

유역특성을 고려한 GIS 기반 토양침식량 평가

Evaluation of GIS-based Soil Loss Amount in Considering Basin Characteristics

곽동욱¹⁾ · 조기성²⁾

Guak, Dong-Wook · Cho, Gi-Sung

Abstract

Soil erosion has caused serious environmental problems which threaten the foundation of natural resources. In this paper, we chose RUSLE erosion model, which could be connected easily with GIS and available generally in mid-scale watershed among soil erosion models, and extracted factors entered model by using GIS spatial analysis method. First, this study used GIS database as soil map, DEM, land cover map and rainfall data of typhoon Memi (2003) to analyze soil loss amount of Dam basin. To analyze the changes of soil loss in considering basin characteristics as up-, mid- and downstream, this study calculated soil erodibility factor (K), topographic factors (LS), and cover management factor (C). As a result of analysis, K and LS factors of upstream showed much higher than those of downstream because of the high ratio of forest. But C factor of downstream showed much higher than that of upstream because of the high ratio of agricultural area. As a result of analysis of soil loss, unit soil loss of upstream is 4.3 times than soil loss of downstream. Therefore, the establishment of countermeasures for upstream is more efficient to reduce soil loss.

Keywords : Soil loss, Basin characteristics, RUSLE

초 록

토양침식은 지구상에 존재하는 자원의 기반을 위협하는 중요한 환경문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 토양 침식모형중 GIS와의 연계가 가능하고 중규모유역에서 범용적으로 활용가능한 RUSLE 침식모형을 선정하여 모형에 입력되는 인자들을 GIS 공간분석기법을 활용하여 추출하였다. 먼저 댐 유역의 토양침식량 평가를 위해 토양도, DEM, 토지피복도와 같은 GIS 자료와 2003년 태풍메미 강우사상을 적용하고, 상하류 유역특성을 고려한 토양침식의 변화를 분석하고자 토양침식인자, 지형인자 그리고 식생피복인자를 분석한 결과, 상류유역에서는 산림의 높은 비율로 인해 토양침식인자와 지형인자의 평균값이 하류유역에 비해 높게 나타났고, 반면 하류유역에서는 완만한 경사의 농경지의 영향으로 식생피복인자의 평균값이 높게 나타남을 알 수 있었다. 그리고, 상하류 유역특성을 고려한 토양침식량 평가 결과, 상류유역의 단위토양침식량이 하류유역보다 약 4.3배 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 토양침식 저감을 위한 유역대책 수립시 상류유역을 중점 대상지역으로 선정하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

핵심어 : 토양침식, 유역특성, 수정범용토사유실공식

1. 서 론

토양침식이란 바람이나 유수에 의해 지각을 이루는 토양에서 토립자가 지표면으로부터 이완, 분리 및 이송되는

일련의 자연적인 과정이다. 토양침식과정은 3가지 큰 주제인 에너지, 저항 그리고 보호로 요약될 수 있다. 토양침식에 영향을 주는 강우유출 에너지가 토립자 표면에 주어질 경우 토양은 다양한 형태의 물리화학적 특성을 가지고

1) 정희원 · 전북대학교 토목공학과 박사과정(E-mail: guakdw@daum.net)

2) 연결저자 · 정희원 · 전북대학교 토목공학과 교수, 공업기술연구소 연구원(E-mail: gscho@moak.chonbuk.ac.kr)

침식작용에 저항하게 된다. 그러나 토양 자체가 가지고 있는 침식 저항력은 상대적으로 작기 때문에 강우에너지로부터 농경지의 토양을 효과적으로 보호하기 위해서는 식생 등의 피복을 보강해 주는 일련의 노력이 필요하게 된다. 만약, 인간의 인위적인 토지이용으로 인해 토양을 덮고 있는 피복이 제거된다면, 그 피복의 특성에 따라 토양 보호능력이 떨어지거나 비록 토양을 보호하더라도 그 재료가 고정되기 전에는 토양이 보호받지 못하므로 강우 등의 외부 에너지에 의해 토양침식이 발생하게 되며, 결국 단위지역 내 토지이용의 변화 및 특성에 따라 토양침식은 농경지 양분유출, 수질오염 등 경제적·환경적 문제점을 야기할 수 있다(Hudson, 1977).

강우나 물의 유출에 의한 토양침식은 농업생산성을 떨어뜨리고 목초지를 손상시키며, 물의 흐름을 방해하는 등 각종 환경적인 문제를 야기하는데(이환주 등, 2001; 장영률 등, 2002), 특히 경사지 농경지에서는 많은 양의 강우가 단시간에 내려 농경지에 영향을 주기 때문에(현병근 등, 2002), 강수량이 여름철에 집중되어 있는 우리나라 기후에서는 피할 수 없는 고유특성이면서, 경사지 농업활동의 주요 제한점 중 하나로 인식되어 왔다.

