



실효적 도시홍수 관리를 위한 메카, 수문 레이더 재해연구·데이터 센터



황 석 환 ●●●
한국건설기술연구원 수자원연구실
수석연구원
sukany@kict.re.kr



이 동 루 ●●●
한국건설기술연구원 수자원연구실
연구위원
(수문레이더 재해연구·데이터 센터 센터장)
dryl@kict.re.kr



임 상 훈 ●●●
한국건설기술연구원 수자원연구실
연구위원
slim@kict.re.kr



함 대 현 ●●●
한국건설기술연구원 수자원연구실
연구원
daeheon80@kict.re.kr

1 머리말

지난 20여 년 동안 레이더가 전 세계의 강수량 관측 방법을 획기적으로 바꾸어 놓았으며, 오늘날 레이더는 다양한 지역에서 홍수 예보, 수해 경감 및 관리, 수자원 관리 등의 중요한 역할을 하고 있다. 레이더를 이용한 강수량 추정이나 홍수 예보에 큰 기술적 발전이 있었지만, 아직도 레이더가 가지고 있는 잠재력을 완벽히 토출하기 위해서는 많은 도전이

필요하다.

최근 몇 년간 서울을 비롯한 우리나라 주요 도시에서 집중호우로 막대한 피해가 발생하였고 이러한 사실에 비추어 볼 때, 홍수방어와 정보는 대규모 유역뿐만 아니라 도시유역에도 반드시 필요하다. 하지만, 도시화와 수해(水害)의 증가로 인해 시공간적으로 보다 상세한 정보가 지속적으로 요구되고 있는데 반해, 전형적인 홍수방어의 접근방식은 시공간적인 제약으로 인해 소규모 유역 특히 도시유역에 적용하는데 한계가 있다. 이는 미래의 홍수 예보가 더욱더 레이더 기반 관측에 의존하게 될 것이라는 것을 시사하고 있으며, 이로부터 시공간적으로 더 높은 해상도를 가진 강수량 정보의 획득을 위한 노력이 지속될 것임을 확신할 수 있다.

레이더 홍수관리 장점

- ① 홍수관리 대응수준 제고
- ② 강우관측 비용절감
- ④ 강우예측 가능
- ② 모든 유역에 온라인 공간강우자료 획득
- ② 미계측 유역의 강우 측정
- ④ 강우사상의 움직임 추적 가능
- ③ 대상유역을 원하는 단위 소유역 수로 분할 가능
- ④ 수문수리모형을 위한 상세 강우자료 제공
- ⑤ 기술진보가 빠르고 자료공유 용이

그림 1. 지상우량계 대비 레이더를 이용한 홍수 관리의 주요 장점

도시지역에서의 홍수는 예고 없이 빠르게 발생한 다. 아울러, 이러한 돌발성 홍수는 시공간적으로 빈

번하게 발생함으로써, 이로 인한 인명과 재산 피해를 증가시킨다. 결국, 도시 지역의 성공적인 홍수관리의 관건은 얼마나 빨리, 얼마나 세밀하게 관측할 수 있는냐에 달려있다. 따라서 미래 도시홍수 관리를 위한 궁극의 대책도 세밀하고 신속한 강우예측을 통한 홍수예측과, 이와 유기적으로 연동 운영 가능한 홍수량 저감 대책의 마련이라 할 수 있다.

당연히, 홍수관리를 위한 레이더 기술 개발의 추세도 이와 소원하지 않다고 볼 수 있다. 그 중 가장 중요한 핵심은 첫째, 강수추정 정확도 향상을 위한

이중편파 레이더의 활용, 두 번째는 관측사각지대 해소와 빠른 관측주기 확보를 위한 소형레이더의 활용, 그리고 세 번째는 예측시간 연장을 위한 레이더 망 구축 및 수치기상모형의 활용 등이다. 특히, 실무 도시홍수 관리를 위한 레이더 기술개발 측면에서 보면 소형 이중편파 레이더의 설치 및 운용, 기존 대형레이더와의 효과적 연계활용, 그리고 관측 신뢰도 향상 및 초단기 예측시간 연장을 위한 레이더 관측망의 구축 및 활용기술 개발이 절실히 요구된다.

