



화석연료의 그린化: 보다 지속가능한 것으로

the **GREENING** of **FOSSIL FUELS:** **MAKING THEM** **MORE SUSTAINABLE**

이 자료는 지난해 9월 WEC 휴스턴 총회시 '청정화석연료의 전략적 가치'를 주제로 선후진국 및 과학자, 금융계를 대표하는 전문가들이 참여하여 발표한 토론내용을 요약 정리한 것이다. 토론사회는 미국 에너지부 화석연료 담당 차관보를 지낸 P. F. 고들리가 맡았으며, 아르헨티나의 미르킨 에너지항만장관이 주제 발표를 나머지는 패널리스트로 참여했다.

P. F. Godley (사회)
前USDOE 화석연료담당 차관보

화석연료의 전략적 가치는?

경제학자들이 어떤 사안에 대해서 의견의 일치를 보이는 경우는 드물다. 그런데 대부분의 경제학자, 과학자 및 시장참여자 모두 BAU시나리오 하에서 에너지의 미래에 대해 의견을 같이하는 부분은 다음과 같다.

첫째, 세계전체 상업에너지 수요의 약90%를 공급하는 화석에너지가 21C에도 상당기간동안 세계 에너지소요량의 대부분을 공급하게 될 것이다.

둘째, 석탄, 석유, 천연가스의 생산과 연소

로 인류의 건강과 환경에 미치는 악영향은 계속된다. 악영향의 크기에 대해서는 의견이 다양하지만, 지구의 기후변화를 가져온다는 점에 대해서는 대부분 인정한다.

셋째, 화석연료 연소로 발생하는 환경영향을 완화시키는 기술은 이미 상당히 발전하여 경제적 수용이 가능한 일부 국가에서는發電에 의한 酸性雨를 해결했다.

넷째, 첨단기술이 적절하게 개발되어 이용된다면 인류의 건강 및 환경을 위해 화석연료의 사용으로 인한 영향을 최소화하고 사실상 제거시키는 것까지도 가능하다.

그러면 이러한 성공적 변화를 조속히 실현시키는 방법은 무엇인가? 세계적으로 우려는 커지고 있으나, 완화조치를 긴급히 실천해야겠다는 인식은 없다.

현상을 정리하면,

- 지속적인 저유가가 석유산업에 장기적으로 어떤 영향을 미칠 것인가에 대해서는 아직 더 많은 연구가 필요하지만, 소비자들은 저유가를 만끽하고 있다.
- 자원의 지리적 편재와 공급에 대한 접근 경쟁 강화로 앞으로 언젠가 상당한 정치적 충돌이 일어날 수 있지만, 세계적으로 화석연료가 바닥날 것이라는 절박한 위협은 없다.
- 화석연료의 개발, 생산, 수송 및 이용에 필요한 인프라와 상업적 시스템이 선진국 사람들의 생활양식과 경제의 기초를 형성하고 있다.
- 개도국은 환경문제에 대해 관심을 가지면서도 자국민의 삶의 질을 향상시키고 자국경제를 강화시키는데 더 많은 관심이 있다.

A. H. Mirkin (주제발표)
아르헨티나 에너지/항만 장관

지속가능한 개발의 개념과 실천전략

지속가능성이란 독립적인 개념이 아니라 인류의 발전 및 지속가능한 개발과 연계되어 있다. UNDP가 정의한 '인류의 발전'이란 선택의 폭을 넓혀가는 것인데, 교육 의료 혜택 직업 및 수입에 대해 보다 커다란 기회를 제공함으로써 선택에 필요한 사항을 충족시키는 것이다. 그 범위는 경제적·정치적 자유 뿐만아니라 물리적 환경까지 포함되는 광의의 개념이다.

에너지수요 증가는 경제성장이라는 정당

한 요구와 맞물려 엄청난 환경왜곡으로 쉽게 흘러갈 수 있다. 그러면 경제성장과 여기에 필요한 신에너지기술에 대한 접근은 환경보호라는 개념과 어떻게 조화시킬 것인가? 지속가능한 개발은 어떻게 성취될 수 있는가?

현재까지의 경험으로 볼 때 선진국 그리고 정도는 다소 약하지만 개도국도 자국의 경제성장을 위해 에너지소비를 증가시켰기 때문에 온실가스배출 증가에 책임이 있다. 그 결과 대기, 토양, 수질오염 등 지구규모의 환경오염 뿐만아니라 지역적인 환경오염을 초래하였다.

에너지사용이 환경에 미치는 영향에 대한 경각심 증가는 에너지정책 및 개발형태를 결정하는 중요사항이 되었다. 온실가스는 지구온난화에 직접적인 책임이 있으며, 과학적으로는 자연자체에 대한 인간의 간섭행위를 초래한 것이다.

92년 리우 회의까지만 해도 온실가스가 환경에 유해한 영향을 미친다는 것에 대해서 의문이 있었다. 이제 의문들은 보다 확실한 증거에 의해 풀리게 되었다. 그 예가 교토회의에서 선진국들이 보여준 태도의 변화인데, 기후변화협약상의 목표달성을 위해 구체적으로 어떠한 조치들을 취할 것인가가 논의의 핵심이었다.

지구온난화문제의 일차적 책임은 대부분의 선진국에 있으며, 그 영향은 지구규모로 일어나고, 지구의 남반부가 가장 큰 피해자가 되고 있다. 개도국의 경제적·사회적 발전이라는 목표를 상실하지 않고, 지구적 해결책이 도출되어야 기후변화협약과 그 후속으로 열리는 당사국총회가 설정한 목표를 달성할 수 있다.

화석연료 연소로 대기중의 CO₂농도가 산



업혁명 이후 30% 증가했으며, 기상예보에 의하면 2025년에는 세계 평균기온이 산업혁명 이전에 비해 1~3.5°C 상승할 것으로 전망된다. 좀더 분명한 해답을 얻기 위해 21C 세계 전체의 에너지소비 추세를 요약해보자.

