

기상기술정책

METEOROLOGICAL
TECHNOLOGY &
POLICY



"기후변화와 산업"

칼럼

- 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책

정책초점

- 기상이변의 경제학
- 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고
- 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언
- 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향
- 기후변화와 건설 산업
- 코펜하겐 어코드와 탄소시장
- 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영
- 이산화탄소(CO₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술

논단

- 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린IT를 중심으로
- 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임

뉴스 포커스

- 기후변화미래포럼 개최 후기



기상청 Korea
Meteorological
Administration

『기상기술정책』

제3권 제1호(통권 제9호)

2010년 3월 25일 발행

등록번호 : 11-1360395-000017-09

ISSN 2092-5336

『기상기술정책』지는 범정부적인 기상·기후 분야의 정책 수요에 적극적으로 부응하고, 창의적인 기상기술 혁신을 위한 전문적인 연구 조사를 통해 기상·기후업무 관련 분야의 발전에 기여할 목적으로 발간 기획되었습니다.

본 『기상기술정책』지는 기상·기후 분야의 주요 정책적 이슈나 현안에 대하여 집중적으로 논의하고, 이와 관련된 해외 정책동향과 연구 자료를 신속하고 체계적으로 수집하여 제공함으로써 기상 정책입안과 연구개발 전략 수립에 기여하고자 정기적으로 발행되고 있습니다.

본지에 실린 내용은 집필자 자신의 개인 의견이며, 기상청의 공식의견이 아님을 밝힙니다. 본지에 게재된 내용은 출처와 저자를 밝히는 한 부분적으로 발췌 또는 인용될 수 있습니다.

원고모집

『기상기술정책』에서는 기상과 기후분야의 정책이나 기술 혁신과 관련된 원고를 모집하고 있습니다. 뜻있는 분들의 많은 참여를 부탁드립니다. 편집위원회의 심사를 통하여 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지급하고 있습니다.

▶ 원고매수 : A4 용지 10 매 내외

▶ 원고마감 : 수시접수

▶ 보내실 곳 및 문의사항은 발행처를 참고 바랍니다.

☞ 더 자세한 투고방법은 맨 뒷편의 투고요령을 참고바랍니다.

『기상기술정책』 편집위원회

발행인 : 전병성

편집기획 : 국립기상연구소 정책연구과

편집위원장 : 최치영

편집위원 : 권원태, 김세원, 김성균, 서명석,
전용수, 조석준, 최영진

편집간사 : 이영곤, 박소연

발행처

주소 : (156-720) 서울시 동작구 기상청길 45 기상청

전화 : (02) 6712-0235 팩스 : (02) 849-0668

E-mail : ni_pol@kma.go.kr

인쇄 : 미래미디어

Contents



"기후변화와 산업"

칼럼

- 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책 / 박광준 1

정책초점

- 기상이변의 경제학 / 이지훈 4
- 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고 / 한기주 12
- 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언 / 이종인 22
- 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향 / 이상현 · 정상기 · 이상훈 33
- 기후변화와 건설 산업 / 강운산 46
- 코펜하겐 어코드와 탄소시장 / 노종환 57
- 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영 / 이서원 67
- 이산화탄소(CO₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술 / 조원준 78

논단

- 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로 / 양용석 85
- 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임 / 김창섭 100

뉴스 포커스

- 기후변화미래포럼 개최 후기 / 김정운 110

기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책



박 광 준
기상청 차장
kjpark@kma.go.kr

I. 국내·외 기후변화 대응 현황

지난 2009년 12월에 덴마크 코펜하겐에서 열린 제15차 '유엔 기후변화협약 당사국총회'는 무수한 논쟁만을 남긴 채 '코펜하겐 협약(Copenhagen Accord)'이라는 문건을 채택하고 끝이 났다. 비록 감축방식에 대해 산업국과 개도국사이의 이해관계로 구속력이 있는 목표나 정책에 대한 합의에는 실패하였으나 협약문에는 선진국의 2020년까지 배출 감축 목표와 개도국의 자발적인 감축 내용이 포함되어 있다. 또한 총회에 참석한 194개국 8,053명(124개국 정상 참석)의 정부대표단은 기온상승을 산업화 이전 대비 섭씨 2도 이내로 억제해야 한다는 점을 인식하고 이를 위해 온실가스 배출 감축이 절실히 필요하다는 점에는 공감하였다. 아직 교토의정서상 미국 등 38개 선진국들의 의무적이고 구속력 있는 협정이 지속적인 과제로 남겨진 상황이지만, 향후 기후변화협약에 따른 온실가스 배출규제가 강화되면서 세계 각국의 산업관련 정책방향이 빠르게 변화할 것으로 예상된다.

우리 정부는 코펜하겐 총회에 앞서 온실가스 배출을 2005년 기준으로 2020년까지 4%까지 감축(배출 전망기준으로 30%)하는 구체적인 목표를 발표함에 따라 국제사회에서 책임 있는 역할수행과 함께 우리의 국격과 자긍심을 높이는 계기를 마련하였다. 그러나 온실가스 배출량으로는 세계 9위, 배출 증가율은 OECD 국가 중 1위의 다배출국가로 분류된 우리나라로서는 이번 감축목표가 국가 산업발전에 큰 부담이 될 수밖에 없다. 하지만 적극적인 온실가스 감축을 통해 세계 탄소무역장벽에 대비하고 유가변동에 취약한 에너지 사용구조 개선을 통한 국가 에너지 안보를 높이는 동시에 세계적으로 급팽창하고 있는 녹색시장을 선점해 나간다면 국가 산업의 획기적인 발전계기가 될 수 있다.

II. 녹색산업으로서의 기상산업

이처럼 기후변화가 국민생활뿐만 아니라 국가산업

및 경제구조의 변화에 큰 영향을 미침에 따라 기상·기후과학정보에 대한 중요성이 어느 때보다 높다. 특히 기상·기후과학 정보가 기업경영에까지 확대됨에 따라 기상산업이 새로운 블루오션으로 인지되고 있다. 기상사업자제도가 도입된 1997년 4억 7,000만 원에 불과하던 국내 기상산업시장이 기후변화에 따른 경제 파급효과가 커지면서 2009년에 4백4십3억 3,000만원으로 약 94.3배 성장했다고 분석하였다. 그러나 미국의 경우 기상산업이 1946년도에 도입되어 450여 개 사, 연매출액 약 2조 2천억 원 규모('07년)이며, 일본이 1950년도에 도입하여 60여 개 사, 연매출액 6천 5백억 원 규모('08년)로 우리나라와 비교할 수 없을 정도로 크게 발달해 있다.

미국 국립대기과학연구소(National Center for Atmospheric Research, NCAR)에 따르면 미국의 기상 관련 산업의 규모는 매출액 기준으로 연간 300 조원의 시장이 형성되었다는 보고가 있다. 이는 기상산업의 범위를 어디까지로 하느냐에 따라 다르지만 분명한 것은 이 분야의 발전가능성이 무궁무진하다는 것이다. 2009년 12월 기상산업의 발전 기반 조성 및 경쟁력 강화를 위해 '기상산업진흥법'이 시행되었다. 이 법이 시행됨으로 인해 초보적인 수준에 머물러 있는 우리나라 기상산업이 체계적으로 육성·진흥되어 오는 2012년에는 연간 1,000억 원 이상의 신성장 녹색산업으로서 기상산업이 형성될 것으로 전망한다. 또한 기상산업의 연구개발 사업을 체계적으로 지원하고 기상장비의 국제적 신뢰성 획득을 지원하는 등 다각적인 노력을 기울임으로써 한국의 기상산업은 빠른 시일 내에 선진국 수준으로 발전할 것으로 전망된다.

III. 기상청의 기상산업 육성정책

올해 기상청은 기상산업진흥 기본계획에 따라 정책의 기본방향과 함께 분야별 구체적인 목표를 마련하여 추진하고 있다. 우선적으로 기상산업에 필요한 전문 인력 양성과 더불어, 기상장비의 시제품의 개발, 제작 및 설비 투자에 필요한 비용 등 기상장비 국산화 사업도 지원할 것이다. 또한 기상장비 관련 산업 중심의 구조를 탈피하여 미국, 일본 등 선진국과 같이 기상·기후정보서비스 및 컨설팅 부분 확대 등 기상산업의 다변화를 위해 노력할 것이다. 이를 위해서 기상사업자의 사업 수행에 필요한 기술개발 연구와 개발된 기술을 제품화하여 생산 및 판매하는 연구개발 성과의 사업화에도 적극 지원할 예정이다. 마지막으로 기상·기후정보에 대한 중요성과 가치를 지속적으로 홍보함으로써 기상정보의 경제적 가치에 대한 국민의 인식 제고와 기상산업 진흥의 저변을 확대할 것이다.

세계는 지금 기후변화에 발 빠르게 대응하고 있다. 이러한 흐름에 적절한 대책을 수립하고 미래 신성장 동력을 창출하지 못한다면 국가 쇠락의 위기를 맞을 수 있는 냉혹한 현실에 직면해 있다. 따라서 정부의 녹색성장 정책에 발맞추어 정확하고 다양한 기상·기후 과학정보를 생산·제공함은 물론 이외 활동 방안을 제시함으로써 기후변화 적응과 관련한 국가 주요정책 수립을 적극지원하고, 미래 저탄소 녹색기술로서 기상·기후산업을 적극 발굴·육성해야 한다. 향후 기상산업은 산업 및 경제 전반에 미치는 파급효과가 대단히 크고 국가와 기업의 경쟁력을 높이는 중요한 자원으로 지속가능 발전을 위한 선도적인 역할을 수행할 것이다. 이를 위해 기상청은 민간과 학계의 관계자들과 다양한 대화통로를 통해 기상산업육성에 관한 정보를 공유하고, 기상산업육성 정책에 반영될 수 있도록 중심적인 역할을 할 것이다.

정책 초점

기상이변의 경제학 | 이지훈

기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고 | 한기주

기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언 | 이종인

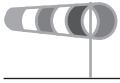
기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향 | 이상현 · 정상기 · 이상훈

기후변화와 건설 산업 | 강운산

코펜하겐 어코드와 탄소시장 | 노종환

기후변화, 환경산업 그리고 환경경영 | 이서원

이산화탄소(CO₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술 | 조원준



기상이변의 경제학

이 지 훈

삼성경제연구소 기후변화센터장

jeehoon.lee@samsung.com

1. 빈발하는 기상이변

이후 최대의 폭한이 몰아쳤다.¹⁾

1. 한국의 기상이변 현황

2010년 들어서부터 서울에 사상 최대의 폭설이 쏟아지고, 24년만의 한파가 기승을 부렸다. 지난 1월 4일 서울을 강타한 25.8cm의 눈 폭탄은 서울에서 新적설량을 관측하기 시작한 1937년 1월 이래 최대 수준이었다. 또한, 1월 중 서울의 기온이 영하 10℃ 이하로 내려간 날이 10일을 기록하면서 1986년 1월

21세기 들어 폭설, 폭우, 태풍 등 기상이변의 피해는 급속히 늘어나고 있는 상황이다. 기상이변에 따른 재산피해액²⁾은 2001~2008년 2조 2,900.1억 원으로 1990년대(6,953.8억 원)의 3배 이상으로 증가했다[표 1].

1) <http://www.kma.go.kr/weather/observation/currentweather.jsp>

2) 2008년 불변가격 기준으로 산정된 수치이다.

[표 1] 한국 기상이변의 연평균 재산피해액 추이

(억 원)

연도	1961~1970년	1971~1980년	1981~1990년	1991~2000년	2001~2008년
재산피해액	1,276.7	2,033.6	5,809.3	6,953.8	22,900.1

주: 2008년 불변가격 기준

자료: 소방방재청, 중앙재난안전대책본부, 2009: 재해연보 2008. 소방방재청, 648pp.

또한, 통계작성이 시작된 1916년 이래 기상이변에 의한 연간 재산피해액³⁾이 가장 컸던 10번 중 6번이 2001년 이후에 발생했다[표 2]. 최대의 재산피해를 낳았던 해는 태풍 ‘루사’가 한반도에 상륙한 2002년(7조 5,239.5억 원)이었으며, 다음으로 큰 피해가 발생했던 때는 태풍 ‘매미’가 전국을 강타한 2003년(5조 3,059.7억 원)이었다.

2. 해외의 기상이변 현황

해외의 기상이변도 빠르게 악화되고 있는 모습을 나타내고 있다. 2009년 말~2010년초 북반구에서는 기록적인 한파와 폭설이 이어지고, 남반구에서는 폭우가 쏟아지는 등 기상이변이 지구촌을 뒤덮었다. 북반구인 중국의 베이징에서는 2010년 1월 3일에 59

년 만에 최고수준인 33cm의 폭설이 내렸으며, 미국의 플로리다 켄 마이애미에서는 1월 10일 기온이 40년 만에 최저수준인 1.7℃⁴⁾까지 떨어졌다. 대표적인 겨울철 휴양지인 마이매미의 1월 중 평년 최저기온은 15.6℃ 수준이다. 또한 남반구인 호주의 뉴사우스웨일스 켄에서는 2009년 12월 25일~2010년 1월 7일 폭우가 쏟아져 9개 지역⁵⁾이 자연재해지역으로 선포되었으며, 케냐에서는 2009년 12월 27일~2010년 1월 25일 홍수로 40명이 사망했다.

전 세계적으로 대형 기상이변의 발생빈도가 빠르게 증가하고 있는 상황이다. 500명 이상의 사망자 또는 5억 달러⁶⁾ 이상의 재산피해를 낳은 대형 기상이변

3) 2008년 불변가격 기준으로 산정된 수치이다.

4) 마이애미 공항 기상관측소에서 측정된 기온이다.

5) 버크(Bourke), 브레와리나(Brewarrina), 쿠파블(Coonamble), 길간드라(Gilgandra), 나라 브리(Narrabri), 탐워스(Tamworth), 월겟(Walgett), 워럼bung글(Warrumbungle), 워렌(Warren) 등이다.

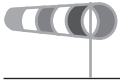
6) 2008년 불변가격 기준으로 산정된 수치이다.

[표 2] 한국 기상이변의 연간 재산피해액 순위(1916~2008년)

순위	연도	피해액(억 원)
1위	2002년	75,239.5
2위	2003년	53,059.7
3위	2006년	21,393.8
4위	1987년	19,680.8
5위	1998년	19,303.8
6위	2001년	15,404.0
7위	1999년	15,190.7
8위	2004년	13,963.2
9위	2005년	11,664.2
10위	1990년	11,132.3

주: 2008년 불변가격 기준

자료: 소방방재청, 중앙재난안전대책본부, 2009: 재해연보 2008. 소방방재청, 648pp.



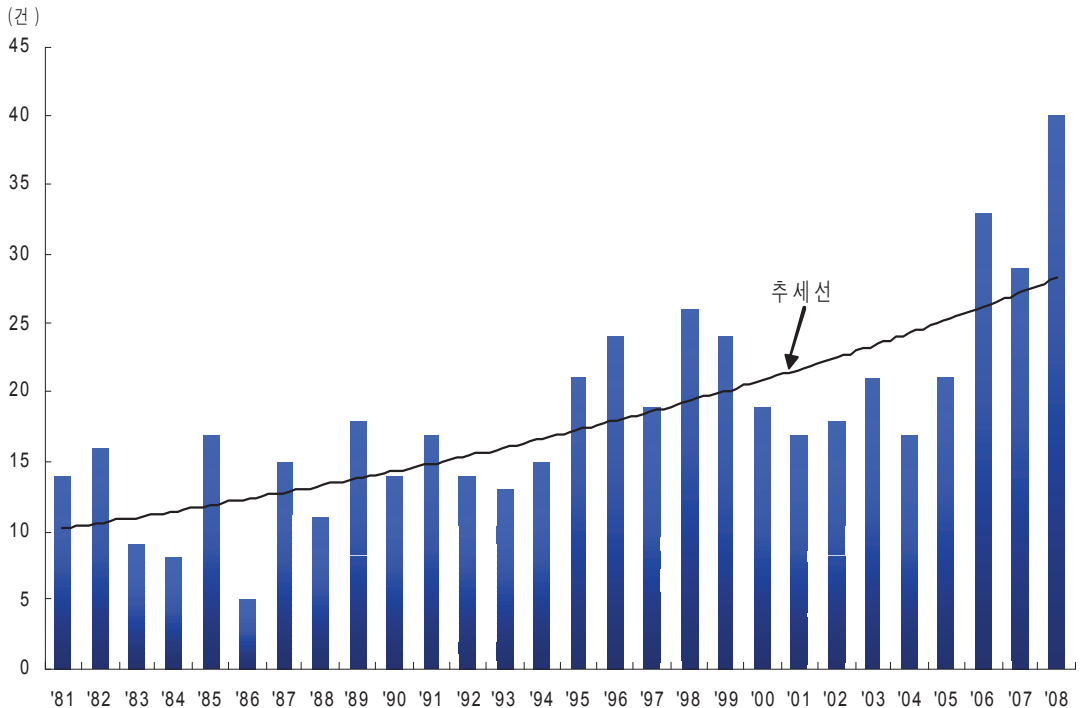
의 발생건수⁷⁾가 2001~2008년 연평균 24.5건으로 1981~1990년(12.7건)에 비해 2배 수준으로 급증했다 [그림 1].

II. 기상이변의 메커니즘과 향후 전망

1. 기상이변과 기후변화

7) 지진과 화산폭발을 포함한 수치이다.

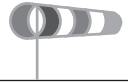
기상이변은 일종의 극단기후 현상으로서 대기 중의 온실가스가 증가하면서 발생하는 기후변화가 직접적인 원인인 것으로 분석되고 있다. 기후는 기상이라는 사건으로 이루어진 분포로 평균과 분산을 가지며, 기후변화는 이러한 기상분포가 오랜 기간에 걸쳐 변화하는 것을 의미한다. 그리고 기상이변은 이러한 기후변화로 인해서 발생하는 일종의 극단적인 사건에 해당되는 것이다. 2009년 말부터 2010년 초에 걸쳐 전 세계적으로 나타나고 있는 기상이변이 전형적인 사례라고 할 수 있다. 먼저 북반구의 한파와 폭설은 기후의 평균과 분산이 변하면서 발생



주: 대형 기상이변(지진 및 화산폭발 포함)은 500명 이상의 사망자 또는 5억 달러(2008년 불변가격 기준) 이상의 재산피해가 발생한 경우를 의미

자료: Munich Re, 2009: Topics Geo: Natural catastrophes 2008. Munich Re, 42pp.

[그림 1] 전 세계 대형 기상이변의 발생빈도 추이



한 북극지역과 열대 중태평양의 고온현상이 원인인 것으로 추정된다. 우선 한파의 경우는 2009년 12월 중순 이후 북극지역의 기온이 20℃ 내외로 평년보다 10℃ 정도 상승하고, 이에 따라 북극한기를 둘러싸고 회전하며 한기가 내려오는 것을 막아주는 북극 제트기류가 약화되면서 극지방의 찬 공기가 남해 발생한 것으로 분석되고 있다. 그리고 폭설은 중태평양의 표층수온이 상승하는⁸⁾ ‘엘니뇨 모도키(El Nino Modoki)⁹⁾ 현상에 의해 온난 다습한 기류가 형성되고, 이것이 남하한 북극한기와 만나면서 발생한 것으로 추정된다. 페루와 에콰도르 해상의 열대 동태평양에서 나타나는 전형적인 엘니뇨는 기후변화와 무관한 것으로 알려졌지만, 중태평양을 중심으로 발생하는 엘니뇨 모도키는 기후변화와 연관성이 과학적으로 규명되고 있다. 남반구에서 발생하고 있는 폭우의 경우도 이러한 엘니뇨 모도키의 영향인 것으로 분석되고 있다.

기상이변이 기후변화의 결과물이고, 기후변화의 주원인이 인간에 의해 배출된 온실가스라는 측면에서 기상이변은 天災가 아니라 人災인 것으로 판단된다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)¹⁰⁾는 기후변화와 인간행동 간의 연관성에 대

한 명확한 해답을 제시하고 있다. 기후변화가 인간 활동에 의해서 발생했을 가능성을 90% 이상으로 추산¹¹⁾하고 있는 것이다. 대기 중의 이산화탄소 농도는 2009년에 387ppm으로 산업화 이전인 1750년(280ppm)에 비해 38% 이상 급등했다.

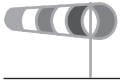
2. 기상이변의 향후 전망

기후변화를 방지할 경우 향후에는 기상이변이 더 이상 이변이 아니라 일상화될 전망이다. IPCC는 온실가스 배출이 억제되지 않을 경우 전 세계 평균기온이 이번 세기 내에 최대 6.4℃까지 상승할 것으로 경고하고 있다.¹²⁾ 산업혁명 이후 250년 동안 0.8℃가 올랐던 것을 감안하면 엄청난 상승폭이다.

이에 따라 인류가 기후변화 문제의 해결에 나서지 않는다면 기상이변으로 인한 경제적 피해가 2100년까지 세계 GDP의 최대 20% 수준에 달하면서 1930년대 대공황에 맞먹는 충격을 받을 수 있다는 전망까지 제기되고 있다.¹³⁾

8) 2009년 12월에는 평년보다 최대 1.9℃가 상승했다.
 9) 모도키는 ‘비슷하지만 다른’을 의미하는 일본어에서 유래되었다.
 10) 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(World Meteorological Organization)와 유엔환경계획(United Nations Environmental Programme)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체로, 기후변화 문제를 해결하려는 노력이 인정되어 2007년 노벨 평화상을 수상했다.

11) Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: Climate Change 2007. Cambridge University Press, 104pp.
 12) Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: Climate Change 2007. Cambridge University Press, 104pp.
 13) Stern, N., 2006: The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, 692pp.



III. 기상이변의 주요 업종별 영향

1. 산업별 영향

기상이변은 다양한 방식으로 기업경영에 영향을 미치고 있다. 전통적으로 기상변화에 가장 민감한 농업은 생산에 차질이 빚어지면서 농산물시장에 교란이 발생하게 된다. 2010년 1월 4일 서울의 폭설로 인해 신선도가 중요한 근교 채소류인 붉은 상추의 경우 수확작업이 이루어지지 못하면서 1월 5일 강서도 매시장에서의 경매가격이 4만 5,000원/4kg으로 전날보다 64.5%가 급등한 것이 대표적인 사례이다. 그리고 건설업은 기상이변이 발생하면 공정지연이나 안전사고에 노출되면서 인건비와 콘크리트 타설 비용 등이 증가하게 된다. 수송업의 경우는 항공기와 선박이 결항되고, 도로 교통체증이 발생하면서 타격을 입게 된다. 2008년 강우와 강설 등의 기상악화로 인해 전국의 27개 고속국도에서 발생한 교통혼잡 비용이 3,981.5억 원인 것으로 추정되고 있다.¹⁴⁾ 또한, 가전이나 의류 그리고 식품업은 기상이변이 생산기

14) 정연식 등, 2009: 비반복적 지·정체로 인한 혼잡비용 추정방안 연구. 한국교통연구원, 109pp.

획, 재고관리, 그리고 판매 등에 영향을 미친다. 기상예측을 잘못할 경우 재고발생에 따른 손실뿐만이 아니라 경쟁업체에 시장을 빼앗기는 등의 기회상실까지 발생하게 된다. 그리고 유통업의 경우에는 기상이변으로 매출이 백화점에서는 줄어드는 반면, 인터넷 쇼핑물이나 TV 홈쇼핑에서는 늘어나게 된다. 1월 4일 서울을 강타한 사상 최대의 폭설로 현대H물의 매출은 전년 동일 대비 54% 증가했고, GS홈쇼핑은 30% 늘어났다.

2. 부상하는 기상산업

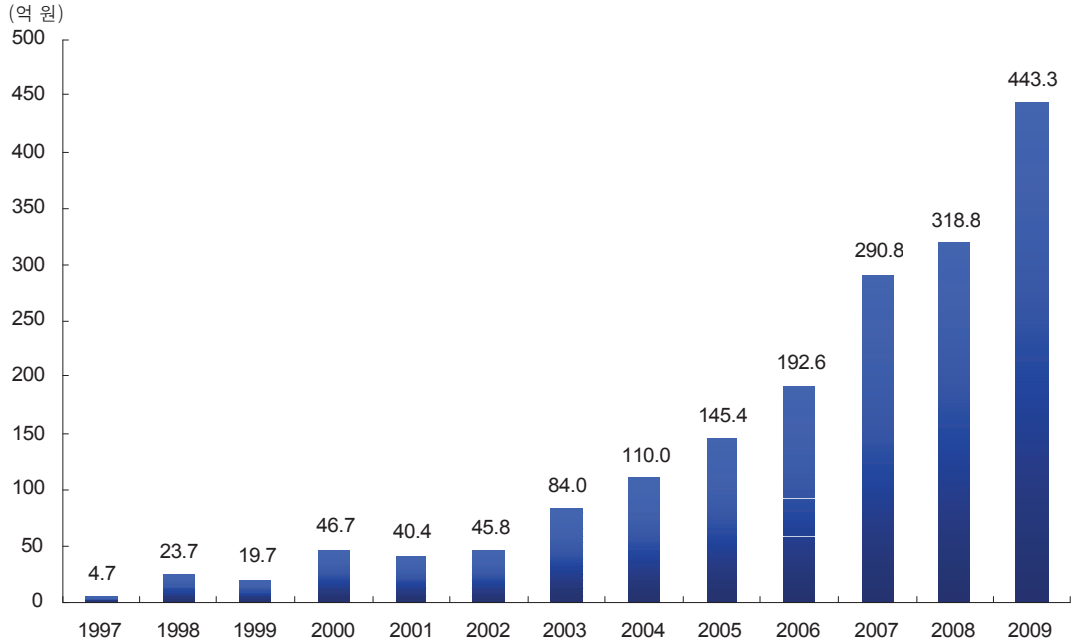
기상산업은 기상과 관련된 상품과 서비스를 제조하거나 공급하는 산업을 의미한다. 2009년 12월부터 시행되고 있는 「기상산업진흥법」은 기상산업을 기상예보업, 기상감정업, 기상장비업, 기상컨설팅업 등으로 분류하나, 넓은 의미로는 기상금융업도 포함된다고 할 수 있다[표 3].

기상이변의 피해와 산업분야에 미치는 파급효과가 커지면서 기상산업이 빠르게 확대되고 있으며, 성장잠재력도 충분한 상황이다. 1997년 기상사업자 제

[표3] 기상산업의 범위

산업	정의
기상예보업	일반인과 특정수요자를 대상으로 미래의 기상정보를 제공
기상감정업	특정수요자를 대상으로 기상감정을 제공
기상장비업	기상측기를 제작·수입·설치하거나 수리
기상컨설팅업	기상정보를 분석·평가해 경영활동에 관한 조언을 제공
기상금융업	기상관련 보험, 파생상품 등을 개발·판매·거래

주: 기상감정은 특정지점의 기상현상을 추정하거나 그러한 기상현상이 특정사건에 미친 영향의 정도를 판단하는 것을 의미



주: 2009년은 기상청 전망치
 자료: 기상청, 2009: 기상연감 2008. 기상청, 337pp.

[그림2] 한국의 기상산업 시장규모 추이

도가 도입되면서 태동된 한국의 기상산업 시장은 2009년 443.3억 원¹⁵⁾ 규모에 달하면서 12년 만에 94.3배 수준으로 성장했다. 관련 업체 수도 1997년 진양공업, 웨더뉴스, 케이웨더, 한국기상정보 등 4개에서 출발해 2009년에는 17개로 늘어난 상황이다.

또한 미국, 일본 등 선진국의 시장규모와 비교할 때 향후 한국의 기상산업 시장 성장세는 가속될 전망이다. 2006년 기준으로 경제규모가 한국의 14.1배인 미국의 기상산업 시장규모는 2조 2,000억 원으로 한국(192.6억 원)의 114.2배이며, 2007년 기준

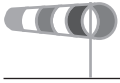
으로 경제규모가 한국의 4.2배인 일본은 시장규모가 3,800억 원으로 한국(290.8억 원)의 13.1배 수준이다.

IV. 시사점

1. 정부정책에 대한 제언

향후 기상이변이 일상화될 것에 대비해 정부는 우선 산발적으로 운영되고 있는 기상이변 관련 법규를 연계함으로써 기상이변에 따른 긴급사태에 즉각 대

15) 기상청 전망치에 해당한다.



치할 수 있는 위기관리체계를 구축할 필요가 있다. 「국토기본법」, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「재난 및 안전관리 기본법」, 「자연재해 대책법」등 여러 개별법에 의해 운영되고 있는 방재관련 규정을 통합하고, 기상이변의 예측능력 강화, 피해 최소화 등의 방안을 통합된 법규에 명확히 규정해야 할 것이다.

또한, 부상하고 있는 기상산업을 육성해 기상이변에 대응하는 동시에 성장 동력을 확충하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 이를 위해서는 먼저 기상정보의 경제적 가치에 대한 인식을 제고할 필요가 있다. 기상정보의 가치를 정량화하고, 이에 대한 교육 및 홍보를 통해 기상정보의 유료화에 대한 일반국민과 기업의 거부감을 불식해야 할 것이다.

기상청과 기상사업자 간의 역할을 명확히 정립하는 것도 필요하다. 기상청은 폭설, 폭우, 태풍 등 주요 기상이변에 대한 정확한 정보제공에 역량을 결집하고, 기상사업자는 기상정보 사용자 개개인의 니즈를 충족시킬 수 있는 맞춤형 기상정보를 제공하는 방향으로 역할이 구분되어야 할 것이다.

이와 함께 세제 및 금융지원으로 시장진입비용이 큰 기상장비업을 활성화하는 것이 시급하다. 아직 내수 시장이 제한적인 기상장비업의 경우 초기 개발비용이 많이 소요되고 있는 상황을 고려할 필요가 있다.

그리고 기상산업과 관련된 전문인력의 양성도 필요하다. 현재 국내 대학의 기상관련 학과에서는 주로 순수과학 분야를 다루고 있기 때문에 응용기상, 기

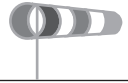
상컨설팅, 기상금융 등의 교육과정을 신설해 관련분야의 전문 인력도 양성해 나가야 할 것이다.

2. 기업의 대응방향

기업은 기상이변 대응을 경영의 한 축으로 인식하면서 유가, 환율, 금리 등과 같이 기상을 리스크 관리 대상으로 간주하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 이를 위해 리스크 관리 전담조직을 구성함으로써 기상이변에 대한 예측 및 대응과 관련된 사내기준과 매뉴얼을 마련하고, 수시로 훈련과 점검을 실시해야 할 것이다.

또한, 기상이변이 생산, 유통, 가격, 판매 등에 미치는 영향을 파악해 필요한 조치를 실시하고, 날씨보험, 날씨파생상품 등을 통해 기상이변에 따른 리스크를 분산하는 것이 필요하다. 날씨파생상품은 금융공학적인 기법을 활용해 예측하지 못한 기상변동에 따른 매출감소, 가격변동 등으로 발생하는 기업의 손실을 회피하는 일종의 금융상품으로, 실제손해액을 평가해 보상하는 날씨보험과는 달리 지수를 바탕으로 사전에 약정된 금액을 보상한다.

이와함께 심화되고 있는 기상이변을 새로운 사업기회로 활용하는 것이 바람직하다. 우선 성장잠재력이 충분한 기상산업에 적극적으로 진출해 시장을 선점함으로써 새로운 수익기회를 창출할 필요가 있다. 또한 기후변화가 기상이변의 주범인 것을 감안해 온실가스 감축, 에너지 효율 제고, 신재생에너지 개발 등과 관련된 녹색산업을 수종사업으로 육성해야 할 것이다.



참고문헌

기상청, 2009: 기상연감 2008. 기상청, 337pp.

소방방재청, 중앙재난안전대책본부, 2009: 재해연보 2008. 소방방재청, 648pp.

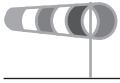
정연식 등, 2009: 비반복적 지·정체로 인한 혼잡비용 추정방안 연구. 한국교통연구원, 109pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: *Climate Change 2007*. Cambridge University Press, 104pp.

Munich Re, 2009: *Topics Geo: Natural catastrophes 2008*. Munich Re, 42pp.

Stern, N., 2006: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, 692pp.

<http://www.kma.go.kr/weather/observation/currentweather.jsp>



기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고

한 기 주

산업연구원 선임연구위원

hankju@kiet.re.kr

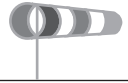
I. 서론

기후변화에 대응하기 위해서는 온실가스 배출을 줄이는 것과 동시에 기후변화에 대한 적응 능력을 키워서 기후변화로 인한 피해를 최소화하는 것이 필요하다. 그런데 한 국가의 온실가스 배출은 지구 전체의 기후변화에 영향을 미치기 때문에 각국의 온실가스 배출 저감 노력은 자국의 피해 감축 관점에서가 아니라 범지구적 기후변화 대응 노력의 일환으로 이루어지게 된다. 따라서 기후변화에 대응하여 각국이 직접적으로 대응할 수 있는 방안은 적응(adaptation)을 통해 기후변화의 피해를 최소화하는 것이다.

적응이란 실제 또는 예상되는 기후 변화의 파급 효

과와 영향에 대해 생태계, 사회 또는 경제가 조정을 해나가는 것을 의미한다. 즉, 적응은 발생할 가능성이 있는 피해를 줄이거나 기후변화로 인한 기회를 활용하기 위한 과정, 관행 또는 구조상의 변화를 말한다. 예를 들면 기후변화에 대한 사회와 지역의 취약성을 줄이기 위한 조정 또는 기후변화에 대한 대응활동 등이 이에 해당한다. 그런데 적응능력을 키우기 위해서는 막대한 사회적 또는 사적 투자가 요구된다. 따라서 적응능력을 무조건 확충하는 것은 결코 바람직하지가 않다. 즉 필요한 적응능력의 크기는 기후변화 영향, 즉 기후변화로 인해 받게 되는 경제적 손실을 고려하여 결정이 되어야 한다.

문제는 기후변화의 영향을 경제적 가치로 평가한다는 것이 대단히 어렵다는 점이다. 이는 기후변화의



물리적 영향을 결정하는 요인들이 대단히 복잡하며 매우 불확실한 데다, 이를 화폐가치로 평가하기가 매우 어렵기 때문이다. 우선 인간의 경제활동에 의한 온실가스 배출증가와 기후변화 간의 관계가 확실하지가 않다. 일반적으로 대기 중 온실가스 농도 증가가 지구온난화를 유발한다는 데 의견이 일치되고 있으나 그 정도와 속도에 대해서는 아직도 이견이 존재한다. 두 번째로는 기후변화의 영향에 대해서도 아직까지 과학적 정보가 불충분하여 영향의 크기를 실제보다 과소 또는 과대평가할 가능성이 매우 크다는 점이다. 세 번째로는 기후변화 영향을 화폐로 평가하는 데 따른 문제점이다. 기후변화의 물리적 영향은 매우 다양하며 환경, 건강과 같은 요소들을 화폐적 가치로 평가하는 것이 대단히 어렵기 때문이다.

이에 따라 기후변화의 경제적 가치를 측정하는 방법은 그동안 커다란 발전을 이루었음에도 불구하고 아직도 많은 문제점을 지니고 있다. 본고는 기후변화의 영향에 대한 기존의 국내외 연구들을 고찰하고 아울러 기후변화 영향을 경제적으로 평가한 기존의 연구결과의 한계를 분석하여 시사점을 발견하고자 하였다.

II. 기후변화 영향의 경제적 평가 연구 고찰

1. Integrated Assessment Model(IAM)

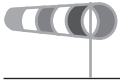
기후변화의 영향을 화폐가치로 측정하는 것은 대단히 어려운 일이다. 매우 다양한 환경, 경제 및 사회

이슈를 수량적으로 평가해야 하기 때문이다. 이러한 점에서 다소의 한계는 있지만 기후변화의 경제적 영향을 평가하는 주요 도구로 개발된 것이 Integrated Assessment Models(IAMs)이다.

IAMs는 인간 행위에 의해 유발된 기후변화 과정을 온실가스 배출서부터 기후변화의 사회경제적 영향에 이르기까지 시뮬레이트한다. 기후변화의 화폐적 비용이 비록 모형에 따라 상이한 방법으로 분석될 수 있기는 하지만 기후변화의 영향이 있는 경우와 없는 경우의 소득 성장률 차이를 통해 비용을 추정한다는 점에서는 공통적이다.

기후변화가 없는 시나리오 하에서의 소득은 전통적으로 GDP로서 측정되어 왔다. 그러나 문제는 기후변화의 부정적 영향 중 일부는 지출 증대를 유발하여 경제적 산출의 증대를 가져올 수 있다는 점이다. 예를 들면, 냉방장치 또는 홍수방지 시설에 대한 지출 증가 등이 이에 해당한다. 그러나 이러한 지출은 기후변화의 비용이기 때문에 기후변화가 없는 시나리오 하에서의 GDP에서 이를 빼는 것이 옳을 것이다. 따라서 기후변화의 화폐적 비용은 전통적으로 GDP로 측정되는 산출량의 감소보다는 소득 감소로 측정되는 것이 합리적이다.

이러한 방법으로 기후변화 비용을 추정하는 것은 여러 가지 측면에서 대단히 어려운 일이다. 또한 각 효과를 수량적으로 정량화하기가 매우 복잡하기 때문에 기후변화의 각 과정을 과감하게 단순화하는 것이 요구가 된다. 더욱이 기후변화 순환 과정에는 매우 큰 불확실성이 존재한다. 그럼에도 불구하고



하고 IAMs는 총체적인 비용과 기후변화의 위험을 정량적으로 추정하는 데 있어 가장 훌륭한 도구이다.

IAMs를 이용한 분석은 초기에는 가격이 존재하거나 또는 직접적으로 계산될 수 있는 농업, 에너지 사용, 산림 등 경제 부문에 초점이 맞추어졌었다. 그러나 이 시장 부문 분석방법은 시장에서 가치가 정해지지 않은 환경과 인간의 건강에 대한 직접적인 영향을 파악하지를 못했다. 경제학자들은 이러한 비시장 영향의 가격과 비용을 산정하는 여러 가지 기법을 개발해 왔으나 이를 통한 추정결과는 개념과 윤리성 및 현실성 측면에서 문제가 많았다.

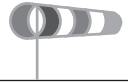
다양한 유형의 IAMs 모형을 이용하여 비용을 분석한 IPCC의 1996년 2차 평가보고서는 지구 평균기온이 일시적으로 일정수준 상승한다는 가정에 입각하여, 대기 중 CO₂ 농도가 산업혁명 이전 수준의 두 배가되어 지구평균 기온이 2.5℃ 상승할 경우의 효과를 추정하였다. 그 결과 선진국과 개도국은 각각 GDP의 1.0~1.5% 및 2~9%에 해당하는 비용이 발생하여 세계 전체로는 GDP의 1.5~2.0%의 손실이 예측되었다.

IAMs 모형을 이용한 다른 주요 연구결과로는 Mendelsohn et al.(1998), Tol(2002), Nordhaus and Boyer(2000) 등이 있다. 이 연구들의 분석결과를 서로 비교하는 것은 매우 어려운데, 이는 모형과 분석에 사용한 데이터가 서로 차이가 나고 각 모형의 빈곤국 비용에 대한 가치평가 방법과 기후변화 적용에 의한 사회의 비용감소 능력에 대한 가정이 서로 다르기 때문이다.

2. Stern Report 분석

Stern Report는 기후변화의 영향 평가를 위해 기존의 기후변화 분석 모형의 단점을 완화한 PAGE2002 IAM 모형을 이용하였다. 이 모형은 가장 최근의 과학적·수량적 증거를 확률적으로 이용하여 다양한 위험의 범위를 고려하고 있다. 이 모형은 각 시나리오를 여러 차례(예를 들면 1000번) 추정하며, 매번 불확실한 매개변수를 미리 정해진 가능한 값의 범위에서 무작위로 선택하는 '몬테칼로' 시뮬레이션을 시도하고 있다. 이를 통해 이 모형은 하나의 점 추정치가 아닌 확률분포를 지닌 추정결과를 도출한다. Stern Report는 또한 확률분포에 관한 커다란 불확실성과 이러한 효과를 측정하는 데 따른 어려움을 고려하기 위해 온실가스 배출에 따른 지구평균 기온의 상승 속도와 상이한 경제적 영향 범위에 있어서 기존의 모형과 상이한 가정을 도입하고 있다.

이러한 방법론을 통해 도출된 2200년 중 기후변화로 인한 전 세계 평균 1인당 GDP 손실은 기후시스템의 피드백 규모와 비시장 영향 중 어떤 것을 포함할 것인가에 따라 평균적으로 최소 5.3%에서 최대 13.8%에 이르는 것으로 추정되었다. 한편, 시간이 흐름에 따른 1인당 소득의 손실 추정치는 기후변화가 없는 세계의 GDP 성장률 예측치와 비교가 되었다. 기준 기후/시장 영향 시나리오 하에서 손실이 가장 작은 것으로 나타났는데, 이 시나리오 하에서 기후변화로 인한 1인당 GDP 손실은 2200년 중 평균 2.2%였다. 그러나 갑작스럽고 대규모로 나타날 가능성이 큰 커다란 기온 변화의 위험을 고려할 때 이 추정치들은 비현실적으로 과소평가되었다고 볼



수 있다. 한편 재난의 위험을 포함한 시나리오 하에서는 전 세계 1인당 GDP가 2060년에는 0.2%, 2100년에는 0.9%, 2200년에는 5.3% 각각 감소하는 영향이 추정되었다.

Stern Report는 또한 기후변화로 인한 미래의 예상 후생 손실을 고려하였다. 사회적 효용을 추산하고 여러 시간에 걸친 위험을 합하는 경우 그 추정된 값은 일반적으로는 기대 '효용(utility)'으로 표시가 된다. 그러나 시간 경과에 따른 후생을 계산하기 위해 Stern Report는 '균형성장 증가(Balanced Growth Equivalent: BGE)'라는 개념을 도입하였다. BGE는 소비경로에 의해 생성되는 효용을 현재의 소비가 일정 비율로 증가할 경우 동일한 효용을 가져오는 현재의 소비 크기로서 측정한다. 기후 피해가 있는 경우의 소비 경로의 BGE와 기후 피해가 없는 경우의 소비 경로간의 차이는 기후변화 비용을 현재와 미래의 항구적인 소비손실로서 측정할 수 있도록 한다. 이러한 방식으로 측정한 기후변화로 인한 현재의 1인당 소득 평균 손실은 최소 2.1%에서 최대 14.4%로 추정되었다.

3. ABN AMRO사의 기후재난에 따른 경제적 손실 평가

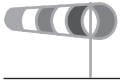
네덜란드의 보험회사인 ABN AMRO사는 1980년부터 2003년 동안 서유럽, 북유럽, 북미 지역의 산업을 대상으로 세계 보험 시장의 동향에 관한 정보를 제공하는 Reactions사와 공동으로 기후변화로 인한 기후 위험을 2005년에 조사하여 기후 위험 지도를 발표한 바 있다. 동 조사 결과에 의하면 과거 23년

(1980~2003)동안 서유럽과 북유럽 국가들은 기후 변화 현상으로 인해 28억 유로의 경제적 손실을 입은 것으로 나타났다. 그러나 네덜란드, 덴마크, 영국, 스페인, 이태리, 스웨덴, 노르웨이 등 일부 국가들의 산업들은 최대 30% 정도까지 생산량이 감소할 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

본 조사는 또한 미국을 대상으로도 이루어졌는데, 미국의 경우 중부지역과 남부지역, 동부 해안 지역과 버지니아 등이 기후변화에 가장 취약하며, 향후 25~30% 정도의 생산량 하락이 가능한 것으로 전망하고 있다. 미국 전체적으로 자연 재해로 인한 경제적 손실은 이 기간 중 59억 유로이며, 폭풍으로 인한 손실은 남동지역에만도 17억 유로에 이른 것으로 조사되었다.

취약한 지역을 중심으로 지역별 자연 재해 액수를 보면 남동지역이 홍수와 태풍에 의한 경제적 피해가 가장 많은 곳으로 20년 동안 25억 달러에 달하는 큰 피해를 보았으며, 그 다음으로는 동부, 중부, 남서 지역으로 각 지역이 대부분 5억 달러 정도의 재산 피해를 입은 것으로 조사되었다.

한편 최근 들어 전 세계 일부 주요 보험 회사들 가운데는 기상 재난으로 인한 피해 산정을 목적으로 기후변화에 따른 경제적 비용을 추정하기 시작하였다. 보험 산업은 시장 침투율에서 보면 GDP 기여도의 9%를 차지할 정도로 선진국에서는 매우 큰 산업인 반면, 개도국에서는 GDP의 5%를 차지하고 있다. 보험시장에서 재난 보험으로부터의 프리미엄이 지금은 12% 정도에 불과하지만 기후변화 영향이 보



다 크게 나타나는 20~30년 후에는 전 세계 시장의 50%를 차지하게 될 것으로 전망되었다.¹⁾²⁾

4. 일본의 손해비용 추정 연구³⁾

일본의 경우 기후변동의 영향에 수반되는 손해비용의 종합적인 연구는 아직 이루어지지 않았다. 따라서 본고의 일본에 대한 손해비용 추정치는 손해의 일부분만을 평가한 기존 연구에 기초한 것이다.

