

# 지구적 환경변화와 지속가능한 발전 : 21세기 국내외 여건에 부합하는 에너지부문 구축 방안

김호석<sup>1)</sup>

## 1. 머리말

에너지를 이용하지 않는 사회적 활동은 찾아보기 힘들다. 수준에 따라 그 이용양태는 다르지만 거의 모든 사회경제적 활동은 에너지에 의존하고 있다. 인류사회에서 에너지는 경제재 이상의 의미를 갖는다. 사회발전을 위한 핵심적인 투입물인 동시에 환경오염을 유발하여 발전을 저해하는 요인이기 때문이다. 따라서 그것이 어떤 형태이든 사회경제체제는 에너지를 적절하게 배분하는 기능을 포함하여야 한다. 가격을 신호로 작동하는 시장경제 역시 에너지를 생산과 소비과정에 배분하는 기능을 수행한다. 하지만 그 어떤 나라도 에너지부문의 구조와 작동을 시장의 기능에 맡겨 두지는 않는다. 에너지의 이용은 다양한 외부효과를 발생시켜 효율성의 측면에서도 시장은 에너지를 효과적으로 배분하는데 실패한다. 이러한 이유로 대부분 국가의 정부는 다양한 형태의 규제와 조치를 통해 에너지시스템의 운영과정에 개입하고 있는 것이다.

20세기 에너지정책의 가장 큰 과제는 낮은 가격의 에너지를 안정적으로 공급할 수 있는 에너지시스템을 구축하는 것이었다. 두 차례의 석유위기와 급격한 에너지 수요 증가에 따라 에너지부문의 불확실성이 확대되었고 이는 각국의 에너지정책 운영에 있어서 핵심적인 이슈로 고려되었다. 전통적인 화석에너지의 고갈과 국제에너지시장의 불안은 여전히 중요한 주제로 남아있지만 1990년대 이후 급속히 확산되고 있는 '지속가능한 발전'이라는 규범은 21세기 국가 에너지정책 수립에 '환경친화적 에너지부문의 구축'이라는 새로운 과제를 던지고 있다. 에너지를 둘러싼 이러한 국내외적인 환경의 변화는 광범위한 사회경제적 파급효과를 유발시킬 것으로 예상되는 에너지부문의 구조변화를 요구하고 있다. 이 글에서는 최근 전세계 국가의 에너지정책 운영방향에 큰 영향을 미치는 세 가지 이슈인 기후변화협약, 지속가능한 발전 그리고 국제 에너지시장의 변화를 살펴보고 21세기적 발전방향과 부합하는 에너지부문 구축방안을 생각해본다.

1) 연세대학교 동서문제연구원, 연구교수(e-mail: hoskim@yonsei.ac.kr)

## 2. 이슈1: 지구환경문제와 지구온난화

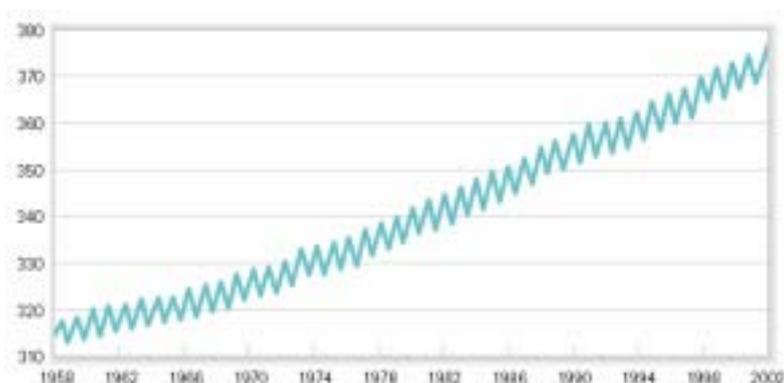
2005년 3월 UNDP, UNEP, GEF, World Bank, World Resources Institute 등의 후원으로 4년간 95개국 1,360여명의 전문가들이 참여하여 조사한 '밀레니엄 생태계 평가'(UN Millennium Ecosystem Assessment, MA) 보고서가 발표되었다. 생태계는 공기와 물을 공급하여 생물권(biosphere)을 유지하도록 하며 식량, 약품, 에너지 및 원자재 등 발전을 위한 기초적 투입물을 공급하는 원천이다. 이 보고서는 생태계의 화폐적 가치를 전세계 GDP를 합한 것보다 큰 약 30조 달러에 이르는 것으로 추정하고 생태계의 파괴는 인류에 직접적인 경제적 손실을 발생시키는 물론이고 삶에 질에도 큰 영향을 미치고 있음을 지적하였다. 보고서는 평가결과는 다음과 같이 4가지로 요약된다.

- 지난 50년간 인류가 생태계에 미친 영향은 인류역사의 그 어떤 시기보다도 큰 것이었다. 이는 식량, 식수, 목재, 섬유, 연료 등에 대한 수요의 급격한 증가에 기인하는 것이다.
- 지금까지 인류사회의 발전을 위해 유발된 생태계의 변화는 생태계가 제공하는 다른 유형의 서비스를 훼손시켰다. 이는 향후 생태계에 대한 미래세대의 편익을 심각하게 감소시킬 것이다.
- 생태계의 파괴는 2050년까지 계속 악화될 수 있으며 이는 21세기 인류사회의 발전에 있어서 큰 제약이 될 수 있다.
- 향후 인류사회의 발전을 위한 자원공급과 생태계의 개선을 동시에 달성하기 위해서는 정책과 제도의 획기적인 전환이 요구된다.

보고서는 수산자원의 감소, 토양 손실, 수자원 부족, 광범위한 생물종의 손실, 기후변화 등 생태계 훼손이 인류에 심각한 위협을 주고 있음을 보이고 모든 사회가 빈곤 퇴치, 지속가능한 발전, 그리고 밀레니엄 개발목표를 실현하기 위한 정책과 조치를 도입할 것을 촉구하였다. 생태계가 제공하는 편익은 자원을 이용하는 방식을 결정하는 과정에 적절하게 고려되어야 하는데 지금까지 인류의 발전방식은 그러한 측면에서 성공적이지 못했다. 그 결과 조사 대상 생태계의 15-24%가 훼손되었으며 이는 인류에 치명적인 생태계의 변화를 초래할 수도 있다고 경고하였다.

