

# HSPF를 이용한 안양천의 유지유량 확보 방안에 대한 효과 분석

## Effect Analysis of Alternatives to Secure Instream Flow in the Anyangcheon Using HSPF

이길성\*, 이준석\*\*, 정은성\*\*\*

Kil Seong Lee, Joon Seok Lee, Eun Sung Chung

### 요 지

현재 안양천 유역에서는 하천 유지유량 확보 및 건천화 방지를 위해 지하철 용출수, 하수처리장 방류수 및 재이용수가 활용되고 있다. 본 연구에서는 광범위한 유역에 적용이 가능하고, 점오염원 및 비점오염원 분석과 처리 대안의 효과 분석을 실시할 수 있는 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran) 모형에 대해 민감도 분석을 실시한 후 안양천 중상류 유역에서 현재 활용되고 있는 유지유량 확보 방안에 대한 효과 분석을 수행하였다. 총유출량과 침투유량에 대한 매개변수 민감도 분석 결과 AGWRC, DEEPFR, INFILT, LZSN, UZSN, IRC, INTFW, LZETP 순으로 민감하게 반응하였으며, 이 중 유출에 1% 이상 변화를 주는 매개변수 AGWRC, DEEPFR, INFILT, LZSN, UZSN, IRC를 모형의 보정 및 검증에 사용하였다. HSPF 모형을 이용하여 2004년 안양천 유역을 모의한 결과 갈수량 기준 시 안양천 중류 유량의 82%가 안양하수처리장에서 방류되는 방류수에 의한 것으로 나타났으며, 하수처리 재이용수와 지하철 용출수는 각각 4.6%와 1.3%의 영향을 보였다. 따라서 안양천 유역과 같은 건천화가 진행되고 있는 도시하천의 경우 지하철 용출수 및 하수처리수 등의 하천 유지유량 확보 방안은 물순환 건전화의 중요한 대안이 될 수 있을 것이다.

**핵심용어:** 안양천 유역, HSPF, 지하철 용출수, 하수처리 재이용수, 하수처리장 방류수

### 1. 서 론

현재 안양천 유역은 급격한 도시화에 따른 불투수 영역, 취수량, 지하수 이용 등의 증가로 인해 기저유량 감소와 합류식 하수관거로 인한 우수회귀 손실 등의 영향으로 삼성천, 수암천, 삼막천과 같은 일부 하천에서 갈수기 하천유량이 연중 90일 이상 건천화되는 구간이 발생하고 있다. 건천화에 따른 유지유량 부족은 하천을 중심으로 한 수질오염의 증가 등과 함께 하천의 정상적인 기능을 저해하는 문제를 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현재 안양천 유역에서는 도심 내에서 발생하는 지하철 용출수와 안양하수처리장에서 처리되어 방류되는 방류수 및 재이용수가 하천 유지유량 확보 및 건천화 방지를 위해 하천에 공급되고 있다. 본 연구에서는 안양천 유역의 하천 유지유량 확보 방안에 대한 효과 분석을 수행하였으며, 이를 위해 점오염원 및 비점오염원 분석과 처리 대안의 효과 분석이 가능한 HSPF 모형을 이용하였다.

### 2. 대상유역

대상유역은 기아대교를 출구지점으로 한 안양천 중상류 유역(그림 1)으로 안양천은 경기도 의왕시 백운산

\* 정회원·서울대학교 지구환경시스템공학부 정교수E-mail: [kilselee@snu.ac.kr](mailto:kilselee@snu.ac.kr)

\*\* 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정E-mail: [jsl78@hanmail.net](mailto:jsl78@hanmail.net)

\*\*\* 정회원·서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정E-mail: [cool77@snu.ac.kr](mailto:cool77@snu.ac.kr)

자락에서 발원하여 북류하면서 한강에 유입되는 대표적인 도시하천이다. 유역의 위치는 서울의 남서쪽으로 동경 126° 52' ~ 127° 03', 북위 37° 19' ~ 37° 27'이며, 유로연장 17.91 km, 유역면적 127.13 km<sup>2</sup>를 각각 나타낸다. 대상유역은 왕곡, 오전, 산본, 당정, 학의, 청계사, 갈현, 수암, 삼성, 삼막, 삼봉천 등 총 11개 지방 2급 하천과 오전, 백운, 삼성 등 3개의 저수지, 각각 일 최대 300,000 m<sup>3</sup>를 처리하는 박달, 석수 하수처리장, 일 평균 1,680 m<sup>3</sup>과 3,750 m<sup>3</sup>를 지하철 용출수로 안양천과 학의천에 공급하는 범계역과 인덕원역을 포함하고 있다.

