

## 대체에너지기술의 환경비용 고찰

김 부 호  
한국에너지기술연구소

### ABSTRACT

The comparison of solar energy technologies with conventional technologies involves more than just comparing the costs of supplying energy and providing capacity. Solar technologies supply energy in a sustainable manner while having minimal effects on the environment. When choosing between solar energy technologies and conventional technologies, first cost is an important factor.

The environmental and other social benefits of using solar energy technologies contrast sharply with the environmental degradation and social costs resulting from the use of conventional technologies. These hidden costs, sometimes called "social cost", are not included in conventional economics.

This paper emphasizes that the consideration of social costs effects comparisons between renewable and conventional energy technologies is of importance.

### I. 개 요

지구의 환경 문제는 국제적으로 점차 그 중요성이 증대되고 있다. 지구에 인류가 존재하는 한 환경은 오염될 수 밖에 없으며 그 결과 지구 생태계의 커다란 변화가 다가올 것이라는 것은 주지의 사실이다. 따라서 지구 환경의 보존을 위해 에너지 이용 효율성을 제고해야 하며, 청정 에너지의 개발, 사용으로 온실 효과의 주범인 CO<sub>2</sub> 발생량을 줄이기 위해 화석 연료의 사용을 억제할 수 있는 대책과 화석 연료로부터 발생하는 NO<sub>x</sub>나 SO<sub>x</sub> 등에 의한 산성비로 생태계의 파괴를 막을 수 있는 청정 에너지의 개발을 위한 사회, 환경적인 정책적 제도 도입이 활발히 진행되고

있다.

각국별로는 자국내의 환경보전을 위해 환경오염원 배출에 따른 환경부담금 부과제도를 제정하고 있으며, 우리나라도 환경오염 배출에 따른 "발생자 부담원칙"에 따라 환경개선비용 부담법을 제정('92. 7. 21)함과 아울러 벌과금제도를 시행하고 있다. 따라서 본 고에서는 사회, 경제적비용부담을 고려한 태양에너지 기술개발의 필연성과 대체에너지 개발의 경제성 평가를 새로운 인식하에서 재조명 되어야 할 것으로 본다.

### II. 서 론

태양 에너지를 비롯한 신 에너지원 개발은

기존 에너지보다 경제성이 낮아 보급의 장애요인이 된다. 그러나 향후 신 에너지 개발 보급을 위해서는 중, 장기적 시야를 갖고 근원적인 정책 추진이 요구된다.

무공해, 청결하고 재생가능한 에너지원은 “사회비용”(즉 환경부담)이 극히 적다는 점을 경제성 평가시 고려해야 한다. “사회적 비용”(Social Cost)에 대한 방법론이 유럽의 에너지 환경연구자 및 정책 입안자들 간에는 매우 활발한 논의가 이루어지고 있다. 태양 및 풍력에너지등의 보급 촉진책에 대한 효과가 상승되고 있으며, 화석연료에 의한 발전은 편리하고 가격이 안정되어 있지만, 자원의 고갈(1990년 소비기준 석유 46년, 석탄 205년, 천연가스 67년) 및 CO<sub>2</sub> 방출량이 많아 환경오염의 주원인이다.

오늘날 지구환경 문제를 해결하는 데는 지구 자체가 갖고있는 환경자정능력의 균형안에서 인류가 생활하기 위한 환경을 유지하지 않으면 안된다. 따라서 자원 및 환경에 대해서 수요와 공급의 시장가격 원칙에 맡겨 둘수 만은 없다. 따라서 새로운 평가방법을 확립하여 가격에 반영코자 하는 생각을 갖게 되었으며, 각 국가별로 대책방안을 수립하였다.

1970년대 초반까지 환경정책은 경제성장을 저해한다는 측면에서 논의의 대상이 되지 못하였다. 1972년 스톡홀름에서 열린 유엔인간환경회의 이후 환경에 대한 인식이 재조명되기 시작하여 경제성장과 환경이 경쟁관계에서 상호보완 관계로 전환되었다. 프랑스는 대기오염에 대한 배출부담금을 적용하였고, 핀란드와 스웨덴은 화석연료 사용에 따른 탄소세를 도입하였다. 오스트레일리아, 벨기에, 네덜란드, 미국은 폐기물에 대해 배출부과금을 징수하였다. 또한 덴마크, 핀란드, 독일, 뉴질랜드, 스웨덴, 스위스, 영국은 유·무연 가솔린에 대해 세금의 차등부과 정책을 두고, 독일, 일본, 네덜란드, 스웨덴은 저공해 차량의 증대 수단으로 세제를 활용하고 있다.

