

단기 예측강우와 댐 유입량 예측 적용성에 관한 연구

Study on the Short-Term Rainfall and their Dam Inflow Application

변동현*·김진훈**·배덕효***

Byun, Dong-Hyun·Kim, Jin-Hoon · Bae, Deg-Hyo

요 지

최근 국지적 집중호우로 인한 인명과 재산피해가 증가하고 있는 실정이며 이러한 피해를 경감하기 위한 하나의 방책으로써 홍수예경보 시스템 구축에 관한 관심이 증가하고 있다. 기존의 홍수예보 시스템은 강우의 실제 관측치를 모형의 입력자료로 하여 홍수유출을 계산함으로써 인해 예보시간이 촉박하였다. 실시간 강우를 이용하여 유출계산을 수행하고 그 결과가 위험하다고 판단될 때 홍수예경보를 하므로 집중호우와 같은 악기상 조건에서는 적용에 한계가 있다. 따라서 정확한 기상예보를 활용한 기상-수자원 연계기법을 개발하여 홍수예경보 시스템에 적용한다면 악기상 감시예측기술의 향상과 더불어 재해의 방지차원에서 매우 유용한 대책이 될 것이다. 이에 본 연구에서는 단기 예측강우의 국내유역 적용성 여부를 검토하기 위해 30km의 공간 해상도를 가진 단기지역예보모델인 RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System) 강수자료를 활용하여 기상학적 및 수문학적 정확도를 분석하였으며, 이를 바탕으로 예측강우의 높은 활용성이 기대되는 실제 한강수계의 주요 댐 지점에 HEC-1 모형을 이용하여 댐 유입량을 산정하고 그 적용성을 평가하고자 한다.

핵심용어: 단기에측강우, RDAPS, 기상-수자원연계기법

1. 서 론

국내 기상청에서 제공되는 단기, 중기, 장기에보 등 예측기간별 수치 및 통계 강우예보자료는 슈퍼컴퓨터의 도입과 기상분야의 지속적 연구성과의 향상으로 정확도가 매우 향상되었다. 특히 일반인을 대상으로 제공되는 생활 기상예보는 3시간 및 6시간예보, 단기에보, 주간예보, 계절예보, 1개월 및 6개월 장기에보등이 주기별로 생산되어 일상생활에서 매우 귀중한 정보로 활용되고 있다. 이러한 정보들을 수자원 분야에 적용할 수 있는 방안을 모색하고 그 활용성을 극대화 시킨다면 수자원분야의 치수기 홍수예측과 이수기 댐운영 계획 수립 등에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

이에 본 연구의 목적은 기상자료의 수자원 연계기법 개발의 일환으로 기상청의 단기 수치예보자료인 RDAPS 30km 강수자료를 활용하여 기상학적 및 수문학적 정확도를 분석하고, 이를 바탕으로 예측강우의 높은 활용성이 기대되는 실제 한강수계의 주요 댐 지점에 HEC-1 모형을 이용하여 댐 유입량 산정과 그 적용성을 평가하는데 있다.

* 세종대학교 토목환경공학과 석사과정E-mail : bdh0507@naver.com - 발표자

** 국토해양부 영산강홍수통제소공학박사E-mail : jhcnu@chol.com

*** 정회원·세종대학교 물자원연구소토목환경공학과 교수공학박사E-mail : dhbae@sejong.ac.kr

2. RDAPS 수치예보모델 및 정확도 분석기법

2.1 RDAPS 수치예보모델

기상청의 지역적(regional), 고해상도 단기 예측모델인 RDAPS의 근간은 PSU/NCAR MM5(Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research Mesoscale Model version 5) V2.11과 V2.12(Grell 등, 1995)이다. RDAPS는 슈퍼컴퓨터(NECSX5/12A)에서 매일 두 번(00, 12UTC) 연산을 수행하며, 191×171×33의 격자시스템에서 평면격자 간격은 30km이다(Kwon 등, 2002).

