

두번째

# 태양전지

- 해외 연구기관 소개 - *Institutefur Angewandte Photovoltaik*

지난 호에 이어 이번 호에서도 최근 관심이 고조되고 있는 태양전지에 대해 다루고자 한다. 본 고의 내용은 일본 산업기술종합연구소 Hironori Arakawa씨가 집필한 내용을 발췌, 번역한 것이다. 일본에서도 수년전부터 태양전지에 주목하고 있고 많은 기업과 대학 등에서 그 연구개발이 검토되는 상황이었지만 Grätzel cell에 관한 연구정보를 폭넓게 파악할 수 있는 해설서가 없었다. 본책은 이와 같은 배경을 가지고 출판이 기획되었다. 본 책에는 색소 증감 태양전지의 연구개발 역사부터 Grätzel cell의 기초, 연구개발과제, 관련하는 연구전개, 특허정보, 해외의 연구 상황 그리고 일본의 태양광발전 프로그램 등에 대한 개요를 파악할 수 있도록 일목요연하게 정리되어 있다. 또 연구의 최전선에 있는 산관학 40명 이상의 연구자가 각각의 연구과제에 대해서 소개했고, 색소증감 태양전지의 연구개발 최신기술을 파악하는 것에도 최적의 구성으로 되어 있어 새로운 타입의 색소증감 태양전지에 대한 입문서로서 손색이 없다. 비록 지면 관계상 일부의 내용만을 게재했지만 해외 연구기관의 소식을 통해 국내에서의 태양전지에 관한 연구개발의 방향설정에 도움이 되기를 바란다.

〈자료제공: (주)그린광학〉

1991년 Grätzel교수의 고성능색소증감 태양전지 발표이후, 유럽을 중심으로 그 기업화를 위한 연구개발이 행해지고 있다.

예를 들면 공립기관에서는 네덜란드 ECN이 유럽프로젝트 (Joule Project)의 일환으로서 색소증감 태양전지의 양산화를 위한 프로세스검토를 진행하고 있다. 스위스에서는 Swatch사, SOLARONIX S. A.사, Asulab S. A.사, Leclanche사, Greatcell Solar S. A.사 등의 이름이 들린다. 독일에서는 Glas-Trosch A. G.사와 Institute fur Angewandte Photovoltaik사 등이 있다. 프랑스에서는 IMRA Europe S. A

사가 검토를 진행하고 있다. 유럽이외에서는 호주의 Sustainable Technologies Australia사가 창문과 벽용의 색소증감 태양전지의 생산판매를 2001년부터 계획하고 있다는 발표가 있었다. 이들 기업은 모두 Grätzel교수가 소속된 EPEL 과 특허실시권 등에 대해서 계약을 하고 있다. 미국에도 벤처기업이 여러 개 있는 것 같지만, 활동상황은 그다지 들리지 않는다. 한편, 일본에서도 이 기술개발에 흥미를 가지고 있는 회사가 많이 있다는 것은 최근의 특허출원동향을 보면 명확히 알 수 있다.

본 고에서는 유럽 중에서 옥외용 대전력디바이스에 타깃을 두고 연구개발을 행하고 있는 Institutefur Angewandte Photovoltaik(INAP)사에 대해서 소개하겠다.

### 1. INAP사

독일 Dusseldorf 근교의 작은 마을 Gelsenkirchen에 있는 INAP는 1993년 설립되어 사장인 Klaus Peter Hanke 박사를 중심으로 15인 정도의 연구자와 기술자로 구성된 벤처기업으로 색소증감 태양전지 실용화를 겨냥해 연구개발을 행하고 있다. 이 회사는 그 지역 전력회사와 글라스메이커인 Pilkington사와 세계의 유명귀금속제조회사, 색소메이커 등이 출자해서 설립된 이래, 1995년부터 본격적인 실용화를 위한 연구개발을 진행하고 있다. 연구개발비 관련하여 일부 주정부와 EU에서 공적연구개발자금도 받고 있다.

