

# 기상레이더 강우량 산정법을 이용한 유출해석

## Runoff Analysis Based on Rainfall Estimation Using Weather Radar

김진극\* · 안상진\*\*

Kim, Jin Geuk · Ahn, Sang Jin

### Abstract

The radar relationship was estimated for the selected rainfall event at Yeongchun station within Chungjudam basin where the discharge record was the range of from 1,000 CMS to 9,000 CMS. By calibrating the rainfall coefficient parameter estimated by radar relationship in small hydrology basin, rainfall with the topography properties was calculated. Three different rainfall estimation methods were compared:(1) radar relationship method (2) Thiessen method (3) Isohyetal method (4) Inverse distance method. Basin model was built by applying HEC-GeoHMS which uses digital elevation model to extract hydrological characteristic and generate river network. The proposed basin model was used as an input to HEC-HMS to build a runoff model. The runoff estimation model applying radar data showed the good result. It is proposed that the radar data would produce more rapid and accurate runoff forecasting especially in the case of the partially concentrated rainfall due to the atmospheric change. The proposed radar relationship could efficiently estimate the rainfall on the study area(Chungjudam basin).

**Keywords** : radar relationship, rainfall, runoff model.

### 요 지

영춘 지점의 유출량이 1,000CMS에서 9,000CMS로 나타난 강우사상을 이용하여 레이더 관계식을 산정하였다. 레이더 강우량의 정확성을 높이기 위하여 소유역별 보정계수를 산정하였다. 레이더 관계식, Thiessen, 등우선, 역거리법을 이용하여 유역의 강우량을 비교하였다. 유역의 하천망을 형성 할 수 있는 HEC-GeoHMS 모형을 구축하고, 유출모형인 HEC-HMS 모형의 입력 인자로 이용하였다. 레이더 관계식으로 산정된 강우량을 적용한 유출모의가 가장 좋은 결과를 보였다. 기후 변화로 인한 집중 호우시 레이더관계식을 이용한 유출량 예측시 신속하고 정확한 것으로 판단된다. 레이더 관계식을 이용하여 충주댐 유역의 강우량 산정할 수 있을 것이다.

**핵심용어** : 레이더 관계식, 강우량, 유출 모델

### 1. 서 론

충주댐 유역 32개 강우관측소 별로 산정된 레이더 관계식(김진극등, 2003)의 정량적 정확성을 높이기 위하여 강우관측소 자료와 레이더 반사강도의 보정계수를 산정하였다. 보정계수 산정방법으로는 시간별 보정계수와 시간별 보정계수의 평균값을 이용한 보정 방법을 적용하였다. 지점별로 산정된 레이더 관계식을 이용하여 충주댐 유역의 강우량과, Thiessen 다각형법, 등우선법, 역거리법으로 산정된 유역의 강우량을 비교하였다. 4가지 강우량 산정 방법으로 얻어진 대상유역의 강우량을 이용한 유출 모의를 위해 충주댐 유역의 1:25,000의 수치지도를 이용하여 수문학적 특성인지를 추출하고 하천망을 형성하는 HEC-GeoHMS 모형의 유역모형을 구축하였다. HEC-GeoHMS 모형에서 구축된 유역모형을 HEC-HMS 모형에 적용함으로써 대상유역의 강우-유

출모형을 구축하였다. 4가지 기법으로 산정된 강우량을 HEC-HMS 모형에 적용하여 충주댐 유역내 영춘지점과 충주댐 지점의 강우-유출 모의를 실시하였다. 실측 수문곡선과 모의된 수문곡선의 첨두유량과 총유출량 비교, 분석하여 지점별로 구한 레이더 관계식의 수문학적 활용성을 평가하였다.

### 2. 레이더 강우량 산정

영춘지점의 유출량을 기준으로 산정된 레이더 관계식을 이용하여 레이더 반사강도를 강우량으로 환산한 값은 레이더 반사강도의 감쇄효과 등으로 정확한 강우량이라 판단할 수 없으므로 레이더 강우량과 지상강우 관측소 강우량의 비인 보정계수( $G/R$ )로 보정한다. 본 연구에서는 레이더 관계식으로 구한 레이더 강우량 값에 보정계수를 적용하여 강우량을

\*정희원 · 충북대학교 건설기술연구소 연구원 · 공학박사(E-mail: jinwon3@netian.com)

\*\*정희원 · 충북대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail: Hydrosys@chungbuk.ac.kr)

산정하는 방법을 결정하기 위하여 다음 3가지 방법을 적용하여 비교하였다. ① MethodI은 레이더 관계식이 산정된 32개의 지점으로 소유역을 분할하고 산정된 지점별 레이더 관계식으로 레이더 반사강도(dBZ)를 강우량으로 환산하는 것이다. 레이더 강우량에 보정계수를 적용하지 않는다. ② MethodII는 레이더 관계식이 산정된 32개의 지점을 중심으로 소유역을 분할하여 각각의 소유역에 매시간 보정계수를 산정하고, 레이더 강우량을 보정계수로 보정하는 방법이다. ③ MethodIII는 대상을 32개 소유역으로 분할하고 MethodII의 방법으로 산정된 보정계수의 평균값으로 레이더 강우량을 보정하는 방법이다.

### 2.1 레이더 강우량 보정계수 산정

본 연구에서는 보정계수를 산정하기 위하여 관측된 강우관측소의 지점 강우량 값( $G$ )을 선택하고, 이 지점을 중심으로 주위  $1\text{ km} \times 1\text{ km}$  격자(8개)에 존재하는 레이더 강우량을 평균하여 레이더 강우량( $R$ )으로 산정하였다. 보정계수 범위를 레이더 반사강도의 발생빈도가 가장 많은  $0.1 \leq G/R \leq 15.0$ 의 범위로 결정하였다.

