

RUSLE 방법을 이용한 만대천 유역의 토사유출량 산정

The Estimation of Soil Runoff in the Man-dae Cheun Basin by the using RUSLE Method

최 한 규* 박 수 진** 국 성 표***
Choi, Han-Kuy Park, Soo-Jin Guk, Seong-Pyo

Abstract

This study was intended to estimate the soil runoff at the basin of Mandaechun where the measure needs to be taken to deal with the increasing muddy water resulting from soil runoff during wet season and torrential rain at the high reaches of the Soyang lake where highland vegetables are cultivated and soil replacement for improvement is carried out every two to three years.

The study was carried out in such a way of identifying the topographic factors using geographical spatial data from Water Management Information System (WAMIS) and ARC-VIEW program and estimating the soil runoff by rainfall frequency using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), and furthermore, evaluating the soil runoff contribution at the basin of Mandaechun based on estimate of the soil runoff by section.

키워드 : 토사유출량, 강우강도, 수정범용토양유실공식
Keywords : Soil runoff, Rainfall intensity, RUSLE

1. 서론

토사 유출은 강우 시 유출수와 함께 유출되기 때문에 배출량의 변화가 크고, 예측이나 정량화가 어렵다. 또한, 기상 조건, 지질, 지형, 토지이용도, 식생상태 등의 영향을 받기 때문에 인위적으로 조정하기가 어려운 특성을 지니고 있다.

토사유출량은 강우 시 강우량과 밀접한 관련이 있어 전체 유출량의 약 50% 정도가 6월~8월에 유출되며, 건기 기간인 10월에서 4월까지는 연간 총량의 20%정도가 유출된다. 즉, 하천유량이 큰

홍수기 기간에 대부분 유출된다.

본 연구는 소양호 유역 중 고랭지 채소재배가 활발히 이루어지고 있으며, 대량의 토사유출로 인하여 하천수계의 탁수증가로 저감대책이 시급한 만대천 유역을 선정하여 연구를 수행하였다.

본 연구의 범위는 만대천 유역을 대상으로 수정범용토양손실공식(RUSLE)을 이용하여 토양 침식을 분석하였으며, 지형인자 추출은 국가 수자원 종합 정보시스템인 WAMIS의 지형 공간 자료와 ARC-VIEW 프로그램을 이용하여 지형인자를 추출하였다.

추출된 인자 및 강우자료를 분석하여 본 연구지점의 빈도별 연간 토사유출량을 산정하였으며 또한, 소규모 유역별 토사유출량을 산정하여 만대천 유역의 소규모유역별 토사유출 기여율을 산정하였다.

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사·교신저자

** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료

*** 강원대학교 대학원 토목공학과 공학석사

2. 대상유역 선정 및 연구 방법

2.1 대상유역 선정

본 연구에서는 소양호 상류유역의 고랭지 농경작지로 강우시 객토로 인한 대량의 토사가 유출되어 소양호 탁수관리에 중요시 되고 있는 만대천 유역을 선정하였다. 본 연구의 유역은 양구군 해안면 일대로서 만대천, 성황천, 작은저골천, 이현천은 만대천의 지류들로서 지방2급하천인 인북천의 좌안측으로 유입되며 소양강에 합류되어 소양강댐을 지나 한강에 이르며, 이들 소하천들의 유역면적은 2.42km²~50.70km², 유로연장은 3.14km~8.60km이다. 아래 그림 1은 연구지점도를 나타내었다.

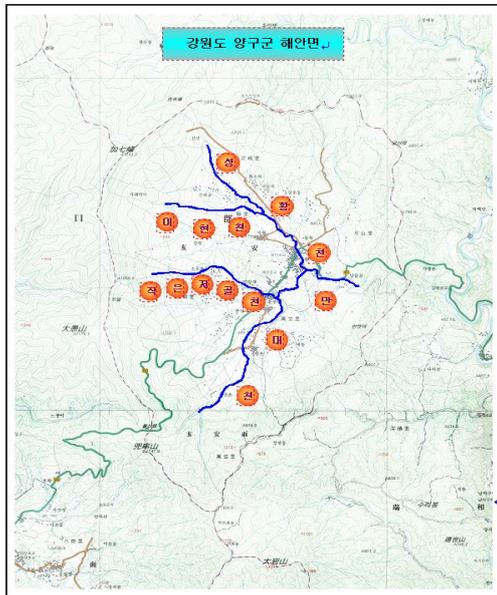


그림 1. 연구지점도

2.2 토사유출량 산정방법

1) 경험적 토사량 산정

특정 목적에 대해 고려할 수 있는 경험적 토사량 산정방법들이 표 1과 같으며, 몇 가지의 경험적인 계산방법과 함께 항공사진 및 지형측량을 이용한 두 가지의 비교방법, 그리고 3가지의 지역적 상관방법들이 나타나 있다.