### III. 에너지의 환경비용

최근의 산성비에 의한 산림파괴가 세계적으로 문제화되기 시작하였다. 독일은 70년대 부터 심각성이 대두되었다. 그 원인이 화석연료의 연소와 자동차의 배기가스가 주범임을 인지하였다.

재생가능 에너지가 많이 보급되지 못한것은 기존의 화석연료의 가격과 비교해 볼때 재생가능 에너지를 이용하는데 드는 비용이 많이 들기 때문이다. 그러나 화석에너지의 가격에는 산림파괴 및 대기 오염을 사전에 방지하기 위한 비용이 포함되어 있지 않다. 이러한 직접적인 에너지 비용을 “내부비용”이라고 말하는데 반하여 환경 및 건강등 사회부담이 강요되는 비용(외부 비용 또는 회피비용)이라는 개념이 생겨났다. 사회비용은 에너지 생산과 소비에 관계된 모든 비용을 뜻한다. 이 비용에는 직접 관계가 없는 제 3자 및 장래 세대의 부담되는 비용과 시장가격등은 포함되지 않는다. 구체적 예로는 화석연료 또는 핵연료로 부터 발전의 대부분은 커다란 사회비용을 낳는다.

### IV. 기존 에너지기술의 사회비용 평가

기존 기술의 사용에 따른 환경 오염 및 사회비용을 태양에너지 기술 대체 사용으로 인한 환경 및 기타 사회 이익에 미치는 영향을 대비하여 보는 것은 중요하다. 이러한 잠재 가치(외적 비용)는 일반적으로 에너지 경제성 평가에 고려되지 않고 있다. 태양에너지 보급 비용이 기존 시설 가격과 비교할때 재생에너지의 잇점을 강조하기 위하여 사회적 비용의 수준을 가시화하는데 근본 취지가 있다.

1989년 ASES(American Solar Energy Society) 회의에서 여러가지 외적 비용에 대한 의견들이 최초로 제안되었다.

ASES에서 제안된 사회적비용의 산정은 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 Estimates of Societal Costs of Energy

| Issue             | Societal Cost(Billion \$/year) |            |
|-------------------|--------------------------------|------------|
|                   | low                            | high       |
| Corrosion         | 2                              | 2          |
| Crop Loss         | 2                              | 8          |
| Health Impacts    | 12                             | 82         |
| Radioactive Waste | 4                              | 31         |
| Military          | 15                             | 54         |
| Subsidies         | 43                             | 55         |
| Jobs Lost         | 31                             | 31         |
| <b>Total</b>      | <b>109</b>                     | <b>263</b> |

ASES Roundtable : Societal Costs of Energy, 1989

이 비용은 지구환경 변화에 영향을 미치는 잠재 비용은 포함하지 않는다.

미국의 총에너지 소비량( 84 Quads)으로 나눈 중간치의 외적 가치를 계산하면 사회적비용은 약 \$ 2/MBtu이 된다. 이 값을 전력으로 환산하면 2 ¢/kwh에 해당된다.(1MBtu=100kwh) 예를들면 가솔린 8갈론은 약 1 MBtu이며, 따라서 가솔린의 사회적 비용은 적어도 25¢/갈론이다.

점차적으로 전력입안자들은 “최소비용” 또는 “통합된” 자원 계획 시설에 있어 사회적 비용 산정의 중요성을 인지하고 있다.

미국내의 5개주(뉴욕, 캘리포니아, 비몬트, 매사추세츠, 및 위스콘신)에서는 지방세율 결정에 있어 사회적 비용을 제도화 하였고 허가제를 시행하고 있다.

모든 계획은 의사결정 과정에서 외적 비용을 편입시켜 다음 세대에 이러한 비용을 부담시켜서는 안된다.

