

유출성분 분석에 의한 제어지점의 유출량 산정

Stream Discharge Estimation by Runoff Component Analysis on the Control Point

이상진*·황만하**·이배성***·박주성****

Sang Jin Lee, Man Ha Hwang, Bae Sung Lee, Joo Seong Park

요 지

유역 수자원의 효율적인 관리 및 배분을 위해서는 세밀한 강우-유출관계의 규명이 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 먼저 하천 유출지점의 정확한 유량정보가 획득되어야 하며, 장기간에 걸쳐 신뢰성 있는 유량자료의 확보는 더욱 중요한 사항이다.

본 연구에서는 하천에서 관측된 유량자료를 장기간(1983년~2004년)에 걸친 유출성분으로 분리하는 기법을 활용하여 제어지점의 유출량을 검증하였다. 유량자료를 출구지점의 관측유량(Q_{ob})을 회귀수(αQ_e), 상류 유입량(Q_{up}) 및 관측강우-유출량(βQ_{Rain})의 성분으로 구분하여 산정하는 방식으로 유출량을 추정하였다. 여기서, 회귀수(αQ_e)란 유역 및 하도내 용수이용량의 회귀수, 상류유입량(Q_{up})은 상류 유출 제어지점의 관측 유량으로 대청댐 방류량, 관측강우-유출량(βQ_{Rain})은 유역내 강우에 의한 자연유출량이다. 여기서 사용된 수문기초자료는 대청댐 방류량, 대전 및 청주권 취수량, 강우에 의한 자연유출량, 공주관측유량 등으로 각 성분별로 생성된 일자료를 이용하여 공주지점의 월별, 분기별, 년도별 유출량을 산정하였다. 이 결과는 금강유역에 이미 구축되어있는 SSARR모형을 기반으로 한 RRFS(Rainfall Runoff Forecasting System, 유출예측시스템)의 결과 및 관측치와 비교되었다.

계산결과 RRFS에 의한 유출량과 대청-공주구간의 유출성분분리에 의한 유출량은 관측값과 전반적으로 근사함을 확인하였으며, 검증지점의 정확한 유출율을 산정할 수 있다면, 관측자료의 연속성 및 신뢰도를 파악하는 척도를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 강우-유출, 유출성분, RRFS, Rating Curve

1. 서론

유역 수자원의 효율적인 관리 및 배분을 위해서는 모형의 선정 및 정립과 더불어 모형검증을 위한 정확한 유출량의 파악이 매우 중요하며 이를 위해서는 무엇보다 세밀하고 정확한 강우-유출관계의 규명이 이루어져야 한다. 수공구조물이나 하천의 치수계획, 수자원의 이용-관리를 위해서는 홍수량의 크기 또는 첨두홍수량의 규모를 결정함에 있어서도 유량자료가 매우 중요하다. 하천의 홍수터 설계 등에 있어서 첨두홍수량이 실제 유량보다 크다면 홍수빈도분석 결과는 홍수량을 과대 추정하게 될 것이고 이에 따라 구조물은 과대설계가 될 것이다. 이렇듯 신뢰도 높은 유량자료의 획득은 수자원분야에서 매우 중요하며, 모형적용과 더불어 기존의 수위-유량관계곡선식의 평가도 함께 이루어져야 한다.

본 연구에서는 수문성분 분석 기법을 활용하여 공주지점의 장기유출량(1983~2004)을 산정하고 금강유역에 이미 구축되어있는 SSARR모형을 기반으로 한 RRFS(Rainfall Runoff Forecasting System, 유출예측시스템)

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : sjlee@kowaco.or.kr
** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 수석연구원 · E-mail : hwangmh@kowaco.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · E-mail : beasung@hannam.ac.kr
**** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · E-mail : lucky-chance@hanmail.net

