creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265158

2016年 2月

工學碩士學位論文

100kW급 건물지붕형 태양광발전시스템 출력특성

朝鮮大學校 大學院

電 氣 工 學 科

金 青 潭

2016年2月 碩士學位論文 100kW급 건물지붕형 태양광발전시스템 출력특성 金青潭

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

100kW급 건물지붕형 태양광발전시스템 출력특성

A Study on the Output Characteristics of 100kW Building Roof-Top Photovoltaic System

2016年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

金 青 潭

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

100kW급 건물지붕형 태양광발전시스템 출력특성

指導敎授 曺 錦 培

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함

2015年 10月

朝鮮大學校 大學院
電 氣 工 學 科
金 靑 潭

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

金靑潭의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校　敎授　李愚宣 印

委　員　朝鮮大學校　敎授　金南勳 印

委　員　朝鮮大學校　敎授　曺錦造 印

2015年 11月

朝鮮大學校 大學院

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 이론적 고찰 ····· 3

A. 신재생에너지 산업동향 ····· 3

B. 국·내외 태양광발전시스템 ····· 6

C. 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) ····· 11

Ⅲ. 실 험 ····· 18

A. 시스템 성 ····· 18

B. 실험 방법 ····· 22

Ⅳ. 실험결과 및 고찰 ····· 26

A. 계절별 수평일사량에 따른 발전량 ····· 26

1. 일별특성 ····· 26

2. 월별특성 ····· 28

B. 계절별 경사일사량에 따른 발전량 ····· 29

1. 일별특성 ····· 29

2. 월별특성 ····· 31

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. 계절별 모듈온도에 따른 발전량 ····· 32
1. 일별특성 ····· 32
2. 월별특성 ····· 34

Ⅴ. 결 론 ····· 35

[참고문헌]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 1 PV system current state and prospect by country ····· 10
Table 2 The domestic-foreign elevation integrated BIPV applications ····· 12
Table 3 The domestic-foreign roof integrated BIPV applications ····· 13
Table 4 Production current state of the domestic-foreign polysilicon companies ···· 15
Table 5 The specifications of module ····· 20
Table 6 The date of insolation from June 2014 to May 2015 ····· 24
Table 7 The date of power quantity from June 2014 to May 2015 ····· 25

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 1 Worldwide renewable energy prediction demand untill 2030 ····· 3
Fig. 2 Main various power source development unit cost prospect ····· 4
Fig. 3 Worldwide renewable energy industrial investment trend ····· 5
Fig. 4 Worldwide renewable energy industrial demand trend ····· 6
Fig. 5 The current state and prospect of the Japan PV system market ····· 7
Fig. 6 The current state and prospect of the US PV system market ····· 8
Fig. 7 The renewable energy industry current state of the African continent ····· 9
Fig. 8 Polysilicon production of the domestic·foreign companies ····· 14
Fig. 9 PV system module production capacity of the domestic·foreign companies ····· 17
Fig. 10 Manufacturing unit cost of the PV system module companies ····· 17
Fig. 11 Left side and right side of 100kW building roof-top PV system ····· 18
Fig. 12 The 100kW PV system module plot plan ····· 19
Fig. 13 The PV system module installation side view ····· 19
Fig. 14 The PV system module wiring diagram ····· 20
Fig. 15 The PV system schematic ····· 21
Fig. 16 The schematic of inside inverter ····· 21
Fig. 17 Annual power quantity from June 2014 to May 2015 ····· 23
Fig. 18 The date of power quantity by horizontal irradiance ····· 28
Fig. 19 Monthly power quantity by horizontal irradiance ····· 28
Fig. 20 The date of power quantity by slope insolation ····· 31
Fig. 21 Monthly power quantity by slope insolation ····· 31
Fig. 22 The date of power quantity by module temperature ····· 34
Fig. 23 Monthly power quantity by module temperature ····· 34

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A study on the Output Characteristics of 100kW Building Roof-Top Photovoltaic System

Kim, Cheong Dam
Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph. D.
Department of Electrical Engineering
Graduate School of Chosun University

As worldwide problems, such as instability of oil price, depletion of fossil fuel, climatic change and environmental pollution, are becoming serious, the issues on the alternative energy and clean energy have been rising. In the case of South Korea, as environmental pollution, oil crisis and an accident in nuclear facility have happened, existing problems on energy security and destruction of environment have been brought up, and these problems became a political and social issue in South Korea. Therefore, there has been more attention to renewable energy source and this energy source is highlighted as an alternative way to solve the problems.

In the case of Europe that led the demand of the early renewable energy, they built dispersed power station that produce electricity in area where electricity is needed rather built a power plant on a large scale. It is anticipated that small scale of sunlight generation will be occupied 48% of the whole pie, and the demand of sunlight in America continent makes up more than a half of the whole demand around the world. New Energy Finance predicts that a scaled of worldwide renewable energy market will be above 100GW and will reach around 235GW a year by 2030. It is also anticipated that quantity of installation of the renewable energy plant will reach by 2995GW. Now, it is expected that Asia will have the

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

biggest demand of renewable energy as well as thermal power along with the development of economy. Thus, it is also estimated that the demand of the sunlight in Asia will be reaching around 894GW, and this amount is going to be 50% of the whole pie. The demand of wind power including offshore wind power in Asia will be around 502GW, and it will be 1400GW of the demand in sunlight and wind power all together. Therefore, Asia's demand of renewable energy will be 47% of all, and this will be the biggest scale among the globe.

The Building integrated photovoltaic system, (BIPV), where solar panels covered with photovoltaics are embedded to certain parts of a building. Such parts can include floors, roofs (slanted or horizontal), rooftops, walls (interior or exterior), windows, doors, awnings and facade. This system, the panels peplacing the building parts mentioned above, enables to cut spending twice. the system where the panels are fixed via a stand, mostly on rooftops. This system is suitable for large buildings such as schools, research facilities, or factories. Since the angle of the panels can be set relatively freely, it can maximize the efficiency of the power generation according to the place where the building is located by finding the "optimized angle", hence the economic feasibility.

This thesis investigates in detail the characteristics of the photovolatic power generation system, in an environment where solar panels are fixed to stands which are installed on building rooftops. For this purpose, two groups of photovoltaic modules with similar energy-producing capacities (45 and 54 kW, respectively) are installed on rooftops of separate buildings. The power generation pattern corresponding to a number of variables is then studied, based on the time-series analysis on the output of daily and monthly data, through checking dependence on the incident angle of the ray. For this, the module groups were divided into two categories: The first one with panels that are horizontal to the ground and the second one with those tilted by 25° from it, and by probing the relation of the power output and the atmospheric temperature.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서 론

전 세계적으로 유가의 불안정, 화석에너지 고갈, 기후 변화 및 환경오염 등 복합적인 문제의 대처 방안으로 청정에너지 및 대체에너지 기술개발에 대한 관심이 화두로 떠오르고 있다. 우리나라는 석유 파동, 환경오염 및 원전 사고 등의 문제가 발생하면서 에너지 안보 문제 및 환경파괴에 대한 기존 문제들을 제기하여 사회적, 정치적 화두로 떠오르면서 신재생 에너지에 대한 관심은 더욱 고조되고 현실적 문제를 해결하기 위한 대책으로 떠오르고 있다. 2000년대 이후 온실가스 문제로 인한 감축을 위해 교토 협약 체결로 신재생에너지 보급에 탄력을 받으며 사회적 관심이 급증하게 되었고, 미국의 신·재생에너지 공급의무화 제도(RPS) 및 독일은 발전차액지원제도 등의 초기 시장 수요를 만들면서 유럽 국가들 중 독일을 중심으로 신재생에너지 지원정책이 산업 부흥의 결정적 역할을 하면서 세계적으로 2004년까지 신재생에너지 설치량은 15.6[GW]였으며 2013년에는 82.3[GW]로 증가하여 평균 20[%]씩 성장하고 있다.[1]

신재생에너지시장은 풍력산업이 2004년까지 설치량의 절반 이상을 차지하며 주도하였으나, 2010년 이후 태양광산업이 성장 동력으로 부상하면서 2013년 40[%]미만으로 하락하였고, 이에 반해 태양광산업은 2004년 7[%]에 불과하였으나, 2013년 기준 설치량 중 50[%]의 높은 비중을 차지하면서 시장 중심에 서게 되었다. 이러한 태양광 발전은 에너지원이 무제한이며, 재생이 가능하고 청정에너지라는 큰 장점, 그리고 발전 및 유지보수용이 등 무인화가 가능하고, 20년 이상의 긴 수명을 자랑하고 에너지 변환과정에 화학적, 기계적 등의 작용이 없어 시스템의 조가 단순하여, 장점으로 가장 각광받고 있다. 태양광발전과 풍력발전 비중이 80[%]를 넘어서고 있으며, 향후 고속성장을 지속할 전망이며, 태양광 및 풍력산업은 화력발전 대비 경쟁력을 갖춰가고 있는 신재생에너지 산업 성장의 독보적인 역할을 할 전망이며, 2013년 기준 신재생에너지 설치량 중 50[%]를 차지하면서 가장 높은 비율을 차지하여 2010년 이후 태양광산업이 성장 동력으로 빠르게 부상하고 있다.[2][8]

태양광 발전시스템은 지면, 벽면, 평지붕 및 경사지붕 등에 설치되며 지지대 방식과 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 방식으로 설치방식이 분되고, 지지대 방식은 옥상 및 지붕 등에 하부 지지대를 설치하여 지지대에 태양광모듈을 설치하는 방식

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이며, 지지대가 옥상 또는 지면에 고정되는 '고정식' 및 고정되지 않는 '비고정식' 으로 분 할 수 있다. 반면 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)은 건축물 외장재로 사용하여 건물의 가치를 높이는 디자인 적인 요소로도 쓰이며, 최근 주광 조절 및 차양 기능 및 이미지 홍보 및 색채 출 기능 등의 많은 활용 및 기술개발이 이루어지고 있으며, 건설비용 절감 등의 경제성은 물론 각종 부가가치를 높여 부가가치를 높이는 보다 효율적인 PV시스템을 보급시키려는 개념이다. 현재, 가정주택용으로 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)은 100만가 가 넘게 설치되어 있으며, 국내시장 또한 3[kW]급 가정용 태양광 발전시설 보급을 시행하고 있고, 태양광, 태양열 등의 신·재생에너지원을 지자체 소유, 관리하는 건물에 설치 할 경우 정부가 지원금을 지원하는 제도의 지역지원 사업들이 활성화 되고 있으며, 국가 및 지자체, 공공기관 등이 신축 및 증축 또는 개축하는 건축 면적 1천[㎡] 이상의 건축물에 대해 2014년 1월 1일부터 에너지 사용량의 15[%] 이상을 신재생에너지 설비에 의무적으로 투자하도록 하는 신재생에너지설비 공공기관 설치의무화 제도가 시행되고 있다. 또 한 신재생에너지설비 고장접수 지원센터로 인하여 A/S수요의 적극적인 대응과 신재생에너지 설비에 대한 고장 및 불만해소 등 시민들의 인식 전환과 함께 신뢰성 있는 보급정책을 위한 기반을 축하고 있으며, 설비의 신뢰성과 성능이 검증된 신·재생에너지설비의 보급 확산을 위한 일정기준 이상의 제품의 내 성 및 성능 등 설비의 전체적인 성능 평가를 통하여 인증하는 제도인 신·재생에너지설비 인증제도가 시행되고 있다.[4][5]

본 논문에서는 태양광모듈을 건물 지붕에 고정형 지지대 방식을 이용한 100[kW]급 건물지붕형 태양광발전시스템에 관한 출력 특성에 관한 를 목적으로 둔다. 이를 위해 건물의 옥상에 고정식 하부 지지대를 설치하고 태양광 모듈은 A동에는 45[kW], B동에는 54[kW]를 설치하여, 수평면 모듈과 경사면 모듈로 성하여 1년 동안 일별, 월별에 관하여 수평일사량 및 경사일사량, 모듈온도에 따른 발전패턴을 분석하여 100[kW]급 건물지붕형 태양광발전시스템의 출력 특성을 비교 검토하고자 한다.

