

未來에너지의 前提條件

本稿는 미래에너지에 대한 전망을 알아보기 위해 “원자력 공업 8월호”에 게재된 내용이다.

古川和男

〈日本 東海大學教授〉

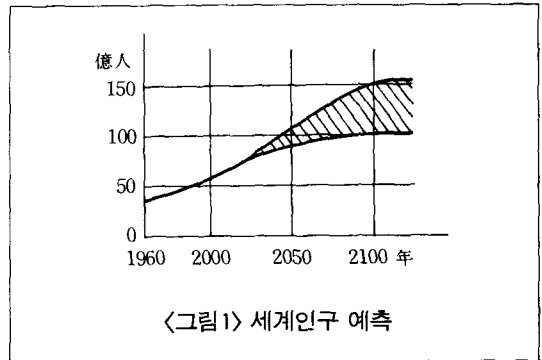
미래에너지론의 한계조건

미래의 인류사회의 에너지를 논하는데는 최소한 다음 조건을 어떻게 생각할 것이냐가 전제로 필요한 것이다.

- (A) 미래의 세계인구 추정
- (B) 1인당 에너지소비량 추정
- (C) 필요한 자원량
- (D) 환경조건
 - a) 물질오염
 - b) 온실효과
 - c) 열공해
 - 1) 총량
 - 2) 국부적인 발열량

미래의 세계인구 추정(A)

말할 나위도 없이 미래 예측은 지극히 어려운 일이다. 따라서 무수한 의견이 나올 수 있다. 그러나 인구에 관해서는 어느 정도 정설같은 것이 있다. 그것을 <그림 1>에 나타냈다. 이것은 이론적인 추정이라기 보다는 희망에 가까운 것 같이 생각된다. 그러나 지난 수십년간의 세계각국의 경험에서 GNP의 증대와 함께 인



구증가율이 낮아지는 것은 사실인 것 같다. 앞으로의 정치·종교사상 변천의 영향도 무시할 수 없지만 일단 <그림 1>에서 21세기 말의 세계의 총인구가 100~150억(대표치 120억)에서 거의 일정하게 된다고 생각하고 논하기로 한다.

(추가) 최근에 발표된 「세계인구백서」를 보면 지금까지의 예측을 웃도는 증가세를 보여 2001년에 64억, 2025년에 85억, 2050년에 100억에 달한다고 한다. 그후 2150년경에는 마침내 116억에서 안정되는 것으로 예측하고 있지만 이것은 <표 1>, <그림 1>과 모순되지 않는다.

〈표 1〉 세계인구와 에너지 소비 예측

년	人口 (億人)	총소비 에너지(T W열)*1	핵에너 지(GW 전기)*2	1인당소비 에너지(k W/인)*3
1988	51	9.	(200)	1.8
2000	60	11.8	(300)	2.0
2035	80	26.	(2,700)	3.3
2050	~100	37.	(6,000)	3.7
2065	~120	52.	(13,000)	4.3
[2100	100~150	115.*3	(30,000?)	12~7.6]

(*1)年중가율 2.3%로 가정

(*2)Marchetti의 예상치(그림 3 참조)

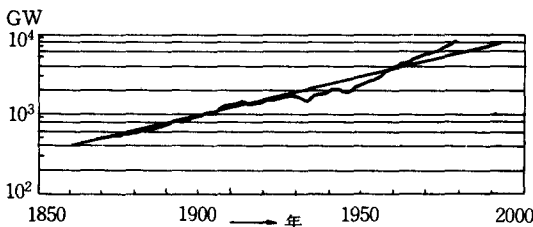
(*3)태양으로부터 들어오는 에너지의 약 0.09% 상당

또한 「인구증가의 95%는 개발도상국에서 발생할 전망」이라고 하는 것은 더욱 에너지문제의 중요성이 높아진다는 것을 의미하는 것이다.

1인당 에너지소비량 추정(B)

다음에 21세기 말의 평균 1인당 에너지소비량을 상정해보려고 하는데 이것은 A의 양 이상으로 인류의 문명을 어떻게 생각하느냐 하는 문제와 직결되어 있다. 이것은 바로 개개인의 그날의 선택 여하에 달려있다. 또 미래의 기술 상황 예측도 수십년 후를 양적으로 파악한다는 것은 지극히 어려운 일이다.

그러나 여기서 좀 떠나서 우선 세계 총에너지소비량부터 알아보기로 한다. 알려진 통계자료를 통해 좀 무리하게 추정해본다면 (그림 2 참조) 이 총량이 연율 2.3~2.4%로 증가하고 있는 것으로 보인다. 이 추이 미래를 향해 어떻게 변화하는지를 안다면 인구추정치 A를 이용해 B를 알아볼 수 있을 것이다.



〈그림 2〉 세계에너지소비량 변천
(연율 2.3%가 직선으로 표시되어 있다)



물론 이 연율변화 예측도 어려운 일이지만 건전한 사회발전에서는 그렇게 크게 달라지는 않을 것이다. 여러가지 경제원칙이 제어하고 있기 때문이다. 한편으로 앞으로의 환경대책으로 에너지 이용효율(에너지 절감)이 진전되는 것은 분명하지만 또 앞으로의 개발도상국에서의 급속한 경제발전도 경시할 수는 없다. 모두 크게 추구하면서 지원해야 할 것이다.

