

# 代替에너지 利用에 關한 研究

## - 代替에너지 利用의 必要性和 技術 現況 分析 -

강 형 자 (성신여대 가족문화소비자학과)

### I. 서론

인간은 산업혁명 이래 200여 년 동안 과학문명을 발전시켜 왔고, 우리나라도 40여 년 가까이 경제개발정책을 수행해 온 결과 물질의 풍요를 누리게 되었다. 여기에 쓰여진 에너지가 화석에너지였고 이제는 가정생활에서도 필수불가결한 자원이 되었다.

그러나 화석에너지로부터 발생하는 온실가스(Green House Gas)가 지구온난화(Global Warming)의 한 요소로 지목받으면서 1992년 브라질의 Rio에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED)에서 지구온난화에 대한 범지구적인 대응을 위한 국제기후변화협약(UNFCCC)이 채택되어 1994년 3월부터 발효되었다.

이에 따라 선진국들은 Annex I 국가로서 온실가스를 2008년부터 5년간의 의무이행기간 동안에 1990년 대비 평균 5.2% 감축하기로 합의하고 구체적인 시행방법을 논의 중인데, 이 협약에 가맹한 우리나라는 Non Annex I 국가이지만 국제화 경제시대에 공존·발전하기 위해서는 화석에너지 사용 저감을 스스로 해결도록 서둘러야 한다.

더욱이 우리나라는 에너지 부존자원이 빈약하여 2000년 말 현재 수입의존도가 97.2%가 되고, 전체 소비량의 52.0%는 석유로서 충당하고 있으며, 원유의 도입비중은 중동지역이 2000년 현재 76.9%를 차지하였다(산업자원부·에너지경제연구원, 2001)

세계 원유의 66.5%가 매장되어 있는 중동지역은 '73년 4차 중·동戰, '79년의 이란·이

라크戰, '90년 걸프戰, 2003년의 미국·이라크戰 등 끊임없는 국제분쟁의 화약고이다. 석유수출국기구(OPEC)를 비롯한 석유자원 보유국들은 자원국가주의가 공공연하게 이루어지고 있어 에너지의 해외의존도가 큰 국가들은 유가의 변동폭에 시달려왔고, 더욱이 21세기 중반에 고갈될 것으로 예상되고 있어 이에 대한 대책 마련이 필요하다.

따라서 정부에서는 1987년 12월말 대체에너지개발촉진법을 제정하였고, 환경문제와 한 정적인 화석연료의 문제로 보급의 중요성이 더욱 높아지고 있어, 2003년까지 총에너지 사용량의 2%를 대체에너지로 공급할 계획이다.

대체에너지는 수입하느라 고심할 필요도 없이 우리가 생산하는 것이며, 고갈과 환경문제를 많이 일으키지 않으므로 이에 대한 연구 축적과 이용은 우리의 에너지 문제해결에 실마리가 될 것이다. 그러나 대체에너지 이용은 일반화되지 못했을 뿐만 아니라 대부분의 사람들은 아직까지 정책이나 연구분야의 몫으로 알고 있고, 기상이변으로 생존의 위협을 보면서도 그 근원인 에너지와 환경과의 관계에 대해서는 깊이 이해하지 못하고 있다. 앞으로 에너지와 환경문제를 해결해나갈 수 있는 대체에너지가 상용화될 때까지 화석에너지 사용기간을 극대화하면서 개발·보급되는 대체에너지를 이용하는 저변을 확대해 나가야 할 것이라고 본다.

## 2. 에너지·環境問題와 代替에너지 利用의 必要性

### 1) 에너지 利用과 環境

#### (1) 化石에너지의 枯渴

에너지의 원천인 태양에너지의 0.02%만이 광합성작용에 쓰인다. 고대 생물체들이 묻혀, 극히 일부분(1/10000 이하로 추정)이 부패하지 않는 조건에서 다단계의 화학적 반응에 의해 탄화, 액화 및 가스화 된 것이 화석연료인 석탄, 석유 및 천연가스이다.

석유는 지층의 온도가 60~150℃ 사이에 있는 것으로 보아 화학변화의 시간은 수천만 내지 수억 년의 긴 세월이 걸렸을 것으로 짐작된다.(에너지관리공단, 1999b).

BP Amoco Statistical Review of World Energy(1999. 6)를 통해서 보면, 세계의 에너지자원 가채매장 확인량 및 가채년수는 1998년 말을 기준으로, 석탄은 9,842억 톤으로 218년, 석유는 10,529억 배럴로 41년, 천연가스는 1,464조m<sup>3</sup>로 63.4년이다.

WEC(세계에너지협의회, 1998)의 에너지자원통계조사에서는 석탄의 가채매장량이 9,842

억 톤이고 추가예상매장량은 59,205억 톤이라 하여 가채매장량은 BP통계와 같다.

Oil and Gas Journal(2000.12.18)에서는 2001년 1월 1일 기준으로 매장량이 석유는 10,285억 배럴, 천연가스는 1,495조m<sup>3</sup>이라고 하였는데, BP통계도 역시 같다.

BP통계(2001)에서 보면, 1999~2000년간 세계 제1차 총에너지 소비 증가율이 2.1%인데 천연가스가 4.8%로 가장 높다.

그런데 석탄은 청정기술 개발이 앞서야 하기 때문에 최후로 사용될 것이며, 채탄의 어려움, 환경문제 등으로 매장량을 끝까지 이용할 수도 없을 것이다. 석유는 이미 많은 량을 생산하였고, 세계 인구의 증가나 개도국의 산업발달 등 소비증가의 확률이 높아져 가채년수는 앞당겨질 것이다. 천연가스는 오염이 적어 수요가 활발해질 것이므로 가스전이 더욱 개발되겠지만 사용기간이 크게 신장될 것 같지 않다.

WEC(1998) 에너지자원통계조사에서 보면, 석탄은 세계 전 대륙에 분포되어 있는데, 가채매장량은 53%가 미국·구소련·중국에 있고, 추가예상매장량은 구소련에 67%가 집중되어 있으며, 미국에도 19%가 있다. Oil and Gas Journal(2000. 2.18)에서 보면, 석유는 전 세계 매장량의 67%가 중동에 있고, 천연가스는 구소련(32%)·이란(15%)·카타르·사우디·아부다비·미국·알제리아·베네주엘라 등이 매장국이다. 지질학자들은 미탐사 개발도상국에서 천연가스 발견을 예측하고 있어(G. Tyler Miller, Jr, 환경과학 교재연구회 역, 2000), 우선적으로는 천연가스 개발에 기대를 걸 수밖에 없다.

우리나라는 주로 난방에 사용되는 무연탄은 생산되나 유연탄은 생산량이 적고, 역청탄은 공업용으로 널리 쓰이나 생산되지 않는다. 1990년대에 들어서는 석탄의 채산성이 악화되어 생산은 줄고 수입은 늘고 있으며, 석유는 전적으로 수입에 의존한다.

울산 앞 바다에서 가스전이 발견되었는데, 앞으로 천연가스는 환경문제와 맞물려 이용이 확대될 것이므로 생산이 되더라도 수입은 증가할 것이다. 또한 천연가스는 임계온도(-82.1℃)가 낮아 액화공정, 가압 탱크에 의한 수송, 기화공정 등의 기술이 필요하므로 국가간의 수·출입에는 이를 빌미로 취급·공급자가 상당히 한정될 수 있다.

석유는 고갈이 가까울수록 가수요가 일어날 것이고, 그러면 LNG 도입경쟁이 높아질 것이며, 석탄도 수입으로 보충해야 하므로, 수요증대를 방심하고 획기적인 관리를 하지 않는다면 화석연료 빈국인 우리나라는 에너지 확보가 큰 과제로 남을 것이다.

## (2) 化石燃料 使用과 環境問題

화석연료의 사용으로 현재 크게 세계적인 환경문제가 되고 있는 것은 지구온난화와 산성비 등 대기오염이고, 토지의 훼손과 수질의 오염 등도 있다. 특히 대기오염은 궁극적으로 지구의 기후변화를 초래하므로 이에 관한 UN기본협약이 이루어지고 협약의 진행을 검토하기 위한 당사국총회가 7차나 이어지면서 범지구적인 대응을 하고 있다.

이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소류(HFCs), 염화불화탄소류(CFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 등이 대기온도를 상승하는 온실가스이다. 대기체류기간은 CO<sub>2</sub>가 50~200년, CH<sub>4</sub>이 20년, N<sub>2</sub>O가 120년, HFCs, CFCs, SF<sub>6</sub>들이 65~130년이라고 하니(에너지관리공단 기후변화협약 대책반, 1999) 한번 대기로 들어간 온실가스 분자들은 우리가 살아 있는 동안에 대기를 벗어날 확률이 극히 낮다. CO<sub>2</sub>의 온실효과 기여도는 60% 이상인데, 우리나라는 1995년 기준으로 84%이다(에너지관리공단, 1999a).

기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)의 제1차 보고서(1990)에서는 지난 100년 동안 지구 해수면의 높이는 10~25cm 정도 높아졌다고 하고, 세계야생동물보호기금보고서에서는 최근 30년 동안 북극에서 우리나라의 1/30 정도 인 큰 빙산이 사라졌다고 하며, 1980년대에 전세계에 발생한 대규모 기상재해는 연간 8.9건이었으나 1990년대에는 13.9건으로 56.2%가 늘어났고, 육지의 1/3에 사막화현상이 진행되고 있다고 한다(에너지관리공단 기후변화대책반, 1999).

IPCC 제3차 보고서(2001)에서는 과거 50년 동안 관측된 온난화의 대부분은 인간활동에 의한 것이고, 평균기온은 20세기에 약 0.6℃ 상승했는데, 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8℃ 상승할 전망이다, 2100년 해수면은 최대 88cm 상승할 것이라고 하였다.

또한 해수면 상승으로 망그로브 숲이 위협받을 것이고, 수온상승은 산호초의 위협이 되고 있다고 한다. 열대지역 해안선의 25%를 덮고 있는 망그로브숲은 해안을 보호할 뿐만 아니라 엄청나게 다양한 바다 및 육지 생물들의 서식지를 제공하고 있으며, 산호초는 종다양성 면에서 열대림 다음으로 풍부한 해양생태계로서 해양 어종의 65%가 라이프사이클의 특정시기에 산호초에 의존하는 것으로 추정하고 있다.