세계 에너지공급의 85%를 차지하는 화석연료는 그 우월적 지위를 지속하고, 천연가스는 급속한 성장을, 석유는 주도적 위치를 계속 유지할 것이다.

석유의 부존량은 97년 수준으로 40년간 생산이 가능하다. 신규 부존지역이 세계적으로 추가되고 있고, 기존유전도 생산성이 증가하였다. 油價는 전문가들이 예상한 것보다 낮은 수준이며, 기술적인 측면에서 볼 때 신규유전 발굴이 상당히 가능하다. 한편 국제원유가는 급변하지 않을 것으로 예상된다.

현재의 관심은 기술과 글로벌 경쟁에 집중되어 있다. 탄화수소의 탐사와 개발활동에 필요한 기술진보는 생산단가를 낮추고 확인매장량을 증가시키는데 주로 기여했으며, 석유의 부존 자체가 더 이상 공급의 애로요인이 아니다. 석유의 지속가능성은 이용가능성 그 자체보다는 청정기술의 이용여부에 달려있다. 그러나 정치적, 경제적, 환경적 조건에 따라 커다란 제약요인이 발생할 수 있다.

석탄은 가장 풍부한 에너지자원으로서 가채매장량의 규모가 11억4천톤으로서 현재의 생산수준을 유지할때 220년간 채굴이 가능하다. 1996년 석탄소비는 세계 1차에너지 소비의 25%를 차지했고, 發電에너지의 36%를 담당했다.

세계 전체적으로 석탄의 에너지이용률은 최근 수십년간 감소해왔으며, 경제 전분야에 걸쳐 집중적으로 이용되다가 철강, 콘크리트,

화학제품등 일부 산업부문과 발전용으로 그 범위가 줄어들었다. 많은 논의가 석유제품, 천연가스, 원자력을 옹호하는 상황이지만, 석탄은 에너지시장에서 주도적 역할을 유지해왔고, 신흥경제국가의 主에너지원으로서 위치를 유지하고 있다.

천연가스는 세계 거의 모든 지역에서 성장속도가 가장 빠른 부문으로 인식되고 있는데, 그 이유는 부존량이 풍부하고, 파이프라인으로 접근이 가능하며, 기술발전으로 비교적 낮은 가격에서 LNG로 전환이 가능하기 때문에 他화석연료에 비해 환경적으로 유리하고, 하나의 상품으로서 시장의 규칙이 행이 쉽고 전망이 좋기 때문이다.

고효율의 복합사이클 기술은 發電부문에서 우위를 가지며, 천연가스의 부존량이 많은 국가에서 광범위하게 채택되었으며, 發電시장의 경쟁이 치열한 국가에서는 유리한 위치에 놓이게 되었다.

보다 지속가능한 개발은 에너지효율등 합리적인 이용을 통해서 뿐만아니라, 효율적이고 질높은 發電을 통해서 이루어질 수 있다. 화석연료 이용의 효율개선, 청정기술의 이용 및 천연가스의 이용확대로 CO₂배출량을 감소시킬 수가 있으며, NO_x저배출 버너 등 신기술의 이용으로 상당한 배출저감을 이루었다.

천연가스 이용으로 발생하는 CO₂ 배출량은 석탄의 1/2, 석유의 2/3수준이다. 반면 온실가스배출 완화책으로서 앞으로 20~30년내에 신재생에너지 사용증가의 계기가 올 것으로 예상된다. 신재생에너지 이용증가의 장벽은 低油價이다. 바이오매스, 수력, 태양 및 풍력에너지 등 신재생에너지는 세계 에너지 소비의 8%를 차지하는데 급속한 증가는 아니더라도 계속 성장할 것이다.

신에너지부문의 연구를 위해 예산을 증가시키려는 노력이 증대되어야 한다. 수소가 좋은 예인데 수송부문에 집중적으로 이용될 것으로 보이며 新市場 뿐만아니라 보다 경쟁력있는 기술을 개발할 수 있는 방향으로 보다 많은 노력이 있어야 한다.

수력은 전통적인 재생가능에너지로서 잠재력이 많은데 환경영향 문제로 역할이 감소되었다. 사회적 수용이 이루어지지 않을 경우 정부의 어떤 시도도 성공할 수 없다.

현재 교토합의의 이행과 관련하여 세계 에너지시장에서 일어나고 있는 두가지 핵심 주제는 신기술의 확산과 환경영향이다. 수송 부문은 CO₂ 배출의 30~40%를 차지하고 기타 지역적인 대기오염에 책임이 있는데 CO, 분진, SO 등 국지적인 오염요인을 감소시키기 위해 천연가스, 촉매컨버터, 무연휘발유, 산소, 무황디젤을 이용하게 되었다. 이 부문 역시 기후변화로 새로운 도전에 직면하게 되었고, 천연가스, 대체연료, 전기자동차 개발을 촉진하고 있다.

또 하나 고려할 가치가 있는 사항은 교토 회의에서 제시된 청정개발메카니즘(CDM)을 통해 ISO14000을 프로젝트에 연계시키는 것인데, 이것은 국지적·지역적 오염문제를 해결할 뿐만아니라 지구규모의 환경문제 해소가 가능하게 된다.

21C 에너지부문 개발에 따른 환경문제 대응방향은 다음과 같다.

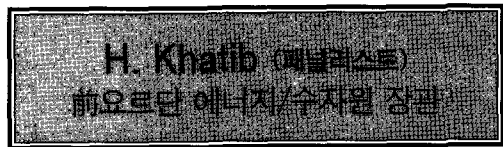
- 점점 정확해지는 과학적 입장과 환경데이터의 추정 및 분석 능력개선으로 환경정책 및 에너지정책 결정시 위험이 감소된다.
- 개도국 에너지산업의 환경개선 투자에 민간자본 참여가 중요하게 된다.
- 환경문제에 대한 인식제고, 정보 이용가능

성 및 접근개방의 확대는 환경친화적인 제품생산을 촉진하는 방향으로 소비자행동을 변화시킨다.

