

유역의 물공급 전망을 위한 월단위 유출예측기법에 대한 적용성 평가

Evaluation of Applicability of Monthly Runoff Forecasting Techniques for Water Supply Outlook

정우창 *, 황만하**, 정구열***

Woo Chang Jeong, Man Ha Hwang, Koo Yol Chong

요 지

본 연구에서는 유역유출예측시스템인 RRFs(Rainfall Runoff Forecasting System)를 이용하여 금강유역에 대해 기법별 월단위 유출예측을 수행하였다. 적용된 유출예측기간은 '07년 1월부터 12월까지이며 월단위로 유출예측이 수행되었으며, 유출예측 검증을 위한 주요지점으로는 금강유역 내에 있는 용담댐 지점, 대청댐 지점 그리고 공주지점이다. 본 연구에 적용된 유출예측기법으로는 1) 과거 관측 월유출량 자료를 이용한 유출량 예측 기법, 2) ESP 기법을 통한 유출량 예측 기법, 3) 기상전망을 고려한 ESP 유출량 예측 기법, 4) 기상수치예보 자료를 이용한 유출량 예측 기법이다. ESP 기법에서는 통계분석을 통해 얻어진 월별 ESP 확률분포를 이용하여 '02년부터 '07년까지 과거 실측 월별 유출량에 대한 ESP 확률범위를 결정하였으며, 이를 이수기(1월~6월 그리고 10월~12월)와 홍수기(7월~9월)로 분리한 후 각각에 대한 ESP 확률값을 최종적으로 결정하여 유출예측에 적용하였다. 또한 기상전망을 고려한 ESP 기법에서는 기상청에서 제공하는 강수전망(N:평년, A:많음, B:적음)에 대한 정보를 고려하여 ESP 확률을 결정하여 유출예측을 수행하였다. 그림 1과 2는 예로서 4월과 10월에 대해 예측기법에 따른 주요지점별 유출예측결과를 비교한 것이며, 기법별 유출예측결과에 대한 비교분석결과 전반적으로 기상전망을 고려한 ESP 유출량 예측기법이 가장 우수한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 유역유출예측시스템, RRFs, ESP 기법, 수치예보

1. 서론

지난 십 수년 동안 빈번하고 혹독한 가뭄과 홍수, 물 이용자 간의 갈등, 오염으로 인한 생태계 파괴와 같은 물과 관련된 문제는 정부와 지역 주민들에게 심각한 부담을 안겨주었다. 이러한 문제를 해결하기 위한 일련의 방편으로 유역 규모에서의 통합 수자원 관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)를 위한 진보된 도구가 요구된다(Ko and Chung, 2002).

이러한 기술적 필요성에 부합하기 위해 실시간 통합 물 관리 시스템(Integrated Real-time Water Management System, IRWMS)이 국책과제인 21세기 프론티어 사업의 일환으로 2001년부터 개발되어 왔다. IRWMS의 개발 목적은 지표수, 지하수뿐만 아니라 수량과 수질을 동시에 고려하는 유역 규모의 통합 물 관리를 위한 기반 기술을 개발하는 것이다. 본 시스템은 다음과 같이 운영 목적에 따라 네 가지 모듈로서 구성되어 있다: 1) 유역 유출 예측 시스템 (Rainfall-Runoff Forecasting System, RRFs), 2) 실시간 통합 수자원 정보 시스템, 3) 저수지 운영을 위한 모의 및 최적화 시스템, 그리고 4) 정상 및 비정상 하천 수질 예측 시스템.

* 정희원, 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 ·E-mail: jeongwc@kwater.or.kr

** 정희원, 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원 ·E-mail: mhhwang@kwater.or.kr

*** 정희원, 한국수자원공사 물관리센터 물관리계획팀 팀장 ·E-mail: kychong@kwater.or.kr

본 논문에서는 이러한 모듈들 중에서 유역유출예측시스템(RRFS)에 구축되어 있는 다양한 유출예측 기법을 통한 유출예측 결과를 비교하여 이에 대한 적용성을 평가하고자 한다.

2. 유역유출예측시스템(RRFS)

본 연구에서 적용된 유역유출예측시스템은 유역 내 주요 지점에서의 지표수, 지하수 그리고 회귀수 등을 포함하는 월별 그리고 일별 유출 성분을 계산하기 위해 개발되었으며, 수문기상학적 정보 시스템과 연계하여 월별 유출량 예측을 위해 사용될 수 있다(그림 1).

