

# 도시 물순환 회복을 위한 LID기법 적용 및 효과 분석

김희년\* · 김진우\*\*

\*한양대학교 도시대학원 박사과정 · \*\*한양대학교 도시대학원 교수

## I. 서론

1950년대에는 세계인구의 약 30%가 도시지역에 거주하였으나, 2018년에는 약 55%로 증가하였고, 2050년에는 세계인구의 약 68%가 도시지역에 거주할 것으로 추정된다(UN, 2018). 우리나라의 경우, 도시 거주인구는 약 90%에 이르렀으며, 도시화는 앞으로도 더욱 증가할 것으로 전망되고 있다.

도시의 확장은 불투수면의 증가를 가져오고, 상대적으로 산림, 농경지, 습지 등의 감소로 인해 투수-불투수면적간 심각한 불균형을 초래한다. 우리나라 전국 불투수 면적은 1970년대 3%에서 2012년 7.9%로 나타나 1970년과 비교해 보면 2.63배의 높은 증가 추세를 보이고 있다(환경부 외, 2013).

이러한 변화는 기후변화 양상과 함께 도시개발 후 침투유량 증가 및 이에 따른 홍수 피해 증가, 하천 유량 감소, 수질오염, 생태계 변화, 도시열섬현상 등을 초래하게 된다(국립환경과학원, 2014). 도시화로 인해 불투수면이 증가하면서 초래되는 여러 가지 물순환 왜곡현상을 회복하기 위해 저영향개발(LID: Low Impact Development) 기법이 새로운 대안으로 제시되고 있다(환경부 외, 2016). 국외의 경우, 미국, 독일 등 선진국은 물순환 도시 조성을 위해 녹지를 보전하고 강우 유출수를 발생원에서 관리하여 개발이전의 수문학적 특성을 유지하거나 회복시키는 LID 기반의 물관리 정책을 추진하고 있다. 우리나라도 LID 기반의 도시조성에 대한 필요성이 증가하고 있으나, 이를 실현하기 위한 구체적인 계획기법 및 기술들이 정립되어 있지 않은 상황이며, LID 기반 도시조성을 위한 연구가 시급히 이루어져야 한다(한국수자원공사, 2012). 이를 위해서는 우선적으로 빗물관리 목표량을 설정하여야 하며, 해당 목표량을 달성하기 위한 LID 기술 요소 도입방안을 제시하여야 한다(환경부 외, 2016).

이에 본 연구의 목적은 '부여규암지구 친수구역'을 대상으로 도시 물순환 복원을 위한 기술요소 도입방안 및 우수 관리 목표량을 설정하고, 이를 모의프로그램을 활용하여 LID 적용 효과를 정량적으로 검증하는데 있다.

## II. 이론적 배경

미국 환경보호청(EPA: Environmental Protection Agency)

에서는 LID를 외부로 유출되는 우수를 포착·저류하기 위하여 고안된 경관 설계기법으로서 GI, IMPs, SUDs, SCMs라고도 한다. LID는 분야에 따라 접근과 목표를 조금씩 달리하고 있으나, 수문 환경적 영향을 이전의 상태로 회복시키거나 또는 이전 상태로 유지하는 계획 및 설계기법을 LID라고 한다(문석기외, 2018). LID 기법은 크게 침투시설, 식생형 시설, 빗물이용시설로 나눌 수 있으며(환경부 외, 2016), 침투시설에는 침투트렌치, 침투도랑, 침투측구 등이 있으며, 식생형 시설에는 식생수로, 빗물정원 등이 있고, 빗물이용시설에는 빗물통 등이 이에 해당된다.

