

# 클린하고 무한한 에너지 「太陽光發電시스템」

## 1. 머리말

근래 환경문제에 대한 관심이 높아져 태양광발전으로 대표되는 신에너지가 주목을 끌고 있다. 태양광발전시스템은 최근의 기술개발과 여러 가지 시책에 의하여 실용화가 진전되고 있다. 공공시설용으로는 1993년부터 新에너지·産業技術總合開發機構(NEDO)에 의한 필드테스트 사업이 진행되고 설치비용의 2/3가 보조되고 있다. 주택용에서는 1994년부터 모니터사업이 개시되어 설치비용의 1/2에 상당하는 보조가 이루어지고 있다.

또 매년 증대하는 에너지수요와 그에 따른 이산화탄소 등에 의한 환경문제에 대처하기 위하여 1995년 6월, 「일본국 내의 사업자·소비자로서의 환경보전을 위한 노력의 실천시행을 위한 행동계획」이 각의에서 결정되었다. 태양광이용 등 에너지의 유효이용과 단열성 향상 등을 통한 건축물의 省에너지화를 도모하는 것 등이 규정되어 있으며 지방자치체에도 같은 조치가 요청되고 있다. 초기수요의 창출을 위해서도 국가와 지방공공단체에 의한 공공시설에의 선도적 도입이 기대되고 있다.

또 1995년 1월에 발생한 防神·淡路大震災를 계기로 재해시에 自立된 生活據點이 되는 「라이프스팟」의 확보와 그것을 유지하기 위한 自立形에너지시스템의 활용이 요망되고 있다. 대규모재해가 발생하였을 경우 전력, 가스, 수도 등의 라이프라인은 큰 피해를 입어 정보와 물자의 공급이 정지하게 된다. 태양광발전시스템은 연료가 불필요한 분산형 전원이라는 장점 때문에 피난처가 되는 학교나 공원, 의료시설 등의 自立電源으로서 유효하다.

본고에서는 明電舎의 태양광발전시스템기술과 도입·계획의 예를 소개한다.

## 2. 太陽光發電시스템의 역할

### 2.1 太陽光發電시스템의 특징

태양광발전시스템은 태양전지에 의하여 光에너지를 직접 전기에너지로 변환할 수 있기 때문에 다음과 같은 장점이 있다.

**해외기술**

- (1) 에너지원인 태양광은 무진장이다.
- (2) 클린에너지이다.
- (3) 발전효율이 규모에 관계없이 일정하다.
- (4) 메인트넌스가 쉽고 자동운전이 가능하다.
- (5) 사용장소에서 발전이 가능하다.

한편, 유의할 점은 태양광의 에너지밀도가 희박하고 기상 조건에 따라 출력이 좌우된다는 점이다.

**2.2 도입효과**

태양광발전시스템은 배기가스나 유해물질을 배출하지 않는다는 최대의 장점 때문에 지구온난화대책에 공헌할 수 있다. 그리고 日射가 강할 때일수록 발전능력이 높아지므로 피크컷트효과를 기대할 수 있다.

逆潮流방식을 취하면 발전전력이 남는 경우에도 전력회사에 팔 수가 있어 낭비없는 시스템이 된다.

공공시설인 경우에는 시스템이 지역주민의 눈에 띄기 쉽기 때문에 啓發效果를 기대할 수 있어 환경문제, 省에너지에의 관심을 높일 수가 있다.

또 연료불필요, 쓰는 장소에서 발전이 가능하다는 점 등 때문에 재해시의 비상용전원으로서의 효과를 가져올 수 있다.

**2.3 防災用으로서의 역할**

태양광발전시스템은 재해 등으로 전력계통이 여기저기 끊기더라도 自立運轉시스템으로 이용할 수 있다.

