

도시 오픈스페이스의 저영향개발(LID) 도입방안 연구

심주영

서울연구원 안전환경연구실

I. 서론

세계적으로 기후변화에 따른 위기는 도시에서의 환경적 변화뿐만 아니라, 도시민의 삶의 질과 안전까지 위협하고 있다. 세계적으로 지속가능한 도시를 위한 노력이 요구되고 있으며, 국내에서도 도시의 환경 건전성을 반영하려는 국토정책의 동향에 발맞추어 도시계획 관련제도에 환경적 지속성을 강구하려는 노력으로 2000년 7월 도시계획 법률을 개정하여 환경적 건전성과 지속가능성을 도시계획의 이념으로 명문화하였다(양병이, 2001). 그러나 도시계획에서 규제·권장하고 있는 환경계획 요소들은 단발적인 개별 요소의 차원에 그치고 있어, 실제로 도시의 환경적 건전성을 담보하지 못하고 있다.

최근 도시재생 및 재개발(urban renewal and redevelopment)에서 등장하고 있는 저영향개발(Low Impact Development; LID)은 도시계획과 환경계획의 통합적 접근을 전제로 하며, 더 적은 비용과 에너지를 투입하여 생태적으로 더 많은 안정성을 가질 수 있다는 측면에서 주목받고 있다. 저영향개발(LID)은 1990년대 후반 지역의 최적관리기법(BMPs, Best Management Practices)의 일환으로 개발지역의 건전한 물순환 체계를 구축하기 위한 시도로 확립되었다. 국내에서는 강우 유출 발생지에서부터 침투, 저류를 통해 도시화에 따른 수생태계 변화를 최소화하고, 수문 체계를 개발이전 상태에 최대한 가깝게 만들기 위한 토지이용계획 및 도시개발기법으로 소개되고 있으며, 빗물관리 또는 비점 오염원 관리를 위한 기술·기법 등으로 활용되고 있다. 환경부는 『저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인(2013.04)』에서 저영향개발 기술요소로 식생체류지(bio-retention), 옥상녹화(green roof), 식생수로(bio-swale)를 포함한 11개 항목을 제안하고 있으며, 이들 항목은 대부분 도시 오픈스페이스, 그린 인프라와 연계하여 통합적으로 계획·관리가 필요하다.

현재 국내 저영향개발(LID)에 대한 연구는 기법·기술 요소로 단편적으로 접근하고 있으며, 도시계획 및 개발사업 단위에 적용하기 위한 제도적 장치가 마련되고 있으나, 여전히 도시계획과 환경계획이 통합적으로 연계되어 실현되지 못하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 저영향개발(LID)의 개념을 고찰하고, 계획특성을 도출하여 도시 및 환경계획의 통합적 접근으로서 도

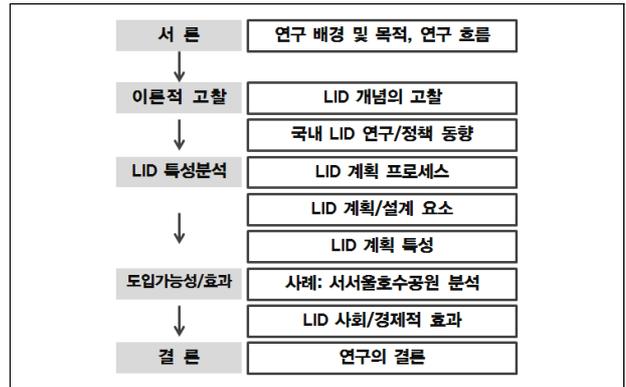


그림 1. 연구 흐름도

시 오픈스페이스에 저영향개발(LID)을 적용할 수 있는 방안 모색하고자 한다. 2009년에 문을 연 서서울호수공원은 기존 공원 계획과는 차별화된 시도로 물과 재생을 주요 개념으로 계획되었으며, 지속가능한 도시 오픈스페이스의 대표적인 사례이다. 이에 연구자는 서서울호수공원을 저영향개발(LID)의 관점에서 가능성을 검토하고, 저영향 개발에 의한 효과를 짚어본다.

연구의 흐름은 그림 1과 같다.

