

21세기 친환경 건설을 위한 Low Impact Development(LID) 기술



김 이 형 |

공주대학교 건설환경공학부 교수
leehyung@kongju.ac.kr

1. 서론

도시화는 불투수층의 증가를 의미하며 다양한 환경수리학적 영향을 끼친다. 이러한 유출계수의 증가는 수리학적으로는 유량의 증가, 첨두유량의 증가, 첨두유량 기간 증가, base flow 감소, sediment 부하량 변화, 홍수유발, 하천침식, 수로확장 및 수로바닥의 변화 등을 야기시킨다. 또한, 환경학적으로는 다양한 종류의 오염물질의 유입으로 인한 자정작용 위해성, 증가된 유량으로 수반되는 오염물질 부하량의 증가 등으로 인하여 심각한 수생태계 파괴와 같은 현상이 발생한다(강 등 2007). 그동안 도시화 및 개발화를 주도하는 건축 및 건설사업은 환경오염 및 생태계를 파괴하는 원인으로 지목되어 각종 사업추진에 있어서 많은 논란의 중심에 있었던 것이 사실이다.

또한 그 동안 건설분야 기술은 국민들의 의식수준 향상과는 달리 친환경성을 많이 도외시 해온 것도 사실이다. 이와 더불어 건설분야는 그동안 '비 친환경성' 기술을 '친환경'이란 표현으로 포장되어 사용자들이 하여금 '친환경성'이란 용어를 식상하게 만들기도 하였다. 이제는 국민들의 의식수준 및 생활수준의 변화와 더불어 전 지구가 직면하고 있는 문

제점, 즉 지구온난화, 황사 및 사막화, 기상이변 등에 능동적으로 대처하고 건설기술이 환경을 보호하고 확대하여 인간과 환경이 공존하는 방향으로의 기술개발이 절실히 요구된다. 따라서 본 논문에서는 불투수율이 높은 도시지역에서의 효율적 비점오염원 관리를 위하여 도시지역 비점오염원 현황, 필요기술과 향후 정책적 및 기술적 대응방안 등에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 기초 연구 내용

2.1 연구의 법적 및 행정적 배경

비점오염원은 인간에 의한 다양한 토지이용에서 기인한다. 즉, 인간에 의한 각종 토지이용, 상업지역, 산업지역, 주거지역, 도로 등과 같은 포장지역, 공공지역, 농업지역 등은 건조시 많은 양의 비점오염물질을 축적하고 강우시 유출이 발생하여 수생태계에 심각한 위해를 끼친다(환경부, 2006a, 2006b).

특히 하천과 같은 수계는 유역으로부터 발생하는 다양한 오염물질을 처리 및 저감하는 기능, 즉 자정능력을 가지고 있으나, 토지이용의 고도화는 이러한 생태계의 자정능력을 초과하는 오염물질 부하량 유입으로 인하여 심각한 위기에 도달하였다. 그동안 환경부는 지속적인 점오염원 관리를 위하여 수많은 하수 및 폐수처리장을 건설하였으나, 여전히 하천 및 호소의 수질은 개선되지 않고 있으며 그 원인이 토지이용의 고도화에 기인하는 비점오염물질이 원인물질로 규명되고 있다.

표 1. 비점오염원 관리를 위한 법적 및 행정적 장치

구분	법적/행정적 제도	비고
환경부 물환경관리기본계획 (2006-2015)	<ul style="list-style-type: none"> - 수질오염총량관리제 확대시행 - 비점오염원 관리 제도적 기반구축 - 고랭지 및 탁수관리대책 수립 - 도시 및 도로 비점오염원 관리강화 	
수질오염총량관리제	<ul style="list-style-type: none"> - 비점오염원 관리 요구 	
비점오염원 관리의 법제화	<ul style="list-style-type: none"> - 비점오염원 설치신고제도 (수질및수생태계보전에관한법률 제53조) 	<ul style="list-style-type: none"> - 개발 사업(17개) 및 사업장별(16개 업종) 비점오염원 관리 - 개발 사업장별(17개 개발사업) 공사 중 토양침식 및 토사유출관리
	<ul style="list-style-type: none"> - 비점오염원관리지역 지정제도 	수질및수생태계보전에관한법률 제54조
	<ul style="list-style-type: none"> - 고랭지 경작지에 대한 경작방법 	수질및수생태계보전에관한법률 제59조
	<ul style="list-style-type: none"> - 기타수질오염원 설치신고 	수질및수생태계보전에관한법률 제60조
빗물 저류, 침투 및 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 빗물이용시설의 설치 - 빗물저류 및 침투시설의 설치 	물의순환이용촉진에관한법
	<ul style="list-style-type: none"> - 골프장 농약사용 제한 	수질및수생태계보전에관한법률 제61조

따라서 환경부는 2000년 들어 수질에 관련되는 각종 법률 및 제도적 장치를 수생태계의 입장에서 농도규제가 아닌 오염총량 규제로의 변화를 수립하여 시행을 앞두고 있다. 비점오염원 관리를 위한 환경부의 각종 법령 및 규제적 행정장치를 살펴보면 표 1과 같다. 표에서 보듯이 개발사업과 관련되는 모든 사업, 즉 토지이용의 지목변경을 가져오는 개발사업은 비점오염원의 관리를 명시하고 있다. 이와 더불어 개발과 관련되는 정부부처(건설교통부, 농림부, 산림청 등)는 관련되는 법령, 시행령, 시행규칙, 지침, 편람 등의 개정과 더불어 고시 등을 통해 개발사업과 관련된 비점오염원 관리를 시급히 요구하고 있다. 특히 2007년에 개정된 ‘수질및수생태계보전에관한법률’에서는 ‘비점오염원 설치신고제도’, ‘비점오염원 관리지역 지정제도’, ‘고랭지 경작지에 대한 경작방법 권고’, ‘기타수질오염원 설치신고제도’ 등에 대하여 절차와 규제방법에 대하여 명시함으로써 향후 각종 사업장별 및 개발사업장별 비점오염원 관리가 적극적으로 추진될 전망이다. 이렇듯 도시화를 유발하는 각종 개발사업장 및 일반사업장은 개발계획 단계에

