

# 경사도에 따른 CN보정으로 L-THIA 직접 유출 모의 영향 평가

## Evaluation of L-THIA Direct Runoff Estimation Effect with Slope-based Curve Number Calibration

김종건\*, 임경재\*, 박윤식\*, 허성구\*, 박준호\*, 안재훈\*\*, 김기성\*, 최중대\*

Jonggun Kim, Kyoung Jae Lim, Younshik Park, Sunggu Heo,

Joonho Park, Jaehun Ahn, Ki-sung Kim, Joongdae Choi

### 요    지

우리나라 지형은 전체의 70%가 산지로 이루어져 있다. 특히 강원도 지역과 같이 산지가 대부분인 지역에서는 경사도에 따라 강우에 의한 유출특성이 크게 달라질 수 있으므로 지형의 경사가 고려된 유출량 산정방식이 필요하다. 현재 유출량 산정 방식에 많이 이용되고 있는 SCS의 CN값은 미국의 중서부 지역과 같이 경사도 5%미만인 지역에서의 유출량 산정에 적합한 유출곡선지수이다. 경사도 5%에서 유출량 산정에 적합한 CN값을 우리나라의 강원도 지형과 같이 복잡하고 경사도가 심한 지역에 적용하기에는 부적합하다. 따라서 본 연구에서는 연구대상지역인 도암댐 유역의 평균 25.8% 경사도를 고려한 직접유출량을 산정하여 기존 평균 경사도 5%일 때의 직접유출량과 비교분석하였다. 본 연구의 비교분석에 있어서 직접유출의 모의가 가능한 Long-Term Hydrologic Impact Assessment (L-THIA) ArcView GIS 모델을 사용하였고 모델의 적용성 평가를 위해 수문분석에 사용되고 있는 WHAT 모듈을 이용하여 분리된 직접유출과 비교하였다. 그 결과 유출량 산정을 위해 CN값 산정시 강원도 지형과 같이 지형이 복잡하고 경사가 심한 지형에 있어서는 유역의 경사도를 고려하여 유출을 모의해야 한다는 것을 알 수 있다.

핵심용어 : L-THIA, Curve Number, 유역 경사도, WHAT

### 1. 서 론

우리나라의 지형은 산지가 전체 지형의 70%를 차지하고 강원도 지역은 전형적인 산지 고원지역이다. 그만큼 다양한 경사도로 인해 호우에 의한 유출특성에 많은 영향을 미치고 있다. 호우로 인한 유역의 유효우량을 산정하는 방법에는 미국 토양보존국(U.S. Soil Conservation Service, SCS)에서 개발한 유출곡선지수(CN)에 의해 산정하는 방법이 널리 쓰여지고 있다. 현재 사용되고 있는 CN값은 미국의 중서부 지역과 같이 경사도 5%미만인 지역에서의 유출량 산정에 적합한 것이다. 이는 미국의 지형, 지질, 기후 등의 조건하에 제안된 것이기 때문에 우리나라와 같이 지형이 복잡하고 경사도가 심한 지역에 적용하기에는 문제가 있을 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 L-THIA(Long-Term Hydrologic Impact Assessment) 모형과 기저 유출 프로그램인 Web-based Hydrograph Analysis Tool (WHAT) Web GIS 시스템 (<http://pasture.ecn.purdue.edu/~what>)을 이용하여 유역의 경사도를 고려한 L-THIA 모형의 직접 유출 예측성을 평가하는데 있다.

\* 준희원 · 강원대학교 · kimjg23@gmail.com  
\*\* 준희원 · 농업진흥청 고령지 농업연구소

## 2. 연구지역 선정

연구 대상지역은 강원도 평창군 도암면에 속하는 도암댐 유역으로 도암호의 짐수구역이다. 송촌 본류의 길이는 약 29.5Km<sup>2</sup>이며 유역면적은 149.2Km<sup>2</sup>로 도암면 면적(221.6Km<sup>2</sup>)의 67.3%를 차지한다. 도암면은 농경지와 초지가 각각 6.71%와 5.86%를 차지하는 반면 산림이 71.89%를 차지하는 전형적인 산지 고원 지역이다(허, 2006). Fig 1은 평창군 도암면의 도암댐 수계를 나타내고 있다.

