

## WAMIS 토지피복도를 활용한 토양유실량 분석

- 무심천 유역을 대상으로 -

김주훈<sup>1\*</sup> · 이충대<sup>2</sup> · 김경탁<sup>1</sup> · 최윤석<sup>1</sup>

## The Soil Loss Analysis using Landcover of WAMIS

- for Musimcheon Watershed -

Joo-Hun, KIM<sup>1\*</sup> · Chung-Dae, LEE<sup>2</sup> · Kyung-Tak, KIM<sup>1</sup> · Yun-Seok, CHOI<sup>1</sup>

### 요 약

본 연구의 목적은 유역의 토지피복변화에 따라 토양유실량이 어떻게 변화되는지를 평가하는 것이다. 또한 유역전체에서 토양유실이 가장 많이 발생하는 토지피복형태에 대하여 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 연구대상유역으로는 금강의 제2지류인 무심천 유역으로 하였다. 분석결과 토지피복별 단위면적당 평균 토양유실량은 밭작물 재배지역과 논지역에서 크게 발생하는 것으로 분석되었다. 토양유실량 산정결과 100년빈도 강우량 자료를 이용한 경우 무심천 유역 전체의 연토양 유실량은 약 14,000ton/yr 정도의 토양유실이 발생하는 것으로 나타났다. 토지피복별 토양유실량은 무심천 유역에서 가장 많은 면적을 차지하는 산림지역(48%)의 경우 약 1,000ton/yr 정도 토양유실이 발생하는 것으로 나타났으며, 밭 지역에서는 1985년도에 4,900ton/yr(34.6%)에서 2000년에 8,100ton/yr(56.1%) 토양유실량이 가장 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 밭작물 재배지역의 토지피복변화가 8%에서 14%정도로 증가한 것이 토양유실량이 크게 증가한 원인으로 판단된다. 연 토양유실량이 200ton/km<sup>2</sup>/yr 이상인 지역을 분석한 결과 밭작물 재배지역이 74%에서 96%정도를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

주요어 : 수정토양손실공식, 강우-유출 침식성 인자, 토지피복, 지리정보시스템

### ABSTRACT

This study estimates how soil loss in a basin has been occurred according to the change of land cover, and analyzes which type of land cover has the largest soil loss by classifying the land-cover type into each area and a whole basin. Musimcheon, the second branch stream of GeumGang, is chosen as a research area. The result of analysis shows that the average soil loss occurs most largely in a crop land and a paddy field. The yearly soil loss of watershed estimates approximately 14,000 ton/yr in case of using 100-year-frequency rainfall data. A

2007년 10월 23일 접수 Received on October 23, 2007 / 2007년 12월 4일 심사완료 Accepted on December 4, 2007

1 한국건설기술연구원 수자원연구실 Water Resources Dept., KICT

2 유량조사사업단 유량조사실 Hydrological Survey Division, Hydrological Survey Center

\* 연락처자 E-mail : jh-kim@kict.re.kr

forest area, which takes the largest area in watershed, shows the soil loss occurs approximately 1,000ton/yr. A crop field shows that soil loss increased most largely 4,900 ton/yr (34.6%) in 1985 to 8,100 ton/yr (56.1%) in 2000. The change of land cover in a crop land increased 8% to 14%, and this change influences on the increase of soil loss. As a result of analyzing the area over 200ton/km<sup>2</sup>/yr, the soil loss in a crop field accounts for 74% to 96%.

**KEYWORDS** : *RUSLE, Rainfall-Runoff Erosivity Factor, Landcover, GIS*

## 서론

토양침식은 세계 여러 지역에서 자연자원 관리자들이 직면하고 있는 매우 중요한 문제로 대두되고 있으며, 유역의 토양유실에 의해 하천을 오염시키고 저수지의 유효저수용량을 감소시키는 주요 원인이 되고 있다.

유역의 토양침식은 강우분포, 토양, 토지이용과 같은 많은 요인들에 의해 영향을 받는다. 이런 요인들은 시간과 공간에 의해 여러 가지 형태로 나타나며, 유역에서의 토양침식의 위험성을 예측하기 위한 방법으로 GIS 기법이 이용되고 있다.

GIS는 침식의 위험도나 침식량을 공간적으로 평가하여 제공할 수 있으며, 많은 연구자들은 토양침식 평가에서 DEM의 효용성을 입증하고 있다(Burrough, 1986; Moore 등, 1992, 1993).

