

국내에너지 · 자원기술개발 추진전략



최 기 련

- '70 서울대학교 공과대학 졸업
- '73 한국외환은행 조사부 조사역
- '78-'85 한국동력자원연구소 실장 및 부장역임
- '82 프랑스 그레노블 대학원 수료/에너지경제학박사
- '86-'87 한국전력공사 사장 보좌역
- '87-'89 아주대학교 에너지학과 교수
- '89-현재 대체에너지개발센터 소장

1. 국내의 에너지 · 자원 여건에 관한 고찰

1.1 국제 에너지 · 자원 여건의 변화 : 기술개발 전쟁의 개시

현재 국제 에너지 및 자원시장은 표면상 안정 추세를 지속하고 있지만 제3의 에너지 위기의 전초단계가 이미 시작되고 있다는 분석이, 최근 들어 유력하게 대두되고 있다. 즉 지난 두차례 에너지 위기는 고갈성 자원인 석유의 가치평가를 둘러싼 생산국과 소비국사이의 알력이 국제 정치적 분쟁으로 발전하는 과정에서 야기되었다.

그러나 향후 에너지 위기나 자원 파동은 고갈되는 천연자원을 기술개발로 보완하여야 하는 당위성을 세계가 소홀히 한데서 기인된 것으로 판단되며 또한 문제의 심각성으로 간주되고 있다.

따라서 향후 에너지 위기나 자원 파동이 도래한다면 종래와 같이 짧은 시일에 종식되는 형태가 아니고 기술개발의 부족으로 자원고갈을 해결할 뚜렷한 방책이 없다는 점에서 구조적인 문제로서 장기간 지속될 것이며 그 파급효과는 전세계적인 인류복지 감소와 함께 현 문명체계의 근본적인 변화를 초래할 것이다.

더욱이 현안과제로 대두되고 있는 환경문제는 환경 파괴의 근원이 에너지 및 자원사용에 따른 폐기물의 배출에 따른 것이라는 점에서 현재의 에너지 · 자원 생산, 유통 및 소비체계의 급격한 변화가 요구되기 때문에 에너지 위기, 자원파동의 도래 가능성을 앞당기고 있다.

여기서 지금까지 논의한 국제 에너지 · 자원 여건 변화상태를 요약하면 다음과 같은 해결과

제에 대한 기술개발이 이루어져야 한다.

- 석유, 가스 등 고급화석연료의 부존자원 제약(가채매장량: 석유 43년, 가스 58년)으로 이를 대체할 신에너지원 개발 필요성 대두
 - 신에너지의 개발·상용화에는 장기간이 소요되며, 현재까지 유망한 신에너지 미확인
- '92. 6월 UN환경개발회의에서 리우선언의 채택과 기후변화협약의 체결에 따른 지구환경오염물질의 배출규제를 위한 화석연료의 사용제한 전망에 따라 개도국의 경제개발에 큰 장애요인으로 작용
 - 기후변화협약('93하반기 발효예상)은 모든 국가가 온실가스 배출통계 작성보고, 환경정책의 수립, 기술개발 의무를 선진국은 재정 및 기술지원 의무를 부담토록 규정
 - CO₂, SO_x, NO_x 등의 환경공해 배출물질 제거 기술이 개발되지 않는 경우 석유·석탄 등 화석연료의 사용제한이 불가피
- 세계적으로 원자력발전소 사고(미국 쓰리마일섬, 소련 체르노빌) 이후 원전 폐기물에 대한 사회적 우려와 건설반대로 입지확보난 심화(NIMBY 현상)
 - 우리나라도 최근 환경 및 안전문제에 대한 관심고조로 에너지 관련 시설의 입지확보 곤란
- 2000년대는 기술우위시대로 변화 전망
 - 선진국의 기술보호주의 정책강화에 대응하기 위하여 기술이전 및 정보교환 협력 활동의 증대

이러한 에너지 위기나 자원파동 도래 가능성에 대응하여 세계 각국은 다양한 기술개발 프로그램을 전개하고 있다.

거의 모든 국가들이 1973년 석유파동 이후 신

에너지 개발과 에너지절약 및 이용효율 향상을 위한 연구개발을 국가주도로 장기 개발계획 형태로 추진하여 왔다.

가장 대표적인 사례가 일본으로서 1974년 이후 신·재생에너지 기술을 개발하기 위한 Sunshine Project를 운용하여 왔으며, 1980년 이후에 에너지절약 및 이용효율 관련 기술개발을 위해 Moonlight Project를 추가 하였다.

미국의 경우 민간위주 연구개발 체계를 유지하여 오다가 1986년 Clean Coal Technology Program을 국가주도로 추진하여 왔으며, '91년에는 National Energy Strategy 계획을 통해 본격적인 국가주도로 에너지·자원기술개발을 추진하여 이를 미국의 세계정치경제 지도국 위치를 강화하는데 기초로 활용하고 환경문제를 에너지 기술개발로 해결하겠다는 의지를 천명하고 있다.

