

## GIS를 이용한 사방댐의 토사유실 저감효과 분석

이근상<sup>1\*</sup> · 이명진<sup>2</sup> · 홍현정<sup>2</sup> · 황의호<sup>1</sup>

### Efficiency of Soil Erosion to a Debris Barrier using GIS

Geun-Sang LEE<sup>1\*</sup> · Moungh-Jin LEE<sup>2</sup> · Hyun-Jung HONG<sup>2</sup> · Eui-Ho HWANG<sup>1</sup>

#### 요 약

본 연구에서는 소양호유역의 탁수 및 토사유실 저감을 위해 수립중인 다양한 대책중 산림청과 지자체를 중심으로 계획중인 사방댐에 대한 저감효과를 분석하였다. 2005년 강우와 GIS 자료를 이용하여 분석한 결과 소양호유역의 토사유실은 4,819,494 ton으로 평가되었으며, 단위토사유실분석에서는 추곡천, 자운천 그리고 오항천이 다른 유역들에 비해 높은 값을 보였다. 94개의 사방댐 지점을 중심으로 GIS 공간분석을 이용하여 사방댐유역을 추출하였으며, 사방댐유역의 토사유실량과 유사운송비를 이용하여 저감효과를 분석한 결과, 2005년 사방댐의 토사유실저감효과는 6.8% (330,203 ton)으로 분석되었다. 또한 사방댐의 위치를 5,000 ton 이상인 지역으로 이동한 시나리오에서의 사방댐의 토사유실저감효과는 10.5%(506,783 ton)으로 증가되었다.

주요어 : 사방댐, 토사유실, 저감효과

#### ABSTRACT

This study analyzed the reduction efficiency to a debris barrier planned with the Office of Forestry and local provinces among diverse measurements for the diminution of high-density turbid water and soil erosion of Soyang reservoir. As the analysis of soil erosion of Soyang river basin applying rainfall data (2005) and GIS database, soil erosion is estimated as 4,819,494 ton. Also, in the analysis of unit soil erosion, Chugok-, Jaun-, and Ohang stream shows high value comparing with other watersheds. Debris barrier watersheds are extracted as the center of 94 debris barrier points using GIS spatial analysis. As the analysis of soil erosion and sediment delivery ratio (SDR) of debris barrier watershed, the reduction efficiency of soil erosion of debris barrier of 2005 is analyzed as 6.8%, that is 330,203 ton. Also, the reduction efficiency of soil erosion of debris barrier of 2005 increases as 10.5%, that is 506,783 ton, when the locations of debris barrier are changed into the high soil erosion area over 5,000 ton.

*KEYWORDS : Debris Barrier, Soil Erosion, Reduction Efficiency*

2007년 1월 31일 접수 Received on January 31, 2007 / 2007년 3월 1일 심사완료 Accepted on March 1, 2007

1 한국수자원공사 수자원연구원 Korea Water Resources Corporation, Korea Institute of Water and Environment

2 한국환경정책평가연구원 환경정보센터 GIS연구팀 Environment Information Center, Korea Environment Institute

\* 연락처 E-mail : ilovegod@kwater.or.kr

## 서론

소양호유역은 2006년 7월 인제지역의 집중 강우에 의한 산사태, 하천범람 등으로 다량의 토사가 유입되어 고탁수 방류가 장기화되고 있다. 소양호 저수지는 2005년까지 30NTU (nephelometric turbidity units) 이상의 방류가 년중 1~2개월 정도였고 최고탁도도 79NTU 정도였으나, 2006년에는 30NTU 이상의 방류가 7월부터 지속되고 있고 최고탁도도 328NTU에 이르고 있다. 이러한 고탁수발생으로 인해 댐하류 생태계변화, 하천이용도 저하, 하류지역 정수처리 비용증가 등의 문제가 발생하고 있으며 이를 효과적으로 개선하기 위한 정부 차원의 대책이 계획중에 있다.

