

특 집

대체에너지 기술 개발 현황

안 비 오

중소기업진흥공단 전기전자지도실

I. 서 론

에너지는 그리스어인 ‘에르곤’, ‘에르게니아’에서 유래된 말로 ‘일하는 능력’의 의미를 갖는다. 인간은 시작과 끝을 에너지에 의지해서 그 삶을 영위하는 것이 사실이다. 하지만 인류문명의 발전과 함께 인류는 더 많은 에너지를 필요로 하게 되었고 에너지 고갈이라는 문제에 부딪히게 되었다. 이는 많은 에너지원 중에서 대부분의 에너지원을 산업혁명과 함께 화석연료에 의존하다보니 발생한 일로 지구 온난화 및 환경파괴라는 부수적인 병폐를 발생시켰다. 이러한 배경에서 도출된 대체에너지 개발이라는 명제는 환경문제와 결부되어 선진국 주도하에 ‘기후변화협약’에까지 이르게 되었다. 국내의 사정은 대부분의 개발도상국가와 마찬가지로 무차별적 산업 육성정책에 의한 단기간의 경제성장만을 지향하다 보니 대부분의 산업분야에서 화석연료에 대한 의존도가 높고, 천연자원 부재에 의한 현 상황은 대부분의 에너지원을 수입에 의존하는바 향후 제2의 오일쇼크를 통한 산업침체를 예상하는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 이에 대체에너지 개발은 유한한 화석연료에 대한 의존도를 낮추어 에너지 고갈에 따른 에너지 파동을 효과적으로 대처하는 목적과 함께 환경 친화적인 청정에너지로 개발함으로써 ‘기후변화협약’ 등과 같은 국제적 환경변화에 능동적으로 대처한다는 이중적 목표를 갖는다. 이에 국내에서도 1987년 12월 “대체에너지개발촉진법” 제정 및 “대체에너지개발기본계획”을 수립을 하였고, 1997년 1월에는 “에너지기술개발 10

개년 계획”을 수립하여 2006년 기준 총 에너지의 2%(4,640천 TOE¹⁾)를 대체에너지로 공급한다는 목표를 가지고 있다.

1. 기후변화협약과 그 대응

지구 온난화의 영향으로 발생하는 수면상승과 엘리뇨 현상 등은 크나 큰 환경문제를 유발하여 지구 생태계 및 인간의 생존마저 위협하는 수준이 되었다. 이에 1992년 6월 유엔환경개발회의에서 150여개국의 서명으로 채택된 ‘기후변화협약’은 1994년 3월 21일 공식 발효되어 세계 각국의 대체에너지 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 각 국가별 에너지원으로 그 의존도가 매우 높은 화석연료는 지구 온난화 및 환경파괴에 가장 큰 원인을 제공하는 기후가스(CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) 생산의 주범으로 1997년 12월의 제3차 당사국회의에서 작성된 교토 의정서는 위의 6개 가스를 감축대상 가스로 지정하여 그 목표치를 제시하고 있는 실정이다.

그러나 온실가스 배출을 줄이기 위해서는 에너지 소비량을 줄여야하고, 이는 산업 및 경제활동을 줄여야 한다는 것을 의미한다. 결국, 우리나라의 경우 주력 상품 중 철강, 시멘트, 석유화학 등의 중화학공업은 물론 여타의 에너지 과소비 업

〈표 1〉 선진국 이산화탄소 감축의무

국가	미국	일본	EU	캐나다	러시아	노르웨이
감축의무	-7%	-6%	-8%	-6%	-0%	+1%

1) Ton of Oil Equivalent/에너지 단위: 원유 1톤이 가지고 있는 열량으로 107 Kcal 혹은 전기 4천KW에 해당

중은 그 생산 및 활동량을 급격히 줄여하며, 이는 국가 경제에 크나큰 타격을 입힐 것이 자명하다. 따라서, 이러한 국제환경 변화에 발 맞추어 친환경적인 대체에너지 개발은 시급하다 하겠다.

II. 대체에너지 현황

국내 에너지원의 활용은 <표 2>에서와 같이 대부분이 화석연료에 의지하고 있으며 원자력에너지 역시 핵 폐기물 처리에 따른 환경오염 가능성을 가지고 있는 실정이다.

이에, 정부에서는 <그림 1>, <표 3>과 같은 대체에너지 개발에 대한 중장기적 계획을 설정하고 있으며, 2006년 기준 태양전지부문 세계 3위, 연료전지부문 세계 4위의 기술력 확보를 목표로 하고 있다. 본고에서는 국내에서 현실적 경쟁력을 가지고 개발 및 운전중인 대체에너지 분야를 태양전지, 태양열 발전, 연료전지, 풍력발전 및 소수력발전으로 한정지어 그 현황을 설명하고자 한다.

