

GIS를 활용한 이동성강우에 의한 유출특성 연구

최계운*, 강희경**

1. 서론

최근 엘니뇨현상을 비롯한 이상기후의 현상은 우리나라뿐 아니라 세계 곳곳에서 발생하고 있으며 이에 따른 문제점들이 제기되고 있다. 이러한 이상 기후의 현상으로 강우가 국지적이며 이동성 강우(moving storm)등의 현상을 자주 보이고있어 수자원의 관리에 많은 어려움을 주고 있다. 해외에서는 Niemczy-nowicz와 Dahlblom등(1984)이 강우의 이동이 유출에 미치는 영향에 대하여 연구한바 있으며, 국내에선 1992년 최계운 등이 이동강우를 해석하기 위하여 지표면 흐름과 하천망흐름으로 나누어 유출을 해석한 분포형 모델을 개발하였지만 국, 내외모두 이동강우에 의한 연구는 미진한 상태이다. 강우유출과정에 영향을 미치는 수문학적 특성인자들은 시간적, 공간적으로 다변성을 가지고 있으며, GIS는 이러한 특성을 잘 반영하여 유출을 해석하는데 효과적이라 할 수 있지만 이러한 강우유출을 해석하는데 있어서 아직 강우에 대한 시간적, 공간적특성을 반영하여 해석하는 일은 드문일이다. 따라서 본 연구에서는 최근 수자원 분야에서도 많이 이용하고 있는 종합적이고 체계적인 지형정보시스템(GIS)을 이용하여 소유역을 단위로 하여 기존의 전체유역을 일괄적으로 동일한 강우 데이터에 의해 유출량을 구하였던 것에 반해 GIS를 활용하여 강우의 이동에 의해 각 소유역의 강우값을 시간에 따라 각각 서로 다르게 입력하여 유출특성을 분석하였다.

2. 적용유역 및 적용모형의 선정

본 연구의 적용대상유역은 남한강의 지류인 북하천유역으로 유역면적이 161.9km², 유로연장이 25.16km으로 본 연구에서 선정 되었으며 경기도 이천시에 위치한 북하교 지점을 유역출구로 하고 있다. 대상유역의 1/50,000 지형도에서 등고선과 표고점 및 하천망을 디지털화 하여 등고레이어 파일(.DXF) 및 하천레이어 파일(.DXF)을 형성하여 ARC/INFO에서 Tin해석과 Grid해석을 이용하여 10m×10m 격자형 수치고도모델을 구축하였으며 지류를 중심으로 21개의 소유역으로 구분하여 각 소유역별 유역의 특성치를 구하였다. 본 연구에서 사용된 GIS소프트웨어는 ARC/INFO 및 ARC/VIEW를 사용하였고, 강우유출해석 모델은 HEC-1을 사용하여 유출량을 산정하였다.

3. 이동강우의 선정

3.1 강우사상의 선정 및 등우선도 작성

본 연구에서는 태풍 올가의 영향이 있었던 1999년 7월 30일부터 8월 4일까지의 전국 67개 강우 관측지점의 1시간단위의 강우자료를 사용하였으며, 그중 이동강우의 모델을 결정하기 위해 8월 2일 16시부터 23시까지의 등우선도를 작성하였다.

* 인천대학교 토목공학과 교수

** 인천대학교 토목공학과 석사과정

전국행정구역도의 외곽선을 따라 디지털화 한 전국지도의 (.DXF)파일과 전국 67개 강우관측 지점의 경위도좌표를 TM좌표로 변환한 후 각 관측지점의 1시간단위의 강우값으로 ARC/INFO 및 ARC/VIEW를 이용하여 등우선도를 작성하였다. 다음의 그림 1.은 1999년 8월2일 16시에서 23시 까지의 1시간 간격의 등우선도를 나타낸것이다.

