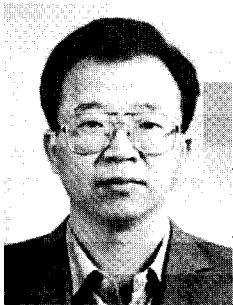


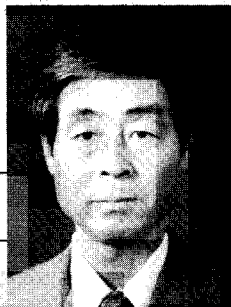
# 우리나라의 에너지 재료 기술개발 현황과 향후 전망



전 재 호

(KIMM 재료기술연구부)

- '84 부산대학교 금속재료공학과(학사)
- '94 한국과학기술원 재료공학과(박사)
- '95 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



강 석 봉

(KIMM 재료기술연구부)

- '72.2 서울대학교 금속공학과(학사)
- '74.7 - '79.2 동국대학교, 삼미종합특수강, 한국중공업 근무
- '79.3 - '81.2 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '82.9 - '86.8 한국과학기술원 재료공학과(박사)
- '80.12 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

## 1. 서론

저명한 환경 관련 연구 기관인 Worldwatch 연구소는 “오늘날 자연계는 사상 유례가 없는 위협에 직면해 있다.”고 최근 보고하였다. 이 연구소는 연례 보고서의 한 특별판에서 다음과 같이 경고하고 있다. 다가오는 세기는 자원 고갈과 환경 악화의 어두운 그림자로 덮여 있다. 세계 인구는 금세기에 40억 이상으로 증가하였는데 이는 1900년 인구의 세배를 상회하는 것이다. 같은 기간 에너지와 자원의 소비는 10배 이상 증가하였다. 현재의 경제 체제로 80억 이상의 인구에 필요한 것을 충족시키기란 애당초 불가능하다. 화석 연료에 기반을 두고 자동차 공업이 중심을 차지하는 소비 지향적 서구식 공업화 모델은 금세기의 생활 수준을 극적으로 향상시켰지만 지금은 문제투성이가 되었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 이 보고서에서는 하루 빨리 대체 에너지와 재생 제품에 기반을 둔 환경 부양 경제(environmentally sustainable economy)로 이전할 것을 제안하였다.

에너지는 경제 발전에 필요한 기본 요소인 동시에 인류의 복지와 생활 수준 향상에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 국가 경제 발전과 국민 생활 안정을 위한 에너지 자원의 안정적 확보는 각국이 갖고 있는 최대 관심사 중의 하나이다. 그러나 인류가 지금까지 주로 사용해 온 석탄, 석유와 같은 화석 연료는 대부분 특정 지역에 편중되어 있을 뿐 아니라 자원 고갈로 인해 에

너지 가격 파동과 에너지 수급 위기가 상존하고 있으며 이에 따른 국가간 분쟁의 가능성도 뒤따르고 있다.

경제 발전에 따른 무분별한 개발과 에너지 사용량의 증가로 인해 인류는 에너지 자원의 고갈 문제만큼이나 심각한 지구 환경 오염과 지구 온난화라는 또 다른 문제에 직면하게 되었다. 환경 오염 문제의 심각성은 이미 잘 알려져 있으나 지구 온난화 문제와 이를 방지하기 위해 국제적 기후 변화 협약은 최근에 많은 관심을 모으고 있다. 지구 온난화로 인해 극지방의 빙하가 녹고 이에 따른 해수면 상승으로 섬이 수몰되며, 가뭄과 이로 인한 산림의 소멸, 열대성 폭풍우 (태풍)가 촉진되는 등 피해 상황은 이미 심각한 지경에 도달해 있다.

## 2. 에너지 수급과 환경 문제

### 2.1 지구 에너지 부존 현황과 수요 전망

표 1에 나타낸 바와 같이 현재 사용 가능한 석유, 천연 가스의 가채 매장량은 30-40년에 불과하며 석탄과 갈탄의 경우에는 상당량의 가채 매장량을 보유하고 있으나 환경 오염원의 배출이 심하기 때문에 사용에 많은 제약을 받고 있다. 선진국의 경우 기술 개발을 통해 에너지 소비 증가율이 점차 둔화되고 있으나 개발 도상국들은 급격한 에너지 소비 증가율을 보이는 동시에 향후 세계 에너지 수요 증가를 주도할 전망이다. 이에 따라 21세기 전반에 또 다시 에너지 수급 파동이 발생할 가능성도 보이고 있다.

