

기상레이더와 분포형 수문모형을 이용한 내린천 유역의
강우-유출 분석
Rainfall-Runoff Analysis in Nerin Watershed Using Weather
Radar and Distributed Hydrologic Model

박정술* · 최윤석* · 김경탁** · 이승기***

Jung-Sool Park, Yun-Seok Choi, Kyung-Tak Kim, Seung Gi Lee

* 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 parkjs@kict.re.kr, yschoi51@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원 ktkim1@kict.re.kr

*** 주)지오매니아 기술연구소 책임연구원 skinu@GEOMania.com

요 약

최근 기후변화로 인한 여름철 집중호우의 빈발로 산지하천 유역 관리의 필요성이 대두되고 있다. 산지하천은 급경사지가 주를 이루어 붕괴 위험지역이 존재하는 경우가 많고 집중호우 발생시에는 산사태, 토석류 등의 2차적인 재해 발생 위험성도 큰 편이다 산지하천유역의 효과적인 관리를 위해서는 유출현상을 강우 및 기타 수문기상자료에 근거하여 추정하는 유출해석과 더불어 호우에 따른 토사유출량의 산정, 하천유역의 지형학적 분석 등이 종합적으로 필요하며 재해발생 위험지역에는 초기단계의 적절한 대응을 위해 센서기술을 기반으로 한 감시체계의 구축이 요구되기도 한다 본 연구에서는 2006년 7월 대규모 홍수피해가 발생한 강원도 인제의 내린천 유역을 대상으로 기상청 기상레이더와 분포형 수문모형을 이용한 유출해석을 수행하였으며 기상레이더 자료의 수문학적 활용성과 유역관리를 위한 분포형 모형의 활용성을 평가하였다.

1. 서론

우리나라는 전 국토의 67%가 산지로 이루어져 있으며 급경사지가 주를 이루는 산지하천의 경우 치수시설의 정비 수준이 낮아 호우시에는 하천 범람에 의한 침수나 유출피해의 발생위험이 높다. 또한, 산지하천은 급경사지 붕괴 위험지역이 존재하는 경우가 많고 집중호우 발생시에는 산사태, 토석류 등의 2차적인 재해 발생 위험성도 큰 편이다(강상혁, 2007).

지난 2006년 7월 8일부터 29일까지 전국적으로 약 2조원의 재산피해와 62명의 인명피해를 발생시킨 집중호우의 경우 급경사 산지하천이 대부분인 강원도 인제와 평창지역에 집중적으로 피해를 야기하였으며 이를 계기로 산지하천 유역의 구조물적 대책이 수립되기도 하였다(건설교통부, 2006). 산지하천 유역의 홍수피해 양상은 제방월류나 수충부 피해, 중소하천 교량 피해 등 매우 다양하나 2006년 7월과 같은 돌발홍수시에는 산사태나 대규모

의 토석류가 발생하여 피해를 증가시키고 있다. 기후변화로 인한 집중호우 및 돌발 홍수에 대비하여 산지하천 유역을 효과적으로 관리하기 위해서는 사방댐과 같은 구조물적 대책과 함께 강우강도 및 강우 지속기간을 고려한 수리 수문학적 모니터링 체계의 구축이 요구된다

갱신주기가 매우 짧은 레이더 강우자료는 단기호우 예측에 효과적이며 강우의 분포 및 이동을 효과적으로 모니터링 할 수 있는 특징을 갖는다. 또한, 분포형 유출모형은 GIS/RS 공간자료와 격자형 레이더 자료를 입력 매개변수로 활용하여 산지하천 유역의 홍수량 예측 및 유역 관리에 다양한 활용이 가능할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 2007년 7월 12일~16일 발생한 호우사상을 기상청 기상레이더와 분포형 수문모형인 GRM을 이용하여 모의하였으며 이를 통하여 산지하천 유역 관리를 위한 레이더자료와 분포형 모형의 활용성을 평가하고자 하였다.

2. 기상레이더

2-1 기상레이더 개요

기상레이더는 전자파를 발사하여 구름 속의 물방울에 부딪혀 나오는 반사파를 분석하여 악기상을 조기에 탐지할 수 있는 원격 관측 장비로 태풍탐지, 집중호우, 천둥번개, 지역우량측정 등에 이용되며 레이더 돔, 레이더 송·수신기, 레이더 지시계, 안테나 등으로 구성되어 있다. 기상레이더는 현재 우리나라 11개 지점에서 운영되고 있으며 본 연구에서는 경기도 철원에 위치한 광덕산 레이더 관측소에서 측정된 기상레이더 자료를 이용하였다. 연구에 활용된 레이더 자료의 시간범위는 2006년 7월 8일~18일의 10분 간격 자료로 유량자료와 시간간격을 일치시키기 위

하여 30분 단위로 누가하여 사용하였다. 연구대상 지역은 강원도 인제, 영월지역에 위치한 내린천 유역으로 그림 1과 같으며 UF 포맷의 CAPPI 자료를 ASCII 파일로 변환하여 분포형 모형의 입력자료로 활용하였다.