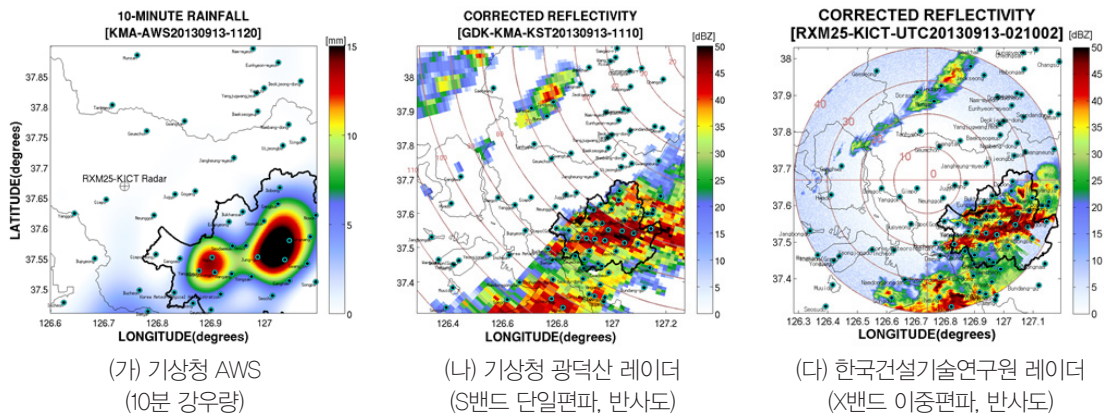


그림 2. 관측 기기별 공간 강우량 추정의 정밀도 비교

미국내 많은 지역의 기상청 (National Weather Service; NWS) 기상예보실 (Weather Forecast Office; WFO)에서는 대부분 레이더 기반 QPE만 가지고 돌발 홍수 경보나 예보를 내보낸다. 일반적으로 레이더 기반 QPE는 대류성 호우의 경우에 효율이 높아 홍수예보에 탁월한 성능을 발휘한다. 1990년 대 초반부터 중반까지 WSR-88D (Weather Surveillance Radar, 1988, Doppler)를 배치하면서부터 미국의 홍수 예보는 극적으로 달라졌는데, 이러한 긍정적 효과는 강수량 관측이 가능한 지역과 계절에 국한되었다. 즉, 미국의 사례는 홍수 예보의 성과가 레이더 기반 QPE에 달려 있음을 시사한다.

이러한 시대적 요구 및 세계적 추세에 부응하기 위해, 한국건설기술연구원에서는 돌발 호우, 홍수

및 폭설 등의 재해관리 연구 활성화와 실무 적용 기반 마련을 위해 2013년 9월 '수문레이더 재해연구·데이터 센터'를 설립하였다.

2. 수문레이더 재해연구·데이터 센터 (HRDRC)

본 센터의 설립을 통해 추구하는 바는 크게 두 가지이다. 첫째는, 한국건설기술연구원의 수문레이더 (X 밴드 이중편파 레이더)를 이용하여 집중호우, 홍수, 폭설 등이 언제 어디서 발생하는 지를 실시간으로 모니터링하고 사전 예측기술을 개발하는 것이다. 둘째는, 국토교통부 강우레이더 자료의 효율적인 유

통을 통한 관·산·학·연 기관간의 협력체계를 구축하여 레이더를 이용한 재해관리의 기술 개발 및

교류 등을 통한 수문레이더 정보의 자료유통 국가허브를 구축·운영하는 것이다.



(가) 레이더 모습

| 항목 | 한국건설기술연구원 |
|--------|--|
| 주파수 | X 밴드 |
| 관측 편파 | 이중편파(수평, 수직) |
| 안테나 직경 | 1.8m |
| 관측 반경 | 40km |
| 시간 해상도 | 1분 |
| 공간 해상도 | 1.2~192m |
| 데이터 자료 | 반사도(Z), 도플러 속도(V), 스펙트럼 폭(W), 차등반사도(ZDR), 상호관계수(ρ_{HV}), 차등위상(Φ_{DP}), 비차등위상(KDP), |

