[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 30, No. 3, 2010
ISSN 1598-6411

태양광산업 분야의 중소기업형 R&D 과제 기획 연구

서민호*, 권영일**

*한국과학기술정보연구원 기술정보분석실(mhsuh@kisti.re.kr),
**한국과학기술정보연구원 기술정보분석실(ylkwn@kisti.re.kr)

R&D Project Planning of Photovoltaic Industry for Small and Medium Enterprises

Suh, Min-ho* Kwon, Young-il**

*Dept. of Technology Information Analysis, Korea Institute of Science and Technology Information(mhsuh@kisti.re.kr),
**Dept. of Technology Information Analysis, Korea Institute of Science and Technology Information(ylkwn@kisti.re.kr)

Abstract

The photovoltaic industry is one of the main research areas for regenerable energy usage and green growth policy of the Korean government. R&D programs of MEST(Ministry of Education, Science and Technology) and MKE(Ministry of Knowledge Economy) are concentrating on the development of fundamental and applicable technology which can be carried out by a so-called "Big company" consortium. So it is essential to discover and support R&D projects for small and medium enterprises(SMEs) in the photovoltaic industry. R&D projects should be funded effectively to enhance the competitiveness of the SMEs. It is a complicated process as to decide what R&D projects or key element technologies should be selected and how to support them. In this paper, the supply chain analysis is adopted as a critical tool for selecting the research areas and topics for the SMEs, which can be done by analyzing the number of the SMEs, the level of imports and the localization possibility for each supply chain element. We define the strategic products for the SMEs to deduct core technologies for each strategic product. R&D projects definition sheets are proposed for each core technology. All the decision making processes are authorized by a committee which consists of experts for academia, industries and the research field. The efficacy of the proposed framework is described throughout the photovoltaic industry.

Keywords : 태양광산업(Photovoltaic Industry), 중소기업(Small and medium Enterprises), 연구개발 과제 기획(R&D project planning), 공급망 분석(Supply Chain Analysis), 제안요청서(Request for proposal)

투고일자 : 2010년 4월 30일, 심사일자 : 2010년 5월 6일, 게재확정일자 : 2010년 6월 15일
교신저자 : 권영일(ylkwn@kisti.re.kr)

1. 서 론

대통령직속 녹색성장위원회에서 2009년 1월 발표한 '녹색기술 연구개발 종합대책'[1]의 27대 중점육성기술을 보면 실리콘계 태양전지와 비실리콘계 태양전지가 중요하게 다루어지고 있으며, 이 두 관련기술에 투여된 2008년 국가 R&D과제 예산만해도 902억원, 27대 중점육성기술 국가 R&D과제 총 예산의 8.7%에 해당한다[2].

지식경제부 중심의 그린에너지 발전전략[3], 그린IT 발전계획[4] 등을 통해 녹색기술에 대한 R&D 지원이 시행되고 있지만, 중소기업형 녹색기술 발굴에 대한 연구가 미흡한 것이 사실이다[5].

중소기업형 R&D과제 기획이 요구되는 이유는 교육과학기술부가 기초/원천 연구를 추진하고, 지식경제부가 응용개발 연구를 추진한다고 할 때, 중소기업청은 교육과학기술부와 지식경제부가 지원하기 어려운 투자규모가 작은 단기 제품 상용화 연구를 추진하는 것이 바람직하기 때문이다[6].

본 연구에서는 중소기업 R&D 과제 도출에 있어서 기술수명주기, 수입의존도, 중소기업 국산화 가능성, 중소기업 참여비중 등을 고려하였다. 공급망 구성요소별로 이러한 특성을 분석하고 비교하여 중소기업형 전략제품을 선정하고, 전략제품별로 중소기업형 핵심기술 및 과제를 정의하였다. 분석과정에는 태양전지, 시스템 관련 기업인터뷰, 산/학/연 전문가로 구성된 위원회를 활용하였다.

1) 국가과학기술위원회, 녹색기술 연구개발 종합대책(안), 2009.1.13.
2) 녹색성장위원회, 2009년 녹색기술 연구개발 시행계획(안), 2009. 5. 13.
3) 한국에너지기술평가원, 그린에너지전략로드맵, 2009.8
4) 지식경제부, 녹색성장을 위한 IT산업 전략(Green IT), 2009.1
5) 박창걸, 「중소기업 유망 사업분야 선정 방법론에 대한 고찰」, KOSTI2007/한국콘텐츠학회 공동학술대회, 15권, 10호, pp. 250~258, 2007
6) 한국과학기술정보연구원, 중소기업형 유망 녹색기술 발굴 및 지원전략 연구, 중소기업청, 2009.8.31, p3

2. 기획 연구의 흐름

본 연구는 공급망 분석 및 전략제품의 선정, 중소기업형 핵심기술의 도출, 핵심기술별 과제정의서 작성/제안의 단계를 거쳐 추진되었다. 모든 프로세스에 있어서 태양광산업 분야별 전문가로 구성된 위원회를 중심으로 자문을 통해 단계별 의사결정을 진행하였다. 공급망 분석에 있어서는 산업계 전문가 인터뷰를 통한 업계 현황 정보 수집/분석을 통해 국내 중소기업의 현실을 반영한 분석이 될 수 있도록 하였다. 전체 연구의 흐름은 <그림 1>에 나타낸 바와 같다.