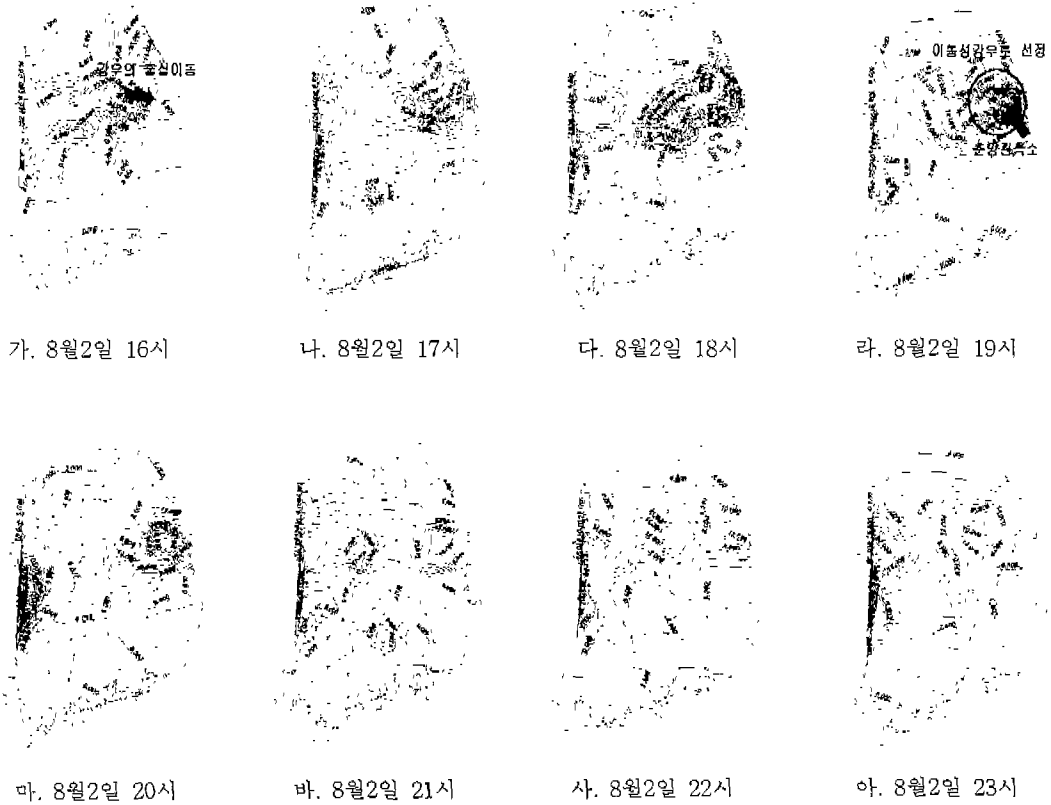


그림 1. 1999년 8월2일 16시 ~ 23시까지의 강우에 대한 등우선도

3.2 이동강우의 선정

앞의 그림1의 라.에 나타난 춘양관측소를 중심으로 그림1의 가.에서 표시한 것과 같이 강우의 중심이 시간에 따라 이동되고 있음을 볼 수 있으며 그림 1의 라.의 춘양관측소지점은 16시부터 각 시간에 따른 강우량이 1.0mm - 28.5mm - 41.0mm - 57.0mm - 39.5mm - 20.0mm - 11.0mm - 2.5mm를 나타내고있고 이를 잘 나타낸 위의 그림 1의 라. 에서와 같이 춘양관측소 지점이 19시인 57mm였을때의 강우를 중심으로 한 강우를 이동강우로 선정하고 이를 좀더 이상화시킨 강우를 적용대상구역인 이천유역에 적용하여 강우의 이동에 의한 유출변화를 살펴보았다.

