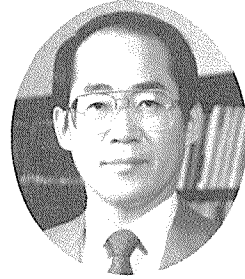


21세기를 향한 에너지 구조개선의 과제



李會晟
(에너지경제연구원 원장)

이 글은 지난 4월 4일 남북대화사무국 빌딩에서 열린 21세기 위원회(위원장 李寬) 주최의 「환경과 자원세미나」에서 발표된 주제논문을 옮긴 것이다. <편집자註>

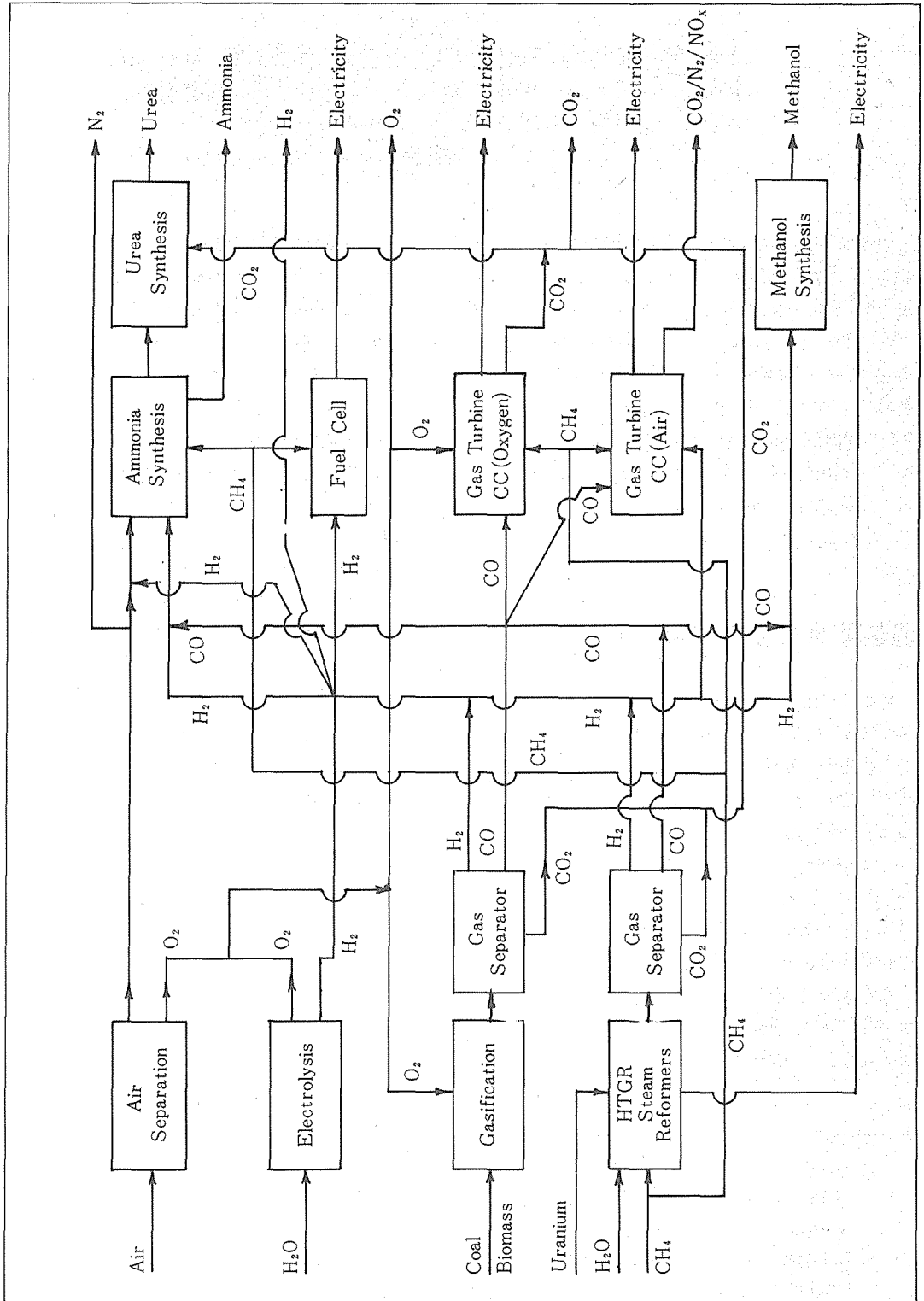
우리가 미래를 연구하는 이유는 이상적 미래상을 도출하고 이를 실제화하는 방안을 찾기 위함이다. 에너지시스템의 이상적형태에 대해서는 이미 많은 연구가 있었다. 그중 대표적인 것이 1987년 「Brundtland 보고서」로서 에너지와 환경과 경제성장의 구조적 갈등을 해소키 위한 미래 시스템을 제시했다.¹⁾ 비슷한 시기에 日本정부는 새로운 에너지 장기전망에 기초하여 이른바 「복합에너지 시스템」을 미래형 에너지시스템으로 설정한 바 있다.²⁾ 1989년 美國 MIT 대학의 연구그룹은 통합에너지시스템(Integrated Energy System)을 미래의 불확실성과 환경요소의 제약을 해결하는 시스템으로 제시했다.³⁾ 이들 연구는 공통적으로 다음 다섯가지의 특징을 이상적 에너지시스템의 필수요건으로 제시했다.⁴⁾

