

## 未來 에너지기술과 新에너지산업

“미래에 대한 비전은 대체로 新에너지기술을 통하여 그려볼 수 있다.  
변화하는 글로벌시장의 도전, 국내 에너지시장의 구조조정,  
환경개선, 그리고 지구온실가스 배출감축 목표는  
가격경쟁력 있는 첨단기술의 옵션을 가져야 실현될 수 있다.  
이러한 옵션창조를 위한 하나의 접근방법이 ‘비전21’의 개념이다.  
지구온난화 방지 및 화석에너지의 효율적 이용을 위한  
전략인 ‘비전 21’ 프로그램의 아이디어는 먼 장래의 기술이 아니라  
10~15년 후면 상업화가 가능하기 때문에 우리나라의 에너지와  
환경문제의 해결에도 크게 기여할 수 있을 것이다.”

張 基 憲 한국에너지협의회 사무국장

- 
1. 서론
  2. 원자력 및 수력에너지
  3. 新再生에너지
  4. 화석연료기술
  5. ‘VISION 21’ 프로그램
  6. 결론
-

## 1. 序論

에너지부문의 미래를 예측할 때 과거의 예를 참고하는 것이 결정적인 도움은 안되지만, 방향설정을 위한 좋은 지침이 되는 경우는 많다. 21세기의 에너지산업을 변화시킬 주요 요소에는 지구기후변화, 산업활동에 대한 환경규제 강화, 전력산업의 구조개편, 산업활동 증가와 생활수준의 향상에 따른 전기 및 에너지수요의 지속적 증가, 기타 여러가지 시장요인에 의한 다양한 변화가 예상된다.

이러한 변화는 에너지서비스나 제품공급에서 새로운 시장진입자를 형성하기도 하고, 기존의 시장참여자들에게는 에너지산업을 재조명(refocusing)하게 하는 계기가 될 수 있다.

에너지의 이용없이는 경제적 진보란 있을 수 없고, 기술없이는 에너지의 이용 또한 있을 수 없다. 기술이란 석탄과 같은 天然에너지를 電氣처럼 보다 이용하기 쉬운 형태로 변형시킬 수 있다. 그러나 인간은 무제한으로 사용하던 에너지의 한계를 깨닫게 되었고, 지구온난화의 위협은 長期에너지 전망을 완전히 변화시키게 되었다.

그래서 '지속가능한 개발'(sustainable development)이라는 개발원칙이 등장했는데, 즉 未來세대에게 손실을 주지않으면서 現세대의 필요를 충족시키는 개발을 의미한다. 그러나 개발이란 에너지에 의존할 수 밖에 없고, 수용가능하고 지속가능한 에너지를 얻기 위해서는 기술을 필요로 한다.

먼저 성장의 한계를 인식시켜준 문제의 일부부터 살펴보자. 현재 인류가 직면하고 있는 3가지 주요 지구기후변화 문제는

- 지구온난화 또는 주로 CO<sub>2</sub> 배출로 발생하는 人爲的 온실가스효과
- CFCs의 배출로 인한 성층권 오존의 고갈
- 주로 NOx와 SOx의 배출로 야기되는 산성비

위의 세가지 문제중에서 지구온난화가 가장 위협적이고 우리의 일상생활에 가장 직접적으로 영향을 주고 있다. 97년 교토회의의 합의사항은 거의 혁명적인 것이고, 미래의 에너지 기술개발에 대해 엄청난 영향을 미치게 될 것이다.

먼저 현재 이용하고 있는 원자력 등 기존 에너지의 現狀과 新再生에너지의 개발가능성을 간략히 살펴본 후, 당분간은 主에너지源이 될 수 밖에 없는 化石연료의 新기술 개발, 그리고 이 新기술을 통합하여 21세기 에너지 및 환경문제에 대응하려는 美에너지부(DOE)의 '비전21' 프로그램을 소개하고자 한다.

## 2. 原子力 및 水力에너지

### 2-1. 原子力

원자력에너지는 온실가스를 사실상 거의 배출하지 않는 집중적인 動力源으로서 인류의 에너지문제 해결에 이상적인 것으로 생각할 수 있다. 핵발전은 지난 50년간 개발되어 왔으며, 현재 세계 전력공급의 20%를 차지하고, 기술적인 측면에서도 완성단계에 들어섰다. 그러나 신규 핵발전이 미국과 유럽 일부지역에서는 더 이상 수용이 되지 않고 있다. 반대론자들은 방사성 폐기물 문제를 지적하고, 지지자들은 이 문제에 대해 일부 국가에서는 기술적으로 해결가능한 수준까지 와있음을 주장한다.

원자력에너지에 대한 국민의 불만은 핵무기 및 원자력발전소의 사고위험과 관련하여 충분히 이해할만하다. 그러나 어떠한 기술도 위험이 전혀없는 것은 없다. 자동차 운전에도 위험은 따른다. 자동차 사고로 연간 미국과 유럽에서만 10만명 이상이 목숨을 잃는다. 우리나라의 경우 98년 9천여명이 교통사고로 사망했다. 따라서 원자력에너지의 딜레마를 해결하기 위해서는 대중여론의 지지를 받는 가치판단과 정치적 판단이 필요하다.