최근 유역에서 발생하는 토양침식은 댐저수지 탁수발생에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다. 특히 임하댐은 1993년 준공후 2001년까지 최고탁도 100~250NTU의 수질을 유지하였으나, 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미에 의한 집중강우로 인해 최고 1,221 NTU 까지 탁도가 증가하였다(한국수자원공사, 2004).

유역내 토양침식지역에 대한 대책을 수립시 유역특성에 따라 다양한 방법들이 결정된다. 유역을 구성하는 소유역별 토양침식량 평가 뿐 아니라 하천을 중심으로 상류와 하류유역간의 토양침식량 평가 및 토양침식 원인인자를 상호 비교하는 것은 해당 지역에 대한 적절한 대책을 결정하는 중요한 자료원이 된다.

본 연구에서는 낙동강 북동쪽에 위치하고 있는 안동호 유역을 선정하여, 토양침식 평가를 위한 GIS DB를 구축하였다. 특히 토양침식에 가장 민감한 토지피복특성을 분석하였으며, 이를 기초로 RUSLE 모델을 이용하여 토양침식량을 평가하였다. 그리고 유역을 구성하고 있는 주요 지천 11개를 선정하여 소유역별 토양침식 발생 가능성을 분석하여 토양침식이 많이 발생하는 소유역을 평가하였다. 또한 하천의 특성과 유역면적을 고려하여 상류, 중류, 하류유역을 구분한 후 각 유역별로 토양침식인자, 지형인

자, 식생피복인자 그리고 토양침식량도 상호 비교하였다. 이와 같은 유역특성을 고려한 토양침식량 분석결과를 토대로 토양침식 저감을 위한 다양한 유역대책 수립시 의사결정지원 자료를 제공하고자 하였다.

2. 토양침식 모델

토양침식모델은 농경지를 대상으로 개발된 USLE(Universal Soil Loss Equation)로부터 MUSLE(Modified USLE), RUSLE(Revised USLE), AGNPS(AGricultural Non-Point Source), TBR(Transportation Research Board) 등 다양하다. 본 연구에서는 유역에 적용 가능하고, 토양침식에 가장 민감한 최신의 토지피복 특성을 반영할 수 있으며, 토양침식 원인지역에 대한 유역대책을 효과적으로 지원하기 위한 GIS 격자 기반의 분석이 가능한 RUSLE 모델을 선정하였다. 그러나, 본 연구에서 적용한 RUSLE 모델은 엄밀한 의미의 RUSLE는 아니며 국내에 구축되어 있는 자료특성상 식생피복과 경작인자는 기존의 USLE를 지향하고 있는 준 RUSLE 모델이다. RUSLE는 장기간동안의 토양침식과정에서의 효과를 예측하기 위한 토양 보존 지향적 모델로서 GIS환경에서 RUSLE를 사용할 경우 셀 단위로 토양침식 잠재성을 표현할 수 있다는 장점이 있다(Andrew, 1998). RUSLE모델에서 토양침식량 A는 ton/ha/yr의 단위를 가지며, 강우침식인자(R), 토양침식인자(K), 침식사면의 길이인자(L), 침식사면의 경사인자(S), 식생피복인자(C) 그리고 경작인자(P)들의 곱으로 표현된다.

강우침식인자 R은 강우량과 강우강도에 영향을 받는데, 강우량보다는 강우강도가 강우침식인자에 더 큰 영향을 미치며 일정 강우강도 이하에서는 상대적으로 비침식성 결과를 보이는 것으로 알려져 있다. 연구를 통해 제시된 결과를 보면, 침식이 기대되는 강우강도는 대략 25mm/hr라고 되어 있다. 또한 온대기후에서는 대략 95%의 강우가 비침식성 강우강도를 갖는 반면, 열대지역에서는 대략 60%의 강우가 비침식성 강우강도를 갖는 것으로 알려져 있다(Hudson, 1977).

강우침식인자를 산정하는데 있어서 강우량 자료만을 활용한 기존의 연구를 개선하고자 본 연구에서는 강우관측소별 1분 강우량 자료를 기반으로 강우강도 및 강우에너지를 활용한 강우침식인자를 계산하였다. 강우침식인자는 모의기간 동안의 강우에너지의 합과 30분 최대 강우강도의 곱으로 나타내어진다(정필균 등, 1983).

Wischmeier와 Smith(1978)는 토양침식인자와 토립자 입

경분포와의 관계를 연구하여 삼각형 도표를 제시하였다. 이를 Erickson(1997)이 보완하였으며 이로부터 구한 토양침식 인자는 0.02~0.69 범위의 값을 갖는다. 기존 연구에서는 1:250,000 축척의 개략토양도에 기초한 토양침식인자를 주로 활용하였으나, 개략토양도의 경우 정밀한 토양침식인자 분포 형태를 표현하기에는 다소 한계가 있는 것이 사실이다. 특히 국내 유역은 대부분 지형기복이 유사하다는 점을 감안할 때 토양특성이 갖는 비중은 그만큼 토양침식량에 큰 영향을 주게 된다. 따라서, 본 연구에서는 1:25,000 정밀토양도에 기초한 토양군으로부터 Erickson(1997)의 삼각형 도표를 이용하여 토양통별 토양침식인자 K를 계산하였다.

