

RUSLE와 GRID를 이용한 하천의 토양유실량 및 유사유출량 산정방법별 비교분석

박의정^{1*} · 김 철²

Comparative Analysis by Soil Loss and Sediment Yield Analysis Calculation Method of River using RUSLE and GRID

Eui-Jung PARK^{1*} · Chul KIM²

요 약

유역에서 발생하는 토양침식의 경우 하천과 가까운 거리에 있는 토사는 하천으로 유입될 가능성이 크지만 하천으로부터 멀리 떨어진 토사는 강우에 의해 하천으로 이송되는 양이 줄어든다. 하천의 유사유출량을 예측하는 것은 유역과 하천의 관리측면에서 기본적인 사항이다. 따라서 유역에서 발생하는 토사량 중 하천으로의 유사유출량을 계산해 낼 필요가 있다. 본 연구의 목적은 유역에서의 토양유실량을 계산하고 강우 시 유출되어 하천으로 유입되는 유사유출량을 예측하여 하천의 유사유출량을 분석하는 것이다.

하천의 유사유출량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양유실량을 계산하고, 유사전달비 방법과 경험적 방법을 이용하여 유사유출량을 산정하였다. GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료로 사용하였다. 연구대상지역은 광주광역시에 있는 영산강상류 유역을 선정하였다.

토양유실량은 LS인자를 계산하는 방법에 따라 3가지 방법을 적용하였고 각 방법별로 2가지의 유사전달비 추정방법을 적용하여 6가지 경우에 대해 유사유출량을 산정하였다. 그리고 건교부의 경험적 방법에 의한 유사유출량과 상대적 크기를 비교하였다. 본 연구에서 산정된 유사유출량은 댐이나 하도의 계획, 설계, 관리, 재해영향평가에 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : RUSLE, GRID, 토양유실량, 유사유출량

ABSTRACT

In occasion of soil loss happened in a basin, soil in the near of a stream may flow into the stream easily, but in case that soil is far away from the stream, sediment yield transferred to rivers by rainfall diminishes. To forecast sediment yield of a stream is an essential item for

2007년 5월 2일 접수 Received on May 2, 2007 / 2007년 6월 5일 심사완료 Accepted on June 5, 2007

1 호남대학교 토목공학과 박사수료 Department of Civil Engineering, Honam University

2 호남대학교 토목환경공학과 교수 Department of Civil and Environmental Engineering, Honam University

* 연락처 E-mail : pej1214@hotmail.com

management of basins and streams. Therefore, sediment yield of soil loss produced from a basin is needed to be calculated as accurate as possible. Purpose of the present research is to calculate soil erosion amount in a basin and to forecast sediment yield flowed into a stream by rainfall and analyze sediment yield in the stream.

There are various methods that analyze sediment yield of rivers. In the present study, the soil erosion amount was calculated using Revised Universal Soil Loss Equation(RUSLE) and GRID, and sediment yield was calculated using sediment delivery ratio and empirical methods. DEM data, slope of basin, soil map and landuse constructed by GIS were used for input data of RUSLE. The upstream area of the Yeongsan river basin in Gwangju metropolitan city was selected for the study area.

Three methods according to the calculation of LS factor were applied to estimate the soil erosion amount. Two sediment delivery ratio methods for the respective methods were applied and, correspondingly, six occasions in sediment yield were calculated. In addition, the above results were compared by relative amount with estimation by the empirical method of Ministry of Construction & Transportation. Sediment yield calculated in the present study may be utilized for the plan, design and management of dams and channels, and evaluation of disaster impact.

KEYWORDS : RUSLE, GRID, Soil Erosion Amount, Sediment Yield

서 론

최근 태풍, 집중호우에 의해 발생하는 산사태와 절개지등의 붕괴로 토사가 비와 함께 하천으로 흘러들어 환경오염을 일으키고 있다. 강우와 흐름으로 인하여 발생하는 토양유실은 하천으로 이송되어 1차적으로는 하천 및 호소의 환경적 오염의 원인이 되고 있고, 2차적으로는 하상의 높이를 상승시키고 통수단면을 감소시켜 홍수 시에 범람의 원인이 되고있다. 따라서 유역의 토사유실 발생가능량을 사전에 예측하고 분석할 필요가 있다. 그러나 유역에 있어서 하천과 가까운 거리에 있는 토사는 하천으로 유입될 가능성이 크지만 하천으로부터 멀리 떨어진 토사는 강우에 의해 하천으로 이송되는 양이 줄어든다. 따라서 유역 내 토사량 중 하천으로의 유사유출량을 계산해 낼 필요가 있다. 토양유실량은 LS인자를 계산하는 방법에 따라 3가지 방법을 적용하였고 각 방법별로 2가지의 유사전달비 추정방법을 적용하