LID 기법을 적용함에 있어 토지이용의 변화와 세부설계 기술 적용에 따른 비점오염원의 부하량, 침투유량, 표면유출량 개선 등의 효과를 추정하기 위해서는 적절한 수리수문학적 시뮬레이션 모델이 필요하다(KEI, 2010). 현재 다양한 유역모델이 도시, 비도시 및 농업지역 등의 적용대상과 모델의 특성과 한계 등을 고려하여 개발되고 있으며, SWMM(Storm Water Management Model)은 도시지역의 유출유량과 수질을 예측하기에 적당한 모델로 개발 및 사용되고 있으며(이혜원 외, 2015), 도시유역뿐만 아니라, 비도시유역에 적용할 수 있으며, 단일 및 연속강우에 의한 모의가 가능하고 배수구역의 크기에 상관없이 적용이 가능하다(한양희 외, 2015). SWMM 모형은 1971년 미국 EPA의 지원 아래 Metcalf & Eddy사가 개발한 것으로, 2011년에는 LID 기술을 모의할 수 있는 SWMM-LID를 공개하였다(한양희 외, 2015). SWMM-LID를 활용하면, 식생체류지, 빗물정원, 옥상녹화, 침투트렌치, 침투포장, 빗물탱크, 분리낙수통, 식생수로 등 LID 기법을 모의할 수 있다(Rossmann 외, 2016).

## III. 선행연구 고찰

LID 적용 및 그에 따른 분석에 관한 선행 연구를 살펴보면(Table 1 참조), LID 기법 적용을 통한 유출량 등 단순효과 분석 및 강우데이터는 특정일 또는 짧은 기간의 강우데이터를 근거로 분석하고 있는 한계점이 있다. 도시 유역관점에서의 특성을 고려한 다양한 물관리 목표량 선정방안을 모색·적용하여 분석이 이루어질 필요가 있으며, 해당지역의 장기간(30년 이상)의 강우기록을 근거로 강우분석을 실시하여 강우분포 등을 고려하여 효과분석에 적용할 필요가 있다.

Table 1. LID 적용 및 분석에 관한 연구

저자	주요 내용
서주환 외(2013)	공동주택단지내 LID 기술적용 효과 분석 → 목표량 5mm 적용, 10년 강우데이터, 33.3~38.9% 저감 효과
이혜원 외(2015)	불투수면 변화에 따른 침투유량 변화 영향 → 특정일 강우 적용, 불투수면적 90%에서 50%로 변화 가정, 40% 감소
한양희 외(2014)	관평천 상류지역 개발을 가정하여 LID 적용 효과 분석 → 유출량 증가 및 오염부하량 저감을 산정
정종석 외(2018)	연구원내 소유역의 LID 시설평가 → 10년 강우, 25.6% 절감
백종석 외(2018)	LID 물순환 개선효과 및 편익 산정 → 10년 강우데이터, 설치 15년 이후부터 투자대비 편익비용 커짐

## IV. 연구방법

본 연구는 '친수구역 활용에 관한 특별법'에 의거 친수구역으로 지정된 '부여구암지구 친수구역'을 대상으로 진행한다. 해당 지역은 친수구역 지정 특성상 국가하천에 인접하고 있어 개발에 따른 불투수면 증가로 하천홍수량 증가, 우수유출량 증가 등 개발이 수순환에 미치는 영향이 직접적이고 큰 것으로 판단되어 선정하였다. 특히 이곳은 수변 지역으로 대부분 농촌의 미개발 지역이 해당되고, 개발에 따른 물순환 왜곡이 크게 일어날 가능성을 내포하고 있어 LID 기법 등을 통한 우수유출 관리가 중요한 지역이다.

주요 연구내용으로는 LID 배경, 정의, 구성요소 및 적용사례 등 이론을 고찰하고, SWMM-LID의 모의기법 및 매개변수 설정, 적용방법에 대해서 분석한다. 도시 물순환 회복을 위한 우수 관리 목표량을 설정하는 방법 및 관련 규정, 제도 등을 분석하여 대상지에 적합한 우수 목표량을 설정하고, 이는 인근 부여관측소의 30년 이상 관측된 시강우자료 분석결과인 확률강우량, 강우강도, 백분위수 강우 등 강우분석을 통해 설정한다. LID 기법의 특성 및 토지이용 현황에 따라 적절한 LID기법을 선정하여 계획하고, SWMM-LID를 이용하여 개발전과 개발후, LID 적용 전과 적용후 등 다양한 시나리오를 기반으로 유역 유출 모의를 시행하여 LID를 통한 도시 물순환 회복의 효과성을 정량적으로 검증한다.

