

레이더 자료의 해상도를 고려한 분포형 강우-유출 모형의 GIS 자료 최적 격자의 결정

김 연 수* / 장 권 희** / 김 병 식*** / 김 형 수****

Decision of GIS Optimum Grid on Applying Distributed Rainfall-Runoff Model with Radar Resolution

Yon Soo Kim* / Kwon Hee Chang** / Byung Sik Kim*** / Hung Soo Kim****

요약 : 최근 몇 년간 기후변화에 의해 기상이변이 발생하고 있으며 이에 따른 집중호우로 인한 홍수피해가 심각하게 증가하고 있다. 이러한 피해를 저감하기 위한 수문기상학적 요소와 특성인자들의 정확한 상호 연관성 규명 과 공간적 변동성 해석은 강우-유출 모형에서 발생하는 불확실성을 감소시키는데 중요한 요소로 작용하게 된다. 이에 본 연구에서는 레이더강우 격자 해상도와 지형인자 격자 해상도에 따라 강우-유출모형이 어떻게 반응하는 지 분석하였으며, 가-분포 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 강원도 인제군의 내린천 유역을 대상으로 광덕산 레이더자료를 이용하였다. ModClark 모형 구성을 위한 GIS 지형공간 자료는 30m, 150m, 250m, 350m 격자크기의 DEM을 사용하였으며, 2006년 7월 14일부터 7월 17일까지의 관측레이더 강우자료를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 사용하여 유출모의를 실시하고, 각각의 격자해상도에 따른 모의 결과를 비교하기 위해 유출 수문곡선을 작성하고 유출량 변화를 모의하였다. 분석 결과 침투유량 및 유출체적에 대해서는 DEM 30m~150m, 레이더강우 500m~2km 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출 모의를 한 것으로 분석되었으며, 통계적 분석에 의한 분석결과에서는 모든 DEM 격자는 레이더강우 격자가 500m인 경우, 모든 레이더강우 격자는 DEM 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났고, 민감도 산정 결과 지수 등급이 높은 DEM이 분포형 모형의 결과 값에 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다. 최근 집중형 모형에서 분포형 모형을 이용한 강우-유출해석이 이루어지고 있기에 모델링 구성을 위한 효율적인 의사결정의 기준으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 가-분포형 모형, 강우레이더, 격자해상도

Abstract : Changes in climate have largely increased concentrated heavy rainfall, which in turn is causing enormous damages to humans and properties. Therefore, the exact relationship and the spatial variability analysis of hydrometeorological elements and characteristic factors is critical elements to reduce the uncertainty in rainfall - runoff model. In this study, radar rainfall grid resolution and grid resolution depending on the topographic factor in rainfall - runoff models were how to respond. In this study, semi-distribution of rainfall-runoff model using the model ModClark of Inje, Gangwon Naerin watershed was used as Gwangdeok RADAR data. The completed ModClark model was calibrated for use DEM of cell size of 30m, 150m, 250m, 350m was chosen for the application, and runoff simulated by the RADAR rainfall data of 500m, 1km, 2km, 5km, 10km from 14 to 17 on July, 2006. According to the resolution of each grid, in order to compare simulation results, the runoff hydrograph has been made and the runoff has also been simulated. As a result, it was highly runoff simulation if the cell size is DEM 30m~150m, RADAR rainfall 500m~2km for peak flow and runoff volume. In the statistical analysis results, if every DEM cell size are 500m and if RADAR rainfall cell size is 30m, relevance of model was higher.

* 정희원 · 노아솔루션(주) · 기술연구소 · 연구원 · 공학석사, E-mail : civil.engineer@hanmail.net

** 정희원 · 노아솔루션(주) · 기술연구소 · 연구원 · 공학석사, E-mail : jkhmail0624@naver.com

*** 정희원 · 교신저자 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 · 수석연구원 · 공학박사, E-mail : hydrokbs@kict.re.kr

**** 정희원 · 인하대학교 교수 · 토목공학과 · 공학박사, E-mail : sookim@inha.ac.kr

Result of sensitivity assessment, high index DEM give effect to result of distributed model. Recently, rainfall - runoff analysis is used lumped model to distributed model. So, this study is expected to make use of the efficiently decision criteria for configured models.

Keywords : Distributed Model, Radar Rainfall, Grid Resolution

1. 서 론

최근 몇 년간 기후변화 및 집중호우로 인한 홍수 피해가 심각한 수준으로 발생하고 있어 수문기상학적 요소와 특성인자들의 정확한 상호 연관성의 규명과 공간적 변동성 해석을 통한 홍수량 산정은 수자원 계획과 관리에 있어 중요한 요소라 할 수 있다. 이러한 강우-유출의 관계를 표현할 수 있는 모형은 최근 집중형 모형에서 분포형 모형으로 발전하게 되었으며, 분포형 모형에 시공간적으로 분포된 레이더 강우를 이용한 강우-유출의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구는 레이더 강우 및 분포형 모형을 이용한 정확한 유출량 예측을 위해 유출량 모의시 발생하는 불확실성을 감소시키는데 있어서 적정 격자 해상도를 찾는 데 목적이 있다. Zhang 등(1994)은 미국 서부의 두 유역에 대한 수치고도자료를 이용하여 DEM의 격자크기에 따른 수문학적 모의를 하였으며, 공간분포된 강우 및 기상레이더 강우자료를 이용하여 강우-유출해석에 관한 연구로 Johnson 등(1999)은 미국 서부지역을 대상으로 지상의 강우관측소 자료를 Thiessen 다각형법과 NEXRAD 기상레이더 자료를 이용하여 유역의 평균 강우량을 산정하여 대상유역의 월별 유출량을 모의하고 관측치와의 편차가 5%이내의 안정된 결과를 도출하였다. Sun 등(2000)은 Australia Darwin 지방을 대상으로 지상의 강우관측소 자료를 크리깅 기법을 통해 산정된 강우량과 레이더 강우량 자료를 이용하여 RORB 유출 모형에 적용하여 Darwin지방의 유출특성을 분석하였다. 안상진(2005)은 크리깅 방법을 이용하여 지점우량을 격자강우로 생성한 후 격자크기에 따른 유출 사상을 모의 하였고, 김병식과 배영해 등(2009; 2010)은 광덕산 레이더 자료와 지상강우 자료를 이용하

