

# 스마트 그리드와 연계한 신재생에너지의 건축물 적용 방안



글 조대성 \ 건축기술부 과장 \ 전화 02-3433-7723 \ E-mail daeseong92@ssyenc.com

## 1. 머리말

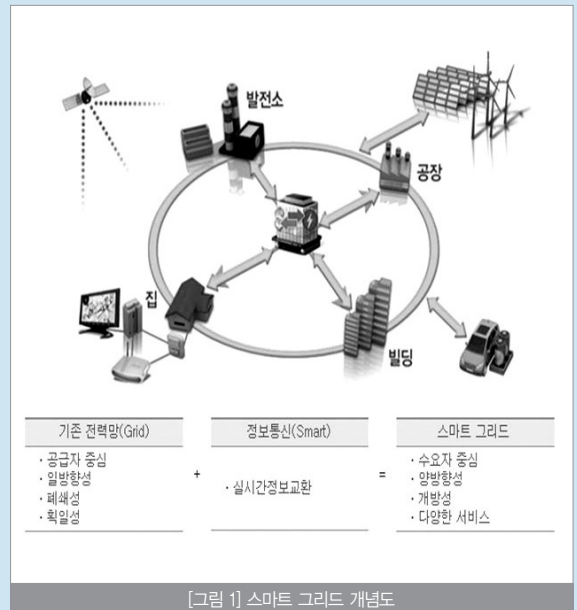
기후변화에 대응하여 정부에서 강조하는 저탄소 녹색성장의 핵심 키워드에 스마트 그리드라는 말을 빼놓을 수 없을 것이다. 스마트 그리드는 전기업계뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 회자되고 있으며, 2009년 제주도 실증단지를 필두로 정부의 전방위적인 지원으로 이제 그 결실을 맺기 위한 행보를 하나씩 이루어 나가고 있다. 따라서 스마트 그리드의 개념을 알아보고 정부에서 발표한 국가 로드맵에 의한 2030년 국가단위 스마트 그리드 구현을 대비하여 스마트 그리드의 핵심요소 중의 하나인 신재생에너지의 건축물 적용을 위한 검토사항에 대해 알아보겠다.

## 2. 스마트 그리드의 정의 및 구성요소

### 2-1. 스마트 그리드의 정의

스마트 그리드(Smart Grid)란 기존의 전력망에 ICT(정보통신기술)를 융합하여 에너지 효율을 최적화하는 지능형 전력망과 더불어, 이를 기반으로 유관산업(중전, 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등) 간의 융합 및 시너지 기회를 제공하고 이를 촉진하기 위한 제반 플랫폼(법, 제도, 프로그램 등)을 갖춘 녹색성장 플랫폼을 말한다.

스마트 그리드는 소비자 입장에서 최적의 요금 시간대를 찾아 에너지를 사용하는 것으로 일상생활에서 일대 변혁을 일으킬 것으로 예상된다. 예를 들면 집안의 세탁기가 가장 싼 전기요금 시간대에 맞춰 작동하고, 전기자동차의 경우 심야시간에 싼 요금으로 충전을 해서 비싼 요금 시간대인 낮에 전력회사에 되팔 수 있다.