- ① 청결성
- ② 안정성
- ③ 안전성
- ④ 경제성
- ⑤ 견고성

이상적 에너지시스템을 일목요연하게 표시한 것이 <그림-1>에 제시된 MIT 그룹의 「수평통합적 에너지시스템」이라 할 수 있다. 이 시스템의 특징은 현재의 「수직통합적 에너지시스템」을 수평통합화 함으로써 불확실한 미래의 여건변화에 신속적으로 대응할 수 있는 능력을 갖추어 시스템의 견고성을 확보하는데에 있다.

1) World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford, Oxford University Press, 1987.
 2) MITI, 21st Century Energy Vision, Government Printing Office, Tokyo 1987.
 3) Thomas H.Lee, Ben C. Ball, Jr. and Richard D. Tabers, Energy Aftermath Cambridge, Harvard Business School Press, 1989.
 4) 21세기위원회에서 1989년에 발간한 “환경과 자원 인구 연구보고서”에도 미래에너지시스템의 바람직한 형태에 대해서 유사한 제시가 있다.

(그림-1) 수평통합적 에너지시스템



“오늘 환경오염과 자원낭비를 성장의 불가피한 부산물로 경시할 때 우리의 미래는 환경오염, 자원부족, 성장정지로 점철될 것이다. 미래는 오늘 태어나고 있다.”

그러나 바람직한 미래에너지시스템에 대한 설계는 많으나, 그것을 어떻게 달성할 수 있을 것인가에 대해서는 구체적인 제의가 없는 실정이다.⁵⁾ 실행방안이 없는 미래설계란 공상과학소설 정도에 지나지 않는다. 또 실행 방안이라 하여 제의된 것이라도 사회적 경제성이 없다면 현실화될 수 없으며, 현실화되어서도 안될 것이다. 본 논문의 목적은 바람직한 미래에너지시스템에 접근하기 위해서 추진하여야 할 과제가 무엇인가를 파악하는데 있다. 이를 통해서 현재의 시스템이 보다 빨리 이상적 시스템으로 이동할 수 있는 동인을 제공하자는 데에 있다.

결정의 당위성과 결과의 타당성

현재의 시스템과 미래의 이상적 시스템과의 차이는 무엇인가? 그것은 개별에너지원이 갖는 장점과 단점이 시스템내에서 보완되고 상쇄되어 시스템 자체가 신축성과 견고성을 갖게되는 것이다. 이러한 시스템과 현재의 시스템간에는 많은 괴리가 있다.

세계에너지 수요의 37.6%를 담당하는 石油는 스모그, 산성비 등 환경훼손을 유발하며 공급불안, 가격불안의 위험도 내포하고 있다. 石油대체에너지로 한때 기대를 받았던 석탄은 이제 지구온난화문제, 산성비문제 유발의 주요인으로 인식되어 공해에너지의 대명사가 되었다. 원자력 발전은 美國과 소련에서의 사고이후 안전성에 대해서 많은 소비자들이 의문을 제기하고 있다. 천연가스

는 공해유발효과는 적으나, 유통기반 조성의 막대한 투자 부담이 있으며, 신재생대체에너지는 실용화까지 장기간 연구개발투자가 필요한 실정이다.