서부터 관리 운영시까지 비점오염원의 저감계획을 수립하여 시행할 것을 제도와 법에서는 명시하고 있다. 특히 개발사업장의 경우에는 환경·교통·재해 영향평가를 통해 개발사업 전에 개발 후 발생 가능성이 있는 비점오염원에 대하여 대책수립을 관리하고 있으며, 개발사업 중에 발생하는 토사유출에 대해서도 저감계획을 수립할 것을 요구하고 있다.

2.2 도시화에 따른 비점오염원 특성

도시지역은 불투수층이 매우 높은 다양한 토지이용의 집합체이다. 도시지역은 주거, 상업, 공공, 산업, 도로와 같은 포장지역 등으로 인하여 높은 포장율을 나타내고 있다. 따라서 건조시 많은 차량의 운행과 인간의 활동에 의하여 다량의 입자상 물질, 중금속, 각종 유해화학물질 등의 축적이 높으며, 강우시 집중적으로 유출되어 하천수계에 위해를 끼치게 된다.

특히 높은 포장율은 높은 강우유출율과 더불어 최대유출율을 증가시키며 최대유출율이 발생하는 침투

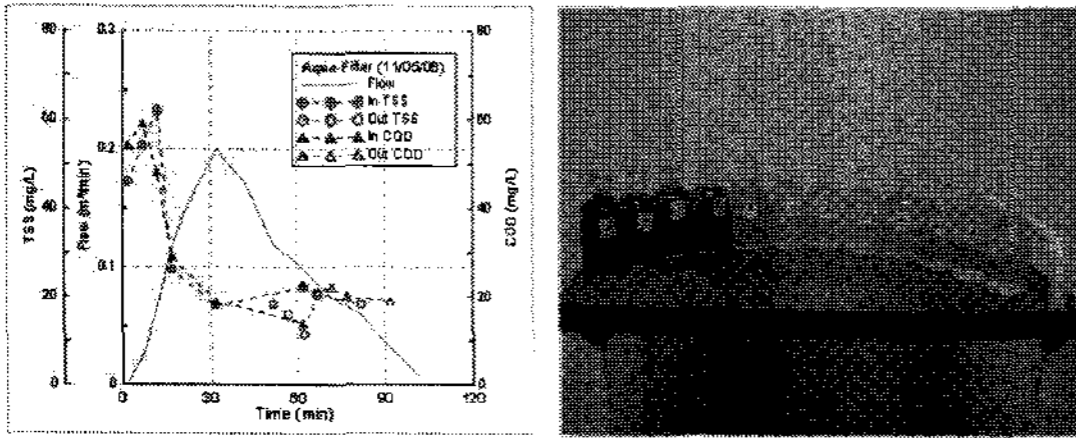


그림 1. 도시지역 비점오염원 유출특성 및 초기강우현상(김 등, 2006a, 2006b)

시간을 앞당기게 되어 집중호우시 심각한 도시홍수의 원인으로 작용하기도 한다(환경부, 2006a; Kim, et al., 2004a, 2004b).

도시지역 비점오염원의 유출특성은 다음과 같이 정리된다(Kim et al., 2005, 2006, 2007a, 2007b).

- 도시 비점오염원은 강우초기에 다량의 오염물질 유출이 발생하는 초기강우 현상을 보이는 전형적인 토지이용이다. 이러한 초기강우 현상은 비점오염저감시설 규모 산정시 매우 중요한 설계인자로 고려된다.
- 강우 특성 및 유역특성에 의하여 자료의 불확실성이 매우 큰 토지이용이다. 따라서 강우특성 및 유역특성을 고려한 모니터링 계획 수립 없이는 정확한 EMC(Event Mean Concentrations) 및 유출부하량 등을 산정하기가 어렵다.
- 입자상 물질, 중금속류 및 각종 유해화학물질 등의 유출이 높은 지역이다.

- 비점오염물질의 유출부하량은 초기강우 기준과는 상관없이 유출율에 비례한다.
- 초기강우내 비점오염물질의 평균농도는 포장율에 비례하여 증가한다.

도시지역 비점오염원저감시설 설계시 중요하게 고려되는 초기강우 기준인데, 일반적으로 도시지역의 초기강우는 30분 이내에 발생하게 되며, 이때 누적강우량은 7.4mm 정도를 보이게 된다. 즉, 도시지역의 경우 7.4mm 누적강우량을 차집하여 처리함으로써 비용효율적 비점오염원관리가 가능하다는 것을 나타내고 있다.

2.3 토지이용별 원단위

각종 개발사업 및 수질오염총량관리제의 오염총량 산정시 토지이용별 비점오염원 관리시 저감시설 설계를 위한 토지이용별 오염물질 원단위는 매우 중요하게 이용된다. 특히 원단위는 향후 예측되는 각종 토지이용 계획의 변화에 능동적으로 대처하여 수계의 오염을 예방하는 저감시설 설계시 또는 친환경 설계를 위한 기준 제시시 매우 중요하다. 따라서 다양한 토지이용에 대한 원단위 산정을 효율적 비점오염원 관리 및 수생태계 보전을 위해서는 가장 중요한 인자라고 볼 수 있다.

