

## GIS를 활용한 유역내 이동강우에 의한 유출특성 연구

### A Study on Runoff Characteristics by the Moving Storm in the Watershed using GIS

최 계 운\* / 강 희 경\*\* / 박 용 섭\*\*\*

Choi, Gye-woon / Kang, Hee-kyoung / Park, Yong-Sub

#### Abstract

Even though the distribution of the rainfall in the watershed is spatially and temporally varied, the simulation of the runoff from the watershed is frequently conducted with the constant rainfall distribution assumption. However, the runoff simulated with this assumption indicates over the certain accuracy limitation and the difference by this assumption is bigger in the case of the moving storm which can be frequently indicated with the typhoon, cyclone and hurricane and so on. In this paper, the runoff characteristics of the moving storm are investigated using GIS technique and the isohyetal map observed from 16:00 to 23:00 on August 2, 1999 to the Chun Yang rain gage. The runoff simulated by the moving storms moving to the eight different directions is compared with the others and indicates the big difference with the maximum runoff in the SE direction in the Bokha experimental watershed. Also, the runoff by the moving storm having different moving velocities is compared with the others and indicates the big difference with the bigger discharge in the slowly moving storm. Through the simulation using GIS technique in the watershed, the advantages of the easy preparation of the data and the short computational time can be obtained.

*keywords* : moving storm, experimental watershed, GIS, spatially and temporally varied, rainfall distribution

#### 요 지

실제 유역에서 강우량분포는 시·공간적으로 많은 변화가 있으나 유출량 모의시에는 종종 유역내 동일한 강우량이 분포하는 것으로 가정하여 해석하게된다. 그러나 이러한 가정을 가지고 유출을 모의하게되면 그 정확성에 한계가 따르며, 태풍, 사이클론, 허리케인 등에서 종종 일어나는 이동강우의 경우에는 산출된 유출량의 정확성 문제가 더욱 크게 나타난다. 본 논문에서는 GIS기법을 이용하여 1999년 8월 2일 16:00에서 23:00까지 춘양관측소에서 관측된 등우선도를 활용하여 이동강우 유출특성을 분석하였다. 강우의 이동방향을 서로 다른 8가지 방향으로 달리하여 유출을 모의한 결과 복하천 실험 유역에서는 SE방향에서 최대 침투유출량이 나타났다. 또한 서로 다른 이동속도를 갖는 이동강우에 따른 유출량을 속도별로 비교한 결과 속도가 낮을수록 더 큰 침투유출량이 발생하였다. 따라서 유역에서의 유출을 모의하기 위하여 GIS를 활용하는 경우, 자료 준비의 간편성 및 계산시간의 단축과 같은 장점을 얻을 수 있을 것이다.

**핵심용어** : 이동강우, 실험유역, GIS, 시·공간 변화, 강우분포

\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수

Prof., Dept. of Civil & Environmental System Engineering, Univ. of Incheon, Incheon 402-749, Korea

\*\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

Graduate Student, Dept. of Civil & Environmental System Engineering, Univ. of Incheon, Incheon 402-749, Korea

\*\*\* 인천대학교 토목환경시스템공학과 박사과정

Doctoral Student, Dept. of Civil & Environmental System Engineering, Univ. of Incheon, Incheon 402-749, Korea

## 1. 서 론

그 동안의 강우·유출해석시 넓은 유역에 대하여도 동일한 강우가 발생하는 것으로 가정하여 해석하는 경우가 많았다. 그러나 실제 현상에서는 유역내 강우량 분포가 매우 다양하여 유역전체에 대하여 동일한 강우가 발생하는 것으로 가정하기 어려운 경우가 많다. 또한 최근의 강우사상은 엘니뇨 등의 영향으로 국지적이며, 이동성 강우의 특성을 갖고 있어 동일한 자료를 이용하는데 한계가 있고, 시·공간적으로 변하는 자료를 그대로 활용하는 경우 자료 준비, 계산 등에 많은 시간을 요하며 정확한 유출해석에도 어려움이 있다. 강우유출과정에 큰 영향을 미치는 수문학적 특성인자들은 시간적, 공간적으로 다변성을 가지고 있어 이들의 적절한 반영이 있어야 하나 해석방법의 한계성이나 활용할 수 있는 자료량의 한계 등으로 인하여 이들을 제대로 반영하기에 상당한 어려움이 있다. 이와 같은 다변성있는 자료 활용의 어려움을 해소하고 보다 정확한 해석을 위하여 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)을 활용하는 것이 효과적이라 할 수 있다. 시·공간적 분포특성을 가진 인자를 그대로 유출모형의 입력자료로 이용할 경우 기존의 수작업으로는 자료가 방대하고 복잡하여 많은 시간이 필요하나 GIS를 활용할 경우에는 수작업의 단축으로 인한 인력과 시간의 절약으로 경제적인 면에서도 그 기대는 크다고 할 수 있다.

이동강우에 대한 분석은 최근들어 그 연구가 시작되었다. Marshall(1980)은 영국 Cardington과 Winchcombe의 219개 호우를 분석하여 호우의 움직임과 바람 움직임과의 상호관계를 밝혔으며, 우량계 관측자료를 이용하여 호우자체의 시간과 공간분포에 대하여 규명하였다. Niemczynowicz(1984)은 관측자료를 이용하여 강우이동이 유출에 미치는 영향을 검토하였으며 Niemczynowicz와 Dahlblom (1984)은 유역 특성, 강우분포, 강우형태 및 강우의 동역학적 특성이 유출에 미치는 영향을 연구하였다. Richardson(1989)은 이동강우의 여러 방향의 이동에 따른 유출특성을 분석하였다. 국내에서는 최계운 등(1992)이 유역내 시간적, 공간적 특성을 가진 이동강우를 해석하기 위하여 지표면 흐름과 하천망 흐름으로 나누어 유출을 해석한 분포형 모델을 개발하였고, 최근에는 고덕구 등(1998)에 의해 GIS의 공간추정기법을 이용하여 관측된 지점의 강우량을 시·공간적으로 분포시킬 수 있는 방법을

연구하였다.