여 6가지 경우에 대해 유사유출량을 산정하였다. 그리고 건교부의 경험적 방법에 의한 유사유출량과 상대적 크기를 비교하였다.

유역의 토양유실량을 정확하게 추정하는 방법 중 현재로서 가장 바람직한 방법은 유역특성이 유사한 지역의 토양유실량 실측자료를 이용하는 것이다. 그러나 실측자료가 없는 경우에는 1960년에 미국에서 Wischmeier와 Smith에 의해 개발된 범용토양유실공식(Universal Soil Loss Equation)과 같이 토양유실을 추정하는 방법 등을 이용할 수 있다. USDA(1997)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 개정범용토양유실공식(Revised USLE)을 발표하였다. 그러나 RUSLE모형은 단일강우에 의한 유실량을 산정하는데는 많은 오차가 있다.

Williams(1975)는 RUSLE를 수정하여 R계수 대신 토사유출량 지배인자와 유출에너지를 나타내는 인자를 이용하여 토양유실량을 예측하는 수정범용토양손실공식(MUSLE)을 발표하였다.

국내연구로는 신계중(1999)이 GIS를 도입 USLE모형에 적용하여 유역별 연평균강우량에 대한 토양유실량을 평가예측하였고, 손광익(2001)은 단일호우에 대한 토사유출량 산정을 목적으로 개발된 MUSLE를 강우자료와 토사유출 실측값이 있는 국내 개발현장에 적용하여 실측치와 계산치를 비교하였으며, 조홍래 등(2005)은 고랭지 경작지에서 발생하는 연간 토양유실량과 하천에 도달하는 양을 나타내는 유사량을 추정하였다.

하천의 토양유실량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양유실량을 계산하고 유사유출량은 유사전달비 방법과 유사유출에 관련된 변수들을 이용해 회귀식을 만들어 분석하는 경험적방법을 이용하였다. GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료로 사용하였다. RUSLE 인자 중 강우침식인자(P)는 건설교통부에서 제시한 연평균 자료를 이용하였고, 토양침식인자는 Wischmeier가 제시한 침식성 계산표를 사용하였으며, 지형인자는 Wischmeier와 Smith(1978)가 제시한 LS인자 산정공식, Moore와 Burch(1986)가 제안한 방법, Hickey와 Smith(1994)의 누적경사장개념을 도입한 LS 산정공식을 사용하여 비교하였으며, 식생피복인자는 USDA(Wischmeier 등, 1978)에서 제시한 값을 이용하여 토지이용에 따른 값을 적용하였다. 침식조절인자는 DEM 자료를 이용한 유역 경사자료와 토지이용도를 이용하여 Wischmeier(1972)가 제시한 값을 이용하여 경사도에 따른 토지이용별 값을 적용하였다.

연구대상지역은 광주광역시에 있는 영산강 상류 유역을 선정하였다(그림 1).

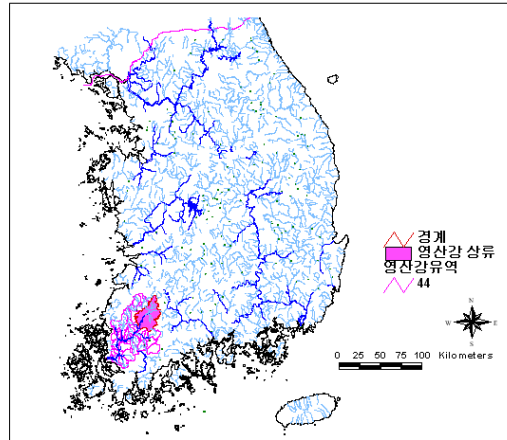


FIGURE 1. 영산강상류 유역

기본이론

1. 토양유실량 예측

USLE는 원래 면적 1ha 이하의 소규모 농경지에서 토양유실을 예측하기 위해 개발되었다. 이 공식은 소규모 시험 경작지에서 다년간의 시험을 통해 얻어진 토양유실량 자료를 이용하여 경험적 방법에 의해 개발되었지만 주의 깊게 이용하면 농경지가 아닌 다른 일반 유역에 대해 확대 적용할 수 있다. 이 공식은 유역의 기후(강우), 토양, 지형, 식생과 토지이용 등의 변수를 이용하여 그 유역에서의 토양유실량을 추정한다.

