

21世紀의 燃料와 動力展望

Fuel and Power in the 21th Century

기술자료

21-4-1

편 집 실

최근까지의 관습적인 예측으로 보면 인간의 動力使用은 앞으로 수십년에 걸쳐 현재와 같은 비율로 指數函數的으로 증가할 것이며 이로 인해 당연히 전세계의 한정된 化石燃料資源이 급속히 고갈되지 않을가 하는 우려가 제기된다. 그러므로 인간의 實需에 대해 타당한 예측을 하는 것이 우선적 문제인데, 이것은 세계 인구수와 1年 1人當의 예상수요의 산출로 분류할 수 있다. 즉 인구는 2,000년까지 현재의 비율(年間 2%)로 계속 증가하여 현 3.5×10^9 에서 6.6×10^9 이 될 것이나, 21세기중에는 일정한 수에 머무를 것이다. 動力의 1人當 實需에 평가에 있어서는 여러가지 요인을 고려해야 한다.

고려사항

우선 미국의 인구는 전체인의 4%이하이고 年間 에너지 소비량은 34%이다. 따라서 미국의 年間 1人當 소비량 $8.2 \times 10^4 \text{kWh}$ 는(연료의 돈수로 말하면 석탄 1톤의 발생열량은 油 0.56톤의 열량 또는 $6,500 \text{kWh}$ 의 전력과 같고, 따라서 이 수치는 석탄 12.6톤 또는 油 7.0톤에 해당함) 全世界평균치 $1.9 \times 10^4 \text{kWh}$ 의 4배 이상이다.

종종 지적되는 바와 같이 한 나라의 생활수준은 1人當 연료소비량에 거의 비례하여 높아지므로, 만약 모든人間이 현재의 미국생활수준을 향유하려 한다면 그들 역시 현재 미국시민이 쓰는 만큼의 에너지를 사용하게 될 것이다. 난순히 이 원칙을 적용함에는 두개의 異論이 있다. 첫째, 2,000년경에 세계 인구가 현재의 배로 되고 1人이 현재의 4.5배의 에너지를 쓴다면, 9배의 증가로 인해 20년이 채 못되어 全可用 석유와 천연가스가 다 소모되고, 한 세기 이내에 可用석탄 油頁岩, 타르샌드가 고갈될 것이다. 따라서 판에 박은 구식기구, 광고용컨테이너나 1人的 승객운반에 수백마력을 쓰는 식으로 연료를 낭비할 수는 없고, 전세계적인 연료경제를 적용함으로써 半以下の 연료소비가 필요한 생활수준을 달성해야 한다.

둘째 異論으로서, 많은 識者들이 점점 더 의심을 품

는 것은 현재의 미국과 같은 생활수준이 개인 생활의 質의面에서 보아(가장 넓은 의미로 자유와 자기실현에 대한 기회로 측정되는), 특히 세계인구의 倍加로 인한 혼잡성을 참작할 때 아직 最適상태를 넘지 않았다는 점이다.

미국의 1人當에너지소비는 여전히 증가일로에 있으나 年間세계증가율 3.8%에 비해 겨우 1.05%이다.

예 측

위의 고찰로부터 다음과 같은 낙관적인 하나의 예측이 가능하다. 즉 에너지소비는 2,000년에는 每世界人當 $4 \times 10^4 \text{kWh}$ 이하로 증가하여 當世紀에 걸쳐 고정될 것이며, 이러한 에너지소비량으로써 개인의 最適生活水準의 실현이 가능할 것이다. 바꾸어 말하면 미국의 대략 半정도의 에너지를 소비하는 영국과 같은 나라는 현 수준에 머무를 것이고, 아마도 미국은 현재의 量을 상당히 축소하게 될 것이다.

현재 전세계의 年間에너지소비는 $7 \times 10^{13} \text{kWh}$ 인데, (석탄10톤에 해당) 에너지와 식량에 쓰는 비용은 대략 같다. 그러면 21세기의 전세계 예상소비량은 4배로서 年間 $28 \times 10^{13} \text{kWh}$ (석탄 4×10^{10} 톤)이므로, 식생활을 개선하더라도 연료비는 식량비의 2배가 될 것이다.

실제로 낙관적인 예측은 모든 인간이 기술혜택을 받을 가능성과 따라서 문명이 21세기에 잔존할 가능성을 내포하는 유일한 예측이다. 이것은 현재의 지속적 팽창 경제를 다음 사항에 관련된 維持經濟로 바꾸는 데 달려 있다.

1. 耐久力과 再循環性을 가능한 한 높여 代置 불가능한 鑛物의 最小使用.
2. 초기의 낮은 자본비보다도 훨씬 중요한 燃料經濟
3. 기계적 또는 위험작업, 특히 모든 地層의 연료와 鑛石探鑛作業에 대해 高性能로보트의 사용.

