

# HSPEXP 모형평가지표를 이용한 HSPF 모형의 수문매개변수 보정

## Calibration of Hydrologic Parameters of HSPF Using HSPEXP Model Performance Criteria

김상민\*, 성충현\*\*, 박승우\*\*\*

Sang Min Kim, Choung Hyun Seong, Seung Woo Park

### Abstract

HSPF is a comprehensive, continuous, lumped parameter, watershed-scale model that simulates the movement of water, sediment, and a wide range of water quality constituents on pervious and impervious surfaces, in soil profiles, and within streams and well-mixed reservoirs. The hydrologic calibration of HSPF is performed manually using the decision-support software Expert System for the Calibration of HSPF (HSPEXP). The initial values for the HSPF hydrologic parameters were estimated based on guidance from BASINS Technical Note 6. Initial parameter values were adjusted for the study watershed during the calibration period within the recommended ranges for the parameters.

*Key words:* HSPEXP, HSPF, Hydrologic Parameter, Model Performance Criteria

### 요 지

HSPF 모형은 수문, 유사, 영양물질, 대장균, 농약 등 다양한 성분 모의할 수 있는 준분포형의 개념적 모형으로 미국 환경청에 의해 개발되었다. 본 연구에서는 HSPF 모형의 수문 매개변수를 보정하기 위하여 HSPF 모형의 보정을 위한 전문가 시스템인 HSPEXP를 이용하였다. HSPF 모형의 수문인자의 초기치는 BASINS의 기술노트 6에 있는 가이드라인을 이용하여 추정되었다. 시험유역에 대한 초기치는 주어진 매개변수의 범위 내에서 보정되었다. 시험유역은 경기도 화성시에 있는 발안 HP#6 유역의 자료를 이용하였으며 1996년부터 2007년까지의 자료가 이용되었다.

**핵심용어 :** HSPEXP, HSPF, 수문 매개변수, 모형평가지표

\* 종신회원 · 경상대학교 지역환경기반공학과 조교수 (농업생명과학연구원) · E-mail: smkim@gnu.ac.kr

\*\* 정희원 · 서울대학교 지역시스템공학과 박사과정 · E-mail: fpdlsao2@snu.ac.kr

\*\*\* 정희원 · 서울대학교 지역시스템공학과 교수 · E-mail: swpark@snu.ac.kr

## 1. 서론

본 연구의 목적은 HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran) 모형의 수문매개변수 보정을 위해 HSPF 모형의 적용시 수문인자의 보정을 위해 개발된 의사결정 소프트웨어인 HSPEXP (Expert System for the Calibration of HSPF)를 이용해 수문성분을 고려한 매개변수를 보정하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 1. HSPF 모형과 HSPEXP의 개요

미국 환경청 (USEPA)에서 개발된 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran)모형은 준분포형, 개념적 모형으로 차단, 토양수분, 지표유출, 중간유출, 기저유출, 적설심, 수분함량, 융설, 증발산, 지하수 충전, 용존산소, 생물학적 산소 요구량, 온도, 농약, 대장균, 유사운송, 토립자 크기, 하천 홍수추적, 저수지 홍수추적, pH, 질소, 인, 식물성 플랑크톤, 동물성 플랑크톤 등을 모의할 수 있다 (Bicknell et al., 2001). HSPF 모형은 토지이용 변화, 저수지 운영, 점원 또는 비점원 오염 처리 대안 등에 대한 평가를 위해 이용되고 있다.

HSPF 모형은 모형의 적용을 위해 매개변수의 보정을 필요로 한다. 최근에는 매개변수의 보정을 위해 매개변수 자동보정 기법들이 많이 적용되고 있으나, 자동보정 기법은 사용자가 필요로 하는 다양한 목적함수에 대한 사용자가 설정한 기준을 충족하는 목적에는 미흡한 것이 사실이다 (Kim et al., 2007). 미국에서는 오염총량관리의 대상이 되는 유역의 수질관리를 위해 HSPF 모형의 적용시 HSPF 모형의 보정을 위해 개발된 의사결정 소프트웨어인 HSPEXP (Expert System for the Calibration of HSPF)을 이용해 수동적으로 HSPF 모형을 보정하고 있다 (Lumb et al., 1994). 다음의 Table 1은 HSPEXP의 모형평가지표와 각각의 지표에 대한 기준을 보여주고 있다 (Benham et al., 2005). 사용자의 목적에 맞게 지표를 선정하고 기준을 정립할 수 있으며 Table 1의 기준은 미국의 버지니아주에서 오염총량관리를 위해 적용되고 있는 사례를 보여주고 있다.

