

대체에너지기술개발에 대한 정부지원정책효과 분석 - 태양에너지개발사례를 중심으로 -

최 기 련

아주대 에너지학과

Public Policy and the Diffusion Effects in N.R.S.E - The Case of Solar Energy in Korea -

Ki Ryun Choi

Department of Energy, Ajou University

요 약

정부의 기술개발정책은 신기술의 확산 및 보급에 긍정적인 역할을 하는 것으로 알려졌다. 그러나 정부정책의 비효율성에 의한 "정부실패"에 대한 검정은 항상 필요로 한다. 논문은 한국의 태양에너지 관련 정부정책의 효율성을 주요 신재생에너지기술로서 사회경제적인 가치판단 모형을 설정하고 이를 태양에너지 기술개발 관련 당사자들에 대한 설문조사를 통해 검정을 시도하였다. 주요 연구결과로는 다음과 같은 점에 관련된 정부정책의 보완이 요구됨을 발견하였다.

- 연구관련 주체들간의 역무분담의 비효율성
- 기술혁신 이행단계의 신속이행 전략의 미흡과 기술혁신 정보흐름의 비효율적 체계
- 정부출연연구소를 중심으로 한 학계의 기초, 응용단계 연구의 과도한 기술개발 주도 체계 유지 및 민간기업의 단계적 이익에 집착한 "무임승차" 기대

따라서 태양에너지의 실용화를 목표로 하는 현행 정부정책의 개선방향으로는 동태적 정책목표설정과 이에 따른 중점지원 연구주체의 설정원칙이 요구된다.

Abstract—Public policy is generally considered to have a positive effect on the emergence and rate of diffusion of new technology with unintended possibility of "government failure". This article explores the relationship between a variety of Korean public policies and diffusion of solar energy technology by incorporating evaluation method of socio-economic value of solar energy as one of important N.R.S.E (New and Renewable Sources of Energy) through an empirical test using data from direct mail survey.

The article presents findings regarding several ineffective points of the current public policies as follow;

- ineffectiveness of the division of research efforts among different type of research organizations
- lack of technological information flow toward final stage of innovation (social acceptance)
- over-dominant position of government supported laboratories and irresponsible behaviour of private companies with a "free-rider" expectation

It is recommended to establish a policy initiative to the targeted solar community under dynamic policy perspectives to promote early commercialization of solar technologies maximizing the value of solar energy as a major source of alternative energy.

1. 서 론

국내에너지자원이 부족한 우리나라의 경우 대체에너

본 연구는 아주대학교 1995년도 특별공모연구비 지원에 의해 수행되었음.

지 개발 및 활용촉진은 지난 70년대초 석유파동이후 에너지계의 가장 큰 현안의 하나로 인정되어 왔다. 즉, 대체에너지개발의 필요성에 대한 사회적 합의(Social Consensus)가 이루어진 점에 대해서는 누구도 부인하지 않으며 우리나라의 정부지원정책도 세계각국의 주요시

책을 검토하여 가장 적극적인 사례를 도입하여 왔다. 그러나 국내 대체에너지의 이용율은 1995년 현재 총에너지소비의 0.57%에 지나지 않고 있다. 이는 정부가 1986년 「대체에너지개발촉진법」을 제정하고 정부가 대체에너지 기술개발 및 보급의 책임을 수행하도록 규정한 동법률에 따른 「대체에너지개발실행계획」의 2001년 개발목표인 3%의 달성에는 크게 미흡한 수준에 있으며 현실적인 전망에 따르면 2001년 대체에너지 이용은 총에너지의 1%수준에 머무를 것으로 예측되고 있다.

특히 주목할 만한 사항은 정부의 지원수준이 높은 대체에너지기술 가운데 그 실용화 보급이 극히 부진한 사례가 발견되는 점이다. 그 대표적인 사례로 태양에너지는 1988~1993년 기간중 정부지원의 37%를 수혜하였으나 1995년말 현재 그 활용도는 전체 대체에너지 이용량의 2.5%에 지나지않고 있다. 이러한 현상은 대체에너지 시장에 대한 정부개입의 정당성, 특히 개입수준과 개입방법에 대한 재평가를 요구하고 있다.

일반적으로 대체에너지와 같은 신기술의 시장진입촉진을 위한 정부개입의 정당성은 신기술의 발명(invention)을 유도하고 관련 기술의 「혁신(innovation)」을 촉진하며 결과적으로 신기술의 확산보급(diffusion)을 장려하는 가운데 최종 수요자들의 사회적 수용(Social Acceptance)을 유도하여 속칭 「슈페터의 혁신(Schumpeterian innovation)」과정을 초래하는 것으로 설명된다. 또한 정부개입은 신기술의 시장진입과정에서 기존 업체와의 「힘의 균형」을 유도하여 공정한 경쟁을 보장하는 필요불가결한 장치로 이해되어 왔다. 그러나 정부개입이 유효하게 작동하기 위해서는 관련 분야 종사자들이 정부정책이 갖는 의미를 정확하게 이해하고 정부정책이 제공하는 각종 수단과 제도를 이용할 수 있는 능력과 욕구를 구비하여야 한다.

따라서 우리나라 대체에너지개발의 활성화를 위해서는 기존 정책의 유효성을 관련 분야 종사자입장에서 평가하고 이를 정책의 수단과 제도를 개선하는데 활용하여야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 정부지원수준에 비해 그 활용도가 낮은 태양에너지를 대상으로 관련 업계의 정부정책의 수용도와 효과를 점검하여 대체에너지 관련 정책의 개선방향을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 대체에너지기술평가의 기본 「모델」을 설정하고 이 「모델」과 우리나라 태양에너지관련분야 종사자들의 정부정책 수용도를 대입하여 현행 정책의 개선방향을 유도하고자 한다. 대체에너지 기술평가 기본 「모델」은 에너지경제학 분야에서 제시하는 대체에너지기술의 가치를 기술경제학에서 논의하는 신기술확산모형과 결합하여 제시하고자 한다. 또한 태양에너지 관련 분야 종사자들의 정부정책 수용도를 우편에 의한 설문조사 결과분석을 통해 도출하

고자 한다.

2. 대체에너지 기술평가의 기본 「모델」

기술평가의 기본모델은 앞에서 제시하는 바와 같이 우선 대체에너지기술의 유용성에 대한 에너지경제학의 논리를 정리하고 이에 신기술의 확산보급(diffusion)에 관한 기술경제학적 논리를 결합하여 제시하기로 한다.

2-1. 대체에너지 기술의 가치

대체에너지는 일반적으로 석유를 대체하는 에너지로 이해된다. 그러나 광의의 대체에너지는 기존 주종 에너지인 화석에너지를 대체하는 새로운 에너지기술체제로 요약된다.

에너지경제학분야 연구에서 대체에너지의 가치를 연구한 사례는 많지 않으며 그것도 최근 들어 기존 화석에너지 체계의 변화가능성과 연계되어 제시되고 있다.

기존 화석에너지 가치에 대한 연구는 근본적으로 에너지가격변화에 대한 연구에서 시발된다. 가장 대표적인 이론은 「호텔링(Hotelling) 모델」로서 고갈성 화석에너지의 장기 가격변화는 이자율과 동일하게 변화한다는 것으로 요약될 수 있다. 「호텔링 모델」은 석유를 그 주 대상으로 그 한계생산비가 거의 제로(Zero)수준에 있다는 가정하에서 이루어진 것이다. 그러나 현 시점에서는 그 한계생산비가 거의 제로 수준에 있는 양질의 자원은 거의 고갈상태에 접어들고 있으며 더욱이 환경오염비용 등 속칭 「외부비용」을 포함할 경우 화석에너지의 가치는 크게 변화되어야 할 것이며 따라서 대체에너지의 필요성이 제기된다. 이에 가장 간단한 에너지 가격의 변화 전망을 표시하는 것이 다음 Fig. 1이다.