표 4는 국내에서 현재 적용되고 있는 토지이용별

표 2. 포장율의 증가에 따른 초기강우내 비점오염물질의 증가 양상(Chang et al., 1990)

구분 (mg/L, MPN/100ml)	5% 포장율	30%포장율	50% 포장율	70%포장율	90% 포장율
BOD5	9	10	14	16	19
COD	26	52	65	66	69
TOC	7	13	14	18	24
TKN	0.52	0.91	1.1	1.24	1.4
TSS	80	170	212	220	123
Cu	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe	0.36	0.68	0.48	0.54	0.58
Pb	0.004	0.045	0.03	0.04	0.06
Zn	0.008	0.06	0.09	0.12	0.17

표 3. 도시지역의 EMC 통계분석(김 등, 2006a, 2006b, 2007a, 2007b, 2007c)

농도(mg/L, NTU, ug/L for metal)	최소	최대	평균	95% CI Upper	95% CI Lower	표준편차
TSS	12.1	364	88.7	136	41.5	104
COD	10.9	199	82.3	108	57.1	55.5
OIL_GREASE	0.10	74.8	12.3	22.8	1.88	23.0
TN	0.98	5.50	2.49	3.06	1.91	1.27
TP	0.06	1.15	0.42	0.56	0.28	0.30
TOTAL_CD	0.21	4.28	0.97	1.42	0.52	0.98
TOTAL_CR	0.28	9.74	2.76	3.72	1.80	2.11
TOTAL_CU	22.4	225	93.2	111	75.4	39.2
TOTAL_FE	6.75	123	65.3	77.9	52.6	27.8
TOTAL_NI	3.07	38.1	11.0	15.2	6.78	9.27
TOTAL_PB	1.72	54.7	8.24	13.5	2.94	11.7
TOTAL_ZN	15.9	180	101	119	82.0	40.9

오염물질 원단위를 보이고 있는데, 7개의 지목으로 각종 토지를 분류하여 적용하고 있다. 표 5는 미국 밀워키 지역내 토지이용에 따른 오염물질 발생원단

위를 보이고 있는데 다양한 도시지역 비점오염원에 대한 원단위를 제시하고 있다. 표 6은 본 연구진이 국내 도시지역 포장지역에서의 토지이용별 원단위를

표 4. 수질오염총량관리계획수립지침 (환경부,1999)

구분 (단위: kg/km ² · day)	BOD	TN	TP
논	2.3	6.56	0.61
밭	1.6	9.44	0.24
임야	1.0	2.20	0.14
대지	85.9	13.69	2.10
목장	35.1	5.37	1.72
골프장	1.0	3.56	2.76
기타	1.0	0.06	0.03

표 5. 미국 밀워키 지역내 토지이용에 따른 오염물질 발생원단위(환경부, 2003)

토지이용 (단위: kg/km ² · day)	SS	TP	Pb
고속도로	268.22	0.28	1.36
공업지역	262.19	0.41	0.74
상업지역	262.19	0.41	0.74
주차장	124.11	0.21	0.26
고밀도거주지역	133.42	0.31	0.25
중밀도거주지역	59.18	0.16	0.07
저밀도거주지역	3.01	0.01	0.00
공원	0.82	0.01	0.00

표 6. 국내 도시지역 포장지역에서의 토지이용별 원단위 산정(김 등, 2007c)

토지이용 (단위: kg/km ² · day)	TSS	COD	DOC	TN	TP
고속도로	411.15	324.04	54.67	13.12	1.7
	(12.34~364.17)	(29.69~173.0)	(3.21~32.41)	(1.04~10.04)	(0.10~1.00)
주차장	115.43	199.45	29.04	7.65	0.71
	(12.06~37.38)	(10.93~84.75)	(1.99~11.55)	(0.98~2.54)	(0.05~0.24)
교 량	716.7	632.19	104.61	14.9	2.98
	(24.73~305.34)	(45.48~198.97)	(9.28~48.79)	(2.30~5.37)	(0.36~1.15)
휴게소	365.62	465.72?	74.51	18.18	5.54
	(31.04~127.11)	(35.49~369.49)	(5.04~45.79)	(2.62~9.86)	(0.53~2.24)
영업소	370.03	308.31	47.10	9.26	3.50
	(19.56~365.65)	(23.96~424.45)	(4.95~56.17)	(0.61~8.52)	(0.34~3.54)
평균	395.78	385.94	61.99	12.62	2.88

표 7. 국내 각종 개발사업에서의 강우시 토사유출 원단위 산정(김 등, 2007c)

번호	사업	개발 전	개발 중	개발 후
1	도시개발	5.19	26.29	1.52
2	산업입지	11.94	62.87	4.69
3	도로건설	-	2.90	-
4	관광단지	26.44	105.61	18.17
5	산지개발	49.27	107.52	23.04
6	체육시설	27.55	210.50	15.95
7	농경지 (고령지밭)		135.16	
평균		-	92.98	-

산정한 결과를 보이고 있다.