또 한 일사량에 따른 모듈 전체 발전량을 근거로 하여 경사면 모듈이 받는 경사일사량에 따른 발전량과 수평면 모듈이 받는 수평 일사량에 따른 발전량의 차이를 검토하고 실시간으로 변화하는 모듈온도에 따른 발전량을 비교하여, 효율적인 태양광발전을 위한 모듈 각도 따른 일사량 범위, 모듈온도에 따른 온도 특성을 분석하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 이론적 고찰

A. 신재생에너지 산업동향

초기 신재생에너지의 수요를 이끌었던 유럽지역의 경우 지역 주민 반대 및 허가의 어려움으로 분산 전원이 각광받고 있으며, 소규모 태양광 발전을 중심으로 약 48[%]를 차지할 것으로 전망하며, 북미 및 중남미의 경우 태양광의 수요가 절반 이상을 차지하고 그림 1의 New Energy Finance 자료에 의해 전 세계 신재생에너지 시장규모가 100[GW]를 넘어서 2030년까지 235[GW] 규모의 시장으로 성장할 것으로 예상하고 있으며 신재생에너지 설치량은 2,995[GW] 달할 것으로 전망하고 있다. 현재, 아시아 지역은 세계적으로 경제 성장으로 인한 신재생에너지 수요가 세계 최대 규모가 될 전망이며, 태양광 수요는 전 세계 신재생에너지 수요의 50[%] 이상을 담당하여 해상 풍력을 포함한 아시아 지역 풍력 발전을 포함하여 총 1,400[GW] 규모의 신재생에너지 수요가 발생할 것으로 예상되며 주요 에너지인 태양광 및 풍력 수요가 47[%] 정도를 담당하여 세계 최대 규모가 될 것으로 사료된다.[23]

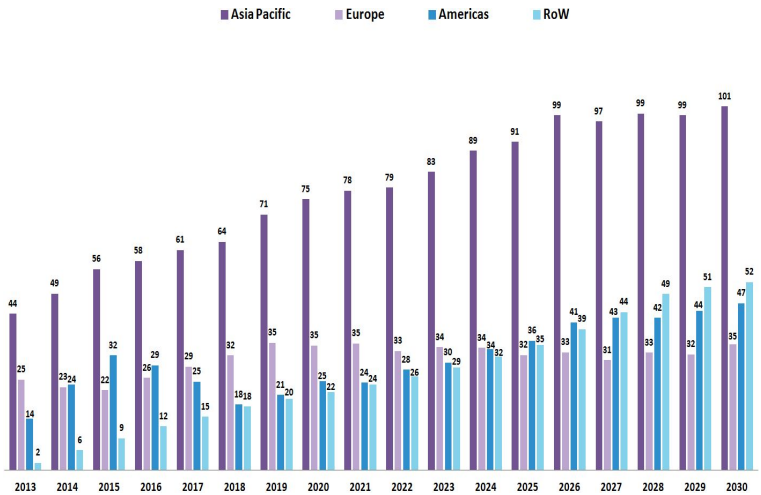


Fig. 1 Worldwide renewable energy prediction demand untill 2030

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

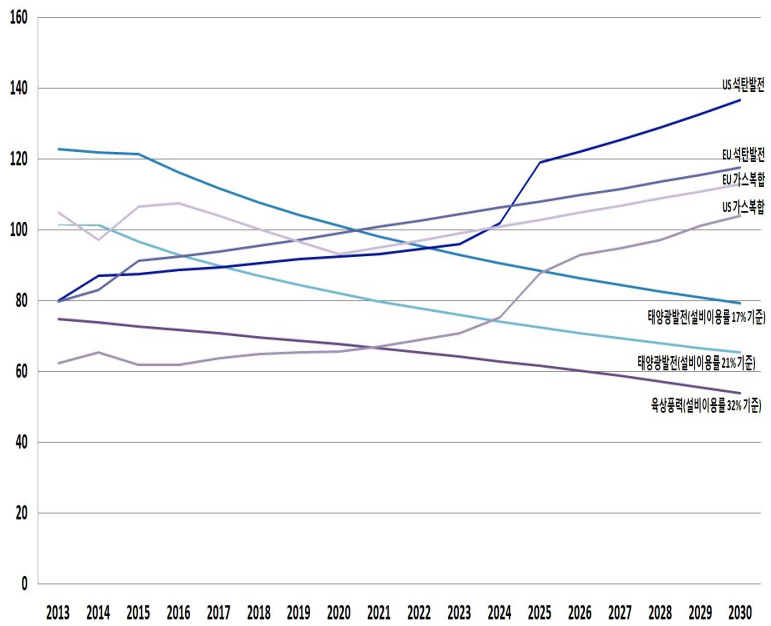


Fig. 2 Main various power source development unit cost prospect

현재 우리나라는 태양광산업을 제2의 반도체 산업으로 성장시키는 정책적 방안을 수립하는 등, 태양광 발전이 산업 전반에 끼치는 영향이 매우 지대한 상황이지만 수요를 초과하는 과도한 공급과잉으로 인해 심각한 산업 조조정이 진행되고 있는 분야이다. 세계 시장관점에서도 공급과잉으로 인한 제품 가격 하락이 지속적으로 진행되고 있으며, 생산비용을 맞추거나 오히려 적자를 보며 공급하면서 중국의 1순위 업체인 Suntech사가 파산보호신청을 하는 등의 난항이 발생하면서 빠른 사회적 변화에 따라 공급능력은 단기간에 조정이 불가능하여 수요예측의 중요성이 재차 강조될 수밖에 없는 실정이다. 장기적으로 미국 석탄 발전단가는 환경규제 강화로 인해 지속적인 상승과 함께 가스발전 상승률을 넘어설 것으로 전망하고 있으며, 그림 2와 같이 태양광 및 풍력에너지의 제품가격 및 발전단가가 지속적으로 하락할 것으로 예측한다. 결과적으로 신재생에너지의 발전단가는 석탄 및 화석, 가스발전 등 대비 경쟁력을 가지게 될 것으로 사료되며, 청정에너지로 시장에 부각 됐던 신재생에너지를 더욱 저렴한 에너지원으로 거듭나고 가격적 강점으로 수요 기반을 만들어 갈 것이다.[8]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

신재생에너지산업은 설치량은 증가하지만, 제품 가격의 큰 폭의 하락의 원인으로 2011년 이후 신재생에너지 금융시장으로 유입되는 자금은 감소하게 되는 원인이 되며, 태양광산업의 경우 중국산 대량생산 및 공급으로 인한 저가 대비 설치량이 증가함에도 불 하고 설치 금액은 전년대비 감소하게 되었다. 2013년 하반기 이후 수요 증가 및 공급 안정에 따라 제품 가격 급등으로 인한 신재생에너지 산업 투자액은 증가하면서, 그림 3과 같이 Bloomberg의 자료에 의하면 2014년 상반기 약 1,106억 달러로 전년 대비 6[%]가 증가하여 2014년 신재생에너지산업 총 투자액은 2013년 약 12[%] 정도 증가한 2,350억 달러에 달할 전망이다. 태양광산업의 투자액은 2013년 대비 증가하였으나 풍력산업은 마이너스를 기록하면서 신재생에너지산업 투자액 중 태양광이 약 60[%]를 차지하고 태양광 산업이 그리드패리티가 임박함에 따라 수요와 공급이 급증하고 있는 양상을 띠고 있다. 세계적으로 신재생에너지 프로젝트 채권 시장도 발행액은 해년마다 증가하고 있는 추세이며, 프로젝트 채권의 수익률은 6[%] 정도 수준에서 결정되면서 보험회사 및 기금 등의 장기 투자 상품의 수요가 늘어나고 있다.[22]

Fig. 3 Worldwide renewable energy industrial investment trend

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 국내·외 태양광발전시스템

세계 태양광 시장은 일본, 중국, 미국의 수요가 급증하고 있으며, 그림 4와 같이 2014년도부터 2030년까지 세계적 태양광 수요는 평균 약7~8[%]씩 증가할 것으로 New Energy Finance는 전망하고 있다. 2020년에는 전 세계 태양광 수요가 100[GW] 시대를 열 것으로 2013년 기준 세계 누적 태양광설비 설치량은 143[GW]이며, 2020년에는 600[GW]에 4배 이상 늘어날 전망이며, 일본, 중국, 인도를 포함한 아시아권 나라들은 세계 최대 태양광 시장으로 발돋움 할 전망이며, 유럽 지역이 뒤를 이을 것으로 예상된다. 미국, 중국, 인도 시장은 3대 태양광 시장으로 성장 할 것으로 사료되며, 각양각색의 금융권과 결합한 사업으로 가장 진화된 시장이 형성되어, 특히 아프리카 지역의 경우 태양광 분산전원보급에 따라 가장 잠재력이 높은 세계 시장으로 평가하면서, 중동을 포함한 북아프리카 지역 및 중남미 지역은 우수한 일사량을 바탕으로 태양광 시장이 활성화 될 것으로 예측되며 기타, 다른 나라들은 약 200[GW] 규모의 태양광 산업의 발전을 기대하고 있다.[23]

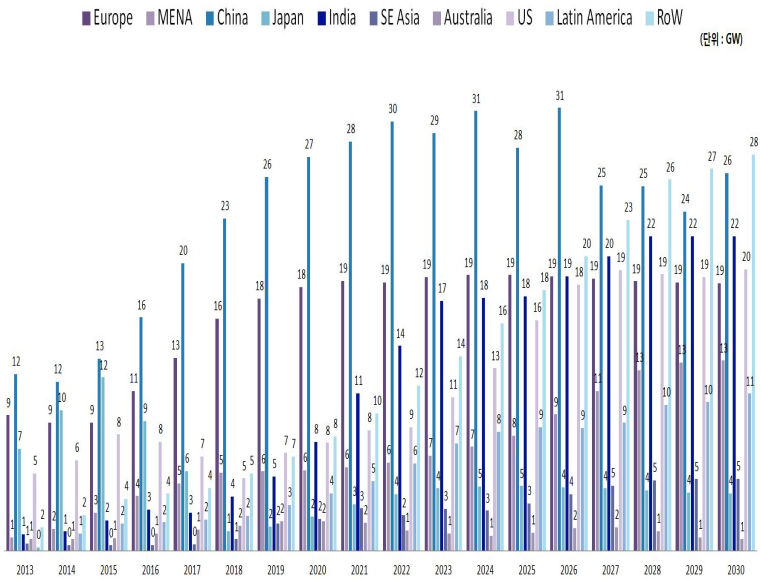


Fig. 4 Worldwide renewable energy industrial demand trend

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

중국은 올해 상반기에는 태양광 시장이 부진하였으나, 하반기에는 큰 폭으로 증가할 것으로 예측하고 있으며, 부진한 분산형 태양광 수요를 위해 중국 에너지성은 지방 정부의 발전차액 지원 제도 및 프리미엄 보조금 중 선택할 수 있는 제도로 변경하면서 하반기 수요 반등과 더불어 세계 최대 태양광 시장으로 발돋움할 전망이다.

일본의 경우 그림 5와 같이 2013년 이후 태양광시장이 급증하면서 2014년 1분기 대비 100[%] 증가 추세를 보였으며, 하반기에는 설치량이 큰 폭으로 증가할 것으로 예측되고 있다. 일본의 태양광 설치량은 1~10[MW] 기준 4.8[GW]로 가장 많은 비율을 차지하면서, 1[MW] 중대형 규모의 수요도 4.5[GW]에 달하며 10[kW] 미만 소형의 경우 2012년 이후 매년 30[%] 이상 급증하고 있다. 이는 후쿠시마 원전 사고 이후 독립전원에 의한 필요성이 인식되어 에너지 저장시스템과 결합한 태양광 수요의 압도적인 국가가 될 것으로 수요도 점차 증가할 것으로 예상된다. 일본 기업들은 자국 생산물량이 2014년 상반기 약 1.2[GW]에 도달하며, 다른 나라에서 생산되어 수입된 일본 기업의 물량은 900[MW]에 달하며 일본 태양광 모듈 공급 부족에 따라 한국 및 중국의 태양광 모듈 수입량이 크게 증가할 것으로 예측되며, 2013년 이후 상승세를 이끌고 있는 일본 태양광 시장은 상당한 규모가 설치될 것으로 보인다.[8]

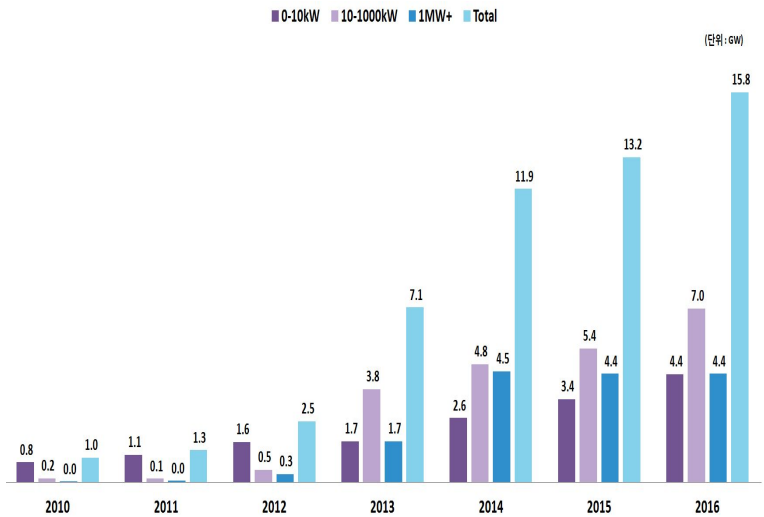


Fig. 5 The current state and prospect of the Japan PV system market

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

미국 태양광시장은 그림 6과 같이 2017년 세금공제제도(ITC) 만기 전까지 태양광 수요는 큰 폭의 상장 세를 지속할 것으로 예측되며, 제도 변경에 따른 미국 태양광 시장의 변동성은 존재하지만 경제성 향의 정책 불확실성이 상쇄하기에 태양광 수요는 지속적으로 급증할 전망으로 사료된다. 세금공제제도 SolarCity사의 가정용 리스모델 등 대표적인 사례로 다양한 사업모델의 원천이 되고 있으며, 자산유동화 증권 및 태양광 프로젝트를 기반으로 한 채권 발행이 증가하고 있는 추세로 주식발행을 통한 자금 조달 방식의 관심이 주목을 받고 있다. Solarcity사는 Silevo사를 인수하여 1[GW] 모듈 공장을 뉴욕 주에 건설하는 등 미국의 태양광 제조 기업들은 자국 내에 생산시설 확대에 나서고 있으며, 이에 반해 미국 정부 제조 기업들의 보호를 위해 대만 및 중국 등 아시아 권역 태양광 기업에 대한 부정적인 인식이 커지고 있는 추세이다. 2016년 신재생에너지 공급의무화 제도(RPS) 데드라인을 맞추기 위해 전력회사들의 발전전력 수급 계약서(PPA) 예상되는 물량이 2[GW]에 달하며, 가정용 태양광발전 수요도 큰 폭으로 성장하고 있는 추세이다. 중국 정부에 대한 제재 조치를 논의하여 태양광 설치비용이 향 후, 급성장 할 것으로 예측되나 미국 내 에너지 비용 및 인건비등 물가가 안정되면서 미국 제조 기업들의 제조 환경이 개선되고 있으며 강력한 내수시장과 정부의 보호 정책을 배경으로 미국 태양광 기업들의 경쟁력은 크게 증진 될 것으로 사료된다.[8][22]

