

2018 공무원 직접수행 학술용역

---

# 옥상녹화태양광 연계시스템 설치 유형 연구

---



2018. 9.

서울특별시

---

# 제 출 문

서울특별시장 귀하

본 보고서를 「옥상녹화·태양광 연계 시스템 설치 유형 연구」용역의 최종 성과품으로 제출합니다.

2018. 9.

학술용역 연구TF팀

석승우, 현호재, 조 현, 김현이, 강정호

---

# 요 약 문

우리시에서 추진하고 있는 옥상녹화사업과 태양광 에너지사업은 우리시가 지향하고 있는 도시생물다양성의 확보와 에너지 생산도시라는 정책목표에 있어서 대표적인 사업으로 시너지 효과를 극대화할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

건물 옥상이라는 한정된 공간을 활용하는 옥상녹화사업과 태양광 발전설비를 연계하여 우리시의 공원녹지 정책과 에너지 정책이 상호 조화를 이룰 수 있는 옥상녹화·태양광 연계시스템 설치 유형 및 모델을 제시하였다.

옥상녹화와 태양광 발전설비 연계 설치를 위한 유형별 연계 시스템을 대상지 내 기존 사업 조성 여부에 따라 3개 유형으로 구분하였으며, 제시된 3개의 유형에서 옥상녹화의 관리 정도와 하중에 따라 경량형(생태형) 및 중량형(이용형)으로 세분하였고, 태양광 적용용량에 따라 대용량(전력수익형)과 소용량(자가소비형)으로 세분하여 유형별 도입 가능한 옥상녹화·태양광 연계시스템과 적정 발전용량을 제시하였다.

우선, 유형별 옥상녹화·태양광 연계 도입 가능 시스템은 다음과 같다.

□ 유형 1 : 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

- 경량형 : 기존 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템
- 중량형 : 기존 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템

□ 유형 2 : 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

- 대용량(전력수익형) : 저관리형 옥상녹화 시스템
- 소용량(자가소비형) : 복합형 옥상녹화 시스템

□ 유형 3 : 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형

- 경량형 : 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템
- 중량형 : 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템, 동선 활용 시스템

다음으로 옥상녹화·태양광 연계 도입에 따른 태양광 발전설비의 유형별 적정 발전용량은 다음과 같다.

□ 유형 1 : 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

- 경량형 : 규모는 옥상면적의 5~10%, 용량 3~6kW (1kW/5m<sup>2</sup>)
- 중량형 : 규모는 옥상면적의 7~15%, 용량 4~9kW (1kW/5m<sup>2</sup>)

□ 유형 2 : 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

- 대용량(전력수익형) : 기존 태양광 발전설비 설치된 발전용량 적용
- 소용량(자가소비형) : 기존 태양광 발전설비 설치된 발전용량 적용

□ 유형 3 : 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형

- 경량형 : 규모는 옥상면적의 10~15%, 용량 6~9kW (1kW/5㎡)
- 중량형 : 규모는 옥상면적의 15~20%, 용량 9~12kW (1kW/5㎡)

유형	세분	유형별 도입 가능 시스템	적정 발전용량 (옥상 면적 300㎡ 기준)
기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형	경량형	- 기존 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템	- 규모 : 5~10%(옥상면적) - 용량 : 3~6kW (1kW/5㎡)
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템	
		- 건물 안전난간 활용 시스템	
	중량형	- 기존 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템	- 규모 : 7~15%(옥상면적) - 용량 : 4~9kW (1kW/5㎡)
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템	
		- 건물 안전난간 활용 시스템	
태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형	대용량 (전력수익형)	- 생태계 복원 등 저관리형 옥상녹화시스템	- 기존 태양광 설비 발전용량
	소용량 (자가소비형)	- 휴게공간이 있는 복합형 옥상녹화 시스템	- 기존 태양광 설비 발전용량
신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형	경량형	- 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템	- 규모 : 10~15%(옥상면적) - 용량 : 6~9kW (1kW/5㎡)
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템	
		- 건물 안전난간 활용 시스템	
	중량형	- 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템	- 규모 : 15~20%(옥상면적) - 용량 : 9~12kW (1kW/5㎡)
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템	
		- 건물 안전난간 활용 시스템	
- 동선(산책로 등) 활용 시스템			

<옥상녹화·태양광 연계 시스템 설치 유형 및 적정 발전용량>

# 목 차

<b>I. 연구의 개요</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 배경 및 목적 .....	2
2. 연구의 범위 및 방법 .....	4
<b>II. 개념의 정리</b> .....	<b>5</b>
1. 옥상녹화의 개념 .....	6
2. 태양광 발전설비의 개념 .....	21
<b>III. 법령 및 규정 검토</b> .....	<b>34</b>
1. 옥상녹화 관련 법령 및 규정 .....	35
2. 태양광 발전설비 관련 법령 및 규정 .....	44
<b>IV. 옥상녹화·태양광 연계 문제점 및 대안</b> .....	<b>49</b>
1. 옥상녹화·태양광 연계 개념 .....	50
2. 옥상녹화·태양광 연계 문제점 .....	55
3. 옥상녹화·태양광 연계 대안 .....	57
<b>V. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시스템 및 적정 발전용량 제안</b> .....	<b>59</b>
1. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시스템 제안 .....	60
2. 옥상녹화·태양광 유형별 적정 발전용량 제안 .....	70
3. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시뮬레이션 적용 사례 .....	72
<b>후속 연구를 위한 제언</b> .....	<b>83</b>
<b>참고문헌</b> .....	<b>84</b>

# 표 목 차

표-1. 옥상녹화 효과 .....	7
표-2. 서울시 옥상녹화 유형구분 요약 .....	8
표-3. 식물 생육에 필요한 최소토심 기준 .....	10
표-4. 옥상녹화에 도입 가능한 수종 .....	11
표-5. 태양광 발전 효과 .....	23
표-6. 옥상녹화-태양광 발전 연계 시스템 요약 .....	51
표-7. 유형별 시스템 제안 .....	61
표-8. 유형별 적정 발전용량 제안 .....	71

# 그림목차

그림-1. 옥상녹화 구성 요인 .....	6
그림-2. 서울시 경량형 옥상녹화 상세기준 .....	9
그림-3. 서울시 중량형 옥상녹화 상세기준 .....	10
그림-4. 태양광 발전 시스템 개요 .....	21
그림-5. 태양광 셀, 모듈, 어레이 .....	22
그림-6. 건물높이와 경사각에 따른 태양광 발전 설치 예시 .....	24
그림-7. 건물 태양광 발전 설치 예시 .....	25
그림-8. 태양광 어레이 수평투영면적 .....	25
그림-9. 태양광 어레이 이격거리 .....	26

# I. 연구의 개요

---

1. 연구의 배경 및 목적

2. 연구의 범위 및 방법

---

## 1. 연구의 배경 및 목적

### 1) 연구의 배경

- (1) 옥상녹화 조성과 태양광 연계설치를 통해 도시열섬현상 완화, 온실가스 감축 등 기후변화에 대응하고 도시여건에 최적화된 친환경 신재생에너지 생산으로 환경·사회·경제 성장기반 마련이 필요하다.
- 도심 내 공원녹지 확충과 도시열섬현상 완화, 대기질 개선(황사, 미세먼지 저감, 온실가스 감축 등), 휴게공간 제공 등 별도 토지보상 없이 방치된 옥상을 녹화하는 사업은 유휴공지가 절대적으로 부족한 우리시의 핵심 사업이다.
  - 또한, 新기후체제에 따른 정부 에너지정책 전환에 발맞춰 화석연료를 대체하고 원자력전원의 안전성에 대한 신뢰문제 극복을 위해 태양광을 활용한 친환경 신재생에너지 발전설비 확대·보급이 필요하다.
  - 이에, 건물 옥상이라는 한정된 공간을 활용하는 옥상녹화사업과 태양광 발전설비를 연계 우리시의 공원녹지 정책과 에너지 정책이 상호 조화를 이룰 수 있는 옥상녹화·태양광 연계시스템 설치 유형 및 모델 제시가 시급하다.
- (2) 옥상녹화와 태양광에너지는 우리시가 지향하고 있는 도시생물다양성의 확보와 에너지 생산도시라는 정책목표에 있어서 대표적인 사업으로 서로의 장·단점과 문제점을 분석하여 이를 토대로 시너지 효과를 극대화 할 수 있는 방안 마련이 필요하다.
- 태양광 패널(모듈) 하부 식물 생육에 필요한 빛과 물의 공급 차단에 따른 식물 생육저해 요인을 분석하여 대안을 마련하고 태양광 패널(모듈) 하부에서도 생육 가능한 수종 발굴이 필요하다.
  - 또한, 태양광 패널(모듈)에서 발생하는 열에너지와 빗물 활용 방안과 태양광 패널(모듈)에서 태양광(빛)을 옥상식물에 직접 공급하는 방안 모색이 필요하다.
- (3) 디자인, 색채, 정남향 설치 등 미관보다는 발전효율을 고려한 태양광 설치로 건물과의 부조화 등 도시경관 저해 문제 제기가 있다.

- 건물의 형태나 현장 여건을 고려하지 않는 획일적인 디자인, 색채, 정남형 설치 등으로 건물과의 부조화 등 건물미관을 저해한다는 지적이 쏟아지고 있다.
  - 이에, 건물과 조화를 이룰 수 있는 디자인과 색채를 도입 적정수준의 발전효율이 가능한 방안 마련과 현행 설치 기준 완화 등 제도 개선이 필요하다.
- (4) 옥상녹화 유형별 특수성 및 태양광 패널(모듈) 설치 장소의 협소성 등을 감안한 옥상녹화-태양광 시스템 설치 유형 검토 및 대안 제시가 필요하다.
- (5) 옥상녹화 유형별 최적화된 다양한 태양광 연계 설치 시스템 유형을 검토·제시하고 연구결과를 토대로 우리시에서 추진하고 있는 옥상녹화-태양광 발전사업에 적용하여 확대·보급코자 한다.

## 2) 연구의 목적

- (1) 지가가 높은 서울시 하늘아래 아름답고 쾌적한 공간에서 형형색색의 꽃과 나비를 볼 수 있는 매력적인 옥상녹화사업과 지속가능한 자연에너지로 초기 적은 시설투자로 많은 관리비 없이 에너지를 생산하는 태양광에너지사업을 연계하여 도시생물다양성 확보와 에너지 생산도시라는 우리시의 주요 정책목표를 달성하는데 목적이 있다.
- (2) 옥상녹화사업을 통해 도심열섬현상 완화와 대기질 개선 및 도심생물다양성 증진에 기여하고 이용주민의 휴식 및 힐링공간을 제공하고자 한다.
- (3) 또한 옥상녹화의 특수성 및 장소의 협소성 등을 감안한 태양광 연계 시스템 설치를 통해 신재생에너지인 태양광사업 확보·보급하고자 한다.
- (4) 건물 옥상이라는 한정된 공간을 옥상녹화라는 공원녹지정책과 태양광이라는 에너지 생산정책이 조화를 이룰 수 있도록 “옥상녹화-태양광 연계시스템 설치 유형 연구”를 통해 제안하고 확대·보급하고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구의 범위

- (1) 시간적 범위 : 2018년 현재
- (2) 공간적 범위 : 서울특별시
- (3) 내용적 범위
  - 옥상녹화와 태양광 발전시설 설치 관련 법규와 제도 조사 및 분석
  - 옥상녹화 유형 분석 및 옥상녹화-태양광 연계 국내·외 사례 조사
  - 태양광 하부 식물생장 저해 요인 분석과 빗물 활용 방안 검토
  - 옥상녹화 유형별 최적화된 태양광 연계 시스템·모델 설치(안) 제시

### 2) 연구의 방법

- (1) 문헌조사 및 선행연구 검토
  - 문헌, 학술논문, 정책자료, 관련 법규와 제도, 언론보도 등 검토
- (2) 국내·외 사례 조사 및 실증분석
  - 관련 통계자료 등을 통한 현황분석
  - 옥상녹화 유형별 적정 발전효율 태양광 시스템 제시
  - 연구 성과물 확대 보급 방안 검토
- (3) 전문가 자문
  - 관련 분야 전문가를 통한 연구내용 및 정책방안 등 자문

## II. 개념의 정리

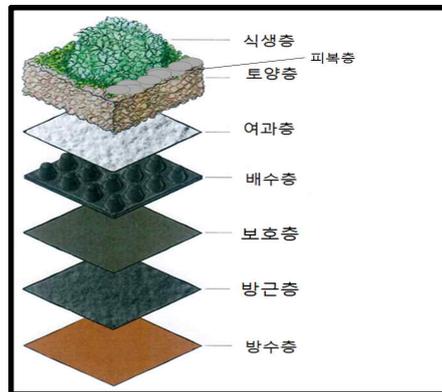
---

- 
- 
1. 옥상녹화의 개념
  2. 태양광 발전설비의 개념
- 
- 

## 1. 옥상녹화의 개념

### 1) 옥상녹화

- (1) 옥상녹화란 건축법 제2조에서 정의하고 있는 건축물 또는 시설물의 옥상 또는 지붕에 식물의 생장이 원활할 수 있도록 녹화하는 것을 말하며, 크게 구조부(방수층, 방근층 등), 토양층, 식생층으로 구성된다.



<그림-1> 옥상녹화 구성요소

- 방수층은 건축물 구조체 내부로 수분과 습기가 유입되는 것을 차단하는 층이다.
- 방근층은 식물의 뿌리가 건축물이나 시설물 구조체로 침투, 관통하는 것을 방지하는 층. 일반적으로 방수층을 식물의 뿌리로부터 보호하기 위해 방수층 위에 시공되며, 방수 및 방근 기능을 겸하는 방수·방근층으로 조성되기도 한다.
- 배수층은 옥상이나 지붕에 내리는 빗물 등의 수분을 배출하는 역할을 담당하는 층으로, 저수 기능을 하기도 한다.
- 여과층은 토양층의 토양이 배수층에 침전되어 배수층의 배수 성능이 약화되는 것을 방지하기 위해 설치하는 층이다.
- 토양층은 식물 뿌리의 생장에 필요한 공간을 제공하고 영양과 수분을 공급하는 토양으로 구성된 층. 토양층은 특정한 물리적, 화학적 특성이 요구되고 구조적으로 안정되어야 하

며, 식물이 활용할 수 있는 수분을 저장할 수 있어야 한다.. 필요에 따라 수분 증발, 토양 이 바람에 날리는 현상을 방지하기 위해 화산석 등으로 토양층을 덮어주기도 한다.

○ 식생층은 녹화의 목적에 적합한 식물들이 토양층에 식재되어 구성되는 층이다.

## 2) 옥상녹화의 기능과 효과

- (1) 환경적 효과로는 도시열섬현상 완화, 도시 홍수예방 및 수질정화, 대기정화, 소음경감, 도시경관 향상, 생태계 복원 효과가 있다.
- (2) 경제적 효과로는 건축물 냉·난방 에너지 절감, 건축물 내구성 향상 및 건축물 경관 향상, 건물 지가 상승 효과가 있다.
- (3) 사회적 효과로는 도심내 부족한 녹지공간 제공, 휴식 및 체험 등 교육환경 제공 효과가 있다.

구 분		옥상녹화 효과
환경적 효과	기후조절 및 수질정화와 홍수 예방	도시열섬 현상 완화 및 대기 습도조절 효과, 강우시 우수 저장과 수질정화, 도시 홍수 예방
	소음 경감	옥상녹화의 토양층과 식물에 의한 소음 흡수로 도시소음 경감
	대기 정화 등 환경오염 방지	녹화에 식재된 식물과 토양층에 의한 이산화탄소, 질소화합물, 분진 등 중금속 흡수 및 산소 방출을 통한 온실가스 저감 및 공기정화
	도시경관 향상	옥상녹화를 통한 건물경관 및 도시경관 향상
	도시 생태계 복원	소생물서식공간 조성으로 생태계 복원 소생물의 서식지 제공 및 이동통로 역할
경제적 효과	에너지 절약	옥상녹화의 토양층, 단열효과, 에너지 소비 감소, 대기오염물질의 배출저감 효과
	건물 내구성 향상	외부의 직적적인 노출을 막아 건축물 노화 방지
	건물 지가 향상	건물 경관 향상과 노화 방지로 이미지 제고 및 건물 지가 향상
사회적 효과	도시민의 휴식공간 제공	부족한 도심내 녹지공간 확충 및 휴식공간 제공
	체험 등 교육 공간 제공	생태계 복원 및 도시 텃밭으로 체험과 환경교육 공간 제공

<표-1> 옥상녹화의 효과

### 3) 옥상녹화 유형(경량형, 중량형)

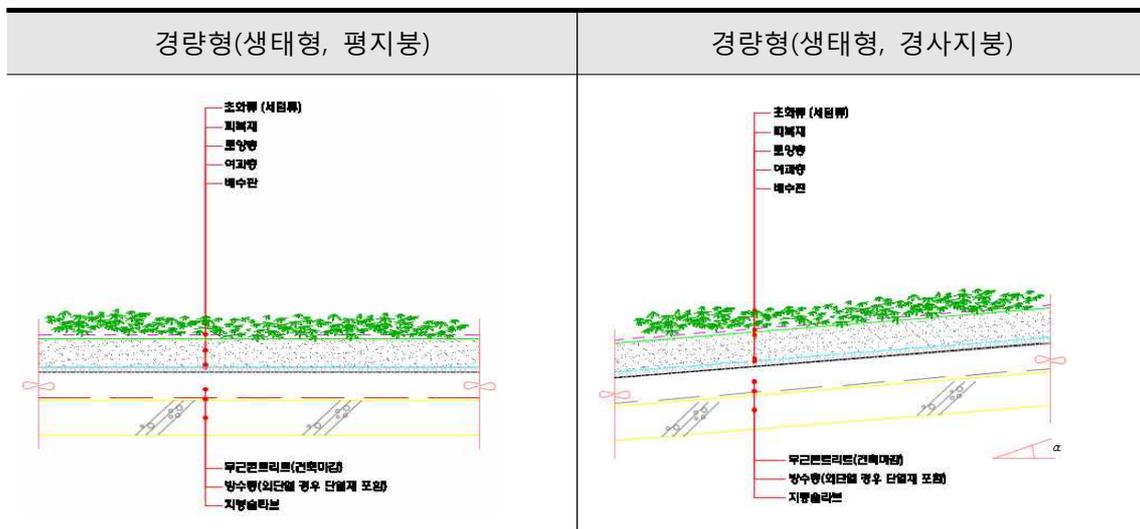
- (1) 옥상녹화는 관리 정도와 하중에 따라 크게 경량형(생태형), 중량형(이용형)의 두 가지 유형으로 구분 한다.
- 경량형(Extensive Green Roof, 생태형)은 사람의 이용보다 건축으로 인해 상실된 생태적 기능의 회복을 우선으로 하는 유형이다.
  - 중량형(Intensive Green Roof, 이용형)은 녹화와 휴식 공간으로 이용하며 집중관리가 필수적인 유형이다.
  - 경량형 녹화와 중량형 녹화를 각각의 기준에 맞춰 적절하게 조성하게 되면 이는 혼합형 녹화라 하기도 한다.
  - 적용(녹화) 면적에 따라 전면녹화와 부분녹화로 구분하고 지붕 경사에 따라 평탄형과 경사형으로 구분 한다.

