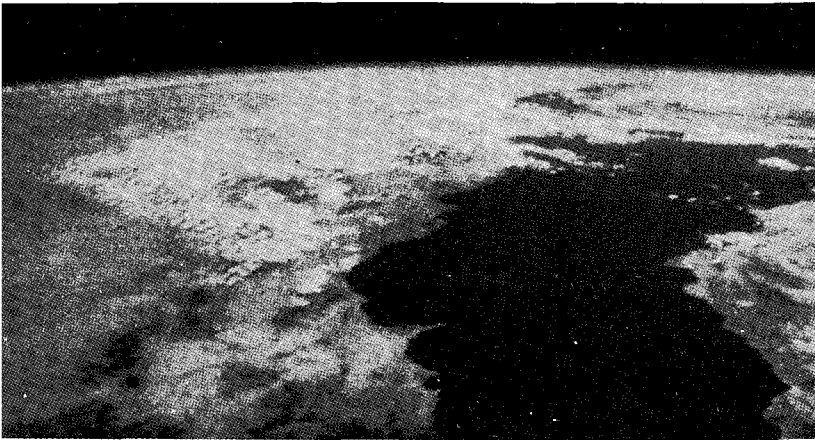


이 글은 지난 9월에 마드리드에서 열린 WEC총회의 본회의 GEA2(Global Energy Addresses) 프로그램에서 “지구의 에너지”를 주제로 강연한 것을 요약하여 옮겨 실는 것이다.

이 GEA2 프로그램에는 프랑스 TOTAL 명예회장 Ortoli박사와 브라질의 Goldem berg교수가 주제강연을 했는데 이것을 두번에 나누어 실는 것이며 이번 호에는 「골데미버그」교수의 강연내용을 다음호에 「오토리」회장의 강연내용을 실기로 한다.

「골데미버그」교수의 강연요약문 내용은 올해 6월에 열린「리우」회의의 정신에 입각해서 앞으로의 세계 에너지사용의 방향을 제시했으며 특히 개발도상국들의 경제개발이 필수적인 점을 감안,온실효과 가스放出의 증가를 어떻게 규제해 나가느냐 하는 문제 제기등을 한 대목이 인상적이다.

〈인공위성에서 내려다본 아름다운 地球의 한 部分〉



地球환경보전 모든要素 종합평가 公平分擔마땅

I. 과학적 증거들

지구 기후 변화에 대한 입수 가능한 가장 확실한 정보들은 세계기상기구(WMO)와 유엔 환경계획(UNEP)의 공동 후원으로 구성된 “기후 변화에 관한 정부간 협의체의 평가보고서(Scientific Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change)”에서 찾아 볼 수 있는데, IPCC는 25개국 수백 명 과학자들의 힘을 빌어서 이 보고서를 작성하였다. 이 보고서를 평가하는 데에도 별도로 200명의 과학자들이 참여하였다.

이러한 노력의 과정에서 이 보고서의 신뢰도에 대해 고도의 공감대가 형성되었으며, 그 결과 IPCC 보고서는 지구 기후 변화 문제에 대해서 이제까지 발간된

현재 : 브라질 교육부장관, 前브라질 환경보사, 과기처장관



조스 골데미버그 (Jose Goldemberg)박사

현 추세 계속, 30~40年内CO₂放出2배

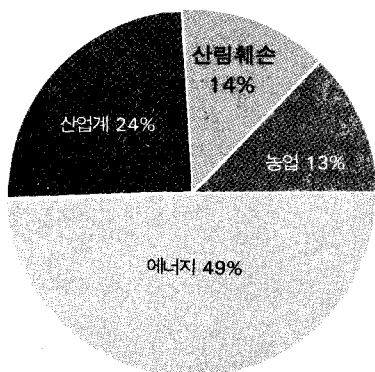


그림 1 : 온실효과에 미치는 각 분야의 영향

문서 중에서 가장 권위있는 견해를 담고 있다고 전세계 과학계가 인정하고 있다.

이 보고서의 주요한 결론들은 다음과 같이 요약된다.

1. 이산화탄소, 메탄가스, 염화불화탄소류(CFC), 아산화질소 등의 온실효과 기체들의 대기중 농도는 인간활동에 기인하는 방출에 의해서 획기적으로 증가하고 있다.

