

# GeoWEPP 모델을 이용한 임상별 유출특성 평가

## Evaluation of Runoff from Forest Watershed with Different Vegetation Using GeoWEPP Model

최재완\*, 신민환\*\*, 신기식\*\*\*, 이재운\*\*\*\*, 천세억\*\*\*\*\*  
Jae Wan Choi, Min Hwan Shin, Ki Sik Shin,  
Jae Woon Lee, Se Uk Cheon

---

### 요 지

현재 비점오염원의 정량화를 위하여 정부에서는 지목별 모니터링을 통하여 원단위를 산정하고 있으며, 이를 이용해 수질개선을 위한 수질오염총량관리제를 더욱 효과적으로 운영·평가하기 위한 노력을 하고 있다. 특히, 전 국토의 70% 이상을 차지하고 있는 산림에서 발생하는 유출수에 대한 특성을 파악하는 것이 중요하다. 보통 산림 유출 특성은 모니터링을 수행하여 파악하는 것이 가장 정확한 방법이지만, 지형·작물·시간·강우 패턴 등의 다양한 조건에서 모니터링을 수행하는 것이 어렵다. 또한 지점선정·장비구입·인건비 등 많은 비용이 요구되어 모델링을 통해 시·공간적으로 유출 특성을 평가하고자 하는 연구들이 활발히 진행 중이다. 본 연구는 GIS에서 WEPP 모형의 구동이 가능하게 된 GeoWEPP 모형을 이용하여 활엽수림·침엽수림·혼효림에서 강우시 발생하는 유출량을 모의하여 실측 유출량과의 비교·평가를 통해서 GeoWEPP 모형의 정확성을 평가하는데 있다. 모델 평가를 위해  $R^2$ 와 Nash-Sutcliffe model Efficiency (NSE)를 사용하였다. 활엽수림 지점은 2009년 총 10개의 강우 발생으로부터 유출량이 산정되었는데,  $R^2$ 와 NSE는 각각 0.98와 0.87로 나타났다. 침엽수림 지점은 14개의 강우 발생시 산정된 유출을 이용하여 모델을 평가하였는데,  $R^2$ 와 NSE가 각각 0.91와 0.90으로 나타났다. 혼효림 지점은 총 10개의 강우 발생시 산정된 유출을 이용하여 모델을 평가한 결과  $R^2$ 와 NSE가 각각 0.98와 0.94로 나타나 GeoWEPP 모델이 임상별 유출량을 잘 반영하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과에서 보이는 바와 같이 GeoWEPP 모형이 임상별 유출특성을 매우 정확하게 예측할 수 있다고 판단된다.

**핵심용어 :** 모델링, 유출량, 침엽수림, 혼효림, 활엽수림, GeoWEPP

---

### 1. 서론

비점오염원의 정량화를 위하여 산림 유출수에 대한 유출특성을 파악하는 것이 중요하다. 산림지역 유출수는 하천이나 호소 등과 비교하여 폭이 좁고, 경사가 급해서 체류시간이 짧고, 강우나 주변 토지이용도, 하상구조성분 및 산림의 종류에 따라 많은 영향을 받는다(Hutchinson et al., 1986). 이러한 산림 유출 특성은 모니터링을 수행하여 파악하는 것이 가장 정확한 방법이다. 하지만 지형·작물·시간·강우 패턴 등의 다양한 조건에서 모니터링을 수행하는 것이 어려우며, 지점 선정·장비구입·인건비 등 많은 비용이 요구되어 모델링을 통해 시·공간적으로 유출 특성을 평가하고자

\* 정회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : chlwodhk@korea.kr

\*\* 정회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : uv2000wind@korea.kr

\*\*\* 비회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : env195@korea.kr

\*\*\*\* 비회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : leejaew@korea.kr

\*\*\*\*\* 비회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : cheonseuk@korea.kr

