

## 지구 온난화와 대응 에너지시스템

정헌생

한국동력자원연구소

### Global Warming and a Clean Energy Supply System

Hun S. Chung

Korea Institute of Energy and Resources

#### 요 약

화석에너지로 부터 방출되는 온실효과 기스와 지구온난화 현상에 대하여 조사하였다. 세계의 사회경제활동과정에서 가속화가 예상되는 에너지 수요증가에 대응하기 위하여, 온실가스 배출을 감소시킬 화석에너지 이용시스템과 핵에너지와 청정자원인 재생에너지를 포함한 종합적인 에너지공급시스템개념에 대하여 고찰하였다.

#### ABSTRACT

The greenhouse gases from fossil fuels and the global warming are discussed. In addition, a total clean energy system is conceptualized including the nuclear and renewable energies into a fossil fuel conversion stream to maintain the clean global environment while the increased energy demand is fulfilled.

#### 1. 서 론

에너지는 경제활동과 일상생활에서 필수적으로 이용되는 기본재임에 따라, 경제성장과 함께 에너지소비는 증가하게 된다. 금세기에 들어 선진국을 포함한 대부분의 국가들은 산업화 과정에서 급속하게 늘어나는 에너지수요를 원활히 충족하고, 에너지의 안정적공급을 유지하고자 우선적인 정책배려를 하여 왔으나, 최근

에는 에너지사용에 따른 대기오염공해 및 환경 파괴문제가 심각하게 인식됨에 따라 새로운 제한에 당면하게 되었다.

에너지의 사용은 생산, 유통, 소비의 각부문에서 어떠한 형태로든 필연적으로 환경파괴를 유발함에 따라, 환경문제와 밀접한 관계가 있다. 에너지이용의 측면에서, 화석연료인 석탄과 석유의 사용은 대기오염을 일으키고, 신탄의 사용은 산림자원을 파괴하며, 원자력의 이

용은 방사능오염가능성과 폐기물처리문제를 내포하고 있으며, 수력의 이용은 댐건설에 의한 급수지역의 발생에 의한 환경과 자연생태계를 파괴하게 된다. 정유 및 발전과정중의 대기오염, 탄광 및 저탄지의 분진공해, 석유 및 가스유통상의 사고로 인한 오염가능성, 송배전과 송유관 그리고 가스배관망건설에 따른 환경과 과등을 들 수 있다.

최근 가장 관심을 끌고 있는 것은 석탄, 석유, 천연가스와 같은 화석연료의 사용에 따른 대기오염과 환경 및 생태계 파괴문제로서, 국지적으로 볼 때는 대도시 및 공단, 발전소지역의 대기오염과 같은 문제에 국한하고 있지만, 지구 전체로 볼 때는 석탄과 석유의 사용으로부터 배출되는 가스가 대기중에 축적되어 지구의 온도를 상승시키므로써 지구생태계 전체를 파괴할 수 있다는 온실효과(Greenhouse Effect)가 관찰되고 있어 화석연료 사용에 대하여 큰 경종을 울리고 있는 실정이다. 따라서, 본 고에서는 화석연료사용에 따른 지구온난화 문제의 대응이란 측면에서의 에너지기술에 대하여 검토하여 보고, 이를 합리적으로 운용키 위한 종합시스템에 대하여 고찰하여 보기로 한다.

## 2. 기후의 온난화

지구 온실효과가 기온상승현상과 관련지었다고 하는 결정적인 증거는 없으나, 여러상황을 통해 그 관련성을 믿고 있다. 그림1은 지구의 온도변화를 1951~1980년 사이의 평균온도를 기준으로 작성한 것으로서, 평균지구온도는 지난 100년사이에 0.3~0.6°C 정도 증가되고 있음을 보여주고 있다. 더욱이 기온상승속도는 더욱 빨라져 다음세기말에는 평균기온이 2.5~5.5°C 상승할 것이라는 분석을 하고 있다.<sup>1,2)</sup> 또한, 그림1은 1951~1970년간의 평균해면높이를 기준으로 과거 100여년간의 해면높이 변화를 도식화한 것으로써, 년 0.5~3mm의 증가추세를 보이면서, 지난 100년간에는 10~20cm의 증가가 있음을 보여주고 있다.<sup>3)</sup> 이는 지구온도의 상승에 따른 바다의 열팽창, 산악의 빙하와 남북극의 얼음의 용해등으로 야기되었음이 분명하다.

