

〈해 설〉

資源에너지와 活動限界

沈 相 七

原 子 力 委 員

(1974년 3월 4일 접수)

I. 에너지消費와 環境

人類가 200萬年前 地球에 發生한 이래 18世紀까지는 연료로서 가랑잎 薪炭類를, 鐵器時代를 거쳐 製鐵 製鹽 化學工業이 발전됨에 따라 薪炭의 에너지로는 不充分하게 되자 石炭을 이용하기 시작했다. 그후 100年동안 石炭은 에너지源의 主役노릇을 하게 됐고, 19世紀 후반부터 알려진 石油은 오늘날 에너지源으로서만이 아니라 石油化學産業등의 原資材로서 資源의 寵兒로 君臨하고 있다. 그러나 머지않아(몇 10年) 枯渴이 예상되며 더구나 昨今에 일고있는 石油波動은 우리에게 따끔한 교훈과 동시에 代替에너지의 開發을 서두르지 않을 수 없게끔 은근한 자극을 주기도 했다.

현재 化石燃料 다음의 代替에너지源으로 우선은 原子力이 登場하리라는 것은 지금은 常識으로 되어 있다. 하지만 이 原子力도 그 主役을 하는 核分裂性物質의 資源量이 有限한 것이어서 이 또한 過渡的인 에너지源일 수 밖에 없다. 究極에는 여러모로 有利한 核融合, 太陽熱등이, 또는 水素가 에너지源으로 이용되는 時代를 맞게 되리라고 내다보고 있다. 水素燃料는 2次에너지이기 때문에 그 生産過程에서 1次에너지인 重水素 혹은 太陽熱등의 에너지를 必要로 하는 번거러움은 있으나 그 資源이 豐足한 물이라는데서 또 再資源化가 가능할뿐만 아니라 종래의 化石燃料처럼 環境汚染을 일으키지 않는다는데서 장차 바람직한 에너지源으로 여겨진다.

우리는 에너지資源을 消費만 하고는 價値가 덜한 또는 負價値의 廢棄物을 버려가며 살고 있다. 生活活動을 아니할 수도 없는 것이고 보면 不可避한 노릇이라 하겠는데 問題는 우리 地球가 閉鎖系(Closed system)인 때문에 資源貯存量에 限界가 있고 또한 廢棄物의

收容能力에도 限界가 있다는 點이다. 우리는 閉鎖된 地球라는 것을 感覺的으로는 認識을 하고 있으면서도 그 龐大한 領域에 眩惑되어 實感을 못한 나머지 지나친 過信으로 所重한 資源을 그동안 過用 또는 濫用 했던 것은 아닐까. 요즘 Rome's Club은 우리 앞날에 대한 걱정이 泰山같다. 「현재의 成長速度를 멈추지 않는다면 人類는 큰 어려움을 겪게 된다」고 외치고 있듯이 이제 우리 環境에 대한 새로운 認識과 이에 대처할만한 對應策에 관심을 갖어야 할 때인것 같다. 地球를 한개의 宇宙船, 즉 有限한 環境이라 할때 닥아올 어려움이란 어떤 것인지 그 對策은 무엇인지를 살살이 들추어 굳건한 터전을 다져두어야 될상실다. 가령 한참 불을 일고 있는 우리나라의 工業團地라든가 原子力發電所, 精油工場등의 立地選定에 있어 環境汚染이나 熱公害등에 대한 妥當性을 豫察하고자 할때 充分히 檢討할만한 基本設計資料가 넉넉히 收集되어 있는지 궁금하다.

다음은 우리 環境의 背景, 즉 資源 에너지 및 이에 관련된 地球規模를 價例算法(竹內均氏)에 따라 概觀을 해보고 아울러 우리 國土에 대한 規模가 어떠한가도 試算을 해본 것이다.

大氣圈의 에너지循環

全地球의 規模를 우선 大氣圈부터 알아본다. 大氣圈의 最上層, 즉 地上 10³km 인 空中에서 太陽光線에 수직인 面은 每分當 2cal/cm²의 太陽에너지를 받고 있다. 地球의 半徑은 6.4×10⁸cm, 따라서 太陽光線에 수직인 地球斷面積(128.7×10¹⁶cm²)은 1年동안에 5.5×10²⁴joule 만큼의 太陽энер지를 받고 있다. 하지만 地表面에 吸收되는 量은 한 折半쯤밖에 않된다. 즉 入射途中 구름이라든가 안개 또는 地表面에 의해 그 34% 가량이 反射되고 또 19% 정도는 大氣에 흡수되어 결국 地面에 到達되는 量은 47% 뿐이다. 한편 地面에 흡수된 47%도 그중 23%가 水蒸氣의 潛熱로, 나머지 24%가 熱傳導, 熱對流, 熱放射등 一種의 熱輸送에 의해 地面으로부터 大氣中에 擴散된다. 그러니까 地面이 흡수

$$1\text{cal}=4.2 \text{ joule}, 1\text{t}=4.2\times 10^{10} \text{ joule (石油)}$$

$$1\text{KWH}=3.6\times 10^9 \text{ joule}$$

한 47%의 太陽熱이 모두 다 大氣中으로 돌아가 버린다는 것이다. 實은 이렇게 大氣로 돌아가 47%와 또 入射途中 직접 大氣에 흡수됐다는 19%까지 합친 66%가 熱放射로 인한 大氣의 에너지 損失量을 補償해주고 있는 것이다. 이밖에 入射에너지의 약 0.2%는 바람, 海浪 등의 運動에너지에 利用됐다가 摩擦熱로써 다시 大氣中으로 되돌아가며 또 0.02% 가량은 植物이 光合成을 하는데 이용되어 植物體內에 貯藏이 된다. 그림은 大氣의 에너지 循環像을 圖示한 것이다.

이처럼 太陽에너지가 大氣와 地面(海面까지)을 循環하면서 平衡을 이루는 때문에 항상 大氣와 地面의 溫度가 季節에 따라 一定하게 되풀이 된다. 정말 신비스런 自然의 調合라 하겠다.

