海外資料

에너지의 危機는 到來할 것인가?

Colin Rofinson
Elizabeth M. Crook
共著

Ⅰ. 머리말

최근에 들어와서 에너지 危機에 관하여 쓰인 글이 많이 있었는데 특히 미국에서 에너지 危機說이 항간에 널리 퍼져 있다. 危機란 一面으로는 장래 에너지가 不足할 것이라는 것이고 他面으로는 生産 運送 消費 貯藏에서 發生하는 汚染이 增加하는 危險을 말한다. 이중에는 戰後의 燃料産業史를 기억하고 있는 사람들에게는 잘 알려진 내용도 있다.

戰後와 1950년대 중반에 들어와서 燃料不足에 대한 不安이 일어났는 바 예를 들면 OEEC의 "Hartley Report"에 나타나 있다. 사실 100년전에 벌써 Jevons의 "The Coal Question"에 燃料不足에 대한 豫測이 나왔던 것이다. 최근의 예측과 이전의 예측의 차이는 첫째 燃料不足뿐만 아니라 汚染이 現在에 問題로 다루어지고 있으며 둘째 豫測된 에너지 危機가 將來의 世界物資不足과 世界的인 汚染에 관한 보다 광범한 關心事의 一部에 불과하다는 것이다.

1960년대 중반이래 경제성장이 環境에 미치기 쉬운 나쁜 影響에 대하여 認識度가 높아지고 있다. 따라서 특히 미국에서는 여러가지 종류의 災殃을 예언하고 經濟成長이 有益하다는 理論에 회의를 나타내는 책자가 쏟아져 나왔던 것이다. 가장 좋은 例가 Club of Rome에 의하여 主導된 報告書인 "成長의 限界(The Limits of Growth)"이다. 이 책자의 내용은 方法論이라든지 統計 등에서 혹평을 받을 수 있지만 持續的인 經濟成長은 環境의 問題를 惹起시킬 수 있다는 것은 否認할 수 없는 것이다. 다른 與件이 同一하다면 世界의 經濟成長率이 빠르면 빠를수록 原資財의 고갈이 빨라지며 오염된 공기물 등 소망스럽지 못한 "나쁜 것들"이 많이 만들어 질 것이다.

에너지야말로 討議해야 할 主要分野이다. 왜냐하면 장래에 에너지의 大量供給이 있으면서도 이로 인한 汚染이 적을 것 같으면 환경위험은 크게 줄어들 것이기 때문이다. 이 논고에서는 에너지의 고갈과 汚染에 관한 事實을 몇 개 들어 간단히 고찰해 보겠다.

<목 次>

Ⅰ. 머리말
Ⅱ. 에너지의 供給
1. 世界에너지 資源의 性格
2. 石炭埋藏量
3. 石油와 天然Gas埋藏量
4. 地下 에너지源 埋藏總量
5. 우라니움 埋藏量
6. 其他에너지 源
Ⅲ. 에너지의 需要
—世界 에너지 需要의 增大—
Ⅳ. 需給에 대한 結論
Ⅴ. 公害問題
1. 視覺障碍
2. 물의 汚染
3. 大氣의 汚染
4. 熱公害
5. 原子力 發電에 따른 公害
Ⅵ. 結 論

Ⅱ. 에너지의 供給

1. 世界에너지 資源의 性格

個個의 에너지 源의 地球上의 賦存量을 考察하기 전에 世界에너지

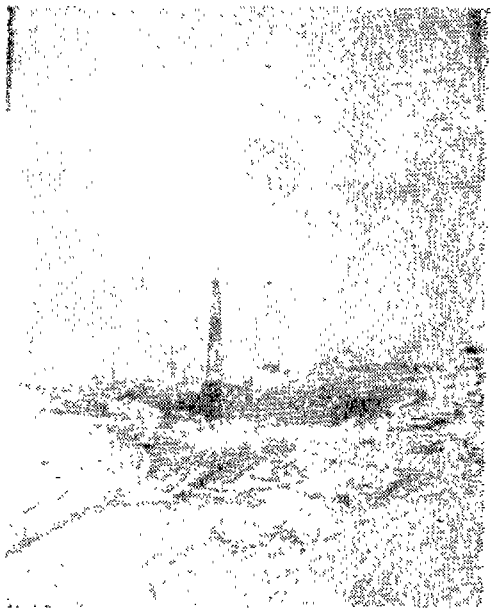
資源의 性格에 대하여 두가지 점을 지적해 두어야 한다. 첫째 우리가 人類史를 회고해 보면 地球上 에너지의 賦存量의 構成은 技術이 進步함에 따라 계속하여 變化하여 왔다는 것이다. 太古적에는 에너지 資源은 人間이 먹어서 근육에너지로 轉換시킬 수 있었던 음식물이었다. 그후 技術 및 經營上의 進步로 불이 發明되었고 人間에근육에너지를 공급하는 동물 集團을 형성시켰던 것이다. 사실 世界의 樹木이 전에는 에너지源으로 간주되지 않았는데 이 때부터 에너지源이 되었던 것이다. 技術이 더 발달됨에 따라 風力 水力을 이용할 수 있게 되었고 石炭을 이용하여 증기(蒸氣)를 만들어 내었으며 최근에는 石油를 이용하게 되었으며 原子力分裂에서 나오는 電力을 이용하게 되었던 것이다.

이러한 發展에 따라 1人當 에너지消費量은 太古적의 1日당 2,000 칼로·칼로리에서 오늘날 미국에서의 230,000칼로 칼로리로 증가된 것이다.