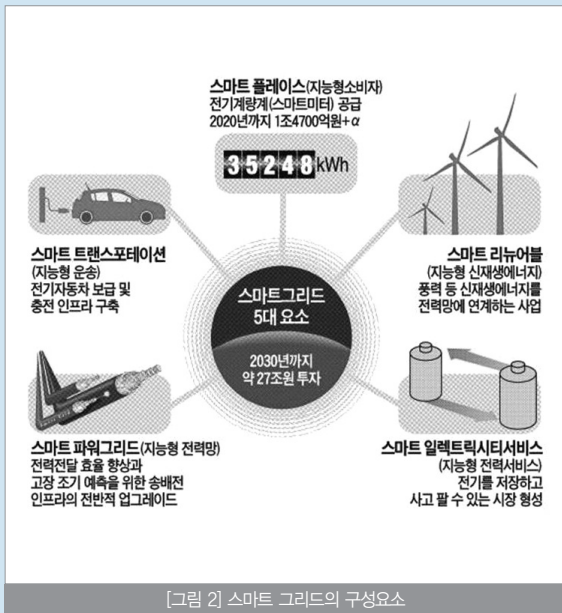
### 2-2. 스마트 그리드의 특징

스마트 그리드의 특징은 다음과 같다. 첫째, 기존 아날로그의 중앙 집중형 전력공급 시스템이 디지털의 분산형 시스템으로 바뀌고, 둘째, 공급자 위주 단방향 송배전망이 수요·공급의 상호작용에 의한 양방향의 실시간 전력수수를 하며, 셋째, 한 달에 한 번씩 제한적으로 고지되던 전기요금 정보가 실시간으로 정보를 열람할 수 있는 체계로 바뀌어 소비자가 요금이 싼 시간대에 전기를 사용할 수 있어 소비자의 수요에만 의존했던 기존의 전력수요 체계를 가격에 의한 수요로 바뀜으로써 여름철이나 겨울철 최대 전력수로 인한 전력수요 예비율 부족에 전전공급할 필요도 없다.

## 2-3. 스마트 그리드의 구성요소

스마트 그리드의 구성요소에는 지능형 계량기(AMI : Advanced Metering Infrastructure) 및 IHD(In Home Display)와 연계하여 실시간으로 전기요금 검침 및 요금 자료를 교환할 수 있는 지능형 소비자(Smart Place), 소비자 근방에서 생산해서 수용가에서 직접 사용 또는 한전으로 되팔 수 있는 지능형 신재생에너지(Smart Renewable), 분산전원 또는 한전전원을 충전하고 역송전에 의해 되팔 수 있는 지능형 전력 서비스(Smart Electricity Service), 전력의 효율적이고 안정적인 공급을 위한 스마트 파워 그리드(Smart Power Grid), 환경오염을 줄이고 전기 저장장치의 역할까지 할 수 있는 전기자동차 충전서비스(Smart Transportation)가 있다.

똑똑한 전력망을 구성하기 위해서는 자가진단 가능한 전력망 및 첨단통신망, 이러한 전력망과 통신망을 통해 정보를 주고받을 수 있는 계량기 시스템, 기존의 한전전원이 아닌 개별 가정에서 생산, 소비 및 역송전이 가능한 에너지 생산 및 저장 시스템이 필요하다.



[그림 2] 스마트 그리드의 구성요소

## 3. 스마트 그리드와 연계한 신재생에너지의 건축물 적용 방안

### 3-1. 신재생에너지의 종류

신재생에너지는 자연의 태양, 물, 바람 및 파도 등의 에너지를 직접 변환하여 사용하는 신에너지와 기존 화석연료를 다른 형태의

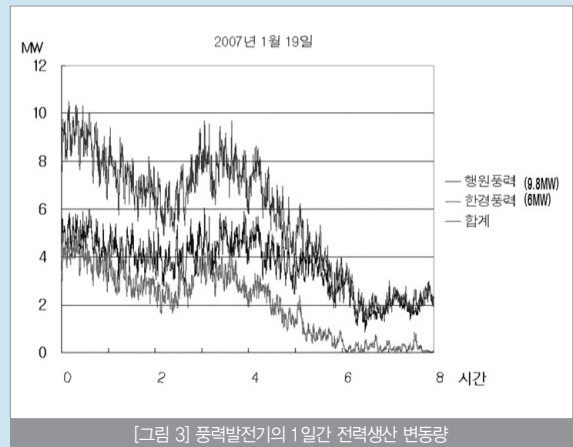
에너지로 변환하여 사용하는 재생에너지로 구분된다.

신에너지에는 태양광발전, 풍력발전, 바이오에너지, 지열에너지, 소수력, 폐기물에너지, 태양열에너지가 있으며, 재생에너지에는 연료전지, 석탄가스화 발전, 수소에너지 등이 있다.

### 3-2. 신재생에너지의 특성

신재생에너지는 청정·무한정 에너지로 이산화탄소를 저감하고 장소에 구애받지 않고 시스템 설치가 가능하다. 하지만 신재생에너지를 스마트 그리드의 기초 인프라로 활용하기 위한 분산형전원 시스템에는 다음과 같은 단점이 있다. 발전이 간헐적으로, 발전량의 예측 및 제어가 힘들고, 일기 및 지형지물에 의해 직접적인 영향을 받는다.

아래 [그림 3]은 풍력발전기의 1일간 출력량 변동을 도식한 내용으로, 현재의 상용전원과 비교하여 발전량을 예측하고 전력수요를 관리하기 위해서는 연구개발이 지속적으로 이루어져야 한다.



