

## 中東事態와 國內에너지 需給現況과 代替에너지

Gulf war, Present status of Energy Supply,  
and Outlook of Future Energy Systems

姜 昌 淳\*  
Kang, Chang Soon

### 序 論

서울대학교에서는 非工學系列의 학생들에게 교양과목으로 “現代産業社會와 에너지”라는 강좌를 제공하고 있다. 에너지는 현대 “政治·經濟와 어떠한 상관관계를 갖는가”, “社會에서 어떻게 이용되고 있는가”, 그리고 “새로운 에너지는 어떻게 開發되며, 또 어떠한 問題가 있는가”를 심층있게 分析하고, 이에 대응하는 확고한 哲學을 젊은이들에게 심어주기 위한 努力의 일환이다.

### 에너지의 役割

國家의 産業발달과 생존권의 확보는 에너지 安定供給이 기본문제에 등장하고 있다. 특히 1970년대 2차례의 石油波動 이후 세계 각국은 安定供給을 우선으로 한 에너지정책 수립에 焦點을 맞추고 있다. 특히 最近의 걸프戰爭은 에너지 자원이 貧弱한 나라에 불안감을 증폭시켜주는 역할을 하였다. 실제로 큰 餘波는 없었다고 하여도, 에너지 貧國들은 過剩反應을 보였고, 다시 한번 에너지 安定供給의 심각성을 재인식하게 되었다. 따라서 새로운 時代를 창조하기 위해서는 이에 맞는 에너지政策이 과감히 推進되어야 한다. 安定供給과 함께 節約과 代替에너지 연구 개발을 위해 적극적인 투자를 하고 있다. 그 이유

는 현재 에너지공급의 主種을 이루는 化石에너지는 자원에 限界性이 있고, 뿐만 아니라 그 부존지역이 일부 국가에 偏重되어 있어 공급에 國際政治的인 영향을 拜除할 수 없는 것이 현실이기 때문이다.

### 에너지의 需給現況

에너지 賦存資源에서 석유와 천연개스는 21세기에 枯渴될 것으로 예상되고 있으며, 석탄은 현재 소비추세를 따르면 200년은 供給이 가능할 것으로 보고 있다. 水力은 국가에 따라 差異가 있으나 개발한계에 도달하였거나 환경문제의 惹起로 개발에 어려움이 있고, 기타 新·再生에너지는 기술개발단계에 있으며 주변의 환경과 조건에 구애를 받아 小規模的인 것이 현실이다.

에너지 需要는 전세계적으로 계속 增加할 것으로 예상하고 있다. 우리나라의 1987년도 총 소비 에너지는 石油換算으로 67.4 MTOE (Million ton equivalent)이었고, 이중 輸入에너지는 62.0 MTOE로 해외의존도는 91.2%이다. 우리나라는 지속적인 經濟의 발달과 함께 에너지의 消費는 계속 증가할 것이며, 이에 따라 에너지 海外依存度의 傾向은 더욱 深化될 것이다.

에너지 소비형태에서 電力에너지는 그 효율성, 다양성, 편리성이라는 長點으로 인하여 先·後進國을 막론하고 그 소비율이 꾸준히 증가추세를 보이고 있다. 소득의 증가와 생활수준의 향상

\* 에너지技術士(原子力發電). 서울大學校 工科大學 原子力工學科 教授

으로 電力需要는 21세기까지 계속 增加趨勢를 유지할 것으로 전망하고 있다. 우리나라의 1990년도 전력수요는 前年度에 비해 14.6%의 증가를 보였고, 지난 4년간의 年平均 수요증가율은 13.7%에 이르고 있다. 1인당 電力消費量은 연간 1,939kWh로서, 미국 수준의 1/5, 일본의 1/3, 대만의 1/2에 불과하므로, 當分間 10% 이상의 연간 전력수요 증가율이 지속될 것이다. 表 1은 각국의 年間電氣使用量을 비교하여 보여주고 있다.