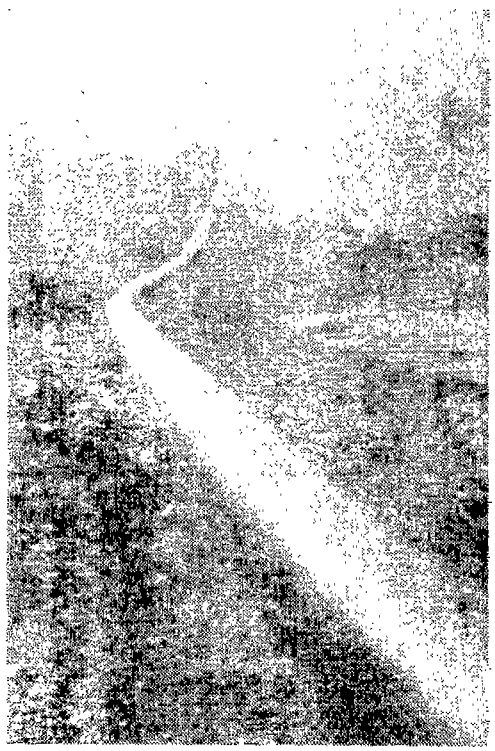
따라서 歷史를 보면 人間의 발전은 에너지源의 代替에 밀접한 관계가 있으며 사실상 어떤 시대를 불구하고 에너지源의 不足에 대한 不安이 따랐던 것이다. 그 이유는 단순히 다음에 생겨날 에너지源이 무었인지 알기 어렵기 때문이었다. 換言하면 世界全體의 에너지 在庫量은 정태적인 것으로 본 것이 아니라 "오늘날 有用하지 않은 것이 다음에는 유용한 에너지가 될지도 모른다"는 식의 動態的으로 보아야 할 것이다. 그리고 우리가 고정된 자본재를 갖고 살아가고 있다는 보수주의적인 생각은 잘못된 것이다. 지금까지 人類는 創意力을 발휘함으로서 고갈되어 가는 세계의 에너지源을 극복하고 살아올 수 있었던 것이다. 아마도 현재 우리가 살고 있는 에너지源을 소진할 것인가 아닌가 하는 질문보다도 더 중요한 것은 새로운 형태의 에너지源을 개발하는데 필요한 창의력이 고갈될 것인가 아닌가의 문제이다.

다음으로 중요한 것은 우리가 에너지라고 생각하는 資源들을 찾아서 채굴하는 우리의 능력이 점차 진보되고 있다는 것이다. 따라서 매장되었다고 알려진 총에너지源의 量이나 채굴할 수 있는 比率이 늘어났던 것이다. 채굴기술이 進步함에 따라 海底油田이나 가스같이 이전에는 接近할 수 없던 埋藏資源이 개발되어 왔으며 이미 접근할 수 있던 資源도 더 높은 比率로 채굴되어 왔다. 따라서 장래의 에너지源을 예측하는 것은 地理學的인 조사뿐만 아니라 채굴기술의 발전, 채굴비용, 에너지의 가격수준 등을 예상하는 것이 필요한 것이다.

예를 들어 石油價格이 채굴비용에 비하여 상승하면 埋藏量중에서 채굴되는 比率이 現在의 世界平均인 약 30%를 上廻할 것이다. 그뿐만 아니라 石油價格이 채굴비용에 비하여 조금만 상승하면 타르샌드(Tar-Sands)라든지 세일(Shale)



알라스카 北端에서 石油採掘作業이 한창이다



텍사스에서 **Greatlakes**까지의 送油管이 大平原을 가로 지르고 있다.

과 같이 종래엔 이용되지 않았던 石油의 供給源들이 개발될 것이다.

다음 장에서는 세계 에너지源의 최근의 빈을 판한 평가에 대하여 고려하겠는데 금세기말까지 주요에너지源이 될 石炭 石油 천연가스 우라니움(Uranium)에 대하여 重點을 둘 것이다. 아울러 가격 추세의 움직임에 대하여서도 약간 언급할 것이다.

2. 石炭埋藏量(Coal Reserves)

石炭의 世界 埋藏量은 다른 地下埋藏資源보다 더 잘 알려진 것으로 일반적으로 알고 있다. 世界石炭埋藏量의 權威있는 豫測중의 하나는 美地質硏究所의 Paul Averitt가 한 것으로 世界의 채굴전 石炭埋藏量은 15.2千億㌧였다. Hubbert가 한 예측은 50%의 채굴비율을 가정하는 상당히 보수주의적 입장을 취하였다. 地圖化하고 貨査하여 확정된 埋藏量중에서만 채굴할 수 있는 比率을 算定함으로써 낮게 策定할 수도 있는 것이다. 이러한 2재의 예상치를 감안하면 지금까지의 채굴량을 뺀 나머지의 매장량은 4.3~7.6千億㌧로서 현재의 世界消費量 대로 1,700~3,000년간 공급해 주는데 충분하다는 말을 할 수 있는 것이다. 보다 意義있는 계산을 해보면 다음과 같은 해답이 나온다. 즉 世界의 石炭 消費量이 최근 數年間과 같이 매년 2%씩 증가된다면 이러한 埋藏量들은 약 150~200년간 계속 공급될 수 있는 것이다. 결과적으로 石炭은 供給可能年數에 있어서 다른 어떤 天然資源보다 길다고 말할 수 있는 것이다.

3. 石油와 天然 Gas 埋藏量

石油와 Gas의 埋藏量을 豫測하는 것은 石炭의 경우보다 상당히 어렵다. 確認된 埋藏量은 바르 알 수 있지만 이것은 실제로 채굴작업중이어서 현재의 費用과 價格水準으로 生産하여 利潤을 얻을수 있는 것일 뿐이다. 환언하면 確認된 埋藏量이란 石油界가 埋藏되어 있다고 자신있게 말할 수 있는 原油중의 貨用在庫일 뿐이다.