### 2-2. 水力

원자력에너지 뿐만 아니라 水力에너지도 여러나라에서 비난을 받아왔다. 강을 이용하여 오염이 없는 淸淨 전기를 얻는다는 인식보다는 반대론자들은 인간이 만든 댐과 저수지의 부정적 효과만을 지적한다. 유럽의 경우 수력자원을 최대한 이용하여 엄청난 경제적 번영을 이루었다. 현재 세계 전체적으로 대용량 수력발전이 총발전설비 용량의 약 22%를 차지한다. 또한 남미, 아프리카, 아시아 등 개도국에는 아직 개발할 여지가 엄청나게 많이 남아있다.

자연을 손상시키지 않고 인류의 最大便益을 위해 수력과 같은 再生가능 淸淨에너지를 이용하기 위한 컨센서스를 찾는 것은 가능하리라 본다.

### 3. 新再生에너지

‘新再生에너지’란 태양에너지, 풍력, 바이오매스, 地熱, 소수력, 해양에너지로서 세계전체 발전시설의 1.5%인 3TW의 전기를 생산하고 있다.

수력을 제외한 再生가능에너지는 發電부문에서 상당한 역할을 하기에는 가격이 너무 높다. 그러나 교토합의가 가까운 장래에 시행되게 되면 再生가능에너지의 입지는 변할 것이다. 그러나 온실가스(GHG)의 배출여부가 주요 기준이 되면, 再生가능에너지는 化石燃料 技術에 비해 유리하게 될 것이다.

현재의 再生가능에너지의 현황은 어떠한가? 비록 비싸지만 계속 개발이 진행중이고 효율향상이 이루어지고 있어 설치비용이 하락하고 있다.

#### 3-1. 太陽光에너지

태양광에너지 시장의 경우 연간 30% 수준의 성장을 하고 있지만, 그 규모가 아직 작다. 1997년의 시장규모는 약 120MW로서 가스터빈 1기 규모이다. MW당 설치비용이 複合사이클 발전의 10~20배이지만, 가격이 계속 하락하고 있다. 시장의 절반 이상이 개도국에서 형성되고 그중 일부는 최빈국에 설치되고 있는 점이 흥미롭다. 패러독스 같지만 이들 지역에는 電氣 인프라가 거의 없기 때문이다. 그래서 高價에도 불구하고 독립적인 태양광발전소 설치가 의미를 가지게 된다.

#### 3-2. 風力

풍력에너지는 비용이 複合사이클 발전의 2배 정도이기 때문에 발판마련이 훨씬 좋을 것으로 보인다. 1995~98년간 매년 1GW 이상의 풍력발전 시설이 세워졌고, 일부지역에서는 제한된 상황이라는 하지만 化石연료 발전에 경쟁력이 있는 것으로 알려지고 있다. 초기에는 미국에서 주로 개발되었으나, 제2세대의 풍력발전이 유럽, 특히 덴마크와 독일에서 생산중이다.

### 3-3. 바이오매스

바이오매스를 이용한 발전은 핀란드, 스웨덴, 미국 등 일부 국가에서만 주로 하고 있다. 이 기술은 교토합의에 의해 계기를 얻고 있으며, 바이오매스發電이 대규모 용량으로 갈 수 있을런지, 10MW이하의 소규모 발전으로만 남을지 아직은 불명확하다.

수력과 바이오매스에 비해 태양 및 풍력발전소는 근본적으로 저장시설이 없다. 따라서 태양이 내리쬐거나 바람이 불때만 전기를 공급할 수 있다. 또하나의 한계점은 태양광선의 密度인데 보통  $m^2$ 당  $1kW$ 이하로서 너무 낮다.

이러한 한계때문에 再生에너지에만 전적으로 의지할 수만은 없지만, 再生가능에너지의 이용은 계속 증가하고 가격이 하락하여 시장경쟁력을 가지게 될 것이다.

## 4. 化石燃料 技術

현대 사회 에너지의 증추는 세계 수요의 80%를 커버하는 화석연료인데 주로 석탄은 發電用, 석유는 輸送燃料, 가스는 發電 및 化學製品用, 熱生産에는 석탄, 석유, 가스가 모두 이용된다. 현재 화석연료 소비가 인위적인 온실가스 배출의 약 75%를 차지하며 나머지는 산림벌채 때문이다. 화석연료는 사용하기 쉬우면서도 집중적으로 에너지 공급이 가능하다. 수송과 저장의 편리성이 특별한 장점이 된다. 화석연료에 대한 의존을 급격히 줄일 수 있다는 것은 상상이 어렵다.

$CO_2$ , 메탄,  $NO_x$  같은 온실가스를 적게 배출하는 기술이 선호될 것이다. 3가지 주요 화석연료중에서 석탄이 가장 많은  $CO_2$ 를 배출한다. 석유발전은 석탄발전보다 약 25%적게, 최신 複合사이클 가스발전은 50%정도의  $CO_2$ 를 배출한다. 따라서 가스발전이 발전용으로서 선호되고 있는데, 오염배출이 적다는 이점 뿐만 아니라 이용가능성, 저비용, 고효율 측면에서 장점이 있기 때문이다. 이러한 이유로 세계적으로 가스발전소의 수요가 증가했다.

물론 석탄 기술자들도 부단한 노력으로 끊임없이 연소방식을 개선, 석탄입자를 산소와 더 잘 접촉할 수 있도록 만드는 新技術을 도입하였다. 여기에서 더욱 개선된 것이 微粉炭연소방식인데 석탄을 더욱 잘게 빻아 가루로 만드는 것이다. 이것이 더 발전한 것이 석탄 자체를 아예 가스화시켜 고효율의 가스터빈 연료로 이용하는 것이다. 이러한 대부분의 기술발전은 엄격한 환경기준과 발전소 운전의 고효율을 요구받는 선진

국에서 개발되었다.

