

## 단독주택용 태양광발전설비의 사용자 요구사항 분석

### User Requirement Analysis of Photovoltaic Equipment for Detached Houses

강 석 화

김 재 엽\*

Kang, Seok-hwa

Kim, Jae-Yeob\*

Department of Architectural Engineering, Korea National University of Transportation, 50 Daehak-ro, Chungju, 380-702, Korea

#### Abstract

The purpose of this study is to analyze user requirements of photovoltaic generating facilities for detached houses. For the analysis, 202 households that installed photovoltaic generating facilities to conduct a survey. According to the survey results, users mainly demanded 'Reduction in self-burden amount' and 'Maintenance Services.' In addition, when conducting 'Education for photovoltaic generating facilities', they highly wanted to participated in it. Results on the installation status of photovoltaic generating facilities are as follows: Of locations where photovoltaic generating facilities are installed, the most households installed them on the roof, 54%. As for the angle in which photovoltaic module is installed, the range of 25 ~ 35 ° was the most common and in the case of installation direction, southern exposure accounted for the rate of 93%. The monthly average generation of households surveyed is approximately 320kWh. Research on technology and policy to address user requirements shown in this study is deemed necessary in the future.

Keywords : photovoltaic equipment, detached house, user satisfaction, user requirement

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 우리나라는 신재생에너지보급과 관련하여 다양한 사업과 정책을 시행하고 있으며, 특히 태양광산업에 중점을 두고 태양광발전설비(Photovoltaic equipment; 이하 PV설비라 함)를 보급하고 있다[1]. 이에 따라 태양광발전설비 보급에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 에너지관리공단에서도 주택지원사업[2]을 통해 보급 활성화에 힘을 쏟고 있다. 이로 인해 태양광발전설비의 보급은 비약적으로 증가하였고, 이제는 단순한 보급보다는 사용자의 의견을 반영시킴으로써 보급방안을 한층 개선

시킬 필요가 있다. 하지만 사용자의 의견을 반영시키기에는 이에 관한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 현재까지 보급된 태양광발전설비의 설치 실태를 파악하고 사용자 요구사항을 분석하는 것을 목적으로 하였다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 에너지관리공단의 주택지원사업에 의해 단독주택에 설치된 태양광발전설비를 대상으로 하였다. 본 연구에서 사용자는 단독주택에 태양광발전설비를 설치하여 사용하고 있는 사람을 의미한다. 본 연구는 PV설비 사용자들의 설비 사용 경험이 반영된 사용자 요구사항을 분석하고자 하였다. 사용자 요구사항 분석에 필요한 자료는 임의로 선정된 202가구의 설비 사용자들에 대한 1:1 대면 설문조사에 의해 수집하였다. 또한 설비의 설치실태 조사는 직접 방문조사에 의해 이루어졌다. 본 연구는 기존연구 및 문헌조사, 예비조사, 설문지 및 실태조사지 작성, 본 조사, 사용자 요구사항 분석의 순으로 진행되었다. 44가구에 대한 예비조사를 통하여 본 조사에 필요한 설문지와 실태조사지를 작성하였다. 본 조사는

Received : October 27, 2014

Revision received : November 12, 2014

Accepted : November 13, 2014

\* Corresponding author : Kim, Jae-Yeob

[Tel: 82-43-841-5203, E-mail: kimjy67@ut.ac.kr]

©2014 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

충청지역 4개 시·군의 202가구를 임의로 선정하여 실시하였다.

### 1.3 기존 연구

본 연구와 관련된 대표적인 기존연구는 Table 1과 같다. Jeong et al.[1]의 연구는 태양광발전설비의 현황을 조사하였고, 보급방안을 살펴 운영시스템의 문제점을 제기하였다. Kim et al.[4]의 연구는 설치전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 고장발생유무와 내용을 파악하였으나, 이는 사용자의 입장이 아닌 설치자의 입장으로 분석된 결과였다. Lim et al.[5]의 연구는 설문조사를 통해 투자비 회수기간을 분석하고 사용자 만족도를 조사하였으나 이는 설치 만족도가 아닌 보급측면의 만족도로서, 향후에 사용자 측면의 구체적인 연구가 필요하다는 것이다. 따라서 단독주택용 태양광발전설비의 설치 실태와 사용자 요구사항에 대한 연구는 부족한 것으로 분석되었다.