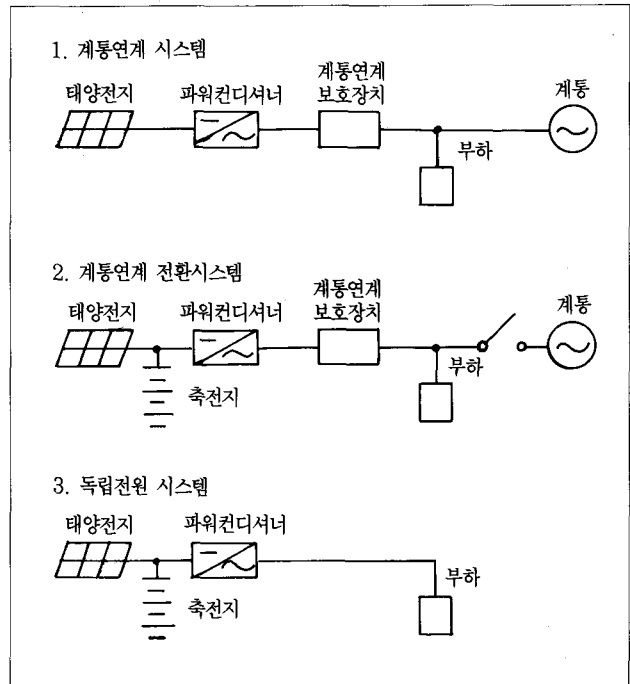
도입이 기대되는 공공시설로서는 학교, 문화체육시설(체육관, 시민회관, 도서관 등), 사회복지시설(노인홈, 아동관), 병원, 자치체청사 등이 있다. 재해시에 필요한 설비로서는 조명, 텔레비전, 생활·소방용수를 퍼올리기 위한 펌프, 정보확보를 위한 무선기, 퍼스컴, 방송설비 등과 같은 정보설비 등을 들 수가 있다. 이들 모든 설비를 본시스템으로 감당하기에는 용량상으로 어려운 면도 있으므로 디젤발전기 등 다른 발전설비를 조합하는 케이스도 생각할 수 있다.

**3. 太陽光發電시스템의 개요와 明電舎 제품**

**3.1 시스템의 개요**

태양광발전의 시스템 구성을 그림 1에 표시한다. 태양전지의 발전전력을 파워컨디셔너를 거쳐서 교류전력으로 변환하여 商用에 常時 접속하는 系統連系시스템, 태양전지와 파워컨디셔너의 중간에 축전지를 설치하여 독립전원으로 할 수 있는 독립전원시스템, 계통연계와 독립전원의 동작을 전환하는 계통연계전환시스템이 있다. 일본에서는 商用電源이 안정되어 있기 때문에 축전지를 갖지 않는 계통연계시스템이 많이 사용되고 있다.

계통연계시스템에서는, 필요한 부하전력에 대하여 발전용량이 적은 경우에는 그 부족분을 계통에서 부하에 공급한다. 또 필요한 부하전력에 대하여 발전량이 많을 경우에는 계통에 잉여전력을 환원하는 「送潮流가 있는」 시스템이 일반적으로 사용된다.



〈그림 1〉 시스템 구성

계통이 정전될 때 파워컨디셔너에서 계통에 전력을 공급하는 「단독운전」 상태가 되는 일이 있으며, 이 단독운전은 계통의 점검이나 복구작업에 방해가 되는 일도 있기 때문에 専用の 계통연계보호장치에 의하여 단독운전상태를 검출하여 태양광발전시스템을 계통연계점에서 계통으로부터 분리할 필요가 있다.

이와 같은 계통연계를 위한 가이드라인으로서 「분산형전원계통연계기술지침」(JEAG9710-1993, 일본전기협회 전기기술기준조사위원회 발행)이 있다.

### 3.2 明電舎의 太陽光發電시스템

明電舎의 태양광발전시스템의 사양을 표 1에 표시한다. 동사의 시스템은 계통연계시스템으로 발전용량 10~50kW, 계통연계점 교류전압은 3상 200V의 저압 또는 6.6kV의 고압에 대응하며 계통연계가이드라인에 준거하는 보호기능을 갖추고 있다.

아래에 동사의 태양광발전시스템의 특징을 든다.

#### (1) 高效率시스템

태양전지의 에너지 변환효율은 10~20%이기 때문에 태양전지의 출력을 최대로 끌어낼 수 있도록 파워컨디셔너를 제어하여 시스템의 효율을 높이고 있다.

#### (2) 系統連系보호

전술한 계통연계가이드라인에 준거하여 저압·고압연계, 逆潮流 있음·逆潮流 없음의 어느 시스템에도 대응하는 구성으로 하고 있다.

#### (3) 계통에의 영향의 低減

출력전류고조파왜율을 억제, 계통연계가이드라인의 기준

〈표 1〉 太陽光發電시스템 사양

용 량	10, 20, 30, 50kW
연계점전압	3相 200V系
주파수	50/60Hz
전력변환효율	92% 이상
출력기분파 역률	95% 이상
고조파 왜율	종합 5% 이하, 각차 3% 이하
제어방식	최대전력추종제어, 역률1제어
보호기능	단독운전방지(능동방식, 수동방식병용)

· 계통연계시스템 : 역조류 있음, 역조류 없음  
· 태양전지의 종류 : 단결정실리콘, 다결정실리콘, 아몰퍼스

(總合 5% 이하, 各次 3% 이하)을 준수하고 있다.