더욱이 미국의 『클린턴』 신 정부는 기술개발 투자를 현재 군수와 민수를 6:4 비율에 있는 것을 5:5로 조정할 계획에 있어 정부 『프로그램』의 강화를 예고하고 있다. 세계 주요국들의 에너지·자원부문 기술개발 투자는 보건 및 복지분야에 이어 두번째로 많은 정부지원을 받고 있는 것이 일반적인 추세이다.

또한 국가별로 기술개발 중점 대상이 상이하지만 전반적인 기술개발의 현 수준을 평가하면 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 실용화 보급단계 기술
 - 풍력, 인산형 연료전지(200KW급), 히트 펌프, 폐기물 소각로, 냉열이용기술, 증질유 분해 및 탈황, 원격조정 자동화 채탄
- 실증실험 후 저원가 고효율화단계 기술
 - 태양열 발전, 태양광발전, 고효율 가스터빈, 석탄가스화

표 1. 국가별 기술개발 투자실적('89)

(단위: 백만불(%))

	일본	미국	서독	영국	한국
투자비(백만불)	2,722	2,280	493	334	78.0
GDP 비중(%)	0.96	0.44	0.41	0.40	0.37

자료: 대체에너지개발센터 내부자료

—기초연구단계 기술

- 수소제조기술, 석탄액화, 초전도에너지, 용융탄산염 및 고체산화물형 연료전지, 고속 증식로, IGCC, 전력축열체

1.2. 기술개발전략 : 기술에 의한 에너지·자원 여건 변화의 대응의 내용과 실제

앞에서 언급한 논의를 배경으로 할 때, 21세기의 에너지수급구조의 근본적인 변화 방향과 기술개발우선들의 전략적 가치는 다음과 같이 예상된다.

- (1) 에너지 수요의 증가는 자원 고갈 가능성과 더불어 석유를 중심으로 에너지가격의 고가화를 초래할 것이며, 궁극적으로는 에너지 안보를 위협할 가능성이 있고 이에 대한 정책적 대안마련이 시급하다. 중장기적으로는 가스이용 확대가 부각될 것이며 장기적으로는 석탄 및 원자력이용확대가 불가피 할 것으로 전망된다.
- (2) 가스는 고급에너지수요증가 및 낮은 환경부하특성으로 중단기적으로 가정상업부문 뿐만 아니라 전력부문에서의 이용확대가 지속적으로 이루어질 것으로 전망된다. 따라서 고효율가스터빈, LNG연료전지 등 가스전환 효율향상기술 및 가스이용기술의 가치가 상승할 것이다.
- (3) 석탄자원의 이용확대에는 산성비 및 지구온난화문제가 큰 부담이 될 것이다. 따라서 석탄이용증가가 불가피함을 감안할 때, 유동상연소기술, 복합발전기술, 공해저감기술 등의 전략적 가치가 상대적으로 상승할 것이다.
- (4) 원자력의 이용확대에는 핵폐기물처리, 안전성 등의 기술확보와 더불어 공공수용성 측면의 문제해결이 관건이 될 것이다.
- (5) 한편 석탄자원을 제외한 에너지자원의 가채년수가 30~50년 정도라고 볼때, 초장기적인 측면에서는 신 에너지원의 확보문제가 대두될 것이다. 석탄자원은 그 매장량이 풍부하나 청정석탄이용기술의 실용화가 전제되지 못한

다면 탄산가스배출규제시 그 활용가치는 적어진다. 부존자원계약이 가시화되면 최종 에너지이용가격은 급상승할 가능성이 높고 신 에너지 개발이 활성화 될 것이다.

- (6) 지구온난화문제는 현실적으로 이용가능한 탄산가스고정화기술이 없는 상황에서 부각되어 현재의 상황에서 유일한 해결방법으로는 화석연료의 이용절감 및 이용효율기술이라 할 수 있다. 따라서 탄산가스배출규제협약 발효시 에너지안보와 관련하여 이용효율기술이라 할 수 있다. 따라서 탄산가스배출규제협약 발효시 에너지안보와 관련하여 이용효율향상 기술의 전략적 가치는 크게 높아진다.
 - (7) 에너지 이용상의 탄산가스의존도가 높은 한국은 국제협상무대에서의 입지가 약화될 수 있어 전환효율 및 이용효율 기술개발 및 보급을 통한 탄산가스의존도 및 GNP 탄성치를 감소시키는 일이 시급하다.
 - (8) 장기적으로 볼 때, 에너지가격의 상승은 불가피하다고 할 수 있고, 이에 따라 효율향상기술, 신에너지기술등의 개발이 활성화될 것임을 예상할 수 있다. 결국 전세계적인 에너지수급구조가 자원보유국 중심에서 기술보유국 중심으로 옮겨갈 가능성이 높음을 의미한다.
 - (9) 결론적으로 21세기의 국제에너지시장은 자원 활용상 궁극 가채매장량에 근접하는 수준까지의 자원개발에 의한 공급량확대와 모든 에너지원의 탐사, 개발, 생산, 전환, 수송, 이용, 폐기물처리의 전과정에 이르는 기술개발에 의해 좌우될 것이다.
- 종합적으로 볼 때, 미래의 에너지공급은 지속적인 연구개발에 의한 기술혁신에 의해 가능하다고 할 수 있다. 이에 실패할 경우, 에너지공급 안정성에 심각한 위험이 예상되고, 산업경쟁력 약화로 국가경제의 침체는 물론, 선진국에 대한 경제적/기술적 종속이 심화될 것이 분명하다. 특히 우리나라의 여건을 감안할 때 실패로 인한 손실이 적은 절약기술에의 비중이 미/일 보다 높아야 될 것이다.