지형인자는 침식사면의 길이인자(L)와 침식사면의 경사인자(S)로 구분된다. 먼저, 침식사면의 길이인자는 단위구획 경사길이인 22.13m에 대한 수평경사길이의 비를 나타내며, 이를 계산하기 위해 제시된 경험식은 많이 있으나, 그 중 최근 유역에 적용하기 위해 개발된 Desmet과 Govers(1996) 식을 이용하였다. 또한 침식사면의 경사인자는 DEM 자료를 이용하여 Nearing(1997)이 개발한 식을 활용하여 계산하였다.

식생피복인자 C는 토양침식에 대한 식생피복 및 작물상태 효과를 반영한 인자이다. 지표면의 피복상태가 토양침식에 미치는 영향은 식생으로 인한 빗방울의 운동에너지 경감, 지표류의 유속감소로 인한 토립자의 이송경감 및 퇴적증진, 식생의 뿌리로 인한 토양 덩어리의 이동억제 및 공극증대, 식물의 증산작용과 토양내에서 생물학적 활동증진에 따른 토양수분감소 등이 있다. 본 연구에서는 미국 농무성 등에서 발표된 토지피복별 식생피복인자 기준을 적용하였다(박경훈, 2003). 이 기준은 세분화된 토지피복 형태를 고려할 수 있기 때문에 본 연구에서 구축한 중분류 체계의 토지피복도를 효과적으로 적용할 수 있는 장점이 있다.

경작인자 P는 논이나 밭과 같은 경작지 형태와 지형 경사에 따른 영향을 고려하는 것으로 경작지 형태로는 등고선 경작(Contouring), 등고선 대상경작(Cropping), 테라스 경작(Terracing) 등이 있다. 이와 같은 경작지 형태는 토양침식

을 조절하는 중요한 역할을 하며, 지역적인 특성에 따라 경작지 형태가 다양하게 나타난다. 일반적으로 밭은 등고선 대상경작 형태를 그리고 논은 테라스 경작 형태를 보인다. 그러나, 밭의 경우는 지역에 따라 다양한 형태를 보이는 만큼 현지조사를 통해 그 지역에서 주로 이용하는 경작형태를 파악해야만 한다. 본 연구에서는 신계중(1999)이 제시한 경작형태와 사면경사를 고려한 경작인자를 적용하였다.

3. 연구대상지와 GIS DB 구축

3.1 연구대상지역

안동호 유역은 낙동강 수계 북동쪽에 위치하고 있으며, 유역면적은 약 1,590km²이고 주요지천으로는 황지천, 현동천, 운곡천, 동계천 등이 있다. 그림 1과 같이 안동호 유역은 11개의 소유역으로 구성되어 있으며, 인근의 임하호 유역과 인접되어 있다.

3.2 GIS DB 구축

안동호 유역의 토양침식량 평가를 위해 구축한 GIS 자료는 표 1과 같다.

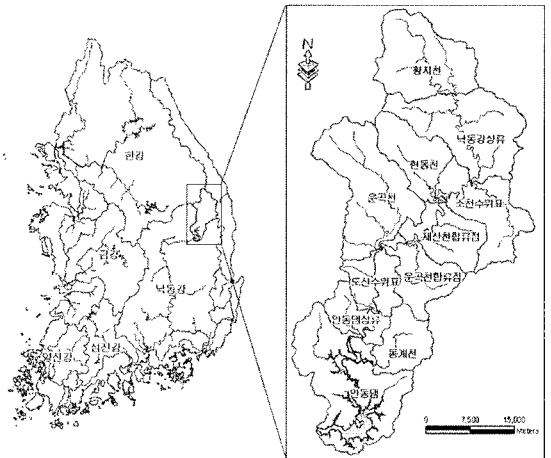


그림 1. 연구대상지역

표 1. GIS 데이터베이스

DB 항목	DB 세부 내용	출 처
DEM	- 1:5,000 수치지형도(355도엽)	- 국토지리정보원
토지피복도	- SPOT 영상, 수치지형도 활용	- 환경부
정밀토양도	- 1:25,000 정밀토양도(20도엽)	- 농촌진흥청 농업과학기술원
강우/수위자료		- WAMIS, 댐관리연보

DEM 자료는 국토지리정보원의 1:5,000 수치지형도 355 도엽을 이용하여 구축하였으며 안동호 유역의 표고의 범위는 105m~1150m로 나타났다. 정밀도양도는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 구축한 1:25,000 자료를 활용하

