

남한의 2002년 여름철 유역별 강수량의 수치예보 결과 분석

○백희정¹⁾, 권원태²⁾, 장기호³⁾

1. 서론

정확한 정량적 강수예측은 단기적으로는 강의 수위 예측 및 이를 바탕으로 하는 홍수예·경보 발령, 장기적으로는 강수량의 대부분이 여름철에 집중적으로 내리는 우리나라의 경우 경제기반에 필요한 용수 확보를 위한 댐 수위 조절 등의 수자원 관리에 매우 중요하다. 그러나 강수량의 정량적 예측은 대기 운동 자체의 복잡성과 비선형성으로 인하여 많은 불확실성을 내포하고 있으므로 세계적으로도 기상예보 중 예측정확도가 가장 낮다. 그러므로 수자원 관리를 위해서 예측자료의 예측성을 평가하고 활용가능성을 검토하고자 한다. 이를 위해서 현재 기상청에서 중단기 예보를 위해 운영중인 전지구예보시스템 (Global Data Assimilation and Prediction System: GDAPS)로부터 매일 12UTC에 생산되는 12시간 누적 강수량의 10일 예보자료를 남한의 5대 주요강 유역별로 전환하여, 기상청의 자동기상관측장비(Automatic Weather System: AWS)로 관측된 강수량 자료와 비교하여 GDAPS의 12시간 누적 강수량에 대한 10일 예보의 성능을 검증할 것이다.

2. 자료 및 방법

이 연구에서 사용되는 예보 강수량 자료는 기상청에서 운영 중인 GDAPS(T213L30) 자료이다. GDAPS T213L30의 수평해상도는 위·경도 $0.5625^\circ \times 0.5625^\circ$ 이고, 연직 층수는 30층으로서 σ -P 혼합형 연직 좌표계를 사용하며, 최상층은 10 hPa 이다. 현재 GDAPS T213L30은 3.5일 예보와 10일 예보에 사용되는데, 이 연구에서는 매일 한번 12UTC에 생산되는 10일 예보자료를 사용하였다. 10일 예보 자료의 경우에는 수평해상도가 1.25° 로 변환되어 생산된다. 또한 GDAPS 500 hPa 지위고도장 및 850 hPa 온도장, 200 hPa 풍속장 예보 자료를 사용하여 전구적인 GDAPS 예보 성능을 분석하였다. 강수량 예보 성능 검증을 위해 사용되는 관측자료는 제주도를 제외한 남한 지역의 509개 AWS에서 관측된 00UTC와 12UTC의 12시간 누적 강수량이다. 또한 전구적인 GDAPS 예보 성능 검증을 위해서 3시간 간격의 NCEP 재분석 자료의 500 hPa 지위고도장, 850 hPa 온도장, 200 hPa 풍속장이 12시간 자료로 변환되어 사용되었다. 강수량 자료들은 Thiessen 방법을 통하여 5대강 (한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강) 유역별로 분류되고, 검증기간은 2002년 여름철(7월, 8월)로서 예보자료를 기준으로 달마다 검증을 수행하였으며, 이에 따라 관측자료의 경우 해당 월의 자료와 다음 월

1) 기상연구소 기후연구실 기상연구사
2) 기상연구소 기후연구실 실장
3) 기상연구소 예보연구실 기상연구사

의 처음 10일 자료가 필요하게 된다.

이 연구에서 사용된 객관적 예보 성능 검증 방법은 500 hPa 지위고도와 같은 광역변수에 대해서는 평균 오차(아래의 Bias와 수식이 같음) 및 Root-mean-square error (RMSE)이며, 12시간 누적 강수량에 대해서는 Bias, RMS에 더불어 상관분석방법(CC)을 사용하였다. Bias 및 RMSE를 통해서는 오차 크기를 알 수 있으며, 상관분석의 경우는 변동성의 검증에 유용하다. 이들은 각각 다음과 같이 정의된다.

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i - O_i)}{N}, \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2}{N}}, \quad CC = \frac{\sigma_{FO}}{\sigma_F \sigma_O}$$

여기서 F_i 는 예보 강수량이고 O_i 는 관측 강수량이며, N 은 관측 빈도수이다. 또한 σ_F , σ_O , σ_{FO} 는 각각 예보된 12시간 누적 강수량의 분산, 관측된 12시간 누적 강수량의 분산, 이 둘 사이의 공분산을 나타낸다.