여 분포형 홍수 유출 모의를 하였으며, 조효섭(2000)은 강우-유출모의에 있어 분포형 모형을 적용하고 이에 따른 격자규모 결정에 대하여 검토 하였고, 권영수(2009)는 신경망에 의해 레이더 강우를 보정하여 이를 분포형 모형에 적용하여 유출 해석을 하였다. 문영일 등(2006)은 TOPMODEL을 통해 격자 크기가 유역의 유출특성에 미치는 영향을 분석하였으며, 김수전 등(2010)은 레이더 강우와 분포형 모형을 이용한 섬진강 유역 내의 홍수에·경보 지원에 대한 적용성을 검토하였다. 이와 같이 최근 국내에서도 분포형 강우-유출모형을 이용한 유출량 산정 및 레이더 관측에 의한 레이더 강우의 적용이 많아지고 있으나, 유출모의에 있어 중요한 요소로 작용하는 입력 격자 해상도에 대한 명확한 기준을 정하기가 쉽지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 분포형 모형의 강우-유출에 있어 레이더 강우 및 ModClark 격자 크기를 세분화하여 다양한 규모의 DEM 격자에 적용하여 유출을 모의하고, 실제 관측치와 비교·분석하였다. 또한 강우격자 및 소유역 크기가 유출특성에 미치는 영향을 분석하였으며, 이를 통해 가-분포형 모형의 적정 강우격자 해상도 및 공간분포된 수문 자료의 적용성을 높이는데 그 목적이 있다.

2. 기본이론

2.1 레이더 강우를 이용한 유출모의

대부분의 모형에서 입력자료로 사용하고 있는 지점 우량 자료는 우량계 위치에 상관없이 시간에 따라 연속적으로 강우량을 지상에서 관측한다는 장점이 있다. 그러나 공간적으로는 불연속적이고 우량계 네트워크에서 실시간 자료를 복구하는 데에 상당한 시간이 요구된다. 반면에 강우레이더 관측 자료는 측정할 수 있는 지역 범위가 연속적

이므로 특정 지역으로의 활용이 가능하다는 장점이 있다. 이에 레이더에 의해 관측된 강우는 격자형 강우량 자료이기 때문에 분포형 모형과 연계하여 사용할 수 있다. 분포형 모형은 유역의 시공간적인 유출특성변화를 반영하기 위하여 수치지형자료(DEM 자료), 토지피복관련자료, 토양관련자료 등의 지리정보에 근간을 두고 유역을 작은 격자망(grid cell)으로 나누어 격자(cell)단위를 기반으로 하여 강우-유출관계를 분석한다. 즉, 지표면 및 하도유출을 격자별로 지형에 따라 흐름 방향을 설정하여 흐름의 연속 및 운동량 방정식을 연립하여 정해 혹은 간략 해를 구함으로써 유역출구지점에서의 유출수문곡선을 계산하게 된다.

분포형 모형은 수문순환의 성분과정을 대표하는 과정변수를 모형매개변수로 사용하는 집중형 모형(lumped model)과는 달리 유역으로부터의 유출메커니즘에 영향을 미치는 지형, 토지피복, 토양특성자료 등을 고려한 흐름방정식을 풀이하는 물리기반모형이라 할 수 있다. 따라서 유역의 각종 물리변수의 값들이 적절하게 결정되면 집중형 모형의 적용에서처럼 별도의 모형 검정과정이 필요하지 않은 장점이 있다. 뿐만 아니라, 유역의 수원부에서 유역출구까지 연속적으로 일관성 있는 유출과정의 추적이 가능하고, 유역의 토지이용 변화나 저류지 및 침투시설이 유출에 미치는 영향 등을 합리적으로 모의할 수 있다.

2.2 ModClark(Modified Clark) 모형

HEC의 John Peter는 실시간 수문 예측 적용에서 유역의 공간 분포와 강우의 공간 분포 정보를 이용하기 위해 ModClark을 개발하였다. ModClark 모형의 개념은 Clark의 개념적인 강우-유출 모형에서 사용하고 있는 기본 원리를 기초로 하여 공간적으로 분포된 강우자료의 모의 기능을 추가한 것이다. ModClark 모형에서 직접유출은 유수의 전이와 저류로 크게 나누어진다. 유수의 전이효과는 유역전반으로부터 유역출구까지 유수의 도달시간과 관련되어 있으며, 저류효과는 유역의 자연적인 저류에 의한 지체현상으로 설명될 수 있다.

ModClark 모형의 매개변수는 초과우량이 유역의 최원점에서 유역출구까지 이동하는데 걸리는 시간인 도달시간 T_c 와 유역의 자연적인 저류효과를 나타내는 저류상수 K 이다.