현재의 에너지구조는 시장성을 바탕으로 해서 형성된 시스템이다. 따라서 시스템으로서의 평가는 에너지시장성이라는 요소가 현대 경제사회의 다양한 수요와 제약을 충실히 반영하는가에 달려있다. <그림-2>는 경제활동과 에너지 및 물질의 투입과 배출폐기물간의 흐름을 보여준다.⁶⁾ 이 흐름이 의미하는 것은 (1) 자원의 총투입량은 배출폐기물의 총량과 동일하며 (2) 배출폐기물이 환경의 자체정화능력을 초과할 때에는 사회적비용이 발생하므로 경제성장과 에너지와 환경간에는 선택의 문제가 생겨나고 (3) 시장기구는 에너지 및 물질의 투입과 전환의 전체 흐름에서 일부분만 담당하고 있다는 점이다.

따라서 에너지시장성은 불완전한 기준이며, 이 기준을 근거로 경쟁에 의해 결정된 에너지구조는 사회적 비용을 수반하지 않을 수 없게 된다. 즉 현재의 구조는 총체적 실제의 결과로 도출된 시스템이 아니라 각 부분의 독립적, 배타적 결정의 결과가 사후적으로 모아진 구성체에 지나지 않는다.

현재 에너지구조의 가장 큰 취약점은 불확실성에 대한 대응력이 약하다는 점이다. 미래의 상황변화를 사전에 모두 알 수는 없는 것이 현실이다. 그래서 미래계획을 수립하고 투자를 결정하는 사람은 미래에 생길 수 있는 여러가지 상황변화를 감안해서 최종결정에 도달케 된다. 또한 불확실성으로 인한 피해를 최소화하고자 위험분

5) 일례로 새로운 시스템의 도입을 위해 MIT그룹이 제안한 내용은 법적장애, 제도적장애, 정보소통의 장애 등을 제거해야한다는 것이 전부였다. Lee(1989) p.246 참조. 일본의 보고서도 대동소이하다. 새로운 시스템의 장점과 당위성만을 강조할뿐 도입방안에 대해서는 제안이 없었다.

6) R.U.Ayers and A.V.Kneese, "Production Consumption, and Externalities", "American Economic Review", LIX, No.3(June, 1969) 참조

산대책, 비상계획등 보완책을 마련하게 된다. 불행히도 에너지부문에서는 이러한 투자결정 관행이 소홀히 취급되었다. 미래를 잘못 예측했다기 보다는 예측된 미래가 틀릴 수 있다는 점을 간과하는 오류를 범한 것이다.

이러한 배경에는 주요에너지원의 공급구조가 독점적이었던 데에 있다. 독점구조하의 공급자는 미래 불확실성의 위험을 소비자에게 전가시킬 수 있으므로 미래위험에 대한 대응책 개발을 소홀히 하게 된다. 주요 石油소비국이 1차 석유위기가 있는 후에야 정부소유의 비상석유비축을 마련하기로 합의한 것이 한 예이다. 이와같이 공급파동에 대비하는 장치가 물론 있어야 하지만, 이 이외에도 수요변동의 불확실성, 가격변동의 불확실성, 기술변동의 불확실성으로부터 소비자를 보호할 장치가 있어야 한다.

