

[Article]

국내 표토 침식량 산정 공간 자료

김지수*, 김민석, 오현주, 김진관

한국지질자원연구원, 전남대학교

Spatial data of Soil erosion in Korea

Jisu Kim, Minseok Kim, Hyunju Oh, Jinkwan Kim

(Received: 2 April 2020, revised: 6 May 2020, accepted: 13 May 2020)

*Corresponding author: kjs25kr@kigam.re.kr

국문 요약문: 토양은 유한자원으로 보고되고 있으며, 이에 따라 전세계적으로 기후변화에 따른 급변적이며 지속적인 토양 침식을 저감시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 기사에서는 국내에서 강우에 의해 공간적으로 발생하는 연평균 토양침식에 대한 예비평가를 모델링기법을 이용하여 수행하였다. 이를 위해 전세계적으로 이용되고 있는 토양유실공식(USLE) 중 환경부 고시 제2015-138호에서 제안하고 있는 USLE 공식을 이용하여 분석을 수행하였다. 모형에 입력되는 자료는 국가기관에서 제공하고 있는 공간 자료(90m DEM, 토양도, 토지피복분류도, 기상 자료 등)를 ArcGIS 10.5.1을 이용하여 구축 및 분석하였다. 국내 연평균 토양침식량의 공간적인 특성을 분석한 결과, 구축된 공간 자료 기반으로 연간 69.62%가 50 tons/ha 미만, 17.48%가 50-100 tons/ha, 9.69%가 100-200 tons/ha 그리고 3.21%가 200 tons/ha이 초과 되는 것으로 계산되었다. 현재 국내에서 이에 대한 정량적으로 결과를 비교할 수 있는 자료가 드물어 정확한 검보정 분석을 수행하지는 못 하였다. 이를 위해 추후 지질학적인 특성을 기반으로 다양한 모니터링 방법을 통해 이에 대한 정확한 평가가 필요할 것으로 판단되며, 또한, 더욱 정밀한 공간데이터의 구축이 선행되어야 할 필요성이 있다.

국문 주요어: 토양 침식, 토양유실량 공식, 공간 자료

Abstract: Soil is reported as a finite resource, and research studies are being conducted worldwide to reduce the continuously accelerated soil erosion caused by climate change. In this article, preliminary assessment of annual average soil erosion caused by rainfall in Korea was performed using a modeling technique, the Universal Soil Loss Equation (USLE) recommended by the Ministry of Environment's Notice No. 2015-138. USLE is used globally for erosion prediction and control. For model input data, spatial data (90m DEM, soil map, land classification map, meteorological data, etc.) provided by the national agency were reconstructed using ArcGIS 10.5.1. As a result of analyzing the spatial characteristics of the annual average soil erosion, 69.62% is less than 50 tons/ha, 17.48% is 50-100 tons/ha, 9.69% is 100-200 tons/ha, and 3.21% was calculated to exceed 200 tons/ha. There is few data that can quantitatively compare with this result, so it was not possible to perform a calibration. It will be necessary to accurately evaluate this through various monitoring methods based on geological characteristics in the future, and there is also a need to upgrade spatial data quality.

