

## 에너지 문제와 태양에너지의 역할

최 기 련

대체에너지개발센터

### **A Study on the Appropriate Role of Solar Energy Considering Unstability of Depletable Energy Market.**

**Choi, Ki-ryun**

*New Energy Development Center*

#### 요 약

태양에너지 기술개발 및 활용제고를 위해서는 고갈성 자원이 주도하는 현 에너지 시장의 불안정성을 고려할 때 Soft Energy Path에 대한 엄격한 해석이 요구된다.

Soft Energy Path는 태양에너지의 미래를 자동적으로 보장하는 것이 아니고 궁극 에너지 기술개발을 위한 중간기술개발 전략이 효율적으로 추진될 경우에 그 가치가 발휘될 수 있다. 우리나라의 경우 산업용 저열량 수요처에 대한 태양에너지 활용가능성을 구체화할 수 있는 전략이 Soft Energy Path의 요체가 될 것이다.

#### **ABSTRACT**

To assure the appropriate role of solar energy in the future energy mix scenarios, considering the inevitable volatile and unstable energy market, it is urgent to introduce the "Soft Energy Path" concept.

In Korean energy situation, the "Soft Energy Path" concept of solar energy has to be assured by the optimum technology mix of appropriate scale and quality for their individual tasks, especially in the industrial sector.

So, the solar society is requested to establish a conceptual innovation regarding the merits of soft energy path and of ultimate potential of solar energy.

## I. 에너지문제의 해석 및 새로운 해결방안의 모색

### I-1. 에너지문제의 해석

지난 70년대초 제일차 석유파동 이후 에너지문제는 간헐적으로 위기상황을 맞이하여 왔다. 가까운 사례로 금년초 「걸프」사태가 평화적으로 종식되어 현재 세계 석유시장은 안정세를 보이고 있으나 '90년대 중반까지는 또 다른 에너지 위기가 도래할 가능성이 크다는 지적이 많다. 더욱이 앞으로 다가올 위기는 전쟁과 같은 정치경제적 요인(즉, 비에너지요인)에 의해 유발되는 것이 아니라 에너지공급의 구조적 왜곡현상에 의한 것으로 예견되고 있다.

그러나 에너지 위기에 대해서는 많은 사람들이 간헐적으로 제기되고 그 나름대로 수습되기 마련인 것으로 인식하고 그 중요성을 간과하는 경향이 커지고 있다. 세계에서 에너지가격은 에너지 문제해결을 저해할 충분한 가능성을 누적시키는 낮은 수준에 있다. 대부분 산업국가들에 있어 제조업 평균생산원가에서 에너지비용은 전체의 5% 이내 수준에 있다. 에너지 제품가격에 국가가 독점「렌트」(Rent) 성격의 특별소비세를 부과 동일제품을 수요처별로 가격차등화 조치를 취한 가운데 차별「렌트」를 부과하지 않는다면 훨씬 낮은 수준을 유지할 것이다.

따라서 에너지 문제의 근원적 해결을 위한 국가자원 배분은 우선순위면에서 많은 경우 기대하기 힘든 여건에 있다. 그 대신 많은 국가에서 에너지 공급의 원활화와 급격한 가격변동의 방지를 위해 에너지 문제를 국제정치 문제로 간주하고 있다. 에너지란 원래 값싸고 원활하게 공급되어야 하는 것으로 전제하고 이 전제조건이 성립되지 않을 경우 경제논리를 벗어난 특별한 해결수단을 생각하게 된다.

역사적으로 이같은 에너지문제 해결사례는 수없이 많다. 중국, 이집트 등 고대문명 발상지에서의 수력자원 쟁탈, 목재쟁탈을 위한 영국과 프랑스간의 오랜 다툼, 석탄 등 기초자원 확보를 통한 제국주의 융성, 중동 석유자원 확보를 위한 제일차 세계대전 이후의 일련의 국제 정세변화 등이 그 대표적 사례이다. 그렇다면 이같은 에너지 문제해결의 역사적 경험이 앞으로도 되풀이 될 것인가에 관심이 모인다.