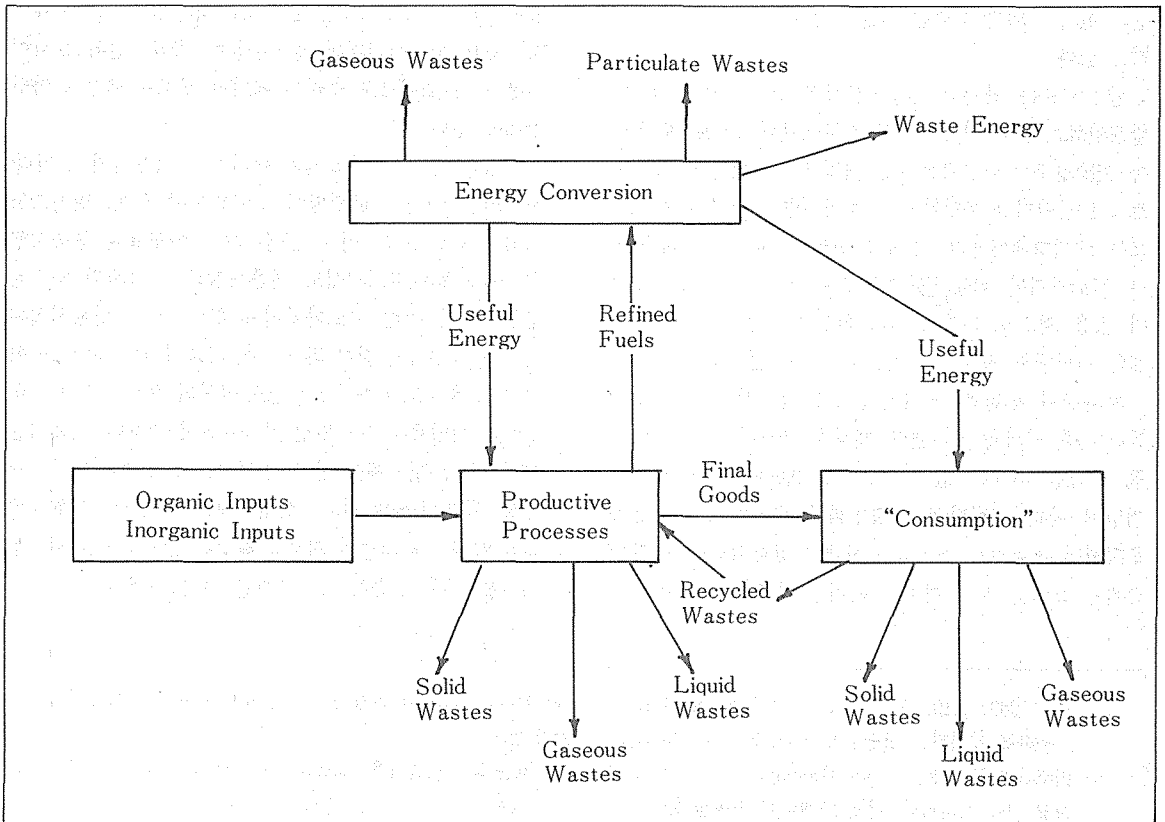
불확실성의 해소장치가 없는 상황에서 미래를 겨냥한

새로운 에너지기술, 에너지源의 도입에는 장기적 관점에서 면밀한 사전평가가 있어야 할 것이다. 눈에 보이는 문제 하나를 해결하기 위해서 새로운 문제를 야기시키는 우를 범해서는 안되기 때문이다. <그림-2>의 전체적 흐름 속에서 순효과를 평가해야 할 것이다.

에너지의 역사는 단기적 관점의 결정으로 점철되어있다. 20세기초에 에너지의 기저가 석탄에서 石油로 전환되었을 때 그 결정은 합리적인 것이었을 것이다. 石油는 값싼 에너지원이었으며, 풍부한 공급과 유통의 간편함, 사용의 편리함 등 현대산업사회의 에너지원으로서 이상적 요소를 모두 갖췄다고 평가되었을 것이다. 그러나 石油가격과 공급에 문제가 있을 수 있으며, 이 때문에 세계경제가 타격을 받을 수 있다고는 누구도 생각지 못했다.

원자력발전이 처음 시작되었을 때 핵에너지는 化石에

<그림-2> 물질의 흐름



너지의 유한성을 극복하는 다음세대의 에너지로 인식되었다. 발전원가의 절감 가능성이 매우 클 것으로 예상되었기 때문에 30년후에는 전력을 거의 공짜로 소비할 수 있을 것으로까지 전망되기도 했다.⁷⁾ 70년대초, 1차 석유위기후 원자력의 위치는 확고부동한 것으로 인정되었다. 그러나 그후 두번에 걸친 사고와 이를 극복하기 위한 투자비용의 상승은 원자력발전의 미래를 불확실하게 만들어 버렸다. 여기에 추가해서 핵폐기물 처리의 과제가 새로이 부각되었다. 이러한 새로운 변화는 원자력 에너지 사용을 처음 결정했을 때에는 예상되지 못했던 것들이다.

石炭의 공해문제는 오래전부터 인식되었다. 그러나 석탄공해의 외부성 때문에, 즉 공해비용부담의 어려움 때문에 문제해결은 지연되었으며, 석탄은 짝가격, 풍부한 공급여건을 바탕으로 시장성을 유지해 왔다. 최근 유럽에서 산성비 문제가 더이상 회피할 수 없는 상태로 나타나자 각국은 SO₂ 배출량 감소 공동목표를 설정하게 되었다.⁸⁾ 최근 化石에너지, 특히 석탄 사용에서 비롯된 지구온난화 현상에 대한 우려는 석탄의 공해성을 더욱 부각시키고 있다.

