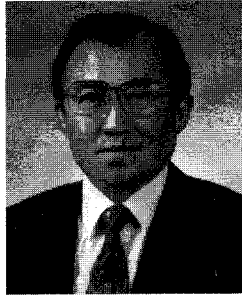


환경친화적 산업에너지 구조

이 글은 지난 9월 20일 인터컨티넨탈호텔에서 한국에너지협회가 주최한 「에너지관련 인사 조찬간담회」에 한국과학기술연구원 朴元勳 원장이 연사로 초청되어 “환경친화적 산업에너지구조”를 주제로 강연한 내용을 게재한 것이다.



박 원 훈
한국과학기술연구원 원장

I. 환경과 에너지

환경(Environment)이라는 단어는 인간을 중심으로 한 유형, 무형의 주위 사방을 총체적으로 포괄하는 뜻이고 만물의 주인은 인간이라는 인간중심주의적 의미를 내재하고 있다. 그래서 진정한 환경운동가들은 환경이라는 단어의 사용을 배척하고 있으며 자연중심주의적 단어인 생태(ecology)를 선호한다. 우리나라 환경정책기본법에는 환경은 자연환경과 대기, 물, 폐기물, 소음등 일상생활과 관련된 생활환경으로 구분하고 있다. 그러나 국제환경운동의 중추역할을 하고 있는 유엔환경계획(UNEP)은 환경의 범위를 다음과 같이 정의하고 있음에 유의할 필요가 있다.

- 자연환경 : -대기
 - 대양
 - 물
 - 암석권
 - 육상생태계
- 인간환경
 - 인구
 - 주거
 - 건강
 - 생물계

실로 1992년 6월 3일부터 14일까지 115개국의 국가 정상급을 포함하여 총 183개국이 참석하였던 브라질의 리우데자네이루 환경정상 회의는 여러면에서 세계사적으로 하나의 전환점이 되었다. 유엔환경개발회의(UNCED, United Nations Conference on Environment and Development)의 주제는 “환경이 견지할 수 있는 개발”(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)로서 환경과 개발의 대립이 아닌 공존이 강조되었다. UNCED에서 토의를 거쳐 채택된 것은 리우선언, 의제 21(Agenda 21), 산림원칙 성명이고 기후변화협약과 생물다양성 협약은 과거 2년여간의 준비회의를 거쳐 합의된 것을 각국 대표가 서명하는 공식 절차만을 밟았을 뿐이다.

리우선언(Rio Declaration on Environment and Development)은 UNCED 준비 초기에는 지구헌장(Earth Charter) 형식의 강력한 문건으로 구상되어 오다가 국제협의 과정에서 남과 북의 의견대립으로 그 내용이 약화되어 선언문 형식으로 축소조정

된 것이다. 환경과 개발의 조화를 추구하는 기본 강령과 금후 국제환경협약의 철학적 기본지침이 되는 27개 원칙조항으로 구성되어 있다. 지구환경 문제의 실상은 “의제 21 (Agenda 21)”의 내용에 잘 나타나 있다. “의제 21”은 21세기를 향한 세계인의 지구환경보전 행동강령이라고 할 수 있는데 리우선언이 모범이면 “의제 21”은 그 시행령의 근간이 된다고 할 수 있다. 의제 21은 총 40장으로 구성되어 앞에서 설명한 UNEP의 정의를 이어 받아 환경의 보전 및 관리부문 뿐만아니라 사회경제적 요소들을 전부 망라하고 있어 지구환경문제는 새로운 국제질서 문제임을 입증하고 있다. 즉 동과 서로 양분되었던 이념의 대결이 종식되고 인류를 전쟁의 위협으로부터 구하는 평화운동이, 인류의 유일한 서식지인 지구를 파괴의 위협으로부터 구하는 지구환경보전 운동으로 변함에 따라 환경보전이 새로운 국제정의로 등장했음을 의미한다.

Agenda 21에서 유독 에너지문제가 언급되지 않은 것은 UNCED 이전부터 기후변화가 먼저 논의 되어 여기에서 에너지를 이미 다루고 있었기 때문이다. 그러므로 지구환경문제중 에너지 문제는 기후변화협약을 주시하면 된다. 우리 나라도 서명한 기후변화협약은 지구온난화 현상을 일으키는 온실가스중 이산화탄소의 배출량을 규제코자 하는 것이 주 내용이다. 이산화탄소는 화석연료 에너지를 사용하면 자연적으로 발생함으로 이는 결국 에너지 소비를 규제하는 것임으로 지구환경보전이 에너지에 직접적으로 연결되는 제일의 본보기라고 할 수 있다.

한편 우리 나라 에너지 부문은 국내 경제, 사회적 여건이 급속히 변화함에 따라 새로운 양상으로 전개되고 있다. 1995년에 일인당 국민소득은 만 불을 넘어 섰으며, 소득증가에 따른 에너지 소비 증가와 에너지 소비형태의 고급화 추세가 유지됨에

제 1 부	제 2 부	제 3 부	제 4 부
사회경제	자원의 보존 및 관리	주요그룹의 역할강화	이행수단
<ul style="list-style-type: none"> - 국제협력 (2) - 빈곤퇴치 (3) - 소비형태 (4) - 인구문제 (5) - 보건 (6) - 주거문제 (7) - 환경과 개발 (8) 	<ul style="list-style-type: none"> - 대기보전 (9) - 토지자원 (10) - 산림 (11) - 사막화와 한발 (12) - 산지개발 (13) - 농업과 농촌 (14) - 생물다양성 (15) - 생명공학 (16) - 해양 (17) - 담수자원 (18) - 유해화학물질 (19) - 유해폐기물 (20) - 하수폐기물 (21) - 방사성폐기물 (22) 	<ul style="list-style-type: none"> - 전문 (23) - 여성 (24) - 아동과 청소년 (25) - 원주민 (26) - 민간단체 (27) - 지방정부 (28) - 노동계 (29) - 산업계 (30) - 과학기술계 (31) - 농민 (32) 	<ul style="list-style-type: none"> - 자원 및 재정 (33) - 기술이전 (34) - 과학 (35) - 교육·홍보 (36) - 국내외 체제 (37) - 국제제도 (38) - 국제법 (39) - 정보 (40)

주 : () 내 숫자는 Agenda 21 의 해당장을 의미함.