### 3. 모형의 적용

#### 3.1 모형 입력자료의 구성

HSPF 모형의 수문순환과정 해석을 위한 기본 입력자료로서 기상자료, 수치표고모형(DEM: Digital Elevation Model), 토지이용도가 필요하며 다음 표 1과 같이 모형에 구축하였다. 이 중 수치표고모형과 토지이용도는 ArcView GIS Tool을 이용하였다.

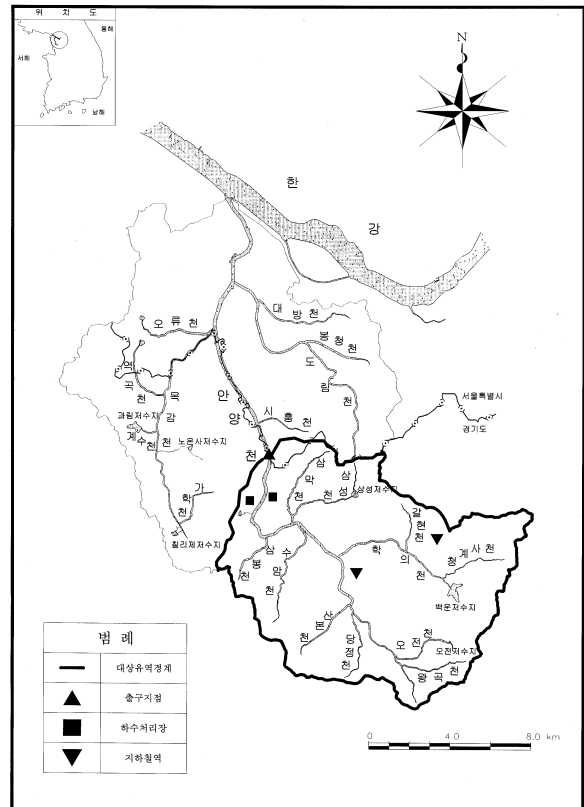


그림 1. 대상유역

표 1. 모형 입력자료

구분	입력자료	제공처
기상자료	강우, 기온, 일사량, 풍속, 이슬점, 증발량, 운량	수원 기상청
수치표고모형	1999년 1/25,000 수치지형도	건설교통부
토지이용도	1999년 1/25,000 수치토지이용 현황도	국토지리정보원

#### 3.2 민감도 분석

HSPF 모형의 유출에 관련된 수문학적 매개변수 중 기존의 연구성과 (Laroche et al., 1996; Engelmann et al., 2002; Im et al., 2003)를 토대로 2005년 강우자료를 사용하여 다음 그림 2와 같이 총유출량과 침투유량에 대해 민감도 분석을 실시하였다. 민감도 분석 결과, 유출에 1% 이상 변화를 주는 AGWRC (Basic groundwater recession rate), DEEPFR (Fraction of groundwater inflow which will enter deep groundwater), INFILT (Index to the infiltration capacity of the soil), LZSN (Lower zone nominal storage), UZSN (Upper zone nominal storage), IRC (Interflow recession parameter)를 모형의 보정 및 검증에 사용할 매개변수로 선정하였다.

#### 3.3 모형의 보정 및 검증

2005년 4월 29일부터 5월 14일까지 기아대교 지점에서 측정된 4개의 관측 유량과 5월 28일부터 7월 21일까지 측정된 3개의 관측 유량을 이용하여 각각 보정 및 검증을 실시하였다. 보정 시 사용한 방법은 민감도 분석을 바탕으로 HSPF 모형의 총유출량과 침투유량에 대하여 변위가 큰 매개변수부터 수정하여 가장 큰 모형효율계수(Nash et al., 1970)를 갖는 조합을 선택하였다. 다음 그림 3과 표 2는 보정 및 검증 결과를 나타낸다.

