

선진국의 2050년 온실가스 저감 시나리오에 관한 연구 동향과 시사점

박 년 배*

Review on Studies about Greenhouse Gas Reduction Scenarios toward
2050 in Developed Countries and Implications

Nyun-bae Park

국문요약

2012년 이후의 온실가스 의무저감에 대한 참여국 및 배출목표에 대한 논의가 진행 중인 지금, 5년 단위의 단기 접근방식과는 별도로 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오에 대한 연구가 유럽 국가들을 중심으로 활발히 진행 중이다. 본 논문에서는 영국, 독일, 프랑스, 네덜란드 등 유럽 국가들의 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오 수립의 배경, 온도 목표, CO₂ 농도 목표, 국가 배출량 목표, 접근방식 등을 중점적으로 검토하였다. 그리고 선진국들과 우리나라의 경제활동 및 배출량 관련한 지표들을 비교하고, 우리나라의 장기 온실가스 저감 시나리오 수립에 갖는 시사점을 살펴보았다. 기후변화의 과학적 불확실성으로 인하여 온실가스 저감활동을 지연하기보다는, 기후변화의 영향과 기술개발의 불확실성 역시 고려하여 저감활동을 일찍부터 장려할 필요가 있으며, 2050년 장기 저감목표의 설정을 통하여 기후변화 대응에 대한 우리 사회의 비전과 정부정책 방향을 경제주체들에게 분명히 제시하고, 이에 대비할 수 있도록 할 필요가 있다.

주제어 : 온실가스, 2050년 장기 저감 시나리오, 에너지 재구성

* 에너지관리공단 기후대책실(betterenv@yahoo.co.kr)

ABSTRACT

Now post 2012 greenhouse gas reduction commitment being discussed, studies about long-term GHG reduction scenarios toward 2050 have actively been worked separately from 5 years short-term approach. In this paper, background, temperature target, CO₂ concentration target, national emission target, and approach of long-term reduction scenarios toward 2050 particularly in European countries such as UK, Germany, France, Netherlands et al. are reviewed. After comparing GDP and emission indices between Developed (European) countries and Korea, some implications of long-term GHG reduction scenarios are deduced. Acting early owing to uncertainty in climate change impact and technology development rather than delaying reduction activity owing to scientific uncertainty in climate change is needed. Providing our society's vision of climate change and government's explicit direction through long-term GHG reduction target setting toward 2050 and economic units' preparing for those are needed.

Keywords : GHG, long-term reduction scenarios toward 2050, energy backcasting

I. 서론

교토의정서가 2005년 2월 발효된 이후, 기후변화협약 부속서 I 국가들은 2008~2012년 기간 동안 1990년 대비 평균 5.2%의 저감이라는 온실가스 배출목표를 달성하기 위하여 자국 내 저감활동을 이행하는 한편, 외국의 저감실적을 구입하는 등의 노력을 기울이고 있다. 1차 의무부담 기간이 시작되는 2008년 이전에는 2차 의무부담 기간(2013~2017년)의 참여국 및 저감목표 설정방식이 정해질 것으로 예상되며, 2000년을 기준으로 한 온실가스 배출량 12위, GDP(PPP)¹⁾ 15위, 1인당 배출량 32위, 1850~2000년까지의 누적배출량 23위 등의 지표를 고려하면,²⁾ 2차 기간에 우리나라의 참여를 요구하는 주장이 거셀 것으로 예상된다. 현재 2012년 이후의 온실가스 저감 의무부담 방식으로 다양한 방식이 거론되고 있으며, 우리나라의 실정에 가장 적합한 방식에 대한 연구가 에너지경제연구원을 중심으로 진행되고 있다. 한편 일본은 국가별 온실가스 저감목표를 설정하는 데 있어서 5년의 단기 목표보다는 장기 목표를 설정하자는 제안을 하고 있으며, 유럽 국가들의 경우 2050년의 온실가스 저감목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 연구들을 추진 중이다.

한편 우리나라도 2012년 이후의 단기 목표에 대한 연구뿐만 아니라 2050년과 같은 장기 온실가스 목표를 설정하기 위한 기초를 수립할 필요가 있다. 이는 에너지 기술의 수명이 대체로 30년 이상으로, 단기간을 대상으로 계획을 수립할 경우 뛰어난 신기술이 새로이 도입될 가능성이 낮으며, 장기 에너지 정책 방향 제시와 단기 정책의 평가 근거 마련, 타국과의 비교 등의 이유에 기인한다. 따라서 본 논문에서는 선진국들 특히, 유럽 국가들의 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오 연구 동향을 중점적으로 살펴봄으로써, 우리나라의 장기적인 기후변화 대응책 수립에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

II. 2050년 온실가스 저감 시나리오 관련 연구 동향

1. 2050년 온실가스 저감 시나리오 연구의 이유

1997년 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 채택된 교토의정서를 통하여 부속서 I 국가

1) GDP(PPP, Purchasing Power Parity)는 UN에서 국가 간 GDP를 비교하기 위해 GDP에 PPP 환산인자(미국에서 1\$로 구입하는 것과 같은 양의 상품을 국내시장에서 사는 데 필요한 한 나라의 화폐량)를 적용한 값이다.

2) Pew Center on Global Climate Change. 2004.11. *Climate Data : Insights and Observations*.

들(38개 국과 EC)에 대하여 2008~2012년 기간에 1990년 배출량 대비 평균 5.2%의 저감목표가 설정되었다. 그러나 교토의정서 방식은 최초로 구체적인 온실가스 저감목표를 설정하는데 합의하였다는 의의를 가짐에도 불구하고, 부속서 I 국가들이 저감목표를 설정하는 원칙 또는 논리가 없으며, 선진국과 개도국이 단순하게 나뉘어졌으며, 장기 전망 없이 단기 접근(5년 단위)을 취하고 있다는 한계를 지닌다.³⁾ 한편 IPCC 2차 기후변화 보고서에서 현재 수준으로 CO₂ 농도를 당장 안정화시키기 위하여 50~70%를 즉시 줄일 필요가 있다고 하였다.⁴⁾ 따라서 저감목표를 1990년 대비 약 5% 저감토록 하는 현재의 교토의정서 방식만으로는 기후변화 안정화에 충분치 않음을 알 수 있다.

한편 장기 온실가스 저감 시나리오는 ‘이른 및 점진적 활동(early and gradual action)’에 기반한 접근방식으로 이론적 근거는 첫째 기온 증가율(°C/10년)이 초래하는 영향을 고려, 둘째 혁신적인 기술의 개발과 보급의 불확실성 고려, 셋째 에너지 시스템의 관성을 고려, 넷째 미래에 온실가스 농도를 제한하는 불확실성에 대한 위험관리(risk-hedge), 다섯째 기술개발 및 자본투자를 고무시킨다는 것이다. ‘이른 및 점진적 활동’과 함께 기후변화 안정화를 위한 접근법으로 ‘늦은 및 갑작스런 활동(late and sudden action)’ 방식이 있다. 후자의 접근법의 이론적 근거는 첫째 저감기술의 비용을 낮추고, 둘째 혁신적인 기술을 개발할 시간을 확보할 수 있다는 것이다. 불확실성(uncertainty)으로 인해 유럽 국가들은 상당량의 장기 저감목표를 설정한 반면, 다른 나라들은 ‘후회없는 활동(no regrets action, 기후변화가 아니라도 해야 할 사업이나 기반구축 사업 등)’을 취하는 상이한 모습을 보인다.⁵⁾

2. 2050년 온실가스 저감 시나리오 연구의 진행 현황

IPCC는 2000년에 「배출량 시나리오에 대한 특별보고서」를 발행하였으며, 현재 후속 연구를 진행 중이다. 유럽 국가들은 2050년 온실가스 저감 시나리오에 대한 연구를 활발히 진행 중이며, 일본은 단기 저감보다는 장기 저감을 Post Kyoto 협상방식으로 제안하고 있다. 여기서 장기라 함은 위험한 기후변화를 피하기 위하여 CO₂ 농도 목표와 총량 목표를 설정하는 시점인 2050년(2100년까지의 중간)을 의미하고 있다.