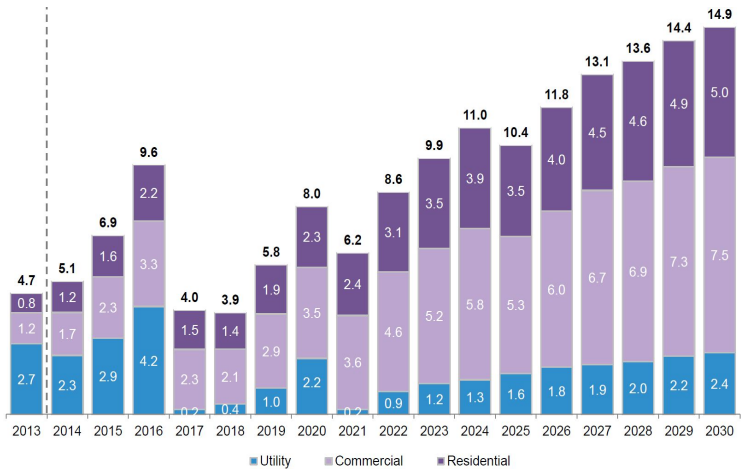


Fig. 6 The current state and prospect of the US PV system market

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 1은 Bloomberg의 자료에 의한 국가별 태양광발전 현황 및 전망을 나타내며 태양광 시장을 이끌었던 독일은 가정용 태양광발전을 중심으로 재편될 것으로 보이고, 효율이 높은 모듈로 교체하고자 하는 성향이 서서히 생겨날 전망으로 성장단계를 지나 성숙단계에 진입하고 있다. 석탄 사용에 다른 대기오염이 심한 칠레의 경우 풍력 및 태양광 등의 신재생에너지 보급을 위한 많은 노력을 하고 있다. 이산화탄소 배출량에 따라 세금을 부과할 계획으로 이러한 법안이 통과될 경우 태양광 시장은 더욱더 촉진될 전망이며, 설치량은 더욱 증가할 것이다. 그림 7과 같이 아프리카 지역은 높은 일사량 등의 태양광에 적합한 기후를 가지고 있으며, 인 가 분산되어 거주하는 특성에 따라 가스 및 석탄 등 중·대형발전보다는 분산전원 수요가 매우 큰 지역으로 잠재력이 높고 남아프리카 지역 최대 태양광 설치 국으로 화두에 오를 전망이다.[23]

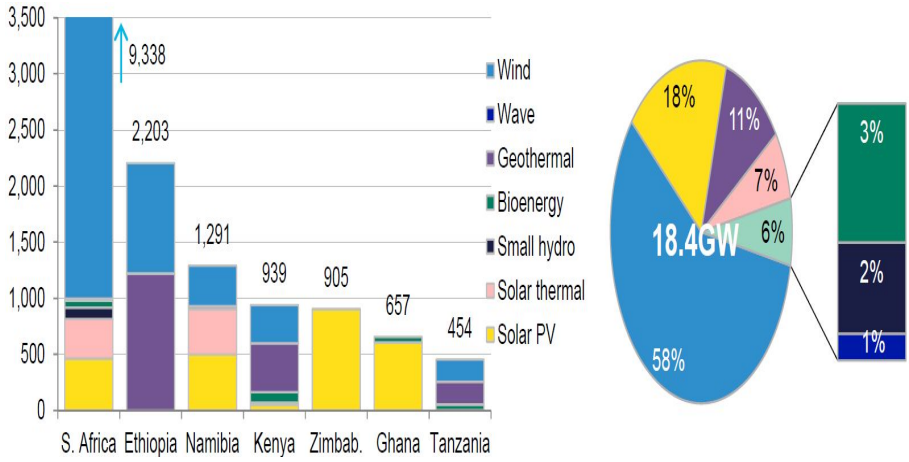


Fig. 7 The renewable energy industry current state of the African continent

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1 PV system current state and prospect by country

Conservative					Optimistic		
	2013	2014	2015	2016	2014	2015	2016
UK	1,005	1,921	1,408	1,169	2,232	1,858	1,448
Israel	139	193	194	195	277	348	349
Japan	7,092	10,300	11,400	12,072	11,900	13,199	15,838
Korea	361	350	340	340	440	440	440
China	12,920	12,000	13,061	16,067	14,000	15,072	18,086
Taiwan	175	70	70	70	170	200	201
USA	4,670	4,615	6,209	8,657	5,640	7,588	10,581
Canada	435	586	581	313	785	720	501
Germany	3,304	2,100	2,100	2,300	2,800	2,800	2,900
Belgium	207	180	204	120	237	280	152
Netherlands	300	361	435	440	420	507	515
Portugal	45	53	53	53	72	70	74
Spain	143	0	30	36	30	90	135
Italy	1,812	830	600	630	1,530	1,200	920
France	612	950	950	950	1,050	1,050	1,050
Australia	859	773	902	932	793	942	993
India	968	892	3,116	3,120	1,100	3,561	3,570
Austria	263	316	379	455	368	368	368
Bulgaria	10	12	14	17	13	16	21
Greece	995	16	18	22	100	120	156
Czech Republic	60	0	0	0	0	0	0
Slovakia	4	7	8	8	11	15	15
Turkey	6	230	431	637	380	792	559
Thailand	429	295	225	400	317	370	390
Slovenia	32	0	0	0	0	0	0
Ukraine	370	20	20	20	50	30	30
Romania	1,101	110	13	17	170	26	34
Russia	0	35	140	189	35	140	189
Other Balkans	9	7	29	41	9	39	56
Denmark	216	238	261	287	248	286	329
Switzerland	300	250	250	251	300	30	301
Brazil	7	48	116	176	48	134	177
Mexico	57	100	160	267	132	203	408
Chile	9	503	770	992	574	826	1,045
Other SE Asia	125	136	306	392	210	335	357
Rest of Latin America	60	271	320	471	222	458	413
South Africa	177	492	335	392	601	409	479
RoW	1,043	3,400	4,150	5,535	4,703	6,348	7,481
Total	40,319	42,659	49,597	58,030	51,967	61,141	70,559

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

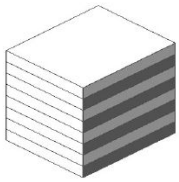
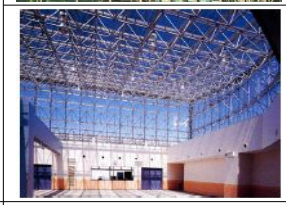
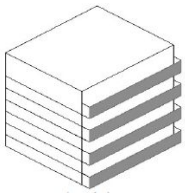
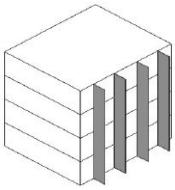
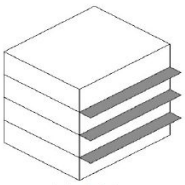
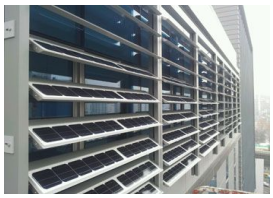
C. 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)

건물통합형 태양광발전시스템은 건물과 통합적으로 건물 외피 성 요소로 적용하여 자체 건물 내 전력수요를 충당하며, 기존 건물의 외피 자재를 대체하는 역할을 하는 등, 전력제어장치, 설치자재, 건물 통합형 디자인을 통하여 기준 신축, 개축공사에 포함하여 태양광발전 설치비용을 대폭 절감의 효과를 기대할 수 있다. 특히 결정계 태양전지 PV모듈은 성능측면에서 현재 주류를 이루고 있으며, 건물의 외장재로 사용하는 경우 태양전지의 온도상승에 따른 단점에 따라 발전성능이 저하 되는 문제점으로 환기 조 유무, 단열재의 설치 조 및 부착방식 등에 따라 발전성능이 크게 달라질 수 있으며, 건물의 열 성능에 끼치는 영향과 온도 상승으로 인한 PV모듈의 발전성능 저하 등을 포함하여 건축화 전반에 관한 종합적인 고려가 이루어져야 최적화 된 BIPV 시스템 성할 수 있다. 최근, 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)은 건물 외피에 적용하는 위치에 따라 지붕 통합형과 입면 통합형으로 분할 수 있다. 지붕 통합형의 경우 단독주택은 지붕각도를 태양광발전이 최적화 되는 각도로 설계 하여 건물과 완벽하게 통합된 디자인으로 짓게 되며, 현재 시장에 나와 있는 PV타일, PV싱글, PV지붕 금속관 등 기존 지붕자재와 함께 사용하여 일체화된 느낌으로 유지할 수 있다. 단열지붕 판넬과 PV판넬이 일체화된 제품은 기존건축물과 신축건축물의 지붕단열을 높일 수 있고 태양광 발전과 함께 이중 효과의 큰 기대를 할 수 있으며, 그 외에도 소, 학교, 공공기관 등, 면적이 큰 건물 유형에 적합한 방식이다. 건물 입면에 PV시스템을 적용하는 입면 통합형의 경우 커튼 월에 통합하는 방법이 있으며, 그 외에도 금속판넬, 벽돌, 석재를 대신하여 PV모듈을 건물에 통합적으로 적용하는 방법이 있고, 채광용도 및 차양의 방법을 적용하여 차양각도를 최적화 각도로 맞추어 태양전지에 차양간 음영으로 인한 그림자가 떨어지지 않도록 유의하여 디자인 하는 방법이 있다. 현재 건물 일체형 태양광발전시스템(BIPV)이 국내·외 시장에 다양한 종류의 시스템이 적용되어 태양광 발전 시장에 주류를 이루고 있으며, 다음의 표 2는 입면 통합형 으로 커튼월형, 발코니형, 수직차양형, 수평차양형 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)적용 사례이며, 표 3은 지붕 통합형으로 경사지붕형, 평지붕형, 아트리움형, 캐노피 지붕형 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 적용사례이다.[11][12]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

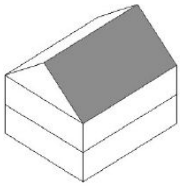
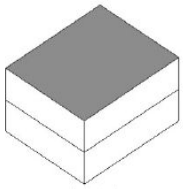
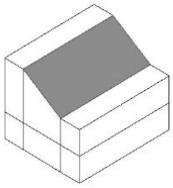
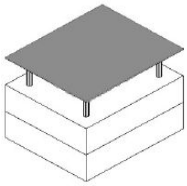
Table 2 The domestic-foreign elevation integrated BIPV applications

방식	적용사례	장점과 단점
 커튼월형		·스팬드럴 ·장점: 별도 설비 없이 설치 가능 (커튼월) 단/다결정 사용하여 발전효율증가 ·단점: 수직면에 적용되어 발전효율 하락
		·비젼글라스 ·장점: 별도 설비 없이 설치 가능 (커튼월) 별도의 장치없이 적절한 조도 유지 ·단점: 반명성으로 인해 발전효율 하락
 발코니형		·발코니난간 ·장점: 반투명 태양전지로 채광성 유지 집합주거에 적합 ·단점: 반투명성으로 인해 발전효율 하락
 수직 차양형		·수직고정식차양 ·장점: 동/서측 입면에 적합한 응용방법 차양효과, 발전효과를 동시에 얻음 ·단점: 시각적 차단감
 수평 차양형		·수평고정식차양 ·장점: 신건축물에 쉽게 장착가능. 차양간 거리를 조정필요. 차양, 발전기능을 효과적으로 적용 가능 ·단점: 시공비가 비싸다.
		·수평자동식차양 ·장점: 고정식에 비해 40[%]이상 발전량 증가. 자체적으로 최적의 발전효율 각도 유지 가능 ·단점: 고정식차양보다 고가

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3 The domestic-foreign roof integrated BIPV applications

방식	적용사례	장점과 단점
 경사 지붕형		·지붕슬레이트/싱글 ·장점: 별도 전기 설비 없이 설치 및 시공이 간편 기존 슬레이트와 시각적 조화증가 ·단점: 고가, 적용에 제한
		·금속관 지붕 돌출이음 ·장점: 채광변화에 영향을 적게 받고 시공이 간편 긴 스팬을 간편하게 덮을 수 있다 ·단점: PV금속판 지붕길이 제한(5.5[m])
		·지붕태양전지패널 ·장점: 발전 효율이 높고 시공이 간편하다 ·단점: 단조로운 건축디자인 우려 방수처리가 어렵다
 평지붕형		·지붕단열판넬 ·장점: 발전과 단열 증가의 이중효과 개축 및 신축공사에 적용 가능 발전 효율이 높다 ·단점: 단조로운 건축디자인 우려
 아트리움 형		·아트리움천장 ·장점: 태양전지를 유리판 사이에 접합 용이 아트리움 내부에 적절한 채광성 유지 ·단점: 표준화가 어렵고, 건축별 특별주문필요
 캐노피 지붕형		·캐노피 지붕 ·장점: 여름철 과한 직사일광 최소화 태양광발전의 이중효과 ·단점: 표준화가 어렵고, 건축별 특별주문

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 폴리실리콘

2014년 폴리실리콘의 가격밴드는 3월 이후 안정세를 유지하고 있으며, 공장 가동률은 85~90[%]에 달하고, 선도 기업들의 공장설비 가동률은 100[%]에 도달할 것으로 파악되고 있으며 폴리실리콘의 가격 하락으로 생산이 중단되었던 시설들도 가동이 재개되고 있어, 하반기 수요 증가로 공장 가동률은 더욱 상승할 가능성이 높고 그림 8과 같이 2014년 생산량은 약 300,000[ton]으로 추정되며, 2015년 수요량은 250,000~270,000[ton]에 도달할 것으로 예상하고 있다. 2014년 하반기는 태양광 수요가 집중되어 있는 성수기로서 폴리실리콘 수요량이 크게 늘어날 것으로 예측하며 폴리실리콘의 신규 가동 예정인 공장이 거의 없기 때문에 하반기 수급은 상반기보다 증가 할 것이며, 표 4와 같이 가격밴드는 $21~23/kg으로 New Energy Finance에서는 전망하고 있다. 현재 Wacker, Hemlock, GCL, OCI 등 주요 기업들의 폴리실리콘 생산단가는 $16~18/kg 정도로 추정되면서 약간의 이익은 나고 있는 상황이지만 중국 업체들의 생산단가는 $20/kg 이상으로 파악되면서 품질 및 가격 경쟁력 부분에서 선도 기업 대비 떨어지고 있고, 현 가격대에서는 선도 기업들의 이윤은 보장되지만 후발업체들의 이윤이 낮아 업체 간의 격차가 더욱 넓혀질 것으로 전망하고 있다.[8][23]

