

[논문] 태양에너지  
*Solar Energy*  
Vol.18. No.1, 1998

## 기후변화협약 시대의 태양에너지 개발 전망

홍 옥 희

전력연구원 에너지환경고등연구소

### Perspectives on Solar Energy Development in the Age of Climate Change Convention

**Wuk-Hee Hong**

*Center for Advanced Studies in Energy and Environment, Korea Electric Power Research Institute*

#### 요 약

1994년부터 발효된 UN 기후변화협약은 지구온난화의 방지를 위해서 각국의 자발적인 이산화탄소 배출 저감을 의무 사항으로 규정하고 있다. 우리 나라도 21세기에 들어서면 본격적으로 이산화탄소 배출 저감을 추진해야 할 것으로 예상되지만 에너지 절약의 측면에서나 대체에너지 개발의 측면에서 다른 나라들보다 상황이 크게 불리한 입장에 있다.

기후변화협약에 대비하는 한 대안으로 태양에너지를 이용할 필요성이 상당히 증대될 것이기 때문에 앞으로 태양에너지 관련 기술에 대한 수요는 현재보다 상당히 높아질 것으로 예상된다. 이런 점을 감안해서 본고에서는 먼저 기후변화협약의 내용들을 살펴보고 이에 대응하는 수단으로서 태양에너지 기술 개발의 전망을 포괄적으로 검토하였다. 특히 우리 나라에서는 고효율 태양전지의 대량 생산 기술과 태양열 이용 온수기 및 난방 시설의 효율 증진 기술 등이 유망하다고 전망되었다.

## ABSTRACT

Since entered into force in 1994, United Nations Framework Convention on Climate Change(UNFCCC) would require all the member nations to adopt national programme for mitigating climate change and industrialized countries to undertake specific commitments of carbon dioxide emission reduction. Considering all the situation, it may be safe to assume that Korea would undertake such commitment early in the next century. Unfortunately, however, we are in the position that is very disadvantageous in preparing national strategies for carbon dioxide reduction mainly due to our rigid energy-intensive economic structure and poor geographic conditions.

Solar energy is regarded as most available renewable energy resource in Korea and hence development of solar energy technology would serve as one of most effective alternatives for energy conservation and renewable energy utilization. In this regard, the presenting paper discuss the perspectives on solar energy development in relation to carbon dioxide reduction strategies. Such technologies of solar cell mass production and solar heating were considered to be most advantageous among many solar energy solutions discussed in this paper.

## 1. 머리말

앞으로 21세기에 예상되는 여러 가지 국가적 현안들 중에서 특히 우리 나라의 입장에서 가장 대처하기 어려운 과제의 하나로 지구온난화를 억제하기 위한 이산화탄소 배출 감축 문제를 들 수 있다. 이 문제는 1994년부터 발효된 UN 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)에 우리 나라도 가입되어 있음으로 해서 이제는 더 이상 방관만 할 수 없는 입장이 되었다.

기후변화협약은 전세계적으로 온실가스의 배출을 최소화하여 지구 기후의 안정성을 회복하는 것을 목표로 한다. 그렇지만 이 문제

가 심각하게 부각되고 있는 보다 중요한 이유는 이 협약이 단순히 지구 기후의 보호를 꾀하는 것이 아니라, 세계 각국이 자발적으로 화석연료 사용을 제한하도록 강요함으로써 국가경제에 미치는 영향이 엄청나게 클 수 있다는 점이다. 지구온난화 문제에 대해서 우리나라가 다른 나라들보다 특히 큰 관심을 가져야만 하는 이유는 자명하다. 우리나라의 에너지 사용 증가율이 세계적으로 가장 높은 수준에 있을뿐만 아니라 이산화탄소 방출 저감을 위한 대안 개발의 여지도 대단히 협소하기 때문이다.

태양에너지는 화석연료의 대체에너지원으

로 전세계적으로 활발히 연구개발이 추진되고 있는 에너지 자원일뿐만 아니라 우리 나라에서는 재생에너지 자원 중 가장 유력한 에너지원이라고 할 수 있다. 따라서 이제부터는 기후변화 협약 준수를 위한 대응 수단으로서 태양에너지 기술의 개발에 보다 적극적으로 나서야 할 필요가 있다고 생각된다. 바로 이런 점을 고려해서 본고에서는 먼저 기후변화협약의 내용들을 살펴보고 이에 대응하는 수단으로서 태양에너지 기술 개발의 전망을 포괄적으로 검토하고자 한다.

## 2. 기후변화협약의 주요 내용과 진행 경과

지구온난화는 인류의 화석연료 사용 증가에 힘입어 대기 중의 온실기체 농도가 자연상태보다 높아짐으로 해서 지구의 평균 기온이 상승하는 현상이다. 중요한 온실기체에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 염화불화탄소화합물(CFCs) 등이 있는데 이 중에서 특히 대기권의 온실효과에 50% 이상의 중요성을 갖는 이산화탄소가 특히 관심의 대상이 되고 있다.

대기 중의 이산화탄소 농도는 산업혁명 이전에는 280 ppm 정도였는데 지난 세기 말에는 315 ppm으로, 그리고 최근에는 350 ppm으로 증가했으며 앞으로 획기적인 대책의 시행이 없으면 21세기 중반에는 400 ppm을 훨씬 초과할 것으로 전망된다. 이산화탄소 농도 증가에 기인하는 기온 상승에 대한 예측은 학자들에 따라서 그 변화폭이 크지만, IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 추산에 의하면 서기 2030년에 이

르면 현재보다 0.4 - 1.0 °C 정도 연평균 기온이 상승할 것이라고 한다<sup>1)</sup>.

기후변화협약은 이러한 지구온난화의 방지를 위해서 에너지 절약과 화석연료 사용 제한을 포함으로서 대기권으로의 이산화탄소 방출을 억제하는 것을 목표로 한다. 이 협약은 1992년 6월 브라질의 리우에서 개최된 유엔환경개발회의에서 161개 국가 대표가 서명함으로써 채택된 이래 1994년 3월 21일 공식적으로 발효되었다. 기후변화협약은 모든 회원국들이 반드시 준수해야 하는 일반 의무 사항과 선진국들과 시장경제전환국들에게만 해당되는 특별 의무 사항을 명시하고 있는데, 전자에는 각국이 온실가스 배출에 대한 통계와 기후변화 방지에 기여하는 국가 정책을 작성하여 보고할 의무가 포함되며 후자에는 목표년도를 선정해서 온실가스의 강제적 감축 목표를 달성할 수 있는 국가 정책을 채택하고 이를 추진할 의무가 해당된다. 특별 의무 사항을 준수해야 국가를 묶어서 부속서 I 국가군(Annex I countries)이라고 하는데 여기에는 OECD에 가맹된 대부분의 선진국들과 과거 동구권에 속했던 시장경제전환국들이 포함된다. 이 밖에도 기후변화협약은 선진국들의 개발도상국들을 위한 재정 지원과 기술 이전의 의무를 명시하고 있다. 또 이 협약은 재정 지원 및 기술 이전에 있어서 기후변화에 특히 취약한 군소도서국가들에 대해서 특별한 고려를 할 것과 화석연료에 과다하게 의존하거나 에너지 집약형 상품의 수출에 크게 의존하는 국가들에 대해 특별히 고려할 것도 명시하고 있다<sup>2)</sup>.