해수면 온도가 3~4℃ 올라가면 허리케인은 시속 350km에 달하는 강풍과 함께 폭풍우의 파괴력이 50% 커져, 많은 섬들과 해안지역의 열대림은 종말을 맞이할 것(Lester R. Brown et al, 김범철·이승환 역, 1997)이라고 한다.

이러한 예측들은, 지구온난화의 진짜 위기는 기온이 몇도 올라가는 데 있지 않고 지구

기후의 시스템이 무너지는 데 있다(Al Gore, 이창주 역, 1994)고 한 것과 일맥상통하는 경 중이며, 온난화가 국가를 초월한 문제로 부각되는 이유이다.

지구온난화가 한반도에 미치는 영향은 이산화탄소가 2배 증가할 경우 기온은 2.0~2.5℃ 정도 상승할 것으로 예상되며, 여름철 강수량은 -25~+30%까지 변화 폭이 커져 극심한 가뭄과 홍수가 빈번하게 발생할 가능성이 높다(이필재, 1999).

기상청이 관측한 지난 24년 동안의 연도별 한반도 평균기온을 분석한 결과 인구밀도가 가장 높은 서울은 1.8℃씩, 비교적 낮은 농촌과 해변지역도 1900년부터 1980년까지 전세계 연도별 평균기온상승률 0.6℃의 최고 3배에 달하여, 설악산·지리산 일대와 해안지역을 제외한 남한 전역이 세계평균치를 크게 웃돌고 있음을 보여주었다(차은정, 2001). 이러한 증상들은 지구온난화가 바로 우리의 문제임을 알려주는 것이라 하겠다.

酸性비는 화석연료가 연소될 때 생긴 맹독성인 황산화물(SO<sub>x</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 등의 가스가 구름입자에 포함되어 강하하는 것으로, 기류 등으로 인해 수천km 떨어진 다른 나라를 오염시킬 수 있어 越境 環境汚染問題로 대단히 중요시되고 있다.

아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 쇠를 녹슬게 하고 건축물을 부식시킬 정도로 독성인 기체이다. 특히 NO<sub>x</sub>는 연소시 高熱로 공기중의 N까지 O<sub>2</sub>와 결합해서 생기는 termal NO<sub>x</sub>도 있어 연료가 가진 유해물질보다 더 많은 환경악화를 초래한다.

스웨덴에서는 약 4,500개, 노르웨이 약 2,700개, 캐나다 약 4,000개의 호수나 강에서 물고기가 폐사하였으며, 독일의 슈발츠발트와 동유럽의 산림 등이 피해를 입고, 아테네의 파르테논신전과 독일의 쾰른성당 등의 역사적 유적, 건물 등에 영향을 주고 있다(스즈키 도시히로, 한국표준협회 역, 1996).

우리나라의 경우 1990년 1월에 대기오염배출시설이 거의 없는 서해안의 태안반도에서 대도시보다 훨씬 높은 pH 3.7의 산성비가 관측되었고, 1994년에도 서울 일부지역에서 pH 4.0 이하의 산성비 문제로 극히 심각한 상태임이 밝혀진 바 있다. pH 4.0 정도가 되면 토양 중의 Ca, Na, Al, Mn 등을 녹여내어 중금속의 량을 더욱 증가시킨다.

스웨덴이나 노르웨이는 유럽의 공업국가에서, 우리나라는 중국의 북동부 공업지대에서 바람을 타고 넘어온 것으로 추정하고 있다. 미국과 캐나다간에도 공업지대인 5대호 연안의 산성비의 패해에 관해서 합의가 이루어지지 않고 있다.

심상규(1996)는 우리나라를 포함하는 동북아시아 지역의 대기오염물질 배출량은 서유럽과 북미대륙과 비슷한 수준에 이르렀으며 향후에는 세계 최대의 대기오염물질의 배출지

역이 될 것은 매우 명확한 사실이라고 하였다.

E 8국에 속하는 중국은 시장경제로 화석연료에 의존한 산업발달을 가속화시킬 것이고, 산둥반도와 서울간이 약 400km밖에 되지 않는데다가 風下 側에 위치한 우리나라로서는 중국에서 발원한 오염물질이 유입되는 것에 큰 관심을 쏟아야 할 것이다.

### (3) 持續可能한 에너지 經濟와 環境

우리나라의 경우 제1차 경제개발계획(1962~1966)을 시작한 1962년 당시 1인당 GNP가 87\$이었던 것을 제3차 경제개발계획이 끝난 1976년은 9.2배가 증가된 799\$로 향상되었다. 일제시대의 수탈, 6.25동란, 1차 석유파동까지 겪으면서도 미국의 경제와 식량에 의존하던 절대빈곤국가 세계가 놀랄 기적을 이루어낸 것이다.

1977년에 1,000\$로 넘어섰고, 1980년의 마이너스 성장도 있었지만 1995년에 10,000\$을 넘어서서 1996년에는 역사상 가장 높은 11,380\$로서 1962년의 131배, 1976년의 14배가 넘었다. 이는 물질 면에서 생활의 질이 그만큼 향상되었음을 말해주는 것이다.

이러한 성과를 이루어내기 위해서는 에너지의 공급이 급선무였다.

1960년대 초부터 전력문제 해결을 위하여 댐 건설이 지속되어 1964년부터는 오히려 예비전력이 발생하기 시작했고, 1962년 제1차 경제개발계획과 함께 국내 석탄개발에 주력하여 1967년에는 총에너지소비의 40%까지 상승하였으며, 1962년에 대한석유공사를 설립하여 다음해 하루 3만5천배럴의 처리능력을 갖춘 울산정유공장이 준공되었다.

에너지 종류도 1955년에는 신탄이 총에너지 소비의 약 80%를 차지하였으나 경제개발 추진과 민수용 연료확보를 위해 석탄생산이 신장되었다. 경제규모의 확대와 중화학공업의 추진으로 1966년부터는 主油從炭으로 급선회하였고, 제2차 경제개발계획(1967~1971)의 시작 년도부터 비료공장 건설가동에 납사 등이 대량 소비되면서 1971년에는 1차 에너지원 별 구성비에 석유가 50.6%를 차지하게 되었다.

에너지소비는 경제개발 이전인 1955~1961년에는 연평균 2.9%씩 증가에 불과하였으나 1차 계획기간(1962~1966년)에는 6.1%, 2차 계획기간(1967~1971년)에는 10.4%로서 1960년대의 세계평균증가율 4.9%보다 훨씬 높은 신장률을 보였다(趙明濟 외, 1996).

3차 경제개발계획기간(1972~1976)에는 1차 석유파동, 4차 경제개발계획기간(1977~1981)에는 2차 석유파동이 있었다.

1차 석유파동 당년에는 배럴당 1\$내외의 원유가격이 9\$, 10\$로 경총 뛰어 오일달러가

국제금융질서까지 위협하는 중대한 영향을 미칠 정도였다.

이에 따른 우리나라의 외화부담은 1973년의 경우 3억\$, 원유가격상승 이후 '74년에는 11억\$, '75년에 13억3천만\$, 그리고 '79년에는 33억3천만\$에 이르고 있어 국제수지를 크게 악화시키는 요인이 되었다(李德善, 1977).

침체되어 있던 석탄수요가 연간 약 5.7%의 증가추세를 보이면서 3~4년간 경이적인 증산을 하게 되었고(趙明濟 외, 1996), 1978년부터 古里 원자력발전이 상업운전을 시작하였으며, 1979년부터 2년간 '경제안정화 종합시책'을 통해 투자조정을 단행하였다.

1980년은 전반적인 경기후퇴로 GDP도 3.7%의 마이너스를 나타내었는데, 5차 경제개발 계획기간(1982~1986)에도 그 영향이 미치게 되었다.

OPEC의 반대 세력인 국제에너지기구(IEA : International Energy Agency)가 만들어지고 대형 油田도 개발되어 OPEC의 유가가 경쟁우위에서 밀려나자 OPEC 가맹국간에도 증산 경쟁이 가세되어 1986년에는 배럴당 6\$선까지 급락했다.

제6차 계획기간(1987~1991)에는 1986년 이후 3년간 달러화의 가치하락, 저금리, 저유가의 소위 3低時代의 호경기를 맞아, 원자력과 1986년부터 도입한 천연가스와 함께 에너지를 다원화시켜 수출주도형 경제성장정책으로 경제발판을 다졌기 때문에 신흥공업국이 되었고, 신경제계획기간(1992~1996)에 들어와서 10,000\$시대를 누린 것이다.

그런데 성장의 내부를 보면 6차 계획-IMF전년도(1987~1996)까지 10년간 1차 에너지소비량은 평균 10.4% 증가하였으나 GDP는 8.1%였고, 수입의존도도 1976년 62.1%에서 10년간격으로 78.2%, 97.3%로 높아졌으며, IMF 당년인 1997년은 GDP 단위당 에너지집약도가 0.43toe/백만원으로 역사상 가장 높은 최악의 수치였다.

여기서 보면 경제성장의 뒷면에 높은 에너지집약도, 비생산성 에너지소비, 수입에 전적으로 의존한 에너지 확보가 문제로 비추어지고 있다.

1987년 세계환경개발위원회(WCED)의 브란트랜드 보고서에서는 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(ESSD : Environmentally Sound and Sustainable Development)이란 용어를 사용하면서 “지속 가능한 개발이란 미래시대의 필요를 저해하지 않고 현세대의 필요를 충족시키는 것”이라고 정의하고 있다.

또한 경제학들(Howarth and Nogaard, 1990 ; Howarth, 1991 ; Nogaard, 1991)도 환경가치의 평가와 세대간 형평차원의 두 가지 관계와 ESSD를 달성하기 위한 조건 등에 대해서 논의하였다(경실련 환경개발센터, 1995).

이는 재생불가능 자원의 활용은 각 세대간에 공정하게 배분되어야 하므로 경제성장과 환경보전의 조화의 중요성을 대두시킨 것이며, 에너지 문제해결이 에너지 고갈에 대한 대비도 중요하지만 지구환경보전을 위해서 더욱 시급함을 시사한 것이다.

그러나 개발도상국가는 경제발전이 우선이었는데, 우리나라 만큼 압축형 고속경제성장을 한 나라도 세계적으로 드물 것인 바, 환경문제는 1967년부터 보고되었다.

