

경량형 옥상 녹화 유형 정의와 적용 현황

Current Status of Applications of Extensive Greening Technology

김 현 수*

Kim, Hyeon Soo

Abstract

This research was executed to analyze the problems of Korean type of 'Light-weight' Greening that has been applied similarly by the type of 'Intensive Greening,' and to suggest the better way. To achieve this purpose, we compared and analyzed the theory about the definition of Korean type of Roof Greening and the type of Greening of FLL. And we researched documents and fields of 18 sites of Seoul City that applied the type of 'Light-weight' Greening, and produced improvement issues and directions. To resolve the confusion of the type definition and site application, arising from considering 'weight of greening' as the main viewpoint to classify the type of Greening, we have to change the term 'Light-weight' with more suitable for contents-based definitions. According to a 'Light-weight' Greening field survey, only 5 among 18 sites are suitable for Extensive Greening and the rest sites show the character of Intensive Greening. Korean concept of 'Light-weight' Greening corresponds with the definition of 'Weight of Greening', but has a problem that does not correspond with the viewpoint of 'Maintenance of Greening'. This problem comes from the fact that the surveyed Light-weight(extensive) Greening sites are designed and executed for use. Therefore, Extensive Greening is proper to be applied for sites, excluded from use. 5 sites, determined suitable for Extensive Greening, adopts 'Sedum-herbaceous Planting' or 'Sedum-grasses Planting' forms of Greening, based on Sedum. So, it has to precede with selecting and breeding plants for developing various forms of Greening, suitable for Extensive Greening including 'Grasses-herbaceous Planting.'

키워드 : 옥상 녹화, 녹화 유형, 경량형 녹화, 식생형태, 녹화 기술

Keywords : Roof greening, Types of greening, Extensive greening, Forms of vegetation, Greening technology

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

우리나라에서는 옥상 녹화 유형(Types of greening)을 일반적으로 경량형, 혼합형, 중량형, 세 가지로 구분하고 있다. 옥상 녹화 활성화를 선도해온 서울시의 지원 사업도 경량형, 혼합형, 중량형 옥상 녹화로 구분하여 시행되고 있으며¹⁾, 최근에 국토해양부가 제시한 '건축물 녹화 설계 기준(2012.4)'에서도 옥상 녹화 유형을 경량형(생태형) 녹화, 혼합형 녹화, 그리고 중량형(이용형) 녹화로 구분하고 있다. 기관이나 학자들에 따라 유형 구분의 기준과 명칭은 다소 다르지만, 크게 볼 때 독일 FLL²⁾이 제시한 3가지 유형 구분을 따르고 있다고 판단된다(2.4 참조).

이 중에서 '경량형' 옥상 녹화 유형은 독일 FLL이 분류하고 있는 'Extensivbegrünungen(extensive greening)' 유형

에 해당하지만, 실제 경량형 옥상 녹화 유형으로 시공된 현장은 FLL의 정의와 현저한 차이를 보이고 있다. 자연과 유사한 '식생형태³⁾'를 도입하여 스스로 유지되고 발전하는 유형적 특징을 가지는 경량형으로 조성되었음에도 불구하고 이입종이 우점하고 밀도 있는 관리가 요구되는 현장이 대부분이다(2, 3장 참조). 이는 옥상 녹화 유형 정의에 대한 이해 부족, 적합한 식물 소재와 토양 소재의 미흡, 적절한 식재 설계 및 시스템 설계 기술의 미흡 등 다양한 요인이 반영된 결과로 추측된다.

이런 배경에서 본 연구는 고유한 유형적 특성과 장점을 살리지 못하고 혼합형 또는 중량형 녹화 유형과 유사하게 적용되고 있는 경량형 옥상 녹화 현장의 문제를 구체적으로 분석하고 그 개선 방향을 제시하고자 한다.

* 한국건설기술연구원 선임연구위원(hskim1@kict.re.kr)

1) 서울시 외, 옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침, 2008.4

2) Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

3) 구분된 녹화 유형에 적합한 전형적인 식물군집의 형태(forms of vegetation)를 말한다. FLL은 이끼와 세덤, 세덤-이끼-초본, 세덤-화본-초본, 화본-초본으로 구성된 식생형태를 경량형에 전형적인 것으로 제시하고 있다.



그림 1. 연구흐름도

1.2 연구 범위와 방법

연구의 범위는 아래 그림과 같이 크게 경량형 옥상 녹화의 유형 구분에 대한 이론적 고찰, 시공 현장의 현황 분석, 그리고 이를 바탕으로 경량형 옥상 녹화 적용 현장의 문제 분석과 이 문제의 개선 방향을 도출하는 것으로 설정하였다.

먼저, 옥상 녹화 유형의 이론적 고찰은 서울시의 ‘옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침’과 국토해양부가 최근에 발표한 ‘건축물 녹화 설계기준’ 및 독일 FLL의 ‘옥상 녹화의 계획, 시공 및 유지관리 지침서’⁴⁾를 중심으로 비교·분석하고자 한다. 경량형 옥상 녹화의 시공 현황 분석을 서울시를 중심으로 진행하므로 서울시가 제시하고 있는 옥상 녹화 유형의 정의를 살펴보는 것은 필수적이며, 국토해양부의 기준은 국가 기준이라는 관점에서 중요하다. 또한, 이러한 공공 분야의 유형 정의와 대비되는 국내 학계의 이론도 함께 검토하여 유형 정의의 보완 방향이 편향되지 않도록 하였다.

다음으로 경량형 옥상 녹화 시공 현황은 서울시 옥상 녹화 지원 사업 모니터링 결과⁵⁾를 중심으로 분석하되, 연구 목적에 맞게 3년 이상의 시간이 경과한 대상지로 한정하였다. 또한, 분석 결과의 신뢰성을 높이기 위해 현장조사를 병행하였다.

경량형 옥상 녹화의 문제 분석은 옥상 녹화 유형 정의의 관점과 기술적 관점으로 나누어 진행하였다. 즉, 옥상 녹화 유형의 이론적 고찰을 통해 서울시나 국가가 제시하고 있는 경량형 녹화 유형의 구분 관점과 정의의 합리성을 먼저 점검하고, 이를 바탕으로 현장의 기술적 문제를 분석하였다.

이상의 분석 결과를 바탕으로 경량형 옥상 녹화 유형 정의의 보완 방향을 제안하고, 현장에서 발생하고 있는 문제 해결을 위한 기술적 개선 방향을 도출하고자 하였다.

