

소규모 개발사업의 저영향개발(LID) 사전협의 제도 도입 연구 - 비용편익 분석을 중심으로 -

지민규, 사공희, 주용준*

한국환경정책·평가연구원
30147 세종특별자치시 시청대로 370

(2020년 3월 18일 접수; 2020년 4월 17일 수정본 접수; 2020년 4월 17일 채택)

A Study on The Introduction of LID Prior Consultation for Small-Scale Development Projects - Focusing on Cost-Benefit Analysis -

Min-Kyu Ji, Hee Sagong, and Yong-Jun Joo*

Korea Environment Institute
370 Sicheong-daero, Sejong, 30147, Republic of Korea

(Received for review March 18, 2020; Revision received April 17, 2020; Accepted April 17, 2020)

요 약

급격한 도시화는 국토의 불투수면을 증가시켜 도시형 홍수의 위험성을 가중시켜왔고, 지하수위의 저하, 수질오염물질 증가 등 환경재해 및 환경오염 문제를 유발시키고 있다. 국내에서는 이러한 환경적 영향을 최소화하고 개발 이전의 물순환 건전성을 유지하기 위해 저영향개발 기법을 도입하여 적용하고 있지만, 소규모 개발사업의 대부분은 강우유출량 관리의 법적 근거가 부재하여 사각지대에 놓여 있다. 이에 빗물의 표면 유출을 증가시키는 소규모 개발사업 또한 오염원인자 책임 원칙에 따라 저영향개발 시설의 적용을 의무화하는 것이 요구되며 이를 위해 물순환 회복 사전협의 제도를 도입하는 것이 필요하다. 본 연구는 소규모 개발사업의 저영향개발기법 도입을 가정하여 비용편익 분석을 중심으로 수행되었다. 비용·편익 분석에 필요한 전국 소규모 개발 대상사업의 규모 및 건수는 『건축법』에 따른 대지면적이 1,000 m² 이상 이거나 건축연면적 1,500 m² 이상의 건축물에 서울시의 실제 사전협의 통계자료를 적용하여 도출하였다. 피규제 기업·소상공인, 피규제 이외 기업·소상공인·일반국민 및 정부를 대상으로 소규모 개발사업의 저영향개발 시설물 설치에 따른 비용·편익을 분석한 결과, 경제성의 기준 값인 1보다 많이 낮은 것으로 확인되었으며 이는 대상사업의 규모 대비 시설물의 설치 비용이 높기 때문으로 사료된다. 하지만 저영향개발 시설의 설치에 따른 수환경 및 대기질 개선 등의 환경적 가치와 하수처리시설 운영비 절감 등의 공공성을 고려하면 향후 소규모 개발사업의 사전협의제도 도입은 필연적이다. 앞으로 소규모 개발사업의 사전협의 제도 도입과 함께 비용·편익을 개선하기 위해서는 지자체의 제도적, 재정적 지원이 적극적으로 요구된다.

주제어 : 저영향개발, 소규모 개발사업, 사전협의제도, 비용·편익분석

Abstract : Rapid urbanization has elevated the risk of urban flooding due to the increase in the impervious surface, causing environmental disasters and environmental pollution problems, such as lowering the groundwater level and increasing water pollution. In Korea, low impact development (LID) techniques have been introduced to minimize these environmental impacts and maintain the water cycle soundness. However, most small-scale development projects are in blind spots because there is no legal basis for rainfall runoff management. Small-scale development projects that increase the surface runoff of rainwater are required to mandate the application of LID facilities in accordance with the polluters' responsibility principle. Therefore, it is necessary to implement a preliminary consultation system for water cycle recovery. This study focuses on the cost-benefit analysis on the application of LID techniques for small-scale development projects. The scale of nationwide small-scale development projects used for cost-benefit analysis were defined as buildings with a land area of more than 1,000 m² or a total

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail: yjjoo@kei.re.kr; Tel: +82-44-415-7666; Fax: +82-44-415-7744

doi: 10.7464/ksct.2020.26.2.151 pISSN 1598-9712 eISSN 2288-0690

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

floor area of 1,500 m². As a result of analyzing the cost-benefits from the installation of LID facilities, they were found to be much lower than the economic standard value of 1. This might be due to the high cost of facilities compared to the scale of the project. However, considering the overall environmental value of improving the water environment and air quality by the installation of LID facilities and the publicity of reducing the operating cost of sewage treatment facilities, the introduction of a prior consultation for small-scale development projects is inevitable. In the future, institutional and financial support from local governments is required to improve the cost-benefits with the introduction of a prior consultation for small-scale development projects.