Fig. 1에서는 고갈성이 없는 대체에너지기술, 즉 궁극에너지기술(Backstop Technology)이 출현할 때까지는 에너지가격은 실질이자율 만큼 상승하고 궁극에너지기술이 완전실용화가 된 경우 에너지가격의 불변가격은 일정한 수준(P^*)을 유지하는 것으로 나타나고 있다. 다

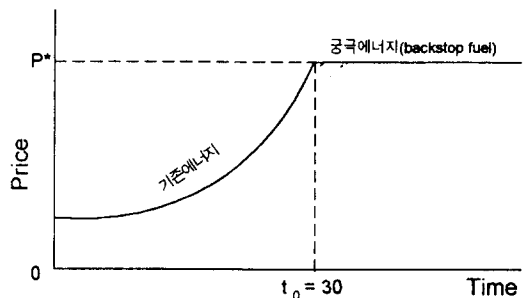


Fig. 1. Energy prices with a backstop fuel.

만 궁극에너지기술이 출현할 때까지 가격변화율은 실질 이자율의 크기에 따라 달라진다. 만약 에너지시장에 위험도가 작은 경우 개발 및 생산투자자들은 낮은 이자율을 적용하므로 가격이 안정되고 위험도가 높아지는 경우 높은 실질할인율을 적용하기 때문에 가격급등과 같은 위기가 예상된다.

여기서 Fig. 1을 좀 더 현실에 접근하여 Hotelling 법칙을 재구성하면 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서는 한계생산비용이 거의 「제로」에 가까운 자원이 고갈됨에 따라 점차 높은 생산비용이 요구되는 자원뿐만 아니라 새로운 에너지 기술이 활용된다는 현실과 다양한 에너지원(혹은 기술)이 에너지시장에서 경쟁하는 여건을 감안하였다. 이 경우 Fig. 2의 (a)에서는 다양한 에너지원(기술)이 활용됨에 따라 한계생산비용이 계단 형태로 불연속상의 변화를 나타내고 한계생산비 C_3^* 에서 궁극에너지가 출현함을 나타내고 있다. 또한 Fig. 2의 (b)에서는 한계생산비가 증대됨에 따라 다양해지는 에너지가격의 변화경로를 나타내고 있다. 여기서 주목할 만한 사항은 Type 2 Era부터 기존 화석에너지와 경쟁하는 새로운 에너지공급기술, 즉 대체에너지 기술이 등장함에 따라 에너지가격 상승율이 Fig. 1에서 표시된 Hotelling법칙에 따른 이자율에 상당하는 비율로 증대하는 것이 아니고 그 보다도 더 낮은 수준에서 상승할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다는 점이다. 즉, Type 1 Era는 Fig. 1과 마찬가지로 가격이 이자율과 동일한 비율로 상승하는 기존 화석에너지 의존시기이며 Type 2 Era는 대체에너지기술이 주로 나타나는 시기로서 에너지시장을 안정화시키며 나아가 Type 3 Era인 궁극에너지 출현시기를 준비하는 기간이다. 따라서 Type 1 Era를 자원의존형 에너지시대로 정의할 수 있다면 Type 2 Era는 기술의존형 에너지시대로 정의할 수 있다. 이러한 점을 종합하면 대체에너지기술의 가치는 Type 2 Era에서 나타나는 바와 같이 에너지시장의 안정과 궁극에너지 출현 기반조성으로 요약할 수 있다.

2-2. 우리나라 대체에너지 기술변화 평가「모델」의 설정

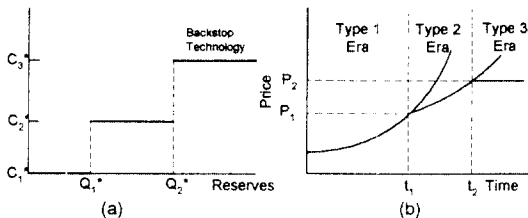


Fig. 2. Effects of a heterogeneous technology base (a) reserves technology available at various extraction costs (b) price path with rising production.

기술개발(혹은 기술변화)은 새로운 과학(Science)「아이디어」와 기술공정(Process)을 인간의 복지창출에 기여할 수 있는 단계로 전환하는 인간활동의 단계로 정의할 수 있다.

기술개발을 유도하는 요인으로는 크게 학문적 성취면에서의 만족을 위한 「Scientific Push」와 인간의 니즈(Needs)와 복지욕구 충족을 위한 「Social Pull」로 구분한다. 그러나 「Scientific Push」에 의하든 「Social Pull」에 의하든 기술개발은 최종목적인 인간의 복지창출에 이르기까지는 여러 단계를 거치게 된다.

기술경제학의 많은 문헌에서 기술개발 이행단계에 대한 여러 이론들이 제시되고 있으며 개발대상기술내용과 경제사회여건, 국가의 시책 등에 따라 이론이 다양하지만 공통적인 관심사항은 새로운 과학적 이론이나 기술공정 개념이 창출되는 초기단계(Pioneering Stage)와 사회적 수용(Acceptance)단계인 최종단계이며 중간단계에 대해서는 여러 가지 이론 정립이 가능한 것으로 나타나고 있다.

따라서 본 연구의 관심대상인 대체에너지의 경우 현실적으로 다양한 기술이 개발단계에 있고 완전한 실용화단계인「사회적 수용차원」에 이르지 못하고 있으며 국가여건에 따라 기술개발 전략은 상이하기 때문에 대체에너지 기술개발정책의 유효성은 기술개발의 중간단계 이행과정에 대한 적정성 평가로 요약될 수 있다. 특히, 우리나라의 경우 대체에너지 개발정책은 국가주도의 기술개발시책을 통해 중간단계가 얼마나 효과적으로 최종목표인 실용화를 위한「사회적 수용」단계로 이행될 수 있는 가를 점검하는 지표(Indicator)개발이 필요하다.

대체에너지 실용화는 에너지시장으로의 진입을 의미하며 이 경우 기존에너지시장의 고갈성자원 의존특성에 따른 독과점체제, 초과이윤(Rent)발생가능성에 대한 극복수단을 점검해야 할 필요성에 봉착하게 된다. 즉, 에너지시장의 비대칭성(Asymmetry)현상에 따라 강력한 기존에너지공급자가 존재함에 따라 영향력이 없는 다수의 소비자「니즈」나 욕구가 제대로 반영되지 않을 뿐만 아니라 결과적으로 대체에너지 기술이 갖는 소비자 효용증진에 관한 정보전달체계도 제대로 작동될 수 없으며 대체에너지 공급자의 시장진입도 한계에 봉착하게 된다. 따라서 대체에너지개발은「시장실패」의 위험에 봉착하게 될 가능성이 크며 이를 보정하기 위해 정부개입이 요구된다. 그러나 대체에너지기술은 많은 경우 기존 화석에너지와 달리 고갈성이 없는 「재생가능성」, 「순환가능성」의 특성이 있기 때문에 그 생산확대경로가 다음 Fig. 3과 같이 지속가능수준에 도달하는 Logistic Growth Pattern을 보인다. 이 과정에서 기술특성별로 재생가능성(renewability) 요소에 따라 지속가능 수준에 도달하는 속도를 달리하는

경향을 나타낼 수 있다.

