

# 연구용 소형 강우레이더의 돌발홍수 활용을 위한 레이더자료의 품질검사

김병식\* / 홍준범\* / 최정호\*

Kim, Byung Sik / Hong, Jun Bun / Choi, Jeong Ho

## 1. 서론

지금까지의 돌발홍수에 대한 연구는 여러 가지 이유들로 인해 여러 문제점들이 있었으며, 그로 인해 제한적이였다. 예를 들어, 대기수치모형과 돌발홍수 모형과의 시·공적 규모의 불일치에 의한 규모축소 문제, 돌발홍수가 일어나는 소유역의 강우량의 결측 및 누적강수에 대한 토양수분의 미계측 등이 있었다. 그러므로 레이더의 강우 관측과 수문모형의 결합은 매우 강한 국지성 호우와 그로 인한 유출 과정과 같은 기본적인 과학적 의문점들의 이해하고 돌발홍수예보에 있어서 매우 큰 잠재력을 가지고 있다고 할 수 있다. 돌발홍수를 만들어 내는 대류성 폭풍은 대개의 경우 일시적인 강우 관측만으로는 알 수 없다. 만일, 폭우가 아주 강하게 이동 중이라면, 공간에서는 중간 규모의 강도로 남아 있게 되고, 지상의 강수는 하천으로 흘러 들어가게 된다. 하천의 구조가 홍수를 일으킬 수 있는 형태를 가지고 있을 때, 몇 시간 동안 폭우가 정지된 상태로 유지되어 몇 백 제곱킬로미터에 200mm가 넘는 비가 내리게 된다면, 지역적으로 매우 큰 홍수의 위험을 초래하게 된다. 폭우의 정체는 상층부의 바람에 의해 새로운 폭우의 셀이 만들어지는 경우 또는 지형적인 원인인 경우가 많다. 많은 누적강우는 돌발홍수를 유발하는 필요조건이지만, 충분조건은 아니다. 따라서, 수문학적인 요소가 돌발홍수의 발생을 지배하는 원인이라고 할 수 있을 것이다.

돌발홍수의 위험성에 대한 추정을 위해서는 실시간 수문학적 모형화가 필요하다고 할 수 있으며 중규모 지역에 대해 시공간적으로 연속적이면서 국지적인 폭우를 감시하기에는 레이더는 매력적인 요소가 될 수 있다. 유럽에서는 홍수를 예측하기 위해서 이미 1970년대부터 레이더를 이용하여 레이더 영상에서 강우지역의 구조를 파악하였다. 돌발홍수에 따른 강우레이더의 필요성을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 인간의 접근성 및 이용도가 높지 않았던 지역이나 TM과 같은 지상 우량계가 설치되지 않는 곳에 대해 정량적으로 강우관측의 공백을 보완할 수 있다. 둘째, 1회 관측 소요시간이 5~10분 정도이며, 연속적인 실시간 관측이 가능하므로 집중호우와 같은 단시간에 발생하는 악기상 현상의 예보에 매우 유용하다. 셋째, 실시간 자료를 이용하여 현행 지상 수문 관측망이 갖고 있는 시공간적인 문제를 해결할 수 있다.

본 연구에서는 강우레이더에 의한 돌발홍수예보시스템 개발 사업의 일환으로 현재 설치 운영 중인 한국건설기술연구원의 소형 강우레이더 시스템을 최적화함과 동시에 적정 연구 운영에 따른 효율적인 방안을 제시하였다. 소형 강우레이더의 전자기적 특성과 관측 환경에 따른 펄스폭률 변화 및 그에 따른 효과를 분석하였으며, 또한 한강 및 경기도 일대의 AWS와 임진강 강우레이더의 강우 관측 자료를 비교 분석하였다.

## 2. 소형 강우레이더의 전자기적 특성 분석

본 연구에서 이용한 소형 강우레이더는 MINIMAX-250C라는 C-band 레이더로서 연구를 목적으로 2004년 9월 한국건설기술연구원에 설치하여 현재 강우 관측을 실시하고 있다.