인류가 유발한 생태계의 변화 중에서 가장 대표적인 예가 지구온난화이다. 아래 그림은 1959년 이후 CO<sub>2</sub> 농도변화를 나타내고 있는데, 연평균 농도가 매년 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이산화탄소는 화석연료가 연소될 때 연료에 포함된 탄소(carbon)성분이 배출되며 탄소순환과정에서 자연적 흡수원(sinks)에 의해

일부 제거되어 균형을 유지하게 된다. 인위적 배출량이 많지 않을 때는 흡수원과의 자연적인 균형에 의해 대기 중의 이산화탄소 농도는 적정 수준을 유지하지만 연간 인위적 배출량이 자연배출량의 3%만 초과하여도 흡수원과의 균형을 잃고 이산화탄소가 대기 중에 서서히 축적되어 지구온난화를 일으키게 된다.



<그림 1> 대기 중 CO2 농도의 변화 (ppm) (UNFCCC)

산업혁명 이전 천년 동안은 대기 중 온실가스 양이 상대적으로 일정하게 유지되었으나 산업혁명 이후 연평균 약 0.4%로 증가하고 있다. 1800년대 후반 이후 지구 표면의 평균온도가 약 0.6°C 증가하였다는 것으로 알려지고 있는데, 이러한 변화는 태양의 활동과 같은 자연현상에 의해 설명되지 않기 때문에 인류가 배출한 온실가스가 주요한 원인으로 평가되고 있다.<sup>2)</sup> UNEP and UNFCCC (2002)는 수증기를 제외한 모든 온실가스는 인류의 배출에 의해 증가하고 있으며 이러한 배출 증가가 지속될 경우 2100년 지구의 평균온도는 약 2°C 상승할 것으로 전망하였다. 또한 배출된 온실가스는 기후시스템에서 장기간에 걸쳐 영향을 미치기 때문에 현재 즉각적으로 온실가스 배출을 감소시킨다고 하더라도 기후변화는 당분간 지속될 것임을 지적하였다.

기후변화는 생태계는 물론이고 인류사회에 많은 부정적 영향을 미친다. 기온의 상승은 농작물 생산 감소, 산림지대 감소로 인한 목재 공급과 흡수원을 감소, 해수면의 상승으로 인한 육지면적 축소 및 지하수 훼손, 기상이변, 대기오염 악화 등의 피해를 발생시킨다. 1970년대에 들어서 인위적 온실효과에 대한 가설이 과학자들 사이에 널리 받아들여지기 시작하였고, 1979년 제1차 세계기후회의(First World Climate Conference)를 계기로 기후변화에 대한 지구적 대응의 필요성이 제기되었

2) 하지만 현재 인류의 지식으로는 기후변화와 관련된 인과관계를 완전하게 파악하지 못하고 있을 뿐만 아니라 지구의 평균기온 변화는 어느 정도 주기적인 형태를 띠고 있기 때문에 최근 약 100년간의 기온상승이 인류의 온실가스 배출량 증가에 기인하는 것으로 단정하기 쉽지 않은 측면도 있다.

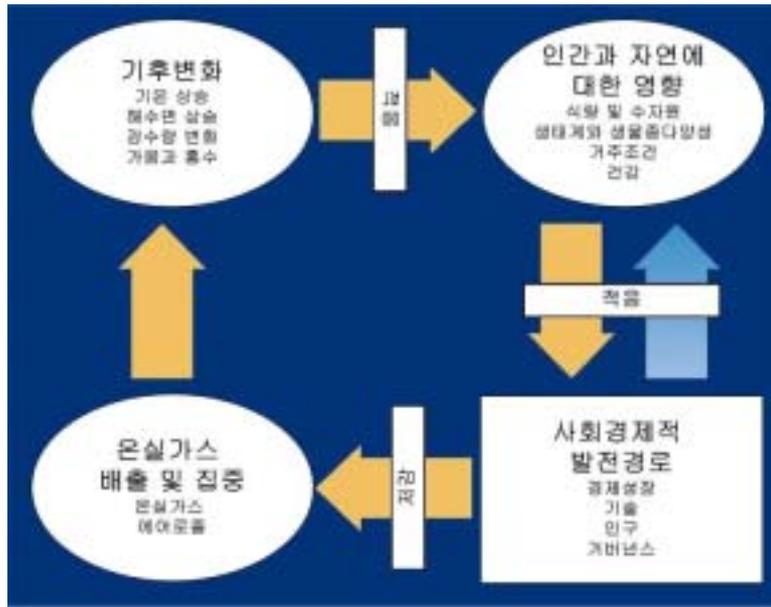
다. 이후 유엔환경계획(UNEP)과 세계기상기구(WMO)를 중심으로 온실가스 감축을 위한 지구적 협력을 이끌어내기 위한 노력이 계속되었으며 1990년 UN총회에서 ‘기후변화협약을 위한 정부간 협상위원회’(INC)가 구성되어 기후변화협약의 제도적 기초가 마련되었다. 이후 INC 주도로 ‘기후변화협약에 관한 UN기본협약’(UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 마련을 위한 준비작업이 이루어졌으며, 마침내 1992년 브라질 리오에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED)에서 154개국 정부가 참여한 가운데 기후변화협약이 체결되었다.



<그림 2> 기후변화 관련 국제기구

기후변화협약은 협약이 규정하는 목적, 원칙, 이행사항 등에 대한 가입국간의 합의를 의미하는 것으로 그 자체가 제도적 실체를 가지고 있는 것은 아니기 때문에 온실가스 감축목표, 감축방식, 대상 온실가스 등과 같은 세부적 사항에 대해서는 언급하지 않고 있다. 1996년 스위스 제네바에서 개최된 제2차 당사국총회(COP2)에서는 가입국들의 보다 구체적이고 실효성 있는 온실가스 감축노력을 이끌어내기 위해서 가입국들에 구속력 있는 감축의무를 구체적으로 명시한 의정서를 채택하기로 합의하였고 이 합의에 따라 1997년 일본 교토에서 개최된 COP3에서 부속서 I 당사국의 감축목표를 정한 ‘교토의정서’(Kyoto Protocol)가 채택되었으며 올해 2월 발효되었다.<sup>3)</sup> 교토의정서는 제1차 공약기간 (2008년~2012년) 동안에 부속서 I 당사국의 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축할 것을 목표로 정하고 있다.