지금까지의 논의를 요약하면 그림 1와 같이

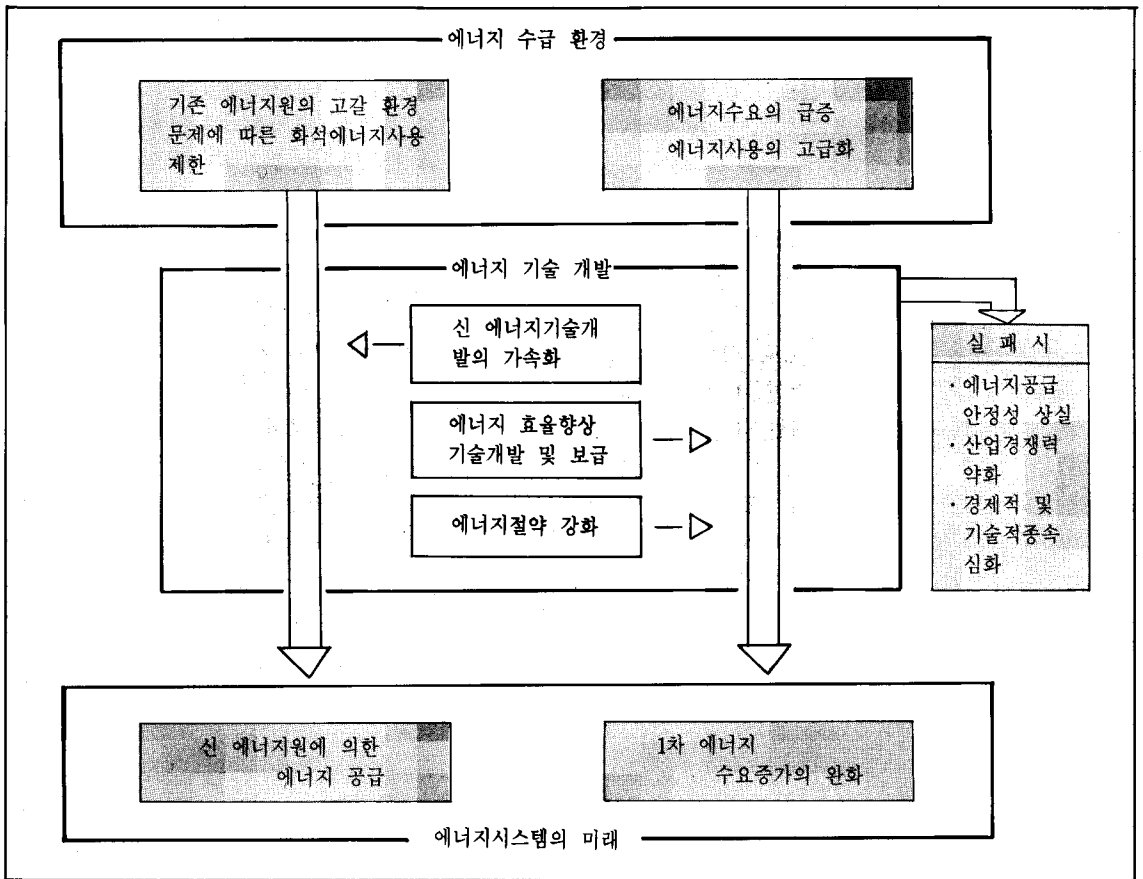


그림 1. 기술에 의한 미래에너지의 공급

도시화 할 수 있다.

2. 우리나라 에너지·자원 기술개발 추진현황과 추진방향

2.1. 투자 및 지원현황

우리나라의 에너지/자원 기술개발 투자는 표 2에 나타난 바와 같이 1983년부터 계속적으로 증가하여 1989년에는 5.3배에 달하는 1,735억원이 되었다. 1989년의 투자를 자금원별로 보면 정부가 531억원, 공기업이 964억원, 민간이 239억원으로 공공부문의 자금의 비중이 50%를 상회하고 있다. 또한 투자된 내역을 보면 연구소의 시설설치 및 유지비, 인건비 등의 기반투자가 1983년에는 47%에서 1987년까지는 40% 내외로 이루어졌고 1989년에는 30%로

되었다. 이러한 변화는 과거 연구기반조성의 비중에서 연구개발로 비중이 증가하는 바람직한 방향으로 보인다.

그러나 우리나라의 에너지·자원 기술개발 투자는 아직도 매우 부족한 여건에 있다. 주요 선진국의 정부투자 기술개발 자금은 '89년 미국의 23억달러, 일본이 27억달러에 이르고 있어 우리나라 '88년 투자액 0.78억달러의 30배 이상이 투자되고 있다.