#### (4) 自立運轉기능

평상시에는 상용전원과 연계운전을 하며 클린에너지로서의 역할을 다하고, 재해시에는 정전된 상용계통과 연계를 차단하여 전용회로에 의하여 특정부하에 전력을 공급한다. 이때 축전지설비를 준비함으로써 야간이나 흐릴 때에도 일정기간 일정용량의 전력을 공급할 수가 있다. 이와 같은 災害時用시스템으로 하는 경우에는 자립운전기능을 가진 파워컨디셔너를 사용한다. 시스템구성으로는 그림 1의 2. 계통연계 전환시스템 또는 3. 독립전원시스템이 적용된다.

### 3.3 태양광발전시스템의 구성요소

#### (1) 태양전지

單結晶실리콘, 多結晶실리콘 및 아몰퍼스의 각종 전지에 대응할 수 있으며 태양전지의 설치는 架臺固定방식으로 하고 있다.

#### (2) 파워컨디셔너

입력직류전압은 300, 교류출력전압은 3상 200V로 하고 있다. 파워컨디셔너제어부는 다음의 구성요소로 되어 있다.

- (a) 태양전지 최대전력추종제어
- (b) 정현파PWM 전류제어
- (c) 무효전력제어(단독운전검출용)

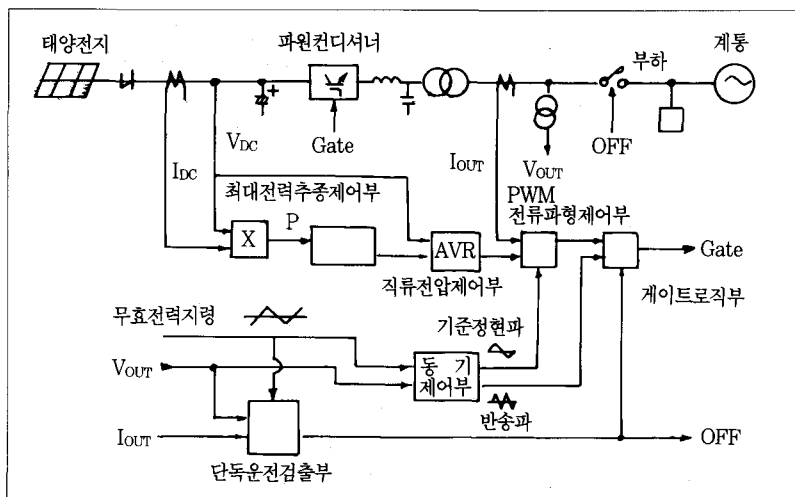
파워컨디셔너의 제어블록도를 그림 2에 표시한다. 태양전지의 출력특성예를 그림 3에 표시한다.

일사량, 온도에 따라 출력특성은 변화하며 또 최대출력동작점Pmax는 어떤 직류전압에서 피크가 된다. 최대출력추종제어부에서는 태양전지출력의 최대출력전력을 검출하는 最短알고리즘을 사용하여 최대점을 검출, 파워컨디셔너의 직류전압이 최대점에 대응하는 값이 되도록 직류전압제어부에 지령한다.

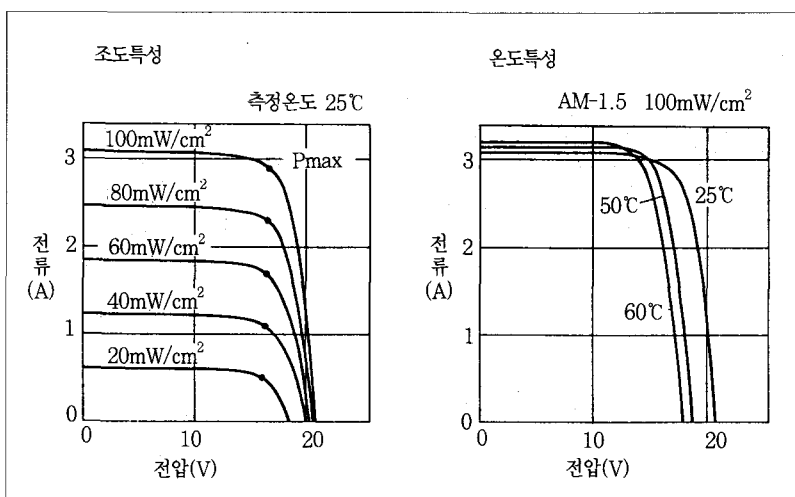
전류파형제어부에서는 계통전압과 동기된 기준정현파를 전류지령치로 하여, 이지령치에 출력전류가 추종하도록 제어함으로써 역률1제어 및 고조파전류의 저감을 도모하고 있다.