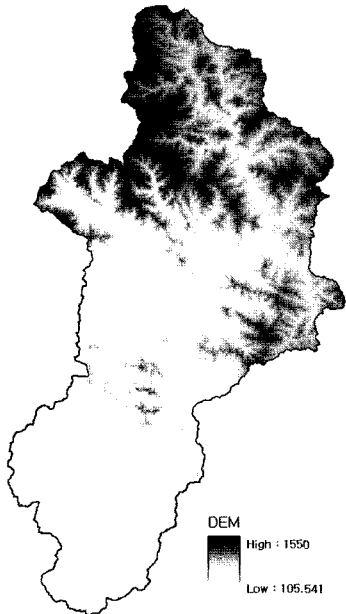


그림 2. DEM 분포도

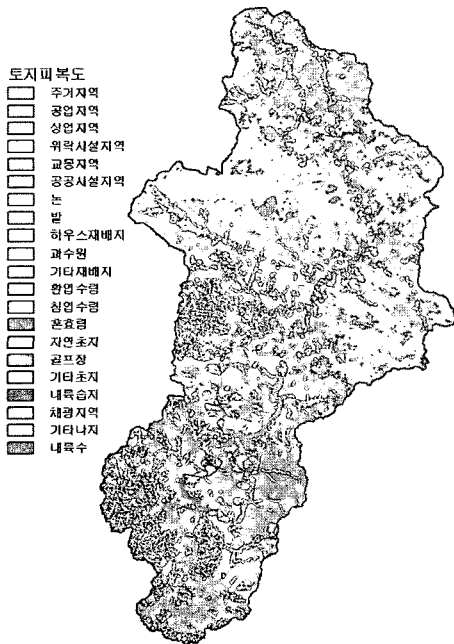


그림 3. 토지피복 분포도

였으며, 강우자료는 수자원관리종합정보시스템(WAMIS; Water Management Information System)과 안동댐관리 연보를 이용하여 구축하였다(한국수자원공사, 2003).

지표를 구성하는 토지피복은 강우에 따른 토양침식 및 그로 인한 탁수발생에 결정적인 역할을 하게 된다. 따라서, 토지피복도의 정확도 및 정밀도가 매우 중요하며 기존의 30m 해상도를 갖는 LANDSAT 영상의 한계를 극복하고자 2003년 3월 20일 촬영한 10m 해상도의 컬러영상인 SPOT 5 영상을 이용하여 분류한 환경부의 토지피복도를 이용하였다. 본 연구에서는 토지피복도를 식생피복인자와 경작인자 계산에 모두 활용하기 위해 대분류와 중분류 클래스를 약간 수정한 분류체계를 채택하여 토지피복별 면적과 점유비율을 계산하였다. 특히, 농경지의 경우 연도별로 다른 형태의 경작이 이루어지는 경우가 있고, 위성영상으로부터의 영상분류 과정중 오차가 발생할 수 있기 때문에 안동호 유역중 하천주변의 농경지를 위주로 토지피복

표 2. 토지피복 분석결과

분류항목	토지피복	
	면적(km ²)	점유비율(%)
주거지역	12.251	0.770
공업지역	0.870	0.055
상업지역	1.574	0.099
위락시설지역	0.377	0.024
교통지역	6.503	0.409
공공시설지역	0.957	0.060
논	43.750	2.752
밭	123.763	7.784
하우스재배지	0.277	0.017
과수원	18.687	1.175
기타재배지	2.467	0.155
활엽수림	371.797	23.383
침엽수림	681.280	42.848
혼효림	254.698	16.019
자연초지	2.904	0.183
골프장	0.040	0.002
기타초지	3.600	0.226
내륙습지	9.813	0.617
채광지역	2.835	0.178
기타나지	13.632	0.857
내륙수	38.587	2.427
계	1,554.075	100.000

현지조사를 실시하여 수정 보완하였다(환경부, 2005). 그림 3은 안동호 유역에 대한 중분류체계의 토지피복도이며, 표 2는 안동호 유역의 토지피복 분석결과다.

4. 적용 및 분석결과

4.1 RUSLE 인자의 평가

안동호와 유역의 토양침식을 평가하기 위해서는 토양침식 모델에 입력되는 RUSLE 인자를 먼저 계산해야 한다. DEM, 정밀토양도 및 토지피복도 등과 같은 GIS DB로부터

토양침식인자를 평가하는 프로세스는 그림 4와 같다. 강우침식인자를 계산하기 위해 최근의 태풍중 탁수발생에 영향이 컸던 2003년도 태풍 매미 강우사상을 이용하였다. 각 관측소의 1분 강우량 자료를 기반으로 식 (1)과 (2)에 적용하여 표 3과 같이 관측소별 강우에너지의 합(ΣE), 30분 최대강우강도($I_{30,max}$) 그리고 강우침식인자를 계산하였다. 그리고 관측소별 강우침식인자값을 스플라인 보간으로 처리함으로써 안동호 유역의 강우침식인자 분포를 평가하였다.

