

21世紀중반의 에너지情勢

21세기중반의 原子力은 어떻게 전개될 것인가? 本稿는 日本「原子力工業」誌 92年 1月號에 실린 特輯「21세기의 原子力을 豫測한다」를 번역, 轉載한 것이다.

富館孝夫

日本에너지經濟研究所 常務理事

서 언

현시점에서 超長期의 에너지전망을 시도할 때 이러한 장구한 시간에 적용할 수 있는 판단 기준을 어떻게 설정하면 될 것인가. 그것은 지구환경문제에 초점을 맞추어 에너지의 장래를 전망하는 것이 타당하지 않을까 생각된다. 즉 지구환경보전과 양립될 수 있는 사회경제발전을 가능케 하는 에너지수급형태(에너지시스템)를 어떻게 전망하면 될 것인가. 그리고 21세기 중반은 이같은 목표에 대해 어떠한 위치를 차지하고 있을까 하는 접근방법을 시도해 보는 것이다.

이같은 전망을 해보기 위해서는 독단적인 발상을 대담하게 펼쳐볼 수 밖에 없다. 또한 간간히 연역적인 사고방식보다는 대담한 귀납적인 사고방식에 따르는 것도 문제를 명확히 해준다. 여기서 이같은 기본적인 자세를 통해 21세기 중반의 에너지정세를 살펴보기로 한다.

미래세대의 에너지

우선 몇백년 앞은 별도로 하고 현재의 식견으로 그려볼 수 있는 미래사회의 특징을 이렇

게 예상해 보기로 한다.

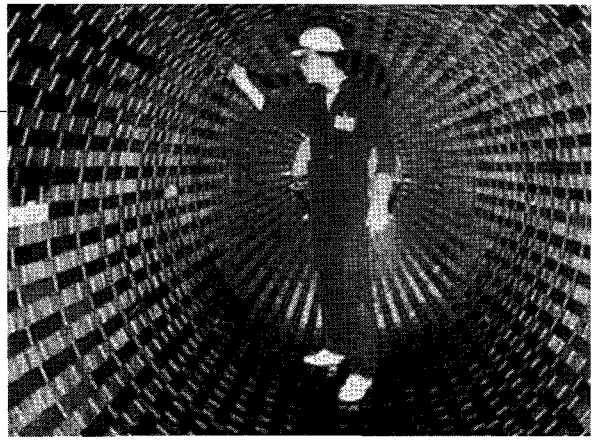
1. 지금의 선진국은 소득수준을 서서히 개선하면서 富의 불공평분배, 마약, 교통체증, 노인 문제 등의 사회문제를 해결하고 있다.

2. 지금의 개발도상국, 소련, 동구권은 선진국과의 격차를 상당히 줄여 지구상의 모든 국가가 각국의 기후, 풍토에 맞는 생활과 문화를 상당히 높은 수준에서 유지하고 있다.

3. 대기오염, 산성비문제를 해결했을 뿐만 아니라 지구온난화의 방지도 성공을 거두고 있다.

물론 이같은 이상적인 미래사회가 도래하는 시기를 예측한다는 것은 불가능하고 또 이의 실현을 위한 여러가지 조건들을 감안하면 이상사회가 도래하는 것은 영원히 있을 수 없는지도 모른다. 인구문제 하나만 들어 보아도 인류사회가 도중에 파국을 맞이할 가능성도 절대적으로 부정할 수 없는 것이다.

그러나 여기서는 각 요소의 만족도는 정도문제라고 보고 어쨌든 인류는 시간과 함께 이상을 향해 전진할 수 있다고 보기로 한다. 이같은 경우 에너지문제에서 확신을 갖고 말할 수 있는 것은 현재형의 에너지시스템의 연장선상에서는 미래사회를 그릴 수 없다는 것이다. 그렇



다면 미래세대의 에너지란 어떤 것일까.

결론적으로 말하면 미래세대의 에너지시스템이란 「핵융합+수소+재생가능한 에너지(태양 에너지와 bio-mass)」를 주축으로 하는 수급 형태다. 화석연료나 핵분열 같은 것은 극히 보완적인 역할로 남아 있는데 불과하다. 또 超電導의 이용기술발달에 의한 蓄電이나 송전분야에서의 혁신적인 시스템의 도입 등 에너지의 효과적인 이용을 위한 시스템도 비약적인 변혁을 일으키고 있다.