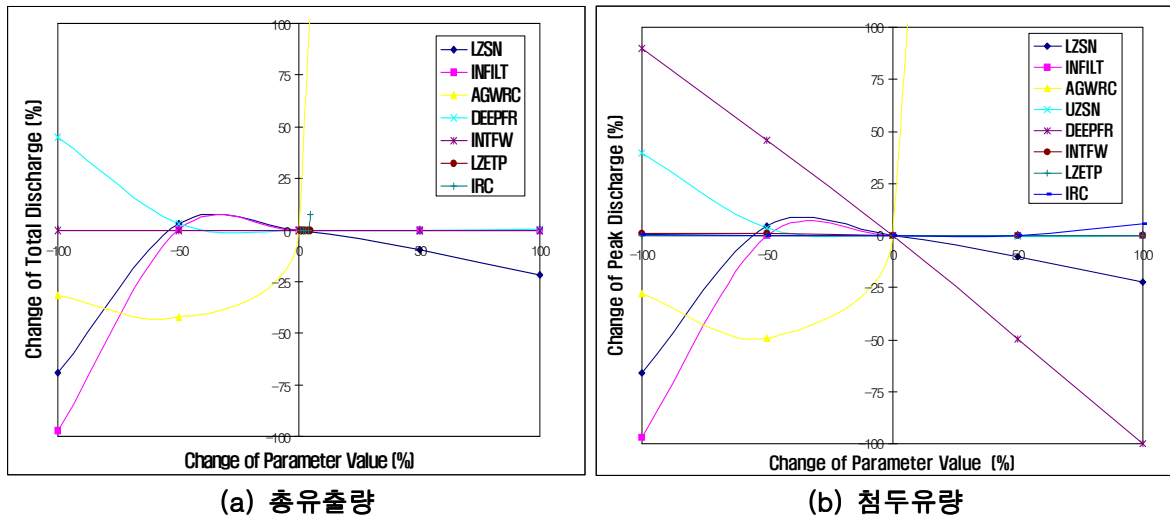


그림 2. 매개변수 민감도 분석

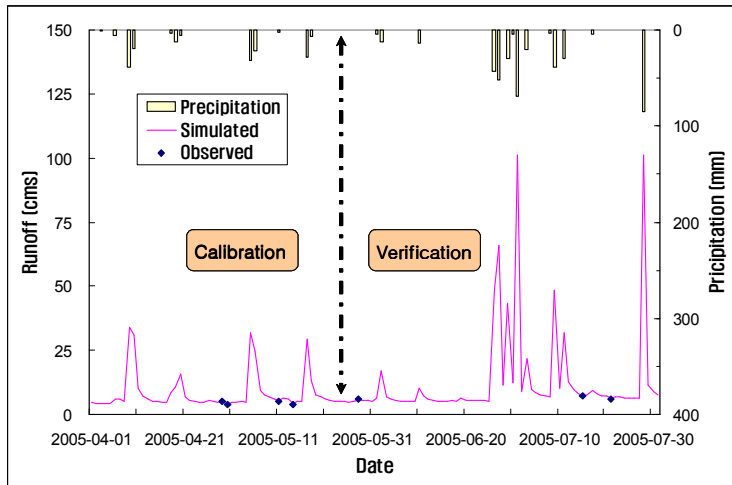


그림 3. 모형의 보정 및 검증 결과

표 2. 모형의 보정 및 검증 결과

	Calibration	Verification
RMSE (cms)	0.29	0.32
Bias (cms)	0.19	0.12
Model Efficiency	0.80	0.61

## 4. 연구결과

### 4.1 일 평균 유량

표 3은 HSPF 모형에 의해 모의된 2004년 비강우 시 일 평균 유량 값을 보여주고 있다. 표 3에서 볼 수 있듯이 비강우 시 안양천 중류 유량의 71%가 안양하수처리장 방류수에 의한 것으로 나타났으며, 하수처리 재이용수와 지하철 용출수는 각각 2.7%와 1.2%의 영향을 주는 것으로 확인되었다.

### 4.2 하천 유지유량 비교

기아대교 지점에서 작성된 2004년 유황곡선(그림 4)을 토대로 안양천 중류의 유지용수들에 의한 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량을 각각 산정하여 표 4에 나타내었다. 표 4에서 안양천 중류의 하천 유지유량 확보 방안의 효과는 갈수량 기준 시 각각 하수처리장 방류수 82%, 하수처리 재이용수 4.6%, 지하철 용출수 1.3%를 나타내었다.

