

**SATEEC ArcView GIS 시스템을 이용한  
홍천군 자운리 유역 무허가경작지의 산림 환원에 따른  
토양유실 및 유사저감 분석**

**Soil Erosion and Sediment Yield Reduction Analysis with Land  
Use Conversion from Illegal Agricultural Farming to Forest in  
Jawoon-ri, Kangwon using the SATEEC ArcView GIS System**

**장원석\*·박윤식\* · 김종건\* · 최중대\*·임경재\***

**Won Seok Jang\* · Younshik Park\* · Jonggun Kim\* · Joongdae Choi\*  
·Kyoung Jae Lim\***

**Abstract**

The fact that soil loss causing to increase muddy water and devastate an ecosystem has been appearing upon a hot social and environmental issues which should be solved. Soil losses are occurring in most agricultural areas with rainfall-induced runoff. It makes hydraulic structure unstable, causing environmental and economical problems because muddy water destroys ecosystem and causes intake water deterioration. One of three severe muddy water source areas in Soyanggang-dam watershed is Jawoon-ri region, located in Hongcheon county. In this area, many cash-crops are planted at illegally cultivated agricultural fields, which were virgin forest areas. The purpose of this study is to estimate soil loss with current land uses (including illegal cash-crop cultivation) and soil loss reduction with land use conversion from illegal cultivation back to forest. In this study, the Sediment Assessment Tool for Effective Erosion Control (SATEEC) ArcView GIS system was utilized to assess soil erosion. If the illegally cultivated agricultural areas are converted back to forest, it is expected to 17.42% reduction in soil loss. At the Jawoon-ri region, illegally cultivated agricultural areas located at over 30% and 15% slopes take 47.48 ha (30.83%) and 103.64 ha (67.29%) of illegally cultivated agricultural fields respectively. If all illegally cultivated agricultural fields are converted back to forest, it is expected that 17.41% of soil erosion and sediment reduction, 10.86% reduction with forest conversion from 30% sloping illegally agricultural fields, and 16.15% reduction with forest conversion from 15% sloping illegally agricultural fields. Therefore, illegally cultivated agricultural fields located at these sloping areas need to be first converted back to forest to maximize reductions in soil loss reduction and muddy water outflow from the Jawoon-ri regions.

*Key words* : Jawoon-ri, Land Use, Soil Loss, SATEEC ArcView GIS, USLE

---

\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : sabal81@hotmail.com  
\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : caron-ys@nate.com  
\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : kimjg23@gmail.com  
\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr  
\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : kjlim@kangwon.ac.kr

## 1. 서론

댐 유역의 지역에서 발생하는 토양유실은 탁수문제를 야기시킨다. 이로 인해 수자원의 지속가능한 이용뿐만 아니라 하천생태계에도 많은 피해를 주고 있으나, 그동안 저수지를 포함한 유역 물관리 운영에 적극적으로 고려되지는 않았다. 탁수는 유역으로부터 다양한 오염원을 단시간에 저수지로 유입시킴으로써 수질악화의 원인이 될 뿐만 아니라 하천 생태계의 서식환경 문제, 저수지 퇴사, 그리고 자연하천 상태에 비해 장기간 탁수를 방류함으로써 하류에 피해를 야기한다. 그동안 토양유실로 인한 문제는 그 범위와 정도, 유실률, 그리고 토양유실과 관련된 복잡한 현상으로 인하여 정확한 사회적, 경제적, 환경적 영향을 평가받아 오지 못했다. 가속화된 토양유실은 우리나라 곳곳에서 많은 문제를 발생시키고 있다. 토양유실로 인한 산림지대의 탁수발생과 생태계 파괴 문제가 사회 문제로 화두가 되고 있고, 사면에서의 토양유실은 화학적 또는 물리적인 환경 변화를 야기하는 원인으로 규명되면서 최근 관심이 높다. 자연재해 측면에서 침식에 의한 직접 피해뿐만 아니라, 침식된 퇴적물질이 하상의 높이를 상승시키고, 2차적으로 홍수와 같은 자연재해를 유발하는 요인이 되고 있어 사면의 토양유실은 중요한 문제로 부각되고 있다(이진영 등, 2006). 경사지에서의 토양유실은 경사도에 따라 그 양이 뚜렷하게 차이가 나는데, 경사도 10%에 비해 20%에서는 1.5배, 30%에서는 2.9배 증가되고, 15% 이상의 경사지에서는 경사도가 높을수록 토양유기물과 유효인산 함량이 감소되는 특성이 있다(강원도, 2005). 농민들은 생계를 위해서 산림을 무허가로 경작지로 개간하였지만 환경적인 측면에서는 탁수 문제의 주된 원인이기 때문에 이에 대한 규제와 대책이 절실한 실정이다. 무허가개간으로 토양유실이 가중되고 있는 반면에 무허가 경작지에서 발생하는 토양유실량을 줄이기 위하여 무허가경작지를 조림사업을 통해 산림으로 복원할 경우 탁수저감효과에 대한 분석은 전무하다. 따라서 본 연구의 목적은 USLE 입력자료만으로 유역의 토양유실량(Soil Loss)과 유사량(Sediment Yield)을 평가할 수 있는 SATEEC ArcView GIS 시스템을 이용하여 자운리 유역에서 발생하는 토양유실량을 산정하고 조림사업을 통해 무허가경작지를 산림으로 환원 할 경우 토양유실과 유사저감효과를 분석 하는데 있다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 대상유역