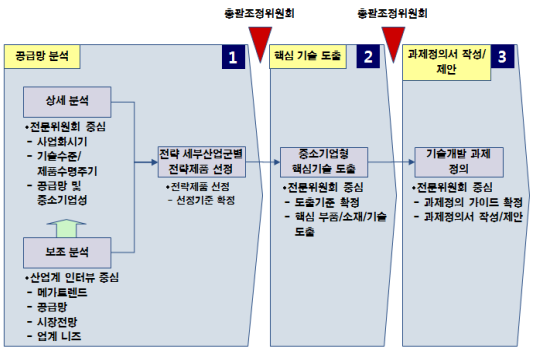

그림 1. 기획 연구의 흐름

기획연구는 각 공급망 분석, 핵심기술 도출, 과제정의서 작성/제안의 3단계로 구성하였으며, 전략제품 선정, 중소기업형 핵심기술 도출, 기술개발 과제정의 단계로 수행하였다. 단계별 총괄조정위원회는 단계별 결과물을 종합검토·조정하는 역할을 수행하였다. 총괄조정위원회는 중소기업청, 산·학·연 대표 전문위원을 중심으로 구성·운영되었으며, 특정 영역 또는 특정 기술에 편향되지 않는 의사결정을 할 수 있도록 녹색기술 세부산업분야를 종합적으로 아울러서 자문할 수 있는 전문가(예, 출연연의 본부장급 이상, 녹색기술금융 컨설턴트, 에너지환경시스템공학과 교수 등)로 구성하였다.

1단계 공급망 분석에서 산업계 인터뷰 중심으로 실시된 보조분석에서는 메가트렌트, 시장동향, 사업화동향 등에 대한 분석과 함께 시장전망 및 업계 니즈 등도 함께 조사분석하여 그 결과를 상세분석에 반영하였으며, 업계의 현실을 반영한 연구가 될 수 있도록 기획하였다.

중소기업청의 소규모 투자, 단기 제품 상용화를 위한 전략제품 도출과 전략제품 선정 목적에 따라, <그림 2>와 같은 지표들을 정의하였으며, 지표별 수준정의에 따라 중소기업성의 높고 낮음을 평가할 수 있도록 구성하였다.

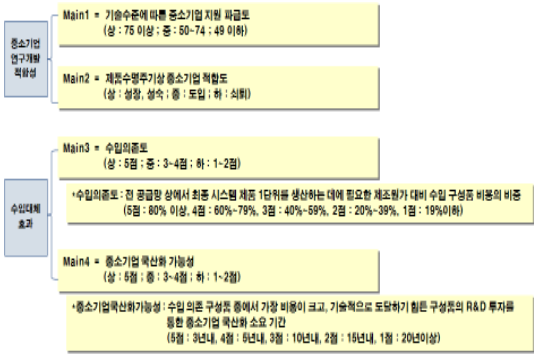

그림 2. 중소기업성 지표 및 수준정의

연구 범위는 태양광산업 분야 중 결정질 실리콘, 실리콘 박막, CIGS를 대상으로 하였으며, 염료감응, 유기폴리머 태양전지의 경우는 활성화 시기가 중소기업형 과제도출 범위에서 벗어나기 때문에 분석에서 제외하였다. 따라서 최종 결과물이라 할 수 있는 과제정의서의 경우도 결정질 실리콘, 실리콘 박막, CIGS 태양전지 분야에 한정하여 작성하였다.

3. 태양광발전 시스템의 공급망 분석

태양광발전 산업을 태양전지의 종류에 따라 크게 결정질 실리콘 태양전지와 박막형, 3세대 태양전지의 두 가지로 구분하여 분석을 수행하였다.

3.1 결정질 실리콘 태양전지

전체 태양광발전 공급망은 원재료, 제품, 패키지 영역으로 구성되며 태양전지는 공급망 구성요소 중 제품영역에 해당한다. <그림 3>에 결정질 실리콘 태양광발전 시스템의 공급망 구조를 나타내었다. 태양전지는 원재료와 패키지 공급망에서 중요한 요소이다. 태양광발전 관련 생산업체들은 공급망 내의 부품을 모두 생산하는 종합업체 뿐 아니라 특정 영역에 전문화된 업체로 구성된다.