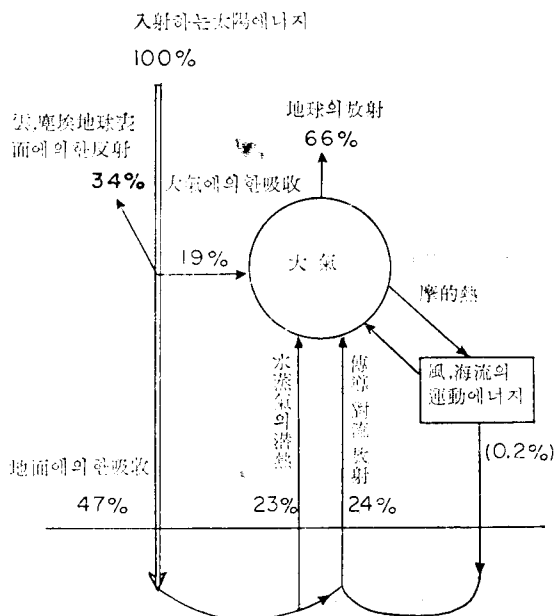


그림 1. 太陽에너지의 循環(竹內 均, 1973)

地球덩이의 에너지放出

地球덩이는 여러가지 方式으로 熱에너지를 잃어가고 있다. 우선 傳導熱에 의한것부터 알아보자. 觀測資料에 의하면 地球內部로부터 放出하는 熱量은 每秒 $1.5 \times 10^{16} \text{ cal/cm}^2$ 라 한다. 따라서 地球의 全表面積은 $5.1 \times 10^{16} \text{ cm}^2$ 이니까 年間 $2.4 \times 10^{20} \text{ cal}$, 즉 $1.0 \times 10^{21} \text{ joule}$ 만큼의 熱을 內部로부터 放出하고 있다. 이것을 地球덩이가 받고 있는 太陽에너지 $5.5 \times 10^{24} \text{ joule/年}$ 과 비교하면 불과 1/5,500밖에 안되나 그래도 地球가 消費하는 에너지中에서는 가장 많은 量이다. 다음은 內部에서 맨틀(mantle)의 對流現象으로 소비되는 熱이 있다. 즉 맨틀의 對流가 湧出되는 海嶺部分의 巾은 약 200km, 그 總延長이 약 $6 \times 10^4 \text{ km}$, 그리고 湧出物質의 흐름이

$3 \times 10^{-5} \text{ km/年}$ 이라니까 內部로부터 海嶺部分에 湧出되는 量은 $360 \text{ km}^3/\text{年}$ 가 된다. 이때에도 損失熱量을 每秒 $1.5 \times 10^{16} \text{ cal/cm}^2$ 라 한다면 年間 약 $0.7 \times 10^{20} \text{ joule}$ 의 熱이 밖으로 放出되는 셈이다. 이밖에도 맨틀의 對流는 大陸의 移動, 造山運動 등을 하고 있다. 그 規模가 가령 1邊이 10^4 km 인 面積만큼의 大陸移動 또는 造山運動을 한다면 그때마다 약 $3 \times 10^{18} \text{ joule}$ 의 熱을 잃는다. 또 地球內部로부터 해마다 流出되는 火山의 溶岩量이 1 km^3 나 되는데 이에 消費하는 熱量은 $4.2 \times 10^{18} \text{ joule}$, 그리고 地球덩이에서 일어나는 地震의 에너지는 $2.0 \times 10^{17} \text{ joule}$ 內外로 보고있다.

地球가 이처럼 여러가지 형태로 잃는 에너지源은 岩石中에 있는 放射性物質이 自然崩壞하면서 放出하는 熱과 또 地球덩이가 形成될때 지닌 位置에너지로 생각되고 있으며 地球가 생겨난 이래 45億年동안 放射性物質이 放出한 總熱量은 10^{31} joule , 그리고 아직도 內部에 殘存하고 있는 位置에너지도 10^{31} joule 은 족히 되리라는 推算이다.

生物圈의 에너지量

地球가 年間 받고 있는 太陽에너지 $5.5 \times 10^{24} \text{ joule}$ 中에서 植物이 光合成을 할때 이용하는 量은 그 0.02%인 $1.1 \times 10^{21} \text{ joule/年}$, 그중에서 折半은 植物이 그 呼吸作用에 소비하고 나머지 折半만이 植物體에 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 의 形態로 固定(Net Production)이 된다. 이 實固定量을 生態系의 상대적인 面積으로 따진 地球全體의 평균치는 年間 320 g/m^2 꼴이 되며, 1年동안에 全地球에서 植物이 固定하는 有機物質의 總乾物量은 $1.6 \times 10^{17} \text{ g}$ ($5.1 \times 10^{18} \text{ cm}^2 \times 320 \text{ g}$)이 된다. 그중 2/3는 陸地에서 나머지 1/3은 海中에서 固定이 된다. 그리고 海面에서의 單位面積當 固定能力은 地球全體 平均치의 折半정도로 알려져 있다.

바다의 有機物質 固定能力은 곧 魚族의 成長量과 밀접한 관계가 있다. 그래서 이 固定能力을 matrix로 하여 推算한 漁獲量은 年間 $100 \times 10^6 \text{ t}$ (水分까지)이 고작인데, 지난 25年동안 漁獲高는 해마다 8%씩 增加해왔고 1967年度の 漁獲高는 $60 \times 10^6 \text{ t}$ 이나 되었다. 그러므로 漁獲高는 현재 거의 上限線에 육박하고 있는 상태다.

地球上에 있는 生物圈의 總乾物量은 그 大部分을 植物이 차지하고 있거니와, 資源통계에서는 量을 $3 \times 10^{18} \text{ g}$ 으로 推計하고 있으며 그중 현재 人間의 總質量이 $1.8 \times 10^{14} \text{ g}$ 이나 된다. 이 總乾物量을 地球의 表面積으로 나누면 580 mg/cm^2 꼴밖에 안된다. 한편 入射太陽에너지 中에서 植物이 實固定하는 量은 에너지로 따져 $5.5 \times 10^{20} \text{ joule}$ ($1.1 \times 10^{21} \text{ joule/2}$)이라는데 이것은 地球가 1時間 남짓 받는 太陽에너지量에 불과하며 이中에서 人類가 食糧에

너지로 消費하는 量은 1.1×10^{18} joule(後述) 뿐이고 나머지는 腐植(fumus)등이 되어 土壤을 肥沃하는데 이용되기도 한다.

食糧에너지의 量

人類가 먹고사는 食糧을 에너지로 따진다면 얼마나 될 것인가. 每人當 하루 2×10^3 Kcal 를 攝取한다 하면 이를 에너지, 즉 joule 로 따져 8.4×10^6 joule/人/日이 되며 이것을 年間으로 따지면 3.1×10^9 joule/人, 이에다 世界人口 35億을 곱하면 1.1×10^{18} joule 이 된다. 즉 이것이 人類가 1年동안에 소비하는 食糧에너지가 된다. 地球上에 있는 모든 植物이 흡수하는 太陽에너지가 1.1×10^{21} joule(前迹)임을 감안할때 人類는 植物이 흡수한 에너지량의 1%만은 먹고 사는 셈이다. 사실 植物은 흡수한 太陽에너지 中에서 그 折半을 呼吸作用에 소비하고 게다가 植物→草食動物→肉食動物의 food chain 을 거치면서 上位段階에 이용될때마다 10~20%만이 즉 「10% 法則」이 成立되고 있어 人類의 食糧에너지는 植物이 흡수하는 에너지에 비해 아주 미미한 量이다.