교토의정서가 일단 실행되게 되면, 장기간에 걸쳐 세계 에너지기술 시장에는 돌이킬 수 없는 변화가 몰아칠 것이다. 그러면 이러한 도전에 대응하기 위해서는 GHG 격리가 가능한 化石燃料 기술로 해결하거나, 현재까지는 에너지 수요의 극히 일부밖에 공급하지 못하는 再生가능에너지 기술의 발전에 의존해야 한다. 인위적인 지구온난화 문제에 대한 일반의 인식이 높아지고 문제점이 심각하게 나타나기 시작하면 GHG를 배출하지 않는 기술의 수요는 증가할 것이다.

#### 4-1. 化石燃料의 효율향상

1993~2010년간 세계 전체적으로 필요한 신규 발전설비가 약 1500GW로 추정되며, 이중 약 60%가 비OECD 국가에서 발생하고 아시아소재 비OECD 국가가 약40%를 차지하게 될 것이다. 석탄발전이 신규 설비의 상당한 부분을 차지할 것이며, 전력공급 시장에서 진행되고 있는 자유화를 고려할 때 상기 기간의 후반부로 갈수록 가스가격의 인상으로 석탄발전이 더욱 증가할 것이다.

석탄화력 발전의 효율은 지난 60년만에 약 2배가 되었다. 따라서 평균 연료 투입량이 상당한 수준으로 감소했다. 1890년에는 1MWh 전기생산에 약 3.7kg의 석탄이 필요했지만, 1950년에는 680g, 최근에는 약 45% 수준의 효율 향상으로 300g 정도가 들어간다. 따라서 100년전 1MWh당 10,000g의 CO<sub>2</sub> 배출이 겨우 800g 수준으로 줄어들었다.

현재 최신 기술로 건설되는 超臨界 석탄화력 발전의 열효율은 약42~45% 수준으로서 非OECD 국가에서 건설되는 대부분의 화력발전에 비해 약 5%p가 높은 수준이다. 이정도 차이로도 CO<sub>2</sub>배출량을 15%나 더 줄일 수 있다.

#### 〈중장기 석탄기술의 효율 및 상업화 시기〉

기술	효율(%)	상업화 시기
超臨界 (PC-SC)(微粉炭燃焼)	41.5	1981
超超臨界 PFBC(PEBC-USC) (加壓流動層燃焼)	46.1	2005
IGCC (IGCC-1300C) (石炭가스化複合싸이클)	46.8~48	2000년 이후
IGCC (IGCC-1500C)	48.6~50	2005 이후
고체폴리머 FC(燃料電池)	50~60	2010
IGFC (가스化複合燃料電池)	60~	2020

## 4-2. CO<sub>2</sub> 隔離技術

화석연료의 연소과정에서 배출되는 SO와 NO의 환경영향은 오랫동안 진행되었으며, 새로 건설되는 발전소의 경우 이러한 가스배출 정화장치 설치가 당연시 되고 있다. 그러나 지구온난화라는 보다 거대한 위협이 등장하고 있다. 지구온난화는 화석연료의 연소과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의해서 주로 발생한다. 지금까지는 CO<sub>2</sub>를 분리시킬 수가 없었다.

환경에 대한 사회적 압력이 CO<sub>2</sub>固定化를 앞당길 것이다. 석탄화력발전에서 나오는 CO<sub>2</sub>의 捕集, 輸送, 處理 및 貯藏에 소요되는 비용이 엄청나겠지만, 炭素固定化의 기술적 타당성이 높아 오히려 再生가능에너지 기술보다도 높다는 연구분석도 있다. EC의 장기기술연구소 IPTS의 분석에 따르면, 에너지절약, 에너지효율개선, 핵융합, 태양에너지, 풍력 및 바이오매스에너지, 연료전환 등 다수의 CO<sub>2</sub>감축 기술의 잠재력과 기술발전 속도를 종합적으로 고려할 때 CO<sub>2</sub> 제거분야의 기술적 타당성이 상대적으로 높고 국민이해(PA)면에서도 핵융합보다 훨씬 높게 나온다.

일부 국가의 연구소와 국제공동 프로그램에서 GHG 배출이 없는 새로운 화석연료 기술분야에 에너지 전문가들이 참여하고 있다. IEA의 온실가스배출에 대한 R&D 프로그램이 1991년에 13개국 공동으로 시작되어 화석연료를 계속해서 사용할 수 있는 방법을 모색하였다.

그중의 하나가 연료로부터 CO<sub>2</sub>를 분리시켜 처리하는 것인데, 연소과정 이전에 CO<sub>2</sub>를 제거시키거나 연소후 연도가스(flue gas) 상태에서 捕集하는 방법이다. 노르웨이의 석유/화학회사인 Norsk Hydro사의 수소연소 화력발전소 건설계획이 연소전분리 방식의 한 예이다. 미국 오클라호마 Shady Point에 ABB社가 최근 설치한 석탄발전소에서는 1일 200톤의 CO<sub>2</sub>를 연도가스에서 분리시켜 식품가공에 이용하고 있는데, 이것이 연소후처리 방식의 예가 된다.

