

# 강우레이더 자료의 편의 보정과 관측오차 산정

## The Correction of Mean-Field Bias of Rain Radar Rainfall and Estimation of Sampling Error

유철상, 윤정수, 김경준, 최정호  
Chulsang Yoo\*, Jeongsoo Yoon\*\*, Kim, Kyoungjunn\*\*\*, Choi, Jeongho\*\*\*\*

### 요 지

레이더 강우의 편의 추정은 근본적으로 레이더 강우의 평균과 참값으로 가정되는 우량계 강우의 평균과의 차이를 결정하는 문제이다. 두 관측치의 차이를 정확히 결정하기 위해서는 두 관측치의 차이에 대한 분산이 매우 작아야 하며, 따라서 비교되는 관측치의 수가 충분히 확보되어야 한다. 본 연구에는 임진강 유역에서와 같이 일부 지역에만 우량계의 설치가 가능한 경우를 대상으로 하고자 한다. 임진강 유역에서와 같이 지역적으로 편중된 지상 강우자료를 활용하여 강우레이더 자료의 편의 보정을 통한 품질 향상 방안을 제시하였다. 또한 차폐 등을 이유로 레이더 강우가 대상 유역 또는 소유역을 완전하게 포괄하지 못하는 경우에 대해 가용한 레이더 강우를 이용하여 면적평균강우를 산정하는 경우에 포함될 수 있는 오차의 규모를 추정하였다. 강화 강우레이더의 반경은 한강 유역의 일부를 제외하고 대부분을 덮는다. 이러한 강화 강우 레이더의 한강유역에 대한 수문 적용성을 판단하기 위해 차폐로 인한 관측오차 산정 시 한강유역에도 적용해보았다.

**핵심용어 : 강화 강우레이더, 임진강 유역, 편의 보정, 차폐, 관측오차**

### 1. 서 론

기본적으로 기상 또는 강우레이더가 제공하는 강우자료는 강우-유출 해석에 직접 적용할 수 있는 수준이 되지 못한다(유철상과 김경준, 2007; 유철상 등, 2007). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 시도하는 방법은 바로 지상에서 관측된 자료를 이용하여 레이더 강우자료의 평균을 보정하는 것이다. 레이더 강우자료는 많은 원인에 의해 오차를 가지게 되지만 지상에서 측정된 레이더 강우자료의 평균을 보정하는 문제는 레이더와 지상 강우자료들의 차이만을 정량화하여 평균적인 차이를 보정하게 된다.

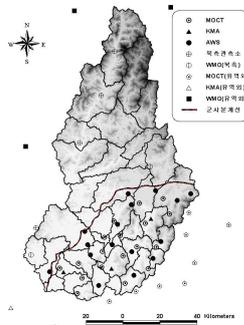
강우는 강우-유출 해석의 입력자료로써 유출 결과에 큰 영향을 미친다. 결국 강우의 품질에 따라 유출의 결과는 크게 다를 것이며 품질 확인 과정은 유출해석에 있어서 매우 의미 있는 일이 될 것이다. 강우의 품질은 보통 오차로 정량화 할 수 있다. 지상강우를 이용하여 산정한 면적평균 강우의 경우는 오차에 대한 정량화가 많이 이루어져왔으나 레이더 강우 자료에 대한 오차의 정량화는 아직 미미한 수준이다(유철상과 정광식, 2001; 김성준 등 2002, 유철상 등, 2002; 윤용남 등, 2002). 본 연구에서는 임진강 유역에서와 같이 지상강우가 부분적으로 편중되어 있을 때 편의

\* 정회원·고려대학교 건축·사회환경공학과 교수. E-mail: envchul@korea.ac.kr  
\*\* 정회원·고려대학교 건축·사회환경공학과 석사과정. E-mail: civileng01@korea.ac.kr  
\*\*\* 정회원·한국환경정책평가연구원 박사후연구원. E-mail: kimj@kei.re.kr  
\*\*\*\* 정회원·고려대학교 건축·사회환경공학과 박사과정. E-mail: justinchoi@korea.ac.kr

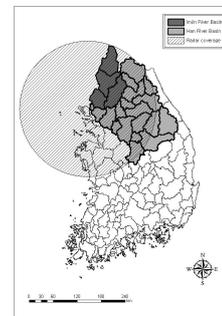
보정을 실시하고 그에 대한 오차를 정량화 하였다. 또한 강화 강우레이더를 한강유역에 적용하여 차폐 발생 시 어느정도의 오차가 발생하는지에 대해서도 알아보았다.