3) RIVM. 2002. *Climate OptiOns for the Long term(COOL) - Final Report Volume A : Synthesis Report.*

4) IPCC. 1995. *IPCC Second Assessment Report : Climate Change 1995.*

5) NIES/IGES. 2006. *Framing Climate Protection Regime : Long-term commitments and Institutional Options.*

1) IPCC

IPCC는 기후변화에 관한 정부 간 협의체로서, 미래의 온실가스 배출과 관련하여 2000년에 「배출량 시나리오에 관한 특별보고서(SRES)」⁶⁾를 발간하였으며, 이 보고서는 2001년에 발간된 「기후변화에 관한 제3차 평가보고서」⁷⁾에서 모델의 기본 자료로 활용되고 있다. SRES에서는 2100년까지의 온실가스 배출 시나리오들을 하나의 중심 시나리오가 아니라 크게 A1(B: 균형, F1: 화석에너지, T: 비화석에너지), A2, B1, B2로 구분하여 제시하고 있다. IPCC 3차 보고서에서는 이러한 시나리오들을 이용하여 온실가스의 배출량, 농도, 복사강도, 온도 증가, 해수면 상승 등의 영향이 어떻게 관련되어 있는지를 다루고 있다. IPCC는 2007년 말에 기후변화 4차 보고서를 간행할 예정으로, 현재 새로운 배출량 시나리오에 대한 IPCC 태스크 그룹이 활동 중이다.

2) EU

유럽(영국, 독일, 프랑스, 스웨덴, 네덜란드 등)은 정부 부처 또는 자문기구에서 2050년 저감 시나리오 연구를 수행하고 있다. 그 내용을 요약하면, 산업화 이전에 비하여 최대 2°C 증가하는 것을 위협한 기후변화로 정의하고, 2°C 이내로 온도 증가를 조절하기 위하여 2100년까지 온실가스 농도를 450ppm 또는 550ppm에서 안정화하는 목표를 설정하고 있다. 그리고 온실가스 농도를 안정화하는 목표를 달성하기 위하여 ‘축소 및 수렴(Contraction and Convergence) 접근법’에 기반하여 자국의 중장기 온실가스 배출 총량(2050년에 현재 대비 60~80% 저감) 또는 1인당 온실가스 배출량을 저감하는 목표를 설정하고 있다(<표1>참고). 유럽 국가의 정부들은 기후변화에 대한 과학과 정책의 불확실성 때문에 조기 행동을 취하고, 산업계가 단기 또는 중기 활동을 결정하는 데 강한 신호를 제시할 것을 결정하였다.⁸⁾

유럽 국가들 중에서도, 장기 온실가스 저감 시나리오의 수립과 관련하여 영국의 사례가 대표적이며, 장기 저감 시나리오 설정을 뒷받침하는 연구 보고서들이 인터넷으로 공개되고 있다. 영국은 2003년에 발간한 「에너지백서 - 우리의 에너지 미래 : 저탄소 경제의 수립」을 통하여 2050년까지 이산화탄소의 배출량을 60% 저감하겠다는 목표를 밝히고 있다. 영국의 장기 저감목표 설정과 관계되는 일련의 주요 연구보고서들은 <표2>와 같다.

6) IPCC. 2000. *IPCC Special Report - Emissions Scenarios*.

7) 1권 통합보고서, 2권 과학적 근거, 3권 영향·적용·취약성, 4권 완화로 구성되어 있다.

8) NIES/IGES. 2006. *Framing Climate Protection Regime : Long-term Commitments and Institutional Options*.

	영국		독일		프랑스	스웨덴	네덜란드
	Energy White paper - our energy future: creating a low carbon economy	Sustainable Energy Supplies in View of Globalization and Liberalization	Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond	Reducing CO ₂ Emissions Fourfold in France by 2050 - Introduction to the debate			
보고서 제목	Energy: the Changing Climate						
발표일	2000. 6	2003. 2	2002. 11	2003. 10	2004. 3	2002. 11	2002
저자	Royal Commission on Environmental Pollution	DTI(Department of Trade and Industry)	Enquete Kommission	WBGU	MIES Prospect 2050(Pierre Radanne)	Swedish EPA	National Institute for Public Health and the Environment(RIVM)
저자의 지위	여왕, 의회, 정부의 자문회의	정부 부처	의원과 과학자로 구성된 의회 내 설치된 연구위원회	연방정부의 자문회의	기후변화에 관한 부처 간 태스크포스	정부 부처	국립연구소
CO ₂ 농도	550ppm 이하	1996년 EU합의를 인용. 산업화 이전보다 지구 평균 온도 증가를 2℃ 이하로 함. 농도를 550ppm CO ₂ 이하(약 산업화 이전 농도의 2배)	산업화 이전보다 지구 평균온도 증가를 2℃ 이하로 함. 농도를 450ppm CO ₂ 이하	산업화 이전보다 지구 평균온도 증가를 2℃ 이하로 함. 농도를 450ppm CO ₂ 이하	450ppm CO ₂ 이하	(~2050년)550ppm CO ₂ 이하 (~2100년)450ppm CO ₂ 이하	450ppm CO ₂ 이하 550ppm CO ₂ 이하
목표	2050년까지 CO ₂ 배출량을 현 수준 대비(1997년) 60% 저감	2020년까지 실질적인 진전이 있으며, 2050년까지 CO ₂ 배출량을 현 수준 대비(2000년) 60% 저감	2050년까지 CO ₂ 배출량을 45~60% 저감 (기준년도 1990)	2050년까지 CO ₂ 배출량을 20% 저감	2050년까지 CO ₂ 배출량을 2000년 대비 4분의 1로 저감(2050년 배출량을 32MIC로, 1인당 배출량을 0.5(C로 저감)	2050년까지 1인당 CO ₂ 배출량을 4.5(C 이하로 저감. 2050년까지 스웨덴의 배출량을 50% 저감	2050년까지 2000년 대비 온실가스를 세계적으로 15~25% 저감, 선진국들은 50~80% 저감 네덜란드는 80% 저감
모형		MARKAL	시뮬레이션, 최적화	MESSAGE	POLES		참여형 통합평가
접근 방식	축소 및 수렴		축소 및 수렴	축소 및 수렴	축소 및 수렴	축소 및 수렴	축소 및 수렴

자료: NIES/IGES, 2006. *Framing Climate Protection Regime : Long-term Commitments and Institutional Options*와 RIVM, 2002. *Climate OptiOns for the Long term(COOL) - Final Report Volume A : Synthesis Report* 수정