1971년말의 世界確認埋藏量은 약 6,200億배럴(850억㌧)로서 1971년의 年間生産比率로 계산하면 약 34년간 공급할 수 있는 것이다. 世界의 確認G천연 as는 1兆725億 Cubic Feet로서 1971년의 세계생산비율로 계산하면 약 38년간 공급할 수 있는 것이다. 〈표 1〉을 보면 確認埋藏量은 1950년대 중반이래 3배이상 증가되었으며 지난 15년간에 걸쳐 生産의 확장추세와 같은 比率로 增加되었다.

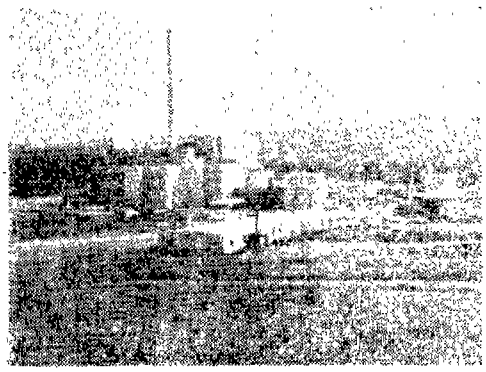
〈표 1〉 世界石油確認埋藏量의 과거 豫想値

	백만 ㌧	공급가능 년수*
1947	9,478	22
1950	11,810	22
1955	25,969	33
1960	40,788	37
1965	47,687	30
1971	85,442	34

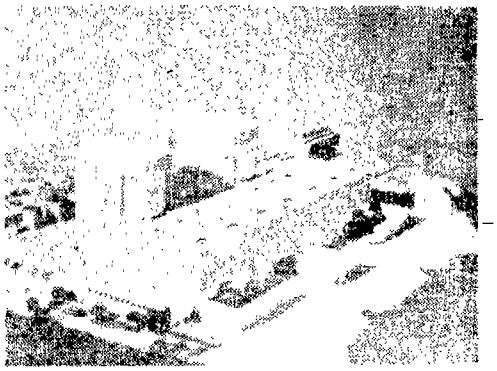
* 공급가능 년수는 그해에 확인된 매장량을 그해의 생산량으로 나누어 산출한 것임.

天然 Gas의 확인 埋藏量은 최근에 天然 Gas의 世界的인 生産量과 거의 같은 比率로 增加되었는바 埋藏量 對 生産量의 比率은 1960년대 초부터 줄곧 약 40對 1로 유지되었다.

그러나 世界의 石油와 天然 Gas의 埋藏量에 대하여 有用한 結論을 내리기 위해서는 궁극적으로 채굴가능한 埋藏量에 대한 예상치를 살펴보아야 한다. 위의 埋藏量은 石炭의 경우에 있어서와 마찬가지로 生産이 開始되기 전에 存在하였던



使用된 核燃料는 뉴욕의 工場에서 再加工된다



工場에 電力과 스팀을 供給하게 될 原子力發電所가 建設中에 있다. (美國)

그랜드캐년의 댐과 수력발전소

몬트리올의 精油工場과 石油貯藏시설

埋藏量을 지칭하는 것으로 石炭의 경우보다 예측이 더 어렵고 誤差의 크기를 알기가 더 어렵다.

Hubbert가 예측한 궁극적으로 채굴가능한 石油量은 石炭보다 그리 많지 않다. 이 예측치에 의하면 1.35~2.1兆 배럴로서 세계전체의 確認石油埋藏量보다 2—3배 많고 0.3~0.4兆㎿의 石炭과 거의 비슷한 것이다. 이러한 埋藏量은 만일 世界의 石油消費量이 年 7%씩 상승하여 今世紀內에서 최고조에 달한다면 앞으로 30년 정도는 지탱될 수 있을 것이다. Hubbert에 의하면 궁극적인 天然 Gas의 埋藏量은 石油埋藏量과 거의 비슷한 수준이다.

4. 地下 에너지源 埋藏總量

Hubbert의 종합예측치를 보면 타르·샌드와 세일(Tar-Sands and Shale)을 포함한 石油 및 天然 Gas의 매장량은 0.8~1.1兆㎿이며 石炭으로 환산한 總地下資源은 아래의 〈표 2〉와 같은바 동표에는 필자가 계산한 熱量含有量이 아울러 表示되어 있다.

따라서 궁극적으로 채굴가능한 地下資源은 5~9조 M/TS 범주내인것 같으며 주로 石炭의 形態로 있다. 과거의 生産을 考慮에 넣고 볼 때 위의 숫자는 現在水準의 世界에너지 消費量으로 계산하여 보면 각각 600년과 1100년의 공급량에 해당한다.

그러나 에너지의 수요가 계속 增加될 것이라는 것을 알고 있는 바 만일 최근의 에너지 消費量의 增加率인 5%가 계속된다면 이러한 地下資源의 埋藏量은 21세기 중반에 소진되고 말 것이다.

실제로 地下資源의 채굴은 최대치로 增加되었다가 中止하는 것이 아니고 최고치로부터 몇년간에 걸쳐 減少한 것이다. 따라서 埋藏量과 需要增加에 대한 假定이 맞다면 地下資源의 채굴은 다음 세기의 중반기가 도래되기 전에 최고조에 달할 것으로 기대된다. 뒤에 언급하겠지만 세계의 에너지 消費는 앞으로 연율로 5% 정도로 빨리는 증가되지 않을 것으로 보인다. 그러나 5% 정도로 증가되든 않든 분명한 것은 머지않아 다른 주요한 에너지源이 필요하게 될것이라는 것이다. 그렇다면 原子爐의 주요 燃料인 우라니움(Uranium)의 埋藏量은 어떤가 살펴볼 필요가 있다.