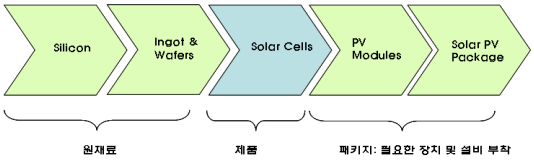

그림 3. 결정질 실리콘 태양광발전 시스템의 공급망 구조[7]

본 연구에서는 공급망 분석을 기술개발 과제 도출을 위한 사전 단계에서 중소기업형 전략제품을 도출하기 위한 사전 분석으로 활용하였다. 따라서, 각 공급망 구성 요소별 원가비중, 수입여부, 중소기업 국산화 소요기간, 국내 참여기업, 중소기업 참여여부 등을 주요 분석 내용으로 하였으며, 이에 대한 결과는 <표 1>과 같다.

표 1. 결정질 실리콘 태양광발전 공급망 구성요소별 분석

구분	구성요소	원가비중(%)	수입여부[주]	중소기업 국산화 소요기간	국내기업명	중소기업 참여여부	전략제품 도출
부품소재영역	실리콘	25	○	–	OCI, 현대중공업, KCC	×	
	잉곳과 웨이퍼	5	○	10년 이내	웅진에너지, 넥솔론, 네오세미테크, 스마트에이스, 현대중공업, 실트론 등	○	장기과제
	태양전지	15	△	5년 이내	현대중공업, 미리넷솔라, 신성홀딩스, 한국철강 등	○	OK
완성품, 설치영역	모듈	5	△	5년 이내	현대중공업, 에스에너지, 경동솔라, 심포니에너지 등	○	OK
	패키징/시스템	50	×	–	현대중공업, LS산전, 동양건설, STX, LG Solar 등	○	OK
	합계	100					

주 : ○ 거의 대부분 수입 ; △ 일부 수입, 일부 국산화 ; × 국산화

7) 화학경제연구원, 태양광 산업의 Value Chain 분석(2008), 2008.7

공급망의 구성요소는 국내외 산업시장 분석보고서의 분석 예를 참조하여 정의하였다. 본 공급망 분석방법은 공급망 구성요소별로 다수의 전략제품과 중소기업형 핵심기술 및 과제가 도출 가능한 프레임웍이기 때문에 5개로 세분화하여 분석하여 분석정보의 신뢰성을 향상시키고, 이후 선택과 집중을 통해 상세 전략제품 및 핵심기술을 도출할 수 있도록 하였다.

실리콘 원재료의 경우, 대규모 공정설비를 기반으로 하기 때문에 중소기업이 참여하기 어려운 영역으로 원가비중이 높고, 수입의존도가 높으며, 중소기업 국산화가 단기적으로 어려운 것으로 판단되었다.

잉곳과 웨이퍼의 경우, 소품종 대량생산의 성격이 강하여, 수입의존도가 높고, 중소기업이 일부 참여하고 있기는 하나, 중소기업 국산화 소요기간은 '10년 이내'로 판단되었으며, 중소기업 국산화의 단기달성이 용이하지 않을 것으로 판단하였다.

태양전지(Cell)의 경우, 원가비중을 고려한 수입의존도가 다소 높고, 중소기업의 참여비중이 높으며, 중소기업 국산화 소요기간도 '5년 이내'로 판단되었으며, 중소기업이 단기성과를 달성하기 위해 도전해 볼 만한 영역으로 판단하였다. 태양전지 제조 장비는 일괄수주(turn-key) 방식으로 수입에 의존하고 있었으며, 단위장비(CVD, 레이저 등)부터 단계적으로 국산화를 추진해야 하는 노력이 필요하다고 판단된다. 따라서, '결정질 실리콘 태양전지' 분야의 첫 번째 전략제품으로는 '고효율 저비용 결정질 실리콘 태양전지'를 선정하였다.

모듈의 경우, 원가비중을 고려한 수입의존도가 보통 수준이나, 중소기업의 참여비중이 높으며, 중소기업 국산화 소요기간도 '5년 이내'로 판단되었으며, 중소기업의 단기성과 창출 가능 영역으로 판단하였다. 저비용, 고효율로 모듈화하기 위한 여러 가지 부품, 소재(Junction Box, 전극재료, 테들라 필름, wire saw 등)를 국산화할 필요가 있다고 판단된다.

패키징, 시스템의 경우, 설치(공사) 및 서비스의 비중이 높아, 수입의존도는 높지 않으며, 중소기업의 참여가 있기는 하나, 대기업 주도 영역으로 보는 것이 합당하다. 단, 패키징 영역의 경우 고용량 인버터와 같은 부품의 경우, 국산화를 시도해 볼 만한 아이템인 것으로 조사되었다. 따라서, 결정질 실리콘 태양전지 분야의 두 번째 전략제품으로 '결정질 실리콘 태양전지용 모듈화/패키징 부품/소재'를 선정하였다.

3.2 박막형, 3세대 태양전지

박막형, 3세대 태양전지의 경우에는 원재료부터 시스템을 구성하는 모듈을 생산하는 단계까지 한 공정에 이루어지므로 가치사슬에서 태양전지 모듈 제품의 비중이 가장 크다. 박막형, 3세대 태양광시스템의 공급망 구조를 <그림 4>에 나타내었다.

