

계절 ARIMA모형을 이용한 대청댐 유역 실시간 유입량 예측에 관한 연구

A Study on the Real Time Forecasting for Monthly Inflow of Daecheong Dam using Seasonal ARIMA Model

김건순*, 안재현**

Keun Soon Kim, Jae Hyun Ahn

요 지

최근 들어 전 세계적으로 태풍과 가뭄 그리고 국지적인 호우 등의 기상변화로 인하여 수자원 종합적인 개발과 이용계획에 대한 전문적인 예측이 필요하다. 우리나라는 홍수기에 집중적인 강우 발생으로 인하여 평수기와 유입량 차이가 심한 수문특성을 가지고 있어 안정적인 수자원 공급에 대한 장기적인 관점에서 이수과 치수정책을 수립해야 한다. 본 연구는 1985년 1월부터 2008년 12월까지 24년에 해당하는 한정된 기간의 짧은 유출량 자료를 갖는 대청댐 유역에서의 시계열 유입량 특성을 Box-Jenkins모형 또는 ARIMA모형을 적용하여 추계학적 분석을 실시하였다. 월유입량과 같은 비정상성 시계열에 적용될 수 있는 적절한 추계학적 모형을 찾기 위하여 모형의 식별과 모형의 추정, 모형의 검진 등의 3단계에 걸친 분석을 실시하였다. 연구결과 대청댐 월유입량 예측 모형으로 승법계절 ARIMA(0,1,2)×(1,1,0)₁₂이 유도되었으며, 이 모형으로 1, 3, 6, 12개월의 선행기간에 대한 실시간 유입량을 예측하였다. 예측된 유입량을 2008년 실측유입량과 비교한 결과 6개월에 대한 예측의 정확성이 가장 높게 나타났다. 또한 평수기와 홍수기를 구분한 예측도 실시하였으며, 평수기는 1개월 홍수기는 3개월 간격으로 예측하는 것이 가장 적절한 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 대청댐 유입량, 추계학적 분석, ARIMA모형, 실시간 예측

1. 서론

21세기 들어서면서 전 세계적으로 기상변화로 인하여 수자원은 국가와 인간의 삶의 발전과 향상에 밀접한 관계가 있으므로 이에 대한 전문적인 예측에 대한 중요성이 커져가고 있다. 이에 댐은 수자원의 효율적인 관리와 안정적인 용수공급을 위해 건설된 것으로서 특히 우리나라와 같은 홍수기와 평수기의 수문특성의 차이가 심한 곳에서 안정적인 용수공급을 위한 수자원의 이용계획은 장기적인 관점을 통하여 효율적인 이수과 치수정책의 수립이 필요하다.(김주환 등, 2002) 그 중 이수정책은 한정된 기간의 짧은 유출량 기록을 갖는 댐 유역에서의 시계열 특성을 가진 수문학적 지속성여부에 대한 선행되어진 수자원 시스템 거동예측을 추계학적 분석으로 실시되어야 한다(김종석 등, 2008).

* 정회원 · 서경대학교 도시환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : kims0997@naver.com

** 정회원 · 서경대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : wrr@skuniv.ac.kr

본 연구에서는 계절 ARIMA모형을 이용하여 대청댐 유역의 월유입량 시계열자료를 토대로 좋은 모형을 찾기 위하여 ACF(Autocorrelation Function), PACF(Partial Autocorrelation Function), AIC(Akaike's Information Criterion), SBC(Schwartz's Bayesian Criterion)등을 통하여 모형을 판단하였고, 모형의 식별은 Box-Jenkins가 선호하는 최우도법(Maximum Likelihood Method)을 이용하였으며, 모형의 검진은 Portmanteau검정분석과 잔차도표(Residual Plot)와 잔차 자기상관함수(Residual ACF)등을 실시하였다.(박승완 등, 2002) 이에 Box-Jenkins모형의 이론을 비정상 시계열인 월평균 유입량에 적용하여 단일지점에서 주어진 월평균 유입량 시계열을 발생시키는 확률과정을 이해하고, 월평균 유입량 시계열의 특성분석을 분석하여 월유입량 예측모형을 산정하였으며, 그 모형을 통한 대청댐 유역의 월평균유입량 실시간 예측을 실시하면서 이에 따른 더욱 정확한 예측값을 가질 수 있는 기간을 비교 및 분석을 하는데 연구의 목적이 있다.

