

신·재생에너지 개발과 신에너지 기술개발에 노력을 기울이고 있다.

신·재생에너지 개발의 경제적 논리

인류가 직면하고 있는 에너지환경문제는 공급탄력성이 무한하면서 청정한 에너지원이 개발된다면 해결될 수 있다. 이와같은 특성을 갖는 에너지를 궁극에너지 또는 궁극에너지기술(Back-stop fuel or back-stop technology)라고 지칭한다. 현재로서는 궁극에너지가 무엇이 될 것인지가 확실하지 않으며 그 상용화 시기는 더욱 알 수 없다. 따라서 에너지 문제는 석유 등 고갈성 화석에너지의 공급취약성을 재생이나 순환가능한 비고갈성에너지로 대체해가면서, 궁극에너지가 출현할 때까지 현재의 문명체계를 유지해가야 하는 '시간과의 싸움'으로 표현될 수 있다. 따라서 궁극에너지 출현시까지의 에너지문제가 파국적 상황으로 전개되지 않도록 하는 에너지 체계 변화경로를 선택해야 하며, 이같은 경로의 선택은 고갈성 자원의 시장변화 특성의 파악에서 출발해야만 한다.

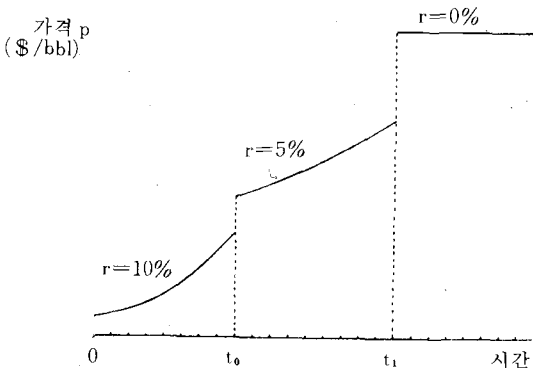
경쟁적 시장하에서 고갈성자원의 최적생산조건은 일반재화와는 달리 자원의 사용증가로 인한 저장(stock)감소로 사용자비용(user cost)이 추가되어

한계수익(MR) = 한계비용(MC) + 사용자비용(user cost) = 가격(P)이 된다. 사용자비용은 자원의 이시점간 배분측면에서 현재 시점에서의 자원사용으로 말미암아 미래시점에서의 사용기회를 잃는데 따르는 기회비용으로 미래에 대한 기대(expectation), 즉 불확실성에 대한 위험(risk)수준의 변화와 관련되어 있다.

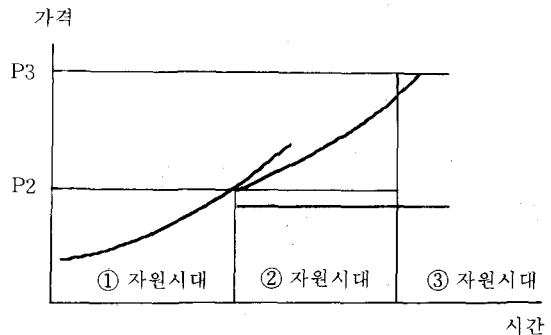
따라서 고갈성 자원의 가격변화경로는 <그림3>에서와 같이 미래에 대한 기대수준(즉 할인율)이 변화될때 마다 단층적으로 이루어지게 되며, 이 시점이 에너지파동(위기)이고, 이런 상황은 궁극에너지가 출현할 때까지 여러번에 걸쳐 발생할 것으로 예상된다.

특히 지금까지의 경험에 의하면 양질자원 고갈에 따른 생산비 상승과 기술개발로 인한 비용절감요인 간에는 어느정도 득실교환(trade-off)이 이루어져 동일한 미래 기대지속기간중에는 가격상승이 이자율보다 낮은 수준에 있어 왔다. 따라서 기술개발을 통해 미래에 대한 동일한 기대수준 지속기간을 연장할 수 있는 조치가 에너지여건 안정화에는 필수적인 과제로 등장하고 있다.

