

# 미계측 소유역의 수자원량 산정을 위한 가지야마 공식과 SWAT모형의 비교 분석

## Comparison of Water Resources by Kajiyama and SWAT models for an Ungauged Small Watershed

김기철\*, 신민환\*\*, 최용훈\*\*\*, 서지연\*\*\*\*, 최종대\*\*\*\*\*

Ki Cheol Kim, Min Hwan Shin, Yong Hun Choi, Ji yeon Seo, Joong Dae Choi

---

### Abstract

This study was focused on estimated Stream Maintenance Flow and performed for simulate securing Stream Maintenance Flow in New town development area. Tributary streams were made of 6 small streams, joined Gong-ji Stream and Eu-am lake finally.

For estimate Stream Maintenance Flow used Kajiyama and SWAT models for calculate available flow in study area.

As a result the annual average stream flow dry years were 2,300~136,000 m<sup>3</sup>/day, the annual average stream flow wet years were 4,800~136,031 m<sup>3</sup>/day. The coefficient of determination(R<sup>2</sup>) and Nash-sutcliffe coefficient(EI) for comparison between Kajiyama and SWAT models were 0.88, 0.78 respectively.

*Key words:* Stream Maintenance Flow, Kajiyama, SWAT models, Available Stream Flow.

---

## I. 서론

춘천지역은 경춘 고속국도와 경춘선 복선화 전철개통으로 인해 수도권과의 접근성이 우수한 지역으로 발전하고 있다. 이에 따라 각종 공해에 찌든 수도권을 벗어나 청정한 환경 속에서 생활하려는 생각으로 인해 춘천지역에는 신도시 개발지역들이 여러 곳에서 생겨나고 있다. 그러나 이러한 신도시 개발지역에서는 불투수층이 증가함에 따라 기저유출량의 감소로 인한 지표수 및 지하수의 부족현상과 홍수도달시간의 단축으로 인한 소하천들의 범람 등 여러 가지 문제점들을 안고 있다. 또한 신도시 개발로 인한 하천 유지유량 확보가 힘들어짐에 따라 도시 하천생태계를 위협하는 것은 물론 극심한 물 부족 현상을 겪고 있다(강원도 개발공사, 2006). 이러한 상황에서 하천의 수자원 환경을 회복하고 지속적으로 관리하기 위해서는 수질보전, 어류 등 하천 생태계의 서식처 복원 및 보전, 하천경관 그리고 수상이용 등 하천의 자연 및 인위적 기능을 보전할 수 있는

---

\* 정회원·강원대학교 지역건설공학과 대학원·E-mail : kchangnim@hanmail.net

\*\* 정회원·강원대학교 지역건설공학과 대학원·E-mail : uv2000wind@nate.com

\*\*\* 정회원·강원대학교 지역건설공학과 대학원·E-mail : tlemjin@nate.com

\*\*\*\* 정회원·강원대학교 지역건설공학과 대학원·E-mail : tjwidus01@nate.com

\*\*\*\*\* 정회원·강원대학교 농공학과 교수·E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr

수자원량의 확보방안을 보다 명확하게 제시할 필요가 있다(이, 2007)

소유역의 수자원량 분석을 다양한 예측모형을 사용하여 추정할 수 있다. 그러나 이와 같은 모형을 구동하기 위해서는 모형운영의 전문성과 복잡한 입력 자료의 준비 등 시간과 예산이 많이 소모된다. 소유역 개발 시에는 비교적 간편하면서도 신뢰성 있는 수자원량의 산정이 요구되고 있다.

본 연구에서는 유역의 수자원량 산정을 위해 사용하는 가지야마 공식과 SWAT 모형을 이용하여 수자원량을 산정하고 비교 하였다.

## II. 연구 지역선정 및 분석

### 1. 연구지역 선정

본 연구지역은 공지천의 상류인 강원도 춘천시 동내면 지역이다. 이 지역은 춘천시와 강원도 개발공사가 수요창출형 미래형 신도시로 개발하기 위하여 기본조사를 수행하였던 공지천 상류의 소유역이다. 동내면 지역을 관통하고 있는 소하천인 수레건골천과 신촌천 유역의 합류점을 기준으로 수자원량을 산정하였다. 자연환경 훼손방지와 더불어 수자원확보 및 물순환 체계 구축 방안 등 환경 친화적 개발을 위한 패러다임 전개에 따른 친환경 물순환 도시 모델로서 개발된 지역이다.

