

BA 411

2005 미래유망 사업화아이템 이슈분석

태양전지 (PV Cell)

Ubiquitous 시대의 태양전지

박창걸 · 전승표 · 박남규



한국과학기술정보연구원

머 리 말

21세기는 지식과 정보가 그 국가의 경쟁력을 좌우하는 지식기반 산업사회로 나아가고 있으며, 최고가 아니면 살아남을 수 없는 무한 경쟁시대가 되어가고 있습니다. 우리나라가 이러한 변화 속에서 생존하기 위해서는 국가경쟁력 강화가 필수 불가결한 것으로 인식되고 있으며, 이를 위해서는 선진국형 고부가가치 산업의 육성이 절실히 요구되고 있습니다.

이러한 시대적 요구 속에서 한국과학기술정보연구원에서는 우리나라가 지식기반 산업사회를 선도해 나갈 수 있도록, 미래유망사업화 아이템을 도출·선정하고 이에 대한 심층분석정보를 제공하고 있습니다. 이를 통해, 국가 과학기술 확산은 물론 국제경쟁력을 극대화시키기 위해 노력하고 있습니다.

미래유망사업화 아이템 이슈분석사업의 일환으로 출간되는 본 보고서는 태양전지 산업발전에 적으나마 기여할 것으로 기대하고 있습니다. 태양전지는 학문분야에서는 연구의 수단으로, 산업분야에서는 기술개발의 도구로 점차 활용 폭을 확대해 나가고 있습니다. 이와 같이 태양전지는 여러 산업들에 파급효과가 매우 커서, 국가 산업 측면에서 중요성이 부각되고 있습니다.

본 보고서는 미래유망사업화 아이템의 도출과정 및 선정경위와 태양전지에 대한 기술·시장의 분석, 이슈분석을 통해 체계적이고 심도 있는 분석정보를 제공하고자 하였습니다. 본 연구의 결과가 관련 과

학기술정보를 국내에 확산시키고, 이와 아울러, 관련 산업의 국제경쟁력 증대에 작으나마 도움이 되었으면 합니다.

끝으로 본 보고서는 한국과학기술정보연구원의 박창걸 선임연구원, 구영덕 선임연구원과 한국전자통신연구원의 박남규 책임연구원이 집필한 것으로서, 이 분들의 노고에 감사드리며, 수록된 내용은 한국과학기술정보연구원의 공식의견이 아님을 밝혀두고자 합니다.

2005. 11.

한국과학기술정보연구원

원장 조영화

목 차

I. 서 론	1
1. 태양전지의 개념	1
2. 분석목적 및 필요성	1
3. 분석 방법	2
II. 선정과정	3
1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스	3
가. 프로세스 설계의 배경	3
나. 정성적 프로세스	5
다. 정량-정성적 프로세스	8
2. 태양전지의 선정과정	12
가. 분석대상의 선정 : 특허추세 분석	12
나. 메가트렌드 분석 : SOU 분석	13
다. 유망아이템 후보군 도출 : 부상키워드 및 동시발생분석	16
라. 유망아이템 선정	19
III. 산업시장분석	21
1. 개요 및 특성	21
2. 동향 및 전망	24
가. 기술개발 동향	24
나. 시장동향과 전망	30

II

IV. 이슈 분석	37
1. 유비쿼터스 태양전지의 필요성	37
2. 유비쿼터스시대의 나노유기 태양전지	38
가. 나노유기 태양전지 등장	38
나. 염료감응 태양전지	38
3. 유비쿼터스용 태양전지의 어플리케이션	42
V. 결론	45
참고 문헌	47

표 목차

<표 2-1> 정량-정성적 유망아이템 발굴 프로세스	10
<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준	11
<표 2-3> 미국특허 C 코드 분야 정체코드 및 부상코드의 내용 및 특징	12
<표 2-4> 부상코드에서 추출된 유망아이템 후보군	17
<표 2-5> 유망아이템 선정평가표	20
<표 3-1> 태양전지 분야 세부기술별 투자규모	29
<표 3-2> 세계 태양전지·모듈의 성장전망	31
<표 3-3> 국내 태양광 에너지관련 참여업체	35

그림 목차

<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법	6
<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스	7
<그림 2-3> 선정단계에서의 유망성 평가기준	8
<그림 2-4> 미국특허 C코드 분야의 정체코드 및 부상코드	13
<그림 2-5> 정체코드의 SOU 분석결과	14
<그림 2-6> 부상코드의 SOU 분석결과	14
<그림 3-1> 신재생에너지의 비중	22
<그림 3-2> 세계 태양전지·모듈 생산추이	30
<그림 3-3> 태양광에너지산업가치사슬과 주요업체	33
<그림 3-4> 국내 태양광발전 보급추이	34
<그림 4-1> 태양전지의 종류	37
<그림 4-2> 나노염료감응형 태양전지	38
<그림 4-3> 염료감응태양전지 시제품:ETRI	40
<그림 4-4> 정보통신기기의소비전력과 플렉시블태양전지가 부착된 의류	41

I. 서론

1. 태양전지의 개념

- 태양전지는 광기전효과에 의해 빛을 전기로 직접 변환시키는 전기 발생 소자임.
- Photovoltaics의 “photo”는 빛을 의미하는 그리스어 “phos”로부터 유래되었고 “volt”는 볼타전지를 발명한 전기연구의 개척자 Alessandro Volta의 이름에서 유래하였음. 따라서 “photo-voltaic”은 “light-electricity”를 의미함.
- 태양전지는 시계, 계산기 등의 전원에서 부터 이동통신 기지국, 인공위성 등 대규모 발전에 이르기까지 사용되고 있음.

2. 분석목적 및 필요성

- 태양전지는 전통적인 화석원료의 유한성과 환경친화성의 부족함으로 선진국 중심으로 활발히 상업화가 진행되고 있는 대표적인 미래 대체에너지의 하나임.
- 특히 사막지역 등에서의 대규모 태양발전 단지나 산간오지 등에서의 소규모 발전 등의 형태로 전개되고 있는 태양전지 및

2 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

발전이외에 유비쿼터스시대의 도구에 채용할 수 있는 타입의 태양전지이 요구가 증가하고 있음.

3. 분석 방법

- 본 연구에서는 태양전지 중 연료전지 중에서 “염료감응형 태양 전지”를 중심으로 분석하였음.
- "II. 선정과정"에서는 미래 유망 사업 아이템으로서 태양전지가 선정된 경위에 대하여 기술하였음. 사용된 주요 방법론은 기술-산업 연계구조 및 특허키워드 분석 등 KDD (Knowledge Discovery in Database)/KM(Knowledge Mapping) 측면의 접근 방법론이었으며, 미국특허의 IPC 분류상 C코드를 대상으로 하였음.
- "III. 산업시장 분석"에서는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 보유 문헌 분석, 국내외 조사전문기관의 발표자료 분석, 전문가 자문 및 업계실태조사 등의 방법을 통해 태양전지 일반의 기술·산업·시장의 동향을 파악하고 전망하였음.
- "IV. 이슈분석: Ubiquitous 시대의 태양전지는 웨어러블 태양전지를 구현하리라 기대되는 염료감응형 태양전지의 등장 가능성에 대한 이슈를 분석하였음.

II. 선정과정

1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스

가. 프로세스 설계의 배경

- 미래 유망 사업아이템(이하 아이টে으로 칭함) 발굴 프로세스는 연구기관별 채택하는 방법론에 따라 상이하게 나타나고 있지만, 기본적으로 ① 환경분석(메가트렌드 분석), ② 유망 아이템 후보군 발굴, ③ 평가/우선순위결정으로 구성됨.
- 국내 주요 연구기관의 미래 유망아이템 발굴 방법론은 해외예측기관의 발표자료를 종합하는 방법 또는 전문가 위원회의 구성을 통한 정성적 접근방법 등이 매우 중요시되고 있음.
 - 해외의 경우는, 전문가 위원회의 활용이 매우 체계적인 것으로 파악되지만, 정성적 접근이 중요시되는 점은 국내의 경우와 크게 다르지 않음.
- 이러한 정성적인 전문가 위원회의 활용은 각종 의사결정에 있어서 장점이 많은 방법이지만 절차의 복잡성과 과도한 시간 및 비

4 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

용 소요, 소수 전문가의 과도한 영향력 발휘에 의한 왜곡 등의 단점이 있음.

- 따라서 최근에는 전형적인 전문가 위원회 구성 방식 이외에 설문 통계분석, 기술연관분석(고병열, 2003), KDD(Knowledge discovery in database)/KM(Knowledge Mapping), Bibliometrics 등 보다 정량적이고 객관적인 방법이 주요 의사결정 시스템에 많이 도입되고 있음.

- 이 중에서 최근 주목받고 있는 방법은 방대한 과학기술정보를 수록한 과학기술 DB 데이터를 대상으로, Bibliometrics, Text mining, Mapping기법을 활용하여 보다 객관적인 사실을 도출하고자 하는 KDD방법임(Porter, 2004; 윤문섭, 2004, Yoon, 2005; 윤병운, 2005; NISTEP, 2003).

- 그러나, “미래 유망아이템”의 경우, 다양한 사회현상과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 시스템화된 정량적 발굴 프로세스를 100% 적용하기란 사실상 어려운 점이 있음.

- 따라서, 효과적으로 미래유망 아이템을 발굴하기 위해서는 정성적 프로세스(주지한 바와 같은 단점이 존재하지만) 및 정량적 프로세스와 병행하여 사용할 필요가 있음.

