

Photovoltaic Power Generating System

태양광발전시스템의 계획과 설계Ⅳ

태양광발전시스템은 여러가지 장소에 설치하는 것이 가능하기 때문에 설치장소에 따라 다양한 설계를 할 필요가 있다. 설계할 때는 우선 최초로 태양전지의 발전량을 계산할 필요가 있는데, 그 위에 구체적인 시스템의 설계를 진행해 나간다. 즉 설치 가능성의 판단, 시공상 문제점의 체크 등을 한다. 여기서는 우선 태양광발전시스템의 발전량 산출방법의 사례를 들어 설명하기로 하고(발전사업자용 대용량 태양광발전시스템에 대해서는 향후 별도의 기회를 통해서 소개하기로 함) 계속해서 주택 등의 지붕에 설치하는 경우 등 여러 가지 설치방법에 대해서 기술하기로 한다. 또한 시스템의 전기설계에 관해서도 사례에 따라서 설명한다.

글 _ 이순형(No. 4137) 협회 이사 | (주)선강엔지니어링 대표이사

1. 태양광발전 시스템의 개념 설계

■ 발전량 산출의 수순

독립전원용 태양광발전시스템(PV 시스템)의 설계는 필요로 하는 전력량(부하소비전력량)으로 산출된 소요 태양전지 용량을 결정하는 것이 표준적인 방법이다. 그림 1-13 그러나 계통연계 시스템의 경우에는 발전전력량과 사용전력량과의

사이에는 제한적인 관계는 없기 때문에 설치장소(면적)에 따라 시스템 용량을 결정하는 경우가 많다.

따라서 태양전지의 설치 가능면적을 충분히 조사한후 태양 전지 용량을 산출, 그후 시스템 전체의 설계를 하게 된다. 계속해서 구체적인 사례에 대응하는 산출수순을 표시한다.

태양전지 용량과 부하소비전력량과의 관계는 일반적으로 다음식에 의해서 표시된다.

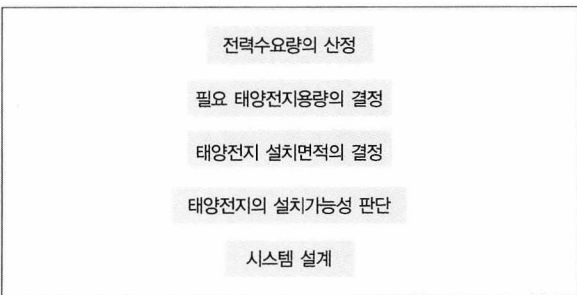
$$P_{AS} = \frac{E_L \times D \times R}{(H_A / G_s) \times K} \dots\dots\dots (1.1)$$

여기에서

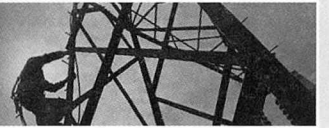
P_{AS} : 표준상태에서 태양전지 어레이 출력 (kW)

표준상태 : AM 1.5, 일사강도 1,000 W/m², 태양전지 셀 온도 25℃

H_A : 어느 기간에 얻을 수 있는 어레이 표면 일사량



【그림 1-13】 태양광발전 시스템의 설계수순



(kW/m² 기간)

G_s : 표준상태에서의 일사량 (kW/m²)

E_L : 어느 기간에서의 부하소비전력량 (수요전력량) (kWh/기간)

D : 부하의 태양광발전 시스템에 대한 의존율
=1-(백업 전원전력의 의존율)

R : 설계여유계수 (추정한 일사량의 정확성 등의 설치환경에 따른 보정)

K : 총합설계계수 (태양전지 모듈출력의 불균일의 보정, 회로손실, 기기에 의한 손실 등을 포함)

어느 지역에서의 일사량은 기상청에서 자료를 수집할 수 있다 (참고로 태양광발전을 활발하게 이용하고 있는 일본의 경우 일본기상협회가 신에너지·산업기술총합개발기구 (NEDO)에서의 위탁연구에 따라 수집한 [발전량기초조사] (1987년 발행)에 의해서 알수가 있다.

이 [발전량기초조사]는 1998년에 개정된 [전국 일사관련 데이터 맵]에 데이터가 수록되어 있다. 이것에 의하면 일본국내 801지점에서의 방위, 설치경사각에 의한 일사량에 관해서 월별로 알 수가 있다.