이같은 일들을 감안하면서 가설로서 연율 2.3%를 앞으로 100년간 적용할 수 있다면 〈표 1〉과 같이 된다. 우선은 타당한 값으로 생각되므로 이것을 B로 잡고 논해보기로 한다(IEA는 1987~2005년의 세계에너지수요 신장률을 2.4%로 추정하고 있다).

필요한 에너지자원량(C) 자원은 실제적으로 무한

세상의 상식으로서 에너지에 관한 논의에서는 우선 자원고갈이 거론되게 되어 있다. “로마클럽”의 「생장의 한계」(1972년)가 이것을 더 결정적인 것으로 만들었다. 지구를 우주에서 바라보면 과연 작고 유한하게 보이며 진지한 학자까지도 그런 말을 절대적으로 믿고 있는 것도 무리가 아니다.

그러나 에너지와 관련된 것만이 아니고 모든 지하자원은 “실제적으로 무한”하다. 이 표현은 필자의 연구결과에서 온 것이라고 할 수 있겠는데 어쨌든 “유한”이라고 세상을 속이는 것은 보아넘길 수 없다는 것이 관심을 가지고 있는 사람들의 공통이념이다. 좀 더 자세히 나중에 말할겠지만 여기서 주제로서 간단히 말하겠다.

그러나 무한이라고 해서 낭비해도 좋다는 것은 결코 아니다. 낭비는 언제나 자멸행위다. 반도덕적인 행위인 것이다. 이 도덕심을 조장시키기 위해 유한론을 고취하고 있는 사람도 있겠지만 거짓말도 한 방편이라고 할 수 없는 사태를 불러 일으키고 있는 것이다.

어떤 에너지 기술이 사회에서 선택되는 이유는 기본적으로 그 경제성에 있다. 일반적으로 경제원칙에 따른 경쟁속에서 연고성쇠가 전개된다. 사실, 세계규모에서 보면 Marchetti 등이 보여주는 <그림 3>과 같이 logistic function에 따라 변천하는 모습을 잘 볼 수 있다. 이 <그림 3>은 매우 흥미있는 많은 교훈을 담고 있다.

(가) 모든 기술은 시간적으로 유한하다(따라서 어떤 자원이 무한히 소비되는 일은 없다).

(나) 어떤 기술은 경쟁에서 저도 급격하게 소멸되지는 않는다. 반대로 훌륭한 기술도 타당한 성장속도로 점차 사회에 유통, 침투해 간다.

(다) 도시된 양 F는 상대치지만 총량의 연증가율 2.3% 등을 적용해 절대량을 논할 수 있다.

또 연률 2.3%라는 것은 복리계산으로는 약 30년에 배증(200%)하고 약 100년에 $2^3 \approx 10$ 배가 된다는 것을 의미한다.

에너지 이용을 제약하는 환경조건(D)

이 점에 대해서는 다행히 최근 논의가 활발

히 전개되고 있어 여기서는 그 상세한 내용은 불필요할 것으로 생각되어 요점만을 제시하려고 한다.

물질오염(Da)

각종 에너지 사용상황에 따라 이로 인한 대기 및 지상·해상 등의 오염은 다양하다. 부차적인 환경파괴, 예컨대 석탄채취 등에 의한 토지의 황폐, 薪炭채취에 의한 사막화 등도 이미 심각한 문제라는 것은 말할 것도 없다.

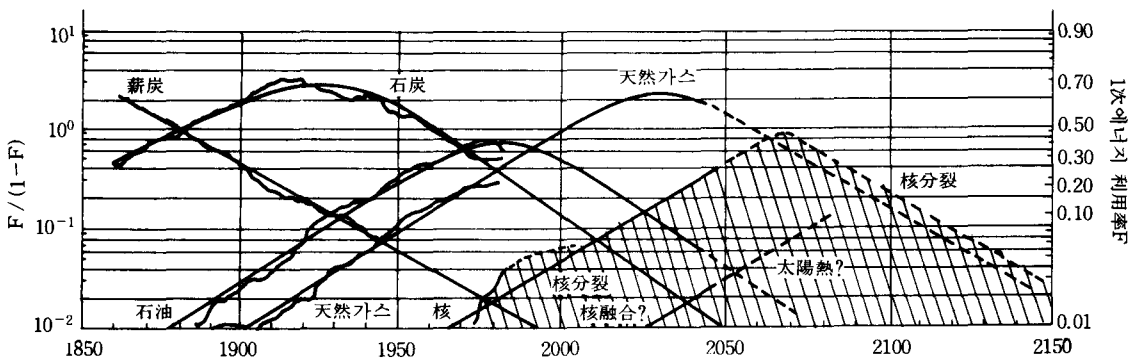
온실효과(Db)

Da 중에서 특이한 요소로서 이 온실효과를 따로 논의하는 것이 오늘날의 습관이다. 그 주요인자로 대기 중의 CO₂농도가 주목을 받고 있지만 점차 메탄(CH₄)과 그외의 보다 복잡한 분자성분이 높은 적외선 흡수효율이 주목을 받게 되었다.