Keywords : Low impact development, Small-scale development projects, Prior consultation system, B/C analysis

1. 서론

급격한 도시화로 인한 개발지역의 불투수 면적 증가와 지구 온난화에 따른 기온 상승 및 국지성 호우에 의해 도시열섬 현상 심화, 홍수 유출량 증가, 하천유량 감소, 지하수위 저하, 지반침하, 비점오염원 증가 등 다양한 환경·재해 문제가 발생되고 있다[1]. 대표적 사례인 서울시의 경우 1962-2010년 동안 부지의 불투수율이 7.8%에서 47.7%로 가장 크게 증가하였으며 증발산량과 지하침투량은 각각 18.3%, 23.0% 감소하였고, 표면유출량은 41.3% 증가하였다[2]. 이외 부산(30%), 광주(27%), 대구(23%), 인천(22%), 대전(22%) 등의 도시에서도 불투수면적의 비중이 높은 것으로 보고되었다[3]. 불투수 면적의 증가에 따른 다양한 환경문제들은 다수의 연구보고 사례를 통해 확인되었으며[4-8], 특히 그 비율이 1% 증가할 때마다 수질 오염 항목의 농도가 증가하고, 30%에 도달 시 수생태계가 파괴된다는 연구결과는 주목할 만하다[6].

한편, 과거 집중식 우수유출수의 배수로 인한 수(문)환경 변화 및 (공공)시설물 유지관리 문제의 한계점을 보완하기 위해 저류·침투·여과증·발산 기능이 있는 저영향개발 기법(low impact development, LID)의 기술들이(예, 식생수로, 침투도랑, 식생체류지, 투수성포장 등) 도입되고 있다[3]. 이러한 기술 개발은 발생원에서 빗물을 관리·이용하여 본래의 우수유출 패턴에 유사한 환경을 유지하기 위한 방법으로, 아산탕정 신도시, 서울시 등에서 물순환 개선효과에 대한 모니터링 연구결과가 보고되고 있다[3,9-12]. 서울시의 보고에 의하면 5시간의 유효강우량 조건에서 빗물이용시설은 최대 3.3% 그리고 침투시설은 최대 11.3%를 저감하는 것으로 확인되었다[13]. 또한, LID시설별 20 mm/event 이하의 강우사상을 조건으로 평균 우수 유출율을 조사한 결과 측구형 침투시설(80%), 인공습지(70%), 식생수로(64%), 침투도랑(41%) 순으로 상당량의 강우가 저감되는 것으로 나타났다[3]. 이외 LID 기법을 적용하여 개발할 경우, 배수로 설치, 대규모 저류지 등에 소요되는 비용을 상대적으로 줄일 수 있으며, 일반적인 강우관리 기법을 적용할 시 보다 개발비용이 더 적게(최소 15%) 소요된다는 사례도 존재한다[14]. 최근에는 세종시의 6생활권 도시개발 적용사례가 대표적이며, 유역시스템의 변화를 최소화하고 지속가능한 도시개발을 위한 목적으로 지구단위계획 수립 시부터 실시설계 적용단계까지 LID 계획을 구체화하고 있다[12].

이처럼 LID 적용에 따른 물순환 효과 분석연구는 꾸준히 증가하여 왔으나 비용·편익에 대한 연구는 아직까지 초기 단계

에 있다. 이는 국내실정에 적합한 시공 경험과 노하우가 부족하며, 유지관리 비용에 대한 명확한 금액산정의 어려움이 있기 때문에 예상된다. 비교적 최근에는 사회적, 환경적, 경제적 편익 평가방안[10]과 일부 도시 주거단지에 제한하여 LID기술 적용에 따른 비용·편익 분석이 제한적으로 이루어져 왔다[1,13]. 현재 LID를 의무화하여 적용하는 사업은 환경영향평가 대상사업, 사전재해영향성검토 대상사업, 우수유출 저감대책 수립 대상사업 등이며, 대부분의 민간 소규모 건축사업은 LID적용을 위한 법적 근거가 부재하여 우수 유출량 및 비점오염원의 관리가 이루어지지 않고 있다. 이에 따라 소규모 개발사업도 오염원인자 책임 원칙에 따라 LID시설의 적용을 의무화할 필요가 있으며, 환경부의 비점오염원 관리 종합대책에서 마련하고 있는 시·군의 물순환 목표와 빗물관리 분담량을 준수하도록 “물순환 회복 사전협약제도”를 적용할 필요가 있다[14].