구 분	경량형(생태형)	중량형(이용형)
고정 하중(D.L.)	150 kgf/m <sup>2</sup> 미만	150 kgf/m <sup>2</sup> 이상
사람 하중(L.L.)	100 kgf/m <sup>2</sup>	200 kgf/m <sup>2</sup>
토심	20cm 이하	20cm 이상 (주로 60~90cm)
식생	세덤, 잔디, 야생화, 소관목 등	지피식물, 관목, 교목
관리	관수, 예초 및 시비 등 관리요구를 최소화 하는 저관리 또는 무관리 지향	관수, 예초 및 시비 등 관리 필요
지붕유형 적합도	경사형, 평탄형	평탄형

<표-2> 서울시 옥상녹화 유형구분 요약

#### 4) 경량형(생태형) 녹화

- (1) 경량형 녹화는 생태형 녹화로도 불리며 자연 상태와 유사하게 관리·조성되는 녹화 유형이다.
- (2) 토심 20Cm 이하, 하중도를 고려하여 주로 인공경량토양을 사용하며, 관수와 예초 및 시비 등 관리요구를 최소화하고 대부분 설치 및 유지관리에 최소한의 비용이 소요된다.
- (3) 대부분 자생적으로 유지되고 환경 조건에 잘 적응하는 종을 식재하며 적용 가능한 식물은 이끼류, 세덤류, 초본류 및 화본류이다.
- (4) 경량형 녹화도 녹화의 목표, 지역기후 조건 및 조성방식에 따라 영양공급과 같은 최소한의 유지관리의 방안이 요구될 수 있다.



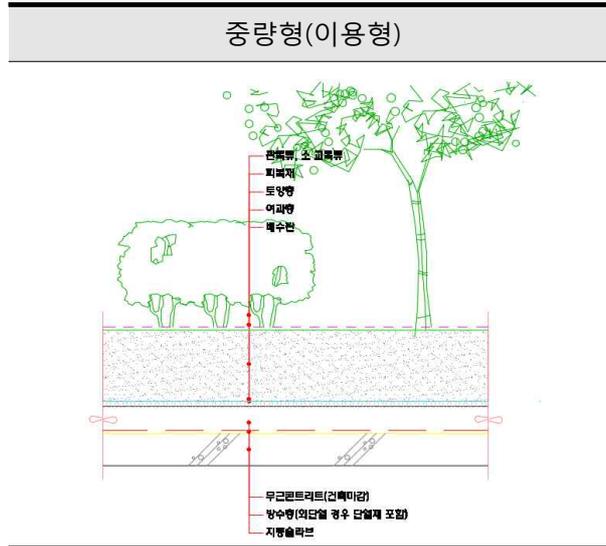
<그림-2> 서울시 경량형 옥상녹화 상세기준

#### 5) 중량형(이용형) 녹화

- (1) 중량형 녹화는 옥상에 사람이 이용 할 수 있는 녹화공간을 조성하고자 할 때 적합한 녹화 유형이다.
- (2) 토심 20Cm 이상이 기본이지만, 필요에 따라 교목을 심는 경우 60Cm 이상으로 조성되기도 하며 다층 구조로 식재하고 관수와 시비, 전정 등 관리가 요구된다.
- (3) 중량형 녹화는 초본 및 관목류를 중심으로 조성된 식재면적과 일부 교목류의 식재를 포함

한다. 이 녹화유형은 식생의 높이나 종류를 다양하게 조성할 수 있으며, 이용 및 공간적 다양성을 고려하여 적합한 시설을 갖춘 경우 지상 녹지와 유사하게 조성될 수 있다.

(4) 이 녹화유형은 특히 정기적 관수나 영양공급과 같은 관리를 통해서만 지속적으로 유지된다. 주로 구조적 문제가 없는 신축건물에 적용하는 것이 적당하다.



<그림-3> 서울시 중량형 옥상녹화 상세기준

## 6) 옥상녹화 최소토심 기준 및 도입 가능 수종

(1) 식물 생육에 필요한 최소토심 기준

○ 토심은 옥상녹화의 유형과 식물의 생육을 고려하여 고르게 유지할 수 있도록 하되, 인공토의 경우는 침하를 충분히 고려하여야 한다.

분류	생존 최소토심(cm)		
	인공토	자연토	혼합토 (인공토 50%기준)
잔디, 초화류	10	15	13
소관목	20	30	25
대관목	30	45	38
천근성 교목	40	60	50
심근성 교목	60	90	75

<표-3> 식물 생육에 필요한 최소 토심 기준

(2) 옥상녹화 도입 가능 수종

○ 옥상녹화에 도입 가능한 수종 선정기준은 다음과 같다.

- 건조, 햇볕, 바람, 추위에 강한 식물
- 뿌리가 얇고 옆으로 퍼지는 천근성 식물
- 성장이 느린 식물
- 관리가 용이한 식물
- 피복이 용이한 식물

구분	토심	종 류
초화류	10cm 내외	기린초류, 두메부추, 패랭이, 수호초, 상록패랭이, 큰꿩의비름, 맥문동, 바위취, 백리향, 땅채송화, 바위채송화, 아주가, 섬백리향, 종지나물, 지면패랭이(꽃잔디), 바위솔, 기타 세덤류 및 잔디
	10cm 이상	벌개미취, 범부채, 꿀풀, 꽃범의꼬리, 붓꽃, 매발톱꽃, 구절초, 원추리, 비비추, 부처꽃(습지에 적합), 억새, 무늬등굴레, 쑥부쟁이, 돌마타리, 금꿩의다리, 층꽃나무, 금계국, 마가렛트, 섬백리향, 큰꽃으아리, 금낭화, 수크령 등
관목류	20cm 이상	철쭉류, 회양목, 진달래, 눈주목, 모란, 눈향나무 등
대관목류	30cm 이상	사철나무, 흰말채나무, 조팝나무, 화살나무, 낙상홍,갯버들, 산수국, 장미, 땃강나무, 황매화, 겹황매화, 병꽃나무, 박태기나무, 보리수나무, 개나리, 개쉬땅나무, 꼬리조팝나무, 남천, 덜꿩나무, 만리화, 말발도리, 명자나무, 무궁화 등
소교목류	40cm 이상	청단풍, 홍단풍, 공작단풍, 산수유, 매화나무, 수수꽃다리, 배롱나무, 앵도나무, 꽃복숭아나무, 꽃사과, 화살나무, 무궁화, 불두화, 쪽동백, 능소화, 소나무(키작은), 섬잣나무 등
교목류	50cm 이상	- 상록교목 : 주목, 측백나무, 소나무, 섬잣나무 등 - 낙엽교목 : 광나무, 산수유, 배롱나무, 무화과나무, 마가목, 단풍나무, 산딸나무, 팔배나무, 매화, 모감주나무, 벚나무, 복자기 등
허브류	20cm 내외	타임, 레몬밤, 백리향, 애플민트, 로즈마리, 라벤다, 바질, 카모마일 등

<표-4> 옥상녹화에 도입 가능한 수종

## 7) 옥상녹화 국내·외 사례

### (1) 국내 사례



DDP(서울시)



LH공사(진주시)



강남구청사(서울시)



부산시청사(부산시)



정부종합청사(세종시)



강원도청(춘천시)



이화여자대학교(서울시)



숙명여자대학교(서울시)



부산고등법원(부산시)



경기문화재단(수원시)



서울대법원(서울시)



북서울꿈의 숲(서울시)



서울고등법원(서울시)



헌법재판소(서울시)



노원소방서(서울시)



컨벤션센터(제주시)



둔촌고등학교(서울시)



등서초등학교(서울시)



(재)한국지방행정연구원(서울시)



개인빌딩(서울시)



개인빌딩(서울시)



개인주택(수원시)



개인주택(고양시)



개인빌딩(서울시)

(2) 국외 사례



시카고 시청사(미국)



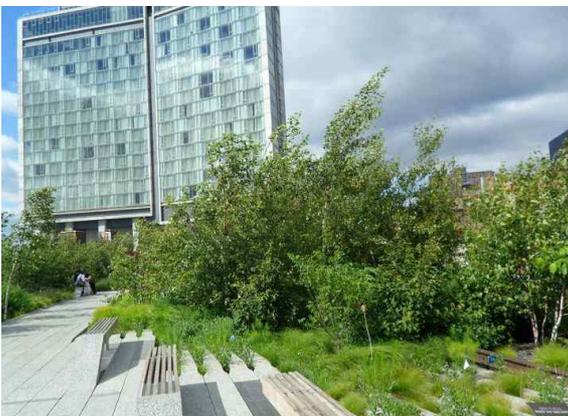
시카고 개리코머 청소년센터(미국)



마르셀 셈바 고등학교(미국)



시애틀 쇼핑센터(미국)



하이라인 파크(미국)



MIT대(미국)



아크로스 타워(일본)



아일랜드 시티(일본)



가스 과학관(일본)



마부치 모터 본사(일본)



마츠자카야백화점(일본)



난바파크(일본)



스튜트가르트 공동주택(독일)



파리 쇼핑센터(프랑스)



쇼핑센터(중국)



아이비사 공항(스페인)



여행자 휴게소(영국)



암스테르담 스키펴 공항(네덜란드)



이stanbul 쇼핑센터(터키)



커뮤니티 센터(싱가폴)



세무서(오스트리아)



공공도서관(캐나다)



리조트(그리스)



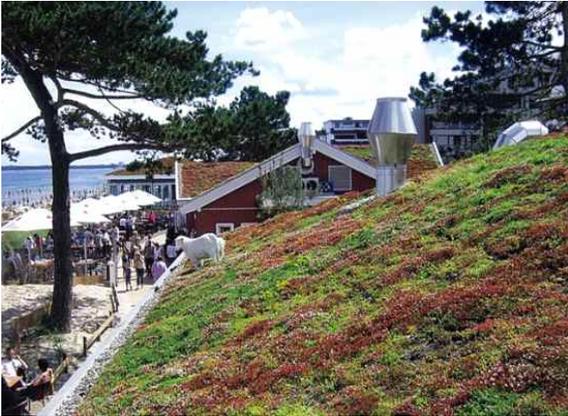
대학교(스위스)



개인주택(베트남)



개인주택(독일)



개인주택(독일)



개인주택(독일)



개인주택(스페인)



개인주택(스페인)

## 2. 태양광 발전설비의 개념

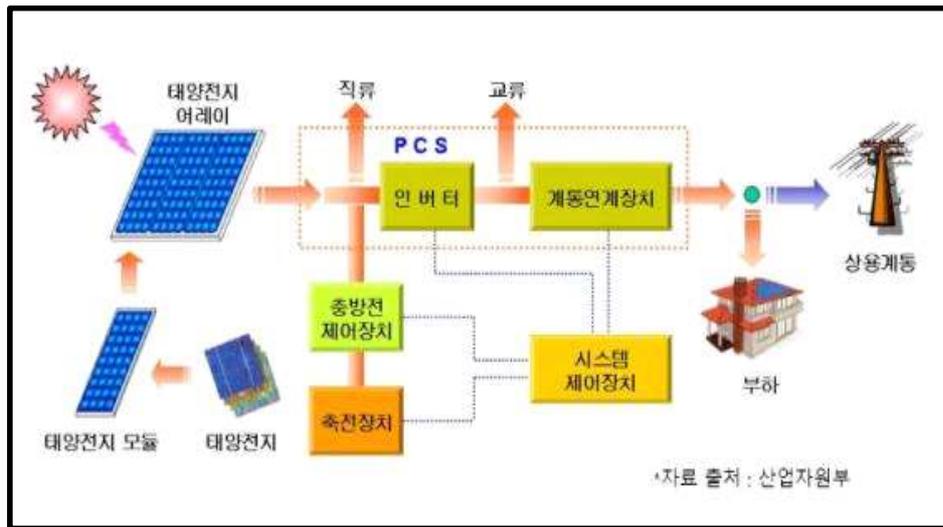
### 1) 태양광 발전설비 시스템 구성도 및 특성

(1) 태양광 발전은 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전기술이다.

(2) 태양광의 특징

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지원이 청정·무제한</li> <li>- 필요한 장소에서 필요량 발전가능</li> <li>- 유지보수가 용이, 무인화 가능</li> <li>- 긴수명(20년 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력생산량이 지역별 일사량에 의존</li> <li>- 에너지밀도가 낮아 큰 설치면적 필요</li> <li>- 설치장소가 한정적, 시스템 비용이 고가</li> <li>- 초기투자비와 발전단가 높은</li> </ul>

(3) 시스템 구성도



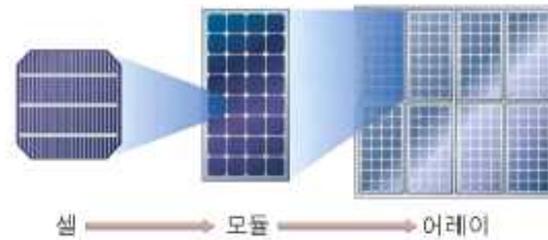
<그림-4> 태양광 발전 시스템 개요

### 2) 태양광 발전설비의 원리

(1) 태양전지는 태양광을 전기로 변화시키는 하나의 전자 소자이며, 태양전지에 비치는 빛은 전력 생산에 필요한 전류와 전압을 생산한다.

(2) 셀은 전기를 만드는 최소단위이고 모듈은 전기를 꺼내는 최소단위로 셀을 조립하여 만들며 개별 태양전지에서 생산된 전기가 모듈에 동시에 모이게 된다. 태양전지를 많이 붙일수록 발전 용량은 커지게 된다.

(3) 어레이는 직·병렬로 연결한 여러 개의 모듈을 정리한 단위로 모듈을 조립하여 만든다.



태양전지(cell)	모듈(module)	어레이(array)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유형 : 단결정 or 다결정</li> <li>- 출력 : 4.2Wp</li> <li>- 전압 : 0.5v</li> <li>- 전류 : 8.3A</li> <li>- 크기 : 156x156x0.5mm</li> <li>- 효율 : 17~18% 내외</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 출력 : 250Wp</li> <li>- 전압 : 30v</li> <li>- 전류 : 8.3A</li> <li>- 셀수량 : 60개</li> <li>- 크기 : 992x1,664x40mm</li> <li>- 효율 : 15.3%</li> <li>- 무게 : 19Kg</li> </ul>	<p>예시) 3kW 설치 시 소요 수량 및 면적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12매x250W모듈 =3kW</li> <li>- 설치면적 : 23m<sup>2</sup></li> <li>1.63m<sup>2</sup>/매x12매x1.2</li> <li>(여유공간 확보)</li> </ul>

<그림-5> 태양광 셀, 모듈, 어레이

### 3) 태양광 발전설비의 효과

- (1) 환경적 효과로는 대체에너지 사용으로 인한 온실가스 감축 효과가 있다.
- (2) 경제적 효과로는 태양광 산업발전 및 성장과 부가가치 창출 효과, 관리비용 절감, 에너지 선순환 시스템 구축이 가능하다.
- (3) 사회적 효과로는 지속가능한 신재생에너지 사업 기반 구축, 에너지절약 문화 확산과 친환경 신재생에너지에 대한 교육 효과, 친환경 이미지 창출 효과가 있다.

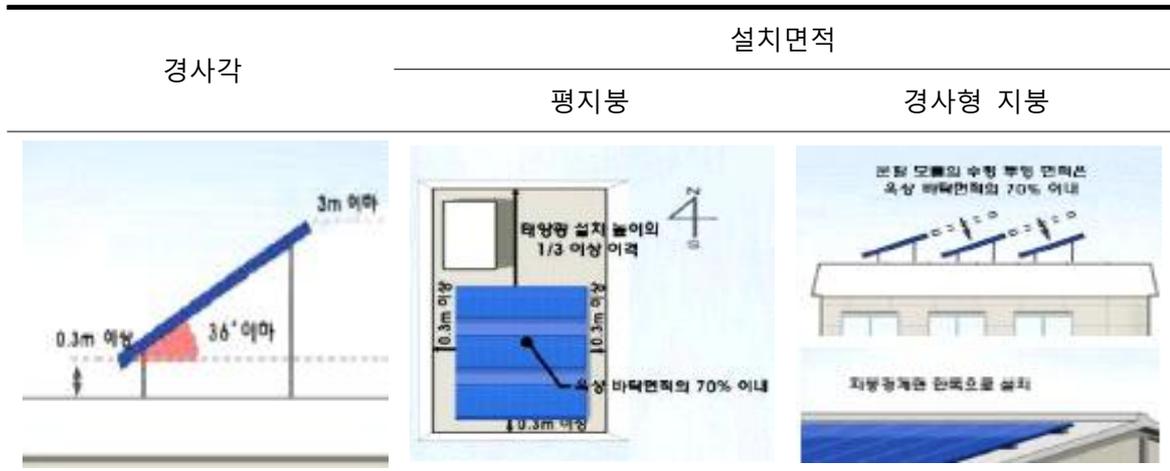
구 분		육상녹화 효과
환경적 효과	온실가스 감축 효과	태양광을 통한 대체 전기에너지 사용으로 온실가스 감축에 크게 기여
경제적 효과	태양광 관련 산업발전 및 성장, 부가가치 창출	소재, 시스템 등 태양광 관련 산업발전과 성장에 크게 기여할 뿐 아니라 에너지 생산에 따른 부가 가치 창출 효과와 대규모 일자리 생산 기대
	건물 관리비용 절감	지속가능한 태양광으로 전기에너지를 생산으로 냉·난방 이용으로 건물 관리비용 절감 효과가 있을 뿐 아니라 대형 발전소는 소득 창출 기대
	에너지 선순환 시스템 구축	태양광 발전에서 생산된 잉여 에너지에서 발생하는 수익으로 신재생에너지 생산분야에 재투자하는 등 에너지 선순환 시스템 구축에 기여 (생산 → 수익 → 투자)
	신재생에너지 사업 기반 구축	기술 혁신과 저변 확대로 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 바이오 등 다양한 대체 신재생에너지 사업 전반에 대한 기반 구축에 기여
사회적 효과	에너지절약 문화 확산 및 환경교육 기여	아파트 베란다 태양광 설치 등을 통해 일상에서 에너지절약 문화 확산에 기여하고 교육현장에서 다양한 프로그램을 통해 환경교육에 활용 가능
	친환경 이미지 창출 및 일자리 확충	건물이나 기업 또는 지자체는 지속가능한 신재생 에너지 태양광 도시 홍보를 통해 친환경 이미지 창출에 기여 기업이나 지자체 친환경 이미지 창출에 따른 인구 유입으로 다양한 일자리 확대 기대

<표-5> 태양광 발전의 효과

#### 4) 태양광 발전설비의 시공 시 주요 고려사항

- (1) 건축물을 대상으로 한 태양광 발전시설의 설치유형을 크게 지붕, 입면, 차양으로 구분하고 서울시 건축물에 태양광 발전시설 설치시 「건축물 태양광 발전시설 설치 가이드라인, 서울특별시 공고 제2014-1866호」을 준용한다.
- (2) 태양광 발전설비 적용 대상지 선정 시 주변환경, 이용도, 건물구조, 음영발생여부 등 사전 현장여건 확인·검토가 필요하다.