3) 제25조에 따라 교토의정서가 발효되기 위해서는 55개 이상의 당사국이 비준하여야 하며 이중 부속서 I 당사국들의 1990년 배출량이 전체 배출량의 55% 이상을 차지하여야 한다. 첫 번째 조건은 이미 2001년에 충족되었으며 러시아 비준 이전에 비준을 마친 부속서 I 당사국의 1990년 배출량 합계는 전체 44.2%이었다. 1990년 배출량에서 17.4%를 차지하는 러시아는 2003년 9월 교토의정서의 비준을 WTO 가입문제와 연계할 방침임을 밝히며 비준을 미루다가 2004년 5월 EU가 러시아의 WTO가입 지지를 확인하는 의정서에서 서명하자 이에 대한 대가로 교토의정서의 비준을 서두르겠다고 약속하였다. 이에 2004년 10월 22일 러시아 하원(State Duma)은 총회를 열고 교토의정서를 비준하였고 11월 18일 푸틴 대통령은 상원의 동의를 얻은 교토의정서 가입서를 UN에 제출하였다.



<그림 3> 기후변화에 대한 인류의 대응 (UNFCCC)

에너지는 두 가지 측면에서 지구 환경에 부정적 영향을 미친다. 첫째, 에너지 자원의 채굴과 이용은 생태계 파괴의 가장 큰 원인이다. 1995년 UNEP에서 발간된 ‘환경보전가이드북’(Taking Action: An environmental guide for you and your community)에 따르면 세계 인구의 약 3/4이 에너지를 목재에 의존하고 있으면 약 2억명 이상이 조리용 목재의 부족을 겪고 있다. 둘째, 전통적인 화석에너지의 이용은 흡수원의 파괴, 오존 농도의 상승 그리고 지구온난화 등을 통해 생태계에 부정적인 영향을 미친다. 에너지는 생태계가 인류에 제공하는 가장 중요한 자원인 동시에 지구환경을 위협하는 가장 큰 요인이다. 이러한 이유에서 이후 살펴볼 지속가능한 발전에 있어서 핵심적인 이슈가 되고 있다. Millennium Ecosystem Assessment(2005)에서도 에너지의 중요성을 인식하고 밀레니엄 개발목표와 지속가능한 발전을 달성하기 위해서는 에너지시스템을 환경친화적으로 조정하고 온실가스의 배출을 줄이는 기술을 개발하여 인류사회의 에너지 이용방식을 전환해야 함을 지적하였다.

### 3. 이슈2: 지속가능한 발전과 UN 밀레니엄 개발목표

인류사회의 발전방식은 다양한 측면에서 평가된다. 인권과 자유는 근대 시민사회의 등장을 촉발한 가치였으며 평화와 복지는 20세기를 그 이전 시대와 차별화하는 가치였다. 21세기 인류사회는 ‘지속가능한 발전’(sustainable development)을 새로운

발전방향으로 받아들이고 있고 있다. 지속가능한 발전이라는 용어는 흔히 '브룬트란트 보고서'(Brundtland Report)로 알려져 있는 Our Common Future(WCED 1987)에서 사용되면서 세계적으로 널리 퍼지기 시작했다. 좁은 의미에서 지속가능한 발전은 '미래세대의 요구를 저해하지 않는 발전방식'<sup>4)</sup>을 의미하지만 최근에는 이 보다 훨씬 다양한 중요성들을 강조하는 맥락에서 사용된다. 인류는 20세기 발전방식의 성과와 함께 그 근본적 한계를 인식하고 있으며 인류사회의 새로운 발전방식과 이를 이끌어 나아갈 새로운 가치를 모색하고 있다. 다양한 속성의 집단들은 자신의 이해와 이상에 부합하는 가치가 사회진보의 지배적 이념이 되기를 희망하고 있으며 이는 '지속가능성'이라는 용어를 통해 표현되고 있다.<sup>5)</sup>

새로운 밀레니엄의 시작과 함께 전세계는 20세기 인류의 발전과정에서 등장한 많은 문제들을 되돌아보고 이를 개선하기 위한 변화의 방향을 모색하기 시작한다. 2000년 9월 뉴욕의 UN본부에 모인 각국 대표들은 자유, 인권, 평등, 지속가능성 등이 새로운 밀레니엄의 국제관계에서 필수적으로 고려되어야 할 가치임을 인식하고 이를 반영한 8개 항목의 'UN 밀레니엄 개발 목표'(UN Millennium Development Goals, MDG)를 선정하여 2015년까지 이를 달성하기 위해 노력하기로 한 '밀레니엄 선언'(Millennium Declaration)을 발표하였다.

<표 1> UN 밀레니엄 개발목표

목표 1	극단적인 빈곤과 기아의 근절	- 하루 생계비가 \$1 이하인 인구를 50% 감축 - 기아로 고통 받는 인구의 50% 감축
목표 2	기초교육의 제공	- 전세계 모든 아동에게 완전한 초등교육을 제공
목표 3	성평등 및 여성인권 개선	- 초등 및 중등교육에 있어서 성차별을 제거
목표 4	아동 사망률 개선	- 5세 이하 아동 사망률을 2/3 감소
목표 5	임산부 보건 향상	- 임산부 사망률을 1/3 감소
목표 6	HIV/AIDS, 말라리아 퇴치	- HIV/AIDS 확산 근절 - 말라리아와 기타 질병의 발병 근절
목표 7	환경적 지속가능성 보장	- 지속가능한 발전을 정책의 기본 원칙에 포함 - 안전한 식수를 공급받지 못하는 인구 50% 감소
목표 8	발전을 위한 지구적 협력	- 개방적이고 예측 가능한 그리고 차별이 없는 거래 및 재정시스템 개발

4) "...sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.."

5) "Because sustainable development is a context-driven concept, different societies tend to define it based on their own values, needs and expectations." (UNEP 2003)

인류는 더 이상 경제적 성장을 발전의 방향에 포함하지 않는다. 인간의 존엄성과 지속가능성을 21세기 인류가 추구해야할 근본적인 가치로 받아들이기 시작하였으며 성장은 이러한 가치의 실현을 지원하는 한에서 그 역할이 옹호된다. 지구적 차원의 협력을 통해 8개의 밀레니엄 개발목표 달성을 위한 전략이 개발되고 있으며 이는 각국의 정책과 조치의 고안과 운영과정에 점차 큰 영향을 미칠 것이다.<sup>6)</sup>

새로운 발전방향은 인류사회의 과제이자 또 하나의 모험이다. 20세기 인류가 보였던 자유와 성장을 위한 노력이 그러했듯이 인간의 존엄성과 지속가능성이라는 가치는 전세계 모든 국가의 발전에 있어서 새로운 규범이 되어 복잡한 사회적, 경제적, 정치적 변화과정에 반영될 것이다. 발전방향을 바꾸기 위해서는 이를 지원하는 제도의 고안이 필수적이다. 제도는 사회구성원 간 관계의 양태와 생산과 소비 등 경제적 활동에 영향을 미친다. 21세기 새로운 발전방향이 인류사회를 어떻게 변화시킬지는 쉽게 예측할 수가 없다. 하지만 명확한 것은 새로운 가치의 실현을 위해 인류는 여전히 생태계에 의존할 수밖에 없으며 이때 자연의 이용하는 방식이 '지속가능성'과 상응하는 것이어야 한다는 것이다.