(나) 레이더 제원

그림 3. 한국건설기술연구원 수문레이더

본 센터는 타 기관과 차별화 된 연구, 레이더 운영, 연구성과 확산 등을 추진하고 있다. 첫째, 재해 피해가 가장 심한 도시·산지 지역에 특화된 재해 연구로, 서울, 인천 등 대도시 및 산악 지역에 적합한 X 밴드 이중편파 소형 레이더 활용 기술을 국내 최초로 개발하여 보급할 예정이다. 이를 위하여 1분 간격 100m 격자의 고해상도 관측 및 예측, 레이더기반 도시재해 예·경보 기술 개발에서 제품화까지 통합적 운영이 가능하도록 추진할 것이다. 둘째, 국토교통부나 기상청의 경우 고정된 현업 레이더 운영에 초점이 맞추어져 있어 실험운영을 통한 다양한 레이더 관련 핵심 기술개발은 한계가 있다. 특히 우리나라의 경우 도시홍수 대응 연구가 미진한 상황을 고려하여 레이더 기반 도시·산지 재해 예·경보 기술의 개발에 집중할 것이다. 셋째, 국토교통부 한강홍수통제소와 ‘강우레이더 자료유통센터’ 운영을 위한 업무협약 체결로 국내 최초 레이더 자료유통 허브 기능을 보유하게 되었다. 이를 토대로 레이더를 이용한 관·산·학·연 기관 간의 현업 재해관리 연구의 가교역할을 수행할 것이다. 넷째는 출연기관의 사회적 책무로서 KICT 수문레이더의 관측범위에 있는 서울시, 인천시, 고양시, 파주시, 김포시 등의 현

업재해관리를 지원할 것이다. 마지막으로 국토교통부는 2016년까지 11기의 레이더를 설치예정이나 운영·관리를 위한 전문가가 부족한 상황이다. 이에 본 센터에서는 수문레이더를 활용한 재난관리 연구의 활성화를 통해 전문 인력양성 및 국제적 수준의 기술 개발을 추진할 것이다.

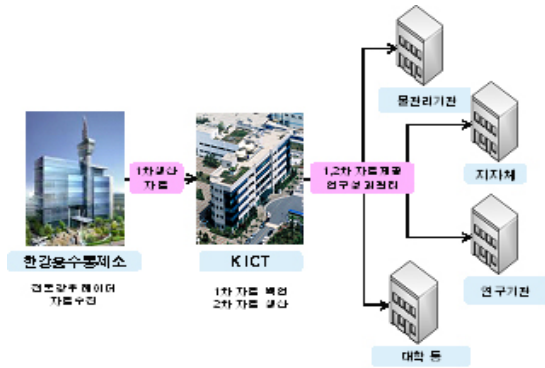
2013년 10월 21일 본원과 국토교통부의 한강홍수통제소는 강우레이더 자료의 효율적인 유통으로 관·산·학·연 기관간의 협력체계 구축을 위한 업무협력 합의를 체결하였다. 국토교통부에서 운영하는 임진강, 비슬산, 소백산 레이더의 품질관리 전후의 기본 관측자료 및 합성강우량 자료 등을 일차적으로 저장하고 대학 및 연구기관에 자료를 제공하는 역할을 수행한다. 이를 통해 레이더 기술력 제고와 재해관리 연구의 시너지 효과를 기대하고 있다.

3. HRDRC의 홍수관리를 위한 레이더 기술 개발 전략

본 절에서는 HRDRC의 가장 중요한 임무인 ‘레이더 기반 홍수 관리 (특히 도시홍수 관리)’분야에서



(가) 국토교통부 레이더 자료유통 MOU 체결



(나) 국토교통부 레이더 자료유통 흐름

그림 4. 국토교통부 강우레이더 자료유통을 위한 업무 협약

HRDRC가 추구하고 있는 레이더 기술 개발 전략과 철학을 간략히 표명해 보고자 한다. 지난 20년 동안 레이더 기반 QPE와 홍수 예보 시스템의 과학, 기술, 엔지니어링은 엄청나게 발전 했다. 앞으로 레이더는 점점 더 널리 쓰일 것이며 미래 홍수 예보에 더 크고 중요한 역할을 하게 될 것이다. 돌발 홍수 예보에서도 레이더 QPE와 실황 예보의 가치는 비교할 대상이 없을 만큼 크다. 그러나 레이더 QPE와 실황 예보의 잠재력을 충분히 시현하려면 아직도 많은 도

전을 해야 한다. 레이더를 효과적으로 운용하기 위한 숙련된 인력의 확보와 기술개발은 상당한 시간이 소요된다. 따라서 현실성 있는 중장기적 기본 계획을 수립하여 단계적으로 추진하는 것이 중요하다.