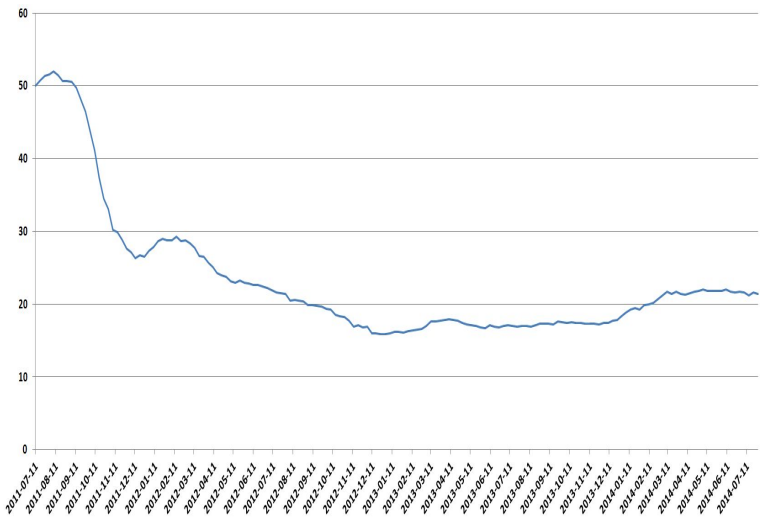


Fig. 8 Polysilicon production of the domestic-foreign companies

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4 Production current state of the domestic-foreign polysilicon companies

Company	Country	Approx. cash cost ($/kg)	Potential production 2014(tonnes)	Cumulative capacity (tonnes)
GCL (fluifised bed reactor, FBR) (HKEX:3,800)	China	10	1,000	1,000
REC Silicon(FBR) (Oslo: REC)	US	14	15,000	16,000
DAQO (NYSE: DQ)	China	14	6,150	22,150
SunEdison & Samsung JV (FBR)	Korea	15	2,000	24,150
GCL-Poly (siemens)	China	15.5	65,000	89,150
SunEdison Semiconductor (FBR) (NYSE: SEMI)	US	17	8,500	97,650
Wacker Nunchritz (ETR: WCH)	Germany	17	15,000	112,650
Hemlock Michigan	US	17	32,000	144,650
Tokuyama Malaysia II	Malaysia	17	2,000	146,650
TBEA (SH: 600,089)	China	18	18,000	164,650
OCI Seoul: 010,060)	Korea	18	34,000	198,650
Hanwha Chemical	Korea	18	6,500	205,150
Tokuyama Malaysia I	Malaysia	20	3,000	208,150
Wacker Burghausen	Germany	20	37,000	245,150
Renesola (NYSE: SOL)	China	20	5,000	250,150
China Silicon	China	21	10,000	260,150
LDK	China	23	2,000	262,150
REC Silicon	US	23	3,000	265,150

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 웨이퍼 및 태양전지

건물 일체형 및 지붕 형 태양광 설치가 늘어남에 따라 설치공간이 제한되어 있는 지붕형의 경우 최대한 공간효율을 극대화해야 하기 때문에 고효율의 태양전지가 필요하다. 태양전지는 현재 실용화되어 주로 사용되고 있는 단결정 실리콘 태양전지는 반도체 분야의 기술과 더불어 더욱 발전되어 왔으며, 기술의 신뢰성이 높고 현재 효율은 약 15[%] 수준이지만, 올해 18[%] 까지 늘어날 전망이며, 박막 태양전지의 경우 기판에 반도체를 코팅하는 공법으로 모듈 공정까지 인라인화 및 모듈의 저가형으로 획기적인 잠재력을 가지고 있고 $CuInSe_2$(CIS 및 CIGS) 태양전지의 경우 효율이 약 17.6[%]에 다 달았으며, CdTe 태양전지는 약 13[%]의 효율 값을 달성하였다. 단위박막 및 태양전지 소자 현을 위한 기술은 선진국의 약 70[%] 정도 수준으로 인식되며 고효율화를 위한 가 활발히 진행되고 있다. 세계적으로 최대 규모를 자랑하는 단결정 실리콘 웨이퍼 업체인 Longi사는 약 15억 위안을 들여 잉곳 및 웨이퍼 설비량을 증설 할 예정이라고 전해지며, 대규모의 웨이퍼 생산용량을 가지고 있는 GCL 및 Canadian Solar 합작 법인 회사는 올해 최대 규모인 1.2[GW] 태양전지 합작법인회사를 추가로 설립 할 예정이라고 한다.[8][14]

3. 태양광 모듈

태양광 모듈 생산 기업들의 생산단가가 지속적으로 하락하고 있는 추세이며, 2013년 2분기 이후에 큰 폭으로 떨어지고 있는 것으로 조사되었고 선도 모듈기업의 제조단가는 $0.6/W에 도달하였으며 후발업체와는 약 29[%] 정도의 가격경쟁력을 확보한 것으로 파악되고 있다. 그림 9와 같이 한국수출입은행 자료에 의하면 2014년 2분기 이후 주요 태양광 모듈 기업들 중 중국의 태양광 기업들은 중국개발은행 자금을 토대로 건설 후 매각 및 BOT방식으로 사업개발에 참여하고 있으며 SunPower 및 First Solar 회사도 대형 프로젝트 개발 사업 매출 비중을 빠르게 확장하고 있다. 현재 사업 개발과 관련하여 금융권과 결합한 다양한 상품들을 계획 중이며 향 후, 모듈 제조사들의 사업 개발 참여는 더욱더 활발해 질 것으로 예상되고, 그림 10과 같이 모듈 기업의 제조 단가에 관한 가격하락 압력의 문제점으로 직접적인 사업 개발이 이를 극복하기 위한 방안으로 자리 잡고 있다.[8][23]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

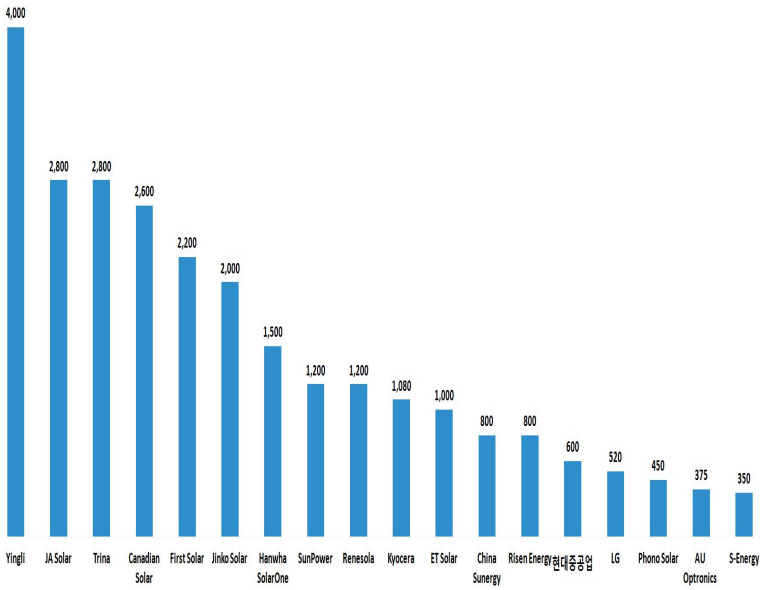


Fig. 9 PV system module production capacity of the domestic·foreign companies

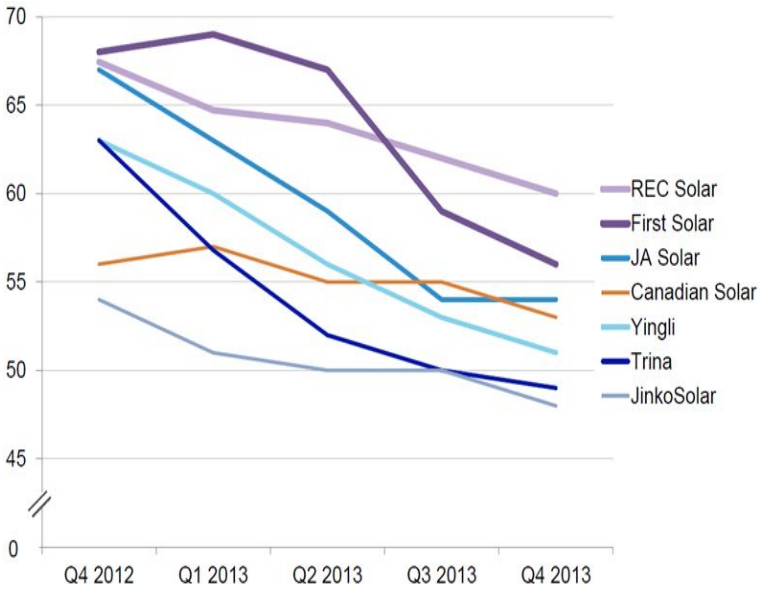


Fig. 10 Manufacturing unit cost of the PV system module companies

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실 험

A. 시스템 성

현재 이 건물 지붕의 태양광 설비는 앞·뒤로 A동 45.0[kW], B동 54[kW] 총 99[kW]이며, 좌측면은 모듈의 수평면으로 설치되어 있고 우측면은 경사면으로 설치되었다. 그림 11과 같이 좌측면과 우측면 총 합계 250[W] 모듈 396장이 설치되었으며, A동, B동 수평면과 경사면 모듈의 용량은 각각 49.5[kW] 이다. 건물의 지붕은 가장 일사량이 좋은 시간대인 남쪽 방향으로 모듈을 설치하기 위해 동쪽의 지붕각도를 따라 동쪽으로 10°로 기울기를 주었고, 남쪽으로 25°로 모듈 각도를 주었으며 서쪽은 수평을 맞춘 다음 남쪽 방향으로 모듈 각도를 주어 설계 하였다. 아침 해가 뜨기 시작하여 우측의 경사면 모듈에서 발전을 먼저 시작하면서 해가 중앙에 위치하는 12시~13시에 수평면 모듈과 경사면 모듈에서 최고 발전량을 보일 것으로 예상하고 있으며, 100[kW]급 건물지붕형 태양광발전시스템의 출력특성 분석을 위해 좌측면과 우측면의 수평면과 경사면의 차이를 두어 성하였다.

Fig. 11 Left side and right side of 100kW building roof-top PV system

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

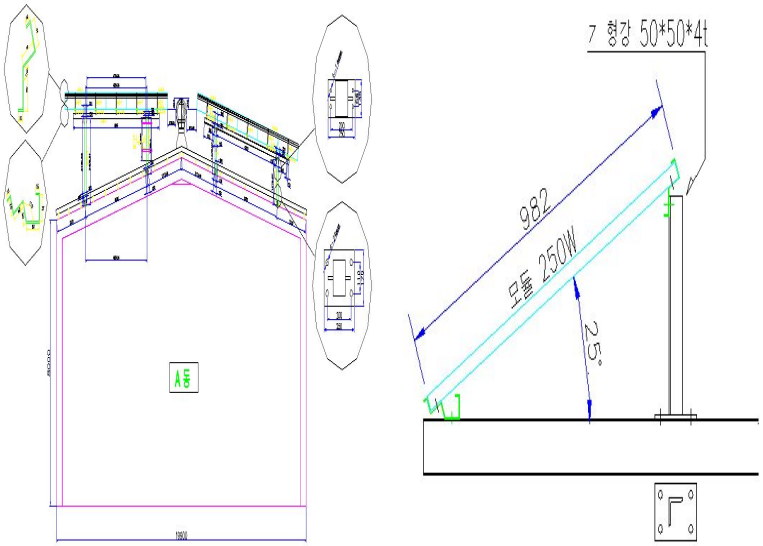


Fig. 12 The 100kW PV system module plot plan

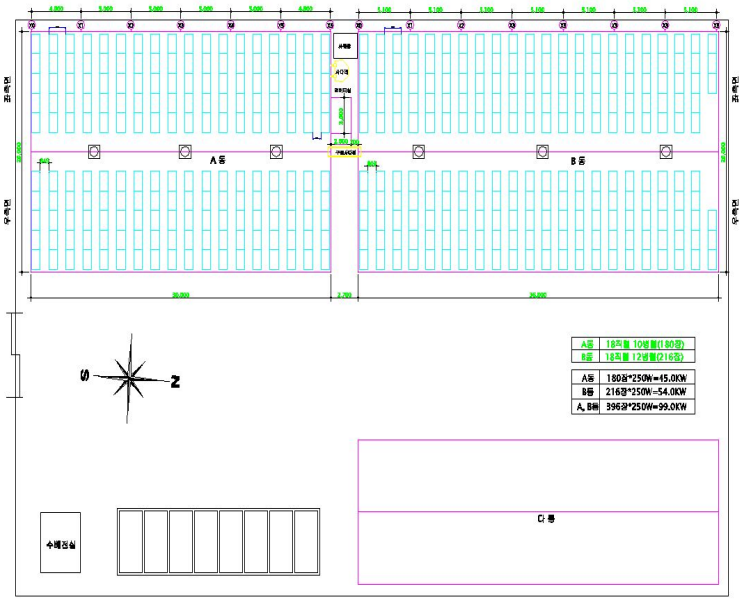


Fig. 13 The PV system module installation side view

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5 The specifications of module