본 연구는 LID 요소기술 및 개발사업의 특정지역 등을 대상으로 하는 기존의 비용·편익 연구와는 달리, 국내 소규모 사업의 저영향개발 적용 범위와 규모를 설정하고 이에 대한 비용·편익 분석을 수행했다는 측면에서 차별성이 있으며, 더불어 국내·외 유사 제도와의 비교 분석을 통해 정책적 시사점도 도출하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

LID기법의 적용 대상사업은 현행 법·제도의 개발 범위, 내용을 조사하여 유형·규모를 분석하였고, 비용·편익 분석 대상인 소규모 개발사업으로의 적용·도입을 위해 시·도별 사전협약의 가능 사업 규모(수)를 산정하였다. 비용·편익 분석시 비용의 결정요인으로는 시설물 설치비(예, 저류조, 컨트롤 장치, 배관 등)와 운영비(예, 전기세, 유지보수비용, 수처리 비용, 청소비 등)가 있으며, 편익의 결정 요인으로는 수도세 절감, 하수처리시설 운영비 저감 등의 요소가 반영되었다. LID 시설의 설치에 따른 비용·편익 산정 방법은 아래의 Table 1에 제시되어 있으며 주요 인자 및 공식들은 관련 업체로부터 받은 정보와 유사 연구의 참고문헌 등을 참조하였다. LID 적용에 따른 비용·편익 분석은 가격 기준연도 2018년, 현재 가치 기준연도 2019년, 분석대상 기간 10년, 사회적 할인율 4.5% 조건을 전제하여 수행되었다. 또한, 설치대상 LID 시설의 종류는 일반적으로 적용되는 빗물저류조, 투수성 포장, 침투트렌치로 설정하였으며, 시설 및 설치 비용은 2018년 기준 생산자 물가지수가 반영되었다.

Table 1. Estimate method of cost-benefit for LID application

Object	Classification	Classification detail		References
Regulated company and small enterprise (Builder)	Direct cost	Initial installation cost and management cost	Rainwater Storage Facility	[14]
			Permeable Pavement	[2]
			Infiltration Trench	Company survey (HANKOOKSuan Co., Ltd.)
		Operating loss		Company survey
		Writing for consultation document		Company survey
Government		Review of prior consultation department		Government
Regulated company and small enterprise (Builder)	Direct benefit	Reduction for water supply charge		[1,15]
Reduction for electric and gas charge		[10]		
Non-regulated company and small enterprise (Evaluation agency)		Cost of document writing		Company survey
Non-regulated general public		Improvement of air quality		[10]
Government		Reduction for cost of sewage treatment		[10]
		Energy reduction for climate change adaptation		[10]

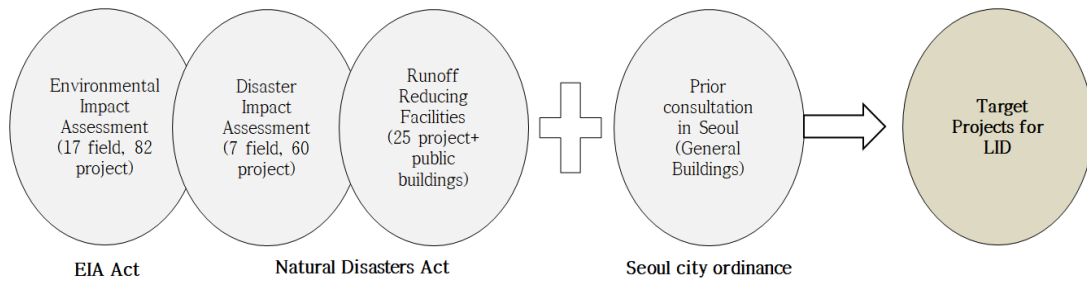


Figure 1. Target projects for LID by act and ordinance.

3. 연구결과 및 논의

3.1. 소규모 사업의 저영향개발 적용 범위 설정

3.1.1. 저영향개발 적용 사업 유형

저영향개발이 적용되는 대표적인 법으로는 『환경영향평가법』, 『자연재해대책법』, 『물의 재이용 및 촉진에 관한 법률』 등이 있다. 일부 광역지자체에서는 조례제정을 통해 저영향개발 사전협의 제도를 도입하여 운영하고 있으며, 특히 서울시가 『서울시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례』를 통해 LID 제도를 가장 효율적으로 운영하고 있다. 서울시의 사전협의제도는 환경영향평가, 재해영향평가, 우수유출 저감시설, 빗물이용시설 대상사업을 모두 포함하고 있으며, 특히 『건축법』에 따른 일반건축물도 포함하고 있다[14]. 건축물을 대상사업으로 포함하고 있는 우수유출 저감시설과 서울시 사전협의제도와 차이점은 건축물의 종류에 있다. 우수유출저감시설은 『건축법』 제29조에 의한 공용건축물에 국한되어 있지만, 서울시의 사전협의는 『건축법』 제2조1항제2호에 따른 모든 건축물을 대상으로 하고 있다. 저영향개발은 불투수층 증가에 따른 강우 유출과 환경오염부하를 효과적으로 관리하기 위한 것이므로, 지역의 물순환전진성을 고려하여 특정 개발사업 유형을

선정하여 적용하기보다는 불투수층이 발생하는 모든 개발사업을 대상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 분석의 대표성을 위해 사업유형을 구체화하는 것이 요구된다. 따라서 이를 위해서는 서울시의 사전협의제도와 같이 환경영향평가와 재해영향평가, 빗물이용시설 대상사업, 『건축법』에 의한 일반 건축물을 각 지자체의 사전협의 대상으로 모두 포함시키는 것이 필요하다(Figure 1).