R인자 분포에 관한 연구는 Wischmeier(1959)가 강우의 운동에너지를 강우강도의 단일함수로 나타내어 토양유실량을 추정하는 것으로부터 시작한다. 다음 강우와 토양유실량과의 관계를 강우 크기를 통하여 분석하고 미국 록키산맥 동쪽지역 37개 주에 대한 R의 등침식도로 나타내었다. 국내에서는 신재성 등(1983)에 의하여 강우침식도 계산을 하였으며, 정필균 등(1983)에 의하여 기상청 산하 51개 관측소의 1960~1980(21년)의 강우자료분석에 의한 강우침식도를 작성하였다. 박정환 등(2000)은 기상청 관할 53개 강우관측소의 강우자료를

이용하여 추정하고 지역별, 계절별 특성을 분석하였다.

강우에 의한 토양침식도를 정량적으로 표시하기 위하여 1년 동안 각 강우사상별로 강우 에너지에 30분 최대 강우강도를 곱하여 그 값들을 모두 합한 값을 R로 사용하고 있다. 단위 표면적당 한 호우의 운동 에너지는 다음식과 같다.

$$E = \left(\frac{916 + 331 \log I}{100} \right) \times R_d \quad (1)$$

$$E = \left(\frac{210 + 89 \log I}{100} \right) \times R_d \quad (2)$$

여기서 식(1)과 식(2)의 우변의 괄호 안의 항은 주어진 강우강도 I(inch/hr;cm/hr)에서 각각 영미단위로 표기된 단위 면적당 단위강우(inch)의 운동에너지(ft · tons/acre/inch)와 SI 단위로 표기된 단위면적당 단위강우(1cm)의 운동에너지(m · tonnes/ha/cm)를 나타낸다. R_d 는 측정 강우량(inch;cm)이다.

토양침식인자 K는 강우에 의한 침식에 대해 토양이 저항하는 능력을 나타내는 척도로서, 토양 입자의 분포, 구조, 공극과 공극 크기, 유기물 함량 등에 관계된다. K값은 Wischmeier 등(1971)의 K값 추정도표, Wischmeier와 Smith(1965), Erickson (1997)의 삼각형 도표와 보정표 등을 이용하여 추정할 수 있다. 토양에서의 실트와 극세사의 구성비가 70% 이하의 경우 Wischmeier의 K값(영미단위) 추정 방법은 다음과 같은 수식으로 표시할 수 있다.

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4} M^{1.14} (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)}{100} \quad (3)$$

여기서, M은 (실트와 극세사의 백분율)×(100-점토의 백분율), a는 유기물 함량(%), b는 토양구조(1~4), c는 투수도 등급(1~6)을 나타낸다.

RUSLE에는 두 가지 지형인자가 고려되는

데 하나는 배수구역의 길이(L)이며, 다른 하나는 배수구역의 경사(S)이다. L과 S인자는 별개로 구분하여 추정하기 보다는 보통 LS라는 하나의 인자로 보고 추정한다.

Wischmeier와 Smith(1978)는 LS인자 산정 공식을 제안하였으며, 다음 공식은 표준단위로 환산된 것이다.

$$LS = \left(\frac{l}{22.1} \right)^m \left(\frac{65.4S^2}{S^2 + 10,000} + \frac{4.6S}{\sqrt{S^2 + 10,000}} + 0.065 \right) \quad (4)$$

여기서 l은 경사길이(m), S는 경사도(%), m(m=0.2일때 S<1%, m=0.3일때 1<S<3%, m=0.4일때 3.5<S<4.5%, m=0.5일때 S>5%)은 경사에 따라 변하는 지수이다.