2. 경량형 옥상 녹화 유형의 이론적 고찰

2.1 옥상 녹화 유형 구분

환경부는 1999년에 발간한 “보급형 옥상녹화 가이드 북”에서 옥상 유형을 ‘저관리·경량형’과 ‘관리·중량형’ 그리고 혼합형으로 구분하여 제시하였다⁶⁾. 그리고 저관리·경

량형 유형을 ‘① 토심 20cm 이하, 주로 인공경량토양 사용, ② 관수, 예초, 시비 등 관리요구를 최소화, ③ 지피식물 위주의 식재, ④ 구조적 제약이 있는 곳이나 유지관리가 어려운 기존 건축물 옥상이나 지붕에 주로 활용’하는 유형으로 설명하고 있다. 이는 국가 행정 기관이 경량형 옥상 녹화 유형과 관련하여 제시한 최초의 공식적인 정의이다.

세 가지 일반적인 녹화 유형 분류와 함께 환경부는 녹화 유형을 보다 세분할 수 있는 요인으로 관리 방식, 적용 방식(면적), 적용 대상(건물), 경사의 유무를 꼽고 있다. 이에 따라, 유지관리 방식을 관리, 저관리, 비관리, 적용 방식(면적)을 전면 녹화와 부분 녹화 그리고 적용 대상 건물을 기존 건물, 신축 건물로 구분하였다. 또한 지붕의 경사에 따라 평탄형과 경사형을 구분하였다.⁷⁾

위와 같은 유형 구분은 기본적으로 독일 FLL의 유형 구분과 맥락을 같이 하면서도 다양한 건축 기술적 관점이 반영되어 세분화된 특징을 보여주고 있다.

2.2 서울시의 경량형 옥상 녹화 유형 정의

환경부의 옥상 녹화 유형 정의는 서울시의 ‘건물옥상녹화 학술용역(2000)’에 반영되고 보다 구체화되어진다. 이 보고서에서는 Hermann Grub⁸⁾ 등 독일 전문가들의 옥상 녹화 유형 구분을 참고하는 동시에 서울시의 옥상 녹화 수요를 반영하여 ‘저관리·경량형’, ‘혼합형’, ‘관리·중량형’의 세 가지 옥상 녹화 유형을 제시하였다. 이러한 유형 정의는 2003년부터 시행된 서울시 옥상 지원 사업의 녹화 유형 판단 기준으로 활용되었으며, ‘옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침’⁹⁾에서 보다 구체화 된다.

서울시가 정의한 중량형 녹화 유형은 정기적인 관수나 영양공급과 같은 집약적 관리를 통해서만 지속적으로 유지가 가능한 유형이다. 반면에 경량형 녹화 유형은 “자연상태와 유사하게 조성되는 식생형태로서 대부분 자생적으로 유지되면서 생육”¹⁰⁾하는 유형으로 정의하고 있다. 이에 따라 식물 소재도 “극한적 입지조건에 잘 적응하고 높은 자생력을 갖춘 식물”¹¹⁾이 적용된다고 서술하고 있다.

서울시는 저관리·경량형 유형을 도시의 생태적 기능 개선과 함께 구조적 안정성과 내구성 그리고 경제성을 확보하는데 유용한 옥상 녹화 유형으로 판단하고 우선적으로 보급하고자 하였다. 서울시는 식재 식물의 종류와 관리요구도를 주요 관점으로 녹화 유형을 구분하면서도 ‘녹화시스템의 하중’을 유형 구분의 중요한 기준으로 반영하고 있다. 이는 현실적으로 옥상 녹화 대상 건물이 대부분 기존 건축물이며, 도시의 생태적 문제 개선을 위해 기존 건축물의 녹화가 우선적으로 유도되어야 한다는 정책적 판단에

4) FLL, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, 2008
 5) 서울시, 서울시 옥상공원 모니터링 보고서, 2007.12, '09 서울시 옥상공원 모니터링 보고서, 2010.2

6) 이 구분은 Hermann Grub의 저서 ‘Unternehmen Grün(1990)’에 서술된 내용을 근거로 하고 있다.
 7) 환경부, 보급형 옥상녹화 가이드 북, 1999.11, p.12
 8) Grub, Hermann, Unternehmen grün, 1990.
 Dürr, Albrecht, Dachbegrünung, 1995.
 9) 한국건설기술연구원의 연구 성과를 바탕으로 (사)한국인공지반녹화협회와 서울시가 공동으로 작성, 2008.5
 10) 서울특별시 외, 옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침, p.2
 11) 서울특별시 외, 앞의 책, p.2

기인한 것으로 판단된다. 또한, 기존 건축물 녹화의 전제가 되는 구조적 안전성을 확보하기 위한 정책적 의도가 반영된 것으로 해석된다.

표 1. 녹화 유형과 하중 기준 - 서울시¹²⁾

유형	경량형	혼합형	중량형
시스템 하중(D.L)	120kgf/m ²	200kgf/m ²	300kgf/m ²
사람 하중(L.L)	100kgf/m ²	200kgf/m ²	200kgf/m ²

결론적으로 서울시는 ‘관리요구도’와 ‘녹화시스템의 하중’을 중요한 유형 판단 기준으로 ‘저관리·경량형’, ‘혼합형’, ‘관리·중량형’ 유형을 구분하여 옥상 녹화 지원에 활용하고 있으며, 최근에는¹³⁾ 경량형, 혼합형, 중량형으로 단순화된 용어를 사용하고 있다.

2.3 국토해양부의 경량형 옥상 녹화 유형 정의

국토해양부가 2012년 4월에 고시한 ‘건축물 녹화 설계 기준’에서는 옥상 녹화 유형을 녹화 목적과 유지관리 방식에 따라 두 가지 유형으로 구분하고 있다. 즉, “사람의 이용보다 건축으로 인해 상실된 생태적 기능의 회복을 우선으로 하는 저관리·경량형(생태형) 녹화(extensive green roof)”¹⁴⁾와 “녹화 공간으로 이용할 목적으로 집중적인 관리가 필수적으로 수반되는 관리·중량형(이용형) 녹화(intensive green roof)”¹⁵⁾로 옥상 녹화 유형을 대별하고 있다. 그리고, 이를 바탕으로 우리나라 건축물의 구조적 특성, 도입 가능한 식물종 및 식재패턴과 기술 개발 동향을 고려하여 중량형(이용형) 녹화, 혼합형 녹화, 그리고 경량형(생태형) 녹화의 세 가지로 녹화 유형을 세분하고 있다.