3. 수치예보자료의 성능 검증

3.1. 광역변수의 예보 성능 검증

전지구적인 500 hPa 지위고도, 850 hPa 온도, 200 hPa 풍속에 대해서 예보시간의 변화에 따른 월별 평균오차 및 RMS를 살펴보았으며, 그림 1에 한 예로서 240시간의 예보 중에서 7월 12hr과 240hr 예보에 대한 평균 오차를 나타내었다. 그림에서 실선은 예보장을 나타내며, 음영지역은 오차의 크기를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 예보시간이 길어짐에 따라 오차는 점점 커지고 있다. 또한 500 hPa 지위고도장에서 예보시간이 길어짐에 따라 특히 기압능에서 관측보다 큰 값을 보이고 있다. 이와 더불어 850 hPa 온도장에서 예보시간이 길어짐에 따라 특히 아시아대륙에서 온도가 높게 예보되는 것을 알 수 있다. 200 hPa 풍속장의 경우 겨울철에 해당하는 남반구 강풍대에서 예보 오차가 크게 나타남을 알 수 있는데, 즉 관측보다 풍속이 크게 예보되고 있다.

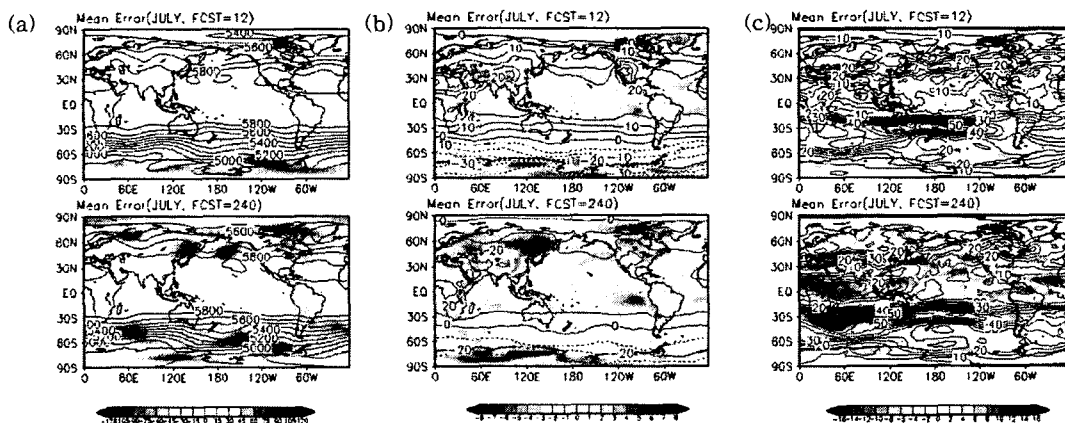


그림 1. 12hr(상단) 및 240hr(하단) 예보시간에 대한 평균오차의 전지구적 분포도. (a) 500 hPa 지위고도(m), (b) 850 hPa 온도(°C), (c) 200 hPa 풍속(m/s).

3.2. 유역별 강수량의 예보 성능 검증

검증될 유역별 강수량 자료는 그림 2와 같이 남한내 509개 AWS 관측지점과 GDAPS 예보 자료를

Thissen 방법을 이용하여 얻어졌다. 이에 대한 보다 자세한 정보는 과학기술부(2002)를 참조하기 바란다.

객관적 방법을 이용한 예보성능 분석 이전에 유역별 관측 및 예보 강수량의 시계열을 먼저 살펴보고자 한다. 그림 3은 5대강 중 한강 유역의 7월과 8월의 예보(■) 및 관측(□)의 12시간 누적강수량으로서 각 그림 상단에 표시된 숫자는 예보 시간을 나타낸다. 그림에서 한 예로 12hr에 있어서 7월 1일 12UTC에 예보된 12hr에 해당하는 관측일은 7월 2일 00UTC이다. 또한 12hr과 24hr를 같은 그림상에 나타낸 이유는 표1과 같이 예보자료는 각 일의 12UTC에 한번만 예보되기 때문에 12hr 예측값은 다음 날의 00UTC에 해당되는 관측값과 비교되며, 이에 따라 12UTC의 강수량은 포함되지 않는다. 반면에 24hr 예측값은 다음날 12UTC에 해당되는 관측값과 비교된다. 따라서 00UTC, 12UTC 관측값을 모두 표현하기 위해서 12hr, 다음 12hr 예보값을 한 시계열에 나타내었다. 위에서와 같은 각 예보시간에 대한 관측값의 선정은 다음에 검증될 결과에도 영향을 미치게 된다.