Table 1. Previous studies

Author	Study Contents
Kim et al.[3]	This paper describes a design and performance test of the 95kW utility-interactive photovoltaic power system. The 95kW class photovoltaic power generation system consisted of power conversion inverter, PV module, data monitoring system.
Jeong et al.[1]	To look into the efficient operation and distribution plan of PV power generation facilities, this researcher conducted interviews with those concerned by focusing on housing support project. In addition, the problems of the current distribution and operation system were suggested. Based on the Japanese case, improvement plans were investigated. Through the drawn conclusion, a proper policy was proposed.
Kim et al.[4]	Domestic and foreign regulations related to PV power generation facilities were analyzed. This researcher conducted a questionnaire survey with the experts who directly installed PV power generation facilities in fields, and thereby analyzed failure occurrence and failure details.
Lim et al.[5]	In this study, solar energy and other renewable energy sources are compared by performance evaluation and satisfaction survey was targeted towards solar house residents to provide basic materials for future practical use of solar housing and efficient dissemination.

## 2. 주택용 태양광 발전설비 고찰

계통연계형 시스템(이하, 주택용 태양광 발전 시스템)은 일사량에 따라 태양 전지로부터 발생하는 직류전원을 상용 교류 전원 (220V, 60Hz)로 변환하여 계통에 주입하는 시스템이다. 태양 전지로부터 발전되는 전력이 부하에서 소비되는 전력보다 큰 경우에는 잉여 전력을 계통에 공급하지만 발전된 전력이 부하에서 소비되는 전력보다 작거나 발전 전력이 없는 야간이나 우천 시에는 부족 전력을 계통에서 공급 받는 형식이다.

계통연계형 시스템은 지붕 위 등에 설치한 태양전지 어레이(태양전지 모듈, 가대 등을 포함), 실내외에 설치한 파워 컨디셔너(인버터, 계통연계 보호장치 등을 포함), 이들을 접속하는 배선 및 접속함, 또한 교류 측에 설치하는 교류 측 개폐기(분전반 안쪽 등에 설치), 전력량계(매전용 전력량계) 등으로 구성되어 있다. 대부분이 3~5kW의 규모로 지붕이나 옥상에 설치하는 것이 일반적이다.

계통연계형 시스템은 독립형 시스템과는 달리 축전설비가 필요 없다. 이 시스템은 부하에 공급하고 남은 잉여 전력을 계통으로 보낼 때 계통 전압의 위상에 맞춰 전류를 주입하기 때문에 계통전압의 위상을 검출해야 한다. 또한 계통과 직접 연결되기 때문에 시스템에서 전력변환 때 발생한 고조파나 유효전력, 무효전력의 동요는 직접 전력 계통선에 영향을 주기 때문에 계통의 전력 품질에도 영향을 미친다[6].

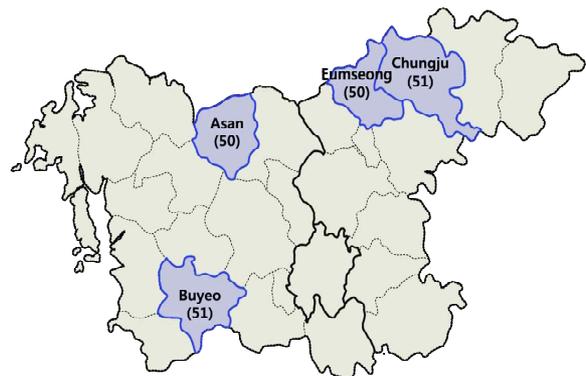


Figure 1. Questionnaire survey region

## 3. 태양광발전설비의 설치 실태 분석

### 3.1 분석방법

본 연구는 사용자를 대상으로 일대일 직접대면에 의한

설문을 실시하였다. 설문지는 현장실태조사 목록과 사용자 설문항목으로 구성되어 있다. 현장실태조사 목록으로는 주택 개요, 설비 개요, 설비의 제품 구성, 유지관리 실태, 사진 촬영으로 설정하였으며 설문 항목으로는 사용자의 개요, 설비의 설치, 유지관리, 사용자 만족도, 사용자 요구사항으로 설정하였다.