소양호유역은 2006년 7월 시간당 최고 88mm의 집중강우가 내려 고탁수 문제가 발생한 이후로 2006년 9월에 북한강 흙탕물 대책 토론회 등이 개최되어 탁수발생의 원인 및 대책에 관한 많은 논의가 이루어졌으며, 2006년 11월에는 국무조정실 주관으로 소양호유역에 대한 고령지발 현장조사 및 해당지자체의 의견을 수렴하여 각 기관별로 다양한 대책을 계획중에 있다. 탁수발생의 원인은 여러 가지가 있지만, 강우시 농경지를 중심으로 유입되는 토사유실이 가장 직접적인 원인으로 지적되고 있다. 특히 강원도지역은 고령지발이 집중되어 있으며 지력 향상을 위해 객토를 주기적으로 시행하고 있어 다른 유역에 비해 하천주변의 토사유실 가능성이 매우 높은 지역이다. 소양호유역의 토사유실을 저감하기 위한 대책을 마련하기 위해서는 먼저, 소양호유역의 토지피복 특성 및 주요하천별 토사유실량을 사전에 평가해야 한다. 토사유실을 평가하는 모델로는 농경지를 대상으로 하는 USLE(Universal Soil Loss Equation)를 비롯하여 유역에 적용가능한 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation) 그리고 건설현장이나 고속도로 현장 등에 활용되는 TRB(Transportation Research

Board) 등 매우 다양하다.

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, 이근상(2006)은 안동호와 임하호유역을 상호 비교하여 임하호 탁수에 영향을 주는 상류유역의 토사유실 특성을 분석하였다. 또한 박인환 등(2006)은 토양과 지형조건을 고려한 토사유실량을 평가하였으며 특히, 토양침식 잠재성이 높은 지역에 대한 잠재토양침식지수(Potential Soil Erodibility Index; PSEI)를 제시하였다.

탁수 및 토사유실을 저감하기 위한 대책으로는 크게 댐내대책과 유역대책으로 구분할 수 있다. 댐내대책은 홍수기시 유입된 탁수층을 신속하게 배제하기 위한 취수탑 개선사업이나 저수지 생태조성사업 등이 있으며, 유역대책으로는 산림청의 사방댐, 농림부의 농업용 저수지 및 발기반정비사업, 환경부의 고령지발 흙탕물저감사업 그리고 소방방재청 및 건설교통부의 소하천정비 등이 대표적이다(한국수자원공사, 2004).

본 연구에서는 다양한 유역대책중 산림청에서 제시한 사방댐의 토사유실저감효과를 분석하였다. 이를 위해 산림청에서 검토한 사방댐 위치도면(안)을 입수하여 1:5,000 수치지형도를 이용하여 전산화하였으며, 사방댐에 유입되는 토사를 모의하기 위해 DEM 자료를 이용하여 사방댐유역을 추출하였다. 토사유실모의는 유역에 적용가능하고 GIS 격자자료를 효과적으로 이용할 수 있는 RUSLE 모델을 이용하였다. 사방댐에 의한 토사유실저감효과는 사방댐의 규모와 준설주기에 따라 결정되며, 특히 유역에서 유실된 토사가 사방댐까지 전파되는 유사운송비를 고려하여 토사유실 저감효과를 평가하였다. 또한 현재 계획된 사방댐의 위치중 토사유실 발생가능성이 비교적 적은 곳의 효율을 높이기 위해 토사유실 저감량이 5,000

ton/개소 이하인 곳은 5,000 ton 이상 토사유실을 저감할 수 있는 곳으로 위치를 변경하는 시나리오도 함께 고려하여 저감효과를 평가하였다.

### 이론적 고찰

토사유실과정은 에너지, 저항 그리고 보호라는 큰 주제로 설명할 수 있다. 토사유실에 영향을 주는 강우유출의 잠재성인 에너지가 토양에 가해지면 토양은 토양이 가지고 있는 물리 화학적 특성에 기초한 다양한 형태로 에너지에 의해 발생하는 침식작용에 저항하게 된다. 하지만 토양자체의 저항력은 그리 크지 않아 토양을 덮고 있는 식생 등 피복의 특성에 따라 다양한 형태로 토양을 보호하게 된다(Hudson, 1997). 만약 인간의 인위적 토지이용으로 인해 토양을 덮고 있는 피복이 변경된다면, 그 피복의 특성에 따라 토양보호능력이 떨어지거나 비록 토양을 보호하더라도 그 재료가 고정되기 전에는 토양이 보호받지 못하므로 적당한 외부 에너지에 의해 토사유실이 발생하게 되며, 결국에는 단위지역 내 토지이용의 변화 및 특성에 따라 토사유실은 심각한 문제로 대두될 수 있다. 최근 GIS 기반의 토사유실연구가 활발히 진행중에 있으며, 본 연구에서는 유역적용성, 모델에 입력되는 자료의 유용성 및 최신의 토지피복특성을 반영할 수 있는 RUSLE 모델을 선정하여 분석에 활용하였다(Renard 등, 1991). RUSLE 모델은 기존의 농업지역에 일반적으로 적용했던 USLE 모델을 유역에 적용하기 위해 Renard 등(1991)에 의해 개발된 모델로서 다양한 실험관측을 통해 각 인자들의 식들이 개선되고 있다. RUSLE 모델은 강우침식인자(R), 토양침식인자(K), 지형인자(LS), 식생피복인자(C), 경작인자(P) 그리고 토사유실량(A)로 구성되어 있다.