이러한 투자규모의 영세성에도 불구하고 지금까지의 기술개발사업 내용을 보면 선진국의 기술계획을 거의 모방하는 등 나열식의 기술개발 계획을 추진하고 있어 실용화 위주의 기술개발이 현실적으로 불가능한 상황이다. 따라서 자금을 고려한 「선택적(Differenciated) 및 집중화(Focused)된 기술개발전략」의 중요성이 부각되고

표 2. 국내 에너지/자원 기술개발 투자현황

(단위 : 백만원)

구 분	1 9 8 3	1 9 8 5	1 9 8 7	1 9 8 9
정 부	26,432	32,364	41,547	53,110
공 공	5,842	15,816	48,514	96,433
민 간	517	6,417	18,159	23,949
합 계	32,791	54,597	108,220	173,482
기반투자	15,522	24,923	46,663	52,171
연구개발	17,269	29,674	61,607	121,311

자료 : 동력자원부, 「국내의 에너지/자원 연구개발 투자현황」

있다.

또한 정부재원의 경우 일반회계와 기금에서 지원되고 있으나 일반회계의 비중이 절대적으로 높고(정부 총기술개발투자액의 약 50%), 일반회계를 통한 기술개발투자비 증액이 현실적으로 어려운 상황이다. 이러한 이유로 자금조달 계획이 미비된 기술개발계획이 수립되어 왔으며, 결국 정부주도 「기술개발계획의 지속적 추진불가능」으로 귀결되고 있다. 실제로 대체에너지 기술개발사업의 경우 자금계획이 없는 기본계획을 실행하느라 주관부처에서는 해마다 자금확보를 위해 전전긍긍하고 있는 실정이다. 자금의 안정적 확보를 위하여는 기술개발목적의 기금이나 목적세등 제도적인 장치가 마련되어야 할 것으로 지적되고 있다.

에너지/자원분야의 기술개발특성상 적정규모 이상의 투자규모가 이루어져야 개발시 성공이 보장될 수 있다는 점을 감안하여, 투자규모의 확대와 안정적 자금조달방안의 제도적 마련으로 기술개발투자의 실효를 거두어야 할 것이다.

현재 에너지/자원 기술개발은 과학기술처의 신에너지 개발계획과 동력자원부의 대체에너지개발계획 및 절약기술개발계획으로 추진되고 있다. 이외에도 공기업인 한국가스공사 등의 자체기술개발계획에 의해서 기술개발투자가 이루어지고 있다. 그러나 이들 계획들은 각기 독립적으로 수립 추진되어 상호보완적 기능이 부족하고 기술개발계획간의 특화된 목표가 불명확한 점 등, 「국가 에너지/자원 종합기술개발전략」의 테두리

에서 종합화하려는 노력이 이루어져야 될 것으로 지적되고 있다. 또한 기술개발계획의 수립이 민간부문의 기술수요파악에 근거하는 수요지향(Need-Based)식 접근방법에 의하여 이루어지기 보다는 전문연구 인력의 전문 지식에 근거한 기술기반(Seed-Based) 위주의 기술개발 계획이 수립되고 있다. 이는 산학연 협력유인을 저해하고 있으며, 개발기술의 실용화 보급의 어려움으로 귀결되고 있다.

여기서 지금까지 우리나라의 기술개발사업의 추진 역사를 보면 실용기술개발보다는 개발자금이 비교적 소규모로 소요되는 기반조성차원의 기술개발투자가 많이 이루어져 왔다고 할 수 있다. 이제는 어느정도 기반조성이 이루어져 연구역량이 축적되었다고 볼 수 있으므로 실용기술위주의 기술개발 투자가 이루어져야 할 시점이라 할 수 있다. 실용화기술개발 계획의 추진은 실용 보급을 목표로 추진되는 것으로 민간 부문의 참여 없이는 기술개발이 이루어진다고 하더라도 기술보급이 이루어지기 어렵다. 따라서 민간참여하에 기술개발과 보급을 위한 정책 대안 등을 감안한 종합적인 실용기술개발프로그램의 추진 노력이 이루어져야 할 것이다.

2.2 우리나라 에너지·자원 정책 변화 과정에서의 기술개발의 역할

국가 에너지/자원 정책은 ① 에너지/자원의 안정적 확보차원의 자원중심 정책과 ② 기술개발을

통한 안정적 에너지/자원 공급체계의 확보라는 기술중심의 정책, 2가지 측면에서 생각할 수 있다. 2가지 정책기조중 어느 쪽에 더 비중을 둘 것인가는 에너지/자원 부존상황 등 각국의 특성에 따라 달라질 수 있으나 과거에는 대부분의 국가가 자원중심의 정책을 추진해 왔다고 볼 수 있다. 반면 일본은 자원중심의 정책에서 선사인계획, 문라이트계획들을 국책프로젝트로 추진하는 등 일찌기 기술 중심의 정책을 병행 추진하여 에너지/자원 분야 기술개발에 선도적인 위치를 점하고 있다.

부존자원이 빈약한 우리나라의 과거 에너지/자원 정책은 2차례의 석유파동을 겪으면서 탈석유화정책을 추구하는 한편 비축물량의 확대, 해외 자원의 안정적 확보를 위한 장기도입계약 등 자원중심의 정책기조를 유지하여 왔다. 그러나 최근의 국내외 에너지/자원 환경변화는 21세기 에너지/자원 정책이 자원중심에서 기술중심으로 전환 되어야 함을 시사하고 있다. 기술중심의 정책의 필요성은 다음과 같은 주요한 환경 변화로 정당화 될 수 있다.

