

# 석유와 대체 에너지

〈글쓰는 순서〉

제1부 20세기 문명의 꽃, 석유

제2부 석유와 대체에너지

제3부 석유와 환경과의 관계

김철경

목원대학교 응용화학공학과 교수

녹색미래 환경연구소 소장

## 1. 서론/ 자원 고갈과 인구증가

1972년 매도스(D. H. Meadows)는 “성장의 한계(The Limit to Growth)”라는 책에서 지구촌의 자원과 인구 및 에너지 소비량 관계 등을 처음으로 밝혀 지구촌 문제를 제기하였으며, “한계 이후(Beyond the Limits)”에서 21세기초에는 1일 석유채굴량이 1일 소비량보다 낮아지는 것이 지속된다면, 식량부족 현상이 도래하고, 자원환경 고갈로 인구감축과 같은 경제 사회적인 문제가 야기될 것으로 예측하였다.

던킨과 영퀴스트(Duncan & Youngquist)에 따르면, 세계석유생산량은 20세기말에 26.60 Gb/yr에 달하였으며, IEA는 2010~2020년경에 세계 석유 최대 생산이 가능할 것이라고 추정하고 있으며, 대부분의 석유자원 학자들은 21세기초반에 영구적인 석유파동이 초래될 것을 예고하고 있다.

한편 1999년 피멘텔(D. Pimentel)은 인구증가가 환경자원의 소비량을 촉진시키고, 경제발전은 이를 가속시키기 때문에 현재 세계인구는 약 60억 명이지만, 2050년에는 120억 명에 달할 것으로 예측하고 있다.

그러나 유한한 자원이 문제가 되어 인구수를 사회가 자발적으로 조절하거나 식량난 부족에 의한 영양실조 또는 환경재앙과 같은 자연적인 영향으로 인구수가 조절될 것으로도 예측하고 있다.

현재까지 확인된 에너지 자원의 전세계 매장량 및 가채년수는 석유의 경우 약 1,400억 배럴로서 약 45년이며, 천연가스는 약 141조 입방미터로 약 65년, 석탄은 10,775억 톤으로 약 330년, 우라늄은 매장량 232만 톤으로 약 62년의 가채년수에 달하는 것으로 평가되고 있다.

## 2. 인류의 역사와 에너지

에너지(Energy)의 변천사는 인류문명의 발달사라고 할 정도로 깊은 관계가 있다. 에너지의 어원은 이를 의미하는 그리스어의 “에르곤(ergon)”에서 나온 “에네르게이아(energeia)”라고 하며, “일을 하는 능력”이라고 정의된다. 물리학에서는 에너지를 일(work)할 수 있는 능력으로 정의하고 있다. 인류조상인 원시인류에게 필요한 1일 1인당 소비에너지는 2,000 kcal 미만이었

나, 현재 선진국의 1일 1인당 소비에너지는 약 230,000 kcal에 달한다고 한다. 21세기에는 더욱 에너지 소비가 더 증가될 것으로 보고 있다. 영국의 산업혁명과 석유 유전의 발견으로 이후, 더욱 화석에너지의 수요는 증가되어 왔다.

자연 현상을 해석하는 법칙 중에서 가장 근원적인 법칙은 에너지법칙이다.

에너지는 모든 물질 자연계에서 상호 작용으로 주고받게 된다. 그 거대한 시스템이 인류문명이라고 할 수 있다.