이 데이터를 기본으로 설계하는 것이 일반적이다. 우리나라의 경우에도 향후 이런 데이터 축적과 관리 및 활용이 아주 중요한 과제라 할 수 있다.

식 (1.1)에서 총합설계계수 K 는 다시 여러 가지 계수로 나누어지지만 여기에서는 직류보정계수 K_d , 온도보정계수 K_t , 인버터효율 η_{INV} 에 관해서 기술한다.

직류보정계수 K_d 는 태양전지 표면의 오염, 태양의 일사강도가 변화하는 것에 따른 손실의 보정, 태양전지의 특성차에 의한 보정 등이 포함되어 있고, K_d 의 수치는 대강 0.9정도로 되어있다.

온도보정계수 K_t 는 태양전지가 일사량에 따라 온도가 상승하거나, 변환효율이 변화하기 때문에 보정하는 계수로서 그 수치는 0.85정도이다. 또한 인버터효율 η_{INV} 는 태양전지가 발전한 직류를 교류로 변환하는 인버터의 효율로서 통상

은 0.92정도이다.

이상이 PV 시스템의 발전량 설계의 개론이다.

앞에 기술한 것처럼 주택 등에 설치하는 경우에는 태양전지 어레이의 설치면적이 한정되어 있기 때문에 그 면적에서 태양전지용량을 계산하여 위의 식을 이용해서 기대되는 발전전력량을 계산한다. 식(1.1)에서 소비전력량 E_L 을 1일당 기대되는 발전전력량 E_p (kWh/일)로 바꾸고, 또한 표준상태에서 일사강도 G_s 를 1 kW/m² 로서, 의존율 D , 설계여유계수 R 을 각각 1로 하면 다음식으로 된다.

$$E_p = H_A \times K \times P_{AS} \text{ (kWh/일)} \dots\dots\dots (1.2)$$

이 식에 따르면 설치장소에서의 일사량 H_A , 표준태양전지 어레이 출력 P_{AS} 및 총합설계계수 K 가 알 수 있으면 기대되는 발전전력량을 산출할 수가 있다.

여기에서 태양전지 어레이의 변환효율에 관해서 기술한다.

표준상태에서 태양전지어레이의 변환효율 η 는 식(1.1)을 이용하여 다음식으로 나타난다. 여기에서 A 는 태양전지어레이의 면적이다.

$$\eta = \frac{P_A}{G_s \times A} \times 100(\%) \dots\dots\dots (1.3)$$

태양전지 셀이나 태양전지 모듈의 변환효율도 같은 방식으로 계산하며, 다만 변환효율이라 부르는 것이 많기 때문에 검토할 때 구별하는 것이 필요하다. 일반적으로는 이런 변환효율은 다음과 같은 관계가 있다.

태양전지 셀의 η > 태양전지 모듈의 η > 태양전지 어레이의 η

■ 발전량 산출의 사례(경사진 주택 지붕의 경우)

개인주택의 지붕을 상정하여 PV 시스템의 설계를 하여 본다. 검토하는 지붕으로서 \wedge 형 지붕(\wedge 형) (남향 45m²), 용마루 4각형(4각형으로서 남서 28m², 동서 각각 19m²)을 생각한다.

시험계산의 전제로서 아래의 조건을 가정한다.

- ① 정남향으로서 지붕의 경사 30°
- ② 일사 데이터는 도쿄에서의 각 월의 평균치를 사용
- ③ 태양전지 모듈 : 공칭최대전력 102 W
공칭최대전력동작전압 34 V
치수 : 885mm x 990 mm
- ④ 파워 컨디셔너의 직류입력전압은 정격 DC 200 V
- ⑤ 파워 컨디셔너의 교류출력전압은 정격 AC 210/105 V, 단상3선식