〈표 2〉 地下에너지源 埋藏總量

	兆(10^{12})M/TS (石炭 환산치)	1000兆(10^{15}) Kilocalories
石炭	4.3—7.6	25,400—44,900
石油(Tar sands Shale 포함)	0.4—0.5	2,400— 3,000
天然 gas(유액포함)	0.4—0.6	2,400— 3,500
계	5.1—8.7	30,200—51,400

자료 : Hubbert

5. 우라니움 埋藏量 (Uranium Reserves)

우라니움의 埋藏量을 예측하는 데는 어려운 점이 하나 더 있다. 즉 우라니움의 군사적 정치적 중요성 때문에 주의깊게 다뤄야 한다는 것이다. 더우기 통상적인 예측치에는 공산국가의 埋藏量이 包含되지 않는다. 또하나의 問題點은 어떤 一定量의 우라니움의 에너지生産量은 發電을 위해 사용되는 원자로의 형태에 따라 크게 달라진다는 것이다. 自然的으로 分裂하는 物質인 우라니움 235는 자연 우라니움形態로는 아주 小量으로서 1%에도 미

달한 실정이다. 따라서 영국의 Magnox 원자로와 같이 U—235만을 사용한다면 쉽게 소멸될 수 있는 우라니움 埋藏量을 슬기없이 채굴하는 결과가 되고 말 것이다. 그러나 현대의 원자로들은 自然우라니움 속에 들어있는 다른 分子들(예를 들면 U—238과 같이 자연적으로 分裂하지 않는 것)을 分裂하는 物質로 轉換시키는 것이다. 더욱 중요한 것은 현재 개발중인 高速增殖型原子爐(예를 들면 Dounreay에서 개발중이며 금년내에 배치될 예정인 250MW(E) Prototype)는 U—238을 增殖過程에 의하여 푸루톤니움(Plutonium)으로 전환시키는 것이다. 동 增殖過程을 보면 최초의 원자로에 필요 이상의 프루톤니움(Plutonium)을 공급하여 최초의 원자로를 충족시키고 여분은 다른 원자로에 첫 燃料로 사용하게 하는 것이다. 이렇게 되어 燃料의 發火率이 높아 燃料費가 낮아지며 低級의 鑛石이 사용될 수 있는 것이다. 現原子爐와 增殖原子爐의 큰 차이점은 〈표 3〉에 잘 표시되어 있는데 어떤 原子爐를 사용하느냐에 따라 우라니움 埋藏量의 에너지 含量이 달라진다.

모든 일이 순조롭게 진행되어 1980년대 중반까지 유럽과 美國에서 增殖原子爐의 數量을 擴張하는 計劃을 세우며 그때부터 설치되는 原子力發電所가 原子爐가 된다고 가정하면 우라니움의 埋藏量은 大端히 많은 것 같이 간주되는 것이다. 어느 연구서[1]를 보면 비공산지역에서의 우라니움 埋藏量의 총계는 增殖爐에서 사용될 수 있는 파운드당 비용이 U$30까지 채굴할 수 있는 양이 우리가 이미 앞에서 본 궁극적 석탄 埋藏量의 높은 에너지 量과 거의 비슷한 수준인 것이다. 이 보고서는 아울러 海水에서 채취될 수 있는 막대한 量의 우라니움에 대해서도 言及하였는데 만일 海洋에 있는 우라니움의 1%만 추출되어 增殖爐에 使用되면 궁극적으로 채굴할 수 있는 石炭量보다 9倍에 가까운 에너지 量을 공급할 수 있는 것이다. 이러한 우라니움 埋藏量에 관한 것은 〈표 3〉에 要約되어 있다.

〈표 3〉 世界 우라니움 埋藏量의 에너지含有量 豫想値(공산권제외)

	백만 M/TS(10^6)	1000兆(10^{15}) Kilo Calories
확실한양(가격은 파운드당 U$15까지) 經水原子爐 增殖原子爐	1.4	190 14,300
예측치 총량(가격 U$30까지) 經水原子爐 增殖原子爐	4.0	600 41,000
海洋으로부터 經水原子爐 增殖原子爐	40.0	6,000 410,000

자료 : Boxer, Haussermann, Cameron, and Roberts, Uranium Resources : production and Demand

5. 기타 에너지源

현재 世界의 燃料로 소규모로 밖에 사용되지 않고 있는 많은 종류의 여타 에너지源이 있다. 이중에는 水力電氣 地熱 潮水 太陽熱 風力등이 있다. 현재 水力電氣를 開發할 餘地는 적으며 地熱潮水 風力은 使用이 制限되고 있다. 그러나 太陽熱은 地球上의 主要에너지 供給處이므로 장래 대단히 유망한 가능성을 지니고 있다. 地球上의 太陽熱이야 말로 그 規模에 있어 世界에서 사용되는 어떤 燃料도 압도하고 있는 것이다. 이렇게 多樣한 形態의 에너지를 大規模의 動力을 만들어 내도록 모으는데는 상상할 수도 없는 기술상의 어려움이 따르나 현재 세계 도처에서 이의 개발에 대한 연구가 계속되고 있다. 아울러 融合力[2]과 같은 새로운 에너지源과 燃料用으로 水素의 추출등에 대한 연구도 진행중이다.

Ⅲ. 에너지의 需要

—世界 에너지 需要의 增大—

장래 世界의 에너지가 不足할 가능성이 있는지의 여부를 가리기 전에 세계의 에너지需要가 앞으로 얼마나 擴大해 나갈 것인가를 잠간 살펴보는 것이 필요하다. 에너지의 需要에 대하여 집필하는 사람들 대부분이 과거의 추세를 보는 소박한 방법을 쓰고 있다. 예를 들어 1950~70년 동안에 연평균 5%로 계속 상승하였으므로 앞으로도 계속 같

註 : 1) L.W. Boxer W. Haussermann, J. Cameron and J.T. Roberts Uranium Resources, Production and Demand, Fourth UN International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy Geneva Sept. 1971.