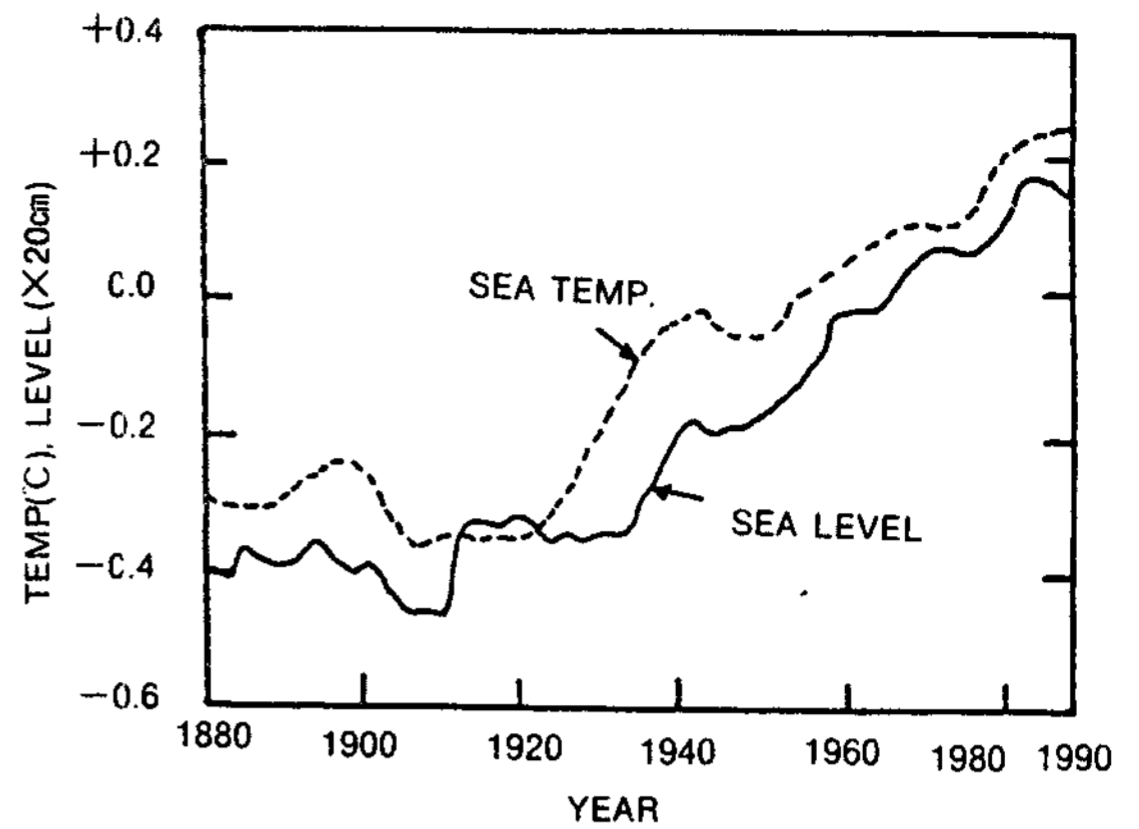


Fig 1. Sea Temperature and Level Changes

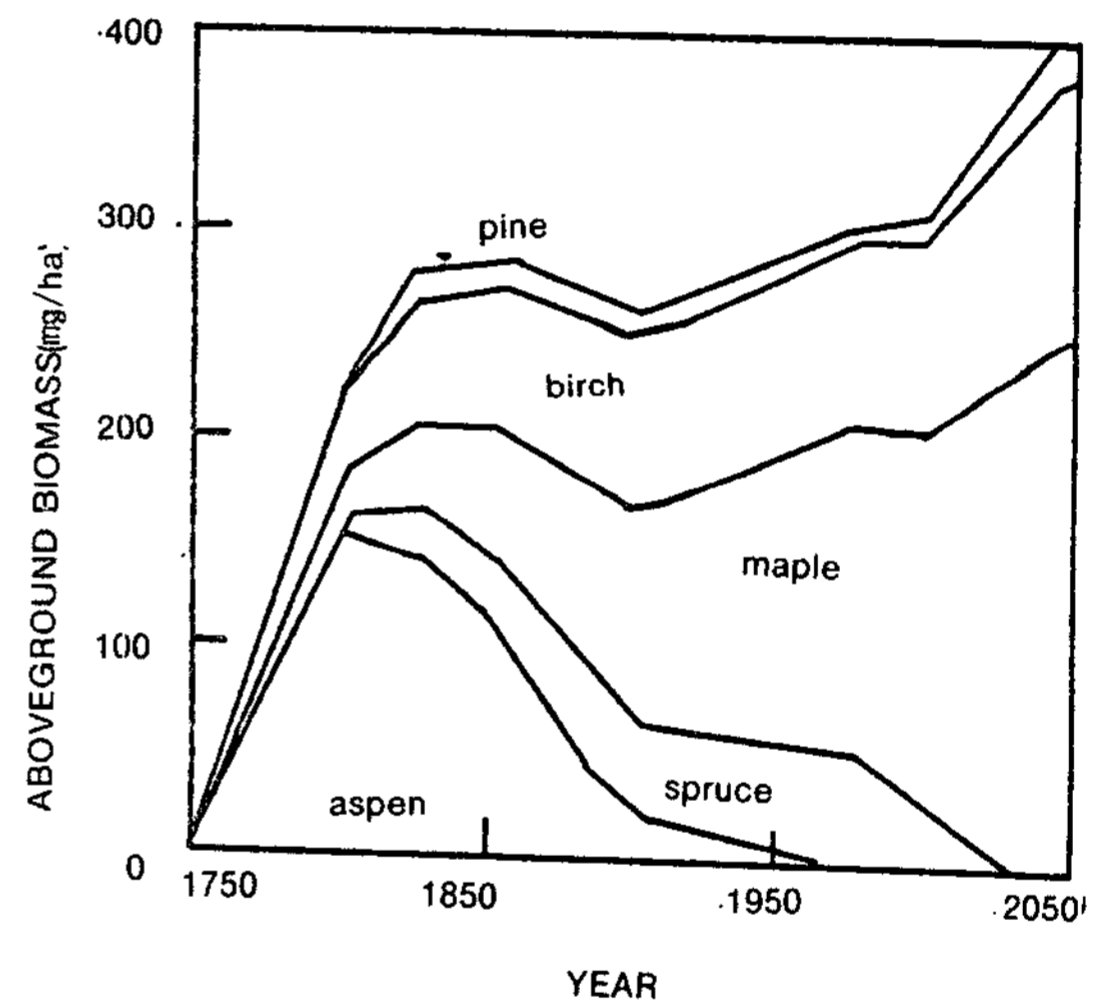


Fig 2. Biomass Ecosystem Change(Minnesota, USA)

생태계 또한 기후변화에 반응하게 될 것이며, 식량, 삼림, 동토대 등에 직접적인 경향이 예상된다. 한 예로써 그림2는 높은 수분을 포함하는 미국 미네소타주의 토양에서 자라는 바이오매스에 대하여 조사한 것으로써 생태계에도 변화가 일어나고 있음을 보여주고 있다.<sup>4)</sup> 이와같이, 해면의 상승, 생태계의 변화외에도 수분의 증발촉진에 의한 강수량증가등 인간활동에 거대한 영향을 일으키는 요소들은 지구기온상승과 함께 증폭될 것임은 확실하다.

## 3. 온실효과 가스와 에너지이용

태양으로부터 0.2~4 μm의 파장을 갖는 약

340w/m<sup>2</sup>의 복사에너지가 지구에 입사하게 되는데, 이중 3분의 1인 100w/m<sup>2</sup> 정도가 입사과장보다 긴 4-100μm의 열적외선의 형태로 지표로부터 반사하게 되고 나머지는 흡수된다. 