## 3. 연구 분석 방법

### 3.1. WHAT 시스템을 이용한 직접/기저 유출 분리

하천 유량자료로부터 직접유출과 기저유출을 분리하는 방법에는 많은 방법이 있다. 본 연구에서는 기존 기저유출분리 프로그램인 BFLOW 및 Eckhardt 필터를 이용하여 손쉽게 기저유출을 분리하는 Lim et al. (2006)에 의해 개발된 WHAT(Web GIS-based Hydrograph Analysis Tool) Web GIS system, (<http://pasture.ecn.purdue.edu/~what>)을 이용하였다. 이를 이용하여 유역내 대수층 특성을 고려한 직접유출과 기저유출을 분리하였고, 10mm미만의 일강우는 건기로 분류하여 수문분석하였다(정세옹, 2002).

### 3.2 L-THIA 모형 개요 및 입력자료

L-THIA 모델은 간단한 입력 자료를 통해 장기 직접유출 모의가 가능하여 현재 전 세계적으로 많은 사용자들이 사용하고 있다. L-THIA 모델은 토지이용도, 토양도, 일별 강우량 자료를 이용하여 직접유출량을 산정한다. 또한 Web을 통하여 이용할 수 있도록 Web/Web GIS (<http://www.ecn.purdue.edu/runoff/>)기반의 L-THIA 시스템이 개발되어 사용자들에 의해 보다 편리하게 이용되고 있다. L-THIA 모형은 일 단위 유출 모형으로 토지 이용 변화가 연간 직접유출량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 사용될 수 있다.

본 연구의 L-THIA 모형 입력 자료로 도암댐 수계내 토양도는 정밀토양도(1:25,000)가 사용되었으며, 토지이용도는 2005년 1:25,000의 대분류 수치 토지피복도 자료가 이용되었다. 도암댐 유역의 토지 이용 분류는 산림이 71.89%를 차지하며, 농업지역 6.71%, 고밀도 주거지 4.99%, 상업지역 0.24%, 초지 5.86%, 수역 0.53% 각각 차지하고 있다. 강우자료는 2002년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간의 강우자료(mm)를 사용하였다.

### 3.4 유역내 경사도에 따른 CN 보정

본 연구에서는 도암댐 유역의 강우자료를 바탕으로 5일선행강수량의 크기에 의하여 선행토양 함수조건을 고려하여 CN I, CN II, CN III를 산정하였고 경사도가 다른 지역에 적용하기 위해

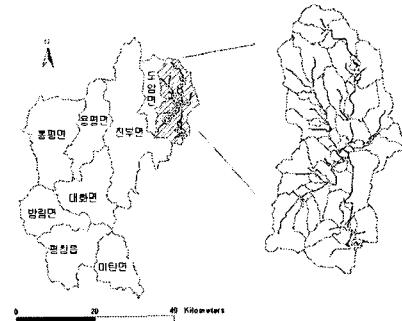


Fig 1. 도암댐 수계의 위치도

Williams(1995)에 의해 개발된 식 (1)을 이용하여 CN값을 보정해 주었다.

$$CN_{II,s} = \frac{(CN_{III} - CN_{II})}{3} \cdot [1 - 2 \cdot \exp(-13.86 \cdot slp)] + CN_{II} \quad \text{식 (1)}$$

여기에서  $CN_{II,s}$ 는 AMC II 조건하에서 경사도에 따라 보정된 CN값,  $CN_{III}$ 는 경사도 5%에 대해서 AMCIII 조건하에서의 CN값,  $CN_{II}$ 는 경사도 5%에 대해서 AMC II 조건하에서의 CN값, 그리고  $slp$ 는 유역의 평균경사도(%).