21세기중반은 미래세대로의 과도기

그런데 이같은 에너지시스템이 지배적이 되는 것은 언제쯤일까. 아마 21세기말이나 22세기가 되지 않으면 무리한 것이 아닌가 하고 생각한다. 그 이유는 이 때가 서언에서 말한 미래사회가 실현되기 시작하는 시기와 타이밍이 꼭 맞다고 보기 때문이다.

그렇다면 현행에너지시스템과 미래세대의 에너지시스템을 연결하는 과도기적인 에너지시스템이 필요하다. 그러나 이것은 21세기중반, 몇 십년간의 과도기적인 교량역할을 하는데 지나지 않는다. 다시 말해 차세대의 에너지시스템은 22세기를 향한 미래세대로의 과도기적인 성격을 띠고 있기 때문에 이런 방향으로 발전해 나갈 것이다. 21세기중반의 에너지정세는 이러한 의미에서의 과도기적인 에너지시스템의 형성, 발전을 주축으로 발전해 나갈 것이다.

그렇다면 차세대(21세기중반)의 에너지시스템의 기본적인 특징을 어떻게 묘사할 수 있을까. 미래사회의 에너지는 첫째, 환경문제의 제약을 받지 않는다는 것과 둘째, 양적으로 제약을 받지 않는다는 2가지 특징을 갖고 있지 않으면 안된다.

첫째 특징은 에너지자체가 본래 CO₂, SO₂, NO_x 같은 배출가스를 발생시키지 않는 것이어야 한다는 것이고, 둘째 특징은 무한한 공급가능성이 있는 에너지자원이어야 한다는 것의 의미이다. 핵융합, 수소, 재생가능한 에너지가 바로 여기에 해당된다고 할 수 있다.

지금 우리가 의존하고 있는 현세대에너지의 주력은 화석연료와 핵분열형 원자력인데 이 2가지가 세계의 1차에너지의 90% 이상을 차지하고 있다. 그러나 화석연료는 환경과 자원의 양면에서 심한 제약을 받고 있다. 현행 경수로형 원자력에너지는 환경에 대해서는 깨끗하지만 자원면의 제약이 있다.

따라서 차세대에너지시스템은 현세대에너지가 자원적으로 고갈되기 전에 이를 효율 좋고 환경에 영향을 주지 않고 사용할 수 있어야 하고 동시에 양적으로는 보완적인 것이기는 하나 재생가능한 에너지공급을 가능한 한 늘려가는 것이다. 21세기중반의 에너지정세는 에너지문제만을 생각한다면 이러한 차세대에너지시스템의 형성과 발전과정으로 대표된다.

화석연료의존과 혁신적 기술

이러한 차세대에너지시스템은 궁극적으로 현세대의 에너지자원과 수급시스템에 혁신적 기술에 의한 개량을 가해 이용하는 것이다. 기술혁신은 단계적으로 진전되겠지만 그 목적은 자원적 제한을 환경문제를 해결하려는 방향에서 완화해 미래세대로 연결시키는데 있다.

석유를 예로 들어보기로 한다. 석유의 확인 매장량은 현재 약 1兆배럴, 매장량/생산량의 비율(R/P)은 약 44다. 또 窮極可採埋藏量은 약 2兆배럴, 殘存窮極可採埋藏量은 1.4兆배럴, 현재의 생산량으로 약 60년의 可採年數가 있다. 석유의 생산커브는 釣鐘型이기 때문에 잔존가채량이 적어지면 생산량은 줄어들 수 밖에 없다. 이대로 가면 아마 2030년경의 생산수준은 지금보다 상당히 낮아질 것이다. 따라서 액체연료의 대폭적인 공급부족이 발생할 가능성

이 매우 높다.

따라서 미개발자원의 개발이나 고차원적인 회수기술(EOR)의 혁신 등에 의해 잔존가채량을 늘리기 위한 노력이 필요하지만 양적으로 한계가 있는데다 생산원가가 높아져 원유가격의 상승을 가져올 것이다. 그래도 부족하기 때문에 Oil shale, Oil sand(Heavy oil)를 개발해 이용하지 않을 수 없다. 또 석탄으로부터의 합성石油의 어용도 불가피하게 될 것이다.