미국의 4개주 법제 기관의 발전시설로부터 발생하는 대기 배출량에 대한 산출된 환경비용의 값은 (표 2)와 같다.

〈표 2〉 Comparison of Emission Externality Costs

| Emissions        | Units in \$/Pound |        |        |       |
|------------------|-------------------|--------|--------|-------|
|                  | NY PSC            | MA DPU | NV PSC | CAPUC |
| SO <sub>2</sub>  | 0.41              | 0.75   | 0.78   | 2.03  |
| NO <sub>2</sub>  | 0.89              | 3.25   | 3.40   | 3.55  |
| VOC <sub>s</sub> | -                 | 2.65   | 0.59   | 1.65  |
| CO               | -                 | 0.43   | 0.46   | -     |
| Particulates     | 0.16              | 2.00   | 2.09   | 1.19  |
| CO <sub>2</sub>  | 0.001             | 0.011  | 0.011  | 0.013 |
| CH <sub>4</sub>  | -                 | 0.11   | 0.11   | -     |
| N <sub>2</sub> O | -                 | 1.98   | 2.07   | -     |

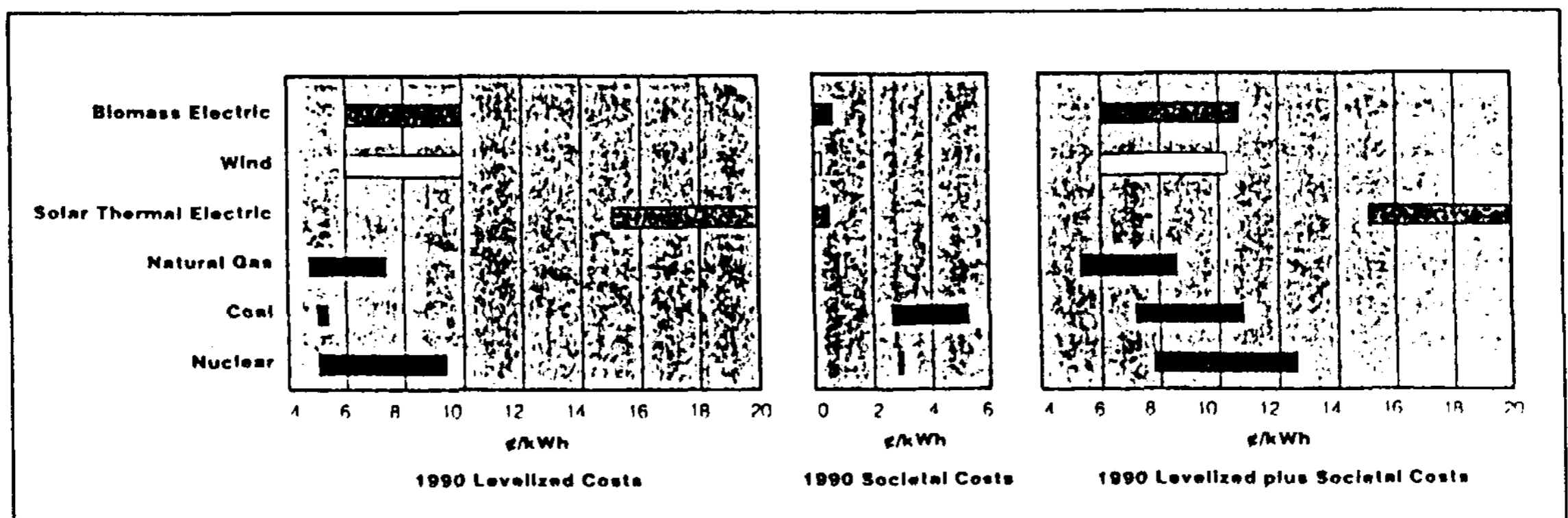
Economic Research Associates 1992

배출물 비용은 뉴욕주에서 약 1¢/kwh로 산정하였다.

