

산지의 사면유형을 고려한 산지전용허가기준에 관한 연구

최정선¹·곽두안^{1*}·권순덕¹·백승아¹

Study on Applicability of Slope Types to Permission Standard for Forestland Use Conversion

Jung-Sun CHOI¹·Doo-Ahn KWAK^{1*}·Soon-Duck KWON¹·Seung-A BAEK¹

요 약

우리나라 국토의 약 64%를 구성하고 있는 산지는 「산지관리법」에 의거하여 산지전용허가기준에 따라 전용이 허가된다. 현행 산지관리법에서는 산지전용허가를 위한 지형기준으로서 평균경사도(25° 이하)와 표고(5부 능선 미만) 기준을 정의하여 재해로부터 취약한 필지의 전용을 규제하고 있다. 그러나 경사도는 전용하고자 하는 필지 내의 평균경사로 정의하고 있기 때문에 지형의 요철(凹凸)과 같은 사면형태를 고려할 수 없어 실제적인 재해위험성을 판단하기가 곤란하다. 그러므로 본 연구에서는 지형분류기법(Catena)의 적용가능성을 분석하고, 산지전용허가기준의 개선 방안을 연구하였다. 이론적 근거를 바탕으로 절형 및 직선 사면과 같이 물질의 이동이 활발한 사면유형을 재해위험성을 지닌 ‘위험사면’으로 선정하였다. 전라북도 남원시를 대상으로 실제 산사태 발생지의 지형을 분석한 결과, 상기 유형이 약 57% 분포하는 것으로 나타나, 선정된 ‘위험사면’의 실제 산사태 발생 위험성을 확인하였다. 현행 산지전용허가기준을 적용했을 때 산지전용이 가능한 필지의 사면유형 분석과 실제 남원시에서 산지전용이 허가된 필지에 대한 분석에서도 ‘위험사면’의 비율이 모두 50% 이상인 것으로 분석되었다. 그러므로 사면유형과 관련된 산지전용허가기준을 마련함으로써 ‘위험사면’에서의 산지개발 및 이용을 방지해야 한다. 또한 본 연구에서는 산지전용허가가 가능한 필지 내 ‘위험사면’의 비율을 제안함으로써 산지전용허가기준의 개선을 위한 사면유형 기준의 활용방안을 제시하였다.

주요어 : 산지관리법, 산지전용, 산지전용허가기준, 지형분류기법, 위험사면

ABSTRACT

Mountainous areas are 64% in Korea and are allowed to be used by the permission standards of the 「Mountainous Districts Management Act」. In the act, slope and elevation criteria are defined to regulate the use of vulnerable land parcels to disaster.

2018년 11월 28일 접수 Received on November 28, 2018 / 2018년 12월 18일 수정 Revised on December 18, 2018 / 2018년 12월 18일 심사완료 Accepted on December 18, 2018

1 국립산림과학원 산림복지연구과 Department of Forest Welfare Research, National Institute of Forest Science

* Corresponding Author E-mail : dkwak@korea.kr

However, the standards cannot represent topographical variation in a land parcel such as terrain relief. Therefore, the applicability of slope type standard as a permission standard was tested using Catena in this study. Based on the theoretical grounds, two slope types were analyzed as 'risky slope' with disaster risk. The slope types of landslides in Namwon City were analyzed that 'risky slope' types were distributed about 57%. This study analyzed the forestland parcels that could be used when applying the current permission standards and the parcels that were already used in Namwon City. The ratio of the 'risky slope' in the parcels was more than 50%. Therefore, it is necessary to prevent the mountain development in 'risky slope' by establishing permission standard related to slope types. In addition, this study suggested the ratio of 'risky slope' in the parcel for the permission standard for forestland use conversion.

KEYWORDS : *Mountainous Districts Management Act, forestland use conversion, permission standard, terrain classification method, risky slope*

서론

우리나라는 국토의 64%가 산지로 이루어져 있다. 산지는 「산지관리법」에 따라 관리되며, 산지이용을 위한 산지전용을 하려면 그 용도를 정하여 산지의 종류, 면적 등의 구분에 따라 허가를 받아야 하고, 산지전용허가 기준을 충족해야 한다(「산지관리법」 제14조). 산지전용허가 기준은 「산지관리법」 제18조에 명시되어 있으며, 지형요소와 관련된 기준은 경사도와 표고 기준이다. 전용하려는 산지의 평균경사도가 25° 이하이고, 반경 1km 이내의 가장 높은 봉우리와 임상도 상 산자락 하단부를 기준으로 5부 능선 미만인 산지이면 전용이 허가된다.

현행 산지전용허가 기준은 지역별 지형적 차이를 고려하지 않고 전국에 획일적으로 적용되며, 경사 기준을 평균경사도로 규정하기 때문에 개발 대상지 내 급경사지에서도 개발이 가능할 수 있다. 또한 지형 기복, 재해위험성 등을 고려할 수 있는 기준이 없기 때문에 산지전용 대상지의 사면안정성에 대한 고려가 부족하다. 일례로 지난 7월, 경북 청도군에서 산지를 개간하여 태양광 발전시설을 설치한 지역에서 폭우로 인해 산사태가 발생하면서 태양광 패널이 무너져 내린 사례가 있다. 산지 지형의 복잡한 사면 형태를 고려하여 재해 발생 위험이 없는 안정적인

사면에서 산지전용이 허가될 수 있도록 허가 기준을 개선할 필요가 있다.

산지전용허가기준의 개선과 관련된 연구는 다양한 측면에서 이루어졌다. Park *et al.*(2007)은 산지전용허가기준 중 표고기준을 개선하기 위해 지리정보체계(Geographic Information System: GIS)를 이용하여 산정부, 산자락 하단부 등을 구분할 수 있는 능선구분 프로그램을 개발하였다. Rho and Choi(2011)는 '국토의 계획 및 이용에 관한 법률' 과 '산지관리법'에 따른 산지전용허가기준이 상이하여 발생할 수 있는 문제를 보완하고자 표고기준에 대한 개선방안을 연구하였다. Kim and Kwon(2014)은 평균경사도 산정 프로그램별 측정 결과를 비교하여 평균경사도 산정 방식의 문제점을 검토하였고, 이를 반영한 산지전용허가기준 중 경사도 기준에 대한 개선방안을 제시하였다. 이러한 연구들은 산지전용허가 기준인 경사도와 표고를 측정하는 방식을 표준화하여 정립하는 데에 기여하였다. 또한 산지전용허가 제도의 체계정비 방안 연구(Kim, 2011; Woo *et al.*, 2013)를 통해 관련 제도 및 기준에 대한 개선방안 연구가 이루어졌다. 하지만 경사, 표고 이외의 지형적 기준 필요성에 대한 연구는 부재하다.