모델명		HS250ME-V01
Maximum power	P_{max} (WP)	250
Maximum power voltage	V_{mp} (V)	30.05
Maximum power current	I_{mp} (A)	8.20
Open circuit voltage	V_{oc} (V)	37.9
Short circuit current	I_{sc} (A)	8.57
Cell type / No. of cells	156×156 (6×6 in.) Multi-crystalline silicon/60[cells] (6×10) matrix)	
Module efficiency	%	15.62

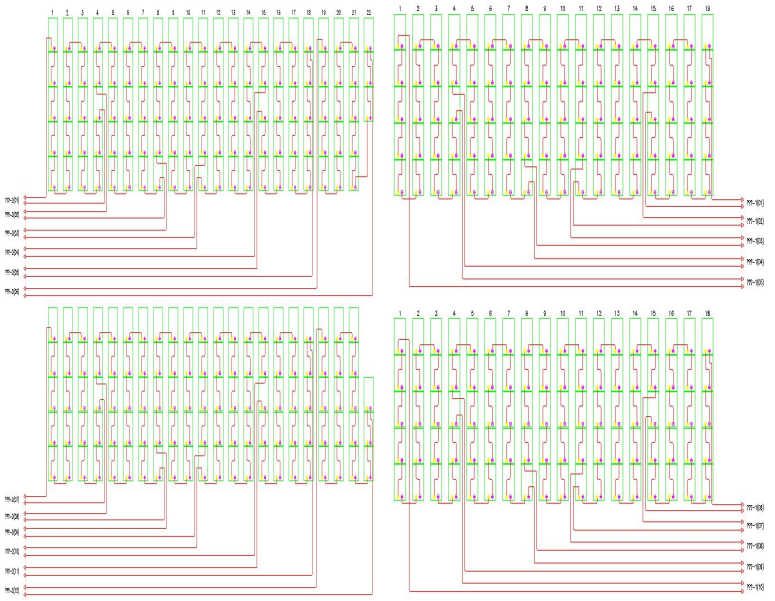


Fig. 14 The PV system module wiring diagram

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

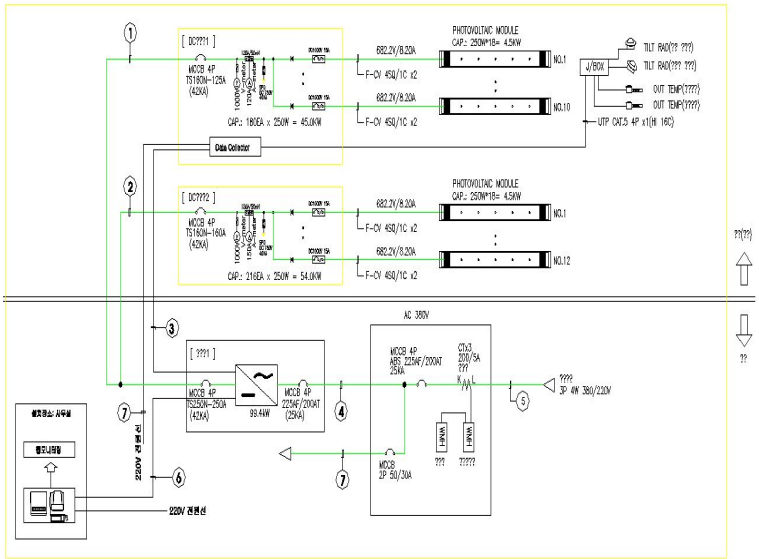


Fig. 15 The PV system schematic

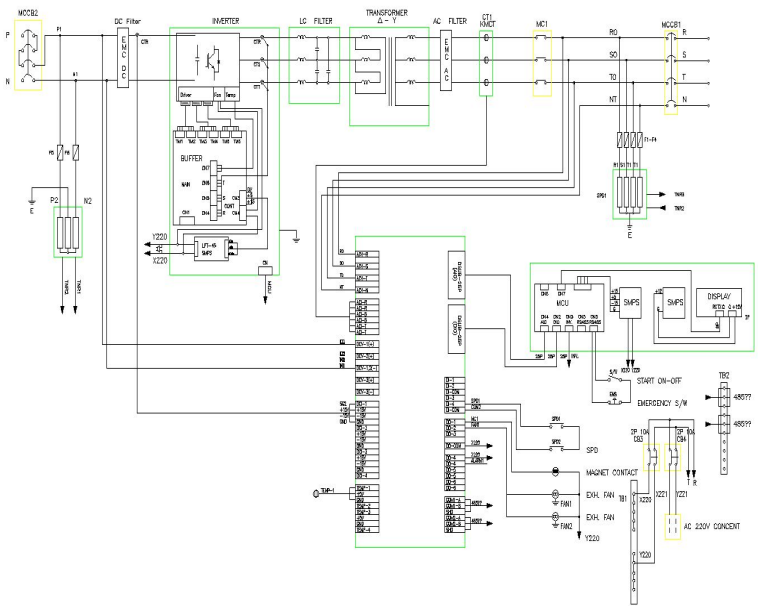


Fig. 16 The schematic of inside inverter

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 실험 방법

1. 일사량에 따른 발전량

광주광역시에 위치한 100[kW]급 건물지붕형 태양광발전시스템의 출력특성에 관한 를 진행하기 위해 광주광역시 기상청으로부터 제공받은 자료를 바탕으로 1년간의 (2014년6월~2015년5월) 일사량, 모듈온도에 따른 특성을 비교 분석하였다. 신·재생에너지센터 자료 기준으로 태양광 모듈의 평균적인 최적화된 각도는 30°로 설치 시 효율이 높고, 일별 태양광발전 전기 생산 가능시간은 평균 3.72시간으로 알려져 있다. 본 실험에 이용된 태양광 모듈은 25° 각도로 설치하였고, 수평면과 경사면으로 50[%]씩 성 되어 있으며 이는 수평면과 경사면에 따른 일사량과, 모듈온도에 따른 발전량의 차이를 비교하기 위함이다.[24]

그림 17은 2014년과 2015년의 100[kW]급 태양광 발전량시스템에서 월별 누적 발전량 자료이며, 2014년에는 5월이 16,590[kWh]로 최대 발전량을 보였으며, 다음으로 4월 13,229[kWh], 10월 12,434[kWh], 6월 12,020[kWh], 9월 11,796[kWh] 순으로 발전량이 높았다. 2015년 또한 5월이 15,828[kWh]로 최대 발전량을 보였고, 다음으로 3월 14,545[kWh], 8월, 9월, 10월은 각각 12,173[kWh], 12579[kWh], 12439[kWh] 순으로 유사하였으며, 4월, 6월, 7월은 각각 11,268[kWh], 11,156[kWh], 11,110[kWh]으로 유사하였다. 표 6은 광주광역시 기상청 자료를 바탕으로 한 일별 일사량 값이며, 표 7은 일별 발전량 값으로 일사량에 따른 수평면 및 경사면 모듈의 전체 발전량을 비교하기 위한 자료이다. 체크되어 있는 네모박스 부분은 600[kWh] 이상의 일별 발전량 및 해당 일의 일사량을 표기하였고, 짙은 색표기 되어 있는 부분은 500[kWh] 이상의 일별 발전량 및 해당 일의 일사량을 표기 하였다.

결과적으로 5월이 일사량에 따른 발전량이 높았으며, 3월, 4월, 10월, 9월순으로 그 뒤를 이었고 평균적으로 춘계와 추계에 일사량 및 발전량이 높다는 것을 확인하였다. 반면에, 11월부터 2월까지 동계기간에는 일사량 및 발전량이 현저하게 감소하였으며, 대체적으로 일사량 및 발전량은 비례적으로 증가하는 결과를 확인하였지만 하계의 경우 높은 일사량에 비해 오히려 발전량이 감소하는 문제점을 확인하였고 이를 근거로 하여 수평일사량과 경사면일사량, 모듈온도에 따른 발전량을 비교 검토한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 17 Annual power quantity from June 2014 to May 2015

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6 The date of insolation from June 2014 to May 2015

월 / 일	2014. 6	7	8	9	10	11	12	2015. 1	2	3	4	5
1	9.49	22.17	9.14	19.82	14.21	4.48	4.87	6.49	14.6	9.72	6.6	18.42
2	5.29	6.56	1.95	5.9	11.34	7.03	5.58	4.08	12.7	18.7	14.41	19.07
3	5.38	3.18	5.13	3.95	15.46	14.35	5.66	10.43	11.68	7.52	8.68	3.4
4	18.42	9.97	2.46	19.14	18.78	14.87	7.25	9.64	6.09	17.56	7.38	23.68
5	16.33	9.34	18.06	20.27	18.37	14.27	5.28	7.03	7.58	15.92	3.34	26.85
6	17.62	3.67	13.2	15.56	18.37	11.34	10.24	11.8	13.64	16.01	3.73	17.03
7	18.25	8.27	5.42	19.73	18.08	12.66	7.63	11.43	6.35	17.82	13.49	25.54
8	16.49	14.13	16.2	19.62	15.87	4.14	7.9	9.66	9.7	17.54	18.86	20.43
9	13.99	7.97	23.99	14.25	16.26	12.76	11.38	7.3	14.82	16.87	20.17	23.19
10	16.86	25.21	13.58	22.13	18.04	13.48	3.89	11.7	11.87	20.14	21.65	24.71
11	24.32	20.5	22.29	18.14	17.82	10.83	6.43	10.66	9.72	16.87	22.37	7.48
12	13.21	11.9	22.03	6.57	3.15	7.7	5.88	12.09	12.74	19.87	11.2	24.42
13	20.06	13.89	6.01	21.51	7.87	6.11	7.33	8.93	15.49	1.68	5.51	26.85
14	20.59	20.26	5.03	16.36	15.63	9.03	11.09	2.06	13.88	17.44	11.62	19.92
15	21.97	6.16	16.51	15.43	17.57	7.69	7.59	8.56	1.97	16.66	21.48	12.03
16	21.23	13.06	20.34	17.11	14.84	8.79	3.69	1.73	1.07	17.95	20.79	27.05
17	11.06	3.46	4.07	14.09	17.76	8	3.22	12.7	9.78	15.8	23.35	21.07
18	21.9	7.64	6.33	12.21	17.01	12.29	13.88	10.33	2.76	1.4	13.51	6.63
19	21.76	13.46	5.62	9.89	14.5	12.39	0	9.04	15.76	17.75	4.23	23.45
20	17.37	19.28	7.14	15.34	2.17	12.02	0	11.34	13.62	15.06	2.16	28.02
21	7.31	21.29	9.66	20.15	5	8.93	0	1.31	1.76	18.19	23.08	27.16
22	14.01	17.33	19.64	18.29	10.84	8.16	0	4.61	10.7	19.81	21.83	22.66
23	12.68	18.84	18.48	8.21	14.77	6.57	2	10.68	14.68	22.05	20.14	14.67
24	17.68	17.15	3.8	3.85	15.33	0.72	6.51	11.27	16.14	21.7	19.48	26.8
25	18.54	22.68	4.02	17.03	15.44	8.03	10.7	5.04	5.54	21.8	25.21	27.67
26	16.9	14.23	13.99	13.02	15.5	8.68	11.23	1.55	13.64	21.99	24.45	28.19
27	24.02	24.01	8.47	16.4	16.27	10.9	10.68	9.77	15.05	14.97	23.86	26.95
28	22.66	9.22	5.83	18.42	16.04	1.25	6.29	11.93	5.4	15.06	7.14	24.53
29	17.75	19.39	11.5	3.07	8.82	10.48	7.64	2.02		18.39	9.52	23.64
30	21.38	22.36	18.65	12.47	8.3	1.68	9.85	10.46		20.09	15	11.22
31		22.02	11.18		1.24		4.46	14.27		1.38		25.12

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 7 The date of power quantity from June 2014 to May 2015

월 / 일	2014. 6	7	8	9	10	11	12	2015. 1	2	3	4	5
1	223	459	261	575	394	108	168	1	507	319	158	483
2	219	159	37	134	306	202	51	5	424	578	302	450
3	88	63	119	83	420	440	156	244	383	186	245	131
4	334	228	68	502	566	487	185	333	187	580	234	615
5	361	248	454	520	566	466	31	196	232	511	83	672
6	413	78	289	391	565	328	261	409	428	492	94	424
7	416	160	123	494	486	435	213	391	160	553	401	628
8	374	331	333	514	470	118	311	271	268	521	569	519
9	422	165	595	356	471	410	403	224	518	518	516	579
10	406	561	396	600	537	442	131	411	326	640	592	580
11	549	454	550	528	537	336	169	368	328	589	595	183
12	423	220	491	166	79	291	180	422	443	621	302	645
13	483	329	143	574	259	160	134	294	535	63	145	640
14	525	480	131	433	497	319	379	50	436	533	313	459
15	554	149	386	383	536	215	243	278	45	488	565	282
16	514	351	482	457	488	268	168	39	18	486	239	637
17	272	69	110	388	554	248	1	456	308	424	630	501
18	536	158	150	273	531	321	8	377	67	29	346	178
19	471	322	169	301	444	496	83	278	505	449	105	458
20	388	451	163	511	36	404	236	407	391	416	59	668
21	168	499	241	573	99	269	273	25	31	510	628	643
22	327	368	488	560	317	255	36	194	315	568	566	547
23	342	498	401	192	485	182	284	383	460	668	478	373
24	403	423	87	106	-	12	217	356	504	646	483	623
25	394	475	101	169	-	288	377	133	150	638	646	632
26	446	375	359	-	-	249	382	50	464	633	617	629
27	551	530	204	420	520	291	363	326	451	406	584	621
28	534	206	159	519	514	22	176	405	144	413	155	546
29	389	437	284	73	264	312	179	18		496	200	590
30	496	514	517	342	232	37	342	317		535	419	287
31		543	282		22		179	506		36		605

dCollection @ chosun

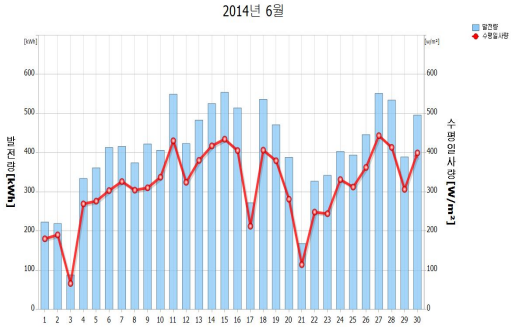
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 실험결과 및 고찰