- 환경문제에 대한 책임문제가 정부 뿐만아니라 산업계에도 있다는 사회적 압력이 높아진다.
- 환경문제에 대한 인식을 과감히 바꾸어야 하고, 예상되는 악영향을 최소화시키기 위해 이해대립을 해결할 수 있는 방법이 적시에 강구되어야 한다.

이러한 체계속에서 아르헨티나는 실제 기여도는 미약하지만, 지구오염문제를 해결하고자 기후변화협약상의 이행약속에 대응하고 있다. 또한 다양한 경제활동에 따른 환경영향을 완화시키기 위해 국가적인 조치를 수행하는 방향으로 자원배분을 계속할 것이다.

실제로 에너지부문의 변화는 환경조건에 상당한 개선을 가져왔다. 예를들어 발전부문에 경쟁이 도입되었고, 고효율, 천연가스이용 복합발전이라는 신규발전설비에서는 민간부문의 투자가 이루어졌고, 평균 열효율이 향상되었다.



화석연료에 대한 R&D 투자 지속돼야

화석연료가 에너지수급의 대부분을 차지하여 상업에너지의 90%, 1차에너지의 80%를 담당한다. 특징은 값싸고, 풍부하고, 고도로 집중되어 있고, 교역이 가능하고 매우 효



WEC 라운드테이블

올적이다.

신재생에너지가 代替財이지만 비용이 높고 지속적이지 못하고 간헐적이다. 따라서 비효율적이며 비싸다. 원자력은 우리가 생각하는 바와는 관계없이 국민인식상 핸디캡을 안고 있다. 수력 또한 경제성 있는 대규모의 부지가 부족하다는 약점이 있다.

기술은 화석연료의 비용과 오염배출을 크게 감소시켰다. 실제 기술로 화석연료 연소에 따른 모든 오염을 제거시킬 수 있다.

최신 복합사이클가스터빈(CCGT) 발전은 기존설비에 비해 kWh당 탄소배출이 40% 수준밖에 안된다. 실질적으로 미래의 에너지 수요 증가는 개도국에서 발생할 것이고, 이들 국가는 자국산 에너지원인 석탄에 주로 의존할 것이다. 이 수요성장의 대부분은 중국과 인도에서 발생할 것이므로 이들 국가에 청정석탄기술 제공은 지구환경보호에 필수적이다.

누구나 가질 수 있는 어떤 신념과는 관계없이 화석연료는 중장기적으로 세계에너지 공급의 주종을 차지할 것이다. 여기서 장기란 앞으로 40년간을 말한다. 달리 대안이 없다. 즉 청정하고 지속가능한 에너지를 우리에게 제공하는 중요한 역할을 화석연료가 할 수 있도록 R&D투자가 이루어져야 한다.

R. Knapp (패널리스트)
세계석탄협회(WCI) 사무총장

석탄열효율 향상으로 CO₂ 감축시켜야

지구공동체의 책임문제에 대해서 언급한

다. 21C 지구 에너지개발의 주요 목적은 증가하는 세계인구의 기본적인 욕구를 충족시키는 것이 될 것이다. 현재 세계인구 40%가 상업에너지 이용에 대한 접근조차 못하고 있다.

석탄은 97년 현재 세계 1차에너지공급의 27%정도를 담당하고 있다. 석탄 및 기타 화석연료의 이용은 현재 및 미래의 안전한 환경과 일치하는가? 화석연료의 생산 및 소비를 위한 윤리는 무엇인가? 어떻게 이러한 갈등을 풀 것인가?

WEC의 주장에 의하면 “보다 많은 노력이 필요하고... 화석연료의 생산·이용에 따른 환경문제를 개선하기 위하여; 공급 및 이용되는 모든 형태의 에너지에 대한 효율을 상당수준 높이고 非화석연료의 이용을 증가시켜야 한다”(1996, 11)

엄청난 에너지의 수요증가--2010년에는 97년 수준대비 30% 추가 필요--를 충족시키기 위한 화석연료가 불충분하기 때문에 非화석연료의 이용증가는 필수적이다.

화석연료는 점증하는 환경압력에 직면하겠지만, SO_x, NO_x, 분진감소 등 환경개선 기술이 개발되어 있다. CO₂에 대한 우려는 지구온실화문제에 대한 논의에서 유래하였고 감축, 포집, 처리 및 격리라는 용어는 CO₂는 의와 관계가 있다.

화석연료산업도 UNFCCC에 서명하고 비준한 세계공동체의 일부이다. UNFCCC의 목적은 기후시스템에 위협한 인위적 간섭을 방지하기 위해서 온실가스 농도를 일정한 수준에서 안정화시키자는 것이다.

공동체의 책임이란 지구를 보호하기 위해서 지속가능한 방법으로 에너지를 이용하는 것이다. 우리에게는 에너지를 공급할 능력이 있고, 환경개선에 이용가능한 효율적 기술도

있다.

전력생산에서 석탄의 열효율을 20%에서 30%로 올릴 경우 CO₂ 배출이 33% 감소하고, 30%에서 40%로 올릴 경우는 CO₂ 배출을 25% 추가 감소시킬 수 있다. 현재의 세계 석탄이용 평균열효율은 25% 수준이다.

기술도입은 엄청난 보상을 가져오지만 비용지불이 필요하다. 산업계가 일부 담당할 수 있지만 정부, 업계, 국제기관의 공동보조는 결과를 극대화시킨다.

개도국에 특정 에너지에 대한 접근을 거절하는 것은 책임이 없지만, 한 국가의 사회적 경제적 개발에 부합하는 가장 효과적인 방법으로 에너지를 공급하도록 도와줄 책임은 있다. 이것이 바로 이미 가지고 있는 기술을 제공하기 위하여 함께 일하고, 새로운 기회를 맞이하기 위한 도전이요 세계공동체의 책임이다.