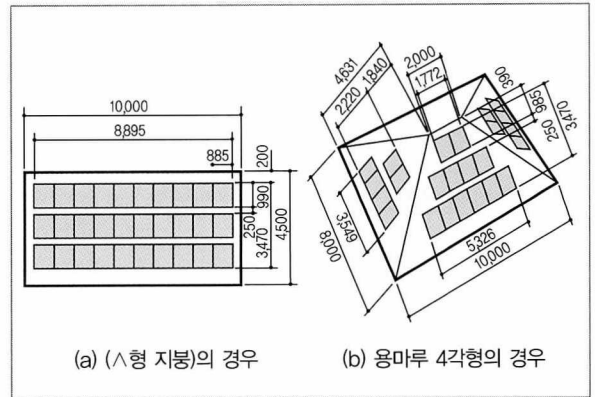
최초로 파워 컨디셔너의 입력전압이 200V 이니까, 태양전지 어레이의 출력전압을 이것에 맞추기 위해서 스트링중의 태양전지 모듈의 직렬수를 구한다. 태양전지 1매당 공칭최대 출력 동작전압은 34V 이니까 직렬수는 6매가 된다.

지붕면에서의 작업안전을 견지하면서 소형 태양전지 모듈로서 직렬수가 8매 혹은 12매로 하고 있는 메이커도 있다. 이 1스트링의 출력은 612W, 출력전압은 204V 로 된다.

먼저 ㄷ형 지붕의 경우를 고려하여 보면 설치면적에서 5병렬로 할 수가 있고, 표준태양전지어레이 출력 3kW가 얻어진다. 지붕위에 설치한 예상도를 그림 1.2(a)에 표시한다. (이하, 그림 치수단위는 특별히 지정하지 않는 한 mm를 표시) 다음에 이 태양전지어레이에서 어느정도의 발전전력량이 공급가능한가를 검토해 본다.

식(1. 2)에서 예를 들면 1월의 경우 어레이 표면 일사량은 일사량 데이터에서 3.67kWh/(m² · 일)로 되어 총합설계계수 K를 0.75로 하면 1일당 공급가능 발전전력량으로서 8.3 kWh/일이 얻어진다. 표 1.1에서 표시하는 것처럼 각 월 마다의 평균적인 공급발전전력량의 추리가 얻어진다. 여기에서 총합설계계수는 하절기(5~9월)는 동절기에 비교해서 온도상승에 의한 출력저하가 크기 때문에 하절기는 0.70, 동절기는 0.75로 가정한다.

더욱이 공급가능 발전전력량의 예상량은 주위에 건물이나 수목이 없는 경우이고 이런 그늘이 있는 경우에는 영향에 드



[그림 1.2] 태양전지의 지붕위로의 설치상정도

[표 1.1] 태양광발전 시스템의 공급가능 발전전력량

구분	경사면 일사량(30°) kWh/(m ² · 일)	월간 (kWh/월)	1일당 (kWh/일)
년간합계		2,972.2(kWh/년)	

는 태양전지 모듈 발전량의 저하를 생각할 필요가 있다.

한편 용마루 4각형의 경우에는 지붕형상이 4각형이므로 하나의 지붕면에 2직렬을 설치하는 것이 가능하다.

따라서 서서히 출력이 저하하는 것을 생각하면서 동향, 서향의 지붕에도 설치함으로써 표준태양전지 어레이 출력 2.4kW가 얻어진다. 용마루 4각형 지붕에 설치하는 경우의 예상도를 그림 1.2(b)에 표시한다.

태양전지를 동서향으로 설치하면 그 출력은 정남향에 비해서 약 20% 저하한다. 이 예의 경우 1/2의 태양전지를 동서로 나누어 설치하기 때문에 실제의 합계최대출력은 2.2kW 정도로 예상할 수 있다. 상기의 수순으로 태양전지 용량을 산출하면, 다음에는 이 시스템에 어울리는 파워컨디셔너를 선정한다.

파워 컨디셔너의 선정에 관해서는 태양전지의 정격출력전압과 파워 컨디셔너의 직류입력전압과를 맞추어 주는 것과 함께 온도조건 등도 고려한 태양전지의 출력전압범위와 파워 컨디셔너의 직류입력전압범위를 맞추어줄 필요가 있다.