표 1. 연구에 활용된 광덕산 레이더 자료

항목	내용
레이더 사이트	광덕산 레이더
기간	2006/7/8~7/18
원시파일	UF (Universal Format)
프로덕트	CAPPI 1.5 Km
ZR 관계식	$Z=aR^b$ (a: 200, b: 1.6)
출력파일	ASCII GRID
격자크기	250m
Data	강우강도(mm/hr)

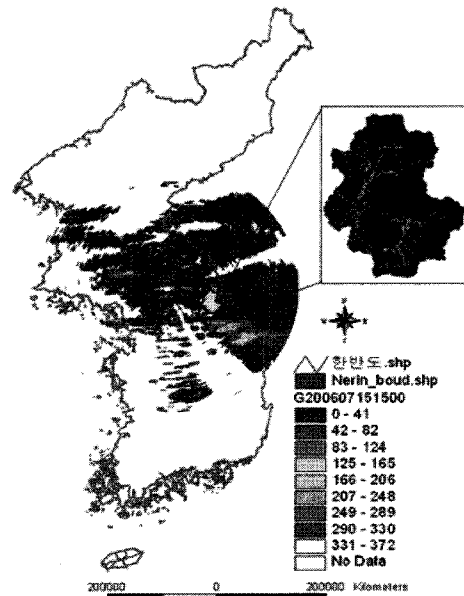


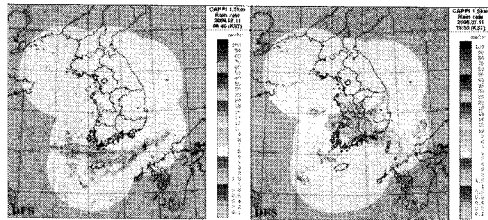
그림 1. 강우레이더와 내린천 유역 중첩

2-2 레이더 강우사상

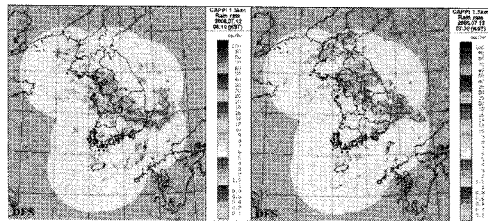
본 연구에서는 2006년 7월 11일~12일 서울, 경기도 및 강원도 지방에서 발생한 집중호우와 7월 14일에서 20일까지 계속된 태풍 빌리스와 장마전선에 의한 집중호우를 강우사상으로 선정하였다. 강우사상별 기간과 총 강우량은 표 2와 같으며 그림 2는 7월 11일~12일 기간 동안의 강우 이동을 레이더로 나타낸 것이다.

표 2. 내린천 유역의 강우사상

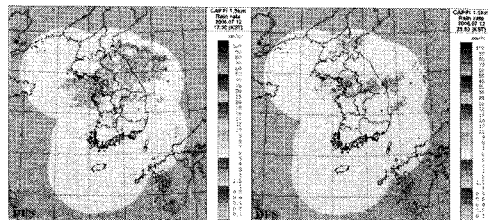
강우사상	Rainfall period	Total rainfall [mm]	Time interval [min]
Event 1	2006/07/12/00:30 - 2006/07/13/18:30	179.21	30
Event 2	2006/07/14/23:30 - 2006/07/16/18:30	250.15	30



(a) 2006.7.11 06:40 (b) 2006.7.11 19:50



(c) 2006.7.12 04:10 (d) 2006.7.12 07:30



(e) 2006.7.12 17:30 (f) 2006.7.12 23:30

그림 2. 기상청 레이더 강우

3. 분포형 수문모형

3-1 분포형 수문모형의 개요

최근 전 세계적으로 GIS/RS 데이터 등 디지털 정보의 구축이 급속도로 진행되고 있으며 이를 이용하여 유역에 대한 정확하고 상세한 각종 수문매개변수 수집이 가능하게 되었다(박진혁 등, 2007). 격자형 자료의 활용기반이 조성됨에 따라 경험적, 개념적인 기존의 집중형 모형에 비해 유역의 수문특성 및 지형특성을 효과적으로 나타낼 수 있는 분포형 수문모형의 활용성이 증가하고 있다.