R. Williams (패널리스트)
美프린스턴大 과학자

연료전지 개발과 수소이용으로 혁명적인 변화 예상

나의 아이디어는 화석연료를 환경·기후친화적인 것으로 만들기 위한 기술전략으로서 WEC Journal '98. 7월호에 게재한 바 있으며, 기본개념은 연료전지의 전망에 대한 것인데, 화석연료로부터 CO₂를 분리하는 과정에서 발생하는 수소를 이용하는 것이다.

이 기술은 모두 미래기술로서 10~15년 후면 완전히 상업화될 수 있으며, 먼장래 기술

인 핵융합과 같은 기술은 아니다.

수송에너지, 열병합발전 및 집중방식의 대규모 發電을 위해 연료전지를 검토해보자. 이 부문에 대한 발전속도는 아주 빠르게 진전되고 있어 자동차 회사들은 PEM(Proton Exchange Membrane) 연료전지 개발에 집중하고 있다.

또한 열병합발전 부문에서도 PEM 연료전지의 개발이 집중적으로 이루어지고 있다. 수소를 이용한 연료전지가 시장가치가 높기 때문이며, 수소이용 연료전지는 오염이 없다.

이 전략에서 흥미로운 부분은 수소의 집중방식 생산으로 CO₂는 부산물로서 생산되고 적당한 비용으로 지하에 격리시킬 수 있다. 현 기술로 저장비용은 전체 비용의 약 25% 수준이다. 이 정도의 비용으로 지하 대수층에 저장하거나, 폐유전이나 폐가스전에 주입시켜 격리시키고, 원유 및 가스생산 증가를 위해 이용하거나, 폐탄층에 격리 또는 메탄 회수를 향상을 위해 주입가스로 이용할 수도 있다.

상업적 이용이 가능한 소위 제1세대의 수소생산기술 단계를 지나서 세라믹막을 이용한 수소-CO₂ 분리 또는 CO₂ 포접수화(clathrate hydrate) 형성을 위한 신기술을 이용할 경우 수소생산 단가를 크게 낮출 수 있고, CO₂ 처리비용도 종전에 비해 25%수준으로 낮출 수 있다.

CO₂ 처리를 위한 가장 큰 저장소는 해저 800m 이상 심해에 있는 염수층이다. 최근까지도 이 염수층에 안전하게 가두기 위해서는 배출방지장치를 만들어야 하는 것으로 알고 있었다. 그렇게 된다면 심해 대수층의 격리 용량은 아주 제한되어 지구 전체 누적 CO₂배출량의 10년치도 저장 못한다.

그러나 구조적 배출방지장치가 필요없는



것으로 밝혀지고 있으며, 오히려 대규모 수평식 개방대수층에 CO₂를 안전하게 저장하는 것이 가능하다는 것이다. 이 경우 심해염수층에 수백년간의 화석연료 배출물을 저장할 수 있게 된다. 육지의 절반이상이 퇴적층으로 이루어진 점을 감안할때 그 속에도 저장이 가능하게 된다.

수소가 주요 역할을 하게 되고, 분리된 CO₂를 격리시키는 때가 되면, 집중방식으로 수소를 생산하여 자동차나 기타 수송수단, 열병합발전소에 공급하게 되는 상황으로 발전할 것이다.

실제로 수소를 집중방식 시설에서 생산하게 된다면 심중팔구는 수소만 생산하지는 않을 것이다. 다종의 제품이 생산될 것인데, 주로 수소와 전기를 생산할 가능성이 높다. 주원료는 석탄이 될 것이며, 국지적·지역적 오염이 전혀 없고 CO₂도 거의 배출하지 않는 새로운 개념의 시설이 된다

이것이 바로 최근 美DOE가 마련한 소위 "비전21" 프로그램으로서 목표는 2010~2015년 사이에 신기술을 상업화시킨다는 것인데, 현재 이용되는 최신의 유동층연소 석탄발전소보다 발전단가를 10% 낮추고, 석탄의 열효율을 50~60%, 최고 65% 수준까지 향상시키겠다는 것이다.

프로젝트에 대한 R&D와 실증 및 상업화를 위해 공공부문의 지원이 필요하다. 공공부문의 지원이 쉽지 않은데, 그 이유는 금융여건이 점점 타이트해지고 있고, 대부분의 선진국에서 공공부문이나 민간부문 모두 장기 R&D, 실증프로젝트, 상업화를 위한 투자가 감소하고 있기 때문이다.

상업화에 필요한 비용저감은 연료전지부문이 먼저 이루어져야 한다. 이유는 연료전지는 모듈화가 가능하고, 규모가 작고, 대량

생산이 비교적 손쉽기 때문이다.

결론적으로 화석연료가 환경이나 기후에 친화적이라는 것이 모순되지 않는다.

U. Colombo (제널리스트)
前 이태리 과기부장관, ENI이사

에너지정책에 대한 정부의 적극적인 역할이 있어야

대체에너지로의 전환과 효율향상이 지속 가능한 에너지전략으로 다루어져야 한다. 현재 화석연료의 가격이 낮아 연료전환의 필요성이나 효율의 획기적 개선을 위한 신호가 보이지 않는다.

EC가 후원하는 지속가능한 미래를 위한 에너지 R, D&D 옵션에 관한 연구를 보면 에너지 시스템상 각 단계별 효율향상의 여지는 충분하지만 이를 수행할 비용측면의 동기가 부족하다.

미래의 에너지 시스템은 전기에 대한 의존이 높아진다. 성능개선으로 기존발전소를 업그레이드시킬 수 있다. 가능하다면 신규 설비는 복합사이클발전과 열병합발전이 되어야 하고 고정식이든 이동식이든 연료전지 같은 신기술 개발에 집중되어야 한다.

초전도물질을 이용하는 새로운 형태의 송전, 전기저장기술 및 시스템이 개발되어야 한다. 그 이유는 개도국에서 소비자와 멀리 떨어진 수력발전을 이용하고, 간헐적으로 생산되는 신재생에너지가 전력망에 쉽게 연결될 수 있어야 하기 때문이다. 에너지의 한 벡터로서 수소의 이용도 그리 멀지 않았다. 수소의 생산, 저장, 수송 및 이용기술 개선이

이루어져야 한다.