MM5의 이론적 근간은 Anthes와 Warner(1978)에서 시작되었으며, 보다 확장된 개념은 Anthes 등(1987)에 의해 확립되었다. 모형의 구름 물리과정은 simple ice(Dudhia, 1989), 적운모수화는 Kain-Fritsch 방법(Kain과 Fritsch, 1990)이 사용되고 행성 경계층 모수화는 MRF/PBL(Medium Range Forecast/Planetary Boundary Layer) 기법(Hong과 Pan, 1996)을 포함한다. 장파 및 단파 태양복사는 Grell 등(1995)의 기법, Klemp와 Durran(1983)의 상층 경계조건을 사용한다. 모형의 연직 좌표계는 σ 좌표계, 수평 좌표계는 Arakawa-B격자계(Arakawa와 Lamb, 1997), 지구 투영법은 중위도에서 적합한 것으로 알려져 있는 램버트 컴퍼말(Lambert Conformal) 좌표체계를 사용한다.

2.2 정확도 분석기법

기상청에서 생산되는 수치예보자료의 수문학적 활용성 측면을 검토하기 위해 수치예보자료 중 강수량 예보자료를 관측자료와 비교·분석하였다. 분석대상은 RDAPS 30km 예보자료이며, 비교·검증에 사용되는 관측자료는 자동지상관측장비(AWS)와 관측소의 강수량 관측 자료이다. 불규칙한 지점에서 생산되는 관측자료는 각 격자점에서의 값으로 생산되는 수치예보자료와 직접적인 비교가 어렵다. 그러므로 두 자료를 공간적으로 통일시켜야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 관측자료를 Barnes(1964)의 객관분석 기법을 이용하여 수치예보자료의 격자점에 일치하도록 내삽하여 사용하였다.

기상학적 정확도 분석 방법은 크게 연속형과 범주형 통계방법으로 나누어지는데, 연속형 통계방법은 주로 양적인 차이를 비교하는 방법으로, 각 격자점에서의 관측값과 예측값의 차이를 편의(bias), 평균제곱오차(rmse), 상관계수(cc) 등을 활용하여 나타낸다. 범주형 통계방법은 각 격자점을 4개의 범주로 구분하고 bias score와 threat score 방법으로 관측자료와 예측자료를 비교한다. 수문학적 정확도 분석 방법은 주로 예보 영역에 대해서 정성적인 평가로 이루어지는 기상학적 검증과 달리 유역 시계열 평균강수량(MAP)으로부터 정량적으로 평가한다.

3. 정확도 분석 및 평가

3.1 기상학적 정확도 분석

2003년 7월 중 강수가 있었던 3가지 사례를 선정하여 3시간 누적강수량에 대해 검증을 시행 하였으며, 사용된 RDAPS 예보자료는 각 3가지 사례의 해당 기간에 대한 12시간, 24시간, 36시간, 48시간 이전 예보자료를 사용 하였다. 검증은 관측 자료의 수집이 가능한 육지에 대해서만 행하였으며, 관측 자료의 수집이 불가능한 해상에 대해서는 제외하였다.

편의는 관측과 예보의 평균적인 차이를 나타내는 것으로 그림 1과 같이 3가지 사례에 있어서 모두 예보 선행시간이 짧아질수록 관측과 예보의 평균오차가 감소하는 것을 알 수 있다.

평균제곱오차는 관측과 예보 차이의 크기를 나타내는 것으로 그림 2와 같이 case3를 제외하고는 예보 선행시간이 짧아질수록 감소하고 있어 예보가 관측에 가까워짐을 알 수 있다. 편의가 양의 값을 나타내고 평균제곱오차가

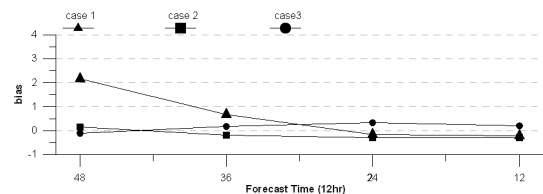


그림 1. 선정된 3가지 사례의 편의

증가하고 있다는 것은 관측에 비해 강수량을 과다 예보한 것을 의미하며, 예보 선행시간이 짧아질수록 과다 예보한 강수량 혹은 지역이 증가한다는 것을 말한다. 상관계수는 예보자료와 관측자료의 공간적인 패턴의 일치 정도를 나타내는 것으로, 두 자료의 공간적인 패턴이 유사할수록 1에 가까운 값을 나타낸다. 그림 3은 선정된 사례의 상관계수를 나타낸 것인데 case2를 제외한 나머지 사례에 있어

차
예보 선행시간이 짧아질수록 상관계수가 감소하고 있으므로, 관측과 예보의 공간적인 패턴이 상당히 상이함을 알 수 있다.