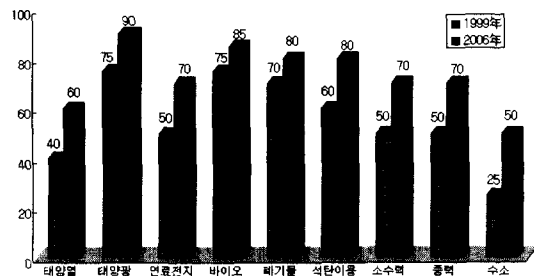
<표 2> 에너지원과 그 장단점

구분	장점	단점	구성비(%)
석유	수송/저장/이용의 편리성	공급 불안정성, 온실가스 배출	57.9
LNG	청정성, 편리성	고비용, 배관망 필요	6.1
LPG	청정성, 편리성	유통의 고비용, 중량판매 불편	4.6
무연탄	저비용, 공급 안정성	온실가스 배출, 이용의 불편	2
유연탄	저비용, 공급 안정성	온실가스 배출	16.7
원자력	저비용, 공급 안정성	입지확보난, 환경오염 가능성	11.1
신재생	공급 안정성, 환경친화성	고비용	0.7

<참조> 제1차 국가에너지기본계획(1997~2006)
대한민국정부, 1997.

1. 태양전지

태양전지는 반도체화합물의 광기전력효과(photo-voltaic effect)를 이용하여 태양광 에너지를 직접 전기로 변환시키는 소자이다. 현재 주로 사용되는 반도체 물질 실리콘은 석영모래로부터 얻을 수 있는 지구상에서 두 번째로 보편화된 화학물질이다. 실리콘 태양전지는 현재 국내의 태양전지 시장의 대부분을 차지하는데, 결정상태에 따라 단결정실리콘 태양전지, 다결정실리콘 태양전지와 비정질실리콘 태양전지로 구분한다. 그러나 가격이 가장 비싼 단결정실리콘 태양전지의 경우에도 실험실 규모에서 면적 대 효율의 비율이 23.3%/4cm²이고 대량생산의 경우 15~18%/100cm²으로 효율을 높이기 위한 기술개발이 시



<그림 1> 대체에너지 분야별 기술수준목표

<참조> 2000년 산업자원부 "대체에너지 개발보급 정책"

<표 3> 대체에너지 세부 보급·개발 목표

구분	2000	2006	2010	2015	2020
총 에너지 (백만TOE)	194	232	260	283	309
대체에너지 (백만TOE)	2.0	4.6	7.8	14.2	30.9

<참조> 2000년 산업자원부 "대체에너지 개발보급 정책"

급한 상황이다.

2. 태양열 발전

태양에서 발산되는 열에너지는 22억분의 1만이 지구에 도달하며, 그 에너지 양은 1.2×10^{14} kW로 전 인류 소비에너지량의 약 1만배에 달하는 양이다. 그러나 현재 인류는 이러한 무한 에너지원인 태양열의 고온 획득방법과 고온 재료 개발 등에 필요한 기술한계에 부딪혀 큰 진전을 보지 못하고 있다. 태양열 발전은 태양추적 장치(heliostat)를 통해 태양광을 한 점에 모아 고열을 얻고, 열 교환기를 이용하여 고압 증기를 얻어 증기터빈을 돌림으로서 전기에너지를 얻는 방식이다. 미국에서는 1980년대 10 MW급 태양열 발전 시스템의 실용화가 이루어진 후 집중적인 개발 투자를 하고 있다. 이스라엘의 경우 태양열 집열체로 태양열을 이용하고 있는데, 현재 5,000 kW의 발전소가 가동하고 있으며 향후 수백만 kW급의 발전소 건설을 목표로 하고 있다. 태양열은 연못의 바닥에 농도가 높은 소금물을 담아 대류를 억제하여 표면수의 온도를 낮추고 바닥의 온도를 높여 그 열에너지 혹은 온도차를 이용하는 원리이다. 국내의 경우 대규모 태양열 발전 시스템을 건설하기 위한 재원과 소요부지 등의 제약에 따라 어려움을 겪고 있으나 실용화 가능성이 큰 청정에너지이기 때문에 정책 사업으로 추진 중에 있다.