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

먼저, 강우침식인자는 강우량과 강우강도에 영향을 받는데, 강우량보다는 강우강도가 강우침식인자에 더 큰 영향을 미치며 일정 강우강도 이하에서는 상대적으로 비침식성 결과를 보이는 것으로 알려져 있다. 또한 강우강도에 의한 방법은 비교적 단기강우사상에 의한 효과를 모의하는데 장점이 있는 반면 강우량에 의한 방법은 장기강우사상을 모의하는데 효과적인 것으로 알려져 있다(Hudson, 1977). 본 연구에서는 탁수 및 토사유실 저감대책에 대한 효과를 분석하는 것으로서 인간의 인위적인 조작이 곤란한 강우특성을 일반화하기 위해 식 (2)와 같이 Toxopeus가 제안한 강우침식인자를 이용하였다(신계중, 1999).

$$R = 38.5 + 0.35 \times P_r \quad (2)$$

여기서 R은 강우침식인자(Joule/m<sup>3</sup>)이고, P<sub>r</sub>은 연강우량(mm/yr)이다.

토양침식인자는 토사유실에 영향을 주는 토양의 고유한 특성을 설명하는 인자로서, 토양층의 미사, 모래함량, 토양구조, 유기물함량 및 투수성 등과 관련되어진다. 특히 토양침식인자는 토양의 표토부분을 구성하는 토양의 입경 분포에 가장 큰 영향을 받게 된다. 본 연구에서는 표토에 대한 입경분포특성을 효과적으로 반영할 수 있는 Erickson(1997)의 삼각형 도표 방법을 이용하여 토양침식인자를 인덱스화 하였다.

침식사면의 길이인자는 강우시 물에 흐름이 많아지는 지형에 더 많은 에너지가 전달된다는 개념을 반영한 인자로서, 물의 다중흐름 알고리즘이 포함되어 있는 Desmet과 Govers(1996) 식 (3)을 GIS 상에서 구현하였다.

$$L_{ij} = \frac{(A_{ij-jn} + D^2)^{m+1} - A_{ij-jn}^{m+1}}{D^{m+2} \times x_{ij}^m \times 22.13^m} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{(\sin\theta/0.0896)}{(2.96 \times \sin^{0.79}\theta + 0.56)}, \quad m = \frac{\beta}{1 + \beta}$$



기능을 담당하고 있다. 소양호 상류유역에서 발생·유입되는 대량의 고탁수는 사회·경제적으로 양질의 용수공급에 제한을 초래하여 정수비용을 상승시키며, 관광자원으로서 가치가 감소함으로써 지역의 경제에 악영향을 미치고, 생태적으로는 흙탕물로 인하여 수중의 생태계에 영향을 미치게 되며 이로 인하여 수질 악화를 초래하여 심각한 수환경 저하를 발생시키고 있다. 소양호유역은 30개의 하천으로 구성되어 있고, 유역면적은 약 2,695km<sup>2</sup>이며, 행정구역은 강원도 인제군, 고성군, 양구군, 홍천군, 춘천시에 걸쳐 있다.

그림 1(a)는 소양호유역 위치도이며 그림 1(b)는 소양호 소유역도로서 총 30개의 세부유역으로 구성되어 있다.

## 2. GIS DB 구축

소양호유역의 토사유실량을 산정하기 위해 이용된 GIS 자료는 수치지형도, 토지피복도 그리고 토양도가 있다. 국토지리정보원에서 구축한 1:5,000 수치지형도는 지형인자 및 경작인자를 계산을 위한 DEM 제작에 활용하였으며, 중분류체계의 환경부 토지피복도는 식생인자와 경작인자를 계산하는데 활용하였다. 또한 농업과학기술원의 1:25,000 정밀토양도는 토양침식인자를 계산하기 위해 활용하였고, 강우자료는 소양강댐 관리연보를 이용하여 구축하였다(한국수자원공사, 2006).