人類의 活動에너지量

活動에너지란 人類가 生命을 유지하기 위해 消費하는 에너지 즉 食糧에너지를 除外하고 人類가 日常用品들을 生産한다든가 소비하는데 所要되는 에너지를 말한다. 1970年 현재 人類의 活動에너지 消費量은 石油로 換算해서 약 50億t이었다. 지금 石油 1g 이 10^4 cal 의 熱量을 낸다치면 50×10^6 t 의 石油는 5.0×10^{18} cal, 즉 2×10^{20} joule 에 해당한다. 이것이 人類가 1年동안 活動하는데 소비하는 에너지의 總量이다. 그런데 이量은 地球가 겨우 20分동안 받은 太陽에너지量 밖에 안되며 이는 植物이 1年동안 太陽에너지를 固定하는 量의 1/3밖에 안된다. 다시말해서 植物은 人間보다 3배나 더 活動하고 있다는 이야기가 된다. 또 이 活動에너지量은 지난 1972年 우리나라가 消費한 總에너지量, 0.3×10^8 t(石炭을 7×10^3 cal/g로 치고 石油換算)의 167배, 미국이 소비한 總량의 3배, 日本이 消費한 量의 20배에 해당된다. 그리고 보면 人類의 活動에너지는 人類食糧에너지의 20배나 된다.

한편 活動에너지 소비의 增加率은 1890년부터 1970년까지 매년마다 약 7%, 그리고 倍增하는 年數는 10년이 걸렸다. 그러니까 世界人口는 30年마다 倍增을 하고 人類의 에너지消費는 10年마다 倍增하고 있는 것이 현재의 實情이다.

韓國의 에너지消費

우리나라의 1972年度 에너지消費, 즉 韓國人の 活動

表 1. 可住面積當 에너지消費密度

(1971年, UN統計年鑑 參考)

序列	國 名	t/km ² /y
1	Japan	4,319
2	Belgium	3,161
3	Netherlands	2,923
4	W. Germany	2,110
5	Swiss	1,687
6	E. Germany	1,512
7	England	1,463
8	Sweden	1,250
9	Czechoslovakia	1,237
10	Korea(S)	857
11	Denmark	676
12	Poland	666
13	Italy	634
14	Finland	590
15	Austria	561
16	France	523
17	America	503
18	Israel	493
19	Canada	288
20	Malaysia	170
21	Soviet Union	164
22	South Africa	59
23	New Zealand	53
24	Mexico	50
25	Argentina	22
26	Australia	13

에너지는 石油로 따져 약 0.3×10^8 t이었다. 따라서 3×10^{17} cal 또는 1.26×10^{18} joule가 된다. 이는 人類活動에너지의 1/167에 해당하는 量이며 그중 52.5%는 輸入에너지(거의 石油)로 充當되고 있다. 部門別로 본 消費配율은 아직도 開發途上에 있는이만치 工業化된 나라들에 비해 民生用에 대한 比率이 낮은편이다.

우리나라 國土面積은 地球表面積의 1/5140이며 1972年 우리의 活動에너지는 全人類가 쓰고 있는 量의 1/167이 아니라 우리나라는 현재로도 地球平均(40 joule/cm²/年)

의 약 30배(5140/167)를 더 쓰고 있는 셈이다. 또 國土面積當 에너지消費密度는 1972年 현재 $300\text{t}/\text{km}^2/\text{年}$, 즉 $1260\text{joule}/\text{cm}^2$ 로써 이는 1969年 이에 대한 世界序列 17位인 프랑스의 그것과 비동하다. 다음 이를 可住面積當 에너지消費密度로 따져보면 우리나라는 $857\text{t}/\text{km}^2/\text{年}$ 꼴이 되어 世界序列 10위가 된다. 美國은 $503\text{t}/\text{km}^2/\text{年}$ 으로 17位, 日本은 $4,319\text{t}/\text{km}^2/\text{年}$ 를 消費하고 있어 현재 世界 제1위가 되어있다. 表1는 1971年度 UN 年鑑에 실인 資料로 算出한 것이다.

氣象의 擾亂

바람이나 海浪을 일으키는데 관여하는 運動에너지는 앞에서 얘기했듯이 入射太陽에너지의 0.2%, 즉 $1.1 \times 10^{22}\text{joule}$ 이 되는데 이는 1970年 현재 人類活動에너지($2 \times 10^{20}\text{joule}$)의 약 60배가 된다. 그리고 入射太陽에너지는 人類活動에너지의 약 3萬배가 된다. 이말은 현재의 人類活動에너지가 60배로 늘어나면 바람, 海浪등을 일으키는 에너지와 같은 양이 되고 또 3萬배쯤으로 늘어나면 入射하는 太陽에너지와 같은 양이 된다는 이야기이다.

앞으로 科學技術이 開發되어 에너지消費에 뒤따르는 化學汚染, 즉 煤煙가스등의 環境汚染을 輕減 혹은 防止할 수가 있다 치더라도 그 物理汚染, 즉 放出되는 熱에 연유한 熱公害라는 어찌보면 本質적인 問題가 또 있다는 것이다. 다름말을 빌리던 汚染을 일으키는 에너지資源의 質적인 문제가 해결된다 해도 에너지消費量에 起因하는 量的인 문제가 尙存한다는 것이다. 아직은 人類가 活動하는데 消費되는 에너지량이 當場에 심각한 문제거리가 되는 것은 아니지만 현재의 추세대로 에너지의 消費量이 늘어날 경우 어느때가는 바로잡기 어려운 難局에 봉착될지도 모른다는 것이다.

우리 自然系는 太陽에너지를 動力으로 하는 하나의 熱機關과도 비슷하다. 먼저도 말했듯이 地球에 入射하는 太陽에너지와 地球로 부터 放射되는 에너지가 서로 平衡을 이루는 때문에 大氣의 定溫이 유지되는 것인데 萬一 人類의 活動에너지 消費量이 入射太陽에너지와 맞먹을 만큼 늘어나기라도 한다면 自然界的 平衡이 형크려져 氣象異變이 일어나리라는 것이다. 그러므로 太陽으로부터 地球에 入射하는 熱量이야말로 우리 人類가 에너지消費를 얼마큼이나 할 수 있는가의, 즉 限界를 規制하는 究極적인 尺度로 볼 수 있다.

현재 에너지의 主役인 石油나 石炭등의 燃燒로 煤煙가스의 汚染이 날로 늘어나 量이아니고 質에 있어서는 이미 심각한 문제가 되어 있다. 우리나라는 현재 地球平均의 30배나 더 에너지를 消費하고 있다니까 海洋이나 兩極地域에 비해 大氣의 汚染이(30배는 아니라 할지

라도) 더 되어 있을지도 모를 일이다. 사실 지난해(1973年) 10월부터 서울市가 測定한 서울의 大氣汚染은 이미 基準値를 넘어 섰다는 이야기이다.

이렇듯 에너지의 消費는 大氣의 汚染을 일으킬뿐만 아니라 大氣에 擴散된 燃燒熱, 즉 놓쳐버린 熱이 어느 限界量을 넘어설 경우 異常氣象을 誘發할 수도 있을 것이라는 것이다. 즉 消費에너지의 量에 관련된 氣象의 異變과 그 質에 左右되는 環境汚染은 別個의 問題같은면서도 이들은 서로 일컫는다.

또 서울같은 過密都市나 工業團地처럼 에너지의 消費密度가 높은 곳에서는 汚染의 局所化가 일어나기 쉽다. 이것은 大氣의 逆轉層이나 境界層같은 不連續面에서는 上, 下層의 大氣가 斷切狀態에 놓이게 되어 下層大氣內에서의 空氣의 運動은 水平方向에서 조차 制約을 받기 때문이다.