## 2 대상유역 및 자료

지역적으로 지상강우계가 어느 한 부분으로 편중되어 있는 임진강 유역에 대하여 적용하였다. 임진강 유역은 남북한의 경계가 유역의 중앙부를 관통하고 있어 유역면적의 62.9%가 북한에 위치해 있고 나머지 37.1%가 남한에 위치해 있다. 유역의 37.1%에 집중되어 있는 남한 쪽 지상강우계를 이용하여 임진강 유역 전체에 대하여 평균 보정을 실시하였다. 그림 1은 임진강 유역 및 남한에 편중되어 있는 37개의 지상강우계를 나타낸 것이다. 표 2는 본 연구에서 사용된 레이더 강우자료의 호우기간과 지속시간을 나타낸다.



<그림 1> 임진강 유역 및 지상강우계



<그림 2> 강화 강우레이더

<표 1> 레이더 강우자료

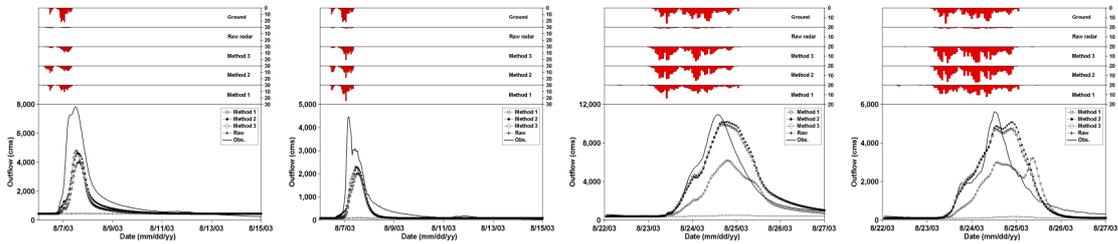
No. Event	호우기간	지속시간(hr)	비고
1	2003/08/06 00:00 ~ 2003/08/07 14:00	39	
2	2003/08/22 01:00 ~ 2003/08/26 00:00	96	
3	2004/07/14 01:00 ~ 2004/07/17 03:00	75	
4	2005/07/27 01:00 ~ 2005/07/31 00:00	96	
5	2006/07/13 01:00 ~ 2006/07/18 00:00	120	4시간 결측

## 3. 편의보정을 통한 자료의 품질 향상 평가

G/R 보정계수를 이용한 보정 강우에 대한 유출해석을 실시하였다. 유출해석 방법으로는 분포형 유출모형인 ModClark 방법을 적용하였다. ModClark 모형의 개념은 Clark(1945)의 개념적인 강우-유출 모형에서 사용하고 있는 기본원리를 기초로하여 공간적으로 분포된 강우의 입력 기능을 추가한 것이다. 대표적인 매개변수는 도달시간  $T_c$  와 저류상수 K 이다. 도달시간과 저류상수를 구하는 여러 경험공식이 있으나 본 연구에서는 도달시간에는 Kraven II 공식을, 저류상수에는 수정 Sabol 공식을 적용하였다.