경사와 표고가 지형적 요소를 모두 대변할 수 없고, 특히 절대적인 수치가 낮더라도 사면형태가 복잡하게 나타날 수 있다. 지형분류기법을

활용하면 지형 분석을 통해 사면단위를 유형화함으로써 산지 사면의 형태를 파악할 수 있다. 각 사면유형은 침식/퇴적/이동 등을 초래하는 사면의 형태가 상이하며, 이에 따라 물질의 유출/유입/이동 등의 흐름이 결정된다. 물질의 흐름이 활발한 사면에서는 산사태가 발생할 가능성도 증가하므로 사면의 안정성이 약화된다. 그러므로 사면안정성 확보와 재해위험성 감소를 위해 필지 내 사면유형을 고려할 수 있는 산지전용허가 기준이 필요하다. 지형분류기법을 활용한 사면유형화를 통해 안정적인 사면과 불안정한 사면을 구분한다면, 불안정 사면에서의 산지 개발이 발생하지 않도록 산지전용허가 기준을 마련할 수 있다.

지형분류기법을 활용하여 산사태 발생지역, 산지전용지역 등을 비교한 연구를 비롯하여 지형분류기법과 산사태 자료를 활용한 연구를 검토하였다. Lee *et al.* (2015)에서는 지형분류기법을 이용하여 산사태 발생을 예측하는 것을 목적으로 연구를 수행하였으며, 지형분류기법으로는 Catena, Geomorphons, Topographic Position Index (TPI) 방법을 적용하였고, 2001년부터 2014년까지 군단위로 수집된 산사태 자료를 사용하였다. 산사태 발생지 중 차지하는 비중이 높은 상위 50%의 사면유형을 도출하였다. 그 중 Catena 기법에 따른 분석 결과, Backslope (M) (30.2%), Shoulder (M) (25.4%)의 순으로 선정되었다. Backslope (M)과 Shoulder (M)는 각각 산지의 침식사면과 이동사면을 대표하는 사면유형으로, 산사태 발생 확률이 매우 높은 것으로 평가되었다. KRIHS(2017)은 2005년부터 2010년 사이에 발생한 총 24,579건의 산사태 발생지점의 사면유형을 분석하였다. 그 결과, Backslope (M) (31.8%) > Shoulder (M) (18.8%) 순으로 산사태가 빈번하게 발생한 것으로 나타나, Lee *et al.* (2015)의 연구 결과와 유사하였다. 선행 연구들은 산사태 발생지점에 대한 자료를 점(point)자료로 활용하여 그 지점에 해당하는 사면유형을 분석하였지만, 본 연구에서는 산사태 발생지역에 대한 필지 단위로 분석했다는 점에서 차별성을 지닌다.

본 연구에서는 현행 산지전용허가 기준인 경사 및 표고 이외에 지형분류기법을 통해 분석된 사면유형에 대한 적용 가능성을 평가하고자 한다. 지형분류기법 중 Catena를 활용하여 사면유형을 분석하고, 재해발생 가능성을 지닌 위험사면 유형을 선정한 후, 실제 산사태 발생지역 자료를 통해 위험사면 선정을 검토하였다. 또한 산지전용이 가능한 지역, 기존에 이미 산지전용이 허가된 지역의 사면유형 분석을 통해 위험사면의 분포를 살펴보고, 현행 「산지관리법」의 산지전용허가기준을 준용하여 사면유형의 정책적 활용방안을 위한 기준을 제시하였다. 지형환경을 고려한 산지이용기준을 개발함으로써 안정적인 산지 관리와 산지 재해 예방에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

연구 지역 및 연구 방법

1. 연구 지역 및 연구 자료

산사태 발생지역은 국립산림과학원에서 2009~2017년에 조사한 내용을 기반으로 공간 자료화하였고, 그 중에서도 가장 많은 산사태가 발생한 남원시를 연구 대상지로 선정하여 분석에 활용하였다. 남원시의 산사태 발생지역 자료는 2010년부터 2011년에 발생한 것으로, 총 158건이 해당한다. 산지전용허가 지역에 대한 자료는 남원시 대상 2004년에서 2015년 사이에 발생한 산지전용허가, 협의, 신고 및 일시사용허가 지역에 대한 것으로, 총 131필지가 해당된다.

남원시는 동쪽에 세걸산(1,220m), 점등산(833.1m) 등 높은 고도의 산지가 위치해 있어 산사태 발생 및 산지전용 필지가 남원시의 서쪽에 주로 밀집해 있다(그림 1).

2. 연구 방법

1) 지형분류기법(Catena 방식)

지형분류기법은 지형의 형태와 그 형성 작용을 중시하여 지형을 분류하는 성인적 분류법(generic classification)과 지형의 형태 자체에 초점을 맞추어 지형을 분류하는 형태적 분류법