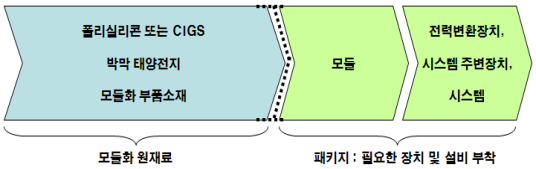

그림 4. 박막형, 제3세대 태양광시스템의 공급망 구조

박막형, 3세대 태양전지의 경우, 전 공급망상에서 대기업의 움직임은 현재 미비한 상황인 반면, 혁신형 중소벤처 위주의 기술개발 움직임이 활발하기 때문에, 전 공급망 구성요소에서 중소기업형 전략제품이 도출 가능하다. 물론 박막태양전지분야는 아직 원천소재 및 원천기술의 확립되지 않은 분야로서, 단기상용화 측면에서는 중소기업성이 다소 떨어지는 측면이 존재하나, 결정질 실리콘 태양전지에서와 같이 원재료 영역을 중심으로 기술이 확립되어 있어서 대기업의 대규모 투자가 이루어지고 있는 현상과는 구별되고, 혁신형 중소벤처 위주

의 원천소재 또는 원천기술 영역에서 중소기업의 개발 노력이 활발한 상황이다. 전지·모듈 분야에서 부품 및 패키징 기술과 관련하여 중소기업의 연구개발 기회가 존재함은 결정질 실리콘 태양전지 분야와 유사한 점이다. 각 공급망 구성요소별 분석 결과는 <표 2>와 같다.

실리콘 또는 CIGS 박막형 태양전지의 경우 원가에서 원재료인 유리기판이 차지하는 비중이 크고, 수입의존도가 높기 때문에, 유리기판 소재 자체에 대한 개발 및 응용분야를 다양화하기 위한 새로운(금속) 기판소재의 개발에 대한 니즈가 존재한다.

박막의 폴리결정화 기술/장비, 모듈화 재료/장비, 진공증착 재료 등은 박막형 태양전지 모듈을 제조하기 위한 기초 재료/장비 영역으로 원가비중이 매우 높다. 일부 기업이 기술개발을 추진 중이지만, 기술수준이 낮다는 측면에서 중소기업형 전략제품이 도출 가능한 영역으로 판단된다. CIGS 박막형 태양전지의 경우 아직도 기본 소재인 n-type 화합물 반도체 소재로 환경친화적이지 않은 카드뮴소재(CdS)를 사용하고 있어서, 친환경 소재로 대체하기 위한 니즈가 존재한다. 박막형성을 용이하게 하기 위한 CIGS 나노 페이스트 소재 기술 등을 개발할 필요가 있으며, 이는 소재원천기술 확보측면에서 중요하다. 한편, 모듈화 영역에서는 박막계 BIPV 모듈 개발 등의 니즈가 존재하는 것으로 조사되었다.

전력변환장치, 시스템 주변장치 영역에서는 응용분야별 다양한 패키징 설계 등의 이슈가 존재하나, 모듈 자체에 대한 안정적인 생산기술 부재로 인해, 관심도가 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

3.2.1 실리콘 박막 태양전지 분야

박막의 폴리결정화를 위한 기술/장비(증착, 세정, 에칭 등) 등은 박막형 태양전지 모듈 제조를 위한 핵심 공정으로서, 원가비중도 높고, 아직까지 기술적인 완성도가 미흡한 영역으로, 현재 혁신형 중소벤처에 의해 기술개발이 시도되고 있는 영역으로 확인되었다.

표 2. 박막형/제3세대 태양광시스템의 공급망 구성요소별 분석

구분	구성요소	원가비중(%)	수입여부[주]	국내기업명	중소기업참여여부	전략제품 도출	
						1) Si 박막	2) CIGS 박막
부품소재영역	기판재료	20	○	비아트론, 이건창호, 찬성에너지, 한글라스	○	OK	
	증착, 세정, 에칭 장비	40	△	디엠에스, KCTech, 디엠에스, 비아트론, 아바코, 알파플럿, 에스에프에이, 주성, 테쓰	○	OK	
	모듈화재료			멕스컴,윌링스, 이엔이시스템, 진흥공업, 찬성에너지, 한국쓰리엠, 해성쏠라	○		OK
	모듈화장비 Laser, Laminator 등			에스에프에이, 이오테크닉스, 주성, 참엔씨, 해성쏠라	○		OK
	진공증착재료(Gas, Target)			소디프신소재	○	참여기업 적음	참여기업 적음
완성품 설치 영역	모듈			경동솔라, 대한테크렌, 삼성전자, 심포니에너지, 썸텍, 이엔이시스템, 주성, 찬성에너지, 코오롱, 한국철강, LG마이크론, LG전자	○	OK	
	전력변환장치, 시스템 주변장치	40	△	금비전자, 세방전, 엘스콤, 이화전기, 헥스파워	○	모듈자체 안정화선행	모듈자체 안정화선행
	합계	100					

주 : ○ 거의 대부분 수입 ; △ 일부 수입, 일부 국산화 ; × 국산화

박막의 폴리결정화 과정에서 결함 최소화를 위해 사용된 금속성분의 제거, 박막의 다중접합화 공정 등에 핵심적인 박막 공정 기술이 적용되고 있고, 공정 및 장비 기술 개발이 시급한 분야로 파악되었다. 따라서, 실리콘 박막 태양전지 분야의 첫 번째 전략제품으로 '고효율 실리콘 박막 태양전지'를 선정하였다.