- 지붕형태, 색상컨셉, 건물배치 등을 면밀히 분석한다.
- 태양광을 최대 활용을 위해 방위각, 경사각, 설치높이 등을 고려하여 일사음영 발생요소를 검토한다.



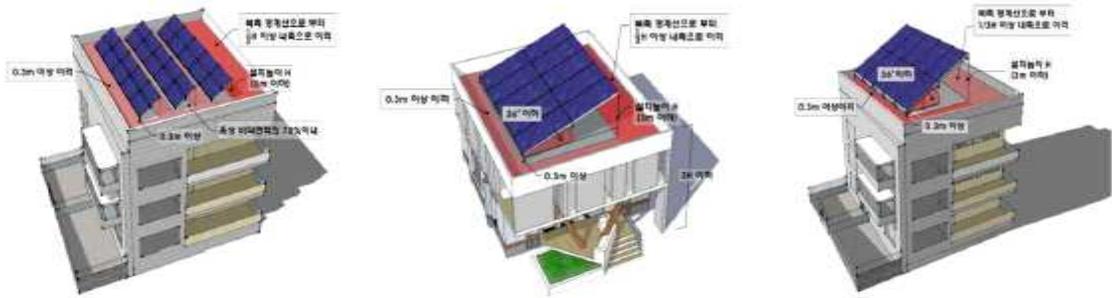
<그림-6> 건물 높이와 경사각에 따른 태양광 발전 설치 예시

- 서울시 햇빛지도에서 제공하는 연간 일사량 등급을 참고할 경우, 태양광 발전 전문가에 의한 현장 등급일치 여부를 판단한다.

분할 설치 예시

3층 미만 예시

3층 이상 예시



<그림-7> 건물의 태양광 발전 설치 예시

(3) 태양광 발전설비 용량은 구조안전진단 결과에 따라야하며 태양광 발전설비 용량 3kW 초과 시 구조 전문가의 구조안전 확인이 필요하다.

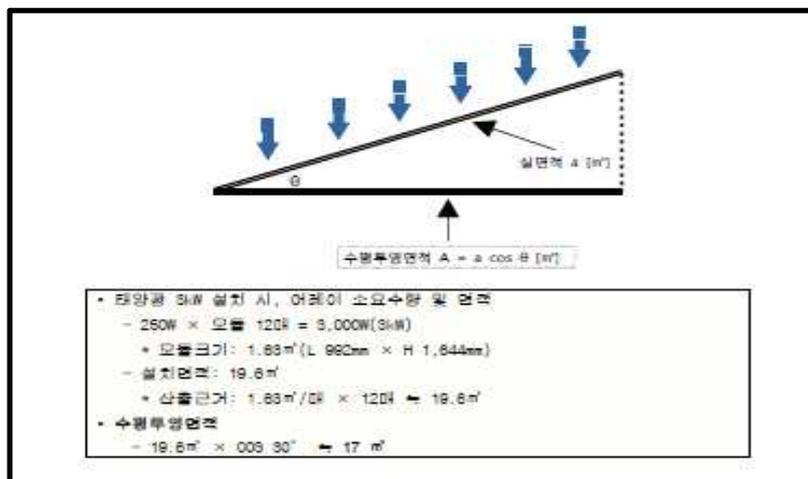
○ 구조물 설계 시 풍압하중, 적설하중, 및 구조하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 하며 건축물의 방수 등에 문제가 없도록 설치를 고려해야 한다.

○ 풍압하중은 가장 중시해야 할 하중이며, 전문가에 의한 정확한 하중 계산이 필요하다.

○ 고정하중은 태양광 발전 시설을 설치하기 위한 시설물의 전체 무게를 말한다.

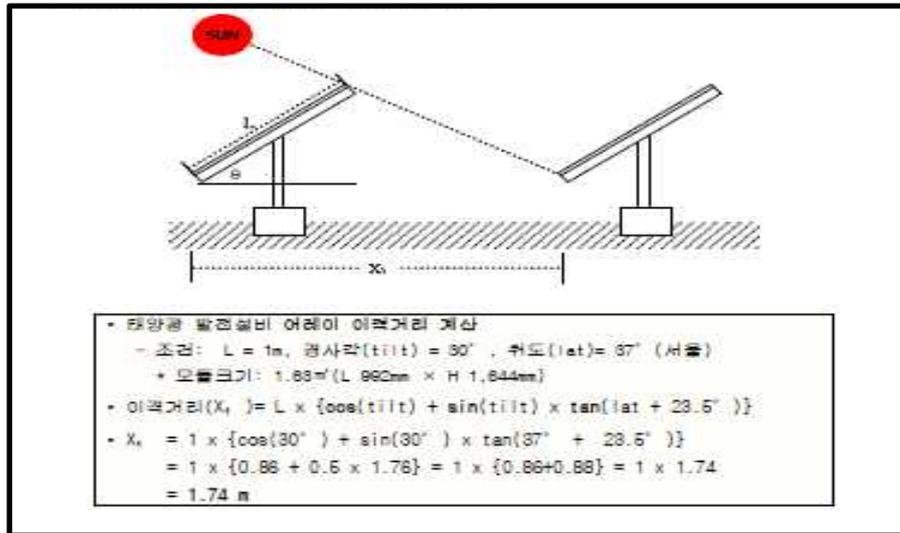
○ 적설하중은 모듈면의 눈에 의한 하중으로 특히 눈이 많이 오는 구역(적설 1m 이상의 지역)에서는 주의가 필요하다.

(4) 태양광 발전설비 수평투영면적 계산



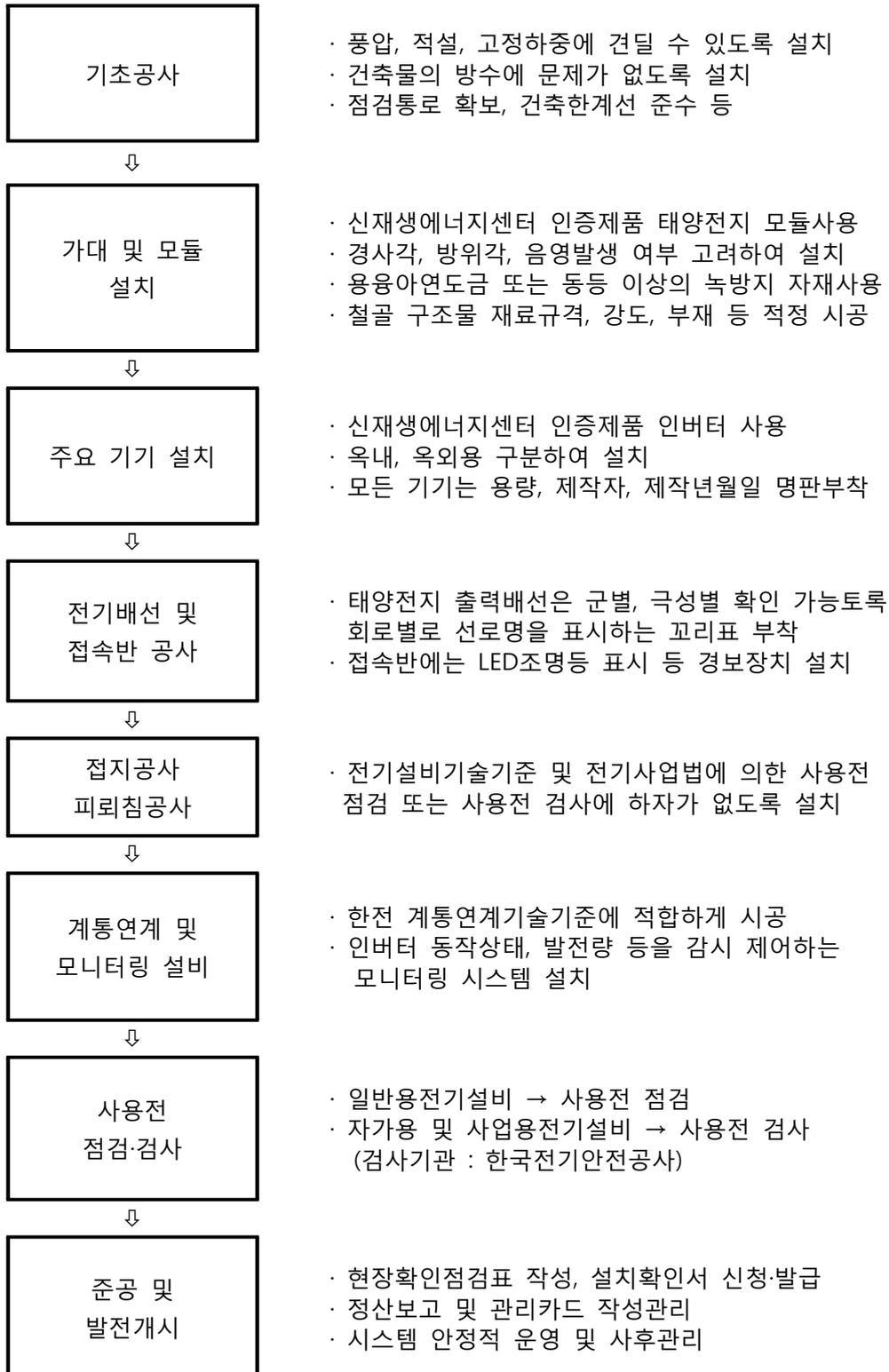
<그림-8> 태양광 어레이 수평투영면적

(5) 태양광 발전설비 어레이 이격거리 계산



<그림-9> 태양광 어레이 이격거리

## 5) 태양광 발전설비 시공순서



## 6) 태양광 발전설비 국내·외 사례

### (1) 국내 사례



건축물 평지붕(서울에너지공사)



건축물 평지붕(대전터미널시티)



건축물 평지붕(농산물도매시장)



건축물 평지붕(중학교)



건축물 평지붕(대학교)



건축물 평지붕(공장)



건축물 외벽(공동주택)



건축물 경사형 지붕(공동주택)



건축물 경사형 지붕(공장)



건축물 경사형 지붕(축사)



건물 옥탑상부



건물 환풍기 상부



기타(농지)



기타(저수지)



기타(주차장)



기타(임야)



기타(고속도로 방음터널)



기타(염전)

(2) 국외 사례



공동주택(독일)



공동주택(독일)



주택 경사형 지붕(독일)



주택 경사형 지붕(독일)



주택 경사형 지붕(네덜란드)



주택 경사형 지붕(네덜란드)



건축물 경사형 지붕(호주)



주택 경사형 지붕(영국)



주택 경사형 지붕(일본)



주택 경사형 지붕(일본)



기타(사우디아라비아, 주차장)



기타(아랍에미리트, 유희공지)



기타(일본, 임야)



기타(일본, 농지)



기타(일본, 농장)



기타(영국, 농지)



기타(일본, 유수지)



기타(호주, 저수지)

## Ⅲ. 법령 및 규정 검토

---

1. 옥상녹화 관련 법령 및 규정
2. 태양광 발전설비 관련 법령 및 규정

### 1. 옥상녹화 관련 법령 및 규정

법령 및 규정	주요내용	비고
「건축법」	<p><b>제42조(대지의 조경)</b></p> <p>① 면적이 200제곱미터 이상인 대지에 건축을 하는 건축주는 용도지역 및 건축물의 규모에 따라 해당 지방자치단체의 조례로 정하는 기준에 따라 대지에 조경이나 그 밖에 필요한 조치를 하여야 함. 다만, 조경이 필요하지 아니한 건축물로서 대통령령으로 정하는 건축물에 대하여는 조경 등의 조치를 하지 아니할 수 있으며, 옥상 조경 등 대통령령으로 따로 기준을 저하는 때에는 그 기준에 따른다</p> <p>② 국토교통부장관은 식재 기준, 조경 시설물의 종류 및 설치 방법, 옥상 조경의 방법 등 조경에 필요한 사항을 정하여 고시할 수 있다</p>	
「건축법」시행령	<p><b>제27조(대지의 조경)</b></p> <p>① 법 제42조제1항에 따라 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 건축물에 대하여는 조경 등의 조치를 아니할 수 있다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 녹지지역에 건축하는 건축물</li> <li>2. 면적 5천제곱미터 미만인 대지에 건축하는 공장</li> <li>3. 연면적의 합계가 1천500제곱미터 미만인 공장</li> <li>4. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제14호에 따른 산업단지의 공장</li> <li>5. 대지에 염분이 함유되어 있는 경우 또는 건축물 용도의 특성상 조경 등의 조치를 하기가 곤란 하거나 조경 등의 조치를 하는 것이 불합리한 경우로서 건축조례로 정하는 건축물</li> <li>6. 축사</li> <li>7. 법 제20조제1항에 따른 가설건축물</li> <li>8. 연면적의 합계가 1천500제곱미터 미만인 물류 시설(주거지역 또는 상업지역에 건축하는 것은 제외한다)로서 국토교통부령으로 정하는 것</li> </ol>	

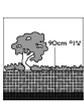
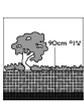
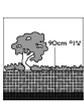
법령 및 규정	주요내용	비고
「건축법」시행령	<p>9. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따라 지정된 자연환경보전지역·농림지역 또는 관리지역(지구단위계획구역으로 지정된 지역은 제외한다)의 건축물</p> <p>10. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 건축물 중 건축조례로 정하는 건축물</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 「관광진흥법」제2조제6호에 따른 관광지 또는 같은 조 제7호에 따른 관광단지에 설치하는 관광시설</li> <li>· 「관광진흥법 시행령」제2조제1항제3호가목에 따른 전문휴양업의 시설 또는 같은 호 나목에 따른 종합휴양업의 시설</li> <li>· 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제48조제10호에 따른 관광·휴양형 지구단위계획구역에 설치하는 관광시설</li> <li>· 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표1에 따른 골프장</li> </ul> <p>② 법 제42조제1항 단서에 따른 조경 등의 조치에 관한 기준은 다음 각 호와 같다. 다만, 건축조례로 다음 각 호의 기준보다 더 완화된 기준을 정한 경우에는 그 기준에 따른다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 공장(제1항제2호부터 제4호까지의 규정에 해당하는 공장은 제외한다) 및 물류시설(제1항제8호에 해당하는 물류시설과 주거지역 또는 상업지역에 건축하는 물류시설은 제외한다) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연면적의 합계가 2천 제곱미터 이상인 경우: 대지면적의 10퍼센트 이상</li> <li>· 연면적의 합계가 1천500 제곱미터 이상 2천 제곱미터 미만인 경우: 대지면적의 5퍼센트 이상</li> </ul> </li> <li>2. 「공항시설법」제2조제7호에 따른 공항시설: 대지면적(활주로·유도로·계류장·착륙대 등 항공기의 이륙 및 착륙시설로 쓰는 면적은 제외한다)의 10퍼센트 이상</li> <li>3. 「철도건설법」제2조제7호에 따른 철도 중 역시설: 대지면적(선로·승강장 등 철도운영에 이용되는 시설의 면적은 제외한다)의 10퍼센트 이상</li> <li>4. 그 밖에 면적 200제곱미터 이상 300제곱미터 미만인 대지에 건축하는 건축물: 대지면적의 10퍼센트 이상</li> </ol> <p>③ 건축물의 옥상에 법 제42조제2항에 따라 국토교통부장관이 고시하는 기준에 따라 조경이나 그 밖에 필요한 조치를 하는 경우에는 옥상부분 조경면적의 3분의 2에 해당하는 면적을 법 제42조제1항에 따른 대지의 조경면적으로 산정할 수 있다. 이 경우 조경면적으로 산정하는 면적은 법 제42조제1항에 따른 조경면적의 100분의 50을 초과 할 수 없다.</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고
<p style="text-align: center;">서울특별시 건축조례</p>	<p><b>제24조(대지안의 조경)</b></p> <p>① 면적 200제곱미터 이상인 대지에 건축물을 건축하고자 하는 자는 법 제42조제1항에 따라 다음 각 호의 기준에 따른 식수 등 조경에 필요한 면적을 확보하여야 한다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 연면적의 합계가 2천제곱미터 이상인 건축물: 대지면적의 15퍼센트 이상</li> <li>2. 연면적의 합계가 1천제곱미터 이상 2천제곱미터 미만인 건축물: 대지면적의 10퍼센트 이상</li> <li>3. 연면적의 합계가 1천제곱미터 미만인 건축물: 대지면적의 5퍼센트 이상</li> <li>4. 「서울특별시 도시계획 조례」제54조제3항에 따른 학교이적지 안의 건축물: 대지면적의 30퍼센트 이상</li> </ol> <p>② 제1항에 따른 조경면적은 다음 각 호의 기준에 따라 산정한다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 공지(공터) 또는 지표면으로부터 높이 2미터 미만인 옥외부분의 조경면적을 모두 산입한다</li> <li>2. 온실로 전용되는 부분의 조경면적(채광을 하는 수평투영면적으로 한다) 및 필로티 그 밖에 이와 유사한 구조의 부분으로서 공중의 통행에 전용되는 부분의 조경면적은 2분의 1을 조경면적으로 산정하되, 해당 대지의 조경면적 기준의 3분의 1에 해당하는 면적까지 산입한다</li> </ol> <p>③ 제1항 및 영 제27조제2항에 따라 면적 200제곱미터 이상 300제곱미터 미만인 대지에 건축하는 건축물의 조경면적은 대지면적의 5퍼센트 이상으로 한다</p> <p>④ 영 제27조제1항제5호에 따라 조경 등의 조치를 하지 아니할 수 있는 건축물은 다음 각 호의 어느 하나와 같다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 구청장이 시장환경을 위하여 지정·공고한 기존 재래시장</li> <li>2. 구청장이 녹지보존에 지장이 없다고 인정하여 지정·공고한 지역에서 농·어업을 영위하기 위한 주택·축사 또는 창고</li> <li>3. 교정시설·군사시설</li> <li>4. 「주차장법」제2조제11호에 따른 주차전용건축물</li> <li>5. 지방자치단체가 설치하는 시내버스 공영차고 및 관련시설</li> <li>6. 학교(조경면적 기준의 2분의 1이하로 한정한다)</li> <li>7. 여객자동차터미널 및 화물터미널</li> <li>8. 「농수산물 유통 및 가격안정에 관한 법률」제2조 제2호에 따른 농수산물도매시장</li> </ol>	