ModClark의 방법론은 강우의 공간 분포 자료를 조절하기 위해 Clark의 단위 수문곡선을 적용한다(HEC, ModClark 1995). 각각의 DEM 으로부터 유역 유출구로의 이동 거리는 GIS 처리과정을 통하여 결정되었다. ModClark 모형의 적용을 위해 필요한 유역의 격자 자료는 각각의 격자면적과 해당 격자로부터 유역출구까지의 이동거리이다. 유역출구까지의 도달시간은 각각의 격자마다 고유하게 설명되며, 해당격자로부터 유역 출구까지의 이동거리에 비례한다(안상진 등, 2005). 특정 격자의 도달시간은 식 (1)과 같이 추정된다.

$$t_{cell} = T_c \frac{d_{cell}}{d_{max}} \quad (1)$$

여기서, T_c 는 유역 전체의 도달시간, t_{cell} 은 해당 격자로부터 유역출구까지의 도달시간, d_{max} 는 유역출구로부터 이동거리가 가장 긴 격자의 유역출구까지 이동거리를 나타낸다.

ModClark 모형과 Clark 모형의 차이점은 각 격자마다의 도달시간을 계산하므로 유역의 모든 영역으로부터 유역출구의 도달시간 변동에 대해 정확하게 계산할 수 있다. 또한, 각각의 격자로부터 발생하는 유출량은 격자면적에 비례한다고 가정한다. 초과우량은 일반적인 유역 자료를 사용하여 각각의 격자에 대해서 계산되며 식 (2)와 함께 선형저수지를 통하여 추적된다.

$$O_i = \left[\frac{\Delta t}{K+0.5\Delta t} \right] I_{avg} + \left[1 - \frac{\Delta t}{K+0.5\Delta t} \right] O_{i-1} \quad (2)$$

여기서, O_i 는 시간 i 에서의 직접유출, K 는 저류상수, I_{avg} 는 시간 $i-1$ 에서 i 사이의 평균유입량이며, Δt 는 시간구간이다.

2.3 모형의 민감도 분석

본 연구에서는 DEM과 레이더 격자에 대하여 대한 민감도 분석을 실시하여 민감도 지수 I 를 계산하고 산정된 민감도 지수의 순위를 결정하였다. 민감도는 무차원 지수인 I 로 표시하며, I 는 모형의 출력자료의 변화에 대한 해당 매개변수의 변화의 비로서 정의하며, 매개변수 x 에 대한 종속변수 y 의 편미분인 $\delta y / \delta x$ 로 표현된다.

민감도 지수는

$$I = \frac{y_2 - y_1 / y_0}{2\Delta x / x_0} \quad (3)$$

으로 분석한다.

3. 강우유출모형의 구축

3.1 레이더 강우의 선정

레이더 강우는 광덕산 레이더 관측소의 자료를 이용하였다. 광덕산 레이더는 2003년 11월에 신설되었고, 그 해 12월부터 정규 관측을 실시하였다. 광덕산 레이더는 강원영서 지방과 경기북부 지역의 악기상 감시를 위해 설치되었으며, 강원도

화천군 사내면 광덕리 산 273-92에 위치하고 있다. 광덕산 레이더는 S-band를 사용하여 관측반경이 100km에 이르고 있으며, Z-R관계식은 200-1.6을 사용하고 있다. 광덕산 레이더의 자세한 제원은 Table 1과 같다. 본 연구에서는 2006년 7월 14일부터 2006년 7월 17일까지 관측된 레이더 강우자료를 이용하였다.

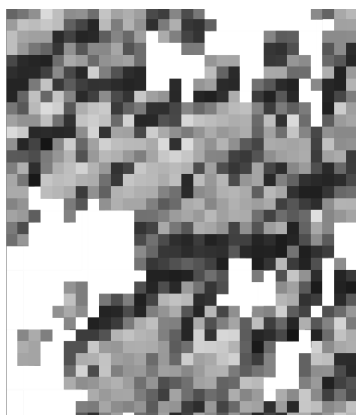
Table 1. Summary of Gwangdeok RADAR

관측지점	관측지점명	위도	경도
47094	광덕산(GDK)	38-07-02	127-26-00
해발고도	주파수	Peak Power	출력관
1,046m	2,887MHz	750kW	Klystron

레이더강우 자료는 2006년 7월 14일 22시부터 동년동월 17일 00시까지의 광덕산 레이더강우를 1km×1km를 기준으로 하여 30분 간격으로 구축되어 있다. 이를 ArcGIS를 이용하여 레이더강우의 공간 해상도를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km로 재배열하고 이를 보간하였다. 보간기법으로는 재배열 전·후 레이더 강우자료 해상도와 유출 특성의 검토를 위해 근린법(nearest neighbor)을 적용하여 각 격자점마다 강우량을 Fig 1과 같이 공간적으로 분포시켰다.