II. 이론적 고찰

1. 저영향개발(Low Impact Development; LID) 개념

저영향개발(LID)은 1990년대 미국 메릴랜드(Maryland)주 프린스 조지 카운티(Prince George's)에서 우수유출량 조절 및 비점오염원 저감기능을 할 수 있는 생태저류지(Bioretention)를 소개하면서 본격화되었다. 빗물정원(Rain Garden), 옥상녹화(Green Roof)와 같은 소규모 분산형의 생태적 기법을 활용하여 도시화에 따른 환경변화를 저감하고, 도시의 물순환을 도시화 이전의 자연적 물순환 체계와 유사하도록 개선하는 목적으로 발전하여 최근까지 미국 및 유럽에서 활발하게 적용되고 개념이다.

저영향개발을 통해 도시침수피해, 하천의 건천화 및 비점오염원으로 인한 수질오염, 토양의 건조화에 따른 도시미기후 변화 등의 도시의 수환경 변화에 따른 문제들을 완화함으로써 환경적 개선은 물론 사회적, 경제적 측면의 개선도 함께 달성될 수

있음이 알려지면서 더욱 주목받고 있으며, 최근 도시의 스마트 성장(Smart Growth)을 위한 최적개발기법으로서 도시계획분야에서도 새롭게 논의되고 있는 기법 중 하나이다(Ewing, 2007).

일찍부터 개념이 확산된 미국의 경우, 주거지, 상업지역, 산업지역 등 대상지역의 특성에 따라서 접근의 차이 및 목표를 달리 제시하며 유동적인 계획을 적용하고 있다. 신도시 지역의 경우, 개발 이전의 대상지 수문과 유사한 상태로 유지하는 것에 목표를 두고 있으며, 재개발 지역은 기존 지역환경의 전반적 영향을 개선하여 자연상태의 수문상태로 회복을 목표로 한다(EPA, 2007).

이처럼 저영향개발은 지역특성과 단위사업의 규모에 따라서 다양한 전략설정이 가능하며, 유역단위 또는 단지설계, 건축물 및 조경설계에도 결합될 수 있어 신규개발지역 뿐만 아니라, 기존 도시환경의 개선에도 적용될 수 있다(최지용 등, 2007). 더불어 우수유출 발생단계에서부터 우수 및 오염원 관리가 가능하도록 토지이용계획 단계에서 계획요소들을 포함시킴으로써 도시환경계획의 통합적 접근을 전제로 하며, 저비용의 유연성과 소규모 분산형 기술 및 시스템을 제안하는 지속가능한 도시환경 계획 기법이라 할 수 있다.

2. 국내 저영향개발(LID) 연구 및 정책 동향

저영향개발(LID)은 지역단위의 통합적 계획 또는 설계 방식으로 이해할 수 있으며, 기술요소·기법으로 사용하기도 한다. 국내의 저영향개발에 대한 접근은 크게 3가지로 정리할 수 있다.

저영향개발(LID)에 대한 논의가 가장 활발하게 이루어지고 있는 분야는 도시지역의 건전한 물순환 체계 확보에 초점을 둔 접근이다. 주로 분산식 빗물관리체계를 마련하여 강우시 발생하는 유출수를 지역내에서 적절히 관리하고, 이를 재이용함으로써 하천이나 배수관망으로 흘러드는 유출량을 감소시켜 침수피해 발생을 줄이고, 하천으로 흘러드는 오염원을 저감하는데 목적이 있다. 주로 빗물관리기술 및 구조적 시설물에 초점을 맞춘 연구(김영란, 2007)가 진행되고 있으며, 신도시 개발이나 단지계획에 우수의 저류·침투를 위한 계획요소를 적용하는 사업(현경학 등, 2010)이 추진되고 있다.

두 번째는 도시지역의 비점오염원 관리 및 도시홍수저감 중심의 접근이다. 환경부는 2008년부터 비점오염저감시설의 설치·관리를 위한 지침을 작성·배포하였으며, 2009년에는 『LID 기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련』, 2013년에는 4월과 7월에 각각 『저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인』, 『환경영향평가시 저영향개발(LID) 기법 적용 매뉴얼』을 작성하여 운영하고 있다. 이는 저영향개발을 가장 먼저 적용한 프린스 조지 카운티(Prince George's County)와 동일한 관점의 접근방식으로 미국의 캘리포니아 주, 플로리다 주, 조지아 주에서도 도시홍수 관리를 위한 대안적 방식으로 우수관리 매뉴얼을 작성하여

운영하고 있다(최희선 등, 2010).