또한 기술개발의 내용을 생산비절감뿐 아니라 낭비저거형 소비기술체계를 활용할 경우 생산자가 자원보전의 필요성을 증대시켜 가격급등의 계기를 약



<그림 3> 할인율변화와 에너지가격 변화경로



<그림 4> 기술개발효과를 감안한 에너지가격 변화 경로

화시키는 역할을 하므로써 그 파급효과는 일반적인 기대수준을 훨씬 상회할 것으로 판단된다. 이 경우 에너지가격의 변화경로는 다음 <그림4>와 같이 순조로운 가격변화 모습을 기대할 수 있다. <그림4>의 의미를 좀 더 탐색하기 위해 자원①을 석유등 고갈성 화석에너지, 자원②를 좀 더 기술요소가 가미된 신·재생에너지, 자원③을 궁극에너지라고 가정하면 자원②시대의 중요성을 실감하고 기술의 중요성을 느끼게 된다.

그러나 자원③인 궁극에너지 개발이 너무 지연되는 경우 자원②시대에서 몇번의 급변위기를 감수해야만 하므로 가능한한 빠른 시일내 궁극에너지의 실체를 설정하는 것이 바람직하다. 그러나 궁극에너지는 국가여건에 따라 상이한 것이 될 수도 있으며, 한종류의 에너지 기술일 필요는 없다는 점에 주목해야 한다. 그러나 궁극에너지의 필요조건이 무한 공급탄력적인 청정에너지자원이고, 경제성을 확보할 수 있는 자원이라면, 현재의 지식수준으로 판단할 때 신·재생에너지자원이나 이와 관련된 기술이 실현가능성이 가장 높은 궁극에너지가 아닌가 생각된다.

신·재생에너지 기술개발정책

현재 우리정부가 추진하고 있는 신·재생에너지

개발의 기본목표는 계획기간의 최종년도인 2001년까지 국가 에너지시스템과 자원특성에 적합한 기술을 개발하여 대체에너지 신뢰성을 확보하고, 해외에너지·자원보호기술의 국내개발을 통하여 기술자립을 이룩하며, 이용기술의 경제성제고를 위하여 기반기술, 수요개발 및 산업형성 등을 도모하여 보급을 확대시킴으로써 국내 최종에너지의 대체비중을 제고하는데 있다.

이러한 장기목표를 효율적으로 달성하기 위하여 <표 1>에서와 같이 단계별 추진전략을 수립하여 매년도별 구체적인 연차실행계획을 수립, 추진하고 있다.

그리고 국내 기술수준을 감안하여 기초, 응용연구단계에 있는 분야는 순수연구기관이 중심이 되어 목표기간내에 이를 실용화단계까지 향상시키고, 실용화단계의 기술분야에 대해서는 산업체가 주축이 되어 경제성 및 실용성을 제고토록 한다는 추진전략에 따라 다음과 같이 연구개발사업의 유형별로 구분하여 추진하고 있다.

<연구개발사업의 유형>

- 범국가적 연구사업 : 산학연간의 협동연구가 필수적인 대형 실용화연구
- 기업주도 연구사업 : 단기기간내에 상용화가 가능한 실용화 촉진연구
- 일반 연구사업 : 연구개발기반 조성을 위한 기초

<표 1> 단계별 추진전략

구 분	제 1 단 계	제 2 단 계	제 3 단 계
기 간	'88~'91	'92~'96	'97~2001
사 업 비(억원)	428	1,464	3,033
목 표	정부 : 288 민간 : 140	정부 : 770 민간 : 694	정부 : 1,570 민간 : 1,463
추 진 내 용	총에너지수요의 0.4% 달성 연구기반 구축 금융 지원	총에너지수요의 1% 실용화기반 구축 수요개발, 시범보급 사업 중점추진	총에너지수요의 3% 기술자립 달성 시장형성과 관리에 주력

응용연구

- 선도기술 개발(G-7) : 2000년대 선진7개국 수준으로 진입을 위한 연구
- 정책 연구사업 : 수요개발 및 국외 기술정보 파악 등 개발지원연구

한편 신·재생에너지 연구개발체계를 확립함에 따라 기술개발 가용자원을 최대한 활용하여 실용화 개발을 본격적으로 추진하고 장기안정적 R&D투자 확대를 위해 <표 2>에서와 같이 정부의 국책연구소 출연연구비 이외에 별도로 기술개발예산, 석유사업 기금 및 한전연구 개발충당금 등을 확보하여 대체 에너지 개발사업의 규모를 증대시켜 왔다.