토양침식인자는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 구축

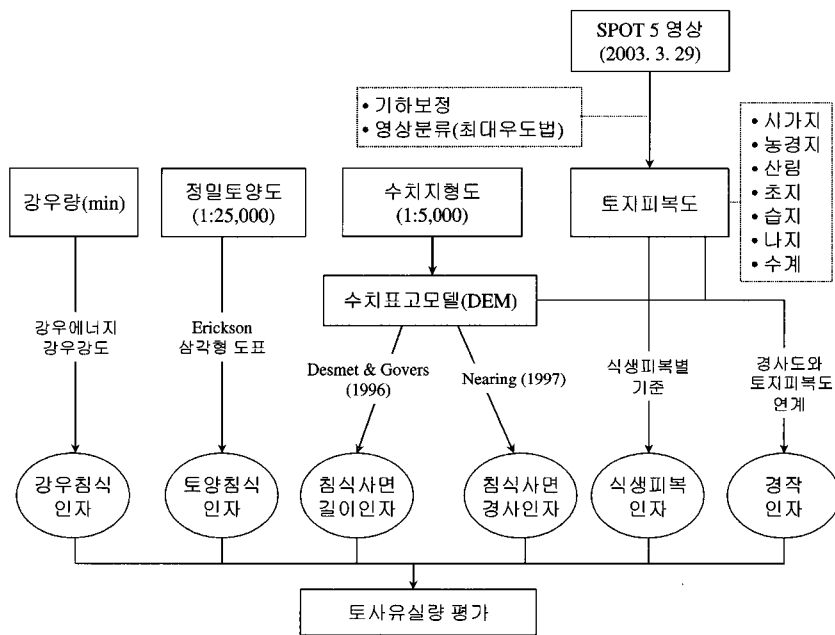


그림 4. 토사유실 평가 과정

표 3. 관측소별 강우에너지, 30분최대강우강도, 강우침식인자 결과

관측소명	관측소 위치		ΣE	$I_{30,max}$	강우침식인자
	경도	위도			
갈산	128-52-43	36-39-16	6639.913	1.35	89.638
고산	128-51-21	36-42-52	6187.936	1.00	61.879
명호	128-52-34	36-48-34	5177.556	1.00	51.775
백천	128-55-07	36-56-48	9699.165	2.85	276.426
서면	128-58-36	36-50-10	11695.800	2.45	286.547
예안	128-59-35	36-57-34	4666.218	1.00	46.662
의촌	129-06-43	36-57-37	5110.949	1.15	58.775
춘양	128-58-30	37-04-10	4901.700	0.90	44.115
태백	129-00-27	37-07-25	9428.264	2.40	226.278

한 1:25,000 정밀도양도를 Erickson(1997)의 삼각형 도표에 적용하여 계산하였다. 이는 기존의 개략도양도에 의한 계산방법보다 매우 정밀한 토양침식인자 계산이 가능하므로 토사발생의 원인이 되는 지역을 셀단위로 분석하는데 효과적이다.

지형인자는 안동호 유역의 1:5,000 수치지형도를 이용하여 분석하였다. 먼저 수치지형도의 등고로부터 구축한 TIN 자료로부터 5m 해상도의 DEM 자료를 구축하였다. 침식사면의 길이인자(L)는 Desmet과 Govers(1996) 식을 적용하

여 계산하였으며, 침식사면의 경사인자(S)는 Nearing(1997) 식을 활용하여 계산하였다. 특히 Desmet과 Govers(1996) 식은 강우발생시 경사에 따라 이동하는 물의 양이 많을수록 많은 토사가 유입되는 개념을 도입하기 위해, DEM을 활용한 하천흐름 네트워크 및 누적합수를 함께 적용하였다.

식생피복인자는 현장조사 및 환경부의 자료를 기반으로 구축한 중분류 체계의 토지피복도를 미국 농무성에서 제시한 기준에 적용하여 계산하였다. 또한 경작인자는 수치지형도에서 추출한 DEM 자료로부터 추출한 경사도와 중