- 이에 따라, 본 보고서에서는 유망아이템 발굴에 대한 정성적 프

로세스와 정량적 프로세스를 모두 적용하였음.

- 한편, KDD/KM 등의 활용을 통한 정량적 프로세스의 적용은 기술분석 및 기술기획 관련 정책제언에 주로 적용되어 왔으나, 유망아이템 발굴과 같은 산업/시장분석¹⁾ 측면으로의 활용은 현재까지 전무함.
- 따라서, 본 보고서에서의 정량적 프로세스는 이에 대한 최초의 시도로 볼 수 있음.
- 종합하면, 본 보고서에서 개발한 미래유망 아이템 발굴 프로세스는 정성적 프로세스 및 정량-정성적 프로세스로 나뉘어짐.
- 정성적 프로세스를 통하여 IT 및 관련 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였고, 정량-정성적 프로세스를 통하여 화학-금속-바이오 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였음.

나. 정성적 프로세스

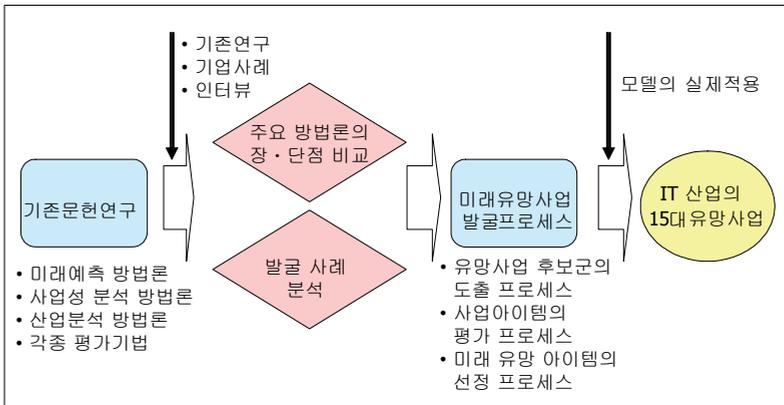
- 정성적 프로세스는 미래 유망사업의 선정과 관련한 국내외 각종

1) 예를 들어, 산업구조분석, 시장수요예측, 시장기회/위협요인 분석, 메가트렌드 분석 등이 해당되며 “유망아이템의 발굴”은 이러한 다양한 산업/시장분석 방법론이 종합된 형태로 볼 수 있음.

6 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

기관 및 컨설팅사의 방법론을 분석·비교하여 장단점을 파악한 후, 통합 프로세스를 고안하는 형식으로 개발하였음(<그림 2-1>).

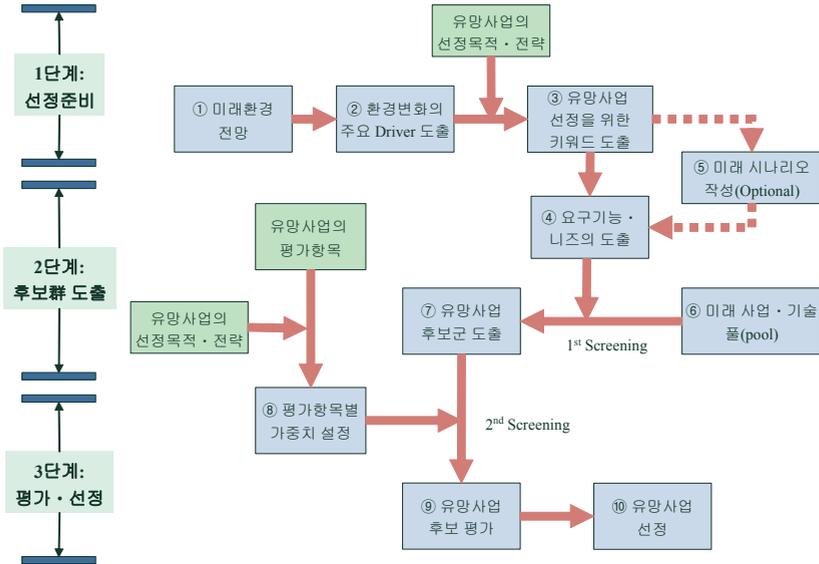
<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법



- 개발된 프로세스를 IT 및 관련산업에 적용하여 15대 미래유망사업 아이템을 도출하였음.
- 문헌고찰, 사례연구, 전문가 브레인스토밍, 과거 시장자료 DB 분석 등의 연구방법을 주로 사용하였음.
- 정성적 유망아이템 발굴 프로세스는 1) 선정준비, 2) 후보발굴, 3) 평가·선정의 3 단계에 걸쳐 총 10개의 세부모듈로 구성됨.2)

2) 한국과학기술정보연구원과 삼성경제연구소가 공동으로 개발하였음.

<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스



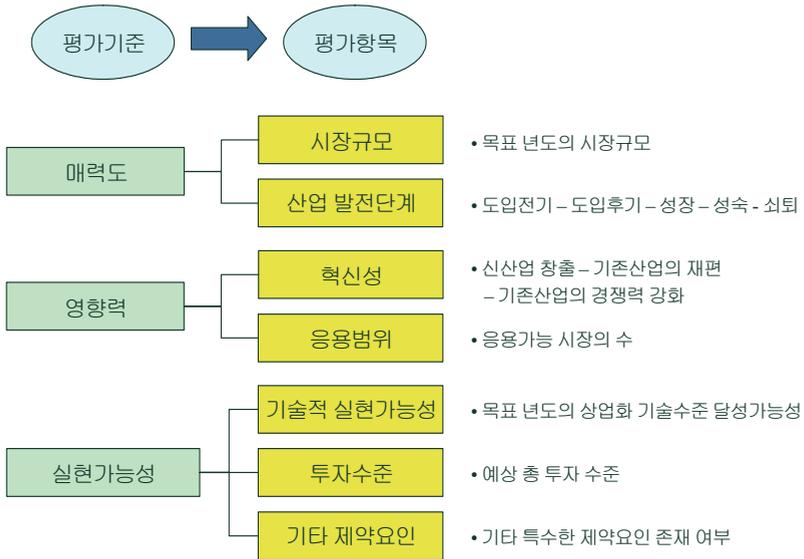
- 선정준비 단계 : 미래환경전망, 환경변화의 주요 動因 도출, 유망사업 선정을 위한 키워드 도출
- 후보발굴 단계 : 미래 시나리오 작성, 요구기능니즈 도출, 대상산업의 미래 사업기술목록 작성, 유망사업 후보군 도출
- 평가선정 단계 : 평가항목별 가중치 설정, 후보사업 평가, 유망사업 선정.

○ 선정단계에서 유망성 평가기준은 매력도(시장규모 및 산업발전단계), 영향력(신사업 창출 가능성, 사업응용 범위), 실현가능성(국내 기술수준, 투자수준, 기타 제약요인)으로 설정하였음(<그림 2-3>

8 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

참조).

<그림 2-3> 선정단계에서의 유망성 평가기준



다. 정량-정성적 프로세스

○ 동 프로세스의 개발은, 상용화에 근접한 기술을 파악할 수 있는 특허 DB에 미래 유망아이템의 후보군이 존재한다는 기본 개념에서 출발함.

- 대상 특허 DB는 미국특허이며, 이 중 IPC C 코드로 한정하였음.
즉, 산업분야로 볼 경우, 화학, 금속, 바이오 산업의 영역으로 볼

수 있음.

- 특허는 IPC라는 기술분류 체계를 따르고 있기 때문에, 이를 산업/제품 분류 체계와 연관 지을 경우 매우 유용한 결과를 도출할 수 있음.
 - 즉, 최근 들어 급격히 부상하고 있는 특허 분류코드 및 키워드들을 파악하고 이들을 산업/제품 분류체계에 대응시킬 경우 미래 유망아이템 후보군을 도출할 수 있고, 해당 기술/산업 분야의 메가트렌드를 파악할 수 있게 된다는 의미임.
 - 이는, “현 시점에서 기술혁신 활동이 활발한 기술분야와 연관된 산업/제품이 미래 유망산업/제품이 될 가능성이 높다”³⁾는 의미와 상통함.
 - 이상과 같이 후보군이 도출되면 간단한 평가지표를 사용하여 우선순위를 결정하였음.
- 이상의 기본 개념을 바탕으로 <표 2-1>과 같이 유망아이템 발굴 프로세스를 설계하였음⁴⁾.
 - 기술-산업 연계구조 및 특허 키워드 분석 등 KDD/KM 측면의 접근을 시도한 것을 특징으로 함.

3) 가능성이 높다는 측면에서 유망아이템 후보군이라는 표현을 사용하였으며, 이후의 선정 단계에서 유망아이템을 최종 발굴한다.

4) 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, 863-887.