表 1 各國의 年間電氣使用量

國 名	1人當 電氣使用量(kWh)
노르웨이	24,758
스웨덴	17,079
미국	9,952
프랑스	5,537
일본	4,712
대만	3,484
한국	1,939

註) 한국은 1989: 노르웨이, 스웨덴, 미국은 1987: 기타국은 1988년도 기준

## 에너지 시스템

에너지 시스템은 非循環에너지로서 化石燃料과 原子力이 있고, 新·再生에너지로서 太陽에너지, 風力, 海洋, 小水力, 바이오매스, 廢棄物, 水素에너지 및 燃料電池, 地熱 등이 있다. 에너지 시스템의 效率를 평가하는데 종종 金錢의 형태로 변환하여 평가하곤 한다. 그러나 에너지 시스템 效率에 金錢의 인 수치를 직접 적용하는데는 문제점이 있다. 예를 들어서 석유 1배럴에 \$20이라고 하자. 이러한 값을 부과하는 것은 무슨 뚜렷한 論理나 根據가 있는 것이 아니고, 市場의 價格형성에 따라 任意的으로 결정되고 있다. 미래에 매우 가치있는 利用方法이 새로히 개발된다면 (현재에도 化石燃料은 여러 利用분야가 제시되고 있음), 석유 1배럴이 갖는 가치는 매우 다르게

될 것이다. 석유는 비순환에너지로서 한번쓰면 완전히 소멸되기 때문에 1배럴이 갖는 眞價를 현재를 기준으로 판단하는 것은 위험한 일이다. 따라서 \$20이라는 현재의 값을 부과함으로써 귀중한 자원을 浪費하게 된다면, 우리들 後世들에게 매우 무책임한 行爲가 되는 것이다. 이러한 관점에서 代替에너지로서 태양에너지 등과 같은 新·再生에너지의 중요성이 擡頭되게 된다.

## 新·再生에너지의 評價

브라질에서는 사탕수수를 키워서 알코올을 생산한다. 이렇게 생산한 알코올은 自動車의 燃料로 사용하고 있다. 이 바이오매스 시스템에서 入力으로 들어가는 총 에너지의 양과 出力으로 나오는 에너지의 양을 비교하면, 그 效率성은 現단계에서는 매우 悲觀的으로 평가하고 있다. 作物을 거두어드리는데, 醱酵시키기 위해서 分쇄하여 찌는 작업 등에서 많은 에너지가 消費된다. 에너지 입력으로 1을 바이오매스 시스템에 투입하면 출력으로 1.2~1.5가 나오며, 이것은 매우 비효율적인 것으로 평가되고 있다. 따라서 바이오매스 시스템이 경제적인 의미를 갖기 위해서는 에너지 入力을 改善하는 것이 커다란 과제가 된다. 또 한가지 고려할 것은 바이오매스의 생산은 결국 태양열을 쓰게 되므로 作物을 재배하기 위하여 매우 넓은 面積이 필요한 점이다.

太陽熱을 直間接으로 이용하는 에너지 시스템은 여러가지가 있다. 이중 大規模태양열을 이용하는 發電시스템으로 OTEC(Ocean Thermal Electric Conversion)과 STEC(Solar Thermal Electric Conversion)시스템을 들 수 있다. OTEC은 바다의 높은 表面온도(한 여름에 약 25도)와 深海의 낮은온도(약 5도)의 海水의 온도차에 의하여 에너지를 생산하는 것이다. 그러나 이 시스템의 문제는 溫度差가 최대 20도에 불과하므로 電氣에너지로 변환하는 경우 그 效率이 2~3%에 지나지 않는다. 중요한 사실은 尙大한 바다가 태양열로 인해 엄청난 양의 에너지가 축적된다는 것이다.