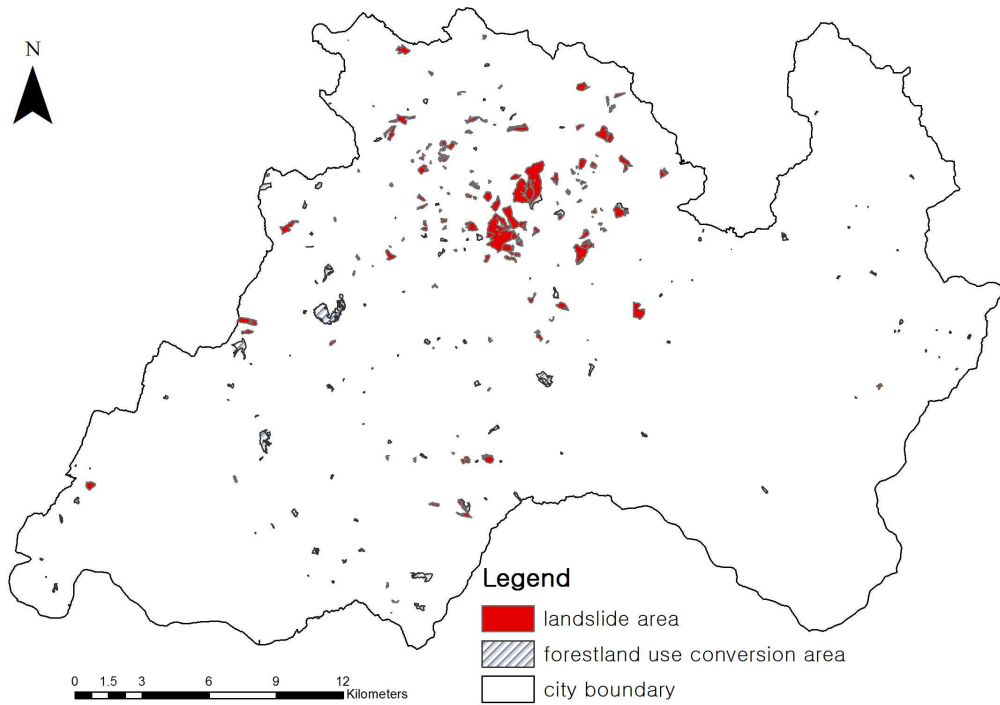


FIGURE 1. Landslide area in Namwon-si

(morphometric classification)으로 구분할 수 있다(Lee *et al.*, 2015). Catena 지형분류기법은 성인적 분류법과 형태적 분류법의 장단점을 극복하기 위해 개발되었으며, 대상지점의 객관적인 지형 형태와 그 지점에서 나타나는 물과 물질, 에너지의 흐름을 정량화하고 공간적인 상관성을 파악할 수 있다는 장점을 지닌다(Lee *et al.*, 2015). 따라서 본 연구에서는 Catena 지형분류기법을 사용하여 연구지역 지형의 사면 유형 분석을 수행하였다.

Catena 방식은 사면과 토양 간의 상관관계를 추정하기 위해 개발된 9개 사면 경관단위 모형인 Nine-Unit Landscape Model (Conacher and Darlymple, 1977)의 한계를 극복하고자 구축된 정량적·3차원적 지형단위 구분 모형으로, Park *et al.*(2001)에 의해 개발되었다. 9개 사면 경관단위 모형을 단순화하고 우리나라 지형 특성에 적합하도록 발전시킨 7개 사면지형 구분 방식을 사용한다(Park, 2004). 수치고도

모형을 이용하여 물과 물질의 이동을 나타내는 사면유역지수(Upslope Contributing Area, A_s)와 이에 영향을 주는 사면의 형태를 나타내는 사면곡면율(Surface Curvature, C_s)을 도출한다. 사면유역지수는 사면의 한 지점으로 유입될 수 있는 물의 양을 추정하는 지형변수로, Freeman(1991)에 의해 개발된 다중흐름법(multiple flow algorithm)으로 계산된다. 사면곡면율은 사면의 물질이동에 영향을 미치는 형태를 추정하는 지형변수로, 2차원적인 형태만 나타내는 사면경사도의 한계를 극복하기 위해 Park *et al.*(2001)이 개발하였다. 두 지형지수 간의 산점도를 통해 지형구분자를 설정하고, 7개의 사면유형(Summit, Shoulder, Backslope, Footslope, Toeslope1, Toeslope2, Channel)으로 구분한다. 그림 2는 이러한 사면유형의 2차원적 형태와 각 유형을 구분하는 지형구분자를 나타내며, 표 1은 각 사면유형의 지형적 특징을 정리한 내용이다. Catena 분석 기법의 상

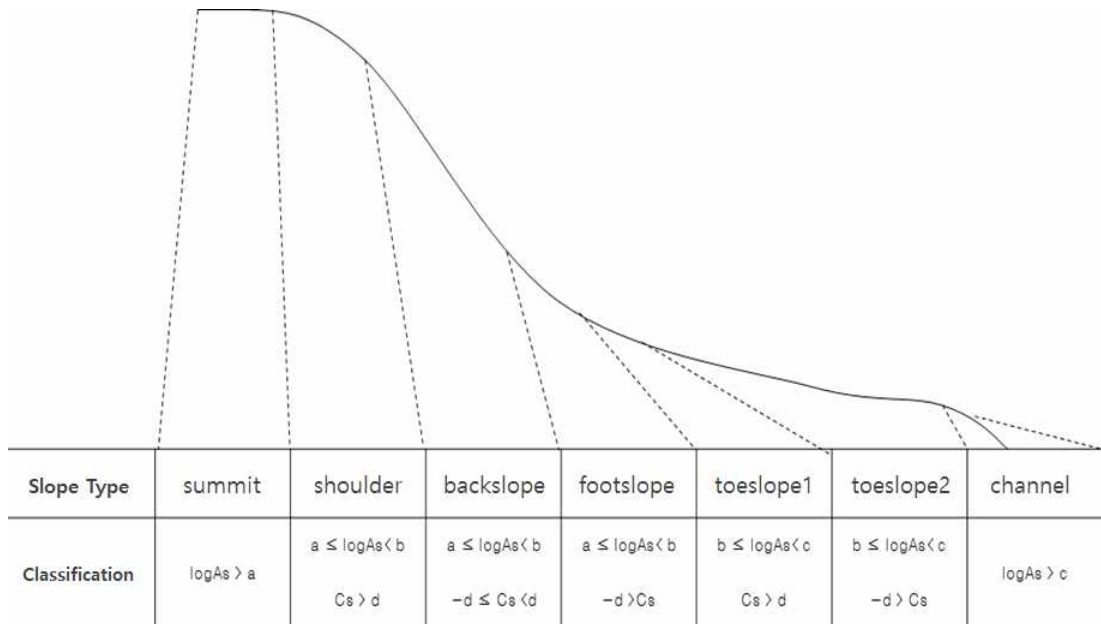


FIGURE 2. Two-dimensional slope types (KRIHS, 2017)

TABLE 1. Characteristics by slope types

Slope Type	Characteristics
Summit	convex slope type like mountain top
Shoulder	type that erosion and creep occur frequently
Backslope	type that the inflow and outflow of material occurs similarly
Footslope	type that occurs deposition of material
Toeslope1	concave slope type
Toeslope2	type with a distinct concave terrain more than the Toeslope1
Channel	type with high value of Upslope Contributing Area

세한 분석 방법과 절차는 Park(2004)에 제시되어 있다.