화석연료의 '그린화'(greening)라는 것은 매우 광범위하고 개방적인 이슈로 보이는데, 여러가지 기술의 선택이 가능하지만 상당수는 수요관리측면의 에너지정책과 연관이 있다. 단열개선, 경량소재를 이용한 첨단자동차 설계, 항공역학의 개선과 타이어의 개선, 수송 및 산업용 첨단엔진, 에너지집약 산업의 공정개선, 소재의 리사이클 증가, 에너지 효율 ICT 및 바이오 테크놀로지 이용증가, 도시계획, 대중교통 및 수송연계 등 이러한 모든 것이 "greening"이슈와 관련된 것들이다.

70년대 석유위기 당시 미국이나 유럽 모두 에너지안보가 지배적 이슈였다. 카터대통령은 미국민들에게 에너지자립의 목표를 성취시키기 위해 '에너지와의 전쟁'(The moral equivalent of war)을 슬로건으로 내걸었다. 20년후인 지금은 상황이 많이 변했다.

첫째, 분위기가 이완된 것처럼 보인다. 세계화시대에 에너지부문 뿐만아니라 전분야의 상호의존으로 지구온실화의 위험이 등장하고 기타 의문들이 퍼지고있다. 화석연료의 타연료로의 대체촉진 및 에너지이용 효율향상에 의한 온실가스배출 감축정책 시행은 이제 사회적으로 비용을 치르더라도 불가피하게 되었고 현안이 되고 있다.

이러한 관점에서 미국의 과학자 R. Revelle가 한 말을 기억하는 것은 의미가 있다. "노예제도는 노예에게 먹을거리를 제공하는 비용이 기계에 들어가는 연료 구입비보다 싸지기 전까지는 폐지되지 않았다."

유연하면서도 발전된 에너지전략을 수립하고 장기전략 연구를 위해 충분히 지원하는 것은 정부의 책임이다. 또한 선진국에서는 시장의 흐름을 바로잡고 탄소세 도입으

로 화석연료의 가격을 올리는 경제시스템을 채택하여 업계가 지속가능한 방향으로 나아가도록 유도하는 것도 정부가 해야 할 일이라고 확신한다.

탄소세 수입의 일부는 에너지효율적이고 환경친화적인 기술이 개도국으로 보급될 수 있도록 지원하는데 쓰여질 수 있다. 개도국은 기본적인 수요를 충족시킬 수 있는 에너지도 부족하다.

분명해지고 있는 위험이란 당장에 일어나는 것도 아니고 域內적인 것만도 아니다. 그것은 장기적으로 기후체계에 영향을 미치는 것이고 느리지만 점점 가속적으로 진행되고 중국에는 전인류에게 영향을 미치는 것이다. 공유할 수 있는 윤리적 책임이 인식될 때 "화석연료의 그린화"(greening of fossil fuel)가 지구적 지속가능성을 달성할 수 있는 범위로까지 확대될 수 있다



선진국과 국제기관의 지도력과 협력이 우선

모든 문명은 빈부간에 상당한 시차를 두고 발전하고 있으며, 인간이 환경에 미치는 악영향은 이미 알고 있는 내용이다. 1873년 런던에서 호흡질환으로 700여명이 사망한 사건을 한번 보자. 이 사건은 복지라는 명목과 개발때문에 일어났다.

20세기 중반까지 세계인구는 25억으로 증가했고 산업화는 확산되었다. 98년 현재 세계인구는 1950년보다 2배로 증가했고 경



제활동은 4배가 되었다.

인간이 환경에 대해 악영향을 미친다는 것이 이미 알고있는 일이라면, 새로운 것은 무엇인가? 그것은 부국들이 빈곤국가 사람들의 운명에 대해 관심을 가지기 시작했다는 점이다. 그 주된 이유는 빈곤사람들의 행위가 그 지역 뿐만아니라 세계 전체적으로 심각한 영향을 미칠 수 있다는 것을 깨달았기 때문이다.

공업발전이 환경손상을 초래한다는 사실이 지구를 깨끗하게 하자는 다수의 시도를 가져왔다. 공업발전과 환경간의 충돌이 지속가능한 개발의 개념을 제시했다. 군비경쟁이 치열하던 양극시대가 전쟁이 아니라 사업의 세계화를 통해 해결되었듯이 지속가능한 개발이라는 입장에서 별책을 강요하는 강제적 규제는 목표를 달성할 수 있는 수단이 못된다.

오늘날의 어떠한 선진국도 과거에 에너지 이용에 대한 제약을 받았더라면, 현재의 상태에 이르지지는 못했을 것이다. 이러한 논리는 환경의 식민지를 가능케하며 갈등을 해결키 위해서는 새로운 방법을 찾아내 선후진국간의 갭을 제거해야 한다. 새로운 방법이란 기술과 협력의 영역속에서나 가능하다고 확신한다.

특정에너지를 차별화하는 조세, 정책등 기존의 관행을 심각하게 재검토할 시기가 왔다고 확신한다. 한 다국적기업이 주장하기를 '환경문제를 해결하고 지속가능한 세상에서 살고자하는 개도국 국민들의 다양한 여망을 충족시키기 위해서는 부의 창출을 통해서 자원을 공급하는 길밖에 없다'고 했다. 이처럼 성공을 위한 기본적인 요소는 협력이다. 균형잡힌 지구적 해결책은 선진국과 국제기관의 지도력과 확

실한 협력없이 불가능하다. 자금제공 방식도 개선하여 개도국 정부로 하여금 환경수준이 낮은 기술을 채용하도록 해서는 안된다.

A. Miller (패널리스트)
세계은행 GEF

GEF는 파트너십을 통해 화석연료 그린화에 기여

지금까지 논의한 내용을 2가지로 요약하면 첫째, 환경 및 사회적 목표와 일치하면서 풍부한 화석연료를 사용할 수 있는 기술을 어떻게 이용할 것인가? 둘째, 이 목표를 달성하기 위한 전략으로서 어떻게 하면 개도국에 초점을 맞출 것인가 하는 문제이다.