법령 및 규정	주요내용	비고
<p style="text-align: center;"><b>조경기준</b> (국토교통부 지침)</p>	<p><b>제3조(정의)</b></p> <p>7. "벽면녹화"라 함은 건축물이나 구조물의 벽면을 식물을 이용해 전면 혹은 부분적으로 피복 녹화하는 것을 말한다</p> <p>8. "자연지반"이라 함은 하부에 인공구조물이 없는 자연상태의 지층 그대로인 지반으로서 공기, 물, 생물 등의 자연순환이 가능한 지반을 말한다</p> <p>9. "인공지반조경"이라 함은 건축물의 옥상(지붕을 포함한다)이나 포장된 주차장, 지하구조물 등과 같이 인위적으로 구축된 건축물이나 구조물 등 식물생육이 부적합한 불투수층의 구조물 위에 자연지반과 유사하게 토양층을 형성하여 귀 위에 설치하는 조경을 말한다.</p> <p>10. "옥상조경"이라 함은 인공지반조경 중 지표면에서 높이가 2미터 이상인 곳에 설치한 조경을 말한다. 다만, 발코니에 설치하는 화훼시설은 제외한다.</p> <p><b>제12조(옥상조경 면적의 산정)</b></p> <p>1. 지표면에서 2미터 이상의 건축물이나 구조물의 옥상에 식재 및 조경시설을 설치한 부분의 면적. 다만, 초화류와 지피식물로만 식재된 면적은 그 식재면적의 2분의 1에 해당하는 면적</p> <p>2. 지표면에서 2미터 이상의 건축물이나 구조물의 벽면을 식물로 피복한 경우, 피복면적의 2분의1에 해당하는 면적. 다만, 피복면적을 산정하기 곤란한 경우에는 근원경 4센티미터 이상의 수목에 대해서만 1주당 0.1제곱미터로 산정하되, 벽면녹화면적은 식재의무면적의 100분의 10을 초과하여 산정하지 않는다</p> <p>3. 건축물이나 구조물의 옥상에 교목이 식재된 경우에는 식재된 교목 수량의 1.5배를 식재한 것으로 산정한다</p> <p><b>제13조(옥상 및 인공지반의 식재)</b></p> <p>옥상 및 인공지반에는 고열, 바람, 건조 및 일시적 과습 등의 열악한 환경에서도 건강하게 자랄 수 있는 식물종을 선정하여야 하므로 관련 전문가의 자문을 구하여 해당 토심에 적합한 식물종을 식재하여야 한다</p> <p><b>제14조(구조적인 안전)</b></p> <p>① 인공지반조경(옥상조경을 포함한다)을 하는 지반은 수목·토양 및 배수시설 등이 건축물의 구조에 지장이 없도록 설치하여야 한다</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고
<p style="text-align: center;"><b>조경기준</b> (국토교통부 지침)</p>	<p>② 기존건축물에 옥상조경 또는 인공지반조경을 하는 경우 건축사 또는 건축구조기술사로부터 건축물 또는 구조물이 안전한지 여부를 확인 받아야 한다</p> <p><b>제15조(식재토심)</b></p> <p>① 옥상조경 및 인공지반 조경의 식재 토심은 배수층의 두께를 제외한 다음 각 호의 기준에 의한 두께로 하여야 한다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 초화류 및 지피식물: 15센티미터 이상(인공토양 사용시 10센티미터 이상)</li> <li>2. 소관목: 30센티미터 이상(인공토양 사용시 20센티미터 이상)</li> <li>3. 대관목: 45센티미터 이상(인공토양 사용시 30센티미터 이상)</li> <li>4. 교목: 70센티미터 이상(인공토양 사용시 60센티미터 이상)</li> </ol> <p>② 새로운 녹화공법이 개발되어 토양 소재나 관수 방법 등이 제1항의 식재토심 규정과 맞지 않다고 조경기술자 등 관련 전문가의 검토의견이 제시될 경우 제1항의 식재토심 규정을 적용하지 아니할 수 있다</p> <p><b>제16조(관수 및 배수)</b></p> <p>옥상조경 및 인공지반 조경에는 수목의 정상적인 생육을 위하여 건축물이나 구조물의 하부시설에 영향을 주지 아니하도록 관수 및 배수시설을 설치하여야 한다</p> <p><b>제17조(방수 및 방근)</b></p> <p>옥상 및 인공지반의 조경에는 방수조치를 하여야 하며, 식물의 뿌리가 건축물이나 구조물에 침입하지 않도록 하여야 한다</p> <p><b>제18조(유지관리)</b></p> <p>옥상조경지역에는 이용자의 안전을 위하여 다음 각호의 기준에 적합한 구조물을 설치하여 관리 하여야 한다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 높이 1.2미터 이상의 난간 등의 안전구조물을 설치하여야 한다</li> <li>2. 수목은 바람에 넘어지지 않도록 지지대를 설치하여야 한다</li> <li>3. 안전시설은 정기적으로 점검하고, 유지관리하여야 한다.</li> <li>4. 식재된 수목의 생육을 위하여 필요한 가지치기·비료주기 및 물주기 등의 유지관리를 하여야 한다</li> </ol> <p><b>제19조(옥상조경의 지원)</b></p> <p>국토교통부장관 또는 지방자치단체의 장은 옥상·발코니·측벽 등 건축물을 녹화를 촉진하기 위하여 건물녹화 설계기준 및 권장설계도서를 작성·보급할 수 있다</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고
<p style="text-align: center;"><b>서울특별시 도시녹화 등에 관한 조례</b></p>	<p><b>제1조(목적)</b> 이 조례는 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 및 같은법 시행령에서 위임한 사항 및 그 시행을 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다</p> <p><b>제3조(용어의 정의)</b> 4. “녹화계약”이라 함은 도시지역안에서 일정지역의 양호한 자연경관의 확보 등을 위하여 녹화하고자 토지소유자등이 자발적인 협력에 따라 시장과 체결하는 협정형식의 계약을 말한다</p> <p><b>제23조(계약내용)</b> 녹화계약을 체결하는 때에는 다음 각 호의 사항 중 필요한 사항을 정하여야 한다</p> <p>1. 식재는 수목의 등의 종류·수 및 장소에 관한 사항으로 다음의 사항을 고려하여 정하도록 한다</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹화계약지역내 주택지의 경우에는 개인의 정원, 옥상, 벽면, 발코니, 창가 또는 단지 내의 장소나 계약지역의 주변도로, 하천변 등 자연경관에 영향을 주는 장소로 한단</li> </ul> <p><b>제33조(도시녹화사업 보조금 지원)</b></p> <p>① 시장은 녹지를 관리하는 기관의 장(이하 “녹지관리청”이라 한다)에 대하여 도시녹화사업을 위한 녹지 조성 및 보전에 따른 조경시설의 설치비용 등을 규칙이 정하는 바에 따라 예산의 범위 내에서 일부 지원할 수 있다</p> <p>② 시장은 녹지의 보호와 육성운동 등을 추진하는 비영리법인 및 단체 등에 대하여 규칙이 정하는 바에 따라 예산의 범위 내에서 사업비의 일부를 보조금으로 지원할 수 있다</p> <p>③ 시장은 민간 또는 공공건축물의 소유자가 옥상녹화·창문화 단녹화·벽면녹화·담장개방녹화 및 실내조경 등을 하고자 할 경우 이의 활성화를 위하여 녹지관리청을 통해 규칙이 정하는 바에 따라 예산의 범위 안에서 사업비의 일부를 보조금으로 지원할 수 있다. 다만, 「주택법」 제21조와 「건축법」 제42조 등 건축 인·허가와 관련한 법적 의무조경의 경우에는 그러하지 아니한다</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고																																								
<b>서울특별시 도시계획 조례 시행규칙</b>	<p><b>제10조의2(생태면적률 산정방법 등)</b></p> <p>제4장 개발행위 허가시 생태면적률 산정과 관련하여 다음과 같이 제시하고 있음(별표 3의2)</p> <p>1. 생태면적률 계산은 아래 계산식에 따른다</p> $\text{생태면적률 (\%)} = \frac{\text{자연순환가능 면적}}{\text{전체면적}} \times 100 = \frac{\sum (\text{피복유형별 환산면적}) + \sum (\text{식재유형별 환산면적})}{\text{전체면적}} \times 100$ <p>2. 생태면적률 계산을 위한 공간유형 구분 및 가중치는 아래와 같다</p>																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">피복유형</th> <th style="width: 10%;">가중치</th> <th style="width: 40%;">설명</th> <th style="width: 25%;">사례</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td> 자연지반녹지</td> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td>자연지반이 손상되지 않은 녹지 식물상과 동물상의 개발 잠재력 보유</td> <td>자연상태의 지반을 가진 녹지</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td> 수공간 (투수기능)</td> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td>자연지반 기초 위에 조성되고, 투수기능을 가지는 수공간 바닥에 차수시설이 설치되어 있는 수공간의 경우 가중치 0.5</td> <td>투수기능을 가지는 생태연못 등</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td> 인공지반녹지 ≥ 90cm</td> <td style="text-align: center;">0.7</td> <td>토심이 90cm이상인 인공지반 상부 녹지 토심이 90cm미만인 경우 가중치 0.5(단, 최소토심 40cm 이상)</td> <td>지하주차장 상부, 지하실 상부 녹지</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td> 옥상녹화 ≥ 40cm</td> <td style="text-align: center;">0.6</td> <td>토심이 40cm이상인 옥상녹화시스템이 적용된 공간 토심이 40cm미만인 경우 가중치 0.4(단, 최소토심 20cm 이상)</td> <td>혼합형 녹화옥상 시스템 중량형 녹화옥상 시스템</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td> 투수포장</td> <td style="text-align: center;">0.4</td> <td>자연지반 위에 조성되고 공기와 물이 투과되는 포장, 식물생장 필수 포장재의 투수율은 0.01cm/sec를 확보 미식재 면적이 50%이상인 경우 가중치 0.2 불투수포장은 가중치 0.0</td> <td>잔디블록, 목판 또는 판석 부분 포장</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td> 벽면녹화</td> <td style="text-align: center;">0.3</td> <td>창이 없는 벽면이나 옹벽(담장)의 녹화, 최대 10m 높이까지만 산정(단, 최소토심 20cm 이상)</td> <td>벽면이나 옹벽 녹화공간</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td> 침투시설 연계면</td> <td style="text-align: center;">0.1</td> <td>지하수 함양을 위한 우수침투시설 또는 일시적 저류시설과 연계된 면</td> <td>녹화가 되어 있지 않은 옥상 중 침투시설과 연계된 공간</td> </tr> </tbody> </table>		피복유형	가중치	설명	사례	1	 자연지반녹지	1.0	자연지반이 손상되지 않은 녹지 식물상과 동물상의 개발 잠재력 보유	자연상태의 지반을 가진 녹지	2	 수공간 (투수기능)	1.0	자연지반 기초 위에 조성되고, 투수기능을 가지는 수공간 바닥에 차수시설이 설치되어 있는 수공간의 경우 가중치 0.5	투수기능을 가지는 생태연못 등	3	 인공지반녹지 ≥ 90cm	0.7	토심이 90cm이상인 인공지반 상부 녹지 토심이 90cm미만인 경우 가중치 0.5(단, 최소토심 40cm 이상)	지하주차장 상부, 지하실 상부 녹지	4	 옥상녹화 ≥ 40cm	0.6	토심이 40cm이상인 옥상녹화시스템이 적용된 공간 토심이 40cm미만인 경우 가중치 0.4(단, 최소토심 20cm 이상)	혼합형 녹화옥상 시스템 중량형 녹화옥상 시스템	5	 투수포장	0.4	자연지반 위에 조성되고 공기와 물이 투과되는 포장, 식물생장 필수 포장재의 투수율은 0.01cm/sec를 확보 미식재 면적이 50%이상인 경우 가중치 0.2 불투수포장은 가중치 0.0	잔디블록, 목판 또는 판석 부분 포장	6	 벽면녹화	0.3	창이 없는 벽면이나 옹벽(담장)의 녹화, 최대 10m 높이까지만 산정(단, 최소토심 20cm 이상)	벽면이나 옹벽 녹화공간	7	 침투시설 연계면	0.1	지하수 함양을 위한 우수침투시설 또는 일시적 저류시설과 연계된 면	녹화가 되어 있지 않은 옥상 중 침투시설과 연계된 공간	
		피복유형	가중치	설명	사례																																					
	1	 자연지반녹지	1.0	자연지반이 손상되지 않은 녹지 식물상과 동물상의 개발 잠재력 보유	자연상태의 지반을 가진 녹지																																					
	2	 수공간 (투수기능)	1.0	자연지반 기초 위에 조성되고, 투수기능을 가지는 수공간 바닥에 차수시설이 설치되어 있는 수공간의 경우 가중치 0.5	투수기능을 가지는 생태연못 등																																					
	3	 인공지반녹지 ≥ 90cm	0.7	토심이 90cm이상인 인공지반 상부 녹지 토심이 90cm미만인 경우 가중치 0.5(단, 최소토심 40cm 이상)	지하주차장 상부, 지하실 상부 녹지																																					
	4	 옥상녹화 ≥ 40cm	0.6	토심이 40cm이상인 옥상녹화시스템이 적용된 공간 토심이 40cm미만인 경우 가중치 0.4(단, 최소토심 20cm 이상)	혼합형 녹화옥상 시스템 중량형 녹화옥상 시스템																																					
	5	 투수포장	0.4	자연지반 위에 조성되고 공기와 물이 투과되는 포장, 식물생장 필수 포장재의 투수율은 0.01cm/sec를 확보 미식재 면적이 50%이상인 경우 가중치 0.2 불투수포장은 가중치 0.0	잔디블록, 목판 또는 판석 부분 포장																																					
	6	 벽면녹화	0.3	창이 없는 벽면이나 옹벽(담장)의 녹화, 최대 10m 높이까지만 산정(단, 최소토심 20cm 이상)	벽면이나 옹벽 녹화공간																																					
	7	 침투시설 연계면	0.1	지하수 함양을 위한 우수침투시설 또는 일시적 저류시설과 연계된 면	녹화가 되어 있지 않은 옥상 중 침투시설과 연계된 공간																																					

법령 및 규정	주요내용					비고																																											
<b>서울특별시 도시계획 조례 시행규칙</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">식재유형</th> <th style="width: 10%;">개체당 환산면적</th> <th style="width: 10%;">가중치</th> <th style="width: 20%;">설 명</th> <th style="width: 25%;">대표수종</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">8</td> <td style="text-align: center;"> 0.3m≤수고 &lt;1.5m</td> <td style="text-align: center;">0.1㎡ /주수</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">0.1</td> <td>수고 0.3m이상 1.5m미만인 관목, 지피초화의 경우 산정 제외</td> <td>철쭉류, 개나리, 영산홍</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> 1.5m≤수고 &lt;4m</td> <td style="text-align: center;">0.3㎡ /주수</td> <td>수고 1.5m이상 4m미만인 대관목 및 소교목</td> <td>관목 : 산수유, 애기동백 교목 : 무궁화, 라일락</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">관목일 경우 환산면적 0.15㎡ 적용</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> 4m≤수고</td> <td style="text-align: center;">3㎡ /주수</td> <td>수고 4m이상인 대교목</td> <td>소나무, 향나무, 잣나무, 주목, 느티나무, 청단풍, 메타세쿼이아, 은행나무</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>낙엽교목으로 B&gt;12cm or R&gt;15cm 이거나, 상록교목으로 W&gt;2m 인 경우 2주 인정</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>낙엽교목으로 B&gt;18cm or R&gt;20cm 이거나, 상록교목으로 W&gt;3m 인 경우 4주 인정</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>낙엽교목으로 B&gt;25cm or R&gt;30cm 이거나, 상록교목으로 W&gt;5m 인 경우 8주 인정</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(B : 흉고직경, R : 근원직경, W : 수관폭)</p> <p>※ 인공지반에 설치되는 수공간, 투수포장의 경우는 인공지반 가중치(0.7 또는 0.5)를 해당 공간유형별 가중치에 곱하여 산정함.</p> <p>※ 해당 수고의 대나무를 식재할 경우 환산면적의 10%만 인정</p> <p>※ 식재유형 생태면적률은 피복유형 생태면적률의 20%까지만 인정</p>						식재유형	개체당 환산면적	가중치	설 명	대표수종	8	 0.3m≤수고 <1.5m	0.1㎡ /주수	0.1	수고 0.3m이상 1.5m미만인 관목, 지피초화의 경우 산정 제외	철쭉류, 개나리, 영산홍	 1.5m≤수고 <4m	0.3㎡ /주수	수고 1.5m이상 4m미만인 대관목 및 소교목	관목 : 산수유, 애기동백 교목 : 무궁화, 라일락	관목일 경우 환산면적 0.15㎡ 적용					 4m≤수고	3㎡ /주수	수고 4m이상인 대교목	소나무, 향나무, 잣나무, 주목, 느티나무, 청단풍, 메타세쿼이아, 은행나무					낙엽교목으로 B>12cm or R>15cm 이거나, 상록교목으로 W>2m 인 경우 2주 인정						낙엽교목으로 B>18cm or R>20cm 이거나, 상록교목으로 W>3m 인 경우 4주 인정						낙엽교목으로 B>25cm or R>30cm 이거나, 상록교목으로 W>5m 인 경우 8주 인정		
	식재유형	개체당 환산면적	가중치	설 명	대표수종																																												
8	 0.3m≤수고 <1.5m	0.1㎡ /주수	0.1	수고 0.3m이상 1.5m미만인 관목, 지피초화의 경우 산정 제외	철쭉류, 개나리, 영산홍																																												
	 1.5m≤수고 <4m	0.3㎡ /주수		수고 1.5m이상 4m미만인 대관목 및 소교목	관목 : 산수유, 애기동백 교목 : 무궁화, 라일락																																												
	관목일 경우 환산면적 0.15㎡ 적용																																																
	 4m≤수고	3㎡ /주수		수고 4m이상인 대교목	소나무, 향나무, 잣나무, 주목, 느티나무, 청단풍, 메타세쿼이아, 은행나무																																												
				낙엽교목으로 B>12cm or R>15cm 이거나, 상록교목으로 W>2m 인 경우 2주 인정																																													
				낙엽교목으로 B>18cm or R>20cm 이거나, 상록교목으로 W>3m 인 경우 4주 인정																																													
				낙엽교목으로 B>25cm or R>30cm 이거나, 상록교목으로 W>5m 인 경우 8주 인정																																													
<b>녹색건축물 조성 지원법</b>	<b>제1조(목적)</b> 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 통하여 저탄소 녹색성장 실현 및 국민의 복리 향상에 기여함을 목적으로 한다																																																
<b>녹색건축 인증기준 (국토교통부, 환경부 지침)</b>	<b>제7조(녹색건축 인증의 취득의무)</b> ② 「건축법」 시행령 별표1의 제14호 가목의 공공업무시설은 우수(그린2등급) 등급 이상을 취득하여야 한다 ※ 제14호 가목 : 공공업무시설(국가 또는 지방자치 단체의 청사와 외국공관의 건축물로서 제1종 근린생활시설에 해당하지 아니한 것)																																																