하는 연구들이 활발히 진행 중이다. 미국 농무성 농업연구센터 (USDA) Agricultural Research Service(ARS), Forest Service, NRCS 연구자들에 의해서 개발된 물리적 기반 모델인 Water Erosion Prediction Project (WEPP; Flanagan and Livingston, 1995) 모형은 연속적인 모의가 가능하며 분단위 강수, 단일 강우사상에 대해서도 유출 특성 예측이 가능하다. 더욱이 Geographic Information System(GIS)에서 WEPP의 구동이 가능하게 된 Geo-spatial interface to the Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP; Renschler, 2003)이 개발됨에 따라 복잡한 유역의 데이터 구축이 쉬워졌다. 따라서 본 연구의 목표는 GeoWEPP 모형을 이용하여 활엽수림·침엽수림·혼효림에서 실측 유출량과의 비교·평가를 통해서 모형의 정확성을 평가하는데 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구 대상 지역의 선정

#### 2.1.1 활엽수림 지점

활엽수림 지점은 충남 공주시 반포면 도남리에 위치한 충남산림환경연구소 내에 위치하고 있으며, 활엽수가 지배적으로 3영급 천연림에 속한다. 유역면적은 0.217 km<sup>2</sup>으로 나타났다.

#### 2.1.2 침엽수림 지점

침엽수림 지점은 전북 진안군 진안읍 연장리에 위치하고 있으며, 리기다 소나무가 주종으로 3영급 인공림에 해당한다. 유역면적은 0.377 km<sup>2</sup>의 유역경계 면적이 두개의 산지하천으로 이루어져서 측정지점으로 유입된다.

#### 2.1.3 혼효림 지점

혼효림 지점은 청원군 미원면 미원리 충북산림환경연구소 내에 위치하고 있다. 유역면적은 0.255 km<sup>2</sup>이며, 표고는 300~570 m 이다. 토양은 주로 사양토와 양질사토로 구성되어 있으며, 경사는 80°이하이다.

### 2.2. GeoWEPP 기상 DB 구축

기상 자료는 최대 및 최소기온, 태양복사량, 풍속, 풍향, 이슬점 온도 등 기후자료와 강수량, 지속시간, 5분 최대 강우강도 및 시간 등의 강우자료를 이용하여 구축한다. 그러나 본 연구에서는 더욱 정확한 강우강도를 반영하기 위하여 Break Point Climate Data Generator(BPCDG)를 이용하여 Breakpoint data 형태의 기상데이터를 구축하였다.

### 2.3. GeoWEPP 지형, 토양, 식생/관리 DB 구축

#### 2.3.1. 지형자료 입력

GeoWEPP 모형은 GIS기반으로 기존 WEPP 모형에서 입력해 주었던 지형, 경사, 유로 등의 정보를 입력할 필요가 없다. 대상유역의 수치지도를 이용하여 DEM(Digital Elevation Model)을 구축한 후 ASCII 파일 형식으로 변환시켜 모형에 적용한다(그림 1).