1967~1976년 서울에서는 강하분진과 SO<sub>2</sub> 농도가 지속적으로 상승하여, 강하분진은 당시 WHO의 허용기준인 15톤/km<sup>2</sup>/일을 계속 초과하였고, SO<sub>2</sub>는 1969년부터는 미국의 당시 연방 기준인 0.02ppm과 일본의 0.04ppm을 상회하였다. 서울의 1920년대에 6℃정도였던 평균 일 최저기온이 1975년에는 8.6℃까지 상승하였고, 1980년대는 공단지역의 아황산가스가 주거지역보다 3~15배 이상 높았다(韓國環境技術開發院, 1996).

에너지의 사용이 적으면 환경문제도 적겠지만 경제성장이 정체될 뿐만 아니라 환경에 투자할 여력도 생기지 않는다.

Christopher Flavin은 세계에는 매일 풍부한 양의 재생가능 에너지가 쏟아지고 있으며 이들 대부분은 태양광선에서 나온다. 풍력, 생체에너지, 지열동력 그리고 태양에너지만으로도 에너지 이용효율이 매우 높은 세계경제를 몇 번이고 작동시킬 수 있다고 하였고(Lester R. Brown et al, 김범철·이승환 역, 1992), Lester R. Brown과 Jennifer Mitchell도 지속 가능한 경제의 건설은 하루 빨리 인구를 안정시키는 것과 화석연료 토대의 경제를 태양-수소에너지 중심 경제로 전환시키는 것을 의미한다고 하였다(Lester R. Brown et al, 김범철·이승환 역, 1998).

이러한 주장들은 지속가능한 경제를 위해서는 재생가능 에너지라야 된다는 것이다.

환경문제 해결의 열쇠는 에너지/자원을 어떻게 쓰느냐에 달려 있고, 경제에 에너지와 환경의 중요성과 흡열성이 강조되고 있어 에너지(Energy), 환경(Environmental), 경제(Economic)는 3E 또는 E<sup>3</sup>으로 표현하고 있다.

## 2) 代替에너지 開發과 利用의 必要性

석유는 날이 갈수록 고갈의 위기감이 증폭될 것이고, 우리는 확보가 더욱 어렵게 되어 실질적인 위기가 앞당겨질 것이다. 이제 석유위기가 왔다면 석유시대의 종말을 고하는 위기이다. 천연가스도 석탄도 현재의 소비수준으로서는 고갈이 멀지 않아 화석에너지에 바탕을 둔 성장을 끝낼 준비가 되어야 한다.



또한 세계 10대 교역국이며 OECD 가입국인 한국이 기후변화협약에 있어 최빈국인 아프리카 국가와 같은 수준의 의무를 지는 것은 형평에 맞지 않는다는 주장으로, 미국은 1차 의무기간(2008~2012)에 Binding Target 수락을 요구하고, EU는 2차 의무기간(2013~2017)에 대한 의무수락을 요구하고 있다.

경제선진국들이 성숙한 후기산업사회에 들어가 에너지 수요증가가 둔화되면 더욱 우리의 경제산업발전을 압박하는 부담이 될 것이고, 우리 자신을 보호하기 위해서도 더 이상 오염된 환경을 만들지 않아야 한다. 경제성장과 환경보호문제에 대한 양자택일을 하지 않으려면 대체에너지의 개발에서 그 해결의 실마리를 찾지 않을 수 없다.

WEA(2001)는 지구상에 유입되는 재생가능 에너지의 규모가 세계전체 에너지소비의 30배가 넘는다고 한다. 우리는 부존자원이 없는 에너지에 기대를 거는 것보다 주위에서 이용할 수 있는 자원을 개발하는 것이 기술축적이 되어, 에너지의 다양화를 이끌어 가면서 에너지문제의 심각성을 해소해나갈 수 있을 것이다.

오늘날 에너지가 궁핍하다면 경제적 마비, 문명의 종식을 말하는 것이므로 에너지의 확보가 필수적인 과제이고, 환경적 차원에서는 생존과 관계되므로 양질의 에너지가 요구되고 있어 대체에너지의 개발과 이용이 필요하다.

경실련 환경개발센터(1995)에서는 장기적으로 에너지문제를 해결할 수 있으려면 순환적인 에너지소비시스템을 개발하고 여기에 우리 생활방식을 맞추는 수밖에 없는데, 이는 지구의 에너지 흐름의 평형을 깨지 않으면서 에너지를 생산하고 생산된 양만큼만 소비하는 것을 말한다고 하였다.

화석에너지의 이용은 必要惡의 자원이지만 대체에너지는 必要善의 자원이다.

생활에 설 사이 없이 쓰여지는 에너지를 깨끗한 제품으로 필요한 量을 확보하기는 여간 어려운 일이 아니다. 국가의 에너지 정책도, 산업체에서 에너지가 필요한 것도 결국에는 우리의 물질적인 삶을 풍족하게 해주고 건강을 지켜주기 위한 것이다. 깨끗한 에너지를 지속적인 생활필수품으로 이용하려면 이용자가 노력해야 한다.

우리의 에너지문화를 우리가 바람직하게 만들어야 하기 때문에 개개인의 대체에너지에 대한 관심과 이해와 이용이 필요한 것이다.

### 3. 代替에너지 利用技術 現況 分析

#### 1) 우리나라의 代替에너지 種類

우리나라 대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 및 동법 시행령(1997. 12. 13, 법률 제 5446호) 제2조(定義)에 대체에너지의 종류를 명시하였는데, 2002. 3. 25에 개정되어(법률 제6672호, 9. 26이후 시행) 태양에너지, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 重質殘渣油를 가스화한 에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열 에너지, 수소에너지, 그밖에 대통령이 정하는 에너지라고 명시하고 있다.

태양에너지, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 해양에너지, 지열은 재생 가능한 자연 에너지라고 할 수 있고, 연료전지, 석탄을 액화·가스화 한 에너지 및 重質殘渣油를 가스화한 에너지, 폐기물에너지, 수소에너지는 신이용기술에 의한 에너지라고 할 수 있다.

지열은 低溜層이 고갈될 수 있어 엄밀히 말하면 재생가능에너지로 볼 수 없으나 태양 에너지나 풍력을 이용할 수 없는 곳에서도 이용할 수 있고 이론적으로 잠재력이 막대한 량이므로 고갈성으로 보지 않고 통상 잠재적 재생성 에너지자원으로 분류한다.

이렇듯 재생이 가능한 자연에너지와 새 기술로 개발되는 에너지를 포함하고 있어 신·재생에너지(New & Renewable Energy)라는 용어와 혼용하여 사용하고 있는데, 자원량으로 보면 재생에너지는 무궁한 양이므로 대체에너지의 대부분을 차지하고 있다고 할 수 있고, 신에너지 또한 환경문제를 경감시키는 방법으로 개발되는 에너지이므로 대체에너지의 특징은 환경오염이 적은 에너지라는 것이다.

그런데 연료전지는 천연가스를 주로 사용하고 있고, 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 重質殘渣油를 가스화한 에너지는 근원적으로 화석연료임으로 대체에너지에 포함되지 않는다는 시각이 있음에도 불구하고 포함시킨 것은 최대한 에너지원을 다양화하여 수입의존의 비율을 낮추겠다는 의지와 석유고갈이 급박해지고 있음을 암시하는 것으로 보여진다. 또한 기타 대통령이 정하는 에너지에 '지열'과 '수소에너지'를 개정법에서 각각 한 종류 분류한 것은 자연에너지 중에서도 환경에 영향을 많이 미친다고 할 수 있는 지열과 기술개발이 어려운 수소에너지도 적극적인 개발을 하겠다는 것이다.

#### 2) 우리나라의 代替에너지 普及과 技術開發

1970년대 석유과동으로 대체에너지에 대한 인식이 싹트기 시작하여 '대체에너지 기술

개발촉진법' 제정과 더불어 1980년 중반이후 정부차원의 육성정책이 추진되었는데, 태양열온수기를 중심으로 개발·보급이 시작되었다.

1990연대에 들어 국제환경규제의 강화로 중요성이 재인식되면서 대체에너지, 에너지절약, 청정에너지기술에 대한 통합적인 '에너지기술개발 10개년 계획(1997~2006)'을 수립·추진('97.1)하였으며, 1997년 12월에 기존법을 '대체에너지개발 및 이용·보급촉진법'으로 개정하고 태양열, 폐기물, 바이오 등을 중심으로 보급기반을 구축하였다.

특히 신경제 5개년계획기간(1992~1996)에는 21세기를 향한 주요 국가사업인 선도기술개발사업(G-7 Project)을 실시하는 등 차세대 기술개발을 위한 투자를 강화하였는데, 여기에 대체에너지 개발이 포함되어 있었다.

### (1) 代替에너지 普及現況

우리나라는 선정된 전대체에너지를 개발대상으로 하고 있으나 현재 실용화되어 실적을 나타내고 있는 것은 폐기물에너지, 바이오에너지, 태양에너지, 소수력, 풍력이다. 태양에너지는 태양열과 태양광으로 별도 구분하고 있고, 석탄 혼합연료는 1980년대에 시도하였으나 현재는 중지하였다. 2001년 말을 기준으로한 대체에너지 보급현황은 다음과 같다(산업자원부·에너지관리공단, 2002).

우리나라의 2001년 대체에너지 총공급량은 2,457.6천toe로서 총 1차에너지 사용량인 198,285천toe의 1.24%에 지나지 않지만 2000년의 대체에너지 총 공급량인 2,131천toe에 비하면 15.3%가 증가되었다. 대체에너지 원별 공급비중은 폐기물에너지가 93.9%로서 대체에너지 공급량의 대부분을 차지하고 있으며, 바이오에너지 3.4%, 태양열 1.5%, 소수력 0.9%, 태양광, 풍력의 순이다.

폐기물에너지 보급은 소각열이용보일러(산업폐기물·폐목재 등) 442기에 49,478,984

중기톤/년, 대형 도시쓰레기소각장 27개소에서 2,645,567Gcal/년, 시멘트 킬른 보조연료(페타이어·폐고무 등) 6개 업체에서 486,049톤/년, 정제 폐유 23개 업체에서 896,520드럼/년이였다.