2. 모델링 연구와 실제 관측, 민감도 분석 등에 의해서 얻어진 증거들은 이산화탄소 농도가 두 배로 증가하면 지표면의 평균 기온이 1.5°C에서 4.5°C 상승의 범주 밖에 놓일 것이라고 기대하기는 곤란할 것으로 간주하게 한다.

3. 지표면의 대기 온도는 지난 100년 동안 전세계적으로 평균 0.3°C 내지 0.6°C 상승하였다.

4. 앞으로의 기온상승 속도는 10년마다 0.2°C 내지 0.6°C(평균 0.3°C) 정도일 것으로 예상된다.

5. 기온 상승에 의한 해양의 수면 상승은 향후 10년마다 2 내지 4 센티미터에 이를 것으로 예상된다.

인간 활동의 각각의 영역이 온실효과에 미치는 기여도는 그림 1에 제시되었다.

이산화탄소는 온실효과에 55% 정도 영향을 미치는데 그 나머지 부분은 그림 2에서처럼 다른 기체들이 영향을 미치는

것으로 설명될 수 있다.

그림 3은 이산화탄소를 비롯한 온실효과 기체들이 화석 연료의 사용과 삼림 훼손에 의해서 지구의 어느 지역에서 발생하는 지를 보여주고 있다.

지구 기후 변화의 주요한 원인은 온실효과에 절반 이상의 기여도를 보이는 이산화탄소 방출에서 찾을 수 있다.

이산화탄소는 화석 연료의 연소(및 바이오매스의 사용)에 따르는 불가피한 귀결인데, 따라서 에어로졸이나 유황, 아산화질소등과 같이 여과하거나 포획해서 제거할 수 있는 일반적인 오염물질들과 같이 취급할 수 없다.

에너지 생산은 명백히 이산화탄소의 가장 주된 발생원이다. “BAU 시나리오(Business As Usual Scinario, 어떤 특별한 조치가 없이 현재의 추세가 그대로 유지된다고 가정하는 시나리오)”에 의하면 이산화탄소 방출량은 향후 30~40년 이내에 두 배로 증가하여 앞에서 언급된 바와 같은 결과를 야기시킬 것으로 예상된다.

앞으로 예상되는 이산화탄소 방출량 증가를 그림 4에서와 같이 선진국과 개발도상국으로 구분하여 살펴보는 것은 문제의 진면목을 이해하는데 대단히 유익하다.

선진국에서의 에너지 사용(그리고 그 귀결인 이산화탄소 방출)은 1975년 이후 거의 정체된 수준에 있는 반면, 개발도상국들에서는 인구 증가와 경제 성장으로 인해서 향후 30~40년 동안 계속 증가할 것이다.

그림 4에서는 개발도상국들에서의 에너지 사용이 매년 3 퍼센트와 4 퍼센트씩 증가한다고 가정하였을 때의 추정치를 보여주고 있다.

그림 4에서 보이다시피, 만약 그 때까지 어떤 특별한 조치가 취해지지 않으면 서기 2010년/2015년에 이르렀을 때 개발도상국들의 이산화탄소 방출 기여도는 선진국들의 그것과 동등한 수준에 이를 것이다.

기후 변화에 의한 달갑지 않은 결과들을 완화하거나 회피할 수 있는 유일한 방법은 앞으로 수 10년 동안 이산화탄소(및 기타 온실효과 기체들)의 방출을 저감하는 것이다.

그 한 예로서 그림 5에서는 온실효과를 완전히 배제할 수는 없지만 적당한 수준까지 완화시키는데 필요한 이산화탄소 방출량의 획기적인 감축안을 보여주고 있다.

기후 변화에 관한 세계 각국의 관심도가 매우 높기때문에 지난 6월 브라질 「리우」에서 개최된 UNCED(환경 및 개발에 관한 유엔 회담)에서는 154개국이 “기후 협약(Framework Convention on Climate Change)”에 서명하기에 이르렀다.

이들 154개국이 인정했던 원칙들 중의 하나는 다음과 같은 것이다.

“각국 정부는 기후 변화의 원인을 예지, 예방, 감축시키며 그로 인해 야기되는 악영향을 경감시키기 위한 사전조치들을 취해야만 한다.

돌이킬 수 없는 심각한 피해를 초래하는 위협이 있음에도 불구하고 그것에 대한 과학적인 확증이 충분치 않다는 것이 각종 대책의 실시를 지연시키는 빌미가 되어서는 안된다.