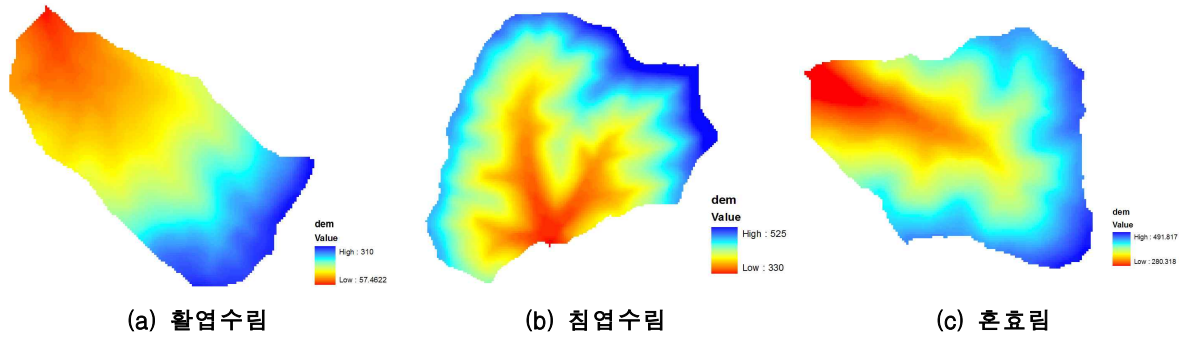


그림 1. 임상별 DEM

### 2.3.2. 토양자료 입력

토양자료는 한국토양정보시스템의 자료를 토대로 WEPP 모델에서 DB 구축하였다. 토양 입력자료에는 토양분류, Albedo, 초기 포화도, 세류간 침식능, 세류 침식능, 한계 수리전단응력, 유효수리전도도, 토양(모래, 점토, 유기물, 양이온 치환능, 암석)비율 등이 포함된다(그림 2).

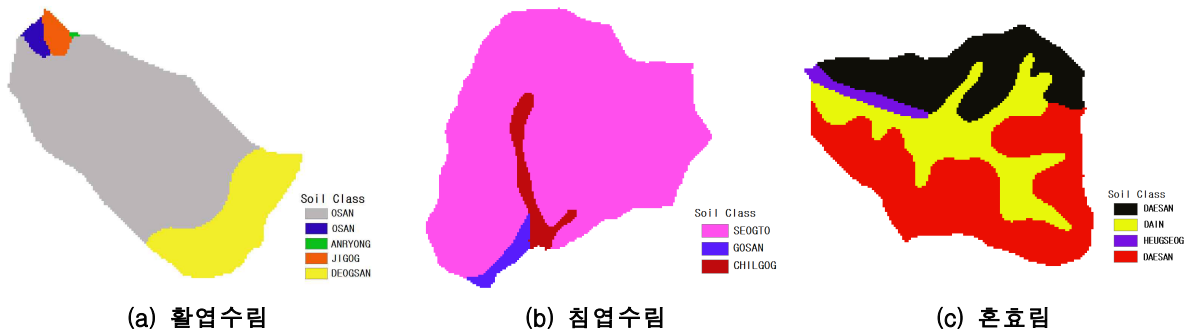


그림 2. 임상별 토양도

### 2.3.2. 식생·관리자료 입력

식생/관리자료 또한 WEPP에서 DB구축 후 GeoWEPP에서 불러들인다. WEPP에서 식생/관리자료 DB구축 시 초기조건, 식생성장, 경작활동, 관개, 배수 등 식생피복에 관련된 매개변수가 필요하다. 본 연구에서는 WEPP에서 제공하고 있는 매개변수를 이용하여 활엽수림, 침엽수림, 혼효림의 DB를 구축하였다(그림 3).

