저영향개발 기반의 친수도시 계획

이 상 진 |
K-water 수자원연구소 책임연구원
sjlee@kwater.or.kr

홍 영 진 |
K-water 친수사업처 처장
honggari@kwater.or.kr

이 규 남 |
K-water 친수사업처 부장
lee6813@kwater.or.kr

곽 용 규 |
K-water 친수사업처 부장
dragon@kwater.or.kr

1. 머리말

자연상태의 미개발지역이 도시화되면서 야기하는 변화중 하나는 불투수층의 증가이다. 지붕, 도로, 주차장 등의 불투수층으로 인해 우수의 자연스런 침투가 차단되며, 지표 유출이 증가되어 지체시간 없이 직접적으로 하천에 대량 유입된다. 이러한 영향으로 도시유역의 물순환은 자연상태와 다른 형태로 왜곡되어 왔다. 서울시의 경우 최근 30년간 급속하게 도시화가 진행되었으며, 2011년에는 서울시 전체 면적의 약 36%가 대지, 13%정도가 도로로 나타났다. 대지와 도로는 대표적인 불투수 공간으로 강우시 직접 유출을 야기해서 홍수 및 비점오염원 증가에 큰 영향을 주는 토지 인자이다. 자연적 피복이 도시화로 변하게 되면 기존의 약 45%에 달하는 침투량이 15%이내로 급격하게 줄어들며, 지하수의 감소로 이어져 하천 건천화 및 지반 약화의 원인이 된다. 반대로 직접유출은 약 10%에서 55%이상으로 급격하게 증가하면서 홍수를 가중시킨다.

도시 개발로 인한 유역의 환경과 수문학적 변화에 따른 문제들을 해결하기 위해 근래 도시 개발시 유역 배수 구역의 말단 출구부 혹은 지대가 낮은 여유부지에 유출수가 저류 될 수 있도록 오염처리 장치와 함께 연구 저류지와 같은 집중식 시설을 설치하였다. 그러나 이러한 방법은 강우 유출수의 유속을 줄임으로써 홍수 첨두유량의 저감 효과를 나타내지만 개발 이전의 수문 상태를 회복하기에는 한계가 있다. 따라서 최근에는 이와 같은 도시의 다양한 문제점들을 동시에 극복할 수 있는 저영향개발(LID, Low Impact Development) 기술이

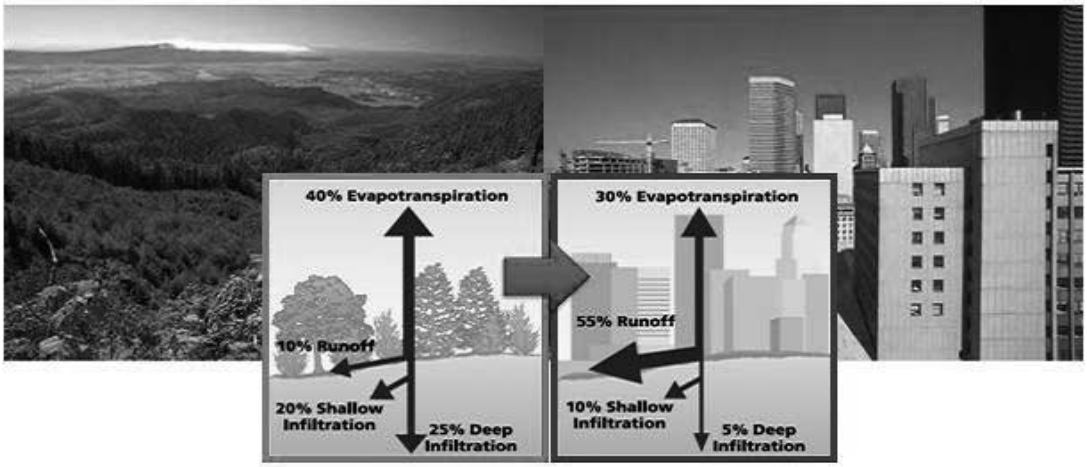


그림 1. 도시화로 인한 수문 변화 (EPA, 2012)

큰 이슈로 대두되고 있다.