3.1.2. 저영향개발 적용 사업 규모 설정

대규모와 소규모 등 규모에 따른 개발사업의 정의는 명확하게 제시되어 있지 않지만 일부 법에서는 법의 목적을 고려하여 일정 규모 이하 사업에 대해 소규모로 정의하고 있다. 『환경영향평가법』에서는 개발사업의 유형(예, 도시의 개발사업, 산업입지 및 산업단지의 조성사업 등)에 따라 주변에 미치는 영향을 고려하여 특정 규모 이상의 개발사업에 대해 환경영향평가를 진행하도록 하고 있다. 반면, 환경영향평가 대상 규모가 아니면서 일정규모 이상의 개발사업은 소규모 환경영향평가를 받고 있으며 이는 용도지역(보전관리지역, 생산관리지역, 계획관리지역 등)의 환경적 중요성에 따라 개발규모를 달리 규정하고 있다. 『자연재해대책법』에서는 5,000 m² 이상의 개발사업에

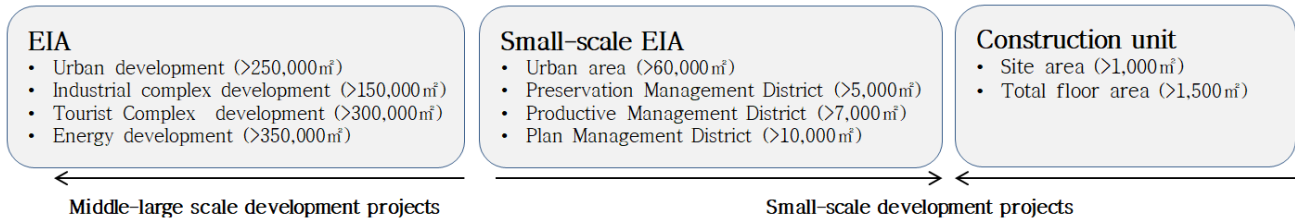


Figure 2. Area standard of small-scale development projects.

Table 2. Analysis of cost-benefit for LID application

Influence group		Cost (unit: one million won)	Benefit (unit: one million won)	Net cost (unit: one million won)
Regulated company and small enterprise (Builder)	Direct	3,395,277	148,096	3,247,180
	Indirect			
Regulated general public				
Non-regulated company and small enterprise (Evaluation agency)			19,963	-19,963
Non-regulated general public			979	- 979
Government		230,265	65,138	165,127
Total		3,625,542	234,175	3,391,366
Net cost to business		3,247,180	Equivalent annual net cost to business	392,703

대해 재해영향평가를 받도록 규정하고 그 이하의 소규모 개발은 우수유출 저감시설을 설치하도록 하고 있어 5,000 m² 이하를 소규모로 보고 있다. 5,000 m² 이상의 개발면적은 『환경영향평가법』에서 소규모 환경영향평가에 해당하는 최소 면적으로, 재해영향평가와 소규모 환경영향평가는 대상규모가 중복되고 있다. 한편, 『물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률』에서는 체육시설인 운동장, 지붕면적 1천m² 이상의 공공업무시설, 공공기관의 청사, 5천m² 이상 초등학교, 대학·대학교 그리고 건축면적 1만m² 이상 아파트, 연립주택, 다세대주택, 기숙사 건축물은 빗물처리시설을 설치하도록 규정하고 있다. 서울시의 사전협의제도는 대지면적 1,000 m² 이상이거나 연면적 1,500 m² 이상의 일반 건축물도 대상사업으로 포함하고 있어 LID를 가장 폭넓게 적용하고 있다. 본 연구에서는 환경영향평가 대상사업 규모 이하를 소규모 개발사업으로 규정하고자 하며, 그 대상과 규모는 주거, 상업, 산업, 유통, 정보통신, 생태, 문화, 보건 및 복지 등의 기능이 있는 건축물(『건축법』 제2조)과 개발법에 따라 시행되는 단지로서 환경영향평가 대상규모 이하이면서 대지면적 1,000 m² 이상이거나 연면적 1,500 m² 이상으로 정하고자 한다(Figure 2).