현재로서는 밀레니엄 개발목표를 달성할 수가 없다. '지속가능성-발전의 상충'(trade-off between sustainability and development)이 여전히 존재하기 때문이다. 기아 근절, 기초교육 제공, 사망률 감소, 질병 퇴치 등의 목표는 기본적인 물적, 인적 투입이 없이는 달성이 불가능하다. 반면 환경적 지속가능성을 달성하기 위해서는 자연자원의 소비를 줄이고 생태계의 치명적 변화가 발생하지 않도록 해야 한다. 예를 들어, 질병치료를 위한 병원시설의 서비스는 전력수요 증가를 의미하며, 현재의 발전기술 하에서 전력수요의 증가는 대기오염 배출증가를 의미한다. 이러한 상충이 발생하는 가장 큰 원인은 자연을 이용하는 지금까지의 방식이 지속가능하지 않았기 때문이다. 인류사회의 발전양태는 자연현상에 대한 인식과 과학적 지식의 축적을 계기로 변하며 기술의 진보를 통해 구체화되었다. 지난 50여 년간 인류가 생태계에 미친 영향은 그 이전의 영향을 모두 합한 것보다도 큰 것이었다.<sup>7)</sup> 이는 20세기의 기술변화 방향이 생태계에 미치는 영향에 있어서 결코 바람직하지 않았음을 보여주는 것이다. 환경적 지속가능성과 상응하는 발전을 실현하기 위해서는 생태계가 제공하는 자원을 지속가능하게 이용하는 방식을 고안해야 하며 이는 결국 지속가능한 발전을 위해서는 기술이 지금까지와는 다른 방향으로 개발되어야 함을 의미하는 것이다.<sup>8)</sup>

---

6) UN(2001)

7) Millennium Assessment Report (2005)

<표 2> 밀레니엄 개발목표와 에너지의 연관성 (UNDP 2004)

목표 1	극단적인 빈곤/기아 근절	- 농업 및 산업생산을 위한 에너지공급 - 조리를 위한 에너지공급
목표 2	기초교육의 제공	- 교육을 위한 조명
목표 3	성평등 및 여성인권 개선	- 현대적 연료와 취사기구의 공급과 수송수단을 제공하여 여성의 가사노동 완화 및 교육기회 보장
목표 4	아동 사망률 개선	- 전통적 취사연료 사용은 발병률 감소를 위한 주거 환경 개선의 장애요인
목표 5	임산부 보건 향상	- 병원 기기와 야간 진료시설을 위한 전력 공급
목표 6	HIV/AIDS, 말라리아퇴치	- 질병 관련 교육을 위한 라디오와 TV 보급 - 진료시설을 위한 전력 공급
목표 7	환경적 지속가능성 보장	- 에너지의 생산과 소비는 환경질을 악화 - 청정한 에너지시스템의 구축
목표 8	발전을 위한 지구적 협력	- WSSD는 안정적이고 지속가능한 에너지공급 지원

#### 4. 이슈3: 국제 에너지시장 변화

전세계 에너지수요는 경제성장, 인구, 에너지가격, 기술변화 등의 요인에 의해 결정된다. IEA(2004)는 이들 변수에 대한 전망을 기초로 2030년까지의 전세계 에너지 수요 변화를 추정하여 발표하였다.<sup>9)</sup> 2030년 전세계 1차 에너지 소비는 2002년 대비 약 60% 이상 증가할 것으로 전망된다. 증가의 약 85%는 개도국의 에너지소비 증가에 따른 것이다. 개도국은 빠른 경제성장과 인구증가 그리고 급속한 도시화로 인해 에너지소비가 크게 증가할 것이며 2030년 전세계 에너지소비의 절반 정도를 개도국이 소비할 것으로 전망된다. 또한 2030년까지 에너지수요 증가의 90%는 화석에너지가 차지할 것으로 전망된다.<sup>10)</sup> 2002년 이후 2030년까지의 연평균 에너지수요 증가율은 약 1.7%로 과거 30년간 증가율인 2%보다는 다소 떨어질 것으로 보인다. 이러

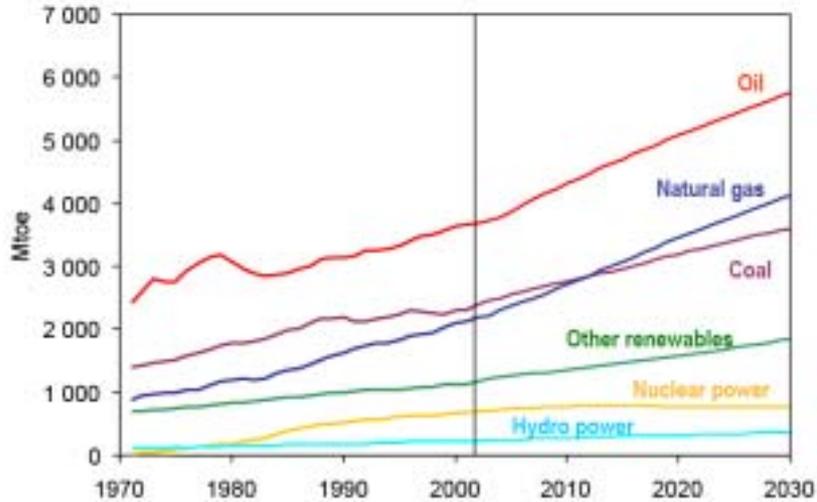
8) 이러한 이유로 지속가능한 발전과 관련된 논의에서 있어서 기술의 역할이 가장 중요한 요소로 고려되는 것이다. (UNEP 2003)

9) IEA의 연구는 1993년부터 개발되어 사용하고 있는 장기 에너지전망 모형인 'World Energy Model'(WEM)을 이용하여 2030년까지의 전세계 에너지소비 전망치를 제시하고 있다. 이번 2004년 전망치는 전세계 GDP 성장률을 연 3.2%로 가정하고 전세계 인구 증가율을 연 1%로 가정하여 추정되었다.