Wischmeier와 Smith의 식은 평탄한 경사의 조건 하에서 유도되었고, 이 조건 하에서도 상당한 변동이 존재한다. 특히 관상흐름이 세류로 대체될 때와 경사가 변화할 때 토양이동구조를 완전히 고려하지 못하는 오류를 나타낸다. 이러한 문제를 개선하기 위해 Moore와 Burch(1986)는 LS인자를 물리학적으로 유도했고 그 식은 다음과 같다.

$$LS = \left(\frac{aL}{22.13} \right)^{0.4} \times \left(\frac{S}{0.0896} \right)^{1.3} \quad (5)$$

여기서 a는 형상계수이며 $a = \frac{A}{b}$ 로 나타낼 수 있다. A는 유역면적, b는 등고선영역의 폭, l은 b에서 하천중심선에 가장 먼 지점까지의 거리이다. 이 방법은 Bernie Engel(1999)에 의해 ArcView를 이용하여 다음식과 같이 구현되었다(Slope는 %).

$$LS = \left(\frac{FlowAccumulation \times CellSize}{22.13} \right)^{0.4} \times \left(\frac{\sin slope}{0.0896} \right)^{1.3} \quad (6)$$

Robert Hickey와 Smith(1994)는 ArcInfo GRID 환경에서 누적경사장 개념을 도입하여 LS인자를 자동계산할 수 있는 AML(arc macro language)을 개발하였다.

식생피복인자(C)는 보존대책이 연평균 토양 유실량에 어떤 영향을 미치는가 또는 건설 활동, 농경활동 또는 토양 관리계획 기간 중 시간적으로 어떻게 분포되는가를 나타낸다(국립방재연구소, 1998).

침식조절인자(P)는 특정한 침식조절인자에 의한 토양유실량과 표준포에서 적용한 상하경 방법에 따른 유실량의 비이다. 등고선 경작(countouring), 등고선대상재배(contour strip cropping), 테라스공법(terracing) 등이 포함된다. 토양 보전을 위한 대책의 효율성을 나타내는 무차원 값이다.

2. 유사유출량 예측

유역내 토사량 중 하천으로의 유사유출량을 추정하는 방법에는 유역 침식량과 유사전달비 방법, 경험적 방법과 추계적 방법, 확정론적 유사추적 모형 등으로 나눌 수 있다.

침식량과 유사전달비를 이용한 방법은 유사전달의 효율, 즉 유사전달비는 침식된 토립자의 크기와 조직 등 토양특성과 하천 및 유역 특성 등에 따라 달라진다. 한 하천 유역의 침식량과 유사전달비를 알면 그 지점에서 유사유출량을 추정할 수 있다.

경험적 방법은 유역의 유사유출에 관련된 변수들에 대해 실측자료를 이용하여 회귀식을 만들어 유사유출량을 추정하는 것이다. 그러나 유사유출에 관련된 변수가 많고 지역성이 강하기 때문에 다른 지역에서 얻은 자료를 이용하여 회귀식으로 만든 공식들은 적용한계가 있다.

유사추적모형은 유역에서 흐름에 의해 침식, 이송, 퇴적되는 유사의 거동을 공간적, 시간적으로 추적하는 것이다. 유사추적 모형으로는 Williams의 단순 유사유출 추정모형부터 CREAMS 등 복잡하고 정교한 모형이 있으며 유역의 유사유출량 추정은 물론 사립자에 의한 비점오염물질의 추적에 유효하다.

토양유실량 추정

1. 강우침식인자

RUSLE를 이용하여 토양유실량을 산정하기 위해서는 실제 토양유실에 기여한 실강우에 대한 R값을 우선 산정해야 한다. 강우침식인자 R은 정상년 강우의 침식능력을 말한다. 최근 국내에서 박정환(2000)이 R값을 산정하기 위해 전국 53개 지점 관측소의 24년간(1973년~1996년) 강우자료를 이용하여 추정하고 지역별, 계절별 특성을 나타내었다. 그 결과를 등강우 침식도로 나타내면 그림 2와 같으며 그 값은 2,000~7000(MJ/ha · mm/hr) 정도의 범위에 있다. 그 중 영산강 상류지역의 R값은 3000~4900(MJ/ha · mm/hr)을 나타내고 있다.