10 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

<표 2-1> 정량-정성적 유망아이템 발굴 프로세스

단계	내용	방법론	
① 분석대상 선정	최근 10년간 출원빈도가 급증하는 IPC 분류코드 (부상코드)와 정채되어 있는 분류코드(정채코드)의 선정	· 특허추세분석	
② 메가트렌드 분석	부상코드와 정채코드의 IOM/SOU 분석을 통하여 기술혁신 추세변화가 산업에 미치는 영향을 분석	· IOM/SOU* 분석 (기술-산업연계구조 분석)	
③ 유망아이템 후보군 도출	부상코드 내에서, 1990년 대비 2000년에 새로이 출현한 키워드(부상키워드) 및 이들 간의 동시발생분석 분석결과를 대상으로 하여 산업적으로 의미있는 아이템화하여 도출	· 키워드 분석 · 키워드 동시발생분석	
④ 유망아이템 선정	유망아이템 후보군을 대상으로 메가트렌드 부합도, 시장 규모, 시장성숙단계, 기술의 혁신성 등의 평가지표를 사용하여 스크리닝	· 주요 평가지표를 사용한 평점모형	

정
량
적

정
성
적

주* : 캐나다 지적재산권 관리국에서는 1972년부터 1995년까지 출원된 30만건 이상의 특허에 대해서 각 기술의 IPC 분류 코드를 해당 기술이 개발된 산업(Industry of Manufacture : IOM)과 그 기술이 활용되어지는 산업(Sector of Use : SOU)으로 분류하였음. Yale 대학에서는 이를 차용하여 IPC 분류 코드가 특정 IOM-SOU 조합으로 분류될 확률을 계산하였고, IPC 분류에 따른 특허자료를 연관된 IOU-SOU 행렬로 변환하는 공정을 최종 완성하였음(Johnson, 2002).

자료: 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, p.873.

- 발굴된 유망아이템 후보군으로부터 평가과정을 거쳐서 최종적으로 유망아이템의 우선순위를 결정하는 과정(④)은, 아이템의 매력도 및 영향력 등을 객관적으로 가늠할 수 있는 평가 지표를 도출한 후 이에 따라 후보아이템별로 평점을 부여하고 합산하는, 평점모형 방식으로 수행하였음.
- 이 단계에서는 DB의 정량적 활용이 어려워 기존의 모형(김은선 외, 2004; 삼성경제연구소, 2005)을 간략한 형태로 적용하였음(<표 2-2>).

<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준

평가지표	평가 기준					
	5점	4점	3점	2점	1점	0점
세계 시장규모 (단위: 억달러)	300 이상	100 ~ 299	10 ~ 99	1 ~ 9	1 미만	
발전단계	성장기	도입후기	도입전기	성숙기		쇠퇴기
				현시점이 도입기인 경우	현시점이 성장기인 경우	
혁신성 ⁵⁾	Radical (신산업창출)		Disruptive (기존산업 재편)		Sustaining (기존산업의 경쟁력강화)	
메가트렌드 부합도	B2C화				부합	비부합
	바이오화				부합	비부합
	서비스화				부합	비부합

5) 기술의 혁신성이 높을수록 미래의 신산업 창출로 연결가능성이 높을 것으로 판단하여 높은 점수를 부여

12 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

2. 태양전지의 선정과정

- 태양전지는 화학, 금속, 바이오 산업에 속하는 아이템으로서, 앞서 제시한 프로세스 중 정량-정성적 프로세스를 통하여 발굴되었음.

가. 분석대상의 선정 : 특허추세 분석

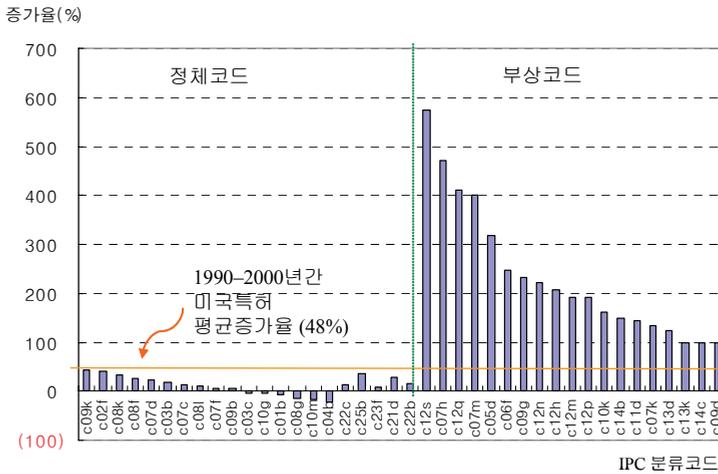
- 미국특허 IPC C 코드 분야의 전 특허를 대상으로 유망아이템을 발굴하는 것은 사실상 불가능하므로, 1990년~2001년까지의 출원 동향을 조사하여 부상코드와 정체코드를 파악하였음(<표 2-3>, <그림 2-4>).

<표 2-3> 미국특허 C 코드 분야 정체코드 및 부상코드의 내용 및 특징

구분	내용	특징
정체 IPC 분류코드군	1990~2000년간 미국 특허의 평균 증가율(48%)에 비해 낮은 증가율을 보이는 분류코드에 속한 기술	C09K, C02F, C08K, C08F, C22C 등 염료, 페인트, 불포화 고분자 화합물, 탄화수소유기 분해 증류정제 등의 전통적 화학공학 관련 기술군과 금속제조 정제, 표면금속 처리 등의 금속공학 관련 기술군을 포함.
부상 IPC 분류코드군	1990~2000년간 미국 특허의 평균 증가율(48%)에 비해 높은 증가율을 보이는 분류코드에 속한 기술	C12S, C07H, C12Q, C07M, C12N, C12H 등 당류, 유도체, 펩시드, 효소, 미생물 측정 시험 방법 등 유기화학 또는 생화학; 미생물학; 전자공학 관련 기술군 포함.

- 부상코드 및 정체코드의 기준은 미국특허 전체의 1990~2000년 10년간 평균 증가율인 48%를 기준으로 하였으며, 사용한 프로그램은 한국과학기술정보연구원에서 개발한 기술문헌정보분석 S/W인 KITAS™이었음.

<그림 2-4> 미국특허 C코드 분야의 정체코드 및 부상코드



- 이후, 부상코드와 정체코드의 활용산업분야(SOU)를 분석하여 산업의 메가트렌드를 파악하고, 부상코드 내에서의 키워드 분석을 통하여 유망아이템 후보군을 발굴하였음.

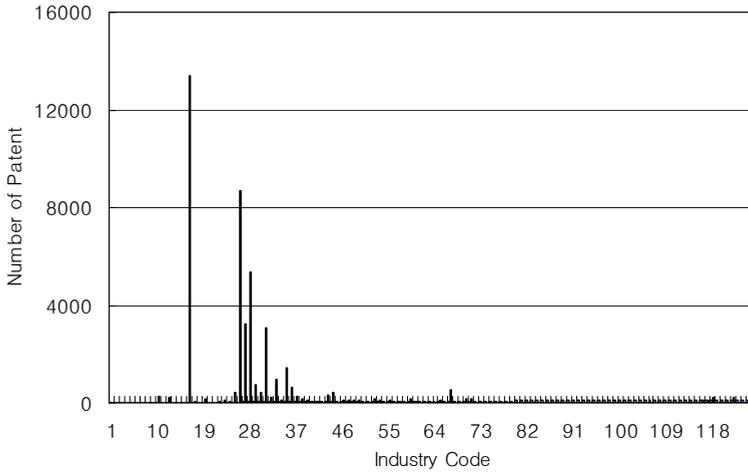
나. 메가트렌드 분석 : SOU 분석

- OTC 프로그램을 활용하여 특허기술 분류 코드를 기술이 활용되는 산업분야(126개 ISIC 산업분류)로 변환하였으며, 그 결과

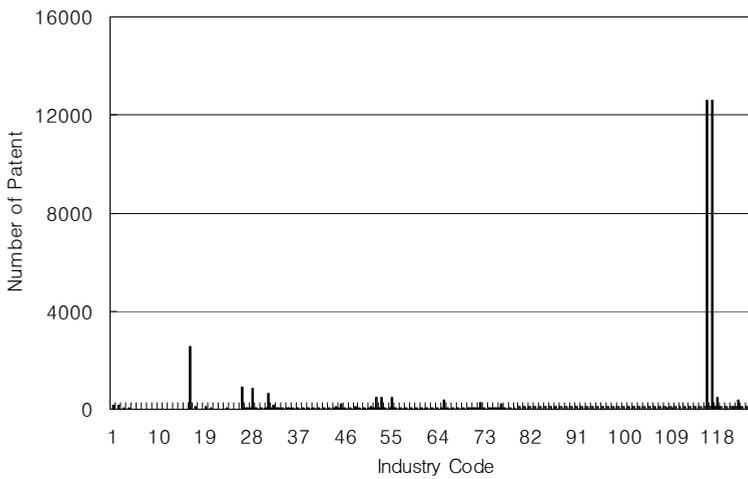
14 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

는 <그림 2-5, 6>에 제시하였음.

<그림 2-5> 정체코드의 SOU 분석결과



<그림 2-6> 부상코드의 SOU 분석결과



- 1번부터 15번까지는 농림수산업이고, 16번부터 44번까지는 제조업 중 화학, 섬유, 금속에 해당하며, 45번에서 66번까지는 전자, 기계산업, 그 이상은 유틸리티 및 서비스업에 해당됨.
- 분석결과 부상코드와 정체코드는 드라마틱하게 다른 SOU 경향을 보이고 있음을 알 수 있었음.
 - 정체코드는 기술이 개발된 산업분야(화학물 제조 분야, 20-30년대 산업코드)에서 대부분 활용이 이루어지는데 반해, 부상코드는 기술이 개발된 산업분야에서 활용되는 확률은 정체코드에 비하여 대폭 줄었고, 타 산업, 즉, 116, 117번의 Health & Wellness 분야에 집중적으로 SOU가 분포되고 있음
 - 이 결과를 통해 화학산업의 향후 전개방향을 읽을 수 있음. 과거 주력산업이었던 정체코드는 B2B형 화학산업으로서, 타 산업과의 융합은 거의 일어나지 않은 반면, 향후의 경향은, 서비스 산업, 그 중에서도 웰빙시대의 건강분야와 직접 연결되는 바이오 관련산업이 유망성이 높음이 제시되고 있음.⁶⁾
- 즉, 화학, 금속 및 바이오(IPC C코드) 분야의 미래 메가트렌드는 최근의 부상코드 관련 기술개발에 힘입어, “제조업의 서비스화, B2C 형 산업의 진전, 바이오 관련 산업 성장” 등의 키워드로 요약됨.