- (1) 기술확보 없이는 화석연료 이용에 제약을 받게 된다. 현재까지는 주요 에너지원인 석유, 석탄, 천연가스만 확보하고 있으면 에너지안보에 문제가 되지 않았으나 CO₂ 배출규제 등 국제협약이 진행되면 이들 화석연료 사용이 제약을 받게 되고, 이들 화석연료의 사용가능여부는 CO₂ 저감기술, 효율향상기술 등의 확보가 관건이 된다. 특히 비교적 매장량이 풍부한 석탄자원을 이용하려면 환경기술 및 효율향상기술의 개발이 관건이 될 것이다.
- (2) 고급기술의 개발없이는 자원개발이 불가능하게 된다. 석유자원제약이 가시화 되면 EOR (Enhanced Oil Recovery), 타르샌트, 오일셰일기술 등 고급기술 없이는 석유생산 이용이 불가능해 진다. 또한 미래 핵연료의 안정적인 확보는 고속중식로 등 첨단기술의 해결 없이는 불가능하다.
- (3) 현재의 우리나라 에너지 공급체계하에서 에너지절약가능량이 곧 국산에너지라고 인식한다면 절약기술의 개발 및 보급은 국가 에너지수급과 직결된다. 우리나라 에너지 원단위가

선진국에 비하여 현저히 높다는 점을 고려하면 절약기술은 환경비용을 지불하지 않고서 에너지 안전공급에 기여할 수 있는 유일한 옵션으로 그 전략적 가치가 크다.

- (4) 공해영역에서의 자원개발지분의 확보는 기술의 확보가 관건이 되고 있다. 즉, 극지, 태평양 등지에서의 자원개발권은 기술의 확보에 달려 있다. 실제로 태평양해저 망간괴의 지분확보는 기술확보를 통한 자료확보 여부에 따라서 배정되게 되어 있다.
- (5) 지역적 편차가 그리 심하지 않은 신 에너지 개발 이용 여부는 신 기술확보가 관건이 되고 있다. 특히 이들 신 에너지개발의 궁극적 미래상이 공해영역에서의 지분확보로 이루어질 가능성이 크다고 볼 수 있고, 결국 신 에너지 기술확보여부가 관건이 된다.
- (6) 이외에도 국제환경문제가 무역장벽으로 이용될 가능성이 커지면서 에너지/자원 관련 환경기술의 개발은 곧 지속적 경제성장가능여부와 직결될 것이다. 더우기 핵폐기물처리기술, 핵발전소폐기기술 등 안전기술의 확보는 직접적으로 우리의 생활환경의 안전과 관련되어 있다.

결국 기술개발 없이는 에너지/자원의 확보, 전환, 이용 등 전과정에서 제약을 받게 될 것이 분명하다. 따라서 21세기에는 자원중심의 정책보다 기술중심의 정책 비중이 점차 증대될 것이 분명하다. 앞으로 우리나라의 에너지/자원 정책도 그 내용에 있어 기술중심의 비중이 점차적으로 상승 조정되어야 할 것이다.

2.3 미래 에너지·자원 시스템의 구성 방향

미래의 에너지/자원 환경은 과거와는 다른 차원의 급격한 환경변화를 맞이할 것으로 전망되며, 이에 대응하기 위한 우리나라의 에너지/자원 시스템은 다음과 같은 특성을 확보하는 방향으로 나아가야 하며, 기술개발 정책도 이에 부응하는 시스템의 연구개발 및 실용화에 초점을 두어야 한다.

2.3.1 환경적합형 시스템

대기오염문제, 지구환경문제 등 환경이슈의 대두로 환경적합형 에너지/자원 시스템의 구축은 향후 에너지/자원 분야 최대의 과제가 될 것이다. 과거 에너지 이용에 따른 대기오염문제는 사후적, 개별적으로 대응되어 왔으나, 앞으로는 에너지와 환경간의 조화를 바탕으로 한 사전적 정책의 수립 및 추진이 요구되고 있다. 또한 기후변화협약의 체결에 따른 CO₂ 방출감각 움직임에 대한 대응이 불가피하여, 지구 규모의 환경보존노력에 부합되는 에너지/자원 시스템의 구축이 과제로 부각되고 있다.

환경적합형 에너지/자원 시스템의 구축은 기존의 화석연료 중심의 에너지/자원계에서의 탈피를 의미하며, 총체적인 에너지/자원 이용의 합리화, 대체에너지개발의 활성화 등 환경부하가 적은 기술분야에의 꾸준한 투자를 요한다. 에너지/환경산업의 급격한 성장이 예상되고 있어, 공해형 연료(석탄)의 국제시장변화를 역이용하기 위한 석탄액화, 석탄가스화기술 등의 전략적 가치상승이 예상된다.