3.2. 비용·편익 분석

소규모 개발사업의 비용·편익 분석을 위한 전국의 사전협의 대상 건수는 서울시 사전협의제도와 동일한 대상사업을 기반으로 하였으며 세움터(www.caiss.go.kr)의 통계 자료를 활용하여 예측하였다. 또한, 사전협의의 실행의 현실성을 고려하여 예측된 대상 건수에 실제 서울시의 사전협의 시행 비율을 반영하

였다. 2017년도 전국 시도별 건축허가 건수를 확인한 결과, 총 316,954건수 중 대지면적 1,000 m² 이상은 90,300건, 연면적 1,500 m² 이상은 25,993건으로 확인되었으며 이중 중첩되는 21,353건을 제외할 경우 통계상 사전협의 대상은 94,940건으로 조사되었다. 서울시의 2015년과 2016년 대지면적 1,000 m² 이상의 건축물은 각각 2,606건, 2,637건이며, 연면적 1,500 m² 이상은 각각 3,094건, 2,916건으로 확인되었다. 두 기준에 의한 중첩 건수는 각각 1,684건, 1,056건으로, 이를 제외하면 통계상의 사전협의 대상 건수는 최종적으로 2015년 4,016건, 2016년 3,938건으로 나타났다. 이에 서울시의 2015, 2016년도 실제 사전협의의 적용 사업 건수인 557, 676건을 고려하면 그 비율은 각각 13.87%, 17.17%이며, 평균치는 15.5%로 나타났다. 실제 사전협의의 비율인 15.5%를 적용할 경우 전국의 사전협의 대상은 14,716건이며, 시도별 협의대상은 경기도에서 3,893건으로 가장 높게 나타났고 이외 경상북도, 충청남도 순으로 확인되었다.

LID 적용에 따른 비용·편익 분석은 피규제 기업·소상공인(건설사업자), 피규제자 이외 기업·소상공인(평가대행자), 피규제자 이외 일반국민 및 정부로 분류하여 진행되었다. 분석결과, 비용은 피규제 기업·소상공인과 정부에서 각각 3,395,277백만원, 230,265백만원으로 총 3,625,542백만원으로 산정되었으며, 편익은 피규제 기업·소상공인과 피규제자 이외 기업·소상공인, 피규제자 이외 일반국민, 정부에서 각각 148,096백만원, 19,963백만원, 979백만원, 65,138백만원으로 총 234,175백만원으로 산정되었다(Table 2). 결과적으로 소규모 개발사업의 저영향개발제도 도입에 따른 비용편익 분석 결과는

Table 3. Sub-divided analysis of cost-benefit for LID application

Item	Regulated company and small enterprise					Non-regulated company and small enterprise	Non-regulated general public	Government		
	Cost		Benefit			Benefit	Benefit	Cost	Benefit	
Sub-divided	Builder					Evaluation agency	General public	Government		
Title Unit: one million won	Operating loss	Writing for consultation document	Initial installation cost and management cost	Reduction for water supply charge	Reduction for electric and gas charge	Cost of document writing	Improvement of air quality	Review of prior consultation department	Reduction for cost of sewage treatment	Energy reduction for climate change adaptation
Total cost (Equivalent Annual Cost)	396,866.7 (47,995.7)	221,806.3 (26,824.5)	2,776,603.6 (335,793.2)	144,682.4 (17,497)	3,413.8 (412.9)	19,962.6 (2,414.2)	978.7 (118.4)	230,265 (27,847.5)	45,716.6 (5,528.8)	19,421.3 (2,348.7)
Formula	a*	b*	c*	d*	e*	f*	g*	h*	i*	j*

a* Business loss cost = number of projects × delay time by prior consultation (7 d) × average daily business profits (332,000 won)
 b* Document preparation cost of prior consultation = number of projects × average agency cost (1,310,000 won)
 c* Installation cost of rainwater management facility = number of projects × average rainwater share amounts (27.3 m³ hr⁻¹) × average installation cost (permeable pavement 722,400 won/m³ + infiltration facilities 635,300 won/m³ + storage facilities 408,400 won/m³ = 16,342,000 won/m³)
 d* Benefit for water tax reduction = total number of households in prior consultation target building (one household (3 member family) area: 211 m²) × average daily rainwater usage (0.1925 m³ d⁻¹) × average water tax (707.7 won/m³)
 e* Benefit for electricity and gas energy reduction = number of projects × average rainwater share amounts (27.3 m³ hr⁻¹) × basic unit of average electricity and gas energy reduction (36.4 won/yr·m³)
 f* Agency profit by document preparation of prior consultation = number of projects × Agency cost for prior consultation document preparation (1,310,000 won) × agency profit rate (9.0%)
 g* Benefit of air quality improvement by LID = number of projects × average rainwater share amounts (27.3 m³ hr⁻¹) × basic unit of average air quality improvement (24.5 won/yr·m³)
 h* Review cost of prior consultation department = number of projects × review lead time per case (7 d) × hourly labor costs (22,494.5 won)
 i* Benefit for wastewater treatment plant reduction by LID = number of projects × average rainwater share amounts (27.3 m³ hr⁻¹) × operating cost of wastewater treatment plant (basic unit of wastewater treatment cost + basic unit of electricity energy reduction) (1,142.8 won/yr·m³)
 j* Benefit for energy reduction in climate change adaptation = number of projects × average rainwater share amounts (27.3 m³ hr⁻¹) × basic unit of electricity energy reduction (392.3 won/yr·m³)