대상유역의 레이더 관계식이 산정된 32개 소유역과 강우관측소의 좌표와 보정계수( $G/R$ ) 15미만을 레이더 강우량에 적용한 보정율(%), 그리고 각 지점의 15미만의 매시간 보정계수를 평균하여 산정된 평균보정계수를 나타내고 있다. 산정 결과 32개 지점의 레이더 강우량을 시간별 보정계수를 적용하여 보정한 보정율은 86.3%에서 94.5%의 범위이며, 평균 보정율은 91.2%이다.

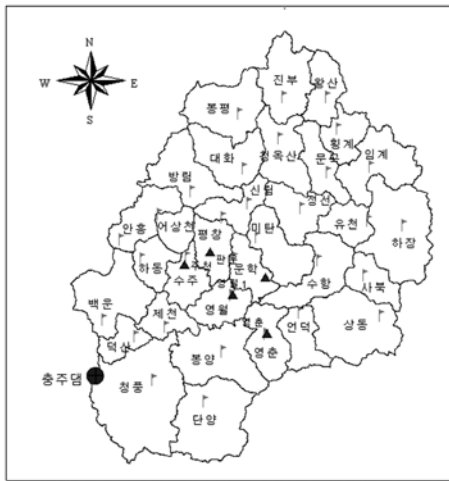


그림 1. 보정계수 적용을 위한 32개 소배수구역 현황

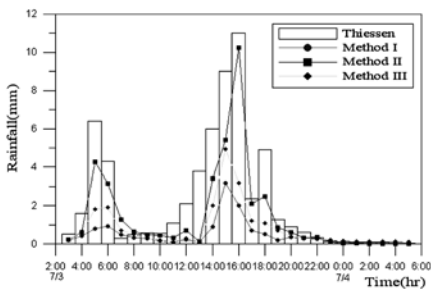
### 2.2 레이더 강우량 보정계수 적용

그림 2는 강우사상별 보정계수 적용 방법에 따라 산정된 유역평균 강우량을 나타내고 있다.

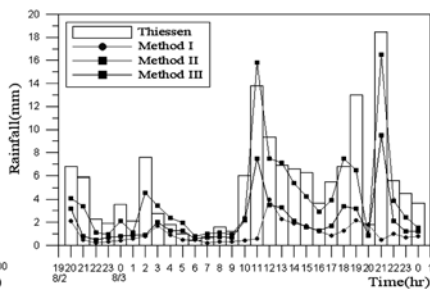
표 2는 지점별 레이더 관계식을 이용하여 산정된 레이더

표 1. 32개 소배수구역의 보정율과 평균 보정계수

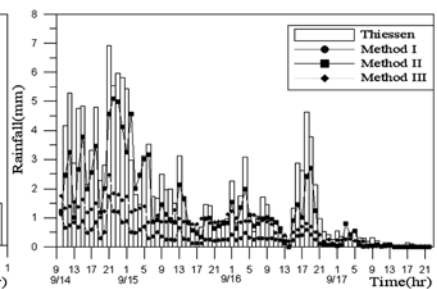
No.	강우 관측소	X 좌표	Y 좌표	보정율 (%)	평균 G/R 계수
1	백운	290833.065	404556.312	92.5	6.45
2	상동	343426.403	405317.861	91.1	7.39
3	정선	347101.463	432241.192	91.1	6.22
4	봉평	319723.023	458877.285	91.1	7.28
5	청평	304009.416	388861.637	90.4	7.20
6	수주	313294.380	421107.836	90.4	6.64
7	단양	317993.561	382724.265	90.4	6.23
9	영월	325070.547	411223.182	94.5	7.04
10	영춘	331709.080	398404.679	90.4	6.76
11	평창	322774.640	431540.024	90.4	6.68
12	진부	339027.434	463218.680	90.4	7.14
13	방립	314653.033	438793.956	90.4	6.86
14	대하	328631.308	444301.719	92.5	6.45
15	황계	350544.514	463574.465	91.8	6.04
17	충주	288468.245	389949.118	94.5	7.23
18	안흥	295869.732	426039.302	86.3	6.93
19	제천	307470.872	402532.124	90.4	6.75
20	미탄	332554.029	426262.236	90.4	6.58
22	왕산	353023.205	454151.703	91.8	6.24
23	덕산	303440.965	378680.810	89.7	6.59
24	봉양	299431.081	399658.819	91.1	6.06
25	어상천	322797.151	396235.460	93.8	6.53
26	어학	305113.667	434937.485	93.8	7.12
27	언덕	325787.304	421008.411	91.8	6.35
28	하동	353208.920	399569.011	89.0	6.25
29	신립	301319.212	417193.179	92.5	6.29
30	청옥산	331908.051	431309.152	95.2	6.95
31	수향	337931.367	452468.534	91.1	6.35
35	임계	265798.165	370568.951	89.0	7.03
36	유천	284853.547	368117.018	92.5	6.53
37	문곡	282301.713	380792.804	87.7	7.51
38	허장	267885.163	385381.811	92.5	6.75



(a) Case I



(b) Case II



(c) Case III

그림 2. 보정계수 적용 방법에 따른 유역평균 강우량

표 2. 보정계수 적용 방법에 따른 레이더 강우량

레이더 강우량 \ 강우사상	Casel (mm)	CaselI (mm)	CaselIII (mm)
Method I	11.24	33.47	26.33
Method II	39.04	114.02	107.30
Method III	24.34	66.53	46.15

강우량에 보정계수의 적용 방법에 따른 레이더 강우량의 산정 결과를 나타내고 있다. 표 2와 같이 각 사상에 대하여 시간별 보정계수로 보정된 레이더 강우량(MethodII)이 보정되기 전 강우량(MethodI)보다 가장 큰 값으로 증가한 것을