Keywords: Soil erosion, USLE, Spatial data

1. 서론

인류 역사에서 생명과 문명의 원천에 근간이 되는 유한자원으로서 표토의 생성이 중요한 것으로 언급되고 있으며, 표토는 이산화탄소의 저장, 생태학적 서비스, 식량생산 등으로서의 기능이 다양한 국가에서 중요시 되고 있다. 하지만, 표토는 이의 생성과 동시에 다양한 수리수문학적 메커니즘으로 인해 빠르게 사라져 가는 것으로 보고되고 있다 (Montgomery, 2012). 더욱이 최근 도시의 발달로 인위적으로 표토가 유실되고 있으며, 급격한 기후변화로 인해 침식 및 산사태 토석류 등으로 표토의 유실이 더욱 심각해지고 있다. 특히, Borrelli et al. (2018)의 연구에서 표토는 탄소를 저장할 수 있는 매체이지만, 침식으로 인해 저장된 탄소가 배출되면서 기후 변화에 영향을 미칠 수 있다는 결과 역시 보고되고 있다. 그러므로 토양침식의 저감을 위해 국가차원에서 연구가 진행 중이다. 예를 들어 미국의 경우 USDA를 중심으로 통계학적인 모형 (USLE계열; Universal Soil Loss Equation) 및 물리기반 모형 (GeoWEPP계열; Geo-spatial Water Erosion Prediction Project) 등을 이용하여 토양 유실에 대한 평가 및 관리를 실시하고 있으며, 유럽의 경우 유역내 침식 예측 및 침식의 등급화에 대한 연구를 미국의 USLE기반 및 자체 개발한 모형을 이용하여 수행 중에 있다. 이와 더불어 중국의 경우도 USLE를 개조한 CSLE(China Soil Loss Equation)을 이용하여 토양침식의 예측을 수행 중이다. 우리나라도 세계의 연구와 발맞추어 2011년 이전에는 표토를 단순히 잠재적인 오염원으로서 관리하여 왔으나, 2011년 이후 토양환경보전법에서 표토를 또 하나의 자원으로 재인식하면서 표토 자체를 보전하기 위한 조항을 2011년에 추가로 신설하여, 현재 이에 대한 연구를 수행 중에 있다.

표토를 보전하기 위한 첫 번째 단계로 표토의 잠재적인 침식량을 평가하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 표토의 잠재적인 침식량을 직접 측정하는 것은 시간과 비용의 한계로 매우 어렵기 때문에 모형을 이용한 평가가 선행되고 있다. 특히, 환경부의 토양환경보전법뿐만 아니라, 행정안전부의 사전재해영향성평가에서도 표토의 침식량을 평가하기 위한 표준화된 모형과 방법을 제안하고 있다(환경부, 2015). 토양의 유실을 평가하기 위한 다양한 방법이 존재하지만, 미국 농무부에서 개발한 Universal Soil Erosion Equation (USLE)가 기반이 되며, 위에서 설명한 바(유럽 및 중국 등의 예)와 같이 전세계적으로 USLE와 여기서 파생된 모형을 이용하여 토양 침식을 평가하고 있다 (Wischmeier and Smith, 1978; Alewell et al., 2019).

본 고에서는 우리나라에서 제공하고 있는 공간 데이터를 기반으로 환경부 고시에서 제시하고 있는 USLE를 기반으로 토양침식을 분석하였다. 이를 위해 국토지리정보원, 기상청의 강우자료, 농업과학기술원, 산림청, 환경부, 그리고 한국지질자원연구원의 지질도 등의 자료를 이용하였다.

2. 자료 구축 방법

본 연구에서는 환경부고시 제2015-138호의 별표 1 예비조사에 제안된 표토 침식량 산정을 위한 모형 및 인자와 공공 공간 데이터를 이용하여 국내 표토 침식량에 대한 공간 데이터를 구축하였다. 표토 침식량 산정을 위한 공식은 다음과 같다.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

여기서 A는 연평균 표토 침식량 ($Mg\ ha^{-1}\ yr^{-1}$), R은 강우인자 ($Mg\ mm\ ha^{-1}\ yr^{-1}\ hr^{-1}$), K는 토양침식성인자 ($Mg\ hr\ Mj^{-1}\ mm^{-1}$), LS는 경사인자, C는 식생피복인자 (무차원), P는 보전관리인자 (무차원)이다.

강우인자 (R)은 국토지리정보원의 시군구 행정경계 2016년 공간 자료를 기반으로, 표토의 침식 현황 조사에 관한 고시에 나온 국내 158개 지점에 대한 연평균 강우인자 값, 토양침식성인자 (K)는 국립농업과학원의 1:25,000 정밀토양도, 경사인자(LS)는 국토지리정보원의 90 m DEM 자료를 이용하여, 고시에 제안된 식과 같은 방식으로 계산하였다. 식생피복인자(C)는 환경부의 1:25,000 토지피복도를 이용하였으며, 보전관리인자(P)는 90m DEM을 이용한 경사각과 환경부 토지피복도의 토지이용분류를 이용하여 공간 자료를 구축하였다.