각종 개발사업은 공사중 토양표피 교란에 의하여 강우시 다량의 토사유출이 발생하는 사업이다. 따라서 외국의 경우도 공사중 발생하는 토사유출량을 사전에 산정하여 효율적인 관리대책 수립을 요구하고 있다. 이에 맞추어 환경부도 2008년 각종 개발사업별 토사유출량을 사전에 산정하고 관리기반 구축을 위하여 토사유출관련 내용을 '수질및수생태계보전에관한법률'에 명시하였으며, 이에 근거하여 본 연구진이 산정한 결과가 표 7과 같다.

3. Low Impact Development (LID) 기술

3.1 LID 기술의 개요

Low Impact Development (LID)는 자연의 기본적인 원칙(자연이 가지고 있는 집중화되지 않은 미시적 관리를 통해 공평한 분배를 이용하여 빗물을 관리)을 적용하는 혁신적인 강우유출수 관리방법이다. LID의 목표는 강우의 근원지에 침투, 여과, 저장, 증발과 함께 유출을 지연시키는 디자인 기술을 이용하여 개발전의 지역이 가지고 있던 수리학적 기능을 최대한 흉내 내는 것이라 할 수 있다. 이러한 기술은 강우유출수 관리를 배출 및 처분이 능사는 아니라는 것에서 시작한다. 기존의 강우유출수 관

리, 즉 강우유출수의 신속한 배제 및 관리, 배수관망 또는 배수구역 말단에 위치하고 있는 대규모 값비싼 강우유출수 처리시설에서의 강우유출수 처리 대신에 LID 기술은 현장에 작고, 비용효율적인 조정 특성을 통하여 강우유출수를 관리함을 목적으로 한다. Integrated Management Practices (IMPs)라고 알려져 있는 이러한 조정특성 기술은 LID의 중요한 부분이다. 일반적으로 도시환경의 모든 부분은 IMP로 이용될 수 있는 가능성을 가지고 있다. 여기에는 투수층의 보전뿐만 아니라 지붕, 도로 조정, 주차장, 보도 및 여타공간을 모두 포함하고 있다. 이러한 LID 기술은 신도시 건설, 모든 개발 사업장, 도시 재생 또는 재개발 등에 모두 적용될 수 있다. LID 원칙을 접목한 개발은 1980년 중반에 Maryland의 Prince George's County에서 bioretention 기술을 소개함으로써 시작되었다. 이 지역에서의 LID 기술은 Prince George's County를 전통적인 강우유출수관리기법의 경제적 및 환경학적 한계 및 문제점을 떨쳐낸 선구자적인 기술이었다. LID는 보전(Conservation), 성장(Growth), 생태계 보존(ecosystem protection)과 생활 수준의 향상과 공공건강 사이에 더 높은 균형을 성취하는 스마트한 디자인과 진보된 기술을 통해 지역에 더 큰 개발 능력을 허용한다. 오늘날 bioretention은 LID 기술의 단지 한 부분에 불과하며, 투수포장(permeable pavers), tree box planters, disconnected downspouts 등과 같은 기술들이 오염물질 관리, 강우유출수량 저감, 강우유출시간 관리 등을 돕기 위하여 LID 기술에 접목되어 활용되고 있으며, 이와 더불어 지속적으로 생태와 관련된 많은 LID 기술들이 소개되고 있다.

LID 기술은 다음과 같은 5가지의 기본적인 도구를 포함한다.

- 보전대책을 촉진[Conservation Design(CD) Technology]

- 불투수층 표면의 저감과 같은 환경영향 최소화 기술을 촉진 및 장려[Better Site Design(BSD) Technology]
 - 조정기술 등을 개선하여 강우유출수의 흐름을 지연시킴으로써 유출시간을 연장시키는 전략을 구사(IMP Technology)
 - 강우유출수를 정화하고 저감하기 위하여 IMP와 접목하여 적용(Smart Growth Technology)
 - 환경에 유입되는 오염물질을 저감시키기 위하여 오염물질 저감 도구와 접목(BMP Technology)
- 이러한 LID 및 BMP기술은 다음과 같은 조건하에 적용됨이 바람직하다.

- 자연친화적 시설이어야 한다.
- 혐오시설이 아닌 대민친화적 시설이어야 한다.
- 생태계를 보전 및 확대에 기여할 수 있는 시설이어야 한다.
- 조정 및 위락 공간으로서의 기능을 가지도록 하여야 한다.
- 공공 안전을 고려하여야 한다.
- 홍수예방, 침식방지, 저류기능, 오염물질 제거 기능을 충분히 가지도록 한다.
- 시설의 유지관리가 용이하고 경제적이어야 한다.

3.2 친환경 개발 및 건축을 위한 유역관리 및 보호 도구

친환경 개발 및 건축계획을 통한 생태도시 및 친환경도시 건설은 표 8과 같은 효율적 유역관리 및 보호를 위한 도구의 적용으로부터 가능하다. 이와 같이 도시내 건전한 물순환을 도모하고 도시가 내포하고 있는 다양한 환경수리학적 문제의 해결을 위해서는 유역관리계획 수립부터 적용 및 유지관리에 이르기까지 지속적으로 LID가 접목되어야 하며 이를 통해서만 생태도시 및 친환경도시의 건설 및 유지관리가 가능하다.

