

산불에 의한 토지피복변화가 토양유실에 미치는 영향분석

Analysis of effect that land cover change get in Soil Loss by Forest fire

양인태¹⁾, Yang, In-Tae
김재철²⁾, Kim, Jae-Chol
유영걸³⁾, Yu, Young-Geol
오명진⁴⁾, Oh, Myung-Jin

- 1) 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공학박사
- 2) 강원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정
- 3) 강원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정
- 4) 경북대학 토목과 교수, 공학석사

SYNOPSIS : Soil loss by the rains has effect on natural environment. But It is difficult to find out the data that is surveyed in watershed.

In this paper, we chose USLE erosion model, which could be connected easily with GIS and available generally, and extracted factors which is entered model by using GIS spatial analysis method. Especially, As revised USLE model, It should be applied in watershed and as it calculated soil loss before forest fire and behind, it analysed the degree that it have an effect on soil loss.

Each analyzed factors and the result of soil loss estimate consist of 22m-pixel size, we could identify soil loss by each pixel and distribution form.

Key work : GIS, Soil Loss

1. 서 론

토양침식은 주위 환경에 많은 문제점을 수반하기 때문에 유실된 토사로 인한 문제발생에 적절한 대책 및 토양유실량 예측 기법 개발에 대한 연구가 장·단기적으로 이루어져야 할 것이다. 토양침식에 사용하는 일반적인 모형은 농경지의 토양침식을 예측하기 위해 사용했던 경험식으로 최근에는 특정상태에서의 토양유실을 예측하기 위한 수정식들이 많이 연구되고 있다. 최근 들어 각 인자별 연구가 많이 진행되고 있으나 입력인자들에 대한 많은 변수들이 정량적이지 못한 상태로 적용되고 있는 현실이며 토지피복상태에 따른 변수들의 입력에 대한 연구는 극히 미비한 실정이다.

본 연구에서는 간성지역의 산불 발생 지역을 연구대상지로 선정하고 USLE 모형을 수정하여 토양유실량 예측에 이용하였으며, 산불 발생 지역을 내에 존재하는 입력값들을 분석함으로써 각각의 인자들이 토양유실에 미치는 영향을 알아보았으며, 또한 산불 발생 전과 후의 토양유실량의 변화를 서로 비교하여 토지피복상태가 토양유실량에 미치는 영향을 추가로 분석하였다. .

2. USLE 인자

USLE 모형은 기존의 농업지역에서 발생하는 토양유실량을 추정하기 위해 제시된 모형으로 토립자가 빗방울의 타격이나 지표유출수에 씻겨서 원래의 위치로부터 이동되는 양을 토양유실량이라 정의할 수

있다. 따라서 침식량의 일부는 농경지 밖으로 유거되지 않고 퇴적되기도 하므로 실제 유실량보다 많을 수도 있다. USLE 모형의 기본식으로 강우침식인자 R, 토양침식인자 K, 지형인자 LS, 작물경작인자 C, 침식조절방법인자 P로 구성되어 있다.

토양유실모형인 USLE 모형을 수정하여 유역이나 농업지역 이외의 지역에 적용하기 위해 제시된 모형을 RUSLE 모형이라 하는데, 지역특성을 고려하거나 강우사상에 대한 적용을 고려하기 위해서 또는 유사량의 추정을 위하여거나 USLE 모형의 예측정도를 높이기 위한 목적으로 다양한 수정식들이 제시되었다.

본 연구에서는 USLE 모형을 식 (1)과 같이 수정하여 연구대상 유역에 적용하였다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot VM \quad (1)$$

여기서 VM 토양침식조절인자이다.

3. 자료구축 및 적용

3.1 토양유실 인자값 계산 및 분석

3.1.1 강우침식인자 (R)

강우침식인자를 계산하기 위해 연구대상지역인 1986년부터 1996년까지 속초지방의 월강우량자료를 조사하여 연평균강우량을 구하였다. 속초지역의 연평균강우량은 1622.4mm/yr로 우리나라의 연평균강우량(1000~1200mm/yr)보다 많은 강우분포를 보이고 있다.