LID는 말그대로 도시개발시 그 영향을 최소화하는 것으로 자연의 침투 및 저류 프로세스를 모방하는 것이다. 다양한 요소기술을 대상지에 분산 적용하여 강우 유출수를 차단 또는 분산시키며, 자연순환 기능을 최대한 유지함으로써 개발에 의해 발생하는 오염물질의 정화기능 뿐 아니라 물순환 회복, 미기후 개선 등의 기능을 제공한다.

최근 미국에서는 도시 전반적인 물순환 체계를 구축, 통합 관리하기 위하여 LID기술과 연계한 도시 최적관리기법(BMP, Best Management Practices)이 확대되고 있다. LID-BMP는 자연순환 기능을 통해 개발되는 유역의 수문 변화 및 강우 유출 패턴을 개발 이전의 상태로 유지시키고, 개발이 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 정량적 수문 목표를 달성하는 이수, 치수 및 환경 통합 도시물관리 기술이다.

2. 국내 · 외 동향

국내 물순환 도시사례로는 환경부에서 추진한 강릉 녹색도시가 있다. 강릉 녹색도시의 면적은 18.326 km^2이며, 10년간 약 1조를 투자하여 2010년부터 개발하고 있다. 녹색에너지 및 기술을 적용하여 탄소 무 배출 도시로 만들 계획이며, 물순환 자원을 연계하여 경포호를 복원하고 저탄소 수변공간 재생 및 탄소흡수원 관리방안을 확보하여 녹색도시로 구축할 예정이다.

LID 시범지구로는 LH공사(한국토지주택공사)에서 시행하고 있는 175 만 m^2 면적규모의 아산탕정지구 분산형 빗물관리 도시조성공사가 있다. 사업의 목적은 국내 실정에 맞는 우수 저류 · 침투 기술개발을 통한 저탄소 녹색도시의 조성으로 연강우량의 40%에 해당하는 우수를 관리하고 일강우량 15 mm를 전량 지하 또는 지상에 저장하여 재활용 한다. 시범지구에 적용한 기술을 바탕으로 최근 평택 고덕신도시에도 신개념의 빗물관리 기법인 저영향개발기법을 확대한다고 밝혔다. 고덕신도시 LID 확대도입은 환경영향평가(환경보전방안) 검토 과정에서 환경부의 권고를 적극 수용하면서 도입하게 되었다.

선진 사례로써 스웨덴의 함마르비, 독일의 컴팩트 시티, 영국의 베드제드 등 다양한 최신 프로젝트가 있지만 다른 유사한 논고에서 많은 정보가 공유되어 있으므로 본고에서는 캐나다 사례를 기술코자 한다. 에드먼튼시(Edmonton)에서는 도시 유출 및 환경관리를 위해 기존계획을

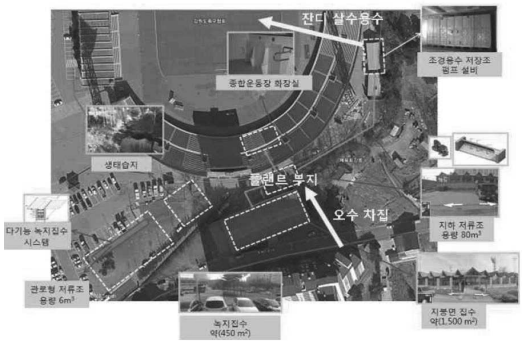


그림 2. 강릉 녹색도시 우수관리 계획
(환경부, 국토해양부, 2011)

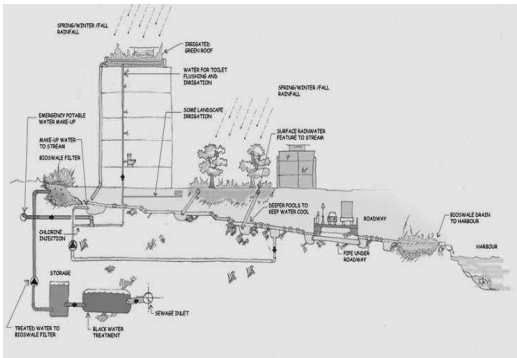


그림 3. 선창가 그린 프로젝트 우수관리 계획
(www. ocksidegreen.com)

LID-BMP 중심으로 개선하여 도시를 리모델링 하였다. 5년 강우강도는 소규모 LID 요소기술을 기반으로 한 분산식으로, 100년 강우강도는 Wetland 등 영구저류지 기능을 갖는 대규모 습지 형태의 연계시스템으로 홍수를 제어할 수 있도록 설계하였다. LID-BMP를 적용하면서 기존 도로의 폭을 줄이고 선형을 최소화하여 불투수층을 최대한 줄였으며, 주변녹지를 최대한 이용하여 식생수로, 빗물 정원등이 연계된 물순환 체계를 구축하였다.