따라 에너지 소비의 해외 의존도가 심화되고 있다. 에너지 자원이 빈약한 우리 나라 입장에서 에너지 소비 증가율이 매년 10% 이상으로 경제 성장률을 훨씬 앞지르고 있음을 간과해서는 안된다. 반면, 국민들의 환경에 대한 인식이 높아지면서 에너지 공급설비의 입지 확보가 점점 어려워지고 있는 등 공급 부문에서의 제약 요인도 심화되고 있는 실정이다. 또한 규제완화, 자유화, 개방화 추세가 점차 확대되어 에너지 산업의 구조개편이 진행되고 있으며, 지방자치제의 전면 실시에 따라 에너지 정책의 지역 특화가 요구되고 있다.

이상의 국내 에너지 수급여건 및 지구환경 협약, 무역규제 등으로 인해 우리 나라도 산업발전 및 에너지이용 패턴에 대한 재검증이 불가피하게 되었다. 특히 온실가스 배출저감을 위한 에너지소비 감축은 우리 경제에 상당한 부담을 가져올 소지가 있을 뿐만 아니라, 기후 변화협약은 온실가스 저감을 위한 수단으로 에너지/탄소세와 배출권 거래제도를 활용할 것을 규정하고 있어서, 이들 제도의 국제적 도입 가능성이 높아지고 있다. 특히 우리 나라는 에너지 다소비형 산업구조로 되어 있어 탄소세 규제수단이 적용될 경우 급격한 산업 구조변경에 따른 경제적 비용이 클 것으로 예상된다.

이와 같은 국제적 압력 외에도 국내적으로는 환경친화적 기업경영의 요구가 시민환경운동이나 녹색소비자운동을 통해 가중되고 있다. 따라서 산업계가 환경친화적 에너지소비 구조로 조기에 전환하는 것은 에너지 원단위 절감과 환경보전을 동시에 추구하는 일석이조의 효과를 얻을 수 있다. 이하에서는 에너지사용으로 야기되는 오염물질중 이산화황, 질소산화물등은 오염방지시설로써 충분히 환경규제를 충족시킨다는 전제하에 에너지소비구조와 가장 관계가 깊은 이산화탄소를 중심으로 환

경친화성 산업에너지 구조를 논의코자 한다.

II. 기후변화협약

1. 현황과 전망

국제환경협약중 가장 큰 영향을 미치게 될 협약은 산업, 에너지, 수송, 발전, 가정부문의 에너지 소비와 이산화탄소(CO₂) 배출량을 감축하여 지구온난화의 진행을 막기 위해 1992년 6월 리우 환경회의(UNCED)에서 채택된 기후변화협약이다. 현재로서는 일반 의무사항으로 이산화탄소 등 온실가스 배출량 및 흡수량에 대한 국가 통계를 작성해야 하며 국가 정책 이행에 관한 국가보고서를 제출하도록 되어 있다. 특별 의무사항은 24개 OECD 국가 및 11개 동구권 국가에서 적용되는데 2000년까지 이산화탄소 배출 및 기타 온실가스 배출량을 1990년 수준으로 동결시키도록 하고 있다.

기후변화 협약에 대한 전망은 우리 나라가 개도국으로 분류되어 온실가스 통계보고, 온실가스 저감 노력 등 일반 의무사항 이외에는 특별한 의무는 없다. 그러나 OECD 가입을 목전에 둔 우리 나라로서는 향후 기후변화 협약의 후속 협상을 면밀히 주시하고 대책을 강구하여야 한다. 우리 나라가 OECD에 가입하게 되면 선진국으로 분류되어 다른 선진국과 동등하게 규제하려는 국제적 압력이 거세질 것이기 때문이다.

1996년 7월 제네바에서 개최된 기후변화 협약 제 2차 당사국 회의에서 나타났듯이 미국과 EU, 일본 등은 한국과 같은 선발 개도국에 대해 현재보다 강한 규제 이행 의무가 주어져야 한다는 입장을 개진하고 있다. 기후변화 협약 정부간 협상 위원회에서는 이산화탄소 규제 의무의 강화, 의정서 협상 기구 설치, 개도국에 대한 재정지원 문제

에 대해 선진국과 개도국간에 치열한 협상이 진행되고 있다.

선진국의 의무강화는 바로 선발 개도국의 의무강화를 요구할 가능성이 있으므로 의정서 협상시 개도국, 특히 선발개도국에 대한 의무부과에 한국은 강력히 대처해야 할 것이다.

현재 우리 나라의 온실가스 배출 증가량은 연평균 10% 수준으로, 2000년이 되면 90년 수준의 2.3배에 달하게 될 것으로 추산된다. 90년 수준으로 이산화탄소 배출량을 규제하는 것은 산업화를 후퇴시키라는 이야기나 마찬가지이다. 정부는 에너지 효율 제고와 산업구조 조정 등 중장기 대책을 마련하고 있지만 아직은 경제성장이 상위목표인 국내 실정을 고려할 때 대외협상에서 개도국의 입장을 적극 견지하는 정책적 대응이 필요하다.

2. 대응체제 구축

① 외교력 강화

기후변화협약상 개도국의 의무는 현재로서는 우리 나라 산업 및 경제에 큰 영향을 주지는 않을 것으로 평가되나 OECD 가입 후 우리 나라가 선진국으로 분류되고, 선진국의무가 강화될 가능성이 크다. 물론 지구온난화방지를 위한 범지구적 공동노력에는 적극 참여하되, 의무 이행에 따르는 부담은 국가간의 형평성에 기초하여 분담되어야 한다는 입장을 견지하여, 우리 나라가 OECD에 가입하더라도 기존 선진국과 동일한 수준의 규제를 받지 않도록 외교협상력을 경주하여야 하며, 특히 유예기간의 확보에 노력하여야 한다.

현재 OECD 가입과 관련하여 OECD 이사국들이 우리 정부에 촉구해온 “이산화탄소 감축 방안 및 스케줄”에 대한 정부의 입장은 다음과 같다. “현재로서는 OECD 국가들과 보조를 같이 할 수

없다. 이산화탄소 방출량을 오는 2000년까지 90년 수준으로 억제하는 기후변화 협약의 선진국 의무조항을 도저히 받아들일 수 없다. 스케줄에 관해서는 에너지 소비절약과 대체에너지 개발을 위해 노력중이나 이 역시 장기 계획이므로 당장 감축 일정을 마련하기는 어렵다.” 이와 같은 정부 입장을 확고히 대변할 수 있는 협상력을 강화해야 한다.