Table 1. 표토 침식량 산정을 위해 활용된 공간 데이터

인자	활용된 공간 데이터		
	출처	제작시기	해상도
R	국토지리정보원 행정경계	2016년	시군구
K	국립농업과학원 정밀토양도	2017년	1:25,000
LS	국토지리정보원 DEM	2015년	90m
C	환경부 토지피복도	2007년	1:25,000
P	환경부 토지피복도	2007년	1:25,000

3. 결과

Fig. 1은 구축한 자료를 토대로 국내 연평균 표토 침식량을 산정한 그림이다. 표토 침식량은 환경부고시에서 연간 50 tons/ha을 허용기준으로 정하고 있고, 기존의 국내 연구에서 연간 50 tons/ha 미만, 50-100 tons/ha, 100-200 tons/ha, 200 tons/ha 초과로 분류하는 방법을 널리 사용하고 있기 때문에 같은 분류기준으로 도식화 하였다 (환경부, 2015; 한국광해관리공단, 2017; 한국환경산업기술원, 2018).

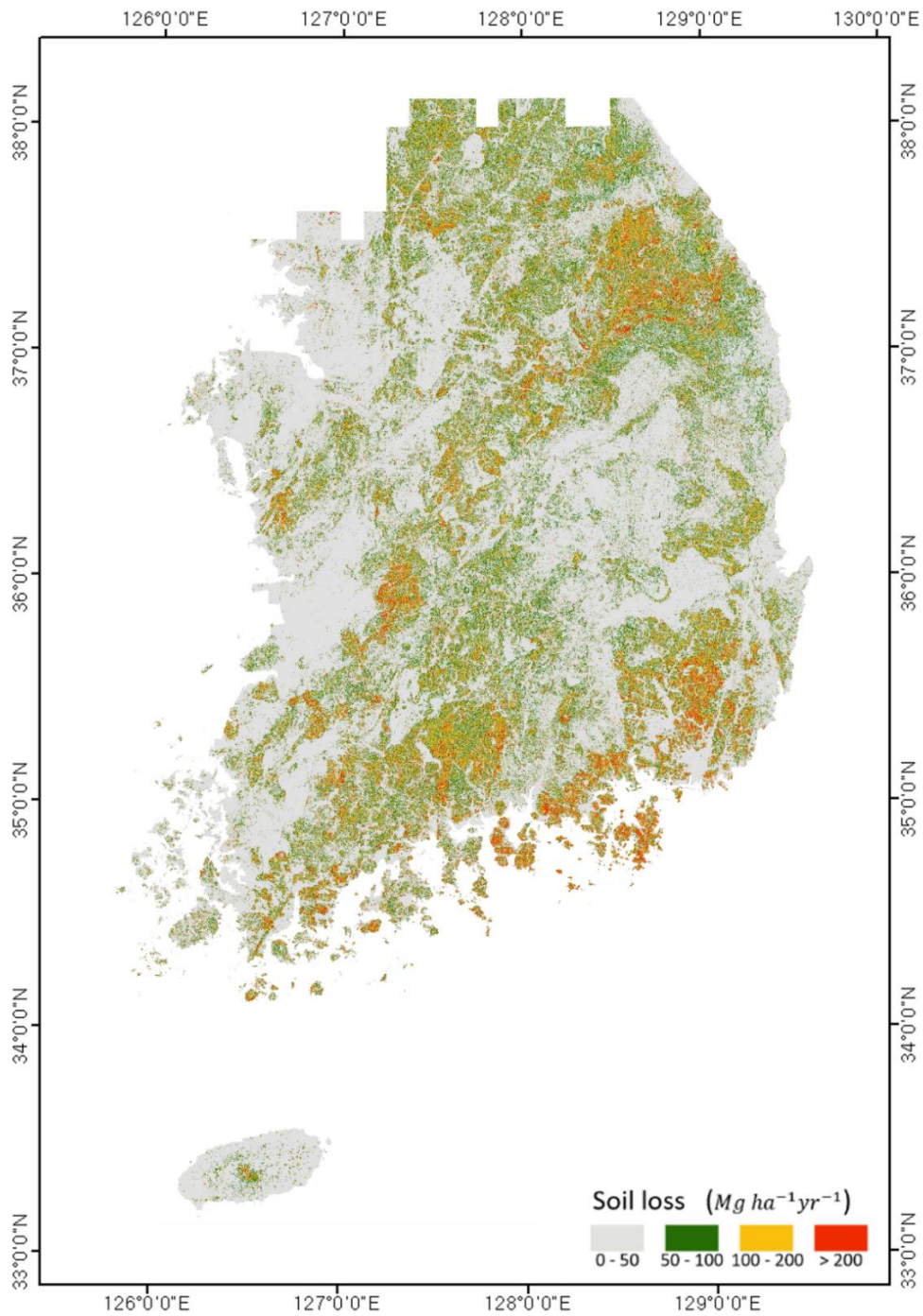


Fig. 2. 국내 연평균 표토 침식량

4. 요약 및 토의

국내 연평균 토양침식량의 공간적인 특성을 USLE를 이용하여 분석한 결과, 구축된 공간 자료 기반으로 연간 69.62%가 50 tons/ha 미만, 17.48%가 50-100 tons/ha, 9.69%가 100-200 tons/ha 그리고 3.21%가 200 tons/ha이 초과 되는 것으로 계산되었다. (Fig. 1). 토지 이용 별로는 나지에서 연간 가장 많은 표토 침식(약 130 tons/ha)이 계산 되었고, 논에서 가장 적은 표토 침식 (약 10 tons/ha)이 발생하는 것으로 계산되었다. 그러나 이 결과는 단위 면적을 고려한 결과이기 때문에, 우리나라 표토 침식에 가장 많이 기여하는 토지 이용은 산림지역으로 판단된다. 본 고에서는 토양침식에 대한 정량적인 결과를 비교할 수 있는 자료에 한계가 있어 정확한 분석을 수행하지는 못 하였다. 이를 위해 정밀한 고해상도의 데이터 구축과 모니터링에 대한 연구의 진행이 필요할 것으로 판단된다.

5. 사사

본 연구는 환경부 표토보전관리기술개발 사업 중 지질별 표토환경훼손 고위험지역 예측 및 최적관리기술 개발 사업 (과제번호: 20190028300031)의 지원을 받아 연구를 수행되었음.

6. 참고문헌

한국광해관리공단 (2017) 급경사지 토양개량 복원 설계기준 개발: 최종보고서