에너지를 消費한 後의 最終狀態는 거의가 熱이다. 현재의 熱機關등의 效率은 대개 40% 以下이므로 결국 折半以上の 에너지는 이용을 못한채 周圍에 놓쳐버린다. 우리가 이처럼 놓쳐버린 熱을 꺼려하는 理由는 氣象의 擾亂을 걱정함에서다. 물론 大氣中에 擴散해버린 熱이 全部 氣象擾亂을 일으키는데 관여하는 것은 아니다. 그것은 이러한 熱變換過程에도 效率이 있기 때문이다. 그렇다고 變換效率을 감안한 熱量이 入射太陽에너지의 0.2%(바람, 海浪을 일으키는 에너지)가 되었을 때만 氣象의 擾亂이 일어난다는 것도 아니다. 왜냐하면 異常氣象이란 것은 自然界的 바람이나 海浪등의 一種의 擾亂現象인데 이에는 速度振巾이란것이 있어서, 즉 自然에서 이는 바람, 海浪의 運動에너지의 몇 %만 되어도 일어날 可能性이 있는 때문이다. 이것이 바로 우리가 걱정하는 熱公害라는 것이다.

未來學者인 허만·칸은 1972年 日本에서 열렸던 어느 모임에서 「地球上에는 200億의 人口가 年間 2萬弗 所得의 生活을 할 수 있을 것이라고 내다보았다. 마땅히 우리도 뒷쳐져 있을 수 없는 노릇이고 보면 하루라도 빨리 工業化를 서둘러야만 할 그러한 形勢에 있다. 近代化工業國家가 되려면 에너지消費를 아니 할 수는 없다. 힘에 겹도록 無理를 해서라도 밀고 나가야만 할 다급한 事情이긴 하다. 그렇긴 하지만 過多한 에너지消費가 물고 오는 것들이 어떠한지라는 것을 생각한다면 무턱대고 節制없이 에너지를 消費할 수야 없지 않겠는가. 그러므로 우리는 에너지消費는 하되, 環境汚染을 줄일 수 있는 또는 아예 防止할 수 있는 科學技術의 開發과 동시에 熱管理에 대한 集中的인 研究가 계속되어야 하겠고 한편 우리와 이웃의 安全한 變容을 위해 熱公害가 환경

에 미치는 影響이 어떤것인지에 대해 면밀한 調査가 되어야 할 것 같다. 環境이 人類共通의 財産임을 充分히 認識하고 우리나라대로 이에 관련된 資料와 情報를 정확히 파악해서 體系가 잡힌 韓國의인 「모델」을 作成해 놓아야 할줄로 안다. 이는 世界隊列에 참여하는 우리들의 義務이기도 하다.

다음 에너지消費密度가 높은 地域에서는 먼저 節約하는 姿勢의 轉장과 동시에 濫用등은 制度的으로 이를 規制하여 大氣汚染의 局所化를 막고 나아가 이러한 根源을 分散시키는 方法도 강구해 봄직 하다. 어차피 앞으로의 産業構造는 에너지集約型으로부터 勞動集約型, 知識集約型으로 變遷해가는 것이겠지만 그러한 過程에서 우리는 에너지의 消費가 環境오염이나 氣象系의 變亂스를 깨지 않도록 항상 地球生態學的인 立場에서 내다보며 發展하자는 것이다. 잘못 解釋이 되어 공연한 危險意識만이 助長되어서는 안된다. 發展을 하되, 健實하고 安全하게 해가자는 것이다.

II. 資源에너지의 概觀

非單 에너지資源만은 아니지만 資源이란 본시 潛在的인 가능성이 있는 것이기 때문에 慾求나 目的에 따라 流動的으로 그 價値가 달라지며 資源의 限界量이란 것도 狀況에 따라 增減이 되곤 한다. 어찌됐건 潛在資源의 實用化 與否는 경제적으로 이용하기에 充分한 量과 質이 확보된 연후에 따지게 된다. 最近 資源에 대한 人類의 걱정은 자못 深刻하다. 특히 에너지資源에 대한 소란은 우리도 昨年 초겨울에 倅에 사무치도록 實感을 했다. 더구나 에너지源의 主役인 石油을 현재 한방울도 生産할 수 없는 처지이기에 不安이 이를 데 없다. 우리나라 大陸棚 油田개발에나 기대를 걸어볼 수 밖에 없는 것이 우리의 솔직한 心情이다.

해방전에는 넉넉치는 않았더라도 有煙炭과 木質系燃料로 버텼고 이제 無煙炭이 民生用燃料를 도맡고 있다. 한동안 石油에 밀려났던 無煙炭이 요즘 다시 햇볕을 보고는 있으나 그 可採量이 불과 30年分 남짓하다니 초조하기만 하다. 現下 우리나라의 産業構造가 石油를 생각지 않고는 안되다시피 변모해버렸다. 그런데 昨今の 石油事情은 如意치가 않다. 이렇듯 에너지資源問題는 옛부터 試練을 거듭하면서 항상 새로운 문제로 登場하곤 한다.

化石燃料

현재 人類의 活動에너지源의 90%以上이 石油, 石炭, 天然가스등의 化石燃料인데 대체 이들은 얼마동안이나 足량이 될 것인가. 探掘이 可能한 化石燃料의 總量은

表 2. 化石燃料의 可採總量 (M. K. Harverd, 1971)

資 源 別	可 採 總 量	KWH ($\times 10^{15}$)	joule ($\times 10^{21}$)*
石炭, 亞炭	$7.6 \times 10^{12} \text{t}$	55.9	201.24
天 然 가 스	10^{16}ft^3	2.94	10.58
石油(液體)	$2 \times 10^{12} \text{brl}$	3.25	11.70
Tarsand (石油)	$3 \times 10^{11} \text{brl}$	0.51	1.84
頁岩(#)	$1.9 \times 10^{11} \text{brl}$	0.32	1.15

總計 : $225.5 \times 10^{21} \text{joule}$

* 筆者의 換算

評價方式에 따라 차이가 있기 마련이지만 包括的으로 말해서 人類가 현재대로 消費를 지속한다면 石油類는 앞으로 幾 10年內에, 石炭類는 幾 100年內에 枯竭되리라는 展望이다. 美國의 M. K. Harverd는 各 化石燃料의 探掘可能한 總量과 이에 對應하는 에너지를 提示했다.(表 2).

化石燃料의 世界埋藏量에 對應하는 에너지의 總量은 $2.3 \times 10^{23} \text{joule}$ (表 2)이며 石炭과 亞炭이 그 88%를 차지하고 있다. 人類의 活動에너지가 $2.0 \times 10^{20} \text{joule/年}$ 이라니까 消費量이 더 늘지만 않는다면 石油類가 74年, 石炭類가 1000年 그리고 天然가스가 50年동안은 버틸수가 있는 量이긴 하나 人類의 活動에너지는 10年마다 倍增하고 있으므로 실제로는 이보다 훨씬 앞당겨진다. 현재 主役인 石油資源의 埋藏量은 探田코자 穿孔하는 깊이, 즉 1ft 當 發見되는 石油의 量으로 豫察하는 것인데 1860年부터 1920년까지는 1ft 當 194 barrel의 石油가 나던 것이 最近에는 불과 35 barrel/ft 꼴로 떨어졌다.