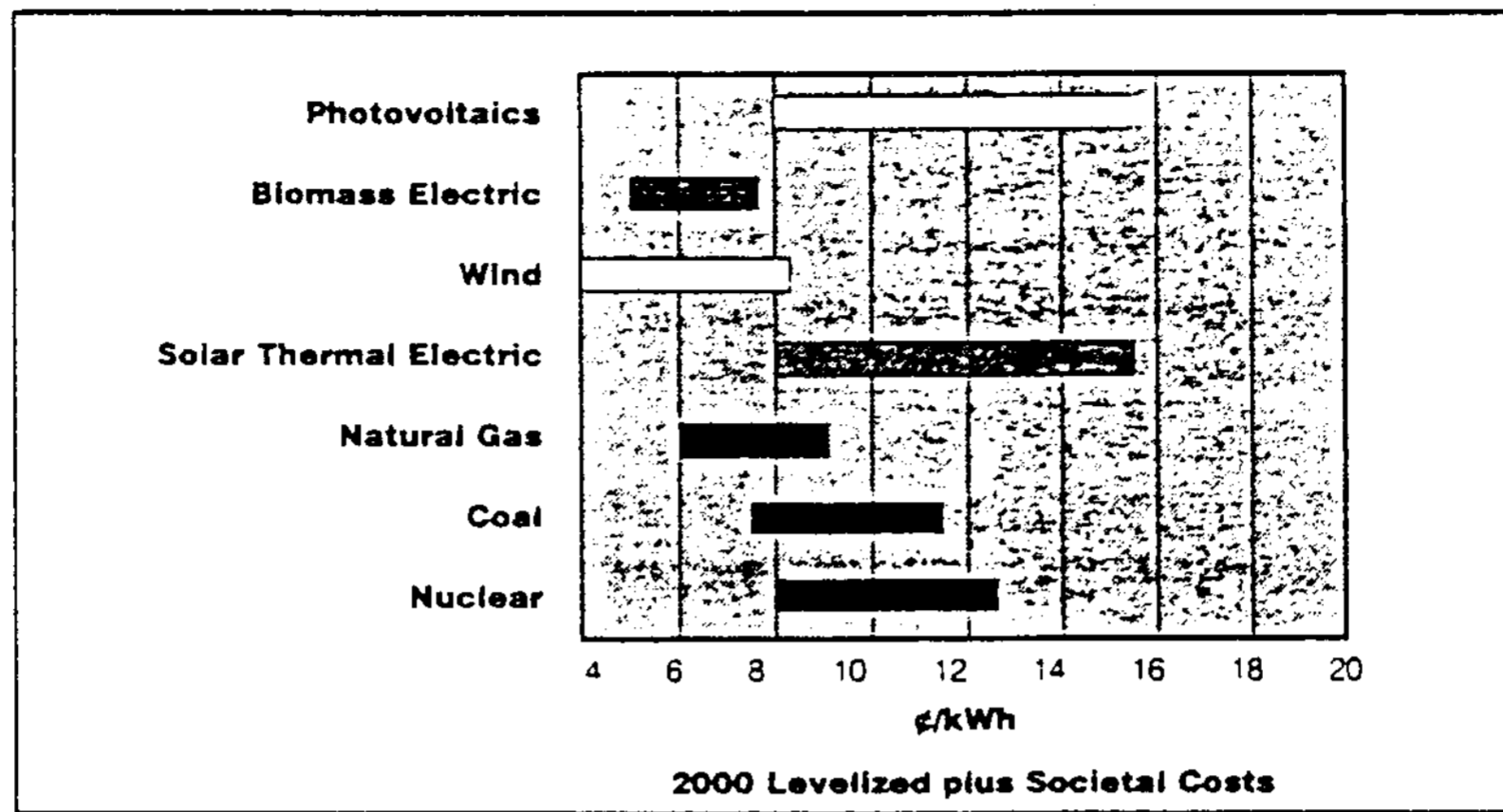
사회적 비용은 모든 상용 기술마다 다를 뿐더러 모든 재생기술 조차도 같지가 않다.

전력 발전의 여러가지 기술에 대한 총 비용 평가는 사회적 비용과 평균비용을 합한 것으로 (그림 1)과 같이 나타난다.