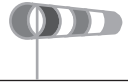
우선 농업에 대한 영향부터 검토하면, 일본의 기후변동에 의한 영향중에 농업생산량에 대한 영향에 관한 연구가 비교적 많다. 그러나 그 화폐적 평가액을 부여한 연구는 극히 적다. 이는 기후변동에 의한 일본 전체의 농업생산량에 대한 직접적 영향은 거의 없다고 평가했지만, 세계적으로 일본의 농업생산자급률이 약 30%로 매우 낮기 때문에 일본의 농업에 대한 영향을 분석하는 경우에는 세계전체의 생산량 변동에 의한 국제가격의 영향을 크게 받기 쉽다는 점에 주목할 필요가 있기 때문이다. 즉 세계전체 농업생산량에 관한 영향도 포함한 국제가격 변동 및 소득수준의 변화로부터 식생활의 변화 및 품종 개량 등의 기술변화까지 고려될 필요가 있고, 여기에 수반된 불확실성이 크기 때문이다.

본 연구에서 사용한 연구결과는 Kane et al(1992)

1) Evans Mill, "Insurance in a Climate Change," Science, vol. 309, pp 1040~1044, 2005.8.12.
2) 현재 국제 구호 단체가 지불하는 지원금의 3배를 보험단체에서 지불하고 있음.
3) Harasawa, H., and Nishioka, S. (2003) 내용을 정리한 것임.

에 의한 분석결과인데, 그는 1차 및 2차 농업생산물 가격 상승이 작은 경우와 큰 경우를 구별하고, 일본에 있어서 순 복지 효과를 구하였으며, 불확실성은 있지만 일본의 농업생산에 대한 영향을 시나리오별로 구체적으로 추정하였다. 그는 IPCC에 따라 이산화탄소 농도가 2배가 되고, 온도가 2.5℃ 상승하는 경우를 가정하여 일본의 농업부문에 미치는 영향에 대한 경제적 가치를 평가하였다. 그 추정결과를 보면 일본 농업에 대한 영향에 수반하는 손해의 화폐적 평가액은 가격상승이 작은 경우는 12억 달러(1986년 가격)로 1986년 GDP의 0.062%, 가격상승이 큰 경우는 56억 달러(1986년 가격)로 1986년 GDP의 0.29%가 된다.

다음으로 일본의 기후변화 영향에 따른 화폐적평가가 활발하게 행해지는 것은 해수면 상승에 의한 영향평가 분야이다. 일본의 해안선은 연장이 3만 4,390Km로 대단히 길고, 인구와 경제활동이 동경만 및 이세만, 오사카만 등에 접한 임해도시에 집중되고 있기 때문에 그 분야의 연구는 타 분야보다 일찍 이루어져 왔다. 본고에 소개하는 것은 Kitajima et al.(1993)에 의한 연구와 Fankhauser(1995) 연구 결과이다. 그러한 연구도 1m 해수면 상승을 가정하고 그에 대한 대책비용을 중심으로 추정하였다. Kitajima et al. (1993) 연구는 영향이 야기하는 가격 상승 등의 경제적 메커니즘은 고려하지 않은 대책비용의 총액을 구한 것인데 비해 Fankhauser(1995)는 적응비용과 손해비용에 있어서의 경제적인 의사결정, 즉 적응의 최적화 행동을 고려한 손해비용을 추정하였다. Kitajima et al(1993)에서는 일본의 해수면 상승에 따른 대책비용에 대하여 1992



년 화폐가치로 11.5조 엔으로 추정하였고, 이 가운데 7.8조 엔은 항만시설의 보수, 3.6조 엔은 해안 구조물의 대책에 필요한 결과로서 도출했다. 한편, Fankhauser(1995)는 1990~2100년까지의 총비용을 할인한 현재가치로 추정하여 총액은 1,414.7억 달러에 달하였다. 그 가운데 대책비용으로 68.3억 달러, 습지상실로 0.8억 달러, 건조지상실로 1,345.5억 달러 등의 손해비용이 발생하는 결과를 도출하였다. 두 가지 연구는 총액에 있어서 차이가 있지만 일본에 대한 기후변동의 영향 가운데 해수면 상승에 수반한 영향을 가장 크게 평가한 점에서 유사하다.

일본에 대한 영향이 크다고 생각되는 것은 해수면 상승 이외에는 생태계 및 인명에 대한 영향이다. 그러나 생태계에 관한 영향은 그 측정이 곤란하기 때문에 평가의 불확실성이 대단히 크다. 또한 인명에 관한 영향에 관해서도 높은 연령층에 있어서 사망률이 높지 않다는 연구결과와는 있지만 기후변동에 의한 영향만을 다루어 평가를 하는 것이 쉽지 않기 때문에 그 화폐적 평가는 이론적인 문제도 있어 행해지지 않고 있다.

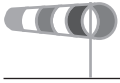
5. 기타 기후변화 손해비용 추정 연구

기후변화의 경제적 영향은 시장적 영향과 비시장적 영향으로 대별된다. 시장적 영향으로는 1차 산업(농업, 임업, 어업)과 기타 부문(물 공급, 에너지 수급, 레저활동, 건설, 교통 등)에 대한 손해, 토지, 해안선, 도시건설시설 등의 자산 손실, 이상기후에 의한 손해(태풍, 한발, 홍수 등에 의한 손실) 등이 있다. 또한 비시장적 영향으로는 생태계에 대한 영향(갯벌,

산림 상실, 희귀동식물종 감소), 사람에 대한 영향(대기오염과 수질오염에 의한 사망, 질병, 이주) 등을 들 수 있다.

이러한 기후변화에 의한 영향에 관한 사회적·경제적 관점으로부터의 손해비용을 종합적으로 추정하는 초기 연구는 Nordhaus(1991)와 Eyre et al.(1997) 등을 들 수 있으며, 이러한 연구들은 기후변화 대책의 의사결정에 반드시 필요하다. 다만, 이러한 연구는 손해가 발생한 영역마다 세부적인 화폐적 평가를 하지 않았기 때문에 화폐환산가치가 의사결정에 의미를 갖는 대상은 한정될 수밖에 없다. 다만 손해비용의 측정과 평가는 이론적으로는 사람마다 선호에 기초한 정의를 있지만, 기후변동에 수반한 손해와 같이 초장기적인 것은 특히 개도국의 경우 화폐적 평가액이 불확실하기 때문에 정확한 추정치를 구하는 것은 어렵다. 기타 기존 연구대상은 미국을 중심으로 행해졌고, 개도국을 포함 연구는 Frankhauser(1995)와 Tol(1994) 연구 등이 있다. 단, 1차 산업 부문에 관한 연구 및 물량 베이스에 대한 연구는 한 나라 전체의 종합적인 연구에 비교해서 상대적으로 활발하게 이루어지고 있다. 그 대표적인 연구로 EU에 대해서는 CRU/ERL(1992), 영국에 관한 것은 Parry and Duncan(1995), 일본에 대한 것은 Nishioka et al.(1993), 아시아 관한 것은 SAARC(1992) 등이 있다.

손해비용을 추정하는 한 가지 방법은 기후변동의 영향을 상정하고, 그에 수반하는 손해의 화폐적 가액을 추계하는 것이다. 그러나 현실적으로는 상정되는 손해를 그대로 받아들이는 경우는 없기 때문



에 어느 정도의 적응책을 강구해야 할 것이다. 그리고 적응책을 실시하는 비용 및 적응책을 강구하고서도 발생하는 손해의 비용을 더한 총 비용이 아무런 적응책을 강구하지 않는 경우의 비용보다 적다면 일반적으로는 적응책을 실시할 것이다. Frankhauser(1995)는 손해비용을 평가하는데 있어서 그 두 가지 비용 중 작은 것을 기후변화에 수반하는 손해비용으로 정의를 하고 있다. 그리고 그러한 가능성이 있는 적응책은 비용효율적인 대응을 가정한 것이다. 또한 주의를 요하는 것은 장기적인 영향을 평가하는 것은 과학적인 불확실성이 해소되었다고 보고 장래 세대의 선호에 알 수 없는 불확실성 문제가 항상 존재한다는 점이다. 따라서 입수 가능한 손해추정사례의 대부분은 모든 온실효과가스를 그 온실효과 별로 이산화탄소 등가로 환산하고 그 농도가 산업혁명 이전의 2배가 되는 상태를 가정하는 경우의 영향을 대상으로 하기 때문에, 장기적인 영향은 크게 주목하지 않는다.

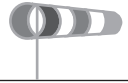
이하에는 별도로 명시하지 않는 한 1990년 경제를 상정한 이산화탄소 농도 배증 경우의 연구결과이다. 다만, 이산화탄소농도 배증의 상태에서 상승하는 기온의 상정은 연구마다 각각 다르다. 기후변동의 적응 모델은 해수면상승, 폭풍우 증가, 하천유량 변화에 관해 작성된다. 그러한 적응대책이 실시되는 경우 손해액의 평가방법에 관한 연구는 Howe et al(1991)이 대표적이다.

미국에 대한 연구는 Cline(1992), Frankhauser(1995) 및 Tol(1994)이 1990년 시점의 경제를 상정한 손해비용을 GDP의 1%보다 약간 큰 것으로 추정하였으

며, Titus(1992)는 중앙치로 GDP의 2.5%로 추정하였다. Nordhaus(1991)는 해면상승에 의한 손해비용을 GDP의 0.26%로 추정하였고, 기타 영향에 의한 손해비용은 항목별로 추정하지 않았지만 전체로는 GDP의 0.75%로 추정하였다.

또한 Cline(1992)는 장기적인 온난화가 진행되어 온도가 10℃ 상승한다고 가정하여 분석하였다. 그녀는 이산화탄소농도 배증의 경우 온도상승과 손해액의 관계에 있어서, 평균적으로 온도상승의 1.3승의 피해함수를 사용하여, 손해비용을 1990년 시점의 GDP의 6%에 상당한 것으로 추정하였다. Eyre et al(1997)은 기후변동의 영향에 관한 손해비용을 세계적으로 계측하였다. 지역별로는 기후변동에 의한 편익을 얻는 국가도 존재하기 때문에 그 손해비용은 1990년 시점 GNP의 1.1%로 추정되었다. 그러나 이 연구에서 고려되지 않은 영향, 특히 비시장적 영향 항목이 많기 때문에 손해비용의 추정치는 과소평가된 것으로 우려된다.

동일한 미국에 대한 연구에서도 그 추정치는 크게 상이한데, 그 이유는 우선 IPCC에서 벤치 마크한 이산화탄소농도 배증을 상정한 온도상승의 차이에서 비롯된 것이다. 예를 들면, Tol(1994), Cline(a)(1992), Frankhauser(1995)는 2.5℃를 상정하였고, Nordhaus(1991)와 Titus(1992)는 각각 3℃ 및 4℃를 상정하였다. 더욱이 동일한 2.5℃의 온도상승을 상정한 연구에서도 손해비용의 평가부분에 상당한 차가 존재한다.



III. 기후변화의 경제적 영향 추정상의 문제점

기후변동에 수반한 손해의 화폐적 평가액은 비용 편익분석 및 기타 의사결정 체계에 대한 종합적인 영향의 하나가 되는 중요한 정보이다. 예를 들면, IPCC(Bruce et al., 1996)는 서베이 결과 기후변동의 손해비용의 추정치를 다음과 같이 종합하였다.

- 세계전체: 세계 GNP의 1.5~2.0%
- 선진국: GNP의 1~1.5%
- 개도국: GNP의 2~9%

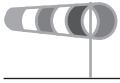
이러한 결과는 미래까지의 손해비용을 1990년 경제 가치로서 추정한 값이다. 따라서 미래의 손해를 현재가치로 할인한 경우에 할인을 도입할 필요가 있는데 그 값에 따라 추정치에 커다란 차이가 난다. 또한 사회적 비용의 계측에는 반드시 불확실성의 문제가 존재하기 때문에 추정치의 해석에는 주의가 필요하다. 기후변동에 대한 사회적 비용의 추정은 과학적인 사실의 인정과 추정에 강력히 의존하고 있는데, 비록 과학적 지식의 불확실성을 제외하고서도 여러 가지 불확실성이 존재한다는 점을 잊어서는 안 될 것이다.

또한 대부분의 연구가 IPCC가 가정하고 있는 벤치마크로서의 이산화탄소 농도 배증과 이에 따른 온도상승(2.5°C)을 가정하고 분석을 하고 있다. 그러나 여기에 있어서도 커다란 불확실성이 존재한다. 무엇보다 기후변동의 문제는 장기적인 문제이므로 장기적인 예측을 보다 확실하게 하기위한 연구가 필요하지만 쉽지가 않다. 또한 온도상승에 관해서도 대부

분의 연구가 중앙치를 사용하고 있기 때문에 최대치를 취하는 경우는 평가에 오차가 발생한다. 더구나 대부분의 모델의 경우에는 손해비용은 온도상승에 대해 체증적이기 때문에 그 차는 매우 커지게 될 가능성이 크다.

그 다음으로는 평가방법 자체의 문제가 있다. 최근의 환경경제 평가방법의 발전이 눈부시지만 여전히 그 평가, 특히 비시장적인 영향을 평가하는 경우에는 불확실성이 존재한다. 그 중에서도 건강에 대한 영향에 있어서는 통계적 생명가치의 평가법에 이론적, 윤리적으로 어려운 문제가 있기 때문에 논쟁의 대상이 되고 있다. 여기서 중요한 점은 인명자체에 대해 가치를 부여할 수 없기 때문에 사망리스크의 변화에 대한 가치를 평가하는 것은 문제가 있을 수 있다. 또한 IPCC(Bruce et al 1996)에는 기후변동의 영향중에 평가 대상으로 고려되지 않은 부분이 있다는 점을 인식하고 그 내용을 한데 모았다. 손해비용이 추정되지 않은 분야로서 시장적인 영향에는 에너지 공급, 보험, 선설, 교통 등의 부문, 비시장적인 영향에는 홍수, 비열대성폭풍우, 고려대상 외의 생태계 손실 등이 제시되어 있다. 그러한 영향까지 포함하면 손해비용이 대단히 크게 되지만 그와 동시에 불확실성도 증가하기 때문에 그 값의 신뢰도는 낮아질 우려가 있다.

기후변동에 수반하는 미래의 영향의 큰 부분은 경제, 인구구성, 환경개선 정도 등에 의존하고 있다. 미래 사회·경제구조의 예측에는 본래적인 불확실성이 존재하기 때문에 추정치에도 불확실성이 발생한다. 예를 들어 어떤 종류의 영향은 비시장적 영향



에 의해 GDP의 성장률 이상으로 커다랗게 될 가능성이 있고, 역으로 농업 등과 같이 작게 될 가능성도 있다.

손해비용의 추정에 있어서 주의해야 할 또 다른 점은 적응행동을 고려하는 것이다. IPCC(Bruce et al., 1996)는 기후변동예의 적응 행위를 어떻게 가정하는가에 따라 농업분야의 손해비용은 30~60%도 감소될 수가 있다. 특히 개도국에 있어서 적응행동은 선진국에 비해 투자여력과 제도의 미정비 등으로 인해 미흡하다고 가정되고 있지만 보다 빠른 경제발전 및 공공정책의 우선순위의 변경 등에 의해 그 적응력이 커지는 경우에는 현재의 손해비용의 추정치는 과대평가되었을 가능성도 있다. 또한 선진국과 개도국 모두 기술이 비약적으로 발전할 가능성을 고려한다면 그 가능성은 보다 커질 것이다.

손해비용의 추정치가 의사결정에 있어서 비용편익 분석에 사용되기 위해서는 기후변동의 피해의 감소라는 편익 이외의 편익(주로 대기오염 감소 등) 또한 같이 고려할 필요가 있다. 소위 2차적 편익이다. 이를 추정된 연구결과를 보면, 탄소 1톤을 삭감하는 것의 2차적 편익의 평균치는 2~50 달러로 크다 (Bruce et al 1996).

IV. 결론 및 시사점

기후변화는 1차 산업 뿐 아니라 제조업과 서비스업에도 다양한 형태로 영향을 미치게 된다. 물론 제조업과 서비스업의 경우에는 1차 산업에 비해 적응 능

력이 상대적으로 크기 때문에 그 직접적인 영향은 단기적으로는 그렇게 크게 나타나지 않는다. 그러나 간접적인 파급 영향까지 고려할 경우 제조업과 서비스업도 기후변화의 영향을 크게 받을 것이므로 이에 대한 적극적인 대응정책 마련이 필요하다.

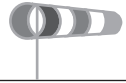
효율적인 기후변화 대응정책 수립을 위해서는 기후변화에 따른 경제적 영향을 정확히 추정하는 것이 필수적이다. 그러나 본문에서 분석된 바와 같이 이러한 작업은 대단히 복잡하여 기후변화에 관한 정확한 정보와 매우 정교한 모형분석을 요구한다. 선진국에서도 기후변화 영향의 경제적 평가는 최근에 와서야 본격적인 연구가 이루어지고 있다. 그 대표적인 사례가 Stern Report이다. 이 보고서는 기후변화의 영향 분석에 관한 다양한 문제점들을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법을 강구하고 있다. 이러한 측면에서 Stern Report에서 분석된 방법론과 모형을 활용하여 기후변화가 우리 사회와 경제에 미치는 영향을 분석하는 시도가 이루어져야 할 필요가 있다.

참고 문헌

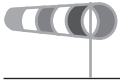
Bruce, J., H. Lee and E. Haites, eds. (1996). *Climate Change 1995: Economics and Social Dimensions of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press.

Cline, W. R. (1992). *The Economics of Global Warming*, Washington DC.: Institute for International Economics.

Eyre, N., T. Dowring, R. Hoekstra and K. Renings (1997).



- "Global Warming Damages," Final Report to the European Commission on Contract JO53-CT95-002, November, Brussels: European Commission.
- Fankhauser, S. (1995). *Valuing Climate Change: The Economics of the Greenhouse Effect*, London: Earthscan.
- Harasawa, H., and Nishioka, S. (2003). *Global warming and Japan - 3rd Report: Impact on Nature and Human*, Kokin Press(in Japanese)
- Howe, C.H., H.C. Cochrane, J.E. Bunin and R.W. King (1991). *National Hazard Damage Handbook*, Boulder: University of Colorado.
- Kane, S., J. Reilly and J. Tobey (1992). "An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture," *Climate Change*, May 1992.
- Kitajima, S., T. Ito, N. Mimura, Y. Hosokawa, M. Tsusui and K. Izumi (1993). "Impacts of Sea level Rise and Cost Estimate of Counter- measures in Japan," in Vulnerability Assessment to Sea Level Rise and Coastal one Management, Proceeding of the IPCC Eastern Hemisphere Workshop, pp. 115-123.
- Mendelsohn, R.O., W.N. Morrison, M.E. Schlesinger and N.G. Andronova (1998). "Country-specific market impacts of climate change," *Climatic Change*, Vol. 45(3-4), pp. 553-569.
- Nordhaus, W.D. (1991). "To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect," *Economic Journal*, Vol. 101(407), pp. 920-937.
- _____ and J.G. Boyer (2000). *Warming the World: the Economics of the Greenhouse Effect*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Titus, J.G. (1992). "The Cost of Climate Change to the United States," in S.K. Majumdar, L.S. Kalkstein, B. Yarnal, E.W. Miller and L.M. Rosenfeld, eds., *Global Climate Change: Implications Challenges and Mitigation Measures*, Easton, PA: Pennsylvania Academy of Science.
- Tol, R.S.J. (2002). "Estimates of the damage costs of climate change - part II: dynamic estimates," *Environmental and Resources Economics*, Vol. 21, pp. 135-160.
- _____ (1994). "The Damage Costs of Climate Change: A Note on Tangibles and Intangibles Applied to DICE," *Energy Policy*, Vol. 22(5), pp. 436-438.



기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언

이 종 인

현대제철 전략기획실장

jongin_ding@hyundai-steel.com

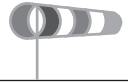
지난 2월 19일 UN 기후변화협약 사무총장인 이브 드 보어가 사퇴발표를 한 후 사퇴배정에 대해 많은 논란이 있었는데 코펜하겐 당사국총회에서 구속적 합의 실패가 주요한 요인으로 작용했으리라는 분석이 지배적이다. 또한 IPCC 4차 보고서의 과학적 신뢰성이 일련의 사건으로 많이 실추됨에 따라 지구 온난화 현상에 대한 회의적인 주장이 전 세계적으로 확산되어 가고 있다.

이렇듯 국제적으로 기후변화 관련 논의가 냉각기에 접어들고 있는 것과 달리 우리 정부는 ‘저탄소 녹색성장기본법’ 제정을 통해 총량제한배출권거래제, 탄소세, 에너지·온실가스목표관리제 등 규제정책 도입을 본격화하고 있어 산업계뿐만 아니라 사회 전반적인 큰 파장이 예상된다.

1. 저탄소 녹색성장기본법에 따른 산업계 규제정책

이명박 대통령이 2008년 ‘저탄소 녹색성장’ 비전을 발표한 이후 정부 정책의 근간이 되는 ‘저탄소 녹색성장기본법(이하 녹색성장기본법)’이 지난 1월에 제정되었고 이는 국가 온실가스 감축목표와 이를 이행하기 위한 녹색성장 5개년계획 및 산업계 온실가스·에너지 규제정책의 근거법이 되었다.

녹색성장기본법에는 에너지다소비·온실가스다배출 사업장에 대한 에너지·온실가스 목표관리제, 총량제한 배출권거래제, 친환경 세제 개편 등 산업계 규제정책이 포함되어 있어 미국, 중국, 일본 등 비규제 국가 대비 우리나라 산업계의 경쟁력 약화가 우려된다.



1. 에너지·온실가스 목표관리제

에너지·온실가스 목표관리제(이하 목표관리제)는 사업장의 에너지 사용량과 온실가스 배출량을 저감시키기 위해 기업과 정부가 협상을 통해 목표를 수립하고 이행계획을 점검하는 제도로 기존의 자발적 협약보다 규제적 성격이 강한 제도이다.

1) 현황

녹색성장기본법 제42조(기후변화대응 및 에너지의 목표관리)에 의거하여 일정 기준 이상의 에너지 다소비 및 온실가스 다배출업체는 온실가스 감축목표, 에너지 절약목표 및 이용효율에 대해 목표를 설정·관리하여야 한다. 이러한 목표는 정부와 사전 협의 과정을 거쳐 수립되고 기술 수준, 국제경쟁력, 국가 목표 등이 고려될 수 있도록 법에서 규정하고 있다.

지난 2월에 공개된 녹색성장기본법 시행령 입법예고(안)에는 목표관리제가 보다 구체화되어 사업장 전체뿐만 아니라 주요 공정별 목표를 수립·이행하는 의무를 부여하고 있다. 또한 목표관리제 담당부처로 환경부와 지식경제부가 공동으로 참여하고 있으며 다음해 목표와 이행계획을 매년 9월말까지 제출토록 하고 있다.

2) 이중 규제에 따른 업계 부담 과중 우려

앞서 언급한 바와 같이 녹색성장기본법 시행령(안)에는 목표관리제 대상 사업장 지정, 목표 및 이행계획 보고 등 주요한 사항에 대해 환경부와 지식경제부가 상호 협력하는 것으로 되어 있다.

산업계의 감축목표와 이행계획을 협의할 대상인 목표관리제의 담당부처가 명확히 제시되지 않을 경우 기업의 행정적 시행착오가 예상되며, 정부의 제도 운영 차원에서도 효율성이 떨어질 것이다.

이에 대한 대안으로 온실가스 중 에너지에 의한 배출비중이 높은 부문은 기존의 에너지 사용량 신고·에너지 저감 자발적협약과 연계하여 감축목표 및 이행계획을 수립하도록 허용함으로써 중복된 업무를 최소화하는 것이 바람직하다.

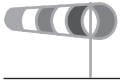
2. 총량제한배출권거래제와 친환경 세제 개편

녹색성장기본법 제30조(조세 제도 운영), 제46조(총량제한 배출권거래제 등의 도입)에 따라 향후 경제적 온실가스 감축수단인 총량제한배출권거래제와 탄소세 도입이 예상된다.

1) 현황

총량제한배출권거래제는 온실가스 배출시설의 배출허용량을 일정 수준으로 제한하고 제한된 배출허용량의 초과·잉여분을 탄소시장을 통해 직접 거래함으로써 온실가스 배출량을 저감시키는 경제적 수단이다.

현재 온실가스 의무감축국 중 EU에서만 도입하고 있으며, 일본은 자발적 배출권거래제를 시범사업으로 추진하고 있고, 미국은 배출권거래제 시행의 근간이 되는 기후변화법 제정을 상원에서 검토 중에 있다.



[그림 1] 주요 탄소세 도입 국가별 시행 현황 - KPMG Korea(2009), 한국조세연구원(2008)

탄소세는 연소시 온실가스를 배출시키는 화석연료에 세금을 부과하여 화석연료 사용자에게 과세의무를 부담시킴으로서 화석연료 사용 저감을 유도하고 이를 통해 온실가스 배출을 감소시키려는 제도이다.

탄소세 역시 영국, 스웨덴, 덴마크, 핀란드 등 EU 국가 중심으로 도입되었으며 기존 환경세를 개편하는 과정에서 소득세·법인세 인하와 함께 도입되었다[그림 1].

2) 감축수단 도입시 영향 최소화를 위한 차별 적용

탄소세는 화석에너지 사용량에 비례하여 과세되기 때문에 화석연료 사용 비중이 높은 산업계의 생산원가 증대가 예상되며, 총량제한배출권거래제와 동시 적용시 산업계는 추가적인 온실가스 감축비용을 부담하게 된다.

배출권거래제와 탄소세를 기도입한 EU의 경우 배출

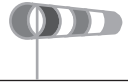
권거래제 비대상부문만 탄소세를 부과하는 방안이 논의 중에 있다.¹⁾ 이러한 EU의 사례에서와 같이 배출권거래제가 도입되어 산업부문의 온실가스를 규제할 경우 산업부문은 탄소세 부과대상에서 제외하고 비산업부문에만 탄소세를 부과하여 화석연료 사용량을 감축시키는 탄소세 본연의 취지로 온실가스 감축뿐만 아니라 국가 경쟁력도 확보해야 한다.

II. 산업계 규제정책 도입 현황

1. EU

EU는 2005년 EU 배출권거래제(EU Emission Trade System, EU ETS)를 본격 도입함으로써 온실가스

1) <http://www.euractiv.com/en/climate-change/eu-mulls-carbon-tax-curb-global-warming/article-185832>



[표 1] 1기 EU 배출권거래제의 배출허용량 할당 결과

구분	1기 배출허용량(백만톤)	2005년 배출량(백만톤)	비고
EU-27	2,298.5	2,123.1	8.3% 초과 할당
독일	499.0	474.0	5.3% 초과 할당
영국	245.3	242.4	1% 초과 할당
프랑스	156.5	131.3	19.2% 초과 할당
핀란드	45.5	33.1	37.5% 초과 할당

출처 : European Commission(2007. 12. 7)

배출시설에 대한 온실가스 규제를 실시하고 있으며 제도의 안정적 운영을 위해 1기(2005년~2007년), 2기(2008년~2012년), 3기(2013년~2020년)로 구분하여 단계적으로 제도를 확대하고 있다.

1기 배출권거래제는 시범사업 성격으로 기업의 경쟁력 약화 방지를 위해 배출허용량을 실제보다 초과 할당하여 기업의 실질적 감축부담은 적었던 것으로 평가된다[표 1].

이에 대한 개선방안으로 2기 거래제에서는 배출허용량이 1기보다 감소되고, 배출허용량의 무상할당 비율을 1기 95%에서 2기 90%로 감소시켰고 2020년까지 점진적으로 무상할당 비율을 20%로 낮출 계획으로 산업계의 감축 부담이 예상된다.

그러나 EU는 자국 산업계의 국제 경쟁력을 확보하기 위해 탄소누출(Carbon Leakage) 위험이 있는 산업군에 대해서는 무상할당 방침을 유지하기로 하였다.

이에 따라 258개 배출시설군 중 146개 시설군이 심

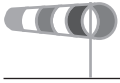
각한 탄소누출 위험에 있는 것으로 평가되었으며, 이들 시설군의 배출량이 거래제 대상시설 전체 배출량의 약 75%를 차지하는 등 대부분의 산업군이 무상으로 배출허용량을 할당 받게 될 것으로 전망된다.²⁾

2. 미국

미국에서는 2009년 8월 ‘2009 청정에너지안보법’(American Clean Energy and Security Act of 2009)가 의회 하원에서 통과된 이후 청정에너지 고용 및 발전법(The Clean Energy Jobs and American Power Act bill)이 상원에 상정되면서 기후변화 관련 법 제정이 담보상태에 있다.

2개 법안 모두 미국의 에너지 안보와 일자리 창출을 주요한 목표로 삼고 있으며 온실가스 규제정책으로 총량제한배출권거래제 도입을 포함하는 동시에 이로 인한 산업계 국제 경쟁력 약화 방지를 위한 보완 대책이 포함되어 있다.

²⁾ European Commission,, Sectors deemed to be exposed to a significant risk of carbon leakage-state of play(2009. 07. 16)



[표 2] 청정에너지안보법의 산업계 보호정책

구분	주요 내용	비고
Rebate 제도	에너지 집약도·무역 의존도가 높은 산업에 대해 일정액의 이행 보조금 지급	- 에너지 집약도 5% 이상 - 무역 의존도 15% 이상
국경 조치	미국이 요구하는 탄소 규제기준을 미충족시 수입업자에서 배출권 의무구입 요구	미국이 참여하는 온실가스 감축 국제협정 참여, 미국이 참여하는 다자/양자간 감축협정 참여, 미국과 유사한 수준의 에너지/온실가스 집약도 여부

출처 : American Clean Energy and Security Act of 2009

특히 청정에너지안보법의 경우 배출권거래제를 2012년부터 실시하되 2025년까지 배출허용량의 80%를 무상할당하고 2031년까지 무상할당 비율을 20%로 감소시켜 산업계의 온실가스 배출량 저감을 꾀하고 있다[표 2].

그러나 산업계의 감축부담을 경감시키고 국제 경쟁력을 훼손시키지 않기 위해 일정 조건을 만족시키는 산업에 대해서는 정부가 직접적인 보조금을 지급하며 미국의 온실가스 규제정책에 상응하는 수준의 감축정책을 미도입한 국가 제품에 대해 국경조치를 규정하고 있다.

3. 일본

일본은 1997년부터 경단련 중심의 자주행동계획으로 산업계의 자발적 감축행동과 이에 따른 온실가스 감축을 유도하고 있다.

발전, 철강, 정유, 시멘트 등 37개 업종이 참여하고 있는 자주행동계획은 일본 산업계 CO₂ 배출량의 약 82%를 포함하고 있으며, 이러한 산업계의 자발

적 감축활동 추진으로 일본 정부는 배출권거래제, 탄소세 등 구속적 감축수단 도입 없이 2008년 10월부터 자발적 참여방식의 배출권거래제 시범사업을 실시하고 있다.

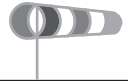
자발적 방식의 배출권거래제는 일본 환경성과 통상 산업성이 공동으로 추진하고 있으며 참여를 희망하는 기업은 총량 또는 원단위 기준의 감축목표의 선택이 가능하고 감축목표 초과분에 대해 거래가 이루어지는 체계이다.

III. 국내 산업계 현황

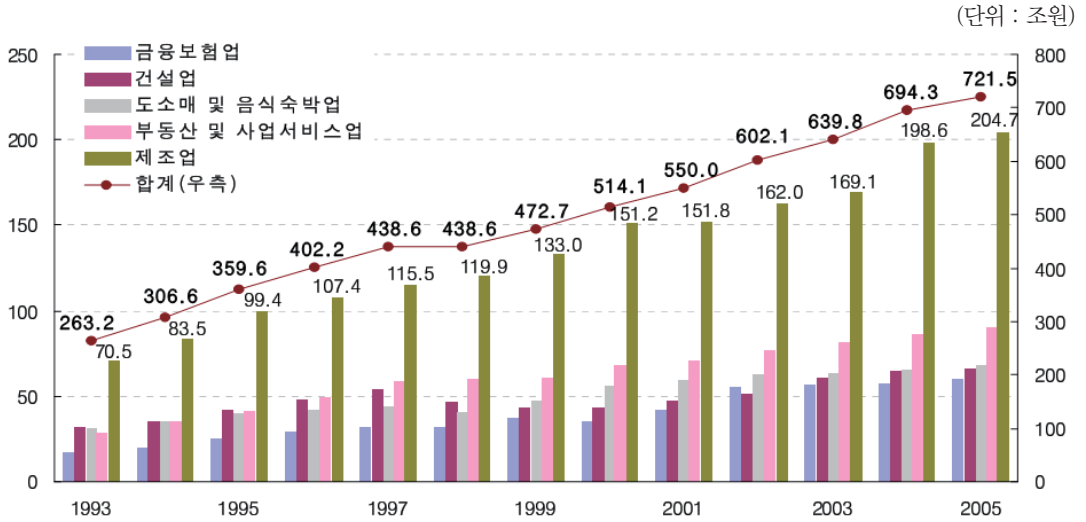
1. 산업구조 및 기술수준

우리나라 경제는 1960년대 이후 지속적으로 성장해 오고 있으며 국가 부가가치 창출에 있어 제조업이 큰 역할을 해오고 있다.

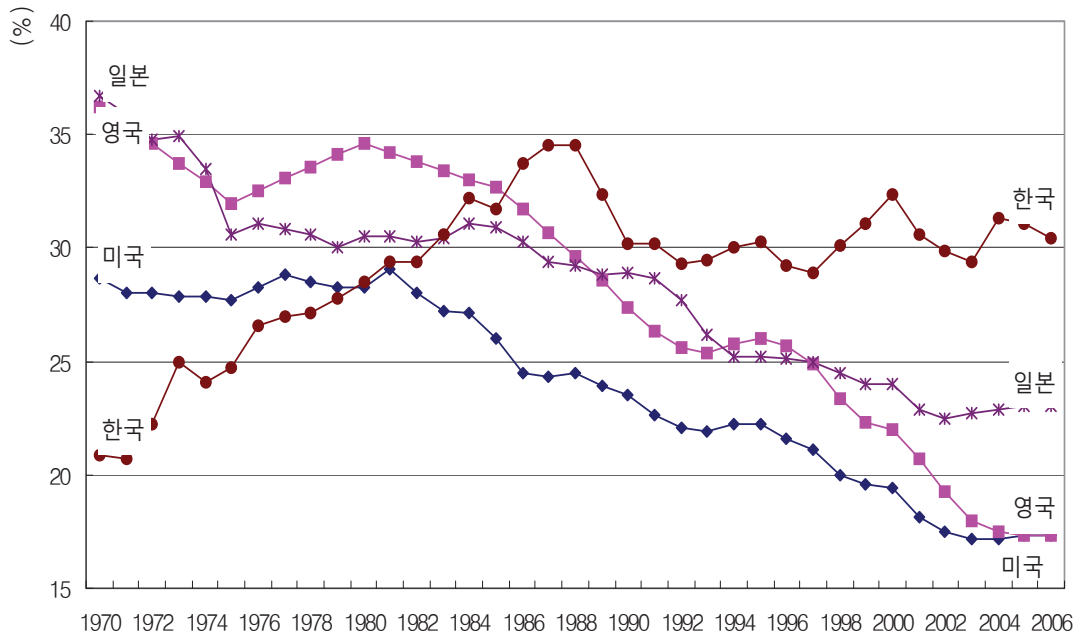
전체 산업에 있어 국가 부가가치 창출 기여도를 살펴보면 2005년 국가 총 부가가치 721.5조원 중



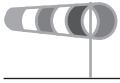
제조업이 204.7조원을 차지하여 28.4%로 가장 높은 기여도를 나타내었다(그림 2).



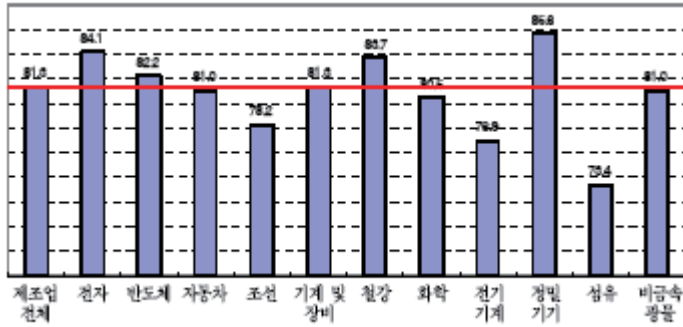
[그림 2] 부문별 부가가치 창출 현황 - 2008 한국의 산업기술 통계(한국산업기술재단)



[그림 3] 국가 총 부가가치 중 산업(제조업, 광업, 발전) 비중(OECD Factbook 2009)



세계 최고 대비 기술수준(%)



[그림 4] 우리나라 제조업의 기술 수준 - 2007년 한국 제조업의 업종별 기술 수준 및 개발동향(2007. 12)

1996년 OECD 가입으로 우리나라는 선진국 반열에 진입하였고 선진국과 같은 금융·서비스업 중심의 산업구조 변화가 필요하다는 일련의 주장도 있으나 우리나라는 여전히 제조업 중심의 2차 산업 비중이 크며 국제적 경쟁력도 확보하고 있어 경제성장의 원동력이 되고 있다[그림 3과 4].

에너지 사용에 의한 온실가스 배출량 5억 2,500만톤 중 발전부문에서 발생하는 양이 1억 9,000만톤이며, 산업부문 1억 6,700만톤, 수송부문 1억톤, 가정·상업 5,500만톤, 공공기타 4,500만톤이다.

이상의 부문별 온실가스 배출량과 국가 전체 배출량을 비교해 보면 [표 3]과 같다.

2. 온실가스 배출 및 에너지 사용현황

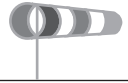
1) 온실가스 배출현 황

2007년 우리나라 온실가스 배출량은 6억 2,000만톤으로 전년도 6억톤 대비 약 2.9%가 증가하였다.³⁾ 국가 총 배출량 중 에너지 사용에 의해 발생한 배출량은 5억 2,500만톤으로 우리나라 전체 배출량의 84.7%를 차지하며, 산업공정 6,100만톤(9.8%), 농업 1,800만톤(3%), 폐기물 1,500만톤(2.5%) 순이다.

[표 3]에서 보듯이 우리나라 온실가스 배출은 발전 부문에서 31.2%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 산업 27.4%, 수송 16.4% 순이다.

국내 발전부문은 화력발전의 비중이 약 41%로 제일 높으며 원자력 36.7%, 천연가스 17.9% 순이다. 따라서 화력발전을 온실가스 배출 비중이 상대적으로 낮은 원자력 또는 천연가스로 전환시 상당량의 온실가스 감축이 가능할 것으로 예상된다[표 4].

3) 지식경제부 보도자료(2009. 12. 29)



[표 3] 2007년 국가 온실가스 배출현황

부 문	배출량(백만톤CO ₂)	배출량 비중(%)	비 고
총 배출량	620.0	100%	
에너지 부문	525.4	84.7%	
발전	193.3	31.2%	• 화력발전량 증가로 인한 유연탄 소비 증가(전년대비 5.9% 증가)
산업	170.2	27.4%	• 산업부문 전체 전년대비 6.1% 증가 • 철강산업 호조에 따른 유연탄 소비증가 • 석유화학설비 증설로 인한 납사 소비 증가
수송	101.9	16.4%	• 자동차 등록대수 증가로 전년대비 0.9% 증가
가정상업	55.7	9.0%	• 평년보다 0.9℃ 높은 기온으로 냉난방기구 사용 감소로 전년대비 4% 감소
공공기타	4.7	0.8%	
산업공정	60.9	9.8%	• 디스플레이산업 증가에도 불구하고 화학산업에서의 온실가스 처리기술 적용으로 전년대비 4.4% 감소
농업	18.4	3.0%	• 화학비료 사용증가/가축 사육두수 증가로 전년대비 5.3% 증가
폐기물	15.3	2.5%	• 소각/매립 폐기물 처리량 감소로 전년대비 2.2% 감소

[표 4] 2008년 에너지원별 발전량 및 발전비중

구 분	수력	석탄	석유	가스	원자력	기타	총 합
발전량	56억kWh	1,735억kWh	154억kWh	758억kWh	1,510억kWh	11억kWh	4,224억kWh
발전비중	1.3%	41.1%	3.7%	17.9%	36.7%	0.3%	100%

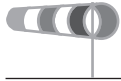
출처 : 2009 에너지·기후변화 편람(에너지관리공단)

2) 에너지 사용현황

우리나라 전체 에너지 소비량은 1990년 7,510만 TOE에서 2008년 1억 8,290만 TOE로 144% 증가하였고, 2008년의 경우 석유 소비량이 9,740만 TOE로 전체 에너지소비량의 53.3%를 차지한다. 이 외에도 전력 소비량이 3,340만 TOE(18.2%), 석탄이 2,620만 TOE(14.3%) 순으로 많이 사용된다.⁴⁾

또한 [표 5]의 에너지소비 구조를 살펴보면 우리나라는 2006년 기준 일본, 미국 대비 산업부문의 소비 비중이 높으며 특히 제조업의 비중이 높아 이들 국가와는 산업구조가 다를 수 있다.

4) 에너지관리공단, 2009 에너지·기후변화 편람



[표 5] 2006년 주요국의 최종에너지 소비구조 비교

(단위: 백만 TOE)

구분	한국		일본		미국	
		비중(%)		비중(%)		비중(%)
산업부문	74.7	51.5%	143.6	40.8%	459.4	29.2%
- 제조업	69.3	47.8%	129.0	36.7%	375.0	23.9%
수송부문	32.9	22.7%	91.9	26.1%	648.8	41.3%
가정부문	18.8	12.9%	48.6	13.8%	255.4	16.2%
상업공공	18.8	12.9%	67.7	19.3%	208.5	13.3%
총합	145.1	100%	351.8	100%	1,572.2	100%

IV. 기후변화 정책 추진에 따른 산업계 영향

2009년 UN기후변화협약 당사국총회에서 법적 구속력 있는 합의문 채택 실패로 기후변화협약 관련 국제 논의가 다소 침체되고 있는 상황에서 우리나라 정부는 금년 1월 녹색성장기본법 제정과 2월 시행령 입법예고를 통해 '저탄소 녹색성장' 정책을 가속화하고 있다.

이러한 정부 정책 추진에 있어서 산업계가 우려하는 점은 경쟁국의 온실가스 감축 참여 없이 우리나라만 의무적 감축정책을 시행할 경우, 우리나라 산업계의 국제 경쟁력이 영향을 받을 수 있다는 점이다.

특히 중국, 인도 등 신흥국가들의 맹추격이 진행되고 있는 철강 등 주요 업종의 경우 국내의 기존 시장 잠식 등 향후 경쟁력에 큰 타격이 예상된다.

신흥경제국으로 급부상한 중국과 인도는 성장 중심의 정책을 포기하지 않고 있으며, 온실가스 목표도 지속적 성장을 전제로 한 원단위 방식을 전제로

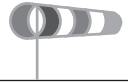
하고 있다.

- 중국 : 2020년까지 2005년 대비 CO₂ 원단위 (GDP 기준) 40%~45% 감축
- 인도 : 2020년까지 2005년 대비 CO₂ 원단위 (GDP 기준) 20%~25% 감축

미국, 일본 등 선진국도 전제사항을 조건으로 한 감축목표를 수립함으로써 실질적으로 이들 국가의 온실가스 감축정책은 우리나라와 같이 빠른 시일내에 실행되기는 어려울 전망이다.

- 미국 : 기후변화 관련 법 제정을 전제로 2005년 대비 2020년까지 17% 감축
- 일본 : 주요국의 의욕적 감축목표 수립과 공정한 국제협약 수립을 전제로 1990년 대비 2020년까지 25% 감축

또한 정부가 추진하고 있는 에너지·온실가스 목표 관리제와 총량제한배출권거래제는 유사한 제도로써 이들 제도를 동시에 실시할 경우 이를 준비하는 산업계의 혼선 및 이중 규제의 과중한 부담을 지게 될 것으로 예상된다.



에너지·온실가스 목표관리제 시행시 산업계는 에너지 절약목표, 에너지 이용효율목표 및 온실가스 감축목표를 수립하고 이행해야 한다. 이는 산업계에 대해 온실가스 배출량뿐만 아니라 에너지 사용총량까지 제한(cap)하는 제도이며 목표 미달성시 1,000만원 이하의 과태료를 부과하고 있다.

이와 유사한 총량제한배출권거래제는 사업장별 온실가스 배출허용량을 제한(cap)하고 이에 대한 부족-잉여분을 거래함으로써 산업계 온실가스 배출량 저감을 유도하는 제도이다.

따라서 상기 제도가 동시 시행될 경우 사업장은 정부와 에너지·온실가스 목표를 협상하는 동시에 배출권거래제를 위한 배출허용량 협상도 필요하다. 또한 목표 미달성시에는 과태료 부과 및 배출권 구입의 이중적인 경제적 부담을 안게 된다.