1994년 협약 발효 이후 1995년부터는 이 협

약의 원만한 운영을 위해서 매년 당사국총회 (COP, Conference of the Parties)를 개최하고 있는데, 1차 회의는 독일의 베를린에서, 2차는 스위스 제네바에서, 그리고 작년의 3차 회의는 일본 교토에서 개최되었다. 이렇게 당사국총회가 열릴 때마다 각국의 이산화탄소 감축을 위한 규제 촉구의 강도는 점점 높아지고 있는데, 특히 작년의 교토 회의에서는 그동안 이산화탄소 감축에 미온적이었던 미국이 서기 2010년까지 1990년 대비 5% 감축에 동의함으로써 모든 부속서 I 국가군들이 실질적으로 0 - 10% 이산화탄소 감축에 동의하였다. 우리나라는 1996년부터 OECD 회원국이 되었지만 아직 부속서 I 국가군에는 속해있지 않다. 그렇지만 앞으로 수 년내에 부속서 I 국가군에 포함될 것으로 예상되기 때문에 이제 이산화탄소 감축은 더 이상 회피할 수 없는 절박한 문제로 대두되고 있다.

### 3. 우리나라의 현황과 당면 과제

기후변화협약에 대해 우리나라가 얼마나 취약한 상황에 놓여있는지는 표 1에서 쉽게 살펴볼 수 있다<sup>3)</sup>. 우리나라의 에너지 사용 증가율은 거의 세계 최고 수준으로 지난 30년 동안 연평균 10% 이상 성장을 거듭해 왔다. 이러한 추세는 1997년까지도 계속되었는데 다만 1998년부터는 IMF 사태로 인해 성장률이 크게 둔화될 것으로 예상된다. 더욱 곤란한 것은 인구 1인당 에너지 소비량인데 표 1에서 보이다시피 최근 들어서 우리나라가 일본이나 프랑스와 같은 선진국 수준에 육박하고 있다는 점이다. 표 2는 우리나라와 다른 나라들의 에너지 강도(GDP 1,000\$ 획득에 요구되

Table 1. Comparison of annual growth rates of total energy demand and per capita energy utilization of selected countries in 1990s.

country		'90	'91	'92	'93	'94	'95
growth rate of total energy demand (%)	<b>Korea</b>	<b>14.12</b>	<b>11.19</b>	<b>11.95</b>	<b>9.37</b>	<b>8.16</b>	<b>9.62</b>
	Japan	4.95	3.48	1.71	1.09	4.94	2.51
	U.S.A.	0.15	-0.38	1.61	1.98	2.13	1.67
	France	2.65	5.48	0.52	0.43	-2.42	2.57
per capita energy demand (TOE/person)	<b>Korea</b>	<b>2.17</b>	<b>2.39</b>	<b>2.66</b>	<b>2.88</b>	<b>3.09</b>	<b>3.35</b>
	Japan	3.46	3.57	3.62	3.65	3.82	3.90
	U.S.A.	7.73	7.61	7.65	7.72	7.81	7.86
	France	3.89	4.10	4.09	4.09	3.97	4.06

\* TOE : tonnes of oil equivalent

Table 2. Comparison of energy intensities (TOE/1,000\$) of selected countries during 1992-1995.

country		'92	'93	'94	'95
OECD country	U.S.A.	0.35	0.34	0.34	0.34
	Japan	0.14	0.15	0.15	0.15
	Canada	0.37	0.37	0.37	0.37
	Mexico	0.40	0.40	0.41	0.43
	Germany	0.20	0.20	0.19	0.19
	France	0.19	0.20	0.19	0.19
OECD average (28 nations)		0.25	0.25	0.24	0.24
Asian country	<b>Korea</b>	<b>0.40</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
	China	1.56	1.44	1.38	-
	Taiwan	0.29	0.29	0.29	0.29
	Malaysia	0.50	0.53	0.53	-
	Thailand	0.35	0.37	0.38	-

는 에너지 사용량)를 비교한 것이다. 우리나라의 에너지 강도는 멕시코와 함께 OECD 국가들 중에서 가장 높은 수치를 보이고 있으며 심지어 대만이나 태국에 비해서도 높은 형편에 있다.

이렇게 에너지 사용이 방만하게 이루어지

Table 3. Comparison of carbon dioxide emission data of selected countries.

country	CO <sub>2</sub> (MtC)	per capita CO <sub>2</sub> (tC)	country	CO <sub>2</sub> (MtC)	per capita CO <sub>2</sub> (tC)
U.S.A	1,369.1	5.4	Korea 2000	148.5	3.2
Korea 2030	351.0	6.9	Canada	118.6	4.5
Japan	289.1	2.3	Italy	112.1	1.9
Germany	283.4	3.6	France	104.7	1.9
Korea 2020	281.2	5.6	Australia	74.7	4.4
Korea 2010	217.0	4.4	Korea 1990	65.2	1.5
England	160.6	2.8	Spain	51.9	1.6

고 있기 때문에 우리 나라의 이산화탄소 방출량도 국가의 경제력이나 인구수에 비해서 다른 나라보다 높은 수준에 있어서 1990년 현재 우리 나라의 연간 이산화탄소 방출량은 6천5백만tC 정도로 전세계 16위 수준이며 전세계 방출량의 약 1.1%를 차지하고 있다<sup>4)</sup>. 그런데 우리 나라는 선진국들의 일반적인 추세와는 달리 앞으로도 계속 에너지 사용 확대 정책 기조를 유지하고자 하기 때문에 표 3에서 보이다시피 이산화탄소 배출량의 국가 순위가 서기 2000년에는 세계 9위, 2010년에는 6위, 그리고 2030년에 이르면 미국 다음가는 에너지 다소비국으로 전락할 것으로 예상된다. 인구 1인당 이산화탄소 배출량에 있어서도 2000년에는 3.2톤으로 유럽 국가 수준에 이르고 2020년에는 현재의 미국 수준에까지 도달할 전망이다<sup>4)</sup>.