\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : [hydrokbs@kict.re.kr](mailto:hydrokbs@kict.re.kr)

\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : [hongjb@kict.re.kr](mailto:hongjb@kict.re.kr)

\*\*\* 정희원 · 제아정보통신 부설연구소 연구원 · E-mail : [cannon1052@chollian.net](mailto:cannon1052@chollian.net)

## 2.1 MINIMAX-250C 소형 강우레이더

표 1. MINIMAX-250C의 주요 제원

Frequency	5,621 MHz (C-Band)		
Peak Power	316 W		
Transmitter Type	Solid-State Transmitter		
Antenna Diameter	1.2 m(parabolic reflector)		
Pulse Width (S/P-L/P)	0.8 $\mu$ s	1.6 $\mu$ s	6.4 $\mu$ s
PRF (S/P-L/P)	1,063 Hz	1,063 Hz	300 Hz
Beam Width	2.8°		
Observation Range	30 km / 60 km / 120 km		
Range Resolution	125 m ~ 500 m		



그림 1. MINIMAX-250C 강우레이더

MINIMAX-250C의 모습은 그림 1과 같으며, 시스템의 제원을 표 1에 간략히 수록하였다.

## 2.2 소형 강우레이더의 출력에 따른 대기전파 특성 분석

본 연구에서는 소형 강우레이더의 출력에 따른 전파특성 조사를 위하여 그림 2와 같이 관측 지점을 선정하였다.

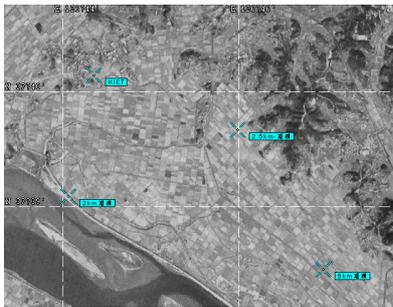


그림 2. 전파특성 조사 지점

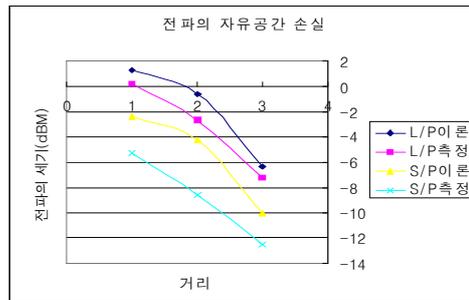


그림 3. long pulse와 short pulse의 자유공간손실 오차 비교

그림 3은 long pulse와 short pulse의 자유공간손실의 오차를 비교한 것이다. 자유공간손실은 long pulse와 short pulse와는 상관없이 이론적 계산식과 같이 감쇠가 되어야 하지만, 측정된 전파의 세기는 계산된 값보다 더 많은 감쇠를 보인다. 또한 전파의 실제 측정값도 거리에 따라서 감쇠 현상이 나타나고 있다.

## 2.3 소형 강우레이더의 빔폭에 따른 대기전파 특성 분석

소형 강우레이더의 빔폭(Beam Width)에 따른 분석은 그림 4와 같으며, 그림 5는 관측 거리별 빔 체적을 도식화한 것이다. 소형 강우레이더의 빔 진행거리에 대한 빔 중심 높이(Beam Height)에 따른 분석은 그림 6과 같다.