그림3에서 알 수 있듯이 예보시간이 짧을수록 예보된 강수량이 관측값과 유사함을 알 수 있다. 그러나 한강의 경우, 8월초에 나타난 비교적 많은 강수량이 예보시간이 길지 않더라도 그 양에 있어서 과소하게 예보되고 있다.

유역별 12시간 누적 강수량의 객관적 예보 성능 검증의 결과를 한강 유역에 대해서 그림 4에 나타내었다. 먼저 Bias를 살펴보면 전반적으로 강수량의 일별 편차가 8월보다 작은 7월의 경우에 Bias는 120hr 예보시간까지는 매우 작게 나타나고 있다. 그러나 그 이후에는 과소 예보되는 경향을 보이고 있다. 8월의 경우에는 8월초에 관측에서 많은 강수량을 보인 것에 비해 적은 양의 강수량

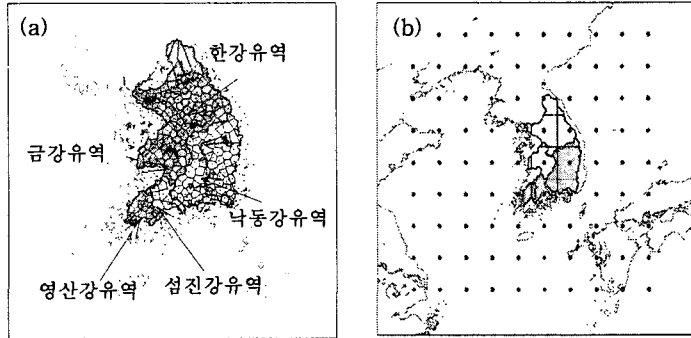


그림 2. 남한에서의 (a) AWS 자료와 (b) GDAPS 10일 예보장에 대한 Thiessen 방법에 의한 유역 구분

표 1. 예보 성능 검증에서 비교되는 예보시간에 해당하는 관측시간의 예.

해당관측시간 예보시작시점	7월2일 00UTC	7월2일 12UTC	7월3일 00UTC	7월3일 12UTC	7월4일 00UTC	7월4일 12UTC
7월 1일 12UTC	12hr	24hr	36hr	48hr	60hr	72hr
7월 2일 12UTC			12hr	24hr	36hr	48hr
7월 3일 12UTC					12hr	24hr

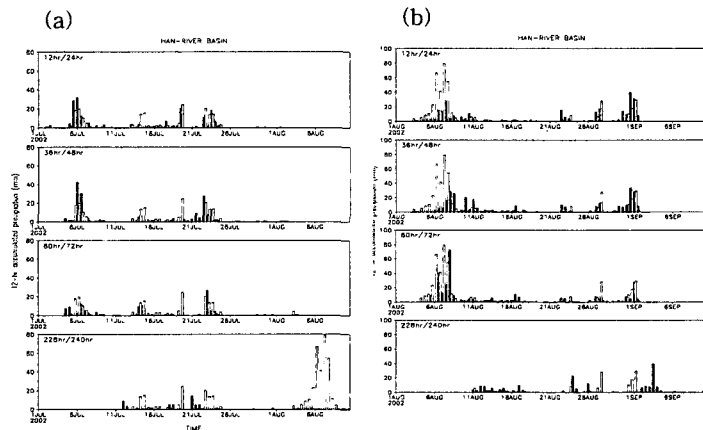


그림 3. 2002년 7월(a)과 8월(b)의 예보(■) 및 관측(□)된 한강 유역의 12시간 누적 강수량 시계열.