〈표2〉 영국의 장기 저감목표 설정 관련 주요 연구보고서

년도	보고서 제목 및 내용
2000년	<ul style="list-style-type: none"> • Royal Commission on Environmental Pollution. <i>22nd Report : Energy - The Changing Climate</i> - 에너지에 관한 87개의 권고사항을 작성, 권고의 핵심은 2050년까지 영국이 CO₂를 1997년 대비 약 60% 저감해야 한다는 것임 • DTI. <i>Energy Paper 68 - Energy Projections for the UK</i> - 계량경제모형을 이용하여 2020년까지의 최종에너지수요 및 CO₂ 배출량을 전망
2002년	<ul style="list-style-type: none"> • Inter-departmental Analysts Group. <i>Long Term Reduction In Greenhouse Gas Emissions in the UK</i> - RCEP가 권고한 60% 저감목표를 이행하기 위한 옵션과 비용 등을 검토 • Future Energy Solutions. <i>Options for a Low Carbon Future</i> - 2050년까지 2000년 배출량 대비 45%, 60%, 70% 저감 수준을 검토 • DEFRA. <i>Ancillary Effects of Green House Gas Mitigation Policies</i> - 온실가스 저감에 따른 부수적인 편익을 금액으로 추정 • DEFRA. <i>Estimating the Social Cost of Carbon Emissions</i> - 탄소 배출의 사회적 비용에 대한 연구들을 검토
2003년	<ul style="list-style-type: none"> • Future Energy Solutions. <i>Options for a low carbon future - phase 2</i> - 영국 내 에너지 부문 주요 저감 조치를 검토하고, 온실가스 저감에 따른 GDP 및 에너지 비용에 미치는 영향 등을 검토 • DTI. <i>Energy White Paper - Our Energy Future : Creating a Low Carbon Economy</i> - 영국의 환경, 공급 안보, 경쟁력, 사회적 목표를 아우르는 에너지 정책에 대한 장기 전략적 비전을 정의. 2050년까지 영국이 CO₂를 현 수준(2000년) 대비 60% 저감하는 목표를 공표 • DTI. <i>Energy White Paper - Supplementary Annexs</i> - 다양한 장기 저탄소 옵션의 잠재성과 비용을 추정, 2000~2050년의 에너지 수요 및 배출량 전망을 검토, 2020년의 이산화탄소 저감량을 계산(BAU(135MtC) 대비 15~25MtC) • DTI. <i>White Paper Modelling - Use of the MARKAL Energy Model</i> - MARKAL 에너지모형을 이용하여 영국 에너지시스템의 CO₂ 저감 비용을 검토
2004년	<ul style="list-style-type: none"> • DEFRA. <i>The Scientific Case for Setting a Long-term Emission Reduction Target</i> - 2003년 에너지백서의 장기 저감목표에 대한 과학적 근거를 설명
2005년	<ul style="list-style-type: none"> • Tyndall Center. <i>Decarbonising the UK - Energy for a Climate Conscious Future</i> - 에너지 재구성 방식으로 2050년까지 CO₂를 60% 저감하는 5가지 시나리오를 수립(경제성장율, 에너지소비량, 에너지공급구성과 탈탄소화 정책이 차별화됨)
2006년	<ul style="list-style-type: none"> • DTI. <i>The Energy Challenge - Energy Review Report</i> - 2003년 에너지백서의 중장기 목표에 대한 진전사항과 에너지 시장의 경쟁력 관련 사항을 검토

3) 일본

일본국립환경연구소(NIES)는 2004년에 일본의 저탄소 사회를 향한 중장기 환경정책 옵션 평가 방법론 수립에 관한 연구 프로젝트(2050년 일본 저탄소 사회 시나리오)를 착수하였다. 이 프로젝트는 5년 동안 진행되며 일본 환경부의 지구환경연구기금 내 전략 연구개발 프로젝트의 후원(연간 1억 엔씩, 5년간)으로 이루어진다. NIES, 도쿄대, 교토대, 지구환경 전략연구소(IGES) 등의 약 60명의 연구자들이 모여 1) 시뮬레이션 모형을 이용하여 환경 옵션을 통합하는 장기 시나리오 개발 2) 효과성과 타당성을 고려한 장기 온실가스 저감목표 설정 3) 도시시스템, 정보기술사회, 교통시스템 및 산업구조 등 미래 사회·경제적 조건을 고려한 환경 옵션의 평가에 특히 초점을 두어 연구를 진행하고 있다.⁹⁾ 2005년 12월과 금년 6월에 관련 국제세미나를 개최한 적이 있다.

4) 기타

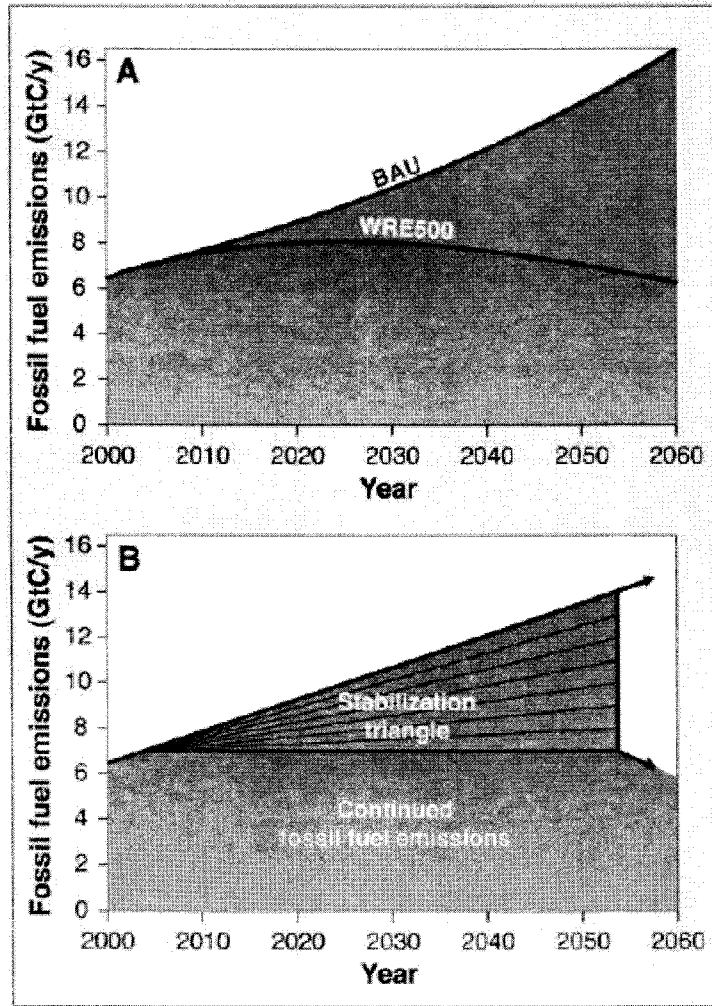
2004년 ‘사이언스’에 실린 Pascala와 Socolow의 논문은,¹⁰⁾ 위험한 기후변화 피해를 예방하기 위하여 대기 중의 CO₂ 농도를 500±50ppm으로 안정화하고, 500ppm에서 안정화하기 위해 향후 50년 동안 현재의 연간 7GtC(십억 탄소톤) 배출 수준을 유지할 필요가 있으며, 이는 15개의 기존 기술을 이용하여 7개의 썩기(wedge)를 달성함(안정화 경로)으로써 가능하다는 것을 보여주고 있다(<그림1> 참고). 기준안(BAU)은 2054년에 14GtC/년이 되며, 기준안과 안정화 경로 사이가 안정화 삼각형(stabilization triangle)이다. 안정화 삼각형은 7개의 동일한 썩기로 구성되며, 썩기 1개는 배출량이 현재 0에서 시작하여 50년 뒤 탄소 저감량이 1GtC/년으로 선형적으로 증가하는 활동을 나타내며, 50년 뒤 총누적 저감량이 25GtC이다. 이 논문의 핵심은 비용에 있는 것이 아니라, 이미 시장에 존재하는 실제 크기의 사례들을 통하여 기술적으로 기후문제 해결이 가능함을 보여주는 통합 평가를 한 것이다. 15개의 저감 옵션에 대하여,¹¹⁾ 각 옵션들이 1개의 썩기를 달성하기 위하여 필요한 보급량 또는 대체량을 제시하고 있다.

9) Japan Low Carbon Society Scenarios toward 2050 홈페이지 참고 http://2050.nies.go.jp/index_eng.html

10) Pascala, S. and R. Socolow, 2004. "Stabilization Wedges : Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies". *Science* 305: 968-972.

11) ① 효율적인 자동차 ② 자동차 이용의 감소 ③ 효율적인 건물 ④ 효율적인 기저부하 석탄플랜트 ⑤ 석탄 기저부하 전력 대신에 가스 기저부하 전력 ⑥ 기저부하 플랜트에서 CO₂ 포집 ⑦ 수소플랜트에서 CO₂ 포집 ⑧ 석탄에서 합성연료를 만드는 플랜트에서 CO₂ 포집 ⑨ 석탄전력 대신에 원자력 ⑩ 석탄전력 대신에 풍력 ⑪ 석탄전력 대신에 태양광전력 ⑫ 하이브리드 자동차의 휘발유 대신에 연료 전지자동차의 풍력 수소 이용 ⑬ 화석연료 대신에 바이오매스 연료 ⑭ 산림 벌채의 감소, 재식림, 조림, 신규 재배지 ⑮ 보호 경작

<그림1> 전세계 기준안(BAU) 배출경로와 CO₂ 500ppm 안정화 경로, 그리고 안정화 삼각형



자료 : Pascala, S. and R. Socolow, 2004. "Stabilization Wedges : Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies". *Science* 305: 969.