한편, 박막형 태양전지의 경우 원가에서 원재료인 유리기판이 차지하는 비중(20%)이 크고, 현재 수입의존도가 높기 때문에, 유리기판 소재 자체에 대한 개발 및 응용분야를 다양화하기 위한 새로운(금속) 기판소재의 개발에 대한 니즈가 존재한다. 예로는 Ni계 합금이 기판재질로 개발될 수 있으며, 새로운 기판표면에서의 Si 박막 성장제어, 계면접착성 제어 등에 대한 기초기술 개발을 바탕으로 새로운 소재가 개발되어야 한다. 따라서, 실리콘 박막 태양전지 분야의 두 번째 전략제품으로 '실리콘 박막 태양전지용 유리기판 대체소재'를 선정하였다.

모듈 영역에서 실리콘 박막 태양전지의 1차적인 적용제품이라 할 수 있는 BIPV 모듈 개발에 대한 니즈가 있다. 이는 대상이 되는 건물의 형태에 따라 맞춤형으로 진행될 가능성이 높아, 중소기업형 연구개발 전략제품으로 추진 가능할 것으로 판단되었다. 따라서, 실리콘 박막 태양전지 분야의 세 번째 전략제품으로 '실리콘 박막 태양전지의 BIPV 응용제품'을 선정하였다.

3.2.2 CIGS 박막 태양전지

모듈화 재료 영역은 원가비중이 높으며, 일부 기업이 기술개발을 추진 중이지만, 기술수준이 낮다는 측면에서 중소기업형 전략제품 도출이 가능한 영역이다.

CIGS 박막형 태양전지의 경우 아직도 기본 소재인 n-type 화합물 반도체 소재로 환경친화적이지 않은 카드뮴소재(CdS)를 사용하고 있어서, 이에 대한 대체 니즈가 존재한다. 따라서, 실리콘 박막 태양전지 분야의 첫 번째 전략제품으로 'CIGS 태양전지용 친환경 화합물반도체 소재'를 선정하였다.

또한, 모듈화 장비 영역 역시 원가비중이 높아서, 공정단가를 저감시키는 차세대 기술개발이 요구되는 영역으로, 중소기업형 전략제품 도출이 가능하다.

현재는 CIGS 박막을 주로 물리적 증기상 방법(co-evaporation, sputtering 등)으로 형성하는 기술이 연구되어 왔지만, 공정가격 및 대면적화시 발생될 수 있는 결함 등의 문제로 인해, 저가의 나노결정 CIGS를 활용하는 방안이 연구되고 있다. 이를 위해 나노결정 CIGS 페이스트를 제조하고 이를 박막화할 수 있는 공정장비의 개발이 요구된다. 따라서, 실리콘 박막 태양전지 분야의 두 번째 전략제품으로 '저비용 고효율 CIGS 박막 태양전지'를 선정하였다.

공급망 분석을 통해 중소기업성이 높은 전략제품이 7개 도출되었으며, 그 결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 태양광발전 분야의 전략제품

태양전지 구분	전략제품
결정질 실리콘	고효율 저비용 결정질 실리콘 태양전지(A)
	결정질 실리콘 태양전지용 모듈화/패키징 부품소재(B)
	고효율 실리콘 박막 태양전지(C)
박막형 실리콘	실리콘 박막 태양전지용 유리기판 및 기판 대체소재(D)
	실리콘 박막 태양전지의 BIPV 응용제품(E)
CIGS	CIGS 태양전지용 친환경 화합물반도체 소재(F)
	저비용 고효율 CIGS 박막 태양전지(G)

4. 중소기업형 핵심기술 도출

공급망 분석을 통해 선정된 전략제품별로 중소기업형 핵심기술을 도출하는 것은 구성된 전문위원회를 통해 이루어졌다. 전문위원에게 공급망 분석 결과(공급망 구성요소별 중소기업의 참여현황, 수입의존도, 중소기업 국산화 가능성 등) 데이터를 전달한 상태에서 <그림 5>와 같은 중소기업형 기술과제 점검사항을 고려하여 기술과제가 도출되었다. 점검사항은 크게 '중소기업 기술개발 과제적합성'과 '기술의 중요도'의 두 가지로 설정하였다.

도출된 중소기업형 핵심기술은 총 15개로 <표 4>와 같다.