② 제도적 대응

우리 나라는 현재 이산화탄소(CO₂) 배출량이 선진국보다 낮으나 국내 화석에너지 사용비중이 높아 '90년대 후반에는 [90년 EC 평균]에 도달될 것으로 예상되고 있다. 국제적인 규제기준이 [90년 EC 수준 동결]로 설정될 것에 대비하여 에너지부문의 중장기 온실가스 저감대책을 수립하여야 한다. 또한 선진국들은 1990년 수준으로의 온실가스 안정화를 달성하기 위해 에너지,탄소세의 역할에 큰 기대를 걸고 있다. 그 동안 일본과 미국 등 일부 선진국은 에너지,탄소세에 대해 소극적 입장이었다. 그러나, 미국의 에너지세 도입추진과 일본의 환경세 강화 움직임을 고려하면 에너지,탄소세의 도입이 예상외로 빨리 올 가능성도 있다. 에너지,탄소세는 궁극적으로 산업통상정책과 연계되는 사안인 만큼 이에 대한 선진국의 동향을 면밀히 파악하여야 하고 국내외적 파급효과를 분석함으로써 에너지,탄소세 확산에 따른 영향을 최소화할 수 있는 방안도 강구해야 한다.

이외에도 기후변화 협약상의 의무사항을 효율적으로 이행하기 위해서는 우선 그와 관련된 국내 법령의 제정 및 제도 정비가 필요하다. 특히 대기부문의 국내 환경기준을 재검토하고 기후변화협약 준수에 걸맞은 기준설정이 이루어져야겠다. 또한 정부, 관련전문가, 기업이 함께 참여하는 협의

기구를 구성하여 산업부문이 기후변화협약관련된 국내환경기준을 효율적으로 준수할 수 있도록 하여야 할 것이다.

III. 국내 에너지 소비 현황과 CO₂ 배출전망

1. 경제성장과 에너지소비 전망

우리 나라의 1차 에너지 소비량은 1970년 이후 고도성장에 따른 에너지 수요의 급증으로 매 10년마다 2배 이상씩 증가하여 왔다. 이로써 1인당 소비량도 크게 늘어났으나 아직은 선진국 수준의 3분의 2 정도인 2.87TOE(1993년)에 그치고 있는 실정이다. (표 1 참조). 따라서 이러한 추세에 비추어 볼 때 앞으로도 우리 나라의 에너지 소비량은 지속적인 경제성장과 소득증가에 따라 계속 증가할 것으로 전망된다.

에너지경제연구원⁽¹⁾이 발표한 BAU(Business As Usual Case) 시나리오에 의하면 에너지 수요는 2010년까지 연평균 5.9%의 높은 증가율이 예상된다

다. 1990년의 에너지 소비량 93.2백만TOE에서 2000년에 2.3배, 2010년에 3.5배, 2020년에 4.7배로 증가할 전망이다.

국내 부존에너지 자원이 무연탄에 국한되어 있는 상황에서 에너지 소비의 증가와 고급화가 진전됨에 따라 에너지소비의 해외 의존도도 심화되어 왔다. 즉, 석유, 가스, 유연탄, 원자력 등의 에너지원은 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 이들 에너지의 소비증가는 수입증가로 이어져 국민경제에도 부담을 주고 있다.

GNP당 에너지 사용량으로 본 에너지원단위는 1980년대 중반 계속 향상되어 왔으나 중반이후 감소세가 둔화되고 있으며, 1990년대에 들어와서는 오히려 급격한 증가세로 반전되고 있다. 그리고 절대수준에 있어 선진국은 물론 우리 나라와 비슷한 소득수준의 국가에 비해서도 높은 실정이다. 따라서 경제성장에 대한 에너지소비증가 비율인 에너지소비 탄성치도 1980년대 초반에는 평균치가 0.61 이었으나 1980년대 후반에는 거의 1에 접근하였고 1990년대에는 계속 1을 상회하고 있다.

이처럼 우리 나라의 에너지소비량이 1980년대

표 1. 주요 에너지 경제지표⁽²⁾

	단위	1980	1985	1990	1993	년평균증가율(%)		
						80-85	85-90	90-93
GNP	(85불변)조원	52.3	78.1	130.7	157.3	8.4	10.8	6.4
인구	백만명	38.1	40.8	42.9	44.1	1.4	1.0	0.9
에너지 소비량	백만 TOE	43.9	56.3	93.2	126.4	5.1	10.6	10.7
1인당 소비량	TOE	1.15	1.38	2.17	2.87	3.7	9.5	9.8
수입의존도	%	73.5	76.2	87.9	94.6			
GNP당 에너지 소비량	TOE/(85주변) 백만원	839	721	713	804	-3.0	-0.2	4.1
에너지 소비량			0.61 ¹⁾	0.98 ²⁾	1.67 ³⁾			

주:1) 1980-85년 평균, 2) 1985-90년 평균, 3) 1990-93년 평균

중반이후 매년 10% 이상씩 증가하고 에너지소비 탄성치도 1을 넘고 있는 이유는 에너지의 상대가격이 하락함에 따라 절약의지가 약화된 데도 있지만 우리경제가 에너지 다소비업종을 중심으로 성장해 왔기 때문이다.

2. 에너지원별 소비구조의 변화

1970년대 석유와 무연탄이 중심이었던 우리나라의 에너지소비구조는 1970년대말의 제 2차 석유 파동 이후 탈석유 정책을 추진해 옴으로써 사용하는 에너지원이 원자력, 유연탄, 천연가스 등으로 다원화되어 왔다. (표 2 참조)

석유소비량은 산업과 발전부문 등에서 다른 연

료로 대체된데 힘입어 1980년대 전반기 동안에는 거의 증가하지 않았으나 이후 유가가 안정되고 경제성장률도 높아짐에 따라 다시 크게 증가하고 있다. 이로써 50% 미만으로 떨어졌던 석유의존도는 1993년에 62.1%로 다시 높아졌다.

석탄의 경우 가정용 연료의 전환으로 무연탄의 소비는 계속 감소하고 있으나 제철, 시멘트, 그리고 발전부문에서의 유연탄 수요의 증가로 최근에도 약간씩 늘어나고 있다. 원자력은 기저부하용으로 사용량이 꾸준히 증가하고 있다. 한편 1986년부터 사용되기 시작한 LNG는 사용량이 매년 큰 폭으로 늘어나고 있다.