표 1. 지구 에너지 보존 현황

원별종류	확인가채 매장량 (1990)	가채년수 추정
석 유	108Gtoe	40년
천 연 가스	137Gtoe	56년
석 탄	496Gtoe	197년
갈 탄	110Gtoe	293년

### 2.2 지구 온난화

지구는 태양으로부터 막대한 양의 에너지를 받고 있으며 이를 다시 적외선의 형태로 우주에 방출함으로써 지구의 에너지 균형을 유지한다. 그런데 대기 중에는 적외선을 흡수하는 가스가 존재하며 이를 온실 가스(greenhouse gas, GHGs)라 부른다. GHGs의 종류에는 자연적으로 존재하는 수증기, 이산화탄소, 오존, 메탄, 아산화질소 등이 있으며, 인간의 활동에 의해 만들어진 CFCs, HFCs, SF<sub>6</sub> 등이 있다. 적정한 양의 GHGs는 지구의 에너지 불균형을 일으키지 않으나 인간의 활동에 의해 급격히 증가한 GHGs가 우주로 방사되는 적외선을 흡수함에 따라 지구의 온도를 상승시키는 온실 효과를 가져오며 궁극적으로 지구 온난화를 초래하는 것이다. 주요 GHGs의 지구 온난화 기여도는 이산화탄소 55%, CFCs 24%, 아산화질소 6%이므로 이산화탄소가 온난화의 주범임을 알 수 있다. 인간이 배출하는 전체 이산화탄소 배출량의 3/4는 화석 연료가 연소될 때 발생한다.

1979년 제1차 세계 기후 회의가 개최되어 “인간의 복지에 반하는 인공적인 기후 변화의 가능성을 예측하고 방지하기 위한” 선언을 채택하였다. 1990년 제2차 세계 기후 회의에서는 기후 변화에 관한 조약의 필요성과 기후 변화 협약에 필요한 원칙들이 제안되었다. 1992년 유엔 환경 개발 회의에서 기후 변화 협약 (Framework Convention on Climate Change, FCCC)이 유럽 연합을 포함한 154개국으로부터 승인되었다. FCCC의 궁극적 목표는 대기 중의 온실 가스 농도를 기후 시스템의 위험한 변화를 방지할 수 있는 수준으로 안정화시키는 것이다.

기후 변화 협약에 의하면 모든 국가는 온실 가스 감축 노력을 객관적으로 평가받기 위해 온실 가스 통계량, 온실 가스 저감 정책의 현황 및 향후 계획 등을 내용으로 하는 국가 보고서를 제출해야 한다. 다만, 제출 시기, 보고 내용 등에

있어서는 감축의무가 있는 선진국과 감축 의무가 없는 개발 도상국간의 차이를 두고 있다. 선진국은 협약 발효 (94년 3월) 후 6개월 이내 온실 가스 배출 및 흡수량 현황 및 전망, 협약 의무 준수를 위한 배출 저감 정책의 구체적인 내용 및 효과 분석, 흡수원 증진 정책 등의 내용을 담은 국가 보고서를 제출해야 한다. 한편, 개발 도상국의 경우 협약 발효 후 3년 이내 또는 선진국에 의한 재정, 기술 지원이 충분히 이루어진 후 온실 가스의 배출 및 흡수량, 협약 의무 준수를 위한 배출 저감 정책의 개괄적인 내용을 담은 국가 보고서를 제출해야 한다. 우리나라는 1993년 12월 개발 도상국의 지위로 기후 변화 협약에 가입함으로써 국가 보고서를 제출할 의무를 갖게 되었으나 1996년 OECD에 가입 시 선진국의 국가 보고서에 준하는 국가 보고서를 제출하기로 약속한 바 있다.

1997년 12월 1일 - 12일 일본 교토에서 개최된 제3차 기후 변화 협약 당사국 총회에서 온실 가스 배출량 감축에 대한 국제적 구속력을 가지는 최초의 법적 규범인 교토 의정서가 채택되었다. 교토 의정서에 의하면 선진국은 2008년부터 2012년까지의 목표 기간에 표 2에 나타난 바와 같이 온실 가스 배출량을 의무적으로 감축하여야 한다.

1998년 11월 2일 - 13일 아르헨티나의 부에노

스아이레스에서 열린 제4차 기후 변화 협약 당사국 총회에서 우리나라는 온실 가스 의무 감축국으로 지정되지는 않았으나 주최국인 아르헨티나를 비롯하여 카자흐스탄 등 일부 개발도상 국가가 이산화탄소 배출 저감 의무 부담을 선언함에 따라 우리나라에 대한 선진국의 압력이 더욱 거세질 것으로 전망되고 있다. 우리나라에 2010년 온난화 가스 배출을 1990년 수준으로 동결하는 감축안을 적용할 경우 2010년의 경제는 1980년대 중반 수준으로 후퇴할 전망이라고 보고되고 있을 정도로 온실 가스 문제는 한국 경제에 우르과이 라운드와는 비교가 되지 않을 큰 파도로 밀어닥칠 것이 분명하다.