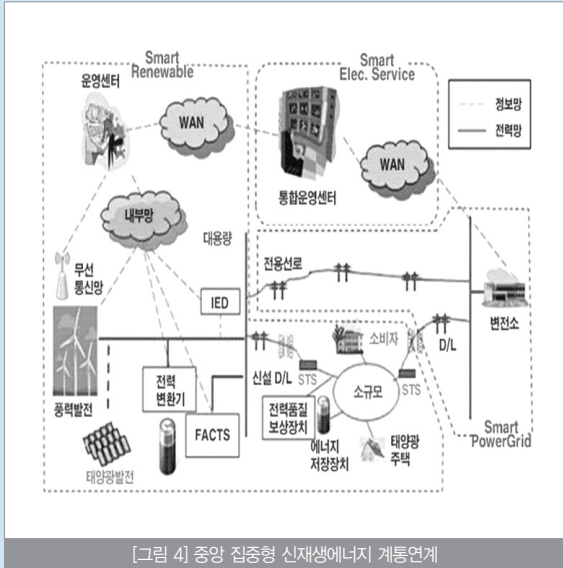
또한 출력주파수와 전압변동이 큰 상용전원은 교류전력인데 비하여 신재생에너지는 직류전원이므로 전력망 계통연계 및 전력 변환을 통한 한국전력으로의 역송전을 위해서는 고도의 계통연계 기술을 필요로 한다.

표 1 계통연계를 위한 동기화 변수 제한 범위

분산형전원 정격용량 합계(kW)	주파수 차 ( $\Delta f$ , Hz)	전압차 ( $\Delta V$ , %)	위상각차 ( $\Delta \phi$ , °)
0 ~ 500	0.3	10	20
500 초과 ~ 1,500	0.2	5	15
1,500 초과 ~ 20,000 미만	0.1	3	10

### 3-3. 스마트 그리드에서 분산형전원의 개념

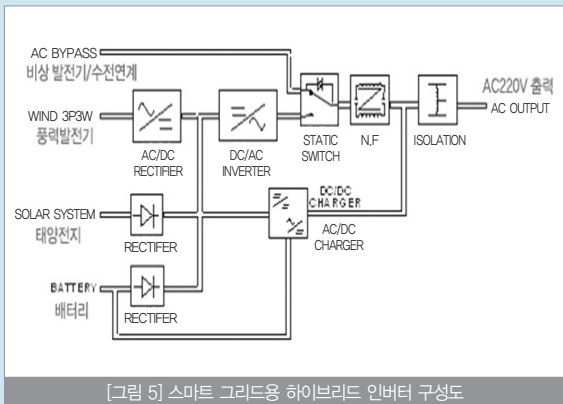
스마트 그리드의 구성요소로 분산형전원은 크게 두 가지 개념으로 정의 될 수 있다.



[그림 4] 중앙 집중형 신재생에너지 계통연계

첫째, 분산형전원은 계통에 연계된 중앙 집중형 발전소 개념의 에너지 공급원인 Energy Farm으로 대용량의 발전원(풍력 및 태양광 등)과 에너지 저장 시스템(Energy Storage System)으로 구성할 수 있다.

신재생에너지를 이용한 분산형전원은 간헐적 발전이지만 발전기의 고장직전까지는 지속적인 발전을 수행하는 에너지 저장 시스템(Energy Storage system)에 저장 후 스마트 그리드의 수요반응 신호와 연동하여 계통에 공급한다. 따라서 앞에서 언급한 계통연계 기술과 더불어 수요반응 및 요금정보 통신 데이터의 정보교환을 위한 광대역 통신망(WAN)과 통합정보운영 시스템 등이 필



[그림 5] 스마트 그리드용 하이브리드 인버터 구성도

요하다.