STEC은 거울을 써서 태양열을 結集하는 방법이다.  $6.2 \times 10^5 \text{m}^2$ 의 대단히 방대한面積에 거울을 淸차게 깔아 놓아야 겨우 100MW 出力의 발전소가 建設될 수 있다. 用地로서는  $1 \times 10^6 \text{m}^2$  이상이 필요하다. 이 出力은 夏至때 태양이 頂上에 있을 때를 기준으로 한 것이므로, 日照時間, 豫熱時間 등을 고려한다면, 결국 연간 사용가능 시간은 줄잡아 700시간에 지나지 않게 된다.

新·再生에너지는 소규모나 제한적으로 현에너지 시스템이 補充的 시스템으로 많이 사용하고 있다. 그렇다고 해서 대형에너지 시스템으로 使用할 수 없다거나, 計劃을 할 필요가 없다는 것은 아니다. 다만 현재의 技術水準으로서 이렇다는 것이다. 따라서 技術이 補完되고, 技術적 불확실성이 排除되면 그 평가가 훨씬 달라질 것이다. 불확실성에 의한 비용증가의 위험성을 豫想하여 철저한 經濟性 分析을 수행할 뿐만 아니라, 이에 앞서서 技術에 대한 信賴度를 높여야 한다. 따라서 技術 및 경제적으로 改善이 획기적으로 필요한 것으로 나타나고 있다.

### 原子力の 現況

原子力은 현재 전기발생에 주로 이용되고 있

表 2 韓國의 原子力發電 現況

호기명	출력(MWe)	현상황
고리 #1	587	운전중
고리 #2	650	운전중
고리 #3	950	운전중
고리 #4	950	운전중
영광 #1	950	운전중
영광 #2	950	운전중
영광 #3	1000	1995준공(건설중)
영광 #4	1000	1996준공(건설중)
울진 #1	950	운전중
울진 #2	950	운전중
울진 #3	1000	1998준공(계획중)
울진 #4	1000	1999준공(계획중)
월성 #1	679	운전중
월성 #2	700	1997준공(계획중)

다. 1990년말 현재 世界 원자력발전은 29個國에서 총 413기로 총용량 3.18억 kW가 運轉中에 있다. 이것은 전세계 총발전량의 16%이다. 원자력발전 占有率은 1987년 실적에 의하면 프랑스 69.8%, 벨기에 66.1%, 스페인 45.4%, 서독 36.6%, 일본 31.7% 등을 꼽을 수 있다. 우리나라는 1990년말 현재 9기의(762만 kW) 原電이 運轉되고 있으며 2기(200만 kW)가 建設中이고, 3기(270만 kW)가 計劃中에 있다. 1990년 원자력에 의해 生産된 전력량은 총 528억 9천만 kWh로서 전체 발전량 1,076억 6천만 kWh의 49.1%를 차지하였다. 우리나라 원자력발전소 現況은 表 2와 같다.

### 原子力の 必要性

원자력은 화석연료에 비하여 에너지 密度가 높아(석탄에 비하여 300만배) 작은 양의 核燃料 비축으로 에너지 備蓄量을 크게 늘릴 수 있다. 또한 發展費用中 연료비가 차지하는 比重이 작아 에너지 海外依存度를 감소시킬 수 있다. 그리고 원자력은 技術집약적 산업으로 消費性 에너지라기 보다는 技術集約性 에너지로 생각할 수 있다. 부존자원이 빈약한 가운데 경제성장을 계속해야 하는 나라로서는 원자력의 技術自立이 에너지 정책에서 매우 중요한 과제로 부각되고 있다.

원자력발전의 經濟性은 도입 초기부터 다른 전력발전원(석탄, 석유, 천연가스)에 비해 優位를 지켜오고 있다. 安全規制의 합리화 추진, 발전소의 標準化, 建設工期의 단축, 利用率의 개선, 補修期間의 단축 등으로 경제성 향상을 지속적으로 추진하고 있다. 결과적으로 원자력의 經濟性은 앞으로도 他발전원에 비해 계속 우위를 점할 것으로 전망한다.