기후 변화에 대처하는 각종 정책 및 방안들은 가능한 최소의 비용을 투여하여 범지구적인 최대의 이익을 획득할 수 있는, 비용 효과적 결과이어야만 한다

CO₂放出 - 선진국 飽和, 開途國 증가

는 점이 고려되어야 한다.

이러한 목적을 달성하기 위해서 앞의 정책과 대안들은 각기 다른 사회경제적 관점을 모두 고려하여 작성되어야만 할 것이다. 그것들은 온실 효과 기체들에 관련된 모든 발생원, 대기로부터 제거시키는 작용, 그리고 대기 및 해양과 같은 매체중에 포함될 수 있는 용량 등이 모두 고려되고 또 모든 경제 분야에의 파급 효과까지도 고려될만큼 그렇게 포괄적이어야 한다.

기후 변화를 예방하기 위한 노력은 모든 관련 당사국들에 의해서 협동적으로 수행될 수 있을 것이다.”

기후 협약의 목적은 다음과 같이 정의되었다.

“이 협약과 관계 당사국들 사이의 회담에서 채택될 수 있는 여러 관련되는 법적인 사항들의 궁극적인 목적은 기후 시스템에 가해질 수 있는 위험한 인위적인 간섭을 예방하여 대기 중의 온실효과 기체 농도를 안정화 시키는 데에 있다.

대기중 기체 농도의 안정화 작업은 생태계가 기후 변화에 자연적으로 적응할 수 있으며, 식량 생산이 위협을 받지 않고, 경제 개발이 위협을 받지 않으며 또

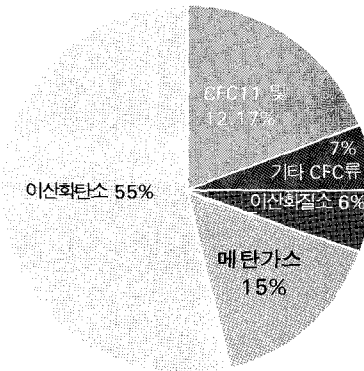


그림 2 : 각종 기체의 온실효과에 미치는 영향

한 유지가능한 방식으로 경제 개발을 달성할 수 있는 충분한 시간대 속에서 달성되어야만 한다.”

이러한 목표는 일부 선진국들에 대해서 이산화탄소 방출량의 상한선을 설정해야만 한다고 주장하는 EC 여러나라들의 입장에서 볼 때에는 대단히 모호한 것으로 간주되었다.

이들 나라들이 주장하는 목표 수준은 서기 2000년까지 이산화탄소 방출량을 서기 1990년 수준으로 유지하는, 향후 10년간의 “방출량 동결”이었다.

비록 그러한 상한치 설정에 대해서 기후 협약에서 어떤 결정이 내려진 것은

아니지만, 다음의 기후 협약 조항에서 살펴볼 수 있듯이 필경 그 목표가 서기 2000년까지는 달성될 수 있을 것이다.

“각 당사국들은 국가 정책을 채택하여 온실효과 기체의 인위적인 방출을 감축하고 그 기체들의 흡수체와 매개체를 보전해서..., 즉 대기로부터 이산화탄소를 받아들이는 삼림과 해양의 훼손을 방지해서..., 기후변화를 완화시킬 수 있는 일관된 대책을 수립 시행해야만 할 것이다.

이러한 정책과 실무적인 대안들은 선진국이 온실효과 기체의 인위적인 방출을 장기적인 관점에서 변화시키도록 유도함으로써 그들이 이 협약의 목적과 부합되는 방향으로 나아가고 있음을 입증하게 될 것이다.

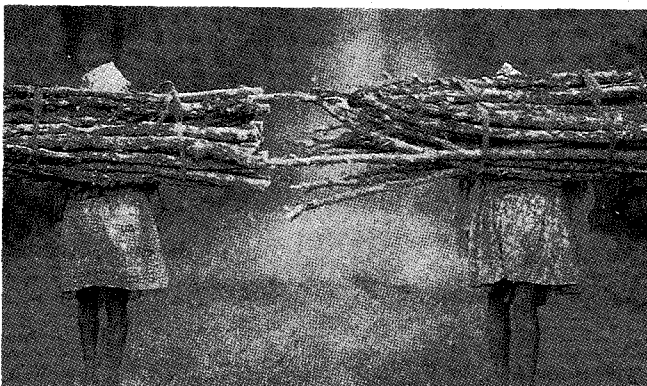
그래서 20세기 말에 이르면 이산화탄소를 비롯한, 몬트리올 프로토콜에 의해 통제되지 못했던 여러가지 온실효과 기체들의 대기 중의 농도가 90년대 초반의 수준으로 회복될 수 있을 것으로 기대된다.”