再生 가능한 資源

水力은 太陽에 의해 再生되지만, 落差 360m의 물 1톤이 1kWh 의 電力에 해당하므로, 海拔 수백m에 있고 低位置의 放水域이 수 km떨어지지 않은 高位 저수지 보다 높은 곳에 대규모 集雨域이 있는 지역에서만

이용 가능하다. 그렇더라도 댐, 水路, 터빈 건설의 자본비로 인해 전체 水力비용이 火力發電과 맞먹게 된다. 그러나 21세기에는 댐에 의해 야기되는 장기적인 生態學的 攪亂을 대체로 유익하게 바꿀 수 있다면, 自由(天然)에너지源은 높은 資本費의 문제를 상쇄하고도 남을 것이다.

이미 미국, 스위스와 같은 高度開發國에서는 可用水力을 모두 이용하고 있으며, 21세기에는 남미와 아프리카의 모든 低開發國에서도 水力을 이용하고, 동시에 沈泥를 저수지에서 우회시켜 저수지를 農業用水 조절과 결합시킴으로써 증대된 식량생산으로 장기적인 농업평형에 달할수 있는 방안을 찾게 될 것이다. 모든 계획은 단지 電力生産面에서 만이 아니라 전반적인 長期효과面에서 평가될 것이다. 그러나 전세계의 山岳이 채공할 수 있는 水力은 이와 같이 낙관적일 정도로 낮은 예측에 필요한 동력의 1/4이하이다

潮力과 風力

發電에 潮流를 이용하는 것은 오랜 꿈이었으나, 水頭가 수m이므로 1MW에 필요한 流量은 10⁵톤이고, 그것도 24시간의 半, 즉 可逆장치인 경우 3시간씩 4기에 이용가능하다. 불탄서의 Rance강어귀의 發電시설을 보면 自由(天然)燃料을 높은 자본비보다 중요시할 때 무엇이 가능한가를 알 수 있다. 물론 강어귀나 潮水路가 있고 潮水差가 높은 곳에서는 21세기에 潮力發電이 이용되겠지만(가령 Severn堤防, Fundy계획이 제안되고 있음), 다른 방법이 실패하지 않더라도 적당한 北海를 횡단하는 堤防과 같은 보다 야심적인 계획은 실현이 어렵다.

風力 역시 인간이 초기에 생각한 非動物的 動力源의 하나로서, 強風이 부는 언덕 위에 직경 100m의 거대한 프로펠러를 놓고 수백 kW의 發電을 위한 실험이 여러번 시도되었으나, 이것도 불규칙성이 크다. 가능한 계획은 길이 300m이고 길이 50m짜리 프로펠러날개 50개를 가진 無端펠트인데, 이 날개는 내부에 發電機를 가진 圓筒드럼이 있는 100m높이의 塔 두개 사이에 걸쳐있다. 이 계획은 연료부족에 따라, 특히 필요한 때 尖頭出力을 내기 위해 같은 高地에 설치한 펌프 저장계통과의 결합이 가능하면 그 막대한 자본비가 정당화된다.

가장 중요한 再生動力源은 물론 太陽이다. 21세기에는 水資源이 부족됨에 따라 太陽에너지로 海水를 증류하여 사막을 灌溉함으로써 사막수수나 목화과 같은 농작물을 재배할 수 있는 거대한 계획을 수립해야 하며, 이들의 생산물은 인간에 필요한 제품과 수송용 硬化油나 發電所燃燒用 연료殘留物이다.

地下炭化水素

太陽에너지는 수백만년에 걸쳐 세계의 현재 에너지

수요를 수백년간 공급할 만큼 충분한 固形炭化水素物(석탄)을 축적해 놓았다. 예를 들면 영국은 250년에 걸쳐 年間 2×10^8 톤의 採炭이 가능한 석탄유량을 가지고 있고, 미국과 소련은 이보다 훨씬 많다. 21세기가 도래하기전에 地下로 掘進해가서 地上의 인간에게 炭層의 위치를 알려주는 로보트掘進機械가 개발될리라는 예상은 상당히 근거가 있다. 인간은 이 기체를 조작하여 炭層의 석탄을 분쇄한 후 水流에 의해 炭頭로부터 바로 발전소로 인양하게 될 것이며, 석탄은 無人燃燒된다.

이와 같은 영국의 최대의 자원사용에 대한 개발비용은 核分裂에 이미 쓰인 비용의 小部分이 될 것이고, 이와 동일한 채굴방식을 이용하여 인간이 地下에 들어갈 필요없이 기타 鑛物의 採掘 및 探掘이 가능하다. 모든 發電을 原子力에 의할 수 없다면, 이 방식은 영국이 비싼 연료수입없이도 電力수요의 상당부분을 發電할 수 있는 유일한 방법이다.