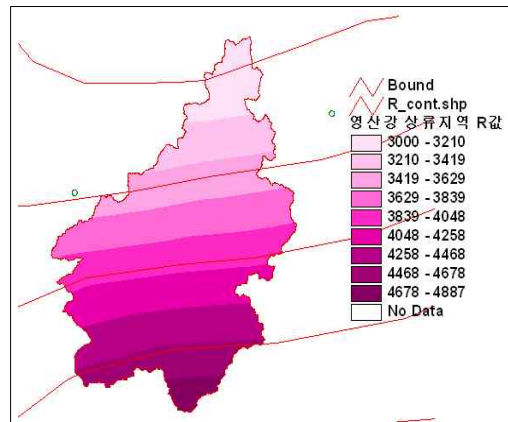


FIGURE 2. 연평균 등강우 침식도

2. 토양침식인자

연구지역의 토양분류는 한국 토양조사 사업 기구에서 작성한 1:50,000 개략토양도를 이용하였으며, Wischmeier 계산표에 의하여 산출된 연구지역의 K값을 표 1과 그림 3 (a)에 나타내었다.

TABLE 1. 영산강 상류지역의 토양침식인자

토양코드	SI 단위 (tons/ha/R)	토양코드	SI 단위 (tons/ha/R)
Afa	0.0494	Mmb	0.0286
Afb	0.0468	Msa	0.0208
Afc	0.0455	Msb	0.0286
Afd	0.0442	Mua	0.0273
Ana	0.0273	Mva	0.0182
Anb	0.0442	Mvb	0.0286
Anc	0.0715	Raa	0.0065
Apa	0.0156	Rab	0.026
Apb	0.039	Rac	0.0351
Apc	0.0351	Rad	0.0208
Apg	0.0195	Rea	0.0156
Maa	0.026	Rva	0.0195
Mab	0.00299	Rvb	0.0364
Mac	0.00299	Rvc	0.0208
Mma	0.0156	Rxa	0.0247

3. 지형인자

지형인자는 Wischmeier와 Smith(1978), Moore와 Burch(1986), Robert Hickey와 Smith(1994)의 방법을 이용하였다. 3가지 방법중 그림 3(b)에 Robert Hickey와 Smith(1994)의 방법의 LS값을 나타내었다.

4. 식생피복인자

식생피복인자(C)는 경작의 종류와 식생의 상태에 따른 지표침식을 제어하는 요인에 따라 달라지는 인자이다. USDA (Wischmeier 등, 1978)에서 제시한 값을 이용하여 토지이용에 따른 적절한 식생피복인자를 선택하였으며, 논과 밭의 경우는 0.03, 산림 0.001, 초지 0.01, 나지 0.1, 주거지의 경우 0.01의 값을 적용하였다(그림 3(C)).

5. 침식조절인자

Wischmeier (1972)가 제시한 값을 이용하여 토지이용형태에 따른 경사로 나누어 적용하였다. 우리나라의 경우 밭과 초지는 주로 등고선을 따라 경작하므로 등고선경작, 경지정리 된 논은 계단식의 테라스 경작조건을 적용하였다. 표 2에 침식조절인자 값을 나타내었고, 주제도는 그림 3 (d)에 나타내었다.

TABLE 2. 침식조절인자 (P)

지면경사 (%)	논	밭	초지
2~7	0.10	0.50	0.50
8~12	0.12	0.60	0.60
13~18	0.16	0.80	0.80
19~24	0.18	0.90	0.90

6. 토양유실량 추정

연구대상지역의 토양유실량을 추정하기 위한 RUSLE의 5개 인자들은 10m×10m의 GRID 자료형태를 가지며, 최종적인 연평균 토양유실량(A)은 다음 식(7)과 같다.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (7)$$

A : 연평균 토양유실량(ton/ha/year)

R : 강우침식인자 (Mj/ha · mm/hr²)

K : 토양침식인자 (ton/ha/R)

L : 사면길이인자 (무차원)

S : 침식 경사면의 경사(무차원)

C : 식생피복인자 (무차원)

P : 침식조절인자 (무차원)

RUSLE의 A값은 R값이 1년 평균인 경우 1년 평균 유실량을 의미하며, 특정 호우의 R값인 경우 그 호우에 의한 유실량을 의미한다. 이 공식을 적용한 결과 영산강 상류유역에서 Wischmeier와 Smith(1978)의 LS인자 방법은

180만톤, Moore와 Burch(1986)의 방법은 94만톤, Robert Hickey와 Smith(1994)의 방법은 110만톤으로 추정되었다. 그러나 추정된 값의 토사가 모두 하류로 유입되는 것이 아니므로 하천으로의 유사유출량을 분석하였다.