또한 강우유출해석에서의 GIS의 활용에 대한 연구는 다방면으로 이용되고 있는바, 최근들어서는 GIS가 하천의 형태학적인 특성인자를 추출하는 자동 유역정보 추출기술 개발에 대한 관심이 고조되고 있으며 이에 대한 연구로는 Jenson 등(1988)은 수치표고모델(Digital Elevation Model : DEM)로부터 지형의 구조를 추출하는 방법에 대하여 연구하였고, James 등(1991)은 하천유역의 물리적 특성을 정량화하는 과정에 대하여 연구하였으며, David(1994)는 유역경사, 유로경사 등의 지형학적 특성을 정량화 할 수 있는 유역특성시스템(basin characteristic system)에 대하여 연구하였다. 또한 수문해석에서 GIS를 활용하는 연구도 활발하여 Warwick 등(1991)이 유출량 해석에 GIS의 활용에 관하여 연구하였다.

국내에서는 최근들어 강우유출모형에서 GIS를 활용하는 연구가 점차 증가하고 있으며, 함창학(1996)은 수치표고모델(DEM)의 구축으로 인한 수문학적 지형정보를 추출 하였고, 김경탁(1998)은 GIS를 이용하여 추출한 지형정보를 토대로 유출모의를 실시할 경우, 유출모의가 일정 수준의 정확도를 가질 수 있음을 분석하고 미계측 유역에서의 강우유출모의에 GIS의 적용가능성을 제시하였다.

강우의 이동에 따른 유출량 해석에 GIS를 적용한 사례는 없으나 그 동안의 실시간 데이터 등을 이용한 강우의 시·공간 분포를 고려한 유출결과를 일부 수정 보완하여 이에 반영할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이동강우에 의한 유역내 유출변화를 모의하기 위하여 이동강우의 GIS 데이터를 구축하여 기존 방법으로 매우 어려웠던 강우의 이동방향이나 속도 등에 의한 유출량에 미치는 영향 등을 심도있게 비교 분석 할 수 있는 기초를 수립하였다.

## 2. 대상유역의 선정 및 등우선도의 작성

### 2.1 대상유역의 선정

본 연구에서의 적용 대상유역은 경기도 이천시에 위치한 북하교지점을 유역 출구로 한 북하천 유역을 대상유역으로 선정하였다. 대상유역인 북하천 유역은 유역면적이 161.9km<sup>2</sup>, 유로연장이 25.16km이며 현재에는 대부분의 지역이 경사가 낮은 농경지 및 산림지역이다. 먼저, 강우유출모형인 HEC-1모형의 입력자료인 대상 유역의 유역특성치를 구하기 위하여 수치표고모델을



그림 1. 복하천 유역의 경사도

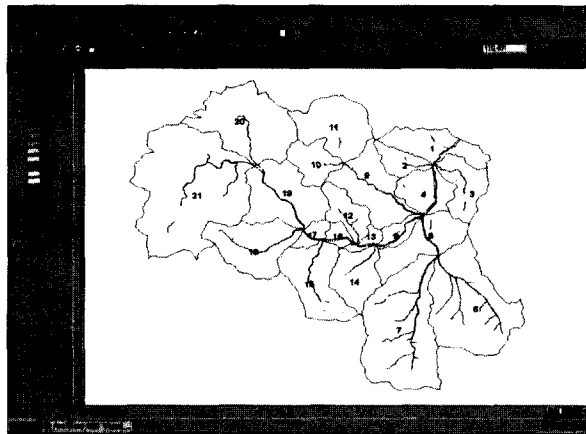


그림 2. 복하천유역의 소유역분할도

구축하였다. 공간상에 나타나는 연속적인 기복의 변화를 수치적으로 표현하는 방법을 수치표고모델이라 하며, 가장 보편적인 방법인 격자방식으로 저장되어 활용되며 동일 크기를 가진 각각의 격자는 지표면의 동일 지점의 고도를 나타낸다. 수치표고모델은 원래 지형의 기복을 모델화하기 위해 개발되었지만, 현재는 기복뿐만 아니라 다른 속성들의 연속적인 변화를 나타내는데도 사용되며, 인공위성영상, 항공사진영상 및 수치지도 등을 통해 구축할 수 있다. 본 연구에서는 1/50,000 지형도에서 등고선과 표고점 및 하천망을 디지털화하여 등고레이어 및 하천레이어를 형성하고 10m×

10m 격자형 수치표고모델을 구축하였다. 본 연구에서 사용된 GIS하드웨어 및 소프트웨어는 Scanner, AutoCAD, Arc/Info 및 Arc View이다. 그림 1은 수치표고모델자료로부터 복하천 유역부근의 경사도를 나타낸 그림이다. 그림의 진한 부분이 경사가 급한 지역이며 흐린 부분이 경사가 완만한 지역을 나타내며 복하천 분류를 따라 유역의 대부분은 경사가 낮음을 볼수있다. 이러한 수치표고모델의 구축으로 유역의 경계를 설정하고 소유역을 분할하여 유역의 특성값을 구할수 있으며 그림 2는 지형도에서 지류내 유량 유입을 감안하여 분할된 복하천 유역의 소유역을 표시하고 있