소각열이용보일러 시설을 소각연료별로 구분하면 산업폐기물(192기), 폐가스(146기), 폐목재(74기), 생활쓰레기(30기)로서, 시설수로는 산업폐기물이 가장 많지만, 시설용량으로는 폐가스가 62.5%로 가장 많고, 산업폐기물이 26.3%, 폐목재 7.5%, 생활쓰레기 3.7%의 순이다. 대형 도시쓰레기 소각장은 소각용량이 35~400톤/일인 소각기 43기가 운전되고 있는데,

이 중 10개소는 700~4,500kW의 전기와 열을 같이 생산하고 있으며, 성남소각장에서는 전력을 판매하고 있다. 시멘트 킬른 보조연료의 사용량은 쌍용양회공업이 82.2%, 정제 폐유 판매량은 폐윤활유(자동차)가 86.9%를 차지하고 있다.

바이오에너지는 메탄가스 이용과 성형탄(대체탄, 착화탄) 이용으로 구분한다. 2001년의 메탄가스 보급량은 총  $1,341 \times 10^3$  증기톤/년으로서 96기가 가동된 것이다. 메탄가스 이용시설은 1998년 이전의 시설은 정리되고 1999년 이후의 시설은 보완 증설되어 2001년은 2000년에 비하여 6기가 많고, 시설용량도 15.3%가 증가하여 311증기톤/시간이었다. 성형탄은 1990~2001년까지 총 1,142천톤/년을 보급하였고, 2001년에는 9개업체에서 100천톤/년을 보급하였는데 2000년에 비하여 이용량이 2% 줄었고, 생산업체도 1개소가 줄어든 것이다.

태양열 이용시설은 2001년까지 총 설치량이 188,848대인데, 가정용이 98.4%를 차지하고, 지중난방 0.1%, 골프장, 양어장, 기타 등으로 이용되었다. 2001년의 총설치량은 1,228대로서 2000년의 20.6%밖에 되지 않았으며, 집열판매수도 2000년도의 24.0%에 불과하였다. 태양광 발전시설은 1990~2001년까지 설치용량이 총 4,943kW였다. 2001년의 시설용량은 792kW로서 2000년에 비하여 무려 49.2%가 증가하였는데, 용도에 따라 구분하면, 전화 시설이 32.7%로 가장 많고, 가로등 및 해양용이 25.8%, 도로표시등이 10.1%, 통신용이 7.9%, 수질개선용이 5.8%, 기타 등이었다.

소수력 발전은 2001년 현재 27개의 발전소에 85개의 시설이 있으며 총시설용량은 42,064kW이고, 총발전량은 83,734MWh/년으로 2000년에 비해 2.3%가 증가되었다. 시설용량의 규모는 100~1,300kW급으로 1,000kW급 이상이 6개, 나머지 79개는 그 미만이다.

풍력발전시설은 총 44기에 시설용량은 7,439.8kW이지만 2001년에 가동된 것은 40기로서 총시설용량은 6,566.8kW이고 이용량은 12,591.8MWh였다. 시설규모는 0.4~750kW급인데 계통 연계용이 대부분 600kW급 이상의 대형이므로 77.0%를 차지하고, 다음이 연구용으로 20.3%이고, 단지용, 교육·조명용, 시험·관광용, 통신용으로 쓰이고 있다. 2001년은 2000년에 비하여 가동시설수는 2배로 증가하여 대체에너지 중에 가장 많은 증가를 보였지만 총시설용량은 91.0%로 줄었다. 이는 대규모 용량의 시설이 가동중지되고 시험·관광용 및 교육·조명용인 소규모 용량의 시설이 증가되었기 때문이다.

대체에너지보급 용자지원현황을 보면 총시설자금의 53.3%가 태양열이고, 다음이 폐기물에너지에 23.6%, 바이오에너지에 10.7%, 소수력에 9.5%, 석탄이용, 태양광, 풍력의 순으

로 인출되었다. 단위사업으로는 태양열온수기에 42.1%, 메탄가스 이용시설에 8.3%로서 태양열온수기 보급에 주력했음을 알 수 있는데, 태양열온수기에 대한 지원은 1994년부터 1998년까지 61~82%를 차지하였지만 1999년부터는 급격하게 낮아졌다.

## (2) 代替에너지 技術 및 利用 現況

### ① 太陽에너지

태양열이용은 사막지대가 유리하여 이스라엘과 요르단에서는 이미 태양열집열판을 이용하여 가정용 온수의 25~60%를 공급하고 있고, 태양열 냉난방은 미국 남부지역, 일본, 호주, 이스라엘에서 가정용으로 많이 이용되고 있다.

미국은 1997년 25kW Dish형 시스템을 완성하였고 2000년부터는 50kW급의 상용화를 계획하고 있다. 태양열발전의 경우는 캘리포니아주에 약 365MW의 설비가 설치되어 있는데 최대 규모 10MW급(Solar Tower)이다(강용혁, 2002).

CADDET(실증 에너지기술분석홍보센터 : 백남춘 역, 2001b)에 의하면 노르웨이에서는 온수급탕 및 난방시스템용 복합 태양열시스템을 100여 개 주택에 설치하였다. 특징은 투과체가 최고 140℃까지 견딜 수 있는 Polymer 플라스틱으로 된 집열기를 사용하였는데, 동절기 북유럽 지방의 주택 열부하의 25~30%를 공급할 수가 있다. 24시간 사용할 수 있는 대용량의 축열조로서 저온의 바닥난방 시스템이다.

호주는 태양열온수기 분야는 주 수출분야로 발전되어 있고, 대학을 중심으로 태양열시스템의 장기성능평가 기술을 미국과 같이 개발하고 있다.

일본은 NEDO(신에너지·산업기술종합개발기구)에서, 업체 중심으로 주로 자연대류형과 상변화형 태양열온수기를 개발 상용화하고 있는데, 약 40개 업체가 연간 10만대를 생산하여 보급·수출하고 있다. 1993년부터 시작한 New Sunshine계획에서는 자연채광 및 대규모 태양열 냉·난방, 온수급탕시스템의 산업이용 개발에 주력하고 있다.

태양열발전에 관한 연구는 스페인, 이탈리아, 프랑스에 0.5~2.5MW급이 설치된 바 있으며 60kW 용량의 태양로가 운전 중에 있으며, Dish(44m<sup>2</sup>)형 엔진이 개발 완료되었다.

호주의 국립대학은 3세대 타원형 태양열 집광기술로 400m<sup>2</sup> 면적의 거울로 채운 오각형 형태의 집광기를 선보였으며, 지난 4년 이상 호주 동부해안지역의 전력공급에 60MWh의 태양열 발전을 해오고 있다(CADDET, 백남춘 역, 2001a).

태양광발전을 위해서는 저가의 고효율인 태양전지를 개발해야 한다.

세계의 추세는 다결정 규소를 사용한 태양전지를 제작하여 기존의 단결정 규소 보다 30-40% 저렴하고 변환효율도 근접하는 기술력을 확보하여 최근에는 단결정 실리콘태양전지 생산량을 앞질렀으며 격차가 커지고 있다. 2000년 현재는 다결정 실리콘 태양전지는 호주에서 개발한 것으로 벌집모양 표면구조로서 에너지 변환효율이 19.8%로 가장 앞선 기술을 보유하고 있는데, 벌크상태의 원재료로 만들기 때문에 비용 면에서 한계가 있다. 따라서 미래에는 박형 태양전지가 필수적으로 사용될 것이기 때문에 다양한 연구가 수행되고 있다(김경해 외, 2001).

네덜란드의 뉴우랜드 지역의 시설은 모듈 설치면적 14,972m<sup>2</sup>, 총 전력생산량 1.62Mwp로 세계에서 가장 큰 태양광발전 프로젝트이다. 932개의 주거지와 2개의 학교, 유치원, 스포츠 경기장이 다양한 모듈로 건설되었는데 목적은 도시개발에 태양광발전 시스템 설치를 위한 다양한 방법을 모색하고, 태양전지판을 건물에 결합시키는데 발생하는 문제점을 파악하여 해결책을 제시하는 데 있다(CADDET, 이정철 역, 2001).

일본의 중규모 태양광발전시스템의 활용의 예를 보면 초등학교용 30kW시스템(1995), 세계적으로 저명한 건축가가 설계한 건물 옥상에 원형 디자인을 손상하지 않고 13.2kW의 태양전지 패널을 배치하였으며, 오사카시의 빌딩벽면에는 5.1kW의 건재일체형이 설치되었다(岸靖雄, 한국열관리사업회 역, 1998).

우리나라에서는 저온을 이용하는 기술은 태양열온수기가 국산화되어 중점 보급을 하였고 때문에 이미 실용화가 단계를 넘어섰다.

산업공정열에 적용할 수 있는 중온(80-150)범위에서 높은 효율을 유지하는 진공기술과 고효율 전열소자인 히트파이프를 채용한 진공관형 태양열집열기를 개발하였으며 현재는 개발품에 대한 실용제작기술 확립을 위한 연구가 진행중이다. 진공기술에 있어 고난도 핵심 요소기술인 유리/구리 접합기술은 정확한 제작공정이 알려진 바 없는 기술인데 국내 최초이고 세계적으로 2번째로 개발하였다(곽희열·부준홍, 2001).

또한 태양의 이동에 따라 움직이며 태양열을 흡수하여 650~750℃의 고온을 얻을 수 있는 5kW규모의 접시(Dish)형 태양열 집광시스템도 개발되었는데, 미국, 호주, 독일 스페인에 이어 세계 5번째로 개발한 시스템이다(에너지관리공단, 1999c).

그러나 중·고온 활용분야에서는 대부분이 개발초기단계로 집열시스템과 잠열 및 화학축열시스템이 개발중에 있거나 준비중이고, 발전분야는 기초연구단계이며, 냉방분야에 대한 연구가 수행된 바 있으나 상용화를 위한 연구가 필요하다.

태양광발전분야는 다결정실리콘 태양전지의 상용화와 박막 태양전지 개발 및 주택건물의 적용기술개발이 추진되고 있다.

국내의 단결정 실리콘 태양전지는 상용화되고 국제수준의 태양전지 모듈이 생산판매되고 있고, 비정질 실리콘 태양전지는 세계수준에 도달하였으며,  $\text{CuInSe}_2$ 계 태양전지는 세계수준에 근접한 14.8%를 개발하여 선진국의 주목을 받고 있다(송진수, 2000).  $\text{CdTe}$  태양전지도 12.9%의 효율을 확보하여 국제적 수준에 근접해가고 있다(한국과학기술원 안병태 외, 1999).

LG산전이 중규모 계통연계형의 실용화를 위해 설치한 태양광발전시스템은 50kW 용량으로 연평균 월발전량은 4,500~5,000kWh로서 순수 국내개발제품으로는 최대이다.