개발도상국들이 그들의 방출분 감축을 위해서 취해야 하는 대책은 잘 알려져 있다. 무엇보다도 먼저 개발도상국은 자신들의 경제 개발 방향을 조절해서 보다 에너지 효율적인 방향으로 진행되도록 노력해야만 한다(사실상 향후 수10년 동안 에너지 소비 증가의 대부분을 차지하는 나라들이 바로 이들이다.)

두번째로, 그들은 화석연료 사용에 따르는 이산화탄소 방출 및 기타 오염물질들의 방출을 회피하고 또 그것들을 제거하기 위해서 재생가능한 에너지원과 원자력쪽으로 에너지 소비를 전환시켜야만 할 것이다.

II. 에너지 효율 증대의 역할

여러 나라에서 에너지가 사용되는 방



<나무연료에 의존하고 있는 후진국여자들>

식이 다르고 그 사용의 효율성이 다르지만 그것을 판정하는 지표로는 일반적으로 에너지 강도(energy intensity)가 이용된다.

에너지 강도는 미국 달러화로 표시되는 단위 국내총생산량(GDP) 당 그것의 생산에 투여된 석유 환산 킬로그램으로 나타내는 에너지 소비량(E)으로 표현된다.

많은 나라들을 대상으로 수행된 에너지 강도의 변천에 대한 장기적인 연구에 의하면, 이 수치는 처음 경제 개발이 시작되어 중공업 중심의 하부구조가 정착될 때까지는 증가하는 경향을 나타내다가 그후 최정점에 도달하고 이윽고 서서히 감소하는 패턴을 보인다고 한다(그림 6).

그런데 이러한 경향성을 나타내는 것은 단지 상업용 에너지 소비부분에 불과하다.

여러 나라에 대해서 장기적으로 에너지 강도의 변화 경향을 추적하는 일은 매우 어려운데, 그것은 그동안의 기술적 진보 이외에도 지리적인 조건, 인구 변화, 역사적인 사건 등과 같은 갖가지 요인들이 에너지 강도에 영향을 미치기 때문이다.

그러나 이 자료가 제시하는 바는 경제 개발에 늦게 참여한 국가들은 앞서서 경제개발을 이룩했던 나라들의 에너지 강도 변천 양식을 반복하지만 그들 나라에 비교해서 도달하는 정점이 다소 낮아진다는 점이다. 심지어 후발 개발도상국들은 공업화를 처음 시작하는 단계에서부터도 에너지 강도(E/GDP)의 높은 수치를 보일 필요가 없게 되는데, 그것은 이미 개발된 현대적인 제품 생산수단과 보다 효율적인 수송수단을 갖기 때문이다.

다른 말로 표현한다면, 이전 시대에 있어서는 에너지 소비량과 GDP 성장이 불가분의 관계에 있었지만 이제는 더 이상 그것이 현대적 경제개발의 일반적인

온난화確證不充分해도 대책은 時急

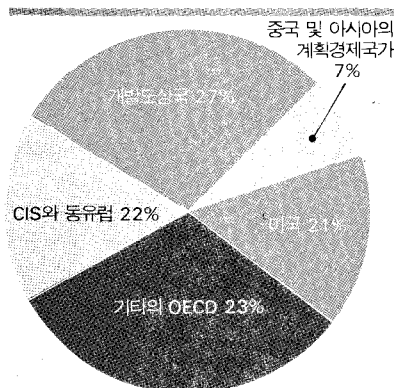


그림 3 : 온실효과에 영향을 주는 세계각지역 비율

양상이 아니라는 것이다.

이러한 경향성은 1973년 오일 쇼크가 시작되기 이전부터 나타났던 것이 분명하다. 단지 석유가격의 증가는 선진 공업 국가들에 있어서 구조적인 변화의 속도를 가속시키는데 불과하였다.