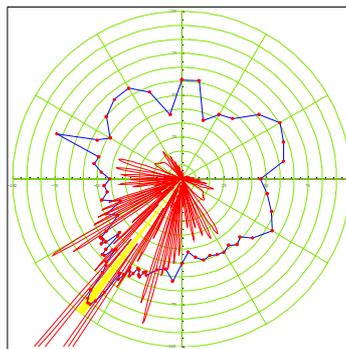


그림 4. 소형 강우레이더의 빔패턴 분석

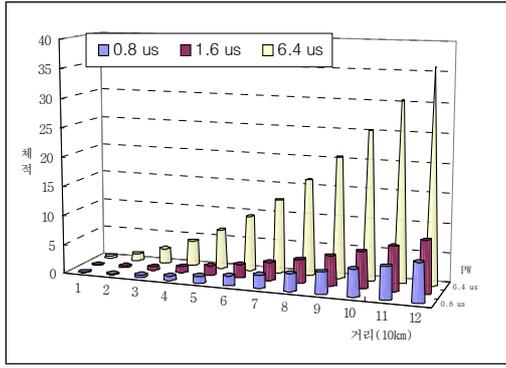


그림 5. 관측거리별 빔 체적

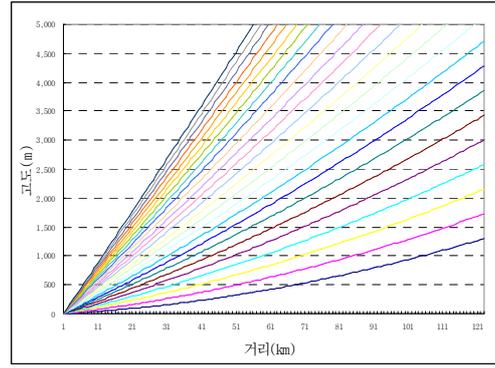


그림 6. 거리별 빔 중심의 높이

### 2.4 소형 강우레이더의 관측반경에 따른 볼륨변화 및 효과 분석

레이더 빔은 빔 축을 중심으로 2.8°의 빔폭을 가지고 대기 중을 진행해 가기 때문에 거리에 따라 레이더 빔의 체적은 변화한다. 그림 7은 거리에 따른 빔 체적의 변화를 나타낸 것이다.

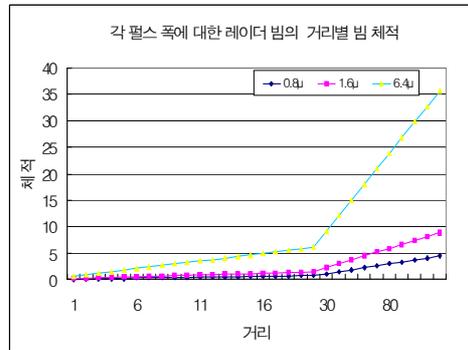
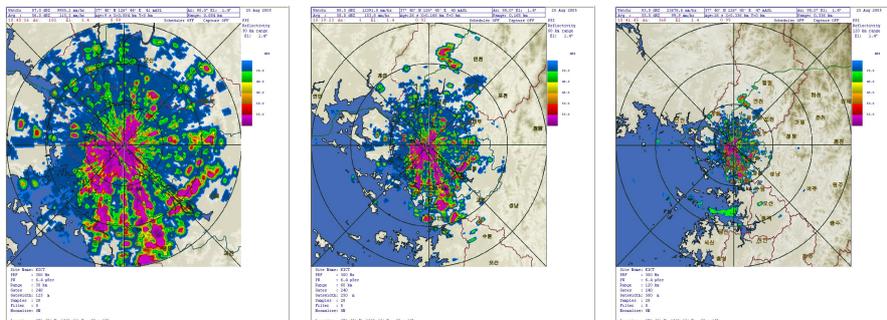


그림 7.거리별 빔 체적 변화

소형 강우레이더에서는 30, 60, 120 km의 총 3개 관측 반경을 사용하고 있다. 관측 반경 30 km는 강수 입자의 운동을 분석하거나 지형 클러스터를 분석할 때 유리하다. 또한 레인지 상의 에코의 상세한 모양을 탐지할 때를 제외하고는 단순한 강수 탐지가 유리하다. 소형 강우레이더를 이용하여 돌발홍수에 따른 지상강우량 관측을 하기 위해서는 관측 반경을 30 km로 운영하여 가능하면 지상에 가까운 관측 자료를 많이 확보하여 이로부터 지상의 강우량을 추출해야 한다. 또한, 관측 반경 30 km에서 지상 우량계와의 상관도가 높기 때문에 지상강우 관측을 위한 관측모드로 운영하여야 한다. 그림 8은 각 관측 반경별 지형 클러스터 영상을 보여준다.