캐나다의 또 하나의 저영향개발 예로써 환경, 사회, 경제적 책임이라는 3가지 계획이념을 가지고 선창가 그린 프로젝트 사업을 시행중이다. Dockside Green Project라 불리는 이사업은 거주인구 2,500명, 대지면적 120,777m^{2}로 Vicoria주 British Columbia에 위치하고 있다. 단지 내에서 발생하는 하수는 정화하여 화장실, 농지, 연목 등에 재활용하고, 절수형 샤워기기, 변기, 세탁기 등을 사용하도록 하여 물 사용량을 66.5% 절감이 가능하도록 계획하였다. 이를 통해 연간 3,080만 겔론의 용수 사용 절약효과를 예상하고 있고 분산형 우수 자연 정화 시설을 적극적으로 재활용하여 지표유출수가 항내 직접 유출을 제한토록 하였으며, 친환경 주택 1,000채를 구축하여 친환경 도시로 탈바꿈하기 위한 목표를 수립하였다.

3. Eco Delta City

친수구역 활용 특별법에 의한 친수구역 조성 사업으로 K-water에서는 최근 Eco Delta City 개발을 착수하였다. Eco Delta City는 개발압력이 증가된 하천 주변지를 체계적이고 계획적인 친환경 개발을 통해 내륙 중심에서 하천중심의 미래 지향적인 수변공간을 창출하는데 목적을 두

그림 4. Edmonton시
기존계획

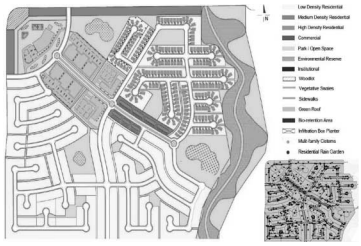


그림 5. Edmonton의
LID-BMP 적용 후

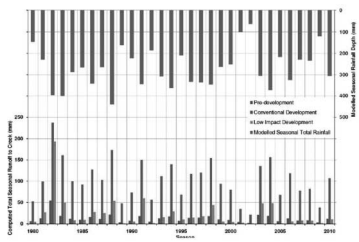


그림 6. Edmonton의
LID-BMP 효과

고 있다. 총 면적 11,885,000m^2, 사업기간은 2012~2018년으로 계획인구는 약 80,000명을 기대하고 있다. 부산광역시 강서구일원에 위치하는 Eco Delta City는 맥도강과 서낙동강을 경계로 하며 평강천이 관통하는 천해의 친수환경 입지를 보유하고 있다.

저영향개발기술을 기반으로 3개 국가하천의 친수여건을 활용한 3색 물길이 만드는 새로운 친환경 수변복합도시를 구현하고, 하천주변지는 친환경 중심의 수변공간으로 거듭날 것으로 기대하고 있다. 또한 도심 내 실개천과 연계한 리버워크형 상업 업무공간과 하천 중심의 다양한 기능이 어우러지는 수변 문화레저 공간, 그리고 신항만, 김해국제공항, 남해고속도로 등의 우수한 광역교통체계와 지정학적 위치를 활용한 국제산업물류 중심 기반의 도시로써 향후 지역 경제 활성화에도 크게 기여할 것이다.

4. Eco Delta City의 LID 계획

Eco Delta City는 수변공원을 중심으로 한 오아시스형 녹지네트워크와 수변 생태 환경 보전을 위한 완충수림대 등 기존의 녹지공간과 연계하여 건전한 물순환 체계를 갖는 LID기반의 친수도시를 계획하고 있다.

Water City로서의 목표를 명확하게 하고 그 기술적 효과를 극대화하기 위해서 우선적으로 도시 물관리 비전을 수립하였다. 물 치수 측면에서는 기후변화를 고려한 방재도시로 슈퍼제방과 연계한 LID-BMP를 계획하고 있으며, 물 이수 차원에서는 물순환 에코도시로 친환경 및 물확보·재이용을 확대할 계획이다. LID-BMP의 정량적 성능목표로써 수질(비점오염), 물순환(소규모 우수 발생원), 물관리(빈도별 홍수 관리), 그리고 도시열섬화 및 미기후 저감 등 4개의 카테고리로 설정함과 동시에 수문모형을 활용하여 물순환 효과를 검토 중에 있다.