지표를 구성하는 피복상태는 강우에 따른 토사유실 및 그로 인한 탁수발생에 결정적인 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 식생피복인자와 경작인자 계산을 위해 중분류 체계의 토지피복도를 기반으로 하였으며, 북한지역인 인북천유역은 자료 여건상 대분류체계의 토지피복도를 연계 활용하였다.

## 3. 소양호유역의 토사유실 평가

강우침식인자는 강우강도와 강우량을 이용하여 계산할 수 있다. 강우강도는 비교적 단기

사상에 대한 강우특성을 반영할 수 있는 장점이 있으나, 유역대책공법의 효과를 평가하는 연구에서는 인간의 인위적인 조절이 어려운 강우특성을 일반화할 수 있는 강우량자료를 적용한 강우침식인자 산정이 바람직하다. 본 연구에서는 관측소별 2005년도 강우량 자료를 기반으로 Toxopeus 식을 이용하여 관측소별 강우침식인자를 계산하였으며 스플라인 보간을 수행하여 소양호유역의 강우침식인자를 평가하였다.

토양침식인자는 농업과학기술원에서 구축한 1:25,000 정밀토양도를 Erickson(1997)의 삼각형 도표에 적용하여 계산하였다. 이는 기존의 개략토양도에 의한 계산방법보다 매우 정밀한 토양침식인자 계산이 가능하므로 임하호 탁수발생의 원인이 되는 지역을 선택위로 분석하는데 효과적이다.

지형인자를 계산하기 위해 1:5,000 수치지형도의 등고로부터 구축한 TIN 자료로부터 10m 해상도의 DEM 자료를 구축하였다. 침식사면의 길이인자(L)는 Desmet과 Govers(1996) 식을 적용하여 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 누적함수를 함께 적용하였다.

식생피복인자는 현장조사 및 환경부의 자료를 기반으로 구축한 중분류 체계의 토지피복도를 미국 농무성에서 제시한 토지피복별 식생피복인자 기준을 적용하여 계산하였다. 또한 경작인자는 수치지형도에서 추출한 DEM 자료로부터 분석한 경사도와 중분류체계의 토지피복도에서 분석한 경작상태를 중첩 분석한 후 재배형태별 경작인자 기준을 적용하여 산정하였다. 그림 2는 소양호유역의 RUSLE 인자 분포도이며, 표 1은 10m 해상도로 분석한 소양호유역의 RUSLE 인자 및 토사유실량 분석 결과이다.