국내의 토양유실에 대한 연구로는 김윤중 등(1994)은 토양유실에 대한 환경영향 평가 분석에서 GIS 및 USLE기법을 적용한 바 있으며, GIS를 활용한 토사유실평가 연구로서, 김주훈 등(2003)과 박경훈(2003)은 GIS 기반 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation) 모델을 활용하여 유역내의 토양침식 위험지역을 분석하였으며, 이근상과 황의호(2006)는 임하호유역을 대상으로 수변구역에 대한 토사유실 영향 특성을 평가하였다. 또한 박인환 등(2006)은 토양과 지형조건을 고려한 토사유실량을 평가하였다.

본 연구는 무심천 유역의 DEM 자료와 토양도, WAMIS의 토지피복도 등의 수치자료를

이용하여 유역의 RUSLE모형의 토지피복변화에 따라 유역의 토양유실량이 어떻게 변화되었는지를 평가하고 각 토지피복별 단위면적당의 토양유실량과 유역전체에서 토양유실이 가장 많이 발생하는 토지피복형태와 토양유실이 크게 발생하는 토지피복형태 등에 대하여 분석하는 것을 목적으로 하고 있다.

## 연구대상 유역

연구대상유역으로는 금강의 제2지류인 무심천 유역으로 하였다. 무심천은 청원군에서 발원해 남서쪽으로 흐르다가 남일면 상대리에서 북쪽으로 방향을 바꾸어 청주시내 한가운대를 가로질러 미호천에 합류하는 전체 길이 34.5km, 유역면적 177.71km<sup>2</sup>의 지방2급 하천이다(그림 1).

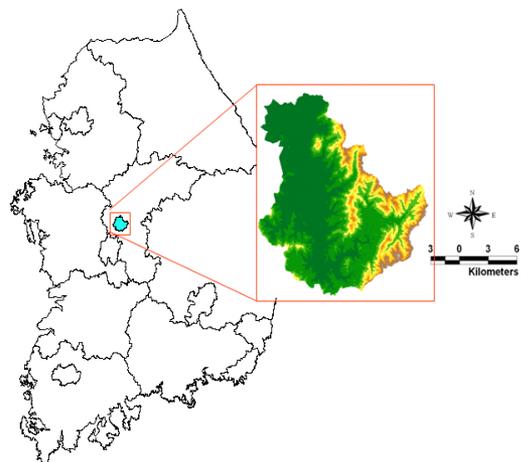


FIGURE 1. 연구대상지역

## 토양침식량 분석

USLE 모형은 농업지역의 토양유실량을 산정하기 위하여 Wischmeier와 Smith(1965)에 의해 강우에 의한 토립자의 이탈 및 운송에 의한 개념을 기초로 하여 처음 제안하였다. USDA(1996)는 개발목장이나 삼림과 같은 실험 지점 이외의 토양조건에 대한 토양유실량 산정을 위해 기후인자의 수정, 계절적 변화에 대한 토양의 침식성 인자의 개발, 사면의 길이 및 경사에 대한 수정과 피복식생인자를 산정하는 새로운 계산과정의 개발 등을 추가한 개정범용토양손실공식(RUSLE ; Revised Universal Soil Loss Equation)을 발표하였다.

RUSLE는 USLE의 방정식 구조를 그대로 사용하고 있지만 토양 유실의 형태가 변화되면서 각 인자들의 관계도 갱신되고 있다. 이 모형은 모의 강우와 실제 유출 자료 및 침식 이론으로부터 파생된 경험식이며, 광범위한 지역까지 적용될 수 있게 되었다.

USLE 및 RUSLE 식은 다음과 같다.

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

여기서 A는 강우-유출 침식성 인자(R)의 해당기간 중 단위면적에서 침식되는 토양유실량(ton/ha/yr), R은 강우-유출 침식성 인자(rainfall-runoff erosivity factor), K는 토양침식성 인자(soil erodibility factor), LS는 지면 특성 인자(slope-length and steepness factor, L은 침식 경사면의 길이, S는 침식 경사면의 경사), C는 식생피복 인자(cover management factor)이며, P는 토양보존 인자(support practice factor)이다.