본 연구에서는 전라북도 남원시를 대상으로 수치표고모델(Digital Elevation Model; DEM)로부터 지형분류기법(Catena)에 의한 사면유형 분류 결과를 도출하였다. 기존 연구에서는 산지와 평지를 구분하는 코드화를 통해 산지에 해당하는 사면유형과 평지에 해당하는 사면유형을 구분하여 총 14개로 구분하였지만(Lee *et al.*, 2015; KRIHS, 2017), 본 연구에서는 사면유형의 단순화를 위해 산지와 평지를 구분하지 않고 총 7개의 사면유형으로만 결과를 제시하였다. 지

형지수 도출과 Catena 분석을 위해 CURV3 프로그램(Park *et al.*, 2001)과 DiGEM 2.0, ArcGIS 10.3을 활용하여 분석하였다.

2) 위험사면 선정 및 산사태 발생 지역의 사면유형 분석

7개의 사면유형 중 첩(凸)형과 직선 형태의 사면에서는 이론적으로 물질의 유출과 이동이 활발하게 발생한다. 이에 해당하는 사면에서는 산사태 발생 위험이 높다. 지형의 요철이 없는 직선 사면에서 물질의 이동이 있으면, 멈추지 못하고 아래로 이동하게 되는 힘이 커지게 되어

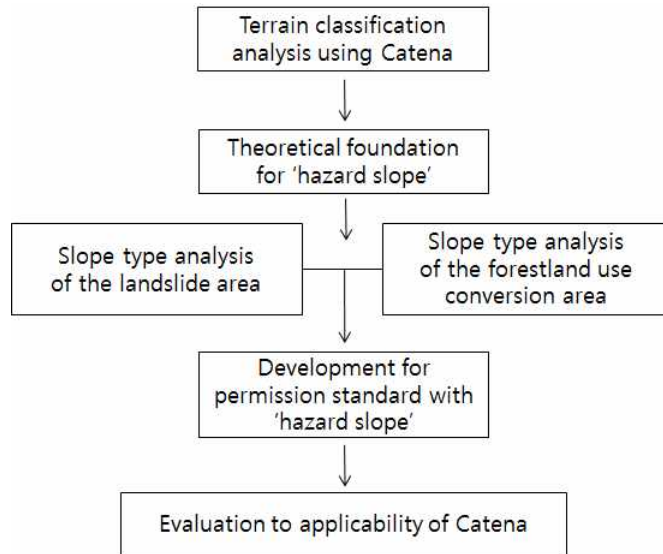


FIGURE 3. Overall process to evaluate applicability of Catena

큰 피해를 유발할 수 있기 때문이다. 사면유형에 대한 이론적 근거를 기반으로 이러한 산사태 발생 위험성을 지닌 사면유형을 분류하고, 이를 ‘위험사면’으로 정의하였다.

‘위험사면’으로 선정한 사면유형에 대한 실제 재해위험성을 검증하고자 산사태 발생 지역을 대상으로 사면유형을 분석하였다. 산사태 발생 지역 자료는 국립산림과학원 산림방재과에서 제공 받은 산사태 복구 현황, 호우 피해 복구 등의 자료를 바탕으로 구축한 점(point) 기반 공간 자료이다. 남원시를 대상으로 2010년부터 2011년 사이에 발생한 총 158건의 산사태 발생 지역에 대한 자료를 분석에 활용하였다. 이는 점(point)자료 기반이나, 국가공간정보포털에서 제공하는 2018년 5월 5일 기준의 전북 지역 연속지적도형정보와 중첩하여 면(polygon) 형태의 필지 단위로 자료를 구축하여 사용하였다. 따라서 산사태가 발생한 158개 필지에 대한 사면유형을 분석함으로써 각 유형의 분포 비율을 도출하였다.

- 3) 산지전용허가 지역 분석
연속지적도형정보에서 지목 상 ‘임야’ 인 지

역을 대상으로 현행 산지관리법 산지전용허가 기준에 따라 허가가 가능한 지역을 추출하였다.

「산지관리법」 시행령 제20조에 의거하여 전용하려는 산지의 평균경사도가 25° 를 초과하는 지역의 면적이 전체 지역 면적의 40% 이하여야 한다는 기준을 적용하여, 산지전용허가가 가능한 지역과 불가능한 지역을 구분하였다. 또한 남원시의 모든 임야 필지에 대하여 지형분류기법을 활용한 사면유형을 분석하여 각 유형의 비율을 산출하였다. 또한 실제 산지전용이 허가된 지역에 대한 사면유형을 분석하였다. 이를 위해 남원시 대상 2004년부터 2015년 사이에 산지전용허가/협의/신고 및 일시사용허가 지역 등으로 지정된 총 131개 필지에 대한 자료를 활용하였다(그림 3).

연구 결과 및 고찰

1. 지형분류기법(Catena)을 활용한 지형분석 결과

연구대상지로 선정한 전라북도 남원시의 평균 고도는 373m, 평균경사도는 16.4° 이다. 이 지역에 대하여 지형분류기법 Catena를 활용한 지형