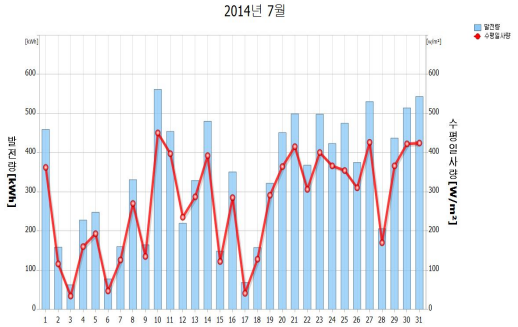
A. 계절별 수평일사량에 따른 발전량

1. 일별특성

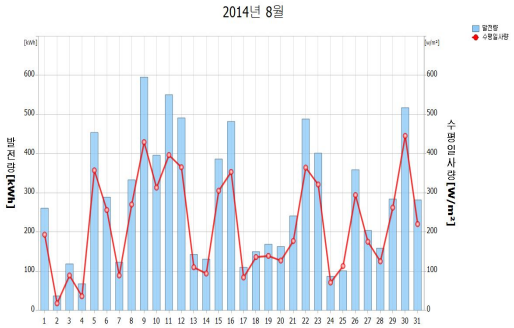
그림 18은 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 일별 평균 수평일사량에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 현재 건물 지붕의 수평면 모듈이 일사량에 따라 발전량이 비례하는 것을 확인하였으며, 6월, 7월에는 일별 평균 일사량이 380~420[W/㎡]일 시 최대 발전량을 보였고, 8월과 9월에는 380~400[W/㎡], 10월 350~370[W/㎡], 11월 290~320[W/㎡], 12월과 1월에는 250~270[W/㎡], 2월 280~300[W/㎡], 3월 320~350[W/㎡], 4월 360~400[W/㎡] 5월 380~400[W/㎡] 이상일 시 일별 최대 발전의 조건임을 확인하였고 평균적으로 일별 일사량이 380~400[W/㎡]의 범위에서 최대 발전을 하는 것을 알 수 있었다.



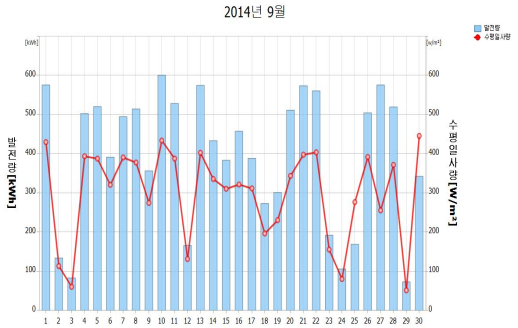
(a)June 2014



(b)July 2014



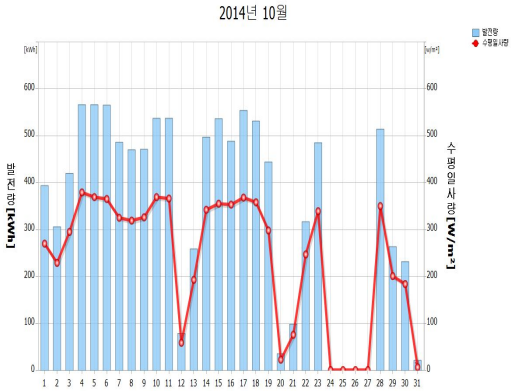
(c)August 2014



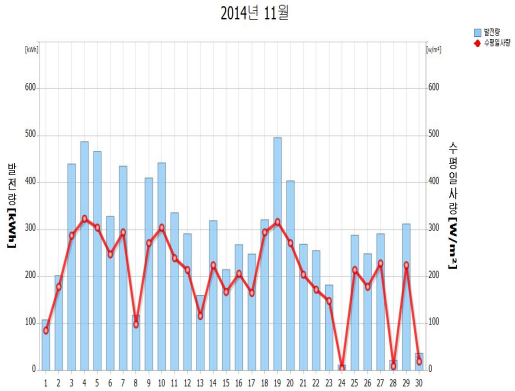
(d)September 2014

Collection @ chosun

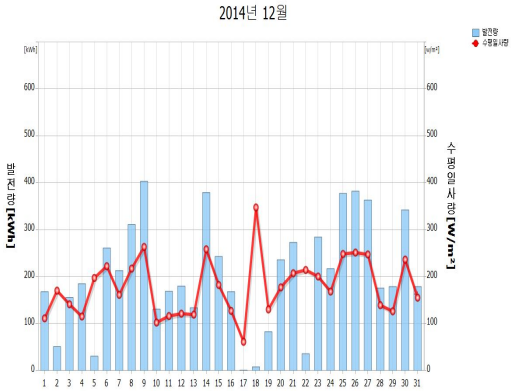
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



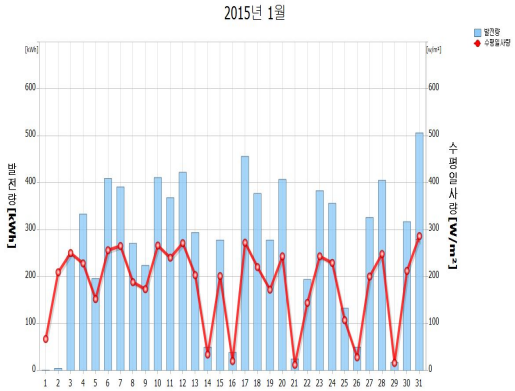
(e)October 2014



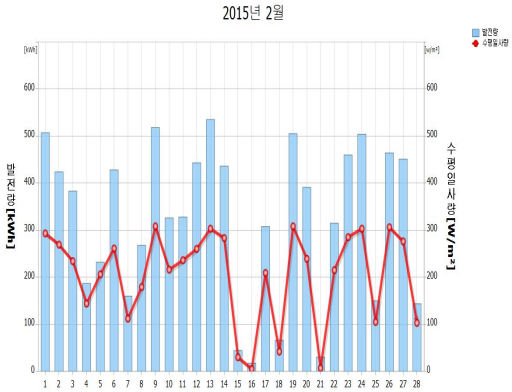
(f)November 2014



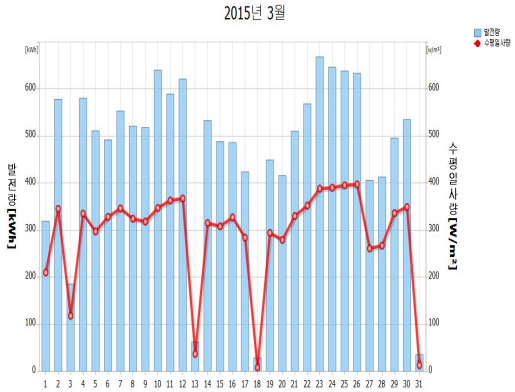
(g)December 2014



(h)January 2015



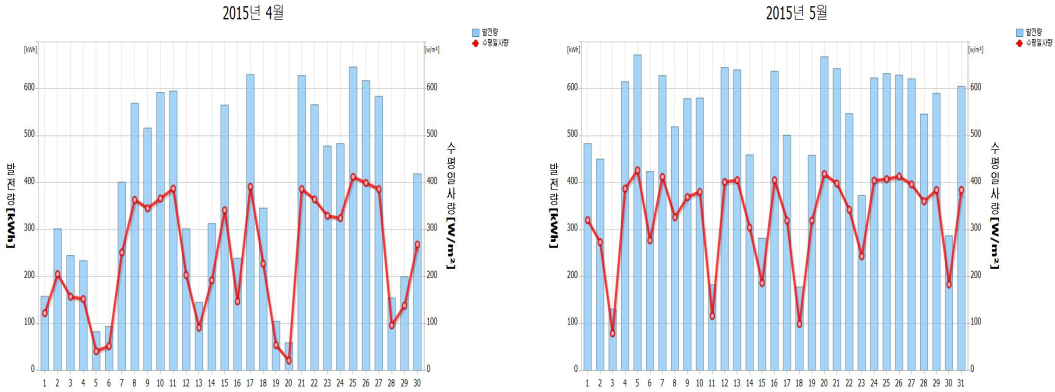
(g)February 2015



(h)March 2015

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(i)April 2015 (j)May 2015

fig. 18 The date of power quantity by horizontal irradiance

2. 월별특성

그림 19는 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 월별 평균 수평일사량에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 일사량은 5월에 326[W/㎡]로 가장 높았으며, 다음으로 6월 312 [W/㎡], 3월 290[W/㎡], 9월 288[W/㎡], 10월이 276[W/㎡] 순으로 높은 일사량이 관측되었다. 수평일사량 및 발전량이 비례적으로 증가하는 것을 확인하였지만 일사량이 증가하여도 오히려 발전량이 감소하는 문제점을 확인하였다. 이는 일사량에 의해 모듈온도가 높아지면서 오히려 발전량이 감소되는 문제점으로 판단된다.[1][4]

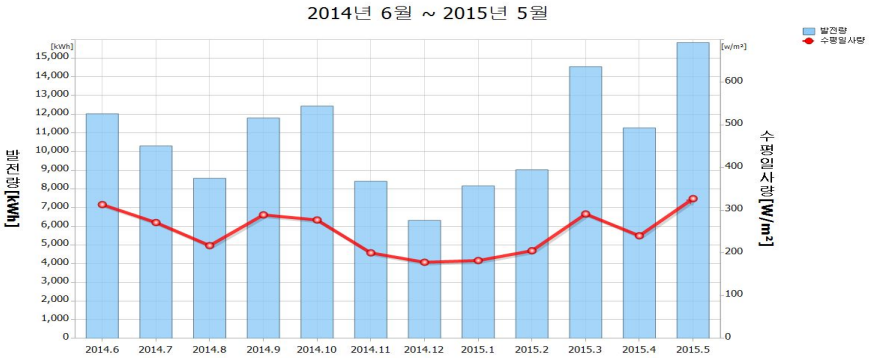


fig. 19 Monthly power quantity by horizontal irradiance

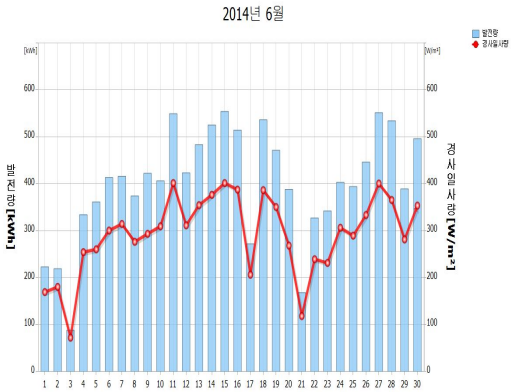
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

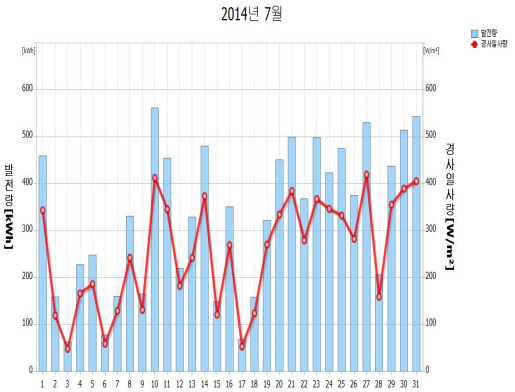
B. 계절별 경사일사량에 따른 발전량

1. 일별특성

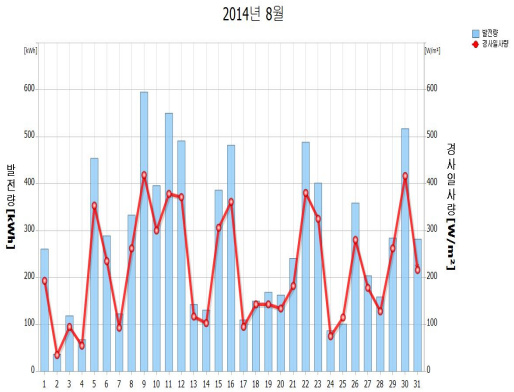
그림 20은 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 일별 평균 경사일사량에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 건물 지붕의 경사면 모듈이 일사량에 따라 발전량이 비례하였으며, 6월, 7월, 8월에는 일별 평균 일사량이 380~420[W/㎡]일 시 최대 발전량을 보였고, 9월에는 420~480[W/㎡], 10월, 11월 420~520[W/㎡], 12월, 1월에는 420~450 [W/㎡], 2월 400~450[W/㎡], 3월 450~490[W/㎡], 4월 400~450[W/㎡], 5월 400~420 [W/㎡] 이상일 시 일별 최대 발전의 조건임을 확인하였고 경사일사량의 경우 평균 400~450 [W/㎡] 범위에서 최대 발전을 하였고 반면에 격차가 큰 문제점이 발생하였다.