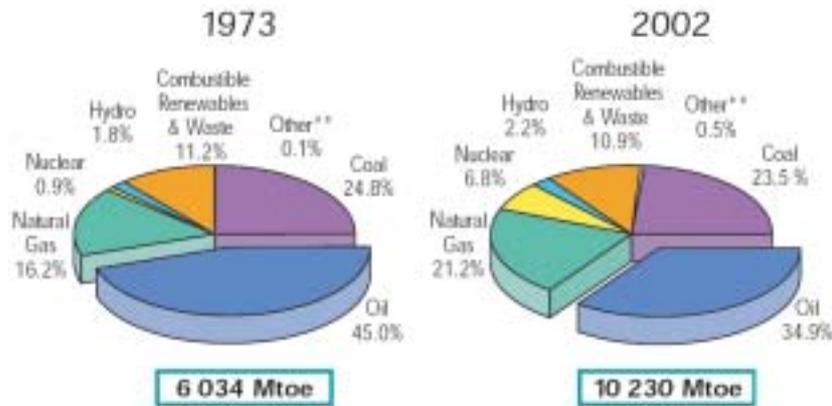
10) 이는 최근 급격하게 개발되고 있는 신재생에너지(특히 수소에너지)의 이용이 현재와 같은 추세로 확대될 것을 가정한 것이기 때문에 교토의정서 발효 및 향후 온실가스 감축을 위한 지구적 노력 수준에 따라 그 비중은 다소 줄어들 것으로 보인다.

한 증가율의 둔화는 전세계 경제구조의 변화와 에너지집약도의 하락에 기인한다.

<그림 4> 세계 1차 에너지 수요 변화 및 전망(IEA 2004)



화석연료는 소비 증가의 약 85%를 차지하며 여전히 전체 에너지소비 증가를 주도할 것으로 전망된다. 특히 석유는 그 비중은 점차 줄어들지만 여전히 가장 큰 비중을 차지할 것이다. 석유수요는 지역별로는 개도국에서, 부문별로는 수송부문에서 가장 크게 증가할 것으로 보인다. 다양한 대체에너지들이 개발되어 화석연료를 대체할 것으로 예상되지만 적어도 2030년까지 수송부문에서는 그러한 대체가 그리 크지 않을 것으로 보인다. OPEC 회원국의 석유공급은 점차 증가하여 2030년에는 전체 공급의 약 50%를 차지할 것이다. 석유수요의 증가와 대체에너지개발의 속도에 큰 영향을 미치는 석유가격은 1999년부터 급속히 상승하고 있으며 그 변화가 매우 불확실한 모습을 보이고 있다. IEA의 연구에서는 2030년 석유가격을 배럴당 \$25에서 \$35까지 가정하고 석유수요를 추정하고 있는데, \$35의 가격을 가정했을 때 전세계 석유수요는 \$25의 가정에 비해 약 15% 감소하는 것으로 분석되었다.



<그림 5> 전세계 연료별 일차에너지 비중 (IEA 2004)

2030년까지 1차 에너지수요 변화의 또 다른 특징은 천연가스에 대한 수요가 크게 증가할 것이라는 점이다. 강재성(2003)에 따르면 지난 10년간 전세계 가스수요는 연평균 2.2%씩 증가하였고 향후 약 3%의 증가세를 보여 2010년에는 전체 1차 에너지의 약 26%를 차지할 것으로 전망된다. 천연가스에 대한 수요 증가요인은 청정에너지에 대한 소비자의 선호와 석유 및 석탄소비에 대한 규제 강화에 따른 대체에 기인한다.

<표 3> 전세계 천연가스 소비 현황 및 전망(십억  $m^3$ )

	1992	2002	2010	
			Low	High
북미	684.0	790.3	896	913
중남미	60.9	98.0	225	245
유럽	336.8	475.1	664	698
중동	110.6	205.7	305	330
아프리카	40.3	67.4	105	118
아시아태평양	179.3	330.3	440	463
FSU	628.2	568.7	645	683
세계 합계	2,040.1	2,535.5	3,280	3,450

자료: 강재성(2003)

가스에 대한 수요는 아프리카, 라틴아메리카 그리고 개도국에서 크게 증가할 것으로 전망된다. 대부분의 가스수요 증가는 발전용 연료수요에서 발생할 것이다. 신규 화력발전소는 환경적 측면과 발전효율을 고려하여 기존 석탄에서 천연가스로 발전

연료를 전환하고 있기 때문이다. 현재 천연가스 교역량 중에서 LNG의 비중은 약 30% 정도이지만 2030년에는 50% 이상이 될 것으로 전망된다. 가스생산은 전세계 천연가스 매장량에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 러시아와 중동에서 가장 크게 증가할 것이며 OPEC 회원국 역시 상당 부분을 차지할 것으로 전망된다.

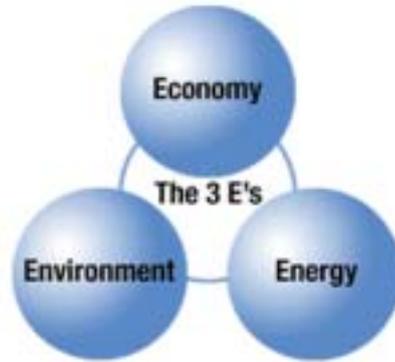
전세계 에너지수요에서 석탄의 비중은 2030년으로 갈수록 감소할 것으로 보이지만 여전히 큰 비중을 차지할 것이다. 2030년 석탄의 비중은 현재 수준과 비슷한 약 22%를 차지할 것으로 전망된다. 대부분의 석탄수요는 발전부문에서 발생할 것이며 발전용 천연가스의 수요 증가에도 불구하고 핵심적인 발전연료의 위치를 잃지 않을 것이다. 석탄수요는 개도국에서 가장 크게 증가할 것이다. 특히 2002년에서 2030년까지 석탄수요 증가의 약 68%는 중국과 인도에서 발생할 것으로 전망된다.

## 5. 21세기 국내외 여건을 고려한 지속가능한 에너지정책

지금까지 살펴본 지속가능한 발전의 확산, 지구환경문제 그리고 국제 에너지시장의 동향 등 세 이슈는 21세기 에너지부문이 가져야할 기본적인 구조와 변화의 방향을 제시한다.