본 지역은 하구에 위치하는 저지대로써 많은 부분이 성토됨(1~3m)으로 다짐밀도가 높아 침투에 불리할 수 있으며, 외수조건(조위 등)에 따라 홍수발생시 내수 배제에 있어서도 상대적으로 취약하다고 할 수 있다. 이와 같은 지역적 수리특성을 고려하여 LID 설계방향을 수립하였는 바, 침투보다는 지체와 저류 효과를 극대화 하며, 도시전반의 우수 발생원에서 자체지구별 분산관리

그림 7. Eco Delta City 위치

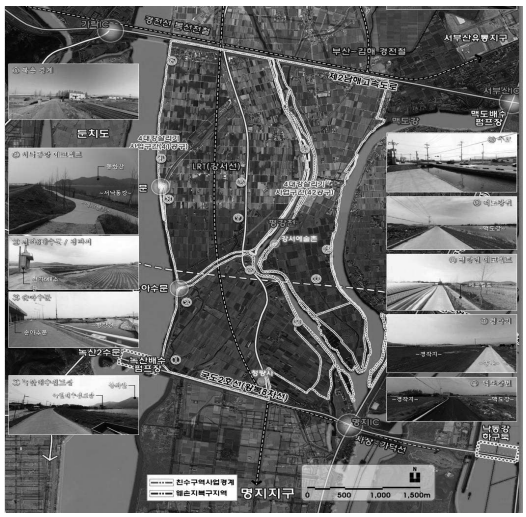


그림 8. 대상지 현황 분석

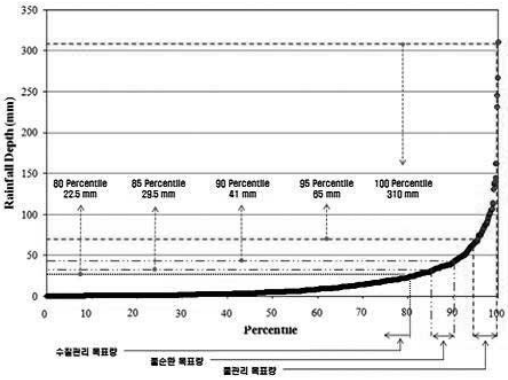


그림 9. 목표 설정을 위한 부산 기상청 강우 분석

그림 10. Eco Delta City의 LID 설계 과정

체계를 구축하고 평시 수질정화 효과와 홍수시 유량저류기능이 최대화 되는 다기능저류지를 함께 설계하여 LID-BMP를 구현할 계획이다.

Eco Delta City에 적용되는 BMPs시설에는 Swale, Planter, Detention Pond, Retention Pond, Wet land, Rain Garden, Green Roof, Rain Barrels, Cistern이 있다. Swale은 자동차 도로, 인도 등에서 발생하는 강우 유출수를 제어하는 식생수로이며, Rain Garden은 단독주택에서 발생하는 강우 유출수를 제어하는 빗물정원이다. Rain Barrel은 옥상에서 유출되는 우수를 모으는 통이며, Cistern는 Rain Barrel 비슷하나 공공건물 및 면적이 큰 건물에 지하 및 지상에 배치하여 물을 재사용할 수 있는 시설이다. 홍수제어를 위한 시설은 Detention Pond, Retention Pond, Wet land가 있으며, 배수구역 단위에 설치되며 비점오염원과 더불어 홍수발생시 첨두유량을 제어한다.