태양복사는 큰 감쇄없이 대기층을 통과하여 지표에 도달하게 되나, 지구의 따뜻한 표면에 의해 방사되는 장파의 지구복사는 대기층에 있는 많은 가스들에 의해서 일부 흡수되거나, 공간으로 재방사가 일어난다. 이러한 과정은 낮은 대기층에 순에너지를 더하게 되어, 온도를 높이는 결과를 초래케 되는데, 이를 지구의 온실효과(Greenhouse Effect)라 하며, 이와같은 현상을 일으키는 가스들은 대기의 주요성분인 질소나 산소가 아니고, 수증기, 이산화탄소, 메탄, 아산화질소와 후레온가스로 알려진 Chlorofluorocarbon등인 것으로 알려졌다. 이들 가스들 중에서 수증기에 의한 온실효과는 60~70%로써 지배적인 역할을 담당하고 있으나, 이는 자연발생 및 환경에 의해 대기중에 존재하면서, 현존하는 지구생물들의 생활을 유지시키고 있다. 반면에 타가스들은 인간이 사회경제생활을 하면서 배출시킴으로써 지구온난화를 촉진하고 있는 것에 주목하여야 한다. 표1은 지난 100년간의 각 온실가스의 변화정도와 그에 따른 기온상승효과를 요약한 것으로써, 탄산가스의 농도가 가장 높고, 기온변화에 압도적인 역할을 담당하여 왔음을 나타내고 있다.<sup>5)</sup>