춘천시 동내면 지역의 토질은 만·장년기에 속하는 지형으로서 선캄브리아기에 생성된 의암층 군에 속하는 창촌리 층의 호암 편마암이 분포되어 있다. 토지이용현황은 공지천 상류 소하천의 유역면적은 5.56 km<sup>2</sup> 이고, 임야가 3.46km<sup>2</sup> 로 66.2%, 경작지가 1.61 km<sup>2</sup> 로 29.0% 대지는 0.27 km<sup>2</sup> 로 4.8%, 기타 0.22 km<sup>2</sup> 로 4.0%로 구성되어 있다. 유역면적이 0.30~4.1km<sup>2</sup>이고, 유로연장은 0.61~4.5km이며, 유역의 평균 폭은 0.49~0.91km이고, 형상계수는 0.20~0.81이다. 평균경사도는 0.034~0.048사이로 완경사를 이루고 있으며 표고차는 21~193m이다. 또한 공지천 상류 소유역인 연구지역에는 신촌천으로 유입하는 거두천에서 수레 건골천까지 6개의 소하천이 있다. 소하천의 유역면적은 0.56~5.22km<sup>2</sup>이고, 유로연장이 1.04~4.1km이며, 유역의 평균 폭은 0.47~1.27km이고, 형상계수는 0.17~0.52이며, 평균경사도는 0.016~0.169로 비교적 급경사로 구성되어있다. (신 등, 2007).

### 2. 연구방법

#### 2.1. 연구지역의 가용유량 산정

##### 2.1.1. 가지야마(한국하천 유출량)공식을 사용한 수자원량의 산정

연구지역의 유출량 분석은 수위-유량 기록치가 없기 때문에 춘천관측소의 33년간(1971~2003) 강우자료를 이용하여 가지야마공식의 월별 유출량을 산정하였다. 유출량의 분석은 33년의 자료 중 강우량이 적은 10년을 갈수해, 강우량이 많은 10년을 풍수해로 구분하여 유출량을 산정하였다. 또한 모든 측정기간의 유출량을 평균유출량으로 정의하고 산정하였다. 가지야마 공식의 월별 유출량 공식은 다음과 같다.

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

여기서, C: 월별 유출량(mm), R: 월별 강수량(mm), f: 계수, E: 월별 보정계수 이다(신 등, 2007).

### 2.1.2. SWAT 모형을 이용한 가용유량 산정

연구지역의 가용유량 산정과 실측유량과의 비교를 위한 예측유량추정 방법으로 수문 예측 모델인 SWAT 모형을 사용하였다. SWAT 모형은 미국 농무성의 농업연구소(Agricultural research service, ARS)와 텍사스 농업 실험국(Texas agricultural experiment station)에서 다양한 토양, 토지이용 및 관리 조건에 따른 대유역 및 복합토지이용을 갖는 유역에서의 수문, 유사량 및 농화학적 성분량에 관한 토지관리인자를 장기간 모의하기 위해 개발된 분포형 모형이다(Arnold et. al., 1994).

## III. 결과 및 고찰

표 1은 가지야마 공식과 SWAT 모형으로 산정한 월평균 갈수해 유출량, 풍수해 유출량 그리고 평균유출량이다. 연구 소유역의 월평균 유출량은 우기와 건기로 나누어 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 강수량이 우기에 편중되기 때문에 우기에 많은 유출이 발생하기 때문이다. 또한 풍수해와 갈수해의 유출량은 매우 심한 차이를 보이고 있기 때문에 수자원의 활용계획 수립 시 많은 주의가 필요할 것으로 판단되었다.

표 1. 가지야마 공식과 SWAT 모형의 예측유량 비교 (단위: m<sup>3</sup>/day)

월	가지야마 공식			SWAT 모형		
	갈수해 유출량	풍수해 유출량	평균 유출량	갈수해 유출량	풍수해 유출량	평균 유출량
1	2,345	5,132	3,232	2,345	5,133	3,248
2	2,544	7,063	4,149	2,298	6,380	3,749
3	3,255	8,459	5,052	3,255	7,866	4,895
4	5,738	24,078	12,247	5,553	23,306	11,954
5	4,524	26,204	11,622	4,524	26,209	11,767
6	3,456	43,546	15,950	3,345	39,128	14,647
7	23,053	137,577	72,890	23,057	126,154	69,300
8	20,651	136,005	63,989	21,011	136,031	64,886
9	7,394	69,828	29,588	7,157	67,181	28,378
10	5,195	11,876	7,370	5,196	11,474	7,246
11	3,361	10,486	5,720	3,253	9,948	5,488
12	3,044	4,834	3,667	3,050	4,835	3,699

가지야마(한국하천유출량)공식을 이용하여 산정한 예측유량과 SWAT 모형을 이용하여 산정한 예측유량은 매우 유사하게 나타났다(그림1, 2). 가지야마(한국하천유출량) 공식과 SWAT 모의 유출량의 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.886, 그리고 Nash-Sutcliffe 유효지수(EI)는 0.788로 매우 높았다.