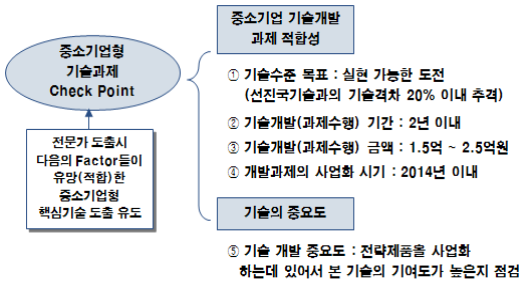

그림 5. 중소기업형 핵심기술 도출 점검사항

표 4. 전략제품별 중소기업형 핵심기술

전략제품	중소기업형 핵심 기술(15개)
A	나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전극소재 및 공정기술(A-1)
	결정질 실리콘 태양전지의 효율향상을 위한 확산 노에서의 도핑 제어기술 및 소재기술(A-2)
	결정질 실리콘 태양전지의 생산성 향상을 위한 설비 및 공정의 비파괴 검사장비 제조기술(A-3)
B	결정질 실리콘 태양전지의 생산비 절감을 위한 저가 봉지재료 제조기술(B-1)
	태양광 발전시스템용 250kW급 이상의 대용량 인버터 및 PCS 개발기술(B-2)
	독립형 태양광 발전 시스템 제조기술(B-3)
	모듈/시스템의 효율향상 기술(B-4)
C	실리콘 박막 태양전지의 효율 향상을 이한 박막의 폴리결정화 기술(C-1)
	금속이용 저온결정화 방법을 통해 제조된 실리콘 박막 태양전지 박막의 게터링(금속성분 제거) 기술(C-2)
	실리콘 박막 태양전지의 효율 향상을 위한 박막의 텐점화(다중접합) 기술(C-3)
D	실리콘 박막 태양전지의 응용분야 다변화를 위한 다양한 기판소재 기술(D-1)
E	실리콘 박막 태양전지를 이용한 유리창호용 BIPV 모듈제조 기술(E-1)
F	CIGS 박막 태양전지용 비카드뮴계 n-type 화합물 반도체 소재 기술(F-1)
G	CIGS 박막의 저비용 제조를 위한 나노 CIGS 페이스트 제조기술(G-1)
	CIGS 박막 공정용 P2/P3층 Laser Scribing 장비 제조기술(G-2)

그리고 중소기업형 핵심기술별로 <표 5>와 같은 선정배경(중요성)을 제시하였다.

표 5. 전략제품 A의 중소기업형 핵심기술 및 선정배경

중소기업형 핵심 기술	선정배경
나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전극소재 및 공정기술(A-1)	전극 페이스트(Ag, Al)는 Cell 공정 소재 중 가장 고가이면서도 전지효율과 직접적인 소재
결정질 실리콘 태양전지의 효율향상을 위한 확산 노에서의 도핑 제어기술 및 소재기술(A-2)	표면 처리 공정 기술 향상을 통한 효율향상이 결정질 실리콘 분야의 당면 최대 과제
결정질 실리콘 태양전지의 생산성 향상을 위한 설비 및 공정의 비파괴 검사장비 제조기술(A-3)	결정질 실리콘 태양전지의 경우 이미 고속생산, capa. 경쟁의 단계로 장비 고속화, 라인의 생산 효율성 향상 장비 개발 필수

5. 기술개발 과제 제안

중소기업형 핵심기술별로 최소 1개 이상의 과제정의서를 작성하였으며, 이는 전문위원회를 통해 이루어졌다. 과제정의서 작성은 과제정의서 양식(샘플)을 작성하여 전문위원회 위원들에게 전달하고, 각 항목별로 상세한 작성 가이드를 제시하여 핵심기술별 정의수준(상세도)를 일관성 있게 유지되도록 하였다.

과제정의서의 필수 항목은 총 5개 항목으로, 1) 전략제품, 2) 개발과제명, 3)개발목표, 4)개발내용, 5)개발필요성으로 구성하였으며, 참고사항으로 기술개발 추진유형, 타부처 과제와의 연관성 등을 표시하도록 하였다.

중소기업형 기술개발 과제를 정의함에 있어 1년에 2~3억원(최대 2년 4~6억원)의 정부지원 과제로 제안하는 것을 기본 원칙으로 하였다. 단기상용화 과제를 제안하는 것이므로 과제명은 가능한 한 부품, 소재, 장치 등의 기술개발로 이름지어질 수 있도록 하였다. 기술개발 과제명의 3대 대표유형 정의는 <표 6>과 같다. 개발 목표 및 개발 내용 정의에 있어서는 가능한 한 구체적인 수치 목표 및 단위(unit)을 정의하도록 하였다. 기술개발 필요성 정의에는 국산화 요구, 기술 의존성 탈피, 후행기술/공정으로의 진행을 위

한 필수단계성, 기술 파급효과, 기술로드맵상의 위치 등을 고려하여 작성하였다.