국토해양부는 중량형(이용형) 녹화를 녹화 공간의 이용을 전제로 밀도 있는 관리가 요구되는 유형으로, 주기적인 관수, 시비, 전정, 예초 등 집중적 관리를 통해서만 지속적으로 유지 가능한 유형으로 정의하고 있다. 또한 관목류와 초본류는 물론 일부 교목류를 포함한 식재설계가 가능하며 최소 20cm 이상의 토양층과 단위면적당 300 kgf/m² 이상의 고정하중이 요구되는 유형으로 서술하고 있다. 반면 경량형(생태형) 녹화는 녹화 공간의 이용 목적을 배제하고 최소의 자원과 비용으로 생태적 건물외피 조성을 추구하는데 적합한 유형으로 자연 상태와 유사하게 관리되는 유형으로 서술하고 있다. 따라서 이 유형에는 극한적 입지조건에 잘 적응하며 높은 자생력을 갖춘 이끼류, 다육식물, 초본류 및 화본류 등의 지피식물이 주로 적용되며 단위면적당 120 kgf/m² 이하의 고정하중이 요구된다. 특히, 경량형은 “인간의 간섭 없이 자연적인 천이를 거치며 지속가능한 극상 상태를 유지할 수 있도록 토양층을 형성하고 식재계획을 수립하는 것이 매우 중요”¹⁶⁾한 특징을 가지는

유형으로 정의되어 있다.

2.4 FLL의 경량형 옥상 녹화 유형 정의

우리나라의 옥상 녹화 유형 정의에 커다란 영향을 미친 독일 FLL의 ‘옥상녹화 계획, 시공 및 유지관리 가이드라인’¹⁷⁾에서는 ‘녹화 유형(Begrünungsarten)’을 ‘인텐시브 녹화(Intensivbegrünungen)’, ‘간단한 인텐시브 녹화(Einfache Intensivbegrünungen)’, ‘익스텐시브 녹화(Extensivbegrünungen)’로 구분하여 제시하고 있다. ‘이용성’과 ‘건축 기술적 요인’ 및 ‘공법’에 따라 녹화 유형을 전술한 바와 같이 세 가지로 구분하며, 구분된 유형이 ‘식물종의 선발(Pflanzenauswahl)’과 ‘식생의 형상(Vegetationsaspekt)’을 결정하게 된다고 서술하고 있다. FLL이 분류한 각각의 유형은 변이와 국지적 차별성을 포함하는 다양한 식생형태를 보이면서도 이를 포괄하는 공통된 유형 분류 특성을 가진다.

위의 세 가지 유형 중에서 본 논문의 주제인 경량형에 해당하는 것은 익스텐시브 녹화 유형이다. 이는 “자연에 가깝게 조성된 식생형태로 전반적으로 스스로 유지되고 발전하는”¹⁸⁾ 유형으로 정의되며, 이 유형에 적합한 식물은 극단적인 대상지 조건에 대한 적응력이 뛰어나고 재생 능력을 가져야 한다고 명시되어 있다. 그리고 이 녹화 유형의 목표는 자연발생적인 녹화 과정에 비해 ‘식물의 천이(Vegetationsentwicklung)’를 가속화 하고 자연발생적인 식생 활력을 활용하여 지속적인 상태를 빠르게 정착시키는 것이다. 다시 말해, 자연발생적인 식생 천이를 가속화 하여 지속성 있는 군집의 형성에 활용하는 것이 익스텐시브 유형의 조성 목표가 된다. 따라서 익스텐시브 유형은 일반적으로 시공이나 유지관리가 손쉬운 특징을 가진다.

한편, 인텐시브 녹화 유형은 일년생 식물, 다년생 식물, 화본류, 구근류, 관목, 그리고 수목과 잔디 등 다양한 식물로 조성이 가능하다. 또한 이 유형은 디자인이나 이용에 거의 제약이 없기 때문에 지상 녹지와 유사한 녹화가 가능하다. 이런 특성 때문에 인텐시브 유형은 집약적인 관리를 통해서만 지속적으로 유지가 가능하며 무엇보다 주기적인 관수와 시비가 요구된다.

결론적으로 FLL이 정의한 인텐시브 녹화와 익스텐시브 녹화 유형의 가장 중요한 분류 기준은 관리요구도로 볼 수 있다.

2.5 FLL과 국내 옥상 녹화 유형 정의의 비교 분석

앞에서 살펴본 바와 같이 국내 공공 부문의 옥상 녹화 유형 정의는 ‘이용’과 ‘관리요구도’의 관점에서 FLL이 구분한 녹화 유형 정의와 크게 다르지 않다. 그러나 FLL이 적용하는 식물종과 식생형태 그리고 관리요구도를 중심으로 유형 구분의 특성을 기술하고 있는데 반해 환경부나 서울시의 유형 정의는 ‘녹화 하중’이라는 건축 기술적 요인을 부각시키고 있는 점이 커다란 차이점이다.

이런 차이점에 대해 장하경(2010)은 “FLL(2002)과 이은

12) 서울특별시 외, 앞의 책, p.1

13) 공식적으로는 ‘옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성 지침’ 이후로 판단된다.

14) 국토해양부, 건축물 녹화 설계 기준, 2012.04, p.5

15) 국토해양부, 앞의 책, p.5

16) 국토해양부, 앞의 책, p.6

17) FLL, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, 2008

18) FLL, 앞의 책, p.12

회(2000)가 토심과 관리강도를 기준으로 제안한 옥상녹화 유형과 달리 현재 우리나라에서 널리 통용되고 있는 옥상 녹화 유형은 관리방식, 전면 또는 부분적인 적용방식, 대상건물, 기층, 중량을 기준으로 분류되어 앞선 유형 분류와 다소 차이가 있다”고 설명하고 있다. 특히, “서울시 옥상녹화 유형은 주로 녹화시스템의 하중에 따라 녹화 대상 건축물의 구조적 안전을 기준으로 구분되어 있다”고 지적하고 있다. 그리고 장하경이 제시한 아래 표와 본 연구에서 분석한 서울시 경량형 옥상 녹화 유형 정의(2.2 참조)를 종합해보면 관리요구도의 관점에서 FLL이나 서울시의 유형 정의에 큰 차이가 없으나, 서울시가 정의한 유형의 명칭에 녹화 하중 관점이 반영되어 있는 점은 큰 차이점으로 판단된다.