많은 현존예측에 의하면 궁극에너지원(Back-stop technology)개발이라는 근원적인 해결방안 제시없이 과거와 같은 해결방안이 또다시 효과를 나타낼 수 없다. 이는 후기 산업사회의 진입이 시작되는 현시점에서 인류문명 발달과정에서 누적된 속칭 「Energy Trap」(에너지 함정)현상을 더이상 방치할 수 없기 때문이다.

### I-2. 「Energy Trap」 현상

우선 에너지가 필요하다는 것은 인류생존의 기반이 되는 자원이 유한하다. 이에 반해 사람의 욕망은 무한하게 확대되기 마련이다. 따라서 자원제약을 극복하기 위해 인류는 자연에 대해 도전과 극복을 감행해야 했으며 이 과정에서 문명체계가 형성되어 왔다.

이에 인류가 자원제약을 딛고 현재 문명체계를 완성할 수 있었던 근본요인으로 「에너지」의 효과적 활용을 지적하는 많은 이론에 접하게 된다. 지구계에 부존된 자원「스톡」(Stock)은 유한한 것이지만 에너지는 「열린 界」상태로 우주로부터 무한한 유입이 가능한 유일한 재화이다.

「열린 界」상태인 에너지는 여타 자원고갈에 따른 문제점들을 “상당기간” 보완해 주는 능력을 가지고 있다.

인류가 생존을 위해 가장 원초적으로 자연에 대한 도전을 한 계기는 아마도 식량확보 때문

이였을 것이다. 인류가 식량문제를 해결한 경로는 수렵사회에서 농경사회로 전환하였고, 그 이후 농업생산성을 높이는 것이었다. 이러한 식량문제 해결경로는 에너지 투입량의 증대경로와 일치하고 있다.

그 후 「녹색혁명」이 농업부문에서 진행되어 상업용 에너지가 비료, 농약, 농기구, 연료, 관개용 연료 등의 형태로 대량투입되었다. 미국의 경우 콩(大豆) 함유 1「칼로리」(Kcal)를 생산하기 위해 투입되는 화석에너지의 양은 1945년에 0.25「칼로리」인데 반해 1970년에는 0.35「칼로리」로 증대되었다. 이 결과 동기간 중 미국의 콩재배 생산성은 두배로 증가하였다.

또한 산업혁명 이후 근대 산업사회의 출현과 함께 공산품 대량생산의 기초소재인 천연자원의 고갈 및 질저하를 증기기관과 같은 에너지 대량소비체계가 보완하여 주었다 대규모 확대 재생산체계가 근대 산업사회의 기반이지만 생산요소의 대량연속투입이 전제되어야 한다. 생산요소 가운데 산업혁명 이후 가장 먼저 한계에 봉착한 것이 천연자원이었다. 이는 천연자원의 고갈성에 따른 양질자원의 부족으로 표현되었다.

양질자원의 부족을 보완하는데는 에너지의 대량투입의 인위적인 「양질화」가 진행되었다.

동광석의 경우 19세기까지는 평균 10% 이상의 품위를 가져야 상용화가 가능하였다. 그 후 자원고갈로 20세기초 미국의 경우 평균 산업화 품위가 6%로 떨어졌고, 현재에는 0.5% 수준에 있다. 그러나 에너지 다소비형 제련공업기술은 저품위 광석의 활용도를 증진시켜 왔다.

노동력 부족 역시 에너지 대량투입으로 해결하여 왔다. 상업용 에너지가 평균적으로 낼 수 있는 역률(Power Factor)은 인간노동력이 발휘할 수 있는 에너지의 70배 정도에 해당한다.