Table 1. HSPEXP model performance variables and criteria for hydrologic calibration of HSPF (Benham et al., 2005)

HSPEXP model performance variable	HSPEXP model performance criteria (% error)
Total volume	10
50% lowest flows	10
10% highest flows	15
Storm peaks	15
Seasonal volume error	10
Summer storm volume error	15

### 2. 대상유역

유역단위 모형의 적용성을 평가하기 위해 경기도 화성시 발안면과 팔탄면에 위치한 발안저수지 유역을 시험유역으로 선정하였다. 유역면적 29.79 km<sup>2</sup>의 발안저수지 유역은 농업용 저수지인 기

천저수지와 발안저수지를 포함하고 있으며, 산간지, 중산간지, 평탄지, 취락지 등 다양한 토지이용 형태를 보이고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1. 수문매개변수의 보정

모형의 보정과 검정을 위해 시험유역의 자료중 1996년부터 2000년까지의 자료를 모형의 보정을 위해 이용하였으며 2002년부터 2006년까지의 자료를 모형의 검정을 위해 이용하였다. 다음의 Table 2는 보정결과를 요약하여 보여주고 있다.

Table 2. Summary of calibration statistics for study watershed

Measures	Observed	Simulated	Percent error	HSPEXP criteria (%)
Total runoff (mm)	2932.1	2931.2	0.03	10
Total of highest 10% flows (mm)	2149.1	2159	-0.46	15
Total of lowest 50% flows (mm)	133.9	146.3	-9.26	10
Summer flow volume (mm)	1834.6	1818.9	0.86	-
Winter flow volume (mm)	164.9	186.9	-13.34	-
Seasonal volume error (%)	-	-	3.49	10
Average of storm peaks (m <sup>3</sup> /s)	2.2	2.5	-13.64	15
Summer storm volume (mm)	805.1	919.5	-14.21	15

#### 2. 모형의 검정

모형의 검정을 위해 2002년부터 2006년까지의 자료를 모형의 검정을 위해 이용하였다. 다음의 Table 3은 검정결과를 요약하여 보여주고 있다.

Table 3. Summary of validation statistics for study watershed

Measures	Observed	Simulated	Percent error	HSPEXP criteria (%)
Total runoff (mm)	3230.5	2910.8	9.9	10
Total of highest 10% flows (mm)	1915.1	2035	-6.3	15
Total of lowest 50% flows (mm)	209.9	181.6	13.5	10
Summer flow volume (mm)	1865.6	1682.8	9.8	-
Winter flow volume (mm)	228.3	187.2	18.0	-
Seasonal volume error (%)	-	-	3.5	10
Average of storm peaks (m <sup>3</sup> /s)	0.8	0.9	-12.5	15
Summer storm volume (mm)	187.5	157	16.3	15

### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 HSPEXP를 이용하여 HSPF 모형의 수문 매개변수를 보정하였다. HSPEXP에서 제시한 다양한 수문성분을 고려한 모형평가지표를 이용하여 각각의 기준을 만족하기 위한 보정과 검정을 실시하였다. 시험유역에 대한 모형의 보정과 검정 결과, 보정기간에 대해서는 모든 평가지표를 만족하는 것으로 모의되었으나 검정기간에서는 하위 50%의 유출에 대해서는 평가지표의 기

준을 약간 초과하는 것으로 나타났다.

### 감 사 의 글

본 연구는 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 사업단의 연구비지원(과제번호 4-5-3)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. Benham, B. L., K. M. Brannan, S. M. Morris, G. R. Yagow, and R. W. Zeckoski, 2005. Bacteria total maximum daily load development for North River. Richmond: Virginia Department of Environmental Quality. <http://www.deq.virginia.gov/tmdl/apptmdls/shenrvr/northbac.pdf>. Accessed 13 March 2008.
2. Bicknell, B. R., J. C. Imhoff, J. L. Kittle, Jr., T. H. Jobes, and A. S. Donigan, Jr., 2001. Hydrological Simulation Program – Fortran (HSPF): User’s manual for release 12, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA.
3. Kim, S. M., and S. W. Park, 2004. Calibration and validation of HSPF model to estimate the pollutants loads from rural small watershed. Journal of Korea Water Resources Association 37(8): 643-651 (in Korean).
4. Kim, S. M., B. L. Benham, K. M. Brannan, R. W. Zeckoski, and J. Doherty, 2007. Comparison of hydrologic calibration of HSPF using automatic and manual methods. Water Resources Research 43: W01402.
5. Lumb, A. M., R. B. McCammon, and J. L. Kittle, 1994. Users manual for an EXPert System (HSPEXP) for calibration on the Hydrological Simulation Program-Fortran. Water-Resources Investigations Report 94-4168, U.S. Geological Survey, Reston, VA.
6. USEPA, 2000. BASINS technical note 6: Estimating hydrology and hydraulic parameters for HSPF, EPA-823-R-00-012, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
7. USGS, 2000. Water Resources Applications Software: HSPF. <http://water.usgs.gov/software/hspf.html>. Accessed 7 Apr. 2009.