Fig. 3에서 g 는 재생가능성 혹은 순환가능성을 표시하고 있으며 (b)에서 표시된 X_m 은 최대생산가능량이고 X^* 는 당해 기간중 최대 확대재생산 가능량을 표시하고 있다. 이 재생가능성은 자연상태에서는 생물의 광합성 작용 등으로 대변되지만 본 연구에서 대상으로는 대부분의 대체에너지기술의 실용화 보급에 관련해서는 「기술혁신」(Innovation)에 관한 정보라고 간주할 수 있다.

즉, 현실세계에서 활용되고 있는 대체에너지중 재생에너지 기술은 자연상태 그대로 활용하는 경우가 거의 없는 여건을 감안할 때 기술개발로 Fig. 3의 X^* 와 X_m 의 수준을 상향조정하거나 X^* 와 X_m 도달기간을 조정하여야 할 것이다. 위의 Fig. 3에서 표시된 것은 또한 기술혁신결과의 보급(diffusion)문제를 정의하는 역학적 「모델」(Epidemic Model)과 일치할 수 있다. 역학적 모델은 Z. Griliches(1957), E. Mansfield(1968) 등이 주도적으로 제시한 것으로 기술혁신의 경우 보급되는 것은 이노베이션 그 자체에 관한 정보라고 규정하고 있다.

역학적 모델에 의하면 기술혁신 초기단계에서 실용화를 담당하는 기업은 정보를 적게 가지고 있기 때문에 높은 부담을 안게 되지만 기술혁신 정보를 이용하는 사례가 증대함에 따라 위험부담도 감소추세를 보인다. 그러나 보급율은 무한정 증가하지 않고 잠재적 이용자의 수에 따라 결정된다. 따라서 보급율은 기존 이용자의 비율과 나머지 잠재적 이용자 비율 모두에 비례한다. 이를 수식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\frac{dX(t)}{dt} = \beta X(t) \cdot [1-X(t)] \quad (1)$$

단, $X(t)$: 기존이용자 비율
 β : 증가곡선의 기울기(즉, 보급속도)

식 (1)을 미분방정식으로 풀면 다음과 같다.

$$X(t) = \frac{K}{1 + \exp(-\alpha - \beta t)} \quad (2)$$

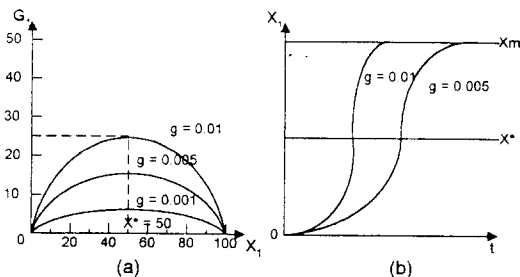


Fig. 3. Logistic growth of renewable energy diffusion.

단, α : 곡선의 상승기점

여기서 $X(t)$ 즉, 이용자비율은 논리곡선의 방정식으로 표시되고 S자형의 모양을 띄며 어느 변곡점까지 증대하고 그 후에는 감소한다. 따라서 역학적 모델의 결과를 국가정책에 대입하는 경우 공공부문에서 창출된 정보를 민간기업에 전달하고 에너지수급여건에 대한 대체에너지의 기여도를 극대화할 수 있는 변곡점 위치를 설정하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

또한 우리나라의 경우와 같이 대부분의 대체에너지 기술이 개발초기단계에 있는 경우 최단시일내 기술수준을 Fig. 3에서의 X^* 수준으로 높일 수 있도록 기술「이노베이션」정보를 실용화시킬 민간기업에 이전하는 조치가 필요하다.

정부가 정책수단을 통해 「이노베이션」정보이전을 위해서는 우선 이전대상인 정보를 원천적으로 창출하는 연구개발을 담당하는 연구기관과 대기업, 중소기업으로 구분된 민간부문의 역할을 시간개념으로 표시하는 정책 「모델」에 투영할 수 있는 제도적 장치가 필요하다. 이러한 제도적 장치로서 간주될 수 있는 것은 단계별 기술개발확대모형(Stagewise Evolutionary Model of Technological Development)이다. 다음 Fig. 4는 우리나라 대체에너지 기술개발여건을 감안한 Six-Stage Evolutionary Model을 나타내고 있다.

단계별 구성으로는

- 1단계(Pioneering Stage): 과학적인 새로운「아이디어」나 신기술 공정보고요를 창출하는 단계
- 2단계(Documentation Stage): 구체화된(encoded)기술정보의 생산 및 대외배포가 가능한 단계
- 3단계(Evaluation Stage): 상업적 적용가능성의 평가단계
- 4단계(Development Stage): 구체적 기술내용개발

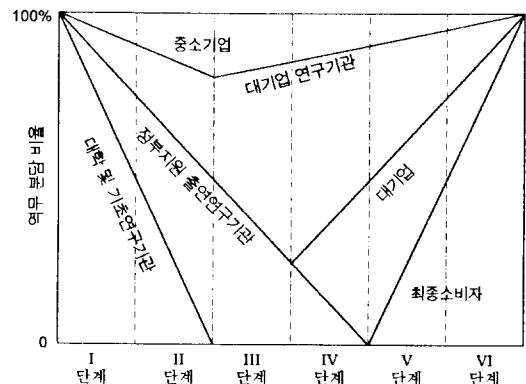


Fig. 4. Six-stage evolutionary model of technological development.

및 개선단계

- 5단계(Standardization Stage): 제품생산현장에 필요한 추가적인 기술보완 및 표준화 단계
- 6단계(Acceptance Stage): 대량생산 및 실용화 완료단계로 구획되어 있다.

또한 각 단계별로 기술개발, 보급, 실용화에 관련된 당사자들간의 역무분담이 제시되어 있다. 따라서 국가정책의 증점지원분야를 단계별로 구별이 용이하도록 되어 있으며 실용화를 촉진하려는 것이 정책의 최종 목표라 면 단계별 이행속도를 관리하는 대책을 관련 당사자들간의 역무분담 체계효율화를 통해 추진할 수 있는 정책시행 대상구분이 가능하다. 이하에서는 지금까지 논의된 대체에너지의 가치와 평가모델을 우리나라 여건에 적용하여 개선방향을 모색하기로 한다.

3. 우리나라 대체에너지 기술개발정책의 민간 수용도 조사를 통한 정책유효성 점검 -태양에너지를 중심으로-

3-1. 설문조사 목적

국내의 대체에너지 개발의 특징은 기초 및 실용화 전 단계에 있어서는 국가주도의 연구가 선행되었고 연구결과 실용화에 있어서도 국가의 세제혜택, 금융편의 제공 등 국가의 지원을 바탕으로 하고 있다. 이처럼 대체에너지개발에 정부의 개입이 강한 이유는 대체에너지의 개발에 대한 필요성에도 불구하고 원가가 높아 아직 석유 등 경쟁에너지원에 비해 가격의 경쟁력이 없고 개발이 장기적이며 소요자금의 규모가 커서 전적으로 민간이 담당하기가 어렵기 때문이다. 정부개입형의 연구개발사업에서 연구개발자금의 지원, 표준화의 선도, 세제의 혜택 및 금융지원 등의 정책시행은 직접 혹은 간접적으로 연구개발을 촉진하거나 기술의 파급, 확산효과 등 긍정적인 효과를 가져오지만 지나친 정부의 개입은 기업의 연구체질을 약화시킬 수 있고 연구개발을 주도하는 연구관리주체에 관료주의적인 습성이 배태되어 연구를 지연시키거나 연구방향을 왜곡시키는 경우도 있다. 본 조사분석연구는 대체에너지기술의 개발, 확산, 보급을 위해 대체에너지 초기개발단계에서 정부주도로 진행되어온 대체에너지 기술개발의 추진정책을 반성하고 향후의 방향을 사회적 수용이라는 최종 단계까지의 기술이행단계를 축소하여 실용화 촉진을 도모하기 위한 정부정책 방향을 재정립함에 그 목적이 있다.

