

레이다 반사강도를 이용한 면적평균강우량 산정

Estimation mean areal precipitation using radar reflectivity factor

안상진* · 김종섭** · 함창학** · ○김진국***

1. 서 론

지상 우량계 자료로부터 유역의 면적평균강우량을 구하는 것으로 대표적인 방법은 강우량과 우량계의 불균일분포 영향을 가중인자에 반영하는 Thiessen다각형법, 지형의 영향을 포함하는 등우선법, 특정 지역의 데이터를 이용하여 주변에 대한 정보를 추정하는 Kriging기법 등이 사용되고 있다. 우량계는 강우량을 직접 측정하므로 실제값에 근접하다는 장점이 있으나, 매우 조밀한 우량계측망이 없으므로 정확한 강우량의 공간분포 산정이 어렵다는 단점을 내포하고 있다.

이러한 문제점을 보완하기 위한 방법으로 레이다 반사강도 자료의 활용을 들 수 있다. 레이다 반사강도 자료를 이용하기 위한 선결 과제의 하나는 대상유역별 지역특성과 호우 형태에 맞는 레이다 반사강도와 강우강도 사이의 관계를 설정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 지상의 강우관측소와 레이다 반사강도의 Sampling 차이를 GIS를 이용하여 그 정확도를 높이고 강우관측소가 설치된 지점별 레이다 반사강도와 강우강도 관계(Z-R)를 대상유역의 유출량을 기준으로 산정하므로써 양호한 유역의 면적 평균 강우량 자료를 획득할 수 있을 것으로 판단된다. Z-R 관계식을 이용한 강우량 값과 Thiessen다각형법으로 산정된 면적평균강우량 값을 비교 분석한다.

2. 레이다 관계식

레이다 반사강도와 강우강도사이의 관계는 경험식으로 식(2.1)과 같이 표현할 수 있다.

$$Z = a R^{\beta} \tag{2.1}$$

여기서, a 는 dBZ값이 의미를 파악하기 위하여 일반적으로 사용되는 A 와 다르게 표현하였다.

강우시간 t 에 대한 추계학적 과정은 표본체적의 최상에서 도착하는 강우입자의 평균수를 $\delta(t)$ ($drops/m^2/s$), 강우입자 직경의 자연대수 평균 $\mu(t)$, 강우입자 지름의 대수 정규표준편차를 $\omega(t)$ 라할 때 Smith(1993)는 강우강도와 레이다 반사강도를 식(2.2)와 식(2.3)과 같이 유도하였다.

$$R(t) = [6\pi \times 10^{-4}] \delta(t) \exp\{3\mu(t) + 4.5\omega(t)^2\} \tag{2.2}$$

$$Z(t) = \frac{\delta(t)}{c_1} \exp\left\{(6 - c_2)\mu(t) + \frac{1}{2}(6 - c_2)^2\omega(t)^2\right\} \tag{2.3}$$

식(2.1)에서 지수함수의 계수추정에는 결정론적 방법과 추계학적 방법이 있다. 먼저 결정론적 방법을 고찰지 수함수의 계수는 1.0~3.15까지의 범위이다. 이와 같이 레이다 반사강도와 강우강도의 관계는 일정치 않은 추계학적 특성을 가진 것으로 판단되기 때문에 추계학에 의한 함수 설정이 요구된다. 추계학적 지수함수식은 식(2.1)과 유사하게 식(2.4)와 같다.

$$Z(t) = a R(t)^{\beta} \varepsilon(t) \tag{2.4}$$

여기서, $\varepsilon(t)$ 는 가적 오차항이며, a 와 β 는 미지의 계수이다. 오차항의 표준편차(s)는 $Var(\varepsilon(t))^{1/2}$ 이다.

강우입자 크기 자료는 강우강도와 레이다 반사강도 관측에서 시간 연속적이라기 보다는 시간 이산형이다. N 개 강우입자 크기로부터 얻어진 강우강도와 레이다 반사강도는 (R_i, Z_i) 로 표현될 수 있다. $i = 1 \dots n$ 일 때 지수함수식은 식(2.5)와 같다.

$$Z_i = a R_i^{\beta} \varepsilon_i \tag{2.5}$$

여기서, 오차항의 대수정규분포는 $\ln \varepsilon_i \sim N(0, w^2)$ 이다. 즉 오차항은 평균이 0이고 분산이 w^2 이다.