### 1. 강우-유출 침식성 인자(R: Rainfall-runoff erosivity factor)

빈도별에 따른 강우-유출 침식성 인자를 산정하기 위해 국립방재연구소에서 개발한 FARD

(Frequency Analysis of Rainfall Data)를 사용하였고, 입력자료로는 청주기상대의 35년간(1967~2001)의 자료로부터 강우 지속기간 24시간의 연최대강우량을 선정하여 빈도해석을 수행하였다. 확률분포형으로 Gamma-2, Gamma-3, GEV, 등 13개의 확률분포형을 사용하였고, 각 확률분포형에 대한 적합도 검정은 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법을 이용하여  $\chi^2$ -검정, Kolmogorov-Smirnov검정, Cramer Von Mises의 검정을 통하여 적합한 Log-Normal-2 확률분포형을 채택하였다. 강우에 따른 R값을 산정하기 위해서는 30분 최대 강우강도에 따른 R값을 계산하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 Huff의 강우시간 분포 방법을 적용하였다.

총 호우를 이용하였을 때, 제2구간에서 최대 강우강도가 발생할 확률이 31.6%로 가장 크게 나타나 제2구간 호우의 무차원 누가곡선 중 50%에 대하여 6차 다항회귀식을 유도하였다(표1). 이 식을 이용하여 24시간 Huff의 강우량비를 산정하였다. Huff분포비와 확률강우량을 이용한 RUSLE의 강우에너지인자를 표 2와 같이 산정하였다.

TABLE 1. Huff의 6차 다항회귀계수

계수	값
a	0.00371642
b	1.0734
c	-0.0832267
d	0.0044013
e	-0.000102804
f	9.13264E-7
g	-2.97028E-9

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6$$

여기서, Y는 강우량이며, x는 지속기간이다. 또한, a, b, c, ..., g는 상수이다.

TABLE 2. 빈도별 R값

빈도(yr)	강수량(mm/24hr)	$\Sigma E(m \cdot \text{ton}/\text{ha})$	$I_{30,MAX}(cm/\text{hr})$	$R(10^7 J/\text{ha} \cdot \text{mm}/\text{hr})$
10	175.9	3,682.22	1.15	42.36
20	200.5	4,240.58	1.31	55.61
50	232.3	4,987.69	1.52	75.78
100	256.2	5,569.56	1.68	93.32
200	280.3	6,175.16	1.83	113.20

## 2. 공간특성인자

### 2.1 토양침식성 인자(K)

토양침식성인자는 토양이 강우에 의한 침식에 저항하는 능력을 나타내는 척도로서, 토양 입자, 분포, 구조, 공극크기 및 유기물 함량 등에 관계된다. 토양유실에 영향을 미치는 중요한 물리적 특성은 투수 능력과 토양입자의 구조적인 안정성이다. 투수능력은 입자의 구조적인 안정성에 의해 가장 크게 영향을 받으며, 유기물 함량, 토양조직, 점토광물의 함량과 종류, 토양의 깊이, 지표면의 기복 등도 투수 능력에 영향을 미친다.

토양침식성 인자는 농업과학기술원의 1 : 25,000의 정밀토양도를 이용하였고, 김주훈 등(2003)의 연구자료를 적용하였다.

### 2.2 사면경사인자(S) 및 사면 길이인자(L)

지형학적 특성을 나타내는 인자는 세류 및 세류간 침식에 미치는 영향을 반영하고 있는 무차원 인자 L과 S를 이용하여 산정한다. 경사면 길이인자 S는 경사가 토양손실에 미치는 영향을 예측하는데 활용된다.

본 연구에서는 유역 지형특성에 관계되는 인자(LS)는 DEM 자료에 대하여 Remotel 등(2001)에 의해서 ArcInfo의 AML로 개발된 LS 인자 산정 프로그램을 사용하여 계산하였다.

### 2.3 식생피복인자(C)

식생피복인자는 경작의 종류와 식생의 상태 즉, 지표침식을 제어하는 요인인 지상식물의

크기, 지표면 부근의 상태, 식물의 뿌리, 지표면 조도, 토양의 함수량 등에 따라서 달라지는 피복인자로 식생피복인자 값의 비율은 식생이 성장하기 전의 나대지와 같은 지역에서는 약 1.0으로 높은 값을 가진다. 그러나 산림이 밀집된 지역이나 곡물의 밀도가 높은 지역에서는 0.1이하로 낮은 값을 갖는다. Dawen 등(2003)은 표 3과 같이 제시하고 있다.