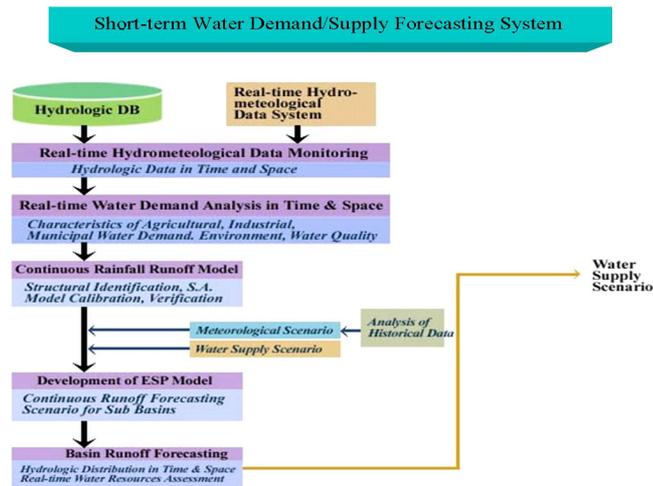


그림 1. 유역유출예측시스템 운영에 대한 개념도

유역유출예측시스템은 중단기간 물 수요 및 공급에 대한 자료를 제공함에 의해 효율적인 수자원 이용에 적용될 수 있다. 유출분석모형의 지속적인 실행을 위해 실시간 수문기상학적 자료 모니터링 시스템이 주요 지점에서의 취수량 및 하천 유량과 같은 수문학적 정보를 얻기 위해 개발되었다. 그 밖에 Ensemble Streamflow Prediction(ESP) 기법 그리고 기상청에서 제공되는 수치예보자료를 통해 장래 물 공급 등의 의사결정에 있어서의 위험성 그리고 장기간 수문기상학적 정보의 불확실성을 고려하기 위해 RRFS 내에 적용되었다.

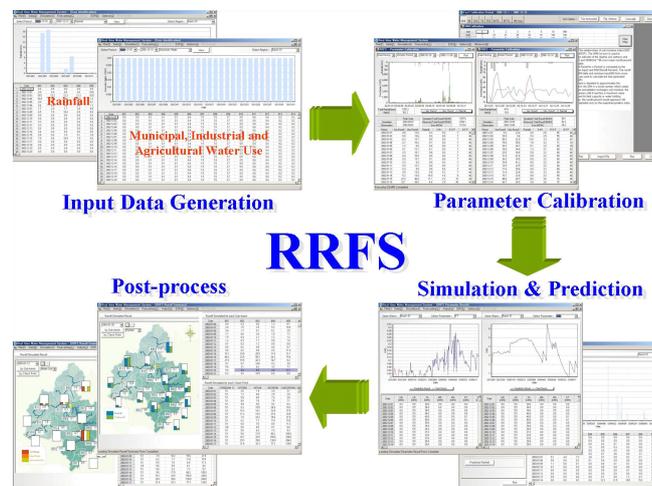


그림 2. RRFS의 주요 구성 및 운영 단계

그림 2는 RRFs의 주요 구성 및 운영 단계를 나타낸 것이며, 첫 번째 단계는 강우량, 온도, 각종 용수, 취수량 그리고 댐 방류량을 포함하는 다양한 수문학적 입력 자료의 구축이다. 이러한 입력 자료의 구축이 끝나고 나면 대상 지역의 강우-유출 관계를 특성 짓는 다양한 매개변수가 입력되며, 이러한 매개변수는 계산된 유출결과와 관측된 유출결과를 비교를 통해 보정된다. 매개변수 보정 이후 다양한 수문학적 시나리오에 따라 장래 수자원의 변화 양상을 조사하기 위해 유출모의와 예측이 수행된다. 이러한 결과들은 유역별 그리고 주요 지점별로 그래픽 및 다양한 표를 통해 확인할 수 있다. 유출량 예측을 위해 본 시스템에 탑재된 기법은 과거 유출량 자료를 이용한 유출예측, ESP 기법에 의한 유출예측, 기상전망을 고려한 ESP 유출예측 그리고 기상청에서 제공되는 수치예보자료를 이용한 유출예측이 있다.