따라서 자원제약은 지속적 에너지 투입확대가 가능하다는 전제조건만 충족된다면 현존 문명체계 유지에 큰 장애요인이 되지 못한다는

가설이 정립되는 셈이다.

이에 현존 인류 문명체계의 존속여부를 결정하는 주요요인으로 적기, 적지에 수요에 합당한 적량의 에너지 투입능력을 갖추는 것이다. 자원제약이라는 문제가 에너지 제약으로 변화될 가능성을 제시하는 것이다.

만약 인류가 에너지의 안정확보를 못할 경우 외부에너지에 의존하는 현재의 문명체계는 붕괴될 가능성을 안게되고 이것이 「Energy Trap」이다.

「Energy Trap」의 도래 가능성의 평가는 「엔트로피」(Entropy)법칙에 의해 결정된다.

「일을 할 수 없는 에너지」로 정의되는 「엔트로피」는 열이 일을 하는 과정에서 반드시 발생되고 또한 누적되어 간다. 인류가 생존을 위해 전개하는 모든 활동은 항상 새로운 기술을 요구하고 산업혁명 이후 기술개발은 에너지 대량투입구조를 가졌기 때문에 더 많은 에너지 투입이 필수적이다. 에너지 투입증가는 「엔트로피」의 증가를 가져오고 이는 곧 「엔트로피」 누적속도를 빠르게 한다.

「뉴턴」이래 지속된 우주기계체계론적 입장에서 “과학과 기술에 의해 더욱 질서있는 세계가 이루어 진다”는 세계관을 수정하여야 할 것이다.

「엔트로피」 증대의 대표적인 사례가 최근 관심을 모으고 있는 지구 온난화현상이다. 에너지 대량투입과 함께 공해배출, 환경훼손에 대한 비용을 아무에게도 부과하지 않는 상황이 장기간 지속됨에 따라 「엔트로피」의 급속한 증대는 여러가지 누적된 부작용을 표출하기 시작했으며, 그 첫 징조가 지구 온난화 현상일 것이다. 이에 에너지사용 댓가지불에 「엔트로피」 대책비용까지 포함하는 혁신적 에너지대책이 요구된다.

즉 에너지 사용에 관련된 사회비용을 가격체계내부에 포함시키는 내재화 조치가 불가피하며 이는 현존 에너지시장의 근본적 개혁을 가져올 것이다. 따라서 기존의 에너지 기술체

계의 경제성 평가기법의 대변혁이 또한 불가피할 것이다. 이러한 에너지체계의 사회, 경제적 평가기준의 전환은 Soft Energy Path로 대변되고 있다.

### I-3. Soft Energy Path 개념의 경제성 평가

Soft Energy Path의 기본개념은 공급중심의 에너지시스템을 개선하여 수요측면에 중점을 두는 것에서 출발하였다. 에너지 수요를 「니즈」나 수요측면에서 분석하고 여기에 가장 적절한 공급기술과 소비기술체계를 연계하는 개념이다. 그러나 현 중앙집중식, 고갈성 화석에너지 위주, 낭비형 공급체계의 부작용을 개선하려는 노력을 강조하다 보니 소규모, 재생가능에너지 위주 에너지 공급체계가 Soft Energy Path의 전부인 것처럼 이해되기도 했다.

Soft Energy Path를 달성하는 방안은,

① 에너지 수요분석의 강화를 통해 공급과 소비 양측면에서 낭비를 제거하여 투입에너지량과 유효에너지의 격차를 줄이고 궁극적으로 「엔트로피」를 절감하며,

② 화석에너지의 사용을 재생가능에너지로 가능한 대체하는 한편, 화석에너지의 불가피한 사용은 전환과정에서 낭비를 최소화하는 기술체제도입으로 보완하며,

③ 이같은 목적이 달성되도록 지금까지의 기술에 새로운 에너지 기술평가기준을 도입하여 학제적(Interdisciplinary) 기준으로 변화하는 것 등이다. 이 과정에서 에너지문제 접근 목표를 공급안정성에서 소비자 효용극대화, 외부비용을 포함한 경제성 확보, 장기 「위험」 요소 감축 등으로 다변화할 것이 요구되고 있다.