그런데 문제는 기후변화협약이 우리 나라로 하여금 위에서와 같은 전망대로 에너지 사용의 확대와 그에 따른 이산화탄소 방출 증가를 결코 허용치 않을 것이라는 점이다. 더욱 곤란한 점은 사정이 이러함에도 불구하고 우리 나라의 입장에서는 경제 구조나 기타 다른 여건상 화석연료 사용을 억제할 수 있는 실질적인 대안을 찾을 수 있는 여지가 별로 없다는 사실이다.

기후변화협약의 준수를 위하여 선진국들이 추진하고 있는 전략은 대체로 대동소이하다. 첫째, 탄소세(carbon tax) 또는 에너지세를 도입해서 기업과 가정이 화석연료 사용을 자발적으로 감축하도록 유도하고, 둘째, 교통 및 산업 구조를 에너지 다소비형에서 에너지 절약형으로 조정하며, 셋째, 전력 에너지원으로 원자력과 대체에너지원의 비율을 증진시키고, 넷째, 에너지 절약과 대체 에너지원의 개발, 방출된 이산화탄소를 회수 처리할 수 있는 기술의 개발을 적극적으로 추진하는 것 등이다<sup>5)</sup>. 그런데 우리 나라의 경우 앞의 첫 번째와 두 번째 대안을 시행하기 위해서는 경제의 전반적인 구조를 바꾸어야 하는데 이 때 예상되는 부작용이 너무 크기 때문에 시행상의 어려움이 따르고 네 번째 대안은 우리의 기술 수준이 아직 기대에 미치지 못하는 형편에 있다. 세 번째 대안에 있어서도 우리 나라는 전원 개발에 있어서 원자력이 차지하는 비중이 이미 프랑스를 제외하면 세계 최고의 수준에 있기 때문에 더 이상의 원자력 도입은 그리 쉽지 않으며 태양에너지를 제외한 재생에너지 자원은 국토의 여건상 극히 불리한 형편이다.

## 4. 기술적 대응 전략

이산화탄소 방출 저감을 위해서 단기적으로 취할 수 있는 국가적 전략은 에너지세나 탄소세의 도입과 같은 사회경제적 대안들이지만 궁극적으로는 에너지의 생산과 소비에 있어서 효율 증진을 통하여 에너지를 보다 많이 절약할 수 있는 기술을 개발하고 또 불가피하게 방출되는 이산화탄소를 저가의 비용으로 회수 처리할 수 있는 각종 기술을 개발하는 것이다. 이러한 기술적 대응 전략의 개요는 다음과 같이 정리할 수 있다.

### 가. 에너지 효율 증진 기술

에너지 효율 증진은 화석 연료의 채광, 수송, 연소 및 발전, 소비자 이용에 이르기까지 모든 단계에서 성취가능하다. 에너지 효율 증진은 오염물질의 배출량을 감소시켜 직접적으로 환경에 기여할뿐 아니라 에너지 효율 증진 분만큼 새로운 에너지원의 발굴을 늦출 수 있고, 또 오염물질 배출이 줄어드는만큼 환경개선 비용을 절약할 수 있으므로 환경보전의 측면에서 가장 유리한 수단이라고 말할 수 있다.

발전시스템에 있어서의 예를 들면, 화력발전소에서 발전 효율을 40 %에서 41 %로 증진시키면 이산화탄소 방출량은 2.5 %가 감축된다<sup>6)</sup>. 현재 한전의 미분탄 연소 방식 화력발전소의 평균 열효율은 37.71 %인데(1995년), IGCC와 같은 새로운 발전시스템은 50 % 이상의 열효율을 목표로 하고 있고 새로운 방식의 LNG 발전소는 60 % 효율까지도 기대하고 있다. 현재 가장 유망한 발전 방식으로 부

각되고 있는 복합화력(combined heat and power) 방식은 스팀 순환에서 폐열을 회수하여 지역난방에 이용하는데, 스웨덴의 예를 들면 발전소 전체 열효율이 85 %에 달한다. 히트 펌프(heat pump) 방식도 주위의 폐열을 흡수하여 건물 난방에 이용할 수 있으므로 열효율을 개선할 수 있다.

에너지 효율 증진은 특히 최종 소비자 부문에서 더 큰 효과를 기대할 수 있다. 일례로 컴팩트형 형광등은 종래의 형광등보다 75 %나 전력소비가 적고 수명도 훨씬 길지만 조명의 질 측면에서는 전혀 손색이 없다. 그럼에도 불구하고 새로운 형식의 형광등이 실제에 있어서는 종래의 형광등보다 널리 사용되지 않고 있는데, 그것은 초기 투자비가 훨씬 높다는 데에 주로 기인한다. 이러한 고효율 전기기기의 보급을 위해서 외국의 전력회사들은 소비자들에게 재정 지원을 하고 있다. 건물의 단열 증진, 모터 효율의 증진, 공장의 생산라인 간소화 등 에너지 효율 증진을 꾀할 수 있는 여지는 대단히 많아서 선진국의 경우 전기 에너지의 40 %까지도 감축이 가능하다고 한다.

### 나. 연료 전환과 재생 에너지의 사용

연료 전환이란 단위 열량당 이산화탄소 발생량이 상대적으로 적은 화석연료를 사용하는 대안으로 가장 적용하기가 용이하지만 기존 에너지 공급 시스템을 바꾸어야만 한다는 문제점을 갖는다. 화석연료별 온실효과 기체의 발생량은 표 4에 제시되어 있다<sup>7)</sup>. 이 표의 수치는 각 에너지원별로 채굴, 수송, 사용할 때에 자체적으로 발생하는 온실기체는 물론 채

Table 4. Greenhouse gas emission factors for a number of fuels(Smith et al., 1994)

fuel	CO <sub>2</sub> (gC/MJ)	CH <sub>4</sub> (gCH <sub>4</sub> /GJ)	N <sub>2</sub> O (gN <sub>2</sub> O/GJ)
Coal	25.1	5.5	2
Oil	20.8	8	2
Natural Gas	14.3	3	1
Peat	29.7	4.5	2
Wood	31.1	40	2

광지에서 유출되거나 불꽃으로 방출되는 기체, 수송에 사용되는 연료로부터 발생하는 기체, 파이프라인에서의 유출, 삼림의 화재 등으로 방출되는 기체 유출 등도 포함한 것이다.