## ② 바이오에너지

바이오매스는 전세계 에너지의 약 14%를 충당하고 있고 특히 개발도상국에서는 에너지원의 35%를 차지하여 매우 중요한 에너지로 쓰이고 있다(임상훈 외, 1998).

브라질은 사탕수수에서 에탄올을 만들어 가소홀(gasohol : gasoline + ethanol)로 사용하는 것이 국가정책으로 되어 있었고, 1996년 현재 총에너지소모량의 31%를 바이오에너지로 공급하고 있으며, 1998년 기준 바이오에탄올 생산량이 150억 l이다.

인도의 생화학기술센터에서는 순수 당분과 유기폐기물을 기질로 수소를 생산하는 비광합성 발효경로를 연구한 결과 다양한 기질 건조 중량당 40-100 l/kg 정도의 수소 수율을 보였다(V.C. Kaiia, 이창후 역, 1999).

미국은 이미 巨大藻類인 자이언트 켈프(giant kelp)를 원료로 하는 메탄발효 프로젝트가 캘리포니아 근해에서 진행되고 있는데, 자이언트 켈프는 하루에 1피트나 성장되는 유망한 자원으로 이것에서 우선 알긴산나트륨(Sodium Alginate)을 추출하고 그 나머지를 메탄발효로 메탄가스를 생성하는 공정이다(輕部征夫, 조성효 역, 1994).

또한 1998현재 벼짚을 원료로 800만gal/yr의 에탄올 생산공정이 상용화되었고, 유지작물(대두)로부터 바이오디젤을 생산하는 공정도 상용화되어 1999년 기준으로 30만톤/yr을 생산하였다. 미국에서도 바이오에너지가 1차 에너지에서 차지하는 비율을 2030년까지 현재의 4~5배인 20%로 증가시킬 방침이다(임상훈 외, 1998).

바이오디젤은 유럽지역을 중심으로 다수의 공장이 상업적으로 가동 중에 있는데, 프랑스는 1997년 기준으로 32만톤을 생산하여 경유에 5%를 혼합하여 공급하고 있고, 이탈리아는 109천톤/년의 생산공정 상용화와 함께 경유에만 mineral oil tax를 부과하여 경유와

바이오디젤 판매가가 동일토록 정책적인 지원을 하고 있다.

일본 환경청은 음식물쓰레기에서 전기를 생산하는 사업을 세계 처음으로 고베시에서 시작하는데, 발효시켜 만든 메탄가스를 촉매로 분해하여 수소를 얻어낸 후, 산소와 화학 반응시켜 연료전지발전을 하여 전기자동차 등의 연료로 한다는 것이다.

CADDET(이진석 역, 2001)에 의하면 스웨덴의 한 지방자치단체에서는 바이오매스를 연료로 하는 병합발전과 바이오 펠렛(Pellets)생산 복합시스템으로 35MW의 전력, 63MW의 지역 난방용 열 및 30톤/hr의 바이오 펠렛을 생산하고 있다. 연간 200,000톤(습윤중량)의 목재 칩, 톱밥 및 기타 임산 폐기물인 바이오매스를 원료로 사용한다.

벨기에는 1997년 Engis-Paviomont의 매립장에 매립가스 포집시설을 설치하여 연간 15.6GWh 정도의 전력을 생산하였는데 생활쓰레기와 산업폐기물이 280만톤 이상 매립되었다. 발전효율은 35.6%라고 하며, 최대 매립가스 포집량은 1,200m<sup>3</sup>/hr이인데 자동조절 시스템으로 원격조절된다(CADDET, 박병춘 역, 1999).

우리나라는 전분계는 1kl/일 연속 알코올발효 공정개발을, 목질계는 20 l/일 실험실 규모 연구를, 메탄가스 전환기술은 100톤/일 규모의 산업용 축산폐수 패키지화 연구가 진행 중이다. 1996년부터는 음식물쓰레기의 효율적 처리기술개발을 목표로 5톤/일 처리 규모의 파일럿 실험을 마치고 15톤/일 규모의 바이오가스 발생시설을 운전중이다.

국내에서는 1994년부터 미강유와 일부 식물을 대상으로 植物油 추출공정 및 에스테르화반응 특성, 제조된 바이오디젤유의 엔진 적합성 등에 관한 연구가 추진되었고, 현재도 대학, 연구소 등을 중심으로 기초연구를 수행하고 있다.

매립지 가스는 매립지 문제와 수분이 많은 특성 때문에 실용화되지 못했으나 2006년까지 1,000만m<sup>3</sup>/년 규모의 가스회수기술을 상용화할 계획이다. LFG이용 기술개발결과 3개 대규모 프로젝트를 해외 컨설팅회사와 협력하여 추진중이다.

### ③ 風力

풍력발전은 세계적으로 설비의 증가율이 1991~2000년 동안 연간 평균 24.2%로서 대체 에너지중 가장 높다. 2000년말 현재 전세계 약 17,700MW 용량의 풍력발전기가 설치운전중에 있으며 연간 전력생산량도 약 340억kWh 이상으로서 비약적인 신장세이다.

현재 가장 많이 운영중인 국가인 독일은 약 6,100MW 이상으로 9,375여대로서 전체 전력의 2.5%를 공급하고 있으면서도 1999년도 설비증가율이 41.8%였고, 스페인은 1998년도에 79.1%의 신장률을 기록하여 가장 빠르게 성장할 국가로서 평가되고 있다.



미국의 California Windfarm은 1980년대부터 본격적으로 개발되기 시작하여 주내에 대규모의 단지가 5개소 정도 있는데, 여기서 약 16,000대의 시스템이 운전중에 있으며, 약 30억kWh의 전력을 생산하고 있다.

독일은 1.8MW풍력발전기가 상용화 단계에 있고, 회전자 직경이 150m이고 정격용량이 5MW인 소위 Superturbine 설계자료를 발표하였는데, 31kg/kW의 비중량을 지니게 되어 현재의 MW급 비중량보다 가볍게 된다(한국에너지기술연구원 김건훈 외, 2001).

덴마크는 1.65MW급 발전기를 1대/2.5일의 생산 능력을 갖춰 있으며, 2MW를 해안형 풍력 단지에 보급할 예정인데, 대형시스템에 필요한 공기제동력의 향상과 계절·지형의 고저에 따른 공기밀도 변화에 대응하여 회전자 붙임각을 임의조정할 수 있다.

네덜란드의 Lely 수상풍력단지는 담수호에 시범 건설한 것으로 내륙에 위치한 단지의 환경적 영향이 수상에 건설하면 어느 정도 감소하는지를 알기 위한 것이다. 500kW급 4기로서 총 2MW 규모이며, 호수에서 800m 떨어져 있고 건설지점의 수심은 5~10m 내외인데, 1996년의 경우 3,950MWh의 전력과 780kWh/m<sup>2</sup>의 생산효율을 보였다.

Vikna Windfarm은 노르웨이에서 첫 번째의 복잡지형 풍력단지이다. 1991년에 400kW급 3기, 1993년에 500kW급 2기를 건설하였는데, 북위 65°에 위치하며, 평균 풍속은 지상 30m에서 약 7.2m/sec로 강풍지역이다. 이는 극조건에서의 정보수집과 계통연계시 기술기반 확충을 위한 것으로 광범위한 낙뢰대비 접지시스템이 도입되었는데, 강원도와 같은 고산 지역에 잘 부합된다 한다(한국에너지기술연구원 김건훈 외, 2001).

우리나라는 제주도가 바람이 많아 풍력발전 시스템들이 소규모로 시험운영되어 왔으며, 1982년부터 북제주군 한림읍 월령지역에 연구사업장을 설치하여 수행하였다.

1997년부터는 북제주군 구좌읍의 행원지역 해안가 약 66,000m<sup>2</sup>부지에 2002년까지 10,000kW규모의 풍력발전실용화시범단지조성사업을 추진하고 있는데, 2002년 현재 9기가 정상 운전하는 총 5.6MW용량의 국내 최대규모의 풍력단지가 조성되었을 뿐만 아니라 최초로 풍력발전 사업자로서 상업발전을 하게 되는 사례가 되고 있다.

1999년에 기존 180kW 수직형 풍력발전기의 국산화 기술개발 성과를 기초로 중대형급인 750kW 수평형 풍력발전기의 국산화가 한국화이바를 통하여 진행되어 회전자 국산시제품이 실증 운전중에 있다.

2001년에는 각 산업체의 연구개발 참여가 활성화되어 발전기용 증속기 및 발전기의 개발이 진행중에 있고, 풍력자원의 예측분석 기술개발과 발전단지개발 타당성 조사를 하였

다. 현재 국내 풍력기술은 600kW급 이상 설치의 기술기반 수준의 향상 및 요소별 국산화 기술개발 단계에 진입하였고, 시스템의 조합생산기술은 실증시험단계이다.

#### ④ 小水力

소수력발전소는 전 세계적으로 매우 광범위하게 많이 운영되고 있는데, 아시아권에서는 중국 58,000개소·일본 600개소 등이고, 유럽의 경우 독일 5,882개소·프랑스 1,479개소·이태리 1,420개소·스웨덴 1,346개소·스페인 1,102개소 등이며, 미국은 1,715개소, 오스트리아 1,200개소로서 모두 우리나라보다 월등하게 많다.

외국의 경우 소수력발전소 1개소당 평균발전용량은 약 1,000kW인데, 이는 저낙차 소용량이면서 대용량에 비하여 경제성이 뒤떨어지지 않는 수차를 개발·보급하였기 때문이다. 특히 독일은 1개소당 평균발전용량은 58kW로써 이용 가능한 소수력자원을 적극적으로 개발하여 사용하고 있다는 것을 알 수 있다.

최근에 개발된 터어빈은 낙차가 1.5m 이상이면 설치할 수 있고 효율도 90% 이상에 이르고 있으며, 선진국들은 수차발전기 및 부속설비에 대해서는 각국들이 표준화 연구를 수행하여 전체공사비의 약 18-38%를 차지하는 수차발전기의 비용을 절감하게 되었으며(임상훈 외, 1998), 미국, 일본, 중국, 노르웨이, 스웨덴 및 프랑스 등은 각종 수차를 표준화하여 외국에 수출하고 있다.

우리나라는 1999년 건설을 시작한 횡성댐 발전소부터 영천댐, 밀양댐에 국내기술로 제작한 수차발전기를 채용함으로써 해외의 수차발전기를 채용하는 것보다 경제성이 증대되고 있으나, Francis수차는 2002년부터 국산화 개발 중에 있다.