이용기술, 태양광 발전기술 등 기술적 특성에 따라 두가지 분야로 나누어 수행되었다. 먼저 태양열 이용기술분야는 자연형 시스템과 설비형 시스템기술의 개발, 태양열 집열기, 온수기, 집열면 처리재, 잠열 저장재 등 신소재와 부품의 개발사업이 중점적으로 추진되었으며, 기타 태양열못, 태양열 발전에 관한 기초기술의 연구도 현재 추진중에 있다. 전반적으로 볼 때 저온 태양열 이용시스템의 설계, 응용 기술은 이미 주택의 난방과 급탕은 물론 수영장용 대규모 급탕시설에도 실용화할 수 있는 단계에 이르고 있다.

한편 태양광 발전분야는 발전시스템의 설계기술

<표 2> 자원별 대체에너지 개발사업비 확보 현황 (단위 : 백만원)

구분	'88~'90	'91	'92	'93	계
공정	3,074	988	911	1,490	6,463
공적	7,692	3,374	2,296	2,397	15,759
자한	1,514	2,937	662	1,212	6,325
금소	12,280	7,299	3,869	5,099	28,547
민간부담	8,044	3,641	5,824	6,878	24,385
계	20,324	10,940	9,693	11,977	52,934

분야별 기술개발현황 및 전망

이하에서 언급하고자 하는 신·재생에너지는 이론적 측면에서의 태양에너지, 바이오매스, 수력, 풍력, 해양에너지, 지열에너지 등 재생가능한 신에너지에 국한시키지 않고, 연료전지, 석탄활용기술, 폐기물에너지 활용기술 등 신에너지기술을 포함한 광의의 대체에너지 개념에 입각하여 신·재생에너지의 분야별 기술개발현황 및 전망에 대해 살펴보고자 한다.

1. 태양에너지

지난 10여년 동안 정부의 적극적인 지원하에 추진되어 온 태양에너지 이용 기술개발사업은 태양열

개발과 태양전지 제조기술 개발, 발전에 필요한 주변장치의 개발사업으로 나누어 추진되고 있다. 이중 발전시스템 설계 및 주변장치 기술은 대부분 개발이 완료되어 현재 등대 및 낙도주민을 위한 태양광 발전시설의 보급에 실질적으로 응용되고 있다.

태양전지 제조기술은 지난 수년동안 국립연구소와 산업체에서 결정질 태양전지 제조를 위한 공정 개발사업이 추진되어 왔으며, 그 결과 기본기술이 확보되어 국산태양전지 제품생산이 가능해졌으나 발전효율과 제조단가에서 불태 개선할 점이 아직 있는 것으로 평가되어 대규모 실증시험연구가 요구되고 있다. 이밖에 비결정질 태양전지, 박막형 태양전지의 개발 등 저렴한 태양전지의 개발을 통한 실용화연구도 활발하게 추진될 전망이다.

2. 바이오매스

바이오매스란 태양의 광합성 작용에 의하여 합성되는 식물, 동물과 여기에 과생되는 모든 유기물을 일컫는다. 이를 전환하여 에너지화한 것을 바이오에너지라 하며, 이의 이용기술에는 직접 연소방법(볏짚, 왕겨)과 열화학적 방법(열분해, 가스화, 액화) 및 생물화학적 방법(바이오가스, 알콜)등이 있다.

우리나라의 바이오매스자원 이용기술은 많은 부분이 아직도 기초연구단계에 있으며, 농축산물 폐기물(볏짚, 보리짚, 축분 등)을 이용한 메탄 전환기술 개발, 알콜발효 기술개발 및 임산 폐자원의 이용검토 등의 연구가 점차 활발하게 진행되고 있고 많은 연구성과가 축적되면 바이오에너지 생산에 크게 기여할 것으로 보인다.

특히 최근 국내 주정기술을 바탕으로 수송연료용 알콜(속칭 gasohole) 제3 pilot plant가 완공되어 리터당 280원대의 대체연료개발이 가시화되고 있다. 이에 '96년부터 기존 휘발유에 알콜연료 10%를 혼합 사용토록 하므로써 수송연료의 대환전의 계기를 마련하고자 한다.

또한 증류 폐수를 에너지화하는 방안으로 미생물 분야에 의한 메탄가스화 또는 건조, 액화, 고형화 연료에 대한 이용방안을 검토하고 있고, 호모 제조공정, 폐수에 대한 속성, 메탄 발효방안 모색 등의 연구가 수행되고 있어 공해제거와 신에너지 창출의 새로운 방향이 제시되고 있다.