이와 대조적으로, 그림 6에서 보듯이 후진 개발도상국(LDC)에 있어서는 에너지 강도가 증가하는 경향을 나타낸다. 선진국들에 의해서 그들에게 강제로 떠맡겨진 남아빠진 기술의 채택은 그러한 경향성에 오직 일부분의 이유가 되는 것에 불과하다.

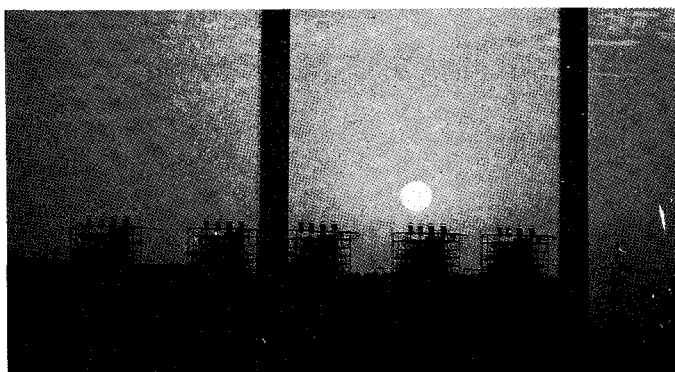
다른 중요한 이유로는 “협업 산업(dirty industries)”이나 (예를 들어서 알루미늄 제련과 같은) 고도로 에너지 집약적인 산업들이 개발도상국으로 이전되는 것을 들 수 있다.

그러나 이러한 점은 여러 사람들이 생각하듯이 그렇게 심각하다고는 생각할 수 없는데, 그것은 모든 나라들에 있어서 에너지 강도가 대체적으로 감소하는 경향을 보이고 있기 때문이다.

앞에서의 논의에서 발견되다시피, 개발도상국들이 환경보전과 경제개발을 동시에 충족해야 한다는 어려운 딜레마에서 벗어나는 유일한 방도는 과거 선진국들이 따랐던 기술적 진보의 발자취를 개구리 뿔뿔이 하듯이 그렇게 줄다름질러 나가는 것이다. 이는 바로 경제개발의 초기단계에서부터 에너지 효율적인 기술을 적극적으로 도입하는 것을 의미한다.

III. 새로운 기술 도입의 역할

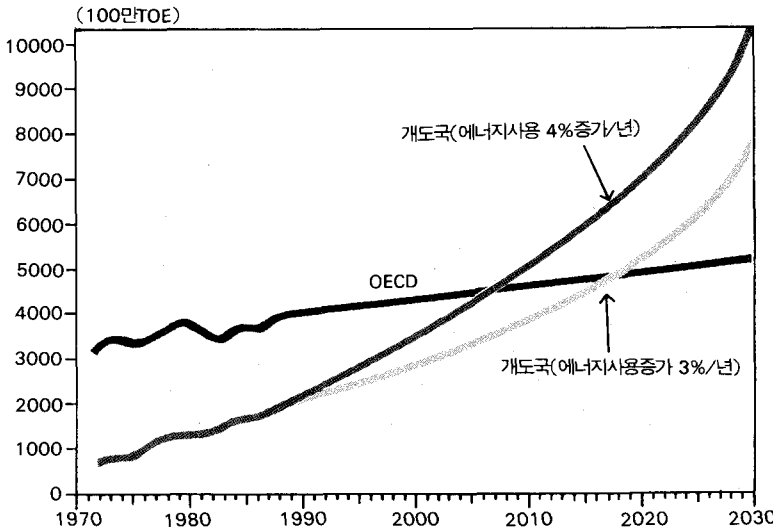
재생가능한 에너지원과 같이 “보다 깨끗한” 자원으로 에너지 소비를 전환시



<선진국의 化石연료 의존성은 지구온난화의 공적1호이다>

市場가격기능이 에너지減縮 유도해야

그림 4 : 1991년이후의 에너지 사용 전망(단위 : Mtoe)



키는 데에는 그림 7에서 보는 것과 같은 매우 다양한 방법들이 동원될 수 있다.

기후 협약에서 제시된 목표를 달성하기 위해서는 필경 이러한 기술들이 모두 사용되어야만 할 것이다.

각 나라들에 있어서 어떤 방법이 가장 최적의 수단인가 하는 것은 투자 비용에 의해서 결정될 것이다.