우리나라는 2000년부터 2017년까지는 자율 규제 기간으로 하고 2018년부터 온실 가스 배출 증가를 제한하겠다는 조정안을 내 놓았지만 현재 세계 12위의 이산화탄소 배출 국가인 우리나라의 온실 가스 배출 감축 시기는 선진국의 압력으로 훨씬 앞당겨질 가능성이 크다. 여기에 대비해서 우리의 에너지 다소비 산업체질을 고쳐 가는 작업을 미리 해 나아가야 충격을 줄일 수 있을 것이다. 예를 들면 2010년에 이산화탄소 배출 목표를 1990년 수준으로 동결할 경우 3대 에너지 다소비 업종인 석유화학, 철강, 시멘트 산업에서는 2010년까지 97년 현재의 생산량에서 평균 35% 이상을 감축해야 할 것으로 분석되고 있다.

표 2. 교토 의정서의 국가별 GHGs 감축 목표

대 상 국	삭감 목표율(%)
EC 15개국(독일, 영국, 프랑스, 이탈리아, 네덜란드, 벨기에, 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 스페인, 그리스, 아일랜드, 룩셈부르크, 포르투갈, 스웨덴), 불가리아, 체코, 에스토니아, 라트비아, 리히텐슈타인, 리투아니아, 모나코, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스위스	-8
미국	-7
일본, 캐나다, 헝가리, 폴란드	-6
크로아티아	-5
러시아, 뉴질랜드, 우크라이나	0
노르웨이	+1
호주	+8
아이슬랜드	+10

### 2.3 우리나라 환경·에너지 부문의 현황 및 당면 과제

#### 2.3.1 낭비적 에너지 소비 구조

우리나라는 기술력 부족으로 인해 국내 총생산의 부가 가치 한 단위를 창출하기 위해 선진국이 투입하는 에너지의 2배 이상의 에너지를 투입하는 낭비적 에너지 소비 구조를 갖고 있다. 표 3은 우리나라와 선진국들의 에너지 소비 구조를 비교하여 나타낸 것이다.

표 3. 각국의 에너지 소비 구조 비교

1992년	한국	일본	영국	독일	프랑스	이태리
에너지 /GDP	0.421	0.146	0.221	0.216	1.193	0.134

#### 2.3.2 급격한 에너지 수입 의존도 증대

1995년 현재 우리나라의 전체 에너지 소비 중 62.2%를 석유에 의존하고 있고 전체 에너지의 수입 의존도는 96.8%로 에너지 안보 및 국제 수지 방어에 막대한 부담을 안고 있는 실정이다. 특히 석유 소비량의 76.6%를 중동 지역에 의존하게 됨에 따라 전체 에너지의 중동 의존도가 48.1%에 이르고 있어 에너지의 안정적 확보에 대한 우려가 점점 커지고 있다.

표 4. 우리나라의 에너지 수입 의존도

	1985	1990	1995	2000	2010	2020
에너지 수입 의존도(%)	76.2	87.9	96.8	97.8	98.6	99

#### 2.3.3 에너지 수요의 선진국형 고급화 추세 심화

자동차 보급 확대, 생활 수준의 향상에 따른 취사 및 냉난방 고급 기기의 보급, 정보 산업의 발달, 산업 구조의 고도화 등으로 인해 고급 에너지인 석유, 전력, 도시 가스를 중심으로 수요 체계가 확산되고 있다. 석유 부문의 경우 승용차의 증가, 난방용 경유 수요의 증대 등의 원인으로 수요가 증가하고 있으며 전력 부문에서는 냉방 수요의 급증, 컴퓨터 등 정보 기기의 보급 확

산으로 수요가 공급 능력을 초과하는 등 수급 불균형 문제가 심각하게 대두되고 있다.

#### 2.3.4 환경 제약 심화

석유와 석탄 등의 화석 연료 비중이 현재의 추세인 70-80% 수준으로 지속될 경우 2000년에 우리나라는 세계 10대 온실 가스 배출국에 포함될 것으로 예상되며, 국제 환경 규제에 자주적 에너지 정책에 대한 제약이 점차 심화되고 있다. 표 5에 각국의 CO<sub>2</sub> 증가 예측량을 나타내었다.

표 5. 각국의 CO<sub>2</sub> 증가량 예측 결과 (1990~2000년간 총 증가율)

한국	미국	일본	독일	스페인	네델란드	덴마크
128%	3.0%	2.3%	-25%	24.1%	-3.7%	-7.9%

### 3. 국내·외 에너지 기술 개발 현황

#### 3.1 선진국의 에너지 기술 개발 현황

주요 선진국은 환경과 조화를 이룬 경제 발전을 위해서는 에너지 기술 개발이 필수적이라는 인식하에 에너지 절약 및 대체 에너지 기술 개발에 집중적인 투자를 하고 있다.