3. 연료전지

연료전지는 화학반응을 이용하여 전기에너지를 발생시키는 전기 화학적 장치이고 부수적으로 열 에너지를 얻어 열병합 발전을 할 수 있어 효율이 높은 무공해 에너지 기술이라 할 수 있다. 연료전지 발전시스템은 연료개질 장치를 통하여 LPG, LNG와 같은 일반 연료를 수소를 많이 포함하는 가스로 변환하고, 연료전지 본체에서 산소와 화학반응을 통해 직류전기를 생성한다. 여기서, 생성된 직류전기는 전력변환장치를 통해서 교류전기로 변환하게 된다. 국내 연료전지 기술은 연료전지 본체개발, 연료 개질장치 개발, 전력변환 장

〈표 4〉 대체에너지원별 보급 현황('99)

분 야	보 급 실 적
태양열	◦ 가정용 급탕시설 180, 000여기 보급
태양광	◦ 소규모 도서용 및 특수용으로 12,000여 개소에 총 3,710 kW 보급 - 충남 호도 100 kW('92), 전남 하화도 60 kW('95), 과학기술원 30 kW('98), 에너지관리공단 10 kW('99), 환경운동연합 15 kW(2000) 및 산악 대피소 전원으로 설치 - 기타 유·무인등대, 비상전화, 표시등, 가로등, 우량축정용 등
바이오	◦ 산업체 및 농가의 메탄가스 이용시설 120여기 보급 - 주정공장, 화학공장 등 산업체, 축산농가, 기타 위생처리장·하·폐수처리장 등
폐기물	◦ 도시쓰레기: 목동, 부천, 일산, 다대포 등 33개소 소각열이용 ◦ 산업폐기물: 성장산업, 현대정유, 동일산업 등 목재, 화학, 제지공장 등 440여개소에서 폐플라스틱, 폐목재, 폐펄프 등 자체 폐기물의 소각열 이용
소수력	◦ 경북 임하, 강원 영월소수력 등 24개소에 42,164 kW 설치
풍 력	◦ 제주도, 전남무안 등 15기 6,478 kW 풍력발전시설 설치 - 전남 무안(연구용) 150 kW, 50 kW('94), 550 kW('97), 750 kW('99) - 울릉도 600 kW('99) - 월령시범단지 100 kW, 30 kW 2기('95), 마라도 50 kW('98) - 제주도 600 kW 2기('97), 660 kW 2기, 225 kW, 750 kW('99)

〈참조〉 에너지관리공단 자료

치 개발, 계통 연계기술 등을 세분화하여 개발중이며 단기간 내에 선진기술에 근접할 수 있는 대체에너지 분야라고 말할 수 있다.

4. 풍력발전

풍력발전은 환경 친화적인 대표적인 대체에너지 분야이고, 발전방식에 따른 소요면적이 태양광, 태양열 발전에 비해 가장 작으며 관련 기술이

이미 실용화 단계이기 때문에 저가격화 및 대형화를 통한 보급에 치중하고 있다. 가장 많은 풍력발전기가 운전되고 있는 나라는 미국으로, 캘리포니아를 중심으로 총 1,619MW 용량을 지닌 2만여대의 풍력발전 시스템에서 연간 38억kW의 전력을 생산하고 있다. 현재 미국의 대규모 풍력단지들은 750\$/kW의 시스템 설비와 5¢/kWh 내외의 발전단가로 기존 발전 방식과 경쟁이 가능한 수준이며, 향후 3.9¢/kWh의 단가목표를 세워 놓고 기술개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 국내는 한국에너지기술연구소에서 외국의 풍력발전시스템의 도입과 국내 시스템운용기술을 접목시켜 제주 월령에 100kW급 및 30kW급, 20kW급 풍력발전기를 여러기 설치해 가동하고 있으며, 제주도는 제주지역을 무공해 청정지역으로 발전시킨다는 목표아래 600kW급 풍차 4기를 구좌읍에 설치하여 가동하고 있고 강원도는 대관령에, 전라북도는 새만금지역에 풍력단지의 조성을 계획하고 있다.

5. 소수력발전

국내에서는 보통 3,000kW 미만을 소수력발전으로 부르며 15MW 정도의 부존량이 확인된 바 있다. 소수력발전은 다른 대체 에너지원에 비해 높은 에너지 밀도를 가지고 있어 국내외적으로 기술 개발과 개발 지원 사업이 활발하게 진행되고 있다. 국내에서는 카프란(Kaplan) 수차 등에 대한 설계기술 배양과 그 주변 기술력이 국산화되어 그 경제성을 향상시키는데 주력하고 있다. 카프란 수차는 반동형 수차로서 물의 운동에너지와 압력에너지를 동시에 사용하는 수차이다. 따라서 우리나라와 같이 유량과 낙차의 변화가 많은 입지조건에 적합하고, 표준화 등을 통하여

설비가격을 크게 낮출 수 있어 경북 임하, 강원도 영월 등 24개소에 설치되어 운영 중에 있다.