3.3 대상유역의 이동강우의 적용

본 연구의 대상유역은 그림 2.와 같이 21개의 소유역으로 구분하였고 그 위치는 아래의 그림 3.과 같으며 그림 3.의 이상화시킨 이동강우는 처음 대상유역의 부근으로 이동시킨 후 방향에 따라 이동시켰다. 유역에 비해 강우가 상대적으로 크긴 하지만 실측치를 사용하였기 때문에 발생가능하다고 판단되며 적용하는데 문제가 없으리라 판단된다. 강우의 이동속도는 앞의 그림 1의 가. 에서와 같이 강우의 중심이 이동하여 그림 1의 라.에 표시된 강우중심이 춘양관측소에 위치할때까

지의 시간과 거리를 고려하여 약 5m/sec로 산정 하였으며 이는 태풍의 이동속도인 5m/sec ~ 17m/sec와 비교할 때 이를 적용하는데 있어 무리 없을 것으로 판단된다

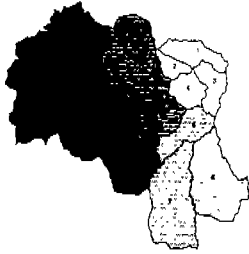


그림 2. 소유역 분할도

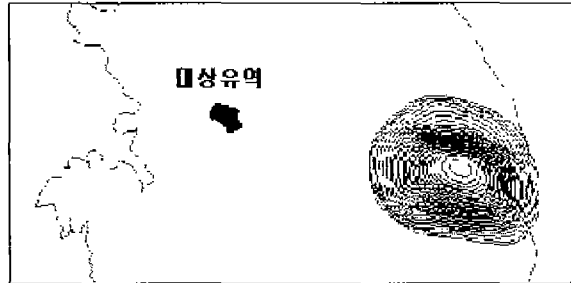


그림 3. 전국지도에 표시된 대상유역 및 이동성강우

4. 강우의 이동방향에 의한 유출변화

4.1 강우의 이동방향에 따른 강우변화

강우의 이동방향은 소유역 전체유역을 중심으로 상, 하, 좌, 우, 대각선 등의 8방향으로 이동하였고 그 이동방향은 그림 4와 같으며 그중 1번, 2번, 5번방향에 대한 이동변화를 그림 5와 같이 GIS를 활용하여 각 방향에 의한 1시간간격의 강우의 이동을 보여주고 있다.

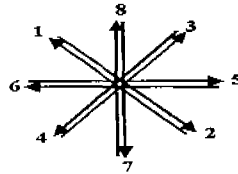


그림 4. 강우의 이동방향

가. 1번방향



나. 2번방향



다. 5번방향



그림 5. 1, 2, 5번 방향으로 강우의 이동상태

위의 그림과 같이 강우의 이동방향에 따라 소유역별 시간에 따른 강우의 값은 서로 다르게 나타났으며 그림의 진한부분이 강우강도가 큰 값이며 그림이 작아 잘 보이지는 않지만 진한부분도 시간에 따라 강우강도의 값은 서로 다른값을 나타낸다. 다음의 표 2와 표 3은 그림 5의 가와 나.의 결과로 1번방향과 2번방향의 소유역별 시간에 따른 강우량의 변화값이다.

표 2. 1번방향으로 이동에 의한 소유역별 강우량
(단위 mm)

시간 소유역	1	2	3	4	5	6	7	소유역별 총강우량
1	4.17	22.98	52.20	54.36	37.16	11.51	0.00	182.39
2	3.77	24.16	52.61	54.21	38.42	12.53	0.00	185.69
3	6.70	28.22	54.07	53.85	33.90	8.87	0.00	185.62
4	5.96	28.22	54.00	54.00	35.56	10.38	0.00	188.11
5	7.99	33.54	54.22	52.11	32.48	8.30	0.00	188.65
6	12.10	40.19	55.21	49.16	26.47	4.86	0.00	188.00
7	11.70	37.60	53.74	47.92	26.20	5.10	0.00	182.26
8	7.02	31.83	54.00	52.58	34.00	10.00	0.00	189.44
9	4.19	26.53	52.83	54.08	37.94	12.52	0.00	188.10
10	1.22	22.13	50.24	54.42	41.21	16.06	0.00	185.28
11	0.37	19.17	49.49	55.90	42.76	16.88	0.00	184.57
12	4.82	27.74	52.23	53.83	37.02	12.10	0.00	187.75
13	6.00	30.57	53.79	52.29	34.16	10.00	0.00	186.80
14	7.96	32.39	53.24	50.92	31.87	8.50	0.00	184.89
15	7.08	30.14	51.91	50.46	31.94	8.93	0.00	180.46
16	5.99	28.92	52.01	52.49	35.70	10.89	0.00	186.00
17	5.16	27.76	51.99	52.40	36.19	11.92	0.00	185.41
18	3.40	24.95	49.41	51.47	35.92	12.03	0.00	177.17
19	1.83	23.70	49.97	53.81	39.69	14.71	0.00	183.72
20	0.00	16.94	46.22	55.47	45.24	20.56	0.98	185.41
21	0.07	19.10	45.48	52.80	41.10	17.14	0.47	176.16