기름이나 천연가스가 축적되어 있으려면 無孔性암석 밑에 있는 多孔性암석에 有機物質이 존재해야 한다. 이 상태는 석탄의 경우보다 훨씬 드물므로, 전세계의 액체 및 기체연료자원은 석탄보다 상당히 적다. 사실 최근 미국의 조사에추에 의하면, 현주세대로 액체源油사용이 계속 팽창한다면 2,000년경에는 자원제약이 극심해져서 곧 고갈되어 버린다. 육상 및 항공교통용으로 액체연료의 실용적 代置방안이 없으므로, 21세기초입전에는 액체연료의 사용을 이 목적에 국한시켜야 할 것이다.

이 분야에서 예상되는 최대의 진보는 地下炭化水素物의 종류와 總量을 大直徑의 탐사용 試掘孔을 파지 않고 결정할 수 있는 방식의 개발이다. 이것은 아마 직경 2~3cm의 可撻管으로 地面에 연결되는 직경 10cm, 길이 40cm정도의 소형掘進장치의 형태로 나타날 것인데, 地下로 掘進하여 필요한 측정을 하고 케이블로 地上에 정보를 보낸다.

可用 액체 및 기체 炭化水素물이 고갈되면, Athabasca 타르砂(3×10^{11} barrel로 추산)와 Colorado의 油頁岩(추산 1.4×10^{12} barrel, 대부분 低濃度)으로부터 타르를 재생하는 방법을 추구하게 될 것이다.

原子力

原子核分裂에 의한 動力은 增殖爐에 의한 發電이 이루어질 때까지는 현재로서는 稀小同位元素 U^{235} (천연 우라늄중 0.7%)의 연소에 의존하고 있다. 따라서 실제로 高濃度 우라늄源이 고갈될 우려가 있으며, 增殖爐의 운용이 완전하게 되더라도 10년 걸려야 U^{235} 원자를 U^{238} 이나 토륨으로부터 增殖된 可用 核分裂性原子力로 代替할 수 있게 된다.

이들 문제는 21세기에 극복될 것이고, 이를 이용한

發電力은 폐기물처리나 漏出위험 문제에도 불구하고 전체동력수요의 절반을 충족할 것이다. 그러나 20세기 말 전에 核融合에 필요한 極高溫의 제어방법을 구해야 하며, 따라서 重水素와 트리튬이 21세기중엽 이전에 주요 燃料源이 될 것이다. 이들은 海水에 풍부히 존재하며, 많이 사용함으로써 核分裂系統의 放射性위험을 대부분 피할 수 있을 것이다.

新發電方式

현재 잘 알려진 두 방식이 연료결핍에 따라 21세기에 점점 더 사용될 것이다. 發電과 가정난방용 및 공업가열용 통과증기와 같은 결합사이클은 분명히 앞선 방법으로서, 이에 관련된 難題는 쉽사리 해결될 것이다(예, Moscow계통). 또한 可燃性폐기물처리도 결합될 것이다. 둘째로, 尖頭負荷와 配分문제를 간소화시키는 全自動 高效率 500kW發電機가 개발된 것인데, 이것은 아마 電氣氣體力學(electro-gas dynamics)이나 Stirling사이클 기관을 이용하는 것이다. 高溫端部에 대해 물이나 수유보다 우수한 유체를 이용하는 複流體 사이클이 개발될 것이다. Moscow에서 天然가스로 운전되는 출력 25MW 電磁流體力學的(MHD)發電機는 熱效率이 이미 50%이상이고, 21세기에는 脈動 또는 有溝式 燃燒방식을 超高溫復熱式 豫熱과 결합시킴으로써 효율은 60%가 될 것인데, 이것으로 또한 種子物質

이 재순환된다. MHD發電用 密閉, 均質, 가스分裂爐는 50년간 保守 또는 폐기물처리의 문제없이 운용할 수 있을 것이다. 電氣氣體力學的 방식도 매우 간단하고 高效率인 直流高壓發電을 가능케 할 것이다.

尖頭負荷 문제는 공업가열용 高溫가스를 저장할 수 있거나 물의 電氣分解로 水素와 酸素를 저장할 수 있는 高效率 熱蓄積방식에 의해 해결될 것이다.

轉送用動力

陸上輸送用燃料로서의 炭化水素物의 代用은 예상할 수 없고, 鐵道는 電化되고 車輪騒音除去를 위해 軌道上 空氣베어링 支持方式이 채용될 것이다. 승객수송은 安全無騒音下에 이루어지고, 어떤 氣象에서나 時速 200mile로 都心地間을 走行하게 된다. 선박과 항공기의 순항속도는 현재와 같을 것이지만, 界層推進方式, 가령 항공기날개의 全長 또는 선박의 全幅에 걸친 짧은 多重式 프로펠러날개나 벨트에 의해 사용연료는 반으로 줄 것이다.

炭化水素物이 고갈된 연후에는 물을 電氣分解하여 얻은 水素를 주요 수송 연료로서 병예넣어 사용하게 될 것이다.

內燃機關은 燃料電池, Stirling機關, 또는 증기기관과 같은 無騒音 非汚染장치로 代置될 것이다.

〈Electronics & Power 1972. 1月號에서 발췌〉