각국은 경제 규모와 에너지 수급 여건에 따라 중점 기술 개발 분야를 선정하여 추진해 오고 있는데 미국과 일본 등의 선진국은 제반 에너지 기술 분야에서 선도적 역할을 추구하고 있으며 핵융합, 수소 에너지, 석탄 액화 등 첨단 미래 기술을 포함하는 모든 기술 분야에 광범위하게 투자해 오고 있다. 경제 규모가 작은 대부분의 OECD 선진국들은 각국의 실정에 따라 실현 가능성이 높고 파급 효과가 큰 분야에 한정된 재원을 집중 투자하고, 장기간 대규모 투자가 요구되는 첨단 미래 기술에 대해서는 공동 연구 방식을 취하고 있다.

##### 3.1.1 미국

DOE 주관으로 에너지와 환경 문제를 결부한 에너지 변환 및 저장 프로그램, 환경 연구 프로

그럼 등의 각종 프로그램을 광범위하게 가동하여 분야별 상호 유기적인 협력 체계를 구축하고 있다. 분야별로 살펴보면 발전 부분에서는 2010년까지 석탄 발전소와 가스 발전소의 효율을 현재의 35%와 50%에서 60%와 85%로 각각 향상시키며, 원자력 발전소의 운영 효율과 신뢰도를 제고시킴으로써 향후 전력 수요를 효율적으로 충족시키도록 하고 있다. 또한 태양광, 태양열, 풍력 등 대체 전원의 개발에 대한 연구를 활성화하는 동시에 석탄 가스화 복합 발전 기술 등과 같은 청정 에너지원의 개발에도 주력하고 있다. 수송 부문에는 승용차의 연비를 2010년까지 3배 향상시키며, 경량 자동차 엔진 개발, 항공기 엔진 성능 향상, 2005년까지 자동차용 연료 전지 개발 등의 기술 개발 전략을 가지고 있다. 산업 부문에서는 연료 소비 효율이 높은 기술 개발에 중점을 두며, 2010년까지 에너지 집약도가 가장 큰 목재 및 제지, 철강, 알루미늄 제련, 주물, 유리, 화학 산업에 소모되는 에너지의 25%를 감축하려는 목표를 달성하기 위해 고성능 터빈 시스템, 첨단 소재 개발 및 열전달 연구 등 미래 혁신 기술 개발을 추진 중이다. 건물 부문에서는 냉난방용, 조명용, 각종 가전 제품용 에너지 사용 효율을 향상시키기 위해 이들 이용 기기 제조 업체들과 각 지방 정부가 긴밀히 기술 개발에 협력하며 이를 통해 건물의 설계와 고효율의 에너지 이용 기술이 잘 조화되도록 하고 있다.

### 3.1.2 일본

일본은 에너지 수입 비중이 큰 국가로서 에너지의 효율적 이용과 대체 에너지 개발을 위한 연구를 위해 Sunshine Project(신재생 에너지 기술 개발 계획), Moonlight Project(에너지 절약 기술 개발 계획) 등을 추진해 왔으며, 1993년부터는 에너지와 환경 문제의 동시 해결을 위해 기존의 Sunshine Project, Moonlight Project, 지구환경 기술개발 사업을 일체화한 New Sunshine Project(에너지, 환경 영역 종합 기술 개발 추진 계획)를

수립하여 현재까지 수행해 오고 있다. 분야별 주요 기술을 살펴보면 재생 가능 에너지 이용 기술, 석탄을 위주로 한 화석 연료의 고 효율화, 고도화 및 저 환경 부하 이용 기술, 에너지의 효율적인 수송, 저장 기술, 경제 사회활동에서 발생하는 환경 부하 경감 기술, 이산화탄소 고정화, 유효 이용 등 혁신적인 지구 환경 산업 기술 등이 있다.

### 3.1.3 EU

EU는 에너지 절약 기술의 R&D 지원을 위한 JOULE II 사업, 합리적인 에너지 사용과 재생 에너지의 시장 보급 촉진 및 혁신 기술 지원을 위한 THERMIE 사업 등을 유럽 연합 집행 위원회 주관으로 공동체 차원에서 수행하고 있다. 구체적인 연구 내용으로는 고체 산화물 연료 전지 개발, 태양 전지 개발, 2차 전지 개발, 첨단 소재 사용 풍력 터빈 블레이드 개발, 단열용 신 재료 개발, 청정 고효율 차량 개발 등이 있다.