이러한 비용들을 정확히 결정하는 것은 매우



(그림 1) 기존 및 대체전원에 대한 사회비용 비교



(그림 2) 2000년대 전력원 평균비용과 사회비용

어려울뿐만 아니라, 실제의 금액으로 나타낼 수 없는것이 현실이다. 분명히 결론지을 수 있는 것은 자원의 취사선택에 있어 부정확한 정보를 발생하지 않도록 경제적으로 사회적 비용을 정하는 것이 중요하다.

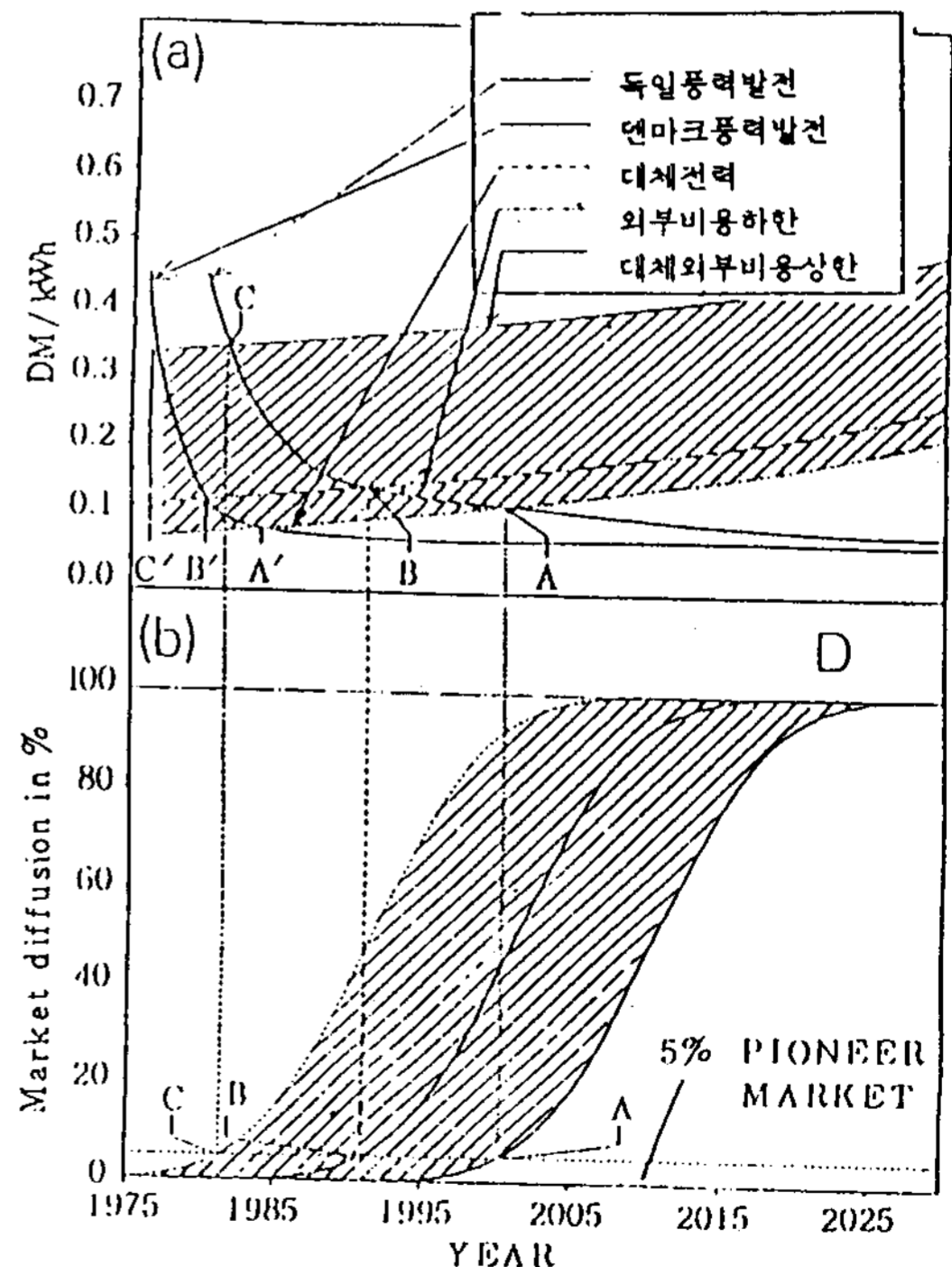
사회비용을 포함시키면 대체에너지의 경제성을 기존 에너지원과 비교해서 보다 증대되며 2000년대는 태양열 발전 비용은 반으로 감소될 것으로 기대되며, 따라서 태양열 및 태양광발전은 사회비용을 감안하면 기존 에너지 비용과 충분히 경쟁이 될 것으로 예측하고 있다.