2) 融合力(Fusion Power)이란 수소탄(Hydrogen Bomb)에서와 같은 에너지의 放出形態임.

은 比率로 上昇할 것이라고 가정하거나 잘해봐야 개인당 實質 GNP와 개인당 에너지 消費量의 단순한 상관관계를 택하는 것이다. 이러한 단순화 된 相關關係를 택하면 價格이 에너지 需要에 미치는 効果를 도외시할 위험성이 있는 것이다. 현재 뿐만 아니라 앞으로 10년 동안에도 에너지 需要의 價格탄력성이 중요문제로 될 것이다. 燃料價格은 여러가지 理由로 上昇할 가능성이 크다.

첫째 아직도 에너지 埋藏量이 巨大하지만 채굴비용은 점근이 더 어려워짐으로 최근 2—3년보다도 더 소요할 것이다. 한편 石油의 채굴에 있어서도 타르샌드(Tar Sands) 세일(Shale) 그리고 石炭과 같은 종래에 사용하지 않던 供給源을 利用함으로써 費用이 追加로 所要될 것이다.

둘째 石油生産國들이 높은 配當을 요구하고 있으며 이미 이로 인하여 石油價格을 현저히 상승시켰고 앞으로 더 상승될 것으로 보인다. 이와 같은 현상은 장래의 世界에너지 市場에 가장 중요한 영향을 주는 요인의 하나가 될 것은 명약관화하다.

세째 燃料産業과 發電産業을 포함한 公害産業들은 앞으로 自己들이 만들어 낸 公害에 대하여 社會的인 費用을 支拂해야 하거나 적어도 현금을 바쳐야 할 가능성이 크다(이 문제는 최종장에서 다루어진다).

만일 에너지 가격이 현저히 上昇한다면 공급측의 危機를 극복하는 한가지 방법은 燃料를 보다 効率的으로 사용하고 浪費를 줄여서 消費量을 減少시키는 것일 것이다. 1960년 대에 있어서 先進産業國家의 石油價格이 比較的 安定됨으로써 西歐 유럽에서는 重燃料油 價格이 실질적으로는 하락했음—전반적인 에너지 가격을 낮추었으며 戰後초기에 있었던 燃料節減誘因을 減少시켰다. 燃料의 効率化에 대한 關心이 이미 弱化되고 있으며 價格이 上昇함에 따라 앞으로 더 擴大될 것으로 기대된다. 그렇지만 이러한 움직임이 효과를 나타내기 위해서는 상당한 時日이 요한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 왜냐하면 에너지의 需要는 에너지를 消費하는 기구의 所有에서 나오는 것인데 이러한 기구들이 변하는 價格에 마추어 적용될려면 시일이 요하는 것이다. 비슷하게 빌딩에서 보다 좋은 絶緣物의 使用은 導入速度가 늦고 있다.

現在로서 數量化하기는 어렵지만 世界가 에너지價格이 上昇하는 時期로 進入하므로 世界에너지 消費는 현재와 같은 增加率로 계속 上昇할 것 같지는 않다.

Ⅳ. 需給에 대한 結論

장래의 世界의 에너지 需給均衡에 관한 어떠한 結論도 試作에 불과할 수 밖에 없다. 供給側에서는 埋藏量의 規模에 不確實性이 있고 특히 이러한 에너지를 발굴하는데 영향을 주는 費用 및 價格水準에 대하여 確實한 지식이 없다. 어떤 종류의 새로운 에너지源이 언제 出現될 것인지 확실히 알 수 없는 것이다. 需要面에서는 에너지需要의 價格彈力性에 대하여 충분한 지식이 없다.

그러나 에너지不足이 에너지源 埋藏量의 物理的인 소모를 의미하거나 에너지價格의 천문학적인 上昇을 의미하거나 간에 거론되고 있는 現 에너지 不足에 대한 不安에 대하여 몇가지 언급할 수 있는 것이다. 에너지源의 埋藏量이 주어졌으며 또 原子爐技術에서 큰 問題點이 없다는 것을 가정하면 에너지饑饉은 없을 것 같다. 悲觀的 豫言者들은 經濟의 正常的 轉換過程 즉 기존에너지源이 새로운 형태의 에너지源에 대체되는 전환국면을 危機인 것 같이 잘못 생각했을 가능성이 더 크다. 今世紀의 잔여 기간 동안에 아마도 세계는 地下資源에의 의존에서 原子力分裂力을 이용하거나 아마도 原子力 融合 및 太陽熱을 이용하는 局面으로 전환될 것이다. 適應問題도 있을 것이나 燃料市場에 새로운 현상은 아니다. 戰後에 石炭은 石油 및 天然 Gas에 의하여 大規模로 代替되었는바 이는 주로 相對價格의 變化에 따른 결과였다. 그러나 石炭의 埋藏量이 石油 및 Gas의 매장량 보다 훨씬 많기 때문에 轉換局面중에도 일시적으로 石炭으로 의존도가 돌아갈 수도 있다는 생각을 해 볼 수 있다. 또 石油生産國이 政治的인 작용을 하거나 또는 燃料를 輸入하려 하지 않음으로써 일시적으로 地域에 따라 燃料의 不足現象이 일어날 수도 있는 것도 사실이다.