## V. 결과 및 고찰

부여관측소 45개년(1973~2017년) 시강우 자료를 분석한 결과, 재현기간별-지속시간별 확률강우량은 Table 2와 같으며, 이를 바탕으로 강우의 시간분포, 재현기간별, 지속시간별 다양한 강우시나리오, 유효유량 분석을 통해 개발 후 총 유출량, 침투유출량의 변화 등을 SWMM으로 분석한다. 합리식에 의한 30년

Table 2. 지속시간별 확률강우량 (일부)

재현기간	지속시간별 확률강우량(mm)									
	10	60	120	180	240	360	540	720	1,080	1,440
2	16.1	45.7	60.8	72.4	81.3	95.1	109.0	118.4	130.7	138.6
5	21.2	62.0	81.5	96.9	108.3	125.6	147.9	161.3	176.1	187.9
10	24.5	72.8	95.1	113.1	126.2	145.8	173.7	189.7	206.1	220.5

빈도 홍수량( $m^3/s$ )은 개발전  $3.39m^3/s$ 에서  $5.90m^3/s$ 로 약 74%가 증가하는 것으로 나타났다.

우수관리 목표량 설정방법은 비점오염 저감을 위한 목표량, 백분위수 분석을 통한 목표량, 개발 전후의 수문분석을 통한 목표량 설정으로 구분할 수 있으며, 환경부는 비점오염 저감을 위해 누적유출고 5mm를 규정하고 있으며, 울산시의 경우 85 백분위수 강우량 25mm로 설정하였고, 서울시의 경우에는 연평균 강우(1,550mm)의 40%에 해당하는 620mm를 연간 빗물관리 목표량으로 설정하고 있다. SWMM-LID로 다양한 시나리오분석을 통해 목표량을 달성하기 위해 필요한 LID 규모 및 면적은 산정될 수 있다.

## VI. 결론

도시 불투수면 증가에 따라 도시 물순환왜곡은 점차 심화되고 있으며, 이에 대한 해결책으로 LID가 적용되고 있는 지금, LID 기법의 효과를 SWMM-LID를 활용하여 검증함으로써 LID 도입에 대한 타당성과 근거를 제시하고 물순환도시 정책 수립에 기초자료를 제시한다. 한편, 우리나라는 LID 도입 초기 단계에 있으며, LID를 정착시키고 적용을 확대하기 위해서는 법·제도적 개선이 필요하다고 판단된다.

### 참고문헌

1. 국립환경과학원(2014) 불투수면 유출특성 조사 및 관리목표 설정연구.
2. 문석기 외(2018) 도시페러다임 변화와 조경, 금강출판.
3. 이혜원 외(2015), SWMM 모형을 이용한 시화호 유역의 강우 유출 특성 분석에 관한 연구, 대한환경공학회지.
4. 한양희 외(2015), SWMM 모델을 이용한 지속 가능한 도시 소하천 관리를 위한 LID 기법의 적용방안 연구, 대한환경공학회지.
5. 한국수자원공사(2012) 수변구역 LID 적용 마스터플랜 수립.
6. 한국환경정책평가연구원(KEI) (2010) 수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용방안 및 효과.
7. 환경부 외(2013) 전국 불투수면적율 조사 및 개선방안 연구.
8. 환경부 외(2016) 저영향개발(LID)기법 설계 가이드라인.
9. Rossman, Lewis A. and Wayne C. Huber(2016) Storm Water Management Model Reference Manual Volume III, EPA.
10. United Nations(2018) World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.