특히, 2006년 7월과 같이 산지하천 유역에 발생하는 국지성 돌발홍수를 예측하기 위해서는 초단기 강우예보가 요구되며 실시간으로 강우자료의 갱신이 가능한 레이더 격자 자료를 효과적으로 활용할 수 있는 분포형 유출 모형의 수요는 향후 더욱 증가할 것으로 예상된다.

3-2 GRM(Grid based Rainfall-runoff Model)

GRM은 한국건설기술연구원이 개발한 1차원 분포형 강우-유출 모형으로 GIS기반의 수자원분석시스템인 HyGIS와 연계하여 GEOMania의 GMMMap에서 구동되며 수치예보자료나 기상레이더 등 격자형 강우자료의 사용이 가능하다.

GRM은 유출모의시 강우와 침투, 지표면 유출, 하도 유출, 지표하 유출을 반영하며 지표면 유출과 하도 유출의 해석을 위해서 운동과 방정식을 이용하고 있으며 침투량 산정은 Green-Ampt 모형을 이용하고 있다. 지배방정식은 유한체적법을 이용하여 이산화 방정식을 유도한다(최윤석 등, 2008). GRM에 입력되는 공간자료는 그림 3과 같이 강우레이더, DEM을 이용

한 지형 매개변수, 토지피복 매개변수, 토양 매개변수 등이며 그림 4와 같은 데이터 처리 과정을 통해 유출모의를 실시한다.

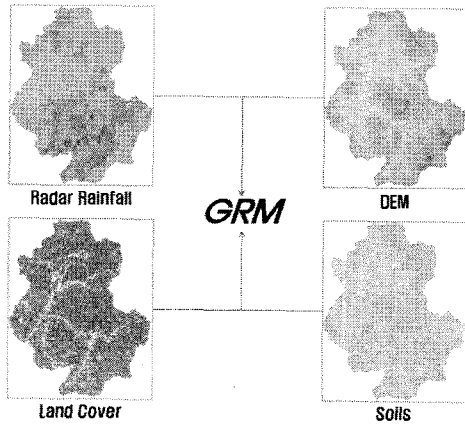


그림 3. GRM의 입력 공간자료

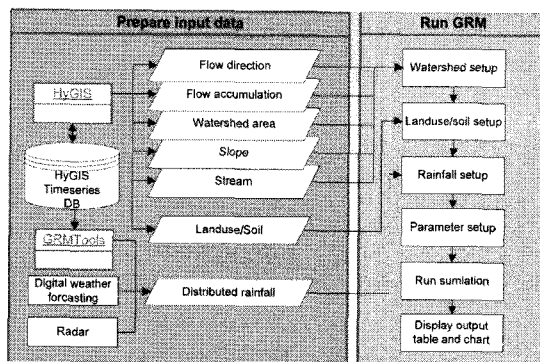


그림 4. HyGIS-GRM process

GRM 입력자료 구축을 위하여 1/25,000 수치지도를 이용하여 DEM을 생성하고 흐름방향과 흐름누적수, 경사 레이어를 구축하였으며 이들 지형매개변수를 이용하여 내린천 유역의 하천망과 유역경계를 추출하였다. 지표면 조도계수 및 불투수 비율과 관련된 토지피복도는 환경부 대분류 토지피복도를 활용하였으며 Green-Ampt 매개변수와 유효토심 계산에 이용되는 토양도는 농업과학기술원에서 제공받은 정밀토양도를 이용하였다. 이들 공간자료의

해상도는 기상레이더 자료와의 중첩 연산을 위해 250m 해상도로 설정하였다.

4. 기상레이더와 GRM을 이용한 유출모의

본 연구에서는 기상레이더와 GRM 모형을 이용한 강우-유출 모의를 수행하고 산지하천 유역 관리를 위한 기상레이더 자료와 분포형 모형의 활용성을 각각 평가하였다. 그림 5와 그림 6은 레이더 강우자료를 이용한 유출 모의 결과로 선행강우에 의해 결정되는 초기포화도를 제외한 모든 매개변수는 동일하게 적용하였다. 그림 5~그림 6과 같이 레이더 자료를 이용한 유출 곡선은 실측 유량과 유사하나 침투값은 강우레이더를 이용한 경우가 실측값에 비해 각각 40%, 31% 과소추정 되는 결과를 나타내었다.