Eco Delta City에 LID의 효과를 분석하기 위해 도시유출 모델인 SWMM 5.0을 이용하여 10년, 100년 강우강도일 때의 유출변화를 임의로 모의하였다. Eco Delta City 개발 후 유출량이 상승하였으며, LID를 적용하였을 경우 첨두유출량 및 우수 유출 발생 시간이 감소되는 것을 알

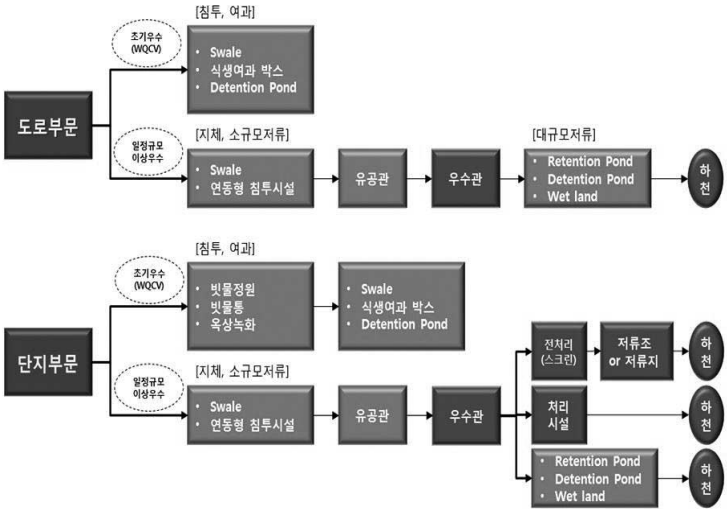
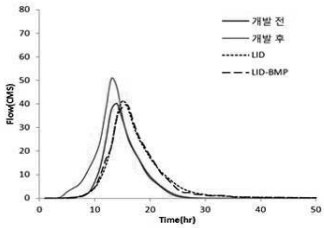
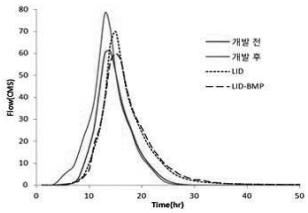


그림 11. Eco Delta City 우수관리 계획



(a) 10-Year Rainfall



(b) 100-Year Rainfall

그림 12. 유출 모의 결과

수 있었지만 개발 이전의 상태만큼 감소하지 않았다. LID와 저류지를 연계하여 적용하였을 경우(LID-BMP) 개발 이전상태로 회복되는 것으로 분석되었다.

5. 결 론

재해에 강건하고 자연자원을 최대한 보전하는 새로운 Water City를 조성하기 위해서 LID기술 적용은 '선택'에서 '필수'로 그 패러다임이 바뀌고 있다. LID개념은 최근 국내에서도 많은 관심을 가지고 있을 뿐만 아니라, 신정부 국정과제 내에도 저영향개발이 포함되어 있는 만큼 LID 적용 및 연구는 필연적이다. LID는 강우-유출을 효율적으로 관리하고 홍수 및 수질을 제어 할뿐만 아니라 지하수위 개선, 도시경관 향상, 에너지 절약 그리고 기후변화 개선 등을 할 수 있는 효율적인 기술이다. Eco Delta City는 수변 환경 보전을 위한 완충수림대와 녹지공간을 연계하여 건전한 물순환 체계를 극대화 하는 국내 최초의 LID기반의 친수도시가 될 것으로 기대하고 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부/국토교통과학기술진흥원 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 경기개발연구원(2007) 물순환을 고려한 도시녹지 기능 제고 방안, 연구보고서.
2. 권용우, 왕광익, 유선철(2010) 해외 저탄소 녹색수변도시, 대한지리학회지, 제45권, 제 1호.
3. 김영표, 이동우, 이상준, 권엽섭, 왕광익, 윤영모(2010) 新 성장동력거점 해외사례 연구, 국토연구원 보고서.
4. 박준호, 유용구, 박영곤, 윤희택, 김종건, 박윤식, 전지홍, 임경재(2008) SWMM을 이용한 춘천 거두 1지구의 LID 개념 적용으로 이한 유출 감소 특성 분석, 물환경학회지, 제 24권, 제 6호, pp. 805 ~ 815.
5. 유광흠, 조상규, 오성훈, 성은영(2009) 친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구, 건축도시공간연구소 보소서.
6. 환경부, 국토해양부(2011) 저탄소 녹색성장을 견인하는 강릉 저탄소 녹색시범도시 종합계획(안), 기획 보고서.
7. Prince George's Country Maryland(1999) Low-Impact Development Design Strategies an Integrated Design Approach, Research Report.
8. U.S. Army Corps of Engineers(2013) Army Low Impact Development Technical User Guide, Research Report.
9. WSU(Washington State University) Putallup Research & Extension Center, Puget Sound Partnership(2012) Low Impact Development Technical Guidance Manual for Puget Sound, Research Report.