유사유출량 분석

유역에서의 유실토사량 중 하천으로의 유사유출량을 추정하기 위해 유사전달비 방법과 경험적 방법을 이용하여 산출하였으며 그 결과를 비교분석하였다.

1. 유사전달비 방법

한 하천 유역의 유실량과 유사전달비를 알면 그 지점에서 유사유출량을 추정할 수 있다. 유역의 유사전달비는 일반적으로 유역면적에 반비례하며, 사립자가 클수록 작아진다. Roehl(1962)은 식(8)과 같은 유사전달비에 관한 경험식을 제안하였으며 본 연구에서도 이 식을 적용하였다.

$$\log D = 4.5 - 0.23 \log(10A) - 0.51 \log(L/H) - 2.79 \log B \quad (8)$$

위 식에서 D(%)는 유사전달비, A(mi²)는 유역면적, L/H는 유역의 주하천 길이와 양단 표고차의 비, B는 하천의 분기율이다. 위의 식을 적용한 결과 영산강상류 유역(714km²)에 대한 유사전달비는 13.6%로 나타났다. 토양유실량 값과 유사전달비를 곱한 값을 ArcInfo GRID모듈의 Flowaccumulation을 이용하여 하천 하류로의 흐름누적량을 계산하였다. 분석된 유사유출량은 하천의 어느 한 지점에서 누적된 양을 확인할 수 있고 그림 3 (f)에 나타내었다.

Boyce(1975)에 의한 유역의 평균유사 전달비 방법은 유역 면적을 근거로 한 방법으로 식(9)와 같다.

$$SDR = 0.41 \times A^{-0.3} \quad (9)$$

여기서 A는 유역면적을 나타내며, SDR은 유역의 유사전달비를 나타낸다.

연구대상지역에 이 식을 적용한 결과 유사전달비는 6.8%로 계산되었다.

2. 경험식 방법

1990년에 들어와 국내의 유사유출 특성을 고려한 경험적 유사유출량 추정방법이 개발되었다(건교부, 1992). 이 방법은 유역면적 200~2,000km² 정도의 중규모 유역을 대상으로 유역면적, 하천밀도, 강우침식도, 토양침식성, 지형, 하상재료 등 총 6개 인자를 고려하여 유역의 유사유출량과 비유사량을 경험적으로 구하였다. 개발된 방법은 3변수 경험공식으로 다음과 같다.

$$Y_r = 17.6 D_d^{2.572} R^{0.847} D_r^{-0.938} \quad (10)$$

위 식에서 Y_r은 비유사량(톤/km²/yr), D_d는 유역의 하천밀도(km/km²), R은 USLE의 강우침식도(10⁷J/ha), D_r은 하천의 하상토 대표입경인자이다.

3. 비교분석

유사전달비 방법은 LS인자를 계산하는 방법에 따라 3가지의 방법이 있으며 이 방법에 따라 토양유실량을 산정하였고 각 방법별로 2가지의 유사전달비 추정방법을 적용하여 총 6가지 경우에 대해 유사유출량을 산정하였다. 표 3에 적용방법별 유사유출량을 나타내었으며 마지막에 건교부의 경험적 방법에 의한 유사유출량을 계산하여 나타내었다.

토양유실량 분석 중 Wismeier & Smith의 LS공식을 적용한 결과가 Moore & Burch의 LS공식을 적용한 결과보다 2배가량 과대 산정되었으며 Robert Hickey & Smith 공식은 Moore & Burch 공식보다 약간 많게 산정되었다.