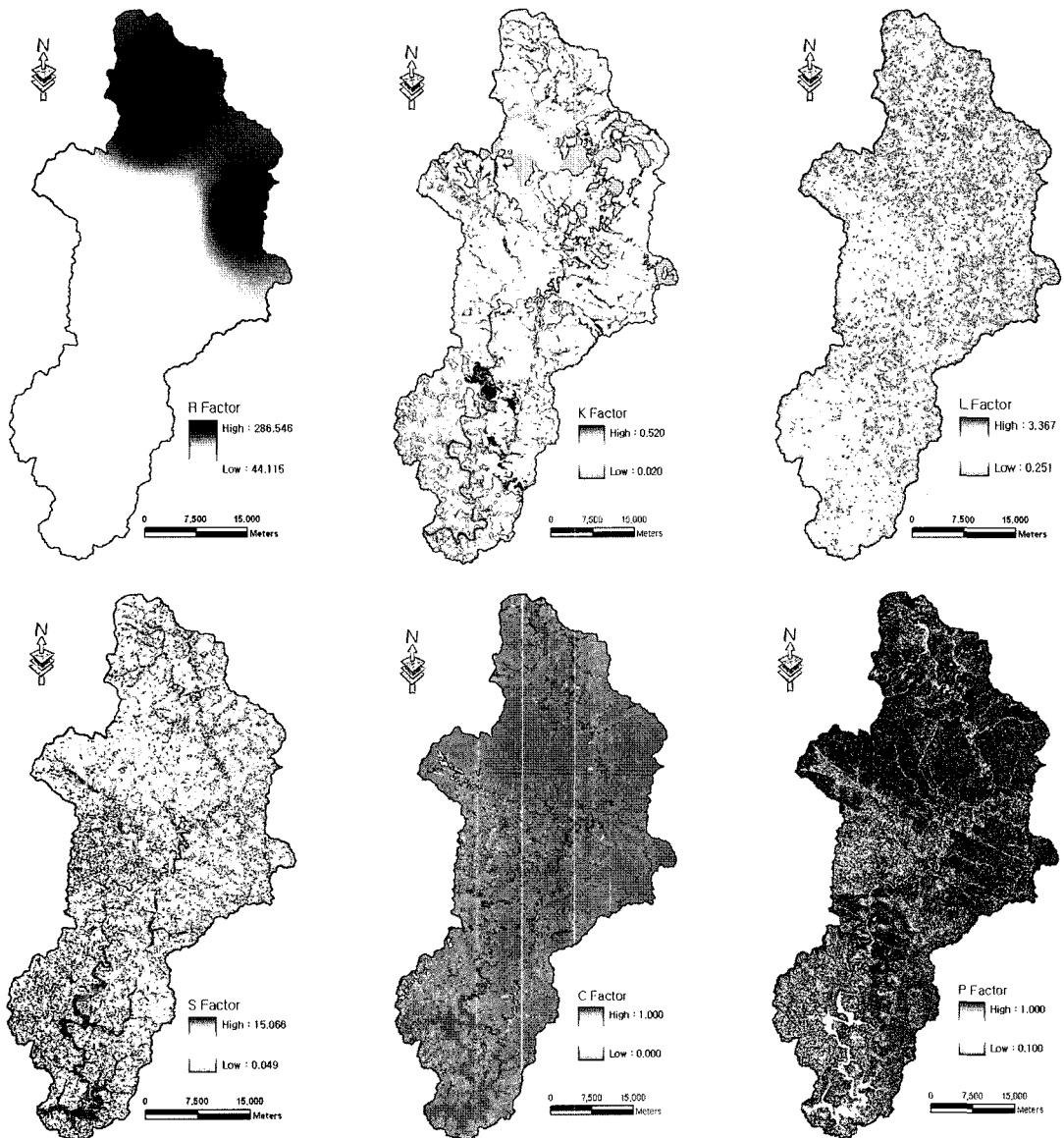


그림 5. RUSLE 인자 공간분포도

표 4. RUSLE 인자 통계분석 결과

인자	최소	최대	평균	표준편차
R	44.115	286.546	126.404	69.263
K	0.020	0.520	0.297	0.103
L	0.251	3.367	1.585	0.821
S	0.049	15.067	6.723	4.675
C	0.000	1.000	0.059	0.150
P	0.100	1.000	0.859	0.244

분류체계의 토지피복도에서 분석한 경작상태를 중첩 분석한 후 신계종(1999)이 제시한 경작인자 기준을 적용하여 계산하였다. 그림 5는 RUSLE 입력인자의 공간분포도이며 표 4는 RUSLE 인자들의 통계분석 결과를 정리한 것이다.

4.2 소유역별 토양침식량 평가

GIS 기반 RUSLE 인자를 이용하여 안동호 유역의 토양침식량을 평가하였다. 5m 공간해상도로 평가한 유역내 토양침식량의 평균값은 8.026 ton/ha으로 나타났으며, 유역전체 면적으로 환산한 토양침식량은 1,275,806 ton으로 계산되었다. 안동호 유역을 구성하고 있는 11개 주요 지천에 대한 토양침식량을 평가하기 위해 GRID 시스템의 격자합수를 이용하였으며 분석결과는 표 5와 같다. 면적을 고려한 토양침식량을 볼때는 황지천유역이 465,378 ton으로 가장 많은 토양침식량을 보였으며, 낙동강상류유역(214,419 ton)과 소천수위표유역(120,154 ton) 순으로 나타났다. 또한 단위면적(km²)당 토양침식량에서는 유역

표 5. 소유역별 토양침식량 분석결과

소유역	면적 (km ²)	토양침식량 (ton)	단위토양침식량 (ton/km ²)
황지천	189	465,378	2,462
낙동강상류	216	214,419	993
소천수위표	140	120,154	858
현동천	107	57,474	537
재산천합류점	104	67,975	654
운곡천합류점	99	64,064	647
운곡천	232	109,458	472
도산수위표	78	47,719	611
안동댐상류	61	17,117	281
동계천	82	34,699	423
안동댐	282	77,349	274
Σ	1,310	1,198,457	802

최상류에 위치하고 있는 황지천유역(2,462 ton/km²)이 유역 최하류에 위치하고 있는 안동댐유역(274 ton/km²)에 비해 약 9배 높은 것으로 분석되었다. 이는 하천을 중심으로 상하류 유역특성이 토양침식 발생에 중요한 변수가 됨을 추정할 수 있다.