6) 최근 들어 해외컨설팅사 등에서 제조업의 서비스화의 유망성에 대한 논의가 많이 진행되고 있어, 본 연구의 결과를 반증함.

다. 유망아이템 후보군 도출 : 부상키워드 및 동시발생분석

- 유망 후보군 도출은 특히 부상키워드 분석과 추출된 키워드 간의 동시발생(co-occurrence)분석의 2단계를 통해 이루어졌음.

- 특히 부상키워드 분석과정
 - 부상분류코드에서 1990년에 발생한 키워드 및 2000년에 발생한 키워드를 자연어 처리 방식으로 추출하여 1990년 대비 2000년에 새로이 출현한 키워드(부상키워드)를 빈도수로 정렬
 - 이와 같은 방식으로 하여 도출한 키워드 중, 산업적으로 의미 있는 아이템으로 볼 수 있는 키워드를 선별하여 도출

- 키워드 동시발생 분석과정
 - 첫 번째 단계인 키워드 분석에서 직접적으로 도출되지는 않지만 상호 동시발생하는 키워드간의 연관도 분석을 통해 산업적으로 의미있는 아이템을 간접적으로 추출하는 과정
 - 첫 번째 단계에서 추출된 1990년 대비 2000년에 새롭게 출현한 키워드들을 동시발생 매트릭스(co-occurrence matrix)를 활용, 연관있는 키워드들끼리 묶어 그룹화한 후, 각 그룹에서 의미 있는 아이템을 추출해내는 방식
 - 각 그룹의 의미에 대한 검증을 위하여 키워드 그룹로부터 아이

템을 추출하는 과정에서는 해당기술분야 전문가들의 의견 수렴과정(peer review)을 거쳤음.

- 이상의 결과로 <표 2-4>와 같이 총 28 건의 유망아이템 후보군이 추출되었음.

<표 2-4> 부상코드에서 추출된 유망아이템 후보군

코드	코드내용	1990	2000	증가율 (%)
c05d	무기질 비료, 이산화탄소생성비료	4	13	317
c06f	성냥의 제조	4	18	246
c07h	당류 및 유도체 뉴클레오티드 핵산	322	1859	470
c07k	펩티드	570	1310	134
c07m	유기화합물의 특정성질에 대한 인덱싱계열	3	13	400
c09d	피복조성물(예: 페인트)	188	408	100
c09g	광택제조성물, 왁스	9	31	232
c10k	일산화탄소함유기체 정제변성	7	13	163
c11d	세정조성물	270	702	145
c12h	알코올 세균제거	8	9	208
c12m	효소학 또는 미생물학을 위한 장치	95	298	191
c12n	미생물, 효소 보존-유지-증식	824	2707	223
c12p	발효 또는 효소를 사용하여 화학물질 합성	431	1311	191
c12q	효소, 미생물을 함유한 측정시험	314	1707	410
c12s	생물학적 유리분리 정제	3	27	575
c13d	당즙의 채취정제	6	14	125
c13k	포도당, 전화당, 유당, 맥아당	3	8	100
c14b	원피, 나피, 피혁의 기계적 처리	2	4	150
c14c	원피, 나피, 피혁의 화학적 처리	8	15	100
c23c	금속재료의 피복, 증착, 스퍼터링	457	1082	121
c30b	단결정 성장	101	226	104
합계		3629	11776	

(계속)

18 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

코드	부상키워드 분석	동시발생분석
c05d	토양오염방지제	친환경적 수처리
c06f	없음	없음
c07h	Biochip, Antisense치료제, 유전자치료제	진단키트, 유전자치료제, 유용단백질소재, DNA chip, 인공장기, 유전자변형작물
c07k	Apotosis 치료제, 프로테오믹스, 면역치료제	세포치료제, 면역치료제, 바이오소재, 뇌질환치료제, 진단키트
c07m	없음	없음
c09d	상변화잉크	없음
c09g	없음	CMP 슬러리
c10k	없음	연료전지용 개질기
c11d	Biocide	없음
c12h	없음	없음
c12m	DNA chip, Bioremediation, Bioreactor	DNA chip, Lab-on-a- chip, Bioremediation, Proteomics
c12n	유전자치료제, DDS	유전자변형작물,
c12p	PCR-based detection(진단키트), 유전자재조합, 생분해성바이오소재	유전자변형작물, 생분해성바이오소재, 유전자치료제, DDS
c12q	Antisense치료제, Biochip, 유전자진단장치	Biochip, 바이오측정장비, 유용약물고속검색
c12s	없음	없음
c13d	없음	없음
c13k	없음	없음
c14b	없음	없음
c14c	없음	없음
c23c	Thermal barrier coating, RF plasma 기술, Low-k 물질, HDP-CDP	태양전지, Low-K물질
c30b	질화물반도체, 태양전지, LED, 실리콘 단결정, SIC, 단결정 웨이퍼	실리콘 단결정, 질화물 반도체, LED
합계(28)	24	4(중복제외)

- 본 프로세스는 화학 및 야금 관련의 C코드로부터 출발하였으나 유전자치료제, 면역치료제, 세포치료제, 바이오칩, 진단키트, 유전자 변형작물과 같은 바이오산업 중심의 유망 아이템이 다수 도출되었는데, 이는 C코드내 부상 코드군의 메가 트렌드인, 바이오산업화, 서비스화, B2C화에 부합하는 결과로 해석됨.
- 태양전지의 경우 c23c 코드의 키워드 동시발생 분석을 통해서 도출되었음.

라. 유망아이템 선정

- 전체 C코드로부터 추출된 부상코드의 키워드 및 동시발생 분석에서 추출된 28개의 후보 아이템 군에 대해 ① 시장규모, ② 시장성숙단계, ③ 혁신성 및 ④ 메가트렌드 부합도에 따라 평점을 부여하였음(<표 2-5> 참조).
- 종합 평가결과 상위 10대 아이템은 모두 바이오 산업 내 아이템에 해당되어 2015년의 바이오 산업의 중요성을 반증함.
- 평가결과를 토대로, 상위 15대 아이템을 유망아이템으로 선정하였으며, 태양전지의 경우 평가결과 11위에 랭크되어 이후 산업시장 분석 및 이슈분석을 수행하였음.

20 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

<표 2-5> 유망아이템 선정평가표

순위	아이템	시장 규모	성숙 도	혁신 성	소 계	메가트렌드부합성			총 점
						B2C화	Bio화	서비스화	
1	바이오 칩	4	5	5	14	0	1	0	15
2	유전자치료제	5	5	3	13	1	1	0	15
3	세포치료제	5	5	3	13	1	1	0	15
4	약물전달 시스템(DDS)	5	5	3	13	1	1	0	15
5	유용단백질 소재	5	4	4	13	0	1	0	14
6	면역치료제	5	5	2	12	1	1	0	14
7	뇌질환치료제	4	5	3	12	1	1	0	14
8	생분해성소재	4	5	3	12	1	1	0	14
9	유전자변형작물	4	4	4	12	1	1	0	14
10	프로테오믹스	3	5	4	12	0	1	0	13
11	태양전지	4	5	3	12	0	0	1	13
12	연료전지용 개질기	3	5	4	12	0	0	1	13
13	진단키트	4	4	3	11	1	1	0	13
14	인공장기	3	4	4	11	0	1	0	12
15	LED	4	5	3	12	0	0	0	12
16	LOC(Lab-on-a-chip)	3	4	4	11	0	1	0	12
17	유전자 진단장치	3	4	3	10	0	1	0	11
18	Bioreactor	3	5	2	10	0	1	0	11
19	질화물반도체	2	5	3	10	0	0	0	10
20	Bio-remediation	3	3	2	8	0	1	1	10
21	Biocide	3	0	2	5	1	1	0	7
22	저유전체(low-k)물질	1	2	2	5	0	0	0	5
23	CMP 슬러리	3	0	0	3	0	0	0	3
24	상변화잉크	-	-	0	0	0	0	0	0
25	토양오염방지제(중복)	-	-	-	-	-	-	-	-
26	차세대 반도체웨이퍼(중복)	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Antisense 치료제(중복)	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Apoptosis 치료제(중복)	-	-	-	-	-	-	-	-

주1) 25번 이하과제는 상위과제 및 정성적 프로세스 결과와의 중복도가 높아 평가를 수행하지 않았음.

주2) LOC의 경우 바이오칩과 유사성이 높아 제외하였음.