표 3. 일 평균 유량

하천 유지용수 항목	출구점 (기아대교)
비강우 시	1.45 cms
비강우 시 + 지하철 용출수	1.52 cms
비강우 시 + 하수처리 재이용수	1.61 cms
비강우 시 + 하수처리장 방류수	5.59 cms
비강우 시 + 지하철 용출수 + 하수처리 재이용수 + 하수처리장 방류수	5.81 cms

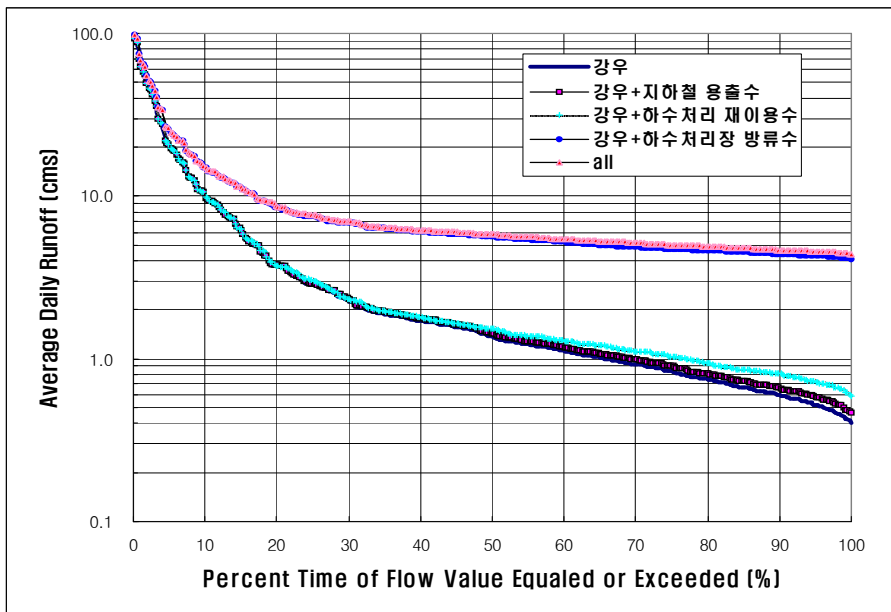


그림 4. 유황곡선

표 4. 하천 유지유량 확보 방안의 효과 비교

(단위: cms)

	강우	강우 + 지하철 용출수	강우 + 하수처리 재이용수	강우 + 하수처리장 방류수	강우 + 지하철 용출수 + 하수처리 재이용수 + 하수처리장 방류수
갈수량 (Q <sub>355</sub> )	0.48	0.54	0.69	4.25	4.55
저수량 (Q <sub>275</sub> )	0.84	0.90	1.03	4.72	4.97
평수량 (Q <sub>185</sub> )	1.33	1.39	1.51	5.58	5.81
풍수량 (Q <sub>95</sub> )	2.72	2.78	2.90	7.28	7.57

위 결과들을 통해 현재 안양천에 유지유량 확보 방안으로 활용되고 있는 대안들이 안양천 중류 유량에 높은 효과를 나타내고 있으며, 그 중 안양하수처리장에서 처리되어 방류되는 방류수가 하천 유지유량 확보를 위한 유지용수로서 가장 많은 영향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 현재 안양천 유역에서 하천 유지유량 확보 및 건천화 방지 대책으로 활용되고 있는 지하철 용출수, 하수처리장 방류수, 하수처리 재이용수에 대해 효과 분석을 실시하였다. 그 결과 하수처리장 방류수, 하수처리 재이용수, 지하철 용출수 순으로 높은 효과를 나타내고 있었으며, 이 중 하수처리장 방류수는 갈수량 기준 시 약 82%의 영향을 보이고 있어 안양천 중류의 하천 유량에 중요한 대안이 되고 있음을 알 수 있다.

따라서 지하철 용출수와 하수처리수는 환경과피 논란과 수몰주민의 반대에 부딪치고 있는 댐 및 저수지를 통한 수자원 확보정책의 한계를 넘어 하수처리수의 자원화, 생산원가 절감에 따른 경제 활성화, 안정적인 용수 공급이란 측면에서 새로운 수자원 확보정책의 대안이 될 수 있을 것이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-2)의 서울대학교 공학연구소를 통한 연구비 지원과 Brain Korea 21의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

1. Engelmann, C.Y., Ward, A.D., and Bair E.S. (2002). "Application of BASIN database and NPSM model on a small Ohio watershed." *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 38, pp. 289-200.
2. Im, S.J., Brannan, K.M., and Mostaghimi, S. (2003). "Simulating hydrologic and water quality impacts in an urbanizing watershed." *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 39, pp. 1465-1479.
3. Laroche, A.M., Gallichand, J., Lagace, R., and Pesant, A. (1996). "Simulation atrazine transport with HSPF in an agricultural watershed." *Journal of Water Environmental Engineering*, Vol. 22, pp. 622-630.
4. Nash, J.E., and Sutcliffe, J.V. (1970). "River flow forecasting through conceptual models. Part 1: A discussion of principles." *Journal of Hydrology*, Vol. 10, pp 282-290.