## 3.2 우리나라의 에너지 기술 개발

### 3.2.1 우리나라의 에너지 기술 개발 사업 추진 현황, 성과 및 문제점

1970년대 KIST를 중심으로 태양열, 풍력 등의 대체 에너지 개발을 위한 연구가 시작되었으며 2차세의 석유 파동을 계기로 에너지 절약 기술 개발에 대한 연구가 활발히 추진되기 시작하였다. 1980년대에는 동력 자원부 주관으로 에너지 절약 기술, 대체 에너지 기술 등의 개발을 위한 연구가 수행되었으나 저유가에 따른 국내 에너지 가격 안정으로 에너지 기술 개발에 대한 필요성이 절실하지 못하여 연구 개발과 수요가 효율적인 연계를 이루지 못하였다. 그러나 1990년대에 들어서면서 지구 환경과 관련된 에너지 사용 규제의 국제적 움직임이 대두됨에 따라 에너지와 환경이 일체화된 기술 개발이 요구되었다. 이에 따라 본격적인 기술 개발 연구가 산학연 협동으로 추진되어 에너지 기술 개발을 위한 연

구 기반이 확립되기 시작하였다. 에너지 기술 개발을 위해 1988년부터 1996년 말까지 투입된 연구비와 수행 과제수를 표 6에 나타내었다.

표 6. 에너지 기술 개발 연구비 및 수행 과제수 (1988~1996년)

	투자액(억원)			과제수
	정 부	민 간	계	
절 약	632.8	325.2	958	298
대 체	514.5	475.3	989.8	242
청 정	179.7	44.6	224.3	56
계	1,327	845.1	2,172.1	566

1996년 말까지 수행된 에너지 기술 개발 연구의 주요 성과를 살펴보면 에너지 절약 기술의 경우 산학연 공동 연구 체계가 수립되었으며 이에 따라 기술 개발과 실용화의 연계를 이루기 위한 연구 사업 수행에 대한 경험이 축적되었다. 또한 사업의 특성에 따라 기술 개발 방법의 다양화가 이루어졌다. 대체 에너지 기술 개발에서는 일정 수준의 연구 인력과 장비가 확보되었으며 선진국과의 기술 격차가 상당히 단축되는 성과를 얻었다. 또한 사업 초기에는 대학과 연구소 중심으로 기초 연구가 주로 수행되었으나 점차 민간 기업의 참여가 늘어나 실용화의 기반이 구축되었다. 향후 실용화 기술 개발이 촉진될 것으로 예상되므로 대체 에너지 보급 기반이 확보될 전망이다. 청정 에너지 기술의 경우에는 연구 개발 기간이 짧아 청정 에너지 기술에 대한 개념이 정립된 단계이므로 사업성과를 분석하기 어렵다.

그 동안 수행된 에너지 기술 개발 사업에서 지적된 개선점은 다음과 같다. 먼저 에너지 절약 사업의 경우 bottom-up에 의한 수요 조사에 따라 단위 과제 형식으로 연구 과제가 선정되었으며 연구 내용도 대부분 단기 실용화 가능한 기술 개발인 관계로 집중적으로 연구 개발되어야 할 분야에 투자가 미흡하였다. 또한 대학과 연구소 등의 기술 공급자 위주로 기초 연구 과제가 도출되었으므로 실용화와 경제성을 고려한 투자가 이루어지지

못하였다. 대체 에너지 기술 개발 과정에서 나타난 문제점은 선진국에 비해 기술 수준이 낮은 상태에서 연구 개발이 시작되었으나 선진국과의 기술 협력 없이 독자 기술 개발을 추진해 온 까닭으로 기술 개발 속도가 느렸다. 게다가 1980년대 이후 국제적으로 저유가 시기가 지속되어 대체 에너지의 단가가 화석 에너지에 비해 지나치게 높아 특수한 경우를 제외하고는 실용화에 어려움이 있었다. 청정 에너지 기술은 일관된 기술 개발 정책의 부재로 인해 연구 자금 부족, 연구 시설 미비, 연구 인력 이탈 등의 문제점이 노출되었으며, 국내 기술 개발보다 빠른 속도로 환경 규제가 진행되어 기술 격차가 점점 커졌다.

### 3.2.2 에너지 기술 개발 10개년 계획(1997~2006년)

1996년까지 별도로 수행되어 온 에너지 절약, 대체 에너지, 청정 에너지 등 에너지 기술을 통합하여 체계적이고 종합적인 국가 에너지 기술 개발 계획이 산업 자원부 주관으로 수립되어 1997년부터 추진되고 있다. 사업의 목표는 신 에너지 자원의 확보로 에너지 공급 체계의 안정성을 확보하며 지구 온난화 등 국제 환경 문제에 대처하고 국가 경쟁력을 높이는 데 있다. 사업별 개발 목표를 보면 에너지 절약 기술은 2006년 기준 최종 에너지의 10% 절감, 대체 에너지 기술의 경우 2006년 기준 총 에너지의 2% 공급, 청정 에너지 기술은 화석 연료 청정화 기술 확보에 각각 목표를 두고 있다. 표 7은 에너지 절약 기술의 목표를 정리한 것이다.