III. 산업시장분석

1. 개요 및 특성

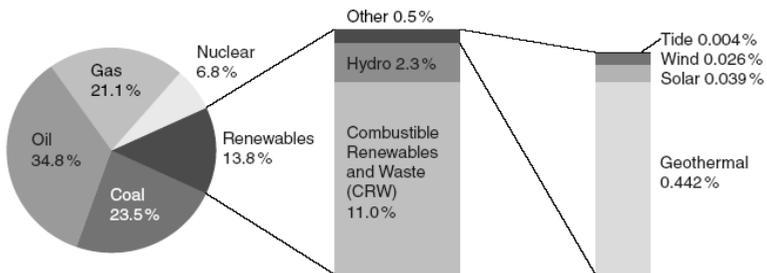
- 태양전지의 등장배경
 - 화석에너지 고갈
 - 국제기관과 각국 정부, 에너지연구기관 등에 따르면 지금처럼 화석연료를 소비할 경우 석유, 석탄, 천연가스의 가채연수는 각각 41년, 230년, 61년에 불과함. 따라서 화석연료 고갈에 대한 대책이 마련되지 않을 경우 멀지 않은 장래에 에너지원 부족에 따른 심각한 문제가 예상됨.
 - 환경문제의 해결
 - 산업혁명 이후 화석연료의 과도한 사용은 대기 중으로 온실가스를 다량 방출하면서 지나친 온실효과에 의한 지구온난화를 초래하고 있음.
 - 온실화석연료 고갈에 대한 지구온난화 현상은 溫室效果 (Greenhouse Effect)에 의한 지구기온의 상승을 말하며 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 염화불화탄소(CFCs) 등에 기인함.
 - 우리나라의 경우 1997년 외환 위기 직전까지 온실가스 배출 세계 9위였으며, 2010년에는 세계 7위를 기록할 전망이어서 대체에너지의 관심과 활성화에 대한 박차를 가할 수 밖에 없는 환경임.

22 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

- 대체에너지 개발수요의 해결

- 산업혁명 이후 화석연료의 과도한 사용은 대기 중으로 온실 가스를 다량 방출하면서 지나친 온실효과에 의한 지구온난화를 초래하고 있음.
- 청정 · 무제한적인 에너지원이 존재하며 필요한 장소에서 필요량만큼의 발전이 가능하고 유지보수 및 무인화가 용이하며 20년 이상의 긴 수명으로 장기적으로 설비투자면에서 경제성이 있음.
- 그러나 재생에너지의 연평균 공급 신장율(1971~2000)은 다른 에너지 신장율에 비해 확연히 높은 추세를 보여왔음. 특히, 풍력과 태양력의 성장추세가 주도한 바 크나 그 비중은 <그림 3-1>과 같이 0.026%수준으로 아직 미미한 수준함.

<그림 3-1> 신재생에너지의 비중



자료 : White Paper: Transitioning to a Renewable Energy Future, International Solar Energy Society, 2003, p.10.

○ 시장기회

- 정부정책

- **태양광 주택 보급계획**: 산업자원부는 「주택용 3kW 태양광 발전시스템」을 2010년까지 주택 3만호('06년 1만호→'08년 2만호)에 보급하는 「태양광 에너지개발·보급활성화 전략(Solar Land 2010 Program)」을 발표한 바 있음.
- **태양광발전전력 차액지원**: 산업자원부는 「대체에너지이용 발전전력의 기준가격 지침(2002.5.29)」을 통해 태양광을 이용한 전력발전 사업자에게, 생산가격과 전력시장 판매가격과의 차액을 지원하기로 함.
- **공공기관의 대체에너지 이용 의무화**: 대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법시행령 개정안(2004.4)이 확정되어 공공기관이 11개 용도별 시설물 중 건축연면적 3천㎡ 이상의 건물을 신축시할 경우 건축공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비의 설치에 사용하여야 함

○ 시장위협

- 경제성 확보

- 발전소자인 태양전지 가격이 비싸서 초기투자비가 많이 들고 에너지 밀도가 낮아서 넓은 면적이 소요되고 아울러 상용전

7) 태양광발전의 경우 667.60원/kWh[716.40원/kWh - 48.80원/kWh(2001년 평균 전력거래 가격)]을 지원하고, 3kW미만의 설비에 대해서는 최초 시설비의 20% 수준을 정부에서 지원하는 제도이다

24 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

원에 비하여 발전단가가 높아 경제성이 뒤짐.

- 일사조건에 따라서 발전하게 되므로 일사량에 따른 순간적인 발전량 편차가 심해 안정적인 전력공급을 위해서는 추가적인 설비 보완이 필요함. 특히 독립 전원으로 사용할 경우의 태양 광발전은 주간에만 발전하게 됨으로 야간에 전력공급을 위해서는 전력저장시스템을 병행하여 사용하여야 함.

2. 동향 및 전망

가. 기술개발 동향

○ 기술개발의 방향

- 태양전지의 기술개발의 주 방향성은 고효율화, 고순도화, 집적화, 생산성 향상에 있음.
- 고효율화
 - 태양광을 이용한 발전 시설에서 가장 요망되는 것은 태양 전지의 변환 효율의 향상임.
 - 현재, 각 가정용으로 사용되고 있는 단결정 태양 전지의 변환 효율은 약 15%로서 약 45%의 변환 효율을 갖는 화력 발전소와 같은 다른 에너지에 의한 발전 설비와 비교해서 크게 뒤떨어짐.

- 따라서, 실리콘 단결정 태양 전지가 개발된 이래, BSF(Back surface Field Type), Violet Cell 및 반사 방지형(CNR : Comsat Non-Reflective Cell) 등의 고효율화 연구가 진행되어 약 15%까지 변환 효율이 증대되었으며, 최근에는 새로운 용도에 대한 수요 창출을 위해 20% 이상의 변환 효율을 갖는 고효율 태양 전지를 개발하기 위한 시도가 이루어지고 있음.
- 시도되고 있는 연구의 내용들은 표면 플라즈몬 여기(房起)에 의한 태양 전지의 고효율화, 초고효율 화합물 반도체 다접합 태양 전지 및 태양 전지와 열전(熱電) 소자의 조합형 소자 등을 들 수 있음.

- 고순도화

- 태양 전지의 개발 초기에는 반도체 층(pin 층) 전체를 비교적 낮은 진공 조건하의 단실에서 형성하였으나, 산소나 질소 등의 불순물이나 벽 등에 흡착한 첨가 가스 등의 잔유물의 영향으로 태양 전지의 특성이 저하되는 문제점을 해결하기 위해 연속 분리 형성법이 개발되었음.
- 현재의 태양 전지 등 디바이스 제조장치의 대부분이 이 기술을 이용하고 있음.
- 보다 발전된 초고진공형 분리형성 장치(super chamber 방식)가 제안되어 각 chamber를 초고진공 대응으로 해서 고순도 가스를 공급함으로써 아몰퍼스 실리콘 막 중의 불순물량을 효과적으로 감소시키는 것이 가능해졌음.

26 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

- 고집적화

- 태양 전지는 단일 cell에서 0.5V 정도의 전압밖에 발생하지 않기 때문에, 0.5V 이상의 전압이 필요한 보통의 전기 기기를 움직이기 위해서는 태양 전지를 하나 하나 직렬로 접속시켜서 사용해야 함.
- 그러나, 아몰퍼스 실리콘 태양 전지에서는 아몰퍼스 실리콘이 박막인 것을 이용해서 단일 기판 위에서 여러 개의 태양 전지 소자를 직렬로 접속하는 집적화 기술이 이용되고 있음.
- 이 집적형 가공에서는 다양한 레이저를 이용해서 전극, 아몰퍼스 실리콘 층 등의 다른 박막을 하지(下地)에 손상을 주지 않고 분할하는 레이저 분할 기술이 이용됨. 이 집적화 기술에 의해 임의의 출력 전압의 태양 전지를 저 비용으로 제조할 수 있게 되었음.

○ 국가별 기술개발 프로그램

- 일 본

- 1974년에 태양광 발전 기술을 개발하기 위한 국가 주도의 Sunshine 프로젝트를 수립하여 추진하였으며, 1980년에는 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization, 신에너지기술 종합개발연구)를 설립하여 본격적인 태양광 발전 기술 개발에 착수하였음.
- 1987년에는 기업과 연구 기관 등으로 태양광 발전회(JPEA, Japan Photovoltaic Energy Association)를 구성하여 기술 및

시장에 관한 정보 교환과 공동 연구를 수행하였음.

- 1990년에는 24개 기업과 2개 단체로 태양광 발전 기술 연구 조합(PVTEC, Photovoltaic Power Generation Technology Research Association)이 결성됨에 따라 정부와 기업 및 연구소의 상호 협력뿐만 아니라, 대민 홍보와 연구 개발의 기능을 수행하고 있음.
- 1993년에는 경제 성장, 에너지, 환경 보전에 대한 균형있는 대책과 종합적인 기술 개발을 위하여 기존의 Sunshine 프로젝트, Moonlight 프로젝트 및 지구환경기술 개발 계획을 통합한 New Sunshine 프로그램(에너지 환경 영역 종합 기술 개발 추진 계획)을 수립하고 체계화하여, 1999년부터는 환경을 보호하고 대체 에너지의 보급을 촉진한다는 뜻에서 이러한 시스템을 설치할 경우 반액을 국가에서 지원하고 있음.

- 미 국

- 태양광 발전을 인공 위성의 전원으로 1960년대부터 이용해 왔으며, 지상용 태양광 발전 시스템의 실용화를 위하여 1972년부터 5년 주기의 national photogram program을 수립하여 기술 개발을 추진해오고 있음.
- 최근, 미국 에너지성이 국가, 산업계, 전력, 투자가 등의 총력을 집결하여 태양광 발전의 본격적인 실용화의 조기 달성을 기 위해 수립한 "Solar 2000"하에 태양전지의 효율 향상과 저가격화를 달성하기 위한 PVMa(photovoltaic Manufacturing Technology) 프로젝트를 진행하고 있음.

