2001년 과학기술의 세계 ⑧

각광받는 太陽電池

玄 源 福
〈科學저널리스트〉

인구 70억에 이를 2000년의 세계 에너지소비량을 2.8Q(1Q는 10의 18승 BTU)라고 볼 때 지구의 에너지자원의 수명은 화석연료만 사용한다면 173년에 바닥이 날 것이고 원자력발전용 우라늄도 1만년이면 고갈된다.

그러나 태양에너지는 태양이 존재하는 한 1백억년은 걱정없다. 추운 겨울철에 아무리 햇빛이 약하다고 해도 우리는 평당 2킬로와트의 에너지를 받을 수 있다.

우리나라 국토에는 연간 1백억 킬로리터의 석유와 맞먹는 막대한 양의 태양에너지가 내려 쬐고 있다. 그러나 이렇게 무진장한 에너지를 우리가 사용할 수 있는 전기에너지로 바꾸자면 그 비용이 재래식의 발전보다 아직도 몇배나 더 들었기 때문에 태양에너지의 이용은 그동안 거북이 걸음을 해왔다.

늘어나는 광전지

태양에너지를 전기에너지로 바꾸는 장치는 광전지(PV). 그동안 과학자들은 빛을 사용할 수 있는 에너지로 전환하는 광전지의 효율을 꾸준히 향상시키고 생산 코스트를 줄인 결과 광전지의 보급은 부쩍 늘어 전세계 판매고는 1982년의 9메가와트에서 최근에는 30메가와트가 되었다. 오늘날 광전지는 초단파 송신기에서 유전착공장치와 항해용 전등 그리고 군사통신장비에 이르기

까지 여러 장치에서 전원을 제공하고 있다. 광전지는 또 새로운 가전제품속으로 스며들어 가기 시작했다.

태양에너지로 가동하는 계산기와 라디오는 이미 보편화되어 있고 가전제품시장에서 광전지는 연간 15~20%의 성장을 계속하고 있다. 광전지로 가동하는 테라스용 등은 연간 1백만개나 팔려 나가고 있다. 미국 피닉스에는 광전지패널로 전기를 공급받는 동네가 있다. 오늘날 광전지시장의 규모는 연간 4억달러에 이른다. 그래서 광전지제작 및 연구와 관련된 기업이나 기구의 수는 1970년대초의 10여개에서 오늘날 2백을 넘어 섰다.

신기술 발전 그러나 오늘날 광전지 메이커들의 목표는 거대한 광전지판을 발전회사에 판다는 것이다. 이렇게 하자면 태양전기의 생산가를 킬로와트/시당 현재의 25센트에서 6센트로 줄어야 한다. 이런 격차를 줄인다는 것은 당장에는 어렵다지만 꾸준히 발전하고 있는 것도 사실이다.

예컨대, 솔라텍스사는 지난 8년간 평균 연간 25%씩 생산코스트를 줄여 왔으며 출력수준도 꾸준히 향상되고 있다. 컴퓨터칩처럼 절단된 결정 실리콘반도체로 만든 광전지는 현재 태양광의 12%를 사용하기 쉬운 에너지로 전환할 수 있다. 그러나 결정 실리콘은 값이 매우 비싸다. 과학자들은 오래전부터 싸고 양산방법을 적용할 수 있는 보다 얄팍한 반도체전지를 만들어 코스트를 줄이려고 노력해 왔다.

최근 개발에 성공한 이 박막광전지는 최소한 코스트를 5분의 1로 줄일 수 있다고 보고 있다. 앞으로 2~3년내에 시장에 선보일 이 광전지는 신설 원자력발전소의 전력생산 코스트와 비길만한 킬로와트/시당 13센트로 전기를 생산할 수 있을 것이라고 보고 있다. 큰 발전소에서는 이런 전지를 사용하여 전기를 양산할 것이다. 그러나 이 새로운 재료를 상용화하려는 인터내셔널 솔라 일렉트릭 테크놀로지사의 비제이 케이퍼사장은 가정에서 자가발전용으로 사용할 수 있을 날이 머지 않았다고 내다보고 있다.