(a) 500m × 500m



(b) 1km × 1km



(c) 2km × 2km

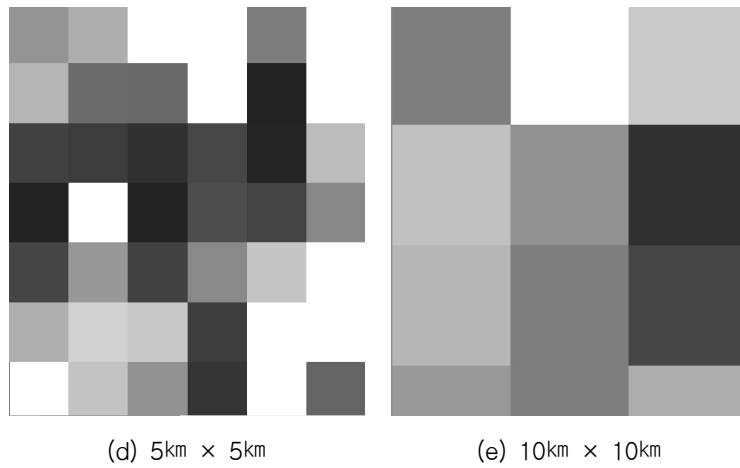


Fig 1. Grid Resolution of Radar Rainfall in the Rearrange

3.2 대상유역 및 모형의 구축

본 연구의 대상유역은 한강의 제3지류인 내린천 유역으로 소양강댐 합류점에서 유역면적은 400.63km², 유로연장 41.18km의 지방하천 유역으로 동경 128°18'00"~128°35'24", 북위 37°53'50"~37°41'05" 사이에 위치하고 있다.

준분포 모형인 ModClark에 공간 적용을 위해 ArcGIS를 이용하여 섬진강 유역의 1:25,000의

수치지형도를 Fig 2와 같이 유역과 하천형상을 가깝게 DEM을 생성하고 유역을 분할하였다. 강우-유출해석에서는 GIS는 수문현상에 영향을 미치는 기상학적 요소, 토양, 토지 이용도, 배수유역의 형태 식생피복 등 수문정보를 획득하기 위한 수단으로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 시간과 노력이 많이 소요되는 기존의 자료 취득 방법과는 달리 유역의 지형학적, 기상학적 특성을 시간과 인력을 절약하여 효율적으로 산정할 수 있다(안상진, 2005).

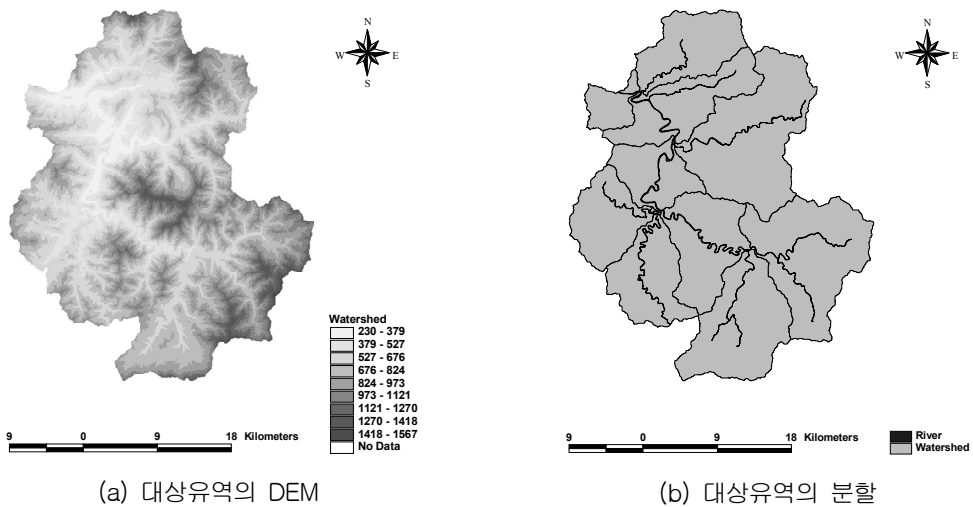


Fig 2. Naerin River Basin

본 연구에서는 대상지역인 내린천 유역의 DEM 격자의 크기를 Fig 3과 같이 30m×30m, 150m×150m, 250m×250m, 350m×350m 형태로 총 4개 종류를 생성하였고, 공간분석이 가능한 HEC-GeoHMS모형을 이용하여 유역의 지형적 특성 및 물리적 매개변수인 초과우량이 유역의 최원점에서 유역출구까지 이동하는데 걸리는 도달시간 T_c 와

유역의 자연적인 저류효과를 나타내는 저류상수 K 를 산정하였고, ModClark 격자는 레이더 강우의 공간해상도를 고려하여 Fig 4와 같이 500m×500m, 1km×1km, 2km×2km, 5km×5km, 10km×10km로 생성하였고, 정밀토양도와 토지피복도를 ModClark 격자크기에 대하여 CN 정보 구축 및 격자별 CN 계수를 산정하였다.