21세기에 가능한 대안으로 에너지운반체(energy carrier)로 수소(H<sub>2</sub>)를 이용하는 방법도 널리 연구되고 있다. 이 방안은 화석연료가 사용되기 전에 탈탄소공정으로 이산화탄소를 미리 분리·저장하고 수소만을 소비자에게 공급하는 방식이다. 수소는 연소시켜 동력 에너지를 직접 얻거나 연료전지 시스템에서 사용하여 전기를 생산할 수 있다. 이 방법은 화석 연료를 사용할 때 매 단계마다 이산화탄소가 방출되는 번거러움을 피할 수 있는, 현재까지 알려진 바 가장 좋은 방안이라고 할 수 있다.

수력, 풍력, 능동형 및 수동형 태양열 이용, 바이오매스 등은 재생에너지원으로 가장 많이 연구되었다. 전 세계적으로는 수력발전이 가장

많이 이용되는 재생에너지원이며, 지열발전과 쓰레기매립장 배출 가스를 이용한 발전방식도 여러 나라에서 시행되고 있다. 태양광 발전(solar photovoltaics, PV), 액체 바이오연료(liquid bio-fuels), 소규모 수력댐 등도 점진적으로 사용이 확대되고 있지만 조력 발전은 전 세계적으로 그 사용이 극히 한정되어 있다.

대규모 수력발전은 기술이 잘 확립되어 있고 피크타임에서 전력이용 효율이 90%가 넘으므로 가장 바람직한 재생에너지원이지만 우리나라의 국토 여건상 발전소 부지가 한정되어 있어서 바람직한 대안이 되기는 힘들다. 그렇지만 통일 후에는 이북 지역의 풍부한 포장수력이 요긴한 재생에너지원이 될 수 있을 것이다.

전형적인 풍력 발전기는 로터의 지름이 25-40 m에 달하고 평균 250-500 KW의 출력을 갖는다. 풍력 발전기는 단독으로 설치되기 보다는 집단적으로 설치되는 경우가 많다. 현재 유럽에는 전체 약 750 MW 용량의 풍력 발전기들이 설치되어 있고 미국은 1995년에 1600 MW의 발전량을 기록하였다. 풍력 발전은 상업적으로 가장 유망한 재생에너지원이지만 설치 장소가 국한되고, 대부분의 설치 적합 장소는 자연보전 지구에 해당하기 때문에 환경보호에 위배될 수 있다는 문제가 뒤따르기도 한다.

태양광 발전은 현재도 개발이 계속되고 있는 재생에너지원이다. 태양광 발전의 열효율은 현재 35%에 이르고 있고 parabolic trough, central receivers, parabolic dishes, solar ponds 등의 집광 장치도 태양열 발전에

응용되고 있다. 태양광 발전은 지역에 따라 선호도가 크게 달라진다는 문제점을 가지며 화석연료에 비해서 아직은 가격 경쟁력이 낮다는 약점에도 불구하고 현재 가장 활발히 연구되고 있는 재생에너지원이다.

바이오매스 에너지(biomass energy)는 한번 수확한 후에 식물체가 다시 성장하면서 사용한만큼의 이산화탄소를 재흡수하기 때문에 궁극적으로는 태양열을 직접 이용하는 방법이라고 할 수 있다. 바이오매스 자원으로는 도시나 농경지, 공장, 목재가공 등에서 배출되는 폐기물, 매립지에서 방출되는 바이오연료(biofuels), 사탕수수과 같은 에너지 작물 및 단주기 재배식물(short-rotation cropping) 등이 중요하다. 단주기 재배식물이란 매 3-10년마다 벌채가 가능한 나무들을 말하는데 이 나무들은 벌채되더라도 뿌리는 그대로 남기 때문에 이후 지속적인 성장이 가능하다. 전세계적으로 생산가능한 단주기 재배식물의 잠재력은 발전용량으로 따져 450 GWe에 달하고 이 대안이 실용화될 때 방출저감이 가능한 이산화탄소량은 0.9GtC/yr가 된다<sup>8)</sup>. 바이오매스를 이용하는 다른 한 가지 방법은 단세포성의 미세조류(microalgae)를 사용하는 것이다. 미세조류는 발전소에서 방출되는 배연가스를 직접 사용할 수 있으며 나무보다 성장률이 3배 이상 탁월한 것으로 알려져 있다. 이렇게 해서 생산된 미세조류는 화학물질을 추출하거나 가축사료로 사용할 수 있고 폐기되는 부분은 퇴비나 바이오연료로 재사용이 가능하다. 만약 미세조류를 충분히 생산해서 바이오연료로 사용한다면 화력발전소에서 배출되는 이산화탄소의 반 정도를 감출시킬 수 있다고 알려져 있다.

에너지 작물로부터 에너지와 열을 생산하는 대안에 대해서는 지금도 연구가 활발히 진척되고 있지만, 본질적으로 이 연료는 에너지 밀도가 낮아서 수송 비용이 높을 수 밖에 없다는 약점을 갖는다. 중장기적으로 볼 때 나무, 풍력, 태양광 발전이 가장 유망한 재생에너지원으로 간주되고 있다.

#### 다. 이산화탄소 분리회수 및 저장 기술

불가피하게 방출되는 이산화탄소는 이를 연돌에서 분리회수함으로써 재이용하거나 또는 지하의 암반층이나 심해에 저장함으로써 이산화탄소 방출량을 저감할 수 있다. 현재 화력발전소나 제철업, 시멘트 산업과 같이 이산화탄소 방출량이 많은 설비들에 대해서 이를 분리회수할 수 있는 기술이 주로 개발되고 있으며 국제적으로는 이산화탄소의 심해 저장에 대한 연구가 점점 활발해지고 있다.

현재 이산화탄소는 냉매(dry ice), 용접 및 탄산 음료 첨가제 등의 용도로 매우 적은 양이 이용되고 있다. 국내의 경우는 1995년 현재 연간 이용량이 약 19만톤, 미국과 일본의 경우는 각각 연간 약 170만톤 및 81만톤에 불과한 것으로 알려지고 있다. 따라서 화력발전소로부터 이산화탄소를 분리회수한다면 결국 그 대부분을 고정화 또는 폐기해야 할 필요가 있게 된다.