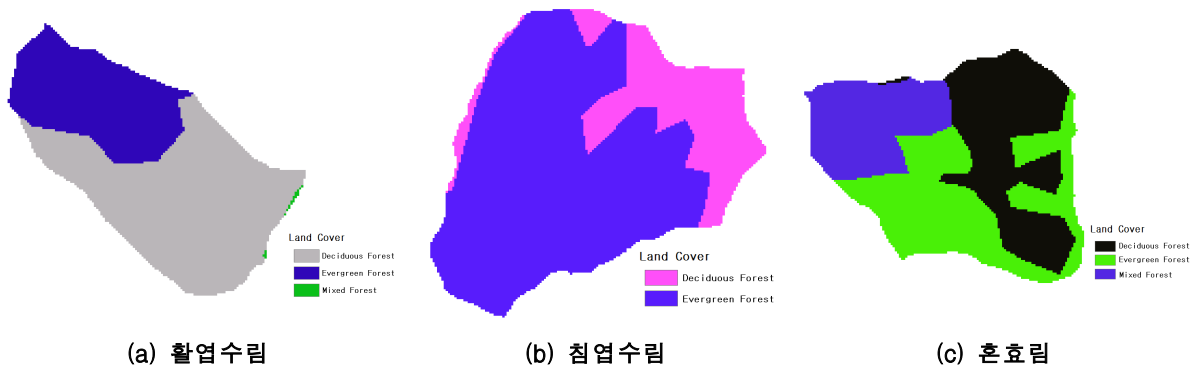


그림 3. 임상별 토지이용도

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 활엽수림 지점 유출량 비교·평가

활엽수림 지점은 총 10개의 이벤트로부터 유출량이 산정되었다. 보정 전  $R^2$ 와 NSE는 각각 0.61과 0.32로 실측치와 예측치가 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났으나, 보정 후  $R^2$ 와 NSE는 0.98과 0.87로 GeoWEPP 모델에서 산정된 예측 유출량이 실측 유출량을 잘 재현하는 것으로 나타났다(그림 4).

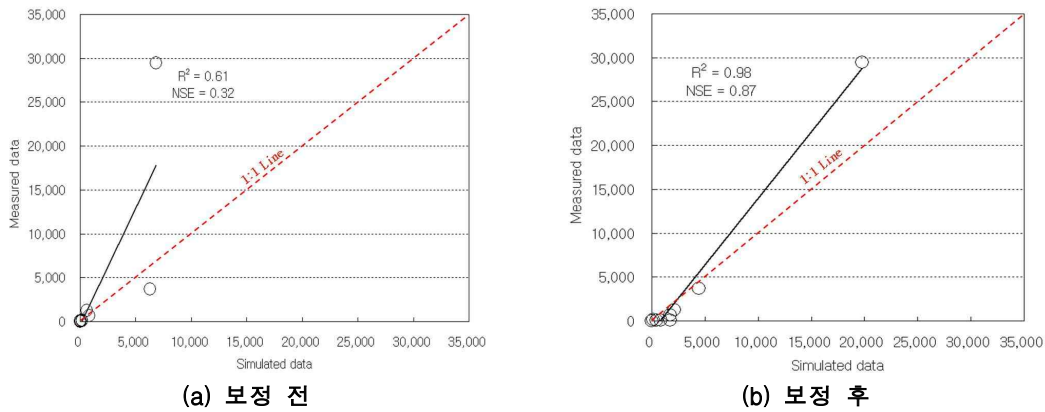


그림 4. 활엽수림 지점 유출량 정확성 평가

#### 3.2 침엽수림 지점 유출량 비교·평가

GeoWEPP 모델 보정 전·후의 유출량 평가 결과 보정 전 결정계수( $R^2$ )가 보정 후 0.63에서 0.91로 향상되었으며, 보정 전 NSE가 보정 후 0.37에서 0.90으로 향상되었다. 따라서 GeoWEPP 모델은 침엽수림에서 발생하는 유출량을 잘 모의하는 것으로 나타났다(그림 5).