마지막으로 [표 3]에서 언급한 바와 같이 우리나라 온실가스 배출량의 대부분은 화석에너지 사용에 따라 배출 된다. 이는 새로운 에너지원으로 대체되거나 화석에너지 사용을 줄일 수 있는 기술·설비가 도입되지 않으면 온실가스 감축이 어렵다는 것이다.

정부가 녹색성장 국가전략⁵⁾을 통해 신재생에너지 보급비율을 2020년까지 6% 수준으로 높이겠다고 정책 목표를 수립한 바 있으나 이를 통해 높은 화석에너지 의존도를 낮추기는 어렵다. 그리고 온실가스 감축을 위해 세계적으로 기술개발에 주력하고 있는 탄소포집저장기술(Carbon Capture and Storage,

CCS)은 온실가스를 실제적으로 감축시키지는 못하며 저장된 온실가스를 다른 방식으로 활용하는 기술 개발이 추가적으로 요구되고 있다.

최근 미국, 중국 등에서 원자력 발전이 온실가스 감축의 대안으로 급부상하고 있는 점은 화석연료에 의존하고 있는 현재의 산업구조상 온실가스를 감축하는데 한계가 있다는 점을 시사하고 있다.

V. 정부 정책에 대한 제언

1. 정부 주도의 기술개발

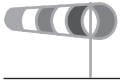
전 세계 에너지사용 중 석유(44%), 석탄(24%)의 사용이 약 70%를 차지하는 화석연료 중심의 경제구조는 향후 2030년까지도 지속될 것으로 전망되고 있다.⁶⁾ 이러한 높은 화석에너지 의존도를 낮출 수 있는 원천적인 방안은 다른 에너지원으로 대체하는 것이지만 현재의 기술개발 수준을 고려할 때 이는 장기적인 투자비용과 시간이 소요된다.

따라서 화석연료를 최대한 효율적으로 사용하여 온실가스 배출을 저감시키는 기술이 단기적으로 최고의 대안이 될 수 있다. 이러한 기술들은 일부 산업에만 국한된 것이 아니라 산업-가정-공공 등 전 사회에 큰 영향을 미치는 공공재 성격이 강하므로 정부 주도의 기술개발이 필요하다.

중장기적으로 국가 에너지자립도를 높이고 국제 경쟁력을 확보하기 위해 새로운 에너지원으로서의 전환

5) 출처: 녹색성장 국가전략(녹색성장위원회, 2009. 7)

6) 출처: 국제에너지기구(IEA), 2009 World Key statistics



은 필요하다. 이를 위해 정부 및 산업계가 협력하여 기술개발 투자가 이루어져야 하고 이러한 과정에서 선택과 집중이 필요하다.

일례로 정부가 주력하고 있는 태양광발전의 경우 국산 태양광 모듈의 점유율은 22%에 불과하고 80%는 이미 해당기술을 선점한 일본, 중국 등 경쟁국 부품에 의존하고 있다.⁷⁾

2. 국내 산업의 경쟁력 보호방안 수립 필요

앞서 살펴본 바와 같이 국제 기후변화 논의를 주도하고 있는 미국, EU, 일본 등 선진국들은 자국의 국제 경쟁력을 훼손시키지 않는 정책수단을 도입하고 있다. 반면에 우리나라 '저탄소 녹색성장기본법'에는 이에 준하는 국내 산업의 경쟁력 보호수단이 포함되어 있지 않아 산업계에서는 많은 우려가 되고 있다.

특히 2000년대 이후 경제규모 측면뿐만 아니라 기술수준에서도 급격히 성장하고 있는 중국, 인도 등 거대 개도국이 구속적 온실가스 감축에 참여하고 있지 않아 우리나라 산업계에 더 큰 부담이 지워질 것이다.

따라서 탄소세, 총량제한 배출권거래제, 에너지/온실가스 목표관리제 등 일련의 산업계 규제정책 도입시 국내외적인 산업계 영향과 이에 따른 국가 전체의 부담을 고려하여 정책 실행을 제고할 필요가 있다.

7) 지식경제부 보도자료(2009. 4. 30)

3. 비용 효과적인 감축수단의 우선 적용 필요

작년 11월 국립환경과학원은 가정·상업·공공·수송 등 비산업부문에서 감축할 수 있는 온실가스 잠재량이 약 7,350만톤이며 이중 가정에서의 일상생활 패턴 변화만으로 2,560만톤의 온실가스를 감축할 수 있다고 분석하였다.⁸⁾

이는 추가적인 감축비용이 소요되지 않고도 냉난방 온도와 시간 조절, 조명 조절, 친환경운전 등 일상생활의 노력만으로도 충분히 달성 가능한 사항으로 에너지절약이 가장 효과적인 온실가스 감축수단을 알 수 있다.

우리나라와 같이 에너지집약적인 제조업 중심의 사회에서 에너지절약을 통한 온실가스 감축은 다른 기술적·경제적 감축수단보다도 우선적으로 도입되어야 하며, 대규모 투자와 장시간이 요구되는 기술 개발은 중장기적인 관점에서 추진되어야 할 것이다.

참고문헌

김승래·김형준·박상원(2008). 「세계의 환경친화적 개편에 관한 연구」, 한국조세연구원.

KPGM Korea(2009).

European Commission(2007. 12. 7).

American Clean Energy and Security Act of 2009(2009).

2008 한국의 산업기술 통계(2008). 한국산업기술재단.

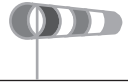
OECD Factbook(2009).

2007년 한국 제조업의 업종별 기술 수준 및 개발동향(2007. 12).

2009 에너지·기후변화 편람(2009). 에너지관리공단

2009 World Key statistics(2009).

8) 국립환경과학원 보도자료(2009. 11. 23)



기후변화에측 관련 기술 동향 및 정책 방향

이 상 현

한국과학기술기획평가원 (KISTEP) 사업조정실 부연구위원
shlee@kistep.re.kr

정 상 기

한국과학기술기획평가원 (KISTEP) 사업조정실 실장 연구위원
sjeong@kistep.re.kr

이 상 훈

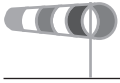
세종대학교 토목환경공학과 BK연구교수
sanghunchang@hotmail.com

I. 개요 및 정의

기후변화는 장기간에 걸친 기간(수십 년 이상)동안 지속되면서, 기후의 평균상태나 변동이 통계적으로 의미 있는 변화를 의미한다. 기후변화는 자연적인 내부 과정이나 외부의 강제력에 의해서, 대기의 조성 또는 토지 이용도에 있어서 끊임없는 인위적 변화에 의해 일어날 수 있다. 유엔 기후변화협약 (UNFCCC)¹⁾ 제 1조에서는 기후변화를 '전지구 대기의 조성을 변화시키는 인간의 활동이 직접적으로

또는 간접적으로 원인이 되어 일어나고, 충분한 기간 동안 관측된 자연적인 기후변동성에 추가하여 일어나는 기후의 변화'라고 정의하고 있다. 따라서 기후변화협약은 대기 조성을 변화시키는 인간 활동에 의해 야기되는 "기후변화"와 자연적 원인에 의해 야기되는 "기후변동성"을 구분하고 있다(그림 1). 자연적 요인에는 대기, 해양, 육지, 설빙, 생물권 자신의 내적 요인 외에, 화산 분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등의 외적 요인이 있다. 인위적 요인에는 화석연료 과다사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화(온실효과에 의한 지구 온난화), 인위

1) The United Nations Framework Convention on Climate Change

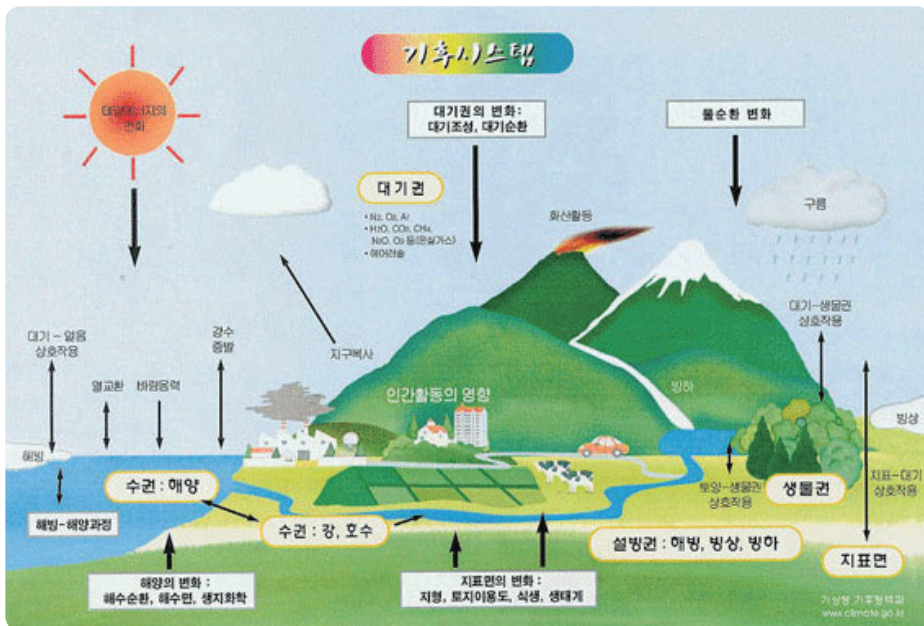


적 에어로졸에 의한 태양복사의 반사와 구름의 광학적 성질의 변화(산란 효과에 의한 지구 냉각화), 과잉 토지 이용이나 장작과 숲 채취 등에 의한 토지 피복의 변화 등이 있다. 또한 국지적 인공열에 의한 도시기후의 변화 등도 문제가 된다.

기후변화는 기후의 장기적인 추세를 의미하는 장기 경향과 주기적이거나 반복적인 변동, 기후시스템이 급격하게 변하는 불연속 등으로 구분된다. 기후변화는 장기적인 추세로 나타나지만 반복적인 변동(엘리뇨, 라니냐 등)에 영향을 주거나 불연속적인 변화를 야기할 수 있다. 20세기 동안 지구 표면온도는 약

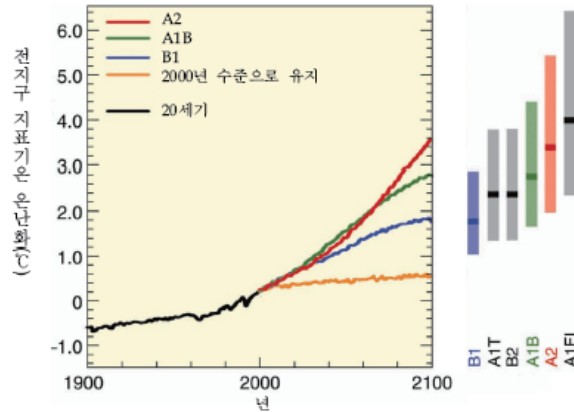
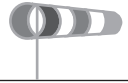
0.6°C 증가하였고, IPCC²⁾ 4차보고서에 의하면 향후 20년 동안 약 0.2°C/10년 비율로 온난화가 진행될 것으로 전망 하였고, 온실가스과 에어로졸 농도가 2000년 수준으로 일정하게 유지된다 하더라도 기온은 0.1°C/10년 비율로 온난화 될 것으로 예상하고 있다. 현재 약 368ppm 수준의 대기 중 온실가스 농도는 21세기에 490~1,260ppm까지 증가되고, 이에 따른 지구 평균온도는 1990년에서 2100년 사이에 약 1.4~5.4도 상승할 것으로 예측되고 있다[그림 2].

2) Intergovernmental Panel on Climate Change



출처: 기상연구소

[그림 1] 기후시스템 모식도



출처: 기후변화 IPCC 보고서(2007)

[그림 2] IPCC 기후 시나리오에 의한 전지구 지표기온 변화

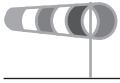
II 기후변화예측 및 영향평가 기술

기후변화에 의한 기후 영향을 분석하는 방법으로는 크게 관측자료를 이용하여 변화 경향을 통계적으로 분석하는 방법과 기후 시나리오를 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 관측자료를 이용하는 방법은 고기후자료(식물화석, 고토양, 퇴적암 등)나 20세기 이후의 관측자료를 이용하여 수문기상인자의 경향성을 찾아냄으로써 수문기상인자의 미래 변동성을 전망하는 방법이다. 기후 시나리오를 이용하는 방법은 발생 가능한 가상의 미래 시나리오를 만들고 전지구기후모델(Global Climate Model, GCM)을 이용하여 각 시나리오에 따른 기후의 변화를 모의하는 방법이다.

그러나 GCM의 공간적 해상도가 100-500km 정도로 낮아 유역스케일의 기후변화영향을 평가하기에

는 한계가 있다. 또한 대부분의 GCM에서 한반도 남부가 바다로 표현되어 국내와 같이 복잡한 지역의 지형효과를 반영하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 GCM 결과를 지역스케일로 연계시키는 기법이 필요하게 되는데, 이러한 기법을 상세화(downscaling)라 한다. 상세화에는 역학적(dynamic)인 방법과 통계적(statistical)인 방법이 있다.

신뢰성 있는 기후변화 영향평가 결과를 도출하기 위해서는 신뢰성 있는 미래 기후변화 시나리오 생산이 최우선시 되어야 된다. 그러기 위해서는 GCM 자체의 모의 능력향상, GCM 및 배출가스 시나리오에서 얻을 수 있는 불확실성의 저감, 태풍 및 극한 호우현상을 반영할 수 있는 고해상도 시나리오 생산, 다운 스케일링 기법의 최적화가 필요하고, 그 이외에 유출모형의 모의 능력향상, 고기후 자료를 이용한 기후인자의 경향성 추정 능력 기법 개발 등이 필요할 것으로 사료된다.



1. GCM의 모의 능력 향상 기법

정확한 미래기후 시나리오를 생산하기 위해 가장 중요한 요인은 GCM의 모의 능력이라 할 수 있다. 아무리 후처리 기술이 고도화된다고 해도, GCM에 입력되는 원 자료의 신뢰성을 확보할 수 없다면, 정확한 전망을 하기 힘들 것이다.

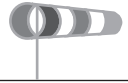
일본의 FRCGC(Frontier Research Center for Global Change)에서 Earth Simulator를 이용하여 장기 지구 변화 예측에 관련된 연구를 하고 있다. FRCGC에서의 주요 연구는 대기, 육상, 해양의 생물지구화학과정을 비롯한 제반 과정을 통합한 지구시스템모델 구축을 통해 온실가스의 대기 중 농도 안정화에 관한 정책 검토 및 빙상 용해, 해수면 상승, 물순환의 장기 변동 등 지구 규모의 장기적인 온난화에 따른 영향 평가에 적용 가능한 예측 정보를 생산하는 것이다. 또한 모의 능력 향상을 위해 구름 해상도 대기 모델, 초고해상도 해양 모델, 고해상도 식생변이 모델 등 첨단 성분 모델의 개발에 관한 연구가 진행 중에 있다. 이는 기후변화에 특히 중요하게 영향을 미치는 프로세스(구름 물리 프로세스, 적운대류 프로세스, 중규모 소용돌이 프로세스, 식생변이 프로세스 등)를 규명하여 모수화(parameterization)에 의한 불확실성을 최대한 줄이고 기후변화에 중요한 영향을 미치는 프로세스를 현실적으로 표현함으로써 해당 프로세스와 관련된 물리과정 및 생물지구화학과정이 관측 결과에 상응하는 재현성을 구현할 수 있는 모델 구축을 통해 예측 실험의 정밀도를 향상할 수 있다.

또한 GCM의 불확실성을 저감시키기 위해 계층적 모델을 이용하여 장기 기후변화 예측의 불확실성 정량화에 대한 연구가 진행 중이며, 초기값 및 물리적인 파라미터 제공 방법 변경 등을 통한 여러 모델 실험결과를 통계적으로 앙상블하는 기법과 예측 실험의 초기값 설정 및 재현성 검증에 이용되는 자료동화 기법 개발에 대한 연구가 진행되고 있다.

2. 지역 단위 고해상도 기후 시나리오 생산 기법

기후변화에 의한 지역 단위의 여러 영향을 평가하기 위해서는 지역 단위의 기후시나리오 생산이 필요하다. 하지만 GCM의 경우 대부분 250km 이상의 격자 구조로 되어있을 뿐 아니라 입력자료가 월 단위이기 때문에 수문분야 등의 응용기상 분야에 적용하기 위해서는 기후 시나리오의 상세화(downscaling)과정이 필요하다. 상세화 기법에는 크게 3가지로 구분되는데, 동지화(nesting)기법을 적용한 지역기후모델링, 대규모 순환장과 지역규모 변수사이의 상관관계를 이용한 통계적 규모축소화, 그리고 고해상도와 가변해상도의 대순환모델의 시간단면(time-slice) 기법이 있다. 최근에는 기후 시나리오 생산시 GCM과 온실가스 배출 시나리오에서 오는 불확실성, 그리고 상세화 과정에서 오는 불확실성 등을 줄이기 위한 연구가 주로 진행되고 있다.

이에 호주의 'Climate Chang in Australia - Technical Report 2007'에서는 IPCC에서 제공한 온실가스 배출 시나리오 6가지(A2, A1B, A1F1, A1T, B1, B2); GCM의 경우에는 23개에 대해 앙상블 기법을 이용하여 연·계절 평균온도, 강수, 습도, 태



양복사량, 풍속, 잠재증발산, 해면온도 등을 확률 형식으로 제공하였다. 그 중 특징적인 것은 GCM의 과거기간 모의 결과(강수, 지표면 온도, 해면기압)의 성능에 대해 가중치(0~1)를 다르게 주고 앙상블을 평균함으로써, 기후인자를 전망하는 기법을 사용하였다. 또한 태양복사에너지, 풍속, 습도의 경우 IPCC에서 제공하는 23개 GCM 중에 각각 20, 17, 14개에서 제공하여 앙상블 기법을 이용하여 전망을 하였다.

또한 영국의 UKCP(UKCP09 Climate Change Projections, 2009)에서는 여러 기후 인자를 확률적으로 전망 하였으며, 3개의 시나리오(A1F, A1B, B1)에 대해 다른 미래 기간에 대해서 공간과 시간 해상도가 다른 결과를 제시하였다. 30년씩 총 7개 기간(2020S, 2030S, 2040S, 2050S, 2060S, 2070S, 2080S)으로 나누어 해상도 25km의 행정구역별과 주요 23개 강 유역의 평가를 실시 하였다.

한편 국내의 기존 연구로는 기상연구소(2004)에서 미래 기후변화 시나리오 산출을 위해 IPCC SRES A1B, A2, B1 온실가스 증가 시나리오를 사용하여, ECHO-G/S³⁾에 적용하여 1860~2100(241년)의 장기 기후변화 시나리오를 모의하였고, 그 결과를 지역기후모델(MM5)에 도입하여 한반도의 기후변화 1971~2100년의 시나리오를 생산한 바 있다. 그 후 이탈리아 ICTP(International Center for Theoretical Physics)에서 개발된 지역기후모델(RegCM3)을 이용하였는데, RegCM3를 이용한 이중중지격자시스템

을 나타낸 것이다. 모델의 모격자(mother domain)는 60km의 수평해상도로 동아시아 영역에, 중지격자(nested domain)는 20km의 수평해상도로 한반도 남한 영역에 초점이 맞추어져 있다.

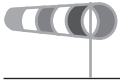
또한 현재 교과부 21C 프론티어사업단 「기후변화에 의한 수자원 영향 분석 및 평가 체계 적용」에서는 IPCC에서 사용된 24개 GCM 중에 13개 GCM을 받아 통계적 상세화를 통한 국내 57개 지점의 미래 기후 시나리오를 생산한 바 있다.

3. 시공간 상관성이 고려된 기후 시나리오 생산

컴퓨터의 연산 속도와 환경적인 요건으로 인해 GCM에서 모의된 결과의 시공간 해상도가 매우 낮다. 이를 개선하기 위해 위에서 설명한 바와 같이 상세화 과정을 통해 수문분야에 적용된다. 그 중 통계적 상세화 방법 중 가장 많이 사용되는 방법이 일기발생기(Weather Generator, WG)를 이용하는 것인데, 이 WG는 원래 미세측 지역이나 결측치가 있는 기상관측소의 기후자료를 생산하기 위한 목적으로 개발된 것이기 때문에 수문에 적용하는데 있어 몇 가지 단점들을 지니고 있다.

이에 극한 현상(Extreme event)으로 고려하기 위해 영국의 UKCP09에서는 WG를 이용하여 25km 해상도의 자료를 5km로 상세화 시켰는데, 여기서 Neyman-Scott Rectangular Process(NSRP) 모델을 사용하였다. NSRP 모델은 영국 도시 배수 설계 소프트웨어의 기본이론으로 극한현상을 현실적으로 잘 표현하는 것으로 나타났다.

3) ECHO-G/S: 대기모델인 ECHAM4와 해양모델인 HOPE를 결합한 전지구(Global) 모델로 황(Sulfate) 등 에어러졸을 고려할 수 있도록 개발된 모델임.



국내의 연구 사례로는 김선영 등(2003)과 김병식 등(2004)이 YONU GCM의 CO₂ 배증결과를 이용하여 회귀식이나 일기산출기 등의 통계적인 방법으로 상세화하고 수문모델의 입력자료로 사용하였는데, YONU GCM의 5°(경도)×4°(위도)의 격자자료를 이용하여 한반도의 복잡한 지형적 특성이 반영될 수 없었다. 또한 정일원(2008)은 임은순(2006)이 생산한 고해상도(27km×27km)의 기후변화 시나리오 자료를 활용하여, LARS-WG에서 생산된 139개 소유역의 유역별 기후시나리오에 대한 영향을 평가한 바 있다.

이와 같이 WG는 기후시나리오와 유출을 연결시켜 주는 고리와 같다. 하지만 우리나라 뿐만 아니라 영국 및 미국 등에서도 WG의 한계점이 나타나고 있는데, 첫째 물리적인 기반이 전혀 없는 통계적 기법이라는 점이다. 그리고 관측치의 한계를 벗어나지 못하는 것이다.

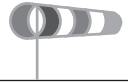
4. 극한현상 모의가 가능한 시나리오 생산 기술 및 영향 평가

전 세계적으로 기후변화에 의한 영향으로 가장 큰 관심을 가지고 있는 분야는 극한현상일 것이다. 태풍, 허리케인, 열파, 폭설 등에 의해 전 세계적인 피해는 상당하다. 따라서 극한현상이 어떻게 변할 것인가는 각국의 핵심 키워드일 것이다. 하지만 극한현상을 정확히 평가하기에는 현재 GCM의 모의능력이나, 상세화 기술이 아직 부족한 것으로 나타났다.

이에 일본의 도쿄대학교 기후시스템 연구센터에서

는 대기·해양·육상의 물리과정을 정밀하게 모델링하고 적절한 범위에서 생물지구화학과정을 도입하여 그 상호작용도 표현할 수 있는 고해상도 대기-해양 결합 모델의 고도화를 진행하고 있다. 이를 통해 앞으로 25년 정도의 가까운 미래에 발생하는 변화를 예측하기 위한 실험을 수행할 수 있다. 이는 자연변화의 재현성을 포함한 모델의 신뢰성을 높이는 동시에 대기와 해양을 각각 50, 20km 이하의 고해상도를 가지는 모델을 이용하여 예측 실험을 수행하여 육상의 기상·물 순환의 변화나 극한현상의 변화, 해류 등 해양의 변동 및 대기·해양 상호작용의 변화에 관한 분석을 실시하고 지역적인 온난화 영향평가에 적용 가능한 예측 정보를 생산한다. 그러나 기상현상을 더 정밀하게 모사하기 위해 궁극적으로 대기도 20km 정도의 고해상도 생산하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 지구과학기술종합추진기구에서는 전지구 초고해상도 대기 모델의 재현성 및 예측 정밀도를 높이기 위해 일본 부근을 동지격자(nesting) 기법을 적용하여 1km 정도의 해상도를 가지는 초고해상도 대기 모델을 구축하였다. 이 모델을 통해 태풍을 비롯한 기온 및 강수와 관련된 극한현상의 발생빈도와 강도에 대해 지방자치 단체 등에서 하천 유역 규모의 재해 발생 빈도 등의 변화 예측, 대책 검토에 적용 가능하도록 예측 정보를 생산하는 연구를 수행 중이다.

나고야 대학의 Hydrospheric Atmospheric Research Center(HyARC)에서는 구름해상도 모델의 고도화 및 태풍 연구를 하고 있는데, 여기서 구름의 물리적인 과정은 기후변화의 모델링 연구에서 가장 중요한 과정 중에 하나이다. 구름 물리 과정의 개



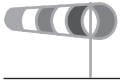
선은 전지구모델에서 정확한 모의를 하는데 필요하며, 폭우와 태풍에 큰 영향을 준다. 구름 모델링 팀은 4가지의 목표가 있는데, 첫 번째는 CReSS(Cloud Resolving Storm Simulator) 모델의 개선으로, 특히 이 모델의 동적 부분에서 정확도와 계산 속도를 개선하는 것이다. 두 번째는 GCM의 구름 매개변수를 CReSS 모델을 이용하여 검사하는 것이다. 여기에 CReSS 모델의 검증에 위해 위성 관측이 사용될 것이다. 세 번째로는 대류 지역의 정확한 모델링을 위해 CReSS 모델과 지구 모형을 결합할 것이며, 마지막으로 CReSS 모델을 태풍연구에서 활용하는 것이다. 이 연구를 통해 GCM을 이용한 태풍 모의가 가능하며, 현재기간과 미래기후변화 상에서 인간사회에 태풍이 미치는 영향을 정량적으로 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

하지만 국내에서는 극한현상에 대한 연구가 아직 활발히 이루어지고 있지 않은 실정이다. 현재 국토해양부에서 실시하고 있는 이상기후에 대비한 시설기준 연구단에서 이상홍수대비 수공구조물 설계기준 개선을 목표로 연구를 수행 중이다. 또한 국토해양부에서 실시하고 있는 기후변화에 의한 수문영향 분석과 전망(2010~2012)에서는 기후 및 수문 시나리오를 표준화시켜 영향을 분석하고, 각 시설물 등의 영향을 평가하고, 수자원 정책을 제시하는 연구를 진행 중에 있다. 그러나 컴퓨터 연산속도의 한계 극복 및 기본 인프라 구축이 선행되지 않으면, 정확한 결론을 창출하기는 쉽지 않을 것으로 보인다.

III. 기후변화연구의 필요성

기후시스템의 온난화는 지구 평균기온과 해수온도의 상승, 광범위한 눈과 빙하의 용해 및 지구 평균 해수면 상승과 같은 관측 자료에서 명백히 나타난다(IPCC 제4차 평가보고서, 2007). 한반도에서는 1900년 이후, 우리나라 6개 도시(서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포)의 평균 기온은 1.5℃ 상승하였는데 이는 지구 평균기온상승폭(0.74℃)보다 훨씬 컸다. 최근 10년('96~'05년)동안 위 6개 도시를 포함한 15개 지점(강릉, 서울, 인천, 대구, 부산, 목포, 울릉, 추풍령, 포항, 전주, 울산, 광주, 여수, 제주, 서귀포)의 평균 기온은 14.1℃로 평년('71~'00년)보다 0.6℃ 상승한 것으로 분석되었다(기상청, 2008).

이러한 지구온난화의 영향으로 인해 세계 각지에서 강력한 태풍·허리케인·사이클론, 집중호우, 한파, 열파 등의 이상기상에 의한 재해가 빈번히 발생하고 있다. 그 예로 미국에서 2005년에 허리케인 카트리나에 의해 1,800명 이상의 사망자와 120만명이 넘는 이재민을 발생하였고, 유럽에서는 2003년 8월 열파로 인하여 2만명 이상의 사망자가 발생하였다. 국내에서는 2002년 태풍 '루사' 및 2003년 태풍 '매미'에 의해 많은 인명과 재산 손실을 초래하였으며, 2009년 강원도 태백 물부족 현상이 발생하여 수개월동안 급수 중단이라는 최악의 상황이 발생하였다. 이러한 이상기상 현상의 발생 및 홍수, 가뭄 등이 지구 온난화에 의한 것이라고는 단정 지을 수는 없지만, 지구온난화에 의한 이상기상 현상의 발생빈도가 증가할 가능성이 있다는 견해가 지배적이다.



IV. 국내외 기후변화예측 관련기술 및 정책 동향

기후변화예측은 컴퓨터 모델 등을 이용하여 온난화와 같은 지구규모의 기후변화를 예측하는 것을 말한다. 지구온난화가 환경문제의 최대 과제인 현 시점에서 중장기적인 기후변화를 정확하게 예측하는 것은 상당히 중요한 일로 여겨지고 있다. 그래서 세계 여러 나라에서는 슈퍼컴퓨터 등을 이용한 정확한 예측연구가 진행되고 있다.

일본에서는 문부과학성(MEXT)에서 5년(2007~2011) 동안 21세기 기후변화예측 혁신 프로그램(Innovative Program of Climate Change Projection for the 21st Century, KAKUSHIN Program)을 통해 지구 온난화에 대한 효과적이고 효율적인 정책 및 대책 실현에 이바지하기 위해서, 일본의 대학 및 연구기관의 지식을 결집하여 정확도 높은 예측 정보를 생산하고 신뢰할 수 있는 정보 제공 및 가까운 미래의 극한 현상까지 분석함으로써 기후변화에 따른 자연재해 분야에서의 대책을 마련하려 하고 있다.

미국은 기후변화 과학프로그램(CCSP: Climate Change Science Program), 기후변화 기술프로그램(CCRP: Climate Change Research Program), NOAA(해양대기청)⁴⁾ 지구 시스템 연구소(ESRL: Earth System Research Laboratory), 미국 대기과학연구소(NCAR: The National Center of Atmospheric Research)를 중심으로 추진되고 있

으며, 주요 연구 분야로는 대기 및 기후변화와 변동, 탄소 순환, 물 순환, 생태계의 변화, 토지이용도, 인간의 영향 등에 걸쳐 다양하게 다루어지고 있다. 특히 CCSP는 NOAA에서 총괄하고 있으며, 13개 정부부처와 기구가 연간 18억달러(약 2조원)를 투자하여 지구변화와 기후변화에 대한 통합 연구를 수행하고 있다.

영국에서는 기후변화 프로그램(UKCCP: UK Climate Change Programme, 1994)과 기후변화영향프로그램(UKCIP : UK Climate Impacts Programme, 1997)을 두고 기후변화 영향평가 및 적응방안에 관련된 연구를 수행하고 있다. UKCCP는 해들리센터(Hadley Center)와 틴달 센터(Tyndall Center)의 기후변화 예측 및 기후변화 영향평가 연구를 지원하고 있다. UKIP는 수자원을 포함한 다양한 분야에 대한 유역별 영향평가를 수행하고, 이를 기반으로 분야별, 지역별 적응방안을 도출 위한 연구를 수행하고 있다.

캐나다에서는 정책입안자 및 결정자에게 기후변화 적응 및 완화노력을 위한 정보 제공과 자연재해에 대한 완화를 위한 과학적 이해의 증대를 위해 1994년에 기후변화적응과 영향 연구그룹(The Adaptation and Impacts Research Group, AIRG)을 구성하였다. 특히 기후변화 영향 및 적응계획(CCIAP, Climate Change Impacts and Adaptation Program)을 실시하여 기후변화에 따른 캐나다의 취약성 분석과 상호 지식 공유를 통해 얻어진 정보를 정책결정을 위해 제공하고 있다.

4) National Oceanic and Atmospheric Administration

호주에서는 CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)와 호주 기상청이 협력하여 호주 기후변화과학 프로그램(ACCSP, Australian Climate Change Science Program)을 운영하고 있다. 이 프로그램은 산업계, 사회 그리고 정부기관에서 기후변화에 관한 더 좋은 정보를 제공하기 위해, 기후변화의 원인·특성을 규명하고, 기후변화 결과의 신뢰성을 확보하는 것이 목표이다. 특정 연구 분야로는 남반구 해양 순환 규명 및 기후에 미치는 영향, 기후변화에 대한 호주 생물권의 반응에 대한 지식 향상, 호주 및 전지구 기후 기능에 영향을 미치는 구름 형성 및 에어러솔과 같은 대기 프로세스에 대한 이해, 미래 기후변화 및 이에 미치는 영향 예측, 기후변화에 의한 전지구 및 지역적 변동성 평가 등이다.

우리나라의 경우는 2002년부터 국립기상연구소가 주축이 되어 기후변화 시나리오를 생산하기 시작하였으나, 영향 평가 모델의 개발과 적용 방안 모색에 대해서 아직 낙후되어 있는 상태이다. 지금까지 마련된 우리나라의 기후변화 적응 방안은 기후변화 적응의 전체적인 틀이나 대책의 방향 하에서 분야별 중

합 계획이 수립되었다기보다는 각 정부부처에서 수행하고 있는 일부 과제에서 기후변화의 영향에 대한 연구를 산발적으로 수행하고 있는 실정이다. 최근에 각 부처별로 기후변화에 대한 인식이 바뀌면서 여러 연구 과제를 시행하려하고 있으나, 기초 관측 자료의 부족 및 고해상도의 미래 기후 시나리오 부재로 기후변화에 대한 대책 마련 및 정책 결정을 하기에는 과학적 근거가 부족하다.

V. 기후변화예측 관련기술 정부R&D 투자현황⁵⁾

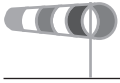
2008년 현재 기후변화예측 관련기술에 대한 정부 R&D 투자집행 규모는 약 336.9 억원으로 2008년 27대 중점녹색기술 정부R&D 투자규모(약 1조원) 대비 3.37%를 차지하고 있다. 반면 2008년 27대 중점녹색기술 정부R&D 투자규모(약 1조원)는 전체 녹색기술에 대한 정부R&D 투자규모(1.4 조원) 대비 약 72% 차지하고 있다([표 1]). 향후 녹색기술에

5) 2008년도 조사/분석 자료를 활용한 추정 투자집행규모로써 실제와 다소 편차가 있을 수 있음. 다만, 전체적인 정책방향을 제시하는 데는 문제가 없을 것으로 판단됨.

[표 1] 기술변화예측 관련기술에 대한 정부R&D 투자현황 및 계획

년도	'08	'09	'10	'11	'12	비고
녹색기술 R&D (조원)	1.4	1.9	2.2	2.5	2.8	- '08~'12누계 : 10.9 - 연 평균 19% 증액
27대 중점녹색기술 R&D (조원; 비중, %)	1.0 (71.7)	1.4 (72.0)	1.7 (77.3)	2.0 (80)	2.3 (82)	- '08~'12누계 : 8.4 - 연 평균 23.4% 증액
27대 중점녹색기술 대비 기후변화예측 관련 R&D 집행 (조원; 비중, %)	0.034 (3.37)	-	-	-	-	

출처: KISTEP Issue Paper 2009-13 (2009)



대한 정부R&D 투자계획은 2012년까지 2008년 대비 2배 정도 증액될 것으로 발표되었으나, 기후변화 예측 관련기술에 대한 정부R&D 투자 비중에 대해서는 다시 한 번 고려해 보기로 하겠다.

1. 정부 부처별 유관R&D 투자현황(2008년 기준)

2008년 기준 기후변화예측 관련기술: (1) 기후변화예측 및 모델링개발 기술, (2) 기후변화 영향평가 및 적응기술에 투자된 정부R&D투자액(336.9 억원)의 정부부처 별 과제 수 및 투자 비중을 살펴보면 [표 2]와 같다.

[표 2]에서 기후변화예측 관련기술에 대한 2008년 정부R&D 투자규모는 세부연구과제 수준에서 평균

약 2.5 억원이었다. 정부부처 별로는 기상청이 가장 많은 연구과제(53개)를 수행하였으나, 그 평균 연구비는 약 1.2 억원이었으며, 그 다음으로는 교육과학기술부로 연구과제(48개) 평균연구비는 약 3.3 억원였다. 농림수산식품부의 연구과제(5개) 평균연구비가 약 12.2 억원으로 세부연구과제 수준의 정부R&D 투자규모가 가장 컸으며, 이에 반해 중소기업청의 세부연구과제 평균연구비가 약 0.3 억원으로 가장 작았다. 이는 주로 연구내용의 차이에 기인하므로 큰 의미는 없지만, 세부연구과제 수 및 투자 비중을 고려할 때 2008년도에는 교육과학기술부, 기상청, 농림수산식품부 및 국토해양부 순으로 예측기술에 대한 정부R&D를 주도적으로 수행하였음을 보여준다.

[표 2] 2008년 기후변화예측 관련기술 정부R&D투자 대비 부처별 투자현황

예측기술	사업관련 부처	과제 수	정부R&D 투자 (억 원)	정부R&D 투자 비중	비고
(1) 기후변화예측 및 모델링개발기술	교육과학기술부	48	110.20	32.7%	2008년 집행 - 약 337억 대비 비중
	국토해양부	9	49.96	14.8%	
	농림수산식품부	5	60.97	18.1%	
	지식경제부	7	29.66	8.8%	
	환경부	5	7.50	2.2%	
	기상청	53	63.29	18.8%	
	농진청	3	5.11	1.5%	
	산림청	1	3.70	1.1%	
	소방재청	2	6.22	1.9%	
	중소기업청	1	0.29	0.1%	
(2) 기후변화 영향평가 및 적응기술	평균	-	2.51	-	
	총 계	134	336.90	100%	

출처: 2008년 국가연구개발사업 조사분석, KISTEP (각주-4 참조)

2. 유관R&D 성격별 투자현황(2008년 기준)

2008년 기준 세부연구과제 수준의 기후변화예측 관련기술에 대한 투자성격을 분석해 본 결과 [표 3] 과 같다.

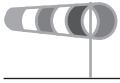
[표 3]에서 투자금액의 약 80%(약 270 억원)가 과학기술 표준분류(대) 상의 우주/항공/천문/해양, 지구과학 및 환경분야에 집중투자 되었다. 과학기술

표준분류(중) 수준에서 살펴보면 우주/항공/천문/해양분야의 해양환경 기술(23.7%, 79.71 억원), 지구과학분야의 극지과학, 기후학, 대기과학, 지구시스템과학, 해양과학 기술(41.8%, 140.92 억원) 및 환경분야의 환경/자연재해 예측/저감, 환경보전/복원, 환경예측/감시/평가, 환경정보화 기술(14.6%, 49.35 억원) 등의 세부연구과제에 주로 R&D예산이 투자 되었다. 연구개발단계 상의 분류로 살펴보면 기초연구단계의 세부연구과제(95개, 237.98 억원, 70.6%)

[표 3] 2008년 기후변화예측 관련기술 정부R&D투자 성격별 투자현황

항목	분류	과제 수	정부R&D 투자 (억 원)	정부R&D 투자 비중	비고
과학기술 표준 분류 (대)	건설/교통	5	32.31	9.6%	2008년 집행 - 약 337억 대비 비중
	농림수산	11	11.65	3.5%	
	생명과학	3	1.05	0.3%	
	에너지/자원	2	1.49	0.4%	
	우주/항공/천문/해양	10	79.71	23.7%	
	지구과학	80	140.92	41.8%	
	환경	20	49.35	14.6%	
	기타	3	20.42	6.1%	
	총 계	134	336.90	100%	
연구개발단계	기초연구	95	237.98	70.6%	2008년 집행 - 약 337억 대비 비중
	응용연구	29	88.45	26.3%	
	개발연구	8	6.52	1.9%	
	기타	2	3.95	1.2%	
	총 계	134	336.90	100%	
연구수행주체	국공립연구소	18	89.10	26.5%	2008년 집행 - 약 337억 대비 비중
	출연연구소(원)	18	114.98	34.1%	
	대학	90	112.87	33.5%	
	중소기업	1	70	0.2%	
	기타	7	19.25	5.7%	
	총 계	134	336.90	100%	

출처: 2008년 국가연구개발사업 조사분석, KISTEP (각주-4 참조)



에 집중 투자되었으며, 그에 못지않게 응용연구단계의 세부연구과제(29개, 88.45 억원, 26.3%)에도 투자된 현황을 보였다. 연구수행 주체별 분류로 살펴보면 대학이 가장 많은 90개의 세부연구과제를 수행하였으나, 연구과제당 평균연구비는 약 1.3 억원으로 출연연구소(원)의 약 6.4 억원 및 국공립연구소의 약 5.0 억원에 비해 그 투자집행 규모가 작았다. 이는 기후변화예측 관련 기초연구의 상당수가 대학을 중심으로 하여 소규모로 수행되었음을 보여준다. 이에 반해 국공립연구소 및 출연연구소(원)에서 수행한 기후변화예측 관련 세부연구과제(36개)에 집행된 정부R&D 투자액은 약 204 억원으로 전체 투자 집행액의 약 60.6%를 차지하였다.

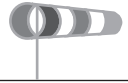
VI. 기후변화예측 관련기술 시사점 및 정책 방향

위와 같이 전체적으로 2008년 정부R&D 투자현황을 살펴본 결과, 우리나라의 기후변화예측 관련기술 분야는 아직까지 기초연구단계에 머물고 있으며, 주로 정부 주도로 수행되었음을 보여준다. 그러나 그 투자규모가 기술 선도국에 비해 매우 미미한 수준으로 지구전체를 대상으로 중장기적 기후변화예측과 관련된 프로그램의 기획과 참여에 한계가 있음을 보여준다. 또한 기후변화예측 관련기술에 대한 정부R&D 투자규모 및 성격을 분석해 본 결과, 정부정책방향에 따라 다시 한 번 그 투자규모를 전략적으로 고려해 볼 필요성이 있음을 보여주었다.

이명박 대통령은 2009년 12월 COP 15⁶⁾ 기조연설에서 범세계적 기후변화대응에 선도역할을 자임할 것을 천명하고, 국제사회에서 개도국 참여가 가능한 '국가적정감축행동(NAMA)⁷⁾ 등록부'를 제안하였다. 또한, 2010년 전반기에 국제녹색성장연구소(Global Green Growth Institute, GGI)의 국내 설치도 발표하여, 실무기획이 이루어지고 있다. 이처럼 기후변화대응에 있어서 국제사회를 선도하려는 정책을 수립하고 추진하려 한다면, 국내 기후변화예측 관련기술에 대한 정부R&D 투자액은 2008년 정부R&D 투자집행액 약 337 억원 대비 막대한 투자규모 확대가 요구된다. 중장기적인 전지구적 기후변화예측 및 영향평가는 그 연구개발의 성격상 대학 및 민간의 연구개발 및 국제협력도 필요하지만 정부 주도의 연구개발 및 국제협력이 유리할 것이다. 하지만, 투자규모의 한계, 기술 선도국들과의 기술격차 등을 고려할 때, 우리나라가 투자대비 얻을 수 있는 실익을 고려하지 않을 수 없으므로 우선, 투자 타당성 및 시급성을 조사/분석/평가 해 보아야 할 것이다. 또한, 그 결과에 따른 정밀한 기획을 바탕으로 투자규모를 제시한 후, 기후변화예측 관련기술 선도국들과의 국제공동연구 및 협력 등에 있어서 전략적 제휴를 이끌어 내려는 노력이 필요할 것이다. 반면, 국가 전체R&D 투자규모 대비 투자 시급성 및 투자규모 적절성 등을 고려할 때 한반도 및 극동아시아 지역의 국지적인 수준의 기후변화예측 및 영향평가 기술을 보유하려는 정책을 수립하고 추진하려 한다면, 현재

6) 유엔 기후변화협약(the United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 제15차 당사국회의(the 15th Conference of the Parties, COP 15)

7) Nationally Appropriate Mitigation Action



수준(2008년 기준)의 정부R&D 투자규모 및 연구개발 분야를 적정하게 유지 또는 소폭확대 하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

따라서 정부는 향후 국내 기후변화예측 관련기술을 어느 수준까지 육성하고 발전시킬 것인지, 빠른 시간 내에 구체적인 연구개발 정책방향, 중장기 연구개발 계획 및 투자규모를 기획/수립/발표 하는 것이 필요하다. 또한 연구수행주체 및 연구자들은 그에 따른 연구개발 세부과제 도출 및 보유기술의 응용/발전에 힘써야 할 것이다.

참고문헌

ACCSP Climate Chang in Australia: Technical Report 2007 (2007)

IPCC 제4차 평가보고서 (2007)

KISTEP Issue Paper 2009-13 (2009), 녹색기술 R&D의 효율적 추진방안

UKCP09 Climate change projections (2009)

기상연구소 (2004) 기후변화협약대응 지역기후시나리오 산출 기술개발 (Ⅲ)

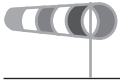
김선영, 김병식, 김형수, 서병하 (2003) WGEN모형과 2변수 물수지 모형을 이용한 기후변화 영향 분석. 한국수자원학회 학술 발표회 논문집, 747-750.

김병식, 김형수, 서병하, 김남원 (2004): 기후변화가 용담댐 유역의 유출에 미치는 영향 분석 한국수자원학회논문집, 37, 2, 185-193.

임은순, 권원태, 배덕효 (2006): 수자원 영향평가에 활용 가능한 지역기후변화 시나리오 연구. 한국수자원학회 논문집, 39, 12, 1043-1056.

정일원 (2008): 혼합상세화기법을 적용한 국내 수자원의 기후변화 영향평가. 세종대학교 대학원 박사학위논문.

기상청(2008): 기후변화의 이해와 기후변화 시나리오 활용[[[.