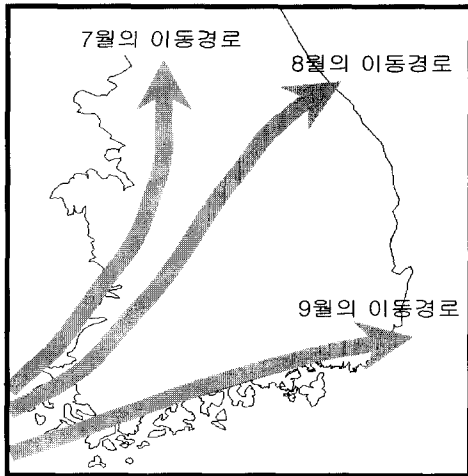


그림 3. 우리나라 여름철 태풍의 주요 이동경로  
(자료: 기상청인터넷자료)

다. 그림 2에서 숫자 1에서 21은 각 소유역의 번호를 나타낸다. 대상유역이 경우 강우관측지점은 없으며 북한천의 하류지점에 수위관측지점이 있다.

### 2.2 등우선도의 작성 및 대상유역에의 적용

강우의 시간적·공간적 변화에 의한 유출을 정확히 해석하는 것은 기존의 해석방법으로는 매우 힘든 일이다. 해마다 발생하는 이상기후나 여름철 '태풍' 등에 의한 강우는 예측하기 어려운 변동으로 이에 의한 피해는 늘어가지만 이러한 특성을 제대로 고려하는 것은 매우 어려운 일이다. 이러한 강우는 시간에 따라 계속 변화하여 피해를 가중시키고 있다. 이동강우의 대표적인 예인 여름철 '태풍'은 그림 3과 같이 7월은 서해안을 따라 북상하여 중부지방을 통과하고, 8월은 7월보다 남하하여 군산, 청주, 강릉지방을 연결하여 중부지방을 대각선으로 통과하고 9월은 주로 남해안을 통과한다. 강우의 시간적·공간적 변화에 의한 유출을 해석하기 위해서는 해당 유역에 대한 실시간 데이터를 사용하는 것이 실측치에 가깝지만 기존의 강우유출 해석 방법으로는 이를 그대로 활용하기가 매우 어려운 일이며 이동강우자료를 구하는 것도 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 GIS를 활용하여 1시간 단위의 전국적인 등우선도를 작성하여 이동강우의 모델을 선정된 후 이를 이용하여 방향에 따른 유출변화를 모의하였다. 본

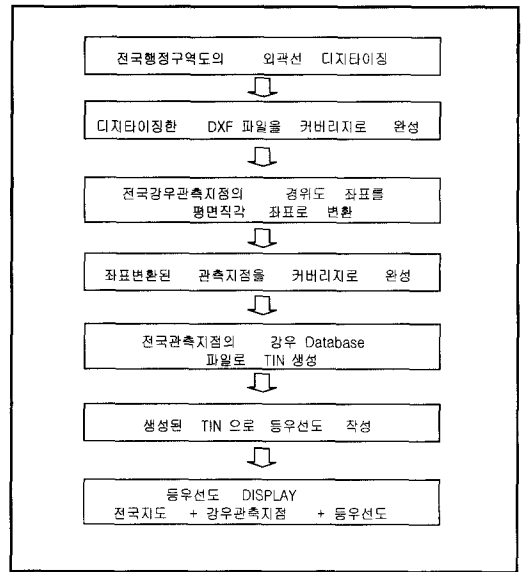


그림 4. 등우선도 작성 작업흐름도

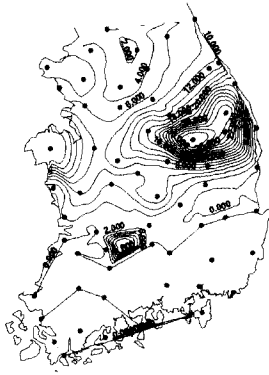
연구에 사용된 강우자료는 태풍 '올가'의 영향이 있었던 1999년 7월 30일부터 8월 4일까지의 전국 67개 강우관측지점의 1시간 단위의 강우자료를 사용하였으며, 그중 이동강우의 모델을 결정하기 위해 8월2일 16시부터 23시까지의 등우선도를 작성하였다.

등우선도는 유역의 외곽선을 따라 그린 CAD (.DXF)파일과 전국 67개 강우관측지점의 경위도좌표를 평면직각좌표(TM좌표)로 변환한 후 각 관측지점의 1시간단위의 강우값을 사용하여 Arc/Info를 활용하여 분석하였으며 Arc View를 활용하여 등우선도를 나타내었다. 그림 4는 이와 같은 등우선도를 작성하기 위한 작업흐름도이다.

그림 4와 같은 작업 후 전국의 등우선도를 작성하여 그림 5와 같이 1999년 8월2일 16시에서 23시까지의 1시간 간격의 등우선도를 작성하였다. 이와 같이 작성된 등우선도를 살펴볼 때 그림 6과 같이 8월2일 16시의 강우가 8월2일 19시의 강우로 이동되는 형태를 볼 수 있으므로 이와 같은 강우가 경북 봉화군 춘양면에 위치하고 있는 춘양관측소를 통과하는 것을 간략화하여 이동강우로 선정된 후에 선정된 강우가 본 논문의 대상유역을 통과하는 것으로 생각하고 유출을 모의하였다. 그림 7은 위와 같이 선정된 이동강우가 춘양관측소를 8월2일 16시부터 통과하여 소멸되는 8월2일 23시까지의 시간당 강우량을 보여주고 있다. 그림 7에서