Table 4. Average necessary measures of small-scale development projects

Item	Site area (m ²)	Green area (m ²)	Measure area (m ²)	Unit share amounts (mm hr ⁻¹)	Necessary measures (m ³ hr ⁻¹)
Private (large scale)	5,464	820	4,972	5.5	27.3

※ Measure area = site area - (green area × 3 / 5)

0.064로 기준치인 1에 크게 미치지 못하는 것으로 나타났다. 비용편익 분석결과를 세분류로 구체화하면 아래의 Table 3과 같다. 건설사업자의 비용에서는 사업지연 발생에 따른 영업 손실비용, 사전협의 자료 작성비용 및 빗물관리시설 설치비용에 대하여 산정하였다. 저영향개발 사전협의로 사업 지연에 따른 영업 손실 비용은 사업건수와 지연 시간(7일), 건설업의 일평균 영업이익 등을 고려하여 산정하였으며, 10년간 총 396,866.7백만원의 비용이 발생하는 것으로 나타났다. 사전협의서 작성 비용은 사업건수와 건당 평균 사전협의 자료 작성 대행 비용을 고려하여 산정하였으며, 10년간 총 221,806.3백만원의 비용이 발생하는 것으로 나타났다. 빗물관리시설의 설치비용은 사업건수와 평균 빗물분담량(27.3 m³ hr⁻¹), 평균 설치비용 단가를 고려하여 산정하였다. 해당 LID 시설인 투수성 포장, 침투시설, 저류시설은 서울시의 기준에 따라 각각 총 대책 빗물분담량의 10%, 70%, 20%로 분배하였다[13]. 그리고 빗물분담량의 산정 시 사전협의 대상사업의 최근5년 평균 건축면적인 5,464 m²를 기준으로 소규모 건축물의 주거지역 건폐율 70%, 주차장 면적 등을 제외한 15%의 녹지조성 면적을 가정하였다(Table 4).

빗물관리시설의 분석결과 설치비용은 10년간 총 2,776,603.6 백만원이 발생하는 것으로 나타났다. Kim and Sim [13]에 의하면 빗물이용시설의 경우 저류조 용량이 작아질수록, 즉 사업규모가 소규모일수록 시설용량의 단가가 높아지는 것으로 분석되었으며 이때 비용·편익 지수는 1.0보다 상당히 낮은 0.02-0.07로 나타났다. 한편, Back et al. [1]은 120,000 m²의 주거대상 면적에 빗물통, 침투트렌치, 투수성포장에 의한 비용·편익을 분석하였으며 10년 기준 0.78로 기준 사례보다 높게 예측된다. 이는 연구자들마다 계획부지의 면적과 시설물 종류 및 가격단가 등의 비용산정 기준이 다소 다르기 때문이라고 예상된다[15]. LID시설물 중 빗물침투시설은 빗물이용시설에 비해 상대적으로 낮은 비용으로 관리가 가능하고 빗물 침투·저류량이 평균 2배 이상 높아 경제성이 높은 것으로 보고되고 있다. 반면, 빗물이용시설은 기후변화에 따른 강우발생 횟수 감소로 활용빈도가 적어지고, 간헐적 운전으로 인한 시설 고장과 전력 과다 소모 등의 사유로 경제성 문제가 이슈화되고 있다[13]. 하지만, 빗물이용시설로 인한 빗물의 재이용(조경용수 등) 및 상수도 절감 등의 요소를 고려하면 일정 규모 이상 사업에서는 권고 수준의 이용이 필요할 것으로 사료된다. 이외

토지이용계획 수립 시 LID 시설 설계에 따른 우수유출량 및 비점오염원 저감효과 분석, 개략적인 설치비 등의 정보를 제공하는 GIS기반의 계획 모델을 개발한 연구사례가 존재하며 미비점(모형의 검·보정, DB 및 LID 요소기술의 효율성 추가 연구 등)으로 인한 지속적인 검증 및 보완이 필요함을 제시하고 있다[17]. 정부의 비용은 사전협의서를 검토할 투입인력과 비용이 필요하므로, 사전협의의 주관부서 검토비용을 사업건수와 1건당 검토 소요시간(7일), 시간당 인건비(22,494.5원)을 고려하여 산정하였으며, 10년간 총 230,265백만원의 비용이 발생하는 것으로 나타났다.