기후변화와 건설 산업

강 운 산

한국건설산업연구원 연구위원/

행정법학박사

wskang@cerik.re.kr

1. 서론

환경문제는 산업혁명을 계기로 급속히 진행된 산업화 과정에서 사회적 유해성을 표출하기 시작하여, 인류 전체의 생존을 위협하고 있는 지구 차원의 사회·경제적 문제로 발전하였다.

기후변화는 과거에는 세계적 규모로 진행되고 그 직접적 영향은 지역적·국가적 규모로 나타났으나, 현재는 지구 전체적으로 영향을 미치고 있다. 우리나라도 기상 관측과 연구결과를 기초로 판단할 때, 지구온난화의 안전지대가 아닌 것으로 평가되고 있다. 지구온난화로 인한 기후변화에 대한 우려로 20세기 후반부터 국제사회의 적극적 논의가 시작되었으며 그 결과 탄생한 것이 기후변화협약이다. 초기 과학적인 문제로 출발한 기후변화문제는 기후변화협약의

체결로 지구환경 문제로 발전하였으며 교토의정서와 같은 강제적 국제 규범으로까지 노출하였다.

미국 정부의 보고서에 의하면 2차적 효과까지 감안한 건설분야의 에너지소비량이 전 세계 에너지 소비의 50% 수준으로 나타나고 있다. 그러나 그 동안 우리나라의 기후변화에 대한 대응은 주로 제조업, 화학, 철강 등을 중심으로 논의되어 왔으며 건설 산업의 대응방안에 대한 검토는 매우 소극적인 수준이었다. 물론 정부가 많은 노력을 기울여온 에너지절약형 건축물 및 자재 보급 확대 정책으로 많은 진전이 있었지만 여전히 미흡한 상태이다.

여기에서는 기후변화가 건설 산업에 미치는 영향과 대책 방향을 제시하고자 한다. 특히, 건설 공종별 에너지 사용량 및 이산화탄소 배출량을 추계를 통해

제시하고, 건설 현장 및 시공과정에 미치는 기후변화의 영향을 검토하였다. 또 해당 영향의 최소화를 위한 건설공사의 계획 또는 설계 단계에서의 적절한 대응 방안과 관련 법규의 정비 방안을 제시하였다.

이 제시할 수 있으며, 이는 온실가스¹⁾ 발생과 직·간접적으로 관련이 있다. 향후 건설 분야의 온실가스 저감을 위한 정책은 아래의 환경부하 대상을 중심으로 수립·시행되어야 할 것이다.

II. 기후변화와 건설 산업

1. 건설행위와 환경부하

건설 산업은 환경을 파괴하는 산업으로 인식되어 왔다. 그 이유는 건설 활동이 토지전용, 골재채취, 시공 및 운용과정에서의 에너지 사용, 건설폐기물의 배출 등의 요인으로 인해 온실가스 효과, 오존층파괴, 산성비 등의 결과로 이어져 지구환경에 적지 않은 부하를 주기 때문이다.

환경부하란 인간의 활동에 의해 환경에 가해지는 영향으로 환경보전 상 지장의 원인이 될 우려가 있는 것을 의미한다. 건설행위의 환경 부하는 [표 1]과 같

2. 건설 산업의 온실가스 배출현황

1) 건설관련 온실가스 배출 데이터 미구축

2010년 국토해양부의 대통령 보고 자료에 따르면 건물 부분의 온실가스배출량이 전체의 25.6%를 차지²⁾한다. 그러나 현재 건설시공과정을 포함하는 건설 전과정의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량에 대한 통계는 수립되어 있지 않다. 따라서 향후 건설 분야의 온실가스 저감을 위한 정책 시행을 위해서라도 관련 통계의 수립은 매우 중요하다.

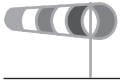
미국에서는 2차적인 효과까지 감안한 건설분야의 에너지소비량은 전 세계에서 소비되는 에너지의

- 1) 온실가스별 비중을 보면 이산화탄소(CO₂) 86.4%, 메탄(CH₄) 6.7%, 이산화질소(N₂O) 2.7%, 수소불화탄소(HFC), 과불화탄소(PFC), 육불화황(SF₆) 4.2% 등이다.
- 2) 이외에 산업 52%, 교통 16.7%, 기타 5.7%를 차지한다.

[표 1] 건축행위와 환경부하 내용

건축행위		환경부하 내용
건설단계	기획	- 개발로 인한 녹지, 산림 등의 훼손
	설계	- 의장, 구조, 설비, 방화, 재료, 경관
	시공	- 시공법, 구조, 마감, 설비, 자재운반, 건설기계, 현장사용에너지, 폐기물처리
건물운용		- 설비, 에너지, 물, 실내공기, 폐기물처리, 외부환경
개·보수(리모델링)		- 계획, 구조, 마감, 설비, 자재, 시공법
해체		- 비산먼지, 소음, 폐기물

출처: 강운산, 2005 : 건설분야 온실가스 저감을 위한 정책 방향, 건설교통부.



[표 2] 건물의 라이프 사이클 이산화탄소 배출

단계별	시공단계	운영단계	개보수단계	해체단계
연구 A	27.0%	62.0%	8.0%	3.0%
연구 B	15.0%	81.0%	2.0%	2.0%

출처: 이강희(1998), 김성완·이종성(1998) 연구 참조.

50%를 차지하는 것으로 조사³⁾되었다. 또 미국 내에서 생산되는 전체 하드웨어 생산품의 무게 기준 70%가 건설분야에서 소비되는 것으로 조사⁴⁾되었다.

2) 건설 활동의 에너지 소요량 및 이산화탄소 배출량

(1) 산업연관표를 이용한 건설부분의 이산화탄소 발생량 추정

건설 활동에 참여하는 각각의 부문은 건물이 완성되기까지 서로 연계적인 상호작용을 한다. 이러한 건물의 준공까지 참여하는 각 부문간의 상호연관관계는 건물의 완성을 산출물로 볼 때 각각의 부문에서 일정한 자원을 투입하게 된다.

이를 기초로 건설 활동에 따른 에너지소비량 및 이산화탄소 등 온실가스의 배출량을 정확히 계산하기 위해서 건축자재의 원료생산으로부터 건축물의 준공에 이르는 전체 과정을 추적하여 각 부문의 투입량 및 산출량을 계산하는 방법을 통해 에너지소비량과 이산화탄소 배출량을 산출한다.

건물의 라이프 사이클별 이산화탄소 배출량을 추정 한 연구 결과⁵⁾를 기초로 추정해 볼 때 건축물 시공 과정에서는 건설부문 전체의 약 15~27% 정도의 이산화탄소를 배출하고 있어 가장 많은 이산화탄소를 배출하는 단계인 건축물운영단계의 20% 내외를 차지하고 있다[표 2].

(2) 시공과정의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 추정

① 에너지소비량

산업연관분석 방법을 이용하여 조사한 공종별 에너지 소비량을 보면 [표 3]과 같다. 전체적으로 건설과정에서의 공종별 에너지 소비량을 보면 건축공사가 81% 정도, 토목공사가 6% 정도, 기계·설비공사가 13% 정도를 차지하고 있다.

건축공사에서는 미장공사(방수공사 포함), 철근콘크리트공사, 목공사, 지정공사, 단열공사 등에서 높은 에너지 소비량을 보이고 있다.

토목공사에서는 토공사, 포장공사, 부대시설공사, 공

3) U.S. DOC/DOE, 1995.11 : National Construction and Building R&D(National Construction Goal).

4) U.S. DOC, 1997 : An Approach for Measuring Reductions in Operations, Maintenance, and Energy Costs.

5) 연구 A는 이강희, 1998. 12 : 건축물의 친환경성 평가방법에 관한 연구, 대한주택공사; 연구 B는 김성완·이종성, 1998.2 : 공동주택의 생애총에너지소비량산정에 관한 연구, 대한주택공사를 참고하였다.

[표 3] 주요 공종의 에너지소비원단위(Mcal / m²)

구분	공종	에너지소비 원단위	공종	에너지소비 원단위
건축공사	철근콘크리트공사	24.8911	창호 및 유리공사	5.5966
	목공사	5.4995	미장공사	30.1928
	단열공사	10.0586	지정공사	9.2279
토목공사	토공사	1.0593	포장공사	1.1651
	부대시설공사	0.8701	공동구공사	1.0835
기계·설비 공사	오배수공사	9.5998	난방공사	2.2491
	급수공사	1.8165		

출처: 이강희, 2003.2 : 공동주택 건설공사에서의 공중에 대한 LCA적용연구, 대한건축학회논문집, 제19권2호.

동구공사에서 상대적으로 많은 에너지가 소비된다. 기계·설비공사부문에서는 오배수공사, 난방공사 등이 많은 에너지를 소비하고 있다. 오배수공사는 플라스틱관 등의 제품이 화학공정과정을 거침으로 투입되는 에너지 소비량에 기인한다.

토목, 건축, 기계·설비 공사의 평균 에너지소비원단위는 건축이 6,6872 Mcal/m², 토목이 0.7376 Mcal/m², 기계·설비공사가 2,4826 Mcal/m²이다. 이러한 결과로 볼 때 향후 건축공사의 자재, 시공법 등에서 에

너지절약 방법을 중점적으로 검토·적용하여 에너지 소비량을 줄여야 할 것이다.

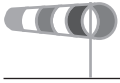
(3) 이산화탄소배출량

건축공사에서 이산화탄소 배출량이 많은 공종은 미장공사, 철근콘크리트공사, 단열공사, 창호·유리공사 등이다. 토목공사에서는 토공사, 포장공사, 부대시설공사, 공동구공사 등이, 기계·설비공사에서는 오배수공사, 난방공사 등이 다른 공종에 비해 이산화탄소 배출량이 많은 공종이다[표 4].

[표 4] 주요 공종의 이산화탄소 배출원단위(kg-C / m²)

구분	공종	배출원단위	공종	배출원단위
건축공사	철근콘크리트공사	12.5127	창호 및 유리공사	4.0023
	단열공사	6.7022	지정공사	6.5156
	목공사	3.3976	미장공사	15.4438
토목공사	포장공사	0.7938	공동구공사	0.6601
	토공사	0.6421	부대시설공사	0.5492
기계·설비 공사	오배수공사	6.4753	난방공사	1.3301
	급수공사	0.9977		

출처: 이강희, 2003.2 : 공동주택 건설공사에서의 공중에 대한 LCA적용연구, 대한건축학회논문집, 제19권2호.



3) 건설 부분의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량

앞에서 제시한 토목, 건축, 기계·설비 공사의 평균 이산화탄소 배출원단위 자료를 기초로 건축공사의 경우 3.8294kg-C/m², 토목공사의 경우 0.4468kg-C/m²를 가정하였을 때 시공과정에서의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량을 추정(2003년)하였다. 추정과정은 우선 연간 건축연면적을 계산하기 위해 기성실적(전문, 설비공사 포함)에서 산업연관표상의 중간 투입비용을 계산하였다(기성실적의 56%). 중간 투입비용을 토목(35%)과 건축(65%)으로 구분하고, 여기에 표준건축비에서 순수한 중간투입비용(표준건축비의 56%)을 구하여 토목, 건축 연간 건축면적을 도출하였다. 다음으로 위에서 도출된 에너지원단위 및 이산화탄소배출원단위를 곱하여 건설과정의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량을 추정하였다.

추정결과 2003년 건설시공과정에서의 에너지소비량은 706,975,164(Mcal), 이산화탄소 배출량은 406,578,945(kg-C)로 추정된다. 2000년 가정상업 부문 건물의 이산화탄소 배출량은 36백만TC로 국가 전체 배출량의 28.9%를 차지하였으나, 2020년에는 6천4백6십만TC로 전체의 31.7%를 차지할 것으로 전망되고 있다.

III. 기후변화가 건설 산업에 미치는 영향과 대응 방안

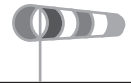
1. 기후변화가 건설업에 미치는 영향⁶⁾

1) 건설 현장에 미치는 영향

기후변화가 건설업에 미치는 영향은 건설현장과 시공 과정, 건축물 내부에 미치는 영향을 구분하여 [표 5]에 제시하였다.

기후변화로 인해 건설현장에 높은 습도와 바람이 많이 불게 될 경우 현장 사고의 발생 가능성이 높아지게 되는 데, 이에 대비한 적합한 안전관리 지침이 필요하다. 기온의 상승은 콘크리트의 경화를 촉진, 타설에 소요되는 작업시간을 단축시킨다. 이는 건설현장의 폐기물의 발생을 증가시키고, 건설 품질의 저하 시키는데 오토 클레이브 양생방법이나, 투수성 탈수 거푸집 등과 같은 방법으로 해결이 가능하다. 공사현장 침수 위험도 증가하는데 공사 현장의 선택을 신중하게 하거나 현장의 혁신적인 관리 방법 등으로 최소화할 수 있다. 폭염과 혹한 기간이 길어지게 되면 공사 지연의 문제가 발생하는데, 이에 대한 법적 기준의 수립이 필요하다. 또 극심한 바람과 폭풍은 대형 건설공사 현장의 크레인의 사용을 중지시킬 수 있으며, 폭염과 혹한은 현장 기계의 기계적 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제들은 시공회사의 현장시공업무 수행에 장애를 가져오는 중요한 문제로 대두될 것이다.

6) SL Garvin, MC Philipson, CH Sanders, CS Hayles and GT Dow, 1998 : Impact of Climate Change on Building, Construction Research Communications 참조.



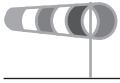
[표 5] 기후변화의 건설현장에 대한 영향

구분	요인	내용
건설현장에 미치는 영향	건강과 안전	풍속 증가로 인한 사고 증가 고온으로 인한 비산먼지 발생 증가
	자재 사용 문제	고온으로 인한 시멘트 품질저하
	자재의 보관장소	습기로 인한 자재 내구성 약화 바람으로 인한 경량자재 피해 중과장자의선으로 인한 자재의 훼손
	공사현장의 토양 조건	토양환경의 변화로 건설자재에 영향을 미치는 미생물 번식 증가
	공사현장의 침수	공기 지연 및 생산성 감소
	날씨로 인한 작업일 감소	공기 지연으로 인한 손실
	현장 설비 문제	설비 사용 불가로 인한 공기의 지연
시공 과정에 미치는 영향	폭풍 피해	옥상(지붕), 건축물의 구조에 영향을 미침
	지리적 문제	토양 수축으로 인한 건축물 구조
	금속의 부식	건축물 내구성 문제 발생
	목재의 변형	내구성 및 구조적 문제 발생
	콘크리트 내구성	건축물 구조 및 내구성의 문제
	벽돌의 균열과 서리 피해	건축물 유지보수의 문제 발생
	고무류와 플라스틱의 변형	건축물 내구성 저하
	자재 코팅표면의 훼손	내구성, 도색 및 유지보수의 문제
	홍수 피해	침수 및 파괴 발생
	빗물 침투와 물피해	건축물의 구조적 문제 발생
건축물 내부 및 에너지 소비	내부 온도 / 안락함	평균기온의 상승으로 동절기의 안락함은 증가하나 하절기에는 과열의 문제 발생
	에너지 소비	동절기 에너지 소비 감소 하절기 에어컨 사용 증가
	건물표면의 액화 곰팡이	거주자의 건강에 부정적 영향
	내부의 오염	고온은 내부의 공기질을 저하시켜 거주자의 건강에 부정적 영향
	레지오넬라 위험	에어컨 사용 증가로 건물 내부 습기와 온도가 높아 발생

출처: 강운산(2005), 기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응 방안 참조 재구성.

기후변화에 의해 영향을 받는 건설시공 또는 설계상의 문제 및 영향 역시 표에 제시하였다. 시공 및 설계 과정에서는 토양수축, 폭풍, 금속의 부식, 콘크리트 양생의 문제 등으로 발생하는 건축물의 구조적

문제를 중점적으로 대비하여야 한다. 또 건물 내부의 환경에 미치는 영향은 평균 동절기 온도의 상승으로 건물 내부 환경 변화를 가져와 노령자의 체온저하(hypothermia) 발생을 저감시킨다. 동절기 평



균 기온이 각각 1°C, 2°C, 3°C 상승할 때 사망률은 각각 1.9%, 3.5%, 5.1% 감소한다. 하절기 폭염은 현재는 80년에 한번 정도 발생하는 것으로 알려지고 있으나, 2050년에는 3년에 한번 정도 발생할 것으로 예상되고 있다. 8월 평균 온도가 각각 1°C, 2°C, 3°C 상승할 경우 사망률은 각각 0.0%, 0.1%, 0.4% 씩 상승한다. 주택의 동절기 에너지 사용과 관련하여 1월 기온의 2°C 상승은 국가 전체적인 가스 소비를 평균 5 ~ 10% 떨어뜨리는 효과가 있다.

2) 기후변화가 건설 산업에 미치는 영향

기후변화가 건설 산업 전반에 미치는 영향은 다음의 표6에서 제시하였다. 우선 기후변화로 인한 건설 관련 규제의 강화로 건설 비용 상승 등의 부정적인 효과가 예상된다. 여기에 불가피하게 발생하는 폐기물을 안정적이고 적정하게 처리하여 온실가스의 배출이 최소화 될 수 있도록 환경기초시설의 설치를 확대하는 정책이 추진될 것으로 보인다. 따라서 규제의

강화는 건설 산업에는 시장의 확대라는 긍정적인 영향을 미치게 될 것으로 전망된다.

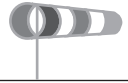
또한 온실가스 저감기술, 에너지 효율 개선, 신재생 에너지 기술 등 환경기술 및 산업분야에는 새로운 시장 창출의 기회가 될 것이며, 환경산업(ET)은 정보산업(IT), 생명산업(BT) 등과 함께 21세기 성장 잠재력이 큰 유망산업으로 부상할 것으로 전망된다. 앞에서는 기후변화가 건설 현장과 시공, 건축물의 내부 환경 및 에너지 사용에 대한 영향을 살펴 보았다.

건설 공사의 시행의 전제 조건으로 오염 배출권 확보를 의무화하는 규제와 건설폐기물의 감량을 낙찰자 결정에 반영하는 제도의 시행도 예상된다. 여기에 건설현장에서 건설시공 과정과 폐기물의 발생 및 분해과정에서 발생하는 온실가스 배출의 사전예방을 위한 폐기물 최소화 및 재활용정책을 통해 구체화될 것이다. 이와 함께 건설현장에서 사용되는 기

[표 6] 기후 변화가 건설산업에 미치는 영향

구분	내용	비고
부정적 영향	<건설시장의 위축> •경제 전반적인 위축으로 인한 건설 시장의 위축 •철강, 시멘트 등 자재가 급등으로 건설비 증가	•이미 시작되었거나, 2~3년 후부터 본격화 예상
	<건설산업에 대한 규제의 강화> •설계·시공에 대한 규제 강화 •건설현장에 대한 규제 강화 •장기적으로 폐기물의 감량을 낙찰자 선정에 반영하는 제도, 오염권 보유 업체의 PQ 가점 등 실시 가능성	•규제의 강화는 이미 시작되어 향후 지속될 것임. •2~3년 후 제도 도입 검토 논의 시작
긍정적 영향	<환경관련 시장의 확대> •시공 + 다각화 전략으로 대응할 경우 매우 큰 시장임 •대체에너지 사용 발전 시설 및 생태건축, 에너지 타운 등	•이미 시작되었음. •1~2년 후 현실적인 시장으로 등장할 것임.

출처: 강운산(2005) : 기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향과 대응방안, 대한토목학회지 제53권 제4호를 기초로 재구성.



계의 연료 및 폐기물 운송 차량에 관한 규제가 강화될 것이고, 각종 자재의 보관 및 사용 등에 대한 규제 또한 신설·강화될 것으로 전망된다.

장기적으로 교토메카니즘의 하나인 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism)가 건설업체들에게 유망한 시장으로 등장할 것이다. 물론 지금까지 건설 CDM사업의 추진 사례는 조사되지 않았다. CDM이란 온실가스 감축목표를 받은 선진국들이 감축목표가 없는 개도국에 자본과 기술을 투자하여 이룩한 온실가스 감축분을 자국의 감축목표 달성으로 활용할 수 있게 하는 것이다. 이 사업에 참여하기 위해서는 참여, 배출허용량 할당, 온실가

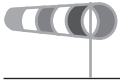
스 측정을 위한 국가시스템과 국가등록소(Registry) 확보, 연간 온실가스 발생량 파악, 배출 감축량의 판매 및 구매를 위한 회계시스템 확보 등이 필요하다. CDM 사업 분야는 13개 분야로 에너지산업(재생에너지, 비재생에너지), 에너지공급 배전망 개선, 에너지수요, 제조업, 화학 산업, 건축, 수송, 광업, 금속제조, 휘발성 연료누출, HFC, PFC, SF6 배출, 유기용제(solvent) 사용, 폐기물 처리, 산림 및 토지이용 등이 있다. 건축 부분의 CDM 사업은 아직 초기 단계이다.

2. 대응 방안

1) 에너지 절약형 건축물의 확대·공급



[그림 1] 대표적 에너지절약형 공공청사인 런던 시청



건설 분야의 기후변화 대응 방안의 핵심은 에너지 절약형 건축물의 확대·공급이다[그림 1]. 그 동안 ‘건축물 단열시공 의무화 및 에너지절약설계 의무화’, ‘건축물의 에너지절약 설계기준의 적용’, ‘건물에너지 효율 등급 인증제도’, ‘친환경 건축물 인증제도’ 등이 시행되었으며, 최근 들어 공공청사의 에너지 효율성을 강조하는 것도 같은 맥락이다.

공공청사와 같은 공공건축물은 앞으로 에너지 효율성이 더욱 강조될 것이다. 5년 전에 연구가 시작된 ‘제로 에너지 하우스(Zero Energy House)’가 지난해 말 상품화되었다. 제로 에너지 하우스란 신재생 에너지 및 고효율 단열 기술을 이용해 건물 유지에 에너지가 전혀 들어가지 않도록 설계된 주택을 말한다. 앞으로는 공공청사와 같은 공공건물과 상업용 건축물에도 외부에서 전기나 가스 등의 에너지 공급을 최소화하고 기본적인 난방이나 조명 등을 해결하는 건축물의 공급이 이루어 질 것이다.

2) 건설 분야 온실가스 저감 대책의 수립 및 시행 [표 7]과 같이 온실가스 감축을 유도하기 위한 각종 환경 규제의 신설 및 기존 규제의 강화가 예상되

는 가운데 건설회사 스스로 온실가스 감축 대책을 수립하여 시행할 필요가 있다. 건설회사는 건설자재의 조달에서부터 건축물의 설계·시공, 유지관리, 개 보수, 해체의 건설공사 전 단계에서 특별한 프로그램의 도입이나 기술개발 등을 통해 온실가스의 배출량 삭감을 위해 노력하여야 한다.

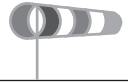
먼저 시공과정에서 이산화탄소 배출량의 저감을 위해서는 공사 현장에서 건축물의 시공을 위해 사용되는 전력, 등유 및 경유의 소비 절감이 필요하다. 따라서 현장 사무소 및 현장 부지내의 전력 및 등유의 사용, 현장 내 중기차량·가설기자재·건설폐기물 반송 차량 등의 연료(경유) 사용 삭감 또는 화석에너지가 아닌 대체에너지로 전환하는 것이 필요하다. 건설과정에서 발생하는 토사의 경우는 현장 내의 이용 촉진 등을 통해 현장에서의 반출량을 줄이고 반출 시에는 반출 토사의 이송 거리를 단축하는 방법을 검토하여야 한다.

다음으로 건설공사의 계획·설계 단계에서 이산화탄소 배출량의 삭감을 위해서는 건설회사 스스로의 적극적인 노력과 함께 설비업체나 에너지 공급업자 등과의 제휴 그리고 발주자와의 적극적인 협의가 필요

[표 7] 기후변화협약 종합대책 중 건설부문 정책

제1차(1999-2001)	제2차(2002-2004)	제3차(2005-2007)
<ul style="list-style-type: none"> • 고효율에너지기기 보급 확대 • 에너지절약형 건물설계 및 관리기준 강화 	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 단열시공 의무화 • 건축물 에너지절약설계 의무화 • 건물에너지이용효율 인증 제도 확대 • 환경친화적 건축물 인증 제도 도입 	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물의 에너지 절약 설계 기준 강화 • 건축물 에너지소비 총량 규제 도입 • 건축물 에너지 이용 효율 등급 인증 • 환경친화적 건축물 인증 제도 도입 • 자원절약형 신도시개발

출처: 강운산(2005), 건설교통부 정책보고서.



하다. 이를 위해 건축물의 내구연수 동안 온실가스 배출량을 삭감을 위해 에너지 절약, 자원 절약 및 건축물의 수명을 장기화할 수 있는 설계를 실시하여야 한다. 또한 관련 기업과 제휴하여 이산화탄소 배출량의 삭감을 위해 기술 개발을 추진하는 것이 필요하다. 예를 들어 일본에서 개발된 「태양광 발전, 풍력 발전 등의 자연 에너지 이용 활성화」, 「자연광, 자연 통풍 등을 활용한 조명 및 공기 조절 시스템」, 「몸체 축열 시스템」, 「빙축열 공기조절 시스템」, 「옥상 녹화 공법」, 「벽면 녹화 공법」, 「지붕 살수 시스템」 등과 같은 기술 개발이 필요하다.

건설과정에서의 온실가스 감축 노력과 함께 가장 중요한 과제로 대두되는 것이 건설폐기물의 재활용 및 처리문제이다. 정부는 「건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률」의 제정을 통해 건설폐기물의 적절한 처리 및 재활용을 유도하고 있다. 이를 토대로 건설업계 스스로 「건설폐기물 재활용 추진 계획」을 수립하여 이를 시행하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 건설폐기물에 있어서 가장 중요한 것은 폐기물 발생의 최소화, 재활용의 극대화이다.

3) 그린 조달의 촉진

건설 산업은 전형적인 자재다소비형 산업으로 건축물의 라이프사이클 전반에 걸쳐 환경에 대해 직·간접적으로 많은 영향을 미친다. 따라서 자원 순환형 사회 형성을 위해 그린조달을 촉진하는 것이 필요하다. 건설 산업에 있어서 그린조달이란 건축물의 품질, 기능, 가격, 안전성과 함께 환경 부하를 고려하여 건설기자재 등의 조달 및 구매, 시스템 공법의 채택,

에너지 절약 진단 서비스 등을 말한다. 우선 건설기자재 등의 구매 및 조달과 관련하여 라이프사이클 전반에 걸쳐 환경 부하의 저감에 기여하는 품목을 평가하여 우선적으로 조달하도록 제도화하여 발주자·설계자의 채택을 의무화하여야 한다.

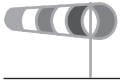
4) 환경 경영의 촉진

건설 산업에서 환경경영이란 건설과 관련한 모든 사업 활동에 대해 환경경영시스템(EMS)을 구축·운영하여 환경 부하 삭감을 목표로 환경 리스크의 저감, 경제성과의 양립 등 환경 효율의 향상을 경영근간의 하나로 정하여 기업경영을 행하는 것을 의미한다. 교토의정서 체제에 건설업이 적응하기 위해서는 이와 관련한 ISO14000시스템, 환경회계 등의 환경경영 시스템을 적극적으로 도입하는 것이 필요할 것이다.

IV. 결론

기후변화가 건설 산업에 미치는 영향과 대책 방안을 간략하게 살펴보았다. 이미 건설현장과 시공과정에 많은 영향을 미치고 있으며 이에 대한 적절한 대응도 이루어지고 있다.

기후변화에 대한 건설 분야의 핵심 대책은 '제로 에너지 건축물'의 실현이다. 즉, 기본적인 난방과 생활에 필요한 온수 등을 전부 또는 일정 부분을 가스, 전기, 기름 등의 에너지 공급 없이 자체적으로 해결하는 건축물의 실현이 과제이다.



또 기후변화와 관련이 있는 모든 건설 기준과 시공 기준 등의 정비가 절실히 필요하다. 다음으로 기후 변화로 인한 법적 분쟁의 해결 기준 마련 등도 시급하다. 공기의 지연, 하자의 문제 등에서 중점적으로 검토되어야 한다.

건설 산업은 인간의 생활과 경제활동의 기초가 되는 건축물을 생산·공급하는 산업이다. 그 만큼 건설 분야의 기후변화에 대한 대책의 수립과 시행은 실제적으로 에너지사용량과 이산화탄소 배출량을 축소하는 결과로 이어질 것이다.

참고 문헌

강운산, 건설분야 온실가스 저감을 위한 정책 방향, 건설교통부 용역보고서, 2005.

강운산, 기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안, 한국건설 산업연구원, 2004.

강운산·이재협, 교토의정서의 발효와 한국경제의 미래, 한국건설 산업연구원개원 10주년 기념세미나, 2005.

강운산, “기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향과 대응방안”, 대한토목학회지 제53권 제4호, 2005.

이강희, “공동주택 건설공사에서의 공중에 대한 LCA적용 연구”, 대한건축학회논문집 19권 2호, 2003.

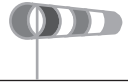
이강희, 건축물의 친환경성 평가방법에 관한 연구, 대한주택공사, 1998.

김성완·이종성, 공동주택의 생애총에너지소비량산정에 관한 연구, 대한주택공사, 1998.

SL Garvin, MC Philipson, CH Sanders, CS Hayles and GT Dow, Impact of Climate Change on Building, 1998, Construction Research Communications.

U.S. DOC/DOE, National Construction and Building R&D(National Construction Goal), 1995,11

U.S. DOC, An Approach for Measuring Reductions in Operations, Maintenance, and Energy Costs, 1997.



코펜하겐 어코드와 탄소시장

노 종 환

한국탄소금융(주) 대표이사

jwnoh@kcf.co.kr

1. 서 론

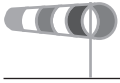
작년 한 해동안 국내에서는 ‘저탄소 녹색성장’의 국정 운영기조에 따라 녹색성장기본법의 제정을 둘러싼 논의가 활발했었다. 기본법에는 산업체를 대상으로 시행되는 에너지 목표관리제, 온실가스 배출권거래제 등 기존의 법보다 한층 강화된 제도가 포함되어 있다. 별도의 법제정이 필요한 배출권거래제는 차지하고라도 에너지 목표관리제는 녹색성장기본법이 발효되는 4월부터 의무적으로 실시되며, 현재 정부와 개별 사업장간에 향후 3년간의 에너지 목표를 협상하는 등 시범사업을 추진 중이다.

반면, 제15차 기후변화협약 당사국총회(코펜하겐, '09.12)에서는 온실가스 감축을 둘러싼 국제협상이 난항을 겪었다. 특히 110여개국 정상들이 참여

하는 등 많은 국제적인 관심을 받았지만, 국가 간의 이해관계를 좁히지 못한 채, 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accords)이라는 자발적 목표 및 이행방식(Pledge & Review)과 협상 시한을 1년 더 연장하는 것으로 마무리되었다.

이와 함께 최근 제기되고 있는 기후변화의 과학적 근거에 대한 의문은 일반 산업계에서 기후변화에 대한 문제를 어떻게 인식하고 대응해 나갈 것인가 하는 입장정립에 상당한 혼란을 야기시키고 있는 실정이다.

이에 코펜하겐 합의문이 향후 2012년 이후의 온실가스 감축을 둘러싼 국제적인 변화와 세계 탄소시장에 미치는 영향을 분석해 봄으로써, 우리가 내부적으로 무엇을 준비할 지를 살펴볼 필요가 있다.



II. 감축목표 협상의 진행경과

1. 코펜하겐회의 이전의 협상경과

교토의정서 제3조 9항에는 제1차 공약기간('05~'12)이 종료하기 최소 7년 전부터 후속기간에 대한 부속서(Annex)I 국가들의 공약을 검토하도록 규정하고 있다.¹⁾ 이를 근거로 '05년부터 Post-2012 체제에 대한 검토가 진행되기 시작하였고, 제13차 당사국총회('07.12)에서 향후 논의체제에 대한 합의로 발리 행동계획(Bali Action Plan)을 채택하였다. 발리 행동계획은 공통적으로 협상시한을 제15차 코펜하겐 당사국총회('09.12)로 설정하고, 선진국의 국가별 감축의무 합의(AWG-KP)²⁾와 개도국의 지속가

능한 개발을 전제로 한 장기 감축행동 합의(AWG-LCA)³⁾를 위한 논의로 구분하기로 하는 등 구체적인 협상일정 및 방식을 언급하고 있다. 이에 따라 '08년 이후 총 18회의 협상회의가 개최되었지만, 선진국과 개도국의 의견대립으로 '09년 상반기에 전문가들은 “이미 코펜하겐 이전까지 원활한 합의가 어려운 상태”라고 분석했었다. 다만, 다행스러운 점은 IPCC⁴⁾가 지적한 바와 같이 2050년까지 전 지구적으로 50%의 온실가스 감축이 필요하다는 점에는 선진국들이 모두 동의하였다.

코펜하겐 이전까지 진행된 협상에서 제기된 주요 쟁점은 2가지로 요약해 볼 수 있다. 첫 번째는 선진국과 개도국간의 감축목표 설정방식에 대한 것이다. 선진국들은 선·개도국의 분리없이 단일체제 내에서 모두 법적 구속력있는 합의를 주장한 반면, 개도국들은 선·개도국의 논의를 분리하여 진행해야 한다는 입장이었다. 두 번째는 개도국간의 논의로 재정·

1) 의정서 제3조 7항 : Commitments for subsequent periods for Parties included in Annex I shall be established in amendments to Annex B to this Protocol, The Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Protocol shall initiate the consideration of such commitments at least seven years before the end of the first commitment period referred to in paragraph 1 above.

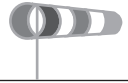
2) AWP-KP : Ad hoc Working Group on Further Commitment for Annex I Parties under the Kyoto Protocol

3) AWG-LCA : Ad HOC Working Group on Long-term Cooperative Action

4) IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

[표 1] Post-2012협상의 주요 쟁점사항

구 분	주요 쟁점 사항
선진국·개도국의 감축목표 논의 (선진국↔개도국)	선진국의 총량 및 개별 온실가스 감축목표 수준
	개도국의 법적 구속력 있는 감축목표 및 단일 체제(single framework) 수용 여부
재정·기술지원 및 NAMA 인정범위 (개도국↔개도국)	선진국의 대개도국 재정 및 기술 지원 문제
	NAMA 크레딧 등 새로운 시장 메커니즘



기술지원과 NAMA⁵⁾ 크레딧 등 새로운 시장 메카니즘의 인정범위에 대한 갈등이다. 브라질, 중국, 인도 등은 선진국의 재정·기술지원을 받는 감축행동만을 NAMA로 인정하자고 주장하는 반면, 한국, 싱가포르 등과 대부분의 선진국들은 개도국의 자체적인 온실가스 감축도 NAMA로 인정해야 한다는 입장이었다.

2. 코펜하겐 회의 결과

이러한 불완전한 합의상태로 출발한 제15차 당사국총회는 194개국에서 약 3만5천명이 참석하고, 110여개국의 정상들이 참여하는 등 전 세계의 주목을 받는 국제회의가 되었으나, 코펜하겐 회의 이전부터 쟁점이 되어왔던 선·개도국간의 대립으로 구속력있는 합의문 채택에는 실패하였다. 반면, 주요 28개국의 정상 및 각료급과 UN 사무총장, EU 집행위원장이 참석한 가운데 12월 17일(목) 23:00부터 시작하여 12월 19일(토) 02:00까지 진행된 주요 28개국의 비공식 회합을 통해 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accord)이 도출되었다. 그러나 개도국들이 일부 국가들만이 모여 작성한 합의문에 대한 거부로 기후변화협약 차원의 채택은 무산되었고, '당사국총회는 2009년 12월 18일의 코펜하겐 합의문에 유의한다'⁶⁾는 모호한 문안을 담은 결정문을 채택하고 당사국총회 결정문의 첨부문서로 포함시켰다.

이밖에도 기간이 만료된 2개의 특별작업반(AWG-LCA와 AWG-KP)의 활동시한을 1년 연장하고, Post-2012의 합의 시한도 2010년까지로 연장하는데 합의함에 따라 올 한해도 이와 관련된 국제 협상이 지속될 예정이다.

3. 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accord) 주요 내용

선·개도국은 지구 온도 상승을 산업혁명 당시보다 섭씨 2도 이하로 억제해야 한다는 과학적 견해를 인식하고, 기후변화 대응을 위한 장기협력 행동을 강화하기로 합의하였다. 또한 가능한 빠른 시기에 전 세계의 온실가스 배출량이 정점에 도달할 수 있도록 협력하는 한편 개도국의 경우는 그 시기가 더 늦을 수 있음을 공유하였다.

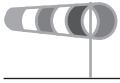
이러한 공통의 합의사항 외에 선진국은 2020년까지의 정량화된 경제 전반적 배출목표를 기준년도와 함께 작성하여 2010년 1월말까지 제출하도록 규정하고 있다. 그러나 선진국(Annex I⁷⁾)의 배출감소목표가 교토의정서에 의거하는(under the Kyoto Protocol) 대신 initiated란 표현을 사용⁸⁾함으로써 Post-2012가 교토의정서 방식의 체계가 아닐 수도 있는 가능성을 열어두었다. 이와 별도로 선진국들

5) NAMA(Nationally Appropriate Mitigation Actions) : 개도국의 온실가스 감축을 위한 행동을 인정하여 이를 크레딧의 형태로 발행할 수 있는 제도로 우리나라가 주장하였다

6) The COP takes note of the Copenhagen Accord of 18 December 2009

7) 교토의정서 부속문서(Annex) B에는 국가별 온실가스 감축목표 비율이 정해져 있다. Annex I은 기후변화협약의 부속문서에 언급되어 있는 선진국을 의미한다. Annex I과 Annex B의 차이는 Annex I국가에서 터키와 벨라루스를 제외하면 된다.

8) Decision -/CP.15 (Annex I Parties that are Party to the Kyoto Protocol will thereby further strengthen the emissions reductions initiated by the Kyoto Protocol)



은 2020년까지 매년 1천억불의 펀드를 조성하기 위해 노력하며, 이를 통해 공공 및 민간, 양자 및 다자간 사업 등에 활용하기로 하였다. 반면, 개도국은 기후변화협약에 부합하는 온실가스 감축행동(Actions)계획을 작성하고, 국제적인 지원을 필요로 하는 NAMA 사업을 감축행동 목록에 추가하도록 하였다. 또한 개도국의 국가 감축행동은 2년마다 국가보고서를 제출하도록 규정하고 있다.

이러한 코펜하겐 합의문에 따라 EU, 미국, 일본, 캐나다 등 14개의 선진국과 중국, 한국, 브라질 등 약 32개의 개도국이 동참하였으며, 우리나라는 2020년까지 BAU(Business As Usual)대비 30%의 목표를 제출해놓은 상태이다.

II. 탄소시장 현황

1. 탄소시장의 특징

탄소 시장은 탄소 배출권(Certified Emission Reduction)이 거래되는 시장을 의미한다. 탄소 배출권이란 온실가스를 관리하는 기관의 입장에서 보면, 온실가스를 배출할 수 있도록 허가해 준 것이고, 이용자 입장에서는 온실가스를 배출할 수 있는 권리로 해석된다. 이는 탄소시장이 제도에 근거해 생성 및 소멸되는 특징을 갖고 있기 때문이다. EU 배출권 거래제의 경우 EU Directive를 통해 Phase 1('05-'07), Phase 2('08-'12), Phase 3('13-'20)를 규정함으로써 지속적으로 운영되는 반면, '02년도에 시작한 UK-ETS(Emission Trading Scheme)는 '08년도

부터 EU-ETS에 편입되면서 제도가 사장되었다.

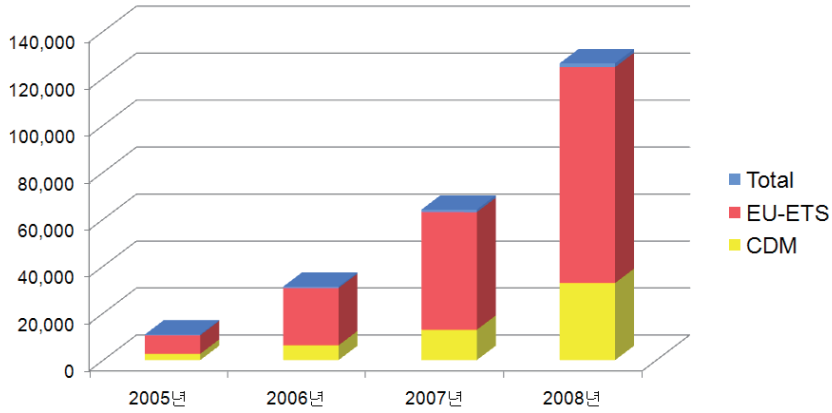
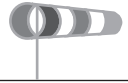
이러한 제도에 의해 영향을 많이 받는 탄소 시장은 동질적(homogeneous)인 상품이 거래되는 시장의 특징을 갖는다. 주식시장과 같이 기업가치에 따라 기업의 주가가격이 각각 다른 이질적 시장과는 달리, 탄소시장은 배출권의 가치가 보유자와 관계없이 동일하다. 따라서 시장에서 중요한 것은 개별기업의 수요/공급량이 아닌 전체참여자의 수요/공급량이 중요하다. 배출권을 거래하는 방법으로는 현물, 선도, 선물, 옵션, 스왑 등 금융상품 거래와 유사한 방법이 사용된다.

흔히 탄소시장을 할당에 의한 시장(Allowance Market⁹⁾)과 프로젝트 시장(Project Market¹⁰⁾)으로 구분하는데, 두 가지 형태의 배출권은 상호 보완적인 관계를 가지고 있다. 프로젝트 시장은 주로 배출권거래제에 의한 감축목표 달성에 Offsets의 형태로 활용된다. Offsets란 일종의 배출권의 부족시 활용할 수 있는 외부의 유동성 공급으로 볼 수 있는데, 배출권거래제도는 감축목표를 시간이 지날수록 강하게 부여해야 하는 특성이 있으므로, Offsets의 필요성은 계속해서 증가하게 되는 특징이 있다.

2. 탄소시장의 현황

9) 할당에 의한 배출권을 거래하는 시장. 국제배출권거래제의 AAU, EU-ETS의 EUA 등이 이에 속한다.

10) 프로젝트 단위의 온실가스 감축사업 수행후 검증을 통해 사후적으로 감축한 양을 크레딧의 형태로 발행해 거래하는 시장. 국제 배출권거래제의 CER, ERU 등이 이에 속한다.



[그림 1] 연도별 탄소시장의 성장(거래액기준)

현재 운영되고 있는 탄소시장은 CER¹¹⁾을 중심으로 교토의정서 유닛이 거래되는 국제 배출권거래 시장, EU-ETS에서 할당에 의한 EUA 거래시장이 중심이 되고 있다. EU-ETS에서는 EUA 외에 CER의 사용

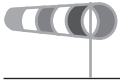
을 인정하고 있어, 전 세계 발생된 CER의 약 78%를 구매하는 등 최대 수요처가 되고 있다.

그러나 EU-ETS의 경우 제도적으로 배출권을 합리적으로 할당하는 것이 매우 어려운 단점이 있다. Phase 1('05-'07)의 경우, 배출권의 과다할당으로 인해 시

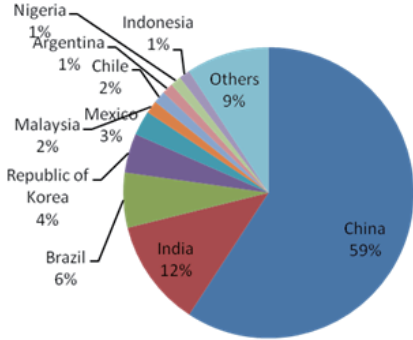
11) CER(Certified Emission Reduction) : 청정개발체제 사업에 의해 발생하는 크레딧



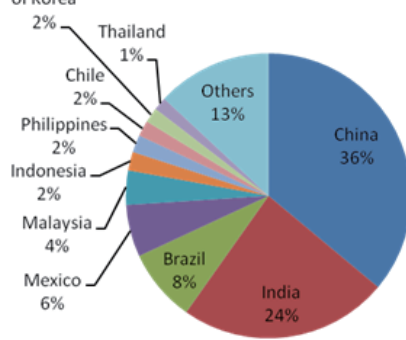
[그림 2] EU의 '08년대비 '09년의 산업생산 감소에 따른 CO₂ 배출감소율



국가별 연간 예상 CER 발행량



국가별 CDM 등록 현황



장이 붕괴되는 경험을 하였고, 현재 진행중인 Phase 2('08-'12)에서도 유럽의 경기침체로 인한 산업 생산량 감소, 전력의 수요 감소로 배출권의 과잉공급 가능성이 언급되고 있다.

반면, 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM)¹²⁾의 경우 현재 약 2020개가 넘는 사업이 등록되어 2012년까지 연간 344백만톤의 CER이 발행될 것으로 추정되고 있다. 주요 구매국은 앞에서 언급한 바와 같이 EU 회원국의 기업이며, 이외에 일본, 호주, 캐나다 기업들이 구매하고 있다. 반면 주요 판매 국가는 중국(749개 사업)과 인도(488개사업), 브라질(169개사업) 순이다.