참고사항 중 기술개발 추진유형의 경우, 단독, 수직협력, 수평(융합)협력, 복합협력의 네 가지 유형으로 구분하였으며, 그 의미는 다음과 같다. 공급망 관점에서 동일산업(기술분야) 상하위 단계간 협력요구는 '수직협력', 타 산업간 융합협력은 '수평(융합) 협력', 이의 복합 또는 산학연 3자 이상의 협력이 요구되는 과제는 '복합협력'으로 정의하였다. 참고사항 중 타부처 과제와의 연관성 표시부분은 본 과제 정의 작업이 중소기업청의 R&D과제 기획의 일환으로 수행하였으므로, 국가 R&D 과제로서 추천되기 위해 최소한 중복과제는 배제되어야 한다는 측면에서 표시하도록 하였다. 중복 과제의 경우는 기술 개발 과제명 및 목표 등을 다르게 하여 재작업이 이루어질 수 있도록 하였다.

태양광발전 분야 15개 중소기업형 핵심기술에 대해 40개의 과제정의서가 제안되었다. 제안된 과제정의서 중에서 중소기업형 핵심기술인 '나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전극소재 및 공정 기술'에 해당하는 기술개발 과제인 '평균입도 및 전기특성의 향상을 위해 나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전면용 Ag, Al 페이스트 소재 개발' 과제정의서의 내용은 <표 7>과 같다.

표 6. 과제정의서의 개발과제명 정의 예시

대표유형	개발과제명 정의 예시
1) '~~용' 부품, 소재, 장치 개발	예) 휴대용 백라이트 모듈 고정용 차광 및 반사 점착테이프 개발, 전자부품 방열용 실리콘 컴파운드 개발
2) '~~기술'을 이용한 '~~어떠어떠한' '~~제품' 개발	예) 전해수 및 효소를 이용한 친환경 생사직물 섬유소재 개발, WIRE PLUG 구조형상을 이용한 VOCs 제거 촉매정화장치 개발, ICP(유도결합플라즈마)를 이용한 고순도 세라믹 분말 개발
3) '~~전략제품명'의 '~~성(특성)'을 향상시키기 위한 ~~처리'기술 또는 '~~제품' 개발	예) LED광원의 균질반사유도를 위한 초미립구형 세라믹소재 개발, 내열성 및 경량성이 향상된 멜트블로운 나노부직포 흡차음재 개발

표 7. 평균입도 및 전기특성의 향상을 위해 나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전면용 Ag, Al 페이스트 소재 개발' 과제정의서

1) 전략제품	고효율 저비용 결정질 실리콘 태양전지
2) 개발과제명 ('핵심부품/소재/기술'개발)	평균입도 및 전기특성의 향상을 위해 나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전면용 Ag, Al 페이스트 소재 개발
3) 개발목표	◦ 실리콘 태양전지 전극용 나노입자 전극 소재 개발, 전극 페이스트용으로 적합한 분말 입도 <500nm, 고순도(>99.8%)의 Ag, Al 분말(aluminum powder) 기술 개발, 프린팅 페이스 제조를 통한 실리콘 태양전지 전극으로 적용하여 태양전지의 효율 17% 이상 확보
4) 개발내용	1) 태양전지 전극용 도전성재료로 적용 가능한 은(Ag), 알루미늄(Al) 분말 제작 기술의 연구개발 2) 분말의 평균 입도(Average Particle Size) : <500nm이하, 분말의 형상(Morphology) : 구형(spherical), 분말의 순도(Purity) : 99.8% 이상 3) 제조된 분말을 이용한 고전도, 저저항 태양전지 금속 페이스트 합성 4) 개발된 금속소재를 이용하여 실리콘 기판 크기 125mm × 125mm 이상에서 태양전지의 효율 17% 이상 확보 5) 알루미늄(Al) 금속의 소성이후 수분 흡수 및 내화학성 확보 기술 6) 개발된 은(Ag) 금속 전극 소성이후 직렬저항 0.5 Ohm-cm² 이하, 병렬저항 1kOhm-cm² 이상 달성
5) 기술개발의 필요성	◦ 신재생에너지분야 태양전지(solar cell) 제작의 주요 소재중 하나인 전극형성용 알루미늄(Al) 및 은(Ag) 분말의 국산화 기술의 확보 및 산업경쟁력 강화측면에서 좀 연구개발의 필요성이 절실히 요구됨. ◦ 국내에는 결정질 태양전지 전극용 프릿 소재에 대한 원천 기술력이 미흡한 실정임. 국외의 경우 후막 전문 업체 Ferro, ESL, Dupont, Hitachi, Sumitomo, Murata 등에서 전도성 후막용 페이스트를 제조하고 있어 국산화 필요.
참고사항	○ 기술개발 추진 유형 : 단독 ■ 수직협력 □ 수평(융합)협력 □ 복합협력 □ ○ 타부처 과제와의 연관성 : - 결정질 실리콘 태양전지 전극용 프릿 개발 (지경부) ○ 기술의 핵심성(상, 중, 하) : 상

15개의 중소기업형 핵심기술에 대해 총 40개 과제정의서가 작성되었으며, (A-1) 핵심기술에 대한 과제정의서 세 개의 과제명은 <표 8>과 같다.