化石燃料가 枯竭된 後의 에너지源은 어느面으로 보더라도 앞서도 말했듯이 우선은 原子에너지가 되리라고 보는데 먼저 太陽에너지, 地熱에너지, 水力 및 潮力에너지등 自然界의 에너지를 훑어보는 것이 비교하기에 편리할것 같다.

太陽에너지

다시 한번 想起하거나와 地球에 入射되는 太陽에너지 量은 $5.5 \times 10^{24} \text{joule/年}$, 이중 34%정도는 구름등 또는 地面에 의해 反射되고 나머지 약 66%만이 地球와의 輻射力이 깊은 에너지다. 또 0.02%를 植物이 光合成을 하는데 이용하고 한 折半만을 그 體內에 固定한다.

그리고 人類活動에너지 $2.0 \times 10^{20} \text{joule/年}$ 는 入射太陽 에너지의 약 4×10^{-5} , 즉 0.004%에 해당되며, 이는 60分 동안에 받은 太陽에너지와 같다. 이처럼 植物(20分 동안에 入射太陽에너지의 0.01%-를 體內에 固定)이 人間보다

3배나 더 活動을 하고 있다는 얘기는 앞서도 한 바가 있다.

人類活動에 에너지의 大部分은 地質時代 때 生物이 固定한 化石燃料이라고 한다. 化石을 남길 수 있는 生物이 地球上에 나타난 것은 약 6億年前으로 推定되는데 그후 數億年이나 걸려서 生物이 固定한 太陽에너지를 지금 人類는 數 10年 혹은 數 100年 동안에 모두다 써버리려 한다. 현재 人類가 消費하는 에너지源은 거의가 化石燃料이며 한 5%쯤이 水力과 原子力이나 水力도 따지고 보면 太陽에너지가 海水등을 蒸發시켰기때문에 생겨난 水蒸기의 位置에너지인 것이다.

실제로 太陽энер지를 溫水器라든가 太陽爐등에 직접 이용하고 있기는 하나, 産業에너지源으로는 10⁵kw 規模가 아니고서는 經濟性이 없는것으로 보고있다. 그러면 이러한 規模의 利用方法으로써 어떤것이 있을까.

가) 24時間 계속해서 太陽光이 내려쬐이는 약 35×10³km 上空軌道에다 10~20%의 效率를 가진 太陽電池의 受光面(Panel)들을 쏘아올려 놓고 그 太陽電池로 얻은 電氣를 地上에 輸送하는 동안 電力損失이 되도록 적은 超短波에너지로 變換해서(效率, 85%) 이 超短波를 地上에서 안테나(Antenna)로 捕捉, 電力으로 다시 變換(效率, 70%) 해보자는 것인데 10⁷kw의 電力을 얻기 위한 受光面의 面積은 적어도 8km×8km는 되어야 하고 地上의 受信안테나의 面積은 이보다도 더 커야한다는 것이다. 어느정도나하면 同量의 發電容量인 火力發電所가 차지할 面積의 5배는 되리라는 推算이다.

나) 太陽放射에 대한 吸收率은 높되 赤外線領域에서는 放射率이 낮은 塗料를 파이프表面에 칠해놓고 이 管을 흐르고 있는 液體의 Na과 K의 混合物를 太陽熱로 550°C 쯤 加熱시켜 이를 絕緣槽中에 貯藏해둔다. 이 槽안에는 熱容量(Enthalpy)이 높은 NaCl과 KCl의 混合物이 들어 있는 때문에 1晝夜동안은 保熱이 된다는것, 그러니까 晝間에 熱貯藏槽에 集熱했던 熱을 연속되는 熱出力으로써 蒸氣發電機를 돌린다는 것이다. 이 方法의 效率는 약 30%로 보고있다.

다) 다음 물의 電氣分解와 燃料電池를 利用하는것, 즉 넓은 面積에 入射되는 太陽에너지를 反射鏡으로 높은곳에 設置된 太陽爐와 보일러에 반사시켜, 이를 加熱하고 이熱을 電磁流體力學의(MHD)인 變換을 해서얻은 電力으로 물을 電解하는 方法이다. 電解된 酸素와 水素는 파이프라인으로 輸送하거나 液化시켜 저장해 두었다가 이들을 버너(burner)로 태워 다시 熱로 變換하거나 또는 內燃機關을 돌리는데 이용할 수도 있다. 이밖에 燃料電池란 것을 이용해서 電氣를 얻는 方法도 있다. 앞서 말한 버너, 內燃機關, 燃料電池등의 效率를 각각 40%, 20%, 50%로 잡고있지만 이것은 理想일테고 實際는

20% 안팎이 될 것으로 보고 있다.

지금 우리나라가 쓰고 있는 1.26×10¹⁸joule/年の 에너지를 전부 太陽에너지로 代替할 경우 그 受光面積은 얼마나 되는 것일까.

資料에 의하면 地球의 全表面積은 평균 0.5cal/cm²의 太陽энер지를 받지만 一部(34%)는 反射되기 때문에 大氣까지 감안한 入射에너지는 每分 0.33cal/cm², 年間으로는 7.3×10¹⁵joule/km²라 한다. 따라서 韓國全域(大氣까지)이 받는 太陽에너지는 7.2×10²⁰joule/年이 된다. 이를 100% 效率로 이용한다 해도 1.7×10²km²의 集光面積이, 또 10%로 잡는다면 이 面積의 10배, 즉 1700km²의 面積이 필요하다. 이는 韓國全域의 1/57에 해당되며 거의 濟州道 全域과 맞먹는 面積이다. 日本은 현재 年間 3億t(石油換)을 쓰고 있으므로 그 國土의 1/20이나 되는 集光面이 있어야 한다는 얘기다.

水力 및 潮力에너지

太陽에너지에 의해 물이 蒸發해서 水蒸기 등이 되어 높은곳에 떨어져 位置에너지를 지니게 되면 水力에너지源이 되는 것이고 또 달이나 太陽의 潮汐力에 의해 海水中에 潮汐이 일어나면 이것은 潮力에너지源이 되는 것이다.

地球上에서 이용할 수 있는 水力에너지는 10²⁰joule/年로 推定하고 있다. 이 量은 地球에 入射하는 全太陽에너지의 0.002%에 해당하며 현재 人類가 이용하고 있는 水力에너지는 이 量의 8%, 즉 8×10¹⁸joule/年에 불과하다. 우리나라는 현재 60萬 kw의 水力에너지를 개발했고 아직도 300萬 kw의 包藏水力에너지의 保有量이 남아있다(表 3).