의 모의결과 및 기존의 수위-유량관계곡선식에 의한 환산유량과 비교하였다. 이와 같은 분석을 통하여 유출 모의 검증지점의 정확한 유출율을 산정할 수 있다면, 관측자료의 연속성 및 신뢰도를 파악하는 척도를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구대상 유역 및 분석 대상구간

유역유출분석 모형을 적용하여 주요 제어지점에 대한 유출 모의검증을 위하여 여러 개의 소유역으로 분할하는 과정이 선행되어야 한다. 본 연구의 연구대상 유역인 금강유역은 유역면적이 9,810.4km²이고 하도길이가 395.9km인 대유역으로 소유역 분할을 위해 장기용수공급계획 측면과 유역종합개발계획 측면 그리고 방재종합대책 측면 등을 종합적으로 고려하여, 그림 1과 같이 14개의 소유역으로 분할하여 모형수행을 위한 금강유역의 모식도를 작성하였고, 그림 2는 본 연구의 대상구간인 대청-공주구간의 모식도를 나타낸 것이다.

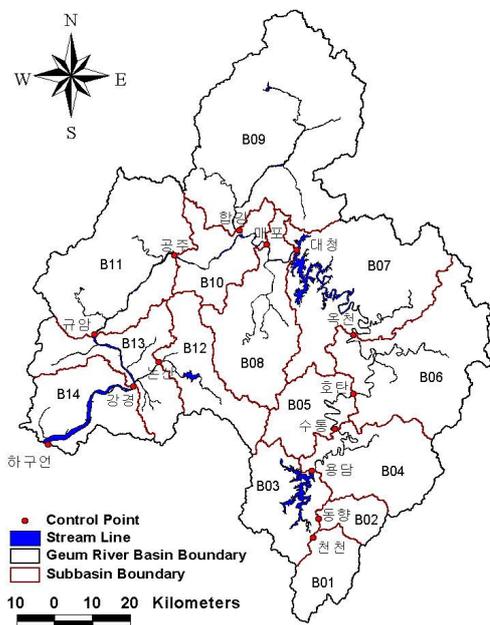


그림 1. 소유역 분할도

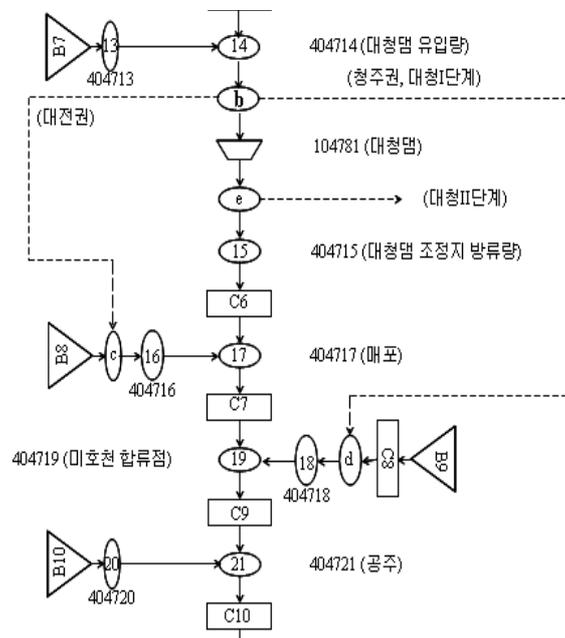


그림 2. 금강유역 모식도(대청-공주구간)

3. 정량적 분석기법에 의한 유출량 산정

하천에서 관측된 유량자료를 장기간에 걸친 유출성분으로 분리하면, 그림 3의 유량자료의 유출성분 분류 및 모식도에서 보는 바와 같이 크게 3가지로 나타낼 수 있다. 즉, 어떤 출구지점의 관측유량(Q_{ob})은 회귀수(αQ_e), 상류유입량(Q_{up}) 및 관측강우-유출량(βQ_{Rain})의 성분으로 구분된다. 여기서, 회귀수(αQ_e)란 유역 및 하도내 용수이용량의 회귀수를 의미하고, 상류유입량(Q_{up})은 상류 유출 제어지점의 관측유량으로 대청댐 방류량을 의미하며, 관측강우-유출량(βQ_{Rain})은 유역내 강우에 의한 자연유출량을 의미한다.