현재 정부가 추진하고 있는 대체에너지기술개발 사업은 1988년부터 1991년까지 연구개발 기반구축(1단계), 1992년부터 1996년까지의 실용화 기반 구축(2단계), 1997년부터 2001년까지의 연구개발자립 및 실용화 확

대(제3단계)의 3단계로 구분되고 있다. 정부는 이 기간 동안 각 단계에서 설정된 대체에너지의 보급목표를 달성하기 위하여 제1단계에서는 금융지원 및 세제혜택을 위한 제도를 마련했고 제2단계에서는 수요개발과 시범보급, 제3단계에서는 시장형성 및 시장관리의 지원책을 단계적으로 강구할 계획이다. 1988년에서 1992년까지 5년간에 대체에너지기술개발에 소요된 연구비는 정부지원 234억원, 민간부담 174억원으로 약 410억원이고 이중 태양에너지기술개발에 투자된 연구비는 그 중의 37%인 153억원이고 그 현황은 Table 1과 같다.

대체에너지 연구과제건수 합은 179건으로 한 과제당 약 2억3천만원이 지원된데 반해 태양에너지 과제는 54건으로 과제 평균당 연구비는 2억8천만원이다. 연구과제 건수나 연구비 규모에 있어서 태양전지개발이 중심이 되는 태양광이 태양열보다 많은데 이는 향후 태양광에 대한 시장전망이 좋아 태양광이 1992년부터 국가선도 기술개발사업의 신에너지분야 기술로 지정받아 연구비의 지원규모가 확대되었기 때문이다.

대체에너지 보급목표는 현 상태의 경제발전이 지속되어 유가가 1996년에는 \$23.7/배럴, 2001년에는 \$25.4/배럴이 된다는 가정 아래(Under Business As Usual) 2001년까지 총에너지 수요의 3%를 재생에너지로 대체하는 것이다. 지난 1993년의 국내 대체에너지의 소비량은 국내 전체의 총에너지 소비량 126,368천 TOE의 약 0.52%에 해당한다. 이 중에서 태양에너지는 전체의 2.5%를 차지하고 현재 대부분은 폐기물 소각열 이용이 전체의 84%로 주류를 이루고 있다. 대체에너지의 보급현황을 보면 Table 2와 같다.

이러한 태양에너지 기술의 실용화 부진 요인으로는 일반적으로 ① 국내기술기반의 미확립 ② 유가하락에 의한 경제성확보 지연 ③ 정부지원 수준의 불충분 등이 관련업계를 중심으로 지적되고 있으나 정부정책에 대한 실용화 주체인 태양에너지 관련 업계의 수용도가 낮는데 있지 않나하는 근본적인 의문에 대한 점검이 필요하다.

특히 태양열 분야에 대해서는 대부분이 중소기업인 설비공급업체들이 모험자본(Venture Capital)형태의 투

Table 1. R & D investment in N.R.S.E in Korea (1988~1992).

sources	Project number	R & D budget(unit: million won)		
		government	private	total
solar thermal	25	1,975	799	2,744
photovoltaic	29	6,256	6,228	12,484
Solar total	54	8,231	7,027	15,228
N.R.S.E total	179	23,448	17,456	40,904

source: R.A.C.E.R

자를 통해 실용화를 추진하는 과정에서 정책의 신뢰도를 가지지 못했기 때문에 과감한 사업확장과 대기업 참여유도가 불가능하다는 관련업계의 주장은 겹쳐져 불필요가 있다.

또한 태양광 분야에서는 기초 내지 응용연구에 대한 정부지원이 대부분 국공립연구기관 및 대학들에게 집중되어 있는 상황에서 정부가 태양광 실용화를 위해 필수적인 기술이전(Technology Transfer) 정책을 소홀히 하여 기술의 성숙도(maturity)중간단계가 지연되고 연구기관과 대학들이 유리된(isolated) 상태로 방치되고 있는지를 점검해 볼 필요성이 있다. 이에 본 연구를 위해 태양에너지분야 연구와 실용화사업에 참여한 관련 업계 당사자를 대상으로 설문조사를 실시하였다.

3-2. 설문조사의 방법 및 내용

대체에너지중 태양열과 태양광 연구에 참여하였던 설문대상자중에서 167명에게 서면으로 조사하였으며 설문조사는 1988~1992년 기간으로 한정하여 기술개발 초기단계의 결과를 파악하여 실용화촉진을 위한 시사점 파악에 주력하였다. 이 중에서 47기관(업체)들이 회신을 해와 약 28%의 회신율을 보였다. 회신자들이 태양에너

지분야에서 참여한 연구건수는 127건으로 1인당 2.7건의 기술과제에 참여하였다.

회신자들은 대학, 국립 혹은 정부출연연구소, 민간기업이나 민간기업 부설연구소등의 연구기관에 속한 교수, 연구원, 경영자로 127건의 연구사례에서 대학 46건(36.2%), 연구소 46건(36.2%), 산업체 35건(27.6%)의 분포를 보였다. 이 분포에서 통상산업부의 에너지자원 기술개발지원센터를 통하여 시도한 대체에너지기술개발 사업은 산학연의 연구기관이 거의 대등하게 참여한 것으로 밝혀졌다.

설문에 대한 회신내용의 유의성을 검증하기 위해 Pearson's Correlation Coefficient Test 등 통계학적 처리 방법을 통해 정부지원에 대한 관련 당사자들의 반응의 평가를 평가하였다. 설문회신내용을 분석한 주요 내용과 시사점을 정리하면 다음과 같다.

3-2-1. 설문회신자들의 참여과제별 분포

응답자들이 참여했던 연구과제 현황은 Table 3과 같다. 응답자들이 참여한 연구분야는 태양열 87건(67.7%), 태양광 35건(27.6%)이었고 이외에 소수력, 풍력, 바이오 등의 연구가 16건(4.7%)이었다. 태양열에 있어 집열기분야의 연구참여는 70건(55.1%), 축열분야는 16건(12.6%)이고 태양광분야중에 태양전지는 19건(15%), 전력장치는 16건(12.6%)이다. Table 1에서 실제 연구건수가 태양열이 25건, 태양광이 29건인 것에 비해 설문조사에서 나타난 연구참여는 태양열이 태양광보다 월등히 많다. 이는 정부가 주도했던 연구와는 별도로 산업체에서 기업의 자체연구가 많았던 것을 의미하고 있는데 태양열 이용분야의 상업화가 융자지원체도를 이용하여 가능하였기 때문이라 생각된다. 현재 태양열의 온수집열기는 삼성, 금성, 등의 대기업과 다수의 중소기업이 상업생산을 하고 있다.

Table 2. N.R.S.E utilisation in Korea.

sources	utilisation site number	energy production(TOE)	ratio (%)
solar collectors	22,201	14,141	2.2
photovoltaic	4,801	2,016	0.3
waste incineration	578	58,830	84.0
Bio-reactor	17	28,578	4.4
small hydro	5	313	-
total	28,250	649,635	100.0

Table 3. R & D activites of 127 responses from solar energy community.