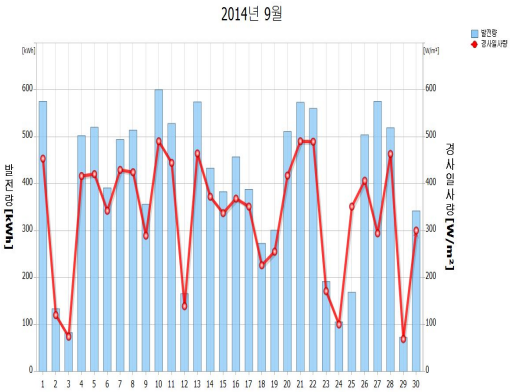
(a)June 2014



(b)July 2014



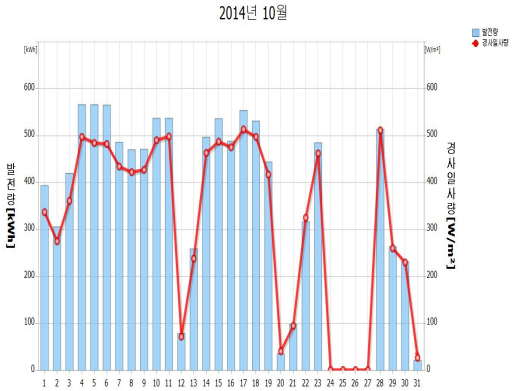
(c)August 2014



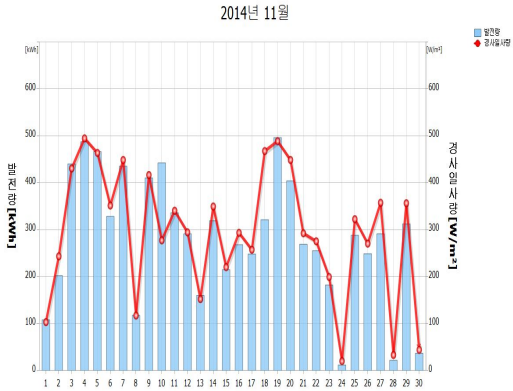
(d)September 2014

Collection @ chosun

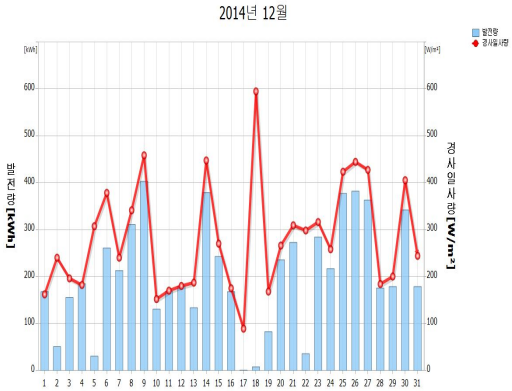
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



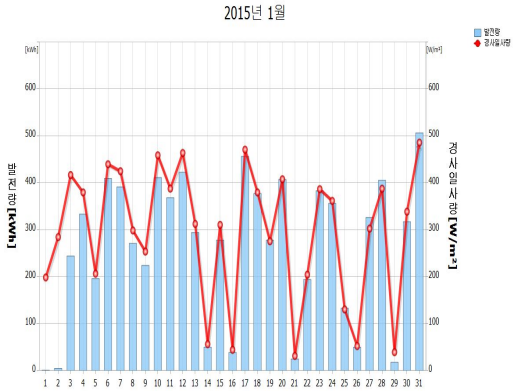
(e)October 2014



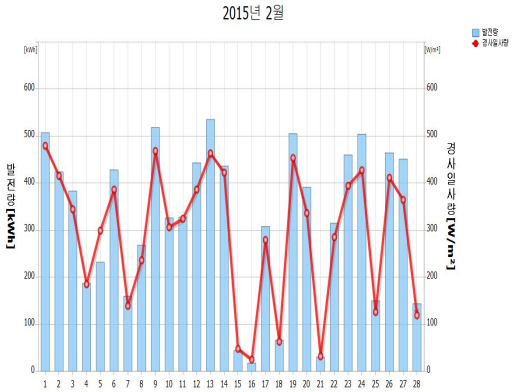
(f)November 2014



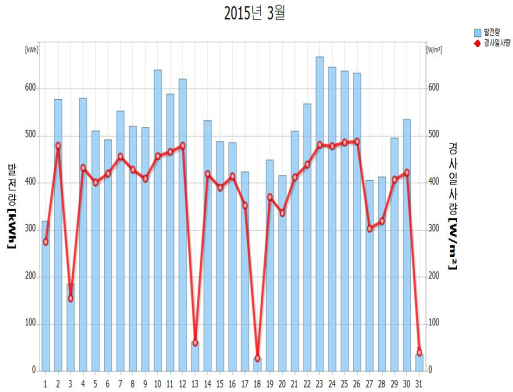
(g)December 2014



(h)January 2015



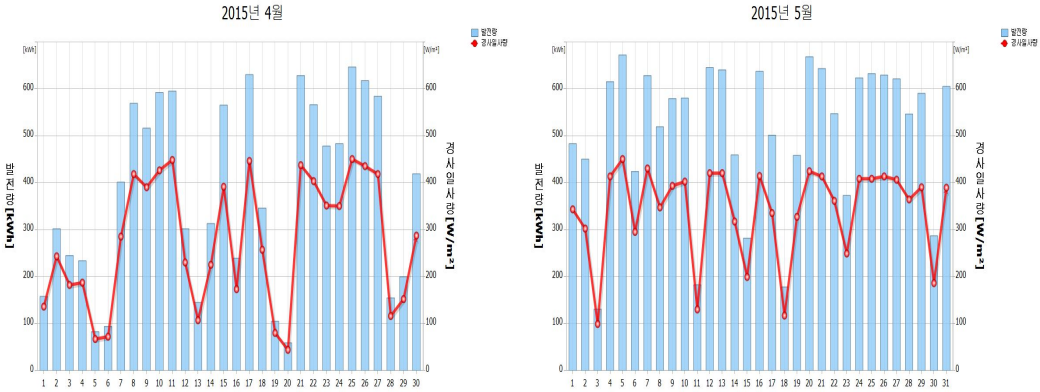
(g)February 2015



(h)March 2015

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(i)April 2015 (j)May 2015

fig. 20 The date of power quantity by slope insolation

2. 월별특성

그림 21은 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 월별 평균 수평일사량에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 일사량은 3월과 10월이 370[W/㎡]로 가장 높았으며, 다음으로 5월 340[W/㎡], 9월 328[W/㎡], 11월 300[W/㎡], 1월이 295[W/㎡] 순으로 높은 일사량이 관측되었다. 경사일사량 및 발전량이 비례적으로 증가 하는 것을 확인하였지만 일사량이 증가하여도 오히려 발전량이 감소하는 문제점을 확인하였다. 이는 일사량에 의해 모듈온도가 높아지면서 오히려 발전량이 감소되는 문제점으로 판단된다.[1][4]

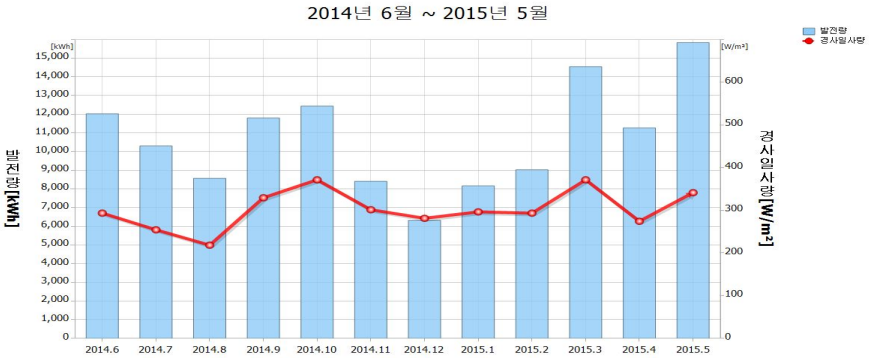


fig. 21 Monthly power quantity by slope insolation

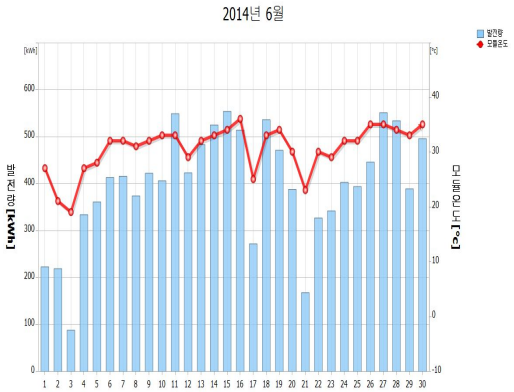
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

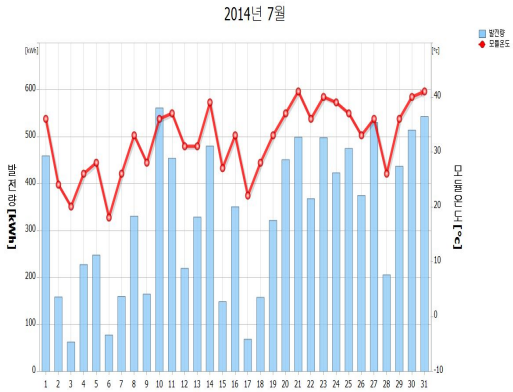
C. 계절별 모듈온도에 따른 발전량

1. 일별특성

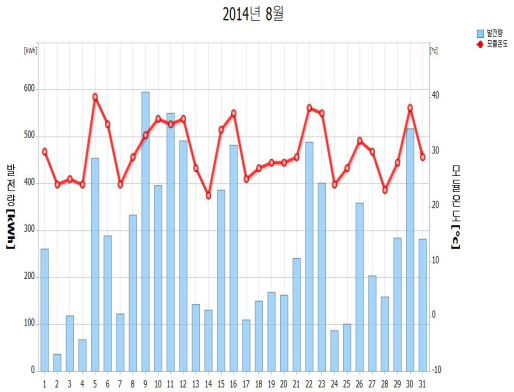
그림 22는 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 일별 평균 모듈온도에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 모듈의 온도변화에 따라 발전량이 크게 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있었으며, 기준 최고 발전량을 보이는 5월의 일별 평균 모듈온도는 28~33[°C]에서 최대 발전량을 보였으며, 3월 24~27[°C], 10월 27~30[°C], 6월과 9월은 31~33[°C]에서 최대 발전량을 보였다. 모듈온도 특성 상 하계와 동계를 제외한 모듈온도의 격차가 크지 않는 27~28[°C]의 범위에서 모듈의 발전량이 더 우수하였으며, 모듈의 온도가 상승할수록 오히려 발전량이 감소하는 문제점을 확인하였다.



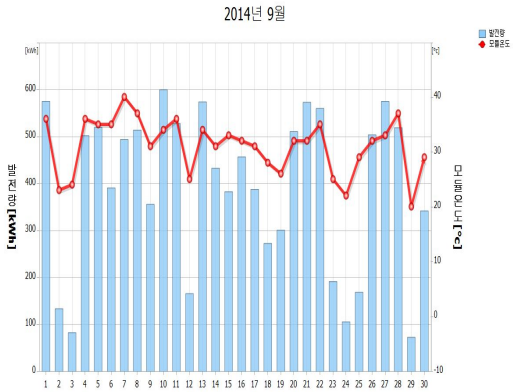
(a)June 2014



(b)July 2014



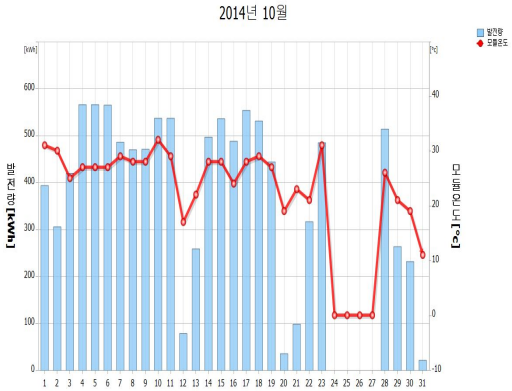
(c)August 2014



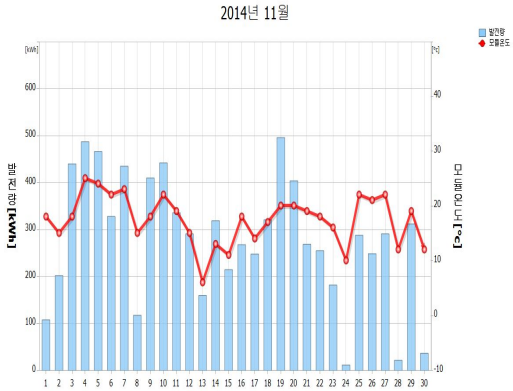
(d)September 2014

Collection @ chosun

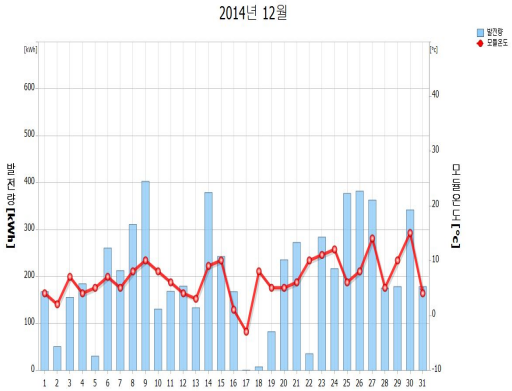
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