첫째, 에너지는 지속가능한 발전과 밀레니엄 개발목표의 달성을 위한 필수적인 투입물인 동시에 환경오염과 생태계 파괴를 유발하는 가장 큰 원인이기도 하다. 일반적으로 지속가능한 발전은 '경제-에너지-환경'을 기본 축으로 발전의 지속가능성을 정의하는데, 이때 에너지부문은 경제부문에 필요한 서비스를 제공하는 동시에 자원 채굴이나 대기오염을 통해 환경부문에 부정적인 영향을 미치는 요소로 묘사된다.<sup>11)</sup> 따라서 에너지부문이 지속가능한 발전과 부합하기 위해서는 환경오염을 배출하지 않으면서도 경제성장 및 발전에 필요한 에너지를 안정적 공급하는 시스템을 구축해야 한다.

11) 사회적 발전을 강조하는 경우에는 '경제-사회-환경'을 기본 축으로 설명하는 경우도 있다.



<그림 6> 지속가능한 발전과 3E's

OECD/IEA(2001)은 지속가능한 발전과 부합하는 에너지부문을 구축하기 위한 정책의 기본 방향을 일인당 소득의 유지, 에너지 관련 외부성의 내부화, 그리고 에너지 보조금의 제거로 제시하고 경제지표, 에너지공급지표, 환경 및 사회지표 등 세 가지를 평가지표로 개발하였다.

<표 4> 지속가능한 발전을 위한 에너지부문 평가 지표

경제지표	- 에너지원에 대한 평균적인 보조금 수준 - 일인당 최종에너지 소비
에너지공급지표	- 에너지가 필요한 시간 중에서 실제 이용 가능한 시간의 비율 - 석유수입의존도 - 에너지원의 다양성
환경지표	- 일인당 온실가스 배출량 - 단위 면적당 SO <sub>2</sub>
사회지표	- 생계에 필요한 에너지를 소비하는 가구의 비율 - 교육에 필요한 조명 제공 시간 - 호흡기질환과 같은 에너지 관련 질병에 노출된 인구 비율

자료: OECD/IEA(2001)

에너지시스템은 막대한 자본투자와 관련 인프라를 통해 구축되기 때문에 단기간에 그 구조가 조정되지 않는다. 따라서 지속가능한 발전과 상충하는 에너지부문 구축을 위해서는 에너지시스템의 구조에 대한 장기적 비전을 수립하고 이를 위한 지속적인 투자가 이루어져야 한다.<sup>12)</sup> 현재 이용 가능하거나 개발 중인 에너지기술 수

12) UNEP (2003)은 지속가능한 발전을 실현하기 위해서는 '환경적으로 건전한 기술'(Environmentally Sound Technologies, ESTs)의 개발이 필수적임을 지적하고 이들 기술의 정의와 유형을 제시하였다. 1992년 개최된 UNCED에서 발표된 Agenda 21는 환경보

준 하에서 지속가능한 발전을 지원하는 형태의 에너지부문을 구축하기 위해서는 단기적으로 원자력의 비중을 일정 수준 유지하는 것이 불가피하다. 물론 온실가스 감축목표나 지속가능한 발전의 달성을 위한 원자력 비중 확대에 대해서는 적지 않은 논란이 있지만 현재의 에너지기술 하에서 화석연료의 사용을 줄이는 동시에 사회발전에 필요한 에너지를 안정적으로 공급하는 방법은 그리 많지 않다. 최근 수소에너지와 신재생에너지 관련 기술이 빠르게 개발되고 있으나 아직 다른 에너지에 비해 경제성이 크게 낮은 현실이며 비교적 매장량이 풍부하고 저렴한 에너지인 석탄은 온실가스 및 기타 대기오염을 크게 배출하기 때문에 이용을 확대하기 어려운 상황이다. 다른 화석연료에 비해 친환경적인 에너지인 천연가스 역시 공급확대를 위한 인프라 구축이 쉽지 않고 다른 화석연료에 비해 가격이 높기 때문에 '에너지의 사회적 이용가능성 확대'라는 지속가능한 발전의 요구를 근본적으로 충족하는 에너지원이 될 수 없다.

<표 5> 2010년 발전비용 전망(US 2003 cent/kWh)

	Nuclear	Coal	Gas
Finland	2.76	3.64	-
France	2.54	3.33	3.92
Germany	2.86	3.52	4.90
Switzerland	2.88	-	4.36
Netherlands	3.58	-	6.04
Czech Rep	2.30	2.94	4.97
Slovakia	3.13	4.78	5.59
Romania	3.06	4.55	-
Japan	4.80	4.95	5.21
Korea	2.34	2.16	4.65
USA	3.01	2.71	4.67
Canada	2.60	3.11	4.00

자료: OECD/IEA(2005)

이러한 상황에서 원자력은 쉽게 무시할 수 없는 장점들을 가지고 있다. 원자력은 온실가스를 배출하지 않기 때문에 기후변화협약의 이행에 있어서도 막대한 사회적 비용의 발생을 피할 수 있으며 화석연료의 고갈에 따른 에너지가격의 상승으로 인한 에너지부문의 불안정성을 해소할 수 있다. 최근 미국, 영국, 프랑스, 스위스 등

