

레이더 추정 강우와 분포형 모형을 이용한 유출 모의 Runoff Analysis using Radar Rainfall and Distributed Model

김건우*, 안재현**

Geon Woo Kim, Jaehyun Ahn

요 지

본 연구에서는 레이더의 수평반사도를 이용하여 강우를 추정하였고, 레이더 추정 강우자료에 의한 유역평균 강우량과 지상 우량계의 유역평균 강우량을 비교하였다. 또한 추정된 레이더 강우와 지상 강우를 이용하여 강우를 보정하였으며, 수문학적 활용성을 확인하기 위해 분포형 모형인 Vflo™을 이용하여 유출을 모의하였다. 강우량 분석결과, 보정 전의 레이더 추정 강우는 지상 강우와 많은 차이를 나타냈으며, 지상 강우를 통해 보정한 레이더 추정 강우는 지상 강우와 유사한 결과를 나타내었다. 유출모의에서도 보정한 레이더 추정 강우의 첨두유량과 총유출량이 관측유량과 비교적 근사한 값을 보였다.

핵심용어 : 레이더 추정 강우, 유역평균강수량, 첨두유량, 총유출량

1. 서론

최근 세계적인 이상기후 현상으로 집중호우, 돌발홍수, 태풍 등이 많이 발생하고 있으며, 이로 인해 수문기상재해가 증가하고 있다. 우리나라도 기후변화로 심각한 인명 손실 및 경제적 피해를 입고 있다. 따라서 강우의 공간적분포를 정의하는데 효과적인 레이더 강우의 활용에 대한 연구가 늘어나고 있다. 본 연구에서는 기상청에서 운영하는 면봉산 강우레이더 관측소의 자료를 활용하여 레이더 강우를 추정하고 지상 강우량과 비교 및 분석하였다. 또한 레이더 추정 강우를 보정하고 분포형 모형을 이용하여 유출을 모의하였다.

2. 레이더 강우 추정 원리

2.1 레이더 강우 추정 이론

수평편파 레이더의 강우를 추정하기 위해 활용되는 수평편파 반사도는 레이더로부터 송신된 수평파의 에너지와 목표물로부터 산란되어 되돌아온 수신에너지의 비로 정의된다. 수평반사도는 레이더 반사강도 인자를 뜻하며 식(2.1)과 같이 계산된다.

$$Z_H = \sum_{i=1}^n N_i D_i^6 \tag{2.1}$$

여기서, D는 단위 체적에 포함되어 있는 강우 입자의 지름(mm)으로 크기별로 그룹화 되어있고, N은 I번째 지름을 갖는 강우입자 그룹의 개수를 의미하고, 위 식의 단위는 또는 dBZ이다.

2.2 Z-R 관계식

* 정희원 · 한국수자원조사기술원 연구원, 서경대학교 대학원 석사과정 · E-mail : doodoo90@gmail.com

** 정희원 · 서경대학교 토목건축공학과 교수 · E-mail : wrr21@naver.com

레이더 원시자료는 대기 중에 방사된 전파가 대기의 구름 및 수분입자를 만날 때 되돌아오는 전기적 신호가 반사도(reflectivity) 형태로 저장된 것으로, 이를 수문·기상학적으로 사용하기 위해서는 Z-R관계식을 이용하여 강우강도로 변환해야 한다.

레이더 반사도 자료를 강우량으로 변환하는 Z-R 관계식은 Z와 R의 멱급수를 이용하여 식(2.2)과 같이 표현될 수 있다(Marshall and Palmer, 1948).

$$Z = aR^b \tag{2.2}$$

여기서, Z는 반사도 인자(reflectivity factor)이며, 단위는 mm^6m^{-3} 이고, R은 강우강도(rain rate)로써 단위는 mm/hr이다. a, b는 경험에 의한 상수 값이며, 관측된 레이더 반사도에 대한 매개변수 a, b를 식(2.2)에 적용하여 강우강도를 산정한다.

3. 레이더 추정 강우를 이용한 유출 모의

3.1 대상유역 선정 및 자료 수집

본 연구의 대상유역은 형산강 유역으로 유역면적은 1,139.99 km^2 이며 레이더 강우의 공간적 연속성을 고려하기 위해 형산강 유역 내 강우관측소 14개, 유역 바깥으로 근접한 강우강우측소 5개의 강우자료를 수집하였다. 레이더 자료의 경우 면봉산 강우레이더 자료를 이용하였으며, 본 연구에서 사용한 강우사상 및 강우관측소 지점은 표 1과 같다.