<ul style="list-style-type: none"> • solar thermal • 87 cases • 68% 	solar collector (70)	냉온집열기(12), 중고온집열기(5), 가정용온수기(11), 냉난방 시스템(15), 중대형급탕기(8), 수영장(6), 자연형 시스템(9), 산업공정열(1), 태양로(1), 태양추적장치(3)
	thermal storage (16)	중저온 축열(12), 고온축열(4)
<ul style="list-style-type: none"> • photovoltaic • 35 cases • 29% 	solar cell (19)	결정질실리콘(6), 비정질실리콘(4), 칼륨비소(1), 박막(7), 기타재료(1)
	solar application system (16)	전력계통 태양등(4), 수열발전장치(1) 발전시스템(6), 신형축전지(1), 전력변환장치(4)
<ul style="list-style-type: none"> • others 	(16)	수소력발전(2), 풍력터빈(3), 에타놀/메타놀생산(1)

여기서 주목되는 사항은 태양열분야에서 상대적으로 고급기술인 축열분야에 대한 기술개발이 부진하다는 점이다. 이는 상용화가 비교적 용이한 집열기 부문에 기술개발이 집중되어 장기적으로 태양열 시스템 이용기술의 총체적 완성에 장애요인으로 등장할 가능성을 제시하고 있다.

3-2-2. 연구비의 정부지원 의존도

정부의 기술개발지원 내용을 연구개발비, 시설운전자금, 조세감면, 정부조달품의 우선구매, 정부보조금등 유무상의 정부보조금 전부를 합산한 금액으로 정의하였다. 총연구비에 대하여 정부로부터 지원 받는 금액의 비율을 재정의존도라 정의하고 이를 질의하였다. 설문조사에서는: 우선 80% 이상, 60% 이상 80% 미만, 50% 이상~60% 미만, 30% 이상~50% 미만, 10% 이상~30% 미만, 10% 미만의 5구분으로 조사를 하였고 50% 이상은 높음, 10% 이상 50% 미만은 보통, 10% 이하는 낮음으로 분류하였다. 재정의존도를 질의한 결과 127건의 연구 중에서 120건이 응답을 해 왔다. 이 결과를 정리한 것이 Table 4 이다.

무응답으로 결격처리된 7건을 제외한 120건의 연구사례를 보면 50% 이상의 높음이 66건(55.0%), 10% 이하의 낮음이 44건(36.7%)으로 많은 빈도를 나타내고 10% 이상 50% 미만의 보통은 10건(8.3%)으로 미미한 빈도수를 보이고 있다. 이러한 재정의존도의 양극화 현상은 대체에너지기술개발이 정부주도로 진행되어 온 외국의 사례에 비추어 볼 때 재정의존도가 높은 쪽으로 빈도수가 치우치는 정적편분포(Positive Skewed Distribution)를 보일 것으로 예상했던 것과는 달리 양극단에 빈도수가 집

중되는 쌍봉(bi-modal)적 분포를 보이고 있다. Table 4의 우측을 보면 80% 이상이 40건으로 33.3%, 10% 이하가 44건에 36.7%로 재정의존도는 양극화현상이 보다 뚜렷함을 알 수 있다. 실제로 재정의존도가 10% 이하라 함은 대부분이 정부로부터 재정적인 의존을 받지 않는 경우를 의미하므로 이러한 결과는 정부주도의 태양에너지 이용기술개발과 병행하여 순수 민간기업의 자금에 의한 기술개발이 병행되어지고 있음을 의미한다. 따라서 정부주도의 기술개발자금의 직접지원과 함께 민간자금에 의한 기술개발을 더욱 촉진하고 나아가 정부의 정책목표와 부합되는 방향으로 유도할 수 있는 융자지원, 세제감면등과 함께 인력 및 기술정보의 제공, 민간기업과 공공기관의 공동연구등 다양한 시책개발이 강력히 요구되고 있음을 시사하고 있다.

3-2-3. 연구과제의 재정의존도 분석

Table 5는 응답자들이 참여한 연구과제의 분야별 정부재정의존도를 분석한 표이다. Table 3에서 분류한 바와 같이 집열기와 축열장치는 태양열 기술분야이고 태양전지와 전력장치는 태양광발전기술분야이다. 정부주도의 대체에너지기술개발에서 태양에너지이용기술분야는 정부의 재정지원에 의존적인 것을 알 수 있다. 특히, 집열기부분과 전력장치분야는 재정의존도가 높은 것은 관련 연구가 국책연구기관에 의해 주도되는데 기인한 것으로 분석되어 향후 정부출연기관 역할의 개선방향을 시사하고 있다. 태양열의 축열장치 기술개발에 재정의존도가 낮은 연구가 많은 것은 축열기술이 태양열 이용의 주요한 애로 기술로 인식되고 있으나 공공기관의 연구참여가 적기 때문에 향후 상용화를 대비하여 기업자체의 연구가 많았던 것으로 보여진다. 태양전지에 있어서 재정의존도가 낮은 과제참여가 많은 이유는 향후 태양전지의 상업화 전망을 밝게 보는 기업들이 최근 들어 자체 연구를 강화하기 때문인 것으로 생각된다.

3-2-4. 연구기관별 재정의존도

연구기관별 재정의존도를 살펴본 것이 Table 6이다. 정부의 재정에 의존하지 않은 연구에의참여는 기업, 대학, 연구소의 순위를 보이고 있다. 기업의 경우는 정부의 재정보다 자체의 경비로 연구비를 조달하는 경우가 더 많다는 것을 알 수 있다. 역으로 정부재정에 대한 의

Table 4. Percentage of public sector funding.

class	cases	ratio (%)	Percentage (%)	cases	ratio (%)
			80 이상	40	33.3
high	66	55.0	60~80	19	15.8
			50~60	7	5.8
moderate	10	8.3	30~50	3	2.5
			10~30	7	5.8
low	44	36.7	10 이하	44	36.7

Table 5. Categories of R & D activities by public sector dependence.

sector	high	moderate	low	χ^2	probability value
solar collector	32(56%)	4(7%)	21(37%)	57.0	0.001>
thermal storage	14(42%)	3(9%)	16(49%)	10.7	0.005
solar cell	7(37%)	1(5%)	11(58%)	50.0	0.001>
solar application system	10(63%)	1(6%)	5(31%)	12.3	0.002

Table 6. Categories of research organization's activities by public sector dependence.

	high		moderate		low	x ²	probability value	
	80~100, 50~80,	50-60	30~50, 10~30	0~10				
industry	14(40%)		3(9%)		18(51%)	25.9	0.001>	
	6	5	3	-	3	18	49.1	0.001>
university	24(54%)		2(5%)		18(41%)	25.8	0.001>	
	14	6	4	2	-	18	39.3	0.001>
government supported laboratory	28(68%)		5(12%)		8(20%)	16.1	0.001>	
	20	8	-	1	4	8	25.8	0.001>

Table 7. Participation levels of respondents.

	basic	applied	demonstration	product manufacturing	product installation	sales
Yes	37(75%)	40(82%)	27(55%)	12(24%)	9(18%)	5(10%)
No	12(24%)	9(18%)	22(45%)	37(76%)	40(82%)	44(90%)
Total	49(100%)	49(100%)	49(100%)	49(100%)	49(100%)	49(100%)

Table 8. Significance of level of activities by public sector funding and organizational features.

stage	input	dependence on public sector funding			organization		
		high	moderate	low	industry	university	research institute
basic research		17	5	13	6	22	9
		x ² =31.59		p < 0.001	x ² =11.73		p < 0.003
applied research		21	7	11	9	20	12
		x ² =17.9		p < 0.001	x ² =4.73		p < 0.094
commercial		9	3	2	8	4	2
		x ² =2.04		p < 0.361	x ² =4.0		p < 0.135

존도는 정부의 출연연구소가 가장 높고 대학의 경우는 거의 반반이다. 현재까지 연구비 누적액의 규모에 대한 질문에 응답한 41명의 경우 10억원 이상이 14.6%(6건), 1억원에서 10억원 사이가 46.3%(19건), 1억원 이하가 39.0%(16건)이다. 1억원이하가 건수는 많으나 그 총합은 금액이 작을 것이므로 이 결과는 Table 1에서 계산된 태양에너지 전당 평균연구비 2억8천만원에 부합한다고 볼 수 있다.