環境問題는 갈수록 심각하게 거론되고 있다. 원자력발전소는 석탄화력보다 소오부지면적이 작아서 國土의 효율적인 이용이라는 측면에서 유리하다. 화석연료의 연소로 발생하는 酸性비, 粉塵, 有毒가스와 같은 공해 유발요인을 고려할 때 원자력발전의 優位성을 생각할 수 있고, 다량

의 이산화탄소의 발생으로 인한 温室効果의 감소에도 원자력은 이바지하고 있다.

### 原子力の 리스크

원자력의 이용과 더불어 리스크로 擡頭되는 것이 있다. 우선 經濟的 리스크를 들 수 있다. 원자력발전의 發電單價 구성은 매우 복잡하며, 불확정 요소가 많기 때문에 경제적 리스크가 작지 않다. 그리고 放射線 安全性에 대한 리스크, 核保安과 관련된 리스크, 放射性廢棄物의 발생과 관련된 리스크, 國民의 합의를 이루어야 하는 리스크 등을 생각할 수 있다. 이러한 리스크가 원자력이 주는 이익과 相對的으로 평가되어야 社會에 수용되는 것이다.

### 原子力과 輿論

원자력의 개발은 그 專門性 때문에 소수의 기술집단에 의하여 수행되고 있으므로 국민에게 정확히 알려야 할 對民弘報의 중요성이 대두된다. 여론문제로 인하여 원자력이용을 制限하거나 閉止하는 국가(스웨덴)도 있다. 특히 소련의 체르노빌 원전사고로 인해 被害를 받은 중부 유럽국가들의 경우 원전사고에 대한 危機意識이 증가 정치적인 문제로 등장하고 있다. 우리나라도 原電敷地에서의 지역주민들의 반대가 나타나고 있다. 앞으로 원자력여론의 주요쟁점은 安全性과 廢棄物處分이 될 것이다.

### 原子力과 安全性

安全性의 目的은 “대중 및 자연환경을 방사선의 위험으로부터 보호”하는데 있다. 안전성목적을 구체적으로 달성하기 위한 原則은 다음과 같다.

- 1) 安全文化를 창출하여 모든 개인, 조직의 행위, 상관관계를 지배하도록 한다.
- 2) 多衆防禦의 개념은 시설 및 대책에 대한 전반적인 전략을 제공하게 한다.

3) 立證된 技術은 어떠한 첨단기술이라도 입증되기 전에는 원칙적으로 배제한다.

4) 제반활동에 함축성 있는 品質保證 프로그램을 적용한다.

5) 독립적이고 체계적인 安全性評價를 통하여 실제 약점을 밝히고 보완한다.

### 原子力과 廢棄物

원자력의 이용은 반드시 放射性廢棄物의 안전 처분을 同伴한다. 방사성폐기물 처분은 그 리스크를 制度的管理期間(약 300년) 뿐만 아니라, 制度的管理期間後(10<sup>8</sup>년까지)에도 고려해야 한다. 부지내의 作業從業者와 一般大衆을 방호하기 위한 조치가 취해져야 한다. 전기출력 100만 kW의 원전에서 약 30톤의 使用後核燃料가 발생한다. 사용후핵연료는 포함되어 있는 放射性同位元素를 재사용하게 되면 폐기물이라기 보다는 資源으로 생각할 수 있다. 사용후핵연료를 재처리하는 과정에서 高準位廢棄物이 발생하고, 고준위폐기물의 처분방법은 지금도 계속적으로 연구하고 있다. 현재 고려되는 方法은 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 폐기물을 再活用하는 방법(열전지, 동위원소이용 등)
- 2) 반감기가 매우 긴 방사성물질을 核變換시켜 안정원소로 바꾸는 방법
- 3) 그리고 永久處分方法으로는,
  - 海底深層에 처분하는 방법
  - 宇宙空間으로 추출하는 방법
  - 地殼層(tectonic structure)에 처분하는 방법
  - 安定된 岩石을 재연하는 방법(simrock 등)

### 未來의 에너지

核融合爐의 가장 두드러진 長點은 바닷물로부터 얻을 수 있는 무한한 資源으로 地球에서 에너지 문제를 永久히 解決할 수 있다는 점이다.