2. 적용 및 분석

2.1 대상유역

본 연구에서는 계절 ARIMA모형에 사용되는 자료로서, 실제 하천유역에 월평균 유입량을 예측하기 위하여 장기간의 수문자료가 있는 금강 대청댐유역을 선정하였으며, 다음 그림 1은 대청댐 유역도를 나타내고 있다. 대청댐 유역 면적은 667.48km², 유로연장 및 최원 유로연장이 84.53km이며 유역 내에는 9개 관측소(기상청 2개소, 수자원공사 3개소, 국토해양부 4개소)가 위치하고 있다.

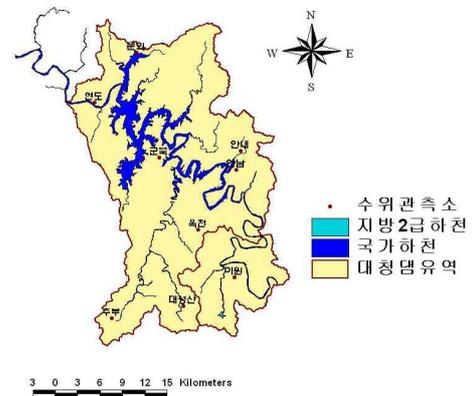


그림 1. 대청댐 유역도

2.2 모형적용 및 분석

본 연구에 사용된 자료는 1985년 1월부터 2008년 12월 까지 24년 동안의 연도별 월평균 유입량을 사용하였으며, 1985년부터 2007년까지의 자료를 이용하여 2008년 월평균 유입유량을 예측하였다. 월평균 유입량의 분산안정화와 경향성을 제거하기 위하여 대수변환과 1차 차분을 실시하였으며 계절성분을 제거하기 위해 계절차분을 적용하였다. ARIMA모형의 식별단계에서는 그림 2~그림 4와 표 1에서 보는 것같이 Akaike의 AIC(Akaike's Information Criterion)통계량, Schwartz's의 SBC(Schwartz's Bayesian Criterion)통계량을 사용하였고, 그림 6~그림 9에서 모형의 검진단계에서는 자기상관함수(ACF)와 편자기상관함수(PACF)를 실시하였다(안상진 등, 2000).