이같은 에너지체계에 대한 근원적 접근방법은 최근 강조되고 있는 “과거연장형” 미래예측이나 경제성 평가기법의 개선추세에 따라 Integrated Resources Planning, 혹은 Least Cost

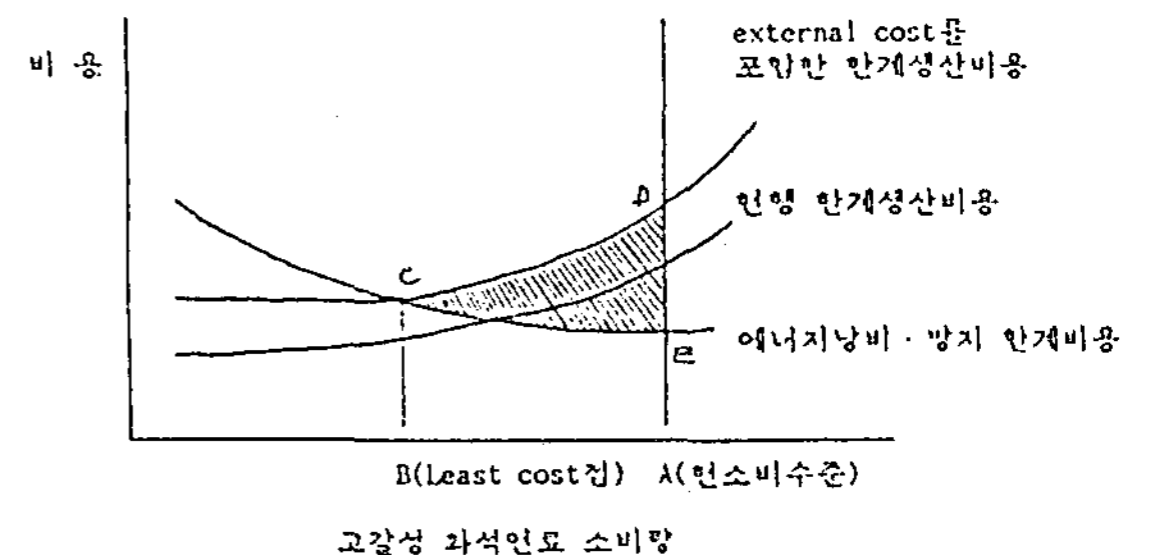
Planning 등과 Soft Energy Path의 결합이 진행되고 있다.

Soft Energy Path의 장점은 우선 에너지생산, 유통, 소비에 관련된 사회비용의 최소화라는 점에 있다. 에너지 안정공급이 우선과제인 기존 체계하에서는 에너지 생산자의 사적비용 개념에 의거하여 왔다. 그러나 Soft Energy Path에서는 에너지관련 사회비용을 생산자 사적비용 개념에 덧붙여 장기, 거시경제효과와 환경효과, 그리고 위험(Risk)발생 예상비용까지 합하여 평가한다.

Soft Energy Path가 총사회비용 적정화를 위해 우선 요구하는 것은 고갈성 화석연료의 낭비적 사용규제이며, 그 효과는 다음 [Fig. 1]에서 살펴 볼 수 있다. 에너지소비에 따른 사회적 순편익(Net Social Gain)을 극대화하기 위하여, 사회적 편익함수  $D(q)$ 와 총체적 비용함수  $S(q)$ 와의 차감분인  $\int\{D(q)-S(q)\}dq$ 를 극대화하는 최적화 모형을 풀어야 한다. [Fig. 1]에서 최적소비량  $q^* = B$ 가 도출되며, 이 경우 A에서 B로의 소비량조정은 빗금표시된  $\triangle CDE$ 만큼의 순편익 증대로 귀결된다.