표 2. 옥상녹화의 유형구분 및 내용¹⁹⁾

내용	옥상녹화 유형	조성 내용
FLL ('02)/이은희 ('00)	Extensive 관리조방형	· 식재 : 이끼류, 세덤류, 허브류, 초화류 등 · 적용 : 건조비오톱 창출 · 관리 : 식물에 대한 최소한의 관리로 정기적인 유지관리나 인위적인 식생유도 배제 · 최소한의 비용이 투입되는 유형
	Intensive 관리집약형	· 식재 : 초화류, 관목, 소관목, 경우에 따라 교목류도 식재 가능 · 적용 : 높은 하중을 견딜 수 있는 건축물 · 관리 : 일정한 관수 및 시비 등의 관리요구도가 높음 · 거의 지상의 공원과 유사한 공간을 만드는 데 적합한 유형
	Simple intensive 단순관리형	· 식재 : 초화류, 관목, 소관목 · intensive greening에 비해 조성에 제한이있으나 상대적으로 비용이 적게 소용되는 유형
서울시 ('07)/김현수 ('00)	저관리 경량형	· 토심 : 20cm · 식재 : 지피식물 주로 식재 · 토양 : 인공경량토양 주로 사용 · 적용 : 구조적 제약 있거나 유지관리 어려운 기존 건축물의 옥상이나 지붕
	관리중량형	· 토심 : 20cm 이상 · 식재 : 지피식물, 관목, 교목 활용한 다층구조 식재 · 적용 : 구조적 문제없는 곳, 신축건축물 · 관리 : 관수, 시비, 전정등의 관리 필수
	혼합형	· 토심 : 10-30cm 내외 · 식재 : 지피식물, 키 작은 관목 위주 · 적용 : 이용요구 높으나 관리중량형 시스템 도입 어려운 공간 · 관리 : 저관리 지향

한편, 본 논문에서 살펴 본 서울시의 ‘옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침(2008)’과 국토해양부의 ‘건축물 녹화 설계기준(2012)’ 상의 옥상 녹화 유형 정의는 그 용어의 언어적 의미에 차이가 있음에도 불구하고 FLL의

유형 구분을 그대로 따르고 있으며 경량형 녹화 유형의 경우에도 마찬가지로 판단된다.

이러한 사실은 “경량형 녹화는 생태형 녹화로도 불리며 자연 상태와 유사하게 관리, 조성되는 녹화 유형으로서 대부분 자생적으로 유지되면서 성장한다”고 설명함과 동시에 경량형에서는 “인간의 간섭 없이 자연적인 천이를 거치며 지속가능한 극한 상태를 유지할 수 있도록 토양층을 형성하고 식재계획을 수립하는 것이 매우 중요하다”고 규정하고 있는 국토해양부의 건축물 녹화 설계기준을 통해 확인할 수 있다

이와 같이 우리나라 공공 부문의 옥상 녹화 유형 정의가 FLL의 것을 차용하고 있는 것으로 분석되지만, 사용된 용어의 어원적 의미와 특성을 정의한 내용간의 정합성이 떨어져 일반인은 물론 학자들 간의 인식에도 혼선이 있는 것으로 생각된다. ‘경량형’, ‘중량형’과 같이 녹화 하중을 연상시키는 용어가 유형 구분의 명칭으로 사용됨에 따라 녹화 하중이 유형 구분의 지배적인 요인으로 인지될 수 있다는 점은 개선되어야 할 과제로 판단된다.

표 3. 경량형 옥상 녹화 유형의 용어와 특성 비교

구분	용어와 특성
서울시 (2008)	· 용어: 경량형(2008년 이전 저관리·경량형) 녹화 ²⁰⁾ · 식생: 이끼류, 다육식물, 초본류, 화본류 · 관리: 자생적으로 유지되면서 성장
국토해양부(2012)	· 용어: 경량형(생태형) 녹화 · 식생: 이끼류, 다육식물, 초본류, 화본류 · 관리: 자생적으로 유지되면서 성장
FLL (2008)	· 용어: 익스텐시브 녹화(Extensivbegrünungen) · 식생: 4가지 식생형태를 제시(주 3) 참조) · 관리: 시공과 유지관리가 어렵지 않음

결론적으로 2.2에서 살펴본 바와 건축기술적 요인인 녹화 하중을 유형 구분의 관점으로 채택한 것은 우리나라의 현실을 반영한 중요한 특징으로 판단된다. 그러나, 녹화 하중이 유형 구분의 지배적 요인으로 혼돈되어 본질적 의미의 경량형 녹화(익스텐시브 녹화)를 정착시키는데 방해가 된다면 이는 반드시 해결되어야 할 과제로 생각된다.

3. 경량형 옥상 녹화 적용 현황 분석

3.1 서울시 옥상 녹화 모니터링 결과 분석

서울시는 한국건설기술연구원이 수행한 학술용역 연구결과를 바탕으로 2002년부터 옥상 녹화 지원 사업을 시행하였다. 2002년부터 2011년까지 서울시는 민간 건물 322개소와 공공 건물 224개소를 합쳐 총 546개소의 옥상 녹화 지원 사업을 시행하였다. 이 중 경량형 유형으로 분류된²¹⁾

20) 서울시 옥상 녹화 지원 사업의 토대가 된 ‘건물옥상녹화 학술용역(2000.12)’에서는 옥상 녹화 유형을 ‘저관리·경량형’, ‘관리·중량형’과 같이 관리요구도의 관점을 우선하고 건축기술적 관점을 병기한 명칭을 사용하였다. 그러나, ‘옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침(2008.5)’에서는 ‘경량형’, ‘중량형’과 같이 ‘관리요구도’ 관점이 빠진 단순화된 용어를 사용하고 있다.

19) 장하경, 식물생육특성을 고려한 관리조방형 옥상녹화 식재모델, 2010, p.6

옥상 녹화 대상지는 140개소로 전체 지원 대상지의 26%에 달하며, 48,502㎡의 면적으로 전체 지원 면적의 20%에 달한다.