그러나 이들 「합성연료」는 그 복잡한 제조과정에서 유허분이나 질소분은 제거할 수 있지만 CO₂배출량은 결과적으로 재래형보다 많아지게 된다. 또한 앞으로 21세기전반에 걸쳐 환경대책으로 인해 천연가스의 소비량이 급증할 것으로 예상되지만 21세기중반에는 석유와 마찬가지로 자원적인 제약을 받게 되므로 석탄으로부터의 합성가스이용을 통해 기체에너지의 부족을 보충할 필요가 있기 때문에 역시 CO₂배출량의 증가문제가 생길 것이다.

한편 석탄 자체는 자원면에서는 풍부하지만 環境負荷가 크다. 특히 개발도상국에서는 앞으로도 석탄사용을 확대하지 않을 수 없는데 당장 「깨끗한 석탄기술」의 도입 및 보급으로 대기오염이나 산성비를 해결한다 해도 CO₂배출량억제는 에너지절약촉진에 의존하는 수 밖에 없어 여기에는 한계가 있는 것이다.

결국 미래세대와 연결시키는 21세기중반의 몇십년간은 화석연료를 효과적으로 이용할 수 밖에 없고 특히 지구온난화를 방지하기 위해서는 아무래도 CO₂제거기술을 실용화하지 않을 수 없다.

21세기중반의 에너지구성

1. 고효율·低環境負荷시스템의 구축

따라서 화석연료를 대량사용하면서 어떻게 「고효율·저환경부하에너지시스템」을 구축해 발전시킬 것인가 하는 문제가 21세기중반의 기본과제가 될 것이다. 이를 위하여서는 Oil shale, Heavy oil, 석탄으로부터의 합성석유, 석탄으로부터의 합성가스제조의 실용화기술개발과

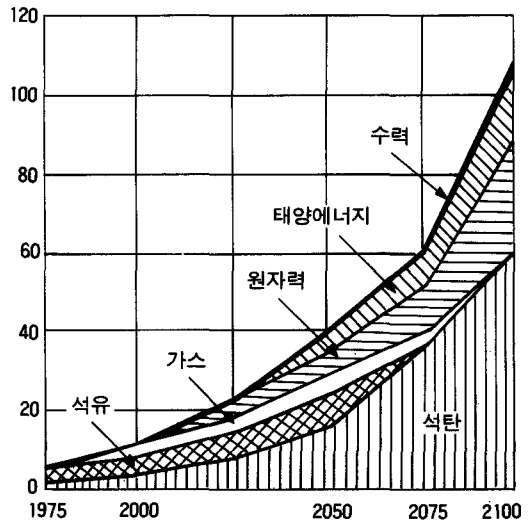
보급이 필요하고, 또 CO₂의 固定化/처리/재이용기술(深海貯藏, Bio-technology에 의한 재이용 등)개발과 보급이 과제가 된다.

한편 에너지이용의 효율화는 어떤 경우에도 보편적인 가장 중요한 과제가 된다. 에너지절약과 환경보존을 연결하는 「고효율·저환경부하시스템」이 관건이 되기 때문이다. 이같은 시스템으로는 이미 Cogeneration, Heat pump, 複合發電, 연료전지 등이 개발되고 있고 그 일부는 이미 실용화단계를 맞고 있는 등 각각 차세대형 시스템개발에 나서고 있다.

또한 도시구조나 교통시스템 같은 사회시스템이나 생활방식의 변혁도 논의되고 있다. 특히 교통시스템의 변혁은 개발도상국에서는 이에 대한 대책이 긴급과제로 되어 있다.

〈그림 1〉은 일본에너지경제연구소의 지구환경문제연구팀이 실시한 시뮬레이션의 검토결과 중의 일부다. 〈그림 1〉은 CO₂억제를 위해 특별한 대책을 강구하지 않은 현상방치시나리오이다. 이 도표는 과거의 추세에 따라 적절하다고 생각되는 경제성장과 에너지절감률, 인구증가율을 통해 세계의 1차에너지수요를 구하고 이것과 각종 에너지의 자원량과 공급가격을 대조

(석유환산 10억톤)



(자료: 일본에너지경제연구소, 1990년 12월)

〈그림 1〉 世界の長期에너지構成(現狀放置시나리오)

해 컴퓨터모델에 의해 에너지구성을 그리고 있다.