3. 부문별 에너지 소비구조

표 2. 에너지원별 에너지소비 및 전망^(1,2)

단위:백만 TOE, % ()내는 구성비%

구분	석유	LNG	석탄	수력	원자력	기타	계
1980	26.8 (61.1)	-	13.2 (30.0)	0.5 (1.1)	0.9 (2.0)	2.5 (5.8)	43.9 (100)
1985	27.1 (48.3)		22.0 (39.1)	0.9 (1.6)	4.2 (7.4)	2.0 (3.6)	56.3 (100)
1990	50.2 (53.8)	3.0 (3.2)	24.4 (26.2)	1.6 (1.7)	13.2 (14.2)	0.8 (0.9)	93.2 (100)
1993	78.5 (62.1)	5.7 (8.1)	25.3 (19.9)	1.5 (1.0)	14.5 (12.3)	0.9 (1.1)	126.4 (100)
1993	78.5 (62.1)	5.7 (4.5)	25.3 (20.0)	1.5 (1.2)	14.5 (11.5)	0.9 (0.7)	126.4 (100)
2000	121.6 (57.8)	17.0 (8.1)	41.8 (19.9)	2.0 (1.0)	25.8 (12.3)	2.3 (1.1)	210.4 (100)
2010	164.2 (50.1)	31.8 (9.7)	69.5 (21.1)	3.5 (1.1)	56.1 (17.1)	3.0 (0.9)	328.1 (100)
2020	188.4 (43.4)	48.3 (11.1)	101.6 (23.4)	5.3 (1.2)	87.1 (20.1)	3.6 (0.8)	434.3 (100)
2030	212.7 (38.0)	68.5 (12.2)	136.9 (24.5)	7.7 (1.4)	129.7 (23.2)	4.3 (0.8)	559.9 (100)

우리나라의 최대 에너지 소비부문이 1970년대 후반까지는 가정, 상업부문이었으나, 제조업의 성장으로 1978년부터는 산업부문이 차지하고 있다. 또한 최근에는 자동차 보유대수가 증가함에 따라 수송부문에서의 에너지소비량도 급증하고 있다.

가정 및 상업부문의 에너지소비량은 연평균 5% 이하의 완만한 증가세를 보임으로써 전체 최종에너지 소비량에서 차지하는 비중이 1980년의 37.3%에서 1993년에는 24.2%로 낮아졌다. 그러나 가구당으로 볼 때는 소비량이 늘어나고 있는 추세이다. (표 3 참조)

최종에너지 기준 부문별 수요전망에 의하면 (표 4 참조) 2010년까지 수송부문의 에너지수요가 연평균 6.5%로 가장 빨리 증가하고, 산업부문은 5.9%, 가정부문은 3.0%씩 증가하여, 전체적으로 연 5.9%의 증가세를 보일 전망이다. 산업 생산의 증가로 산업부문의 비중이 현재의 54%에서 59%까지로 지속적으로 높아지며, 수송부문은 자가용 승용차의 증가로 2010년까지 23%까지 높아진 후 점차 감소하는 반면 제조업 부문의 에너지 수요는

'92~2030년간 4.8배 증가하며, 비중은 1992년 48.3%에서 2030년 56.7%로 계속 증가할 전망이다.

4. 국내 이산화탄소 배출전망⁽¹⁾

에너지분야에서의 CO₂ 배출량은 에너지의 이용량과 에너지원의 종류에 의하여 결정되어 있는데 CO₂ 주배출원인 화석에너지 이용량에 절대적인 지배를 받게 된다. 다만 국민생활 향상에 의하여 나타나는 연료 고급화 현상에 의하여 CO₂ 배출량의 감소는 기대되나 전체 에너지 이용량 증가에 비교하면 미미한 양이다. 이와 같은 상황에서 국내에서 이용되는 에너지량으로부터 추산된 CO₂의 배출량은 표 5와 같은데 1990년 CO₂의 배출량 65.2백만 탄소톤에서 2000년엔 2.3배 증가될 것이며 2020년에는 4.3배의 증가가 예상된다.

우리나라의 이산화탄소 배출총량은 1990년 현재 세계 16위에서 2000년에 9위가 된 후, 2010년 6위를 기록할 것으로 예상되어 세계적 주목의 대상이 될 가능성이 있다. 표 5에서 보는바와 같이 국민 1인당 CO₂ 배출량도 계속적으로 증가하여 1990

표 3. 부문별 최종에너지 수요⁽¹⁾

	1980	1985	1990	1993	년평균증가율(%)		
					80-85	85-90	90-93
산업부문	16.6 (44.1)	20.0 (42.6)	36.1 (48.2)	54.0 (52.3)	3.8	12.6	14.3
수송부문	4.9 (13.0)	6.7 (14.3)	14.2 (18.9)	21.7 (21.0)	6.5	16.1	15.3
가정·상업부문	14.0 (37.3)	18.2 (38.7)	21.9 (29.2)	25.0 (24.2)	5.3	3.8	4.5
공공부문·기타	2.1 (5.6)	2.1 (4.5)	2.8 (3.7)	2.6 (2.5)	0.1	6.0	-2.6
계	37.6 (100)	47.4 (100)	75.0 (100)	103.4 (100)	4.6	9.8	11.3

주:()는 구성비%

표 4. 부문별 에너지 수요전망(최종에너지)

단위:백만 TOE, ()내는 구성비임

구분	1992	2000	2010	2020	2030
제조업	45.7(48.3%)	87.0(51.8%)	134.7(53.6%)	177.4(56.0%)	220.8(56.7%)
농·림 어업	2.9(3.1%)	3.19(1.9%)	3.4(1.4%)	3.2(1.0%)	3.0(0.8%)
광·건설업	2.3(2.4%)	3.15(1.9%)	4.5(1.8)	5.9(1.9%)	7.1(1.1%)
수송	18.5(19.6)	39.6(23.6%)	57.7(23.0%)	61.7(19.5%)	66.6(17.1%)
가정	18.4(19.5%)	23.6(14.0%)	31.5(12.6%)	39.7(12.6%)	48.3(12.4%)
상업	6.9(7.3%)	11.4(6.8%)	19.3(7.7%)	28.8(9.1%)	43.2(11.1%)
최종에너지 계	95.6(100.0%)	167.9(100.0%)	251.2(100.0%)	316.8(100.0%)	389.0(100.0%)

년 현재 152 탄소톤으로 미국, 일본 등에 비하여 낮은 수준이나 2000년 이전에 일본수준, 2000년에 32탄소톤으로 유럽 국가 수준을 넘어서며 2020년 이후엔 가장 높은 수준인 미국과 비슷하게 될 전망이다.

여기서 이산화탄소 배출은 인구증가, 경제성장(GDP), 에너지 비효율성, 탄소집약도가 4대 주요 증가 요인이다. 이것을 수식으로 나타내면 아래와 같다.