CO<sub>2</sub> 증가 주요인은 삼림채벌, 화석연료의 소비, 동식물의 호흡, 화산활동이며, 식물의 탄소동화작용, 해양의 흡수등과 상호관련되어 복잡한 순환과정을 거치게 되는데, 수명은 120년 정도로 알려졌다. CH<sub>4</sub>는 혐기성 조건하의 미생물에 의해 발생하거나, 천연가스나 채탄시, 유기폐기물연소시에 발생되며, 메탄은 대기중에 10년정도 존속한다. N<sub>2</sub>O의 생성원은 수중 또는 지중의 미생물활동, 질소비료의 사용, 화석연료 또는 생물체의 연소에 의해 방출되며, 수명은 170년정도이다. 용제, 냉매, 스프레이 분산제등에 포함되어 사용되어지고 있는 인공 화학물질인 후레온가스류는 1970년대에 대기중에 존재가 확인되었고, 60~400년의 수명을 갖고 있다.

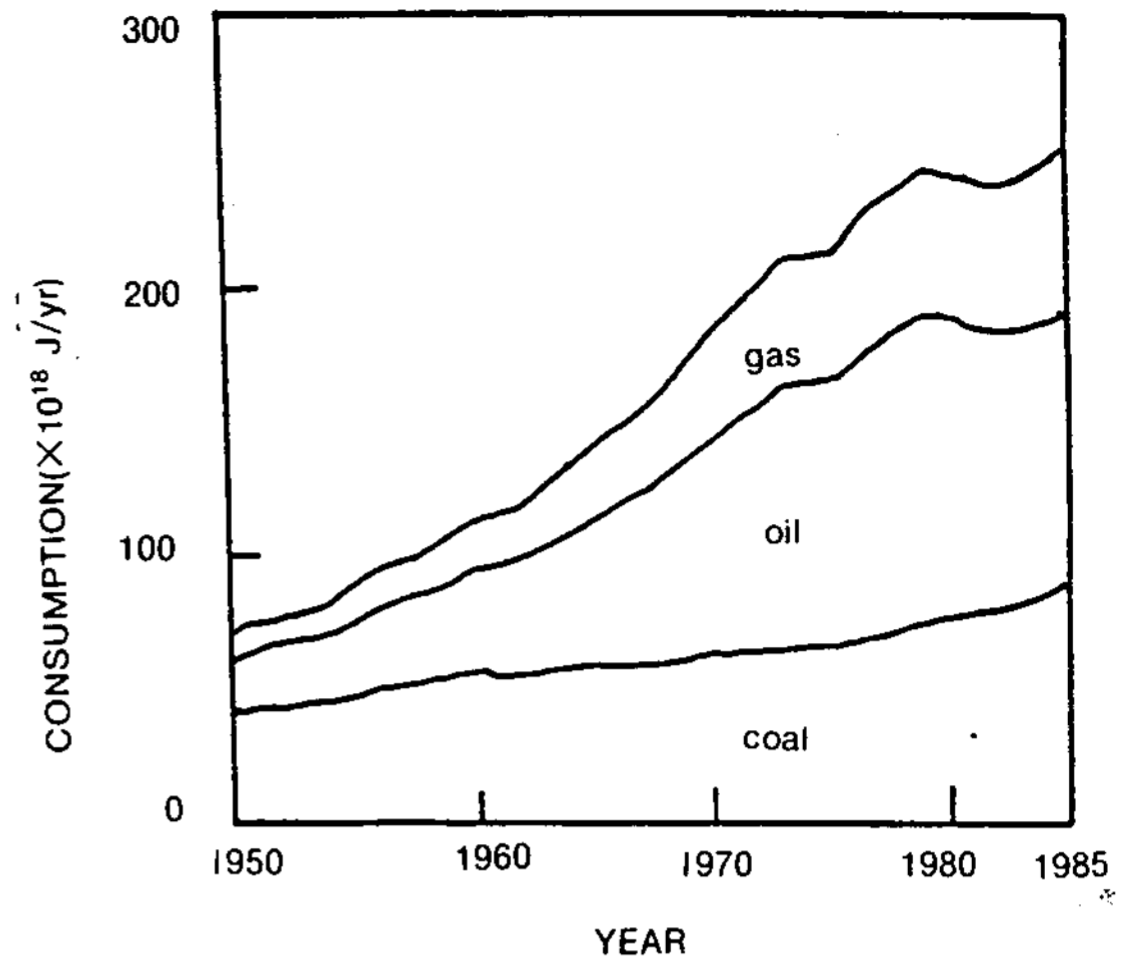


Fig 3. World Fossil Fuel Consumption

Table 1. Greenhouse Gas Concentration and Global Temperature(1880-1980)