표 1. 대상지역의 강우량(mm/yr)

연도	연강우량	연도	연강우량	연도	연강우량	연도	연강우량
1986	1378.6	1989	1530.1	1992	1556.4	1995	1097.5
1987	1290.9	1990	2011.7	1993	1405.3	1996	1249.6
1988	907.9	1991	1008.7	1994	1109.2		
연평균강우량		1622.4		강우침식인자		501.32	

Toxopeus가 제시한 경험식을 사용하여 계산한 결과 연구지역의 강우침식인자 값은 501.32로 우리나라 평균값이 438보다 높았다.³⁾

3.1.2 토양침식인자(K)

토양침식인자를 구하기 위해 농업진흥청에서 작성한 수치토양도(축척, 1/25,000)를 사용하였으며 토양통별 토양침식인자 값을 적용하였다.²⁾

3.1.3 지형인자(LS)

지형인자 LS 입력값을 계산하기 위해 Foster & Wischmeier가 제안한 경험식을 사용하였다.

3.1.4 토양침식조절인자(VM)

토양침식조절인자를 구하기 위해 토지이용도를 수치화하여 사용하였으며, 토지피복상태별 토양침식조절인자 값은 1998년 수공학익삽 교재에서 제시한 내용을 참고로 작성하였다.

표 2. 대상지역의 토지상태별 토양침식조절인자 값

토지피복상태	삼림	초지	농경지(논, 밭)	과수원	나지	시가지	수계
VM	0.01	0.03	0.05	0.35	1	0	0

우리나라의 경우 대부분의 임야는 교목, 관목, 풀로 덮혀 있기 때문에 토양침식조절인자 값은 0.01로 간주하였다.⁴⁾ 초지의 경우는 값의 범위가 0.01에서 1.0까지 매우 넓어 값의 추정이 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 초지 대부분이 자연상태로 발생한 풀과 키가 작은 관목이 섞여 피복된 상태로 판단하였고 지표면의 피복정도가 80%이상으로 간주하여 0.03의 값을 부여하였다.⁴⁾

농경지의 경우 0.05로 처리하였는데, 우리나라의 강우가 여름철에 집중하고 있고 대부분의 작물들을 봄에 파종하기 하기 때문에 파종 60일 간주하여 0.05를 적용하였으며, 과수원이나 뽕나무 지역은 관목으로 간주하여 0.35의 값을 부여하였다.⁴⁾

3.2 공간자료 구축 및 적용

3.2.1 연구대상 지역

본 연구의 공간범위는 산불발생지역중 연구지역을 충분히 포함할 수 있도록 하기 위해 경도 128° 22' 30" ~ 128° 37' 30", 위도 38° 15' 00" ~ 38° 22' 30" 범위에 포함되는 간성(1/25,000), 교암(1/25,000)지역을 선정하였다. 이 지역은 속초의 북쪽에 위치하며, 도시개발이 매우 미비한 지역에 해당한다. 따라서 이 지역은 토지개발로 인한 자연훼손이 거의 이루어지지 않은 지역으로 지형의 변화는 없고 단지 산불로 인한 피복상태의 변화만이 있다고 할 수 있다.

3.2.2 자료 구축

표 3은 연구를 수행하기 위해 구축한 자료이며 공간데이터와 속성데이터를 입력하고 분석하기 위해 Arc/Info 7.02 및 EXCEL Program을 사용하였다.

표 3. 자료구축 현황

자료명	수치지형도	DEM 자료	토양도	강우자료	토지이용도
비고	1/25,000	DTED(3초)	1/25,000 수치토양도	강우관측소	1/25,000

USLE 모형의 입력인자인 강우침식인자(R), 토양침식인자(K), 지형인자(LS), 토양침식조절인자(VM)에 대한 자료를 각각 Arc/Info 커버리지 형태로 구축한 다음, 분석을 위해 그리드 자료로 저장하였다.

3.2.3 토양유실량 예측

산불발생지역에 대한 토양유실량을 계산하기 위해서 USLE 모형의 수정식인 식 (2-2)를 적용하였다. Arc/Info 그리드 분석 기능을 이용하여 격자별 연산을 수행하여 산불발생지역의 토양유실량을 계산하였다.

표 4는 계산된 그리드자료에서 산불발생지역에 해당하는 부분만을 추출한 토양유실량이다.