Grätzel교수가 소속된 EPEL에서 옥외용의 색소증감 태양전지 제조의 전용실시권을 취득하고 있다. 타깃은 어디까지나 옥외에 설치하는 태양전지로서의 색소증감 태양전지 개발을 목적으로 하고 있다. 연구개발은 구주의 대학과 공적연구기관, 기업 등 약 13개 기관과의 연휴를 하면서 진행하고 있고, 전체적으로 30~40명이 연구개발에 관계하고 있다고 한다.

연구개발은 실용화태양전지를 구조하기 위한 유닛 셀의 집적화기술, 양산화기술과 태양전지로서의 내구성 향상이 중점 당면개발과제인 것으로 파악된다.

필자가 INAP를 방문했을 때에는 그림 1에 나타난 50cm×50cm 크기의 집적화 셀을 보여주었다. 7%의 효율을 가지는 단색형의 유닛 셀(약 1cm × 48cm사이즈)이 48개 배치되어 있고, 전체에서도 6%의 효율이 있다는 것이었다. 필자는 색소증감 태양전지의 집적화 셀 연구가 지금까지 진행하고 있는 것을 보고 매우 감격했다. 현재의 큰 개발과제는 옥외설치를 의식한

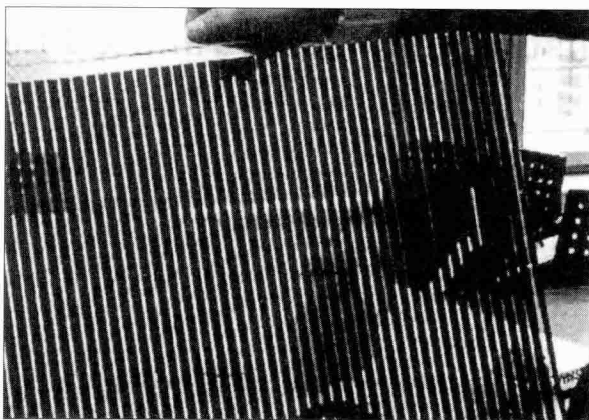


그림 1. INAP에서 개발된 50cm<sup>2</sup>의 색소증감 태양전지 47본의 Stripe형 단일셀이 집적화되어 있다.

고온(80℃정도까지)의 내구성 향상이다. 지금까지 색소증감 태양전지의 봉지용 접착제와 봉지기술에 대해서 많은 검토를 하고 있고, 실온에서 50℃정도의 온도환경에서는 완전히 문제가 없는 셀을 개발해오고 있다고 한다. 그들이 제작한 셀에서는 옥내사용에서는 10년간의 품질보증은 할 수 있다는 것이었다. 이하 몇 가지 항목에 대해서 INAP 견해를 소개하겠다.

#### (1) 내구성의 검토

우선 셀의 봉지(실) 문제이다. 실제(seal 劑)로서 폴리머계의 것과 무기글라스계의 것을 검토하고 있고, 글라스계의 frit를 사용한 경우, 약 17cm<sup>2</sup> 크기의 셀에서 2000시간 이상 전류( $V_{oc}$ ), 전압( $J_{sc}$ )이 안정하다는 결과를 얻었다. 그런데 글라스 frit는 고가이기 때문에 폴리머계의 실제를 검토해서 50℃에서는 거의 안정, 65℃에서는 500시간정도 안정한 실제를 이미 개발하고 있다는 것이다. 그러나 상술했듯이 어디까지나 개발타깃은 옥외사용이고, 80℃정도에서의 온도환경에서 안정성 확보가 큰 과제로 되어 있다. 내구성 저하의 원인은 가열에 의해 봉지부분에서 전해질용액이 새거나 대기 중에서 공기와 수분이 들어가는 것에 의한 성능열화이다. 색소증감 태양전지의 기본적인 작용기구의 계속성에는 문제없다고 한다.