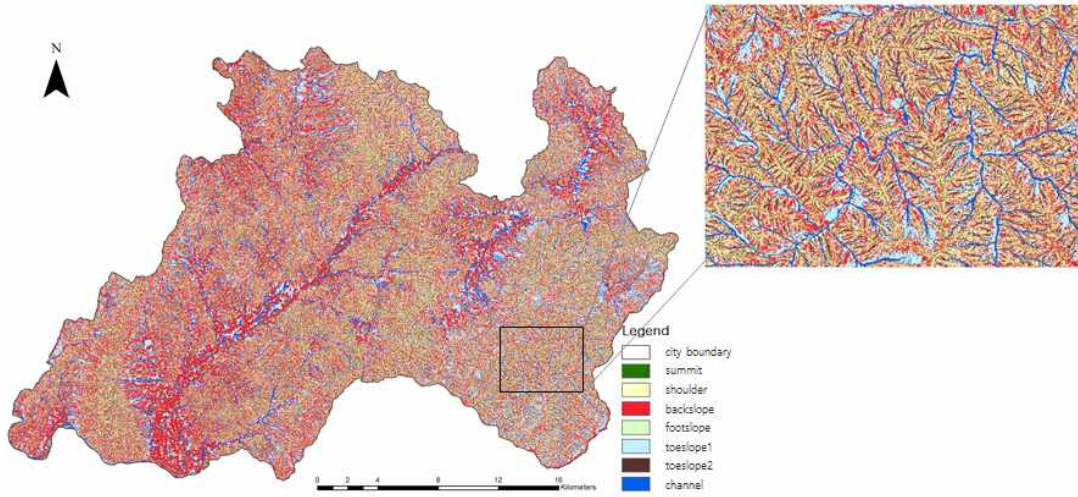


FIGURE 4. Classification of slope type by Catena in Namwon-si

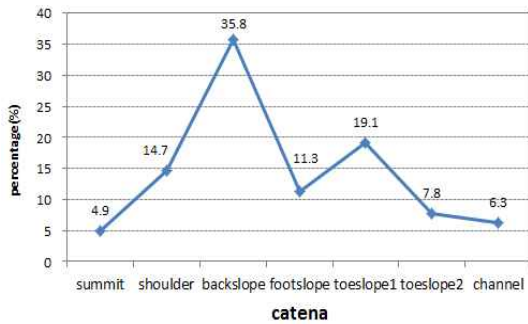


FIGURE 5. Distribution of slope types in Namwon-si

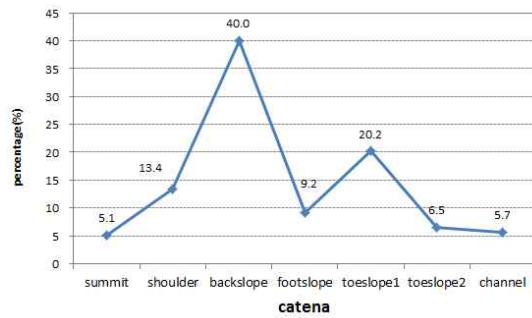


FIGURE 6. Distribution of slope types in Jeolabuk-do

분석을 수행하였고, 그림 4는 남원시 대상 사면유형 분류 결과이며, 그림 5는 사면유형별 비율을 나타낸다. 남원시는 사면유형 중 Backslope의 비율이 35.8%로 가장 높고, Toeslope1(19.1%), Shoulder(14.7%) 순으로 분포해 있는 것으로 나타났다. 이에 따르면, Backslope에 해당하는 직선사면과 Toeslope1에 해당하는 요형사면이 남원시 지형의 약 55%를 이루고 있는 것으로 판단된다. 전라북도 전체의 사면유형 비율(그림 6)과 비교했을 때, 매우 유사한 추세가 나타나

는 것을 확인할 수 있다.

2. '위험사면' 선정 결과

지형분류기법(Catena)에 따른 사면유형 중 산사태 발생 위험성을 지닌 '위험사면'을 선정하기 위한 이론적 토대를 검토하였다. 박수진(2004)는 각 사면유형의 특성을 설명하였는데, 이에 따르면 Shoulder 유형은 상부사면에 나타나는 철형사면으로, 지표수에 의한 침식이 활발하며, 중력에 의한 사면이동현상(creep)이 진행

되는 지점이다. Backslope 유형은 물질의 유출이 발생하는 사면과 유입이 우세해지는 사면의 중간 지점에 해당하는 사면으로 물질 이동량이 많으며, 유입량과 유출량이 균형을 이루어 직선 사면의 형태가 나타난다. 특히 Shoulder 유형은 물질이동이 시작되므로 침식체계, 토양 두께, 수분 등이 점진적으로 변화하여 생태적으로도 민감한 지형으로 알려져 있다(Reuter *et al.*(2006)을 Jeong *at al.*(2012)에서 재인용). Lee *et al.*(2015)에서 Catena 기법에 따라 산사태 발생지점을 분석했을 때, 20% 이상의 분포를 보이는 사면유형은 Shoulder와 Backslope인 것으로 분석되었다.

이에 따라 Shoulder와 Backslope 사면유형에서는 다른 유형에 비해 물질의 흐름이 활발하게 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 사면유형을 지닌 산지 지역에서 전용허가가 이루어져 개발된다면 사면의 불안정성이 증가함에 따라 산사태로 인한 피해를 유발할 수 있다. 따라서 지형분류기법(Catena)을 활용하여 분석한 사면유형 중 Shoulder, Backslope 유형은 산사태 발생 위험성을 지닌 불안정한 사면으로 판단되어 상기 유형들을 ‘위험사면’으로 선정하였다.

3. 산사태 발생지역에 대한 사면유형 분석 결과

앞서 ‘위험사면’으로 선정한 사면유형에서 실제로 산사태가 많이 발생하는지를 검증하기 위해 실제 산사태가 발생한 필지를 대상으로 사

면유형 분석을 수행하였다. 2010년부터 2011년 사이에 전북 남원시에서 발생한 158건의 산사태 발생 필지별 사면유형을 분석한 결과, 사면유형별 평균 비율은 Backslope이 33.9%로 가장 우세하게 분포하며, 그 다음으로 Shoulder가 22.7% 분포한다(그림 7). 또한 필지 내 위험사면의 비율이 50% 이상인 필지가 132건(83.5%)에 해당하는 것으로 나타나, ‘위험사면’ 비율이 높은 필지에서 산사태가 주로 발생하였음을 알 수 있다(그림 8). 이는 ‘위험사면’으로 선정한 사면유형들이 산사태 발생지역에서 우세한 비율로 분포하고 있음을 의미한다. 이러한 분석을 통해 산사태 발생 위험성이 높을 것으로 예상된 사면유형에서 실제로도 산사태가 많이 발생하였음을 알 수 있으며, ‘위험사면’ 선정에 대한 근거가 검증된 것으로 판단하였다.