표 1. 경험적 산정방법의 비교

방 법	침식의 물리적 형태				적용가능한 사상	
	관상 및 세류침식	계곡 침식	하상 및 제방침식	토사의 이동	연평균 토사량	단일 토사량
USLE (범용토양유실 공식)	○				○	
MUSLE	○					○
RUSLE (수경범용토양 유실 공식)	○				○	
PSIAC	○	○	○	○	○	
항공사진	○	○	○	○	○	○
지형측량		○	○		○	○
Thompson 또는 SCS TR32		○			○	
Dendy와 Bolton	○	○	○	○	○	
Strand와 Pemberton, USBR	○	○	○	○	○	
SCS 토사량지도	○	○	○	○	○	

2) 물리적 침식모형

최근의 컴퓨터 기술의 급속한 발달로 인해 최신의 침식예측 방법들이 널리 적용되고 있다. 오늘날 유역에서의 토사량, 이송 및 퇴적을 모의할 수 있는 다양한 수문학적 모형들이 개발되었다. 물리적 기반의 모형을 사용하여 관상 및 세류를 조합한 침식을 계산할 수가 있게 되었다. 세류 및 세류간 토사량의 물리에 대한 지속적인 연구는 유역에서의 침식과정에 대한 이해를 증진시켰지만, 토사발생량과 유출자료가 충분하지 않은 대 유역에서의 물리적 기반모형의 적용은 용이하지가 않을 수도 있다. 표 2는 물리적 토사침식 모형들에 대한 중요한 항목들에 대한 요약을 보여주고 있다.

표 2. 물리적 침식모형 비교

모형 특성 및 모형이름	SP	AGNPS	RUNOFF	WEP	KINEROS	KYERMO
소유권	X	X	X	X	X	X
사용자 지침서 유무	O	O	O	O	O	-
컴퓨터 필요성	O	O	O	O	O	O
단일사상 토사량 분석	O	O	O	O	O	O
연평균 토사량 분석	X	X	X	O	X	X
유역의 소유역 구분여부	X	O	O	O	O	O
강우의 충격력에 의한 분리	X	X	O	O	O	O
세류 및 세류간 침식과정 분리	X	X	X	O	O	O
세류 형성과정 모형	X	X	X	X	O	O
하도이송/퇴적	X	O	O	X	X	X

3) 범용토양유실 공식(USLE)

범용토양유실 공식(USLE)은 특정 경작 및관리 상태에 있는 지역으로부터의 유량으로 인한 장기간의 평균토양유실을 계산하기 위한 방법이다.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

- A : 평균토양유실(ton/ha)
- R : 강우침식인자(J/ha·mm/hr)
- K : 토양침식인자(ton/ha/R)
- L : 사면길이인자(m)
- S : 사면경사도인자
- C : 경작관리인자
- P : 토양보존대책인자

토양침식인자(soil erodibility factor)로 길이 22.1m, 표면경사 9%의 휴경지인 표준유역에서 측정된 특정 토양에 대한 단위 강우침식인자 당 토양유실율을 의미한다. L은 경사길이인자(slope length factor)로 주어진 사면길이로부터의 토양유실과 동일한 조건의 22.1m의 사면길이로부터의 토양유실의 비이다. S는 사면경사인자(slope steepness factor)로 주어진 사면 경사로부터의 토양유실과 동일한 조건의 9%의 사면

경사로부터의 토양유실의 비이다. C는 경작관리인자(cover management factor)로 특정 피복 및 관리 면적으로부터의 토양유실과 연속적인 휴경지인 동일한 면적으로부터의 토양유실의 비를 의미한다. P는 토양보존대책인자(surport practice factor)로 등고선경작, 등고선띠경작, 계단경작과 같은 토양보존대책이 있는 경우의 토양유실과 사면 상, 하로 일직선 경작을 하는 경우의 토양유실의 비를 의미한다.

초기에 개발된 범용토양유실공식은 그 후 수정되어 수정범용토양유실공식(revised universal soil loss equation, RUSLE)으로 사용되고 있으며, 최근에는 수정범용토양유실공식의 2판인 RUSLE2가 개발되어 각종 인자들을 간편하게 계산할 수 있도록 컴퓨터 프로그램 내에 데이터베이스를 포함시키고 있다.

3. 분석 및 고찰

3.1 확률강우량 산정

본 연구에서는 확률가중모멘트법에 의한 매개변수를 추정, 확률분포형은 Gumble분포형을 채택하여 확률강우량을 산정하였다. 재현기간은 10년, 20년, 30년, 50년, 80년, 100년인 6개 빈도에 대하여 주요 강우지속기간별로 확률강우량을 산정하였다. 본 연구에서 산정된 강우지속시간 별 확률강우량을 표 3에 나타내었다.