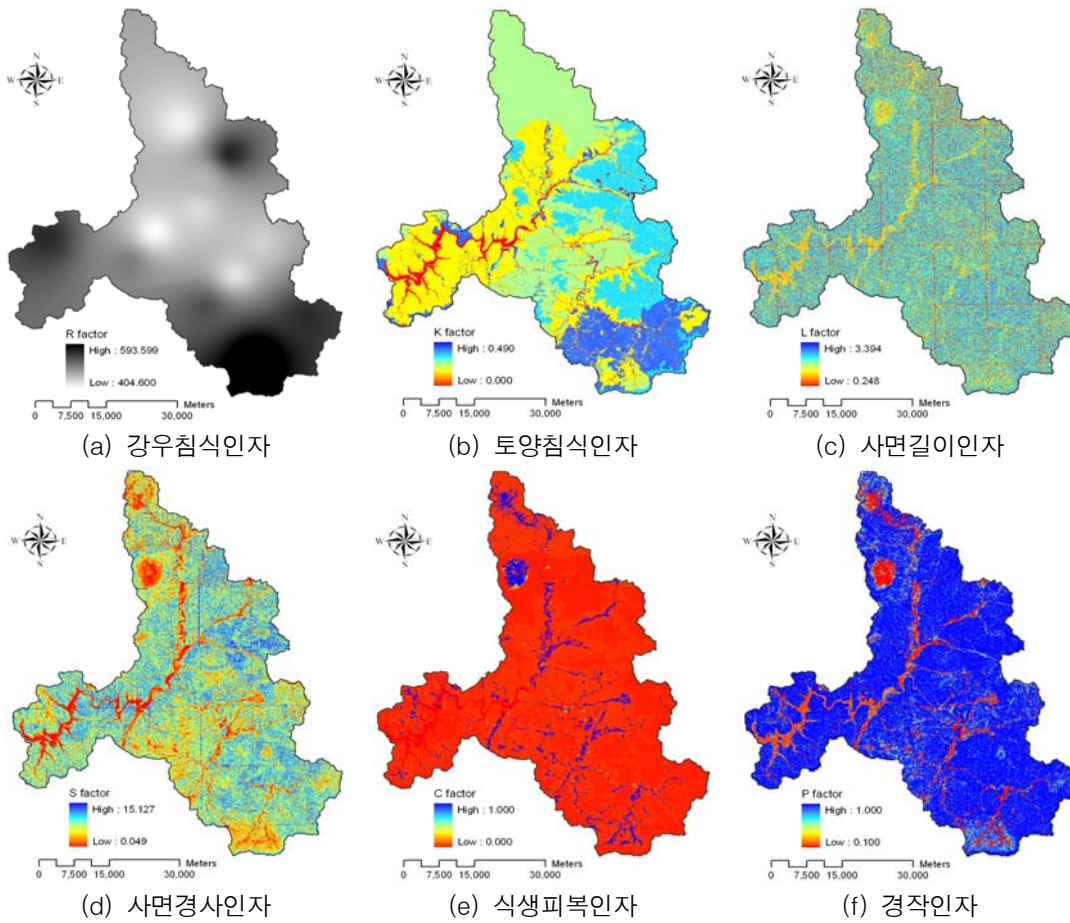


FIGURE 2. RUSLE 인자 분포도

TABLE 1. RUSLE인자 및 토사유실량 분석결과

구분	최 소	최 대	평 균	표준편차
R	404.600	593.599	474.545	39.262
K	0.000	0.490	0.299	0.087
L	0.248	3.394	1.932	0.823
S	0.049	15.128	6.636	3.625
C	0.000	1.000	0.030	0.103
P	0.100	1.000	0.911	0.194
A	0.000	6527.245	17.907	50.832

소양호유역의 RUSLE 인자를 이용하여 토사유실량을 평가한 결과, 토사유실량의 평균값

이 17.9 ton/ha로 분석되었으며, 면적단위로 환산한 결과 4,819,494 ton의 토사유실량이 산정되었다. 그림 3은 2005년도 강우자료를 이용하여 분석한 토사유실량 분포도이다.

소유역별 토사유실량 분석을 위해 소유역도 레이어를 Zone Grid로 지정한 후 ArcGIS의 Zonalstats 함수를 이용하여 분석하였다. 2005년도 강우량 자료를 이용하여 평가한 단위토사유실량에서는 추곡천(32.4 ton/ha, 자운천(30.4 ton/ha), 오향천(28.2 ton/ha) 순으로 높게 분석되었다. 따라서 자운천, 추곡천 그리고 오향천 유역들이 다른 유역들에 비해 상대적으로 토사유실 발생 가능성이 높다고 판단된다.

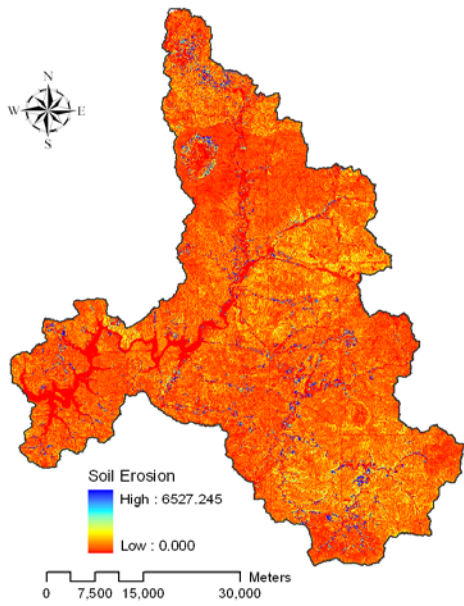


FIGURE 3. 토사유실 분포도(2005)

다만, 탁수발생의 원인이 되는 주요 하천을 선정하기 위해서는 토사유실량 뿐만 아니라 지질적인 측면을 함께 고려해야 된다. 아울러 토사유실지역이 하천으로부터 가까운지 혹은 대규모로 밀집된 지역인지도 함께 고려하고 현장조사를 통해 제방의 유무 그리고 작물종류 등도 함께 검토하여 토사유실 원인지역을 결정하는 것이 중요하다.