GEF는 개도국에 청정에너지기술 이전과 개발을 촉진하는 유일한 기관이며, 지구환경 보호에 소요되는 비용마련을 위한 파일럿 프로그램으로 1991년 세계은행이 만들어 UNDP 및 UNEP와의 파트너십에 의해 운영되고 있다.

GEF는 주요국가의 기부금으로 1998년 중순까지 약 20억달러를 환경프로젝트에 투자했고, 향후 4년간 소요될 약 27억달러를 98년에 마련하였다.

GEF는 다양한 방법으로 화석연료의 그린화를 추진하고 있는데, 기존발전소나 에너지집약산업의 에너지효율개선 지원으로 상당한 성과를 올렸다. 선진국에서는 개발되지 않을 수도 있지만, 개도국의 환경개선을 위해서는 유용한 신기술개발을 지원하고 있다. 예를 들어 연료전지버스가 여

기에 해당되며, 천연가스, 석탄 및 석유제품연료의 효율적이고 청정한 이용 방법을 제시한다.

현재 개발중인 GEF 프로그램으로 탄소격리전략이 있는데, 이것은 화석연료 이용과 관련하여 탄소 제거 및 저장을 위한 것이다. 수혜국가의 에너지 및 환경 목표를 성공적으로 통합하기 위한 교육훈련 프로그램도 있다.

개도국의 청정에너지기술 도입에 따른 두가지 과제는 첫째, 정부로 하여금 기술도입 문제와 보다 상위의 개발 목표를 연계시키도록 하는 것이다. 청정에너지는 공중보건, 시골지역 삶의질 개선, 연료수입 외화절약 및 기타 개발의 고전적 개념에 필수적이다.

두번째 필요한 것은 민간부문과의 파트너쉽 활성화이다. 지금까지의 GEF 프로그램은 대부분의 기업들에게 귀찮은 존재였으며, 때로는 기업 영업전략의 기밀성을 보호하지 못했고, 신기술이나 마케팅 전략을 다루는데 있어서도 불완전했다.

GEF는 도전과제의 규모에 비하면 아주 조그마한 조직일 뿐이지만, 다른 공공 또는 민간 파트너들과 파트너쉽을 형성하여 화석연료의 그린화에 상당한 영향력을 발휘할 것이다.

P. F. Godley

화석연료의 그린화를 위한 전략개발은 누가 선도해야 하는가?

U. Colombo

일단 top-down 방식은 아니라고 본다. 널리 알리고 책임감도 확산시키는 전략이 필요하다. 세계 도처의 조직들과 공동보조를 맞

추거나 리더쉽을 공유할 수 있다. 예를 들어, 나는 캐나다의 IDFC라는 국제연구개발센터의 책임자로 있었는데, 이 센터는 단순기술, 효율기술을 개발하고 개도국에 보급을 촉진하는 업무를 캐나다의 또다른 지원기관인 CEDA와 아주 잘 수행하고 있다. 하나의 예에 불과하지만 국제협력에서는 bottom-up 방식이 낫다고 믿는다.

R. Williams

분산방식의 해법이 바람직하다는 총론에는 동의한다. 그러나 화석연료의 그린화를 위한 목표설정에는 정부의 책임인데, 정부는 민간부문이 신기술을 상업화하는데 필요한 동기부여를 만들어줘야 한다.

개도국과 관련해서는 산업계의 국제간 협력축진이 특히 중요한데, 그것은 기존기술을 시장으로 유입시키기 위한 것이 아니라 내가 앞에서 언급한 첨단기술의 연구, 개발, 실증 및 상업화를 촉진시키기 위한 것이다.

개도국은 수요의 급성장이 있기 때문에 혁신을 위한 무대로서는 더 이상 좋을 수가 없다. 이러한 시장개혁과 급속한 수요성장을 결합시키면 기술혁신을 위한 이상적인 조건을 확보하게 된다.

P. F. Godley

정부가 강제적으로 소비자들로 하여금 에너지를 절약하게 만들고, 탄소세 도입으로 보다 효율적인 에너지이용이 가능한가?

V. Paglione

현실적으로 탄소세 도입으로 효율향상을 가져올 것으로는 보지 않는다. 역사적으로 조세란 어떤 문제도 해결하지 못했다. 오히려 문제만 만들뿐이다. 예를들어 이태리에서



기술권에 부과시키는 고율의 세금이 소비를 줄이지 못했다. 물론 자동차 설계상의 개선 정도야 있었겠지만, 큰 도움이 아니라고 생각한다.

개도국은 개발이 필요하다. 그렇지 않으면 개도국이 아니라 이미 선진국이다. 나는 '사람이 배고플 때는 다른 것은 생각하지 않는다'는 비유를 좋아한다. 개도국은 개발을 필요로 한다. 에너지절약이나 환경문제 따위는 별로 관심이 없다. 따라서 딜레마에 빠지게 된다.

나는 탄소세등 처벌적 조치가 문제를 해결할 수 있다고 보지 않는다. 개도국에서 탄소세를 도입할 경우 값만 올리게 되어 개발이 최우선인 그들에게 개발을 못하게 할뿐이다. 세계은행과 같은 국제기관이 지도적 역할을 하여 개도국이 신기술을 채택할 수 있도록 지원해야 한다.

U. Colombo

이태리의 고가에너지 정책은 상당한 효율 향상을 가져왔다고 생각한다. GDP와 비교하여 에너지효율을 측정해보면 이태리, 일본, 프랑스가 OECD 회원국중에서 에너지효율이 가장 높다.

세금이란 항상 부정적 결과를 가져온다는 것은 맞다. 조세수입의 일부를 민간부문이 개도국으로 기술이전을 할 수 있도록 지원하는데 쓰도록 하자는 것이 내가 제안하는 바이다. 보통 민간기업의 지적자산이라는 이유로 에너지효율기술이 개도국에 이전이 잘 되지 않는 것으로 알고 있다.