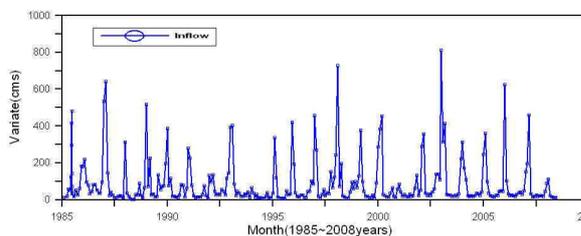


그림 2. 대청댐 월평균 유입량 시계열

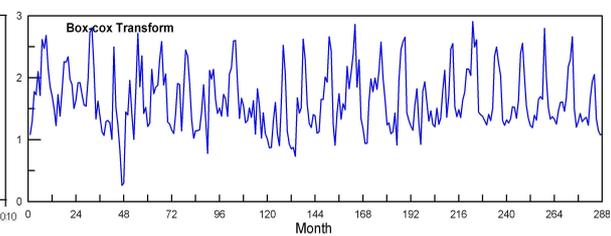


그림 3. 대청댐 유입량 Box-Cox 변환

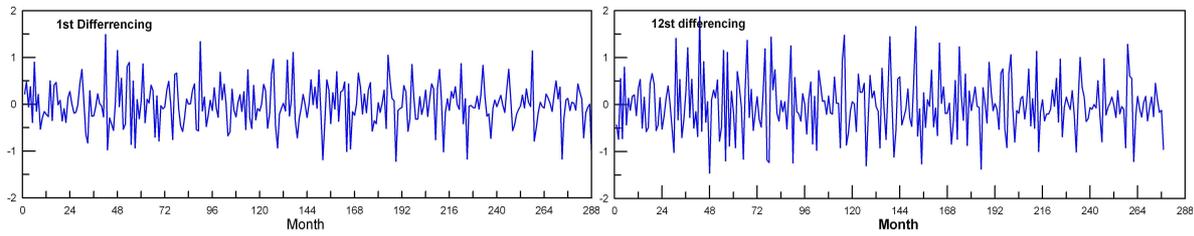


그림 4. 대청댐 유입량 1차 차분

그림 5. 대청댐 유입량 12차 차분

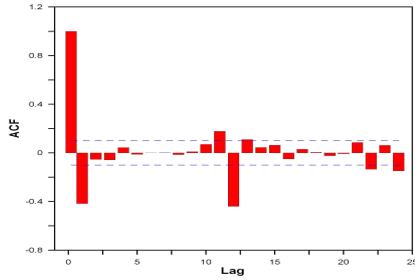


그림 6. 대청댐 유입량 ACF

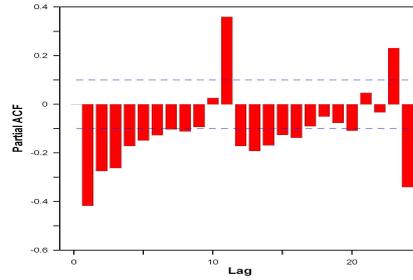


그림 7. 대청댐 유입량 PACF

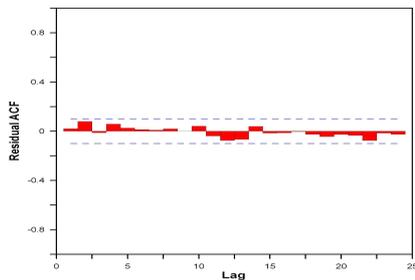


그림 8. 잔차의 ACF

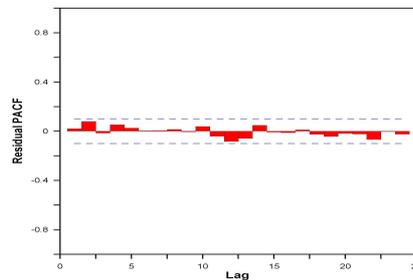


그림 9. 잔차의 PACF

표 1. 모형에 따른 AIC와 SBC의 비교

Model	Inflow	
	AIC	SBC
ARIMA(1,1,0)×(1,1,0) ₁₂	799.842	810.559
ARIMA(0,1,1)×(1,1,0) ₁₂	700.728	711.445
ARIMA(1,1,0)×(0,1,1) ₁₂	756.678	767.395
ARIMA(1,1,0)×(2,1,0) ₁₂	660.245	670.962
ARIMA(0,1,1)×(0,1,2) ₁₂	744.655	758.944
ARIMA(0,1,1)×(0,1,1) ₁₂	710.483	724.772
ARIMA(2,1,0)×(1,1,0) ₁₂	661.969	676.257
ARIMA(2,1,0)×(0,1,1) ₁₂	775.452	789.740
ARIMA(0,1,2)×(1,1,0) ₁₂	755.452	789.740
ARIMA(0,1,2)×(0,1,1)₁₂	646.526	660.815
ARIMA(2,1,0)×(2,1,0) ₁₂	775.452	789.740
ARIMA(2,1,0)×(0,1,1) ₁₂	725.168	743.029
ARIMA(0,1,2)×(2,1,0) ₁₂	648.643	666.513
ARIMA(0,1,2)×(0,1,2) ₁₂	692.788	710.649

3. 모형의 실시간 예측분석 및 월별비교분석

본 연구는 Box-Jenkins의 이론인 승법계절 ARIMA모형을 이용하여 적합한 모형 선정을 하였다. 더욱 세분화하여 2008년도 예측값에 대한 적합성을 검증해보기 위해서 선정된 모형을 가지고 대청댐 월평균 유입량에 대한 실시간 예측분석을 실시하였다. 본 분석에서는 그림 10과 같이 2008년도 대청댐 월유입량 관측값과 제안된 모형으로 예측값이 95% 신뢰구간 안에 만족하고 있음을 보여준다(박승완 등, 2002). 표 2와 같이 시계열의 각 예측 기간별로 1개월, 3개월, 6개월, 12개월로 나뉘서 예측한 결과 6개월씩으로 예측하는 것이 가장 적합한 결과로 나타나고 있다. 실시간 예측에 따른 2008년 월별 분석은 우리나라와 같은 평수기(1~6,10~12월)와 홍수기(7~9월)에 대한 심한 차이에 대한 예측을 하는데 있어, 가장 적합한 기간을 알아보기 위해 실시하였다. 표 3과 같이 대청댐 월평균 유입량에 월별 예측에 대해서 평수기는 1개월씩 그리고 홍수기는 3개월씩 예측하는 것이 가장 적합하게 나타났다.