III. 코펜하겐 합의문의 의미

1. 교토의정서의 한계

지난 '97년 교토의정서가 채택되던 당시 제1차 공약 기간 동안의 국가감축목표 협상과정을 둘러싼 쟁점 중 하나는 감축목표가 정치적 합의에 의해 결정되었다는 점이었다. 이로 인해 실제 배출량과 감축목표 사이의 불균형이 발생하는 문제가 지적되었다. 이는 특정 국가들의 경우 Hot Air¹³⁾가 발생하여 온실가스 감축과는 무관한 배출권이 대량 발생하는 결과를 초래하게 되었다.

또한 '02년 교토의정서 불이행선언에 따라 온실가스 배출권의 주요 수요국가인 미국이 배제되면서, 수요·공급의 불균형 현상은 더욱 심각해 졌다. [표 2]를 살펴보면 제1차 공약기간동안 자국내 의무준수를 달성하고 난 배출권의 예상 잉여량은 약 129억톤

12) 청정개발체제(CDM : Clean Development Mechanism) : 선진국이 개도국에 온실가스 감축사업에 투자하여 발생한 감축실적을 선진국의 의무준수에 활용할 수 있는 제도(교토의정서 제6조). 현재 2,062개 사업이 UN에 등록되어 있음

13) 기준년도대비 온실가스 배출량이 자연 감축되어 별도의 온실가스 감축노력을 하지 않아도 남는 배출권

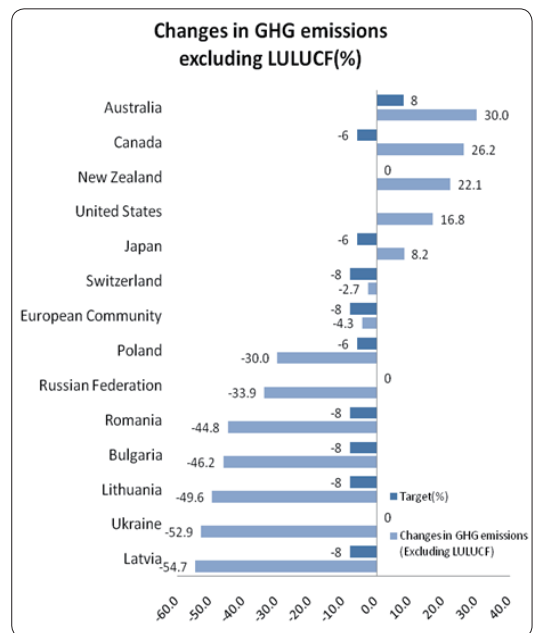
[표 2] 제1차공약기간 동안의 배출권 총 공급·수요 추정량

공급항목	배출권양 (MtCO ₂ e)	수요 항목	배출권양 (MtCO ₂ e)	
① AAU, RMU 잠재공급	11,149	④ 배출권 잠재수요		
② CER 발생예상량	1,730		미국 포함	9,720
③ CER 이월가능량	1,996		미국 제외	3,150
총 공급예상량(①+②)	12,879	총 수요예상량	3,150	
배출권 총 잉여량			9,729	

으로 예상 수요량 약 32억톤을 공급하고도 약 97억톤의 배출권 잉여량이 발생한다. 이는 특히 Hot Air에 의한 배출권 잉여 공급량이 대부분이며, 배출권 잉여량은 교토의정서상의 이월조건¹⁴⁾을 차지하더라도 100%이월이 가능해 Post-Kyoto에도 영향을 미칠 것으로 분석된다. 결과적으로 교토의정서상의 감축목표는 채택 당시부터 문제의 소지가 존재함을 알 수 있다. 이러한 정치적 결정은 2001년 제7차 당사국총회 당시 마라케쉬 합의문(Marrakesh Accords)을 채택하는 과정에서도 나타났다. 당시 EU에 반대하던 일부 국가들이 국가별 흡수원(Sink)의 인정량(RMU: ReMouval Unit)을 상대적으로 타 국가들에 비해 높게 인정 받았다.¹⁵⁾ 이를 통해 일본의 경우 배출권 부족량(약 943MtCO₂)의 약 25%를 흡수원으로 해결할 수 있게 되었다.

이러한 목표설정의 비합리성 문제와 더불어 비용효과적인 온실가스 감축을 위해 채택한 교토 메카니즘이 시행결과 문제점들이 들어났다. CDM 사업의 경우 아시아/태평양지역에 전 세계 CDM 사업의

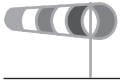
75%가 집중되는 등 지역적인 편중문제가 대두되었고, CDM 집행위원회(Executive Board)에서 중앙집권식의 행정업무를 담당하는 관계로 등록기간이 1~2년의 장기간이 소요되는 경직성을 나타내는 것으로 지적되었다. 또한 국가간 배출권을 거래할 수 있도록 규정한 배출권거래제(교토의정서 제17조)의



[그림 3] 국가별 온실가스 배출량의 변화('07년기준)

14) AAU : 100%이월, CER·ERU : 초기할당량의 2.5%, RMU : 이월불가

15) 일본 : 238MtCO₂, 러시아 : 323MtCO₂, 캐나다 : 220MtCO₂



경우 CDM 사업을 제외하고는 국가간의 계약에 의해 거래되는 등 시장기능이라고 부를 수 없을 정도의 매우 경직된 매매 구조를 갖고 있다. 결과적으로 이는 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 비용효과적 수단으로써 원활히 활용되기 힘든 시스템적 구조를 태생적으로 갖고 있었다.

교토의정서의 한계를 보여주는 것은 무엇보다도 다자간 협상방식이라는 근원적인 문제이다. 모든 당사국이 동일한 투표권과 발언권을 갖는 형태에서 기후변화협약이라는 첨예한 이해관계가 대립되는 문제를 조율하여 모두를 만족시키는 결과를 도출한다는 것은 이론적 세계에서는 가능할 수 있으나, 현실 세계에서는 의사결정구조를 더욱 복잡하게 만들고 일이 더디게 진행되는 결과를 초래한다. 발리행동계획에서 코펜하겐 합의를 도출하기까지 불과 2년내 국가 협상을 해결한다는 것은 상당한 부담이 되는 일정일 수 밖에 없었을 것이다.

2. 코펜하겐 합의문의 의미

이러한 관점에서 볼 때, 코펜하겐 합의문은 국가 목표협상에 있어 110여개 국가의 정상들이 모여 정치적 부담을 해소시킨 최선은 아닐지라도 차선의 결과는 된다고 볼 수 있다. 코펜하겐 합의문은 다음과 같은 점에서 기존의 교토의정서 의무준수 체계를 전환하는 계기가 될 것으로 보인다.

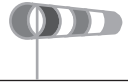
첫째로, 합리성과는 다소 거리가 있고, 당사국에는 매우 큰 정치적 부담을 지운다는 이유로 일부 국가에서는 사실상 수용이 불가능한 '구속력있는 계량

적 목표달성'의 부담을 해소했다고 볼 수 있다. 이는 기후변화문제의 관리체계가 자연스럽게 결과중심의 관리방식(교토의정서 방식)에서 이행과정을 관리하는 방식(Pledge & Review)으로 선회되었음을 암시한다. 즉, 이제는 교토의정서와 같이 국가 할당량을 정해주고, 이에 대한 달성 여부만을 평가하는 방식에서 각 국가별로 자율적으로 수립한 정책 및 조치가 적정한가를 중간중간에 모니터링 하는 등 이행과정을 관리하는 방식으로 전환되어 갈 것이다.

둘째로, 각 국가의 자발적 이행방식의 비중이 높아짐에 따라 국가의 정책이 구체적인 온실가스를 감축할 수 있는 행동으로 전환되었는지의 여부와 이를 통해 상호 인정가능한 국가 간의 정책(배출권 거래제 등)의 추진 및 이에 대한 모니터링이 주요 화두가 될 것으로 보인다.

셋째로, 기후변화협약에서 상대적으로 역할이 적었던 개도국의 위상은 강화되지만, 이에 따른 부담이 증가할 것으로 보인다. 향후에는 선진국이나 개도국 모두 구속적 감축목표라는 부담에서 자유로워짐에 따라, 개도국도 자국내 정책으로서 배출권거래제 도입 여건이 선진국과 동일해졌다. 우리나라에서도 그간 배출권거래제도의 도입에 대한 논란이 많았으며, 그 쟁점중의 하나가 국가 의무부담이 존재하지 않는 상황에서 산업체에 온실가스 배출량 상한을 정하여 할당을 하는 것이 옳은 정책이냐는 지적이었다.

넷째로, UN의 논의 틀이 한계를 보임에 따라 상호 유사한 입장을 보이는 양자 또는 주요 국가 간의 논의가 더욱 부각될 것으로 보인다. EU에서는 기후변



화문제를 G20의 의제로 다루기를 원한다는 의사표명을 하고 있고, 미국은 자국내 배출권거래제 도입을 포함한 Waxman-Markey 법안이 상원에 계류중이다. 이 법안에서는 미국외 국가와의 협정을 통해 타 국가에서 발생한 크레딧을 미국내에 사용할 수 있는 조항이 포함되어 미국과 입장을 같이하는 국가와의 정책적 연결의 가능성을 포함하고 있다.

IV. 탄소시장에 미치는 영향

코펜하겐 합의문은 국가별 자발적 감축목표의 설정 및 이행을 목표로 하고 있다는 기본 원칙외에 구체적인 시장 메카니즘의 변화에 대해서는 아직 언급이 되고 있지 않다. 결국 Post-2012에 대한 체계의 불확실성이 탄소 시장의 불확실성을 높이는 결과를 초래하게 되었다.

가장 큰 요인은 교토메카니즘의 연속성에 관한 불확실성이다. 기존 교토의정서체계는 감축목표에 따른 국가 배출 상한을 배출권 할당의 형태로 제공하면서, CDM과 공동이행제도(Joint Implementation, JI)¹⁶⁾ 등에서 발생한 크레딧을 Offset의 형태로 사용하는 방식이다. 그러나 코펜하겐 합의문에 따른 방식으로는 국가에 배출권을 할당할 필요가 없게 되고, 필요한 목표 달성을 위해 자국내 온실가스 감축과 외부에서의 Offset 제도의 활용이라는 방식으

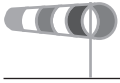
로 전환될 가능성이 높아졌다. CDM의 경우, 기존의 다른 자발적 저감권(Verified Emission Reduction, VER)보다 높은 가격에 거래되고 있으며 국가에서 자발적 목표 달성을 위한 보조적인 수단으로 다른 VER을 활용한다고 해서 이를 제한할 방법이 없다. 이는 CER의 수요 감소의 원인이 되어, CER 가치의 하락 가능성이 존재하게 된다. 또한 선진국과 개도국이 모두 자발적 목표를 갖고 있는 상태에서 CDM은 이중계산의 부담이 발생하게 된다.

이 밖에도 신규 탄소시장의 형성여부이다. 기존의 EU 배출권거래제의 Phase 3 (2013-2020)외에 국가별로 신규 배출권거래제의 시행유무에 따라 Offsets을 중심으로 국가간의 탄소시장이 연결될 가능성이 높아진다. 미국, 일본, 호주 등은 배출권거래제 도입 시범사업을 실시하고 있거나, 준비중에 있다. 이러한 과정에서 CER과 같은 기존의 교토의정서 유닛을 얼마나 Offset으로 활용할 것인가가 향후 교토 메카니즘의 성장 또는 쇠락을 좌우할 것으로 보인다. 배출권거래제에서 할당의 강도에 따라 이러한 Offset 크레딧의 필요량이 조정된다.

V. 결 론

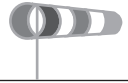
코펜하겐 회의이후 CER을 비롯한 배출권의 가격이 일시적인 하락세를 보였으나, 곧 정상수준으로 회복되었다. 시장에서는 코펜하겐 회의결과가 일단 단기간적으로 탄소시장에는 영향이 미비한 것으로 보고 있는 듯 하다. 이러한 시장의 불확실성에 대해서는 올 상반기에 미국의 Waxman-Markey 법안의 통과

16) 공동이행제도(JI(Joint Implementation), 교토의정서 제 12조): 교토의정서상 감축의무가 있는 선진국간에 시행되는 제도로 투자국은 온실가스 감축량을 자국의 감축의무를 달성하는데 활용할 수 있는 제도



여부와 하반기에 EU-ETS의 Phase 3에 대한 할당계획이 발표되면 어느정도 구체적인 모습을 볼 수 있을 것이다. 또한 현재 각 국가에서 코펜하겐 합의문의 이행에 따라 1월말까지 제출한 감축목표 및 감축행동에 대한 확정 및 관리방안이 올해 제16차 당사국총회에서 논의 예정이므로 이 부분에 대한 지속적

인 모니터링이 필요하다. 또한, 국내에서도 녹색성장 기본법의 시행령 등 세부계획이 올해 확정될 가능성이 높으므로, 아직 명확하지 않은 각 조문들 사이의 관계 및 충돌 부분들이 어느정도 정리가 될 것으로 보이며, 국내외 탄소시장에 대한 전체적인 모습 역시 보다 상세화될 수 있을 것으로 기대한다.



기후변화, 환경산업 그리고 환경경영

이 서 원

LG 경제연구원 미래연구실 책임연구원

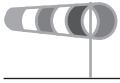
swlee@lgeri.com

기후변화와 관련된 많은 변화들은 이미 우리 주변에서 일어나고 있다. 하지만 우리가 온난화를 경험한다는 것은 연평균 0.1℃ 수준의 온도 변화를 직접 몸으로 체감한다기보다는 기후변화에 대응하는 제품을 경험하거나 아니면 새로운 친환경 관련 산업 부문의 직장에 취업하는 방식으로 경험하게 될 가능성이 더욱 클 것이다. 이 글에서는 이와 같이 우리에게 많은 변화를 가져올 기후 변화에 따른 산업의 변화와 이에 대한 산업계의 대응을 알아보려고 한다. 먼저 I장에서는 기후변화가 산업에 영향을 미치는 경로를 분석해 보고, II장에서는 시기적 변화에 따라 언제 어떻게 시작하게 되었고, 지금까지 어떻게 변화하여 왔으며 또 미래에는 어떠한 모습을 가지게 될 것인가를 알아보려고 한다. 마지막 III장에서는 이러한 산업환경의 변화에 대한 기업의 대응 전략에 대해서 살펴보고자 한다.

I. 기후변화와 제도변화 그리고 환경 산업

기후변화 자체는 산업 전반에 아주 제한적으로 영향을 미친다. 기후변화로 인해 특정 기업의 생산 공정이나 제품 자체를 변화시키는 일도 일반적이지 않다. 물론 더운 여름에 청량음료와 심지어 에어컨 판매가 늘어나는 등 제품의 수요와 공급에 영향을 미친다. 또한 농사와 같이 기후 변화에 직접적인 영향을 받는 부문에서는 기후 변화가 재배 작물의 종류나 파종 시기에 영향을 주기도 한다. 하지만 아주 단기적인 온도의 변화와 같은 경우는 기후변화라고 단정할 수 없을 것이고, 농작물 생산과 같은 경우는 기후변화의 영향을 받는 것으로 판단되지만 아직 그 영향이 그리 크지 않은 것이 사실이다.

아직까지 기후변화와 맞물려 더욱 중요한 것은 간접



적인 경로, 즉 제도의 변화를 통해 나타나는 기후변화에 대한 대응이다. 그렇다면 제도의 변화는 (환경) 산업에 어떤 경로로 변화를 주게 될 것인가

1. 제도의 변화에 대응하는 기업의 대응이 산업 변화로 이어져

기후변화에 대한 위험이 지적되기 시작한 이래 인류는 다양한 제도와 여러 가지 규제를 통해 기후변화의 위험에 대한 대응을 준비하고 있다. 가장 대표적인 제도의 변화는 글로벌 차원의 온실가스 감축을 위한 교토 협약, 그리고 2009년 코펜하겐 협상에 이어 올해 멕시코에서 준비되고 있는 기후변화협상이 라고 할 수 있다. 또한 이러한 글로벌 차원의 제도 변화 외에도 각국 정부에서도 여러 가지 제도의 도입을 통해 기후변화에 대응하고 있다. 각국 정부의 대응은 배출권 거래제도와 같은 큰 틀에서의 온실가스 감축 제도에서부터 조명효율 향상이나 자동차 연비 규제와 같은 세세한 규제에 이르기까지 다양한 형태로 이루어진다. 또 개별 산업이나 기업에 대한 직접 규제 뿐 아니라 탄소세와 같이 포괄적으로 시장에서 가격 신호를 바꾸는 방식의 간접 규제를 통해 온실가스 감축을 위한 노력을 수행하기도 한다.

이렇게 글로벌 혹은 개별 국가들 차원에서 기후변화에 대응한 제도적인 변화를 가져오게 되면 기업이나 해당 산업에서는 이에 맞추어 적응하게 된다. 어떤 기업들은 온실가스 발생이 적은 신재생에너지 발전을 위한 시설 투자를 시작하고, 다른 기업들은 하이브리드 자동차와 같은 온실가스 배출이 줄어든 이동수단을 개발하기도 한다. 또 기존 산업 부문

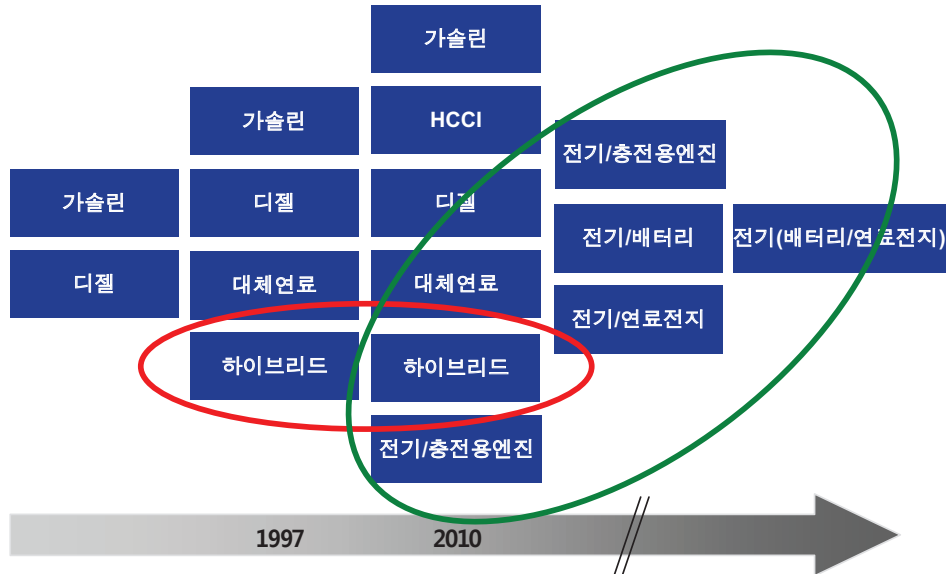
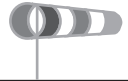
에서는 에너지 효율이 향상된 제품 개발 통해 적응해 나가기도 한다. 마지막으로 신산업으로의 진출이나 효율화에 대한 대응을 통해 기후변화에 적극적으로 대응하는데 실패한 일부 기업들은 규제에 적응하지 못하여 자국의 생산 공장을 온실가스 배출 규제가 없는 개도국으로 이전하거나 사업을 정리하기도 한다.

2. 기후변화에 대응한 제조업과 서비스업 부문에서의 대응

앞서 살펴본 바와 같이 기후변화에 대한 글로벌 혹은 개별 국가들의 대응이 제도상의 변화를 통해 우리의 산업에 변화를 주게 된다. 하지만 구체적인 산업의 변화는 제조업과 서비스업에서 각각 다른 방향으로 이루어지고 있다. 따라서 제조업과 서비스업 부문에서 각각 어떤 경로를 통해 기후변화의 산업화 대응이 이루어지는지를 알아보고자 한다.

1) 기술 변화와 환경 산업

제조업 부문에서의 기후변화에 대한 대응은 기술변화를 통해 이루어진다. 기후변화에 따른 제도상의 변화와 상호 영향을 주고받으면서 기술 발전이 일어난다고 있다는 의미이다. 물론 현재의 기술 변화가 제도 변화에 종속되어 있다는 의미는 아니다. 기술 변화 또한 독자적인 발전 경로를 가지고 있다. 이미 지난 100년간 자동차 연비 향상을 위한 노력이 지속되어 온 것처럼 화석연료 사용을 줄이는 방향에서 기술 진보가 이루어져 왔다. 하지만 기후 변화는 이러한 기술 변화의 방향에 새로운 전환점으로 작용하게 된다. 대표적인 것으로는 하이브리드 자동차를 들 수 있



출처: Bosch, "Schauplatz Mobilität: Evolution oder Revolution in der Antriebstechnologie?", 2009

[그림 1] 자동차 구동방식의 진화

다. 엔진 효율 개선에 집중되어오던 자동차의 혁신 방향에 전기 사용 비중의 확대를 통해 기후 변화에 한발 앞서 대응하는 하이브리드 자동차가 급속하게 인기를 끌게 되면서 자동차 혁신 방향에서도 급격한 전환이 이루어졌다[그림 1].

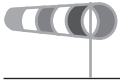
이처럼 기후변화에 대응하는 제도상의 변화는 새로운 기술변화를 촉진시키고, 여기에 기존의 기술 진보의 흐름에서 일부 방향 전환이 이루어지면서 새로운 환경기술이 탄생하게 된다. 이는 화석에너지 사용을 대체하는 신재생에너지 산업이나 각종 에너지 효율화 기기에서도 마찬가지이다. 태양전지 기술은 기술적으로 반도체와 LCD 산업에서 축적된 제조 공정상의 핵심 노하우를 이용하여 발전하고 있으며, 풍력 산업의 경우에도 조선, 대형 모터 산업에서의

기어박스 기술이 중요하게 사용되고 있다.

2) 환경서비스 산업을 통한 기후변화 대응

기술변화에 대응한 환경 산업의 변화가 일반적으로 제조업 중심의 산업 변화를 통해 활발하게 이루어지고 있지만 서비스업 분야의 환경 산업도 주목할 필요가 있다. 실제로 환경 제조업의 활발한 성장을 위해서도 금융, 컨설팅, 설치 및 유지 보수 등 환경 서비스업의 발달이 동시에 이루어져야 하기 때문이다. 기후변화에 대응하는 서비스업의 발전이 전체 환경 산업 발전의 중요한 핵심 동력이 되고 있다.

대표적인 예가 금융과 인증 등의 서비스 분야이다. 금융 서비스 산업의 경우 신재생에너지 산업과 같이 장기에 걸쳐 수익이 발생하는 분야에 핵심적인 역할



을 담당하게 된다. 금융 서비스가 환경 산업에 대한 체계적인 지원이 없이는 초기 투자 후 수익 발생까지의 긴 시간동안 환경 산업이 발전하기 힘든 것이다. 인도의 대표적인 풍력기업인 수즐론(Suzlon)의 경우 시장 기반이 충분하지 못하던 초기에는 인도 시장에서 풍력 발전기를 판매하기 위해 발전기를 구매하는 해당 제조업체에 적절한 금융 서비스를 제공하여 풍력 산업 활성화를 이룰 수 있었다.¹⁾

이 외에도 최근 각광받는 배출권 사업의 핵심으로 등장하고 있는 인증 서비스도 마찬가지이다. 개도국을 대상으로 온실가스 감축 기술을 지원하고 그 온실가스 감축분을 선진국 기업이 구매하는 방식의 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM) 사업의 경우도 사업에 대한 기술지원이 충분히 이루어졌다고 하더라도 이들 사업을 평가하고 온실가스 감축을 증명하는 인증 서비스가 밀받침되지 않으면 사업의 성공적 수행이 어렵다. 서비스 산업이 기후변화 사업의 핵심으로 작용하는 것이다. 이들 외에도 컨설팅 서비스, 설치 및 유지보수 분야에서도 서비스 산업의 중요성이 강조되고 있다.

II. 기후변화에 동반한 환경산업의 시기별 대응

이산화탄소를 비롯한 온실가스의 증가로 지구가 온난화 될 수 있다는 지적은 이미 조제프 푸리에(Joseph Fourier)가 온실가스 이론을 1824년 발표한

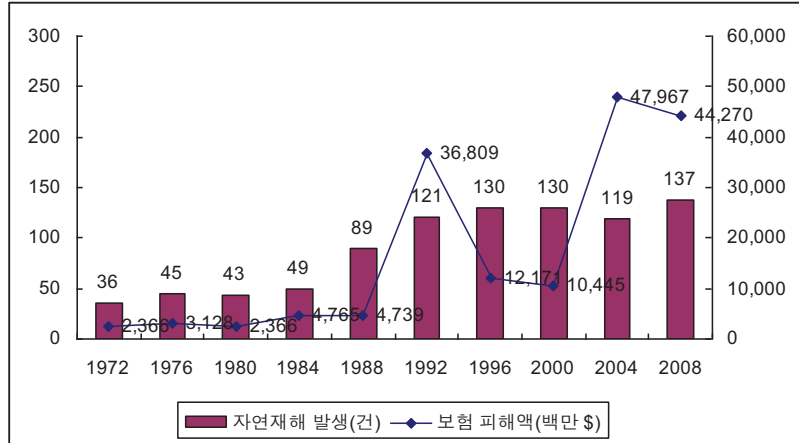
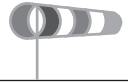
이래 점차 힘을 얻어왔다. 이후 1988년 유엔 산하에 설립된 정부간기후변화협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 1990년 처음으로 21세기 동안 10년에 0.3℃ 상승하게 될 것이라는 전망을 제출한 이후 가장 최근 모델에 따라서는 21세기 동안 1.1℃ ~ 6.4℃ 상승하게 될 것으로 전망하고 있다.

1. 기후변화의 선제적 대응 사례: 재보험사

여기서는 기후변화 대응을 기후변화를 예상하는 글로벌 혹은 정부 차원의 정책 대응, 그리고 이러한 정책 대응에 따른 산업계의 행동이라는 틀에서 설명하고 있다. 하지만 여기에도 예외가 있다. 기후변화에 대응한 가장 빠른 반응은 글로벌 혹은 정부차원의 정책이 나오기 이전에 보험업계 특히 재보험사로부터 나왔다. 재보험사란 일반 보험회사들이 감당하기 힘든 위험을 다시 보험으로 막아 주는 보험회사를 위한 보험회사를 말한다. 특히 일반 보험회사들이 보험을 판매하면서 쉽게 측정하기 어려운 기상 이변이나 지진 등과 같은 위험을 평가하고 해당 상품에 대한 가격을 설정하는 데 도움을 주는 회사이다. 이들 회사들은 특정한 재해로 인한 피보험자들의 피해액과 피해 가능성을 미리 예측해야 한다. 그 결과로 재보험사들은 온실가스로 인한 기상 재해의 가능성을 미리 예측하고 그에 대한 위험 할증액(risk premium)을 계산하기 위한 노력을 지속해 왔다.

1) 풍력 발전기를 구매하는 기업이 25%의 자금을 조달하면 나머지 75%의 자금은 수즐론 에너지에서 은행 등을 통한 적절한 대출 프로그램을 소개해주었다. Kumar N., et al., 2009, "Suzlon: Conceiving the Global Wind Energy Industry", Harvard Business Review, p.4

세계 제 1의 재보험사인 독일의 뮌헨 리(Munich Re)는 이미 1973년부터 인간이 방출한 이산화탄소를 비롯한 온실가스로 인한 기후변화와 그에 따른 위험을



출처: ECA, "Shaping climate-resilient development", 2009

[그림 2] 자연재해 발생과 보험 피해액 규모

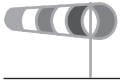
지적하기 시작하였다[그림 2]. 뮌헨 리는 이어 1974년부터 이를 대비한 프로그램²⁾을 가동하기 시작하였다. 이러한 노력은 앞서 언급한 IPCC 설립 이전, 그리고 1997년의 교토협약 이전이었고, 심지어 1979년 최초의 세계 기후 회의(World Climate Conference)에서 "지속적인 인류의 활동에 의한" 온실가스 방출을 경고하기 전이다. 실제로 이러한 기후 변화는 재보험사로서는 위기가자 사업의 기회이기도 하다.³⁾ 만약 기후 변화로 인한 피해가 예상된 수준을 넘어지게 될 경우 재보험사는 손해를 보게 된다. 하지만 예측이 정확하거나 예측보다 낮은 자연재해가 발생하는 경우 재보험사는 오히려 추가적인 수

익 창출이 가능하고 신재생에너지 분야 등에서 신기술에 대한 추가적인 보험 수입이 가능하다.⁴⁾ 예를 들어 풍력 발전 단지의 경우 일반적인 건설과정에서의 보험 외에도 운영 과정에서 바람이 너무 약하거나 강할 경우 발생하는 위험에 대한 보험이 추가적으로 필요해지는 것이다. 비록 구체적인 사업 모형으로까지 발전하지는 않았다고 하더라도 미래를 대비하는 능력이 가장 빠른 사업부문에서는 정책 수립 이전의 대응까지도 가능한 것이다.

2. 기후변화 대응 산업의 발전사례: 신재생에너지 분야

2) 뮌헨 리의 지구-위험-경영 핵심센터(Kompetenzzentrum Geo-Risiko-Management)
3) 뮌헨 리와 같은 보험회사들은 기후변화 연구기관(예를 들어 포츠담기후변화연구소(PIK, Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung)에 대해서 간접적인 지원을 하거나 국제기구(예를 들어 유엔 산하 기후변화 대응 금융이니셔티브(UNEP Financial Initiative) 등에 대한 지원을 수행하기도 한다.

4) 뮌헨 리의 경영진이 독일 일간지 프랑크푸르터 알게마이네 짜이퉁과 가진 2007년 인터뷰에서 "기후변화대응 사업은 우리의 새로운 성장프로그램 'Changing Gear'의 핵심 부문입니다. 2010년까지 우리는 이른바 교토 협약 관련 보험 사업을 통해 추가적인 수천만 유로 규모의 수익을 거둘 계획입니다..."라고 언급하였다.

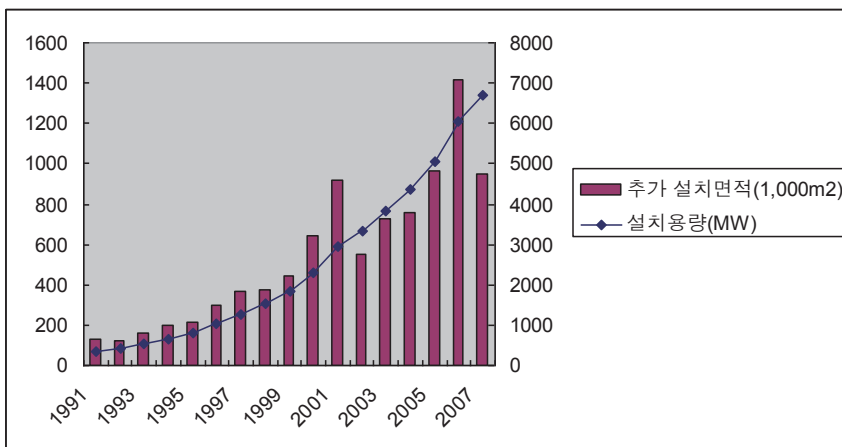


지난 10여 년간 기후변화 대응 산업은 급속도로 성장하였다. 물론 이러한 산업들 또한 기반 기술 없이 독자적으로 성장한 것은 아니다. 앞서 살펴본 대로 많은 기후변화 대응 산업들이 기존 기술에 힘입어 성장하였다. 대표적인 사례가 유가 급등에 따라 신재생에너지 공급이 확산된 것이다. 1, 2차 오일 쇼크 이후 선진 각국 정부는 신재생에너지 개발에 많은 지원을 하여 풍력, 태양광, 태양열 발전 등의 부문에 상당한 산업화를 이룬 바 있다. 물론 오일 쇼크에 대한 대비와 기후 변화에 대한 대책이 일대일로 대응하는 것은 아니지만 둘 다 화석연료의 사용을 줄이는 방향으로 대책이 수립된다는 점에서는 오일 쇼크에 대한 대비가 기후변화에 대응하기 위한 산업발전의 기초를 이룰 수 있는 근거가 되었다.

이러한 기존 산업들의 경우 대표적으로는 풍력, 태양광과 같은 신재생에너지 산업 부문과 하이브리드 자동차와 같은 수송 부문, 그리고 배출권 관련

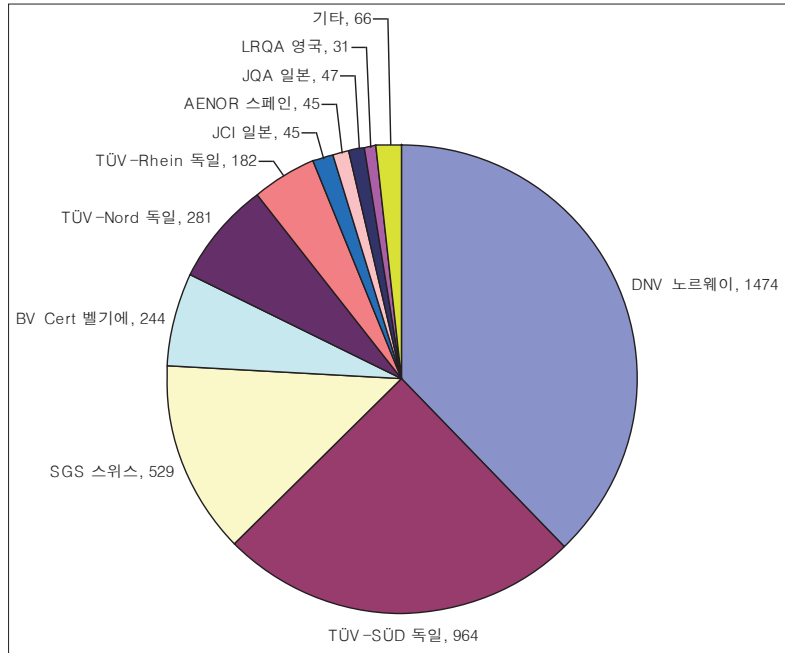
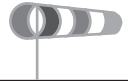
서비스 산업 등에서 두드러진 대응이 이루어졌다. 이 가운데에서 풍력 및 태양광 산업, 그리고 배출권 관련 서비스 산업은 유럽 기업들의 대비가 상대적으로 빨리 이루어졌다. 유럽은 온실가스 감축 목표를 유럽 연합 내에서 배출권 거래제를 통해 거래하도록 제도를 정비함으로써 미국, 일본 등 다른 어떤 선진국들보다도 제도적인 기반을 집중적으로 확충할 수 있었다.

기후 변화 대응 정책의 예로는 배출권 거래제도 외에도 유럽 각국 정부들이 선도적이고 지속적으로 추진한 신재생에너지 활성화 정책들이 중요한 사례로 지적될 수 있다. 대표적으로는 독일의 신재생에너지에 대한 각종 지원 정책을 지적할 수 있다. 독일은 특히 2000년 신재생에너지법(Erneuerbare Energie Gesetz)이 실시된 이후 신재생에너지의 생산이 급증했다. 1990년~1999년까지 연평균 5.7% 성장에 그쳤던 신재생에너지 생산이 2000년~2007년 사이 연



출처: BMU, "Erneuerbare Energien in Zahlen", 2009

[그림 3] 독일의 연도별 태양광 추가 설치 면적과 설치용량



출처: UNEP Risoe, "CDM/JI Pipeline Analysis and Database", 2009

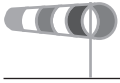
[그림 4] CDM 인증 기관별 인증 성과 현황

평균 14.1%로 두 배 이상 높은 성장세를 보였다. 2009년 현재 독일은 전체 전력의 약 12%를 신재생 에너지를 통해 조달하고 있다. 또한 20년간 kWh 당 25~45 유로센트의 보조금 지원을 보장하고 강제적인 의무설치 정책 등이 결합되면서 독일의 신재생에너지 산업이 급속히 성장하였다[그림 3].

또한 서비스 산업의 부문에서도 유럽은 앞서나가고 있다. 예를 들어 앞서 지적한 CDM 인증사업의 경우 대부분을 노르웨이, 독일, 스위스, 벨기에 등 유럽 기업들이 담당하고 있다[그림 4]. 이러한 인증 시장에서의 우위는 해당 시장이 인증 경력을 기반으로 순위가 결정되는 사업 구조로 인해 당분간 지속될 것

으로 보여진다. 이들 인증사업 부문과 수년간의 유럽 배출권 시장 경험에서 비롯된 배출권 거래시장, 그리고 금융 부문에서의 지배력은 유럽 기업들에게 선도자의 이익을 주고 있는 것으로 보인다.

기후변화 관련 산업에 대한 정책적 지원이 제대로 이루어지기 위해서는 정책의 일관성이 확보되어야 한다. 앞서 독일이 일관된 정책적 지원을 통해 해당 산업이 발전되는 모습을 보였다면, 미국의 경우에는 일관되지 못한 정책이 발전 가능성이 큰 산업에 대한 장애물로 작용하기도 하였다. 대표적인 사례가 'Stop and Go' 정책으로 불리는 풍력산업에 대한 일관되지 못한 지원 정책이다. 미국의 풍력 산업은



조세 감면이 간헐적으로 중단되던 2000년, 2002년, 2004년에 각각 신규설치가 전년 대비 93%, 73%, 77%로 급감하는 등 일관되지 못한 정책이 성장의 걸림돌로 작용하기도 하였다.

또한 오늘날 다시 각광받기 시작한 태양열 발전(CSP) 기술 또한 마찬가지다. 이 기술은 초기에 미국 정부의 신재생에너지에 대한 조세 감면과 구매계약 등 적극적인 지원에 힘입어 모하비 사막 지역을 중심으로 발전하였다. 1985년부터 1991년까지 가동되기 시작한 이들 9개의 CSP 시설들은 지금까지도 성공적으로 가동되고 있다. 그런데 레이건 대통령의 집권 이후 유가가 안정세를 되찾고, 신재생 에너지 연구 개발에 대한 관심이 낮아지면서 새로운 대체 에너지에 대한 개발 노력이 정체되었다. 미국 정부의 지원은 이 시점을 마지막으로 중단되어 추가적인 시설 확장도 이루어지지 않았고, 초기에 이 사업을 기획하고 R&D를 담당했던 Luz international은 도산하였다. 게다가 CSP 부문에 대한 투자도 중단되었던 것이 2006년에야 비로서 투자가 재개되었다. 그 사이 미국 다음으로 유럽이 이 기술에서 주도권을 잡았다. 유럽은 미국과 유사한 시기에 스페인 알메리아 지역에 유럽 각국이 참여하는 소규모 시설에 대한 연구를 시작하였고, 1980년대 중반 이후 풍부한 태양열 자원을 가진 스페인과 연구 개발에 대한 열의를 가진 독일의 합작(CHA, Convenio Hispano-Aleman 프로젝트)으로 점차 발전하였다. 이러한 공조는 지속적으로 유지되어 관련 연구들이 하나둘씩 성과를 보이면서 2000년대 중반 스페인에서 다수의 CSP 발전 프로젝트로 추진되었고, 2009년 각 분야의 대기업들이 참가하는 사하라 프로젝트

트로 발전하였다. 이 프로젝트는 북아프리카 사하라 사막에 대규모의 발전설비를 설치하여 2025년 이후 유럽 전체 전력의 15% 이상을 공급할 계획으로 해당 분야의 첨단 기술을 보유한 유럽 기업들이 선도하게 될 전망이다.

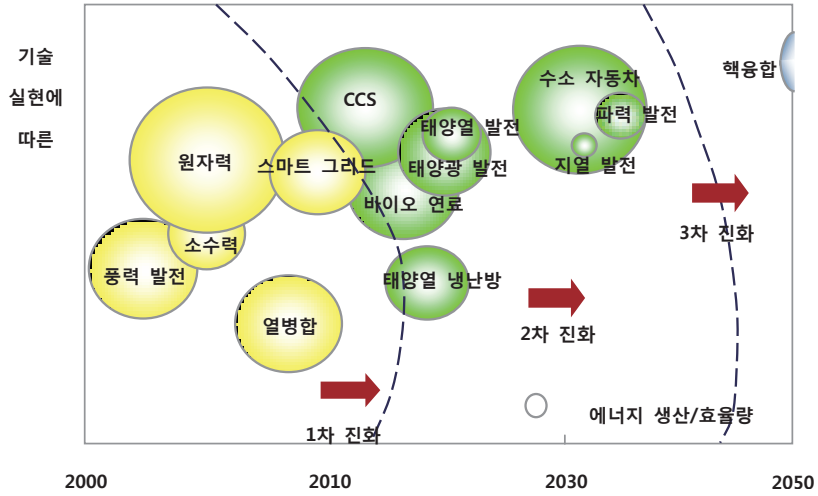
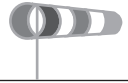
지금까지 살펴본 것처럼 기후변화에 대응하는 산업의 발전은 주로 각국의 정책을 매개로 이루어지며 이러한 정책은 일관성이 있을 때에 성공적으로 발전하는 것을 살펴볼 수 있었다. 다음으로는 미래의 성장동력으로 등장할 가능성이 높은 기후변화 관련 미래산업을 찾아보고자 한다.

3. 기후변화 대응 미래 성장동력

기후변화와 관련된 미래의 성장 동력은 어떠한 산업을 중심으로 커지게 될 것인가? 사실 미래 산업을 전망하기 위해서는 해당 산업 및 기술에 대한 많은 정보가 필요하며 아울러 정책 및 기술융합, 그리고 시장 메커니즘을 통한 이들의 종합적 전개를 그려볼 수 있어야 한다. 여기에서 다음 두 가지 전망을 통해 이러한 미래 시장의 밑그림을 그려보고자 한다.

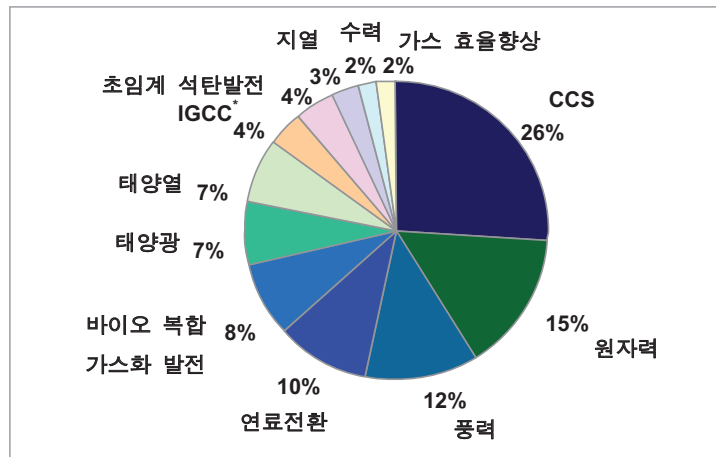
하나를 유럽의 녹색 에너지 기술 로드맵이라고 할 수 있는 European Strategic Energy Technology Plan을 통해 기후변화에 대응한 산업의 미래를 살펴본 경우 수소 자동차, CCS, 바이오 연료 등과 같은 부문에서 큰 시장이 만들어지게 될 것으로 전망되고 있다[그림 5].

다음으로는 IEA에서 나온 2050년까지의 녹색산업



출처: EU, "European Strategic Energy Technology Plan", 2007

[그림 5] 유럽의 녹색 에너지 기술 로드맵

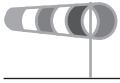


출처: IEA, "Energy Technology Perspectives 2008", 2008

[그림 6] 2050년까지의 녹색산업 기술별 온실가스 감축비율

기술별 온실가스 감축비율 전망이다. 기후변화에 대비하기 위한 여러 산업분야에서의 노력은 이를 통해 감축 가능한 온실가스 비중으로 나타낼 수 있다. 따

라서 각 산업 부문별 온실가스 감축 가능성을 통해 미래 기후변화 관련 유망 산업을 짐작해 볼 수 있을 것이다. 이를 통해 살펴보면 기존의 원자력, 풍력, 태



양광 발전 등도 온실가스 감축에 기여하지만, 특히 미래의 녹색 기술 가운데에서는 탄소모집 및 저장기술(Carbon Capture and Storage, CCS)가 가장 큰 온실가스 감축에 기여할 것으로 전망되고, 이 외에도 바이오 복합 가스화 발전이나 태양열 발전 등도 크게 기여할 것으로 전망되고 있다(그림 6).

이러한 미래의 기후변화 대응 유망 산업들도 현재로서는 전망 수준에 그치고 있고, 아직 구체적인 내용을 확보하고 있는 것은 아니다. 하지만 미래에 대한 전망을 통해 우리 정부나 기업의 대응전략 수립에 기초자료로 삼을 수는 있을 것으로 보인다.

III. 기후변화에 대응하는 기업의 노력

1. 환경경영을 통한 기후변화 대응

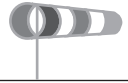
이상에서 기후변화의 효율적 대응을 위한 정부정책과 기술개발, 서비스 환경의 급격한 변화속에서 환경경영이 개별 기업의 경영 판단에 핵심 요소로 등장하고 있다. 환경경영은 환경 효율 뿐 아니라 신재생에너지와 같은 환경 산업을 가장 적극적으로 수행하기 위한 중요한 기준이 된다. 가장 유명한 사례가 GE의 '에코매니지네이션'이라는 고유 환경경영 모델이다. GE는 이러한 환경경영방식을 도입하여 전 사업 분야에 환경을 기준으로 한 평가를 수행할 뿐 아니라 이를 바탕으로 수익모델을 급격히 변화시키고 있기도 하다. 그 결과 GE의 풍력에너지 사업(GE)은 2002년 파산한 에너지 기업 엔론의 '엔론윈드'를 3억 달러에 인수한 것을 모태로 하여 2007년 40억 달러 규모로 매출이 늘어났고 연평균 25%의 성장

을 기록하고 있다. 기후변화에 대한 위험요인을 환경경영으로 헤쳐나간 사례인 것이다.