에너지 절약 기술은 대체 에너지나 청정 에너지 기술에 비해 기술 개발의 역사가 길고 시장과 산업 기반이 확보된 분야이며 광범위한 영역에 적용되므로 기술의 종류와 규모가 다양하고 기술의 변화 속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 향후의 에너지 절약 기술은 절약이라는 개념을 탈피하고 에너지 효율 향상이라는 개념으로 확대시키는 방향으로 기술 개발이 추진될 전망이다. 또한 현재의 기술 수준에 따라 상용화 단계

표 7. 에너지 절약 기술 개발에 의한 분야별 절약 목표(2006년)

분야	에너지 사용량	절약 잠재량	절약량 목표	비 고
절 약	86.6	38.7	11	분리공정, 변환축적 등 11개 프로그램
건 물	39.1	11.9	3	전약건물 등 6개 프로그램
수 송	50.8	5.1	1	엔진차량 등 2개 프로그램
전 기	26.8	7.9	5	유도전동기 등 13개 프로그램
계	203.3	63.6	20	32개 프로그램

기술, 상용화 전단계 기술, 미래 기술 (원천 핵심 기술) 등으로 분류하여 상용화 단계 기술은 핵심 기술의 조기 확보와 관련 기술의 종합화에 의해 실용화 시기를 앞당기는 데 주력하고, 상용화 전단계 기술은 산학연이 역할을 분담하고 각각 단계별 목표를 설정하는 등 종합적 기획하에 추진하며 미래 기술은 아직 기술이 확립되지 않은 분야이나 기술 확보 시 큰 효과가 예상되는 대형 기술에 대해 연구 역량의 배양에 중점을 두어 추진할 예정이다.

표 8은 대체 에너지 기술의 목표를 정리한 것이다. 대체 에너지 기술은 현재 선진국과 기술의 차이가 현저하며 투자되는 연구비의 규모도 열

표 8. 대체 에너지 기술개발에 의한 분야별 보급 목표(2006년)

분야	1995(A)	2001년	2006년(B)	B/A
태 양 열	22.1	101.6	277.2	12배
바 이 오	59.4	98.1	445.8	8배
폐 기 물	804.5	2,817.0	4,675.8	6배
태 양 광	2.3	14.0	39.0	17배
풍 력	0.1	7.9	32.8	-
소 수 력	20.4	57.2	86.7	4배
연료전지	0.3	13.6	132.0	-
총 계	909.1	3,109.4	5,689.3	6배

악한 상태이므로 우리나라의 실정에 가장 적합한 분야를 선정하여 분야별 특성을 감안한 차별화된 추진 전략으로 수행해 나갈 예정이다. 또한 핵심 기술 확보를 위해 국제 공동 연구 및 기술 도입을 적극 추진하고 분야별 특정 기술에 대해서는 선진국과 전략적 기술 제휴를 추구하는 등 기술 개발 사업의 국제화로 기술 획득의 최적화를 모색할 전망이다.

청정 에너지 기술은 산업발전에 따른 에너지 사용 증대로 발생하는 국내의 환경 문제와 직결되므로 시장 성격이 대형 배출 업체에 좌우되며 관련 산업 기반이 아직 취약한 특성을 갖고 있다. 또한 대규모 환경 설비의 독자 개발은 장기적이며 과도한 투자를 요구하는 어려움이 있다. 따라서 청정 에너지 기술 개발은 기후 변화 협약과 같은 환경 규제에 대응하기 위해 최소 비용으로 규제 일정에 맞추도록 하는 규제 일정과 필요 기술 획득 일정의 최적화를 도모해야 한다. 이를 위해 청정 기술을 확보하고 있는 호주, 러시아, 캐나다 등의 국가와 협력을 강화하는 전략을 추진해 나아갈 전망이다.

#### 4. 에너지 재료 기술

##### 4.1. 에너지 재료의 분류

우리나라의 산업자원부 산하 기관인 에너지 관리 공단의 분류 방법에 따르면 에너지 재료는 에너지 절약 기술 중 요로 금속 분야에 별도로 분류되어 있으며 구조용 에너지 소재와 기능성 에너지 소재로 크게 나누어진다. 이 중 구조용 에너지 소재는 다시 산업 재료, 건물 재료, 환경 재료, 수송, 항공, 우주 재료 등으로 분류하고 있으며, 기능성 소재에는 전자기 기능 재료, 광전자 기능 재료, 정보 저장 기능 재료, 정보 표시 기능 재료, 정보 통신 기능 재료, 에너지 변환 재료 등이 포함되어 있다.