알 수 있으며, 시간별 보정계수의 평균값으로 보정한 경우 MethodIII방법이 MethodII비하여 작은 강우량 값을 나타내고 있다. MethodI과 비교하여 MethodII, MethodIII가 증가된 강우량의 비율은 일정하지 않은 것으로 나타났다. 이는 산정된 매시간 보정계수와 같이 강우의 특성상 공간적으로 매시간 변화하므로 강우량이 어떤 일정한 비율로 변화하지 않는 것으로 판단된다. 시간별 평균보정계수의 경우 오랜 기간 레이더 관측의 자료가 축적된다면 지점별 레이더 관측식이 산정된 지점의 신뢰성 있는 평균보정계수를 산정할 수 있으므로 좀 더 신속한 강우량 산정을 할 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서는 강우량 값이 가장 크게 나타난 시간별 보

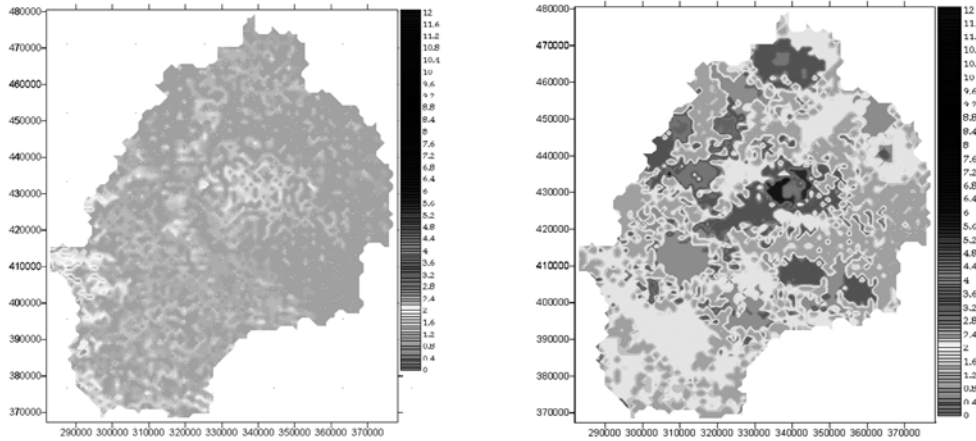


그림 3. 레이더 강우량에 시간별 보정계수 적용 전/후(1998/07/03/15 : 00)

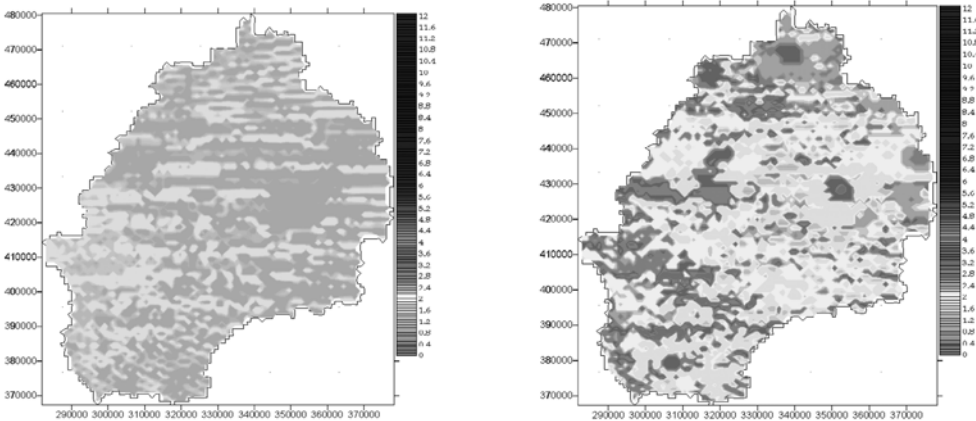


그림 4. 레이더 강우량에 시간별 보정계수 적용 전/후(1999/08/02/20 : 00)

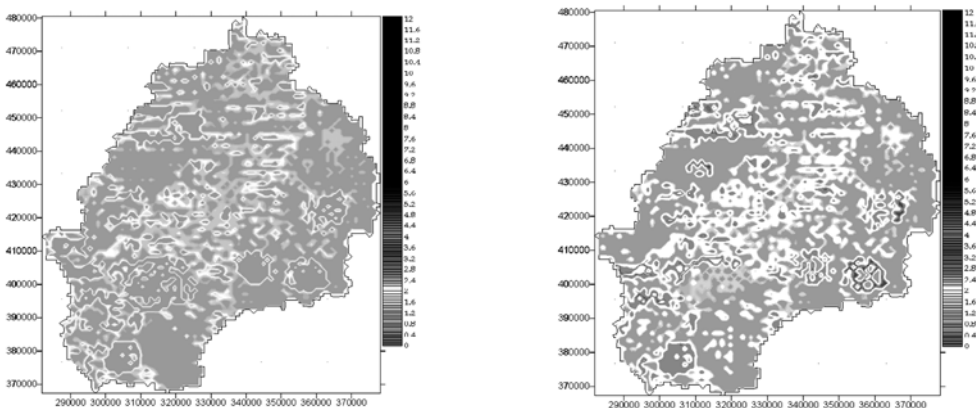


그림 5. 레이더 강우량에 시간별 보정계수 적용 전/후(2000/09/14/12 : 00)