강우강도 (R_i)와 레이다 반사강도 (Z_i) 값이 서로 대응하는 값(동시 동점자료)으로 주어지면 지수함수의 계수는 $\ln(R_i)$ 와 $\ln(Z_i)$ 의 선형회귀분석에 의해 식(2.5)과 식(2.6)로 추정된다.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln R_i - \overline{\ln R})(\ln Z_i - \overline{\ln Z})}{\sum_{i=1}^n (\ln R_i - \overline{\ln R})^2} \quad (2.5)$$

$$\hat{\alpha} = \overline{\ln Z} - \hat{\beta} \overline{\ln R} \quad (2.6)$$

여기서, $\overline{\ln Z}$ 은 $n^{-1} \sum_{i=1}^n \ln Z_i$ 이고, $\overline{\ln R}$ 은 $n^{-1} \sum_{i=1}^n \ln R_i$ 이다.

따라서 식(2.5)과 식(2.6)으로부터 지수함수식(Z-R관계)의 계수 α , β 값을 추정할 수 있다. Smith 등(1993)은 양의 정수화된 dBZ값과 강우강도를 사용하여 10개 지점에서 선형회귀분석을 통하여 지수함수 계수 A와 β 의 관계를 산정하였다.

3. 레이다 강우량 산정

3.1 강우사상

레이다 방정식은 호우의 패턴에 따라 매 시간 변화하므로 레이다 자료를 이용한 강우량 예측에는 우리나라와 같이 레이다 자료의 수집 분석이 잘 이루어지지 않는 실정을 감안 할 때, 단기간의 레이다 자료를 이용하여 강우량을 예측한다는 것은 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서 본 연구는 레이다 자료를 활용한 강우량 산정을 수문학적 측면에서 접근하여 하천을 중심으로 이루어진 소유역을 대상으로 레이다 관계식(Z-R)을 산정 하였다.

연구를 위하여 강우사상을 호우패턴이 아닌 수위-유량의 값이 오랜 기간 관측되고 있는 충주댐 유역의 하류부에 위치한 영춘 수위표지점의 유출량이 1,000~9,000m³/sec 범위로 발생한 기간의 강우사상을 선정하였다. 강우사상은 Table 2.1과 같으며, 레이다 자료와 Thiessen 기법을 이용하여 유역의 면적 평균 강우량을 산정 하였다.

Table 2.1 Selected rainfall events

Rainfall event	Duration	Mean rainfall intensity(mm/hr)	Mean inflow of Chungjudam(m ³ /sec)
Case I	1998/07/03 03 : 00 ~07/04 05 : 00	11.74	1186.54
Case II	1999/08/02 20 : 00 ~08/03 24 : 00	10.7	7260.59
Case III	2000/09/14/ 09 : 00 ~09/17 21 : 00	13.4	3268.11

3.2 레이다 자료

본 연구에서 이용한 레이다 자료는 대상유역이 관악산 지점에서 200km 이내에 위치하고 있으므로, 관측 고도각은 0°, 관측 방위각은 정북을 기준으로 0~180도 사이의 데이터를 선택하여, GIS상에서 충주댐 유역을 경계로 하여 레이다 반사강도 자료를 획득하였다.

관측소 위치와 레이다 자료를 대응시키기 위해 GIS를 이용하여 관측소의 좌표를 변환 후 관악산 레이다 지점에서부터 강우관측소의 거리를 산출하였다. 충주댐 유역을 1km×1km의 격자형으로 나누어 가로 804, 세로 642개의 격자망을 형성하여 정확한 동시 동점의 레이다 자료를 수집하였다. Fig. 3.1은 레이다 자료와 대상유역의 격자망을 나타내고 있다.