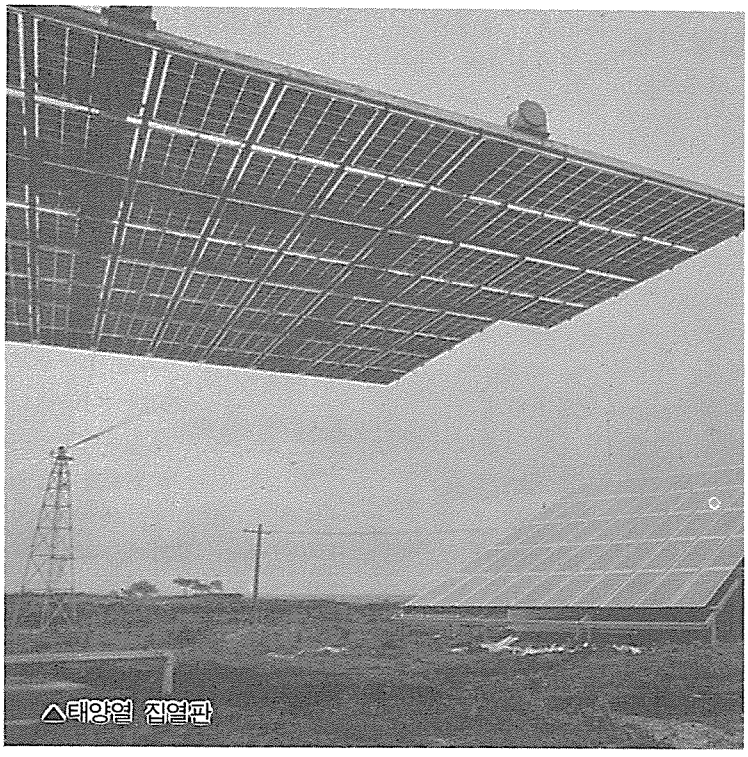
빛을 모으는 렌즈 최근까지 광전지효율에 관한 세계기록은 28.5%였다. 이것은 광전지로 떨어지는 태양에너지중 28.5%를 전기로 전환할 수 있다는 뜻이다. 이 기록은 스탠퍼드대학에서 설계한 장치가 세운 것인데 렌즈를 이용하여 빛을 실리콘전지에 집중시키도록 되어 있다. 햇빛이 반도체 실리콘조각에 닿으면 전자를 방출하게 하여 전류를 만들어 내는데 스탠퍼드 광전지는 손톱크기의 단결정 실리콘칩에 많은 햇빛을 다져넣어 많은 전기를 생산하게 되는 것이다.

그런데 렌즈는 너무 비싸서 태양전지로 가동하는 텔레비젼 같은 장치에는 사용할 수 없지만 대규모발전에는 이용될 수 있을 것이라고 미국전력연구소(EPRI)는 생각하고 있다. EPRI는 렌즈를 포함한 광전지, 태양을 쫓아다니는 추적장치, 그리고 햇빛을 가둬두는 反반사코팅을 설계했다. 다음 단계는 생산공정을 만드는 일인데, 5년내에 완성할 예정이다.

그런데 이 스탠퍼드의 효율기록은 최근 스탠퍼드대학이 있는 팔로알토의 바리안어소시에니츠사가 깨뜨리고 말았다.

바리안사는 스탠퍼드장치의 실리콘위에 한층의 갈륨비소를 쌓아 효율을 30.8%로 갱신했다. 더우기 갈륨비소는 들의 뜨거운 온도에서 광전지가 가동할 때 실리콘보다 더 효율적이라는 것이 밝혀졌다. 그러나 갈륨비소는 너무 값이 비싸서 인공위성용이외에는 사용되지 않는다.

그런데 미국 매서추세츠주 타운턴의 코핀사는 다른 박막재료와 경쟁할 수 있는 값으로 22.4%의 효율을 내는 갈륨비소필름의 제조방법을 찾았다. 코핀사는 또 폐기물이 매우 적은 제작공정을 개발했는데, 이 방법을 이용하면 비싼 갈륨비소를 덜 사용한다. 미국 펜실베니어주 파올리의 아메틱사와 엘파소의 포톤 에너지사는 다



△태양열 집열판

른 박막재료인 카드뮴 텔루라이드를 개발하고 있다. 이재료로 만든 광전지는 11%의 효율을 달성했다. 이것은 다른 재료에 비해 뒤지기는 하지만 종국적으로는 모든 박막중에서 가장 싼 것으로 밝혀질 것이다.