4.3 상하류 유역특성을 고려한 토양침식 분석

토양침식의 원인이 되는 지역을 선정하여 적절한 유역 대책을 수립하기 위해서는 먼저, 하천을 중심으로 상하류 간의 토양침식 특성을 분석할 필요가 있다. 토양침식을 저감하기 위한 유역대책으로는 산비탈 정비, 농경지 우회수로 등의 정비, 사방댐 건설, 농경지 벗길내기 등 매우 다양하며 이러한 유역대책의 종류는 해당 사업지역의 지형적 특성을 고려하여 결정되며, 따라서 상하류 유역의 토양침식 특성을 분석하여 다량의 토양침식이 발생하는 지역에 적절한 대책을 수립하는 것이 바람직하다. 안동호 유역의 상하류 특성을 고려한 토양침식 분포를 분석하기 위해 11개의 소유역을 상류, 중류 그리고 하류유역으로 구분하였다. 그림 6은 안동호 유역을 상류, 중류, 하류로

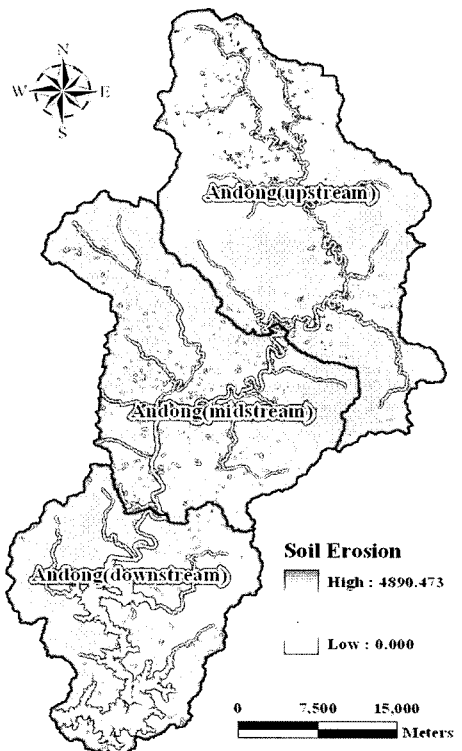


그림 6. 안동호유역 토양침식량

구분하여 토양침식량 분포도에 표시한 것으로서 상류유역에는 황지천, 낙동강상류, 소천수위표 그리고 현동천 유역이 해당되며, 중류유역에는 재산천합류점, 운곡천합류점, 운곡천, 도산수위표 유역이 포함된다. 또한 하류유역에는 안동댐상류, 동계천 그리고 안동댐 유역이 해당되며 가급적 유역면적과 하천의 흐름특성을 고려하여 결정하였다.

본 연구에서는 상하류 유역의 토양침식의 원인인자가 무엇인지를 분석하기 위해, 시간에 따라 변화하는 강우침식인자를 제외하고, 토양침식인자, 지형인자, 식생피복인자의 평균값을 토양침식량 자료와 함께 표 6에 제시하였다.

상하류 유역간의 토양침식량을 비교하기 위해서는 단위면적(km²)으로 환산한 단위토양침식량 자료가 매우 유용하다. 분석결과, 상류유역의 단위토양침식량이 1,315 ton/km²로 하류유역의 304 ton/km²에 비해 4.3배 높게 평가되었다. 상류유역에서는 산림이 주를 이루기 때문에 토양입자가 매우 작고, 또한 지형경사가 급하기 때문에 토양침식인자와 지형인자의 평균값이 하류유역보다 매우 높게 평가되었으며, 이러한 인자가 반영되어 토양침식량이 높게 나타난 것으로 해석된다. 반면 하류유역에는 일반적으로 경사가 완만한 농경지의 비율이 높기 때문에 식생피복인자는 높으나 토양침식인자와 지형인자는 매우 낮게 평가되었다. 단위토양침식량의 결과를 볼 때 하류보다는 상류유역에 매우 높은 토사발생 잠재성이 있는 것으로 분석되었으며, 따라서 상류유역을 중심으로 유역대책을 수립하는 것이 바람직하다는 결론을 얻을 수 있었다. 또한 유역대책 수립시 상류유역에 대해 토양의 입자특성을 개선한다든지 경사가 급한 산림지역을 완만하게 만든

다는 것은 현실적으로 너무 많은 비용과 시간이 소모되므로, 농경지 중심의 토지피복을 개선하는 대책중에서 해당 지역별로 적절한 방법을 결정하는 것이 필요하다고 본다.