스칸디나비아 국가에서는 이미 에너지기술의 기본 그림이 변화되고 있음을 알 수 있는데, 이들 국가에서는 CO<sub>2</sub>배출에 대한 세금부과가 도입되었다. 예를들어 노르웨이 석유회사 Statoil은 세계 최초로 상당한 규모의 CO<sub>2</sub> 격리시설을 세웠다. 연간 백만톤 정도의 CO<sub>2</sub>가 북해가스전에서 분리되고 있다. 과거처럼 CO<sub>2</sub>를 대기중으로 흘려보내는 것이 아니라 바다밑 800m 깊이의 帶水層에 CO<sub>2</sub>를 격리시키고 있다. 이것은 자발적으로 CO<sub>2</sub> 톤당 50\$의 세금을 부과시키는 노르웨이에서 한 회사가 시행하고 있는 방법

이다. 이 격리시설은 1996. 10월 이후 성공적으로 운영되고 있으며 추가설비를 고려중이다.

또다른 방법으로 육상의 폐유정이나 폐가스정 또는 천연동굴속에 주입시켜 처리하는 방법이다. 그리고 동식물의 성장에 거의 영향을 미치지 않는 바다속으로 펌핑하는 방법도 있을 수 있다.

### 4-3. 燃料電池

CO<sub>2</sub>를 分離 隔離시키는 방법 이외에 다른 방법은 없는가? CO<sub>2</sub>를 재활용하고 분리된 水素를 에너지원으로 이용하는 것도 가능하지 않은가? 그러나 수소는 저장과 수송이 어렵다. CO<sub>2</sub>와 수소를 메탄올로 전환하여 다루기 쉬운 액체로 만든 다음 자동차나 가스터빈의 연료로 사용할 수는 없는가? 있다. 그러나 한가지 문제는 수소가 CO<sub>2</sub>에 구애받지 않는 방식으로 생산되어야 한다.

연료전지는 연소방식을 통하지 않고 화석연료로부터 에너지를 이용하는 기술인데, 현재 개발중이다. 연료전지는 수소, 천연가스 또는 메탄올을 직접 전기와 열로 전환시킨다. 미래의 주요 용도는 자동차 동력원과 발전용이다. 연료전지는 콤팩트하고, 모듈 생산이 가능하고, 효율적이기 때문에 원격지발전(distributed generation)에 아주 적합하고, 대용량 발전소에서 공급하는 전력망에 의존하지 않아도 된다.

Norsk Hydro社는 천연가스의 생산단계에서 수소와 CO<sub>2</sub>를 분리시키는 다른 전략을 발표했다. 수소는 複合사이클 가스발전에 이용하고, CO<sub>2</sub>는 유정속에 펌핑하여 생산성을 높이는데 이용한다는 것이다. 이것은 기술개발이 점프 또는 돌연변이식으로 발전한다는 것을 말해준다. 이러한 발전을 이루기 위해서는 특정한 환경, 올바른 방향, 적절한 타이밍이 있어야 한다. 또한 산업계가 도전에 나설 용기가 있어야 하고, 실행가능한 해결책을 개발할 수 있는 재정적 뒷받침도 있어야 한다.

## 5. 'VISION 21' 프로그램

化石에너지는 앞으로 主에너지원으로서 역할을 계속해야 하기 때문에 현명하게 사용하여 에너지문제 해결을 위한 일익을 담당할 수 밖에 없다. 이러한 의미에서 미국 에너지부는 21세기에 환경적으로나 경제적으로 수용가능한 화석에너지 이용을 위한 전



략으로 “Vision 21” 프로그램을 마련하였다.

‘비전 21’ 프로그램은 지금부터 2010~2015 기간동안 계속해서 공중의 이익을 창출하기 위해 비용분담 및 산업계가 주도하는 형태의 프로그램으로 구성되고 있지만, 주목적은 업계, 정부, 대학, 연구소 및 기타 이익단체 등 광범위한 이해관계자들의 노력을 통합하고 조정하는데 있다.

### 5-1. ‘비전 21’의 概念

‘비전21’이란 전기 및 기타 에너지의 생산을 위해 최첨단의 21세기형 모듈기술로 구성되어 마치 항공모함에 구축함, 순양함, 전투함이 적절히 배치되어 최적의 ‘航空戰團’을 연상케하는 ‘에너지生産 綜合團地’를 창조하겠다는 발상이다.

‘비전 21’은 석탄이나 기타 化石 및 炭素베이스의 연료를 청정하고 효율적으로 사용하면서 에너지와 환경의 요구를 만족시키기 위한 새로운 방법이다. ‘비전 21’의 개념은 최첨단의 21세기형 모듈시설의 艦隊를 개발하는 것으로서 효율적인 전기 생산과 동시에 연료와 화학제품 생산이 가능해야 하며, 스모그 및 酸性雨를 만드는 대기오염물질과 고체폐기물을 없애거나 CO<sub>2</sub>를 回收 또는 리사이클 시킬 수 있어야 한다.

‘비전 21 에너지團地 艦隊’는 여러가지 의미에서 發電과 燃料연구개발의 결정판이다. 에너지 團地내에서 석탄의 에너지잠재력은 효율을 배양시키는 최신 에너지시스템의 결합을 통해서 개발될 수 있다.

최신 에너지시스템에는 石炭가스 發生器나 尖端燃燒器, 高溫클린업시스템, 次世代 燃料電池 및 터빈, 혁신적인 炭素除去裝置, 더 나아가 이제 막 설계단계에 와있는 기술 까지도 포함된다. 에너지團地내에서의 모듈이란 여러가지 형태를 가질 수 있기 때문에 地形과 시장 수요에 맞게 제작될 수 있는 시스템이다.