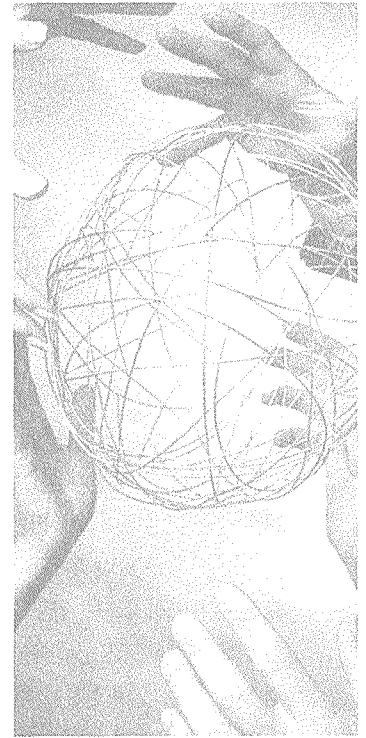
에너지는 자원이기에 에너지원의 고갈에 따른 자원의 문제, 경제의 문제, 기술의 문제, 정치의 문제, 환경의 문제가 되는 아주 중요한 삶의 근원이다.

### 3. 대체에너지 개발 및 이용 현황

현재 에너지원의 주종을 이루는 석유, 석탄, 수력, 목탄, 원자력 이외의 태양열과 태양광, 풍력, 해양력, 지열, 바이오매스, 오일샌드, 석탄액화 및 가스화에 의한 합성연료 등을 신에너지라고 칭하며, 화석연료, 핵연료 등의 광물성에너지자원을 고갈성에너지라고 하며, 풍력, 수력, 해양력과 같이 지구가 존재하는 한 순환하는 에너지를 순환성비고갈에너지라고 한다. 태양광열, 지열 등은 순환성도 재생산성도 아닌 비고갈성 에너지이다.

석유를 대체할 에너지원으로서 태양에너지, 바이오에너지, 풍력에너지, 해양에너지, 지열에너지, 연료전지 등을 들 수 있다.

지구에도달되는 태양에너지 총량은  $1.04 \times 10^{17}$  kcal에 이른다. 태양열, 태양광 에너지로 구분할 수 있다. 우리나라 수평면 일사량을 국토면적에 적용하여 개발 가능한 태양에너지 잠재량은 연 약 28억 TOE로 추정하고 있다.



태양에너지의 손실 등을 제외하고 광합성에 의해 동물, 식물, 미생물에 저장되는 바이오매스는 섬유질, 전분질, 당질 바이오매스로 분류한다. 바이오매스를 에너지로 전환하는 방법은 미생물과 열을 이용하는 것으로서 미생물을 이용하는 방법에는 에탄올발효와 메탄 가스 발효를 들 수 있으며,

열을 이용하는 경우에는 열분해에 의해 메탄, 수소 가스 등을 생성하며, 이 가스는 한 단계를 더 거쳐서 메탄올을 합성하여 액체연료로 사용된다.

풍력에너지는 기원전부터 인류에 이바지한 에너지이며, 근세에까지도 에너지원으로서 큰 비중을 차지하고 있다. 풍력발전시스템은 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환시키는 장치이다. 풍력 이용은 현재 미국 등에서 가정용이나 농업용으로 소형 풍력발전기의 개발로 널리 보급되고 있다. 우리나라 제주도에서 중형급 풍력발전시스템이 건설되어 가동중이다.

해양에너지는 운동에너지와 열에너지로 크게 구분하며, 운동에너지는 조수간만의 차이를 이용한 조력에너지, 파도의 힘을 이용한 파력에너지, 해류에너지로 구분하고, 열에너지는 해양온도차를 이용한 온도차발전에너지 등이 있다. 이미 프랑스에서는 40년 전에 24만 kW급의 조력발전소를 건설하여 연간 554GWh의 발전을 생산하고 있다.

지열을 이용한 지열 에너지 발전소는 이탈리아, 일본, 미국 등지에서도 여러 곳에 건설되어 전력을 공급하고 있다. 지구 중심부는 약 1,000°C 정도이며, 1km 깊이마다 온도가 약 30°C 씩 상승된다. 약 5km 깊이정도

면, 온도가 240℃ 정도로서 대용량 터빈 발전도 가능한 것으로 예상하고 있다.