5. 결 론

본 연구에서는 최근 댐 저수지에서 발생하고 있는 탁수의 원인이 되는 토양침식량을 평가함에 있어, 유역특성을 고려한 토양침식량을 분석하기 위해 안동호 유역을 연구대상지로 선정하여 분석한 결과, 다음의 결론을 얻었다.

1. 본 연구에서는 강우, DEM, 토양도 및 토지피복도 자료를 기반으로 GIS 분석 기법을 활용하여 RUSLE 모델의 인자를 효과적으로 추출하는 기법을 제시하였다. 특히 강우량 자료를 이용하여 강우침식인자를 계산하였던 기존 방식을 개선하고자 강우관측소별 1분 강우량에 기초한 강우강도 및 강우에너지를 평가하여 유역내 강우침식인자의 공간적 분포특성을 제시할 수 있었다.

2. 상하류 유역특성을 고려한 토양조직, 지형기복 그리고 토지피복의 영향을 분석하고자 토양침식인자, 지형인자 그리고 식생피복인자를 분석한 결과, 상류유역이 산림의 높은 비율로 인해 토양침식인자와 지형인자의 평균값이 하류유역에 비해 높게 나타났고, 반면 하류유역에서는 완만한 경사의 농경지의 영향으로 식생피복인자의 평균값이 높게 나타남을 알 수 있었다.

3. 상하류 유역특성을 고려한 토양침식량 평가 결과, 상류유역의 단위토양침식량이 1,315 ton/km²로서 하류유역의 304 ton/km²보다 약 4.3배 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 토양침식 저감을 위한 유역대책 수립시 상

표 6. 상하류 유역별 토양침식량 분석결과

분류	소유역명	면적 (km ²)	K (평균)	LS (평균)	C (평균)	토사 유실량 (ton)	단위토사 유실량 (ton/km ²)
상류유역	황지천 낙동강상류 소천수위표 현동천	652	0.326	14.628	0.034	857,425	1,315
중류유역	재산천합류점 운곡천합류점 운곡천 도산수위표	513	0.309	11.813	0.068	289,216	563
하류유역	안동댐상류 동계천 안동댐	425	0.237	8.084	0.085	129,165	304
Σ		1,590	0.297	11.969	0.059	1,275,806	802

류유역을 중점 대상지역으로 선정하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

참고문헌

박경훈 (2003), GIS 및 RUSLE 기법을 활용한 금호강 유역의 토양침식위험도 평가, 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제 6권, 제 4호, pp. 24-36.

신계중 (1999), 지형공간정보체계를 이용한 유역의 토양유실분석, 박사학위논문, 강원대학교.

이환주, 김환기 (2001), GIS 공간분석을 활용한 토양침식모형의 입력인자 추출에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 19권, 제 1호, pp. 27-37.

장영률, 이근상, 조기성 (2002), GIS 기반에서 토양침식의 정량화를 위한 해상도 결정에 관한 연구, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제 10권, 제 2호, pp. 301-316.

정필균, 고문환, 임정남, 임기태, 최대용 (1983), 토양유실량 예측을 위한 강우인자의 분석, 한국토양비료학회지, 한국토양비료학회, 제 16권, 제 2호, pp. 112-118.

한국수자원공사 (2003), 안동다목적댐 관리연보.

한국수자원공사 (2004), 임하댐 탁수저감방안 수립.

현병근, 김무성, 엄기철, 강기경, 윤홍배, 서명철, 성기석 (2002), USLE 모형과 대체법을 이용한 발농사의 토양유실 저감기능

계량화 평가, 한국토양비료학회지, 한국토양비료학회, 제35권, 제 6호, pp. 361-371.

환경부 (2005), 인공위성 영상자료를 이용한 토지피복지도 구축.

Andrew A. Millward (1998), *Mapping and Modelling Soil Erosion Potential in the Sierra De Manantlan Biosphere Reserve, Mexico*, A thesis Presented to The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph.

Desmet, P.J., Govers, G. (1996), *Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies*, International Journal of Geographic Information Systems, Vol. 10, No. 3, pp. 311-331.

Erickson, A.J. (1997), *Aids for estimating soil erodibility - K value class and soil loss tolerance*, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Salt Lake City of Utah.

Hudson, N. (1977), *Soil Conservation*, Ithaca : Cornell University Press.

Nearing, M. A. (1997), *A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss*, Soil Science Society of America Journal 61(3), pp. 917-919.

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith (1978), *Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation*, Agricultural Handbook, United States Department of Agriculture, Washington DC.

(접수일 2006. 2. 7, 심사일 2006. 2. 16, 심사완료일 2006. 3. 7)