단지 현 시점에서 권고할 수 있는 점은 여러분들이 (태양에너지 이용 기술과 같은) 재생가능한 에너지 자원의 개발과 이산화탄소 제거 기술의 개발처럼 비교적 잘 알려지지 않은 분야에 연구개발을 확충하는 것이 바람직하다는 것이다.

원자력 분야의 연구 개발에 대해서는 지난 40년동안 상당한 정도 지원이 되었으므로 이제는 새로 부각되는 신기술 분야에 대해서만 선택적으로 지원하는 것이 일견 타당하다고 하겠다.

IV. 정책적인 측면

이산화탄소 방출의 감축이나 에너지

이용 효율의 증대, 재생가능한 에너지원의 사용 증대 등과 같이 기후변화를 예방하는데 필요한 제반 활동들은 그 스코가 자연적 시작되는 것이 아니다.

이런 활동들은 다음과 같은 분야에서 압력이 있어야만 비로소 현실화될 수 있다고 하겠다.

1. 시장력(market force)으로 하여금 에너지 소비 감축을 유도할 수 있을 정도의 획기적인 에너지 가격의 인상:

현재의 에너지 가격을 두배로 상승시키는 것보다 더 효과적으로 에너지 소비를 감축시킬 수 있는 대안은 존재하지 않는 것이 분명하다.

그러나 단지 환경보전을 이유로 해서 그러한 대안이 채택되기를 기대하는 것은 거의 불가능하다는 점 또한 명백하다.

2. 보다 효과적인 환경보전을 유도하는 활동의 채용과 관련기술의 이용을 부추기는 메커니즘의 채택:

이러한 방안은 지구환경기금(GEF : Global Environmental Facility)가 수행하는 행동에 의해서 대표된다.

GEF는 1991년에 착수되었는데 투자 지원 프로젝트, 기술 지원, 그리고-소규모

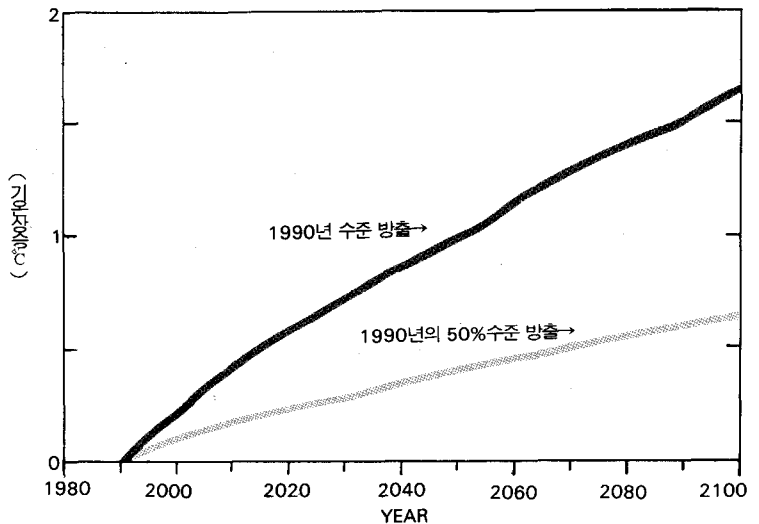


그림 5 : 온실효과가스의 人爲的 放出量과 기후상승 영향

모적이거나- 연구 업무 등을 재정적으로 후원한다.

GEF의 자원은 개발도상국들이 지구 환경을 보호하고 환경적으로 그리 해를 미치지 않는 기술을 이전하는 데에 사용 되도록 규정되어 있다.

GEF는 개발도상국들이 다음과 같은 네가지 주요한 환경문제에 대응하는 데에 지원을 제공하도록 설정되었다.

① 지구 온난화, 특히 화석연료의 사용에 의한 온실효과 기체의 방출량 증가와 이산화탄소의 흡수에 기여하는 삼림의 파괴로 야기되는, 지구 기후에 미치는 영향.

② 예를 들어서 해양에서의 원유 유출이나 수질오염 물질의 축적, 또는 다국적 하천 시스템의 수질 오염 등과 같은 국제수역의 오염.

③ 자연 서식처와 자연 자원의 "파괴"에 의한 생물학적 다양성의 훼손.

④ 염화불화탄소(CFC's), 할론 기체, 기타 기체들의 방출에 의한 성층권 오존층의 감소.