2.3.2 입지절약형 시스템

국토면적이 협소한 우리나라는 기존의 중앙집중형 에너지공급구조로는 증가하는 에너지수요에 대응하기 위한 소요입지의 확보가 어려울 것으로 전망되고 있다. 따라서 이에 대응하기 위한 입지절약형 시스템의 추구가 필요하다.

이를 위해서는 단위 생산에너지당 입지소요계수 개념을 도입할 필요가 있고, 입지절약형 기술개발(예: 발전선, 산지석탄발전소 등)에의 우선순위를 높게 부여할 필요가 있다. 열병합발전 등 분산형 에너지시스템의 보급도 에너지공급위주 설비의 입지 소요 등 부하(Overhead) 절감을 도모할 수 있다는 측면에서 그 가치가 평가되어야 한다. 또한 원자력 및 석탄발전소부지 재사용 관련 기술개발 및 투자에 정책적 비중을 높일 필요가 있으며, 중국 등과의 전력교역, 석탄액화/가스화 현지투자를 통한 저공해연료 수입체계의 전략적 경제성 검토도 필요하다.

2.3.3 분산형 시스템

분산형 시스템은 지자체 정착에 대비한 에너지수급의 지역간 균형 및 형평 추구에 부합된다고 볼 수 있다. 이는 수익자 및 이용자 부담원칙에 근거한 「입지기금」 개념의 도입을 통한 지역간 형평 및 입지확보의 어려움을 완화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

또한 분산형 시스템은 기존의 대형집중형 전원과 달리 수요지와 인접되어 송배전 손실의 저감 등 효율향상을 도모할 수 있다는 점에서 그 가치가 평가되어야 한다. 에너지집약적산업, 대형상업용빌딩, 대형아파트단지 등에 적합한 열병합발전시스템은 현행 35%선인 발전효율을 열 및 전력수용패턴에 따라서 7~80%의 높은 효율을 가능케 하여 적극적인 도입을 추구해야 한다.

또한 빌딩의 LNG냉방은 하계절 피크전력수요 감소를 유발할 수 있어 전력부하관리 측면에서 가치평가를 받을 필요가 있다.

이러한 분산형 시스템은 가스 등 청결에너지 이용설비 중소형화로 그 도입비용이 저하되는 등 보급실용화 유인이 증가하고 있어 실용보급촉진이 용이한 것으로 사료된다.

2.3.4 유연한(Flexible) 시스템

유연한 에너지/자원 시스템은 급변하는 국제 에너지/자원 환경변화에 대응하기 위해서 절대적으로 필요하다. 우리는 과거 2차례의 석유파동을 겪으면서 에너지/자원 시스템의 유연화 필요성이 간헐적으로 제기되었으나 제도적으로 유연화 체계 구축을 위한 노력이 미진하였다고 할 수 있다.

우리나라는 7~80년대 탈석유정책 및 직접비용최소화를 위한 공급구조 구축 노력으로 국내 에너지부문의 경직화를 초래하였다. 즉, 발전부문의 부하추종능력 저하, 전기품질유지의 과제, 석유정제부문의 고도화설비 투자부진, 장기도입계약 비중증대, 초기투자비가 높은 공급설비의존 등으로 에너지원 선택의 제약(Inflexible System)을 자초하였다고 볼 수 있다.

경직적 에너지공급구조는 단기적 측면에서는 안정적 공급구조일 수 있으나, 급변하는 국제 에너지시장과 국내 수요패턴변화에의 대응력을 저하시켜 결과적으로는 안정공급측면의 취약성을 증가시킬 우려가 있다.

· 유연성 제고를 위한 방안으로 업종별 특성을 고려한 혼소설비의 보급 지원, 에너지공급 유통 구조의 유연화(연료별 고유 유통체계에서 탈피) 등을 생각할 수 있다.

2.3.5 기술집약형 시스템

현 추세대로라면 21세기 우리나라 에너지의 해외 의존도는 90%를 상회할 것으로 전망되는 등 취약한 공급구조를 면키 어려울 것으로 전망된다. 따라서 우리나라는 자원빈국으로서 기술집약형 에너지/자원 시스템 개발을 통한 에너지/자원 안보문제의 극복은 숙명적인 과제라 할 수 있다.

기술집약형 에너지/자원 시스템 개발을 위해서는 보다 종합적이고, 전략적인 기본 『틀』 설정이 요구되고 있다.

- 환경적합형 기술개발 전략의 추구: 지구환경문제와 더불어 각국의 대체에너지개발정책의 재 활성화와 재편성이 이루어지고 있음에 비추어, 국내 에너지 기술전력도 재점검이 필요하다. 석탄의 액화/가스화 전략가치가 증대되고 있고 메타놀, 수소 등 청결에너지들의 우선순위가 높아지고 있다. 이들 청정에너지 기술들은 환경/입지 등 여러면에서 중요한 에너지자원이 될 것이며, 원자력에 부여된 수준의 정책적 비중을 이들 기술에도 부여하여야 바람직하다.
- 복합에너지 전략의 추구(에너지효율향상): 종래의 개별기기 수준의 에너지절약기술에 부가하여 종합에너지수급(Total Energy Flow)면에서의 효율화에 도움이 되는 연료전지, 고효율 가스터빈 복합발전기술(50% 수준의 효율), 열병합발전기술 등 복합에너지기술이 중요하게 되고 있다.
- 국민생활의 향상, 에너지수요부문의 변화에 대응하는 기술개발전략: 기술개발의 결과로 다양한 에너지이용기기의 개발이용이 예상되나, 이용면에서의 고신뢰도, 안전성, 편리성 등이 동시에 추구되어야 한다(예: 태양열주택 보급의 부진)