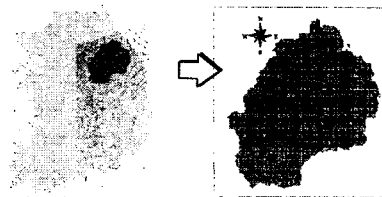


Fig. 3.1 The study area with rain gauge network and 1km×1km grid map

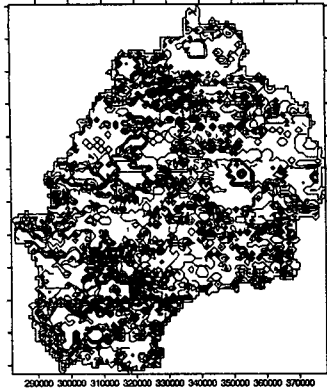


Fig. 3.2 Radar rainfall
(1998.07.03 15 : 00)

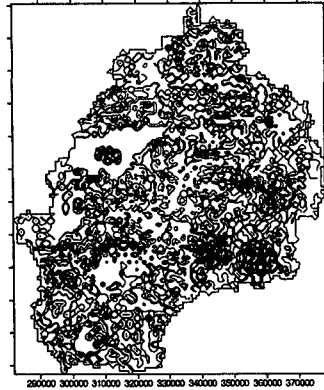


Fig. 3.3 Radar rainfall
(1999.08.02 20 : 00)

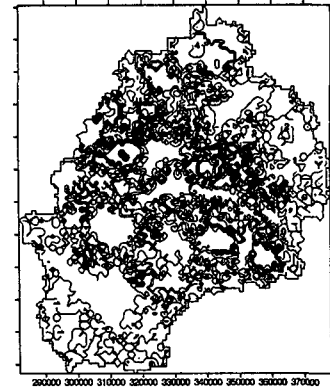


Fig. 3.4 Radar rainfall
(2000.09.14 12 : 00)

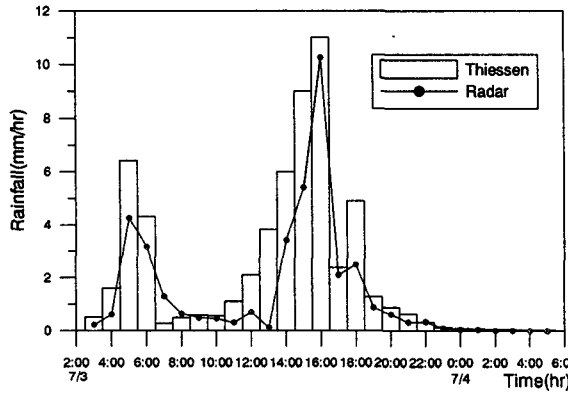


Fig. 3.5 Area mean precipitation for Case I

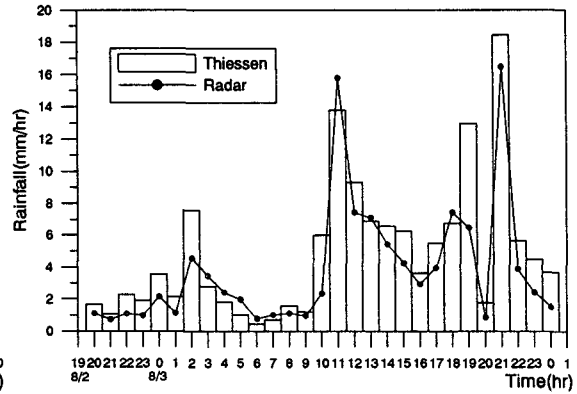


Fig. 3.6 Area mean precipitation for Case II

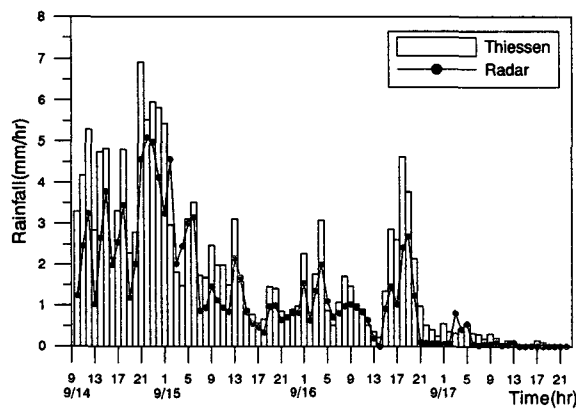


Fig. 3.7 Area mean precipitation for Case III

Fig. 3.2 ~ Fig. 3.4와 같이 강우의 패턴은 어느 정도 일치성을 보이거나 양적인 측면에서는 차이를 보이고 있다. 각 방법으로 산정된 강우량 값은 그 정확성을 판단하기가 매우 어려움으로 총강우량만을 가지고 비교할 경우 각 사상 모두 Thiessen 다각형법, 레이더 관계식 순으로 적은 강우량 값을 나타내고 있다. 이는 레이더 관계식(Z-R)을 이용한 강우량 산정이 다른 강우량 산정기법보다 과소 추정된다는 선행연구와 일치하는