3-2-5. 연구단계별 빈도수 분석

응답자가 참여한 연구를 기초, 응용, 실증, 생산, 시공, 판매 등의 6항목으로 나누고 각 항목당 인력, 시설, 경비등의 제경비가 단계별 연구사업활동에 투입되는 비용을 질문하였다. 분석을 위하여 응용과 실증단계는 개발연구로 생산, 시공, 판매의 사업활동은 상업화 연구로 정리하였다. 참여와 불참여를 구분하기 위하여 각 연구 단

계에 투입되는 제경비가 10%이하인 것은 참여하지 않은 것으로 간주하였다. 연구단계별로 참여빈도를 조사한 결과가 Table 7인데 대부분이 기초와 응용연구에 참여하고 있으며 시작품 제작단계인 실증단계도 응답자의 55%이상이 참여하고 있다. 생산에 관련된 연구에는 응답자의 24%인 12명이 참여하여 태양에너지 이용 기술 연구가 상업화로 연결되고 있는 초기단계에 진입되고 있음을 보여주고 있다.

3-2-6. 연구단계별 재정 의존도 분석

다음 Table 8에서 계산된 유의도를 보면 기초와 개발 단계의 연구는 정부재정과 연구기관의 유형에 의존적임을 알 수 있다. 그러나 상업화 단계에서는 그러하다고 단정지을 수 없다. 출연연구소와 대학은 기초와 기술개발 단계의 연구참여가 많은 반면 상업화 단계의 참여는 낮다. 기업의 경우는 기초, 개발, 상업화에 걸쳐 참여

Table 9. Dependence on public sector funding by R & D stage.

stage	R & D activity				Total
	solar collector	thermal storage	solar cell	solar application system	
basic research	16(47%) $x^2=10.94$	6(18%)	9(26%) $p < 0.012$	3(9%)	34(100%)
applied research	19(50%) $x^2=14.00$	6(16%)	9(24%) $p < 0.003$	4(10%)	38(100%)
commercial	8(57%) $x^2=8.29$	2(14%)	3(21%) $p < 0.04$	1(8%)	14(100%)

Table 10. Frequency of activities by R & D budget.

R & D budget (million won)	R & D subjects				Total
	solar collector	thermal storage	solar cell	solar application system	
1,000 <	2(40%) $x^2=0.04$	1(20%)	2(40%) $p < 0.819$	-	5(100%)
100~1,000	9(50%) $x^2=6.44$	4(22%)	3(17%) $p < 0.092$	2(11%)	18(100%)
100 >	6(40%) $x^2=5.53$	1(7%)	6(40%) $p < 0.137$	2(13%)	15(100%)

수가 거의 비슷하다. 연구기반이 상대적으로 취약한 대학과 기업의 현실을 고려하면 연구단계는 연구기관유형에 의존적이어야 할 것이나 본 조사에서 개발과 상업화 단계에 있어 유의도의 값이 높아지고 있는 것은 대체에너지개발에 있어 산학연의 연구력을 결집시키려는 연구추진방안에 의한 인위적인 영향을 받았다고 할 수 있다. 즉, 산업체는 정부주도의 대체에너지개발 사업을 통해 기초와 개발단계부터 연구에 참여하였고 대학과 연구소도 기업주도의 개발기술이 상업화되는 단계까지 지속적인 참여가 점차 확대되고 있는 것으로 판단된다.

연구단계별 연구분야에 대한 의존도를 분석한 것이 Table 9이다. 태양열의 축열기, 집열장치와 태양광의 태양전지와 전력장치를 구분하여 계산한 유의도는 모두 0.05이하의 값을 보여 기초, 개발, 사업화로 나눈 연구단계는 연구분야에 의존적임을 알 수 있다. 태양열의 집열기는 기초 47.1%(16건), 개발 50%(19건), 상업화 57%(8건)로 개발완료 단계에 전진할수록 빈도의 점유율이 높아진다. 그러나 태양광의 태양전지는 기초 27%(9건), 개발 24%(9건), 상업화 21%(3건)로 개발완료 단계에 접근할수록 빈도의 점유율은 저하한다.

한편 태양열의 축열장치도 기초 18%(6건), 개발 16%(6건), 상업화 14%(2건)로 같은 태양열분야에서도 집열

기보다 상업화의 진전이 느리다. 이 조사 결과는 태양열 이용이 난방시설의 상업화 수준으로 진전하지 못하고 온수이용의 수준에 머물러 있는 현실과 일치한다고 할 수 있다. 그러므로 태양열 기술에서는 축열기술을 집열기 수준으로 끌어 올려 태양열기술 분야의 불균형을 해소할 필요가 있다.

연구과제분야에 대한 연구비 규모는 Table 10과 같이 유의도의 값이 커서 의존적이라고 단정지을 수 없었다. 이 결과는 연구비 규모별로 구분할 때 특정 분야에 편중되지 않고 비교적 고르게 지원되었다는 것을 의미한다. 누적연구비 10억원 이상의 경우는 집열기 2, 축열장치 1, 태양전지 2 등으로 거의 건수별 차이가 없다. 연구비의 규모별 정부재정의존도를 살펴보면 누적 연구비가 1억 이하인 경우는 재정의존도가 높음 6건(40%), 보통 1건(7%), 낮음 8건(53%)으로 유의도 값이 0.001보다 작아 연구비의 규모가 정부재정에 의존적이었다. 그러나 연구비 규모가 커질수록 유의도의 값은 높아져서 그러한 결론을 내릴 수 없었다.

3-2-7. 대체에너지 개발에 영향을 주는 단기적인 요소
대체에너지의 보급에 가장 영향을 미치는 근원적인 요인은 유가이지만 이외에 태양에너지 이용 기술의 개발과 실용화에 영향을 미치는 단기적인 요인들에 대한

Table 11. Importance of factors to the mean-term use of solar energy.

factors	important	not important	not relevant
1. lack of consumer's preference	45	3	1
2. lack of investment fund	44	4	1
3. lack of R & D funds	43	3	2
4. immature of technology	38	9	2
5. environmental concerns	38	9	2
6. lack of consumer's financing	36	8	5
7. low oil pricing policy	35	8	6
8. increase of nuclear power	34	9	6
9. instable crude oil supply	33	8	8
10. electric tariff policy	32	10	7
11. traditional use of fossil fuel	28	11	10
12. increased consumer protection	16	24	10
13. uncontrolled over-competition	14	22	13
14. oil and gas industry opposition	12	22	15
15. increased coal use	10	24	15

질의의 결과를 정리한 것이 Table 11이다. 투자재원 및 연구자금의 부족과 함께 소비자의 인식부족이 단기적으로 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 응답하였고 기술부족, 환경보전 인식, 그리고 소비자 응자, 저유가 정책, 정부의 저에너지 가격정책 등의 정책적인 요인을 다음의 중요한 영향요인들로 답하였다. 경쟁 에너지원으로서 원자력 34(69%), 석유와 가스 28(57%), 석탄 10(20%)의 순서로 석유보다도 오히려 원자력에 대한 영향이 더 크다는 응답이 많았고 석탄의 이용은 영향을 미치지 않는다는 응답이 더 많았다. 소비자 보호강화, 업체의 과당경쟁, 경쟁에너지 관련 업계의 반대 등은 아직 태양에너지 발전의 저해 요인으로 중요성이 낮다는 응답은 아직 우리나라의 태양에너지 이용이 무시할 정도라는 것을 보여준다고 하겠다.