지역적인 환경과 구별되어 범지구적인 환경에 이익이 된다고 간주되는 프로젝트들은 GEF의 지원을 받을 자격을 갖는다.

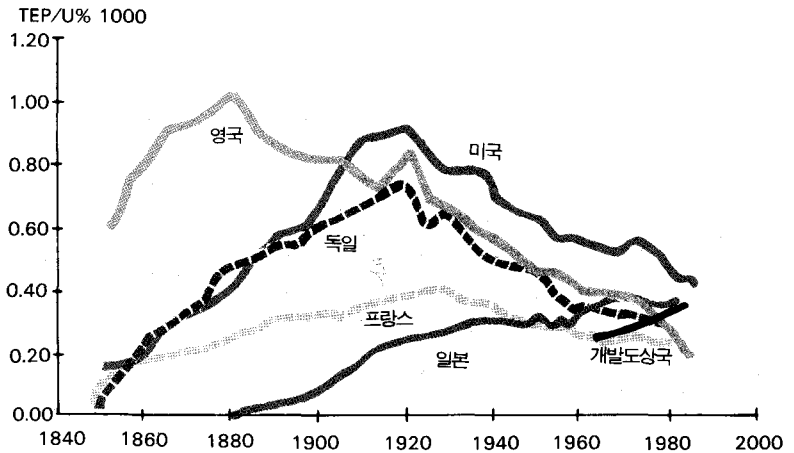
이러한 목적을 지니기 위해서 프로젝트들은 앞에서 예시된 것과 같은 네가지 우선 항목들 중의 하나에 포함될 수 있어야만 한다. GEF에 의해서 승인된 프로젝트들은 기술 혁신적인 것이어야만 하고 특정한 기술이나 그 접근 방법의 효율성이 충분히 인정될 수 있는 것이어야만 한다.

시험적으로 시행되는 GEF의 성격을 고려할 때 프로젝트 선정의 다른 평가 기준으로는 그것이(교육과 훈련 등을 통한) 인간개발에 기여하는 것과 그로부터 얻은 결과를 평가하고 전파하기 위한 제반조건이 포함된다.

GEF는 시험적 사업으로 시작되었는

보다 「깨끗한 資源」에서 에너지 나와야

그림 6 : 각국의 에너지 강도의 변화추세



데 관련 프로젝트의 추진에 재정적인 지원을 수행하는 기구로 기후협약에 의해 채택되었다. 기후 협약에서는 다음과 같은 문맥으로 그 역할이 제시되어 있다.

“GEF는 그 기능을 수행하는데 있어서 일관성과 책임성을 확실히 하기 위해서, 그리고 정책결정 과정에서의 균형잡힌, 평등한 대표성을 유지하기 위해서 재구성될 것이다. 이러한 재구성 작업이 원만히 수행된다는 가정하에 기후 변화에 대한 UN협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)은 잠정적으로 GEF를 재정지원하는 기구로 이용할 의사가 있음을 표시하였다.

지구환경 보전을 위한 제반 부담을 균등하게 분담시키는 것이 매우 중요하다는 점을 고려할 때, GEF가 선진국들이 납득할 수 있으며 또 그런 위치에 있는 다른 나라들도 마찬가지로 인정할 수 있을만큼 자국의 흐름을 충분히 예측 가능

한 방향으로 적절히 운영하는 것이 대단히 중요하다고 하겠다.”

이것이 바로 21세기에 들어서는 전야(前夜)에 우리 인류가 직면하고 있는 현상이며, 또한 지구 환경의 보전을 위해서 우리들이 취해야만 하는 대안들이다.

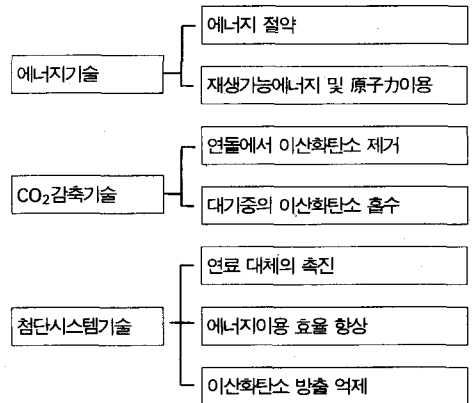


그림 7 : 大氣中 이산화탄소 감축위한 방안