도암댐 수계의 평균경사도를 산출하기 위해 유역단위의 모델인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모델을 사용하여 총 41개의 소유역으로 나누어 각 소유역의 경사도를 산출하여 전체 평균경사도 25.8%를 산정하였다. 이를 이용하여 CN값을 보정하였고 직접유출량을 모의하였다. 또한 실측 유량 측정시 발생할 수 있는 오측이나 기타 다른 원인에 의한 오류를 제외시키기 위하여 SAS프로그램을 이용하여 이상치를 분석하였다. 총 10개의 일자료가 이상치로 분류되어 이를 제외하고 L-THIA 모형의 정확성을 평가하였다.

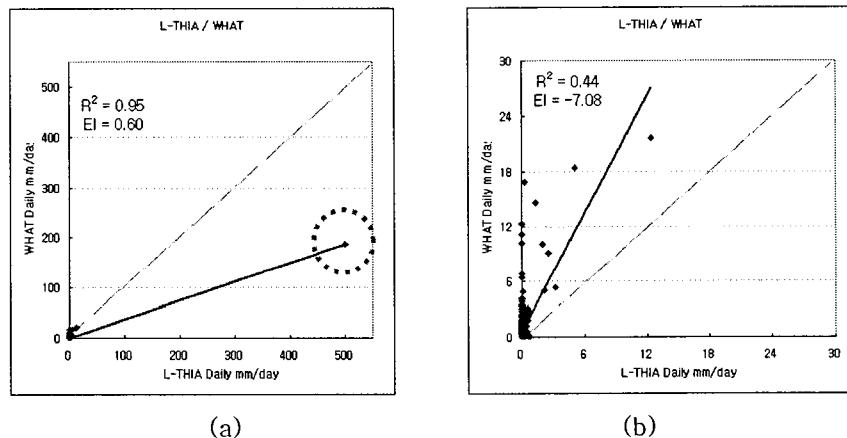


Fig 2. 유효지수 산정방법의 불확실성

Fig 2는 현재 사용되고 있는 유효지수 산정방법의 불확실성을 보여주는 그림이다. Fig 2 (a)에서 보이는 바와 같이 2002년 일별 강우자료 중 8월 31일 집중성 강우의 영향으로  $R^2$ 값과 유효지수(E)값이 상당히 높게 나온 반면 Fig 2 (b)는 8월 31일 강우자료를 제외하고 산정한 결과  $R^2$ 값과 유효지수(E)값이 상당히 낮게 나온 것을 볼 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 8월 31일 집중성 강우를 제외하고 직접유출을 모의하였다.

#### 4. 결 과

본 연구 결과 도암댐 유역에서 평균 경사도를 고려하여 보정된 CN값을 산출한 결과 Fig 3에서 보이는 바와 같이 경사도 5%미만에 적합한  $CN_I$ ,  $CN_{II}$ ,  $CN_{III}$ 와 비교하였을 때 많은 차이가 생기는 것을 알 수 있다. 이로 인해 경사도에 따른 CN값 보정 전과 후의 직접유출량에 큰 차이가 발생 할 수 있을 것으로 판단된다.