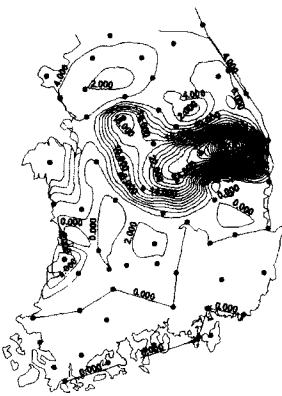
가. 8월 2일 16시



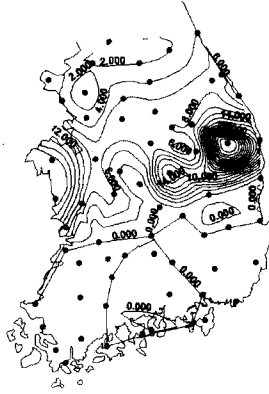
나. 8월 2일 17시



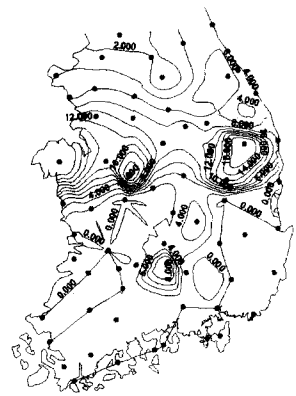
다. 8월 2일 18시



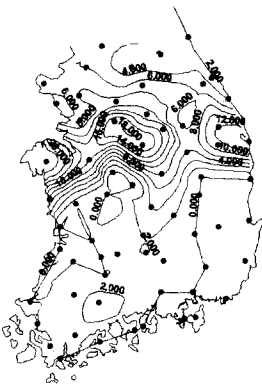
라. 8월 2일 19시



마. 8월 2일 20시



바. 8월 2일 21시



사. 8월 2일 22시



아. 8월 2일 23시

그림 5. 1999년 8월2일 16시~23시의 등우선도

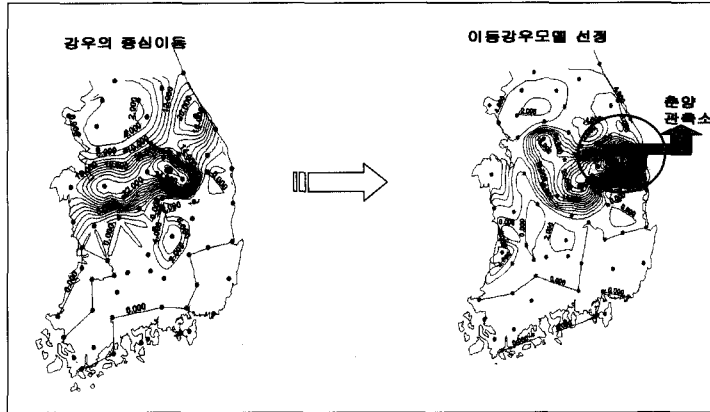


그림 6. 8월2일16시와 19시의 강우강도 변화

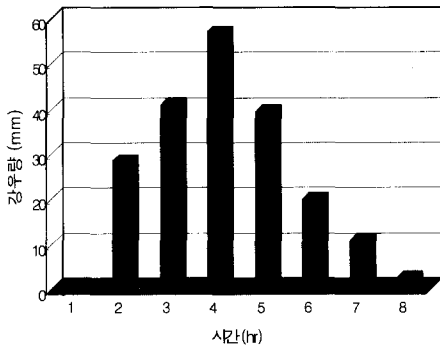


그림 7. 춘양관측소의 8월2일16시-23시의 강우량자료

보는 바와 같이 시작 시간에서는 강우량이 1.0mm이었으나 시간이 경과함에 따라 57.0mm로 증가하였다가 다시 2.5mm로 감소하는 형태를 보이고 있다. 따라서, 이와 같이 선정된 시간당 최대 57.0mm의 이동강우를 택하였으며 이 이동강우가 본 논문의 대상유역인 이천 북하천에 강하하는 경우에 대하여 유출량을 검토하였다. 이때 이동강우의 이동속도는 춘양관측소의 8월 2일 16시와 8월2일 19시의 이동 속도인 5.5m/sec를 선택하였다. 이와 같은 이동속도는 우리나라의 전형적인 태풍의 이동속도 범위 안에 있어 적용상 큰 무리가 없는 것으로 판단된다.

### 3. 유출량 산정

본 논문에서 유출량을 산정하기 위하여 미육군 공병단의 수문 연구소에서 개발된 HEC-1 프로그램(1990)

을 사용하였다. 유효강우량은 미국 토양보존국에서 개발한 곡선 지수를 이용하였으며, 이때 곡선지수는 도시와 농촌지역으로 구분된후 토양의 수문학적 조건, 토양 형태, 식생피복 및 토지이용실태, 피복 처리 상태에 따라 각각 별개의 값이 제시되고 있다. 홍수유출 해석은 지표면유출과 하도유출로 구분하여 계산하였으며 지표면유출은 운동과방정식을 사용하고 하도유출은 Muskingum-Cunge방법을 사용하였다. 운동과방정식이나 Muskingum-Cunge 방법은 연속방정식과 운동량 방정식으로부터 유도되나 운동과방정식은 연속방정식인 식 (1)과 에너지경사와 하상경사가 동일하다는 식 (2)로부터 유도되며, Muskingum-Cunge 방정식은 연속방정식인 식 (1)과 에너지 경사가 하상경사와 수표면 경사와의 차이와 같다는 식 (3)으로부터 유도된다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_i \quad (1)$$

$$S_f = S_0 \quad (2)$$

$$S_f = S_0 - \frac{\partial Y}{\partial x} \quad (3)$$

여기에서, Y, A, Q,  $q_i$ ,  $S_f$ ,  $S_0$ 는 각각 수위, 단면적, 유량, 단위길이당 측방향 유입량, 에너지경사, 하상경사를 나타내며 t는 시간 x는 길이를 나타낸다. 연속방정식을 나타내는 식 (1)과 운동량 방정식인