법령 및 규정	주요내용	비고
<p style="text-align: center;"><b>지구단위계획 수립지침 (국토교통부 지침)</b></p>	<p><b>제3장(지구단위계획 수립기준)</b></p> <p><b>제2절(행위제한의 완화)</b></p> <p>도시지역내 지구단위계획구역에서 대지면적의 일부가 공공시설 또는 기반시설 중 학교와 해당 시도 또는 대도시의 도시·군계획조례로 정하는 기반시설의 부지로 제공(기부채납하거나 공공시설로 귀속되는 경우에 한한다)되는 것으로 계획되는 경우에는 당해 대지의 건축물의 건폐율·용적률·높이를 각각 완화하여 지구단위계획을 수립할 수 있다. 다만, 제1종일반주거지역에서 제2종일반주거지역으로 변경되는 것과 같이 토지이용도를 높이는 방향으로 용도지역이 변경되는 경우로서 기존의 용도지역 또는 용도지구의 용적률을 적용 하지 아니하는 경우 다음 제2항을 적용하지 아니한다</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 건폐율=(조례로 정하는 건폐율)x[1+(공공시설등의 부지로 제공하는 면적)/(당초의 대지면적)]이내</li> <li>2. 용적률=(조례로 정하는 건폐율)x[1+1.5x가중치x(공공시설등의 부지로 제공하는 면적)/(공공시설등의 부지 제공후 대지면적)] 이내</li> <li>3. 높이=(조례로 정하는 높이)x[1+(공공시설등의 부지로 제공하는 면적)/(당초의 대지면적)]이내</li> <li>4. 건폐율·용적률은 당초의 대지면적에서 제공대지면적을 공제한 나머지 대지면적을 기준으로 하여 계산한다</li> </ol> <p><b>제5절(기반시설)</b></p> <p>지구단위계획구역내 기반시설의 설치기준에 관하여 이 지침에서 정하지 아니하는 사항은 도시·군계획시설의 결정·구조및 설치기준에관한규칙의 기준을 준용하고 관계 법령의 기준에 따른다</p> <p><b>제14절(공원 및 녹지)</b></p> <p>공원 및 녹지 계획시 고려사항</p>	

## 2. 태양광 발전설비 관련 법령 및 규정

법령 및 규정	주요내용	비고
<p>「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」</p>	<p><b>제12조(신·재생에너지사업에의 투자권고 및 신·재생에너지 이용의무화 등)</b></p> <p>① 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 기술개발 및 이용·보급을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하면 에너지 관련 사업을 하는 자에 대하여 제10조 각 호의 사업을 하거나 그 사업에 투자 또는 출연할 것을 권고할 수 있다.</p> <p>② 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 신·재생에너지산업의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 신축·증축 또는 개축하는 건축물에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 설계 시 산출된 예상 에너지사용량의 일정 비율 이상을 신·재생에너지를 이용하여 공급되는 에너지를 사용하도록 신·재생에너지 설비를 의무적으로 설치하게 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국가 및 지방자치단체</li> <li>2. 공공기관</li> <li>3. 정부가 대통령령으로 정하는 금액 이상을 출연한 정부출연기관</li> <li>4. 「국유재산법」 제2조제6호에 따른 정부출자기업체</li> <li>5. 지방자치단체 및 제2호부터 제4호까지의 규정에 따른 공공기관, 정부출연기관 또는 정부출자기업체가 대통령령으로 정하는 비율 또는 금액 이상을 출자한 법인</li> <li>6. 특별법에 따라 설립된 법인</li> </ol> <p>③ 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 활용 여건 등을 고려할 때 신·재생에너지를 이용하는 것이 적절하다고 인정되는 공장·사업장 및 집단주택단지 등에 대하여 신·재생에너지의 종류를 지정하여 이용하도록 권고하거나 그 이용설비를 설치하도록 권고할 수 있다.</p>	
<p>「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 시행령</p>	<p><b>제15조(신·재생에너지 공급의무 비율 등)</b></p> <p>① 법 제12조제2항에 따른 예상 에너지사용량에 대한 신·재생에너지 공급의무 비율은 다음 각 호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「건축법 시행령」 별표 1 제5호부터 제16호까지, 제23호가목부터 다목까지, 제24호 및 제26호부터 제28호까지의 용도의 건축물로서 신축·증축 또는 개축하는 부분의 연면적이 1천제곱미터 이상인 건축물(해당 건축물의 건축 목적,</li> </ol>	

법령 및 규정	주요내용	비고
<p>「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 시행령</p>	<p>기능, 설계 조건 또는 시공 여건상의 특수성으로 인하여 신·재생에너지 설비를 설치하는 것이 불합리하다고 인정되는 경우로서 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 건축물은 제외한다): 별표 2에 따른 비율 이상</p> <p>2. 제1호 외의 건축물: 산업통상자원부장관이 용도별 건축물의 종류로 정하여 고시하는 비율 이상</p> <p>③ 제1항에 따른 건축물의 예상 에너지사용량의 산정기준 및 산정방법 등은 신·재생에너지의 균형 있는 보급과 기술개발의 촉진 및 산업 활성화 등을 고려하여 산업통상자원부장관이 정하여 고시한다.</p>	
<p>「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 시행규칙</p>	<p><b>제2조(신·재생에너지 설비)</b></p> <p>법 제2조제3호에서 "산업통상자원부령으로 정하는 것"이란 다음 각 호의 설비 및 그 부대설비(이하 "신·재생에너지 설비"라 한다)를 말한다.</p> <p>4. 태양에너지 설비</p> <p>가. 태양열 설비: 태양의 열에너지를 변환시켜 전기를 생산하거나 에너지원으로 이용하는 설비</p> <p>나. 태양광 설비: 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하거나 채광(採光)에 이용하는 설비</p>	
<p>서울특별시 에너지 조례</p>	<p><b>제13조(신축 건축물 등의 에너지 성능 확보)</b></p> <p>① 시장은 신축 건축물 등의 에너지 성능 확보를 유도·촉진하기 위하여 공공 및 민간 부문 에너지 절약형 친환경 건축기준을 제정하여 운영할 수 있다.</p> <p>② 시장은 「건축법」제11조제1항에 따른 건축허가를 함에 있어, 건축물의 에너지 성능 확보를 위하여 고효율에너지기자재 인증제품과 태양열 및 태양광 설비 등 신·재생에너지 설비의 사용을 권장할 수 있다.</p> <p>③ 시장은 건축물을 설계하는 때에 규칙이 정하는 바에 따라 친환경에너지 건축물 설계에 따른 에너지 성능을 확인하여야 한다.</p> <p>④ 시장은 「녹색건축물 조성 지원법」 제14조제1항에 따라 건축주가 제출한 에너지 절약계획서를 검토하고, 필요한 경우에는 건축주에게 에너지 절약계획서를 보완하도록 요구할 수 있다.</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고
서울특별시 에너지 조례	<p><b>제25조(행정 및 세제·재정상의 조치 등)</b></p> <p>① 시장은 에너지 절약과 신·재생에너지 등의 개발·이용·보급 및 에너지 이용 합리화를 위한 시책 추진에 필요한 행정 및 세제·재정상의 조치를 강구하여야 한다.</p> <p>② 시장은 에너지 절약과 신·재생에너지 등의 이용을 촉진하기 위하여 시민·사업자·시민단체 또는 연구기관이 행하는 조사·연구 등에 필요한 정보·기술의 제공이나 설치·운영하는 시설에 대한 세제·재정 등의 지원을 할 수 있다.</p> <p>③ 재정상의 지원은 「서울특별시 기후변화기금의 설치 및 운용에 관한 조례」 제5조 및 제6조에 따른다.</p> <p>④ 시장은 신·재생에너지의 보급 확대를 위하여 행정재산 및 일반재산을 사용·수익허가 또는 대부할 수 있고 사용 및 대부요율은 해당 재산 평정가격의 1000분의 10 이상으로 한다. 다만, 공유재산 옥상에 태양광 발전시설을 설치하는 경우의 사용 및 대부요율은 「지방자치단체 공유재산 운영기준」에 따른 해당 재산 평정가격의 1000분의 10 이상으로 하고 옥상 이외에 태양광 발전시설을 설치하는 경우의 사용 및 대부요율은 발전시설의 용량을 기준으로 매년마다 산정하여 공고한다.</p>	
「전기공사업법」	<p><b>제2조(정의)</b></p> <p>이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <p>1. "전기공사"란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 설비 등을 설치·유지·보수하는 공사 및 이에 따른 부대공사로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.</p> <p>라. 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조 제3호에 따른 신·재생에너지 설비 중 전기를 생산하는 설비</p>	
「전기공사업법」 시행령	<p><b>제2조(전기공사)</b></p> <p>① 법 제2조제1호에 따른 전기공사는 다음 각 호의 공사(저수지, 수로 및 이에 수반되는 구조물의 공사는 제외한다)로 한다.</p> <p>1. 발전·송전·변전 및 배전 설비공사</p> <p>2. 산업시설물, 건축물 및 구조물의 전기설비공사</p> <p>3. 도로, 공항 및 항만 전기설비공사</p> <p>4. 전기철도 및 철도신호 전기설비공사</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고
「전기공사업법」 시행령	<p>5. 제1호부터 제4호까지의 규정에 따른 전기설비공사 외의 전기설비공사</p> <p>6. 제1호부터 제5호까지의 규정에 따른 전기설비 등을 유지·보수하는 공사 및 그 부대공사</p> <p>② 제1항제1호부터 제5호까지의 규정에 따른 전기공사의 종류는 별표 1과 같다.</p>	
「전력기술관리법」 시행령	<p><b>제8조(전력기술인의 관리 등)</b></p> <p>① 산업통상자원부장관은 법 제7조제2항에 따라 전력기술인을 관리하기 위하여 필요한 경우에는 다음 각 호의 자 또는 전력기술인으로 하여금 전력기술인의 취업 및 퇴직 사항에 관한 자료를 제출하게 할 수 있다.</p> <p>1. 법 제14조에 따라 전력시설물의 설계업(이하 "설계업"이라 한다) 등록을 한 자(이하 "설계업자"라 한다)</p> <p>2. 「전기공사업법」에 따른 공사업자</p> <p>3. 「전기사업법」에 따른 전기사업자·한국전기안전공사·전기안전관리대행사업자 및 용량 1천킬로와트 이상인 자가용전기설비의 설치자·소유자 또는 점유자</p> <p>4. 「엔지니어링산업 진흥법」에 따른 전기관련부문 엔지니어링사업자</p> <p>② 「국가기술자격법」에 따라 기술자격 검정을 시행하는 기관은 전기 분야 기술자격의 취득·변경 사항을 산업통상자원부장관에게 통보하여야 한다.</p>	
서울특별시 도시계획조례	<p><b>제7장 개발행위의 허가</b></p> <p><b>제20조(허가를 받지 아니하여도 되는 경미한 행위)</b></p> <p>영 제53조의 단서에 따라 개발행위의 허가를 받지 아니하여도 되는 경미한 행위는 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 무게가 30톤 이하, 부피가 30세제곱미터 이하 및 수평투영면적이 30제곱미터 이하인 공작물을 설치하는 행위</p>	
개발제한구역관리계획 수립 및 입지대상시설의 심사에 관한 규정	<p><b>재11조(도시계획시설의 설치계획)</b></p> <p>① 다만 공원녹지 및 실외체육시설 등 개발제한구역의 보전과 관리에 도움이 될 수 있거나 도로·철도 등 개발제한구역을 통과하는 선형시설 등 별표2의 시설은 관리계획에 반영하지 아니할 수 있다.</p>	

법령 및 규정	주요내용	비고			
개발제한구역관리계획 수립 및 입지대상시설의 심사에 관한 규정	<p>&lt;별표2&gt;관리계획에 반영하지 아니할 수 있는 시설의 종류 및 범위</p> <p>1) 전기공급시설로서 다음 요건에 해당하는 경우</p> <p>가) 시설의 규모가 330제곱미터 이하일 것</p> <p>나) 태양에너지 설비시설을 기존 건축물 상부나 대지화 되어 있는 토지(임상이 양호한 곳은 제외) 상에 설치하는 경우에는 시설의 규모를 제한하지 아니한다.</p>				
환경영향평가법 시행령 <별표4>	<p><b>소규모 환경영향평가 대상사업의 종류, 범위 및 협의 요청시기</b> (환경영향평가법시행령 제59조 및 제61조제2항 관련)</p> <table border="1" data-bbox="491 786 1262 936"> <tr> <td data-bbox="491 786 722 936">2. 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 적용지역</td> <td data-bbox="722 786 1139 936">「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 제3조에 따른 개발제한구역의 경우 사업계획면적이 5,000제곱미터 이상인 것</td> <td data-bbox="1139 786 1262 936">사업의 승인 등</td> </tr> </table>	2. 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 적용지역	「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 제3조에 따른 개발제한구역의 경우 사업계획면적이 5,000제곱미터 이상인 것	사업의 승인 등	
2. 「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 적용지역	「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」 제3조에 따른 개발제한구역의 경우 사업계획면적이 5,000제곱미터 이상인 것	사업의 승인 등			
도시공원 및 녹지 등에 관한 법률	<p><b>제24조(도시공원의 점용허가)</b></p> <p>① 도시공원에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 도시공원을 관리 하는 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치 도지사·시장 또는 군수의 점용 허가를 받아야 한다. 다만, 산림의 속아베기 등 대통령령으로 정하는 경미한 행위의 경우에는 그러하지 아니한다.</p> <p>1. 공원시설 외의 시설·건축물 또는 공작물을 설치하는 행위</p> <p>③ 제1항에 따른 점용허가를 받아 도시공원을 점용할 수 있는 대상 및 점용기준은 대통령령으로 정한다.</p>				
「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 시행령	<p><b>제22조(도시공원의 점용허가 대상)</b></p> <p>법 제24조제3항에 따른 도시공원의 점용허가 대상은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 전주·전선·변전소·지중변압기·개폐기·태양광에너지설비·가로등·분전반·전기통신설비·군용 전기통신설비를 제외한다)의 설치</p>				
「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 시행규칙	<p><b>제3조(공원시설의 종류)</b></p> <p>법 제2조제4호 각 목에 따른 공원시설의 구체적인 종류는&lt;별표1&gt;과 같다.</p> <p><b>&lt;별표1&gt; 공원시설의 종류(제3조관련)</b></p> <table border="1" data-bbox="491 1771 1262 1989"> <tr> <td data-bbox="491 1771 722 1989">7. 공원관리시설</td> <td data-bbox="722 1771 1262 1989">창고·차고·게시판·표지·조명시설·폐쇄회로 텔레비전(CCTV)·쓰레기처리장·쓰레기통·수도, 우물, 태양에너지설비(건축물 및 주차장에 설치하는 것으로 한정 한다), 그 밖에 이와 유사한 시설로서 공원 관리에 필요한 시설</td> </tr> </table>	7. 공원관리시설	창고·차고·게시판·표지·조명시설·폐쇄회로 텔레비전(CCTV)·쓰레기처리장·쓰레기통·수도, 우물, 태양에너지설비(건축물 및 주차장에 설치하는 것으로 한정 한다), 그 밖에 이와 유사한 시설로서 공원 관리에 필요한 시설		
7. 공원관리시설	창고·차고·게시판·표지·조명시설·폐쇄회로 텔레비전(CCTV)·쓰레기처리장·쓰레기통·수도, 우물, 태양에너지설비(건축물 및 주차장에 설치하는 것으로 한정 한다), 그 밖에 이와 유사한 시설로서 공원 관리에 필요한 시설				

## IV. 옥상녹화태양광 연계 문제점 및 대안

---

- 
- 
1. 옥상녹화·태양광 연계 개념
  2. 옥상녹화·태양광 연계 문제점
  3. 옥상녹화·태양광 연계 대안
- 
- 

## IV

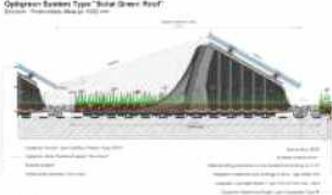
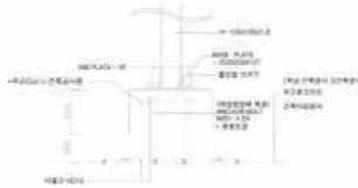
# 옥상녹화·태양광 연계 문제점 및 대안

## 1. 옥상녹화·태양광 연계 개념

### 1) 개념

- (1) 「옥상녹화·태양광 발전 연계 시스템」은 건축물 옥상에 녹화시스템과 태양광 발전시설을 병행 시공하는 시스템으로 옥상녹화가 주변온도를 낮춰 태양광 패널(모듈)의 온도가 상승하는 것을 방지하여 전력변환효율을 향상시키는 통합형 시스템을 말한다.
- (2) 「옥상녹화·태양광 발전 연계 시스템」은 발전효율 최적화 등 태양광 발전 효과뿐 아니라 옥상녹화 효과인 침투 유출량 저감, 도심생태계다양성 복원, 에너지 절감, 휴식공간 제공 등 시너지 효과를 기대할 수 있다.

