

빗물 저류 및 침투를 위한 적합도 개발 연구

Development of Suitability map for Rainwater Storage and Infiltration

김영민*, 김이호**, 이상호***

Youngmin Kim, Reeho Kim, Sangho Lee

요 지

빗물관리시설은 강우, 증발량 등 기상조건과 집수면의 토지이용 및 토양 특성에 영향을 받으므로 대상지역의 조건에 따라 설치가능 여부, 시설 규모 등에 차이가 있다. 따라서 빗물관리시설의 계획 수립 시에는 대상지역의 기상, 지형특성을 종합적으로 검토할 필요가 있으며, 이는 시설의 효율적인 활용을 위해 필수적이다.

본 연구에서는 GIS 공간분석 기능을 통해 대상 지역의 강우-유출특성, 지형 공간 특성을 고려하여 빗물관리 포텐셜을 분석하였다. 빗물관리 포텐셜은 저류시설을 통해 확보하거나 침투시설로 침투시킬 수 있는 잠재적인 능력을 말한다. 저류 포텐셜은 잠재 지표면 유출량(Runoff potential)으로 산정하였으며, 침투 포텐셜은 일반화된 Green-Ampt 모델에 따라 산정하였다. 산정한 저류 및 침투 포텐셜의 크기, 제약조건인 경사도 등급에 따라 빗물관리 적합도(Suitability map)을 도출하였다.

향후 본 연구의 물리적 변수뿐만 아니라 사회경제적 인자, 빗물관리가 어려운 제약조건들을 추가로 고려한다면 빗물관리시설의 적지 선정에 활용도가 높을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 빗물, 빗물관리, 의사결정지원, 적합도, Suitability map

1. 서 론

빗물관리시설의 계획 수립 시 대상지역의 기상 및 지형특성을 종합적인 검토를 위해서 GIS를 활용한 공간 분석 기법을 활용한 연구가 진행되고 있다. 미국의 경우 잠재 지표면 유출량(Runoff potential), 지하수 개발가능량(Groundwater harvesting potential)의 크기와 비용편익 분석을 통해 물 확보를 위한 적지선정에 활용한 바 있다(I. Sekar et al., 2007). 남아프리카에서는 80% 초과확률 강우 등의 물리적 변수, 생태 변수, 상하수도 미급수 지역 등 사회환경적 변수 및 기타 제약조건 등을 고려함으로써 지역 내의 빗물관리를 위한 적지 선정 연구를 수행한 바 있다(J. Mwenge Kahinda et al., 2008). 탄자니아에서도 다양한 빗물이용시설(Ndiva, stone terraces 등)에 대한 지형공간 정보의 영향을 평가하고 가중치를 두어 대상 지역에 적합 빗물 이용시설을 제시한 바 있다(B. P. Mbilinyi et al., 2007).

각 연구에서는 빗물관리의 목적, 활용 가능한 빗물관리시설의 종류, 경제-산업적 특성에 따라 고려사항 및 제약조건에 차이가 있다. Kahinda는 상하수도시설을 공급받지 못하는 경우와 비 경제활동 인구 등의 영향을 고려하고 있으나, 국내의 경우에는 상하수도 보급률이 높으므로 이에 대한 고려는 필요하지 않은 것으로 판단된다. 또한 타 연구에서는 도시 지역 불투수 지역을 제약조건으로 설정하여 배제하고 있으나, 도시지역의 물순환 전진화를 도모하기 위해 장치형 침투시설과 녹지 등 지표면 침투시설을 다양하게 활용하는 국내 여건 상 제약조건으로 설정하여 배제하는 것은 적절하지 않다.

따라서 본 연구에서는 대상지역의 강우-유출특성과 지형공간 특성만을 고려하여 빗물관리 적합지역을 분석하였다. 제약조건은 대상지역의 경제, 사회 및 문화적 특성에 따라 추가로 고려하여 분석에 활용할 수 있

* 한국건설기술연구원 연구원· E-mail : forme4u@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 책임연구원· E-mail : rhkim@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 책임연구원· E-mail : s-lee@kict.re.kr

으므로 강우-유출, 지형공간 특성만으로도 빗물관리시설 계획, 설계를 위한 기초자료로 활용이 가능하리라 판단된다.

2. 지형공간자료 구축

빗물관리시설 적합도(suitability map) 분석을 위해 서울지역을 대상으로 토양도, 토지이용도, DEM 등의 지형공간 기본도를 구축하였다. 토양도는 산림청 정밀토양도, 토지이용도는 수자원종합정보시스템(WAMIS), DEM은 USGS DEM 등 1:50,000 축척의 자료에서 서울지역을 추출하였다. 대상지역의 격자크기는 100×100m로 설정하여 분석하였으며, 아래에 같이 대상지역의 토지피복도와 토양도 기본도를 구축하였다.