표 5. 이산화탄소 관련 지표⁽¹⁾

구분	1973	1990	2000	2010	2020	2030
CO ₂ (백만 TC)	18.9	65.2	148.5	217.0	281.2	351.0
1인당 CO ₂ (TC)	0.56	1.52	3.17	4.37	5.56	6.94
1차에너지(백만 TCE)	25.0	93.2	210.4	328.1	434.3	559.9
인구(백만원)	34.1	42.9	46.8	49.7	50.6	50.6
GDP('90조원)	46.6	179.5	361.3	617.0	917.2	135.7
에너지원단위(TOE/'90백만원)	0.54	0.52	0.58	0.53	0.47	0.41
TOE/'90천불	0.38	0.37	0.42	0.38	0.34	0.30
탄소집약도(TC/TOE)	0.76	0.705	0.71	0.66	0.65	0.63
연증가율(%)	1973~1990	1990~2000	2000~2010	2010~2020	2020~2030	1990~2010
CO ₂	7.5%	8.6%	3.9%	2.6%	2.2%	6.2%
1차 에너지	8.0%	8.5%	4.5%	2.8%	2.6%	6.5%
인구	1.4%	0.9%	0.6%	0.2%	0.0%	0.7%
GDP	8.2%	7.2%	5.5%	4.0%	4.0%	6.4%
에너지탄성치	0.98	1.17	0.83	0.70	0.64	1.02
탄소탄성치	0.92	1.18	0.70	0.64	0.56	0.97
에너지효율 변화율	-0.2%	1.2%	-0.9%	-1.2%	-1.4%	0.1%
탄소집약도 변화율	-0.5%	0.1%	-0.6%	0.2%	-0.3%	0.3%

$$\text{이산화탄소배출량} = \left(\frac{\text{이산화탄소배출량}}{\text{에너지소비총량}} \right) \times \left(\frac{\text{에너지소비총량}}{\text{GDP}} \right) \times \left(\frac{\text{GDP}}{\text{총인구}} \right) \times (\text{총인구})$$

식 우변의 첫항은 에너지원별 이산화탄소 배출을 의미하는 탄소집약도이고, 두번째항은 국내 총생산당 1차에너지 소비량을 나타내는 에너지원단위 세번째항은 경제개발 지표로 이용되는 1인당 GDP 를 의미한다.

에너지경제연구원¹⁾이 조사한 이산화탄소 배출요인 추세분석에 의하면 탄소집약도 추이는 1981년부터 현재까지 꾸준히 개선되어 왔고, 에너지원단위는 80년대 중반 0.49TOE/백만원 수준까지 낮아졌으나 그 이후 지속적으로 상승하고 있음을 보이고 있다. 일반적으로 탄소집약도의 개선은 석탄과 같이 고탄소 연료에서 천연가스와 같은 저탄소 연료로의 전환에 의하며 에너지원단위 개선은 에너지 이용기술 향상과 에너지 절약 노력의 결과로 이루어진다. 가정 부문의 무연탄 소비감소와 국내 환경 규제 강화로 인한 석유류 및 천연가스 소비 확대로 탄소집약도 감소 추이는 당연한 결과이나, 가정부문의 무연탄 감소 가능량은 향후 몇년내로 소진될 전망이므로 획기적인 연료 전환 정책이 수반되지 않는 한 탄소집약도 개선은 더 이상 기대하기 힘든 실정이다. 한편 지난 10년간 에너지원단위가 악화된 것은 1980년대 중반이후 저 에너지 가격이 지속됨에 따라 에너지 절약 노력의 부족과 에너지 집약적 업종 중심의 경제성장에 의한 결과로 판단된다. 이러한 추세는 표 5에 나타난 바와 같이 2000년까지는 계속될 전망이다. 이후 에너지원단위는 에너지 이용기술 개발 및 적용, 에너지 절약 투자 등에 의하여 연평균 1% 정도로 개선될

전망이다. 반면 선진국들은 1차석유 파동 이후 에너지 원단위가 크게 개선된 바 있다. 1973-1990년 간 일본은 연평균 23% 로 가장 크게 개선되었으며, 영국은 연평균 21%, 미국은 연평균 17% 개선을 보였다. 이들 선진국들은 1990-2000간에도 연평균 1% 내외의 지속적 원단위 향상이 예상된다.

표 5에 정리된 이산화탄소 배출 관련 지표를 보면, 첫째 국내의 현 산업 구조에 큰 변동이 없는 한 미래의 경제성장을 유지하기 위해서는 이산화탄소 증가는 필연적이라는 사실과, 둘째 청정연료로의 과감한 전환이 없는 한 에너지 이용 기술 향상과 에너지 절약 노력에 의한 원단위 개선만이 이산화탄소 배출을 억제하는 유일한 정책수단임을 알 수 있다.

IV. 환경친화적 산업에너지 구조의 구축

1. 산업계의 환경의식 전환

국내 에너지 소비 증가율 (10년마다 2배 이상씩 증가하여 왔음) 이 경제성장률을 앞지르고 총 외화 지출의 18% 선을 에너지 수입에 쏟아 부어 경제에 큰 압박을 주고 있다. 에너지 소비 구조를 보면 산업부문이 53%를 넘고 있다. 산업부문 가운데서도 제조업의 비중이 92%로 거의 대부분을 점유하고 있어, 국가 경제 전체적으로 볼 때 제조업의 에너지 이용 효율제고는 산업계가 해결하여야 할 핵심과제이다.

특히 화석연료인 석유의존의 지속적 증가와 에너지 이용 효율성 악화 등 국내 에너지 사정은 환경보전 측면에서 볼 때 매우 불리하다. 국내외적으로 환경규제가 강화되면, 화석연료 이용 증대가 크게 제약받을 것이며, 천연가스와 신재생에너지

등의 청정연료의 이용 확대와 에너지 절약 강화의 필요성이 매우 높아질 것이다. 또한 탈황설비 등 에너지 설비의 환경 투자 소요도 증대될 것이다.

이러한 관점에서 산업계, 특히 에너지 관련 산업계의 환경에 대한 인식이 전환되어야 한다. 에너지 산업이 환경에 부정적 영향을 미친다는 것은 역으로 환경보전을 위해서는 에너지산업의 역할이 증대하다는 것을 의미한다. 국내외적인 환경규제의 강화는 우리의 에너지산업에게 하나의 도전이자 새로운 기회이므로 남보다 한발 앞서 환경을 생각하면서 기업을 경영하는 것이 장기적 경쟁에서 살아남는 방법이다.