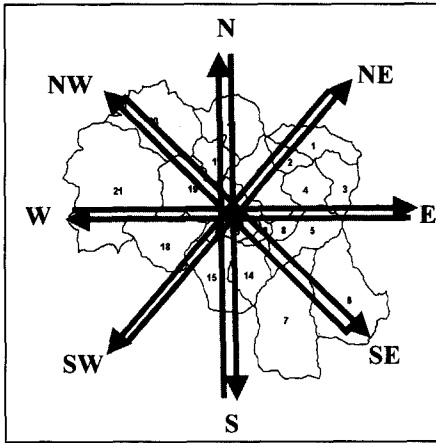


그림 8. 강우의 이동방향

식(2)를 합하여 식 (4)와 같은 운동과방정식이 유도되고, Muskingum-Cunge 방법은 연속방정식을 나타내는 식(1)과 운동량 방정식을 나타내는 식(3)을 합하여 식(5)와 같은 확산방정식을 유도한 후 유한차분식을 적용하여 점차적으로 유량을 산출하게 된다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + am A^{(m-1)} \frac{\partial A}{\partial x} = q_1 \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C \frac{\partial Q}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + C q_1 \quad (5)$$

$\alpha$ ,  $m$ 은 적용방정식에 따라 상이한 계수를 나타내며,  $C$ 는 홍수파전파속도이며  $\mu$ 는 수리학적 확산계수를 나타낸다.

#### 4. 강우의 이동방향에 따른 유출변화

##### 4.1 강우의 이동방향선정

강우의 이동방향에 따른 유출변화를 검토하기 위하여 강우가 대상유역을 중심으로 상-하, 좌-우 및 대각 등의 8방향으로 이동하는 것으로 가정하였고 그 이동 방향은 그림 8에 나타내었다. 강우의 이동방법은 Arc/Info에서 AML(Arc Macro Language)을 사용하여 이동강우 커버리지를 작성한 후 유역 커버리지의 각 커버리지의 기준이 되는 4개의 좌표점인 TIC좌표를 기준으로 방향에 따른 이동강우의 시작점과 종점을 입력한 후 이동강우의 속도와 시간간격을 입력하여 반

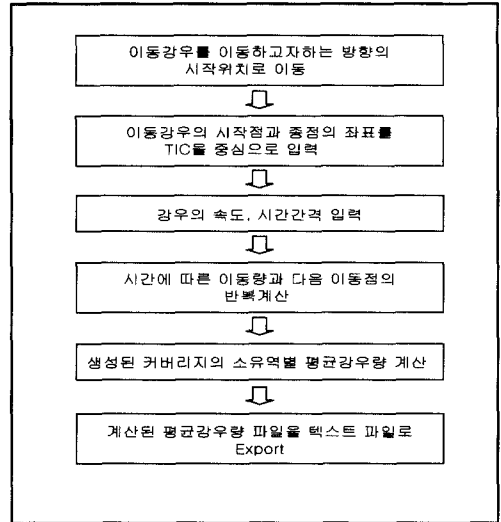


그림 9. 이동강우의 이동에 대한 프로그램 흐름도

복계산 후 각 소유역별 평균강우량을 계산토록 하였다. 그림 9는 Arc/Info에서 이동강우의 이동방법과 소유역별 평균 강우량산정에 대한 프로그램 흐름도이다.

#### 4.2 이동방향에 따른 강우의 이동

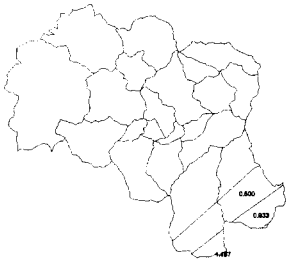
강우의 이동에 따른 유역의 강우분포는 방향과 시간에 따라 각각 다르며 유역의 길이가 긴 대각선 방향부터 NW - SE - NE - SW - E - W - S - N 순으로 이동하였으며 10분 간격으로 유역의 강우분포를 구하였다. 각 방향에 따른 유역의 길이가 서로 다르므로 같은 속도에서도 강우가 유역을 빠져나가는 시간은 서로 달랐다. 그림 10과 11은 NW, SE방향에 대한 유역에서의 강우의 이동을 나타내었다.

그림 10은 NW방향, 그림 11은 SE방향에 따른 강우의 이동으로 인한 강우분포를 나타낸 그림이다. 각 소유역별 평균강우량은 10분간격으로 나타낼수 있으며, 여기서는 양방향 모두 강우가 유역에 도달하기 시작하여 강우시작 10분후, 30분후, 1시간후, 4시간후, 5시간 50분후, 6시간10분 후의 강우분포를 나타냈으며 각 소유역별 강우변화량은 크게 차이를 볼 수 있다.