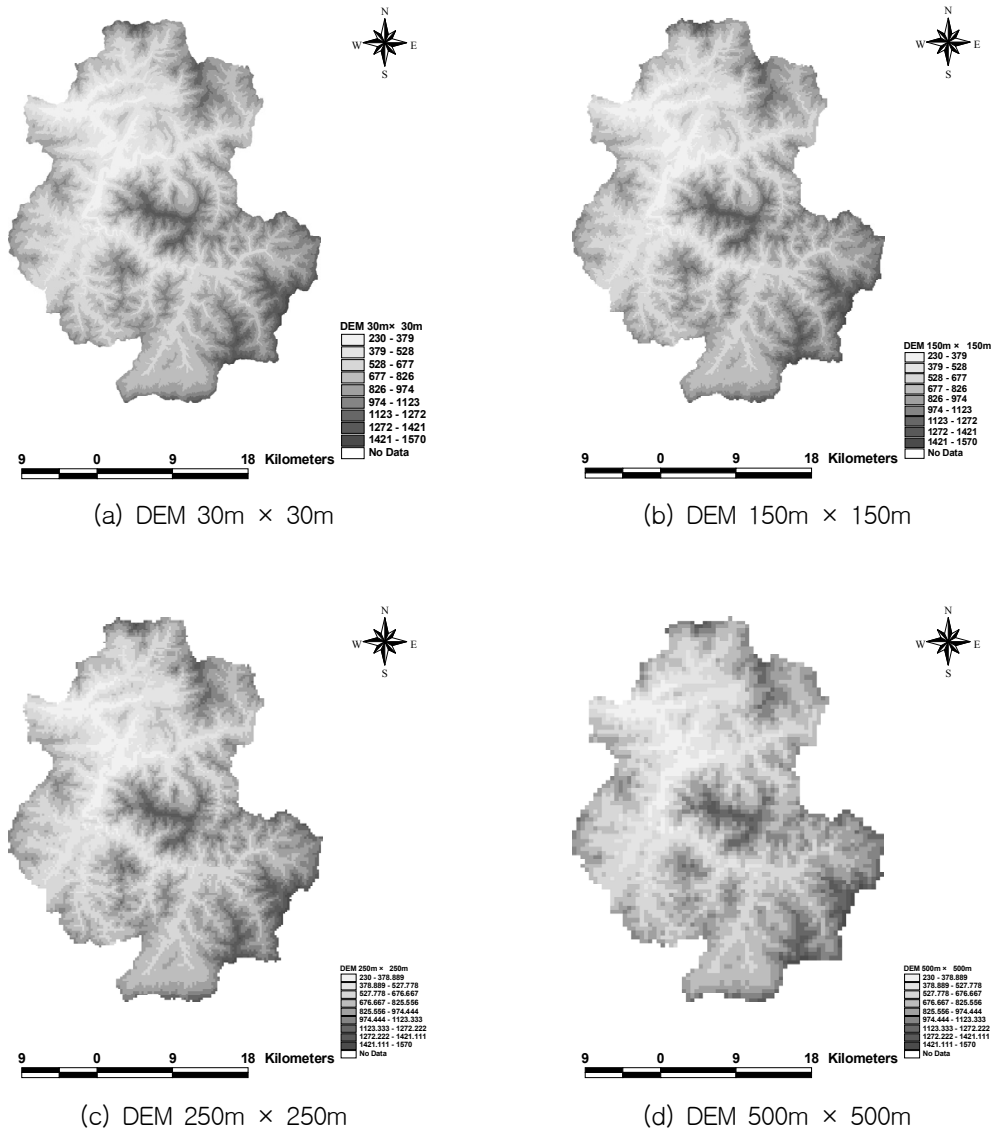


Fig 3. Grid Resolution of DEM

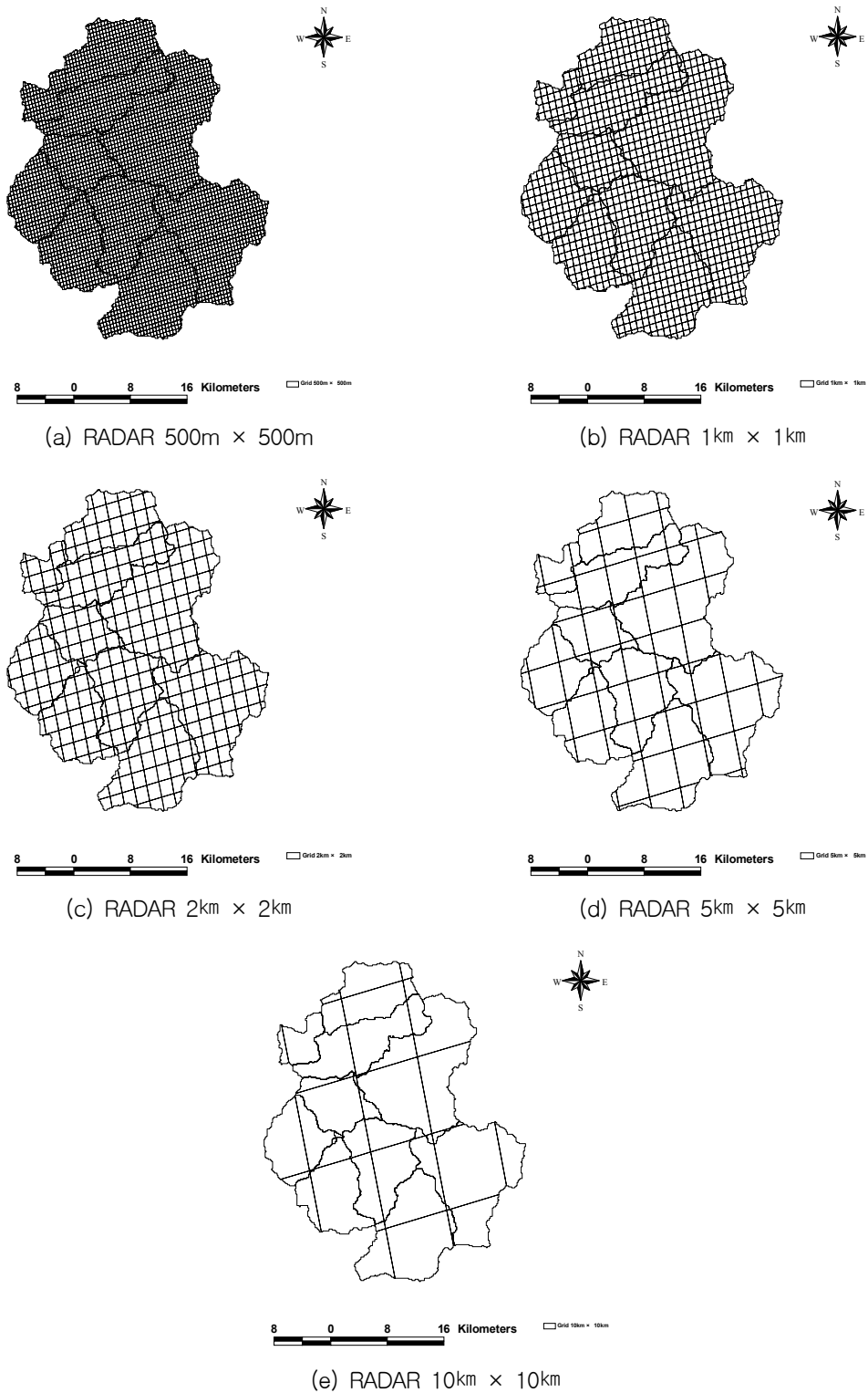


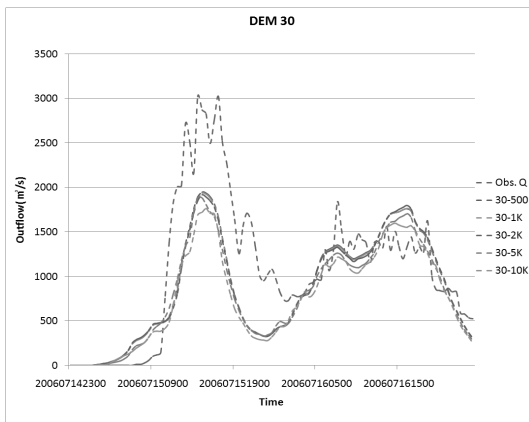
Fig 4. Watershed Segmentation of ModClark

4. 결과 분석

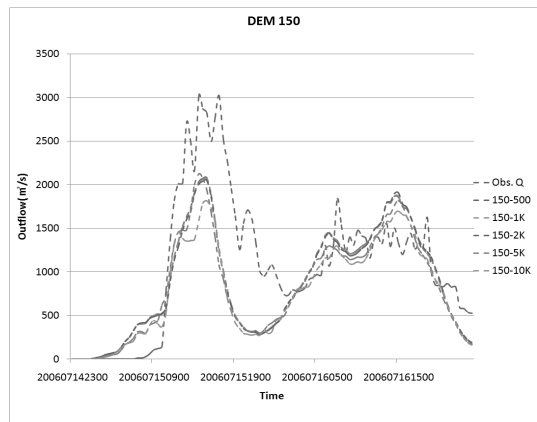
4.1 ModClark 모형을 이용한 유출분석

본 연구에서는 가-분포형 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 내린천 유역을 대상으로 유출분석을 실시하였다. 내린천의 실측 유출량 값을 기준으로 30m, 150m, 250m, 350m의 격자크기로 생성된 내린천 유역에 2006년 7월 14일부터 2006년 7월 17일까지의 레이더 강우 1