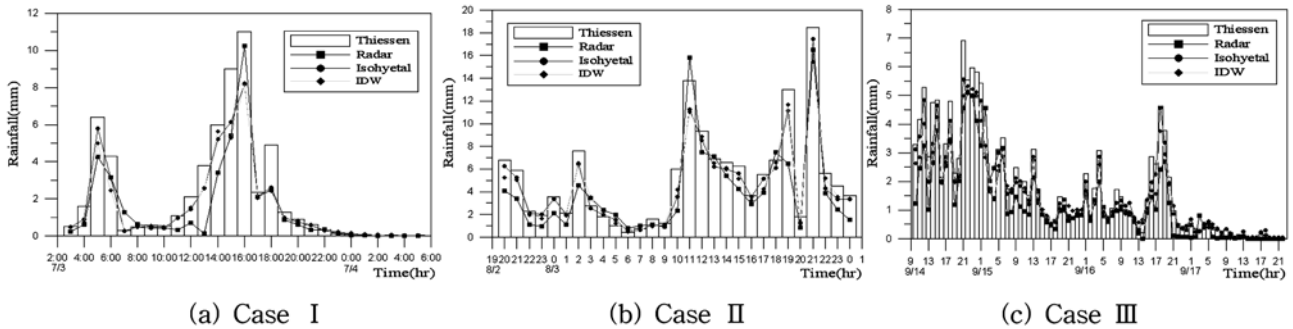


그림 6. 4가지 강우량 산정 방법으로 산정된 강우량

정계수로 보정된 강우량(MethodII)을 이용하여 기존의 강우량 산정 방법과 그 특성을 비교하고 강우-유출을 모의 하였다. 그림 3에서 그림 5는 레이더 강우량을 시간별 보정계수를 적용한 경우 강우량의 변화를 나타내고 있다.

### 3. 강우량 비교 및 분석

유역평균강우량 산정법과 보정계수를 적용한 레이더 강우량을 비교하기 위하여 평균( $\bar{x}$ ), 분산( $s^2$ ), 표준편차( $s$ ), 산포도를 비교하여 상대적 변동을 파악할 수 있는 변동계수( $C_v$ )를 이용 하였다. 그림 6은 4가지 방법으로 산출된 강우량 값을 나타내고 있다.

각 방법으로 산정된 유역 평균강우량의 총량은 CaseI, CaseII, CaseIII사상 모두 Thiessen 다각형법, 등우선법, 역거리법, 지점별 레이더 관계식 순으로 적은 유역평균 강우량 값을 나타내고 있다. 유역평균강우량의 산정 방법간의 비교를 위해 자료들의 평균이 서로 차이를 보이고 있으므로 상대적인 산포의 측정에 이용되는 변동계수를 이용하여 각 방법간의 산정 결과를 비교하였다. 표 3과 같이 모든 Case 강우사상에 대하여 레이더 관계식으로 산정한 강우량 값의 다른 기법에 비하여 변동계수가 큰 값을 나타내고 있으며, 이는 레이더 자료를 이용한 강우량의 평균치가 다른 방법에 비해 작게 산정되어 그 결과 변동계수가 상대적으로 크게 나타나고 있는 것을 판단된다.

CaseI사상의 Thiessen 다각형법의 변동계수가 1.668로 등

표 4. 평균강우량에 대한 레이더 강우량 상대오차

강우사상 \ 방법	Thiessen	등우선법	역거리법
CaseI	17.14 %	11.04 %	7.64 %
CaseII	19.26 %	9.58 %	7.98 %
CaseIII	28.00 %	18.70 %	14.80 %

우선법과 역거리법에 비해 큰 값을 보이고 있지만, CaseII, CaseIII경우 Thiessen 다각형법과, 등우선법, 역거리법의 변동계수 차이가 크지 않은 것으로 나타나 기존 강우량 산정 방법은 근접성이 있는 것으로 나타났다.

표 4는 기존의 유역평균강우량 산정 방법과 레이더 관계식을 이용한 산정 방법에 대한 유역평균강우량의 상대오차를 나타내고 있다. 모든 강우 사상에 대하여 레이더 관계식으로 산정한 평균값과 비교하여 역거리법, 등우선법, Thiessen 다각형법 순으로 평균강우량 값의 상대오차가 점점 커지는 것으로 나타났다. Thiessen 다각형의 경우 유역의 지형적 영향을 고려하지 못하므로 레이더 관계식에 비교하여 가장 큰 값을 나타낸 것으로 판단된다. 본 연구에서는 강우량 산정 결과의 정확성을 판단하기 위하여 지점별 레이더 관계식을 이용하여 산정한 충주댐 유역의 강우량과 기존의 강우량 산정법으로 산정된 강우량을 유출모형인 HEC-HMS 모형에 적용하여 모의된 유출수문곡선과 실측수문곡선을 비교하였다.

표 3. 각 방법별 통계적 분석치

강우사상	강우량 산정 방법	총강우량 (mm)	평균강우량 ( $\bar{x}$ )	분산 ( $S^2$ )	표준편차 ( $S$ )	변동계수
Case I	Radar	39.04	1.45	6.43	2.54	1.751
	Thiessen	47.30	1.75	8.50	2.92	1.668
	등우선 법	44.16	1.63	4.89	2.70	1.353
	역거리 법	42.56	1.57	4.43	2.10	1.385
CaseII	Radar	114.02	4.15	16.23	4.09	0.985
	Thiessen	141.52	5.14	18.68	4.37	0.850
	등우선 법	135.47	4.59	14.47	3.93	0.857
	역거리 법	132.12	4.51	14.22	3.89	0.863
CaseIII	Radar	107.30	1.26	1.53	1.24	0.984
	Thiessen	149.08	1.75	2.93	1.71	0.977
	등우선 법	131.95	1.55	2.13	1.46	0.941
	역거리 법	125.71	1.48	1.83	1.36	0.923