표 1. 관측 데이터

구분	기간	강우 레이더 관측소	지상 관측소	비고
CASE 1	2012/09/16~2012/09/17	면봉산	건천, 김단, 경주1, 경주2, 경주시(기), 고정, 기계1, 기계2, 기북, 덕동, 두동, 부조, 불국사, 산내2, 순금, 옥산, 천북, 포항, 포항(기)	태풍(산마)
CASE 2	2015/07/08~2015/07/09		장마	
CASE 3	2016/09/02~2016/09/03		장마	

3.2 레이더 추정 강우와 지상 강우의 비교 분석

그림 1은 형산강 유역의 호우 사상에 대해 지상 강우의 유역평균강우량과 레이더 추정 강우의 유역평균량 관계를 나타낸 것이고 그 결과 레이더 추정 강우량이 지상 강우량에 비해 과소하게 산정된 것으로 나타났다. 이는 강우레이더가 강우량을 직접 관측하는 것이 아니라 대기 중의 구름 입자에 방사된 전자파를 수치화한 반사도를 관측하여 강우량을 추정하기 때문에 정확도 측면에서 지상 강우량과 차이가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 가장 보편적으로 사용되는 G/R기법을 통해 유역 내 격자별 레이더 추정 강우량과 지상 강우량과의 관계를 이용해 보정계수를 구하고 보정 레이더 추정 강우량을 산정하였다. 그 결과는 그림 2, 표 2와 같다.

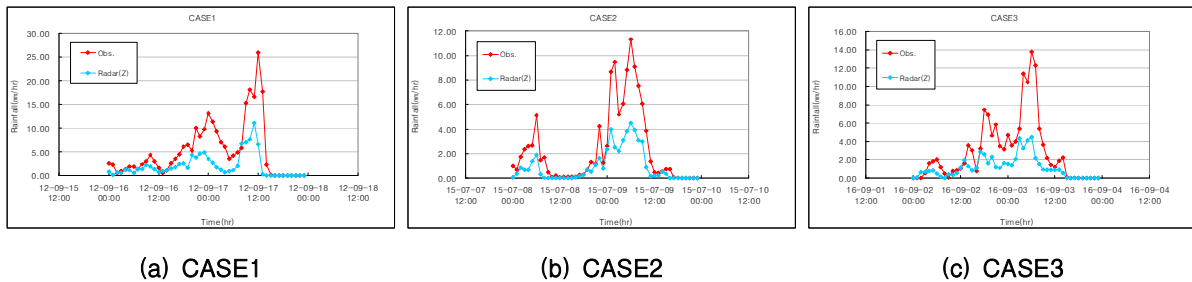
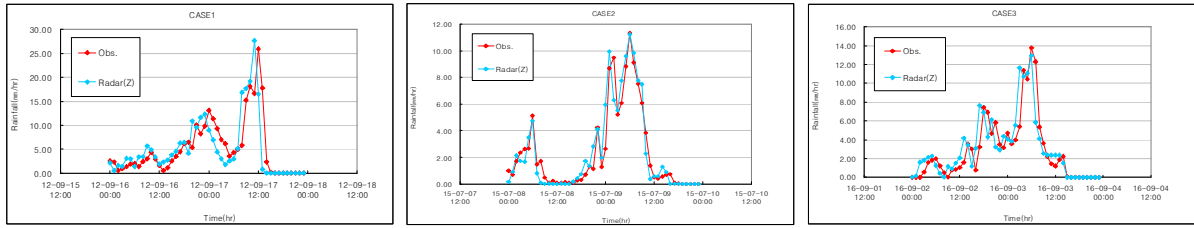