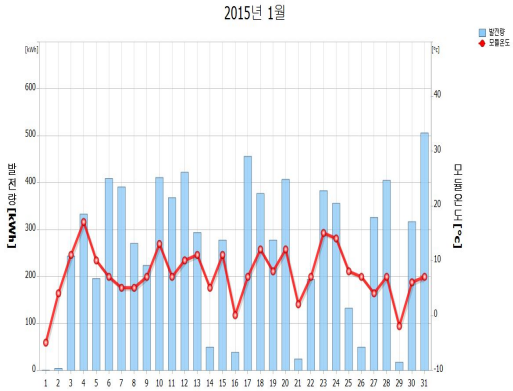
(e)October 2014



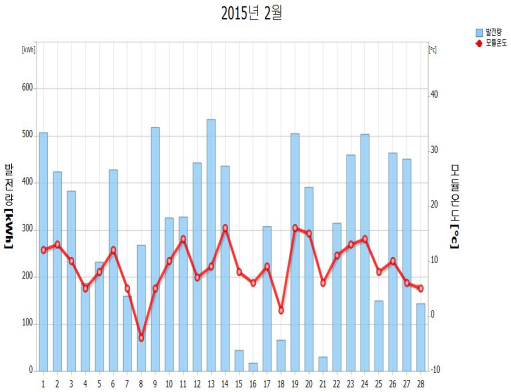
(f)November 2014



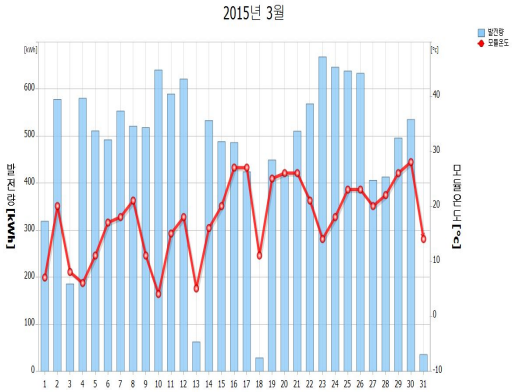
(g)December 2014



(h)January 2015



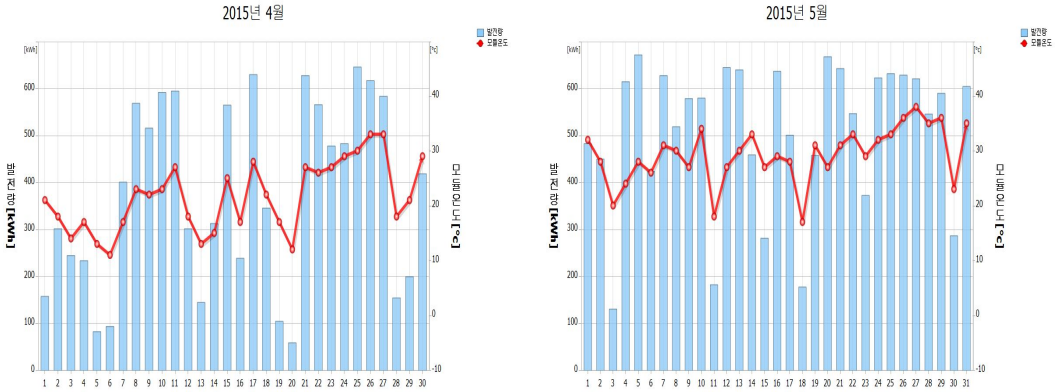
(g)February 2015



(h)March 2015

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(i)April 2015 (j)May 2015

fig. 22 The date of power quantity by module temperature

2. 월별특성

그림 23은 2014년6월~2015년5월까지 1년간의 월별 평균 모듈온도에 따른 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 최고 발전량을 보이는 5월의 월 평균 모듈온도는 29[°C]이며, 다음으로 3월 18[°C], 10월 25[°C], 발전량이 유사한 6월과 9월은 31[°C], 4월 22[°C], 7월 32[°C], 8월 30[°C], 2월 7[°C], 11월 17[°C], 1월과 12월은 7[°C]였다. 대체적으로 하계 및 동계에는 발전량이 낮았으며, 월 평균 모듈온도의 특성에서 29[°C]에서 효율적인 발전을 하는 것을 확인하였다.

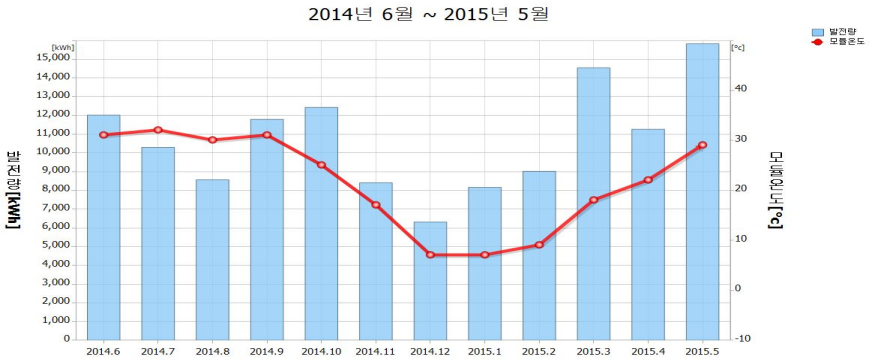


fig. 23 Monthly power quantity by module temperature

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

본 논문에서는 건물지붕형 태양광발전모듈을 수평면과 경사면 25°로 성하여 1년 동안 일별, 월별에 관하여 수평일사량 및 경사일사량에 따른 발전량, 모듈온도에 따른 발전량의 출력 특성을 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 일사량에 따른 발전량은 평균 5월이 가장 높고, 4계절 중 대부분 춘계(3월~5월)에 발전량이 가장 높았으며 추계가(9월~11월) 그 뒤를 이었다. 일사량 및 발전량은 비례적으로 증가하였으며, 21~24[MJ/㎡] 범위의 일사량에서 최대 발전을 하였고 반면에 높은 일사량에 비해 24[MJ/㎡] 이상의 일사량에서는 발전량이 오히려 감소하는 것을 확인하였다.

2. 수평일사량에 따른 발전량은 일별 평균 380~400[W/㎡], 월별 평균 280~320[W/㎡] 일사량 범위에서 최대 발전을 하였으며, 400[W/㎡] 이상의 일사량 범위에서는 발전량의 격차가 없는 것을 확인하였다. 경사일사량에 따른 발전량의 경우 일별 평균 400~450[W/㎡], 월별 평균 340~370[W/㎡] 일사량 범위에서 최대 발전을 하였으며, 수평 일사량에 비해 경사일사량 값이 현저히 높은 것을 확인하였다. 450[W/㎡] 이상의 일사량 범위에서는 발전량의 격차가 없다는 것을 알 수 있었다.

3. 모듈온도에 따른 발전량은 일별 평균 27~28[°C], 월별 평균 29[°C]범위에서 모듈의 발전량이 높았다. 모듈의 온도가 33[°C] 이상으로 상승 할수록 발전량이 오히려 감소하거나 포화하는 문제점을 확인하였으며, 태양광 발전은 모듈의 온도와 크게 밀접한 영향이 있었다.

결론적으로 건물지붕에 설치 시 수평면 모듈에 비해 경사면 모듈이 일사량 및 발전량이 비례적으로 높았으며, 경사면 모듈의 발전효율이 현저히 높은 것으로 확인되었다. 발전량 및 발전효율은 모듈온도에 크게 좌우될 것으로 판단되며, 오히려 발전량이 포화하거나 감소하는 문제점으로 인해 온도 저감을 위한 방안과 하계 및 동계 기간의 발전효율을 높이기 위한 해결책이 필요할 것으로 사료된다. 본 실험에 이용된 태양광 모듈의 경사각은 25°로 성하였으나, 태양광 모듈 설치 시 경사면 모듈로 성하여 최적의 각도인 30°로 설치하고, 400~450[W/㎡] 일사량의 범위와 일별 평균 27~28[°C], 월별 평균 29[°C] 범위의 모듈온도를 유지할 수 있는 방안을 모색 한다면 최적화된 건물지붕형 태양광발전시스템(BIPV)을 성할 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

【참고문헌】

[1] 한규복, “주택용 지붕일체형 태양광발전 시스템의 온도와 발전성능에 관한 실험적 ”,한밭대학교 석사학위논문, 2006

[2] 훈영, 민대기, “국내 태양광 산업의 중장기 전망에 관한 ”, 한국산업경영학회 경영 제29권 제2호 통권82호 pp.81-102 1226-458X KCI, 2014년

[3] Kanchan Vats, G. N. Tiwari, “Performance evaluation of a building integrated semitransparent photovoltaic thermal system for roof and facade”, Energy and Buildings, Vol. 45, pp. 211~218, 2012

[4] 윤종호 외, “주택용 3kW 지붕일체형 태양광발전 시스템의 온도와 발전성능에 관한 실험적 ”, 한국태양에너지학회지, 2006년

[5] 유일한, 김태준, “건물지붕의 태양광 등 설치공사 시공 자격에 관한 ”, 대한건설정책 원 건설정책리뷰 2012-04, 2012

[6] G.D Kamalapur, R.Y. Udaykumar, “Rural electrification in India and feasibility of Photovoltaic Solar Home Systems” International Journal of Electrical Power&Energy Systems, Vol 33, Issue 3, pp. 594-599, 2011

[7] Patrina Eiffert, Gregory J. Kiss, “Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures”, US Department of Energy(DOE), Oak Ridge, 2000

[8] 해외경제 소 산업 팀 강정화, “2015년 신재생에너지산업 어떻게 될 것인가?”, 한국수출입은행 해외경제 소 Vol. 2014-G-04, 2014

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[9] Mahmoud Alahmad, Mohamed Amer Chaaban, Su Kit L며, Jonathan Shi, Jill Neal, “An adaptive utility interactive photovoltaic system based on a flexible switch matrix to optimize performance in real-time”, Solar Energy, vol. 86, Issue 3, pp. 951~963, 2012

[10] G. H. Kang, H. I. Kim, K. E. Park, G. J. Yu, S. M. Hong, S. J. Suh, “Analysis of Roof Integrated Photovoltaic Module’s Temperature Effect with Insulation Hybrid Structure Layer”, 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference 2007

[11] 조한, “건물 통합형 태양광 시스템의 건축 디자인 적용 방법 ”, 대한건축학회지 제22권 제8호(통권 214호)109p ~ 118p 1229-6163 KCI, 2006

[12] 김현일 외, “지붕일체형 PV모듈의 온도에 따른 발전성능 분석”, 한국건축친환경설비 학회지 p173-177, 5pages, 2007

[13] T. Tafticht, K agbossou, M.L. Doumbis, A. Cheriti, “An improved maximum power point tracking method for photovoltaic systems”, Renewable Energy, Vol. 33, Issue 7, pp. 1508~1516, 2011

[14] 심행선, “광주지역 학교의 10[kW] 계통 계형 태양광발전시스템 운영실적 및 경제성 민감도 분석 , 전남대학교 석사학위논문, 2007pp. 263~272, 2012

[15] Zghal Wissem, Kantchev Gueorgui, Kchaou Hedi, “Modeling and technical-economic optimization of an autonomous photovoltaic system”, Energy, Vol. 37, Issue 1, pp. 263~272, 2012

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[16] 김성걸, “태양광 시스템의 모듈온도, 일사량이 전기적 특성에 미치는 영향에 관한 ”, 동신대학교 박사학위논문, 2012

[17] [사]한국녹색산업기술 조합, “부산 신재생에너지 보급 활성화, 공장지붕형 태양광 발전산업 컨설팅”, 한국산업단지공단 동남권 본부

[18] Fanney, A.H and Dougherty, B.P, 2000, “Building Integrated Photovoltaic Test Facility”, Proceedings of the 2000 International Solar Energy Conference, June 16-21, 00, Madison, WI, ASME, New York 2000

[19] 에너지관리공단, “2015년 에너지 수요관리·신재생 정책설명회”, 산업통산자원부, 2015

[20] 김재웅 외, “건축물일체형 BIPV시스템의 효율성 개선방안에 관한 ”, 서울시립대학교 과학기술대학원, 2012

[21] 한재경 외, “환경 친화적 공동주택 태양광 적용 디자인 계획에 관한 ”, 동국대학교, 2010

[22] 경제전문지 블룸버그, “http://www.bloomberg.com”

[23] 에너지 조사 , “http://about.newenergyfinance.com”

[24] 광주 지방 기상청, “http://web.kma.go.kr”

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

'건축전기설비기술사'의 꿈을 가지고 시작한 석사과정이 2년이라는 시간이 지나고 졸업이라는 아쉬움을 남기며 대학원 생활이 마무리 되어 가고 있습니다.

본 학위 논문과 심사에 걸쳐 많은 조언을 해주시고 부족한 저를 다독이시며, 아낌없는 마음과 가르침을 주신 조금배 교수님과 최 옥 교수님께 감사의 말씀을 올립니다. 또한 항상 지켜봐 주시고 격려해 주신 전기공학과 이우선 교수님, 최효상 교수님, 김용재 교수님, 김남훈 교수님, 김재홍 교수님, 김종훈 교수님, 고필주 교수님께 감사드립니다.

학위과정 동안 옆에서 항상 격려해주시고 도움을 주신 김남오, 이강 , 문은아, 오만석 선배님, Cupel 선배님들께 감사의 말씀을 드리며, 실험실에서 함께 공부하며 의지하였던 권이형, 기현이형, 법준이형, 현준이, 형지, 성호, 유진이, 대학원 동기 민석이, 찬호, 유경이 그리고 여러 대학원 선·후배님들께 감사드립니다.

오랜 우정을 쌓아오며 학위 과정 동안 힘이 되어준 고범준, 고진석, 고태호, 김경호, 김두리, 김동일, 김모 , 김상민, 김정후, 문지애, 박경란, 박은정, 박재남, 박준모, 이주호, 이재욱, 이혁로, 윤희진, 조광현, 전문형, 정지은, 최대현, 최은호, 허수 , 현정훈 친 들에게 오랜 벗으로서 아끼지 않는 응원과 격려에 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

대학원 생활 마무리 중 소중한 인 이 된 우리 미향이, 동생 승 이, 형님 그리고 가족분들에게 깊은 감사와 사랑을 전하며, 학위논문에 큰 도움을 주시고 가족 같은 영호삼촌, 은선이모 늘 격려와 조언을 아끼지 않으시며 아버지 같은 근재아저씨께 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

끝으로 장남으로서 늘 저를 믿고 아낌없이 투자해주시는 든든한 버팀목인 존경하는 아버지, 항상 격려해주시며 아껴주시는 사랑스러운 애교쟁이 어머니, 귀엽고 자랑스러운 내 동생 청수, 그리고 모든 가족분들에게 마음 깊이 감사드리며 사랑을 전합니다.

저와 인 이 닿은 모든 이들의 행복과 앞으로의 성공을 기원하며 2015년 한해를 마무리 하겠습니다. 감사합니다. 그리고 사랑합니다.

2015년 12월

김 청 담 올림

dCollection @ chosun