그밖에 자장 속을 나트륨, 아르곤 같은 작동 유체가 운동을 하면서 전류를 발생시키는 MHD(magneto hydro dynamic)발전은 기존의 화력발전소를 대체할 수 있는 새로운 발전기술로 21세기에 중요한 역할을 하며 각광을 받을 것으로 전망되며, 최근에는 전기 화학적인 이온반응에 따라 연료로부터 직접에너지를 얻는 연료전지가 중점적으로 연구되고 있다. 연료와 산화제를 외부에 연속적으로 공급하여 전기에너지를 연속적으로 얻을 수 있는 연료전지는 연료로 수소, 에탄올, 천연가스, 암모니아 등을 이용하며, 산화제로 산소 등을 이용하고 있다. 연료전지는 전환효율은 화력발전보다도 높으며, 약 50% 이상의 효율이 기대된다.

#### 4. 대체에너지로서의 향후 이용 가능성 전망

트레이너(T. Trainer)의 주장에 의하면, 세계인구가 120억 명으로 추정되는 2050년경이 되면, 선진국 수준의 에너지 소비가 전세계적으로 이루어진다면 세계 석유생산량은 현재보다 약 30배까지 증가해야 한다. 천연가스자원도 석유와 같이 제한된 자원이지만 최근 사용량이 매년 약 9%씩 증가하고 있다. 만약 원자력 에너지로 2050년에 달하는 120억 명의 예상 인구를 선진국 생활 수준으로 에너지를 이용하게 한다면 100만 톤의 플루토늄을 사용하는 핵발전소가 25만개 필요하다. 핵융합발전이 가능하다고 하더라도 지구 온난화를 훨씬 더 악화시킬 것이다. 풍력발전은 현 세계 전기 에너지 수요량의 20~30%정도밖에 해결하지 못할 것이다. 북유럽의 겨울철 에너지 수요를 위해서 사하라 사막에 태양열 집열판을 설치하여 공급한다는 것도 수송과정 등을 고려하면 에너지 손실이 크기 때문에 실현 불가능한 것이 될 것이다. 사용한 에너지에 의한 이산화탄소를 흡

수 고정하려고 한다면, 생존에 필요한 농경지가 지구촌 농경지의 6배 이상이 필요하게 될 것이다. 세계인구가 경제적으로 공평해지기 위하여 연간 경제성장률을 3%만 유지한다고 하더라도 세계인구가 120억이 되는 2050년경이 되면 현재 보다 약 80배 이상이나 되는 많은 것을 생산해야 할 것이다.

사실상, 현재 사용하고 있는 석유만큼 다용도로 이용되고 편리하고, 경제적으로 실현가능한 고밀도 대체에너지 자원은 아직 없다.

#### 5. 결론

인구 증가와 대량생산체제 때문에 한정된 에너지 자원의 고갈은 피할 수 없는 비극의 시나리오이다. 가능한 신속하게 재생 가능한 에너지원로의 전환은 필수적이다. 태양에너지, 태양광 전지, 바이오매스 에너지, 연료전지 등 지속적으로 대체에너지 개발 및 연구가 필요하다. 그러나, 현실적으로 확실한 대체에너지원은 아직까지는 없다.

아직까지는 가장 보편타당하고 전세계적으로 보급된 화석연료 석유를 주 에너지원으로 사용할 수밖에 없다. 석유자원은 또한 다용도로 이용되고 있는 편리한 에너지원이 되어 버렸다. 21세기 현재의 시점에서, 현실적 차원에서, 에너지 효율의 향상을 위한 기술적인 연구와 가정, 산업, 사회 전반의 전세계적인 에너지 사용 절대저감 운동이 필요하다. 경쟁적인 경제체제를 탈피하여, 협력과 조정의 절약형 경제체제를 구축하여 제조성장의 경제를 도입해야 한다.

후세를 위하여 재생가능한 에너지원의 사용 확대, 지속 가능한 경제 시스템 구축의 생태 마을 에코빌리지 조성, 에너지 저감시스템의 저변 확대 정책 등이 필요하며, 환경친화적인 에너지 사용을 점진적으로 확대해야 할 것이다. ♻️