### 2) 유형

배수판-가대 통합형	배수판-가대 결합형	기초-가대 일반형
	 <p>Solar panel Solar Base Frame SGB 35/70 Flag Flange FS 50 "Sealum Curved" or Sealum Curved System Substrate, substrate depth 60 mm for required load ZinCo Solar Base® 38 200 Flashtech® KD 50 Root Barrier VRS 40, if waterproofing is not root-resistant</p>	
		
<p>- 태양광 가대 및 식생기반층 통합형 시스템</p>	<p>- 태양광 가대 및 식생기반층 결합형 시스템</p>	<p>- 시트방수작업 후 철근 및 L형 양카시공을 통해 무근 콘크리트 타설</p>

배수판-가대 통합형	배수판-가대 결합형	기초-가대 일반형
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 간편한 시공으로 풍압에 효과적으로 대응</li> <li>- 패널(모듈)에 유입된 우수의 효과적인 저류</li> <li>- 저면관수로 지속적인 수분 공급 및 패널(모듈)온도 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배수판과 가대를 결합하여 태양광 패널(모듈) 적용에 따른 부압 취약성을 해결</li> <li>- 배수판과 연계된 녹화시스템으로 자중에 의한 고른 하중 분산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무근 콘크리트 기초에 태양광 패널(모듈) 긴결용 가대를 고정</li> <li>- 일반적인 태양광 발전설비 시공법</li> </ul>

<표-6> 옥상녹화-태양광 발전 연계 시스템 요약

### 3) 국내·외 연계 사례

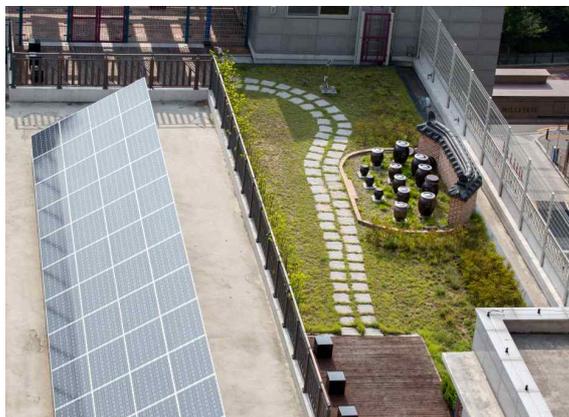
#### (1) 국내 사례



옥상녹화-태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화-태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화-태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화-태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화·태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화·태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화·태양광 연계(공간 분리)



옥상녹화·태양광 연계(지붕)



옥상녹화·태양광 연계(휴게-파고라)



옥상녹화·태양광 연계(휴게-파고라)



옥상녹화·태양광 연계(휴게-파고라)



옥상녹화·태양광(휴게-그늘막)



옥상녹화·태양광 연계(생태형)



옥상녹화·태양광 연계(생태형)



옥상녹화·태양광 연계(지붕)



옥상녹화·태양광 연계(지붕)

(2) 국외 사례



스위스(옥상녹화·태양광 연계)



미국(옥상녹화·태양광 연계)



독일(옥상녹화·태양광 공간별 분리)



독일(옥상녹화·태양광 연계)



오스트리아(옥상녹화·태양광 연계)



독일(옥상녹화·태양광 연계)

## 2. 옥상녹화·태양광 연계 문제점

### 1) 주요 정책 간 이해관계 충돌

- (1) 유휴공간이 절대적으로 부족한 우리시의 한계와 태양광 발전이 가지고 있는 태생적 한계인 설치 공간 문제로 동일 공간에 두 상충시설 설치에 따른 우리시가 추구하는 공원녹지 정책과 에너지 정책간 이해관계가 충돌한다.
- (2) 태양광 발전설비로 주변 온도를 상승시켜 도시열섬현상 심화 등 기후변화의 촉매역할로 지구온난화 등 환경문제 후퇴라는 결과를 초래한다.
- (3) 기후변화에 선제적으로 대응하고 도시생태계다양성 확보와 친환경 에너지 생산이 가능한 옥상녹화·태양광 발전설비 연계 대안을 제시한다.

### 2) 하자담보 책임 소재 발생

- (1) 구조안전진단에 따른 옥상 적정 하중을 고려할 때 태양광 발전설비가 차지하는 하중이 높을수록 상대적으로 녹화 비율이 축소된다.
- (2) 태양광 발전효율을 높이기 위해 발전설비를 높게 설치할 경우 상대적으로 기초 하중이 증가하게 되어 건물 전체 안전상 문제가 야기된다.
- (3) 태양광 발전설비 기초 설치시 방수, 방근층 훼손으로 건물 누수가 발생 및 업체간 하자담보책임 소재로 다툼이 예상된다.

### 3) 태양광 패널(모듈) 하부 식물 생육 저해

- (1) 태양광 패널(모듈) 설치에 따른 식물 생육에 필요한 빛과 물이 차단되어 음영발생과 관수 문제로 생육환경이 약화가 예상된다.
- (2) 우천시 태양광 패널(모듈)에서 떨어지는 빗물로 하부 토양층이 파헤쳐져 식물 생육이 곤란이 예상된다.
- (3) 식물생육에 필요한 빛과 물 공급 대안 마련과 빗물을 활용한 자동관수시스템 도입과 습지 조성, 열악한 환경에서도 생육 가능한 식물 발굴이 시급하다.

#### 4) 태양광 패널(모듈) 오염에 따른 발전효율 저하

- (1) 도심 내 미세먼지와 분진으로 태양광 패널(모듈) 표면 오염에 따른 태양광 발전효율 저하가 우려된다.
- (2) 태양광 발전 전력을 활용 자동청소시스템 도입 체계적으로 모듈 청소로 발전효율이 극대화된다.

#### 5) 획일적인 디자인과 색채로 도시미관 저해

- (1) 건물 형태나 현장 여건을 고려하지 않고 발전효율에 포커스를 맞춰 무분별하게 태양광 패널(모듈)을 설치하여 도시미관 저해 등 도시 흉물로 전락할 우려가 있다.
- (2) 옥상녹화와 태양광 발전설비 연계시 시각적인 부분을 감안 건물과 조화를 이룰 수 있는 색채와 디자인 도입이 시급하다.

### 3. 옥상녹화·태양광 연계 대안

#### 1) 설치 유형 구분하고 적용 가능한 연계방식 검토

- (1) 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 시설을 추가 설치하는 유형
- (2) 기존 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화를 추가 조성하는 유형
- (3) 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 발전설비를 동시에 연계하여 설치하는 유형

#### 2) 적정하중 검토 및 옥상녹화 시설물과의 연계 아이템 개발

- (1) 경량형(생태형) : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(100kgf/m<sup>2</sup>)
- (2) 중량형(이용형) : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(200kgf/m<sup>2</sup>)
- (3) 옥상녹화에 설치되는 필요 시설물과 연계 가능한 태양광 아이템 개발 : 파고라, 트렐리스, 파라펫 등
- (4) 최근 개발된 얇은 저하중 패널(모듈)을 경량형 대상지에 적극 활용

#### 3) 태양광 패널(모듈) 하부 빛과 빗물 공급 방안 개발

- (1) 녹지공간과 전력생산이 필요한 건물옥상에는 고비용인 투과형 태양광 패널(모듈)을 설치, 전기 생산 뿐 아니라 태양광 하부 식생이 가능토록 유도한다.
- (2) 태양광 패널(모듈)에서 발생하는 빗물은 하부 저장공간을 조성하여 녹지대 자동관수시스템을 활용 수목에 급수하는 등 빗물 선순환 시스템을 구축한다.
- (3) 패널(모듈)에서 떨어지는 빗물은 하부에 소규모 습지를 조성하여 소생물 서식공간 제공으로 생태계를 복원한다.

#### 4) 빗물을 재활용한 청소 및 발전효율 증대 방안 검토

- (1) 태양광 패널(모듈)에서 발생하는 빗물을 패널(모듈) 표면을 자동으로 청소하는 시스템을 도입하는 등 빗물 선순환 시스템을 구축한다.

#### 5) 도시미관을 위한 태양광 패널(모듈)의 디자인과 색채 검토

- (1) 곡선형 패널(모듈)을 활용한 다양한 디자인 태양광 발전설비 아이템을 개발하고 건물과 조화를 이룰 수 있는 서울색을 적극 도입 도시미관 향상에 기여한다.

## V. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시스템 및 적정 발전용량 제안

---

- 
- 
1. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시스템 제안
  2. 유형별 적정 발전용량 제안
  3. 유형별 연계 시뮬레이션 적용 사례
- 
- 

## 1. 옥상녹화·태양광 유형별 연계 시스템 제안

### 1) 유형별 연계 도입 가능 시스템

(1) 옥상녹화와 태양광 발전설비 연계설치를 위한 유형별 연계 시스템을 대상지 내 기존 사업 조성 여부에 따라 3개 유형으로 구분하였다.

(2) 제시된 3개의 유형에서 옥상녹화의 관리 정도와 하중에 따라 경량형(생태형) 및 중량형(이용형)으로 세분하였으며, 태양광 적용용량에 따라 대용량(전력수익형)과 소용량(자가소비형)으로 세분하여 유형별 도입 가능한 옥상녹화·태양광 연계시스템을 제시하였으며 그 결과는 아래와 같다.

(3) 유형별 옥상녹화·태양광 연계 도입 가능 시스템

#### ○ 유형 1 : 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

- 경량형 : 기존 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템
- 중량형 : 기존 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템

#### ○ 유형 2 : 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

- 대용량(전력수익형) : 저관리형 옥상녹화 시스템
- 소용량(자가소비형) : 복합형 옥상녹화 시스템

#### ○ 유형 3 : 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형

- 경량형 : 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템
- 중량형 : 시설물 활용 시스템, 유휴공지 활용 시스템, 건물 안전난간 활용 시스템, 동선 활용 시스템

유 형	세 분	유형별 도입 가능 시스템
기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형	경량형	- 기존 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템
		- 건물 안전난간 활용 시스템
	중량형	- 기존 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템
		- 건물 안전난간 활용 시스템
태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형	대용량 (전력수익형)	- 이용보다는 생태형으로 생태계 복원 등 저관리형 옥상녹화 시스템
	소용량 (자가소비형)	- 생태형보다는 휴게공간이 있는 복합형 옥상녹화 시스템
신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형	경량형	- 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템
		- 건물 안전난간 활용 시스템
	중량형	- 시설물(파고라, 벤치 등) 활용 시스템
		- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등) 활용 시스템
		- 건물 안전난간 활용 시스템
		- 동선(산책로 등) 활용 시스템

<표-7> 유형별 시스템 제안

※ 경량형 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(100kgf/m<sup>2</sup>)

※ 중량형 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(200kgf/m<sup>2</sup>)

## 2) 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

(1) 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형(유형 1)을 옥상녹화 경량형(생태형)과 중량형(이용형)으로 세분하였다.

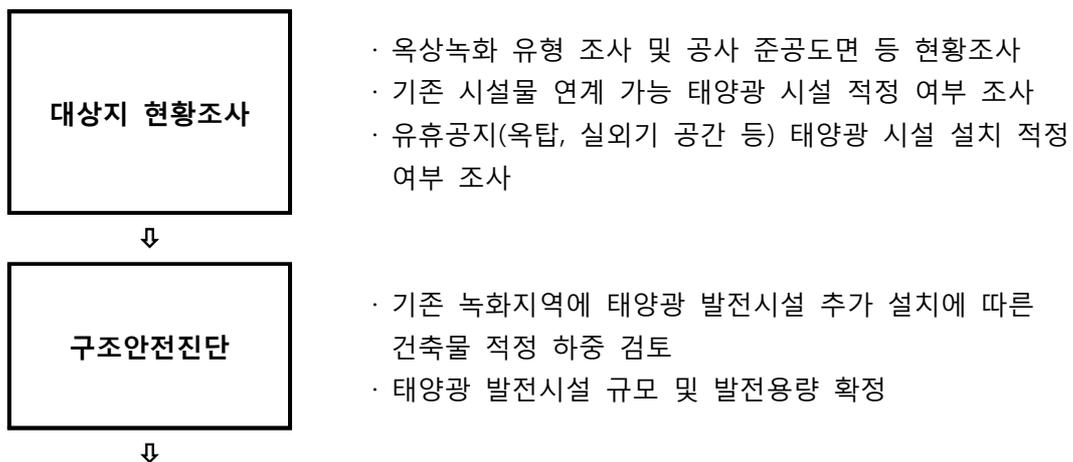
(2) 경량형의 경우에는 기존 시설물 및 유휴공지 그리고 건물 안전난간을 활용한 연계 시스템을 제안하였다.

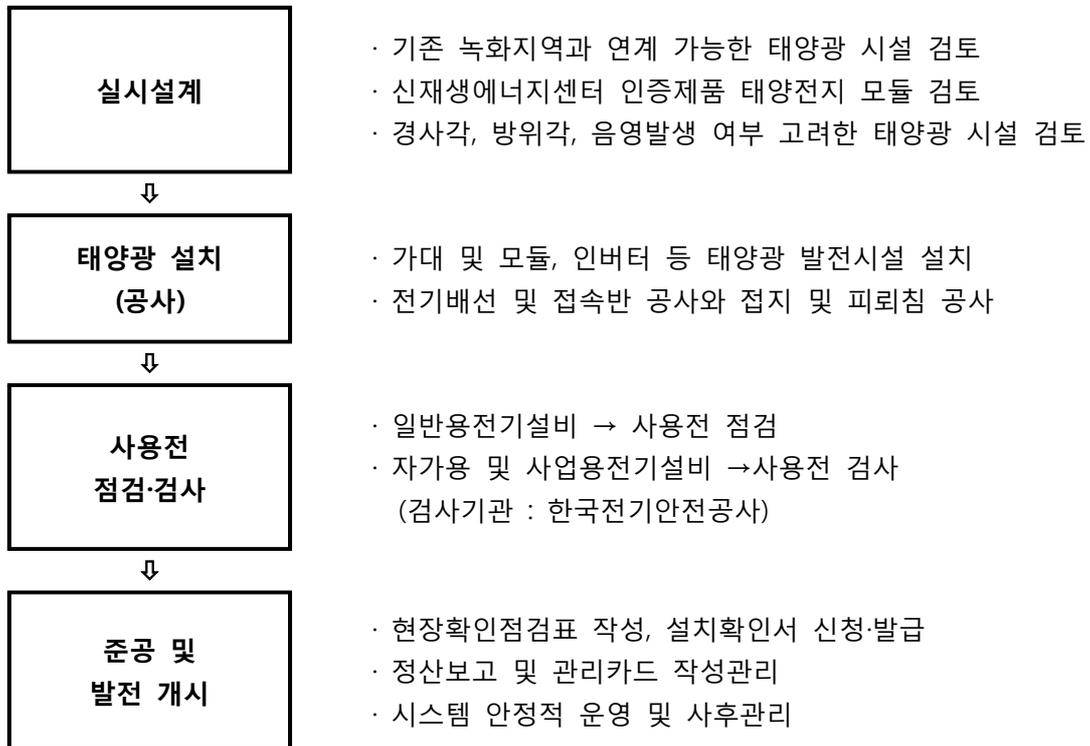
- 기존 시설물(파고라, 벤치 등)을 활용한 시스템
- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등)을 활용한 시스템
- 건물 안전난간을 활용한 시스템

(3) 옥상녹화 중량형의 경우에도 경량형과 마찬가지로 기존 시설물 및 유휴공지 그리고 건물 안전난간을 활용한 연계 시스템을 제안하였다. 경량형과 중량형에 같은 연계 시스템을 적용할 수 있다.

- 기존 시설물(파고라, 벤치 등)을 활용한 시스템
- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등)를 활용한 시스템
- 건물 안전난간을 활용한 시스템

(4) 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형 흐름도





■ 대상지 현황조사 실시

- 해당 건물의 옥상녹화 유형(경량형, 중량형)을 확인하고 해당 녹화지역의 기존 시설물 중 태양광 연계 가능한 파고라, 벤치 등 시설물 확인
- 실외기 상부와 건물 외벽 난간(자갈배수로)과 옥탑부분에 태양광 발전시설 설치가 가능한 유휴공지 확인
- 해당 건물의 주변환경, 건물 이용도, 건물 구조, 건물 배치, 건물 색상 등 분석
- 해당 건물의 최대 활용 가능한 방위각, 경사각, 설치높이, 음영 발생여부 등을 확인하고 서울시 햇빛지도에서 제공하는 연간 일사량 등급을 참고하여 일사량 확인

■ 구조안전진단 실시

- 기존 녹화지역의 하중에 추가 설치하는 태양광 발전설비 하중(기초 포함)을 고려 건축물의 적정 하중 계산
- 파고라와 벤치 등 기존 시설물의 기둥 활용 가능한 대상(구조물 활용 가능 시설)과 실외기 상부와 외벽 난간, 옥탑부분 등 유휴공지 대상(별도 구조물 등 기초를 설치하여야 하는 시설)으로 구분하여 적정 하중 계산

- 중량형(이용형)은 경우 고정하중 뿐 아니라 활하중(사람)은 고려하여 적정 하중을 계산하고 파고라, 벤치 등 사람 출입이 가능한 지역은 반드시 활하중을 포함하여 적정 하중을 계산 반영

- 건축물 적정 하중을 고려에 따른 도입 가능한 태양광 발전설비 규모와 적정 발전용량 확정하고 전문 구조안전진단업체의 확인 검토

■ 실시설계 및 태양광 설치 공사 시행

- 태양광 발전설비 전문업체(설계 및 시공)에 의뢰 공사를 진행하되, 반드시 기 옥상녹화 설계 및 시공업체와 협의하고 최종 구조안전진단 업체의 확인을 득하여 추진

- 태양광 발전설비 기초 등 구조물 설치(설계 포함)시에는 기존 녹화지역의 방수·방근층이 훼손되지 않도록 계획

- 바람이나 호우, 강설시 태양광 패널(모듈) 낙하로 안전사고 발생이 없도록 외부 조건을 고려한 태양광 시설 계획

- 경사각, 방위각, 음영 발생여부, 일사량을 확인 최적의 태양광 발전효율이 가능하도록 설계·시공

- 설계시 태양광 패널(모듈)에서 발생하는 빗물 활용한 방안(자동관수시스템, 자동청소시스템)과 낙수지역에 소규모 습지 조성 방안 검토 반영

- 기존 녹화지역의 식생을 고려한 투과형 태양광 패널(모듈) 도입 검토가 필요하며 태양광 패널(모듈)의 디자인과 색채는 기존 녹화지역 등 건물과 조화를 이룰 수 있도록 설계단계부터 계획 반영

■ 사용전 점검·검사 실시

- 전기관련 전문 검사기관(한국전기안전공사)에 의뢰 사용전 태양광 발전설비 점검 및 검사 시행

■ 준공 및 발전 개시

- 옥상녹화 전문업체(필요시 기 시공한 업체) 및 구조안전진단 업체 입회하여 기존 녹화지역의 방수·방근 훼손여부 등 건물 누수 확인 준공

- 시스템 안정적 운영 및 사후관리 시행

### 3) 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

(1) 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형(유형 2)은 태양광 적용용량에 따라 대용량(전력수익형)과 소용량(자가소비형)으로 구분하였다.