4. 산지전용허가 지역의 사면유형 분석 결과

남원시를 대상으로 산지전용이 가능한 필지와 불가능한 필지를 구분하여 각 지역에 대한 사면유형 결과를 분석하였다. 남원시의 지목 상 임야 지역인 필지는 전체 37,310필지이며, 이를 대상으로 현행 경사도 기준(전용하려는 산지의 경사도가 25° 이상인 지역의 면적이 40% 이하 일 것)을 적용한 결과, 전용 가능 지역은 32,293필지, 전용허가 불가 지역은 5,017필지에 해당한다(그림 9). 산지전용이 가능한 지역의 사면유형 분포와 산지전용이 불가능한 지역

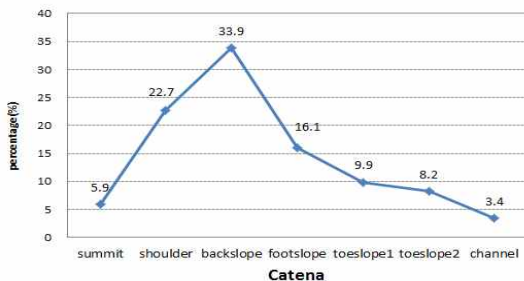


FIGURE 7. Distribution of slope types at landslide area in Namwon-si

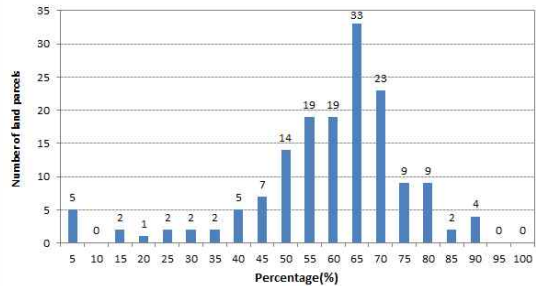


FIGURE 8. Number of land parcels by ratio of the risky slope at landslide areas in Namwon-si

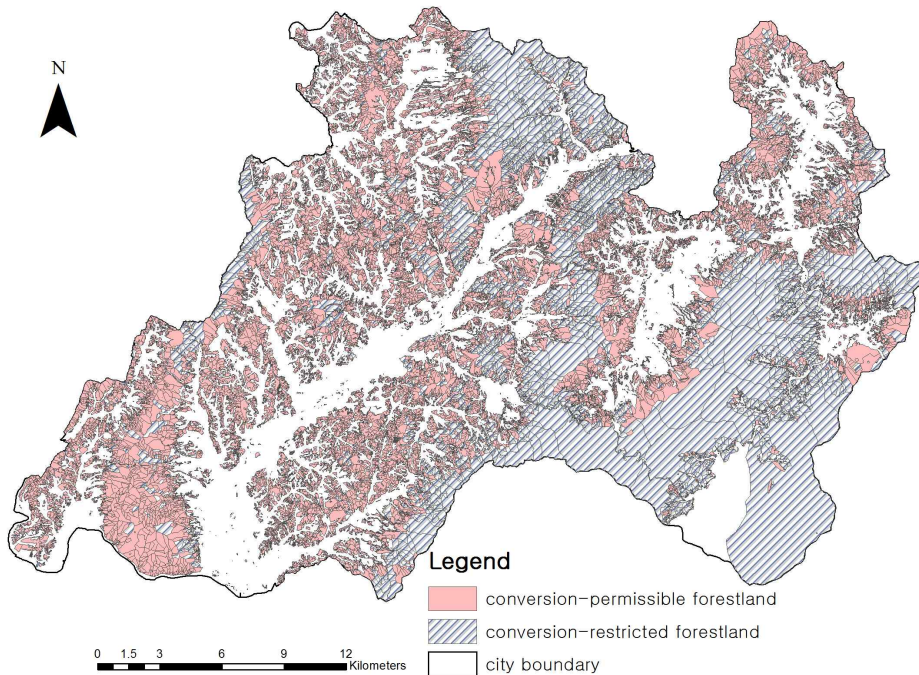


FIGURE 9. Conversion-permissible and -restricted forestland in Namwon-si by applying current standards

TABLE 2. Distribution of slope types in conversion-permissible (A) and -restricted (B) forestland by applying current standards

(Unit: %)							
Area	Summit	Shoulder	Backslope	Footslope	Toeslope1	Toeslope2	Channel
A	8.5	15.3	40.4	12.3	13.9	6.0	3.6
B	5.3	27.2	28.2	20.6	6.9	9.3	2.5

의 사면유형 분포는 표 2와 같이 분석되었다. 전용허가 가능 지역은 필지 내 평균경사도가 25° 이하이지만, 사면유형 분석 결과에 따르면 Backslope이 40.4%로 다른 사면유형에 비해 우세하게 분포하는 것으로 나타났다. 전용허가 불가능 지역은 필지의 평균경사도가 25° 이상이며 이 지역에 대한 사면유형 분석 결과, Backslope이 28.2%, Shoulder가 27.2%의 비율로 나타났다. 산지전용허가가 불가능한 지역에서는 본 연구에서 '위험사면'으로 선정한 사면유형의 비율이 모두 높게 나타났다. 한편 산지전용허가가 가능한 지역에서도 '위험사면'의

비율이 높게 나타나, 이는 산지전용허가를 위한 경사도 기준에 충족하는 평균적으로 완만한 지역에서도 산사태 발생 가능성을 지닌 사면유형이 존재함을 의미한다. 이러한 사면유형을 고려하지 않으면 위험사면에서 산지전용허가가 가능해지므로 산사태 위험성의 증가를 초래할 수 있다. 실제로 남원시에서 산지전용이 허가된 131개 필지에 대한 사면유형을 분석한 결과, Backslope이 37.5%로 우세하게 분포하는 것을 확인하였다(그림 10).