TABLE 3. 방법별 토양유실량 및 유사유출량 산정

	LS인자 구축방법	토양유실량	단위면적당 토양유실량	유사전달비	유사유출량	상대적 크기(%)	
1	Wiscmeier & Smith	180만톤	2518톤/km ²	Roehl방법	13.6%	244,800 톤	269
				Boyce 방법	6.8%	122,400 톤	135
2	Moore & Burch	94만톤	1315톤/km ²	Roehl방법	13.6%	127,840 톤	141
				Boyce 방법	6.8%	63,920 톤	70
3	Robert Hickey & Smith	110만톤	1538톤/km ²	Roehl방법	13.6%	150,000 톤	165
				Boyce 방법	6.8%	77,000 톤	85
4	건교부(3변수 경험공식)	-	-	-	91,000 톤	100	

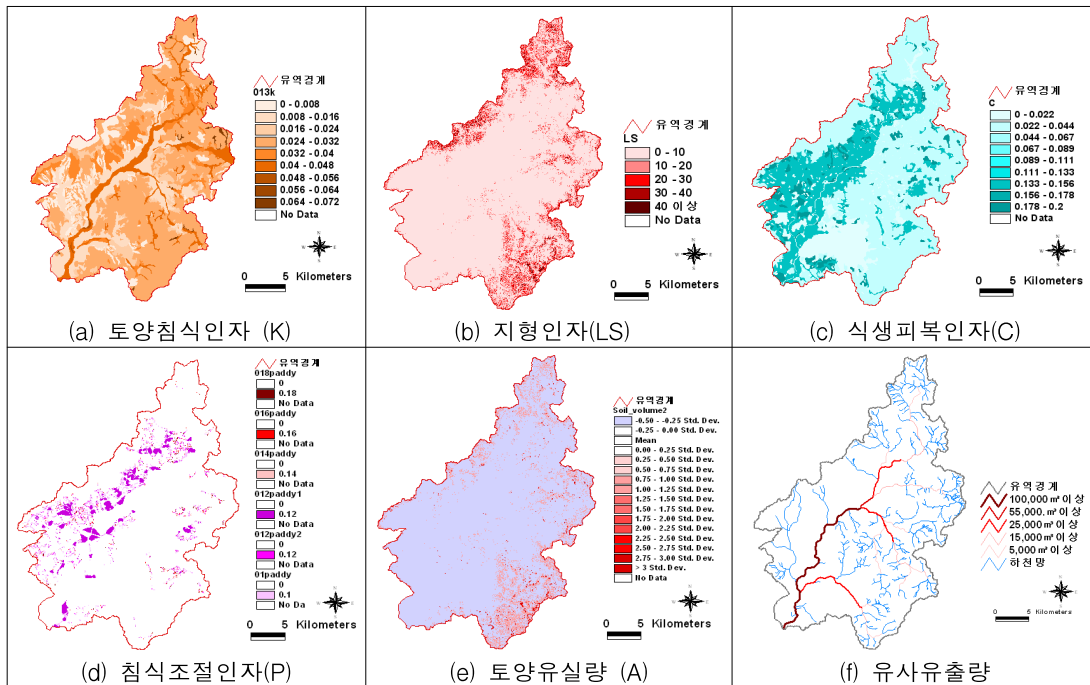


FIGURE 3. RUSLE 자료구축(Robert Hickey and Smith LS공식, 유사유출량 Roehl방법)

유사전달비의 방법은 Roehl방법이 Boyce 방법보다 2배 정도 높게 산정되었다. 건교부의 경험공식에 의한 유사유출량은 91,000톤으로 산정되었으며 이 값을 기준으로 유사유출량에 대한 상대적 크기를 비교한 결과 Robert Hickey & Smith 공식과 Boyce 방법을 적용한 측정값이 85%로 건교부의 비유사량 공식을 이용하여 산정한 유사유출량과 가장 근사하게 산정되었다.

결론

유역에서 발생하는 토사량 중 하천으로의 유사유출량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양유실량을 계산하는 방법에 대해 분석하였다. 토양유실량을 산정하기 위해 GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양

도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료인 강우침식인자(R), 토양침식인자 (K), 지형인자 (LS), 식생피복인자(C), 침식조절인자(P)에 대한 주제도를 작성하여 산정하였다. 토양유실량을 산정하는 방법은 LS인자를 계산하는 방법에 따라 Wismeier & Smith, Moore & Burch, Robert Hickey & Smith의 3가지 방법이 있으며 유사전달비 방법은 Roehl방법과 Boyce방법의 2가지 방법이 있다. 본 연구에서는 토양유실량별로 유사전달비를 적용하여 6가지 경우에 대해 유사유출량을 산정하였고 건교부의 경험공식을 적용하여 유사유출량을 산정하였다.