### 2.4 토양보존인자(P)

토양보존인자는 어떤 토양보존대책을 세운 경사면의 상·하 방향 경사지로부터의 토양보존대책에 대한 토양유실의 비로 정의한다. 이것은 등고선 경작, 등고선 대상재배, 등고선 단구효과, 지표하 배수, 건조한 농경지의 조도의 효과를 평가하기 위해서 사용된다.

이 인자는 경작지 형태와 더불어 경사에도 영향을 받게 되며, 토지피복형태별에 따른 P값을 Dawen 등(2003)이 제시한 자료를 이용하였다.

TABLE 3. 토지피복별 C, P매개변수(Dawen 등, 2003)

RUSLE의 토지피복	C Factor	P Factor
도시지역	0.1	1.0
나대지	0.35	1.0
산림	0.001	1.0
밭	0.5	0.5
논	0.1	0.5
초지	0.2	1.0
습지	0.05	1.0
수역	0.01	1.0

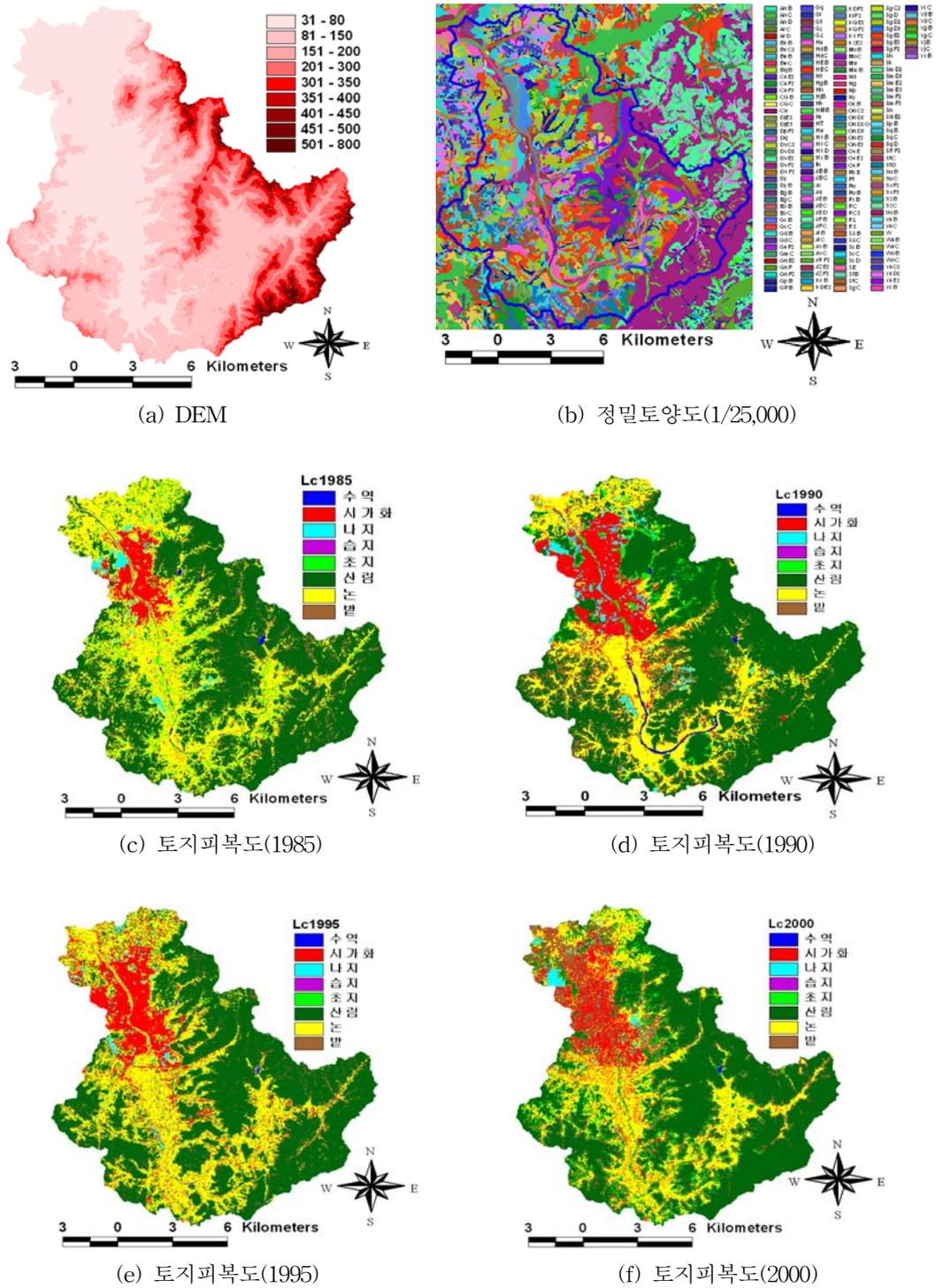


FIGURE 2. GIS기본도

### 3. GIS 기본도

유역의 토양유실량을 분석하기 위한 GIS 자료는 DEM, 토양도, 토지피복도/토지이용도 등의 자료를 필요로 한다. 본 연구에서는 DEM 자료는 환경부의 자료를 이용하였고, 토양도는 농업과학기술원의 정밀토양도(1 : 25,000), 그리고 토지피복도 자료는 건설교통부의 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 토지피복도 자료를 이용하였다.

이 기본 GIS 자료로부터 지형경사와 관계되는 경사면특성 인자의 침식 경사면의 길이와 침식 경사면의 경사값을 계산하는데 환경부의 DEM 자료를 이용하였고, 토양침식성인자는 정밀토양도를 이용하여 계산하였고, 식생피복과 토양보존인자는 1985~2000까지 토지피복 변화를 고려하여 산정하였다. 이들 각각의 기본도는 그림 2와 같다.

### 4. 토양유실량 분석

WAMIS에서 제공하는 토지피복도는 1975년부터 2000년까지 5년 주기의 Landsat 위성영상을 이용하여 피복분류된 자료이다. 각 연도별 토지피복에 사용된 센서는 1975년, 1980년은 MSS, 1985년, 1990년, 1995년은 TM,

2000년은 ETM 센서의 위성영상을 이용하여 구축된 자료이다(<http://www.wamis.go.kr>).