경향을 보이고 있다.(기상연구소, 1991)

Table 3.1은 강우사상에 대한 통계적 특성치를 나타내고 있으며, 정성적인 측면보다는 정량적 측면을 고려하여 판단하고자 한다.

Table 3.1 The Comparison of indices for each method

Event	Method	Rainfall (mm)	Mean (\bar{x})	Variance (s^2)	Standard deviation(s)	Coefficient of variation	RMSE	Mean variation rate (%)
Case I	Radar rainfall	1054.21	1.45	6.43	2.54	1.75	0.91	-17.46
	Thiessen polygon method	1277.15	1.75	8.50	2.92	1.66		
Case II	Radar rainfall	3246.66	4.08	16.08	4.07	1.07	1.91	-20.68
	Thiessen polygon method	4104.05	5.14	18.68	4.37	0.85		
Case III	Radar rainfall	9129.53	1.26	1.54	1.24	0.98	0.81	-27.95
	Thiessen polygon method	12671.60	1.75	2.93	1.71	0.96		

Table 3.1과 같이 변동계수(C_v)를 Thiessen 다각형법과 비교하면 레이더 관계식으로 산정한 강우량 값이 Case I의 경우 1.75, Case II의 경우 1.07로 변동폭이 나타났다. RMSE는 Case I의 경우는 레이더 관계식이 0.91, Case II의 경우 1.91, Case III가 0.81로 나타났다. 강우의 지속기간이 가장 긴 Case III의 경우 변동계수(C_v)를 비교하면 각 방법별 강우량 변동이 거의 없음을 알 수 있다. 평균변화율의 경우 각 강우사상 모두 레이더 관계식으로 산정한 강우량의 변화율이 Thiessen 다각형법으로 산정된 강우량 값보다 크게 산정되었다. 통계지표로부터 지점 강우량 값을 기초로 산정된 Thiessen 다각형법 기법은 레이더 방정식으로 산정된 강우량 값보다 변동폭과 평균제곱오차가 작음을 알 수 있다.

4. 결론

1) 레이더로 산정된 강우량은 다른 방법에 비하여 과소 추정되고 있는 경향을 나타내고 있으며, 과소 추정되는 원인은 단기간에 수집된 레이더 자료를 이용하여 레이더 관계식을 산정한 결과로 판단되며, 오랜 기간의 자료 수집 분석을 통해 적절한 레이더 관계식의 수립이 요구된다.

5. 참고문헌

1. 기상연구소, "단시간 강우예보를 위한 디지털 강수예코의 분석", 기상청 MR88-3, 1988, pp.1~129.
2. 기상연구소, "레이더에코로 계산된 강우량의 정확도 평가연구", 기상청MR89-3, 1989, pp.1~126.
3. 기상연구소, "위성 및 레이더 자료를 이용한 단시간 강수예보시스템 개발 연구(I)", 과학기술처, 1991, pp.25~49.
4. 이정환, "레이더를 이용한 시간 강수량에 대한 연구", 서울대학교 대기과학과, 석사학위논문, 1994. 2, pp.17~54.
5. 기상연구소, "레이더를 이용한 유역강우 산정기법 연구", 기상청, 1995. 11, pp.86~113.
6. 류양규, "레이더 反射強度와 降雨強度 關係常數 評價에 관한 研究", 전북대학교 토목공학과, 석사학위논문, 1995. 8, pp.6~21.
7. 엄원근, 오미림, 정재성, "레이더를 이용한 유역강우량 산정", 한국수자원학회 학술발표회 논문집,
8. 김효경, 이동인, 유철환, 권원태, "WPMI 방법을 이용한 레이더 강수량 추정", 한국수자원학회 논문집, 제35권, 제1호, 2002. 2, pp.25~36.