경험공식 결과를 기준으로 6가지 방법의 상대적 크기를 비교한 결과 Robert Hickey & Smith 공식과 Boyce 방법을 적용한 측정값이 85%로 건교부의 비유사량 공식을 이용하여 산정한 유사유출량과 가장 근사하게 산정되었다.

본 연구에서는 유사유출량의 실측자료가 없어 산출결과에 대한 검증은 할 수 없었으나 실측자료에 있어서도 하상에서 수면까지의 전체 유사량을 실측하는 것은 불가능하며 부유사량 실측값으로 유역에 대한 유사유출량을 추정하기엔 부족한 점이 많다. 강우에 대한 식생피복인자와 침식조절인자는 국내에서의 소유역 단위에서의 다년간에 걸친 실험값으로의 보정이 필요하다고 생각된다. **KAGIS**

참고 문헌

- 건교부. 1992. 댐건설을 위한 유역단위 비유사량 조사연구.
- 박정환, 우효섭, 편종근, 김광익. 2000. 토양유실 공식의 강우침식도 분포에 관한 연구. 한국수자원학회 논문집 33(5):603-610.
- 손광익. 2001. 해외 토사유출량 산정공식의 국내 적용성 검토-RUSLE를 중심으로. 한국수자원학회논문집 34(3):199-207.
- 신계중. 1999. 지형정보체계를 이용한 유역의 토양유식 분석. 강원대학교 박사학위 논문.
- 신계성, 고문환, 임정남. 1983. 토양유실량 예측을 위한 강우인자의 추정. 토양비료학회지 16(2): 106-111.
- 정필균, 고문환, 임정남, 윤기대, 최대웅. 1983. 토양유실량 예측을 위한 강우인자의 분석. 토양비료학회지 16(2):112-118.
- 조홍래, 정종철. 2005. RUSLE와 SEDD를 이용한 고랭지 경작지로부터의 토양유실 평가. The Journal of GIS Association of Korea. 13(1): 79-90.
- 국립방재연구소. 1998. 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(I)(II).
- Bernie Engel. 1999. Estimating Soil Erosion Using RUSLE ArcView. Purdue University February 20.
- Boyce, R., 1975. Sediment routing and sediment delivery ratio, in present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, USDA, ARS-40, pp.61-65.
- Erickson, A. J., 1997. Aids for Estimating Soil Erodivity. K Value Class and Soil Loss Tolerance, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Salt Lake city, Utah.
- Hickey, R, A. Smith. 1994. Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID Computers.
- Moore & Burch. 1986. Physical Basis of the Length-Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal Vol 50:1294-1298.
- Roehl, J. W. 1962. Sediment sources areas, delivery ratios and influencing morphological factors, International Association of Scientific Hydrology, Publication 59, Commission of Land Erosion.
- USDA. 1997. Predicting soil erosion by water: A Guide to conservation planning with the RUSLE. Agriculture handbook.703.
- Williams, J.R. 1975. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor, Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources:

- Proceedings of the Sediment-yield Workshop, ARS-S-40, U.S. Dept. of Agriculture Sedimentation Lab., Oxford, Miss.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning, U.S. Department of Agriculture handbook. no.537
- Wischmeier, W. H. 1972. Upslope Erosion Analysis, Environmental Impact on Rivers, Edited by Shen, H. W., Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
- Wischmeier, W. H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Proc., Soil Science Society of America 23:246-249.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1965. Predicting Rainfall-Erosion from Cropland East of Rocky Mountains-Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation, Agricultural Handbook. no.282.
- Wischmeier, W. H., C. B. Johnson and B. V. Cross. 1971. A Soil Erodivity Nomograph for Farm Land and construction Sites, Journal of Soil Water Conservation 26(5):Sep.-Oct.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses, A guide to conservation planning. Agriculture Handbook, no.537. KAGIS