서울시는 녹화 사업 지원과 더불어 지원 현장에 대한 모니터링을 주기적으로 시행해오고 있다. 특히, 2006년과 2009년에는 상반기와 하반기²²⁾ 2회에 걸쳐 현장을 모니터링하고, 그 결과를 2007년 보고서²³⁾와 2010년²⁴⁾ 보고서로 제시하였다. 본 연구에서는 전자의 내용을 포괄하고 있는 후자를 대상으로 경량형 옥상 녹화 유형으로 설계되고 시공된 현장의 현황을 분석하였다.

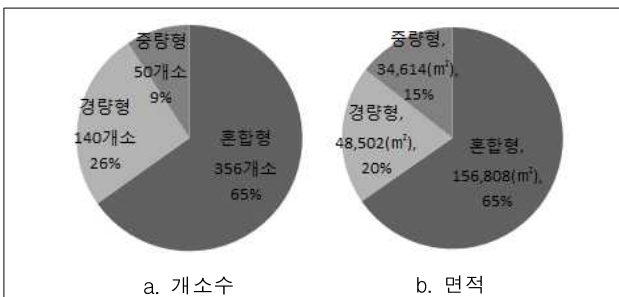


그림 2. 서울시 옥상녹화 사업 지원 현황(서울시)

서울시의 모니터링 조사표는 ‘식재 식물 및 이입 식물’, ‘유지관리 현황’, ‘이용객 및 이용현황’ 등의 기록과 관찰 사진을 수록하고 있어 녹화 유형 구분의 주요 관점인 ‘이용성’과 ‘관리요구도’를 분석하는데 유용하다. 2010년 모니터링 보고서에 기록된 현장은 2002년부터 2008년 사이에 지원된 것으로 217개소에 달한다. 이 중에서 모니터링 연도(2009년)를 기준으로 시공한지 3년이 경과되지 않은 현장(2007년~2008년 현장)은 제외하고²⁵⁾ 2002년부터 2006년 사이에 조성된 49개 현장을 대상으로 분석을 진행하였다. 49개 현장 중 본 연구의 내용적 범위에 부합되는 9개 경량형 옥상 녹화 유형 모니터링 기록을 바탕으로 ‘이용성’과 ‘관리요구도’를 분석하였다. 특히, 경량형 유형 판단의 주요 관점인 관리요구도를 분석하기 위해 적용된 식생형태, 이입종과 이입 특성, 그리고 이와 연계된 관리 현황을 세분하여 분석하였다.

이용의 관점에서 분석 결과 9개 사례 중 ‘환경운동연합(2002년)과 등촌아이파크-관리동 사례를 제외한 나머지는 휴게, 놀이, 학습 등의 이용을 전제로 조성된 것으로 경량형의 유형적 특성에 잘 부합되지 않는다. 경량형 유형의 경우에도 녹화 공간과 이용 공간을 구분할 경우 녹화 공간은 경량형 고유의 특성을 유지할 수 있겠지만, 분석한

사례는 녹화 공간 자체를 휴게, 학습, 놀이 공간으로 활용하고 있어 ‘자생적인 유지와 성장’에 분명한 한계를 가지고 있다.

식생형태의 관점에서 경량형의 유형적 특성에 바람직한 현장은 4개소에 불과하고, 2개 사례는 ‘중량형’ 유형에 전형적인 ‘교목-관목-세덤-초화’로 구성된 식생형태를 적용하고 있다. 식생형태와 관련해서 특히 주목할 점은 경량형 옥상 녹화에서 잔디가 식재종으로 선택되고 있다는 점이다. ‘세덤-초본’ 식생형태를 바탕으로 무관리를 지향하고 있는 환경운동연합 사례의 경우에도 집약적인 관리가 필요한 잔디를 도입하여 전체 녹화 공간의 관리요구도가 매우 높게 나타나고 있다. 잔디는 화분과 식물이지만 일반적으로 관수, 예초, 제초, 시비 등 밀도 있는 관리가 요구된다. 따라서 잔디는 경량형 옥상 녹화 유형에서 지양되어야 할 식물종임에도 불구하고 9개 사례 중 4개 사례에 잔디가 도입되는 문제가 나타나고 있다. 이는 대부분의 경량형 현장이 이용을 전제로 하고 있는 근본적인 원인과 함께 경량형 유형에 대한 이해의 부족이 반영된 결과로 판단된다.

표 4. 서울시 경량형 옥상 녹화 모니터링 결과 분석

구분	이용	식생형태	이입종	관리 현황
1	최소 이용	잔디-세덤-초본	박주가리 등 11종 이입종 세력 증가	무관리
2	놀이 학습	세덤-초본	고들빼기 등 10종 이입종 세력 증가	조방적 관리
3	휴게	세덤-초본	이고들빼기 등 20종, 초기종과 이입종 경쟁	조방적 관리
4	놀이 학습	(교목)-세덤-초본 ²⁶⁾	조팝나무 등 12종 이입종 세력 증가	조방적 관리
5	놀이 학습	교목-관목-잔디-초본	민들레 등 7종 다양한 추가 식재	집약적 관리
6	휴게	세덤-초본	쇠별꽃 등 25종 이입종 세력 증가	조방적 관리
7	학습 휴게	교목-관목-잔디-초본	토기풀 등 8종	집약적 관리
8	휴게	잔디-초본	왕바랭이 등 5종 잡초 수시 제거	집약적 관리
9	최소 이용	세덤-초본	서양민들레 등 6종 이입종 군락 형성	관리

1.환경운동연합 2.수도사랑의 학교 3.문산빌딩 4.윤서유치원 5.희망찬 유치원 6.신한빌딩 7.한마음 어린이집 8.서강대학교 9.등촌아이파크_관리동

이입종에 대한 분석 결과 모든 사례에서 다양한 이입종이 유입되어 기존 식재종과 경쟁하고 있는 양상을 보이고 있다. 특히, 비교적 경량형 유형에 바람직한 식생형태를 적용하고 조방적 관리 방식을 취하고 있는 4개 현장을 포함하여 모든 현장에서 초기종과 이입종이 경쟁하여 이입종의 세력이 증가하는 양상을 보이고 있다. 이는 경량형 유형에 적용된 식재종과 식생형태가 ‘자생적으로 유지되면서 성장’하는데 분명한 한계를 가지고 있음을 단적으로 보여준다²⁷⁾.