그러나 이상의 것들이 實際的인 問題이지만 예상된 바와 같이 燃料資源의 消耗로 인하여 지구상에 大變革을 일으킬 수 없는 것이다. 저렴한 地下資源 특히 石油가 轉換局面中에는 구하기 힘들어질 것인데 價格効果에 의하여 부족현상이 완화될 것이다. 價格上昇이 需要에 미치는 영향은 이미 언급하였다. 供給側에서는 價格이 上昇함으로써 기존 資源의 발굴을 촉진할 것이며 비경제적이고 접근이 어려운 자원이 개발될 것이며 타르샌드, 세일오일(Tar Sands and Shale Oils) 같은 종래에 이용되지 않던 資源이

개발에 이용될 것이다. 동시에 水素의 수출과 같이 合成燃料의 急速하고도 大規模的인 開發뿐만 아니라 核融合과 太陽熱같은 무한정한 新規 에너지源에 投資할 誘因이 생겨날 것이다.

"The Limits to Growth" 같은 책들이 지적했듯이 에너지資源이 앞으로 점차 減少할 것이라고 가정할 理由가 없다.

앞으로 에너지 價格上昇과 그에 따른 技術變化로 결국은 不足현상이 없어질 것이고 오히려 잉여분을 만들어 실질가격을 하락시키는 결과를 초래할 가능성이 높은 것이다.

V. 公害問題

앞에서 살펴본 바와 같이 에너지資源에 대해서는 보수적으로 보면 상당히 낙관적이나 經濟成長에 관련된 動力의 使用이 增加됨으로써 야기시키는 汚染은 어떤가 經濟成長에 에너지의 不足보다도 더 阻害要因이 될 수 있는 것은 에너지의 生成과 消費過程에서 일어나는 汚物을 地球가 吸收할 수 있는가 하는 問題이다. 여기서 말하는 汚染은 社會的으로 소망스럽지 못한 나쁜것"들을 모두 포함한 가장 넓은 意味로 본 것이며 여러가지 심각한 形態를 취하고 있다.

1. 視覺障碍

動力所, 精製所 貯藏所등의 設置에 의하여 視覺上의 장애가 일어날 수 있다. 強力한 壓力구름이 특히 美國에서 이런 施設의 設置를 방해하는 움직임을 보였으며 유럽에서는 熱公害를 완화시키기 위한 冷却機의 設置조차도 美觀上의 理由로 拒否되었다. 石油와 Gas의 送油管과 電力用철탑도 환경주의자들의 공격표적이 되는 경향이 있다. 위의 경우에 地下로 전선을 매립하면 해결될 수 있지만 기술상의 문제점이 아직도 있고 費用이 배나 더 소요된다는 것이다. 石炭의 채광에서도 폐물이 흩어지는데 특히 미관상 문제점이 있으며 皮裸技術을 쓸 경우에는 넓은 땅을 裸皮하는 흉한 모습이 있다. 어느 경우에나 風景을 원상복구시키는 데 비용이 추가된다.

2. 물의 汚染

재래식의 石炭채광활동에 의하여 어느정도 汚染되나 美國에서 이용되는 皮裸채광에 따르는 酸性物質의 流出에 의한 汚染이 더 문제이다. 후자의 경우에는 만족할만한 기술적인 대책이 없는 것이다.

그러나 가장 심각한 물의 汚染은 石油에 의한 것인바 특히 浦口나 해변의 海水를 오염시킬 경우에는 더욱 심한 것이다. (海洋中에서는 石油가 용해되지는 않지만 물에 퍼져서 증발된다) 鳥類나 海生物이 死滅되고 물고기와 貝類가 汚染되어 人間이 먹을 수 없게 되면 환경에 害를 미치게 된다. 漁業은 損害를 입을 것이며 1969년 캘리포니아의 산타바바라(Santa Barbara) 해안에서 送油管이 터져 海水가 汚染된 것과 같은 사태로 海邊이 버린다면 觀光事業도 큰 타격을 받을 것이다.

石油汚染要因은 精製所의 流出物, 비행기로부터 落下되는 炭化水素, 海岸石油活動 中에 사고로 생기는 漏出 및 넘침, 뿐만 아니라 油槽船 및 기타 船舶의 정상적인 활동에 이르기까지 多樣하다. 海洋에서의 汚染을 일으키는 주요 要因體들은 Lead on Top 기법을 쓰지 않는 유조선들이다. "重要한 環境問題들에 대한 1970년도 보고서"[3]에 의하면 이와 같은 低費用方法을 완전히 채택하면 유조선에 의한 汚染을 90% 이상 줄이며 海洋全體의 石油汚染을 줄일 수 있다는 것이다. 이 경우 汚染은 일으키는자가 費用을 부담하게 하는 원칙은 책임소재 당사자를 찾아내기가 어려우므로 적용이 어렵다.

3. 大氣의 汚染

大氣의 汚染을 일으키는 主要因은 地下資源의 燃燒인바 이로 인하여 연기, 재, 유황이산화물, 탄소이산화물 및 여러 종류의 질소산화물을 방출한다. 大氣汚染의 社會的인 費用은 太陽빛을 적게 받고 또 健康 農業 建物構造 등에 害를 끼친다는 것이다.

PAU(Programmes Analysis Unit)가 영국에서 조사한 바에 의하면 야기된 危害의 약 2/3가 國內의 불(火)에 의한 것이라고 예상하였다. 이 損害費用은 400백만파운드였으며 工業및 電力에 의한 損費는 120백만 파운드에 달하였다. 자동차의 排氣物에 의한 損費는 약 35백만파운드에 달하였다.

硫黃二酸化物이 大氣汚染物중 가장 危險한 것이다. OECD 연구보고서에 의하면 OECD加盟國家들은 1968년에 47.3백만톤의 등 "유황이산화물"을 만들어 냈는바 自然的으로 만들어지는 양이 년평균 62백만톤이라는 사실을 알면 비교가 된다. 유황이산화물은 抑制하지 않으면

註 : 3) Study of Critical Environmental Problems, Man's impact on the Global Environment: Assessments and Recommendations for Action MIT Press 1970.