또한 강력한 환경보호 의식과 함께 생활의 질적 향상을 추구하는 신세대의 시장구매력이 증가함을 인식하여야 한다³⁾. 이들 신세대들은 환경보호의 중요성에 대해 지속적으로 교육을 받고 자라난 세대들이며 환경보호를 위한 소비자운동을 주도하고 있다. 지역적 환경은 물론 지구환경 문제에 대한 관심이 높아 자국제품뿐 아니라 수입제품의 환경 적합성에 대단히 민감하며, 지구환경보호를 위해 자국정부의 강력한 정책을 요구하고 있다. 환경보호에 소극적이거나 형식적인 기업은 신세대를 주축으로 하는 소비자들로부터 외면 당하게 될 가능성이 크다. 에너지 효율 기준이나 환경기준이 범세계화될 가능성이 높아지고 있으며 이 경우 환경친화적인 기업은 환경규제 강화가 오히려 경쟁력을 강화시키는 계기가 된다. 환경효율성(Eco-efficiency)의 제도를 통해 기업경쟁력과 독자적 시장의 확보가 가능해짐에 따라, 규제의 방향을 예지하고 적극적으로 대처하는 기업만이 장기적으로 성장할 수 있다.

이러한 관점에서, 국제화를 추구하며 수출에 주력하고 있는 우리의 기업들은 국내외의 환경보호적 신세대의 성향을 인식하여야 한다. 환경 친화

적이며 에너지 효율적인 제품의 생산에 주력하지 않으면 수출이 상당히 제약받게 될 것이다. 환경친화성 상품, 즉 Clean Products의 생산을 통해 해외시장의 확대를 추구하여야 할 시점이다. 환경개선에 기여할 수 있는 공정과 제품을 개발하여야 하며 이를 위한 기술개발 노력 및 투자 확대가 시급함은 물론이다. 한편, 각 기업의 환경친화적 기술(총칭하여 cleaner technologies)개발 필요성과 더불어 에너지절약산업과 환경 산업은 미래의 고부가가치 산업이 될 것으로 전망된다.

2. 산업계의 에너지 절약 및 효율성 제고

국내 총 에너지 사용량 중 51.4%를 차지하는 제조업 부문에서 에너지 이용 효율 제고는 국가 에너지 정책의 핵심과제로 강조되고 있다. 1992년 정부는 에너지 소비 절약 종합 대책 일환으로 산업 부문 에너지 사용량 중 58.4%를 차지하는 에너지 사용량 2만TOE/년 이상 에너지 다소비업체(194개업체)에 대하여 에너지 절약 5개년 계획을 수립케하고 동 계획의 추진 실적을 점검지도하여 에너지 저 소비형 산업구조 형성의 기반을 마련하는데 총력을 기울이고 있다. 최근 에너지기술연구소⁴⁾가 300여 에너지 다소비업체를 대상으로 실시한 에너지 절약 실태 분석 설문조사에 의하면(표 6 참조) 에너지 절약 방법으로 에너지 사용 설비의 교체 및 보완, 폐열회수, 생산공정개선, 제어 기능 향상과 자동화 등 운전 관리의 합리화 순으로 집계되었다. 에너지 절약을 대략 3단계로 구분하여 1단계를 에너지 사용조건 합리화 단계라 할 수 있는 폐열 회수 및 보완 강화 등의 이용단계, 2단계를 에너지 사용설비의 교체 및 보완단계, 3단계를 신공정 도입 및 시스템 기술 적용단계라면, 산업계의 현실태는 1, 2단계가 주종을 이루고 있지만 생

산공정의 개선, 열병합발전, 신 공정 도입 등의 에너지 절약 기술 수요가 강화되고 있는 것으로 판단된다.

거의 모든 에너지원을 수입에 의존하고 있는 우리나라에 있어 에너지 절약과 이용 효율의 향상은 에너지 안보 능력을 제고시키는 중요한 정책수단이 되는 동시에, 향후 국내외적으로 부각될 환경문제에 적극적으로 대처할 수 있는 방안이기도 하다.

근원적인 에너지절약 기반을 구축하고 에너지 절약형 경제, 사회 개발을 촉진하기 위해서는 단기적인 성과보다는 장기적인 관점에서 구조적이고, 제도적이며, 기술적인 정책 접근을 지속적으로 도모하여야 한다⁶⁾. 에너지절약의 시장 및 산업의 구조적 접근을 도모하기 위해서는 1) 에너지 가격 제도를 수요관리형으로 개선하고, 에너지 수요관리의 합리적 추진이 필요하며 2) 에너지 공급자는 통합자원계획 추진을 활성화하여 수요관리 정책과 연계, 추진되어야 하며 3) 에너지 저 소비형 고부가가치 산업의 육성 및 4) 에너지 절약 투자가 촉진될 수 있는 분위기 조성이 되어야 한다. 또한 에너지 절약의 제도적 접근을 도모하기 위해서는 1) 에너지 절약 정책 및 사업 추진 주체의 기능 및 역할을 재조정, 개선하고 2) 에너지 효율 규제를 강화하고, 실천방안을 개선하여 정책 추진의 국제적 추세에 부응해야 할 것이다. 에너지절약의 기

술적 접근은 1) 에너지 절약형 신 기술 개발과 그 보급을 촉진하고 2) 고효율 에너지 기기의 개발, 생산, 보급확대 등의 대책이 필요하며 3) 에너지 다소비형 산업의 원단위 절감 및 경쟁력 강화를 위한 기술 개발 및 4) 에너지 저 소비형 생산공정의 개발 등의 장기적 대책이 요구된다.

① 에너지 절약 대책의 체계화

프로그램 위주의 절약정책을 지양하고, 객관적인 분석과 기술잠재량, 시장성 등에 입각한 정책 수립 및 추진을 도모한다. 이를 위하여 정보체계의 획기적 확충이 요구되는바, 에너지정보망(Network) 구성, 에너지 Monitoring 시스템 구축을 통하여 에너지 절약정책의 사전 및 사후평가, 진행과정 Monitoring 실시, 본격적인 수요관리 실시에 대비한 DB 의 확충정비, 전국을 대상으로 지역단위의 에너지 지도(Energy Map) 작성 등을 추진해야 한다⁶⁾.