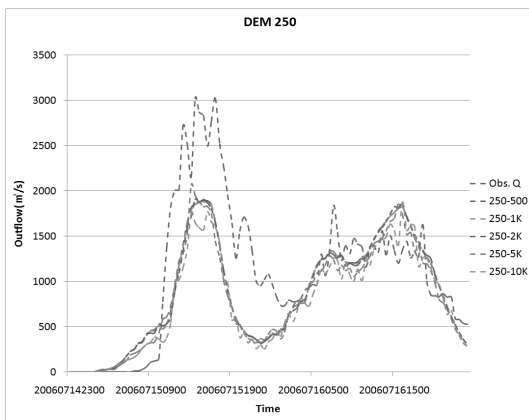
km×1km 모형을 기준으로 DEM 격자별로 강우-유출모의를 한 후 매개변수의 보정을 실시하고, 레이더 강우를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 격자크기로 재생성하여 Fig 5 와 같이 DEM에 대한 레이더 격자크기별 유출변화를 모의하였다. Fig 5 와 같이 강우-유출모형을 통해 모의된 격자 해상도에 따른 첨두홍수량, 유출체적 및 실제 관측된 값과 차이를 비교 하였으며 분석결과는 Table 2, 모의결과를 Fig 6~Fig 7에 나타내었다.



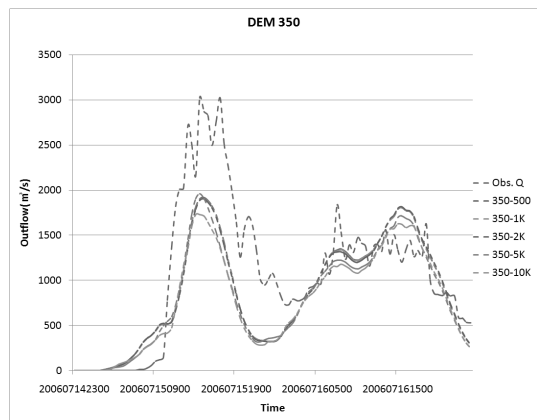
(a) DEM 30m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의