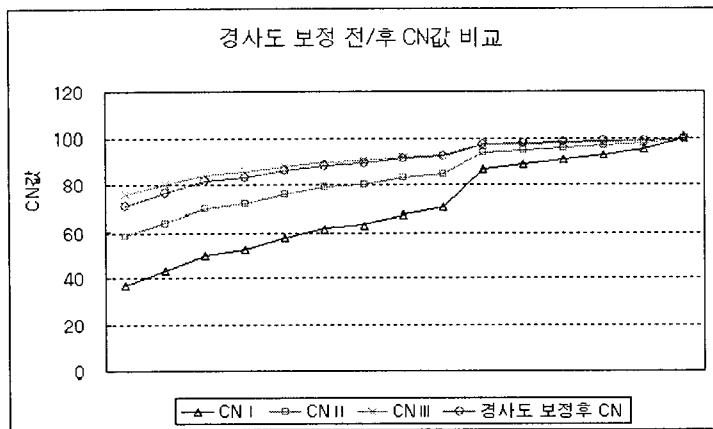


Fig 3. 경사도 보정 전 / 후 CN값 비교

본 연구 지역에서 경사도 5%미만인 지역에 적합한 CN값을 적용하여 L-THIA 모형으로 직접 유출량을 산출한 결과 값을 WHAT 시스템에서 분리된 실측 유출량 값과 비교결과  $R^2$ 값은 0.65, 유효지수 (E)값은 0.60의 값을 얻었다. 이에 비해 유역의 평균 경사도(25.8%)를 고려하여 CN값 보정 후 L-THIA 모형에서 직접유출량을 산출한 결과 값을 WHAT 시스템에서 분리된 실측 유출량 값과 비교결과  $R^2$ 값은 0.69, 유효지수 (E)값은 0.69의 결과 값으로 높은 값을 얻었다. 또한 Fig 4에서 보이는 바와 같이 L-THIA 모형으로 산출한 일별 직접유출과 WHAT 시스템에서 분리된 일별 직접유출이 유사하게 모의된 것을 볼 수 있다. 이는 강우에 의한 직접유출 모의에 있어 유역내 경사도를 고려한 L-THIA 모형의 적용성이 높다는 것을 알 수 있다.

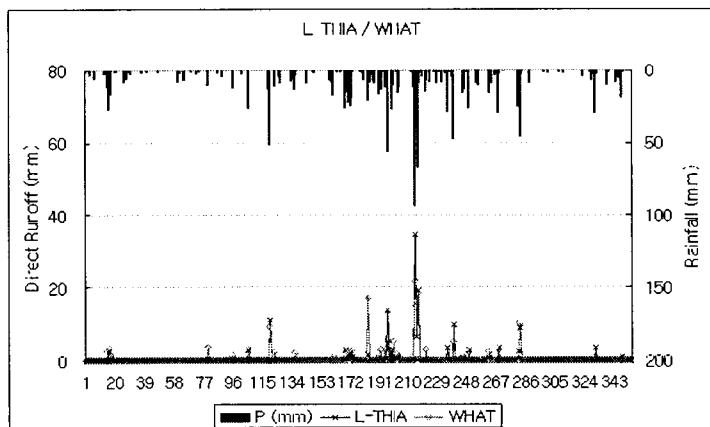


Fig 4. L-THIA 예측 유출량과 WHAT 시스템을 이용하여 분리된 실측 유출량 비교

## 5. 결 론

현재 우리나라에서 사용되는 강우-유출 해석 방법들은 대부분 외국에서 개발되어 들어온 방법들로서 국내에서의 정확한 강우-유출 해석에 사용되기에에는 부적합하다. 강우에 의한 유효우량 산정에 있어 주로 사용되고 있는 CN값 또한 미국 중서부 지역과 같이 경사 5%미만인 지역에 적합한 것이다. 이러한 CN값을 우리나라와 같이 산지가 대부분이고 경사가 심한 지역에 적용하는 데에

는 많은 문제가 있다. 그리하여 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 정확한 유출특성을 판단하기 위해서는 해당 유역의 경사도가 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 연구지역 내 전체 평균 경사도를 이용하여 CN값을 조정하였으나, 차후 평균 경사도가 아닌 구체적인 지형 인자가 반영될 수 있도록 소유역별 경사도를 이용하여 CN값을 조정하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 유효지수 산정방법에 있어 보다 객관적인 산정 방법의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 임경재, 김종건, Bernie Engel(2006). Web GIS기반의 WHAT 시스템을 이용한 직접유출 모의 정확성 평가, 대구 지리학회 발표 논문. pp.12-13
2. 정세웅(2002). 오염총량관리제도 Ⅱ(수계오염총량관리기술지침), 국립환경연구원. pp.46
3. 허성구, 김재영, 유동선, 김기성, 안재훈, 윤정숙, 임경재(2006). 객토를 고려한 도암댐 유역에서의 수문 및 유사 거동 모의, 한국농공학회 발표 논문. pp.3-4
4. Williams, J.R.(1995). Chapter 25. The EPIC Model. In Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications. Highlands Ranch, CO. pp.909-1000.