26) 전반적으로 세덤-초본 식생형태가 적용되었으나 부분적으로 주목 등 교목 식재

21) 서울시는 옥상 녹화 지원자 대상으로 먼저 구조안전 정밀진단을 실시하여 녹화 가능한 용력을 산정한 후 허용 용력의 범위에 적합한 옥상 녹화 유형을 선정하도록 유도하고 있다.
 22) 상반기는 주로 4월~5월, 하반기는 주로 9~10월 사이에 동일 현장을 1년에 2번 모니터링
 23) 서울특별시, 서울시 옥상공원 모니터링 보고서, 2007.12
 24) 서울특별시, 09 서울시 옥상공원 모니터링 보고서, 2010.2
 25) 표 4와 같이 경량형 옥상 녹화 유형의 관리 특성인 ‘자생적으로 유지되면서 성장’하는지 여부를 판단하기 위해 시공 후 3년이 지난 현장을 분석 대상으로 선정함

관리의 관점에서 볼 때 환경운동연합 사례 등 5개 현장은 ‘무관리’ 또는 ‘조방적 관리’가 이루어지고, 나머지 4개 현장은 관수, 제초 등 밀도 있는 집약적 관리가 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 특히, 환경운동연합 사례의 경우 “자연상태 그대로 유지하고자 하여 특별한 관리를 하지 않아 이입식물의 세력이 증가”²⁷⁾하는 현황을 보이고 있다. 다시 말해 경량형의 유형적 특성에 맞게 조방적 관리 방식을 취하고 있으나, 식재종 및 식생형태의 선택이 ‘자생적으로 유지되면서 생장’하는 데 한계를 보이고 있음을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합해볼 때 분석한 9개 사례 모두 조방적 관리만으로 초기에 적용한 식물종과 식생형태가 자생적으로 유지되면서 생육하는데 분명한 한계를 드러내고 있다. 이는 결과적으로 현장에 적용되고 있는 경량형 녹화 유형이 오히려 밀도 있는 관리가 수반되는 중량형 녹화(인텐시브 녹화)의 유형적 특성을 나타내고 있다고 요약할 수 있다.

3.2 서울시 지원 경량형 옥상 녹화 현장조사

서울시의 모니터링 결과 보고서에 근거한 분석을 통해 ‘이용성’과 ‘관리요구도’의 관점에서 기존 경량형 녹화 유형이 가지는 문제와 한계를 파악할 수 있었다. 그러나, 위의 분석이 문헌조사에 근거하고 있는 점을 보완하고 좀 더 다양한 사례를 분석하기 위해²⁹⁾ 추가적인 현장조사를 병행하였다.

현장조사는 서울시 옥상 녹화 사업이 활성화되기 시작한 2007년 지원 대상지 중 경량형 유형으로 조성된 8개 현장을 대상으로 하였다. 조사 시기는 서울시의 상반기 모니터링 시기에 해당하는 7월을 선택하였다. 특히, 이입종과 식생형태에 대한 분석에 중점을 두고 현장조사가 진행되었다. 이입 개체의 조사보다 초기 도입종과 식생형태가 자연 발생적으로 우점하면서 지속성을 가지는 군락을 형성하고 있는지 여부를 관찰하였다.

효성요양병원 현장의 경우 경량형에 부적절한 ‘교목-관목-잔디-세덤-화본-초본’ 식생형태의 적용으로 강도 높은 관리가 필요한 상태였다. 한국전력공사는 교목은 없지만 효성요양병원과 유사한 식생형태를 도입하고 있고 이입종의 유입으로 좀 더 강도 높은 관리가 필요한 상태이다. 자양2동주민센터는 초기 식생형태는 야생초화류를 위주로 한 ‘관목-잔디-세덤-초본’ 녹화였으나 지역주민들의 학습공간으로 이용되면서 도시농업용 식물들이 주로 식재되고, 이

로 인해 강도 높은 관리가 필요한 상태이다. 한편, TBS교통방송국의 경우 식생형태는 경량형에 전형적인 ‘세덤-화본-초본’으로 구성되어 있고 관수와 제초 등의 관리가 이루어지지만 이입식물들이 세력을 확장하고 있는 상태로 좀 더 밀도 있는 관리가 필요한 상태이다.

경량형 유형의 특성을 가장 잘 보여주고 있는 현장은 서울에니메이션센터로 ‘세덤-초본’ 식생형태를 적용한 녹화 공간을 조방적 관리로 유지하면서 직원들의 휴식공간으로 활용하고 있다. 조사시기에는 가뭄으로 인해 식물들의 생육 상태가 좋지 않았지만 멀칭이 잘되어 있어 이입종의 침입을 예방하고 갈수기 관수와 최소 관리로, 도입한 초기 식재종과 식생형태를 자연발생적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 도봉여성센터는 이용을 전제로 하지 않은 현장으로 ‘이용성’의 관점에서 경량형 유형에 가장 적합한 현장이다. 그러나 ‘이끼-세덤-초본’ 식생형태를 적용하면서도 잔디를 도입하여 예초 등의 관리가 필요한 상태이다. 반면에 서울유스호스텔은 식생형태는 ‘세덤-이끼-화본-초본’으로 조성되었지만 관리를 필요로 하는 다양한 식물종들이 식재되어 강도 높은 관리가 이루어지고 있다.

표 5. 서울시 2007년 지원 경량형 옥상 녹화 현장조사

	이용	식생형태	이입종	관리
①	휴게	교목-관목-잔디-세덤-화본-초본	팽이밥 등 3종	집약적 관리
②	휴게	관목-잔디-세덤-화본-초본	냉이 등 7종	관리
③	휴게	세덤-초본	씀바귀 등 2종	조방적 관리
④	휴게	세덤-화본-초본	개망초 등 7종	관리
⑤	휴게	세덤-이끼-화본-초본	좁은바귀 등 5종	관리
⑥	휴게 학습	관목-잔디-세덤-초본	팽이밥 등 6종	관리
⑦	휴게	관목-세덤-초화	질개이 등 8종	관리
⑧	최소 이용	잔디-이끼-세덤-초본	추가식재 상추, 토마토	관리

1.효성요양병원 2.한국전력공사중구지점 3.서울에니메이션센터
4.TBS교통방송국 5.서울유스호스텔 6.자양2동주민센터 7.구립정보도서관 8.도봉여성센터

현장조사 결과는 식생형태와 이입종의 분포 현황을 보다 정밀하게 분석할 수 있었다는 점에서 유의미했다고 판단된다. 이용의 관점에서 볼 때 조사 대상 8개 현장은 모두 직원이나 이용자의 휴식 등 녹화 공간의 이용을 전제로 조성되어 있다. 식생형태의 관점에서 경량형의 유형적 특성에 바람직한 현장은 3개소에 불과하고, 관목이나 교목을 도입한 현장이 4개소이었다. 특히, 문헌조사 결과와 마찬가지로 잔디가 도입된 현장도 4개소로 많았다. 이입종과 식생형태에 대한 분석 결과 모든 사례에서 다양한 이입종이 유입되어 기존 식재종을 도태시키고 세력을 확장시켜 가는 현상이 관찰되었다. 이에 따라 거의 모든 현장에서 밀도 있는 관리가 진행되고 있거나 필요한 상태를 보이고 있다.