현재 우리나라에서 우리나라 전역을 관측할 수 있는 유일한 레이더 관측망을 보유한 기상청은 현재 단일편파라는 단점을 가지고 있고 불륨관측으로 인한 관측주기가 길다는 단점이 있다. 그러나 기상청

(기술개발 전략) 효과적 홍수관리를 위한 핵심 요구사안 반영

- 1) 강수추정 정확도 향상을 위한 이중편파 레이더의 활용
- 2) 관측사각지대 해소와 빠른 관측주기 확보를 위한 소형레이더(망)의 활용
- 3) 예측시간 연장을 위한 수치모형의 활용 등

(기술개발 절차) 현실성 있는 중장기적 기본 계획을 수립하여 단계적으로 추진

- 1) 기상청과 국토교통부 레이더 자료의 효과적 융합 활용 기술 개발
- 2) 이중편파 소형레이더의 활용(관측, 운영, 분석, 예측) 및 레이더망 구축 기술 개발
- 3) 인공위성 자료와 수치예보 자료 등의 접목(다중센서) 활용에 대한 기술 개발
- 4) 신뢰도 높은 초단기 예측을 위한 효과적 실황예측 기술의 개발
- 5) 정확한 유출 산정을 위한 직관적 유출 산정기술(예, 공간유출 지표) 개발

그림 5. 홍수관리를 위한 레이더 기술 개발 전략 및 절차

도 가까운 미래에 이중편파로 단계적으로 교체 계획을 가지고 있으며 기상청, 국토교통부, 국방부(공군) 범정부적으로 공동관측 전략을 수립하고 있어 상당 부분 관측주기로 인한 문제도 개선될 것으로 보인다. 국토교통부 강우레이더 관측망은 이중편파 레이더로 현재 비슬산, 소백산 2곳이 설치 운영 중이고 단계적으로 설치되고 있으나 전국 관측망을 갖추려면 상당한 시일이 소요될 것으로 보인다.

따라서 우선적으로 정확도의 저하 없이 서로 다른 성능의 기상청 관측망과 국토교통부 레이더 자료를 효과적으로 융합하여 활용할 수 있는 기술의 개발을 추진할 계획이다. 이를 위해서는 각각의 자료에 대한 체계적인 평가와 다양한 조건에서의 시험이 수반되어야 한다.

다음으로, 이중편파 소형레이더의 활용 및 레이더 망 구축 기술의 개발을 추진할 계획이다. 현재, 국내에도 2013년 7월 본원에 첨단 이중편파 X 밴드 소형레이더가 설치 운영을 시작하여 관측주기 1분 이하, 공간해상도 100m 수준의 고해상도 시간정밀도와 공간해상도를 갖는 레이더 관측자료의 확보가 가능해졌다. 따라서 이러한 이중편파 X밴드 레이더에 대한 관측, 운영, 자료처리, 분석, 예측 등의 기술 개발이 이루어질 것이다. 또한 현재 각 기관은 물론 지자체에서 X 밴드 소형 레이더 도입에 대한 검토가 시작되었기 때문에 여러 대의 레이더로 관측망을 구성하여 운영하는 기술에 대해서도 심도 있는 검토와 기술개발이 이루어질 것이다. 이와 함께 동시에 수반되어야 할 사항은 인공위성 자료와 수치예보 자료 등의 접목 활용에 대한 기술 개발이다.

마지막 단계로, 초단기 예측을 위한 실황예측 기술의 평가와 개발, 그리고 보다 정확한 유출 모의를 위한 한국형 유출모형의 검토와 접목을 추진할 계획이다. 유출모형은 수많은 종류가 있으나 그 메커니즘은 크게 다르지 않으므로 별도로 개발이 필요하지 않을 수 있다. 단, 창의적인 아이디어 도출을 통해 실무에 안정적으로 활용될 수 있도록 매우 직관적이고 유연한 모형을 선정 적용하고자 한다.