| 가 스              | 농도 변화       | 기온상승    |
|------------------|-------------|---------|
| CO <sub>2</sub>  | 275-339ppm  | 0.55 °C |
| CH <sub>4</sub>  | 0.6-1.65ppm | 0.13 °C |
| N <sub>2</sub> O | 0.29-0.3ppm | 0.02 °C |
| CFC              | 0-0.74ppb   | 0.085°C |

화학물질인 CFC외에 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O들은 다양한 인간활동을 위한 화석연료로부터 발생되고 있는데, 1980년대에는 CO<sub>2</sub>가 61%, CH<sub>4</sub>는 17%, N<sub>2</sub>O는 4%가 온실효과에 직접적인 영향을 끼쳤던 것으로 판단되고 있고, 인간의 총에너지 활동에 의해서 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 그리고 N<sub>2</sub>O들이 각각 76%, 7%, 3%가 발생되었던 것으로 알려졌다.

오늘날 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료가 우리에게 제공하는 에너지는 전체에너지의 80%에 달하고 있는데, 그림3에서 보여주는 바와 같이 최근의 세계화석에너지 소비는 인간경제생활의 향상과 더불어 급속한 증가가 예상되므로, 이에 따른 온실가스의 배출도 계속 증가될 것은 그림4에서도 예측할 수 있다.<sup>6,7)</sup> 만약, 세계에너지 수요가 매년 약 5% 정도의 증가가 계속된다고 할 경우, 온실효과를 주도하는 화석연료로부터의 탄소방출량은 1인당 1톤을 배

출시키고 있는 현재 수준은 2010년에 2배, 2030년까지는 3배에 이르게 되어 심각한 영향을 초래할 것으로 예상된다.<sup>8)</sup>

#### 4. 청정(淸淨)에너지시스템

인간생활에 필요한 대부분의 에너지를 제공하는 화석연료는 지속적인 경제규모의 확대와 인구증가 및 생활수준향상과 함께 수요증가가 예상됨에 따라, 연료의 연소 또는 채취과정에서 방출되는 온실가스의 대기중 농도증가 추세를 억제할 수 있는 에너지 선택 및 이용기술발전은 중요하다.

화석연료의 탄소방출량은 종류에 따라서 다른데, 천연가스에 비해 석유는 단위에너지당 44%, 석탄은 75%를 더 많이 포함하고 있어, 이들을 천연가스로 대체하는 방법도 있으나, 천연가스는 배포과정중에 매탄을 방출하므로, 연소에 의해 얻어지는 이산화탄소의 감소효과는 그리 크지 않다.<sup>9)</sup> 석탄자원은 매장량이 풍부하고, 지역적으로 산재되어 있지만, 재래식 방법에 의한 사용은 수송, 저장, 처리의 불편성과 막대한 오염물질을 대기중으로 방출하고 있어 석탄이용에 장애가 되고 있는데, 이러한 제한적 요소를 극복하기 위하여 기체 또는 액체연료로 전환하여 실용화율을 높일 수 있다.

한편, 에너지의 효율적 이용은 비용이 적게 들고, 막대한 효과를 얻을 수 있을 것으로 보아, 화석연료를 전적으로 대체할 수는 없으나, 다른 어떠한 대체에너지원 보다도 가까운 장래에 파급효과가 확실시된다. 미이용에너지 활용 시스템, 열병합발전시스템, 자원재생시스템 등을 이용한 에너지효율의 개선이 년 3% 가능하다면, 화석연료에 의한 탄소방출량을 현수준으로 2010년까지 안정시킬 수 있을 것이다.<sup>10)</sup>

지난 수십년간 원자력발전과 재생에너지 사용이 증가된 결과로 연간 총탄소방출량의 10%가량이 감소되어 왔고, 이들 에너지는 미래에 더욱 광범위하게 이용될 수 있는 자원이다. 그러나 원자력발전은 사고에 대한 위험성, 고도의 위험물질 의존성과 같은 근본적으로 해결될 수 없는 기술적 문제를 포함하고 있기 때문에 지구기온상승을 지연시키기 위한 장기적 선택