본 연구에서는 1985년부터 2000년까지의 토지피복 변화를 고려하여 산정하였다. 이 기간 동안의 토지피복변화는 표 4와 같고 주요 토지피복에 대한 변화는 그림 3과 같다.

표4에서와 같이 1985년과 2000년을 비교했을 때 시가지 지역은 9.59km<sup>2</sup>(5%)에서 16.57km<sup>2</sup>(8.62%)로 증가하였고, 논지역이 62.89km<sup>2</sup>(32%)에서 43.81km<sup>2</sup>(22.23%)로 감소하였고, 밭작물 재배지역은 15.72km<sup>2</sup>(7.98%)에서 26.43km<sup>2</sup>(13.76%)로 증가하였고, 산림지역은 약간 감소한 것으로 분석되었다.

표 4에서 보는 바와 같이 1985년과 2000년의 토지피복변화는 시가지 지역의 경우 전체 유역면적의 5%에서 8.62%로 증가하였으나, 그 중간 기간인 1990년은 11.02%, 1995년의 경우에는 10.3%로 증가하였다가 다시 감소하는 등 WAMIS 자료의 정확도에 대한 신뢰성이 많이 떨어지는 것으로 평가되며, 차후 국가기관의 공식적인 자료로 제공될 경우에는 이에 대한 충분한 검토가 실행된 후 공식적인 자료로 제공되어야 할 것으로 사료되며, 본 연구에서는 1985년과 2000년의 장기간의 범위에서의 토지피복상태를 주된 토지피복변화로 판단하였으

TABLE 4. 토지피복변화

단위 : km<sup>2</sup>(%)

토지피복현황 \ 년도	1985	1990	1995	2000
수역	0.69(0.35)	1.08(0.55)	0.23(0.12)	0.14(0.07)
시가지	9.59(5.10)	21.32(11.02)	19.72(10.30)	16.57(8.62)
나지	2.61(1.26)	5.54(2.86)	2.44(1.23)	2.16(1.05)
습지	0.22(0.11)	0.17(0.09)	0.07(0.04)	0.01(0.01)
초지	9.41(4.78)	5.31(2.72)	1.37(0.69)	12.05(6.12)
산림	94.91(48.24)	103.13(52.35)	94.18(47.73)	94.87(48.15)
논	62.89(32.18)	42.78(21.90)	57.79(29.60)	43.81(22.23)
밭	15.72(7.98)	16.81(8.54)	20.25(10.29)	26.43(13.76)

며, 분석결과 역시 두 시기의 토양유실량의 변화를 분석하고자 하였다.