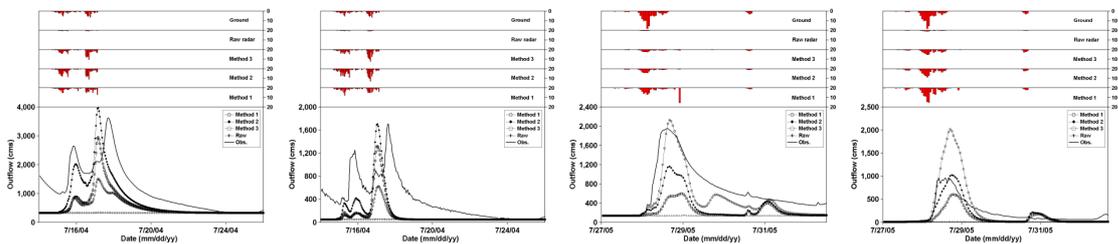
임진강 하류에는 통일대교 및 적성 두 개의 수위 지점이 존재한다. 통일대교 수위 지점은 조류의 영향을 받아 본 연구에서는 적성 수위 지점을 적용하였다. 그림 3~7은 적성과 전곡 지점의 보

정강우와 실제 레이더 강우를 이용한 유출해석 결과를 나타낸 것이다.



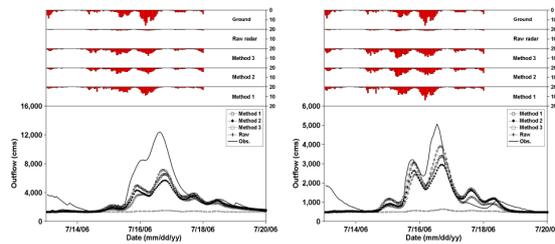
a) 적성  
b) 전곡  
〈그림 3〉 Event 1

a) 적성  
b) 전곡  
〈그림 4〉 Event 2



a) 적성  
b) 전곡  
〈그림 5〉 Event 3

a) 적성  
b) 전곡  
〈그림 6〉 Event 4



a) 적성  
b) 전곡  
〈그림 7〉 Event 5

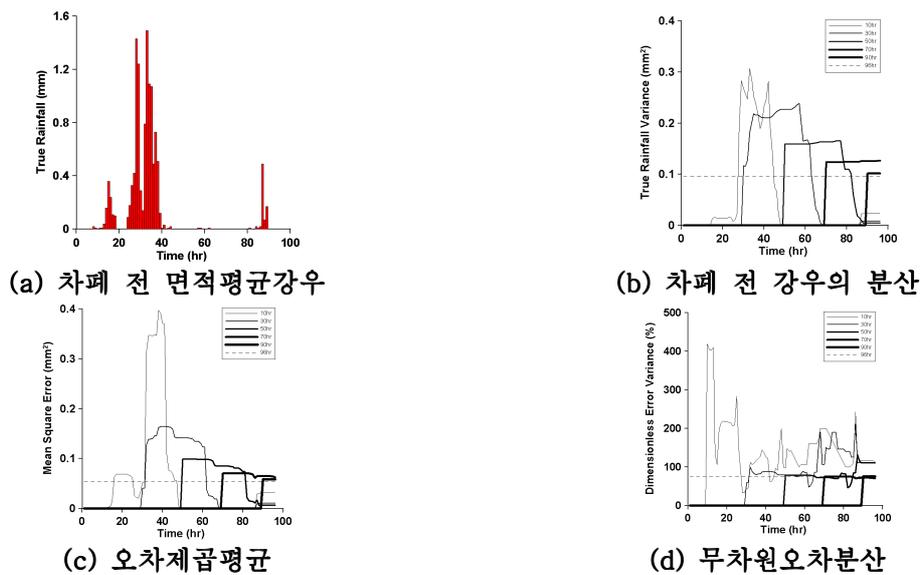
#### 4.. 차폐로 인한 레이더 자료의 관측오차 산정

유철상 등(2008)의 연구에서는 임진강 유역과 한강유역에 대한 중권역 별 무차원 오차 분산을 이론적으로 산정하였다. 표 2은 차폐가 발생했을 때의 실제 레이더 자료 관측오차를 나타낸 것이다. 표 2에서와 같이 몇몇 중권역에서는 실제 레이더 자료를 이용하여 산정한 관측오차가 유철상 등(2008)의 연구에서 산정한 이론적 관측오차의 범위 내에 있지 않다. 이는 유철상 등(2008)의 연구에서 적용한 WGR 모형의 매개변수인 상관거리, 상관시간이 지상강우계를 이용하여 추정된 값을 사용하였기 때문이다. 또한 이론적으로 계산된 관측오차는 강우의 정상성을 가정하였기 때문이다. 그림 8은 14번 중권역의 차폐 전 면적평균강우, 차폐 전 강우의 분산, 오차제곱평균, 무차원오차분산을 나타낸 것이다. 차폐 전 강우의 분산, 오차제곱평균, 무차원오차분산은 지속시간의 변화에 따라 시간적으로 어떻게 변화하고 있는지 확인하였다. 대체로 지속시간이 길수록 차폐 전 강우의 분산, 오차제곱평균, 무차원오차분산이 작아지는데 이는 면적평균강우에 0 값이 많이 포함되어 지기 때문이다. 면적평균강우에 0 값이 포함되지 않은 구간에서 차폐 전 강우의 분산이 가장 크기

때문에 무차원오차분산도 가장 작아야 한다. 그러나 오차제곱의 평균도 같이 크기 때문에 무차원 오차분산이 작아지지 않는다. 이를 통해 실제 레이더 강우는 공간적 변동성이 매우 크기 때문에 차폐로 인해 발생하는 오차가 매우 크다는 것을 알 수 있다.

<표 2> 차폐 발생 시의 레이더 자료 관측오차

Sub-basin No.	Area (km <sup>2</sup> )		Beam blocking ratio (%)	Range of V (%) 유철상 등(2008)	Event					Average
	Basin	Beam blocking			1	2	3	4	5	
0	49.5 <sup>2</sup>	49.5 <sup>2</sup>	100.00	∞~∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
1	42.1 <sup>2</sup>	42.1 <sup>2</sup>	100.00	∞~∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2	49.8 <sup>2</sup>	34.5 <sup>2</sup>	47.94	6.41~36.29	27.50	32.86	46.72	58.64	52.75	46.22
3	40.2 <sup>2</sup>	0.0 <sup>2</sup>	0.00	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	22.9 <sup>2</sup>	1.1 <sup>2</sup>	0.26	0.52~0.52	0.00	1.74	0.00	0.00	2.14	0.99