표 1. INAP에서 개발된 색소증감 태양전지의 성능

Date	No.	Area/cm <sup>2</sup>	I/W/m <sup>2</sup>	Uoc/mV	i/mA/cm <sup>2</sup>	FF/%	$\eta$ /%
21.10.97	J4a	2.9	1000	773	13.24	67	6.8
14.10.97	J4	2.6	1000	744	17.1	56	7.1
17.10.97	J11	2.5	500	734	6.28	74*	6.9
16.10.97	J6	2.8	1000	764	15.57	65	7.7

\*3 times achieved  
Best calculated value : 773mV, 17.1mA/cm<sup>2</sup>, 74%→9.78%

#### (2) 효율

색소증감 태양전지의 효율이 어느 정도까지 향상하는가는 매우 흥미있는 것이지만, INAP에서는 표1에 나타난 것과 같이 지금까지 그들의 실험결과에서 변환효율 9.78%는 가능하다고 한다.

표 1의 각 실험결과와  $V_{oc}$ ,  $J_{sc}$ , ff 값의 최고값 곱셈 결과, Ru 증감색소(N3색소)와 TiO<sub>2</sub>의 조합에서 변환효율 9.78%가 가능하다. INAP에서 지금까지 달성된 셀의 변환효율은 1cm<sup>2</sup> 셀에서 8%, 3cm<sup>2</sup> 셀에서 7.6%, 112cm<sup>2</sup> 셀에서 7.6%, 그리고 최초로 소개한 50cm<sup>2</sup> 셀에서 6%이다.

Ru색소N3(여기 갭을 1.65eV로서)를 사용한 색소증감 태양전지에 대한 그들의 이론효율 계산에서는 27%의 변환효율이 가능하다. 따라서 단색광 광전변환효율의 양자효율이 0.5정도라고 해도 9.5%에서 10.8%의 변환효율이 가능하다고 추정하고 있다. 그리고 광흡수영역이 N3색소보다 넓은 Black dye색소를 사용하면 변환효율 11.5%는 가능하다고 추정한다. 그림 2에 그 추측값을 나타냈다.

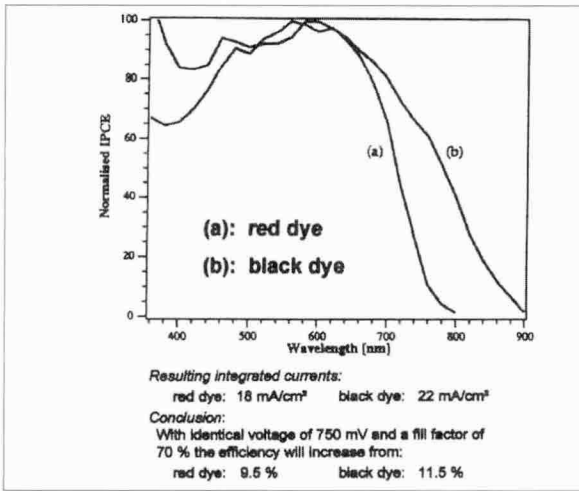


그림2. Ru색소 N3색소와 Black dye색소를 사용한 색소증감 태양전지의 IPCE(단색광기준의 광전변환효율)과, 그 성능에서 예상되는 9%이상의 높은 변환효율

(3) 경제성

색소증감 태양전지의 최대 장점은 장기적으로는 대폭적인 저가격화가 가능한 태양전지인 것이다. 그들은 색소증감 태양전지는 Si태양전지에 대해, 경합할 수 있다고 생각하고 있다. 그들이 제작한 색소증감 태양전지의 제조가격은 1.5~3.8DM/Wp, 그것에 기초하는 발전가격은 0.5~1.0DM/kWh이다. 1DM을 50엔으로 하면 발전가격은 25엔~50엔/kWh로 된다. 또 색소증감 태양전지의 제조가격평가 특징으로서 그 정도의 가격은 플랜트규모로 크게 영향받지 않는다는 것을 말한

다. 그리고 색소증감 태양전지의 제조는 단순하고 저 설비투자 혹은 고도의 기술과 지식은 그다지 필요하지 않기 때문에 제3세계 국가용의 태양전지라고 말할 수 있다.