27) 적용한 식생형태와 식재종이 지속성을 가지는 군락으로 안정화되고 유지되기 위해서는 적절한 토양과 토심의 적용이 필수적이다. 본 연구에서는 이용, 식생형태, 이입종과 관리 현황을 토대로 경량형 유형의 적용 현황과 개선 과제를 도출하는데 초점을 맞추고 있지만, 경량형 유형에 적합한 토양과 토심 기준의 개발을 위해서는 경량형 유형에 적용된 식생형태 및 식물종과 토양 및 토심의 상관성에 대한 향후 연구가 보완될 필요가 있다.

28) 서울특별시, 앞의 책, 2010, p.14

29) 2006년까지 조성된 경량형 유형 현장 9개소를 모두 문헌조사 하였으며, 2007년의 경량형 유형 9개소 중 현장조사가 가능한 8개소를 조사함

3.3 분석 사례의 유형 적합도 평가

3.1과 3.2에서 서울시가 2002년부터 2007년까지 지원한 경량형 옥상 녹화 사례 18개소 중 17개소를 문헌조사와 현장 조사를 통해 분석하였다. 이를 녹화 유형 적합도의 관점에서 종합하면 표 6과 같다. 식생형태는 서울시가 '옥상녹화 시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침'에서 인용한 FLL의 식생형태를 판단의 기준으로 활용하였다. 또한, 경량형 유형 판단의 가장 중요한 관점인 관리요구도는 초기에 도입된 식물과 식생형태가 자생적으로 유지되면서 생장하고 있는지 여부를 판단 기준하였다. 즉, 갈수기 관수를 포함한 최소 관리로 최초에 도입한 식생형태의 자생적 발전과 유지가 가능한 경우를 적합으로 판단하였다.

표 6. 경량형 옥상 녹화 사례의 유형 적합도 평가

	식생형태	관리요구도		식생형태	관리요구도
1	부적합	부적합	①	부적합	부적합
2	적합	적합	②	부적합	부적합
3	적합	적합	③	적합	적합
4	부적합	부적합	④	적합	적합
5	부적합	부적합	⑤	적합	부적합
6	적합	적합	⑥	부적합	부적합
7	부적합	부적합	⑦	부적합	부적합
8	부적합	부적합	⑧	부적합	부적합
9	적합	부적합			

표 4와 표 5의 범례 참고

적합도 평가 결과 식생형태와 관리요구도 관점에서 모두 적합한 현장은 18개소 중 5개소로 1/3에도 미치지 못하고 나머지 현장은 밀도 있는 관리가 요구되는 중량형(인텐시브) 녹화 유형의 특성을 보이고 있는 것으로 나타났다. 반면에 문헌조사 또는 현장조사를 실시한 18개 현장 모두 서울시의 구조안전정밀진단에서 제시된 허용용력 범위 내에서 설계와 시공이 이루어져 녹화 하중의 관점에서 경량형 요건을 충족시키고 있다. 이로 미루어 볼 때 서울시의 경량형 옥상 녹화가 녹화 하중의 관점에서는 대부분 그 기준을 만족시키고 있으나, 본질적인 관리요구도의 관점에서 중량형과 유사한 근본적인 문제를 내포하고 있음을 알 수 있다.

4. 분석의 종합과 토의

4.1 경량형 유형 정의의 문제와 개선 방향

2장에서 살펴본 환경부, 서울시, 국토해양부의 옥상 녹화 유형 정의의 공통점은 도입 가능한 식물종 및 식생형태를 고려하여 조방적 관리가 가능한 경량형 녹화와 밀도 있는 관리가 요구되는 중량형 녹화로 녹화 유형을 대별하고 있는 점이다. 즉, 공통적으로 식생형태와 관리요구도를 경량형(extensive)과 중량형(intensive) 녹화 유형 구분의 판단 기준으로 활용하고 있다. 이는 우리나라 공공 부문의 옥상 녹화 유형 정의가 일관되게 FLL의 정의를 기준으로 하고 있기 때문인 것으로 추측된다.

그러나 우리나라의 녹화 유형 정의는 적용 현장의 건축 기술적 특성, 즉 녹화하중을 유형 구분의 주요 관점으로 부각시키면서, 유형 정의의 이해와 현장 적용에 상당한 혼란을 초래한 것으로 판단된다. 이런 문제는 앞서 언급한 장하경의 비판(2.5절 참조)과 그 맥을 같이한다. 또한, 사용된 용어의 언어적 의미와 내용 간의 정합성이 떨어져 일반인은 물론 학자들 간의 인식에도 혼선이 있는 것으로 생각된다. 다시 말해 '경량형', '중량형'과 같이 하중을 연상시키는 용어를 사용하여 녹화 하중이 유형 구분의 1차적인 관점으로 인지되는 문제는 반드시 개선되어야 할 과제로 판단된다.

따라서 유형 정의와 인식 및 현장 적용 시 혼란의 근본적 원인이 되고 있다고 판단되는 "경량형" 용어를 보다 내용적 정의에 적합한 용어로 개선하는 일이 우선되어야 한다. 동시에 우리나라의 녹화 수요와 현실을 반영한 녹화 하중은 유형의 분류 기준이 아닌 구분된 유형의 설계 기준으로 위계가 조정되어야 할 것으로 판단된다.