본 연구에서는 이와 같은 정량적인 개념을 이용하여 과거 21년간(1983년~2004년) 수문기초자료를 유출성분별로 분리하여 대청댐-공주구간의 강우-유출분석을 하였다. 여기서 사용된 수문기초자료는 대청댐 방류량, 대전 및 청주권 취수량, 강우에 의한 자연유출량, 공주관측유량 등으로 각 성분별로 생성된 일자료를 이용하여 공주지점의 월별, 분기별, 년도별 유출량과 비교분석하였다. 취수량 자료는 금강수계 하천수 사용실태조사 및 하천유지유량산정 보고서(건교부, 1999)와 대청댐 관리연보(한국수자원공사, 2004b) 등의 용수이용현황자료를 이용하였다.



그림 3. 유량 자료의 유출성분 분류 및 모식도

그림 4는 공주지점의 월별산술합계로 분석된 관측강우-유출량과 총강우-유출량과의 관계를 나타내고 있다. 관측강우유출량은 공주지점 관측유량에서 대청댐의 방류량과 취수량을 배제한 순수 유출량으로 공주지점의 유출율은 53.2%인 것으로 분석되었으며, 이는 수자원장기종합계획보고서(건설교통부, 2000)의 55%와 비슷한 유출양상을 나타내고 있다.

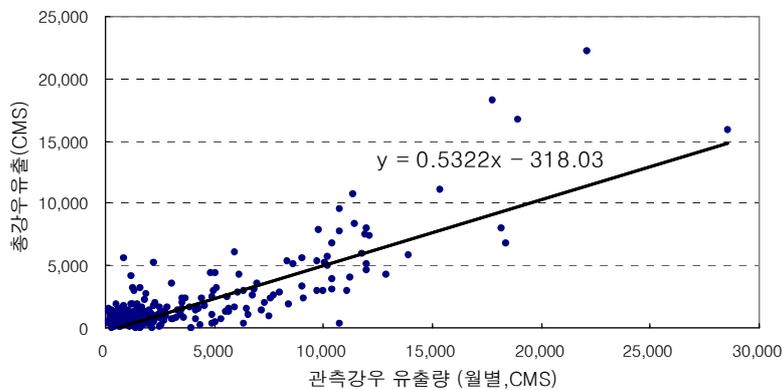


그림 4. 관측강우-유출량과 총강우-유출량과의 관계

4. 모의유출량 검증

1983년 1월 1일~2004년 12월 31일 기간에 대해 SSARR모형을 기반으로 한 유출예측시스템인 RRFs를 이용하여 공주지점의 유출량을 모의하였으며 결과는 그림 5와 같다. 그림 5의 관측유량은 본 연구의 유량측정 단면지점에서 산정한 유량을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 SSARR 모형을 이용한 모의 유량이 관측유량과 근사한 것으로 분석되었다.

표 1은 2005년 1월~3월 동안의 SSARR 모형 및 기존 수위-유량관계곡선식에 의한 일별 유출량산정 결과에 대한 오차분석결과를 나타낸 것으로 SSARR 모형에 대한 일별 유출량산정결과 상대평균오차인 RMSE가 7.6으로 근사하게 분석되었으며, 2005년 1분기 총 모의 유출량도 총 관측유량인 4,998CMS에 근접한 5,552.6CMS로 산정되었다.