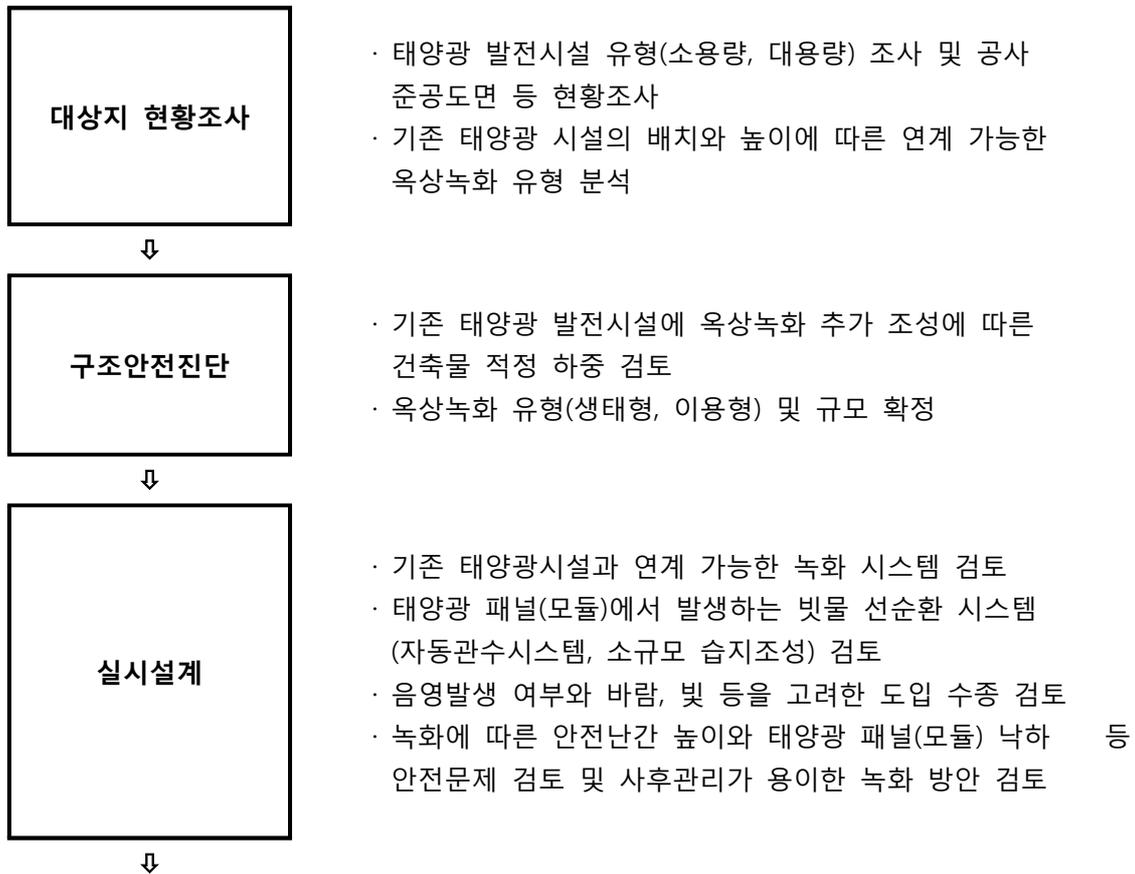
(2) 대용량(전력수익형)의 경우에는 이용보다는 생태형으로 생태계 복원 등을 시행하는 저관리형 옥상녹화 시스템을 제안하였다.

○ 저관리형 옥상녹화 시스템

(3) 소용량(자가소비형)의 경우에는 생태형보다는 휴게공간이 있는 복합형 옥상녹화 시스템을 제안하였다.

○ 복합형 옥상녹화 시스템

(4) 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화를 추가 조성하는 유형 흐름도



**옥상녹화 시공  
(공사)**



**준공 및 이용  
(옥상녹화 개방)**

- 방수·방근 등 녹화에 따른 건물 누수가 없도록 정밀 시공
- 원활한 배수시스템 및 빗물을 활용한 시스템 구축
- 기존 태양광 발전시설 효율 및 관리를 고려한 녹화 추진

- 건물 누수 여부 등 정밀 시공 확인
- 이용자 안전문제를 고려한 건물 옥상 개방여부 확정
- 시스템 안정적 운영 및 사후관리

■ 대상지 현황조사 실시

- 해당 건물의 태양광 발전시설 유형(소용량, 대용량)을 확인하고 준공도면 등 현황조사
- 태양광 시설의 배치와 설치높이, 음영발생 여부 등 현황을 조사하여 연계 가능한 옥상녹화 유형 분석
- 건물 균열 등 누수 현황 조사 등 건물 노후도를 확인하여 적정 방수·방근과 배수체계 검토

■ 구조안전진단 실시

- 기존 태양광 발전설비 구조물의 하중에 옥상녹화 추가시 건축물의 적정 하중 계산
- 건축물 적정 하중을 고려에 따른 도입 가능한 옥상녹화 유형 및 규모 확정하고 전문 구조안전진단업체의 확인 검토

■ 실시설계 및 옥상녹화 공사 시행

- 옥상녹화 전문업체(설계 및 시공)에 의뢰 공사를 진행하되, 반드시 기 태양광 발전시설 설치업체와 협의하고 최종 구조안전진단 업체의 확인을 득하여 추진
- 기존 태양광 패널(모듈)에 발생한 빗물을 활용 가능한 방안(자동관수시스템)과 낙수 지역에 소규모 습지 조성 가능 여부를 검토 계획
- 음영발생 여부와 바람, 빛 공급 여부를 확인 옥상 여건에서 생육 가능한 식물(수종) 도입 검토
- 태양광 배치와 설치 높이를 고려하여 녹화 이후 사람이 이용 가능 여부를 확정 도입 가능한 옥상녹화 시스템 검토

- 건축물 적정 안전난간 높이 확보와 태양광 패널(모듈) 등 구조물 낙하 등 안전문제가 없도록 설계·시공 계획하고 유지관리가 용이한 녹화 방안 검토

■ 준공 및 이용(옥상녹화 개방)

- 태양광 설치업체(필요시 기 시공한 업체) 및 구조안전진단 업체 입회하여 건물 누수 여부 등 정밀 시공 확인하고 안전문제를 고려 개방여부 검토

#### 4) 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형

- (1) 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형(유형 3)은 옥상녹화 경량형(생태형)과 중량형(이용형)으로 세분하였다.

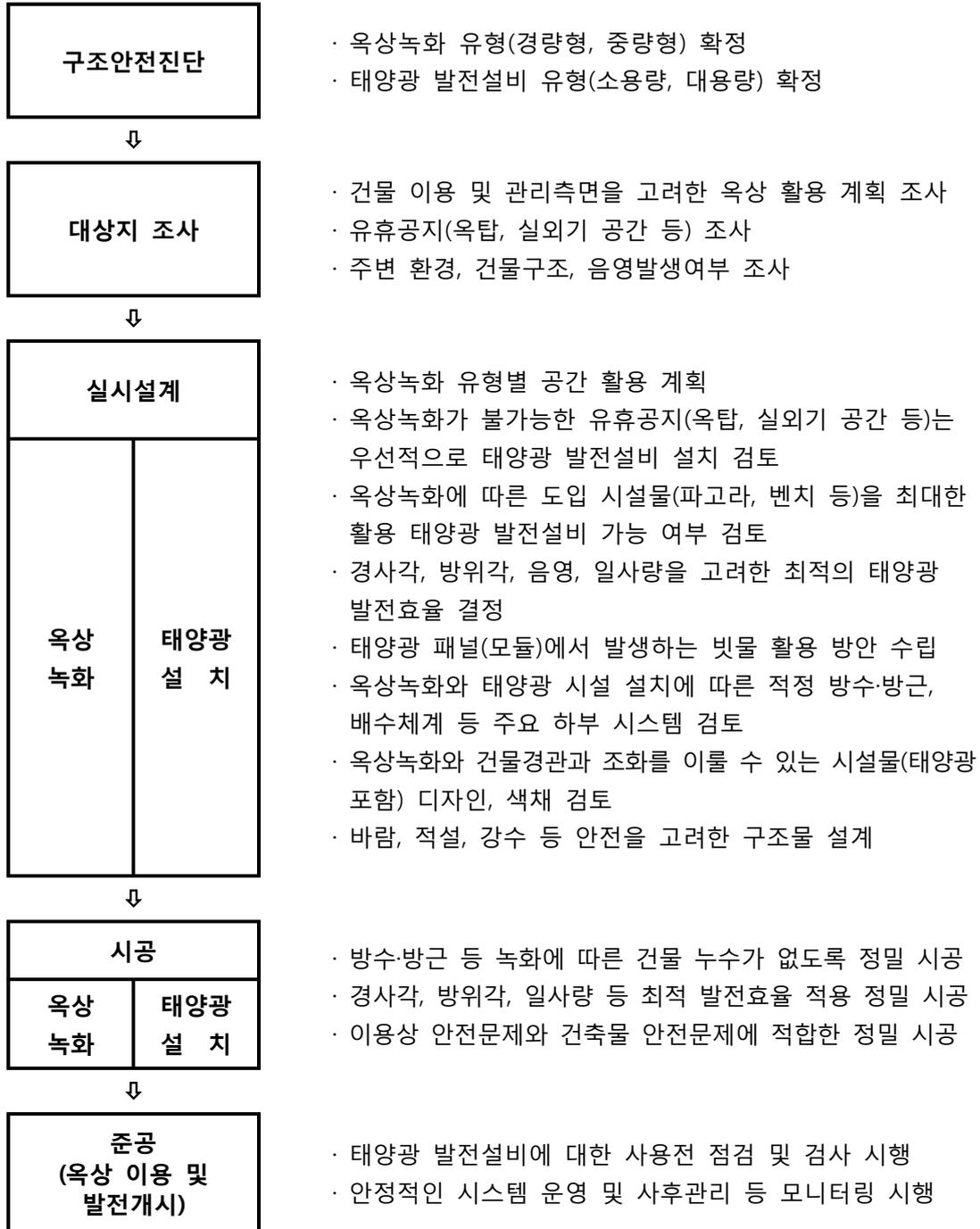
- (2) 옥상녹화 경량형의 경우에는 신규 시설물 및 유휴공지 그리고 건물 안전난간을 활용한 연계 시스템을 제안하였다.

- 시설물(파고라, 벤치 등)을 활용한 시스템
- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등)을 활용한 시스템
- 건물 안전난간을 활용한 시스템

- (3) 옥상녹화 중량형의 경우에는 신규 시설물 및 유휴공지 그리고 건물 안전난간을 활용한 연계 시스템과 동선을 활용한 시스템을 추가로 제안하였다.

- 기존 시설물(파고라, 벤치 등)을 활용한 시스템
- 유휴공지(실외기 상부, 옥탑 등)를 활용한 시스템
- 건물 안전난간을 활용한 시스템
- 동선(산책로 등) 활용 시스템

- (4) 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 발전설비를 연계 설치하는 유형 흐름도



■ 구조안전진단 실시

- 옥상녹화 유형(경량형, 중량형) 확정
- 태양광 발전설비 유형(소용량, 대용량) 확정

■ 대상지 조사

- 건물 이용자 측면과 관리 측면을 고려한 옥상 활용 계획 조사
- 유휴공지(옥탑, 실외기 공간 등) 조사
- 건물구조, 주변 환경, 음영발생여부 등 조사

■ 실시설계 및 시공

- 옥상녹화 유형별 공간 활용 계획을 수립하고 태양광 발전설비 시설 설치장소 검토
- 태양광 발전설비 구조물과 기초 등 시설물은 반드시 방수·방근층, 배수층 등 하부시스템 훼손이 없도록 설계·시공
- 옥상녹화가 불가능한 유휴공지(옥탑, 실외기 공간 등)와 녹화공간 중 휴게시설 등 구조물 (파고라, 벤치 등)이 설치되는 지역은 우선적으로 태양광 연계 검토
- 태양광 발전설비 설치시는 최적의 발전효율을 고려하여 경사각, 방위각, 음영, 일사량을 고려하여 배치와 높이 검토
- 공간 분리가 아닌 하부 녹화 상부 태양광의 경우 음영발생 여부와 바람, 빛 공급 여부를 확인하여 생육 가능한 식물(수종) 도입 검토
- 경량형인 경우 태양광 배치와 설치 높이를 고려하여 녹화 이후 사람이 이용 가능 여부를 확정 도입 가능한 옥상녹화 시스템 검토
- 태양광 패널(모듈)에서 발생하는 빗물 활용 방안으로 식재지 자동관수시스템 및 패널(모듈) 자동청소시스템 도입으로 빗물 재활용 계획 반영
- 건축물 적정 안전난간 높이 확보와 태양광 패널(모듈) 등 구조물 낙하 등 안전문제가 없도록 설계·시공 계획하고 유지관리가 용이한 녹화 방안 검토
- 도입 시설물은 반드시 옥상녹화와 건물미관을 고려한 디자인과 색채 도입 검토

■ 준공(옥상 이용 및 발전개시)

- 태양광 시설에 대한 사용전 점검 및 검사를 통해 안전성 확보
- 체계적이고 효율적인 유지관리를 통한 안정적인 시스템 운영과 사후 모니터링을 통한 향후 보완 및 발전방향 모색

## 2. 옥상녹화태양광 유형별 적정 발전용량 제안 (옥상 면적 300m<sup>2</sup> 기준)

- ※ 옥상녹화 규모에 따라 태양광 발전설비 연계 설치 규모에도 차이가 발생하며 이에 따른 발전용량도 차이가 난다. 이에 본 연구에서는 옥상 면적 300m<sup>2</sup>를 기준으로 하였다.
- ※ 적은 면적의 옥상녹화에도 태양광 발전설비를 설치할 수 있으나, 최소한 옥상 면적이 300 m<sup>2</sup> 이상은 돼야 태양광 발전설비에 설치에 따른 생산전력을 실질적으로 이용할 수 있다는 점을 감안하여 판단하였다.

### 1) 유형별 적정 발전용량

- (1) 옥상녹화와 태양광 발전설비 연계 설치를 위한 유형별 연계 시스템과 마찬가지로 대상지 내 기존 사업 조성 여부에 따라 구분한 3개 유형별로 세분하여 태양광 발전설비의 적정 발전용량을 제안하였다.
- (2) 3개의 유형에서 옥상녹화의 관리 정도와 하중에 따라 경량형(생태형) 및 중량형(이용형)으로 세분하였으며, 태양광 적용용량에 따라 대용량(전력수익형)과 소용량(자가소비형)으로 세분하여 유형별 적정한 발전용량을 제시하였으며 그 결과는 아래와 같다.

#### (3) 옥상녹화-태양광 유형별 적정 발전용량

##### ○ 유형 1 : 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

- 경량형 : 규모는 옥상면적의 5~10%, 용량 3~6kW (1kW/5m<sup>2</sup>)
- 중량형 : 규모는 옥상면적의 7~15%, 용량 4~9kW (1kW/5m<sup>2</sup>)

##### ○ 유형 2 : 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

- 대용량(전력수익형) : 기존 태양광 발전설비 설치된 발전용량 적용
- 소용량(자가소비형) : 기존 태양광 발전설비 설치된 발전용량 적용

##### ○ 유형 3 : 신규 대상지에 옥상녹화-태양광 연계 설치 유형

- 경량형 : 규모는 옥상면적의 10~15%, 용량 6~9kW (1kW/5m<sup>2</sup>)
- 중량형 : 규모는 옥상면적의 15~20%, 용량 9~12kW (1kW/5m<sup>2</sup>)

유 형	적정 발전용량 (옥상면적 300m <sup>2</sup> 기준)	비 고(세분)
기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형	- 규모 : 5~10%(옥상면적) - 용량 : 3~6kW (1kW/5m <sup>2</sup> )	경량형
	- 규모 : 7~15%(옥상면적) - 용량 : 4~9kW (1kW/5m <sup>2</sup> )	중량형
태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형	- 방수·방근이 필요 없는 일체형 옥상녹화 공법	대용량 (전력수익형)
	- 방수·방근·배수체계를 갖춘 복합형 옥상녹화 공법	소용량 (자가소비형)
신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 유형	- 규모 : 10~15%(옥상면적) - 용량 : 6~9kW (1kW/5m <sup>2</sup> )	경량형
	- 규모 : 15~20%(옥상면적) - 용량 : 9~12kW (1kW/5m <sup>2</sup> )	중량형

<표-8> 유형별 적정 발전용량 제안

※ 경량형 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(100kgf/m<sup>2</sup>)

※ 중량형 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만)+사람하중(200kgf/m<sup>2</sup>)

### 3. 옥상녹화태양광 유형별 연계 시뮬레이션 적용 사례

#### 1) 기 조성된 옥상녹화지에 태양광 발전설비 설치 유형

- 대상지 : 마포소방서
- 옥상녹화 유형 : 증량형(이용형)
- 적용가능 하중 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만) + 사람하중(200kgf/m<sup>2</sup> 미만)
- 조성면적 : 650m<sup>2</sup> (녹지면적 : 526m<sup>2</sup>, 81%, 서울시 녹지율 기준 80% 이상)



<태양광 발전설비 도입 전>



<태양광 발전설비 도입 후>

■ 발전규모 및 발전용량 : 55m<sup>2</sup>/11kW(1kW/5m<sup>2</sup>)

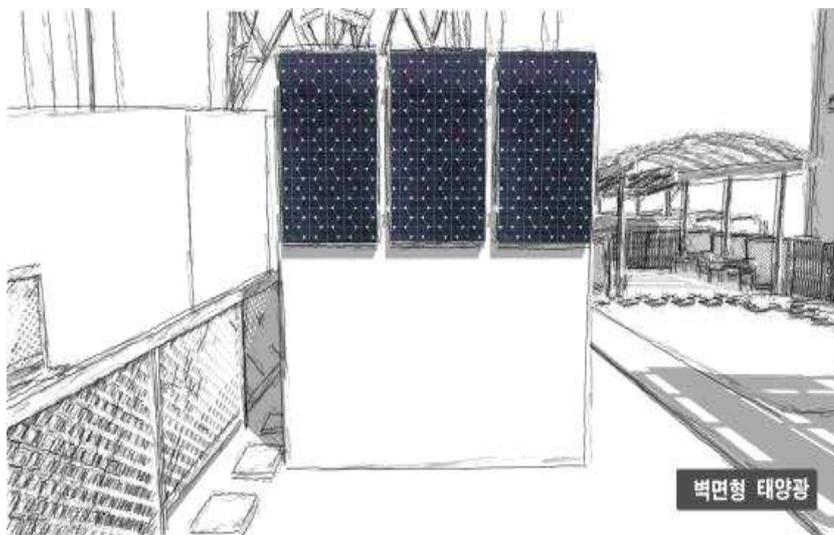
○ 태양광 발전설비 설치

- 파고라, 벤치 상부 태양광 패널(모듈) 설치(시설물 기둥 활용)함
- 실외기 상부와 건물 외벽 난간 태양광 발전시설 설치(사람 이용이 불가능한 지역으로 적정하중 검토, 별도 기초 설치 필요)함
- 옥탑부분의 외벽 벽면 부착형 태양광 발전시설 설치(사람 이용이 없는 유휴공지로 적정하중 검토, 벽면 부착형)함