그림 1. 보정 전 레이더 추정 강우와 지상 강우 비교



(a) CASE1

(b) CASE2

(c) CASE3

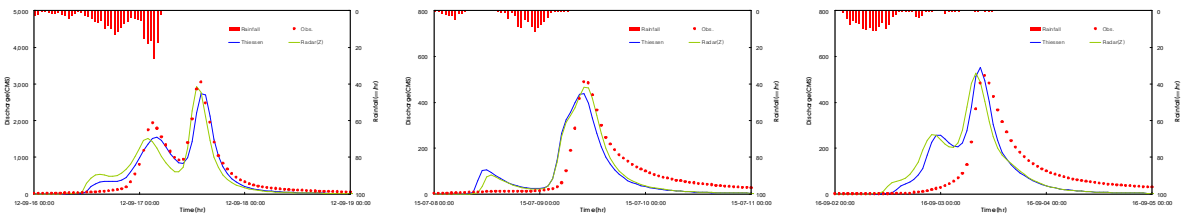
그림 2. 보정 후 레이다 추정 강우와 지상 강우 비교

표 2. 보정 레이다 추정 강우의 평균제곱근오차 및 평균보정계수

구분	기간	형산강유역	
		유역 평균보정계수	RMSE
CASE 1	2012/09/16~2012/09/17	2.238	4.136
CASE 2	2015/07/08~2015/07/09	2.810	0.961
CASE 3	2016/09/02~2016/09/03	2.999	1.783

3.3 레이다 추정 강우를 이용한 유출 모의

본 연구에서는 형산강 유역의 레이다 추정 강우와 유출관계를 살펴보기 위해 지상 강우와 보정 레이다 추정 강우를 경주2 수위관측소를 대상으로 분포형 모형인 VfloTM 모형을 이용하여 유출 모의를 실시하였다. 관측 유량과 보정 레이다 추정 강우의 유출모의 그래프는 그림 3과 같이 나타내었으며, 표 3과 같이 침투시간(PTE), 침투유량(PEP), 총유출량(VEP) 오차 및 모형효율(ME) 분석을 나타내었다. 그 결과 관측 유량과 근사한 값이 산정되었다.



(a) CASE1

(b) CASE2

(c) CASE3

그림 3. 관측 유량과 보정 레이다 추정 강우의 모의 결과

표 3. 유출 모의 오차 분석 결과

구분	종류	PTE	PEP	VEP	ME
CASE1	Thiessen	0	10.35	9.24	0.95
	Radar(Z)	1	4.17	10.01	0.86
CASE2	Thiessen	0	10.92	16.67	0.71
	Radar(Z)	0	4.93	13.74	0.79
CASE3	Thiessen	1	6.69	4.78	0.57
	Radar(Z)	2	1.86	0.91	0.39

5. 결론

본 연구에서는 수평반사도를 이용하여 3개의 호우사상에 대해 레이더 강우를 추정하였으며, 레이더 추정 강우자료에 의한 유역평균강우량과 지상 강우의 유역평균강우량을 비교하였다. 또한 레이더 추정 강우와 지상 강우를 이용하여 레이더 추정 강우를 보정하고, 보정된 레이더 추정 강우의 수문학적 활용성을 확인을 위해 분포형 모형인 VfloTM 모형으로 유출 모의를 수행하였다. 그 결과 3개의 호우사상 모두 침투시간(PTE), 침투유량(PEP), 총유출량(VEP) 오차 및 모형효율(ME)이 관측 유량과 근사한 값을 나타내었다.

따라서 본 연구에서는 보정 레이더 추정 강우를 이용한 유출 모의에서 수문학적 활용성이 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 강나래 (2016), 레이더 강우의 오차구조를 반영한 강우 앙상블 생성과 홍수 유출 변동성 분석, 박사학위논문, 인하대학교.
2. 건설교통부 한강홍수통제소 (2007), 강우레이더에 의한 돌발홍수예보 시스템 개발 : 3차년도, 연구보고서.
3. 엄원근 (1995), 레이더 기상학, 영재사.
4. 이재열 (2013), 이중편파레이더 자료를 이용한 강우 추정 : 비슬산 및 소백산 레이더를 중심으로, 석사학위논문, 인하대학교.
5. Fulton, R., Breidenbach, J., Seo, D.J., Miller, D. and O'bannon, T. (1998), The WSR-88D rainfall algorithm, Weather and Forecasting, Vol.13, pp. 377-395.
6. Gourley, J.J., Giangrande, S.E., Yang H., Flamig, Z.L., Schuur, T. and Vrugt, J. A. (2010), Impacts of Polarimetric Radar Observations on Hydrologic Simulation, American Meteorological Society, Vol. 11, pp. 781-796.
7. Marshall, J.S. and Palmer, W.M. (1948) The Distribution of Raindrops with Size. Journal of Meteorology, 5, 165-166.
8. Vieux, B. E. (2004), Distributed Hydrological Modeling Using GIS, 2nd Edition, Kluwer Academic Publishers.