에너지 사회비용을 제창한 독일의 Hohmeyer박사는 독일의 기후, 경제 및 행정을 가미한 풍력과 태양광발전 시스템에 관한 정량적 평가 방법과 결과를 발표하였다. Hohmeyer박사가 다룬 사회비용의 요소는 다음과 같다.

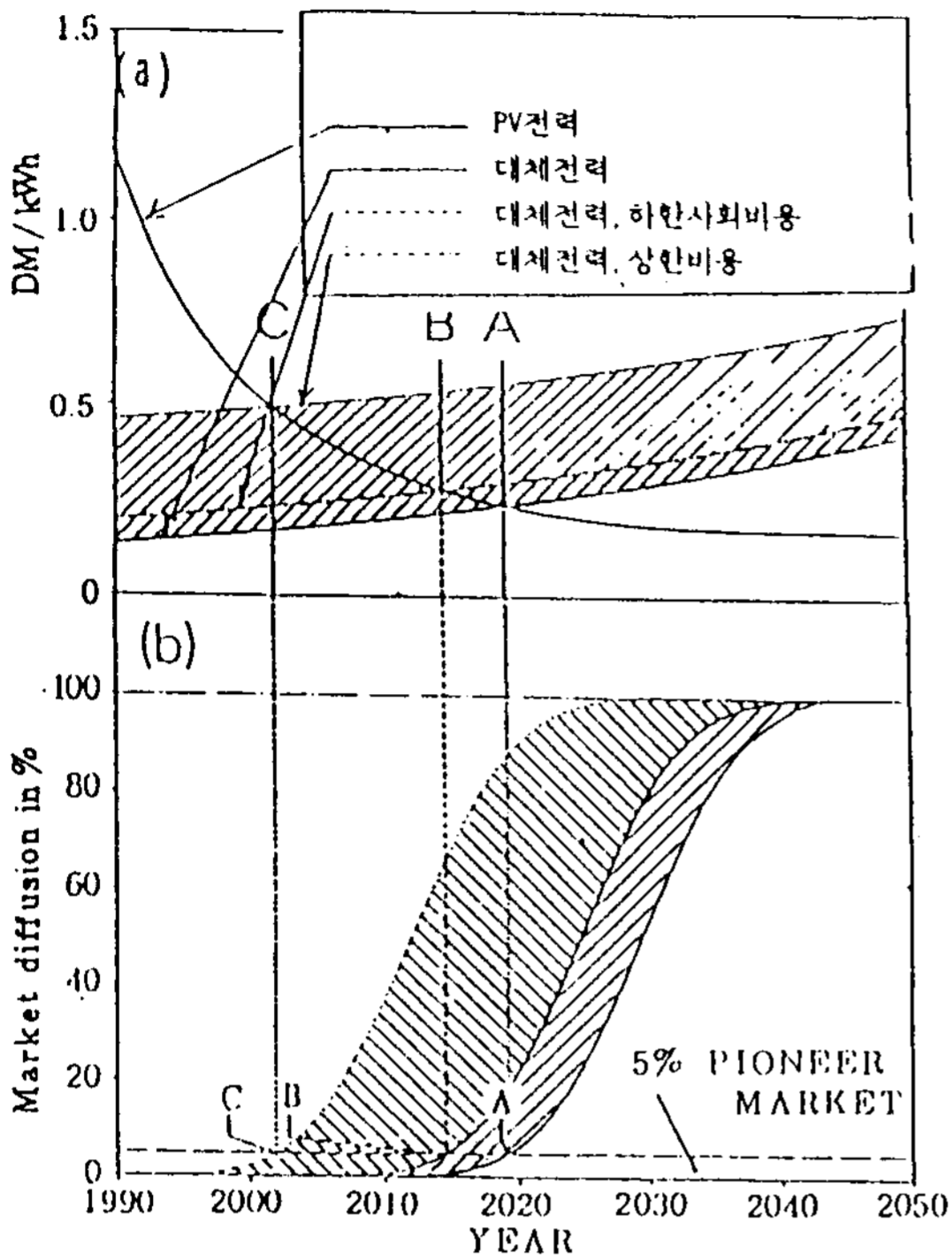
- 환경상의 영향
- 건강에의 영향
- 화석에너지 자원의 고갈비용
- 구조적인 거시경제의 영향 및 보조금 제도