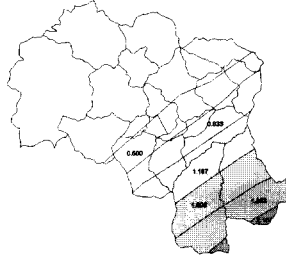
#### 5. 강우의 이동방향에 따른 유출변화 모의

##### 5.1 이동방향에 따른 유출변화 모의

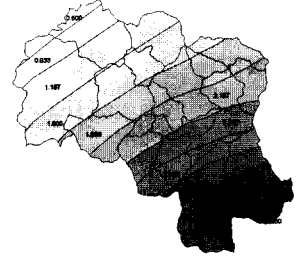
그림 10과 11에서 진한부분이 강우강도가 큰 값이



강우시작 10분 후



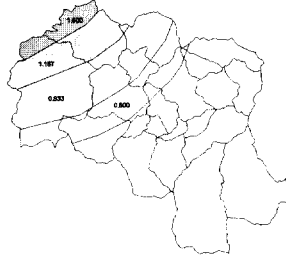
강우시작 30분 후



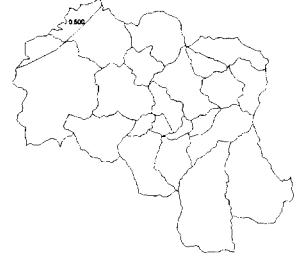
강우시작 1시간 후



강우시작 4시간 후

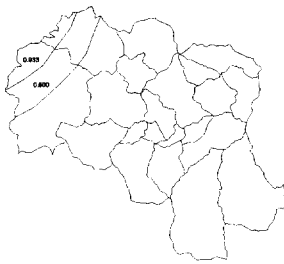


강우시작 5시간50분 후

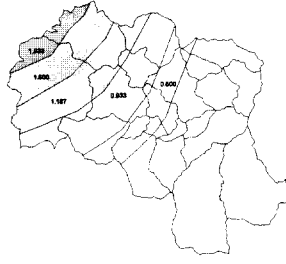


강우시작 6시간10분 후

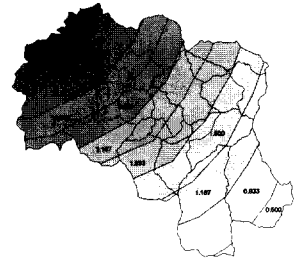
그림 10. NW방향에 따른 강우의 이동



강우시작 10분 후



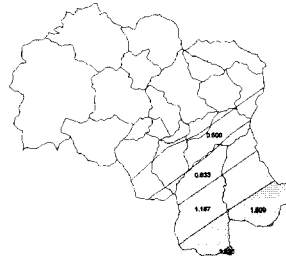
강우시작 30분 후



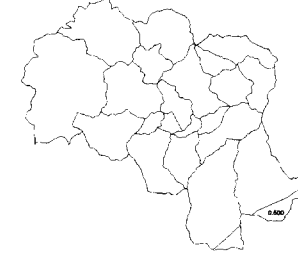
강우시작 1시간 후



강우시작 4시간 후



강우시작 5시간50분 후



강우시작 6시간10분 후

그림 11. SE방향에 따른 강우의 이동



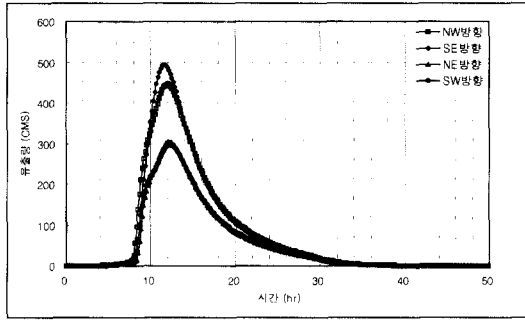


그림 12. NW, SE, NE, SW방향에 따른 유출량 변화

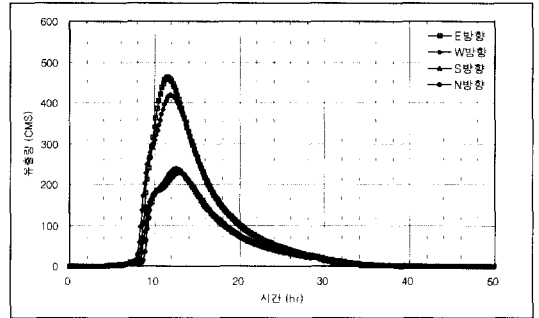


그림 13. E, W, S, N방향에 따른 유출량 변화

며 유역내의 각 소유역별 평균강우량값은 방향과 시간에 따라 서로 다르다. 이에 따라 각 방향별, 시간별로 서로 다른 강우값에 의해 유출을 모의한 결과는 그림 12와 그림 13에 나타나 있다.

유출모의 결과인 그림 12와 그림 13은 각 방향에 따라 강우시작 후 첨두유량의 값과 첨두유량에 도달하는 시간도 각각 다르게 나타났으며, 첨두유량 값은 방향에 따라 큰 차이를 보였다. 가장 큰 첨두유량과 이에 도달하는데 걸리는 시간은 대각선 방향인 SE방향으로 494.55m<sup>3</sup>/sec, 11시간 30분이며, 가장 작은 값은 N방향인 228.38m<sup>3</sup>/sec, 12시간 50분으로 그 차이

는 266.17m<sup>3</sup>/sec와 1시간20분의 차이를 보였다. 이는 방향에 따라 유역의 길이뿐 아니라 각 소유역별 유역의 경사 및 지체시간 등의 특성치로 인한 차이로 판단되며 21번 소유역에서 1번지점인 유출구지점 방향으로 강우가 이동될때인 E방향의 첨두유량의 값은 462.67m<sup>3</sup>/sec로 큰 값을 보이고 있었다. 이동방향에 따라 NW와 SE방향과 NE와 SW방향 E와 W방향, S와 N방향은 각각 서로 비슷한 값을 보이고 있었다. 다음의 표 1과 그림 14는 이동방향에 따른 첨두유량의 값을 나타낸 것이다. 이는 복하천의 하천이 NE방향으로 흐르고 있고 유역내 NE나 SW 방향의 대각선의