28 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

- 독일

- 태양광 발전 기술 개발의 최우선 목표를 태양 전지의 저가격화, 시스템 효율 및 신뢰성 향상으로 정하고 재생 가능 에너지 관련 예산을 투자하여 기술 개발을 추진하고 있음.
- 현재 소규모 태양광 발전 시스템의 실증 실험 및 개인 주택에 대한 실용화 보급을 위해 진행 중인 "2250 Roofs" 프로젝트는 1991년에 시작된 "1000 Roofs" 계획이 확대된 것임.
- 태양 전지에 관해서는 박막형과 결정형, PV 시스템은 지방자치 단체를 위한 시스템(물 펌프 등의 독립 전원), 계통 연계 주택, 대규모 실증 시스템(발전소, 수소 제조 등), 발전 도상국을 위한 시스템(물 펌프, 관개, 냉장고, 촌락 전화 등)을 중심으로 기술을 수행하고 있음.

- 국내

- 국내 태양광 분야의 기술 개발은 1987년 12월에 제정된 「대체 에너지 기술 개발 촉진법」을 근거로 1988년부터 대체 에너지 기술 개발 기본 계획이 수립됨으로써 체계적으로 추진되기 시작하였음.
- 지금까지 추진한 태양 전지 분야의 연구 개발 과제를 세부 기술별로 살펴보면 <표 3-1>에 나타낸 바와 같음.

<표 3-1> 태양전지 분야 세부기술별 투자규모

(단위 : 백만원)

구 분	정 부		민 간		계	
	금 액	비중(%)	금 액	비중(%)	금 액	비중(%)
sc-Si	461	4.1	1,922	18.8	2,383	11.1
mc-Si	619	5.5	470	4.6	1,089	5.1
a-Si	1,865	16.5	4,062	39.6	5,927	27.5
TCO	1,163	10.3	1,806	17.6	2,969	13.8
GaAs	1,128	10.0	103	1.0	1,231	5.7
CIS	1,059	9.4	0	0	1,059	4.9
CdTe	259	2.3	0	0	259	1.2
a-Si/p-Si	234	2.1	0	0	234	1.1
Dye	131	1.2	0	0	131	0.6
계	6,920	61.3	8,363	81.6	15,282	70.9

자료 : 이준우 외, 태양광발전시스템, 한국과학기술정보연구원, 2002,12.(태양광발전기술 연구회, 국내 태양 전지 제조 기술 R&D 투자 현황,2002. 재인용)

- 결정성 실리콘으로는 단결정 실리콘(sc-Si)과 다결정 실리콘(mc-Si), 박막 태양 전지로는 아몰퍼스 실리콘(a-Si)과 아몰퍼스 실리콘태양전지용 산화물 투명 전도막(TCO), CuInSe₂(CIS)와 CdTe 다결정 화합물 반도체 태양 전지, 아몰퍼스 실리콘 i/다결정 박막 실리콘(p-Si) 과제를 완료 또는 추진 중에 있고, 기타의 연구 과제로는 GaAs, 염료(Dye) 태양 전지 등이 있음.
- 민간의 투자가 집중된 기술은 초기의 결정성 실리콘 태양 전지를 비롯하여 아몰퍼스 실리콘과 투명 전도막이며, CIS, CdTe, GaAs, p-Si 및 염료 태양 전지 기술은 GaAs에 대한

30 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

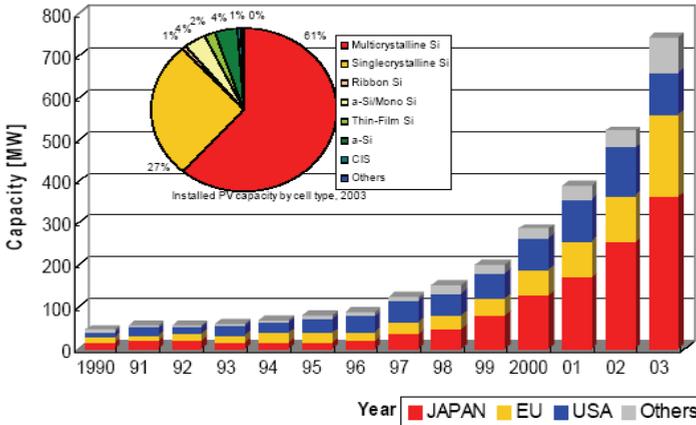
민간의 소규모 투자비를 제외하면 100% 정부 지원으로 추진 되었음.

나. 시장동향과 전망

○ 시장전개(Market Development) - 세계

- 2003년 세계 태양전지 및 모듈 생산실적은 744MW 이었으며 1988년 이후 연 평균 38.5% 성장을 지속하여 왔음.
- 태양전지분야의 세계선도국가는 일본으로 2003년 기준 330MW 수준(45%)으로 Si 타입이 88%수준으로 주종을 이루었으며 특히 단결정계가 61%를 점유하고 있음(<그림 3-2> 참조).

<그림 3-2> 세계 태양전지·모듈 생산추이



자료: NEW ENERGY AND INDUSTRIAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT ORGANIZATION (NEDO), PVRoadmap toward 2030, 2004.p.8.

- 태양전지 및 모듈의 성장성은 향후 풍력발전과 함께 가장 높은 수준으로 2010년 까지 30%, 2020년까지 20%, 이후 2030년까지 14%의 연평균 성장율이 예상됨(<표 3-2> 참조).
- 이에 따라 2015년 세계시장규모는 11,616MW 규모가 될 것임.

<표 3-2> 세계 태양전지·모듈의 성장전망

	2000~2010	2010~2020	2020~2030
Solar	30%	20%	14%
Wind	30	20	14
Biomass	25	18	4
Geothermal	10	10	5
Hydro	2	2	0

자료: Donald W. Aitken, Ph.D. The Renewable Energy Transition: Can It Really Happen?, 2005. p.17.

○ 주요 업체(Player) - 세계

- 태양전지 분야의 높은 성장추세에 편승하여 그동안 소극적인 투자와 시장탐색 수준이던 업체들의 공격적인 증설과 해외시장 개척 및 신기술 개발로 업체간 시장선점을 위한 주도권 경쟁이 치열함.
- 태양전지 셀 생산업체들 중 공격적인 증설의 대표주자는 일본의 샤프⁸⁾인데 2005년 85MW를 증설해 총 400MW 규모로 생산능력 1위를 유지할 것으로 보임.

8) 2004년 기준 셀 생산능력 세계 1위 업체

32 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

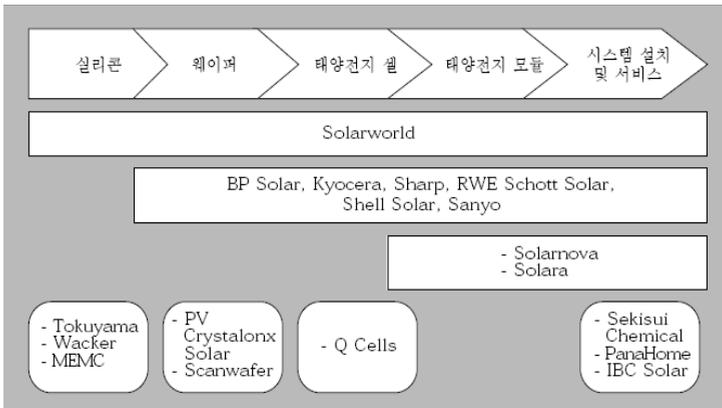
- 일본의 교세라와 산요는 각각 144MW, 92MW의 추가 증설을 통해 생산능력을 전년 대비 2배 이상 늘릴 계획임.
 - 교세라는 2003년 중국에 이어 2005년 하반기에는 멕시코에, 2006년 상반기에는 체코에 생산기지를 구축해 글로벌 생산 네트워크를 운영할 예정임.
 - 2004년 세계 6위였던 독일의 Q Cell은 2005년 260MW를 추가 증설해 총 320MW로 2위 도약이 예상됨.
 - 이외 대부분 기업들도 증설을 추진하고 있어 2005년 전체 셀 생산능력은 전년 대비 82% 증가한 1,932MW에 이를 전망이다.
-
- 최근 태양광 에너지 산업내 특징의 하나는 기존의 수직계열화된 종합업체 외에 특정 영역에 전문화된 업체가 새롭게 부상하는 등 비즈니스 모델의 다양화임(<그림 3-3> 참조).
 - 시장 초기부터 태양광 산업에 참여해온 업체들은 대부분 거의 전 부문에 걸친 수직계열화를 통해 수익을 창출하고 시장주도적 지위를 유지해 왔음.
 - 일본의 교세라, 샤프, 산요, 미쓰비시 전기 등 전자업체와 Shell Solar, BP Solar 등 유럽의 석유화학업체들이 대표적인 예임.
 - 이들은 대규모 설비 투자에 의한 규모의 경제로 가치 사슬 전반에 걸쳐 시너지를 극대화하여 수익성 확보에 주력해 왔음.
 - 향후에도 이들 업체들은 가치 사슬 전반에 축적된 노하우와 안

9) 태양광 에너지 사업은 원재료인 실리콘에서 시작해 웨이퍼, 태양 전지 셀, 모듈, 시스템 설치 및 서비스에 이르는 다섯 단계로 구분할 수 있음.

정적인 공급 사슬을 토대로 높은 시장 지위를 유지할 것으로 전망됨.