흡수법(absorption)은 이산화탄소를 흡수할 수 있는 각종 용액과 이산화탄소를 포함하고 있는 배가스를 접촉시켜 이산화탄소를 선택적으로 분리하는 방법으로, 이 공정은 흡수탑과 흡수된 이산화탄소의 탈착을 위한 재생탑 및



원료가스의 전처리 설비로 구성된다. 흡수 공정에서 이용하는 가장 흔한 흡수제는 MEA(mono-ethanolamine)으로 현재 전세계적으로 가동 중인 설비만도 1,000기 이상인 것으로 알려지고 있다.

흡착법(adsorption)은 고체상의 흡착제 표면과 흡착되는 흡착질간의 상호 인력에 의하여 목적 성분을 분리하는 방법이다. 이러한 물리 흡착의 흡착평형은 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 흡착력이 증가한다. 즉, 저온과 고압에서 흡착질을 흡착제에 흡착시키는 반면 고온과 저압에서 흡착된 흡착질을 흡착제로부터 탈착시키는 방법을 이용하는데 이 공정의 주요 변수는 온도와 압력, 농도이다. 따라서 흡착 공정은 압력 변화 또는 온도변화에 의하여 목적 성분을 분리하는데, 흡·탈착 압력을 운전 변수로 하는 PSA(pressure swing adsorption) 공정과 온도를 운전 변수로 한 TSA(temperature swing adsorption) 공정으로 크게 나누어지고 있으며, 근래에는 이 두 경우를 혼합한 형태인 PTSA공정도 사용되고 있다.

막분리법(membrane separation)은 혼합기체가 고분자 다공질막을 투과할 때 분자량이 작고 가벼운 기체쪽이 그렇지 않은 기체보다 빨리 투과한다고 하는, 기체의 막투과 특성의 차이를 이용한 방법이다. 비교적 극성이 강한 이산화탄소에 대해 높은 투과 성능을 보이는 고분자로는 초산셀룰로스(cellulose acetate), polyamide, polysulfone 등이 있다. 근래에는 각 분리공정의 장점을 이용한 복합 분리 기술인 hybrid법이 소개되고 있는데 이 공정은 흡수법과 흡착법을 혼합한 형태 또는 막분리법과 흡수법 또는 흡착법을 혼합한 형태가 검토되고 있다.

회수된 이산화탄소를 화학적으로 유용한 자원으로 재활용하는 방안은 전체 이산화탄소 발생량을 고려할 때 그 규모가 미미하다. 이에 비하면 폐유전이나 폐LNG광에 저장할 수 있는 양이 훨씬 크며, 또 이에 못지않게 많은 양을 해저 기수역 지하(saline aquifer)에 저장할 수 있다. 한 추정에 의하면 전세계적으로 회수된 이산화탄소를 산업적으로 이용할 수 있는 양은 매년 0.2 - 1 GtC에 불과하지만 폐유전에 저장할 수 있는 양은 40 - 100 GtC, 폐LNG 채굴광에의 저장량은 90 - 400 GtC이며 해저 기수역이나 심해에 저장 가능량은 최대 4,000 GtC에 이를 것이라고 한다<sup>9)</sup>.

해양에는 기체의 형태로 4만 GtC 이상의 이산화탄소가 이미 들어있다. 해양 자체의 이산화탄소 부존량이 이처럼 크기 때문에 심해 저장에 대한 기술적인 어려움은 별로 없을 것으로 전망된다. 그렇지만 이러한 저장이 주변 해양환경에 미치는 생물학적 영향은 아직 예측하기 어렵다. 따라서 인위적으로 해양에 주입코자 하는 이산화탄소의 양을 해양이 흡수 가능한 전체 이산화탄소량의 1% 미만(400 GtC)에 국한시켜야 한다는 제안이 있는 반면 해수의 pH 변화를  $\pm 0.2$  단위까지는 허용할 수 있다는 입장에서는 1,200 GtC 이상의 주입도 가능하다는 주장도 제기되었다.

## 5. 태양에너지 기술 개발의 전망

단 1년 동안에 지표면에 쏟아지는 태양열에는 이제까지 알려진 석탄, 석유, 천연가스, 우라늄 등의 총매장량보다 10배나 더 많은 에너지가 포함되어 있다. 이 에너지량은 인류가

매년 사용하는 전체 에너지량에 비교할 때 물경 15,000배나 된다<sup>10)</sup>. 태양에너지의 가용자원이 이렇게 풍부함에도 불구하고 화목 등의 형태로 바이오매스 자원을 태우는 것 이외에 태양으로부터 에너지를 직접 얻고자 하는 시도는 최근까지 별로 없었다. 그러다가 1970년대에 이르러 에너지 위기가 닥치면서 태양에너지 이용에 대한 연구가 활발히 시작되었다. 따라서 태양에너지 이용에 대한 본격적인 연구의 역사는 30년도 채 못되는 셈이다. Bell Laboratories에서 최초의 실리콘 태양전지를 만든 시기가 1950년대라는 점을 감안하더라도 이 분야에 있어서의 발전 속도는 사실상 상당히 빠른 편이라 할 수 있다.

태양에너지 이용의 장점에는 여러 가지가 있는데 최근에는 특히 대기오염과 범지구적인 기후 변화에 매우 유익한 영향을 미칠 수 있다는 점이 크게 부각되고 있다. 개발도상국에서는 취사와 난방을 위해서 식물체를 태우는 과정에서 종종 잘못된 방법을 사용함으로써 야기되는 환경 문제들을 경감시킬 수 있다. 식물체의 광합성에서는 가용 태양에너지의 1% 미만을 이용하는 것이 보통인 데에 비해서 현대적인 태양에너지 이용 기술은 적어도 실험실에서는 20 내지 30%의 효율을 달성하고 있기 때문에 과거에 비해서 훨씬 좁은 면적에서 에너지를 생산할 수 있는 장점도 있다. 이런 정도의 효율을 적용한다면 미국의 전체 에너지 수요를 감당하기 위해서는 2% 이하의 국토 면적으로 충분하다고 한다.

태양에너지 이용 기술의 범위에는 바이오매스 이용 기술, 풍력, 열 엔진(heat engine) 기술, 태양전지, 기타 이용기술 등이 포함된

다. 그렇지만 때로는 태양에너지 이용 기술의 범위를 한정해서 바이오매스와 풍력을 제외시키기도 한다.