표 8. 효율적 유역관리 및 보호를 위한 도구

도구 연번	유역관리 및 유역보호 도구
Tool 1	토지 이용 계획 (Land Use Planning)
Tool 2	토지 보존 (Land Conservation)
Tool 3	수변 완충 지대 (Aquatic Buffers)
Tool 4	더 좋은 지역 디자인 (Better Site Design)
Tool 5	침식과 토사유출 관리 (Erosion and Sediment Control)
Tool 6	우수유출수 관리 최적방안 (Stormwater BMPS)
Tool 7	우수유출수를 방류하지 않는 것 (Non-stormwater Discharges)
Tool 8	유역 관리 프로그램 (Watershed Stewardship Programs)

3.3 Low Impact Development (LID) 기술

(1) BMP 기술

도시는 포장지역(주차장, 도로, 교량 등)과 주거지역(단독주택, 밀집주거지역 등), 상업지역, 공공지역 및 산업지역 등으로 다양한 토지이용으로 구성되어 있다. 이러한 토지이용은 앞서 밝힌바와 같이 다양한 환경수리학적 문제점들을 내포하여 도시환경수리학적 문제를 야기하기에 다양한 LID 기술(물의 저류, 이용 및 침투기술)을 건축 및 건설기술에 접목하여 도시내 건전한 물순환 구조창출을 이루어야 한다. 이러한 LID 기술은 다음과 같은 기술들이 있다: 저류형 기술(저류조, 인공습지, 연못 등), 침투형 기

술(침투도랑, 유공포장, 침투조 등), 여과형 기술(모래여과 등), 식생형 기술(식생수로, 식생여과대 등), 물의 이용 기술(지하 저장고, 지상저장고 등).

(2) LID 중에서 Better Site Design(BSD) 기술

Better Site Design(BSD) 기술은 LID 기술의 대표적인 예이다. 더 좋은 디자인 기술은 건축물의 배치, 계획, 도로의 형태 및 구조, 배수관망의 구조와 배열 및 배치, 주차공간 및 주차장 설계기술, 조경기술의 배열과 설계, 소규모 단위의 지구단위 계획 등에 유용하게 적용되는 기술이다.