합성연료는 단기적 관점 결정의 본보기로 꼽힌다. 합성연료는 2차 석유위기후 石油 대체에너지로 부상했다. 美國정부는 석탄액화기술, 세일오일 개발등의 프로젝트에 10억달러를 투입했으나, 불과 4년을 넘기지 못하고 모두 백지화해야했다. 경제성 전망이 빛나갔기 때문이다. 石油가격이 30달러를 기점으로 해서 매년 실질상승이 있을 것으로 가정했는데, 현실은 그렇지 못했다. 결국 개발계획 자체를 포기할 수 밖에 없었다.

이와같이 수많은 에너지결정이 계획시의 예상과는 전혀 다른 결과를 초래했다. 계획을 구상하고 투자 집행을 시작할 때에는 最適에너지로 판단된 것이 시간이 지남에 따라 예상밖의 상황변화가 발생하고, 그 결과 부적합한 에너지로 판명되는 사례가 반복되었다. 이러한 결과가 모아진 것이 현재의 에너지 구조인 것이다.

필연적 과제

결국 바람직한 에너지시스템이란 현재의 시스템에 불확실성 대응능력, 시장의부성 관리능력이 첨가된 것이라고 정의할 수 있다. 그러면 어떻게 불확실성의 문제와 시장의부성의 문제를 최소화할 수 있는가? 21세기를 향한 에너지부문의 과제는 韓國의 내일을 짊어질 「미래 에너지源」을 발견하는데 있는 것이 아니라, 불확실성과 시장의부성의 문제를 최소화하는 방안을 강구하여 시장기구로 하여금 스스로 이상적 시스템을 찾아 움직이도록 하는데에 있는 것이다.

특히 韓國처럼 에너지의 여건이 특수한 경우에는 불확실성과 시장의부성 문제해소에 더 많은 노력을 경주해야 할 것이다. 우리의 에너지 여건중 가장 심각한 제약요인은 계속 증가하는 에너지 수입의존도이다. 현재 71% (원자력제외)인데 21세기 초에는 77%까지 증가할 전망이다. 국가가 에너지 수요중 77%를 해외공급원에 의존해야 한다는 것은 어떤 경우에도 좌시될 수 없는 것이다. 특히 수입에너지의 상당부분이 공급불안의 위험이 가장 큰 石油이므로 우리의 에너지 구조는 매우 취약한 상태에 있다.

다음의 주요 제약요인은 에너지 투자부담의 증가다. 전국에 천연가스 배관망이 설치되어야 하며, 발전소도 매년 2기씩 완공되어야 늘어나는 전력수요를 충족시킬 수 있다. 石油정제시설도 제품다양화, 고급화의 수요를 충족시키기 위해 고도화되어야 한다. 특히 탈황시설의 설치는 필수적인 것이 되었으며, 비축시설도 추가되어야 한다. 전국규모의 제품송유관도 설치되어야 한다. 원자력발전의 핵연료주기는 완전 국산화되어야 하며, 핵폐기물 처리시설도 설치해야 한다. 천연가스와 原油의 탐사·개발도 확대되어야 한다. 한편, 에너지 공급시설설치에 대한 일부 소비자들의 거부감 확산은 궁극적으로 시설투자비를 더욱 상승시키는 결과를 가져올 것이다.

7) Lee(1989) p.192 참조 : 1955년 미국 General Electric사의 David Sarnoff 회장은 1980년까지는 원자력 밧데리가 상용화될 것이라고 장담한바 있다. Fortune March 26, 1990 참조

8) 1985년에 United Nations Economics Commission for Europe은 SO₂ 배출량을 1992년까지 1980년 대비 30% 감소시킬 것을 합의했다. 현재 37개국이 참여했다.

이제까지 검토한 여러가지 제한적 상황을 감안해 불확실성과 시장의부성의 문제를 해소키 위해서는 다음 네가지의 과제들이 선행되어야 한다.