표 3. 강우지속기간별 확률강우량

강우지속기간(분)	재현기간(년)					
	10	20	30	50	80	100
10	20.0	22.7	24.3	26.3	28.1	28.9
60	51.5	63.0	70.8	82.0	93.9	100.2
120	68.0	82.4	92.0	105.7	120.1	127.6
180	85.1	102.9	114.8	131.5	149.0	158.0
240	101.9	121.0	133.2	149.8	166.4	174.7
300	114.3	134.2	146.5	162.9	179.0	187.0
360	126.8	146.6	158.4	173.8	188.4	195.5
420	136.1	156.1	168.0	183.2	197.5	204.4
480	147.1	168.5	180.9	196.7	211.4	218.4
540	155.4	177.6	190.5	206.8	221.7	228.9
600	163.8	187.6	201.4	218.8	234.8	242.4
660	172.7	198.4	213.2	232.0	249.3	257.5
720	180.3	207.9	223.9	244.2	263.1	272.0
780	186.3	215.1	232.1	253.6	273.5	283.1
840	190.5	219.2	235.9	257.0	276.4	285.6
900	195.6	224.3	240.7	261.2	279.9	288.7
960	200.0	228.3	244.2	263.9	281.7	290.1
1,020	204.3	233.0	249.2	269.2	287.2	295.6
1,080	208.6	237.6	253.9	274.0	291.9	300.3
1,140	212.6	242.6	259.5	280.2	298.9	307.7
1,200	217.5	249.6	267.9	290.6	311.3	321.0

1,260	221.2	254.4	273.5	297.3	319.1	329.3
1,320	226.3	261.7	282.2	308.0	331.8	343.0
1,380	231.7	269.5	291.5	319.4	345.2	357.6
1,440	237.3	276.1	298.7	327.3	353.7	366.3

960	12.50	14.27	15.26	16.49	17.61	18.13
1,020	12.02	13.71	14.66	15.84	16.89	17.39
1,080	11.59	13.20	14.11	15.22	16.22	16.68
1,140	11.19	12.77	13.66	14.75	15.73	16.19
1,200	10.88	12.48	13.39	14.53	15.56	16.05
1,260	10.53	12.11	13.02	14.28	15.27	15.85
1,320	10.29	11.90	12.83	14.00	15.08	15.59
1,380	10.07	11.72	12.67	13.89	15.01	15.55
1,440	9.89	11.50	12.45	13.64	14.74	15.26

3.2 강우강도식 유도

강우강도식은 강우강도-지속기간-재현기간 관계를 나타내는 식으로서 전절에서 얻은 확률강우량을 제2의 자료로 변환하는 작업이 필요하다. 즉, 확률강우량을 강우강도로 변환시킨 후 최소자승법을 이용하여 확률년별 강우강도-지속기간 관계식을 구하며, 유도된 식형과 원래 자료치와의 편차를 계산하여 최소값을 가지는 식을 그 지점의 강우강도식으로 정한다. 본 연구에서 적용한 강우강도식형은 우리나라에서 적용도가 높은 다음 4가지 유형의 경험공식이다.

Talbot 형 $I = \frac{a}{t+b}$

Sherman 형 $I = \frac{a}{t^b}$

Japanese 형 $I = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$

Semi-Log 형 $I = a + b \log(t)$

표 4는 강우지속기간별 확률강우량을 이용하여 산정한 강우지속기간별 확률강우강도이다.

표 4. 강우지속기간별 확률 강우강도

강우 지속 기간 (분)	재 현 기 간 (년)					
	10	20	30	50	80	100
10	120.0	136.2	145.8	157.8	168.6	173.4
60	51.50	63.00	70.80	82.00	93.90	100.2
120	34.00	41.20	46.00	52.85	60.05	63.80
180	28.37	34.30	38.27	43.83	49.67	52.67
240	25.48	30.25	33.30	37.45	41.60	43.67
300	22.86	26.84	29.30	32.58	32.58	37.40
360	21.13	24.43	26.40	28.97	31.40	32.58
420	19.44	22.30	24.00	26.17	28.21	29.20
480	18.39	21.06	22.61	24.59	26.42	27.30
540	17.27	19.73	21.17	22.98	24.63	25.43
600	16.38	18.76	20.14	21.88	23.48	24.24
660	15.70	18.04	19.38	21.09	22.66	23.41
720	15.03	17.32	18.66	20.35	21.93	22.67
780	14.33	16.55	17.85	19.51	21.04	21.78
840	13.61	15.66	16.85	18.36	19.74	20.40
900	13.04	14.95	16.05	17.41	18.66	19.25

본 연구에서는 강우빈도 해석 시 사용한 자료의 연 최대 강우자료는 지속기간이 10분에서 1,440분으로서 지속기간 범위가 상당히 크므로, 인제관측소 자료에 대해 지속기간을 장·단기로 구분하여 강우강도식을 유도하였다. 유도결과, 표 5, 표 6에서 같이 120분을 경계점으로 하여 120분 이하는 단기간, 120분 초과에 대해서는 장기간으로 구분하여 강우강도식을 유도하였다.