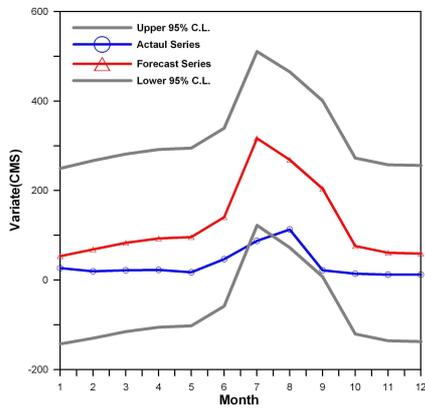


그림 10. 2008년 월유입량 예측

표 2. 대청댐 월유입량 2008년도 기간별 예측

예측별	Zn+1	Zn+3	Zn+6	Zn+12
평균	98.104	108.879	126.795	135.839
표준편차	93.594	104.228	88.668	94.357
상관계수	0.816	0.852	0.864	0.850
결정계수	0.666	0.725	0.746	0.722
RMSE	92.099	105.632	110.052	120.837

표 3. 대청댐 월유입량 2008년도 평수기 및 홍수기 실시간 예측 월별 분석

예측별	Zn+1		Zn+3		Zn+6		Zn+12	
	평수기	홍수기	평수기	홍수기	평수기	홍수기	평수기	홍수기
평균	53.943	230.587	57.454	263.153	81.342	263.153	86.977	282.425
표준편차	42.462	76.576	47.335	56.437	26.779	56.437	24.234	60.364
상관계수	0.808	0.471	0.807	0.761	0.770	0.761	0.639	0.730
결정계수	0.653	0.222	0.652	0.579	0.592	0.579	0.408	0.533
RMSE	45.861	95.950	51.551	110.554	62.677	110.554	67.950	121.868

4. 결론

본 연구에서 Box-Jenkins의 이론인 승법계절 ARIMA모형을 이용하여 비정상 시계열인 대청댐

월평균 유입량을 실시간 예측(Real Time Forecasting)하여 수자원의 효율적인 관리방안을 모색하기 위해 연구한 결과를 다음과 같이 이끌어낸다.

- (1) 대청댐 월평균 유입량 6개월씩 예측하는 모형으로 승법계절 ARIMA(0,1,2)×(1,1,0)₁₂모형이 적절하며 그 식은 다음과 같다.

$$(1 - 0.56234B - 0.23066B^2)(\ln Q_t - 0.0000499) = (1 - 0.99966B^{12})a_t$$

- (2) 본 연구는 위와 같은 모형으로 기상변화와 우리나라 수문학적 특성으로 인한 강우에 신뢰할 수 있는 월평균 유입량을 예측하는데 있어, 기존 선행연구에서 장기적인 관점을 가지고 과거 자료를 통하여 12개월씩 예측을 하였으며, 이에 대청댐 유역의 월평균 유입량에 대한 실시간 예측을 통하여 2008년 예측값과 관측값이 6개월씩 예측하는게 가장 적합하게 분석되었다.
- (3) 본 연구에서 실시간 예측을 통한 월별분석은 우리나라와 같은 평수기와 홍수기의 수문학적 특성의 심한 차이에 적합한 예측 기간을 분석하였다. 이로써 대청댐 월평균 유입량을 예측하는데 있어, 실시간 월별 예측 분석을 통하여 평수기는 1개월씩 그리고 홍수기 예측은 3개월씩 예측하는 것이 가장 적합하게 나타났다.
- (4) 점차적으로 태풍, 국지성 호우와 극심한 가뭄으로 이루어지는 기상변화와 우리나라 수문학적 특성에 대한 예측은 효율적인 수자원 시스템을 운영하는데 있어 그 중요성의 인식이 커져가고 있다. 이로 인한 국가와 삶의 발전을 위한 이수정책은 정확하고 신뢰성을 가진 실시간 예측분석(Real Time Forecasting)을 통하여 그에 대응할 수 있는 수자원 거동예측이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김종석, 윤선권, 안재현, 문영일(2006). 안동댐 유역의 월유입량 예측을 위한 계절형 ARIMA모형과 TANK모형의 적용성평가, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 1173-1178.
2. 박승완, 박준일, 장영태, 김동민, 성오경(2002). 계절 ARIMA모형을 이용한 남강댐 월유입량 예측에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 171-174.
3. 안상진, 이재경(2000). 추계학적 모의발생기법을 이용한 월 유출 예측, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제33권, 제2호, pp. 159-167.
4. 김주환, 강권수(2002). 댐유입량 예측기법별 적정성 분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp. 233-238.