박막기술의 점 박막기술은 여러가지 장점이 있다. 반도체로 만든 박막전지는 햇빛에 대해 너무나 민감해서 사람의 머리카락 보다 훨씬 가는 층으로 전기를 만들어 낸다. 또 재료가 너무나 적게 들기 때문에 살포하거나 전기도금으로 쉽고 싸게 유리에 적용할 수 있다. 렌즈로 장비한 전자만큼 직사광에 효율적인 것은 아니지만 푸른 하늘의 산란광으로부터 전기를 만들 수 있고 구름이 덮인 아래서도 최고출력의 60%를 생산할 수 있다.

현재 박막중에서 챔피온은 아르코 솔라사가 동-인듐-다셀레나이드(CIS)라고 부르는 재료로부터 만든 1평방피트보다 조금 큰 패널이다. 이 패널은 그런 크기의 박막장치로서는 기록적인 11.3%의 효율을 달성했다. 이 정도라면 상업용으로서도 충분하다. 과학자들은 서로 다른 재료의 엷은 층을 조합하여 햇빛에서 더 많은 '에너지 쥬스'를 짜내려고 안간힘을 다하고 있다.

예컨대, 아르코 솔라사의 과학자들은 푸른 빛을 잡는데 안성마춤의 실리콘을 보다 파장이 긴 붉은 빛을 잡는 동-인듐-다셀레나이드의 박막위에 쌓아 올림으로서 14.6%의 전환율을 거둬들이고 있다. 일본의 마츠시다 바테리사는 값이 헐한 인쇄방법을 사용하여 세라믹바탕에 카드뮴 텔루라이드와 카드뮴 설파이드의 박층을 입히고 있다. 이 회사는 매달 1백만개의 이런 전지를 찍어내고 있다.

한몫을 하는 비정질 실리콘 한편 결정 반도체 대신 아모르퍼스(유리같은 것)재료에 대한 연구도 한창 진전되고 있다. 단결정 실리콘의 원자는 정확한 격자모양을 형성한다. 그래서 이런 구조내의 교란은 효율을 줄인다. 이와는 대조적으로 아모르퍼스 실리콘은 규칙적인 원자패턴이 없어 만드는 비용도 덜든다. 이 재료는 태양력 계산기와 같은 전력이 적게 드는 장치에 전기를 공급하는데 이미 사용되고 있으며 일본의 산요사는 이런 광전지를 가진 지붕용 타일을 생산하고 있다.

아모르퍼스 실리콘은 야외에서 사용하면 금방 망가지는 경향이 있기 때문에 다른 광전지 재료 보다 훨씬 뒤진다. 그러나 그 내구성을 증진시킬 수 있다면 강력한 경쟁자로 등장할 것이다. 아모르퍼스 실리콘도 多層게임을 할 수 있다. 미시건주 트로이의 에너지컨버전 디바이시즈사는 여러가지

의 아모르퍼스 실로콘합금으로 만든 3중층의 전지로 13%의 효율을 달성했다고 말하고 있다. 서로 관련된 재료는 하나의 제조공정으로 만들 수 있기 때문에 이런 전지는 서로 다른 재료의 조합보다 제작하는데 비용이 덜 먹힌다.

일본은 선두주자 광전지시장에서 미국은 1982년에 60%를 차지하여 선두를 달렸으나 레이건 행정부가 연구비를 연간 1억5천만 달러에서 3천5백만달러로 크게 줄이는 바람에 30% 이하로 쳐지고 말았다. 대신 일본은 태양에너지 연구개발에 연간 5천6백만달러를 투입하여 세계시장의 40%를 차지하게 되었다.