3. 우리나라의 에너지·자원 기술개발 계획

3.1 기술개발 목표의 설정

국가 에너지/자원 기술개발 기본계획을 수립하기 위해서는 우선 전략적인 목표가 정립되어야 한다. 이와 같은 기술개발 기본계획 목표의 정립을 위해서는 먼저 국가에너지 시스템의 기본적인 사명에 대한 인식이 필요하다.

국가에너지 시스템의 궁극적인 사명(Mission)은 국민경제활동을 원활하게 유지하는데 필요한 『에너지 소요량을 장기적, 안정적으로 공급』 하는 데에 있다.

우선 지속적인 경제성장이 보장되기 위해서는 에너지 시스템의 수요부문의 양적 증대가 예상되며 국민생활의 향상에 따라 수요자체의 질적 고도화가 예상된다. 이와 같은 환경변화에 대응하기 위하여 소요 에너지의 공급안정성을 추구하고 하게 된다. 수요의 질적 고도화는 에너지 소비주체들이 이용과정의 편의성, 청결성 등을 요구하는 경향을 말하며 이로부터 『청정 에너지』의 공급이 주요 과제가 된다. 이와 같은 외부적 요구에 대응하면서 이를 성취하는 과정의 비용부담과 에너지 손실, 환경오염 및 입지부담, 공공수용성의 문제 등 여러가지 외부 효과를 극소화하는 것은 에너지 부문의 중요한 과제이다.

또한 국가 에너지 시스템이 변화하는 환경하에서 장기적으로 미래 에너지 공급상의 여러가지 제약(화석에너지의 고갈 가능성, 환경오염 규제 강화, 지구 온실가스의 규제 등)을 극복할 수 있는 신 에너지 공급기술의 확보가 긴요해진다. 중단기적으로 이 문제는 해외자원의 개발도입 등의 수단으로 극복할 수 있겠으나 궁극적으로는 기술집약형의 에너지 시스템을 구축함으로써 미래에도 안정적으로 그 기본사명을 수행할 수 있을 것으로 이해되고 있다.

이상과 같이 국가 에너지 시스템의 가장 기본적인 목표는 『국가경제사회개발에 필요한 에너지의 안정적 공급』으로 요약될 수 있다. 그러나 주의할 것은 장기적으로는 에너지절대부족이 예상되고, 장기전망에서는 원가추정의 정확도에 높은 신뢰도를 줄 수 없으며 물량확보를 위하여 저가원칙을 포기하는 경우가 있는 등, 장기목표

	단 기	중 기	장 기
전략 목표	석유공급불안 예의 대비	국제환경규제 예의 대응	신 에너지원의 확 보
기술 개발 주요 목표			
목표 연도	2000년	2010년	2030년

일수록 안정성이 경제성에 비해 절대적인 중요성을 갖게 된다는 사실이다. 따라서, 경제성은 보다 단기적인 계획에서만 크게 의미있는 기준이 되는 것이다.

이러한 여러가지 요인들을 종합하여 볼때 우리나라의 장, 단기 에너지·자원 기술개발 목표는 다음과 같이 설정할 수 있다.

2000년까지의 기간을 단기로 분류하면, 이 기간 직후에는 OPEC의 수출 능력이 급격히 감소할 것으로 예상된다. 동시에 선진국에서는 새로운 에너지 기술들이 시장에 도입될 것으로 전망된다. 결국 2000년 이후에는 석유의 안정적 확보에 상당한 제약이 가해질 것으로 예상되며, 단기적인 기술개발 전략은 「석유공급 제약에 대한 대응 방안을 확립」하는 차원의 전략이어야 한다.

2010년경은 앞에서 살펴본 바와 같이 지구환경문제 중 주요 관심사인 지구온실 효과방지를 위한 CO₂ 규제가 현실화 될 가능성이 큰 것으로 예상된다. 따라서 2010년 이후에는 지구온실효과에 큰 영향을 끼치는 모든 화석연료의 사용이 심각하게 제한 될 것으로 생각된다. 그러므로, 2000년에서 2010년에 이르는 기간은 중기로 분류하여 이 기간 동안은 지구환경 문제와 관련하여 「국

제적인 환경규제에 대응하는 에너지 공급방안의 확보」를 기술개발 전략 목표로 하여야 한다.

현재와 같은 에너지소비 추세가 지속되고 획기적인 대규모 신 에너지원이 도입되지 않는 한, 2030년 이후에는 원유, 우라늄 등 기존 에너지원의 대부분이 고갈 또는 급감될 것으로 예상된다. 이는 2030년 이후의 에너지 시스템은 현재의 에너지 시스템과는 현저히 다른 형태의 새로운 에너지 시스템이 되어야 함을 의미한다. 따라서 2010년부터 2030년까지의 기간은 장기로 분류하며, 이 기간에는 미래의 에너지 시스템을 위한 「신 에너지원의 확보」가 기술개발의 주요 관심사가 될 것이다.