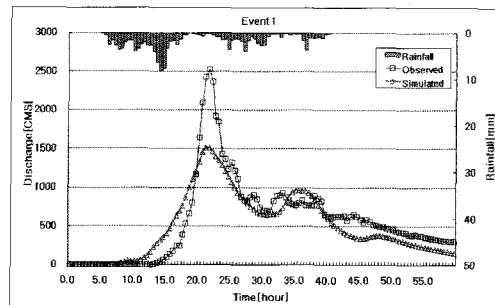


그림 5. 레이더를 이용한 유출모의(사상1)

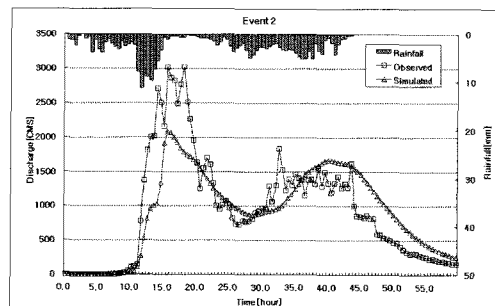


그림 6. 레이더를 이용한 유출모의(사상2)

레이더 강우자료는 강우의 공간분포와

이동을 신속하게 관측할 수 있지만 ZR 관계식을 통해 추정된 강우강도는 실측값에 비해 과소추정되는 것으로 제시되고 있다 (배덕효 등, 2005). 본 연구에서는 ZR 관계식을 통해 계산된 레이더 Raw 자료를 이용하였으며 레이더 강우자료의 활용성을 높이기 위해서는 지상관측소의 지점 강우량을 이용한 보정기법이 필요할 것으로 판단된다.

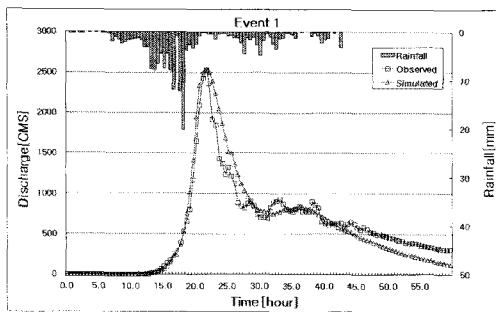


그림 7. 티센면적강우량을 이용한 유출모의 (사상1)

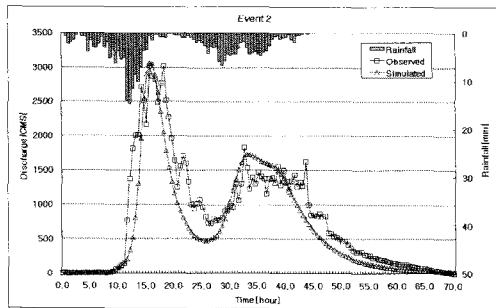


그림 8. 티센면적강우량을 이용한 유출모의 (사상2)

본 연구에서는 분포형 수문모형인 GRM의 활용성을 평가하기 위하여 지점 강우 자료를 이용하여 산정된 면적강우량을 이용하여 그림 7~그림 8과 같이 강우-유출 모의를 수행하였다. 내린천 유역 주변의 5개 우량관측소를 이용하여 티센면적강우량을 산정하였으며 이를 GRM의 강우입력 자료로 활용하였다. 모의 결과 초기포화도와 하도 최소경사 보정만으로 그림 7~그림 8과 같이 실측치와 유사한 결과를 보였다.

5. 결론

본 연구는 집중호우 및 돌발홍수로 인한 재해위험에 노출되어 있는 산지하천 유역을 대상으로 기상레이더와 분포형 수문모형을 이용하여 강우-유출 모의를 수행하였으며 기상청 기상레이더 자료의 수문학적 활용성과 유역관리를 위한 분포형 모형의 활용성을 평가하였다. 연구결과 GRM은 최소한의 매개변수 보정으로 실측값을 재현하는 것으로 나타났으며 기상레이더 자료는 강우량 산정의 정확도를 높이기 위해 지상강우량을 기준으로 한 레이더 보정기법의 적용이 필요한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 기초기술연구회의 위성정보 활용 지원 운영사업과 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 강상혁, 최종인, 박종영, 2007. 산지하천의 집중강우에 따른 유출특성에 관한 연구, 한국 GIS학회 논문집, 15(2): 159-167.
- 건설교통부, 2006. 2006년 7월 태풍 및 집중호우 피해조사
- 박진혁, 강부식, 이근상, 이을래, 2007. 레이더강우와 Vflo모형을 이용한 남강댐유역 홍수유출해석, 한국지리정보학회 논문집, 10(3): 13-21.
- 배덕효, 김진훈, 윤성심, 2005. 레이더 추정강우의 수문학적 활용(I): 최적 레이더 강우 추정, 한국수자원학회 논문집, 35(12): 1039-1049.
- 최윤석, 이진희, 김경탁, 2008. 유한체적법을 이용한 격자기반의 분포형 강우-유출 모형 개발, 한국수자원학회 논문집, 41(9): 895-905.