#### 가. 바이오매스 이용 기술

덴마크나 네델란드와 같은 북유럽 국가들에서는 조각나무나 톱밥과 같은 농업 폐기물과 산업폐기물들을 태워 전기와 스팀을 얻는 발전소들이 많이 가동되고 있으며 또 더 많은 발전소들이 건설 중에 있다. 최근에는 스웨덴의 바나모 지방에서 목재를 가스화(gasification)해서 제트 엔진의 연료로 사용하는 공장이 건설되었다. 이 발전소에서는 6메가와트의 전기를 생산하고 이에 부가해서 지역난방을 위해서 9 메가와트의 수증기를 생산하는 데에 소요되는 연료의 80%를 목재로 충당한다. 일반적으로 바이오매스를 태우는 공정은 대기오염을 야기시키는 것으로 알려져 있지만 이 발전소에서는 대기오염 배출이 거의 없다고 한다<sup>10)</sup>.

연소공학과 생물공학 기술의 꾸준한 발전으로 바이오매스 자원에서 액체나 기체상 연료를 생산하는 것도 이제는 경제적으로 가능하게 되었다. 사탕수수나 옥수수 등과 같은 에너지 생산용 농작물, 나무껍질이나 톱밥과 같은 삼림 부산물들, 농업 폐기물, 기타 폐기물들을 가스화(gasification)하면 메탄올을 합성할 수 있다. 에탄올은 사탕수수나 여러 다양한 곡물생산용 농작물 또는 목재(셀룰로오스의 전환)에서 얻는 당류를 발효해서 얻는다. 현재는 이런 알코올들을 가솔린과 혼합해 사용함으로써 해서 자동차용 엔진의 연소 효율을 높이고 배기관에서 배출되는 오염물질의

양을 경감시키고 있다. 그렇지만 에탄올은 그 자체만으로도 효율적인 연료가 될 수 있으며, 이미 브라질에서 그 가능성이 입증되고 있다.

대규모로 삼림을 육성해서 대기 중의 이산화탄소를 흡수하고자 하는 시도도 연구되고 있다. 삼림은 현재 1,300 GtC 이상의 탄소를 지니고 있는데 열대 지방과 중위도 지방의 삼림을 현재보다 더 잘 관리하고 또 새로운 삼림을 조성하면 향후 50년 동안 약 50 - 100 GtC의 탄소를 더 흡수시킬 수 있다고 한다. 네델란드의 FACE (Forest Absorbing Carbon Dioxide Emissions) 재단은 150,000 ha의 삼림을 조성해서 600 MWe급 화력발전소에서 배출되는 분량만큼의 이산화탄소를 고정시키고자 말레이시아, 체코공화국, 에쿠아도르 등지에서 시험 연구를 수행하고 있다<sup>11)</sup>. 이 대안은 삼림을 육성하기까지 적어도 40 - 50년이 소요되기 때문에 단기간에 효과를 기대하기는 어렵지만 부수적으로 여러 가지 장점이 따르기 때문에 이산화탄소 저감의 대안으로 현재 본격적인 연구가 검토되고 있다. 이런 장점에는 목재의 생산, 화목의 화력발전에서의 재이용, 지역 주민들의 고용 증대, 다양한 삼림자원 생산에 의한 주민 소득 증진, 토양 유실 방지, 자연자원 보전 등이 포함된다.

21세기에는 재생에너지원으로서의 전통적인 바이오매스 생산 방식과 이산화탄소 흡수원으로서의 삼림 육성 방식이 함께 동시에 추구될 수 있을 것이다. 이런 시도는 단순히 바이오매스 자원만을 생산하고자 할 때의 낮은 경제성을 극복할 수 있으며 또 열대 지방의 자연 환경을 보전함으로써 해서 얻는 잉여가

치의 획득도 피할 수 있기 때문에 그 전망이 밝다고 할 수 있다. 우리 나라의 경우에는 국토 여건상 국내에서 대규모로 삼림을 육성할 수 있는 가능성은 낮지만 선진국들과의 국제 협력 사업을 통해서 열대 또는 저위도 지방에 삼림을 조성할 수도 있다<sup>12)</sup>. 기후변화협약은 이럴 경우 우리 나라의 이산화탄소 방출량에서 타국의 삼림 육성을 통해 흡수한 이산화탄소량을 감해주는 규정을 마련하고 있다.

#### 나. 풍력

대기권의 저층에 도달하는 태양에너지의 약 0.25 %는 바람의 형태로 전환된다고 알려져 있다. 이는 전체적으로 보아서 그 양이 지극히 적다고 할 수 있지만 에너지 자원으로는 여전히 무시할 수 없는 규모다. 한 추정에 의하면 남북 다코다주에서 생산가능한 풍력 에너지를 충분히 사용한다면 미국 전역에서 요구되는 전기 수요의 80 %를 감당할 수 있다고 한다<sup>10)</sup>. 세계의 몇몇 지역에서는 이미 풍력 발전이 전통적인 발전 방식에 비해 충분한 가격 경쟁력을 갖추고 있다.

평균 풍속이 초속 7.5 미터를 넘는 지역에서는 서기 2000년에 이르면 풍력 농장에서의 전기 생산단가가 \$0.03/kWh로 낮아질 것으로 추정된다<sup>13)</sup>. 미국 캘리포니아주와 덴마크에서는 17,000기 이상의 풍력발전기가 전기 송전망에 완전히 연계되어 있다. 캘리포니아주의 풍력 발전량은 전체 발전량의 약 1 %를 차지한다.

최근에는 풍차의 날개를 만드는 데에 쓰이는 보다 튼튼하고 가벼운 재료들이 크게 개선

됨으로 해서 풍력발전기의 크기가 과거보다 훨씬 더 커질 수 있게 되어 풍력발전기에 설치되는 터빈의 용량도 보통 0.5 MWe급이 되었다. 변속이 가능한 터빈 기술의 발전은 작동부분의 스트레스와 피로도를 크게 감축시킬 수 있어서 전체적으로 풍력발전기의 신뢰도를 높였다. 앞으로 20년 동안 에어포일(air foils)과 트랜스미션 부분을 위한 소재 개발에서 그리고 고용량의 전력 생산에 필요한 보다 유연한 조정장치와 전자장치들의 개발 부분에서 보다 많은 발전이 있을 것이 분명하다.

우리 나라의 경우에는 풍력발전의 적지가 남서부 해안 지방과 도서 지방 등에 국한되어 재생에너지원으로서 그 유용성이 상대적으로 낮다. 그렇지만 일부 도서지방에서는 태양광 발전과 연계해서 풍력 발전을 운영할 수 있는 여지가 있다고 생각된다.