또한 Hohmeyer박사는 풍력과 태양광발전의 순사회이익은 재래 전력의 기본가격과 같다. 사회비용을 고려하면, 『고가의 재생가능 에너지는 도입의 적합한 시기가 다가오고 있다고』 말하며 독일의 원자력발전 비용은 사회비용을 포함하여

50~350원/KWh, 풍력은 소음 마이너스 요소를 포함하여 25~130원/KWh, 태양광발전은 30~160원/KWh된다고 주장하며, 이의 실시여부는 정책적 판단에 달려있다고 보았다.



(그림 3) 분산형풍력시스템 시장보급에 따른 사회비용 영향과 2030년까지의 시장보급 현황



(그림 4) 분산형PV시스템 시장진입 개시시점과 2040년까지 시장보급에 따른 사회비용 영향

(그림 3)와 (그림 4)은 풍력 및 태양광발전 시스템의 시장도입 시기와 사회비용의 영향을 포함한 장래 예측이다.

Hohmeyer는 한 연구보고서(Social Cost of Energy Consumption, Berlin, 1988)에서 화석 자원의 고갈에 따른 대체연료 전환을 위한 사회, 환경 비용으로 2¢/KWh의 감채 기금이 필요하다고 강조한다. 가스연소기는 SO<sub>x</sub>를 배출하지 않지만, NO<sub>x</sub>, Co 및 CO<sub>2</sub> 등을 배출한다. 이러한 배출가스에 대해 1~2¢/KWh의 세금부과가 된다면 약간의 효율감소와 추가 시설투자로 NO<sub>x</sub> 및 CO배출을 억제시킬 수는 있다고 보았다.

CO<sub>2</sub>등 배출억제는 매우 어려우며 그것에 의한 온실효과 비용은 독일에서는 연구되지 않았지만, 다른 나라에서는 CO<sub>2</sub>배출 비용을 석탄 발전의 경우 2¢/KWh, 가스 발전의 경우 1¢/KWh를 부과해야 한다고 제안하고 있다. 미국의 일부 주에서는 환경외부 비용을 정량화 하여 공익사업

및 입찰시에 활용하고 있으며 나머지 주에서도 채택을 고려하고 있다.

<표 3>는 유럽의 탄소세(CO<sub>2</sub>세) 부과금(안)을 나타낸다.

<표 3> 유럽의 탄소세(CO<sub>2</sub>)의 세율(1990)

| 화석연료 | 핀란드                     | 네덜란드                                     | 스웨덴                  | 노르웨이                   | EC(안)     |
|------|-------------------------|--|----------------------|------------------------|-----------|
| 석 탄  | 3.98 \$/t               | 1.49 \$/t                                | 97.69 \$/t           | 석유0.5\$/ℓ              | 14 \$/br  |
| 가솔린  |                         |  |                      | 0.10 \$/ℓ              | 석유10\$/br |
| 디젤   | 11.51 \$/br             | 2.73 \$/br                               | 16.03 \$/br          |                        | 원자력5\$/br |
| LPG  | ?                       | 1.94 \$/t                                | 118 \$/t             |                        |           |
| 천연가스 | 0.08 \$/ft <sup>3</sup> | 0.029 \$/10 <sup>3</sup> ft <sup>3</sup> | 2.63/10 <sup>3</sup> | 0.10 \$/m <sup>3</sup> | 7\$/br    |

## V. 결 론

지구 환경문제중에 프레온 가스에 의한 오존층파괴, 산성비, 해양오염, 열대림 벌채 등에 관하여는 기술적인 동시에 정책적 대응이 보다 문제 해결이 가능하다. CO<sub>2</sub>에 의한 온실효과 가스의 억제는 20세기형의 공업문명이 계속되는 한 심각한 문제이다.