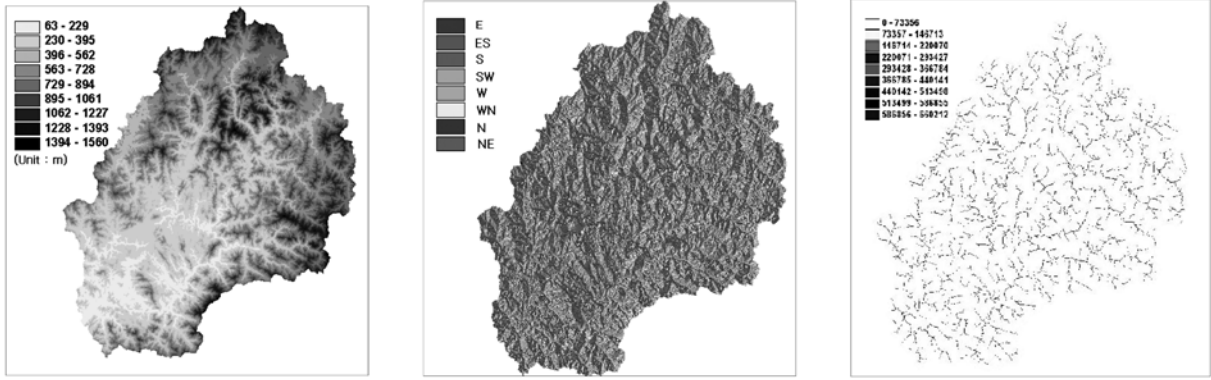


그림 7. HEC-GeoHMS 모형을 이용한 하천망 형성

#### 4. 산정 강우량을 이용한 유출 해석

본 연구에서는 유출해석을 위하여 HEC-GeoHMS모형을 이용하여 대상유역의 유역모델을 구축하였다. 구축된 HEC-GeoHMS의 유역모델을 HEC-1모형에서 발달한 HEC-HMS(Hydrologic Modeling System)모형의 입력자료로 이용하였다.

##### 4.1 HEC-GeoHMS모형

Arc-view상에서 HEC-GeoHMS모형의 진행 과정은 수치고도모형(Digital Elevation Model; DEM)을 이용하여 유역의 자료를 데이터로 조합하는 데이터 처리단계(data processing), 유역망을 형성하기 위하여 지형처리단계(terrain processing)를 진행한다.

##### 4.1.1 HEC-GeoHMS 모형의 구축

GIS을 이용하여 유역의 수문학적 특성인자를 추출하는 HEC-GeoHMS모형을 구축하기 위해 1:25,000의 수치지도를 이용하였다. 그림 7은 DEM을 이용하여 대상유역의 자료를 조합하는 data processing의 결과로 대상유역의 연속적인 기복의 변화를 수치적으로 표현하는 수치고도와 fill sink에 의한 보정이 이루어진 흐름망을 나타내고 있다.

그림 8은 흐름방향과 flow accumulation으로 형성된 하천망과 수치고도자료를 이용하여 대상유역을 34개의 소유역으로 분류한 형태를 나타내고 있다. 하천망과 소유역으로 분류된 자료에 수위관측소의 좌표를 입력하고 수위관측소의 위치와 하천망에 정확히 일치하는 것으로 판단하게 된다.

##### 4.1.2 충주댐 유역의 유출량 산정

HEC-HMS모형에 입력 인자인 유효강우량을 산정하기 위하여 유역의 토양도와 토지이용도를 활용하여 소유역별 SCS CN 계수를 추출하였다. 그림 9와 같이 본 연구의 대상유역은 개략토양도 상에서 58개의 토양군 중 14개의 토양군을 포함하고 있는 것으로 나타났다.

전체 유역 중 배수가 매우 양호한 A형태는 69%, 배수가 양호한 B형태는 11%, 배수가 약간 불량한 C형태는 4%, 배수가 불량한 D형태는 16%로 나타났다. 환경부에서 제공하는 토지 이용분류법에 따라 분류하며, 도시지역은 0.6%, 밭 8.5%, 산림 85.1%, 초지 2.5%, 논 1.1%, 휴경지 0.1%, 물

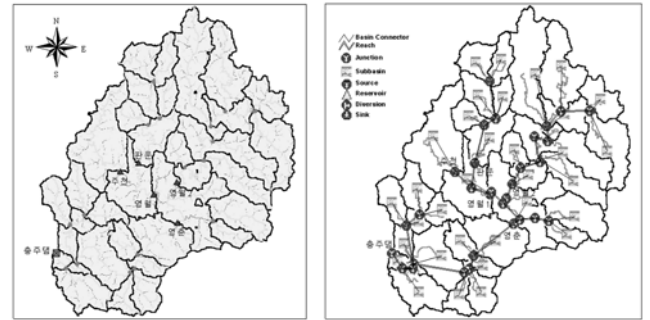


그림 8. 충주댐 유역의 Basin Model

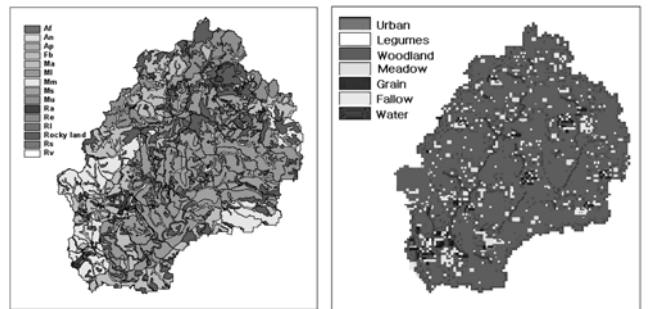


그림 9. 충주댐 유역의 토양도와 토지 이용도

2.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

##### 4.2 HEC-HMS모형의 적용

충주댐 유역을 소유역으로 분류하여 강우로부터 소유역의 지표면 유출을 계산하기 위한 Clark 합성단위도 유도방법을 사용하였다. Clark 합성단위도의 매개변수는 GIS로부터 소유역별로 유로연장, 소유역별 면적을 정확히 산정할 수 있기 때문에 도달시간은 Kirpich 경험식, 유역저류상수는 Sabol 경험식을 사용하였다. HEC-HMS모형에서 유출을 직접유출과 기저유출로 분리하는 방법에는 지수함수적 감소방법을 사용하였다. 유역의 하도홍수추적의 방법에는 유입수문곡선과 하도의 물리적 특성을 기초로 수문곡선의 확산을 고려하는 Muskingum-Cunge 방법을 사용하였다.