설문조사 지역으로는 Figure 1과 같이 지리적으로 중간지점에 위치한 충청지역을 선정하였고, 도시의 성격을 가진 소도시 2곳과 농촌의 성격이 있는 2개 지역에서 임의로 202가구를 선정하여 일대일 직접대면에 의한 설문 조사를 실시하였다. 방문한 가구 수는 충주 51가구, 음성 50가구, 아산 50가구, 부여 51가가로, 총 202가구이며 태양광발전설비에 대한 설치 실태와 사용자 만족도 및 요구사항을 파악하였다.

### 3.2 설비 사용자 특성 분석

태양광발전설비 사용자의 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 임의로 선정한 202가구 중 2인 가구가 44%로 가장 많았으며, 직업은 농업이 74%로 대부분을 차지하였다. 사용자 연령은 60대가 40%로 가장 많았으며, 주로 50~70대가 높은 비율을 차지하고 있었다.

Table 2. User feature analysis

	Classification	Ratio (%)
Users' size of a family	Two-person below	44
	Three-person	24
	Four-person	15
	Five-person	9
	Six-person above	8
Users' job	Farming	74
	Farming & Some sideline	9
Users' age	Nonfarming	17
	30-39	3
	40-49	7
	50-59	24
	60-69	40
	70-79	21
	80-89	5

### 3.3 설비의 특성 분석

#### 3.3.1 설치 위치

조사결과 태양광발전설비를 옥상에 설치한 가구가 Figure 2와 같이 54%로 가장 많았으며 지붕에 가대를 설치하여 발전모듈을 설치한 가구가 15%, 가대를 설치하지 않고 발전모듈을 설치한 가구는 10%를 차지하였다.

지붕에 가대를 설치하는 이유는 태양광발전설비의 방향이나 각도를 조절하기 위함이고, 가대의 하중, 풍력에 의한 영향 등으로 인해 설치하지 못하거나 각도와 방향을 조절할 필요가 없는 경우에는 설치하지 않는다. 기타는 창고 위, 2층 테크 위 등과 같은 경우로 7%의 비율을 차지하였다.

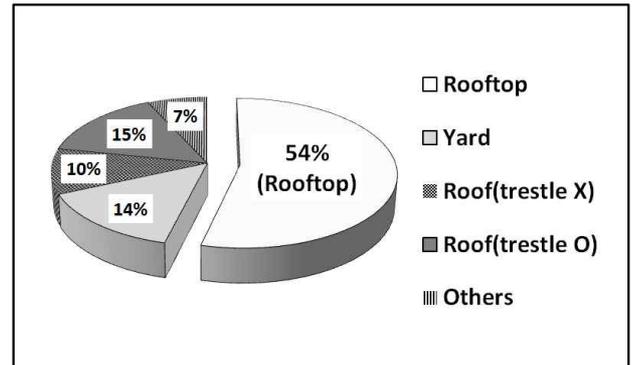


Figure 2. Installation place

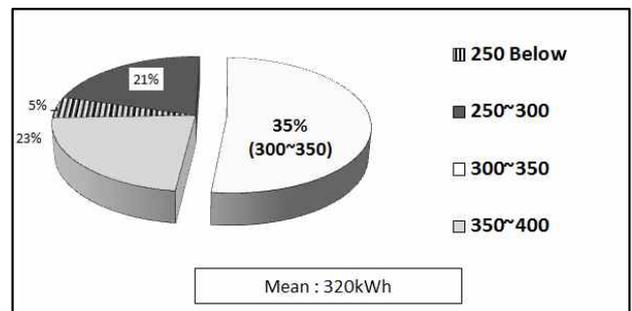


Figure 3. Monthly mean generation

Table 3. An example of the way of calculating monthly mean power generation

Time of visit	Installation time	=	14 months
2014. 8	2013. 6		
.....			
∴ Monthly mean generation	= $\frac{\text{Total generation}}{14 \text{ months}}$		