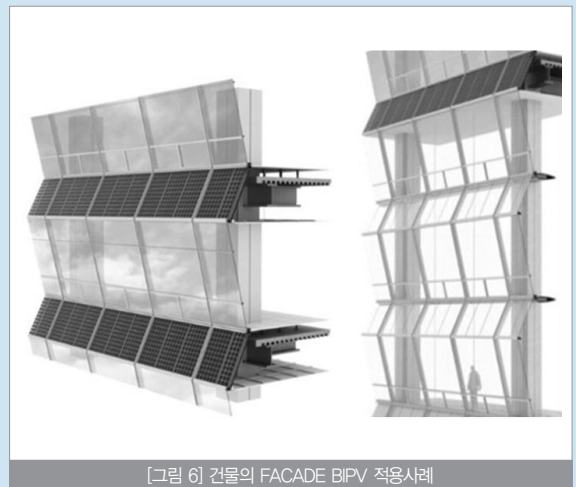
둘째, 수요가 근처에서 생산하여 1차적으로 전기 소비자가 신재생 에너지원으로부터 전력을 공급받고, 남으면 한전계통에 역송전하는 시스템으로, 주로 소형풍력, 건물일체형 태양광발전(BIPV), 연료전지시스템이 그 대상이 될 수 있다. 생산량은 적지만 다수의 분산형 에너지원의 조합 및 에너지 저장장치를 이용하여 수요가의 최대수요전력(Peak Demand)을 줄여서 전기요금을 대폭 절약할 수 있으며, 태양광 및 풍력발전기의 지속적인 발전효율 향상 등 지속적인 발전원에 대한 에너지 효율이 향상된다면 스마트 그리드가 추구하는 지능형 신재생에너지(Smart Renewable)가 실현될 수 있다.

### 3-4. 건축물 적용 방안

앞서 소개한 스마트 그리드의 개념에서 신재생에너지는 두 가지 형태로 적용될 수 있으나 우리는 건설사의 입장에서 건축물에 적용 가능한 신재생에너지원인 태양광발전(PV 또는 BIPV), 풍력발전, 연료전지에 대해 살펴보려고 한다.

첫째, 태양광발전은 건물의 옥상 등에 설치하는 경사 고정형 PV 모듈과 건축물의 입면 FACADE, 상부 캐노피, 천장 등에 적용 가능한 BIPV(Building Integrated Photovoltaic)로 대별 될 수 있는데, PV 모듈은 에너지 밀도가 낮아 건축물의 대면적을 차지하므로 도심형 건축물 및 초고층 건축물에 아래 [그림 6]과 같이 차양과 PV모듈의 역할을 하는 FACADE에 적용되어지고 있다.

최근에는 채광 및 조망을 고려한 투명 창호형 BIPV의 개발에 많은 투자를 하고 있으며, 이러한 BIPV가 갖추어야 할 요건은 발전 성능 최적화를 위한 설치각도, 투과율, 배선과 투명전지의 색상, 모듈형태, 크기의 의정적인 요소와 더불어 최종 마감재로써 안정



[그림 6] 건물의 FACADE BIPV 적용사례

성, 시공성, 유지보수성, 방수, 방풍, 내풍압성, 내진성 등에 대해 검토되어야 한다. 또한 일정 이상의 열관류율을 가진 단열성능을 갖춰야 한다.

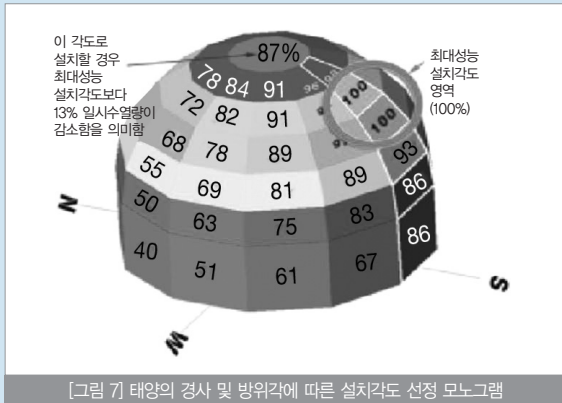
BIPV 설치시 고려사항에는 태양의 경사각 및 방위각, 음영, 온도의 영향이 있다. 태양의 경사각 및 방위각은 아래 [그림 7]과 같이 동형 구조의 태양일사량에 대한 조사 데이터 기준으로 최적의 위치를 결정하고, 음영이 발생시 모듈의 일부분에서 발열로 인한 효율 저하 및 수명저하를 초래 할 수 있으므로, 되도록 음영은 발생하지 않도록 배치해야 하며, 온도와 발전효율과는 반비례 관계가 있으므로 모듈 뒷면에 통기관 등의 방열 설계가 필요하다.

둘째, 도심형 풍력발전 시스템은 바람의 방향의 영향을 덜 받고, 소음이 덜한 수직축 풍력발전기를 주로 이용하며, 대용량 리튬이온 전지를 이용하여 전기를 저장해 두었다 필요할 때 방전에 의해 전기 사용이 가능한 시스템이다.