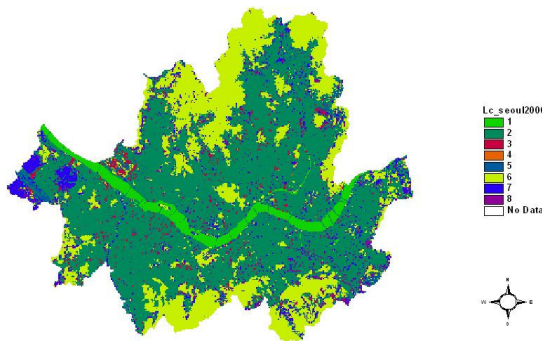


그림 1. 토지피복도

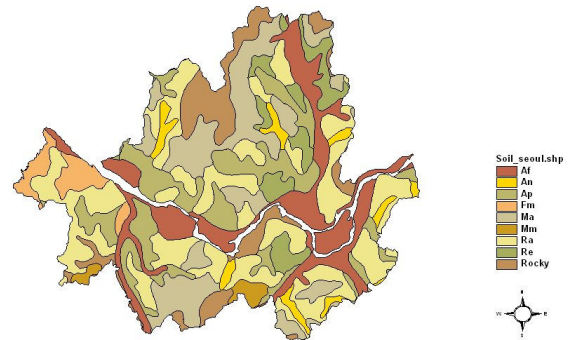


그림 2. 토양도

3. 빗물관리 포텐셜 산정

빗물관리 포텐셜은 저류시설을 통해 확보하거나 침투시설로 침투시킬 수 있는 잠재적인 능력을 말한다. 저류 포텐셜은 잠재 지표면 유출량(Runoff potential)으로부터 산정하였으며, 침투 포텐셜은 WEP 모형에서 활용하는 일반화된 Green-Ampt 모델에 따라 산정하였다. 각 층의 적산 침투량은 토양층의 두께와 토양수분량의 변화의 곱으로 나타냄으로 정밀토양도의 토양통에 따른 유효 토심과 포화수분량(Saturated moisture content)을 곱하여 산정하였다.

각 격자별 잠재 지표면 유출량은 단일 호우사상에 대한 유효우량 산정방법인 SCS-CN 방법을 활용하여 산정하였다. 총강우량으로부터 유출에 기여하는 유효우량은 토지이용 및 토양도에 따라 유출곡선지수 CN을 결정하여 아래 식으로 산정하였다. 선행토양함수조건은 유출률이 보통인 AMC-II 조건으로 하였다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

여기서, Q : 유효우량(mm), P : 총강우량(mm), S : 최대잠재보유수량(mm)

각 격자별 잠재 지표면 유출량은 각 격자에서 발생 가능한 유출량을 나타내므로 유출량의 크기에 따라 저류시설의 효율에 영향을 미칠 수 있다. 즉, 잠재 지표면 유출량이 클수록 확보 가능한 양이 증가하므로 물이용 측면에서 긍정적이라고 할 수 있다.

격자별 침투포텐셜 산정을 위해서 한국토양정보시스템의 토양통 자료로부터 각 토양통에 따른 유효깊이, 토양 종류를 활용하였다. 토양 종류에 따른 포화 수분량은 아래 표와 같으며, 산정한 빗물관리 포텐셜은 아래 그림 3~4에 나타내었다.

표 1. 토양 종류별 포화 수분량(Yangwen Jia, 1997)

토양 종류	포화수분량	토양 종류	포화수분량
loamy sand	0.39	sandy clay loam	0.374
sand	0.375	clay loam	0.442
sandy loam	0.385	silty clay loam	0.482
loam	0.399	sandy clay	0.385
silt	0.489	silty clay	0.481
silt loam	0.439	clay	0.459

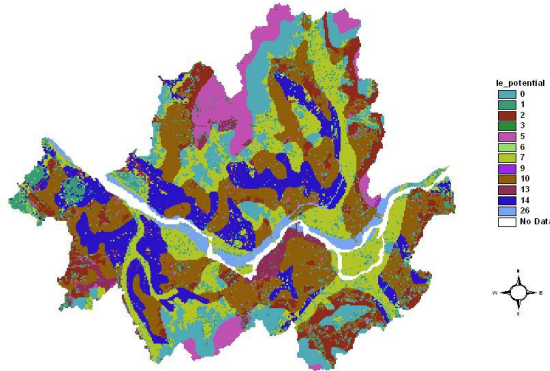


그림 3. 서울지역 저류 포텐셜(mm)

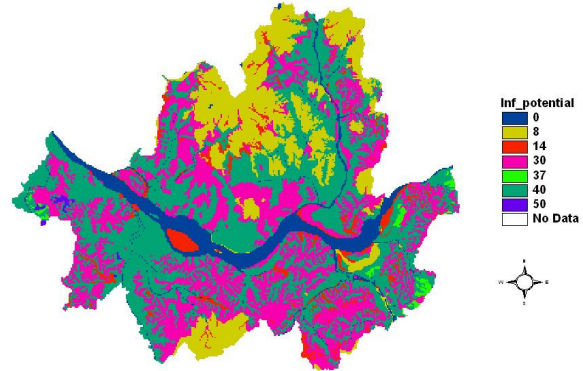


그림 4. 서울지역 침투 포텐셜(cm)