그림 10과 그림 11은 영춘 지점과 충주댐 지점별 레이더 관계식을 이용한 강우량과 Thiessen 다각형법, 등우선법, 역거리법으로 산정된 강우량으로 모의된 결과치를 나타내고 있다. 모든 강우 사상에 대하여 유출 양상을 잘 모의하고 있는 것을 알 수 있다.

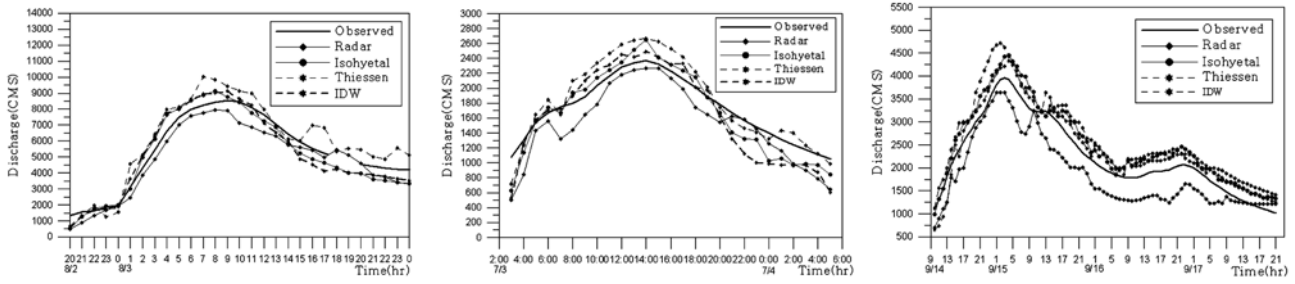


그림 10. 영춘지점에 대한 CaseIII 유출 모의 결과

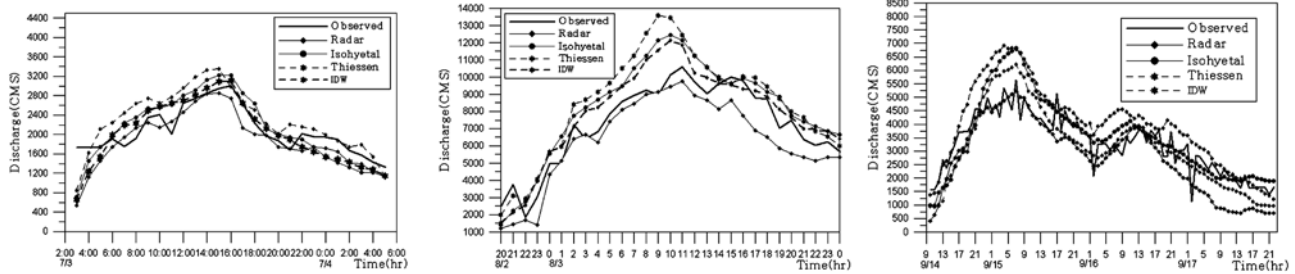


그림 11. 충주댐 지점의 CaseIII 유출 모의 결과

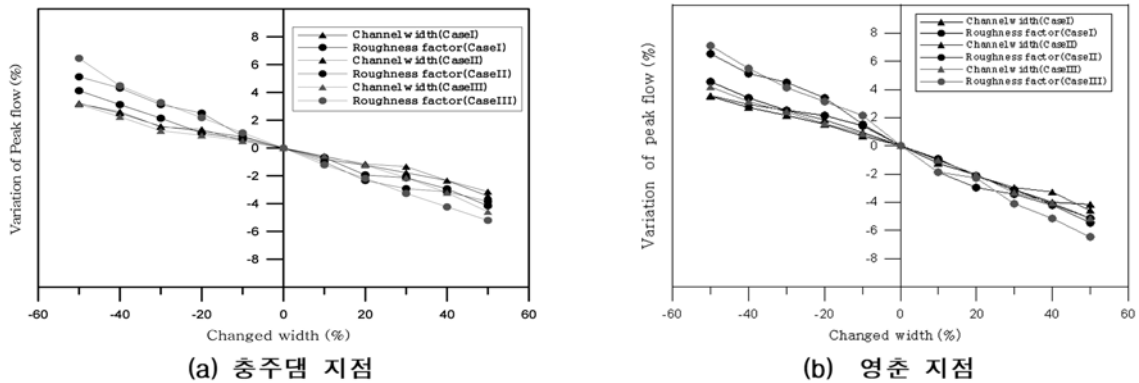


그림 12. 민감도 분석

#### 4.3 매개변수의 민감도 분석

본 연구에서 사용한 입력변수 중 강우량의 변화에 따라 영향을 가장 많이 받는 침투유량에 대하여 GIS 기법으로 산정되지 않은 입력매개변수인 조도계수와 하도폭에 대한 침투유량의 민감도분석을 실시하여 모의과정에서 미치는 영향을 분석하였다. 민감도 분석의 범위는 사용된 변수값을 기준으로 하여 각각 10%, 20%, 30%, 40%, 50%의 증감으로 설정하였다.

영춘지점의 경우 하도폭의 변화에 따른 침투유량의 변화폭이 5.12% 이내이고, 조도계수의 경우 침투유량의 최대 변화폭은 6.45%이다. 충주댐의 경우 하도폭의 변화에 따른 침투유량의 변화폭이 5.14% 이내이고, 조도계수의 경우 침투유량의 최대 변화폭은 7.10%이다.

본 연구에서 수행된 GIS 입력자료에 따른 유출변화 분석에서 GIS기법으로 산정되지 않은 조도계수 및 하도폭의 결정으로 인한 오차는 낮은 것으로 볼 수 있으며, 구축된 모형에 의한 분석 결과는 신뢰성이 있음을 확인할 수 있다.