표 1. 공주지점 관측유량 및 모의 유량에 대한 오차분석결과

	SSARR	Observed
RMSE	7.6	-
최고치(CMS)	98.3	89.3
최저치(CMS)	50.2	47.3
총유량(CMS)	5552.6	4998.0

공주지점 유량 비교 (2005년 1/4, Forecasting결과)

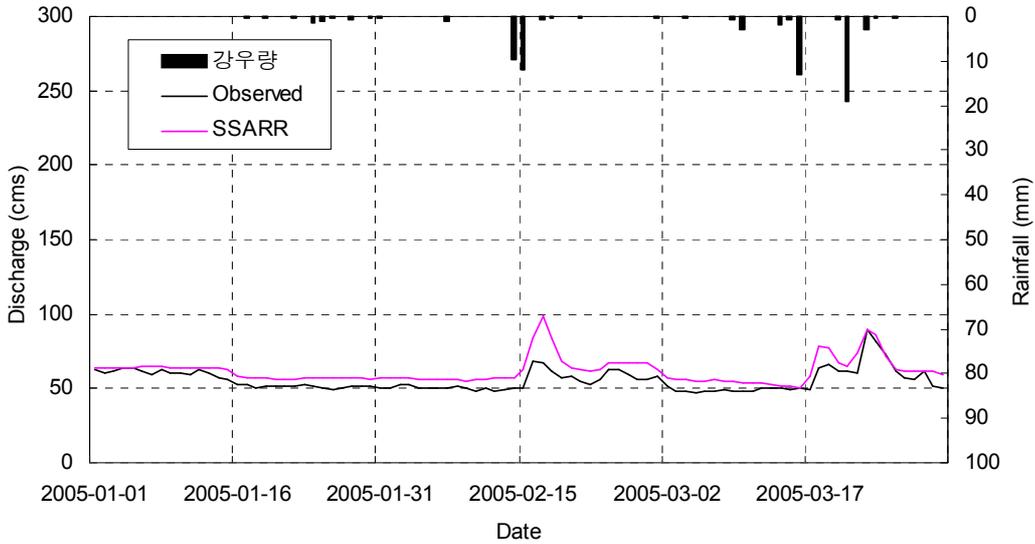


그림 5. 공주지점 유량 모의결과 비교(2005년 1/4분기)

5. 분석결과

과거 22년간 수문자료를 활용하여 앞서 기술된 정량적 분석기법에 의한 장기유출량, RRFS에 의한 모의 유출량, 그리고 기존 관측유량의 분기별 분석 결과는 다음 그림 6과 같다. 여기서 ‘계산(유출55%)’은 이 구간의 평균유출율이 55%로 가정한 후 장기유출량을 산정한 것이며, ‘분기별고려’는 장기유출량 분석시 도출된 유출율(1분기: 78%, 2분기: 39.9%, 3분기: 49.9, 4분기: 69.8%)을 적용한 것이다. 모의 유출량과 정량적 분석기법에 의한 유출량은 고유량 구간일수록 관측유량에 근사한 것으로 분석되었으며, 특히 정량적 분석기법에 의한 장기유출량 산정시 분기별 유출율을 고려하여 산정한 유출량이 전체 평균유출율(55%)을 적용하여 산정한 계산유출량 보다 근사한 결과를 나타내었다.