3. 소수력

소수력발전은 중국, 일본, 스웨덴 등에서 크게 실용화되고 있으며, 경제성 및 환경문제 등에 있어서 우수한 자원으로 평가되고 있다. 우리나라의 국내 부존 소수력자원량은 총 2400여 지점의 58만 3000 kW로 평가되었으며, 이 중 개발 유망지점으로는 총 116개 지점의 8만 6400kW로 평가되었다. 또한 소수력개발을 유도하고 활성화시키기 위하여 국내 지형에 적용가능한 수차의 특성연구를 통하여 한국형

수차의 표준화를 시도하였다.

우리나라의 소수력발전소는 1978년에 안홍발전소(450kW)를 시작으로 450~6,000kW 용량의 9개 소수력발전소(안홍, 추산, 연천, 포천, 임기, 정읍, 방우리, 소천, 금강)가 가동중에 있으며, 발전된 전력은 한국전력공사의 전력망에 연계하여 판매하고 있다. 이 밖에 3개 지역(덕송, 봉용, 산내)에서 소수력발전소가 건설중에 있으며, 계속하여 더 많은 소수력발전소가 건설될 전망이다.

4. 폐기물

폐기물 활용의 특징은 방치할 경우 환경공해의 요인이 되나, 적극적으로 처리할 경우 많은 부분이 공해요인의 제거와 함께 유용한 자원으로 이용이 가능하다는 점이다.

우리나라 폐기물 처리기술개발은 크게 매립장의 확보, 소각로의 개발 및 설치, 소규모 유해 산업폐기물의 처리기법 연구 등으로 나누어 볼 수 있다. 현재 우리나라에서 가장 관심이 집중되고 있는 부분은 매립장의 확보로서 시·군의 최종 처분지 이외에도 대단위 해안 매립지나 내륙 산간계곡 등에 대도시를 위한 광역처분지 마련에 노력하고 있다. 폐기물의 소각처리는 비록 실적이 많지 않으나 이에 대한 지원은 폐기물을 자원화 하고자 하는 정부의 의지를 표현하고 있다는 점에서 의미를 부여할 만하다.

연구소나 학계의 반응도 활발하여 80년대중반 지역난방관점에서 로터리 킬른식 소각로를 개발한 것을 비롯하여 RDF시스템의 기본설계를 행한 것 등 성과가 나타나고 있으며, 산업폐기물 소각열 이용 상용화, 열분해공정의 실용화, 소각발전시설의 상용화 및 국산화 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 밖에 유해 폐기물의 처리기법 개발은 아직 특성물질의 물리화학적 성질을 탐색하는 정도의 기초연구수준에 머물러 있는 단계이며, 환경청의 산업폐기물 위생처리나 공동처리 재자원화 시설계획에는 폐기물 처리를 위한 여러 공정들이 망라되어 있으나 효과

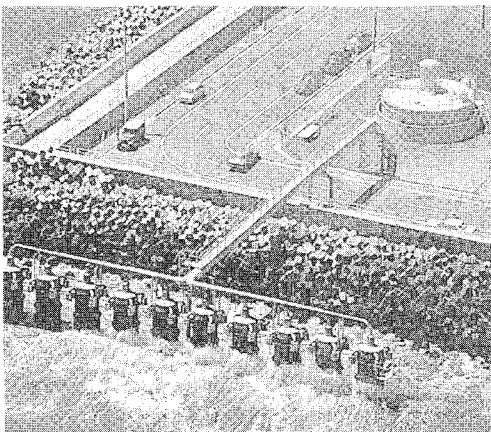
적인 연구개발 투자를 전제로 할 때에 그 실현이 가능하게 될 것이다.

5. 풍 력

풍력발전 기술연구는 풍력가용량이 풍부한 미전화 도서지방의 단위 진원공급용으로 사용할 수 있는 소형 풍력발전시스템의 개발 및 표준화를 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해 2~20kW급 용량의 풍력발전시스템을 9개 지역을 대상으로 하여 시험운영한 실적이 있고, 현재 50~100kW급 국산 풍력발전기가 시험 운영되고 있다. 금후에는 200kW급 이상의 풍력발전시스템의 설계 제작 기술을 축적하여 미전화 도서지방 뿐만 아니라 내륙지방에서의 풍력단지조성 등을 통해 풍력에너지 이용을 극대화하기 위한 연구가 계속될 전망이다.