표 3. 2번방향으로 이동에 의한 소유역별 강우량
(단위 mm)

시간 소유역	1	2	3	4	5	6	7	소유역별 총강우량
1	0.00	10.05	34.67	53.38	48.75	19.67	3.96	170.49
2	0.00	11.16	36.81	54.00	50.54	20.77	3.68	176.95
3	0.00	7.86	31.71	52.29	52.21	24.26	6.42	174.75
4	0.00	9.24	34.26	53.81	52.78	24.48	5.74	180.31
5	0.00	7.80	32.17	52.65	54.43	30.94	7.83	185.82
6	0.00	4.38	26.73	49.91	56.00	39.12	11.12	187.26
7	0.00	5.55	27.76	49.83	54.91	38.57	11.15	187.77
8	0.00	9.43	34.03	54.00	54.00	29.18	6.28	186.92
9	0.00	11.75	37.51	54.37	52.37	23.45	4.11	183.56
10	0.00	15.44	41.58	56.00	50.14	19.56	0.72	183.43
11	0.00	15.61	41.75	55.97	47.13	16.84	0.19	177.49
12	0.00	11.94	37.72	54.08	53.31	25.87	4.57	187.49
13	0.00	10.00	35.48	54.00	54.00	29.65	6.00	189.13
14	0.00	9.13	33.11	52.43	54.00	32.83	7.56	189.06
15	0.00	9.89	34.04	52.58	53.45	31.20	6.84	188.00
16	0.00	11.64	36.49	54.00	54.00	28.51	5.82	190.46
17	0.00	12.00	37.68	54.00	52.33	27.39	4.41	187.84
18	0.00	13.37	38.32	53.61	51.10	25.46	3.24	185.09
19	0.00	15.34	40.82	54.71	50.88	22.50	1.71	185.96
20	0.51	20.44	45.91	56.00	45.84	15.14	0.00	183.84
21	0.58	18.76	43.38	54.61	46.90	18.83	0.10	183.15

4.2 이동방향에 의한 유출변화 비교

앞의 그림결과에 따라 강우의 이동방향에 따른 유출변화를 HEC-1모형을 사용하여 모의한 결과 각 방향에 따른 유출변화는 다음과 같다.