다음으로 강우강도식 채택은 상관계수가 가장 높은 General형을 채택하였다. 아래 그림 2~4는 인제관측소의 I-D-F 곡선을 도시하였으며, 표 5, 표 6은 본 연구에서 유도한 강우강도식을 나타내었다.

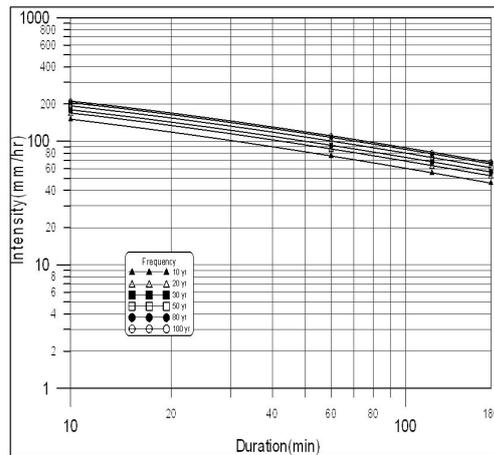


그림 2. 단기간(180분 이하)

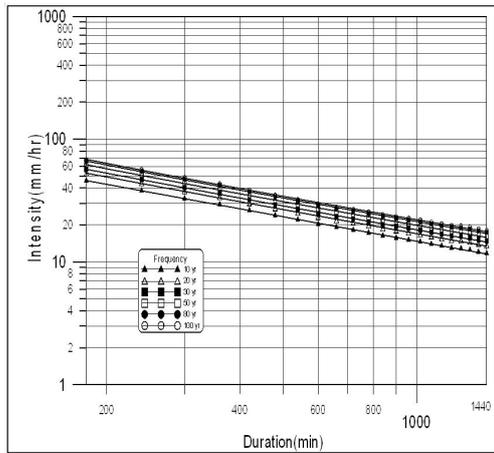


그림 3. 장기간(180분 초과)

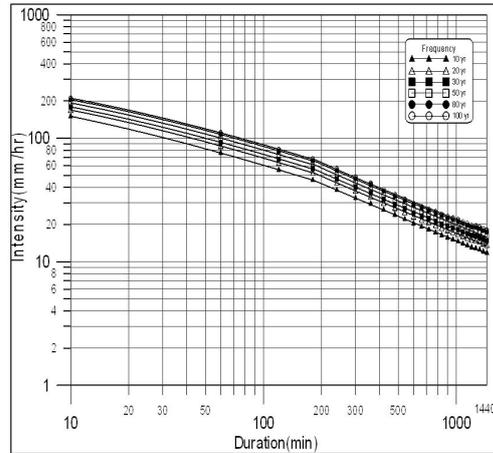


그림 4. 전 지속기간

표 5. 인제 관측소 강우강도식(단기간)

재현 기간 (년)	구분	Talbot형	Sherman형	Japanese형	General형 (채택)
10	공식	$\frac{4779.5700}{t + 29.8894}$	$\frac{371.3711}{t^{0.4900}}$	$\frac{394.3333}{\sqrt{t} + 0.1211}$	$\frac{1,301.0410}{t^{0.7290} + 5.4846}$
	상관계수	0.9984	0.9988	0.9990	1.0000
20	공식	$\frac{6,118.8570}{t + 34.9829}$	$\frac{390.6288}{t^{0.4565}}$	$\frac{502.0313}{\sqrt{t} + 0.5187}$	$\frac{2,483.6470}{t^{0.8108} + 11.7662}$
	상관계수	0.9991	0.9970	0.9977	1.0000
30	공식	$\frac{7,098.0300}{t + 38.7318}$	$\frac{398.3151}{t^{0.4351}}$	$\frac{580.2278}{\sqrt{t} + 0.8101}$	$\frac{3,827.6970}{t^{0.8699} + 18.8417}$
	상관계수	0.9995	0.9950	0.9964	1.0000
50	공식	$\frac{8,628.4210}{t + 44.7006}$	$\frac{402.9642}{t^{0.4052}}$	$\frac{701.6868}{\sqrt{t} + 1.2727}$	$\frac{7,051.5210}{t^{0.9573} + 35.6234}$
	상관계수	0.9999	0.9908	0.9937	1.0000
80	공식	$\frac{10,432.9300}{t + 51.8420}$	$\frac{402.1552}{t^{0.3749}}$	$\frac{843.9855}{\sqrt{t} + 1.8247}$	$\frac{13654.0900}{t^{1.0572} + 69.5774}$
	상관계수	0.9999	0.9840	0.9891	1.0000
100	공식	$\frac{11,481.2700}{t + 56.1230}$	$\frac{399.0884}{t^{0.3589}}$	$\frac{926.2960}{\sqrt{t} + 2.1555}$	$\frac{19,878.5400}{t^{1.1169} + 101.5505}$
	상관계수	0.9994	0.9789	0.9857	1.0000