주 : (A) 위 곡선은 화석연료 연소 및 시멘트 제조 시 CO₂의 전세계 탄소 배출량의 BAU 배출경로를 나타낸다 : 2004년의 7.0GtC/년에서 연간 1.5%씩 증가. 아래 곡선은 Wigley, Richels, Edmonds(WRE)의 안정화 곡선군과 유사한 2125년까지 500ppm으로 대기 중 CO₂를 안정화시키는 CO₂ 배출 경로이다. 두 곡선 사이의 면적이 안정화에 필요한 회피된 탄소배출량을 나타낸다. (B) 회피된 배출량의 안정화 삼각형(초록)과 허용된 배출량(파랑). 허용된 배출량은 2004년부터 7GtC/년에 고정된다. 안정화 삼각형은 7개의 썰기로 구성된다. 안정화 삼각형의 밑변 오른쪽 화살표가 아래로 향하는 것은 500ppm에서 안정화를 이루기 위하여 2054년 이후 화석연료 배출량이 7GtC/년 이하로 상당히 감소되어야 함을 강조하고 있다.

한편, 국가를 대상으로 한 저감 시나리오 연구들을 살펴보면 대체로, 교토의정서의 틀을 유지·발전시키고자 하는 유럽 국가들과 일본 등의 국가들은 2050년까지 온실가스를 현재

수준 대비 약 60~80%를 저감하는 시나리오를 활발히 연구하는 반면, 교토의정서의 비준을 거부하고 있는 미국이나¹²⁾ 경제성장이 불가피한 개도국들은 장래의 베이스라인 배출량 대비 일정 비율을 저감하는 시나리오에 대한 연구에 초점을 두고 있다.

3. 2050년 온실가스 장기 저감 시나리오의 수립 절차

장기 저감 시나리오를 설정하는 데 있어서 공통적인 절차는 다음과 같다.

1) 지표 평균온도 상승 목표 및 이산화탄소 농도 목표 설정

IPCC는 「기후변화에 관한 제3차 평가보고서」(2001)에서 안정화된 온실가스 농도에 따른 온도 변화를 예측하고 있는데, 2100년까지 450ppm CO₂eq에서 안정화될 때 1.2~3.3°C가 증가하며, 550ppm CO₂eq에서 안정화될 때 1.6~2.8°C가 증가할 것이라고 한다(<표3> 참고). 위험한 기후변화를 피하기 위하여, 유럽연합은 산업화 이전(280ppm) 이산화탄소 농도의 두 배인 550ppm CO₂ 이하로 유지해야 한다고 했다(2000년 현재 368ppm). 영국의 환경오염에 관한 왕립위원회(Royal Commission on Environmental Pollution)도 대기 중 이산화탄소 농도의 상한을 550ppm으로 할 것을 추천하였다.¹³⁾ 한편 최근에는 2°C 상승 목표를 달성하기 위해서는 550ppm이 아니라 450ppm으로 낮추어야 한다는 연구들이 발표되고 있다. 유럽연합은 1996년에 2100년까지 산업화 이전 대비 최대 2°C 기온 증가를 허용가능한 온난화 목표로 공식적으로 채택하였다.¹⁴⁾

12) 미국과 함께 교토의정서 비준을 거부한 호주의 경우, 노동당은 2050년까지 2000년 수준 대비 온실가스 배출량을 60% 저감하는 청사진을 발표하여, 집권당에 비하여 온실가스 저감에 적극적인 모습을 보이고 있다(Australian Labor Party, 2006.3.7. *Blueprint Number Six - Protecting Australia from the Threat of Climate Change.*).

13) DEFRA, 2003.2. *The Scientific Case for Setting a Long-term Emission Reduction Target.*

14) European Council, 1996. *Communication on Community Strategy on Climate Change (Council Conclusions).*

〈표3〉 대기 농도와 필요한 노력의 정도, 시기, 영향의 의미를 비교

2100년까지 안정화농도 (CO ₂)	2100년까지 예상 온도변화율 (산업화 이전 대비)	화석연료 탄소 배출량에 대한 필요 한계치 (현 수준은 62.9억 톤)	2100년의 1인당 탄소 배출량 tC/인/년* (현 수준은 1tC/인/년)	총 누적 탄소 배출량 (1990~2100) (1000tC)	CO ₂ 배출량이 1990년 수준 이하로 떨어지고, 이후 꾸준히 감소해야 하는 시점
1000ppm	2.0 ~ 2.5℃	-	-	-	2세기
750ppm	1.9 ~ 3.4℃	120억 톤	1.2	1200 ~ 1300	-
650ppm	1.7 ~ 3.2℃	90억 톤	0.9	1030 ~ 1190	2090 ~ 2150
550ppm	1.6 ~ 2.8℃	60억 톤	0.6	870 ~ 990	2040 ~ 2100
450ppm	1.2 ~ 2.3℃	30억 톤	0.3	630 ~ 690	2010 ~ 2040

자료 : Swedish Environmental Protection Agency, 2002. *Kyoto and Beyond - Issues and Options in the Global Response to Climate Change* 재인용 (원 자료 : IPCC, 2001.)

* 세계 인구가 100억에서 안정화되는 것으로 가정

2) 국가 온실가스 저감목표에 대한 접근방식

유럽 국가들은 온실가스 장기 저감 시나리오 수립 과정에서 저감목표를 설정할 때, 장기적으로 국가별 배출량이 1인당 수준에서 수렴하는 ‘축소 및 수렴 접근법’을 중요하게 검토하고 있다. 이 방식에 의하면 우선 지구 전체의 장기적 배출량에 대한 협의된 목표를 규정(contraction)하고, 정해진 연도에 1인당 배출량이 수렴할 수 있도록 국가별 배출할당량을 결정(convergence)한다.¹⁵⁾

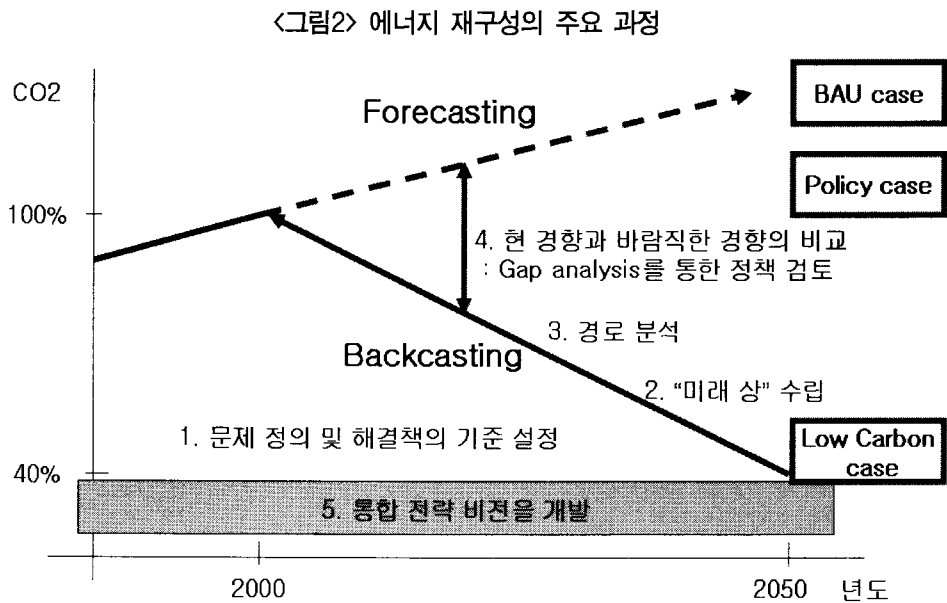
3) 국가 장기 저감 시나리오의 구성 : 전망(forecasting)과 재구성(backcasting)¹⁶⁾

유럽 국가들의 장기 온실가스 저감 시나리오 연구들을 살펴보면, 대체로 에너지 재구성(energy backcasting) 방식으로 시나리오를 설정하고 있다. 우선 전망(forecasting) 방

15) 축소 및 수렴 접근법에 대한 자세한 내용은 Global Commons Institute(<http://www.gci.org.uk>)에서 참고할 수 있다. 이 외에도 약 40여 개 Post 2012 기후변화 대응체제 접근방식에 대한 내용은 다음의 자료에서 확인할 수 있다. 에너지경제연구원, 2005. 「기후변화협약 대응을 위한 중장기 정책 및 전략수립에 관한 연구 - 기후변화 의무부담 협상분석 및 대응전략 연구」.