옥상녹화 조성시 도입하는 주요 시설물중 파고라를 활용한 태양광 발전설비 설치 유형

옥상녹화 주요 시설물(파고라) 연계 시스템 (파고라형 태양광)



공간 특성상 활용이 어려운 옥탑부분 유휴공지에 태양광 발전설비 부착 설치 유형

옥탑부분의 외벽 활용 시스템 (벽면형 태양광)



## 2) 태양광 발전설비 설치된 대상지에 옥상녹화 추가 조성 유형

- 대 상 지 : 강북문화정보도서관
- 발전규모 : 150m<sup>2</sup>
- 발전용량 : 35kW(대용량)



<옥상녹화 조성 전>



<옥상녹화 조성 후>

■ 발전규모 및 발전용량 : 150m<sup>2</sup>/35kW

○ 옥상녹화 조성

- 해당 건물은 태양광 발전설비 구조물이 한쪽 공간에 배치되어 있고 낮게 설치되어 사람 접근이 불가능한 지역임.
- 태양광 발전설비 하부의 열악한 환경에서도 생육이 가능한 저관리형 세덤류 및 기성품(방수 방근 일체형)으로 녹화로 검토함
  - ※ 기존 태양광 설치시 바닥을 천공하여 기초를 타설 시공으로 옥상녹화에 따른 방수·방근 시공시 불필요한 분쟁 소지가 있음
- 태양광 발전시설 구조물 외 지역은 이용자 안전을 고려하여 시설물 설치를 최대한 지양하고 수목식재 위주의 디자인으로 계획함
- 기존 태양광 설치 지역은 발전용량만 고려한 시공으로 옥상녹화 연계시 바닥 천공에 따른 방수·방근 문제와 하중 문제, 공간 활용문제 등 문제점이 많아 특히 주의하여 설계·시공이 필요함

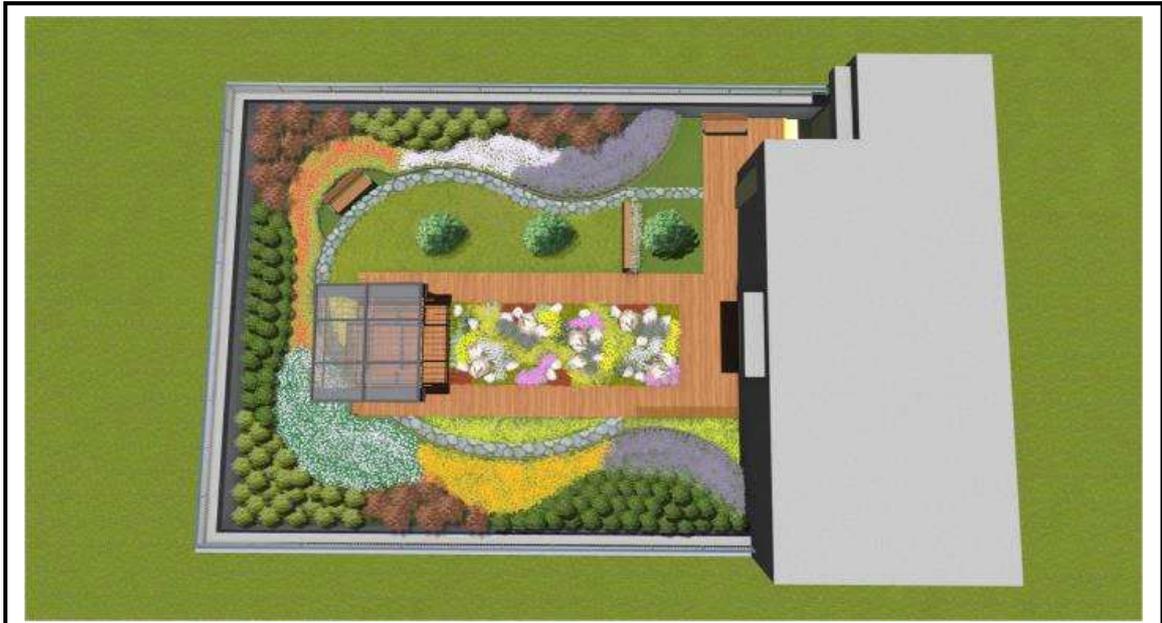


태양광 발전설비 하부는 빗물과 햇빛 공급이 차단되는 등 식물 생육이 열악한 환경으로 저관리형 그라스류 및 세덤류를 활용 별도의 방수·방근·배수 일체형 옥상녹화 시공

태양광 발전설비 미설치 지역은 구조안전진단 결과를 반영 방수·방근·배수체계를 갖춘 도심생태계 복원 및 휴게기능이 가능한 복합형 옥상녹화 시공

### 3) 신규 대상지에 옥상녹화·태양광 연계 설치 유형

- 대상지 : 성산1동 주민센터
- 옥상녹화 유형 : 경량형(생태형)
- 적용가능 하중 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만) + 사람하중(100kgf/m<sup>2</sup> 미만)
- 조성면적 : 270m<sup>2</sup> (녹지면적 : 209m<sup>2</sup>, 77%, 서울시 녹지율 기준 80% 이상)



<태양광 발전설비 도입 전>

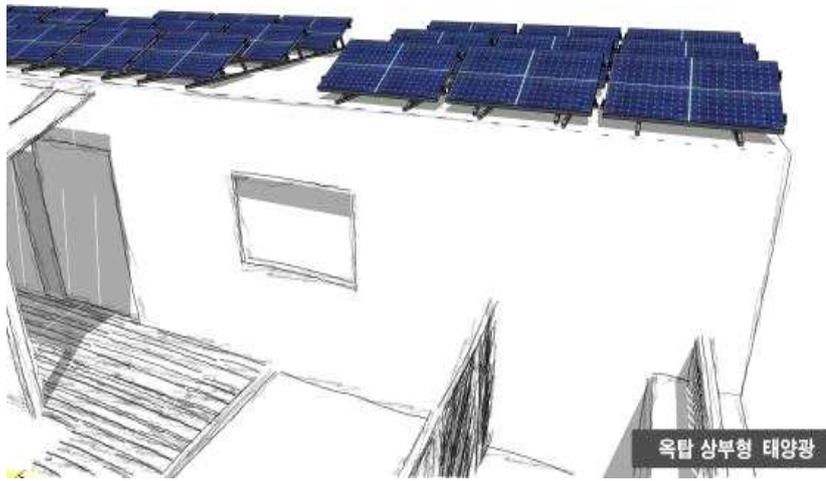


<태양광 발전설비 도입 후>

■ 발전규모 및 발전용량 : 42m<sup>2</sup>/8kW(1kW/5m<sup>2</sup>)

○ 태양광 발전설비 설치

- 파고라 상부 태양광 패널(모듈) 설치(시설물 기둥 활용)함
- 건물 외벽 난간 태양광 발전시설 설치함  
(사람 이용이 불가한 지역으로 적정하중 검토, 별도 기초 설치 필요)
- 옥탑 상부와 옥탑 출입부 옆면 태양광 발전시설 설치함  
(사람 이용이 없는 유휴공지로 적정하중 검토, 별도 기초 설치 필요)



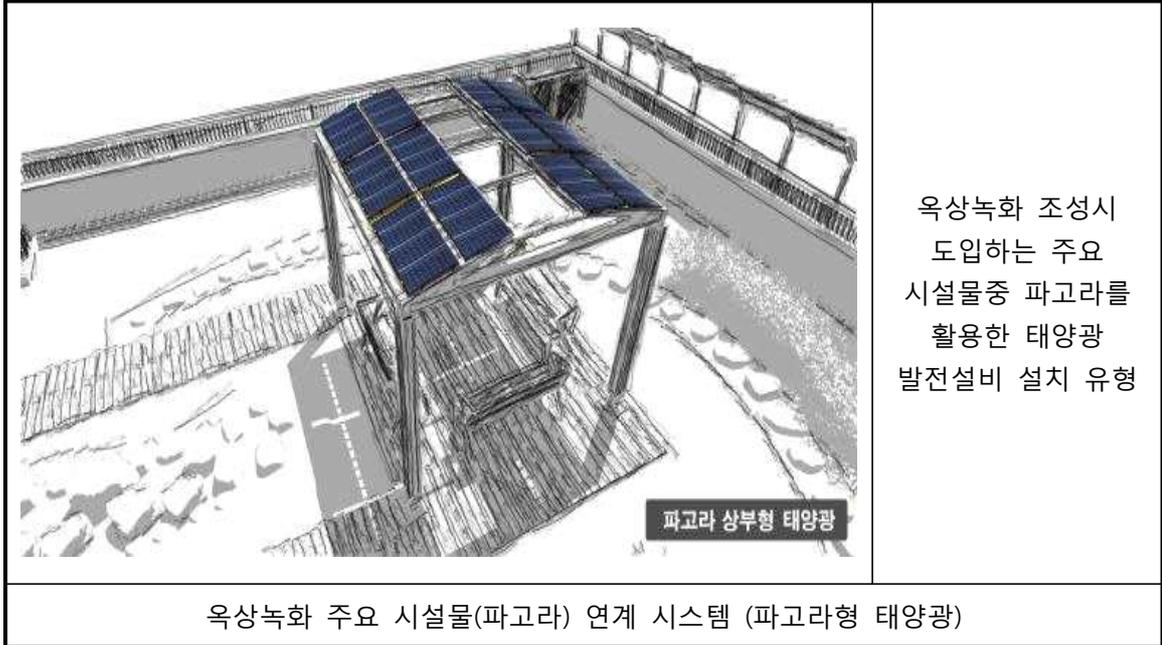
공간 특성상 일반  
적인 이용이 어려운  
옥탑상부 유휴공지에  
태양광 발전설비  
설치 사례

옥탑상부 유휴공지 태양광 활용 유형 (옥탑 상부형 태양광)



옥탑 출입문  
주변으로 비-눈  
가림막 형태의  
태양광 발전설비  
설치 사례

옥탑 출입문 주변 가림막 형태의 태양광 설치 유형 (출입구 상부 태양광)



- 대 상 지 : 서울고등법원
- 옥상녹화 유형 : 증량형(이용형)
- 적용가능 하중 : 고정하중(150kgf/m<sup>2</sup> 미만) + 사람하중(200kgf/m<sup>2</sup> 미만)
- 조성면적 : 1,000m<sup>2</sup> (녹지면적 : 802m<sup>2</sup>, 80.2%, 서울시 녹지율 기준 80% 이상)



<태양광 발전설비 도입 전>



<태양광 발전설비 도입 후>

■ 발전규모 및 발전용량 : 55㎡/11kW(1kW/5㎡)

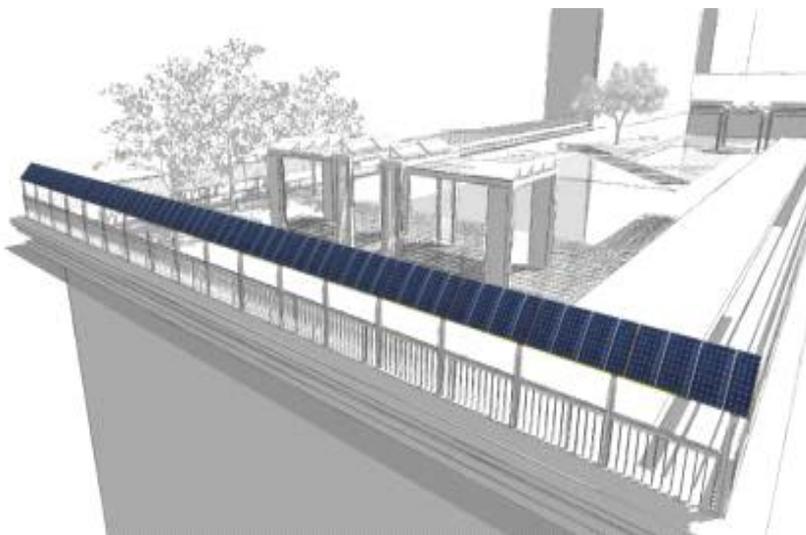
○ 태양광 발전설비 설치

- 파고라, 벤치 상부 태양광 패널(모듈) 설치(시설물 기둥 활용)함
- 실외기 상부와 건물 외벽 난간 태양광 발전시설 설치(사람 이용이 불가능한 지역으로 적정하중 검토, 별도 기초 설치 필요)함
- 옥탑부분의 외벽 벽면 부착형 태양광 발전시설 설치(사람 이용이 없는 유휴공지로 적정하중 검토, 벽면 부착형)함



옥상녹화 조성시 도입하는 주요 시설물중 파고라를 활용한 태양광 발전설비 설치 유형

옥상녹화 주요 시설물(파고라) 연계 시스템 (파고라형 태양광)



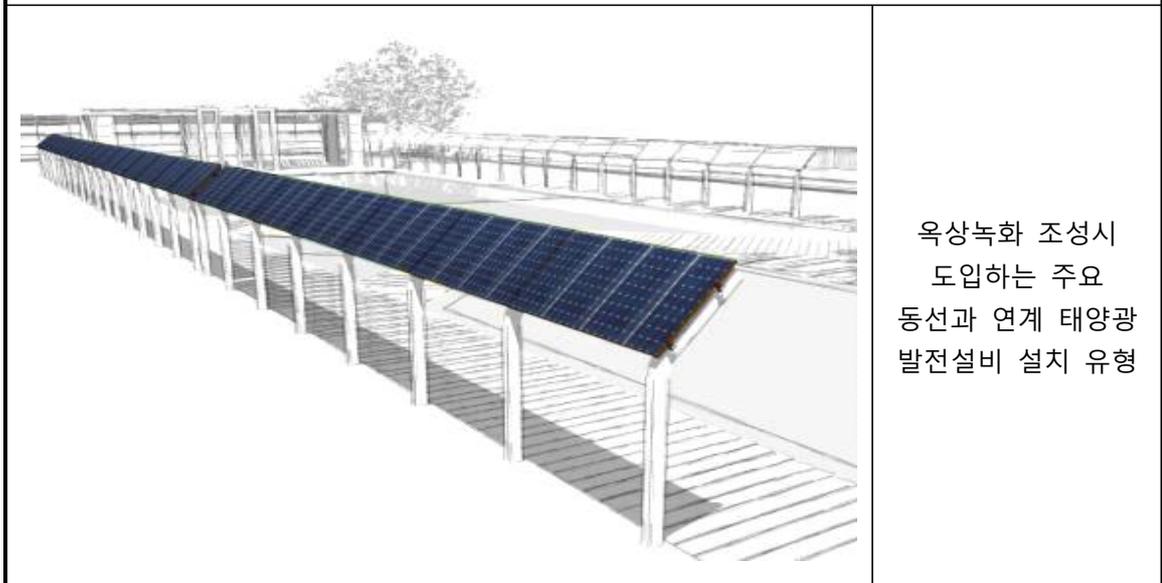
건물 안전난간과 연계하여 태양광 발전설비 설치 유형

건물 안전난간 연계 시스템 (난간형 태양광)



옥상녹화 조성시  
 도입하는 주요  
 동선과 연계 태양광  
 발전설비 설치 유형

옥상녹화 주요 동선 연계 시스템 (이동동선 상부 태양광)



옥상녹화 조성시  
 도입하는 주요  
 동선과 연계 태양광  
 발전설비 설치 유형

옥상녹화 주요 동선 연계 시스템 (이동동선 상부 태양광)

# 후속 연구를 위한 제언

○ 2018년 공무원 직접수행 학술용역으로 「옥상녹화·태양광 연계시스템 설치 유형 연구」를 수행하면서 당초 연구하려고 했던 내용과는 좀 벗어나나 향후 연구가 더 필요한 부분과 연구결과를 토대로 향후 발전적인 기틀을 마련할 수 있는 부분에 대해 후속 연구가 필요하다는 데 본 연구에 참여한 직원들과 의견을 같이 하며 이에 후속 연구를 위한 제언을 남긴다.

- 옥상녹화 및 태양광 산업의 특허 및 신기술 동향 및 적용에 관한 연구
- 서울시 햇빛지도 연계 검토 및 태양광 패널 하부 식생적용 방안 연구
- 기존 조경시설물 제작업체에서 태양광 패널을 접목한 시설물(파고라 등) 개발 연구
- 환경(기후) 변화를 고려한 태양광 효율에 대한 검토 연구
- 적정 발전용량을 단순 옥상녹화 면적이 아닌 건물의 연면적을 기준으로 산정하는 방안 및 건물 활용에 대한 연구

# 참 고 문 헌

## ○ 연구 논문 및 보고서

- 김지수, 이응직, PV발전과 옥상녹화의 복합 적용사례 연구. 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집(2010)
- 박선호, 배상환, 옥상녹화가 태양광 발전 효율에 미치는 영향에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집(2011)
- 유동철, 이응직, 옥상녹화가 PV모듈 발전량에 미치는 영향 고찰, 한국태양에너지학회 논문집(2012)
- 이두호, 이응직, 옥상녹화 평지붕의 표면온도 저감효과에 대한 고찰, 한국생태환경건축학회 논문집(2012)
- 이응직, 공공건물 옥상녹화와 설치태양광(PV)의 효율향상 상관관계 연구, 한국생태환경건축학회 논문집(2013)
- 서울특별시, 태양광 발전설비 설치·사후관리 업무지침서(2015)
- 고영호, 조상규, 건축물 옥상공간의 이용활성화 방안 연구 - 서울시 사례를 중심으로, 연구보고서(2016)
- 서울특별시, 동국대학교 산학협력단, 서울시 옥상녹화 가이드라인(2017)

## ○ 인터넷 자료

- (주)랜드아키생태조경, <http://landarchi.host25.wotonet.com/>
- (주)한국도시녹화, [http://www.biotope.co.kr/home/new\\_index.asp](http://www.biotope.co.kr/home/new_index.asp)
- AURIC 문헌, <http://www.auric.or.kr/>
- 구글 사이트, <https://www.google.co.kr/>

# 연구진

연구 TF팀	팀 장	조경과	녹지5급	석승우
	팀 원	조경과	녹지6급	현호재
	팀 원	조경과	녹지7급	조 현
	팀 원	조경과	녹지7급	김현이
	팀 원	조경과	토목8급	강정호
연구 자문	자문위원	(주)한국도시녹화	대표	김철민
	자문위원	(주)기브앤	대표	이태호

## 옥상녹화·태양광 연계시스템 설치 유형 연구

---

발행인	서울특별시시장 박원순
편집인	푸른도시국장 최윤종
발행일	2018년 9월 13일
발행부서	서울특별시 푸른도시국 조경과
연구부서	서울특별시 푸른도시국 조경과 연구TF팀
연구책임	연구TF팀장 석승우
연구원	현호재, 조현, 김현이, 강정호

---