작은 7월의 경우에 Bias는 120hr 예보시간까지는 매우 작게 나타나고 있다. 그러나 그 이후에는 과소 예보되는 경향을 보이고 있다. 8월의 경우에는 8월초에 관측에서 많은 강수량을 보인 것에 비해 적은 양의 강수량

을 예보하고, 따라서 8월초의 많은 강우로 인하여 비교적 예보시간이 길지 않은 경우에도 Bias가 크게 나타났다. Bias에서와 같은 경향은 RMSE에서도 나타나고 있다. 즉 전반적으로 예보시간이 짧은 경우에 RMSE는 작으나 예보시간이 길어질수록 그 값은 커진다. 유역별 강수량의 변동성에 대한 예보 검증 결과인 상관분석의 경우에는 Bias의 결과와 유사하게 7월 강수량의 경우에 한강의 경우 96hr 예보시간 이내에서 상관 계수가 매우 높게 나타나고 있다. 8월 강수량의 경우에 비록 그 양은 적게 예보되었으나 그 변화 경향은 120hr 예보까지 비교적 관측과 유사하다는 것을 알 수 있다.

4. 요약 및 토론

이 연구에서는 수자원 관리의 효율적 운영을 위해서 기상청에서 생산되는 역학적 중기 예보자료의 활용가능성을 살펴보았다. 이를 위해서 기상청 중단기 예보 모델인 GDAPS의 10일 예보자료를 관측자료와 비교함으로써 그 예보성능을 검증하였다. 이로부터 500 hPa 고도장 등의 광역변수의 예보 성능은 비교적 좋으나 예보시간이 길어질수록 오차가 커지고 있었다. 12시간 누적 강수량 예보의 경우에 Bias와 RMSE를 살펴보면 7월의 경우, 대부분 유역에서 적어도 5일 정도까지는 예보 성능이 우수한 편이나 8월의 경우 8월초에 관측된 강수량이 많아 과소 예보되는 경향이 있었다. 그러나 상관분석을 살펴보면, 5일까지 상관계수가 비교적 높아 강수량은 적게 예보되었으나 그 변동 경향은 비교적 잘 예보되었음을 알 수 있다. 위의 사례에서는 적어도 5일 예보까지는 역학적 수치예보 자료로서 수자원 관리에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 앞으로 여름철 이외의 계절에 대해서 강수량 예보 성능을 검증함으로써, 수자원 관리를 위한 계절별 역학적 중기예보자료의 활용가능성을 살펴볼 것이다.

감사의 글

이 연구를 위하여 자료를 제공하여 주신 기상청 수치예보과에 감사드립니다. 이 연구는 과학기술부 지원으로 수행하는 21세기프론티어연구개발사업(수자원의지속적확보기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 과학기술부, 2002: 수자원관리를 위한 장·단기 기상예보 제공기술개발(I). 과학기술부, PP158.
 기상청, 2000: 수치예보시스템의 검증보고서. 기상청 수치예보과 기술보고서 2001-2, pp48.

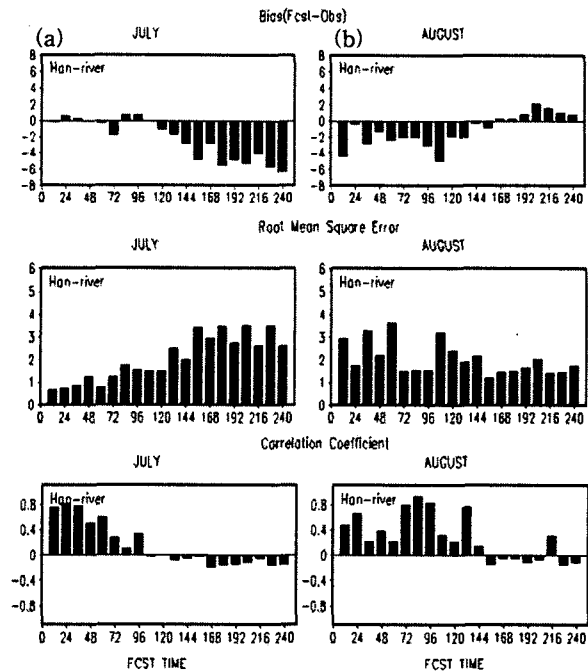


그림 4. (a) 7월, (b) 8월 12시간 누적 강수량의 bias(상단), RMS(중간), 상관관계(하단).