표 1. 이동방향에 따른 첨두유출량의 변화

(단위 : m<sup>3</sup>/sec)

이동방향	NW방향	SE방향	NE방향	SW방향	E방향	W방향	S방향	N방향
첨두 유출량	445.94	494.55	303.13	296.17	462.67	418.83	238.97	228.38

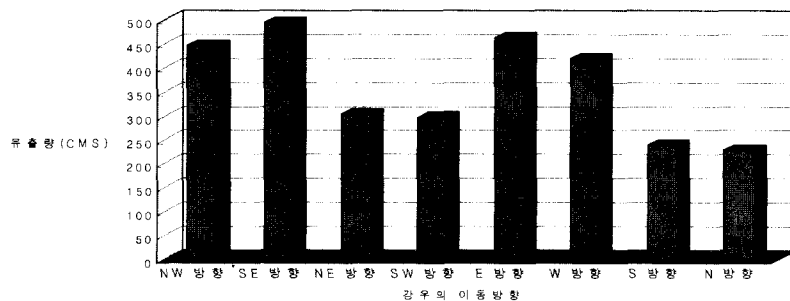


그림 14. 이동방향에 따른 첨두유출량의 변화

표 2. 이동방향에 따른 침투유량까지 도달시간

이동방향	NW방향	SE방향	NE방향	SW방향	E방향	W방향	S방향	N방향
침투유량 까지 걸리는 시간	12시간	11시간 30분	12시간 10분	12시간 20분	11시간 30분	12시간	12시간 30분	12시간 50분

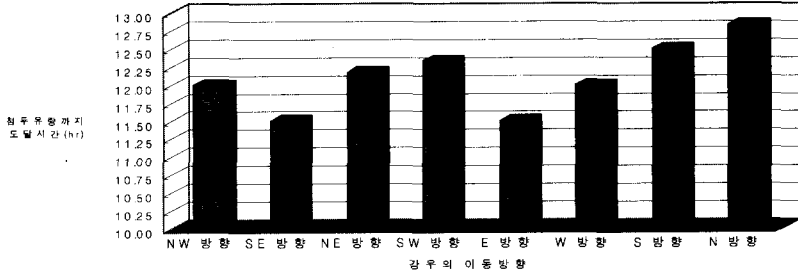


그림 15. 이동방향에 따른 침투유량까지 도달시간

길이 NW 또는 SE방향에 비하여 적기 때문에 유출량이 적게 나타나고 있으며, E와 W방향에 비하여 유역폭이 크기 때문에 강우가 장시간 유역에 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

표 2와 그림 15는 강우의 이동방향에 따라 침투유량에 도달되는 시간을 나타내고 있다. 침투유량의 변화와 같이 침투유량이 가장 큰 SE방향과 E방향의 침투유량에 도달되는 시간은 강우시작 후 11시간 30분이며 침투유량이 가장 작은 N방향은 강우시작 후 침투유량에 도달되는 시간은 12시간 50분으로 나타났다. 표 2에서 나타난 바와 같이 북하천 하류에 가까운 방향으로 움직이는 강우의 경우가 침투유량까지 도달하는 시간이 짧게 나타나고 있다.

### 5.2 강우의 이동속도 변화에 따른 유출변화

5.1절에서 강우의 이동방향에 따른 유출량이 서로 다르게 나타남에 따라 NW, NE, E, S방향의 이동속도를 각각 5.5m/sec에서 11m/sec로 증가 했을때의 유출변화를 살펴보았다. 그림 16에서 그림 19는 각 방향에 따라 이동속도를 변화시켰을 때 유출변화를 모의한 것이다. 그림에서와 같이 속도 5.5m/sec에서 11m/sec로 증가했을 때 강우의 속도가 빠르므로 유역을 통과하는 시간이 빨라져 2~3시간 이내에 유역을 통과하였으며, 예상대로 유출량은 작아지고 침투유출량은 2차에 걸쳐 나타나고 있다. 이와 같은 침투유출량이 2차에 걸쳐 발생하는 것은 하천의 지천이 양쪽으로 크