자운리 유역의 총 면적은 6,973 ha (69.73 km<sup>2</sup>)이고 유역의 평균고도는 824 m이며 평균 경사도는 38.5% 이다(Fig.1). Fig.2는 자운리 유역의 토지이용현황이며 산림(FRST)이 82.93%를 차지하고 있고, 농경지(AGRL)가 12.32%, 수역(WATR) 2.02%, 초지(PAST) 1.62%, 저밀도 주거지(URLD)가 1.09%를 차지하고 있다. 자운리 유역 내에서는 생산성 극대화를 위해 지목상 임야인 지역을 무허가 개간하여 고령지 농업을 수행하는 곳이 많아 고농도 탁수 발생의 원인을 제공하였다(강원도, 2005).

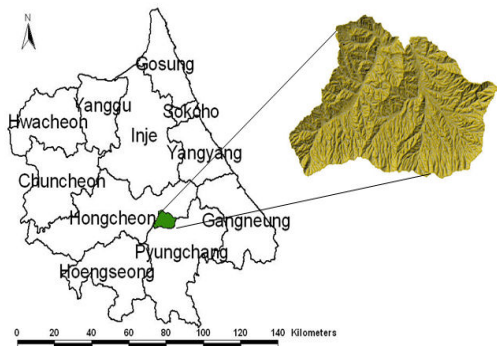


Fig. 1. Location of the Jawoon-ri Watershed at Hongcheon, Kangwon-Do.

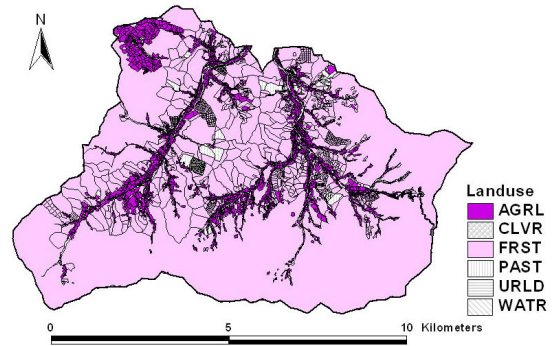


Fig. 2. Landuse at the Jawoon-ri watershed.

## 2.2 적용방법

본 연구에서는 자운리 유역의 현재 토양유실량 및 유사량을 예측하고, 무허가경작지의 산림 환원시 유사 저감 효과분석을 위해 USLE (Universal Soil Loss Equation) / SATEEC (Sediment Assessment Tool for Effective Erosion Control) ArcView GIS 모형을 이용하였다. SATEEC ArcView GIS 시스템(Lim et al., 2005)은 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 USLE 모형의 입력자료 만을 이용하여 누구나 손쉽게 유역 내 토양유실 및 유사발생과, 유역면적에 따른 유달률을 산정하여 유역에서 유실된 토양이 얼마만큼 하류로 유달되는지를 모의할 수 있다. SATEEC ArcView GIS 시스템은 유역 내 임의의 지점에서 토양유실 방지대책을 수행하였을 경우 하류하천에 얼마나 유사 발생을 저감시킬 수 있는지를 모의하는 시스템으로 유역 단위(Watershed scale)로 적용시킬 수 있는 장점이 있다.