출력용량에 관해서는 태양전지용량과 동일의 것을 선정하는 것이 최적이지만 실제로는 시판품 중에서 용량에 여유가



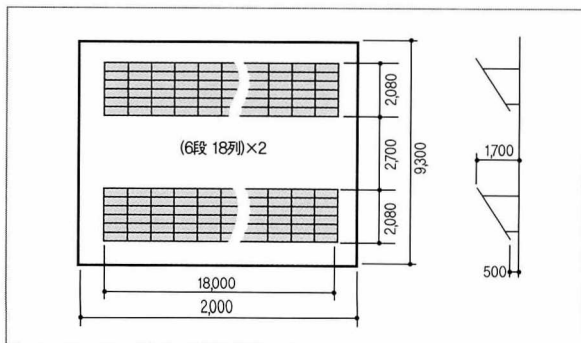
있는 것을 선정한다. 상세한 내용에 대해서는 향후 별도의 기회를 통해서 자세히 설명하기로 한다.

■ 발전량 산출의 사례 (지상, 평지붕의 경우)

여기에서는 평탄한 지상이나 건물의 평지붕상에 태양전지 어레이를 설치하는 경우를 상정하여 설계하여 본다. 표준태양전지 어레이 출력 10kW 정도의 태양전지 어레이를 설치하도록 시험산출의 전제로서 아래의 조건을 가정한다.

- ① 정남향에서 경사각도는 30° (30° 부근이 연간 발전전력량은 최대이지만 실제로는 20° 정도로 하는 것이 많다.)
- ② 일사 데이터는 00지역에서의 각월의 평균치를 사용
- ③ 태양전지 모듈 : 공칭 최대출력 50W
공칭 최대출력 동작전압 16.5V
치수 : 400mm x 1,000mm
- ④ 가대의 간격 : 동지의 오전 9시에서 오후 3시의 사이 후방의 어레이가 전방의 어레이의 그늘에 들어가지 않을 것
- ⑤ 파워 컨디셔너의 직류입력전압은 정격 DC 300V

우선 직류회로전압을 DC 300V로 맞추기 위해서 스트링 내의 태양전지 모듈의 직렬수를 구한다. 태양전지 모듈 1매당 공칭 최대출력 동작전압은 17.5V 이니까 1 스트링 중의 직렬수는 18개로 된다. 이 스트링의 출력은 900W, 출력전압은 315V로 된다. 출력의 합계를 10kW로 하기 위해서는 12 스트링을 병렬로 하면 좋다.



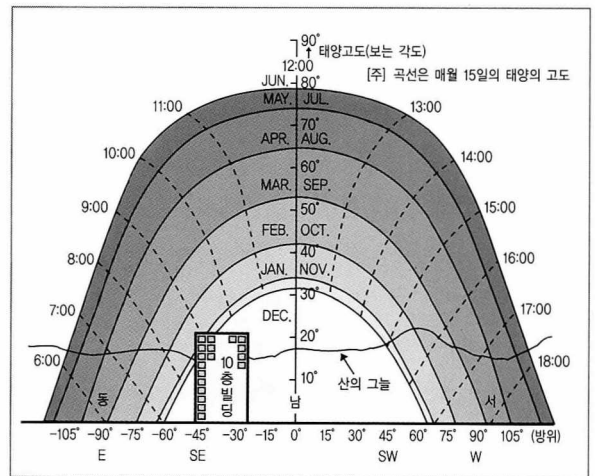
【그림 1.3】 지상·평지붕 설치의 태양전지 어레이 상정도

즉 태양전지 모듈의 총매수는 216매, 이때의 표준 태양전지 어레이 출력은 10.8kW로 된다. 앞에 기술한 경사진 주택 지붕의 경우와 같은 방법으로 어레이 표면 일사량과 총합설계에서 표 1.2에서 표시하는 것 처럼 각월 마다의 평균적인 공급발전전력량을 시험산출 할 수 있다.

태양전지어레이에 태양전지 모듈을 배치하는 방법은 여러 가지로 고려할 수 있지만 메인테넌스를 고려하면 그림 1.3의 설치 예에 표시하는 것 처럼 1,700mm 높이 정도로 하는 것이 좋다. 또한 태양전지어레이의 이격거리에 관해서는 다음항에서 검토한다.

【표 1.2】 태양광발전 시스템의 공급가능 발전전력량

구분	경사면 일사량(30°) kWh/(m ² · 일)	월간 (kWh/월)	1일당 (kWh/일)
년간합계		10623 (kWh/년)	



【그림 1.4】 태양의 일출·일몰의 방위 및 고도 (보는각도)
(위도 : 북위 35°)

계속