#### 3.3.2 월평균 발전량

월평균 발전량 산출 방법은 Table 3과 같으며 월평균 발전량 산출에 필요한 태양광발전설비의 설치시기는 현장방문 시 설비에 기재되어 있는 정보로 파악하였다. 정보가 누락되어 설치시기를 알 수 없거나 인버터의 이상으로 총 발전량을 파악할 수 없는 경우에는 월평균 발전량을 확인불가로 처리하였으며 월평균 발전량에 관한 분석

에서 제외하였다. 위와 같은 이유로 제외된 가구 수는 64 가구이며, 본 연구에서 월평균 발전량 관련 분석에 활용한 가구 수는 138가구이다. 월평균 발전량을 분석한 결과 최소값은 209kWh, 최대값은 397kWh, 평균은 320kWh로 계산되었다. 분석 결과는 Figure 3과 같으며 범위가 넓게 나타났다. 이처럼 가구마다 월평균발전량의 차이가 크게 나타나는 이유는 발전조건, 청소상태, 시간 경과에 따른 하자발생 등으로 판단된다. 따라서 월평균 발전량이 평균값보다 적게 나타난 가구는 설치회사를 통한 설비점검이 필요한 것으로 사료된다.

### 3.4 설치과정 분석

#### 3.4.1 설치정보 획득 경로

태양광발전설비 설치정보를 획득한 경로는 Figure 4와 같이 사용자의 30%가 설치회사의 홍보로 설치하게 되었다고 응답하였으며 공무원의 홍보는 28%, 주변지인의 영향은 26%의 비율로 응답하였다. 이를 통해 대부분의 사용자들은 타인의 영향으로 태양광발전설비를 설치하는 것으로 분석되었고, 개인이 직접 접하여 설치하는 경우는 기타에 포함되며 202가구 중 7가구(3.5%)로 극히 드물게 나타났다.

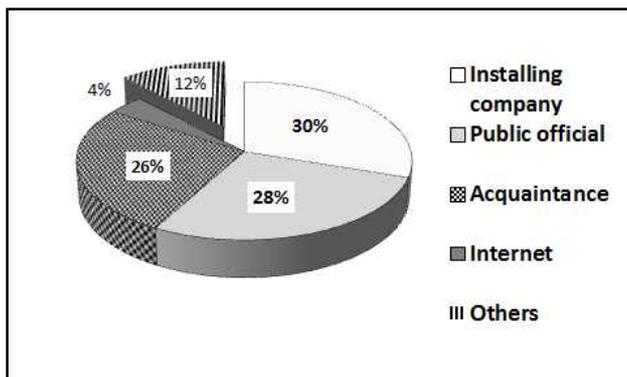


Figure 4. The path of acquiring installation information

#### 3.4.2 설치방법 의사결정 주체

태양광발전설비의 위치, 방향, 구조물의 형태 등 전체적인 설치방법 의사결정은 누가하였는지에 대한 조사결과는 Figure 5와 같다. 사용자 본인이 결정하였다는 응답이 51%로 가장 많았으며 설치회사가 결정한 경우는 34%로 나타났다. 이를 기반으로 결정 주체에 따라 만족도를 분석하였으며 결과는 Table 4와 같다. 숫자가 5에 가까울수록 만족도는 높으며, 1에 가까울수록 만족도는 낮은 것이다. 보다 자세한 분석방법은 4.1장에서 확인할 수 있다. 분석 결과 사용자나 설치회사가 내용을 직접 결

정하여 설치하는 것 보다 두 주체가 협의하여 설치한 경우에 만족도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 설치 시의 사결정은 사용자가 해야 하지만, 전문지식의 부족, 빠른 공사 진행 등의 이유로 설치회사가 결정하는 경우도 많이 발생했다. 따라서 이러한 부분은 설치회사가 충분한 설명을 통해 사용자 결정할 수 있도록 유도하는 협의과정이 필요하다.