RUSLE를 이용한 토지피복별 단위면적당 평균 토양유실량 분석에서 식생피복인자(C)와 토양보존인자(P)만을 고려했을 때 나지, 밭작

물 재배지역, 초지, 논지역 순으로 토양유실이 많이 발생하지만 지표면의 지형학적 특성(L, S)과 토양침식성 인자(K) 등을 고려하여 산정한 결과는 표 5에서와 같이 밭작물 재배지역, 논지역, 초지의 순서로 크게 발생하는 것으로

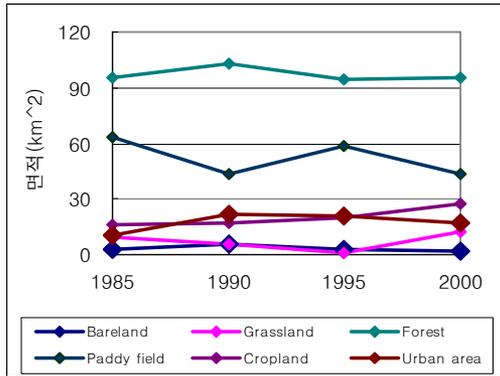


FIGURE 3. 토지피복변화

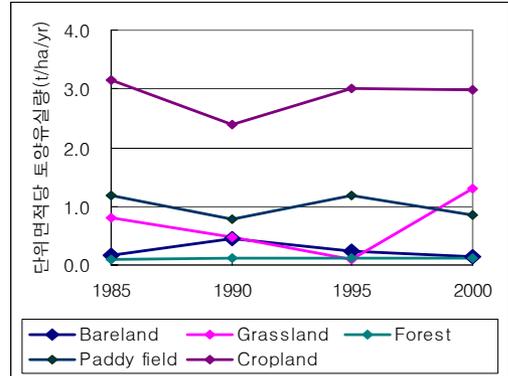


FIGURE 4. 단위면적당 토양유실량

TABLE 5. 토지피복별 단위면적당 평균토양유실량(100년빈도 R값 적용) 단위 : ton/ha/yr

토지피복현황 \ 년도	평균	1985	1990	1995	2000
나 지	0.25	0.15	0.46	0.24	0.14
초 지	0.67	0.81	0.47	0.10	1.30
산 림	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
논	1.00	1.19	0.79	1.18	0.85
밭	2.88	3.15	2.39	3.01	2.99

TABLE 6. 토지피복별 토양유실량(100년빈도 R값 적용) 단위 : ton/yr(%)

토지피복현황 \ 년도	1985	1990	1995	2000
나 지	38.34(0.3)	258.01(2.8)	59.09(0.4)	27.92(0.2)
초 지	761.45(5.3)	253.42(2.8)	13.51(0.1)	1,572.59(10.9)
산 림	999.21(7.0)	1,177.40(12.9)	1,007.55(7.2)	1,025.93(7.1)
논	7,560.75(52.8)	3,421.58(37.5)	6,896.73(48.9)	3,718.92(25.7)
밭	4,953.13(34.6)	4,020.33(44.0)	6,113.80(43.4)	8,108.74(56.1)
계	14,312.88	9,130.74	14,090.68	14,454.10

분석되었고, 산림지역이 단위면적당 가장 작은 평균토양유실이 발생하는 것으로 분석되었다.

이 분석된 토지피복별 단위면적당 평균토양유실량과 1985년부터 2000년까지의 토지피복 변화 자료를 이용하여 무심천 유역의 토지피복별 토양유실량을 표 6과 같이 산정하였다.

산정결과 무심천 유역 전체의 연토양유실량은 1990년도의 9,000ton/yr를 제외하고 약 14,000ton/yr 정도의 토양유실이 발생하는 것으로 나타났다.