16) backcasting은 미래의 바람직한 목표를 달성하기 위하여 미래에서 현재로 거꾸로 오면서 재구성한다는 의미로서, ‘재구성’이라는 용어로 번역하였다. 재구성 접근법은 다음의 논문에서 처음 소개되었다. Robinson, J. B. 1982.12. Energy Backcasting - a Proposed Method of Policy Analysis, *Energy Policy* 10(4): 337~344.

식으로 과거의 경향을 이용하여 미래의 기준안(BAU)을 계산한다.¹⁷⁾ 그리고 미래의 바람직한 온실가스 배출량(목표)이 정해지면 이 미래의 목표로부터 현재의 배출량까지 거꾸로 오는 대안 경로를 재구성 방식으로 설정하고, 기준안과 대안 경로 사이의 차이를 극복하기 위하여 어떤 정책 및 조치가 필요한지를 검토한다. <그림2>는 재구성 접근법의 주요 과정을 설명하고 있다. 전망과 재구성, 두 접근법의 차이를 <표4>에서 비교하였다.



자료 : Fujino, J, 2006.2.19~21. "Low Carbon Society Scenarios toward 2050"와 RIVM. 2002. *Climate OptiOns for the Long term(COOL) - Final Report Volume A : Synthesis Report*. 수정

17) 영국의 경우, 2000년 배출량은 154.5MtC, 2050년의 기준안(BAU) 배출량은 144.6MtC로 전망하고 있다. 독일은 2000년 배출량이 약 870MtCO₂(≒240MtC), 2050년의 기준안 배출량은 약 670MtCO₂(≒180MtC)이며, 프랑스는 2000년 배출량이 105.2MtC(에너지 소비에서의 CO₂ 배출량만 고려), 2050년의 기준안 배출량은 146MtC이다. 영국과 독일은 2050년에 기준안 배출량이 감소할 것으로 전망하는 반면, 프랑스는 증가할 것으로 전망하고 있다. 이는 경제성장, 인구, 탄소원단위 개선 등의 주요 가정의 차이에 기인한다. 한편, 기준안 배출량 전망이 저감목표의 이행에 있어 매우 중요한 주제이기는 하나, 본 논문에서 소개하고 있는 2050년 저감목표가 대체로 현재 대비 상당량을 감소하는 방식이며, 그 이행가능 여부를 에너지 재구성 방식으로 검토하고 있어 기준안 배출량 전망에 대한 세부 논의는 생략하기로 한다.

<표4> 전망과 재구성의 비교

	전망(forecasting)	재구성(backcasting)
철학	맥락(context)으로써 정당화 인과관계에 의한 결정	맥락으로써 발견 인과관계와 의도
관점	영향력이 가장 큰 경향 실현가능성이 큰 미래 한계 조정(marginal adjustments)이 가능 경향에 적응하는데 초점	해결이 필요한 사회문제 바람직한 미래 인간 선택의 범위 전략적 결정 (정책적) 활동의 자유(freedom of action)를 유지
접근 방식	경향을 미래로 외삽 민감도 분석	관심있는 미래를 정의 이러한 미래가 실현되기 위한 결과와 조건을 분석
방법 및 기법	다양한 계량 모형 수학적 알고리즘	부분 및 조건부 외삽법 규범적 모형, 시스템 다이내믹 모형, 델파이 방법, 전문가 판단

자료 : Banister, D. and R. Hickman 2005.10. *Looking over the Horizon - Visioning and Backcasting for UK Transport Policy.*

III. 시사점

1. 선진국과 우리나라의 온실가스 및 기타 지표 비교

앞에서 유럽 국가들의 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오들을 수립하는 과정을 살펴본 왔다. 장기 온실가스 저감목표를 수립한 유럽 국가들과 우리나라의 지표 비교를 통하여 어떤 유사점 또는 차이가 있는지 살펴보고자 한다. <표5>는 영국, 독일, 프랑스, 네덜란드, 스웨덴 등의 유럽과 미국, 일본, 한국의 온실가스 및 사회·경제 지표를 비교하고 있다.

2003년도 1인당 1차에너지 공급(toe/인)은 비교되는 유럽 국가들 중에서 영국이 3.91로 가장 적으며, 스웨덴이 5.75로 가장 많다. 한국은 4.28로 이 범위에 들어간다. 1인당 CO₂ 배출량(연료연소에서 CO₂만 고려, TCO₂/인)은 스웨덴이 5.98로 가장 적고, 네덜란드가 11.38로 가장 많으며, 한국은 9.36이다. 1차에너지 공급당 CO₂ 배출량(TCO₂/TOE)은 스웨덴이 1.04로 가장 적고, 독일이 2.46으로 가장 많으며, 한국은 2.18이다. GDP가 반영된 지표를 비교해 보면, 1인당 GDP(PPP, 2000\$/인)는 독일이 25,271로 장기 저감 목표를 설정한 유럽 국가들 중에서 가장 적으며, 스웨덴이 27,869로 가장 높다. 한국은

18,359로 독일에 비해서 약 7,000이 적다. GDP(PPP)당 CO₂ 배출량(kgCO₂/2000\$)은 스웨덴이 0.21로 가장 적으며, 네덜란드가 0.42로 가장 많다. 한국은 0.51로 네덜란드보다 많다. GDP (PPP)당 총 1차에너지 공급(toe/천 2000\$)은 영국이 0.14로 가장 적으며, 스웨덴이 0.21로 가장 많다. 한국은 0.23으로 스웨덴보다 많다. 즉 한국은 유럽 국가들보다 동일 GDP를 생산하기 위하여 1차에너지 공급량과 CO₂ 배출량이 더 크다. 이는 미국이나 일본과 비교해서도 마찬가지이다.

〈표5〉 유럽을 포함한 선진국과 우리나라의 온실가스 및 주요 경제지표 비교

2003년 기준	영국	독일	프랑스	네덜란드	스웨덴	미국	일본	한국
1990년 배출량(MtCO ₂ eq) (주1)	750.64	1,214.75	534.84	214.60	51.92	5,046.06	1,103.40	230.28
교토 목표표(%)	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-
교토 EU Bubble 목표표(%) (주2)	-13	-21	0	-6	4	(주3)		
2050년 저감목표(%) (주4)	-60	-80	-75	-80	-50			
CO ₂ 배출(MtCO ₂) (주5)	540.25	854.29	389.55	184.69	53.60	5,728.53	1,201.37	448.37
TPES(총1차에너지공급, Mtoe)	231.95	347.12	271.29	80.83	51.53	2,280.79	517.10	205.30
인구(백만 명)	59.38	82.52	61.54	16.22	8.96	291.09	127.62	47.93
GDP(10억 2000\$)	1,530.97	1,885.19	1,357.97	374.74	250.48	10,330.00	4,876.13	585.76
GDP(PPP)(10억 2000\$)	1,599.95	2,085.37	1,610.89	439.95	249.71	10,330.00	3,399.28	879.97
TPES/인구(toe/인)	3.91	4.21	4.41	4.98	5.75	7.84	4.05	4.28
TPES/GDP(toe/천 2000\$)	0.15	0.18	0.20	0.22	0.21	0.22	0.11	0.35
TPES/GDP(PPP)(toe/천 2000\$)	0.14	0.17	0.17	0.18	0.21	0.22	0.15	0.23
CO ₂ /TPES(TCO ₂ /toe)	2.33	2.46	1.44	2.28	1.04	2.51	2.32	2.18
CO ₂ /인구(TCO ₂ /인)	9.10	10.35	6.33	11.38	5.98	19.68	9.41	9.36
CO ₂ /GDP(kgCO ₂ /2000\$)	0.35	0.45	0.29	0.49	0.21	0.55	0.25	0.77
CO ₂ /GDP(PPP)(kgCO ₂ /2000\$)	0.34	0.41	0.24	0.42	0.21	0.55	0.35	0.51
GDP/인구(2000\$/인)	25,783	22,845	22,066	23,104	27,955	35,487	38,208	12,221
GDP(PPP)/인구(2000\$/인)	26,944	25,271	26,176	27,124	27,869	35,487	26,636	18,359

주1) 토지이용변화와 삼림을 포함한 온실가스(순배출량), (자료 : UNFCCC 온실가스 통계 홈페이지 http://ghg.unfccc.int/tables/alw_luluc.html)

주2) 자료 : European Communities Council Decision of 25 April 2002

주3) 미국 부시 행정부는 교토의정서를 비준 거부하면서 2002~2012년간 GHG/GDP를 18% 감소키로 함

주4) 자료 : Fujino, J. 2005.3.10~12. "Survey of 2050 Scenarios in EU Countries and Narrative Storylines for 2020/2050 Scenarios" Paper Presented at the 10th AIM International Workshop Tsukuba.