3. 기법별 유출예측 결과 비교 분석

본 연구의 대상유역은 신뢰성 높은 수문자료를 획득하기 위해 다년간 유역정밀조사와 현장조사를 실시한 바 있는 금강유역을 대상으로 하였으며, 유역면적은 9,835.3km² 이며, 유로연장은 395.9km로 한강과 낙동강 유역 다음으로 세 번째로 큰 유역이다. 본 연구에서는 금강유역을 총 14개의 소유역으로 구분하였으며, 소유역 분할도 및 유출모의 구성체계는 그림 3과 그림 4와 같다.

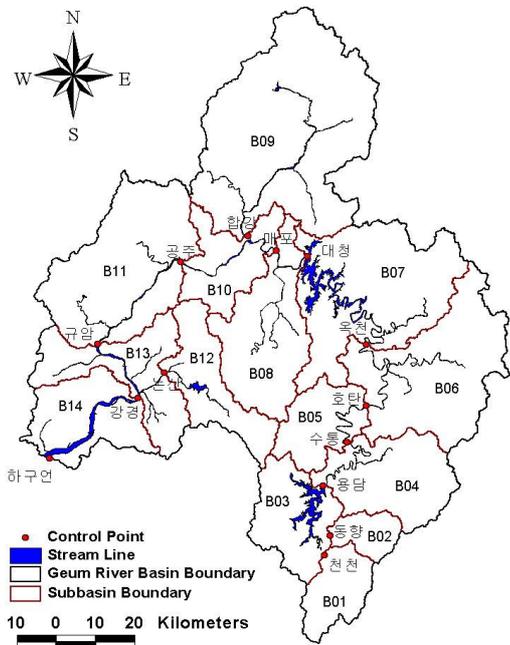


그림 3. 금강유역 소유역 분할도

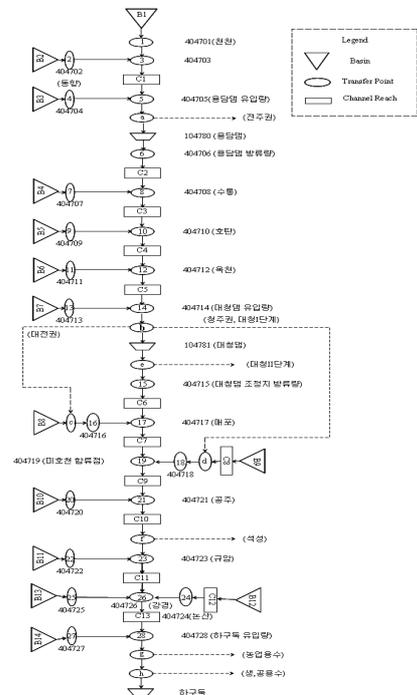


그림 4. 금강유역 유출모식도

유출예측 적용기간은 '07년 1월부터 12월까지 12개월간이며, 유출예측을 수행하기 전 적용되는 매개변수의 보정과 검증은 금강 유역 내의 세 개의 주요 지점(용담댐, 대청댐, 공주)에서 측정된 유출량 자료와의 비교를 통해 수행되었다. 본 연구에서 사용된 매개변수의 보정은 1983년 1월 1일부터 2006년 12월 31일까지의 23개년 기간 동안에 대해 수행되었으며, 보정된 매개변수는 2006년에 얻어진 수문학적 자료를 이용하여 검증하였다.

유역유출예측시스템에서 적용된 1개월 이상의 장기간 유출 예측을 위한 주요 기법은 ESP(Ensemble Streamflow Prediction)이며, 본 기법은 예측시점의 적설량, 토양함수, 하천의 수위, 습도 등 유역의 상태를 나타내는 초기조건과 확률적 대표성을 갖는 장래에 재현 가능한 과거 기상자료를 결합하여 확률론적 예측이 가능한 기법이다(김진훈과 배덕효, 2006). 즉 ESP 기법을 통한 유출량 예측은 강우-유출모형에 장래에 발생할 가능성이 있는 모든 강우 시나리오를 입력하여 그 결과물로 다수의 유출량 시나리오를 얻을 수 있으며, 유출모형의 초기조건은 예측하는 시점에 따라 변하므로 동일한 강우 앙상블을 사용한다 하더라도 대상 유역

의 토양함수비, 기온, 습도 등과 같은 초기조건에 따라 유출량 양상분이 서로 다르게 생성되며, 이런 이유로 해서 조건부 Monte Carlo 모의로 간주되기도 한다(정대일, 2002).