한국환경산업기술원 (2018) 한국형 표토침식 예측모델 개발: 최종보고서

환경부 (2015) 환경부고시표토의 침식 현황 조사에 관한 고시, 제2015-138호.

Alewell C, Borelli P, Meusburger K, Panagos P (2019). Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International soil and water conservation research* 7(3): 203– 225.

Borrelli P, Van Oost K, Meusburger K., Alewell C, Lugato E, Panagos P (2018). A step towards a holistic assessment of soil degradation in Europe: Coupling on-site erosion with sediment transfer and carbon fluxes. *Environmental research*, 161:291-298.

Montgomery DR (2012) *Dirt: The erosion of civilizations*. Univ of California Press.

Wischmeier WH, Smith DD (1978) *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning* (No. 537). Science and Education Administration, US Department of Agriculture.

7. 데이터셋에 대한 메타데이터

구분	필드명	하위카테고리#1	하위카테고리#2	설명	비고
필수	Title	국내 표토 침식 현황	-	USLE_korea	환경부고시 제2015-138호의 별표 1 예비조사
	*DOI name	-	-	-	
	*Category	공간 자료	TIFF	Korea 2000 Transverse Mercator	
	Abstract	-	-	-	-
	*Temporal Coverage	2007 ~ 2017년	-	-	본론 참고
	*Spatial Coverage	위도 33 °N ~ 39 °N, 경도 125 °E~130 °E 영역	래스터 (Raster)	공간정보 (WGS84 권고)	Cell size 90m
	*Personnel	김지수, 김민석, 오현 주, 김진관 (지질자원 연구원)	-	-	-
	*License	공개 자료	-	-	-
	*Instrument				