6. 해양에너지

해양에너지자원의 기술적 특성은 해양자원의 다목적 이용에 기여하고, 발전연료를 대체할 수 있다는 점에 있다. 외국의 기술개발현황을 살펴보면 프랑스와 중국에서 조력발전의 상용운전이 이루어지고 있으며, 일본은 240kW급 파력발전, 미국은 50kW급 해양온도차 운전(OTEC)장치를 시험하고 있다.



〈일본에서 건설에 성공한 시험파력 발전소〉

우리나라의 경우 해양에너지의 다목적 이용과 조력발전 시설의 설치운영 기술확립을 기술개발목표로 설정하고 2000년까지 200~500MW 조력발전장치, 60kW급 파력발전장치 및 해양온도차발전 요소 기술의 개발을 진행할 계획이다. 기술확보방안은 해양에너지 다목적 이용기술의 경우에는 학·연 협동으로 개발하여 기업에 기술이전하는 방식으로 접근하고, 조력발전의 경우에는 해외로부터 기술을 도입하여 적기에 상업용 발전소를 건설할 계획이다.

7. 수소에너지

수소에너지는 자연에너지의 안정적 공급에 기여하고, 저장성이 우수하여 이용대상이 광범위하다는 기술적 특성을 지니고 있다. 따라서 수소제조기술이 외에 수소저장 및 수송기술개발, 수소자동차의 개발 및 수소이용 항공기개발 등이 미국, 일본, 독일 등 선진국을 중심으로 이루어지고 있으며 차세대 주력 에너지기술로 주목받고 있다.

우리나라의 경우 수소이용연구는 아직도 기초연구단계에 머물러 있으며, 수소제조기술, 에너지 이용효율화, 저장 및 이용기술을 확보하기 위해 수소제조기술은 학·연 협동으로 자체개발 또는 국제공동연구로 선진국 기술을 탐색하고, 저장, 이용기술은 산·학·연 공동으로 자체개발, 초기단계에서는 핵심기술의 도입을 검토할 예정이다.

8. 지열에너지

지열에너지분야에서의 고온암체(Hot-Dry-Rock) 발전기술연구는 미국, 일본, 영국 등이 선도하고 있으며, 지열발전과 지역난방기술은 미국과 필리핀에서 상용화되고 있다.

우리나라는 지열에너지 이용기술 실용화와 고온암체발전 타당성 및 자원조사 연구를 2000년까지의 기술개발목표로 설정하고, 유망지역의 조사는 국내에서 산·학 공동으로 수행하되 자료의 공공성을 유지하도록 하며, 이용기술은 산·학·연 공동으로

개발 또는 선진기술의 도입을 고려하고 있다.

9. 석탄의 새로운 이용기술

석탄을 가스화 내지 액화하여 청정연료로 사용하는 석탄청정화기술(clean coal technology) 개발이 국제적인 관심분야이다. 우리나라는 많은 부문에서 기초연구단계이나 석탄가스화 복합발전(I.G.C.C.)의 조기상용화를 위해 '97년부터 250MW급을 상업 발전에 투입하는 장기전력수급계획을 확정한 바 있다. 이에 기술개발차원에서 I.G.C.C.를 G-7대상 과제로 선정하고 이미 일 3톤급 Pilot plant 건설이 거의 완료단계에 있으며, '97년까지는 50MW급 실증 설비를 구체화시킬 계획에 있다.

정부는 I.G.C.C. 분야를 포함하는 새로운 석탄이용기술이 미래의 주종 대체에너지원이 될 가능성이 크기 때문에 향후 연구중점을 둘 계획에 있다. 또한 CO₂배출의 총량규제가 이루어질 경우 발전사업은 I.G.C.C. 기술도입 없이는 국제규제에 직면할 가능성이 크기 때문에 전력사업의 적극적인 참여가 요청되고 있다.

10. 연료전지

차세대 발전기술인 연료전지는 무공해, 분산형 발전측면에서 관심이 고조되는 분야이다. 정부는 이미 인산형 연료전지(P.A.F.C.)를 범국가적 연구사업으로 추진하여 40kW급 시스템구성을 완료하고 실증시험하는 단계에 있다. 이 기술이 완료될 경우 분산형 전력체계 도입과 함께 하계 첨두부하조정에 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 '93년부터 연료전지분야는 G-7 대상과제로 선정되어 용융탄산염 연료전지와 고체전해질 연료전지기술로 인산형 연료전지와 함께 그 기술개발이 본격화되고 있다. 단기간내 200kW급 인산형 연료전지 시스템의 개발을 완료하여 상용화 보급을 도모하고 여타모형도 그 상용화를 추진할 계획에 있다.