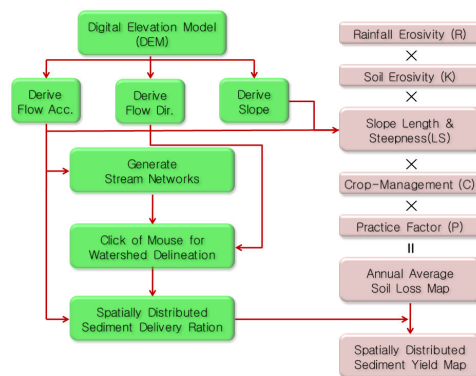


Fig. 3. Overview of the SATEEC ArcView GIS system (Lim et al., 2005).

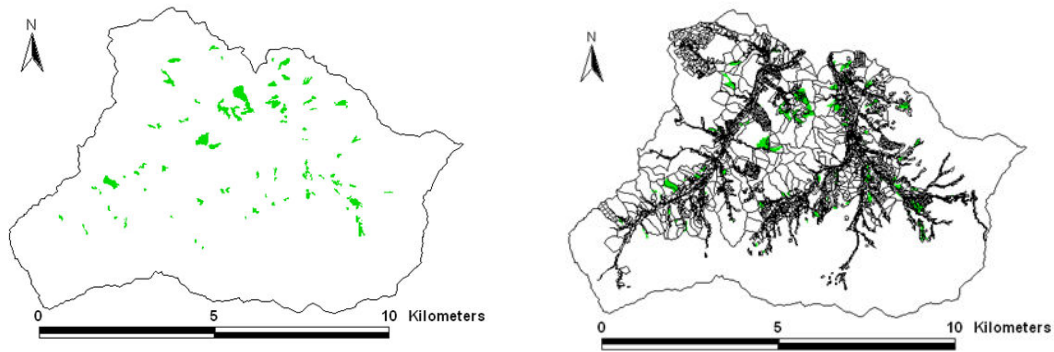
## 2.3 USLE / SATEEC ArcView GIS 입력자료 구축

강우인자(R)는 정영상 등(1999)에 의해 산정된 행정구역별 강우인자(R) DB를 이용하여 자운리 지역의 강우인자 DB를 구축하였다. R 값은 417을 사용하였다. 토양침식인자(K)는 농업토양 정보

시스템(ASIS, 2008)에서 제공하는 정밀토양도(1:25000)에 의해 계산된 K 값을 산정하였다. 작물경작인자(P)는 Wischmeier and Smith(1978)에 의해서 제시된 P 값을 경작 방법과 경사도에 따라 이용하였다. 경사장 인자(L)와 경사도 인자(S)에 의해 만들어진 지형인자(LS)는 SATEEC ArcView GIS 시스템에서 DEM을 이용하여 Moore and Burch(1986a, 1986b)에 의해 제안된 을 이용하여 계산하였다. 식생피복인자(C)는 정필균 등(1984)에 의해 제시된 토지 피복별 식생피복인자 기준을 적용하였고, 지적도상의 지목들을 분류하고 각 지목별로 값을 입력하여 C값을 적용하여 산정하였다.

### 2.3. 자운리 유역에서의 무허가경작지 분석

본 연구에서는 고해상도 위성영상과 편집지적도를 이용하여 자운리 지역의 무허가경작지 현황을 파악하였다. 이를 통해 현재의 농경지의 현황을 파악할 수 있었으며 지적도 지목상 임야인 지역이 현재 농경지로 이용되고 있는 지역을 파악하여 무허가경작지 DB를 구축하였다(Fig. 4).