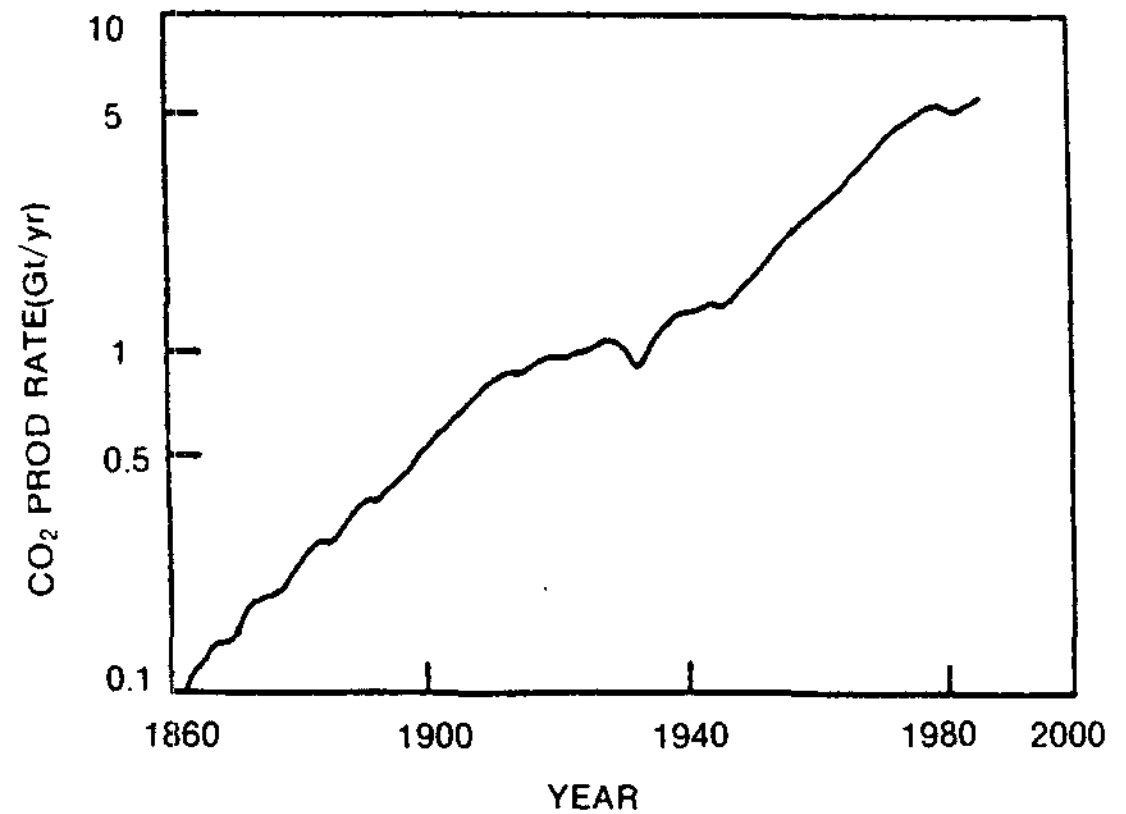


Fig 4. Amount of Carbon Dioxide from Fossil Fuel Combustion

은 아니다. 반면에, 재생에너지원 즉, 태양에너지, 풍력, 소수력, 바이오매스, 지열, 해양에너지, 폐기물의 이용기술들이 이미 잠재력으로 주목받기 시작했다. 또한 이들은 청결하다는 것 외에 잠재자원량이 거의 무한하여 적극적인 개발과 이용은 미래에너지 수요를 충족시킬 가능성이 높다.

또한, 대기와 해양간에 상호 지속적인 CO<sub>2</sub> 교환과 식물의 CO<sub>2</sub> 흡수는 재생에너지중 바이오매스와 해양에너지에 의한 지구온실효과방지를 기대할 수 있어, 이들의 에너지변환 또는 이용기술개발은 중요하다.<sup>11)</sup>

대기중 이산화탄소의 농도가 산업혁명전에 280ppm 정도이었던 것이 현재 350ppm에 이르렀고, 현증가율에 따르면 2050년에는 550ppm이 되어서, 현재보다 0.5°C의 기온상승이 예측되는데, 이는 다시 말하면, 현재처럼 화석연료의 의존이 계속된다면 기후에 대변동이 일어나리라 하는 것이 일반적인 견해이다. 그러므로, 70년대의 에너지 위기를 거치면서 세계에너지 체계가 화석연료자원의 고갈로 인해 전환될 것이라는 종래의 주장은 지구기온상승으로 화석연료가 고갈되기 훨씬 이전에 전환되어야 할 것이다.