5	38.6 <sup>2</sup>	38.0 <sup>2</sup>	96.74	6.12~16.06	31.57	79.93	74.96	87.44	116.66	86.67
6	45.5 <sup>2</sup>	29.1 <sup>2</sup>	40.98	0.15~29.96	29.55	57.44	45.57	72.09	79.82	62.40
7	48.8 <sup>2</sup>	0.0 <sup>2</sup>	0.00	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	30.7 <sup>2</sup>	0.0 <sup>2</sup>	0.00	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	39.8 <sup>2</sup>	0.0 <sup>2</sup>	0.00	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	30.5 <sup>2</sup>	0.0 <sup>2</sup>	0.00	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	43.0 <sup>2</sup>	18.0 <sup>2</sup>	17.53	2.16~8.94	6.94	13.78	15.70	7.31	15.27	12.45
12	26.9 <sup>2</sup>	11.5 <sup>2</sup>	18.35	1.06~2.16	9.72	9.66	17.35	10.62	20.96	14.41
13	39.6 <sup>2</sup>	36.2 <sup>2</sup>	83.66	6.83~15.30	22.69	54.24	70.07	41.44	86.79	60.42
14	27.6 <sup>2</sup>	24.5 <sup>2</sup>	79.18	6.26~13.89	56.36	61.58	54.22	75.35	99.71	73.65
15	23.7 <sup>2</sup>	7.1 <sup>2</sup>	8.93	0.52~1.05	4.08	12.17	9.69	16.94	15.74	13.07
16	6.6 <sup>2</sup>	6.6 <sup>2</sup>	100.00	∞~∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
17	39.2 <sup>2</sup>	27.4 <sup>2</sup>	48.82	4.17~9.59	32.15	37.55	44.03	45.62	42.63	41.45
18	28.7 <sup>2</sup>	20.7 <sup>2</sup>	51.94	4.39~9.87	25.32	27.53	27.97	53.13	35.33	35.37
19	46.9 <sup>2</sup>	30.0 <sup>2</sup>	40.90	8.97~60.24	11.60	19.27	27.68	29.99	22.55	23.39
20	46.8 <sup>2</sup>	20.8 <sup>2</sup>	19.80	7.55~45.03	15.35	9.90	10.76	15.01	16.11	13.45
21	48.4 <sup>2</sup>	2.6 <sup>2</sup>	0.28	0.52~1.11	0.43	0.25	0.56	0.75	0.63	0.54
22	37.6 <sup>2</sup>	14.5 <sup>2</sup>	14.78	3.19~7.06	9.66	7.25	10.33	5.40	9.03	8.10
23	12.1 <sup>2</sup>	5.7 <sup>2</sup>	22.22	1.88~3.61	8.90	9.95	10.62	13.34	14.84	12.11