에너지 절약 기술 뿐 아니라 대체 에너지 기

술과 청정 에너지 기술에 있어서도 에너지의 생산, 저장, 수송, 이용 등의 모든 과정에 사용되는 해아리기 어려운 수많은 재료들이 존재하므로 에너지 재료란 인간이 직접 사용하고 있거나 또는 산업 활동 과정에 소모되는 모든 재료를 넓은 의미로 에너지 재료에 포함시킬 수 있다. 그러나 이 논문에서는 우리나라에서 산업 자원부 주관으로 추진되고 있는 에너지 기술 개발 10개년 계획의 에너지 절약, 대체 에너지, 청정 에너지 기술에 관련된 재료 중 여러 가지 분야에 공통적으로 사용되는 일반 재료는 제외시키고, 재료 기술이 에너지 기술 개발에 핵심이 되는 경우로 범위를 축소시켜 조사하였다.

### 4.2 분야별 에너지 재료 기술

표 9는 에너지 기술의 체계도로서 에너지 기술에서 분류된 사업별 분야 및 프로그램을 나타낸 것이다.

표 9. 에너지 기술의 체계도

	분야	프로그램		세부 프로그램
		정부	민간	
에너지절약	5	12	32	136
대체에너지	11	4	7	20
청정에너지	3	5	6	34
계	18	21	45	190

표 10. 에너지 절약 재료 기술

프로그램	분야	핵심 재료 기술	
중점	산업	미활용 에너지 응축형 열교환기용 신소재 기술	
	요소금속	고성능 가열로 가열로용 Cu coil 재료 기술 고주파 철심용 규소강판 재료 기술 고주파용 대용량 세라믹 콘덴서 재료 기술 저저항, 열전도도와 내산화성이 우수한 MoSi <sub>2</sub> 발연체 재료 기술	
	건물		
	전기	유도전동기	알루미늄 다이캐스팅 기술 철심 코어 제조 기술 고효율 규소 강판 제조 기술 영구자석 재료 기술
		조명 기기	고순도 필라멘트 재료 기술
		소형 열병합 발전	가스 터빈 재료 기술
	수송		
일반	산업	반응 공정 열교환 척매 재료 기술 내식성 재료 코팅 기술	
	요소금속	구조용 에너지 소재 기능성 에너지 소재 내열 세라믹 재료 기술 다공성 세라믹 필터 재료 기술 고체 전해질 재료 기술 세라믹 유전층 박막화 기술 세라믹-금속 또는 세라믹-세라믹 접합 기술 분말 합성 및 소결 기술	
	건물	건물외피 단열 기술 고기밀 창호 및 기능성 유리 개발	
	전기	전력 변화 전력 저장 초전도 전력기술 특수 전원	비정질 재료 기술 2차 전지 재료 기술 초전도 선재 및 도체화 기술 열전 발전 재료 기술
		수송	차세대 엔진 차량 세라믹 엔진 재료 기술



표 11. 대체 에너지 재료 기술

프로그램	분 야	관련 재료 기술
중 점	태양열	
	태양광	실리콘계 태양전지 재료기술 화합물계 태양전지 재료기술
	연료전지	다공질 전극 재료기술 고체 산화물 전해질 재료기술 분리판 재료기술
	석탄이용	
일 반	바이오	
	폐기물	
	소수력	소수력용 수차 부품재료
	풍 력	풍력 발전기용 복합소재 기술
	수 소	수소 생산용 광촉매 재료기술 수소저장 재료기술 2차 전지용 전극 재료기술
	해 양	
	지 열	

표 12. 청정 에너지 재료 기술

분 야	중점 프로그램	관련 재료기술	일반 프로그램	관련 재료기술
석탄청정	유동층 연소기술		석탄 전처리 기술	
	석탄회 활용기술			
	연소후 처리기술	필터 재료기술		
석유 청정	신촉매 개발		폐촉매 처리 기술 미생물 탈황기술 공정개발	
CO <sub>2</sub> 가스의 자원 이용	CO <sub>2</sub> 분리 회수 기술	CO <sub>2</sub> 흡수 및 분리 재료 기술	CO <sub>2</sub> 고정화법에 의한 자원회수 기술	CO <sub>2</sub> 흡수 및 분리 재료 기술

프로그램 중 에너지 절약 효과가 크고 성공 가능성이 높아 에너지 수급 구조 개선에 기여할 수 있는 기술, 국가적으로 필요하나 경제성 부족 등으로 민간의 자발적 참여를 기대하기 어려운 기술, 에너지 사용에 따른 환경적 영향을 최소화 할 수 있는 기술은 중점 추진 프로그램으로 따로 분류되어 있다. 표 10-12는 각 사업별 프로그램 내용과 관련 에너지 기술 개발에 요구되는 핵심 재료 기술을 정리한 것이다.

#### 4. 맺음말

지금까지 에너지 절약, 대체 에너지, 청정 에너지 등의 에너지 기술 개발은 대부분 시스템 개발을 중심으로 추진되어 왔으나 그 이면에는 관련 재료 개발이 필수적으로 동반되어 왔으며 어떤 경우에는 재료 개발이 중심이 된 연구 과제가 수행된 경우도 있었다.