(a) DEM 150m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의



(c) DEM 250m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의



(d) DEM 350m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

Fig 5. DEM에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

Table 2. Comparison of DEM and Radar Rainfall Grid Resolution

DEM \ 레이더강우		500m	1km	2km	5km	10km
30m	침투유량 (cms)	1,946.4	1,934.5	1,918.0	1,884.2	1,761.8
	침투유량 차	1,075.8	1,087.7	1,104.2	1,138.0	1,260.4
	유출체적 (1,000m ³)	154,250	153,459	152,955	145,649	138,772
	유출체적 차	38,208.3	38,999.3	39,503.3	46,809.3	53,686.3
150m	침투유량 (cms)	2,078.4	2,066.2	2,050.3	2,123.7	1,812.9
	침투유량 차	943.8	956.0	971.9	898.5	1,209.3
	유출체적 (1,000m ³)	155,577	155,376	154,458	147,623	139,904
	유출체적 차	36,881.3	37,082.3	38,000.3	44,835.3	52,554.3
250m	침투유량 (cms)	1,894.9	1,884.5	1,908.6	2,064.2	1,875.9
	침투유량 차	1,127.3	1,137.7	1,113.6	958.0	1,146.3
	유출체적 (1,000m ³)	153,388	153,017	152,456	145,380	138,652
	유출체적 차	39,070.3	39,441.3	40,002.3	47,078.3	53,806.3
350m	침투유량 (cms)	1,917.2	1,906.4	1,902.2	1,959.8	1,729.5
	침투유량 차	1,105.0	1,115.8	1,120.0	1,062.4	1,292.7
	유출체적 (1,000m ³)	153,040	152,775	152,297	144,348	139,408
	유출체적 차	39,418.3	39,683.3	40,161.3	48,110.3	53,050.3

Fig 6~Fig 7에서 알 수 있는 바와 같이 DEM 격자 해상도에 따른 레이더 강우 해상도별 침투유량 차는 레이더 해상도가 범위가 500m~5km일 때, 유출체적 차는 레이더 해상도 범위가 500m~2km까지인 경우 실제 관측값에 가장 가까운 것으로 분석되었으며, DEM과 레이더 강우는 격자의 해상도에 따라 보정되는 정도가 다르기에 격자별

지형인자 및 유효강우는 달라지게 된다. 이러한 격자 해상도 변화에 따른 유출 모의결과를 Table 2 를 통하여 비교한 바 전체적으로 DEM은 30m~150m, 레이더 격자는 500m~2km 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출을 모의 한 것으로 분석되었다.

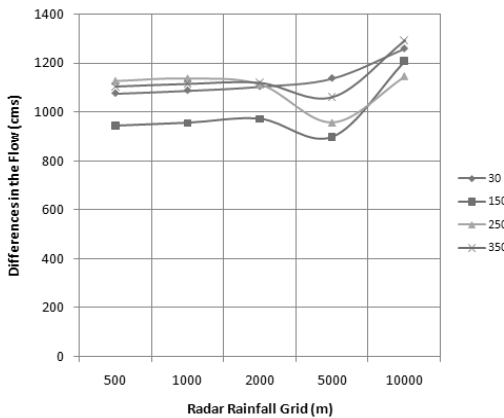


Fig 6. Differences in the Flow of Radar Rainfall Grid on the DEM

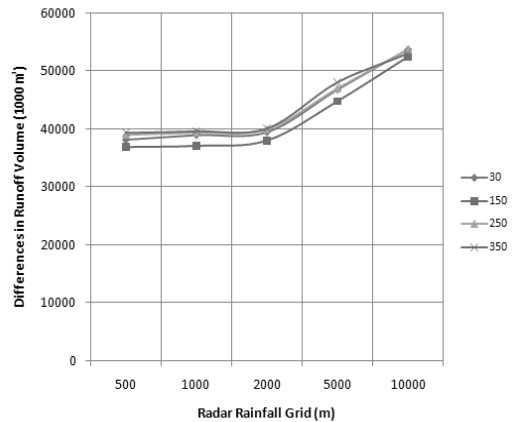


Fig 7. Differences in Runoff Volume of Radar Rainfall Grid on the DEM

4.2 격자별 적합성 및 민감도 분석

본 연구에서는 DEM과 레이더 강우의 격자 크기에 따른 모의 결과의 적합성을 판단하기 위하여 평균 제공근 오차, 모형 효율성 계수, 피어슨 상관 계수와 같은 통계적 방법을 유출모의 결과에

적용하였다. 통계적인 방법에 의한 적합성을 판단한 결과는 Table 3과 같이 모든 DEM 크기에 대해서 레이더 강우가 500m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났으며, 모든 레이더 강우 크기에 대해서는 DEM이 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났다.

Table 3. Compatibility Test of DEM and Radar Rainfall Cell Size

DEM-RADAR		구분	평균 제공근 오차	모형 효율성 계수	피어슨 상관 계수
30m	500m		531.5795	0.5589	0.7954
	1,000m		536.9393	0.5499	0.7916
	2,000m		545.8037	0.5350	0.7830
	5,000m		544.4363	0.5373	0.8101
	10,000m		586.1203	0.4637	0.7897
150m	500m		562.7729	0.5056	0.7562
	1,000m		564.6339	0.5023	0.7545
	2,000m		573.6146	0.4864	0.7462
	5,000m		575.6878	0.4826	0.7627
	10,000m		601.9615	0.4343	0.7580
250m	500m		536.0541	0.5514	0.7927
	1,000m		538.2665	0.5477	0.7913
	2,000m		546.4338	0.5339	0.7835
	5,000m		549.5112	0.5286	0.8026
	10,000m		587.2883	0.4616	0.7822
350m	500m		536.2730	0.5511	0.7932
	1,000m		538.9593	0.5466	0.7910
	2,000m		546.7198	0.5334	0.7835
	5,000m		552.5252	0.5234	0.8030
	10,000m		582.3662	0.4706	0.7874

민감도 분석 결과 DEM은 0.2, 레이더 격자는 0.1로 산정되었으며, 아래 Table 4 에 의해 DEM 은 High, 레이더 강우 격자는 Medium으로 결정 되었으며, 이는 민감도 지수 등급이 높은 DEM이 분포형 모형의 결과 값에 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다.