#### 4.4 유출량 산출 결과의 비교 분석

영춘 지점의 경우 실측치와 비교하여 레이더 관계식으로 산정된 강우량을 모의시 침투유량과 총유출량에서 가장 작

은 값을 나타내고 있으나, 침투유량이 발생하는 시간은 CaseI, CaseIII사상에서 실측치와 일치하는 것으로 나타났다. 충주댐 지점도 실측치와 비교하여 레이더관계식으로 산정된 강우량을 모의시 침투유량과 총유출량이 가장 작은 값으로 나타났으며, 침투유량 발생시간을 비교한 결과 CaseIII사상이 실측치와 일치하는 것으로 나타났다.

영춘지점과 충주댐 지점의 침투유량과 총유출량의 결과를 이용하여 HEC-HMS 모형의 모의치와 실측치의 통계분석을 실시하였다. 표 6, 7은 영춘, 충주댐지점의 통계분석결과를 나타내고 있다.

침투유량과 총유출량의 통계적 분석 결과 영춘수위표 지점에서는 CaseI, CaseII에서 등우선법과 CaseIII에서 역거리법으로 산정된 강우량을 적용할 경우 모형의 수행 능력을 나타내는 결정계수가 가장 큰 값으로 나타났다. 레이더 강우량을 적용할 경우 결정계수의 범위가 0.69에서 0.91의 범위에 존재하고 있어 유출모의시 지점별 레이더 관계식으로 산정된 강우량을 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 영춘지점의 모의치와 실측치의 상관관계를 나타내는 상관계수는 0.81에서 0.95의 범위로 양호한 상관관계를 나타내고 있다.

충주댐 지점의 경우 CaseII, CaseIII사상의 경우 레이더 강우량을 적용할 경우 기존 방법에 비하여 높은 결정계수를

표 5. 총주댐 지점과 영춘 지점의 모의 결과

강우사상	강우량 산정 방법	영춘지점			총주댐 지점		
		침투유량 도달시간	침투유량 (m <sup>3</sup> /sec)	총 유출량 (m <sup>3</sup> )	침투유량 도달시간	침투유량 (m <sup>3</sup> /sec)	총 유출량 (m <sup>3</sup> )
CaseI	관측치	7/3 14:00	2,368.7	55,916,424	7/3 16:00	3,002.0	67,132,140
	Radars	7/3 14:00	2,268.1	47,214,040	7/3 15:00	2,847.6	60,678,600
	Thiessen	7/3 14:00	2,668.7	59,471,964	7/3 16:00	3,347.6	74,121,720
	등우선법	7/3 14:00	2,645.8	54,392,248	7/3 16:00	3,226.4	67,799,280
	역거리법	7/3 14:00	2,487.1	53,029,800	7/3 16:00	3,112.3	65,756,400
CaseII	Observed	8/3 09:00	8,519.5	181,699,332	8/3 10:00	10,572.1	245,115,480
	Radars	8/3 08:00	7,959.9	166,075,680	8/3 11:00	9,745.6	217,493,280
	Thiessen	8/3 07:00	10,005.6	204,976,920	8/3 09:00	13,567.2	291,493,800
	등우선법	8/3 08:00	9,125.9	179,709,360	8/3 10:00	12,456.6	286,552,560
	역거리법	8/3 08:00	9,123.6	188,285,299	8/3 10:00	12,123.2	275,835,600
CaseIII	Observed	9/15 02:00	3,955.7	227,524,547	9/15 06:00	5,635.1	333,347,280
	Radars	9/15 02:00	3,645.7	188,285,299	9/15 06:00	5,231.6	280,987,800
	Thiessen	9/15 01:00	4,712.2	266,064,328	9/15 05:00	6,975.2	371,909,160
	등우선법	9/15 03:00	4,456.2	254,439,102	9/15 06:00	6,825.2	360,735,840
	역거리법	9/15 03:00	4,325.6	245,530,928	9/15 06:00	6,231.2	322,518,000

표 6. 영춘 지점의 모의 결과 통계적 분석

강우사상	강우량 산정 방법	R <sup>2</sup>	CC	PEP (%)	VEP (%)	RMSE
CaseI	Radars	0.81	0.93	4.24	11.98	242.11
	Thiessen	0.73	0.87	12.66	6.35	313.05
	등우선법	0.87	0.95	11.69	3.17	190.22
	역거리법	0.85	0.93	4.99	5.16	256.06
CaseII	Radars	0.91	0.95	6.56	8.59	614.36
	Thiessen	0.79	0.86	17.44	12.81	907.69
	등우선법	0.92	0.94	2.26	7.11	564.81
	역거리법	0.90	0.93	7.09	1.77	627.25
CaseIII	Radars	0.69	0.95	7.83	17.21	426.82
	Thiessen	0.72	0.81	19.12	16.93	458.55
	등우선법	0.84	0.96	12.6	12.4	315.87
	역거리법	0.91	0.97	9.35	8.5	249.55

표 7. 총주댐 지점의 모의 결과 통계적 분석

강우사상	강우량 산정 방법	R <sup>2</sup>	CC	PEP (%)	VEP (%)	RMSE
CaseI	Radars	0.86	0.82	5.14	9.61	337.69
	Thiessen	0.68	0.78	11.51	10.41	389.49
	등우선법	0.85	0.83	7.47	0.99	349.97
	역거리법	0.88	0.86	3.67	2.04	333.29
CaseII	Radars	0.85	0.93	7.82	11.26	1,044.10
	Thiessen	0.72	0.93	28.33	18.92	1,729.15
	등우선법	0.80	0.94	17.82	15.11	1320.56
	역거리법	0.82	0.95	14.67	9.71	1029.93
CaseIII	Radars	0.87	0.91	7.16	15.70	771.67
	Thiessen	0.77	0.89	12.18	27.56	1,024.88
	등우선법	0.85	0.88	21.12	17.21	760.47
	역거리법	0.83	0.90	10.57	16.24	679.47