---

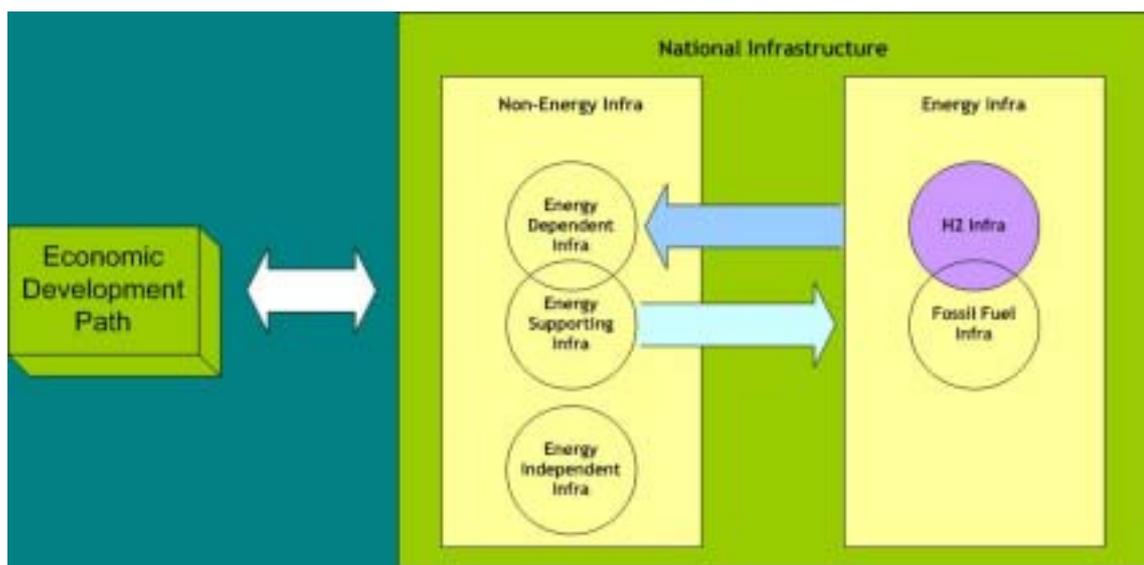
호, 오염배출 감소, 모든 자원을 보다 지속가능한 방식으로 사용, 그리고 폐기물과 생산물의 재활용 확대를 ESTs의 요건으로 제시하고 있다.

선진국이 주도하는 국제 4세대포럼(Generation IV International Forum)은 안전성, 환경친화성, 경제성 측면에서 보다 개선된 원자력발전기술인 '제4세대 원자로' 기술을 개발하고 있으며 우리나라도 최근 그 경제적 타당성을 평가하여 도입을 검토하고 있다. 제4세대 원자력시스템은 기존 기술에 비해 폐기물 발생, 안전성, 경제성 등에 향상된 기술로 원자력의 이용확대에 있어서 걸림돌이 되었던 사회적 수용성을 크게 개선할 것으로 기대된다.

둘째, 지난 2월에 발효된 교토의정서는 올해부터 시작되는 제2차공약기간의 감축 방식에 대한 협상과정에서 따라 더욱 강화될 것으로 전망된다. 교토의정서에서는 비준과정에서 개도국의 참여를 주장하며 의정서를 이탈하는 국가들이 속출하자 -협약의 백지화를 우려한 EU의 양보로 - 흡수원을 광범위하게 인정하는 완화된 형태의 감축방식이 채택되었다. 하지만 제2차 공약기간에는 우리나라를 비롯한 주요 개도국의 참여가 예상되기 때문에 제1차 공약기간에 비해 강화된 감축의무가 마련될 것으로 전망된다. 온실가스 감축은 비단 선진국에 국한된 과제만은 아니다. 감축의무가 없는 국가들도 최근 다양한 형태로 도입되고 있는 신축성메커니즘을 계기로 온실가스 감축의 필요성을 인식하고 있으며 향후 감축의무가 발생할 것을 대비한 에너지시스템의 개편을 고려하고 있다. 기후변화협약의 이행에 적합한 에너지시스템의 구축에 있어서도 원자력은 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 교토의정서 역시 원자력 이용확대를 통한 온실가스 감축을 제한하지 않는다. 하지만 배출권거래제(ET)이나 청정개발체제(CDM) 등의 신축성메커니즘 활용에 있어서 원자력을 통한 감축분이 거래되는 것을 제한하고 있기 때문에 기후변화협약에 대한 근본적인 대안이 되지는 못한다.

최근 온실가스 저배출형 에너지시스템의 구축을 위한 대안으로 가장 큰 관심을 받고 있는 것은 단기적으로는 에너지효율기술의 개발과 천연가스로의 대체이며 장기적으로는 대체에너지기술의 개발이다. 에너지효율기술은 에너지가 제공하는 서비스를 일정하게 유지하면서 에너지소비량을 줄일 수 있는 기술이기 때문에 가장 바람직한 대안으로 여겨지고 있다. 효율기술의 개발을 위해서도 적지 않은 투자가 요구되지만 이는 온실가스 감축 이외에도 에너지비용의 감소라는 장점이 있기 때문에 일명 '후회 없는 정책'(no-regret policy)으로 불리고 있다. 천연가스는 열량 단위당 탄소배출계수가 0.713-1.14(tC/toe) 정도인 석유제품에 비해 0.637(tC/toe)로 낮으며 소득수준이 향상됨에 따라 이용이 증가하는 특성이 있어 단기에 석유 및 석탄을 급속히 대체하여 온실가스 감축에 크게 기여할 것이다. 매장량이나 가채년수의 측면에서도 석유에 비해 풍부하기 때문에 천연가스로의 대체는 단기적으로 에너지부문의 안정성을 제고하는 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

하지만 에너지효율기술의 개발이나 천연가스로의 대체는 온실가스 집약도를 근본적으로 개선하는 장기적 대안은 아니다. 신재생에너지는 장기적으로 온실가스 배출량을 획기적으로 줄일 수 있는 대안인 동시에 에너지소비 증가로 인한 환경파괴와 에너지안보 악화를 개선할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 이유로 대부분 선진국들은 대체에너지 혹은 신재생에너지의 보급을 확대하기 위한 중장기 기술개발 계획을 수립하여 추진하고 있다. 하지만 신재생에너지의 이용을 확대하기 위해서는 관련된 사회경제적 인프라의 구축이 요구된다는 문제가 있다. 특정한 에너지를 이용하기 위해 최종사용자가 지불하는 비용에는 에너지공급을 위한 연료비용, 운영비용 그리고 자본비용이 포함되어 있다. 현재 전통적인 화석에너지가 신재생에너지에 비해 낮은 가격으로 공급되는 이유는 기술의 효율성과 더불어 이들 에너지를 낮은 비용으로 공급할 수 있는 인프라가 구축되어 있기 때문이다. 따라서 신재생에너지의 보급을 확대하기 위해서는 기술개발과 더불어 이들 에너지의 공급비용 감소에 유리한 방향으로의 관련 인프라 구축이 요구된다. 인프라의 중요성은 최근 큰 관심을 받고 있는 수소경제로의 이행에 있어서 명확하다. 수소에너지는 생산, 변환, 배송, 저장, 활용 등 모든 단계에서 기존 에너지와 다른 방식의 기술을 사용하기 때문에 수소에너지 이용을 확대하기 위해서는 이에 필요한 대규모 기반시설의 마련과 이를 위한 투자가 이루어져야 한다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 석유 제품과 천연가스는 이미 이러한 기반시설이 존재하기 때문에 수소에너지에 비해 상당 기간 비용적 측면에서 유리한 입지에 있을 것이다.