첫째, 에너지효율의 향상을 통한 수요의 조절이다. 이것은 매우 진부한듯 하지만, 에너지 부존자원이 넉넉지 못한 우리나라가 고율의 에너지수요증가를 감당하고 수입의존도의 위험을 줄이려면 에너지효율향상 이외에는 다른 방법이 없다. 에너지 효율향상의 또하나의 당위성은 환경개선의 효과에 있다. 스모그현상, 산성비등 대기오염을 에너지효율향상을 통해서 개선할 수 있다. 특히 지금 에너지 / 환경분야의 초미의 국제적 관심사로 등장한 지구온난화 현상의 궁극적 해결은 에너지효율향상을 통해서 가능한 것으로 판명되고 있다.⁹⁾

에너지효율향상을 어떻게 이룩할 것인가? 에너지기기의 효율향상도 중요하지만 보다 근본적으로 또 거시적으로 경제시스템의 에너지효율화가 이루어지도록 해야한다. 도시설계, 공업단지설계, 교통망설계, 기타 사회간접자본시설의 설계시에 에너지효율의 요소가 가장 중요한 인자로 고려되도록 해야한다. 향후 사회간접자본시설의 확충이 불가피한 실정으므로 거시적차원에서 에너지의 부담을 최소화하는 방안을 강구토록 해야 한다.

이것을 현실화시키려면, 주요 경제사회개발 프로젝트에 대해서는 에너지 및 환경영향평가를 의무화해서 환경과 에너지의 비용을 동시에 최소화하도록 제도적 장치를 강구해야 한다. 이것은 <그림-2>에서 “Productive

Process”와 “Consumption” 조직을 에너지와 환경차원에서 효율화하는 것을 의미한다.

에너지효율 향상의 목표가 달성되려면 무엇보다도 에너지생산공급자의 적극적 참여가 있어야 한다. 에너지 절약이란 기존 에너지원의 시장축소를 의미하기 때문에 절약과 기존 에너지공급원은 배타적 이해관계를 가지게 된다. 그러나 절약의 경제적 이익이 에너지공급자에게도 귀착되게 한다면 양자간의 배타적 관계는 해소될 수 있다. 이 결과 적극적이고 체계적인 에너지절약 프로그램이 개발될 수 있을 것이다. 美國 전력산업계의 Least Cost Utility Planning(또는 *Integrated Resource Planning*)의 예가 이에 속한다.¹⁰⁾

끝으로 에너지 소비관리를 집중화해야 한다. 특히 산업체, 빌딩, 주택단지 등의 에너지 소비관리와 효율향상투자는 집중화해서 규모의 이점을 살리고 에너지절약투자의 우선순위를 높이도록 해야 한다. 에너지수요란 부수적으로 파생되는 수요이기 때문에 개별적 수요 합리화를 위한 노력은 낮은 우선순위에 머물러 있는 것이 통례이다. 집중화를 이루기 위해서는 국가차원의 「에너지서비스수급계획」을 수립해야 한다고 본다.¹¹⁾ 즉 최종소비부문의 용도별 에너지소비분포와 특성을 기초로하여 에너지 서비스시장의 규모를 파악하고 이것을 대상으로 절약투자를 통한 이윤창출의 기회를 에너지 서비스시장 내에서 확대토록 하는 것이다.¹²⁾

이상적 시스템에 도달키 위한 두번째 과제는 경쟁과

9) OECD, Energy Technologies for Reducing Emissions of Greenhouse Gases, Proceedings of An Experts Seminar, April 12-14, 1989, Paris. 특히 Part A : Technology Options and Systems for Immediate or Short-Term Action, pp.1-273 참조 ; World Commission on Environment and Development(1987), pp.196-202 참조

10) Least Cost Utility Planning(LCUP)이란 전력공급측면과 수요측면의 자원잠재력을 동시에 분석, 평가하여 전력서비스의 수요증가를 최소의 비용으로 충족시키는 방안을 모색하는 전력투자계획기법이다. 미국 대부분의 주정부 전력규제위원회는 관할 전력회사로 하여금 LCUP을 수행토록 의무화하고 있다. 미국 전력산업의 경우, 2000년까지 LCUP에 의해서 45,000MW의 첨두부하를 절감할 전망이며, 중부하의 경우 25,000MW 절감이 전망되고 있다. OECD(1989) 보고서중 Alen J. Streh “Energy Efficiency and Global Warming”, pp.87-114 ; Electric Power Research Institute 1986년 보고서, Impacts of Demand-Side Management on Future Customer Electricity Demand, EPRI EM-4815-SR, Palo Alto, CA 참조

11) OECD(1989) 보고서중, G.R.Davis, “Responding to the Challenge of Global Warming : The Role of Energy Efficient Technologies”, pp.71-86 참조.