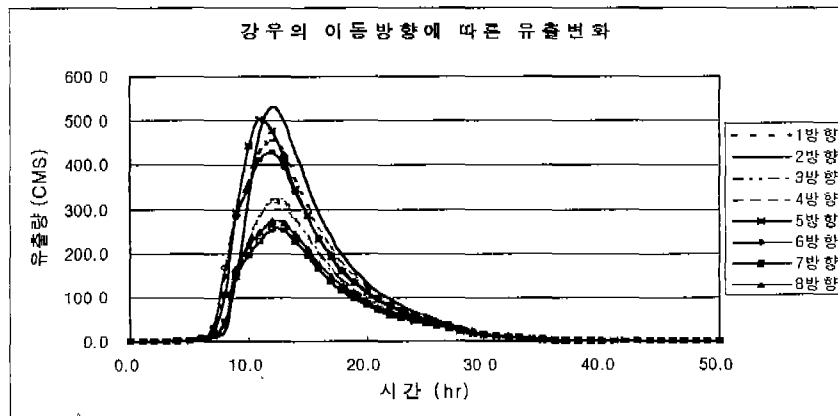


그림 6. 강우의 이동방향에 따른 유출변화

유역내에 같은 강우가 이동한다해도 방향에 따라 유역의 길이가 서로 다르므로 이동에 걸리는 시간도 서로 달라 각 방향에 따른 침투유출량은 위의 그림6.과 같이 서로 다르게 나타남을 볼 수 있으며 가장 큰 침투유출량은 대각선 방향인 2번방향으로 531.9m³/sec, 가장 작은 값은 7번방향인 256.01m³/sec로 큰 차이를 보이고 있다. 다음의 표 4.는 각 방향에 따른 침투유출량을 비교한 것이다.

표 4. 이동방향에 따른 침투유출량의 변화 (단위 : CMS)

이동방향	1번방향	2번방향	3번방향	4번방향	5번방향	6번방향	7번방향	8번방향
침투유출량	458.87	531.90	320.24	319.73	502.65	428.77	256.01	272.78

위의 표 4.에서와 같이 각 방향에 따른 침투유출량의 차이는 서로 다르며, 이는 방향에 따라 유역의 길이와 각 소유역별 유역의 경사 및 지체시간 등의 유역특성치로 인한 차이로 판단되며 21번 소유역에서 1번지점인 유출구지점방향으로 강우가 이동될때인 5번방향의 침투유출량의 값은 502.6m³/sec로 큰 값을 보이고 있으며 침투유출까지 도달되는 시간도 다른 방향보다 1시간이나 빠르게 나타났다.

5. 이동강우의 이동속도에 의한 유출특성

본 연구에서는 앞의 강우의 이동에 따른 유출량이 다르게 나타남에 따라 1번, 3번방향과 하천의 흐름방향과 유사한 5번방향으로 강우가 이동될때의 이동속도와 침투유출량이 가장 작은 7번방향으로 강우가 이동될때의 이동속도를 각각 10m/sec로 증가 했을때의 유출변화를 살펴보았으며 아래의 그림 7.에서 그림 10.은 각 방향에 따라 이동속도를 5m/sec 에서 10m/sec로 증가시킨 유출변화를 모의한 것이다.

