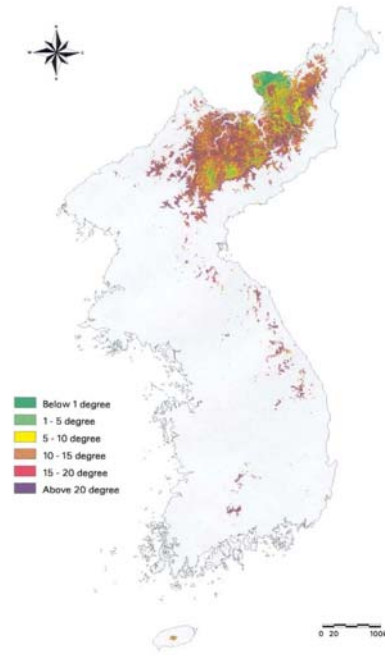
A. The Areas of Altitude lower than 150m



B. The Areas of Altitude 150~500m



C. The Areas of Altitude 500~1,000m



D. The Areas of Altitude Greater than 1,000m

FIGURE 2. The gradient grades of the Korean Peninsula

TABLE 4. The topographical characteristics by geological districts in the Korean Peninsula

고도(m)	경사(°)	완경사 (-1 SD 이하)	준완경사 (-1 SD ~ \bar{x})	준급경사 (\bar{x} ~ +1 SD)	급경사 (+1 SD 이상)
저고도 (-1 SD 이하)		K ₁ , Jgr ₁	K ₂		
준저고도 (-1 SD ~ \bar{x})		N	Tgr, PR ₃ PR ₂ , PRgr	Kgr, K ₃ , O, E, AR ₁ , AR ₂	
준고고도 (\bar{x} ~ +1 SD)			Jgr, PALgr	AR ₃	P-T
고고도 (+1 SD 이상)		Q ₁		J ₂ , PR ₁	ARgr
고도 :	$\bar{x}=415.2\text{m}$	-1 SD=198.0m	+1 SD=632.4m		
경사도 :	$\bar{x}=10.6^\circ$	-1 SD=8.4°	+1 SD=12.8°		

급경사'의 지형특징을 보이는 지질은 AR₃(반상변정질편마암)로 중 정도의 험준한 지형을 보이는 지질이다. '준고고도·준완경사'의 지형특징을 보이는 지질은 Jgr, PALgr 등의 화강암 지질로 고도는 상대적으로 높지만 사면경사는 비교적 완만하여 순한 산지의 지형경관을 보인다. '준저고도·준급경사' 즉 고도는 상대적으로 낮지만 경사는 비교적 급한 지형특색을 보이는 지질은 Kgr, K₃, O, E, AR₁, AR₂들이다. Kgr(불국사화강암)은 화강암 중에서 가장 최근에 관입한 지질로 팔공산, 토함산 등 경사가 급한 산지를 이루고 있으며, K₃(유천층군)도 경상계 분출암을 주축으로 하는 지질로 경상누층군 분포 지역에서는 산지를 이루고 있다. 그러나 이 두 지질은 모두 한반도 남부 지역에 분포하고 있어 한반도의 전체적 측면에서 상대적으로 낮게 나타난다. 고생대 지질인 O(대석회암층군)와 E(양덕층군)도 평균 분포고도는 상대적으로 낮지만 하곡간에 급한 경사를 이루어 험준한 지형을 이룬다. AR₁, AR₂는 편마암으로 비교적 넓은 분포면적을 가지며, 고도에 비하여 경사가 급한 지질이다. '준저고도·준완경사' 즉 상대적으로 완만한 구릉성 지형의 특징을 보이는 지질은 Tgr, PR₃, PR₂, PRgr 들이다. '준저고도·완경사'의 지형특징을 보이는 지질은 N(신제3기 지질)으

로 두만강 하류부에 주로 분포하며 아주 완만하지만 고도는 어느 정도 있다. '저고도·준완경사'의 지형특색을 보이는 지질은 K₂(하양층군)로 아주 낮은 평균고도 이지만 사면경사는 어느 정도 있는 지질이다. K₁(신동층군)과, Jgr₁(주라기 엽리상화강암)은 한반도에서 가장 낮고 가장 완만한 '저고도·완경사'의 지형특색을 보인다.

결 론

앞에서 분석한 내용을 종합하면 다음과 같다.

1. 한반도의 지형 경사를 1°이하(평탄지), 1~5°(파랑성 평야), 5~10°(완경사지), 10~15°(준완경사지), 15~20°(준급경사지), 20°이상(급경사지)의 6단계로 구분했을 때, 한반도는 파랑성 평야, 완경사지, 준완경사지가 60%로 완경사 지형이 국토의 대부분을 차지하고 있으며, 평탄지나 급경사지의 면적은 상대적으로 좁다.
2. 한반도 지형을 고도별로 150m 이하 지역, 150~500m 지역, 500~1,000m 지역 그리고 1,000m 이상 지역의 4단계로 구분하고, 이들 고도 단계별로 경사 6 단

계 구분을 실시했다. 표고 150m 이하 지역의 대부분은 평탄지와 파랑성 평야로 이루어져 있다. 표고 150~500m 지역의 대부분은 완경사지, 준완경사지로 이루어졌으며, 화강암 개석분지, 용암대지의 지형들이 잘 나타나고 있다. 표고 500~1,000m 지역은 한반도에서 경사가 가장 급한 험준한 지형을 이루고 있다. 표고 1,000m 이상의 지역은 그 아래 지역(500m~1,000m)보다 완경사지 면적이 넓어서 고원의 경관을 이룬다. 그 이유는 이 고도 지역에 현무암 용암대지, 고위 평탄면 지형이 주로 분포하기 때문이다.

3. 지질별 경사 분포의 특성은 Pre-Cambrian의 화강편마암(ARgr)과 편마암(PR₁), 고생대 사암(P-T), 중생대 퇴적암(J₂) 등은 높은 고도와 급한 경사를 이루고 있고, 중생대 화강암(Jgr₁), 중생대 백악기 퇴적암(K₁, K₂), 신생대 지층(N)이 저고도에 완만한 경사를 보였다. 신생대 제4기에 분출한 현무암(Q₁)은 경사는 아주 완만하지만 1,000m 이상의 높은 고도를 유지하고 있는 것이 특징이다. **KAGIS**

참고문헌

- 농림부. 1970. 농업용수 개발사업 총람. 237쪽.
- 이금삼. 1999. DEM을 이용한 한반도 지형의 계량적 특성과 기반암질과의 관계 분석. 경북대학교 대학원 박사학위논문.
- 이금삼, 조화룡. 1998a. GIS기법에 의한 한국의 고도·기복량 분석. 대한지리학회지 33(4):525-535.
- 이금삼, 조화룡. 1998b. 경상도 지역에 있어서 지질별 지형특성 분석. 한국지형학회지 5(1):1-19.
- ESRI. 1996. Introduction to ARC/INFO.
- ESRI. 1996. Using GRID with ARC/INFO Rev 6.1.
- Hudson, G.D. 1936. Unit area method of land classification. Annals of A.A.G. 26:99-112.

KAGIS