반면, 편익부분에 있어 건설사업자는 수도세 절감과 전기 및 가스 에너지 저감 등의 편익으로 구분할 수 있다. 수도세 절감 편익은 사전협의 대상 건축물의 총 세대수와 세대당 평균 빗물이용량, 평균 수도요금을 고려하여 산정하였으며, 10년 동안 총 144,682.4백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 전기 및 가스 에너지 절감비용은 사업건수와 평균 빗물분담량, 평균 냉방용 전기 및 난방용 가스 에너지 저감 원단위(36.4원/년·m³)를 고려하여 산정하였으며, 10년 동안 총 3,413.8백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 사전협의 제도의 도입에 따른 사전협의서의 작성은 피규제자 입장에서는 비용이지만, 평가대행자는 편익이라 할 수 있다. 대행업체의 편익은 사업건수와 평균 건당 사전협의의 자료 작성 대행 비용, 대행업체 영업이익률을 고려하여 산정하였으며, 10년 간 총 19,962.6백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 피규제자 이외 일반국민은 에너지 사용 저감에 따른 대기질 개선의 편익이 발생한다. 대기질 개선 편익은 사업 건수와 평균 빗물분담량, 평균 대기질 개선 원단위(24.5원/년·m³)를 고려하여 산정하였으며, 10년 동안 총 978.7백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 정부의 편익은 저영향개발에 따른 하수처리비용의 절감과 기후변화 대응 전기에너지 저감 편익으로 구분할 수 있으며 사업건수와 평균 빗물분담량에 하수처리시설 운영 비용(1142.8원/년·m³) 및 기후변화 대응 전기에너지 감소 원단위(392.3원/년·m³)를 각각 적용한 결과, 10년간 총 45,716.6백만원 및 19,421.3백만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 결과적으로 소규모개발사업의 경제성은 낮은 것으로 확인되나 정량화가 어려운 환경적 가치를 고려하고 향후 LID시설의 비용단가 개선 등을 감안하면 비용편익 지수는 크게 개선될 수 있을 것이라 판단된다[16]. 또한, 지자체의 제도적지원(건축기준 완화, 인허가 기간 단축 등), 재정적 지원(보조금 지원, 세제 감면, 용자지원 등)의 구체적인 대책마련도 필요하다. 아울러 LID 시설의 설치에 있어 시설 및 유지관리 비용이 저렴한 소규모 침투시설을 우선적으로 적용하되, 별도의 시설설치가 최소화 되도록 계획하는 것도 고려해야 한다[13].

3.3. 국내·외 유사 제도

미국 다수의 주정부 및 지방정부에서는 LID를 이용하여 빗물을 관리하고 훼손된 물순환을 복원하려는 제도가 시행되고

있다. 대표적으로 포틀랜드에서는 LID 기법의 적용을 통하여 도시화의 영향에 대응하는 강우유출수 관리매뉴얼(stormwater management manual, SWMM)을 제작하여 강우유출수를 관리하고 있으며, 50 m² 이상 소규모 단위의 개발 및 재개발 사업 뿐만 아니라 불투수층의 교체, 강우유출수 관련 배수시설 등의 변경과 관련된 사업에서도 해당 준수사항을 의무적으로 적용하도록 하고 있다[16]. 독일 함부르크에서는 물관리법의 빗물침투 규제에 따라 개발지의 포장면적 규제 및 빗물을 지하로 침투시키거나 지표수로 배출 시 배수허가를 받아야 하며 유출되는 빗물에 대해서는 빗물하수도세를 지불하고 있다. 이외 영국은 2010년 물관리법을 통해 지속가능한 도시배수체계를 도입하여 LID 시설물 설치를 의무화하고 있다[7,14]. 한국은 서울시 조례에 국한하여 대지면적 1,000 m² 이상의 건축물에 대해서 저영향개발 사전협의의 적용하고 있지만, 미국과는 상당한 차이가 있을 뿐만 아니라 건축물 위주의 대상 범위에서 벗어나지 못하고 있다. 따라서 보다 협소한 국토면적에서 개발이 이루어지는 한국은 LID 적용범위와 규모의 강화하는 것이 필요하다[16]. 또한, 한국의 저영향개발은 허가증이나 설계도면을 통해 미리 설정한 기준 여부에 대한 만족 여부만을 검토하고 있으나, 포틀랜드에서는 지역의 특성, 적용 가능한 인프라, 제안된 개발계획 등 여러 현장요소를 고려하여 준수사항을 이행할 수 있도록 다양한 방법을 강구하고 있다. 특히, 공인된 지반 기술자, 지질 공학자 또는 기타 전문가들로 구성된 자문위원회에서 현장에서의 전량 침투가 가능하도록 유도하고 있다. 한국에서도 단순 서면검토가 아니라 현장 중심의 우수유출저감을 위한 설계와 관리가 요구되며, 이를 통해 시설이 효율적으로 유지, 관리, 운영될 수 있도록 하는 것이 필요하다[14].