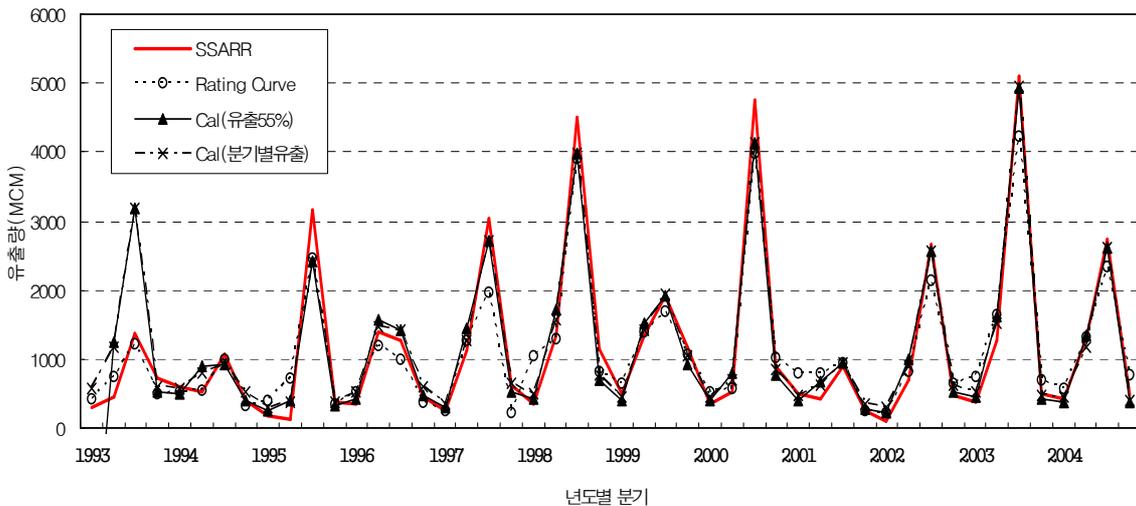


그림 6. 분기별 유출량 변화

6. 결 론

금강수계 주요 제어지점중 하나인 공주지점의 수리학적 특성을 파악하기 위하여 1983년~2004년간 과거 수문자료에 대해 SSARR모형을 기반으로 한 유출예측시스템인 RRFS 모의결과, 수문성분 분리에 의한 정량적인 연산기법, 기존 수위-유량관계곡선식에 의한 유량결과를 각각 비교·분석하였다.

과거 22년간 수문자료에 대해 기존 수위-유량관계곡선식에 의한 유량, SSARR모형에 의한 모의결과, 수문성분 분리에 의한 정량적인 연산기법 모의결과 등 3가지 분석결과는 전반적으로 근사한 것으로 분석되었다. 또한 2005년 1분기 동안의 RRFS 모의결과는 유량실측값을 기준으로 RMSE가 7.6으로 실측값에 근사한 것으로 분석되었다. 수위표 지점의 정확한 유량 산정은 수계의 수리·수문학적 연구에 있어 가장 중요한 기초 자료중 하나인 만큼 지속적인 추가연구를 실시하여 신뢰도를 향상시켜야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(과제번호: 1-6-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부(1997). 기존댐 용수공급 능력조사 (금강수계) 보고서.
2. 건설교통부(1999). 금강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량산정.
3. 건설교통부(2000). 수자원장기종합계획 보고서.
4. 건설교통부, 금강홍수통제소(2002). 금강수계 유량측정조사 보고서.
5. 안상진, 이용수(1989). SSARR 모형에 의한 유역유출 해석, 한국수문학회지, 제22권, 제1호, pp. 109-116.
6. 한국수자원공사(2004a). 금강유역조사 보고서.
7. 한국수자원공사(2004b). 대청다목적댐 관리연보.
8. Cho, W.c., Bae, D.H., and Seo K.W.(1995). A comparison of forecasting systems in south Korea and USA, Reduction of natural and environmental disasters in water environment. Proc. of the International Joint Seminars, Seoul National Univ., Seoul, Korea, pp. 45-54.
9. Fleming, G.(1977). Computer simulation techniques in hydrology. Elsevier, pp.55-57.
10. Rockwood, D.M.(1961). Colombia basin streamflow routing by computer, Transactions, American Society of Civil Engineers, No. 3119.
11. Rockwood, D.M.(1968). Application of stream-flow synthesis and reservoir regulation-"SSARR"-Program to the lower Mekong river, The Use of Analog and Digital Computer in Hydrology Symposium, International Association of Scientific Hydrology, UNESCO, pp. 329-344.
12. USACE(1991). SSARR User manual. North Pacific Div., Portland.
13. Wood, E.F.(1991). Real-time forecasting/control of water resource systems. Pergamon Press.