III. 그 밖의 대체에너지와 맺음말

지금까지 간략하나마 대체에너지 개발의 중요성과 국내외 동향에 대해서 살펴보았다. 현재 개발 및 상용화 중인 대체에너지 분야는 그밖에도 수소에너지, 바이오 가스 발전, 파력발전, 핵융합발전, 지열에너지, 조력발전 등 다양하다. 이중 수소에너지는 미래의 청정에너지원 중의 하나로 손꼽힌다. 왜냐하면 수소는 무한정인 물을 원료로 해서 추출이 가능하고 연소시 극소량의 질소 외에는 공해물질을 배출하지 않는 장점을 갖기 때문이다. 그밖에 수소는 가스 혹은 액체상태로 쉽게 저장하여 이송할 수 있는 장점과 함께 거의 모든 분야에 에너지원으로의 응용이 가능하다. 따라서, 선진국에서는 수소에너지를 미래에너지원으로 평가하고 수소의 제조, 저장, 이송분야에 많은 연구를 투자하고 있다. 바이오 가스 발전은 음식물 쓰레기의 효율적 처리와 부합하여 한국에너지기술연구소등에서 1996년에 5톤/일 처리규모의 바이오 가스 발생시설에 대한 실험을 마쳤다. 파력발전의 경우, 대규모 발전 플랜트를 해상에 계류시키는 기술적 어려움이 있으나 영국, 노르웨이, 일본 등 파력자원이 풍부한 선진국에서는 그 개발에 박차를 가하고 있다.

국내 대체에너지 개발 및 보급상의 애로점은 국제 유가안정화 추세에 따른 경제성 확보, 선진국에 비해 기술개발 투자비 확보의 어려움, 전문 기술 인력부족 및 선진국에 비해 기술수준 저급

〈표 5〉 화석연료 대 대체에너지 발전비교

구분	석유	유연탄	원자력	태양열	태양광	풍력	폐기물
투자비 (\$/kW)	980	1,200	1,900	3,000	7,000	900~1400	1700~2000
발전단가 (¢/kWh)	6~7	4~5	4	20~25	30	5~10	7~15

〈참조〉 대체에너지원은 IEA자료, 화석연료는 97 한전자료

〈표 6〉 주요 국의 에너지기술개발 투자규모 비교

구 분	한국	미국	일본	영국
금액(백만불)	32.4	2,416	865	264
절대비교지수	1	74.2	26.7	8.2
GDP대비 상대비교지수	1	2.8	2.3	2.0

〈참조〉 98 IEA 자료

등을 들 수 있다. 또한 화석에너지에 비해 초기 투자비가 과다하게 들음으로 해서 경제성을 확보하는데 어려움이 있다.

그러나, 1932년 일제시대 때부터 서해안 일대의 조력발전소 설계도를 작성한 기록이 있는 것처럼 부존자원이 부족한 우리나라의 경우 천혜의 자원을 십분 이용하여 대체에너지 개발에 매진함으로써 미래에 다가올 에너지 전쟁에서 독립적인 위치를 확보할 수 있으리라 기대한다. 또한 선진국들이 지구 온난화 방지라는 대의를 토대로 개발도상국들의 성장속도를 조절하게되는 경제중속의 우려를 없앨 수 있는 방안이 될 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 한국에너지기술연구원, <http://www.kier.re.kr>
- (2) 산업자원부, “대체에너지 개발보급 정책”, 2000년 보고서, <http://www.mocie.go.kr>
- (3) 에너지관리공단, <http://www.kemco.or.kr>
- (4) 박이동 著, “에너지”, 대영사, 1996.
- (5) 한국전력공사, <http://www.kepco.co.kr/>

저 자 소 개



안 비 오

1992년 2월 성균관대학교 전기공학과 졸업, 1994년 2월 성균관대학교 대학원(공학석사), 1998년 2월 성균관대학교 대학원(공학박사), 1998년 5월~1999년 8월: 한국원자력연구소 방사선응용연구실 Post-Doc., 2000년 3월~2001년 12월: (주) 마이다스코리아 기업부설연구소장, 1996년 3월~2001년 12월: 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학부 강사, 2002년 1월~현재: 중소기업진흥공단 전기전자지도실 선임지도역, <주관심 분야: 분산제어, On-line SCADA, System/Network Integration>