본 연구에서 유출예측을 위해 사용된 ESP 확률값은 2002년부터 2006년까지의 5개년동안 측정된 월유출량 자료의 통계학적 분석에 의해 결정되었다. ESP 기법에 의해 예측된 유출의 정확도를 개선시키기 위해 기상청에서 제공하는 기상전망을 ESP 기법에 결합하였으며, 이에 따른 ESP 확률값을 결정하였다. ESP 기법과 기상전망을 고려한 ESP 기법 그리고 기상청의 수치예보자료를 이용하여 2007년 1월부터 12월까지 월별로 유출량을 예측하였다. 예측된 유출량의 검증을 위해 용담댐, 대청댐 그리고 공주 지점에서 관측된 유출량과의 비교를 수행하였다.

그림 5-7은 용담댐, 대청댐 그리고 공주지점에 대해 2007년 1월, 4월, 8월 그리고 12월의 경우 네 가지 유출예측 기법에 의한 유출예측결과와 관측된 유출자료와의 절대오차를 비교한 것이다.

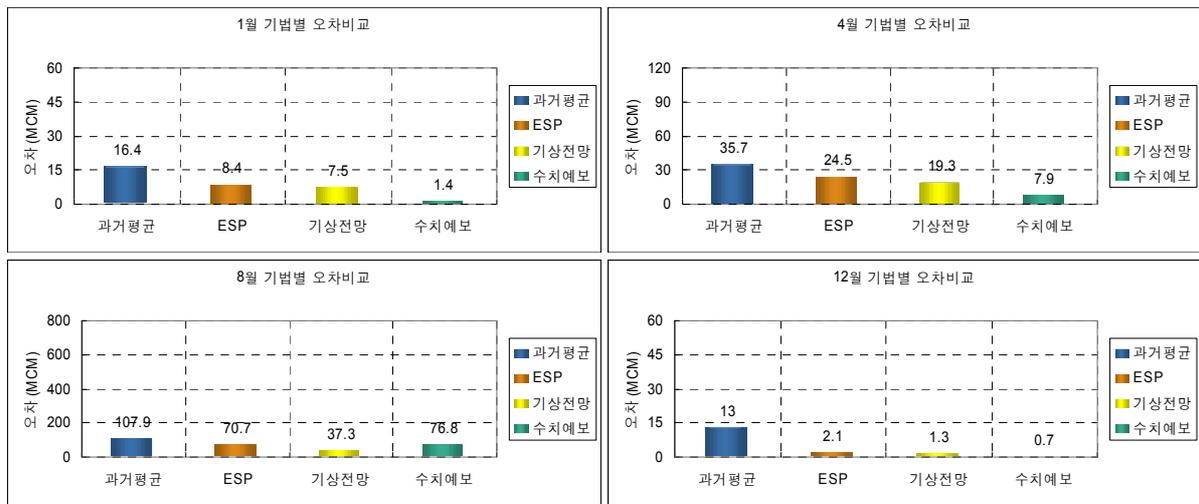


그림 5. 용담댐 지점 기법별 유출예측 결과 비교

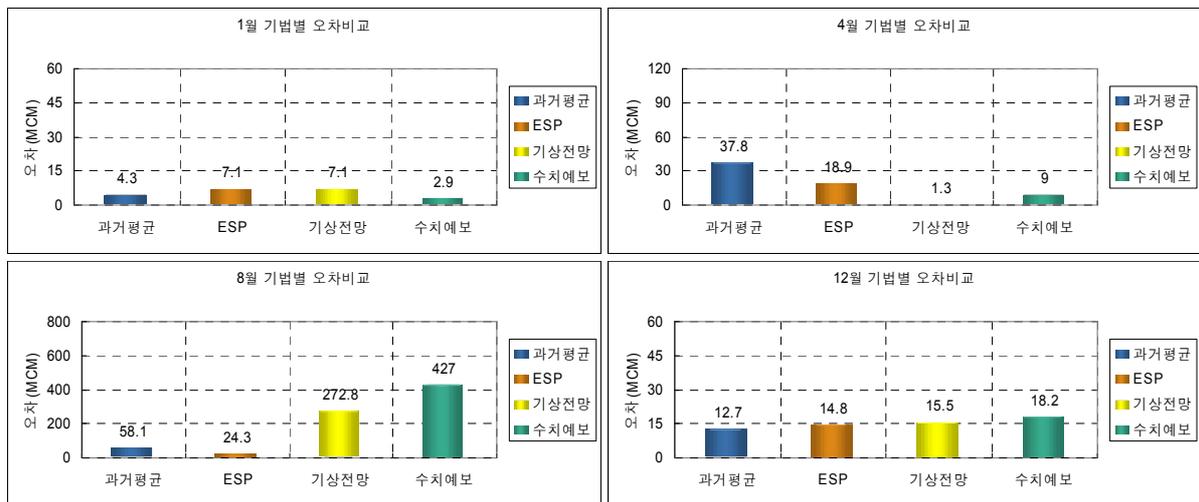


그림 6. 대청댐 지점 기법별 유출예측 결과 비교

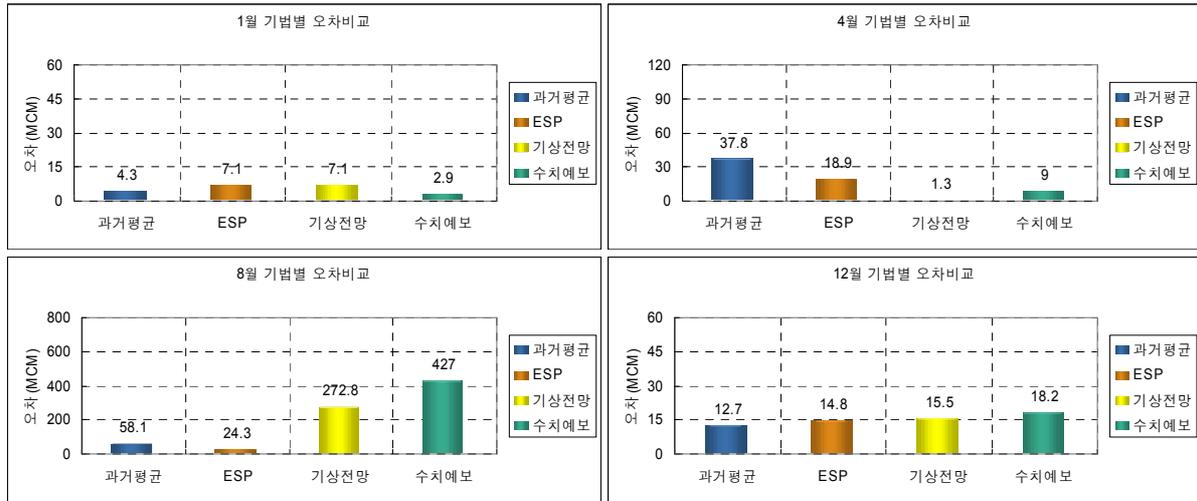


그림 7. 대청댐 지점 기법별 유출예측 결과 비교

전반적으로 세 지점 모두에서 기상전망을 고려한 ESP 기법을 이용하였을 때 다른 기법에 비해 관측자료와 가장 접근한 유출량을 예측하는 것으로 나타났다. 