에너지綜合團地는 배출물이 제로에 가까운 시설물이기 때문에 대기중에 배출하는 오염물이 사실상 거의 없다. 이산화황과 질소산화물은 제거되거나 환경에 무해한 물질 즉 비료나 기타 제품으로 전환될 것이다. CO<sub>2</sub>는 농축하여 리사이클 시키거나 지질학적 으로 영원히 폐기시키거나 또는 유용한 공업원료로 전환하여 자연속에 흡수시키는 방법을 개발함으로써 처리될 수 있다.

## 5-2. '비전 21'의 目標

'비전 21'의 목표는 첨단기술모듈의 여러가지 組合을 개발하는 것인데, 이 모듈은 유연하게 에너지시장의 수요에 맞도록 發電 및 에너지공장을 만들기 위해 통합되고 다양한 형태를 가질 수 있다.

'비전 21' 기술은 (1) 열효율 60%이상의 보다 값싼 전기생산, (2) 보다 적은 비용으로 환경기준에 부합할 수 있도록 제로수준의 오염배출, (3) CO2배출량의 순증가를 없애고, (4) 석탄과 기타 기회연료(opportunity fuels)의 이용으로 이용연료의 柔軟性을 발휘할 수 있고, (5) 가격경쟁력을 유지하면서도 화학제품, 스팀 등 高附加價値 제품을 시장수요에 맞게 생산할 수 있는 다양한 組合의 모듈구성이 가능하다.

경제, 환경, 에너지안보 등 여러가지 요소가 '비전 21' 목표에 內在되어 있으며, 미국민과 세계인구의 삶의 질 향상을 유지한다는데 중점이 두어지고 있다. '비전 21'은 미국으로 하여금 지속적인 경제강국, 산업경쟁력 우위확보, 低價에너지 이용을 통한 일자리 창조를 실현시킬 수 있다. 이 과정에서 '비전 21'은 공기, 물, 토지를 깨끗하게 유지시킴으로써 환경을 보존할 수 있도록 한다. 또한 '비전 21'은 에너지자원의 효율적 이용과 탄소격리방법 등 비용효과적인 방법으로 기후변화를 완화시키는데 상당한 기여를 할 수 있다.

'비전 21'의 목표중 에너지안보에 대해서는 연료 및 에너지믹스의 다양한 포트폴리오를 촉진시켜 지역적 계절적 정전 사태를 피할 수 있는 전력신뢰도 향상 뿐만아니라 연료공급 및 가격의 안정성까지 보장한다. 또한 가격경쟁력이 있는 合成가스를 생산할 수 있는 첨단기술은 천연가스의 장기적인 가격 안정을 가져오는데 도움이 될 수 있다.

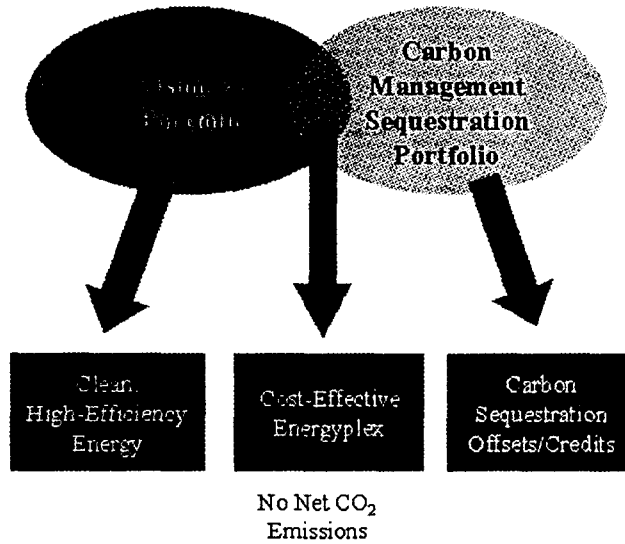
## 5-3. 戰略的 對應을 위한 '비전 21'

에너지 및 환경부문의 미래 불확실과 도전에 대비하기 위해서 대응전략을 짜는 것은 중요하며, 대응전략은 상업적 응용이 가능한 개선된 신규기술을 활용하게 된다. 이 같은 전략 추진을 위해서는 연구결과의 중간결과물을 조기에 상업화(market adoption)시키는 노력이 필요하다.

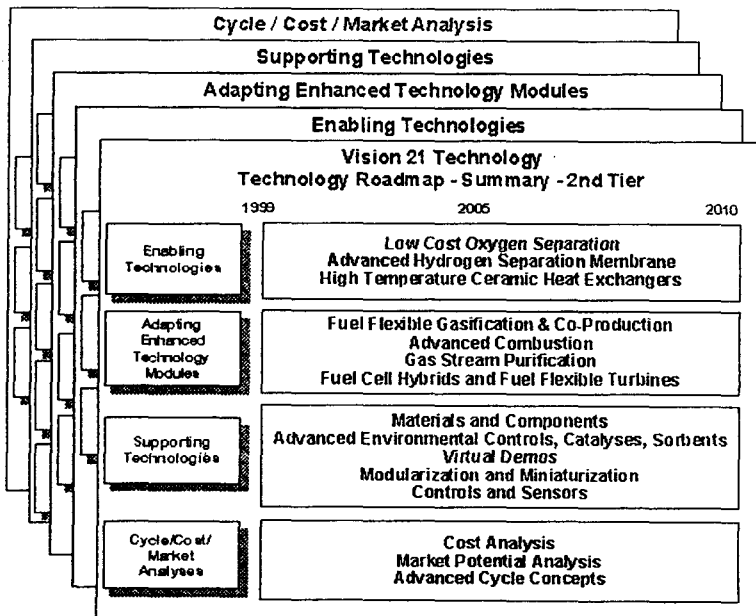
석탄발전시스템의 전략에 초점을 맞추는 신규 연구 및 기술투자에서 포트폴리오 즉 '비전 21'과 탄소격리기술을 이끌어냈다. 상호보완적인 이 두 개의 포트폴리오는

<그림1>에서와 같이 미래 에너지문제 도전에 대한 포괄적이고 전략적인 대응방안을 제 공해 준다.