표 6. 인제관측소 강우강도식(장기간)

재현기간(년)	구분	Talbot형	Sherman형	Japanese형	General형(채택)
10	공식	$\frac{16,700.2800}{t+400.5180}$	$\frac{1,436.6280}{t^{0.6628}}$	$\frac{403.3808}{\sqrt{t}+0.6851}$	$\frac{1,813.3620}{t^{0.6959}+25.8102}$
	상관계수	0.9902	0.9941	0.9952	0.9992
20	공식	$\frac{18,283.4700}{t+350.4712}$	$\frac{491.1224}{t^{0.5128}}$	$\frac{447.4346}{\sqrt{t}-0.3091}$	$\frac{1,464.2780}{t^{0.6540}+12.6856}$
	상관계수	0.9875	0.9970	0.9968	0.9994
30	공식	$\frac{19,020.0200}{t+317.2737}$	$\frac{599.8167}{t^{0.5319}}$	$\frac{469.8451}{\sqrt{t}-0.9589}$	$\frac{1347.5490}{t^{0.6369}+8.1107}$
	상관계수	0.9859	0.9977	0.9970	0.9991
50	공식	$\frac{19,768.1900}{t+274.2133}$	$\frac{784.8804}{t^{0.5596}}$	$\frac{495.5928}{\sqrt{t}-1.7985}$	$\frac{1,265.1000}{t^{0.6218}+4.1173}$
	상관계수	0.9840	0.9978	0.9967	0.9983
80	공식	$\frac{20,308.8500}{t+234.6334}$	$\frac{1,023.4870}{t^{0.5888}}$	$\frac{517.2905}{\sqrt{t}-2.5681}$	$\frac{1261.0990}{t^{0.6162}+1.6407}$
	상관계수	0.9827	0.9971	0.9957	0.9972
100	공식	$\frac{20,535.4800}{t+216.6054}$	$\frac{1,166.0250}{t^{0.6035}}$	$\frac{527.2519}{\sqrt{t}-2.9200}$	$\frac{1,282.1210}{t^{0.6160}-0.7242}$
	상관계수	0.9822	0.9965	0.9951	0.9965

3.3 월별 유출량 산정

본 연구 유역 내에는 유출량 산정에 이용할 수 있는 수위 및 유량측정 자료가 전무하므로 Kajiyama의 유출 산정공식에 의하여 월평균 유출량을 산정하였으며, 상기 공식에 의한 유출량 산정시의 우량 자료는 기 수립된 『수입천 하천정비 기본계획』에서 채택한 방산관측소의 월별강우량 자료와 『인북천 하천정비기본계획』의 자료를 이용하였다.

월별 유출량 공식 (梶山の 공식)

$$C = \sqrt{R^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E \quad (1)$$

R : 유역의 월별 강우량 (mm)

f : 유역의 상황에 의하여 변화하는 유역계수 (0.6~1.4)

E : 각 월마다 R에 의해 변화하는 보정우량 (mm)

표 7. 월별 보정치 E의 값

월별 강우량(mm)	0	10	20	30	50	70	80	100	150	200	250	300
1	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.5	8.5	9.0	10.0	5.0	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-2.4	-3.6	-6.0	-12.0	-6.0	-	-
6	-2.0	-3.0	-4.0	-6.0	-9.0	-12.0	-17.0	-20.0	-26.0	-30.0	-22.5	-15.0
9	6.0	6.4	6.8	7.2	8.0	8.8	9.2	10.0	11.0	12.0	9.0	6.0
10	7.0	6.3	5.6	4.9	3.5	2.1	1.4	-	-	-	-	-
비고	3, 7, 8, 11, 12월의 보정계수는 E=0											

표 8. 월평균 유출량

구분 \ 월별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
유출량($10^6 m^3$)	3.4	4.0	5.3	8.1	12.9	15.4	60.6	39.6	24.6	6.8	6.3	4.2	191.1