이러한 태양에너지 기술개발 관련 당사자들의 외부환경변화에 대한 단기 인식도는 매우 많은 시사점들을 제시하고 있다. 우선 기술부족이 대부분의 선진국들의 분석사례에서 가장 큰 영향력을 나타내는 요인으로 지적되고 있으며 일반적인 상식수준에서도 그러할 것으로 유추되고 있으나 본 연구의 설문조사에서는 4위로 나타난 것은 매우 의미가 있을 것이다. 이는 우리나라의 태양에너지 분야의 실용화가 운수공급용 집열기 부문에 집중되어 있고 대부분 중소기업에 의해 공급되고 있는 현실에서 소비자 인식부족과 투자재원의 부족이 중소기업 운영의 현실적 장애로 인식된 것으로 분석된다.

또한 연구개발이 자체연구자금 투입이 불가능한 정부출연 연구기관이나 대학에 의해 주도되고 있다는 점에서 연구개발자금 부족이 높은 관심사항으로 지적되었다. 이는 정부가 투자재원의 균형배분정책을 추진할 경우 집단이기주의적 저항에 봉착할 가능성을 제시하고 있다.

한편 석유 및 가스가격과 이용확대에 대한 관심이 예상보다 적다는 것은 태양에너지가 본격적으로 에너지시장에 진입하지 못한 단계에 있다는 점을 시사한다. 즉, 실용화된 집열기 시장도 정부의 소비자 직접응자제도나 공공기관 등에 대한 의무설치제도 등에 의해 조성되고 있음을 반영하고 있다. 이러한 관점에서 「석탄, 석유, 가스업계의 반대」에 대한 관심도가 낮은 것으로 나타나고 있다. 이에 반해 「원자력발전 증대」에 대한 관심이 상대적으로 높은 것은 동일한 분류의 신에너지기술로서 인식하는 반면 낮은 발전원가에 대한 우려를 반영하는 것으로 기술개발의 필요성을 간접적으로 시사한 것으로 해석된다.

3-2-8. 현재 및 과거의 촉진정책

정부는 대체에너지기술개발과 보급을 목적으로 직접적인 여러 가지 촉진정책을 취하고 있지만 이를 포함하는 포괄적인 산업과학기술 촉진정책도 마찬가지로 태양에너지기술개발에 유효하게 적용된다. 이러한 일련의 기술촉진정책을 평가하는 질의 결과를 정리한 것이 Table 12이다. 연구개발자금지원에 대해서는 79%를 차지하는 28명이 도움이 된다는 높은 반응을 보였으나 현재까지 정부가 시도한 기술촉진정책에 대해 무용하다는 응답도 많아서 정책시행의 효율성이 매우 만족할 수준이 아니라는 것을 시사해준다. 다음 Table 13에서 유사한 내용의 정책에 대한 기대가 높은 점을 감안하면 이러한 반응은 다양한 정책시도에도 불구하고 그 지원규모나 적극성이 미흡하다고 관련업계가 평가하고 있다. 특히 기업간의 협조를 촉구하거나 정부소유의 기술특허 사용에 대해서는 부정적인 견해가 압도적인데 이는 경쟁을 원칙으로 하는 기업의 현실을 반영하는 것으로서 정부지원 연구비를 기술료로 환급하는 제도 등 정부의

Table 12. Attitudes toward current government policies.

policy agenda	favour	indifferent	oppose
1. increased R & D funds	37	12	-
2. increased industry subsidy	28	20	1
3. increased public relation activity for solar promotion	27	22	-
4. technological information transfer	26	23	-
5. tax exement for R & D expenditures	25	24	-
6. tax credit for solar industry	25	24	-
7. cooperation with government labs through personal exchange	24	24	1
8. industry-academic cooperation arrangement by the government	23	26	-
9. cooperation with government labs through use of government equipment	21	26	2
10. free access to government intellectual properties	19	30	-
11. public arrangement of industrial cooperation	11	37	1
12. access to government intellectual properties	10	37	2

Table 13. Attitudes toward potential government policies.

policies	favor	no opinion	oppose
1. tax credit	48	1	-
2. increased R & D fund	48	1	-
3. increased public relation (P.R)	46	2	1
4. increased technology information transfer	46	3	-
5. increased special subsidy	46	3	-
6. increased special loan	45	3	1
7. increased solar product procurement	42	6	1
8. increased gassoline tax	17	21	11
9. increased gas surtax	16	20	13
10. increased electricity tariff	10	22	17

사후개입에 대한 거부감이 표현된 것으로 보여 이에 대한 정책의 보완이 필요한 것으로 생각된다.

3-2-9. 바람직한 장기 기술개발촉진정책

대체에너지기술개발과 확산에 영향을 미치는 단기적인 요인 및 현재까지 시행되어 온 정부의 촉진정책에 대한 평가에 대처하여 향후 정부의 촉진정책에 대한 의견을 정리한 것이 Table 13이다. 설비투자에 대한 세금감면, 연구비 증액, 대국민 홍보, 정보제공, 융자 및 보조금, 정부조달에서의 우선 구매 등에 대해 85%이상이 찬성을 하고 있는 반면 휘발유, 가스, 전력의 인상은 반대가 더 많았다. 특히 세금감면, 대국민홍보강화가 1위 및 3위로 추천된 것은 기술개발에 대한 직접지원과 함께 수요부문에 대한 고려를 강화할 필요성을 시사하고 있다. 따라서 「Technology Push」기조의 기존정책을 「Social Pull」기조로 전환할 필요성을 적극 검토해야 할 것이다.

그러나 태양에너지 관련업계가 기대하는 장기 정책의 내용을 아직까지 우리나라의 관련당사자들이 태양에너지를 에너지시스템의 하나로 생각하고 다양한 대체 에너지기술이 존재하며 격심한 경쟁을 통해서만 시장진입과 영역확대가 가능하다는 점을 충분히 인식하지 못하고 있다는 점을 유감스럽게도 시사하고 있다. 즉 기대되

는 정책의 상위 순위는 관련당사자들의 직접적인 이익에 직결되는 것들로만 구성되며 태양에너지라는 원론적 기술이점만을 내세우고 자신들은 노력하지 않은 속칭 「Free rider」 기대 심리를 부분적이거나 나타내고 있다. 이러한 바람직하지 못한 사항들은 휘발유나 전력등에너지가격의 인상에 대해 「의견 없음」이 다수를 차지한 점이나 「찬성」을 한 경우가 「반대」보다 적지 않다는 점등을 통해 알 수 있으며 경쟁을 통해 본격적인 에너지 시장에 진입하려는 의욕이나 자신감이 없다는 것으로 해석할 수 있다. 더욱이 Table 11에서 제시된 환경문제, 소비자 보호 등과 같은 최종 소비자들에 관련된 정책이 언급조차 되지 않았다는 사실은 태양에너지업계의 미래에 대한 우려를 낳게 하고 있다. 따라서 정부는 과감한 기술개발 및 보급정책을 강화하는 동시에 관련 당사자들의 의식전환, 특히 관련업계의 구조 조정에 대한 관심을 가져야 할 것이다.