마지막으로 저영향개발을 일단의 기술요소나 기법으로 접근하는 것과는 달리, 지속가능한 친환경적 개발방식 또는 계획으로 초점을 두는 접근이다. 개발지역의 보전지역과 녹지공간과 같은 오픈스페이스를 우선적으로 보전·관리하고, 물순환 체계 마련을 중심으로 계획함으로써, 그린 인프라 구축과 불투수층 감소, 자연배수체계 구축이 가능하다. 동시에 미기후 조절과 생태계 다양성을 확보할 수 있는 등 다양한 효과를 동시에 가져올 수 있다. 저영향개발을 위한 토지이용계획 및 설계요소에서 제안하고 있는 군집개발, 도로의 축소, 대안적 컬데삭(Cul-de-sac), 식생지대의 활용, 소규모 필지구성, 자연지형의 이용 및 절성토의 최소화 등은 친환경적인 도시개발방식에서 논의되고 있는 방법과도 상통하며, 2012년 개정된 '지속가능한 신도시계획기준(국토해양부)' 역시 유사한 계획 내용을 제안하고 있다.

본 연구에서는 지속가능한 개발·계획의 관점에서 저영향개발(LID)을 이해하고 분석한다. 이후 제시하는 저영향개발(LID)은 이와 같은 맥락으로 사용하였다.

III. 저영향개발(LID) 계획요소 분석

1. 저영향개발(LID) 계획 프로세스

저영향개발은 지역의 토양 및 수문 본래의 기능 유지 및 회복을 전제로하는 전략으로 발생원 관리, 계획요소의 분산, 비구조적 시스템을 권장한다. 표 1은 일반적으로 지역개발 계획·설계에 LID 기법 적용을 위한 5가지 원칙을 나타낸 것이다.

저영향개발 접근의 특징은 대상지 분석을 통한 계획, 녹지 및 도시 오픈스페이스 체계 마련, 수문학적 분석, 우수유출수 및 비점오염원 관리, 저영향개발계획의 통합관리실행 등으로 요약할 수 있다(Prince Georges's County, 1999). 메사추세츠 주의 경우, 저영향개발 설계과정을 그림 2와 같이 7단계로 제안하고 있다.

지역개발 계획·설계에서의 저영향개발(LID) 적용을 위한

표 1. 저영향개발 계획을 위한 기본원칙

항목	내용
수문학에 기초한 통합적 틀	지역의 자연적인 배수과정과 기능을 모방하는 것을 목적으로 함.
미세관리를 통한 분산형 계획	저관리형, 소규모 분산형 계획요소를 배치함.
발생원 지점 관리	유출수를 발생지점에서 관리하고 처리하여, 배관과 수로를 통한 이동을 최소화 함.
비구조적 시스템 활용	식물과 토양이 가지는 생물학적, 화학적 처리과정의 장점을 활용함.
다기능적 요소 활용	계획요소는 설계 및 환경규제 목표를 만족시키며, 다기능적이며 여러 목표를 만족시킬 수 있음.

자료: 최지용(2007)