또한 남원시에서 산사태가 발생한 필지와 산지전용이 허가된 필지를 비교했을 때, 1개의 필

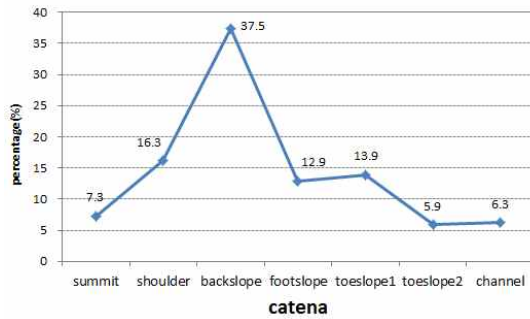


FIGURE 10. Distribution of slope types to at forestland use conversion areas in Namwon-si

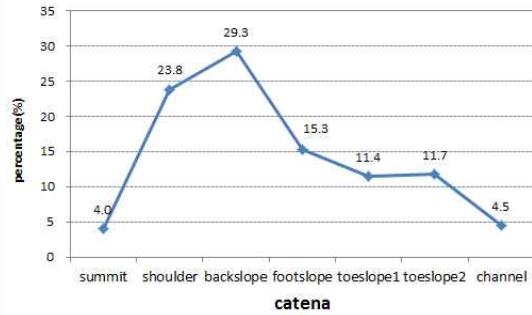


FIGURE 11. Distribution of slope types of the parcel at which landslide occurred after forestland use conversion

지가 중첩되었는데, 107ha 면적의 남원시 산동면 목동리 산110-2번지 지역이다. 해당 지역은 본 연구에서 필지 내 평균경사도가 23.8° 이지 만, 경사가 25° 이상인 면적이 40%를 초과하여(44.3%) 산지전용이 불가능한 지역으로 분류 되었다. 하지만 실제로는 2009년에 토석채취 목적으로 전용허가를 받았다. 현행법상 토석채 취를 위한 산지전용허가의 경사도 기준은 평균 35° 이하로 적용되므로 해당 필지에서의 산지 전용이 허가된 것으로 판단된다. 이 지역에서 2010년에 산사태가 발생하였고, 해당 필지의 사면유형 분석 결과, 위험사면에 해당하는 Backslope과 Shoulder 유형의 비율이 약 53% 를 차지하는 것으로 나타났다(그림 11).

5. 산지전용허가를 위한 사면유형 기준 개발

지형분류기법을 활용한 사면유형 분석을 통해 산사태 발생 가능성을 지닌 ‘위험사면’ 을 선정 하고 산지전용이 허가되지 않는 사면유형 기준 을 개발함으로써 산지전용허가 기준의 개선방안

을 제안하고자 한다. 현행 「산지관리법」 시행령 제20조에 따르면, 전용하려는 산지의 경사도가 25° 이상인 지역의 면적이 전체 지역 면적의 40% 이하여야 산지전용허가가 가능하다. 이 기준을 준용하여 필지 내 ‘위험사면’ 포함 비율 또 한 40%로 적용하는 방안을 제안하고자 한다. 즉 ‘위험사면’ 에 해당하는 Shoulder와 Backslope 비율의 합이 필지 내에서 40% 이하인 지역에서 만 산지전용이 가능하도록 설정하는 것이다. 그림 12는 남원시를 대상으로 경사도 기준을 적용 했을 때 산지전용이 가능한 필지에 대해 ‘위험사면’ 비율 별 필지 수를 분석하여, 전용허가 가 가능한 지역과 불가능한 지역을 구분한 결과 이며, 이에 대한 필지 면적은 표 3과 같다. 앞 서 4절에서 산지전용허가의 경사도 기준을 적용 했을 때, 산지전용이 가능한 필지는 남원시 전 체 임야 필지 37,310개(46,129ha) 중 32,293 개(23,574ha)가 해당되었다. 이 필지에 대하여 ‘위험사면’ 40% 기준을 적용하면, 32,293개 의 필지 중 8,096개(7,059ha)의 필지에서만

TABLE 3. Comparison of conversion-permissible and -restricted area by applying current and suggested standard in Namwon-si

Comparison	Permissible area	Restricted area
Current standard	23,574	22,555
Suggested standard (adding risky slide)	7,059	39,070

(Unit: ha)

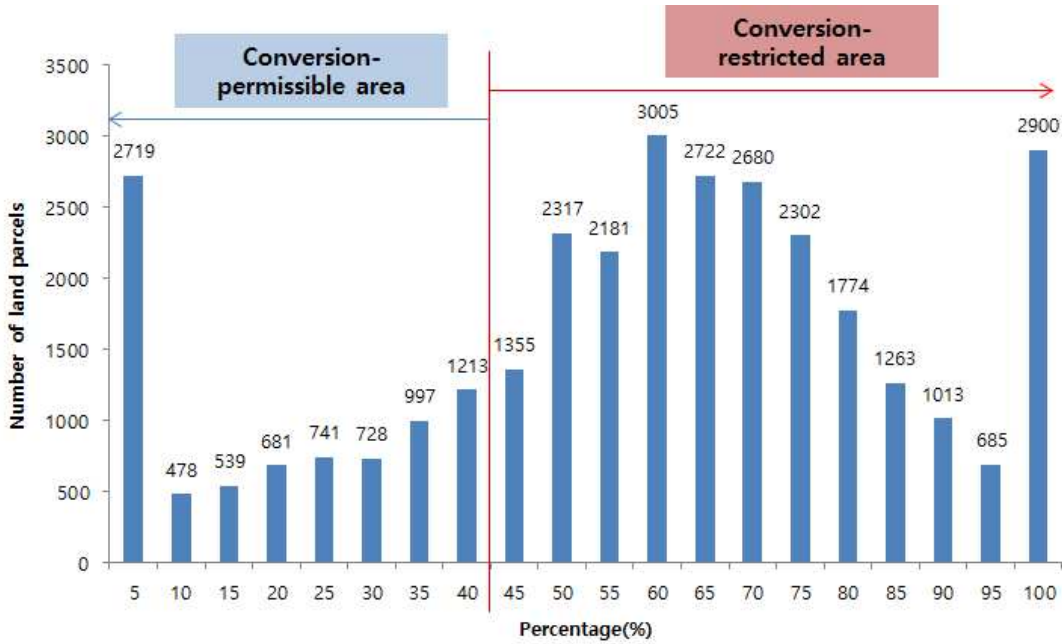


FIGURE 12. Conversion-permissible and -restricted parcels by applying suggested standard of 40%

산지전용이 가능하게 된다. 나머지 24,197개의 필지는 ‘위험사면’의 비율이 40%를 초과하므로 산지전용허가 대상에서 제외하였다.