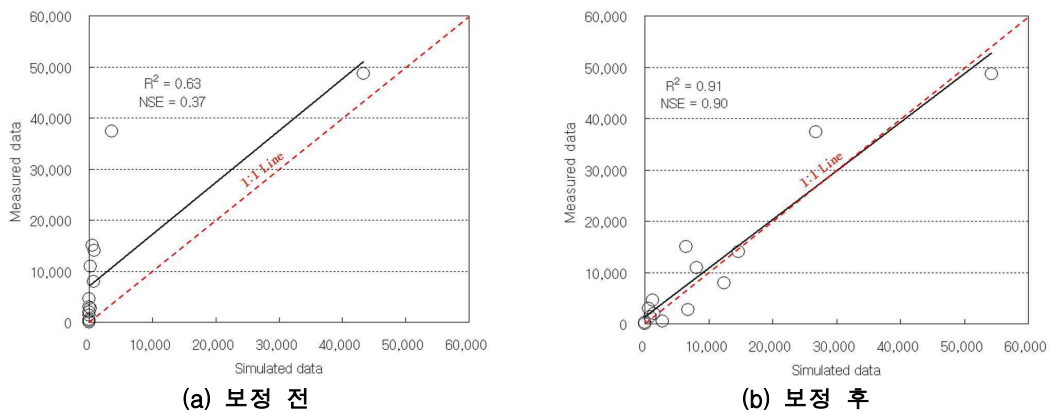


그림 5. 침엽수림 지점 유출량 평가

#### 3.3 혼효림지점 유출량 비교·평가

보정 전·후의 결정계수( $R^2$ )와 NSE를 나타낸다. 보정 전 결정계수( $R^2$ )는 보정 후 변화가 없었고,

NSE는 0.73에서 0.94로 향상되었다. 결과를 바탕으로 평가해 볼 때 GeoWEPP 모델은 혼효림 지역 유출량을 잘 모의하는 것으로 나타났다(그림 6).

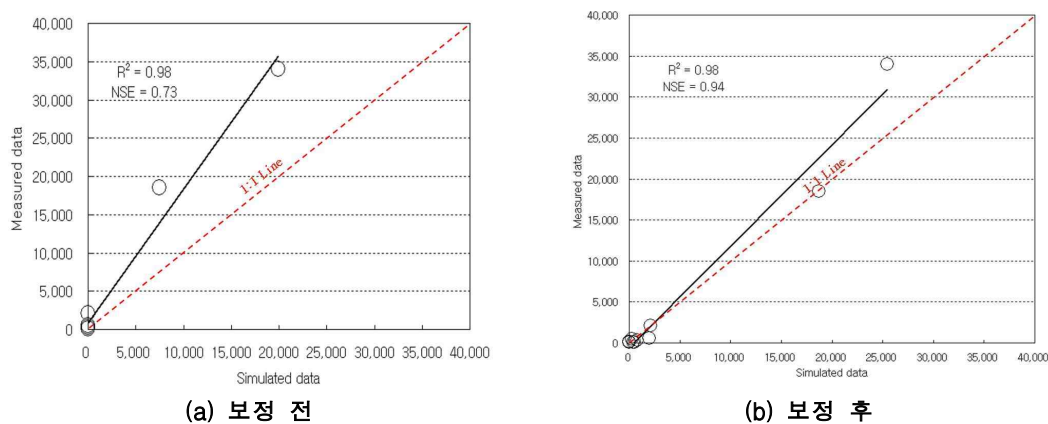


그림 6. 혼효림 지점 유출량 평가

#### 4. 결론

본 연구의 목적은 GIS에서 WEPP의 구동이 가능하게 된 GeoWEPP을 이용하여 활엽수림, 침엽수림, 혼효림의 유출 특성을 예측하여 정확성을 평가하는 것이다. 연구 대상 지역 중 활엽수림 지역의 유출 정확성을 평가한 결과  $R^2$ 와 NSE가 0.98과 0.87로 나타났고, 침엽수림 지역은 0.91과 0.90, 혼효림 지역은 0.98, 0.94로 나타나, GeoWEPP 모형이 다양한 산림 분포에서 매우 정확하게 예측할 수 있다고 판단된다. 본 연구의 결과에서 보이는 바와 같이 GeoWEPP 모형이 다양한 환경 조건에서 유출량 모의가 가능하나, 모형의 데이터 구축(기상, 토양, 식생 관련)이 어렵고, 모형에 내장된 데이터가 미국 내에서 활용하도록 되어있어 국내에 맞는 데이터 구축을 통하여 사용자 편의성을 높일 수 있도록 해야한다.

#### 참고 문헌

1. Hutchinson, T. C., Adams, C. M., and Gaber, B. A. (1986). Neutralization of acidic raindrops on levels of agricultural crop and boreal forest species. *Water, Air, and Soil Pollution*, **31**, pp. 475-484.
2. Flanagan, D. C. and Livingston, S. J. (1995). *WEPP User Summary*. NSERL Report 11, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana.
3. Renschler, C. (2003). Designing geo-spatial interfaces to scale process models: The GeoWEPP approach. *Hydrol. Process.* **17**(5): 1005-1017.