[Fig. 1]에서 고갈성 화석연료 소비를 현 수준 A에서 시스템 최소비용을 시현하는 B수준까지 줄이는 조치를 Soft Energy Path라고 정의할 수 있으며, 그 장점도 명백하게 나타나고 있다.

그러나 현 소비수준 A에서 B수준으로 조정될 경우 부족분을 보완하는 과정에서 대체에너지 경제성 확보가 새로운 과제로 등장한다. 우선 사회비용차원에서의 확보된 경제적 편익을 기



[Fig. 1] Soft Energy Path의 경제성 달성경로

술개발재원으로 활용할 수 있는 제도를 도입하여 대체에너지, 특히 재생가능 에너지의 확대 활용가능성을 찾아야 할 것이다.

## II. 사례적용

### II-1. 우리나라 태양에너지 개발계획의 실태 및 문제점

현존 에너지원의 근원은 우라늄과 지열을 제외하고는 태양에너지이며, 태양에너지 활용의 증대는 지구의 「열린 界」를 활용하는 것으로 문명체계 유지, 발전에 대단히 중요한 의미를 갖는다.

그러나 우리나라의 태양에너지 활용의 기술적 잠재능력을 현시화하는데는 미흡한 점이 많기 때문에 그 잠재능력의 가치가 무시되는 여건에 있다.

우리나라의 경우 대체에너지 기술개발사업이 시행된 '88년 이후 '91년까지 태양에너지분야에 대한 연구비 비중은 전 대체에너지분야 지원가운데 금액기준 41.3%, 과제수 기준 30.5%로서 과제선정 당시 태양에너지 기술적 가능성에 대한 중요한 배려가 있었다. 이에 반해 이용측면에서 태양에너지가 전체 대체에너지 중 기여한 비중은 '91년 기준 3.1%에 불과하다. 따라서 수입에너지 의존도가 90%를 상회하고 기술자원의 조속한 실용화를 통한 에너지 자립도 제고를 위한 시책의 정책적 우선순위가 높아지는 현시점에서는 태양에너지에 대해 종래와 같은 집중적 지원시책이 불가능할 가능성이 제시되고 있다. 이러한 상황은 궁극에너지개발의 대상으로서 태양에너지의 가치를 저평가할 우려를 낳게 하고 있으며, 자칫하면 기술개발능력의 지속적 확충을 저해할 수 있기 때문에 장기적 관점에서 사회적 손실을 초래할 수도 있다.

[Table 1] 대체에너지기술개발 및 보급에서의 태양에너지의 비중(1988~1991)

	태양에너지	태양에너지 총계
R/D지원금액(백만원)	7,805 (41.3%)	11,685
지원과제수	50 (30.5%)	164
보급량(천T.O.E)	12.7( 3.1%)	412.6

위와 같은 문제점들은 우선 기술개발과 그 실용화 단계를 평가하는 첫단계인 경제성 공학(Engineering Economics)적인 평가기준 설정에서부터 연유된다. 즉 신기술의 실용화에는 과학이론적 타당성 평가(Scientific Feasibility), 산업부문에의 적용타당성 평가(Technical Feasibility) 및 상업적 실용화 타당성평가(Commercial Feasibility) 단계를 순차적으로 밟아야 한다. 그러나 많은 경우 기술개발 기획단계에서 Technical Feasibility와 Commercial Feasibility 단계를 통합할 수 있다는 낙관적 견해로 단기적인 합리화 경향이 크다. 특히 우리나라의 기술개발계획들은 그 성격과 계획의 내용이 어긋나게 혼재되어 있으며 이로 인해 실행성이 제대로 확보되어 있지 않고 있다. 또한 기술개발기획이 연구수행 당사자에 의해 주로 이루어져 왔기 때문에 자의적 합리화과정이 일부 게재되어 왔으며, 계획 작성순서가 계층적 위상체계상 역순으로 되어 있는 문제점이 있어 왔다.