다. 또한 다른 에너지와 비교하여 公害問題에 있어서 현격히 깨끗하고, 특히 核分裂爐에서 야기되는 핵보안이나 핵사고의 방사선에 의해 危險이 전혀 없다. 핵융합로는 열생산, 수소연료 생산 등 그 이용을 多樣化할 수 있다.

핵융합로는 아직도 기술적으로 未完成段階에 머물러 있다. 핵융합로 실용화 개발에 있어서 최우선 당면과제는 경제성있는 핵융합반응 持續狀態를 만들어 주는 기술적 難題의 해결이다. 최종적으로 경제적 실증을 보여 줄 商業爐로 개발해 나가는 과정에서의 핵융합 기술은 플라즈마 물리학을 비롯한 광범위한 분야에 걸친 尖端 과학기술과 산업의 集積이 요구된다.

## 結 論

에너지는 국가산업발전과 사회개발에 기본적인 요소로 그 確保와 安全供給은 절대적으로 중요하다. 따라서 어떠한 狀況에서도 融通性있게 대처할 수 있는 信賴性있는 에너지 공급에 目標을 두고 경제적이고 안정적인 에너지 수급방법을 선택하는 것은 중요한 과제이다.

우리나라는 天然資源이 貧弱한 반면에 다행히 재능이 많은 人力資源이 豊富하다. 그러므로 선진국으로 향한 도약과정에서 에너지공급의 解決도 수입 천연자원에 의지하기 보다는 인재양성과 고급기술의 개발로 그 活路를 개척하여야 할 것이다.

에너지원으로서 化石燃料는 쉽게 쓸 수 있는

것이 특징이다. 그러나 다른 분야의 이용(화학공업, 자동차, 난방 등)이 크며, 그 資源이 한정되어 있어서 後世를 위하여 消費의 自制가 필요하다. 그리고 화석연료는 환경문제를 동반하여 유황산화물(SO<sub>x</sub>), 질산화물(NO<sub>x</sub>) 등의 방출이 산성비의 주요인이 되며, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 大氣內 축적으로 지구의 温室化現狀 및 기상의 변동을 초래할 우려가 있으므로 철저한 환경관리를 전제로한 소비의 억제가 필요하다.

新·再生에너지(풍력, 조력, 태양열, 지열, 바이오매스 등)는 현재로서는 그 효율성 때문에 소형으로 制限的 사용만이 가능하다. 그러나 21세기를 향하여 技術開發 및 研究에 지속적인 投資는 요구된다.

原子力은 대형에너지 공급에서 화석연료의 대체에너지로 매우 적합하다. 특히 원자력은 人力에 의존하는 기술에너지로 分類할 수 있어서 우리나라에 매우 적절하다. 그리고 에너지자원의 安定確保라는 측면에서 그 특징을 찾을 수 있다. 그러나 원자력은 안전성, 방사성폐기물과 같은 리스크를 동반하는 것을 인정하고, 이에 대한 解決은 원자력 이용의 필수 前提條件이다.

미래에너지의 永久的인 해결을 위하여 核融合爐 개발은 계속 추진하여야 한다. 그러나 핵융합로 연구개발은 巨額의 개발자금이 예상되고, 장기간에 걸쳐 많은 첨단과학기술 頭腦를 필요로 한다. 또한 불확정 요소가 많아 연구개발을 틀에 맞출 수가 없기 때문에 연구결과와 趨勢에 따라 柔軟性있게 대응할 수 있도록 개발계획과 투자에 流動性을 두고 실천해 나가야 한다.