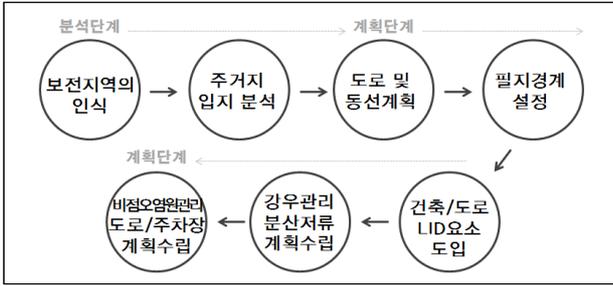


그림 2. 메사추세츠 주 저영향개발기법 설계과정

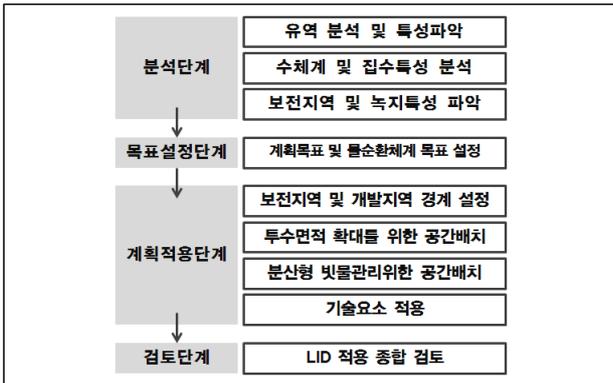


그림 3. 저영향개발(LDI)를 적용한 계획 프로세스

프로세스는 다양하게 제시되고 있는데, 이를 집약적으로 요약해보면 그림 2와 같이 정리할 수 있다.

2. 저영향개발(LID) 계획·설계 요소

비점오염원 관리 및 물순환 체계회복을 위한 접근을 하는 경우, 저영향개발(LID) 계획·설계 요소는 대부분 기술 내지는 기법으로 분류되며, 공학적인 기술에 기반하여 설치되는 시설물로 이해된다. 일반적으로 인공형 관리기술인 장치형과 처리형 기술을 포함해 자연형 관리기술인 저류형, 침투형, 식생형으로 구분된다.

표 2. 저영향개발(LID) 기술 및 계획요소의 종류

유형	종류	
자연형	저류형	저류연못, 인공습지, 발생지 소규모 저류
	침투형	침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성포장
	식생형	식생여과대, 식생수로, 빗물정원
인공형	장치형	Stormfilter, Stormceptor, Sandfilter, Swirl 장치
	처리형	초고속응집·침전시설, 생물학적 처리시설
계획형	투수면 확대기법	군집방식 필지배분, 지형에 맞춘설계, 경사의 완화, 오픈스페이스 확보, 혼합형 도로배치, 다기능보행전용도로 설치, 도로횡단 최소화, 공유녹지 확대
	분산형 빗물관리	식생지대 조성, 유출흐름 고려한 지형계획, 완충지역 및 연속된 식생지대 계획, 자연배수체계 활용

자료: 환경부(2013), 최희선 등(2010), EPA(2009), NYC(2011)



그림 4. 시애틀시 SEA(Street Edge Alternatives) 프로젝트 사례 (자료: City of Seattle, 2007)

실제로 표 2와 같이 자연형 관리기술이 저영향개발에서 많이 적용되고 있으나, 계획적 요소로 토지이용계획 및 설계와 맞물려 통합적으로 접근하는 관점에서는 계획가에 의한 설계적 기법이 주요하게 작용한다고 할 수 있다. 계획·설계적 기법 적용을 통해서 달성하고자 하는 목적은 주로 투수면적 확대와 분산형 빗물관리를 위한 배치계획으로 이 단계에서 토지이용계획과 동시에 환경저감형 계획이 이루어진다.

3. 저영향개발(LID) 특성 고찰

저영향개발에서 주목하는 도시화에 따른 환경변화는 크게 수문·수계 시스템 변화, 지형·토양의 변화, 서식지 변화로 요약할 수 있다. 개발사업을 통해 토지의 피복상태가 달라지면 유역 내의 수문 시스템 역시, 질적·양적 특성이 크게 변화하게 된다. 이는 토양이 가지는 본래의 역할, 빗물 유출수를 침투, 저류, 여과시키는 기능에 변화가 생겼음을 의미한다. 도시화에 따른 불투수지표면의 증가는 지하수침투량과 강우시 하천유량 및 수질에도 변화를 초래한다. 또한 불투수지표면의 열의 복사와 관련된 특성으로 도시의 대기온도 및 수온에도 변화를 야기하여 결국은 생태계 전반의 변화를 초래한다(장수환, 2009). 따라서 저영향개발에 의한 계획은 물순환 체계 보전·회복과 투수면 확대의 두가지 목적을 달성하기 위한 과정이라 할 수 있다.