주5) 연료연소에서 CO₂ 배출량(이하 자료 : IEA. 2005. Key World Energy Statistics 2005.)

2. 우리나라에 대한 시사점

EU 국가들을 중심으로 선진국의 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오 검토를 통하여, 과연 우리나라도 장기 저감 시나리오 연구가 필요한지를 자문할 필요가 있다. 즉 EU 국가들이 장기 저감목표를 설정한 이유가 우리나라에도 유효할 것인가. 첫째, EU는 위험한 기후변화를 피하기 위하여 필요한 2050년의 장기 온실가스 저감목표를 설정하였다.¹⁸⁾ 둘째, 장기 목표의 수립은 2050년에 EU 국가들이 어떠한 사회를 지향하는지를 함축한 미래 사회모습이다. 다시 말해서, 현재의 온실가스 배출 및 에너지이용 패턴으로 달성되는 사회가 아니라, 바람직한 장기 목표를 달성하기 위하여 어떠한 경제적 유인책과 기술정책들이 도입되어야 하는지, 그리고 사회와 산업의 구조가 어떻게 변해야 하는지를 역으로 연구하고 있다. 셋째, 장기 저감목표 설정을 통하여 산업계에게 정부의 입장을 명확히 제시하고 있다. 국가 에너지 계획¹⁹⁾이나 산업체 설비계획들은 장기 전망 속에 이루어지는 것으로 장기간에 대한 정부의 입장을 명료히 함으로써, 산업체들이 이에 대비할 수 있도록 한다. 넷째, 기후변화의 원인, 영향 등의 불확실성을 이유로 저감 노력을 지연하기보다는 영향과 기술개발 등의 불확실성 때문에 행동을 빨리 할 필요가 있다는 입장이다.

우리나라의 경우에도 앞의 둘째 및 셋째 이유, 즉 바람직한 국가 미래모습의 형성(온실가스 배출량 측면에서)과 산업계에 대하여 정부의 명확한 입장 제시라는 측면이 필요할 것이다. 아울러 장기적인 대강의 목표와 중·단기의 구체적인 기준(목표)의 설정을 통해 기후변화를 피하기 위한 노력들을 평가하는 것이 필요하겠다. 또한 불확실성하에 정책적 타이밍에 대한 검토가 필요하다.

우리나라의 2050년 온실가스 저감 시나리오 수립방법과 관련해서는, 일본의 ‘2050 저탄소 사회 시나리오 프로젝트’ 사례를 참고할 수 있을 것이다. 2004년부터 추진하고 있는 이 프로젝트에서는 선진국들의 2050년 장기 저감 시나리오 사례를 수집·분석하는 동시에 일본의 2050년 저탄소 사회 시나리오 수립 연구를 5년 동안 진행하게 된다. 매년 한 차례 이

18) Watson에 의하면 영국의 2003년도 에너지백서에서 제시한 2050년 60% 저감목표는 정치나 경제적 이유로 정해진 것이 아니라 기후변화 과학을 통하여 도출된 것이라고 한다(Watson, J. 2006.6.13. "Low Carbon Scenarios for the UK" Paper Presented at a Open Symposium on Developing Vision for a Low-Carbon Society through Sustainable Development(Japan-UK Joint Research Project). Tokyo.

19) 제2차 국가에너지기본계획(2002.12)은 2020년까지의 전망 속에 2002~2011년을 계획 대상 기간으로 하고 있다. 그리고 제2차 전력수급기본계획(2004.12)과 제7차 장기천연가스수급계획(2004.12)은 2004~2017년에 대하여 계획하고 있으며, 석탄산업장기계획(2006.2)은 2006~2010년을 대상으로 하고 있다.

상 국제 심포지움을 개최하며, 유럽 국가들뿐만 아니라, 미국, 캐나다 등 비유럽 선진국과 중국, 인도 등의 거대 개도국들의 발표자료도 인터넷을 통하여 받아볼 수 있도록 하고 있다. 향후 우리나라의 2050년 저감 시나리오 수립 과정에서 일본과 유럽 국가들과의 연구협력도 모색해 볼 수 있을 것이다.

또한 우리나라의 2050년의 온실가스 저감 시나리오 시, 2°C 온도 목표와 500±50ppm CO₂의 농도 목표의 적정성에 대한 과학적 연구 참여뿐만 아니라, 형평성을 고려하여 1인당 CO₂ 배출량이 장기적으로 수렴하도록 국가 저감목표를 설정하는 ‘축소 및 수렴 방식’과 여타 목표설정 방식에 대한 연구, 그리고 이러한 과정을 거쳐 도출된 저감목표를 달성하기 위하여 필요한 정책 및 조치들을 검토하는 에너지 재구성(energy backcasting) 접근법에 대한 심도 깊은 연구가 필요하다. 재구성 접근법은 전망 접근법을 대체한다기보다는 목표를 달성하기 위하여 필요한 정책 및 조치, 그리고 행태의 변화를 검토하는 보완적인 방법이라고 볼 수 있다.²⁰⁾ 목표의 최종 시기를 2050년으로 하는 한편, 2015년(2013~2017년의 중간) 또는 2020년(2018~2022)을 중간 검토시기로 설정하여 보다 상세한 저감목표를 수립하는 것을 생각해 볼 수 있다.

CO₂ 배출량 결정요인은 다음과 같은 Kaya 항등식을 이용하여 설명할 수 있다.²¹⁾

$$\text{CO}_2 = \text{POP} \times \text{GDP/POP} \times \text{TPE/GDP} \times \text{CO}_2/\text{TPE}$$

(인구) (1인당GDP) (1차에너지원단위) (탄소원단위)

이 식을 보면, 이산화탄소 배출량을 인구, 1인당 GDP, 1차에너지 원단위, 탄소원단위의 곱으로 분해할 수 있으며, 이웃하는 항들을 묶어서 더 간단히 묶을 수도 있다. 이 식에서 CO₂를 줄이기 위해서는 1인당 GDP의 증가율 이상으로, TPE/GDP와 CO₂/TPE의 감소율이 커야 온실가스는 감소하게 된다. 그리고 GDP생산당 1차에너지 원단위와 1차에너지 생산당 이산화탄소원단위의 감소에 기여하는 것은 에너지 수요관리와 에너지 공급기술의 탈탄소화 기술이다. 따라서 현실적으로 온실가스 저감정책은 GDP 단위당 1차에너지의 사용을 줄이는 것과, 1차 에너지 생산 시 배출되는 CO₂를 줄이는 기술에 관한 정책이라고 할 수

20) Robinson, J.B. 1982.12. Energy Backcasting - A Proposed Method of Policy Analysis, *Energy Policy* 10(4) : 337-344.