- 최근에는 독일의 Solarworld가 셀과 실리콘 사업을 추가하여 이 대열에 합류하였음.
- Solarworld는 2005년 2월 중국 파트너인 Suntech과 라이선스 체결을 통해 중국 시장에 태양 전지 모듈을 공급하기로 하였음.

<그림 3-3> 태양광에너지산업가치사슬과 주요업체



자료: 장이화, 떠오르는 태양광에너지 산업, LG주간경제, 2005.p.27.

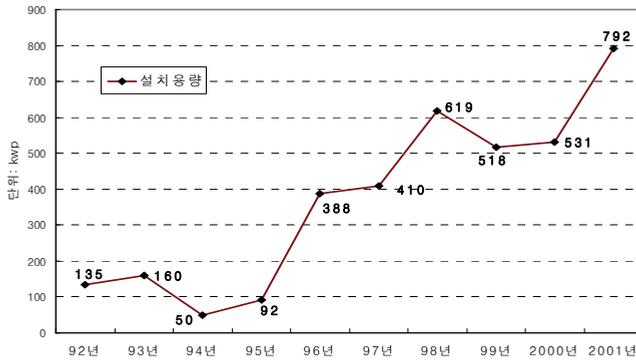
○ 시장전개(Market Development) - 국내

- 태양광 에너지 산업에서 우리나라의 위상은 세계 누적 태양광 발전량 기준으로 0.4%에도 미치지 못하는 등 극히 미약한 수준임.

34 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

- 국내 태양광 발전 시스템은 <그림 3-4> 와 같이 2001년 12월 현재 총 4,943Kwp의 설비가 전국적으로 보급되어 있으며 이를 근거로한 태양전지 및 모듈의 시장금액(누계)은 200억원(기준: 3.8달러/Wp) 규모이었음.

<그림 3-4> 국내 태양광발전 보급추이



자료: 산자부, 에너지관리공단 「2001年度 代替에너지普及 關聯 資料集」, 2002.

- 국내의 태양광발전의 주요 용도는 대규모 발전시설 보다는 전화시설, 통신용, 가로등 및 해양용(항로표시), 비상전화, 수질개선용, 도로표시등이 주종을 이루고 있음.
- 국내의 경우, 보급형 고효율 태양광발전시스템 개발로 2010년까지 태양광 주택 3만戶 보급(90MW)을 계획하고 있음.
- 이 계획에 의하면 2006년의 국내 태양광발전시스템의 설치누계는 30MW 규모이고, 당해연도 설치규모는 8MW[① 1만호 보급 계획에 의한 당해연도 설치량: 75,000Kw, ② 현재시장의 확대

(적용기준: CAGR 49%) 5,800 ~6,000Kw]규모로 4,800억원 규모에 달할 것으로 전망됨.

- 따라서, 2006년 기준 태양전지 및 모듈의 시장규모는 3천억원 규모에 달할 것으로 전망되며 국내의 태양광발전의 보급잠재량은 250MW규모로 예상되는 바 향후의 기술개발과 보급추세에 따라 시장규모는 비약적인 성장 가능성이 있음.

○ 주요 업체(Player) - 국내

- 국내 태양광 에너지관련 업체는 대략 50여 개로 태양 전지 모듈을 생산하는 LS산전과 S-Energy를 제외하면 대부분이 중소기업임.
- 최근에는 현대중공업이 태양 전지 모듈 및 시스템 사업을 본격 추진하는 계획을 발표하는 등 여러업체들이 태양광 에너지 산업에 관심을 보이고 있음(<표 3-3> 참조).

<표 3-3> 국내 태양광 에너지관련 참여업체

Business type	Market player	Year 2003
Solar Cell	Neskor Solar Co. Photon Semiconductor Energy Co. (PSE) Samsung SDI Co. (R&D)	-6.6 MW production capacity/year -0.54 MW production - Solar cell: 14.5%
Module	LG Industrial Electricity Co. Solar Tech Co. Hae-Sung Solar S-Energy Co, ATS Solar Co., Soleil Tech. Korea Solar Energy	-6.0 MW production capacity -2.23 MW production in 2003 -Price : 5.5\$/W
System	LG Industrial Electricity Co. Solar Tech Co. S-Energy Co, Da-Han Tech. Co.	-Price : 11.5\$-12.6\$/W : on-grid - 19\$/W : off-grid

자료: Solar Cell Research Center, Status of PV Activities in Korea, 2004, p.22.

IV. 이슈 분석

- Ubiquitous 시대의 태양전지 -

1. 유비쿼터스 태양전지의 필요성

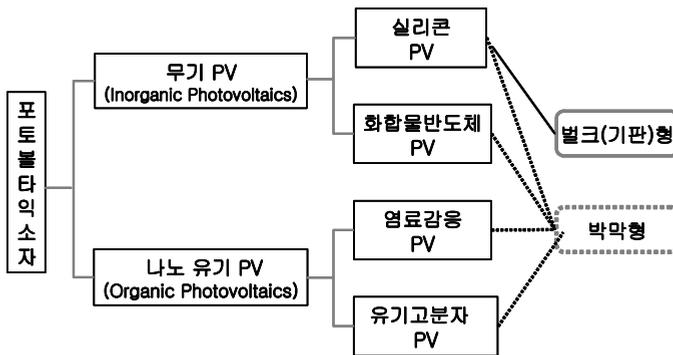
- 유비쿼터스 (ubiquitous) 사회가 추구하는 방향은 네트워크나 컴퓨터를 의식하지 않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 모바일 정보통신 환경임.
- 모바일 정보통신을 공유하기 위해서는 네트워크를 연결하는 휴대폰과 같은 유무선 플랫폼이 필요함. 모바일 플랫폼은 소프트웨어 등에 의해 기능을 구현하나 근본적으로는 전력이 공급되지 않으면 이러한 기능들도 구현되지 못함. 즉 에너지 공급원이 매우 중요한 요소 중의 하나임.
- 모바일 특성이 부여될 수 있는 미래의 정보통신용 전자기기는 웨어러블 형태를 가질 것으로 예상되며, 웨어러블 단말기를 구동하기 위해서는 이동중에도 항상 전력이 발생될 수 있는 전원, 즉 태양전지와 같은 전원이 미래 유비쿼터스 사회의 에너지 공급원으로 기대됨.
- 태양전지는 스스로 전기를 만들어 내는 소형 발전소이며, 이동성과 착용성을 갖춘 유비쿼터스 태양전지 기술은 언제 어디서나 항상 전기를 공급할 수 있음.

2. 유비쿼터스시대의 나노유기 태양전지

가. 나노유기 태양전지 등장

- 태양전지 (또는 PV 소자)는 광기전효과에 의해 빛을 전기로 직접 변환시키는 전기 발생 소자로서, 실리콘, 화합물반도체, 염료감응, 유기고분자형 태양전지로 구분됨(<그림 4-1> 참조).

<그림 4-1> 태양전지의 종류



자료: 박남규제공, 한국전자통신연구원, 2005.

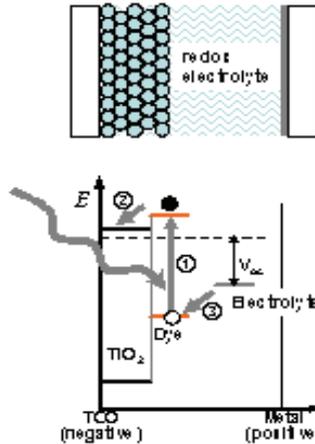
- 현재 가장 대표적인 타입인 실리콘 태양전지는 일반 전력공급방법에 비해 가격 경쟁력이 낮아 시장의 폭발적 팽창이 어려워 저가의 새로운 태양전지 개발이 요구됨.
- 저가의 소재와 나노기술이 접목된 새로운 나노 유기 태양전지 (염료감응형과 유기고분자형)의 등장은 가격문제를 해결할 수 있는 솔루션을 제공할 수 있을 것으로 기대됨.

- 나노 유기 태양전지는 나노크기의 소재를 이용하여 제작된 광전 변환 소자로서 박막형, 플렉시블 성질을 가지게 할 수 있음.
- 나노 유기 태양전지는 염료감응형과 유기고분자형으로 나눌 수 있음. 염료감응형은 투명성, 컬러, 플렉시블 특징을 구현하게 할 수 있고, 유기고분자형은 초박막, 플렉시블 특징이 가능하여 초박막 소형 전자소자에 응용이 가능함.

나. 염료감응 태양전지

- 염료감응 태양전지는 나노크기의 TiO_2 , 광흡수 염료분자, 산화환원 전해질로 구성된 태양전지임(<그림 4-2> 참조).

<그림 4-2> 나노염료감응형 태양전지



박남규, "염료감응 태양전지 기술개발동향", 태양에너지 제4권 제2호, 2005, p.27.