토지피복별 토양유실량은 무심천 유역에서 가장 많은 면적(48%)을 차지하는 산림지역의 경우 약 1,000ton/yr 정도 토양유실이 발생하는 것으로 나타났으며, 밭작물 재배지역에서는 1985년도에 4,900ton/yr(34.6%)에서 2000년에

8,100ton/yr(56.1%) 토양유실량이 가장 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 논지역의 경우 1985년도에 7,500ton/yr(52.8%)에서 2000년도에 3,700ton/yr(25.7%)로 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 토지피복변화가 논지역의 경우 전체 면적이 32%에서 22%로 감소하였고, 밭작물 재배지역은 8%에서 14%정도로 증가한 것이 토양유실량이 크게 증가한 원인으로 판단된다.

또한 표 7 및 8과 같이 연토양유실량이 200ton/km<sup>2</sup>/yr이상인 지역을 분석한 결과 밭작물 재배지역이 74%에서 96%정도를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

분석결과에서 나타난 바와같이 본 무심천유역의 토양유실은 밭작물 재배지역에서 56%이

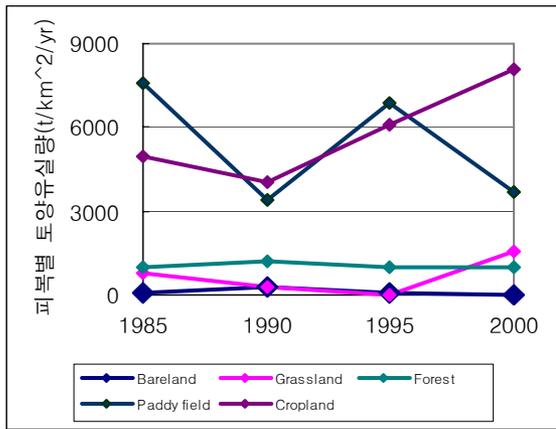


FIGURE 5. 토지피복별 연토양유실량

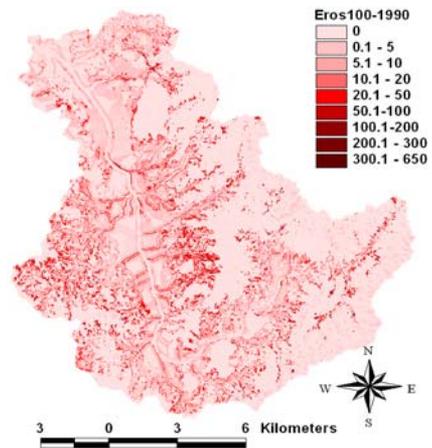


FIGURE 6. 100년빈도 토양유실량(1990년)

TABLE 7. 빈도별 토양유실량 및 과다토양유실면적

항목	평균토양유실량(ton/ha·yr)					200ton/ha·yr이상 토양유실 발생면적(×1,000m <sup>2</sup> )				
	10	20	50	100	200	10	20	50	100	200
빈도(yr)	10	20	50	100	200	10	20	50	100	200
1985	2.51	3.30	4.50	5.54	6.72	3.6	24.3	91.8	176.4	396.9
1990	2.10	2.76	3.76	4.63	5.62	1.8	11.7	49.5	115.2	237.6
1995	2.28	2.99	4.07	5.01	6.08	9	44.1	133.2	241.2	410.4
2000	2.60	3.42	4.65	5.73	6.95	7.2	27.9	90.9	176.4	351.9

TABLE 8. 토지피복별 200ton/ha·yr이상 토양유실 발생면적(×1,000m<sup>2</sup>)(%)

토지피복현황 \ 년도	1985	1990	1995	2000
나지	6.3(3.6)	25.2(21.9)	9.0(3.7)	2.7(1.5)
초지	4.5(2.6)	4.5(3.9)	.09(0.4)	18.9(10.7)
밭	165.6(93.9)	85.5(74.2)	231.3(95.9)	154.8(87.8)
계	176.4	115.2	241.2	176.4