<그림 8> 14번 중권역의 무차원오차분산 거동 특성

## 5. 결 론

본 연구에서는 임진강 유역에서와 같이 지상강우가 부분적으로 편중되어 있을 때 편의 보정을 실시하고 그에 대한 오차를 정량화 하였다. 또한 강화 강우레이더를 한강유역에 적용하여 차폐 발생 시 어느정도의 오차가 발생하는지에 대해서도 알아보았다. 대체로 유역에 강우가 고르게 분포하는 경우 우량계 개수의 증가에 따라 실측 수문곡선에 가까워졌다. 반면 강우가 임진강 북측 유역에만 내리는 빈도가 맞을 경우 실측 수문곡선과 멀어졌다. 또한 레이더의 차폐로 인한 관측오차를 산정하였다. 실제 레이더 자료를 적용한 관측오차는 유철상 등(2008)에서 산정한 이론적 관측오차와 차이를 보였다. 이는 유철상 등(2008)에서 적용한 공간시간, 공간거리의 차이와 강우의 정상성 가정 때문이다. 차폐 전 강우의 분산, 오차제곱평균, 무차원오차분산은 지속시간의 변화에 따라 시간적으로 어떻게 변화하고 있는지 확인하여 실제 레이더 강우는 공간적 변동성이 매우 크다는 것을 확인하였다. 그리고 이로인해 차폐로 인한 오차가 매우 크다는 것을 알 수 있다.

## 감 사 의 글

## 참 고 문 헌

- 김성준(Kim, S.J.), 권형중(Kwon, H.J.), 유철상(Yoo, C.), 하은호(Ha, E.) (2002). "강우오차와 유출오차 - (I) 유출모형의 매개변수 추정 및 민감도 분석." Rainfall Error and Runoff Error - (I) Runoff Model Parameter Estimation and Sensitivity Analysis, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제22권, 제6-B호, pp. 753-763.
- 유철상, 김경준 (2007). "강우 레이더와 지상 우량계의 통합관측효과." 한국수자원학회논문집, 제40권, 제11호, pp. 841-849.
- 유철상, 김병수, 김경준, 최정호 (2007). "우량계 강우를 이용한 레이더 강우의 Ground-Truth 방법 검토." 한국수자원학회논문집, 제40권, 제9호, pp. 743-754.
- 유철상(Yoo, C.), 김상단(Kim, S.), 하은호(Ha, E.), 김성준(Kim, S.J.) (2002). "강우오차와 유출오차 - (II) 강우모의 및 오차해석." Rainfall Error and Runoff Error - (II) Rainfall Generation and Error Analysis, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제22권, 제6-B호, pp. 765-775
- 유철상(Yoo, C.), 정광식(Jung, K.S.) (2001). "면적평균강우량의 추정 및 추정오차.", Estimation of Area Average Rainfall Amount and Its Error, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제34권, 제4호, pp. 317-326.
- 윤용남(Yoon, Y.N.), 김중훈(Kim, J.H.), 유철상(Yoo, C.), 김상단(Kim, S.) (2002). "공간 분포된 강우를 사용한 유출 매개변수 추정 및 강우오차가 유출계산에 미치는 영향분석." A Runoff Parameter Estimation Using Spatially Distributed Rainfall and an Analysis of the Effect of Rainfall Errors on Runoff Computation, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제35권, 제1호, pp. 1-12.