또 단독운전검출방식으로서 미소량의 무효전력을 변동시키는 무효전력변동방식을 채용하여, 무효전력의 지령치와 검출치가 일치하지 않을 때는 단독운전으로 판정하여 파워

해외기술



〈그림 2〉 파워컨디셔너 제어 블록도



〈그림 3〉 태양전지출력 특성 예(三洋電機 태양전지데이터에서)

컨디셔너를 정지시키는 것으로 하였다.

(3) 자동운전기능

태양전지의 출력에 의하여 파워컨디셔너의 시동·정지를 자동적으로 행하는 기능이 있다 (자동운전기능).

(4) 계통연계보호장치

OVR, UVR, OFR, UFR 외에 단독운전검출기능으로서 능동방식·수동방식을 병용하고 있다.

능동방식으로는 무효전력변동 검출방식을 채용하고 있다(그림 4). 이 방식에서는 파워컨디셔너의 교류출력전력에 미소한 무효전력의 변동이 가해지도록 무효전력지령(三角波)을 제어부에 준다. 계통 정상시에는 무효전력검출치가 지령치에 추종하여, (무효전력검출치 - 무효전력지령치) = 0이 된다. 한편 단독운전시에는 무효전력검출치가 지령치에 추종하지 않고 일정値로 되기 때문에, (무효전력검출치 - 무효전력지령치)는 지령치三角波와 同周期로 변동한다. 이 검출치와 지령치와의 差分을 상시검출하여, 변동이 발생하여 어느 시각에서 기준치 이상이 되었을 때는 단독운전상태라고 판정한다.

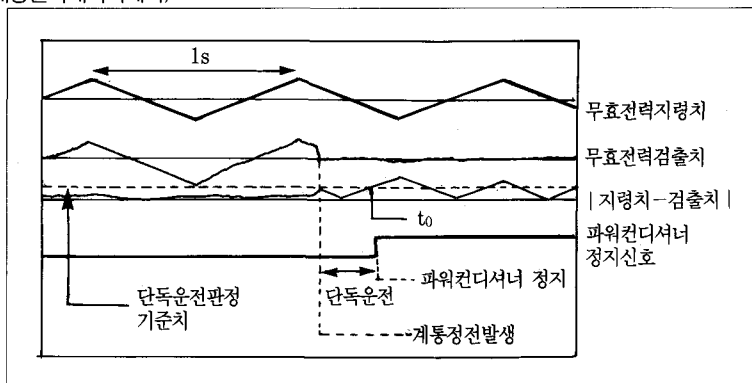
또한 수동방식은 주파수변화를 검출방식을 채용하고 있다.

3.4 시험결과

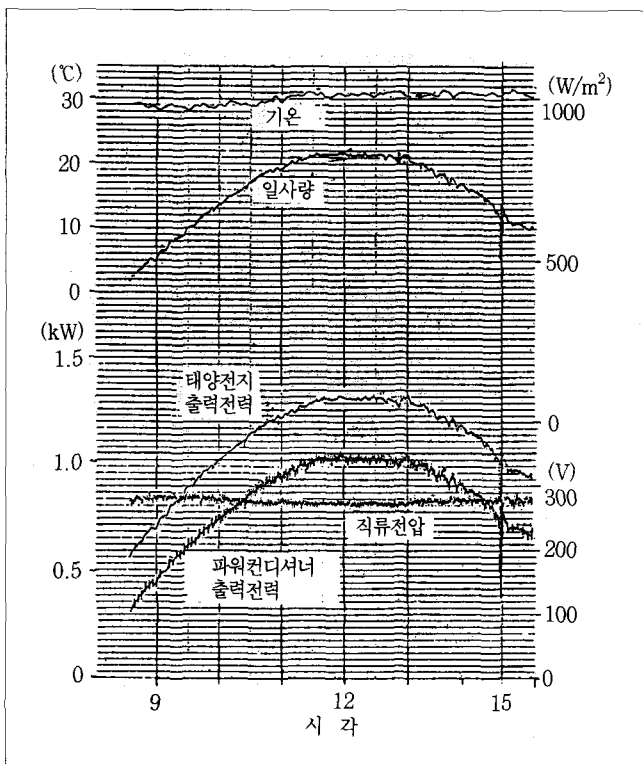
파워컨디셔너 용량 10kW, 연계전압 200V의 특성시험결과를 다음에 기술한다.