4. 맺음말

지금까지 '수문레이더 재해연구·데이터 센터'와 센터의 연구 추진 계획을 간략히 소개하였다. 현재, '수문레이더 재해연구·데이터 센터'는 한국건설기술연구원의 SOC 통합관제센터 1층에 위치하고 있고, 약 180㎡ 면적에 레이더 실시간 모니터링을 위한 상황실, 레이더 관련 이론 및 실습을 위한 교육실, 레이더 운영자들이 상주하는 운영실, 연구실 등으로 구성되어 있다. 관측된 레이더 자료와 관련 행사 등은 HRDRC 홈페이지(www.HRDRC.kict.re.kr)를 통해 확인 가능하다. 현재는 운용 초기단계여서 많은 부분 개선이 필요한 상태이나, 향후 지속적인 연구 개발과 자료의 축적으로 연구자는 물론 실무자에게도 유용한 정보를 꾸준히 제공할 수 있는 레이더 정보의 장이 될 수 있을 것으로 기대한다.

이와 더불어 본 센터는 연구협력을 위한 적극적인 노력을 하고 있다. 2013년 10월 국내 레이더 관련 연구의 활성화와 국제적 연구기관과의 교류를 위한 국제워크숍을 개최하였다. 그리고 최근에는 ASCE, AMS, AGU, NOAA, NASA 등의 세계적인 연구 기관 및 학회에서 공동 주관 및 개최를 지원하는 'Weather Radar and Hydrology (WRaH)' 10차 (2017년) 심포지엄을 한국에서 유치하기 위한 노력을 기울이고 있다. WRaH 수문·수자원 분야의 기상 레이더 활용에 대한 연구 성과와 실무 경험을 공유하기 위한 국제 심포지엄으로 1989년 영국 Exeter 대학에서 제1회 학술대회를 연 이래로, 3년 간격으로 꾸준히 개최되어 오고 있다. 역대 주요 개최국으로는 영국, 독일, 브라질, 미국, 일본, 호주, 프랑스 등이 있다. 앞으로도 본 센터는 센터 주관의 국제워크숍 정례화 및 세계적 수준의 국제워크숍을 적극적으로 유치하여 국제교류의 틀을 마련하고 레이더 재해관리 분야에서 한국의 위상을 높일 계획이다.

마지막으로 본 센터는 레이더 운영 및 연구, 정확한 도시 홍수 및 폭설 예측으로 수재해 방지를 위한

정부출연연구기관으로써의 사회적 책무를 성실히 수행해 나갈 것이다. 이를 통해 홍수·폭설 재해로 인한 국민의 재산과 인명 피해를 최소화하고, 조금 더 나아가 UN ESCAP/WMO 태풍위원회 회원국가

(필리핀, 베트남, 라오스 등 14개국)의 레이더 홍수 관리에 본 연구 성과를 지원 (ODA 사업)하여 국제 협력에도 일조하고자 하는 바램이다. 🌊

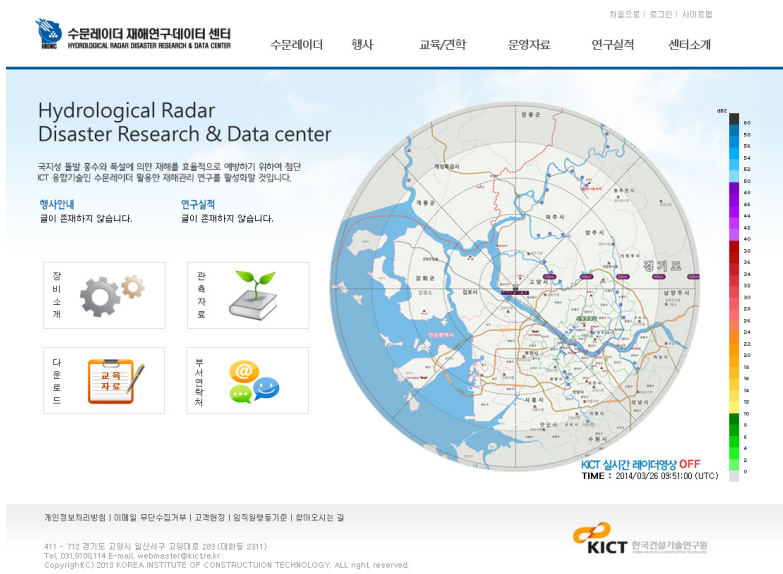


그림 6. 수문레이더 재해연구·데이터 센터 홈페이지



국립재난안전연구원(2013). 원격탐사기반 선진형 홍수관리 및 가뭄대응 기반기술 개발.