현상방치의 경우에는 에너지소비량이 2050년에 석유환산 384억톤, 2100년에 1,090.5톤으로 증가한다(1990년에는 80.3억톤). CO₂배출량은 1990년의 탄소환산 60억톤에서 2050년에는 243억톤, 2100년에는 594억톤에 달한다. 이때의 에너지구성은 석탄이 2050년에 41.5%, 2100년에 54.9%, 석유가 21.2%와 0.2%, 천연가스가 11.1%와 0.6%, 원자력이 14.9%와 26.0%, 태양에너지가 8.3%와 16.6%, 수력이 3.0%와 1.7%로 되어 있다.

이에 대해 <그림 2>는 CO₂배출량을 현상수준으로 안정시키기 위해 세계공통의 炭素稅를 부과해 에너지절약과 연료전환을 촉진시키는 시나리오다.

<그림 2>의 에너지소비량은 2050년에 석유환산 267억톤, 2100년에 649억톤으로 격감하고 에너지구성은 석탄이 2050년에 4.6%, 2100년에 6.8%, 석유가 20.1%와 1.9%, 천연가스가 10.5%와 3.7%, 원자력이 32.4%와 46.8%, 태양에너지가 27.9%와 37.7%, 수력이 4.6%와

3.1%로 되어 있다. 그러나 炭素稅는 탄소 1톤당 2050년에 554달러, 2100년에 808달러에 달해 이같은 높은 과세에 현실경제는 이를 감당하기 어려워질 것이다.

또 <그림 2>와 같은 급격한 연료전환이나 에너지절약도 비현실적이다. 이 시뮬레이션은 탄소세 만을 다룬 것으로 CO₂를 현상수준으로 안정시킨다는 것이 얼마나 어려운가를 보여주고 있는데 21세기중반의 에너지구성을 전망하는 경우에 참고가 되는 많은 것을 시사하고 있다고 할 수 있을 것이다.

결정적으로 중요한 원자력의 역할

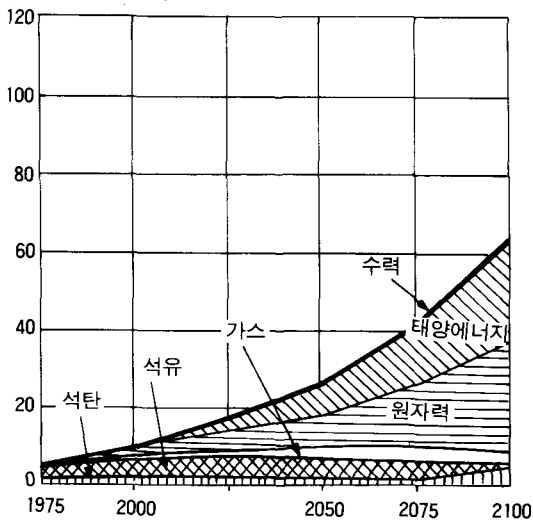
<그림 1>, <그림 2>에서 쉽게 알 수 있듯이 차세대 및 미래세대의 에너지시스템 중에서 원자력이 해야 할 역할이 결정적으로 중요하다. 환경부하가 零에 가깝고 대량으로 에너지를 공급할 수 있다는 등의 특성은 타의 추종을 불허한다.

가까운 장래를 보더라도 일본의 경우 정부의 현행 장기에너지수급전망에서 만일 원자력발전소를 계획대로 건설할 수 없는 Moratorium(신규원전건설의 일시중지)이 시행된다고 하면 2000년에는 CO₂배출량이 현상보다 26% 증가하고 2010년에는 36% 증가하며 원자력全廢의 경우에는 이것이 각각 36%, 46%로 증가한다.

따라서 원자력의 첫째 과제는 안전성에 대한 국민의 신뢰를 회복하고 PA(국민적 합의)를 조기에 확보하는 것이다. 그렇지 못하면 21세기의 에너지문제는 중대한 위기에 직면하게 될 것이다.

또 원자력에 있어 이에 못지 않게 중요한 두 번째 과제는 21세기중반의 차세대에너지시스템의 주축이 될 혁신적 기술개발과 보급에 성공하는 것이다. 이것은 차세대 경수로, 고온가스爐 같은 신형 원자로의 개발과 고유안전로 같은 안전기술의 혁신을 이룩하면서 고속증식의 실용화를 달성해서 미래세대로의 과도기를 통해 핵연료자원의 제약을 완화하는 일이라고 할 수 있다(原子力工業 92年 1月號).

(석유환산 10억톤)



(자료 : 일본에너지경제연구소, 1990년 12월)

<그림 2> 世界の長期에너지構成(炭素稅에 의한 CO₂ 現狀抑制시나리오)