(1) 단독운전검출(能動방식)

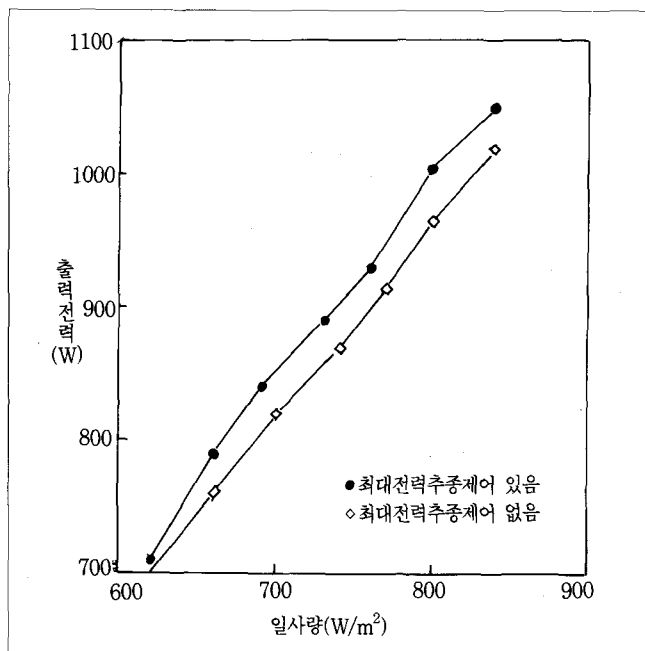
그림 4에 단독운전시의 보호동작특성을 표시한다. 계통정전전에는 무효전력



〈그림 4〉 단독운전검출 특성



〈그림 5〉 최대전력추종제어시의 발전 특성



〈그림 6〉 일사량 - 파워컨디셔너 출력전력 특성

지령치 - 무효전력검출치 | 기준치이기 때문에 계통정상  
으로 판정하고 있다. 계통정전후는 단독운전상태로 되어  
시각  $t_0$ 에서 | 무효전력지령치 - 무효전력검출치 | 기준  
치로 된다. 이것을 검출하여 단독운전상태로 판정하여  
파워컨디셔너를 정지시켜 단독운전을 방지하고 있다.

(2) 최대전력추종제어

그림 5에 1.5kW의 태양전지 접속운전시의 발전특성  
예를 표시한다. 기온, 일사량의 변화에 따라서 직류전압  
을 제어하여 최대전력이 되도록 파워컨디셔너가 운전되  
고 있다.

또 그림 6에 최대전력 추종제어 실행시와 불실행시의  
일사량 - 출력전력의 특성그래프를 표시한다. 이 그래프  
에서 파워컨디셔너의 교류출력전력이 이 제어에 의하여  
高出力이 되는 것을 알 수가 있다.