(a) 30 km 관측 반경 (b) 60 km 관측 반경 (c) 120 km 관측 반경

그림 8. 소형 강우레이더의 반경별 지형 클러스터 분석

### 3. 소형 강우레이더에 의한 강우량 관측 및 주변 강우량 자료와의 비교

현재 소형 강우레이더에서는 매 10분마다 자료를 생산하고 있다. 본 연구에서는 레이더 강우량과의 비교를 위해 현재 기상청이 운영하고 있는 한강유역을 중심으로 관측 반경 60 km이내에 위치하고 있는 14곳의 AWS 강우 관측자료와 임진강 강우레이더 자료를 비교하였다. 두 레이더의 강우 관측값을 비교하기 위해서 선정된 강우사상은 소형 강우레이더의 강우 관측 기간 중 강우의 지속 시간이 10시간 이상 지속 시간을 보였던 5월 17일 ~ 5월 18일(강우사상-1), 6월 26일 ~ 6월 27일(강우사상-2)의 2가지의 강우사상을 선정하였다.

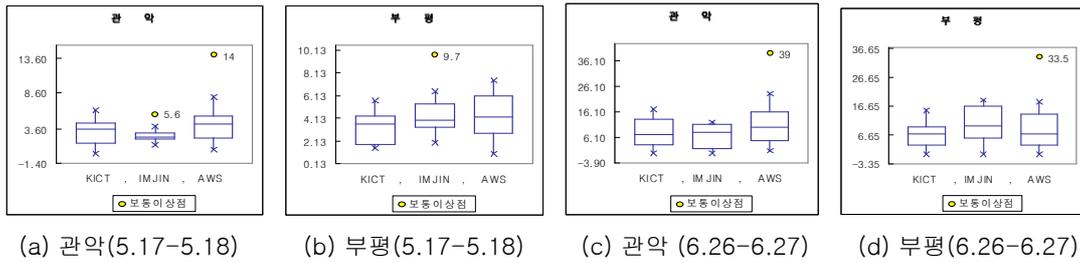


그림 9. 강우사상별 box plot 분석 비교

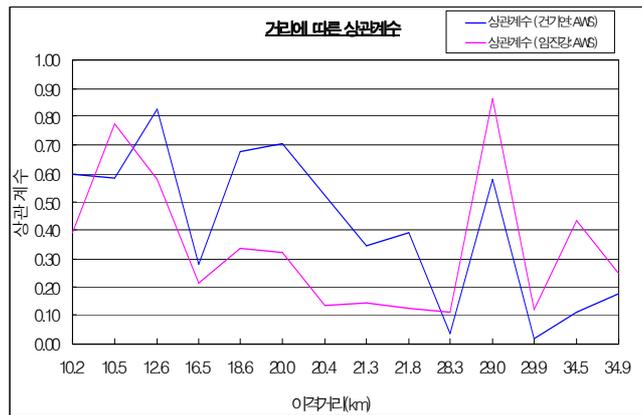


그림 10. 거리별 누적 강우량의 상관관계

AWS의 강우 관측값에 대한 두 레이더의 비교에서는 출력이 높고, 빔폭이 작은 고정형 강우레이더(임진강)의 강우 관측값이 더 좋은 결과를 보일 것으로 예상하였지만, 그림 10에서 보는 바와 같이 AWS관측 지점까지의 거리가 28 km이내에서는 소형 강우레이더가 고정형 강우레이더보다 높은 상관관계를 보였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 강우레이더에 의한 돌발홍수예보 시스템 개발 사업의 일환으로 현재 설치 운영 중인 한국건설기술연구원의 소형 강우레이더의 전파조사를 통해 소형 강우레이더 시스템의 전자기적인 특성과 관측 반경에 따른 펄스볼륨 변화 및 그에 따른 효과를 분석하였다. 또한 한강 및 경기도 일대의 AWS와 고정형 강우레이더의 강우 관측 자료를 비교 분석하였다.

### 참고 문헌

건설교통부(2006), “강우레이더에 의한 돌발홍수예보시스템 개발(1차년도)