계산결과 산불발생 이전의 토양유실량은 연간 44.785(ton/ha/year)인 반면, 산불발생 이후의 토양유실량은 736.467(ton/ha/year)이 발생하였다.

산불발생 이전보다 발생 후의 토양유실량의 변화가 급격히 늘어난 것을 알 수 있다. 이것은 토양유실량에 영향을 주는 인자 중 토양침식조절인자 VM의 격자값의 변화에 기인한다고 할 수 있다.

토지피복상태가 산불로 인하여 식생지역이 나지로 대부분 변화되었고 이 때문에 강우로 발생하는 토립자의 유실을 막는 기능이 없어졌기 때문이다.

표 4. 연구지역의 산불발생 전과 후의 토양유실량

구분	산불발생 이전	산불발생 이후
토양유실량(ton/ha/year)	44.785	736.467

그림 1과 그림 2는 각각 산불발생 전과 후의 토양유실량 분포도를 나타낸 것이다. 격자별 토양유실량의 값 분포가 그림 1보다 그림 2에서 매우 크다는 것을 알 수 있으며, 유실되는 토립자의 공간적 분포 형태도 변화되었음을 알 수 있다. 또한, 그림1과 그림 2의 토양유실 분포형태상 하단 부분의 변화가 가장 두드러졌다. 이것은 하단 부분에 운봉산이라고 하는 봉우리가 있어 다른 곳에 비하여 이 곳의 경사도가 심하기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 강우침식인자 R의 경우 연구지역내를 동일한 값으로 처리하였고, 토양침식조절인자의 값도 산불발생이후는 동일한 값으로 처리하였기 때문에 값의 절대적인 분포형태는 지형인자 LS의 영향이 가장 크게 작용하였다고 할 수 있다.

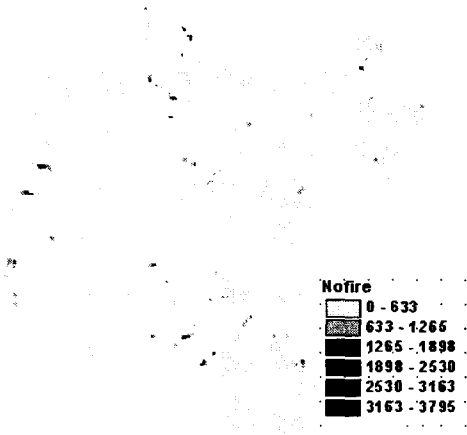


그림 1. 산불발생 이전의 토양유실량 분포도

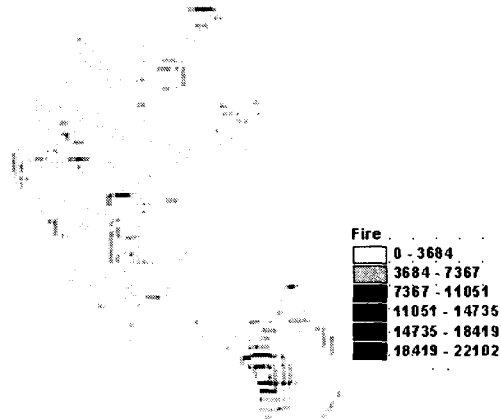


그림 2. 산불발생 이후의 토양유실량 분포도

4. 분석 및 고찰

토양유실량에 영향을 미치는 인자들에 대한 분석을 수행하기 위해서 본 연구에서는 상대적인 영향을 평가할 수 있는 표준편차와 평균값의 비를 도입하여 계산하였다.

강우침식인자 R값은 해당지역을 동일한 값으로 처리하였기 때문에 값의 분포에 따른 영향을 분석할 수 없다.

표 5은 산불발생지역에 대한 격자별 토양침식인자 K의 분포값을 분석한 결과이다. 최소값이 0, 최대값이 0.54, 평균은 0.254로 계산되었으며 표준편차와 평균의 비가 0.173으로 비교적 낮게 평가되었다. 이는 토양침식인자의 영향이 다른 인자들에 비하여 대상지역의 토양유실량에 미치는 영향이 적다고 할 수 있다. 최소 격자값인 0은 토양침식인자 K값을 결정할 때 토양통별 K값을 기준으로 입력하였는데, 이 때 암석지역이라든지 하천변의 자갈 및 모래지역 또는 저수지 등에 0의 값을 부여하였기 때문이다.