21) Kaya, Y. 1990. "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios". *Paper Presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group*. Paris. (Schrattenholzer, L. et al. 2004. *Achieving a Sustainable Global Energy System* 재인용)

있다. 온실가스 저감에 중요한 역할을 하는 기술로는 에너지효율기술, 연료 전환, CO₂ 포집 및 저장, 원자력, 재생가능한 전기와 연료(수소), 산림 및 농업용 토지 등이 있다.²²⁾

장기 온실가스 저감 시나리오의 비용 추정과 관련하여, 영국은 2050년까지 온실가스를 60% 저감하는 비용으로, 영국의 경우 경제규모가 2050년까지 세 배가 된다고 가정할 때, GDP의 0.5~2%(절대량으로는 크지만, GDP에서 차지하는 비중은 작음)를 차지할 것으로 예상하였다. 만약 에너지 효율의 가속화가 없고, 배출권거래제를 시행하지 않으며, 저탄소 혁신이 느리고, 원자력과 탄소포집을 완전히 배제하면 비용이 더 커질 수 있다고 한다.²³⁾ 그러나 이 비용은 경제 모형에 의한 결과가 아니며, 비용에 대한 상세한 모형 연구가 부족하다는 지적도 있다²⁴⁾

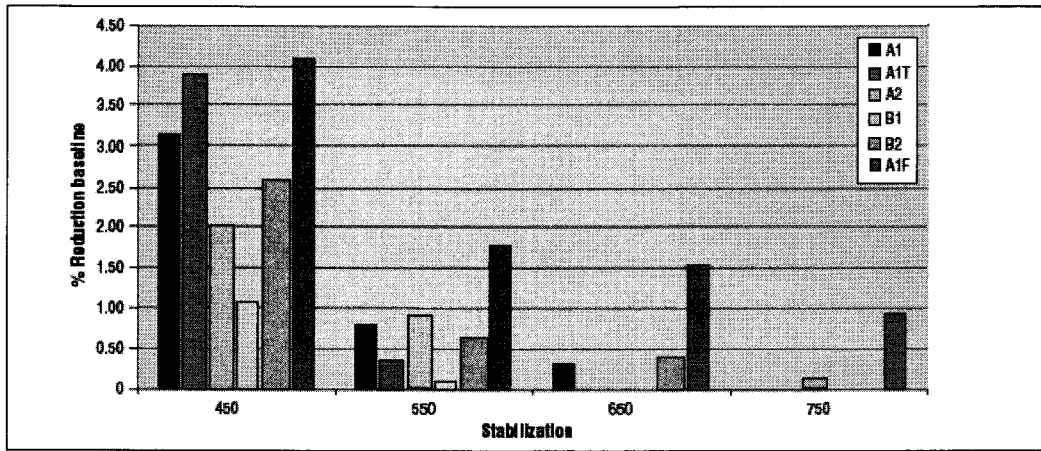
한편 IPCC 3차 보고서(2001)에서는 42개 post-SRES 안정화 시나리오를 이용하여 대기 중 이산화탄소 농도의 안정화가 경제에 미치는 영향을 보여주고 있다. 경제적 영향은 배출량 안정화의 사회적 부담을 더 잘 반영하기 위하여 6개의 SRES 베이스라인 시나리오의 GDP에 대한 상대적 차이로 나타내었다. <그림3>을 보면, 안정화 목표가 강화될수록 비용(베이스라인 시나리오의 2050년 세계 평균 GDP 대비 감소)은 커지며, 베이스라인 시나리오별로 비용 차이가 크다. 550ppm을 안정화 목표로 설정한 시나리오에서는, 베이스라인 시나리오의 세계 GDP보다 약 0.1%(B1 시나리오)에서 1.8%(A1F 시나리오) 감소를 보여주고 있다.

22) Pascala, S. and R. Socolow, 2004. "Stabilization Wedges : Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies" *Science* 305: 970. 한편 원자력 기술은 기후변화가 아닌 다른 정책적 고려사항으로 인하여 이용에 제약을 두어서 분석을 하기도 한다.

23) Watson, J. 2006.6.13. "Low Carbon Scenarios for the UK" *Paper Presented at a Open Symposium on Developing Vision for a Low-Carbon Society through Sustainable Development(Japan-UK Joint Research Project)*. Tokyo.

24) Fujino, J. 2005.3.10~12. "Survey of 2050 scenarios in EU Countries and Narrative Storylines for 2020/2050 Scenarios" *Paper Presented at the 10th AIM International Workshop*. Tsukuba.

〈그림3〉 6개의 SRES 베이스라인 시나리오와 안정화 목표에 대한 2050년의 세계 평균 GDP의 감소



자료 : IPCC. 2001. *Climate Change 2001 - Mitigation*.

비용을 추정할 때, 경제균형모형과 최적화모형 등 모형의 방법론과 세금 재순환, 국제협력 메커니즘, 에너지수요 구조 및 기술 변화, 정책수단 등의 가정 및 입력인자에 따라서 비용이 크게 달라질 수 있는바, 이러한 입력인자의 가정(〈표6〉 참고)에 대하여 검토가 필요하다.

〈표6〉 에너지 부문 저감 연구에 이용된 입력 가정

입력 가정	의미와 타당성
인구	다른 모든 것이 같으면, 인구가 많이 증가하면 온실가스 배출이 증가한다.
경제성장	경제성장이 증가한 결과 에너지 사용 활동과 투자가 증가하게 되고, 투자 증가는 에너지 이용 설비의 회전율(turnover)을 가속화한다. 온실가스 배출량과 자원 집약도에 대한 다양한 가정이 대안 시나리오에 대해 사용될 수 있다.
에너지 수요 - 구조 변화 - 기술 변화 - 생활방식	- 부문별로 에너지 집약도가 다르다. 따라서 구조 변화는 전반적인 에너지 이용에 주요한 영향을 미친다. - 에너지·효율 변수는 경제 생산에 필요한 에너지 서비스를 충족하는데 필요한 1차에너지의 양에 영향을 미친다. - 소비자 행태의 구조 변화를 설명
에너지 공급 - 기술 이용성과 비용 - 첨단기술 (backstop technology) - 학습	- 연료 및 기술 대체의 잠재성. - 에너지의 대안적인 공급이 무한히 가능한 비용; 이것은 비용 추정의 상한임 - 시간, 시장규모, 제도적 역량과 관련한 기술의 비용

〈표6〉 에너지 부문 저감 연구에 이용된 입력 가정(계속)

입력 가정	의미와 타당성
에너지 수요의 가격 및 소득 탄력성	가격 또는 소득의 변화를 통하여 에너지 수요의 상대 변화; 탄력성이 크면 에너지 이용의 변화도 결과적으로 큼
거래 비용	이행, 행정, 활동의 규모
정책수단 및 규제 - 수단 - 장애요인	- 경제 조치 대 규제 조치. - 제도적 측면 또는 시장 개선의 형태로(역량 형성 및 제도 개혁을 포함) 장애요인을 극복하는 비용을 포함하여 이행
기존 세제 및 세금 재순환	탄소세의 재순환; 왜곡 조세를 대체하면 비용이 감소한다
부수적 편익	대부분의 사례에서 국지적 및 지역적 환경정책의 통합은 부수적인 편익을 야기한다. 소득분배, 고용과 같은 사회적 정책 목표는 결과적으로 다른 정책 순위를 야기한다.

자료 : IPCC. 2001. *Climate Change 2001 - Mitigation*.

IV. 결 론

2008~2012년 기간의 부속서 1 국가들의 온실가스 배출량은 교토의정서에서 명시되었으나, 2012년 이후에 대한 참여국 및 배출목표에 대한 논의는 현재 진행 중이다. 5년 단위의 단기 접근방식과는 별도로 2050년 장기 온실가스 저감 시나리오에 대한 연구가 유럽 국가들에서는 활발히 진행 중이다.