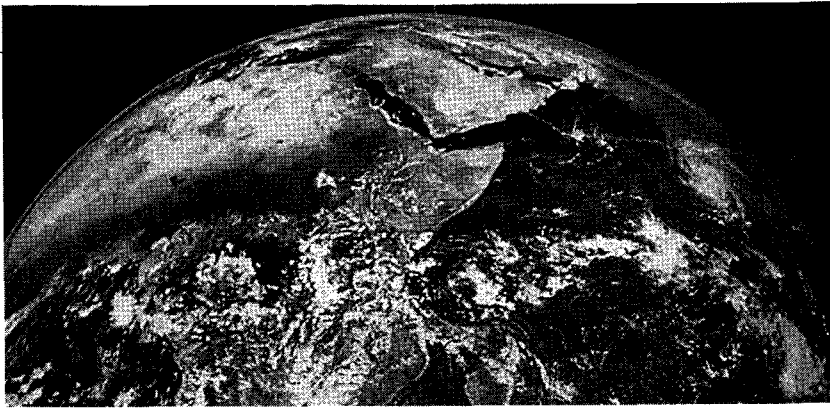
한편 너무나 단순화된 모델에 의한 예측은 너무 과장된 경고를 넣고 있다는 비판론도 무시할 수는 없다. 어쨌든 예측정밀도의 향상은 중대한 과제다.

열공해(Dc)

지상에서의 에너지 사용량의 증대(연률 약 2.3%) 결과 필연적으로 기후·기상에의 영향이 무시할 수 없게 된 것 같다.



<그림3> 세계의 각종에너지 이용률(F)의 변천



(1) 총량에 대해서

지구에의 에너지의 입력은 태양에너지지만 인류의 에너지 사용 총량은 약 0.01%로 되어 있다(표1 참조). 같은 연률로 증대한다면 21세기 말에는 약 0.1% 가까이 된다. 그러나 이 열방출에 의한 지구의 온도상승은 예컨대 일본 원자력센터의 오키모토(岡本)씨에 의하면 0.2℃ 정도로 별로 문제가 되지 않는다. 온실효과 쪽이 수십배 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

그러나 문제는 국부적인 기상에 미치는 영향이다.

(2) 국부적인 발열량

우리들 자신의 경험으로 보아 예컨대 도시의 온난화, 국부적인 집중호우, 회오리바람 발생률·규모의 증대 등 이상기상의 증가는 무시할 수 없게 된 것 같다. 비교적 좁은 지역·지구에서의 방열량 증대는 주의를 요한다.

아마 이 국부적인 방열량에 의한 재해증대는 사회적으로 견디기 어려운 것이 될 것이다. 이런 의미에서 열발생형의 에너지 기술에는 크게 상한선이 설정될 지도 모른다. 따라서 최소한 22세기가 되면 핵에너지도 허용할 수 없게 되는 것이 아닌가? 대기권 외(月面도 포함)에서 생산된 2차 에너지(전력 또는 수소 등)를 지상으로 가져오는 것도 기피하지 않으면 안되는 것인지는?

남은 것은 태양을 주체로 한 것으로 전면적인 발상의 전환이 요구될 것이다.

환경은 유한, 그러나 자원은 무한

필자가 주장하고 싶은 것을 요약하면 다음과

같다. 「20세기는 화석연료시대였지만 아마 22세기에는 태양에너지 이용이 상당히 진전될 것이다. 21세기는 양자의 과도기로 이를 연결하는 것으로 핵에너지의 역할이 주력이 될 지도 모른다」 그러나 여기에는 다음과 같은 기본적인 인식이 기반을 이룰 것이다. 즉,

(1) 모든 기술은 유한하다.

예를 들어 <그림 1>이 믿을 수 있는 것이라면 석탄·천연가스 시대는 약 300년, 석유·핵분열 에너지 시대는 약 200년이 된다(<표 2> 참조). 각 발전로형은 약 30년 수명이니까 기껏해서 5,6세대까지를 그 이상을 고려한다는 것은 무의미할 것이라는 점을 우선 강조하고 싶다.

<표 2> 각종 에너지 기술의 실용기간
(세계 총수요의 1%이상을 차지하는 기간)

	實用期間	年數
石 炭	1760~2050年	290年
石 油	1880~2080年	~200年
天然가스	1900~2160年	~260年
核 分 裂	1970~2170年	~200年

(2) 모든 자원은 실질적으로 무한하다

이것이 (1)항과 表裏관계에 있다는 것은 이미 말한 바 있다.

(3) 그러나 환경은 유한이라고 생각하는 것이 적절할 것이다

이러한 사항들을 활발히 논의해 2020~70년 경의 차세대용으로 적합한 에너지 기술이 무엇 인지를 전망하는 공동작업을 떠나가야 할 것이다.