3.4 토사유출량 및 기여율 산정

본 연구지점인 만대천 유역의 경우 본 연구에서 소개된 RUSLE기법에 의한 빈도별 산정된 토사침식량은 1.58년 5,103 ton, 10년 21,931 ton, 50년 42,647 ton이 침식되며, 토사유출량의 경우 1.58년에서는 2,599.06 ton이 유출되었으며, 10년 빈도에서는 11,169.33 ton, 50년 빈도에서는 21,719 ton이 유출되었다. 소규모 유역별로는 성황천 유역인 M4구역이 1.58년 1,310.65 ton/event, 10년 5,643 ton/event, 50년 빈도의 경우 10,960 ton/event 으로 가장 크게 유출되었다. 유역별 기여율은 평균적으로 성황천 유역인 M4 구역이 45%로 가장 높았으며, M6구역인 월산천 유역이 17%, 만대천 상류인 M1구역이 11% 순으로 만대천 유역의 토사유출에 유의적인 영향을 미치고 있는 것으로 확인되었다. 만대천 유역의 소유역 분할은 그림 5에 도시하였다.

유역별 유역특성 인자는 표 9에 나타내었으며, 빈도에 따른 토사유출량 값은 표 10~12에 나타내었다.

표 9. 만대천의 소규모 유역별 유역특성 인자

소유역명	기 호	유역면적 (km^2)	유로연장 (km)
만대천상류	M1	16.50	6.57
큰 저골천	M2	7.91	3.74
작은 저골천, 잔유역	M3	3.17	3.52
성황천	M4	22.81	5.43
잔유역 (구 시장천)	M5	3.46	1.15
월산천	M6	6.90	4.27
계	대상유역	60.75	10.11

표 10. 만대천 유역의 소유역별 토사유출량 산정 (RUSLE, 1.58년)

기호	유역면적 (km^2)	침투유량 (m^3/sec)	토사침식량 (tons)	유사전달률 (%)		토사유출량 (tons)	
				모래	점토	모래	점토
M1	16.5	32.2	604	6.77	52.40	40.92	316.75
M2	3.46	16.2	387	10.45	60.92	40.49	236.04
M3	7.91	7.2	493	8.30	56.25	40.92	277.34
M4	22.81	7.1	2,300	6.19	50.79	142.38	1,168.27
M5	3.17	47.2	398	10.70	61.43	42.58	244.46
M6	6.9	14.2	914	8.63	57.00	78.90	521.15
유역전체	60.75		5,103	4.72	46.21	240.86	2,358.10

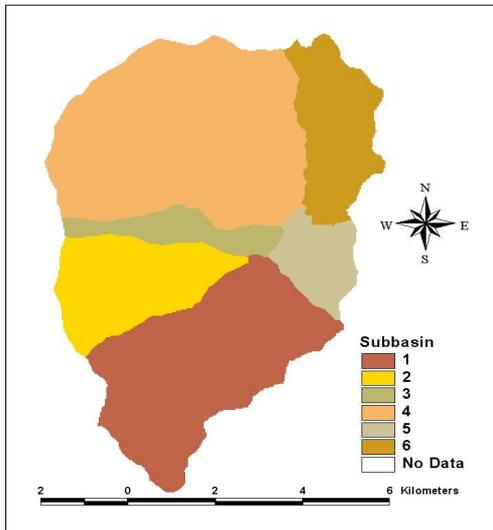


그림 5. 만대천 유역의 소유역 분할(6개)

표 11. 만대천 유역의 소유역별 토사유출량 산정 (RUSLE, 10년)

기호	유역 면적 (km ²)	침투 유량 (m ³ /sec)	토사 침식량 (tons)	유사전달률 (%)		토사유출량 (tons)	
				모래	점토	모래	점토
M1	16.5	75.9	2,603	6.77	52.40	176.22	1,363.92
M2	3.46	37.3	1,668	10.45	60.92	174.35	1,016.40
M3	7.91	15.6	2,123	8.30	56.25	176.21	1,194.23
M4	22.81	16.3	9,905	6.19	50.79	613.09	5,030.50
M5	3.17	107.8	1,714	10.70	61.43	183.35	1,052.65
M6	6.9	32.5	3,937	8.63	57.00	339.76	2,244.06
유역 전체	60.75		21,931	4.72	46.21	1,035.13	10,134.20

표 12. 만대천 유역의 소유역별 토사유출량 산정 (RUSLE, 50년)

기호	유역 면적 (km ²)	침투 유량 (m ³ /sec)	토사 침식량 (tons)	유사전달률 (%)		토사유출량 (tons)	
				모래	점토	모래	점토
M1	16.5	108.2	5,055	6.77	52.40	342.23	2,648.83
M2	3.46	52.8	3,240	10.45	60.92	338.60	1,973.91
M3	7.91	21.7	4,123	8.30	56.25	342.22	2,319.27
M4	22.81	23.0	19,235	6.19	50.79	1,190.66	9,769.56
M5	3.17	152.5	3,328	10.70	61.43	356.08	2,044.32
M6	6.9	46.0	7,646	8.63	57.00	659.83	4,358.11
유역 전체	60.75		42,647	4.72	46.21	2,012.91	19,706.95