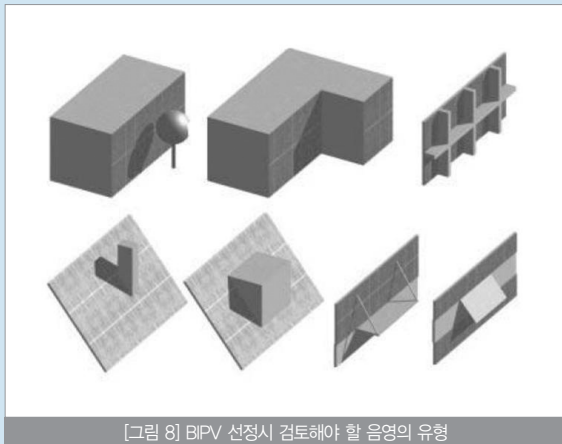
최근에는 태양광, 풍력, LED 램프, 고효율축전지를 포함한 하이브리드형 가로등을 적용하여 상용전원 공급 없이 조명을 켤 수 있는 시스템이 많이 설치되고 있다.



[그림 9] 풍력발전 시스템



[그림 7] 태양의 경사 및 방위각에 따른 설치각도 선정 모노그램



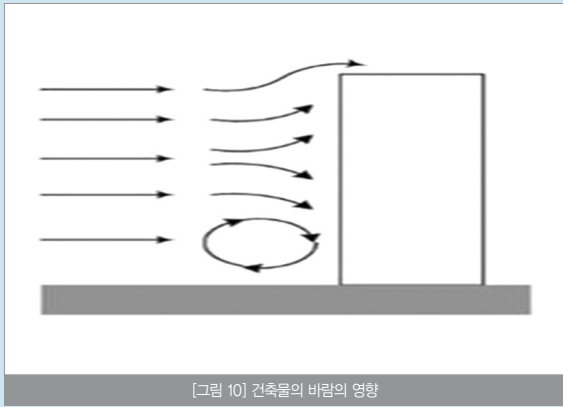
[그림 8] BIPV 선정시 검토해야 할 음영의 유형

도심형 풍력발전기 설치시 고려해야 할 사항으로는 풍향, 난기류, 언덕효과, 소음, 미관 등이 있고, 풍향은 기상청 자료를 참조하여 설치장소의 연중 평균풍속에 따라 경제성을 판단하여야 하며, 건물의 하부나 측면의 난기류, 언덕효과에 의한 갑작스런 돌풍지역은 풍력발전 설치를 지양해야 하며, 소음은 생활소음 수준이 50dB 이하가 되도록 풍력발전기의 재질에 대해 검토 필요하고, 지역의 랜드마크로서 주변경관과 잘 조화되는 디자인을 선정해야 한다.

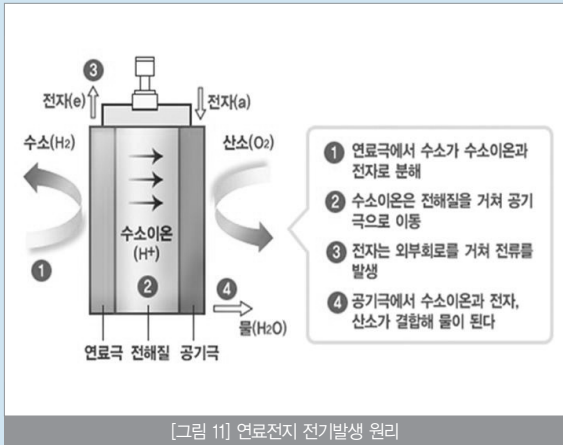
셋째, 연료전지는 천연가스나 LNG 등의 연료에서 수소를 개질(Reform)하여 산소와 반응시켜 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하여 발전하는 시스템으로 수소와 산소의 화학 반응시 발생하는 열로 가정의 난방으로 활용 가능하며, 열병합 발전시 효율이 최대 80%까지 낼 수 있는 고효율 발전시스템이다.

또한, 풍력 또는 태양광 발전과는 달리 발전량의 예측, 제어가 아주 용이하여 전지모듈의 가격 경쟁력만 확보된다면, 향후 가정 내 훌륭한 분산전원의 역할을 담당할 것으로 판단된다.

마지막으로 이러한 소형분산형 시스템을 연계한 구내 직류배전을 고려해 볼 수 있다. 직류는 역률이 100%이므로 교류보다 배전효율이 높고, 교류에 비해 동일 전압대비 인체에 대한 감전 전압한계가 높으므로 안전하고, 교류보다 높은 전압에 의한 배전으로 배전용량을 늘릴 수 있는 등 많은 장점을 가지고 있다.