12) 에너지절약시장 개념에 대해서는 줄고, “에너지절약시장 기능과 역할의 평가” 한국자원경제학회 1987년 총회 논문 발표집 참조.

규제의 합리적 배합을 추구하는 것이다. 경쟁이 있어야 할 부문에 규제가 있고, 그 반대로 규제가 있어야 할 부문에 경쟁이 있지 않는지 검토해야 할 것이다. 그리고 규제의 당위성이 인정된 부문이라면 규제가 합리적으로 수립되고 집행되고 있는지 검토해야 할 것이다.

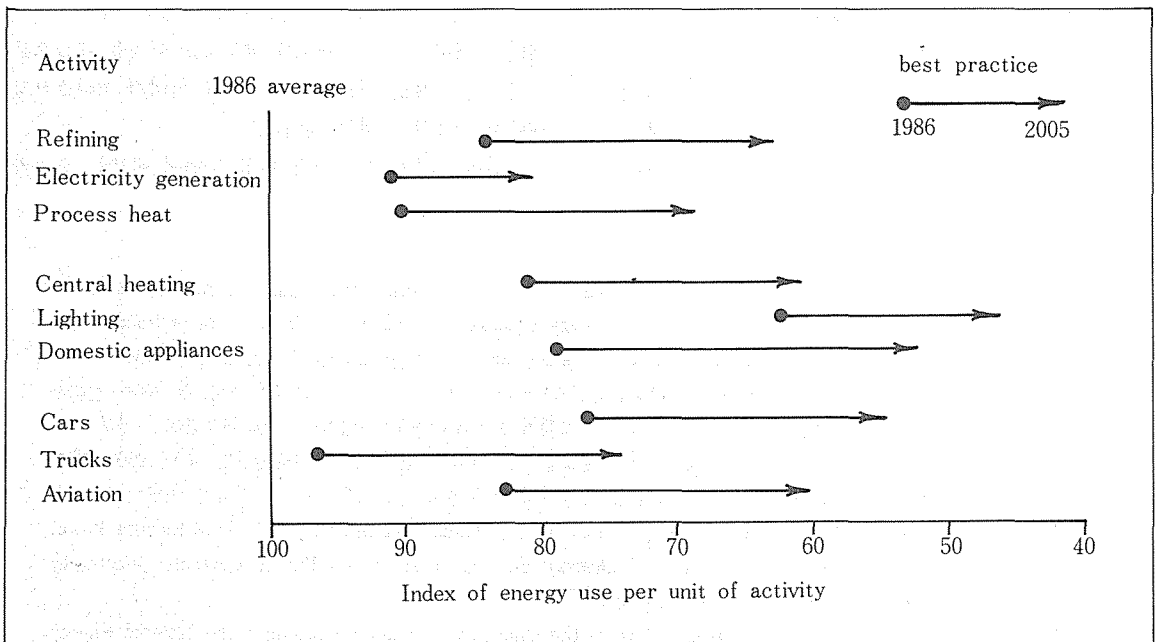
앞의 <그림-2>에서 제시된 바와 같이, 에너지와 물질의 전체적 흐름에서 시장기구가 관장하는 것은 그 일부에 지나지 않기 때문에 시장의부성의 문제를 치유하기 위해서 규제의 역할은 막중하다. 그리고 에너지공급구조의 독점적 특성때문에 경쟁관리를 위한 규제의 역할도 막중하다. 특히 전력산업, 액화천연가스산업, 석유산업의 독과점적 산업구조와 석탄산업의 정부지원체제의 합리화를 위한 규제의 역할은 막중하다 하겠다.

규제가 경제활동에 미치는 영향에 대해서 앞으로 더 많은 연구가 있어야 한다. 특히 한국의 에너지산업과 시장에서 규제의 경제적 효과에 대한 연구가 있어야 한다. 이 연구는 이상적 에너지시스템의 실현을 위한

구체적 정책도구를 제시할 수 있을 것이다.