< 그림 1 > 포트폴리오 결합의 혜택  
**Combined Portfolio Benefits**



< 그림 2 > 技術 道路地圖



#### 5-4. '비전 21' 道路地圖의 投資포트폴리오와 技術經路

계속적인 기술개발투자는 전략적 대응을 위한 필수 요소이다. 주요 핵심기술의 전략적 포트폴리오를 표시하는 도로지도 <그림2>는 '비전 21' 에너지綜合團地 구성에 필요한 불터를 표시한다. 기술투자 포트폴리오 구성요소에는 (1) 가능한 技術, (2) 適應改善 技術모듈, (3) 支援技術, (4) 費用/사이클/市場分析으로 나눌 수 있고, 좀더 자세한 技術經路를 제시하면 다음과 같다.

##### (1) 가능한 기술 (Enabling Technologies)

ET기술은 '비전 21'의 운용목표 달성을 위해 기존의 프로세스를 대체할 핵심 개발대상이다. 보다 혁신적인 계획과 개념이 개발되면서 보다 많은 ET기술이 등장할 것이다. ET기술과 관련 이미 나타나기 시작한 분야와 그 經路는 다음과 같다.

##### · 酸素分離膜技術

이온투과막(ITM)과 같은 세라믹막을 이용하는 대용량의 저비용 고온공기 분리 모듈 개발을 함으로써 '에너지團地' 내에서 일련의 제품을 유연성 있게 생산 가능하게 한다.

##### · 水素分離膜技術

淸淨발전용 연료나 제품용 고품질원료인 合成가스로부터 수소를 분리시키기 위해 세라믹막을 이용한 고온 H<sub>2</sub> 분리모듈을 개발

##### · 세라믹 高溫 熱交換器

고효율 淸정발전에 필요한 연소흡선 달성을 위해 첨단 세라믹 재료를 이용한 고온(2700~3000°F) 열교환기

##### (2) 適應改善 技術모듈 (Adapting Enhanced Technology Modules for Vision 21)

淸정석탄기술(CCT) 개발 및 실증시험에서 기존기술의 포트폴리오상에서 더 나아가 가고자 할 때 그 다음의 논리적 단계는 기존기술을 개선시키고 적용시켜 '비전 21' 구성이 가능한 모듈로 만드는 것이다.

##### · 燃料柔軟성이 있는 가스화

연료유연성(co-firing biomass, opportunity fuels)을 위한 기존의 가스화 기술 개조, 폐기물 및 리사이클 물질 처리, 높은 열효율을 위한 최적화 및 고효율발전 모듈(연료전지 및 터빈)에서의 이용을 위한 최적화

· 가스흐름(gas stream) 淸淨化

미래의 배출규제를 충족시키고, 하류부문의 촉매 및 구성요소의 보호를 위하여 초청정(super-clean) 프로세스 증기생산을 위한 고온 클린업 기술의 범위 확대

· 尖端 燃燒시스템

超低 수준의 NOx 배출 달성, 유용한 슬래그 및 기타 부산물 생산, 적극적인 조건(공기보다도 리사이클된 CO<sub>2</sub>속에서 연소)에 대처하기 위해서 연소기 및 연소시스템을 설계하고 시험

· 연료전지/하이브리드(연료유연화, 캐스케이드화)

첨단의 固體電解質 및 熔融炭酸鹽 연료전지/터빈의 다단계 하이브리드 시스템으로의 확장, 중간단계의 연료/공기의 전달에 의한 캐스케이드식 운전, 터빈과 강력한 열의 결합, 다른 유형의 연료전지 및 구성요소의 결합에 의한 활용 등

· 燃料柔軟터빈(CO<sub>2</sub> 및 H<sub>2</sub> 스팀)

석탄연소가스, 수소연소에 의한 고온(2750°F)스팀, CO<sub>2</sub>(협조사이클) 등 광범위한 연료 및 작동유체를 첨단터빈시스템에 적용시키는 일

· 同時生産 (coproduction)

‘비전 21’ 에너지團地내에서 연료 및 화학물질을 생산하기 위해 촉매합성반응장치와 기술을 적용시키는 일

(3) 支援技術 (Supporting Technologies)

시스템과 모듈요소의 목표달성과 개량을 직접 지원하는 횡단적인 기술과 수단이 있다.