미국, 유럽의 경우, 저영향개발(LID)이 그린 인프라(Green Infrastructure), 자연배수시스템(Natural drainage system), 빗물정원(Rain Garden) 등의 개념과 복합되어 가이드라인, 지침으로 제공되고 있다. 그러나 이러한 계획적 요소들은 해당 지역의 토지이용계획 및 설계에 있어, 이용하는 사람의 형태, 목적, 부지의 상태, 계획 조건 등에 따라 요소들 간에 다양한 조합이 가능하며, 그 형태와 규모 역시 계획가의 목적과 의도에 따라 선택되어질 수 있는 임의성이 부여된다(최희선 등, 2010).

IV. 도시 오픈스페이스에서의 저영향개발(LID) 도입가능성 및 효과

1. 사례: 서서울호수공원

2009년 서울시 양천구에 문을 연 서서울호수공원은 기존의



그림 5. 서서울호수공원의 빗물정원, 침투지 설치 사례
(자료: 필자 촬영)

도시공원들과는 다른 접근법을 취함으로써 지역이 가지고 있는 독특한 특성을 잘 살리면서 공원으로 개발된 대표적인 사례라 할 수 있다. 2003년 이후 용도가 폐기된 상태로 방치되어 있던 신월정수장은 그간 일반인들의 접근이 통제된 지역으로 기존 자연자원의 훼손이 적고, 정수장 내 인공연못과 정수장시설이 남아있는 독특한 특성을 지니고 있는 지역이었다. 서서울호수공원 계획의 주요한 개념은 '물'과 '재활용'으로 요약할 수 있는데, 기존의 정수장 저류시설과 인공연못에 의하여 부지 내의 물이 풍부하며, 정수장 건물들이 그대로 남아있어 대상지의 보존과 개발의 영역을 비교적 쉽게 구분할 수 있는 특성을 가지고 있었다. 대상지 뒤편으로 온수자연공원이 위치하여 녹지가 연계되어 있고, 구릉성 산지 지형과 완만한 평탄 지형으로 이루어져 우수유출 흐름경로를 수월하게 파악할 수 있다.

서서울호수공원은 지역재생의 목표와 계획시점을 기준으로 지역기반 물순환체계 유지하는 것을 목표로 계획되었다. 인근에 하천, 수공간이 위치하는 경우에는 연계를 목표로 하지만, 서서울호수공원의 경우 대상지 안에 인공호수가 위치하여 부지를 포함하는 유역단위의 물순환을 검토하는 것이 적절하다.

서서울호수공원은 기존에 남아있던 시설지와 구조물을 활용하는 방향으로 공원시설을 계획하여 불투수면을 최소화하였으며, 빗물정원과 식생침투지, 식생여과대, 식생수로와 같은 분산형 빗물관리 설계요소를 적용하여 경관적으로 조화를 이루며, 자연친화적인 심미성까지 확보하고 있다.

공원과 같은 도시 오픈스페이스 개발계획의 경우, 일반적인 지역-단지 개발계획과는 달리 광역차원의 계획 검토와 장기적인 유지관리가 필수적인 만큼, 저영향개발(LID)에 따른 지속가능한 계획수립에 효과적이라고 할 수 있다. 또한 그린 인프라와도 연계하는 계획을 통하여 저영향개발에서 추구하는 투수면 확대와 분산형 빗물관리가 가능하다는 이점도 이를 뒷받침하는 근거가 된다.

2. 저영향개발(LID)의한 사회·경제적 효과

저영향개발은 소규모단위 관리와 간단한 비구조적인 방법을 원칙으로 하기 때문에, 비용효과적 설계와 장기적 유지관리 비

용이 절감되는 장점이 있다. 계획단계에서 개발지역의 보존가치가 높은 장소를 보존하고, 군집배치에 의한 최소한의 개발, 자연지형을 유지하는 계획을 우선함으로써 계획단계 초기에 발생하는 불필요한 토목사업의 비용을 절감할 수 있다. 도로와 주차장, 녹지 등에 적용하는 침투도랑이나 식생저류지(Bioretention), 빗물정원(Rain Garedn) 등은 소규모단위 분산형으로 시설경관에 도입함으로써 자연적인 수문기능과 심미적인 가치를 지님과 동시에 장기적으로 유지관리 비용을 절감할 수 있다.