따라서 태양에너지 가치를 궁극적으로 최대한 반영할 수 있는 미래기술개발도 중요하지만 미래기술개발의 기반인 현시점에서의 기술개발투자효과가 입증되는 속칭 “중간기술”개발 전략(Mid-Phase Strategy)이 미흡하였다.

중간기술개발 전략(혹은 이행단계 기술전략)의 중요성은 현존 주종에너지인 고갈성 자원시장이론에서 유추할 수 있다.

고갈성 자원시장은 그 공급탄력성이 무한한 궁극에너지원이 출현하는 때까지 그 시장 불안정성과 주기적인 시장급변(파동)은 불가피하다.

이는 양질자원의 고갈에 따른 기회비용이 시장형성에 작용하고 주기적으로 기대수익을 변화가 수반되기 때문이다. 따라서 우리나라의 태양에너지 개발전략의 개선방향은 고갈성 자원시장의 기대수익을변화를 완화시킬 수 있는 유일한 방안은 효율적인 중간기술개발에 있다는 점에서 출발해야 할 것이다.

## II-2. 중간기술개발단계로서 태양에너지의 활용가능성

“중간기술”로서의 태양에너지의 가치는 Soft Energy Path 측면에서 규명될 수 있다. Soft Energy Path 개념에 의하면 수요여건에 가장 적합한 에너지원(기술)을 대응하는 전략이 장기적인 관점에서 공해발행 억제, 고갈성 자원 사용절약 및 소비자 보호측면에서 가장 바람직하다. 예컨대 가정용 취사연료로 고열량발생 에너지원인 천연가스를 사용하는 것은 현시점에서 공해발생 억제, 사용편의성 관점에서 바람직한 것이지만 장기적인 관점에서는 고열량 에너지원인 천연가스를 저열량 소비처인 취사 분야에 사용하기 때문에 낭비적 요인이 되며 이는 곧 기술개발의 대상과제로 간주되어야 한다.

이에 「엔트로피」의 감소를 위해서는 소요처별 요구열량에 따라 적합한 기술을 대응시키는 전략이 Soft Energy Path의 단기적 최대 현안 과제로 등장하고 있다. 또한 이것은 태양에너지 활용촉진의 가장 큰 가능성을 제시하는 부문이기도 하다.

미국의 경우 총 유효에너지(Enthalpy)의 58%가 열형태로 사용되며 이 열소비의 35%가 100°C이하이며 44%가 315°C이하이다. 또한 총 유효에너지의 35%가 수송용 액체연료이다. 결국 총 수요의 8%만이 고열(815°C이상)형태로 소비된다. 따라서 최소한 1,000°C이상 발열량을 내는 기존 화석연료를 저온이나 중온이 요구되는 부문에 활용하는 것은 낭비이며 투

입열량 기준경제성이 평가되어야 한다는 주장이 일고 있다.

우리나라의 경우에도 1990년도 제조업부문 투입에너지량 중 고온 직접가열은 전체투입량의 55.6%이며 태양에너지가 활용될 수 있는 저온직접가열, 난방, 온수, 조명 등 에너지수요가 전체의 7.5%~27.1% 수준에서 있다.

이를 에너지량으로 환산하면 최저 1,714천 T.O.E, 최고 6,194천 T.O.E에 이르고 있으며 최저치만을 감안하더라도 1990년 태양에너지 이용량의 약 140배에 달한다.