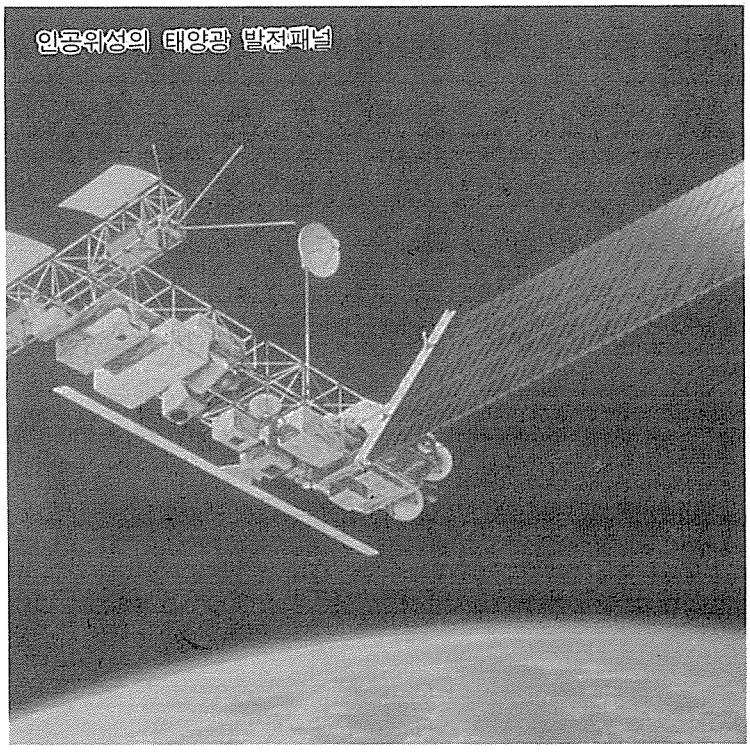
유럽도 3년전 소련 체르노빌 원자력발전소 폭발이래 이 분야에 많은 투자를 하기 시작했다. 서독은 3천5백만달러의 연구비를 4천7백만달러로 늘렸다. 1989년 이탈리아의 태양에너지연구투자는 미국을 앞지르고 있다. 풍부한 석유자원을 갖고 있는 사우디아라비아도 사막에 내려 쬐는 태양의 잠재력에 뜨거운 눈길을 보내고 있다. 사우디는 태양전지를 사용하여 물을 산소와 수소연료로 분해한 뒤 깨끗한 연료인 수소를 북쪽나라에 수출할 생각이다.