독일의 하노버 크론스베르크 주거단지의 경우 150ha의 농경지를 개발하면 기존의 하수관망 방식을 대체하는, 약 5km에 달하는 도랑-트렌치 시스템(Gully-Trench System: Mulden-Rigolen System)을 설치하였다. 이를 통해 기존 하수관망 방식 예상비용의 92%인 22,686,000DM이 소요되었으며, 유지관리 비용을 포함한다면 약 10% 이상의 비용 절감이 가능한 것으로 나타났다.

V. 결론

기존의 도시는 회색기반시설(Grey Infrastructure)과 건물들의 입지가 정해진 후에 녹지를 조성해 왔으며, 이 과정에서 물순환체계에 대한 고려는 배제되었다. 그러나 최근 부각되고 있는 도시재생 및 공간재생의 키는 녹지·토양의 확보와 물순환체계의 회복에 있다. 도시 오픈스페이스는 그린 인프라를 포괄하는 도시의 중간적 공공공간으로서, 불투수면이 증가하는 도시환경과 자연순환체계의 자연환경을 연결하는 허브적 역할을 담당한다.

저영향개발(LID)은 지속가능한 도시환경을 조성하기 위한 일종의 개발·계획 방식이지만, 오염원을 제어하고 홍수를 예방함은 물론 생태적, 경관적으로도 도시환경을 개선할 수 있는 측면에서 환경적으로 큰 의미를 지니며, 도시의 경제적, 사회적 재생을 동시에 진행할 수 있다는 점에서도 의미가 있다. 생태도시, 지속가능한 도시, 환경친화적인 도시환경을 조성하기 위한 노력이 여러 분야에서 다각적인 계획과 기법에 대한 연구로 진행되고 있지만, 기후변화에 대응하고 환경 건전성을 증대하기 위한 핵심은 그린인프라와 블루네트워크의 연계방안과 도시 및 환경계획의 통합적 접근에 있다.

현재 그린 인프라를 구축하고, 분산형 빗물관리를 위한 계획·기술요소 가이드라인이 마련되어 정책적으로 추진되고 있으나, 통합적 계획단계에서의 시스템으로 구축되기 위해서는 제도적·정책적 보완이 필요하다. 또한 향후 시스템적으로 저영향개발 계획을 통해서 지속가능한 편익을 추정하는 보완이 필요하다.

참고문헌

1. 김영란(2007) 빗물관리시설 설치 및 빗물관리매뉴얼. 서울시정개발연구원.
2. 박은진(2007) 물순환을 고려한 도시녹지 기능제고 방안. 경기개발연구

- 원 보고서.
3. 양병이, 한영혜(2001) 환경적 지속가능성 관점에서 본 독일과 한국의 토지이용계획 특성 비교연구. 국토계획, 36(7).
 4. 장수환(2009) 신도시의 물순환 건전화를 위한 그린인프라 조성기준에 대한 연구. 한국환경정책·평가연구원 보고서.
 5. 최신현(2009) 신월정수장을 재활용한 서서울호수공원 설계. 한국조경학회지 37(5): 24-30.
 6. 최지용(2007) 사전예방적 토지이용계획 수립을 위한 기초연구. 한강수계관리위원회·국립환경과학원 한강물환경연구소 보고서.
 7. 최희선, 김동현, 조성윤(2010) 수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용방안 및 효과. 한국환경정책·평가연구원 보고서.
 8. 현경학 외(2010) LH 아산탕정 물순환그린도시 조성방안 연구. 토지주택연구원.
 9. 환경부(2013) 저영향개발(LID)기술요소 가이드라인. 환경부 보고서.
 10. City of Seattle(2007) Natural Drainage Systems.
 11. EPA(2007) Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development(LID) Strategies and Practices. EPA Publishing.
 12. EPA(2009) Technical Guidance on Implementing the Stormwater Runoff Requirements for Federal Projects under Section 438 of the Energy Independence and Security Act. EPA Publishing.
 13. Ewing, R.(2007) Best Development Practices: A Primer for Smart Growth. Smart Growth Network.
 14. NYC(2011) NYC Green Infrastructure Plan.