#### 다. 열 엔진(solar heat engine)과 태양열의 직접 이용

태양의 복사열과 빛을 이용해서 고열의 스팀을 생산하거나 직접 엔진을 구동할 수 있다. 그런 태양열 전기발생 시스템은 다음과 같은 네가지 부분으로 구성된다. 즉 집광기, 태양광 흡수를 위한 채광기, 열저장기, 열을 전기로 바꾸는 전환기 등이다. 집광기는 빛을 한 점으로 모우는 점 포물경, 일렬로 모우는 선 포물경, 그리고 평면거울을 넓은 지역에 사방으로 설치해서 빛을 중앙의 집열탑으로 모우는 방식의 세 가지 기본형이 있다. 이런 장치들은 직접 내리쬐는 태양열의 10내지 30%를 전기로 전환시킬 수 있다. 그렇지만 이런 설비들은 수명과 신뢰도의 측면에서 불확

실성을 갖는다. 최근에 특히 기술적 도전이 강조되는 부분은 저가의 고효율 스텔링 엔진(Stirling engine)의 개발이다<sup>14)</sup>.

태양연못(solar pond)은 물의 밀도가 대단히 높기 때문에 따뜻한 물이 아랫쪽에 그대로 있을 수 있어서 열을 저장할 수 있다. 연못은 태양 복사열을 흡수해서 물의 온도 차이를 대단히 크게 만든다. 그러면 연못 아랫 부분의 덥고 염분 농도가 높은 액체를 끌어내어서 증발시키고, 그 증기를 이용해서 승용차에 설치되어 있는 것과 유사한 랭킨사이클 엔진(Rankine-cycle engine)을 구동시킨다<sup>10)</sup>. 연못 표면부의 온도가 낮은 액체도 역시 냉방 목적으로 이용할 수 있다. 이 방식에서는 부산물로 담수(민물)를 생산할 수 있다. 태양연못은 대량의 물을 필요로 한다는 데에서 용도가 제한되지만 에너지뿐만 아니라 담수도 함께 필요로 하는 변방 지방이라면 적용이 가능하다. 태양연못의 이용은 온도가 높고 건조한 나라들에서 널리 설치되었는데 특히 이스라엘에서 많이 이용되고 있다.

우리 나라에서는 에너지 절약의 차원에서 태양열 온수기가 활발히 보급되고 있으며 이에 대한 기술 개발도 꾸준히 이루어지고 있다. 앞으로 탄소세나 에너지세가 입법화하면 에너지 절약의 필요성이 더 커질 것이기 때문에 태양열을 이용한 온수 생산 및 주택 난방의 요구 또한 증대될 것이다. 우리 나라 가정에서 사용가능한 재생에너지로는 이러한 태양열 이용 시스템이 유일하기 때문에 앞으로도 지속적인 연구가 요청된다.

#### 라. 태양전지

태양전지는 1958년 미국의 우주개발 계획에서 처음으로 사용되었다. 최초의 광전지는 밴가드 1호(Vanguard I) 인공위성에 장착되어 1와트 미만의 전기량으로 통신장비를 가동시켰다.

태양광 발전에서는 과거 20여 년동안 대단한 기술적 진보가 이루어져서 현재 광전지 효율은 30 % 이상에 이르지만 높은 생산 비용은 그것을 널리 사용하는 데에 커다란 걸림돌이 되고 있다. 이 비용을 낮추는 대안에는 두가지 방법이 있는데, 소위 평판 시스템(flat-plate system)을 만드는 값싼 재료를 찾는 방안과 값비싼 태양전지의 좁은 면적에 햇빛을 모을 수 있도록 렌즈나 집광기를 사용하는 방안이 그것이다. 후자의 집광시스템은 반드시 태양을 따라 이동해야 하며 구름에 가려서 산란되는 빛을 이용하는 데에 평판시스템만큼 효율적이지 못하다는 단점을 갖는다. 그렇지만 이 시스템은 아침과 저녁에는 전자의 시스템보다 더 많은 빛을 포집할 수 있다<sup>15)</sup>.

오늘날 거의 모든 태양광 발전은 평판 시스템으로 이루어진다. 일부 시스템은 항상 태양을 향하도록 움직이지만 대부분의 시스템에서는 이동 부분을 갖지 않는다. 과학자들은 태양광 발전의 미래에 대해서 낙관적으로 기대하는데, 상업적으로 가능한 태양광 전환 효율이 이론상 얻어지는 효율보다 훨씬 낮다는 점과 현대적인 태양전지 제조 기술이 최근에 이르러서야 비로소 적용되기 시작했다는 점에 그 근거를 두고 있다. 최근에는 고가의 결정형 실리콘 대신 폴리크리스탈 실리콘(polycrystalline silicon)이나 심지어 무정형 실리콘(amorphous silicon) 유리판으로 태양

전지를 만드는 기술이 개발되고 있다. 카드뮴 텔루라이드(cadmium telluride)나 인듐 디셀레나이드 구리(copper indium diselenide)로 태양전지를 제조하는 기술도 개발되었다<sup>13)</sup>. 이처럼 저가의 재료를 사용하고 경제적인 제조공정이 도입됨으로 해서 태양광 발전의 발전원가는 현재 \$0.12/kWh 정도이다. 미국의 경우 태양전지의 발전 비용이 \$0.10\$/kWh 이하로 떨어지면 경제성을 갖는다고 평가되고 있다. 한 추정에 의하면 서기 2010년에 이르면 태양전지의 발전원가가 \$0.08/kWh 또는 그 이하로 떨어져 전통적인 발전방식과 경쟁하게 될 것이라고 한다<sup>13)</sup>.

우리 나라의 경우 태양전지 발전은 여타 태양에너지 이용 기술들에 비교할 때 가장 전망이 밝다고 할 수 있다. 우리 나라는 실리콘 반도체의 뛰어난 제조 능력을 갖추고 있어서 일단 고효율 태양전지 제조 기술만 확보된다면 저가로 양산이 가능하다. 또 전력 에너지 원으로서 다른 재생에너지의 대안이 없기 때문에 상대적으로 태양광 발전의 여지가 크다고 할 수 있다. 따라서 기후변화협약에 의해 이산화탄소 배출 억제가 본격적으로 규제받게 되는 21세기에는 효율높고 값싼 태양전지 개발이 절실히 요청된다고 하겠다.

#### 마. 기타 태양에너지 이용 기술

태양광, 풍력, 수력 등은 모두 계절적으로 또 하루 중에도 그 이용이 단속적(斷續的)이다. 그런데 전기의 수요도 마찬가지로 많고 적음이 크기 때문에 이러한 공급과 수요의 차이를 극복하기 위해서는 에너지 저장 수단이 반드시 필요하게 된다. 미국 에너지성의 연구

에 의하면 서기 2030년에 이르러 적당한 에너지 저장의 방법이 활용될 수 있다면 재생에너지의 사용량은 연간 1만8천조 BTU에 이를 것이라고 한다<sup>10)</sup>.