[Table 2] 제조업부문 에너지 투입공정 분류(1990)  
(단위 : %)

에너지 총소비량	에너지원별 투입	수요부문별 분류
22,856T.O.E	석탄류 : 42.7	공정용증기,온수 : 19.6
	석유류 : 34.6	저온직접가열 : 15
	가스류 : 13	고온직접가열 : 55.6
	구입전력 : 18.4	난방 : 5.0
	자가발전 : 3.0	절력용 : 16.5
		전기화학 : 0.8
		조명,기타 : 1.0

<자료> 동력자원부 : 1990년 에너지 총조사보고서

따라서 에너지 질과 수요특성을 연계하여 태양에너지 기술개발전략을 재조정하는 것이 시급하며, 자연채광이용, 산업부문 자연형 태양열시스템 개발, 냉·난방용 설비형 기술개발이 시급한 것으로 평가된다. 그리고 미래기술에 지나치게 비중을 두고 학문적 관심에서 미래기술의 기초연구에 치중해 온 현재의 기술개발전략은 수정되어야 할 것이며, 태양에너지 수요개발을 위한 부문별 기술평가작업이 요구된다.

에너지 기술평가는 원론적으로 특정수요를 만족시키기 위해 다양한 경로가 있다는 것에서 출발하여야 한다. 또한 평가과정에서 기술 그 자체만을 비교하는 단계를 지나 그 기술을 활용하는 유통, 저장, 소비체계를 포함한 전시

시스템 비용으로 비교해야 하며, 기술별 고유시스템을 인정해야 한다.

그러나 기존의 기술평가에서는 대체에너지 같은 신기술은 독자적인 생산체계만 있고 나머지 소비관련체계는 현행 상업용(대부분 중앙집중식) 에너지체계를 활용하는 것을 전제로 하였다. 이러한 비교의 비대칭성 문제는 규모의 경제를 고려하지 않는 미래예측의 유효성에 대한 의문을 제기하고 있다.

이러한 관점에서 태양에너지 기술개발에 있어 국산에너지로서의 적절한 가치를 부여받아야 할 것이다. 국내의 경우 이에 대한 연구가 극히 초기단계에 있다. 그러나 최근 필자가 진행중인 연구중간결과에 의하면 태양에너지와 같은 국산에너지가 공급파동에 대비하여 추가로 부여받아 경제성평가에 활용할 수 있는 가치는 금액기준으로 석유환산톤(T.O.E)당 1990년 기준 36만 2천원으로 시산되고 있다.<sup>1)</sup>

따라서 태양에너지 개발의 활성화를 위해서는 국내 기술관련연구계에서는 국제유가와외 단순경제성 평가에서 벗어나 특화된 수요처에 적합한 태양에너지기술(속칭 Niche Technology) 목록작성과 적용기술내용을 제시하는 중간기술연구사업에 착수할 것을 검토해야 한다. 이러한 기술부문연구가 진행되어야만 에너지 경제적 연구분야에서 태양에너지의 가치 재평가와 개발전략성안을 구체적으로 추진할 수 있을 것이다.

### III. 결 론

본 연구에서는 고갈성 자원의 시장불완정성과 연계된 고갈성 자원에 의존하는 현재의 에너지시장의 취약점을 분석한 결과 궁극에너지원 기술개발의 불확실성에 대응하여 현시점에서 중간기술개발전략(Mid-phase Strategy)이 태양에너지의 개발의 요체임을 밝혔다. 이는 곧 태양에너지 기술연구측면에서 최근 강조되고 있는 Soft Energy Path 전략과 일치하고

있다.

따라서 태양에너지 기술개발은 수요조사를 통해 에너지의 질적 요구에 부응할 수 있는 태양에너지 기여가능성을 제시하고 적정 기술공급경로를 구성하는데 우선 치중하여야 할 것이다. 특히 산업부문 저열수요처에 대한 태양에너지 공급대책이 필요하다. 이에 우리나라의 태양에너지 개발에서 Soft Energy Path 개념은 미래 기술개발보다 대체가능한 있는 수요개발에 치중한 Mid-Phase Strategy로 재인식되어야 할 것이다.