40 태양전지: Ubiquitous시대의 태양전지

- 실리콘 태양전지에 비하여 제조공정이 단순하고, 제품의 가격이 매우 저렴한 특징이 있음 (실리콘 셀 가격의 약 1/4~1/5 수준, 모듈기준 약 1/3 수준).
- 현재 실험실에서의 변환효율은 11% (AM 1.5G one sun 조건)로써 실리콘 태양전지의 1/2 수준임¹⁰⁾.
- 그밖에 염료감응형 태양전지의 주요 특징은 다음과 같음.
 - 네덜란드 ECN의 연구결과에 의하면 UV 필터를 장착하여 테스트한 결과 12,000시간 후 초기 효율을 거의 유지하는 것으로 평가되었음. 이것은 약 **15년 이상 안정성**이 있음을 시사하는 것임.
 - AM 1.5G-one sun 조건에서 동일 출력특성을 갖는 염료감응 태양전지와 기존 실리콘 태양전지를 실외에서 비교 평가한 결과, 맑은 날에는 실리콘계 태양전지보다 10% 이상 출력이 우수하였으며, 흐린날에는 20% 높은 출력 생산이 가능성이 증명되었음.
- 염료감응 태양전지 연구개발을 활발히 진행하고 있는 국내외 주요 연구그룹은 다음과 같음.
 - 미국, 일본, EU의 경우 국가차원에서 염료감응 태양전지의 개발을 지원. 스위스 EPFL을 선두로, 미국의 경우 DOE 지원 아래 NREL 등의 국가연구기관에서 염료감응 태양전지에 관련된 프로그램이

10) 유기고분자형은 효율이 24% 수준이며, 가격은 아직 비교할 수 없는 수준임.

활발히 진행 중임.

- 일본은 Toyota, Sharp 등 50 여개 이상의 크고 작은 기업과 오사카대, 동북대 등을 포함한 50개 이상의 대학이 활발한 연구개발을 수행 중임.
- 국내의 경우 2002년 이후 염료감응 태양전지 연구개발에 참요하는 국가 출연연구소와 대학이 수가 지속적으로 증가하고 있으며, ETRI는 나노 염료감응 태양전지 소재 및 소자 기반기술을 확보하여 국내 연구를 선도하고 있음.
 - ETRI는 2000년 투명 태양전지 개발에 성공하여 국내에 염료감응 태양전지 분야를 소개하는데 기여하였으며 개발 당시 에너지 변환 효율은 표준조건에서 9.2%로 당시 세계최고 수준 (10.4% @ 스위스 EPFL)과 대등한 수준이었음.
 - 2005년에는 금속기판을 이용하여 플렉시블 형태로는 세계최고의 변환효율을 갖는 태양전지 개발에 성공하였음(<그림 4-3> 참조).

<그림 4-3> 염료감응태양전지 시제품:ETRI

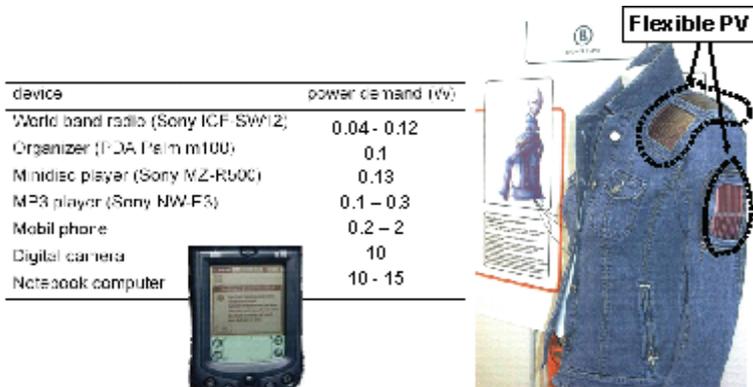


자료: 박남규, "염료감응 태양전지 기술개발동향", 태양에너지 제4권 제2호, 2005,p.43.

3. 유비쿼터스용 태양전지의 어플리케이션

- 차세대 유비쿼터스용 태양전지는 웨어러블 형태로 발전이 예상됨.
- 웨어러블 태양전지는 옷에 부착할 수 있기 때문에 이동 중에도 항상 전원을 공급할 수 있음.
- <그림 4-4>에서와 같이 휴대폰을 작동하기 위해서는 0.2 - 2 W의 전력이 요구됨.
 - 의류에 부착할 수 있는 태양전지의 최대 면적은 1000 cm² 임.
 - 10% 에너지변환 효율의 태양전지는 단위 cm² 당 10 mW의 출력을 제공할 수 있음.
 - 100 cm² 면적의 10% 태양전지를 부착할 경우 1 W의 전력 공급이 가능하며, 휴대폰을 작동시킬 수 있음.
 - 1000 cm² 에 10% 태양전지를 부착하면 10 W의 전력을 얻을 수 있으며 이 경우 노트북도 작동시킬 수 있음.

<그림 4-4> 정보통신기기의소비전력과 플렉시블태양전지가 부착된 의류



자료: M.B. Schubert et. al., "Transfer of monocrystalline silicon thin film for solar cells", KCIST-2004 on New Frontiers in Photovoltaics, September 1-4, 2004.

- 비정질 실리콘 태양전지, 박막 화합물반도체 태양전지 등도 플렉시블 형태가 가능하지만 안정성, 가격 그리고 디자인 면에서 염료감응형에 비해 다소 불리함. 염료감응형은 저가이면서 컬러 특성 그리고 투명성 등의 특징으로 디자인에 유리함.

V. 결 론

- 유비쿼터스 (ubiquitous) 사회의 도래는 네트워크나 컴퓨터를 의식하지 않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 모바일 정보통신 환경을 지향함.
- 이러한 환경을 지원하는데 필요한 에너지 공급원이 매우 중요한 요소인데 모바일 특성이 부여될 수 있는 미래의 정보통신용 전자기기는 웨어러블 형태를 가질 것으로 예상됨.
 - 웨어러블 단말기를 구동하기 위해 이동중에도 전력발생이 가능한 태양전지와 같은 전원이 미래 유비쿼터스 사회의 에너지 공급원으로 기대됨.
- 차세대 유비쿼터스용 태양전지는 웨어러블 형태로 발전이 예상된다.
 - 현재 가장 대표적인 타입인 실리콘 태양전지는 일반 전력공급 방법에 비해 가격 경쟁력이 낮아 시장의 폭발적 팽창이 어려워 저가의 새로운 태양전지 개발이 요구됨.
 - 기존의 실리콘이나 화합물반도체 태양전지 등도 플렉시블 형태가 가능하나 안정성, 가격, 디자인 면에서 염료감응형에 비해 다소 불리함. 염료감응형은 저가이면서 컬러 특성 그리고 투명성 등의 특징으로 디자인에 유리함.

참고 문헌

1. 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, pp.863-887.
2. 고병열, 홍정진, 손종구, 박영서, “기술연관분석을 통한 중소기업형 전략적기술개발과제의 우선순위 도출,” 기술혁신학회지, 6(3), 2003, pp.373-390.
3. 박남규, “태양전지 기술 및 시장동향,ETRI 주간기술동향, 통권 1001호, 2001, pp.19-28.
4. 김은선, 고병열, 박창걸, 황규희, “기업의 성공적 사업다각화를 위한 유망사업군 발굴 프로세스의 설계”, 기술혁신학회 춘계학술대회, 2004, pp.174-191.
5. 산자부, 에너지관리공단 "2001年度 代替에너지普及 關聯 資料集", 2002.
6. 삼성경제연구소, 유망아이템 발굴 프로세스 개발, 한국과학기술정보연구원, 2005.
7. 윤문섭 외, 국가연구개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발 : 기술로드맵(TRM)과 지식맵(KM)의 통합적 접근, 과학기술정책연구원, 2004.
8. 윤병운, 특허 분석을 통한 기술 지식의 관리와 신기술 개발 방법론, 공학박사학위논문, 서울대학교, 2005.
9. B.McNelis,"The Photovoltaic Business: Manufacturers and Markets", *PV Activities in Japan*, Vol. 7(3), March 2001.

11. DOE "Photovoltaic Energy Program Overview Fiscal 2000", Feb. 2001.
12. IEA/PVPS "PV Power", No. 15, Oct. 2001.
13. Johnson, Daniel K.N., The OECD Technology Concordance(OTC), Patents by Industry of Manufacturer and Sector of USE, OECD STI Working Paper, 2002.
14. M. Gratzel et al., "Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solar cells" *J. Photochem. Photobio. A: Chem.*, 164, 2004, pp.3-14.
15. M. Schubert, *KCIST-2004 conference on new frontiers in photovoltaics*, Gyeongju, Korea, September 2004.
16. NISTEP, 「科学技術の中長期發展に係る俯瞰圖的 豫測調査, 急速に發展しつつある研究領域調査」, 2003年 調査報告書, NO.82., 2003.
17. T. Meyer et al., "Recent developments in dye-sensitized solar cell technology" *Proceedings SPIE*, 4108, 2001, 8-16.
18. T. Toyoda et al. "Outdoor performance of large scale DSC modules", *J. Photochem. Photobio. A: Chem.* 164, 2004, pp.203-207.
19. Porter, A., "Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods," *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 2004, pp.287-303.
20. PV News, *PV Insider's Report*, Feb. 2001
21. Photovoltaic News, Vol. 20, No. 2, Feb., 2001.

23. Yano Research Institute "太陽光發電시스템 市場の 將來展望", 2001.
24. Yoon, B. and Park, Y., "A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis," *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 2005, pp.145-160.

저자 소개

박 창 곁

- 산업기술정보원 책임연구원
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 저서 : 미래유망산업 선정프로세스의 개발 및 체계화,
산업시장분석 및 경제적 타당성 분석 등

전 승 표

- 공학 석사
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원

박 남 규

- 현, 한국전자통신연구원 책임연구원
- N.-G. Park, A.J. Frank et al., "Comparison of dye-sensitized rutile- and anatase-based TiO₂ solar cells", *J. Phys. Chem. B*, Vol 104, 8989 (2000) 외 SCI 논문 70편
- “플렉시블 염료감응 태양전지용 저온 소결기법” 외 국내외 30편 특허 출원 및 등록