더불어 경량형 유형이 이용이 전제되는 공간에 적용되고 있는 점도 개선되어야 할 문제로 판단된다. 분석한 18개 사례 중 이용이 전제되지 않은 곳이 3개에 불과한 점도 서울시의 경량형 녹화 사례가 이용을 전제로 하는 공간에 적합한 중량형 녹화 유형의 특성을 보이는 근본적 원인으로 판단된다. 다시 말해, 조사된 경량형 현장이 대부분 이용을 전제로 설계·시공된 구조적 문제에 기인한다. 따라서, 경량형 녹화는 이용이 배제된 현장에 적용하는 것이 바람직하며, 이용이 전제가 될 경우 이용 공간과 경량형 유형이 적용될 녹화 공간을 분명히 구분하는 것이 바람직한 대안으로 판단된다.

4.2 경량형 적용 현장의 기술적 문제와 개선 방향

문헌조사와 현장조사를 통해서 드러난 경량형 적용 현장의 가장 큰 문제는 거의 모든 현장에서 이입종이 우점하며 초기 도입 식물종이 도태되고 경량형에 바람직한 지속성이 있는 식물 군락으로 발전하지 못하고 있는 점이다. 조사 현장 18개소 중 조방적 관리로 도입한 식재종과 식생형태의 유지가 가능한 현장이 5개소에 불과하다는 사실이 이를 반증한다. 또한, 조방적 관리로 유지관리가 가능할 것으로 판단되는 5개의 현장도 '세덤-초본' 또는 '세덤-화본-초본' 식생형태로 세덤류를 위주로 구성되어 있어 '화본-초본'의 식생형태가 가능할 수 있도록 다양한 식재종의 개발이 필요하다고 판단된다. 따라서, 화본류, 초본류 등 경량형에 적합한 다양한 식물종의 선발과 육종이 선행되어야 한다.

5. 결론

본 연구는 유형 고유의 특성을 살리지 못하고 중량형 녹화 유형과 유사하게 적용되고 있는 우리나라의 경량형 옥상 녹화 도입 현장의 문제를 구체적으로 분석하고 그 개선 방향을 제시하기 위해 수행하였다. 이를 위해 국내 옥상 녹화 유형 정의에 대한 이론과 우리나라 유형 정의에

절대적인 영향을 미친 FLL의 유형 정의를 비교 분석하였으며, 이를 토대로 경량형 녹화 유형이 적용된 서울시의 18개 현장에 대한 문헌조사와 현장조사를 수행하여 다음과 같은 문제와 개선 방향을 도출하였다.

우리나라의 녹화 유형 정의는 ‘관리요구도’의 관점과 함께 ‘녹화 하중’을 유형 구분의 주요 관점으로 부각시키면서 유형 정의의 이해와 현장 적용에 혼란을 초래하고 있다. 따라서, “경량형” 용어를 보다 내용적 정의에 적합한 용어로 개선하는 일이 우선되어야 하며, 녹화 하중은 유형의 분류 기준이 아닌 구분된 유형의 설계 기준으로 위계가 조정되어야 한다고 판단된다.

현장조사 결과 대부분의 경량형 적용 현장은 녹화 하중의 관점에서 유형 정의에 부합되지만, 관리요구도의 관점에서 볼 때 밀도 있는 관리가 수반되는 중량형 녹화의 유형적 특성을 보이고 있다. 이는 조사된 경량형 현장이 대부분 이용을 전제로 설계·시공된 구조적 문제에 기인한다. 따라서 경량형 녹화는 이용이 배제된 현장에 적용하는 것이 바람직하며, 이용이 전제가 될 경우 이용 공간과 경량형 유형이 적용될 녹화 공간을 분명히 구분하는 것이 바람직한 대안으로 판단된다.

경량형 유형에 적합한 것으로 판단된 5개의 현장도 세덤류를 위주로 하는 ‘세덤-초본’ 또는 ‘세덤-화본-초본’ 식생형태를 도입하고 있다. 따라서 ‘화본-초본’ 등 경량형에 적합한 다양한 식생형태의 개발을 위한 식물종의 선발과 육종이 선행되어야 한다.

본 연구는 경량형 옥상 녹화 기술의 현황과 과제를 근본적인 유형 정의와 시공 현장의 문제를 중심으로 분석하였다. 이 과정에서 녹화에 필수적인 식물 소재와 토양 소재, 식재 설계 및 시스템 설계 등 다양한 기술 분야의 현황과 문제를 종합적으로 분석하지 못한 분명한 한계를 가진다. 그러나 서울시 현황 분석 결과를 근거로 우리나라 경량형 녹화가 유형 고유의 특성에 맞게 발전하지 못하고 있는 근본적 원인을 고찰하고, 그 개선 방향을 제시하였다는 점에서 의미를 가진다고 판단된다.

한편, 옥상 공간을 지상에 부족한 녹지공간으로 활용하고자 하는 수요가 강한 우리나라의 현실을 고려할 때, 독일 FLL의 옥상 녹화 유형 정의를 수용하고 있는 우리나라 공공부문의 녹화 유형 정의에 대한 근본적인 재검토도 필요한 시점이라고 판단된다. 다시 말해, 우리나라의 옥상 녹화 수요가 대부분 본 논문에서 정의하고 있는 중량형 수요인 점을 고려할 때, 중량형 유형의 세분화 또는 더 나아가 한국적 상황에 걸맞은 새로운 유형 정의와 시도와 논의가 필요한 시점이라고 판단된다.

참고문헌

1. 국토해양부(2012.4), 건축물 녹화 설계기준.
2. 김현수 외(2006), Extensive Green Roof System에 적합한 인공토양 및 식물 선정을 위한 실험연구.
3. 서울특별시(2007), 서울시 옥상공원 모니터링 보고서.
4. 서울특별시·한국건설기술연구원·(사)한국인공지반녹화협회(2008),

- 옥상녹화시스템 설계지침 및 관련도서 작성지침.
5. 서울특별시(2010), 09 서울시 옥상공원 모니터링 보고서.
6. 이은희(2000), 녹색 도시공간을 위한 방안으로서의 건축물녹화, 한국환경정책평가연구원, 환경정책연구 6권.
7. 장하경(2010), 식물생육을 고려한 관리조방형 옥상녹화 식재모델, 서울여자대학교 박사학위논문.
8. 한국건설기술연구원(2000), 건물옥상녹화 학술용역.
9. 환경부(1999), 보급형 옥상녹화 가이드 북.
10. Dürr(1995), Albrecht, Dachbegrünung.
11. FLL(2008), Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen.
12. Grub(1990), Hermann, Unternehmen grün.

투고(접수)일자: 2012년 7월 30일
 수정일자: (1차) 2012년 10월 26일
 게재 확정일자: 2012년 10월 29일