에너지의 원활한 공급 필요성과 급속히 대두되는 환경문제의 해결을 위하여 태양에너지와 지열과 같은 재생에너지와 원자력, 그리고 석탄가스화나 천연가스 탈탄소화와 같은 화석연료변환기술을 종합한 청정에너지원이나 청정화

기술의 종합시스템을 구성하는 것이 필요하다. 그림5는 종래의 화석연료를 중심으로 하여 환경문제를 배려하고, 공급, 이용, 수요간의 탄력성이 높은 종합화한 에너지시스템을 제시한 것이다. 본 시스템은 화석연료사이의 대체성향상 및 온실가스 물질을 집중처리하여 효율성을 높일 수 있도록 하고, 화석연료계통에 원자력 및 재생에너지를 포함하여 공급 및 수요시스템을 총합시키고, 에너지화시 생성되는 열에너지를 병합하여 사용토록 한 것이다. 또한 원자력 및 태양에너지에서 얻을 수 있는 열 또는 전기를 사용하여, 지구상에서 가장 풍부한 수자원을 분해하므로써 미래청정에너지로써 유망한 수소에너지의 생산도 가능할 수 있을 것이다.

### 5. 결 론

산업발전은 화석연료사용의 증가를 수반하였고, 대기중 이산화탄소, 메탄, 아산화질소와 같은 온실가스농도를 증가시킴으로써 지구온난

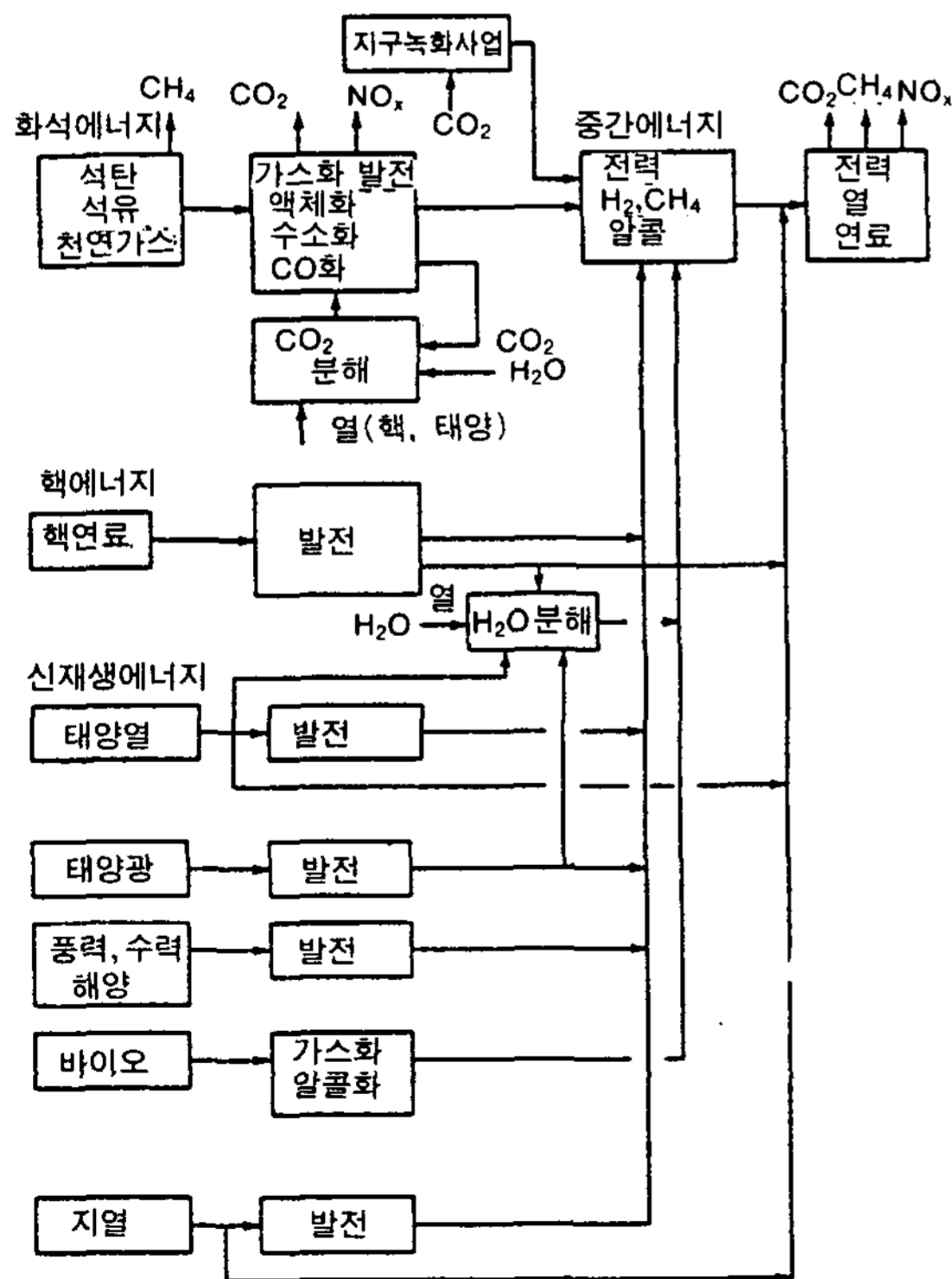


Fig 5. Total Clean Energy System

화를 가속하여 왔다. 현증가율을 유지시 21세기 초기에 이미 온실가스 방출량은 현수준의 2배가 될 것으로 예측되고 있어, 심각한 지구기온변동이 예상된다.

인간사회경제생활의 향상과 더불어 필요한 에너지수요증가에 따라 온실가스 배출의 주인인 화석연료는 세계에너지의 주공급원으로서의 역할이 닳아오는 세기에도 예상되어지나 화석에너지의 고갈에 대비하고, 환경문제를 해결하며, 원활한 에너지수요를 충족시키기 위하여, 화석연료를 중심으로한 원자력 및 태양에너지 등의 재생에너지를 총합한 탄력성 높은 에너지시스템을 구축한다면 환경적으로 건강한 지구공동체를 유지할 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

1. Framer, G., T.M.L. Wigley, P.D. Jones, and M.Salmon, "Documenting and explaining recent global-mean temperature changes", UK NERC Final Report GR3/6565, 1989
2. Hansen, J.E., "Global climate changes as forcast by the GISS-3-D Model", J. of Geophysical Research, August, 1988
3. Gornitz, V. and S. Lebedeff, "Global sea level changes during the past century", Sea level Fluctuation and Coastal Evolution, Ed. D. Nummedal et. al. SEPM Special Publication No41, 1987
4. Pastor, J. and W.M. Post, "Response of northern forests to CO<sub>2</sub> induced climate change", Nature 334, 1986
5. Ramanathan, T., "Trace gas trends and their potential role in climate change," J. Geophys. Res. 90, 1985