地下資源의 연소가 증가됨에 따라 비례적으로 증가될 것이 예상된다. 연통을 높히 세움으로써 지역에 따라서는 問題가 다소 완화된것 같기도 하다. 英國에서는 이렇게 함으로써 地上에 방출되는 量은 總排氣量이 1950년의 4.61백만톤에서 1970년의 5.95백만톤으로 절대량이 증가했음에도 불구하고 지난 20년 동안에 40%가 減少하였던 것이다.

유황이산화물의 완전제거는 燃料自體에서 나오거나 연소개스에서 나오거나 기술상으로 가능하지만 제거비용이 많이 든다. 단기적으로 최선의 方法은 유황함유량이 높은 燃料대신에 天然 Gas든지 經蒸油(Light Distillate Oils)같은 유황함유량이 적은 연료로 대체하여 사용하는 일이다. 그렇지만 이렇게 되면 유황함유량이 적은 연료의 부족현상을 더 深化시킬 가능성이 큰 것이다.

媒然이나 먼지 같은 小粒子의 방출은 石炭대신에 石油와 기타 燃料를 대체 사용함으로써 세계 전체적으로는 줄어들고 있다. 靜電沈降法에 의하여 大氣中의 재(Ash)를 채취해 본 결과 98% 이상이 유효한 것으로 판명된 것이다.

1956년의 大氣淸潔法으로 인하여 영국에서는 1950년과 1970년 사이에 매연이 약 68% 가량 감소되었는데 현재는 媒然의 大部分은 家庭에서 나오고 있다. 다른 나라들도 비슷한 法律을 채택하였다.

質素酸化物은 大氣汚染의 比重이 높고 또 그 比重이 높아가고 있는 因子이다. 特殊한 氣候條件으로 質素酸化物의 光合成을 일으켜 치명적인 스모그(Smog)를 만들어낸 로스앤젤스에서는 특별한 관심이 표명되었다. 措置를 취하지 않으면 放出量이 增加됨에 따라 交通事故가 增加될 형편이다. 그러나 美國이나 英國에서는 이러한 有毒放出物및 車輛의 排氣物에서 나오는 鉛을 줄이는 措置가 취해지기 시작하였다. 美國에서는 이러한 조치로 인하여 승용차의 가격이 10% 정도 인상될 것이라고 예측하였다.

4. 熱 公 害

모든 燃料의 연소와 에너지의 消費에 관련하여 일어나는 것이 大氣나 水中으로 발산되어야 하는 殘餘熱量이다. 이것은 發電所의 낮은 熱效率때문에 주로 일어나는 것이다. 地下資源을 이용하는 發電所의 경우는 겨우 40%의 熱效率을 갖고 있으며 現在의 原子力發電所의 경우는 겨우 30%이다.

發電所는 많은 量의 冷却水를 消費한다. 發電容量對 使用된 量의 比率이 英國에서는 下落했지만 排出된 물의 온도는 8~12°C로 증가되었다. 따라서 發電所가 內陸水路邊에 位置할 경우에는 冷却用의 塔못, 運河 같은 기구가 절실히 필요하다. 예를들어 라인강(the Rhine)변에 發電所를 冷却塔없이 設立하려는 계획에 의하면 1985년까지 온도가 여름에 35°C까지 상승될 것으로 예측할 수 있다. 이것은 化學的으로 汚染된 江으로서는 重大한 問題이다. 영국의 中央發電局에서 집계한 기록을 보면 영국에서의 冷却機構의 設置實績은 良好하다. 사은 加熱된 물은 養魚에 利用될 수도 있는 것이다.

5. 原子力發電에 따른 公害

原子力은 核廢의 높은 毒性과 事故時의 가공할만한 결과때문에 가장 큰 環境問題를 제기해 주고 있다. 따라서 美國의 環境主義者들은 보다 安全度가 높은 對策을 講究하도록 壓力을 加하고 있으며 일부사람들은 核分裂原子爐計劃을 中止하고 相對的으로 公害가 적고 안전한 核融合力의 開發을 기다려야 한다고 주장하고 있다. 放射性 폐기물은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 低級(Low Level)의 폐기물로서 液體나 가스형태로 나오는데 原子爐의 正常的인 운영중에 나오는 것이다. 이러한 폐기물의 級數와 濃度에 대하여 엄격하게 規制한 결과 현재로선 環境이나 人間의 安全에 危險이 되는 것 같지는 않다. 사실 環境汚染에 관한 王室委員會(Royal Commission on Environmental Pollution)가 지적하였듯이 英國에서는 폐기물이 허용한도내에 속한다. 大氣중으로 發散되는 放射能은 재래의 發電所에서 放出되는 것보다 적으며 自然的으로 발생되는 放射能에 比하여 微微한다.

둘째는 原子爐에서 나온 이미 使用된 燃料를 再生하는 과정에서 생기는 해독성이 높은 廢棄物로서 이것은 生物學的으로 無害하게 만들 수 없으며 이들이 無害한 정도로 自然腐蝕이 되려면 수백년이 걸리는 것이다. 현재 이러한 폐기물은 대부분이 Windscale in Cumberland에서와 같이 스테인레스스틸(Stainless Steel) 용기 속에 저장되어 있거나 콘크리트 사이로(Concrete Silos) 속에 보관되어 있으며 적어도 150년간은 새지 않도록 주의깊게 감시될 것이다. 방사능의 위험때문에 英國에서는 특히 安全措置가 엄격히 취해지고 있다.

이러한 廢棄液을 固體化시키는 연구가 만일 성공한다면 보관이 편리하고 안전도도 높아질 것이다. 鹽鐵이나 地殼의 틈속에 埋立하든가 우주속으로 발사하는 등 기타의 가능성이 제의되었다.