Cross-flow수차는 최근 세계 각국들이 상업화를 실현중인 단계이지만 이에 대한 이론 및 설계기술 등을 밝히지 않으며 생산업체마다 고유한 모델을 개발하기 때문에 국산화를 서두르고 있다. 또한 소수력자원조사결과 대부분의 입지가 자연낙차가 크지 않고, 최근에 각광을 받고 있는 하수처리장 등도 일반적으로 저낙차(5m 이하)이므로 저낙차 입축 Propeller수차의 개발이 시급하며, 무낙차수차는 댐을 필요하지 않고 환경에 영향을 주지 않아 일반 하천에 적극 활용할 수 있어 미래에 신산업의 근간이 될 것으로 전망하고 있다(한국에너지기술연구원, 2001).

박완순·이철형(2000)은 일반 다목적댐의 경우 보상비가 본 공사비를 상회하는 것이 현실로서 경제성이 낮아지는 결과를 가져오므로 수몰지역의 최소화와 보상비가 거의 없도록 하는 대안으로, Rubber Dam이나 가동보를 설치하고, 같은 수계에 다단계로 설치된 발

전소를 중앙에서 통제하는 시스템의 도입이 필요하다고 주장하였다.

또한 우리나라에는 자연과 더불어 사는 방식의 수력 이용으로 어도가 있었다. 1938년 낙동강 하구 김해 녹산 배수갑문에 처음으로 설치하였으나 현재는 이용하지 않으며, 1966년경에 시공된 강릉 사천천의 導壁式 어도가 가장 오래된 것으로 보인다. 우리나라에 있는 총 18,000여 개의 저수지중 현재 하구둑을 제외한 저수지에 시공된 魚道는 없으나 현재 가동중인 단양소수력발전소(설비용량 2,100kW)에 설치되어 있으며, 한전의 양양 양수발전소 하부댐(높이 50cm)에 시공중에 있다(황중서, 2000).

#### ⑤ 廢棄物에너지

폐기물을 소각로에서 소각하지 않고 산업설비나 발전소의 에너지원으로 사용하는 기술은 유럽, 미국 등의 선진국에서 이미 오래 전부터 이용되어 왔고, 일본에서도 기술개발이 완료되어 많은 플랜트들이 보급되어 가동중인 것으로 알려지고 있다.

영국, 독일, 스웨덴, 스위스 등에서는 대규모 RDF(Refuse Derived Fuel) 플랜트가 가동되고 있으며, 건조·성형공정을 거치는 Pellet 형태를 생산하여 이용되고 있다.

폐플라스틱의 유화기술은 독일과 일본이 가장 앞서 있다. 일본은 20여 개 기업들이 개발하여 기술개발투자, 기술수준, 상용화 정도 등 여러 측면에서 선도적인 역할을 하고 있으며, 제도적인 면에서도 포장 및 용기류의 분리수집 및 재활용 촉진법(1995)을 제정하고 플라스틱 포장 및 용기에 대해 2000년 4월부터 동 법을 시행하고 있다. 현재는 6,000톤/년 규모의 유화플랜트들이 건설되어 운영 중에 있다고 알려져 있다.

폐기물의 가스화 공정은 독일의 SIMENS사 공정과 스위스의 Thermoselect 공정이 대표적이다. 열분해가스화응용 공정은 폐기물 열분해와 가스화 시킨 후 탄화물질과 철금속, 비철금속, 비금속 성분을 함께 고온에서 연소시킴으로써 해서 금속을 포함한 무기물질을 모두 용융시켜 화학원료나 연료로 사용하는 합성가스를 생산하고 유용한 무기자원을 회수하는 기술이다. SIMENS사 공정은 유용자원을 최대한 회수하여 매립을 극소화하는 공정으로 일반폐기물 37%, 포장폐기물 34%, 대형폐기물 6%, 하수슬러지 23% 등 폐기물 혼합처리가 가능하여 경제적이라고 알려져 있다.

폐기물이용 발전은 미국이 260만kW로 세계 제일의 규모인데 대부분 80년대의 것으로 반 이상이 개인기업이 취급할 정도로 경제성이 중요시되었다. 소각처리 비율은 15% 정도로 높은 편은 아니지만 처리규모가 평균 800톤/일로 크고, 평균발전용량은 22MW이며 발전효율은 22% 정도로 매우 높은 편이다. 독일에서는 500℃, 90기압의 증기를 생산하여 발

전하는 폐기물소각 발전플랜트가 운영되고 있다(신대현, 2001a).

우리나라의 RDF 연소기술개발은 2001년부터 시작된 보일러개발과 유동층연소기술개발 연구가 처음이다. 2002년까지 실용화가 가능한 스팀생산 5톤/시간 규모의 보일러를 개발하는 것을 최종목표로 현재 RDF를 100kg/hr 정도 연소시킬 수 있는 개발을 완료한 상태이고, 유동층연소기술개발은 RDF를 100kg/hr 정도 소비할 수 있는 소규모 연소장치개발이 최종목표이며, 대규모 활용방안으로 하·폐수 슬러지와 RDF를 유동층 방식으로 함께 연소하는 기술개발이 2001년부터 착수되었다(신대현, 2001b).

현재 국내에서 폐유의 재생연료유화 공정은 폐유를 열분해에 의해 개질(reforming)하여 오일을 경질화하고 품질을 기존 석유제품 수준으로 생산하는 파일롯트(500톤/년 규모) 공정이 개발되어 보급단계에 있다. 생산수율을 80% 이상으로 높일 수 있고, 폐유 및 폐플라스틱의 단독 혹은 동시처리에 의한 경질 연료유화, 중질 오일슬러지의 연료유화에 활용 가능하다(한국에너지기술연구원 윤왕래 외, 2000).

⑥ 燃料電池

구분	선진국의 기술동향	우리나라의 기술동향
연료 전지	인산형 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국은 200kW급 발전시스템 상용화 및 11MW급 시스템 실증실험중</li> <li>○ 일본은 200kW급 스택 개발 완료 및 7.5MW급 실증실험중</li> <li>○ 이태리는 1MW급 시스템 실증실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 40kW급 시스템 실증실험완료</li> <li>○ 50kW급 스택제조 및 운전 기술 개발 완료</li> <li>○ 50kW급 시스템 실용화 연구 진행중</li> </ul>
	용융탄산염형 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국은 280kW급 스택개발 완료 및 시스템 운전, 2MW급 Plant 실증시험 완료</li> <li>○ 일본은 MW급 실증시험</li> <li>○ 이태리는 100kW급 스택 개발</li> <li>○ 네덜란드는 10kW급 스택 개발중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1kW급 내부개질형과 2kW급 외부개질형 스택개발</li> <li>○ 25kW급 외부개질형 시스템 개발 및 100kW급 외부개질형 시스템 개발중</li> </ul>
	고체산화물형 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국은 25kW급 스택 개발 완료(원통형) 및 평판형·일체형은 연구개발중</li> <li>○ 일본은 1.2kW급 스택 실험완료(원통형) 및 1kW급 스택개발 완료(평판형)</li> <li>○ 유럽은 20kW급 스택 및 운전시스템개발중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100W급 평판형 시스템 개발 연구 실패</li> <li>○ 기초연구단계</li> </ul>
	고분자 전해질형 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 캐나다는 100kW급 이하 자동차용 개발중</li> <li>○ 유럽은 수kW급 스택 개발중</li> <li>○ 미국은 7.5kW급 시스템 가정용에 보급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기체확산전극 개발</li> <li>○ 1kW급 고분자형 개발</li> <li>○ 5kW급 고분자형 실용화 개발중</li> </ul>

\* 자료: 산업자원부(2001)

국내의 대형 도시쓰레기소각시설은 외국기술을 중심으로 국내업체가 시공하였으며 대부분 1990년대 후반부터 가동된 설비로 최신기술이 적용된 설비라고 할 수 있는데, 대부분 폐열을 회수하여 열을 생산하며, 전력을 생산하는 소각시설도 증가하고 있다.

폐가스를 소각하여 에너지를 회수하는 설비중에서 메탄가스를 이용하는 설비는 대부분 증기발생용량이 3톤/hr 미만의 소형설비이고, 상업공정에서의 폐가스소각로는 중소형이 많지만 여천 석유화학단지 및 포항제철 등은 200~330톤 정도로 크다.

7) 石炭液化·가스化, 海洋, 地熱, 水素에너지

분야별	외국	우리나라	
석탄 액화· 가스화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일본은 갈탄 및 역청탄 액화연구추진중, 50T/d급 공정건설 및 운전 연구중</li> <li>○ 미국 3T/d급 CSTL시험공정개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 벤치급 액화장치 시험운전 (0.5T/d, 연속식 직접액화)</li> <li>○ 미생물이용 액화기술개발</li> <li>○ 벤치급 가스화장치개발 운전 (0.5T/d, 3T/d)</li> </ul>	
해양	조력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 캐나다 20MW급 가동중</li> <li>○ 프랑스 240MW급 운영중</li> <li>○ 중국 30MW급 가동중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 타당성조사(가로림만 해역)</li> </ul>
	파력	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일본 540kW급 개발중</li> <li>○ 영국 75kW급 가동중</li> <li>○ 덴마크 45kW급 실증시험중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파력발전 기초조사('80년)</li> <li>○ 60kW급 발전장치개발 수행중</li> </ul>
	온도차	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일본 100kW급 가동중</li> <li>○ 미국 50kW급 실증시험중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해양에너지 복합이용시스템 개발</li> </ul>
지열	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고온암체 탐사기술개발완료 및 저류층 평가기술 완료</li> <li>○ 지역난방·열수이용시스템 실용화, 증기발전 실용화, 소규모 바이너리 시스템 모듈화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유망지역 지열조사(마산·창원 지역, 제주도 지역)</li> </ul>	
수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우주개발, 군사용 등 특수목적으로 개발 활용중, 수소 추진로켓, 액체수소저장 및 수송, 연료전지 이용기술 등으로 실용화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대학 중심의 기초연구 단계</li> </ul>	

\* 자료 : 산업자원부(1998), 한국에너지기술연구원(2001)

(3) 代替에너지 技術開發 및 擴大普及 展望

우리나라는 에너지 다원화 및 기후변화협약에 적극 대응하기 위하여 관련 기술개발을 강화하고, 기술이 시장에 정착될 때까지 보급지원정책을 적극 추진할 계획이다.