2. 환경경영 전망

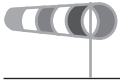
이러한 환경경영의 기준들은 가까운 시일 내에 글로벌 스탠더드로 자리 잡게 될 전망이다. 이는 결국 글로벌 스탠더드를 확보하지 못한 기업에게는 다른 규제의 장벽으로 등장할 수 있다는 의미가 된다. 선진기업들은 이미 국가별 규제를 자신들의 기준으로 통합하는 노력을 진행하였다. 자동차 산업에서 유럽 자동차 기업들이 유럽연합 자동차 온실 가스 기준을 자동차 1대당 130g으로 획기적으로 강화하면서도 자신들의 환경 기술에 대해 6~8g의 인센티브를 인정하게 만든 사례는 환경이 새로운 글로벌 스탠더드로 변해가는 과정을 극적으로 보여준다.

이러한 글로벌 스탠더드의 변화에 대응하여 지멘스와 같은 대규모 제조 기업들은 연간 3조원이 넘는 기술개발에 자금을 투입하고 환경특허만 3만 건에 이르는 사실은 잘 알려져 있는 바이다. 또한 중국 등 개도국 정부에서도 환경 등의 부문에 중점을 둔 지속가능경영에 대한 보고서를 기업들에게 강제하는 등 전향적으로 환경 경영을 강제해 나가고 있다. 선진국들이 까다로운 글로벌 스탠더드를 만들어 나가는 과정에서 선진 기업들이 표준을 선점하고 있는 가운데 개도국들의 환경경영 분야에서의 추격도 빠르게 이루어지고 있다. 그 사이에 있는 우리 기업들의 대응 또한 더욱 적극적으로 이루어져야만 하는 것이다.



참고문헌

- Bundesumweltministerium(BMU), "Erneuerbare Energien in Zahlen", 2009
- Economics of Climate Adaptation (ECA) Working Group, "Shaping climate-resilient development", 2009
- European Commission, "European Strategic Energy Technology Plan", 2007
- IEA, "Energy Technology Perspectives 2008", 2008
- Kumar N., et al., "Suzlon: Conceiving the Global Wind Energy Industry", Harvard Business Review, 2009
- Robert Bosch AG., "Schauplatz Mobilit?t: Evolution oder Revolution in der Antriebstechnologie?", 2009
- UNEP Risoe, "CDM/JI Pipeline Analysis and Database", 2009



이산화탄소(CO₂) 저감기술 개발동향: DME 제조 기술

조 원 준

한국가스공사 연구개발원 DME 연구개발 PL

wicho@kogas.re.kr

I. 서론

IPCC 4차 보고서(2007)와 Leemans/Eickhout(2004), Thomas et al.(2004) 등은 지구의 평균온도가 2℃ 이상 상승할 경우 전 세계에 상당한 기후변화를 야기할 수 있기 때문에 기후변화에 가장 취약한 지역부터 단기에 시작될 수 있는 모든 적응 수단을 강구해야한다고 주장하고 있다. 2009년 12월 덴마크 코펜하겐에서 개최된 제15차 유엔기후변화협약 당사국 총회에 참석한 각국 대표들은 기후변화로부터 생태계, 식량생산, 물 이용가능성, 경제 발전 및 인간의 건강을 보호하기 위해서는 세계 평균 온도가 산업화 이전 수준과 비교할 때 2℃ 이상 증가해서는 안 된다는 점에 공감하였다.

최대 온도상승 2℃를 목표로 하는 것은 대기 중 온

실가스 농도를 450ppm 이하로 안정시킬 것을 의미하는 것이다. 이것은 2015~2020년에 전 세계 배출량이 최고를 기록하고 이후에는 하락하는 것을 의미하며 다른 온실가스도 실질적으로 감축하여 CO₂ 배출량을 2050년까지 1990년 대비 약 45~60%까지 감축할 것을 요구하는 것이다. 그러나 독일의 뷰포탈 연구소(2005)에 의하면 만약 전 세계가 온실가스 배출량을 줄이기 위한 노력이 없고 Kyoto Protocol이 실행되지 않는다면, CO₂ 농도 450ppm 이하 억제를 2020년 이전에 달성하지 못할 것이라고 전망하고 있다. 특히 Annex I에 속하는 선진국들이 2020년까지 450ppm CO₂로 목표를 이루기 위해서는 1990년 수준의 20%이하로 배출량을 줄여야 할 필요가 있다. 550ppm CO₂를 위해서는 대략 15% 삭감해야 하고, 400ppm CO₂은 대략 35%의 CO₂를 저감해야 한다.

IPCC 보고서에서 세계적으로 2100년 CO₂ 농도 안정화비용은 1~8 조 달러가 들 것으로 추정하고 있다(이것은 CO₂ 농도 550ppm에 대한 것이다). 이는 유럽 연합 국가의 GDP를 평균 0.2~1.8% 삭감한 효과와 같다고 볼 수 있다. 따라서 이러한 감축목표는 매우 실현하기가 어려운 것으로 전망하고 있다. 우선 전 세계적으로 에너지와 교통 수요에 대한 요구가 지속적으로 더 많이 요구됨에 따라 온실가스 배출의 감축은 오늘날의 기술수준보다 더 좋은 기술을 필요로 하고, 두 번째는 기후변화는 누적효과와 함께 빠르게 진행되고 있기 때문에 단기간에 처리할 수 있는 기술이 요구된다.

온실가스 중 CO₂ 감축을 위한 기술은 [표 1]과 같이 화석에너지를 사용할 때 발생하는 CO₂의 배출량을 줄이는 저감기술과 발생한 CO₂를 처리하는 처리기술로 구분되며, 보다 구체적으로는 에너지 절약, 대체에너지 및 CO₂ 처리 기술로 분류된다. 본 고에서는 온실가스의 대부분을 차지하고 있는 CO₂에 대한 저감 및 처리기술과 전통적인 가스로부터 친환경연료로 각광을 받고 있는 디메틸에테르 (Di-

methyl Ether, DME)에 대하여 살펴보고자 한다.

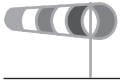
II. 에너지 분야의 기후변화 대응 현황

최근 화석연료 사용 및 관련 분야의 에너지 사용을 저감시킴으로써 직접적인 이산화탄소 저감효과를 유발하는 기술개발이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 기술들은 지구온난화에 따른 기후변화를 막기 위한 노력과 더불어, 21세기 에너지시장이 요구하는 고효율, 무공해, 경제성의 세 가지 목표를 동시에 달성하고 각각의 기술이 지닌 한계성을 극복하는데 역점을 두고 있으며 다음과 같이 분류할 수 있다:

- 1) 산업에너지 기술: 산업공정에 투입하는 에너지를 줄이는데 기존공정을 탈피한 새로운 공정 기술개발, 화석에너지를 연소시켜 열이나 동력을 얻는 열·동력발생장치의 효율향상기술 및 생산된 열에너지를 시간 및 공간적으로 보다 효율적으로 이용할 수 있는 시스템 기술

[표 1] 이산화탄소 저감 및 처리기술

기술분류	관련기술	세부기술	적용분야
CO ₂ 저감기술	에너지절약 · 이용효율향상 기술	산업에너지 기술 건물에너지 기술 수송에너지 기술 전기에너지 기술 청정발전 기술	절약형 산업공정, 고효율 연소기, 절전형 냉난방, 환경친화적 건축설비, 저연비 자동차, 조명기기 고효율화, 청정 석탄 및 석유 이용
	대체에너지 기술	자연에너지 이용기술 신에너지 이용기술 폐기물에너지 이용기술	태양열, 태양광 발전, 풍력, 소수력 연료전지 발전, 바이오매스 에너지
CO ₂ 처리기술	이산화탄소 처리기술	회수기술, 저장기술 고정화/재활용 기술	



2) 건물에너지 기술: 가정 및 상업용, 건물용 공조 설비의 효율 향상에 의한 전기나 화석에너지의 소비 저감 및 환경친화적 건축물을 위한 자연에너지 이용 기술

3) 수송에너지 기술: 기존차량의 연비개선에 의한 이산화탄소의 배출 저감 기술개발, 이산화탄소의 배출이 적은 대체연료 자동차 개발, 차세대 저연비 자동차 기술

4) 전기에너지 기술: 부하관리에 의한 전기에너지의 수요공급 안정화 및 다기능 전력저장에 의한 전기에너지 소비 저감 기술

5) 청정발전 기술: 기존의 미분탄발전(Pulverized Coal Combustion)에서 발전효율을 향상시킨 신미분탄연소(Advanced Pulverized Coal Combustion), 기압유동층복합발전(Pressurized Fluidized Bed Combustion Combined Cycle), 가스화복합발전(Integrated Gasification Combined Cycle) 및 석탄가스연료전지복합발전(Integrated Gasification Fuel Cell)기술

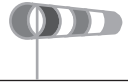
현재까지 에너지 사용에 있어서 CO₂를 전혀 배출하지 않는 기술은 존재하지 않기 때문에 이산화탄소를 줄이는 노력이 당분간 계속될 것으로 보인다. 따라서 세계 각국은 석유와 가스등 화석연료를 사용하여 이산화탄소 등 온실가스를 방출하여 지금의 기후변화를 가져왔기 때문에 이를 대체할 수 있는 에너지원 개발에 많은 노력을 해 왔다. 특히 환경과 에너지를 동시에 고려한 기술개발을 위해 환경단

체와 관련 연구기관들은 태양이나 바람, 바다에너지인 소수력, 파도의 낙차를 이용한 에너지뿐만 아니라 땅속 깊숙이 있는 지열(地熱)과 나무 또는 축산 폐기물에서 발생하는 가스 등도 에너지원으로 활용할 수 있는 기술을 개발하였다. 이처럼 자연에서 얻을 수 있는 에너지원을 재활용한다는 측면에서 이러한 에너지를 재생에너지라고 한다. 또한 석유나 가스등의 화석연료가 아닌 수소와 공기의 반응으로 전기를 만들어내는 연료전지와 같이 새로운 에너지를 이용하는 기술이 신에너지로서 많은 과학자, 기술개발자, 엔지니어들이 기술개발에 박차를 가하고 있다.

최근 유가의 불안정과 기후변화협약 규제 대응 등 내·외부적 요인에 의하여 에너지 자원의 다변화를 통한 화석연료의 수입의존도 감소 및 청정에너지 사용으로 환경보전에 기여할 수 있는 신·재생에너지의 중요성이 점차 증대되고 있으며, 기존에너지원 대비 가격경쟁력 확보 시 미래 차세대산업으로 급성장이 예상된다. 이처럼 신·재생에너지는 과도한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진 각국에서 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진하고 있다. 우리나라도 2011년까지 국가 총에너지의 5%를 신·재생에너지로 보급한다는 장기적인 목표 하에 신·재생에너지기술개발 및 보급사업 등에 대한 지원 강화하고 있다.

III. 디메틸에테르(DiMethyl Ether, DME) 제조 기술

최근 신재생에너지 분야에서 녹색에너지로 각광을



받고 있는 기술이 DME 제조 기술이다. DME는 디메틸에테르의 약어로서 천연가스, 석탄 등으로부터 생산되는 합성가스(수소와 일산화탄소의 혼합물)로부터 제조되며 LPG와 같이 가정용, 수송용 및 발전용으로 광범위하게 이용이 가능하다. 또한 경유와 비교하여 배기가스가 매우 깨끗하다는 보고가 있다. 최근 중국을 비롯한 동남아시아에서는 DME가 연료로 급부상하여 청정연료로 상업 생산되고 있다.

1. DME 개요

DME는 낮은 점화온도와 높은 세탄가를 갖으며 탄소와 탄소의 직접결합이 없기 때문에 연료로 사용되었을 때 분진이 발생하지 않는다. 또한 점화온도가 낮아 NOx 발생량을 현저하게 감소시킬 수 있어 엔진의 고효율 운전이 가능하다. 이러한 이유로 DME는 청정에너지로서 각광받고 있고 새로운 ULEV(Ultra Low Emission Vehicle)의 환경 규제치를 만족할 수 있는 고효율의 미래 대체 에너지원이다.

특히 DME는 액화석유가스의 주요성분인 프로판(Propane)과 유사한 물리적 성질을 가지고 있다. 자동차용 경유의 세탄가¹⁾는 40~50이지만 DME는 55 이상으로 압축착화가 가능하여 디젤기관에서 경유보다 높은 열효율을 얻을 수 있다. 이처럼 높은 세탄가를 지니고 물성이 LPG와 유사하여 디젤차량 및 LPG 대체 연료, 연료전지 등의 다양한 용도로 사용할 수 있고 수송·저장 수단, 인프라 구축 등의 장애가 적다는 장점이 있다.

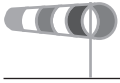
1) 디젤내연기관은 자기착화에 의해 운전되는데, 연료착화성의 척도를 세탄가 또는 세탄지수로 정의한다.

또한 기존 원료로부터 만들어진 탄화수소화합물과 달리 탄소-탄소 간 결합을 가지고 있지 않기 때문에 연소 후 매연이 거의 배출되지 않고, 입자상 물질(Particulate matter)의 생성이 매우 적기 때문에 경유 대체연료로서 우수한 특성을 지니고 있다.

이외에도 DME는 천연가스, 유가스전 수반가스, 석탄층 가스(Coal bed Methane), 매립지가스와 같은 바이오가스(Biogas)와 고체상태의 석탄, 바이오매스(Biomass), 오일샌드, 석유잔사, 폐기물 등의 원료로부터 생산할 수 있어 원료의 제약이 없는 장점을 보유하고 있다.

2. DME 제조기술 개발 현황

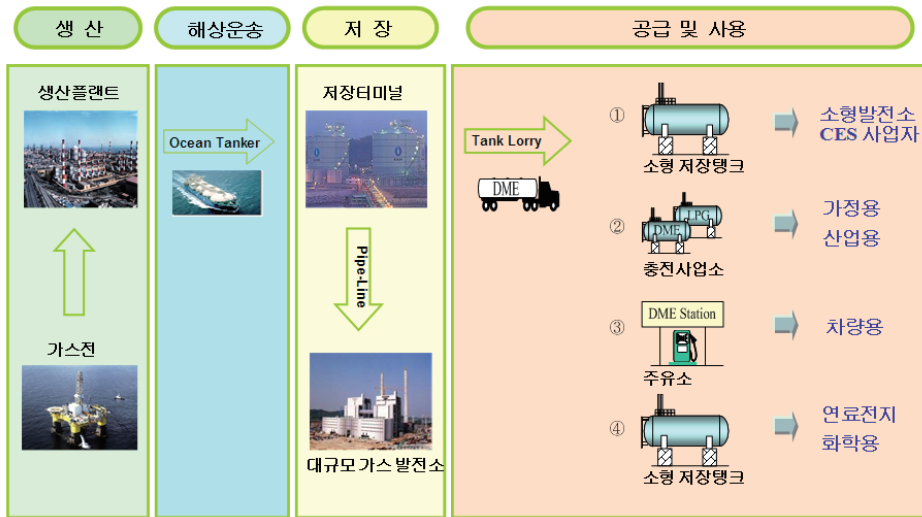
일반적으로 DME를 제조하는 기술은 천연가스, 석탄, 바이오 매스 등의 화석연료로부터 합성가스를 제조한 후 메탄올을 합성하고 탈수반응에 의하여 DME를 제조하는 간접합성법과 합성가스 제조 후 DME 합성으로 직접 전환하는 직접합성법으로 구분된다. DME를 제조하는 공정은 기존의 메탄올에서 탈수반응에 의해서 DME를 제조할 수 있으나 메탄올을 제조하는 플랜트 비용과 DME를 제조하는 플랜트의 2단계 공정비용이 소요된다. 따라서 일본의 경우 경제산업성(METI)의 지원으로 JFE사(구 NKK)에서 직접합성법을 개발하였다. 우리나라도 1997년에 한국가스공사 연구개발원이 산업자원의 "천연가스로부터 액체연료 제조 기술개발 기획 연구"를 수행하면서 아시아 지역에 사용이 예상되는 DME를 제안한바 있다. 또한 2000년부터 지금까지 "천연가스와 이산화탄소로부터 DME 제조 기술 개



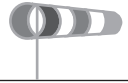
발"을 수행하여 DME 직접반응과 일일 10톤 DME 생산 Demo 플랜트를 성공적으로 개발하여 DME 제조 기술에 대한 초석을 마련하였다. 한국가스공사에서 개발한 KOGAS DME 공정은 천연가스로부터 합성가스제조하여 DME를 기상 고정층 반응기에서 직접 제조하는 공정이 특징이며, 특히 공정에서 생성되는 CO2를 배출하지 않고 회수하여 합성가스를 제조하는 이산화탄소 저감기술을 갖는 것을 특징으로 하고 있다. 중국 Jiutai Chemical(산둥성 임기시 소재)은 내몽골에서부터 석탄을 공급받아 석탄 가스화를 통해 일부 전력으로 사용하고 연간 11만톤 규모의 DME를 상업적으로 생산하여 가정, 상업용 연료로 사용 중에 있다. 2007년 말 기준으로 중국은 약 300만톤의 DME를 생산하여 공급하고 있는 실정이다. 목질자원이 풍부한 스웨덴은 바이오매스로부터 DME를 제조하는 기술을 바탕으로 DME 또는 메탄올을 생산하여 2010년 이후 자동차 연료로

활용하는 계획을 갖고 있다.

DME 생산, 저장 및 공급기술은 가스전 (또는 석탄전, 바이오매스 등)으로부터 DME를 생산하고 수송, 도입하는 일련의 DME 사업체인과 연결되어 이해해야 한다. DME는 보수적인 에너지시장에서 새로운 에너지로 시장에 도입되기 위해서는 제조 기술 확립, 이용기술 개발은 물론 시장에서 유통되는 기반이 구축되어야 한다. LPG의 유통 네트워크를 활용하여 DME에 대한 인프라를 [그림 1]과 같이 고려할 수 있다. 가스전으로부터 개발·생산된 DME는 냉동저장선인 ocean tanker(외항선)로부터 1차 지인 저장 터미널(냉동 저장)에 저장되어 대규모 가스-DME 복합 화력발전소에는 배관으로 공급하고 2차 유통 네트워크로는 탱크로리도 소형발전소, 가정용, 산업용, 차량용으로 DME 충전소(station) 또는 DME-LPG 혼합연료 충전소에 공급할 수 있다.



[그림 1] DME 유통체인(생산에서 공급 및 사용까지의 유통 네트워크)



3. DME 활성화 방안

최근 세계 각국은 DME를 시장에 널리 상용·보급하기 위해 국제표준안의 필요성을 지속적으로 제기하고 있으며, 특히 빠른 시장보급을 위해 LPG와 혼합하여 사용하는 것에 대한 연구가 진행되고 있다. 프랑스, 독일, 일본, 스웨덴, 중국, 터키와 한국 등은 순수 DME에 대한 연료 표준안을 제안하고 있으며 국제 표준화를 위해 ISO/TC28/SC4/WG13를 2007년 9월 프랑스 파리에서 개최하였다. 이 회의에서 한국, 일본, 중국이 각국의 DME 표준안을 제출하였고, 이것을 근거로 차후 순수 DME에 대한 품질기준안을 결정하기로 하였다.

최근 LPG에 DME 20%까지 혼합 시 별도의 인프라 보완 없이 그대로 사용가능하다는 연구결과에 따라 1차적으로 LPG와 혼합한 연료로 가정, 상업용 연료로 사용하게 될 것으로 예상된다. 순수 DME의 경우 디젤 대체연료로 사용가능한데, 이는 세탄가가 디젤 연료만큼 우수하여 압축착화방식의 차량에 적합하고 또한 저공해 연료로 자동차 배출가스 환경문제를 해결할 수 있는 대안으로 제시되고 있다. 이 경우 DME의 물성 중 고무 팽윤작용이나 윤활유 문제로 밸브 종류, 고무 패킹, 가스켓 등 일부를 교체하여 사용하여야 한다. 따라서 DME가 소비자에게 공급되기 위해서는 국민연료로 DME에 대한 가스안전관련 다양한 법률적 검토와 연료표준안, 사용기준 등을 제정하도록 관련기관 등에서 많은 노력이 필요하다. 이를 위하여 우리나라에서도 2007년부터 에너지자원개발사업으로 DME 연료사업의 중·하류 사업 개발과 기반조성을 위해 정부에서 실증·시범 보

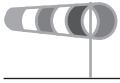
급하는 사업을 추진하고 있으며, 주로 DME-LPG 혼합연료 제조시설(충전소 등), 품질 및 기준제정 및 실증을 위한 연구 사업으로 한국가스공사, 한국가스안전공사, 한국석유품질연구원, LP가스 공업협회 등 정부산하기관에서 추진하고 있다.

그러나 새로운 연료가 국내시장에 보급되기 위해 추가적인 제도 정비가 필요하다. 최근 개정된 ‘석유 및 석유대체연료사업법’(2005. 12. 23 개정)은 석유대체연료 보급 활성화를 위해 석유대체연료의 종류를 바이오디젤연료유, 알코올연료유, 석탄액화연료유, 천연역청유²⁾ 및 유화연료유로 규정하고 있다. DME를 석유대체연료로서 제도권에 포함시키기 위해 가정·상업용 및 자동차용 연료로서의 적합성 평가 및 품질기준이 마련되어야 한다. 한국가스공사는 천연가스로부터 DME를 생산하여 2012년부터 국내 시장에 보급할 예정이며, 한국석유관리원은 DME를 “석유 및 석유대체연료사업법”에 포함시키기 위해 적합성 평가 및 품질기준 연구를 수행중이다.

IV. 결론

21세기 에너지 분야의 최대 화두는 친환경에너지를 기반으로 하는 녹색성장 산업이라고 할 수 있다. 이는 CO₂ 배출에 의한 온실가스 효과로 기후변화가 지구환경에 미치는 영향이 매우 크기 때문이기도 하지만 에너지 저소비와 환경오염을 유발하지 않으면서 지구환경 개선을 꾀하고 꾸준한 경제성장을 유지

2) 베네수엘라 오리노코강 유역에서 생산되는 천연역청(Bitumen)에 물과 계면활성제를 첨가해 만든 발전용 연료



하려는 노력의 일환이라고 할 수 있다.

현재 석유를 기반으로 한 연료는 가까운 미래에 고갈될 것이다. 21세기의 인류는 이러한 현실에서 에너지자원 확보(재생에너지 및 신에너지 개발)와 지구온난화에 따른 기후변화에 대한 적극적인 대응이 필요하다. 본 고에서 제시한 다양한 이산화탄소 저감 기술 중 신재생에너지의 궁극적 개발목표인 수소를 기반으로 한 사업은 현재 기술수준을 고려했을 때 조만간 상업화되기는 어려울 것으로 보인다. 가까운 장래에 상용화가 되고 특히 이산화탄소를 효과적으로 저감하는 기술로써 DME는 바이오디젤과 바이오에탄올에 이은 상업화에 근접한 연료이며, 국내 시장에는 2012년부터 보급이 계획되어 있다. 천연가스, 석탄, 바이오매스 등을 이용하여 DME 생산이 가능하므로, 원료물질에 대한 안정적인 공급이 가능하다. DME는 물성이 LPG와 매우 유사하므로 다른 신재생에너지가 시장에 공급될 때 풀기 어려운 가장 어려운 문제점 중 하나인 LPG 공급 인프라구조

를 그대로 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 분자구조 내에 탄소-탄소 결합을 가지고 있지 않은 합산소 연료이기 때문에 연소과정에서 검댕(soot)과 SOx를 발생시키지 않은 친환경 연료이다. 현재 국내 외에서 DME의 생산 및 보급에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있기 때문에 가까운 미래에 가정, 상업 및 수송용 연료로 상업화될 전망이며, 대체연료로서 확고한 위치를 차지할 수 있을 것이다.

그러나 DME가 에너지 위기에 대응할 수 있는 새로운 에너지로 자리매김 하기 위해서는 국제표준화 및 국내 “석유 및 석유대체연료사업법”의 개정·시행을 통해 가정·상업용 및 자동차용 연료로서의 적합성 평가 및 품질기준이 조속히 마련되어야 한다. 이를 통하여 DME 제조 기술은 기후변화 시대에 국가 저탄소 녹색성장의 중심역할을 수행함과 동시에 미래 신성장동력의 새로운 분야로 각광받을 것으로 기대된다.

기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로*

양 용 석

국회 문화체육관광방송통신위원회 정책비서관/
국회 환경정책연구회 정책비서관
yongseok.yang@assembly.go.kr

1. 논의 배경

선진국이 지난 100여년 이상을 거쳐 이룩한 산업화를 우리는 불과 30~40년만에 실현하고 있다. 그러나 기존 주력산업을 대체할 새로운 성장동력(Green Ocean)의 창출이 뚜렷하게 이루어지지 않아 세계 12위권에서 정체되어 있는 상황이다. 특히 지금은 산업화를 넘어 융합화, 미래화를 지향하는 시대로 변모하고 있으며 글로벌 경쟁의 심화, 지식기반 경제의 도래, 에너지·자원 위기 속에서 세계 각국은 새로운 성장동력 확보를 위한 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

이러한 상황에서 정부는 '저탄소 녹색성장'을 국정

비전으로 제시하고 적극적으로 추진하고 있다. 특히 저탄소화 및 녹색산업화에 기반을 두고 경제성장력을 배가시킨다는 새로운 성장 개념인 녹색성장이 전 세계적으로 주목받고 있는 가운데 정부의 발표는 매우 시의적절 했다고 할 수 있다. 저탄소화는 경제활동에서 발생하는 CO₂ 배출량을 감축시켜 기후변화에 대응하는 것이고(수비적 녹색화), 녹색산업화는 녹색기술, 환경 친화적 비즈니스 모델을 통해 新시장을 창출함으로써 경제성장력의 원동력으로 삼는 것(공격적 녹색화)을 의미한다. 정보통신(Information & Technology, 이하 IT) 산업 역시 에너지 과소비 산업으로 지적됨에 따라 글로벌 IT 기업을 중심으로 '그린 IT' 도입이 새로운 사업 트렌드로 부각되고 있는 상황이다.

* 본 원고는 국회의 공식입장이 아니며, 국회의 입장과 배치될 수도 있는 순수한 사견임을 밝힘.

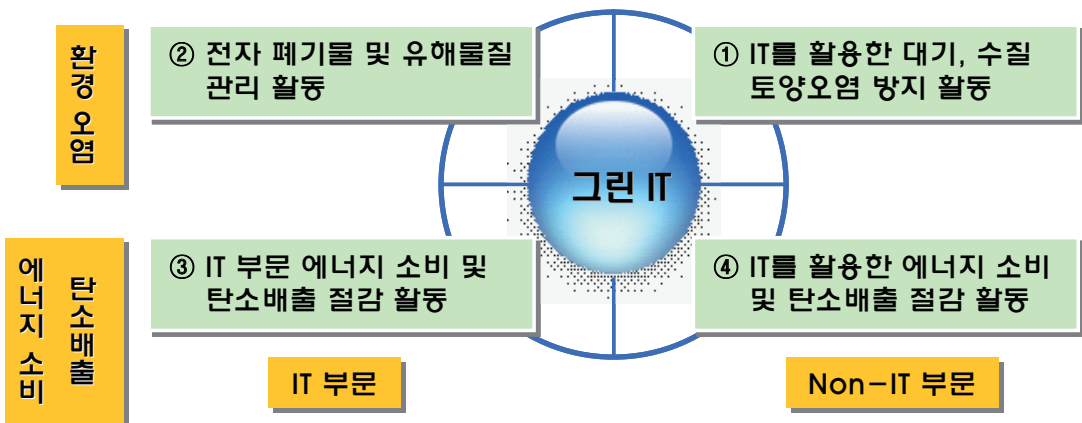
하지만, 우리나라는 ‘환경보호와 경제성장이 양립하는 사회’ 구축을 위하여 정보통신 분야의 에너지 절약과 IT를 활용한 환경문제 해결에 대한 시스템 구축을 하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 향후 환경·경제 통합체제 하에서의 시장경쟁력은 가격·품질이 아닌 생태효율성(Eco-efficiency)과 환경기술에 의해 결정될 전망이기 때문에 그린 IT 이슈에 더욱 주목할 필요가 있다.

이러한 맥락에서 본고에서는 기후변화와 IT 산업의 상관관계를 규명하고자 한다. 특히 그린 IT의 개념 및 이슈를 중점적으로 살펴보고 국내외 추진사례를 고찰해봄으로써 시사점을 도출하고 향후 우리가 지향해야 할 그린 IT 정책의 베스트 프랙티스(Best Practice)를 제안하는데 그 목적이 있다.

II. 그린 IT 개념 및 이슈

그린 IT는 환경을 의미하는 녹색(Green)과 정보기술(IT)의 합성어로 아직 명확히 규정된 정의는 없으나 “IT 부문의 친환경 활동”과 “IT를 활용한 친환경 활동”을 포괄하는 용어로 사용되고 있다.¹⁾ 또한, 최근 기후변화가 글로벌 이슈로 떠오르면서 IT 부문의 에너지 절감 및 CO₂ 배출 감소 활동을 뜻하는 의미도 내포하고 있다. 광의(廣義)의 차원에서 그린 IT는 아래 [그림 1]의 4개 분면을 모두 포함 하지만 ①, ② 분면은 이미 환경 규제 및 보호 차원에서 다뤄져 왔으며 최근 논의되는 그린 IT는 ③, ④ 분면에 초점을 두고 있다.²⁾

- 1) 그린 IT를 글로벌 이슈로 만든 가트너(Gartner, Inc.)는 “기업 운영 및 공급자 관리 과정에서 지속가능성을 위해 상품, 서비스, 자원의 라이프 사이클에 걸쳐 최적의 IT를 사용하는 것”으로 그린 IT를 정의함.
- 2) 선진국 및 국제기구 역시 IT 부문의 에너지 소비 및 CO₂ 절감에 초점을 맞춘 협의의 그린 IT를 중심으로 관련 정책을 수립 및 추진하고 있음.



출처: 한국정보화진흥원, 저탄소 녹색성장을 위한 주요국 그린 IT 정책 추진 동향과 시사점 p.4, 2008.

[그림 1] 그린 IT의 범위

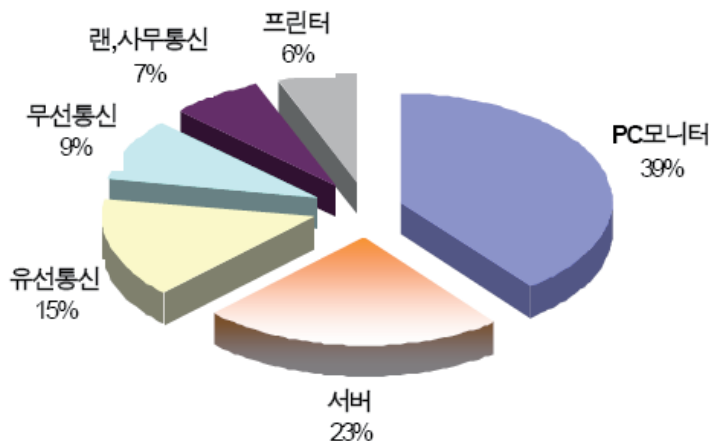
특히 지금까지 기후변화와 관련이 없는 것으로 생각되었던 IT 서비스업의 에너지 소비가 주목을 받으면서 친환경 IT의 중요성이 부각되고 있다.³⁾ 지난 2008년 서울에서 개최된 OECD 장관회의에서도 그린 IT는 주요 화두로 논의되었으며, IT를 활용한 환경문제 해결이 강조된 바 있다.

그린 IT의 주된 이슈는 환경문제와 관련된 것에서 파생된다. IT는 우리 환경에 다양한 형태로 영향을 미치고 있다. 제품 수명주기 관점에서 보면 생산단계, 사용단계, 그리고 폐기단계에 이르기까지 지속적으로 환경에 영향을 미친다. 컴퓨터를 생산하고 다양한 전자부품을 사용하는 과정에서 전력과 원

자재, 화학물질과 물이 소모되고 유해한 폐기물들이 발생되며 직간접적으로 CO₂ 배출을 증가시킨다. 특히 서버, 컴퓨터, 모니터, 통신장비, 데이터센터 등의 냉각장치에 소모되는 전체 전력 소비량은 꾸준히 증가하고 있다. 이는 곧 CO₂ 배출 증가를 의미한다. 보통 PC 하나당 발생하는 CO₂가 연간 1톤에 달하는 점을 감안하면 그 배출규모는 실로 엄청난 것이다[그림 2].

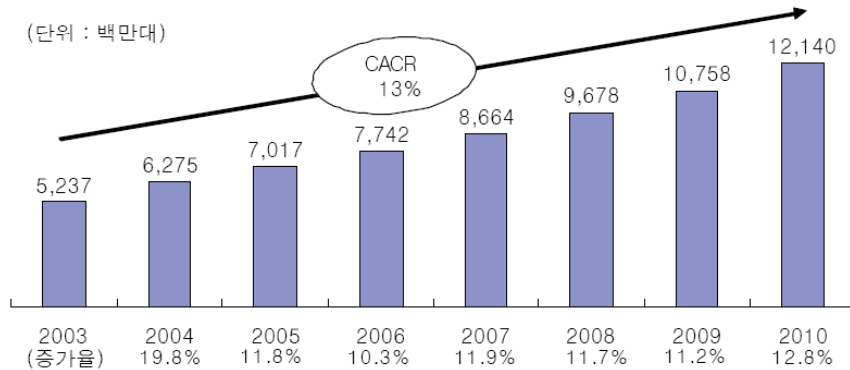
컴퓨터 부품이 유독물질을 포함하고 있는 것 또한 큰 문제다. 소비자들은 구입한지 2~3년이면 구형으로 취급하여 폐기하기 시작하고 이러한 폐기물은 대부분 육지에 매립된다. 폐기물에 포함된 유독물질은 곧 토양과 수질을 오염시키게 된다. 증가하는 컴퓨터 사용, 빈번한 교체주기는 갈수록 환경문제에 대한 우려를 높이고 있는 것이다. 결과적으로 IT 산업, 기업가 및 개인에게 이러한 악순환은 반복적으로 계속될 것이다[그림 3]. 따라서 이러한 악순환을 개선시킬 수 있는 정책적·제도적 보완이 필요하다.

3) IT Operation의 운영, 유지 및 제품·서비스 제공은 갈수록 더 많은 에너지 소비를 요구함. 산업은행경제연구소 자료에 따르면, 2000~2005년간 IT관련 업종의 에너지 소비량은 3배나 증가하였으며, 시장조사기관인 가트너(Gartner, Inc.)는 전 세계에서 배출되는 CO₂ 중에서 IT 제품의 배출 비중이 2%에 이른다면서, 이는 항공산업과 맞먹는 규모라고 추정한 바 있음.



출처: 산업은행경제연구소, 친환경 그린 IT의 현황 및 시사점(IT 서비스업을 중심으로) p.8, 2008.

[그림 2] IT 제품별 CO₂ 배출량



출처: IDC Report, 2010.

[그림 3] 서버 증가율 추이

III. 국내외 그린 IT 추진사례

그린 IT의 가장 강력한 동력은 전 세계 시장에서 불어오는 제품에 대한 환경규제, 기후변화협약, 자원 부족 현상 등이다. 특히 EU에서 시작된 RoHS(유해물질 제한조치), WEEE(재활용), EUP(에코디자인) 등을 IT제품 자체의 그린화를 추구하고 있다. 즉 제품내의 납, 카드뮴, 크롬 등 6대 유해성분 제거, 폐제품에 대한 생산자 의무, 사용단계의 에너지 효율성 등을 직접 규제하기 시작한 것이다.

기후변화협약에 대한 대응도 그린 IT를 촉진하고 있다. IT 산업계가 지구온난화에 직접적으로 기여하는 정도에 대한 문제도 중요하지만 지구온난화의 직접적인 영향권 하에 있는 에너지 집약적 산업에서 온실가스 배출량 저감을 위해서는 IT기술이 반드시 필요하다.4) 기후변화협약과 관

4) 기후변화협약 발효는 사회경제 전반적인 위기로 인식될 수 있지만 IT산업에게는 오히려 기회가 될 수 있다는 의견이 많음.

련된 각종 글로벌 이니셔티브도 그린 IT를 촉진하고 있는 것이다.5)

소비자의 인식도 바뀌고 있다. 미국과 일본을 중심으로 지속가능성을 고려하여 제품을 구매하는 소비자 계층(LOHAS족)이 37% 정도이며(2007년 기준), 매년 증가추세에 있다.6) 이러한 상황에서 국내외 그린 IT 추진사례를 좀 더 면밀히 살펴볼 필요에 대한 당위성은 충분하다.

1. 각국의 그린 IT 전략

5) 대표적으로 전세계 금융권이 중심이 되어 추진하고 있는 '탄소정보공개 프로젝트(CDP: Carbon Disclosure Project)'는 벌써 6년째 시행되고 있음. 즉 산업계의 탄소경영 전략과 온실가스 인벤토리 정보 공개를 촉구하는 내용임.

6) 전자신문이 국내 기업 실무자 142명과 일반 소비자 610명 등 총 752명을 대상으로 '그린 IT 인지도'를 조사한 결과 일반제품과 5% 정도 가격차이라면 그린 IT 제품을 구입하겠다는 응답자가 52.9%에 달했음. 이 중 절반의 응답자는 10% 이상 가격이 올라도 구입하겠다는 의사를 밝혔음.

1) E U

범유럽연구개발프로그램인 제7차 Framework Program (FP7)⁷⁾에서 IT를 통한 에너지 효율화 과제가 포함되면서 공론화가 시작되었다. 에너지 디자인, 에너지 생산·보존·유통, 에너지 소비 등의 부문으로 나누어 IT 기술을 적용한 연구가 착수되었고, 전력 네트워크를 효율적으로 관리하기 위한 IT 기반의 분산 인텔리전스를 연구하기 위해 BUSMOD⁸⁾ 프로젝트와 CRISP⁹⁾ 프로젝트가 수행중에 있다. 또한 2020년까지 전력생산의 20%를 신재생에너지로 충당한다는 'Triple Twenty' 계획을 선언하였다.

독일은 그린 IT를 위해서 2030년까지 원전을 모두 폐기하기로 결정하였으며, 영국 정부는 에너지와 주요 자원의 대형 소비자로서 중앙정부 차원의 그린 IT 비전을 제시하고 있다.¹⁰⁾ 또한, 영국의 방송통신 규제기관인 오프콤(Ofcom)은 CO₂ 배출 총량을 줄이기 위해 'Project Footprint' 이니셔티브를 수립한 바 있으며 2006년 실시한 '탄소 감사

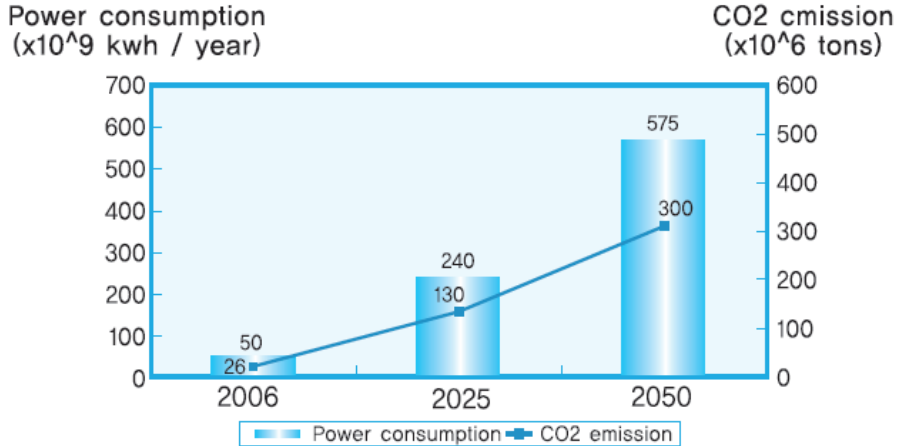
(Carbon Audit)' 결과에 따라 IT에 초점을 맞춘 오프콤의 CO₂ 배출 감축을 계획중에 있다. 'Project Footprint' 이니셔티브는 향후 4년 동안 오프콤의 CO₂ 배출 총량을 25% 감소, 2020년까지 절반으로 줄이는 것이 목표이며 향후 2009년과 2010년에 CO₂ 감시 모니터링을 실시할 예정이다. 덴마크의 경우 2007년 7월 'Green IT Action Plan'을 발표하고 8대 이니셔티브 제시한 바 있으며 IT가 환경문제의 원인이자 해법이라는 인식하에 친환경적 IT 사용과 지속가능한 미래를 위한 IT 솔루션 개발을 위한 실천적 과제를 제시하고 있다.

2) 일 본

일본은 에너지 절감 기술에 있어 기술 강국으로 꼽힌다. 석유 파동 이후로 꾸준히 에너지 절감 연구개발에 투자를 지속해 온 것이 현재 이 분야에 있어 경쟁우위를 차지할 수 있도록 기여한 바가 크다. 일본은 지난 2007년 경제산업성 주도로 에너지 절감형 IT 제품 개발을 촉진하고 효율적인 공급망 관리를 통해 에너지 절감형 시스템 개발을 추진하고 있으며, 이를 통해 '그린 IT 이니셔티브'를 발족한 바 있다(그림 4).

뿐만 아니라 국가적 차원의 그린 IT 프로젝트들이 제안되었고, 대표적인 일본의 IT 기업들이 적극적으로 그린 IT 비즈니스를 수행하고 있어 민간 공동으로 그린 IT 산업을 성장시키고 있다. 특히 '그린 IT 추진위원회(Green IT Promotion Council)'가 설립되면서 관련분야의 국제 표준을 마련하는 등 국제적 공조를 확대하고 에너지 효율성을 달성한 성공 사례를 발굴하여 공유한다는 방침이다.

7) EU가 당면한 문제를 해결하고 국제경쟁력을 강화하기 위해 1984년부터 시작된 범유럽연구개발프로그램으로 2007년부터 2013년까지 7차 프로그램을 시행하고 있음.
 8) Business models for distributed power generation의 약자로 5개국 7개 업체가 참여.
 9) CRITICAL Infrastructure for Sustainable Power의 약자로 3개국 8개 업체가 참여.
 10) ICT의 전력 소비에 대해 2012년까지 탄소중립 달성을 목표로 설정하고 있으며 탄소중립 정의와 추진 방법에 대해서는 환경식품농업부(Defra)와 함께 작업을 추진할 예정이다. 2020년까지 정부 ICT 전체 영역에 대해 탄소중립을 확보한다는 목표아래 최고정보책임자 위원회에 의해 "그린 ICT 추진단(Green ICT Delivery Group)"이 설치되어 그린 ICT 실현을 위한 모범 사례 인식을 제고하고, 시행 중인 부처에 지원 및 자문을 제공하고 있음. 내부 및 외부 조직의 기관 활동, 정책, 관리, 조달, 에너지 효율, 라벨부착 및 처분 등의 기준을 정하기 위해 그린 ICT 성과표(Green ICT Scorecard)도 시험 운영중에 있음.



출처: METI(경제산업성), Expectation for innovative energy-saving technologies of IT equipments, 2009.

[그림 4] 일본의 에너지 소비 및 IT 장비로부터의 CO₂ 배출 예상 규모

3) 미국

미국은 새로운 전력 발전소 건설이 제한되면서 IT 장비의 전력 소비 증가에 대한 우려가 증대되고 있다. 일찍이 에너지 문제를 인식한 미국은 1992년 에너지 효율 증대 방안으로 에너지 스타(Energy Star) 프로그램¹¹⁾을 도입하였고, 아울러 보다 안정적이고 저렴하게 전력을 공급하기 위한 방안으로 2003년부터 전력과 IT를 결합한 스마트 전력망인 인텔리그리드

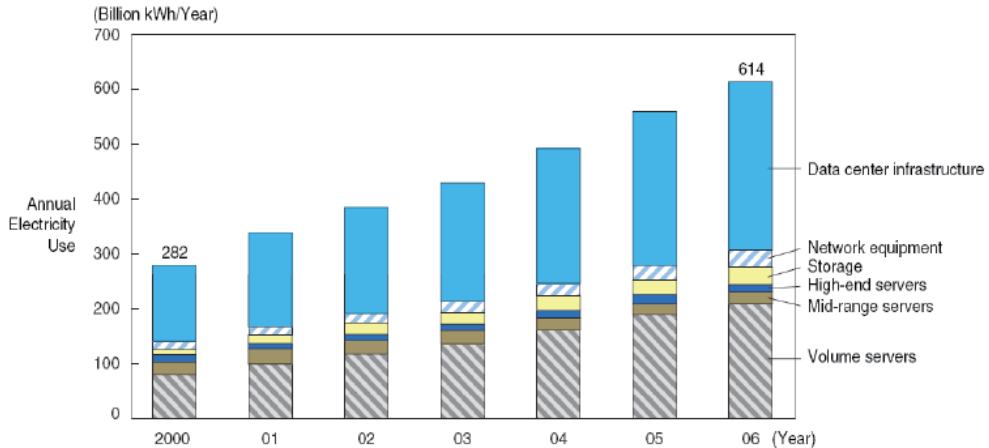
(IntelliGrid) 프로젝트¹²⁾를 추진하고 있다.