3가지 사례에 대하여 RDAPS 수치예보자료를 관측자료와 검증한 결과, 양적인 검증을 나타내는 편의와 평균제곱오차에서는 전체적으로 예보 선행시간이 짧아짐에 따라 감소하여 예보가 관측에 가까워지는 것으로 나타났으며, 상관계수는 전체적으로 관측과 예보의 공간적인 패턴의 일치정도가 낮은 것으로 나타났다.

Bias score는 전체 예보 지역중 주어진 임계값에 대해 강수가 관측된 지역과 강수가 있을 것으로 예보된 지역의 비율로 계산되며 관측된 강수지역과 예보된 강수지역의 크기가 일치하는 경우 1이 된다.

3가지 사례의 경우, case3를 제외하고는 선행시간이 짧아짐에 따라 1에 가까운 값으로 접근하고 있으므로 강수가 관측된 지역과 예보된 강수지역의 비가 일치해감을 알 수 있다.

Threat score는 주어진 임계값에 대해 강수가 관측된 지역과 강수가 있을 것으로 예보된 전체 지역을 대상으로 관측과 예보가 일치한 지역의 비를 나타내며, 1이면 관측된 강수지역과 예보된 강수지역이 정확히 일치함을 나타낸다.

3.2 수문학적 정확도 분석

본 사례분석에서는 RDAPS 30km 격자자료와 기상청 관측자료인 AWS 자료를 수문학적으로 분석하기 위해 두 자료를 MAP로 환산하여 한강수계의 주요댐 지점 중 하나인 화천댐 자기유역을 대상으로 정확도 분석을 수행하였다. 대상기간은 2003년 7월 21일 12UTC RDAPS자료를 가지고 수행하였으므로 21일 21시부터 23일 20시까지이며, 분석결과 각 소유역별 평균제곱오차는 평균적으로 8.44, 상관계수는 평균적으로 0.67의 결과를 나타내었다. 또한 RDAPS MAP자료를 이용하여 HEC-1 강우-유출모형에 적용시킨 결과, 그림 7과 같이 모의값과 관측값의 차이가 거의 없음을 알 수 있는데 이는 화천댐 유입량이