② 에너지 관리 통합체제 도입

에너지 절약정책의 실효성을 높이기 위하여 정책대상을 기존의 공정 및 이용 기기 등 최종 에너지 소비부문으로부터 공간 및 지역단위를 함께 묶어 관리하는 통합체제로 전환할 필요가 있다. 지역단위로 에너지 공급과 수요를 연계 관리하고, 지역단위의 에너지 관리 구역을 설정하여 지역적

표 6. 업종별 에너지 절약방법

(단위:%)

구 분	금속업	요업	화학업	종·목재	섬유업	식품업	평균
설비교체 및 보완	22.3	25.0	27.8	26.6	26.7	16.7	24.1
폐열회수 등	19.5	25.0	22.6	24.4	20.0	25.0	22.7
연료대체	12.4	8.3	11.1	7.9	3.5	3.9	7.8
생산공정개선	15.0	8.3	16.7	4.6	9.0	16.7	11.7
신공정도입	13.8	1.2	9.0	7.0	13.3	8.3	8.8

으로 특화된 에너지절약 시책을 추진해야 한다⁶⁾.

한 울타리 안에 있는 석유화학, 수지, 합성공장을 통합하여, 업종간 시너지 효과를 통해 물류비용과 제조원가를 획기적으로 낮추고 에너지 효율을 극대화한 생산공정 구조 재구축(restructuring)은 좋은 예이다.

③ 에너지 효율 기준과 등급 표시제 선진화

국내 에너지 소비 효율 등급 표시제도는 시행기간이 짧았던 여건에도 불구하고 에너지 사용량의 절감, 공급자의 기술 개발 촉진 및 국제 경쟁력 강화에 기여한 것으로 평가 되고는 있지만 제도, 관리상의 부분에서 더 많은 보완이 요구되고 있다. 에너지 효율 기준 관리 제도의 보완을 위해서는 선진국들의 운영실태, 관리기준, 정부규제 등을 조사, 분석하여 귀감으로 삼을 필요가 있으며 또한 에너지 효율 기준을 점차 선진국 수준으로 강화시켜 나가야 한다. 에너지 소비 효율 등급 표시제도의 정착과 국제 경쟁력에 대응하기 위한 방안으로는 첫째, 등급 표시 제품의 신뢰성 확보를 위한 지속적 개선이 필요하고, 둘째, 등급표시제도의 실효성을 유지하는 것이다. 효율이 높고 신뢰성이 큰 제품을 생산하는 업체에는 충분한 인센티브가 부여되고, 소비자에게는 고효율 제품을 선호할 수 있도록 각종 리베이트제도가 마련되어야 할 것이다.

④ 에너지 수요관리의 체계적 실시

에너지 수요관리는 에너지시설의 입지와 투자자금의 확보가 어려운 현실에서 그 부담을 덜어주는 동시에 에너지 공급사의 경영효율을 제고할 수 있는 효과적인 수단이므로 에너지공급사에서 수요관리에 선도적인 역할을 해야 한다. 정부에서는 작년에 에너지 이용합리화법을 개정하여 에너지공

급사의 수요관리투자계획 수립을 의무화한 바 있으므로 이에 부응하여 적극적으로 수요관리를 추진해야 할 것이다.

에너지 소비는 에너지사용기자재, 공장, 자동차 및 건물 등과 같이 사회의 전 부문과 관련되어 있기 때문에 에너지공급 부문에 국한된 수요관리정책은 한계가 있다. 장기간에 걸쳐 효과가 나타나는 원천적인 에너지 절약을 위해서는 에너지 사용기자재를 포함한 모든 사회, 경제 및 공간구조가 효율적으로 구성되어야 하기 때문에 종합적이고 일관성 있는 에너지 수요관리 정책의 실시가 요구된다.

3. 에너지 저 소비형 산업 구조로의 전환

이산화탄소 배출량은 에너지 사용량과 밀접한 상관관계가 있다. 따라서 에너지 다소비형 업종의 성장을 억제하는 한편 정밀기계, 전자·통신기기, 의약품 등 에너지 저 소비형 업종의 성장을 촉진시켜야 할 것이다. 또한 1989년 이후에는 거의 모든 부문의 에너지소비량이 경제성장률을 상회하는 높은 증가추세를 보이고 있는데 이는 석유·석탄 등 화석연료의 가격이 상대적으로 낮았다는 점에도 기인하였다. 따라서 에너지사용에 따른 적정코스트를 부담토록 함으로써 에너지 저 소비형 산업구조로의 개편을 유도해야 하겠다.

반면 전 업종에 걸쳐 생산과정에서 투입되는 제품단위당 에너지사용량을 감축시켜 나가야 하겠다. 특히 에너지원단위가 증가 추세에 있는 석유, 석탄제품, 화학제품, 제철제품, 비철금속, 금속제품 등 부문의 에너지원단위 감소를 중점적으로 추진해야 할 것이다. 우리 나라의 에너지원단위를 일본의 경우와 비교할 때, 부가가치 기준으로 할 때 25배 높고, 생산단위 몰량당 기준(생산활동 기준

에너지원단위)으로 할 때는 10~30% 정도 높은 현실은 정책제시면에서 시사하는 바가 크다. 또한 동일한 열량의 에너지를 사용하더라도 에너지원별 투입비율에 따라 이산화탄소 배출량이 달라지므로 에너지원별 소비구조면에서도 LNG, 원자력 등 청정연료의 비중을 높여나가야 할 것이다.

또한 에너지다소비업체 및 시설에 대한 절약시책도 강화해 나가야 한다. 에너지 다소비시설의 신, 증설시 현행 [에너지사용계획 신고제도] 를 대규모 공공시설과 같이 [협의제도] 로 전환하고 이와 함께 에너지소비가 적은 중소기업에 대하여는 무료진단의 확대와 에너지관리자 채용의무 완화등 지원위주로 절약을 유도해 나가야 할 것이다.

에너지 저 소비형 경제구조의 확립을 위해서는 장기적으로 수출입품목의 구조도 개선되어야 할 것이다. 에너지 저 소비형 품목을 중심으로 수출증대에 힘쓰는 한편 에너지 다소비형 중간재 또는 최종재의 수입비중을 높여야 할 것이다.

또한 모든 산업부문에 걸쳐 에너지 다소비형 중간재를 에너지 저 소비형 중간재로 대체시키기 위한 생산공정의 개선을 지속적으로 추진하도록 정부의 적극적 정책 개발이 있어야 할 것이다.