특히 에너지 절약 기술 개발 사업 중 요금급

속 분야에는 구조용 에너지 재료와 기능성 에너지 재료 개발 연구가 독립적인 프로그램으로 수행되어 왔다. 고온로용 MoSi<sub>2</sub> 발열체 재료, 고주파용 세라믹 콘덴서 재료, 전동기용 무방향성 전기장판, 가스 터빈 재료, 자동차 엔진용 알루미늄 재료, 열교환기용 내식성 소재, 태양 전지용 Si 소재, 수소 생산용 광촉매 재료, 수소 저장 합금 소재, 수소 이용 전지 재료, 연료 전지용 전극 소재 등의 재료가 중점적으로 연구되어 왔으며 일부는 개발에 성공하였다.

향후 에너지 재료는 이름 그대로 에너지 기술의 연구 개발 방향에 따라 연구 개발의 방향이 결정될 것이다. 에너지 자원의 고갈과 지구 환경 보호의 관점에서 에너지 사용의 효율화와 함께 대체 및 청정 에너지 개발에 대한 연구는 점차 가속화될 전망이다.

에너지 절약 기술은 모든 분야에서 연구 개발이 추진될 예정이나 특히 자동차 엔진 효율 향상을 위한 연구가 최근 관심을 모으고 있으므로 자동차 엔진용 세라믹 소재에 대한 연구는 장기적으로 꾸준히 연구되어야 할 분야이다. 대체 에너지 기술의 경우 태양 에너지와 수소 에너지 기술 개발이 집중적으로 추진될 전망이다. 이에 따라 태양 전지 재료, 광촉매 재료, 고체 산화물 연료전지용 재료, 2차 전지 재료 개발에 대한 연구가 주류를 이룰 것으로 예상된다. 한편 청정 에너지 기술의 최근 연구 경향은 배출되는 온난화 가스의 분리, 회수 및 이용 기술 개발이 주류를 이루고 있다. 따라서 이산화탄소의 분리와 회수에 사용되는 재료 개발을 위한 연구가 집중적으로 수행될 전망이다.

전기 에너지 증 발전 및 송배전 기술에 따른 재료도 에너지 재료에 포함되어야 하지만 분야가 광범위하고 사용되는 재료의 종류도 다양하다. 따라서 이는 별도로 분류하여 "발전 설비용 재료의 관련 기술과 개발 현황"이란 제목으로 상세하게 다룰 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 에너지 절약 기술 체계도 구축에 관한 연구, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [2] 대체 에너지 기술 개발 자료집, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [3] 대체 에너지 기술 개발 사업 보고서 초록집, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [4] 외국의 신재생 에너지 개발, 보급 동향 -이태리, 중국, 일본-, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [5] EU의 에너지 관련 연구 개발 동향 조사 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1997.
- [6] 대체 에너지 기술 개발 기본 계획 개선 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1996.
- [7] 대체 에너지 기술 정보 및 동향 분석 연구 (IV), 한국 에너지 기술 연구소, 1995.
- [8] 미국의 주요 에너지 관련 연구소 동향, 한국 에너지 기술 연구소, 1992.
- [9] 신·재생 에너지 기술 워크샷, 한국 에너지 기술 연구소, 1995.
- [10] 에너지 관련 지구 온난화 방지 대책 기술 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1992.
- [11] 에너지 기술 개발에 대한 기획 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1996.
- [12] 에너지 변환 및 고효율 이용 기술, 한국 과학 기술 연구원, 1995.
- [13] 에너지·자원 부문 국제 협력 현황, 통산 산업부 자원 정책실, 1996.
- [14] 에너지 절약형 열전 발전 시스템 개발 기획에 관한 최종 보고서, 한국 전기 연구소, 1995.
- [15] 에너지 총 조사 보고서, 에너지 경제 연구원, 1996.
- [16] 유럽 주요 국가 에너지 관련 기술 개발 동향 조사 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1995.

- [17] 제조업 부문 에너지 이용 효율 방안 연구, 에너지 경제 연구원, 1995.
- [18] 차세대 에너지 기술 (POST-G7) 연구 프로그램 개발 연구, 한국 에너지 기술 연구소, 1995.
- [19] 태양 에너지 이용 기술, 한국 과학 재단 (중앙대학교), 1992.
- [20] 일본의 에너지 기술 개발 동향, 한국 에너지 기술 연구소, 1994.
- [21] 발전 설비용 금속 재료 지침서, 한국 전력 기술 주식 회사, 1996.
- [22] 에너지 절약 기술 개발 사업 성과 자료집, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [23] 청정 에너지 및 자원 기술 개발 자료집, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1997.
- [24] 중장기 에너지 기술 개발 추진 전략 최종 보고서, 에너지 자원 기술 개발 지원 센터, 1996.
- [25] 차세대 소형 전지 기술 개발 연구 기획 보고서, 통상산업부, 1997.