<그림 7> 수소경제를 위한 인프라 구축과 경제발전(김호석, 2005)

신재생에너지의 이용확대를 위한 기술축적과 인프라의 조정은 경제 전체의 인프라와 사회경제적 발전에 적지 않은 영향을 미친다. OECD(2003)와 World Bank(1994)에 의하면 에너지시스템에 포함되거나 주요 선진국들의 인프라 관련 투자는 GDP의 20%에 이르며 인프라에 대한 투자가 1% 증가할 때 GDP는 0.5-0.39% 증가하는 것으로 추정되었다. 에너지를 중심으로 경제 전체의 인프라를 구분해보면 에너지인프라와 비에너지인프라로 나눌 수 있다. 하지만 비에너지인프라에는 에너지인프라의 지원을 받는 '에너지 의존적 인프라'(energy dependent infra)나 지원을 제공하는 '에너지 지원 인프라'(energy supporting infra)가 포함되어 있기 때문에 일부를 제외한 전체 인프라는 직간접적으로 에너지와 관련된 것이며 에너지시스템과 에너지인프라의 변화는 관련 인프라로의 연쇄효과를 통해 경제 전체의 발전 경로에 영향을 미칠 것이다. 따라서 에너지부문에 신재생에너지의 비중을 확대하기 위해서는 기술 개발과 보급촉진 정책의 시행과 더불어 에너지시스템 및 경제 전체의 인프라 구축방안을 같이 고려하여야 한다.

셋째, 2030년까지 국제 에너지시장의 변화에 대한 IEA(2004)의 전망은 국가 에너지정책의 수립에 있어서 반드시 고려해야할 두 가지 특징을 보여준다. 하나는 에너지부문에 석유가 여전히 가장 큰 비중을 차지할 것이라는 점이고, 다른 하나는 천연가스의 이용이 지속적으로 증가할 것이라는 점이다. 석유에 대한 수요 증가는 주로 아시아 저개발 국가의 경제성장과 수송부문 확대에 기인한다. 이는 석유가격이 상승세가 상당 기간 지속될 것이며 단기적으로 에너지부문의 안정성을 위협하는 주요한 요인이 될 것임을 의미한다. 에너지는 노동, 자본과 더불어 핵심적인 생산요소이기 때문에 에너지부문의 불안정성은 생산 위축과 경기변동의 직접적인 원인이 된다. 에너지안보는 국가 안보는 물론이고 경제적 안정에 있어서도 핵심적인 요소이며 이를 개선하기 위해서는 석유에 대한 의존도를 낮추는 방향의 정책수립이 요구되는 것이다. 이러한 상황은 천연가스의 경우에 있어서도 유사하다. 천연가스의 매장량 역시 약 60년 정도로 석유보다는 이용 가능성이 클 것으로 추정되지만 향후 전세계적인 수요 증가는 가스 의존도가 큰 에너지시스템의 불안정성을 악화시키는 요인이 될 것이다. 따라서 향후 국제 에너지시장의 변화에 적합한 에너지부문을 구축하기 위해서는 이들 에너지를 이용하는 기기 및 공정의 효율성을 향상시키는 기술개발이 필수적이다. 특히 수송부문에서는 석유에 대한 의존도를 낮추기가 쉽지 않기 중점적인 기술개발이 요구된다. 수송부문은 다른 부문과는 달리 대체에너지의 보급이 어렵기 때문에 석유제품에 대한 의존도가 쉽게 개선되지 않기 때문에 전체 석유수요에서 차지하는 비중이 점차 높아질 것으로 예상된다. 또한 석유와 석탄의 빠르게 대체하고 있는 천연가스 이용기술의 효율성 개선 역시 온실가스 감축 및 에

너지안보 개선을 위한 중요한 과제이다.

지금까지의 내용을 종합하여 21세기 여건에 부합하는 에너지부문 구축의 기본방향을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 신재생에너지가 화석에너지에 대해 충분한 비용경쟁력을 확보할 수 있을 때까지 원자력은 불가피한 대안이다. 따라서 원자력의 사회적 수용가능성을 높이기 위한 관련 기술의 개발이 필요하다. 둘째, 온실가스 및 기타 대기오염의 조절하고 국제 석유시장 불안의 국내 파급을 막기 위해 단기적으로 천연가스의 이용을 확대하는 것이 바람직하며 이와 더불어 천연가스 이용기술의 효율성 향상을 위한 기술개발이 필요하다. 셋째, 장기적으로 수소에너지를 비롯한 신재생에너지기술의 개발은 필수적이며 이때 사회경제적 발전계획을 고려한 에너지 관련 인프라 구축방안이 사전적으로 수립되어야 한다.

#### 참고문헌

- 강재성(2003), “세계 가스수급 전망 및 시장환경 변화,” CEO Energy Briefs 제 2003-15호, 에너지경제연구원.
- 김호석(2005), “수소경제로 이행을 위한 사회경제적 영향평가 방법론,” 2005년 한국 신·재생에너지학회 춘계학술대회 논문집, pp. 585-591.
- 김호석·신의순(2005), 『기후변화협약과 기후정책』, 집문당.
- EC(2003), *World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030*, European Commission.
- IEA(2003), *Energy to 2050*.
- IEA(2004), *World Energy Outlook 2004*.
- Millennium Ecosystem Assessment(2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, The Millennium Ecosystem Assessment Series, Island Press.
- OECD(2002), *Nuclear Energy and the Kyoto Protocol*.
- OECD(2003), *The Source of Economic Growth in the OECD Countries*.
- OECD/IEA(2001), *Toward a Sustainable Energy Future*.
- OECD/IEA(2003), *Energy Policies of IEA Countries*.
- OECD/IEA(2005), *Projected Costs of Generating Electricity-update*.
- Shin, Euisoon and Hoseok Kim(2004), "Climate Policy Options and Their Implications on Korean Economy," in *Energy and Environment in the Korean Economy*, Yonsei University Press.
- UN(2001), "Road Map towards the Implementation of the United Nations

Millennium Declaration," UN General Assembly.

UNDP(2004), *UNDP & Energy for Sustainable Development*.

UNEP(2003), "Environmentally Sound Technologies for Sustainable Development,"  
International Environmental Technology Centre, Division of Technology,  
Industry and Economics.

World Bank(1994), *World Development Report 1994 Infrastructure for Development*.