20세기 산업형태인 대량생산, 대량소비, 일회용소비 풍조로 볼때 21세기형 문명을 만들어 내지 않으면 안된다. 그러기 위해서는 다음의 필연적인 과정이 필요하다.

- 1) 순환대사형 문명으로서의 전환과 선진국은 GNP로 부터 탈피
- 2) 개발도상국에는 경제발전의 다양성을 추진
- 3) 미의식으로 부터 생활형태 변화
- 4) GNP성장과 에너지소비 증대와의 상관성 단절  
(고부가가치 소량생산으로 전환, 제품수명, 장기화등 노력)
- 5) 재생가능 에너지 도입 및 신에너지 기술 개발 추진
- 6) 지구상 남북으로 구분되어 있는 선진국과 도상국간의 "공정성" 합의 및 질서준수
- 7) 21세기 문명의 창조, 기술공유 및 부단한 국제적 노력이 필요

## OECD 국가의 환경보존 대책방안

### 경제적 대책방안

1. 부과금제도 -- 배출부과금, 사용자부과금, 제품부과금, 관리부과금
2. 국고보조금제도 -- 세금감면, 교부금
3. 예치금반환제도 -- 재사용(용기등) 폐기물 처리장려
4. 시장조성촉진책 -- 세금차등 등
5. 경제유인책 -- 벌과금 제도

### 기술적 대책방안

1. 환경영향 평가
2. 비용-편익 분석 기법에 의한 규제조치
3. 신청정기술 개발
4. CFC대체물질 개발
5. 신·재생에너지 기술개발 촉진

## 우리나라의 대책방안

1. 환경 규제조치의 국제화
2. 저에너지 사용 산업구조로 조정 및 전환. 유인책 수립
3. 환경교육 프로그램의 수립 및 실행
4. Mass-Media를 통한 환경문제 홍보 및 인식 고취
5. 대체에너지 개발 촉진법의 활성화
6. 중·장기적 환경기술개발 프로그램의 수립 및 국책화
7. 환경기술개발 추진체계의 Matrix화 및 Matrix Management운영기법 도입

## 참고문헌

1. Ronal W. Larson, et al. "Economics of Solar Energy Technologies", ASE, December, 1992
2. 浦谷昌生, "新工ネルキ? 一道入促進"には環境コスト評價を", Sonet Systems No. 53. 1993.
3. Lorin L. Vant-Hull, "Solar Thermal Central Receivers", Solar Today, Vol. 6, No. 6, 1992.
4. Harald N. Rystvik, "The Sunshine Revolution" SUN-LAB Publishers, Norway. 1992.



rature.

3) Characteristics of the spectral response of light are improved by doping with 0.5wt % impurity

## Application of Separate-Excitation Inverter for Photovoltaic Power Generation System

Yu, Gwon-Jong, Jeon, Hong-Seok

*Korea Institute of Energy Research*

### ABSTRACT

This paper describes technical details of Separate Excitation Inverter(SEI) application for the photovoltaic system. Depending on the output characteristics of solar cell modules, optimum control for the maximum electricity generation of photovoltaic system could be determined. New control mechanism of Separate Excitation Inverter for the Photovoltaic-Diesel Hybrid Generator was tested and examined. Results of this paper describe that maximum out of solar cell array could be obtained at two points. Therefore the two point control method was applied and verified between, the theory and the experiment.

## 대체에너지기술의 환경비용 고찰

김 부 호

한국에너지기술연구소

The comparison of solar energy technologies with conventional technologies involves more than just comparing the costs of supplying energy and providing capacity. Solar technologies supply energy in a sustainable manner while having minimal effects on the environment. When choosing between solar energy technologies and conventional technologies, first cost is an important factor.

The environmental and other social benefits of using solar energy technologies contrast sharply with the environmental degradation and social costs resulting from the use of conventional technologies. These hidden costs, sometimes called "social cost", are not included in conventional economics.

This paper is emphasized that the consideration of social costs effects comparisons between renewable and conventional energy technologies is of importance.