### 사방댐의 토사유실 저감효과

#### 1. 사방댐 추진계획

집중호우시 산간계곡의 임목류, 암석, 토사 등이 다량으로 하천에 유입됨에 따라 하류지역의 주택, 농경지, 도로 등의 피해규모가 증가하고 있다. 특히, 산사태 발생시 토석, 토사 유출로 인한 고농도 흙탕물이 발생하는 문제

TABLE 2. 소유역별 토사유실량 분석결과

소유역명	면적 (ha)	토사유실량 (ton)	단위토사 유실량(ton/ha)	소유역명	면적 (ha)	토사유실량 (ton)	단위토사 유실량(ton/ha)
인북천	46,780	815,407	17.4	오향천	1,190	31,071	28.2
만대천	6,180	113,457	18.2	수산천	3,770	69,115	18.6
서화천	5,010	49,078	9.8	어론천	4,780	99,124	21.0
북천	17,950	311,682	17.4	우각천	6,100	99,161	16.2
영실천	6,870	123,749	18.1	정자천	1,900	37,429	19.6
가야천	4,770	77,090	16.4	내린천	24,030	506,963	21.1
한계천	5,580	105,871	19.2	조교천	2,390	35,929	15.6
소양강_국가하천	36,720	502,642	13.6	상남천	7,570	114,774	15.3
가리산천	8,680	165,592	19.2	물노천	1,360	25,058	19.2
두무천	2,360	36,162	15.7	계방천	9,160	169,237	18.5
소양강_지방1급	11,890	222,753	18.8	품안천	2,560	59,385	23.7
방태천	19,450	276,707	14.2	품걸천	1,360	23,463	18.0
귀둔천	4,440	89,330	20.3	방내천	9,770	219,535	22.6
추곡천	1,610	51,843	32.4	자운천	9,360	282,837	30.4
부귀천	1,680	28,615	17.8	조향천	4,040	76,438	19.1
계						4,819,494 ton (269,500 ha)	

가 악순환되고 있는 실정이다.

사방댐은 태풍이나 집중호우로 산사태를 유발할 경우 상류지역에서 밀려 내려오는 토석류를 차단하고 계곡물의 유속을 완화시켜 하류지역 농경지, 가옥 등의 자연재해예방에 필수적인 시설이며 유실된 토사가 저수지로 유입되는 것을 차단하는데 큰 효과가 있다.

소양호유역의 사방댐은 국유림을 담당하고 있는 산림청과 사유림을 담당하고 있는 지자체 소관으로 크게 구분하고 있으며 산림청이 39개, 지자체가 55개로 총 94개의 사방댐을 계획중에 있다. 그림 4는 사방댐 전경사진이다.



FIGURE 4. 사방댐 전경사진

## 2. 사방댐 토사유실 저감효과 분석

소양호유역의 사방댐 위치는 산림청에서 제시한 계획도면을 기반으로 1:5,000 수치지형도를 이용하여 구축하였으며, 사방댐유역은 등고선도를 이용하여 구축한 10m 해상도의 DEM 자료를 기반으로 유역추출알고리즘을 이용하여 그림 5와 같이 추출하였다.

사방댐에 의한 토사유실 저감효과는 사방댐의 규모와 준설주기에 따라 좌우된다. 일반적인 사방댐의 규모는 길이가 30~40m, 높이가 4~5m 정도이며(류택규와 장규관, 1998; 전근우 등, 2005), 전라남도 산림환경연구소(<http://jnforest.jeonnam.go.kr>)에서는 사방댐에 의한 퇴사저감량은 5,000 ton/개로 알려져 있다. 유역에서 유

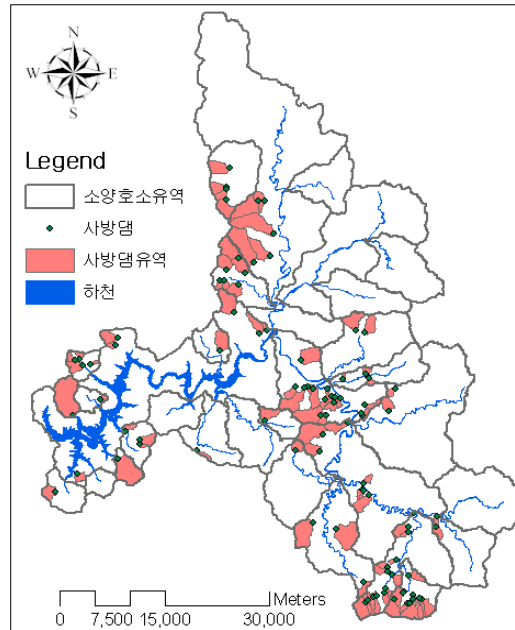


FIGURE 5. 사방댐 유역도

실된 토사는 지표를 따라 하천으로 이동하게 된다. 따라서, 사방댐을 기준으로 상류유역의 경계를 도면화하고 상류유역의 토사유실 특성을 분석해야 한다. 특히 상류유역에서 유실된 토사가 사방댐까지 전파되는 비율인 유사운송비(SDR; Sediment Delivery Ratio)를 계산하는 과정이 필요하다. 유사운송비를 계산하는 다양한 식들이 있으며, 본 연구에서는 유역면적에 따라 유사운송비를 계산할 수 있는 Boyce(1975) 식을 이용하였다.