표 8. 과제정의서의 개발과제명 정의 예시

핵심기술	과제정의서
나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전극소재 및 공정기술(A-1)	평균입도 및 전기특성의 향상을 위해 나노기술을 이용한 결정질 실리콘 태양전지용 저가 전면용 Ag, Al 페이스트 소재 개발
	결정질 실리콘 태양전지의 고효율, 저가형 후면용 Al 페이스트 소재 개발
	Off-set print 기법을 이용한 고효율 다결정 실리콘 태양전지 전극 개발
(A-2)	...
...	...

6. 결 론

본 연구에서는 중소기업형 국가 R&D 과제 도출의 틀을 거쳐 태양광 발전 분야의 총 7개 전략제품, 15개 핵심기술, 40개 과제정의서가 도출되었다. 도출된 40개의 과제정의서 중에서 2010년 중소기업 기술개발 통합공고를 통해 RFP로 최종 확정된 과제는 38개로 확인되었다. 기업을 통한 수요조사 및 검증과정을 통해 일부 과제명은 이름이 변경되거나, 타과제와 병합된 경우가 존재하였다. RFP가 공고되는 선도과제의 경우, 일반과제와 다르게 국가차원에서 해당 기술의 육성을 필요로 하는 과제를 공고하기 때문에 전문가를 활용한 본 연구기획의 결과는 RFP 총괄기획위원회에서 대부분 채택되었다. 한편, 기업 수요조사를 통해 RFP화 된 과제의 비중이 40% 정도 존재하였으며, 태양광분야의 RFP는 총 65개가 발표되었다. 따라서, 본 연구기획 방법론이 기업 수요까지 반영할 수 있는 프로세스로 개선된다면, 통합적인 연구기획 프로세스의 하나로 발전될 수 있을 것으로 판단된다.

연구의 과정에서 공급망 분석을 통해 중소기업형 전략제품을 선정하기 위해, 공급망 구성요소별로 중소기업 참여현황, 수입의존도, 국산화 가능성 등을 조사/분석하고, 이를 근거로 하였다는 점이 특징적이다. 중소기업형 R&D과제의 속성 정의 및 이를 통해 과제정의서를 작성/제안했다. 이는 공급망 분석을 통한 중소기업형 국가 R&D과제 도출의 한 틀(Framework)을 제시하였다는 점에서 의미가 있다고 판단된다.

연구의 틀 설계는 전문가위원회를 중심으로 한 Top-down형 과제 기획/도출 과정을 목적으로 하였기 때문에 전문가의 의도가 중점적으로 반영된 과제들이 도출/제안되었다고 볼 수 있다. 이러한 과제정의서는 태양광분야 중소기업을 대상으로 한 설문식 수요 과제 조사 결과로 도출된 Bottom -up형 과제정의서와 함께 통합 과제정의 전문위원회를 통해 최종적으로 검토되어 2010년 중소기업 기술혁신개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)로 선정되어 연구비가 지원된 바 있다.

기술로드맵은 시장의 트렌드에 따른 제품의 출현 시기 예측, 이를 가능하게 하기 위한 기술의 개발 목표, 개발 시점, 기술개발 과제간 선후행 관계 등이 모두 고려되는 체계화된 R&D 기획방식으로 널리 활용되고 있다. 중소기업형 R&D 기획도 향후 기술로드맵의 형태를 취함으로써, 체계적으로 정책 시행 결과를 모니터링하고, 변화사항을 업데이트 할 수 있는 체계로 추진되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국가과학기술위원회, 녹색기술 연구개발 종합대책(안), 2009.1.13.
2. 녹색성장위원회, 2009년 녹색기술 연구개발 시행계획(안), 2009. 5. 13.
3. 한국에너지기술평가원, 그린에너지전략로드맵, 2009.8
4. 지식경제부, 녹색성장을 위한 IT산업 전략(Green IT), 2009.1
5. 박창걸, 「중소기업 유망 사업분야 선정 방법론에 대한 고찰」, KOSTI2007/한국콘텐츠학회 공동학술대회, 15권, 10호, pp. 250~258, 2007
6. 한국과학기술정보연구원, 중소기업형 유망 녹색기술 발굴 및 지원전략 연구, 중소기업청, 2009.8.31
7. 화학경제연구원, 태양광 산업의 Value Chain 분석(2008), 2008.7
8. 노현숙,「기술평가지표를 활용한 중소기업형 전략과제 선정 프로세스 개발」, KOSTI2006, 2권, pp360~366, 2006
9. 한국과학기술정보연구원, 기술혁신 전략과제발굴 기술수요조사, 중소기업청, 2005.
10. 홍지승,「공공부문의 중소기업 R&D지원 실태와 과제」, KIET, 2008.11.18
11. 이준신, 김경해 공저,『태양전지공학』, 도서출판 그린, 서울, 2007