地球上에서 利用可能한 潮汐에너지는 3×10¹⁸joule/年로 推定하고 있는데 이는 人類가 이용하고 있는 水力에

表 3. 包藏水力保有量

(1972末 現在, 單位 kw)

			包 藏 水 力	既 開 發
漢	江		1,803,500	572,800
洛	東	江	332,800	12,600
綿	江		217,400	—
嶺	津	江	562,530	34,480
島	嶼		—	1,200
計			2,966,230	621,080

長期對策委員會

너지(8×10^{18} joule/年)의 약 1/3에 해당되는 량이다. 세계에서 가장 規模가 큰 프랑스의 潮力發電所는 24萬 kw의 施設을 가지고 있다. 우리나라에도 牙山灣등을 비롯해서 몇군데 開發이 有望視되는 곳이 있다. 현재는 建設費가 엄청나게 든다는 흠이 있어 아직은 實用化를 안하고 있다.

地熱에너지

地熱發電이라하면 이탈리아를 들고 있는데 1904年以來 이 나라 地熱發電의 出力은 37萬 kw 나 되고 뉴저랜드에서도 29萬 kw 를, 北캘리포니아의 間欠泉地帶에서의 地熱發電量도 곧 40萬 kw 에 이르리라는 얘기가. 그러니까 현재 世界의 地熱發電出力은 줄잡아 100萬 kw 는 된다. 日本은 松川, 大岳라는 地方를 비롯해서 한 3萬 kw 쯤은 되나 본래 이 량은 日本人이 현재 쓰고 있는 全 에너지消費의 1/10,000밖에 안된다. 본래 日本은 地震도 많거니와 火山地帶, 溫泉등이 많이 散在해 있어서 地熱에너지源이 풍부한 만큼 地熱發電에 대한 關心이 많은 나라다. 장차 數 1,000萬 kw 를 개발하리라는 얘기가.

地球內部는 항상 放射性物質의 自然崩壞등으로 高熱狀態에 있다. 이는 火山爆發, 溫泉등이 있는 것으로 미루어 분명한 것 같다. 특히 火山地帶같은 特殊地點에는 비교적 얕은 곳에 마그마溜池(magma trap)가 생기기 쉬운데 이溜池에 빗물등이 大量으로 스며들어 高温, 高壓의 蒸氣나 熱水가 된후 貯溜된 地層을 形成한다. 그러므로 이 地層을 파면 蒸氣나 熱水가 噴出한다. 이들의 에너지로 터빈(turbine)을 돌려 發電을 하는 것이 地熱發電의 메카니즘이다. 그러니까 地球는 보일러 노릇을 하는 셈이다.

火力發電에 비해 發電單價의 60%나 차지하는 燃料費를 절약할 수 있다는 利點은 있으나, 發電容量이 낮고, 蒸氣條件도 좋지 않음 뿐만 아니라 開發地點이 대개 僻地인 때문에 원거리 電力輸送을 해야하는 등의 불리한 점도 있다. 그렇지만 規模를 적게해도 경제성이 있어서 未開發地域이나 落島같은 곳에서는 그런대로 편리한 점은 있다. 또 石油나 石炭을 때는 火力發電처럼 환경오염도 없을뿐더러 溫, 熱水의 熱에너지를 地域産業, 民生用등에 多角的인 이용도 가능하다. 이탈리아나 美國처럼 噴氣中에 有用礦物이라도 곁들여 나오면 경제성이 훨씬 向上될 수도 있다. 우리나라에도 몇군데 溫泉이 있기는 하나 現實情으로는 地熱發電보다 다급한 問題도 많아 關心을 集中할 때가 아직은 아닌상 싶다.

原子力에너지

原子에너지에는 核分裂에너지와 核融合에너지가 있다

현재 이용되고 있는 것은 U-235의 核分裂에너지다. 核分裂에너지의 平和利用의 主役은 原子力發電인데 1972年末 世界의 原子力發電能力은 약 3,500萬 kw, 今世紀中에는 100倍로 늘어날 것이라 한다. 우라늄(uranium)은 U-233이 大部分이고 U-235는 全우라늄의 0.72%밖에 안되며, 單 1g 으로부터 0.9×10^{11} joule 의 에너지를 얻을 수가 있다. 우라늄의 資源은 보통 酸化우라늄(U_3O_8)의 量으로 표시하고 있는데 U_3O_8 中의 U-235의 量은 6.1×10^{-3} 배이므로 U_3O_8 1t 으로부터는 5.5×10^{14} joule 의 에너지를 얻게 된다.

人類의 活動에너지가 2.0×10^{20} joule/年 이라니까 이를 전부 U_3O_8 로 充當한다면 35萬 t/年이 든다. 世界의 우라늄 資源量은 U_3O_8 로써 약 400萬 t으로 推測하고 있는데 이것도 確認된 것과 推定하고 있는것을 합쳐 \$15/LB 이하로 探掘할 수 있는 埋藏量이다(表 4). 해마다 36萬 t 씩 消費한다면 불과 10年分 밖에 안된다는 計算이지만, 人類가 消費하는 에너지가 전부 U-235만은 아니니까 原子力發電이 急増한다 해도 U-235는 今世紀末까지는 견딜 것으로 보고 있다.

한대 우라늄鑛의 大部分을 차지하는 U-238을 核分裂性 燃料인 Pu-239로 變換할 수 있는 增殖爐란 것이 있다. 이것이 完成되면 우라늄資源은 일약 100餘倍로 늘어나는 셈이고 따라서 U-235만으로 10年동안을 지탱할 수 있는 것이라면 1000年이상을 견딜 수 있게 된다.

核分裂에너지 다음의 에너지源은 核融合에너지가 될 것으로 보고 있다. 核融合反應中 H-2—H-3系 反應은 비교적 낮은 溫度에서 일으킬 수 있다는데서 先走者가 될 것 같다. H-2는 H-1(天然)量의 1/6700 정도이고 分離해내는 費用도 극히 低廉하다는 利點이 있다. 이에 反해 H-3는 自然系에 稀貴한 것이기 때문에 大量으로 求하려면 Li-6의 核反應을 이용해야 하는데 Li-6 또한 흔한 것이 아니다. Li-7(天然)안에 불과 7.4% 밖에 안된다.

Li-6의 原子 한개당 放出되는 核融合에너지는 3.2×10^{-12} joule, 그런데 H-2처럼 흔치가 않아 Li-6은 결국 H-2—H-3系 反應을 左右하는 制限因子(Limiting factor)의 구실을 하고 있다. 현재 推定되어 있는 Li의 資源量을 감안한 H-2—H-3系 反應으로 얻을 수 있는 核融合 에너지는 2.2×10^{23} joule 정도, 이것은 化石燃料에 對應한 에너지總量(2.3×10^{23} joule)과 맞먹는 량이다.