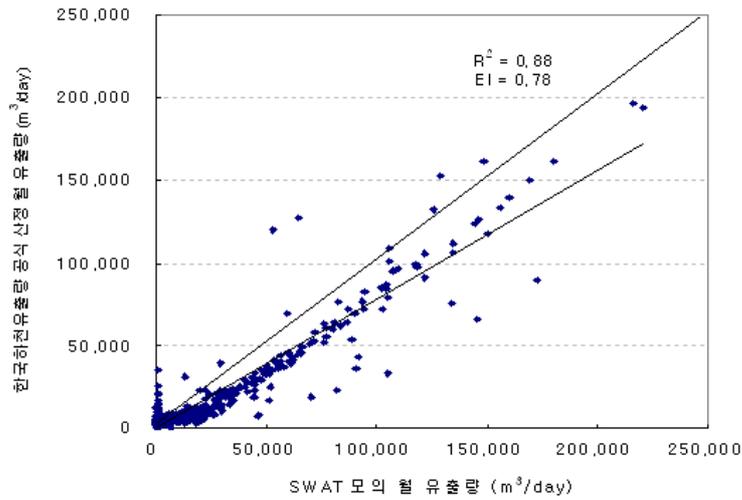


그림 1. 가지야마 공식과 SWAT모형의 결정계수( $R^2$ )값과 유효지수(EI) 값 비교

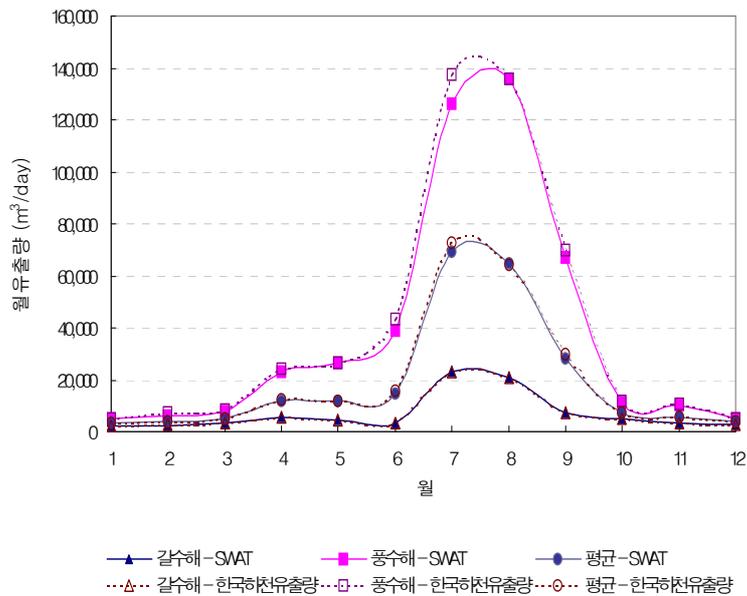


그림 2. 가지야마 공식과 SWAT모형의 예측유량 비교

## VI. 결론

본 연구에서는 신도시 조성에 필요한 수자원량을 예측하기 위하여 가지야마 공식과 SWAT 모형을 사용하였다. 신도시 개발이 예정되어있는 강원도 춘천시 동내면 지역을 대상으로 가지야마 (한국 하천 유출량)공식과 SWAT 모형의 유출량을 비교하였다. 춘천 기상대의 33년 강수자료를 이용하여 산정한 월평균 유출량은 두 모형사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. SWAT 모형을 구동하기 위해서는 GIS, 모델링 자료 입력 및 모델링에 높은 전문성과 많은 노력이 필요하다. 반면에 가지야마 공식은 비교적 간단한 공식을 사용하여 MS Excel 과 같은 Spreadsheet 소프트웨어를 쉽게 산정할 수 있다. 따라서 소유역의 수자원량 산정시 모델링 비전문가도 쉽게 사용할 수 있는 가지야마 공식의 사용은 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 춘천 동내면 수요 창출형 미래형 신도시의 수자원 확보방안 및 물순환 체계의 Blue Network 구축방안 연구의 일환으로, 강원도 개발공사의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

## 참 고 문 헌

- 강원도개발공사(2006), 춘천 동내면 수요 창출형 미래형 신도시의 수자원 확보 방안 및 물 순환체계의 Blue Network 구축방안 연구보고서.
- 이수식(2007), 하천생태계와 경관복원을 위한 도시 소하천의 유지유량 확보에 관한 연구, 한국환경과학 학회지 16(5), 649~655.
- 신용철, 신민환, 김웅기, 임경제, 최종대(2007), 가지야마 공식과 SWAT 모형을 이용한 유출량 산정, 한국관계배수 14(1), 66~73.
- Arnold, J. G., and Srinivasan, R.(1994), Integration of a Basin-Scale Water Quality Model with GIS., Water Resources Bulletin: 453~462.