3-3. 요약 및 결론

우리나라의 대체에너지 개발정책은 정부주도에 의해 추진되어 활발한 기술축적 및 보급확산이 진행되고 있다. 그러나 정책형성체제시 의사결정에 영향을 미친

「그룹」이 주로 전문과학 기술자로서 대체에너지의 사회적 가치 창출 극대화에 대한 고려나 국가자원배분 효율화 등 기술전략에 대한 고려가 충분히 반영되지 못하였다. 특히 실용화 요인을 주로 Technology push에 의해 달성될 것으로 기대하였다. 따라서 에너지수급에 대한 대체에너지의 기여도보다는 기술적 「포텐셜」을 중요시한 정부정책이 지속되어 왔다. 이에 기술의 사회적 가치를 감안한 평가기준의 정립이 시급하며 기술개발, 보급, 실용화 관련 당사자들의 역무분담의 동태적 평가 「모델」정립의 필요성이 제기된다.

본 연구에서 제시된 Six-Stage Evolutionary Model에 태양에너지 개발사례를 투영하여 평가한 결과 정부정책에 있어 실용화에 필요한 기술혁신 정보의 흐름을 촉진하는 구체적이고 분명한 제도적 장치가 없음을 밝혀 주고 있다. 또한 실용화 촉진을 위해 민간기업 참여를 유도하는 것은 바람직한 정책의도로 출발하였으나 많은 경우 참여기업들이 기존 제품의 판매신장을 정부의 기술개발 정책에 편승하여 「Free rider」적 이득을 추구하는 수단으로 활용하였다. 따라서 민간기업의 참여방법에 대한 명확한 규범을 확립하여 기술개발의 총체적 단계이행에 따른 민간 역할을 동태적으로 평가하는 선별적 지원 정책 도입이 필요하다. 이러한 관점에서 정부출연연구기관, 대학 등에서 창출된 기술정보를 활용하여 기업의 실용화를 추구하는 제도의 일환으로 에너지시스템 변화여건에 대한 정보제공, 교육기회 제공을 통해 기업의 「외부환경 감지능력」 제고 정책을 시행할 필요도 제기된다. 또한 미래형 대체에너지 원천기술의 확보를 위해 기초연구를 강화하는 단계에서는 민간기업의 참여를 극히 선별적으로 허용하는 제도도입을 검토해 볼 수도 있다. 이러한 경우 기초연구를 수행하는 정부출연연구기관이나 대학에 대해서는 정부정책에 의해 기술정보의 민간이전 목표를 부과하여야 할 것이다. 이러한 제한적 기초 연구제도 도입은 무차별적인 산·학·연 협동연구체계의 부작용이 생각보다 심각한 상황을 초래할 가능성이 제시되고 있기 때문이다. 이러한 상황이 지속될 경우 앞의 Fig 4에서 제시된 기술개발, 보급, 실용화 관련당사자간 역무분담체계 조성기반이 붕괴될 위험이 있기 때문이다.

이에 반해 정부출연연구소와 대학은 기초와 응용분야에서 기업에 대한 비교우위를 통해 기술개발 초기단계의 주도적 연구체계를 유지하는 것은 당연하다. 그러나 산·학·연 협력체계의 「제도적 맹점」을 활용하여 비교우위가 없는 실용화 단계에 까지 주도적 위치를 고수하려는 노력은 시정되어야 한다. 이 결과 정책목표인 실용화를 뒷받침하는 기본요인이 되는 「기술혁신 정보의 흐름」이 왜곡되고 있다. 더욱이 기업부설연구기관의 역할이 분명하지가 않다.

Fig 4에서는 대기업 연구기관의 역할이 매우 중요하나 우리나라의 경우 태양에너지산업의 영세화와 경제성 열위로 대기업의 참여가 극히 제한적이며 중소기업의 경우 부설연구기관을 정부기술개발 지원금 수혜창구나 세급감면, 우수인력확보의 창구로만 활용하고 그 본래 기능을 제고하는데는 극히 인색한 여건에 있다. 따라서 우리나라의 태양에너지 기술개발 관련 주체들간의 역무분담 체계는 Fig 4에 표시된 것과 같이 이상적인 모습으로 구성되지 못하고 주체들간의 정보흐름이 차단되고 있으며, 결과적으로 정부정책의 중점목적 영역을 설정하기에 한계가 있는 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 가장 큰 결론은 대체에너지 기술개발, 보급, 실용화 당사자들간의 「동태적」 역무분담체계가 향후 정부정책의 근간이 되어야 한다는 점이다. 이밖에 본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

- 정부주도의 대체에너지기술 개발은 지금까지는 산·학·연의 공동 참여를 유도하는데 효과적이었다. 그러나 현행체계 지속은 바람직하지 않는 상황을 초래할 가능성이 있다.
- 정부주도의 대체에너지기술 개발은 당초 의도한 바대로 기술개발결과의 상업화를 이루지 못하였으나 기업의 대체에너지분야에로의 진출 촉진에 기여하였다.
- 정부주도 연구를 직접 상업화하려면 공업권의 실시에 따른 연구비의 환급에 대한 경감조치 등 정부의 연구후행 주기개입을 극소화하는 별도의 상업화 촉진 대책이 강구되어야 한다.
- 태양열이용에 있어 축열기술을 집열기의 수준으로 고도화시켜 태양열 이용기술의 확산을 가속 시킬 준비가 필요하다.
- 대체에너지에 대한 기술개발, 홍보, 용자 및 세제 지원 등을 시행하는 정부정책체계에 신에너지 기술의 사회적 가치의 최대구현을 위한 관련 기술개발 주체의 경쟁력을 향상시키는 범위설정이 필요하며 석유, 가스, 전력등의 경쟁에너지의 가격상승에 의한 상대적인 경제성확보는 바람직하지 않다.

감사의 글

본연구에서 활용된 실태조사 실무를 담당하였던 김민규박사(에너지자원기술개발지원센터)에 감사하며 자료정리를 도와준 아주대학교 대학원 조용현군에게도 감사를 표한다.

참고문헌

1. 동력자원부 및 에너지관리공단, 대체에너지 기술개

- 발사업 종합분석 보고서, 27-30 (1992. 12).
2. 에너지 관리공단, 에너지절약편람, 227-257 (1993).
 3. 에너지자원기술개발지원센터, 우리나라 에너지기술 개발 현황, (1994. 3).
 4. 송인섭: 통계학의 이해, 학지사, 편포분포, 91 (1992. 8).
 5. 문경일, 엄정국: SPSS PC+활용, 영진출판사, 123-126/카이.
 6. M.J. Norusis: SPSS/PC+ V2.0 Base Manual, SPSS Inc, 177-187 (1988)비모수 검정.
 7. Mansfield. E.J.: "Industrial Research and technological innovation", Longman, London, (1968).
 8. 권원기: "기술혁신의 경제학" 겸지사, (1990).
 9. Griffin. James: "Energy Economics and Policy" Academic press, New-York, (1986).
 10. Common, Michael: "Environmental and Resources economics" Longman, London, (1988).
 11. 최기련: "에너지경제학", 비봉출판사, (1987).
 12. 최기련: "에너지자원기술개발의 파급효과" 한국자원공학회지, **29**(6), (1992).
 13. 최기련: "에너지 문제와 태양에너지의 역할" 한국태양에너지학회지, **12**(2), (1992).