· 재료 및 요소

신재료, 특히 고온 세라믹의 개발과 ‘비전 21’의 구성요소와 모듈을 형성하는 기술 개발

· 첨단 환경제어기술, 촉매 및 용제

1000°F 이상의 고온에서 오염물질과 불순물을 제거시키고, 전환이나 NOx 감소 등 촉매반응을 일으킬 수 있는 고온촉매나 용제개발

· 가상데모 (virtual demo)

건설 및 운전 리스크를 줄이고 시스템의 특성을 보다 잘 이해하기 위해서 비용 효과적인 방법으로서 他 산업에서는 이미 '가상데모'가 이용되고 있다. 그 經 路는 신규 가능기술과 개선된 기술모듈의 통합을 실증하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션 이용

· 첨단 제어방식 및 감지기

프로세스의 신뢰도 및 이용도를 높이기 위해 결합부분의 조기정후를 감지하고 프로세스 상태를 모니터 하기 위한 첨단 감지기 및 제어방식

· 모듈화 및 소형화

설계 및 생산비 절감을 위해 여러가지 규격의 모듈 패키지 설계 및 소형화

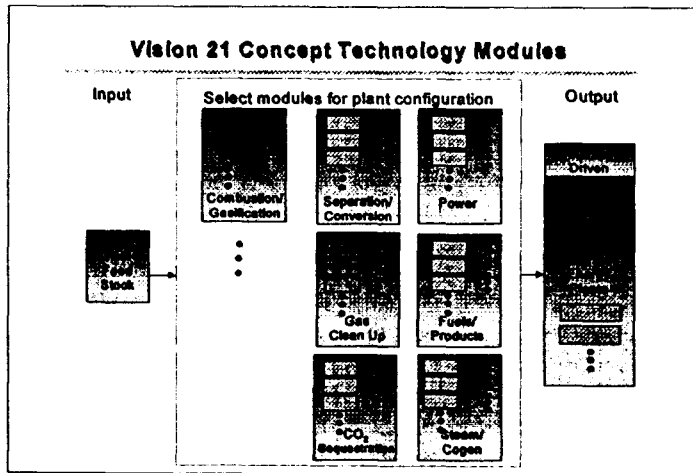
(4) 費用/사이클/市場分析 (Cost/Cycle/Market Analysis)

프로세스 효율 향상, 폐기물 감소, 비용인하, 그리고 탄소제거 옵션의 연계를 확립시키기 위해 비전21 사이클과 에너지圖地를 분석. 새로운 첨단 에너지 개념(예: 熱電氣 코제너레이션)을 비전21에 통합시키기 위한 연구

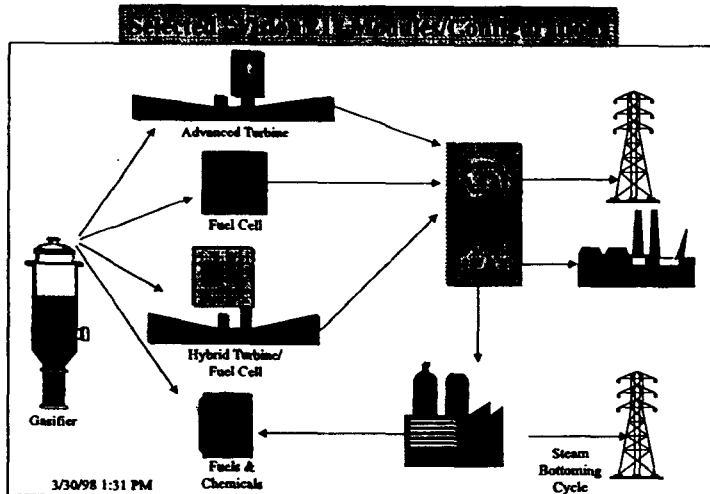
### 5-5. 에너지綜合圖地 구성 형태

위에서 제시한 포트폴리오는 可能한 技術과 支援技術 그리고 技術모듈의 개선에 중점을 둔 것으로서 시장여건에 따라 선택적으로 조합될 수 있다. 또한 탄소제거 옵션 과도 연계시킬 수가 있다. 이처럼 유연성 개념은 <그림3>에 예시되어 있는데, 구체적인 기능에 따라 기술모듈이 상호 교환되고 연계되고 外插되어 맞춤형 에너지시설이나 세트형식의 "energy island" 생산이 가능하다. 예를들어, 고효율(60%이상)의 發電用 island 와 연료, 화학물질 및 工程熱을 동시 생산하는 저비용의 "energy island"의 연계도 있을 수 있다. <그림4>