그러나 민간부문, 정부, 개도국간에 묘한 삼각관계가 있다면 탄소세란 의미가 있다고 생각한다.

R. Williams

매년 에너지부문에 투자하는 비용이 4000억달러 정도인데 탄소 1톤당 1달러를 세금으로 거둔다면 선진국에서 연간 약40억달러의 수입을 올리게 된다. 이 금액을 화석연료 및 에너지의 그린화를 위한 혁신 기술 개발에 투자하면, 기술도입료를 낮추게 되어 개도국의 기술이전을 돕게 된다. 그러나 에너지가격에 미치는 영향은 미미하다.

R. Knapp

정부의 신뢰도가 문제인데, 우리 대부분이 경험했겠지만 정부란 처음에는 고고한 명분을 내세워 세금을 부과하지만, 시간이 지나면 당초의 명분은 흐지부지되고 돈은 다른 데로 쓰여지게 된다. 따라서 시장의 원리에 맡기는 것이 낫다고 생각한다.

H. Khatib

탄소세는 차별적인 행위로서 시장에 잘못된 신호를 보내게 된다. 보조금과 똑같은 효과를 내게 된다.

또하나의 주요 관심사는 화석연료의 그린화를 어떻게 달성할 수 있느냐인데, 화석연료 이용증가의 대부분이 개도국에서 일어날 것이다. 따라서 이들 국가에 기술이전을 위한 지원이 아주 중요하다. 지원은 국제기관을 통해서 이루어질 수 있고, GEF도 그중의 하나이다.

V. Paglione

석유산업은 지난 10년동안 기술개선을 주도적으로 해온 산업중의 하나이다. 기술개선은 저유가 기간동안에 일어났다. 저유가가 공급사이드의 효율을 높였다.

효율향상에 유리한 것은 고유가인가? 저유가인가? OPEC이 가격을 올리는 것은 쉬운 일이다. 그러나 현재 OPEC 회원국조차도 반드시 고수입을 보장하지 않는다는 것을 알기 때문에 반대한다. 또한 탄소세는 화석연료를 차별하기 때문에 반대한다.

U. Colombo

물론 석유산업의 효율이 높아진 것은 저유가가 보다 저렴한 기술을 개발하도록 유도하였기 때문이다. 석유부문의 탄소세 수입이 반드시 석유산업으로 들어간다는 뜻은 아니다. 오히려 그 반대가 될 가능성이 높다. 또한 수요측면에서 본다면 고유가가 절약을 촉진시킬 것이지만, 공급측면에서는 완전히 다른 결과가 나올 수도 있다.

A. Miller

첫째, 시장의 원리가 잘되지 않는 분야가 장기연구이다. 저유가가 효율을 촉진시키고 비용감축을 가져왔지만, 반드시 장기 R&D를 증진시켰다고 할 수는 없다.

일례로 산업의 구조조정 결과 보다 경쟁적인 시장으로 바뀌었다. 전기산업의 경우 시간이 지나면서 요금이 내려갈 것으로 예상되지만, 미국의 경우 공익전기사업자들이 연구프로그램을 삭감시켰으며, EPRI의 경우 그 여파로 어려움을 겪었다.

둘째, 시장이란 기후변화문제와 관련한 외부경제를 제대로 반영하지 못한다. 민간부문이 국제협약의 법적 제도화나 국내법 제정없이도 온실가스문제를 자발적으로 다룰 수 있으리라고 기대한다는 것은 비현실적이다.

셋째, 선후진국간 협력과 관련 기조발표에서 언급한 CDM의 잠재적 중요성인데, 정치

적으로 수용될 수 있는 메카니즘으로 발전시킬 수 있다면 기후협약의 목표달성을 위해 선진국이 개도국에 투자할 수 있는 좋은 방안이 될 수 있다.

넷째, 돈의 흐름과 관련 개도국에 대한 직접투자 규모가 엄청나게 증가하고 있다. 그러나 지적할 사항은 자금이 공평하게 분산되지 않아 시장여건이나 정책방향이 좋은 10~12개 국가에 집중되고 있다. 세계은행내에서도 이러한 현상은 불가피하다고 보고 있다. 부패문제가 해결되지 않고 정책환경이 준비되어 있지도 않으며 국제기관의 간섭으로 아무것도 비꿀수 없는 국가에 직접적인 해외투자를 하라는 것은 불가능한 일이다.

다섯째, 지난 수개월 경험한 바와 같이 시장이란 아주 변덕스럽다. 돈이란 빨리 들어올 수도 있지만 동시에 신속히 빠져나갈 수도 있다. 어떤 인센티브를 제공하여 에너지 부문에 투자환경을 조성할 것인가를 고려하여야 한다.

R. Williams

장기 R&D에 대한 정부지원과 이를 위한 외부경제의 이론적 근거에 대해 언급한 A. Miller의 의견에 대해 전적으로 동감이다.

첫째, 사익과 상반된 공익을 다룰 때 정부의 역할이 필요하다는 것은 널리 인정되고 있다. ① R&D의 정부지원에 대한 고전적 근거의 하나로 개인기업이 R&D 투자에 대한 편익을 100% 취할 수 없다는 것이 하나의 이유이며, ② 환경의 외부경제가 장기 R&D에 대한 불가피한 정부지원의 이유이며, ③ 경제의 세계화와 기술혁신의 급속한 국제이전으로 기술개발 국가가 투자혜택을 더 이상 완전히 취할 수가 없다. 따라서 R&D 및 상업화를 위한 실증사업에 국제협



력이 시급히 요구된다.

둘째는 특히 연료의 탈탄소화 및 CO₂ 격리와 관련한 석유 및 가스산업계의 리더십에 대한 것인데, 현재 수소 생산을 위한 전문기술은 대부분 석유가스산업 및 석유화학산업쪽에 있다. 그 이유는 정유공장이나 암모니아 생산을 하는 석유화학쪽에서 대부분의 수소생산이 이루어지기 때문이다. 또한 기후변화문제를 처리하기 위한 전략으로서 CO₂ 지하격리 처리를 취하게 된다면 이 분야를 담당할 전문기술도 대부분 석유가스산업쪽에 있기 때문이다.