4. 에너지 기술 개발의 촉진

구조적으로 해외에 지나치게 의존하고 있는 우리의 에너지 수급 구조를 근본적으로 개선하고, 지구온난화 등 환경문제에 도입된 3E 개념, 즉 경제 (Economy), 에너지 (Energy), 환경 (Environment)의 조화로운 발전을 위하여서는 에너지 기술 개발을 통한 새로운 에너지 공급 대안 모색과 에너지 이용의 효율화를 추구하는 노력이 절대 필요하다. 에너지 기술의 역할은 산업생산 활동에 필요한 절대 에너지 소모량을 감소 시키거나 대체에너지를

개발, 활용함으로써 에너지 수급의 궁극적 해결책에 기여할 수 있고, 또한 청정에너지 기술에 의하여 환경 문제에 효과적으로 대응하는 것이다.

그러나 에너지기술의 특성이 일반적으로 소요 투자액이 크고 회수기간이 길며 초기 시장확보가 불확실하기 때문에 그 투자의 효용성에 대한 경제 논리를 극복하기 위해서 개발된 기술의 국내 실용화 지원 사업이 반드시 연계 시행되어야함은 물론, 에너지 기술 확보는 “제2의 에너지 자원” 이라는 신념하에 지속적인 기술개발 추진과 재원의 안정적 확보가 중요하다.

산업체의 공공 애로기술로서 단기간 내 실용화가 가능하고 파급효과가 큰 기술은 민간주도로 개발하고 민간기업만으로는 개발능력이 취약한 미래 원천 기술 및 대형복합기술은 정부주도로 개발해 나가야 할 것이다.

특히 전력, 가스기술등은 관련 정부투자기관을 중심으로 개발해야 할 것이다. 화석에너지 대체기술은 태양열, 태양광, 연료전지, 청정에너지원 등의 기술 개발을 중점 추진하여 신, 재생에너지의 기술개발을 촉진하도록 해야 하겠다.

개발된 기술의 보급촉진을 위한 시범 단지를 조성하고 신 기술 제품의 정부 우선 구매 제도 및 장려금 지급제도를 확대하여 개발 기술의 실용화 보급 촉진을 위한 지원대상을 신, 재생에너지부터에서 모든 에너지기술에 확대 적용할 수 있는 정책 개발이 따라야 할 것이다.


V. 에너지와 환경

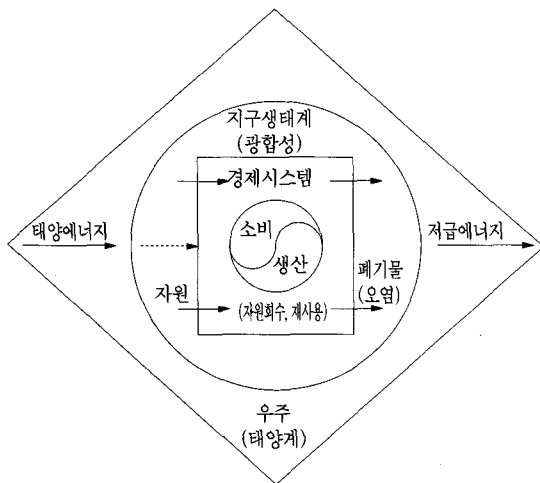
지구상의 모든 생명체는 생명을 유지하고 또 종족을 보존하기 위하여 주위에서 에너지를 흡수, 소화, 사용하고 열역학 제 2법칙에 의해 열화된 형태의 나머지 에너지를 다시 주위환경으로 되돌린

다. 이같이 저급에너지 (증가된 엔트로피)가 되돌려지는 과정이 반복되면서 주위 생태계가 이에 적응하지 못할 때, 즉 생태계의 자정능력이 깨질 때 환경문제가 야기된다.

그런데 지구가 보유한 에너지원은 크게 두가지로 구분할 수 있다. 하나는 지구상에 생명체가 출현하기 이전에 우주의 생성과정에서 주어진 상황, 즉 무기물자원과 초기 에너지로서 지구 중심 속의 용암과 화산폭발, 그리고 물질속에 감추어진 핵에너지가 여기에 속한다. 다른 하나는 지구상 생명체의 진화과정에 지구 외부로부터 흡입되는 유일한 에너지원인 "태양에너지"이다. 이 "태양에너지"에 의한 광합성을 중심으로 무기영양을 흡수하며 지구 생태계가 진화되어 왔으므로 "태양에너지"가 생명 유지의 근원이요 또 먹이사슬을 유지하는 근본이다. 현대 문명의 에너지원인 화석연료도 고대 생물체의 주검의 잔해임으로 태양에너지의 한 에너지저장 형태에 불과한 것이다. 그럼으로 소위 biogeochemical cycle 의 동력원은 태양에너지다. 이 같은 차원에서 보면 에너지와 자원을 구분한다는 개념도, 또 에너지와 환경을 구분하는 개념도 부

질없음을 알 수 있다. 초기 무기자원외의 지구상 유기자원은 태양에너지에 의한 것이며, 환경문제는 유기생물체가 생명을 유지하기 위해서 에너지/자원을 사용하면 필연적으로 발생되는 것이기 때문에 그 본질상 하나의 문제라고 보는 것이 합리적이다.

구태여 에너지 문제와 환경문제를 구분해온 것은 문제인식의 시점과 견지가 달랐기 때문임으로 앞으로는 에너지/환경을 동일한 차원에서 취급하는 것이 에너지/환경문제를 본질적으로 해결하는 길의 시작이 된다고 확신한다. 한국에서는 환경산업 보다 에너지 산업이 먼저 정착되었으므로 에너지 업계가 환경보전을 선도해 나가야 한다는 의미도 된다. 에너지 다소비업계 (특히 발전, 제철, 제강, 시멘트)의 책무는 실로 막중하다고 할 수 있으며, 아울러 국민생활과 직결된 에너지 과소비를 추방하는 시민참여 운동도 계속 강화되어야 한다. 



참고 문헌

1. 오진규외, "기후 변화 협약 관련 국가 보고서 작성 및 대응방안 연구," 에너지경제연구원, 1995
2. 김준한, "산업 부문별 에너지 사용량과 CO₂ 배출 추이 분석," 산업연구원, 1994
3. 이회성, "지구환경 문제와 바람직한 에너지 자원 정책 방향," 에너지경제연구원, 1993
4. 김상현, "에너지 다소비 업종별 절약 지침서 개발 연구," 한국에너지기술연구소, 1994
5. 류지철, "국내외 파러다임의 변화와 중장기 에너지 정책 대응 방향" 최기린, 류지철, 윤맹현, 장기현 대표편저, 한국의 에너지 산업과 정책, 1996