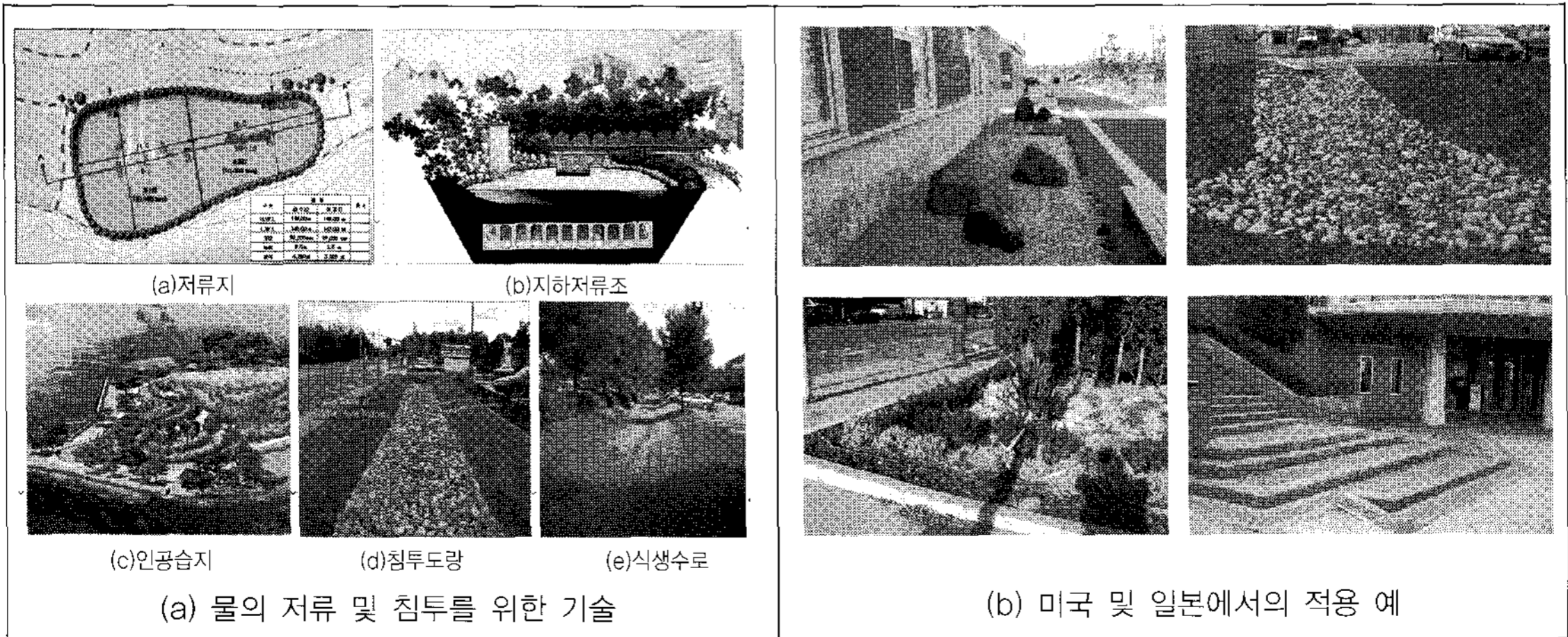


그림 2. LID 중에서 BMP 기술 및 적용 예

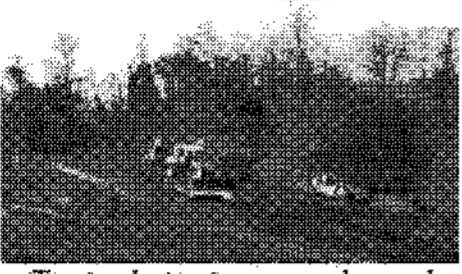


전통적 기술	BSD 기술	전통적 기술	BSD 기술
 <i>Typical site is mass cleared</i>	 <i>Site with minimal clearing and native vegetation preserved</i>	 <i>Typical excessively wide road</i>	 <i>Narrow street is just wide enough for travel lanes</i>
 <i>Typical 100-ft diameter cul-de-sac</i>	 <i>Cul-de-sac with vegetated island</i>	 <i>Typical curb and gutter street</i>	 <i>Vegetated open channel</i>
 <i>Excessive paving in parking lot</i>	 <i>Efficient parking lot</i>	 <i>Parking lot runoff goes to storm sewer</i>	 <i>Runoff treated with bioretention</i>
 <i>Typical design promotes sprawl</i>	 <i>Clustered homes conserve trees</i>	 <i>Sidewalks on both sides unnecessary</i>	 <i>Sidewalk on one side only</i>
 <i>Typical driveway is fully paved</i>	 <i>Two-track driveway design</i>		

그림 3. 전통적인 건설 및 건축기술과 LID의 BSD 기술의 비교

(3) LID 중에서 Aquatic Buffer 기술

LID 중에서 Aquatic Buffer 기술은 토지와 물이 만나는 수변 완충지역을 특별한 보호를 받을 만한 중요한 지역으로 정하여 보호하고 개발하는 기술이다. 완충지는 하천이나 해안선을 따라 혹은 자연 상태의 습지 근처에 위치할 수 있는데, 이들 지역은 여러 용도로 사용될 수 있고, 여러 가지 환경수리학적 장점을 가지고 있다. 1차적인 사용도는 하천을 보호하고 하천, 호수, 습지 수로를 장래의 재해나 침식으로부터 유리시키는 것이다.

(4) 기타 다양한 LID 기술

이외에도 LID에는 다음과 같은 기술들이 포함되어 적용되고 있다: Bioretention 기술, Green Roofs 기술, Permeable Pavers 기술, Rain Barrels and Cisterns 기술, Soil Amendments 기술, Tree Box Filter 기술.

4. 결론

21세기는 인간과 환경이 공존하는 사회가 주요 모토가 되고 있다. 선진화된 생활환경의 변화는 주위 환경에 대한 인식의 변화를 가져왔으며, 이에 따라 여유로운 생활환경 조성을 위한 국민들의 요구는 점점 증가하고 있다.

특히 건설 분야는 인간의 생활환경에 직접적인 영향을 끼치는 산업으로 환경친화적, 생태 친화적, 친환경적 등으로 함축되는 다양한 생활환경 개선기술을 건설기술에 접목할 것을 강하게 요구하고 있다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 유역관리를 위하여

건설 및 건축기술에 필요한 Low Impact Development (LID) 기술, 즉 도시내 물의 저류 및 침투기술과 이용기술에 대하여 살펴보았다.

또한 LID 기술 중에서 BSD 기술, Aquatic Buffer 기술, Conservation Design(CD) 기술, IMP 기술, Smart Growth 기술에 대하여도 알아보았으며, 도시내 비점오염원 저감을 위한 최적관리 방안(Best Management Practices, BMP) 기술에 대하여도 살펴보았다.

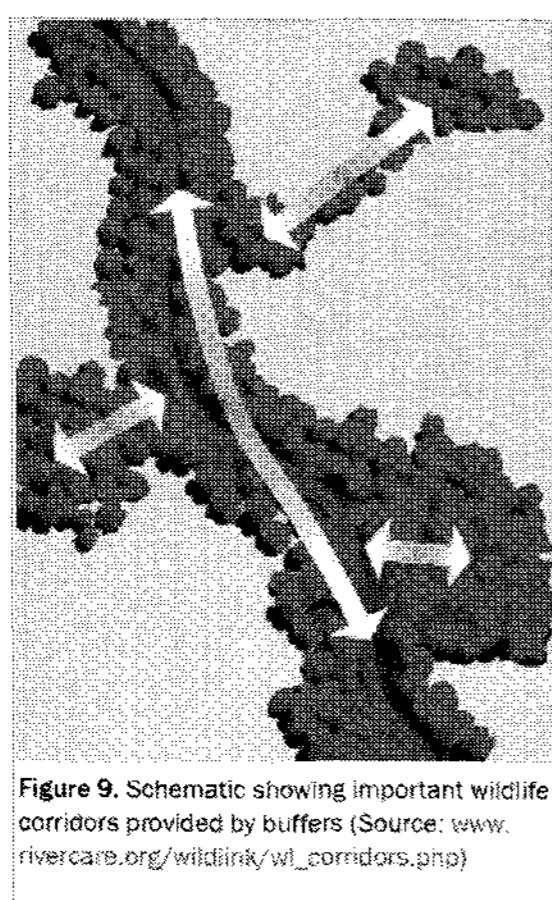


Figure 9. Schematic showing important wildlife corridors provided by buffers (Source: www.rivercare.org/wildlink/wl_corridors.png)