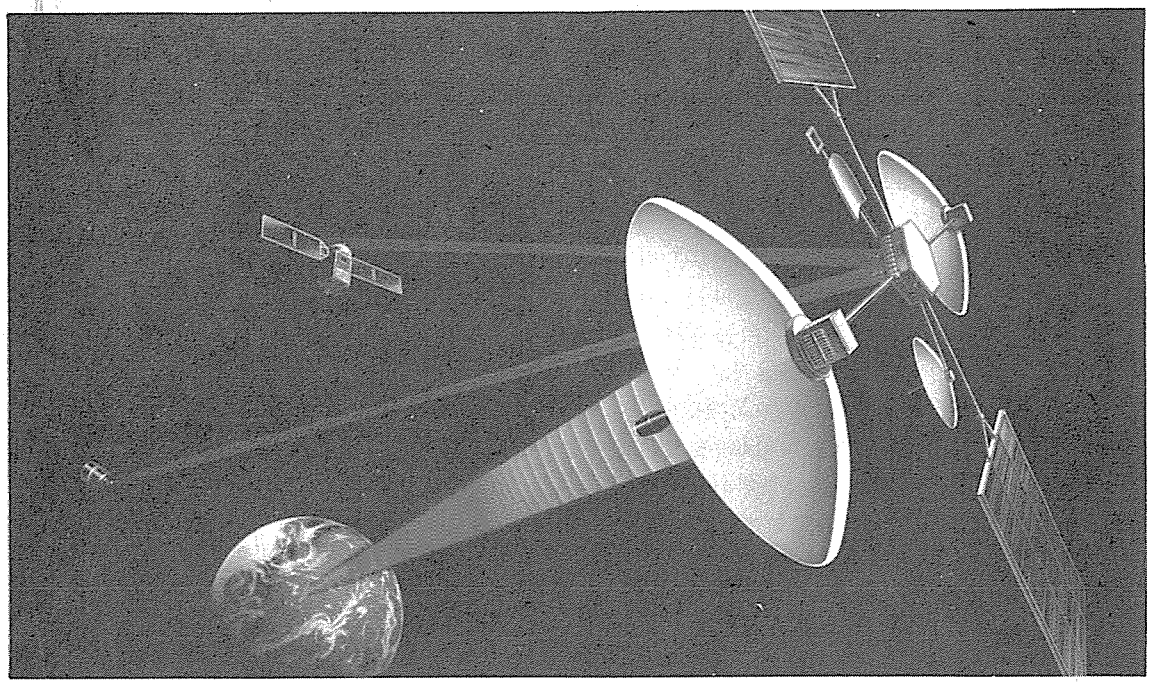
> 과학기술 진흥창달
> 선진조국 앞당긴다

앞당기는 실용화 1976년 태양에너지발전소용의 광전지를 생산한 이래 30~300킬로와트에 이르는 20여종의 시스템이 유럽에 설치되었고 일본은 1985년 사이조시에 1메가와트 발전소를 완공했다. 일본 통산성이 이른바 '선샤인 계획'의 일환으로 1981년에 착수한 이 일본 최초의 본격적인 태양광발전시스템은 태양전지를 장치한 1평크기의 패널을 2만여장을 즐비하게 깔아 1천킬로와트의 전력을 생산한다.

광전지발전은 얼마나 빨리 보급될까? 그런데 광전지는 비교적 큰 발전소(1기가와트)도 1~2년내에 가동할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 그래서 미국 크로너사의 연구원들은 1990~1995년간 약 2백억달러를 투자한다면 1995년까지 연간 10기가와트의 광전지생산능력을 갖게 되어 2000년까지는 40기가와트의 광전지 발전능력을 갖게 될 것으로 낙관하고 있다.

원대한 꿈 우주발전소 미국항공우주국과 미국에너지성은 2030년에 완성목표로 태양발전위성을 계획하고 있다. 이 계획은 지상 36,000km 정지궤도위에 우주발전소를 건설하여 태양에너지를 마음껏 이용하자는 것이다. 지금까지 여러가지 모델이 제안되고 있으나 기본이 되는 것은 10km×5km 넓이에 두께


인공위성의 태양광 발전패널



500m의 플랫트홈형이다. 알루미늄합금으로 된 골격에 태양전지를 붙인 이 플랫트홈의 무게는 3만~5만톤이나 된다. 이런 무게의 재료는 한꺼번에 우주궤도에 올릴 수 없기 때문에 스페이스셔틀이 여러번 왕복하면서 자재를 궤도위에 올려놓는다. 또 이런 자재를 조립하고 보수하자면 우주공장을 건설할 필요도 있다.

이 우주발전소 한개의 발전량은 5백만 킬로와트이며 화력발전소 5개분과 맞먹는다. 미국은 서기 2000년부터 해마다 2개의 우주발전소를 건설하여 2030년에는 모두 60개가 완성되어 미국의 모든 전력수요의 10%를 공급하게 된다. 그러나 우주발전소에서 생산한 전기를 지구로 보내는 방법은 쉽지 않다. 예컨대, 북위 35도 부근에서 전력을 수신하는 경우 태양발전소 1개에 대해 남북 13km, 동서 10km에 이르는 거대한 안테나가 필요하다. 그래서 60개의 우주발전소로부터 전력을 받자면 그만큼 광대한 부지가 필요하다.

우주 발전소에서는 이 안테나를 향해 마이크로파로 송전하게 되는데 이때 마이크로파가 지구의 환경에 대해 어떤 영향을 줄 것인지 아직도 밝혀지지 않고 있다. 직접 마이크로파를 접촉해도 화상을 입을 정도는 아니라고 해도 대기권의 전리층이나 오존층에 영향을 주지 않는다는 보장은 없는 것이다.

지구에서 우주발전소를 볼 때 낮에는 그 후면밖에 보이지 않지만 밤이 되면 태양이 비치는 앞쪽이 지구를 향하게 되는데 금성보다 밝은 -4.5등성 밝기로 반짝일 것이다. 그런데 미국 뿐 아니라 지구상의 여러 나라들이 차례로 우주발전소를 궤도 위에 건설한다면 밤하늘에는 다른 하나의 달이 등장한 것처럼 지구를 환하게 밝혀 줄 것이다.

이렇게 되면 천체관측을 할 수 없다고 천문학계에서는 반대하고 나섰다. 그래서 우주발전소의 규모를 더 크게 하는 대신 숫자를 줄이고 수신기지는 사막에 건설하든가 그렇지 않으면 극궤도상에 우주발전소를 태워 수신기지도 남북극에 설치하자는 대안도 나오고 있다. 그러나 우주발전소계획은 우주에 대한 미국의 관심이 달아 오르지 않는 한 21세기 중반이나 되어야 실현될 것 같다.