기술개발대책에는 태양광, 풍력, 연료전지는 3대 중점지원 프로그램으로 추진할 계획이며, 태양열, 태양광, 풍력, 연료전지, 폐기물에너지, 바이오에너지 6개 분야를 지원분야로 선정하고, 기타 기술개발 연구과제는 공모방식으로 과제를 부여할 계획이다.

기술개발의 효율적 추진을 위해 사업주관기관을 지정 운영하며, 파급효과가 큰 연료전지 분야의 일부는 범 부처 종합기술개발 프로그램으로 추진할 계획에 있다. 또한 기술개발 결과를 보급에 연계시키기 위하여 대체에너지기술을 표준화·규격화를 할 수 있는 대체에너지성능평가센터를 지정 운영하고, 의견수렴을 위해 산·학·연과 민간분야 전문가들을 포함한 대체에너지협회도 구성하여 운영할 계획을 하고 있다.

또한 대체에너지의 실용화를 위해서 태양열은 A/S지원방안 마련과 KS규격 강화 및 비규격 제품에 대한 사용제한, 바이오에너지 회수에 필요한 시설을 설치하는 지자체 지원과 LFG·바이오 디젤 보급, 폐기물에너지 회수에 필요한 시설설치 자금 지원과 시범플랜트 건설 운영을 추진할 계획이다.

3대 중점지원 프로그램 내용(2003년까지)

구분	태양광	풍력	연료전지
기술개발 및 보급목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3kW급 주택용 태양광발전 시스템 개발</li> <li>○ 3kW급 1,000호 보급 (2006년까지 10,000호 보급)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 750kW급 국산풍력 발전기 개발 (2006년까지 MW급 이상 개발)</li> <li>○ 10MW급 중규모 단지 건설 (2006년까지 5개 풍력단지 건설)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100kW급 용융탄산염형 연료전지 발전시스템 개발(2006년까지 250kW급 개발)</li> <li>○ 3kW급 고분자전해질 연료전지 가정용 발전 시스템 40%이상 국산화 기술개발(2006년 80%국산화) 및 50%이상의국산품 500대 보급(2006년까지 16,500대 보급)</li> </ul>
발전단가목표 (원/kWh)	700원→400원이하	100원→70원 이하	320원 이하
설비설치비 (백만원/kW)	15→7	2→1.3	2
외국의 현재발전단가 (원/kWh)	700(일) 600(독)	60(미) 330(일) 44(덴)	실증연구단계

\* 자료 : 산업자원부(2001)

보급대책은 경제성 확보지원방안, 의무화방안, 자발적 참여유도방안을 두고 있다. 경제

성 확보를 위하여 대체에너지이용 발전전력의 우선 구매제도와 이용설비 설치 운용시 세제 및 인센티브제도도 강화할 예정이다. 2003년까지는 회피비용 등으로 구매하고 2004부터 5년 동안은 생산단가로 전량구매, 지방세 감면제도, 국민주택 채권매입 의무면제제도, 조세특례제한법에 의한 관세감면제도, 일부 상용화 Project에 대한 국고보조금 지원 확대 등을 내용으로 하고 있다. 의무화 방안으로는 국가기관이나 공공단체 등에서 에너지 사용량의 일정비율을 대체에너지로 충당하도록 하는 대체에너지 이용시설 의무화, 발전사업자에 대한 대체에너지 전원구성 의무화 등을 추진하려고 한다. 더불어 국민적 관심과 자발적 참여를 유도하기 위하여 '그린 프라이싱(Green Pricing)제도를 도입하고 대체에너지 시범단지(가칭 Green Village)를 조성하여 홍보효과를 높이고 실증연구단지로 활용할 예정이다.

산업자원부(2002)에서는 최근 대체에너지 이용을 활성화할 수 있는 획기적인 지원제도를 마련하였다. '대체에너지이용 발전전력의 기준가격 지침'을 2002. 5. 29부터 시행한다고 밝혔는데 독일, 일본, 미국에 이어 세계에서 네 번째로 시행되는 제도이다.

선진 각국도 정부 주도하에 과감한 연구개발과 보급정책을 추진해오고 있다.

미국은 1986년부터 'Clean Coal Technology Program' 추진 및 1991년에 국가 에너지전략을 수립하여 기술개발을 하였고, 1993년에 에너지부문의 기술개발에 중점을 둔 '기후변화 실천계획'을 발표하였으며, 1997년 공포한 'Million Roofs Solar Power Initiative 계획'은 2010년까지 매년 1,000만\$의 예산 투입으로 100만호의 주택에 태양광발전시스템 보급으로 총 보급목표 3,025MWp, 발전단가 목표 7.7¢/kWh 및 3,510천T-C의 CO<sub>2</sub> 감축목표를 달성하여 세계시장 주도, 기후변화협약 대처 및 고용증대효과를 기대하고 있다. 또한 DOE에서는 풍력, 태양광발전 상업화를 위해 지원하고 있다.

EU는 1996년 총에너지 중 대체에너지 사용비율을 6%에서 2010년에는 12%로 확대하는 목표를 수립하였고, 1997년에 CO<sub>2</sub> 배출량을 2010년까지 1990년 수준 대비 15%를 감축한다는 강력한 정책목표를 채택하고, JOULE(대체·청정·절약기술개발), THERMIE(시범 및 실증사업), ALTERNER(대체에너지기술을 통하여 CO<sub>2</sub> 저감) 프로그램을 추진하고 있다.

독일은 4¢/kWh의 지원금 및 11¢/kWh의 의무 전력매입단가의 규정을 실시하고 있고, 영국은 풍력발전설비에 8¢/kWh씩 보조하고 있으며, 덴마크는 탄소세에 대한 환급금으로 0.1DDK/kWh씩 지원하고 있다.

일본은 1차 석유과동 후 Sunshine 계획(신·재생에너지), 2차 석유과동시 Moon-light 계

획(에너지절약기술)을 추진하였고, 1990년대 들어서는 환경을 고려한 종합 에너지기술개발계획인 'New Sunshine계획(1993~2020)'을 수립하여 주력하고 있다.

또한 분산형 발전전력에는 전력회사의 판매단가를 매입단가로 규정하여 지역별로 17~28 $\text{₩/kWh}$ 로 매입해주고 있고, 후생성에서는 RDF제조시설 및 보일러 등 시설비 중 1/4을 정률로 보조해주고 있다. 1994년부터 개인주택에 최대 4kWp의 태양광발전시스템을 적용할 경우 설치비의 1/3까지 보조하여 1997년까지 총 45MWp(11,919건)를 보급하는 계획을 추진하였는데, 2010년까지 460만kW를 설치할 계획이다.

#### 4. 結論 및 利用 活性化를 爲한 提言

21세기는 에너지 고갈로 인한 에너지원의 교체의 시기, 만들어서 써야 되는 시기라고 해도 과언이 아니다. 에너지를 전적으로 수입에 의존해야 하는 우리로서는 무엇보다 에너지의 안정성 있는 확보가 중요하다.

지속 가능한 경제개발을 위해서는 소비가 지속 가능한 생산한계를 넘어서면 환경에 부정적인 변화가 있게 되므로 에너지 사용이 환경을 저해하지 않아야 한다.

대체에너지가 개발·이용되지 않는다면 에너지와 환경, 양면에서 IMF보다 심각한 상황을 맞게 될 것이지만, 개발·이용이 잘 된다면 차세대에게 보다 높은 에너지 비용과 나쁜 환경의 유산을 물려주지 않게 되어 무엇보다 큰 성과로 남을 것이다.

대체에너지는 종류가 많아 기술개발이나 이용 면에서도 그 생산방법과 용도가 다양하고, 기술이 더욱 개발되면 대체에너지와 대체에너지와의 혼합 또는 복합적인 이용도 할 수 있게 되어 이용은 더욱 다양해질 것이다.

우리나라는 지금까지는 대체에너지의 보급이 태양에너지를 중심으로 그것도 보급수량과 범위, 용자지원 규모, 시범사업 지속 면에서 단위사업인 태양열온수기에 역점을 두었다고 할 수 있다.

우리나라의 기술수준은 전체적으로 선진국에 비하여 크게 차이가 난다. 선진국은 태양광과 풍력은 수출활동을 펼 정도로 성장되었다고 할 수 있으나 연료전지는 상용화까지 되었다고 할 수 없다. 우리나라는 태양열온수기 보급시에 국산화가 거의 이루어졌으나 문제가 많았으며 외국의 상품이 일부 수입되었고, 풍력시설도 풍차는 외국기술에 의존하였다. 그러나 이제는 우리도 태양광은 기초연구는 되어 있고, 풍력은 기초조사부터 철저한



준비를 하고 있고, 연료전지는 정부지원을 강화하여 기술력과 보급을 확산한다면 선진 대열에 설 수 있을 것으로 본다. 바이오, 폐기물 분야는 다양한 기술이 적용되므로 환경문제 때문에도 기술개발이 시급하여 예상보다 빠르게 개발될지도 모른다. 소수력은 수차의 개발도 진행되고 있고 기타 기술은 선진 수준에 가까우나 주민 의식이 문제인 것으로 생각된다.

2006년에 가서는 태양열과 함께 적어도 3대 중점지원 프로그램으로 추진하고 있는 태양광, 풍력, 연료전지에 대한 기술은 상용화 수준이 되고 실용화를 위한 지원제도도 상당히 보완될 것이며, 선진국의 기술개발과 정책 및 지원제도와 발맞추어 획기적인 보급정책을 펼친다면 기존 에너지원과의 가격경쟁력도 극복하게 될 것이다.

그러나 대체에너지 이용이 일반화되지 않은 상황에서 이에 대한 의식변화가 있어야 하겠기에 이용의 활성화를 위해 다음과 같이 제언한다.

대체에너지는 에너지와 환경에 대한 의식과 직결되어 있고, 에너지와 환경에 대한 홍보·교육·운동은 아무리 강조해도 부족함이 없으므로 전 가족이 이에 접할 수 있도록 유치원부터 대학에까지 이에 대한 교육이 강화되어야 한다. 또한 에너지 사용이 가져다주는 환경적 피해나 그것에 대한 최근의 세계적 규제에 비해 소비자들에 대한 구체적인 홍보가 부족하므로 인터넷, 대중매체를 통한 홍보, 박람회와 같은 행사와 전시를 통하여 홍보되어야 할 것이다.