맺음말

지금까지 에너지기술에 대한 연구개발은 석유등 기존에너지시장이 불안하기 때문에 막연히 미래를 위해 현재 향유할 수 있는 편익의 일부를 할애하는 것으로 생각해 왔다. 특히 신·재생에너지와 같은 신기술의 부분적인 활용도 경제적 부담외에 소비측면의 불편(즉, 사회적 비용)을 감수하면서 연구, 개발차원에서 보호, 육성되는 것으로 생각하기도 했다. 따라서 기술개발 여건은 석유정제 변화에 종속적인 것으로 이해되어 온 면이 많으며 그 자원도 시혜적인 것으로 간주되어 왔다.

그러나 앞으로 다가올 미래의 상황은 에너지와 환경문제가 복합적으로 혼재되어 나타나기 때문에 에너지기술개발이 공급과 수요의 양측면에서 이루어지지 않는다면 미래 에너지시스템의 건전성이 보장되지 못한다는 점을 인식해야 한다. 아울러 국가정책의 목표가 기술선진국으로의 진입이라는 점을 감안하면 신·재생에너지 기술개발분야와 같은 첨단과학기술분야에 대한 투자는 이제까지와는 달리 국가 전략적 차원에서 추진되어야 하며, 특히 신·재생에너지기술은 궁극에너지기술의 개발에 가장 접근되는 기술분야인 만큼 미래 에너지문제 해결의 중심축으로 삼아야 할 시점에 있다.

그러나 우리나라의 기술개발은 최근 민간수요 위주로 단기간내 실용화될 수 있는 분야에 정책적 관심이 집중되고 있다. 기업의 생산성 향상을 위한 요소기술의 선택 및 실증실험 위주로 산업 현장기술 수요 중심으로 기술개발 방향이 정립되고 있는 실정이다. 따라서 에너지기술, 특히 아직까지 관련 산업형성이 미진한 대체에너지 부문의 경우 정부의 직접 개입, 나아가 전략적 관리자로서의 역할이 필수적이다.

에너지기술, 특히 신·재생에너지 기술을 중심으로 하는 대체에너지기술의 특성은 다음과 같이 요약된다.

- 공공재 성격의 공익기반기술로서 중장기적 관점에서 국가경제안보차원에서 개발목표와 추진전략이 선정되어야 한다.
- 민간이 독자적으로 추진할 수 없는 기술개발 「시장실패」의 대표적 사례이다. 이는 대규모 투자비소요, 장기 투자 회임기간, 상용화 초기단계에서 성공가능성이 적고 특히 소규모 시장에서 상용화가 불가능하다는 특성에 따라 정부가 R/D 하부구조(infrastructure)를 완료하고 시장보장을 하여야만 민간이 투자를 개시한다는 것을 시사한다.

이러한 관점에서 정부는 미래 에너지 안보비용을 공적비용 혹은 사회적 비용의 분담차원에서 시장개입을 통해 초기투자를 담당하고 그 후속조치로 민간의 참여를 유도해야 한다. 이에 산업기술이나 생산기술과 차별적인 기술개발 정책을 대체에너지 분야에 시행할 수 있는 국민적 공감대 형성이 무엇보다 시급한 실정이다. 또한 기존 에너지 사업자(특히

정유정제업, 전력생산판매업)들은 현행 독과점 체재하에서 형성된 기존에너지 공급체계에 대한 새로운 미래 경쟁자로서 대체에너지원을 평가하지 말아야 할 것이다. 에너지 공급비용이 현재와 같이 사적비용(private cost)차원에서 평가될 시기는 곧 종료될 것이다. 환경비용과 자원고갈비용, 심지어 에너지 안보비용이 기존 사적비용에 추가될 경우 단일 에너지원 공급사업은 위기에 봉착할 것이다. 이 경우 기술자원에 크게 의존하는 대체에너지는 기존에너지원(특히 화석에너지 의존형)과 보완관계를 이루어 에너지 문제의 대부분을 해결할 것이다. 따라서 현재 소규모 실용화단계에서 「규모의 경제」 차원에서 볼 때 비교우위가 없는 대체에너지를 저평가하는 것은 에너지산업의 미래를 망치는 것이다. 정부는 에너지 관련산업의 사회적 책임의 큰 부분이 대체에너지 개발투자로 완수될 수 있다는 점에서 관련 투자의 증대를 유도해야 할 시점에 있다. ㉔