$$SDR = 0.41 \times (\text{유역면적})^{-0.3} \quad (5)$$

유사운송비 계산후 사방댐 상류유역도를 Zone Grid로 지정한 후 2005년도 토사유실분포도를 기반으로 Zonalstats 함수를 이용하여 각 사방댐유역별 토사유실량을 산정하였다.

각 사방댐에서 저감할 수 있는 퇴사량을 5,000 ton/개로 가정하였으며, 유사운송비 기준과 사방댐유역별 토사유실량 자료를 연계하여 사방댐유역별 토사유실저감량 및 저감효과



를 표 3과 같이 평가할 수 있었다. 전체적으로 사방댐에 의해 저감할 수 있는 토사유실량은 330,203 ton으로 전체 토사유실량인 4,819,494 ton의 6.8%로 분석되었다. 유역별 토사유실저감량 분석결과에서는 소양강\_지방1급이 49,093 ton으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 자운천(45,320 ton) 그리고 내린천(32,193 ton)으로 나타났다. 또한 유역별 토사유실 저감효율 분석에서는 조항천유역의 사방댐에 의한 토사유실저감량이 30,247 ton으로 소유역에서 발생하는 76,438 ton과 비교하여 40%의 저감효과가 있는 것으로 분석되었으며, 물노천이 32% 그

리고 부귀천이 31%로 나타났다.

본 연구에서 분석한 사방댐 및 유역별 토사유실저감효과 분석자료는 사방댐의 규모와 위치를 최종적으로 결정하기 위한 기초자료가 된다. 예를 들어 인북천의 85번 사방댐유역에서 유입되는 토사유실량은 1,430 ton이므로 사방댐의 규모를 5,000 ton/개소로 설계하는 것은 비용 대비 효과 측면에서 비효율적임을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 5,000 ton/개소 이하인 사방댐의 위치를 5,000 ton 이상인 지점으로 위치를 변경하는 시나리오를 설정하여 분석한 결과, 토사유실저감량은 506,783

TABLE 3. 소유역별 토사유실저감효과

소유역	사방댐 지점	토사유실 저감량(ton)	소유역	사방댐 지점	토사유실 저감량(ton)
인북천	26, 27, 74, 85 86	26,181	오항천	13	850
만대천	15, 17, 88, 89	13,805	수산천	-	0
서화천	-	0	어룡천	2	1,296
북천	-	0	우각천	-	0
영실천	-	0	정자천	38	5,385
가아천	79, 80, 81 82, 83, 84	20,663	내린천	39, 40, 41, 61, 62 63, 64, 65, 67	32,193
한계천	-	0	조교천	9, 10, 11	6,955
소양강_ 국가하천	14, 16, 18, 19, 21, 22 23, 24, 25, 28, 29, 30 31, 32, 33, 87	18,551	상남천	58	2,355
가리산천	72, 73	11,724	물노천	91	8,093
두무천	71	6,206	계방천	-	0
소양강_ 지방1급	14, 16, 18, 19, 21, 22 23, 24, 25, 28, 29, 30 31, 32, 33, 87	49,093	품안천	1	5,390
방태천	12, 90	4,363	품걸천	-	0
귀둔천	34, 69, 70	3,366	방내천	3, 55, 93	17,051
추곡천	5, 6, 7, 8	12,237	자운천	42, 43, 45, 46, 47 48, 49, 50, 51, 52 53, 54, 94	45,320
부귀천	75	8,878	조항천	35, 36, 37, 44, 56 57, 59, 60, 66, 68	30,247
계	총토사유실저감량 / 총토사유실량(330,203ton/4,819,494ton) = 6.85%				

ton으로 전체토사유실 발생량인 4,819,494 ton과 비교하여 10.52%의 저감효과가 있는 것으로 분석되었다. 이와 같이 GIS 기반 RUSLE 모델을 이용하여 산정한 사방댐 지점 및 유역별 토사유실 저감효과는 농림부, 환경부 그리고 소방방재청 등에서 수행될 다양한 토사유실저감대책과 더불어 유역대책을 수립하는데 중요한 의사결정 자료가 될 것으로 판단된다.