6. Marland, G., "Estimates of CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel burning and cement manufacturing using UN statistics" Carbon Dioxide Information Analysis Center, Publ. 3176, 1988
7. Rotty, R.M. and G. Marland, "Production

- of CO<sub>2</sub> from fossil fuel burning by fuel type," Oak Ridge national Laboratory, Report NDP-006, 1986
8. Bolin, B. et. al. "The greenhouse effect, climate change and ecosystems," John Wiley and Sons., 1986
  9. Marland, G. "Carbon dioxide emission rates for conventional and synthetic fuels," Energy 8/12, 1983
  10. IEA, "Energy conservation in IEA countries," Paris-OECD, 1987
  11. Maier-Reimer, E. and K. Hasselmann, "Transport and storage of carbon dioxide in the ocean," Climate Dynamics, 2, 1987.

## **Experimental Study for the Heat Loss of the Open Pool Using Pool Cover**

**Bu-Ho Kim · Dong-Won Lee · Eung-Sang Yoon · Mun-Chang Joo**

Korea Institute of Energy & Resources

### **ABSTRACT**

Experimental study for the heat loss in the swimming pools using pool cover has been performed. Results of these experiments show that over the 50% of the total heat loss are reduced in these cases.

## **Global Warming and a Clean Energy Supply System**

**Hun S. Chung**

Korea Institute of Energy and Resources

### **ABSTRACT**

The greenhouse gases from fossil fuels and the global warming are discussed. In addition, a total clean energy system is conceptualized including the nuclear and renewable energies into a fossil fuel conversion stream to maintain the clean global environment while the increased energy demand is fulfilled.