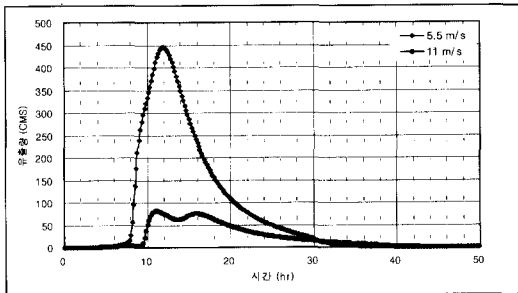


그림 16. NW방향의 이동속도에 따른 유출변화

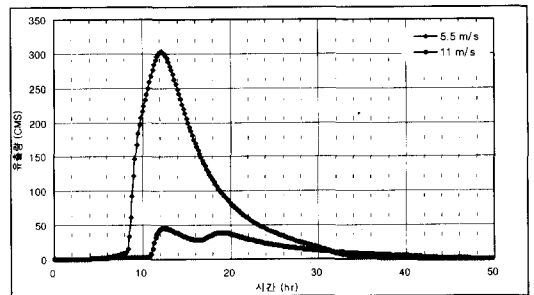


그림 17. NE방향의 이동속도에 따른 유출변화

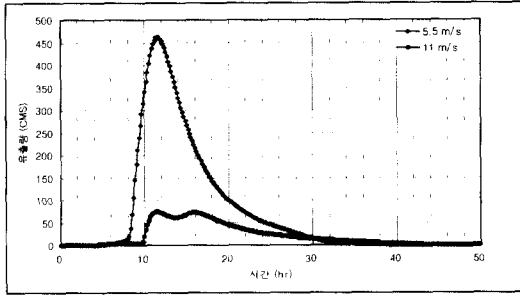


그림 18. E방향의 이동속도에 따른 유출변화

계 나누어져 있고 빠른 시간내 이동강우가 통과하면서 양쪽에서의 영향이 크기 때문에 일어나는 것으로 판단된다. 각 방향 모두 속도가 증가되기 이전에 비하여 1/5.5~1/7정도의 유출량에 머물고 있어 유출량에 큰 차이를 보였다. 또한 강우의 이동속도가 빨라지면 수문 곡선의 형태도 달라지며 두 번에 걸쳐 첨두값이 나타나는 곡선형태를 보이고 있다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 이동강우에 의한 유출특성을 규명하였다. 유출특성을 분석하기 위하여 HEC-1 프로그램이 사용되었으며 편리한 자료입력을 위하여 GIS가 활용되었다. 이동강우 특성 평가를 위한 적용대상유역으로는 경기도 이천시의 북하천 유역을 선정하였으며 춘양관측소에서 관측된 1999년 8월2일 16시와 19시의 강우자료를 이용하여 대상유역내 이동강우로 형상화하였다. 이동강우가 8개방향으로 이동함에 따른 영향을 검토한 결과 이동방향에 따라 첨두유량과 첨두유량에 도달되는 시간에 상당한 차이를 나타내었다. 대상 강우가 5.0m/sec의 이동속도에서 이동방향에 따른 첨두유량의 차이는 최대 116%의 차이를 보였고 강우시작 후 첨두유량에 도달되는 시간도 11.6%의 차이를 보였다. 이와 같은 이동강우를 각 방향에 대하여 해석하는 경우 엄청난 시간이 소요되나, GIS데이터를 구축하여 그 특성을 이용하는 경우 강우의 이동에 의한 유출을 모의하기 위한 많은 양의 데이터의 산출 및 처리 등에 따른 수작업과 시간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 유출변화를 좀더 효율적으로 분석 할 수 있었음을 본 논문을 통하여 확인하였다.

따라서 최근 홍수가 국지적인 현상을 띄우고 있고 시·공간적 변화특성을 갖는 강우임을 감안할 때 이와 같은 시·공간적 자료를 활용하는 홍수량해석 방법은 상

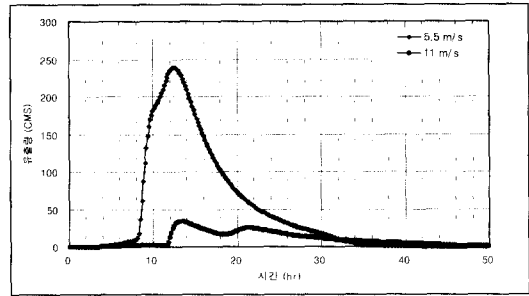


그림 19. S방향의 이동속도에 따른 유출변화

당한 효과를 거둘 수 있다. 특히, 홍수량 해석을 위하여 GIS를 활용한다면 효율적으로 유출량을 구할 수 있을 뿐만 아니라 해마다 일어나고 있는 자연재해인 홍수의 예방, 특히 도시하천의 홍수방지 및 하수관의 관리 등 수자원의 관리에 크게 도움을 줄 수 있는 정확한 모의가 이루어질수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- 고덕구, 박노혁 (1998). "GIS에 의한 강우의 시공간 분석." 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 690~695.
- 김경탁 (1998). GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구. 박사학위논문, 인하대학교.
- 최계운, 이희승, 안상진 (1992). "분포형 모델을 이용한 유역내 이동강우의 유출해석", 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제25권, 제1호, pp. 101~109.
- 함창학 (1996). 지형정보시스템(GIS)을 이용한 수문 지형정보 추출에 관한 기초적 연구, 박사학위논문, 충북대학교.
- David, A. E., (1994). "A Geographic Information System Procedure to Quantify Drainage Basin Characteristics", *Water Resources Bull.*, Vol. 30, No. 1, pp. 1~8.
- HEC, (1990). HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- James, J. M., and David, A. E., (1991). *An Automated Method to Quantify Physical Basin Characteristic*, USGS Water Resources Invert. Report 91-4034, pp. 558~561.

- Jenson, S. K., and Domingue, J. O., (1988). "Extracting Topographic Structure From Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 11, pp. 1593~1600.
- Marshall, R. J. (1980). "The Estimation and Distribution of Storm Movement and Storm Structure, Using A Correlation Analysis Technique and Rain-Gauge Data", *Journal of Hydrology*, Vol. 62, pp. 53~62.
- Niemczynowicz, J. (1984). "Investigation of the Influence of Rainfall Movement on Runoff Hydrographs Part I and Part II," *Nordic Hydrology*, Vol. 15, pp. 57~84.
- Niemczynowicz, J. and Dahlblom, P., (1984). "Dynamic Properties of Rainfall in Land", *Nordic Hydrology*, Vol. 15, pp. 9~24.
- Richardson, J. R. (1989). *The Effect of Moving Rainstorms on Overland Flow Using One-Dimensional Finite Elements*, Ph. D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Co.
- Warwick, J. J., Hanes, S. J., and Dickey, R.O. (1991). "Integration of an ARC/INFO GIS with HEC-1", *Water Resour. Plang. Mgmt., and Urban Water Reour., Proc. of the 18th Conf.*, pp. 1029~1033.

(논문번호:00-062/접수:2000.09.18/심사완료:2000.12.09)