4. 결론

본 연구는 소규모 개발사업의 “물순환 회복 사전협의제도” 도입을 가정하여 비용·편익 분석을 중심으로 수행되었다. 이를 위해, 국내·외 관련 제도조사, 소규모 사업의 범위 및 규모 선정, LID 시설의 적용에 따른 비용·편익 분석이 고려되었다. 전국의 사전협의 대상 건수는 14,716건(총 개발 건수의4%)으로 예측되었으며, 비용과 편익은 각각 3,625,542 및 234,175백만원으로 약 6% 수준으로 낮게 확인되었다. 그러나 대기질, 수질, 생태계 보전 등에 관한 환경가치 및 환경재해의 계량화한계점을 고려할 때 단순히 비용·편익 분석 결과를 통해 제도 도입 여부를 결정하는 것은 바람직하지 않다고 사료된다. 국내의 LID 기법 도입은 현재 적용단계로 긍정적 측면보다는 설치 및 유지관리 비용 소모, 구조적 안정성 등에 대한 우려로 보급이 쉽지 않은 상황이다. 따라서 협소한 국토에서의 효과적인 물순환 관리를 위해서는 국가적 차원의 장기적인 물관리 계획을 수립하는 것이 필요하며, 지자체에서는 상위계획을 반영하여 조례 제정 및 보완 등을 통해 소규모 시설의 LID의무화, 제도·재정적 지원 등 체계적인 접근 및 지원이 필요하다.

사 사

본 연구는 한국환경공단 수탁과제(2018-014)인 “소규모 사업 저영향개발 적용을 위한 제도 도입방안 연구”로부터 수행되었다.

References

1. Baek, J., Lee, S., Shin, H., and Kim, H., “Analysis of Effectiveness for Water Cycle and Cost-Benefit according to LID Application Method in Environmentally-Friendly Village,” *J. Korean Soc. Water Environ.*, **34**(1), 57-66 (2018).
2. Seoul metropolitan city, Rainwater management master plan of Seoul, p. 30 (2013).
3. Ko, H. B., Choi, H. N., Lee, Y. K., and Lee, C. Y., “Analysis on the Water Circulation and Water Quality Improvement Effect of Low Impact Development Techniques by Test-Bed Monitoring,” *Journal of Korean Geoenvironmental Society*, **17**(5), 27-36 (2016).
4. Kim, H. O., and Yeom, J. M., “Effect of the Urban Land Cover Types on the Surface Temperature: Case Study of Ilsan New City,” *Korean J. Remote Sens.*, **28**(2), 203-214 (2012).
5. Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., and Bounoua, L., “Remote Sensing of the Urban Heat Island Effect Across Biomes in the Continental USA,” *Remote Sens. Environ.*, **114**(3), 504-513 (2010).
6. Liu, Z., Wang, Y., Li, Z., and Peng, J., “Impervious Surface Impact on Water Quality in the Process of Rapid Urbanization in Shenzhen, China,” *Environ. Earth Sci.*, **68**(8), 2365-2373 (2013).
7. National institute of environmental research, “A Research on Control Targets and Strategies for Impervious Surface Management,” NIER-SP2014-321 (2014).
8. Fogaca, F. N. O., Gomes, L. C., and Higtuti, J., “Percentage of Impervious Surface Soil as Indicator of Urbanization Impacts in Neotropical Aquatic Insects,” *Neotrop. Entomol.*, **42**(5), 483-491 (2013).
9. Lee, J. M., Lee, Y. S., and Choi, J. S., “Analysis of Water Cycle Effect according to Application of LID Techniques,” *J. Wet. Res.*, **16**(3), 411-421 (2014).
10. Lee, S. W., and Kim, R. H., “Study of Benefit Characteristics for Low Impact Development (LID) Facilities demonstrated in Seoul Metropolitan,” *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **38**(6), 299-308 (2016).
11. Park, J. Y., Lim, H. M., Lee, H. I., Yoon, Y. H., Oh, H. J., and Kim, W. J., “Water Balance and Pollutant Load Analyses according to LID Techniques for a Town Development,” *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **35**(11), 795-802 (2013).
12. Choi, J., Yoon, E., Lee, J. Lim, S., “A Study on Introduction Plan of Low Impact Development Techniques in Multifunctional Administrative City (MAC)(I),” Research Division, LH land and housing institute, Report No. 2018-165 (2017).
13. Kim, Y. R., and Sim, J. Y., “A Feasibility Analysis of Stormwater Management for the Housing Redevelopment and Reconstruction,” *Journal of Seoul City Studies*, **14**(2), 145-149 (2013).
14. Lee, J. H., “LID Implementation Scheme for Environmental Impact Assessment,” *Korea Environment Institute*, Research report 2014-18 (2014).
15. Lee, W. B., Kim, J. H., Kang, S. I., Jeong, H. C., Moon, H. S., and Hyun, C. T., “Installation Criterion for Rainwater Harvesting Facilities of Multi-Family Housings using Cost-Benefit Analysis,” *J. Archit. Inst. Korea Struct. Constr.*, **28**(10), 121-130 (2012).
16. Korea Environment Institute, “A Study on Introduction of the System for LID Application in Small-scale Development Projects.,” Research report 2018-14 (2018).
17. Kim, H. S., Lee, S. J., Bake, J. S., Park, S. K., and Shin, H. S., “Development of LID Standard Combination Set and Planning Model,” *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, **18**(3), 321-329 (2018).