3.2 중점 개발기술의 선정

현재 추진되고 있는 중점개발 대상 기술은

- 에너지 이용효율 향상 기술
- 신 에너지원의 창출 기술
- 기존 에너지원의 새로운 변환 기술
- 국내 에너지 자원의 평가 및 발굴기술
- 기존 에너지 수급 시스템 기술의 국산화 등이 검토되고 있다.

이들 대상기술들은 기간 개념을 도입하여 개발계획을 수립하는 작업이 진행되고 있으며 유력하게 검토되고 있는 계획(안)은 다음 표 3과 같다.

표 3. 개발목표에 따른 단·중·장기 중점 기술개발 대상(안)

	단 기(~2000년)	중 기(~2010년)	장 기(~2030년)
전 략 목 표	석유공급불안예의 대비	국제환경규제예의 대비	신 에너지원 확보
기술개발 목표			
1. 전력 중심의 수요체제 확보	전 동 기 효율향상, 전 기 절약기기, 전지저장, 전기자동차, 초전도 응용		
2. 효율향상 및 절약	폐열회수기술, 열병합 발전, 히트펌프, 태양열급탕		
3. 화 석 연 료 효 율 향 상	보일러효율향상, 석탄가스화복합발전, 탈황/크래커, 연 료 전 지, CNG 자동차, 고효율 가스터빈		
4. 신 에너지 원 확보	에너지절약형건물 (단열기술, 조명기기, 에너지제어기술), 태양광 전지, 고속식로, 수소에너지		
5. 에너지 수급이외 목적	폐기물 처리기술 (직접소각, 건류가스화), 이산화탄소 고정화 기술, 원자력 안전성 확보 및 입지절약형 기술, 심해저 광물자원 개발 기술		

여기서 최근 정부에서 집중검토하고 있는 단기(2001년까지) 주요 기술개발 대상기술과 목표를 좀더 구체적으로 알아보면 다음과 같다.

신 에너지

- 태양광 발전: 실리콘 전지개발 보급, 비정질실리콘전지 박막형 및 Tandem 구조, 주택용 분리형 전원공급 상용화
- 석탄가스화 복합발전(IGCC): 100MW급 실용화 장치개발
- 초전도에너지: 100MW급 저장시스템 개발, 40톤급 고자장 선재개발, 50MVA 발전기 개발
- 연료전지: 인산형 200KW급 On-Site 개발, 용융탄산형 및 고체산화물형 실증실험
- 전력저장시스템: 50KW급 개량형 연속전지 개발, 100MW급 대용량 변환 시스템 개발

에너지 절약

- 산업공정효율 향상: 에너지절약 공정용 Software 실용화, 신분리 공정개발(촉매 등) 대용량 유도전동기개발, 고주파 유도가열장치 상용화 연구
- 미이용에너지 활용: 미이용에너지 활용, 지역 난방의 실증실험, 화학축열 및 저온도차 열수송 기술개발
- 폐기물 소각이용: 중소도시형 소각로 실용화(일 100~200톤)
 ※에너지절약 기술개발 100개과제(산업 65, 건물 13, 전기 13, 수송 9) 선정하여 '96년까지 기술개발 완료 계획

화석 에너지

- 석유탐사 및 유전개발: 탐사 및 전산처리 분석기술 확보, 굴착제어, 잔여 석유회수 기술개발
- 석유분해, 탈황: 촉매의 재생기술 확보, 고효

성·내독성 촉매개발

- 석탄 액화: 간접액화법 실용화, 촉매액화법 실증실험
- CO₂ 제거: CO₂ 고정화 및 흡수(이끼류 등) 기술개발

가 스

- LNG생산, 공급설비: LNG탱크 제작·밸브 및 배관국산화, 기화기제작, Stirling 냉동기술
- 가스이용기술: 대형가스열펌프 개발, 열공급시스템 표준화, 터보 고효율 보일러 국산화, 센서 및 부식방지 상용화

원 자 력

- 핵연료: 개량형 핵연료 개발
- 차세대 원자로: 차세대 경수로 기술개발

전 력

- 발전설비수명평가 및 구조해석: 플랜트 수명에 측 종합시스템 개발
(설비수명: 25년→40년, 정기보수: 1.5년→2년) 내구성 향상 금속·세라믹 재료개발
- 발전소 디지털제어 시스템: 종합감시 제어시스템 개발
- 차기초고압 송전 연구: 765KV 송전 달성 기술
- 배전 종합 자동화시스템: 중앙제어, 통신망에 의한 자동 배전시스템 실증실험

자 원

- 심해저 광물 자원: 음향, 영상처리기술 개발, 원격조정 채광기 실용화 저에너지, 고효수 제련기술개발
- 석탄광개발 자동화: 채탄, 수송 등의 자동화로

기계화율 81% 달성(현재 56%)
○석재 채석 및 가공: 초고압수, 3면 동시발파

기법, 채석기술 실용화 두께 5mm이하 박판
생산