결론

본 연구에서는 산지전용허가기준의 개선을 위해 사면의 연속성, 산사태 발생 위험성 등을 고려할 수 있는 지형분류기법의 적용가능성을 평가하였다. 먼저 지형분류기법 Catena를 활용하여 전라북도 남원시의 사면유형을 분석하였고, 이론적 근거를 기반으로 Shoulder와 Backslope 유형을 ‘위험사면’으로 선정하였다. 이 두 사면 유형은 다른 유형에 비해 물질의 이동이 활발하게 일어나는 사면에 해당하므로 산사태 발생 위험성이 있다고 판단되어, 해당 유형에서는 산지전용으로 인한 개발을 지양해야 할 것으로 사료된다. ‘위험사면’ 선정에 대한 타당성을 평가하고자 남원시에서 실제로 산사태가 발생한 필지들의 사면유형을 도출하였다. 그 결과 산사태가

발생한 필지에서 ‘위험사면’에 해당하는 사면 유형의 비율이 약 57%의 우세한 비율로 분포하고 있는 것으로 분석되었다.

현행 「산지관리법」 시행령 제20조에 의거하여 전용하려는 산지의 경사도와 면적 기준을 적용함으로써, 산지전용이 가능한 필지와 불가능한 필지를 구분하였다. 이 때 경사도 기준을 충족하여 산지전용이 가능한 것으로 구분된 필지에서도 ‘위험사면’이 약 56%의 비율로 분포하였다. 실제 남원시에서 산지전용이 허가된 필지에 대한 사면유형 분석 결과에서도 ‘위험사면’의 비율이 약 54%에 해당하는 것으로 분석되었다. 그러므로 산사태 발생 가능성을 지닌 ‘위험사면’에서의 산지전용이 행해지고 있음을 알 수 있었으며, 사면유형을 고려할 수 있는 산지전용허가기준이 필요하다고 사료된다. 지형분류기법을 활용함으로써 현행 산지전용허가기준만으로는 간과할 수 있는 사면안정성을 고려할 수 있으며, 이는 안정적인 산지관리에 기여할 것이다.

산지전용허가를 위한 사면유형 기준의 정책적 활용방안을 제안하고자 현행 「산지관리법」에 따른 필지 내 경사도 면적 기준을 준용하여 전용하려는 산지 내 '위험사면'의 비율이 40% 이하인 지역에서만 산지전용허가가 이루어져야 한다는 기준을 제시하였다. 이를 적용해 본 결과, 기존에 경사도 기준을 적용했을 때 산지전용이 가능하다고 판단된 32,293개 필지 중에서 8,096개(25.1%)의 필지에서만 산지전용이 가능하게 된다. 전용 가능한 산지 지역의 수는 감소하였지만, 불안정한 사면이 분포하는 산지의 전용을 방지함으로써 장기적 차원의 안정적인 산지 관리에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

KAGIS

REFERENCES

- Conacher, A.J. and J.B. Dalrymple. 1977. The nine unit landsurface model: and approach to pedogeomorphic research. *Geoderma*.
- Freeman, T.G. 1991. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. *Computer&Geosciences* 17 (3):413-422.
- Jeong, G.Y., H.M. Yang, S.K. Kim and S.J. Park. 2012. Ecoregion classification using multi-hierarchy of environmental factors. *Journal of the Korean Geographical Society* 47(5):654-676 (정관용, 양희문, 김석권, 박수진. 2012. 환경요인의 다계층성을 고려한 생태지역 분류. *대한지리학회지* 47(5): 654-676).
- Kim, M.Y. 2011. A study on improvement permission system of the forest land use conversion. *Public Land Law Review* 52:71-92 (김명엽. 2011. 산지전용허가제도의 개선에 관한 연구. *토지공법연구* 52:71-92).
- Kim, W.K. and S.D. Kwon. 2014. Comparison of average slope measurement methods to evaluate the feasibility of forest land conversion. *Journal of Agriculture&Life Sciences* 48(1):49-58 (김원경, 권순덕. 2014. 산지전용타당성평가기준 개선을 위한 평균경사도 분석방법 비교. *농업생명과학연구* 48 (1):49-58).
- Korea Research Institute for Human Settlements. 2017. 2017 Survey on Mountain Area Utilization(separate issue) -Survey on actual condition and spatial construction for topographical and humanistic land use management- Korea Forest Service (국토연구원. 2017. 2017 산지이용 실태조사(별책) -지형·인문적 산지이용관리를 위한 실태조사 및 공간구축-산림청).
- Lee, S.Y., G.Y. Jeong and S.J. Park. 2015. Evaluation geomorphological classification systems to predict the occurrence of landslides in mountainous region. *Journal of the Korean Geographical Society* 50(5):485-503 (이수연, 정관용, 박수진. 2015. 산사태 발생예측을 위한 지형분류기법의 비교평가. *대한지리학회지* 50(5):485-503).
- Park, S.J. 2004. A geomorphological classification system to characterize ecological processes over the landscape. *Journal of the Korean Geographical Society* 39(4):495-513 (박수진. 2004. 생태환경 특성 파악을 위한 지형분류기법의 개발. *대한지리학회지* 39(4):495-513).
- Park, S.J., K. McSweeney and B. Lowery. 2001. Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization. *Geoderma*. 103(3-4):249-272.

Park, Y.K., S.D. Kwon and T.K. Kim. 2007. Development of ridge distinction program of the mountainous districts using GIS Program. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 10(4): 87-96 (박영규, 권순덕, 김태균. 2007. GIS를 이용한 산지의 능선구분 프로그램 개발. *한국지리정보학회지* 10(4):87-96).

Reuter, H.I., O. Wendroth and K.C. Kersebaum. 2006. Optimisation of relief classification for different levels of generalisation. *Geomorphology* 77:79-89.

Rho, H.W. and H.S. Choi. 2011. The improvements for the altitude criteria related to the adaptive reuse permission on mountains district—with special emphasis on

“Management of Mountains District Act” and “National Land Planning and Utilization Act”. *Journal of Korean Society of Rural Planning* 17(3):81-90 (노현우, 최형석. 2011. 산지전용허가 표고기준 개선방안에 관한 연구— ‘산지관리법’ 과 ‘국토의 계획 및 이용에 관한 법률’ 을 중심으로. *농촌계획* 17(3):81-90).

Woo, H.W., S.Y. Kim, S.H. Choi and J.C. Woo. 2013. A study on legal system of the forest land-use conversion. *Proceedings of the Korea Institute of Forest Recreation* 2013(4):624-627 (우희원, 김수영, 최상현, 우종춘. 2013. 산지전용허가기준의 법률 체계에 관한 연구. *한국산림휴양학회 학술발표회 자료집* 2013(4):624-627). 