(a) Illegally Cultivated Agricultural Area (b) Current Agricultural Areas including Mapping Illegally Cultivated Agricultural Areas

**Fig. 4. Illegally Cultivated Agricultural Area Mapping.**

### 3. 결 론

본 연구에서는 소양강댐 유역 중 탁수문제가 심한 자운리 유역을 대상으로 하여 산림이 농경지로의 무허가 전용 지역에 대한 분석을 수행하였다. 현재 자운리 유역의 토지이용(무허가경작지 포함)에서의 토양유실량은 374,501 ton/year (53.71 ton/ha/year) 이고, 무허가경작지면적 154ha를 조림사업을 통해 산림화 하였을 경우의 토양유실량은 318,956 ton/year (45.71 ton/ha/year)로 약 17.41%의 토양유실 저감효과를 기대할 수 있다. 소양강댐 유역의 탁수 발생의 최대 원인은 하천주변에 주로 분포하고 있는 고랭지 밭이다. 본 연구지역인 자운리 유역의 15%이상 경사도의 농경지는 전체 지역의 1.49% (무허가경작지의 약 66.83%)를 차지하고 있다. 탁수오염의 우심지역인 무허가경작지 중 경사도 30%이상인 지역과 15% 이상인 지역을 산림으로 환원을 할 경우는 각각 약 10.86%와 16.15%의 토양유실 저감효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.(Fig. 5) 무허가경작지는 조림사업을 통해 지적도 지목상의 산림으로 바꾸는 것이 환경적인 측면에서

매우 고무적일 것이다. 본 연구의 결과에서도 알 수 있듯이 경사도가 30% 이상인 무허가경작지와 15% 이상인 무허가경작지를 우선적으로 산림화 한다면 토양유실 저감 효과가 뛰어날 것이다. 그리고 본 연구의 결과는 경제적이면서 효과적인 토양유실량의 저감 대책수립에 관한 연구 및 정책 개발에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. SATEEC ArcView GIS 시스템의 예측치와 실측치의 비교를 통해 모형의 검증은 수행하지 못하였기 때문에 결과에 있어 다소 차이가 있을 것으로 판단되나 향후 SATEEC ArcView GIS 시스템을 실측자료가 풍부한 지역을 대상으로 보정 및 검증 작업을 통해 좀 더 정확한 분석을 할 수 있을 것으로 기대된다.

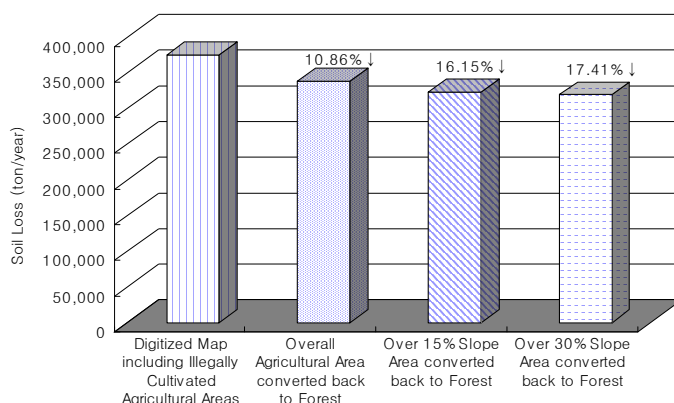


Fig. 5. Soil Loss Reduction with Map including Illegally Cultivated Agricultural Areas, over 15% Slope Area and over 30% Slope Area.

## 참 고 문 헌

1. 강원도(2005). 고랭지 밭 흙탕물 저감 중장기 프로젝트. p. 11.
2. 이진영, 양동운, 김주용, 홍세선, 김진관(2006). 복하천 유역의 토양유실량 및 경작지의 상관 분석. 한국지리정보학회지, 제9권 제1호, pp. 56-65.
3. 정영상, 권영기, 임형식, 하상건, 양재의(1999). 강원도 경사지 토양 유실예측용 신 USLE의 적용을 위한 강수 인자와 토양 침식성인자의 검토. 한국토양비료학회지, 제32권 제1호, pp. 31-38.
4. 정필균, 고문환, 엄기태(1984). 토양유실량 예측을 위한 작부인자검토. 한국토양학회지, 제18권 제1호, pp. 7-13.
5. ASIS Agricultural Soil Information System(2008). <http://asis.rda.go.kr/> Last accessed Jan. 17.
6. Lim, K. J., Sagong, M., Engel, B. A., Zhenxu, T., Choi, J. D., and Kim, K. S. (2005). GIS-based sediment assessment tool. Catena, 64, pp. 61-80.
7. Moore, I., and Burch, G. (1986b). Modeling Erosion and Deposition: Topographic Effects. TRANS of ASAE, 29(6), pp. 1624-1640.
8. Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. USDA, Agriculture Handbook No.537.