나타내는 것을 나타냈다. 상관계수 또한 0.78에서 0.95의 범위로 양호한 상관관계를 나타내고 있으며, 침투유량 퍼센트 오차는 5.14%에서 7.82%로 다른 기법에 비하여 작은 오차를 나타내고 있다. 침투유량의 퍼센트 오차의 경우 레이더 강우량이 영춘지점과 충주댐 지점에서 4.24%에서 7.82%의 범위에 분포하고 있어 기존 강우량 산정 기법에 비하여 가장 작은 침투유량 퍼센트 오차를 나타내고 있다. 총유출량 퍼센트 오차의 경우 레이더 강우량이 영춘지점과 충주댐 지점에서 8.59%에서 17.21%로 나타나 기존 강우량 산정 기법에 비하여 높은 총유출량 퍼센트 오차를 나타내고 있다. 유출해석 결과 유출량을 기준으로 산정된 지점별 레이더 관계식을 이용하여 대상구역의 강우량을 산정할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서 이용한 관악산 레이더 자료의 경우 단기간의 레이더 반사강도 자료를 이용한 점을 감안할 때 장기간에 걸쳐 레이더 자료를 수집 분석하여 레이더 관계식에 대한 연구가 필요하다 하겠다.

## 5. 결 론

1. 지점별 레이더 관계식을 이용하여 산정된 강우량 보정시 시간별 보정계수를 사용하여 레이더 강우량을 산정하여야 할 것으로 판단되며, 오랜 기간의 레이더 자료의 축적으로 시간별 보정계수의 평균값을 이용하여 레이더 강우량을 보정한다면 보다 신속한 강우량 산정이 이루어 질 것으로 판단된다.
2. 대상 구역에 대하여 기존의 3가지 강우량 산정 기법으로 강우량을 산정한 결과 Thiessen 다각형법이 가장 큰 강우량을 산정하는 것으로 나타났으며, 변동계수의 분석결과 Thiessen 다각형법과 등우선법, 역거리법의 변동계수 차이가 크지 않은 것으로 나타나 기존 강우량 산정 방법은 근접성이 있는 것으로 판단된다.
3. 유출해석 결과 실측치와 모의치 침투유량 퍼센트 오차의 경우 레이더 강우량이 영춘지점과 충주댐 지점에서 작은 침투유량 퍼센트 오차를 나타내고 있어, 산정된 지점별 레이더 관계식을 이용하여 강우량을 산정할 경우 침투유량이 중요한 고수공사에 활용성이 높다고 판단된다.
4. 유출해석의 통계적 분석 결과 총유출량 퍼센트 오차의 경우 레이더 강우량이 영춘지점과 충주댐 지점에서 기존 강우량 산정 기법에 비하여 높은 총유출량 퍼센트 오차를 나타내고 있어, 총유출량이 중요한 저수공사에 영춘 지점의 유출량을 기준으로 산정한 레이더 관계식의 적용시 주의가 요하는 것으로 판단된다.
5. 대상 구역내 영춘 수위표 지점의 유출량을 기준으로 산정된 지점별 레이더 관계식으로 산정된 강우량을 적용한 모

의 결과가 실측 수문곡선에 근접한 결과를 나타내고 있으며, 유출량을 기준으로 산정된 지점별 레이더 관계식을 이용하여 대상 구역의 강우량을 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 김진극, 안상진(2003) 레이더 반사강도와 강우강도의 Z-R 관계식 산정, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제36권, 제1호, pp. 13-21.
- 기상연구소(1997) **임진강 유역 종합수문관측시스템 타당성조사 및 기본계획 수립**, pp. 68- 221.
- 김경탁(1998) GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구. 박사학위 논문, 인하대학교.
- 김효경, 이동인, 유철환, 권원태(2002) WPMM 방법을 이용한 레이더 강수량 추정 **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제1호, pp. 25-36.
- 건설교통부(2002) **全國 降雨 레이더 設置 및 洪水豫警報 시스템 改善 基本計劃 樹立** pp.475-486.
- 엄원근, 오미림, 정재성(1996) 레이더를 이용한 유역강우량 산정 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 226-231
- 조홍제, 김정식(1997) TIN을 이용한 SCS법에 의한 유효강우량 산정에 관한 연구, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제30권, 제4호, pp. 357-366.
- Daniel M., and Enrico G. Gori. (1999) Raindrop Size Distribution in Convective Clouds over Cuba”, *Atmospheric Research*, Vol. 52, pp. 221-239.
- Finnerty, B. and Johnson, D. (1997) Comparison of Mean Areal Precipitation Estimates Derived from NEXRAD Radar vs. Rain Gage Networks, *Proceeding of the 1997 27th Congress of the International Association of Hydraulic Research, IAHR*, Part A, pp. 601-606.
- Johnson, D., Smith, M., Koren, V., and Finnerty, B. (1999) Comparing Mean Areal Precipitation Estimates from NEXRAD and Rain Gauge Networks, *Journal of Hydrologic Engineering*, pp. 117-124.
- Krajewski, W.F. (1995) Rainfall Estimation using Weather Radar and Ground Stations, *International Symposium on Weather Radars*, Chapter”, 1.4.
- Lars Gottschalk, Rolf Weingartner(1998) Distribution of Peak Flow Derived from a Distribution of Rainfall Volume and Runoff Coefficient, and a Unit Hydrograph, *Journal of Hydrology*, Vol. 208, pp. 146-162.
- Sun, S., Mein, R.G., Keenan, T.D., and Elliott, J.F. (2000) Flood Estimation using Radar and Rainage Data, *Journal of Hydrology*, Vol. 239, pp. 4-18.
- Yu, Z., Lakhtakia, M.N., Yarnal, B., and White, R.A.(1999) Simulating the River-basin Response to Atmospheric Forcing by Linking a Mesoscale Meteorological and Hydrologic Model System, *Journal of Hydrology*, Vol. 218, pp. 72-91.

(접수일:2005.3.8/심사일:2005.3.30/심사완료일:2005.10.27)