〈 그림 3 〉 비전21 개념 기술모듈

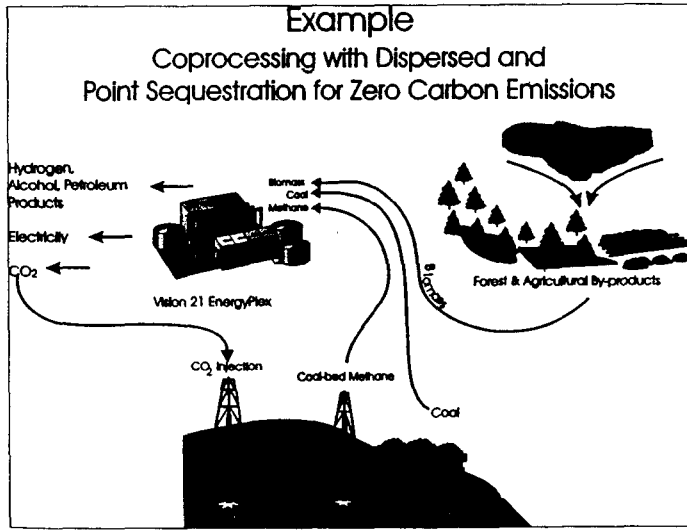


〈 그림 4 〉 선택된 “비전21” 모듈과 구조



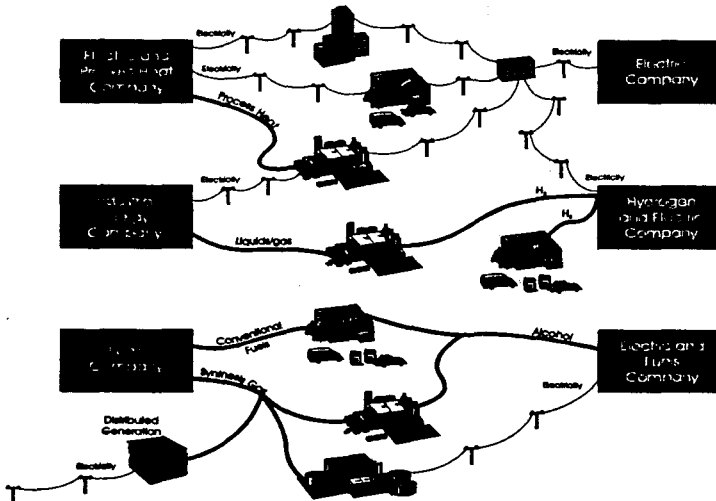
또다른 형태로는 CO<sub>2</sub>제거 옵션과 에너지 團地의 통합인데, CO<sub>2</sub> 주입으로 탄층의 메탄을 생산하고, '탄소주기폐쇄'의 수단으로 바이오매스와 혼소용으로 사용하는 방법이 있다. <그림5> 어떤 시설도 시장의 수요에 의해 그 크기와 형태가 결정된다.

< 그림 5 > 탄소고정과 동시처리



< 그림 6 > 비전21 에너지 團地 함대

A Vision 21 Fleet for the 21<sup>st</sup> Century





## 6. 結論

WEC와 IEA의 전망에 의하면, 각국 정부는 사회 전부문에 수용가능하고 신뢰성이 높은 에너지공급을 추구하고 있기 때문에 化石에너지가 다음 세기 상당기간 동안 에너지공급의 주종을 유지할 수 밖에 없다.

석유, 천연가스, 석탄 등 화석연료는 세계적으로 광범위하게 부존되어 있어 에너지 수요 시장의 상당부분을 충족시키는 것이 가능하며, 화석연료의 이용에 필요한 엄청난 규모의 인프라가 이미 존재한다. 또한 화석연료 시스템은 신뢰도가 높고 수용가능한 수준의 가격을 유지하고 있으며, 첨단 화석연료 기술로 현재 및 미래의 보다 엄격해지는 환경기준 준수가 가능하게 되었다. 그리고 화석연료는 柔軟性, 便利性, 多樣性의 특성이 있어 소비자들에게 다양한 최종서비스 형태를 제공할 수 있다.

이상과 같이 화석연료는 엄청난 전략적 가치를 가지고 있지만, 생산과 이용과정에서 여러가지 문제점을 노출시키는 바, 인간의 건강과 환경에 미치는 악영향을 최소화시키는 방향으로 화석연료를 생산하고 이용하는 방법을 모색해야 한다.

미래에 대한 비전은 대체로 新에너지기술을 통하여 그려볼 수 있다. 변화하는 글로벌시장의 도전, 국내 에너지시장의 구조조정, 환경개선 그리고 지구온실가스 배출감축 목표는 가격경쟁력 있는 첨단기술의 옵션을 가져야 실현될 수 있다. 이러한 옵션 창조를 위한 하나의 접근방법이 '비전21'의 개념이다. 淸淨하고 효율적이면서도 低價인 에너지와 電氣는 지속적인 번영과 기후변화를 포함하는 환경도전 대응의 핵심요소이다.

화석연료 이용은 대도시와 공업단지의 대기공해 산성비 같은 局地的인 환경공해를 유발하고 있으며, 국내 부존자원이 빈약한 우리나라에 있어 수입에너지인 화석에너지의 이용증대는 국민경제의 수입비용 부담을 증대시킬 것이다.

한편 국토가 협소하고 이용가능 면적이 30% 미만이며, 인구밀도와 도시화율이 높은 우리나라에 있어 에너지설비의 立地問題는 환경공해문제와 더불어 심각한 현안 과제로 부각되고 있다.

따라서 지구온난화 방지 및 화석에너지의 효율적 이용을 위한 전략인 '비전 21' 프로그램의 아이디어는 먼 장래의 기술이 아니라 10~15년후면 상업화가 가능하기 때문에 우리나라의 에너지와 환경문제의 해결에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

유연하면서도 발전적인 에너지전략을 수립하고 장기전략 연구를 위해 충분히 지원

하는 것은 정부의 책임이다. 우리나라 뿐만 아니라 대부분의 선진국에서도 공공, 민간 부문 모두 장기 R&D, 실증프로젝트, 개발기술의 상업화를 위한 투자가 감소하고 있다.

따라서 막대한 투자비용이 소요되고, 개인기업이 R&D 투자에 대한 便益을 100% 취하기 어렵다. 즉 市場失敗의 가능성이 높게 마련인 '비전21' 프로그램 같은 장기 에너지기술 연구에 대한 정부, 산업계, 연구계 등 이해관계자 모두의 파트너쉽 형성과 국제 공동연구를 위한 노력이 필요한 시점이라 본다.

<참고자료>

1. Vision 21--A pathway to clean, affordable energy for the 21st century, R. Bajura 외9명, USDOE, WEC 17th Congress, Sept. 1998
2. The strategic value of cleaner fossil fuels systems, Support document for the WEC 17th Congress, Sept. 1998
3. The greening of fossil fuels: making them more sustainable, Presentation and discussion materials of the WEC 17th Congress, Sept. 1998
4. The road to renewables--energy technologies for the post-Kyoto world, B. Eliasson, WEC Journal, July 1998