## 4. 導入 · 計劃例

### 4.1 某自治新廳舎 納品 태양광발전 시스템

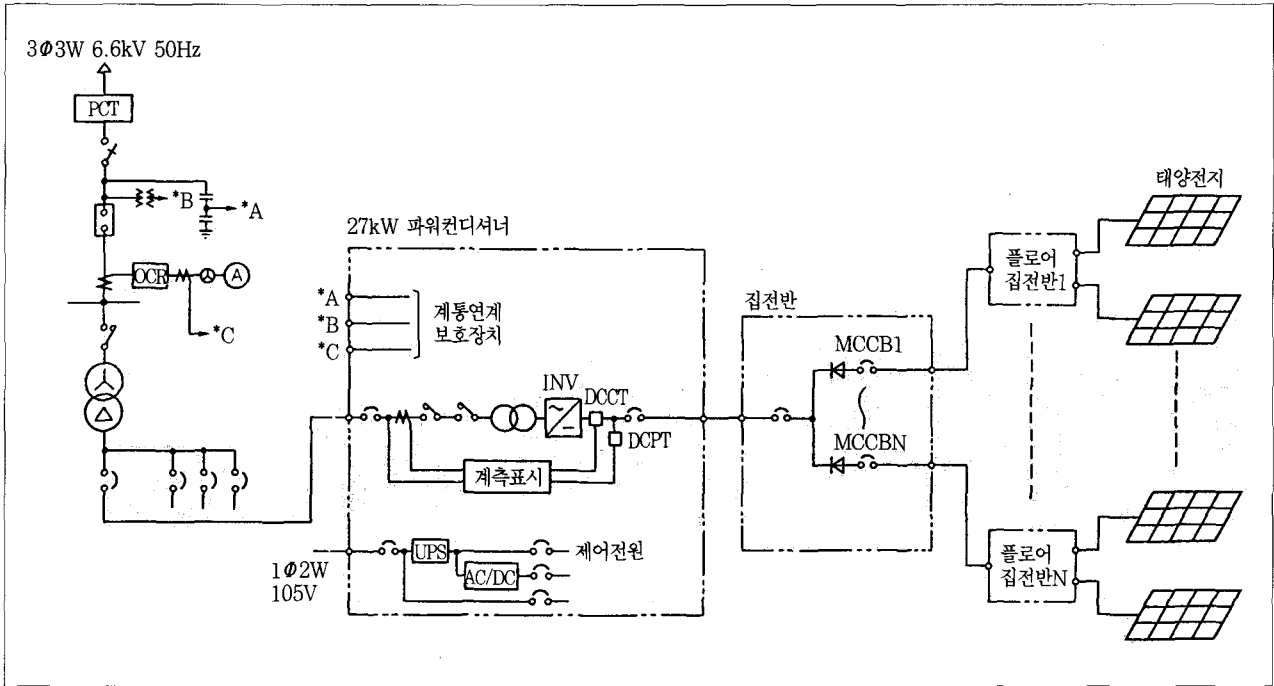
신청사의 청사내 전원용으로 3상출력 27kW 고압연계  
시스템을 제작중이다. 이 설비에서는 창유리에 아몰퍼스  
태양전지를 설치한 씨스루타입의 태양전지를 청사의 서  
면, 동면에 사용하며 일부 單結晶타입으로 구성하고 있  
다. 建材一體로 함으로써 설치면적을 유효하게 이용할  
수 있게 되어 있다.

그림 7에 단선접속도를 표시한다.

### 4.2 가고시마縣屋久島환경문화촌센터 납품시스템

屋久島환경문화촌센터에는 단상출력 5kW(간주) 저압  
연계시스템을 납품하였다. 고압수전시설이지만 태양광발  
전용량이 계약전력에 비하여 낮은 비율이었기 때문에 저  
압간주 연계로 하고 있다. 태양전지에는 單結晶실리콘전

해외기술



〈그림 7〉 단선접속도

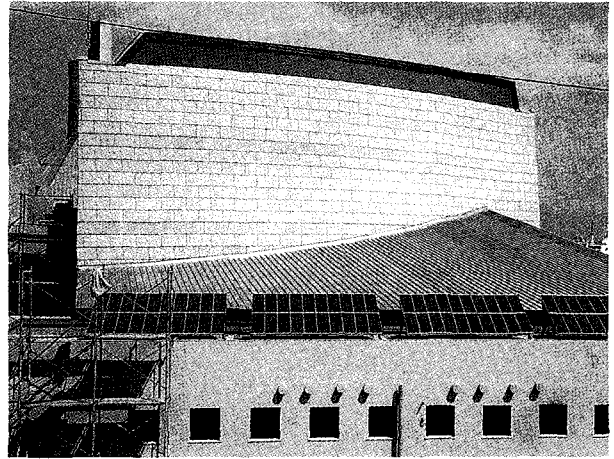
지를 사용하고 있다.

이 시설에는 태양광발전 외에 소수력발전설비를 남품하고 있으며 환경공헌에 대한 PR물로서 사람들의 관심을 끌고 있다.

그림 8에 태양광발전시스템의 전경을 표시한다.

### 5. 맺음말

新에너지의 대표적인 태양광발전시스템에 대하여 소개하였다. 현재 태양광발전시스템은 여러 분야에서 이용되기 시작하였고 국가의 제시책 등으로 도입이 진전되고 있다. 그러나 설치코스트가 높아 본격적인 보급에는 이르지 못하고 있는 것이 현실이다. 금후에도 이 시스템의 보급확대를 위해 기술혁신을 추진하여 도입효과가 보다 높고 경제적인 시스템 개발에 노력할 생각이다.



〈그림 8〉 태양광발전시스템 전경

이 원고는 일본 明電時報를 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 明電舎에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.