상이 발생되고 있으며, 200ton/km<sup>2</sup>/yr이 발생하는 지역도 밭작물 재배지역으로 유역의 토양유실량 관리를 위한 대책수립은 밭작물 재배지역을 집중적으로 관리하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구의 목적은 유역의 토지피복변화에 따라 토양유실량이 어떻게 변화되는지를 평가하는 것이다. 또한 유역전체에서 토양유실이 가장 많이 발생하는 토지피복형태에 대하여 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) RUSLE모형의 입력자료 중 토지피복상태, 토양의 구성, 그리고 지면기복상태 등의 자료는 DEM과 토양도, 토지피복도를 이용하여 분포형으로 5개의 인자에 대하여 GIS 기법을 이용하여 주제도를 작성하였다. 지면피복과 관련된 주제도 작성을 위해 WAMIS의 1985년부터 2000년까지의 토지피복도 자료를 이용하였다.
- 2) WAMIS의 토지피복 변화 분석 결과 1985년과 2000년을 비교했을 때 시가화 지역은 9.59km<sup>2</sup>(5%)에서 16.57km<sup>2</sup>(8.62%)로 증가하였고, 논지역이 62.89km<sup>2</sup>(32%)에서 43.81km<sup>2</sup>(22.23%)로 감소하였고, 밭작물 재배지역은 15.72km<sup>2</sup>(7.98%)에서 26.43km<sup>2</sup>(13.76%)로 증가하였다.
- 3) 단위면적당 토지피복별 토양유실량은 밭작물 재배지역, 논지역, 초지의 순서로 크게 발생하는 것으로 분석되었다.

4) 유역 전체의 100년빈도의 연토양유실량은 약 14,000ton/yr 정도의 토양유실이 발생하는 것으로 나타났다.

5) 토지피복별 토양유실량 분석에서 밭작물 재배지역이 1985년도에 4,900ton/yr(34.6%)에서 2000년에 8,100ton/yr(56.1%) 토양유실량이 가장 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 토지피복변화가 밭작물 재배지역이 8%에서 14%정도로 증가한 것이 토양유실량이 크게 증가한 원인으로 판단된다.

6) 연토양유실량이 200ton/km<sup>2</sup>/yr이상인 지역을 분석한 결과 밭작물 재배지역이 74%에서 96%정도를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

7) 분석결과에서 유역의 토양유실은 밭작물 재배지역에서 56%이상이 발생되고 있으며, 다량의 토양유실이 발생하는 지역도 밭작물 재배지역으로 유역의 토양유실 관리를 위한 대책수립은 밭작물 재배지역을 집중적으로 관리하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 공공기술연구회의 일반연구사업(사업명: 위성자료 공공활용 연구, 과제명: 위성영상을 이용한 하천정보생산 및 활용에 관한 연구)과 수자원의 지속적 확보기술 개발사업(과제번호: 1-2-3, 과제명: HyGIS 개발 및 적용)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다. 

## 참고 문헌

- 김윤중, 김원형, 유일현, 이석민, 민경덕, 1994. 금강유역 토양 유실 분석을 위한 GIS응용연구, 한국GIS학회 논문집 2(2):165-174.
- 김주훈, 김경탁, 연규방. 2003. GIS를 이용한 유역의 침식위험지역 분석. 한국지리정보학회지 6(2):22-32.
- 박경훈. 2003. GIS 및 RUSLE기법을 활용한 금호강 유역의 토양침식위험도 평가. 한국지리정보학회지 6(4):24-36.
- 박인환, 장갑수, 이근상, 서동조. 2006. 토양 및 지형조건에 따른 토양침식 잠재성 분석. 한국환경영향평가학회지 1(1):1-12.
- 이근상, 황의호. 2006. GIS기반 수변구역의 토사 유실 영향 평가 26(2):335-340.
- Burrough, P. A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford. 193pp.
- Dawen Yang, Shinjiro Kanae, Taikan Oki, Toshio Koike and Katumi Musiake. 2006. Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes, Hydrological Processes 17:2913-2928.
- Moore, I.D., P.E. Gessler and G.A. Nielsen. 1992. Validation of AGNPS for small watersheds using an integrated AGNPS/GIS system, Paper no. 92-2532. ASCE. 14pp.
- Moore, I.D., Turner, A.K., Wilson, J.P., Jenson, S.K. and Band, L.E. 1993. GIS and land-surface-subsurface process modelling, in Goodchild, M.F., Parks, B.O. and Steyaert, L.T. (eds), Environmental modelling with GIS. pp. 213-230.
- Remortel, V. R., M. Hamilton and R. Hickey(2001). Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of DEM elevatin data. Cartography 30(1):27-35.
- USDA. 1996. Predicting soil erosion by water : A Guide to conservation planning with the RUSLE, Agriculture Handbook #703.
- Wischmeier. W. H. and D.D. Smith. 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains. U.S. Dep. Agric., Agricultural Research Service. Agricultural Handbook. No. 537.

<http://www.wamis.go.kr> 