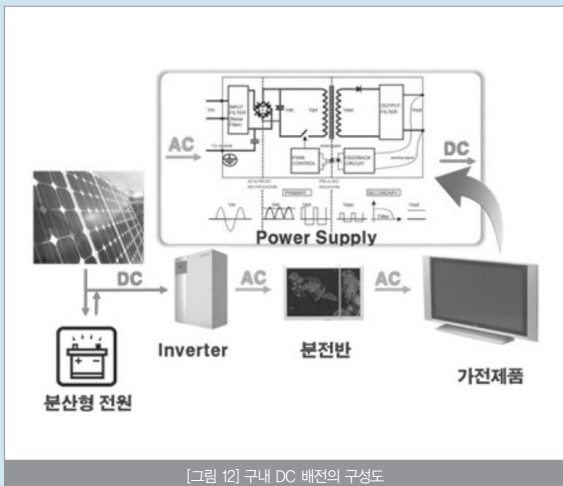


[그림 10] 건축물의 바람의 영향

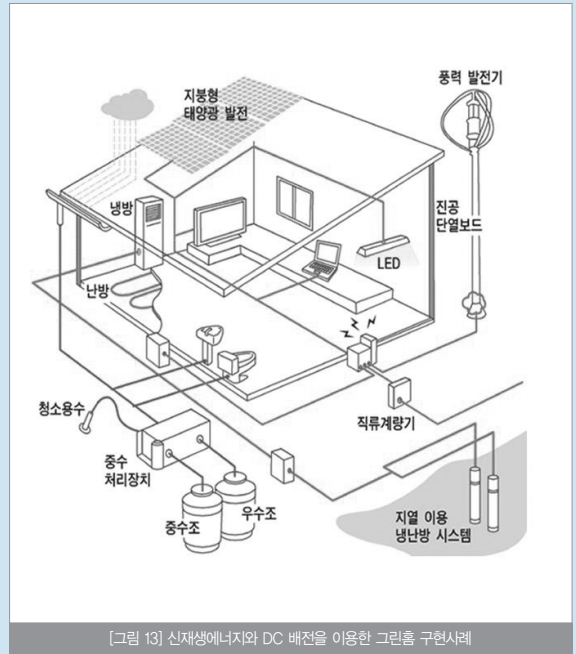


[그림 11] 연료전지 전기발생 원리

현재 태양광 및 연료전지 등 대부분의 분산형전원이 직류를 생산하므로 직류류 변환에 의한 손실을 최소화하고 가정내 소형 DC 가전부하 및 LED 조명을 공급함으로써 에너지 효율을 대폭 높여 아래 [그림 13]과 같이 그린홈 구축에 기여할 수 있다.



[그림 12] 구내 DC 배전의 구성도



[그림 13] 신재생에너지와 DC 배전을 이용한 그린홈 구현사례

## 4. 결론

이상과 같이 스마트 그리드의 개념과 이와 연계한 신재생에너지의 적용 방안에 대해 살펴보았다. 국가 단위의 스마트 그리드는 전력망과 통신망의 유기적인 통합뿐만 아니라 각 가정내 분산형 전원의 효율적인 접목이 뒷받침되어야 실현 가능하다. 따라서 건축물을 설계 및 시공하는 입장에서는 우선적으로 건축물의 기능에 맞는 시스템을 선정하고, 향후 확장성, 유지보수 등을 고려해야 할 것이다.

또한, 투자대비 경제성을 고려한 시스템, 정부의 신재생에너지 보급, 설치 등에 관한 법규 및 인센티브 정책 등을 정확히 숙지해야 할 것이며, 시설물의 전 과정 평가인 LCA(Life Cycle Assessment)의 최적의 자재 및 시공법을 선정하여 국가의 저탄소 녹색성장에 기여해야 할 것이다. S

### 참고문헌

- 1 스마트 그리드 추진 사업단 홈페이지
- 2 PV 및 BIPV 최근 동향, 전기조명학회지 논문, 2011.
- 3 전경련회관 실시설계 보고서
- 4 공동주택 소형풍력발전 시스템에 관한 연구, 한국 태양에너지 학회 논문, 2003.
- 5 구내 직류배전기술과 그린홈 구현사례, 대한전기학회 논문, 2010.
- 6 건물 일체형 태양광 발전 시스템과 초고층 건물, 한국초고층포럼, 2006.