한편 미 의회는 2006년 12월 환경보호국에게 데이터센터와 서버의 에너지 사용을 검토하는 보고서 제출을 요청하였으며, 이에 대해 환경보호청(EPA)은 2007년 8월 데이터 센터들의 에너지 효율성 개선의 필요성을 강조하는 보고서를 의회에 제출하였다. 환경보호청 보고서에 따르면 미국의 서버와 데이터 센터들은 2006년 614억 kWh의 에너지를 소비한 것으로 조사되었다[그림 5].¹³⁾

11) 에너지 스타 프로그램은 전력소비를 발생시키는 CO₂ 배출을 감축하기 위한 방안으로 환경보호청(EPA)이 도입하였음. 상기 프로그램은 에너지 절약 제품 사용을 장려하고 이를 증명하기 위해 에너지 스타라는 환경마크를 도입하였으며 컴퓨터 제품에 처음 도입하였으나 이후 다양한 전기전자 기기로 확대 적용되어 국제적 표준으로 채택되었음. 환경보호청은 에너지 스타를 통해 2005년에만 약 120억 달러 규모의 에너지 절약을 추산함.

12) 인텔리그리드 프로젝트는 2003년 에너지부(DOE)의 지원 아래 전력연구원(EPRI)에 의해 시작되어 현재는 다수의 전력회사와 대학 및 연구기관이 참여하는 국제적 프로젝트로 확대되었음. 주요 연구분야는 전력망 지능화를 위한 아키텍처 설계, 고성능 배전 자동화 시스템 구축을 위한 DER/ADA 연구, 소비자 포털 구축, 지능형 제어 알고리즘 설계를 위한 FSM 등이 있음. 이외에도 스마트 칩, 전력저장기술, 연료전지 등의 연구가 진행되고 있음.

13) 2000년 기준 2배가 넘는 수준으로 미국 전체 전력 소비의 1.5%에 달함.



출처: Takao SHIINO, Global Warming Initiatives by the Information Services Industry No.128, NRI Papers, 2009.

[그림 5] 미국 데이터 센터의 전력사용량 증가 추이

상기 결과를 바탕으로 환경보호국은 데이터 센터의 전력 소비 증가를 경고하고 구체적 원인을 제시¹⁴⁾하였으며 환경보호청은 연구결과에 기초하여 데이터 센터 에너지 효율성 시나리오를 작성하고 관련 대책을 강구중에 있다. 아울러 환경보호청은 데이터센터의 효율성 측정을 위한 벤치마크 지수 개발 등 미국 데이터 센터들의 에너지 효율성을 높이기 위해 다각적으로 노력하고 있으며 모범사례에 관한 정보를 널리 알리고 미국 데이터센터들이 에너지 효율적인 장비를 채택하도록 촉진하고 있다.

4) 한국

현재 국내에서 추진되는 대표적인 그린 IT 정책은

- 14) - 금융 서비스에서 전자 거래 이용의 증가
- 인터넷 통신과 엔터테인먼트 증가
- 전자 진료 기록 이용 증가
- 글로벌 비즈니스 및 서비스 증가
- GPS 및 RFID 도입에 따른 데이터 증가

2005년 시작된 ‘Standby Korea 2010’ 대기전력 저감 프로그램을 들 수 있다.¹⁵⁾ 지식경제부는 신정부 IT 전략으로 제시한 ‘뉴IT 전략’ 12개 세부 과제중 하나로 그린 IT를 선정하고 IT 제품 에너지 효율을 2012년까지 20% 향상한다는 목표를 제시하였다.

한편 행정안전부는 정부통합전산센터 그린화를 위해 에너지 절약 신규과제를 발굴하고 ‘에너지절약 종합추진계획’을 수립하고 있다. 상기 계획은 매일 실내 환경 데이터를 측정 관리하여 적정 실내온도 유지, 자판기·정수기 타이머 설치, 승용차 함께 타기 활성화 및 경차 사용 유도 등을 포함하고 있다. 종합적인 에너지 절감을 통한 환경보호 및 예산절감을 위해 전문기관의 에너지 진단, 유휴장비 전원차단 및 철거 등을 주요 내용으로 ‘그린기반의 통합전산센터 환경개선 계획’도 추진할 예정이다.

- 15) 대기전력 저감 기준을 만족한 제품에 에너지 절약마크 부착, 기준 이하 제품에 대해서는 경고표시제 적용.

2. 글로벌 IT 서비스 업체들의 ‘그린 IT’ 전략

1) 후지쯔(FUJITSU)

그린 비즈니스를 표방하는 후지쯔는 데이터센터 및 제조공장의 CO₂를 줄이는 ‘그린 팩토리’, 서버 및 노트북 등의 전력 소모량을 낮추고 친환경 원재료를 사용하는 ‘그린 프로덕트’, 고객사의 비즈니스 과정에서 CO₂ 배출량을 줄이는 ‘그린 솔루션’, 친환경 국제규약을 따르는 ‘그린 매니지먼트’, 후지쯔 임직원들이 친환경운동에 동참하는 ‘그린 어스(Earth)’ 등의 친환경 정책을 펴고 있다. 2010년까지 그룹 차원의 이산화탄소 발생량을 700만 톤 이상 감축할 계획인 후지쯔는 전 제품군의 에너지 효율을 높여 이전 제품 대비 전력량을 50% 줄일 수 있는 신제품을 출시하고 있다.

또한, 설계·디자인·도입·운영 등 데이터센터 라이프 사이클 전 단계에 걸쳐 전력비용과 이산화탄소 발생량을 최대 50% 절감한다는 목표를 세우고 있으며 후지쯔의 ‘그린 IT 아웃소싱 서비스’, ‘그린 IT 컨설팅 서비스’도 관심을 모으고 있다.

2) 지멘스(SIEMENS)

2050년까지 CO₂ 배출량을 연 100억 톤씩 줄인다는 목표를 내세운 지멘스는 친환경 에너지 절감기술 개발에 주력하고 있다. 최근 세계적으로 초고층 빌딩 붐이 일면서 빌딩 자동화 제어 통합솔루션을 제공하는 지멘스의 기술력이 주목받고 있는 것이다. 이 기술은 101층 높이의 세계 최고층 빌딩인 대만 기술 센터에 적용되어 빌딩의 조명, 온·습도 등을 자동 제어하여 에너지 효율을 높이고 있다.

전기발전 분야에 핵심 경쟁력을 지닌 지멘스는 전기 생산과 배전 과정, 교통 시스템 전반에 걸쳐 친환경 기술 적용을 시도, 현대도시의 삶을 바꾸고 있다.

3) 한국HP

한국HP는 PC의 에너지 효율 향상과 인체공학적인 설계로 보다 쾌적한 환경에서 작업할 수 있도록 돕는 제품과 서비스를 통해 ‘그린 오피스’를 실현했다. 제품 개발 단계부터 에너지를 얼마나 효율적으로 사용할 수 있는지 고려하고 친환경적인 소재 및 부품을 채택하는데 중점을 두었다.

또한, 리모트 클라이언트 솔루션(RCS: Remote Client Solution)과 같은 핵심기술을 이용해 기업이 가진 IT자원을 효율적으로 관리·사용할 수 있도록 돕는다.

4) 시스코(CISCO)

시스코는 에너지 효율성 개선을 높이기 위한 다양한 신기술을 보유하고 있으며, 그 대표적인 예가 일대일 실물영상으로 대면 커뮤니케이션 대체 효과를 지원하는 시스코 텔레프레즌스(Telepresence)이다. 2006년부터 탄소 배출량을 10% 이상 줄이겠다는 목표 하에 텔레프레즌스 사용을 적극 권장, 온실가스 배출의 주요 원인인 항공여행 수요를 줄였다.

또한, 어플리케이션 지원능력을 높이기 위한 기술 개발은 물론 데이터센터 스위칭, 보안, 클러스터링을 위한 다수의 제품을 포함한 ‘넥서스(Nexus)’ 제품군을 출시해 그린 IDC 구현을 현실화할 전망이다[그림 6].



출처: IBM · CISCO, Green IDC Image, 2010.

[그림 6] 그린 IDC 전경

5) SK텔레콤(SKT)

SK텔레콤은 사옥을 중심으로 에너지 사용량 절감 대책을 추진하는 한편, 네트워크 운용 효율화, 냉방기 교체 사업 등을 통해 전력 사용량을 저감하기 위해 노력하고 있다. 특히 네트워크 장비 운용에 꼭 필요한 냉방 과정에서 사용되는 전력소비량 감축을 위해 앞으로 발생하는 노후 냉방기 수요는 전량 자연 공조냉방기로 대체할 계획이다.

SK텔레콤은 환경오염의 원인이 되고 있는 폐휴대폰의 회수도 적극 추진하고 있다. 지난 2007년에 회수된 휴대폰의 83.4%는 SK네트웍스를 통해 중국, 러시아 주변 독립국가연합 등 해외로 수출됐으며, 14.8%는 일정 자격을 갖춘 재활용업체에 매각 처리 했다.

또한, 친환경 기지국의 단계적 전환을 추진하고 있

다. 2007년 말 기준 생태보호구역 내 설치된 SK텔레콤의 기지국과 중계기는 각각 19개와 42개이다 [그림 7]. WCDMA 전국망 구축과정에서 신규 기지국과 중계기 설치가 늘어나면서 생태보호구역에 위치한 경우도 증가했다.



출처: SK텔레콤, 2010.

[그림 7] SK텔레콤의 친환경 기지국 전경

6) KT

KT는 그린 인프라+그린 시스템+그린 컴포넌트 자원을 활용해 인터넷 기업과 개발자가 아이디어와 창의력을 발휘해 가치를 창출할 수 있도록 노력하고 있다. 그 중 직류서버 시스템은 그동안 KT가 힘을 기울여온 그린 인프라의 가장 큰 결실이다. 직류서버 시스템은 세 차례 전환과정을 거치며 많은 전력 손실이 발생하는 기존 환경과 달리 단 한번으로 '교류(외부) 직류(IDC 및 서버)' 전력을 전환토록 해 전력 효율성을 높인 시스템이다[그림 8].

그린 시스템 자원은 KT가 직접 '서버+스토리지+네트워크'를 결합해 구축하고 소프트웨어적으로 제공하는 형태의 유틸리티컴퓨팅 방식을 도입했다.

마지막으로 장기적 관점의 접근방식인 그린 컴포넌

트는 유틸리티 컴퓨팅 서비스 기간으로 새로운 사업을 창출할 수 있도록 다양한 소프트웨어 개발키트나 개발툴 등을 제공하는 한편 교육과 테스트 환경까지 제공하는 것을 계획하고 있다.

IV. 그린 IT 추진사례의 시사점

미국, 일본, 영국 등 선진 각국들은 기후변화 문제에 IT가 미치는 영향이 지대함을 일찍이 인식하고 IT 부문의 에너지 절감 및 CO₂ 감축을 위한 다각적인 노력을 전개하고 있다. 아울러 IT가 환경에 미치는 부정적 영향보다 긍정적 영향이 더욱 크다는 점을 인식하고 IT를 활용한 에너지 절감 및 CO₂ 감축에 관한 연구도 활발히 진행하고 있으나 가시적인 성과는 아직 미흡한 실정이다.



출처: KT, Green IDC Image, 2010.

[그림 8] KT의 목동 IDC 전경

최근 선진국이 추진하는 그린 IT 정책은 기존의 IT 제품 환경규제와 IT를 활용한 환경보호 보다는 기후변화와 에너지 효율성 제고에 초점을 두고 있으며, 그린 IT 시장 선점 및 의제 주도권 확보를 위해 국제기구 활동에 적극 참여하며 발언권 강화에 주력하고 있다.

특히 미국, 일본, EU 등 선진국들은 전력 소비량 감소, 이산화탄소 배출 저감 등 친환경 IT 대한 정책

과 전략 수립에 박차를 가하고 있다[표 1]. 우리나라는 세계 9위의 온실가스 배출 국가이며, 1990년부터 2004년까지 온실가스 배출 증가율이 90.1%로 강도 높은 감축 계획 수립이 불가피한 실정이다. 이에 반도체 및 휴대폰, 디지털TV 등 다양한 정보통신 기기의 수출 비중이 높고 IT서비스 및 소프트웨어 산업의 해외 진출이 활발하게 추진되고 있는 상황에서 그린 IT에 대한 적극적인 대응이 필요한 시점이다[표 2].

[표 1] 주요국 그린 IT 정책 비교

구 분	추진 주체	특 징	주요 정책
일 본	IT 전략본부, 총무성, 경제산업성	미래 국가 성장전략과 연계 국가정보화 전략 차원 접근	xICT 비전 그린 IT 이니셔티브
영 국	내각부, 오프콤	정부 부문 솔선수범 탄소중립 실현에 중점	그린 IT 추진단, 그린 IT 성과표, 탄소감사 도입
미 국	환경보호청, 에너지부 그린 그리드	에너지 효율성 제고 접근 민간 주도/그린 IDC 중점	에너지스타, 인텔리그리드 데이터센터 에너지 효율화
덴마크	과학기술혁신부 정보통신진흥원	그린 IT 기반 마련 국제적 역할 강화	그린 IT 실행계획 수립(Green IT Action Plan)

* 출처: 한국정보화진흥원, 저탄소 녹색성장을 위한 주요국 그린 IT 정책 추진 동향과 시사점 p.31, 2008.

[표 2] 국내 기업 및 정부의 그린 IT 전략

구 분	전략
환경부	- 환경산업 신 성장동력 육성 - 환경영향평가법(가칭) 제정
지식경제부	- 그린오션 창출을 위한 기업지원 - 선진국의 환경규제 대응 지원
삼성전자	- 친환경 부품 사용, 전제품 납 사용 중단 - 전 협력사를 대상으로 친환경 인증제도 실시
LG전자	- 친환경 부품 사용 - 전 협력사를 대상으로 친환경 인증제도 실시 - 웹 기반의 유해물질 관리시스템 운영

출처: 환경부·지식경제부·삼성전자·LG전자, 그린 IT 추진전략 답변자료(국회 요구 답변서), 논자 재구성, 2010.

먼저 선진국들이 향후 그린 IT가 IT 부문의 최대 화두로 떠오를 것을 예견하고 정부차원에서 전략적으로 접근하고 있다는 점을 벤치마킹해야 한다. 우리나라의 경우 IT 제품에 대한 환경규제 대응과 폐전 자제품 처리에 관한 정책은 마련되고 있으나 에너지 절감 및 CO₂ 배출에 초점을 둔 그린 IT 전략 및 정책은 미흡한 상황이다. 그린 IT는 기후변화 대응과 에너지 절감이라는 두 가지 국가 현안을 동시에 해결할 수 있다는 점에서 국가 차원의 종합적이고 체계적인 정책 수립 및 사업 추진이 필요하다. 이를 위해 IT 기여방안을 좀 더 구체적으로 모색하고 정부 차원의 실질적인 종합대책 수립이 요구된다.

V. 그린 IT 정책의 베스트 프랙티스 (Best Practice)

1. 다층적 거버넌스 전략(Multi-level Governance Strategy)

유럽 친환경 산업정책의 특징은 유럽연합의 다른 정책들과 마찬가지로 정책 주체가 다양한 다층적 거버넌스 구조를 갖는다는 점이다. 특히 환경-산업정책의 경우에는 이러한 다층적 거버넌스 모델이 성공적으로 자리잡은 대표적인 사례이다. 이에 우리도 이러한 다층적 거버넌스 전략을 통해서 정책을 추진해나가야 한다. 우선, 정부에서 그린 IT 정책에 대한 구체적인 어젠다(agenda)를 제시하고 이산화탄소

[표 3] 그린 IT 기업의 다층적 접근법

- 증강적 접근법(Tactical Incremental Approach)

기업은 기존 IT 인프라와 정책을 유지한 채 에너지 소비 효율화와 같은 그린 IT 목표를 달성하기 위한 간략한 방안을 도입 활용한다.

- 전략적 접근법(Strategic Approach)

기업은 자사의 IT 인프라의 사용이 환경적 관점에 잘 운영되고 있는지 감사를 받고 IT의 그린화를 이루기 위한 광범위한 계획을 수립하고 차별화된 행동 전략을 작성한다. 예컨대, 기업은 새로운 에너지 효율적, 친환경적 컴퓨팅 시스템을 보급하거나 컴퓨팅 자원의 구매, 운영, 폐기에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 새로운 정책을 구현할 것이다. 여전히 비용 효율성 달성과 이산화탄소 배출 저감이 그린 IT 전략의 근본적 이유이긴 하지만, 자사 제품의 브랜드 이미지 제고 및 마케팅 요인도 고려된다.

- 심층적 접근법(Deep Green Approach)

전략적 접근법에서 강조된 방법들을 확장하는 방식이다. 기업은 추가적인 방안을 고려하는데 예를 들어, 온실가스 배출을 상쇄시키는 정책 구현(나무 심기, 이산화탄소배출권 구매, 태양열 풍력 등 자연 에너지 이용 등) 등이 포함된다. 또한, 기업은 회사와 기업에서 똑같이 그린 IT 활동을 할 수 있도록 종업원들을 독려하기 위해 무상 전력 관리 프로그램 배포, 재활용 제품 교환 알선 등의 인센티브를 제공한다.

출처: (원문) San Murugesan, Hamessing Green IT: Principles and Practices, IT Pro, IEEE Computer Society, 2009. (번역문) 한국소프트웨어진흥원, 그린 IT 활용: 원칙과 실천, 2008. 이상 두 가지를 모두 참조하여 논자가 재구성함.

배출량 규제의 틀을 통해서 선제적인 규제 모델을 제시해야한다.

다음으로, IT 기업들은 정부의 그린 IT 정책을 통해서 자사의 성장동력화를 추구해야한다. 특히 IT 기업들의 역할이 매우 중요하다. 기업은 전사적 차원에서 그린 전략을 수립한 후 총체적인 관점에서 그린 IT 전략을 개발해야 한다. 기업의 그린 IT 전략에는 목적, 달성 목표, 실행 계획과 스케줄이 명시적으로 포함되어야 한다. 대기업의 경우 '환경 경영 임원' 제도를 운영해 체계적으로 기업차원에서 환경 경영 목표를 수립, 운영, 관리, 평가할 수 있을 것이다. 이러한 전략을 중심으로 다층적 접근법을 제시하자면 [표 3]과 같다.

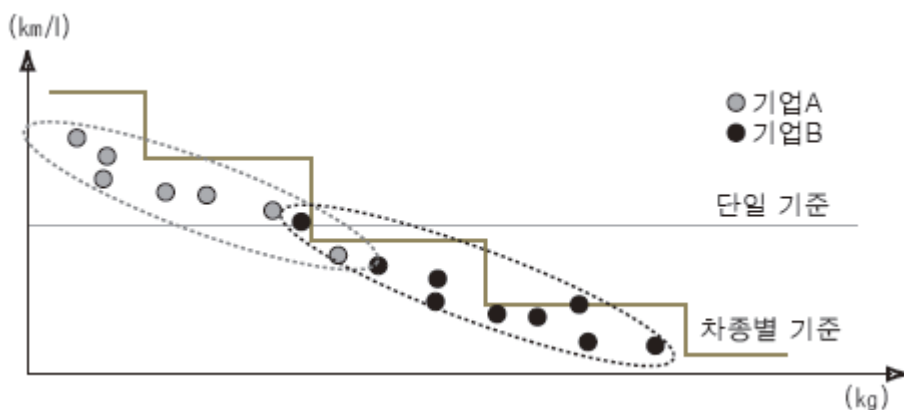
그린 IT를 새롭게 도입하여 시작하는 기업에게 다층적 접근법은 효과적이며 점진적으로 완전한 그린

IT 전략을 실현하는 상태로 발전할 수 있을 것이다.

마지막으로, 소비자(사용자)들은 정부의 틀 내에서 허용되는 각 기업의 그린 IT 상품을 특성에 맞는 상황에 사용함으로써 그린 IT 산업을 발전시켜 나가야 한다. 이러한 정부-기업-소비자 간의 다층적 거버넌스 구조 하에서 역할 분담과 이해관계 조정을 이뤄 그 동안 단독으로 수행하기 어려웠던 폭넓은 정책과 특수한 상황에 맞는 그린 IT 정책이 함께 실행될 수 있을 것이다.

2. 톱 러너 전략(Top Runner Strategy)

일본의 환경산업 전략은 친기업적이다. 일본은 자국 산업에 대한 부담을 우려하여 강제적인 배출권 거래제 도입을 가능한 한 미루고 경단련 중심의 자발적 협약을 중심으로 온실가스 감축을 유도하였다. 물론



주: 다양한 품목을 생산하는 기업들의 상황에 맞추어, 생산되는 품목별로 차등화된 효율화 기준을 제시하는 방안.
출처: 일본(경제산업성)·LG 경제연구원, 2008.

[그림 9] 수준별 톱 러너 기준

[표 4] 톱 러너 방식에 의한 효율성 향상과 도달 기한

장비	효율성 향상	도달기한	기준 연도
TV 세트	25.7%	6년	1997년
비디오 카세트 레코더	73.6%	6년	1997년
에어컨디셔너	67.8%	7년	1997년
냉장고	55.2%	6년	1998년
냉동고	29.6%	6년	1998년
승용차(가솔린)	22.8%	10년	1995년

출처: 일본(경제산업성)·LG 경제연구원, 2008.

이런 산업계에 대한 우호적인 전략은 이미 오일 쇼크 때부터 수송 및 주거 부문의 에너지 효율성 증대에 많은 노력을 기울여 세계 최고 수준에 도달한 점이 밑받침이 되었다. 일본 산업의 특징은 기업들에게 이른바 톱 러너 방식이라는 벤치마킹에 의한 효율성 지표를 도입했다는 점에 있다. 이에 우리도 톱 러너 전략을 적극적으로 벤치마킹하여 효율성을 향상시킬 필요가 있다[그림 9].

톱 러너 전략은 기준연도에 한 산업 내에서 에너지 효율이 가장 높은 기업, 즉 톱 러너의 생산성을 목표연도까지 다른 기업들이 달성하도록 만든 것이다. 이를 달성하기 위해 세금 경감이나 친환경 고효율 인증제도 등의 각종 정책 수단을 동원하고 있다.¹⁶⁾

16) 가솔린 승용차의 경우 2010년 달성하고자 하는 연비 효율을 20% 초과달성한 차량에 대해서는 취득세를 30만엔 감축하고, 보유세를 50% 깎아주는 인센티브를 주었음. 10% 초과달성한 차량에 대해서도 취득세 15만엔을 감축하고, 보유세를 25% 경감시켜 주는 등의 방식으로 혜택을 주었음. 이러한 톱 러너 제도를 통해 2010년 달성하고자 했던 15.1L/km의 연비 목표를 2005년에 이미 달성하였으며 자동차 외에도 텔레비전, 비디오레코더, 복사기, 컴퓨터 등 AV 사무기기에서부터 에어컨, 비데, 전기밥솥 등 생활가전에 이르기까지 21개 품목에서 이와 같은 톱 러너 방식의 부문별 협약을 진행하였음.

또한, 톱 러너 방식은 벤치마킹에 의한 효율성 향상 외에도 이른바 부문별 특성을 고려한 공정성 기준을 따른다. 즉 한 산업, 혹은 품목 내에서 차등화 된 목표를 제시한다. 예를 들어 자동차의 경우에도 소형차, 경차에 집중한 회사와 대형차에 집중한 회사에 각각 차등화 된 목표를 제시하는 것이다[표 4].

하지만, 톱 러너 방식이 대기업에 다소 유리한 정책으로 알려져 있다는 점을 감안하여 국내에서 적용할 경우에는 중소기업들도 대기업 수준의 효율성에 도달할 수 있는 정책적 지원이 함께 병행되어야 할 것이다.¹⁷⁾

VI. 결 언

한국의 차세대 성장동력으로 녹색성장을 제시한 것은 불가피한 선택이지만 그린 IT는 선택이 아닌 필

17) 대량 생산을 통해 규모의 경제에 의한 높은 효율을 누리고, 관련 특허를 다수 보유하여 기술적 우위를 획득한 일본의 대기업들은 대다수가 산업별 톱 러너로 지정되어 각종 혜택을 본 것으로 알려져 있음.

수적인 과제이다. 또한, 그린 IT는 경제적인 뿐만 아니라 환경 친화적이라는 관점에서 미래 지향적인 대안이기도 하다.

그 동안 IT 산업은 장비의 프로세싱 파워와 성능 향상에만 집중되었다. 전력이나 냉각, 데이터센터 공간에 대한 우려는 상당부분 반영되지 못했던 것이 사실이다. 하지만, 이제 IT 산업은 IT의 환경 영향에 대한 사회적, 경제적, 제도적 요구 조건에 부응해야 한다. 그린 IT의 도입과 실행을 위한 상당한 도전이 현실 속에 존재하고 있지만, 앞서 언급하였던 전략들을 통해 극복해 나가야한다.

전략적인 기회로서 이러한 도전에 응전하는 국가와 기업 및 소비자 주체들은 새로운 경쟁력을 확보하여 그 혜택을 누리게 될 것이다. 무엇보다 정부-기업-소비자 간의 선순환 구조의 협력체계 구축유무가 승패를 가름할 것이다.

참고문헌

산업은행경제연구소, 2008: 친환경 그린 IT의 현황 및 시사점(IT 서비스업을 중심으로)
 삼성경제연구소, 2008: 녹색성장시대의 도래.
 삼성전자, 2010: 국회 지식경제위원회 보고자료.

LG 경제연구원, 2008: 녹색성장 정책의 베스트 프랙티스.
 LG전자, 2010: 국회 지식경제위원회 보고자료.
 이한경, 2009: 국내외 그린 IT 시장 동향 및 전망.
 일본(경제산업성), 2010: KOTRA 일본 무역관 보고자료.
 전자신문, 2009: 그린 IT 기획시리즈.
 지식경제부, 2010: 국회 지식경제위원회 보고자료.
 지식경제부, 2009: 신성장동력 비전과 발전전략 브리핑 참고자료.
 한국소프트웨어진흥원, 2010: 국회 지식경제위원회 보고자료.
 한국소프트웨어진흥원, 2008: 그린 IT 활용: 원칙과 실천.
 한국소프트웨어진흥원, 2008: 일본의 그린 IT 정책 동향.
 한국소프트웨어진흥원, 2008: 글로벌 IT벤더들의 그린 IT 전략 및 시사점.
 한국정보화진흥원, 2010: 국회 행정안전위원회 보고자료.
 한국정보화진흥원, 2008: 저탄소 녹색성장을 위한 주요국 그린 IT 정책 추진 동향과 시사점.
 한국정보화진흥원, 2008: 그린 IT 주요 이슈 및 시사점.
 환경부, 2010: 국회 환경노동위원회 보고자료.
 행정안전부, 2010: 국회 행정안전위원회 보고자료.
 IBM· CISCO(<http://www.ibm.com>/<http://www.cisco.com>), 2010: Green IDC Image.
 IDC(<http://www.idc.com>) Report, 2010.
 KT(<http://www.kt.com>), 2010: Green IDC Image.
 METI, 2009: Expectation for innovative energy-saving technologies of IT equipments.
 San Murugesan, 2009: Harnessing Green IT: Principles and Practices, IT Pro, IEEE Computer Society.
 SKT(<http://www.sktelecom.com>) Report, 2010.
 Takao SHIINO, 2009: Global Warming Initiatives by the Information Services Industry No.128, NRI Papers.

기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임

김 창 섭

경원대학교 교수

(사)지속가능소비생산연구원 대표

cskim407@kyungwon.ac.kr

1. 기후대응의 사전예방원칙의 유용성

기후변화협약의 목적은 대기중 온실가스의 농도를 적절한 수준으로 낮추어 지구 기후시스템의 안정성을 보장하려는 것이다. 그러나 기후변화에 대한 전 지구적 우려에도 불구하고 지속적으로 대기중 온실가스의 농도가 오히려 증가하는 것이 현실이다. 문명의 지속가능성을 위해 인류는 빠른 시간내에 그 간의 자원소모형의 발전전략을 수정하고 화석연료 중심의 에너지체계에서 탈피해야 한다.

그러나 최근 기후변화가 인류문명에 의한 인위적 활동결과에 기인한다는 사실 자체에 대해 의문이 제기되고 있다. 일부 IPCC보고서 내용에 대한 회의론이 언론에 자주 노출되고 있는 것이 바로 그것이다. 이러한 논쟁에는 매우 다양한 논점이 존재하고 또

한 복잡한 이해관계가 얽혀있다. 그러나 간단히 정리한다면 이 논쟁의 핵심적 이슈는 1992년 리우에서 결정된 기후변화협약의 핵심인 “사전예방의 원칙”을 고수할 것인가 혹은 버려야하는가의 문제로 귀결될 수 있다. 사전예방의 원칙이란 기후변화의 원인과 영향에 대한 완벽한 과학적 결론이 도출되기 전이라도 기후변화가 가져올 위험에 미리 대비해야 한다는 원칙이다.

최근의 복잡한 논쟁에도 불구하고 우리정부가 작년에 발표한 녹색성장기본법상에 법제화를 시도하고 있는 국가감축목표는 바로 사전예방원칙이 구체화된 조치로 해석되어야 한다. 어느 나라보다도 공격적인 국가감축목표의 설정 및 법제화 추진이 우리사회의 지속가능한 발전에 어떠한 영향을 미칠 것인가? 보다 구체적으로 이야기하여 IPCC보고서

에 대한 회의론 혹은 음모론이 나타나는 상황하에서 2030년에 BAU대비 온실가스를 30% 감축한다는 우리 정부의 과감한 국가감축목표 설정이 과연 자원빈국이면서 에너지다소비형 산업구조측에 가공무역으로 살아가는 우리나라 경제사회 발전에 도움이 될 것인가?

큰 틀에서 볼 때 기후변화에 대응하기 위한 대부분의 실천사항은 우리경제사회 구조의 발전에 도움이 된다. 가장 핵심적이고 비중이 큰 실천사항은 산업/수송/가정상업 전 부문에서 에너지와 자원은 절약하는것으로서 이는 기후변화와 무관하게 항상 옳은 덕목이다. 그리고 에너지공급 측면에서 신재생에너지와 원전을 중심으로 하는 탈화석연료 시스템의 추구 역시 좀 더 자주적이고 환경친화적 자원활용이라는 측면에서 적절하다. 그리고 스마트그리드로 총칭되는 새로운 전달체계 역시 향후 에너지를 효과적으로 이용하기 위한 주요한 수단인 동시에 정전과 사고방지 등의 측면에서 기후변화와 무관하게 추진해야 할 기술적 자산이다.

이와 같이 기후변화대응을 위한 각종 실천적 조치는 사실상 기후변화가 아니어도 고유가 등 유가변동에 대하여 대단히 취약한 구조를 가진 우리가 보다 지속가능한 발전을 위하여 반드시 추진해야하는 조치인 것이다. 특히 고유가는 우리경제에 심각한 위기요인으로서 우리의 외환보유고를 고갈시키는 주점이다. 기후변화대응을 위한 추가적인 비용지불과 고유가상황에서 비롯된 외환보유고의 고갈은 우리경제에 가장 심각한 위기요인으로 작동할 것이다. 이러한 측면에서 사전예방원칙에 입각한 강력한 기후

대응(에너지절약 등)은 장기적으로 필연적인 우리의 자주적 대응방안이다.

문제는 이러한 사전예방의 원칙에 충실한 선제적 행동이 우리에게 미칠 단기적이고 구체적인 영향일 것이다. 미리 준비하고 투자하고 행동함으로써 얻어지는 결과가 우리에게 미치는 영향은 부정적일 것인가 혹은 긍정적일 것인가? 대표적인 부정적 우려는 제조업에 대한 탄소세의 부과가 국제시장에서의 가격경쟁력 저하로 바로 이어진다는 점이다. 기후변화에 대응하기 위한 비용을 지불하는 적정 시점과 강도에 따라 우리 산업계의 경쟁력은 크게 변동되고 우리사회의 소비행태와 삶의 방식 역시 크게 변화할 것이기 때문이다. 그러나 우리는 어떤 시점에 누가 그 비용을 어떻게 지불할 것인가에 대한 이해가 부족하다. 사실 이 문제는 전략적으로 매우 중요한 이슈이다. 에너지다소비 산업의 에너지효율성을 극대화하기 위한 노력은 중장기적으로 반드시 추구해야 하는 국가적 과제이다. 문제는 단기적인 변동만으로도 우리 기업의 경쟁력과 생존에 미치는 영향이 지대하기 때문에 어려운 것이다. 인류의 미래를 위하여 우리 주력산업의 경쟁력을 양보할 수는 없는 것이 아닌가. 비용지불의 시점과 강도는 바로 우리 주력산업의 생존이 걸린 이슈인 것이다. 매우 섬세하고 전략적인 판단이 필요하며 이러한 판단과 선택에서 실패한다면 우리가 쌓아온 산업과 부는 치명적인 위협에 노출된다. 한 번의 결정이 우리 국가의 미래를 결정하는 것이다.

이러한 중차대한 문제에 대해 우리사회의 논의구조는 너무나도 빈약하다. 정부는 녹색성장위원회의 신

설에도 불구하고 여전히 입장을 통일하지 못하고 있다. 게다가 일반 소비자는 기후변화가 인류생존의 문제라는 사실에 대한 이해는 있으나 이것이 우리 경제의 미래와 직결되어 있다는 사실과 비용지불의 당사자라는 사실에 대하여는 잘 모르는 듯하다. 이러한 이슈에 대한 수많은 세미나와 공청회 등에도 불구하고 정부, 기업 그리고 소비자간에 실질적으로 의미있는 토론은 부족한 것이 사실이다. 기후대응을 위한 노력과 고통의 강도, 그것이 우리 산업과 일자리에 미치는 영향, 그리고 정부, 기업, 소비자간의 협력방안 등에 대한 구체적인 논의가 부족하다. 너무나도 민감한 이야기이기 때문에 공론화 자체에도 어려움이 있는 듯하다.

이러한 문제에 대하여 우선적으로 우리나라의 부문별 배출특성과 경제주체별 책임소재에 대한 이해가 필요하다.

II. 기후변화관련 부문별 특성 및 책임

현재 통상적인 부문별 구분은 산업, 전환, 수송 그리고 가정상업(공공 포함)으로 구분될 수 있다. 부문별 성격을 살펴보면 어느 경제주체가 감축책임을 부여받아야 하는가를 쉽게 이해할 수 있다. 즉 경제주체(기업, 소비자 그리고 공공부문 등)간의 책임 배분 논의가 가능해 지는 것이다. 여하히 이러한 기후변화(사실 기후변화뿐 아니라 고유가라는 위기도 함께 논의되어야 한다)의 극복여부는 인류문명의 미래뿐 아니라 에너지다소비 제조업중도의 우리나라의 생존과도 직결되는 사안이다. 제조업이 경쟁력을

잃으면 우리나라의 경쟁력도 사라지는 것이다. 이는 소비자의 이익과도 직결되는 것이기도 하다. 반면 소비자의 구매력이 줄어도 역시 기업의 경쟁력이 줄어든다. 이러한 상호성하에서 기후변화에 대응하기 위해 감축노력의 배분을 어떻게 배치할 것인가는 대단히 복잡하고 전략적이어야 한다. 최선의 선택이 존재하지 않고 차선 혹은 차차선의 선택만이 가능할 수도 있다.

산업부문의 책임주체는 명확히 개별 기업이다. 기업들은 상품과 서비스를 만들어 소비자에게 판매함으로써 생존한다. 결국 소비자(내수는 국내 소비자, 수출은 외국 소비자를 의미)가 그 상품과 서비스에 대한 비용을 모두 지불한다. 당연히 감축노력에 대한 비용일체를 결국 소비자가 지불하게 되는 것이다. 따라서 기술혁신과 경영합리화를 통하여 상품 생산과정에서 온실가스 효율성을 높이는 동시에 소비자부담을 최소화하는 기업이 시장에서 살아남을 가능성이 크다. 경쟁의 효과에 의하여 감축비용은 소비자에게 생산적인 방식으로 전가된다. 비용을 전가하지 않는 기업이 승리자가 되는 게임이다(또한 녹색기술을 향한 경쟁을 통하여 새로운 시장의 기회를 기대할 수도 있다). 우리나라 산업의 경우 에너지다소비 산업이 주력 성장동력이라는 점에서 기후변화대응이 가지는 국가 경쟁력 유지의 의미가 다른 나라에 비해 대단히 심각한 위치에 있음도 이해할 수 있다.

전환의 경우 전기에너지를 생산·공급하는 부문으로서 구역전기사업 등 일부 사업자가 있으나 기본적으로 1개 원자력발전사와 5개 화력발전사, 송배전사업자로 구성된다. 현재 공기업체제에 있는 전력부문

은 총괄원가주의에 의해 모든 비용을 최종적으로 전기소비자에게 전가하게 된다. 연료전환(석탄을 가스로, 화석연료를 원자력으로 대체)을 통하여 상당한 기여가 가능하고, 신재생에너지 의무화당제를 활성화하여 신재생에너지 비중을 높일 수도 있다. 이 경우 막대한 비용이 지불되어야 하므로 이로 인한 기회비용은 충분히 검토해야 한다. 이러한 측면에서 전력부문은 기후변화대응에 가장 전면에 위치할 수 있는 영역이다. 불행히도 전력부문에서의 낮은 전기요금제도는 국가적인 에너지믹스의 왜곡을 유발하며 이는 오히려 온실가스의 불필요한 배출증대를 야기한다. 그러나 이러한 비용과 왜곡의효과는 최종적으로 소비자와 기업 모두가 부담하게 된다. 결론적으로 공기업체제하에서의 전력회사가 기울이는 감축과 관련한 노력과 비용은 결국 시차를 두고 산업계와 소비자에게 전가된다.

수송부문은 다소 복잡하다. 기능적으로 본다면 자동차, 열차, 전철 등 운송수단이며 이를 운영하는 경제주체가 책임을 지는 것이다. 한국도로공사, 물류회사, 택시회사 등 다양한 수송부문의 사업자들이 존재한다. 소비자가 직접 운용하는 승용차도 큰 역할을 담당한다. 그러나 어떠한 이동수단을 사용할 것인가는 소비자의 판단이고 소비자가 지불하는 비용으로 관련 산업이 유지된다. 결국 소비자의 이동수단 선택이 수송부문의 감축목표 달성여부에 가장 큰 영향을 받게되는 것이고 모든 비용은 소비자가 직접 지불한다. 문제는 이동수단을 결정하는 사회적 인프라(고속도로, 철도, 공항 등)가 모두 국가주도로 이루어진다는 것이다. 따라서 수송부문은 국가와 소비자간의 적절한 역할분담과 협조가 있어야만 가시

적인 성과를 나타낼 수 있다.

마지막으로 가정상업(공공)부문은 건물부문으로 통칭되는 영역이다. 이 부문은 소유주와 사용자간에 다소 괴리가 존재하는 영역이다. 건물부문은 소유주가 건설사등을 통해 건물을 확보하지만 건물의 에너지 효율성은 초기 건물 설계시에 결정된다. 결국 최초 건설자가 아닐경우 건물의 에너지효율성을 변경하기는 대단히 어려운 일이다. 소비자는 주어진 건물여건하에서 에너지절약에 대한 선택을 수행할 뿐이다. 그러나 다른 부문에 비하여 소비자의 직접적인 책임이 가장 큰 분야이기도 하다. 특히 주택의 경우 일반 소비자가 주거하는 공간으로서 우리의 삶의 질을 결정하는 가장 중요한 요소이고 그 동력은 바로 에너지이다.

이와 같이 4개 부문별로 기업과 소비자는 어떠한 경우에서도 상당한 책임을 지게 된다. 여기서 책임을 진다는 말은 바로 감축비용을 지불하는 주체라는 의미이다. 물론 감축비용의 지불에 따른 혜택 역시 상당부분 소비자에게 귀속된다. 그러나 부문별로 시장 구조에 따라 기업과 소비자의 비용지불과 향후 혜택 간에는 상당한 격차가 존재할 수 있다. 이것이 바로 국가감축목표 설정과 관련하여 부문간 책임(노력)배분 이슈의 핵심 논의사항인 것이다.

III. 국가감축목표와 사회적 공감대의 필요성

작년 우리나라는 과감한 국가감축목표를 설정하여 국제사회에 발표하였다. 이것은 기후변화협약에 대

한 오랜 논의 끝에 드디어 우리나라도 구체적인 조치를 취하기 시작하였다는 의미를 가진다. 그 간 우리나라 정부의 기본입장은 산업계의 경쟁력 위축을 우려하여 가능한 소극적이고 방어적으로 기후변화협약에 대응하는 것이었다. 그러나 이처럼 소극적인 한편 산업정책차원에서는 공세적인 대응방식은 어차피 치루어야 하는 저탄소사회로의 전환비용투입을 지연시키는 약점도 가지고 있었다. 우리나라의 에너지다소비 경제사회구조는 에너지빈국의 입장에서 반드시 극복해야 하는 경제적 효율성뿐 아니라 국가안보적 차원의 문제이기도 하다. 따라서 국제사회에 대한 책임있는 자세로서 기후변화협약에 대한 적정대응은 우리나라 경제사회구조를 업그레이드하기 위한 하나의 충격적인 시도이자 도전이라고 할 수 있다. 그 정점에 국가감축목표 설정 논쟁이 자리한다.

지난 해 정부의 국가감축목표 설정이 소기의 목적을 이루었는가를 평가하기에는 시간적으로 너무 짧기 때문에 여러 가지 이견이 존재한다. 국가목표로서 산업경쟁력의 유지와 국제사회 기여를 동시에 달성할 수 있을 정도로 그 감축수준이 적절한가, 공문화를 통하여 비용지불의 사회적 공감대를 확보하였는가, 잠재량분석과 정책조합 등 정부의 실무적인 역량은 향상되었는가, 국제사회에 대한 선제적 시도가 국익에 실질적인 도움이 되었는가 등 다양한 시각에 대해 현재의 모습은 아쉬운 측면이 많은 것이 사실이다. 우리가 확정한 것은 정부주도로 확정한 2020년 BAU대비 30%감축이라는 하나의 수치(A Single Digit)만이 결정되어 있을 뿐이다. 시행방법, 책임배분, 사회적 공감대형성 등 구체적이고 실천적인 부분에 대해 아직 결정된 것이 없으며 현재 다양한 정

책수단과 시책의 설계가 진행중에 있다. 우리사회는 여전히 국가감축목표라는 국가적 아젠더에 대하여 좀 더 솔직하고 깊이있는 논의를 해야 하는 상황에 처해있다.

최근 녹색성장기본법의 시행령 제정에 대한 논의가 있었다. 작년 제정된 녹색성장기본법의 시행을 위한 매우 중요한 단계에 이르고 있다. 그러나 여전히 집행체계를 둘러싸고 부처간 업무분장에 대한 논란이 있고 산업계는 여전히 강하게 반발하고 있다. 시행령에서 목표관리제도 및 인벤토리, 측정·보고·검증(MKV)체계 등 산업계에 대한 여러 가지 규제와 관련한 논의가 진행되고 있다. 기업에 대한 목표관리제 도입에 대한 적용범위와 절차 소관부처 등의 세부사항이 제시되고 있다. 아마도 이러한 제도 역시 배출권거래제의 논의가 시작되면 다시 원점에서 설계되어야 할 지도 모른다. 또한 국무총리실에 별도의 전담부서를 설치운용하는 방안도 논의되고 있다. 시행령이 제정된다면 드디어 우리나라에서 산업계를 대상으로 본격적인 기후대응을 위한 규제 혹은 파트너십 프로그램이 시행되는 것을 의미한다. 여전히 에너지가격의 정상화(특히 전기요금의 왜곡현상)와 다양한 에너지관련 유해보조금의 개선이라는 기후대응의 가장 기본적인 조치에 대한 논의는 여전히 기후변화관련 논의구조에서 실종되어 있다. 또한 각종 기술규제(최저효율제, 건축설계기준 등)의 강화에 대한 논의 역시 볼 수 없다. 산업계만을 대상으로 하는 규제적용과 부처별 권한에 대한 논의만이 활성화되어 있을 뿐이다. 다시 한번 국가감축목표의 설정과 달성이라는 기본에 근거하여 향후 우리 사회가 추구해야 하는 책무를 살펴보는 것이 중요하다.

총체적인 정책수단의 설계는 향후 많은 논란과 고민을 요구하고 있다. 또한 기업에는 아직도 불확실성이 너무나 크다.