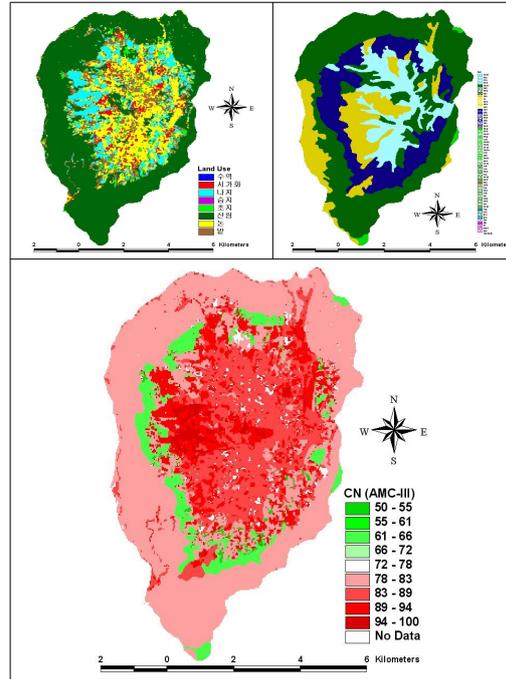


그림 6. 만대천 유역의 유출곡선지수 분포도(AMC-III)

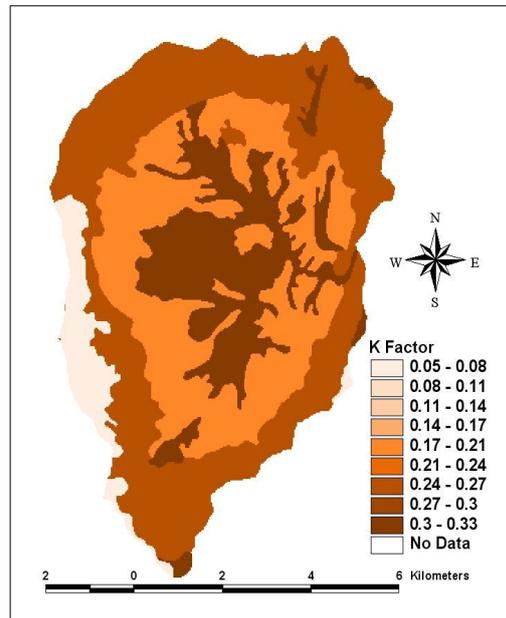


그림 7. 만대천 유역의 K값 분포도

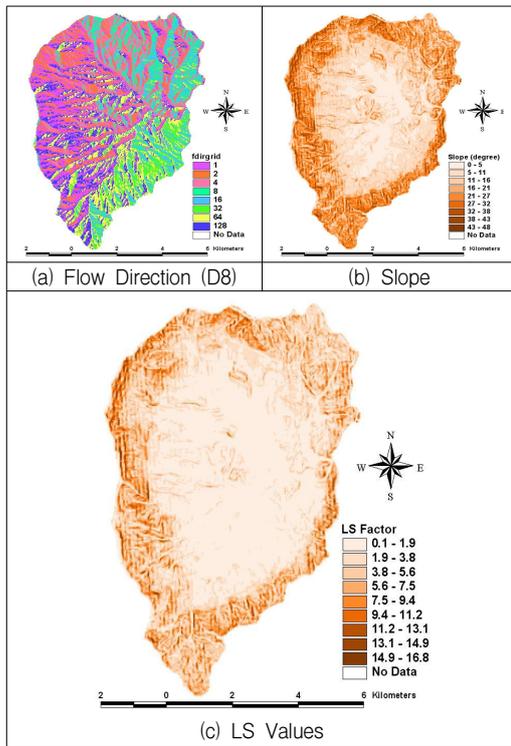


그림 8. 만대천 유역의 LS값 분포도

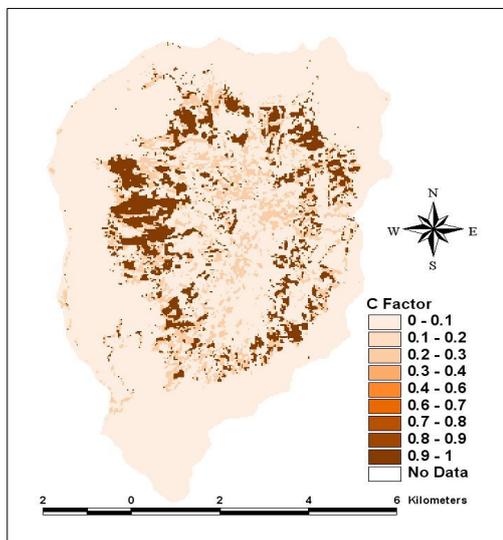


그림 9. 경작관리인자(C) 분포도

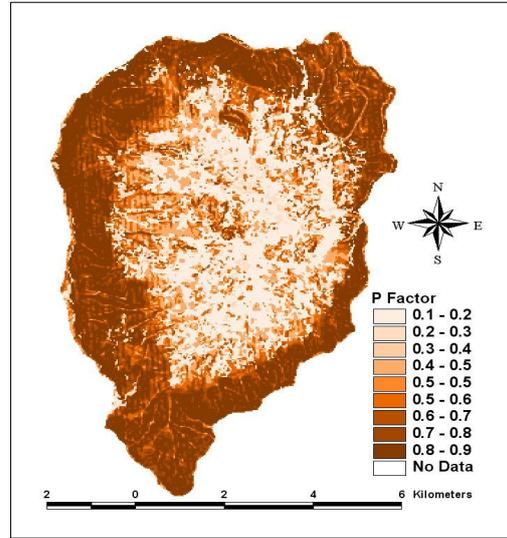


그림 10. 토양보존대책인자(P) 분포도

4. 결론

본 연구는 토지의 이용형태가 대부분 산림과 고랭지 농경작지로 구성되어있는 소양호 상류유역의 만대천 유역을 대상으로 연구를 수행하였다. 연구지점의 경우 강우시 객토로 인하여 대량의 토사유출로 인하여 하천의 탁수관리가 중요시 되고 있는 지점이다. 따라서 본 연구는 수정범양도양유실 공식을 이용, 연구지점 유역의 토사유출량을 산정하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 토양 침식에 영향을 주는 강우침식능 인자를 분석한 결과 빈도 1.58년 $22.6E^7 J/ha \cdot mm/hr$, 10년 $97.5E^7 J/ha \cdot mm/hr$, 50년 $189.4E^7 J/ha \cdot mm/hr$ 로 산정되었으며, 토양의 침식인자는 0.3~0.33 ton/ha/R의 범위를 보였다.

2) 만대천 유역의 빈도별 토사유출량을 산정한 결과, 빈도 1.58년 2,599 ton/event, 10년 11,169 ton/event, 50년 21,719 ton/event의 토사가 유출되는 것으로 산정되었으며, 소 유역별로는 성황천 유역에서 빈도 1.58년 1,310 ton/event, 10년 5,643 ton/event, 50년 10,960 ton/event이 산정되어 가장 크게 유출되는 것으로 확인되었다.