상류의 평화의댐 방류량에 지배적인 영향을 받기 때문에 상대적으로 강우의 영향을 적게 받는다고 볼 수 있

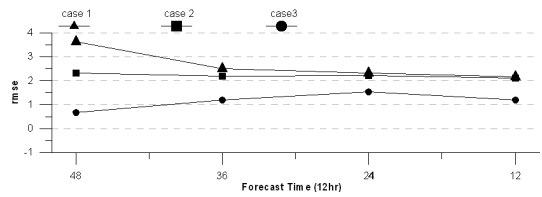


그림 2. 선정된 3가지 사례의 평균제곱오차

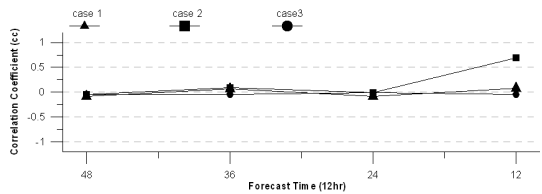


그림 3. 선정된 3가지 사례의 상관계수

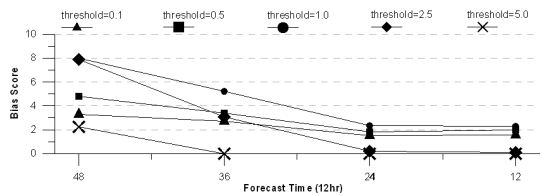


그림 4. case1의 bias score

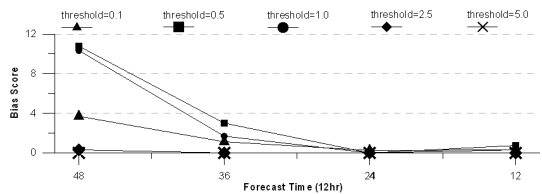


그림 5. case2의 bias score

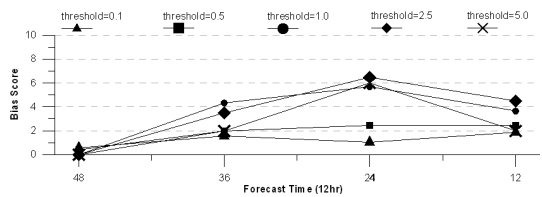


그림 6. case3의 bias score

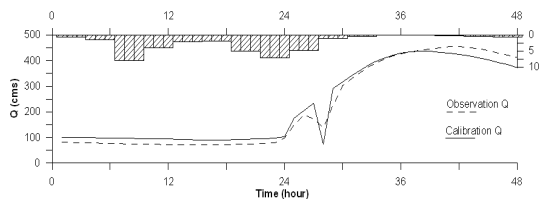


그림 7. 유출해석 결과

다.

4. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 단기 수치예보 자료의 국내 적용성 여부를 검토하기 위해 30km 공간해상도를 가진 단기지역예보모델인 RDAPS 강수자료를 활용하여 기상학적 및 수문학적 정확도를 분석하고, 화천댐 유역의 댐유입량을 산정하였다. RDAPS 30km 수치예보자료를 3가지 사례에 대하여 관측자료와 검증한 결과, 양적인 검증 결과를 나타내는 편의와 평균제곱오차에서는 전체적으로 예보 선행시간이 짧아짐에 따라 감소하여 예보가 관측에 가까워지는 것으로 나타났으며, 상관계수는 예보 선행시간이 짧아짐에 따라 감소하여 관측과 예보의 공간적인 패턴의 일치정도가 낮게 나타났다. 또한 정성적 평가에서 bias score는 예보시간이 짧아짐에 따라 1에 가까운 값으로 접근하고 있으므로 강수가 관측된 지역과 예보된 강수지역의 비가 일치해감을 알 수 있었다.

이처럼 기상학적 및 수문학적 정확도 분석에서 모두 좋은 결과를 얻었다고는 볼 수 없으며, 유입량 예측 부분에 있어서도 다양한 사례연구와 이에 대한 평가가 미흡하여 명확한 해답을 얻지 못하였다. 따라서 향후 보다 체계적인 정량적·정성적 분석과 함께 다양한 수문학적 정확도 분석·평가를 통하여 기상-수자원 연계 기법을 개발한다면 수자원 각 분야의 현업에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 한국수력원자력 수력발전소발전 및 수계운영설비비보강사업(과제명) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Anthes, R.A. and Warner, T.T. (1978). Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 106, pp. 1045-1078.
2. Anthes, R.A., Hsie, E.-Y. and Kuo, Y.H. (1987). *Description of the Penn State/Ncar Mesoscale Model Version 4 (MM4)*. NCAR/TN-282+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, pp. 66.
3. Arakawa, A. and Lamb, V.R. (1997). *Computational design of the basic dynamical process of the UCLA general circulation model, Methods in Computational Physics*. Academic Press, pp. 173-265.
4. Barnes, S.L. (1964). A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *J. Appl. Meteor.*, Vol. 3, pp. 396-409.
5. Dudhia, J. (1989). Numerical study of convection observed during the Winter Monsoon Experiment using a mesoscale two-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 46, pp. 3077-3107.
6. Grell, G.a., Dudhia J. and Stauffer, D.R. (1995). *A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5)*. NCAR Tech. Note NCAR/TN-3981STR, pp. 122.
7. Hong, S.-Y., and Pan, H.-L. (1996). Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 124, pp. 2322-2339.
8. Kasahara, A., Arthur, P.M., and Leo, J.D. (1992) Impact of cumulus initialization on the spinup of precipitation forecasts in the tropics, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 120, pp. 1360-1380.
9. Klemp, J.B., and Durran, D.R. (1983). An upper boundary condition permitting internal gravity wave radiation in numerical mesoscale models. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 111, pp. 430-444.
10. Kwon, H.J., Won, S.H., Ahn M.-H., Suh, A.-S. and Chung, H.-S. (2002). GFDL-Type Typhoon

Initialization in MM5. *Mon. Wea. Rev.*, Vol 130, pp.2966-2974.