4. 빗물관리 적합도 분석

4.1 빗물관리 등급 결정

산정한 저류 및 침투포텐셜 값의 크기에 따라 표 2와 같이 5등급으로 나누었으며, 제약 조건인 표면 경사는 USGS DEM으로부터 Arcview GIS 3.3에서 산정하였으며, 선행연구와 같이 등급을 나누었다(B. P. Mbilinyi, 2007). 등급이 높을수록 포텐셜이 크므로 빗물관리에 긍정적이다.

표 2. 변수 별 등급 기준

등급	저류포텐셜(mm)	침투포텐셜(cm)	표면 경사(degree)
1	0-5	0-10	18-30이상
2	6-10	11-20	10-18
3	11-15	21-30	5-10
4	16-20	31-40	2-5
5	21-26	41-50	0-2

4.2 빗물관리 적합도 분석

서울지역의 각 격자별 저류, 침투 및 경사도 등급을 산술적으로 합산하여 빗물관리 적합지를 도출하였다. 선행연구에서는 각 변수별 중요도에 따라 다기준 의사결정기법을 활용하여 가중치를 적용하였으나, 본 연구에서는 동일 가중치를 부여하였다. 그림 5는 동일 가중치에 따라 저류, 침투 및 경사도 등급을 합산한 빗물관리 적합도이며, 그림 6은 빗물관리 등급이 high, very high인 지역만을 추출하여 나타내었다.

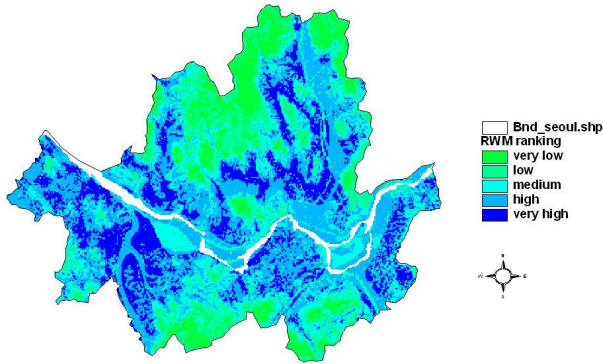


그림 5. 대상지역 빗물관리 등급

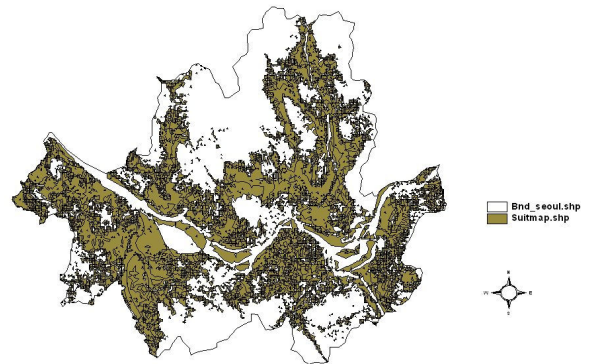


그림 6. 대상지역 빗물관리 적합도

5. 결 론

본 연구에서는 서울지역의 강우-유출특성과 지형공간 특성만을 고려하여 빗물관리 적합지역을 분석하였다. 제약조건은 대상지역의 경제, 사회 및 문화적 특성에 따라 추가로 고려하여 분석에 활용할 수 있으므로 빗물관리시설 계획, 설계를 위한 기초자료로 활용이 가능하리라 판단된다.

서울지역 이외 지역의 빗물관리 기본정보를 제공하기 위해서 타 지역에 대한 적합도 구축이 필요할 것으로 판단되며, 향후 각 변수에 대한 가중치를 산정하여 적용할 필요가 있다. 전술한 바와 같이 본 연구에서는 경사 이외에 다른 제약조건은 고려하지 않았으므로, 빗물관리시설의 계획, 설계 시에는 대상지역의 여건을 고려하여 빗물침투가 어려운 건물, 도로 등 교통시설 등의 제약조건을 추가로 고려하여 빗물관리 적지 선정에 활용하는 것이 바람직하다.

감 사 의 글

상기 논문은 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적인 확보기술개발사업단의 우수 저류 및 활용 시스템 적용(과제번호 : 4-3-3)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 과학기술부(2007), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 2단계 최종보고서
2. 교육과학기술부(2009), 우수 저류 및 활용 시스템 적용 3단계 2차년도 요약보고서
3. I. Sekar et al(2007), Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems, *Journal of Hydrology* 334, p39-52
4. J. Mwenge Kahinda et al.(2008), Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa, *Physics and Chemistry of the Earth* 33, p788-799
5. B.P. Mbilinyi et al.(2007), GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting, *Physics and Chemistry of the Earth* 32, p1074-1081