3) 소유역별 토사 유출량 기여율을 산정한 결과 성황천 유역 50.1%, 월산천 유역 22.8%, 만대천 상류유역에서 13.7%의 순으로 만대천 유역의 토사유출에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 따라서 만대천 유역의 토사유출량 저감을 위해서는 성황천 유역 관리에 힘써야 할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] 박지상, 김건하, “RUSLE 모델을 이용한 금강유역의 토지 이용별 토사유출량 산정”, *한국물환경학회*, 제22권, 4호, pp. 619~ 625, 2006.
- [2] 이종철, 정재학, “강원지역 시험 유역에 대한 RUSLE 인자특성 분석”, *한국방재학회 논문집*, 제9권, 6호, pp. 111~117, 2009.
- [3] 이준학, 정영훈, 허준행, “RUSLE의 강우침식도 추정에 관한 연구”, *한국수자원 학회 학술발표회 논문집*, 2008.
- [4] 이진태, “만대천유역의 강우에 의한 비점오염물질 유출특성에 관한 연구”, 강원대학교 산업대학원, 2005.
- [5] 이윤상, “USLE모형을 이용한 농촌지역의 비점오염원 농촌지역의 비점오염원 규모와 특성에 관한 연구”, 서울대학교 대학원, 1992.
- [6] 김민석, 김진관, 양동윤, “소유역에서의 토사 유출산정을 위한 GEOWEPP MODEL과 USLE의 비교·적용 연구 : 이천시 단월동 유역을 사례로”, *대한자원환경지질학회 논문집*, 제40권, 1호, pp. 103~113, 2007.
- [7] 윤용남, 정정호, *수자원설계 실무*, 구미서관, 2007.
- [8] 강원발전연구원, *소양강댐흙탕물 저감대책*, 2007.
- [9] 한국수계관리위원회, *한강수계 탁수저감대책 마련을 위한 연구*, 2008.
- [10] 강원도, *인북천 하천정비기본계획(지방 2급)*, 1996.
- [11] 양구군, *양구군 통계연보*, 2009.
- [12] 한국수자원공사, *소양강 다목적댐 비점 오염물질 유입특성 및 개선방안 연구(2차년도)*, 2004.