대부분의 소비자들은 자신은 에너지 대식가도 아니고 환경문제의 주범도 아닌 피해자라고 분노하고 있지만 동시에 자신이 가해자라는 사실은 잊고 있으며, 자신이 배출한 폐기물에 대해서도 남비현상을 일으키는 것이 오늘날의 현실이다. 에너지관련 요금청구서에 연료원과 오염물질의 배출량을 명기해 줄 필요가 있다.

그런데 환경보전의식은 교육수준이 높을수록 높게 나타났고(홍기남, 1992), 어머니의 교육수준이 높을수록 자녀의 환경보존의식도 높게 나타났으며(계선자·변순희, 1996), 개혁성이 강할수록, 교육수준이 높을수록, 도시에 거주할수록, 주부의 연령이 높을수록 환경보전의식이 높은 것으로 광인숙 외(1998)의 연구에서 분석되었다.

이를 볼 때 교육수준이 높은 도시에서는 각종 여성교육 프로그램에 포함하여 주지시킬 필요가 있다.

우리나라도 대체에너지로 발전된 전력을 일정가격으로 매입하는 법이 고시되었고, 이를 촉진하는 'Green pricing 제도 도입'을 추진중이므로 발전이 활성화 될 것이다.

Green pricing 제도는 소비자가 대체에너지를 사용함으로써 상승되는 추가적인 에너지 비용을 자발적으로 부담하는 제도인데, 캘리포니아의 Green power pricing 제도, 독일의 Green Tariffs 제도, 일본의 녹색가격제도 등이 같은 개념이다. 이러한 운동은 실제 참여는 어려우므로 추가요금분 만큼 연말 종합소득세 감면 등 정책적인 방법으로 유도해야 할 것이고, 전력회사의 신뢰성의 확인에 환경단체가 관련된다면 주민운동으로서의 참여가 확대될 것이다.

에너지경제연구원 김진오 외(2001)의 연구에서는 복권제도, 전기요금에 짜투리 추가금 액지불(예 : 월 25,555원을 지불해야 할 경우 5원, 45원, 445원, 4,445원을 추가 지불) 방법을 제안하고 있는데 설득력이 있는 방법으로 생각된다.

이러한 운동은 환경단체, NGO(Nongovernmental Organization : 비정부간 조직)와 같은 의식수준이 높은 집단인 민간단체와 연계하여 환경보전과 관련된 사회운동으로 추진하는 것이 효과적일 것이다. 이들은 국민적 관심을 불러놓고 의식의 틀을 바꿀 수 있는 새로운 기술이용의 주체이기 때문이다.

대체에너지의 개발과 이용이야말로 에너지, 환경, 삶의 질 문제를 종합적으로 해결하여 주는 기초가 될 것이므로 범국민적인 이해와 이용을 기대한다.

## 참고문헌

- 강용혁(2002), “태양열이용기술 개발현황 및 방향”, 태양열에너지기술연구회·에너지관리공단 R&D분석, 제4회 태양열이용기술세미나, pp.58~67.
- 경실련 환경개발센터(1995), 「지속가능한 환경과 에너지, 경실련 계선자·변순희(1996), “어머니의 소비자 의식과 아동기 자녀의 환경보전행동에 관한 연구”, 숙명여자대학교 생활과학연구지 특집호, pp.25~40.
- 곽인숙 외(1998), “환경의식과 가정쓰레기의 처리형태에 관한 연구”, 대한가정학회, 대한가정학회지 통권 제120호, pp.1~18.
- 곽희열·부준홍(2001), “산업용 진공관형 태양열 집열기 연구 개발”, 한국에너지기술연구원·공공기술연구회, 제13회 신·재생에너지 WORKSHOP, 한국에너지기술연구원,

pp.31~43.

- 김건훈 외(2001), 강원도내 풍력발전 유망지역 건설 타당성 조사 연구, 한국에너지기술연구원 보고서, 강원도.
- 김경해 외(2001), “다결정 실리콘 태양전지의 고효율화 기법에 관한 연구”, 한국에너지기술연구원 · 공공기술연구, 제13회 신·재생에너지 WORKSHOP, 한국에너지기술연구원, pp.201~217.
- 김진오 외(2001), 대체에너지보급 확대를 위한 제도개선 방안 연구, 2001-N-NC10-P-01, 에너지경제연구원 보고서, 산업자원부.
- 박완순 · 이철형(2000), “소수력발전 개발 현황 및 향후 전망”, 전력전자학회, 전자전력 학회지 제5권 제3호, pp.36~41.
- 산업자원부(1998), 「주요 에너지기술 소개」.
- \_\_\_\_\_ (2001), 내부자료.
- \_\_\_\_\_ (2002), “산자부 획기적인 대체에너지 지원제도 마련”(보도자료), 산업자원부 · 에너지경제연구원(2001), 「에너지통계연보」, ISSN 1226-606X.
- 산업자원부 · 에너지관리공단(2001), (2002), 「2000年度 代替에너지普及 關聯 資料集」.
- 송진수(2000), “태양광발전기술의 국내외 개발동향”, 한국에너지협의회, 에너지協議會 報 통권53호, pp.26~39.
- 宋泰潤 外(1989), 「韓國近世 科學技術 100年史 調查研究 - 鑛業分野」, 韓國科學財團.
- 신대현(2001a). “국내의 폐기물 소각로 및 폐기물 에너지회수 전망”, 한국에너지기술연구원, ETIS 분석지 제15 권, pp.171~183.
- \_\_\_\_\_ (2001b), “폐합성수지를 이용한 고품연료 제조장치 개발”, 한국에너지기술연구원 · 공공기술연구회, 제13회 신·재생에너지 WORKSHOP, 한국에너지기술연구원, pp.739~755.
- 심상규(1996), “우리나라 산성비 특성과 감시망 현황”, 환경관리연구소, 첨단환경기술 통권39호, pp.2~9.
- 안병태 외(1999), “고효율 CdTe 태양전지 개발에 관한 연구”, 1996-N-PV01-P-07, 한국과학기술원 연구, 산업자원부 · 에너지관리공단, 「에너지기술」, 178번.
- 安晷煥(1997), “신경망 제어기를 사용한 태양광발전 시스템의 최대전력 추종에 관한 연구”, 성균관대학교 대학원 석사학위논문.

- 에너지관리공단(1999a), 「에너지절약편람」.
- \_\_\_\_\_ (1999b), (1999c), 에너지관리 통권 278호, 통권 282호.
- 에너지관리공단 기후변화협약 대책반(1999), “기후변화협약과 우리의 대응”, 에너지관리  
공단, 에너지관리 통권 277호, pp.90~101.
- 오진규(2000), “기후변화협약의 논의동향과 우리나라의 대응과제”, 온실가스저감기술개발  
사업단 주최, 제2회 온실가스 저감기술 종합 심포지움.
- 윤왕래 외(2000), “폐유의 열분해 및 플래쉬 증류에 의한 경유대체 연료유 생산 파이롯  
공정 개발”, 1999-N-WA02-P-01, 한국에너지기술연구원 연구, 산업자원부 · 에너지  
관리공단, 「에너지기술」, 260번.
- 李德善(1977), 「에너지총람」, 한국원자력연구소.
- 이필재(1999), “온실가스 증가율 2020년까지 2.3%로 저감”, 에너지관리공단, 에너지관리  
통권280호, pp.37~39.
- 임상훈 외(1998), 「환경과 에너지」, 서울:동화기술.
- 趙明齊 외(1996), 「韓國의 에너지·動力技術發達史」, 서울:학연문화사.
- 차은정(2001), “집중호우의 원인은 지구온난화 때문인가?”, 한국수자원학회, 한국수자  
원학회지 34권 6호, pp.62~64.
- 한국에너지기술연구원(2001), (2002), 내부자료
- 韓國環境技術開發院(1996), 韓國의 環境 五十年史, KERTI/1996/RE-26.
- 황중서(2000), “농업 기반시설의 어도설치 현황과 개선방안”, 한국수자원학회, 한국수자  
원학회지 제 33권 제2호, pp.41~52.
- 輕部征夫(1990), 地球環境にやさしいバイオ, 조성효 역(1994), 「지구환경과 바이오 테크놀  
로지」, 서울:전파과학사.
- 스즈키 도시히로, 한국표준협회 역(1996), 「알기쉬운 환경감사」.
- 岸靖雄, 한국열관리사업회 역(1998), “주택용 태양광 발전시스템의 특성”, 한국열관리 사  
업회, 열관리 통권137호, pp.87~91.
- Al Gore(1992), *Earth in The Balance*, 이창주 역(1994), 「위기의 지구」, 서울:삶과꿈.
- CADDET Belgium National Team(1999), *CADDET NEWSLETTER No 2 June 1999*, 박병춘 역  
(1999), “매립지 가스를 이용한 전력생산”, 에너지자원기술개발지원센터, 에너지·  
자원 기술정보 23호, pp.70~74.

- CADDET Technical Brochure No.105, 백남춘 역(2001a), “대형 타원형 DISH형 태양 열 집광기를 갖춘 태양열 시범 시스템” 한국에너지기술연구원, ETIS 분석지 제14권, pp.30~34.
- 
- (2001b), “주거건물용 복합 (com-bined) 태양열시스템”, 한국에너지기술연구원, ETIS 분석지 제14권, pp.35~40.
- CADDET Technical Brochure, 이정철 역(2001), “뉴우랜드의 태양광발전 계획”, 한국에너지기술연구원, ETIS 분석지 제14권, pp.41~45.
- CADDET Technical Brochure No. 136, 이진석 역(2001), “전기, 열 및 바이오펠릿 연료 등을 생산하는 다목적 바이오에너지 플랜트”, 한국에너지기술연구원, ETIS 분석지 제14권, pp.62~66.
- G. Tyler Miller, Jr, *Sustaining The Earth*, 환경과학 교재연구회 역(2000), 「환경과학 -지구보존」, 서울:광림사.
- Lester R. Brown et al(1992), (1997), (1998), *State of the World 1992*, 김범철, 이승 환 역, 「지구환경보고서」, 서울:따님.
- V.C. Kaiia(1999), *BIOENERGY NEWS*, Vol. 3, No. 3., June 1999, 이창후 역 (1999), “폐기물의 미생물학적 소화를 이용한 미래 연료”, 에너지자원기술개발 지원센터, 에너지·자원 기술정보 23호, p.81~84.