이에 비해 H-2—H-2系 反應은 資源의 制約이 거의 없다. 그리고 이 反應이 完結될때마다 H-2의 質量이 1/300 정도 消費된다. H-2의 1g 이 放出하는 에너지는 3×10^{11} joule, 그리고 10³g 의 물안에는 0.034g 의 H-2이 들어 있다니까 물 1t 안에 있는 H-2가 모두 核融合反應을 일으킨다면 1.0×10^{10} joule 의 에너지가 發生된다. 지금 全 海水의 量을 1.4×10^{24} g, 즉 1.4×10^{21} t 라 보면 海水안

表 4. 世界 우리들 資源의 推定量
(單位 10^3 St* U_3O_8)
OECD, NEA 및 IAEA (1973. 3)

資源區分 國 名	\$10/LB. U_3O_8 以下		\$10-15/LB. U_3O_8	
	確認資源	推定追加	確認資源	推定追加
아르헨티나	12	18	10	30
오스트랄리아	92	102	33.3	33
브라질	—	(3.3)	0.9	—
카나다	241	247	153	284
중아프리카共和國	10.5	10.5	—	—
덴마크(그린란드)	7	13	—	—
핀란드	—	—	1.7	—
프랑스	47.5	31.5	26	32.5
가봉	26	6.5	—	6.5
인도	—	—	3	1
이탈리아	1.6	—	—	—
일본	3.6	—	5.4	—
멕시코	1.3	—	1.2	—
니제르	52	26	13	13
포르투갈(歐州)	9.3	7.7	1.3	13
// (앙골라)	—	—	—	17
남아프리카	263	10.4	80.6	33.8
스페인	11	—	10	—
스웨덴	—	—	351	52
터키	2.8	—	0.6	—
美國	337	(700)	183	300
유고슬라비아	7.8	13	—	—
자이레	2.3	2.2	—	—
計(概數)	1126	1191	884	821

()은 副産物에서 産出되는 것을 감안하지 않은 量
* S.t=t

에 있는 H-2로부터 얻을 수 있는 核融合에너지는 實로 1.4×10^{11} joule 가 된다. 人類가 해마다 현재의 水準(2.0×10^{10} joule/年)대로 에너지를 소비할 경우 무려 700億年 동안 지탱이 된다는 計算이다. 더구나 水素핵시스템을 타게 되면 H-2는 限없이 循環이 된다.

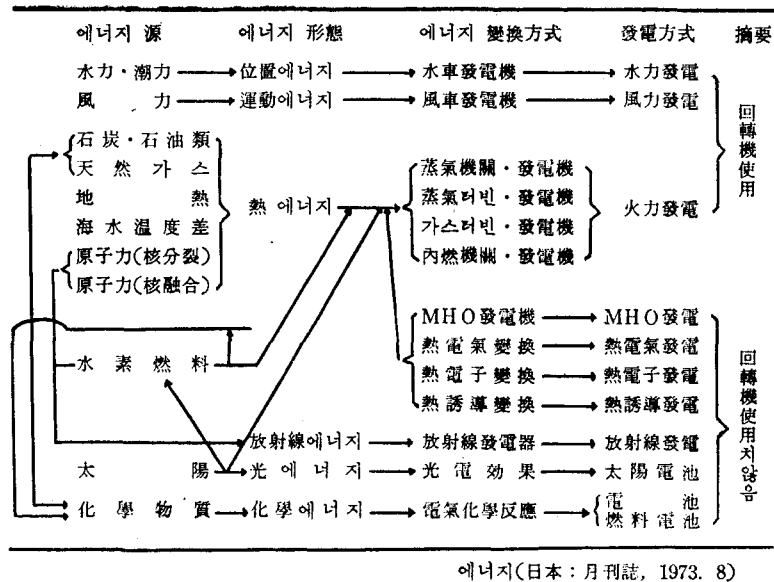
이 核融合反應의 開發은 서기 2000年代에나 完成될 것으로 보고 있으며 그 무렵까지 극복해야 할 어려움은 億度單位나 되는 高温의 實現기술과 이같은 高温플라스마

(plasma)를 담아들만한 技術의 개발이라고 한다. 최근 한참 論議가 되고 있는 레저(Laser)光線을 이용하는 方法은 Li液을 담아놓은 容器안에다 H-2와 H-3가 들어있는 어름덩이를 집어넣으면서 이들 어름덩이가 容器中央部에 到達할 무렵 레저光으로 加熱하면 이때 核融合反應으로 생긴 中性子の 에너지가 Li液에 吸收된다. 이렇게 해서 高温이된 Li를 容器下部에 마련된 구멍으로부터 꺼내어 熱交換器를 거치게 하고 低温이 된 Li液은 다시 容器안에 되돌리곤 해서 高温을 얻겠다는 것이다.

原子에너지의 問題點

人類活動에 에너지를 공급해 주는 所重한 것이긴 하나 熱公害, 放射性廢棄物等이 뒤따른다. 原子力發電의 경우 그 效率을 30%로 잡는다면 燃料의 70%, 즉 發電 에너지의 7/3倍의 에너지가 冷却水 또는 冷却塔을 통해 서 廢熱로 放出된다. 가령 100萬 kw의 原子力發電을 하려면 $(7/3) \times 10^6$ kw, 즉 4.8×10^{13} cal의 熱을 除去해야 하는데 이는 하루 500萬t의 水温을 10°C 로 높일만한 熱量이다. 우리나라가 消費하는 1.26×10^{18} joule(1972年)의 에너지를 전부 原子力發電으로 供給한다면 하루 2億t, 즉 冷却水의 水温을 10°C 만 높아지게 한다 해도 1年동안에는 730億t의 물이 필요하다. 우리나라의 4大江의 年間 流出量이 330億t 이라니까 그 倍量이 더 있어야 한다는 것이 된다. 原子力發電所나 火力發電所의 立地條件을 臨海 또는 臨江地域에다 擇하는 이유가 이런데 있다. 廢熱을 消散시키기 위해 乾式 혹은 濕式的 冷却塔을 시설하기도 하는데 慶南, 古里의 原子力發電所는 冷却塔이 없이 직접 海水를 冷却시킬 수 있게 設計되어 있으며 하루 3.5×10^6 t, 年間 13億t의 海水가 쓰일 예정이다. 이렇게 주변에 放出되는 廢熱이 엄청나게 많으면 氣象의 異變을 물고 올 수도 있겠고 체계는 生態系를 교란할 수도 있다. 最近에는 發電施設에서 流出되는 冷却水로 地域暖房, 海水의 脫鹽, 養魚등에 이용하려는 計劃이 있다.

다음 核分裂에너지를 利用하는 경우 放射性廢棄物의 處理문제가 있다. 33萬 KW급의 原子力發電에는 하루 1kg의 U-235를 소비하며 (古里 原子力發電所는 年間 16t를 消費) 동시에 1kg의 재(때고 난 燃料)도 나오고 있어 年間 360kg의 재와 冷却水의 淨化에 쓰였던 이는 교환樹脂라던가, 作業衣類등속의 放射性汚染物이 나온다. 재는 再處理되어 一部는 回收되고 있으나 固形廢棄物은 대개 시멘트로 굳혀 海洋에 버리거나 적당한 場所에 파묻어 버린다. 우리나라도 그렇지만 日本에서도 200t의 드럼통 안에 두께 10cm의 콘크리트內張을 하고난 內容積 139t에다 시멘트, 모래등과 함께 廢棄物을 넣어 이것을 地下의 콘크리트 罅트(pit)안에 保管해 둔다.