## 결 론

본 연구에서는 소양호유역의 탁수 및 토사유실 저감을 위해 수립중인 다양한 대책중 산림청과 지자체를 중심으로 계획중인 사방댐에 대한 저감효과를 분석한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

2005년도 강우자료, DEM, 토지피복도 그리고 정밀토양도 등을 기반으로 RUSLE 토사유실모델을 이용하여 평가한 소양호유역의 토사유실량은 4,819,494 ton으로 분석되었으며, 단위토사유실량을 평가에서는 추곡천이 32.4 ton/ha로 가장 높게 나타났으며 자운천(30.4 ton/ha) 그리고 오향천(28.2 ton/ha) 순으로 평가되었다. 따라서 추곡천, 자운천 그리고 오향천 유역들이 다른 유역들에 비해 상대적으로 토사유실 발생 가능성이 높음을 알 수 있었다. 소양호유역에 계획중인 94개의 사방댐 지점을 중심으로 유역추출알고리즘을 이용하여 사방댐유역을 추출하였으며, 사방댐유역의 토사유실량과 유사운송비를 계산하여 평가한 토사유실저감량은 330,203 ton으로서 전체토사유실발생량인 4,819,494 ton과 비교하여 6.8%의 저감효과 있음을 알 수 있었다. 사방댐유역은 시설 규모와 준설주기에 따라 저감효과가 결정되며 일반적인 기준인 5,000 ton/개소를 기준으로 할 때, 토사유실이 적게 나타나는 지역을 5,000 ton 이상 발생하는 지역으로 위치를 변경시 토사유실저감량은 506,783 ton으로 전체 토사유실 발생량인 4,819,494 ton과 비교하여

10.52%의 저감효과가 있는 것으로 분석되었다. 본 연구에서 분석한 지점별 토사유실저감량 분석자료는 사방댐건설 실시계획 수립시 실제 위치선정에 대한 타당성 평가자료로 활용이 가능하며, 농림부, 환경부, 소방방재청 및 건교부 등의 유역대책 저감효과 자료와 연계시 소양호유역의 탁수 및 토사유실 저감효과 분석이 가능하리라 판단된다.

## 감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 사방댐 위치도(안)을 제공해준 산림청, 토지피복도를 제공해 준 환경부 정보화담당관실, 그리고 정밀토양도를 제공해준 농촌진흥청 농업과학기술원에 감사드립니다. **KAGIS**

## 참고 문헌

- 김주훈, 김정탁, 연규방. 2003. GIS를 이용한 토양침식 위험지역 분석. 한국지리정보학회지 6(2): 22-32.
- 류택규, 장규관. 1998. 산지 사방댐의 설치효과. 생명자원과학연구 20: 42-47.
- 박경훈. 2003. GIS 및 RUSLE 기법을 활용한 금호강 유역의 토양침식 위험도 평가. 한국지리정보학회지 6(4): 24-36.
- 박인환, 장갑수, 이근상, 서동조. 2006. 토양 및 지형조건에 따른 토양침식 잠재성 분석. 한국환경영향평가학회지 1(1): 1-12.
- 신계중. 1999. 지형공간정보체계를 이용한 유역의 토양유실분석. 강원대학교 대학원 박사학위논문.
- 이근상. 2006. GIS 공간분석을 이용한 안동·임하호 유역의 토사유실 비교 평가. 대한토목학회논문집 26(2): 341-347.
- 전근우, 양동윤, 김석우, 김정남, 김재현. 2005. 피해저감을 위한 효과적인 사방댐 시공기준. 산림공학기술 3(2): 103-124.
- 정필균, 고문환, 임정남, 임기태, 최대웅. 1983. 토

- 양유실량 예측을 위한 강우인자의 분석. 한국 토양비료학회지 16(2): 112-118.
- 한국수자원공사. 2004. 임하댐 탁수저감방안 수립.
- 한국수자원공사. 2006. 소양다목적댐 관리연보.
- Desmet, P.J. and G. Govers. 1996. A GIS procedure for the automated calculation of the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(5): 427-433.
- Erickson, A.J. 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, *Journal of Soil Science Society of America* 61(3): 917-919.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies and P.J. Porter. 1991. RUSLE : Revised Universal Soil Loss Equation, *Journal of Soil and Water Conservation* 46(1): 30-33. 