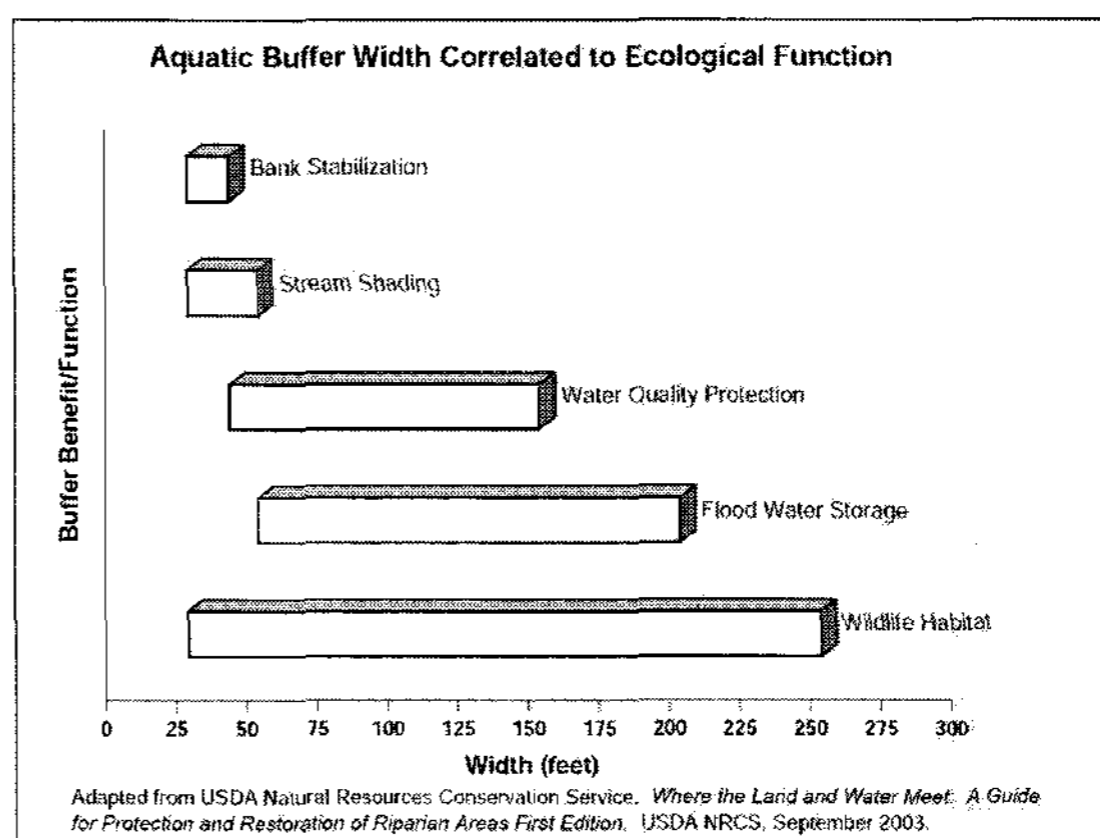


Figure 12. Buffer width correlated to benefit/function

Reference	Buffer Vegetation	Buffer Width (meters)	Pollutant	Removal	Rate(%)
Dillaha et al.1989	Grass	4.6	63	57	50
		9.1	78	74	67
Magette et al. 1987	Grass	4.6	72	41	17
		9.2	86	53	51
Schwer and Clausen 1989	Grass	26	89	78	76
Lowrance et al. 1983	Native hardwood forest	20~40	-	23	-
Doyle et al. 1977	Grass	1.5	-	8	57
Barker and Young 1984	Grass	79	-	-	99
Lowrance et al. 1984	Forested	-	-	30-42	85
Overman and Schanze 1985	Grass	-	81	39	67
Young et al. 1980	Grass	27.4	-	88	87

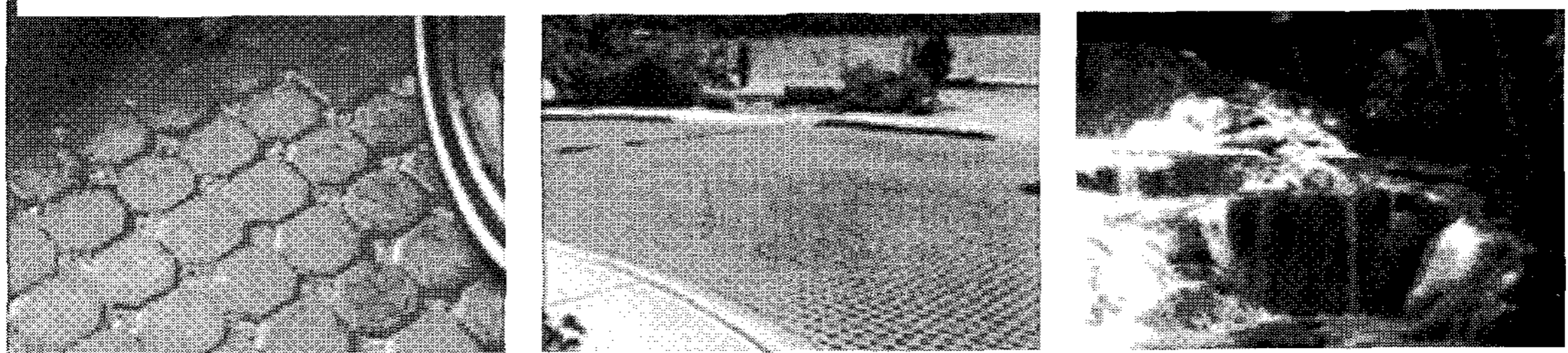
그림 4. LID 중에서 Aquatic Buffer 기술 적용 예(환경부, 2003)