2. 결론

INAP에서의 큰 집적화 셀을 보았을때 색소증감 태양전지의 성능향상에는 남은 문제가 많지만, 연구개발은 단순히 연구실 레벨뿐만 아니라, 실용화를 고려한 연구단계에 들어가 있는 것을 강하게 느꼈다. 현 시점의 내구성 문제점은 봉지기술의 개발이다. 옥외 열 환경에 대응하는 80℃~90℃에 견디는 봉지제가 개발되면 내구성 문제는 거의 해결되는 것은 아닐까?

EPEL에서의 정보에 의하면 옥내에서는 12,000시간 이상의 연결조사실험에 성공하고 있지만, 이것은 약 10년의 내구성에 상당하는 것이다. 이것이 정말이라면 색소증감 태양전지의 기본적인 광전변환프로세스의 작동에는 문제없다고 생각된다. 중요한 것은 액체전해질이 새는 것을 어떻게 방지하는가이다. 해결방법의 하나로서 전해질의 고체화도 있지만, 역시 봉지제 개발은 액체전해질, 고체전해질에 한정되지 않고 중요한 기술개발과제인 것은 틀림없을 것이다.

INAP의 사장인 Hanke박사는 INAP 이후의 연구과제로서 첫째 생산가격의 삭감, 둘째 라이프타임 20년 셀의 개발을 지적하고 있다. 또 이후 3개년 연구계획으로서 첫째 생산공장의 건설 준비, 둘째 셀 안정성의 문제해결, 셋째 파이로트 스케일생산의 개시를 들었다. 색소증감 태양전지의 실용화기술의 최전선에서 주안력을 계속하고 있는 INAP 건투와 성공을 빈다.

중소기업 기술 유출 피해 2.5%포인트 감소

●●칼막뉴스●●

중소기업청 · 한국산업기술진흥협회 ‘기술유출실태조사’ 실시

올 상반기 기술 유출로 피해를 본 중소기업 비율은 전체의 15.3%로, 작년(17.8%)에 비해 2.5%포인트 감소한 것으로 나타났다.

이같은 사실은 중소기업청과 한국산업기술진흥협회가 지난 4월 29일부터 6월 말까지 부설연구소를 보유한 1500여개 중소기업을 대상으로 실시한 ‘기술유출 실태 조사’ 결과에서 밝혀졌다.

조사 결과 기술유출로 피해를 입은 기업 가운데 44.5%는 2회 이상 산업 기밀 유출 경험이 있었으며, 3회 이상 기술이 유출된 기업도 18.3%나 됐다.

기업 유형별로는 혁신형 중소기업의 기밀 유출 비율이 16.6%로, 일반 중소기업의 13.1%에 비해 높게 나타났다. 기업별 피해 금액은 기술 유출 1건당 평균 9억 1000만원이었고, 해당 기업들은 이로 인해 연매출액 대비 7.5%의 피해를 입은 것으로 분석됐다. 산업기밀 유출 관계자는 퇴직사원이 62.4%로 가장 많았고, 현직사업(23.6%), 협력업체

직원(21.0%), 경쟁업체 직원(7.9%)순으로 조사됐다.

기업당 산업기밀 보안 인프라 관련 투자금액은 평균 2079만원(매출액 대비 0.15% 수준)으로, 기업들이 산업보안에 대한 관심은 높지만 경영 여건상 보안 인프라 구축 및 관리를 위한 투자는 상대적으로 크게 부족한 것으로 분석됐다.

기업들은 산업기밀 보호를 위해 정부차원의 보안시스템 구축 지원(22.7%), 보안투자에 대한 지원제도 확충(20.5%), 산업보안교육 확대(16.9%), 보안 진단 및 마스터플랜 수립 지원(15.9%) 등이 필요하다고 응답했다.

신기룡 경영공정혁신과장은 “중소기업 산업기술유출을 근원적으로 예방하기 위해 국가정보원 · 지식경제부와 협력해 이른 시일내 ‘기술 유출상담센터’를 설치하는 등 적극적인 대책을 마련, 추진해나갈 계획”이라고 말했다.