註) 에너지파동이 야기되어 공급장애가 있을 경우 사회적 피해비용(Social Cost)은 다음과 같이 정의된다.

$$SC = \left| \int_{t_0}^{t_1} (ax + b) dx \right|$$

$t_1$  = 초기상태(에너지 완전공급 중단시기)

$t_0$  = 말기상태(에너지 공급 완전충족시기)

$a$  = 에너지공급파동에 대한 한계피해액

$b$  = 초기상태의 피해액

$x$  = 에너지공급 수준

위 식에서 사회적 피해비용은 에너지 완전공급중단시 곧 GDP와 일치하는 것이고 석유공급장애만을 대상으로 1990년(G.D.P=1,684,378억원, 에너지소비 9,319만원 T.O.E, 석유의존도 52.9%)을 대상으로 공급파동의 발생가능성을 10%로 계산한다면,  $S_c = 4,615$ 억원/일,

$t_0 = 0$ ,  $t_1 = 25.5$ 만 T.O.E/일이라고 가정할 수 있으며

$a = \frac{b}{25.5 \times 10^4 \text{ TOE/일}}$  이므로 말기상태의 한계 피해액은

$4,615 \times 10^8 \text{ 원/일} = \left| (ax^2/2 + bx)^{25.5} \right|$  에서 362만 원/T.O.E로 계산한다.

따라서 에너지 완전공급 중단시( $t_1$ ) 기대한계 피해액은 미국의 C. Horwich의 "Oil shock, Market response and contingency planning"(Washi-

ngton, American Enterprise Institute) 연구에서  
공급발생확률 10%를 적용하면  
기대한계피해액 = 초기시점 한계피해액(b) × 공  
급과동  
확률(10%) = 36.2만원/T.O.E로 시산된다.

### 참 고 문 헌

1. Amory B. Lovins, "Soft Energy Technologies" Annual Review of Energy. Vol. 3, 1978.
2. W. Hafele and W. Sassin, "The Global Energy System" Annual Review of Energy. Vol. 2, 1979.
3. Phillip G. Lebel, "Energy Economics and Technology" Johns Hopkins University Press. 1982.
4. James M. Griffin, "Energy Economic and Policy" Academic Press College. 1986.
5. William Hogan, "Energy Security Revisited" Harvard University. 1988.
6. Jose Goldemberg et. al, "Energy for a Sustainable World" World Resources Institute. 1989.
7. 동력자원부, "에너지총조사보고서" 1990.
8. 안병훈 외, "대체에너지 장기개발목표설정 에 관한 연구" 동력자원부. 1989.
9. 최기련, "에너지경제학" 비봉출판사. 1989.
10. 최기련, "국내에너지 자립도 설정에 관한 고찰" 한국에너지연구회. 1992.



the increasing of the annealing caused the peak shifted to the long wavelength region.

And by experiment of the X-ray diffraction, it is shown to grow the grains of the thin film with increasment of annealing temperature.

The test results from the ITO<sub>(n)</sub>/Si<sub>(p)</sub> solar cell are as follows.

short circuit current :  $I_{sc}=31$  (mA/cm<sup>2</sup>)

open circuit voltage :  $V_{oc}=460$ (mV)

fill factor :  $FF=0.71$

conversion efficiency :  $\eta =11$ (%). under the solar energy illumination of 100(mW/cm<sup>2</sup>).

### **A Study on the Apporprate Role of Solar Energy Considering Unstability of Depletable Energy Market.**

**Choi, Ki-ryun**

*New Energy Development Center*

#### **ABSTRACT**

To assure the appropriate role of solar energy in the future energy mix scenarios, considering the inevitable volatile and unstable energy market, it is urgent to introduce the "Soft Energy Path" concept.

In Korean energy situation, the "Soft Energy Path" concept of solar energy has to be assured by the optimum technology mix of appropriate scale and quality for their individual tasks, especially in the industrial sector.

So, the solar society is requested to establish an conceptional innovation regarding the merits of soft energy path and of ultimate potential of solar energy.