표 5. 토양침식인자의 분석결과

구분	최소격자값	최대격자값	평균	표준편차	표준편차/평균
값	0	0.540	0.254	0.044	0.173

표 6은 지형인자의 격자별 분포값을 분석한 결과이다. 표준편차와 평균의 비가 1.806으로 토양침식인

자가 토양유실에 미치는 영향에 비해 약간 크게 계산되었으나 다른 그 영향이 크지 않은 것으로 판단된다. 표준편차의 경우 10.340으로 다른 인자의 분포에 비해 상당히 크게 계산되었는데, 이것은 이 지역의 지형을 나타내는 경사와 경사길이의 분포가 다양하며 지형이 복잡하다는 것을 알 수 있다. 따라서 우리나라의 경우는 토양유실의 일반식인 USLS 모형을 사용하는 데는 다소 무리가 있다고 판단된다. 따라서 우리나라의 지형에 맞는 지형인자 LS의 연구가 많이 수행되어야 할 것이다.

표 6. 지형인자의 분석결과

구분	최소격자값	최대격자값	평균	표준편차	표준편차/평균
값	0.065	169.678	5.726	10.340	1.806

표 7은 토양침식조절인자의 격자별 분포값을 분석한 결과이다. 최소값이 0.010, 최대값이 1.0, 평균이 0.124로 계산되었으며 표준편차는 0.249로 나타났다. 토양유실에 미치는 상대적인 영향을 나타내는 표준편차와 평균의 비는 1.806으로 토양유실량을 계산하기 위해 사용된 인자값 중에서 가장 큰 값으로 계산되었다. 이것은 대상지역내에서 토양유실량에 미치는 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 토양유실량을 줄이기 위한 가장 좋은 방법으로 토지피복의 상태를 조정함으로써 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

표 7. 토양침식조절인자의 분석결과

구분	최소격자값	최대격자값	평균	표준편차	표준편차/평균
값	0.010	1.000	0.124	0.249	2.008

특히, 표 5에서 언급하였듯이, 산불발생 이전의 토지피복상태와 비교해서 산불발생 이후의 토지피복상태가 나지일 경우의 토양유실량이 16배정도로 매우 큰 차이를 보이고 있어 지표면에 토양유실을 방지하기 위한 식물의 식생분포가 중요한 요인이 될 수 있다고 판단된다.

기존에 범용적으로 사용하고 있는 USLE 기본식은 지형이 복잡하지 않은 농경지에서의 토양유실량을 계산하기 위해 만든 경험식으로 우리나라처럼 지형이 복잡한 경우나 유역과 같은 특정 지역의 적용은 다소 무리가 따를 수 있다. 따라서 토양유실량 모형의 적용은 토양침식인자 K에 대한 다양한 연구, 우리나라 지형에 맞는 지형인자에 대한 분석, 토양침식조절인자 VM의 입력인자 값에 대한 연구 등 각 인자에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

5. 결 론

산불에 의한 토지피복변화가 토양유실에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. USLE 모형을 약간 수정하여 대상지역의 토양유실량을 계산한 결과, 토지피복에 따른 영향을 나타내는 토양침식조절인자의 영향이 상대적으로 높이 평가되었다.
2. 산불발생 이전과 이후로 나누어 토양유실량을 계산한 결과, 산불발생 이후가 이전보다 16배 정도 많이 발생한 것으로 예측되었다.
3. 토양유실량 계산에 사용된 각 인자들에 대한 격자별 분포값을 분석하여 각 인자들이 미치는 상대적인 영향의 정도를 분석할 수 있었다.
4. 그림 1과 그림 2의 비교 결과, 토지피복상태의 영향을 배제할 경우 지형인자의 영향으로 토양유실 발생이 경사가 급한 산지에서 많이 발생한다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 신계종(1999), “지형공간정보체계를 이용한 유역의 토양유실분석”, 강원대학교 대학원 토목공학과 박사논문
2. 박재훈(2000), “지형공간정보체계와 수정토양유실모형에 의한 토양유실량 예측”, 강원대학교 대학원 토목공학과 박사논문
3. 한국토양비료학회지(1983), vol.16(2), pp. 112-118.
4. 한국수자원학회(1998), “수공학익살 교재”,pp. 20-21.