방청객 (인도 석유가스부)

인도같은 개도국은 빈곤선 아래에서 살고 있는 사람들이 많다. 따라서 기본적인 이슈는 녹색이든 적색이든 흑색이든 관계없이 기본적인 에너지와 시설을 갖는 것이다. 이것이 첫째 순위인데 이것을 충당할 자금이 없다는 것이 문제이다. 따라서 선진국은 개도국에 무상으로 기술지원을 하여 세계 전체적으로 오염을 줄이도록 해야 한다. 즉 배출권거래제 도입을 제안한다.

H. Khatib

인도 방청객의 의견에 동감이다. 인도, 남아시아, 사하라이남아프리카의 약20억 인구는 상업에너지에 대한 접근을 못하기 때문에 어떤 형태의 에너지이든지 상관없는다. 이들이 에너지를 갖도록 도와야 한다. 선진국은 기술이나 기술지원을 통해서 이들에게 새로운 에너지 이용이 가능하도록 지원을 해야한다.

U. Colombo

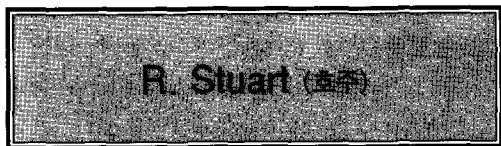
화석연료의 그린화란 최고수준의 효율에

서 이용하는 것을 뜻한다. 따라서 귀한 화석연료자원을 최대한 절약하자는 의미도 있다. 따라서 정부나 산업계 모두 경제의 그린화를 위해 협력해야 한다. EU에서는 탄소세에 대해 정부수준의 협의를 하고 있다.

물론 국제경쟁력과 관련해서는 문제가 있다. 美행정부가 에너지탄소세를 수용하지 않는다면 EU단독으로 추진하기는 어렵다. 앞에서 R.Williams가 말한 것처럼 약간의 세금추징으로 잘만하면 엄청난 결과를 가져올 것이다.

P. E. Godley

책임문제와 관련하여 민주주의 사회, 경쟁 시장 사회로 나아가고 있는 상황에서 어떻게 변화를 유도할 수 있는가, 결국은 국민들의 의지문제라고 생각된다. 그 의지만이 국제기금이나 R&D 프로그램에 필요한 자금을 마련하도록 정치인들을 움직일 수 있다. 화석연료의 그린화를 위한 광범위한 참여를 이끌어내는데 정치적 의지가 없다면, 국민들의 의지가 선량들에게 전달되지 않는다면, 안주하고 있는 선진국을 어떻게 움직일 수 있겠는가?



R. Stuart (스튜어트)

토론내용 요약 발표

- ① 화석연료의 그린화는 왜 중요한가?
 - 화석연료는 상대적으로 이용가능성, 편리성, 경제성이 높아 최소한 당분간은

없어서는 안된다. 원자력, 수력, 재생에너지 등 대체에너지가 아직은 상당한 제약 받고 있기 때문이다.

- 세대간의 형평 문제 때문에 화석연료의 그린화는 중요하다. 즉 하나는 환경보전의 중요성이고, 다른 하나는 非재생자원의 고갈문제이다.
- 개도국에서 화석연료의 그린화는 개발과 환경을 연계시켜야 한다. 기후변화문제와 관련하여 개도국이 특히 취약하며 일부 환경영향은 개도국에 아주 치명적이다.
- 교토의정서는 화석연료 그린화의 중요성을 보여주는 것이다. 이것이 의회에서 비준되어 발효된다면 경제에 엄청난 도전이 되는데, 화석연료의 오염배출을 줄이는 기술이 매우 중요하게 된다.

② 신기술 이용으로 그린화는 어느정도 달성가능하고, 어떤 R&D 정책이 채택되어야 하는가?

- 화석연료에 의한 오염배출감축 기술투자를 기타 기술이나 재생에너지에 대한 R&D투자와 비교하여 어디에 우선순위를 둘 것인지를 선택해야 한다.
- 오늘 발표된 내용중 중기적으로 선택가능한 유망기술은 Williams 박사의 화석연료와 연료전지생산을 결합시키고, 지하에 탄소를 격리시키는 기술이다. 이것이 실현되면 상황이 완전히 뒤바뀌게 된다. 또 하나는 기존의 개발된 기술로도 개도국에 활용할 경우 엄청난 성과를 올릴 수 있다는 것이 확인되었다.

③ 화석연료의 그린화 이상으로 광범위하게 고려할 사항은?

- 수요측면에서 최적의 효율과 최저의 비용으로 에너지서비스에 대한 수요를 충족시키는 문제
- 非화석연료 공급옵션 즉 수력, 원자력, 재생가능에너지 모두가 문제는 있지만, 이용확대를 위한 방법도 있다.
- 환경개선을 위한 필요조건으로서 경제발전이 중요하다. 에너지 효율적인 도시 형태를 위해 사회공학과 에너지계획을 통합시킬 필요성도 제시되었다.
- 특히 개도국에서 인구증가와 에너지수요 성장간의 관계를 고려해야 한다.

④ 위에 제시된 모든 요구를 실현시키기 위한 최적의 공공정책적 접근방법과 수단은 무엇인가?

- 가격이 제역할을 하도록 한다. 즉 환경비용이 가격에 반영되도록 한다. 이것은 필요조건이지만 매우 중요하다.
- 시장원리에 따른 수단 예를들어 배출물 거래제, 탄소세등이 규제, 명령, 통제형의 접근방법보다 적은 비용으로 환경보호를 달성할 수 있다.
- 특히 개도국에서는 온실가스문제를 기존의 환경오염문제와 공개적으로 비교하여 우선순위를 정하는 것이 중요하다.
- 정부간의 조정과 정부와 업계간의 협력 개선
- 정부의 재정지원을 지렛대로 이용하기
- 시장실패가 발생하는 장기 R&D에 대한 정부의 역할