세계, 에너지정책과 환경정책의 유기적관계의 정립이다. 환경문제는 경제성장의 제약요인으로 점차 부각될 것이며, 에너지는 환경문제를 악화시키는 주요인으로 부각되고 있다. 따라서 직정수준의 경제성장을 지속적으로 이루기 위해서는 에너지부문과 환경부문 정책이 조화를 이루어야 한다. 비록 양부문간에 행정체제와 조직은 분리되어 있지만 정책구상단계에서는 양부문간의 긴밀한 정보소통이 있어야 할 것이다. 특히 환경문제가 점차 국제이슈화하는 추세에 있으므로 향후 환경문제 국제협상에 대비하기 위해서도 양부문간에 원활한 정보소통은 매우 중요하다. 또한 국내적 에너지 결정에 대해서 국제적 개입의 발생소지가 높아지고 있는 점도 중시해야 할 것이다. 에너지 환경공해에는 국경이 없기 때문에 한국을 포함한 極東지역의 주요 국가들이 공동보조를 취하지 않는다면 極東지역의 에너지 공해방지의 효과를 기대할 수 없을 것이다. 특히 中國대륙에서의 에너지

<그림 - 3> 에너지 효율향상 가능성



13) OECD(1989) 보고서중 Part C 참조

환경공해는 한국과 일본에 직접적으로 영향을 줄 것이다.

네째, 에너지관련기술의 개발이다. 어떤 기술이 미래에 너지의 공급원으로 부상될 것인지 이미 널리 알려져 있다.¹³⁾ 특히 정보기술, 신소재기술, 생명공학 등은 미래 에너지공급 구조에 큰 영향을 줄 것으로 믿어지고 있다. 과도한 수입의존도를 줄이려면 현재의 자원집약적 에너지체제에서 기술집약적 에너지체제로 이행되어야 한다. 또한 이미 개발이 완료된 기술의 실용화 확산에도 많은 노력이 있어야 할 것이다. <그림-3>에 제시된 바와 같이, IEA의 에너지절약기술보고에 의하면 현존 최고기술의 활용만으로도 단기간에 20%-30%의 에너지효율개선을 기대할 수 있으며, 그 기술이 더욱 발전함에 따라 20%-30%의 추가 효율개선을 기대할 수가 있다는 점은 많은 의미를 던져주고 있다.¹⁴⁾ 정부의 중장기기술개발 추진계획에서 에너지분야 기술개발이 높은 우선순위를 갖도록 이 분야의 과학기술인은 노력하여야 할 것이다.

연구를 위한 연구도 중요하지만, 연구의 사회적 가치를 제고하고 이를 국가경제정책속에 융해시키는 노력을 하여야 할 것이다.

맺는 말

미래를 설계하려면 현재와 과거에 대한 보다 철저한 분석이 있어야 한다. 미래란 의생적으로 주어지는 것이 아니라 과거와 현재가 누적된 결과이기 때문이다. 과거의 오류에서 교훈을 얻고 이것을 오늘 활용할 때 바람직한 미래의 설계는 시작된다. 「무엇이 잘못되었는가」를 알때에 「어떻게 하면 잘 될 수 있겠다」라는 해답을 얻기 때문이다.

따라서 21세기의 미래란 멀리있는 것이 아니다. 매일 매일의 결정이 미래로 연결되고 있다. 오늘 환경오염과 자원낭비를 성장의 불가피한 부산물로 경시할 때 우리의 미래는 환경오염, 자원부족, 성장정지로 접철될 것이다. 미래는 오늘 태어나고 있다. 아인슈타인은 『나는 결코 미래를 생각하지 않는다. 미래는 생각할 겨를도 주지않고 곧 다가오기 때문이다』라고 토로했다. 21세기의 바람직한 미래상을 연구하면서 다시한번 음미해 볼 가치가 있다고 생각한다.♣

14) 각주 11 참조

□ 明心寶鑑 □

景行錄에 云하되
 明朝之事를 薄暮에 不可必이오
 薄暮之事를 晡時에 不可必이니라.

<내일 아침 일을 저물 때에 기필코 알지는 못하고,
 저물 때의 일을 오후에 기필코 알지는 못한다.>

예측할 수 없는 것은 세상일이요, 인생의 앞길이다. 내일 아침에 어떤 불의의 일이 일어날지 저녁에 알 수 없고, 저녁에 어떤 일이 일어날지 낮에 알 수 없다. 오직 착한 마

음과 올바른 행실로 하루하루를 살아야 할 뿐이다. 孟子도 <사람으로서 할 일을 다하고 天命을 기다리라(盡人事而待天命)>고 말했다.