또한 기상전망을 고려한 ESP 기법을 적용하였을 때 2007년 1월부터 12월까지 전월에 걸친 유출예측의 절대오차는 통상적으로 적용하는 과거 유출량 자료를 이용한 기법을 적용하였을 때보다 이수기(1-6월, 10-12월)의 경우 약 48% 그리고 홍수기(7-9월)의 경우 약 33% 정도 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 논문에서는 프론티어 사업의 일환으로 개발된 효율적인 수자원 관리를 위한 정량적이고 정성적인 유출분석 및 유출예측을 수행하기 위한 유역유출예측시스템(RRFS)을 통한 기법별 유출예측에 대한 적용성을 분석하였다. 기법별 유출예측은 본 사업의 대표유역인 금강유역에 적용하였으며, 유출예측결과는 용담댐, 대청댐 그리고 공주지점에서 관측된 자료와의 비교하였으며, 비교결과 기상전망을 고려한 ESP 기법에 의한 유출예측결과가 다른 세 가지 기법에 비해 우수한 것으로 나타났다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단의 연구비지원(과제번호:1-6-)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Ko, I. H. and Chung, S. W. (2002), "Strategy for developing base technology for integrated water resources management -The trend of technology development for IWRM-, Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 35, No. 6, pp. 61-70.
2. 김진훈과 배덕효 (2006), "한강유역 한강유출량 산정", 한국수자원학회 논문집, 제39권2호, pp.151-160.