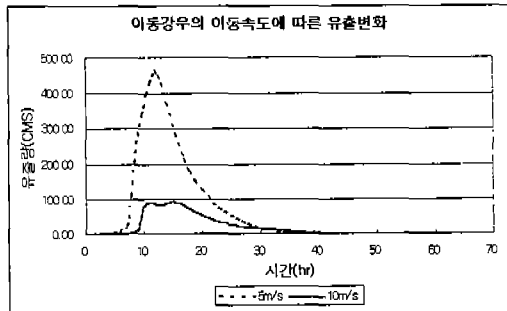


그림 7. 1번방향에서 이동속도에 따른 유출변화

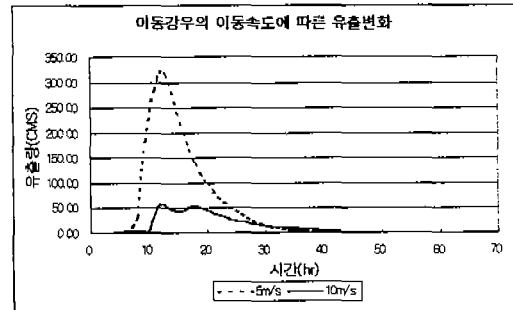


그림 8. 3번방향에서 이동속도에 따른 유출변화

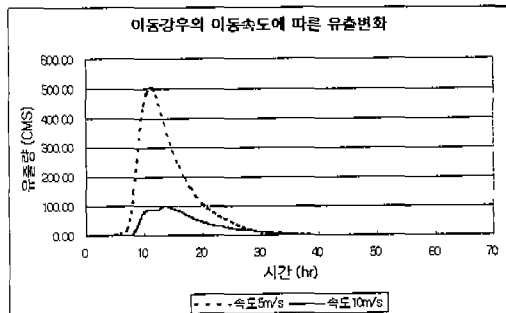


그림 9. 5번방향에서 이동속도에 따른 유출변화

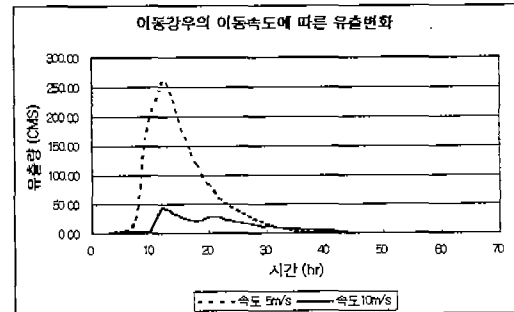


그림 10. 7번방향에서 이동속도에 따른 유출변화

앞의 그림에서와 같이 속도 5m/sec에서 10m/sec로 증가했을 때 강우의 속도가 빠르므로 유역을 통과하는 시간이 빨라져 2~3시간 정도였으며, 첨두유출량은 작아져 그 차이는 네방향 모두 약 5~5.8배정도의 차이를 보였다.

6. 결론

본 연구에서는 최근 수자원분야에서도 많이 이용되고 있는 GIS를 활용하여 강우의 이동방향 및 이동속도에 따른 유출변화를 모의 하였으며 강우의 이동변화에 따라 유출의 변화도 큰 차이를 보였다. 기존의 강우유출해석은 동일한 강우에 대해 유출량을 산정하였지만 최근의 강우는 이상기후 및 국지적 강우 등을 보이고 있어 이러한 특성을 반영하여 유출을 해석해야 하며 GIS를 활용할 경우 좀 더 빠르고 능률적으로 분석하는데 도움이 되리라 판단된다.

이와같이 GIS기술이 더욱 발달되고 기상자료 등의 이용이 용이하게 되면 이를 활용하여 실시간데이터 등을 이용한 강우의 이동 및 변화 등에 따른 유출특성을 분석하여 도시하천의 홍수방지 및 하수관의 관리 등에 이용하여 좀더 효율적으로 유출량을 산정하거나 보다 효과적인 수자원의 관리에 도움을 주리라고 판단된다.

7. 참고문헌

- ESRI (1991). Surface Modeling with TIN. Redland CA., ESRI Inc..
- Niemczynowicz, J. and Dahlblom, P. (1984). "Dynamic Properties of Rainfall in Land." Nordic Hydrology, Vol. 15, pp.9-24.
- Raudkivi, Arved J. (1979). "Hydrology", Pergamon Press.
- 권오현 (1995). 수자원공학, 도서출판새론.
- 고덕구, 박노혁 (1998). "GIS에 의한 강우의 시공간 분석", 한국수자원학회 학술발표회논문집, pp.690-695.
- 김경탁 (1998). "GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구", 인하대학교.
- 선우중호 (1996). 수문학, 동명사.
- 서규우, 배덕효, 심재현, 이제준 (1996). "유역개발에 따른 도시하천에서의 유출량 및 도달시간 변화에 관한 연구." 한국수자원학회, pp. 207~216.
- 서규우, 허준행, 조원철 (1996). "도시화에 따른 유출영향분석 및 침수저감대책에 관한 연구." 대한토목학회, pp. 421~431.
- 윤용남 (1986). 공업수문학, 청문각.
- 원승연, 윤용남 (1993). "도시유역의 홍수량 산정을 위한 도시유출모형 연구." 대한토목학회, pp. 153~146.
- 최계운, 이희승, 안상진 (1992). "분포형 모델을 이용한 유역내 이동강우의 유출해석." 한국수자원학회논문집, 제25권, 제1호, pp.101-109.
- 한국회, 이길춘 (1996). "도시화 유역에서의 홍수 유출 특성." 한국수자원학회, pp. 153~161.
- 함창학 (1996). "지형정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구", 충북대학교.