이 문제는 점차 증대되는 核廢棄物의 감시와 처리를 맡아 해야할 다음 세대가 처리해야 할 문제인바 運送중 사고의 危險이 증가되고 산업에 費用이 과중되는 것은 어쩔수 없는 것이다.

기술상으로 볼 때 우리가 위에서 살펴 본 公害問題는 좀 더 硏究가 필요하지만 해결될 수 있을 것으로 보인다. 어려운 問題는 技術的인 面이라기 보다도 經濟的이며 政治的인 面에 있다. 公害除去費用을 그 源泉에 負擔시키는 制度를 만들어야 하고 이 제도가 결국은 많은 商品 및 用役의 價格을 높이게 된다는 것을 國民들이 납득해야 할 것이다. 서구사회의 生活度에 대한 觀心이 높아졌으므로 이것을 아룩하는데 어렵지 않다. 그러나 방사능 폐기물의 처리라든지 原子力發電所 가공공장 및 운송중에 사고가 나거나 태업에 의한 파괴가 일어날 가능성이 있는 등 일반 평민들에게 특별히 觀心이 있는 여러가지 문제점이 남아 있다는 것을 인정해야 한다. 事故가 일어날 확률은 매우 낮지만 事故가 일어났을 경우의 결과는 심각하다. 그리고 실제로 危害가 거의 일어나지 않았지만 核分裂發電所에 반대하는 국민들의 태도는 도처에서 찾을 수 있다. 이미 위에서 본 바와 같이 이용가능한 우라니움의 資源은 장기간 동안에 걸쳐서 充分하지만 核分裂에서 나오는 廢棄物이 制限量 밖에 나오지 않고 또 저렴한 비용으로 저장될 수 있는가의 여부가 확실하지 않다. 우라니움 資源의 量보다는 安全의 問題가 核分裂發電所의 擴張에 障碍가 될 가능성이 있는 것이다. 또 이러한 에너지의 利用에 의하여 世界의 氣溫을 增加시키는 등 지구전체상에 熱公害를 일으키는 장기적으로 보아서는 좋지 않은 효과를 일으킬 수도 있는 것이다.

Ⅵ. 結　論

에너지의 生産과 消費에 관련하여 公害問題에 대한 우리의 見解와 에너지의 소진(消盡) 전망에 대한 결론을 위에서 살펴본 바와 같이 세상에 널리 유포되어 있는 긴박한 세계의 에너지 위기는 오지 않을것으로 보인다. 새로운 에너지源으로 전환할 때 생기는 적응문제라든지 公害를 除去하는 어려움 등을 무시할 의도는 없으나 세계가 이러한 特殊問題로 終末을 고한다고는 믿을 수 없는 것이다. 石油生産國으로부터 價格을 引上할려는 압력같은 여타 문제로 價格이 引上되거나 공급에 不安을 더 줄런지 모른다. 그러나 지구상의 대재앙은 일어나지 않을 것이다.

일반적으로 에너지 問題를 싸고 도는 위기의식을 없애는 것이 좋겠다. 특히 위기의식이 어느 정도는 심리적인 미국에서는 에너지를 자급하든 형편에서 수입해야 하는 형편으로 옮아감에 따라 적응과정에서 위기감이 생겨날 수 있다. 그런데 많은 나라 정부는 危機가 도래할 것이라는 재래식 견해를 받아들여 對策을 마련하고 있다는 것을 보이기 위하여 쇠퇴할 土着燃料産業에 더 많은 자금을 投入하는 아주 위험한 행위를 할 우려가 있다.

위의 말은 정부의 조치가 필요없다는 것이 아니다. 에너지로부터 나오는 公害에 대해서는 적극적인 中央統制가 필요한 것이다. 왜냐하면 경상적인 市場機構만으로는 외적 要因들을 감당해 나갈 수 없기 때문이다. 政府는 금융지원을 함으로써 새롭거나 수정된 에너지 形態에 대한 연구를 보다 급속히 확대시킬 수 있는 것이다. 그런데 이러한 연구는 에너지의 價格上昇으로 인하여 이미 전개되고 있다.

石炭이 世界 地下資源埋藏量의 大部分을 차지하고 있는데 세계의 에너지 消費量의 약2/3가 液體 및 氣體燃料이므로 石炭을 液體化하거나 가스化하는 硏究가 보다 활발해질 가능성이 높다. 먼 장래에는 公害와 관계가 적은 즉 核融合이나 太陽熱을 이용하여 얻는거와 같은 새로운 에너지源이 필요하게 될 것이다. 公害를 일으키지 않는 새로운 에너지를 연구하는데 보다 많은 經費를 現在에 投入한다면 아마도 잘한 일일 것이다. 왜냐하면 개발에서 사용까지의 연구에 아마도 장시간을 요할 것이기 때문이다. 그러나 安全上의 理由로 核分裂에 의한 에너지는 地球上의 에너지 開發過程에 있어서 단기간 밖에 利用될 수 없는 가능성이 있음에 비추어 이런 事態에 대비하는 임기대응책으로서도 정당화 될 것이다.

本稿는 **National Westminster Bank**의 **Quartery Revie MAY, 1973**에 **Colin Robinson**氏와 **Flizabeth M Crook**氏가 共同執筆 發表한 **"Is there a World Energy crsis"**를 소개하는 글이다. <**海外經濟 韓國外換銀行刊에서 轉載**>

筆者들은 英國의 **University of Surrey**의 교수로서 産業 및 에너지에 대하여 오랫동안 硏究끝에 本稿를 발표하였는 바, 懸案의 에너지 問題에 대한 깊은 洞察力을 주고 있다.