이상적으로 이야기한다면 모든 경제주체가 동의할 수 있는 혹은 수용할 수 밖에 없는 국가차원의 목표와 로드맵을 설정하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 이를 통하여 각 경제주체는 미래에 대한 불확실성을 해소하고 보다 구체적이고 현실적인 대응을 할 수 있을 것이다. 적정 투자시점과 감내해야 하는 비용에 대한 판단이 가능해지며, 어느 부문(산업/소비자)이 어느 정도의 부담을 수용해야 하는가를 판단할 수 있는 것이다. 이것이 바로 “대내협상과정”이며, 국내에서의 “부문간 공동의 차별화된 책임” 논쟁일 것이다. 물론 이상적인 모습이지만, 2020년 30% 감축이라는 현 정부의 목표의 설정과정과는 완전히 다른 방식의 이야기이다. 그러나 감축목표(특히 부문간 책임할당 등) 설정과정에서 발생할 이해당사자간 이견조정을 통해 합의되는 사회 부문간 할당 노력은 기후대응을 위한 노력에 대한 가장 강력한 정치 지지 기반이 될 것이다. 그러한 측면에서 현재 국가 감축목표는 이러한 정치적 역량 형성에는 상당히 부족한 것이 사실이다. 기계적인 혹은 기술적인 분석만을 토대로 하나의 수치(언제까지 수십% 감축!)가 도출되고 국제사회에 공언되는 현 상황은 국가목표 설정을 통하여 얻을 수 있는 “우리모두의 목표”라는 주요한 사회적 자산을 잃는 우를 범한 것이다. “개발독재시절의 100억불 수출”이라는 단어는 수치 이상의 의미를 가지고 있었다는 점을 상기해야 한다.

또한 목표설정시 감안해야 하는 내용적 기준이 있

다. 감축목표설정과 관련하여 단순히 비용으로 바라보는 시각(GDP 몇% 저하 등)은 기후대응이 가지는 기회를 작게 보는 것일 수 있으며 현 정부가 지향하는 녹색성장전략과 부합되지 않는다. 녹색성장전략에 대한 민관의 유기적인 협력으로 녹색경주(Green Racing)에서 승리할 경우 얻을 수 있는 가능성(성장동력의 확충)까지 포함하여 판단할 필요가 있다. 따라서 기술적 잠재량과 감축한계비용이라는 비용적 접근만을 이용한 분석은 불충분한 계산법이라고 보아야 한다. 녹색성장의 성공은 기후변화 대응을 위한 선제적 비용지불이 신성장동력과 저탄소사회 구현을 위한 스마트한 투자로 이어질 때 가능한 것이다. 부문간 한계저감비용 계산은 그 자체만으로도 실천적인 산정이 어려운 과제이다. 이에 산업구조 및 경제성장에 따른 배출전망, 감축기술정보, 기술보급율, 감축수단적용의 현실적용성 등 민간부문과 정부간 정보비대칭 심화 등이 포함되어 논의되어야 한다. 또한 감축노력배분을 결정하기 위해서는 단순히 에너지믹스 조정뿐만 아니라, 문화/행태의 변화, 자원의 전반적인 순환구조의 형성, 총체적인 기술혁신(교육, 기술, 시장 등), 산업구조 등 매우 다양한 사회적 요소의 변동을 최대한 반영해야 한다.

IV. 기후변화대응과 우리나라 산업계의 국제 경쟁력

문제는 국가감축목표의 달성을 위하여 구체적으로 누가, 얼마나, 어떠한 방식으로 책임을 지어야 하는가이다. 부문별 성격과 감축잠재량 및 감축한계비용 등을 통하여 부문별 경제주체(기업, 소비자 그리고

공공부문 등)간의 책임배분 논의가 가능해 지는 것이다. 구체적으로 살펴본다면 산업부문은 거의 전적으로 기업의 책임이며, 전환부문(전기에너지)과 수송부문의 경우 대략 절반 정도가 기업의 책임이고 나머지는 일반 소비자의 책임이다. 가정상업의 경우 거의 전적으로 일반 소비자의 책임으로 볼 수 있다. 결국 기후변화에 대응하기 위하여는 기업과 소비자가 거의 반반의 책임을 가진 것으로 판단할 수 있다. 물론 감축잠재량 및 감축한계비용 등의 요소를 감안한다면 다른 판단이 가능할 것이나 대략적으로 기업과 소비자가 양분된 책임을 갖는다고 하여도 크게 틀린 이야기는 아니다.

우리나라는 다른 경쟁국에 비하여 제조업의 비중이 크며 또한 대부분 에너지다소비 구조이다. 철강, 석유화학, 자동차, 조선 등 일자리 창출효과가 크면서 동시에 환경비용의 지불여하에 따라 수출경쟁력이 크게 변화하는 산업구조를 가지고 있다. 기후변화대응을 위하여 선제적으로 탄소세를 부가할 경우 우리의 주력산업은 경쟁력에 커다란 어려움을 겪게 된다. 반면 이러한 기업의 에너지효율성을 향상시키지 못한다면 고유가와 같은 외부 환경하에서 우리의 경쟁력 또한 급격히 약해 질 것이다. 따라서 결론적으로 이러한 에너지다소비 산업의 에너지효율성을 극단적으로 향상시키면서 동시에 비용상승을 적절히 제어하여 수출경쟁력을 유지하는 매우 섬세하면서도 과감한 노력이 필요하다.

이러한 상반된 조치들을 가장 슬기롭게 조화하기 위한 핵심적 조치는 바로 기술혁신이다. 기술혁신을 통하여 비용상승을 최소화하면서 에너지절약을 도

모하고 동시에 성장동력화하는 투자로 활용하는 지혜가 필요하다. 제조업의 경쟁력을 유지하면서 일자리를 확충하고 동시에 국제사회에도 가장 환경친화적인 제품을 공급하는 역할을 할 수 있다면 그것이 바로 우리나라의 지속가능한 발전을 도모하는 가장 현명하고 멋진 길이기 때문이다. 그리고 이러한 기술혁신을 국가감축목표 달성의 핵심수단으로 활용한다는 것이 바로 우리나라 녹색성장전략의 핵심일 것이다. 우리가 가지고 있는 인프라와 핵심역량을 기후변화대응 노력에 전략적으로 동참시키는 노력이야말로 기후대응비용을 투자로 전환하는 지혜의 본질이다.

V. 기후변화대응을 위한 정책수단의 설계원칙

금번 국가감축목표의 설정과 이를 실현코자 하는 노력은 결국 구체적인 정책수단과 운용방법에 대한 설계에서 시작된다. 현재의 수준(As-Is)와 추구하는 목표(To-Be)사이의 괴리가 클수록 정책수단의 강도는 강화될 수 밖에 없으며 결국 이해당사자와의 마찰과 이해당사자간의 갈등은 커질 것이다. 따라서 녹색성장을 주도하는 정부는 이러한 마찰과 갈등을 관리하면서 시책을 설계하고 집행해야 하는 부담을 갖는다. 현재 우리나라의 목표는 대한민국의 발전전략 자체를 모두 수정해야만 가능한 혁명적인 시도이다. 따라서 그에 걸맞는 결단과 정치력이 요구된다. 원론적인 접근과 현실적인 접근간의 괴리를 어떠한 방식으로 극복할 것인가는 아마도 녹색성장을 담당하는 녹색성장위원회의 최대의 고민일 것이다.

이러한 복잡하고 어려운 상황일수록 해법은 단순하고 정공법에 근거해야 한다. 우리의 자원과 에너지의 생산소비행태를 전환하는 시도는 교과서적으로 논의하자면 가격(세제 등)의 혁신, 규제(특히 기술규제)의 적극적 수용 그리고 과감한 보조금정책이 요구된다. 그리고 이러한 정부주도형 정책과 함께 파트너십 프로그램(VA, 시민단체와의 협력 등)과 시장지향적 수단(배출권거래제도, KCER 등)의 활용이 필요하다. 동시에 배출량을 조절하기 위해서는 국가목표를 설정하고 그 달성가능성을 체크하는 통계인프라를 통하여 노력의 강도를 조절하는 시도가 필요하며, 개별 감축노력에 대한 검인증을 위하여 MRV수단이 요구된다. 이와 같이 기후대응을 위한 정책의 구조는 포괄적이고 종합적이어야 한다. 그러나 현재 논의되는 정책설계의 양상은 배출권거래 및 MRV와 같은 일부 새로운 정책수단에 지나치게 집중하고 관련 부처간 소관에 대한 경쟁에만 함몰되고 있다는 우려가 있다. 기후변화에 대응하기 위한 핵심이슈가 지식경제부와 환경부간의 적정 업무분장만은 아닐 것이다. 또한 목표관리제 및 배출권거래제도는 4개 부문중 산업부문의 일부 다소비 배출기업에만 해당되는 정책수단일 뿐이다. 정책설계는 보다 더 기본에 충실해야 한다. 그러나 에너지가격, 세제개편(일부 탄소세 논의는 있으나), 기술규제 등의 본질적인 그래서 다루기 민감하고 어려운 정책수단에 대한 논의와 제안은 보이지 않는다.

VI. 산업계와 소비자의 협력

기후변화 대응시스템의 구축을 위한 정부주도형의

그린리더십이 중요하다. 그러나 궁극적으로 변해야 하는 것은 바로 기업과 소비자이다. 특히 현재까지의 기후변화 논의과정에서 정부와 기업간의 논의는 그나마 일부 이루어진 측면이 있다. 물론 기업의 주장이 정부정책에 반영된 것이 있는가에 대하여는 기업 입장에서 다소 실망스러울 수 있을 것이다. 그러나 가장 안타까운 일은 정부와 소비자간의 대화가 거의 이루어지지 않았다는 사실이다. 아직 (조직화되지 못한) 소비자는 기후변화의 사회적 논의에서 국외자이다. 그러나 기후변화 대응을 보다 비용효과적이면서 동시에 선순환구조(비용을 투자로)로 전환시키기 위한 가장 핵심적 역할은 바로 기후변화 대응의 한 축을 감당해야하는 소비자에게 있다. 소비자는 일상적인 삶의 과정에서 에너지를 소비하고 있다. 따라서 일상생활에서 대중교통을 이용하고 실내온도를 적정히 하고 에너지가격에 민감하게 대응함으로써 에너지공급의 최적성을 유도하는 역할을 수행할 수 있다. 이는 가정상업, 교통수송 및 발전부문의 지속가능한 시스템 구현의 주체이기 때문이다. 그러나 동시에 에너지소비자는 기업의 지속가능한 발전에 대한 가장 결정적인 영향력을 가진 경제주체이다. 소비자는 구매행위를 통하여 보다 에너지절약형의 제품을 선택하여 기업의 제품생산에 영향력을 행사할 수 있다. 또한 제조과정의 환경성에 대한 판단을 통하여 생애전주기적으로 환경친화적인 제품을 생산판매하는 기업을 흥하게 만들 수 있다.

이는 소비자만이 할 수 있다. 물론 지속가능한 발전에 대한 의식이 있는 책임성있는 소비자를 의미한다. 소비자는 더 나아가 일반시민이고 유권자이고 구매자이고 납세자이다. 기후변화대응에 있어서 모든 비

용의 최종적인 지불자이기도 하다. 기후변화대응에 소요되는 국가사업에 대하여 세금으로 지불하고, 기업의 감축활동 비용과 에너지절약 제품에 대한 구매 비용 등을 지불하고 있다. 또한 건물부문의 에너지 비용 등 제반의 사안에 대하여 이용료 혹은 관리비 등으로 지불하고 있다. 이러한 측면에서 소비자는 대단히 중요한 정도가 아니라 가장 중요한 경제주체이다. 최근 정부에서 강조하고 언론에 자주 등장하는 구호인 '녹색생활'은 바로 소비자를 대상으로 하는 정치적 구호인 것이다. 쉽게 말하자면 소비자들이 솔선수범하여 녹색성장을 위한 비용지불을 해달라라는 말로 이해된다. 그렇다면 우리나라의 소비자는 국가와 기업을 위하여 선제적으로 비용을 지불할 만큼의 여유와 의지가 있는 것일까. 오히려 소비자는 정부의 왜곡된 가격정책으로 기후대응에는 부정적인 방향이면서도 과도하게 비용을 지불하고 있지는 않은지 고민해 보아야 한다. 그러나 불행히도 정부와 기업 그리고 소비자 자신도 소비의 문제와 소비자의 의식에 대한 이해가 부족한 것이 사실이다. 소비자라는 복잡하고 까다로운 경제주체에 대한 새로운 이해와 각성이 선행되어야 한다.

에너지이용과 관련한 활동측면에서 일반소비자는 일부 기업에 비하여 낭비적 요소가 많은 것도 사실이다. 일본 소비자에 비하여 지나치게 큰 자동차를 선호한다. 그리고 큰 가전제품과 큰 아파트 등 에너지낭비형 생활구조를 가지고 있는 것도 사실이다. 이러한 소비행태는 국가감축의 노력에 상당한 부담을 주는 측면이 있다. 이에 따라 설정된 감축량에서 산업부문이외의 비산업부문에 대해 필요한 감축노력의 비중이 높아져 있을 가능성도 있다. 그러나 한

편 전기부문에서 가정주부들은 누진제라는 요금체제하에서 원가반영이 미흡한 산업부문에 대해 교차보조를 주는 것도 사실이다. 즉 가정상업부문이 산업부문에 비하여 같은 전기소비량에 비하여 더 많은 비용을 지불하고 있는 것이다. 이러한 부문간 교차보조는 상당기간 우리사회에서 수용되어온 가격체계이다. 이는 6·70년 정부주도 개발시절부터 소비자가 기업의 수출활동을 일부 지원하여 왔으며 이를 암묵적으로 동의한 것이라는 뜻이다. 이와 같이 우리 소비자들은 기후대응의 책임과 관련하여 복잡하면서도 상반된 입장을 가진 경제주체이다. 누가 어떠한 방식으로 책임질 것인가 그리고 어떻게 고통과 혜택을 배분할 것인가에 대한 사회적 담론이 이루어져야 한다. 이러한 뜬 구름잡는 이야기가 보다 상호간에 진솔하고 구체적으로 그리고 즉각적으로 이루어져야 한다. 이러한 담론은 의외로 중요하다.

기후변화에 선제적으로 대응하는 것은 우리나라와 같은 자원이 거의 전무하면서 에너지다소비제조업으로 삶을 영위하는 국가에는 손해볼 것 없는 필요한 조치이다. 물론 이에는 우리의 장기적인 그리고 단기적인 경쟁력을 동시에 유지하는 지혜가 필요하다. 우리에게 필요한 지혜는 여러 가지 요소가 필요할 것이다. 그러나 가장 중요한 것은 바로 기업과 소비자간의 적절하고 효과적인 역할분담이다. 기업과 소비자와 단절되어 정부주도 설계되는 정책과 시책은 상호호혜적인 시너지를 유발하기 어렵다. 또한 이처럼 명시적으로 연계된 정책과 시책의 설계는 매우 모호하고 복잡한 측면이 있다. 따라서 기업의 생산과 소비자의 구매가 연동되어야만 시장의 기능이 보다 효과적으로 작동하는 것은 자명한 사실이다. 이

러한 단순하고 명백한 연계성이 정부의 정책과 시책에 반영되어야 한다.

그러나 무엇보다 더 중요한 것은 기후변화대응에 대하여 기업과 소비자간의 직접적인 연대와 협력이라고 할 수 있다. 우리나라 기업이 기업의 사회적 책임(CSR)을 다하는 과정에서 소비자를 의식하는 구체적인 행동이 필요하다. 소비자 역시 구매 및 폐기시

반드시 기업의 지속가능한 활동과 제품의 내력을 확인하는 노력이 필요하며 좋은 제품에 대하여 보다 적극적으로 구매하는 결의가 필요하다. 이러한 개개인의 소비자의 노력이 우리 기업을 보다 경쟁력있고 기후변화와 고유가에 강인한 체질의 기업으로 전환할 것이다. 기업과 소비자의 연대는 정부의 녹색리더쉽과 함께 기후변화에 대응하고 고유가에 대처하는 가장 손쉽고 현명한 노력이다.

기후변화미래포럼 개최 후기

김 정 윤

국립기상연구소 정책연구과 연구사

yjk@kma.go.kr

1. 서론

지난 1월 중부지방에 내린 폭설로 국민들은 최근의 기후변화와 이전과 달라진 기상현상에 대해 돌아보는 계기가 되었다. 산업화 이후 우리들은 환경을 배제한 성장에만 관심을 가져왔고, 이는 결국 기후변화로 인한 기온상승과 해수면의 상승, 그리고 갖가지 위험기상의 발생 빈도와 이로인한 피해증가로 이어졌다. 이에 2009년 코펜하겐 기후변화 총회를 통해 세계 각국은 온실가스 저감 및 기후변화에 대응하기 위한 노력을 경주하기로 잠정적으로 합의하였다. 특히 우리나라는 현(現)정부 초기부터 저탄소 녹색성장이라는 패러다임을 도입하여 환경 보전과 동시에 경제성장을 이루기 위해서 정부와 산업계 그리고 학계가 모두 노력하고 있다.

기상청은 기후변화에 대해 높아진 국민적 관심에 부응하고 기존의 인식을 재정립하여 향후 기후변화를 산업에까지 연결시키기 위한 방법을 모색하였다. 그 일환으로 기상청과 녹색성장위원회가 공동주최하고 국립기상연구소가 주관하여 지난 2월 9일 서울 롯데호텔에서 '제1회 기후변화와 미래포럼'을 개최하게 되었다. 이번 포럼에는 기상청장을 비롯하여 기상청 직원, 기후변화 문제의 학술적인 방면에 관심 많은 학계, 산업계, 정치계 그리고 NGO 등의 관계자들이 참석한 가운데 청와대의 한화진 비서관과 삼성지구환경연구소의 황진택 상무의 주제발표를 통해 녹색성장과 새로운 기회로써의 기후변화에 대해서 토론을 하였다.



[그림 1] 기상청장 축사와 주제 발표자 사진

II. 주제발표

1. 기후변화와 녹색성장

청와대의 한화진 비서관은 ‘기후변화와 녹색성장’이라는 주제발표를 통하여 기후변화 대응을 위한 현재 국제사회의 움직임과 각국의 대응전략을 소개하고, 차별화된 우리나라의 녹색성장 정책과 함께 녹색기술의 중요성에 대해 설명하였다. 또한 이의 성공적 실현을 위한 기상청의 역할과 기대에 대한 의견을 피력했다.

1) 기후변화의 주요 원인과 결과

기후변화는 온실가스배출이 주요한 원인이다. 그리고 이로 인한 기온, 강수량, 해수면, 극한현상 등이 발생하여, 결국 생태계와 사회경제 전반에 영향을 미치게 된다. 이러한 영향은 다시 온실가스를 배출시키는 인간 활동으로 이어지면서 서로 상호영향이 계속해서 일어나고 있다.

이산화탄소, 메탄 등 온실가스로 인한 기후변화는

전 지구 물순환의 변화를 초래하였고, 100년간 0.74℃의 기온증가와 1.8 mm의 해수면 상승을 야기하였다. 특히 한반도의 기온과 해수면 상승은 각각 지구평균의 2~3배에 달하고 있어 그 심각성이 크다 할 수 있다.

이렇게 기후변화는 해수면과 기온상승, 강수량의 변동으로 이상기상의 발생 규모 및 빈도가 증가함에 따라 전세계 물·식량안보를 위협하고, 인간의 건강과 생물자원에 영향을 끼친다. 특히 기후변화로 인해 열대와 아열대 대륙의 강수량은 감소하면서 강수강도는 증가하는 현상이 발생하여 홍수, 가뭄피해지역이 증가하고 있다.

최근 우리나라도 여름철 호우빈도가 증가하고 있으며, 올 겨울 상당히 많은 양의 눈이 내려 다른 해보다 특별한 기상현상을 보이고 있다. 이는 기후변화로 인한 한 요소로 분석되어지고 있다. 또한 늘어난 세계인구로 인해 식량 공급상의 수요와 기후변화로 야기된 공급의 불균형을 가져와 향후 식량문제와 물문제가 전세계 화두로 떠오를 것임을 알게

해 주었다.

2) 기후변화와 녹색성장

기후변화는 산업·사회·환경·경제·문화·생활·생태 등 인간생활 전 방위에 영향을 주고 에너지·식량·광물·생물·인적 자원 등 '성장'요소에 영향을 주어 근본적인 자원의 변화를 초래한다. 21세기에 대비하여 세계 모든 국가가 성장 저해 요인 대처에 관심이 있는 상황에서 기후변화 의제가 중심에 있다고 할 수 있다. 환경과 경제, 에너지와 환경과 같이 정책과 산업 부문간의 연계를 통한 조화가 필요하다. 이러한 녹색성장개념은 최근 글로벌 스탠다드 패러다임으로 인식되고 있고, 그러한 노력의 일환으로 우리나라는 2030년까지 BAU대비 30%의 온실가스를 감축하기로 하였다.

3) 저탄소 녹색성장

녹색산업은 환경산업과 달리 Job Creation의 역할을 하고 경제·사회·문화의 구조를 변화시켜야 한다는 점에서 차이가 있다. 또한 기후변화와 환경이슈가 신성장동력의 핵심역할을 하여야 한다는 의미를 지닌다. 녹색성장은 환경과 경제의 시너지를 구체화한 것으로 경제와 환경을 함께 생각하는 "질"적인 성장을 표방하고 있으며, 이러한 녹색성장은 선택이 아닌 필수인 시대가 되었다.

결국, 기후변화 대응으로서 기후변화의 부정적인 영향을 감소시키고 긍정적인 영향은 증가시키는 적응의 노력이 필요하고, 국가차원의 온실가스 감축을 위한 다양한 정책과 조치가 필요하다. 한편, 녹색성

장기본법의 실질적인 이행이 중요하며, 'Me first'의 정신으로 가시적인 성과도출이 되어야 하겠다.

녹색성장은 일자리 창출을 포함한 신성장동력 창출과 기후변화 대응 및 에너지 자립, 삶의 질 개선과 국가위상 강화의 1석 3조의 효과를 거둘 수 있다. 특히 기후변화에 대응한 녹색성장을 위해 기상청은 기상자원지도 개발로 재생에너지 실용화를 지원할 수 있는 신성장동력 개발을 지원하고, 고품질의 기후변화과학정보 생산·제공 및 기상조절로 기후변화 재해에 소방방재청과의 협조를 통한 국가 기후변화 대응 정책을 지원하고, 동아시아 기후변화 및 녹색성장 전문조직 육성 및 기상협력으로 상생공명의 그린한반도 토대를 마련하여 녹색성장 모범국가로서 국가위상을 강화하는데 도움을 주어야 할 것이다.

2. 기후변화, Green Opportunity?

황진택 박사는 '기후변화, Green Opportunity?'라는 주제발표를 통하여, 세계 각국의 정부 리더십 변화, 재편되는 글로벌 금융시스템, 국제협력·경쟁 구도의 변화, 경영환경·경영전략의 변화 등 기후변화로 인한 세계 각 지역과 각 분야에서 감지되는 시그널 변화를 언급하였다. 무엇보다도 국민을 포함한 기후변화 대응 주체가 함께 소통하는 정보공유의 중요성을 강조하였다.

1) 변화와 트랜스포메이션

지금은 변화의 속도와 흐름이 과거와 전혀 다른 양태로 전개되고 있다. 현상을 살펴보면 (1)사회적, 기

술적 진보를 통한 The New(새로운 것)의 등장과 (2)인구증가와 (그 중에서 중산층의 증가)·사회·경제의 의사결정 방식의 변화를 초래한 The Many(많은 것)의 등장을 들 수 있다. 현대는 The New와 The Many의 상호연결성이 증가하고 있으며 이는 결국 우리주위의 변화를 초래하고 그에 따른 트랜스포메이션이 증가하고 있다.

2) 비즈니스섹터에서는 기후변화를 어떻게 보는가?

일선 기업의 경영자는 기후변화에 대해 아직 심각하게 생각하고 있지 못한 듯하다. 그들의 고민을 살펴보면 (1)기후변화는 예방해야 하고 할 수 있는 문제인가와 (2)돈이 되는가로 분류할 수 있다. 스티븐보고서에 따르면 기후변화 저지비용은 GDP의 1%수준이지만 기후변화에 대응하지 않았을 경우의 손실비용은 GDP의 5~20%인 것과 기후변화 대응 경영 혁신, 기술 개발 같은 부문이 산업계에 적용되어 바로 돈이 된 적은 없었다는 점 사이에서 갈등하고 있다. 따라서, 기업은 사회, 정책 등 타부문과 연관되어 녹색 관련 비즈니스가 어떻게 하면 돈이 될 것인가를 고민해야 할 것이다.

결국 기후변화는 가치와 시장의 문제이다. 기후변화는 기존의 것들이 가지는 가치를 변화시키는 리스크 요소이자 새로운 가치와 시장을 창출하는 요소이다. 또한 현재진행중인 리얼게임으로서 포스트교토와는 별개로 이미 세계 경제 질서는 탄소를 중심으로 재편 중에 있으므로 우리는 기어의 변속이 필요한 시점이라 할 수 있다. 탄소시장은 탄소가격과 함께 효율, 기술, 감축목표, 금융, 기후비즈니스, 국제

협력, 적응 등이 한꺼번에 가는 항모선단과 같은 형태가 될 것이므로 그에 대한 대응책을 강구하기 위한 노력과 준비가 필요하다.

3) 그린커뮤니케이션을 얼마나 잘 하고 있으며, 그에 잘 대처하고 있는가?

커뮤니케이션의 목표는 기후변화의 개념 및 관련 정책에 대한 국민, 산업계의 호의적 태도 형성을 통해 궁극적으로 적극적인 참여를 유도하여 국민 마음속에 자리 잡게 하는 것이다. 하지만 기후변화와 녹색성장이라는 주제를 국민들에게 제대로 설명하기에는 어려움이 따른다. 흔히 원래 좋은 이념이니 인지도만 높이면 되지 않을까란 생각을 하지만 산업계의 제품들을 살펴보면 항상 좋은 것만이 기억되지는 않는 경우를 볼 수 있다(인텔vsAMD의 CPU칩에 대한 사람들의 인식). 사람들은 자신에게 전달되는 정보를 있는 그대로 저장하지 않고 타정보, 반정보, 기존 생각을 통해 주관적으로 저장하게 된다. 결국 인식이 실체가 되는 것이다. 그래서 커뮤니케이션 심리학에서는 커뮤니케이션은 실제적 정보의 싸움이 아니라 청자에 의해 처리 후 지각 저장된 인식간의 싸움으로 정의한다. 국민들이 가진 인식의 현재 모습이 진정한 현실이 되는 것이다. 그러면 기후변화와 녹색성장의 좋은 점들을 자세히 알려주면 되지 않겠느냐고 생각할 수 있다. 그러나 지방의 골프장을 예로 들면 아무리 시설이 훌륭하다 할지라도 단지 서울에서 멀다는 이유만으로 외면 받을 수 있다는 것을 보면 커뮤니케이션은 자랑도 아니고 계몽도 아니라는 것을 알게 된다. 호의적 태도를 가로막는 인식을 통제하고 유리한 인식을 조성하는 작업이 필요하다. 즉

인식이 태도가 되도록 하는 작업이 필요한 것이다.

결국 커뮤니케이션 성공의 관건은 사람이다. 즉 국민들의 인식상에 존재하는 잠재적 문제를 찾아내는 일이다. 인간은 아는 것과 행동하는 것이 다르고 스스로를 속일 수 있는 동물이므로 괜한 리서치를 통해 자원을 낭비하지 말고 국민들의 진심을 알 필요가 있다. 결국 성공적인 녹색커뮤니케이션은 국민 정서의 심연을 정확히 파악하는 것에서 시작한다고 할 수 있다.

3. 질의 응답

서울대 이동규 교수는 기후변화가 가져올 영향에 대해서 과학적 문제에 근거하지 않은 대응은 무의미하다고 하였다. 그리고 현재 기후변화에 대한 실증적·과학적 연구가 부족한데, 과학적 문제에 인프라 및 인력의 지원이 현재 한국 경제의 수준에 걸맞게 확대 되어야 한다는 의견을 내었다.

파이낸셜타임즈의 객인찬 논설위원은 특히 황진택 박사의 발표내용 중 실제적 정보보다 인식이 중요하다는 것에 동의하였다. 그래서 정부와 국민의 인식 차이에 관한 대책은 없는지 청와대의 한화진 비서관에게 질문하였고, 한비서관은 기후변화에 대한 인식확산이 곧 그린커뮤니케이션이라고 생각하며, 기상청의 역할 중에 수요자/국민 입장에서 기상이라는 정보를 쉬운 용어로 풀어서 보여줄 수 있어야 한다고 하였다. 인식의 차이가 존재하지만 기후변화는 누적의 개념으로서 향후 일어날 일들이 누적적으로 심화 될 수 있으므로 지금 준비해야함을 역설하고,

기상청이 인식의 제고차원에서 쉬운 과학적 용어 홍보하여야 할 것이라고 하였다. 또한 기상청의 이러한 작업에 청와대도 업무확대를 주문하고 지원하도록 노력 하겠다고 하였다.

서울과학종합대학원 조석준 교수는 기후변화시대에 기상청의 역할이 중요함에도 불구하고 그동안 축소된 면이 있었고, 현재는 기상과 관련된 부분들에서 기상청이 주도하고 있다. 하지만 산업계와 연계하여 역할분담을 잘 한다면 인식의 괴리가 바로 설 수 있을 거라고 조언하였다. 또한 온실가스 저감 관련 예산이 많이 사용되면서, 적응부문과 기후변화과학부문의 지원이 상대적으로 적어져 부문간 밸런스가 맞지 않는 문제가 발생하고 있다고 하였다. 이는 향후 타부문의 기술부재로 저감부문을 뒷받침 하지 못하는 상황이 오지 않겠느냐며 각 부문간의 밸런스의 중요성을 언급하였다. 또한 변화과학·적응 쪽에 힘을 실어줄 수 있는 의견을 구하였고, 이에 전병성 기상청장은 기상산업분야의 민간분야 확대는 가야할 길이고, 최근 기상산업진흥법이 시행되면서 민간부문의 기상예보 진출이 자유롭게 되었음을 강조하였다. 그러나 국민/기업은 기상정보가 공짜라는 인식을 가지고 있어서 일부 기상에 민감한 기업들만이 비용을 지불하고 있는 현실을 안타까워 하였다. 이에 기상정보가 공짜라는 인식의 전환이 필요하고, 기상정보 가치에 대한 인식의 전환에 대한 작업을 하고자 한다고 하였다. 또한 기후변화과학에 대한 연구가 미진한 것도 사실이며 그동안 투자가 감축과 협상에 치우친 면이 없잖아 있었지만 앞으로 과학적 예측 검증과 적응 쪽에 예산을 투입 하겠다고 하였다.

III. 맺음말

이번 포럼은 국민 생활과 문화 속에서 기후변화 의미를 되새기고 각계각층의 의견을 나눈과 동시에, 우리나라의 미래전략인 녹색성장을 올바르게 추진하기 위해 기상청의 역할을 정립하는 계기가 되었다. 특히 올 한 해 동안 '기후변화와 지역산업'이라는 주제로 월별 지역순회 포럼 형식을 추진할 예정이다. 이러한 노력들을 통해 기후변화가 다양한 산업분야와 지역 경제에 미치는 영향뿐만 아니라 이를 극복하기 위해 필요한 기후변화 과학정보 활용에 대한 이해가 더욱 증진 될 것으로 기대한다.

또한 기후변화 영향의 적절한 대응을 위해서는 사회 모든 부분의 적극적 참여가 매우 중요하다. 중앙정부 뿐만 아니라 지방정부, 민간기업 및 국민이 함께 공감하며 추진할 수 있도록 하기 위한 이번 포럼의 취지를 다시 한 번 되새겨 올바른 Green Communication을 통한 상생의 발전을 도모하여야 하겠다. 기상청은 향후 관광산업·물류산업·바이오산업·생태산업 등 지역 특색에 맞는 산업 아이টে을 발굴하고 이를 촉진하는 기후변화 과학정보 활용에 관한 지역 이해 확산을 꾸준히 추진할 예정이다.

기상기술정책지 발간 목록

창간호, 제1권 제1호(통권 창간호), 2008년 3월

칼 럼	·기후변화 대응을 위한 기상청의 역할	권원태	3-11
정책초점	·기후변화감시 발전 방향	김진석	12-18
	·미국의 기상위성 개발현황과 향후전망	안명환	19-38
	·기상산업의 위상과 성장가능성	김준모	39-45
	·최적 일사 관측망 구축방안	이규태	46-57
	·국가기상기술로드맵 수립의 배경과 의의	김백조, 김경립	58-61
논 단	·A New Generation of Heat Health Warning Systems for Seoul and Other Major Korean Cities	L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, Y.C. Au	62-68
해외기술동향	·프랑스의 에어로솔 기후효과 관측 기술	김상우	69-79
	·일본의 우주기상 기술	김지영, 신승숙	80-84

기상산업의 현황과 전략, 제1권 제2호(통권 제2호), 2008년 6월

칼 럼	·기후변화시대, 기상산업 발전상	봉종현	1-4
정책초점	·기상산업의 중요성과 전략적 위치	이중우	5-13
	·기후변화가 산업에 미치는 경제적 영향과 적응대책	한기주	14-22
	·기후경제학의 대두와 대응 전략	임상수	23-33
	·기후변화와 신재생에너지 산업	구영덕	34-45
	·기상산업 육성을 위한 정책대안 모색	김준모, 이기식	46-54
	·미국 남동부의 응용기상산업 현황	임영권	55-64
	·최근 황사의 특성 및 산업에 미치는 영향	김지영	65-70
논 단	·A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth	71-81
	·우주환경의 현황과 전망	안병호	82-92
해외기술동향	·유럽의 기후변화 시나리오 불확실성 평가 : EU(유럽연합) 기후변화 프로젝트를 중심으로	임은순	93-103
	·미국 NOAA의 지구 감시 현황	전영신	104-107

항공기 관측과 활용, 제1권 제3호(통권 제3호), 2008년 9월

칼 럼	·기상 관측 · 연구용 항공기 도입과 활용	정순갑	1-5
정책초점	·무인항공기 개발 현황 및 응용 방안	오수훈, 구삼옥	6-18
	·해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태	김금란, 장기호	19-34
	·항공기를 이용한 대기물리 관측 체계 수립 방안	오성남	35-45
	·효과적인 항공기 유지 관리 방안	김영철	46-56
	·공군에서의 항공관측 현황과 전망	김종석	57-66
	·항공기를 이용한 대기환경 감시	김정수	67-74
	·항공/위성 정보를 활용한 재해 피해 조사	최우정, 심재현	75-84
논 단	·유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영	85-93
해외기술동향	·미국의 첨단 기상관측 항공기(HIAPER) 운영 현황	김지영, 박소연	94-99
	·미국의 탄소 추적자 시스템 개발 현황 및 전략	조천호	100-108
	·미국의 우주기상 예보와 발전 방향	곽영실	109-117
뉴스 포커스	·한국, IPCC 부의장국에 진출	허은	118-119

기상기술정책지 발간 목록

전지구관측시스템 구축과 활용, 제1권 제4호(통권 제4호), 2008년 12월

칼 럼	· 전지구관측시스템(GEOSS) 구축과 이행의 중요성	정순갑	1-5
정책초점	· GEO/GEOSS 현황과 추진 계획	엄원근	6-21
	· GEOSS 구축을 위한 전략적 접근 방안	김병수	22-31
	· GEO 집행위원회에서의 리더십 강화 방안	허 은	32-39
	· 국내의 분야별 GEOSS 구축과 발전 방안	신동철	40-41
	- 재해 분야	박덕근	42-44
	- 보건 분야	이희일	45-47
	- 에너지자원 분야	황재홍, 이사로	48-50
	- 기상 및 기후 분야	이병렬	51-53
	- 수문 및 수자원 분야	조호섭	54-56
	- 생태계와 생물다양성 분야	장임석	57-58
- 농업 분야	이정택	59-62	
- 해양 분야	김태동	63-67	
- 우주 분야	김용승, 박종욱	68-71	
논 단	· Taking GEOSS to the next level	José Achache	72-75
해외기술동향	· GEOSS 공동 인프라(GCI) 구축 동향	강용성	76-83
	· 최근 주요 선진국의 GEO 구축 현황	이경미	84-95
뉴스 포커스	· 한국, GEO 집행 이사국 진출	이용섭	96-97

기상장비의 녹색산업화 전략, 제2권 제1호(통권 제5호), 2009년 3월

칼 럼	· 녹색산업으로서의 기상장비 산업 육성 정책 방향	전병성	1-3
정책초점	· 기상장비의 산업여건과 국산화 전략	김상조	4-13
	· 기상장비 수출 산업화를 위한 성공전략	이종국	14-21
	· 기상레이더 국산화 추진 방안	장기호, 석미경, 김정희	22-29
	· 기상레이더의 상용화 현황과 육성 방안	조성주	30-41
	· 기상장비의 시장성 확보 전략 및 방향	이부용	42-51
논 단	· 외국의 기상레이더 개발 동향과 제언	이규원	52-72
해외기술동향	· 유럽의 기상장비 산업 현황: 핀란드 바이살라를 중심으로	방기석	73-80
	· 세계의 기상장비 및 신기술 동향	김지영, 박소연	81-89

기후변화와 수문기상, 제2권 제2호(통권 제6호), 2009년 6월

칼 럼	· 기후변화에 따른 수문기상 정책 방향	전병성	1-3
정책초점	· 기후변화와 물환경정책	김영훈	4-15
	· 기후변화에 따른 물 관리 정책 방향	노재화	16-27
	· 기후변화에 따른 하천 설계빈도의 적정성 고찰	김문도, 정창삼, 여운광, 심재현	28-37
	· 수문기상정보를 활용한 확률강우량 산정 방안	문영일, 오태석	38-50
	· 수문기상학적 기후변화 추세	강부식	51-64
	· 기상정보 활용을 통한 미래의 물관리 정책	배덕호	65-77
	· 이상가뭄에 대응한 댐 운영 방안	차기욱	78-89
논 단	· 기후변화의 불확실성 해소를 위한 대응방안	양용석	90-110
해외기술동향	· 미국의 기상-수자원 연계기술 동향	정창삼	111-121
	· NOAA의 수문기상 서비스 및 연구개발 현황	김지영 · 박소연	122-131
	· 제5차 세계 물포럼(World Water Forum) 참관기	김용상	132-140

기상기술정책지 발간 목록

기상 · 기후변화와 경제, 제2권 제3호(통권 제7호), 2009년 9월

칼 럼	· 기상정보의 경제적 가치 제고를 위한 정책 방향	전병성	1-3
정책초점	· 기후변화에 따른 에너지정책	박현중	4-18
	· 기후변화 대응이 경제에 미치는 영향	박종현	19-29
	· 기후변화가 농업경제에 미치는 영향	김창길	30-42
	· 기상 재난에 따른 경제적 비용 손실 추정	김정인	43-52
	· 기상산업 활성화와 과제	이만기	53-59
	· 날씨 경영과 기상산업 활성화를 위한 정책 제언	김동식	60-69
논 단	· 기후변화와 새로운 시장	이명균	70-78
해외기술동향	· 기상정보의 사회 · 경제적 가치와 편익 추정	김지영	79-85
	· 강수의 경제적 가치 평가 방법론	유승훈	86-96
뉴스 포커스	· 기상정보의 경제적 가치 평가 워크숍 개최 후기	이영곤	97-103

날씨 · 기후 공감, 제2권 제4호(통권 제8호), 2009년 12월

칼 럼	· 날씨공감포럼의 의의와 발전방향	전병성	1-3
정책초점	· [건강] 지구온난화가 건강에 미치는 영향	고상백	4-19
	· [해양] 기후변화에 있어서 해양의 중요성과 정책방향	이재학	20-29
	· [산림] 기후변화에 따른 산림의 영향과 정책방안	차두송	30-41
	· [관광] 기후변화 시대의 관광 활성화 정책방향	김의근	42-50
	· [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조윤원, 김성재	51-60
	· [에너지] 태양에너지 소개와 보급의 필요성	김정배	61-72
	· [디자인] 생활디자인과 기후 · 기상과의 연계방안	김명주	73-88
논 단	· 국민과의 '소통' - 어떻게 할 것인가?	김연중	89-97
뉴스 포커스	· 날씨공감포럼 발전을 위한 정책 워크숍 개최 후기	김정윤	98-101

기후변화와 산업, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010년 3월

칼 럼	· 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책	박광준	1-3
정책초점	· 기상이변의 경제학	이지훈	4-11
	· 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고	한기주	12-21
	· 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언	이종인	22-32
	· 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향	이상현, 정상기, 이상훈	33-45
	· 기후변화와 건설 산업	강운산	46-56
	· 코펜하겐 어코드와 탄소시장	노종환	57-66
	· 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영	이서원	67-77
	· 이산화탄소(CO ₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술	조원준	78-84
논 단	· 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로	양용석	85-99
	· 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임	김창섭	100-109
뉴스 포커스	· 기후변화미래포럼 개최 후기	김정윤	110-115

『기상기술정책』 투고 안내

투고방법

1. 본 정책지는 기상기술 분야와 관련된 정책적 이슈나 최신 기술정보 동향을 다룬 글을 게재하며, 다른 간행물이나 단행본에서 발표되지 않은 것이어야 한다.
2. 원고의 특성에 따라 다음과 같은 5종류로 분류된다.
(1) 칼럼 (2) 정책초점 (3) 논단 (4) 해외기술동향 (5) 뉴스 포커스
3. 본 정책지는 연 4회(3월, 6월, 9월, 12월) 발간되며, 원고는 수시로 접수한다.
4. 원고를 투고할 때는 투고신청서, 인쇄된 원고 2부, 그림과 표를 포함한 원본의 내용이 담긴 파일(hwp 또는 doc)을 제출하며, 일단 제출된 원고는 반환하지 않는다. 원고접수는 E-mail을 통해서도 가능하다.

원고심사

1. 원고는 편집위원회의 검토를 통하여 게재여부를 결정한다.

원고작성 요령

1. 원고의 분량은 A4용지 10매 내외(단, 칼럼은 A4용지 3~5매 분량)로 다음의 양식에 따라 작성한다.
1) 워드프로세서는 ‘아래한글’ 또는 ‘MS Word’ 사용
2) 글꼴 : 신명조, 글자크기 : 본문 11pt, 표·그림 10pt
3) 줄간격 : 160%
2. 원고는 국문 또는 영문으로 작성하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 어의가 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다. 학술용어 및 물질명은 가능한 한 국문으로 표기한 후, 영문 또는 한문으로 삽입하여 표기한다. 숫자 및 단위의 표기는 SI규정에 따르며, 복합단위의 경우는 윗 첨자로 표시한다.
3. 원고 첫 페이지에 제목, 저자명, 소속, 직위, E-mail등을 명기하고, 저자가 다수일 경우 제1저자를 맨 위에 기입하고, 나머지 저자는 그 아래에 순서대로 표시한다.
4. 원고의 계층을 나타내는 단락의 기호체계는 I, 1, 1), (1), ①의 순서를 따른다.
5. 표와 그림은 본문의 삽입위치에 기재한다. 표와 그림의 제목은 각각 원고 전편을 통하여 일련번호를 매겨 그림은 아래쪽, 표는 위쪽에 표기하며, 자료의 출처는 아랫부분에 밝힌다.
예) [표 1] [표 2]...[그림 1] [그림 2]

※ 출처:


6. 참고문헌

1) 참고문헌 표기 양식

- 참고문헌(reference)은 본문의 말미에 첨부하되 국내문헌(가나다 순), 외국문헌(알파벳 순)의 순서로 정리한다.
- 저자가 3인 이상일 경우, '등' 또는 'et al.'을 사용한다.
- 제1 저자가 반복되는 경우 밑줄(_)로 표시하여 작성한다.

2) 참고문헌 작성 양식

- 단행본 : 저자, 출판년도: 서명(영문은 이탤릭체). 출판사, 총 페이지 수.
(예) 홍성길, 1983: 기상분석과 일기예보. 교학연구소, 521pp.
Sutton, O.G., 1953: Micrometeorology. McGraw-Hill Book Co., 333pp.
- 학술논문 : 저자, 출판년도: 논문명. 게재지(영문은 이탤릭체), 권(호), 수록면.
(예) 허창희, 2006: 서울에서 1954-2005년 동안 관측된 설날 귀성에 따른 일교차의 변화. 대기, 16(1), 49-53.
Seinfeld, J., et al., 2004: ACE-Asia: Regional climatic and atmospheric chemical effects of Asian dust and pollution. Bull. Amer. Meteor. Soc., 5(3), 367-380.
- 학술회의(또는 세미나) 발표논문 : 저자, 발표년도: 논문명, 프로시딩명(영문은 이탤릭체), 수록면.
(예) 신경섭, 2005: 기상청 디지털예보 개발 및 운영계획. 한국기상학회 봄철 학술대회 논문집, 2-5.
Song, I.-S., and H.-Y. Chun, 2005: Impacts of convectively forced internal gravity waves in Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM). Proceedings of the Spring Meeting of the Korean Meteorological Society, 58-59.
- 인터넷자료 : 웹 페이지 주소
(예) <http://www.kma.go.kr/>



하늘을 친구처럼,
국민을 하늘처럼

Meteorological Technology & Policy

Volume 3, Number 1

서울시 동작구 기상청길 45
Tel. 02-6712-0235 / Fax. 02-849-0668
<http://www.kma.go.kr>