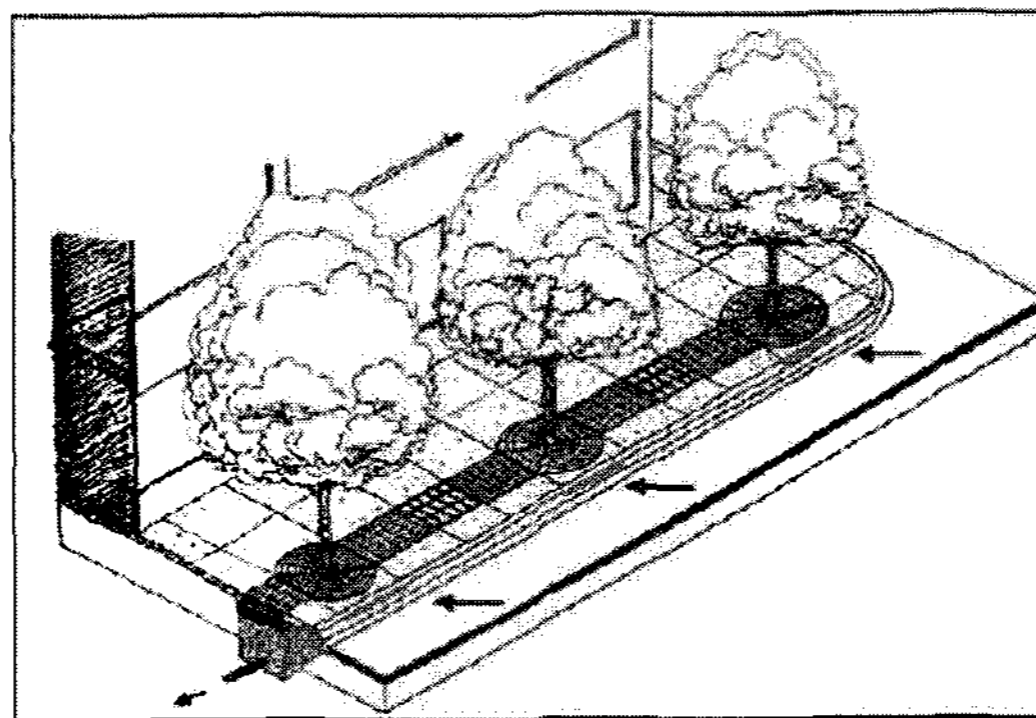
(a) Green Roofs 기술



(b) 전통적 포장기술이 적용된 경우



(c) Permeable Pavers 기술이 적용된 경우



(d) Tree Box Filter 기술

그림 5. 기타 다양한 LID 기술

참고문헌

- 강주현, 김이형, 2007, 일차원 kinematic wave 모형을 이용한 고속도로 강우 유출수의 동적 거동 예측, 한국물환경학회지, 23(1), pp. 38-45.
- 김이형, 고석오, 이병식, 김성길, 2006a, 국내 고속도로 강우 유출수의 EMCs 및 유출 부하량 산정, 대한토목학회지 논문집, 26(2B), pp. 225-231.
- 김이형, 이은주, 고석오, 강희만, 2006b, 아스팔트 포장 고속도로에서의 강우지속 시간별 오염물질 유출 경향, 한국도로학회 논문집, 8(1), pp. 99-106.
- 김이형, 이은주, 이소영, 안우영, 2007a, 도로 비점 오염원 관리를 위한 기초 연구 및 지침 개발. 한국물환경학회지, 23(4), pp. 423-428.
- 김이형, 2007b, 비점오염의 현황 및 적정 처리용량 산정을 위한 초기강우 기준 산정, 한국도로학회지, 9(2), pp. 12-21.
- 김이형, 2007c, 포장지역 비점오염원 관리를 위한 최적관리방안 중 침투도랑에서의 기작 및 설계방안, 한국수자원학회지-물과 미래, 40(7), pp. 61-66.
- 환경부, 1999, 수질오염총량관리지침.
- 환경부, 2003, 유역관리기법-I. II.
- 환경부, 2006a, 비점오염원관리 업무편람.
- 환경부, 2006b, 물환경관리기본계획.
- Chang, G., J. Parrish and C. Souer, 1990, The First Flush of Runoff and Its Effect on Control Structure Design. Environ. Resource Mgt. Div. Dept. of Environ. and Conservation Services. Austin, TX.
- Kim, L.-H., E. Choi, K.-I. Gil and M.K. Stenstrom, 2004a, Phosphorus release rates from sediments and sediment characteristics in Han river, Seoul, Korea. Science of the Total Environment, 321, pp 115-125.
- Kim, L.-H., M. Kayhanian and M.K. Stenstrom, 2004b, Event mean concentration and loading of litter from highways during storms, Science of the Total Environment. 330, pp 101-113.
- Kim, L.-H., Masoud Kayhanian, Kyung-Duk Zoh, Michael K. Stenstrom, 2005, Modeling of Highway Stormwater Runoff, Science of the Total Environment. 348, pp. 1-18.
- Kim, L.-H., Kang, J. H., Kayhanian, M., Gil, K.-I., Stenstrom, M.K., and Zoh, K.D., 2006, Characteristics of Litter Waste in Highway Storm Runoff. Wat. Sci. & Tech., 53(2), pp. 225-234.
- Kim, L.-H., Sangman Jeong, and S.-O. Ko, 2007a, Determination of first flush criteria using dynamic EMCs (event mean concentrations) on highway stormwater runoff. Wat. Sci. & Tech., 5(3), pp. 71-77.
- Kim, L.-H., Seok-Oh Ko, Sangman Jeong, Jaeyoung Yoon, 2007b, Characteristics of washed-off pollutants and dynamic EMCs in parking lots and bridges during a storm, Science of the total Environment, 376, pp. 178-184. 🌀