Table 4. Satisfaction according to the subject that decides installation contents

	Installing company	User	Consultation	Mean value
Satisfaction	3.85	3.99	4.21	3.99

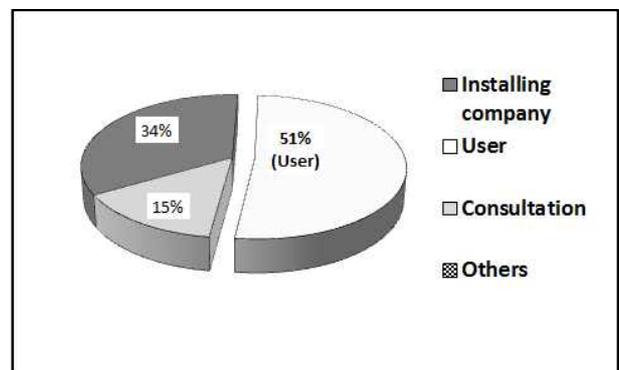


Figure 5. The subject that decides an installation method

### 3.5 도시와 농촌간의 비교분석

도시지역과 농촌지역은 인구통계학 측면 외에도 경제적, 사회적 구조와 문화적인 측면에서도 다양하게 정의할 수 있다. 여러 가지 정의 중 안전행정부에서 발행하는 한국도시연감에서는 동·읍은 도시지역으로, 면·리는 농촌으로 구분하고 있다[7]. 따라서 본 연구에서도 안전행정부에서 발행한 한국도시연감에 따라 도시와 농촌을 구분하였다. 구분한 결과 자료누락 1가구를 제외한 총 201가구 중 도시지역이 65가구, 농촌지역이 136가구에 해당하였다.

#### 3.5.1 설치위치 비교

도시지역과 농촌지역의 태양광발전설비 설치 위치를 비교 한 결과는 Table 5와 같으며 다른 위치보다 마당과 옥상이 차이 나는 것을 확인할 수 있었다. 도시지역에서 마당에 설치한 가구는 9%인 반면 농촌지역은 17%로 도시지역보다 농촌지역이 마당에 더 많이 설치한 것으로 분석되었다. 반대로 옥상에 설치한 가구는 도시가 63%, 농



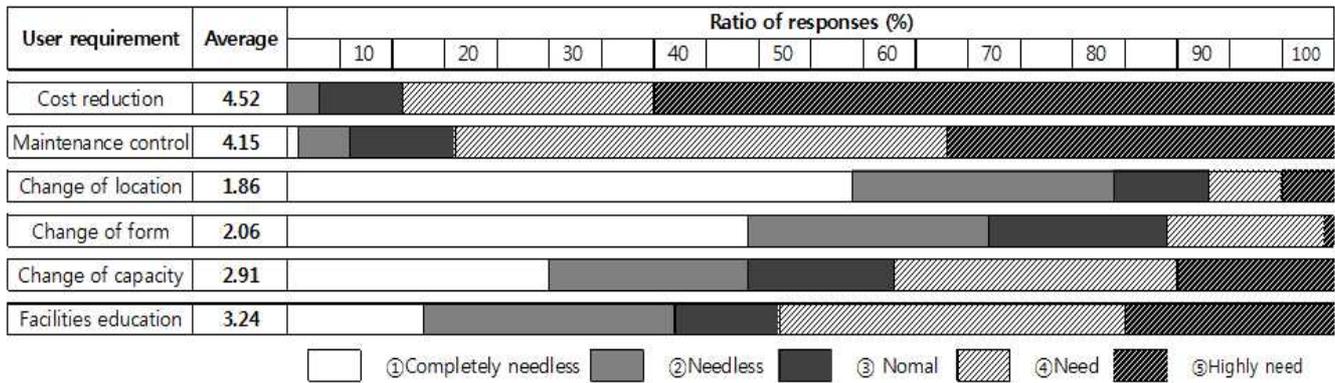


Figure 7. User requirements analysis

요하다고 응답한 사용자는 모두 용량을 추가시키길 원하는 것으로 나타났다. 따라서 자부담을 축소하기 위해서는 저가형 기술개발이 필요하다고 사료되며, PV설비에 대한 기본적인 작동원리, 유지관리 방법에 대한 교육을 지원해 주는 제도가 필요하다고 판단된다.