에너지(日本:月刊誌, 1973. 8)

그림 2. 에너지變換方式

이 廢棄物을 海溝部에서 地球內部로 沈降하는 맨틀(mantle)對流에 실려보자는 意見이 있다. 海溝部로부터 地球內部로 沈降하는 物質量은 年間 360km^3 , 한편 이 만큼의 物質이 또 海嶺部에서 솟아나오고 있다. 1980年頃 世界의 固形廢棄物量을 10^{-2}km^3 정도로 잡고 있는데 이 量은 海溝部에서 沈降하는 物質의 容積의 $1/35,000$ 에 불과하다. 이렇게 맨틀을 타고 沈降한 物質은 數億年後에 다시 地表로 나오기도 하겠지만 그때쯤이면 固形廢棄物의 放射能이 거의 減衰되어 있을 것이다. 廢棄物中에서 비교적 半減期($T_{1/2}$)가 긴 것은 Cs-144 가 0.8年, Rb-106 이 1年, Sr-90 이 28年, C-137 이 30年, Am-241 이 470年, Pu-239 가 2400年 등인데 이중 C-137 은 γ 線源으로써 Co-60 과 함께 醫療, 食品保存, 殺菌消毒, 放射線化學 등에 이용이 되며 또 Sr-90 도 大規模의 β 線源으로써 食品保存 등에 쓰인다. 이밖에 放射性物質의 崩壞때 나오는 熱에너지는 同位元素電池의 熱源으로 이용된다. 廢棄物의 放射能을 高中性子束 등으로 核反應을 일으켜 消滅시키려는 研究가 美國, 日本 등에서 推進되고 있으나 본대 이에 대한 우리의 기대는 자못 크다.

1972年 Rome's Club 이 世界人口, 食糧生産, 工業化, 汚染, 再生不可能한 天然資源 등의 5個要素를 System dynamics 手法로 分析한 바가 있다. 그들은 安定化된 世界모델(model)로써 天然資源의 不足을 피하려면 工業生産 1單位當의 에너지資源소비를 1970年 水準值의 $1/4$ 로 줄여야 한다고 자원고갈을 걱정하고 있듯이 未來에

너지源의 확보와 개발을, 물론 在來에너지源의 새로운 變換方法(그림 2)도 서둘러야 할 이 時點에서 우리의 處地는 어떠한가.

未來에너지源은 첫째, 資源으로써 質과 量이 확보되어야 하고 둘째, 이것이 우리나라 陸, 海域에 있어야 하며 셋째 公害가 적은 것일수록 좋겠고 넷째, 開發技術의 波及效果가 큰 에너지 變換方法이래야 한다.

현재로는 우리나라의 에너지資源은 石炭, 水力, 木質系燃料뿐이다. 石炭이 唯一한 化石燃料이며 우리의 大宗의 에너지源이다. 이것도 主로 無煙炭이며 매장량도 15億t 밖에 없을 뿐더러 현재의 經濟性으로 보아 採掘이 가능한 量은 5億t에 不過하다.(表 5) 水力은 아직도 300萬 KW는 더 개발할 수 있는 것으로 알려져 있다.(表. 3)

潮位差發電은 우리나라의 天惠의 與件이라고나 할

表 5. 石炭의 埋藏量

(1971. 6 現在 單位:千t)

	石	公	民	營	計
埋藏量	310,836	1,134,723			1,450,559
可採量	73,162	213,559			286,721
潛在可採量	40,300	217,751			258,051

商工部

表 6. 美國, 日本의 에너지研究開發豫算

(單位: 百萬弗)

	美 國			日 本	
	1972	1973	1974	1972	1973
化石燃料					
石炭의生産과利用	74	94	120	0.01	0.01
其他의 燃料 生産	13	13	9		
原子力					
高速增殖爐	236	272	323	120	125
核燃料	35	42	62	8	20
其他	87	98	90		
其他	37	50	63	6.7*	1.0*
核融合	53	66	88	1.9	1.7
太陽熱·地熱	3	8	16	0.9	1.0
合計	537	642	772	140	170

* 石油開發도 포함한 豫算
에너지—(日本, 月刊紙 1973. 8)

까. 앞으로 海水에 건디는 金屬材料가 개발되고 餘他の 에너지 개발비용이 만만치 않을 때는 어차피 水力和 함께 開發해야 할 것이므로 우리도 그 技術개발에 힘써야 할상 싶다. 風力이나 波力發電은 高度의 技術을 要하지 않아 그런대로 關心을 가질만은 하나 워낙 密度가 낮아 大規模의 實用化는 어렵겠고 燈臺나 無線中繼用으로는 개발해 볼만하다.

未來 에너지源은 長期的인 觀點에서 H-2에 의한 核融合, 太陽熱등이 世界의 關心事로 되어 있다. 우리나라의 形便으로서는 先進國처럼 莫大한 投資를(表 6) 할

수도 없는 形便이긴 하나 그렇다 해도 先進國의 進歩狀況을 항상 추적하면서 우리 나름대로 이바지를 할만한 技術開發를 모색해서 추진해야 할 것으로 생각한다.

當面問題라면 현재 無煙炭의 採炭作業場이 점차 깊어져 여러모로 어려움이 겹쳐있고 原油의 事情 또한 반드시 밝은 것만도 아닌 우리의 與件으로는 原子力發電에 力點을 아니둘 수 없는 것이 아닌가 싶다. 하기에 이 原子力發電이란 것도 그리 만만치가 않겠지만 에너지資源의 多元化라는 見地에서도 그러하고 또 앞으로 닥아올 새 에너지源의 개발에 있어서도 高度의 技術을 體得하고 있어야 하는 必然性에서도 이 事業은 무엇보다 先行되어야 한다. 이미 제2, 3號의 原子力發電 施設이 發注단계에 있거니와 多少의 無理가 있더라도 과감하게 밀고 나가야 겠고 아울러 앞으로는 國內技術陣단의 國產原子力發電爐가 설 수 있도록 이에 대한 充分한 뒷바침도 못지않게 配慮되어야 할 줄로 안다.

參考文獻

- 1) Statistical Yearbook, UN(1972)
- 2) World Energy Supplies 1968-1971, UN(1972)
- 3) Peport for the Club of Rome's Project (The Limits to Growth) (1972)
- 4) M.K. Harverd, Science (1971. 10)
- 5) 向坂正男, 에너지 産業의 將來構圖 (1970)
- 6) 今井隆吉, 核燃料時代 (1970)
- 7) 石光 亨, 人類と資源 (1973)
- 8) 松本隆, 地球 (1971)
- 9) Energy(日本, 月刊誌) (1973. 8)
- 10) 原子力工業(日本, 月刊誌)(1974. 2)
- 11) 原子力産業新聞 No. 708 (1974. 1. 17)
- 12) 小野滿雄, 에너지 概論 (1972)
- 13) 한국통계연감 (1972)
- 14) 竹內 均, 科學技術と開發システムの設計 (1973)