Table 4. Sensitivity Rating

Class	Index	Sensitivity
1	$0.00 \leq I < 0.05$	Small to Negligible
2	$0.05 \leq I < 0.20$	Medium
3	$0.20 \leq I < 1.00$	High
4	$ I \geq 1.00$	Very High

5. 결 론

본 연구에서는 가-분포형 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 내린천 유역을 대상으로 DEM 30m, 150m, 250m, 350m의 격자크기로 생성된 내린천 유역에 2006년 7월 14일부터 2006년 7월 17일까지의 레이더 강우를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 격자크기로 재생성하여 레이더 강우와 ModClark 해상도가 같은 Grid에 적용한 후 유출변화를 모의하였다.

1. 강우-유출모의를 통하여 분석한 결과 침투 유량 및 유출체적에 대해서는 DEM 30m~150m, 레이더 강우 500m~2km 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출을 모의 한 것으로 분석되었으며, 이와 같은 분석에 대한 적합성을 판단하기 위하여 통계적 방법에 의한 결과 모든 DEM 격자크기에 대해서 레이더 강우가 500m인 경우, 모든 레이더 강우 격자크기에 대해서는 DEM이 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났다.
2. DEM과 레이더 강우 격자에 대하여 대한 민감도를 산정한 결과 DEM은 0.2, 레이더 강우 격자는 0.1로 DEM은 High, 격자는 Medium에 해당하는 민감도 등급을 나타냈다. 격자의 해상도에 따라 지형 및 강우 자료가 보정 되는데, 강우만 보정되는 레이더 강우의 격자보다 고도, 경사, 경사향이 보정되는 DEM 격자가 분포형 모형의 유출 모의 결과에 더 큰 영향을 주는 것도 확인할 수 있었다.
3. 이러한 결과는 격자들의 해상도가 높을수록 실제 유역 및 강우형상을 잘 반영함을 알 수 있었으며, DEM 150m, Grid 2km 이내의 격자크기 범위를 벗어나는 DEM과 Grid는 강우-유출모형의 결과에 대한 신뢰성을 낮게 함을 확인할 수 있었다. 최근의 강우-유출 모형에 의한 유출해석이 지점강우를 이용한 집중형 모형에서 레이더 강우를 이

용한 분산형 모형으로 이루어지고 있기에 모델링 구성을 위한 최적의 격자 구성방법에 있어 유역의 지형적인 특성을 고려한 강우-유출모형에서 적정 격자 해상도의 구성은 효율적인 의사결정을 위해 필요할 것으로 판단된다. 향후 DEM 격자 해상도에 따라 변하는 지형인자들의 특성을 고려한 도시 및 산지에서의 최적격자 결정에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 수행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 배영혜, 김병식, 김형수 (2010), "보정 레이더 자료와 유출 모형을 이용한 홍수유출모의에 관한 연구." **한국습지학회지**, 제12권 제1호, pp. 51-61
- 김수전, 김연수, 장대원, 김형수 (2010), "레이더 강우와 분포형 모형을 이용한 섬진강 유역의 홍수 예·경보 지원." **제36회 대한토목학회 정기학술대회 발표논문 초록집**, pp. 21
- 김형수 (2010), 수문학, 동화기술, pp. 452-477
- 김병식, 홍승진, 배영혜 (2009), "기상청 레이더 강우자료와 지상강우자료를 이용한 내린천 유역의 분포형 홍수유출 모의." **한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집**, pp. 217
- 권영수 (2009), "신경망에 의한 레이더 강우 보정 및 유출해석", 석사학위 논문, 인하대학교
- 문영일, 최병화, 안재현, 오택석 (2006), "격자크기에 따른 분포형 유출 모형의 강우-유출해석에 관한 연구." **한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집**, pp. 1787-1791
- 안상진 (2005), "ModClark 모형을 이용한 유출해

석." **한국수자원학회논문집**, 제38권 제3호, pp. 245-257

조효섭 (2000), "분포형 강우-유출모형의 격자규 모결정", 박사학위 논문, 충남대학교

Hydrologic Engineering Center (2003), "HEC-GeoHMS : Geospatial Hydrologic Modeling Extension, User's Manual. *U.S. Army Corps of Engineers*, Davis, CA

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

Hydrologic Engineering Center (2000), "HEC-HMS : Hydrologic Modeling System, User's Manual. *U.S. Army Corps of Engineers*, Davis, CA

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*, ASCE, pp. 117-124

Zhang, W. and Montgomery, D. R. (1994), "Digital Elevation Model Grid Size, Landscape Representaion, and Hydrologic Simulation.", *Water Resources Reasearch*, Vol. 30, No. 4, pp. 1019-1028

○논문접수일 : 11년 03월 21일

○심사의뢰일 : 11년 03월 23일

○심사완료일 : 11년 04월 12일