### 5. 결 론

우리나라는 현재 신재생에너지보급과 관련하여 태양광 산업에 중점을 두고 있으나 현재 설비의 설치실태 또는 사용자 만족 등과 관련된 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 태양광발전설비가 설치된 주택을 방문하여 일대일 직접대면에 의한 설문을 실시하였으며, PV 설비 사용자의 만족도와 요구사항을 분석하였다. 본 연구의 중요한 결과는 다음과 같다.

사용자 만족도를 분석한 결과 대체적으로 만족도가 높은 것으로 나타났다. 설치 위치에 대한 만족이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 전체적인 설비설치, 요금 절감, 설치 과정, 형태와 디자인 만족 순으로 분석되었다. 비교적 형태와 디자인에 대한 만족도는 낮게 나타났다. 이는 기술적인 부분에서 형태를 개발하여 미관을 개선시키고, 설치과정에서 사용자와의 충분한 협의가 이루어져 사용자의 만족도를 높여야 된다고 사료된다.

사용자 요구사항을 분석한 결과 자부담 축소와 유지관리시스템, 설비에 대한 교육이 필요한 것으로 나타났다. 자부담을 축소시키기 위해선 저가형 설비에 대한 기술개발이 필요하다고 사료된다. 또한 정부에서 유지관리시스템이나 설비에 대한 교육을 지원해 주는 정책이나 제도가 시행되어야 할 것으로 판단된다.

단독주택용 태양광발전설비의 보급 활성화와 사용자 만족도 향상을 위해서는 본 연구의 결과인 ‘설비 설치 실태 분석’과 ‘사용자 요구사항 분석’을 해결할 수 있는 제도 또는 기술에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 요 약

본 연구는 단독주택용 태양광발전설비의 사용자 요구사항 분석을 목적으로 하였다. 분석을 위해 태양광발전설비를 설치한 202가구를 방문하여 설문을 실시하였다. 설문 결과 사용자들은 ‘자부담금액 축소’와 ‘유지관리서비스’를 주로 요구하였다. 또한 ‘태양광발전설비에 대한 교육’을 실시할 경우 이에 참여하고 싶은 의사가 높게 나타났다. 태양광발전설비의 설치 실태를 파악한 결과는 다음과 같았다. 태양광발전설비를 설치한 위치 중 옥상에 설치한 가구가 54%로 가장 많았다. 태양광 모듈이 설치된 각도는 25-35°의 범위가 가장 많았으며, 설치방향은 남향이 93%의 비율을 차지하였다. 조사된 가구의 월평균 발전량 평균은 약 320kWh이다. 향후에는 본 연구에서 나타난 사용자 요구사항을 해결할 기술과 정책에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

**키워드** : 태양광발전설비, 단독주택, 사용자 만족도, 사용자 요구사항

### Acknowledgement

This research was supported by a grant (13RDRP-B066173) from Regional Development Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

---

## References

1. Jeong NH, Improvement for efficient dissemination of solar houses, Cheongju (Korea): Chungbuk Development Institute; 2012. 72 p. Korean.
2. KEMCO [Internet]. Yongin: Korea Energy Management Corporation, c2010 – [cited 2014 Oct 29]. Available from: <http://www.energy.or.kr/knrec/index.asp/>.
3. Kim DS, Kim BJ, Lee JH, Hong WH, A study on the performance evaluation through investigating state of operation of building integrated photovoltaic, Architectural institute of korea, 2005 Oct;25(1):279–80.
4. Kim SG, Jung JW, Jung JS, A Study on the Management Realities of Solar Power System, Proceeding of The Korea Institute of Electrical Engineers; 2010 Nov; Seoul (Korea): The Korea Institute of Electrical Engineers; 2010. p. 510–3.
5. Lim JS, Kim JH, Kim JJ, Study on the Users' Satisfaction and Payback Period Analysis of Solar House, Proceeding of Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems; 2012 Oct; Seoul (Korea): Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems; 2012. p. 191–4.
6. Won DJ, Prediction of output power for PV module with tilted angle and structural design [master' s thesis]. [Seoul (Korea)]: Sungkyunkwan University; 2009. 63 p.
7. Han SK, Municipal yearbook of Korea, 37th ed, Seoul (Korea): Ministry of Government Administration and Home Affairs; c2008, Appendix; p. 1094.