유럽 국가들은 장기 저감 시나리오를 연구할 때, 기후변화의 과학적 불확실성으로 인하여 저감활동을 지연하기보다는, 기후변화의 영향과 기술개발의 불확실성 역시 중요하게 고려하고 있다. 또한 위험한 기후변화를 피하기 위하여, 온난화를 산업화 이전 대비 지표 평균온도 상승을 2℃로 정의(온도 목표)하고, CO₂ 배출농도는 산업화 이전 대비 2배 수준인 500±50ppm을 상한(농도 목표)으로 설정하고 있으며, 이를 달성하기 위하여 2050년까지 현재 배출량 대비 60~80% 저감이 바람직하다는 연구들을 정부의 공식적인 목표로 채택하거나, 관련 연구들을 진행하고 있다. 그리고 2050년의 배출량 목표를 이행하기 위하여 필요한 정책 및 조치, 사회적·행태적 변화를 재구성(backcasting) 접근법을 이용하여 검토하고 있다. 기존의 중장기 전망에서 많이 이용되고 있는 전망(forecasting) 접근법이 과거의 경향이 많이 반영되는 반면, 재구성 접근법은 바람직한 미래(문제의 해결)를 정의하고 이를 실현하기 위

한 정책 검토를 중심으로 하고 있다. 저감목표를 달성하기 위한 저감기술들의 이용과, 이러한 기술들의 개발과 보급을 촉진하고 장애요인을 제거하기 위한 정책 및 조치들은 국가별로 상황에 따라 차이가 있다. 한편 장기 저감목표의 이행에 따른 비용 결과와 입력 가정에 대한 검토가 필요하며, 장기적으로 저탄소 사회로 이행하면서 선진국이 개도국으로부터 탄소집약적인 제품을 더 많이 수입하여 개도국에 온실가스 배출을 유발하지 않는지 무역 측면에 대해서²⁵⁾ 추후 상세한 검토가 뒤따라야 할 것이다.

경제활동, 총 배출량, 1인당 배출량, 누적 배출량 등의 지표를 보면, 우리나라도 부속서 1 국가의 경제수준 및 기후변화에의 기여에 필적하고 있어, 2012년 이후 온실가스 의무감축 대상국에 포함될 가능성이 높은 국가로 지목되고 있다. 5년 단위의 단기 목표 설정과는 별도로, 기존에 수립하고 있는 국가 에너지기본계획의 대상 기간을 2050년으로 확장하고, 우리나라 장기 온실가스 저감 시나리오 수립과 관련한 연구들을 에너지경제모형, 에너지시스템모형, 전망과 재구성 방식 등 다양한 방식으로 추진할 필요가 있다. 장기 목표의 설정을 통하여 기후변화 대응에 대한 우리 사회가 지향하는 비전을 제시하고, 경제주체들에게 온실가스 저감에 대한 정부 정책방향을 분명히 제시함으로써 이에 대비할 수 있도록 해야 할 것이다.

25) 국제무역에 따른 온실가스 배출의 연관관계에 대하여 보다 자세한 논의는 다음의 논문을 참조할 것. 정현식, 2004. 12. "국제무역에 함유된 지구온난화 가스 배출의 국제연관구조와 경제적 유인정책의 효과" 『자원·환경경제연구』 13(4): 621-655.

참 고 문 헌

- 에너지경제연구원. 2005. 「기후변화협약 대응을 위한 중장기 정책 및 전략수립에 관한 연구 - 기후변화 의무부담 협상분석 및 대응전략 연구」 KEEI 정책연구보고서 05-03: 12-30.
- 정현식. 2004. 12. "국제무역에 함유된 지구온난화 가스 배출의 국제연관구조와 경제적 유인정책의 효과" 「자원·환경경제연구」 13(4): 621-655.
- Australian Labor Party. 2006.3.7. *Blueprint Number Six - Protecting Australia from the Threat of Climate Change*. http://www.alp.org.au/download/climate_change_blueprint_no_6.pdf
- Banister, D. and R. Hickman. 2005.10. *Looking over the Horizon - Visioning and Backcasting for UK Transport Policy*. 3. http://www.ucl.ac.uk/~ucft696/documents/VIBAT_Method_Issues_FINAL1.pdf
- DEFRA. 2002. Ancillary Effects of Green House Gas Mitigation Policies. http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/pubs/pdf/ewp_ancillaryeffects.pdf
- _____. 2002. *Estimating the Social Cost of Carbon Emissions*. <http://www.hm-treasury.gov.uk/media/2E817/SCC.pdf>
- _____. 2003.2. *The Scientific Case for Setting a Long-term Emission Reduction Target*. http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/pubs/pdf/ewp_targetscience.pdf
- DTI. 2000. *Energy Paper 68 - Energy Projections for the UK*. <http://www.dti.gov.uk/files/file11257.pdf>
- _____. 2003. *Energy White Paper - Our Energy Future : Creating a Low Carbon Economy*. <http://www.dti.gov.uk/files/file10719.pdf>
- _____. 2003. *Energy White Paper - Supplementary Annexs*. <http://www.dti.gov.uk/files/file21214.pdf>
- _____. 2003. *White Paper Modelling - Use of the MARKAL Energy Model*. <http://www.dti.gov.uk/files/file21348.pdf>
- _____. 2006. *The Energy Challenge - Energy Review Report*. <http://www.dti.gov.uk/energy/review/page31995.html>
- European Council. 1996. *Communication on Community Strategy on Climate Change* (Council Conclusions).
- Fujino, J. 2005.3.10~12. "Survey of 2050 Scenarios in EU Countries and Narrative Storylines for 2020/2050 Scenarios" *Paper Presented at the 10th AIM International Workshop*. Tsukuba. http://www-iam.nies.go.jp/aim/AIM_workshop/10thAIM.htm
- _____. 2006.2.19~21. "Low Carbon Society Scenarios toward 2050 - Model Development in Japan and Global Challenges" *Paper presented at the 11th AIM International*

- Workshop. Tsukuba. http://www-iam.nies.go.jp/aim/AIM_workshop/11hAIM.htm
- Future Energy Solutions. 2002. *Options for a Low Carbon Future*.
<http://www.dti.gov.uk/files/file14769.pdf>
- _____. 2003. *Options for a Low Carbon Future - Phase 2*.
<http://www.dti.gov.uk/files/file14769.pdf>
- IEA. 2005. *Key World Energy Statistics 2005*. <http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=144>
- Inter-departmental Analysts Group. 2002. *Long Term Reduction in Greenhouse Gas Emissions in the UK*. <http://www.lowpay.gov.uk/energy/greenhousegas>
- IPCC. 1995. *IPCC Second Assessment Report : Climate Change 1995*, 9.
[http://www.ipcc.ch/pub/sa\(E\).pdf](http://www.ipcc.ch/pub/sa(E).pdf)
- _____. 2000. *IPCC Special Report - Emissions Scenarios*. Cambridge University Press.
- _____. 2001. *Climate Change 2001 - Mitigation*. Cambridge University Press.
- NIES/IGES. 2006. *Framing Climate Protection Regime : Long-term Commitments and Institutional Options*. 8-13. <http://www.iges.or.jp/en/cp/report.htm>
- Pascala, S. and R. Socolow. 2004. "Stabilization Wedges : Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies" *Science* 305: 968-972.
- Pew Center on Global Climate Change. 2004.11. *Climate Data : Insights and Observations*.
- RIVM. 2002. *Climate OptiOns for the Long term(COOL) - Final Report Volume A : Synthesis Report*. 12:93-94. <http://www2.wau.nl/cool/public.htm>
- Robinson, J.B. 1982.12. "Energy Backcasting - A Proposed Method of Policy Analysis" *Energy Policy* 10(4): 337-344.
- Royal Commission on Environmental Pollution. 2000. *22nd Report : Energy - The Changing Climate*. <http://www.rcep.org.uk/newenergy.htm>
- Schrattenholzer, L. et al. 2004. *Achieving a Sustainable Global Energy System*. Edward Elgar Publishing. 10-15.
- Swedish Environmental Protection Agency. 2002. *Kyoto and Beyond - Issues and Options in the Global Response to Climate Change*, 20.
<http://www.internat.naturvardsverket.se/documents/issues/climate/report/Kyoto.pdf>
- Tyndall Center. 2005. *Decarbonising the UK - Energy for a Climate Conscious Future*.
http://www.tyndall.ac.uk/media/news/tyndall_decarbonising_the_uk.pdf
- Watson, J. 2006.6.13. "Low Carbon Scenarios for the UK" *Paper presented at a Open Symposium on Developing Vision for a Low-Carbon Society through Sustainable Development(Japan-UK Joint Research Project)*. Tokyo.
<http://2050.nies.go.jp/sympo/20060613-e.html>