바이오매스 이용을 제외하고도 전기 생산의 목적을 위해서 보다 전망이 밝은 장기적인 태양에너지 이용 방안이 연구되고 있다. 전기는 냉난방이나 조명, 모터 사용 등과 같이 대부분 고정된 설비를 위한 에너지 공급원으로 가장 좋은 수단임이 분명하다. 그렇지만 전기는 사용하기에 충분한만큼을 저장하기가 대단히 어렵다. 전기를 수송의 목적에 사용하기 위해서는 가볍고 용량이 큰 에너지 저장 수단을 가져야만 한다.

수소 연료를 생산하는 데에도 태양광을 이용할 수 있다. 태양광을 이용하여 직접 수소를 얻는 기술은 현재 개발이 아주 초기 단계에 있지만 장기적으로는 가장 유망한 기술이 될 것이다<sup>10),13),16)</sup>. 실제로 광촉매(photocatalysts)를 이용해서 물을 전기분해해서 수소를 생산하는 실용화 연구가 현재 완성단계에 있다<sup>17)</sup>. 이렇게 해서 얻어진 수소는 연료로 바로 사용되거나 또는 연료 전지(fuel cell)에 공급하여 전기를 생산할 수 있다. 수소 에너지는 환경적으로 안전하다는 점 이외에도 태양 에너지 저장의 문제를 해결해 줄 수 있는 좋은 대안이 된다. 수소에너지는 필요할 때까지 충분히 오래 저장 가능하다. 1,000킬로미터 이상의 거리를 수송하는 데에 있어서 수소에너지 수송은 전력 수송보다 비용이 적게 든다. 이 밖에도 연료전지 기술의 발전은 수소를 아주 고효율로 사용하면서 환경오염을 야기하지 않는 대안을 제공하기도 하는데 그 한 예가 수소에

너지를 이용하는 전기자동차라 할 수 있다.

## 6. 결 론

가장 낙관적인 전망에 따르더라도 우리 나라는 21세기 초엽에 이르면 기후변화협약에 의해 이산화탄소 배출 저감을 본격적으로 시행할 것으로 예상된다. 이럴 경우 우리나라의 입장에서는 재생가능한 에너지 자원으로 태양에너지를 이용할 필요성이 상당히 증대되기 때문에 앞으로 태양에너지 관련 기술에 대한 수요는 현재보다 상당히 높아질 것으로 추정된다. 기후변화협약에 대비하는 관련 기술로 특히 우리나라에서는 고효율 태양전지의 대량 생산 기술과 태양열 이용 온수기 및 난방 시설의 효율 증진 기술 등이 유망하다. 또 천연자원이 부족한 우리나라의 실정을 감안할 때 이산화탄소 회수 기술의 일환으로 우리와 처지가 유사한 유럽의 선진국들과 협력하여 열대 지역에서의 삼림 육성을 시도해 볼 수도 있다.

태양에너지 이용 기술을 기후변화협약에 대비하는 기술적 대안의 주력이라고 하기는 곤란하다. 그렇지만 달리 대체에너지 자원이 부족한 우리나라의 상황에서는 에너지 절약의 한 대안으로, 나아가서 전력 생산의 대체 에너지원으로 앞으로 지속적인 기술 개발이 절실히 요청된다고 하겠다.

## 참고 문헌

1. IPCC, Climate Change 1995 - the

- science of climate change, summary for policy makers and technical summary of the working group I report. Cambridge University press, Cambridge, UK, 1996.
2. 환경부 국제협력관실, 기후변화협약 최근 동향과 각국의정책 방향(II), 행정간행물 등록번호 38000-67042-9-7, 1997. 11.
  3. 통산산업부, 최근 에너지 동향과 정책방향, 내부자료, 1997.
  4. 통산산업부, 에너지경제연구원, 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, 1995.
  5. Grubb, M., Energy policies and the greenhouse effect, vol. One: Policy appraisal, The Royal Institute of International Affairs, UK, 1991.
  6. Audus, H., Greenhouse gas releases from fossil fuel power stations, IEAGHG/SRI, IEA Greenhouse Gas R&D Programme, Cheltenham, UK, 1993.
  7. Smith, M., C. Nilsson and D. M. B. Adams, Greenhouse gases - perspectives on coal, IEAPER/12. IEA Coal Research, London, UK, 1994.
  8. IEAGHG, Carbon dioxide disposal from power stations, IEA Greenhouse Gas R&D Programme, Cheltenham, UK, 1994.
  9. IEAGHG, Carbon dioxide utilization, IEA Greenhouse Gas R&D Programme, Cheltenham, UK, 1995.
  10. Hoagland, W., Solar energy, Scientific American, pp. 136, September 1995.
  11. IEAGHG, Technical responses to climate change, IEA Greenhouse Gas R&D Programme, Cheltenham, UK, 1996.
  12. 홍욱희, IEA Greenhouse Gas R&D Programme 11차 집행위원회 참가보고서, 전력연구원, 1997.
  13. Cetron, M. and O. Davies, Probable tomorrows: How science and technology will transform our lives in the next twenty years, St. Martin's Press, New York, 1997.
  14. Gordon, D. and Union of Cerned Scientists, Steering a new course: transportation, energy and the environment, Island press, New York, 1991.
  15. Hubbard, H. M. et al., Progress in solar energy technologies and applications, American Solar Energy Society, 1994.
  16. Audus, H., O. Kaastad and M. Kowal, Decarbonization of fossil fuels: hydrogen as an energy carrier, presented at Stuttgart meeting, 1996.

17. ABB technical report brochure, Baden, Swisland, 1997.



---

# Perspectives on Solar Energy Development in the Age of Climate Change Convention

**Wuk-Hee Hong**

*Center for Advanced Studies in Energy and Environment, Korea Electric Power Research Institute*

## ABSTRACT

Since entered into force in 1994, United Nations Framework Convention on Climate Change(UNFCCC) would require all the member nations to adopt national programme for mitigating climate change and industrialized countries to undertake specific commitments of carbon dioxide emission reduction. Considering all the situation, it may be safe to assume that Korea would undertake such commitment early in the next century. Unfortunately, however, we are in the position that is very disadvantageous in preparing national strategies for carbon dioxide reduction mainly due to our rigid energy-intensive economic structure and poor geographic conditions.